

1:5,000

산림입지토양도

13년의 성과와 미래



산림청

Kofpi

한국임업진흥원

1:5,000

산림입지토양도

13년의 성과와 미래



추천사

세계 최초로 제작한
대축척 디지털 산림입지도양도는
탄소경영의 초석입니다



지금 전 세계는 코로나 팬데믹과 기후위기로 인하여 사회, 경제, 문화 등 전 분야에 걸쳐 뉴노멀(New Normal)의 대변혁 시대에 직면하고 있습니다.

이러한 변혁의 시대에 산림청은 산림행정의 디지털 대전환을 선도하고 기후위기 시대의 산림의 탄소중립 실현을 위하여 지속가능한 산림관리를 통한 선진국형 산림경영으로 경제, 환경, 사회·문화적 기능이 발휘되는 산림르네상스 시대 구현을 준비하고 있습니다.

이러한 시점에 세계 최초로 전국산림에 대한 대축척 디지털 산림입지도양도 제작은 전국토의 63%인 산림의 지하부를 데이터로 설명하여 지상부를 설명하는 임상도와 함께 산림의 기본 주제도로써 데이터 기반의 디지털 산림행정 전환과 토양의 탄소저장량 산정을 위한 매우 의미있는 기초데이터라 생각합니다.

지난 2009년부터 13년 동안 접경지역과 일부 도서지역을 제외한 전국 산림 589만ha 116,300개소의 표준지를 대상으로 351억원의 예산과 621명의 산림토양전문가를 투입하여 13개의 입지환경과 11개의 토양환경 정보를 조사하고, 채취한 4만여점의 시료를 분석하여 산림토양 빅데이터를 완성하였습니다.

이렇게 구축한 산림입지도양 빅데이터는 전국 산림토양의 탄소저장량을 지도화하고 변화관리를 통해서 기후변화 대응에 적극 활용하고, 산림토양의 생산능력과 건강성, 수자원 관리를 통해서 과학적인 산림자원 육성과 지속가능한 산림생태계 관리에도 활용할 수 있습니다.

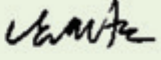
아울러, 219만 산주와 23만 임업인들에게 필지단위의 상세토양정보를 활용하여 산지이용의 효율화를 위한 맞춤형 조림지도와 임지별 생산능력 급수도의 정확도를 높이고 임업인, 귀산촌인들의 소득증대에 기여하는 단기임산물 재배적지정보 등을 강화하는데 많은 도움이 될 것입니다.

또한, 토양의 성질과 수분 함양을 고려하여 국민의 안전과 직결되는 산사태 취약지역의 선정과 산불발생 지역의 토양침식 예측 및 산림병해충에 강한 수목의 적지분석 등을 고도화하는 등 산림재해 예방 및 대응 정책에도 적극 활용 되리라 기대합니다.

산림청은 산림토양 빅데이터가 널리 공유되어 많은 분야에서 활용되기를 기대하며 관련 세미나와 활용 공모전 등을 개최하여 일반국민과 학생, 임업인 등 산림분야 종사자들의 아이디어를 적극 발굴하여 금년부터 추진하는 산림물지도와 함께 산림토양 빅데이터를 지속적으로 확대 발전해 나가도록 하겠습니다.

끝으로, 지난 13년간 추진해온 역사적인 성과를 모아 이 한권의 책으로 발간하게 된 것을 매우 뜻깊게 생각합니다. 특히, 산림백서 제작에 많은 도움을 주신 고려대학교 손요환 교수님, 충남대학교故박관수 교수님, 경상대학교 김춘식 교수님께 감사드립니다. 아울러, 지난 13년 동안 전국 산림의 토양조사를 위해 애써주신 모든 산림공무원과 관계자분들께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

2022년 8월

산림청장 남 성 현 

발간사



대축척 산림입지도양도,
지속가능한 산림경영의
시작입니다.

문명이 발달하면서 산림은 인간의 수요에 의해 자원으로 활용되거나 주거지, 농경지, 산업용지 등으로 개발되면서 지속적으로 감소하여 왔습니다. 하지만 산림의 중요성이 강조되면서 우리는 황폐 산림을 복원하는 동시에 지속가능하게 관리하고자 노력하고 있습니다.

산림을 지속가능하게 관리하기 위해선 산림이 있는 그리고 조성할 곳의 입지와 토양에 대한 정보를 파악하는 것이 무엇보다도 중요합니다. 특히 토양정보는 식물의 생육에 필요한 양분과 수분을 공급할 수 있는 능력을 보여줄 수 있는 중요한 인자이기 때문입니다.

그동안 산림청에서는 1974년부터 1976년까지 조사한 결과를 바탕으로 전국간이 산림토양도를 발간하여 산림녹화를 위한 기초자료로 활용하였고, 1995년부터 2004년까지 1:25,000 산림입지도를 제작하여 산림자원 관리뿐만 아니라 산림재해 예방에도 활용할 수 있도록 하였습니다. 하지만 우리나라는 좁은 지역 안에서도 지형과 토양 특성의 변이가 크기에 1:25,000 소축척 주제도로 정책수요자, 임업인, 연구자 등이 요구하는 수준의 정밀한 정보를 제공하는 것에는 한계가 있었습니다.

이와 같은 소축적 주제도의 한계로 인해 높은 정밀도와 개별 목적에 맞게 활용할 수 있는 대축적 산림입지토양도의 필요성이 대두되어 기후변화에 대응하고 과학적인 산림관리를 위한 '1:5,000 대축적 산림입지토양도'를 제작하게 되었습니다. 2009년부터 2021년까지 13년에 걸쳐 351억원의 예산과 621명의 산림토양전문가를 투입하여 국가단위의 대축적 산림토양도를 세계 최초로 완성하였습니다.

대축적 산림입지토양도를 구축했다는 것은 산림입지 및 토양환경을 필지단위로 분석할 수 있는 정보를 제공할 수 있기에, 219만 산주와 23만 임업인들이 더욱 정밀한 과학적 산림경영을 하실 수 있는 기반을 조성했다는데 큰 의미를 둘 수 있습니다. 향후 내 땅에 가장 잘 맞는 산림수종을 추천하는 맞춤형 조림지도, 임가소득 증대를 위한 단기임산물재배적지도 등 산림경영을 활성화할 수 있는 주제도의 정밀도를 높이고 국민 안전과 밀접한 관련이 있는 산사태위험지역 예측, 산불확산 예측 등에 적용하는 등 많은 예산과 노력이 투입된 산림입지토양도를 적극 활용하는 노력이 뒤따라야 할 것입니다.

이번에 발간하는 '1:5,000 산림입지토양도 - 13년의 성과와 미래'에는 산림입지토양도가 어떻게 제작되었고 그 주요결과와 활용성은 무엇이고, 그리고 향후에는 어떻게 발전해야 할 것인가를 담았습니다. 본 백서제작에 많은 도움을 주신 고려대학교 손요환 교수님, 충남대학교 허박관수 교수님, 경상대학교 김춘식 교수님께 감사드립니다.

마지막으로 산림입지토양도 구축을 위해 10년 이상 험한 산림현장에서 토양조사에 노력한 한국산지환경연구회, 태은, 지오씨엔아이, 산림조합중앙회, 우림엔알, 지오매니아, 씨엔의 임직원 모든 분들에게 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

2022년 8월

한국임업진흥원장 이 강 오



산림입지도양도, 13년의 발자취

제1장 산림입지도양도 사업 개요

1. 배경 및 목적	
1.1 사업 배경	002
1.2 사업 목적	002
2. 산림토양조사 및 토양도 제작의 역사	
2.1 산림토양조사	003
2.2 산림토양도 제작	009
3. 추진 체계	
3.1 추진 체계	010
4. 추진 경과	
4.1 연차별 추진 내역	012
4.2 연차별 대상 지역 및 면적	015
5. 수행 업체	
5.1 연차별 수행 업체	017
5.2 업체별 수행 면적	018
6. 투입 인력	
6.1 연차별 투입 인력	020
6.2 투입 인력 명단	021
7. 제작 방법	
7.1 제작공정 개괄	025
7.2 기초 자료 수집 및 분석	027
7.3 개황 조사	033
7.4 산림토양환경계구획	041
7.5 표준지 분석	047
7.6 현지 조사 및 확인	052
7.7 산림입지도양도 제작	077
7.8 산림입지도양도 제작 공정 변화	084
8. 개발프로그램	
8.1 개발프로그램	094



제2장 산림입지도양도 제작 주요 결과

1. 전국 산림입지도양 분석결과	106
1.1. 일반현황	107
1.2. 항목별 현황분석	108
1.3. 시군구별 현황분석	121
2. 특·광역시·도별 산림입지도양 분석결과	150
1. 강원도	150
1.1. 일반현황	151
1.2. 항목별 현황분석	152
2. 경기도	159
2.1. 일반현황	160
2.2. 항목별 현황분석	161
3. 경상남도	168
3.1. 일반현황	169
3.2. 항목별 현황분석	170
4. 경상북도	177
4.1. 일반현황	178
4.2. 항목별 현황분석	179
5. 광주광역시	186
5.1. 일반현황	187
5.2. 항목별 현황분석	188
6. 대구광역시	195
6.1. 일반현황	196
6.2. 항목별 현황분석	197
7. 대전광역시	204
7.1. 일반현황	205
7.2. 항목별 현황분석	206
8. 부산광역시	213
8.1. 일반현황	214
8.2. 항목별 현황분석	215





산림입지도양도, 13년의 발자취



9. 서울특별시	222
9.1. 일반현황	223
9.2. 항목별 현황분석	224
10. 세종특별자치시	231
10.1. 일반현황	232
10.2. 항목별 현황분석	233
11. 울산광역시	240
11.1. 일반현황	241
11.2. 항목별 현황분석	242
12. 인천광역시	249
12.1. 일반현황	250
12.2. 항목별 현황분석	251
13. 전라남도	258
13.1. 일반현황	259
13.2. 항목별 현황분석	260
14. 전라북도	267
14.1. 일반현황	268
14.2. 항목별 현황분석	269
15. 제주특별자치도	276
15.1. 일반현황	277
15.2. 항목별 현황분석	278
16. 충청남도	285
16.1. 일반현황	286
16.2. 항목별 현황분석	287
17. 충청북도	294
17.1. 일반현황	295
17.2. 항목별 현황분석	296

2021

산림입지도양도 백서

13년의 발자취

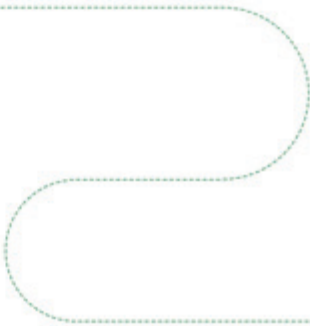


산림공간, 새로운 가치를 만들다



제3장 산림입지도양도의 활용

1. 개요	306
1.1 활용 개요	306
1.2. 국내 토양정보 제공 및 활용 현황	308
2. 단기임산물 재배적지 및 맞춤형 산림정보 서비스 구축	310
2.1. 단기임산물 재배적지도	310
2.2. 맞춤형 산림정보 서비스	312
3. 맞춤형 조림지도 구축	313
3.1. 맞춤형 조림지도	313
4. 임지생산능력급수도 구축	316
4.1. 임지생산능력급수도	316
5. 산불관련 시스템 고도화	323
5.1. 산불 발생지역의 잠재적 토양침식 예측	323
5.2. 산불예방 및 확산 예측 시스템 고도화	325
5.3. 산불위험예보시스템	326
6. 산사태위험지도 및 산사태 정보시스템	331
6.1. 산사태위험지도 및 산사태 정보시스템의 의의	331
6.2. 산사태 위험등급 및 취약지역 선정	332
7. 병해충에 강한 수목의 적지 분석 시스템 개발	334
8. 전국 산림 물 용량 및 수자원 관리 방안 마련	342
9. 주제도 제작	350
9.1. 토양 산도(pH) 주제도	350
9.2. 산림토양 탄소흡수원 주제도	354
9.3. 산림토양건강도	356
10. 생태학적 환경용량 평가	358
10.1. 생태학적 환경용량 평가의 의의	358
10.2. 토양정보 적용 사례	360



11. 산림토양공간정보 통계분석 및 활용·주제도 구축	371
11.1. 연구 배경	371
11.2. 연구 자료	371
11.3. 산림토양공간정보 토양 예측 모형	373
11.4. 전국 산림토양통계	376
11.5. 기존 전국 산림토양통계와의 비교	382
11.6. 산림토양의 공간적 분포	384
11.7. 종합 및 결론	390
12. 국외 토양정보 제공 사례 및 개선 방안	395
12.1. 국외 토양정보 제공 사례 및 시사점	395
12.2. 산림입지토양도 속성별 개선 방안	403
12.3. 산림입지토양도 속성 정보 고도화 방안	404

제4장 미래 산림입지토양도의 발전 방안

1. 법적 근거 및 현황	410
1.1. 일반 현황	410
1.2. 국내 현황	411
1.3. 산림입지토양도의 공간정보 구축	411
1.4. 산림입지토양도의 연계성	412
1.5. 산림입지토양도의 활용성	413
2. 제6차 산림기본계획(2018~2035)과 산림입지토양도	415
2.1. 산림입지토양도에 기반한 맞춤형 조림 및 경제림 단지 조성 알고리즘 개발	416
2.2. 산림훼손지 복원 및 산림유역관리 모델 개발을 위한 디지털 산림기본도로 제공	424
2.3. 스마트 임업을 위한 디지털 산림 기본도로 제공	427
3. 정밀임업 기반조성의 자료로 산림입지토양도	429
3.1. 빅데이터를 이용한 첨단 및 정밀임업을 위한 기반 조성	429
3.2. 1:1,000 산림입지토양도 제작	431

2021

산림입지도양도 백서

13년의 발자취



3.3. 토양단면 디지털 사진정보를 이용한 토양 성질 해석 영상처리 기법 개발	433
3.4. 산림입지도양도의 3-D 지도화	436
4. 디지털 뉴딜 및 K-포레스트와 산림입지도양 정보	438
4.1. 디지털 뉴딜과 산림입지도양도	438
4.2. 산림분야 빅데이터의 활용 사례	442
5. K-포레스트와 산림입지도양도	444
5.1. 산림데이터 활용을 위한 디지털 산림경영 기반구축과 산림입지도양도	445
5.2. 지능형 산림재해 관리로 촘촘한 안전망 구축과 산림입지도양도	446
5.3. 경제림육성단지 재편으로 경영구조 선진화와 산림입지도양도	447
5.4. 산림의 탄소 흡수·감축 기능 증진으로 기후변화 대응과 산림입지도양도	448
6. 디지털산림입지도양도(Digital Soil Mapping; DSM) 제작	450
6.1. DSM의 개념 및 필요성	450
6.2. DSM 개발의 역사	451
6.3. 제작 방법 및 절차	453
6.4. DSM 활용 사례	459
6.5. DSM의 한계점	460
7. 전문인력 훈련 및 양성 방안	462
7.1. 산림입지도양도 전문가 양성 교육	462
7.2. 산림토양전문 자격증 도입	464
8. 산림입지도양도 현행화 방안	465
8.1. 1:25,000 산림입지도양도 현행화 주요 내용	465
8.2. 산림입지도양도 현행화	469

부록-참고문헌

1. 산림입지도양도 사업 추진 결과	474
2. 산림입지도양도의 활용 및 개선 방안 : 각종 주제도 및 기타 활용 방안	475
3. 미래 산림입지도양도의 발전 방안	479



1

산림입지토양도 백서



제 1 장

산림입지도양도 사업 개요



제1장 산림입지도양도 사업 개요

1. 배경 및 목적	002
2. 산림토양조사와 토양도 추진 경과	003
3. 추진 체계	010
4. 추진 경과	012
5. 수행 업체	017
6. 투입 인력	020
7. 제작 방법	025
8. 개발프로그램	094



1. 배경 및 목적

1.1. 사업 배경

제1차 국가GIS기본계획 중 5개 공공 GIS 활용체계 개발사업으로 1:25,000 축척의 산림입지도 813개에 대하여 도엽 개발을 추진하였고 해당 산림입지도가 1:25,000 축척으로 제공되고 있으나 개별 산주 등의 요구에 맞춘 필지별 정보제공이 곤란하여 1:5,000 축척의 상세 도면을 제작할 필요가 있었다. 또한, 개발 관련 토지 정보에 비해 산지보전 관련 정보가 상대적으로 미흡하여 이에 대한 대응책으로서 정확도 높은 산림입지 정보 구축이 요구되었다. 이 밖에 산림입지 정보를 통한 산지 이용 효율을 향상시키는데 기여하는 맞춤형조림지도, 임지생산능력급수도 등의 응용지도의 정확도를 높이기 위해서 산림입지도양도 대축척화의 필요성이 나타나게 되었다.

그리고 2007년 국토의 효율적 이용과 관리를 위한 국정과제로서 ‘국가공간정보체계 구축사업’이 본격화되면서 1:5,000 축척의 디지털지도가 국가기본도로 사용되면서 산림의 기본지도인 입상도와 함께 산림입지도 또한 1:5,000 축척으로의 제작 필요성이 제기되었다.

공간정보에 대한 부처 간 상호 연계를 통해 공용화 체제에 부응한 타 주제도와의 일괄 서비스 제공을 위하여 국가 표준체계에 맞는 1:5,000 축척의 산림입지도양도 제작이 추진되었다.

1.2. 사업 목적

정부 3.0 가치실현을 위한 능동형 산림 융합 콘텐츠 제공체계로서 단순 지도 서비스의 한계를 탈피하고 산림공간정보, 통계정보, 정책정보 등을 융합한 다양한 형태의 서비스 제공에 대한 요구가 증가함에 따라, 수요자 중심의 능동형 산림공간정보 서비스 제공 체계를 마련하고자 한다.

산림공간정보서비스(FGIS)를 위한 산림기본도로서 산림입지도양도의 고품질화를 지속적으로 추진하여 산림공간정보 활용도 향상을 촉진하고, 수요자 중심의 다양한 산림공간정보 제공을 통한 대국민 만족도 향상 및 국가 경쟁력 제고에 목적이 있다.

정밀한 산림입지도양도는 우리나라 고유의 토양 탄소 배출·흡수계수를 개발하는데 필요하며 이를 통해 국가 온실가스 통계 산정에 기여할 수 있다. 또한, 본 사업은 토양도 개발 및 활용을 통한 지속가능한 산림경영 실천과 산림의 탄소흡수량 증진으로 주요한 탄소저장고로서 산림토양의 역할을 제고하고, 궁극적으로 탄소중립 의제에 기여하려는 목적이 있다.



■ 관련 법률

- 산림기본법 제25조(산림정보화 촉진)
- 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 제33조(산림자원의 정보화)
- 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률 시행규칙 제38조(산림자원정보체계 구축)
- 국유림의 경영 및 관리에 관한 법률 시행규칙 제2조(국유림의 조사)
- 국가공간정보에 관한 법률 제28조(공간정보데이터베이스의 구축 및 관리)
- 산림탄소로드맵(2018년 ~ 2022년)에 따른 산림탄소관리를 위한 공간정보통계기반 강화

2. 산림토양조사 및 토양도 제작의 역사

2.1. 산림토양조사

가. 1945년 이전

우리나라는 유실수 및 특용수를 대상으로 한 적지적수 제도가 조선시대에 이르러 처음으로 시작되었다. 조선 초기 편찬된 경국대전에 따르면 지방제도의 하나로 당해 면 소재지에 권농관을 두고 적지조림을 관장하게 하였으며, 국왕에게 진상하기 위한 주요 식재 수종으로는 유실수인 밤나무, 대추나무, 잣나무, 호두나무, 은행나무, 비자나무와 특용수인 오동나무, 율나무, 대나무 등으로 각 고을에 알맞은 나무를 골라 심고 함부로 베지 못하게 관리하여 가꾸도록 하는 관직제가 기록되어 있다(강영호, 2003). 이는 조선시대에도 수종의 특성과 입지환경인자(기후, 토양, 표고, 경사 등) 사이의 관계를 통해 입지별 최적 조림수종을 파악하는 적지적수 개념이 정립되어 있었음을 나타낸다.

우리나라의 산림토양조사는 조선총독부 시절인 1937년 Hirokuma가 적지적수 조림을 위하여 기후, 풍토, 지력 요구도, 산주의 희망 등을 고려하여 도별로 간이 적지적수표를 작성하면서 처음으로 시행되었다(Hirokuma, 1913; 강영호, 2003)(표 1-1). 여기에서는 1939년에 백두산에서 발원하는 함경남도 보천보 부근의 현무암 지역의 해발 1,000m 지역에 분포하는 갈색산림토양을 대상으로 마상령, 보천보, 대진평 지역의 토양생성 요인과 물리화학적 성질을 구명하고 규반비와의 관계를 밝혀 산지 이용에 대한 석회 시용량 등이 제시된 바 있다(Kawashima, 1939; Chung and Lee, 1965).



당시 적지적수에 관한 연구사례는「아까시나무의 효용 및 적지에 대하여(1912)」와 「낙엽송 분포 및 적지에 대하여(1918)」가 있으며 우리나라 적지적수에 대한 최초 논문으로 추정된다(이승우, 2009).

[표 1-1] 도별 간이 적지적수표(강영호, 2003)

지방	지황			
	토심이 얇은 건조지	건조지	적윤지	습지
전남	소나무 아까시나무	소나무 포플러류 아까시나무 상수리나무	소나무, 포플러류, 아까시나무, 상수리나무, 음나무, 참나무류, 삼나무, 편백, 화백, 단풍나무류, 율나무, 오리나무, 해송	오리나무 포플러류 상수리나무 화백
충남 전북 경북 경남	소나무 아까시나무 물오리나무	소나무 상수리나무 포플러류 물오리나무	소나무, 포플러류, 율나무, 아까시나무, 상수리나무, 물오리나무, 호두나무, 밤나무, 음나무, 느티나무, 참나무류, 일본목련, 잣나무, 해송, 단풍나무류, 오리나무	오리나무 포플러류 상수리나무 음나무
황해 경기 강원 충북	소나무 아까시나무 물오리나무	소나무 아까시나무 상수리나무 포플러류 물오리나무	소나무, 포플러류, 아까시나무, 상수리나무, 호두나무, 밤나무, 물오리나무, 음나무, 느티나무, 참나무류, 일본목련, 오리나무, 전나무, 떡갈나무류, 단풍나무류, 율나무, 잣나무, 느릅나무	오리나무 포플러류 상수리나무 음나무
함남 평북 평남	소나무 아까시나무 잎갈나무 물오리나무	소나무 아까시나무 포플러류 잎갈나무 물오리나무	소나무, 음나무, 잎갈나무, 밤나무, 물오리나무, 호두나무, 포플러류, 단풍나무류, 느티나무, 참나무류, 율나무, 잣나무, 전나무, 오리나무, 느릅나무, 아까시나무, 일본목련, 떡갈나무류, 분비나무	오리나무 포플러류 음나무 들메나무
함북	소나무 아까시나무 잎갈나무 물오리나무	소나무 아까시나무 포플러류 잎갈나무 물오리나무	소나무, 물오리나무, 아까시나무, 잎갈나무, 호두나무, 가문비나무, 단풍나무류, 느릅나무, 참나무류, 떡갈나무류, 오리나무, 포플러류, 음나무, 분비나무, 白檜	오리나무 포플러류 음나무 들메나무

나. 1960년 이후

일제강점기와 6.25 전쟁을 거치면서 황폐화된 국토를 녹화하기 위하여 1964년 6월 대한민국 농림부, UNSF 및 FAO는 남한의 산림조사와 사방 및 조림에 관한 연구와 현황 평가를 계획하였다. 이에 따라 4년간 강원도 및 경상북도 북부지방 임야 1,000,000ha를 대상으로 항공사진을 촬영하고 산림의 입지조건과 산림자원 조사를 진행하였다. 토양침식이 빈번히 일어나 이를 방지하기 위한 알맞은 수종의 선정 및 식재를 위하여 토양침식의 정도에 따라 3등급으로 구분 조사하여 도면상에 표기하였다



(Han, G.J. personal communication). 1968년부터 1969년까지 농림부 주관으로 UNDP 사업인 3개 강 유역의 조림 및 사방사업의 일환으로 적지적수를 위한 산림토양조사가 실시되었다. 그후, 1969년 말 UNDP 사업이 종료됨에 따라 당시 수행 중이던 산림조사, 토양조사 사업들은 1970년 산림자원조사연구소의 발족과 함께 이관되었다. 1967년 1월, 산림청이 발족함에 따라 치산녹화 운동이 대대적으로 추진되기 시작하였고, 1970년대에 들어서면서 산림자원조성을 위한 전국 14개 대단지 산지개발계획 사업에 발맞추어 산림토양조사도 본격적으로 시작되었다(표 1-2).

[표 1-2] 주요 산림토양조사 사업 개요(1968 ~ 2021)(이천용 등, 2009; 권민영 등, 2021)

연도	사업명	면적(천ha)	사업지
1968 ~ 1969	적지적수 조림을 위한 산림토양조사	112	안성천 유역 상주천 유역 동진강 유역
1970 ~ 1972	대단지 산지개발 토양조사	351	평창군, 정선군, 영월군, 함양군, 산청군
1972	월성 및 단양 방충대 산림토양조사	16	월성군, 단양군
1972 ~ 1973	고속도로 주변 산림토양조사	118	대전-영동 구간 서울-대전 구간 영동-대구 구간
1974 ~ 1976	간이 산림토양조사	6,640	전국
1980 ~ 1985	경제림 단지 조성을 위한 산림토양조사	209	80개 경제림 조성단지
1988 ~ 1995	산림입지조사	813	국유림
1995 ~ 2004	산림입지조사(1:25,000)	6,500	전국
2008 ~ 2021	산림입지조사(1:5,000)	6,500	전국

적지적수 조림을 위한 산림토양조사(1968 ~ 1969)는 산림자원조사연구소가 발족하면서 UNDP 사업이 종료됨에 따라 산림토양조사사업으로 3개 강(안성천, 상주천, 동진강) 유역의 임지를 일본 산림토양 분류체계에 따라 토양형별, 능력급수별로 표시하였다(Forest Research Institute, 1972)(그림 1-1). 또한, 침식 정도, 피복 상태, 분포면적 등을 조사하는 한편 조속한 시일 내에 임상 복구, 지력 개량, 수원함양 등의 효과를 얻기 위하여 사방지의 급수를 3등급으로 구분하여 침식의 정도를 산림토양도 상에 표시하였다.

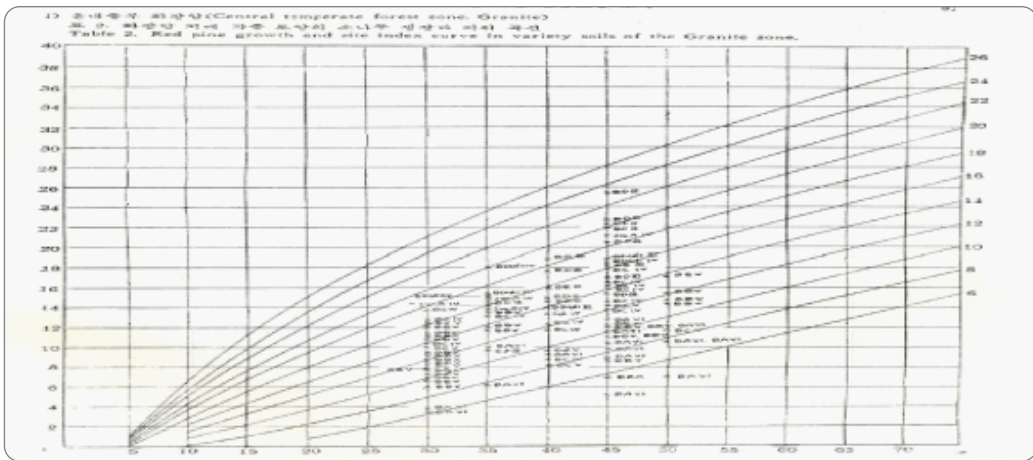
그 외에도, 산림대별 모양의 차이에 따른 주요 수종(소나무, 일본잎갈나무, 리기다소나무, 잣나무)의 생장량을 지위로 나타내고(그림 1-2), 그 지위지수에 따른 적지 판정 기준표를 작성하였다(그림 1-3).



3 강유역 토양형, 능력 급수별 면적집계표
Aea assessment table by soil type and capability class of 3 watersheds

토양형 급수 유역별	BA		BB		BC		BC			BD(d)			BD		BE	
	VI	V	VI	V	V	IV	IV	II	II	II	II	I	I	VI	V	
안성천유역			101.7	470.0	841.9	4,131.5	1,002.1	456.4	233.0	278.1						
상주천유역	1.5	34.0	446.3	18.5	3,747.9	407.9	488.8	136.5	78.9							
동진강유역			309.5		203.0	2,103.0	772.0	12.0	13.0	62.0						
계	1.5	445.2	916.3	1,063.4	9,982.4	2,182.0	957.2	382.5	419.0							

[그림 1-1] 안성천, 상주천, 동진강 유역 토양형 및 능력급수별 면적 집계표



[그림 1-2] 화강암 지대 토양의 소나무 성장 지위 곡선

Table 28. Criterion for suitable grouping

토양형 soil type	능력급수 copobility class	유역 watershed	수종 species												
			미기타	아리류	오리나무	아까시	해송	소나무	잣나무	참나무	참나무	참나무	참나무	참나무	
BA	VI	안성천	▲	▲	▲			▲							
		상주천	▲	▲	▲			▲							
		동진강	▲	▲	▲		▲	▲							
BB	VI	안성천	△	△	△			△			△	△	△	△	
		상주천	△	△	△			△			△	△	△	△	
		동진강	△	△	△		△	△			△	△	△	△	
BC	V	안성천	△	△	△			△			△	△	△	△	
		상주천	△	△	△			△			△	△	△	△	
		동진강	△	△	△		△	△			△	△	△	△	
BD(d)	IV	안성천	○	○	○			○			○	○	○	○	
		상주천	○	○	○			○			○	○	○	○	
		동진강	○	○	○		○	○			○	○	○	○	
BD	II	안성천									○	○	○	○	
		상주천									○	○	○	○	
		동진강									○	○	○	○	

[그림 1-3] 안성천, 상주천, 동진강 유역의 적지적수 판정 기준표



대단지 산지개발 토양조사(1970 ~ 1972)의 경우 인구 밀도가 낮고 산림 면적율이 높은 대표적인 산간지역에 14개 용재림 대단지를 조성하고자 토양형 분류 및 임지능력 구분조사를 실시하였다 (Forest Research Institute, 1972). 이에 따라 토양의 생산능력급수, 우점 식생 및 중요 임목의 생육환경을 조사하고 조림 대상지의 적수 선정 및 갱신, 무육, 임지개량 등에 관한 자료를 제공하였다.

사업 첫해인 1970년도에는 제3 대단지 조림지구인 강원도 평창군 133천ha와 정선군과 영월군 137천ha를 대상으로 일본식 산림토양분류방법에 따라 산림토양조사를 실시하여 갈색산림토양, 적색토양, 침식토양, 미숙토양, 지하수토양, 흑색토양, 기타 간척지, 경작지, 화전지, 군사지 등으로 구분 조사하여 수분 상태에 따라 분류된 토양형을 기준으로 1:25,000 지형도 상에 산림토양도를 작성하였다. 1972년도에는 제13 대단지 조림지구인 경상북도 함양군과 산청군 102천ha를 대상으로 토양조사를 실시하였고 이때는 농경지 토양을 대상으로 토양을 분류한 USDA의 제7차 시안방법에 따라 토양조사를 실시하였다.

월성 및 단양 방충대 산림토양조사(1972)는 당시 우리나라 소나무에 극심한 피해를 주고 있던 솔잎혹파리의 선단지를 차단하기 위하여 경주지구와 충북 단양지역 일대에 16,290ha의 방충대를 설치하고 수종갱신 조림을 목적으로 토양조사사업을 시행하였다(Forest Research Institute, 1972). 이 조사는 대단지산지개발계획 사업의 일환으로 조사되는 함양군과 산청군 토양조사사업과 동시에 추진된 결과 USDA의 제7차 시안방법에 의거 토양 조사를 실시하고(그림 1-4) USDA 토양분류체계를 따라 토양형을 분류하였다(그림 1-5).



[그림 1-4] 월성 및 단양 방충대 산림토양조사 지역

4. 토양형 적정 용암사 조사 기준수준 및 토양형의 명명

1) 월성군 방충대

구분	토양명	지역	조사	토양	수준	토양형명	토양형명	유호토양
1	편적 암갈색토	구룡계	죽산리	사당리	사당리	경남산지	경북산지	대우산지
	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡
	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡	점적계곡
2	편적 양토	산청시	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리
	점적계곡	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리
	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리	죽산리

[그림 1-5] 월성 및 단양 방충대 산림토양조사 토양 분류



고속도로 주변 산림토양조사(1972~1973)는 착공 후 단기간 내 완공된 고속도로 주변에서 산림파괴로 인한 토양침식이 일어나, 산림을 재조성할 필요성이 생겨났다. 이에 따라 고속도로 주변 임지의 복구와 집약적 조림을 목적으로 1972년에는 대전에서 영동까지 17,000ha의 임야면적을, 1973년에는 서울에서 대전, 영동에서 대구간의 101,000ha의 임야면적에 대한 산림토양 조사를 실시하였다.

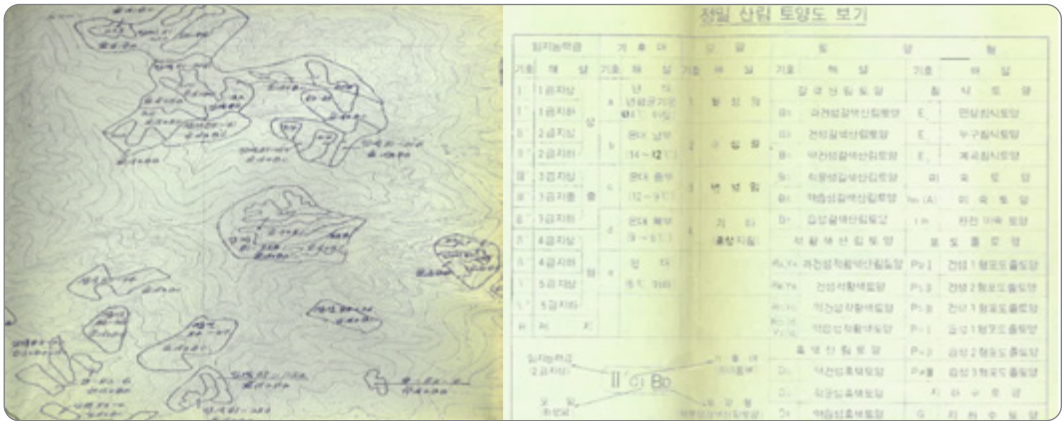
간이 산림토양조사(1974~1976)는 3년간 임지 이용의 합리화와 적지적수 선정을 위해 전국 임지에 간이 산림토양조사를 실시하였다(Forest Research Institute, 1976). 조림수종의 생장과 산림토양과의 상관관계가 높으며 현지에서 쉽게 조사할 수 있는 토심, 지형, 건습도, 경사, 퇴적 양식, 침식, 견밀도, 토성 등의 8가지 주요 인자를 대상으로 전국 750도엽(1:25,000)의 임지능력구분도를 제작하고 6,640,000ha의 산림면적을 급지별로 구분하였다(그림 1-6). 그 결과, 산림면적의 30% 정도인 약 2,000,000ha가 임지생산능력급수 하위 등급인 IV-V급지에 해당하는 것으로 나타났다.

3.2.1 시, 도, 영림서별 능력급수 면적 집계표

구분 계, 도영림서	계	I	II	III	IV	V	총계	R	L	LP	비조사	소계
계	6,640,830	2,4513	1,124,300	2,483,334	1,570,646	322,090	6,724,092	379,852	237,420	71,682	237,003	915,957
충부영림서	359,985	2,908	80,398	139,438	46,218	2,693	272,255	24,626	3,048		60,054	87,728
동부영림서	277,824	1,776	24,145	108,436	57,112	3,250	225,129	40,153	1,355	2,644	6,573	52,695
남부영림서	210,071	596	30,596	94,311	55,363	6,520	197,416	17,063	3,592			20,655
서울특별시	16,151		1,022	6,091	4,036	1,631	12,780	5,011	160			5,171
부산직할시	21,477		745	7,497	7,117	1,999	19,358	1,870	249			2,119
경기도	694,634	929	99,929	244,656	140,975	31,482	517,971	24,387	17,625	434	36,314	76,760
강원도	754,376	7,080	183,986	283,261	139,470	38,797	552,574	40,563	24,651	1,320	305,240	171,802
충청북도	523,520	345	64,269	133,974	129,301	16,566	144,275	42,442	36,064	119		79,245
충청남도	498,001	388	58,458	242,430	111,310	16,750	459,346	12,341	29,567	708	1,046	36,657
전라북도	446,585	1,230	85,709	191,030	97,598	11,224	393,271	25,135	24,644	272	1,643	51,714
전라남도	739,362	799	102,580	332,665	186,321	35,716	658,293	45,051	29,676	25	6,369	81,059
경상북도	1,264,678	2,149	200,368	499,014	360,620	119,361	1,202,332	41,992	37,026	27	5,301	84,546
경상남도	792,334	4,234	153,581	283,020	208,791	7,450	659,076	56,673	35,086		1,499	93,258
제주도	106,653		14,601	14,291	5,732	1,441	36,905	2,545	35	56,160		69,748

[그림 1-6] 간이 산림토양조사 시, 도, 영림서 별 능력급수 면적 집계표

경제림 단지 조성을 위한 정밀 산림토양조사(1980 ~ 1985)는 제2차 치산녹화 10년 계획의 중점사업인 경제림 단지 80개소를 조성하기 위하여 1980년부터 1985년까지 조림 예정지 209,000ha를 대상으로 임지환경 및 토양조건을 조사하고 토양의 이화학적 성질을 분석하는 정밀 산림토양조사를 실시하였다(Forest Research Institute, 1972). 경제림 단지 정밀산림토양도는 임지능력급수도, 기후대, 모암, 토양형에 따라 작성되었다(그림 1-7).



[그림 1-7] 경제림 단지 조성을 위한 정밀산림토양도 및 범례

2.2. 산림토양도 제작

가. 간이산림토양도(1:25,000)

산림청 주관으로 1974년부터 3년간 산지 관리의 기본틀을 마련하기 위하여 전국 산지 6,640,000ha를 대상으로 간이산림토양조사를 실시하였다(Forest Research Institute, 1976). 이것은 산림토양조사사업 시작 이래 가장 큰 전국 규모의 사업으로 산림자원조사연구소가 주관이 되어 각 시, 도 및 영림서의 지원을 받아 전국 산림토양의 잠재 생산능력을 파악하여 간이산림토양도를 제작(750도엽), 보급함으로써 적지적수 선정기준을 제시하는 등 과학적으로 산지를 이용하는 기준지침을 마련하였다는 점에서 의의가 있다. 산림토양조사 사업은 전문지식을 요구하는 일임에도 불구하고 단기간에 과도한 조사량(1975년 1년 동안 400,000ha 조사)으로 다소 미흡한 자료의 정확도를 보였으나, 현재까지 전국 임지의 생산력을 판정하는 기본도로 활용되고 있다.

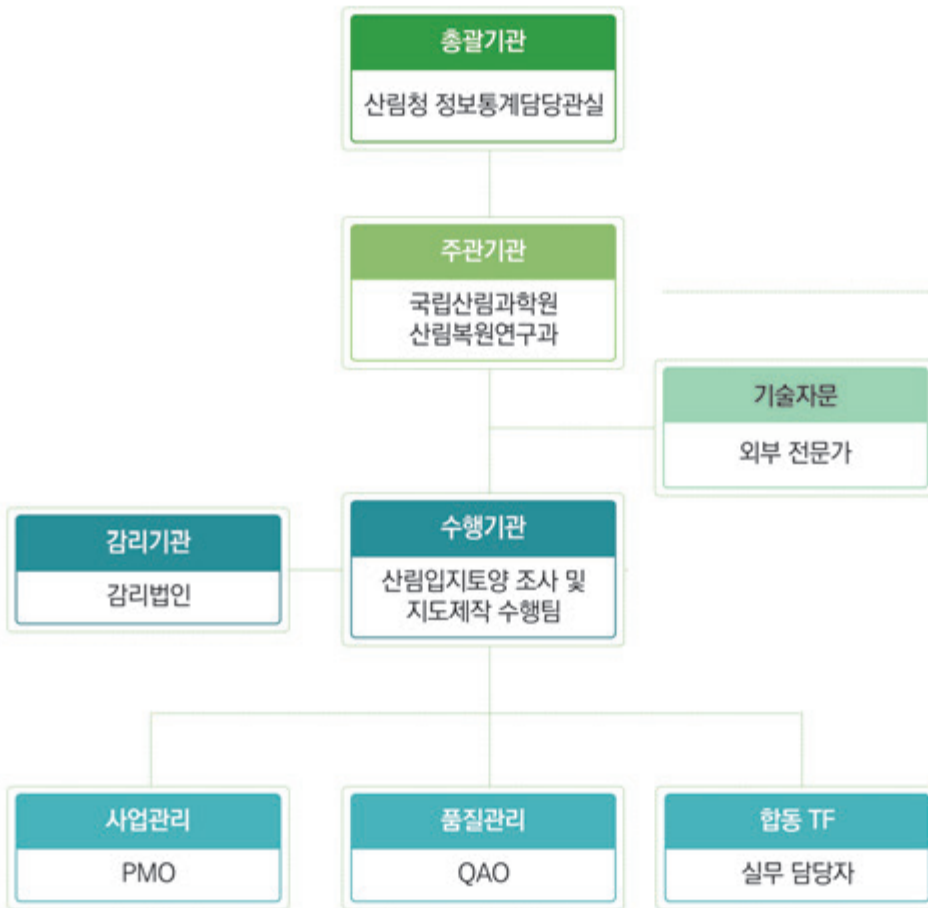
나. 산림입지도(1:25,000)

전 국토의 산지를 대상으로 국가 단위의 수치산림토양도를 제작한 사례는 세계적으로 매우 드물다. 이 사업을 위해 전국 임업공무원을 대상으로 토양조사 방법 및 토양도 작성을 위한 교육을 선행하였고, 1995년부터 2003년까지 9년간 전국 산지 6,400,000ha를 대상으로 산림사업의 기본이 되는 산림의 입지환경조건, 토양 성질, 주요 수종의 생장량을 파악하여 산림입지도 813도엽을 제작하였다. 또한 조사 당시 채취한 토양시료를 분석하여 한국 산림토양의 이화학적성을 구명하였다(정진현 등, 2002).

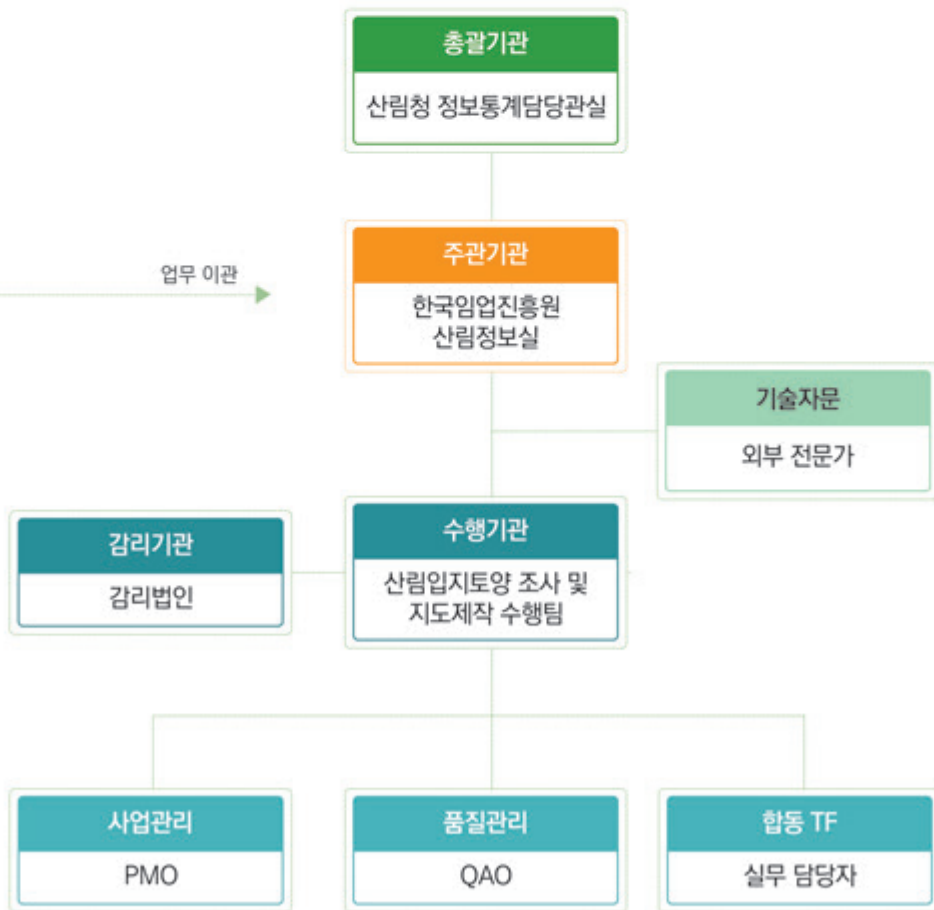
3. 추진 체계

3.1. 추진 체계

2008년 시범사업을 시작으로 2009년부터 2021년까지 사업이 진행되었다. 사업총괄기관은 산림청 정보통계담당관실로 변화가 없었으나 주관기관은 국립산림과학원 산림복원연구과(2009년 ~ 2011년)에서 한국임업진흥원 산림정보실(2012년 ~ 2021년)로 업무가 이관되었다(그림 1-8, 그림 1-9).



[그림 1-8] 2009년 ~ 2011년 사업 추진 체계



[그림 1-9] 2012년 ~ 2021년 사업 추진 체계

4. 추진 경과

4.1. 연차별 추진 내역

2009

사업 내역

- 사업 명: 2009 산림입지도 확대 제작(1:5,000) 사업
- 수행기관: 태은 컨소시엄
- 사업기간: 2009년 07월 08일 ~ 2010년 03월 29일
- 사업금액: 2,410,000,000원(VAT 포함)
- 사업범위: 서울(강동, 노원), 대전, 충남·북 일부, 춘천 지역 약 47만 ha의 산림을 대상으로 1:5,000 산림입지도 제작

2010

사업 내역

- 사업 명: 2010 산림입지도조사 및 1:5,000 산림입지도 제작사업
- 수행기관: 태은 컨소시엄
- 사업기간: 2010년 03월 30일 ~ 2010년 12월 10일
- 사업금액: 2,097,000,000원(VAT 포함)
- 사업범위: 사업대상지는 '2009년 임상도 확대 제작(1:5,000) 사업' 대상지 외 기타 지역 352,000ha를 대상으로 산림입지도조사 및 1:5,000 산림입지도 제작

2016

사업 내역

- 사업 명: 2016년 산림입지도임상도(1:5,000) 제작
- 수행기관: 한국산지환경연구회 컨소시엄
- 사업기간: 2016년 06월 29일 ~ 2016년 11월 30일
- 사업금액: 2,836,026,000원(VAT 포함)
- 사업범위: '임상도 현행화 구축(1:5,000)' 사업과 연계하여 경상남도 및 경상북도 전역 450,200ha에 대한 산림입지도임상조사

2015

사업 내역

- 사업 명: 2015 산림입지도임상도(1:5,000) 제작 및 산림공간정보서비스 활용체계 구축
- 수행기관: 한국산지환경연구회 컨소시엄
- 사업기간: 2015년 06월 05일 ~ 2015년 11월 30일
- 사업금액: 2,831,660,000원(VAT 포함)
- 사업범위: '임상도 확대 제작(1:5,000)' 구축 사업과 연계하여 전라남도 전역 422,700ha에 대한 산림입지도임상조사



2011

사업 내역

- 사업명: 2011 산림입지토양도(1:5,000) 제작 사업
- 수행기관: 태은 컨소시엄
- 사업기간: 2011년 03월 23일 ~ 2011년 12월 09일
- 사업금액: 2,180,000,000원(VAT 포함)
- 사업범위: '임상도 확대제작(1:5,000)' 기 구축 사업과 연계하여 전북지역 350,412ha에 대한 산림 입지토양조사 및 1:5,000 산림입지토양도 제작

2012

사업 내역

- 사업명: 2012 산림입지토양도(1:5,000) 제작 사업
- 수행기관: 한국산지환경연구원 컨소시엄
- 사업기간: 2012년 06월 01일 ~ 2012년 12월 10일
- 사업금액: 2,003,760,000원(VAT 포함)
- 사업범위: '임상도 확대제작(1:5,000)' 구축 사업과 연계하여 5개 특·광역시(서울, 인천, 부산, 광주, 울산)와 경기도 포천시, 동두천시 일원 267,177ha에 대한 산림입지 토양조사



2014

사업 내역

- 사업명: 2014 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림공간정보서비스 기능개선 사업
- 수행기관: 한국산지환경연구원 컨소시엄
- 사업기간: 2014년 05월 21일 ~ 2014년 11월 30일
- 사업금액: 2,750,763,630원(VAT 포함)
- 사업범위: '임상도 확대제작(1:5,000)' 구축 사업과 연계하여 전라남도 전역 418,700ha에 대한 산림 입지토양조사



2013

사업 내역

- 사업명: 2013 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림통계GIS서비스 구축 사업
- 수행기관: 한국산지환경연구원 컨소시엄
- 사업기간: 2013년 05월 15일 ~ 2013년 11월 29일
- 사업금액: 2,873,970,000원(VAT 포함)
- 사업범위: '임상도 확대 제작(1:5,000)' 구축 사업과 연계하여 경기 전역과 강원, 인천, 충북 일원 450,890ha에 대한 산림입지토양조사

2017



사업 내역

- 사업 명: 2017년 산림입지토양도(1:5,000) 제작
- 수행기관: 태은 컨소시엄
- 사업기간: 2017년 06월 22일 ~ 2017년 11월 30일
- 사업금액: 2,823,678,270원(VAT 포함)
- 사업범위: 경북 및 충북 산림지역 512,149ha에 대한 산림입지 토양 조사

2018



사업 내역

- 사업 명: 2018년 산림공간정보 구축
- 수행기관: 주식회사 지오투정보기술 컨소시엄
- 사업기간: 2018년 06월 01일 ~ 2018년 11월 30일
- 사업금액: 4,957,850,000원(VAT 포함)
- 임상도, 산림입지토양도 통합사업 금액
- 사업범위: 임상도 현행화 제작(1:5,000) 사업과 연계하여 경북 및 충북 산림지역 528,000ha에 대한 입지 토양 조사 및 산림입지토양도(1:5,000) 제작

2020



사업 내역

- 사업 명: 2020 ~ 2021년 국가산림공간정보 조사구축
- 수행기관: 주식회사 지오투정보기술 컨소시엄
- 사업기간: 2020년 06월 17일 ~ 2020년 11월 29일
- 사업금액: 5,100,000,000원(VAT 포함)
- 임상도, 산림입지토양도 통합사업 금액
- 사업범위: 강원, 곡성, 울릉도 산림지역 613,200ha에 대한 산림입지토양조사 및 도면 제작

2019

사업 내역

- 사업 명: 2019 산림공간정보 조사구축
- 수행기관: 주식회사 지오투정보기술 컨소시엄
- 사업기간: 2019년 05월 02일 ~ 2019년 11월 29일
- 사업금액: 5,193,000,000원(VAT 포함)
- 임상도, 산림입지토양도 통합사업 금액
- 사업범위: 대구, 제주, 경북, 강원 일부 산림지역 562,000ha에 대한 산림입지토양 조사

2021

사업 내역

- 사업 명: 2020 ~ 2021년 국가산림공간정보 조사구축
- 수행기관: 주식회사 지오투정보기술 컨소시엄
- 사업기간: 2021년 03월 23일 ~ 2021년 11월 29일
- 사업금액: 4,700,000,000원(VAT 포함) - 임상도, 산림입지토양도 통합사업 금액
- 사업범위: 강원, 제주 산림지역 524,296ha 산림입지토양조사 및 도면 제작



4.2. 연차별 대상 지역 및 면적

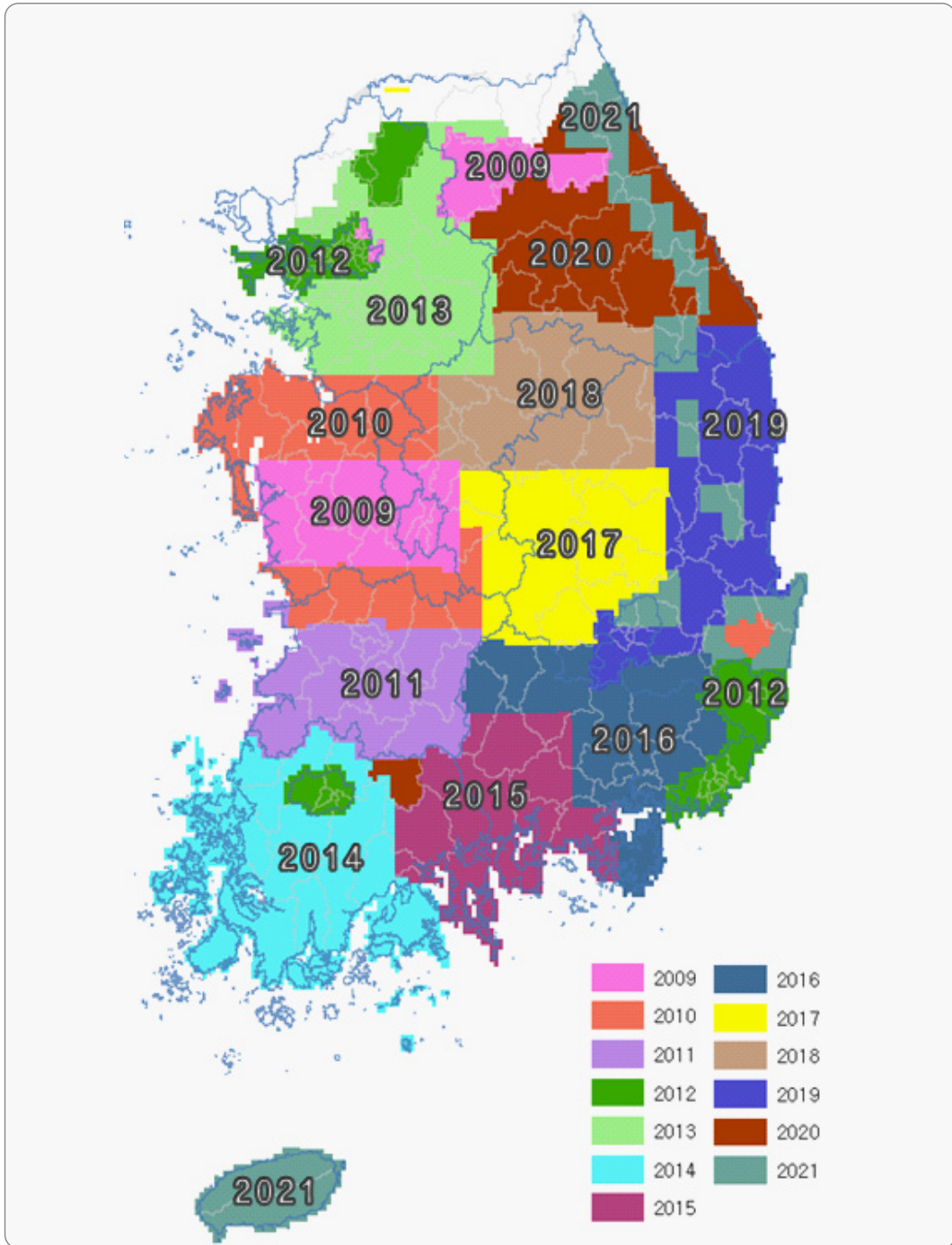
대축척 산림입지도양도 제작을 위하여 2008년 대구광역시를 대상으로 시범사업을 수행하였다. 조사는 기존 방법을 적용하고, 구획은 방위, 경사 등을 고려하여 세분화하였다. 시범사업에서 구획 및 조사 방법에 대한 매뉴얼 및 예산을 산정하여 2009년부터 사업을 수행하였다. 예산 및 전문가 인력 등을 고려하여 10년에 걸쳐 완성하는 계획을 수립하였으나 예산의 한계로 인해 사업기간이 10년을 넘게 되었고, 2021년까지 완료하기 위하여 2019년부터 일부 공정을 개선하여 사업을 수행하였다(표 1-3).

[표 1-3] 사업 연차별 대상 지역 및 면적

사업연도	대상 지역	면적(ha)	비고
2009	대전광역시, 충청남도 및 강원도 일부	470,000	
2010	충청남도 전역 및 전라북도 일부	352,000	
2011	전라북도 전역	350,412	
2012	서울 등 5개 광역시 및 경기도 일부	267,177	
2013	경기도 전역	450,890	
2014	전라남도 전역	418,700	
2015	전라남도 전역 및 경상남도 일부	422,700	
2016	경상남도 전역, 경북 및 부산 일부	450,200	
2017	경북, 충북, 경남 및 전북 일부	512,149	
2018	경북, 충북	528,000	
2019	대구, 제주, 경북, 강원	562,000	공정변화
2020	강원, 곡성, 울릉	613,200	공정변화
2021	강원, 제주	524,296	공정변화
합 계		5,921,724	

* 연차별 면적의 합계(5,921,724ha)와 최종구축면적(5,893,823ha)와의 차이는 1:5,000 대축척 입상도의 1차 현행화가 완료된 2019년 입상도를 기준으로 임경지 경계를 재구획함에 따라 발생함.

사업대상지에서 민통선 지역의 접경지와 일부 도서지역은 조사자의 안전과 정보의 활용성, 예산의 한계로 인해 제외하였다. 사업지역은 충청남도를 시작으로 전라도, 경상도, 강원도로 계획하였으나, 2010년에 발생한 서울 우면산 산사태를 계기로 산림재해 발생에 대응하고자 인구밀도가 높은 지자체를 우선 제작하는 것으로 계획을 수정하여 2012년은 특광역시를 대상으로 제작하고, 2013년에는 인구 50만 이상의 시군이 많은 경기도를 대상지로 선정하였다. 2014년부터는 전라남도, 경상남도, 경상북도, 강원도로 순차적으로 사업을 수행하였다(그림 1-10).



[그림 1-10] 사업 연도별 대상 지역



5. 수행 업체

5.1. 연차별 수행 업체

산림입지토양도사업을 수행한 컨소시엄의 주관사는 사업기간 동안 3차례 변경되었다. 2009~2011년, 2017년은 태은, 2012~2016년에는 한국산지환경연구회, 2018~2021년에는 임상도와 산림입지토양도가 산림공간정보조사구축사업으로 통합발주됨에 따라 지오투정보기술이 컨소시엄의 주관사업자가 되었다.

[표 1-4] 연차별 수행 업체

연도	주관사	수행사
2009	태은	태은, 한국산지환경연구회, 산림조합중앙회, 지오매니아, 우림NR
2010	태은	태은, 한국산지환경연구회, 산림조합중앙회, 지오매니아, 지오씨엔아이, 우림NR
2011	태은	태은, 한국산지환경연구회, 산림조합중앙회, 지오매니아, 지오씨엔아이, 우림NR
2012	한국산지환경연구회	한국산지환경연구회, 태은, 산림조합중앙회, 지오매니아, 지오씨엔아이, 우림NR
2013	한국산지환경연구회	한국산지환경연구회, 태은, 산림조합중앙회, 지오매니아, 지오씨엔아이, 우림NR
2014	한국산지환경연구회	한국산지환경연구회, 태은, 산림조합중앙회, 지오씨엔아이, 우림NR
2015	한국산지환경연구회	한국산지환경연구회, 태은, 산림조합중앙회, 지오씨엔아이
2016	한국산지환경연구회	한국산지환경연구회, 태은, 산림조합중앙회, 지오씨엔아이
2017	태은	한국산지환경연구회, 산림조합중앙회, 지오씨엔아이
2018	지오투정보기술	한국산지환경연구회, 태은, 산림조합중앙회, 지오씨엔아이, 우림NR
2019	지오투정보기술	한국산지환경연구회, 지오씨엔아이, 우림NR, 씨엔
2020	지오투정보기술	한국산지환경연구회, 지오씨엔아이, 우림NR, 씨엔
2021	지오투정보기술	한국산지환경연구회, 지오씨엔아이, 우림NR, 씨엔

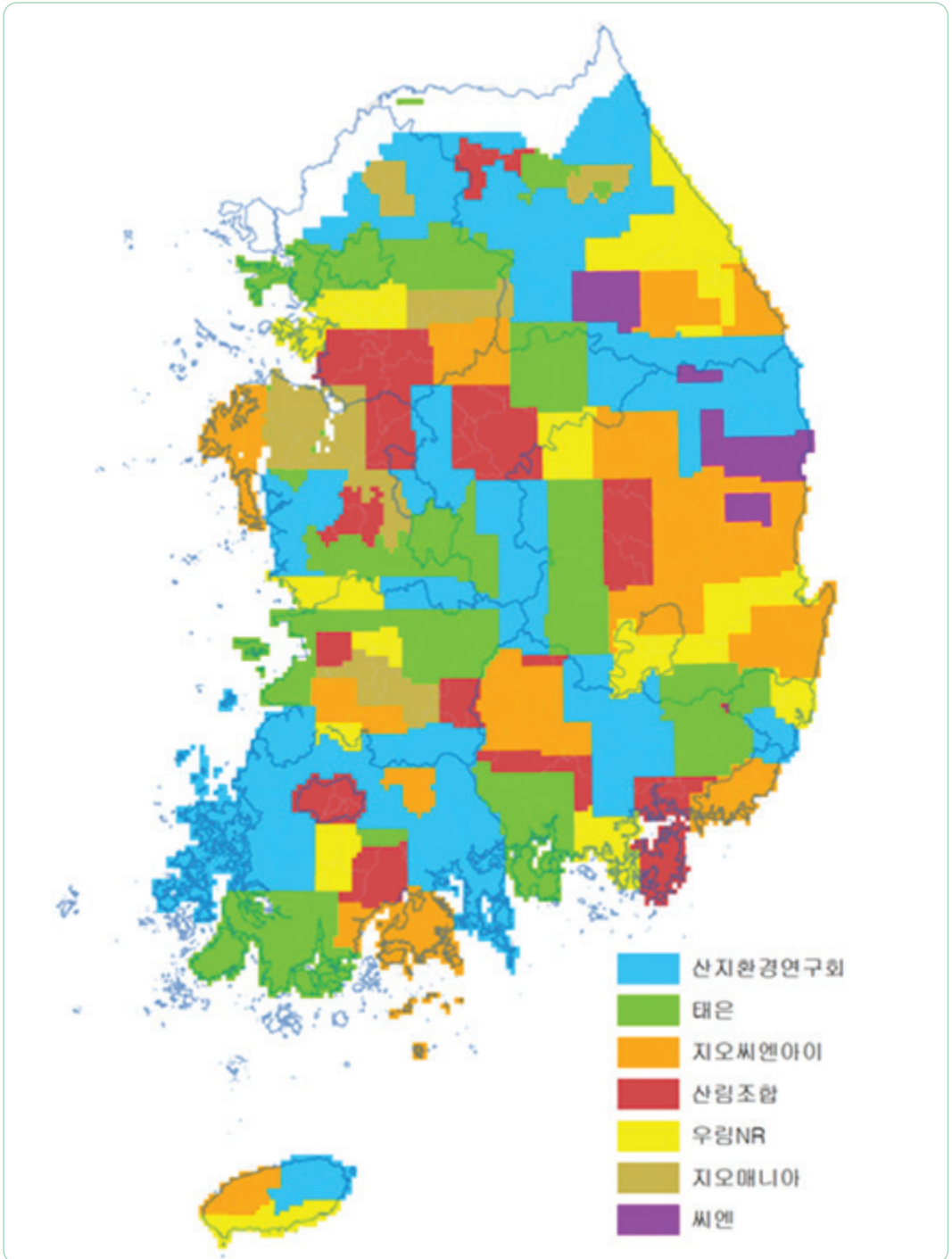


5.2. 업체별 수행 면적

2009년부터 2021년까지 7개의 업체가 수행하였으며, 한국산지환경연구회는 1,987,181ha 면적을 수행하여 전체 33.5%를 제작하였다. 태은과 지오씨엔아이가 수행한 면적은 2,206,398ha로 37.3%를 제작하였으며, 지오매니아와 씨엔이 구축한 지역은 8.3%를 차지하고 있다(표 1-5, 그림 1-11).

[표 1-5] 수행 업체별 수행 면적

수행사	사업 수행 면적(ha)	비율(%)	비고
한국산지환경연구회	1,987,181	33.5	
태은	1,132,160	19.2	
지오씨엔아이	1,074,238	18.1	
산림조합중앙회	609,506	10.3	
우림NR	626,562	10.6	
지오매니아	288,303	4.9	
씨엔	203,774	3.4	
합 계	5,921,724	100	



[그림 1-11] 수행 업체별 대상 지역



6. 투입 인력

6.1. 연차별 투입 인력

2009년부터 2021년까지 투입된 인력은 전체 242명이며, 4년 이상 산림입지토양도 제작에 참여한 인력은 44명이다. 연도별 평균 48명이 투입되어 사업을 수행하였으며, 연도별 투입 인원수는 다음 표와 같다.

[표 1-6] 연도별 투입 인원

연도	한국산지환경 연구회	태은	지오씨엔아이	산림조합중앙회	우림NR	지오매니아	씨엔	합계
2009	13	13	-	12	2	11	-	51
2010	10	9	8	5	2	6	-	40
2011	8	8	7	4	3	5	-	35
2012	10	7	6	3	3	4	-	33
2013	16	10	9	5	6	5	-	51
2014	16	13	8	5	7	-	-	49
2015	19	15	12	6	-	-	-	52
2016	21	17	14	10	-	-	-	62
2017	21	18	14	10	-	-	-	63
2018	14	14	14	30	7	-	-	79
2019	15	-	8	-	8	-	10	41
2020	11	-	8	-	6	-	6	31
2021	15	-	7	-	6	-	6	34
합계	189	124	115	90	50	31	22	621



6.2. 투입 인력 명단

2009년부터 2021년까지 13년 동안의 참여 인력 명단은 다음 표와 같다.

[표 1-7] 사업 연차별 투입 인력 명단

연도	한국산지환경 연구회	태은	지오씨엔아이	산림조합 중앙회	우림NR	지오매니아	씨엔
2009	김정환, 조성철, 김동균, 박정신, 안민정, 이상수, 김용민, 김문겸, 이종명, 박시형, 최인규, 홍성두, 안광원	전태호, 원형규, 최창은, 박선민, 전은진, 심성기, 정해중, 민영기, 엄철용, 황주호, 송덕현, 박현우, 권아영	-	전창석, 한승훈, 안복훈, 주창훈, 박용암, 박우정, 박지운, 이민호, 김도원, 김현균, 이근배, 장지은	오재만, 장현석	임용호, 조찬윤, 백정현, 정유선, 이은석, 안선희, 김정수, 박종국, 김진환, 이춘희, 김태인	-
2010	안병영, 김정환, 홍인표, 조성철, 김동균, 이상수, 김용민, 이종명, 김문겸, 박정신	전태호, 원형규, 최창은, 심성기, 정해중, 권아영, 엄철용, 이정민, 임학재	서호석, 김석철, 박현철, 민병돈, 이익수, 하현호, 김동영, 오정호,	전창석, 안복훈, 주창훈, 조창역, 김현균	장현석, 이현수	임용호, 이춘희, 김진환, 김정수, 박종국, 한화자	-
2011	안병영, 김정환, 김동균, 이상수, 김용민, 이종명, 김문겸, 홍석주	전태호, 최창은, 원형규, 정해중, 엄철용, 이정민, 이태희, 권아영	서호석, 김석철, 박현철, 민병돈, 이승환, 오정호, 김동영	전창석, 주창훈, 조창역, 김현균	장현석, 이현수, 양일모	임용호, 이춘희, 윤홍열, 손영호, 김진한	-
2012	안병영, 김정환, 원형규, 김동균, 이상수, 김용민, 이종명, 김문겸, 홍석주, 차성준	전태호, 최창은, 정해중, 엄철용, 이정민, 이태희, 박병욱	서호석, 김석철, 민병돈, 이승환, 이성용, 조영준	주창훈, 김현균, 임영진	장현석, 이현수, 강민석	임용호, 이춘희, 백규현, 김대호	-
2013	안병영, 김정환, 원형규, 김동균, 이상수, 김용민, 이종명, 김문겸, 홍석주, 차성준, 최인규, 안광원, 박창순, 마수정, 오인자, 전수진	전태호, 최창은, 정해중, 엄철용, 이정민, 이태희, 정윤미, 박승선, 박명욱, 채승우	박수규, 김석철, 민병돈, 이승환, 이성용, 조영준, 안상찬, 이한결, 유승호	김기순, 주창훈, 김현균, 임영진, 김종환	윤은용, 장현석, 이현수, 강민석, 우도현, 오석준	임용호, 이춘희, 백규현, 김대호, 김영모	-



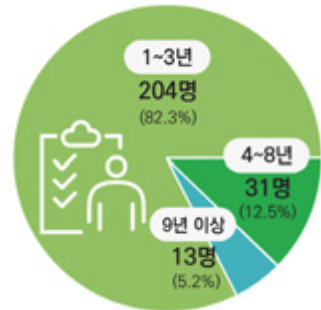
연도	한국산지환경 연구회	태은	지오씨엔아이	산림조합 중앙회	우림NR	지오매니아	씨엔
2014	안병영, 김정환, 원형규, 이상수, 박재순, 홍인표, 원현기, 김용민, 이종명, 김문겸, 홍석주, 양운도, 이창엽, 김재웅, 이종민, 전수진	전태호, 최창은, 정해중, 정윤미, 심성기, 황주호, 이태희, 민영기, 심도형, 지수영, 김태우, 김영현, 박길용	조용우, 박인규, 김석철, 안상찬, 민병돈, 이성용, 유승호, 오정호	김기순, 주창훈, 김현균, 임영진, 김종환	윤은용, 우도현, 이현수, 강민석, 오석준, 우경영, 마송	-	-
2015	안병영, 이상수, 김정환, 원형규, 연정수, 원현기, 홍인표, 박승중, 송장호, 김용민, 이종명, 김문겸, 홍석주, 정양수, 지성구, 이종민, 박종해, 구승모, 전수진	전태호, 최창은, 정해중, 정윤미, 심도형, 이태희, 임현택, 강병철, 강민구, 김영현, 박길용, 윤태식, 송보람, 최민수, 허용	조윤원, 신준호, 김석철, 안상찬, 민병돈, 이성용, 유승호, 오정호, 박제상, 민병돈, 유승호, 이성용	김기순, 주창훈, 김현균, 임영진, 김종환, 박찬근	-	-	-
2016	안병영, 이상수, 김정환, 원형규, 김용민, 이종명, 김문겸, 홍석주, 정양수, 배상원, 지성구, 구승모, 이종민, 박종해, 박성범, 홍인표, 김주민, 전수진, 원현기, 연정수, 연은진	전태호, 최창은, 전은진, 정해중, 이태희, 강민구, 강병철, 윤태식, 송보람, 이상우, 문은주, 김동진, 박유진, 박현희, 임현택, 조기연, 이은미	김석철, 민병돈, 유승호, 이성용, 김영빈, 신동호, 김동섭, 남일호, 이윤희, 윤재웅, 최형욱, 김도령, 정원욱, 박인규	김기순, 주창훈, 김현균, 임영진, 김종환, 김강민, 송동섭, 박성호, 최기우, 정미용	-	-	-
2017	변재경, 김정환, 원형규, 이상수, 이종명, 김문겸, 홍석주, 박종해, 정양수, 이민규, 오해수, 홍인표, 연정수, 전수진, 배상원, 김주민, 연은진, 이선혜, 김주미, 오종환, 이석호	최창은, 전태호, 정해중, 전은진, 이태희, 강병철, 윤태식, 송보람, 이상우, 허 준, 강유호, 문은주, 김동진, 광광근, 박현희, 이상진, 조기연, 이은미	김석철, 민병돈, 유승호, 김영빈, 정운재, 조영민, 박현철, 최형욱, 최경환, 백현미, 김범수, 박창현, 김일현, 김재학	김기순, 주창훈, 김현균, 임영진, 김종환, 김강민, 공종국, 김민지, 김응수, 박은주	-	-	-



연도	한국산지환경 연구회	태은	지오씨엔아이	산림조합 중앙회	우림NR	지오매니아	씨엔
2018	안병영, 변재경, 김정환, 원형규, 이종명, 김문겸, 전수진, 정양수, 강동우, 김승환, 이형주, 석승학, 박종해, 이재준	최창은, 전은진, 정해중, 이태희, 강병철, 윤태식, 함형규, 송보람, 이상우, 허 준, 이상진, 광광근, 강윤호, 오영룡	최경환, 김석철, 김범수, 이승환, 민병돈, 김영빈, 조영민, 황재현, 이수진, 이동현, 강대익, 김홍수, 김일현, 구본엽	한 민, 주창훈, 김현균, 김종환, 임영진, 김주연, 정윤빈, 오세아, 김홍석, 김응수, 김응준, 변민수, 이성일, 이상욱, 최년호, 김주호, 강태호, 송기섭, 이성일, 이상욱, 고장현, 손재진, 배재수, 박우정, 하진호, 이근식, 김경민, 윤종덕, 김정인, 김동조	윤은용, 우경영, 최원근, 전진명, 김성하, 홍성욱, 이영제	-	-
2019	변재경, 김정환, 원형규, 홍석주, 최인규, 김문겸, 전수진, 정양수, 제갈상규, 황순용, 고현석, 안정준, 김요섭, 민경식, 김지훈	-	최경환, 김석철, 강대익, 민병돈, 이승환, 이상수, 김영빈, 김금천	-	윤은용, 우경영, 전진명, 홍성욱, 신민석, 이영제, 한규만, 정구빈	-	공지수, 김정수, 김태인, 김우용, 윤홍열, 박범준, 이상윤
2020	변재경, 김정환, 원형규, 최인규, 홍석주, 정양수, 제갈상규, 강신현, 김소현, 안정준, 김동준	-	김석철, 이상수, 민병돈, 이승환, 최승욱, 윤대훈, 김형길, 김금천	-	윤은용, 우경영, 전진명, 신민석, 이영제, 한규만	-	공지수, 김우용, 김태인, 박범준, 김정수, 김정화
2021	변재경, 김정환, 원형규, 조병훈, 최인규, 홍석주, 정양수, 제갈상규, 강동우, 강신현, 안정준, 김우진, 정희중, 제갈태준, 안윤상	-	김석철, 이종명, 민병돈, 최승욱, 김영빈, 윤대훈, 김형길	-	윤은용, 우경영, 홍성욱, 신민석, 이영제, 한규만	-	공지수, 김우용, 김태인, 박범준, 김정수, 김정화

[표 1-8] 사업 참여 인력 분석

참여 기간	1년~3년	4년~8년	9년 이상	합계
인원(명)	204	31	13	248
비율(%)	82.3	12.5	5.2	100



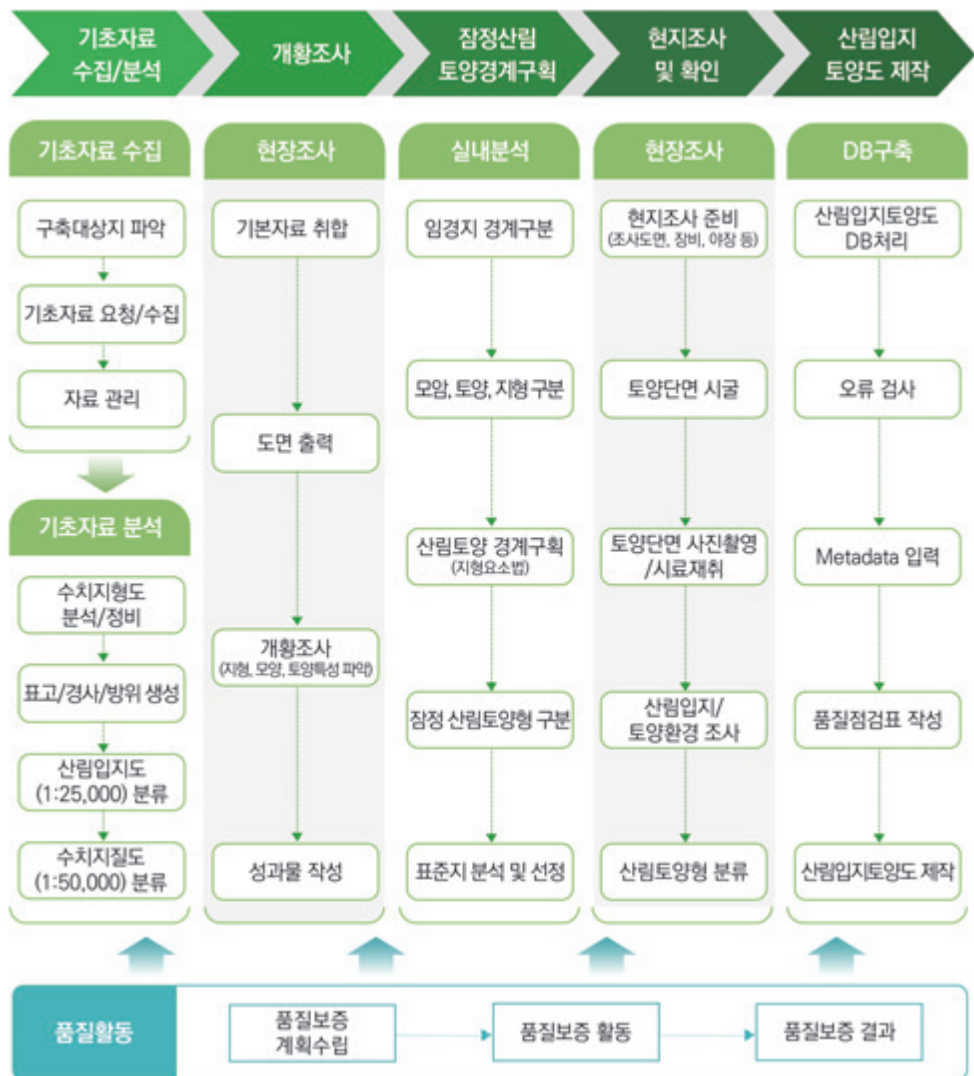
산림입지토양도 제작에 참여한 인력 중 11명은 10년 이상 사업에 참여하였으며, 11명의 명단은 원형규, 김정환, 최창은, 이종명, 이상수, 정해중, 주창훈, 김석철, 민병돈, 김현균, 김문겸이다. 3년 이하의 인력 중 1년 단기간 투입된 인력은 134명으로 54%를 차지하고 있다.



7. 제작 방법

7.1. 제작과정 개괄

산림입지토양도 제작은 '산림입지토양도(1:5,000) 제작 표준매뉴얼(2013년)'에 따라 기초 자료 수집 및 분석, 개황 조사, 잠정산림토양경계구획, 현지 조사 및 확인, 산림입지토양도 제작으로 총 5개 공정으로 이루어져 있다(그림 1-12).



[그림 1-12] 산림입지토양도(1:5,000) 제작 흐름도

각 공정별로 세부 수행 내용은 다음 그림과 같으며, 공정별 체크리스트를 통해 품질관리와 일정 관리를 수행하였다. ‘2018년 산림공간정보구축 효율화 및 개선 방안 마련’ 사업을 통해 도출된 개선 방안을 적용하여 2019년부터 2021년까지 사업에 반영하였다(그림 1-13). 개선된 공정은 6.8 ‘제작공정의 변화’(p.88)에 상세하게 기술하였다.

세부 수행활동

- 
 - 기초자료 수집
 - 수집대상 기초자료의 종류가 다양하므로 수집기관별 수집목록 작성
 - 기초자료 분석
 - 수치지형도분석/정비→표고/경사/방위 생성→산림입지도 분류→수치지질도 분류
- 
 - 토지이용변화 상세파악
 - 지형 모양 토양특성 및 개발로 인한 훼손지 등을 파악
 - 군사시설은 따로 표기하지 않고 위장 처리된 상태로 파악
 - 작업기록 관리지침 준수
- 
 - 가이드라인 준수
 - QAO에서 제시하는 지역별 특성을 반영한 잠정산림토양경계구획 가이드라인을 준수
 - 개황조사 결과를 반영하여 산림토양경계 구획
- 
 - 표준 템플릿 준수
 - 도면작성시 표준 템플릿을 준수하여 전 업체의 산출물을 동일하게 관리
 - 산림입지도양도 제작 매뉴얼에서 제시한 정량화된 값을 준수하여 조사
- 
 - 검사표 작성
 - 검사표 작성 후 발생할 수 있는 오류를 제거하기 위해 업체간 교차 검사를 재수행
 - 표준 템플릿 지도 제작

산림입지도양도(1:5,000)
제작 매뉴얼



[그림 1-13] 공정별 세부 수행 내용



7.2. 기초 자료 수집 및 분석

산림입지도(1:25,000), 수치지질도(1:50,000), 수치지형도(1:5,000), 정사영상(25cm급)은 산림청에서 SHP 파일 형태로 수집하고, 자료 수집 항목 검사표는 다음 그림과 같이 작성한다 (그림 1-14, 그림 1-15).

[표 1-9] 기초 자료 수집 목록

구분	수집처	관리 형태
산림입지도(1:25,000)	산림청	SHP 파일
수치지질도(1:50,000)	한국지질자원연구원	SHP 파일
입상도(1:5,000)	산림청	SHP 파일
수치지형도(1:5,000)	산림청	SHP 파일
정사영상	산림청	SHP 파일

[그림 1-14] 수집항목 검사표



단계구분	항목	체크포인트	검사 체크리스트	Process Code	공정비율	비고		
기초자료 수집-분석	기초자료수집	기초자료 수집 여부	수치지형도(1:5,000)	101	0.07			
			임상도(1:25,000)					
	기초자료검비	수치지형도 정비의 적정성	산림입지도(1:25,000)			102	0.30	
			수치지형도의 표고값 이상확인					
			TIN 제작하여 표고값 확인					
			오류 유무 체크					
기초자료분석	수치지형도 정비의 적정성	수령 유무 체크	103	0.09				
		수령 유무 체크						
개발조사	개발조사 준비	개발조사 준비	개발조사 여부	2S1	1.01			
	개발조사	개발조사 내용의 누락 여부 및 적정성	-모양별 중분류 파악 및 수정 여부			2S2	18.21	
			-잠정 모양형 파악 여부 및 적정성					
			-수종 및 생장상태 파악 여부 및 적정성					
보고서 작성	결과 보고서 작성	보고서 작성 여부	2S3	1.01				
장점산림입지구획	임경지구분	장점산림입지구획의 적정성	임상도에서 임경지 경계추출	3M1	17.64			
	모양구분		수치지형도상세부모양구분					
	입지경계구획		기본구획(막Shag) 준수					
표준지선정 및 분석	표준지기초자료분석	조사표준지 선정의 배분성/대표성	개발조사도면 적용	4M1	5.04			
	표준지기초자료입력		기타(양서지형)구분					
	조사표준지선정		표준지분석			4M2	2.52	
현지도조	구획수정	표준지 조사 내용의 정확성	분석자료입력	5S1	4.17			
			도면상 조사표준지 선정					
	표준지조사		-표준지 조사지점의 배분성			5S2	35.41	
			-표준지 조사지점의 대표성 및 이동여부					
시료채취	조사 자료입력	조사 자료입력	5S3	2.08				
최종 DB구축	구획확정	도형/속성 정보의 적정성	확정된구획경계 확정 및 수정	601	0.30			
	속성갱신		확정된 구획에 따른 기본정보 재분석	602	0.15			
	DB검사		Polygon별 누락여부확인	603	0.75			
			누락된표준지, 사진파일명 확인					
			Polygon, 조사 포인트, 불매점 확인					
산림입지도제작	오류검사	표준 준수 여부	-중복 폴리곤 및 포인트 여부	7M1	0.18			
			-대연락 구획 여부					
			-오물로지 및 일리폴리곤					
검사	DB검사및검사표작성	최종확인	-산림입지구획(폴리곤)속성 데이터의 정확성	7M2	0.72			
			-표준지(포인트) 속성 데이터의 정확성					
			-논리적 이상 값 여부					
검사	DB검사및검사표작성	최종확인	도형단위 저장	7M3	0.15	프로그램이동하여 일괄작성		
			topology검사					
			-DB설계 준수 여부					
검사	DB검사및검사표작성	최종확인	-표준도식 준수 여부	801	0.68			
			메타데이터 표준 준수 여부					
검사	DB검사및검사표작성	최종확인	도형단위 검사 및 검사표 작성	802	0.07	뷰어프로그램 보존		
			최종 확인					

[그림 1-15] 공정별 일정 관리 작업 기록표



다. 기초 자료 수집

수집할 기초 자료에 대한 목록별로 도엽명, 도엽번호를 입력하면 대상건수에 개수가 자동으로 입력된다.

수집이 완료되고 “○”를 입력하면 수집 건수에 개수가 자동으로 입력된다.

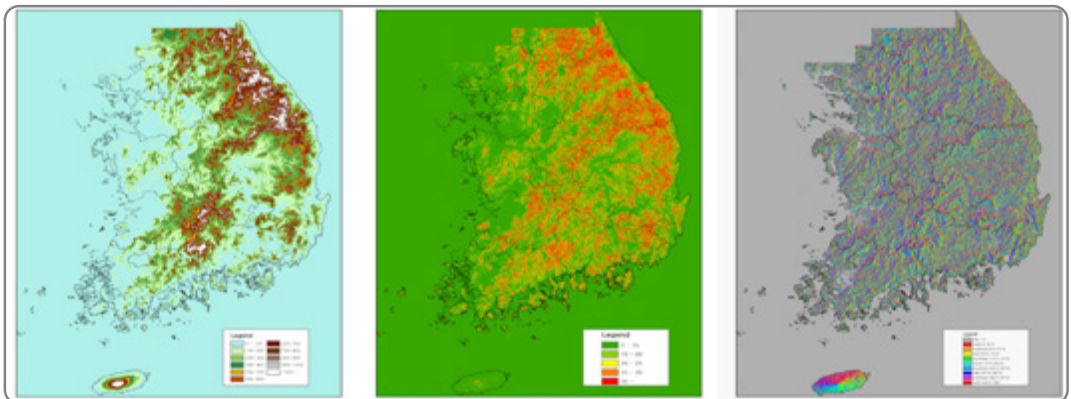
기초 자료 종류별 수집목록 작성 및 로딩여부 등을 개별 확인하며, 원시자료와 수정자료의 버전관리가 필요하다.

라. 기초 자료 분석

수집자료 활용 시 정확도를 높이기 위하여 수집된 자료를 ArcGIS 9.3툴에서 수치지형도는 원본 파일과 DEM(표고, 경사, 방위) 분석값을 분류하고, 산림입지도는 토양형 등으로 분류, 수치지질도에서는 모암 대분류 및 중분류 구분, 정사영상은 원본으로 분류한다.

1) DEM 분류

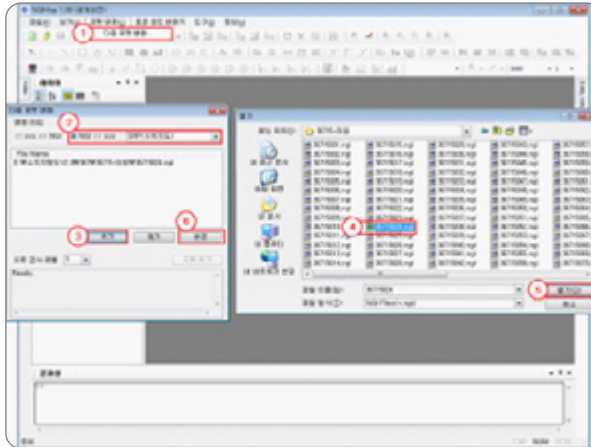
기 분석되어있는 DEM 자료에서 표고, 경사, 방위를 추출하여 분류한다(그림 1-16).



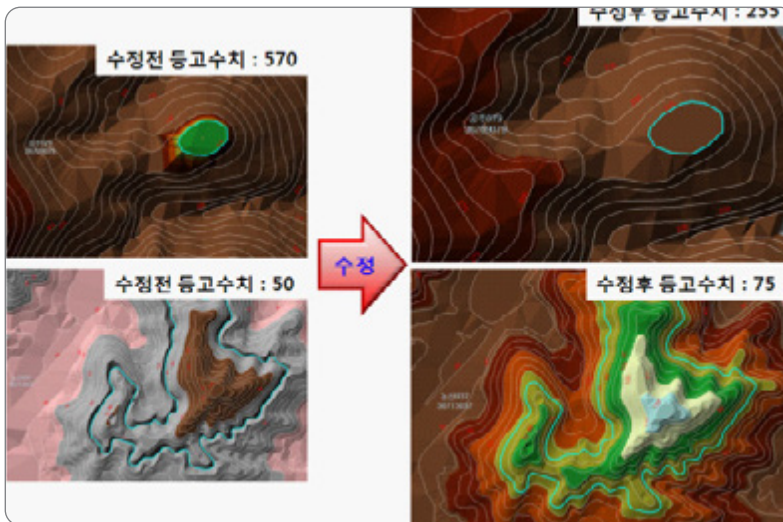
[그림 1-16] GIS 지형 분석(표고, 경사, 방위)

2) 수치지형도(1:5,000) 분류

수치지형도는 수치지형도 V2.0의 NGI 파일을 SHP 파일(수치지도)로 변환하여 사용한다(그림 1-17). 변환에는 NGIMap 1.0 프로그램(공개 버전)을 이용하고, 사업 대상지의 해당 도엽별로 확인하며 등고수치가 상이한 곳은 TIN을 생성하여 육안으로 검토하여 그림 1-18과 같이 주변의 등고수치값을 수정한다.



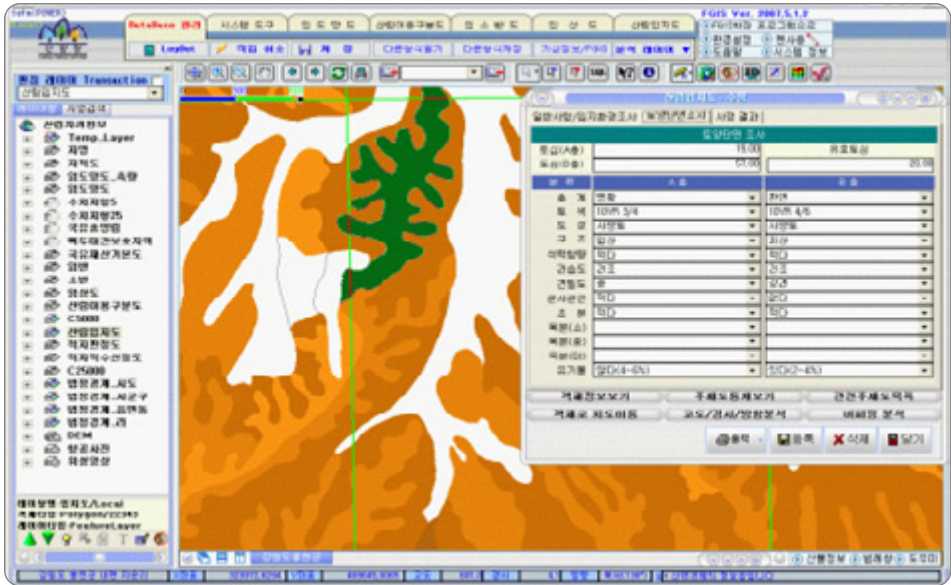
[그림 1-17] 수치지형도 포맷 변환



[그림 1-18] TIN 생성 및 등고수치값 수정

3) 산림입지도(1:25,000) 분류

산림입지도(1:25,000)를 이용하여 조사대상지의 토양 특성인 토심, 토성, 토양군 및 토양형의 속성 정보를 그림 1-19과 같이 추출·분류하여 산림토양 경계구획 및 표준지 조사 시 참고자료로 활용한다.



[그림 1-19] 폴리곤 속성

4) 수치지질도(1:50,000) 분류

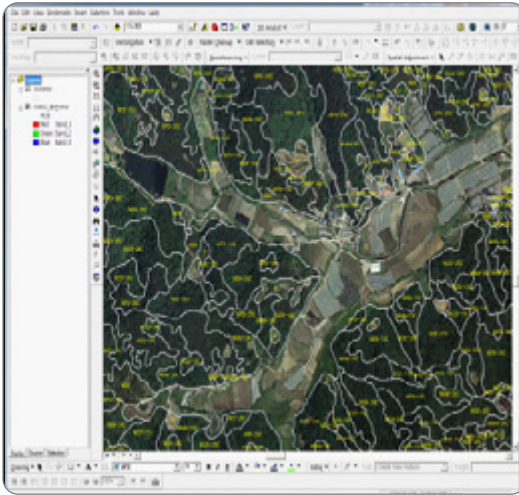
한국지질자원연구원에서 수집한 수치지질도(1:50,000)는 SHP 파일을 이용, 조사대상지별 해당 도엽을 그림 1-20과 같이 불러오기하여 속성 자료 매칭 여부 후 대분류인 화성암, 변성암, 퇴적암으로 분류하고, 중분류는 화성암의 화강암류, 반암류, 규장암류, 안산암류, 현무암류, 섬록암류로, 퇴적암은 석회암류, 사암류, 이암류, 혈암류, 응회암류, 역암류로, 변성암은 편마암류, 편암류, 천매암류, 점판암류로 구분한다.

대분류	중분류	RKL	RKM	ROCKL	ROCKM
1	화강암	1	11	1	11
2	역암	2	26	2	26
1	화강암	1	11	1	11
2	역암	2	26	2	26
2	응회암	2	25	2	25
2	역암	2	26	2	26
2	혈암	2	26	2	26
2	역암	2	26	2	26
2	응회암	2	25	2	25
1	화강암	1	11	1	11
2	역암	2	26	2	26
1	화강암	1	11	1	11
2	응회암	2	25	2	25
1	화강암	1	11	1	11
1	안산암	1	14	1	14

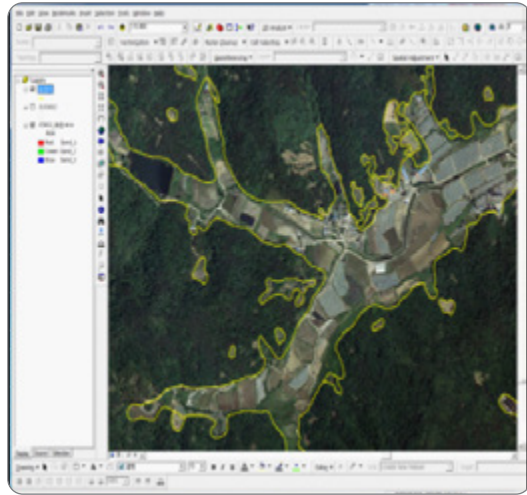
[그림 1-20] 속성 자료 매칭 및 대·중분류

5) 임상도(1:5,000) 분류

대상지별 해당 도엽을 그림 1-21, 그림 1-22과 같이 통합작업 후 산림과 비산림으로 구분한다.



[그림 1-21] 임상도



[그림 1-22] 산림과 비산림 경계 구분

6) 분류자료 검사 및 기록

항목별 분류자료에 대하여 육안검사 및 Table 등을 확인하고, 1. 수치지형도 고도값 누락 확인, 2. 수치지형도의 표고 이상값 확인, 3. TIN 제작하여 표고값 확인, 4. 오류 유무 체크, 5. 수정 여부 체크하며 검사 기록 및 결과를 그림 1-23과 같이 작성한다.

단계구분	자료수질-분석				
항목	수치지형도정비				
수치지형도 정비 의 적용성	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고
	1. 수치지형도의 등고선 고도값 누락 확인	Table 확인	양호(O) 미흡(X)		
	2. 수치지형도의 표고값 이상값 확인	Table 확인	양호(O) 미흡(X)		
	3. TIN 제작하여 표고값 확인	육안	양호(O) 미흡(X)		
	검사 체크 리스트		체크		
4. 오류 유무 체크	개별 확인	양호(O) 미흡(X)		비고	
5. 수정 유무 체크	개별 확인	양호(O) 미흡(X)		비고	

수치지형도(1:5,000)						
항목명	항목번호	1	2	3	4	5
가야002	35801002	0	0	0	0	0
가야003	35801003	0	0	0	0	0
가야004	35801004	0	0	0	0	0
가야005	35801005	0	0	0	0	0
가야006	35801006	0	0	0	0	0
가야007	35801007	0	0	0	0	0
가야008	35801008	0	0	0	0	0
가야009	35801009	0	0	0	0	0
가야010	35801010	0	0	0	0	0
가야011	35801011	0	0	0	0	0
가야012	35801012	0	0	0	0	0
가야013	35801013	0	0	0	0	0
가야014	35801014	0	0	0	0	0
가야015	35801015	0	0	0	0	0
가야016	35801016	0	0	0	0	0
가야017	35801017	0	0	0	0	0

[그림 1-23] 항목별 분류자료 검사 기록



그림 1~24은 산림과 비산림의 구분, 산림입지도, 수치지질도의 확인은 자료분석 sheet의 1, 2, 3 항목에 검사 기록을 체크한다.

①의 1~5까지의 번호는 검사 체크리스트의 번호에 해당한다. ②는 검사할 도면의 목록으로 도엽명과 도엽번호를 입력한다. ③은 해당 항목의 검사 결과를 입력한다. 예를 들어 가야 010의 수치지형도의 등고선 고도값의 누락을 확인한 결과 양호하면 1번 Field에(O)을 입력하고, 미흡은(X)을 입력한다. 모든 도면에 대해 항목별 검사 내용을 입력하면 검사 결과란에 양호, 미흡에 대해 몇 개 도면이 해당하는지 체크가 된다.

단계구분	자료수집-분석			
항목	기타분석(주도도)			
체크 포인트	검사 체크리스트	검사방법	검사결과	비고
			양호(O) 미흡(X)	
입경지 구분의 적정성	1. 산형, 비산형 분류	Table 확인	398	0
도량면적 분석여부	2. 주요도량면적 분석	Table 확인	21	0
수치지질도 정비의 적정성	3. 모암 분류 정비(3분류, 중분류) 3.1 중벽 물리군 정비 여부	Table 확인	8	0

1:5,000 원상도			산림입지도(1:25,000)		수치지질도(1:50,000)			
도엽명	도엽번호	1	도엽명	도엽번호	2	도엽명	도엽번호	3
가야002	35801002	O	가야	358013	O	가야	35801	O
가야003	35801003	O	개항	368132	O	구미	36814	O
가야004	35801004	O	김천	368133	O	김천	36813	O
가야005	35801005	O	내동	368103	O	문경	36805	O
가야006	35801006	O	농암	368053	O	삼주	36809	O
가야007	35801007	O	다천	368101	O	연경	36810	O
가야008	35801008	O	막곡	358014	O	예천	36806	O
가야009	35801009	O	비룡	368084	O	영진	35802	O
가야010	35801010	O	상주	368092	O			

[그림 1~24] 기타 기초 자료에 대한 검사 기록

7.3. 개황 조사

개황 조사는 대상지에 대한 지형, 토양, 식생 등의 분포 상황을 사전에 개괄적으로 조사하는 것을 말한다. 개황 조사는 산림토양형 경계를 구분하는 잠정산림토양경계구획은 물론 조사 표준지 선정, 현지 조사 및 잠정토양형 확인 등 후속 작업의 정확도 및 효율성을 높이는데 필요한 자료를 확보한다는 점에서 매우 중요한 작업이다. 현실 임분의 산림입지 조건, 토양 특성, 세부 모암 자료를 확인 및 파악하고, 산림토양형, 모암 등의 분석자료가 현지와 상이한 부분은 개황 조사 시 조사하여 산림토양경계구획에 반영하며 표준지 조사 등 기초 자료로 이용한다.

가. 개황 조사 도면 작성

1) 관련 자료 수집

수치지형도, 수치지질도, 1:25,000 산림입지도, 정사항공사진, 1:5,000 임상도, 온량지수도, 기상관측자료 등을 수집한다.

2) 자료 분석

1:25,000 산림입지도 통계자료 중 토양형별 분포면적(비율) 등을 분석한다.

수치지질도상에서 대분류 및 중분류(16개 모암류)로 구분한다.

임상도 및 정사항공사진의 임상 분포 상태를 구분한다.

암석지: 개황 조사 시 현지 확인된 암석지는 추가 구분(최소면적 0.5ha)한다.

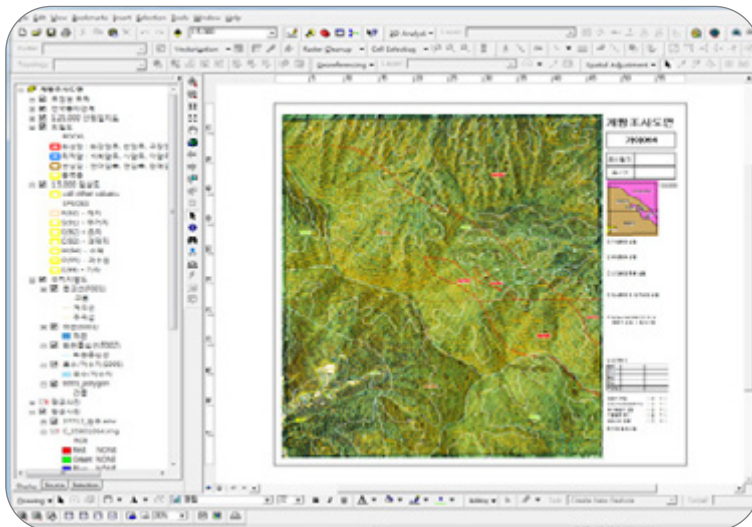
군사지: 임상 위장구역은 조사 없이 주변 속성 정보를 활용한다.

임경구분 오류지: 대면적 등 및 수정이 필요한 부분은 협의 후 수정한다.

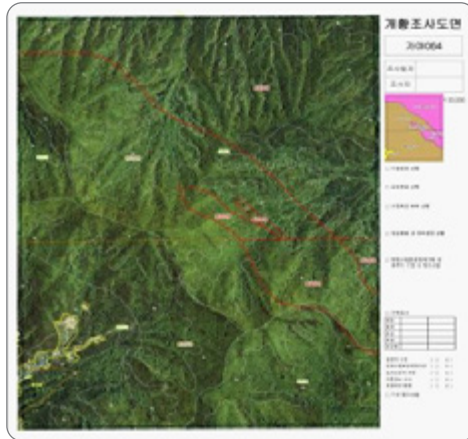
※ 현지 확인된 임도, 골프장, 집단묘지, 스키장 등은 별도로 구분한다.

3) 도면 작성

개황 조사 도면은 그림 1-25과 같이 표준 템플릿을 이용하여 개황 조사 도면을 작성하고, 정사항공사진, 수치지질도(1:50,000), 산림입지도(1:25,000), 산림/비산림 경계를 표기 후 그림 1-26와 같이 출력한다.



[그림 1-25] 개황 조사 도면 템플릿



[그림 1-26] 개황 조사 도면 출력

수치지질도(화성암-적색, 퇴적암-청색, 변성암-보라색), 1:25,000 산림입지도(백색), 산림과 비산림 경계(황색) 표기한다.

4) 조사경로 설정

현장에서 파악할 수치지질도, 1:25,000 산림입지도 등 확인 시 접근성이 용이하게 개황 조사 도면에 조사경로를 그림 1-27과 같이 설정한다.

조사경로를 설정하여 현지 조사 및 확인 시 개황 조사 시 확인하지 못한 부분까지 확인할 수 있도록 파악해야될 내용에 대해 표시를 한다.

조사지역에 대한 현황 파악을 용이하게 하기 위하여 개황 조사 도면 뿐만 아니라 참고용 1:50,000 인덱스에 조사경로를 표기하여 현지 조사 시 활용한다.



[그림 1-27] 개황 조사 경로 설정



나. 개황 조사 착수

1) 준비물 확인

개황 조사 도면 및 토양분포상황 판단에 필요한 조사 장비(망원경, GPS, 야전삽, 카메라, 토색첩 등)를 준비한다.

분석자료 및 조사대상지에 대한 개황 조사 및 특이사항을 숙지한다. 이때 1:25,000 산림입지도의 토양형 및 모암분포에 대한 기본 정보를 참고한다.

2) 개황 조사

조사 지역을 조망할 수 있는 지점을 설정한 후 이동하여 지형, 모암, 토양분포, 임상분포, 임목생장상태 등을 고려하여 잠정 토양형 및 토양경계선을 그림과 같이 파악한다.

단, 토양분포상황 확인이 필요한 곳은 해당 임분에서 재확인한다.

토지이용변화(개발지, 추가 암석지 등), 모암 및 산림토양 분포, 임상분포, 토양형 경계 등을 도면여백에 파악한 내용을 그림 1-28과 같이 표기·기록하여 개황 조사 아장에 기록한다.



[그림 1-28] 대상지 조망, 산림토양경계구획 가선 설정, 현지 상황 기록



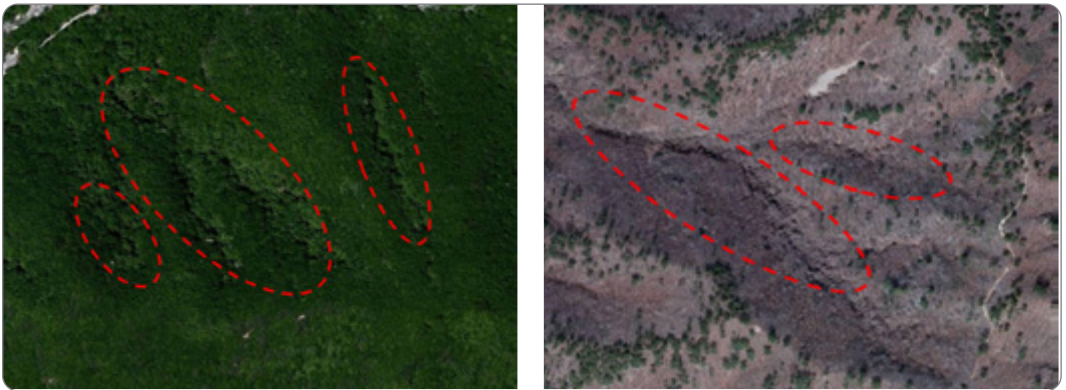
다. 기타

1) 암석지(R) 구분

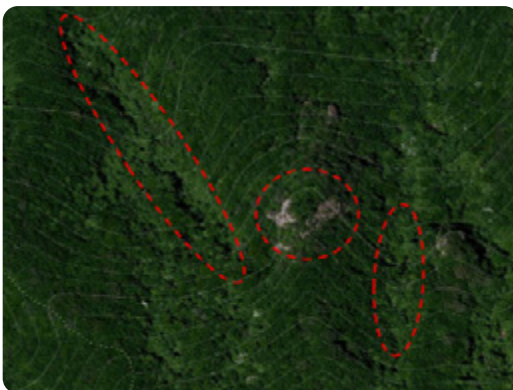
암석노출도가 75% 이상(임분 밀도가 낮고 생육 불량지)인 곳은 암석지 및 전석지로 구분한다 (그림 1-29).

2) 암쇄토양(Li) 구분

암쇄퇴적물이 섞여 있고 토심이 20cm 미만 정도로 매우 얇고 토양층 바로 아래 암석이 출현하며, 소나무 또는 활엽수 임지로 항공사진 및 육안으로 암석 노출이 많고 임목 생장이 불량한 임지는 그림 1-30과 그림 1-31와 같이 암쇄토양 및 암석지로 구분한다.



[그림 1-29] 전석지(Bs) 구분



[그림 1-30] 암쇄토양 및 전석지 구분



[그림 1-31] 암석지 구분



3) 침식토양(Er) 구분

A층 또는 B층 일부가 현재 토사유출이 진행 중인 토양은 침식지로 구분한다(그림 1-32). 단, 산사태 발생지 등 사방구조물과 사방조림(오리나무, 리기다소나무, 아까시나무)으로 지피가 고정되어 있으나 벌채 시 침식 발생이 우려되는 토양은 그림 1-33과 같이 사방지토양으로 구분한다.



[그림 1-32] 침식토양



[그림 1-33] 사방지토양

4) 국지성 토양형 구분

적색계갈색산림토양은 간략 조사로 확인된 토색을 고려하여 판단하되 의성군 등 저해발지대에 국소적으로 출현하는 토양은 그림 1-34과 같이 현지 조사 시 추가 구획하여 적색계갈색산림토양으로 구분한다.



[그림 1-34] 국소적으로 출현하는 rB토양



5) 토색 분류(B층 진단층)

황색산림토양(Y): 10YR

갈색산림토양(B): 10YR~7.5YR

적갈색산림토양(rB): 5YR~7.5YR(낙림 및 준산지에서 국지적으로 분포)

적색산림토양(R): 2.5YR~5YR(해안가 인근에 주로 분포)

6) 수치지형도 부재 지역 처리

1:5,000 지형도가 없는 도엽은 1:25,000 지형도를 이용한다.

라. 개황 조사 결과 기록 정리 및 성과물 작성

1) 개황 조사 야장 기록

개황 조사 도면에 파악·조사한 내용을 한글파일로 된 조사 야장에 기록한다.

산림토양경계구획 및 조사표준지 선정 등에 활용한다.

조사도면 원경사진은 야장에 첨부한다.

2) 최종 작업

추후 인접도엽 개황 조사 계획 수립 등에 반영한다.

개황 조사 도면 및 조사 야장은 중간성과물로 제출한다.

마. 개황 조사에 대한 검사 및 기록

작업공정도 2S0.개황 조사 sheet에 1. 개황 조사 도면 출력 여부, 2. 개황 조사 여부, 3. 개황 조사 야장 작성 여부를 체크하여 그림 1-36와 같이 검사 및 기록을 한다.

단위구분	개황조사			
항목	조사표준지	조사도면	조사결과	비고
개황 조사 여부	조사표준지	조사도면	조사결과	비고
개황조사도면	1. 개황조사도면작성 및 출력	확인	300	0
개황조사도면	2. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	3. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	4. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	5. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	6. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	7. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	8. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	9. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	10. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	11. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	12. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	13. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	14. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	15. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	16. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	17. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	18. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	19. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	20. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	21. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	22. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	23. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	24. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	25. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	26. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	27. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	28. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	29. 개황조사도면	확인	300	0
개황조사도면	30. 개황조사도면	확인	300	0

[그림 1-35] 분석자료에 대한 검사 기준

도엽번호	도엽번호	1	2	3	비고
2010001	2010001	0	0	0	
2010002	2010002	0	0	0	
2010003	2010003	0	0	0	
2010004	2010004	0	0	0	
2010005	2010005	0	0	0	
2010006	2010006	0	0	0	
2010007	2010007	0	0	0	
2010008	2010008	0	0	0	
2010009	2010009	0	0	0	
2010010	2010010	0	0	0	
2010011	2010011	0	0	0	
2010012	2010012	0	0	0	
2010013	2010013	0	0	0	
2010014	2010014	0	0	0	
2010015	2010015	0	0	0	
2010016	2010016	0	0	0	
2010017	2010017	0	0	0	
2010018	2010018	0	0	0	
2010019	2010019	0	0	0	
2010020	2010020	0	0	0	
2010021	2010021	0	0	0	
2010022	2010022	0	0	0	

[그림 1-36] 분석자료에 대한 검사 기록



산림입지토양도(1:5,000) 개황 조사 야장

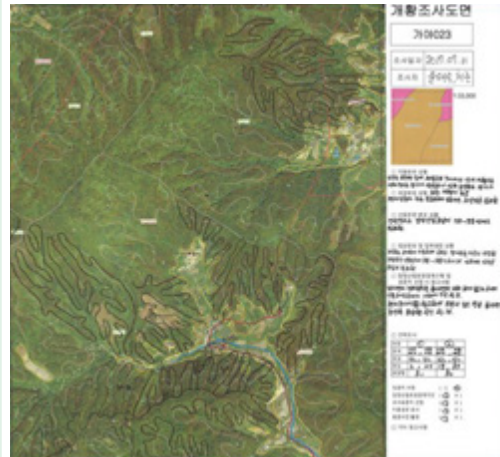
도업명	조사일자	조사자
가야023	2017.07.31	윤○○, 허○○

- 지형 분포 상황
 - 지형도 상의 지형, 경사 형태, 경사도 등이 현지와 일치하는지를 기록
- 모암 분포 상황
 - 지질도 상의 중분류 모암분포가 현지와 일치하는지를 기록
- 산림토양 분포 상황
 - 주요 지형별 산림토양형 분포 특이사항에 관한 기록
 - ※ 원거리에서 판단이 불명확할 시 간략 조사 수행
- 임상분포 및 임목생장 상황
 - 토양수분, 비옥도 등을 간접 판단할 수 있는 대표수종의 임목생장 및 지피식생 분포 상황 등을 기록
- 잠정산림토양경계구획 시 참고사항
 - 잠정토양경계구획 작업에 반영할 사항 등을 기록(주능선과 부능선 및 수계를 낀 계곡의 경계에 대한 가선 설정)
- 표준지 선정 시 참고사항
 - 대표 토양형을 기준으로 표준지를 선정할 때 고려할 사항 기록
- 특기사항
 - 항공사진 상의 토지이용 상황이 현지와 일치하는지 이외에 군사지 등 표준지 선정 및 현지 조사 시 사전조치가 필요한 사항 등을 기록

원경 사진



도면 사진





7.4. 산림토양경계구획

산림토양경계구획이란 국소지형, 기복, 경사도, 배수 상태, 침식계, 자연식생, 색조, 토지 이용 상태 등을 종합적으로 판단하는 지형요소분석법에 따라 산림입지환경 및 토양 인자의 속성 정보가 담겨질 최소단위인 폴리곤으로 구획하는 작업이다. 지형요소분석법의 정확도를 높이기 위해 GIS 프로그램으로 표고, 경사, 방위 등 분석자료 및 정사 항공사진을 이용하여 산림토양경계를 직접 구획한다.

가. 산림과 비산림 경계

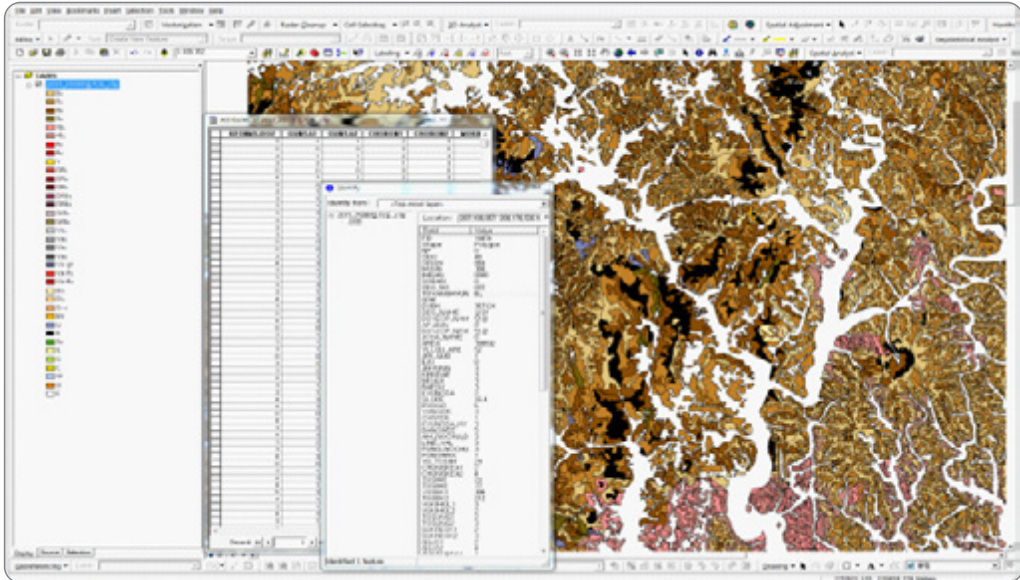
산림입지토양도의 외곽경계라 할 수 있는 산림과 비산림 경계는 현실 임목이 서 있는 것을 산림으로 보는 임종설에 기반한다. 이를 위해 정사항공사진, 고해상 위성영상(25cm급) 등을 이용하여 임지와 농경지의 경계를 구분한다. 단, 임상도 제작을 위해 기 구축된 산림과 비산림 경계 자료를 이용한다(그림 1-37).



[그림 1-37] 산림과 비산림 경계 수치도화

나. 산림토양 특성 파악

산림입지도(1:25,000)의 속성 자료를 이용하여 산림토양형 등 전체적인 토양 특성을 파악함으로써 산림토양경계구획 판단은 물론 현지 조사 시 활용한다(그림 1-38).



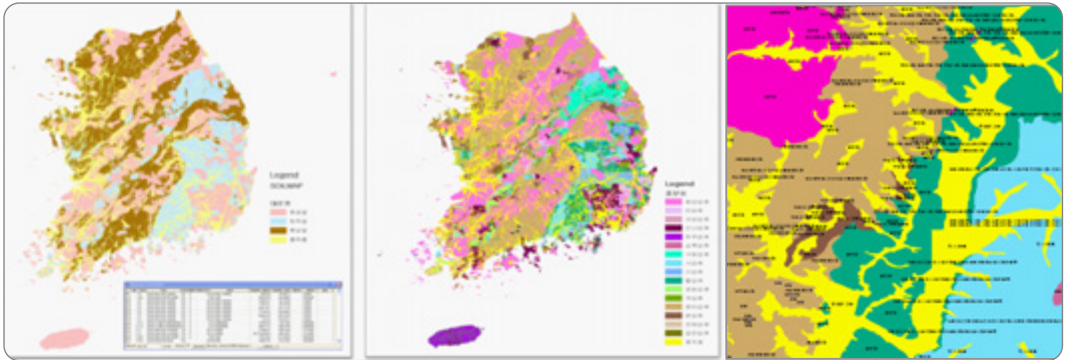
[그림 1-38] 1:25,000 산림입지도(SHP 파일) 속성 자료

다. 모암 파악

토양생성의 가장 주요한 요인 중의 하나인 모암의 분포는 수치지질도(1:50,000)를 이용하여 대분류, 중분류, 소분류로 구분한다(그림 1-39).

잠정산림토양경계구획에 있어서 모암은 지형, 경사 등 기타 요소보다 토양경계를 판단하는 주요 인자가 되므로 1:5,000 축척의 산림입지토양조사에서는 16개의 중분류로 구분하여 이용한다. 구분 방법은 수치지질도 상에서 소분류(DOR) 암석의 성질이 유사한 것끼리 묶어 중분류로 구분한다.

화성암은 화강암류, 반암류, 규장암류, 안산암류, 현무암류, 섬록암류 등 6개, 퇴적암은 석회암류, 사암류, 이암류, 혈암류, 응회암류, 역암류 등 6개, 변성암은 편마암류, 편암류, 천매암류, 점판암류 4개 등으로 구분한다.



[그림 1-39] 수치지질도 대분류, 중분류, 세분류

라. 산림토양경계 구분

정사항공사진 상에서 지형, 경사, 방위, 침식 등을 기준으로 지형요소분석법 및 GIS 분석기법 등을 이용하고 산림토양경계구획 전 사전 조사 및 현지 조사 결과와 수치지질도(1:50,000)를 이용하여 토양생성의 가장 주요한 요인 중의 하나인 모암의 분포를 파악한다.

지형, 기복, 경사 형태, 배수 상태, 퇴적계, 침식계 등의 지형 요소를 분석하고, 능선 구분은 유역 단위 중심으로 수치지형도에서 토양형(수분 조건)을 고려하여 구분한다.

계곡부와 연접된 산복곡부 구분에서는 같은 방향의 하단부까지 내려가도록 한다. 동일 토양형일 경우 병합하며, 계곡 구분 시 산록부는 포함하지 않는다.



[그림 1-40] 산림입지도의 토양군 등 분포 특성 파악



1) 지형 요소 분석

가) 지형(Land form, Topographic feature)

항공사진상에서 쉽게 판독할 수 있으며 국소지형은 퇴적양식, 토양수분, 토심 등 토양조건과 관련이 깊어 산림토양경계구획 경계와 거의 일치한다(산록, 산복, 산정, 계곡, 구릉지, 평탄지 등).

나) 기복(Relief)

토양생성작용의 성질을 결정하는데 중요한 요소로서 일반적으로 경사도에 의하여 기복을 구분하며 가장 유의하여야 할 점은 지형의 변화이다. 일반적으로 정사항공사진 상에서 판독이 용이하고 토양조건 및 토양경계와 밀접한 관계를 갖는다.

다) 경사 형태(Slope form)

경사정도에 따른 등급 구분 뿐 아니라 경사의 형태에 따라 구분하며 토양 구조, 토양단면의 생성, 토양모재와 깊은 관계를 갖고 있다. 일반적으로 토양 응집력이 크면 경사도가 급해지고 작으면 경사도가 완만해진다.

라) 배수상태(Drainage condition)

디지털항공사진상에서 판독이 어려우나 배수지역(습윤지수 자료이용)이나 늪지는 비교적 쉽게 구분된다. 일반적으로 배수가 불량한 지역의 식생분포는 불규칙한 형태를 보인다.

마) 퇴적계(Deposition type)

토양의 퇴적양식으로서 배수, 토양 구조, 층위발달 정도 등과 관계가 깊다. 일반적으로 총적(흐르는 물에 의해 이동하여 쌓이는 퇴적양식), 봉적(경사지에서 중력에 의해 풍화물이 쌓이는 퇴적양식) 등으로 구분할 수 있다.

바) 침식계(Erosion type)

토양침식 정도에 따라 구분하며, 모재에 따라 형태가 다양하다.

사) 자연식생(Natural vegetation)

식생의 변화는 토양성질과 관계가 있다. 즉 습지에 나는 식생, 건조지에 나는 식생 등의 구분에 의하여 토양상태를 추정할 수 있다. 즉, 식생분포의 공간적 급변은 토양조건이 급변함을 의미한다.



아) 모재(Parent material)

모재는 정사항공사진 판독이 곤란하나, 지형, 기복, 침식, 배수 등을 통해 판단할 수 있다. 석회암지대에는 배수로가, 현무암 지대에는 황폐나지가 거의 발생하지 않는 특징이 있다.

자) 색조(Image tone)

지표면에 대한 반사 결과이므로 현지 조건과 관계가 깊다. 색조에 대한 판독은 비교적 오차가 많으므로 많은 경험이 필요하며 일반적으로 침식상태, 산림, 늪지대를 구분하는 데 쉽게 이용할 수 있다.

차) 토지이용상태(Land use)

임지와 농경지, 또는 임지 내 이용 상태 등을 정사항공사진 판독을 통해 확인할 수 있다. 개간지, 개발 등과 같이 임지 이용에 따라 자연 상태의 지표면이 변화하므로 식생 분포와 토양도 달라진다.

[표 1-10] 지형 요소와 토양과의 관계

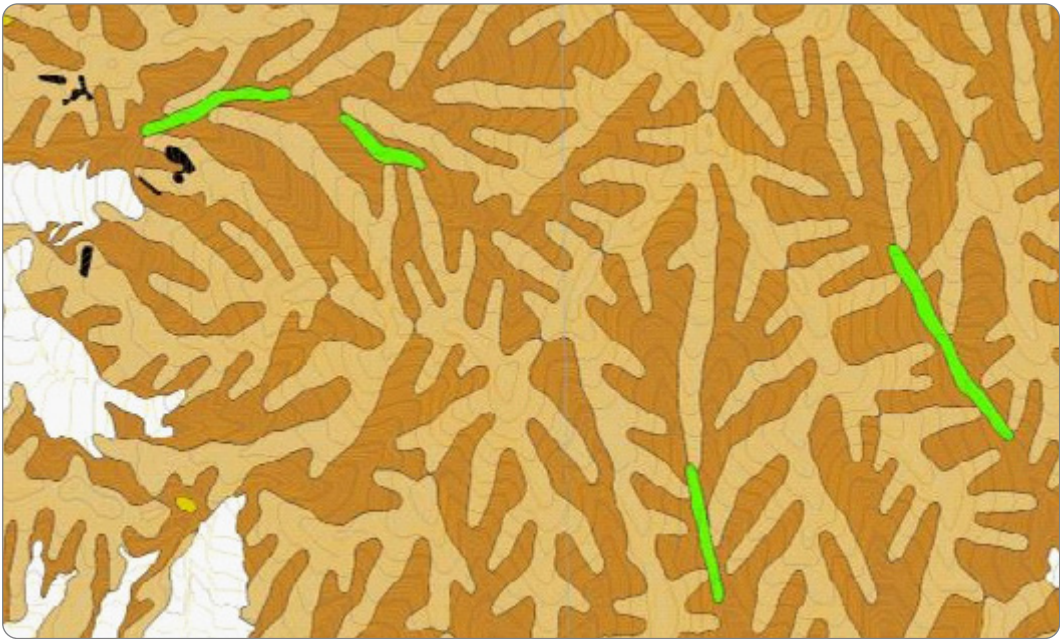
요소	입체상	토양조건	토양경계
지형	높음	높음	높음
기복	"	"	"
경사 형태	"	"	"
퇴적계	"	"	"
침식계	보통	"	보통
배수상태	"	"	"
자연식생	높음	"	"
모재	낮음	"	높음
색조	높음	낮음	낮음
토지이용상태	"	보통	"

2) 기타 구분

정사항공사진 및 수치지형도, 현지 확인 등을 통해 암석지, 묘지, 산사태, 골프장, 광산, 군사지역 등을 확인하며 최소단위는 0.1ha로 한다. 암석지(묘지, 암석)는 R(rock), 주거지는 S(settlement), 초지 G(grass), 경작지 C(cultivation), 수체 W(water), 과수원 O(orchard), 기타는 E(etc.)로 표기한다. 전석지의 경우에는 BS(boulder stone)로 구분한다(그림 1-41).



[그림 1-41] 암석지, 경작지 등 기타 구분



[그림 1-42] 미세지형을 반영하여 산림토양경계구획



7.5. 표준지 분석

도엽 내 산림토양경계구획 및 토양형의 폴리곤을 대상으로 기초 지형 분석 및 표준지조사 표준지 및 조사표준지를 선정한다. 조사표준지 선정을 위하여 잠정산림토양경계구획 폴리곤에 잠정산림토양형, 지형, 사면 위치, 경사 형태를 입력한다.

가. 조사표준지 선정을 위한 속성 입력

1) 잠정산림토양형 입력

조사표준지 선정에 기준이 되는 잠정산림토양형은 개황 조사 자료와 정사항공사진 판독 결과를 바탕으로 폴리곤 별로 입력한다. 입력 시 중복토양형이 나타나지 않도록 입력하고, 현지 조사 및 확인 후 중복토양형이 발생 시 합병한다.

2) 지형 및 사면 위치 입력

지형은 평탄지, 구릉지, 산악지로 구분하고, 사면 위치는 산정, 산복, 산록, 계곡으로 구별하여 입력한다. 주제도와 라벨표현으로 육안검토를 하면서 입력하고, 수치지형도의 수계가 길게 연결된 골짜기는 계곡으로 입력한다.

주능선에 연결된 능선들은 산정으로 입력하고, 산록 또는 산림과 비산림 경계에 인접한 능선은 산복으로 구분한다.

주계곡부에 연결된 곡부는 산록으로 구분하고 산정과 인접한 곡부는 산복으로 구분한다.

산림과 비산림 경계와 연결한 평형사면은 산록으로 구분한다.

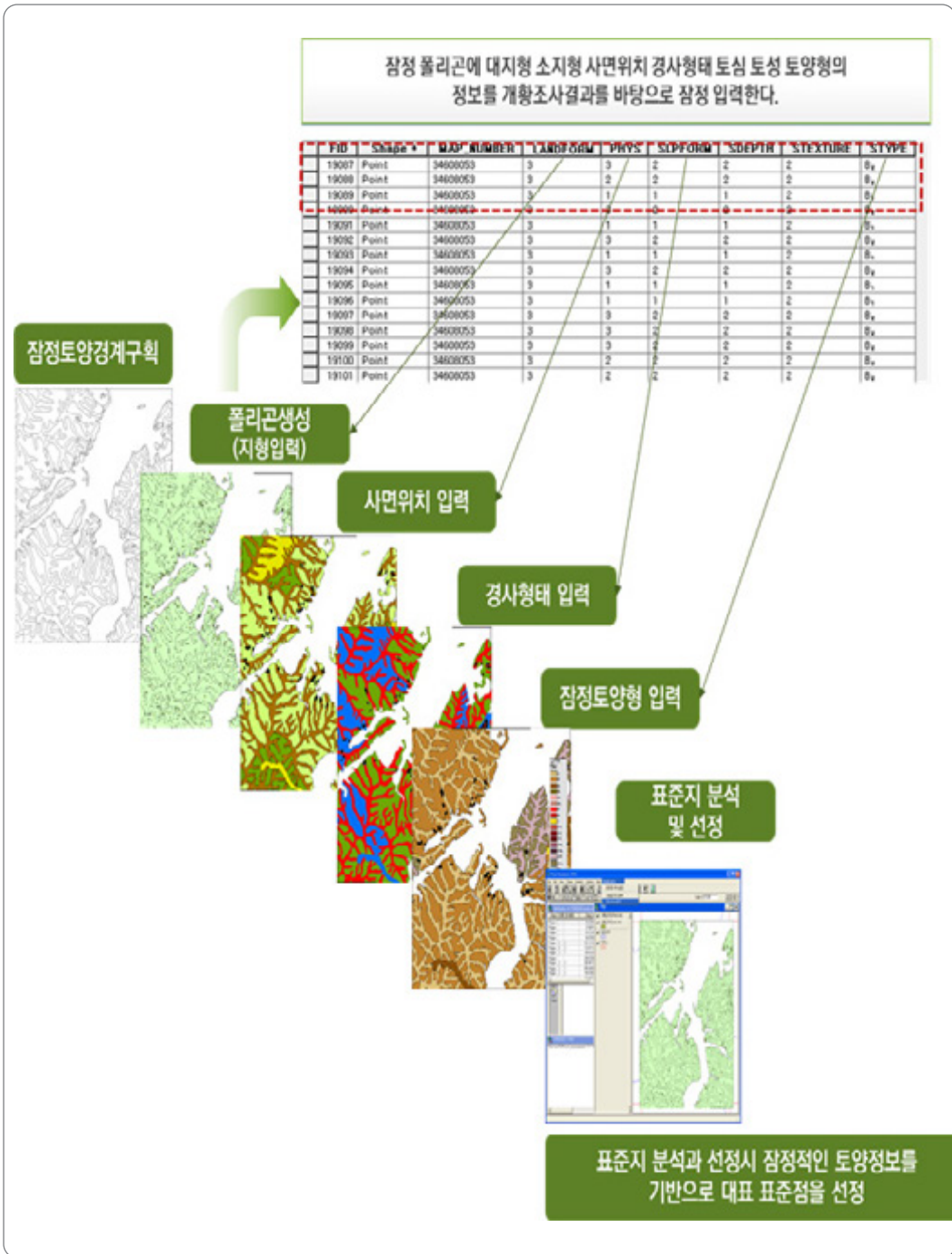
3) 경사 형태 입력

경사 형태는 구획된 폴리곤의 형태를 판단하여 상승, 평형, 하강으로 입력한다.

지형이 산정인 경우 상승으로 구분한다.

산록, 산복의 곡부와 계곡은 하강으로 구분한다.

지형이 산복인 경우 능선은 상승, 곡부는 하강으로 구분하고 경사가 완만하고 능선과 곡부의 중간지역은 평형사면으로 구분한다.



[그림 1-43] 조사표준지 선정을 위한 속성 입력

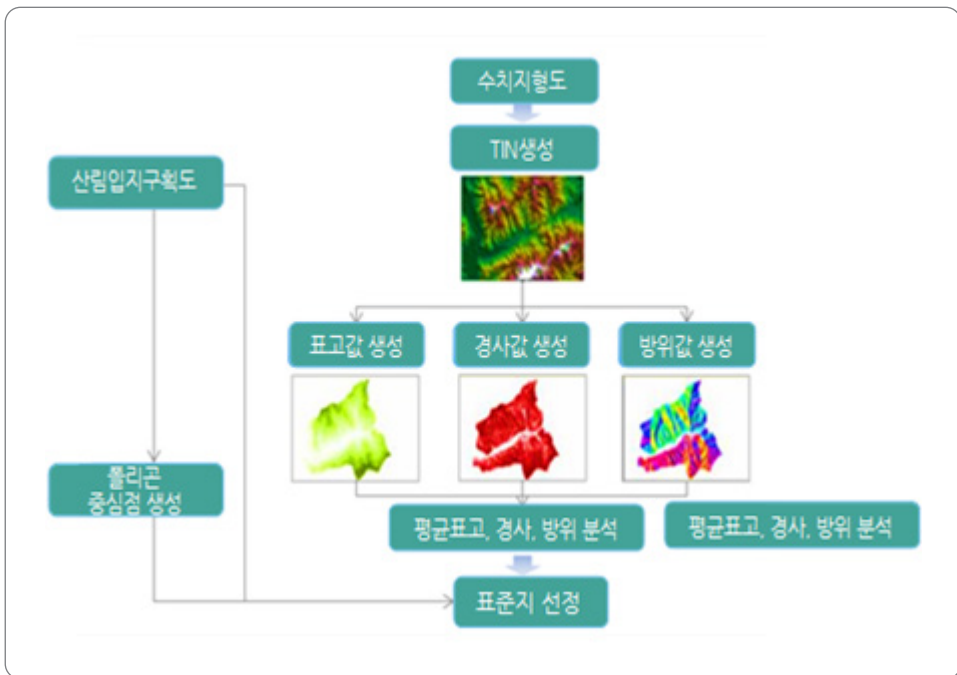


나. 표준지 선정 및 분석

표준지 선정 프로그램의 기본환경은 ArcGIS Desktop 9.3.1(Arcinfo)이고, Python을 설치 (데스크탑 설치 시 같이 설치)한다. 한글패치가 되어 있다면 프로그램이 구동되지 않는다.

1) 표준지 선정 과정

표준지 선정은 수치지형도를 이용하여 ArcGIS에 의해 분석된 TIN 생성자료와 표고, 경사, 방위 GRID로 생성된 자료를 활용하며, 각 폴리곤별 평균표고, 평균경사, 최대방위를 선택하고, 폴리곤 중심점에서 가장 가까운 점을 표준지로 선정한다. 표준지 선정 과정은 그림 1-44와 같다.



[그림 1-44] 표준지 선정 과정

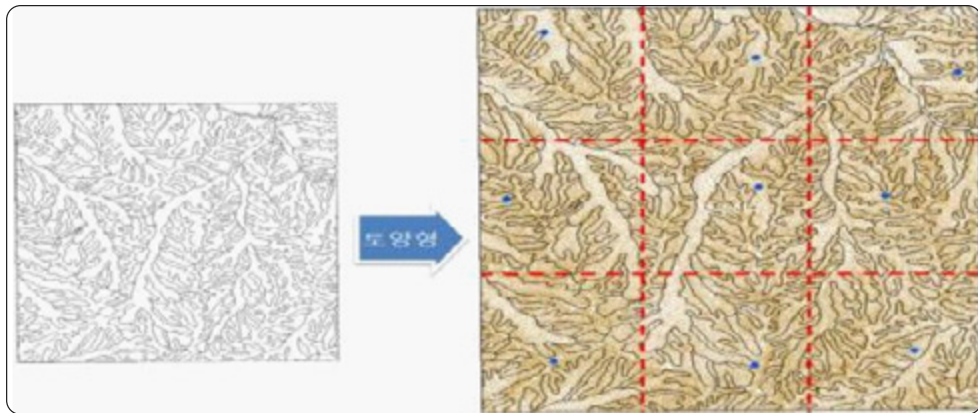


다. 조사표준지 선정

조사표준지는 프로그램을 이용하여 도엽별 산림면적 396ha 기준으로 9개소를 선정한다.

1) 조사표준지 선정

입력된 잠정산림토양형별의 조건에 맞는 조사표준지를 선정하며 그림 1-45와 같이 도엽 내 9개 영역에 고르게 분포되도록 하며 선정된 조사 지점에 대해서는 개황 조사 자료와 전문가 검토 후 최종 확정한다.



[그림 1-45] 조사표준지 선정

라. 표준지 분석 검사 기록

표준지 분석 검사 기록은 표준지 분석, 분석자료 입력, 도엽 당 조사 표준지 선정으로 3개 세부 항목에 검사한 후 기록을 남긴다. 기록 방법은 앞 단계와 마찬가지로 세부항목 번호별로 그림 1-46과 같이 양호(O), 미흡(X)으로 구분하여 기록한다.



단계구분	공공신탁입지구획				도명	도명번호	1	2	3	4	5	좌입기폭(3M1)	6	7	좌입기폭(3M2)	8	좌입기폭(3M3)		
항목	입경지구분				가이002	35801002	0	0	0	0	0	1708077A	0	0	1708077A	0	1708077A		
체크 요인명	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고	가이003	35801003	0	0	0	0	1708077B	0	0	1708077B	0	1708077B		
			양호(O)	미흡(X)														가이004	35801004
공공신탁입지구획의 적정성	1. 영상도에서 입경지 경계추출				확인	388	0												
	오입경구분																		
	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고	가이007	35801007	0	0	0	0	0	1708077H	0	0	1708077H	0	1708077H	
			양호(O)	미흡(X)															가이008
	2. 수치지물도상 세부오입구분				Table 확인	388	0												
	입경경계구획																		
	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고	가이011	35801011	0	0	0	0	0	1708077N	0	0	1708077N	0	1708077N	
			양호(O)	미흡(X)															가이012
	3. 기본구획(면적) 준수				확인	388	0												
	4. 계획조사도면 적용				확인	388	0												
5. 기타(양적지침)구분				확인	388	0													
단계구분	조사표준지 선정/분석				가이017	35801017	0	0	0	0	0	1708087H	0	0	1708087H	0	1708087H		
항목	표준지기초자료분석				가이018	35801018	0	0	0	0	0	1708087I	0	0	1708087I	0	1708087I		
체크 요인명	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고	가이019	35801019	0	0	0	0	1708087J	0	0	1708087J	0	1708087J		
			양호(O)	미흡(X)														가이020	35801020
조사표준지 선정의 적정성/대표성	6. 표준지 분석				Table 확인	388	0												
	표준지기초자료입력																		
	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고	가이023	35801023	0	0	0	0	0	1708097A	0	0	1708097A	0	1708097A	
			양호(O)	미흡(X)															가이024
	7. 분석자료 입력				Table 확인	388	0												
	조사표준지선정																		
	검사 체크리스트	검사방법	검사결과		비고	가이027	35801027	0	0	0	0	0	1708097F	0	0	1708097F	0	1708097F	
			양호(O)	미흡(X)															가이028
	8. 도면상 조사 표준지 선정				확인	388	0												
	8.1 표준지 조사지점의 배분성							가이029	35801029	0	0	0	0	0	1708097I	0	0	1708097I	0
8.2 표준지 조사지점의 대표성 및 이질여부				가이030															
가이031	35801031	0	0	0	0	0	1708097L	0	0	0	1708097L	0	0	1708097L	0	1708097L			
가이032	35801032	0	0	0	0	0	1708097M	0	0	0	1708097M	0	0	1708097M	0	1708097M			
가이033	35801033	0	0	0	0	0	1708097N	0	0	0	1708097N	0	0	1708097N	0	1708097N			
가이034	35801034	0	0	0	0	0	1708147A	0	0	0	1708147A	0	0	1708147A	0	1708147A			
가이035	35801035	0	0	0	0	0	1708147B	0	0	0	1708147B	0	0	1708147B	0	1708147B			
가이036	35801036	0	0	0	0	0	1708147C	0	0	0	1708147C	0	0	1708147C	0	1708147C			
가이037	35801037	0	0	0	0	0	1708147H	0	0	0	1708147H	0	0	1708147H	0	1708147H			
가이038	35801038	0	0	0	0	0	1708147J	0	0	0	1708147J	0	0	1708147J	0	1708147J			
가이039	35801039	0	0	0	0	0	1708147K	0	0	0	1708147K	0	0	1708147K	0	1708147K			
가이040	35801040	0	0	0	0	0	1708147L	0	0	0	1708147L	0	0	1708147L	0	1708147L			

[그림 1-46] 표준지 분석 검사 기록



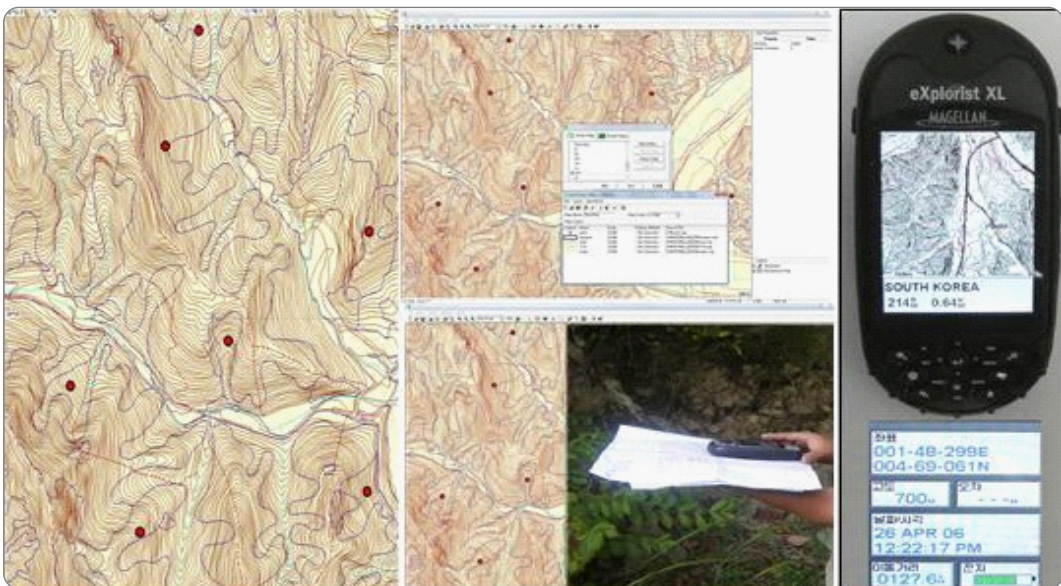
7.6. 현지 조사 및 확인

산림입지토양도 제작과정에서 현지 조사 및 확인 과정은 작업시간이 많이 소요될 뿐, 실질적인 작업내용은 개황 조사와 잠정산림토양경계구획보다 쉬운 편이다. 이는 개황 조사와 잠정산림토양 경계구획을 통해 대상지의 토양형이 무엇이고, 그 경계가 어디까지인지를 판단한 결과가 현지 토양조건을 얼마나 잘 반영하는가를 확인하여, 최종 토양형과 경계를 확정 짓는 것이 이에 속하기 때문이다.

가. 준비작업

정사항공사진 판독과 지형 요소 분석에 의거 잠정적으로 구분한 산림토양형 경계(폴리곤 정보)를 표준지 위치(포인트 정보)와 함께 잠정토양경계구획도상에 표기한다. 물론 종이도면 외에 수치화된 잠정산림토양경계구획도를 GPS에 담아 이동경로 확인 등에 이용하면 조사의 효율을 높일 수 있다 (그림 1-47).

이때 GPS 메모리 할당을 최소화하기 위하여 수치지형도의 등고선, 도로, 등산로, 수계 등 필요한 레이어만 추출하여 사용할 수 있다. 더불어 조사 시간 단축, 표준지 누락 방지 등 효과적인 표준지 조사를 위하여 조사표준지 위치별 최적경로를 설정하는 것이 중요하다. 이후 현지 조사 및 확인에 필요한 일체의 장비 및 도구를 준비한다.



[그림 1-47] GPS 활용

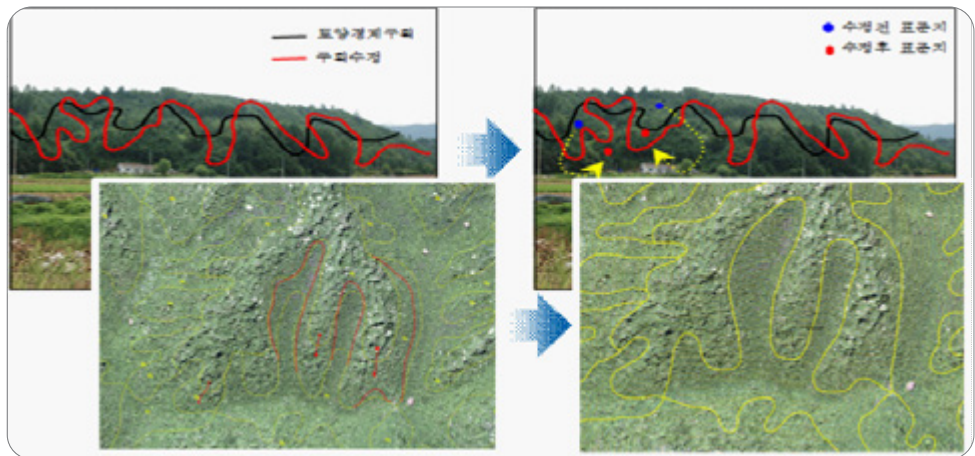


나. 조사 표준지로의 이동

잠정산림토양경계구획도 상에 표기된 표준지를 GPS의 추적기능 또는 독도법을 이용하여 찾는다. 이때 이동 경로 상의 주변 지형지물을 관찰해 두면 복귀 경로 확인 등이 용이하다. 또한, 적색의 표식리본을 이동 경로의 주요 지점마다 표시 후 다음 최종 목적지점에는 편의상 리본을 매달아 주변에 토양단면 시향구(soil profile pit)가 있음을 표시한다.

한편 이동 시 목적하는 표준지 주변 폴리곤의 모암, 식생, 암석노출도, 토양형 경계 등을 같이 확인하여 잠정경계구획 및 토양형 확정에 이용한다. 이 작업은 전수조사가 아닌 표준지 조사 형식의 산림입지토양도의 최종 품질을 높이는데 효과적이다. 조사자는 표준지 이동이 단순한 공간적 이동이 아닌 전체 대상지의 토양분포를 파악하는 과정으로 인식할 수 있도록 항상 이를 확인해야 한다.

때론 이동 시 표토를 편칭하여 건습도, 토색, 토성 등을 직접 확인하거나, 절개면을 이용하여 개략적인 토양단면 정보를 파악해 두면 최종적인 토양형 결정에 유용하게 활용할 수 있다. 또한, 산림토양경계 및 조사표준지를 수정할 경우 조사지를 조망할 수 있는 곳에서 수정하고 좌표, 토양경계선, 표준지 위치 등을 표기하여 변경된 표준지의 기본정보를 재분석한다(그림 1-48).



[그림 1-48] 산림토양 경계 및 표준지 수정



다. 표준지 조사

1) 토양단면 굴취

조사 표준지에 도착하여 산림토양단면 작업을 할 지점을 정한다. 이때 자연적 또는 인위적 교란이 발생한 지점은 피하면서 해당 표준지의 토양 특성을 대표할 만한 지점을 정하는 것이 무엇보다 중요한 일이다.

일반적으로 토양생성이나 분포가 주변의 지형, 모암, 식생 등과 밀접하게 작용하므로 이들 조건이 동일하다고 판단되면 같은 종류의 토양이 분포한다고 보아도 무방할 것이다. 이는 산지 또는 구릉지와 같은 자연토양을 대상으로는 잠정토양경계구획 시에 토양형의 단위로 경계를 작도하는 원리와 같다.

산림토양단면은 폭과 깊이를 각각 1m 크기로 사면방향과 직각이 되도록 파내려간다. 단, 모암이 도중에 출현할 경우 모암 상층까지만 파며, 반대로 토심이 1m 이상일 경우에는 +로 표기하고 단면파기를 마친다. 파낸 흙은 구덩이의 양쪽에 쌓아두면 다시 메우기가 편리하다. 단면파기를 한 후 토양단면에 삽 자국이 남지 않도록 단면칼 등으로 다듬고, 식물 뿌리는 전정가위로 5mm 정도 남기고 잘라내어 원래 뿌리 크기와 위치가 단면 사진에 남도록 한다. 자갈은 원래 위치에 남도록 한다.



[그림 1-49] 산림토양단면 굴취



2) 산림토양단면 및 원경 사진 촬영

토양단면 사진 촬영은 지상부 임분(임목생장 및 식생분포 특성)과 지하부 토양층(토양의 외형적 특성)의 형상 자료를 확보할 목적으로 실시한다. 이때 규격화 된 토양단면줄자를 사용하고 직각을 유지하며 줄자는 토양단면의 좌측상단에 위치하도록 한다(단, 토심이 30cm 이하로 얇은 경우 스틸절첩을 이용할 수 있다). 토양단면 사진 촬영의 수직 범위는 유기물과 모재층 모두를 포함한다.

토양단면에 직사광선이 유입될 경우, 음양의 대비가 왜곡될 수 있으므로 반투명 차광막으로 직사광선을 차단한 후 촬영한다. 반대로 울폐된 공간에서는 광량이 부족하여 삼광장치를 이용해야만 촬영이 가능할 때도 있으므로 셔터속도를 달리하여 여러 장 촬영해 두는 것이 안전하다.

위치정보는 도엽명이며 고정형 플라스틱 라벨에 일련번호(예, 가야001-01, 상주080-01)를 기재하여 단면줄자 위에 놓는다. 토양단면 촬영은 풍경 사진에 적합한 동일 모델을 사용하며, 이때 화이트 밸런스는 토양단면 상에 맞추어 통일된 품질이 나올 수 있도록 한다. 사진은 관리용 원본사진과 전자야장에 사용되는 사진으로 구분한다. 토양단면 촬영 및 토양단면 조사 후에는 원상태로 복구한다. 토양단면 촬영을 마치면 토양단면 바로 위의 낙엽층을 포함한 지상부를 함께 촬영하여 토양 조건과 임상 발달을 비교하는데 이용한다.



[그림 1-50] 산림토양단면, 근경 사진

3) 산림토양단면 및 원경 사진 관리

산림토양단면 사진 관리 이력은 도엽명+표준지번호 값을 파일명으로 하여 관리하고 원본 사진은 도엽 단위로 폴더를 생성하여 관리한다.

산림토양단면 촬영 후 주변 산림입지환경, 임목생장상태 등을 촬영하여 입지환경 및 토양조건을 판단하기 위한 참고자료로 활용한다. 지상부의 사진은 도엽명+표준지번호+(근경)으로 파일명을 관리한다(그림 1-51).



[그림 1-51] 산림토양단면, 근경 사진

라. 산림입지환경조사

산림입지환경조사는 산림토양의 종류 및 특성과 밀접한 관계가 되므로 산림토양단면조사 전에 조사하며, 표준지의 표고, 경사, 방위, 모암, 기후대는 분석값으로 하고 도엽명, 표준지번호, 좌표, 행정구역, 날씨, 조사자 등의 순으로 기록하며 인자별 조사 방법(산림입지토양도(1:5,000) 제작 매뉴얼, 한국임업진흥원)은 다음과 같다.



[표 1-11] 인자별 조사 방법

절차	주요 조사 방법
도업명	5만 인덱스도업명 + 도업번호 조합으로 입력 ex) 광양(5만도업명) + 001(도업번호)
표준지번호	도업 단위로 기록하며 시계방향으로 표준지 번호 2자리로 생성한다. ex)01~12
GPS좌표	표준점 이동 시 GPS좌표를 다시 측정하여 기록한다.
행정구역	해당지의 실제 주소를 시도, 시군구, 읍면동, 리 순서로 입력한다.
일자	해당 일자 입력한다.
날씨	맑음, 구름조금, 구름많음, 흐림, 비, 눈비, 눈, 기타 8항목으로 입력한다.
조사자	2인 1조로 입력(조장, 조원)한다.
모양	개황 조사상의 모양도를 우선 적용하고 표준점 이동간이나 표준점 조사시 발견되는 모양의 종류에 따라 수정한다.
표고	GIS 분석자료, GPS 장비를 이용하여 m단위로 측정한다.
경사	실내분석에 의한 경사와 현지 경사계로 실측한 경사 비교 후 기록한다.
방위	표준점이 포함된 폴리곤 전체의 방위를 평균하여 기록한다.
기후대	대상 지역의 연평균 기온에 따라 4개 기후대로 구분하거나, GIS 분석 자료를 이용한다.
지형	평균경사 5도 미만은 평탄지로 사면길이 300m 이하는 완구릉지, 이외 산악지로 기록한다.
사면 위치	능선대계곡비 7부 이상은 산정, 4부 이상 7부 미만은 산복, 4부 미만은 산록, 산록 중 수계가 흐르는 곳은 계곡으로 구분한다.
경사 형태	자연 상태의 경우 복합사면이 주를 이루지만 폴리곤 전체면적에 대한 감안을 하여 구분한다.
퇴적양식	조사지역이 능선→잔적, 산복→포행 산록, 계곡→붕적을 기본으로 작성한다.
풍노출도	저해발성 산지는 대부분 노출 상태이며, 지형에 따라 현지에서 판단한다.
배수상태	토양 입자의 크기에 따른 수분의 유동성을 판단하여 작성한다.
침식상태	토양의 A층 유무와 토지의 피복 상태에 따라 침식상태를 판단한다.
암석노출도	지표면을 덮고 있는 암석 및 석력에 대한 비율(적다, 있다, 많다, 매우 많다)을 구분한다.

마. 산림토양환경조사

1) 조사 장비

산림토양환경조사를 위한 장비와 도구는 야전삽, 단면삽, 토양단면칼, 줄자, 전정가위, 토색첩, 견밀도측정기, 톱, 루베, 시료주머니, 사진기 등을 준비하여 조사한다(그림 1-52).



[그림 1-52] 조사 장비

2) 산림토양단면조사

산림토양단면조사 내용에는 낙엽층 두께, 유효토심, 토심, 토색, 풍화 정도, 토성, 토양 구조, 석력 함량, 견밀도, 토양형을 조사하여 기록한다.



[표 1-12] 조사 절차 및 조사 방법

절차	조사 방법
낙엽층 두께	지표면의 유동적인 낙엽층은 제외하고 낙엽층의 두께를 측정한다.
유효토심	중근이나 세근이 가장 많이 분포하는 부분으로 보통 A층(유기물층)과 B층(무기물층)의 중간에 위치하게 된다.
토심	토색, 견밀도, 토양 구조 등에 의해 A층과 B층을 구분한다.
토색	현지 조사 시 그늘에서 1차 측정 후 토양시료를 건조 후 2차 측정하여 정확성을 확보한다.
풍화 정도	모재의 부서짐과 결정 상태에 따라 판단한다.
토성	촉감법으로 판단하며 미끌림(Sil)과 끈적임(Clay), 모래 함량(Sand)에 따라 판단한다.
토양 구조	토양 텅어리를 1m 높이에서 떨어뜨렸을 경우 부서짐의 단면 상태를 보고 판단한다.
건습도	손바닥에 양손으로 토양을 쥐고 손을 털었을 때 손에 묻어나는 토양 입자의 양 등으로 결정한다.
석력 함량	토양의 직각단면상의 석력의 비율을 보고 판단한다.
견밀도	견밀도측정기를 이용하여 토양단면에 직각으로 측정한다. 5반복하여 평균을 기록한다.
토양형	입지환경과 토양환경의 여러 인자들은 서로 연관성을 가지고 있는 항목들이 많아 여러 인자들의 조사내용을 바탕으로 종합적인 토양형 판단을 최종적으로 한다.
사진	단면의 지상부와 지하부 2장을 촬영하며 그늘진 상태에서 촬영해야 한다.

가) 유기물층 두께

유기물층은 주로 낙엽과 낙지 등이 쌓인 층으로써 그 분해정도에 따라 낙엽층(L층), 분해층(F층), 부식층(H층)으로 세분하지만 현지 조사 시에는 층위 구분없이 유기물층 전체를 cm 단위(소수점 한자리까지)로 측정한다(그림 1-53). 이때 활엽수의 경우 침엽수와 다르게 낙엽의 쌓임이 불규칙하므로 손으로 평탄하게 정리하여 차곡차곡 쌓인 상태를 측정한다.

[표 1-13] 유기물층 구분

구분	기준	
유기물층 (O층)	L층	분해되지 않은 신선한 낙엽층(줄기·잎)
	F층	분해가 진행 중이어서 식물조직의 식별이 가능한 분해층
	H층	식물조직의 식별이 어려울 정도로 완전히 분해된 부식층



[그림 1-53] 유기물층의 세부 구분(좌측부터 낙엽층, 분해층, 부식층)

나) 유효토심

임목이 성장하는데 가장 큰 영향을 주는 토양의 깊이로서 토양미생물 활동, 뿌리 발달, 양분 및 수분 보유, 토양공기 유통 등의 토양 특성과 관련이 깊다. 일반적으로 토양단면 상에서 직경 1cm 이하의 중근 및 세근이 가장 많이 분포하는 깊이까지를 유효토심으로 간주하고 cm 단위로 측정한다.

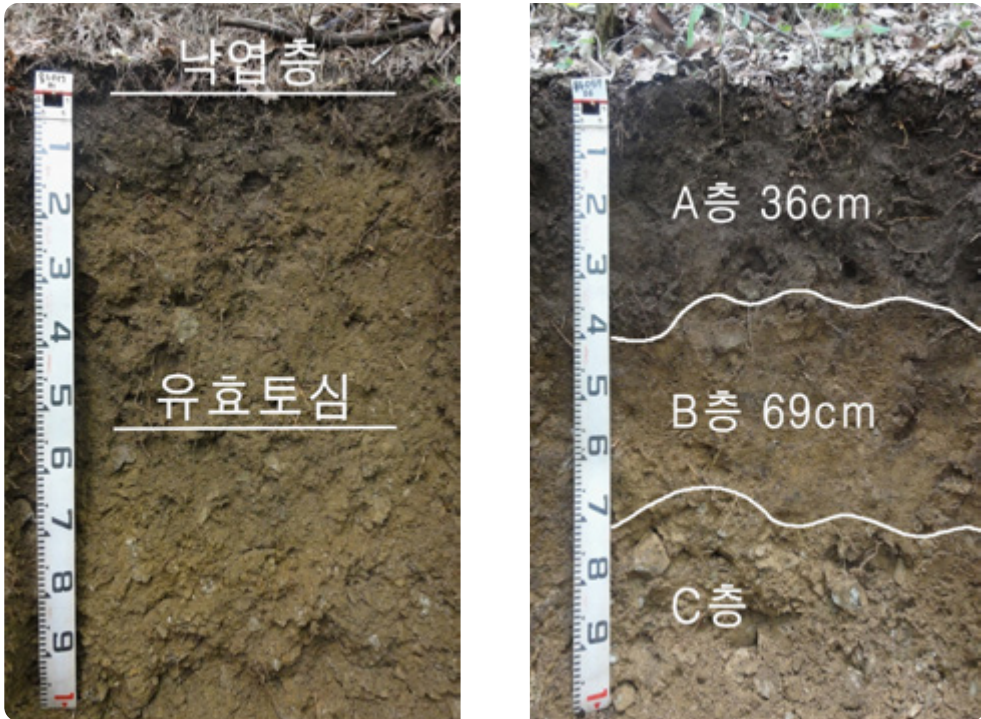
다) 토심

토양단면 상에 나타나는 각 층위별의 깊이를 정수값의 cm단위로 측정한다. 예를 들어 A층과 B층이 각각 0~20cm와 20~65cm이면 A층은 20cm, B층은 65cm로 표기한다. 따라서 일반적으로 전토심이란 모재층(C층)을 제외한 B층 최하단부 토양까지의 깊이를 의미한다(그림 1-54).

일반적인 산림토양의 층위는 토양단면에서 토색, 토양 구조, 견밀도 등의 차이로 구분하며, 아래 표와 같은 각 층위별 특징을 갖는다. 단, A층의 구분에 있어서 침식토양, 사방지토양, 미숙토양 등과 같이 토층발달이 불완전한 경우는 (A)로 표기한다.

[표 1-14] 토양층위 구분

구분		기준
토양층	A층	동식물 유체의 분해에 의해 생성된 부식이 많은 상부의 토층, 침식토양과 같이 토층발달이 불완전한 경우 (A)로 표기함
	B층	모재의 풍화에 의해 생성된 광물질토층임(진단층)
모재층	C층	암석이 토양으로 변하기 전 단계의 풍화모재층으로 토양화가 거의 진행되지 않아 토색이 밝고 구성물질도 조립질이며 대체로 자갈 함량이 많음



[그림 1-54] 토심 구분

라) 토색

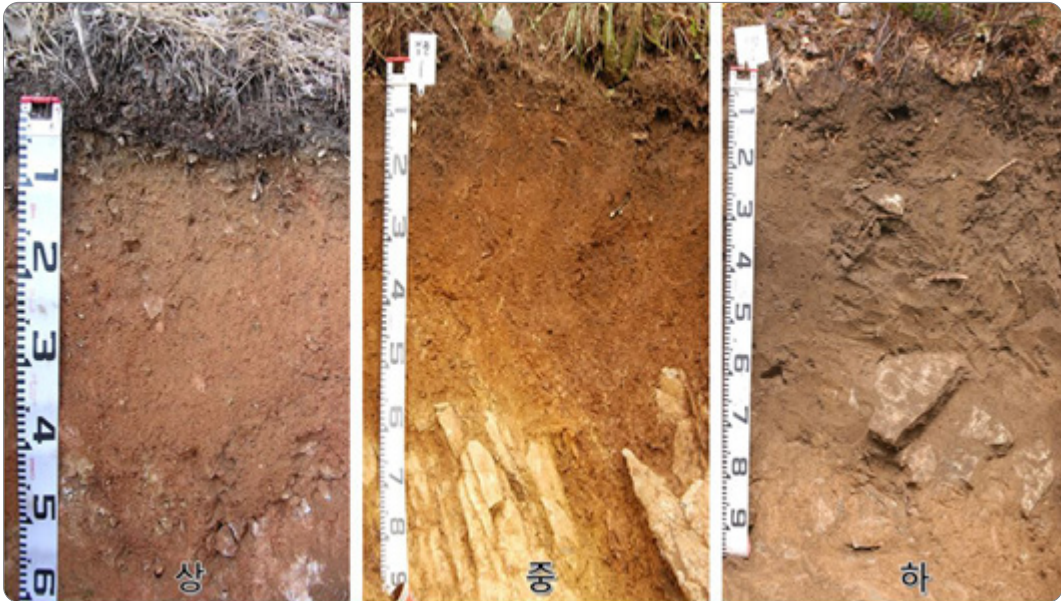
토색척을 이용하여 토색을 구분한다.

마) 풍화 정도

모재의 풍화 정도로 토양발달 정도를 가늠하는 지표로 활용하며 아래 기준에 따라 구분한다. 주로 모암의 결정상태(조립 또는 세립)에 따라 모재의 풍화 정도가 결정되므로 이를 고려하여 구분한다 (그림 1-55).

[표 1-15] 모재의 풍화 정도 구분

구분	기준
상	손으로 만져보면 거친 감이 적고 장석, 운모가 거의 보이지 않으며 삽으로 파내려가기 쉽다.
중	삽으로 파내려가기가 힘은 들지만 계속해서 파내려갈 수 있다.
하	거친 감이 많고 장석, 운모가 눈에 쉽게 띄며 삽으로 파내려가기 매우 어렵다.



[그림 1-55] 토양단면 상에 나타난 풍화 정도 구분

바) 토성

USDA 토성분류체계에 준하여 12가지 토성으로 구분하는데, 현지 조사 시 손가락의 촉감으로 모래, 미사, 점토의 상대적 함량비를 파악하는 촉감법(Feeling method)으로 판단한다. 탁구공만큼의 흙을 떼어 엄지와 검지 및 중지 사이에 올려놓고 물 몇 방울을 가해 촉감으로 각 층위별 토성을 판별한다.

[표 1-16] 토양 입자 크기(입도) 구분

구분	입경
모래(sand)	0.05 ~ 2mm
미사(silt)	0.002 ~ 0.05mm
점토(clay)	0.002mm 이하



[표 1-17] 촉감법을 이용한 토성 판별

토성	기준
S(사토)	거의 모래 성분만 거칠게 느껴짐
LS(양질사토)	
SL(사양토)	1/3~2/3의 모래 성분이 느껴짐
L(양토)	모래 성분이 1/3 이하로 느껴짐
SiL(미사질양토)	모래 성분은 거의 없고, 끈적이는 느낌이 없는 고운 모래가 대부분임
CL(식양토)	끈적이는 느낌이 많은 점토로 고운 모래 성분이 있음
SCL(사질식양토)	모래 성분은 약간 있으나 끈적임만 느껴짐
SiCL(미사질식양토)	

현지 판단이 어려운 경우, 비중계법을 이용하는 실내 입도분석 결과와 현지 판단 결과를 비교하여 조사의 오차를 최소화할 필요가 있다.

[표 1-18] 토성별 입도 함량 및 기호

구분	촉 감	함량비(%)			기 호
		모래	점토	미사	
사양토(Sandy Loam)	약간 거침	43-85	0-20	0-50	SL
양토(Loam)	보통	23-52	7-27	28-50	L
미사질양토(Silt Loam)	"	0-50	0-27	50-90	SiL
미사질식양토(Silty Clay Loam)	고움	0-20	27-40	40-73	SiCL
사질식양토(Sandy Clay Loam)	약간 고움	45-80	20-35	0-28	SCL
식양토(Clay Loam)	고움	28-45	27-40	15-53	CL
양질사토(Loamy Sand)	거침	70-90	0-15	0-30	LS
사토(Sand)	"	85-100	0-10	0-15	S



사) 토양 구조

토양 입자가 서로 결합 배열되는 상태를 의미한다. 유기물, 탄산염 등에 의해 결합된 토괴의 모양, 크기, 발달 정도 등에 따라 표층에서 주로 발달하는 입상구조와 아주 건조한 토양에서 나타나는 세립상구조와 흙알(單粒)구조, 유기물이 많고 다공질인 떼알(團粒)구조, 적윤한 하층토에서 발달하는 괴상구조, 단단한 하층토에서 나타나는 견과상구조 이외에도 판상, 벽상구조 등으로 구분한다(그림 1-56).



[그림 1-56] 토양 구조의 외형



[표 1-19] 토양 구조 특징

구분	특징
세립상(Fine granular)	미세한 입상(1~2mm)이 단독으로 배열, 균사에 달라붙어 있는 상태로 매우 건조한 토양에서 발달한다.
입상(Granular)	입자와 입자가 유기물, 점토 등에 의해 비교적 소형(2~5mm 정도)으로 둥글고 딱딱한 형태이며, 유기물이 많은 표토에서 발달한다.
홀알(Single grain)	입자 하나하나가 단독으로 배열된 구조로 건조한 토양에 발달한다.
떼알(Crumb)	수 mm 정도의 홀알들이 입단을 이룬 상태로 수분이 많아 감촉이 부드럽고 손가락 사이로 누르면 쉽게 깨진다.
견과상(Nutty)	모서리의 각이 비교적 뚜렷하고 단단하며 1~3cm 정도의 크기로 건조한 토양의 하층에 발달한다.
괴상(Angular blocky)	비교적 감자와 유사하게 둥글둥글하며(직경 1cm 이상), 적절한 토양의 하층토에 출현한다.
판상(Platy)	널빤지 모양의 수평형태로 얇은 판 모양으로 분리 발달한다.
무구조(massive)	점토 및 유기 교물질이 과도하게 집적된 봉적토 하층에서 주로 출현하며, 토립이 서로 분리되어 있어 구조를 이루지 않는다.
벽상(Prismatic)	토층 전체가 밀접하게 응집되어 일정한 구조를 갖지 않으며 약습~습한토양 하층에 발달한다.

아) 건습도

탁구공 크기 정도의 토양을 떼어 손바닥으로 2~3회 움켜쥐어 아래 기준에 따라 구분하며, 강우량과 경과일수 등을 감안하여 판단한다.

[표 1-20] 건습도 기준

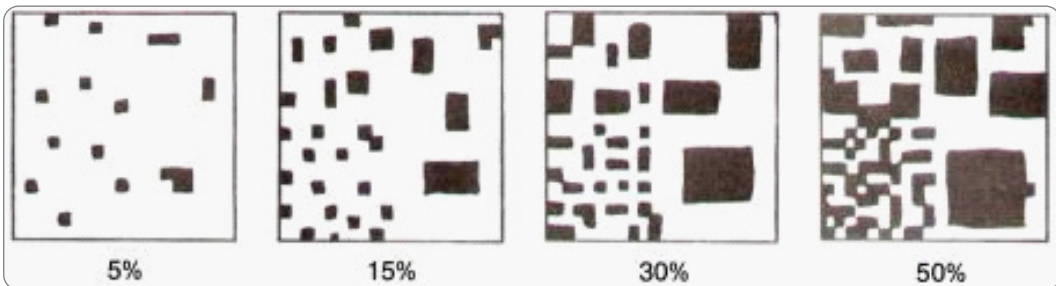
구분	기준	분포지형	비고
건조	손으로 꼭 쥐어 습기가 전혀 느껴지지 않는 정도	산정, 능선부	지피식생 단순
약건	꼭 쥐었을 때 손바닥에 물기가 약간 묻을 정도	산복, 경사면	지피식생 보통
적윤	꼭 쥐었을 때 손바닥 전체에 물기가 묻지만 쉽게 떨어지지 않는 정도	계곡, 평탄지, 산록	지피식생 다양
약습	꼭 쥐었을 때 손가락 사이에 물기가 약간 비치는 정도	경사가 완만한 계곡 및 평탄지	지피식생 다양
습	꼭 쥐었을 때 손가락 사이에 물방울이 맺히는 정도	요형(凹) 지역의 지하수위가 높은 곳	지피식생 다양

자) 석력 함량

토양단면 상에 분포하는 석력(직경 2mm 이상) 비율에 따라 5% 미만, 5%~15%, 16%~30%, 31%~50%, 51% 이상의 5등급으로 구분한다(그림 1-57).

[표 1-21] 석력의 크기별 구분

구분	기준
왕 사	직경 2mm ~ 1cm
자갈(Gravel)	직경 1cm ~ 7.5cm
잔돌(Cobble)	직경 7.5cm ~ 25cm
돌(Stone)	직경 25cm에서 인력으로 움직일 수 있는 돌
바위(Rock)	인력으로 움직일 수 없는 바위



[그림 1-57] 석력 함량 비율의 예시

차) 토양견밀도

토양의 치밀한 정도에 대해 견밀도 측정기 또는 지압법으로 조사한다. 토양 층위별로 5반복 이상 측정하여 구분한다.

토양단면에 직각으로 기기 선단부가 밀착될 때까지 삽입한다.



[표 1-22] 토양건밀도 측정 기준

구분	기준			
	건밀도측정값(단위)		지압법	토양 입자의 결합력
	mm	kg/cm ²		
심송	4 이하	0.4 이하	누르면 저항을 거의 느끼지 못한다.	토양 입자의 결합력이 거의 없다.
송	5~8	0.5~1.0	누르면 약간의 저항을 느끼나 잘 들어간다.	매우 연하여 약간의 외력에도 잘 부서진다.
연	8~12	1.1~2.0	힘을 가하면 저항이 있어 지흔이 생긴다.	비교적 단단해 손으로 눌러야 부서진다.
견	13~16	2.1~3.5	단단하여 지흔이 겨우 생긴다.	단단하여 힘을 가해야 부서진다.
강견	17 이상	3.6 이상	힘을 가해도 지흔이 거의 생기지 않는다.	매우 단단하여 상당한 힘을 가해야 부서진다.

(1) 지상부사진

임목생장 및 식생분포 특성 파악을 위하여 임분을 촬영한다.

(2) 산림토양단면 사진

토양의 외형적 특성을 파악하기 위하여 토양단면 사진을 촬영한다.

(3) 토양시료 채취

토양시료 채취는 토양의 물리화학적 분석을 위하여 층위(A층, B층)별로 200g 정도를 채취한다.

(4) 산림토양형 구분

산림토양형은 산림임지환경인자와 토양단면인자 조사 결과를 종합적으로 판단하여 산림토양 분류 기준에 의거 표 1-23과 같이 구분한다.

[표 1-23] 산림토양 분류

토양군	기호	토양아군	기호	토양형	기호
갈색산림토양 (Brown forest soil)	B	갈색산림토양	B	갈색건조산림토양 갈색약건산림토양 갈색적윤산림토양 갈색약습산림토양	B ₁ B ₂ B ₃ B ₄
		적색계갈색산림토양	rB	적색계갈색건조산림토양 적색계갈색약건산림토양	rB ₁ rB ₂
적황색산림토양 (Red & Yellow forest soil)	R·Y	적색산림토양	R	적색건조산림토양 적색약건산림토양	R ₁ R ₂
		황색산림토양	Y	황색건조산림토양	Y
암적색산림토양 (Dark Red forest soil)	DR	암적색산림토양	DR	암적색건조산림토양 암적색약건산림토양 암적색적윤산림토양	DR ₁ DR ₂ DR ₃
		암적갈색산림토양	DRb	암적갈색건조산림토양 암적갈색약건산림토양	DRb ₁ DRb ₂
회갈색산림토양 (Gray Brown forest soil)	GrB	회갈색산림토양	GrB	회갈색건조산림토양 회갈색약건산림토양	GrB ₁ GrB ₂
화산화산림토양 (Volcanic ash forest soil)	Va	화산화산림토양	Va	화산회건조산림토양 화산회약건산림토양 화산회적윤산림토양 화산회습윤산림토양 화산회자갈많은산림토양 화산회성적색건조산림토양 화산회성적색약건산림토양	Va ₁ Va ₂ Va ₃ Va ₄ Va-gr Va-R ₁ Va-R ₂
침식토양 (Eroded soil)	Er	침식토양	Er	약침식토양 강침식토양 사방지토양	Er ₁ Er ₂ Er-c
미숙토양 (Immature soil)	Im	미숙토양	Im	미숙토양	Im
암쇄토양 (Lithosol)	Li	암쇄토양	Li	암쇄토양	Li
8개 토양군		11개 토양아군		28개 토양형	



우리나라의 산림토양형은 8개 토양군(soil group), 11개 토양아군(soil subgroup), 28개 토양형(soil type)으로 구분되어 있다. 산림토양형은 주요 입지환경인자(모암, 지형)와 토양단면인자(토색, 건습도, 토성, 토양 구조)를 종합적으로 판단하여 토양분류 기준에 의거하여 구분한다.

(가) 갈색산림토양(Brown forest soils)

갈색산림토양은 습윤한 온대 및 난대기후에 주로 분포한다. A-B-C 층위를 갖는 산성토양으로 A층이 암갈색~흑갈색, B층은 갈색~암갈색의 광물질층으로 되어 있는 갈색산림토양아군과, 저산성(저해발고) 산지에 넓게 분포하며 갈색풍화작용이 나타나는 지역에 분포하는 적색계갈색산림토양아군으로 구분한다.

(A) 갈색건조산림토양(B₁)

산정의 능선부근 및 산복사면 상부 등 건조한 곳에 주로 분포한다. 부식층(A0)에 균사 및 균근이 나타나 토심이 얇고 건조하기 때문에 균사속의 영향으로 부식의 침투가 어려워 양분이 결핍된 토양이다. A층은 갈색으로 입상~세립상구조가 대부분 발달하고 있으며, B층은 갈색~명갈색으로 입상~건과상구조가 발달한다.

(B) 갈색약건산림토양(B₂)

완만한 산정 및 풍충지역, 바람이 스치는 산복부에 주로 분포하며 약간 건조한 관계로 유기물층이 비교적 두껍게 발달한다. A층은 대체로 얇은 편이며 약건하고 대부분 입상구조가 발달하고 A층과 B층과의 경계는 판연하다. B층은 갈색으로 약건하나 적절한 지역도 있으며 A층에 비해 토층이 단단하고 건과상구조가 발달한다.

(C) 갈색적윤산림토양(B₃)

산복사면의 요(凹)형 및 산록완경사면에 분포하며, 수분 및 유기물 분해조건이 양호하고 자갈이 적당하게 혼입되어 있어 통기성 및 투수성도 양호하여 식물 뿌리가 B층 하부까지 뻗고 있다. 형태적 특징은 A층이 대부분 흑갈색으로 토심은 비교적 깊고 적윤하며 떼알구조가 잘 발달하고 입상구조도 부분적으로 발달하고 있다. B층은 황갈색~갈색으로 적윤하며 일부 약습한 곳도 있으며 괴상구조가 발달한다.

(D) 갈색약습산림토양(B₄)

산록사면 및 산복완사면의凹형 지형에 주로 분포하며 B₃형보다 수분 함량은 많으나 과습하지는 않다. 수분이 적당하기 때문에 유기물층의 낙엽 분해가 빠르다. B3형과 거의 유사한 토양이나 지형적 조건 차이로 심토층 하부의 수분 상태가 약습한 상태를 보인다.



A층은 흑갈색으로 적윤하고 떼알구조와 입상구조가 발달한다. B층은 흑갈색으로 토심이 깊고 약간 습한 상태를 나타내며 괴상과 벽상구조가 발달한다.

(E) 적색계갈색건조산림토양(rB_1)

저해발산지의 산정~산복에 주로 분포하는 건조한 토양으로 A0층이 약간 발달하며 토심이 비교적 얇다. 적색풍화현상에 의해 A층은 명색~적갈색을 띠고 점착성이 없으며 대부분 송한 토양으로 세립상~입상구조가 발달한다. B층은 명적갈색을 띠며 견과상구조가 발달한다.

(F) 적색계갈색약간산림토양(rB_2)

저해발산지 산복 이하의 약건한 지역에 주로 분포한다. 적색풍화현상이 일어나는 곳에 나타나며, A층은 갈색~적갈색을 띠는 약간 건조하고 점착성이 약한 토양으로 자갈 함량이 적고 입상구조가 발달한다. B층은 명적갈~적갈색을 띠는 미사질양토이며 약간 건조한 토양으로 견과상구조가 발달한다.

(나) 적·황색산림토양(Red and Yellow forest soils)

홍적대지에 생성된 토양으로 아산지에 주로 분포하며, 퇴적상태가 치밀하고 토양의 물리적 성질이 불량한 산성토양이다.

적·황색산림토양군은 주로 화성암 및 변성암을 모재로 하여 해안가에 나타나며 과건~건조한 견밀한 토양이다. 적색산림토양아군은 주로 서해안가 및 아산지에 나타나고 토색은 명적갈~명갈색이며, 황색산림토양아군은 주로 남해일부 해안가와 아산지에 나타나고 토색은 황갈색이다.

(A) 적색건조산림토양(R_1)

주로 아산지 및 내륙 구릉지의 산정~산복에 분포한다. 토심이 얇고 견밀하며 건조한 토양이다. A층은 적갈~명적갈색을 띠고 세립상구조가 발달하며 식물 뿌리는 대부분 표토층에 분포한다. B층은 적갈색의 식양토로 점토 함량이 많아 대단히 견밀한 토양층을 형성하며 견과상구조가 발달한다.

(B) 적색약간산림토양(R_2)

아산지 및 구릉지의 산복~산록에 주로 분포하며, 토양층이 견밀하고 통기성과 투수성이 불량하여 일단 임지가 파괴되면 회복되기가 어려운 토양이다. A층은 암적갈색~적황색을 띠고 약간 건조하며 입상구조가 발달한다. B층은 명적갈색을 띠며 과상구조가 발달한다.



(C) 황색건조산림토양(Y)

해안지역의 야산지 및 구릉지에 주로 분포하며, 해풍의 영향으로 매우 건조하고 견밀한 토양이다. A층은 황갈색의 미사질 토양으로 견밀하고 식물 뿌리가 적으며 입상구조가 발달한다. B층은 황갈색으로 토심이 비교적 얇고 미사질 함량이 많은 토양으로 통기성 및 투수성이 불량하며 견과상구조가 발달한다.

(다) 암적색산림토양(Dark Red forest soils)

퇴적암지대의 석회암 및 응회암을 모재로 하는 지역에 분포하며 토양생성인자 중 모재의 영향을 가장 크게 받는 토양으로 모재층에 가까워질수록 적색이 강하게 나타난다. 암적색산림토양아군은 석회암을 모재로 생성되며, 암적갈색산림토양아군은 응회암, 적색사암 등을 모재로 생성된다.

(A) 암적색건조산림토양(DR₁)

석회암 등 염기성암을 모재로 생성된 토양으로 모암의 영향을 받아 모재층에 가까워질수록 적색이 강하게 나타난다. 산악지 또는 준산지의 산정~산복남사면의 건조한 지형에서 분포한다. A층은 적갈색을 띠고 입상구조가 발달하고 식물 뿌리가 많으며 자갈, 잔돌이 섞여있는 건조한 토양이다. B층은 명적갈색을 띠는 미사질토양으로 점착성이 강하며 견과상구조가 발달한다.

(B) 암적색약건산림토양(DR₂)

석회암 등 염기성암을 모재로 생성된 토양으로 완사면의 산복~산록에 주로 분포한다. A층은 암갈색~암적갈색을 띠며 주로 입상구조가 발달한다. B층은 적갈색~명갈색을 띠고 약건하나 일부 적윤한 지역도 있으며 점착성이 강한 특성을 가지고 견과상구조가 발달한다.

(C) 암적색적윤산림토양(DR₃)

주로 석회암지역의 완사면 산록 및 계곡부에 비교적 토심이 깊은 곳에 주로 분포한다. A층은 암적갈색~적갈색으로 떼알구조가 잘 발달하며 토양의 견밀도는 송하다. B층은 적윤~약습하며 점착성이 강하고 미사 함량이 많으며 괴상구조가 발달한다.

(D) 암적갈색건조산림토양(DRb₁)

퇴적암지대의 응회암, 응회암질 사암, 역암류를 모재로 생성된 약산성 토양으로 대부분 건조한 지형에 분포한다. 토심이 얇고 자갈 함량이 많고 점착성이 있으며 유기물 함량이 낮은 토양이다. A층은 암갈색을 띠고 건조하고 입상 구조가 발달한다. B층은 암적갈~명적갈색을 띠고 건조하며 점착성이 있으며 심층으로 갈수록 모재색을 강하게 나타낸다.



(E) 암적갈색약건산림토양(DRb₂)

퇴적암지대의 응회암, 응회암질 사암, 역암류를 모재로 생성된 약산성 토양으로 약건하며 단면 내 자갈 함량이 많다. A층은 주로 암적갈색을 띠며 약건하고 입상 구조가 발달한다. B층은 암적갈~명적갈색으로 약건하나 적절한 곳도 있으며 견과상구조가 발달한다.

(라) 회갈색산림토양(Gray Brown forest soils)

회갈색산림토양은 퇴적암지대의 이암, 회백색사암, 혈암(shale) 등의 모암으로부터 생성된 토양으로 미사 함량이 현저히 높다. 이 토양은 물리적 성질 중 투수성이 다른 토양에 비해 불량하다.

(A) 회갈색건조산림토양(GrB₁)

퇴적암지대의 혈암, 이암, 회백색사암을 모재로 생성된 토양으로 과거 심한 침식을 받아 건조하고 견밀한 식질의 점착성이 적은 황갈~회황갈색의 토양이다.

A층은 황갈색을 띠며 세립상구조가 약하게 발달하고 있으며 과건~건조하다. B층은 회황갈색으로 매우 건조하고 견밀하여 배수가 불량하며 견과상구조가 발달한다.

(B) 회갈색약건산림토양(GrB₂)

퇴적암지대의 혈암, 이암, 회백색사암을 모재로 생성된 토양으로 GrB₁보다 수분은 약간 있으나 점착성이 적고 통기성과 투수성이 불량하다. A층은 회황갈색을 띠고 견밀하며, 세립상~입상구조가 약하게 발달한다. B층은 회황갈색으로 매우 견밀하여 식물 뿌리가 적고 견과상구조가 나타나는 약간 건조한 토양이다.

(마) 화산회산림토양(Volcanic ash forest soils)

화산활동에 의해 생성된 비교적 짧은 시간을 갖는 토양으로 적색모재로부터 생성된 흑갈색~적갈색의 경~송한 토양으로 제주도, 울릉도, 연천지역 등에 국소적으로 분포한다. 화산회산림토양은 물리적 성질 중 용적밀도(가비중)가 낮으며 다른 토양에 비해 유기물 함량이 매우 높은 토양이다.

화산회건조산림토양은 화산분화구나 야산지 등 산정부근에 주로 나타나고 화산회성적색산림토양은 야산지 및 산지에 주로 분포한다. 화산회자갈많은산림토양은 산악지의 완경사면과 계곡부에 널리 분포한다. 화산회습윤산림토양은 토심이 깊고 유기물질을 다량 함유하며 산악지에 분포한다.

(A) 화산회건조산림토양(Va₁)

화산분화구나 야산지 및 산정부에 주로 분포하며, 화산활동작용에 의해 생성된 토양으로 표층의 발달이 미약하다. 조립질의 모재성분으로 구성되어 건조한 토양이다.



A층은 암적갈색을 띠며 점착성이 없는 토양으로 층계는 판연하다. B층은 적갈색을 띠고 미풍화된 조립질 모재 성분이 많고 식물 뿌리가 적으며 건과상구조가 발달한다.

(B) 화산회약건산림토양(Va₂)

화산회토를 모재로 하는 완경사면의 산복지역에 주로 분포한다. A층은 흑갈색~암갈색으로 입상구조가 발달하고 있으며 토양이 부드럽고 수분조건이 양호하다. B층은 암갈색으로 약건하고 건과상~괴상구조가 발달한다.

(C) 화산회적윤산림토양(Va₃)

화산회토를 풍화모재로 하는 토양으로 산록완경사면에 분포하며, 토심이 비교적 깊고 유기물이 많다. 수분과 입상의 낙엽 분해 조건이 양호하고 자갈이 적당하게 혼입되어 있어 통기성 및 투수성이 양호하다.

A층은 암갈색을 띠고 토양 구조는 때알구조가 발달한다. B층의 토양 구조는 괴상구조가 발달하며 식물근이 비교적 많이 분포하고 임목생장상태가 약건산림토양보다 양호하다.

(D) 화산회습윤산림토양(Va₄)

화산회토를 풍화모재로 하는 토양으로 토심이 깊고 유기물이 많은 미사질토양으로 주로 산악지에 분포한다.

A층은 흑색~흑갈색을 띠고 점착성이 적은 미사질양토로 유기물이 많이 함유되어 있으며 대부분 때알구조 또는 입상구조를 이루고 있고 토양건밀도는 송한 토양이다. B층은 흑갈색~암적갈색을 띠고 자갈이 풍부하며 괴상구조가 발달한 임목생육상태가 양호한 토양이다.

(E) 화산회성적색건조산림토양(Va-R₁)

화산암의 현무암과 안산암을 모재로 하는 적갈~명적갈색토양으로 주로 해안과 가까운 아산지 및 산지에 주로 분포한다. 내륙지역에 분포하는 적·황색토양과 토색은 유사하나 토양의 생성과정 및 성질이 다르며 미사 함량이 높고 토색은 암적갈색~적갈색으로 건조한 토양이다.

(F) 화산회성적색약건산림토양(Va-R₂)

화산암의 현무암과 안산암을 모재로 하는 암적색을 띠는 토양으로 주로 해안과 가까운 아산지 및 오름지역에 주로 출현한다.

A층은 암적갈색을 띠고 건조하며 입상~건과상구조가 발달한다. B층은 유기물이 적고 단단하며 건과상구조가 발달하고 있으나 토심은 비교적 깊은 편이다. 미사 함량이 높은 미사질양토~미사질식양토이다. 토색은 흑갈색~암적갈색~적갈색으로 약건한 토양이다.



(G) 화산회자갈많은산림토양(Va-gr)

현무암을 모재로 하는 자갈 함량이 많은 흑갈색 토양으로 주로 계곡부에 널리 분포하고 있으며, 대체적으로 토심이 얇고 통기성 및 투수성이 매우 양호한 토양이다.

A층은 흑갈색을 띠며 약간~적윤한 토양으로 입상 또는 떼알구조가 발달한다. B층은 둥근 자갈과 토양이 혼재되어있는 상태로 약습하며 식물 뿌리가 잘 발달하고 있는 토양이다.

(바) 침식토양(Eroded soils)

침식토양은 산정의 능선부근 및 산복경사면에 주로 분포하는 토양으로 침식을 받아 토층의 일부가 유실된 토양이다. 침식토양은 침식 정도와 토양의 복구상태에 따라서 약침식토양, 강침식토양, 사방지토양으로 구분된다.

(A) 약침식토양(Er_1)

A층의 대부분 또는 B층의 일부가 유실된 토양으로 경사가 완만한 산정, 산복의 convex 지형에 분포하는 토양으로 굵은 입자의 모래가 대부분 차지하는 사양토로서 배수 및 통기성은 높지만 보비력이 낮은 토양이다. 표토층은 암갈색을 띠며 과건~건조하며 세립상구조가 발달하고 식물 세근이 지표면에 가까이 분포한다. 심토층은 무구조로 토립의 결합력이 약한 토양이다.

(B) 강침식토양(Er_2)

침식을 받아 B층 또는 C층의 일부까지 유실된 토양으로 주로 경사가 급한 산정이나 산복에 분포한다. 세립상구조가 발달하는 과건~건조한 토양으로 토립의 결합력이 약하며 모재 성분인 입경이 큰 모래를 다량 함유한 사토이다.

(C) 사방지토양($Er-c$)

급경사지의 산정 및 산복사면에 주로 분포하고 있으며, 과거 심한 침식을 받은 토양으로 사방사업 등에 의해 토양유실이 일시 정지된 상태의 토양이다. 주로 사방조림수종(리기다소나무, 사방오리나무, 아까시나무 등) 위주로 조림되어 있으며, 사방구조물의 흔적이 남아있다.

A층은 과건~건조한 토양으로 특별한 구조가 발달하지 않으나 식물 세근의 발달상태는 양호하다. B층은 석력 함량이 많은 건조한 토양으로 식물 세근의 분포가 적다.

(사) 미숙토양(Immature soils)

산복하부 및 산록저지에 주로 분포하며, 성숙토양과 달리 층위의 분화 및 발달이 불완전한 토양으로 2회 이상의 퇴적작용에 의해 토심은 깊은 편이나 토양생성시간이 짧아 특별한 구조는 발달하지 않는다.



대부분 모래, 자갈 등의 퇴적물로서 조공극이 많으며 보수력이 약한 토양이다.

(아) 암쇄토양(Lithosols)

산정 및 경사가 급한 산복사면에 주로 분포하며, A-C층의 단면을 이룬다. 암쇄퇴적물이 섞여 있는 토양으로 A층이 얇거나 거의 없고 토양 입자는 비교적 조립질이며 큰 자갈이 많다. 토심이 얇고 모래 함량이 많은 사양토가 주를 이룬다.

(A) 산림토양환경조사 야장 작성

산림입지환경 및 산림토양환경조사가 완료되면 그 결과를 종합적으로 판단하여 산림입지토양조사 야장을 작성한다.



산림입지토양조사 야장

도엽번호 :	표준지번호 :	GPS 좌표	X : E
			Y : N
행정구역 : 도 군(시)		면(읍·동)	리
조사일자 : 년 월 일	날씨 :	조사자 :	

산림입지환경

모 암	①화성암 : 화강암류, 반암류, 규장암류, 안산암류, 현무암류, 섬록암류			
	②퇴적암 : 석회암류, 사암류, 이암류, 혈암류, 응회암류, 역암류			
	③변성암 : 편마암류, 편암류, 천매암류, 점판암류			
표 고	m	경 사도	°	방 위
기후대	①온대북부 ②온대중부 ③온대남부 ④난대			
지 형	①평탄지 ②구릉지 ③산지			
사면 위치	①산정 ②산복 ③산록 ④계곡	경사 형태	①상승 ②평행 ③하강	
퇴적양식	①잔적토 ②포행토 ③붕적토	풍노출도	①노출 ②보통 ③보호	
배수상태	①불량 ②보통 ③양호 ④매우양호	침식상태	①없다 ②있다 ③많다	
암석노출도	①10% 이하 ②11~30% ③31~50% ④51~75%			

산림토양환경

항 목		층 위			토양형 :
		(A)	A	B	
유기물층 두께(cm)					지상부사진
유효토심(cm)					
토 심(cm)					
토 색		/	/	/	
풍화 정도		상	중	하	
토 성	SL	L	SiL	SiCL	토양단면사진
	SCL	CL	LS	S	
토양 구조	세립상	입상	홀알	떼알	
	건과	괴상	판상	무구조	
건 습 도	건조	약건	적윤	약습	
석력 함량 (%)	< 5	5-15	16-30	31-50	50 <
건 밀 도 (kg/cm ²)	< 0.5	0.5-1.0	1.1-2.0	2.1-3.5	3.5 <
시료 채 취					
특기사항 :					



7.7. 산림입지토양도 제작

최종 산림입지토양도 제작은 구획 수정, 기초 자료 재분석, 매칭 작업, Topology 검사, 통합작업, 도엽 단위 자르기, 검사표 작성, 메타데이터 작성, 라벨링 및 표준레이아웃을 적용하여 제작한다.

가. 산림입지토양도 속성 DB 구조

산림입지토양의 DB 구조는 표 1-24와 같다.

[표 1-24] 산림입지토양도 DB 구조

표준용어한글	표준용어(영문)	Data Type	Length
도엽번호	MPDMR_NO	TEXT	20
GPSX좌표	ARA_XCRD	TEXT	20
GPSY좌표	ARA_YCRD	TEXT	20
모암대코드	PRRCK_LARGE_CD	TEXT	2
모암중코드	PRRCK_MDDL_CD	TEXT	2
입지표고	LOCTN_ALTTD	DOUBLE	-
입지경사도	LOCTN_GRDNT	DOUBLE	-
8방위각도	EIGHT_ORBRN_AGL	DOUBLE	-
기후대코드	CLZN_CD	TEXT	1
지형구분코드	TPGRP_TPCD	TEXT	2
사면형태코드	PRDN_FOM_CD	TEXT	2
경사형코드	SLANT_TYP_CD	TEXT	5
토심구분코드	SLDPT_TPCD	TEXT	3
토성코드	SCSTX_CD	TEXT	2
토양형코드	SLTP_CD	TEXT	5
지형지물코드	LDMARK_STNDA_CD	TEXT	10
맵라벨코드	MAP_LABEL_CD	TEXT	15

나. 표준지조사 DB 구조

표준지조사 DB 구조는 표 1-25와 같다.

[표 1-25] 표준지 DB 구조

표준용어한글	표준용어(영문)	Data Type	Length
도엽번호	MPDMR_NO	TEXT	20
표준지번호	SMAR_NO	TEXT	10
지역X좌표	ARA_XCRD	TEXT	20
지역Y좌표	ARA_YCRD	TEXT	20
시도명	CTPRV_NM	TEXT	100
시군구명	SGNG_NM	TEXT	100
읍면동명	EMNDN_NM	TEXT	50
동리면	DNL_NM	TEXT	50
조사일	EXMNN_DT	TEXT	8
날씨코드	WTHR_CD	TEXT	15
조사자명	EXMNE_NM	TEXT	100
모암대코드	PRRCK_LARGE_CD	TEXT	2
모암중코드	PRRCK_MDDL_CD	TEXT	2
입지표고	LOCTN_ALTTD	DOUBLE	-
입지경사도	LOCTN_GRDNT	DOUBLE	-
8방위각도	EIGHT_ORBRN_AGL	DOUBLE	-
기후대코드	CLZN_CD	TEXT	1
지형구분코드	TPGRP_TPCD	TEXT	2
사면형태코드	PRDN_FOM_CD	TEXT	2
경사형코드	SLANT_TYP_CD	TEXT	5
퇴적양식코드	ACCMA_FOR_CD	TEXT	5
바람노출도코드	WIND_EXDGR_CD	TEXT	2
토양배수코드	SOIL_DRNGE_CD	TEXT	5
침식코드	WASH_CD	TEXT	5
암석노출도코드	ROCK_EXDGR_CD	TEXT	2
낙엽층두께	LTLER_THCKN	DOUBLE	-
유효토심깊이	VLDTY_SLDPT_DEPTH	LONG INTEGER	-
토양A층토심깊이	SIAFLR_SLDPT_DEPTH	LONG INTEGER	-
토양B층토심깊이	SIBFLR_SLDPT_DEPTH	LONG INTEGER	-
토양A층토색코드	SIAFLR_ERCLR_CD	TEXT	3
토양B층토색코드	SIBFLR_ERCLR_CD	TEXT	3
풍화정도코드	WTEFF_DGR_CD	TEXT	2
토양A층토성코드	SIAFLR_SCSTX_CD	TEXT	2
토양B층토성코드	SIBFLR_SCSTX_CD	TEXT	2
토양A층구조코드	SIAFLR_STRCT_CD	TEXT	2
토양B층구조코드	SIBFLR_STRCT_CD	TEXT	2



표준용어한글	표준용어(영문)	Data Type	Length
토양A층건습도코드	SIAFLR_HGDGR_CD	TEXT	2
토양B층건습도코드	SIBFLR_HGDGR_CD	TEXT	2
토양A층석력함량코드	SIAFLR_CBSTN_CNTEN_CD	TEXT	2
토양B층석력함량코드	SIBFLR_CBSTN_CNTEN_CD	TEXT	2
토양A층건밀도코드	SIAFLR_CNSST_CD	TEXT	2
토양B층건밀도코드	SIBFLR_CNSST_CD	TEXT	2
토양형코드	SLTP_CD	TEXT	5
토양단면사진URL	SOIL_SCTON_PHTGR_URL	TEXT	200
기타특이사항내용	ETC_PCMTT_CONT	TEXT	1000

다. 산림입지토양도 DB 제작

1) 파일 포맷

산림입지토양도의 기본 파일 포맷은 SHP 포맷으로 하고 토폴로지 등의 검사를 위하여 Arc-GIS GDB 파일로 작성한다.

2) 좌표체계

좌표체계는 세계측지계를 사용하고, 벡셀타원체를 사용하는 기존의 산림GIS 자료와 호환을 위하여 한국측지계로 변환하여 2종류의 좌표체계가 함께 사용될 수 있도록 구축한다. 산림입지토양도의 DB의 구조는 전자야장을 이용한 자료 입력 방법으로 TTAS.IS-19115 메타데이터 패키지 데이터사전을 참조하여 작성한다(그림 1-58).

```

Projected Coordinate System :
Name : PCS_ITRF2000_TM
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 200000.000000
False_Northing: 500000.000000
Central_Meridian: 127.000000
Scale_Factor: 1.000000
Latitude_Of_Origin: 38.000000
Linear Unit: Meter (1.000000)

Geographic Coordinate System: GCS_ITRF_2000
Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
Prime Meridian: Greenwich
(0.000000000000000000)
Datum: D_ITRF_2000
Spheroid: GRS_1980
Semimajor Axis: 6378137.000000000000000000
Semiminor Axis: 6356752.314140356100000000
Inverse Flattening: 298.257222101000020000

```

[그림 1-58] Spatial Reference 설정

원점은 수치지형도에 따라 혹은 사용하고자 하는 지역에 따라 중부원점, 동부원점, 서부원점, 제주원점 등으로 구별하여 사용할 수 있다. 원점을 변경할 때는 한국측지계에서는 Central_Meridian을 10.405"만큼 더해준다. ArcGIS에서는 소수점으로 표현하여 0.00289027로 계산된 값을 사용한다.

[표 1-26] 원점별 설정 내용

원점	Project Coordinate System		
	Name	Parameter	
		False Nothing	Central_Meridian
서부	PCS_ITRF2000_TM_West	500000	125.00289027
중부	PCS_ITRF2000_TM_Central	500000	127.00289027
동부	PCS_ITRF2000_TM_East	500000	129.00289027
제주	PCS_ITRF2000_TM_Jeju	550000	127.00289027

3) 인접처리

작업이 완료되면 상호 인접되는 데이터를 지형지물 및 속성의 표현상 모순이 없도록 수정하고, 다른 좌표계와의 인접 지역은 동일 좌표계로 변환하여 일치시킨 후 원래 좌표계로 환원한다. 이미 완성된 도엽이 있을 경우 완성된 도엽을 기준으로 하되, 특별한 지침이 없을 경우 상측도엽과 좌측도엽을 기준으로 정한다.

4) 통합작업

인접처리가 완료된 도면은 모두 연결하고 도곽선을 삭제한 후 단일평면직각좌표계를 사용하여 하나의 연속파일로 저장한다.

[표 1-27] 단일평면직각좌표계: UTM-K(한국형 UTM좌표계)

투영법	원점	축척계수	False Easting	False Northing
Transverse Mercator	E: 127°30'00.000" N: 38°00'00.000"	0.9996	1,000,000m	2,000,000m

5) 1:5,000 산림입지토양도 표준 레이아웃(지도 도식)

도면에는 도엽명, 도엽번호, 발행처, 편집연도, 인쇄연도, 내도곽선, 외도곽선, 인덱스, 스케일바, 축척, 투영법, 타원체, 범례, 기타 사항 등을 기입한다.



6) DB 검사

잘린 파일들은 원본 파일의 정보를 모두 가져 왔는지 Map 중첩을 통해서 확인하며, ArcGIS의 ArcCatalog에서 Topology Rule을 이용하여 각 파일의 오류 값을 확인한다.

가) Topology 검사

GIS 프로그램의 Topology Rule을 이용하여 중복폴리곤, 공간정보 오류 등 도형 정보의 정확성을 검사한다.

Topology는 GIS 프로그램 Rule을 추가한 후 도형 정보의 적정성을 검사하고, 대면적 폴리곤을 확인하여 구획 누락을 확인한다.

나) 지형속성정보 검사

산림토양경계구획 속성 데이터의 정확성과 조사표준지 속성 정보의 정확성 검사는 주제도 검사(육안)와 오류프로그램을 이용한다.

속성 정보 사이에 논리적 결함 여부를 판단하는 논리적 검사와 인접 도엽간 데이터값 및 연결의 동일성을 검사하는 정확성 검사를 실시하고, 이상코드 입력 및 속성간 논리적 이상값 등을 검토하여 수정한다.

7) 메타데이터(Metadata) 입력

메타데이터는 XML V1.0으로 만들었다. XML은 Extensible Markup Language의 약자로 새로운 마크업 언어를 개발하여 응용 프로그램간의 데이터 전달 수단으로 사용되는 언어이다. 산림입지토양도는 1:5,000 축척을 기준으로 도면을 제작하므로 각 도엽별로 메타데이터를 작성한다. 메타데이터 작성은 “2005년도 국가지리정보유통체계 구축사업”에서 만들어진 메타데이터 편집기에서 볼 수 있도록 정보를 입력한다. 산림입지토양도에 입력하는 Metadata의 항목은 아래 표와 같다.

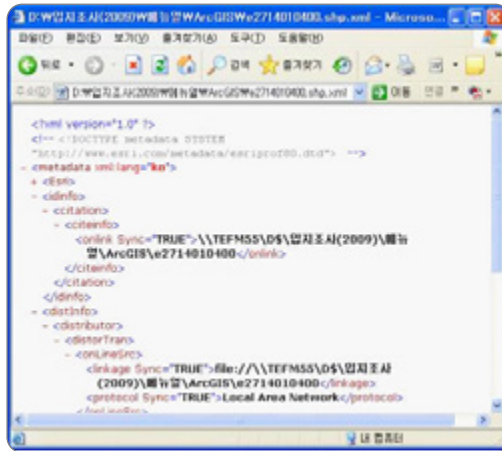


[표 1-28] 산림입지토양도 Metadata 입력 내용

번호	내용	명칭	역할명	입력 내용
B.2.1	메타데이터 개체셋 정보	메타데이터	파일식별자	LM35801002
B.2.1			메타데이터언어	kor
B.2.1			메타데이터 문자셋	eucKR
B.3.2		책임담당자	책임자개인명	조현국
B.3.2			책임기관명	한국임업진흥원 산림정보본부 정보활용실
B.3.2			책임자직위명	실장
B.3.2.5		전화	음성	02-6393-2671
B.3.2.5			팩스	02-6393-2679
B.3.2.1		책임담당자주소	세부주소	강서구 공향대로 475
B.3.2.1			도시	-
B.3.2.1			행정구역	서울특별시
B.3.2.1			우편번호	121-904
B.3.2.1			국가	대한민국
B.3.2.1			전자우편주소	swlee@kofpi.or.kr
B.3.2		책임담당자	책임담당자역할M	자원제공자
B.2.1		메타데이터	메타데이터생성일자	2018.11.30
B.2.1			메타데이터 표준명	지리정보 관리용 메타데이터 표준
B.2.1			메타데이터표준버전	제1판
B.3.2		참고자료	제목	정사항공사진/수치지형도
B.3.2.3		CI_일자	일자	20171026
B.2.2	식별정보	MD_식별	요약설명	산림입지토양도는 전국 산림의 기본정보인 임지의 입지조건(모암, 표고, 경사, 방위, 지형, 사면 위치, 경사 형태 등), 토양성질(토심, 건습도, 토성, 구조, 석력함량 등)을 조사하여 유형별로 분류·구축함으로써 과학적인 산림경영을 위한 기초 자료 및 적지적수, 임지능력급수도, 환경영향평가 등에 활용되고 있다.
B.2.2		데이터식별	공간표현유형	벡터
B.2.2.1		대표비율	분모	5000
B.2.2		데이터식별	자원언어	kor
B.2.2			자원문자셋	eucKR
B.2.2			주제분류	007
B.3.1		범위	범위설명	환경
B.3.1.1		지리영역	서쪽경계경도	128°1'30"
B.3.1.1			동쪽경계경도	128°3'00"
B.3.1.1			남쪽경계위도	35°58'30"
B.3.1.1	북쪽경계위도		36°0'00"	
B.2.5.1	RS_식별자	식별코드	ITRF_2000_TM_Korea_Central_Belt	
B.2.2.4	유통 정보	유통정보	도엽명	가야002
B.2.2.4			도엽번호	35801002
B.2.2.4			지도분류유형	산림입지토양도
B.2.2.4			지역범위	가야
B.2.2.3	자료구조 정보	데이터 베이스	데이터제공자 종류	Shape
B.2.3.3	결과정보	적합성결과	결과설명	공간
B.2.3.3			통과여부	성공



Metadata는 윈도우 메모장에서 열 수 있으며, Explorer 창에서도 열어 볼 수 있다(그림 1-59, 그림 1-60).



[그림 1-59] 메모장에서 열어본 Metadata

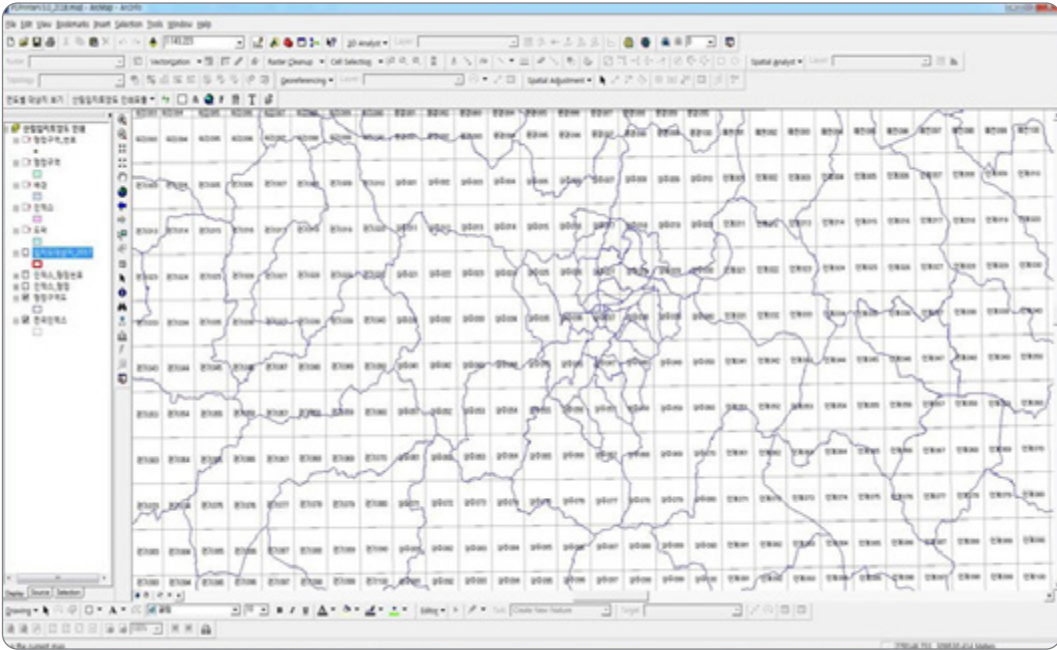


[그림 1-60] Explorer에서 열어본 Metadata

8) 라벨링 및 범례작성(표준레이아웃 적용)

최종 도면작성 단계로 각 폴리곤에 대한 표준지번호, 토양형을 라벨링하고 범례를 작성하며 지형도범례, 토양형 범례를 넣는다. 토양형 범례는 산림GIS묘화표준안에 따라 작성한다.

도엽 단위로 도엽명, 도엽번호, 발행처, 편집연도, 인쇄연도, 내도곽선, 외도곽선, 인덱스, 스케일바, 축척, 투영법, 타원체, 범례, 기타사항 등이 나타나도록 도면출력프로그램을 이용하여 작성한다 (그림 1-61).



[그림 1-61] 도면출력프로그램

7.8. 산림입지토양도 제작 공정 변화

산림입지토양도는 2018년까지 제작을 완료할 경우 4,229,031ha, 68%를 진행하게 됨에 따라 사업기간이 2022년 완료 예정이었다. 미구축 산림공간정보의 조속한 완료를 위해 2018년 ‘산림공간정보구축 효율화 및 개선 방안 마련’ 사업을 수행하였다.

개선 방안 결과를 2019년부터 반영하여 2021년 산림입지토양도 제작을 완료하게 되었다.

가. 산림공간정보구축 효율화 및 개선 방안

‘산림공간정보구축 효율화 및 개선 방안 마련’ 개선 방안의 주요 내용으로는 행정적 개선 방안, 품셈 개선안, 투입 인력, 작업시간 등을 고려하여 개선 방안을 도출하였다.

현행 산림입지토양도 제작 공정의 타당성 검토를 위해 2009년부터 2017년까지의 구축된 산림입지구획 결과에 대한 DB 구축 작업성과는 ‘적정’의 수준인 것으로 판단하였으며, 2018년 45개 도엽에 대한 업체별 점검 결과 현행 제작 공정방법은 타당한 것으로 판단되었다.

산림사업 불가 지역을 제외한 지역을 우선 수행하도록 하고, 효율적인 사업관리 및 품질관리를 위해 2020년부터 2021년까지 2년 사업으로 계약을 진행하였다.



나. 산림입지토양도 제작 공정의 개선 방안 내용

‘산림공간정보구축 효율화 및 개선 방안 마련’ 완료보고서 내용 중 산림입지토양도 제작 공정과 관련된 내용은 다음과 같다.

1) 작업시간

각 공정별 투입 인력을 이용하여 도엽 당 소요시간을 계산하고 도엽 당 총 작업시간을 산출하였다. 현행 방안은 도엽 당 작업시간이 총 3.48D인 반면에 개선 방안 1과 2는 각각 2.298D와 1.977D로 나타나 개선의 효과가 명확하게 나타났다.

특히 현행 방안에서 2.5D였던 현장 조사(개황 조사 및 현지 조사)의 비중은 개선 방안 1과 2에서 각각 1.22D와 1.0D로 50% 이하로 감소되는 것을 알 수 있다(그림 1-62).



[그림 1-62] 현행 방안 및 개선 방안 1, 2의 작업시간 산출 근거

2) 사업 단가

투입 인력과 작업시간을 토대로 2018년 산림입지토양도 구축면적에 대한 사업 단가를 산출하였다. 현행 방안은 산림면적 ha당 6,705원으로 총 사업예산은 약 3,540백만원으로 추정되었다.

개선 방안 1은 산림면적 ha당 4,938원으로 총 사업예산은 약 2,607백만원으로 추정되었으며, 개선 방안 2는 산림면적 ha당 4,071원으로 총 사업예산은 약 2,150백만원으로 추정되었다.

따라서 2018년 사업면적에 대한 사업 단가는 개선 방안 1과 2가 현행 방안에 비해 각각 26.4%와 39.3%의 비용 절감 효과가 있는 것으로 나타나 개선 방안 1과 2에 대한 효율성이 되었다.



〈현행방안〉			〈개선방안 1〉			〈개선방안 2〉		
공정내용	도입당 MO	비율(%)	공정내용	도입당 MO	비율(%)	공정내용	도입당 MO	비율(%)
1. 기초자료 수집 및 분석	0.020	0.33	1. 기초자료 수집 및 분석	0.020	0.57	1. 기초자료 수집 및 분석	0.021	0.71
- 기초자료 수집	0.003	0.05	- 기초자료 수집	0.003	0.09	- 기초자료 수집	0.003	0.10
- 기초자료 정비	0.015	0.25	- 기초자료 정비	0.015	0.42	- 기초자료 정비	0.015	0.50
- 기초자료 분석	0.002	0.03	- 기초자료 분석	0.002	0.06	- 기초자료 분석	0.003	0.10
2. 개황조사 (2인 1조)	1.000	16.72	2. 개황조사 (2인 1조)	2.000	56.85	2. 현장산림입지경계구획	0.658	22.10
- 개황조사 준비	0.090	1.51	- 개황조사 준비	0.180	5.12	- 산림입지경계구획	0.658	22.10
- 간략조사 (2 points)	0.860	14.38	- 간략조사 (2 points)	1.720	48.89	3. 표준지 분석 및 선정	0.282	9.47
- 보고서 작성	0.050	0.84	- 보고서 작성	0.100	2.84	- 표준지 분석	0.188	6.32
3. 산림실태조사 및 현장조사	0.940	15.72	3. 산림실태조사 및 현장조사	1.045	29.70	- 표준지 선정	0.094	3.15
- 산림실태조사 및 현장조사	0.618	11.00	- 산림실태조사 및 현장조사	0.618	18.70	4. 현지조사 및 확인 (2인 1조)	2.000	67.18
- 표준지 분석	0.188	3.14	- 자료 입력	0.100	2.84	- 현지조사 준비	0.100	3.36
- 표준지 선정	0.094	1.57	- 육상경선	0.001	0.03	- 개황조사	0.450	15.12
4. 현지조사 및 확인 (2인 1조)	4.000	64.89	- 08구획 및 오류검사	0.004	0.11	- 표준지 조사 (2 points)	1.350	45.35
- 현지조사 준비	0.200	3.34	- 표준지 분석	0.188	5.34	- 자료 입력	0.100	3.36
- 표준지 조사 (2 points)	3.700	61.87	- 표준지 선정	0.094	2.67	5. 산림실태조사 및 현장조사	0.016	0.54
- 자료 입력	0.100	1.67	4. 현지조사 및 확인 (2인 1조)	0.440	12.51	- 구획 확정	0.002	0.07
5. 산림실태조사 및 현장조사	0.020	0.33	- 현지조사 준비	0.020	0.57	- 육상경선	0.001	0.03
- 구획 확정	0.002	0.03	- 표준지 조사 (1 point)	0.420	11.94	- 08구획 및 오류검사	0.004	0.13
- 육상경선	0.001	0.02	5. 육상정보 수집/보완	0.015	0.37	- 육상정보 수집/보완	0.004	0.11
- 08구획 및 오류검사	0.004	0.07	- 오류검사 및 보완	0.004	0.11	- 1:5000도엽단위 지장	0.006	0.20
- 1:5000도엽단위 지장	0.006	0.10	- 1:5000도엽단위 지장	0.006	0.17	- 도면제작	0.001	0.03
- 도면제작	0.001	0.02	- 도면제작	0.001	0.03	- 제작 데이터 입력	0.001	0.03
- 제작 데이터 입력	0.001	0.02	- 제작 데이터 입력	0.001	0.03	- 최종 확인	0.001	0.03
- 최종 확인	0.001	0.02	- 최종 확인	0.001	0.03	합계	2.977	100.00
합계	5.980	100.00	합계	3.518	100.00	합계	2.977	100.00

[그림 1-64] 현행 방안 및 개선 방안 1, 2에 대한 투입 인력 산출 근거

4) 제작 공정

산림입지토양도 제작 공정의 현행 방안을 분석하여 일부 공정을 개선함으로써 효율화 방안을 도출하였다.

현행 방안의 가장 큰 개선사항은 현장 조사(개황 조사 및 현지 조사)의 비중이 매우 높고, 이에 따른 투입 인력과 작업시간이 타 공정들에 비해 많이 투입되고 있다.

개선 방안 1은 개황 조사 강화를 통해 정밀 조사를 진행함으로써 정밀한 산림입지토양도를 우선적으로 구축하고, 현지 조사를 도엽 당 9개소에서 1개소로 축소하는 것이 특징이다.

개선 방안 2는 ArcGIS와 같은 지리정보 관련 프로그램을 적극 활용함으로써 산림입지경계구획을 정밀하고 동일한 기준안을 제시함으로써 개황 조사와 표준지조사를 동시에 진행하는 것이 특징이다.



[표 1-29] 현행 방안 및 개선 방안에 대한 공정별 내용 정리

현행 방안	개선 방안 1	개선 방안 2
1. 기초 자료 수집/분석 - 자료 요청/수집 - 자료 분석	1. 기초 자료 수집/분석 - 자료 요청/수집 - 자료 분석	1. 기초 자료 수집/분석 - 자료 요청/수집 - 자료 분석
2. 개황 조사 - 미세지형, 모암, 토양형 조사 - 간략 조사: 도엽당 2곳	2. 개황 조사 강화를 통한 정밀 조사 - 미세지형, 모암, 토양형 조사 - 간략 조사: 도엽당 9개소	2. 산림입지경계구획 - 산림입지경계구획 - GIS 도면 활용
3. 잠정산림토양경계구획 - 산림토양경계구획 - 표준지 분석/선정	3. 산림입지토양도 제작 - 토양경계구획 - 자료 입력 - 1차 속성 갱신/오류 검사 - 표준지 분석/선정	3. 표준지 분석/선정 - 표준지 분석/선정
4. 현지 조사 및 확인 - 표준지 조사: 도엽 당 9개소 - 토양시료 채취 - 사진 촬영 - 자료 입력	4. 현지 조사 및 확인 - 표준지 조사: 도엽 당 1개소 - 토양시료 채취 - 사진 촬영 - 자료 입력	4. 현지 조사 및 확인 - 개황 조사: 모암, 토양형 조사 - 표준지 조사: 도엽 당 9개소 (간략 조사 7개소, 정밀 조사 2개소) - 사진 촬영 - 토양시료 채취 - 자료 입력
5. 산림입지토양도 제작 - 최종 DB 구축 - 속성 갱신/오류 검사 - 도면 제작 - 품질점검표 작성	5. 속성 정보 수정/보완 - 2차 속성갱신/오류 검사 - 최종 DB 구축 - 도면제작 - 품질점검표 작성	5. 산림입지토양도 제작 - 속성 갱신/오류 검사 - 최종 DB 구축 - 도면제작 - 품질점검표 작성



다. 산림입지도양도 제작 공정 변화

산림입지도양도 제작 공정의 개선 방안 2를 일부 수정하여 2019년 사업부터 적용하였다. 수정된 내용으로는 삭제된 개황 조사를 사전 조사로 변경하였다.

현행 조사는 개선 방안을 반영하였고, 표준지분석 및 선정은 기준을 변경하여 수행하였다.

1) 사전 조사

사전 조사의 목적은 산림입지도양도 제작 대상지에 대한 지형, 제지(암석지), 전석지, 암쇄토양, 침식토양, 지질 등의 분포 상황을 사전에 개괄적으로 조사하는 것을 말한다. 사전 조사를 통해 전체 대상지에 대한 지형 특성을 파악한다.

사전 조사의 수행 내용은 1:5,000 축척의 9도엽을 한 단위로 설정하여 단시간 내에 조사하며, 이동 간 경로 표시 및 확인 사항에 대한 내용을 도면에 직접 기재한다. 확인 사항은 지형, 암석지, 제지(전석지), 지질(모암)에 대해 확인한 내용을 도면에 직접 기록하며, 기록한 내용은 잠정산림토양경계구획 시 참고한다.

개황 조사와의 차이점은 토양단면 굴취 내용이 없어지고, 1도엽 기준이 9도엽 단위로 변경되었다.

[표 1-30] 개황 조사와 사전 조사의 차이점

구분	개황 조사	사전 조사
도엽 단위	1도엽	9도엽
조사내용	토양, 지질 등의 분포 상황 등을 조사	지형, 암석지, 제지(전석지), 지질(모암) 등 파악
토양단면굴취	A층과 B층이 판단될 수 있도록 굴취	무
산출물	개황 조사 도면(PDF), 보고서(HWP)	사전 조사 도면(PDF)

2) 표준지 선정

조사 표준지 선정 시 신뢰성 확보를 위하여 대상지별 1:5,000 축척의 9도엽을 한 단위로 묶어 정사영상을 배경으로 전체 대상지의 표고, 모암, 방위, 사면 위치 분석값의 분포 비율에 따라 선정하며, 정밀 조사와 간략 조사 표준지로 구분하여 한다. 조사표준지는 정밀 조사와 간략 조사 표준지로 구분하여 선정한다.



가) 유역 단위 배분성을 고려한 표준지 선정

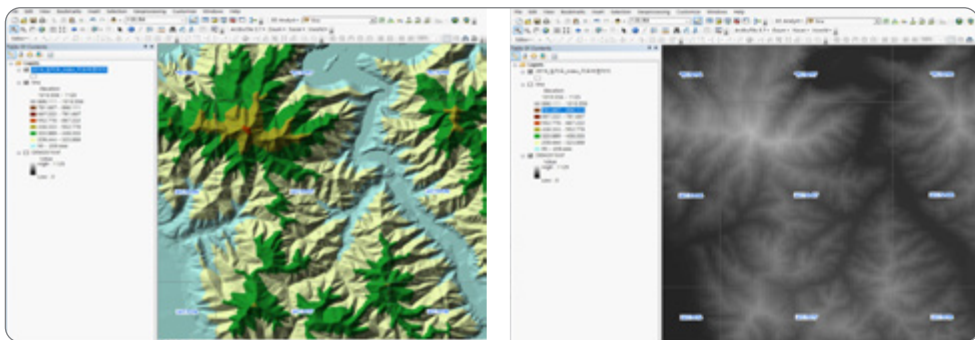
정밀 조사 표준지는 유역별로 해당 지역의 모암, 지형, 토양군(형) 등 토양을 대표하는 지점을 선정하며, 간략 조사 표준지는 정밀 조사와 산림토양경계구획의 정확성을 높이기 위하여 토양 특성 등을 반영하여 전반적인 토양형의 분포를 파악하고 분석된 표고, 모암, 방위, 사면 위치별 면적에 비례하여 선정한다.

- (1) 정밀: 자연적·인위적 교란이 발생한 지점을 피하면서 1~3개소를 선정한다.
- (2) 간략: 자연적·인위적 교란이 발생한 지점을 피하면서 토양형 등 토양 특성을 대표할 만한 지점 6~7개소를 선정한다.

나) 조사표준지 선정을 위한 분석 방법

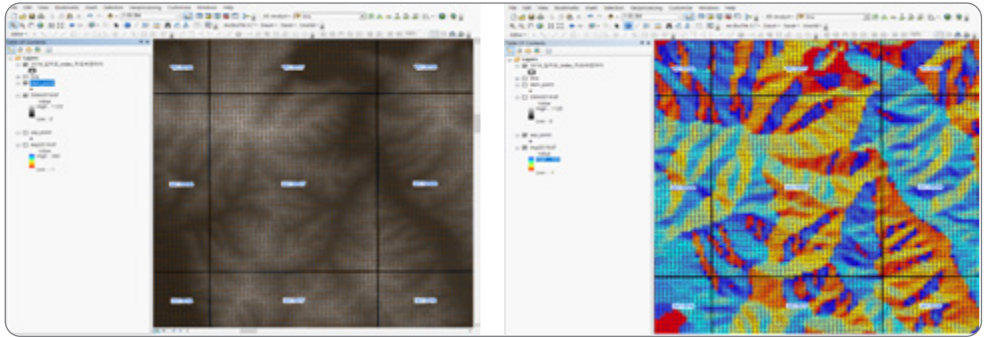
- (1) 수치지형도를 활용하여 Tin 분석 후 DEM 파일 및 경사 분석 Raster 파일을 생성한다 (그림 1-65).

DEM (height) 파일과 방위 분석 파일(Raster 생성 시 50x50 셀 사이즈 생성) 생성한다.



[그림 1-65] TIN 및 격자 단위 경사 분석

- (2) Raster to point 툴을 사용하여 각 50m x 50m 마다 표고, 경사, 모암값에 대한 포인트 생성한다.
- (3) 각 포인트를 임지와 경지로 구분 후 임지만 별도로 추출하여 대상지에 대한 표고, 방위, 모암 값에 대한 통계를 생성한다.



[그림 1-66] 격자 단위 표고 분석

- (4) 통계값 분포 비율을 통해 표고/방위/모암에 대한 배치비율을 $\pm 5\%$ 범위 내에서 표준지를 선정한다.

표준지 배치 시 위에서 분석하여 선정한다.

표고 분석점 비율이 시작점 최소 5% 이상을 기준으로 표고의 최소단위에 선정한다(최대단위 5% 이상).

- (5) 모암의 경우 대상지 중분류 분포 비율과 선정된 표준지 분포 비율이 $\pm 5\%$ 비율 내에서 선정한다.

3) 현지 조사

가) 정밀 조사

정밀 조사는 산림토양의 전반적인 특성을 파악하기 위하여 모암, 지형 및 토양 특성 등을 반영한 산림토양경계구획 도면에 대표성을 갖는 조사표준지를 선정하여 산림입지환경 및 산림토양환경을 조사한다.

수행 내용으로는 표준지선정 과정을 통해 자연적·인위적 교란이 발생한 지점을 피하면서 해당 표준지의 토양 특성을 대표할 만한 지점을 정한다.

토양단면 굴취는 토양발달이 잘되어 전토심의 깊이가 1m 이상일 경우에는 1m 까지만 굴취하고 단면을 정리한다.

토양단면(soil profile)은 모재층이 나타날 때까지 굴취하고 소형 삽과 전정가위로 잘 정리한 후 토양층위를 파악할 수 있도록 줄자를 대고 단면사진을 촬영한 다음 조사기본정보(7종), 산림입지환경인자(13종), 산림토양환경인자(12종) 등 총 32종에 대한 조사를 수행한다.

토양시료는 A층과 B층을 구분하여 채취하며, A층의 깊이가 5cm 미만일 경우 B층만 채취한다.



나) 간략 조사

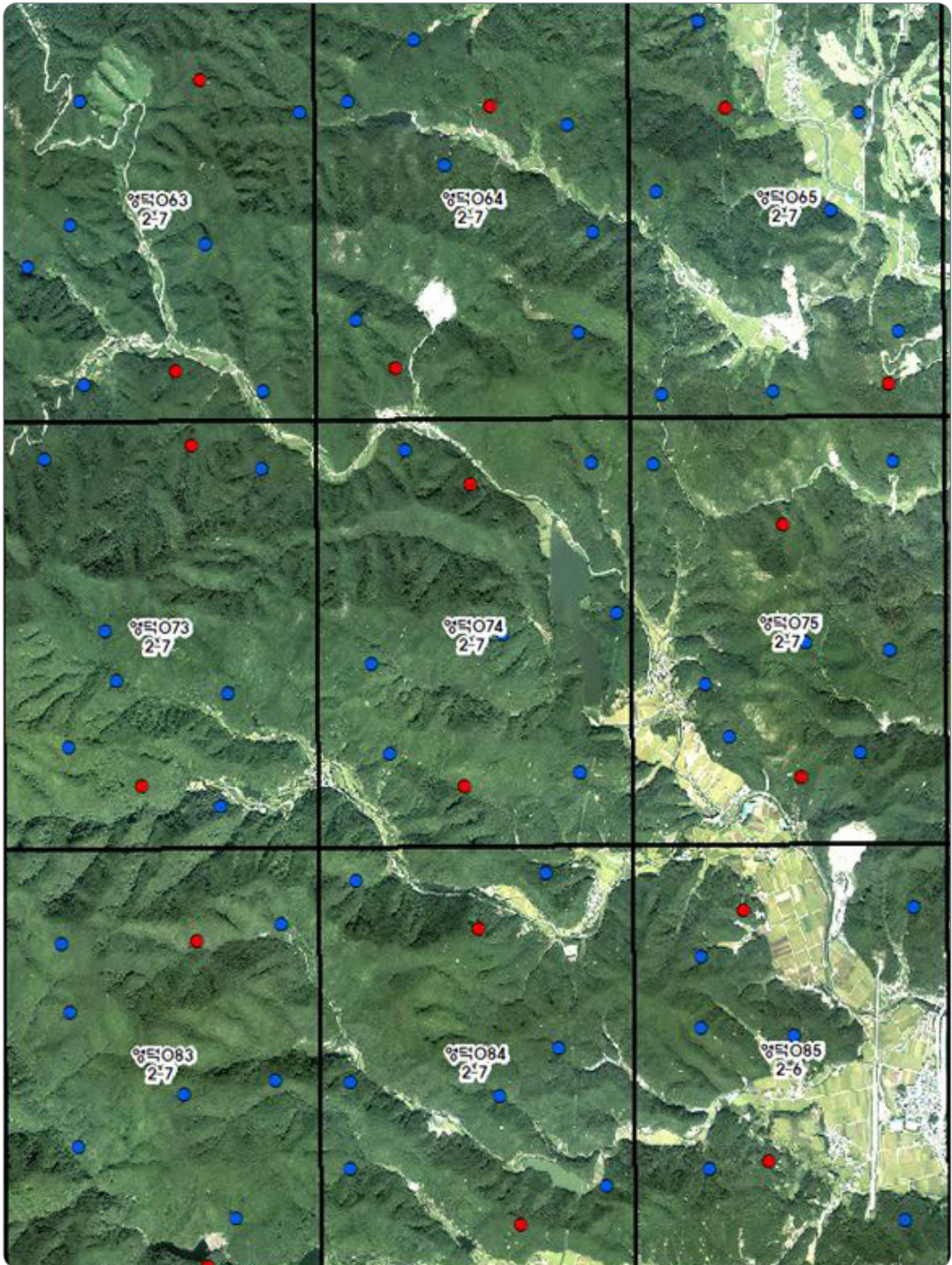
간략 조사는 정밀 조사 및 산림토양경계구획의 정확성을 높이기 위하여 수행하는 것으로 토양 특성 등을 반영하여 전반적인 토양형의 분포를 파악하고 대표성을 갖는 지점을 선정하여 간략하게 산림입지환경 및 산림토양환경을 조사한다.

수행 내용으로는 정밀 조사와 조사항목은 동일하나 토양단면 굴취를 A층과 B층이 육안으로 판단될 수 있도록 간략하게 실시한 후 줄자를 대고 사진을 촬영한다.

이때 토양 굴취는 최대 깊이가 60cm를 넘지 않도록 하고 단면정리는 하지 않으며, 토양시료는 채취하지 않는다.

[표 1-31] 정밀 조사와 간략 조사의 차이점

구분	정밀 조사	간략 조사
조사 방법	모암, 도엽별 면적과 배분성을 감안하여 약 48ha당 1EA 선정하여 조사	도엽별 면적과 배분성을 감안하여 표준지 조사 point 선정
조사 개수	32종	32종
시료 채취	유	무
토양단면 (soil profile)	1m	A층과 B층이 판단될 수 있도록 간략하게 굴취
단면 정리	유	무



[그림 1-67] 도엽별 조사표준지



8. 개발프로그램

8.1. 개발프로그램

산림입지토양도 제작의 효율성 향상, 고품질의 성과확보, 사업관리 및 품질관리 등에 필요한 프로그램을 개발하였다.

2009년부터 개발된 프로그램은 한국저작권위원회에 프로그램을 등록하였고, 수행 업체 및 주관업체는 프로그램을 적용하여 산림입지토양도를 제작하였다.

[표 1-32] 저작권 등록 프로그램

등록번호	제호	등록일자
S-2009-01-122-005743	산림입지조사 표준지 분석프로그램 Ver.1	2009-10-26
S-2009-01-129-005744	산림입지조사 전자야장 프로그램 Ver.1	2009-10-26
S-2010-002517	산림입지도 메타데이터 작성기	2010-05-03
S-2010-002558	산림입지도 출력 프로그램	2010-05-03
S-2011-002304	산림입지도 데이터 검수 프로그램(주관업체용)	2011-04-13
C-2016-004719	맞춤형조림지도 제작을 위한 현지 조사 표준지 선정 프로그램	2016-02-22
C-2017-024834	산림입지토양도작업 공정도 체크 V2	2017-10-18
C-2017-025302	FSNViewerV5(산림입지토양도전자야장뷰어V5)	2017-10-23

가. 산림입지조사 표준지 분석프로그램(ForestSiteAnalysis V1.0)

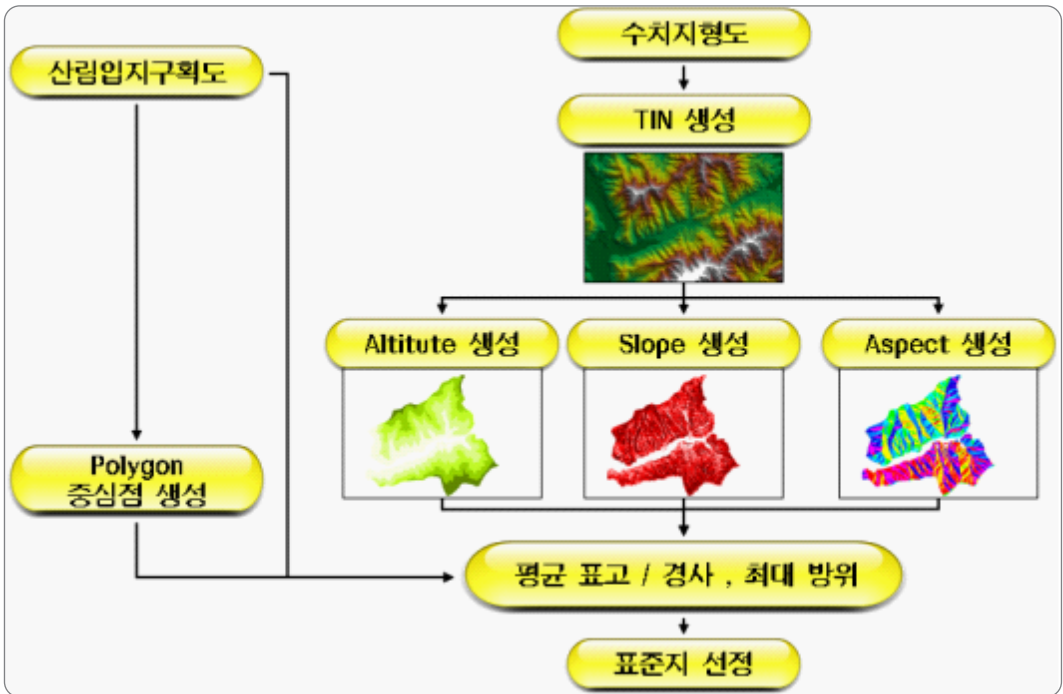
1) ForestSiteAnalysis V1.0의 개요

1:25,000 산림입지도 제작 시에는 현지 조사 시 표준지를 선정하는 것을 원칙으로 하였다. 그러나 1:5,000 축척의 산림입지조사에서는 입지구획을 약 2ha 정도로 정밀하게 구분하므로 GIS 프로그램을 이용하여 실내에서 디지털항공사진과 분석자료를 중첩하여 표준지, 즉 산림입지경계가 구분된 각 객체(폴리곤)의 대표 지점을 선정한다. 이때 인위적인 훼손지, 재해발생지 등과 사면상의 요철지는 피하며, 현지 조사 시 표준지의 이동이 불가피할 경우에는 이를 조정하되 현지 GPS 좌표를 취득하여 위치정보를 갱신한다.



2) 표준지 선정 과정 개요

표준지 선정은 수치지형도를 이용하여 ForestSiteAnalysis V1.0에 의해 분석된 TIN 생성자료와 표고, 경사, 방위 GRID로 생성된 자료를 활용하며, 각 폴리곤별 평균표고, 평균경사, 최대방위를 분석하여 해당 폴리곤의 중심점에서 가장 가까운 지점(분석 포인트)을 표준지로 선정한다. 이러한 표준지 선정 과정은 다음 그림과 같다(그림 1-68).



[그림 1-68] 표준지 선정 과정

나. 산림입지조사 전자야장 프로그램

1:5,000 산림입지조사 야장(전자야장)은 조사지정보, 산림입지환경, 산림토양환경, 임지생산력으로 구성되어 있다.

1) ForestSiteNote의 개요

ForestSiteNote는 현지 조사시 모든 상황을 정확하게 기록할 수 있도록 하는 프로그램으로, UMPC 중 태블릿 PC를 이용하여 조사자가 쉽게 현장 정보를 입력할 수 있도록 터치스크린 기능을 갖추고



있다. 본 프로그램은 기존에 종이야장을 이용할 때 발생할 수 있는 자료의 누락이나 입력오류를 사전에 방지하고 자료입력 과정을 생략하여 전체 공정을 줄이는데 유용하다(그림 1-91).

ForestSiteNote는 Microsoft Visual Basic 6.0을 기반으로 야장입력 시 지도 및 조사 위치를 확인할 수 있도록 하기 위해 GIS 솔루션인 MapObject2.1을 이용하였다.

기본 속성 DB는 Microsoft Office Access를 활용한 mdb이며, 전체 자료 보기 및 다양한 데이터를 활용할 수 있도록 Excel로의 자료 변환도 가능하다.

다. 스마트 전자야장

스마트폰 기반의 전자야장은 2011년 IOS 기반으로 개발하였고, 2015년 안드로이드 기반으로 새로운 버전을 만들었다.

종이야장으로 조사된 자료를 엑셀로 입력하는 시간 및 오류를 사전에 방지할 수 있으며, 스마트폰에서 입력된 자료는 엑셀로 입력되도록 하였다.

토양단면사진 및 시장부사진을 촬영하게 되면 자동으로 사진명이 입력되도록 하여 성과물 작성시 오류를 최소화 하고, 효율성을 향상시킬 수 있다.

기본정보입력에서 GPS값을 수신하여 입력되도록 하였다.

표준지 선정 및 분석을 통해 선정된 조사표준지의 기본정보가 입력된 엑셀자료를 불러오기 하여 기본정보가 입력되어 자료입력 및 구축시간을 단축하고 입력오류를 최소화하였다.

1) 프로그램 사용 방법

프로그램의 사용방법은 fsn_v1.8을 스마트폰에 설치한 후 아래의 그림과 같이 기본정보, 산림입지환경정보, 산림토양단면정보의 순으로 입력하도록 되어있다.

라. 산림입지도 메타데이터작성기

메타데이터 작성프로그램은 엑셀기반의 매크로 기능으로 개발된 프로그램으로 산림입지토양도 뿐만 아니라 임상도, 맞춤형조림지도, 임지생산능력급수도 등의 다양한 주제도에 맞게 만들어지도록 개발되었다.

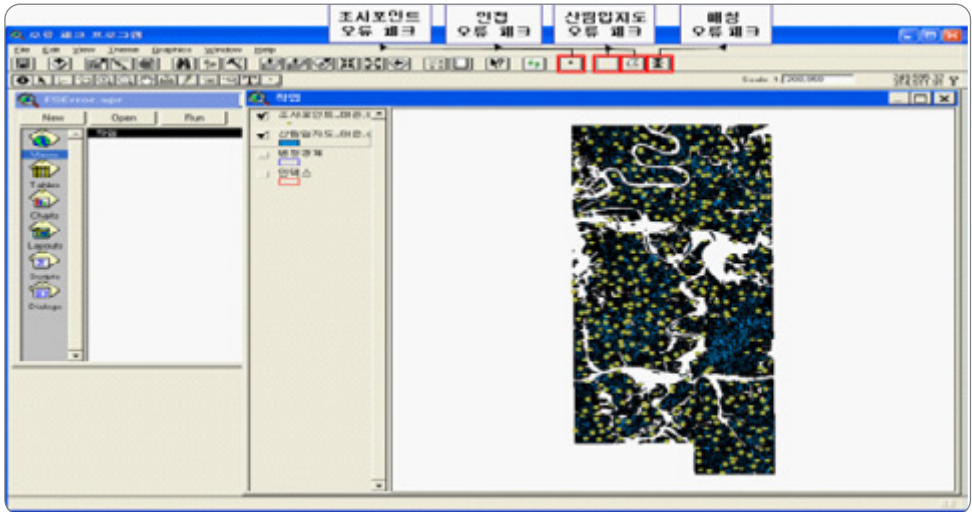
1) 메타데이터 작성 개요

엑셀 SHEET에는 프로그램실행기, 산림입지토양도기본정보입력, 도엽별 정보 등으로 구성되어 있다.

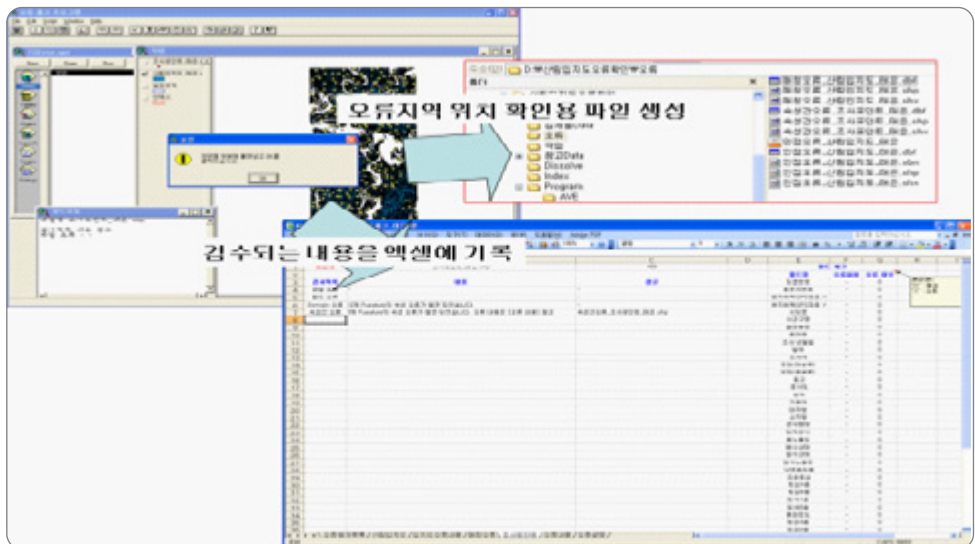


마. 산림입지도 데이터 검수 프로그램(주관업체용)

검수프로그램은 업체별로 취합된 자료에 대한 검수 과정으로 조사포인트와 산림입지도 폴리곤의 논리적오류, null값 등을 자동으로 체크하여 성과심사 이전에 오류를 최소화하기 위하여 개발하였다.



[그림 1-73] 데이터 검수프로그램 시작화면



[그림 1-74] 데이터 검수프로그램 실행

바. 산림입지토양도 사진체크 프로그램

사진체크 프로그램은 도엽 단위로 촬영된 누락된 사진 또는 파일명에 대한 오류를 찾기 위해 제작된 프로그램으로 조사포인트와 오류로 인해 전자야장뷰어에서 파일명 오류로 사진이 나타나지 않는 것을 찾을 수 있다.

산림입지사진체크.exe 실행하면 C:\Program Files\산림입지사진체크라는 폴더가 생성되는데, 그 중에서 Project1.exe.를 실행을 누르면 자동으로 진행된다.

사전준비사항은 도엽명을 사진체크에 붙여넣기 한 후 실행해야 한다.

프로그램을 실행 후 수식계산에 복사해서 넣으면 오류는 자동으로 계산된다.

1) 오류 유형

도엽별 표준지개소수 만큼 단면사진과 근경 사진이 있는지 여부 확인한다.

도엽번호-표준지번호로 단면사진 파일명이 적정하게 부여되었는지 확인한다.

도엽번호-표준지번호(근경)으로 파일명이 적정하게 부여되었는지 확인한다.

파일명의 띄어쓰기, 문자 등으로 인한 오류를 확인한다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	N.	표지명	파일명	오류1	오류2	오류3	오류4	오류5	오류6	오류7	최종
2	1	갈담003	갈담003-01(근경).JPG	-	-	9	-	1	-	-	-
3	2	갈담003	갈담003-01.JPG	-	-	-	-	1	-	-	-
4	3	갈담003	갈담003-02(근경).JPG	-	-	9	-	2	-	-	-
5	4	갈담003	갈담003-02.JPG	-	-	-	-	2	-	-	-
6	5	갈담003	갈담003-03(근경).JPG	-	-	9	-	3	-	-	-
7	6	갈담003	갈담003-03.JPG	-	-	-	-	3	-	-	-
8	7	갈담003	갈담003-04(근경).JPG	-	-	9	-	4	-	-	-
9	8	갈담003	갈담003-04.JPG	-	-	-	-	4	-	-	-
10	9	갈담003	갈담003-05(근경).JPG	-	-	9	-	5	-	-	-
11	10	갈담003	갈담003-05.JPG	-	-	-	-	5	-	-	-
12	11	갈담003	갈담003-06(근경).JPG	-	-	9	-	6	-	-	-
13	12	갈담003	갈담003-06.JPG	-	-	-	-	6	-	-	-
14	13	갈담003	갈담003-07(근경).JPG	-	-	9	-	7	-	-	-
15	14	갈담003	갈담003-07.JPG	-	-	-	-	7	-	-	-
16	15	갈담003	갈담003-08(근경).JPG	-	-	9	-	8	-	-	-
17	16	갈담003	갈담003-08.JPG	-	-	-	-	8	-	-	-
18	17	갈담003	갈담003-09(근경).JPG	-	-	9	-	9	-	-	-
19	18	갈담003	갈담003-09.JPG	-	-	-	-	9	-	-	-
20	19	갈담003	갈담003-10(근경).JPG	-	-	9	-	10	-	-	-
21	20	갈담003	갈담003-10.JPG	-	-	-	-	10	-	-	-
22	21	갈담003	갈담003-11(근경).JPG	-	-	9	-	11	-	-	-
23	22	갈담003	갈담003-11.JPG	-	-	-	-	11	-	-	-
24	23	갈담003	갈담003-12(근경).JPG	-	-	9	-	12	-	-	-

[그림 1-75] 사진오류체크 프로그램 결과

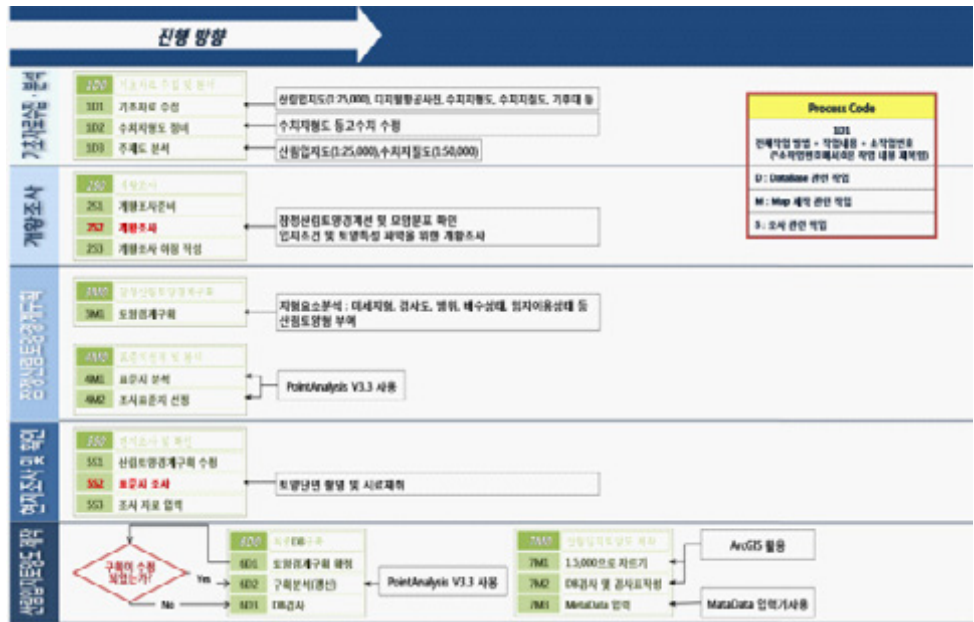


사. 산림입지토양도작성 공정도 체크

산림입지토양도 제작 공정은 기초 자료 수집, 개항 조사, 잠정산림토양경계구획, 현지 조사 및 확인, 산림입지토양도제작의 단계로 구성되어 있다.

업체별 주간단위로 작성된 작업기록현황, 체크리스트를 엑셀로 제공받아 프로그램을 실행하게 되면 작업진행율을 확인할 수 있도록 개발되었다.

작업진행율은 공정별, 업체별로 자동 계산되어 주간보고시 진척율에 사용한다.



[그림 1-76] 작업공정도

- 1) 각 sheet에는 공정별로 구성되어 있으며, 업체에서는 도엽 단위로 작업기록을 기록하게 된다.
- 2) 수치지형도의 표고값 오류 확인 및 수정사항을 기록한다.
- 3) 임경지, 1:25,000 산림입지도, 지질도를 확인 및 검사한다.
- 4) 개항 조사의 준비단계부터 중간산출물에 이상이 없는지 확인한다.
- 5) 개항 조사를 반영하여 잠정산림토양경계구획을 하였는지 확인한다.
- 6) 각 단계별 체크리스트 항목을 확인하여 기록한다.
- 7) 표준지조사 기록에서는 잠정산림토양경계구획 확인 및 분석자료의 이상값 유무 등을 확인한다.

- 8) 표준지개소수와 사진, 시료채취 유무를 확인하고, 야장 작성이 잘 되었는지 확인한다.
- 9) 최종 DB에서는 폴리곤 누락 및 대면적, 중복 폴리곤, 논리적 이상값 등을 검토하여 기록한다.
- 10) 산림입지토양도제작에서는 도엽 단위로 제작유무, 토폴러지, DB설계서와 맞는 확인하고, 메타 데이터 준수유무를 체크하여 기록한다.
- 11) 도엽 단위로의 검사 기록표 작성 유무와 성과물 이상 여부를 확인한다.

아. 토양단면도사진작업 프로그램

토양단면도사진첩 프로그램은 엑셀 기반의 매크로 기능으로 개발되었다.

매년 만들어지는 보고서의 부록으로 지역단위로 토양형에 따른 사진을 자동으로 선택해서 만들 수 있도록 하였다.

조사표준지와 산림입지토양도의 면적을 고려하여 행정구역 단위로 자동으로 사진이 정리되도록 하고, 출력에 영향을 미치지 않을 정도의 해상도로 자동으로 줄일 수 있게 설정하였다.

작업 방법은 사업연도 전체포인트DBF 파일을 열기한 후 작업2, 작업3을 클릭하면 행정구역 단위로 사진이 정리되고 HTML 파일로 저장이 된다.

자. 맞춤형조림지도 제작을 위한 현지 조사 표준지 선정 프로그램

맞춤형 조림지도 제작을 위한 현지 조사 표준지 선정은 임목 생육 기초 자료인 '임상도'와 입지토양 기초 자료인 '산림입지토양도' 자료를 바탕으로 지리적 특성을 반영하여 수종, 영급, 토양형 자료를 분석하여 폴리곤을 선정한 후 항공사진 확인을 통해 최종 조사 위치를 선정한다. 본 프로그램에서는 임상도와 산림입지토양도의 자료를 활용하여 표준지 선정을 위한 기초 자료를 만들며, 5만 단위의 대면적의 분석을 일괄되게 진행할 수 있도록 한다.

1) 주요 기능

- 가) 임상도에서 선정 수종 추출: 임상도에서 맞춤형 조림지도 작성에 선정된 13개수종을 추출하고, 1:5,000단위로 Split 되어 있는 자료를 합쳐준다.
- 나) 임상도와산림입지토양도 intersect: 1번째 작업에서 추출된 임상도에 해당하는 산림입지토양도를 intersect 하는 작업이다.
- 다) 영급구분, 토양형, 면적 정리: 본 작업에서는 영급을 5개 단계로 구분하고, 28개 토양형으로 구분될 수 있는 지역 선정을 위한 사전 작업을 진행한다.



- 라) 표준지선정: 앞 작업에서 정리된 자료를 이용하여 맞춤형 조림지도를 위한 표준지를 선정한다.
- 마) 표준지선정(통합): 1~4단계의 작업을 한 번에 진행할 수 있도록 한다.

2) 프로그램 설치

- 프로그램 설치: ArcToolbox에 등록하여 사용할 수 있고, ArcCatalog에서 직접 사용할 수 있다.
- 가) ArcGIS에서 ArcCatalog에서 ArcToolbox를 연다.
- 나) ArcToolbox 클릭 > 마우스 오른쪽 클릭 > Add Toolbox를 클릭한다.
- 다) 맞춤형조림지도2015를 선택하여 ArcToolbox에 등록한다(실제 이렇게 설치하지 않아도 ArcCatalog에서 직접 사용할 수 있다).

3) 프로그램 사용 방법

- 가) 프로그램 사용 방법: 프로그램은 단계별 실행 Script와 4개 단계를 통합으로 진행할 수 있는 Script로 구성되어 있다.
- 나) 각 Script에서 요구하는 값을 입력한 후 OK를 클릭하면 실행된다.
- 다) '임상도 입력'에는 산림청에서 이미 제작된 1:5,000 정밀임상도를 입력한다.
- 라) '산림입지토양도'에는 1:5,000으로 작성된 산림입지토양도를 입력합니다. 단 산림입지토양도는 도엽별로 Split되지 않은 통판 자료를 입력해야 한다.
- 마) '작업명'에는 현재 작업하고 있는 파일의 도엽명(5만 단위) 혹은 도엽번호 등 작업한 파일의 고유명을 입력한다.
- 바) '작업폴더'에는 분석을 통해 발생하는 파일들을 저장할 폴더를 선택한다. 각 입력값의 입력 부분을 클릭하면 help 부분에서 자세한 설명을 볼 수 있다.

4) 사용 언어 및 필요 프로그램

프로그램은 Python 2.5를 기반으로 만들어졌으며, ArcGIS9.3.1를 기반으로 작성된 Script 형식으로 제작되었다. 따라서 본 프로그램은 ArcGIS9.3.1를 실행하여 Toolbox로 등록하여 사용해야한다.



2

산림입지토양도 백서



제 2 장

산림입지토양도 제작 주요 결과



제2장 산림입지토양도 제작 주요 결과

- | | |
|-------------------------|-----|
| 1. 전국 산림입지토양 분석결과 | 106 |
| 2. 특·광역시·도별 산림입지토양 분석결과 | 150 |



1.1. 일반현황

가. 현황

대한민국(大韓民國, 영어: Republic of Korea, KOR)은 동아시아의 한반도 남단에 자리한 민주공화국이다. 서쪽으로는 중화인민공화국과 황해를 사이에 두고, 동쪽으로는 일본과 동해를 사이에 두었으며, 북쪽으로는 조선민주주의인민공화국과 한반도 군사 분계선을 사이에 두고 맞닿아 있다.

나. 지리

한반도는 제3기 마이오세 이후에 일어난 단층과 요곡운동의 결과 동쪽으로는 높은 산지가 급경사로 동해안에 임박하고 서쪽으로는 서서히 고도가 낮아진다. 이를 동고서저의 경동지형이라 한다. 높은 산들은 대부분 동부 지방에 치우쳐서 한반도의 등줄기라 불리는 태백산맥에 자리한다. 서쪽에는 평지가 발달했다. 한반도의 서쪽은 황해, 동쪽은 동해, 남쪽은 남해와 맞닿아 있어 삼면이 바다로 둘러싸인 반도형이며, 가장 큰 부속 도서인 제주도 남쪽으로는 동중국해와 접한다. 황해와 남해 연안은 해안선이 복잡한 리아스식 해안으로 조수 간만의 차가 클 뿐만 아니라 해안 지형도 꽤 평탄하여 넓은 간석지가 전개된다. 또한 수많은 섬이 있어서 다도해라고도 불린다. 반면에 동해 연안은 대부분 해안선이 단조롭고 수심이 깊으며 조수 간만의 차가 적다. 해안 근처에는 사구·석호 등이 형성되어 있고 먼 해상에 화산섬인 울릉도가 있으며 그보다 동쪽으로 약 87.4km 거리에 대한민국 최동단인 독도가 위치한다.

다. 행정구역

대한민국의 행정구역은 1 특별시, 6 광역시, 1 특별자치시, 8 도, 1 특별자치도로 편제되어있다. 면적은 100,412.6km²이며, 임야 면적으로는 63,558km² 이다. 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 51,829,023명, 23,093,108가구이다.

라. 기후

북위 33도~38도, 동경 126~132도에 걸쳐 있어 냉대 동계 소우 기후와 온대 하우 기후, 온난 습윤 기후가 나타난다. 겨울에 북부 지역은 편서풍으로 인해 시베리아와 몽골 고원의 영향을 받아 대륙성 기후를 띠어서 건조하고 무척 추우나 남부 지역은 이런 영향을 적게 받아 상대적으로 온난한 편이다. 여름에는 태평양의 영향을 받아 해양성 기후의 특색을 보여서 고온다습하다. 계절은 사계절이 뚜렷이 나타나며 대체로 북부 지역은 여름과 겨울이 길고 남부 지역은 봄과 가을이 길다.

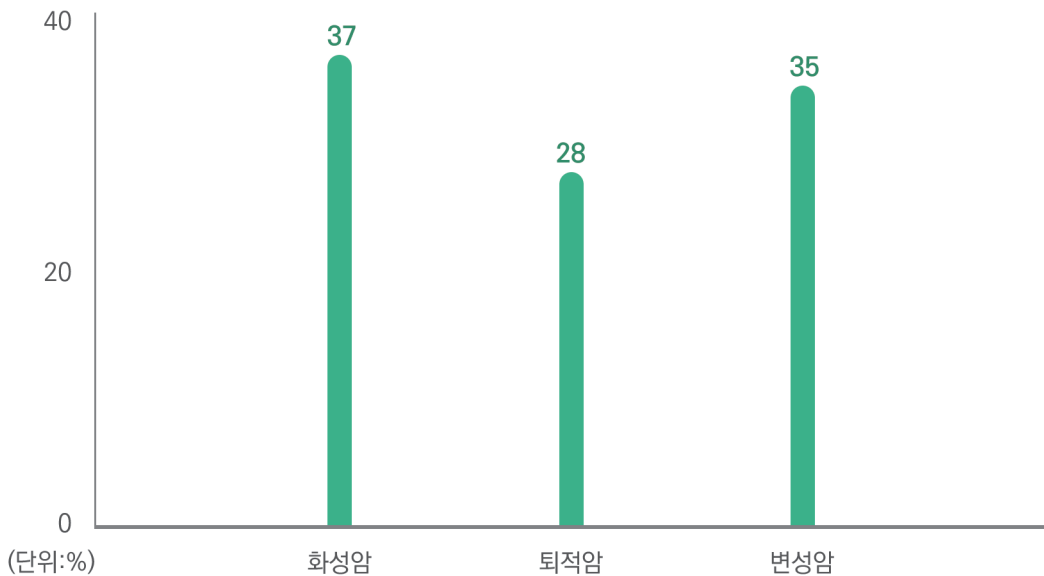
1.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

- 모암은 토양모재에 따라 토양생성 및 토색, 토양배수 등과 관계성을 가지고 있다. 수치지질도(1:50,000)에 의한 대분류 구분 결과 화성암(37.3%), 변성암(34.7%), 퇴적암(28.0%)의 순으로 나타났다.

[표 2-1] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	5,893,823	2,201,402	1,647,828	2,044,596
(%)	(100%)	(37%)	(28%)	(35%)



[그림 2-1] 모암 대분류

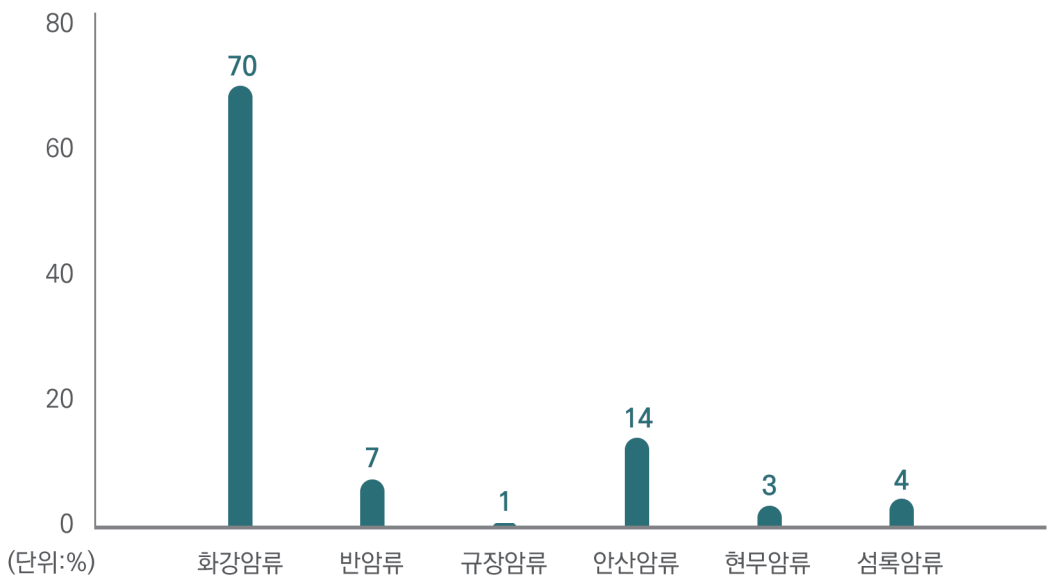


나. 모암(중분류)

- 수치지질도(1:50,000)에 의한 16개 중분류 중 화성암의 구분 결과 화강암류(70.1%), 안산암류(14.1%), 반암류(7.4%) 순으로 나타났다.

[표 2-2] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	2,201,402	1,541,956	164,186	15,301	309,346	72,820	97,793
(%)	(100%)	(70%)	(7%)	(1%)	(14%)	(3%)	(4%)

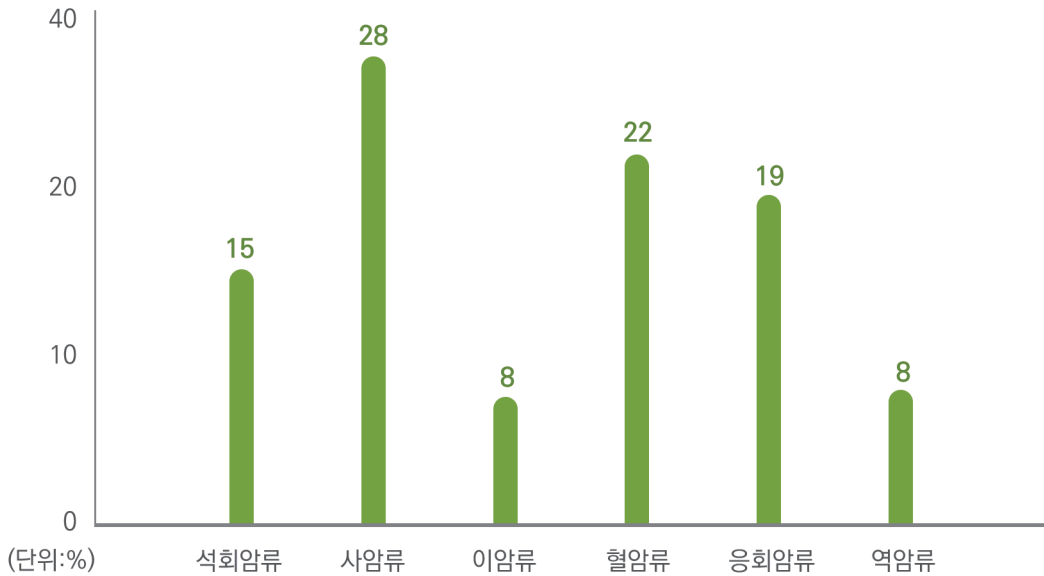


[그림 2-2] 모암 중분류(화성암)

- 수치지질도(1:50,000)에 의한 16개 중분류 중 퇴적암의 구분 결과 사암류(27.8%), 혈암류(22.0%), 응회암류(19.4%) 순으로 나타났다.

[표 2-3] 모암 중분류(퇴적암)

합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	1,647,828	248,640	459,323	125,107	360,799	320,708	133,252
(%)	(100%)	(15%)	(28%)	(8%)	(22%)	(19%)	(8%)



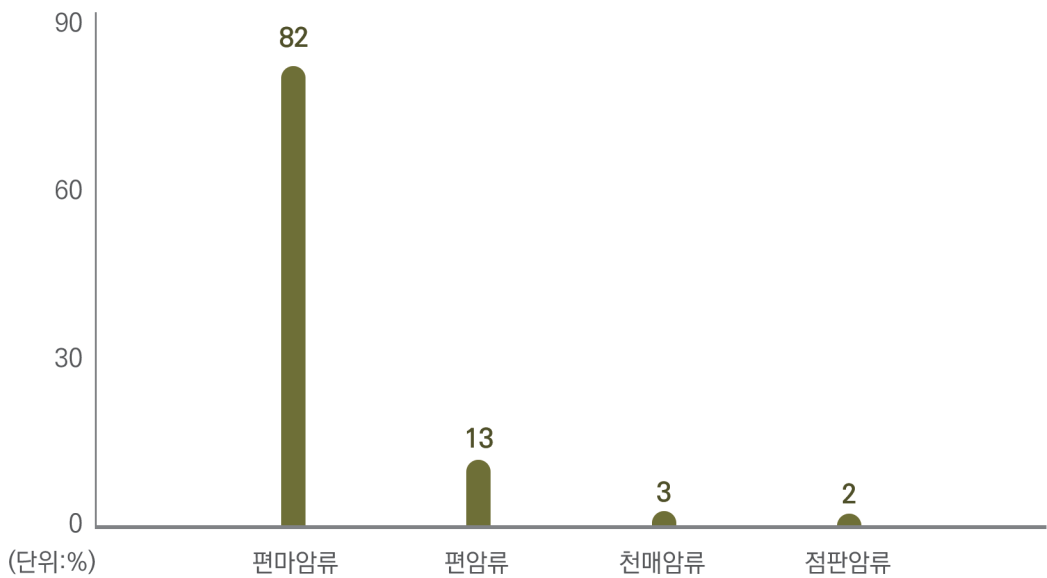
[그림 2-3] 모암 중분류(퇴적암)



- 수치지질도(1:50,000)에 의한 16개 중분류 중 변성암의 구분 결과 편마암류(82.4%), 편암류(12.5%), 천매암류(3.0%) 순으로 나타났다.

[표 2-4] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	2,044,594	1,685,292	255,913	61,120	42,269
(%)	(100%)	(82%)	(13%)	(3%)	(2%)



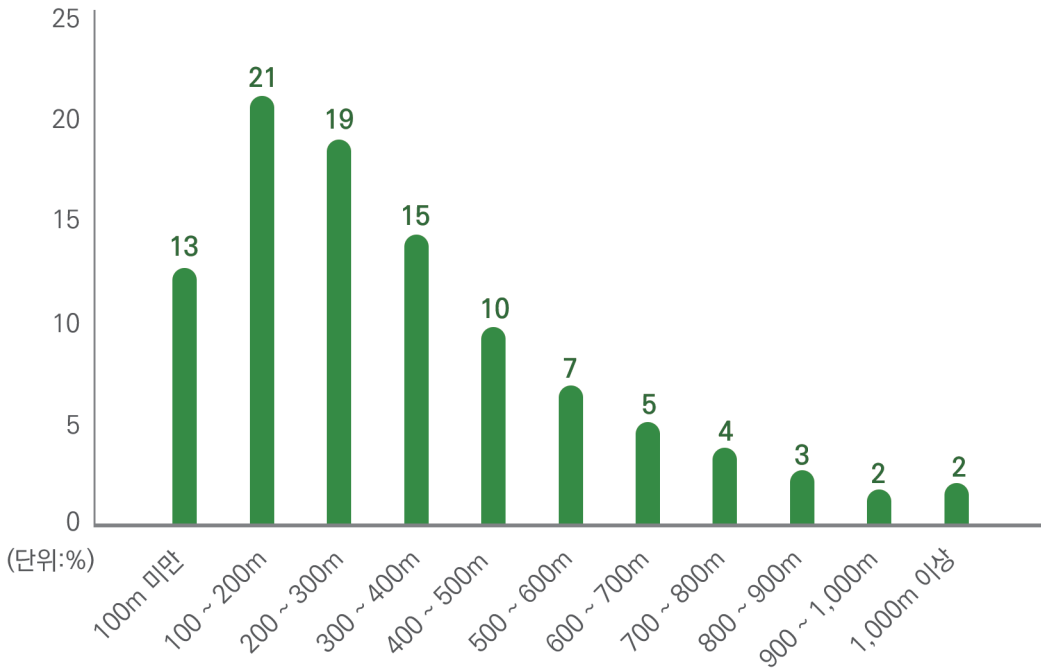
[그림 2-4] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

- 기 분석된 표고 주제도를 바탕으로 분석한 결과 100~200m미만(21.3%), 200~300m미만(19.2%), 300~400m미만(14.5%) 범위 순으로 나타났다.

[표 2-5] 표고 분포

합계	표고											
	100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m	500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상	
면적 (ha) (%)	5,893,823 (100%)	749,776 (13%)	1,257,315 (21%)	1,126,027 (19%)	850,183 (15%)	577,796 (10%)	408,883 (7%)	298,277 (5%)	227,993 (4%)	166,785 (3%)	104,581 (2%)	126,210 (2%)



[그림 2-5] 표고 분포

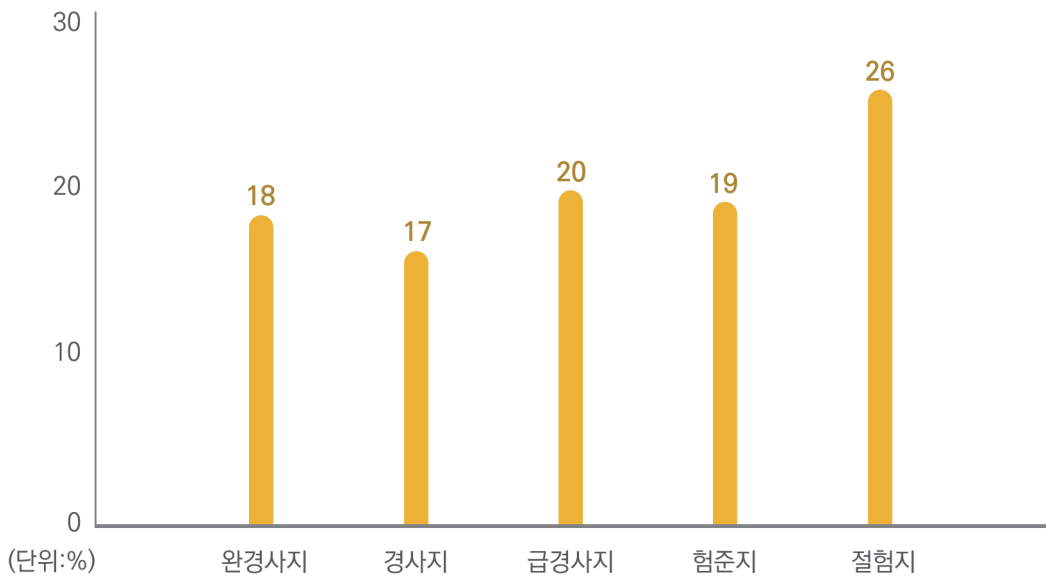


라. 경사

- ArcGIS를 이용하여 기 분석된 표고 주제도를 바탕으로 완경사지, 경사지, 급경사지, 험준지, 절험지로 구분하여 분석한 결과 절험지(26.0%), 급경사지(19.9%), 험준지(19.1%) 순으로 나타났다.

[표 2-6] 경사 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적 (ha)	5,893,823	1,085,242	970,319	1,173,162	1,134,362	1,530,738
(%)	(100%)	(18%)	(17%)	(20%)	(19%)	(26%)



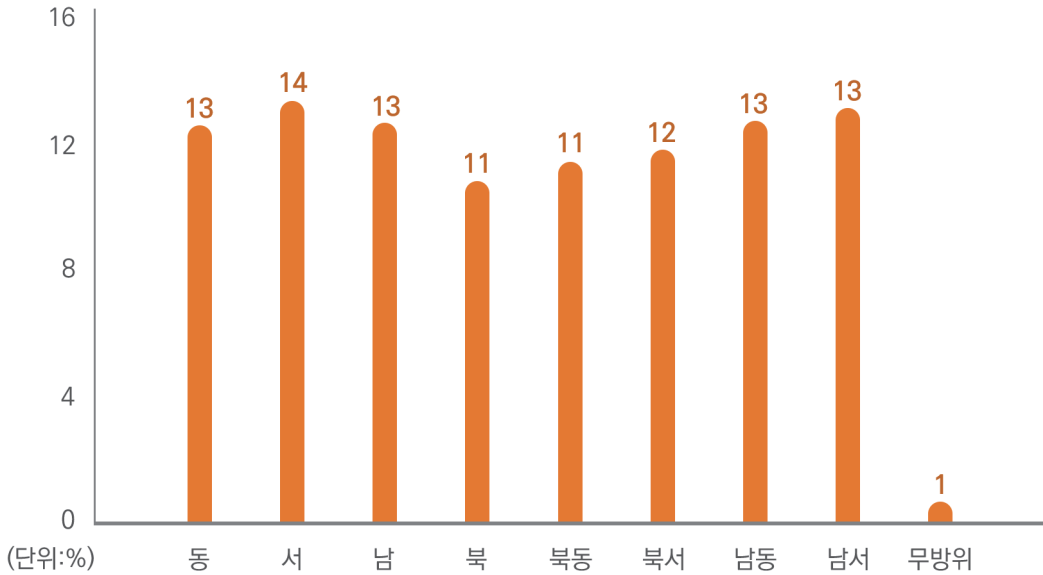
[그림 2-6] 경사 분포

마. 방위

- ArcGIS를 이용하여 지역별로 8방위로 구분하여 분석한 결과 서(13.6%), 남서(13.2%), 남동(12.8%) 순으로 나타났다.

[표 2-7] 방위 분포

합계	방위									
	동	서	남	북	북동	북서	남동	남서	무방위	
면적 (ha)	5,893,823	747,815	797,177	748,955	641,539	679,045	701,268	755,055	783,876	39,094
(%)	(100%)	(13%)	(14%)	(13%)	(11%)	(11%)	(12%)	(13%)	(13%)	(1%)



[그림 2-7] 방위 분포



바. 지형

- 지형은 임목이 성장하는데 중요한 부분인 토심, 토양수분, 퇴적양식 등을 판단할 수 있는 요소이다. 경사 5°미만인 곳은 평탄지, 비교적 산세가 험하지 않은 평지 주위와 산지의 전면에 위치하는 경사 길이 500m이하인 곳은 구릉지, 그 외 큰 산지 및 산맥이 연속적으로 이루어진 곳을 산지로 구분한 결과 산지(80.4%), 구릉지(16.2%), 평탄지(0.4%) 순으로 나타났다.

[표 2-8] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	5,893,823	22,445	946,563	4,750,699	174,116
(%)	(100%)	(0%)	(16%)	(80%)	(3%)



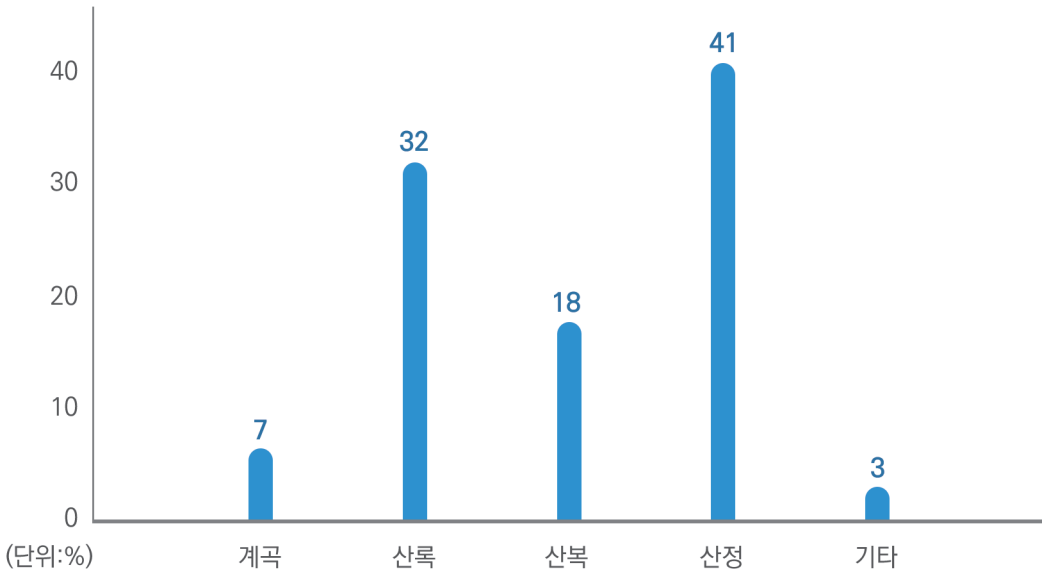
[그림 2-8] 지형 분포

사. 사면위치

- 사면위치 구분은 경작지와 연접하고 있는 3부 능선 이하인 곳은 산록으로, 구릉지 및 산지의 3~7부까지는 산복으로, 8부 능선 이상은 산정으로, 수계 길이가 길고 물이 거의 상시 흐르는 곡부는 계곡으로 구분한다. 분석 결과 산정(40.9%), 산록(31.8%), 산복(17.7%) 순으로 나타났다.

[표 2-9] 사면위치 분포

합계		사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	5,893,823	386,375	1,881,453	1,038,650	2,413,229	174,116
(%)	(100%)	(7%)	(32%)	(18%)	(41%)	(3%)



[그림 2-9] 사면위치 분포

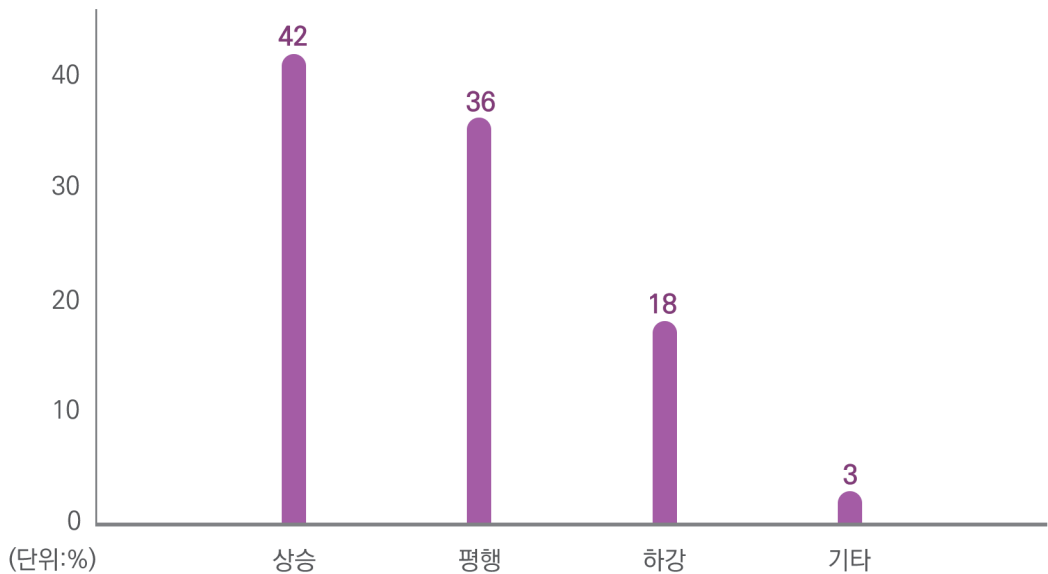


아. 경사형태

- 경사형태는 경사정도에 따른 등급 구분 뿐만 아니라 지표면의 침식, 퇴적 등의 운반작용, 퇴적양식, 토양생성 등과 사면형태에 따라 상승사면(凸), 평행사면(-), 하강사면(凹)으로 구분한다. 분석 결과 상승(42.4%), 평행(36.4%), 하강(18.2%) 순으로 나타났다.

[표 2-10] 경사형태 분포

합계		경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	5,893,823	2,498,015	2,146,943	1,074,749	174,116
(%)	(100%)	(42%)	(36%)	(18%)	(3%)



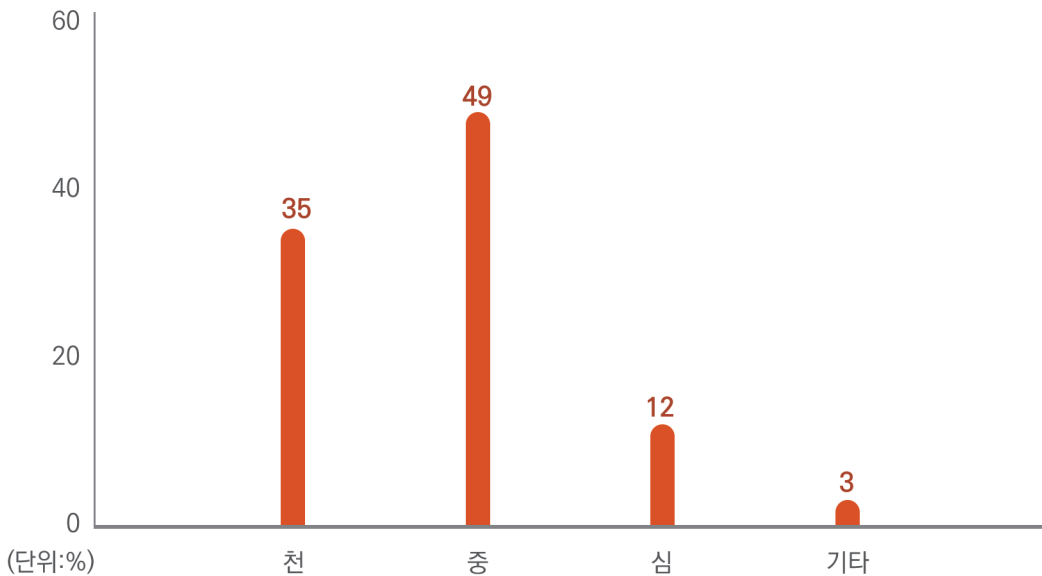
[그림 2-10] 경사형태 분포

자. 토심

- 산림토양의 입지생산력 등 토양성질을 파악하는 주요 인자로 조사지역별로 토양단면 상에 나타나는 모재층을 제외한 B층 하단부까지의 깊이를 천(30cm미만), 중(30~60cm미만), 심(60cm이상)으로 구분한다. 분석 결과 중(49.2%), 천(35.3%), 심(12.2%) 순으로 나타났다.

[표 2-11] 토심 분포

합계		토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	5,893,823	2,079,101	2,900,302	718,201	196,219
(%)	(100%)	(35%)	(49%)	(12%)	(3%)



[그림 2-11] 토심 분포

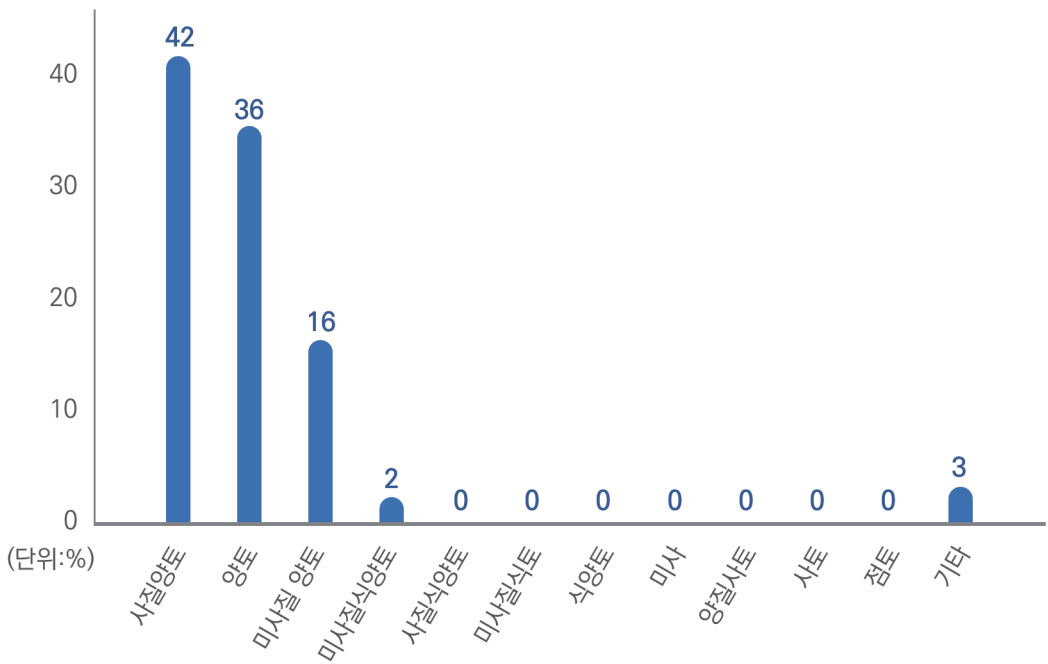


차. 토성

- 토성은 토양모재와 관계가 깊으며 임목이 성장하는데 중요한 인자이다. 분석 결과 사질양토 (42.9%), 양토(35.4%), 미사질양토(15.3%) 순으로 나타났다.

[표 2-12] 토성 분포

합계	토성												
	사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	기타	
면적 (ha)	5,893,823	2,462,869	2,090,755	965,273	138,779	1,249	2,557	18,607	3,913	7,300	1,436	4,868	196,219
(%)	(100%)	(42%)	(36%)	(16%)	(2%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(3%)



[그림 2-12] 토성 분포

카. 토양형

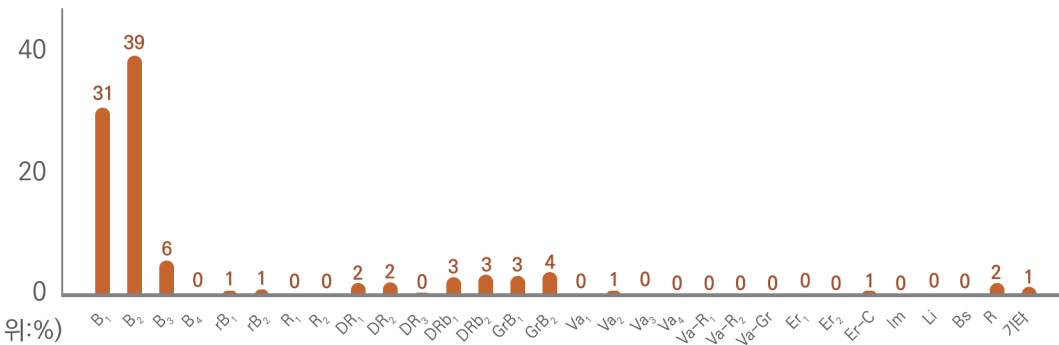
- 산림토양형 분류는 산림입지환경인자와 산림토양단면을 조사하여 종합적으로 판단, 유형별로 분류하였다. 토양군 및 토양형별 분포는 갈색산림토양군이 전체의 77.4%를 차지하고 있었으며 갈색약건산림토양(39.3%), 갈색건조산림토양(30.8%), 갈색적윤산림토양(5.6%) 순으로 나타났다.

[표 2-13] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	5,893,823	1,810,232	2,308,547	329,828	20,191	36,471	49,048	1,265	2,053	111,410	120,749
(%)	(100%)	(31%)	(39%)	(6%)	(0%)	(1%)	(1%)	(0%)	(0%)	(2%)	(2%)

합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	6,556	172,456	194,576	174,497	208,864	17,644	32,391	15,778	1,667	218	
(%)	(0%)	(3%)	(3%)	(3%)	(4%)	(0%)	(1%)	(0%)	(0%)	(0%)	

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	111	1,458	22,974	5,980	30,488	3,697	18,456	22,103	105,563	68,554	
(%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(1%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(2%)	(1%)



[그림 2-13] 토양형 분포



1.3. 시군구별 현황분석

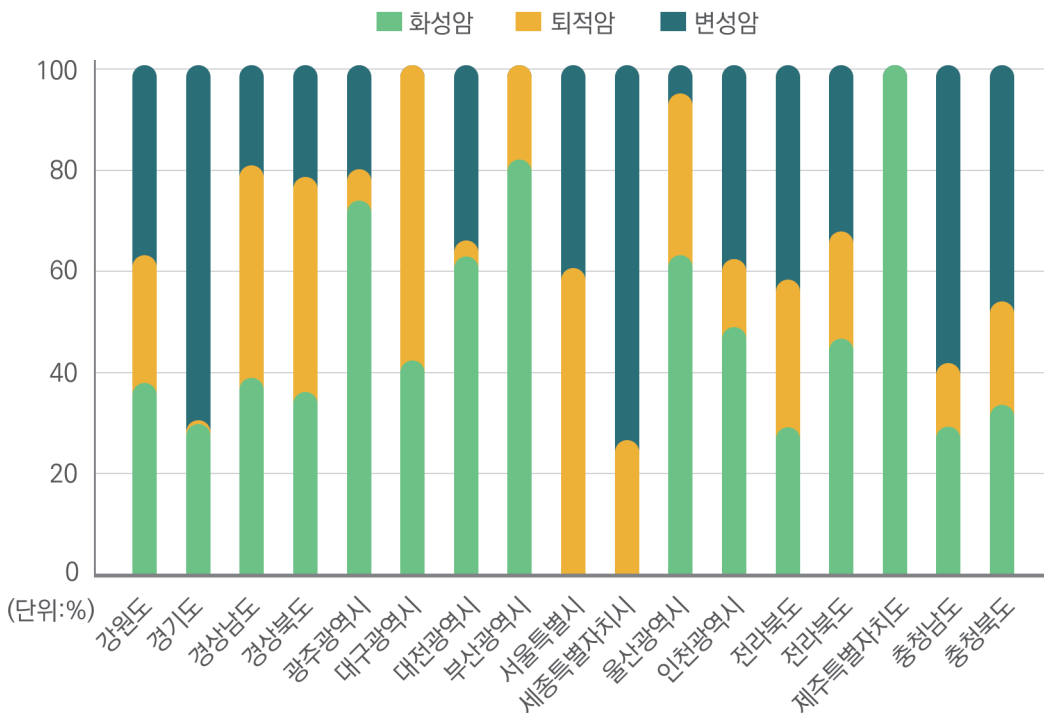
가. 모암(대분류)

- 모암 분포현황을 대분류로 분석한 결과는 아래와 같다.

[표 2-14] 시·도별 모암 분포(대분류)

구분	합계		모암 대분류		
			화성암	퇴적암	변성암
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	2,201,402 (37%)	1,647,828 (28%)	2,044,594 (35%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	437,575 (38%)	298,013 (26%)	432,539 (37%)
경기도	면적(ha) (%)	437,614.6 (100%)	132,862 (30%)	1,575 (0%)	303,178 (69%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	267,330 (39%)	290,086 (42%)	134,500 (19%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	490,185 (36%)	576,551 (43%)	291,269 (21%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	12,738 (74%)	1,122 (7%)	3,442 (20%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	20,323 (43%)	27,501 (58%)	- -
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	17,611 (63%)	799 (3%)	9,475 (34%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	27,941 (82%)	6,108 (18%)	0 (0%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	8,977 (61%)	21 (0%)	5,842 (39%)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	6,005 (27%)	- -	16,354 (73%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	41,001 (63%)	20,509 (32%)	3,471 (5%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	4,645 (49%)	1,232 (13%)	3,552 (38%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	188,225 (29%)	187,176 (29%)	267,272 (42%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	196,324 (46%)	92,490 (22%)	134,190 (32%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	78,352 (100%)	10 (0%)	- -
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	108,301 (29%)	46,040 (13%)	214,562 (58%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	163,009 (34%)	98,593 (20%)	224,947 (46%)



[그림 2-14] 시·도별 모암 분포(대분류)



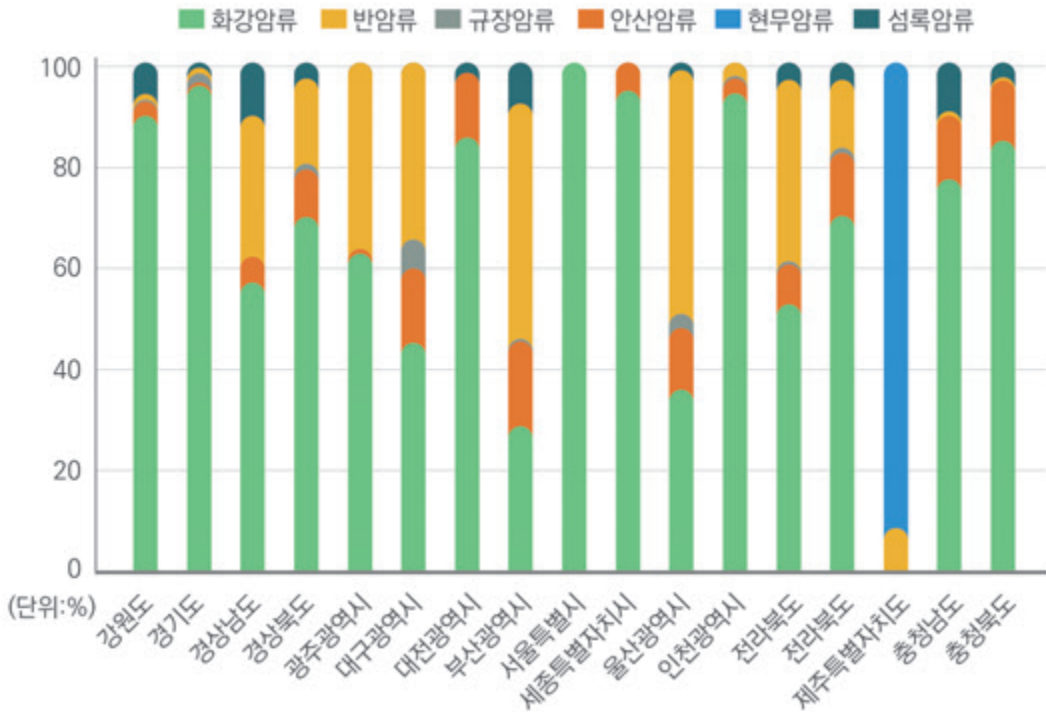
나. 모암(중분류)

- 모암 분포현황을 중분류로 분석한 결과는 아래와 같다.

[표 2-15] 시·도별 모암 분포(화성암)

구분	합계		화성암					
			화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
전체	면적(ha) (%)	2,201,402 (100%)	1,541,956 (70%)	164,186 (7%)	15,301 (1%)	309,346 (14%)	72,820 (3%)	97,793 (4%)
강원도	면적(ha) (%)	437,575 (100%)	391,453 (89%)	12,748 (3%)	2,058 (1%)	6,917 (2%)	57 (0%)	24,342 (6%)
경기도	면적(ha) (%)	132,862 (100%)	127,253 (96%)	2,612 (2%)	275 (0%)	1,788 (1%)	95 (0%)	839 (1%)
경상남도	면적(ha) (%)	267,330 (100%)	150,892 (57%)	13,991 (5%)	42 (0%)	74,253 (28%)	- (-)	28,152 (11%)
경상북도	면적(ha) (%)	490,185 (100%)	341,931 (70%)	45,619 (9%)	7,617 (2%)	80,655 (17%)	572 (0%)	13,792 (3%)
광주광역시	면적(ha) (%)	12,738 (100%)	7,971 (63%)	54 (0%)	- (-)	4,705 (37%)	- (-)	8 (0%)
대구광역시	면적(ha) (%)	20,323 (100%)	9,155 (45%)	2,988 (15%)	1,151 (6%)	7,002 (35%)	- (-)	28 (0%)
대전광역시	면적(ha) (%)	17,611 (100%)	15,025 (85%)	2,281 (13%)	- (-)	- (-)	- (-)	305 (2%)
부산광역시	면적(ha) (%)	27,941 (100%)	8,048 (29%)	4,555 (16%)	135 (1%)	13,028 (47%)	- (-)	2,176 (8%)
서울특별시	면적(ha) (%)	8,977 (100%)	8,947 (100%)	- (-)	30 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	6,005 (100%)	5,679 (95%)	326 (5%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
울산광역시	면적(ha) (%)	41,001 (100%)	14,603 (36%)	5,025 (12%)	1,283 (3%)	19,597 (48%)	- (-)	493 (1%)

인천광역시	면적(ha) (%)	4,645 (100%)	4,366 (94%)	131 (3%)	37 (1%)	111 (2%)	- -	- -
전라남도	면적(ha) (%)	188,225 (100%)	99,170 (53%)	15,211 (8%)	139 (0%)	67,521 (36%)	- -	6,185 (3%)
전라북도	면적(ha) (%)	196,324 (100%)	136,825 (70%)	24,542 (13%)	2,170 (1%)	26,138 (13%)	- -	6,650 (3%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,352 (100%)	- -	- -	- -	6,429 (8%)	71,923 (92%)	- -
충청남도	면적(ha) (%)	108,301 (100%)	82,990 (77%)	14,214 (13%)	358 (0%)	249 (0%)	5 (0%)	10,486 (10%)
충청북도	면적(ha) (%)	163,009 (100%)	137,649 (84%)	19,892 (12%)	7 (0%)	956 (1%)	168 (0%)	4,338 (3%)



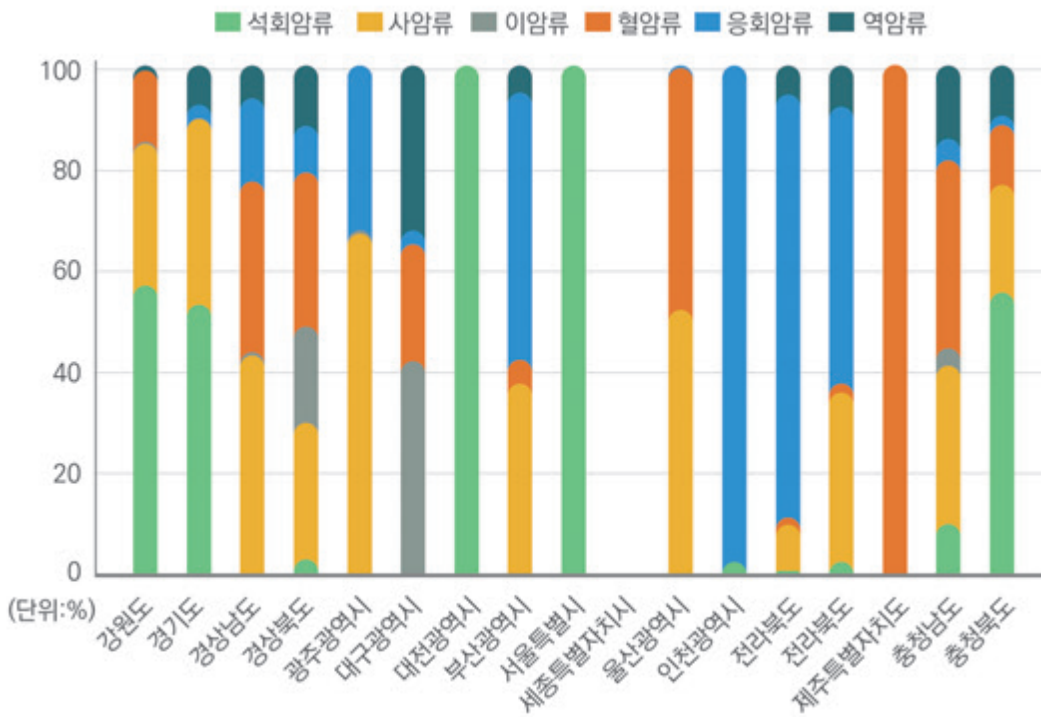
[그림 2-15] 시·도별 모암 분포(화성암)



[표 2-16] 시·도별 모암 분포(퇴적암)

구분	합계		퇴적암					
			석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
전체	면적(ha) (%)	1,647,828 (100%)	248,640 (15%)	459,323 (28%)	125,107 (8%)	360,799 (22%)	320,708 (19%)	133,252 (8%)
강원도	면적(ha) (%)	298,013 (100%)	169,161 (57%)	82,341 (28%)	1,031 (0%)	42,289 (14%)	1,592 (1%)	1,600 (1%)
경기도	면적(ha) (%)	1,575 (100%)	831 (53%)	583 (37%)	- (-)	- (-)	45 (3%)	117 (7%)
경상남도	면적(ha) (%)	290,086 (100%)	67 (0%)	124,731 (43%)	425 (0%)	97,815 (34%)	47,766 (17%)	19,282 (7%)
경상북도	면적(ha) (%)	576,551 (100%)	15,632 (3%)	154,331 (27%)	110,935 (19%)	172,517 (30%)	54,633 (10%)	68,503 (12%)
광주광역시	면적(ha) (%)	1,122 (100%)	- (-)	748 (67%)	- (-)	2 (0%)	372 (33%)	- (-)
대구광역시	면적(ha) (%)	27,501 (100%)	- (-)	- (-)	11,465 (42%)	6,275 (23%)	939 (3%)	8,822 (32%)
대전광역시	면적(ha) (%)	799 (100%)	799 (100%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
부산광역시	면적(ha) (%)	6,108 (100%)	- (-)	2,265 (37%)	- (-)	302 (5%)	3,225 (53%)	315 (5%)
서울특별시	면적(ha) (%)	21 (100%)	21 (100%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	- (100%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
울산광역시	면적(ha) (%)	20,509 (100%)	- (-)	10,680 (52%)	- (-)	9,643 (47%)	162 (1%)	24 (0%)
인천광역시	면적(ha) (%)	1,232 (100%)	21 (2%)	- (-)	- (-)	- (-)	1,212 (98%)	- (-)
전라남도	면적(ha) (%)	187,176 (100%)	1,347 (1%)	16,169 (9%)	- (-)	2,500 (1%)	156,383 (84%)	10,777 (6%)

전라북도	면적(ha) (%)	92,490 (100%)	1,799 (2%)	31,580 (34%)	-	1,436 (2%)	49,873 (54%)	7,803 (8%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	10 (100%)	-	-	-	10 (100%)	-	-
충청남도	면적(ha) (%)	46,040 (100%)	4,467 (10%)	14,735 (32%)	1,238 (3%)	16,945 (37%)	2,305 (5%)	6,351 (14%)
충청북도	면적(ha) (%)	98,593 (100%)	54,495 (55%)	21,159 (22%)	13 (0%)	11,066 (11%)	2,202 (2%)	9,658 (10%)



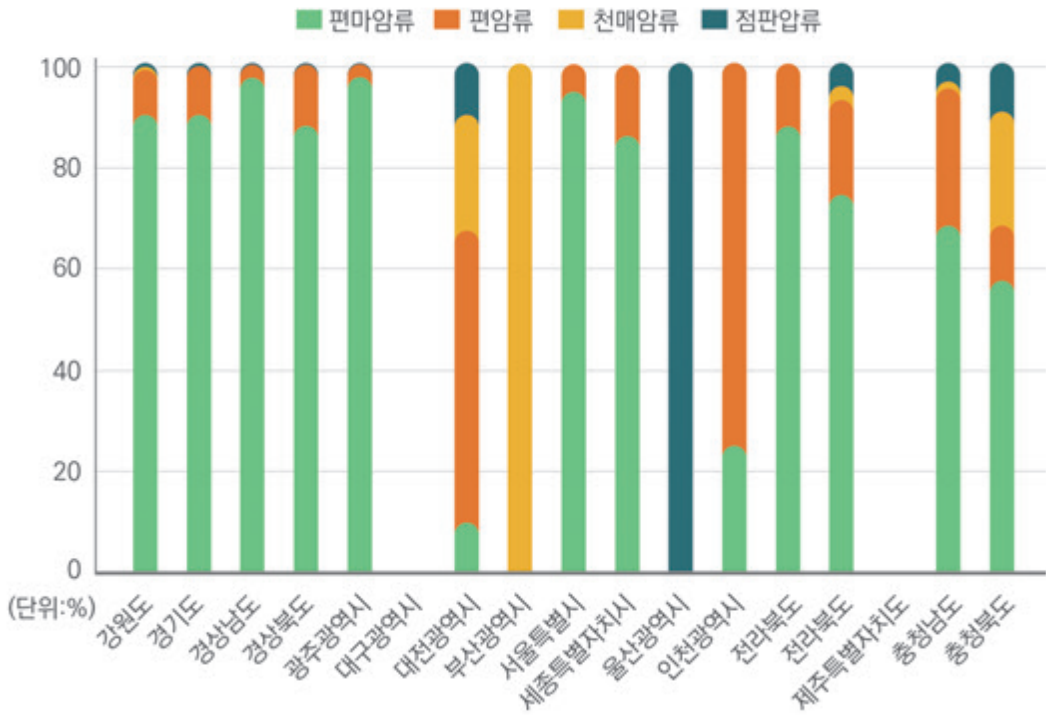
[그림 2-16] 시·도별 모암 분포(퇴적암)



[표 2-17] 시·도별 모암 분포(변성암)

구분	합계		변성암			
			편마암류	편암류	천매암류	점판암류
전체	면적(ha) (%)	2,044,594 (100%)	1,685,292 (82%)	255,913 (13%)	61,120 (3%)	42,269 (2%)
강원도	면적(ha) (%)	432,539 (100%)	390,054 (90%)	38,599 (9%)	1,096 (0%)	2,791 (1%)
경기도	면적(ha) (%)	303,178 (100%)	274,450 (91%)	28,728 (10%)	0 (0%)	- -
경상남도	면적(ha) (%)	134,500 (100%)	130,953 (97%)	3,443 (3%)	26 (0%)	78 (0%)
경상북도	면적(ha) (%)	291,269 (100%)	255,638 (88%)	33,585 (12%)	905 (0%)	1,141 (0%)
광주광역시	면적(ha) (%)	3,442 (100%)	3,347 (97%)	95 (3%)	- -	- -
대구광역시	면적(ha) (%)	- (100%)	- -	- -	- -	- -
대전광역시	면적(ha) (%)	9,475 (100%)	947 (10%)	5,450 (58%)	2,165 (23%)	913 (10%)
부산광역시	면적(ha) (%)	0 (100%)	- -	- -	0 (100%)	- -
서울특별시	면적(ha) (%)	5,842 (100%)	5,558 (95%)	284 (5%)	- -	- -
세종특별자치시	면적(ha) (%)	16,354 (100%)	14,093 (86%)	2,261 (14%)	- -	- -
울산광역시	면적(ha) (%)	3,471 (100%)	- -	- -	- -	3,471 (100%)
인천광역시	면적(ha) (%)	3,552 (100%)	887 (25%)	2,665 (75%)	- -	- -
전라남도	면적(ha) (%)	267,272 (100%)	234,483 (88%)	32,193 (12%)	485 (0%)	111 (0%)

전라북도	면적(ha) (%)	134,190 (100%)	99,506 (74%)	25,361 (19%)	3,119 (2%)	6,204 (5%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	- 100%)	- -	- -	- -	- -
충청남도	면적(ha) (%)	214,562 (100%)	145,649 (68%)	58,907 (28%)	3,243 (2%)	6,763 (3%)
충청북도	면적(ha) (%)	224,947 (100%)	129,728 (58%)	24,343 (11%)	50,081 (22%)	20,796 (9%)



[그림 2-17] 시·도별 모암 분포(변성암)



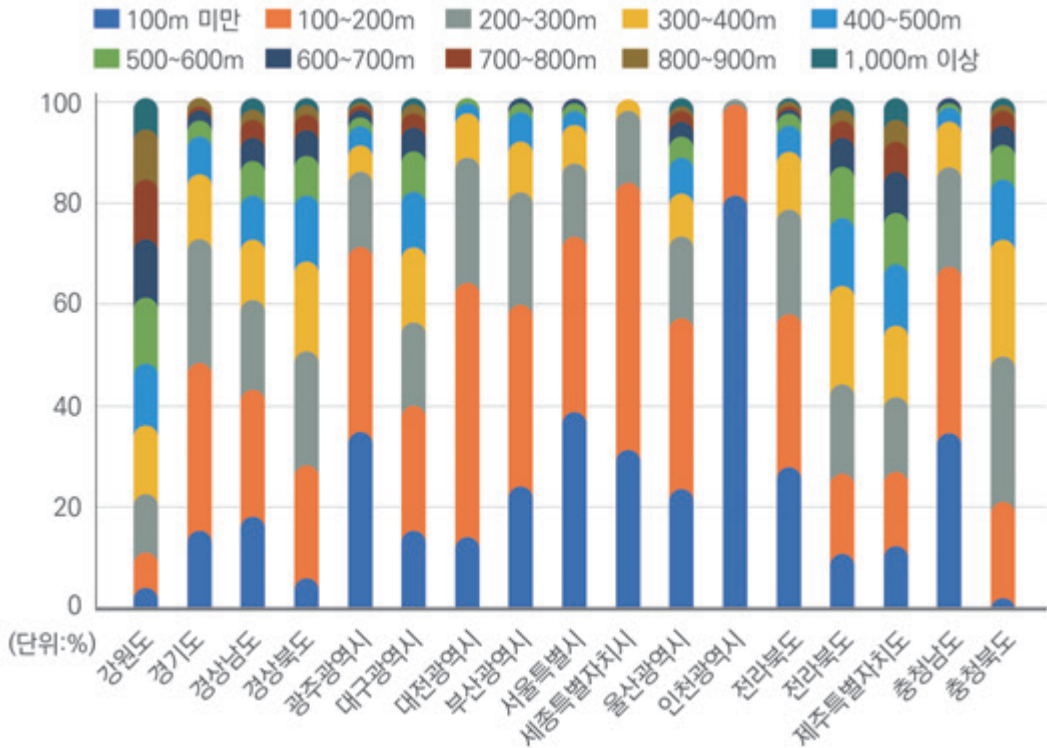
다. 표고

- 표고범위를 구분한 결과는 아래와 같다.

[표 2-18] 시·도별 표고 분포

구분	합계		표고										
			100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m	500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000 m	1000m 이상
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	749,776 (13%)	1,257,315 (21%)	1,126,027 (19%)	850,183 (15%)	577,796 (10%)	408,883 (7%)	298,277 (5%)	227,993 (4%)	166,785 (3%)	104,581 (2%)	126,210 (2%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	36,178 (3%)	85,213 (7%)	128,951 (11%)	143,899 (12%)	139,271 (12%)	136,189 (12%)	131,107 (11%)	121,991 (10%)	101,749 (9%)	66,375 (6%)	77,205 (7%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	67,465 (15%)	143,310 (33%)	108,502 (25%)	57,328 (13%)	29,144 (7%)	15,876 (4%)	8,601 (2%)	3,929 (1%)	1,891 (0%)	846 (0%)	722 (0%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	124,813 (18%)	169,335 (25%)	116,007 (17%)	82,324 (12%)	61,783 (9%)	43,904 (6%)	30,381 (4%)	22,566 (3%)	15,538 (2%)	9,460 (1%)	15,805 (2%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	88,732 (7%)	297,872 (22%)	303,224 (22%)	239,956 (18%)	167,864 (12%)	108,094 (8%)	66,861 (5%)	42,246 (3%)	23,266 (2%)	11,929 (1%)	7,961 (1%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	6,071 (35%)	6,169 (36%)	2,540 (15%)	978 (6%)	626 (4%)	309 (2%)	234 (1%)	139 (1%)	88 (1%)	81 (1%)	67 (0%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	7,457 (16%)	11,791 (25%)	7,709 (16%)	6,995 (15%)	5,303 (11%)	3,686 (8%)	2,132 (5%)	1,456 (3%)	890 (2%)	304 (1%)	103 (0%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	3,880 (14%)	14,066 (50%)	6,881 (25%)	2,486 (9%)	525 (2%)	46 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	8,240 (24%)	12,154 (36%)	7,575 (22%)	3,347 (10%)	1,934 (6%)	727 (2%)	69 (0%)	3 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	5,752 (39%)	5,122 (35%)	2,178 (15%)	1,099 (7%)	462 (3%)	181 (1%)	45 (0%)	1 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)
세종특별 자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	7,025 (31%)	11,778 (53%)	3,146 (14%)	400 (2%)	9 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	15,393 (24%)	21,654 (33%)	10,478 (16%)	5,606 (9%)	4,422 (7%)	2,850 (4%)	1,742 (3%)	1,359 (2%)	728 (1%)	535 (1%)	215 (0%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	7,733 (82%)	1,611 (17%)	83 (1%)	3 (0%)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	177,211 (28%)	190,780 (30%)	133,002 (21%)	73,177 (11%)	32,872 (5%)	16,298 (3%)	7,729 (1%)	3,786 (1%)	2,571 (0%)	1,998 (0%)	3,248 (1%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	44,812 (11%)	67,886 (16%)	71,885 (17%)	79,844 (19%)	56,505 (13%)	38,383 (9%)	23,693 (6%)	14,552 (3%)	9,803 (2%)	6,987 (2%)	8,657 (2%)
제주특별 자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	8,728 (11%)	9,918 (13%)	10,445 (13%)	9,451 (12%)	8,788 (11%)	6,836 (9%)	5,700 (7%)	4,188 (5%)	3,057 (4%)	2,386 (3%)	8,866 (11%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	128,329 (35%)	118,092 (32%)	73,975 (20%)	33,590 (9%)	10,848 (3%)	3,108 (1%)	785 (0%)	162 (0%)	15 (0%)	- -	- -
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	11,959 (2%)	90,563 (19%)	139,447 (29%)	109,699 (23%)	57,440 (12%)	32,396 (7%)	19,198 (4%)	11,616 (2%)	7,190 (2%)	3,680 (1%)	3,362 (1%)



[그림 2-18] 시·도별 표고 분포



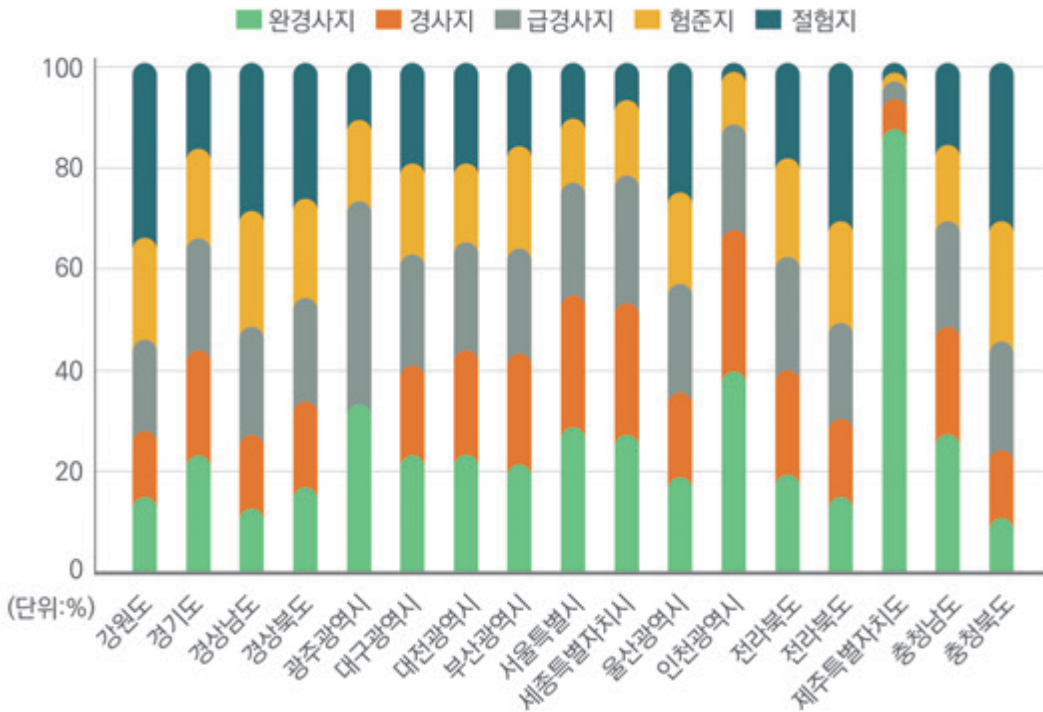
라. 경사

- 경사도 분포는 아래와 같다.

[표 2-19] 시·도별 경사도 분포

구분	합계		경사급				
			완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	1,085,242 (18%)	970,319 (17%)	1,173,162 (20%)	1,134,362 (19%)	1,530,738 (26%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	176,006 (15%)	157,893 (14%)	206,774 (18%)	225,481 (19%)	401,973 (34%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	103,037 (24%)	90,445 (21%)	96,216 (22%)	76,463 (18%)	71,454 (16%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	88,081 (13%)	104,428 (15%)	146,500 (21%)	156,080 (23%)	196,829 (28%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	238,755 (18%)	225,158 (17%)	270,120 (20%)	260,769 (19%)	363,202 (27%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	5,861 (34%)	3,816 (22%)	3,076 (18%)	2,640 (15%)	1,908 (11%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	11,229 (24%)	8,413 (18%)	10,764 (23%)	8,201 (17%)	9,219 (19%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	6,543 (24%)	5,811 (21%)	5,882 (21%)	4,203 (15%)	5,445 (20%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	7,590 (22%)	7,263 (21%)	7,144 (21%)	6,618 (19%)	5,434 (16%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	4,307 (29%)	3,846 (26%)	3,284 (22%)	1,935 (13%)	1,469 (10%)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	6,127 (27%)	5,909 (26%)	5,515 (25%)	3,257 (15%)	1,551 (7%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	12,584 (19%)	10,904 (17%)	13,168 (20%)	12,150 (19%)	16,176 (25%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	3,812 (40%)	2,593 (28%)	1,934 (21%)	913 (10%)	176 (2%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	130,629 (20%)	131,091 (20%)	142,536 (22%)	118,601 (19%)	119,817 (19%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	65,995 (16%)	64,037 (15%)	80,841 (19%)	84,908 (20%)	127,224 (30%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	68,700 (88%)	4,569 (6%)	2,564 (3%)	1,202 (2%)	1,326 (2%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	100,679 (27%)	79,268 (22%)	74,755 (20%)	57,659 (16%)	56,542 (15%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	55,309 (11%)	64,875 (13%)	102,089 (21%)	113,283 (23%)	150,994 (31%)



[그림 2-19] 시·도별 경사도 분포



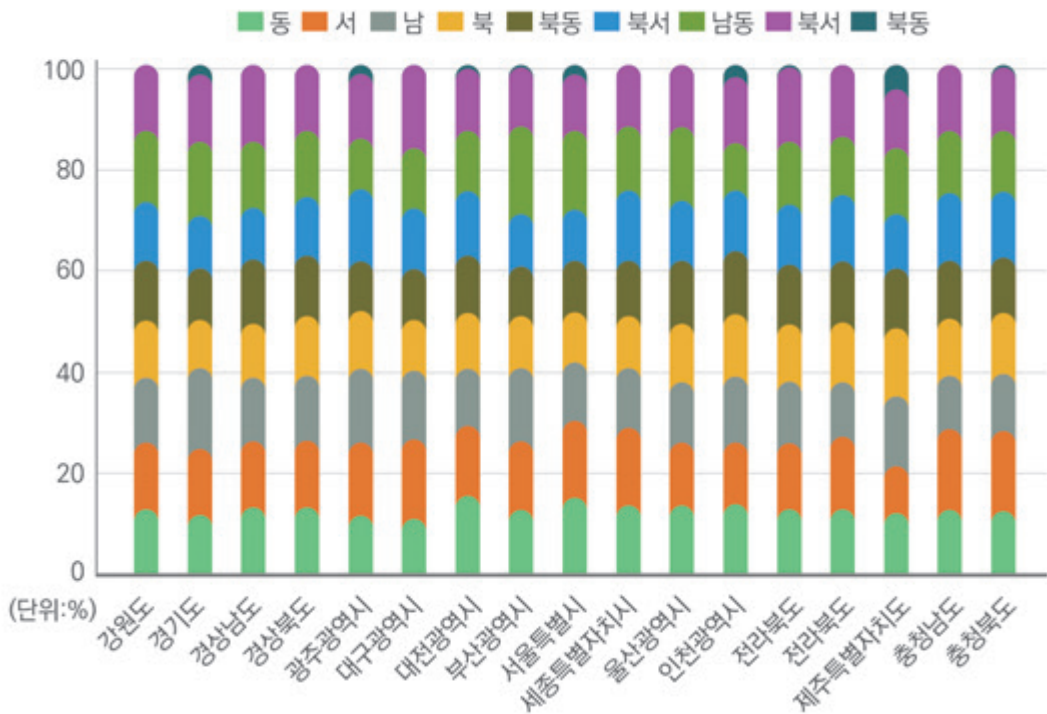
마. 방위

■ 전국 지역의 방위 분포는 아래와 같다.

[표 2-20] 시·도별 방위 분포

구분	합계		방위								
			동	서	남	북	북동	북서	남동	남서	무방위
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	747,815 (13%)	797,177 (14%)	748,955 (13%)	641,539 (11%)	679,045 (11%)	701,268 (12%)	755,055 (13%)	783,876 (13%)	39,094 (1%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	150,361 (13%)	151,807 (13%)	148,709 (13%)	133,176 (11%)	135,658 (12%)	139,897 (12%)	156,093 (13%)	147,880 (13%)	4,546 (0%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	50,825 (12%)	55,874 (13%)	72,52 (17%)	39,552 (9%)	42,417 (10%)	46,053 (11%)	63,359 (15%)	61,446 (14%)	5,567 (1%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	89,988 (13%)	89,879 (13%)	89,542 (13%)	71,353 (10%)	82,151 (12%)	74,713 (11%)	89,730 (13%)	100,148 (15%)	4,412 (1%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	177,727 (13%)	179,43 (13%)	175,395 (13%)	149,902 (11%)	161,691 (12%)	159,515 (12%)	172,600 (13%)	175,895 (13%)	5,848 (0%)
광주 광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	1,967 (11%)	2,520 (15%)	2,565 (15%)	1,882 (11%)	1,698 (10%)	2,442 (14%)	1,742 (10%)	2,258 (13%)	227 (1%)
대구 광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	5,175 (11%)	7,322 (15%)	6,653 (14%)	4,619 (10%)	4,800 (10%)	5,710 (12%)	5,601 (12%)	7,944 (17%)	0 (0%)
대전 광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	4,242 (15%)	3,902 (14%)	3,139 (11%)	2,988 (11%)	3,218 (12%)	3,473 (13%)	3,188 (11%)	3,642 (13%)	93 (0%)
부산 광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	4,202 (12%)	4,629 (14%)	5,034 (15%)	3,234 (10%)	3,502 (10%)	3,517 (10%)	5,975 (18%)	3,905 (12%)	53 (0%)
서울 특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	2,262 (15%)	2,232 (15%)	1,693 (11%)	1,473 (10%)	1,401 (9%)	1,590 (11%)	2,237 (15%)	1,650 (1%)	304 (2%)
세종특별 자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	3,062 (14%)	3,399 (15%)	2,63 (12%)	2,157 (10%)	2,378 (11%)	3,151 (14%)	2,883 (13%)	2,540 (11%)	158 (1%)
울산 광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	8,942 (14%)	7,594 (12%)	8,113 (13%)	7,241 (1%)	8,025 (12%)	7,633 (12%)	9,199 (14%)	7,813 (12%)	421 (1%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	1,287 (14%)	1,140 (12%)	1,254 (13%)	1,109 (12%)	1,210 (13%)	1,082 (12%)	906 (10%)	1,208 (13%)	235 (3%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	79,226 (12%)	83,685 (13%)	80,044 (13%)	69,576 (11%)	76,900 (12%)	75,060 (12%)	82,735 (13%)	88,951 (14%)	6,496 (1%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	51,967 (12%)	62,351 (15%)	46,546 (11%)	48,366 (11%)	49,326 (12%)	56,046 (13%)	48,788 (12%)	56,981 (14%)	2,635 (1%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	9,307 (12%)	7,313 (9%)	10,596 (14%)	10,229 (13%)	8,757 (11%)	8,921 (11%)	10,362 (13%)	9,025 (12%)	3,852 (5%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	46,241 (13%)	58,712 (16%)	39,594 (11%)	40,436 (11%)	40,101 (11%)	49,652 (14%)	44,276 (12%)	47,312 (13%)	2,579 (1%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	61,035 (13%)	75,386 (16%)	54,926 (11%)	54,247 (11%)	55,814 (12%)	62,814 (13%)	55,382 (11%)	65,278 (13%)	1,667 (0%)



[그림 2-20] 시·도별 방위 분포



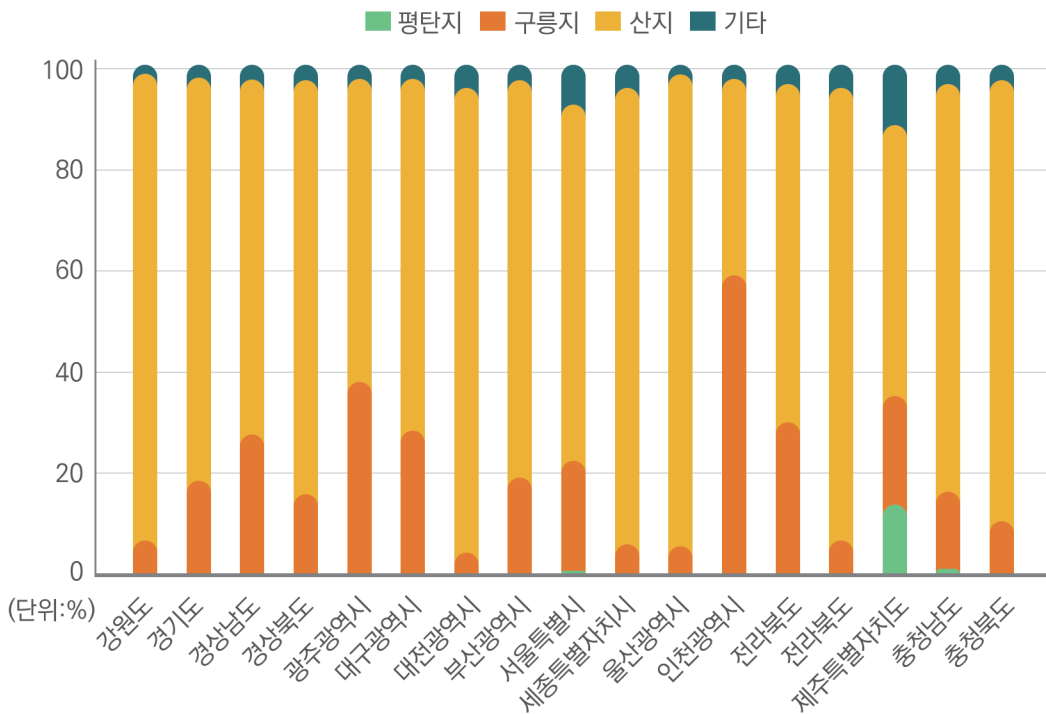
바. 지형

- 지형의 구분은 토양조건과 관계가 큰 토양수분, 퇴적양식, 토양구조 등을 판단할 수 있는 중요한 부분이다. 전국 지역의 지형 분포는 아래와 같다.

[표 2-21] 시·도별 지형 분포

구분	합계		지형			기타
			평탄지	구릉지	산지	
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	22,445 (0%)	946,563 (16%)	4,750,699 (80%)	174,116 (3%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	429 (0%)	80,975 (7%)	1,065,624 (91%)	21,099 (2%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	1,254 (0%)	79,078 (18%)	346,533 (79%)	10,749 (3%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	590 (0%)	194,363 (28%)	476,024 (69%)	20,939 (3%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	318 (0%)	213,477 (16%)	1,108,988 (82%)	35,221 (3%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	110 (1%)	6,445 (37%)	10,250 (59%)	497 (3%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	3 (0%)	13,523 (28%)	32,936 (69%)	1,362 (3%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	44 (0%)	1,248 (5%)	25,383 (91%)	1,209 (4%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	20 (0%)	6,398 (19%)	26,666 (78%)	966 (3%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	149 (1%)	3,174 (21%)	10,384 (70%)	1,133 (8%)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	2 (0%)	1,345 (6%)	20,004 (90%)	1,008 (5%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	137 (0%)	3,115 (5%)	59,919 (92%)	1,811 (3%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	37 (0%)	5,498 (58%)	3,697 (39%)	197 (2%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	1,708 (0%)	190,103 (30%)	428,065 (67%)	22,798 (4%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	3,167 (1%)	23,962 (6%)	378,025 (89%)	17,852 (4%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	10,823 (14%)	16,721 (21%)	41,534 (53%)	9,284 (12%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	3,288 (1%)	57,156 (16%)	295,004 (80%)	13,455 (4%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	368 (0%)	49,982 (10%)	421,664 (87%)	14,535 (3%)



[그림 2-21] 시·도별 지형 분포



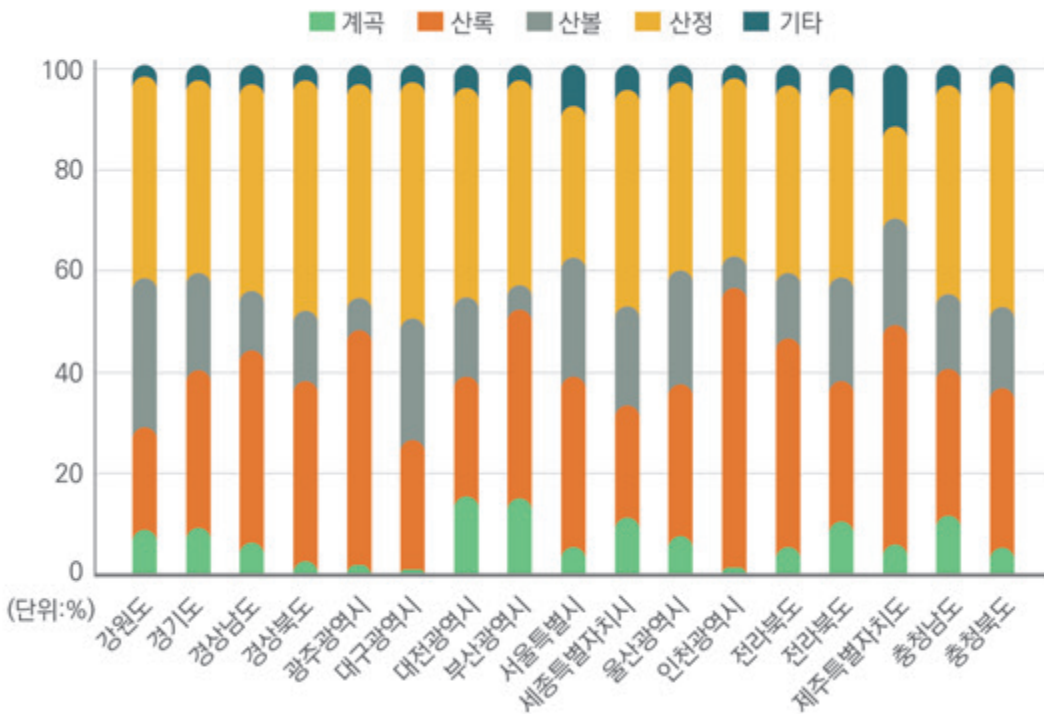
사. 사면위치

- 전국 지역의 사면위치 분포는 아래와 같다.

[표 2-22] 시·도별 사면위치 분포

구분	합계		사면위치				기타
			계곡	산록	산복	산정	
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	386,375 (7%)	1,881,453 (32%)	1,038,650 (18%)	2,413,229 (41%)	174,116 (3%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	102,425 (9%)	237,992 (20%)	338,235 (29%)	468,376 (40%)	21,099 (2%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	39,539 (9%)	136,791 (31%)	84,677 (19%)	165,859 (38%)	10,749 (3%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	44,400 (6%)	262,671 (38%)	80,458 (12%)	283,448 (41%)	20,939 (3%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	28,452 (2%)	492,845 (36%)	180,575 (13%)	620,912 (46%)	35,221 (3%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	333 (2%)	8,032 (46%)	989 (6%)	7,449 (43%)	497 (3%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	401 (1%)	12,304 (26%)	11,192 (23%)	22,566 (47%)	1,362 (3%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	4,289 (15%)	6,512 (23%)	4,340 (16%)	11,533 (41%)	1,209 (4%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	5,165 (15%)	12,622 (37%)	1,584 (5%)	13,712 (40%)	966 (3%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	739 (5%)	5,057 (34%)	3,495 (24%)	4,417 (30%)	1,133 (8%)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	2,572 (12%)	4,940 (22%)	4,269 (19%)	9,571 (43%)	1,008 (5%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	4,888 (8%)	19,427 (30%)	14,781 (23%)	24,074 (37%)	1,811 (3%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	152 (2%)	5,168 (55%)	609 (7%)	3,304 (35%)	197 (2%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	34,335 (5%)	265,821 (41%)	80,647 (13%)	239,073 (37%)	22,798 (4%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	45,450 (11%)	117,996 (28%)	85,436 (20%)	156,271 (37%)	17,852 (4%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	4,611 (6%)	33,845 (43%)	16,567 (21%)	14,056 (18%)	9,284 (12%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	42,925 (12%)	106,818 (29%)	53,185 (14%)	152,520 (41%)	13,455 (4%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	25,700 (5%)	152,614 (31%)	77,609 (16%)	216,091 (44%)	14,535 (3%)



[그림 2-22] 시·도별 사면위치 분포



아. 경사형태

- 전국 지역의 경사형태 분포는 아래와 같다.

[표 2-23] 시·도별 경사형태 분포

구분	합계		경사형태			기타
			상승	평행	하강	
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	2,498,015 (42%)	2,146,943 (36%)	1,074,749 (18%)	174,116 (3%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	485,783 (42%)	403,055 (35%)	258,189 (22%)	21,099 (2%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	179,005 (41%)	139,786 (32%)	108,075 (25%)	10,749 (3%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	285,097 (41%)	300,450 (44%)	85,431 (12%)	20,939 (3%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	624,653 (46%)	606,571 (45%)	91,560 (7%)	35,221 (3%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	7,120 (41%)	6,785 (39%)	2,899 (17%)	497 (3%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	22,715 (48%)	19,252 (40%)	4,495 (9%)	1,362 (3%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	13,022 (47%)	1,793 (6%)	11,860 (43%)	1,209 (4%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	13,816 (41%)	12,029 (35%)	7,239 (21%)	966 (3%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	5,329 (36%)	5,620 (38%)	2,759 (19%)	1,133 (8%)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	9,877 (44%)	3,564 (16%)	7,911 (35%)	1,008 (5%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	25,931 (40%)	22,391 (35%)	14,848 (23%)	1,811 (3%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	3,408 (36%)	5,255 (56%)	569 (6%)	197 (2%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	249,251 (39%)	266,722 (42%)	103,903 (16%)	22,798 (4%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	163,051 (39%)	94,913 (22%)	147,189 (35%)	17,852 (4%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	21,844 (28%)	31,092 (40%)	16,142 (21%)	9,284 (12%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	166,113 (45%)	47,753 (13%)	141,583 (38%)	13,455 (4%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	222,000 (46%)	179,915 (37%)	70,099 (14%)	14,535 (3%)



[그림 2-23] 시·도별 경사형태 분포



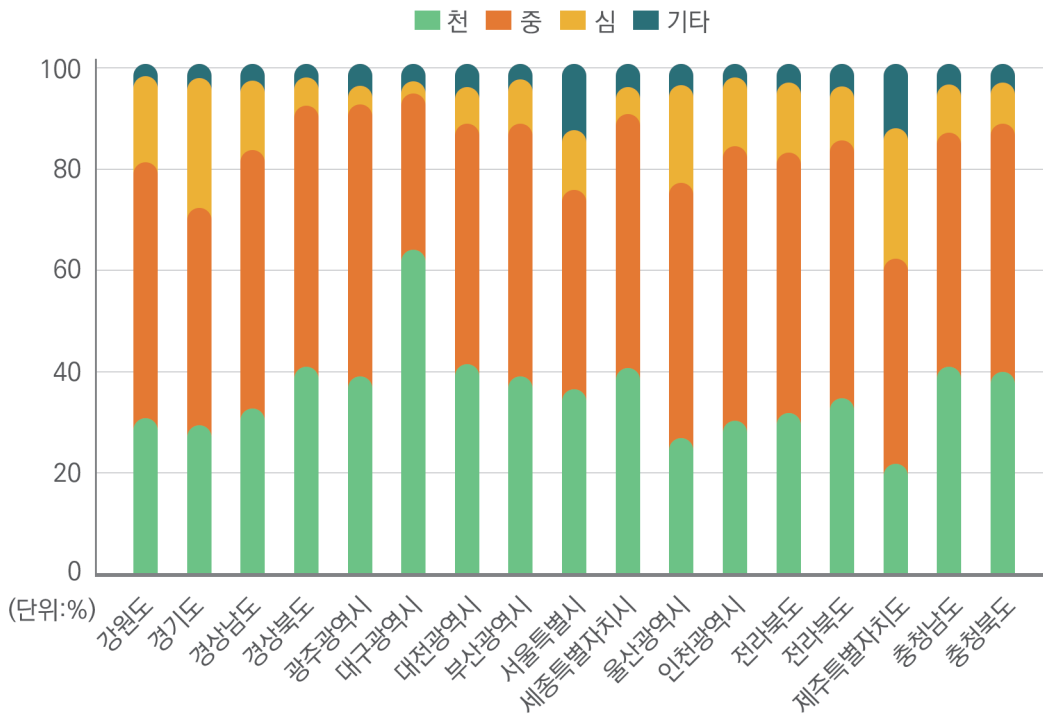
자. 토심

- 전국 지역의 토심 분포는 아래와 같다.

[표 2-24] 시·도별 토심 분포

구분	합계		토심			기타
			천	중	심	
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	2,079,101 (35%)	2,900,302 (49%)	718,201 (12%)	196,219 (3%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	359,603 (31%)	584,425 (50%)	198,154 (17%)	25,945 (2%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	129,960 (30%)	184,517 (42%)	110,794 (25%)	12,344 (3%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	225,175 (33%)	351,230 (51%)	91,677 (13%)	23,835 (3%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	558,146 (41%)	689,897 (51%)	69,487 (5%)	40,475 (3%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	6,718 (39%)	9,156 (53%)	666 (4%)	761 (4%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	30,452 (64%)	14,610 (31%)	1,193 (3%)	1,570 (3%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	11,620 (42%)	13,103 (47%)	1,952 (7%)	1,209 (4%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	13,257 (39%)	16,933 (50%)	2,853 (8%)	1,006 (3%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	5,369 (36%)	5,838 (39%)	1,676 (11%)	1,958 (13%)
세종특별자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	9,025 (40%)	11,161 (50%)	1,166 (5%)	1,008 (5%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	17,468 (27%)	32,535 (50%)	12,525 (19%)	2,454 (4%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	2,825 (30%)	5,085 (54%)	1,239 (13%)	279 (3%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	203,663 (32%)	327,082 (51%)	88,071 (14%)	23,859 (4%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	146,668 (35%)	214,720 (51%)	42,144 (10%)	19,473 (5%)
제주특별자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	16,890 (22%)	31,710 (40%)	19,524 (25%)	10,237 (13%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	149,093 (40%)	170,292 (46%)	36,063 (10%)	13,455 (4%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	193,170 (40%)	238,009 (49%)	39,018 (8%)	16,352 (3%)



[그림 2-24] 시·도별 토심 분포



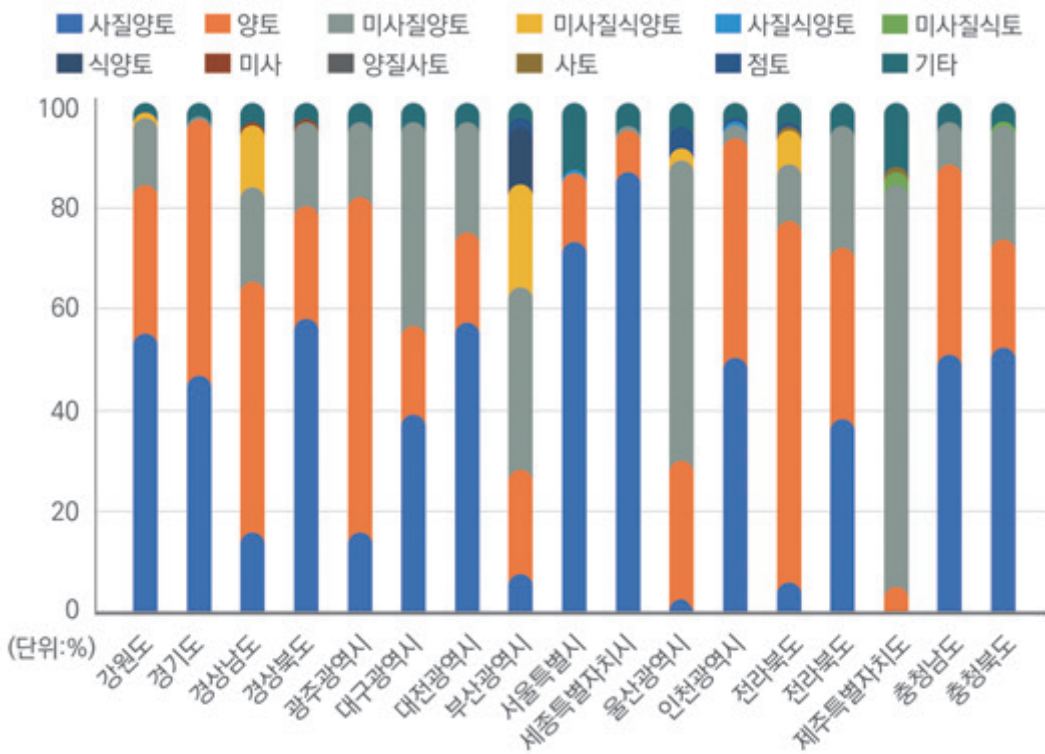
차. 토성

■ 전국 지역의 토성 분포는 아래와 같다

[표 2-25] 시·도별 토성 분포

구분	합계		토성											기타
			사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	2,462,869 (42%)	2,090,755 (36%)	965,273 (16%)	138,779 (2%)	1,249 (0%)	2,557 (0%)	18,607 (0%)	3,913 (0%)	7,300 (0%)	1,436 (0%)	4,868 (0%)	196,219 (3%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	643,895 (55%)	336,861 (29%)	156,532 (13%)	673 (0%)	8 (0%)	0 (0%)	237 (0%)	0 (0%)	2,250 (0%)	1,035 (0%)	690 (0%)	25,945 (2%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	204,310 (47%)	218,427 (50%)	51 (0%)	39 (0%)	817 (0%)	2 (0%)	1,622 (0%)	- (0%)	3 (0%)	- (0%)	- (0%)	12,344 (3%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	112,219 (16%)	338,506 (49%)	129,808 (19%)	83,841 (12%)	19 (0%)	322 (0%)	2,478 (0%)	- (0%)	641 (0%)	- (0%)	248 (0%)	23,835 (3%)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	787,951 (58%)	294,499 (22%)	225,897 (17%)	441 (0%)	46 (0%)	23 (0%)	48 (0%)	3,898 (0%)	4,189 (0%)	160 (0%)	378 (0%)	40,475 (3%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	2,705 (16%)	11,444 (66%)	2,374 (14%)	17 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	761 (4%)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	18,735 (39%)	8,210 (17%)	19,306 (40%)	2 (0%)	2 (0%)	- (0%)	0 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	1 (0%)	1,570 (3%)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	15,822 (57%)	4,967 (18%)	5,885 (2%)	- (0%)	0 (0%)	- (0%)	1 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	1,209 (4%)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	2,637 (8%)	6,849 (20%)	12,349 (36%)	6,942 (20%)	7 (0%)	4 (0%)	3,638 (11%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	618 (2%)	1,006 (3%)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	10,81 (73%)	1,945 (13%)	0 (0%)	- (0%)	87 (1%)	- (0%)	39 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	1,958 (13%)
세종특별 자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	19,361 (87%)	1,901 (9%)	86 (0%)	- (0%)	- (0%)	2 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	1 (0%)	1,008 (5%)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	1,501 (2%)	17,572 (27%)	38,727 (60%)	1,586 (2%)	14 (0%)	6 (0%)	2,881 (4%)	- (0%)	170 (0%)	- (0%)	69 (0%)	2,454 (4%)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	4,723 (50%)	4,089 (43%)	206 (2%)	0 (0%)	50 (1%)	-	81 (1%)	0 (0%)	-	-	-	279 (3%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	38,958 (6%)	453,751 (71%)	76,275 (12%)	42,378 (7%)	119 (0%)	368 (0%)	6,698 (1%)	-	0 (0%)	-	268 (0%)	23,859 (4%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	161,251 (38%)	143,141 (34%)	98,173 (23%)	339 (0%)	78 (0%)	87 (0%)	287 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	174 (0%)	19,473 (5%)
제주특별 자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	74 (0%)	3,039 (4%)	63,032 (80%)	-	-	1,711 (2%)	-	1 (0%)	-	22 (0%)	47 (0%)	10,237 (13%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	186,566 (51%)	140,30 (38%)	28,052 (8%)	33 (0%)	2 (0%)	2 (0%)	481 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	1 (0%)	9 (0%)	13,455 (4%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	251,347 (52%)	105,254 (22%)	108,521 (22%)	2,489 (1%)	0 (0%)	28 (0%)	114 (0%)	13 (0%)	47 (0%)	20 (0%)	2,365 (1%)	16,352 (3%)



[그림 2-25] 시·도별 토성 분포



카. 토양형

- 전국 지역의 토양형 분포는 아래와 같다.

[표 2-26] 시·도별 토양형 분포

구분	합계		토양형									
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
전체	면적(ha) (%)	5,893,823 (100%)	1,810,232 (31%)	2,308,547 (39%)	329,828 (6%)	20,191 (0%)	36,471 (1%)	49,048 (1%)	1,265 (0%)	2,053 (0%)	111,410 (2%)	120,749 (2%)
강원도	면적(ha) (%)	1,168,127 (100%)	309,934 (27%)	417,756 (36%)	143,852 (12%)	13,992 (1%)	352 (0%)	308 (0%)	- (-)	- (-)	84,590 (7%)	90,794 (8%)
경기도	면적(ha) (%)	437,615 (100%)	139,542 (32%)	203,829 (47%)	49,334 (11%)	1,451 (0%)	7,103 (2%)	8,371 (2%)	393 (0%)	248 (0%)	233 (0%)	399 (0%)
경상남도	면적(ha) (%)	691,917 (100%)	224,097 (33%)	310,878 (45%)	33,806 (5%)	2,857 (0%)	3,788 (1%)	4,274 (1%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
경상북도	면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	388,350 (29%)	443,594 (33%)	24,440 (2%)	717 (0%)	427 (0%)	385 (0%)	5 (0%)	8 (0%)	5,091 (0%)	6,116 (1%)
광주광역시	면적(ha) (%)	17,301 (100%)	6,804 (39%)	8,373 (49%)	89 (1%)	- (-)	337 (2%)	373 (2%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
대구광역시	면적(ha) (%)	47,825 (100%)	15,598 (33%)	16,539 (35%)	331 (1%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
대전광역시	면적(ha) (%)	27,884 (100%)	12,846 (46%)	12,782 (46%)	956 (3%)	- (-)	27 (0%)	20 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
부산광역시	면적(ha) (%)	34,049 (100%)	10,922 (32%)	14,911 (44%)	358 (1%)	9 (0%)	613 (2%)	780 (2%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
서울특별시	면적(ha) (%)	14,840 (100%)	1,863 (13%)	4,179 (28%)	176 (1%)	- (-)	75 (1%)	131 (1%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
세종특별 자치시	면적(ha) (%)	22,359 (100%)	9,748 (44%)	10,854 (49%)	501 (2%)	- (-)	170 (1%)	50 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
울산광역시	면적(ha) (%)	64,981 (100%)	15,890 (25%)	22,878 (35%)	3,218 (5%)	50 (0%)	178 (0%)	281 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

인천광역시	면적(ha) (%)	9,429 (100%)	2,244 (24%)	3,845 (41%)	19 (0%)	- (0%)	1,113 (12%)	1,433 (15%)	7 (0%)	6 (0%)	- (0%)	- (0%)
전라남도	면적(ha) (%)	642,673 (100%)	194,340 (30%)	281,793 (44%)	18,801 (3%)	244 (0%)	13,619 (2%)	14,722 (2%)	98 (0%)	74 (0%)	170 (0%)	296 (0%)
전라북도	면적(ha) (%)	423,004 (100%)	139,604 (33%)	185,687 (44%)	21,100 (5%)	365 (0%)	2,332 (1%)	7,046 (2%)	237 (0%)	413 (0%)	514 (0%)	634 (0%)
제주특별 자치도	면적(ha) (%)	78,362 (100%)	- (0%)	0 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	31 (0%)	18 (0%)	- (0%)	- (0%)
충청남도	면적(ha) (%)	368,903 (100%)	153,194 (42%)	165,464 (45%)	13,462 (4%)	- (0%)	6,122 (2%)	10,707 (3%)	494 (0%)	1,286 (0%)	359 (0%)	783 (0%)
충청북도	면적(ha) (%)	486,549 (100%)	185,259 (38%)	205,184 (42%)	19,386 (4%)	507 (0%)	215 (0%)	168 (0%)	- (0%)	- (0%)	20,453 (4%)	21,727 (5%)

구분		토양형									
		DR _s	DR _b	DR _z	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
전체	면적(ha) (%)	6,556 (0%)	172,456 (3%)	194,576 (3%)	174,497 (3%)	208,864 (4%)	17,644 (0%)	32,391 (1%)	15,779 (0%)	1,667 (0%)	218 (0%)
강원도	면적(ha) (%)	6,312 (1%)	31,690 (3%)	37,252 (3%)	312 (0%)	405 (0%)	21 (0%)	27 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)
경기도	면적(ha) (%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	29 (0%)	34 (0%)	3 (0%)	18 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)
경상남도	면적(ha) (%)	- (0%)	18,895 (3%)	24,926 (4%)	16,006 (2%)	19,864 (3%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)
경상북도	면적(ha) (%)	90 (0%)	106,043 (8%)	112,879 (8%)	94,923 (7%)	102,969 (8%)	2,421 (0%)	3,197 (0%)	36 (0%)	- (0%)	- (0%)
광주광역시	면적(ha) (%)	- (0%)	93 (1%)	127 (1%)	145 (1%)	181 (1%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)
대구광역시	면적(ha) (%)	- (0%)	1,755 (4%)	1,693 (4%)	5,431 (11%)	4,657 (10%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)
대전광역시	면적(ha) (%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)

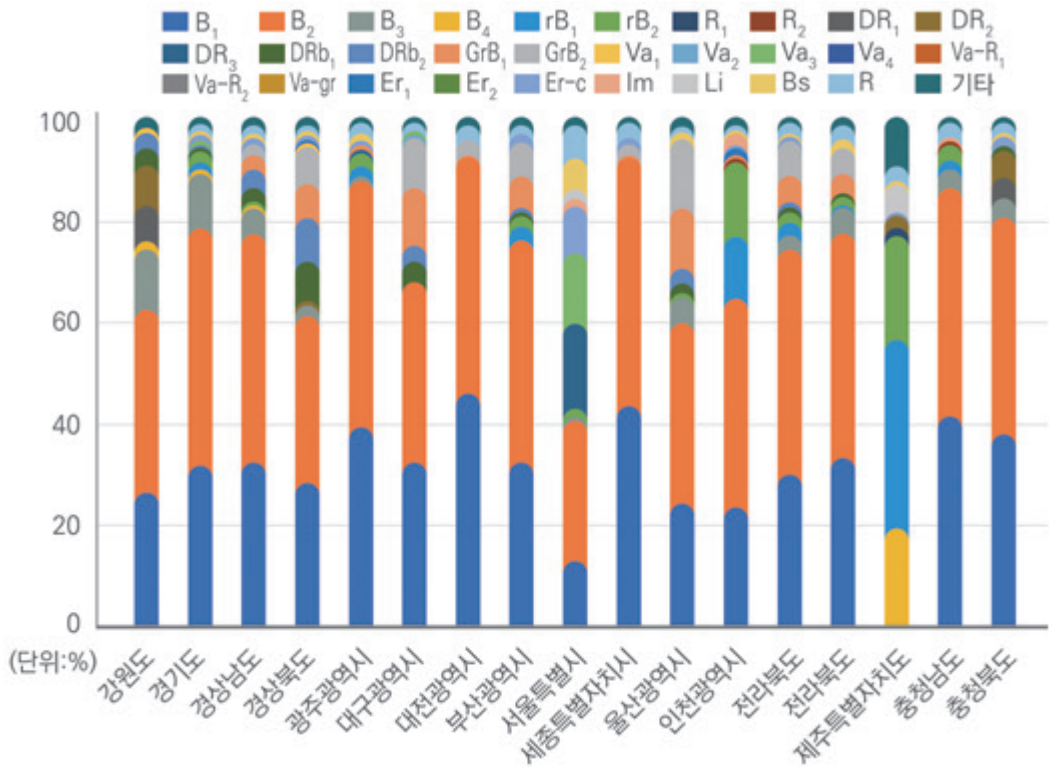


부산광역시	면적(ha)	-	192	328	2,040	2,227	-	-	-	-	-
	(%)	-	(1%)	(1%)	(6%)	(7%)	-	-	-	-	-
서울특별시	면적(ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
세종특별 자치시	면적(ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	면적(ha)	-	1,371	1,814	7,553	8,913	-	-	-	-	-
	(%)	-	(2%)	(3%)	(12%)	(14%)	-	-	-	-	-
인천광역시	면적(ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
전라남도	면적(ha)	-	5,203	7,640	32,909	46,145	-	-	-	-	-
	(%)	-	(1%)	(1%)	(5%)	(7%)	-	-	-	-	-
전라북도	면적(ha)	-	1,057	1,477	14,959	23,248	-	-	-	-	-
	(%)	-	(0%)	(0%)	(4%)	(6%)	-	-	-	-	-
제주특별 자치도	면적(ha)	-	-	-	-	-	15,199	29,150	15,743	1,667	218
	(%)	-	-	-	-	-	(19%)	(37%)	(20%)	(2%)	(0%)
충청남도	면적(ha)	78	152	156	2	-	-	-	-	-	-
	(%)	0	(0%)	(0%)	(0%)	-	-	-	-	-	-
충청북도	면적(ha)	76	6,006	6,285	189	221	-	-	-	-	-
	(%)	0	(1%)	(1%)	(0%)	(0%)	-	-	-	-	-

구분	토양형										기타
	Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R		
전체	면적(ha) (%)	111 (0%)	1,458 (0%)	22,974 (0%)	5,980 (0%)	30,488 (1%)	3,697 (0%)	18,456 (0%)	22,103 (0%)	105,563 (2%)	68,554 (1%)
강원도	면적(ha) (%)	- -	- -	1,593 (0%)	327 (0%)	406 (0%)	446 (0%)	1,815 (0%)	4,845 (0%)	7,951 (1%)	13,149 (1%)
경기도	면적(ha) (%)	- -	- -	3,871 (1%)	2,083 (1%)	7,030 (2%)	217 (0%)	1,083 (0%)	1,595 (0%)	6,860 (2%)	3,889 (1%)
경상남도	면적(ha) (%)	- -	- -	2,132 (0%)	220 (0%)	4,819 (1%)	337 (0%)	1,183 (0%)	2,896 (0%)	12,813 (2%)	8,126 (1%)
경상북도	면적(ha) (%)	- -	- -	9,541 (1%)	1,194 (0%)	13,495 (1%)	377 (0%)	1,234 (0%)	5,254 (0%)	19,181 (1%)	16,040 (1%)
광주광역시	면적(ha) (%)	- -	- -	- -	- -	9 (0%)	1 (0%)	9 (0%)	264 (2%)	405 (2%)	93 (1%)
대구광역시	면적(ha) (%)	- -	- -	103 (0%)	95 (0%)	9 (0%)	- -	43 (0%)	207 (0%)	969 (2%)	394 (1%)
대전광역시	면적(ha) (%)	- -	- -	10 (0%)	- -	1 (0%)	- -	32 (0%)	- -	948 (3%)	261 (1%)
부산광역시	면적(ha) (%)	- -	- -	22 (0%)	- -	586 (2%)	2 (0%)	55 (0%)	40 (0%)	453 (1%)	513 (2%)
서울특별시	면적(ha) (%)	- -	- -	2,489 (17%)	1,903 (13%)	1,548 (10%)	212 (1%)	308 (2%)	825 (6%)	958 (7%)	175 (1%)
세종특별 자치시	면적(ha) (%)	- -	- -	- -	- -	29 (0%)	- -	- -	- -	794 (4%)	214 (1%)
울산광역시	면적(ha) (%)	- -	- -	61 (0%)	- -	226 (0%)	5 (0%)	91 (0%)	643 (1%)	989 (2%)	823 (1%)
인천광역시	면적(ha) (%)	- -	- -	203 (2%)	1 (0%)	64 (1%)	205 (2%)	10 (0%)	82 (1%)	137 (2%)	60 (1%)
전라남도	면적(ha) (%)	- -	- -	517 (0%)	- -	790 (0%)	183 (0%)	1,274 (0%)	1,060 (0%)	16,748 (3%)	6,051 (1%)



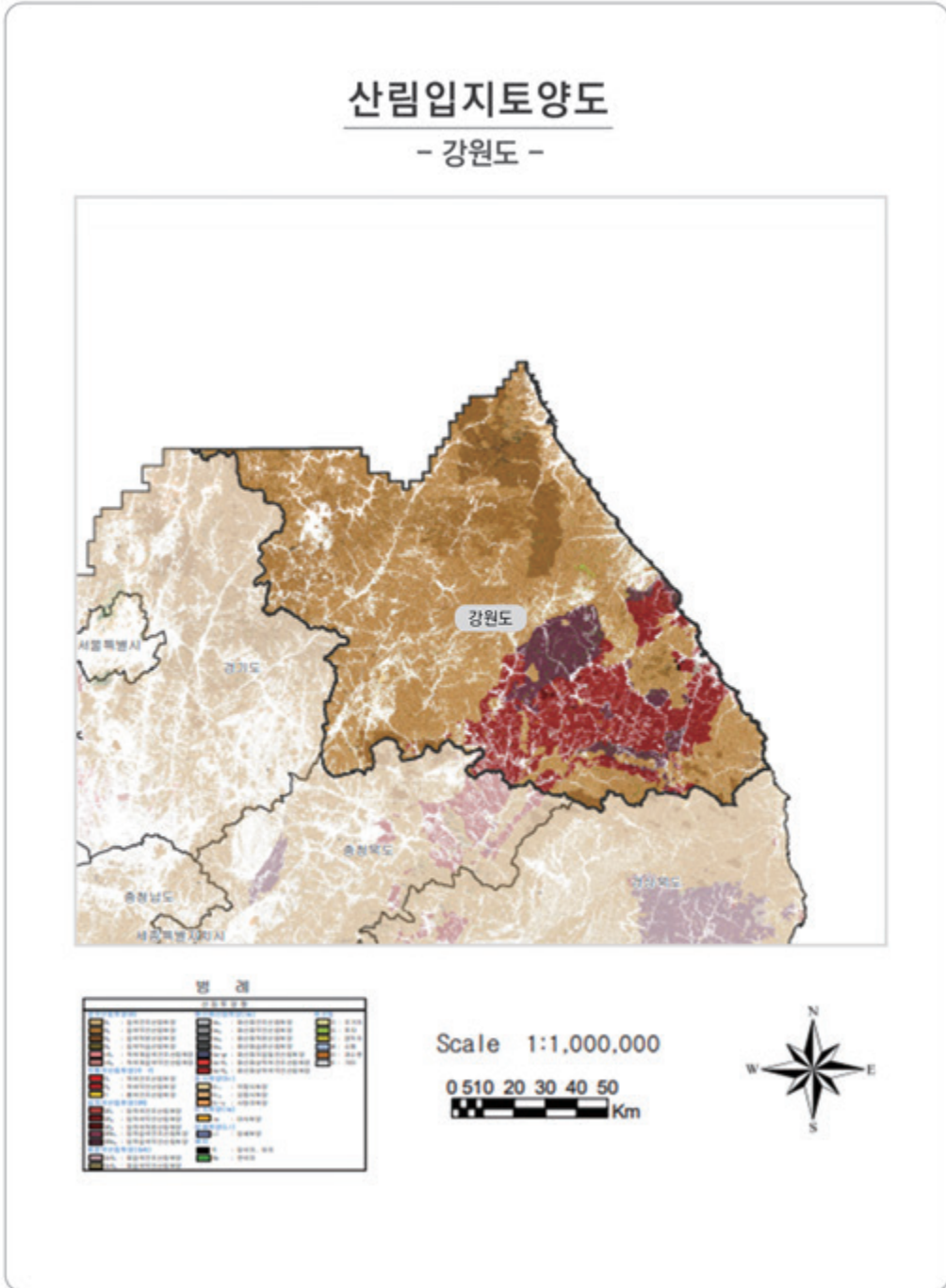
전라북도	면적(ha) (%)	- -	- -	196 (0%)	5 (0%)	130 (0%)	126 (0%)	4,403 (1%)	1,621 (0%)	13,921 (3%)	3,931 (1%)
제주특별 자치도	면적(ha) (%)	111 (0%)	1,458 (2%)	- -	- -	304 (0%)	92 (0%)	4,133 (5%)	953 (1%)	2,191 (3%)	7,093 (9%)
충청남도	면적(ha) (%)	- -	- -	220 (0%)	4 (0%)	276 (0%)	1,496 (0%)	1,193 (0%)	- -	10,635 (3%)	2,820 (1%)
충청북도	면적(ha) (%)	- -	- -	2,018 (0%)	149 (0%)	765 (0%)	- -	1,589 (0%)	1,817 (0%)	9,612 (2%)	4,923 (1%)



[그림 2-26] 시·도별 토양형 분포

2. 특·광역시·도별 산림입지토양 분석결과

1. 강원도





1.1. 일반현황

가. 현황

강원도(江原道)는 대한민국의 북동부에 있는 도이다. 동쪽은 동해, 서쪽은 경기도, 남쪽은 충청북도·경상북도와 접하며, 북쪽은 북한의 강원도와 경계를 이루고 있다. 지리적으로는 태백산맥을 기준으로 동쪽으로 강릉시, 속초시, 동해시, 삼척시, 태백시 등 영동 지방과 서쪽으로 춘천시, 원주시 등 영서지방으로 구분한다.

나. 지리

강원도의 총면적은 20,569km²이며 이 가운데 휴전선 이남이 82%인 16,873.51km²로, 총 면적 중 81.7%인 13,783.68km²가 임야이다. 농경지는 9.7%에 해당하는 1,625.22km²이며, 기타는 8.6%인 1,457.49km²로 구성되어 있다. 경지 면적은 밭 1,625.22km², 기타 1,457.49km²이며, 농가 호당 면적은 1.48ha이다.

강원도 동서의 길이는 약 150km, 남북은 약 243km에 달한다. 서쪽은 황해도 신계군·김천군, 경기도 연천·포천·가평·양평·여주 등 여러 군과 접해 있고 남쪽은 충청북도 충주시·제천시, 단양군 및 경상북도의 영주시, 봉화군·울진군과 북쪽은 함경남도 안변군·덕원군 및 황해도의 곡산군과 접하여 5도 3시 13군과 경계를 이루고 있다.

다. 행정구역

강원도는 7개의 시와 11개의 군으로 구성되어 있으며, 각 시군은 187개의 읍·면·동과 4203 통·리, 21,951개의 반으로 구성되어 있다.

라. 기후

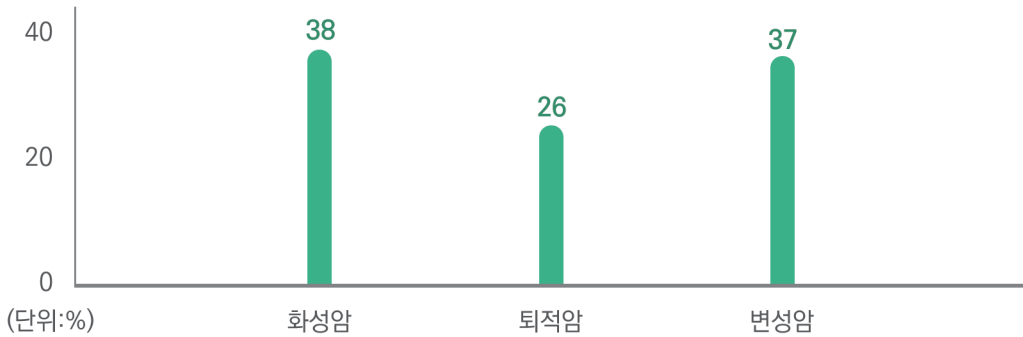
북위 37°와 38°사이의 중위도 온대성 기후대에 위치하고 있으며, 이로 인해 여름에 고온·다습하며, 겨울에는 한랭·건조한 대륙성 고기압의 영향을 받아 춥고 건조하다. 또한 태백산맥이 남북으로 길게 뻗어 있기 때문에 영동지역과 영서지역의 기후 또한 다른 특성을 보여주고 있다.

1.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-27] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	1,168,127	437,575	298,013	432,539
(%)		(38%)	(26%)	(37%)

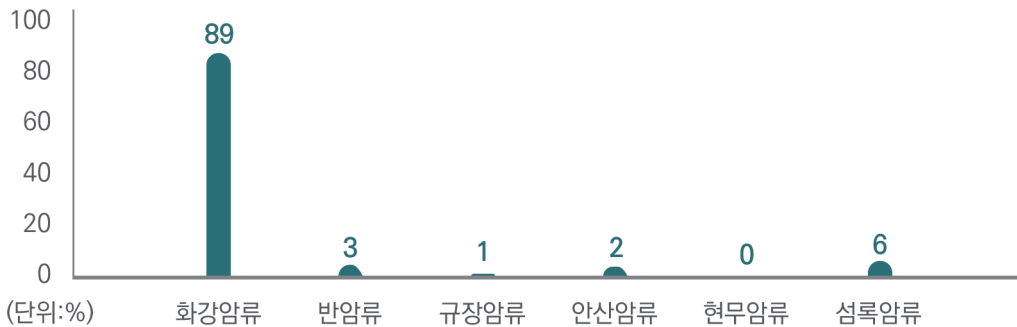


[그림 2-27] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-28] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	437,575	391,453	12,748	2,058	6,917	57	24,342
(%)		(89%)	(3%)	(1%)	(2%)	(0%)	(6%)

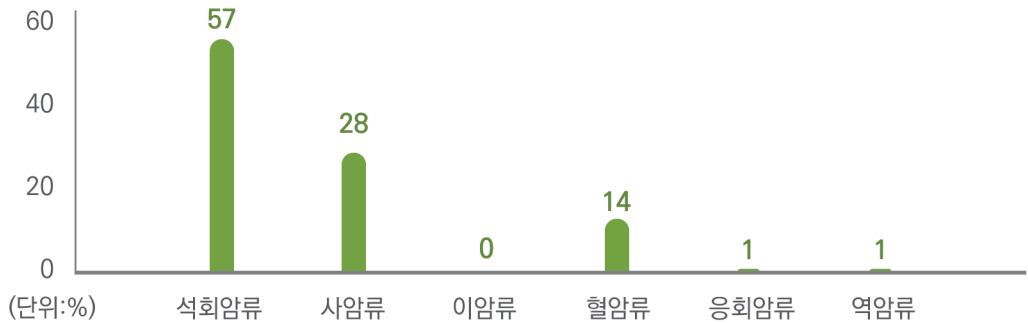


[그림 2-28] 모암 중분류(화성암)



[표 2-29] 모암 중분류(퇴적암)

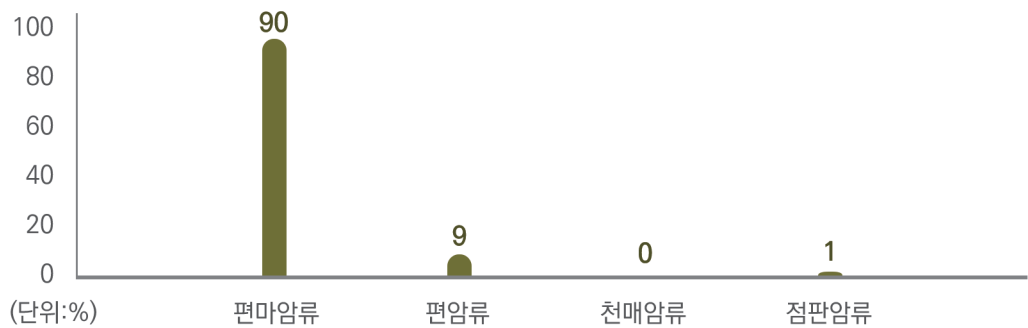
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	298,013	169,161	82,341	1,031	42,289	1,592	1,600
(%)		(57%)	(28%)	(0%)	(14%)	(1%)	(1%)



[그림 2-29] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-30] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	432,539	390,054	38,599	1,096	2,791
(%)		(90%)	(9%)	(0%)	(1%)



[그림 2-30] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-31] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	1,168,127	36,178 (3%)	85,213 (7%)	128,951 (11%)	143,899 (12%)	139,271 (12%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	136,189 (12%)	131,107 (11%)	121,991 (10%)	101,749 (9%)	66,375 (6%)	77,205 (7%)

라. 방위

[표 2-32] 방위 분포

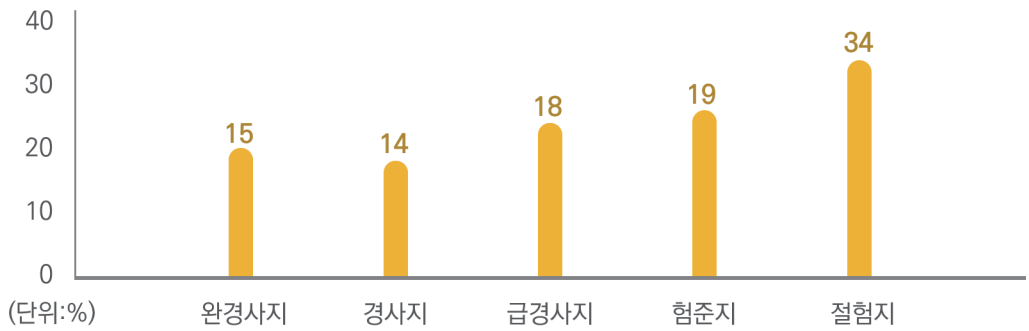
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	1,168,127	150,361 (13%)	151,807 (13%)	148,709 (13%)	133,176 (11%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	135,658 (12%)	139,897 (12%)	156,093 (13%)	147,880 (13%)	4,546 (0%)



마. 경사

[표 2-33] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha) (%)	1,168,127	176,006 (15%)	157,893 (14%)	206,774 (18%)	225,481 (19%)	401,973 (34%)



[그림 2-31] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-34] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha) (%)	1,168,127	429 (0%)	80,975 (7%)	1,065,624 (91%)	21,099 (2%)

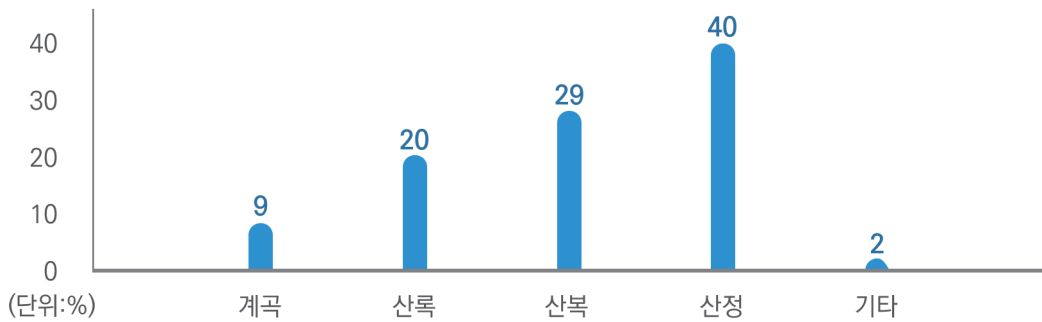


[그림 2-32] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-35] 사면위치 분포

합계		사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha) (%)	1,168,127	102,425 (9%)	237,992 (20%)	338,235 (29%)	468,376 (40%)	21,099 (2%)

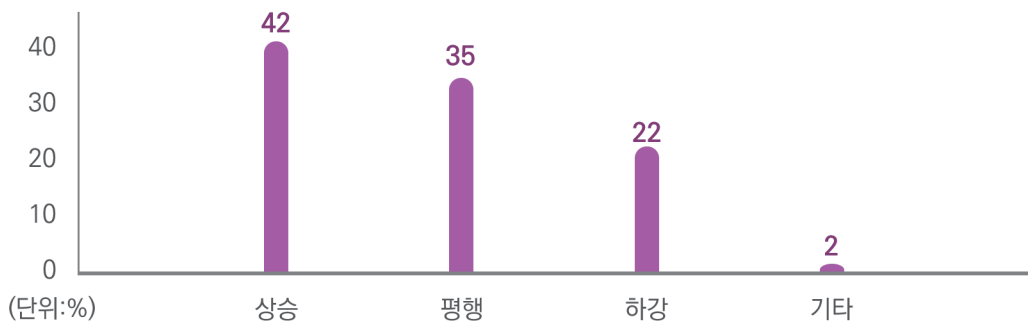


[그림 2-33] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-36] 경사형태 분포

합계		경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha) (%)	1,168,127	485,783 (42%)	403,055 (35%)	258,189 (22%)	21,099 (2%)



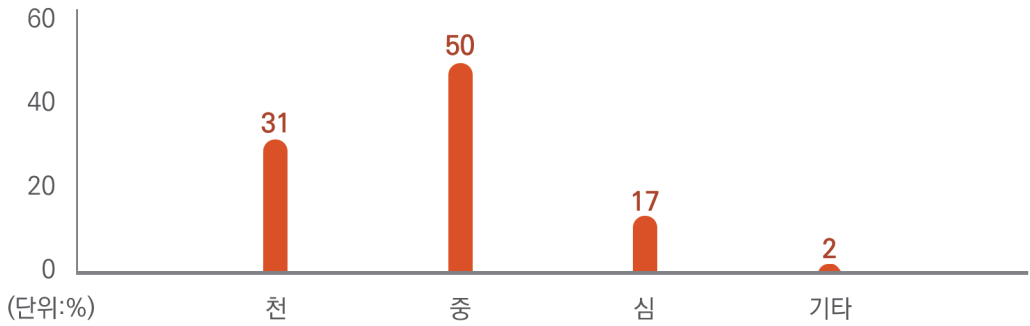
[그림 2-34] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-37] 토심 분포

합계		토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha) (%)	1,168,127	359,603 (31%)	584,425 (50%)	198,154 (17%)	25,945 (2%)

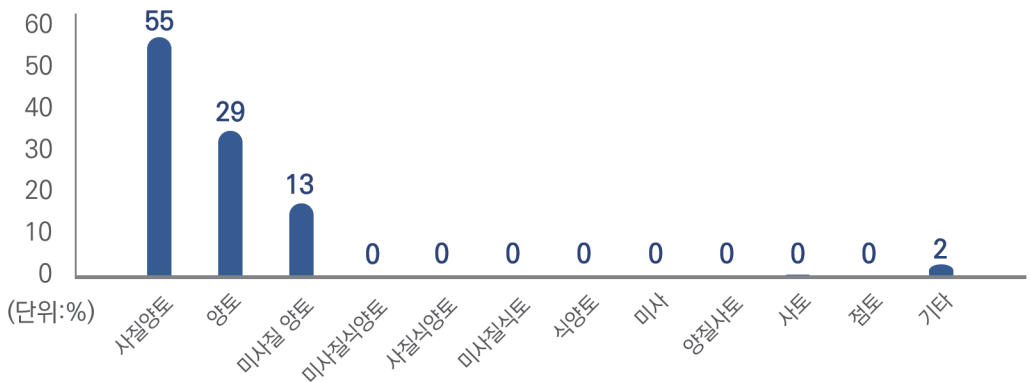


[그림 2-35] 토심 분포

차. 토성

[표 2-38] 토성 분포

합계		토성											
		사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	기타
면적(ha) (%)	1,168,127	643,895 (55%)	336,861 (29%)	156,532 (13%)	673 (0%)	8 (0%)	0 (0%)	237 (0%)	0 (0%)	2,250 (0%)	1,035 (0%)	690 (0%)	25,945 (2%)



[그림 2-36] 토성 분포

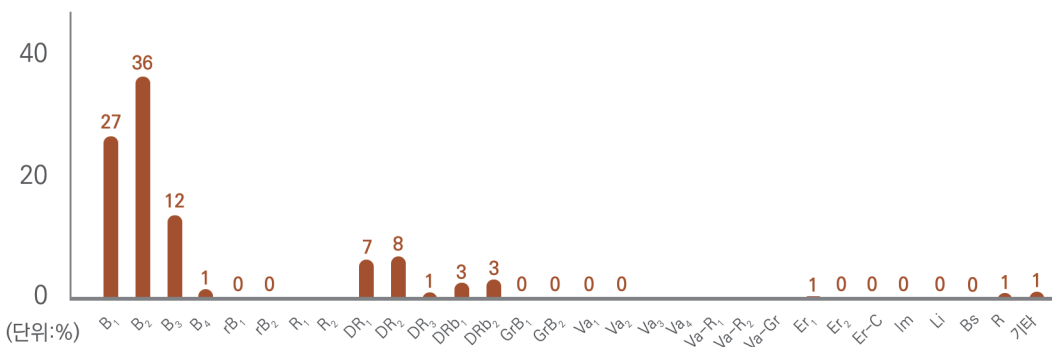
카. 토양형

[표 2-39] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	1,168,127	309,934	417,756	143,852	13,992	352	308	-	-	84,590	90,794
(%)		(27%)	(36%)	(12%)	(1%)	(0%)	(0%)			(7%)	(8%)

합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적(ha)	6,312	31,690	37,252	312	405	21	27	-	-	-
(%)	(1%)	(3%)	(3%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)			

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적(ha)	-	-	1,593	327	406	446	1,815	4,845	7,951	13,149	
(%)			(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(1%)	(1%)	



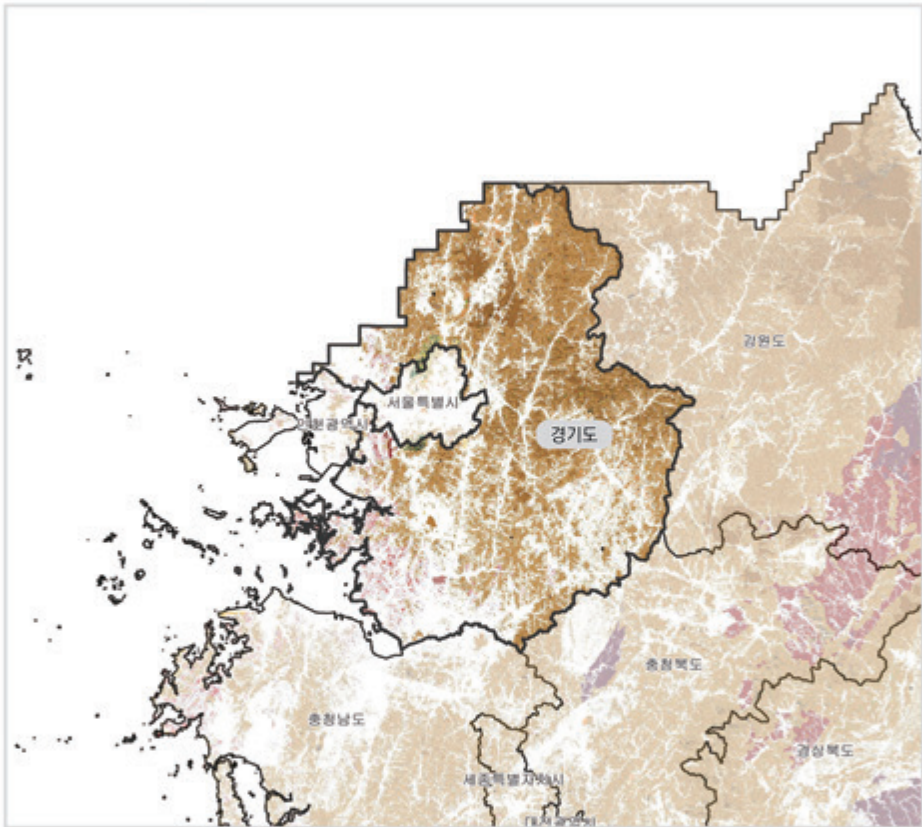
[그림 2-37] 토양형 분포



2. 경기도

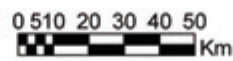
산림입지토양도

- 경기도 -



산림입지토양도	
산림입지토양도(1)	산림입지토양도(2)
1A1, 1A2, 1A3, 1A4, 1A5, 1A6, 1A7, 1A8, 1A9, 1A10, 1A11, 1A12, 1A13, 1A14, 1A15, 1A16, 1A17, 1A18, 1A19, 1A20, 1A21, 1A22, 1A23, 1A24, 1A25, 1A26, 1A27, 1A28, 1A29, 1A30, 1A31, 1A32, 1A33, 1A34, 1A35, 1A36, 1A37, 1A38, 1A39, 1A40, 1A41, 1A42, 1A43, 1A44, 1A45, 1A46, 1A47, 1A48, 1A49, 1A50, 1A51, 1A52, 1A53, 1A54, 1A55, 1A56, 1A57, 1A58, 1A59, 1A60, 1A61, 1A62, 1A63, 1A64, 1A65, 1A66, 1A67, 1A68, 1A69, 1A70, 1A71, 1A72, 1A73, 1A74, 1A75, 1A76, 1A77, 1A78, 1A79, 1A80, 1A81, 1A82, 1A83, 1A84, 1A85, 1A86, 1A87, 1A88, 1A89, 1A90, 1A91, 1A92, 1A93, 1A94, 1A95, 1A96, 1A97, 1A98, 1A99, 1A100	1B1, 1B2, 1B3, 1B4, 1B5, 1B6, 1B7, 1B8, 1B9, 1B10, 1B11, 1B12, 1B13, 1B14, 1B15, 1B16, 1B17, 1B18, 1B19, 1B20, 1B21, 1B22, 1B23, 1B24, 1B25, 1B26, 1B27, 1B28, 1B29, 1B30, 1B31, 1B32, 1B33, 1B34, 1B35, 1B36, 1B37, 1B38, 1B39, 1B40, 1B41, 1B42, 1B43, 1B44, 1B45, 1B46, 1B47, 1B48, 1B49, 1B50, 1B51, 1B52, 1B53, 1B54, 1B55, 1B56, 1B57, 1B58, 1B59, 1B60, 1B61, 1B62, 1B63, 1B64, 1B65, 1B66, 1B67, 1B68, 1B69, 1B70, 1B71, 1B72, 1B73, 1B74, 1B75, 1B76, 1B77, 1B78, 1B79, 1B80, 1B81, 1B82, 1B83, 1B84, 1B85, 1B86, 1B87, 1B88, 1B89, 1B90, 1B91, 1B92, 1B93, 1B94, 1B95, 1B96, 1B97, 1B98, 1B99, 1B100
산림입지토양도(3)	산림입지토양도(4)
1C1, 1C2, 1C3, 1C4, 1C5, 1C6, 1C7, 1C8, 1C9, 1C10, 1C11, 1C12, 1C13, 1C14, 1C15, 1C16, 1C17, 1C18, 1C19, 1C20, 1C21, 1C22, 1C23, 1C24, 1C25, 1C26, 1C27, 1C28, 1C29, 1C30, 1C31, 1C32, 1C33, 1C34, 1C35, 1C36, 1C37, 1C38, 1C39, 1C40, 1C41, 1C42, 1C43, 1C44, 1C45, 1C46, 1C47, 1C48, 1C49, 1C50, 1C51, 1C52, 1C53, 1C54, 1C55, 1C56, 1C57, 1C58, 1C59, 1C60, 1C61, 1C62, 1C63, 1C64, 1C65, 1C66, 1C67, 1C68, 1C69, 1C70, 1C71, 1C72, 1C73, 1C74, 1C75, 1C76, 1C77, 1C78, 1C79, 1C80, 1C81, 1C82, 1C83, 1C84, 1C85, 1C86, 1C87, 1C88, 1C89, 1C90, 1C91, 1C92, 1C93, 1C94, 1C95, 1C96, 1C97, 1C98, 1C99, 1C100	1D1, 1D2, 1D3, 1D4, 1D5, 1D6, 1D7, 1D8, 1D9, 1D10, 1D11, 1D12, 1D13, 1D14, 1D15, 1D16, 1D17, 1D18, 1D19, 1D20, 1D21, 1D22, 1D23, 1D24, 1D25, 1D26, 1D27, 1D28, 1D29, 1D30, 1D31, 1D32, 1D33, 1D34, 1D35, 1D36, 1D37, 1D38, 1D39, 1D40, 1D41, 1D42, 1D43, 1D44, 1D45, 1D46, 1D47, 1D48, 1D49, 1D50, 1D51, 1D52, 1D53, 1D54, 1D55, 1D56, 1D57, 1D58, 1D59, 1D60, 1D61, 1D62, 1D63, 1D64, 1D65, 1D66, 1D67, 1D68, 1D69, 1D70, 1D71, 1D72, 1D73, 1D74, 1D75, 1D76, 1D77, 1D78, 1D79, 1D80, 1D81, 1D82, 1D83, 1D84, 1D85, 1D86, 1D87, 1D88, 1D89, 1D90, 1D91, 1D92, 1D93, 1D94, 1D95, 1D96, 1D97, 1D98, 1D99, 1D100

Scale 1:1,000,000



2.1. 일반현황

가. 현황

경기도(京畿道)는 대한민국의 북서부에 있는 도이다. 서울특별시와 인천광역시를 둘러싸고 있고, 동쪽으로는 강원도, 서쪽으로 황해(서해), 남쪽으로는 충청남도 및 충청북도와 접하며, 북쪽으로는 조선민주주의인민공화국과 경계를 이룬다. 또한 도청 소재지는 수원시이고, 의정부시에 북부청사가 설치되어 있다.

나. 지리

지도를 보면 서울특별시를 둘러싸고 있는 형태이나, 완전히는 아니고 서울특별시의 서쪽 일부(강서구)가 인천광역시(계양구)와 접하기 때문에 실제로는 완전히 감싼다기보다는 95% 정도 감싸고 있다. 이외에도 인천광역시 역시 경기도와 접한다. 주요도시는 수원시, 고양시, 용인시, 성남시, 화성시, 부천시, 남양주시, 안산시, 평택시, 안양시, 시흥시, 의정부시 등이 있다.

다. 행정구역

2021년 8월 기준 인구는 약 1,350만 명으로 대한민국 전체에서 가장 인구가 많고, 유일하게 인구가 1,000만 명을 넘는 광역자치단체이다. 경기도 산하의 31개 기초자치단체는 3개 군을 제외하곤 모두 시(市) 행정을 실시하고 있고, 특히 이들 중 10개 시는 50만 내지 100만 인구를 초과하여 특례시 행정을 실시하고 있을 정도로, 변화한 권역이기도 하다.

라. 기후

경기도 서해안과, 서울과 가까운 남서부(수원 등)은 온대기후이고, 경기 북부와 동부는 냉대 기후이다. 서울 근교 지역과 남부의 수원시까지는 서울특별시와 마찬가지로 열섬 현상을 받아 여름에 상당히 더운 곳이 많다. 더위는 외곽으로 갈수록 덜하고 추위는 외곽으로 갈수록 심하며, 특히 냉대 기후에 해당되는 북부와 동부가 심하다.



2.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-40] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	437,615	132,862	1,575	303,178
(%)	(100%)	(30%)	(0%)	(70%)

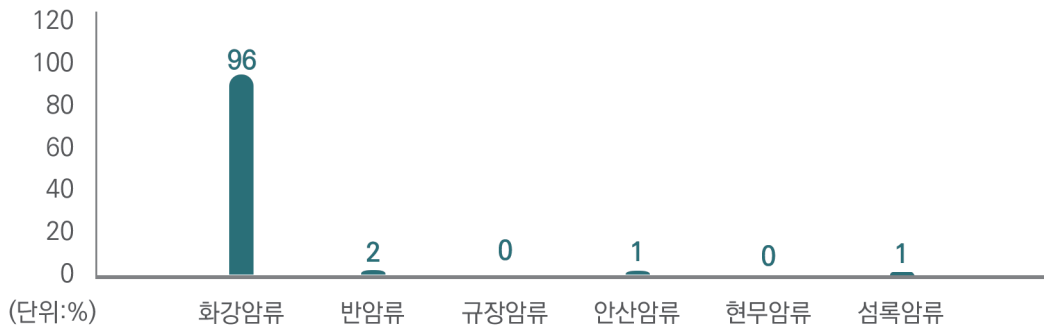


[그림 2-38] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-41] 모암 중분류(화성암)

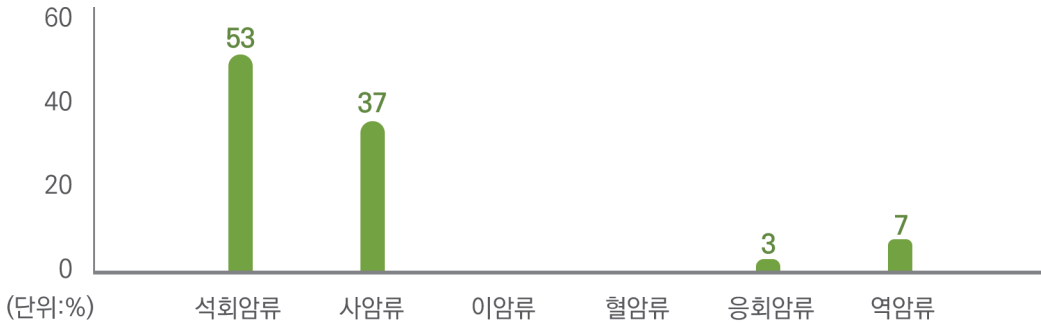
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	132,862	127,253	2,612	275	1,788	95	839
(%)	(100%)	(96%)	(2%)	(0%)	(1%)	(0%)	(1%)



[그림 2-39] 모암 중분류(화성암)

[표 2-42] 모암 중분류(퇴적암)

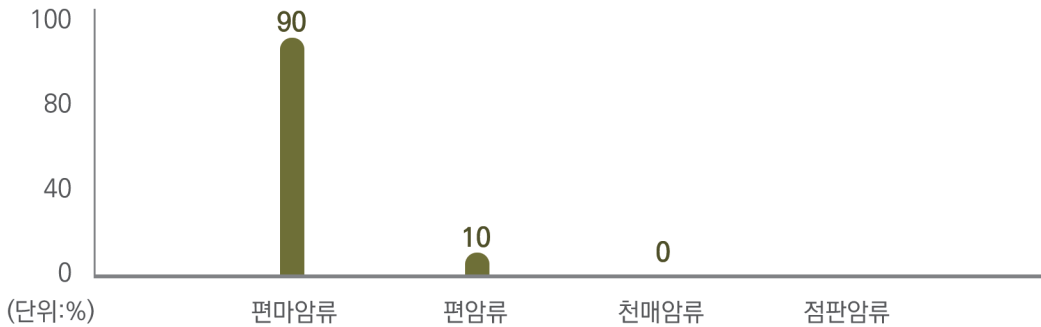
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	1,575	831	583	-	-	45	117
(%)	(100%)	(53%)	(37%)	-	-	(3%)	(7%)



[그림 2-40] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-43] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	303,178	274,450	28,728	0	-
(%)	(100%)	(91%)	(10%)	-	-



[그림 2-41] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-44] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	437,615 (100%)	67,465 (15%)	43,310 (33%)	108,502 (25%)	57,328 (13%)	29,144 (7%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	15,876 (4%)	8,601 (2%)	3,929 (1%)	1,891 (0%)	846 (0%)	722 (0%)

라. 방위

[표 2-45] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	437,615 (100%)	50,825 (12%)	55,874 (13%)	72,521 (17%)	39,552 (9%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	42,417 (10%)	46,053 (11%)	63,359 (15%)	61,446 (14%)	5,567 (1%)

마. 경사

[표 2-46] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	437,615	103,037	90,445	96,216	76,463	71,454
(%)	(100%)	(24%)	(21%)	(22%)	(18%)	(16%)

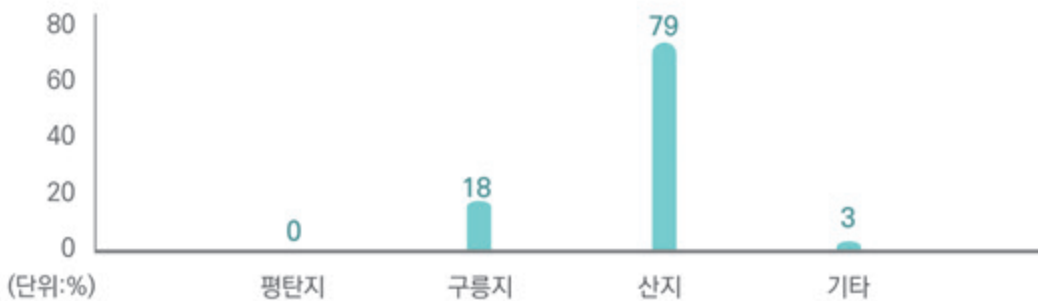


[그림 2-42] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-47] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	437,615	1,254	79,078	346,533	10,749
(%)	(100%)	(0%)	(18%)	(79%)	(3%)



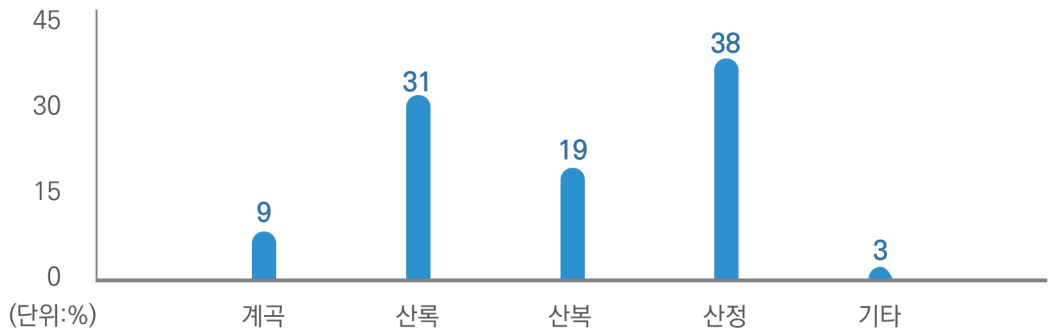
[그림 2-43] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-48] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	437,615	39,539	136,791	84,677	165,859	10,749
(%)	(100%)	(9%)	(31%)	(19%)	(38%)	(3%)

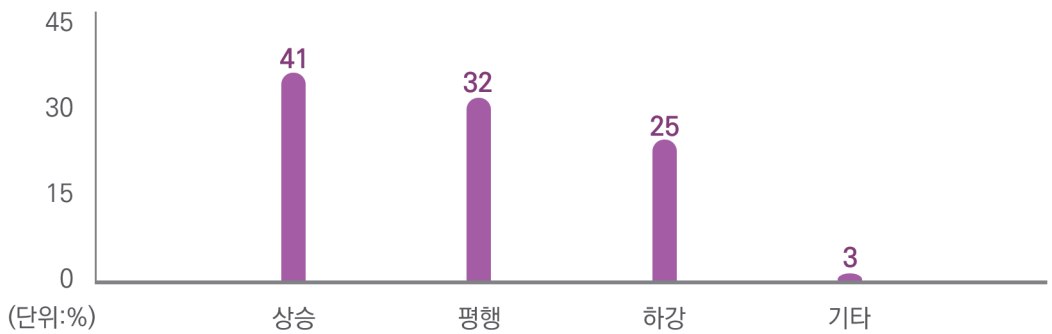


[그림 2-44] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-49] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	437,615	179,005	139,786	108,075	10,749
(%)	(100%)	(41%)	(32%)	(25%)	(3%)



[그림 2-45] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-50] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	437,615	129,960	184,517	110,794	12,344
(%)	(100%)	(30%)	(42%)	(25%)	(3%)

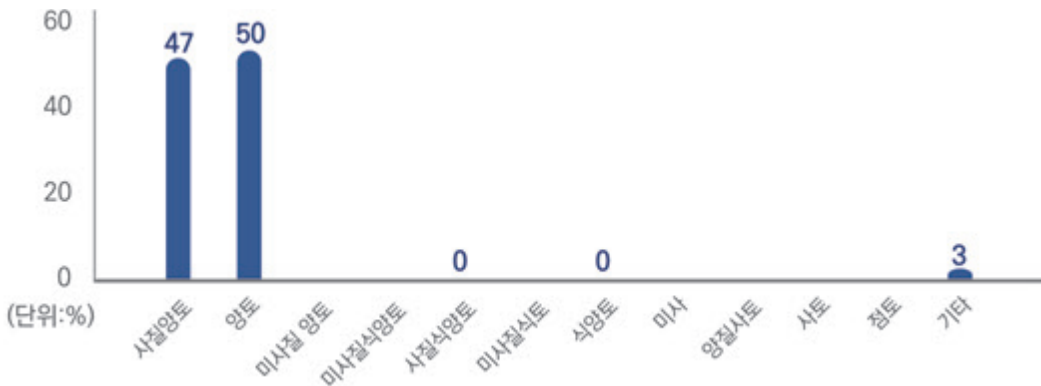


[그림 2-46] 토심 분포

차. 토성

[표 2-51] 토성 분포

	합계	토성											기타
		사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	
면적(ha)	437,615	204,310	218,427	51	39	817	2	1,622	-	3	-	-	12,344
(%)	(100%)	(47%)	(50%)	-	-	(0%)	-	(0%)	-	-	-	-	(3%)



[그림 2-47] 토성 분포



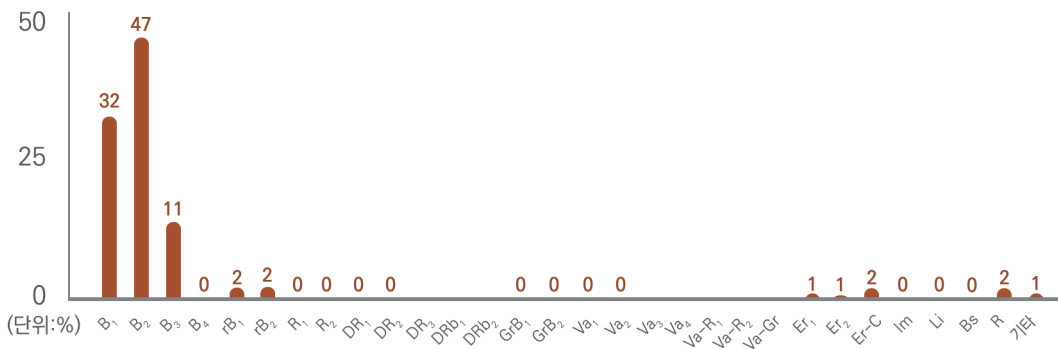
카. 토양형

[표 2-52] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	437,615	139,542	203,829	49,334	1,451	7,103	8,371	393	248	233	399
(%)	(100%)	(32%)	(47%)	(11%)	(0%)	(2%)	(2%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)

합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적(ha)	-	-	-	29	34	3	18	-	-	-	
(%)	-	-	-	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	-	-	

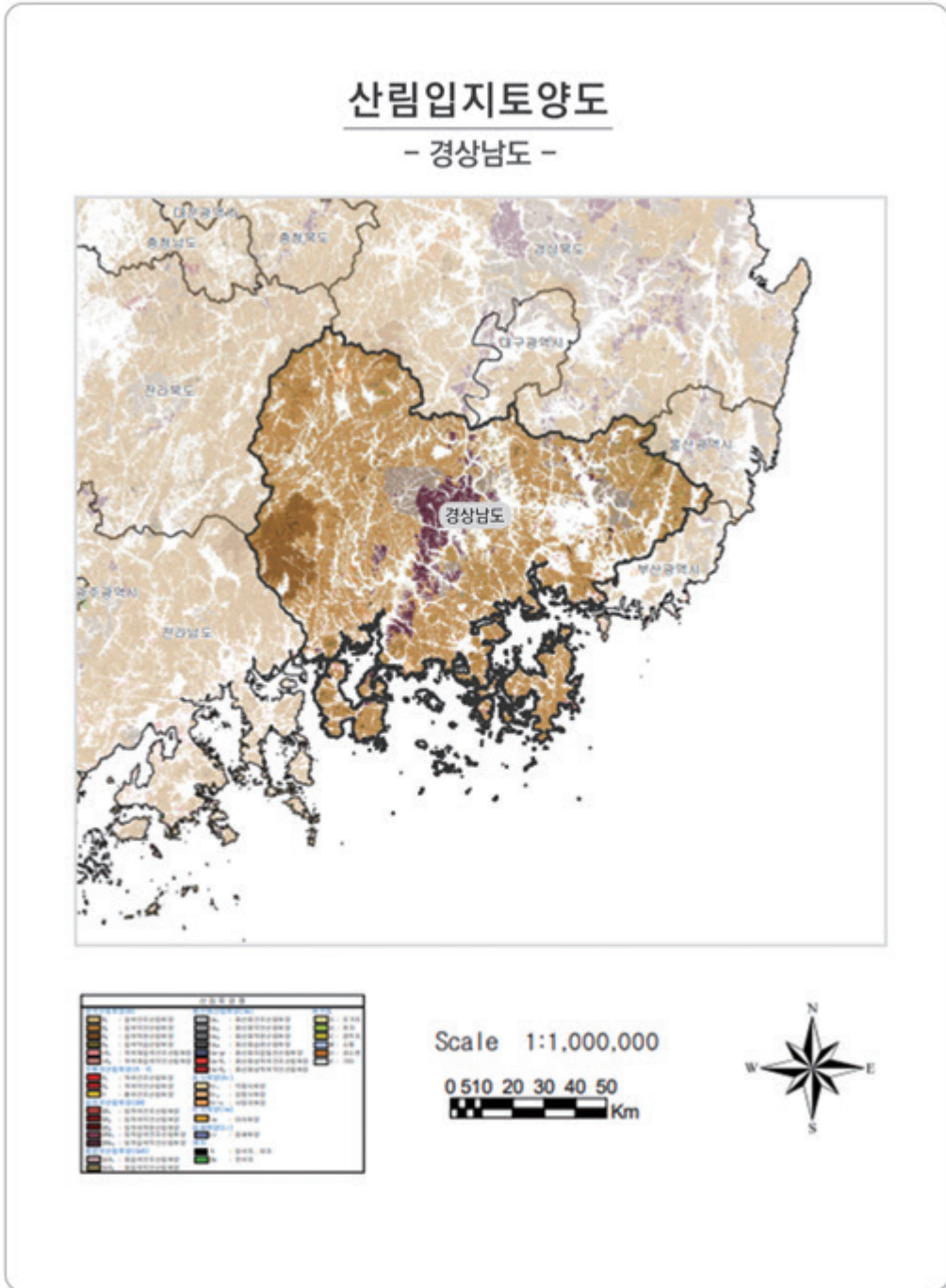
합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적(ha)	-	-	3,871	2,083	7,030	217	1,083	1,595	6,860	3,889	
(%)	-	-	(1%)	(1%)	(2%)	(0%)	(0%)	(0%)	(2%)	(1%)	



[그림 2-48] 토양형 분포



3. 경상남도





3.1. 일반현황

가. 현황

경상남도(慶尙南道)는 대한민국 남동부에 있는 도이다. 남쪽으로 남해, 동쪽으로 부산광역시·울산광역시, 서쪽으로 전라남도·전라북도, 북쪽으로 대구광역시·경상북도와 접한다. 행정 구역은 8시 10군이다. 경상남도청 소재지는 창원시 의창구이다.

나. 지리

경상남도의 총 면적은 10,540,0km²이며 이는 대한민국 전체 면적의 10.6%를 차지한다. 16개 시도 가운데 경상북도, 강원도, 전라남도에 이어 4번째이다. 또한 섬이 많은 도로서 거제도와 남해군을 비롯한 480여 개의 섬이 전체 면적의 약 1.2%를 차지한다.

백두대간 끝자락에는 대한민국 본토에서는 가장 높은 해발 1,915m의 지리산이 위치하고 있다. 중앙 저지대는 낙동강 강변 지대로 낙동강은 본도에 들어와서 각 지류를 합하여 남해로 유입하는데 하류의 김해 지방에서 삼각주 평야를 이루었다. 남해안은 소백산맥의 남쪽 말단부가 침몰하여 수심이 깊고 출입이 심한 만입과 크고 작은 섬이 산재하는 다도해를 이룬다.

다. 행정구역

경상남도의 행정구역은 8개 시, 10개 군, 305개 읍면동으로 구성되어 있다. 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 3,410,002명, 1,484,601가구이다.

라. 기후

한반도의 동남단에 위치하여 저위도이고, 남쪽에는 바다에 접하여 바다의 영향이 크며 북서쪽에는 높은 산맥이 가로 놓여 있어 겨울의 찬 북서풍을 막음으로써 기후는 대한민국 전체를 통하여 온화한 편이다. 경남 내륙지방의 연평균 기온은 12~13°C, 강수량은 1,200~1,500mm이며 1월과 8월의 평균기온은 각각 -0.5, 25.1°C이다. 경남 해안지방의 연평균기온은 14~15°C, 강수량은 1,400~1,800mm이며 평균기온은 각각 2.3, 25.9°C이다.

3.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-53] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	691,917	267,330	290,086	134,500
(%)	(100%)	(39%)	(42%)	(19%)

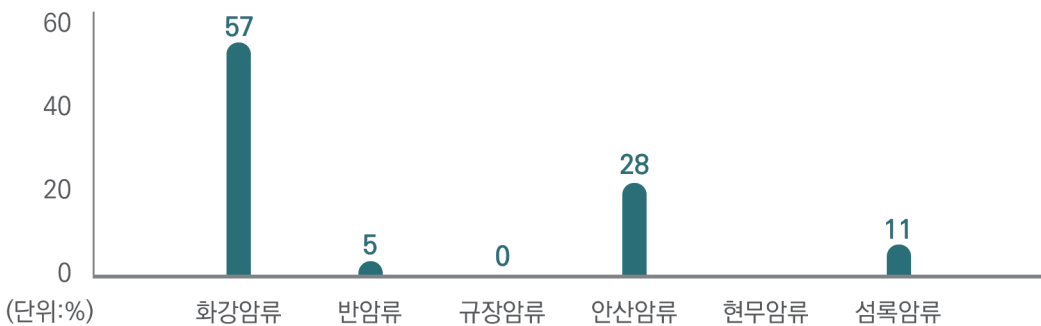


[그림 2-49] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-54] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	267,330	150,892	13,991	42	74,253	-	28,152
(%)	(100%)	(57%)	(5%)	(0%)	(28%)	-	(11%)

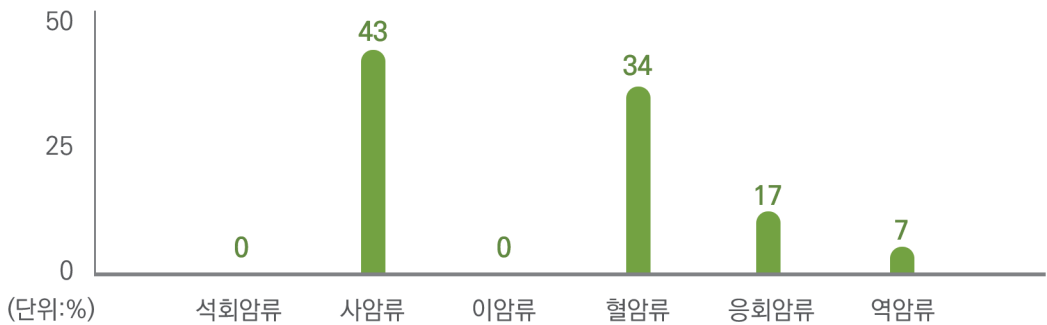


[그림 2-50] 모암 중분류(화성암)



[표 2-55] 모암 중분류(퇴적암)

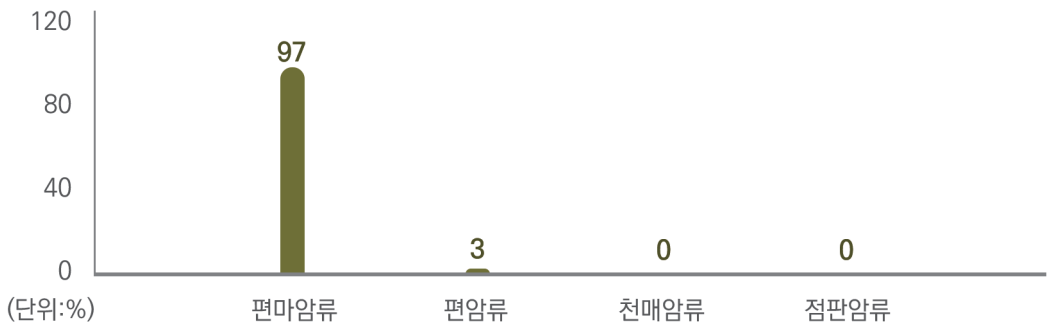
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	290,086	67	124,731	425	97,815	47,766	19,282
(%)	(100%)	(0%)	(43%)	(0%)	(34%)	(17%)	(7%)



[그림 2-51] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-56] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	134,500	130,953	3,443	26	78
(%)	(100%)	(97%)	(3%)	(0%)	(0%)



[그림 2-52] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-57] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	691,917 (100%)	124,813 (18%)	169,335 (25%)	116,007 (17%)	82,324 (12%)	61,783 (9%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	43,904 (6%)	30,381 (4%)	22,566 (3%)	15,538 (2%)	9,460 (1%)	15,805 (2%)

라. 방위

[표 2-58] 방위 분포

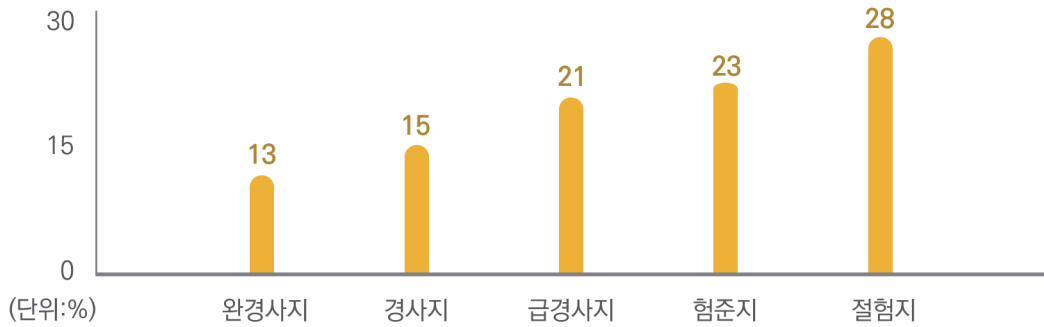
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	691,917 (100%)	89,988 (13%)	89,879 (13%)	89,542 (13%)	71,353 (10%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	82,151 (12%)	74,713 (11%)	89,730 (13%)	100,148 (15%)	4,412 (1%)



마. 경사

[표 2-59] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	691,917	88,081	104,428	146,500	156,080	196,829
(%)	(100%)	(13%)	(15%)	(21%)	(23%)	(28%)



[그림 2-53] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-60] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	691,917	590	194,363	476,024	20,939
(%)	(100%)	(0%)	(28%)	(69%)	(3%)

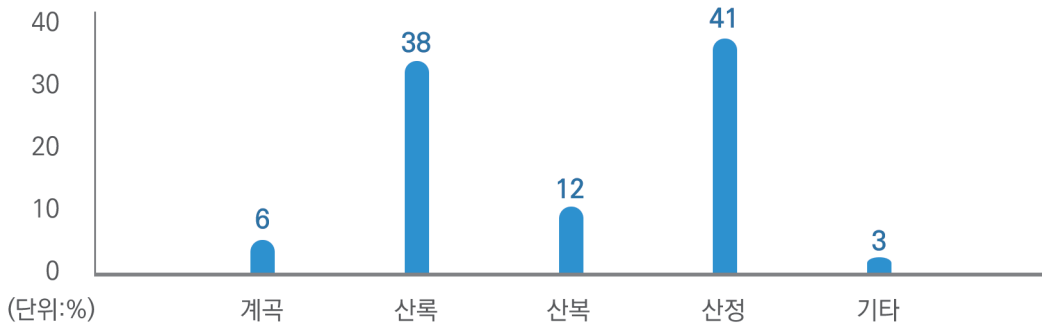


[그림 2-54] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-61] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	691,917	44,400	262,671	80,458	283,448	20,939
(%)	(100%)	(6%)	(38%)	(12%)	(41%)	(3%)

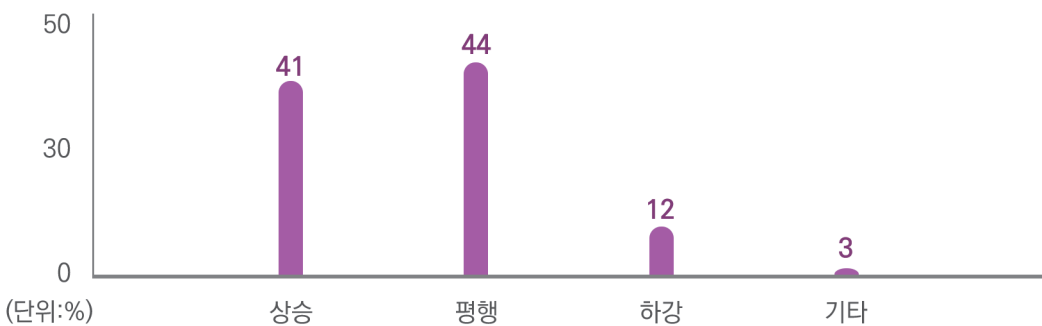


[그림 2-55] 시·도별 토양형 분포

아. 경사형태

[표 2-62] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	691,917	285,097	300,450	85,431	20,939
(%)	(100%)	(41%)	(44%)	(12%)	(3%)



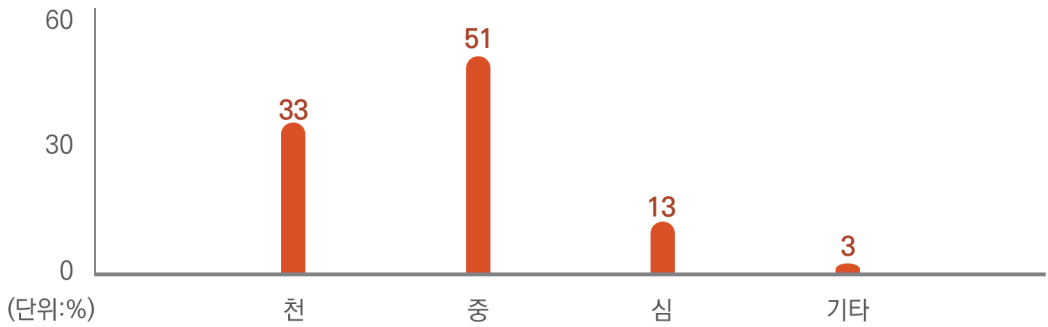
[그림 2-56] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-63] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	691,917	225,175	351,230	91,677	23,835
(%)	(100%)	(33%)	(51%)	(13%)	(3%)

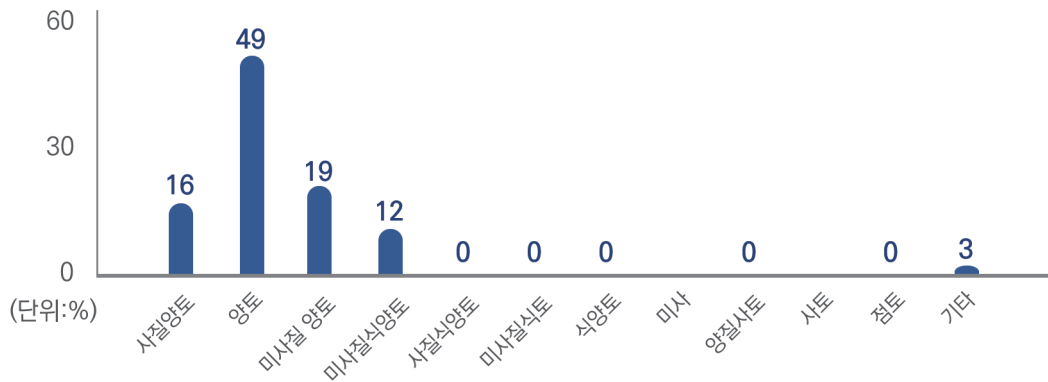


[그림 2-57] 토심 분포

차. 토성

[표 2-64] 토성 분포

	합계	토성											기타
		사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	
면적(ha)	691,917	112,219	338,506	129,808	83,841	19	322	2,478	-	641	-	248	23,835
(%)	(100%)	(16%)	(49%)	(19%)	(12%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	(0%)	-	(0%)	(3%)



[그림 2-58] 토성 분포

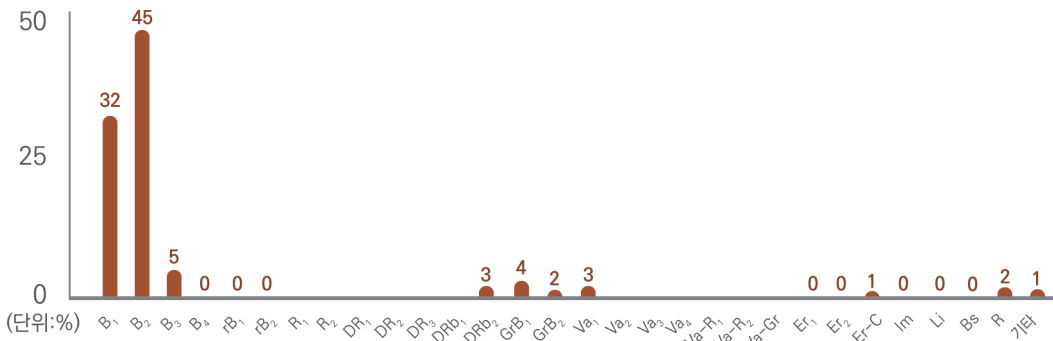
카. 토양형

[표 2-65] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	691,917	224,097	310,878	33,806	2,857	3,788	4,274	-	-	-	-
(%)	(100%)	(33%)	(45%)	(5%)	(0%)	(1%)	(1%)	-	-	-	-

합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	-	-	18,895	24,926	16,006	19,864	-	-	-	-	-
(%)	-	-	(3%)	(4%)	(2%)	(3%)	-	-	-	-	-

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	2,132	220	4,819	337	1,183	2,896	12,813	8,126	
(%)	-	-	(0%)	(0%)	(1%)	(0%)	(0%)	(0%)	(2%)	(1%)	



[그림 2-59] 토양형 분포

4.1. 일반현황

가. 현황

경상북도(慶尙北道)는 대한민국 동남부에 있는 도이다. 동쪽은 동해, 서쪽으로 전라북도·충청북도, 남쪽으로 대구광역시를 둘러싸며 울산광역시·경상남도과 접하고, 북쪽은 강원도와 경계를 이룬다. 경상북도청 소재지는 안동시 풍천면이다.

나. 지리

경북지방은 동쪽으로 태백산맥이 동해와 급사면을 이루며 남북으로 자리하고, 태백산맥에서 분기된 소백산맥이 북동에서 남서로 형성되어 있어 강원과 경계를 이루는 북쪽에는 소백산(해발 1,446m), 연화산(해발 1,394m), 문수산(해발 1,206m) 등의 소백 주산들과 태백산(해발 1,567m)이 자리하고 있다. 중앙부에는 낙동강이 경남내륙지방으로 관통하고, 경남과 경계지대인 남쪽은 가야산(해발 1,430m), 비슬산(해발 1,084m) 등의 높은 산으로 이루어져 있으며, 동해안은 해안선이 단조로운 편이다.

다. 행정구역

행정구역은 10개 시, 13개 군, 332개 읍·면·동으로 구성되어 있다. 경상북도의 면적은 19,033km²이며 전 국토의 19.1%로 대한민국의 행정 구역 중 관할 면적이 가장 넓다. 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 2,639,422명, 1,254,662가구이다.

라. 기후

경북내륙지방의 연평균기온은 11~14℃, 동해안지방의 연평균기온은 13~14℃의 분포를 보인다. 강수량은 내륙지방에서 1,032~1,291mm의 분포를 보이며, 경북북부의 영주지역에서 1,290.9mm로 가장 많고, 경북내륙의 분지인 의성지역에서 1,031.7mm로 가장 적다.

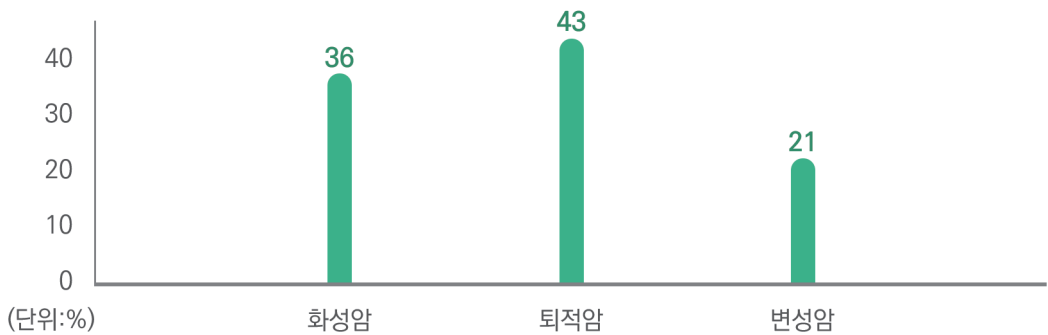


4.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-66] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	1,358,004	490,185	576,55	291,269
(%)	(100%)	(36%)	(43%)	(21%)

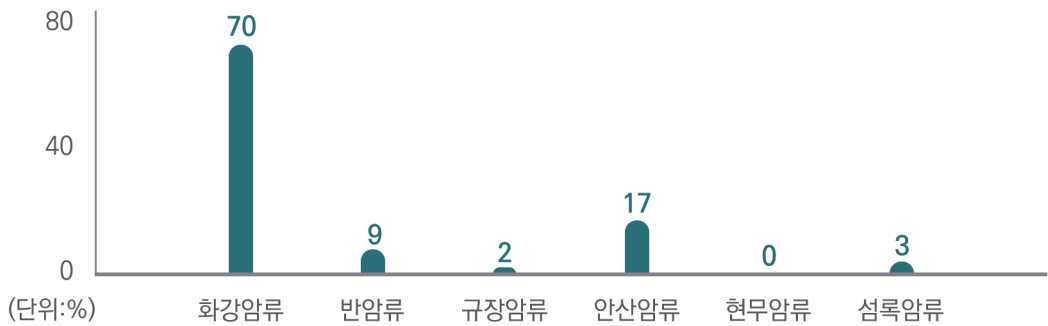


[그림 2-60] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-67] 모암 중분류(화성암)

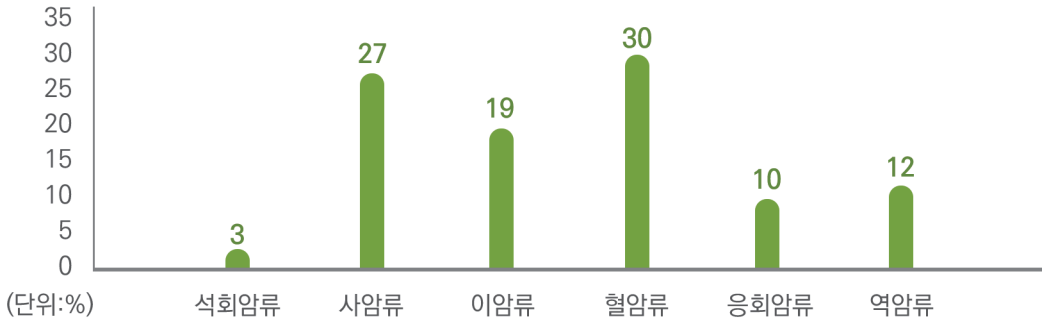
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	490,185	341,931	45,619	7,617	80,655	572	13,792
(%)	(100%)	(70%)	(9%)	(2%)	(17%)	(0%)	(3%)



[그림 2-61] 모암 중분류(화성암)

[표 2-68] 모암 중분류(퇴적암)

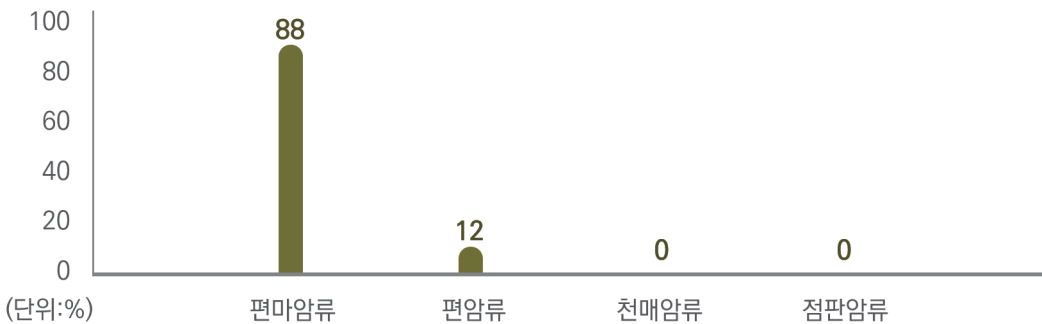
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	576,551	15,632	154,331	110,935	172,517	54,633	68,503
(%)	(100%)	(3%)	(27%)	(19%)	(30%)	(10%)	(12%)



[그림 2-62] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-69] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	291,269	255,638	33,585	905	1,141
(%)	(100%)	(88%)	(12%)	(0%)	(0%)



[그림 2-63] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-70] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	88,732 (7%)	297,872 (22%)	303,224 (22%)	239,956 (18%)	167,864 (12%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	108,094 (8%)	66,861 (5%)	42,246 (3%)	23,266 (2%)	11,929 (1%)	7,961 (1%)

[그림 2-70] 표고 분포

라. 방위

[표 2-71] 방위 분포

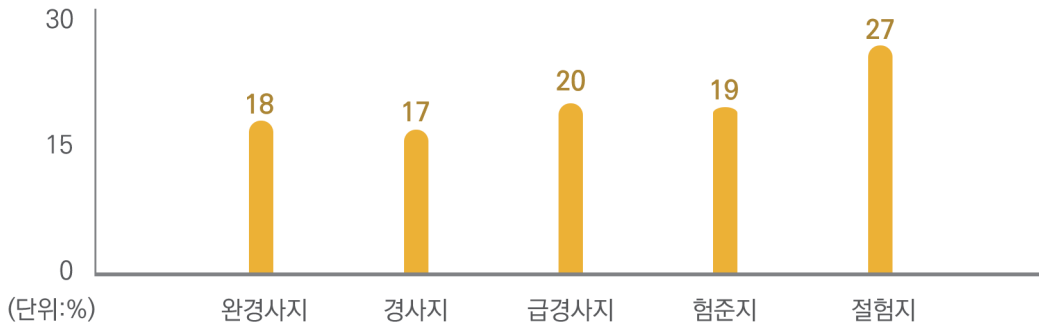
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	177,727 (13%)	179,431 (13%)	175,395 (13%)	149,902 (11%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	161,691 (12%)	159,515 (12%)	172,600 (13%)	175,895 (13%)	5,848 (0%)

[그림 2-72] 방위 분포

마. 경사

[표 2-72] 경사도 분포

합계	경사급					
	완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)	
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	238,755 (18%)	225,158 (17%)	270,120 (20%)	260,769 (19%)	363,202 (27%)



[그림 2-64] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-73] 지형 분포

합계	지형			기타	
	평탄지	구릉지	산지		
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	318 (0%)	213,477 (16%)	1,108,988 (82%)	35,221 (3%)



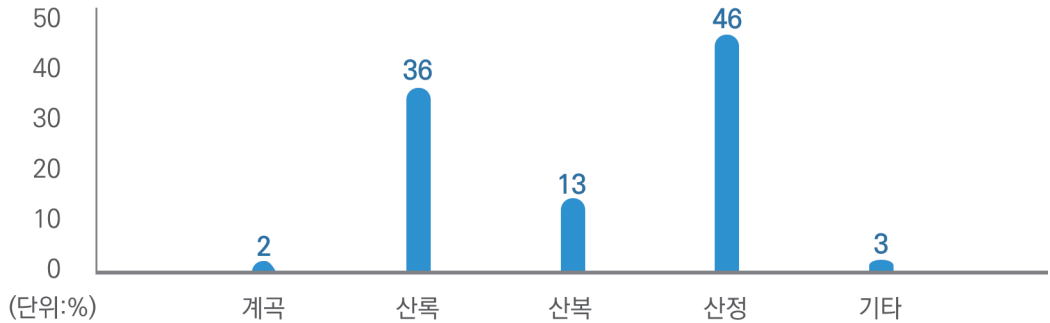
[그림 2-65] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-74] 사면위치 분포

합계	사면위치				기타	
	계곡	산록	산복	산정		
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	28,452 (2%)	492,845 (36%)	180,575 (13%)	620,912 (46%)	35,221 (3%)

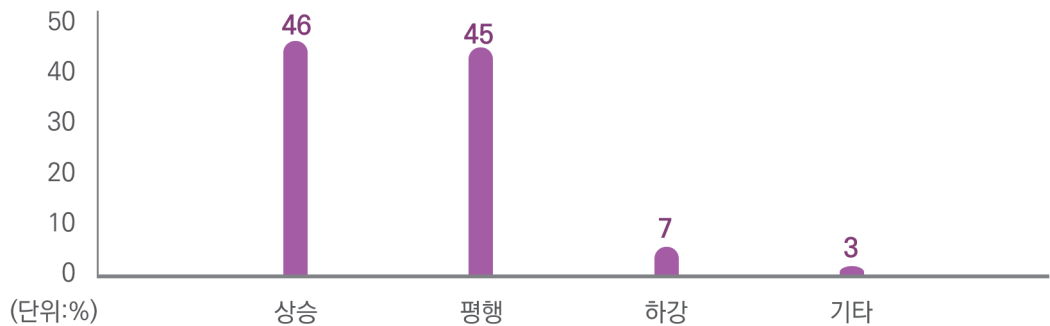


[그림 2-66] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-75] 경사형태 분포

합계	경사형태			기타	
	상승	평행	하강		
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	624,653 (46%)	606,571 (45%)	91,560 (7%)	35,221 (3%)



[그림 2-67] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-76] 토심 분포

합계	토심			기타	
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)		
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	558,146 (41%)	689,897 (51%)	69,487 (5%)	40,475 (3%)

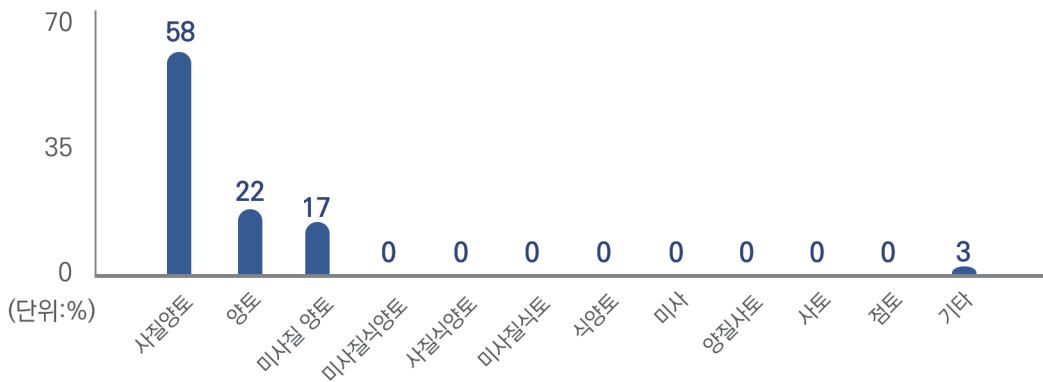


[그림 2-68] 토심 분포

차. 토성

[표 2-77] 토성 분포

합계	토성											기타	
	사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)		
면적(ha) (%)	1,358,004 (100%)	787,951 (58%)	294,499 (22%)	225,897 (17%)	441 (0%)	46 (0%)	23 (0%)	48 (0%)	3,898 (0%)	4,189 (0%)	160 (0%)	378 (0%)	40,475 (3%)



[그림 2-69] 토성 분포



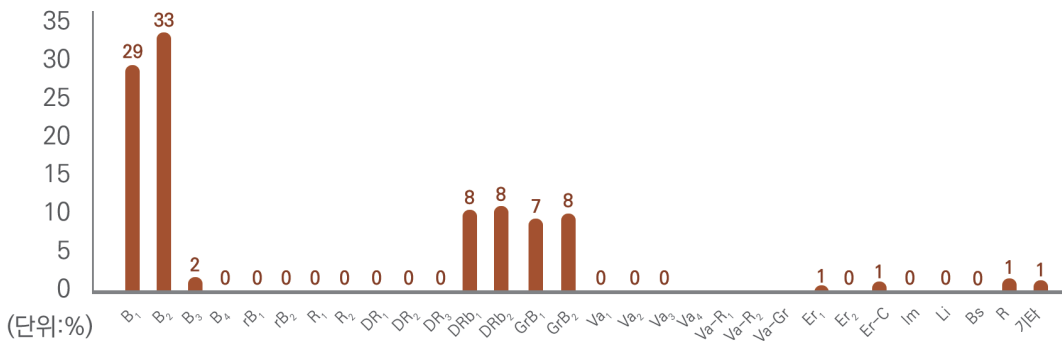
카. 토양형

[표 2-78] 토양형 분포

합계	토양형										
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂	
면적 (ha) (%)	1,358,004 (100%)	388,350 (29%)	443,594 (33%)	24,440 (2%)	717 (0%)	427 (0%)	385 (0%)	5 (0%)	8 (0%)	5,091 (0%)	6,116 (1%)

합계	토양형									
	DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha) (%)	90 (0%)	106,043 (8%)	112,879 (8%)	94,923 (7%)	102,969 (8%)	2,421 (0%)	3,197 (0%)	36 (0%)	- -	- -

합계	토양형									기타
	Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha) (%)	- -	- -	9,541 (1%)	1,194 (0%)	13,495 (1%)	377 (0%)	1,234 (0%)	5,254 (0%)	19,181 (1%)	16,040 (1%)



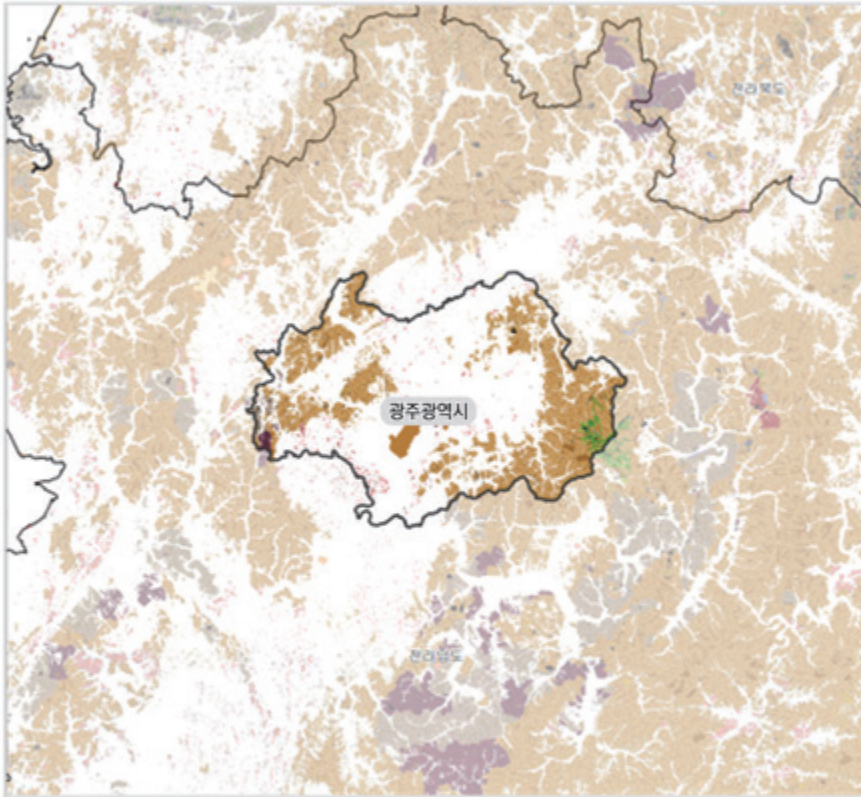
[그림 2-70] 토양형 분포



5. 광주광역시

산림입지토양도

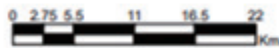
- 광주광역시 -



범례

토양도	산림입지도
1. 전라북도	1. 전라북도
2. 전라남도	2. 전라남도
3. 광주광역시	3. 광주광역시
4. 전라북도	4. 전라북도
5. 전라남도	5. 전라남도
6. 광주광역시	6. 광주광역시
7. 전라북도	7. 전라북도
8. 전라남도	8. 전라남도
9. 광주광역시	9. 광주광역시
10. 전라북도	10. 전라북도
11. 전라남도	11. 전라남도
12. 광주광역시	12. 광주광역시
13. 전라북도	13. 전라북도
14. 전라남도	14. 전라남도
15. 광주광역시	15. 광주광역시
16. 전라북도	16. 전라북도
17. 전라남도	17. 전라남도
18. 광주광역시	18. 광주광역시
19. 전라북도	19. 전라북도
20. 전라남도	20. 전라남도
21. 광주광역시	21. 광주광역시
22. 전라북도	22. 전라북도
23. 전라남도	23. 전라남도
24. 광주광역시	24. 광주광역시
25. 전라북도	25. 전라북도
26. 전라남도	26. 전라남도
27. 광주광역시	27. 광주광역시
28. 전라북도	28. 전라북도
29. 전라남도	29. 전라남도
30. 광주광역시	30. 광주광역시
31. 전라북도	31. 전라북도
32. 전라남도	32. 전라남도
33. 광주광역시	33. 광주광역시
34. 전라북도	34. 전라북도
35. 전라남도	35. 전라남도
36. 광주광역시	36. 광주광역시
37. 전라북도	37. 전라북도
38. 전라남도	38. 전라남도
39. 광주광역시	39. 광주광역시
40. 전라북도	40. 전라북도
41. 전라남도	41. 전라남도
42. 광주광역시	42. 광주광역시
43. 전라북도	43. 전라북도
44. 전라남도	44. 전라남도
45. 광주광역시	45. 광주광역시
46. 전라북도	46. 전라북도
47. 전라남도	47. 전라남도
48. 광주광역시	48. 광주광역시
49. 전라북도	49. 전라북도
50. 전라남도	50. 전라남도
51. 광주광역시	51. 광주광역시
52. 전라북도	52. 전라북도
53. 전라남도	53. 전라남도
54. 광주광역시	54. 광주광역시
55. 전라북도	55. 전라북도
56. 전라남도	56. 전라남도
57. 광주광역시	57. 광주광역시
58. 전라북도	58. 전라북도
59. 전라남도	59. 전라남도
60. 광주광역시	60. 광주광역시
61. 전라북도	61. 전라북도
62. 전라남도	62. 전라남도
63. 광주광역시	63. 광주광역시
64. 전라북도	64. 전라북도
65. 전라남도	65. 전라남도
66. 광주광역시	66. 광주광역시
67. 전라북도	67. 전라북도
68. 전라남도	68. 전라남도
69. 광주광역시	69. 광주광역시
70. 전라북도	70. 전라북도
71. 전라남도	71. 전라남도
72. 광주광역시	72. 광주광역시
73. 전라북도	73. 전라북도
74. 전라남도	74. 전라남도
75. 광주광역시	75. 광주광역시
76. 전라북도	76. 전라북도
77. 전라남도	77. 전라남도
78. 광주광역시	78. 광주광역시
79. 전라북도	79. 전라북도
80. 전라남도	80. 전라남도
81. 광주광역시	81. 광주광역시
82. 전라북도	82. 전라북도
83. 전라남도	83. 전라남도
84. 광주광역시	84. 광주광역시
85. 전라북도	85. 전라북도
86. 전라남도	86. 전라남도
87. 광주광역시	87. 광주광역시
88. 전라북도	88. 전라북도
89. 전라남도	89. 전라남도
90. 광주광역시	90. 광주광역시
91. 전라북도	91. 전라북도
92. 전라남도	92. 전라남도
93. 광주광역시	93. 광주광역시
94. 전라북도	94. 전라북도
95. 전라남도	95. 전라남도
96. 광주광역시	96. 광주광역시
97. 전라북도	97. 전라북도
98. 전라남도	98. 전라남도
99. 광주광역시	99. 광주광역시
100. 전라북도	100. 전라북도
101. 전라남도	101. 전라남도
102. 광주광역시	102. 광주광역시
103. 전라북도	103. 전라북도
104. 전라남도	104. 전라남도
105. 광주광역시	105. 광주광역시
106. 전라북도	106. 전라북도
107. 전라남도	107. 전라남도
108. 광주광역시	108. 광주광역시
109. 전라북도	109. 전라북도
110. 전라남도	110. 전라남도
111. 광주광역시	111. 광주광역시
112. 전라북도	112. 전라북도
113. 전라남도	113. 전라남도
114. 광주광역시	114. 광주광역시
115. 전라북도	115. 전라북도
116. 전라남도	116. 전라남도
117. 광주광역시	117. 광주광역시
118. 전라북도	118. 전라북도
119. 전라남도	119. 전라남도
120. 광주광역시	120. 광주광역시

Scale 1:300,000





5.1. 일반현황

가. 현황

광주광역시(光州廣域市)는 대한민국의 남서부에 있는 광역시이다. 남동쪽으로 전라남도 화순군, 북동쪽으로 담양군, 서쪽으로 함평군, 서남쪽으로 나주시, 북쪽으로 장성군과 접한다. 시청 소재지는 서구 치평동이다.

나. 지리

광주는 동부 산악지와 서부 평야지대의 접이지대라고 할 수 있다. 광주의 지형은 노년기에 속하여 대체로 준평원화된 구릉성 지대라고 보면 된다. 광주를 중심으로 한 전남지방의 산세를 보면 북쪽에 노령산맥이 동서방향으로 뻗어 전북과 불규칙한 경계를 이루고, 동쪽에 소백산맥이 남북방향으로 뻗어 경남과 경계를 이루어 전라남도는 두 산맥의 울타리 사이에 자리한다. 광주평야는 노령산맥과 소백산맥의 지맥들 사이의 영산강 유역에 분포하며, 광주천과 그 소지류 및 극락강 유역에 연속되어 나타나고 있고 영산강 본류를 따라 인접한 나주 등지로 이어져 결국 나주평야의 일부를 형성한다.

다. 행정구역

광주광역시의 행정구역은 5개 구, 96개 동으로 구성되어 있다. 광주광역시의 면적은 501.13km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 1,471,385명, 608,316가구이다.

라. 기후

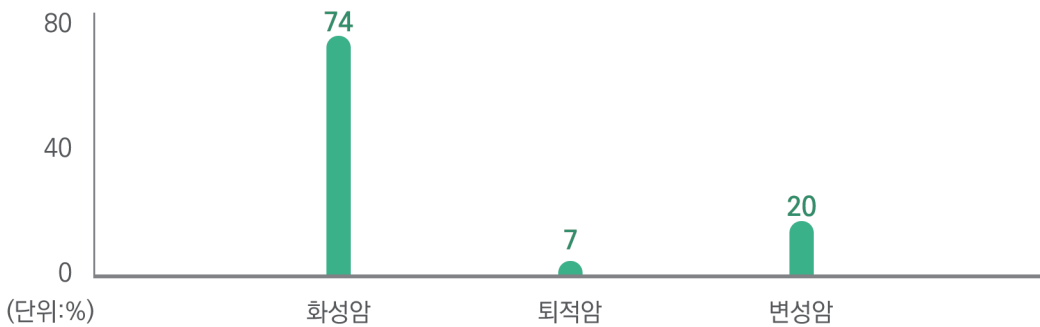
광주광역시의 기후 특성은 서해안형과 내륙형의 중간형으로 대체로 서해안형에 가까운 특성을 보이고 있다. 겨울에는 몽골부근에서 그 세력을 우리나라쪽으로 확장하는 한랭한 대륙성 고기압의 영향으로 삼한사온의 날씨를 보이며, 여름에는 북태평양 동부에 중심을 두고 그 세력을 아시아쪽으로 확장하는 북태평양 고기압의 영향으로 무더우나 초여름과 늦여름에는 장마기가 있어 호우에 의한 기상재해가 발생하며, 태풍의 피해가 잦은 특징이 있다. 봄과 가을에는 중국에서 이동하는 이동성고기압의 영향으로 건조하고 맑은 날이 많다.

5.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-79] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	17,301	12,738	1,122	3,442
(%)	(100%)	(74%)	(7%)	(20%)

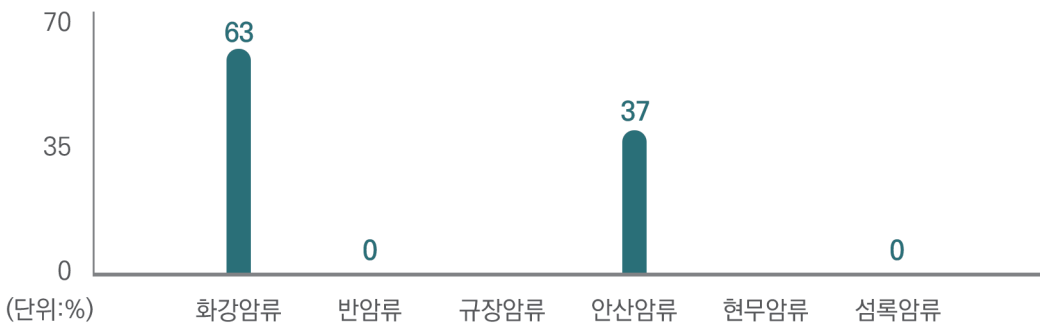


[그림 2-71] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-80] 모암 중분류

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	12,738	7,97	54	-	4,705	-	8
(%)	(100%)	(63%)	(0%)	-	(37%)	-	(0%)

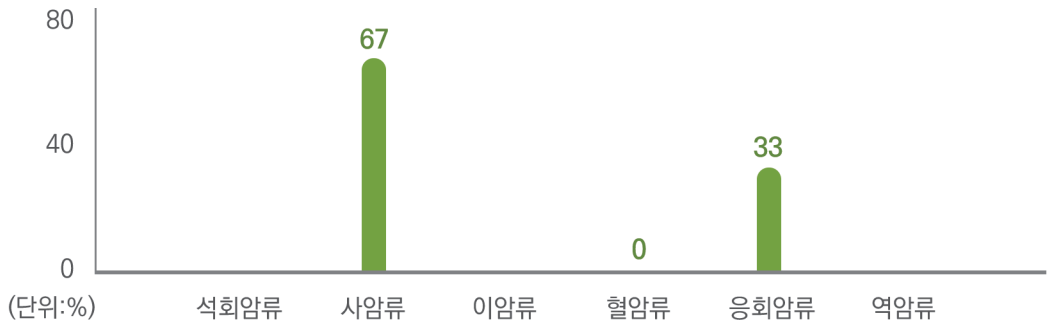


[그림 2-72] 모암 중분류(화성암)



[표 2-81] 모암 중분류(퇴적암)

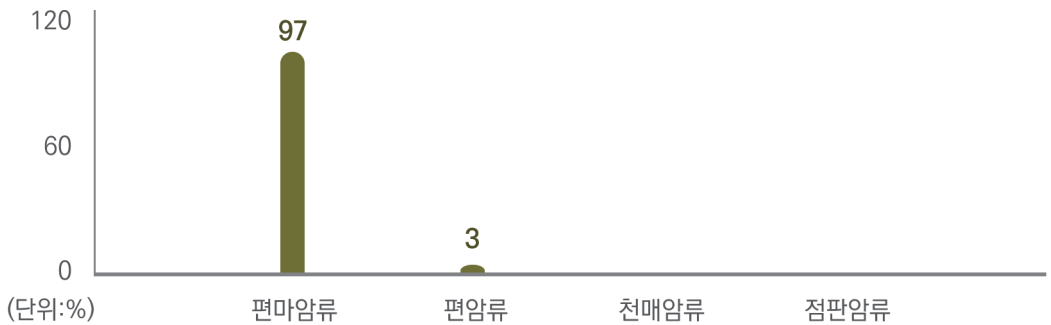
합계	퇴적암					
	석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	1,122	748	-	2	372	-
(%)	(100%)	(67%)	-	(0%)	(33%)	-



[그림 2-73] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-82] 모암 중분류(변성암)

합계	변성암			
	편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	3,442	95	-	-
(%)	(100%)	(3%)	-	-



[그림 2-74] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-83] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	17,301 (100%)	6,071 (35%)	6,169 (36%)	2,540 (15%)	978 (6%)	626 (4%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	309 (2%)	234 (1%)	139 (1%)	88 (1%)	81 (1%)	67 (0%)
		1000m 이상				

라. 방위

[표 2-84] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	17,301 (100%)	1,967 (11%)	2,520 (15%)	2,565 (15%)	1,882 (11%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	1,698 (10%)	2,442 (14%)	1,742 (10%)	2,258 (13%)	227 (1%)
		무방위			



마. 경사

[표 2-85] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	17,301	5,861	3,816	3,076	2,640	1,908
(%)	(100%)	(34%)	(22%)	(18%)	(15%)	(11%)



[그림 2-75] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-86] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	17,301	110	6,445	10,250	497
(%)	(100%)	(1%)	(37%)	(59%)	(3%)

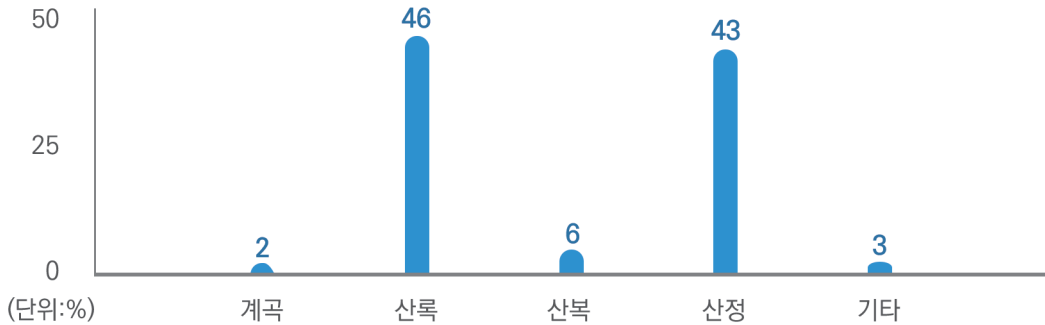


[그림 2-76] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-87] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	17,301	333	8,032	989	7,449	497
(%)	(100%)	(2%)	(46%)	(6%)	(43%)	(3%)

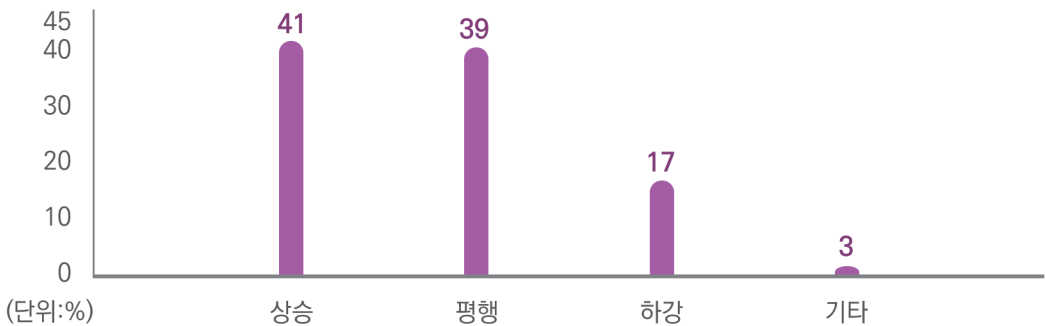


[그림 2-77] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-88] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	17,301	7,120	6,785	2,899	497
(%)	(100%)	(41%)	(39%)	(17%)	(3%)



[그림 2-78] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-89] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	17,301	6,718	9,156	666	761
(%)	(100%)	(39%)	(53%)	(4%)	(4%)

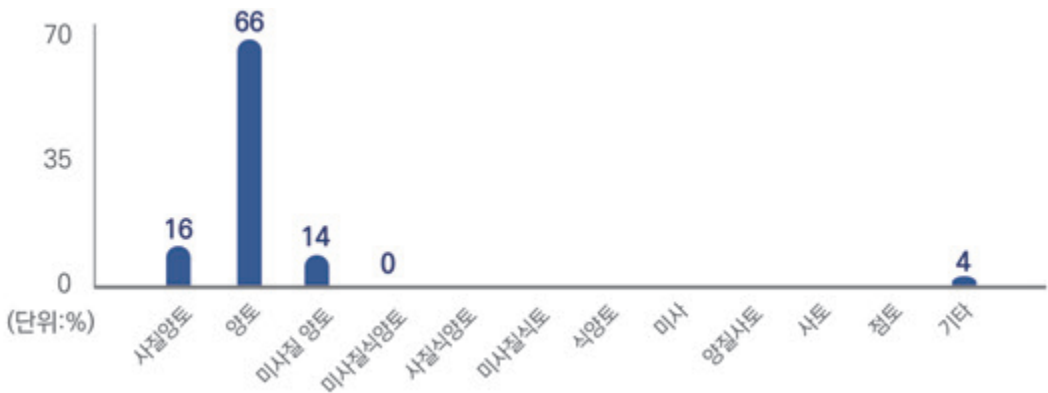


[그림 2-79] 토심 분포

차. 토성

[표 2-90] 토성 분포

합계	토성											기타	
	사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사 질양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)		
면적(ha)	17,301	2,705	11,444	2,374	17	-	-	-	-	-	-	-	761
(%)	(100%)	(16%)	(66%)	(14%)	(0%)	-	-	-	-	-	-	-	(4%)



[그림 2-80] 토성 분포

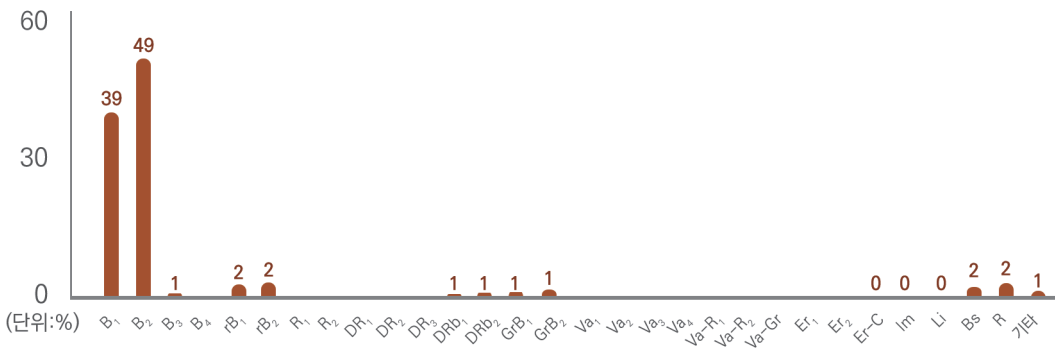
카. 토양형

[표 2-91] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	17,301	6,804	8,373	89	-	337	373	-	-	-	-
(%)	(100%)	(39%)	(49%)	(1%)	-	(2%)	(2%)	-	-	-	-

합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	93	127	145	181	-	-	-	-	-
(%)	-	(1%)	(1%)	(1%)	(1%)	-	-	-	-	-

합계		토양형								기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	
면적 (ha)	-	-	-	-	9	1	9	264	405	93
(%)	-	-	-	-	(0%)	(0%)	(0%)	(2%)	(2%)	(1%)



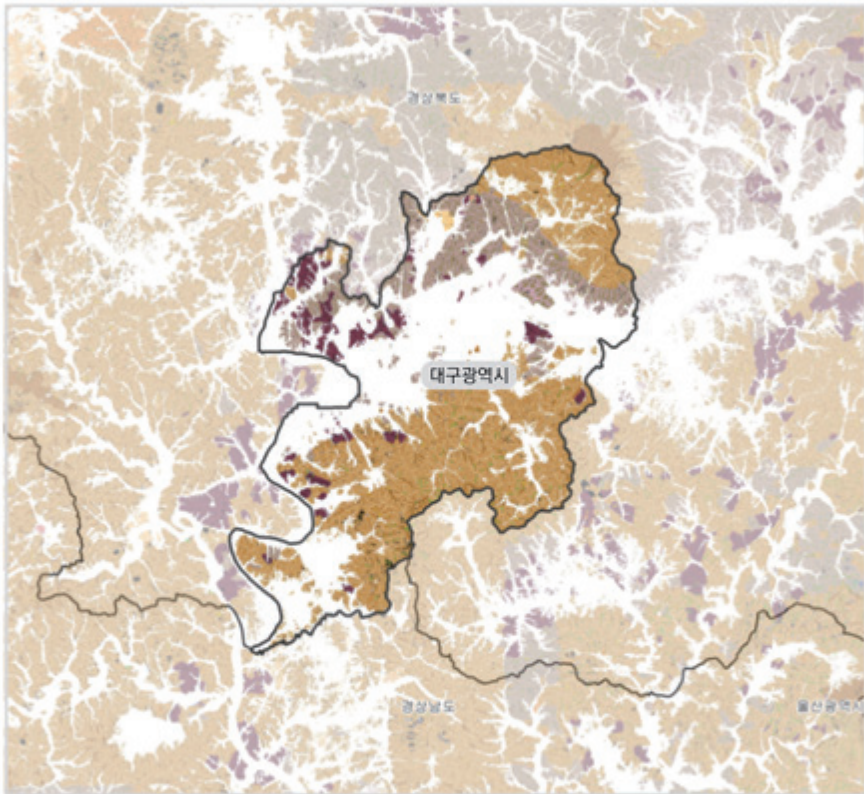
[그림 2-81] 토양형 분포



6. 대구광역시

산림입지토양도

- 대구광역시 -



범례

산림토양분류	
1. 산림토양분류	2. 산림토양분류
3. 산림토양분류	4. 산림토양분류
5. 산림토양분류	6. 산림토양분류
7. 산림토양분류	8. 산림토양분류
9. 산림토양분류	10. 산림토양분류
11. 산림토양분류	12. 산림토양분류
13. 산림토양분류	14. 산림토양분류
15. 산림토양분류	16. 산림토양분류
17. 산림토양분류	18. 산림토양분류
19. 산림토양분류	20. 산림토양분류
21. 산림토양분류	22. 산림토양분류
23. 산림토양분류	24. 산림토양분류
25. 산림토양분류	26. 산림토양분류
27. 산림토양분류	28. 산림토양분류
29. 산림토양분류	30. 산림토양분류
31. 산림토양분류	32. 산림토양분류
33. 산림토양분류	34. 산림토양분류
35. 산림토양분류	36. 산림토양분류
37. 산림토양분류	38. 산림토양분류
39. 산림토양분류	40. 산림토양분류
41. 산림토양분류	42. 산림토양분류
43. 산림토양분류	44. 산림토양분류
45. 산림토양분류	46. 산림토양분류
47. 산림토양분류	48. 산림토양분류
49. 산림토양분류	50. 산림토양분류
51. 산림토양분류	52. 산림토양분류
53. 산림토양분류	54. 산림토양분류
55. 산림토양분류	56. 산림토양분류
57. 산림토양분류	58. 산림토양분류
59. 산림토양분류	60. 산림토양분류
61. 산림토양분류	62. 산림토양분류
63. 산림토양분류	64. 산림토양분류
65. 산림토양분류	66. 산림토양분류
67. 산림토양분류	68. 산림토양분류
69. 산림토양분류	70. 산림토양분류
71. 산림토양분류	72. 산림토양분류
73. 산림토양분류	74. 산림토양분류
75. 산림토양분류	76. 산림토양분류
77. 산림토양분류	78. 산림토양분류
79. 산림토양분류	80. 산림토양분류
81. 산림토양분류	82. 산림토양분류
83. 산림토양분류	84. 산림토양분류
85. 산림토양분류	86. 산림토양분류
87. 산림토양분류	88. 산림토양분류
89. 산림토양분류	90. 산림토양분류
91. 산림토양분류	92. 산림토양분류
93. 산림토양분류	94. 산림토양분류
95. 산림토양분류	96. 산림토양분류
97. 산림토양분류	98. 산림토양분류
99. 산림토양분류	100. 산림토양분류

Scale 1:300,000



6.1. 일반현황

가. 현황

대구광역시(大邱廣域市, 영어: Daegu Metropolitan City)는 한반도 동남부 내륙에 있는 광역시이다. 팔공산과 비슬산 등 높은 산으로 둘러싸인 분지 지형으로 인해 대한민국에서 가장 기온이 높은 편에 속하는 도시이며, 대구 특수형 기후 지역으로 분류된다. 시청 소재지는 중구 동인동 1가이며, 행정구역은 7구 1군이다.

나. 지리

대구광역시는 한반도 동남부 내륙에 위치한 광역시이다. 대구는 영남 지방 내륙 지방의 중앙에 위치한다. 동쪽으로 경상북도 경산시, 영천시, 서쪽으로 고령군, 성주군, 북쪽으로 군위군, 칠곡군, 남쪽으로 청도군, 경상남도 창원군과 경계를 접한다. 대구는 높고 규모가 큰 산줄기로 둘러싸인 분지 지형이다. 북쪽에는 팔공산(1,193m)의 산줄기가 이어져 있고, 남쪽으로는 비슬산(1,084m)의 높은 산줄기가 이어져 있다. 하천으로는 신천이 남에서 북으로 흐르고 북쪽에서 금호강과 합쳐진다. 대구 시가지는 신천을 중심으로 양쪽으로 넓게 펼쳐져 있다.

다. 행정구역

대구광역시는 7개 구와 1개 군으로 이루어져 있다. 2018년 12월 31일 주민등록 인구는 1,021,266세대 2,489,802명이다.

라. 기후

대구는 전체적인 강수량이 적은 소우지이다. 최고기록기온이 40 ° C, 최저기록 기온이 -20.2 ° C에 달한 적이 있었다. 대구는 대한민국에서 여름 평균 기온이 높은 편이다. 1942년에 기록한 40도는 관측 이래 대한민국에서 두 번째로 높은 최고 기온 기록이기도 하다. 이런 특수한 기후로 인해 지리적 기후 구분으로는 남부 내륙 중에서도 '대구 특수형 기후'에 속한다. 중위도 온대성 기후대에 위치하고 있으며, 이로 인해 여름에 고온·다습하며, 겨울에는 한랭·건조한 대륙성 고기압의 영향을 받아 춥고 건조하다. 또한 태백산맥이 남북으로 길게 뻗어 있기 때문에 영동지역과 영서지역의 기후 또한 다른 특성을 보여주고 있다.

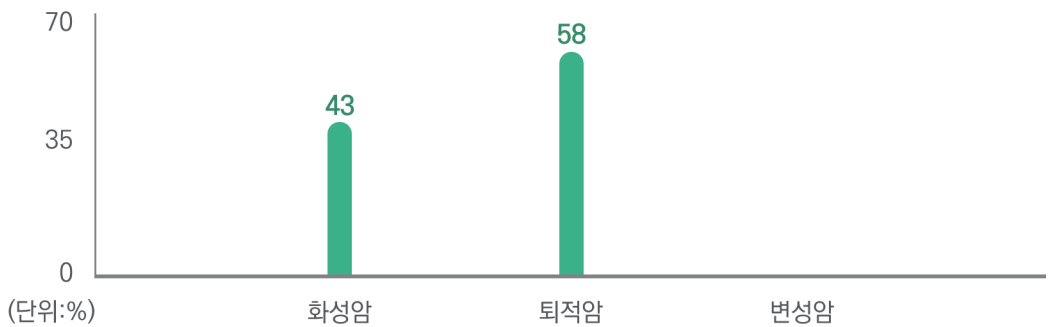


6.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-92] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	47,825	20,323	27,501	-
(%)	(100%)	(43%)	(58%)	-

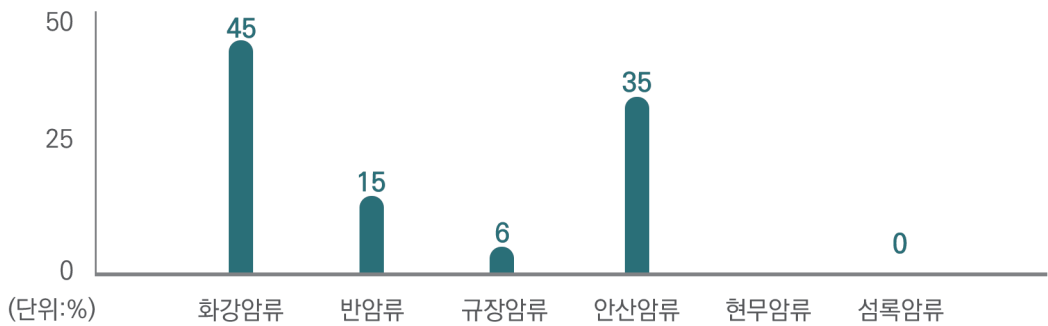


[그림 2-82] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-93] 모암 중분류(화성암)

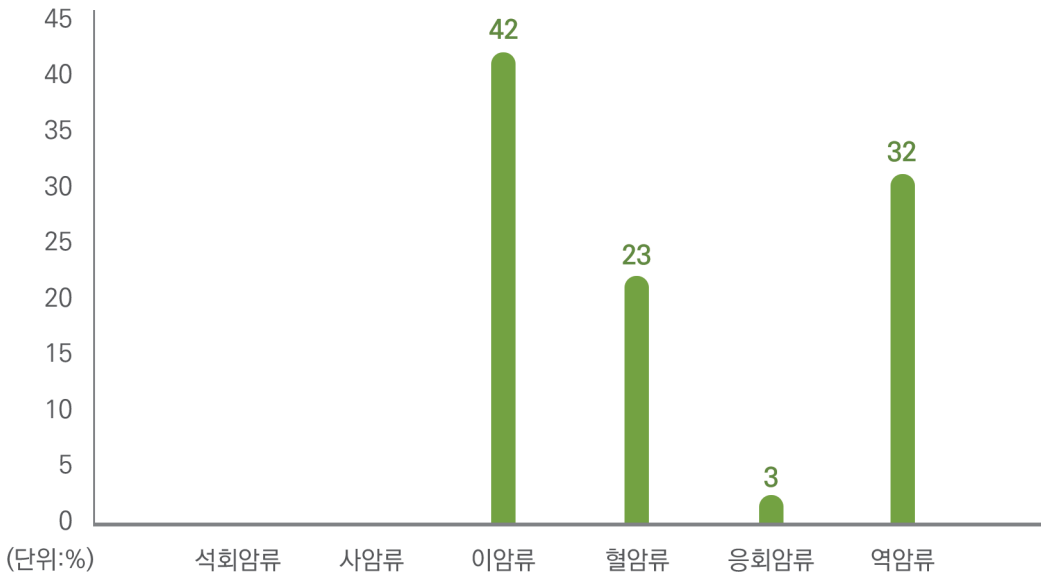
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	20,323	9,155	2,988	1,151	7,002	-	28
(%)	(100%)	(45%)	(15%)	(6%)	(35%)	-	(0%)



[그림 2-83] 모암 중분류(화성암)

[표 2-94] 모암 중분류(퇴적암)

합계	퇴적암						
	석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류	
면적(ha)	27,501	-	-	11,465	6,275	939	8,822
(%)	(100%)	-	-	(42%)	(23%)	(3%)	(32%)



[그림 2-84] 모암 중분류(퇴적암)



다. 표고

[표 2-95] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	47,825 (100%)	7,457 (16%)	11,791 (25%)	7,709 (16%)	6,995 (15%)	5,303 (11%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	3,686 (8%)	2,132 (5%)	1,456 (3%)	890 (2%)	304 (1%)	103 (0%)

라. 방위

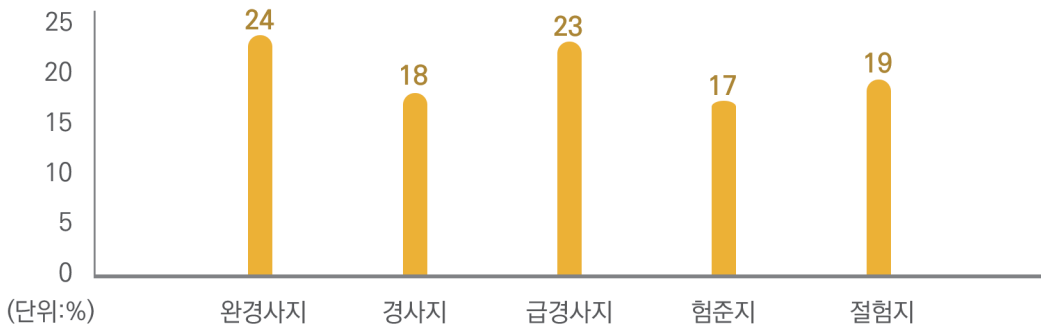
[표 2-96] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	47,825 (100%)	5,175 (11%)	7,322 (15%)	6,653 (14%)	4,619 (10%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	4,800 (10%)	5,710 (12%)	5,601 (12%)	7,944 (17%)	1 (0%)

마. 경사

[표 2-97] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	47,825	11,229	8,413	10,764	8,201	9,219
(%)	(100%)	(24%)	(18%)	(23%)	(17%)	(19%)

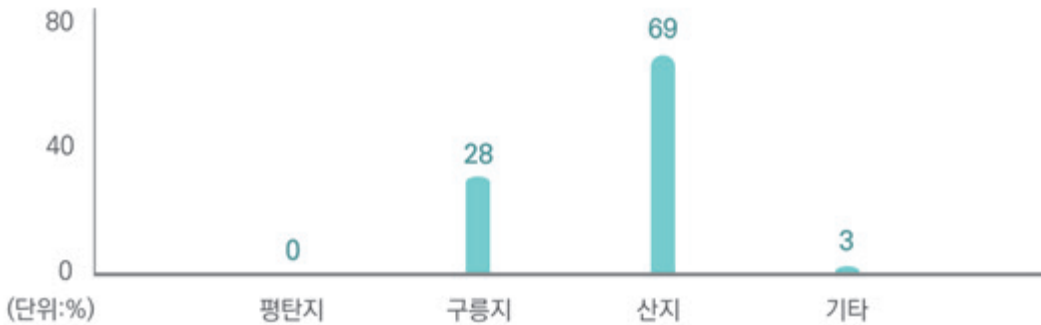


[그림 2-85] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-98] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	47,825	3	13,523	32,936	1,362
(%)	(100%)	(0%)	(28%)	(69%)	(3%)



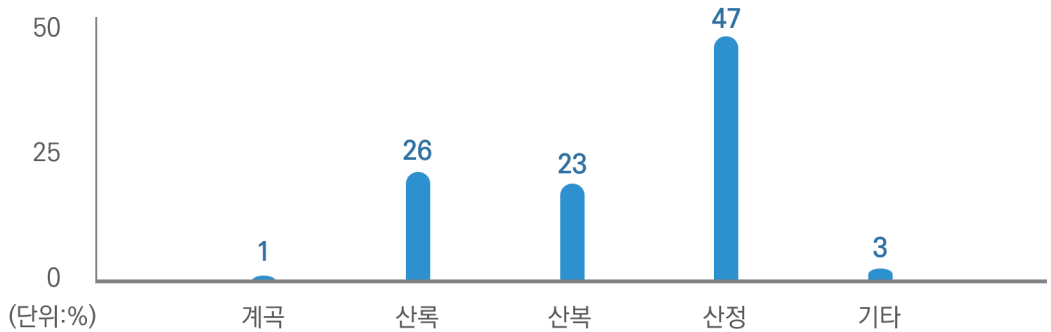
[그림 2-86] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-99] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	47,825	401	12,304	11,192	22,566	1,362
(%)	(100%)	(1%)	(26%)	(23%)	(47%)	(3%)

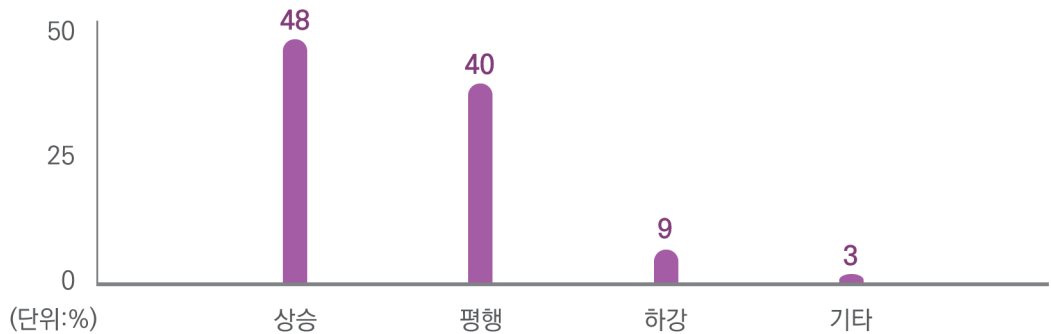


[그림 2-87] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-100] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	47,825	22,715	19,252	4,495	1,362
(%)	(100%)	(48%)	(40%)	(9%)	(3%)



[그림 2-88] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-101] 토심 분포

합계	토심			기타
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha) (%)	47,825 (100%)	30,452 (64%)	14,610 (31%)	1,193 (3%)

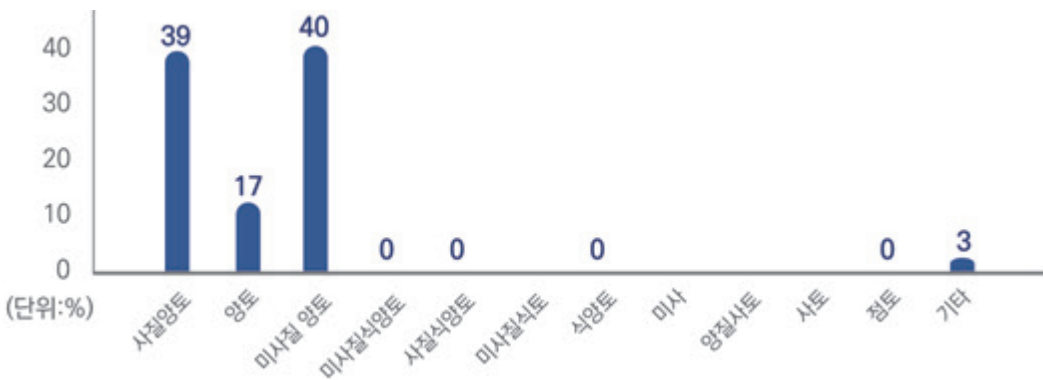


[그림 2-89] 토심 분포

차. 토성

[표 2-102] 토성 분포

합계	토성												
	사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	기타	
면적(ha) (%)	47,825 (100%)	18,735 (39%)	8,210 (17%)	19,306 (40%)	2 (0%)	2 (0%)	- (0%)	0 (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)	1 (0%)	1,570 (3%)



[그림 2-90] 토성 분포



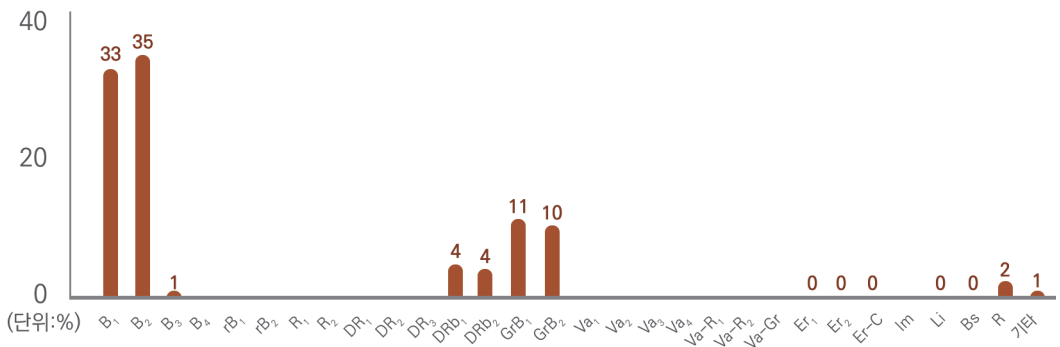
카. 토양형

[표 2-103] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	47,825	15,598	16,539	331	-	-	-	-	-	-	-
(%)	(100%)	(33%)	(35%)	(1%)	-	-	-	-	-	-	-

합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	1,755	1,693	5,431	4,657	-	-	-	-	-
(%)	-	(4%)	(4%)	(11%)	(10%)	-	-	-	-	-

합계		토양형								기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	
면적 (ha)	-	-	103	95	9	-	43	207	969	394
(%)	-	-	(0%)	(0%)	(0%)	-	(0%)	(0%)	(2%)	(1%)



[그림 2-91] 토양형 분포



7.1. 일반현황

가. 현황

대전광역시(大田廣域市)는 대한민국의 중앙부에 있는 광역시이다. 경부고속철도, 경부선, 호남선 철도가 분기하고, 경부고속도로와 호남고속도로지선, 대전통영고속도로, 당진영덕고속도로 등 주요 고속도로가 연결되는 교통의 중심이다. 1997년 정부대전청사가 설립되어 중앙행정기관이 입주해 있으며, 정부출연 연구기관과 공공 및 민간 연구소가 밀집한 과학 도시이다. 시청은 서구 산산동에 있으며, 행정구역은 5구 78행정동 177법정동이다.

나. 지리

대전은 수도권과 영남·호남을 잇는 삼남의 관문이며, 고속도로와 철도, 국도가 분기하는 교통의 요지이다. 북서쪽으로 세종특별자치시, 서쪽으로 충청남도 공주시, 남서쪽으로 논산시·계룡시, 남쪽으로 금산군, 북동쪽으로 충청북도 청주시, 동쪽으로 옥천군·보은군과 인접한다.

다. 행정구역

대전광역시의 행정구역은 대체로 3대 하천의 물길을 따라 구획되어 있다. 대전천의 동쪽은 동구와 대덕구, 대전천과 유등천 사이는 중구, 유등천과 갑천 사이는 서구, 갑천의 서쪽은 유성구, 갑천의 동쪽은 대덕구이다.

라. 기후

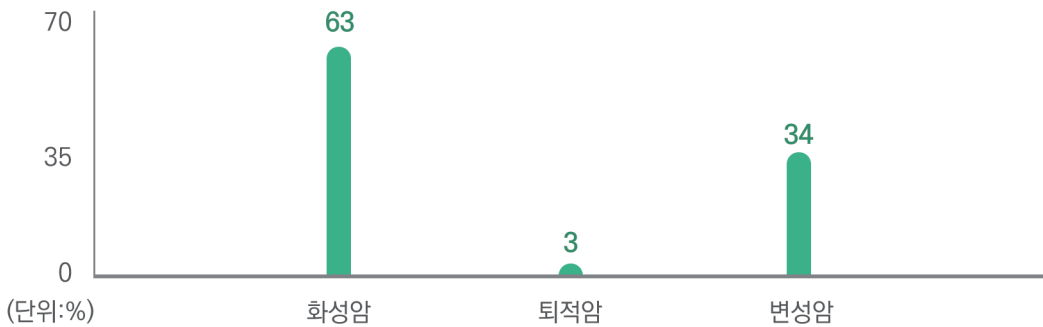
대전은 냉대동계건조기후와 온대하우기후의 특성을 모두 띄고 있다. 기온은 연평균 기온 13.0℃, 가장 무더운 달인 8월의 평균기온은 25.6℃, 가장 추운 달인 1월의 평균기온은 -1.0℃이며, 연교차는 26.6℃로 대륙성기후 특성을 나타내고 있다. 극값으로는 최고기온이 39.3℃(2018. 8. 15), 최저기온은 -19.0℃(1969. 2. 6)를 나타내었다. 강수량은 연평균이 1458.7mm이며 계절적으로 연강수량의 50-60%가 여름에 내리고, 5-10%는 겨울에 내린다.

7.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-104] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	27,884	17,611	799	9,475
(%)	(100%)	(63%)	(3%)	(34%)

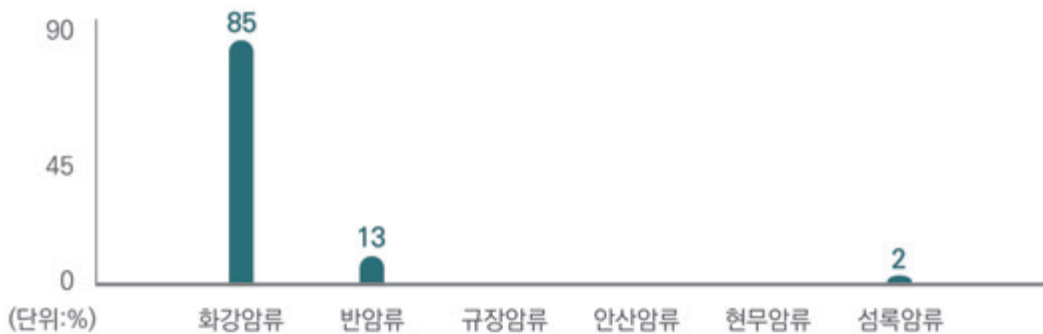


[그림 2-92] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-105] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	17,611	15,025	2,281	-	-	-	305
(%)	(100%)	(85%)	(13%)	-	-	-	(2%)

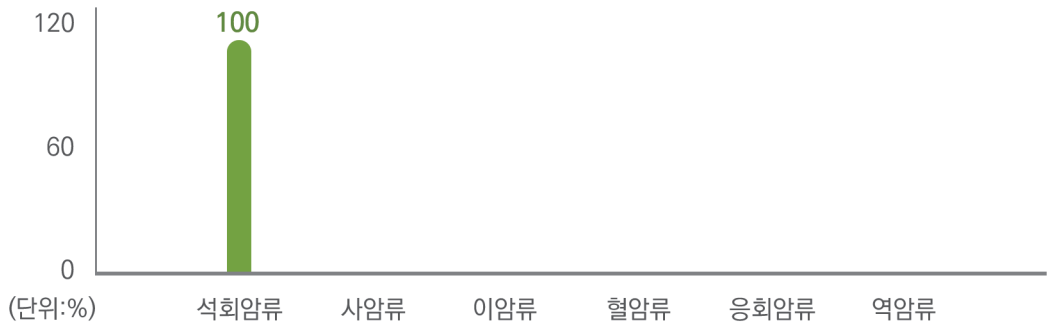


[그림 2-93] 모암 중분류(화성암)



[표 2-106] 모암 중분류(퇴적암)

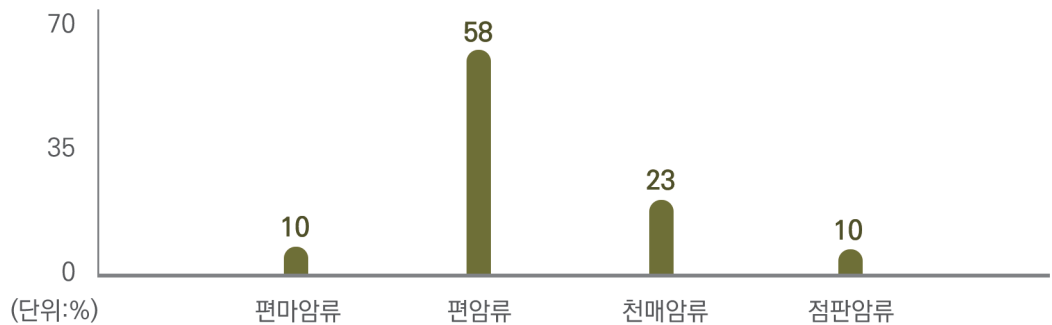
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	799	799	-	-	-	-	-
(%)	(100%)	(100%)	-	-	-	-	-



[그림 2-94] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-107] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	9,475	947	5,450	2,165	913
(%)	(100%)	(10%)	(58%)	(23%)	(10%)



[그림 2-95] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-108] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha)	27,884	3,880	14,066	6,881	2,486	525
(%)	(100%)	(14%)	(50%)	(25%)	(9%)	(2%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha)	46	-	-	-	-	-
(%)	(0%)	-	-	-	-	-

라. 방위

[표 2-109] 방위 분포

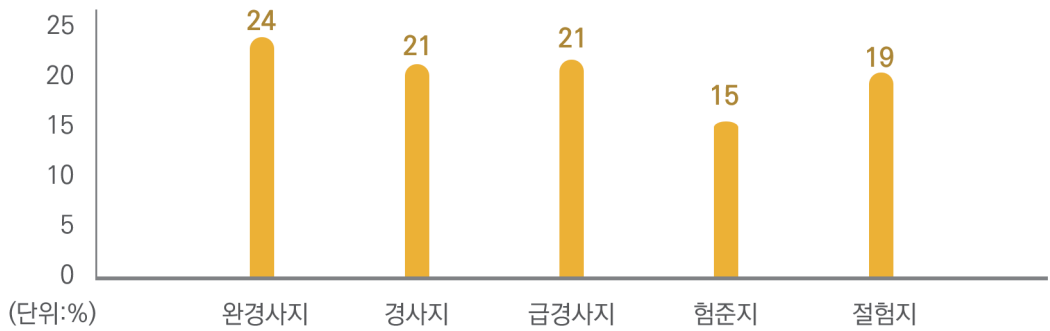
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha)	27,884	4,242	3,902	3,139	2,988
(%)	(100%)	(15%)	(14%)	(11%)	(11%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha)	3,218	3,473	3,188	3,642	93
(%)	(12%)	(13%)	(11%)	(13%)	(0%)



마. 경사

[표 2-110] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	27,884	6,543	5,811	5,882	4,203	5,445
(%)	(100%)	(24%)	(21%)	(21%)	(15%)	(19%)

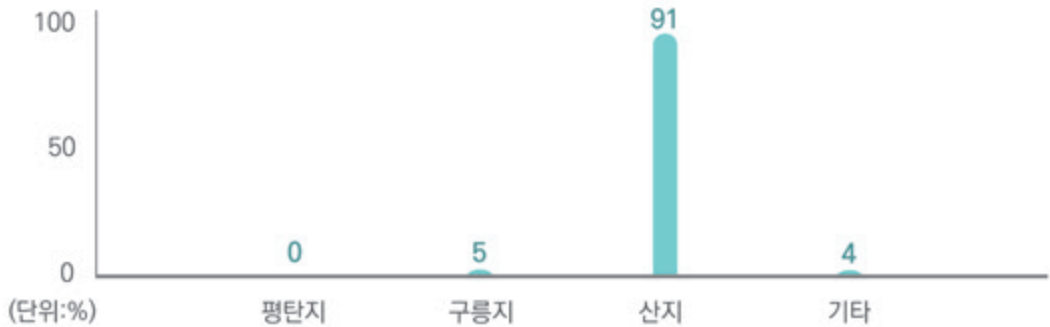


[그림 2-96] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-111] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	27,884	44	1,248	25,383	1,209
(%)	(100%)	(0%)	(5%)	(91%)	(4%)

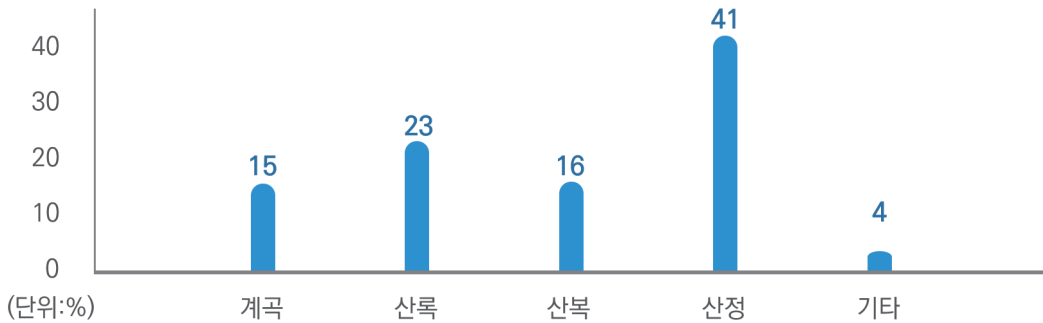


[그림 2-97] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-112] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	27,884	4,289	6,512	4,340	11,533	1,209
(%)	(100%)	(15%)	(23%)	(16%)	(41%)	(4%)

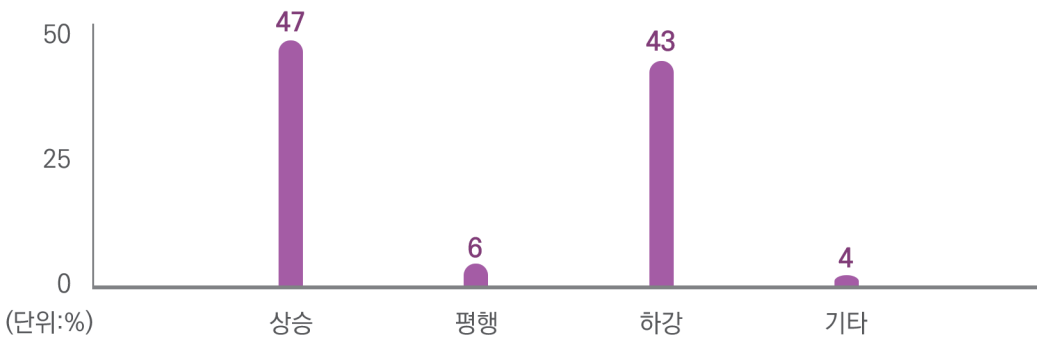


[그림 2-98] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-113] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	27,884	13,022	1,793	11,860	1,209
(%)	(100%)	(47%)	(6%)	(43%)	(4%)



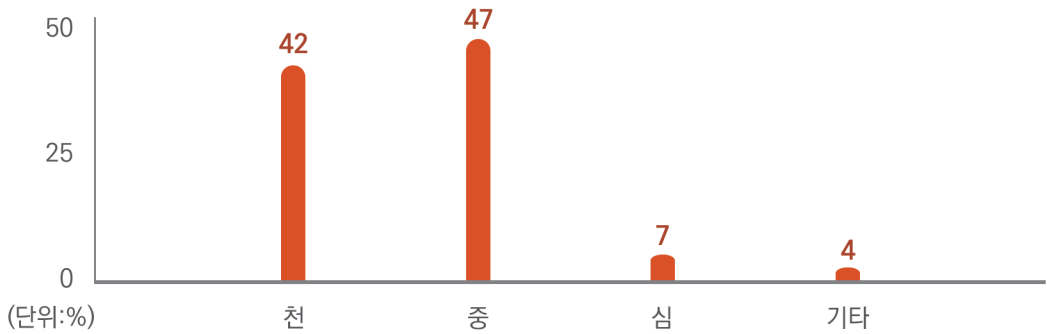
[그림 2-99] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-114] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	27,884	11,620	13,103	1,952	1,209
(%)	(100%)	(42%)	(47%)	(7%)	(4%)

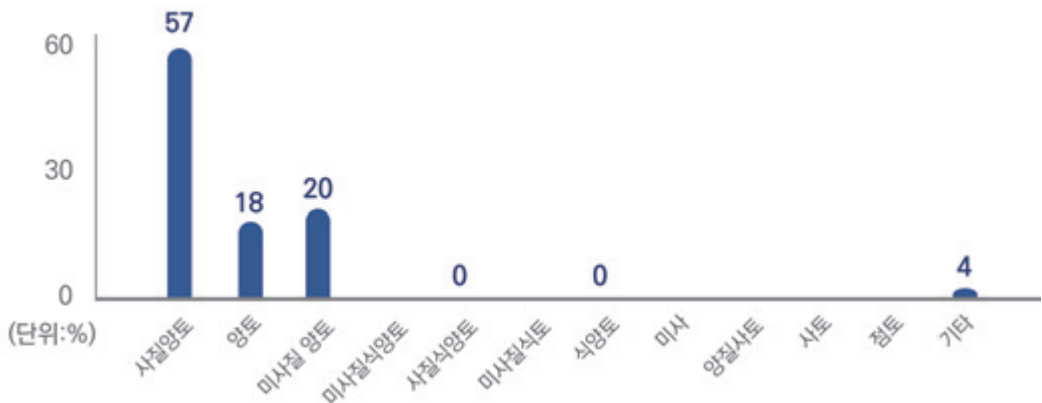


[그림 2-100] 토심 분포

차. 토성

[표 2-115] 토성 분포

합계	토성											기타	
	사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)		
면적(ha)	27,884	15,822	4,967	5,885	-	0	-	1	-	-	-	-	1,209
(%)	(100%)	(57%)	(18%)	(20%)	-	(0%)	-	(0%)	-	-	-	-	(4%)



[그림 2-101] 토성 분포

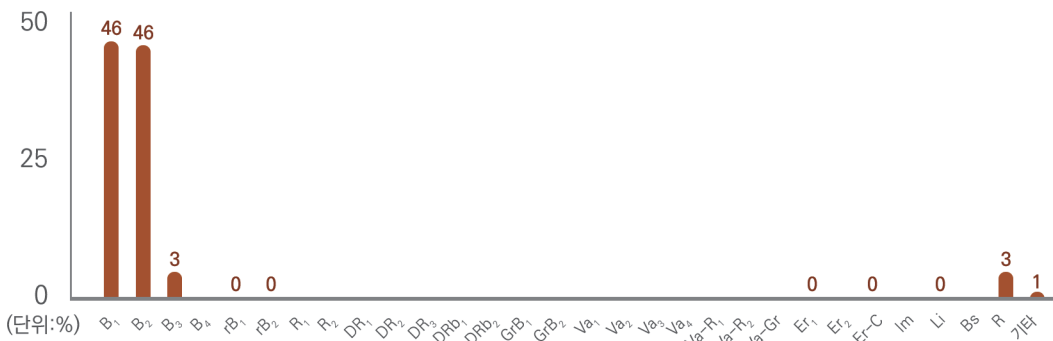
카. 토양형

[표 2-116] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	27,884	12,846	12,782	956	-	27	20	-	-	-	-
(%)	(100%)	(46%)	(46%)	(3%)	-	(0%)	(0%)	-	-	-	-

합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

합계		토양형								기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	
면적 (ha)	-	-	10	-	1	-	32	-	948	261
(%)	-	-	(0%)	-	(0%)	-	(0%)	-	(3%)	(1%)



[그림 2-102] 양형 분포

8.1. 일반현황

가. 현황

부산광역시(釜山廣域市, 영어: Busan Metropolitan City)는 대한민국 동남부 해안에 위치한 광역시이다. 부산은 한반도의 남동단에 자리잡고 있고, 바다에 면한 남쪽을 제외하고는 경상남도와 접하고 있으며, 남으로는 대한해협에 면해 있고, 북으로는 울산광역시와 양산시의 동면과 물금읍, 서로는 김해시의 대동면과 경계를 이루고 있다. 시청 소재지는 연제구 연산동이다.

나. 지리

부산의 지형은 크게 동부의 구릉성지대와 서부의 평야지대로 대별할 수 있다. 동부는 대부분 해발 300 ~ 700m의 구릉으로 부산항을 병풍처럼 감싸고 있다. 해안은 리아스식 해안으로 해안선이 복잡하며, 해안평야가 발달하지 않아 평탄면이 협소하다. 김해에서 부산으로 편입된 김해평야는 낙동강 하구에 발달한 삼각주로 오랫동안 낙동강 상류에서 운반되어 퇴적된 평균 60m 이상의 총적층으로 구성되어 있고 경작지로서의 생산성이 매우 높은 총적평야이다. 지금도 낙동강류와 연안류에 의해 사주(砂州)가 해안선을 따라 발달 중에 있다.

다. 행정구역

부산광역시의 행정구역은 15개 구, 1개 군, 210개 읍면동으로 구성되어 있다. 부산광역시의 면적은 765.82km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 3,438,710명, 1,530,403가구이다.

라. 기후

기후대적 위치로는 온대 계절풍 기후대와 대륙 동안 기후대에 속하며, 부산이 대한해협에 면해있기 때문에 해양의 영향을 크게 받아 해양성기후의 특징이 잘 나타난다. 연평균기온 14.0℃, 1월 평균기온 2.2℃, 8월 평균기온 25.4℃이며, 연교차는 23.3℃이다. 연강수량은 1466.2mm로 다우지역에 속하며, 연강수량의 45~50%인 500~700mm가 여름철(6~8월)에 집중된다. 바람은 겨울에 북서풍, 여름에 남서풍이 탁월하며, 연평균풍속이 4.4m/sec로 연중 강한 바람이 많이 분다. 해안에서는 해륙풍이 많이 나타나며, 특히 9월에 심한편이다.

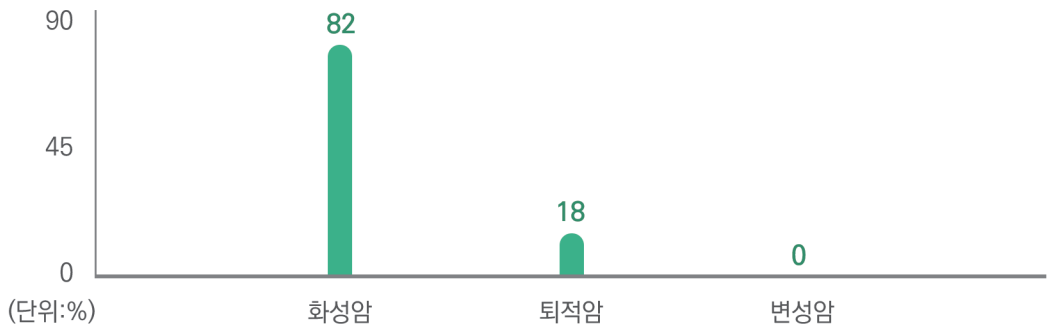


8.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-117] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	34,049	27,941	6,108	0
(%)	(100%)	(82%)	(18%)	(0%)

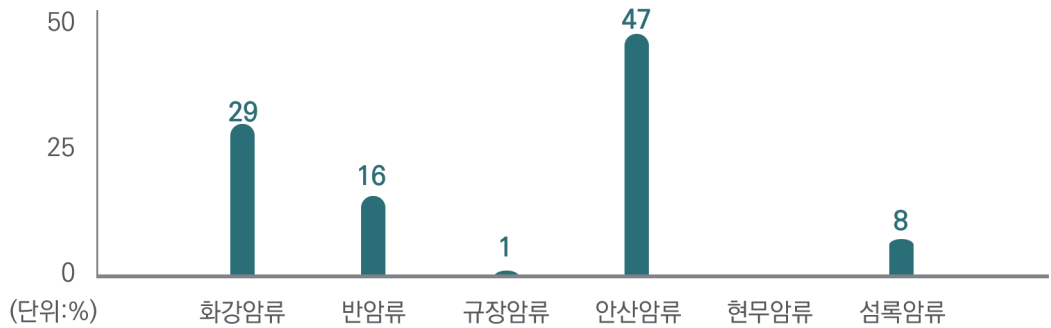


[그림 2-103] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-118] 모암 중분류(화성암)

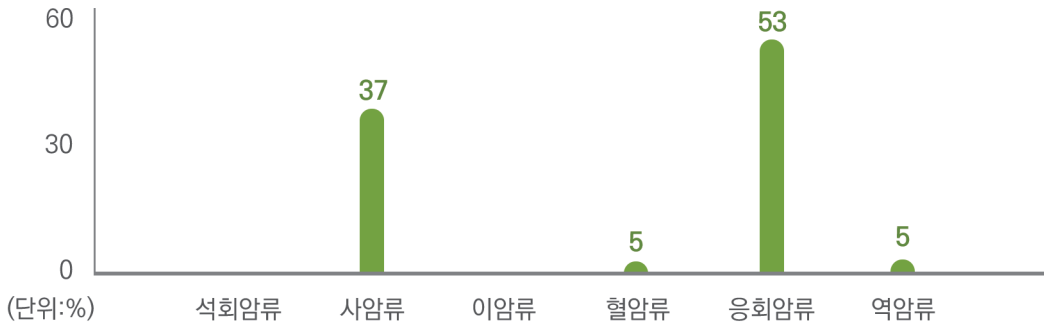
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	27,941	8,048	4,555	135	13,028	-	2,176
(%)	(100%)	(29%)	(16%)	(1%)	(47%)	-	(8%)



[그림 2-104] 모암 중분류(화성암)

[표 2-119] 모암 중분류(퇴적암)

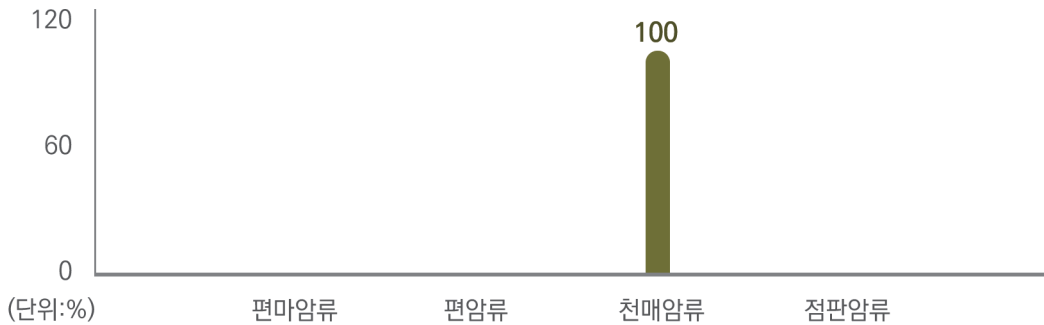
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	6,108	-	2,265	-	302	3,225	315
(%)	(100%)	-	(37%)	-	(5%)	(53%)	(5%)



[그림 2-105] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-120] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	0	-	-	0	-
(%)	(100%)	-	-	(100%)	-



[그림 2-106] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-121] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	34,049 (100%)	8,240 (24%)	12,154 (36%)	7,575 (22%)	3,347 (10%)	1,934 (6%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	727 (2%)	69 (0%)	3 (0%)	- -	- -	1000m 이상 -

라. 방위

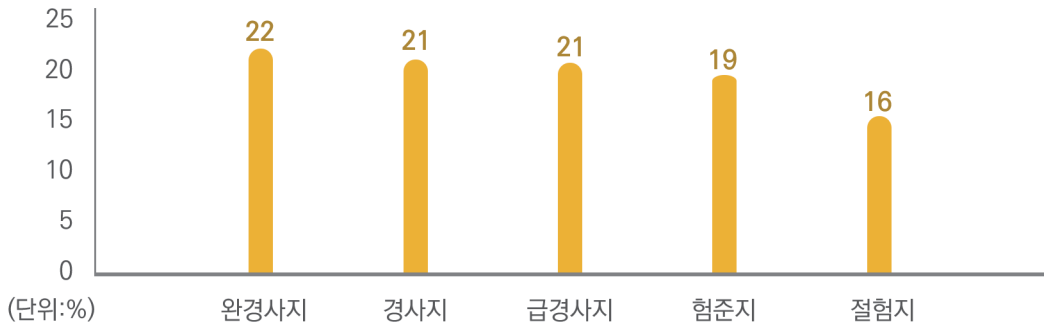
[표 2-122] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	34,049 (100%)	4,202 (12%)	4,629 (14%)	5,034 (15%)	3,234 (10%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	3,502 (10%)	3,517 (10%)	5,975 (18%)	3,905 (12%)	무방위 53 (0%)

마. 경사

[표 2-123] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	34,049	7,590	7,263	7,144	6,618	5,434
(%)	(100%)	(22%)	(21%)	(21%)	(19%)	(16%)

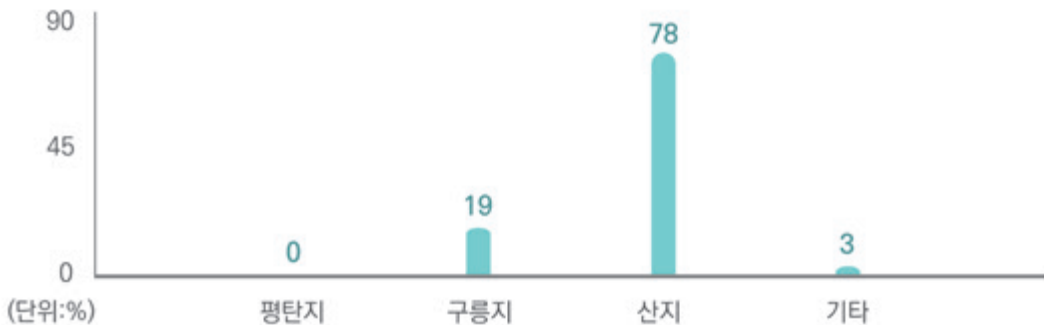


[그림 2-107] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-124] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	34,049	20	6,398	26,666	966
(%)	(100%)	(0%)	(19%)	(78%)	(3%)



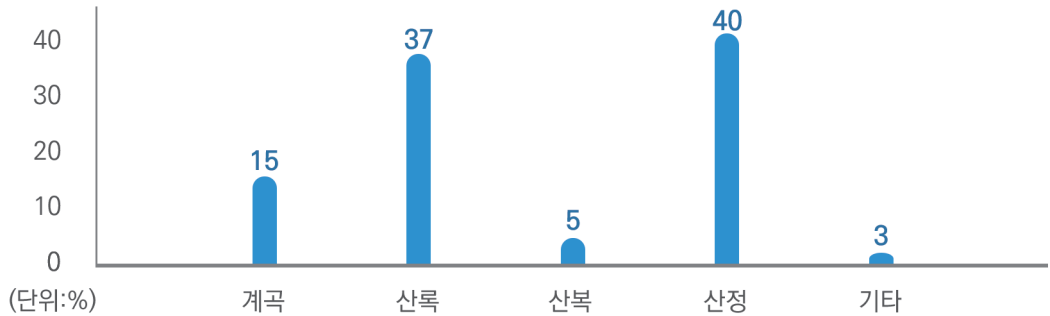
[그림 2-108] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-125] 사면위치 분포

합계	사면위치				기타	
	계곡	산록	산복	산정		
면적(ha)	34,049	5,165	12,622	1,584	13,712	966
(%)	(100%)	(15%)	(37%)	(5%)	(40%)	(3%)

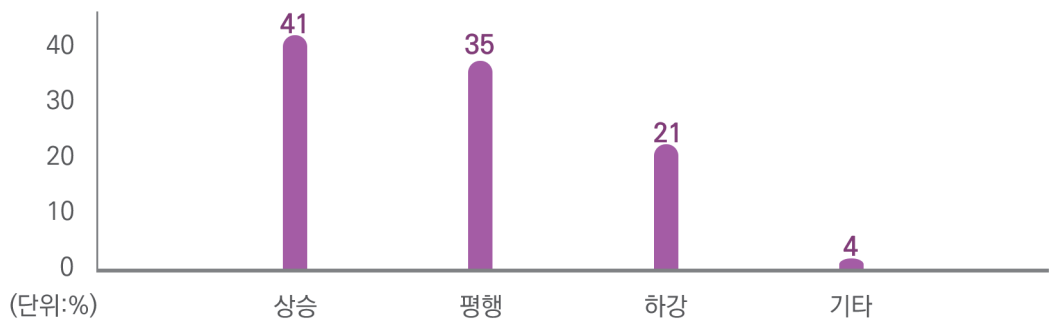


[그림 2-109] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-126] 경사형태 분포

합계	경사형태			기타	
	상승	평행	하강		
면적(ha)	34,049	13,816	12,029	7,239	966
(%)	(100%)	(41%)	(35%)	(21%)	(3%)



[그림 2-110] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-127] 토심 분포

합계	토심			기타	
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)		
면적(ha) (%)	34,049 (100%)	13,257 (39%)	16,933 (50%)	2,853 (8%)	1,006 (3%)

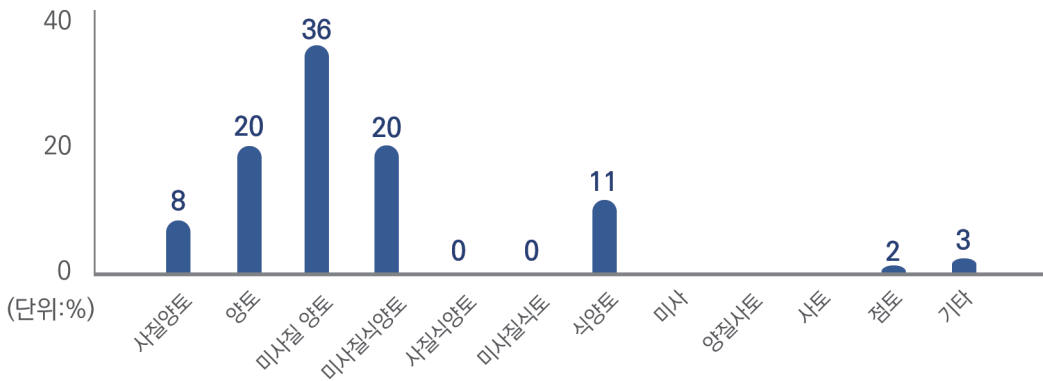


[그림 2-111] 토심 분포

차. 토성

[표 2-128] 토성 분포

합계	토성												
	사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	기타	
면적(ha) (%)	34,049 (100%)	2,637 (8%)	6,849 (20%)	12,349 (36%)	6,942 (20%)	7 (0%)	4 (0%)	3,638 (11%)	-	-	-	618 (2%)	1,006 (3%)



[그림 2-112] 토성 분포



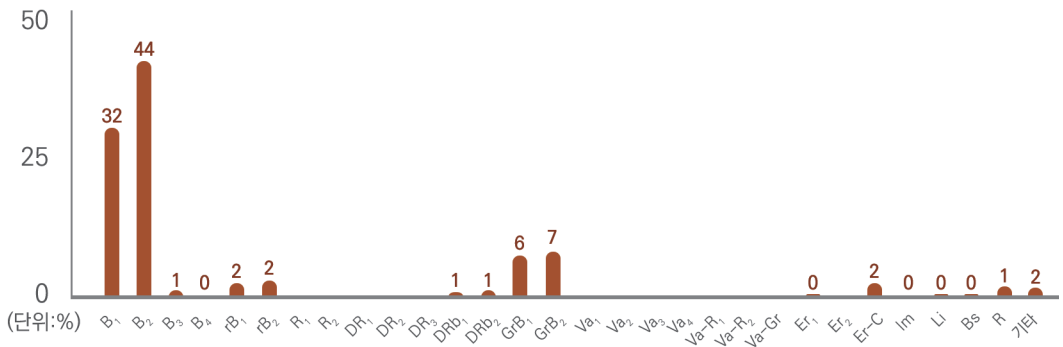
카. 토양형

[표 2-129] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	34,049	10,922	14,911	358	9	613	780	-	-	-	-
(%)	(100%)	(32%)	(44%)	(1%)	(0%)	(2%)	(2%)	-	-	-	-

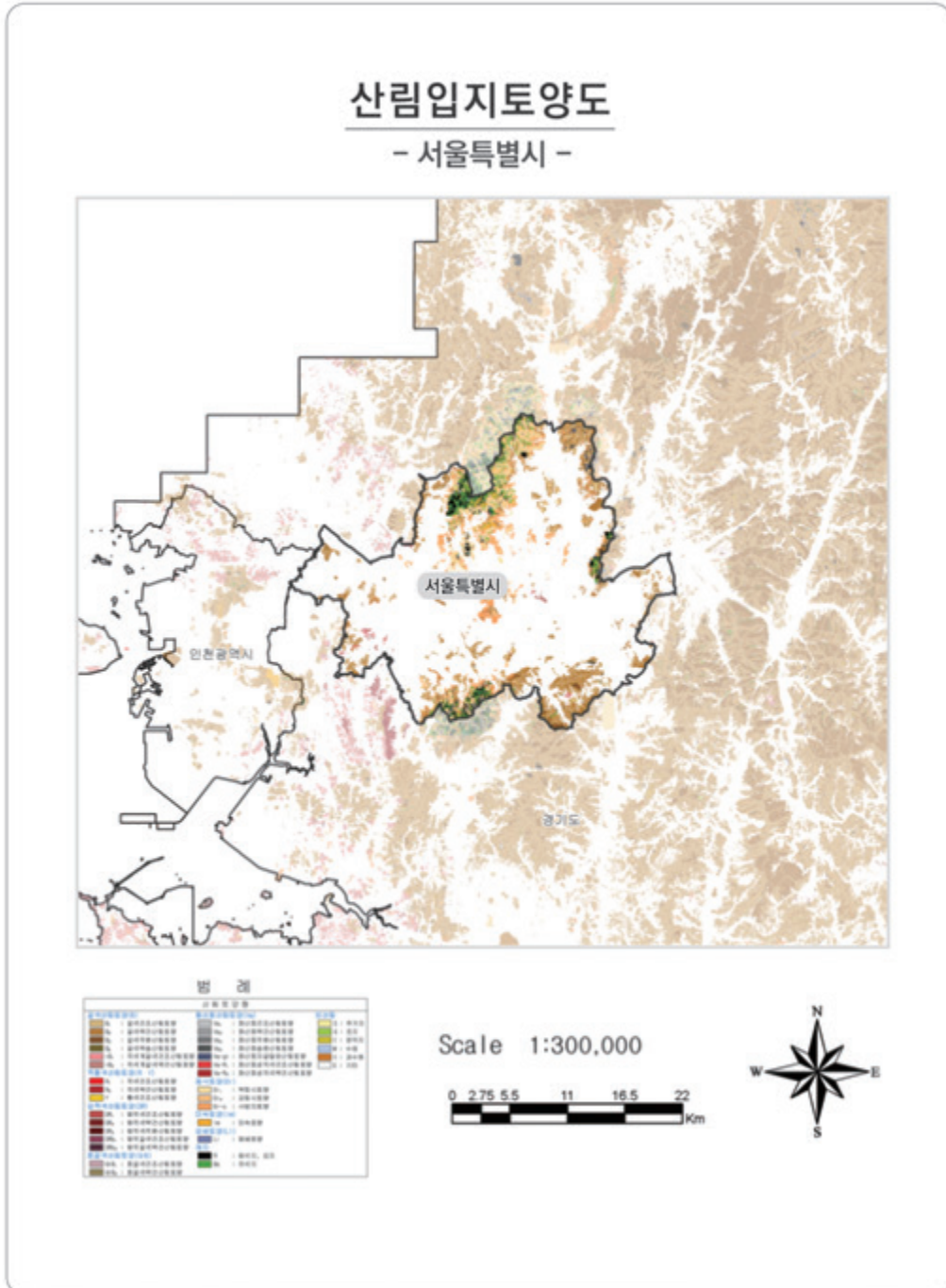
합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	192	328	2,040	2,227	-	-	-	-	-
(%)	-	(1%)	(1%)	(6%)	(7%)	-	-	-	-	-

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	22	-	586	2	55	40	453	513	
(%)	-	-	(0%)	-	(2%)	(0%)	(0%)	(0%)	(1%)	(2%)	



[그림 2-113] 토양형 분포

9. 서울특별시





9.1. 일반현황

가. 현황

대한민국의 수도이자 최대 도시이다. 백제의 첫 수도인 위례성이었고, 고려의 남경이었으며, 조선의 수도가 된 이후로 현재까지 대한민국 정치·경제·사회·문화의 중심지이다. 중앙으로 한강이 흐르고, 북한산, 관악산, 도봉산, 불암산, 인릉산, 청계산, 아차산 등의 산들로 둘러싸인 분지 지형의 도시이다.

나. 지리

서울은 북위 37° 34′, 동경 126° 59′의 한반도 중서부에 위치하는 분지 지형의 도시이다. 시의 중심으로 한강이 흐르고, 서울 도심에는 남산(270m), 인왕산(338m)이 있다. 시 주변으로 북한산(836m), 관악산(629m), 도봉산(740m), 수락산(641m), 불암산(510m), 구룡산(306m), 우면산(293m), 아차산(295m), 지양산 등이 서울을 둘러싸며 경기도 및 인천광역시와 자연적 경계를 이루고 있다. 동서 간의 거리는 36.78 km, 남북 간의 거리는 30.3km이며, 면적은 약 605.25km²이다.

다. 행정구역

서울특별시의 행정구역은 25개 자치구와 424개 행정동이 있다. 한강 남쪽에 11개, 한강 북쪽에 14개 자치구가 있다. 2020년 4월말 주민등록 인구는 9,726,787명이다.

라. 기후

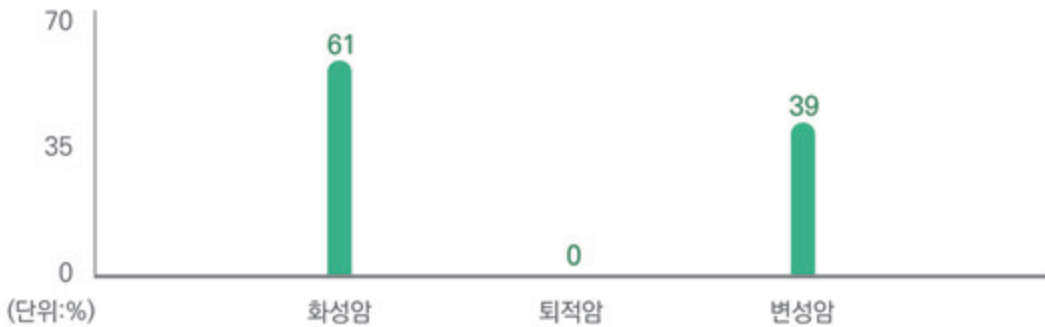
서울은 냉대 동계 소우 기후 또는 온대 하우 기후에 속하며, 습윤 대륙성 기후로 분류하기도 한다. 기온의 연교차가 큰 대륙성 기후이다. 최근 기온 상승으로 인해 최한월의 평균기온이 -3°C보다 높은 -2.4°C로 높아져 대한민국 기상청은 온대 하우 기후로 변경했다. 그러나 이는 열섬 현상으로 인한 것으로 외곽 지역은 여전히 -3°C 미만으로 내려간다는 점과 냉대 기후의 최한월의 평균기온 기준을 0°C 미만으로 간주하는 경우도 많다는 점에서 온대기후와 냉대기후의 중간정도 되는 기후이다.

9.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-130] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	14,840	8,977	2	5,842
(%)	(100%)	(61%)	(0%)	(39%)

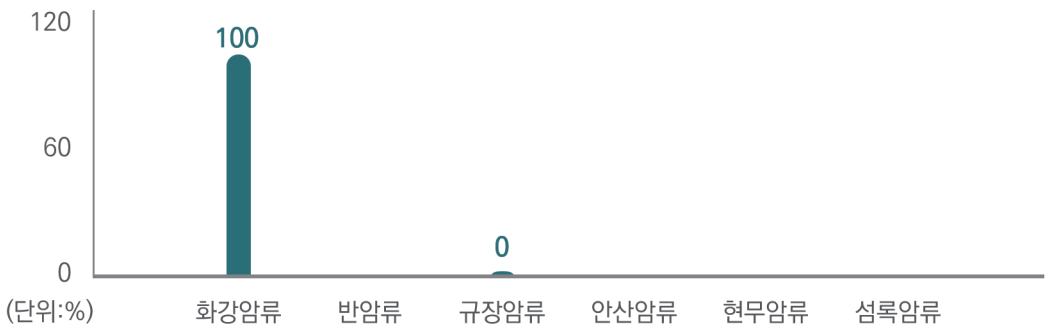


[그림 2-114] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-131] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	8,977	8,947	-	30	-	-	-
(%)	(100%)	(100%)	-	(0%)	-	-	-

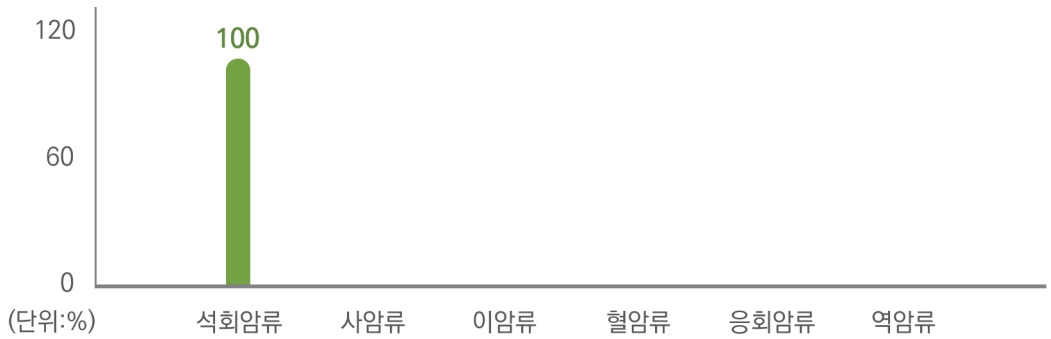


[그림 2-115] 모암 중분류(화성암)



[표 2-132] 모암 중분류(퇴적암)

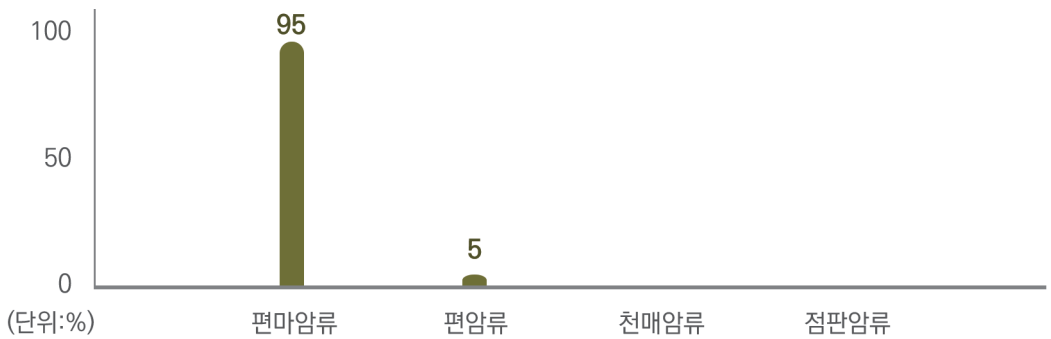
합계	퇴적암					
	석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha) (%)	2 (100%)	- -	- -	- -	- -	- -



[그림 2-116] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-133] 모암 중분류(변성암)

합계	변성암			
	편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha) (%)	5,842 (100%)	284 (5%)	- -	- -



[그림 2-117] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-134] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	14,840 (100%)	5,752 (39%)	5,122 (35%)	2,178 (15%)	1,099 (7%)	462 (3%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	181 (1%)	45 (0%)	1 (0%)	- -	- -	1000m 이상 -

라. 방위

[표 2-135] 방위 분포

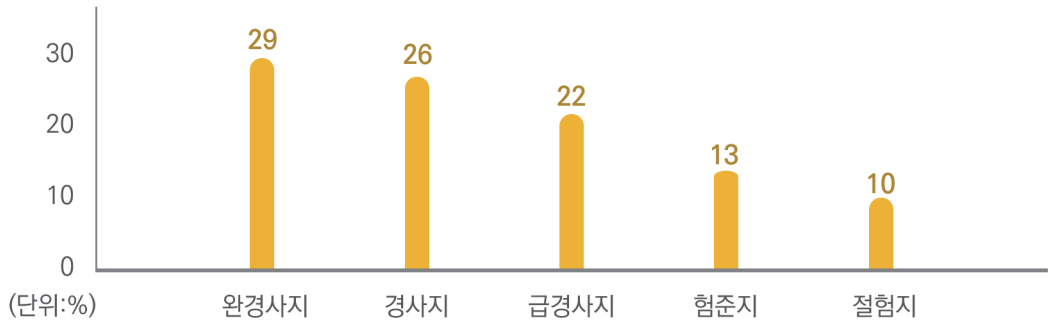
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	14,840 (100%)	2,262 (15%)	2,232 (15%)	1,693 (11%)	1,473 (10%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	1,401 (9%)	1,590 (11%)	2,237 (15%)	1,650 (11%)	304 (2%)



마. 경사

[표 2-136] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	14,840	4,307	3,846	3,284	1,935	1,469
(%)	(100%)	(29%)	(26%)	(22%)	(13%)	(10%)



[그림 2-118] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-137] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	14,840	149	3,174	10,384	1,133
(%)	(100%)	(1%)	(21%)	(70%)	(8%)

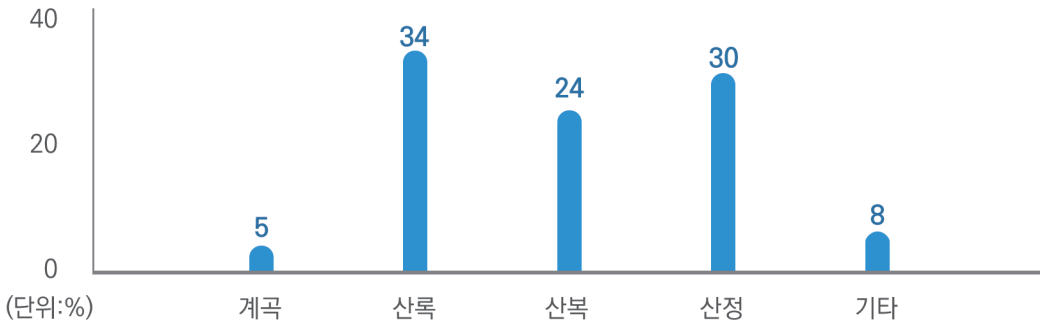


[그림 2-119] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-138] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	14,840	739	5,057	3,495	4,417	1,133
(%)	(100%)	(5%)	(34%)	(24%)	(30%)	(8%)

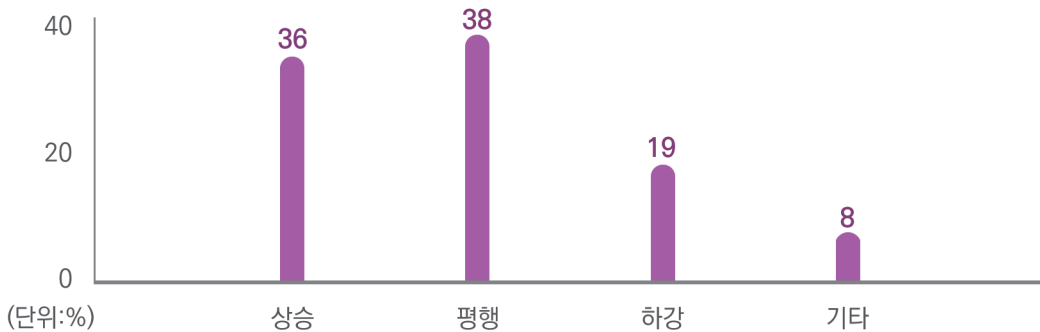


[그림 2-120] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-139] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	14,840	5,329	5,620	2,759	1,133
(%)	(100%)	(36%)	(38%)	(19%)	(8%)



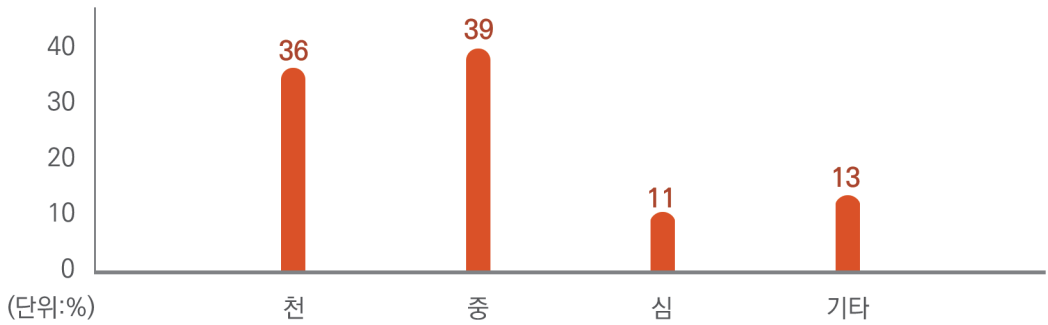
[그림 2-121] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-140] 토심 분포

합계	토심			기타	
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)		
면적(ha) (%)	14,840 (100%)	5,369 (36%)	5,838 (39%)	1,676 (11%)	1,958 (13%)

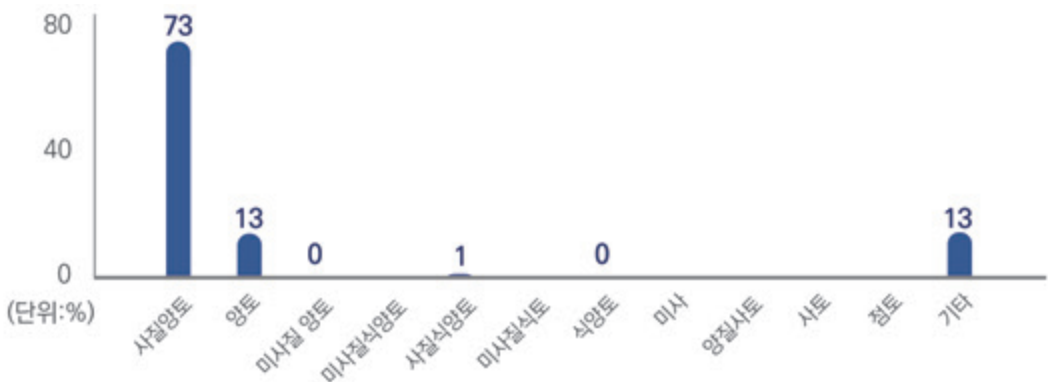


[그림 2-122] 토심 분포

차. 토성

[표 2-141] 토성 분포

합계	토성											기타	
	사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)		
면적(ha) (%)	14,840 (100%)	10,81 (73%)	1,945 (13%)	0 (0%)	- -	87 (1%)	- -	39 (0%)	- -	- -	- -	- -	1,958 (13%)



[그림 2-123] 토성 분포

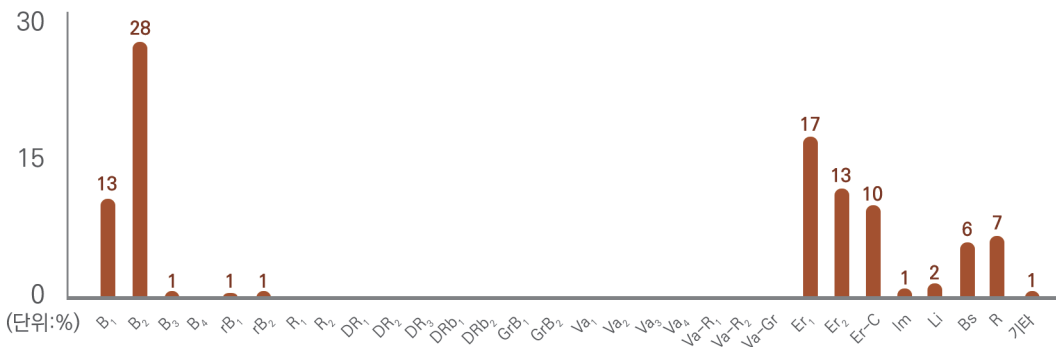
카. 토양형

[표 2-142] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	14,840	1,863	4,179	176	-	75	131	-	-	-	-
(%)	(100%)	(13%)	(28%)	(1%)	-	(1%)	(1%)	-	-	-	-

합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

합계		토양형								기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	
면적 (ha)	-	-	2,489	1,903	1,548	212	308	825	958	175
(%)	-	-	(17%)	(13%)	(10%)	(1%)	(2%)	(6%)	(7%)	(1%)



[그림 2-124] 토양형 분포

10.1. 일반현황

가. 현황

세종특별자치시(世宗特別自治市)는 대한민국의 행정 수도 기능을 하는 특별자치시이다. 대부분의 행정 기능이 위치한 곳으로, 시의 중심으로 금강과 미호천이 흐른다. 남쪽으로 대전광역시, 서쪽으로 충청남도 공주시, 동쪽으로 충청북도 청주시, 북쪽으로 충청남도 천안시와 접한다.

나. 지리

시의 북부에 자리한 조치원읍의 북쪽으로 차령산맥의 지맥이 통과하지만, 운주산(460m)이나 국사봉(403m) 등을 제외하고는 오랜 침식작용을 받은 저산성 구릉지가 대부분이다. 대부분 지역이 화강암으로 구성되어 있다. 산지는 목초지나 과수원으로 이용된다. 미호천과 조천이 합류하는 지점에서는 비옥한 충적평야가 형성되어 있다. 금강 유역에도 넓은 충적평야가 발달하였지만, 행정중심복합도시 건설과 함께 대부분의 농경지는 사라지고 시가지가 들어섰다.

다. 행정구역

세종특별자치시는 하위 행정구역으로 시·군·구의 기초자치단체를 두지 않는 단층제 광역자치단체로 시의 행정구역은 21개 읍면동으로 구성되어 있다. 세종특별자치시의 면적은 면적은 465.23km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 353,933명, 141,133가구이다.

라. 기후

행정중심복합도시가 있는 지역은 금강을 끼고 있는 분지 지형이다. 구 연기군 지역과는 국사봉-원수산-영적산 라인으로 분리되어 있다. 이 라인 이북으로는 미호천을 끼고 조치원-청주로 이어지는 평지가 나타난다. 다만 이러한 평지의 발달은 미호천 동쪽에 집중된 편으로, 조치원읍이 있는 서쪽은 상대적으로 평지가 좁은 편이다. 그 이북으로는 400m를 전후한 규모의 산들이 이어지고 있어서 행정도시 및 조치원과는 분리되어 있는 편이다. 온도는 연평균 13.1°C로 한서의 차이가 다른지역에 비하여 극심한 편이 아니다.



10.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-143] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	22,359	6,005	-	16,354
(%)	(100%)	(27%)	-	(73%)



[그림 2-125] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-144] 모암 중분류(화성암)

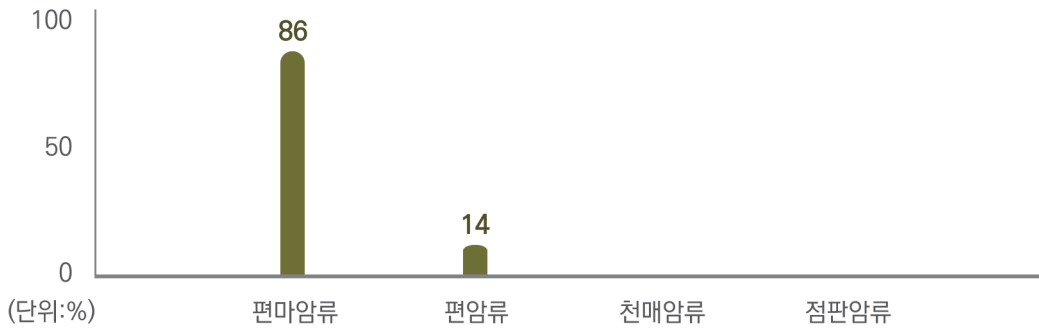
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	6,005	5,679	326	-	-	-	-
(%)	(100%)	(95%)	(5%)	-	-	-	-



[그림 2-126] 모암 중분류(화성암)

[표 2-145] 모암 중분류(변성암)

	합계	변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	16,354	14,093	2,261	-	-
(%)	(100%)	(86%)	(14%)	-	-



[그림 2-127] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-146] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	22,359 (100%)	7,025 (31%)	11,778 (53%)	3,146 (14%)	400 (2%)	9 (0%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	- -	- -	- -	- -	- -	1000m 이상 -

라. 방위

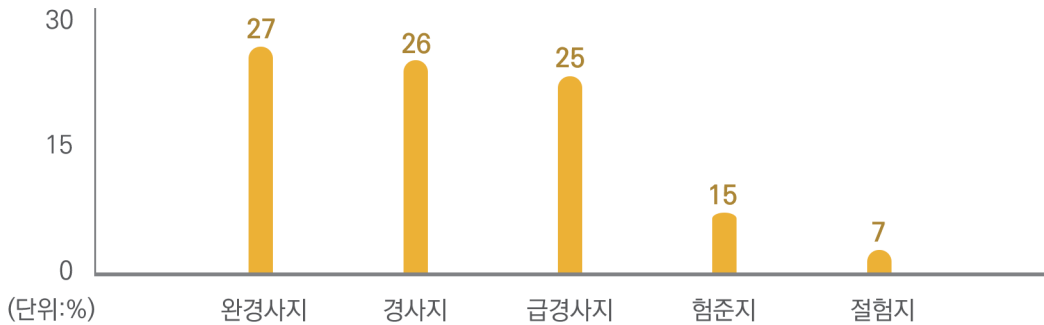
[표 2-147] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	22,359 (100%)	3,062 (14%)	3,399 (15%)	2,631 (12%)	2,157 (10%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	2,378 (11%)	3,151 (14%)	2,883 (13%)	2,540 (11%)	무방위 158 (1%)

마. 경사

[표 2-148] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	22,359	6,127	5,909	5,515	3,257	1,551
(%)	(100%)	(27%)	(26%)	(25%)	(15%)	(7%)

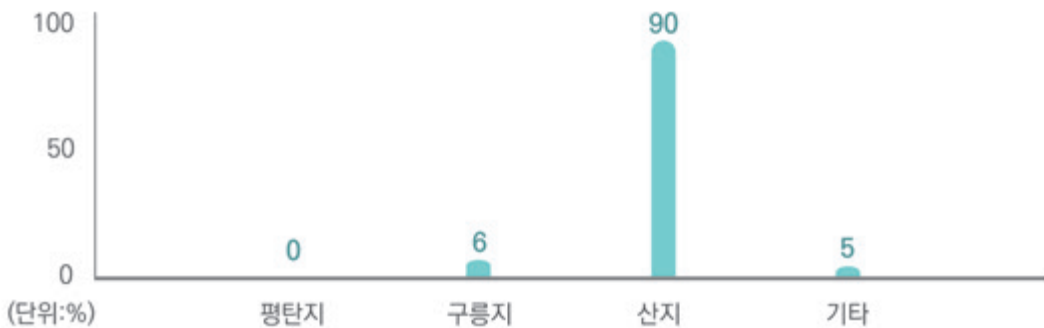


[그림 2-128] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-149] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	22,359	2	1,345	20,004	1,008
(%)	(100%)	(0%)	(6%)	(90%)	(5%)



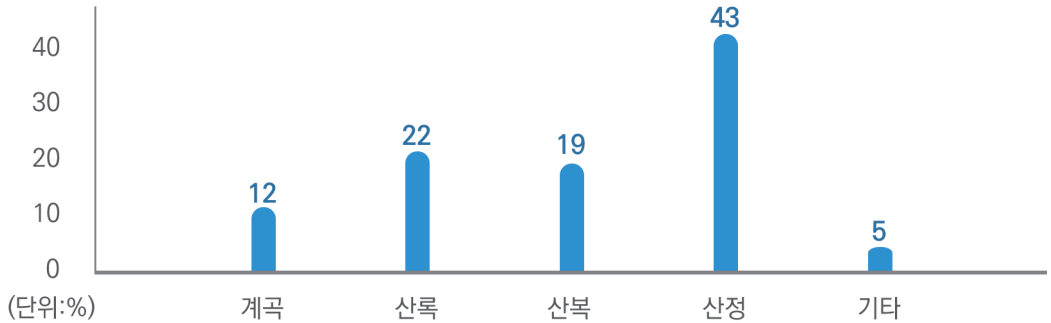
[그림 2-129] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-150] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	22,359	2,572	4,940	4,269	9,571	1,008
(%)	(100%)	(12%)	(22%)	(19%)	(43%)	(5%)

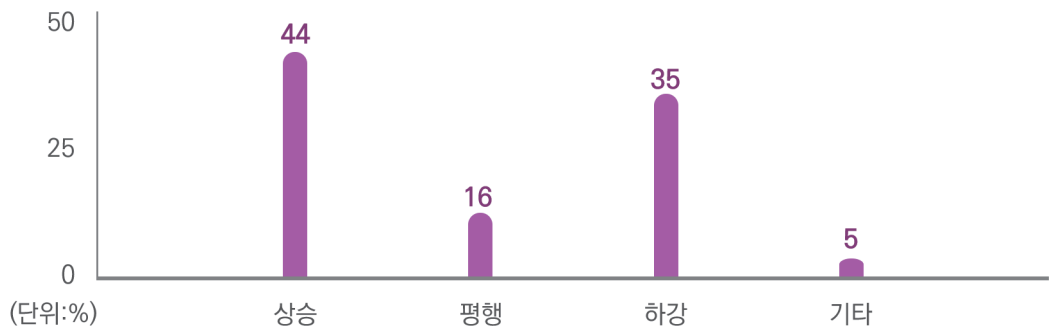


[그림 2-130] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-151] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	22,359	9,877	3,564	7,911	1,008
(%)	(100%)	(44%)	(16%)	(35%)	(5%)

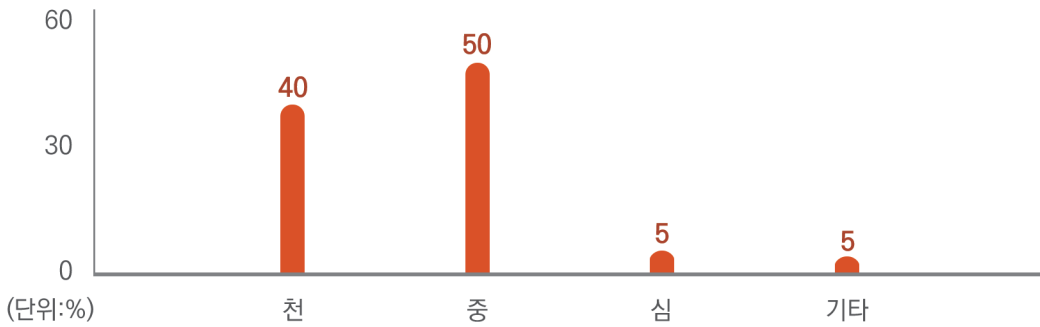


[그림 2-131] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-152] 토심 분포

합계	토심			기타
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha) (%)	22,359 (100%)	9,025 (40%)	11,161 (50%)	1,166 (5%)

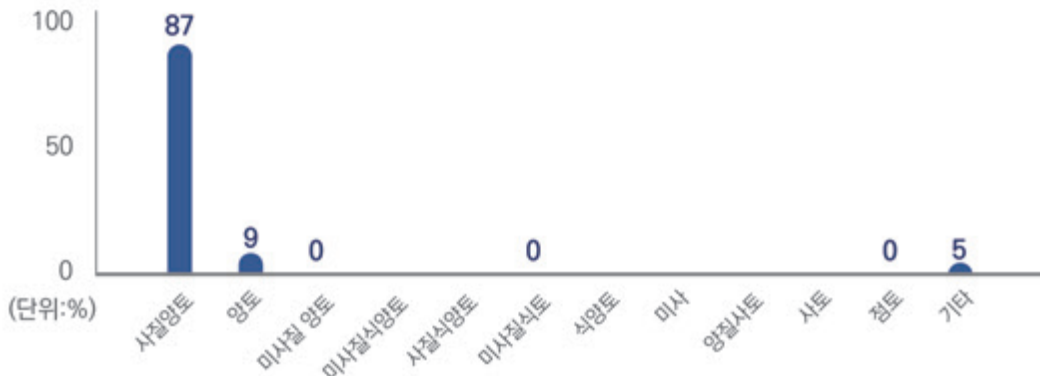


[그림 2-132] 토심 분포

차. 토성

[표 2-153] 토성 분포

합계	토성												
	사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	기타	
면적(ha) (%)	22,359 (100%)	19,361 (87%)	1,901 (9%)	86 (0%)	- (-)	- (-)	2 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	1 (0%)	1,008 (5%)



[그림 2-133] 토성 분포



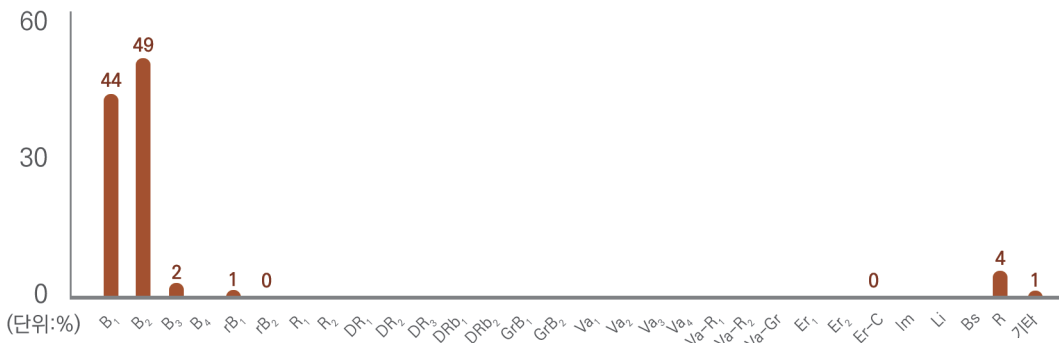
카. 토양형

[표 2-154] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	22,359	9,748	10,854	501	-	170	50	-	-	-	-
(%)	(100%)	(44%)	(49%)	(2%)	-	(1%)	(0%)	-	-	-	-

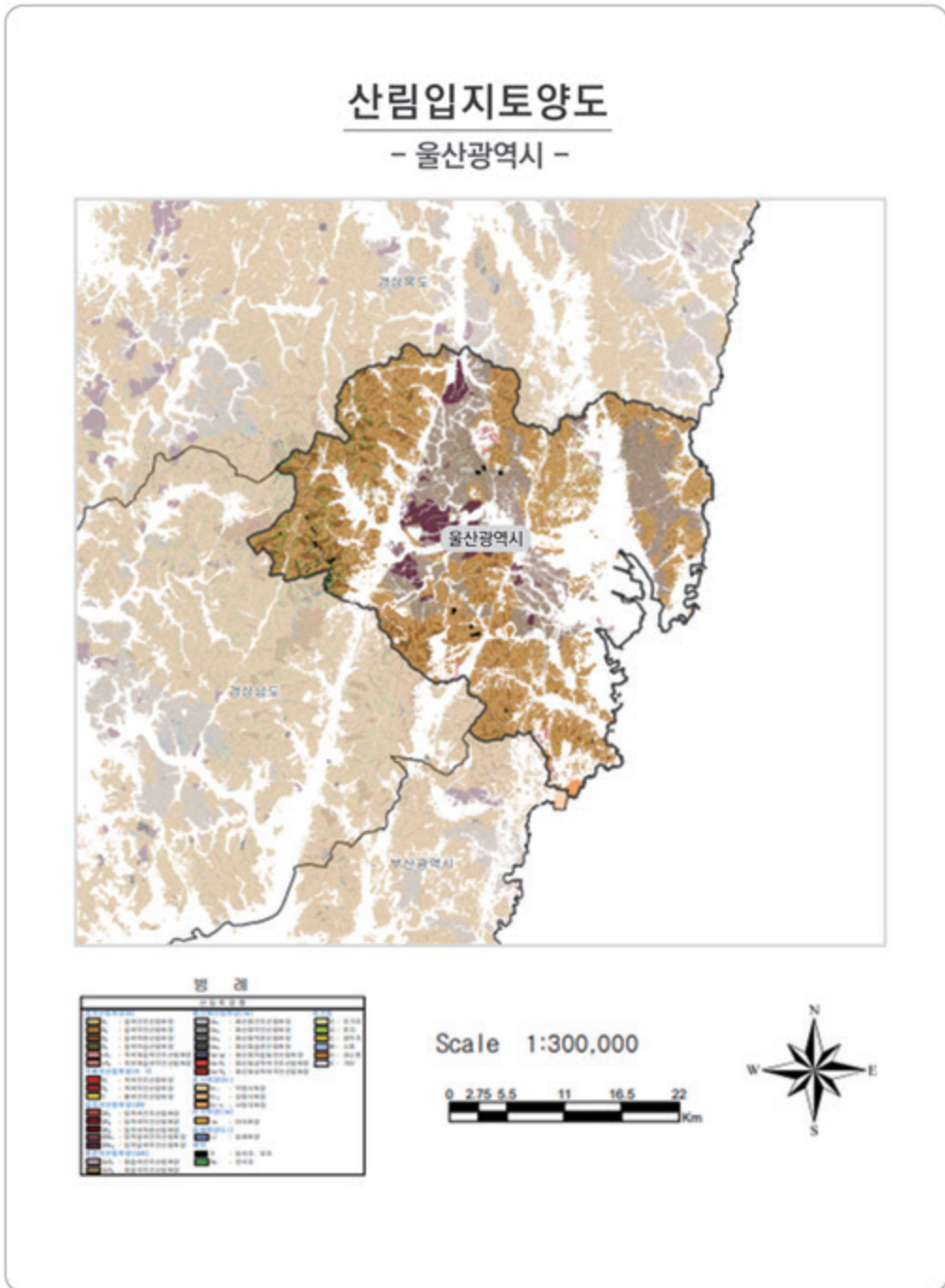
합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

합계		토양형								기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	
면적 (ha)	-	-	-	-	29	-	-	-	794	214
(%)	-	-	-	-	(0%)	-	-	-	(4%)	(1%)



[그림 2-134] 토양형 분포

11. 울산광역시





11.1. 일반현황

가. 현황

울산광역시(蔚山廣域市)는 대한민국 남동부 해안에 있는 광역시이다. 서쪽으로 경상남도 밀양시·양산시, 경상북도 청도군, 북쪽으로 경상북도 경주시, 남쪽으로 부산광역시 기장군과 접한다. 태화강이 도시를 가로질러 동해로 흐른다. 시청 소재지는 남구 신정동이다.

나. 지리

태백산맥이 남북으로 종주하여 서쪽은 신불산(1,159m), 가지산(1,241m), 고현산(1,033m), 운문산(1,188m) 등의 높은 산이 가로막고 있고, 동쪽은 동대산맥이 남북으로 달리면서 방어진 반도를 이루고 있다. 이 서부산지와 동대산맥 사이에 지구상(地溝狀)의 울산평야가 있으며, 동류하는 태화강과 남류하는 동천강(東川江)은 이 평야를 흘러 하구에 삼각주를 퇴적하여 비옥한 농경지를 형성하며 울산만으로 흐르고 있다.

다. 행정구역

울산광역시의 행정구역은 4개 구, 1개 군, 56개 읍면동으로 구성되어 있다. 울산광역시의 면적은 1,062.09km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 1,135,423명, 452,995가구이다.

라. 기후

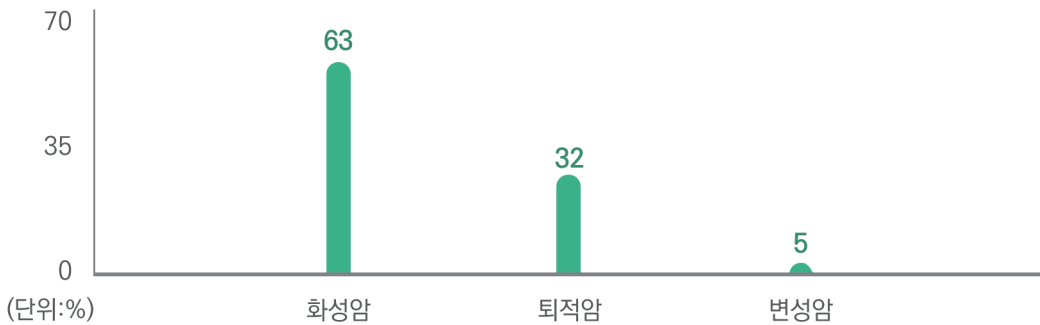
기후는 동쪽은 동해에 직접 면해 있어 난류의 영향을 받으며, 동쪽을 제외한 삼면이 산지로 둘러싸여 있어 겨울의 찬 북서계절풍을 막아 주어 온화한 편이다. 연평균기온 13℃~14.3℃, 1월 평균기온은 -1~4℃, 7월 평균기온은 25.5℃이며, 연강수량은 900~1,500mm로 계절풍의 영향을 받아 여름철에 비가 많이 온다. 풍향은 겨울철에는 대체로 북북서 방향이 주를 이루나, 나머지 계절에는 일정한 풍향이 나타나지 않는다

11.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-155] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	64,981	41,001	20,509	3,471
(%)	(100%)	(63%)	(32%)	(5%)

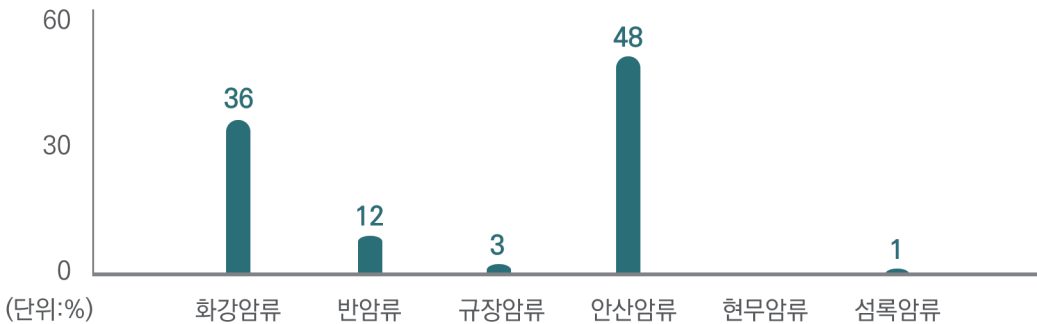


[그림 2-135] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-156] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	41,001	14,603	5,025	1,283	19,597	-	493
(%)	(100%)	(36%)	(12%)	(3%)	(48%)	-	(1%)

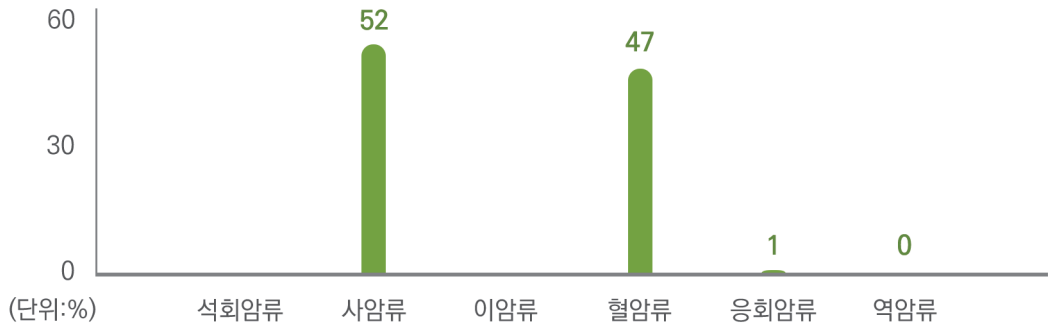


[그림 2-136] 모암 중분류(화성암)



[표 2-157] 모암 중분류(퇴적암)

합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	20,509	-	10,680	-	9,643	162	24
(%)	(100%)	-	(52%)	-	(47%)	(1%)	(0%)



[그림 2-137] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-158] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	3,471	-	-	-	3,471
(%)	(100%)	-	-	-	(100%)



[그림 2-138] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-159] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	64,981 (100%)	15,393 (24%)	21,654 (33%)	10,478 (16%)	5,606 (9%)	4,422 (7%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	2,850 (4%)	1,742 (3%)	1,359 (2%)	728 (1%)	535 (1%)	215 (0%)

라. 방위

[표 2-160] 방위 분포

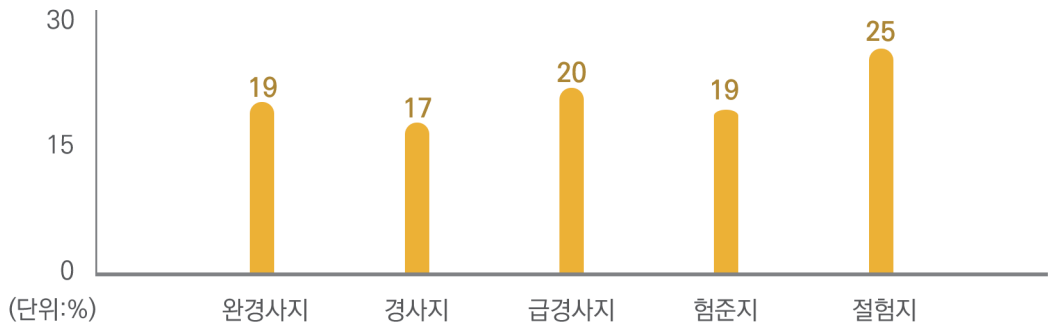
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	64,981 (100%)	8,942 (14%)	7,594 (12%)	8,113 (13%)	7,241 (11%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	8,025 (12%)	7,633 (12%)	9,199 (14%)	7,813 (12%)	421 (1%)



마. 경사

[표 2-161] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	64,981	12,584	10,904	13,168	12,150	16,176
(%)	(100%)	(19%)	(17%)	(20%)	(19%)	(25%)



[그림 2-139] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-162] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	64,981	137	3,115	59,919	1,811
(%)	(100%)	(0%)	(5%)	(92%)	(3%)

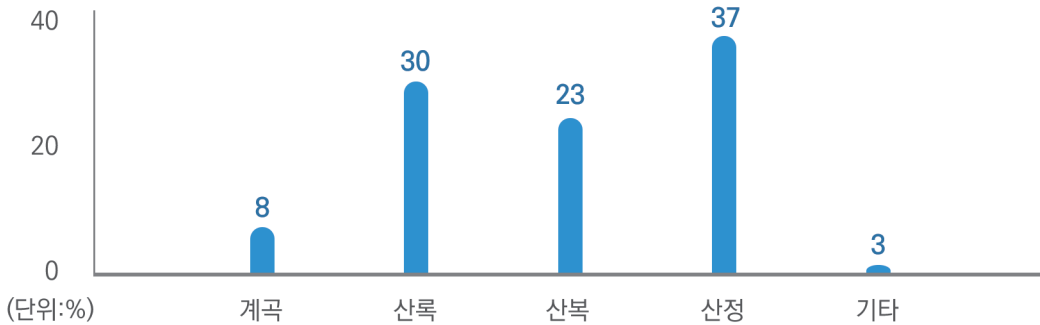


[그림 2-140] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-163] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	64,981	4,888	19,427	14,781	24,074	1,811
(%)	(100%)	(8%)	(30%)	(23%)	(37%)	(3%)

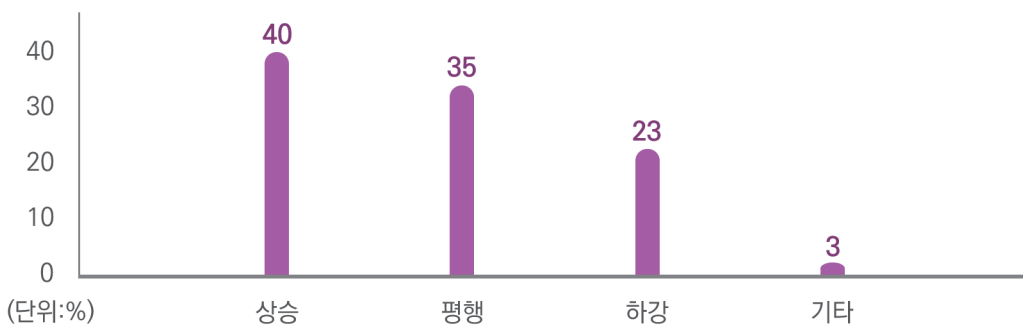


[그림 2-141] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-164] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	64,981	25,931	22,391	14,848	1,811
(%)	(100%)	(40%)	(35%)	(23%)	(3%)



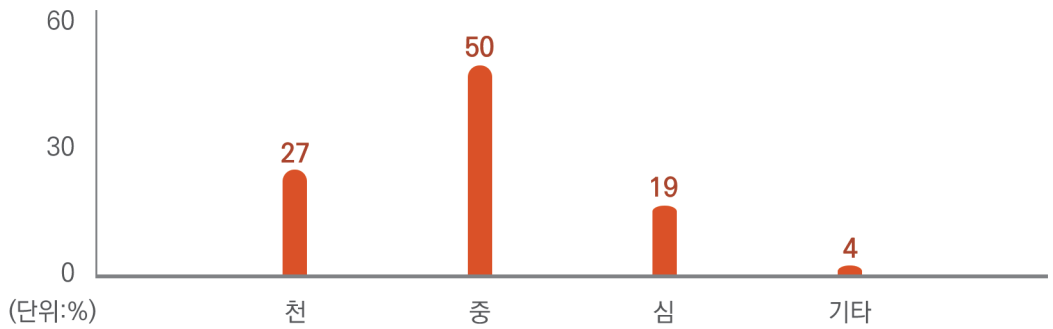
[그림 2-142] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-165] 토심 분포

합계	토심			기타	
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)		
면적(ha) (%)	64,981 (100%)	17,468 (27%)	32,535 (50%)	12,525 (19%)	2,454 (4%)

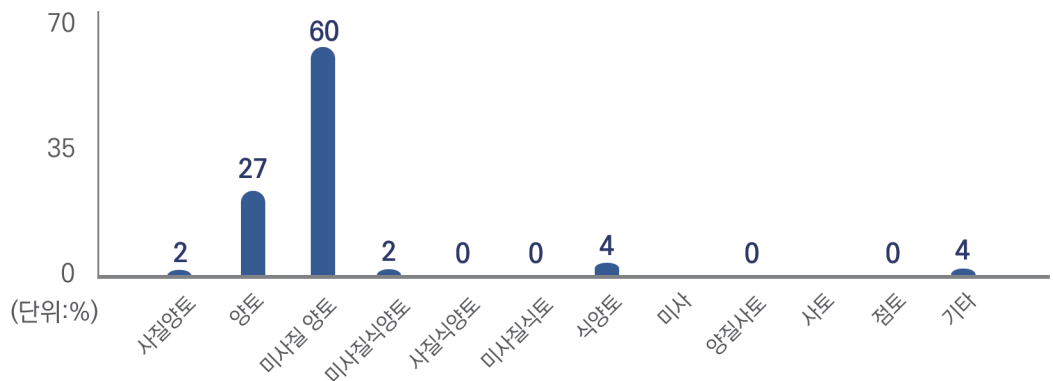


[그림 2-143] 토심 분포

차. 토성

[표 2-166] 토성 분포

합계	토성												
	사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	기타	
면적(ha) (%)	64,981 (100%)	1,501 (2%)	17,572 (27%)	38,727 (60%)	1,586 (2%)	14 (0%)	6 (0%)	2,881 (4%)	-	170 (0%)	-	69 (0%)	2,454 (4%)



[그림 2-144] 토성 분포

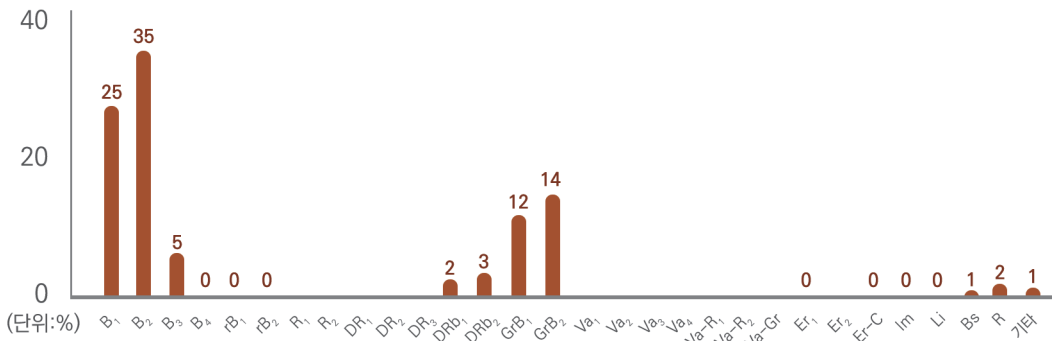
카. 토양형

[표 2-167] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	64,981	15,890	22,878	3,218	50	178	281	-	-	-	-
(%)	(100%)	(25%)	(35%)	(5%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	-	-	-

합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	1,371	1,814	7,553	8,913	-	-	-	-	-
(%)	-	(2%)	(3%)	(12%)	(14%)	-	-	-	-	-

합계		토양형								기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	
면적 (ha)	-	-	61	-	226	5	91	643	989	823
(%)	-	-	(0%)	-	(0%)	(0%)	(0%)	(1%)	(2%)	(1%)

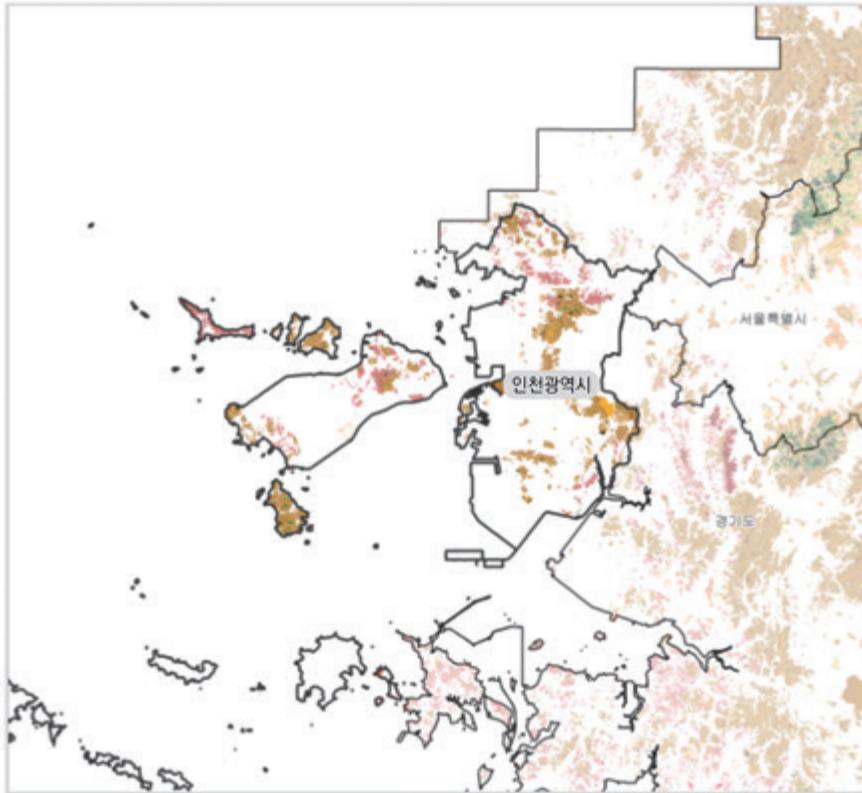


[그림 2-145] 토양형 분포



12. 인천광역시

산림입지토양도 - 인천광역시 -



범례

토양입지등급	토양입지등급	토양입지등급
1A	1B	1C
2A	2B	2C
3A	3B	3C
4A	4B	4C
5A	5B	5C
6A	6B	6C
7A	7B	7C
8A	8B	8C
9A	9B	9C
10A	10B	10C
11A	11B	11C
12A	12B	12C
13A	13B	13C
14A	14B	14C
15A	15B	15C
16A	16B	16C
17A	17B	17C
18A	18B	18C
19A	19B	19C
20A	20B	20C
21A	21B	21C
22A	22B	22C
23A	23B	23C
24A	24B	24C
25A	25B	25C
26A	26B	26C
27A	27B	27C
28A	28B	28C
29A	29B	29C
30A	30B	30C
31A	31B	31C
32A	32B	32C
33A	33B	33C
34A	34B	34C
35A	35B	35C
36A	36B	36C
37A	37B	37C
38A	38B	38C
39A	39B	39C
40A	40B	40C
41A	41B	41C
42A	42B	42C
43A	43B	43C
44A	44B	44C
45A	45B	45C
46A	46B	46C
47A	47B	47C
48A	48B	48C
49A	49B	49C
50A	50B	50C
51A	51B	51C
52A	52B	52C
53A	53B	53C
54A	54B	54C
55A	55B	55C
56A	56B	56C
57A	57B	57C
58A	58B	58C
59A	59B	59C
60A	60B	60C
61A	61B	61C
62A	62B	62C
63A	63B	63C
64A	64B	64C
65A	65B	65C
66A	66B	66C
67A	67B	67C
68A	68B	68C
69A	69B	69C
70A	70B	70C
71A	71B	71C
72A	72B	72C
73A	73B	73C
74A	74B	74C
75A	75B	75C
76A	76B	76C
77A	77B	77C
78A	78B	78C
79A	79B	79C
80A	80B	80C
81A	81B	81C
82A	82B	82C
83A	83B	83C
84A	84B	84C
85A	85B	85C
86A	86B	86C
87A	87B	87C
88A	88B	88C
89A	89B	89C
90A	90B	90C
91A	91B	91C
92A	92B	92C
93A	93B	93C
94A	94B	94C
95A	95B	95C
96A	96B	96C
97A	97B	97C
98A	98B	98C
99A	99B	99C
100A	100B	100C

Scale 1:300,000



12.1. 일반현황

가. 현황

인천광역시(仁川廣域市, 영어: Incheon Metropolitan City)는 대한민국 서북부에 있는 광역시이다. 육지를 기준으로 북쪽으로 경기도 김포시, 동쪽으로 서울특별시 강서구, 경기도 부천시와 접해있으며, 남동쪽으로 경기도 시흥시, 서쪽으로 황해와 접한다.

나. 지리

서쪽으로 황해와 마주하고 있으며, 해안 매립지가 널리 분포되어 있다. 부평구는 원적산, 광학산(201m), 거마산(205m)을 경계로 인천 도심과 시가지가 분리되고, 연수구는 문학산(213m)을 경계로 인천 도심과 시가지가 구분되며, 계양구는 계양산(395m), 천마산(285m)을 경계로 인천 도심과 별개의 시가지를 형성하고 있다. 동구와 중구는 원도심으로, 동인천역을 중심으로 시가지가 형성되어서 동인천이라고 부르며, 나머지 미추홀구, 남동구, 연수구는 남인천이라고 부른다. 강화군은 행정구역상 인천에 속하지만, 강화대교가 연결된 동쪽의 김포시와 밀접한 생활권을 형성하고 있다.

다. 행정구역

인천광역시의 행정 구역은 8구 2군으로 구성되어 있다. 하위 행정구역은 1읍 19면 125동이다. 면적은 1,063.1 km²이다. 2020년 2월말 주민등록 인구는 1,242,107세대, 2,954,955명이다.

라. 기후

인천은 냉대 동계 소우 기후에 속하며, 구분에 따라서는 습윤 대륙성 기후로 분류하기도 한다. 서해 5도와 같이 온대 하우 기후에 속하는 곳도 있다.

해안도시 이지만 낮은 수심의 경기만 깊숙이 위치해 있어 기온과 강수량은 내륙 지방과 비슷하다. 7~8월에 기온이 가장 높고 강수량이 높다. 북서풍의 영향을 받아, 같은 위도 상에 있는 동해 연안의 도시보다 겨울철 기온이 낮다. 강수량은 한국 중부의 타 지역에 비해 적은 편이다. 옹진 섬 지역은 인천 육지보다 바다의 영향으로 따뜻한 편이다.

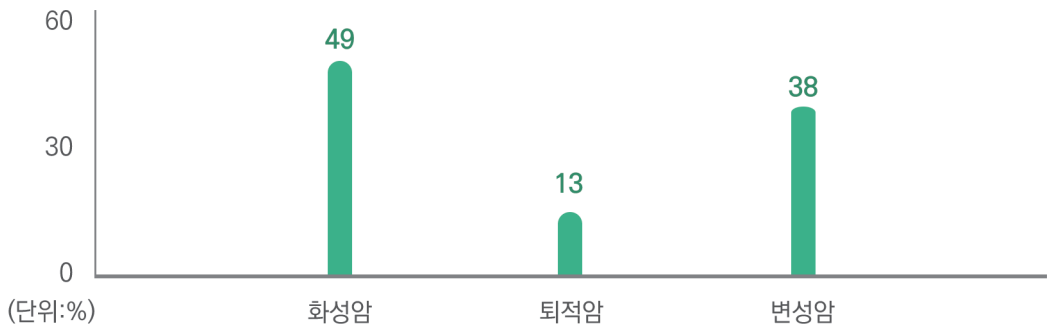


12.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-168] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	9,429	4,645	1,232	3,552
(%)	(100%)	(49%)	(13%)	(38%)

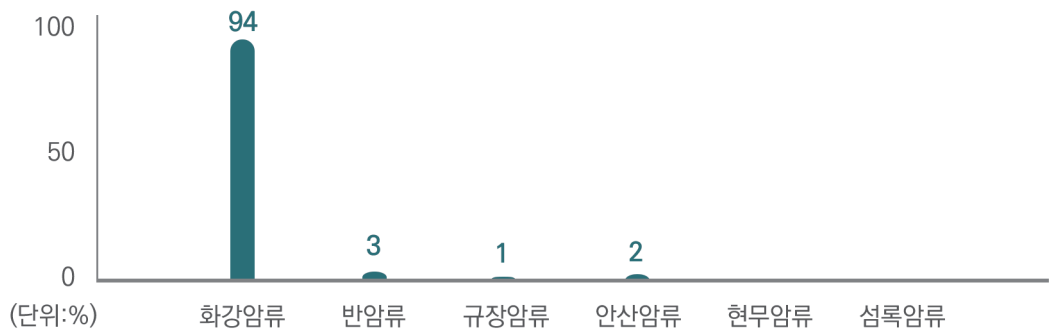


[그림 2-146] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-169] 모암 중분류(화성암)

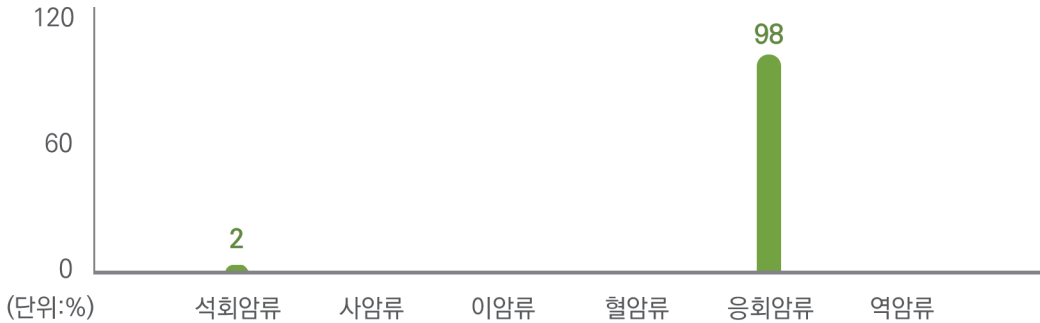
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	4,645	4,366	131	37	111	-	-
(%)	(100%)	(94%)	(3%)	(1%)	(2%)	-	-



[그림 2-147] 모암 중분류(화성암)

[표 2-170] 모암 중분류(퇴적암)

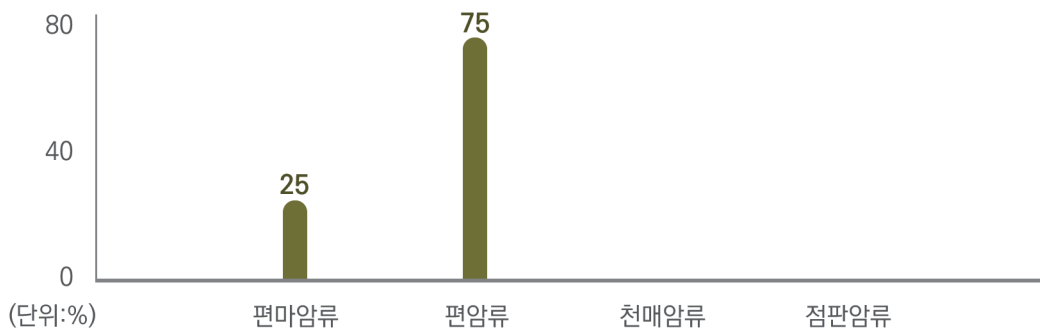
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	1,232	21	-	-	-	1,212	-
(%)	(100%)	(2%)	-	-	-	(98%)	-



[그림 2-148] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-171] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	3,552	887	2,665	-	-
(%)	(100%)	(25%)	(75%)	-	-



[그림 2-149] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-172] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha)	9,429	7,733	1,611	83	3	-
(%)	(100%)	(82%)	(17%)	(1%)	(0%)	-
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha)	-	-	-	-	-	-
(%)	-	-	-	-	-	-

라. 방위

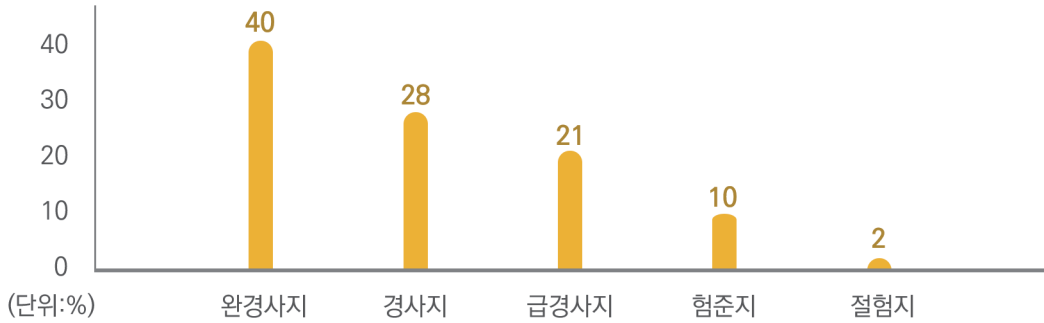
[표 2-173] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha)	9,429	1,287	1,140	1,254	1,109
(%)	(100%)	(14%)	(12%)	(13%)	(12%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha)	1,210	1,082	906	1,208	235
(%)	(13%)	(12%)	(10%)	(13%)	(3%)

마. 경사

[표 2-174] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	9,429	3,812	2,593	1,934	913	176
(%)	(100%)	(40%)	(28%)	(21%)	(10%)	(2%)

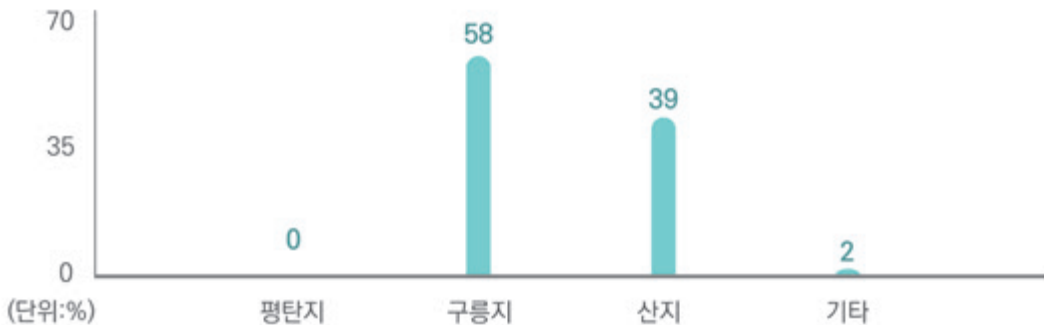


[그림 2-150] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-175] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	9,429	37	5,498	3,697	197
(%)	(100%)	(0%)	(58%)	(39%)	(2%)



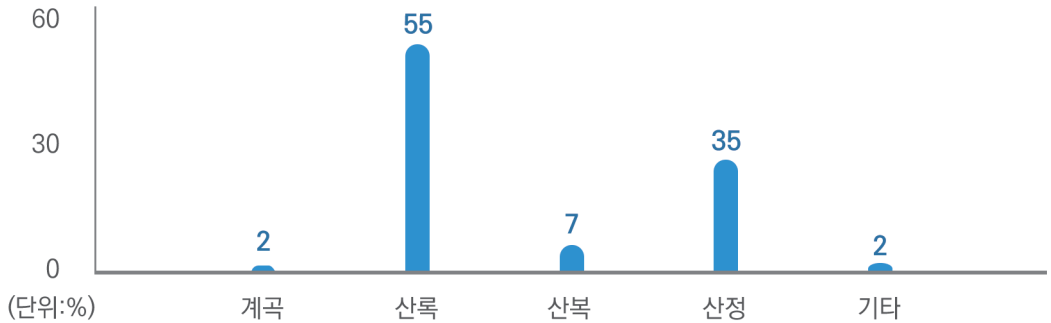
[그림 2-151] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-176] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	9,429	152	5,168	609	3,304	197
(%)	(100%)	(2%)	(55%)	(7%)	(35%)	(2%)

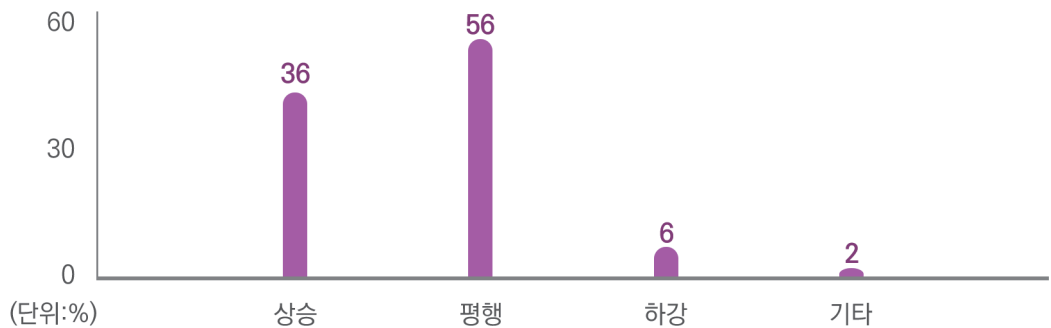


[그림 2-152] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-177] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	9,429	3,408	5,255	569	197
(%)	(100%)	(36%)	(56%)	(6%)	(2%)

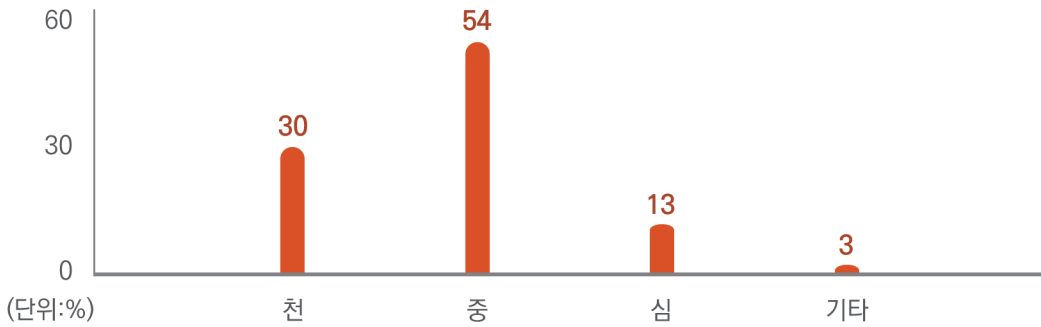


[그림 2-153] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-178] 토심 분포

합계	토심			기타	
	천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)		
면적(ha) (%)	9,429 (100%)	2,825 (30%)	5,085 (54%)	1,239 (13%)	279 (3%)

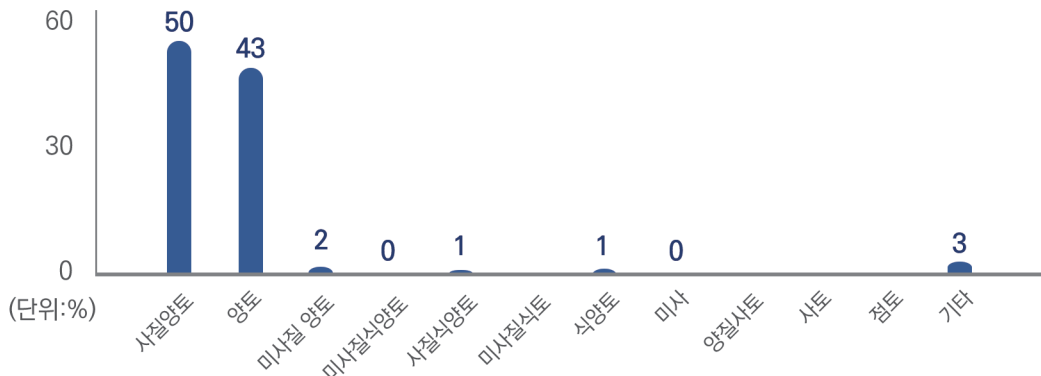


[그림 2-154] 토심 분포

차. 토성

[표 2-179] 토성 분포

합계	토성											기타	
	사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)		
면적(ha) (%)	9,429 (100%)	4,723 (50%)	4,089 (43%)	206 (2%)	0 (0%)	50 (1%)	- (-)	81 (1%)	0 (0%)	- (-)	- (-)	- (-)	279 (3%)



[그림 2-155] 토성 분포



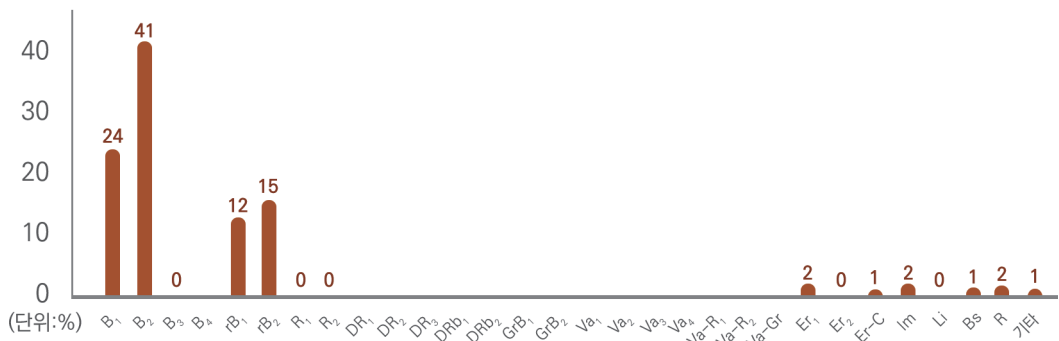
카. 토양형

[표 2-180] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	9,429	2,244	3,845	19	-	1,113	1,433	7	6	-	-
(%)	(100%)	(24%)	(41%)	(0%)	-	(12%)	(15%)	(0%)	(0%)	-	-

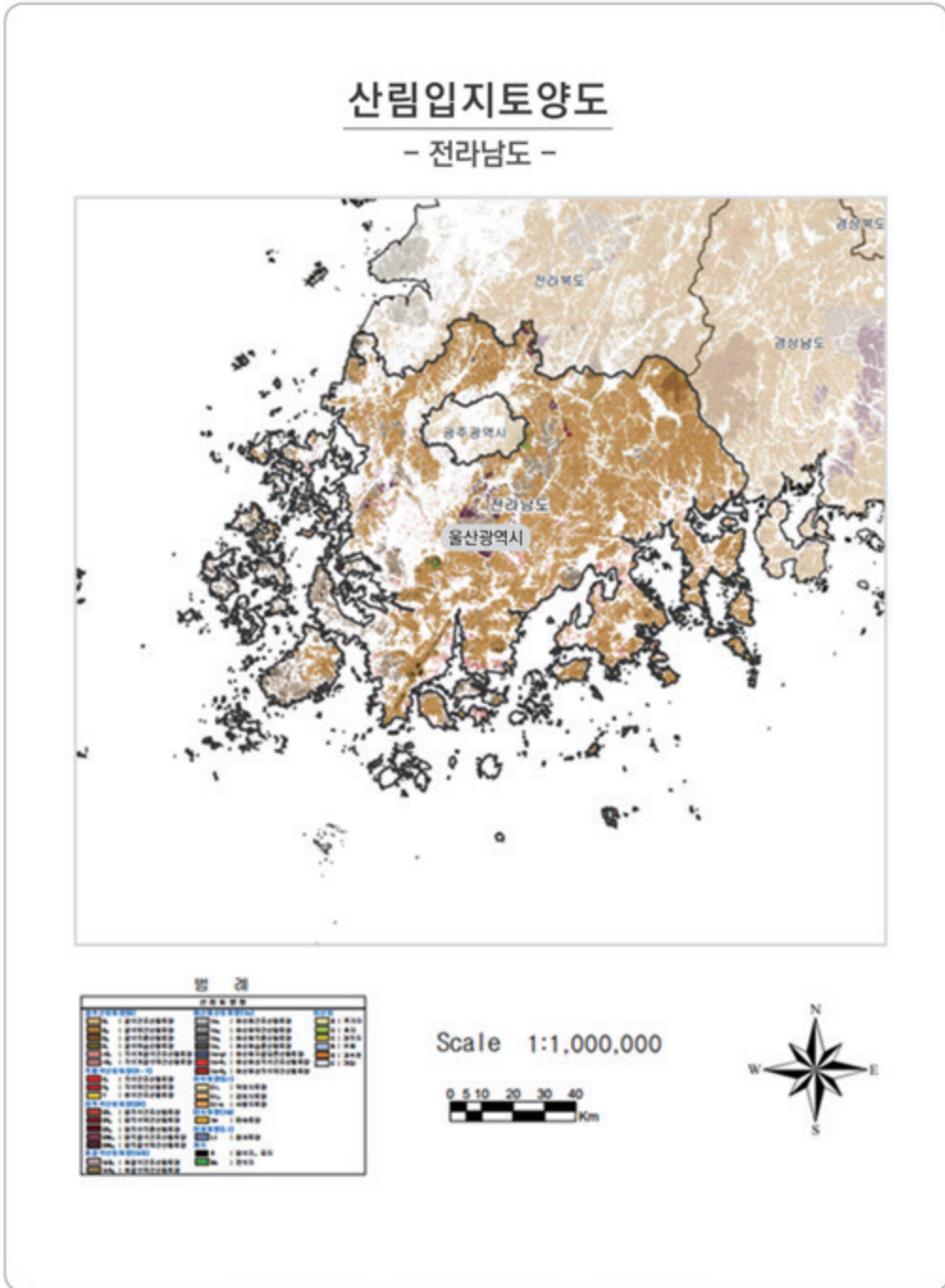
합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	203	1	64	205	10	82	137	60	
(%)	-	-	(2%)	(0%)	(1%)	(2%)	(0%)	(1%)	(2%)	(1%)	



[그림 2-156] 토양형 분포

13. 전라남도





13.1. 일반현황

가. 현황

전라남도(全羅南道)는 대한민국의 서남부에 있는 도이다. 동쪽은 소백산맥의 높은 봉우리로 경상남도과 경계를 이루고 있고, 서쪽은 노령산맥의 구릉성 저산지로 전라북도과 경계를 이루고 있다. 도청 소재지는 무안군 삼향읍의 남악신도시이며, 순천시에 동부지역본부가 설치되어 있다.

나. 지리

전라남도는 한반도 서남부에 위치하고 있으며, 동고서저와 북고남저의 형태이며, 동쪽이 북쪽에 비해 높으며, 남서해안은 리아스식 해안을 이루고 있다. 섬은 2,165개로 전국 섬의 65%를 차지한다(2019기준). 전라남도를 흐르는 하천은 서남부 및 서북부의 광대한 평야를 유역에 형성시켜 비옥한 농토를 제공하고 목포만으로 유입하는 영산강과 전라북도에서 발원하여 호남의 동부 산악 지대를 흘러내리고 있는 섬진강, 장흥군과 강진군 유역을 흐르는 탐진강으로 삼분되며, 전라남도의 평야는 영산강 유역의 나주평야가 전라북도의 호남평야와 더불어 대한민국 굴지의 곡창지대를 형성하고 있다.

다. 행정구역

전라남도의 행정 구역은 5개 시, 17개 군, 297개 읍면동으로 구성되어 있다. 전라남도의 면적은 12,348.1km²이며 전국 면적의 12.3%를 차지한다. 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 1,872,900명, 897,529가구이다.

라. 기후

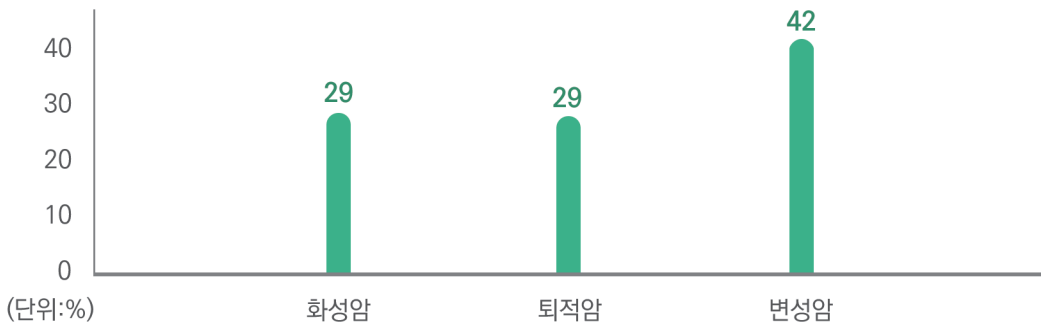
전남의 기후는 온난성 외에도 여름의 고온과 겨울의 저온의 기온차가 큰 대륙성 기후이고, 여름의 우기와 겨울의 건기가 나타나는 계절풍 기후이기도 하다. 또한 전남의 기후는 원칙적으로 한반도의 기후특성을 반영하고 있으나 그 지리적 위치로 보아 한반도의 남서쪽에 자리하고 있어 바다에 면한 지역이 넓고 해안선이 길어 해양성 기후의 특징이 보다 강하게 나타난다. 그러나 소백산맥, 노령산맥 등의 산악지대와 이들 산지로부터 발원한 하천들이 형성한 내륙의 분지지역들은 해안 및 도서지방과는 기후적 차이를 나타내어 대륙성기후의 특성을 나타낸다. 연평균 기온을 보면 남해안 및 서해안 지방이 약 12~15℃이고 연간 강우량은 약 1,200mm~1,500mm 내외이다. 겨울에는 지형적 요인에 의하여 소백산맥의 서쪽 비탈진 경사면에 눈이 많이 내린다.

13.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-181] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	642,673	188,225	187,176	267,272
(%)	(100%)	(29%)	(29%)	(42%)

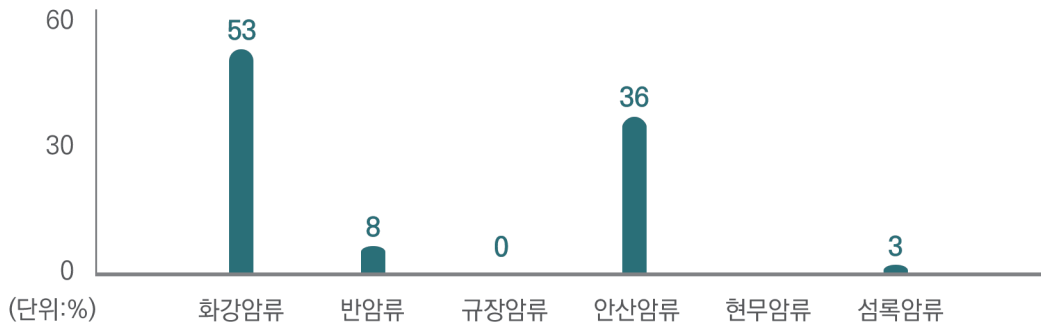


[그림 2-157] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-182] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	188,225	99,170	15,211	139	67,521	-	6,185
(%)	(100%)	(53%)	(8%)	(0%)	(36%)	-	(3%)

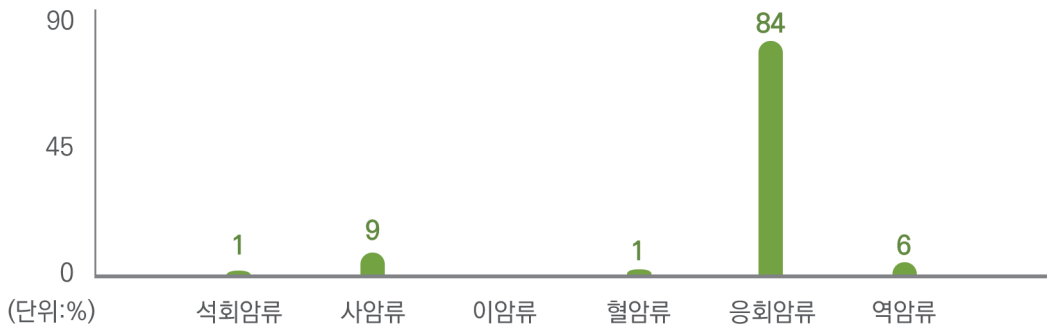


[그림 2-158] 모암 중분류(화성암)



[표 2-183] 모암 중분류(퇴적암)

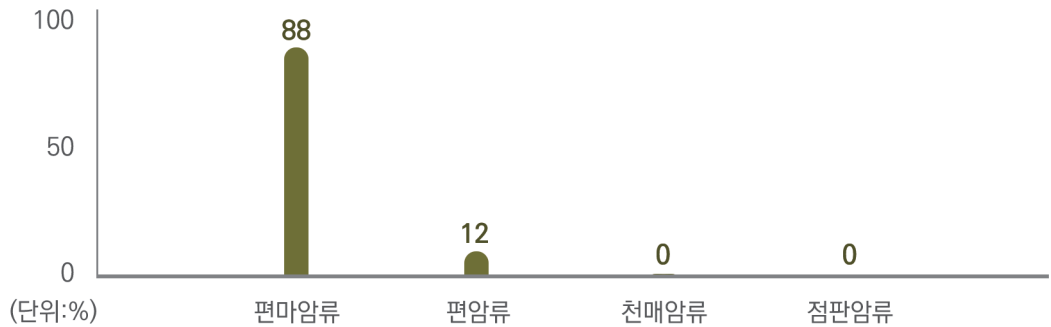
	합계	퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	187,176	1,347	16,169	-	2,500	156,383	10,777
(%)	(100%)	(1%)	(9%)	-	(1%)	(84%)	(6%)



[그림 2-159] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-184] 모암 중분류(변성암)

	합계	변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	267,272	234,483	32,193	485	111
(%)	(100%)	(88%)	(12%)	(0%)	(0%)



[그림 2-160] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-185] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	642,673 (100%)	177,211 (28%)	190,780 (30%)	133,002 (21%)	73,177 (11%)	32,872 (5%)
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m
면적(ha) (%)	16,298 (3%)	7,729 (1%)	3,786 (1%)	2,571 (0%)	1,998 (0%)	1000m 이상 3,248 (1%)

라. 방위

[표 2-186] 방위 분포

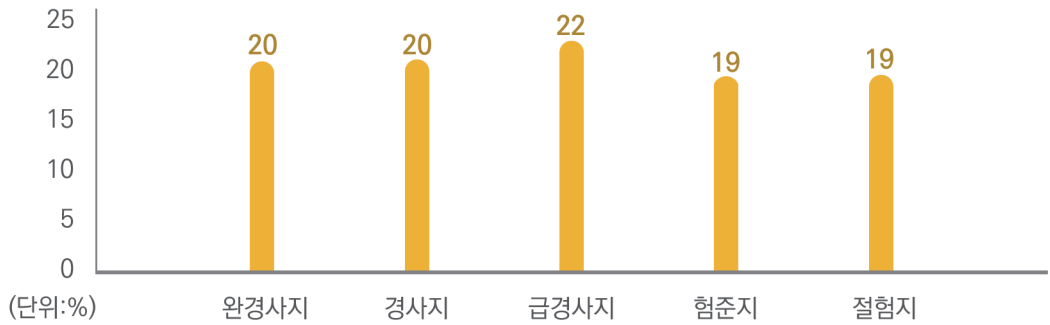
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	642,673 (100%)	79,226 (12%)	83,685 (13%)	80,044 (13%)	69,576 (11%)
		북동	북서	남동	남서
면적(ha) (%)	76,900 (12%)	북서 75,060 (12%)	남동 82,735 (13%)	남서 88,951 (14%)	무방위 6,496 (1%)



마. 경사

[표 2-187] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	642,673	130,629	131,091	142,536	118,601	119,817
(%)	(100%)	(20%)	(20%)	(22%)	(19%)	(19%)

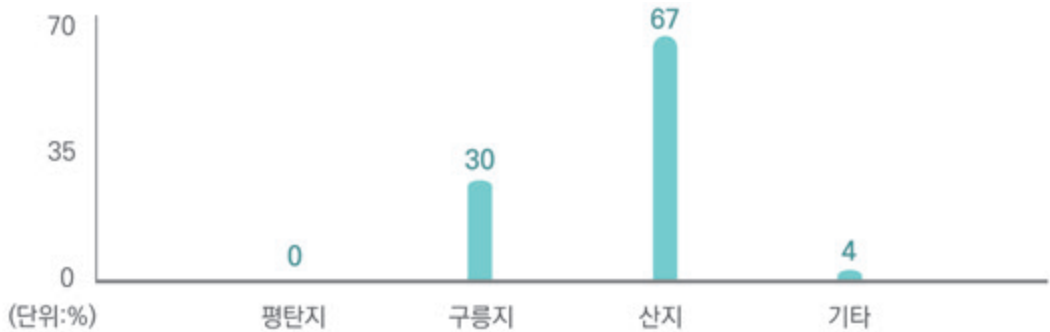


[그림 2-161] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-188] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	642,673	1,708	190,103	428,065	22,798
(%)	(100%)	(0%)	(30%)	(67%)	(4%)

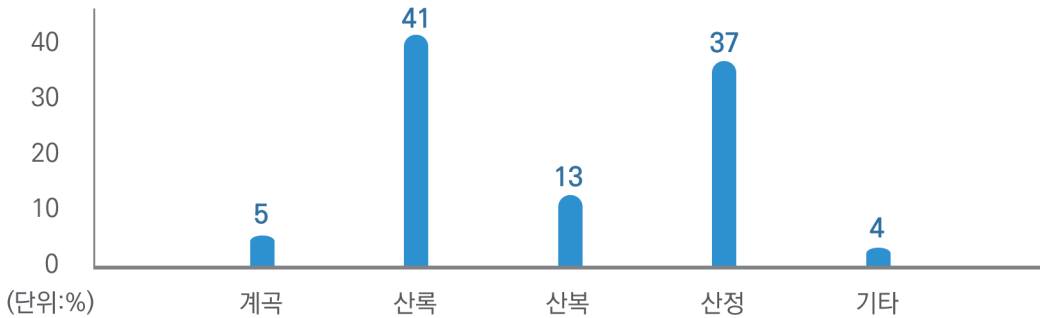


[그림 2-162] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-189] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	642,673	34,335	265,821	80,647	239,073	22,798
(%)	(100%)	(5%)	(41%)	(13%)	(37%)	(4%)

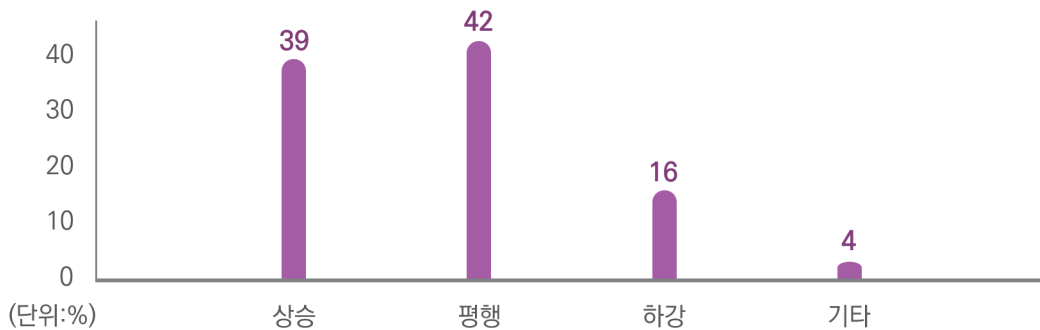


[그림 2-163] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-190] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	642,673	249,251	266,722	103,903	22,798
(%)	(100%)	(39%)	(42%)	(16%)	(4%)



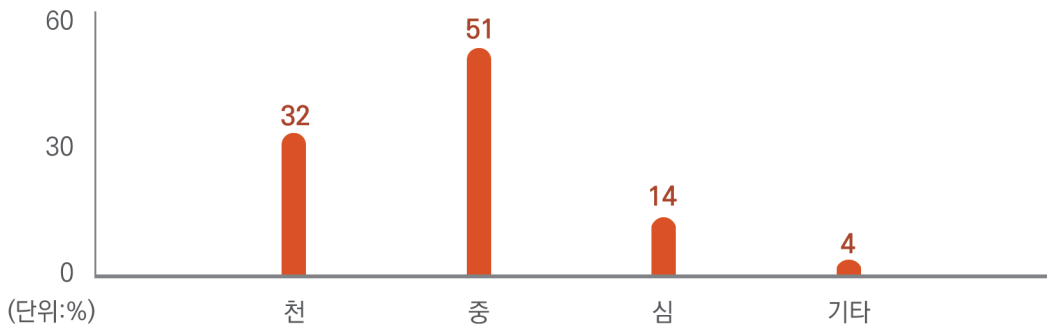
[그림 2-164] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-191] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	642,673	203,663	327,082	88,071	23,859
(%)	(100%)	(32%)	(51%)	(14%)	(4%)

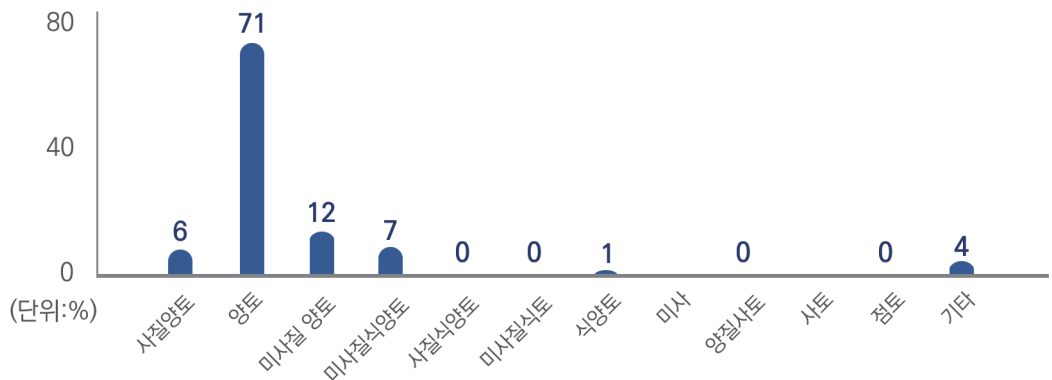


[그림 2-165] 토심 분포

차. 토성

[표 2-192] 토성 분포

합계	토성											기타	
	사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)		
면적(ha)	642,673	38,958	453,751	76,275	42,378	119	368	6,698	-	0	-	268	23,859
(%)	(100%)	(6%)	(71%)	(12%)	(7%)	(0%)	(0%)	(1%)	-	(0%)	-	(0%)	(4%)



[그림 2-166] 토성 분포

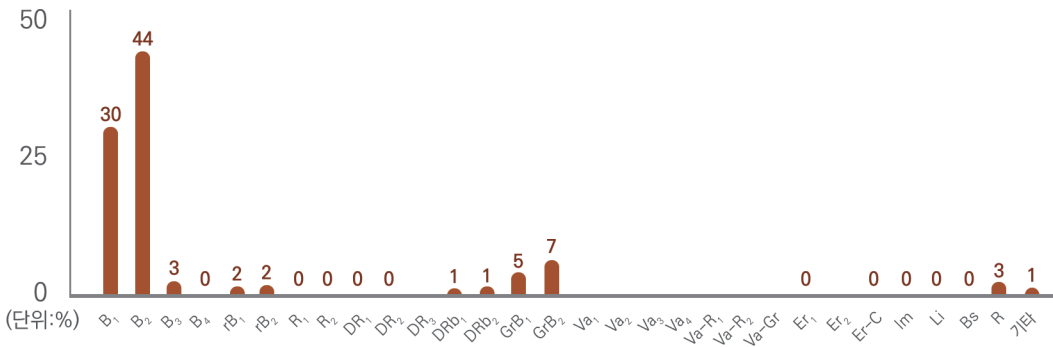
카. 토양형

[표 2-193] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	642,673	194,340	281,793	18,801	244	13,619	14,722	98	74	170	296
(%)	(100%)	(30%)	(44%)	(3%)	(0%)	(2%)	(2%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)

합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	-	5,203	7,640	32,909	46,145	-	-	-	-	-	
(%)	-	(1%)	(1%)	(5%)	(7%)	-	-	-	-	-	

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	517	-	790	183	1,274	1,060	16,748	6,051	
(%)	-	-	(0%)	-	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(3%)	(1%)	



[그림 2-167] 토양형 분포

14.1. 일반현황

가. 현황

전라북도(全羅北道)는 대한민국의 서남부에 있는 도이다. 서쪽은 황해(서해)에 면하고, 동쪽으로 경상남도·경상북도, 남쪽으로 전라남도, 북쪽으로는 충청남도·충청북도와 경계를 이룬다. 도청 소재지는 전주시이다.

나. 지리

전라북도는 한반도 서남부에 위치하고 동남쪽은 경남 하동군, 함양군, 거창군과 경북의 김천시와 소백산맥의 주능선인 반야봉(1,732m), 토끼봉(1,534m), 명선봉(1,586m), 백운산(1,279m), 남덕유산(1,508m), 무룡산(1,492m) 등으로 경계를 이루고 있다. 지형적으로 볼 때 동쪽은 높고 서쪽은 낮은 계단식 지형을 이루고 있으며, 서쪽에 군산반도, 진봉반도, 변산반도 등의 해안선과 동쪽의 소백산맥, 노령산맥, 진안분지 등이 있으며, 지형의 높낮이를 비율로 따져보면 100m이하의 평지가 전체의 51%, 100~500m까지 산지가 33%, 500~1,000m 지대가 13%, 1,000m이상의 고지가 3%를 차지하고 있어 평야지대가 비교적 많은 형태이다.

다. 행정구역

전라남도의 행정구역은 6개 시, 8개 군, 243개 읍면동으로 구성되어 있다. 전라북도의 면적은 8,069.84km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 1,804,104명, 836,660가구이다.

라. 기후

서부지역은 남부해안형에 속하고 동부의 산악지역은 남부 내륙형에 속해있어 서부 평야지대는 황해의 영향을 크게 받아서 내륙지방에 비해서 기온의 연교차가 적고 강우량이 산악지대보다 적은 것이 특징이다. 그 반면 내륙지방은 서해안에 비하여 기온의 연교차가 크고 강우량이 많다. 기후의 특징이 남북의 차이보다는 동서의 차이가 큰데 이는 동쪽은 산악지대로 높고, 서쪽은 평야지대로 낮음(동고서저)지형적 영향을 크게 받기 때문이다. 2016년 전북의 연평균 기온은 14.3°C로서 2011년 13.2°C, 2006년 14.2°C에 비해 지속적으로 상승하고 있으며, 이 지방 중심지인 전주지방의 경우 가장 추웠던 달인 1월의 평균기온은 -0.2°C(최저 -13°C)이고 가장 더웠던 달인 8월의 평균기온은 27.4°C(최고 36.2°C)이었다.

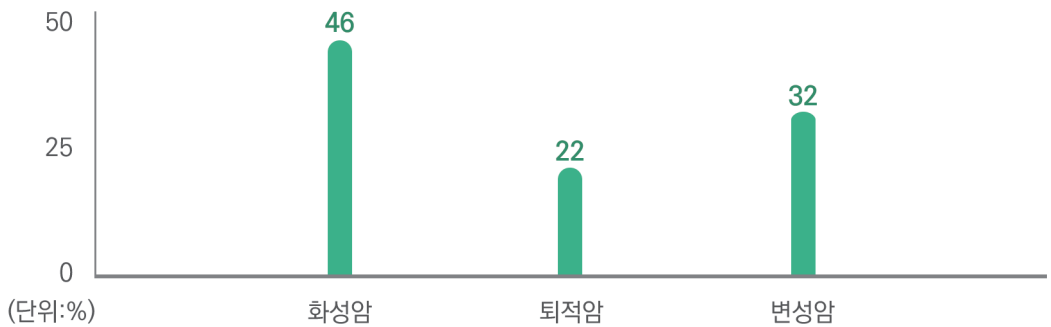


14.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-194] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	423,004	196,324	92,490	134,190
(%)	(100%)	(46%)	(22%)	(32%)

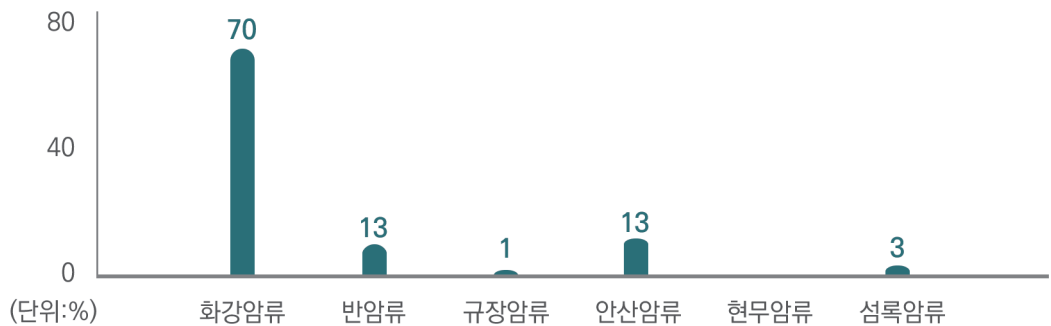


[그림 2-168] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-195] 모암 중분류(화성암)

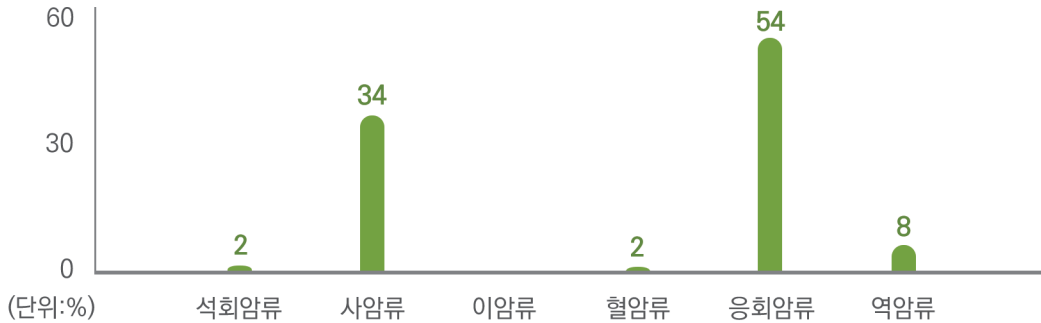
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	196,324	136,825	24,542	2,170	26,138	-	6,650
(%)	(100%)	(70%)	(13%)	(1%)	(13%)	-	(3%)



[그림 2-169] 모암 중분류(화성암)

[표 2-196] 모암 중분류(퇴적암)

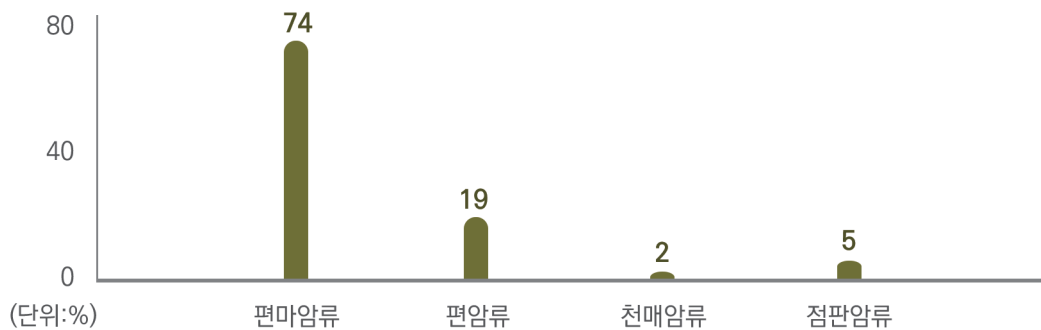
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	92,490	1,799	31,580	-	1,436	49,873	7,803
(%)	(100%)	(2%)	(34%)	-	(2%)	(54%)	(8%)



[그림 2-170] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-197] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	134,190	99,506	25,361	3,119	6,204
(%)	(100%)	(74%)	(19%)	(2%)	(5%)



[그림 2-171] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-198] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	423,004 (100%)	44,812 (11%)	67,886 (16%)	71,885 (17%)	79,844 (19%)	56,505 (13%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	38,383 (9%)	23,693 (6%)	14,552 (3%)	9,803 (2%)	6,987 (2%)	8,657 (2%)

라. 방위

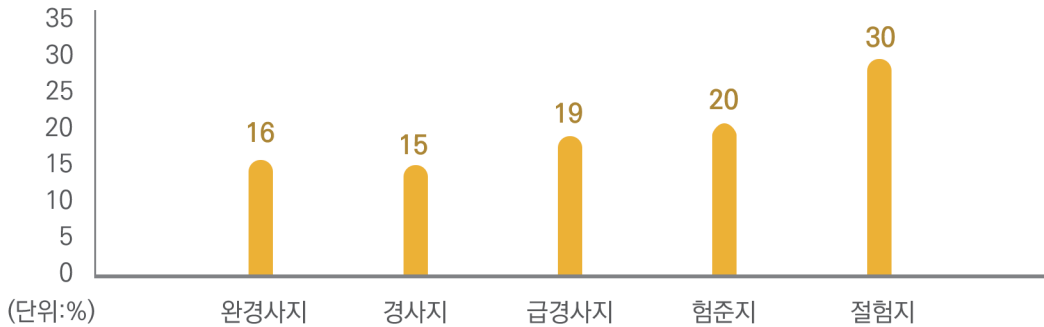
[표 2-199] 방위 분포

합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	423,004 (100%)	51,967 (12%)	62,351 (15%)	46,546 (11%)	48,366 (11%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	49,326 (12%)	56,046 (13%)	48,788 (12%)	56,981 (14%)	2,635 (1%)

마. 경사

[표 2-200] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	423,004	65,995	64,037	80,841	84,908	127,224
(%)	(100%)	(16%)	(15%)	(19%)	(20%)	(30%)

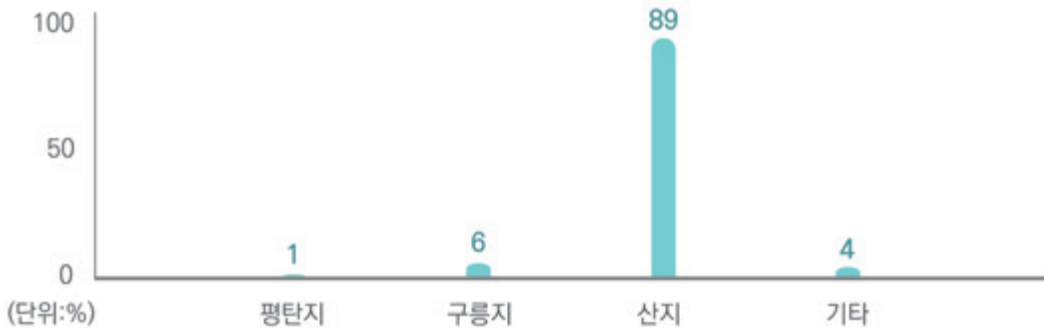


[그림 2-172] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-201] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	423,004	3,167	23,962	378,025	17,852
(%)	(100%)	(1%)	(6%)	(89%)	(4%)



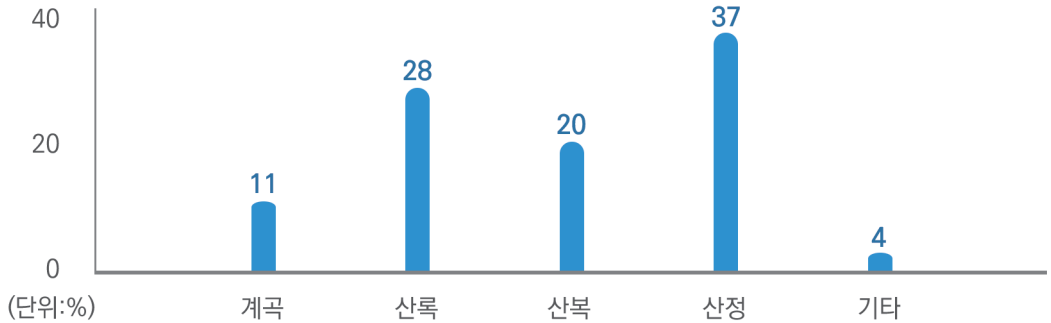
[그림 2-173] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-202] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	423,004	45,450	117,996	85,436	156,271	17,852
(%)	(100%)	(11%)	(28%)	(20%)	(37%)	(4%)

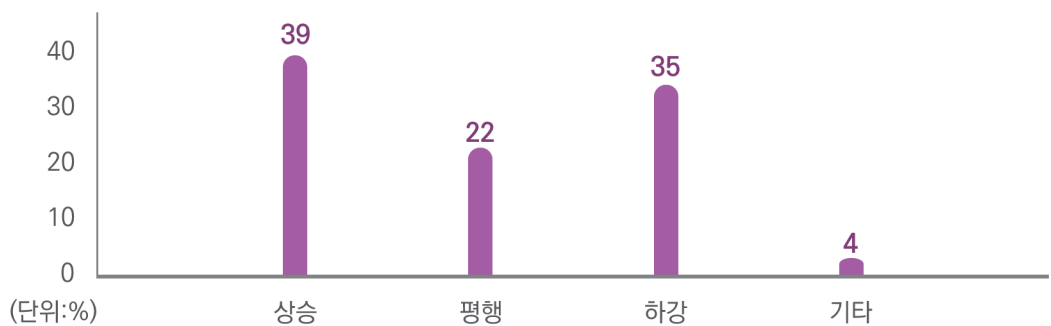


[그림 2-174] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-203] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	423,004	163,051	94,913	147,189	17,852
(%)	(100%)	(39%)	(22%)	(35%)	(4%)



[그림 2-175] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-204] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	423,004	146,668	214,720	42,144	19,473
(%)	(100%)	(35%)	(51%)	(10%)	(5%)

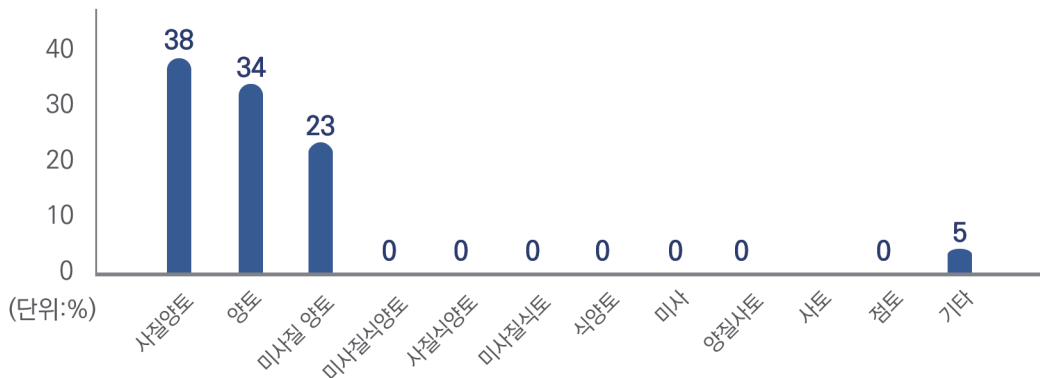


[그림 2-176] 토심 분포

차. 토성

[표 2-205] 토성 분포

	합계	토성											기타
		사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	
면적(ha)	423,004	161,251	143,141	98,173	339	78	87	287	0	0	-	174	19,473
(%)	(100%)	(38%)	(34%)	(23%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	(0%)	(5%)



[그림 2-177] 토성 분포



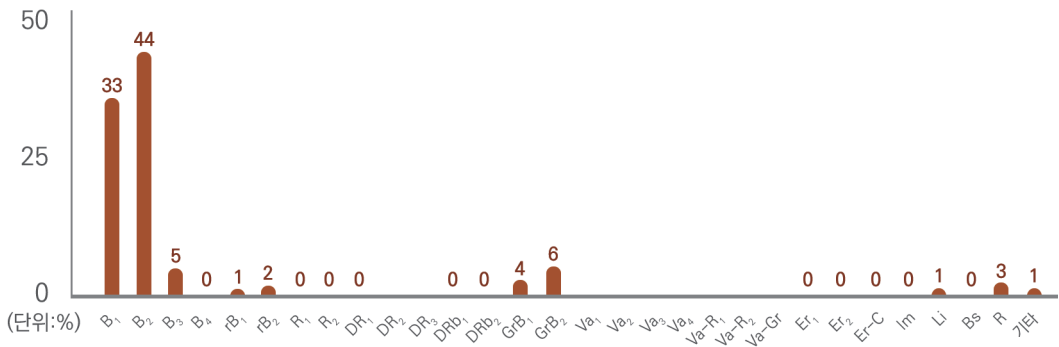
카. 토양형

[표 2-206] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	423,004	139,604	185,687	21,100	365	2,332	7,046	237	413	514	634
(%)	(100%)	(33%)	(44%)	(5%)	(0%)	(1%)	(2%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)

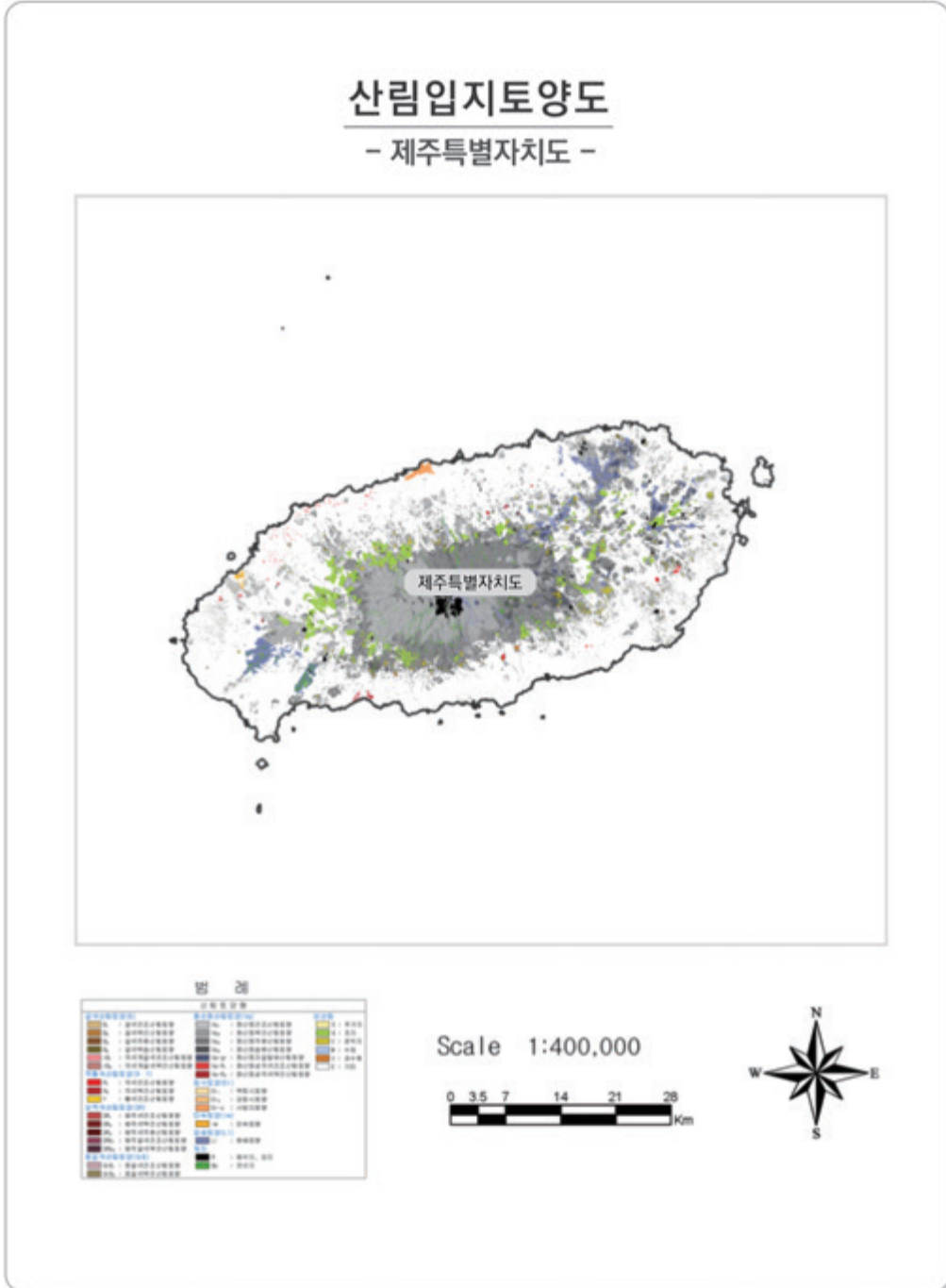
합계		토양형								
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄
면적 (ha)	-	1,057	1,477	14,959	23,248	-	-	-	-	-
(%)	-	(0%)	(0%)	(4%)	(6%)	-	-	-	-	-

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	196	5	130	126	4,403	1,621	13,92	3,931	
(%)	-	-	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(1%)	(0%)	(3%)	(1%)	



[그림 2-178] 토양형 분포

15. 제주특별자치도





15.1. 일반현황

가. 현황

제주특별자치도(濟州特別自治道)는 대한민국의 제주도(濟州島)와 부속 섬들을 관할하는 특별자치도 이다. 대한민국에서 가장 큰 섬인 제주도(濟州島) 본섬을 비롯하여 마라도, 우도, 추자군도 등을 포함한 유인도 8개, 무인도 55개로 구성되어 있다. 한라산 일대의 아름다운 자연 경관으로 관광업과 서비스업, 어업 등이 발달하였고, 제주 화산섬과 용암 동굴은 유네스코 세계 자연 유산에 등재되었다.

나. 지리

제주특별자치도의 지형은 한라산을 중심으로 동서사면은 3°~5°의 매우 완만한 경사이며, 남북사면은 5° 정도로 약간 급한 경사를 이루고 있다. 제주특별자치도의 지질은 퇴적암층과 현무암, 조면질안산암(粗面質安山岩), 조면암 등의 화산암류와 기생화산에서 분출한 화산쇄설암(火山碎屑岩) 등으로 구성되어 있으며, 일부 지방의 점사질 토양을 제외하면 대부분이 흑갈색의 화산회토로 덮여 있다.

다. 행정구역

2006년 7월 1일 제주특별자치도의 출범과 함께 남제주군은 서귀포시로, 북제주군은 제주시로 각각 통합되었다. 자치행정구역은 폐지되었으며 제주시와 서귀포시 2개의 행정시만 존재한다.

라. 기후

제주도는 우리나라 최남단의 해상에 있으며 연안에 난류가 흐르고 있어 연중 온난하고 기온의 연교차도 적은 해양성기후를 나타낸다. 북제주 지방은 연평균기온이 14.7℃, 1월 평균기온이 4.8℃, 8월 평균기온이 25.8℃인 것에 비하여 남제주 지방은 연평균기온이 15.6℃, 1월 평균기온이 6℃, 8월 평균기온이 26.6℃이다. 연강수량은 1,440mm(제주시)~1,688mm(서귀포시)로 우리나라 최다우 지역에 해당한다. 특히 7~9월에는 열대성저기압(태풍)의 영향으로 많은 비가 내리고 있다. 또한, 해상에 고립된 섬이어서 연중 바람이 불고 흐린 날이 많은 다변성일기를 보이고 있다.

15.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-207] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	78,362	78,352	10	-
(%)	(100%)	(100%)	(0%)	-

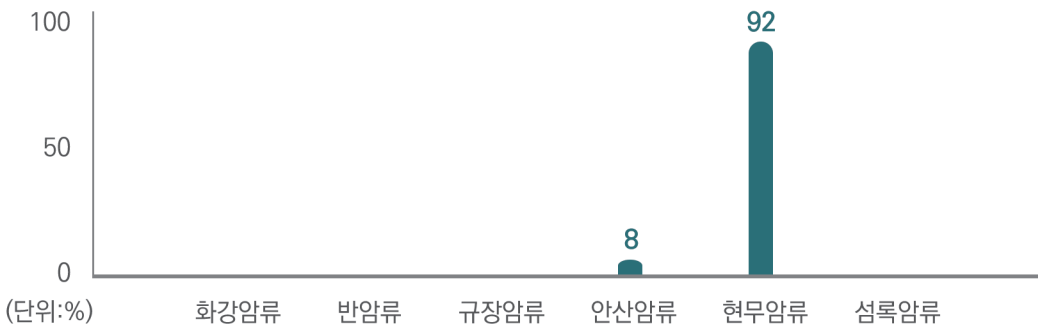


[그림 2-179] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-208] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	78,352	-	-	-	6,429	71,923	-
(%)	(100%)	-	-	-	(8%)	(92%)	-



[그림 2-180] 모암 중분류(화성암)



[표 2-209] 모암 중분류(퇴적암)

합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	10	-	-	-	10	-	-
(%)	(100%)	-	-	-	(100%)	-	-



[그림 2-181] 모암 중분류(퇴적암)

다. 표고

[표 2-210] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	78,362 (100%)	8,728 (11%)	9,918 (13%)	10,445 (13%)	9,451 (12%)	8,788 (11%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	6,836 (9%)	5,700 (7%)	4,188 (5%)	3,057 (4%)	2,386 (3%)	8,866 (11%)

라. 방위

[표 2-211] 방위 분포

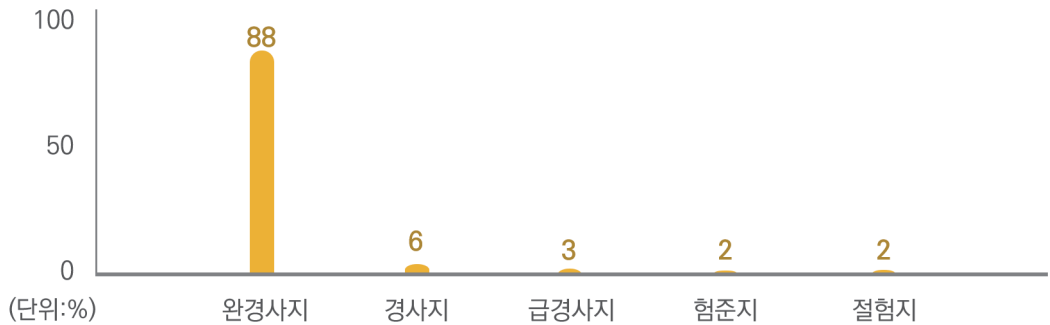
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	78,362 (100%)	9,307 (12%)	7,313 (9%)	10,596 (14%)	10,229 (13%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	8,757 (11%)	8,921 (11%)	10,362 (13%)	9,025 (12%)	3,852 (5%)



마. 경사

[표 2-212] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	78,362	68,700	4,569	2,564	1,202	1,326
(%)	(100%)	(88%)	(6%)	(3%)	(2%)	(2%)



[그림 2-182] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-213] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	78,362	10,823	16,721	41,534	9,284
(%)	(100%)	(14%)	(21%)	(53%)	(12%)

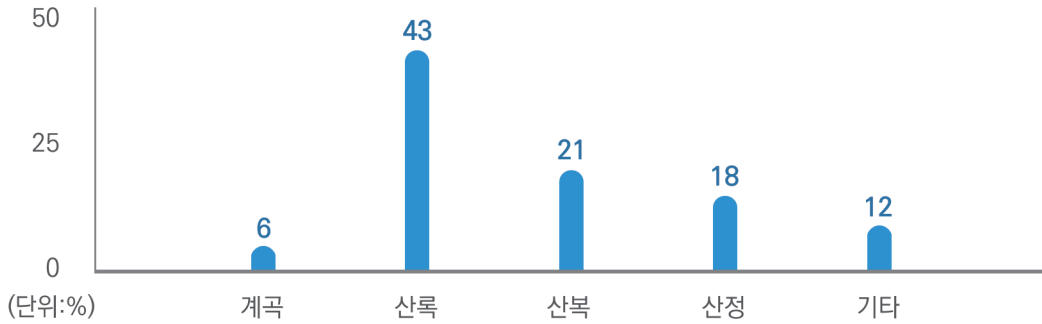


[그림 2-183] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-214] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	78,362	4,611	33,845	16,567	14,056	9,284
(%)	(100%)	(6%)	(43%)	(21%)	(18%)	(12%)

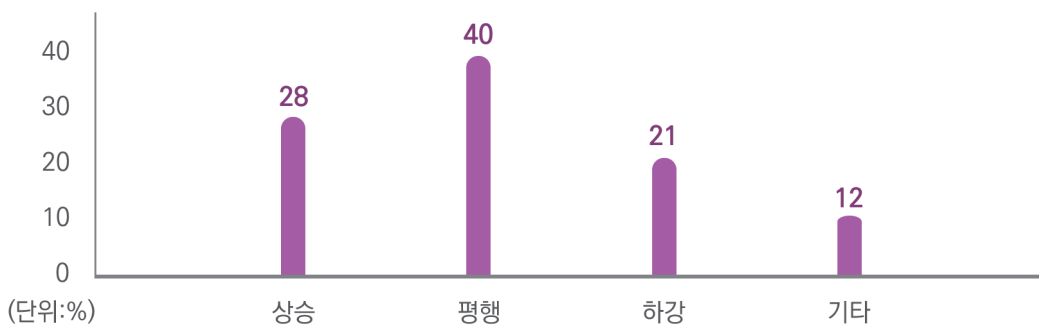


[그림 2-184] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-215] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	78,362	21,844	31,092	16,142	9,284
(%)	(100%)	(28%)	(40%)	(21%)	(12%)



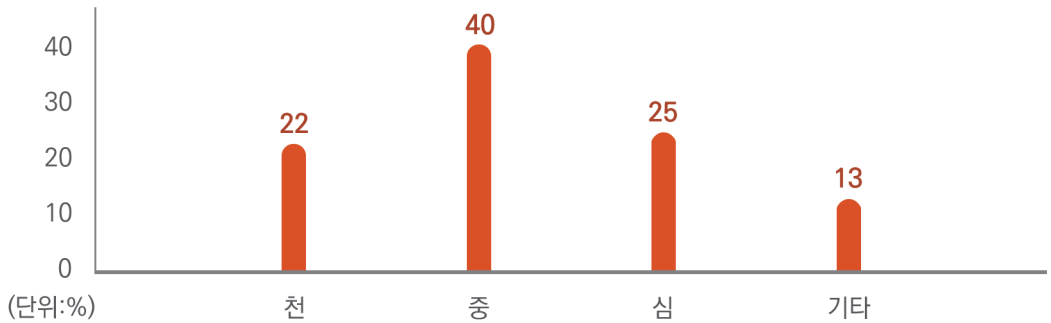
[그림 2-185] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-216] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	78,362	16,890	31,710	19,524	10,237
(%)	(100%)	(22%)	(40%)	(25%)	(13%)

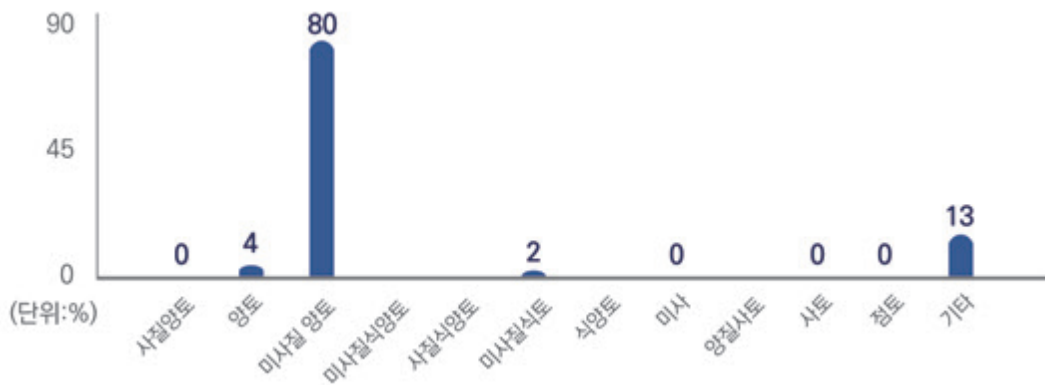


[그림 2-186] 토심 분포

차. 토성

[표 2-217] 토성 분포

	합계	토성											기타
		사질양토 (SL)	양토 (L)	미사질양토 (SiL)	미사질식양토 (SiCL)	사질식양토 (SCL)	미사질식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	
면적(ha)	78,362	74	3,039	63,032	-	-	1,711	-	1	-	22	47	10,237
(%)	(100%)	(0%)	(4%)	(80%)	-	-	(2%)	-	(0%)	-	(0%)	(0%)	(13%)



[그림 2-187] 토성 분포

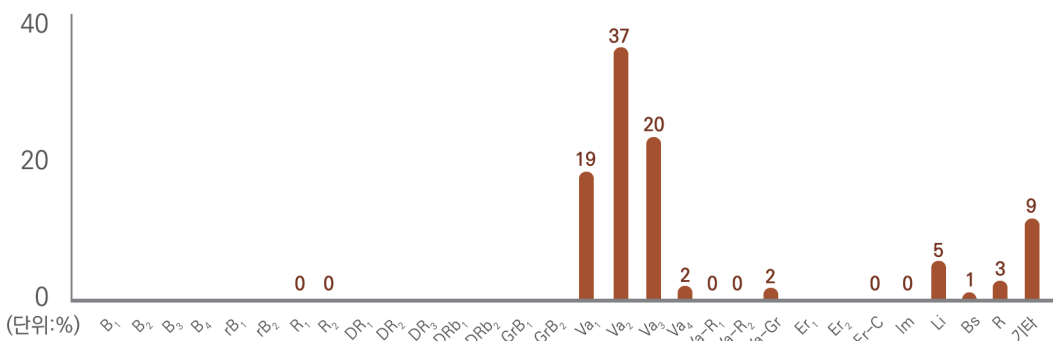
카. 토양형

[표 2-218] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	78,362	-	-	-	-	-	-	31	18	-	-
(%)	(100%)	-	-	-	-	-	-	(0%)	(0%)	-	-

합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	-	-	-	-	-	15,199	29,150	15,743	1,667	218	
(%)	-	-	-	-	-	(19%)	(37%)	(20%)	(2%)	(0%)	

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	111	1,458	-	-	304	92	4,133	953	2,191	7,093	
(%)	(0%)	(2%)	-	-	(0%)	(0%)	(5%)	(1%)	(3%)	(9%)	



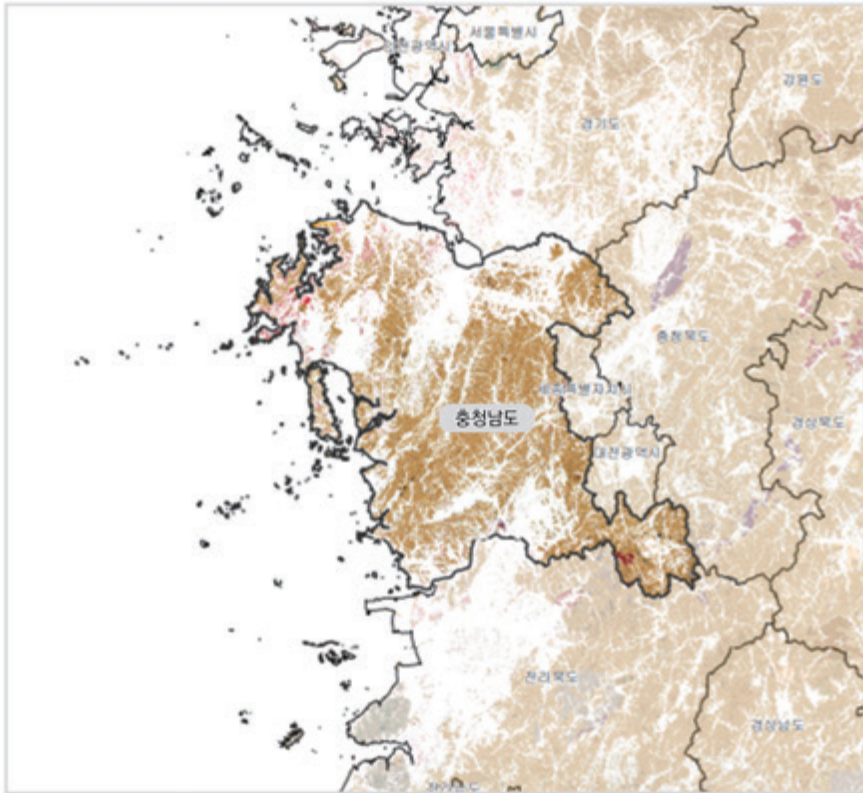
[그림 2-188] 토양형 분포



16. 충청남도

산림입지토양도

- 충청남도 -



명 령

토양명	토양명	토양명
1. 충주대립암상토	11. 충주대립암상토	21. 충주대립암상토
2. 충주대립암상토	12. 충주대립암상토	22. 충주대립암상토
3. 충주대립암상토	13. 충주대립암상토	23. 충주대립암상토
4. 충주대립암상토	14. 충주대립암상토	24. 충주대립암상토
5. 충주대립암상토	15. 충주대립암상토	25. 충주대립암상토
6. 충주대립암상토	16. 충주대립암상토	26. 충주대립암상토
7. 충주대립암상토	17. 충주대립암상토	27. 충주대립암상토
8. 충주대립암상토	18. 충주대립암상토	28. 충주대립암상토
9. 충주대립암상토	19. 충주대립암상토	29. 충주대립암상토
10. 충주대립암상토	20. 충주대립암상토	30. 충주대립암상토

Scale 1:1,000,000



16.1. 일반현황

가. 현황

충청남도(忠淸南道)는 대한민국 중서부에 있는 도이다. 동쪽으로 대전광역시, 세종특별자치시, 충청북도와 접하고, 서쪽은 황해(서해)가 있고, 남쪽으로 전라북도, 북쪽으로는 경기도와 접한다. 도청 소재지는 예산군과 홍성군 일원의 내포신도시이다.

나. 지리

충청남도의 지형은 대체로 낮고 평평하다. 해발 고도 1,000m 이상을 넘는 곳은 한 곳도 없으며, 도 전체의 평균 고도가 100m로서 대한민국에서 가장 낮은 지형을 이룬다. 평균 600m 이하의 낮은 차령산맥이 도를 남북으로 가르며 동서로 지나고 대표적인 산으로 오서산(791m), 칠갑산(561m), 광덕산(699m) 등이 있다. 차령산맥 남쪽 수계권의 대표 4-강인 금강은 대한민국에서 세 번째로 큰 강으로서 금산에서 감입곡류하면서 충북으로 흐르다가 공주, 청양을 지나 논산 강경에서 논산천과 합류하여 부여, 서천을 거쳐 장항에서 서해로 유입된다. 금강 유역에서는 부여의 금천 하류의 구룡평야와 논산의 논산천 일대의 논산평야가 비옥하다. 논산천 유역에는 탐정호가 있다. 차령산맥 북쪽 수계권의 대표 4-하천인 삼교천은 차령산맥에서 발원하여 북쪽 아산만으로 흐르면서 예당평야가 발달되어 있다. 충청남도 황해 해안선은 출입이 매우 심한 리아스식 해안이며 서북쪽으로는 태안반도가 돌출되어 있다.

다. 행정구역

충청남도의 행정 구역은 8개 시, 7개 군, 207개 읍면동으로 구성되어 있다. 충청남도의 면적은 8,226.17km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 2,122,455명, 960,438가구이다.

라. 기후

충청남도의 기후는 대륙성 기후이다. 겨울에는 북서풍을 막을수 있는 지형적 장애물이 적은편이기 때문에 같은 위도상에 위치하는 동해안보다 춥다. 서북부 해안지대에는 내리는 눈의 양이 많다. 기온은 1년 쾌청일수는 60~70일이며, 일조일수는 58~60%로 해안지방이 200~220일이며, 내륙지방은 180~200일이다. 1월 평균기온이 도서지방의 경우 -1°C, 내륙지방은 -3°C이다. 8월 평균기온은 도서지방이 24°C, 내륙지방이 26°C로서, 도서지방과 내륙지방의 온도차는 2°C이다. 강수량은 지역마다 다르다. 서해안은 연간 1,150mm~1,350mm이다. 강수량이 금강유역과 태안반도 지방이 가장 많고, 해안지방의 1년 강우 일수는 약 90일, 내륙지방이 약 110일인데 7월에 많고 1월이 가장 적다.

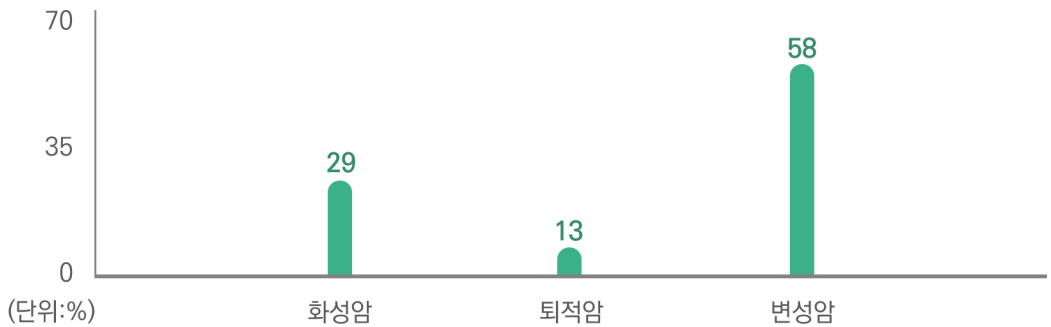


16.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-219] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	368,903	108,301	46,040	214,562
(%)	(100%)	(29%)	(13%)	(58%)

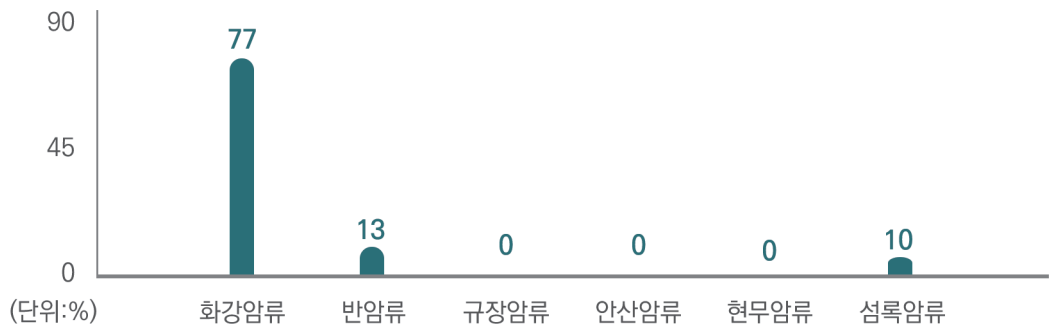


[그림 2-189] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-220] 모암 중분류(화성암)

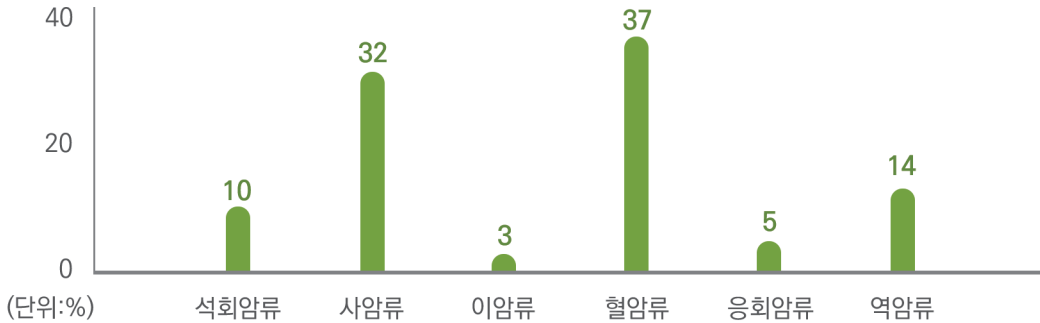
합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	108,301	82,990	14,214	358	249	5	10,486
(%)	(100%)	(77%)	(13%)	(0%)	(0%)	(0%)	(10%)



[그림 2-190] 모암 중분류(화성암)

[표 2-221] 모암 중분류(퇴적암)

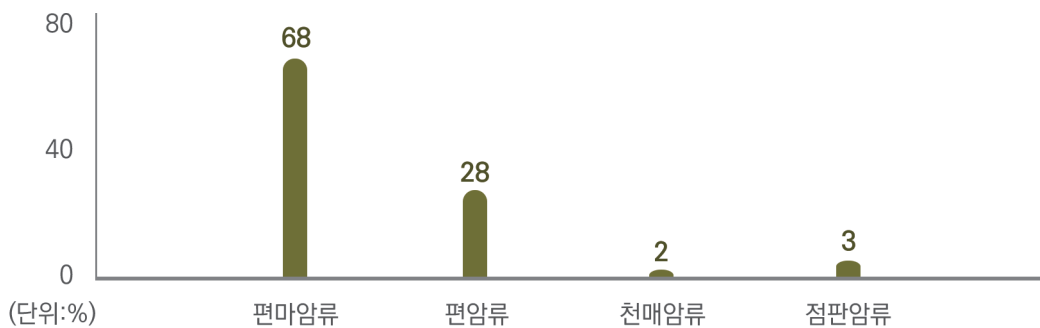
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	46,040	4,467	14,735	1,238	16,945	2,305	6,351
(%)	(100%)	(10%)	(32%)	(3%)	(37%)	(5%)	(14%)



[그림 2-191] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-222] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	214,562	145,649	58,907	3,243	6,763
(%)	(100%)	(68%)	(28%)	(2%)	(3%)



[그림 2-192] 모암 중분류(변성암)



다. 표고

[표 2-223] 표고 분포

합계		표고					
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m	
면적(ha) (%)	368,903 (100%)	128,329 (35%)	118,092 (32%)	73,975 (20%)	33,590 (9%)	10,848 (3%)	
		500 ~ 600m	600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	3,108 (1%)	785 (0%)	162 (0%)	15 (0%)	- -	- -	

라. 방위

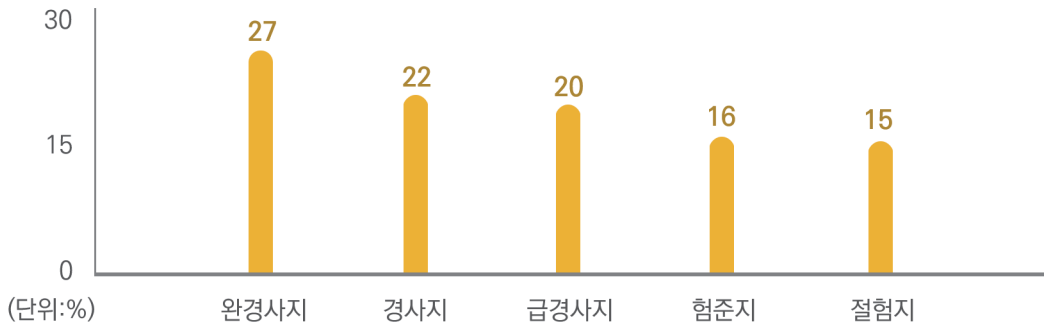
[표 2-224] 방위 분포

합계		방위				
		동	서	남	북	
면적(ha) (%)	368,903 (100%)	46,241 (13%)	58,712 (16%)	39,594 (11%)	40,436 (11%)	
		북동	북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	40,101 (11%)	49,652 (14%)	44,276 (12%)	47,312 (13%)	2,579 (1%)	

마. 경사

[표 2-225] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	368,903	100,679	79,268	74,755	57,659	56,542
(%)	(100%)	(27%)	(22%)	(20%)	(16%)	(15%)

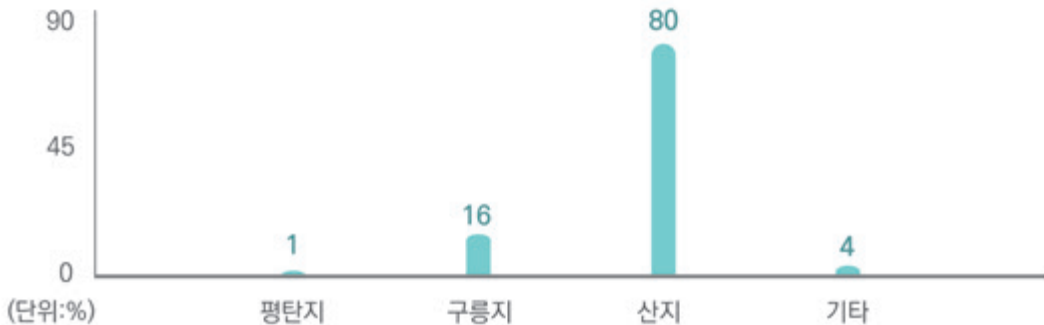


[그림 2-193] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-226] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	368,903	3,288	57,156	295,004	13,455
(%)	(100%)	(1%)	(16%)	(80%)	(4%)



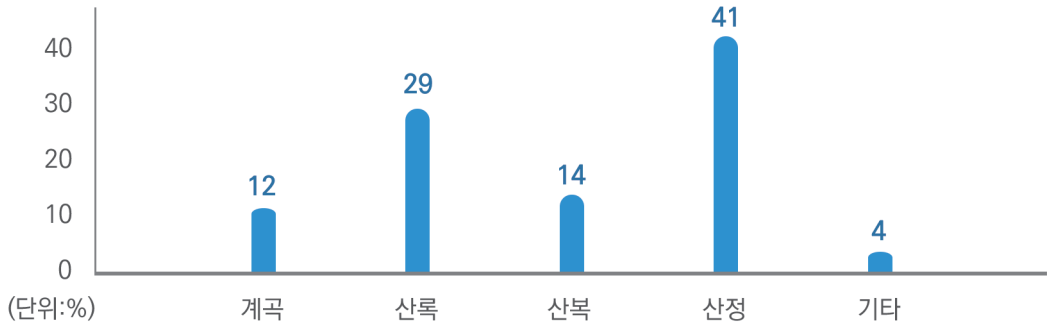
[그림 2-194] 지형 분포



사. 사면위치

[표 2-227] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	368,903	42,925	106,818	53,185	152,520	13,455
(%)	(100%)	(12%)	(29%)	(14%)	(41%)	(4%)

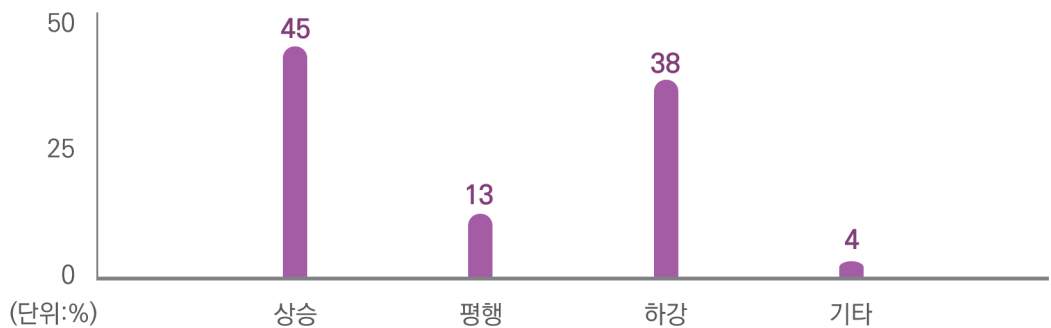


[그림 2-195] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-228] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	368,903	166,113	47,753	141,583	13,455
(%)	(100%)	(45%)	(13%)	(38%)	(4%)

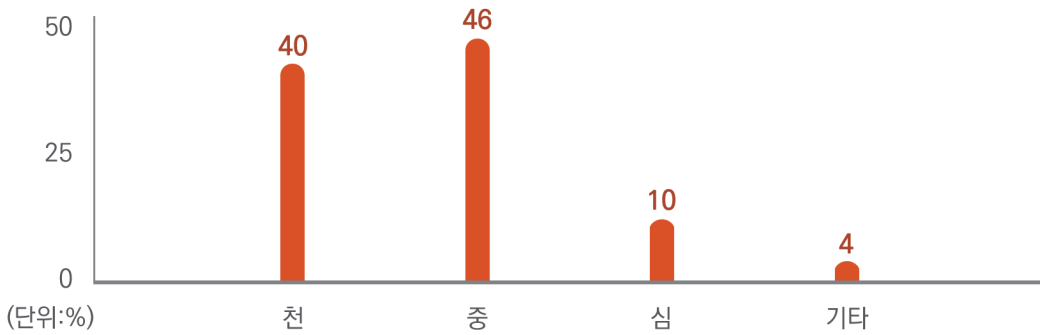


[그림 2-196] 경사형태 분포

자. 토심

[표 2-229] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	368,903	149,093	170,292	36,063	13,455
(%)	(100%)	(40%)	(46%)	(10%)	(4%)

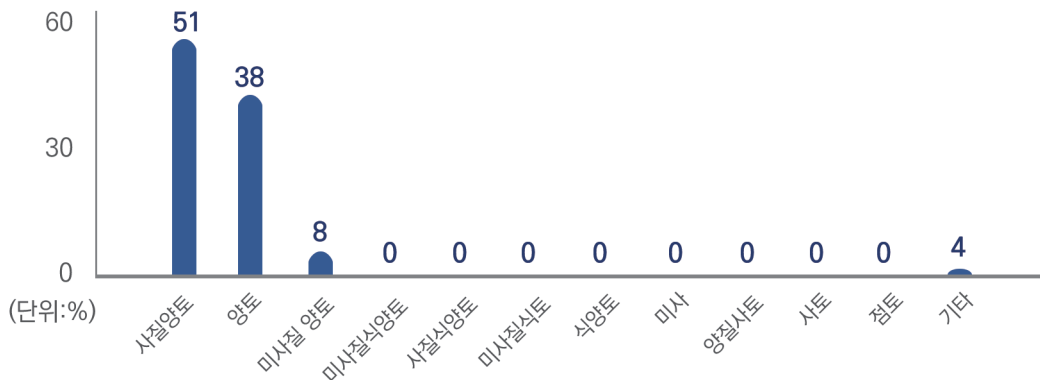


[그림 2-197] 토심 분포

차. 토성

[표 2-230] 토성 분포

	합계	토성											기타
		사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)	
면적(ha)	368,903	186,566	140,30	28,052	33	2	2	481	0	1	1	9	13,455
(%)	(100%)	(51%)	(38%)	(8%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(4%)



[그림 2-198] 토성 분포



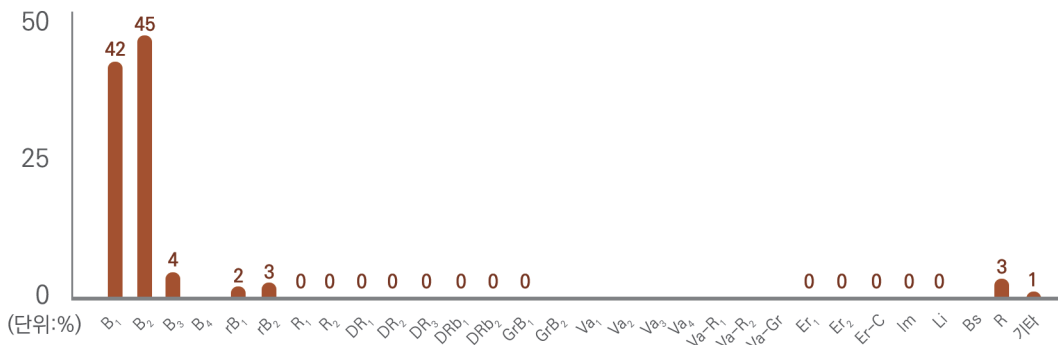
카. 토양형

[표 2-231] 토양형 분포

합계	토양형										
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂	
면적 (ha)	368,903	153,194	165,464	13,462	-	6,122	10,707	494	1,286	359	783
(%)	(100%)	(42%)	(45%)	(4%)	-	(2%)	(3%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)

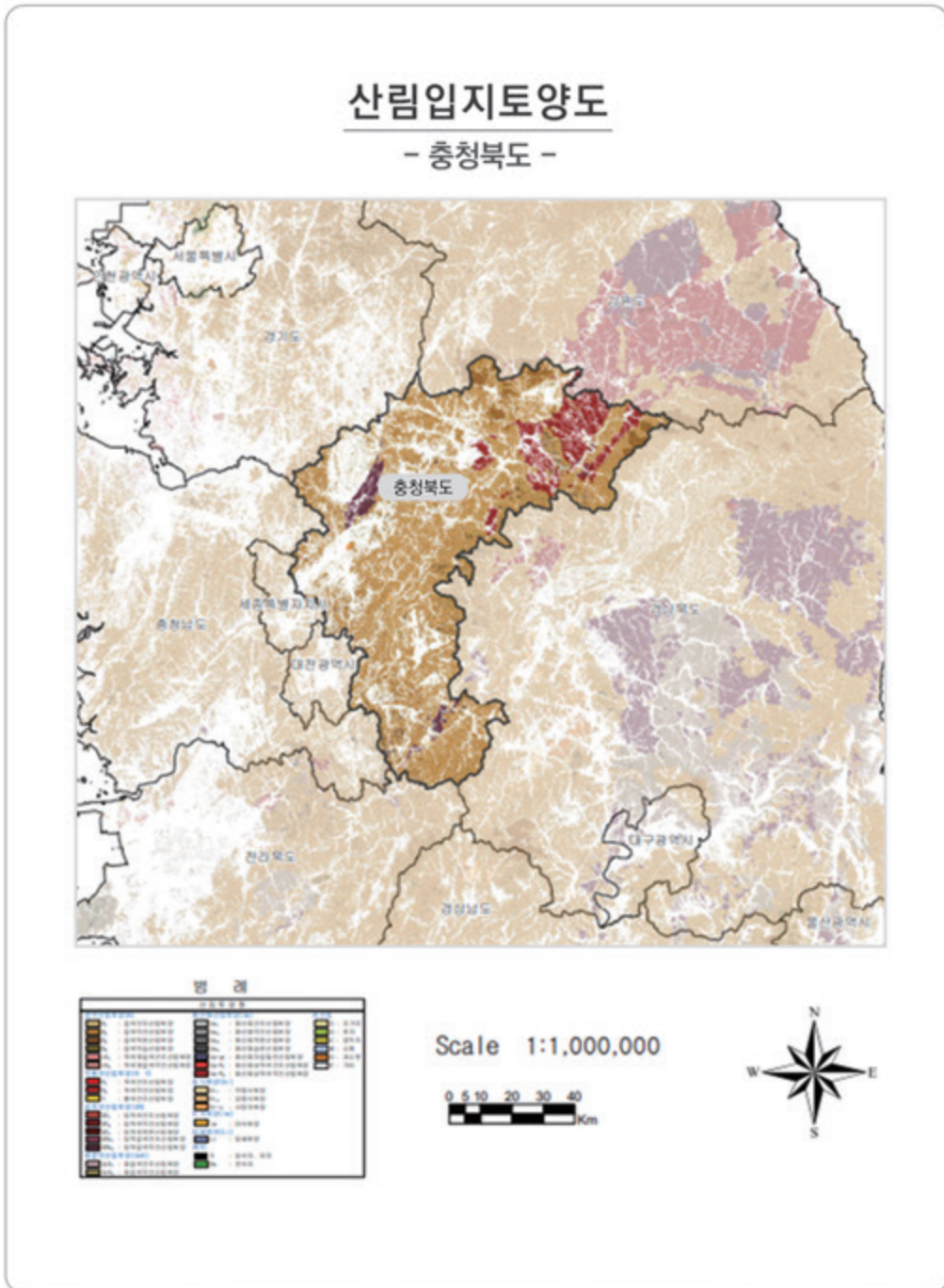
합계	토양형									
	DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	78	152	156	2	-	-	-	-	-	-
(%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	-	-	-	-	-

합계	토양형									기타
	Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	220	4	276	1,496	1,193	-	10,635	2,820
(%)	-	-	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	(3%)	(1%)



[그림 2-199] 토양형 분포

17. 충청북도





17.1. 일반현황

가. 현황

충청북도(忠淸北道)는 대한민국의 중앙부에 위치하는 도이다. 서쪽으로 대전광역시, 세종특별자치시, 충청남도, 동쪽으로 경상북도, 남쪽으로 전라북도, 북쪽으로 경기도, 강원도하고 접한다. 대한민국에서 유일하게 바다에 접하지 않은 도이다. 충청북도청 소재지는 청주시이고, 옥천군에 남부출장소, 제천시에 북부출장소가 설치되어 있다.

나. 지리

위도상으로는 중위도에 속하며 우리나라에서 바다에 접하지 않은 유일한 내륙도이다. 때문에 여름은 고온다습하고 겨울은 한랭건조한 온대온순기후로서 계절의 변화가 뚜렷할 뿐만 아니라 농산물이 풍부하고 품종도 다양하다. 충청북도는 서울과 인접하고 있어 교통이 편리하고 경제, 교육, 문화가 크게 발달하여 살기 좋은 고장이다.

다. 행정구역

충청북도의 행정구역은 3개 시와 8개 군, 153개 읍면동으로 구성되어 있다. 충청북도의 면적은 7,406.91km²이며, 인구는 2020년 주민등록을 기준으로 1,637,897명, 745,644가구이다.

라. 기후

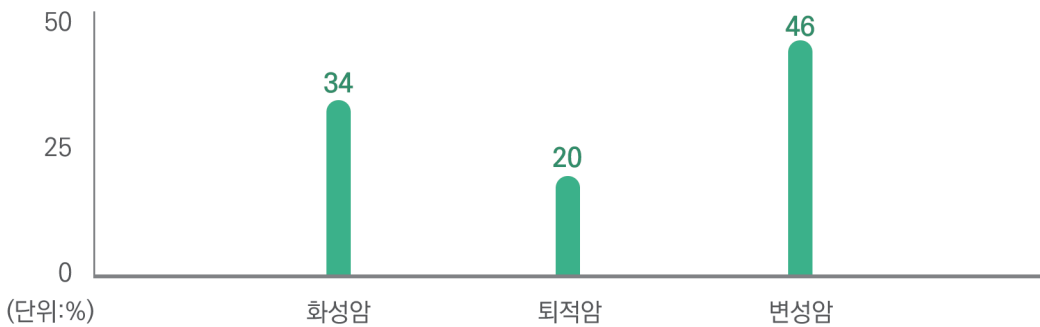
남한의 중부 내륙에 위치하여 대륙성기후의 특징이 뚜렷하게 나타난다. 겨울철에는 시베리아기단의 확장으로 한반도가 북서계절풍의 영향권에 속할 때 한랭건조한 기단의 영향을 직접 받아 동일 위도상의 해안 인접지역에 비하여 야간 기온이 낮게 나타난다. 여름철에는 습윤한 북태평양에서 부는 남동계절풍의 영향으로 일최고기온이 높게 상승하고 고온현상이 자주 발생하여 동일 위도상의 해안 인접지역에 비하여 연교차가 큰 편이다. 연평균 강수량은 1,266.8mm인데, 태백산맥에 인접한 제천·백운 지역은 1,480mm 이상으로 높게 나타나고 중서부의 오창 지역에서도 1,456mm로 나타나는 데 비하여 남동부의 옥천 청산 지역과 북동부의 단양 지역에서는 각각 1,174mm와 1,145mm로 낮게 나타나는 등 지역에 따른 편차가 심한 편이다. 계절별로는 연강수량의 약 60%에 해당하는 770mm 가량이 여름철(6~8월)에 집중적으로 내리고, 겨울철(12~2월)에는 지역에 따라 50~90mm가 내려 다른 지역에 비하여 강수집중률이 훨씬 낮은 편이다.

17.2. 항목별 현황분석

가. 모암(대분류)

[표 2-232] 모암 대분류

합계		모 암		
		화성암	퇴적암	변성암
면적(ha)	486,549	163,009	98,593	224,947
(%)	(100%)	(34%)	(20%)	(46%)

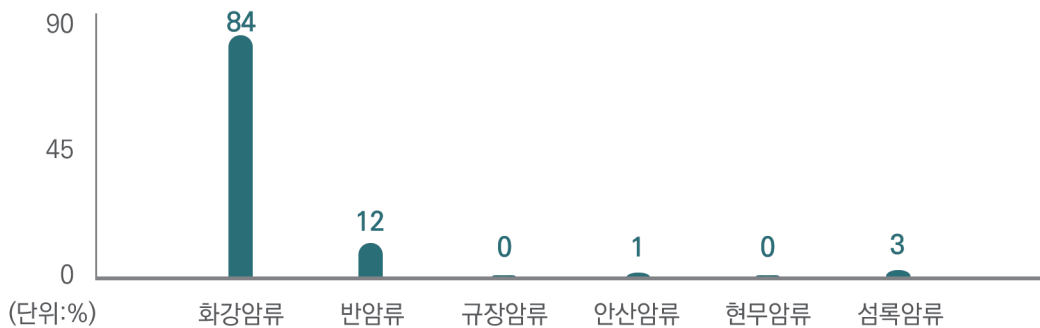


[그림 2-200] 모암 대분류

나. 모암(중분류)

[표 2-233] 모암 중분류(화성암)

합계		화성암					
		화강암류	반암류	규장암류	안산암류	현무암류	섬록암류
면적(ha)	163,009	137,649	19,892	7	956	168	4,338
(%)	(100%)	(84%)	(12%)	(0%)	(1%)	(0%)	(3%)

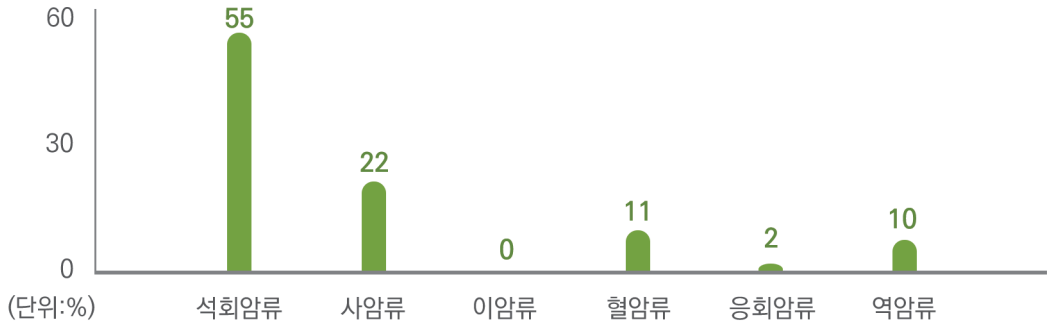


[그림 2-201] 모암 중분류(화성암)



[표 2-234] 모암 중분류(퇴적암)

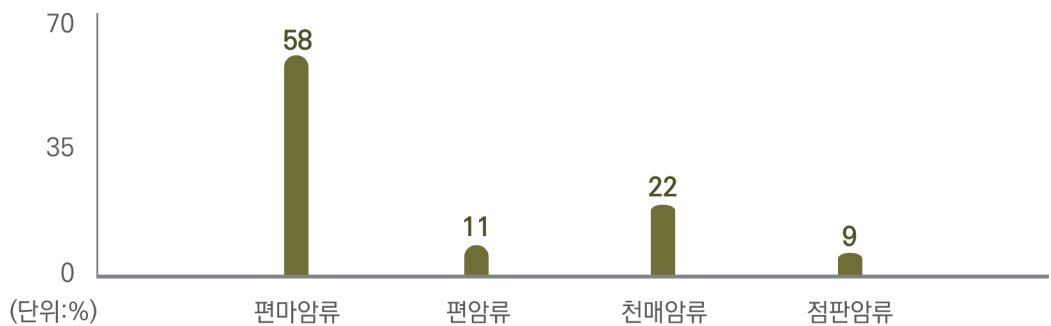
합계		퇴적암					
		석회암류	사암류	이암류	혈암류	응회암류	역암류
면적(ha)	98,593	54,495	21,159	13	11,066	2,202	9,658
(%)	(100%)	(55%)	(22%)	(0%)	(11%)	(2%)	(10%)



[그림 2-202] 모암 중분류(퇴적암)

[표 2-235] 모암 중분류(변성암)

합계		변성암			
		편마암류	편암류	천매암류	점판암류
면적(ha)	224,947	129,728	24,343	50,081	20,796
(%)	(100%)	(58%)	(11%)	(22%)	(9%)



[그림 2-203] 모암 중분류(변성암)

다. 표고

[표 2-236] 표고 분포

합계		표고				
		100m 미만	100 ~ 200m	200 ~ 300m	300 ~ 400m	400 ~ 500m
면적(ha) (%)	486,549 (100%)	11,959 (2%)	90,563 (19%)	139,447 (29%)	109,699 (23%)	57,440 (12%)
500 ~ 600m		600 ~ 700m	700 ~ 800m	800 ~ 900m	900 ~ 1000m	1000m 이상
면적(ha) (%)	32,396 (7%)	19,198 (4%)	11,616 (2%)	7,190 (2%)	3,680 (1%)	3,362 (1%)

라. 방위

[표 2-237] 방위 분포

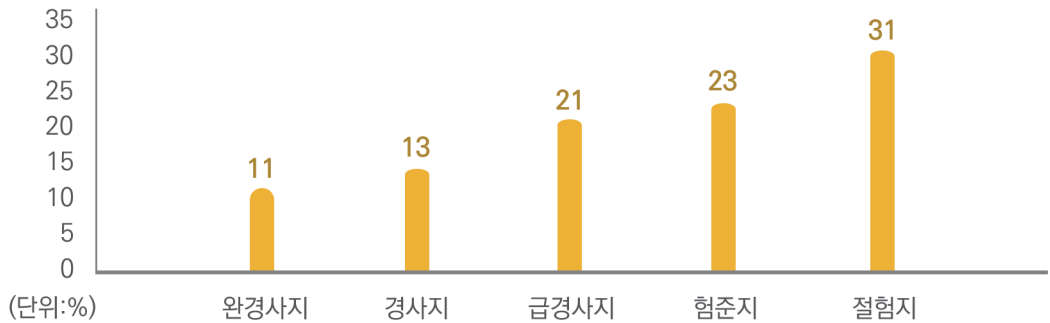
합계		방위			
		동	서	남	북
면적(ha) (%)	486,549 (100%)	61,035 (13%)	75,386 (16%)	54,926 (11%)	54,247 (11%)
북동		북서	남동	남서	무방위
면적(ha) (%)	55,814 (12%)	62,814 (13%)	55,382 (11%)	65,278 (13%)	1,667 (0%)



마. 경사

[표 2-238] 경사도 분포

합계		경사급				
		완경사지 (15° 미만)	경사지 (15°~20° 미만)	급경사지 (20°~25° 미만)	험준지 (25°~30° 미만)	절험지 (30° 이상)
면적(ha)	486,549	55,309	64,875	102,089	113,283	150,994
(%)	(100%)	(11%)	(13%)	(21%)	(23%)	(31%)



[그림 2-204] 경사도 분포

바. 지형

[표 2-239] 지형 분포

합계		지형			기타
		평탄지	구릉지	산지	
면적(ha)	486,549	368	49,982	421,664	14,535
(%)	(100%)	(0%)	(10%)	(87%)	(3%)

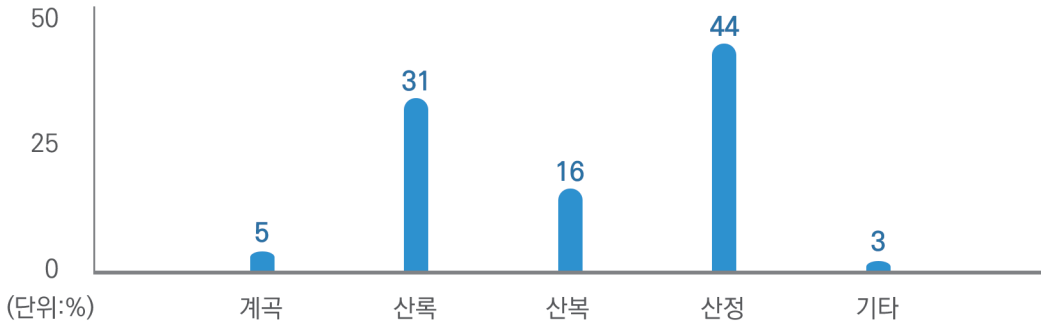


[그림 2-205] 지형 분포

사. 사면위치

[표 2-240] 사면위치 분포

	합계	사면위치				기타
		계곡	산록	산복	산정	
면적(ha)	486,549	25,700	152,614	77,609	216,091	14,535
(%)	(100%)	(5%)	(31%)	(16%)	(44%)	(3%)

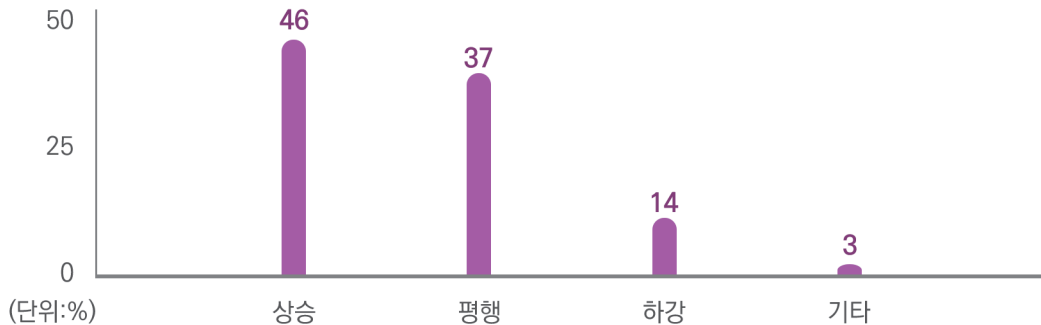


[그림 2-206] 사면위치 분포

아. 경사형태

[표 2-241] 경사형태 분포

	합계	경사형태			기타
		상승	평행	하강	
면적(ha)	486,549	222,000	179,915	70,099	14,535
(%)	(100%)	(46%)	(37%)	(14%)	(3%)



[그림 2-207] 경사형태 분포



자. 토심

[표 2-242] 토심 분포

	합계	토심			기타
		천 (30cm 미만)	중 (30~60cm 미만)	심 (60cm 이상)	
면적(ha)	486,549	193,170	238,009	39,018	16,352
(%)	(100%)	(40%)	(49%)	(8%)	(3%)

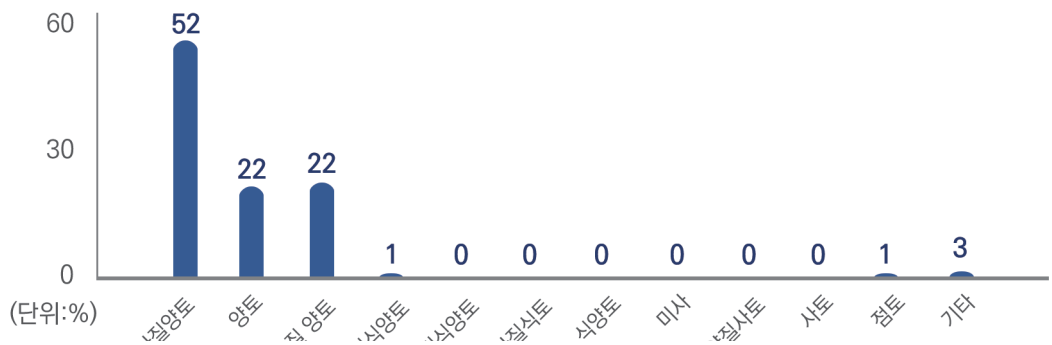


[그림 2-208] 토심 분포

차. 토성

[표 2-243] 토성 분포

합계	토성											기타		
	사질 양토 (SL)	양토 (L)	미사질 양토 (SiL)	미사질 식양토 (SiCL)	사질 식양토 (SCL)	미사질 식토 (SiC)	식양토 (CL)	미사 (Si)	양질 사토 (LS)	사토 (S)	점토 (C)			
면적(ha)	486,549	251,347	105,254	108,521	2,489	0	28	114	13	47	20	2,365	16,352	
(%)	(100%)	(52%)	(22%)	(22%)	(1%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(0%)	(1%)	(3%)



[그림 2-209] 토성 분포

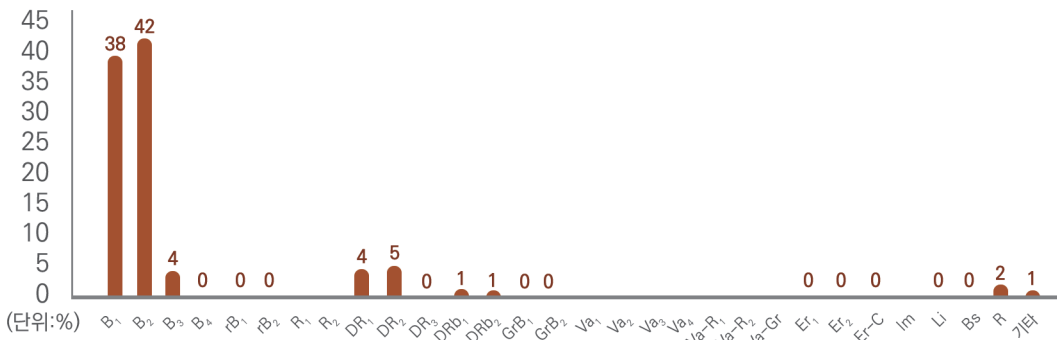
카. 토양형

[표 2-244] 토양형 분포

합계		토양형									
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	rB ₁	rB ₂	R ₁	R ₂	DR ₁	DR ₂
면적 (ha)	486,549	185,259	205,184	19,386	507	215	168	-	-	20,453	21,727
(%)	(100%)	(38%)	(42%)	(4%)	(0%)	(0%)	(0%)	-	-	(4%)	(5%)

합계		토양형									
		DR ₃	DRb ₁	DRb ₂	GrB ₁	GrB ₂	Va ₁	Va ₂	Va ₃	Va ₄	Va-R ₁
면적 (ha)	76	6,006	6,285	189	221	-	-	-	-	-	
(%)	(0%)	(1%)	(1%)	(0%)	(0%)	-	-	-	-	-	

합계		토양형									기타
		Va-R ₂	Va-gr	Er ₁	Er ₂	Er-c	Im	Li	Bs	R	
면적 (ha)	-	-	2,018	149	765	-	1,589	1,817	9,612	4,923	
(%)	-	-	(0%)	(0%)	(0%)	-	(0%)	(0%)	(2%)	(1%)	



[그림 2-210] 토양형 분포



3

산림입지토양도 백서

제 3 장

산림입지도양도 활용 및 개선 방안



제3장 산림입지도양도의 활용 및 개선 방안

1. 개요	306
2. 단기임산물 재배적지 정보 및 맞춤형 산림정보 서비스 구축	310
3. 맞춤형 조림지도 구축	313
4. 임지생산능력급수도 구축	316
5. 산불관련 시스템 고도화	323
6. 산사태위험지도 및 산사태 정보시스템	331
7. 병해충에 강한 수목의 적지 분석 시스템 개발	334
8. 전국 산림 물 용량 및 수자원 관리 방안 마련	342
9. 주제도 제작	350
10. 생태학적 환경용량 평가	358
11. 산림토양공간정보 통계분석 및 활용·주제도 구축	371
12. 국외 토양정보 제공 사례 및 개선 방안	395

1. 개요

1.1. 활용 개요

주제도란 특정한 주제를 세밀하게 표현할 목적으로 구축된 지도를 의미하며, 이용자들의 수요나 새로운 정보 제공의 필요성 등에 따라 다양하게 구축되고 있다. 주요 산림주제도인 산림입지도양도는 다양한 주제도를 제작하는데 기초 자료로 활용되고 있다.

미국에서는 산림입지도양도의 속성을 이용하여 Interactive Travel Map, National Overview Map, Topographic Map, Active Fire Map, Forest Visitor Maps, Motor Vehicle Use Maps 등을 제작하고 있다. Interactive Travel Map은 대화식 여행지도로서 상세한 컬러지도상에 국립공원도로, 산책로, 면적 등을 표시한 Vehicle Use Map을 추가 보완한 지도이며, National Overview Map은 대중에게 온라인으로 임도, 산책로, 휴양지, 자연보호구역, 그리고 야생경관에 대한 정보를 제공하고 있다.

Topographic Map은 대면적에 대한 산맥, 협곡, 평야, 호수, 강, 식생 등을 등고선으로 표시한 소축척 지도이며, Active Fire Map은 위성영상을 기반으로 실시간으로 산불을 감지하고 모니터링하는 프로그램 지도이며, 미국본토, 알래스카, 하와이, 캐나다 지역의 황무지 산불 감지에 특성화되어 있다. Forest Visitor Maps은 각 국유림과 초지에 대한 관광명소, 시설물, 서비스 등의 정보를 제공하며, Motor Vehicle Use Maps은 자동차 이용자들을 위한 도로, 소로, 공간 등을 제공한다.

한국에서는 맞춤형조림지도, 임지생산능력급수도, 산지구분도, 산사태위험지도, 산불확산 예측지도 등을 제작하는데 산림입지도양도의 속성 자료를 활용하고 있으며 미국과 한국의 산림입지도양도의 활용 현황은 그림 2-1과 같다.

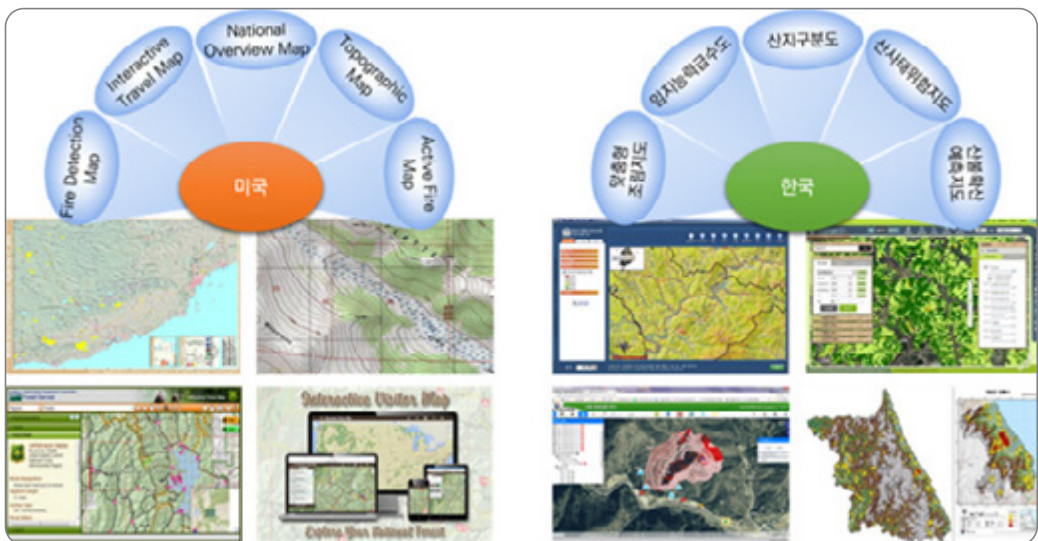
맞춤형 조림지도는 지역별 토양, 기후, 지형 조건을 종합 분석하여 대상지에 대한 적합한 조림수종을 제시하는 지도이고, 임지생산능력급수는 산림입지도양도 DB 속성을 기반으로 잠재생산능력급수를 판정하여 합리적이고 과학적인 산림경영의 기반을 확립하고, 환경영향평가 항목인 임업적성도 검증에 기여하고 있다.

산지구분도는 산지구분타당성조사 기초 자료, 산지구분타당성조사 평가결과, 토지 데이터베이스를 활용하여 국토이용정보체계와 연계하여 작성되며, 지적이 표시된 지형도이다.



산사태위험지도는 산사태 취약지역 실태조사, 사방댐 등 예방사업 실행, 낙석 및 산사태 방재 시스템, 산사태 취약지 결정, 산지 사면안정해석, 산지 토양침식, 산지 토양보존계획 등에 기초 자료로 활용하는 주제도이다.

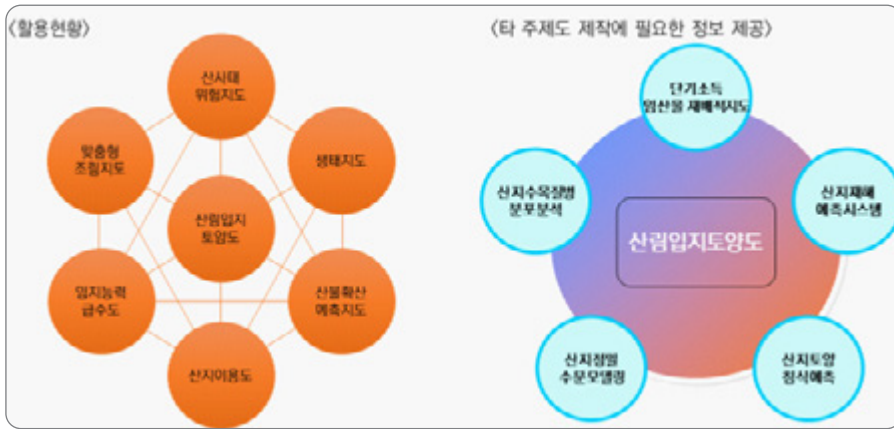
산불확산예측지도는 산불 발생 가능지역 및 확산 경로 등을 예측하는 지도로서 정밀 산불정보시스템과 정밀 산불위험지도 작성 등에 기초 자료로 활용하고 있다.



[그림 3-1] 미국과 한국의 산림입지도양도의 활용 현황

우리나라의 경우 1:5,000 축척의 정밀산림입지도양도를 기본으로 향후 산림청 토털 정보시스템을 구상하여 타 정부기관 및 대국민 서비스를 위한 산림청 키 시스템을 구축할 필요가 있다. 우선적으로 공무원 및 연구자 등에 행정 및 연구 분석에 필요한 기초 자료를 제공하는 기능이 요구되어 체계적인 조사체계와 정확한 자료 확보가 매우 중요하다. 이를 위해서는 주기적인 조사를 통해 정밀도양도를 업그레이드하는 방안을 새롭게 정립하여 자료를 구축하고 시스템을 유지 관리하기 위한 전반적인 ISP(정보전략수립)를 재검토해야 할 필요가 있다.

또한, 산림입지도양도 속성 자료의 지형 인자 및 토양인자는 단기소득임산물 재배적지도 구축, 산지재해 예측시스템 개발, 산지도양 침식예측, 산지정밀 수문모델링 개발, 산지수목질병 분포 분석 등의 기초 자료로 활용할 수 있도록 자료구축 및 공급 시스템이 구축되어야 하겠다.



[그림 3-2] 산림입지토양도 속성 자료 활용 현황 및 활용 가능 신규 분야

1.2. 국내 토양정보 제공 및 활용 현황

최근 공간정보의 중요성이 증대됨에 따라 다양한 공간정보자료가 구축되고 있다. 공간정보 오픈플랫폼인 브이월드에서 제공하고 있는 데이터를 분류한 결과 아래 표와 같이 9개 대분류와 24개의 세분류로 분류할 수 있었다. 각각의 주제도에서 토양정보를 내포하고 있는 것은 국토관리/지역개발의 '급경사재해예방지역'과 농림/해양/수산 분야의 '농업진흥지역도, 영농여건불리농지도, 산림입지도', 재난방재/공공안전의 '산불위험예측지도, 산사태위험지도', 환경/자연/기후의 '배수등급, 심토토성, 유효토심, 자갈 함량, 전기전도도, 토양도' 등이었다.

[표 3-1] 공간정보 오픈플랫폼(vworld)의 제공데이터 분류

대분류	세분류	주제도
국토관리/ 지역개발	경계	광역시도, 리, 시군구, 읍면동
	도시계획	개발행위허가, 도시계획, 지구단위계획
	산업단지	단지경계, 단지시설용지, 단지용도지역
	수자원	대권역, 중권역, 표준권역, 하천망
	용도지역지구	개발제한구역, 개발진흥지구, 경관, 고도지구 등
	용도지역지구(기타)	급경사재해예방지역 , 가축사육제한구역, 대기환경규제지역
	토지	사업지구경계도, 지적도
	국가지명	국가지명



농림/해양 /수산	농업·농촌	농업진흥지역도, 영농여건불리농지도 , 수리시설, 저수지
	임업·산촌	산림입지도 , 산지(보안림), 산지(자연휴양림)
	해양·수산·어촌	다시마양식장, 김양식장, 해안침수, 해양보호구역
도로/교통 /물류	교통	교통CCTV, 교통노드, 교통링크
	항공·공항	초경량비행장지구역, 관제권, 군사작전구역, 비행금지구역
문화/체육 /관광	관광	관광안내소, 전통시장현황
	문화예술	작은도서관
	문화재	문화재보호도, 박물관미술관, 전통사찰보존
	체육	등산로, 산책로, 자전거길, 자전거보관소
사회복지	사회복지	산후조리원, 아동복지시설, 아동안전지킴이집
산업/중소 기업	산업	주요상권, 창업보육센터
일반공공 행정	일반행정	도로명주소건물, 도로명주소도로
재난방재/ 공공안전	공공안전	보행우선구역, 지진대피소, 지진해일대피소
	재난방재	산불위험예측지도, 산사태위험지도, 재해위험지구
환경/자연 /기후	자연	배수등급, 심토토성, 유효토심, 자갈 함량, 전기전도도, 토양도
	환경보호	수생태계조사지점, 기후수측정망, 상수원보호구역

1) Bold는 토양정보와 연관되어 서비스되고 있는 주제도임.

주요 공간정보의 분석 결과, 토양과 직접 연계된 농업, 임업, 산촌, 재난방재, 자연분야에서 토양정보가 쓰이고 있다. 농업 분야에서는 ‘흙토람’이라는 공간정보포털을, 임업 분야에서는 ‘임업정보 다드림(林) 서비스를 통해 토양정보를 제공하고 있다.

농촌진흥청에서 제공하는 흙토람의 경우 토양환경지도는 1:5,000 축척의 세부 정밀지도로, 필지별 토양관리가 가능하도록 구축되어 있으며, 한국임업진흥원에서 제공하는 다드림의 경우 산림경영에 특화되어 산주 및 임업인에게 필요한 임상, 토양, 재배적지 등의 자료를 제공하고 있다.

2. 단기임산물 재배적지 정보 및 맞춤형 산림정보 서비스 구축

2.1. 단기임산물 재배적지도

최근 임업인 및 산주들의 소득 증대 목적으로 산채, 산약초, 수실류 등 단기임산물에 대한 관심이 고조되면서 단기소득임산물 재배자 등에게 제공할 단기소득임산물의 재배적지 정보 서비스의 요구가 증대되고 있다.

단기임산물 재배적지도를 제공하기 위해서는 산림토양의 물리성(토성, 삼상, 용적밀도)뿐만 아니라 화학성(pH, 유기물 함량, 전질소, 유효인산, CEC, 치환성양이온)에 대한 분석을 통해 산림토양의 양분함유량을 파악함으로써 재배 적지를 선정할 수 있다. 산림토양 시료 분석을 통해 축적된 물리·화학성 분석자료의 빅데이터를 토대로 임업인, 일반인, 전문가 등 사용자들에게 임산물 재배적지를 선정할 수 있는 산림토양정보를 제공할 수 있도록 지속적인 연구가 필요하다.

1:5,000 산림입지토양도를 활용하여 전국 규모의 세분화된 토양정보를 바탕으로 임업 농가 소득 증대를 위한 단기임산물 재배적지 정보를 확대하여 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

한국임업진흥원에서는 임상정보 및 토양정보, 기후정보, 재배환경정보 등을 이용하여 단기임산물의 재배적지 정보를 제공하고 있는데 현재 제공되는 단기임산물의 종류는 수실류(12품목), 산나물류(13품목), 약용류(16품목), 약초류(10품목), 수액류(1품목) 등으로 2021년 53개 품목으로 확대하여 제공하고 있다. 이러한 단기임산물 재배적지는 공간데이터(SHP) 파일로 QGIS, ArcGIS 등 공간정보 소프트웨어를 이용하여 다양한 연구에도 활용될 수 있도록 하고 있다.

맞춤형 산림정보 서비스는 임상도, 산림입지토양도, 맞춤형 조림지도 등 산림정보를 필지기반으로 통합 조회할 수 있도록 제공하여 산림경영 지원 역량을 강화하고자 한다. 기 구축된 다양한 산림정보를 개별 산주의 임업 활동 별 특성에 맞도록 요구정보, 수준 등을 고려한 사용자 맞춤형 서비스를 제공하여 산림정보 활용을 활성화하고 임가소득 증대에 기여하고 있다.



단기임산물 재배적지도			
김(수실류) 다음로드 >	고사리(산나물류) 다음로드 >	공취(산나물류) 다음로드 >	구피뽕나무(약용류) 다음로드 >
구기자(약용류) 다음로드 >	다래(수실류) 다음로드 >	대추(수실류) 다음로드 >	도토리(수실류) 다음로드 >
덕덕(산나물류) 다음로드 >	도라지(산나물류) 다음로드 >	두릅(산나물류) 다음로드 >	머기쑥(약용류) 다음로드 >
머루(수실류) 다음로드 >	밤(수실류) 다음로드 >	산딸기(수실류) 다음로드 >	옻나무(약용류) 다음로드 >
산마늘(산나물류) 다음로드 >	산수유(약용류) 다음로드 >	산양삼(약초류) 다음로드 >	침죽나무(약용류) 다음로드 >
오미자(약용류) 다음로드 >	오갈피(약용류) 다음로드 >	참나물(산나물류) 다음로드 >	눈개승마(산나물류) 다음로드 >
천마(약초류) 다음로드 >	하수오(약초류) 다음로드 >	호두(수실류) 다음로드 >	들배(수실류) 다음로드 >
황칠나무(약용류) 다음로드 >	고로쇠(수목부산물류) 다음로드 >	곤달비(산나물류) 다음로드 >	산겨릅(약용류) 다음로드 >
곤드레(산나물류) 다음로드 >	당귀(약초류) 다음로드 >	마(약초류) 다음로드 >	견대(약초류) 다음로드 >
복분지(수실류) 다음로드 >	산초나무(약용류) 다음로드 >	삼주(약초류) 다음로드 >	느릅나무(약용류) 다음로드 >
어수리(산나물류) 다음로드 >	옻나무(약용류) 다음로드 >	원추리(산나물류) 다음로드 >	두충(약용류) 다음로드 >
은행(수실류) 다음로드 >	작약(약초류) 다음로드 >	초피나무(약용류) 다음로드 >	삼지구엽초(약초류) 다음로드 >
고비(산나물류) 다음로드 >	풀당초(약용류) 다음로드 >	구절초(약초류) 다음로드 >	짓(수실류) 다음로드 >

[그림 3-3] 한국임업진흥원에서 제공하고 있는 단기임산물 재배적지도 목록
(한국임업진흥원 <https://kofpi.or.kr>)

2.2. 맞춤형 산림정보 서비스

한국임업진흥원은 임업정보 ‘다드림’ 시스템을 통한 필지별 단기임산물 재배적지 서비스를 제공하며, 귀산촌 희망자 및 임업인의 단기임산물 선정 의사결정지원 정보를 제공한다. 필지별 산림정보 서비스에서는 산에 대한 임상정보, 토양정보, 임지생산능력급수, 지형정보, 기후정보, 산사태위험정보 등을 열람할 수 있다. 특히 선택 산림의 적정재배품목 및 적정조림수종 정보를 제공하는데 특히 일부 임산물에 대해서는 소득액이나 소득률과 같은 소득분석 정보도 함께 제공하고 있다.

[표 3-2] 임업정보 ‘다드림’의 필지별 제공되는 산림정보
(한국임업진흥원 다드림 <https://gis.kofpi.or.kr>)

제공 정보	항목
배경지도	항공사진, 수치지도, 하이브리드 지도, 행정구역, 지적(브이월드, 국토교통부) / 산림행정기관
토지정보	공시지가, 면적, 토지이용현황(온나라, 국토교통부)
적정재배품목	수실류(12품목), 산나물류(13품목), 약용류(16품목), 약초류(10품목), 수액류(1품목) 총 52 품목별 최적지/가능지, 재배현황통계, 재배기술
산림청정도	청정급수
적정조림수종	대표 수종, 추가 수종 등 권장조림수종 38종
임지생산능력	임지생산능력급수, 생산력
지형정보	표고, 경사, 방위
나무정보	수종, 나무 지름(cm), 나무나이(년), 울폐도(%)
토양정보	기후대, 표고(m), 방위, 경사도, 토양 깊이(cm), 토성, 건습도, 견밀도
산사태정보	위험등급
기후정보	연평균기온(°C), 연평균강수량(mm), 월 최고/최저기온(°C)
환경분석	숲가꾸기 대상지, 벌채 가능지
소득분석	19품목 단기임산물의 산정기준에 따른 소득액, 소득률



3. 맞춤형 조림지도 구축

3.1. 맞춤형 조림지도

맞춤형 조림지도는 지역별 토양, 기후, 지형 조건을 종합 분석하여 대상지에 대한 적합한 조림수종을 제시하고자 작성된다. 산림입지토양도는 지역별 산림 특성에 맞는 조림수종 최적화 및 미래조림수종을 추천하며, 산림경영계획 수립 시 '목표임상' 설정을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

산림청에서는 산림입지 토양조건 등 28개 인자를 적용하여 기후와 토양에 적합한 조림수종(주수종 12개, 특용수종 26개)을 추천해주는 적지적수 프로그램을 제공하고 있다. 이를 활용하여 산주는 자신의 산지 여건에 맞는 수종을 과학적으로 선택하여 식재함으로써 조림 성공률을 높여갈 수 있으며 수종별 적지분석 및 임지생산력 검색, 입지 토양조건 등 인자별 속성 정보를 검색할 수 있도록 제공한다.

산림청에서 제공하고 있는 맞춤형 조림지도는 지역별 토양, 기후, 지형 조건을 종합 분석하여 지역에 알맞은 조림수종을 상세하게 알려주는 산림지도로서 1:25,000 맞춤형 조림지도는 수종이 단순하고 대면적 구획으로 산림정책 자료로 활용 가능하였으나 1:5,000 맞춤형 조림지도는 다양한 수종 분포와 소면적의 구획으로 제시되어 현장 자료로 활용이 가능하다.



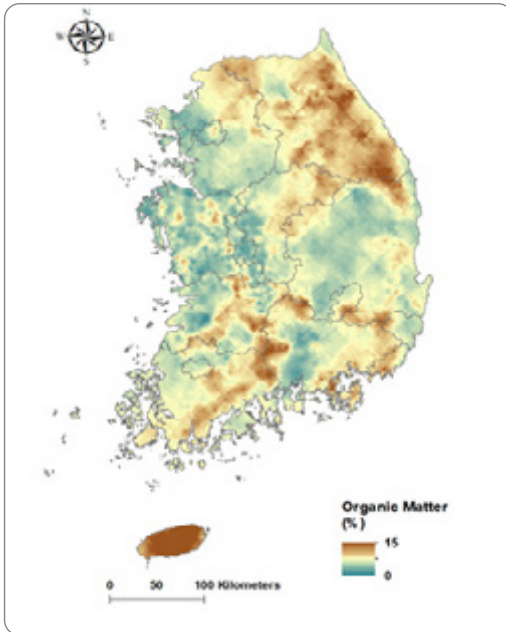
[그림 3-4] 맞춤형조림지도
(산림청 <http://www.forest.go.kr>)

맞춤형 조림지도는 1:5,000 산림입지토양도 DB 중에서 입지환경 8항목, 토양인자 4항목 그리고 기후인자 18항목을 적용하여 작성되고 있는데 추후 토양의 화학적 특성 관련 주제도(토양산도, 유기물, 전질소, 치환성양이온, 유효인산 등)을 반영하여 적용될 경우 그 활용도는 다양해질 것이다.

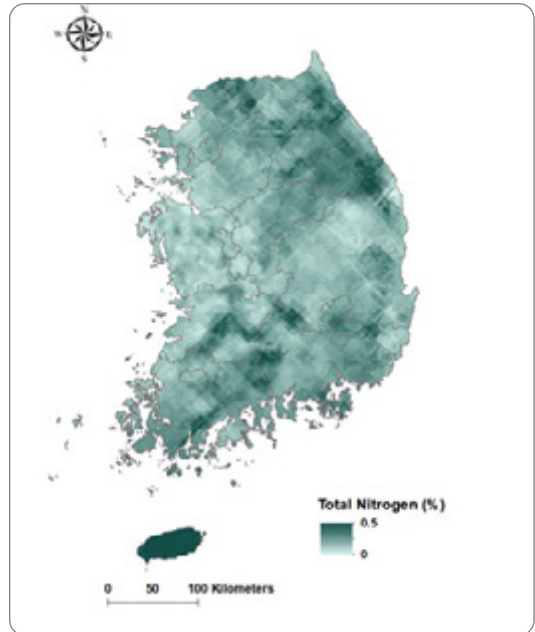


[표 3-3] 맞춤형 조림지도 적용 환경인자(산림청 <http://www.forest.go.kr>)

구분	항목	출처
입지(8)	모암, 표고, 경사, 방위, 기후대, 지형, 사면 위치, 경사 형태	1:5,000 산림입지토양도 DB
토양(4)	토심, 토성, 건습도, 토양형	
기후(15)	연평균기온, 연최고기온, 연최저기온, 온량지수, 한랭지수, 건조지수, 연평균강수량, 월평균강수량, 월평균상대습도, 생장기강수량, 생장기평균상대습도, 생장초기3개월간강수량, 생장초기3개월간상대습도, 비생장기강수량, 비생장기평균상대습도	기상청 30년 평균 기후관측 DB



[그림 3-5] 토양 유기물 주제도(예시)



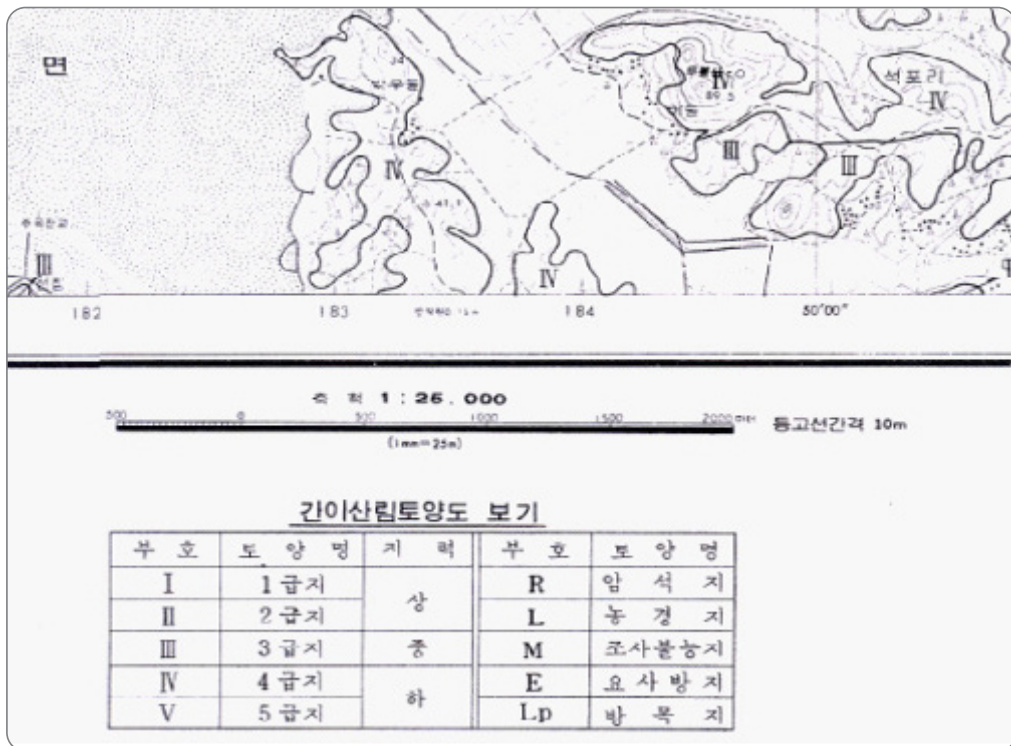
[그림 3-6] 토양 전질소 주제도(예시)

4. 임지생산능력급수도 구축

4.1. 임지생산능력급수도

임지생산능력급수는 임목 성장에 영향을 주는 토심, 지형, 건습도, 경사, 퇴적양식, 침식, 견밀도, 그리고 토성의 총 8가지 인자를 종합적으로 평가하여 적용되고 있다. 이러한 인자들을 조사하여 입지인자별 점수 합계에 의하여 임지의 잠재 생산능력급수를 I 급지에서 V 급지로 구분함으로써 객관적으로 지력을 분류하여 적지적수를 기후대별로 선정하는 방법이다.

이 방법은 국토의 치산녹화와 산림자원 조성계획의 일환으로 전국을 대상으로 1974~1976년까지 3개년間に 걸쳐 산림자원조사연구소에서 적지적수 및 수종갱신사업에 개략적으로 적용하기 위하여 실시한 방법이다. 간이산림토양도를 참고하여 능력급수를 판정한 다음 그 임지에 알맞은 수종을 선택할 수 있도록 제공된다.



[그림 3-7] 간이산림토양도(1976년)



과거에 작성된 1:25,000 축척의 경우에는 모든 속성을 포함하고 있으며, 1:5,000 축척의 경우에도 총 8개의 인자가 포함되어 있다. 따라서 산림입지토양도를 활용하여 입지생산능력수급도 작성이 가능하며, 추후 토양배수, 유효토심, 풍화 정도, 그리고 유기물 함량 등과 같은 인자를 입지생산능력수급도에 포함하는 경우에도 활용이 가능하다.

가. I 급지

평탄지 및 산록의 환경사지로 토심이 깊고 토양의 습윤상태가 좋으며 침식이 없는 봉적토 내지 포행토이며, 지피식생의 피복도가 대단히 높고 토양의 이화학적 성질도 양호한 사양토로서 토양인자별 점수가 55점 이상인 지역이다. I 급지에서는 속성수, 유실수의 식재가 적당하며 온대지방에서는 낙엽송, 이태리포플러(하상토 및 봉적토) 온대남부 및 난대에서는 오동나무(비옥한 평탄지) 삼나무(비옥한 습윤지) 편백 등의 식재가 적합한 지역으로서 지력은 최상위이다.

나. II 급지

산록 완구릉지 및 산복의 환경사지 또는 경사지로 토심은 깊은 편이며 토양수분상태는 습윤 내지 적윤상태이고, 침식이 없거나 약간 있는 토양으로서 토양의 견밀도는 연한 편이다. 토성은 사양토 내지 식양토이며 토양의 이화학적 성질도 비교적 양호한 편으로 인자별 점수가 54~55점인 임지이다.

집약적인 입업경영이 적합한 지역으로 경제수종인 낙엽송, 잣나무, 현사시, 이태리포플러(하상토 및 봉적토)의 식재와 유실수인 밤나무 재배에 적합하며 난대지방에서는 편백, 삼나무, 오동나무(비옥하고 토양이 깊은 평탄지)식재가 적합한 지역으로서 지력은 상위이다.

다. III 급지

완구능지 내지 산복의 경사지 또는 급경사지로 토심은 보통이거나 깊은 편이며 토양수분 상태는 적윤 또는 건조한 상태이고 침식은 없거나 약간 있는 지역이다. 퇴적양식은 잔적토 또는 포행토이고 토양의 견밀도는 견이거나 연이며 토성은 사양토, 식양토 및 사토이고 토양의 이화학적 성질은 보통으로써 일반 경제림 조성이 가능한 지역이다.

우리나라 임지의 대표적인 급지로서 지력은 중이며 인자별 점수가 44~35점인 임지이다. 이 지역은 유실수 재배는 원칙적으로 불가능하며 온대중부에서는 현사시, 해송, 편백, 아까시나무, 난대지역에서는 해송, 편백의 식재가 적합하다. 인가 근처의 임지는 집약적인 비배관리를 하면 밤나무도 재배할 수 있다.

라. IV 급지

완구릉지, 산복, 산정의 급경사지의 잔적토 또는 포행토로 토심은 얇거나 보통이며 토양습도는 건조하다. 토양의 견밀도는 연~견하며 침식이 있거나 심한 편이며 토성은 미숙사양토가 대부분이다. 토성은 식양토 또는 사토이고 토양의 이화학적 성질이 불량하며 조방적인 임업경영에 적합한 지역으로 비료목의 혼식 등 임지의 지력보존 및 개량이 요구되는 지역으로 지력은 하위이다. 이 지역은 리기다소나무, 해송, 아까시나무의 식재가 적합하다.

마. V 급지

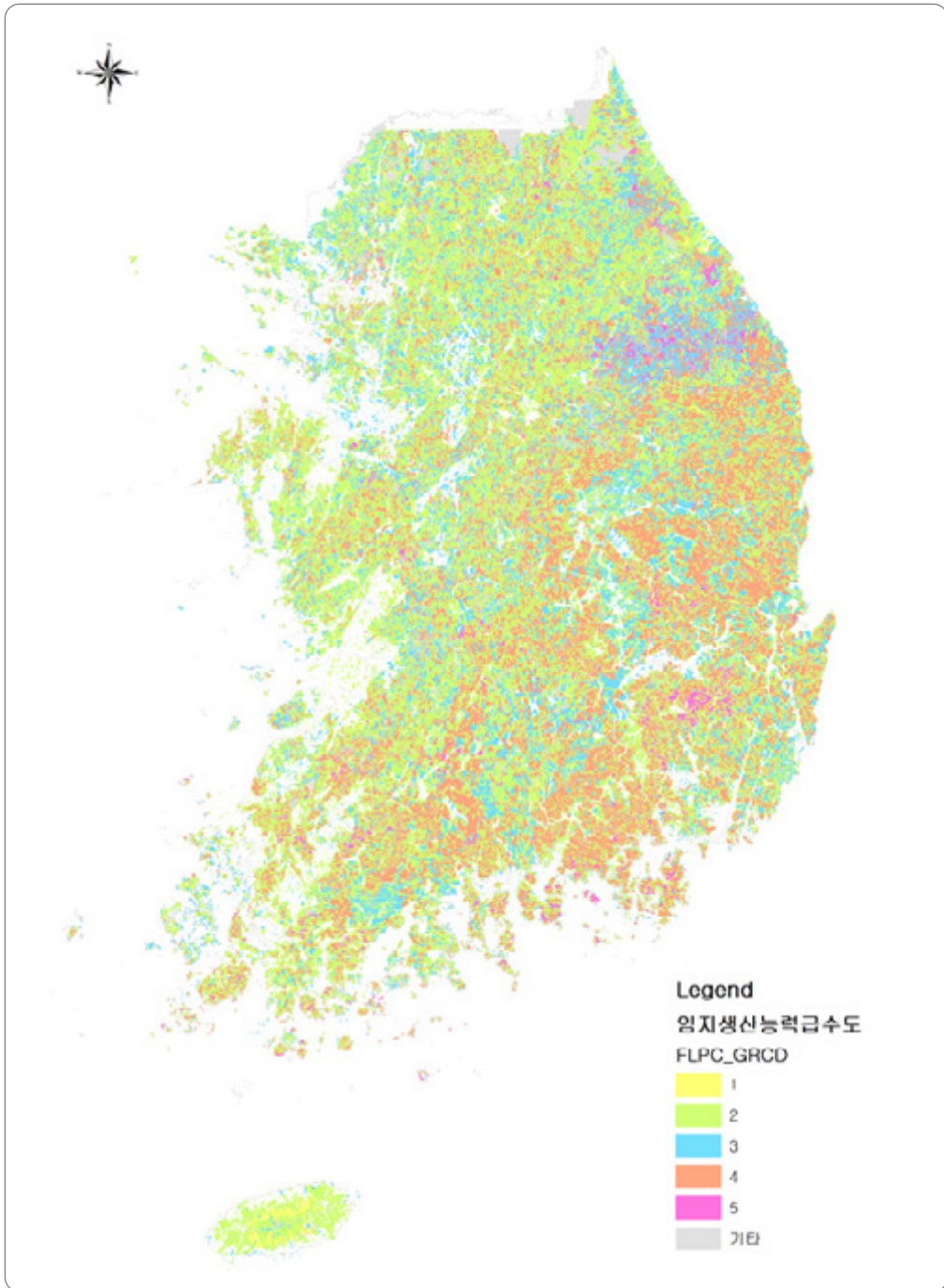
산복~산정의 험준지의 잔적토로 토심이 얇고 과건한 토양이다. 토양침식이 심한 편이며 대체로 견밀한 토양이다. 사방을 요하는 지역으로 토양보존 및 수원함양을 위하여 산림사업을 제한시킬 필요가 있는 임지로 대부분이 척박임지이다. 인자별 점수는 24~8점인 지역으로 오리나무류와 리기다소나무, 방크스소나무 등과 기타 비료목 식재가 필요한 임지이다. 지력은 척박지로 최하위이다. 황폐임지도 V급지에 포함시켜 분류하였다.

2012년 임지생산능력급수도 판정 개정(안)의 적절성에 대한 회의를 거쳐 2003년 제작된 1:25,000 산림입지토양도에 맞도록 판정기준을 일부 항목에 대하여 변경하였다.

[표 3-4] 임지능력급수 채점표(산림청 <http://www.forest.go.kr>)

인자	구분	점수	구분	점수	구분	점수	구분	점수	구분	점수	구분	점수
토심	90cm 이상	12	90~60cm	9	60~30cm	5	30cm	1				
지형	평단지	11	산록	8	완구릉지	6	산복	4	산정	1		
건습도	적윤	11	습윤	8	건조	6	과습	3	과건	1		
경사도	5° 이상	9	5~15°	8	15~20°	7	20~30°	5	30~45°	3	45° <	1
퇴적양식	붕적토	9	포행토	5	잔적토	1						
침식	없다	9	있다	6	심	3	매우심함	1				
견밀도	송	9	연	7	견	4	강견	1				
토성	사양	6	식양토	4	사양	3	사토	2	미숙토	1		

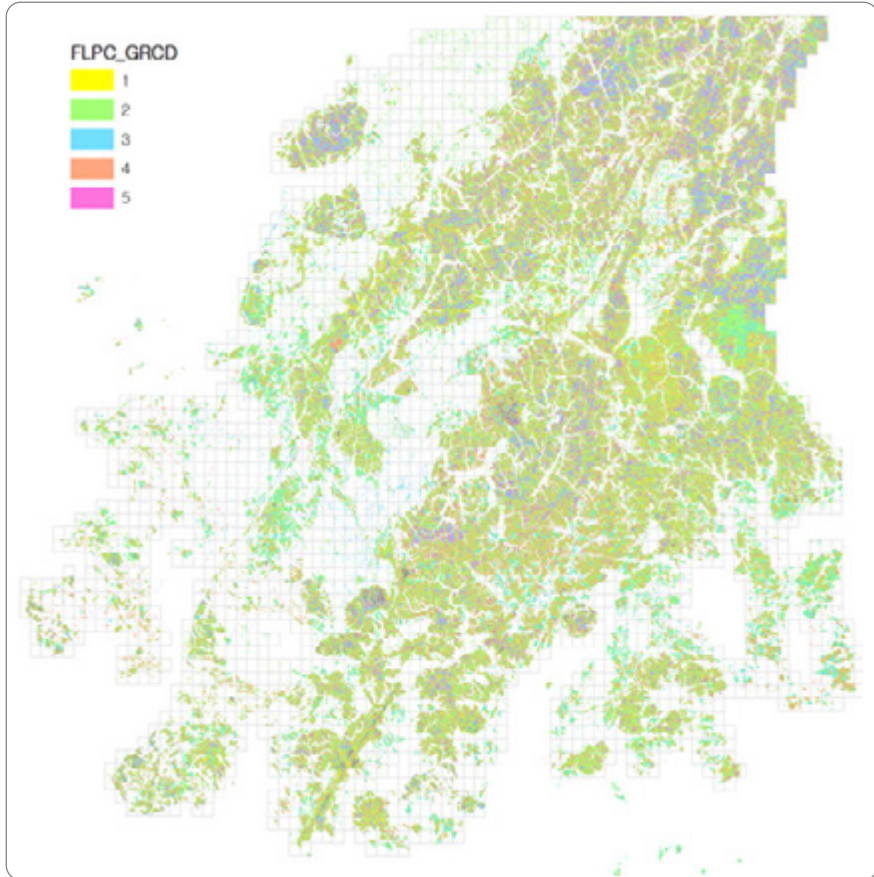
※ 굵은선 표시는 1급지 제한선으로 이보다 더 나쁜 인자가 있으면 차하급지임(점수 합계가 1급지로 구분되어져야 하나 제한급지로 인해 차하급지인 2급지 적용)



[그림3-9] 1:25,000 임지생산능력급수도



1:25,000 임지생산능력급수도는 2012년 산림입지토양도 현행화 작업 후 수치화하였다. 1:5,000 임지생산능력급수도는 아래의 그림과 같이 전국 산림입지토양도 제작이 완료된 후 작업하여 주제도로 작성하여야 한다.

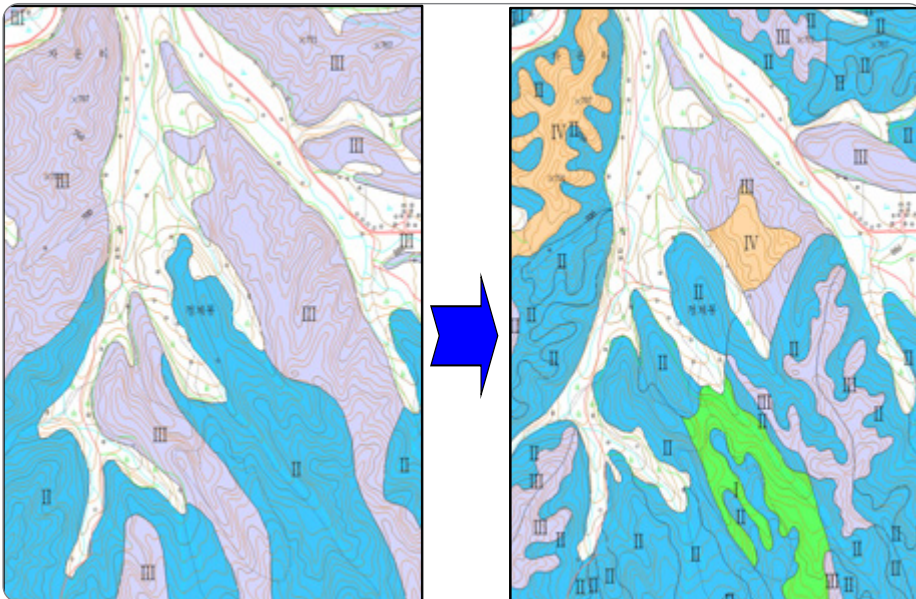


[그림 3-10] 1:5,000 임지생산능력급수도

■ 1:5,000 임지생산능력급수도 제작 시 문제점 및 해결방안

- 1:5,000 임지생산능력급수도 제작에는 토심, 지형, 건습도, 경사, 퇴적양식, 침식, 견밀도, 토성인자가 필요하다. 하지만 1:5,000 산림입지토양도에는 토심, 지형, 경사, 토성의 속성만 들어가 있고, 건습도, 퇴적양식, 침식, 견밀도의 속성 값이 나타나지 않는다.
- 도면 속성 중 없는 값은 토양형을 고려하여 속성을 입력한 후 점수를 계산하도록 해야 한다.
- 건습도는 토양형 분류값을 적용하여 적윤, 약습, 약건, 습, 건조를 입력한다.

- 침식상태는 침식토양에 따라 분류하여 속성값을 입력한다.
- 건밀도는 조사자료의 토양형별로 통계분석이 필요하며, 토양형에 따라 건밀도 속성값을 입력하여 계산식에 사용한다.
- 퇴적양식의 경우 토양형, 지형 조건에 영향을 받기 때문에 통계 분석을 통해 토양형, 지형에 따른 퇴적양식 값을 입력한다.
- 위에 언급한 것과 같이 판정표에 없는 속성값에 대한 검증이 필요하고, 입지환경에 의한 점수도 중요하기 때문에 산림입지토양도 통판에 대한 품질 검수가 선행되어야 한다.
- 임지생산능력급수 판정을 위한 속성값이 입력되어지면 각 속성값에 따라 점수를 부여한 후 총합점수를 기록하고, 점수에 따라 등급을 구분한다.
- 총점에 의해 1급지 판정된 것 중 속성값이 제한급지에 속하는 속성이 있을 경우 차하급지를 적용한다.
- 1:25,000 임지생산능력급수도는 2012년 산림입지도현행화사업시 제작하였으며, 제작된 도면에 대한 검증은 3%에 대한 현지 대조를 수행하였다.
- 1:5,000 임지생산능력급수도 제작 후 현지 대조와 기존에 제작된 1:25,000 임지생산능력급수도와 검토 및 통계작업이 필요하다(그림 3-11).



[그림 3-11] 1:25,000(좌) 및 1:5,000(우) 임지생산능력급수도 차이



5. 산불관련 시스템 고도화

5.1. 산불 발생지역의 잠재적 토양침식 예측

산불에 의해 식생이 소실되고 토양의 발수성이 크게 증가한 산지환경 급변지역에서는 강우의 침투능 저하와 지표유출을 가중시켜 토양의 침식 및 토사의 유출을 증가시키게 된다. 또한, 토양침식량을 산정하기 위해 외국의 침식량 산정 모델을 사용하고 있는데 산정 모델들은 실제 우리나라 산지의 지형, 지질, 식생, 기후 등에 적용의 한계를 가지고 있다. 재해·환경에 관한 법률에 의해 사전재해영향성검토 및 사전환경성검토 내용 중 개발사업에 따라 증가하는 토사유출량을 저감토록 규정하고 있으나, 국내의 관측 자료를 바탕으로 검정된 예측모형이 미비하여 과대 또는 과소 설계의 원인이 되고 있다.

특히 강원도와 같이 산림면적이 높은 지역의 경우 빈번한 산불로 인해 산림생태뿐만 아니라 산림 수문특성의 변화를 가져왔으며, 식생의 변화로 집중호우에 의해 발생하는 토석류에 따른 재해 위험성이 가중되고 있다. 특히 여름철 집중호우 시 토양침식에 의한 인명 및 재산피해가 크게 발생하고 있으며 이에 따라 토양침식 및 산사태와 관련한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

토양침식의 위험도를 평가하고 침식조절방법을 결정하기 위해서 토양침식을 정량적으로 산정하는 것이 필요하다. 토양침식 및 토사유출 예측모형은 토사유출 영향인자들을 측정된 자료에 근거하여 만든 경험적인 모형과 침식의 역학적 과정을 모사한 물리적 산정모형으로 크게 구분한다.

토양손실산정모형은 농업계획, 정책결정 또는 유실 시스템과 수리학적 거동을 연구하기 위한 연구 도구로 사용될 수 있다. 현재 사용되고 있는 토양침식모형은 매우 다양하며 미국의 RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)와 WEPP (Water Erosion Prediction Project)가 가장 널리 알려져 있으며, 우리나라에서도 산불 지역 산지사면을 대상으로 단일 강우 조건에 대한 토양침식 예측모형인 SEMMA가 개발되었다. 그러나 전 세계적으로 이용되고 있는 RUSLE나 WEPP와 같은 보편적 활용성을 갖기 위해서는 다양한 검증과 지속적인 개선이 필요한 상황이다.

산지사면에 적용하기 위한 SEMMA, RUSLE, WEPP의 각 매개변수들은 서로 같거나 상이하다. SEMMA는 강우인자, 식생인자, 토양인자, 지형인자들을 산정하는 과정과 최종적으로 강우량과 식생피복도를 활용하여 토양침식량을 구하는 단계로 구성되어 있다. 미국의 RUSLE는 경험적인 모형으로서 강우에너지계수, 피복인자, 침식계수, 토양보존대책인자, 사면길이경사 계수로 구성되어 있으며, WEPP는 물리과정모형으로서 강우재현과 식생성장에 필요한 기후를 비롯하여

토양, 지형, 지표관리 및 보전기법을 고려한다.

이들 각 모형에서 사용하고 있는 매개변수들은 강우·기후, 지표·관리, 토양, 지형으로 구분할 수 있다. RUSLE와 SEMMA의 강우·기후 및 지형 인자들은 거의 비슷하나, 지표·관리인자와 토양인자들은 상이하다. RUSLE는 산림 식생 피복, 관리상태 그리고 지표저류 지형에 의한 강우운동에너지와 지표유출수의 에너지 저감 비율로 지표·관리 인자를 고려한다.

SEMMA는 산불 발생 이후 식생의 회복에 따른 식생 구조(이규송 등, 2004b), 지표잔류물 및 뿌리 분포를 고려한 지표식생지수(이규송과 박상덕, 2005)를 사용한다. WEPP은 지표 식생 및 잔류물의 생물량을 기준으로 역학적인 영향을 평가하며, 특히 산림지역의 식생 피복 상태에 의해 세류 및 세류 간 흐름을 구분하며, 세류 및 세류 간 구간의 지상 피복뿐만 아니라 지표 피복 상태를 고려한다.

식생 피복 산정에 있어서 각 식물의 기본 생물량을 활용한다. 산불영향은 화재로 인해 감소한 식생 생물량을 고려한다(Arnold et al., 1995). 토양인자에 있어서, RUSLE는 2mm 이하 토양의 유기물 함량, 토성을 활용한 토양침식인자 K를 고려하고(Wischmeier et al., 1971) 계절별 토양침식인자 산정이 가능하다(Hann et al., 1994). WEPP은 토양의 토성뿐만 아니라, 초기포화도와 투수계수, 세류 및 세류 간 침식에 있어서 토사입자의 한계전단응력에 대해 중점적으로 고려한다.

SEMMA는 토양의 입도분포를 파악하여 평균입경과 지표면을 덮고 있는 토양 및 자갈 비율을 산정한다. 그리고 산불 강도와 식생 회복에 의해 결정되는 유기물 함량, 토심 등 산지사면의 토양 특성을 고려한 매개변수들을 이용한다. 각모형들이 지형 인자로 사면경사, 사면길이를 고려한다.

RUSLE와 WEPP은 경사와 길이가 증가함에 따라 토양침식량이 증가하는 관계를 보이지만, SEMMA는 산불 이후 사면의 화재목과 재생식물의 줄기, 잔류물, 뿌리 등과 같은 흐름저류인자들에 의해 침식 토사가 퇴적되어, 사면길이에 반비례 관계를 보이며, 사면 경사와도 반비례 관계를 갖는 사례도 찾아볼 수 있다(박상덕 등, 2005a & 2006).

식생 피복이 낮은 경우에는 식생 피복이 높은 경우에 비해 거의 두 배 지표유출이 많이 발생하는 반면 식생 피복이 높은 경우에는 지표면의 잔류물이나, 낙엽층에 의해 저류 공간이 확보된다. 또한 식생 잔뿌리에 의한 물의 흡수 및 유기물 토양의 물 보유 능력이 증가함에 따라 지표유출보다는 침투를 유도하고 이에 따라 침투량도 증가하게 된다. 강우의 낙하운동에너지에 의해 토사 입자는 토양체로부터 분리되고, 침투능 이상의 강우강도가 발생하면, 지표유출에 의한 세류와 세류간 흐름으로 분리 및 운반에 의해 산지사면에서 유출된다.

산불 발생지역의 잠재적 토양침식을 예측하기 위해서는 우리나라의 산지환경에 특화된 예측모형의



개발이 필요하며 이를 위해서는 임상정보, 토양정보, 지형정보, 기후정보 등 다양한 자료의 축적 및 제공이 요구된다. 특히 산림입지토양도의 다양한 속성 정보는 추후 한국형 토양침식 예측모형 개발에 추가적인 인자로 제시될 수 있기에 소면적 구획의 현장 자료확보가 매우 중요하다. 또한, 산림입지토양도의 속성 정보 외에도 초기포화도, 투수계수, 전단강도, 그리고 공극률 등 토양침식과 관련하여 이용 가능한 자료의 수집에 노력을 기울여야 한다.

5.2. 산불예방 및 확산 예측 시스템 고도화

우리나라는 일제강점기 시대 무분별한 산림벌채와 전쟁 등으로 인하여 산림이 황폐화되었으나, 1970년대 '제1차 치산녹화10개년계획'의 시행으로 범국민적 조림 운동이 활발하게 전개되면서 산림녹화에 성공하였다. 그러나 산림녹화에만 초점을 맞추다 보니 알맞은 시기에 적절한 육림과 기술적 산림관리를 수행하지 못하여 비정상적인 고밀도 임분 구조 형태를 갖게 되었다. 이는 산림 내, 축적되는 가연물질을 증가시키는 원인이 되었으며, 산불이 발생했을 시 전이 및 확산의 위험성이 증대되어 대형 산불로 확대되는 계기가 되었다.

산불 확산을 유발하는 요인에는 지형(고도, 경사, 기복도), 기상(풍속, 습도), 연료(낙엽층, 관목층, 수관층)가 있다. 지형, 기상 인자는 산불을 확산시키는 간접적인 요인이며, 인위적 관리가 불가능하다. 그러나 산림 내 분포하고 있는 가연 연료는 연소 시 매개 인자로 산불 확산 유무에 가장 큰 영향력을 가지며, 인위적인 관리를 통하여 조절이 가능하다. 따라서 산림 내 연료의 구조와 특성을 분석하는 것은 산불 확산 위험성과 확산 형태를 평가하는데 중요하다(구교상 등, 2010; 이병두 등, 2010).

산불의 유형들은 발생 초기에는 대부분 지표화(地表火)에서 시작되어 주변 기상 상황이나 임목의 상태에 따라 수간화(樹幹火), 수관화(樹冠火)로 발전되고 지표에 낙엽이나 지하에 석탄층 등 가연 물질이 있을 경우 지중화로 발전하게 된다. 이중 우리나라 산림자원에 가장 많은 피해를 입히고 있는 것은 수관화(樹冠火)이나 화재 발생의 대부분이 지표화(地表面火)에서부터 시작된 화재가 수관화(樹冠火)로 발전함을 감안할 때 임상도 및 산림입지토양도 자료의 활용이 요구된다. 특히 산림입지토양도의 경우에는 지형, 경사 형태, 배수상태, 낙엽층 두께 등 산불 예방 및 확산예측과 관련한 다양한 정보를 포함하고 있어 산불의 발생위험도, 확산강도, 확산속도 등을 예측하는 진보된 플랫폼 구축을 위한 속성 자료로 활용이 가능하다.

대형 산불의 대부분은 수관화의 형태로 발전하며, 특히 수관화는 바람의 영향을 많이 받아 확산속도가 빠르고, 수관연료에 의해 화염강도 또한 높아 산불의 대형화 유·무에 많은 영향을 준다. 이는 수관화 전이와 확산을 야기하는 다양한 인자들에 대한 연구의 필요성을 제기하고, 특히 수관화

전이 및 확산 시 직접적인 원인으로 작용하는 수관층, 지표층 연료에 대한 체계적인 자료구축 및 분석이 요구된다. 또한 실질적으로 산림 내 연료를 관리하기 위한 방안을 마련하기 위해서는 기존에 구축된 국가산림자원조사자료, 정밀수치임상도, 산림입지토양도 등과 같은 국가 DB와 연계를 통한 보다 넓은 범위에서의 연구가 필요하다. 특히 산림 내 연료의 특성 및 수관화 전이 및 확산 위험성 분석, 주요 수종에 대한 지표층 연료 자료 및 영급별 연료량 그리고 연료의 특성 파악이 필요하며 파악된 자료 분석을 통하여 산불위험성을 분석하고, 각 수종별 연료관리 방안이 마련되어야 한다.

국외의 경우 산불 확산 예측을 수행할 수 있는 다양한 프로그램(FARSITE, FDS, WFDS)을 개발하였으며, 이러한 프로그램들은 산불 확산에 필요한 산불 확산함수를 개발하여 산불 발생 시 기상, 지형, 가연연료 등의 인자를 바탕으로 산불을 예측할 수 있도록 제작되었다. 특히 산림 및 대지 구조에 따른 가연연료의 특성을 파악한 정량화된 연료모델(Fuel model)을 개발함으로써 수관연료량, 지표층연료량, 수관연료밀도 등 다양한 연료인자를 통하여 화염길이, 확산강도, 확산속도 등과 같은 값을 추정하여 산불 확산예측이 가능하도록 하였다.

국내에서도 기상, 지형, 가연연료의 특성을 파악하여 이를 토대로 산불확산예측프로그램을 개발한 바 있으나, 연료에 대한 구분을 단순히 임상으로 분류하고 있어 실질적인 적용에는 어려움이 있다. 따라서 국내 적용이 가능할 수 있도록 우리나라 산림에 적합한 연료형을 정량화하고, 연료 인자의 특성을 파악하여 산불을 보다 정확하게 예측할 수 있는 체계가 마련되어야 한다.

5.3. 산불위험예보시스템

가. 산불위험등급

산림청에서 제공하고 있는 웹기반 ‘산불위험예보시스템’이란 지리정보시스템을 이용하여 전국 각 지역별 지형조건, 산림의 상황과 기상청에서 예보하는 온도, 습도, 풍속 등 기상조건을 실시간으로 종합분석, 산불위험도가 높은 지역을 예측하여 4가지 등급의 경보 기준을 예보하는 시스템으로 2007년에는 디지털 기상자료를 이용한 4단계 시스템 및 가을철 산불위험예보시스템을 개발하여 전국 251개 시군구에 1일 15회의 실시간 위험도(07시 ~ 21시, 1시간 간격) 및 48시간 예보(12시 ~ 21시, 3시간 간격)를 제공하고 있다.



[그림 3-12] 국가산불위험예보시스템(산림청)

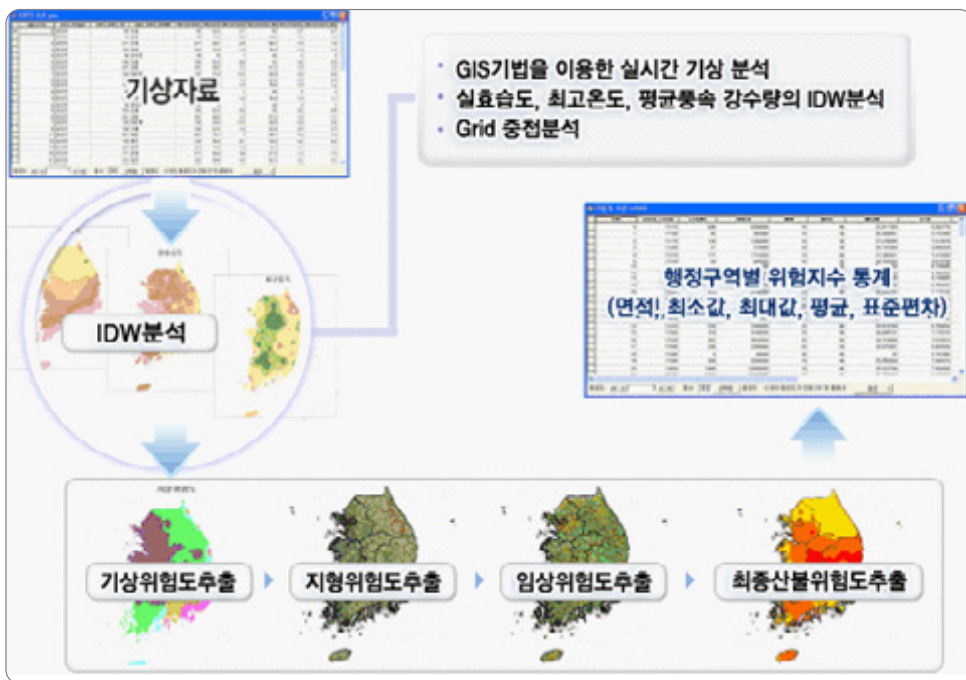
새롭게 개편된 4단계 산불위험예보시스템은 우리나라의 첨단 IT 및 GIS 기술을 접목하여 시간과 공간의 제약 없이 전국의 산불 발생 위험 정도를 예측할 수 있어 국가 차원의 자연재해 방지를 위한 산불예방시스템으로서 지자체 산불담당자와 국민들은 산불조심기간 동안 실시간 산불위험상황 및 산불 발생 위치정보는 물론 전국의 실시간 기상정보를 인터넷을 통해 one-stop으로 조회할 수 있어 신속하고 효율적인 산불예방 활동을 지원하는 시스템이다.

산불위험등급을 산출함에 있어서 지형(고도, 방위)과 임상(침엽수, 활엽수, 혼효림) 그리고 기상(온도, 습도, 풍속, 강수량) 자료가 활용되며 산불위험등급을 매우 높음(86 이상), 높음(66-85), 보통(51~65), 위험 낮음(51 미만)으로 구분하여 제공하고 있다.

지표층 연료에 대한 체계적인 자료구축 및 분석이 완료되기까지는 산림입지토양도의 지형, 경사 형태, 배수 상태, 낙엽층 두께 등과 같은 속성 정보가 활용된다면 보다 정확한 산불위험등급 산출이 가능할 것으로 기대된다.



[그림 3-13] 산불위험등급 산출 과정



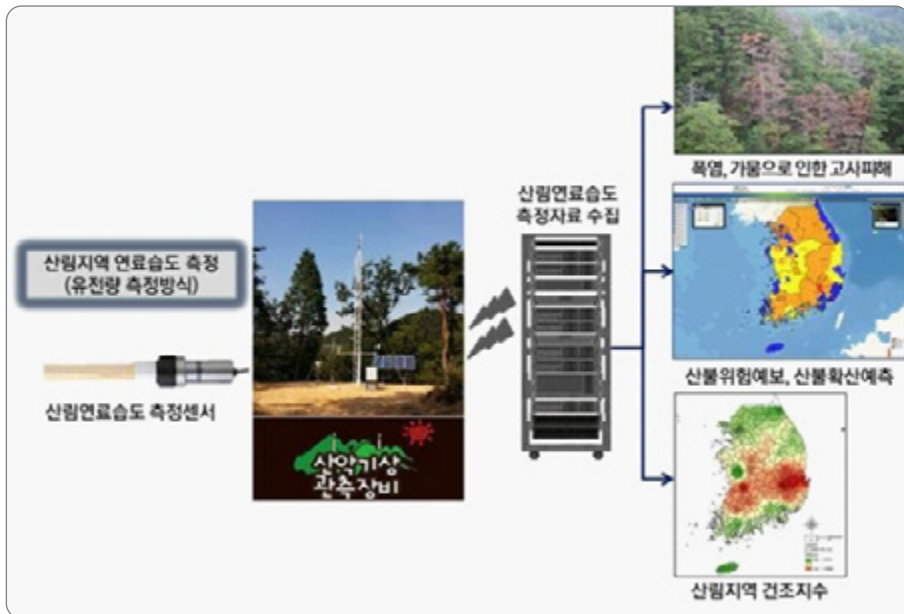
[그림 3-14] 산불위험등급 산정 알고리즘 개념도



나. 산림연료습도 분포 지도

산불 발생위험 예측력을 높이기 위해 산림청은 2021년 4월 7일부터 ‘산림연료습도 분포 지도’ 서비스를 국가산불위험예보시스템에서 시범 운영하고 있다.

‘산림연료습도 분포 지도’는 전국 시군구 및 읍면동 등 행정구역 단위로 산림 내 사연료(dead fuel)에 포함된 수분의 분포를 매시간 제공하고 있는데 이때 사연료는 기상 조건에 따라 수분 함량 변동이 큰 낙엽, 죽은 가지, 토양 상층 유기물 등을 의미한다.



[그림 3-15] 산림연료습도 자료 수집 및 정보 생산 체계(국립산림과학원)

산림연료의 수분 함량은 산불의 발생과 강도, 확산범위에 영향을 미치는 중요한 인자로 보통 수분 함량이 낮으면 산불 발생 확률이 높아지기 때문에 산불 관련 선진국에서는 산불위험평가시스템이나 산불모형의 주요 인자로 활용한다.

국립산림과학원 기후변화생태연구과의 연구에 의하면, 산불 발생 위험도는 산림연료습도가 10.5% 이하일 때 크게 증가하였다. 최근 6년간(2013~2018년) 봄철 동시다발적으로 산불이 났던 날에 산림연료습도 분포를 적용한 결과, 산불이 발생한 453곳의 산림연료습도는 7.2~17.2%의 범위였으며, 그중 약 70%인 315곳의 산불 발생은 산림연료습도 10.5% 이하 조건이었다.

산림청은 산림연료습도 분포 지도의 정확도 향상을 위해 전국적으로 운영 중인 산악기상관측망과 연계해 산림연료습도 관측 지점을 확충할 계획이 있는데 산림입지토양도의 지형, 경사 형태, 배수 상태, 낙엽층 두께 등과 같은 속성 정보를 산림연료습도 추정에 활용한다면 산불 예측 정확도 개선을 통해 산불 예방에 대한 기여도를 한층 높일 수 있을 것으로 기대된다.



6. 산사태위험지도 및 산사태 정보시스템

6.1. 산사태위험지도 및 산사태 정보시스템의 의의

산사태위험지도는 산사태 취약지역 실태조사, 사방댐 등 예방사업 실행, 낙석 및 산사태 방재 시스템, 산사태 취약지 결정, 산지 사면안정해석, 산지 토양침식, 산지 토양보존계획 등에 기초 자료로 활용하는 주제도를 의미한다.

산사태란 빗물이 산지사면의 토양 내부로 침투하여 포화도가 증가함에 따라 불투수층(암반)과 흙의 경계가 분리되어 토층(암반상층)의 흙이 떨어져 나가는 현상을 말하는데, 산림청은 이러한 산사태 관리를 위한 산림행정업무를 보다 효율적으로 수행할 수 있도록 산사태 관련 정보를 종합적으로 관리·지원하는 시스템을 구축·운영하고 있다.

산사태정보시스템은 기상청 강우자료를 분석하고 권역별 산사태 토양함수지수(예측기준)를 분석하여 읍·면·동 단위로 산사태 예측 정보를 제공한다. 또한, 웹 GIS 서비스를 통하여 위치검색이 가능한 산사태 위험지도 등 주제도를 제공하며, 시간별 산사태 위험 예측정보를 지도상에서 확인할 수 있도록 구성되어 있다. 이러한 산사태 위험지도를 제작하기 위해서는 다양한 산사태 발생인자 중 영향이 큰 9개 인자를 선정하여 제작한다. 산사태 위험지도의 9개 인자로 임상(숲모습), 경급(나무지름크기), 사면경사, 사면방위, 사면길이, 사면곡률, 모암, 토심, 지형습윤지수(TWI)를 기준으로 지도가 제작되며, 이때 임상도 및 산림입지도양도가 활용된다.

산사태위험지도는 산사태취약지역 실태조사 및 사방댐 등의 예방사업 실행의 기초 자료로 활용이 가능하다. 2012년에 제작된 산사태위험지도(축척 1:5,000)는 국립산림과학원에서 작성한 로지스틱 회귀분석을 이용한 산사태 판정식에 근거하여 분석 제작되었다. 이러한 산사태위험지도의 정보를 이용하면 합리적인 산사태 예방사업을 수행하는 것이 가능하다.

전국의 산림을 대상으로 집중강우 등 산사태 유발요인이 작용할 경우, 산사태 발생 가능성이 높은 지역을 위험 순으로 5등급(1등급(매우 높음), 2등급(높음), 3등급(낮음), 4등급(매우 낮음), 5등급(없음))으로 구분하여 산지가 가지고 있는 외적 요인(사면경사, 임상, 토질, 모암 등 9개 인자 활용)을 분석하여 작성하였다. 또한 1:5,000 축척의 전국 도엽(17,469) 중에서 지형도, 임상도, 토양입지도 등 분석자료가 제작되어 있지 않은 접경지역 및 일부 도서지역을 제외한 16,139 도엽을 분석 및 제작하였다.

6.2. 산사태 위험등급 및 취약지역 선정

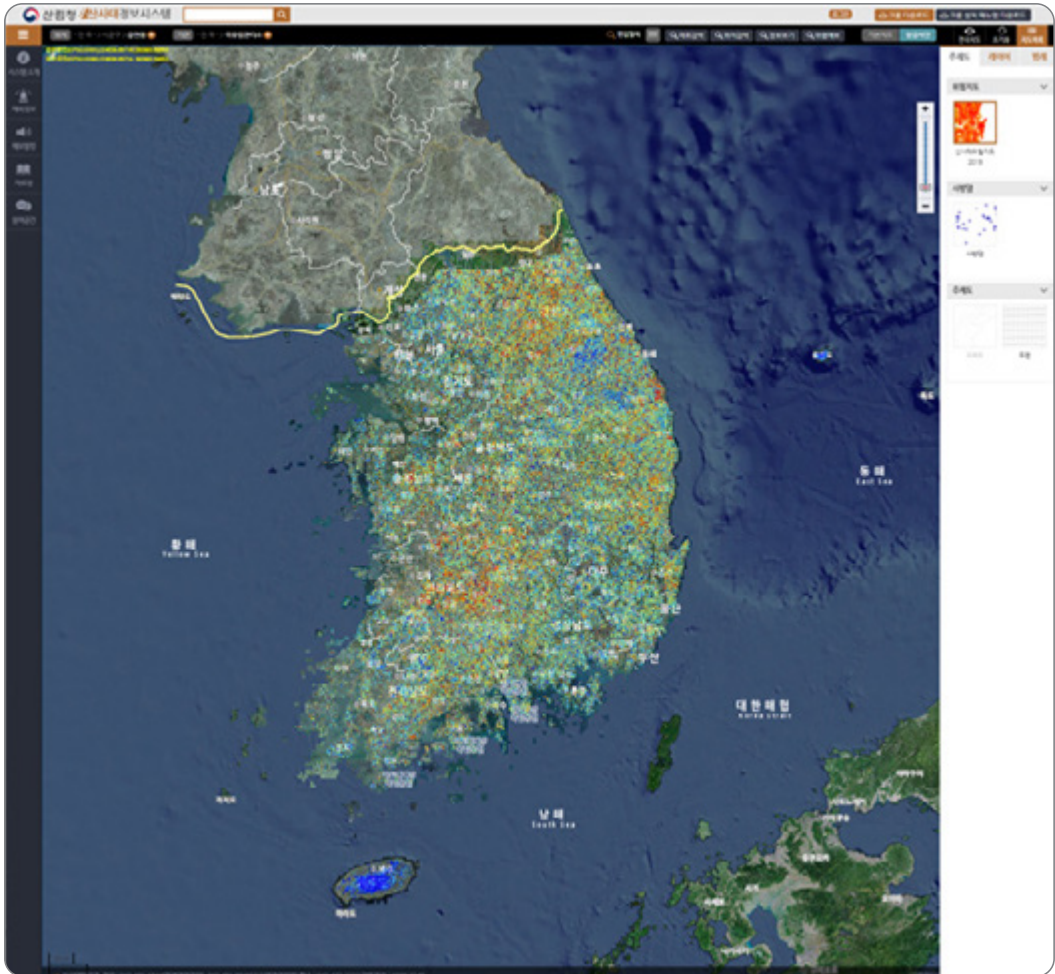
산사태 위험도를 산정하기 위해 활용한 지수의 수치정보를 지역 단위로 확인할 수 있어, 단순 위험 수준을 파악하는 것을 넘어서 구체적 인자분석에도 활용 가능한 주제도이다.

산림청은 2013년 처음 도입된 산사태취약지역 제도의 운용 경과를 검토하여 「산사태 발생 우려 지역 조사 및 취약지역 지정·관리 지침을 전부 개정하였다. 산사태취약지역이란 「산림보호법」에 의거 산사태로 인한 인명 및 재산피해가 우려되는 지역으로서 지정·고시된 지역을 말하며 이번 지침 전부 개정의 주요 내용으로는 기존에 미비하던 산사태취약지역의 객관적 해제기준 및 해제 절차를 신설하고, 산사태취약지역 지정에 선행되는 기초조사, 실태조사에 대한 판정표 및 방법론을 재정립하는 등 규제 개선 내용이 포함되어 있다.

2019년 산사태 위험등급 판정식 입력 인자 현행화에 따라 산사태 위험등급을 재조정하여 2020년 3월 산사태정보시스템에 반영하였다.

그러나 산사태에 영향을 미치는 요인은 매우 다양하나 산사태위험지도는 임상, 경급, 사면경사 등 9개 인자를 활용하여 제작함으로써 이용상의 한계를 지니고 있으며 국소지역의 토양 물리성(단위중량, 전단강도, 투수계수) 등 많은 요인을 지속적으로 추가 반영하여 정확도를 높일 필요가 있다.

또한, 지금까지 진행된 많은 조사 결과를 통계적으로 분석하여 산사태 발생 우려 지역 기초조사 및 실태조사의 판정표 등을 재정립하여 더욱 정확한 산사태취약지역 지정이 이루어질 수 있도록 하는 노력이 필요하다.



[그림 3-16] 산사태정보시스템(산림청 <https://sansatai.forest.go.kr>)



7. 병해충에 강한 수목의 적지 분석 시스템 개발

기후변화로 인하여 산림병해충의 발생과 피해 면적도 증가할 것으로 예측되고 있으며, 이산화탄소 농도 증가에 따른 식물방어 능력의 저하와 영양분의 증가, 이상기온으로 인한 생물종의 이동에 의한 생물다양성 감소, 식물 계절의 변화에 따른 병해충의 돌발적 발생 등과 함께 극한적 고온과 같은 이상 기후 현상에 의한 수목 스트레스에 의한 생물 활력의 저하로 인한 병해충 침입이 더욱 쉬워지고 가뭄 등에 의한 수목의 감수성 증가 등에 의해 산림병해충의 발생상황 또한 달라질 것으로 보여진다.

기후변화와 연계되어 나타나는 유입 병해충 문제는 세계 GDP의 10%를 소모시킬 만큼 전 지구적인 환경 문제로 대두되고 있다. 따라서 국가 차원에서 기후변화와 침입 외래 병해충 문제를 연계시켜 접근하고 대응하여야 함이 지적되고 있으며, 방제 예산 수립 등 대책의 초석이 될 수 있는 객관적인 위험 평가 방안의 필요성 또한 요구되고 있다.

가뭄, 이상기온 등 기후변화의 영향이 점차 현실로 다가오고 있는 가운데 이로 인한 산림환경과 병해충 발생 양상이 변화함에 따라 더 섬세한 관리방안이 요구된다. 따라서 현재의 방제 현황을 재점검하고, 기후변화 추세를 고려한 새로운 방제전략의 방향성을 수립할 필요성이 있다. 이를 위하여 피해를 객관적으로 추정하고, 산림병해충으로 인한 잠재적인 경제적 영향을 평가하는 기초연구가 선행되어야 한다.

특정한 산림군집의 수종 구성 상태는 그 군집이 처해 있는 여러 가지 복합적인 요소들의 상호작용에 의해서 결정된다. 천이(succession)의 진척 상태, 토양과 미지형(microtopography)의 성격, 미기상(microclimate)의 다양함, 인위적 혹은 자연적인 간섭 형태 및 빈도가 군집의 수종 구성 상태를 결정짓는 가장 중요한 생태적 요소들로 판단된다.

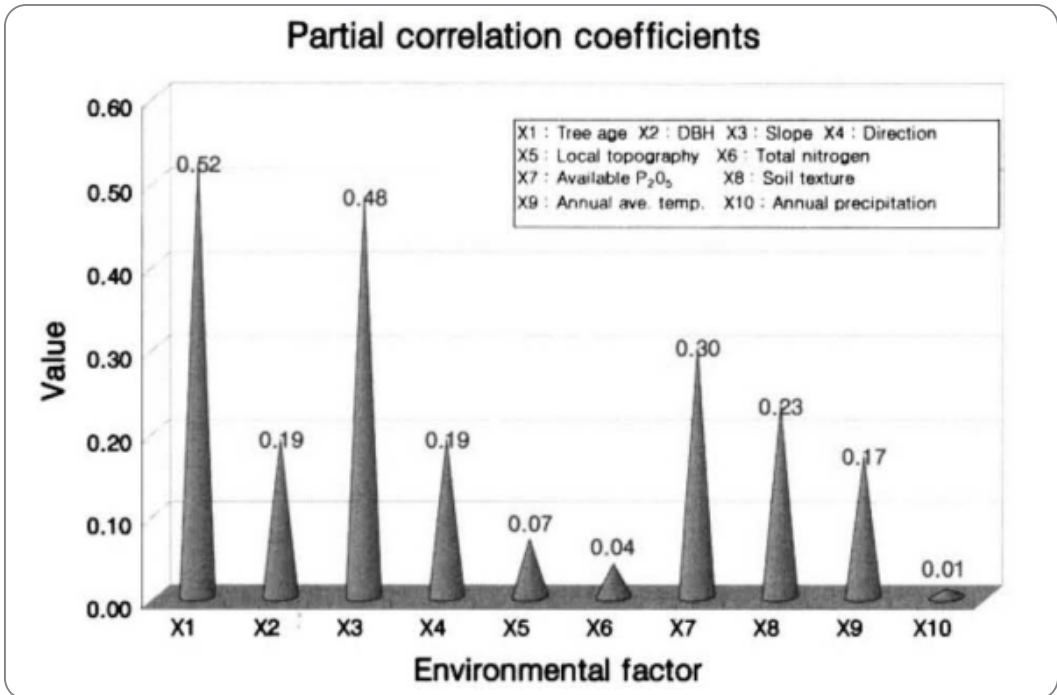
산림군집의 속성을 분석하여 구성 종 간의 상호작용 및 주변환경과의 관계 등을 파악함으로써 현재의 변화과정을 거치고 있는 개체군의 미래에 대한 예측을 가능케 하며, 어떤 수종의 어떤 특별한 입지에서의 생존과 우점 가능성 등을 예측할 수 있다. 그 외에도 기상자료, 임상도, 지형도, 산림입지도, 산림입지토양도 등 다양한 정보를 기후변화시나리오와 연계하여 병해충 방제를 위한 생육환경 조건을 예측하는 다양한 연구가 진행될 필요가 있다.

안효현(2009)은 참나무시들음병 발생지역에서 환경인자와의 상관관계에 관한 연구를 진행하였는데 참나무시들음병 발생지역의 특징은 해발고가 높지 않은 100~500m 사이에서, 경사가 15°이상인 사면에서 발생하며, 사면 방위와 상관없이 발생하나, 주로 북사면 위주로 많이 발생했으며, 숲이



올폐되고, 토심과 낙엽층은 깊지 못한 것으로 나타났다고 보고하고 있다.

이상현 등(2006)은 밤나무 줄기마름병의 발병률에 가장 영향을 많이 미치는 인자를 찾기 위하여 발병률에 관여하는 환경인자에 대한 내부적 상관요인을 배제하고 아래 그림과 같이 편상관계수를 분석한 결과, 발병률에 가장 영향을 미치는 환경요인은 수령이었으며 다음으로는 경사도, 유효인산, 토성 등의 순서였다고 보고하였다.



[그림 3-17] 질병 발생률과 환경요인의 편상관계수

토양의 물리·화학적 성질은 식물체의 생리적 기능에 직접적인 영향을 주어 저항성을 약화시킬 수 있기 때문에 수목 병의 발생과 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 질소(N) 비료의 과용은 발병을 조장하는 반면, 칼륨(K) 및 인(P) 비료의 사용은 병에 대한 저항력을 강화시킨다.

침엽수류의 묘포장에서 질소가 과다할 경우에는 잣빛곰팡이병이 발생하기 쉬우며 연작하거나 과습·통기 및 통수 불량, 건조하기 쉽고 미분해 유기물을 사용한 경우에는 모잘록병이 많이 발생한다. 낙엽송 잎떨림병은 낙엽 분해가 불량한 포드졸화된 습한 토양과 인 및 칼륨이 결핍된 토양에서 잘 발생한다. 또한 임지의 표고·지형·방위 등의 지형적인 특성은 온도·햇빛·습도·강우량 및 적설량뿐만 아니라 식생이나 토양의 물리·화학적 성질도 변화시켜 병의 발생에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.

임지에 수분이 결핍되면 임목의 수지 분비력이 저하되어 식염성 해충과 천공성 해충의 번식을 이롭게 작용한다. 반대로 임지가 과습하면 임목이 쇠약해져 각종 생물 피해에 대한 감수력이 높아진다. 임지에 시비하여 해충에 대한 내성을 높이기도 하는데 질소질비료의 과다한 사용은 이화명나방의 산란수와 발육에 영향을 끼치며, 석회질 비료의 사용은 소나무를 가해하는 나방의 일종인 *Bupalus piniarius*와 잎벌레의 일종인 *Pristiphora abietina*의 피해를 감소시키는 효과가 있다.

그러나 임지 비배를 통하여 농작물과 같은 정도로 임산물의 경제성을 높이지는 못하므로 해충 방제를 목적으로 한 시비보다는 주로 산림의 건전성 유지라는 측면에서 활용하는 것이 바람직하다. 토양환경이 원인이 될 수 있는 병해의 종류는 아래 표와 같다.

[표 3-5] 토양환경이 원인이 될 수 있는 병해의 종류

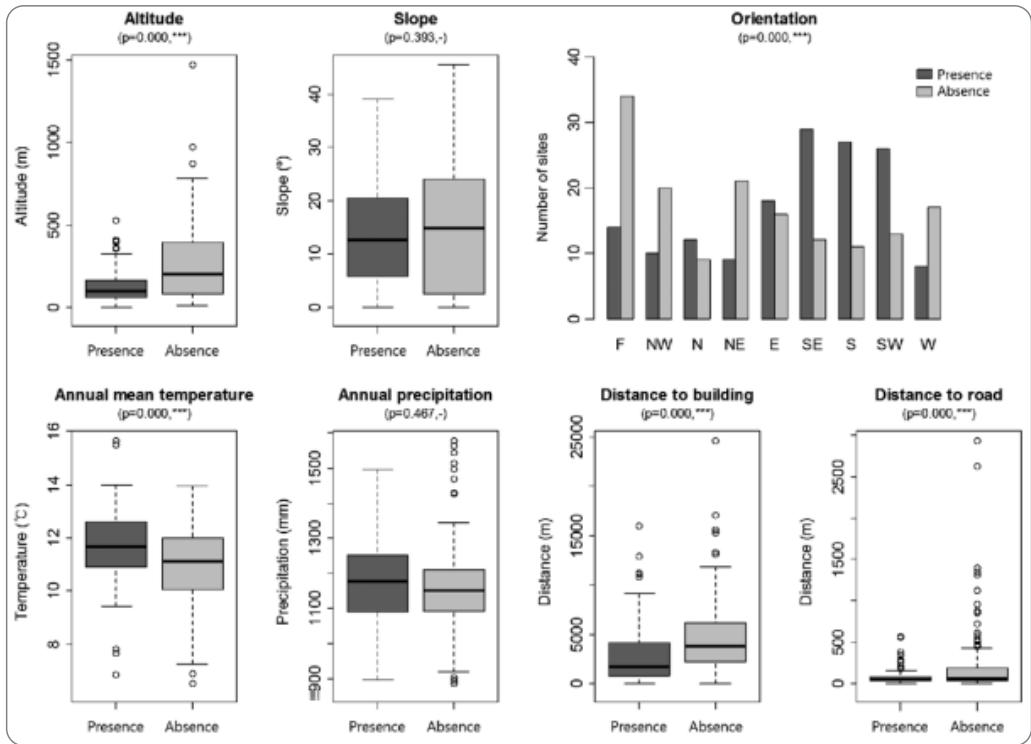
병명	원인
젓빛곰팡이병	토양 질소 과다한 토양에서 주로 발생
모잘록병	토양 과습·통기·통습 불량한 토양에서 주로 발생
낙엽송 잎떨림병	포드졸화된 습한 토양과 인 및 칼륨이 결핍된 토양에서 주로 발생
젓나무 털녹병	표고 900m 이상인 임지에서 주로 발생
세균성 부리혹병	고온 다습한 알카리성 토양에서 주로 발생
소나무류 잎마름병	과습한 토양에서 주로 발생
밤나무 줄기마름병	과습한 토양이나 질소질 비료가 많은 토양에서 주로 발생
젓나무 수지동고병	남서향 경사지나 모래·자갈 등 이 많은 곳에서 주로 발생
리지나부리썩음병	산성토양에서 주로 발생, 산불 피해지에서 주로 발생
파이토프토타 부리썩음병	습하고 배수가 잘 안되는 토양에서 주로 발생
아밀라리아부리썩음병	토양습도·온도·공기·통기성·pH·영양분, 그리고 유기물 등의 환경적인 요소가 크게 작용
밤나무 잉크병	과습한 토양에서 병의 감염과 전반
Scleroderris 궤양병	북아메리카 균주는 북위 44° 이북에만 존재
소나무 피목가지마름병	남향으로 부리가 노출된 소나무나 곰솔 임지에서는 관목을 무육하여 토양 건조를 방지하면 피해를 줄일 수 있음
소나무 가지끝마름병	가뭄·토양답압·과도한 피음등에 의해 발생
전나무 잎녹병	주로 계곡에서 발생

자료 출처: 산림보호학, 향문사, 2019 / 수목병리학, 향문사, 2017



이대성 등(2017)은 우리나라 소나무재선충병 초기 발생지의 환경 특성을 분석한 결과, 초기 발생지와 비발생지 사이에 고도, 방위, 연평균기온, 도로와의 거리, 건물과의 거리가 아래 그림과 같이 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 초기 발생지는 지형적으로는 상대적으로 저고도(300m 이하), 낮은 경사도(30° 이하), 남쪽 사면에 위치하였다. 그리고 기후 조건은 연평균기온이 10°C~13°C 범위에서 주로 분포하였다.

또한 비발생지에 비해 상대적으로 건물과 도로에 가깝게 위치하고 있었다. 한편 AICc를 이용한 판별 분석모형을 통한 변수의 중요성을 평가한 결과, 소나무재선충병 발생 여부에 고도, 경사도, 도로까지 거리가 상대적으로 중요한 변수로 작용함을 보였다.

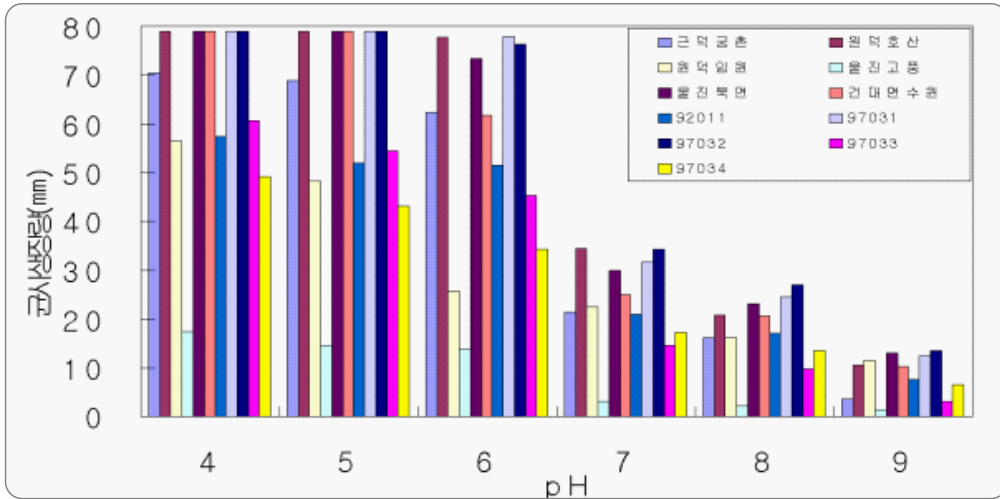


[그림 3-18] 소나무재선충병 발생 및 비발생(pseudo-absence) 지역의 환경 변수 차이

[Pseudo-absence sites were selected randomly from the area where pine wilt disease did not occurred. T-test was conducted on six variables (altitude, slope, annual precipitation, annual mean temperature, distance to building, and distance to road), and chi-squared test was conducted on orientation. Boxplots show outlier, a range of variable, 75% quartile, median, 25% quartile. P: presence, and A: absence.]

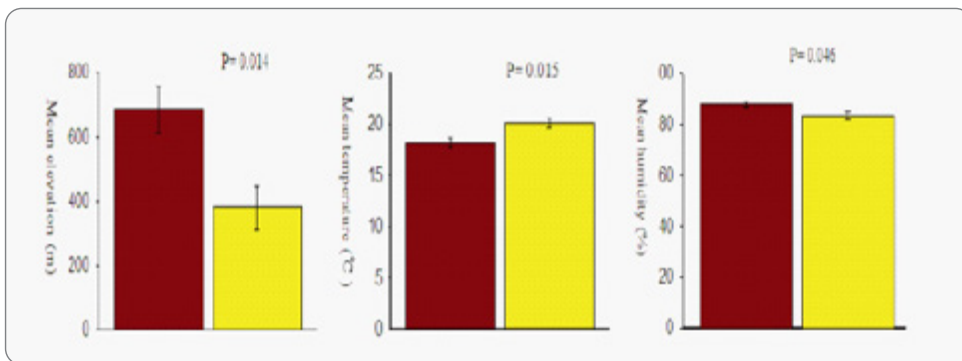
농림부(2004)는 산불 지역의 침엽수 고사에 관여하는 리지나부리썩음병균의 생리적 특성을 조사한 결과 균사 생장은 아래 그림과 같이 pH 4~5에서 가장 양호하였고, pH 6에서는 다소 둔화되었으며,

pH 7 이상의 알칼리성 배지에서는 급격히 둔화되기 시작하여, 전반적으로 *R. undulata*의 균사 생장은 산성을 선호하는 특성을 나타내었다.



[그림 3-19] pH가 *R. undulata*의 균사 생장에 미치는 영향

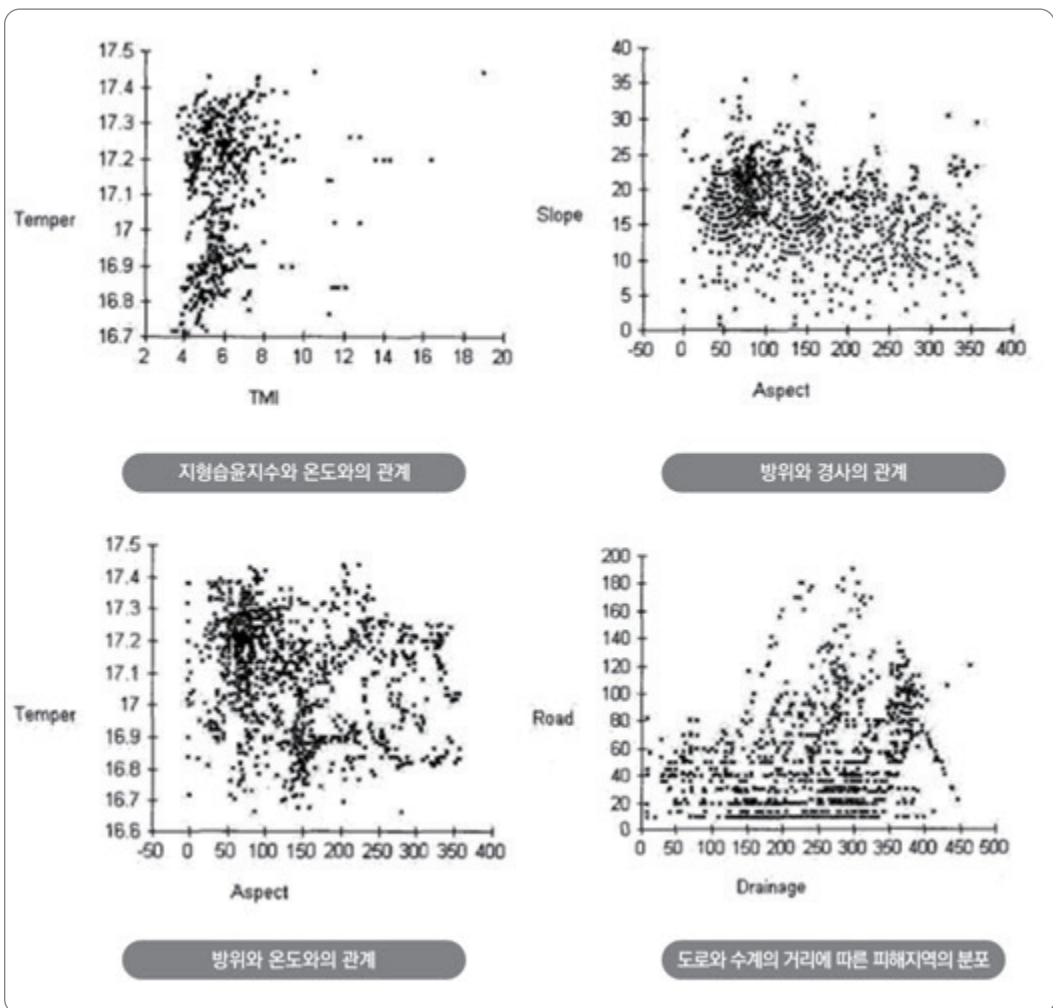
최원일 등(2013)은 대표적인 한대성 병해인 잣나무 잎떨림병(*Lophodermium sp.*)의 발생 감소 원인을 밝히고자 고도, 온도 및 습도 등 3가지 환경인자의 영향을 분석한 결과 아래 그림과 같다. 이들 3가지 환경인자 모두 통계적 유의성을 나타내어($p < 0.05$), 잎떨림병의 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 습도보다는 온도와 고도가 잎떨림병 발생에 더 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 일반적으로 100m 고도가 상승하면 0.5°C씩 온도가 떨어지므로 잎떨림병의 발생에 있어 온도와 고도는 같은 의미를 갖는다고 보고하였다.



[그림 3-20] 3개 환경인자(고도, 온도 및 습도)가 잣나무 잎떨림병 발생에 미치는 영향 비교 (피해지(■, N=12)와 비피해지(■, N=8))



국립산림과학원(2005)은 GIS 및 공간통계학적 기법을 이용한 산림병해충 피해발생 및 확산모형 개발 연구를 통하여 소나무재선충 피해목 발생지에서 지형인자 간의 상관성을 분석하였는데 그 결과는 아래 그림과 같다. 지형습윤지수는 2~8에서 피해지역이 분포하고, 온도의 변화는 높지 않은 것으로 나타났다. 피해지역의 경사는 5~15°에 주로 분포하고 있으며 대부분 방위와 관계없이 고르게 나타나고 있다. 방위와 온도와의 관계는 두 인자의 피해지역이 모두 고르게 분포하고 있어 상관성이 매우 낮게 나타났다. 도로망과 수계망의 거리에 따른 피해지역의 분포는 수계망의 경우 영향이 적은 반면 도로의 경우 도로에서 100m 이내의 거리에서 피해지점이 집중되어 나타나고 있다.



[그림 3-21] 소나무재선충 피해목 발생지에서 지형 인자 간의 상관성 분석 결과

국립산림과학원(2011)은 피목가지마름병에 의한 소나무류 집단고사와 관련하여 피해가 발생하였던 주요 조사지역의 입지환경을 조사하였으며 그 결과는 아래 표와 같다. 화강편마암, 사암을 모암으로 생성된 약건내지 건조한 갈색산림토양과 암적갈색산림토양에서 피해가 나타났으며, 방위로 보면 남, 남서, 서, 북서향 등이었다. 지형적으로는 암반노출지, 석력지 및 절개 사면지의 산록, 산북부위에서 피해가 주로 나타났으며, 토심은 대부분 10~15cm로 얇고, 경사는 대부분 20~30°로서 급경사지 내지 험준지였으며, 토성은 대부분 양토 내지 미사질양토로 배수가 불량한 편이었고 토양산도는 pH 4.7~5.3으로 일반산림토양과 차이가 없었다. 또한 토양의 화학성을 조사하였으나 일반 산림토양과 큰 차이를 보이지 않았다.

[표 3-6] 피목가지마름병에 의한 소나무류 집단고사 조사지역의 토양 특성

구분	전북 완주 소양	전북 무주 무주	경북 경산 진량	경북 영천 금호	경남 진주 문산	경남 의령 대의	경북 청도 화양
수종	잣나무	잣나무	잣나무	잣나무	소나무	소나무	소나무
모암	화강 편마암	화강 편마암	녹색사암	사암	적색 사암	적색 사암	화강 편마암
토양형	B2	B2	B2	B1	B2	Drb2	rB2
방위	남서	남	남동	남서	북	북서	서
지형	산록	산록	완구릉지	완구릉지	산북	산록	산록
경사도(°)	25~30	20~25	5° 미만	15~20	25~30	15~20	25~30
암석노출도	10~30	10 미만	10~30	없다	10~30	10미만	10~30
토양배수	보통	양호	불량	불량	양호	양호	보통
침식 상태	표면 침식	없다	없다	없다	없다	없다	없다
유효토심(cm)	30	23	10	11	16	16	14
석력함량	10% 이상	5% 미만	10% 이상	30% 미만	10% 이상	10% 이상	30% 미만
건습도	약건	적윤	과건	약건	약건	약건	약건
견밀도	1.5~2.5	1.5~2.5	0.5~1	1.5~2.5	0.5~1	0.5~1	1~1.5



산림 내 병해충 피해 현상은 끊임없이 변화는 동적 현상으로 이러한 피해 현상을 초기 발생부터 고사 단계에 이르는 진행상태를 지속적으로 관찰하고 주변 나무로 피해가 감염 확산되어 가는 전체 과정을 추적하기 위해서는 일정 기간 동안 피해목을 베지 않는 고정조사구(control site)를 설치하여 연구를 수행하는 것이 바람직하다.

한때 우리나라 전역의 소나무림에 막대한 피해를 입혔던 솔잎혹파리 피해가 금강산 주변에서 발생하여 점차 북한지역으로 확산되는 추세임을 감안할 때, 고해상도 위성영상 및 공간 분석 기술 그리고 다양한 주제도 DB 등을 활용한 산림병해충 피해 발생 탐지 및 모니터링 기술이 개발되어야 산림피해 현상을 신속하게 탐지해낼 수 있을 것이다. 또한 이를 이용한 피해확산 모델을 개발함으로써 산림병해충뿐만 아니라 산불·산사태·대기오염 등에 의한 각종 산림재해 파악 및 모니터링 기술로 활용이 가능할 것이다. 수치지형도, 수치임상도, 산림입지토양도 등 여러 주제도와 자연환경 DB 자료는 산림 분야 뿐만 아니라 환경·재해·재난 분야 등 다방면으로 폭넓게 활용될 수 있을 것이다.

원격탐사와 GIS 기술을 통합 이용하여 지형공간분포 특성과 각종 주제도를 활용해 주변 자연환경 인자와의 관련성을 종합적으로 분석하여 산림병해충 정보관리시스템을 구축함으로써 산림병해충을 조기에 발견하고 확산 정도를 예측할 수 있어 각종 산림병해충 예찰, 방제 및 관리감독 등 관련 행정업무의 의사결정지원시스템으로 활용될 수 있다. 또한 산불·산사태와 같은 긴급 재난 발생 시 피해 상황 파악 및 복구, 모니터링 등에 매우 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

한국임업진흥원에서는 산림토양 시료 분석을 통해 기존에 제공되고 있는 토양의 물리성 자료뿐만 아니라 화학적 특성 자료 빅데이터를 구축하고 이를 토대로 대발생·돌발 해충 등 우리나라 산림생태계에 악영향을 줄 수 있는 재난에 대비하여 지속가능한 산림생태계 서비스를 제공할 수 있도록 하여야 한다.



8. 전국 산림 물 용량 및 수자원 관리 방안 마련

우리나라는 연간 강수량이 세계 평균보다 1.4배 많은 1,283mm로 매우 풍부한 강수량을 가지고 있지만, 우리나라의 연간 1인당 재생가능 수자원량은 1,453㎥로 세계 153개국 중 129위로 물 스트레스국으로 분류되었다. 또한 수자원장기종합계획(2006)에 따르면 물빈곤지수(WPI)가 OECD 29개 국가 중 20위로 낮은 수자원 환경을 갖고 있어, 향후 수자원 이용에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

우리나라는 계절적으로 강수량의 편차가 심하고 국토의 65%가 산악지형으로 하천의 경사가 급하여 홍수가 일시에 유출된다. 또한, 토양의 표토층이 얇아 유역의 보수능력이 적고, 홍수량과 갈수량의 비율인 유량변동계수가 매우 커 수자원을 안정적으로 이용하고 관리하기에 어려움이 있다.

실질적으로 강수량을 늘리기는 불가능하기 때문에 수자원 확보 대책의 일환으로 물순환 과정 중 발생하는 물의 손실을 줄여 가용 수자원을 늘리는 산림의 수원함양기능이 주목받고 있다.

우리나라는 국토의 65%가 산림으로 이루어져 수자원을 안정적으로 이용하는데 있어 산림은 매우 중요한 역할을 한다. 산림은 증산작용에 의해 지표면의 열 환경을 완화시키고, 산림의 변화는 지표의 열 환경을 변화시킬 뿐만 아니라 증산량을 감소시켜 물 순환을 변화시킬 수 있을 뿐만 아니라 간벌, 수종 갱신 등을 통해 가용 수자원을 증진시킬 수 있다. 최근 산림청과 수자원공사에서는 수원함양기능이 빈약한 산림의 구조를 개량하여 산림의 수원함양기능을 증진시키는 사업을 시행하고 있다.

산림청은 이러한 산림의 수원함양기능을 증진시키고, 수원수 공급을 극대화하기 위해서 2004년부터 215만ha에 대하여 가꾸어야 할 산림을 분류하여, 숲가꾸기를 통해 수원함양기능이 빈약한 산림을 정비하여 산림 구조를 개량하는 사업을 시행하고 있다. 산림의 수원함양기능을 증진시키기 위해서는 숲가꾸기 사업을 통한 지속적인 산림관리와 수계 인접 지역 사유림에 대한 수원함양보호구역을 확충하여 수원함양기능을 고도로 발휘시키기 위한 노력을 필요로 한다.

하지만, 1963년 보호구역이 최대로 지정된 이후, 새로운 보호구역 지정 없이, 보호구역의 해제가 증가하고 있으며, 시대적 상황에 따라 해제기준이 변경되기도 하고, 유실수, 특용수림, 연료림 등이 보호구역에서 제외되는 등 해제기준의 불합리 및 개인 산주들의 반발로 수원함양보호구역이 추가 지정되지 못하고 있다. 또한, 현재 집수구역이어도 일정 범위를 벗어난 지역에서의 개발행위가 제한되지 않고 있어 상류의 개발행위로 저수지에 토사가 쌓이는 피해가 발생하고 있다.

수원함양기능증진을 위해서는 해당되는 산림 유역을 유역 전체를 하나의 보호구역으로 통합하여



관리하는 것이 효과적이며, 숲가꾸기 사업을 통한 지속적인 산림관리와 더불어 수계 인접 지역의 개발 방지를 위한 수원함양 보호구역을 확충하여 수원함양기능을 고도로 발휘시키기 위한 노력이 필요하다. 하지만 보호구역 지정 시 개인의 재산권 침해, 지역 민원 등 갈등을 유발할 수 있어서 세심한 검토가 요구되는 실정이다.

산림 내 수자원함양기능은 임지에 내린 강수를 지하로 투수시키고 서서히 유출케 함으로써 맑고 깨끗한 생활용수를 풍부하고 지속적으로 공급하는 기능을 의미하는데 세부적으로는 홍수방지기능과 갈수 완화 기능으로 구분할 수 있다. 홍수방지기능은 산지 강우의 지하 침투를 촉진하고 지표 유출량을 감소시켜 홍수의 피크를 분산 저감시키는 것을 의미하며, 갈수완화기능은 지하에 저류된 강우를 일정하게 서서히 유출시킴으로서 강우가 없을 때에도 하천유량을 어느 정도 유지시키는 것을 의미한다.

김형호(2005)는 GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가 연구에서 산림기능에 따라 전문가 집단을 구분하고 집단별로 평가 인자에 대한 설문조사를 실시하였는데 수자원함양 기능의 평가 인자는 식생 인자군과 입지·기상 인자군으로 구분되며 식생 인자군은 임형, 소밀도, 임상, 임령, 엽면적지수, 상층목 울폐도, 하층목 피복도가 그리고 입지·기상 인자군 평가 인자의 경우에는 표고, 사면 형태, 경사, 모암, 토심, 토양형, 토성, 토심별 견밀도, 집수면적 강수량 등이 설문조사 시 제시 항목으로 포함되었다.

최종 선정된 인자는 아래 표와 같으며 식생 인자로는 임상, 임령, 소밀도가 선정되었고, 입지·기상 인자로는 토심, 강수량, 경사, 토성, 견밀도, 토양형, 사면 형태 등이 포함된다. 토성인자의 경우 세토를 주성분으로 하는 토양이 가장 지표유출이 심할 뿐만 아니라 강우의 저류 능력이 떨어지고 이어서 양토질토양, 점토질 토양의 순으로 지표유출은 줄고 강우의 저류 능력은 커지게 된다. 따라서 수자원함양 기능의 잠재력은 점토의 함유량이 많을수록, 모래의 함유량이 적을수록 높게 나타난다고 보고하였다.

토양형별 특성을 중심으로 퇴적상태가 견밀하고, 점질인 경우에 수자원함양 기능이 높고, 반대로 토양 결합력이 약하고 모래와 자갈 성분이 많은 경우에는 수자원함양에 대한 기여도가 상대적으로 낮아진다고 판단하였다.

[표 3-7] 수자원함양 기능 평가 인자의 카테고리 구분에 따른 점수 부여

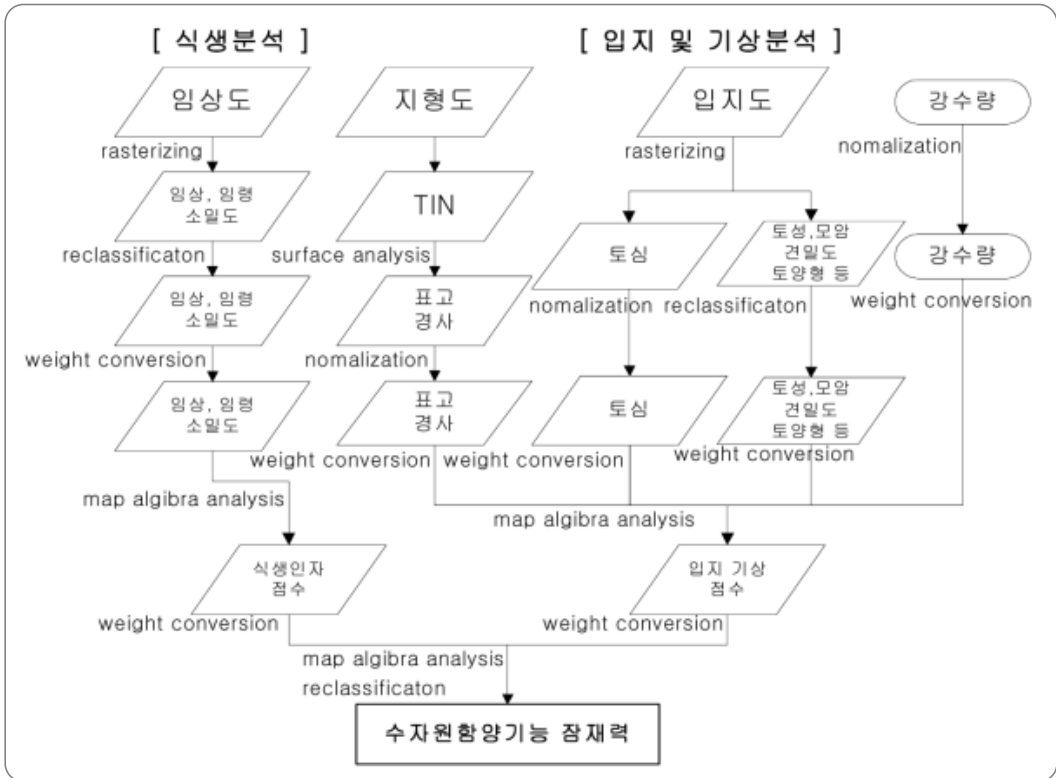
평가인자 (가중치)	카테고리 점수					가중치	수정 가중치	
	0	0.25	0.5	0.75	1			
식생 (0.478)	임상	무입목지	침엽수림	-	활엽수림	혼효림	0.427	-
	임령(영급)	I	II	III	IV	≥ V	0.302	-
	소밀도	-	치수	소	중	밀	0.272	-
입지·기상 (0.522)	토심 (cm)	< 30		μ_1		> 90	0.126	0.137
	강수량 (100mm)	< 9		μ_1		> 14	0.123	0.134
	경사(°)	> 30		μ_2		< 10	0.114	0.125
	토성	SL, LS	SCL	SiL, L	CL	SiC, SiCL	0.106	0.117
	집수면적 (ha)	-		-		-	0.100	-
	건밀도	강건	건	연	송	심송	0.097	0.108
	토양형	Va, Er Im, Li	-	B	-	R·Y DR, GrB	0.096	0.107
	사면형태	상승 사면	-	평행 사면	복합 사면	하강 사면	0.095	0.106
	모암	화성암	-	변성암	-	퇴적암	0.083	0.094
	표고	> 10		μ_2		< 2	0.061	0.072

자료 출처: 김형호. 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가.

국내외 다양한 연구에서도 수자원함양 기능의 잠재력을 평가하는 인자로서 식생 인자군과 입지·기상 인자군으로 구분하고 있다. 김경하 등(1992)는 갈수기 유역입지 조건과 저수량의 관계에서 수고, DBH, 임령, 순관울폐도가 정상관을 그리고 하층식피율, 수계밀도가 역상관을 가지며, 수량화 분석 결과 지역, 모암, 임상, 수관울폐율, 기복량, 수계밀도 순으로 편상관이 높은 것을 밝혔다. 일본의 산림기능별 조사 실시 요령(林野廳, 1977, 1991)에서는 토양, 지질 경사, 표고가 수원함양기능의 평가 인자로 사용되었으며, 高見寛(1990)은 수자원함양 기능에 영향을 미치는 기초조사로서 지형조사(곡밀도, 경사, 기복량, 사면형상), 지질조사, 토양조사, 식생조사를 수행한 바 있다.



수자원함양의 잠재력을 평가하기 위한 공간분석모델링 과정은 아래 그림과 같으며 평가에 사용되는 공간자료로 임상도, 지형도, 산림입지도, 산림입지토양도 등이 활용 가능하다.



[그림 3-22] 수자원함양 기능 공간분석모델링 과정
 (자료 출처: 김형호. 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가)

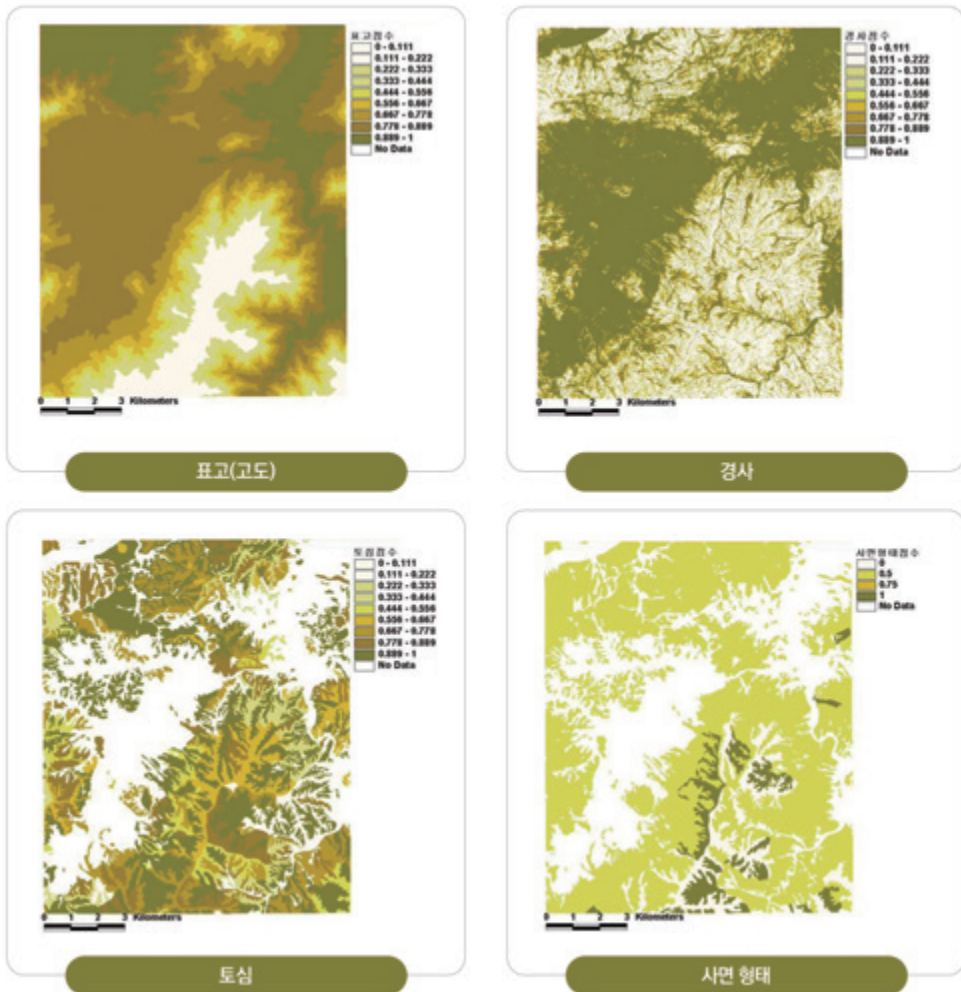
수자원함양의 잠재력을 평가하기 위한 공간분석모델링 분석 과정 중 식생 분석은 임상도를 grid 형태로 변환하여 임상, 임령, 소밀도 주제도를 생성하고 각 인자의 카테고리별 점수를 부여한 후에 인자별 가중치를 곱하여 아래 그림과 같이 식생 점수 분포도를 생성하게 된다.



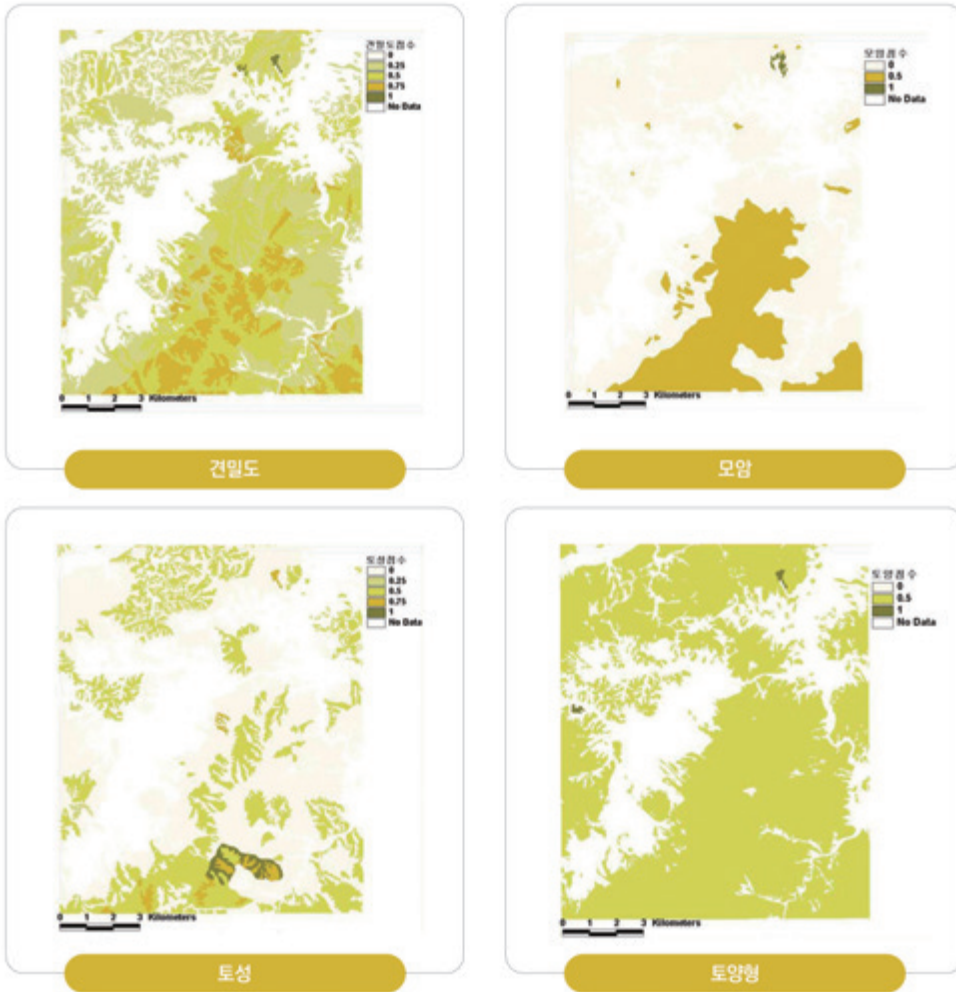
[표 3-23] 식생 인자 주제도 분석 예시
 (자료 출처: 김형호, 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가)



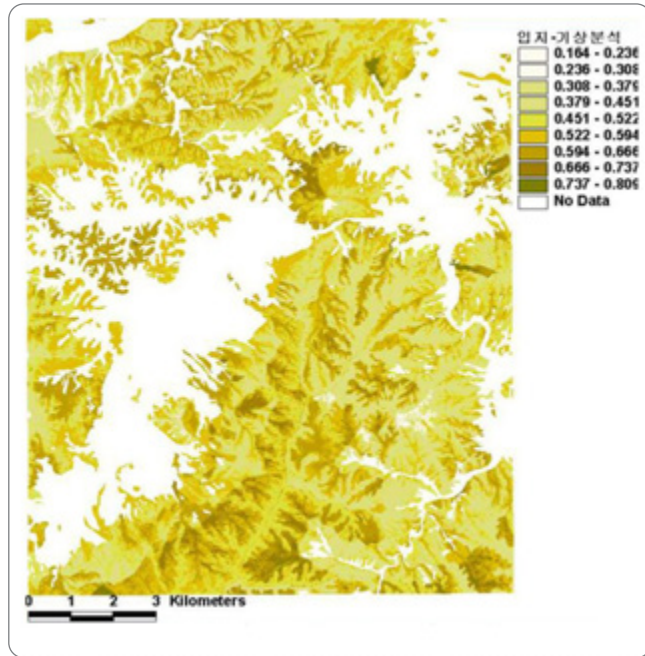
입지 및 기상분석에 있어서는 수치지형도에서 등고선 레이어를 추출한 후에 TIN을 생성하고, surface 분석으로 표고 및 경사 주제도를 생성하게 된다. 또한 아래 그림과 같이 산림입지(토양)도에서 각각 토심, 사면 형태, 견밀도, 모암, 토성, 토양형 주제도를 아래 그림과 같이 생성하게 되며, 연평균강수량을 이용하여 강수량의 점수를 구한다. 이들 입지 및 기상분석 주제도에 인자별 가중치를 곱하고, 지도대수분석을 통해 입지·기상점수 분포도를 획득한다.



[그림 3-24] 입지 및 기상 인자 주제도 분석 예시(표고, 경사, 토심, 사면 형태)
(자료 출처: 김형호. 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가)

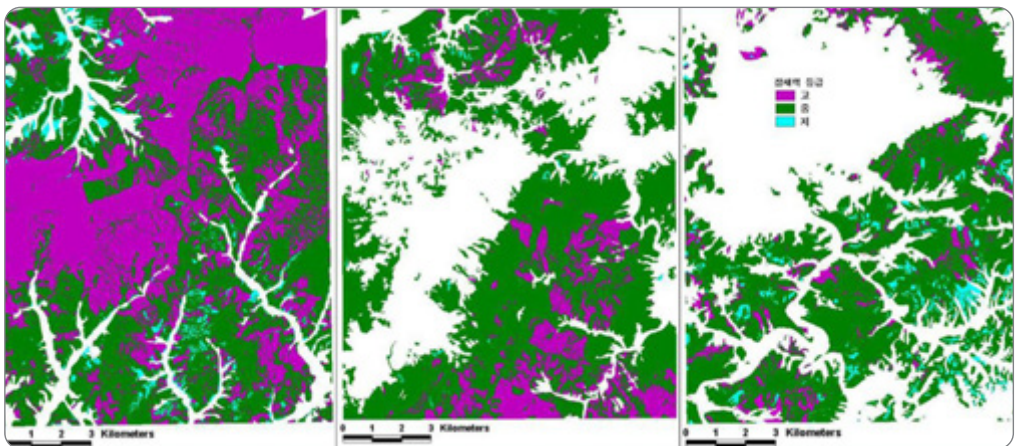


[그림 3-25] 입지 및 기상 인자 주제도 분석 예시(표고, 경사, 토성, 사면 형태)
 <자료 출처: 김형호, 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가>



[그림 3-26] 입지 및 기상 인자 점수 분석 예시
(자료 출처: 김형호. 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가)

수자원함양을 위한 산림의 잠재력을 등급으로 분석하고 식생 점수 분포도와 입지·기상점수 분포도에 각각의 인자 특성 가중치를 적용하고 중첩시킴으로써 도엽 단위의 수자원함양 잠재력이 아래 그림과 같이 등급화되어 나타나게 된다.



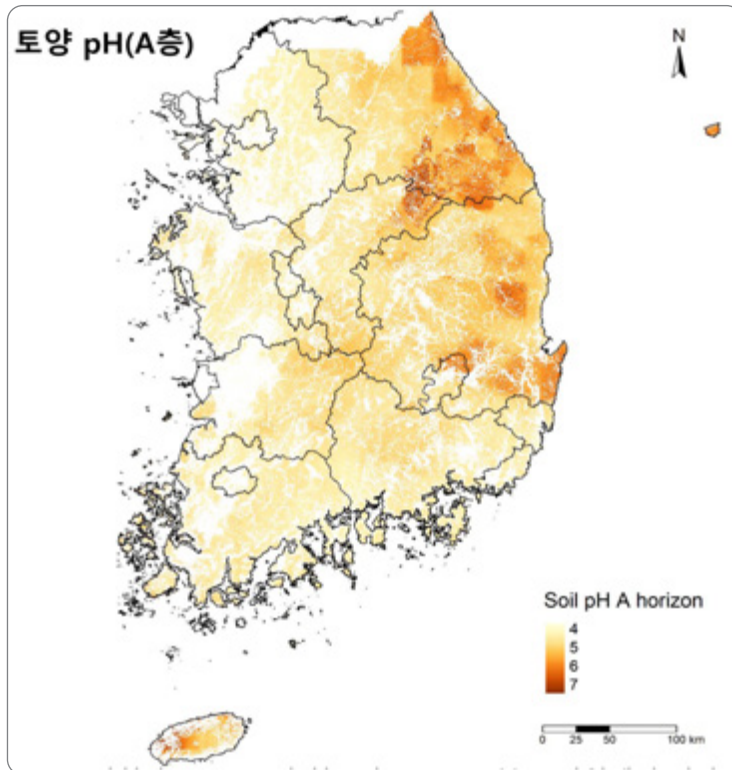
[그림 3-27] 도엽 단위의 수자원함양 잠재력 분석 결과 예시
(자료 출처: 김형호. 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가)

9. 주제도 제작

9.1. 토양 산도(pH) 주제도

가. 토양 산도(pH) 및 산성토양도의 의미

토양 산도(pH)는 토양의 산성화 정도를 표기하는 방법으로 수소이온농도의 역수에 상용로그를 취한 값을 의미하며 수치가 매우 작은 수소이온농도를 다룸에 있어 편리성을 추구하기 위하여 만든 수치이다. 토양 산도(pH)에 따라 토양 중에 존재하는 각종 양분의 유효도, 유해 물질의 용해도, 식물 뿌리, 그리고 미생물 체내의 생리화학 반응 등에 영향을 미친다. 이러한 이유로 조림수종의 선정 및 유지관리 등을 위하여 허용 가능한 토양산도를 유지할 필요가 있어 산성토양도는 매우 중요한 주제도이다(그림 3-28).



[그림 3-28] 토양 산도(pH) 주제도(예시)



나. 토양 산도(pH) 주제도와 토성 주제도를 활용한 산림 석회 주제도 제작

식물은 뿌리를 통해 토양의 양분을 흡수하며, 식물이 양분을 이용하는 정도는 토양 pH에 따라 달라진다. 식물의 생육에 필요한 주요 양분들은 토양 pH가 6.5일 때 가장 잘 이용될 수 있으며, 토양 pH가 5 이하가 되면 주요 양분의 이용이 제한되고 식물의 생육에 해를 끼칠 수 있는 알루미늄과 같은 중금속의 용해도가 증가하여 식물의 생육이 저해된다. 특히 토양이 극도로 산성화되면(pH 4.0 이하), 토양 속 수소이온이 직접적으로 뿌리의 양분 흡수 작용을 저해한다.

따라서 국내외에서 산성화된 산림토양을 중화하여 식물의 생육 환경을 개선하기 위한 산림 대상 석회 시용이 제시되기도 하였다. 이때 석회 시용 시의 목표 pH는 일반적으로 농업 토양의 경우 6.5, 초지의 경우는 6.0이다(DEFRA, 2010).

우리나라의 산림토양은 대체로 산성화된 경향을 보이는데, 이는 모암이 주로 화강암에 기인하고, 연강수량이 1,307mm(한국기후표, 2011)로 전 지구 평균인 990mm(Wikipedia, 2019) 보다 높고, 도시화와 산업 개발에 따른 산성비의 영향이 크기 때문으로 보인다. 이러한 측면에서 우리나라에서 석회 시용을 통한 토양 pH 및 식물 생육 환경 개선이 중요하다고 할 수 있으며, 이렇게 석회 시용을 통해 토양 pH가 개선되는 경우에는 목재 및 단기소득임산물 생산의 증진을 기대할 수 있다.

그러나 우리나라에서는 지역별로 산림 내 토양 산도(pH) 개선에 필요한 석회량이 산정되어 있지 않아, 석회 시용을 통한 토양 산도(pH) 개선 방안 및 정책 수립이 어려운 실정이다. 따라서 산성화된 산림토양의 중화에 필요한 석회량을 계산하여 산림 석회 주제도를 개발하고, 이를 통해 석회 시용을 통한 산림토양 pH 및 식물 생육 환경 개선 방안과 정책 수립에 활용되어야 한다.

다. 토양 pH 개선에 필요한 석회량 계산

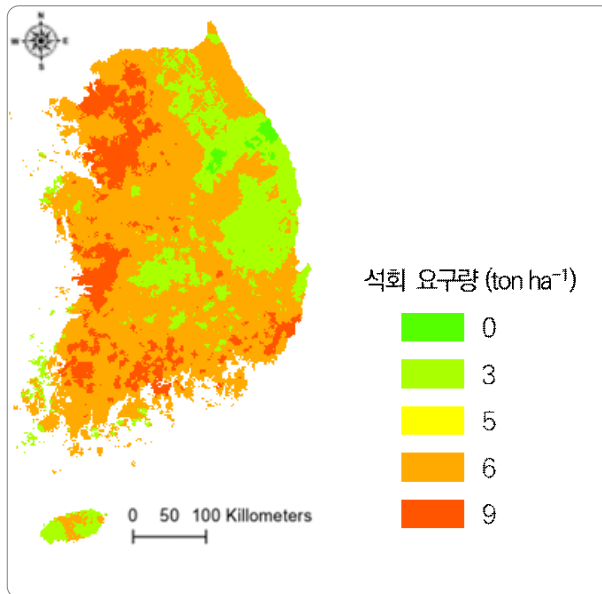
석회 요구량은 일반적으로 석회의 종류, 토양 pH, 토성을 고려하여 계산된다. 아래 예시에서 사용된 석회의 종류는 석회 요구량 산정 시 일반적 기준이 되는 석회(Limestone; CaCO_3)를 이용할 수 있으며, 토양 pH와 토성에 따른 석회 요구량은 영국 환경식품농무부(Department of Environment, Food, and Rural Affairs; DEFRA)의 Fertilizer manual을 이용하여 계산되었다(DEFRA, 2010; Rothamsted research, 2019). 또한, 토양 pH 개선은 표토로부터 토양 깊이 15cm까지를 대상으로 하였으며, 목표 토양 pH는 초지에서 적용되는 6.0과 그보다 낮은 5.5를 기준으로 하여 예시와 같이 석회 요구량을 각각 산정한다(그림 3-29, 3-30).

[표 3-8] 토양 pH, 토성, 목표 pH에 따른 석회 요구량(ton/ha)(Rothamsted research, 2019)

토양 pH	토성	사토, 양질사토		양토, 사양토, 사질식양토, 미사질양토, 미사질 식양토, 미사토		식양토, 식토, 사질식토, 미사질식토	
	목표 pH	6.0	5.5	6.0	5.5	6.0	5.5
6.0		0	0	0	0	0	0
5.5		3	0	3	0	3	0
5.0		5	3	6	3	6	3
4.5		7	5	9	6	9	6

1) 목표 토양 산도(pH)가 6.0일 때의 산림 석회 요구량

목표 토양 산도(pH)가 6.0일 때의 산림 석회 요구량은 최소 0에서 최대 9ton/ha로 나타났다 (그림 3-29). 석회 사용이 필요하지 않은 지역은 903km²에 불과했으며, 6ton/ha의 석회 사용이 필요한 지역이 65,740km²로 가장 넓은 면적을 차지했다. 백두대간 지역은 다른 지역보다 대체로 석회 요구량이 적은 것으로 나타났는데, 이는 백두대간 지역의 토양 pH가 다른 지역들보다 높기 때문이다. 남부지방과 서해안 지역의 석회 요구량은 6-9ton/ha로 다른 지역보다 특히 높은 것으로 나타났는데, 이는 남부지방과 서해안 지역의 토양 pH가 낮기 때문이다. 따라서 남부지방과 서해안에서 목재 및 단기소득임산물을 생산하려는 경우, 산림에 석회를 사용하는 것을 고려할 필요가 있을 것으로 보인다.

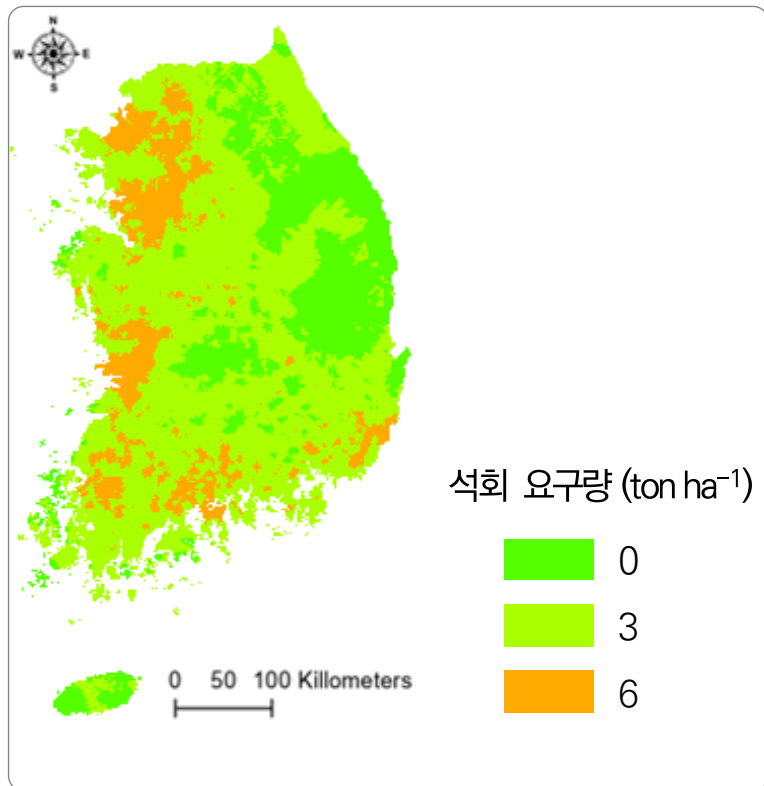


[그림 3-29] 산림 석회 주제도(목표 pH: 6.0)



2) 목표 토양 pH가 5.5일 때의 산림 석회 요구량

목표 토양 pH가 5.5일 때의 산림 석회 요구량은 최소 0에서 최대 6ton/ha로 나타났다(그림 3-30). 석회 시용이 필요하지 않은 지역은 24,270km²로 목표 pH가 6.0일 때보다 확연히 높았으며, 3ton/ha의 석회 시용이 필요한 지역이 65,750km²로 가장 넓은 면적을 차지하였다. 목표 토양 pH 6.0인 경우와 마찬가지로 목표 토양 pH가 5.5인 경우에도 남부지방과 서해안에서의 석회 요구량이 큰 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 임업인들이 목재 및 단기소득임산물 생산을 증진하고자 할 때 이용할 수 있으며, 수종 또는 작물이 가장 잘 성장하는 최적 토양 pH 자료와 연계하면 보다 유용하게 이용할 수 있을 것이다.



[그림 3-30] 산림 석회 주제도(목표 pH: 5.5)

9.2. 산림토양 탄소흡수원 주제도

가. 산림토양 탄소흡수원 주제도의 의의

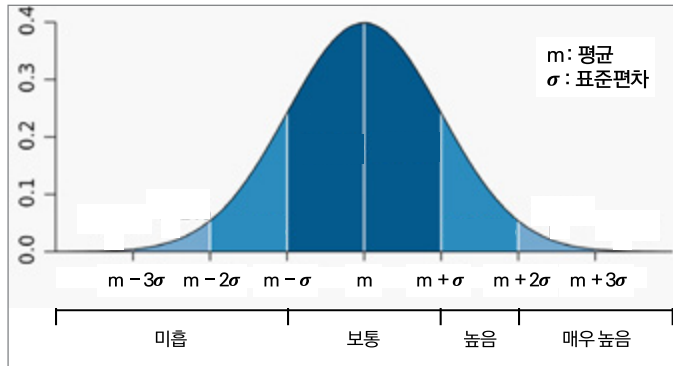
기후변화에 대응하고자 국제사회는 파리협정을 통해 온실가스 배출 감축에 합의하였다. 지구 평균온도 상승을 산업화 이전 대비 1.5°C 이하로 제한하고자 IPCC는 전 지구적으로 2030년까지 CO₂ 배출량을 2010년 대비 45% 이상 감축하고, 2050년까지 인위적 온실가스의 배출량과 흡수량이 상쇄되는 탄소중립을 국제사회 공동의 목표로 제시하였다. 우리나라 또한 2050까지 탄소중립을 실현하고자 탄소 배출을 규제하고 탄소흡수원 증진을 위해 다방면으로 노력하고 있다.

산림은 주요한 탄소흡수원으로 매년 전세계에서 인위적으로 배출된 온실가스의 약 30%를 흡수한다. 2015년 기준 우리나라의 산림면적은 633만 5,000ha (국토의 63.2%)이다. 산림에 저장된 탄소는 바이오매스, 낙엽층, 고사목, 토양 탄소 등으로 구분할 수 있으며, 토양 탄소(45%), 바이오매스(42%), 고사목(8%), 낙엽층(5%) 순으로 저장된 탄소의 양이 많다. 우리나라의 경우 임업통계연보 및 산림기본통계 등을 통하여 임분 재적 등의 자료를 전국 단위로 기록하고 관리하고 있다.

그러나 전국 단위에서 구축된 토양 탄소저장량 자료는 아직 부족한 실정이다. 또한, 토양 탄소 부문에서 탄소량 추정을 위한 탄소 배출흡수계수를 IPCC 지침상 국제 표준 규격을 그대로 이용하고 있다(Tier 1 수준). 이와 관련한 국가 고유계수를 개발 및 활용하는 수준으로 그 역량을 향상할 필요가 있다(Tier 2 수준). 아직 우리나라는 토양 탄소흡수원으로서의 높은 가치를 가지고 있는 지역에 대한 정보가 부족하며, 주요 토양 탄소흡수원 보호를 위한 국가 정책 수립이 어렵다. 이에 산림토양 유기물 주제도를 활용한 산림토양 탄소흡수원 주제도 개발이 요구된다.

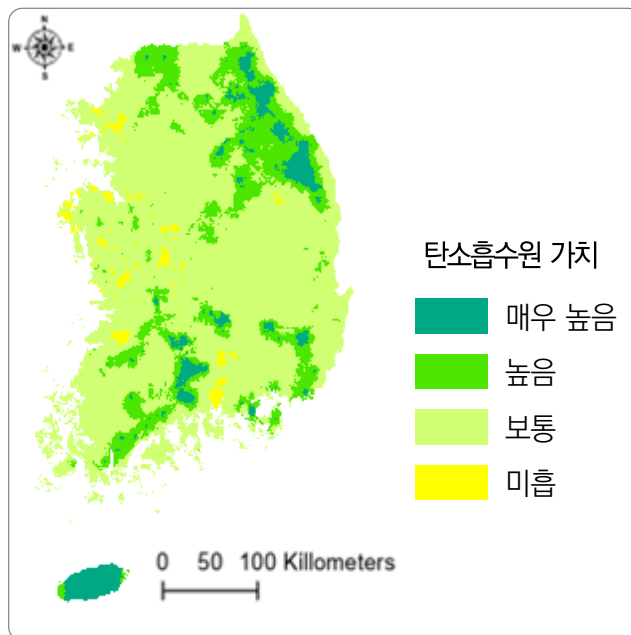
나. 산림토양 유기물 주제도를 활용한 산림토양 탄소흡수원 주제도 개발

한국임업진흥원에서 진행 중인 1:5,000 산림입지토양도를 이용하여 전국 규모의 산림토양 탄소저장량을 지도화하고 다양한 환경요인 변화에 따른 토양 탄소저장량을 관리할 수 있다. 토양 탄소흡수원으로서의 가치는 산림입지토양도와 국가산림자원조사에서 수집한 토양 유기물 분석자료의 평균(3.16%)과 표준편차(0.88%)를 이용하여 아래 예시와 같이 총 4단계(미흡, 보통, 높음, 매우 높음)로 구분할 수 있다(그림 3-31). 토양 유기물 농도가 평균을 기준으로 표준편차 내외에 해당하는 지역은 토양 탄소흡수원으로서의 가치가 보통에 해당한다고 판단할 수 있으며, 이 범위보다 낮은 값을 보이는 지역은 미흡, 이 범위보다 높은 값을 보이는 지역은 높음, 매우 높음의 순서로 토양 탄소흡수원으로서의 가치가 높다고 판단한다.



[그림 3-31] 토양 탄소흡수원으로서의 가치 구분 기준

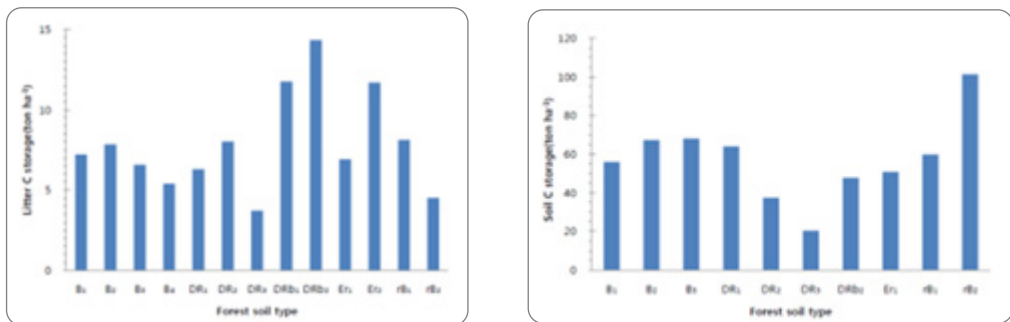
특히 제주도 지역은 면적 대부분이 토양 탄소흡수원으로서의 가치가 매우 높은 것으로 나타났다. 따라서 우리나라 산림의 토양 탄소흡수원 보호를 위해서는 강원도, 전라남도, 경상남도, 제주도 등의 지역에 대한 지속적인 관리 및 보호 활동이 필요하며, 탄소흡수원이 미흡한 것으로 구분된 지역에서는 토양 탄소흡수원으로서의 가치를 높이기 위한 추가적인 산림경영 활동이 필요할 것으로 판단된다. 강원도, 전라남도, 경상남도 지역의 산림이 토양 탄소흡수원으로서의 가치가 높은 것으로 나타났으며, 도심지는 토양 탄소흡수원으로서의 가치가 낮은 것으로 나타났다(그림 3-32).



[그림 3-32] 산림 주요 토양 탄소흡수원 주제도(예시)

김완식(2015)은 제5차 국가산림자원조사 자료를 활용한 산림토양의 탄소저장량에 관한 연구에서 임상, 토양형, 토심, 기후대별 유기물층과 토양층의 탄소저장량을 분석하였다.

제5차 국가산림자원조사 자료(2006~2010) 및 1:25,000 축척의 수치산림입지도(2003) 속성 정보를 이용하여 주요 산림토양형별로 유기물층과 광물질 토양층에 분포하는 탄소저장량을 산출한 결과, 유기물층의 탄소저장량은 토양생산력이 낮은 토양군에서 높았다. 이처럼 토양수분과 유기물 분해에 따른 토양생물의 활성이 상대적으로 낮은 토양조건에서 유기물층의 탄소량이 높음을 알 수 있다.



a. 토양형에 따른 유기물층의 탄소저장량 (혼효림)

b. 토양형에 따른 토양층의 탄소저장량 (혼효림)

[그림 3-33] 토양형에 따른 탄소저장량

한편, 토양층에서는 동일한 산림토양군 중에서도 토양 건습도가 높은, 즉 건조보다는 약건 또는 적윤한 토양형일수록 토양 탄소저장량이 많았다. 이처럼 산림입지토양도의 속성 정보 이용을 통해 토양형, 유기물층, 토양산도(pH), 토심, 토성 등의 조건에 따라 전국 규모의 산림토양의 탄소저장량을 지도화하고, 다양한 환경요인 변화에 따른 산림 내 토양 탄소저장량을 관리하는데 활용될 수 있다.

9.3. 산림토양건강도

가. 산림토양 건강의 의미

건강한 숲은 최근 대내외적으로 강조되고 있는 지속가능한 산림경영은 물론 저탄소 녹색성장의 핵심 요소라 할 수 있다. 이러한 산림 건강은 건강한 토양을 토대로 하여 만들어진다는 점에서 큰 의미를 지닌다 할 수 있다.

산림은 크게 지상부의 식생과 지하부의 토양으로 이루어지기 때문에 건강성 역시 수목 건강과 토양



건강으로 나누어 생각할 수 있다. 여기서 수목 건강은 잎의 색깔과 모양, 수형, 낙엽 시기 등으로 그 활력을 가늠해 볼 수 있으며, 토양 건강은 배수성, pH, 비옥도, 생물활성 등과 같은 토양의 물리화학생물적 특성으로 판단할 수 있다.

산림 건강은 생태적 관점에서 생물다양성, 균형, 저항성, 순환 등 그 구성체의 유기적 관계와 생태적 안정성을 내포하고 있기에 이들 수목 건강과 토양 건강 모두를 종합해서 고려해야 하는 어려움이 따른다. 특히 건강한 산림에도 자연적인 피압 및 경쟁 등에 의해 건강하지 않은 나무가 발생할 수 있는 것과 같이 수목과 산림은 규모가 서로 다른 대상이므로 건강성의 개념 또한 다르다.



[표 3-34] 산림 건강과 관련된 스트레스 요인과 생태 반응
(한국임업진흥원 <https://kofpi.or.kr>)

산림 건강에 있어서 토양 건강은 생태적 측면뿐 아니라 이용자 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 생태적 측면에서는 산림 건강의 정의에서 언급되었던 ‘양분과 수분, 에너지의 공급 및 배분’의 주된 역할을 토양이 담당하며, 또한 이용자 측면에서도 토양이 산림 내 물질생산의 근간이 되기 때문에 토양 건강은 산림생산성과 산림 건강에 필수 요소이다. 즉 산림관리를 아무리 잘한다 할지라도 생산력의 원천인 토양이 건강하지 못하면 수목 건강은 물론 더 나아가 산림 건강도 제한적일 수밖에 없다.

나. 산림토양건강 지표

이러한 산림 건강을 증진 또는 유지하기 위한 모든 노력은 궁극적으로는 지속가능한 산림경영을 위한 것이라 할 수 있다. 그 실천적 활동으로 숲가꾸기, 병해충 방제 등 시업적 접근도 있겠으나 그에 앞서 산림 건강을 객관적으로 판단할 수 있는 합리적인 평가체계 마련이 선행되어야 한다. 이를 위해 산림 건강과 관련된 지표개발, 기준설정, 관계성 해명, 진단모델 개발, 관리시스템 구축 등의 일련의 관리체계가 필요하다. 이 중 토양 건강은 전체 산림 건강의 토대가 되므로 생물 활동에 필요한 양분 및 수분의 공급 기능과 관련된 토양 특성이 주된 판단 지표로 이용되고 있다.

이러한 토양 건강 지표 중 토양물리성 지표는 주로 배수 및 뿌리발달 등을 판단하는 기준이 되며, 화학성 지표는 양분 균형 및 유해 독성 등을 그리고 생물적 지표는 토양생물 활성 등과 관련된 정보를 제공하게 된다.

특히 산림입지토양도의 다양한 속성 정보는 수목 건강과 밀접히 관련되므로 보다 거시적이고 인과론적인 측면에서 지표를 설정하고 지표 간의 상관성을 파악하는 연구에 활용이 가능하며, 나아가 산림토양건강도를 파악하는데 중요한 기초 자료로 제공될 수 있다.

[표 3-9] 토양 특성별 토양 건강 지표(한국임업진흥원 <https://kofpi.or.kr>)

제공 정보	항목
물리적 특성	용적밀도, 석력 함량, 건밀도, 투수계수 등
화학적 특성	pH, 유기물, 질소, 인산, 치환성양이온, 중금속류, 황 등
생물적 특성	진균, 세균, 효소, 세균, 절족동물 등

10. 생태학적 환경용량 평가

10.1. 생태학적 환경용량 평가의 의의

자연환경이 스스로 정화하여 생활환경의 질적 수준을 일정하게 유지하고 자원을 재생산할 수 있는 능력을 양으로 환산한 것을 환경용량이라 하는데 생태학에서 논의되는 수용능력(carrying capacity)이라는 개념에서 발전한 용어다. 인류학, 레크리에이션, 지역개발, 도시관리 등의 분야에서 폭넓게 사용되고 있는데 특히 생태학에서 말하는 수용능력은 일정 서식지가 부양할 수 있는 생물체의 수 또는 생체량을 뜻하고 이는 곧 주어진 공간과 자원으로 부양할 수 있는 최대지속가능밀도(Maximum Sustainable Density: MSD)를 의미한다.

자연계에는 생산 부문(동식물의 성장과 번식 등)과 소비 부문(동식물의 먹이연쇄와 사멸 등)으로부터 폐기된 쓰레기를 생태적으로 해롭지 않거나 유익한 것으로 다시 바꾸어놓는 능력을 가지고 있다. 이때 대기·물·토양이 순환 장소로서 작용하고 생물체가 매체로서 움직여 일정한 생태계가 유지되고 화학적 분해작용과 상호사이클의 균형이 보존된다. 그러나 자연의 자정(自淨) 능력에는 한계가 있기 때문에 버려진 폐기물이 자연의 자정능력을 초과할 때는 환경오염 문제가 발생하게 된다.

특히 토양은 외부에서 어떤 물질이 토양에 가해질 때 그 영향을 최소화하는 완충능력이 있으며 자연환경 및 생태계 유지에 있어서 매우 다양한 기능을 하는데 특히 환경용량과 관련해서는 대표적으로 식물의 지지기반, 식물의 생육에 필요한 양분과 수분의 공급자, 유독물질의 여과기, 쓰레기나 오물 등의 수용체 및 생물의 서식처를 제공하는 역할을 한다.

자정능력을 초과한 폐기물, 환경용량 또는 부하(負荷) 능력을 넘는 에너지와 물질의 획득, 자연환경에 대한 지나친 스트레스는 자연환경의 조절 기능·생산 기능·공간 기능·정서 기능을 손상시키고 이로



인하여 자연환경 시스템의 자정능력이 크게 줄어든다. 이것은 인간의 경제활동 과정의 역기능이 피드백 경로를 통해 환경시스템의 구조와 생산능력에 손상을 끼치기 때문이다.

환경용량(environmental capacity)의 개념은 1930년대부터 생태학, 인구학, 관광학, 환경계획학 등에서 다양한 형태로 응용되고 있으며 자연환경의 보전 가치에 따라 인간 생활을 건전한 방향으로 이끌며 보호할 수 있는 범위로 정의하고 있다. 환경용량은 수용력(carrying capacity)과 한계용량(marginal capacity)으로 구분할 수 있다.

수용력은 적용 분야에 따라 다양하게 정의된다. 즉, 수용력이란 환경의 질 저하나 미래의 수용능력의 감소 없이 특정 시간과 공간(서식처)에서 부양될 수 있는 특정 생물종의 활동과 양(Vogt, 1948), 어떤 대상의 심각한 저하나 파손 없이 인구성장 또는 물리적 개발을 흡수할 수 있는 자연 또는 인공 시스템의 능력등으로 정의되고 있다.

수용력과 비슷한 개념인 한계용량은 자연환경 생태계의 안정을 유지하는 것과 같은 절대적인 자연 능력의 한계(지하수 공급가능량, 자연자원의 최대이용능력, 환경기준 등)를 설정하는 것으로 정의되고 있다.

환경용량에 대한 개념은 학자별로 분야별로 다양하고, 개념의 범위도 일정 지역의 수용능력(holding capacity)에 대한 단순한 개념으로부터 지역에너지 흐름과 균형 등을 다루는 복합적인 이론(complex theories)에 이르기까지 대단히 폭넓을 수 있다. 환경용량에 대한 개념을 정의하는데 있어서 운영적인 측면에서 용량의 형태(types of capacity), 측정 방법 등을 결정할 필요가 있는데, 현재까지 적용되고 있는 용량의 형태는 크게 환경적(environmental), 인식적(perceptual), 제도적(institutional) 요소 등으로 분류될 수 있고, 이밖에 정부의 재정 능력, 공공서비스시설의 규모, 관련자의 행동 능력 및 일정 지역의 경제적 용량 등까지 포괄해야 한다.

환경적 요소는 환경훼손을 방지하기 위한 인간활동의 한계량(the limit)을 인식적 요소는 환경의 변화를 초래시킬 수 있는 활동의 규모 및 변화 정도(the amount of activity or degree of change)를, 제도적 요소는 개발지침의 운영 능력(the ability of organization), 기타 요소는 정부의 재정 능력(the fiscal capacity of a government: 세율측정), 공공서비스시설 규모(the capacity of public service systems: 상하수도용량 측정), 행동 능력(the behavioral aspects of capacity: 교통량 및 레크레이션 활동 측정), 경제적 용량(the economic capacity of an area: 고용이나 생산량 측정)을 나타낸다.

결국 환경용량의 개념을 계획전문가 및 정책 결정자들에게 사용하게 하기 위해서 환경용량(대기질, 수질, 용수공급, 토양 능력 등)을 토대로 각 요소들을 지표화하거나 정량적·정성적인 정보를 제공해야 한다.

산림 내 물질의 생산과 품질은 토양의 능력 및 질에 따라 영향을 받기 때문에 이를 판단할 수 있는 근거를 마련하지 않고는 토양을 적절하게 유기 관리할 수 없다. 토양의 비옥도를 토양관리의 지표로 삼기도 하였지만 현재는 토양이 가지는 식량 생산 기능은 물론이고 환경 정화 기능, 지구온난화 방지 기능 그리고 사회 경제적 기능까지를 포함하는 지표로 토양을 관리해야 하는 실정이다.

미국토양학회는 토양의 질을 '자연계나 인공적인 생태계 안에서 식물과 동물의 생산성을 유지하게 하며, 수질을 유지 또는 개선하고, 인간의 건강과 거주를 지지하는 역할을 하는 토양의 용량'이라고 정의하고 있다. 즉 토양의 질이란 '생물적인 생산량과 환경의 질 및 식물과 동물의 건강'이라는 세 가지의 주요 인자들이 균형적으로 기능하고 평형을 유지하도록 하는 토양의 능력을 의미한다.

10.2. 토양정보 적용 사례

Tahoe 유역의 토지적성 분류는 미국 농림성과 Tahoe 지역 계획청이 1974년 환경용량평가기법을 적용한 사례이다. 본 평가는 Sierra Nevada 산에 둘러싸여 있고, California와 Nevada 주에 걸쳐 있는 해발 1,829~3,048m, 유역면적 1,294km²의 Tahoe 유역을 대상으로 이루어졌다.

Tahoe 유역은 수려한 경관으로 개발이 급속히 진행되었고, 이로 인해 지역하천 및 호수들이 침전물 및 영양물질에 극도로 오염되었고, 자연파괴가 지역발전과 안전을 위협하는 지경에 이르렀다. 이에 따라 지역 주민들 사이에 환경의 한계 및 생태적 영향에 대한 우려가 확산되었고, 유역 내 토지이용 및 개발이 Tahoe 유역을 더 이상 훼손하지 않고, 미래세대까지 지속적으로 유지될 수 있는 범위 내에서 이루어져야 한다는 인식이 형성되면서 환경용량평가를 통해 지역계획 지침을 만들고자 시도한 바 있다.

이 평가에서는 환경용량에 대한 형태를 환경(토양/경사, 식생, 동식물, 자원, 경관자원, 자연 파괴, 수질, 용수공급, 에너지공급량), 제도/서비스(교통, 하수처리, 하수도, 레크레이션), 경제(고용, 주택, 농업, 어업, 임업), 인식/행위(환경의 악영향에 대한 인식) 등 포괄적으로 다루고 있으며, 적용 방법은 토지수용력 평가를 토대로 다양한 자연자원과 유역특성 조사를 통해 용수공급이 가능한 인구 규모, 레크레이션 자원 능력 등을 산출해 냈다.

평가 결과를 보전지, 레크레이션지, 임목생산지 등 토지적성별로 토지수용력 지도로 작성하고 조례제정에 참고자료로 활용하였고, 용수 공급 능력 분석을 통한 적정규모 인구 산정하고 유역내 교통, 공공시설, 레크리에이션, 보전, open space 등 종합토지이용계획을 수립한 바 있다.

그러나 평가 결과는 보전론자와 개발론자, California 지역과 Nevada 지역 양방으로부터 격심한 비난(California 지역은 환경보전 위주로, Nevada 지역은 개발 위주로 계획이 작성되었다고



인식됨)을 받은 바 있고, 토지등급 평가 결과가 법정 소송으로까지 상정되어 연구를 수행한 TRPA (Tahoe Regional Planning Agency)에게 수백만 달러의 손해배상이 청구되기도 하였다.

이 외에도 Arizona, Florida, St. Louis, Ohio주 등에서도 환경용량 평가에 있어서 토양정보를 적용한 사례를 찾을 수 있으며 결국 환경용량의 개념이 사용되기 위해서는 환경용량 즉 대기질, 수질, 용수공급, 토양 능력 등을 토대로 각 요소들을 지표화하거나 정량적·정성적인 정보를 제공해야 할 필요가 있다.

[표 3-10] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(California와 Nevada 주에 걸쳐있는 Tahoe 유역)

적용 사례 명	- Land-Capability Classification of the Lake Tahoe Basin, California-Nevada: A Guide for Planning Bailey, Robert G.(1974), South Lake Tahoe, California: Forest Service, U.S. Department of Agriculture in cooperation with Tahoe Regional Planning Agency
연구범위 및 내용	- 공간범위: California와 Nevada 주에 걸쳐있는 Tahoe유역 Sierra Nevada산에 둘러싸여 있고, 유역고도는 해발1,829~3,048m, 유역면적은 1,294km ² - 유역개황: Tahoe유역의 수려한 경관 덕택으로 개발이 급속히 진행되었고, 이로 인해 환경의 한계 및 생태적 영향에 대한 우려 인식 - 지역하천 및 호소들이 침전물 및 영양물질에 극도로 오염되었고, 자연 파괴가 안전과 번영을 위협. 유역의 미래의 토지개발은 이 유역이 더 이상 훼손 없이 지속적으로 유지될 수 있는 범위 내에서 이루어져야 함
용량 형태	- 환경: 토양/경사, 식생, 동식물, 자원, 경관자원, 자연 파괴, 수질, 용수공급, 에너지공급량 - 제도/서비스: 교통, 하수처리, 하수도, 레크레이션 - 경제: 고용, 주택, 농업, 어업, 임업 - 인식/행위: 환경의 악영향에 대한 인식
적용 방법	- 계산: 각 토지 능력 등급을 %로 표시, 용수공급이 가능한 인구규모, 레크레이션 자원 능력 계산 - 조사/해석: 토지수용력평가를 토대로 다양한 자연자원과 유역특성 조사. 7등급 분류하고 위험단계 제시, 토지정책은 공공서비스시설에 영향을 받음, 수문과 교통 등 부문 모델 사용
컴퓨터/모델/자료	- 격자형 지도시스템을 사용하여 컴퓨터 맵핑 작업 시도 - 자료: 1971년부터 조사된 TRPA와 Forest Service의 자연자원 자료
결과/활용	- 지역 등급분류로 토지수용력지도 작성, 조례제정에 참고자료 - 보전지, 레크레이션지, 임목생산지 등 토지적성도 - 용수공급능력 분석을 통한 적정규모 인구 산정 - 유역 내 교통, 공공시설, 레크레이션, 보전, open space등 종합토지이용계획 수립

자료 출처: 국토연구원. 국토 환경용량에 관한 연구. 1999. 김선희

[표 3-11] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Arizona와 주변 지역)

적용 사례 명	- The Arizona Trade-off Model: A Tool for State Growth and Land Use Policy Planning: An Anthology of Selected Reading for the National Conference on Managing the Environment International City Management Association (1973), pp. V-2~V-14
연구범위 및 내용	- 지역범위: Arizona와 주변 지역 - 연구배경: 최근의 급속한 성장이 환경자원을 위협. 반면 농촌지역은 경제적으로 점차 침체되어 경제개발을 요구. 경제성장과 환경보전의 합리적인 대안 모색이 요구
용량 형태	- 환경: 오염, 생태, 심미감, 국민 의식 등 4개 영역의 환경질 측정(토양, 식생, 수질, 대기질, 야생동식물, 경관 등 포함) - 경제: 고용, 어업, 임업
적용 방법	- 통합모델 사용: 경제 상황, 환경 제약점, 공공정책, 지역자원과 산업요구 등과의 관계에 관한 3개의 sub-모델로 구축 - 환경질은 66개의 변수 평가로부터 도출된 복합지수로 측정됨(1,000개의 환경질 요소가 정확한 환경질을 표시할 수 있음) 생태적 가치, 여러형태의 오염, 심미적 가치, 사람들의 환경에 대한 인식 등은 주어짐 - Arizona Map은 6×10마일 격자로 각종 환경질에 대한 정보 입력 - 모델작업을 통해 환경기준과 개발량 결정(공해방지시설과 공장가동율과의 관계 등 고려) - 최적의 산업입지가 선정되고 새로운 대기질이 산정됨
컴퓨터/모델/자료	- 경제와 환경질과의 Trade-off 모델 - 자료: 토지이용도, 주요 공공시설물, 인간활동도, 특수산업체에서 발생하는 배출량, 기상, 수문자료, 인구 경제계획자료 등
결과/활용	- 동일한 정책하에서 생태, 심미, 사회적, 물리화학적 변화에 따른 경제변화 제시 - 특정 지역에 대한 환경제약 하에서의 입지 가능한 산업의 종류 등에 대한 정보 제공 - 정책 결정자에게 막연한 환경질 요소 및 경제성장 간의 상호보완적인 조치를 취할 수 있는 수단 제공

자료 출처: 국토연구원. 국토 환경용량에 관한 연구. 1999. 김선희



[표 3-12] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Bucks County, Pennsylvania 지역)

적용 사례 명	- Bucks County Housing Plan Bucks County Planning Commission (1974), Doylestown, Pa.
연구범위 및 내용	- 지역 범위: Bucks County, Pennsylvania - 지역 개황: 인구 415,000명(1970), Bucks 주는 Philadelphia 인근의 성장하고 있는 중소도시. 주택의 부적절한 공급으로 주택가격 상승
용량 형태	- 환경: 토양/경사도, 식생, 습지, 홍수범람, 경관 - 제도/서비스: 교통, 하수처리, 학교, 정부, 하수도 - 경제: 주택
적용 방법	- 계산: 인구와 고용 projection, 개인소득비율로 지방세 계산 - 적정 주택공급규모 계산, 점수 기준으로 필요한 주택 수 산출.배분 - 조사/해석: 하수도 유역 추정, septic tank 부적절지역 mapping, 공공교통접근지역 mapping, 고속도로 혼잡 영향 testing, 학교 구역의 추가수용용량 조사, 자연자원 계획
컴퓨터/모델/자료	- mapping과 자료 수집에 컴퓨터 사용 - 고속도로 혼잡 영향에 모델 사용 - 주택용량은 23acre셀로 계산 - 자료 출처: 인구, 고용 프로젝트, local tax rates, '70 census income data, sewerage facilities plan('70)
결과/활용	- 도시와 학교 구역에 새로운 주택 공급 필요 - 주택공급실행계획 제안

자료 출처: 국토연구원. 국토 환경용량에 관한 연구. 1999. 김선희

[표 3-13] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Florida 주 Orlando와 Tampa 인근)

적용 사례 명	<ul style="list-style-type: none"> - Green Swamp Study - Carrying Capacity Project, University of Florida (1975), 4 volumes. Prepared for Division of State Planning, Dept. of Administration, State of Florida, Tallahassee, Florida
연구범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 공간 범위: Florida 주 Orlando와 Tampa 사이에 위치, 5 counties가 걸쳐 있음 - 지역 개황: 인구 31,000명, 지역 면적 2,227km², 지역의 1/3이 습지 - 1974년 이 지역에 대한 대대적인 조사 착수, 주의 주요 시설에 용수를 공급하는 주요 식수원 지역. Green Swamp은 최근까지도 덜 개발되었고, 관광이나 곡물 생산에 의존하여 왔으나, 플로리다내 다른 지역이 개발되면서 이 지역도 개발의 압력을 받고 있음
용량 형태	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 인간 활동에 의한 자연계와 이들의 상호 메카니즘이 에너지 흐름의 일반적인 표준치로 전환됨, Green Swamp는 수문계의 가장 중요한 자연계이며, 다른 시스템은 식생, 토양, 동식물, 에너지 공급 - 제도/서비스: 교통, 레크레이션 - 경제: 고용, 주택, 농업
적용 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 조사: 지역의 자연물 및 인간 활동이 Mapping - 통합(종합)모델: 4개의 주요 요소로 구성된 지역에너지모델(natural systems, agriculture, productive/service sector, consumer/residential sector)
컴퓨터/모델/자료	<ul style="list-style-type: none"> - Regional Energy Model은 컴퓨터 작업 - Land Use Suitability는 도시용지나 농업용지로 전환하는 데 가장 경제적인 것을 선택하기 위해 컴퓨터 선택프로세스 활용했는데, 공간적인 과정에 치중 - Regional Energy Model은 각 영역별 토지량으로 표현 - 모든 자료와 Land use suitability process는 하나의 그리드를 기본으로 32acre 지역 정보화 - 에너지모델은 Howard T. Odum의 South Florida 연구에서 응용
결과/활용	<ul style="list-style-type: none"> - 화석연료에너지의 미래 유용성을 바탕으로 자연생태로부터 도시적, 농업적 용도로 전환되는 지역 전망 - 도시적, 농업적 용도 전환하기에 가장 적합한 토지분류 - Green Swamp 지역 보존을 위한 제언(본 연구가 진행되기 전에 Green Swamp 지역이 이슈 지역으로 부각됨). 이 부분에 대해 주 정부나 지방정부에서 이 토지관리에 대한 책임분담이 있어야 한다는 인식이 있었고, 지방정부가 토지개발에 대한 1차적 책임을 지도록 제언 - Green Swamp 연구는 토지이용관리에 영향을 미칠 수 있는 사람들의 태도 교정에 많은 시사점을 줌

자료 출처: 국토연구원. 국토 환경용량에 관한 연구. 1999. 김선희



[표 3-14] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Florida Gulf Coast에 입지한 Barrier Island)

적용 사례 명	<ul style="list-style-type: none"> - The Sanibel Report: Formulation of a Comprehensive Plan Based on Natural System - Clark, John (1976), Washington, D.C.: The Conservation Foundation
연구범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 공간범위: Florida gulf coast에 입지한 Barrier Island - 지역개황: 피크시 인구: 12,000, 면적: 11,000acres - 상류층은 지역의 성장 관리에 관심을 갖고 있으나 시는 성장관리에 비협조적. Island의 경제는 주로 관에 의존하고 있고, 상주민구가 지속적으로 증가. Island의 자원과 경관을 보호하는 것이 주 관심사
용량 형태	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 수질, 용수공급과 대수층 재충전, 자연자원의 보호, 생태보호구역의 분류(gulf beaches, beach ridge, interior wetlands, mid-island ridges, mangrove, bay beaches): 토양, 식생, 지질, 범람위험, 야생동식물, 경관, 에너지 등에 근거하여 분류 - 제도/서비스: 피크 교통흐름 등으로 고려한 교통용량(육지와 독길로 연결), 허리케인 상륙 시 주민피난 능력, 하수처리용량, 하수관거의 위치, 레크레이션 능력
적용 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 인구, 거주밀도, 폐기물발생량과의 관계 추계, 습지의 동화능력(assimilative capacity) 한계: 용존산소 4.0ppm(연방, 주 환경기준 인구와 밀도(하수처리장 방류수, 소화조, 도시유출수 등)의 관계를 근거로 산정 - 평가기간은 hurricane 경고시스템을 기준으로 함, 독방길의 능력은 교통공학 정보를 이용해 산출, 자동차와 인구의 관계를 추계하여 관광객 허용 규모 산정 - 추가 주거 단위를 기초로 섬의 교통 흐름 추계 - 정수장과 하수처리장 등의 용량은 알고 있고, 지하수의 염도를 제거하는 비용 산출 - 조사/해석: 자연생태계(수문, 식생, 해안지질, 야생동식물 생태, 자연에너지시스템) 연구 수행, 생태보전지역은 지도로 작성되고 교란 내성 등이 분석, 관리 방안을 개발하는 데 consensus method가 활용됨
컴퓨터/모델/자료	<ul style="list-style-type: none"> - 컴퓨터 사용하지 않음 - 수문학 및 자연에너지시스템과 같은 자연시스템의 특수 요소들은 conceptual 모델을 기초로 작업 - 용수공급자료: Island Water Association information, U.S.G.S 등의 기록문서, 도로 자료: Lee County DOT, Sanibel Streets, Road Task Force 등의 교통샘플링 자료, 수질: 자문관의 샘플자료, 생태보전지역은 field survey
결과/활용	<ul style="list-style-type: none"> - 총 주거 단위 - 주요 생태지역의 특성과 내성 - 공공서비스시설의 자연과의 조화성과 근접성 - 환경보호를 위한 종합적인 실행기준(예, setback, 볼투수지역에 대한 제한, 하수처리 관리, 경작의 제한 등) - 토지이용과 공공서비스계획

자료 출처: 국토연구원, 국토 환경용량에 관한 연구, 1999. 김선희

[표 3-15] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Burlington, Massachusetts 지역)

<p>적용 사례 명</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Composite Landscape Assessment: Assessment Procedures for Special Resources, Hazards and Development Suitability: Part II of the Metropolitan Landscape Planning Model (METLAND). - Fabos, Julius Gy. and Stephanie J. Caswell (1977), Amherst: Massachusetts Agricultural Experiment Station, U. of Mass.
<p>연구범위 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 연구범위: Burlington, Massachusetts - 지역개황: 인구 25,000(1971), 보스톤 metropolis지역성장이 이 지역에 미치는 환경자원 훼손 등의 영향에 관심을 갖기 시작. Burlington은 128번 노선에 4개의 출구가 있어 보스톤 주변의 하나의 belt highway를 형성하고 있어 이들 중소도시지역의 급속한 성장에 시달림
<p>용량 형태</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 토양/경사, 식생, 습지, 범람위험, 수질, 용수공급, 야생동식물, 경관자원, 대기질 - 경제: 농업
<p>적용 방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 조사/해석: 토양도, 가중치 0-100, 과거 20년 동안 개발로 인한 자연훼손을 A, B, C 등급화, 자원의 경제적 가치 추계를 통해 혼합물 평가 - 같은 방식으로 위험도 평가, 개발의 적정성과 생태적 안정성에 대한 평가는 이 시점에 걱정하지 못함
<p>컴퓨터/모델/자료</p>	<ul style="list-style-type: none"> - COMLUP: 컴퓨터 Mapping package는 개별 합성 지도에 사용 - 파라미터들은 자원의 생태학적, 인간가치들을 표현하지만 세밀한 모델들에는 사용되지 못함 - 자료 출처는 MacConnell remote sensing land use maps와 SCS soils maps, USGS 지형도, surface water gauges
<p>결과/활용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A, B, C 세 등급에 대한 자원, 위험도, 적정성 등을 평가하는 지도 작성 - 모든 자원이나 위험도 등의 경제가치나 손실에 대한 종합도 - 자원과 위험도 등에 따라 대안별 토지이용패턴 평가

자료 출처: 국토연구원. 국토 환경용량에 관한 연구. 1999. 김선희



[표 3-16] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Carteret County 지역)

적용 사례 명	<ul style="list-style-type: none"> - Carrying Capacity: A Basis for Coastal Planning? - Godscalk, David R., Francis H. Parker, and Thomas R. Knoche(eds.) (1974), Chapel Hill: Center for Urban and Regional Studies, University of North Carolina
연구범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 지역범위: Carteret County - 지역개황: 해안가 농촌지역, 인구 32,000명, 면적 681,000acres (1/2 수면), 손상 받기 쉬운 환경(barrier beaches, wetlands)이나 지역이나 지역주민은 개발을 원하는 상태, 최근의 주요 경제활동들은 농업, 임업, 관광, 교통. 본 연구가 진행되는 동안 North Carolina Coastal Area Management Act가 통과
용량 형태	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 토양, 수질(지하수), 습지, 야생동식물 서식지, 손상 받기 쉬운 자원들(beach, berm, dune system) - 제도/서비스: 레크레이션, 정부(municipal incorporation), 토지소유권 - 경제: 고용, 어업 - 인식: 시민 태도
적용 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 조사/해석: 환경, 제도, 인식 제약 요소 개발, 환경제약과 지역의 제약들이 토론되고 지도화. 이 지역의 개발을 제한하는 안이 토론되고 개발정책으로 제안, 제도 및 인식 요소들이 환경제약을 토대로 제안하는 환경용량(carrying capacity) 선택에 영향을 미침. 토지이용에 대한 법제화작업에 지역계획, 법, 시민의 태도 등의 요소 포함
컴퓨터/모델/자료	<ul style="list-style-type: none"> - 컴퓨터나 모델 사용하지 않음 - 자료 출처: county water & sewer plans, coastal ecosystems, county tax records, county budget에 대해서는 문헌조사, National Marine Fisheries Service 의 fishery statistics
결과/활용	<ul style="list-style-type: none"> - 중요한 자연지역과 자원 보호를 위한 정책 제안 - 지역의 환경용량(carrying capacity)에 영향을 미치는 제도적, 경제적, 사회적 요소에 대해 논의 - 보고서는 해안지역관리에 사용

자료 출처: 국토연구원, 국토 환경용량에 관한 연구, 1999. 김선희

[표 3-17] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(St. Louis 지역 인근에 위치한 미개발지)

적용 사례 명	<ul style="list-style-type: none"> - Weldon Spring Master Plan - Hok Associates (1976), Prepared for university of Missouri. St. Louis, Missouri
연구범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 지역범위: St. Louis 지역 인근에 위치한 미개발지 8,000 acres - 지역개황: 미정부 소유였으나 최근 한 대학이 소유하게 되어 개발이 이루어질 것으로 예상. Missouri 강에 위치하고 있고, open space로 둘러싸여 있으며, 야생동식물 피난처가 있음
용량 형태	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 토양, 경사, 식생, 홍수범람, 경관 - 제도/서비스: 하수도
적용 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 조사/해석: 개발의 적합성에 따라 +, -로 표시, 상대적인 중요도는 가중치로 결정, 컴퓨터로 토지이용의 특성을 종합 분석하여 고, 중, 저 강도로 지도화, 토지이용 패턴을 8가지로 분류하고 각 site별 한계점 규명에 대한 테스트, site design 도로와 유용성 등의 용량 고려
컴퓨터/모델/자료	<ul style="list-style-type: none"> - CASAT (Computer Aided Site Analysis Technique)가 지도작업 및 site 특성화 작업에 사용 - 모델링 작업 없음 - 자료 출처: aerial photos, U.S.G.S. maps, soils maps, flood plain maps, field studies
결과/활용	<ul style="list-style-type: none"> - site maps은 토지이용에 적정성에 대한 고, 중, 저 강도 - 공업/상업, 주거, 레크레이션, 보전용 토지의 혼재의 한계는 site별로 제시 - master site plan의 일종 - 토지적성 분석에 환경용량(carrying capacity) 분석은 유용한 수단

자료 출처: 국토연구원, 국토 환경용량에 관한 연구, 1999. 김선희



[표 3-18] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Township of Medford, N.J. 지역)

적용 사례 명	<ul style="list-style-type: none"> - Medford: Performance Requirements for the Maintenance of Social Values Represented by the Natural Environment of Medford Township, N.J. - Juneja, Narendra(1974), Philadelphia: Center for Ecological Research in Planning, University of Pennsylvania
연구범위 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 지역범위: Township of Medford, N.J. - 지역개황: Camden에서 동쪽으로 20마일, Trenton 남쪽으로 30마일에 입지, 인구는 10,000, 규모는 40평방마일, Medford는 인근 도시지역의 팽창에 영향을 받는 외곽지역에 입지하고 있어서, township의 10%가 개발되었고, 자연히 농장 및 임야 등이 개발용 토지로 팔려나간 상태, Medford 시장과 주민들은 피할 수 없는 개발을 완화시키면서 township의 자연 풍광을 보전하길 원하고 있음
용량 형태	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 토양, 수질, 식생, 홍수와 화재위험, 수자원, 야생동물 서식지, 경관, 습지 등 - 제도/서비스: 레크레이션 - 경제: 농업, 임업
적용 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 계산: 각 활동 별 토지의 적성평가는 생산성, 입지적 만족도, 값싼 지가 등의 요소들은 계산에 기초 - 조사/해석: 자연 모습과 현상은 4가지로 형태(inherent hazards to human life and property, hazards to life and health by specific human actions, irreplaceable unique and scarce resources, vulnerable resources where unregulated use will result in social costs)로 사회 가치화. 해석은 임업, 농업 등의 고생산성, 용수공급의 유지를 위한 최소 비용, 활동 및 기회의 최적 입지 등의 가치로 표현, 단순 매트릭스로 이들 사회적 개인적 가치 표시
컴퓨터/모델/자료	<ul style="list-style-type: none"> - 컴퓨터 사용 안 함 - Filed observations: vegetation sampling, water flow measurements, water quality sampling, soil sampling, wildlife observations, climatological data - Records: historical archives, water table, aerial photographs - 자료 출처: U.S.G.S., S.C.S., Environmental Science Service Administration 등
결과/활용	<ul style="list-style-type: none"> - township의 자연자원을 조사 - 사회적으로 가치 있는 지역을 보호하기 위한 토지이용이나 인간 활동에 대한 실행 요구사항 제안 - 농업, 임업, 레크레이션, 몇 등급의 도시개발 등에 대한 토지적성 규명 - 본 연구 결과에 의거 개발 절차 등에 따를 것을 요구하여 토지분할조례 개정 - 본 연구 결과와의 일치하도록 기존 zoning과 planning을 검토

자료 출처: 국토연구원, 국토 환경용량에 관한 연구, 1999. 김선희

[표 3-19] 환경용량 평가에 있어서 토양정보 적용 사례(Ohio 주 county 지역)

<p>적용 사례 명</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Land Capability Analysis: The Wolf Creek Project - Land Capability Analysis: County Report No. 3, Stark County - Land Capability Analysis: Salem Township, Champaign County - Ohio Department of Natural Resources(1974), Columbus, Ohio
<p>연구범위 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 지역범위: Ohio 주에 있는 county - 지역개황: Stark County 인구 372,000명, 372,000 평방 acres - Ohio에 있는 counties와 township들은 이미 토지이용계획이 수립되어 있고, 물리적인 환경과 부합하는지에 대한 정보를 얻기를 원함. 농지를 보전하고, 소화조 문제, 레크레이션 단지, 광산 채굴 등의 문제가 이슈화되어 있음
<p>용량 형태</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 환경: 토양, 경사, 토지피복, 지형, 지하수의 유용성, 대수층 충전, 범람지, 광산자원 - 제도/서비스: 하수도, 레크레이션 - 경제: 농업
<p>적용 방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 조사/해석: 환경상태의 조사 - Sector Models: 10개의 토지용도별로 capability functions 구축, linear weighting model이 다른 용도의 개발에 대한 지역의 capability, suitability 평가
<p>컴퓨터/모델/자료</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 자료는 OCAP (Ohio Capability Analysis Program)에 의해 디지털화, 조작화. OCAP를 통해 지도가 제작되고 개발의 한계 등이 평가됨 - 모델링 작업은 아주 단순한 적성분석. 자료는 soil surveys, aerial photography, LANDSAT data, geologic maps 등을 포함 - 자료들은 적용하기 쉽도록 1에이커 셀별로 디지털화됨
<p>결과/활용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 물리적 자원들에 대한 컴퓨터 지도화(디지털화) - 10가지 토지이용 용도에 대한 한계를 지도화 - 지역계획가들에게 활용

자료 출처: 국토연구원. 국토 환경용량에 관한 연구. 1999. 김선희



11. 산림토양공간정보 통계분석 및 활용·주제도 구축

11.1. 연구 배경

토양은 모든 식생과 생명체에 영양분을 공급하는 필수적인 환경요소이자 다양한 생태계서비스를 제공함으로써 인간의 복지를 향상시키는 역할을 하고 있으며 토양정보는 농업 혁명 이래 보다 깊은 관심과 함께 연구 대상체로서 인식되어 연구되어 왔다. 최근 다양한 분야와 지역에서 양적인 산림토양 특성에 대한 데이터 수요가 증가하고 있다(Sanchez et al., 2009).

전자토양도(Digital Soil Mapping)는 토양형성인자인 기후, 지질, 지형, 생물, 시간 등과 토양특성의 양적인 관계를 바탕으로 토양의 지리적 분포를 추론하는 방법이다(McBratney et al., 2003; Scull et al., 2003). 최근에는 다양한 기계학습 기법이 접근 가능해지면서 이를 이용한 토양 예측 연구가 활발히 진행되고 있고 여러 연구에서 기계학습은 전통적인 통계 기법보다 더 나은 설명력과 정확도를 보여 왔다(Hengl and MacMillan, 2019).

11.2. 연구 자료

현재 국내에서 활용할 수 있는 산림토양공간정보는 크게 산림입지토양도(1:5,000) 자료와 국가산림자원조사 및 산림의 건강·활력도 현지조사 자료(이하 NFI 자료)가 있다. 산림입지토양도(1:5,000) 자료에서 사용할 수 있는 산림토양정보는 폴리곤 형태인 산림입지토양도 자료와, 점 형태의 표준지조사 자료, 표준지에서 채취한 토양 시료를 분석한 자료로 구분할 수 있다. NFI 자료는 산림생태계 건강성 평가를 위해 전국적으로 분포하고 있는 표본점을 대상으로 한 자료이며, 토양 관련 분석 자료가 구축되어 있다.

산림입지토양도는 산림경영, 산지관리, 환경영향평가 등에 필요한 입지환경과 토양환경에 대해 조사·분석하고 그 결과로 토양형을 기본 단위로 하여 지도로 나타낸 산림주제도를 말한다. 산림입지토양도는 산림조성계획 수립 및 산지관리에 다각도로 활용하고 있다. 산림입지토양도는 기초자료를 통해 산림입지를 구획하고, 표준지를 선정하며, 표준지조사를 통해 입지토양형의 정보와 토양형을 확인하며(표준지조사 자료), 층위별로 시료를 채취해 토양 세부속성을 확인하며(토양시료 분석자료), 이를 바탕으로 산림입지토양도를 제작하는 단계로 구축한다.

[표 3-20] 산림토양 분석 결과의 통계량

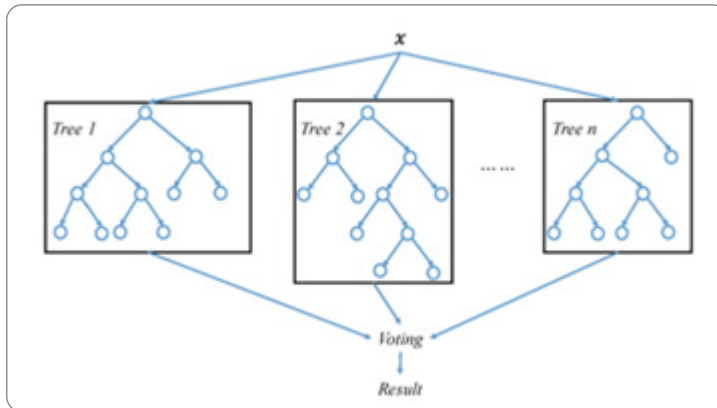
구분	단위	층	평균	표준편차	
낙엽층 두께	cm	L(O)	2.28	1.30	
토심	cm	A	8.31	7.48	
		B	44.79	18.45	
토성	모래	%	A	43.36	18.35
		B	39.86	15.53	
	미사	%	A	16.81	8.62
		B	44.56	19.89	
	점토	%	A	37.39	16.03
			B	17.99	9.39
pH	(0~14)	A	4.94	0.77	
		B	5.00	0.65	
유기물	%	A	4.55	3.20	
		B	2.36	2.08	
토양 탄소저장량	kg/m ²	A	4.25	4.07	
		B	5.57	3.97	
총질소	%	A	0.22	0.18	
		B	0.09	0.12	



11.3. 산림토양공간정보 토양 예측 모형

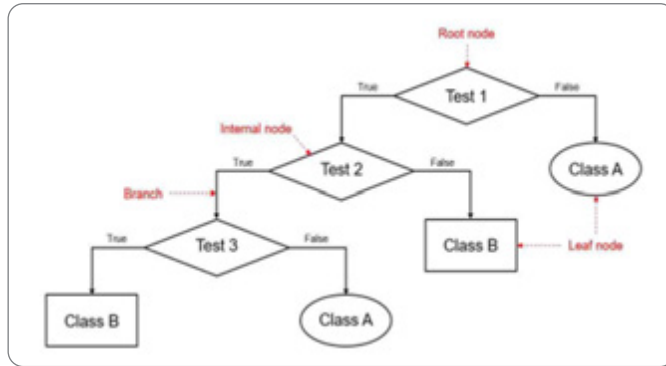
가. 랜덤 포레스트(Random Forest)

랜덤 포레스트(RF)는 Breiman(2001)에 의해 제안된 의사결정나무 기반의 알고리즘으로 다른 구조와 성능을 갖는 여러 개의 의사결정나무(학습기)를 결합하여 만들어진 앙상블(ensemble) 모형이다. 앙상블을 위해 배깅(bagging) 기법을 이용한다. 이는 forest를 구성하는 각 의사결정나무에 무작위성(randomness)을 부여하고 이를 통해 각 의사결정나무의 결과가 비상관화되어 다양성을 높이고, 이는 성능을 향상시키는 결과로 이어진다.



[그림 3-35] 랜덤포레스트의 예측 과정(Wang et al., 2019)

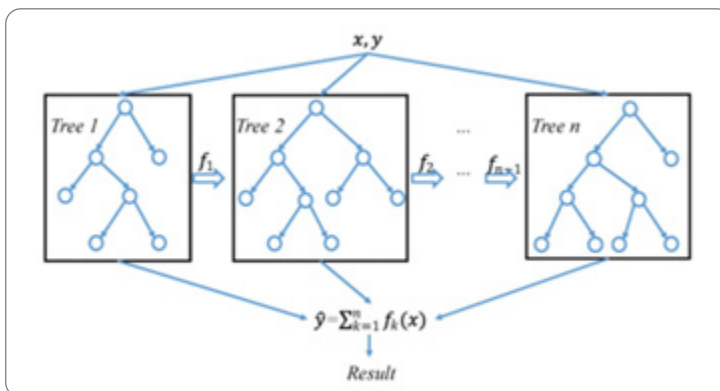
RF 설계는 입력된 훈련 데이터로부터 부트스트랩 방법을 통해 표본을 추출한 후 훈련 데이터에 포함된 전체 특성 중 n 개를 무작위로 선택하여 부트스트랩 표본과 함께 의사결정 나무를 생성한다(그림 3-35, 36). 토양 속성의 공간적 분포 예측에 적용 시, 환경요인과 토양특성 사이의 복잡한 관계를 잘 표현할 수 있는 기법이면서 모수가 적고 해석이 용이하다는 장점 때문에 전자토양도 분야에서 가장 많이 사용되고 있는 모형 중 하나이다(Jeong et al., 2017). RF 모형 분석과 훈련을 위해 'caret'와 'ranger' R 패키지를 사용한다.



[그림 3-36] 의사결정나무의 노드와 가지 예

나. XGBoost

XGBoost(eXtreme Gradinet Boosting)는 GBM(Gradinet Boosting Machine)¹⁾ 기반 방법으로 정확한 트리 부스팅 시스템으로 설계되어 확장성이 뛰어나며, 여러 의사결정나무 모델을 결합한 앙상블 모형임(그림 3-37). XGBoost는 매개변수 조절을 통해 데이터의 특성과 모형의 용도에 맞는 모형 활용이 가능하다. 여러 기계학습 기법 중에서도 상대적으로 처리 속도가 빠르며 새로운 데이터에 대해 이전의 학습 모델 결과를 반영함으로써 성능을 더 향상시키는 과정이 내포되어 있어 실무에서도 많이 활용되고 있는 기법이다. XGBoost 모형 분석과 훈련을 위해 'caret'과 'xgboost' R 패키지를 사용한다.



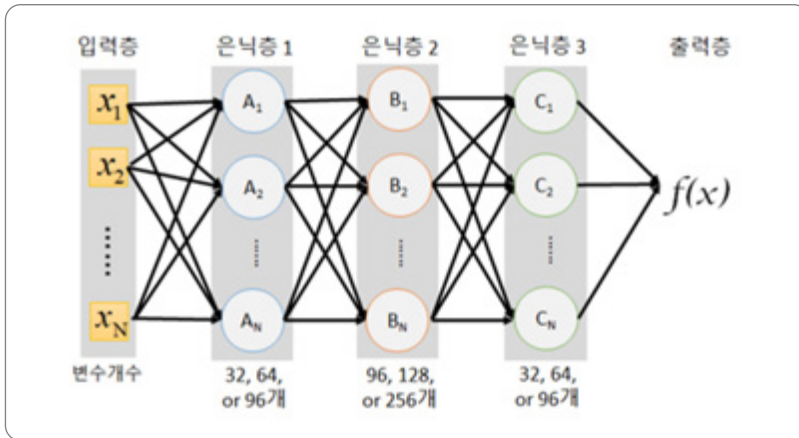
[그림 3-37] XGBoost의 결과 예측 과정(Wang et al., 2019)

1) Gradient Boosting Machine은 랜덤 포레스트와 마찬가지로 여러 개의 결정트리를 결합한 앙상블 방법임(Friedman, 2001). GBM은 단계별 적층 모형으로서 손실 함수를 반복적으로 계산하여 가장 가파른 하강을 최소화한 경사하강법을 통해 모형을 생성하며, 예측 함수는 함수 공간의 수치 최적화를 통해 추정함. 또한, GBM은 약한 모형들은 매번 모형이 생성될 때마다 가중치를 조정하여 예측값과 실제값의 차이를 최소화함 (Natekin & Knoll, 2013)



다. 심층 신경망(Deep Neural Network)

딥러닝은 일부 전자토양도 연구에서 대표적인 기계학습 모형인 RF와 비교했을 때 보다 정확한 예측 결과를 보여주었고 토양 예측을 위한 높은 가능성을 보여준다(Behrens et al., 2018a; Wadoux et al., 2019; Wadoux, 2019). 심층 신경망(DNN)은 인공신경망에서 시작되어 발달한 고도화된 딥러닝 기법 중 하나로 다양한 모수를 이용하여 학습한다(Chollet and Allaire, 2018). DNN 모형 분석과 훈련을 위해 'keras'와 'tftrons' R 패키지를 사용한다.



[그림 3-38] 심층 신경망의 구조

[표 3-21] 심층 신경망의 구조와 모수

층 유형	유닛 개수	활성화 함수
입력층	-	-
은닉층 1	32, 64, 128	ReLU
드롭아웃(0.1, 0.3)	-	-
은닉층 2	96, 128, 256	ReLU
드롭아웃(0.1, 0.3)	-	-
은닉층 3	32, 64, 128	ReLU
드롭아웃(0.1, 0.3)	-	-
출력층	1	-

라. 모형 검증 방법

모형 평가와 훈련을 위해 토양 자료의 70%를 훈련자료로, 30%를 검증자료로 활용 70%의 훈련자료로 2겹 교차검증(2-fold cross validation)을 수행하고 이를 여러 번 반복하여 방식별 여러 모형의 결과를 비교하였다. 30%의 검증자료를 사용하여 독립(외부)검증을 실시하고자 하였으며, 토양형과 같은 범주형 결과인 경우 전체 정확도와 Kappa지수를 비교하여 평가하고 토양 깊이, 토성 함량, 탄소 등 연속형 결과인 경우는 RMSE와 R2를 비교하여 평가하였다. 전체 정확도와 Kappa지수를 계산하기 위해 'caret' R 패키지의 confusionMatrix 함수를 사용하였다.

11.4. 전국 산림토양통계

분석된 산림토양정보에 대한 결과로 다음의 그림 3-39, 표 3-22와 같은 결과가 도출 되었다. 토심(그림 3-39 a, b, c)으로 O(L)층은 평균 2.28cm, A층은 평균 8.31cm, B층은 평균 44.79cm로 도출되었으며 전반적으로 토심의 변동성은 큰 편이며, A층의 토심이 특히 높은 변동성(변동계수 89.96%)을 보이고 B층에 비해 약 두 배 이상 높은 변동성을 나타내었다. 모래 함량(그림 3-39 d, e)의 경우 A층은 평균 43.36%, B층은 평균 44.56%로 도출되었으며, A층의 모래 함량의 변동계수가 42.33%이며 B층은 44.65%로 B층이 약간 높은 변동성을 나타내었다.

미사 함량(그림 3-39, 40 f, g)의 경우 A층은 평균 39.86%이며 B층은 평균 37.39%로 A층이 평균 함량은 높지만 A층 변동계수가 38.95%, B층이 42.89%로 B층이 A층에 비해 상대적으로 높은 변동성을 나타내었다. 점토 함량(그림 3-40 h, i)의 경우 A층은 평균 16.81%, B층은 평균 17.99%로 도출되었고, 변동계수의 경우 A층이 51.28%, B층이 52.19%로 거의 차이가 없었다. 토양 pH(그림 3-40 j, l)의 경우 전반적으로 약산성의 분포를 보이며 다른 지표에 비해 변동성이 낮았다. A층의 평균 pH는 4.94이며 3분위수의 값까지 5.27로 한반도의 산지 토양의 대부분이 4.00~5.5의 약산성의 토양 분포를 보였다.

이는 B층도 마찬가지로, 평균 pH가 5.00으로 다소 높으며 4.5~5.0사이에 보다 집중하여 분포하는 형태를 보였다(pH첨도 A층 4.97 < B층 7.80). 이는 한반도의 일반적인 지형과 기후, 생태조건에서 기인한 것으로 보이며, A층의 산성도가 다소 높은 것은 강수와 낙엽 등의 외부요인에 의한 유입에 의해서인 것으로 보인다. 변동성 구분에서 A층은 일반적인 토양 특성, B층은 정적인 토양 특성으로 나타났다²⁾. 따라서 다른 토양 특성과 달리 상대적으로 공간적 변동성이 크지 않음을 의미한다.

2) 변동계수를 기준으로 토양의 변동성을 구분하면 15% 이하는 정적인 토양특성, 15~35%는 일반적인 토양특성, 35% 이상은 동적인 토양 특성으로 볼 수 있음(Wilding and Drees, 1983)

3) NFI 자료의 경우 토양 탄소 함량에 1.724를 곱하여 유기물 함량으로 변환함

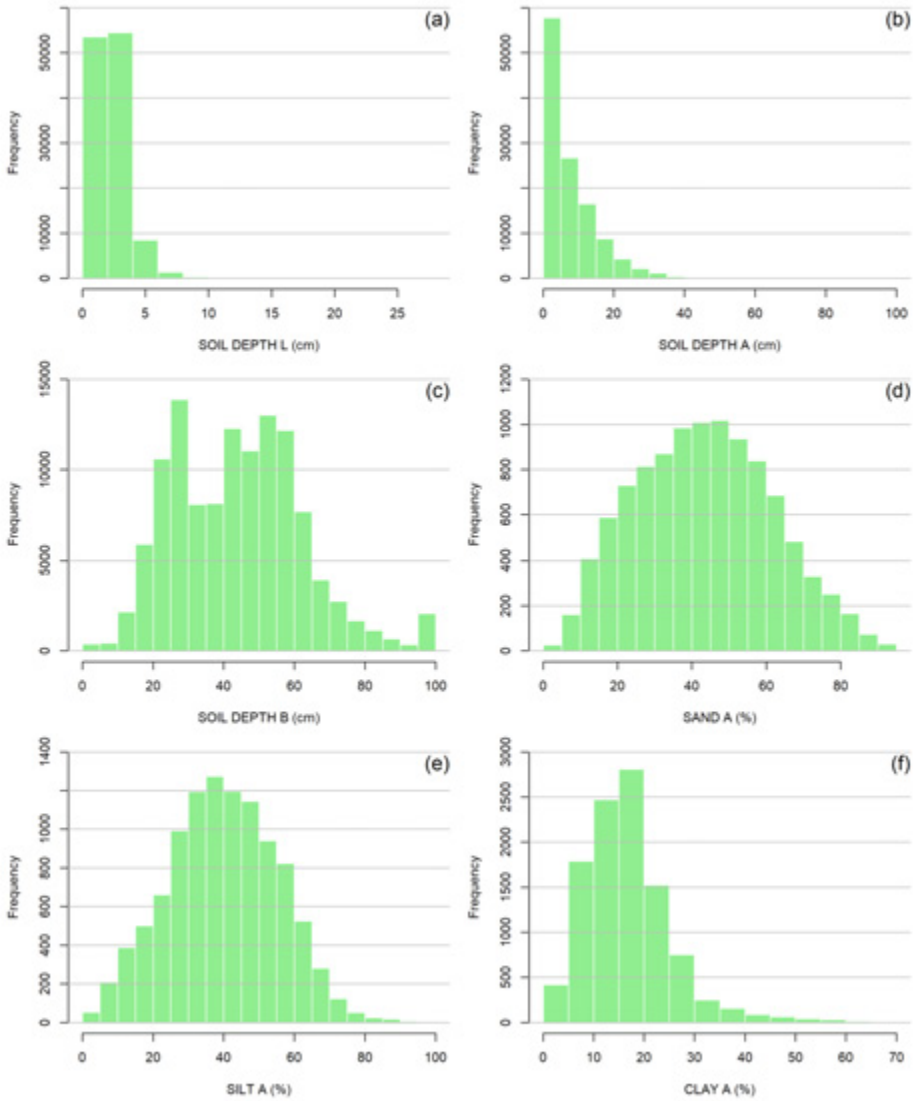


토양 내 유기물 함량(% , 그림 3-40, 41 m, n)은 A층의 경우 평균 4.55%, B층은 2.36%이며 변동성이 큰 편(변동계수 A층 70.26%, B층 87.92%)³⁾이다. 10% 이상의 유기물 함량을 나타내는 결과는 모든 층에서 거의 나타나지 않으며, A층의 경우 6.12%이내, B층의 경우 2.85%이내의 유기물 함량이 주로 나타났다. 토양 내 탄소저장량(kg/m², 그림 3-41 o, p)은 A층의 경우 평균 4.25kg/m², B층(~ 50cm)은 5.57kg/m²이며 B층 탄소 저장량이 평균적으로 많았다. 이는 B층의 평균 유기물 함량은 낮지만 우선 B층 토심이 깊어 탄소저장량 차이로 이어질 수 있으며 제주도를 포함한 일부 지역에서는 A층에 비해 B층 토양 탄소저장량이 상대적으로 많아 나타난 결과로 파악된다. 변동계수의 경우 A층이 95.79%, B층이 71.35%로 A층이 상대적으로 높은 변동성을 보였다.

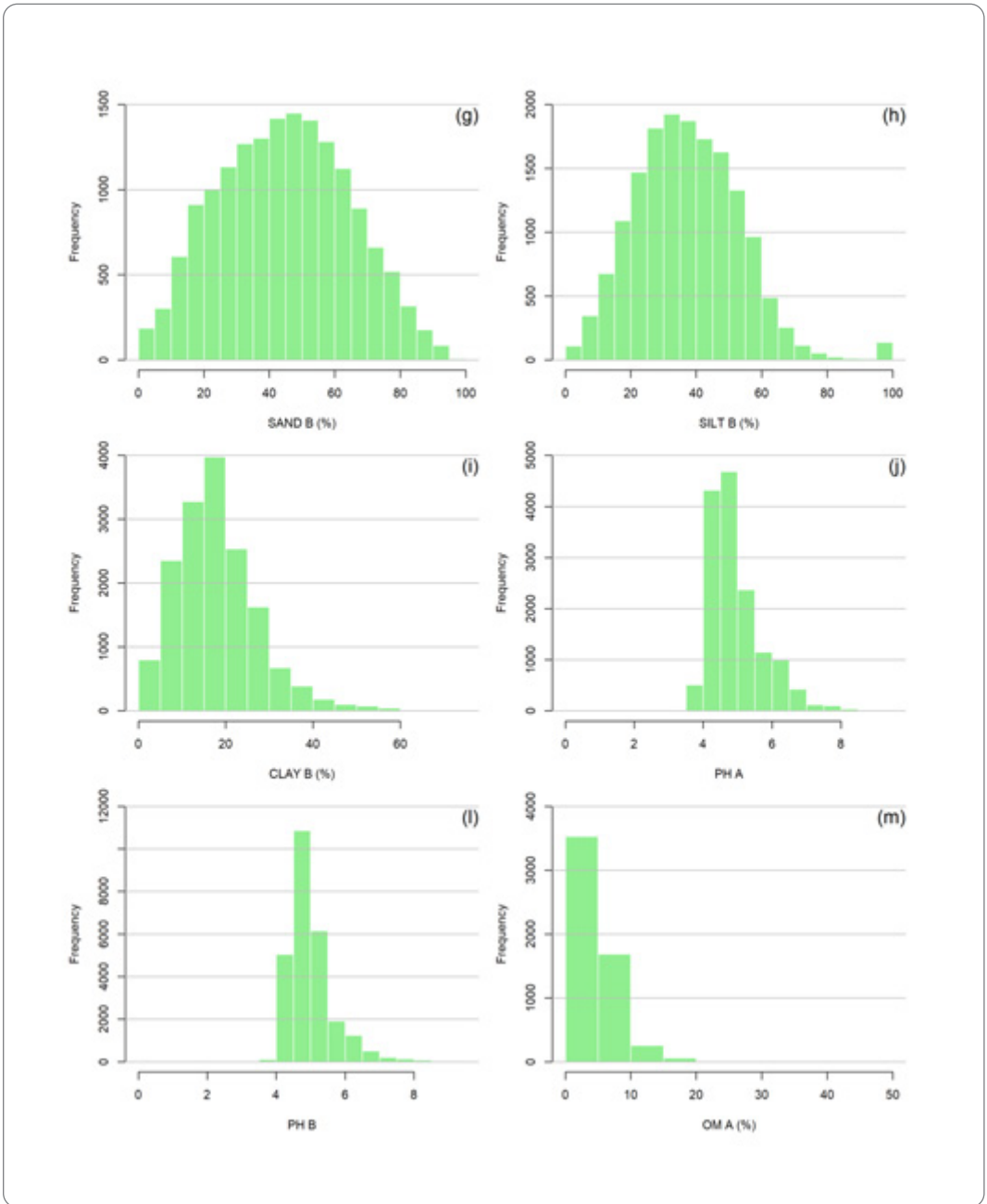
토양 내 총질소 함량(% , 그림 3-41 q, r)을 살펴보면 A층은 평균 0.22%, B층은 0.09%이며 매우 높은 변동성을 가지고 있다. A층보다는 B층의 질소 함량이 낮지만, 변동성은 B층이 더 큰 편이었다. 이는 임상이나 생태조건, 시비 등에 영향을 강하게 받는 토양 내 질소량의 특성과 밀접한 연관이 있을 수 있겠지만, 다른 토양 특성에 비해 부족한 표본 개수 또한 영향을 주었을 가능성이 있는 것으로 판단된다.

일부 변동계수가 높은 토양특성의 경우 이상치가 포함되어 있다고 판단하여 상위 1% 자료를 제거하고 모형 훈련과 검증에서 사용하였다. 따라서 A층 토양 깊이, A층과 B층 토양 탄소저장량, A층과 B층 총질소의 경우 99% 자료를 사용하였다⁴⁾.

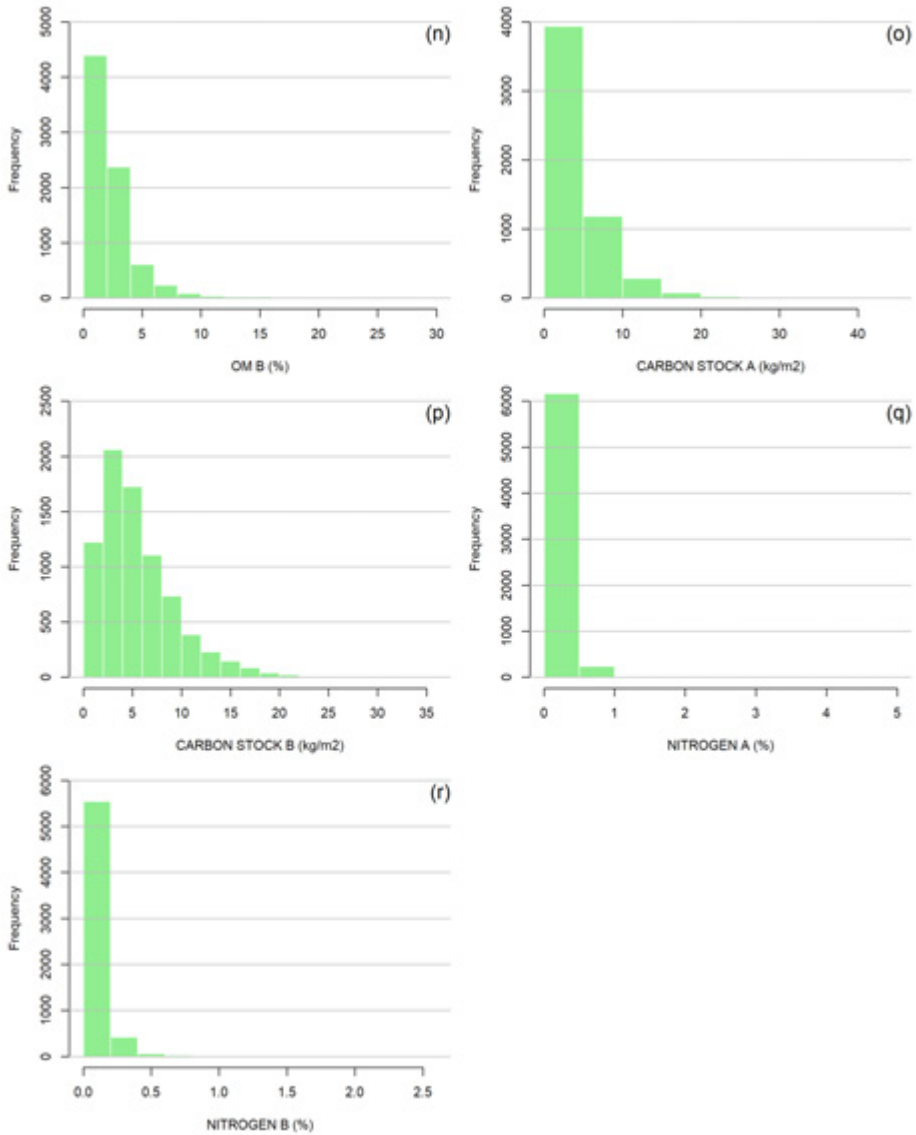
4) 이들 토양특성의 경우 변동계수가 70%~126%를 나타내며 높은 변동성을 보임



[그림 3-39] 산림토양 분석 결과 히스토그램



[그림 3-40] 산림토양 분석 결과 히스토그램(계속)



[그림 3-41] 산림토양 분석 결과 히스토그램(계속)



[표 3-22] 산림토양 분석 결과의 통계량

구분	단위	층	평균	표준편차	최소값	1분위수	중앙값	3분위수	최대값	왜도	첨도	변동계수 (%)	변동성 구분	
낙엽층 두께	cm	L(O)	2.28	1.30	0.00	1.30	2.10	2.90	28.00	1.82	13.26	57.16	동적	
토심	cm	A	8.31	7.48	0.00	3.00	6.00	12.00	97.00	1.99	9.56	89.96	동적	
		B	44.79	18.45	0.00	29.00	45.00	57.00	100.00	0.47	3.17	41.18	동적	
토성	모래	%	A	43.36	18.35	0.00	29.30	43.04	56.40	94.90	0.16	2.41	42.33	동적
		B	39.86	15.53	0.33	29.07	39.76	50.88	95.61	0.05	2.68	38.95	동적	
	미사	%	A	16.81	8.62	0.00	10.92	15.74	20.88	69.85	1.40	6.80	51.28	동적
		B	44.56	19.89	0.00	29.52	44.64	59.10	96.76	0.05	2.35	44.65	동적	
	점토	%	A	37.39	16.03	0.03	26.01	36.56	47.99	100.00	0.56	4.02	42.89	동적
		B	17.99	9.39	0.00	11.56	16.70	22.81	70.66	1.01	5.05	52.19	동적	
pH	(0~14)	A	4.94	0.77	0.00	4.39	4.76	5.27	9.02	1.20	4.97	15.61	일반	
		B	5.00	0.65	0.00	4.58	4.87	5.24	9.14	1.45	7.80	13.08	정적	
유기물	%	A	4.55	3.20	0.03	2.26	3.96	6.12	46.77	1.78	11.64	70.26	동적	
		B	2.36	2.08	0.00	1.13	1.79	2.85	29.07	3.12	19.09	87.92	동적	
토양 탄소 저장량	kg/m ²	A	4.25	4.07	0.03	1.61	3.15	5.51	41.88	2.63	14.20	95.79	동적	
		B	5.57	3.97	0.00	2.77	4.66	7.39	35.71	1.60	7.19	71.35	동적	
총질소	%	A	0.22	0.18	0.00	0.11	0.19	0.28	4.82	6.51	112.57	80.21	동적	
		B	0.09	0.12	0.00	0.04	0.06	0.11	2.56	7.47	105.36	125.88	동적	

11.5. 기존 전국 산림토양 통계와의 비교

한국의 산림토양에 대한 일반적 물리화학적 속성을 조사·정리한 정진현 등(2002)등의 연구에서 토성, pH, 유기물 함량, 총질소 함량을 비교하였다(표 3-22), 이를 토대로 공통점과 차이점을 확인할 수 있었다.

[표 3-23] 정진현 등(2002)의 전국 산림토양의 이화학적 특성

구분		단위	층	평균	표준편차	변동계수(%)
토성	모래	%	A	37.30	18.20	48.79
			B	37.90	18.80	49.60
	미사	%	A	44.80	13.60	30.36
			B	41.80	13.20	31.58
	점토	%	A	17.90	8.10	45.25
			B	20.30	10.70	52.71
pH	(0~14)	A	5.48	0.59	10.77	
		B	5.52	0.55	9.96	
유기물	%	A	4.49	0.66	14.70	
		B	2.03	0.55	27.09	
총질소	%	A	0.19	0.14	73.68	
		B	0.09	0.09	100.00	

정진현 등(2002)에서 모래 함량의 경우 A층은 평균 37.30%, B층은 평균 37.90%로 도출되었다. 변동계수의 경우 A층이 48.79%, B층이 49.60%로 나타나서 본 연구 결과와 비교했을 때 A층과 B층의 모래 함량은 평균적으로 높고 변동성은 본 연구 결과보다 상대적으로 약간 낮았다

미사 함량의 경우 A층은 평균 44.80%, B층은 평균 41.80%로 도출되었다. 변동계수의 경우 A층이 30.36%, B층이 31.58%로 나타나서 본 연구 결과와 비교할 경우 미사 함량은 모든 층에서 평균적으로 낮고 변동성은 본 연구 결과보다 높았다.

점토 함량의 경우 A층은 평균 17.90%, B층은 평균 20.30%로 도출 되었다. 변동계수의 경우 A층이 45.25%, B층이 52.71%로 나타나서 본 연구 결과 비교하면 A층의 경우 평균값은 약간 낮고 변동계수가 높았으며 B층의 경우 평균값은 낮지만 변동계수는 비슷하게 나타났다.

pH의 경우 둘 모두 약산성을 나타내지만 정진현 등(2002)에서 산도가 낮은 결과가 도출되었다. 정진현 등(2002)의 A층 평균 pH 5.48, B층 평균 pH 5.52로 본 토양 분석 결과보다 pH가 약 0.5 높으며, 일반적인 강우의 pH인 5.6과 비슷한 결과임. 이는 정진현 등(2002)의 조사지역이



토양의 pH가 높은 강원도(A층 평균 pH5.8)에 집중(A층을 예로 들면 $284/783=36.3\%$)되어 있기 때문에 보이나, 다른 행정구역에서도 토양조사 결과의 pH를 상회하는(A층 최저 평균 pH 5.1, B층 최저 평균 pH 5.23, 둘 모두 전라북도) 결과가 도출되었다. 본 토양 분석 결과를 통해 평균적으로 산림의 산성도가 높아졌다고 해석할 수 있으며 변동성의 경우 큰 차이가 없으므로 전체적인 분포와 경향은 비슷하다고 판단할 수 있다.

유기물의 경우 정진현 등(2002)의 결과와 비교했을 때 A층과 B층 거의 비슷하게 나타났다. 하지만 변동성의 경우 A층 변동계수가 15%, B층 변동계수가 27%로 본 분석 결과보다 낮게 나타났다. 따라서 지난 20년간 산림토양의 유기물 공간적 변동성이 상대적으로 높아졌다고 해석할 수 있다.

토양 탄소저장량의 경우 본 연구에서 사용한 NFI 자료를 활용한 Lee et al.(2020)의 연구에 따르면 0~30cm까지 토양 탄소저장량이 평균 3.81 kg/m^2 로 도출되었으며 본 연구의 A층 탄소저장량 자료의 경우 약간 많다고 볼 수 있다⁵⁾.

토양 총질소의 경우 정진현 등(2002)의 자료와 비교했을 때 A층 평균값은 비슷하고 B층은 같았으며, 높은 변동성을 보인다는 공통점이 있었다.

종합하면, 정진현 등(2002)의 전국 단위 실측자료와 비교해 보았을 때 본 토양 분석 결과는 대체로 유사하다고 판단할 수 있지만, 평균 등의 대푯값을 비교하였을 때는 일부 차이를 보였다. 이는 지난 20년의 산림토양 환경변화로 인한 차이일 수 있으므로 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

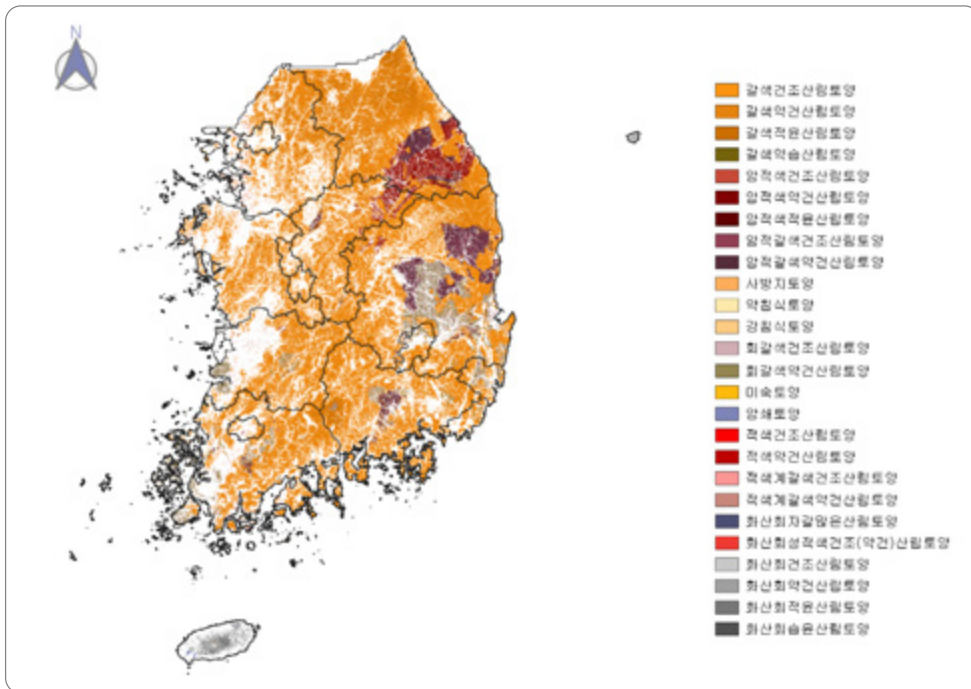
5) Lee et al.(2020)에 따르면 예측된 토양 탄소저장량(0~30cm)이 침엽수림에서 3.40 kg/m^2 , 활엽수림에서 4.41 kg/m^2 , 혼합림에서 3.58 kg/m^2 로 나타났으며 따라서 활엽수림에서 토양 탄소저장량이 가장 많았음. 유기층 탄소저장량까지 포함할 경우 침엽수림의 경우 3.86 kg/m^2 , 활엽수림 4.74 kg/m^2 , 혼합림 3.97 kg/m^2 로 나타남

11.6. 산림토양의 공간적 분포

토양형성인자인 환경변수와 산림토양공간정보의 상관성을 바탕으로 다양한 산림입지토양 주제도를 구축하였으며, 여기에서는 산림토양의 공간적 분포와 분포 요인을 함께 살펴보고자 한다.

우리나라 산림입지토양의 공간적 분포는 기후가 유사하고 식생의 공간적 차이가 상대적으로 크지 않지만, 상당히 복잡하다. 이는 지질이 짧은 거리에서 다양하게 변화하고 이에 따라 나타나는 지형의 기복이 크게 나타나며 또한 토지이용 측면에서 역사가 길고 인위적인 교란(화전과 산림 벌채 등)이 자주 있었기 때문이다.(박수진 등, 2010; 국토지리정보원, 2020)

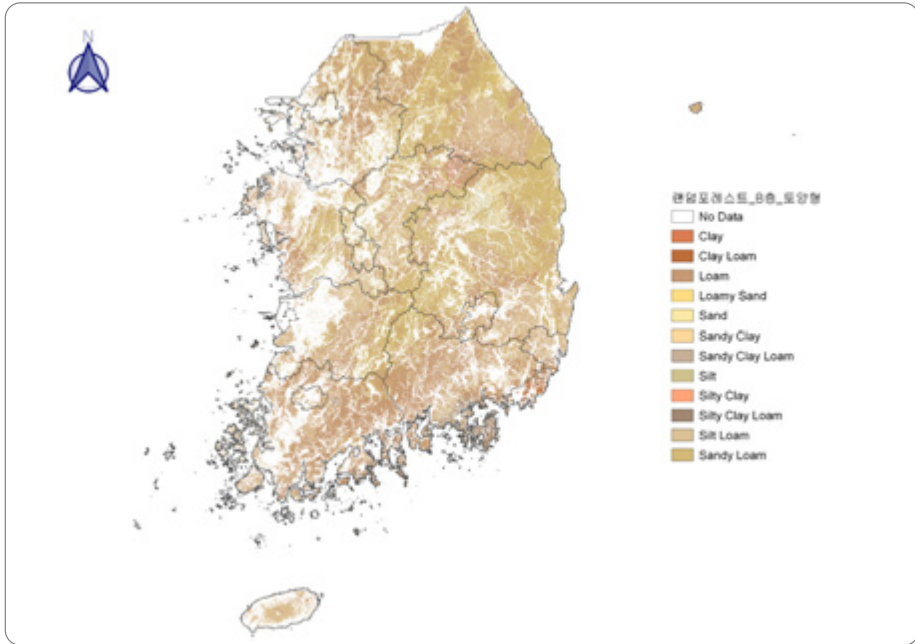
가. 토양형 분포



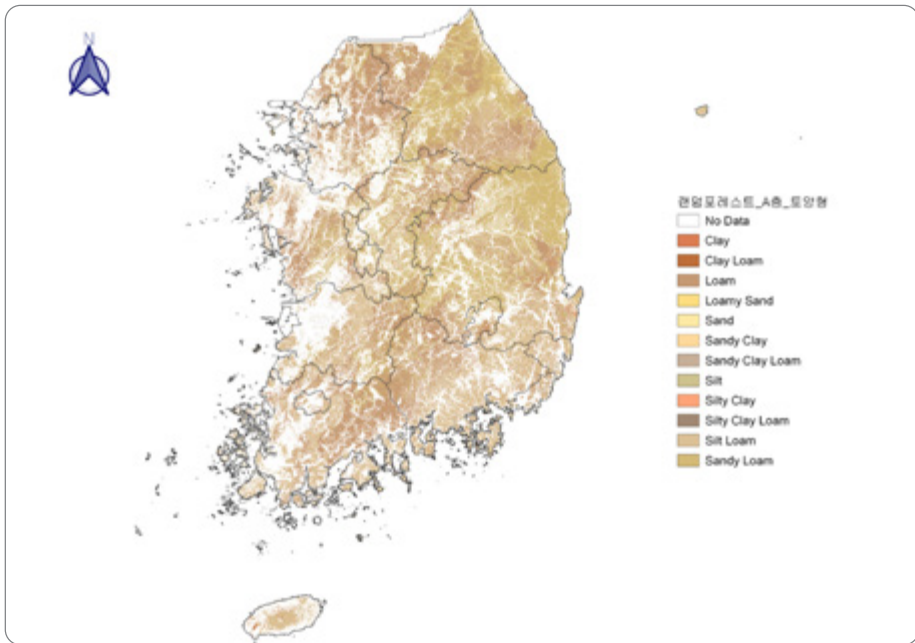
[그림 3-42] 토양형 산림입지토양 주제도



나. 토성 분포

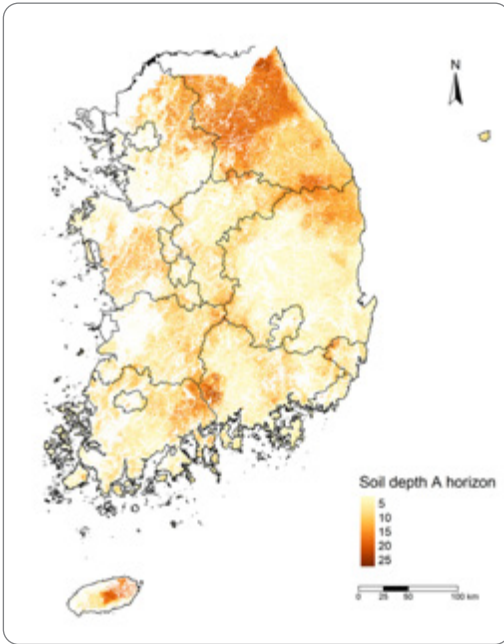


[그림 3-43] B층 토성 주제도

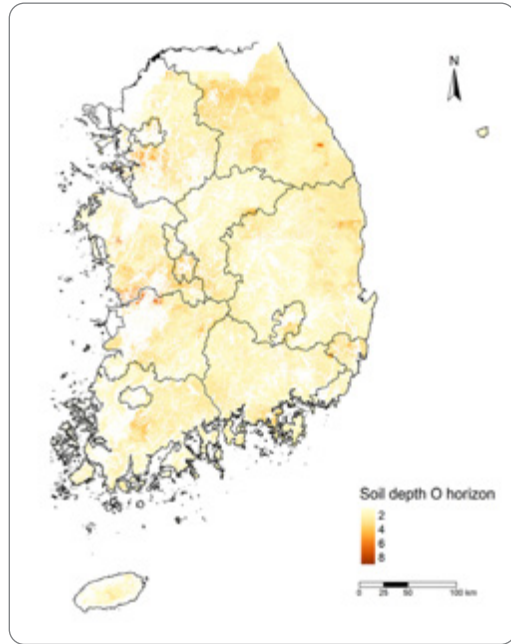


[그림 3-44] A층 토성 주제도

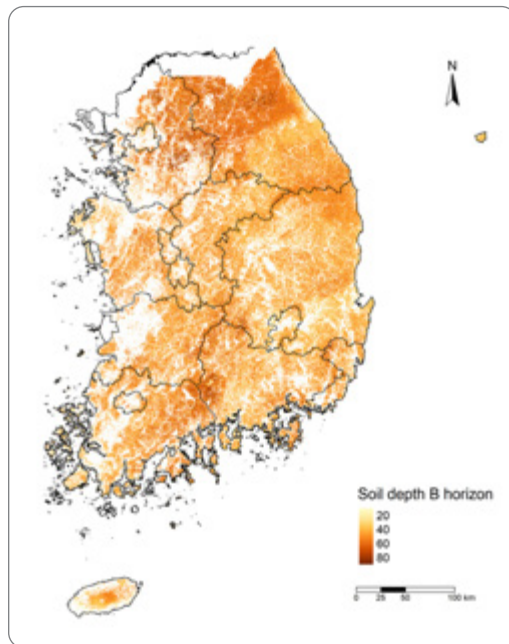
다. 토양 깊이 분포



[그림 3-45] A층 토양 깊이 주제도



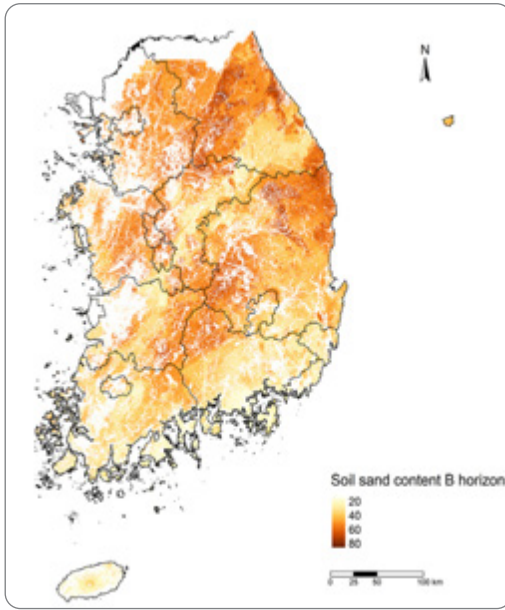
[그림 3-46] O층 토양 깊이 주제도



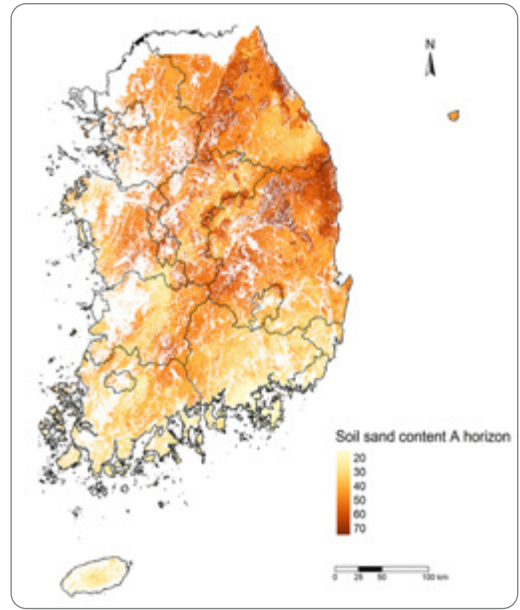
[그림 3-47] B층 토양 깊이 주제도



라. 모래 함량 분포

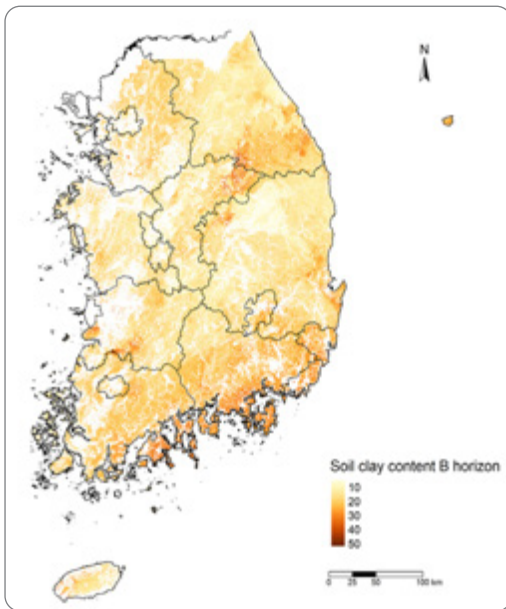


[그림 3-48] B층 모래 함량 주제도

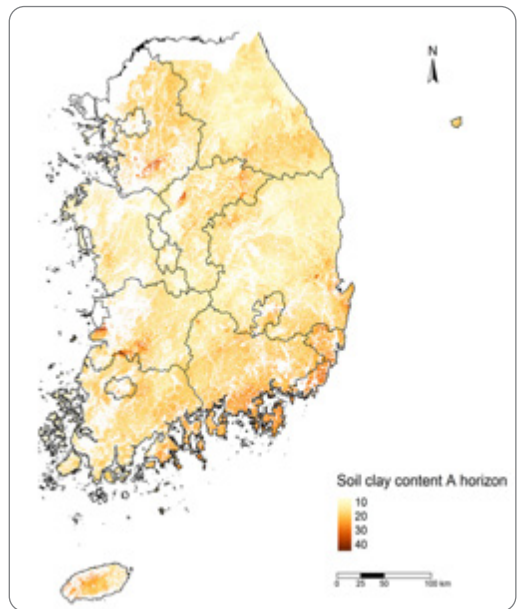


[그림 3-49] A층 모래 함량 주제도

마. 점토 함량 분포

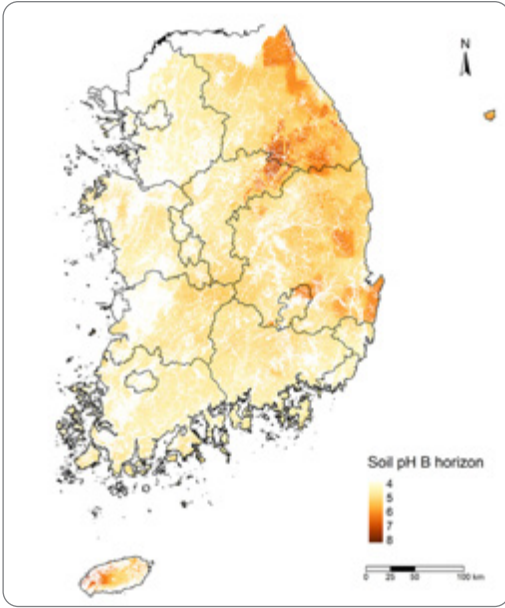


[그림 3-50] B층 점토 함량 주제도

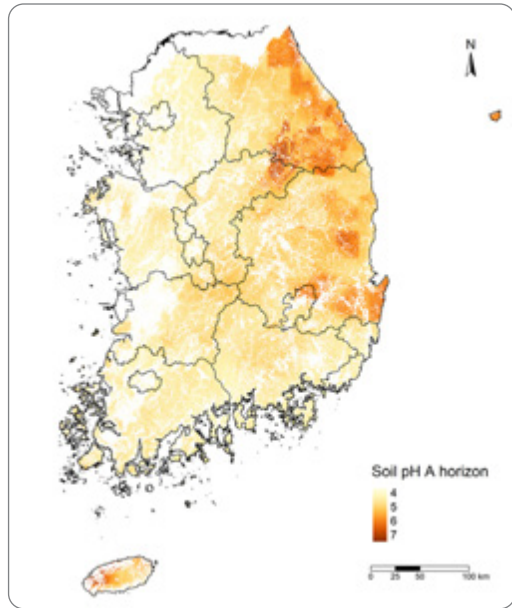


[그림 3-51] A층 점토 함량 주제도

바. 토양 산도(pH) 분포

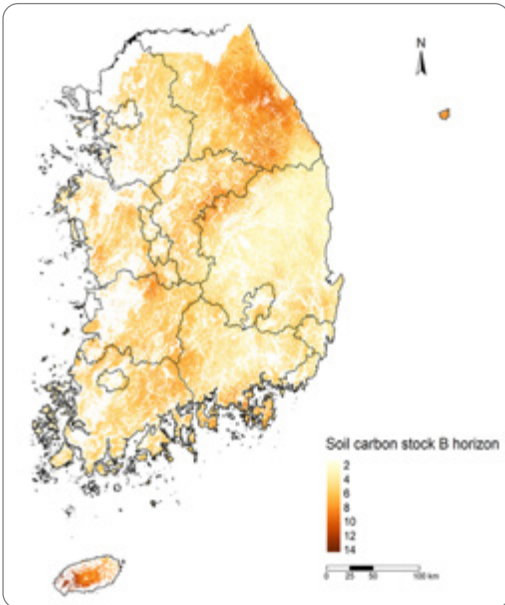


[그림 3-52] B층 토양 산도(pH) 주제도

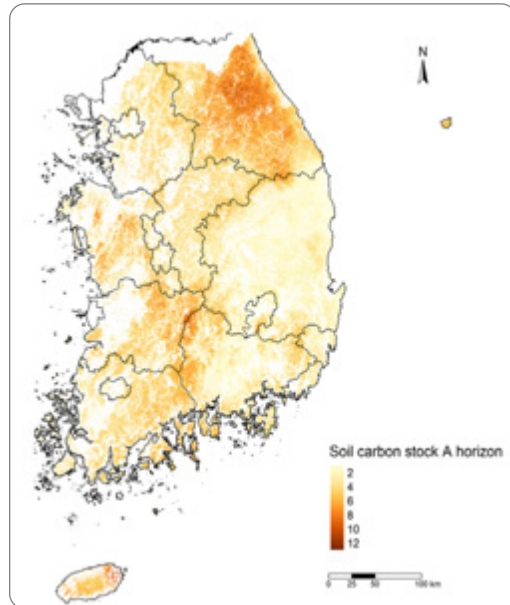


[그림 3-53] A층 토양 산도(pH) 주제도

사. 토양 탄소저장량 분포



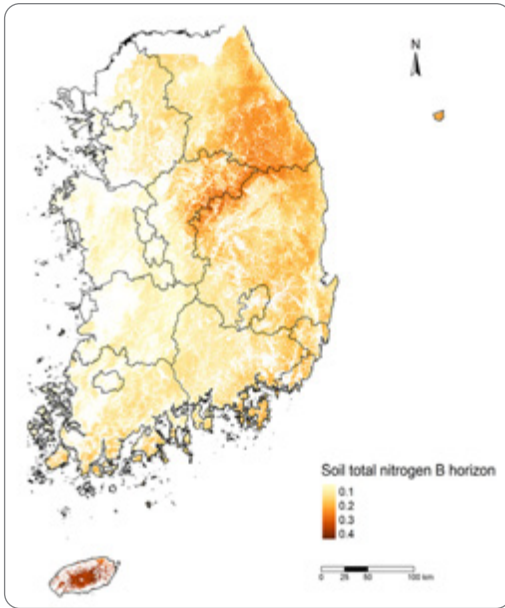
[그림 3-54] B층 토양 탄소저장량 주제도



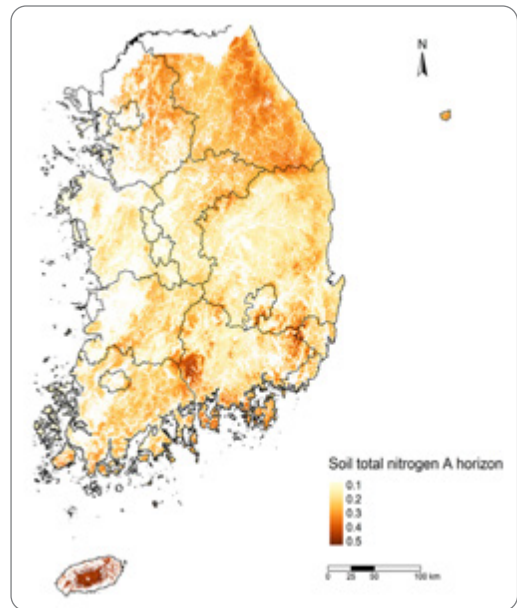
[그림 3-55] A층 토양 탄소저장량 주제도



아. 총질소 분포



[그림 3-56] B층 총질소 주제도



[그림 3-57] A층 총질소 주제도

11.7. 종합 및 결론

본 연구는 산림토양공간정보와 전자토양도 작성 기법을 사용하여 산림입지토양 주제도를 구축하고자 하였다. 이를 위해 산림입지토양과 환경변수의 상관성을 바탕으로 공간 예측 모형을 구축할 수 있는 알고리즘을 개발하고, 이를 이용하여 산림입지토양 주제도를 구축하였으며 예측된 산림입지토양의 지리적 분포에 영향을 주고 있는 환경요인에 대해 살펴보았다.

산림입지토양정보를 구축하기 위해 산림입지토양도 자료와 NFI 자료를 사용하였으며, 이를 바탕으로 토양형, 토양 깊이(O층, A층, B층), 토성(모래, 미사, 점토), 토양 산도(pH), 총질소, 토양 탄소저장량 정보를 구축하였다.

토양 환경변수로 지질, 지형, 식생과 관련된 변수를 구축하였으며 또한 산림토양정보의 공간적 자기상관성을 고려할 수 있도록 지리변수를 사용하였다. 지질자료는 한국지질자원연구원의 1:50,000 수치지질도를 수정한 산림지질도를 사용하였다. 지형자료로 국토지리정보원의 수치고도모형 자료를 바탕으로 경사도와 곡면률 등 다양한 지형변수를 추출하였다. 또한 사면을 유형화한 카테나 지형 단위를 사용하였다.

식생자료는 1:5,000 임상도를 사용하였고, 임상, 경급, 영급, 수관밀도 자료를 변수화 하였다.

산림입지토양 주제도를 구축하기 위해 토양 공간 예측 모형으로 기존 전자토양도 연구에서 높은 예측력을 보였던 랜덤 포레스트(RF)와 XGBoost, 심층 신경망을 사용하였다. 구축된 산림입지토양 자료의 70%를 3가지 예측 모형 훈련을 위해 사용하였고 나머지 30%를 검증을 위해 사용하였다.

모든 토양 항목에 대한 예측 모형의 검증에서 RF가 가장 좋은 결과를 보였다. 명목형 항목인 토양형과 토성에 대해 RF의 전체 정확도가 44~79%로 나타났으며 XGBoost의 경우 비슷한 결과를 보였다.

토양깊이, 모래 함량, 토양 탄소저장량 등 연속형 항목에서 RF의 결정계수(R2)가 0.22~0.62로 가장 높았으며 변동계수가 34%로 상대적으로 안정적인 결과를 보였다.

가. RF의 변수

중요도를 기준으로 지리변수가 가장 중요한 변수로 나타났다. 지리변수의 평균 변수 중요도가 47~79%로 가장 높은 순위를 나타냈으며 따라서 모든 토양 항목에서 공간적 자기상관성이 강하게 나타남을 알 수 있다. 다음으로 지형변수인 곡면률(TPI05), 고도(ELEV), 지형 개방도(POPEN)



순으로 변수 중요도가 높게 나타났다. 모암 중에서 화강암(GTYPE1), 편마암(GTYPE13), 석회암(GTYPE7)이 모든 토양 항목에 대해 중요한 변수로 나타났다.

토양형 주제도의 경우 곡면률이 가장 중요한 변수로 나타났고 공간적 자기상관성이 높게 나타났다. 토양형 예측 모형의 전체 정확도는 79%이며, Kappa 지수는 0.69로 높은 정확도를 보였다. 사면의 형태와 관련된 곡면률(TPI05)이 토색과 토양 수분에 영향을 주고 있다고 볼 수 있다. 또한 공간적 자기상관성이 높게 나타났다. 석회암과 사암류, 혈암류, 응회암, 이암류 등 모암의 중요도가 높게 나타났다.

토성 주제도에서 지리변수가 가장 중요한 변수로 나타났고 모암의 영향이 예측 모형에서 중요하게 나타났다. 토성 모형의 전체 정확도는 50%(A층)과 44%(B층)이며, Kappa 지수는 0.30(A층)과 0.24(B층)로 나타났는데 이는 상대적으로 낮은 결과이다. 지리변수를 통해 토성 또한 공간적 자기상관성이 높게 나타남을 알 수 있다. A층 토성의 경우 모암 중에서 편마암과 화강암, 응회암이 중요한 변수로 도출되었고, B층의 경우 동일한 모재가 토성의 공간적 분포에 중요한 역할을 했음을 알 수 있었다.

토양 깊이 주제도에서 지리변수(O층과 A층)와 곡률도(B층)가 가장 중요한 변수로 나타났다. 모형의 설명력(R²)은 28%(O층)과 58%(A층), 59%(B층)로 대체적으로 높은 설명력을 보였다. O층 깊이의 경우 공간적 자기상관성이 중요하게 나타났으며 지형이 공간적 분포에 영향을 주고 있음을 알 수 있으며, A층 깊이의 경우도 공간적 자기상관성이 공간적 분포에서 중요하게 나타났으며 지형의 영향 또한 전반적으로 중요함을 알 수 있었다. B층의 경우 사면 정상부와 가까운凸형 사면에서 凹형 사면으로 내려가면서 토심이 깊어지는 경향을 확인할 수 있었다. 이러한 미시적인 규모에서 나타나는 공간적 차이가 B층 깊이 분포에서는 가장 중요함을 알 수 있었다.

모래 함량 주제도에서 공간적 자기상관성의 중요성이 강하게 나타났으며, 모재의 중요성 또한 확인할 수 있었다. 모형의 평균 제곱근 오차(RMSE)가 14.51(A층)과 15.91(B층)이며 모형의 설명력(R²)은 38%(A층)과 37%(B층)로 나타났으며, A층과 B층 결과에서 지리변수가 가장 중요한 변수로 나타났고 화강암과 편마암, 안산암, 석회암 모재가 모래 함량의 분포에 중요한 역할을 했음을 알 수 있었다.

점토 함량의 경우 공간적 자기상관성이 중요하게 나타났으며, 지형요인과 관련성이 높았다. 모형의 평균 제곱근 오차(RMSE)가 6.97(A층)과 7.92(B층)이며 모형의 설명력(R²)은 31%(A층)과 31%(B층)로 나타났으며, A층과 B층 모두 지리변수가 가장 중요한 변수로 도출되었으며, 고도와 지형 개방도 등 지형변수가 높은 변수 중요도를 보였다.

토양 산도(pH) 주제도에서 공간적 자기상관성이 중요하게 나타났으며 지형요인의 역할 또한 중요하게 나타났다. 모형의 설명력(R²)은 62%(A층)와 56%(B층)로 나타났으며, 가장 높은 모형 설명력을 보였다. 토양 산도의 경우 지리변수를 통해 공간적 자기상관성이 강하게 나타났으며 고도를 포함하여 지형요인이 토양 산도의 공간적 이질성에 중요한 역할을 했음을 알 수 있었다. 또한 석회암과 편마암, 현무암 등 모재가 토양 산도와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

토양 탄소저장량 주제도에서 지리변수(A층)와 지형 개방도(B층)가 가장 중요한 변수로 나타났다. 모형의 평균 제곱근 오차(RMSE)가 2.71(A층)과 3.11(B층)이며 모형의 설명력(R²)은 36%(A층)과 22%(B층)로 나타났다. A층의 경우 공간적 자기상관성이 중요하게 고려되었고, B층의 경우 거시적인 규모의 곡면률을 지시하는 양의 지형 개방도가 가장 중요한 변수로 나타났다. 임상 중에서 활엽수림에서 A층 탄소저장량이 높게 나타났으며, 이는 기존 연구와 일치하는 결과이다.

토양 총질소 주제도에서 공간적 자기상관성이 중요하게 고려되었고 지형요인의 영향력 또한 높게 나타났다. 모형의 평균 제곱근 오차(RMSE)가 0.11(A층)과 0.05(B층)이며 모형의 설명력(R²)은 27%(A층)과 45%(B층)로 나타났다. A층과 B층 모두 지리변수가 가장 중요한 변수로 나타났으며, A층의 경우 고도가 총질소의 분포에 중요한 영향을 주고 있는 것으로 도출되었으며 B층의 경우 거시적 차이를 나타내는 지형 개방도가 중요한 변수로 나타났다. 총질소에서도 토양 탄소저장량과 동일하게 활엽수림에서 A층과 B층 질소 함량이 높은 것으로 나타났다.

11.8. 향후 연구

가. 산림입지토양의 공간적 변동성

본 연구는 산림입지토양의 공간적 변동성을 고려할 수 있는 전자토양도 작성 기법을 사용하여 산림입지토양의 지리적 분포에 대한 정보를 제공할 수 있는 주제도를 구축하였다.

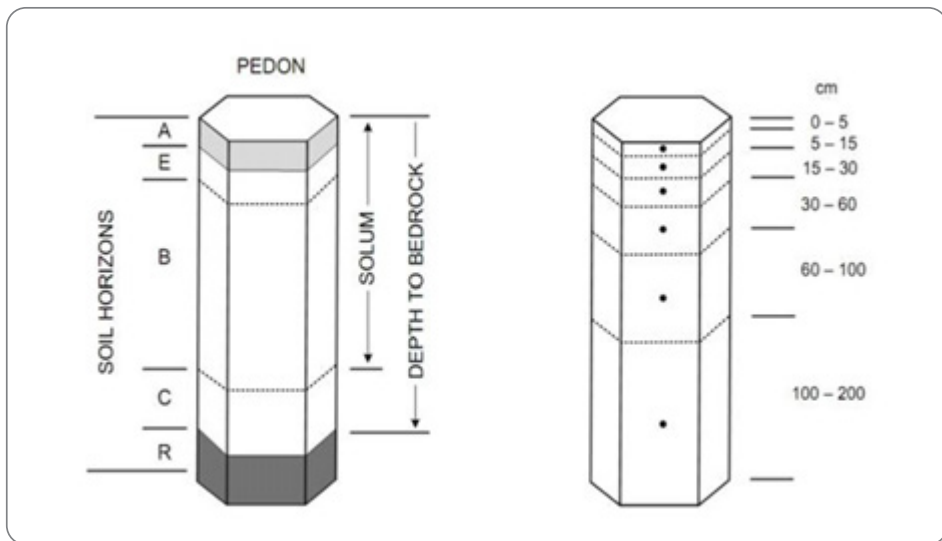
본 연구 결과를 통해 토양 산도(pH)를 제외한 모든 산림토양의 공간적 변동성이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 일부 토양 항목(예. 총질소 등)의 경우 시료 개수가 충분하지 않아 공간적 변동성을 파악하기에 한계가 있을 수 있지만 전체적으로 산림토양 예측 모형이 공간적 변동성을 비교적 잘 고려하였고, 예측된 주제도가 정확도나 설명력 측면에서 좋은 결과를 나타냈다(표 3-58).

하지만 본 연구는 토양 단면을 따라 나타나는 수직적 변동성을 충분히 확인하지는 못하는 한계가 있었다. 본 연구에서 사용한 산림입지토양도 자료의 경우 A층과 B층 토양 시료를 채취하여 분석한 자료이며 이는 같은 토층 안에서 변동성이 낮고 토층 간에는 이질성이 크다는 가정 하에 구축된



자료이며, 따라서 상대적으로 적은 개수의 시료 채취만으로도 산림토양의 수직적인 변동성을 파악할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 산림입지토양 형성 환경 조건 차이나 토양특성별로 수직적 변동성이 크게 달라질 수 있다. 더불어 본 연구에서는 C층에 대한 산림입지토양정보가 구축되어 있지 않아 C층 토양 항목에 대한 공간적 변동성을 파악하지 못하였다. 산림입지토양도는 조림사업의 성과를 극대화하기 위해 구축되었기 때문에 진토층(A층과 B층)에 대한 조사를 바탕으로 구축된 산림토양정보를 담고 있다. 하지만 산지관리의 측면에서 산사태, 홍수 등 산지 재해 평가, 산림토양의 물 저장 기능과 기후조절 기능, 토양 보유 기능 등 생태계 서비스나 근지표환경 임계영역 서비스 평가 등 다양한 분야에서 전토층의 공간 정보에 대한 수요가 증가하고 있다(현윤정·오일찬, 2016; Giardino and Houser, 2015; Ouyang et al., 2016)

향후 연구에서는 보다 정밀한 산림입지토양정보 구축을 위해서 양적 깊이별 토양조사 및 시료 분석이 필요하며, 이를 통해 3차원의 산림입지토양의 공간적 변동성을 파악할 수 있을 것으로 기대한다(그림 3-58).



[그림 3-58] 표준 토양 층위와 GlobalSoilMap 프로젝트에서 사용하는 6개 표준 깊이(Hengl and MacMillan, 2019)

나. 산림입지토양의 시공간 변동성

토양은 공간적 변동성을 가지고 있지만 이와 함께 시간에 따라 변화한다. Jenny(1941)는 이러한 토양의 변동성을 고려하여 5가지 토양형성인자의 관계를 수학적으로 정의하였으며, 5가지 인자는 기후, 생물, 지형, 모재, 시간이다.. 하지만 그중에서 시간은 측정하기 어려운 토양형성인자 중 하나이며(Gerrad, 2000), 시공간적인 토양의 변동성을 파악하기 위해서는 시간 인자를 이해할 필요가 있다.

토양의 시간 변동성에 대한 연구는 꾸준히 수행되어 왔으며, 주로 짧은 거리에서 시간(연대층서) 차이를 확인할 수 있는 단구나 사구에서 연구(Richter and Markewitz, 2001; Libberte et al., 2013)와 해안에서 간척시기에 따른 토양 발달 연구(Cui et al., 2012; Fu et al., 2014)가 있었다. 주로 이들 연구들은 동일한 모재 아래에서 시간에 따라 토양이 어떻게 변화하는지를 관찰한 연구로 볼 수 있다.

전자토양도 기반 토양의 시공간적 변동성에 대한 연구는 많지 않으며(Gasch et al., 2015; He et al., 2018; Zhao et al., 2021), 이에 대한 국내 사례 연구로 Minasny et al.(2012)과 Minasny et al.(2016) 등이 있음. Minasny et al.(2012)의 연구에 따르면 전국 논토양(0~15cm)에서 탄소저장량이 30.6Tg(1999년)에서 33.5Tg(2007년)으로 증가했으며, 이는 벼 생산량 증가에 따른 유기물(뿌리) 공급 증가와 유기질 비료 사용량 증가 등 적절한 토양 관리에 따른 결과로 해석할 수 있다. Minasny et al.(2016)의 연구에서는 전국 논토양의 평균 pH가 5.6(2000년)에서 5.9(2009년)로 증가하는 결과가 도출되었으며, 이는 우리나라 산림토양 pH가 5.14(2010년)에서 4.30(2019년)으로 감소하면서 산림토양이 산성화되고 있는 결과(구남인 등, 2021)와 대비된다고 볼 수 있다⁶⁾.

산림입지토양의 시공간 4차원 변동성을 이해하기 위해서는 주기적인 모니터링 토양분석 자료가 필요하다. 현재 국내에서는 국가산림자원조사 및 산림의 건강·활력도 현지조사에서 5년 주기로 표본점을 중심으로 산림토양공간정보를 구축하고 있으며, 향후 자료가 지속적으로 축적되어 이러한 시공간 자료를 분석한다면 우리나라 산림토양의 시공간 변동성을 이해하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

6) 산림토양이 산성화되는 자연적인 원인으로 강우, 모암, 식생의 양이온 흡수, 토양 호흡, 유기물 분해 등임. 하지만 1990년대 이후 산성비에 의한 산림토양 산성화가 빠르게 진행되고 있는 것으로 알려져 있음(김준호, 2007; 구남인 등, 2021). 더불어 기후변화에 따른 강우 강도 증가는 양이온의 세탈로 이어져 산림토양 산성화 문제가 더 심각해질 수 있음



12. 국외 토양정보 제공 사례 및 개선 방안

12.1. 국외 토양정보 제공 사례 및 시사점

가. 미국 ‘토양 생명 징후: 새로운 토양 품질 지수(SQI) 산림토양 건강 평가(2007)’(Soil Vital Signs: A New Soil Quality Index (SQI) for Assessing Forest Soil Health)

전국 단위의 산림토양 모니터링을 통해 토양품질지수(SQI)를 적용하여 숲에서 측정된 19개 토양의 물리화학적 성질을 전체 토양 질에 대한 토양의 “활력징후” 역할을 하고 단일 숫자로 통합하는 새로운 산림토양 건강 지수인 토양품질지수(SQI)를 개발하였다.

1) 시사점

전국의 다양한 산림토양 및 산림 유형에 대한 산림토양 품질을 평가하고 이에 대한 기준 설정이 필요하며 전국 단위의 산림토양 모니터링을 통해 산림토양 건강상태를 지속적으로 관리하여 다양한 토양정보의 구축 및 제공이 필요하다.

한국임업진흥원에서는 전국 단위의 산림토양을 지속적으로 모니터링하기 위해서는 산림토양 조사 및 제작방식을 다각화할 방법을 모색할 필요가 있다. 진행 중인 1:5,000 산림입지토양도와 전국 산림토양을 주기적으로 시료 분석하여 물리·화학적 성질 변화량을 확인할 수 있도록 기초 자료를 수집해야 한다.

나. 미국 토양 조사 지리 데이터 베이스(SSURGO)

SSURGO 데이터베이스에는 한 세기 동안 국가 협동 토양 조사에서 수집한 토양에 대한 정보가 포함되어 있고 지도는 데이터베이스에서 구성 요소 토양 및 각지도 단위의 특성에 대한 정보와 연결된다. 총 76개의 정보를 제공하며, 입지환경과 연계되어 농업, 개발 분야 등 토지이용에 관한 데이터베이스를 제공하고 있으며 SHP 파일과 액세스 파일 형태로 쉽게 다운로드 받을 수 있도록 하였다.

1) 시사점

한국임업진흥원에서는 산림토양정보를 SHP 파일과 액세스 파일 형태로 쉽게 다운로드 받을 수 있게 제공해야 하며, ESRI®의 ArcMap과의 연동도 지원함으로써 접근성을 높이기 위해 일반인이 쉽게

이용할 수 있는 Q-GIS(오픈소스)를 이용한 제공 방안도 고려할 필요가 있다. 한국임업진흥원에서 기 조사된 1:25,000 입지토양도와 진행 중인 1:5,000 산림입지토양도를 이용하여 SHP 파일과 엑세스 파일 형태와 Q-GIS(오픈소스)를 이용한 정보 제공 방안이 필요하다.

다. 미국 OER (Office of Environmental Remediation)의 토양관리단지(Soil Bank Town)의 운영

최근 생활의 질 향상으로 국민건강과 생활환경에 대한 관심이 증대되었고 각종 환경오염으로 발생하는 질병에 대한 인식, 그리고, 친환경·유기농산물에 대한 관심과 애용 등으로 토양의 중요성이 높아지고 있는 추세이다. 뉴욕의 OER은 오염된 땅의 정화 및 재개발을 촉진하기 위한 프로그램을 설계하고 운영하고 있다. 토양정보의 구축뿐만 아니라 토양을 자원으로써 재활용하려는 제도가 운영 중이며, 청정 토양 교환소인 NYC Clean Soil Bank를 설립하고 건설 현장에서 발굴된 토양을 다른 공공 및 민간에 제공하고 있다.

1) 시사점

과거로부터 이어져 온 농업 분야에서 과도한 화학비료 사용과 연작으로 인해 토양의 오염은 진행되고 있으며, 하상부지나 유흥지에 위치한 다양한 도심텃밭의 운영으로 청정 토양에 대한 요구 또한 높아지고 있다. 산림토양의 물리·화학적 정보를 취득하고 토양을 자원 그 자체로 평가하여 적절한 지역에 청정한 토양을 공급할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다. 토양정화 기술을 이용한 토양의 재사용과 산림개발(임도, 건축) 등 절토된 청정한 산림토양의 활용을 통해 오염토양의 복구 및 생산성 향상을 위한 산림객토를 시행할 필요가 있다.

지역단위의 Clean Soil Bank를 설립을 통해 지속적 시비에 의한 농경지의 염류집적 및 화학비료에 의한 영양불균형 우려지 등을 청정토양으로 복원하고 이후 재활용할 수 있는 방안의 마련이 필요하다. 오염된 토양에 청정한 토양을 직접 공급함으로써 경제적·환경적 이점을 얻을 수 있는데 지역단위의 Clean Soil Bank를 설립을 하기 위해서는 각 지역마다 토양보관장소 및 유지관리를 위한 비용 문제를 해결해야 한다. 이를 위해서는 지역단위의 Clean Soil Bank를 설립 및 관리하기 위해서 각 시군구와의 업무 협의가 절실히 필요하다.



a. 오염토양 반입시설



b. 오염토양의 세정



c. 입도선별, 금속분리



d. 정화토양의 보관

[그림 3-59] 토양 정화시설 사례(일본 DOWA 에코시스템)

라. USDA(미국 농무성)에서의 토양교육

토양교육 부문에서 토양 및 토양 조사의 정의, 토양에 대한 정보, 토양 형성 및 분류에 대한 몇 가지 기본사항, 토양과학 용어집에 대한 내용을 연령대별로 제공한다. 특히 NCSS 회원 교육과정에서는 토양 관련 직무 보조, 직무교육, 직업훈련, 강사 지도, 대학 과정 등 전문화된 훈련 및 훈련계획을 통해서 전문가 양성에 힘쓰고 있다.

1) 시사점

한국임업진흥원에서는 각 연령대별로 이용자가 쉽게 이해하고, 이용할 수 있도록 연령별 수준에 맞추어 자료를 제공함으로써 누구나 쉽고 정확하게 산림토양정보를 이용할 수 있도록 정보를 제공해야 한다. 또한, 구축된 산림토양정보의 활용을 위해서는 산림토양에 대한 이해가 수반 되어야

하며, 이는 체계화된 교육으로부터 출발해야 한다. 웹 환경에서의 교육 서비스뿐만 아니라 일반인 및 임업인을 대상으로 눈높이에 맞는 주기적인 실내 및 현장 교육을 통하여 산림토양정보 및 임업 기술을 제공할 필요가 있다.

마. 일본 국립농업환경과학원 종합적인 토양 분류 시스템(NARO) 개발

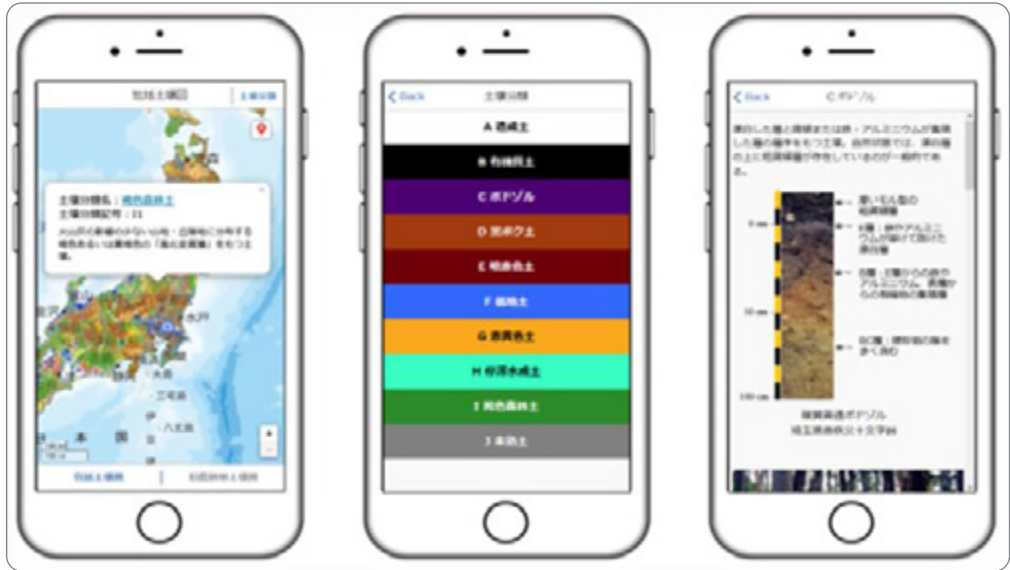
종합적인 토양 분류시스템을 통해 새로운 웹 기반 토양 디지털지도를 제공하는데 비농업 토지를 포함한 일본 전 지역에 대한 토양정보를 손쉽게 파악할 수 있어 비료 및 수질 관리와 같은 농업분야의 효율적인 활용을 기대할 수 있다. 또한, 토양정보 제공을 위한 e-토양도 II(e-SoilMap II)를 구축하고 있으며 전국의 토양도를 iOS 나 Android 탑재 모바일 기기에서 손쉽게 확인할 수 있다.

1) 시사점

한국임업진흥원에서는 다드림 서비스를 이용할 때 각 항목별 내용을 이해하고 조작할 수 있도록 기술적 특성이 표준화된 형식을 사용해 기술하는 메뉴얼 제작이 필요하다. 일반인들이 각 항목별 성능을 극대화할 수 있도록 최적의 사용방법을 안내함으로써 이용자가 손쉽게 이용할 수 있도록 해야 한다. 또한, 모바일 환경의 지속적인 구축을 통해서 우리나라의 임업인과 산주들의 효율적인 산림경영을 위해서 모바일 환경에서의 접속이 원활히 이루어지고 사용자들이 손쉽게 접근할 수 있는 시스템을 구축할 필요가 있다.



[그림 3-60] NARO 사용 메뉴얼(예시)



[그림 3-61] 일본의 모바일 토양도(NARO, e-SoilMap II 예시)

바. 캐나다의 토양분류시스템

캐나다 토양정보 서비스(CanSis)는 캐나다의 토지 자원 데이터를 위한 보급 플랫폼이다. 캐나다 전역의 토양, 조경 및 기후 데이터가 포함된 NSDB (National Soil Database)에 대한 공개 액세스를 제공하며 연방 및 지방 현장 조사에 의해 수집되거나 토지 데이터 분석에 의해 생성된 토지 자원 정보에 대한 국가 보관소 역할을 하고 있다. NSDB는 국가 생태 프레임 워크(National Ecological Framework)와 토양, 기후, 토지이용에 관한 Soil Map of Canada/Land Potential Data Base(LPDB), 주요토양과 토지에 관한 Soil Landscapes of Canada(SLC)로 나뉜다. 제작 시기와 목적에 따라 다양한 축적의 데이터를 제공하고 있다.

현재까지 정밀한 산림토양의 정보구축을 위해 과정이 이루어졌다면, 앞으로 구축된 정보의 활용이 필요한데 미국의 경우 토양의 임업적인 기준뿐만 아니라 공학적인 기준을 설정하고 있다.

1) 시사점

한국임업진흥원에서는 우리나라의 산림토양정보 뿐만 아니라 범용적인 기준을 설정하고 다양한 정보의 구축 및 정보의 제공이 필요하다. 또한, 산림토양에서 얻을 수 있는 다양한 속성 정보를 발굴하고 조사 및 제작방식을 다각화하는 방법의 모색이 필요하다.

사. 캐나다 온타리오의 산림토양-GLFC의 토양 단일체 수집(Forest soils of Ontario - Soil monolith collection at GLFC)

샘플링된 프로파일은 토양 및 물 지속 가능성 프로젝트 연구의 일환으로 연구 중인 실험 장소에 있으며 온타리오 북동부에서 발견되는 토양 유형을 나타낸다. 산림생태계에서 토양 분류는 과학자와 실무자들이 토지 생산성, 특정 나무 종에 대한 부지의 적합성 및 관리 실습이 토양 물리적 및 화학적 특성에 미치는 잠재적 영향의 평가에 도움을 주고 있다.

토양 분류 정보는 토양 생산성을 유지하고 산림 지속 가능성과 장기 생태계 건강을 보존하는 개선된 토지 관리 결정을 용이하게 한다. 토양 단일체는 토양 프로파일의 수직 섹션으로, 현장에서 추출되어 표시 및 교육 목적으로 장착이 가능하다. 서로 떨어진 지역에서 생성된 다양한 토양을 용이하게 비교·검토할 수 있는 특징이 있다.

1) 시사점

산림토양 모놀리스를 조사하기 위해서는 작업상의 노고는 물론 시간과 경비 및 운반 등과 관련해 현실적으로 여러 제약이 따르는 한편 토양 모놀리스의 작성법은 토양조건에 따른 처리법의 미묘한 차이, 숙련도나 직감력에 의한 요령, 개인적인 수법이나 취향 등에 따라 다양하게 나타난다.

한국임업진흥원에서는 우리나라 산림토양 모놀리스를 표본화하기 위해서는 많은 자재의 운반 등이 곤란한 산간지역에서 시간과 비용을 절감하기 위한 선행연구 결과를 검토하고, 그의 실연에 따른 문제점을 검토해야 한다.

아. 스코틀랜드의 토양정보시스템

스코틀랜드의 토양정보는 1947년에서 1981년 사이에 수집된 데이터를 기반으로 1:250,000 축척 스케일로 제공하고 있으며 모재, 토양 유형, 지형 등을 숫자로 조합하여 약 580개 유형으로 구축하였다. 1:250,000 토양 맵과 pH, 총 유기 탄소 함량, 가용 물 용량, 토양 조직 및 농업을 위한 토지 능력을 포함한 일련의 주제별 토양 특성이 포함된 자료 제공이 가능하다.

스코틀랜드 전역의 토양에 대한 고해상도 이미지와 데이터를 제공하며 토양주제도는 SHP 파일 형식으로 다운로드 받을 수 있으며, 토양 샘플이 수집된 지점의 정보를 포인트 파일(SHP)로 제공하고 있다.

스코틀랜드 토양정보 제공 및 활용에서는 약 45,000개 이상의 토양시료분석 값을 이용하여 다양한 주제도 개발을 하였으며, 특히 사용 가능한 물 용량 주제도를 통해 스코틀랜드 전역의 수분 함량을 지도화하여 표현함으로써 수자원을 관리하고 있다.



1) 시사점

한국임업진흥원에서는 점차 줄어드는 수자원량을 증진시키고 수질보전을 위한 방법을 물의 근원인 산림지역 내에서 방법을 모색해야 한다. 또한, 친환경적 수자원 확대 및 수질개선 방안 및 전국 산림 수자원 관리 방향에 대한 체계적인 관리 방안을 모색할 필요가 있다.

현재 1:5,000 산림입지도양도를 바탕으로 기초정보를 구축하고 산림 유역별 공간정보 확충을 위해 추가적인 산림입지도양조사 및 분석용 시료 채취와 대상 표준지 임분 및 식생 등 조사가 필요하다. 추가적으로 조사하기 위해서는 시간 및 비용 문제가 발생하므로 선행연구 결과와 사례를 바탕으로 검토 및 분석해야 할 필요가 있다.

자. 스코틀랜드 토양건강프로필(soil character)

산림토양의 성질(건강성, 생산력, 수분 함량, 토색, 층위 등)인 토양형을 의인화하여 캐릭터로 구분하여 제공한다. 이해하기 어려운 토양 분류를 쉽게 표현함으로써 산림토양형에 대한 이해를 높이고 있다.

1) 시사점

한국임업진흥원에서는 산림토양에 대한 이해와 정보 활용을 위한 산림토양형 캐릭터 개발이 필요하다. 또한, 산림토양형 캐릭터 개발 시 그 지역의 산림토양 특징이 잘 나타날 수 있도록 해야 한다. 결과적으로 사용자가 쉽게 산림토양정보를 산림토양 캐릭터를 통해 내용을 쉽게 이해하고 판단할 수 있다.



[그림 3-62] 산림토양 캐릭터(예시)

차. 중국 1:50,000 축적의 디지털토양지도(CDSM 50,000)

중국은 토양정보의 요구도가 증가함에 따라 농업, 환경, 경제 등을 종합하여 1999년부터 1:50,000 축적의 디지털 토양지도(CDSM50,000)을 개발하였다. 토양의 물리·화학적 특성인 토심, 유기물, 토양산도, N, P, K, S 등의 분석자료를 포함하고 있으며 중국 대륙의 크기만큼이나 여러 지역의 서로 다른 데이터를 표준화하여 통합하는데 주력하고 있다.

중국 토양도의 구축은 종이도면과 지역별 토양조사 자료를 통합하고, 디지털라이징과 현지 조사를 병행하여 구축한다. 9개의 맵레이어를 포함하여 약 15만개의 토양 프로파일 데이터를 통합하고 있다.

1) 시사점

세계적으로 볼 때 세부 정밀토양도(1:5,000)를 제공하는 국가는 우리나라가 유일하며, 정보화 수준이 높은 미국의 경우에도 1:12,000 축적의 토양도를 제공하고 있으며, 대부분의 선진국은 정밀토양도(1:25,000) 수준에서 정보를 제공하고 있다. 우리나라 산림토양정보 제공 수준은 상당히 높은 것으로 판단되며, 한국임업진흥원에서는 세부 정밀토양도 뿐만 아니라 산림토양 시료 분석을 통해 일반 사용자들에게 산림토양 특성 정보를 제공하고, 유기물, 토양산도, N, P, K, S 등의 각종 주제도 개발을 위한 기초 자료를 수집해야 한다.



12.2. 산림입지토양도 속성별 개선 방안

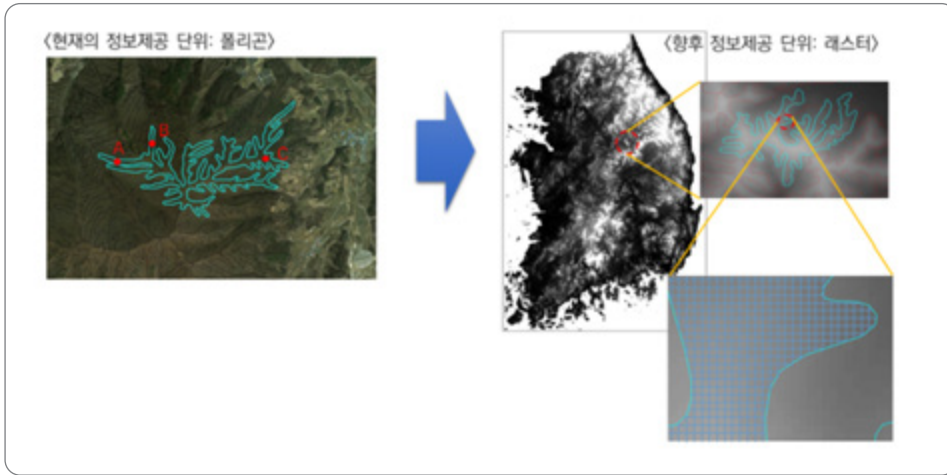
1:5,000 산림입지토양도에서는 1:25,000 산림입지도보다 적은 속성 정보를 포함하고 있다. 지황지리급, 조사 당시의 날씨, 배수, 퇴적양식, 침식정도, 암석노출도, 능선 대 계곡 비율, 바람 노출도, 토양 풍화 정도, 토양 유효 토심, 토양 층계, 토양 토색, 토양 유기물 함량, 토양 석력 함량, 토양 구조, 토양 건습도, 토양 견밀도, 토양 균사 균근, 토양 초본, 토양 목본(소, 중, 대) 등의 정보가 1:5,000 산림입지토양도에서는 제공되지 않는다.

현지 조사를 통해 현장에서 수집한 유효토심, 토색, 유기물 함량, 석력 함량, 토양 구조, 토양 건습도, 토양 견밀도 등의 토양환경에 대한 자료는 특정 위치에 대한 포인트 자료이므로 폴리곤 전체에 대한 대표값으로 이용하는 것은 이용자로 하여금 혼란을 야기할 수 있다. 현재의 산림입지토양도의 속성 정보는 폴리곤 단위로 토양경계를 구획하여 제공하고 있는데, 폴리곤 내 위치에 따라서 현장에서의 실제 정보는 다르기 때문에 자료의 신뢰도를 낮다.

예를 들어, 그림 3-39에서 동일 폴리곤 내 A와 B 지점은 가까운 거리이지만 능선을 기준으로 좌우로 나뉘어 방위가 다르고, C 지점은 거리가 멀어 표고 및 방위가 달라질 수 있다. 게다가 지형에 따라서 세 지점의 경사는 동일한 것으로 판단하기 어렵다. 폴리곤의 면적은 다양하게 나타났으며, 50ha 이상의 대면적 폴리곤도 다수 존재하고 있어 산림토양환경계를 구획하는 방법론에 있어서 최대 면적을 제한하는 방안이 고려되어야 할 필요가 있다.

산림입지토양도의 모든 속성 자료는 개별적으로 시각적인 지도로 제시되기 때문에 동일한 토양형경계를 이용하는 것보다 각 속성별로 정보제공 단위를 차별화할 필요가 있으며, 대표적으로 표고, 경사, 방위에 관한 정보는 폴리곤 단위보다 래스터 단위로 정보를 제공하는 것이 자료에 대한 신뢰도를 높이고 이용도를 향상시킬 수 있을 것이다(그림 3-63).

래스터는 축척에 따라 해상도가 달라지기 때문에 면적이 변하지만, 일반적으로 1:5,000 축척의 지도에서는 5m×5m 단위로 면적을 구획하기 때문에 하나의 폴리곤 내에서도 다수의 래스터가 존재하기 때문에 정밀한 자료 제공이 가능하다.



[그림 3-63] 현재와 향후 산림입지토양도 속성 정보의 제공 단위



[그림 3-64] 래스터 형태의 정보 제공 가능 속성 자료의 예시

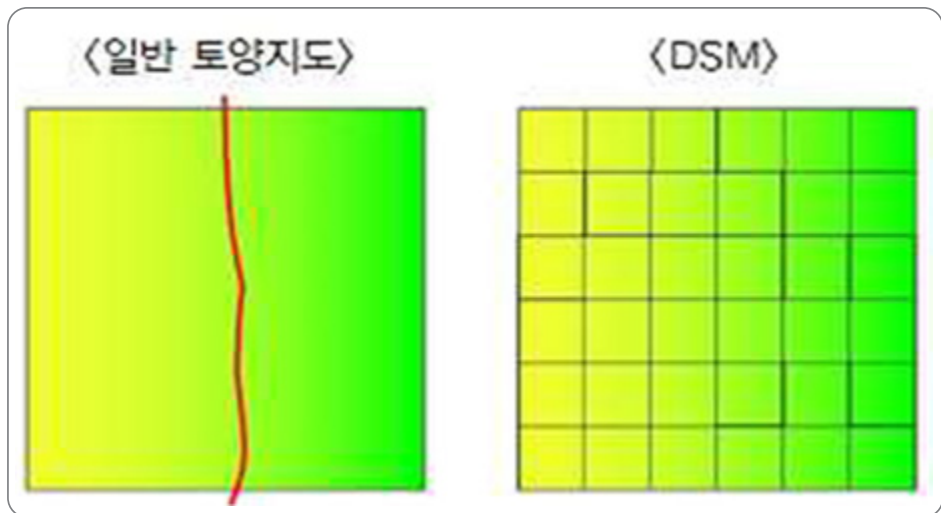
12.3. 산림입지토양도 속성 정보 고도화 방안

1:5,000 입지토양도의 속성 정보 개수를 늘리고, 포인트 자료의 활용성을 높이기 위해서는 Digital Soil Mapping(DSM) 기술을 사용하는 것을 고려할 수 있다. 직접 수집한 산림토양 속성 정보는 특정한 한 지점에서 획득한 자료이기 때문에 조사가 되지 않은 지점에서는 속성 정보를 활용하기 어렵다는 단점이 있다. 이에 대한 방안 중에서 가장 정확성이 높은 방법은 좀 더 많은 지역에서 현지 조사를 수행하는 것이나, 물적 및 인적 자원의 한계로 인하여 많은 지점에서 자료를 획득하는 것이 어려울 수 있다.



조사 지점을 늘린다고 하더라도, 모든 지점에 대하여 조사를 진행하는 것은 불가능함으로 존재하는 조사 지점의 자료를 가공하여 필요한 지점의 정보로 활용할 필요가 있다. 이에 대한 방법으로는 산림토양을 조사한 지점들의 정보를 면적 자료로 가공하고, 그중에서 원하는 지점의 정보를 획득하는 방법이 있다. 그러나 점에서 수집한 자료를 가공하여 면적 자료로 바꿀 경우, 가공 방법과 점의 개수, 면적의 크기 등에 따라서 정확도 및 신뢰성에 문제가 생길 수 있다.

국외에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 현지 조사로 획득한 포인트 자료를 면적자료로 가공하는 DSM 방법을 연구해왔으며, 실제로 이를 이용하여 국가 단위의 토양지도를 제작하고 있는데 DSM이란 토양학에서 사용하는 용어로, predictive soil mapping이라고도 불린다. 산림토양형경계를 폴리곤 단위로 구획하고 있는 일반 산림입지토양도에서는 경계 구획이 불분명하며 주관적인 판단에 의해 이루어지는 반면, DSM은 소면적의 격자 형태로 세분화하여 구획하고 있다(그림 3-65).



[그림 3-65] 일반 산림입지토양도와 DSM의 산림토양형경계 구획 방법

DSM은 현지 조사를 통하여 획득한 토양 유형과 토양 속성 자료를 디지털화하여 컴퓨터로 제작하는 것을 의미하는데 일반적으로 DSM은 공간적 혹은 비공간적 토양 성질 추론 체계를 이용하여, 현지 혹은 실험적으로 획득한 결과물로 토양정보를 공간분포화 하는 방법이다.

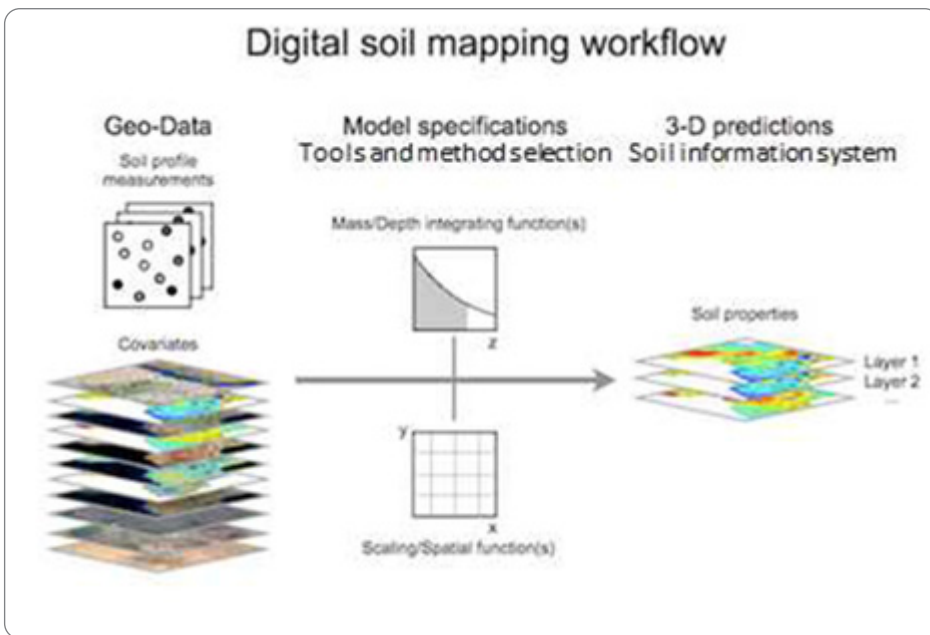
Working group on digital soil mapping에서는 DSM을 현지 조사 및 실험 연구로 얻은 결과를 환경 속성 정보와 연계하여 양적 관계를 도출하고, 이러한 관계를 이용하여 한 지점에서 획득한 정보를 더 큰 범위의 토양 데이터베이스로 확장시키는 것이라고 정의한다.

프랑스, 영국 국가에서는 비감독분류, 감독분류, 회귀모형, 크리깅, 토양정보 추정모형 등의 다양한

방법론을 활용하여 DSM으로 국가 단위의 토양지도를 제작하고, 기존의 소축적지도를 대축적 지도로 개선해왔다. 그리고 현지 조사 자료가 부족한 케냐, 브라질 등의 국가에서도 DSM을 이용하여 국가 단위의 토양지도를 제작하고 있다.

우리나라의 경우, 1:25,000 입지토양도가 이미 제작된 바가 있으므로, DSM을 이용한 국외의 소축적 지도를 대축적 지도로 개선한 사례를 참고할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 케냐와 브라질의 사례처럼 수집된 자료가 많지 않은 경우에 이용하는 DSM 방법론들을 이용하여 기 구축된 1:5,000 입지토양도의 부족한 속성 정보를 추가하고, 입지토양도의 활용성을 높이는 방안을 고려할 수 있을 것이다.

그리고 DSM 방법론의 경우 속성 정보가 범주형 자료가 아니라, 연속형 자료로 존재할 때 더 용이하다고 할 수 있다. 따라서 기 구축된 자료와 현지 조사, 실험적으로 획득한 회귀모형 등을 활용하여 범주형 자료를 연속형 자료로 변환하여 사용하는 것을 고려할 필요가 있다.



[그림 3-66] DSM 구축을 위한 작업 공정



A child wearing a VR headset and holding a red rocket, standing on a mountain peak with a digital grid overlay.

4

산림입지토양도 백서



제 4 장

미래 산림입지도양도 발전 방안



제4장 미래 산림입지도양도의 발전 방안

1. 법적 근거 및 현황	410
2. 제6차 산림기본계획(2018~2035)과 산림입지도양도	415
3. 정밀입업 기반조성의 자료로 산림입지도양도	429
4. 디지털 뉴딜 및 K-포레스트와 산림입지도양 정보	438
5. K-포레스트와 산림입지도양도	444
6. 디지털산림입지도양도(Digital Soil Mapping: DSM) 제작	450
7. 전문인력 훈련 및 양성 방안	462
8. 산림입지도양도 현행화 방안	465

1. 법적 근거 및 현황

1) 산림입지토양도는 『국가공간정보에 관한 법률』 제6조(국가공간정보정책 기본계획의 수립), 『산림 자원의 조성에 관한 법률』 제33조(산림자원정보화), 『산림기본법』 제25조(산림정보화 촉진) 등에 법적 근거를 두고 있다. 법령에 근거하여 국가공간정보정책 기본계획은 5년마다 새롭게 수립되고 있으며 제6차 국가공간정보정책 기간은 2018년에서 2022년까지이다.

2) 『국가공간정보에 관한 법률』 제6조(국가공간정보정책 기본계획의 수립)

① 정부는 국가공간정보체계의 구축 및 활용을 촉진하기 위하여 국가공간정보정책 기본계획을 5년마다 수립하고 시행하여야 한다.

3) 『산림자원의 조성에 관한 법률』 제33조(산림자원정보화)

① 산림청장은 제32조에 따른 산림자원의 조사자료와 그 밖의 산림관리에 필요한 자료의 효율적 활용을 위하여 산림자원정보체계를 구축하여 운영할 수 있다.

4) 『산림기본법』 제25조(산림정보화 촉진)

① 국가 및 지방자치단체는 과학적·효율적인 산림관리 및 임업경영을 위하여 산림정보화의 촉진에 필요한 시책을 수립·시행하여야 한다.

② 국가 및 지방자치단체는 산림·임업 등에 관한 시책과 관련된 정보제공 등을 통하여 산림·임업에 대한 국민의 이해와 관심을 높이도록 노력하여야 한다.

5) 『산림청 정보화업무 운영 및 관리규정』 제7조(산림행정정보화 기본계획의 수립)

① 정보화책임관은 정보화촉진 기본법 제5조에 따라 산림행정정보화 촉진 등을 위하여 5년의 기간을 단위로 하는 종합적이고 체계적인 산림행정정보화 기본계획을 수립하여야 한다.

1.1. 일반 현황

미래의 산림자원관리는 첨단기술을 이용한 산림 생산 및 공공기능 네트워크화와 스마트 임업을 위한 공간정보 구축이 필요하다. 이를 위해서는 원격탐사(RS), 지형정보시스템(GIS), 글로벌항측시스템(GPS), 데이터베이스 관리시스템(data base management system), 자료 융합(data fusion), 의사결정시스템(decision support system), 변량기술(variable rate technology) 등을



기반으로 한 자료 수집 및 결과 해석으로여 산림정책이나 산림경영의 의사 결정을 지원하게 된다.

1.2. 국내 현황

산림입지토양도는 산림 정책 및 계획 수립을 위한 의사결정 지원정보를 제공하거나 다양한 산림공간정보 콘텐츠를 개발하여 행정실무자, 산림경영자, 일반 국민 등 정보의 수요자에게 양질의 다양한 산림정보 제공을 목표로 하고 있다. 특히, 수요자 중심의 산림공간정보서비스(FGIS)를 구축하여 산림청 부서, 기관, 산주 및 국민들에게 통합 산림지리정보 제공 및 산림행정의 효율성 확보뿐만 아니라, 대국민 서비스 고급화 요구에 능동적 대처를 추진 전략으로 하고 있다.

1.3. 산림입지토양도의 공간정보 구축

정밀 산림관리에 기본이 되는 산림입지토양도(1:5,000)은 원격탐사정보(RS), 지형정보(GIS) 및 위치정보 시스템(GPS) 같은 첨단 3S 기술(3S: RS, GIS, GPS), 시간과 경비가 많이 투입되지만, 가장 정밀한 조사 방법인 현지 산림입지 및 토양환경조사를 포함하고 있다(그림 4-1). 한편, 산림입지토양도 공간정보 자료(예를 들면, 산림토양형 구획, 토양단면 조사자료, 위치 기반 토양 성질 분석 자료)는 raster와 vector 모델로 표현될 수 있으며, 시·공간적 속성을 가지는 산림자원관리를 위한 가장 중요한 기본도면으로 제공이 가능하다.



[그림 4-1] 산림입지토양도의 공간정보 구축 과정

1.4. 산림입지토양도의 연계성

산림입지토양도(1:5,000)은 제6차 국가공간정보정책(‘18~’22) 비전인 “공간정보 융복합 르네상스로 살기 좋고 풍요로운 스마트 코리아 실현”을 위한 국가공간정보정책기본계획 2-3(공간정보의 적극적 활용을 통한 공공부분 정책 혁신 견인)의 취지에 부합한다(그림 4-2). 산림입지토양도(1:5,000)은 산림입지 및 토양환경의 위치 및 속성 정보의 데이터를 기반으로 과학적인 산림행정 의사결정 및 각종 행정, 연구, 교육, 민간 활용 등을 지원하는 기초 자료로 제공 될 수 있다. 한편, 임업 컨설팅이나 산림경영계획 수립 등을 지원함으로써 국가 경쟁력을 확보와 과학적 산림 행정 이행 및 U-Forest 인프라 구축에 기여하며, 산림재해 예방을 통한 국민들에게 안전한 생활을 영위할 수 있는 산림정보 서비스가 제공된다. 또한, 산림입지토양도의 데이터베이스를 구축하고 고도화하여 보급함으로써, 산림 및 임산업의 경제성 및 생태계서비스 증진을 위한 정책 수립이나 정보 제공이 가능하다.

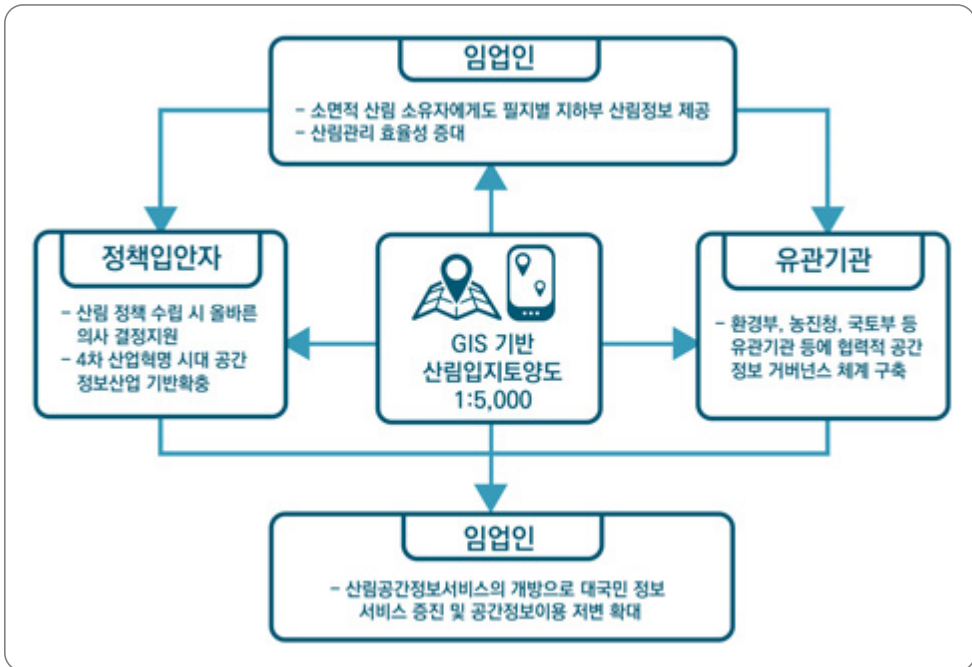


[그림 4-2] 산림입지토양도의 공간정보구축 연계성

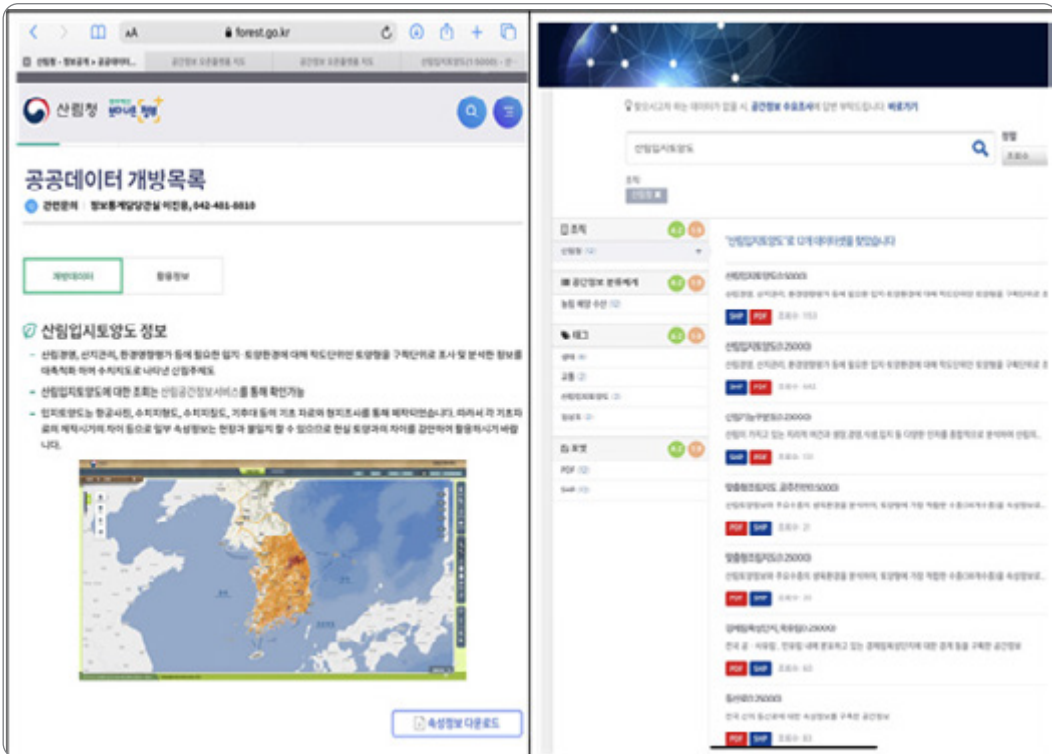


1.5. 산림입지토양도의 활용성

산림입지토양도는 산림경영, 산지관리, 산림환경영향평가 등에 필요한 입지 및 토양환경정보를 소면적 단위로 구획하여 조사 및 분석한 정보를 대축척 수치지도로 나타낸 산림관리 기본도로서 산림지역의 물리적, 생태적 현상에 대한 시·공간적 정보를 제공한다. 산림입지환경 및 토양정보가 도형 및 속성 정보로 데이터베이스화 되어있으며, 산림입지환경 특성, 토양 양분 성질, 맞춤형 조림수종 등 산림관리를 위한 다양한 주제도의 제공이 가능하다. 토지이용계획, 토양침식위험지도, 지표면의 수문순환이나 배수, 산사태 위험지 등의 예측 모델을 위한 산림기본도면으로 제공되며, 소면적의 산림소유자에게 필지 단위 입지토양 정보도 제공이 가능하다. 산림정책입안자에게는 올바른 의사 결정을 지원함으로써 산림관리에 대한 효율성이 증대되며, 환경부, 농진청, 국토부, 유관기관 등에 협력적 공간정보 체계를 구축할 수 있다. 한편 일반인에게는 산림공간정보 서비스 개방으로 공공 정보서비스 증진 및 공간정보 이용 저변 확대에 기여할 수 있으며(그림 4-3), 국가정보포털에서 제공되는 산림입지토양도의 공간정보 조회 수는 “산림기능구분도”나 “등산로” 등과 같은 타 공간정보 서비스에 비해 가장 많이 조회되었다(그림 4-4).



[그림 4-3] 산림입지토양도의 활용성



[그림 4-4] 산림청 공공데이터로 제공되는 산림입지토양도 정보와 국가정보포털에서 산림입지토양도의 공간정보



2. 제6차 산림기본계획(2018~2035)과 산림입지토양도

산림기본법 제11조 및 동법시행령 제4조~제6조에 따르면 산림청장은 산림자원 및 임산물의 수요와 공급에 관한 장기 전망을 기초로 하여 지속가능한 산림경영이 이루어지도록 전국의 산림을 대상으로 20년마다 산림기본계획을 수립·시행하게 되어 있다. 그 결과 “일자리가 나오는 경제산림”, “모두가 누리는 복지산림”, “사람과 자연의 생태산림”을 비전으로 한 제6차 산림기본계획(2018~2035)이 작성되었다. 제6차 산림기본계획은 총 8개의 추진 전략과 각 추진 전략별로 4~6개의 세부내용을 포함하고 있다(표 4-1).

[표 4-1] 제6차 산림기본계획 전략별 추진계획 및 세부내용

추진계획	세부내용
1. 산림자원 및 산지 관리체계 고도화	<ol style="list-style-type: none"> 1. 지속가능발전목표(SDGs) 달성을 위한 산림역할 강화 2. 기능과 용도별 산림자원 관리체계 확립 3. 산지관리체계의 혁신 4. 사유림과 함께하는 국유림의 선도 역할 강화 5. 국가 온실가스 감축 목표 달성에 기여
2. 산림산업 육성 및 일자리 창출	<ol style="list-style-type: none"> 1. 목재산업 육성 및 주류산업으로 도약 2. 국산목재 고부가 가치화 및 소비 확대 3. 지속가능한 목재생산체계 구축 4. 산림기반 융복합 신산업 육성 5. 산림생명자원 산업화 6. 사람중심 산림자원 순환경제로 좋은 일자리 창출
3. 임업인 소득 안정 및 산촌 활성화	<ol style="list-style-type: none"> 1. 임업인 소득 향상 및 경영 합리화 2. 소비자와 함께하는 청정임산물 생산·유통체계 확립 3. 임업통상 대응 및 임산물 수출 확대 4. 사회적경제 실현을 통한 산촌 활성화
4. 일상 속 산림복지체계 정착	<ol style="list-style-type: none"> 1. 도시를 숲이 있는 생활공간으로 재창조 2. 산림복지서비스 저변 확대 3. 맞춤형 산림교육 제공 및 교육품질 향상 4. 산림문화·휴양 인프라 확충 및 서비스 품질 개선 5. 산림치유서비스 보편화 및 효과성 향상
5. 산림생태계 건강성 유지·증진	<ol style="list-style-type: none"> 1. 산림생물다양성의 지속적 관리기반 구축 2. 산림생태계서비스 가치 증진 3. 백두대간 등 주요 보호지역의 공정한 관리 4. 한반도 주요산림 훼손지 복원 5. 산림사법경찰 체계 확립

6. 산림재해 예방과 대응으로 국민안전 실현	1. 과학적 산불예방과 산불진화 대응역량 강화 2. 산림·지역 특성을 고려한 산사태 재해 안전망 구축 3. 유역단위 산림관리체계 정립 4. 선제적 산림병해충 예찰 및 방제
7. 국제산림협력 주도 및 한반도 산림녹화 완성	1. SDGs 달성에 기여하는 국제산림협력 강화 2. 국익 향상을 위한 해외산림자원 확보 3. 개도국 산림전용 방지(REDD+) 등 신기후체제 대응 4. 통일시대 대비 통합적 산림협력
8. 산림정책 기반 구축	1. 인문·사회·경제 요소 등 융복합 산림 거버넌스 체계 구축 2. 법·제도 등 산림정책 지원체계 혁신 3. 4차 산업 기술의 산림분야 적용 보편화 4. 문제 해결형 산림분야 연구개발 혁신 및 성과 산업화

2.1. 산림입지토양도에 기반한 맞춤형 조림 및 경제림 단지 조성 알고리즘 개발

산림입지토양도에 기반을 둔 맞춤형 조림 및 경제림 단지 조성 알고리즘 개발은 제6차 산림기본계획 중 “1-2 기능과 용도별 산림자원 관리체계 확립”의 목표 달성을 위한 기본 자료로 제공된다. 기능과 용도별 산림자원관리체계에는 1) 지역·기후를 고려한 경제성 높은 대표 수종 조림을 위한 수종갱신 및 목재생산지 등 조림면적을 연 2.5만ha 규모로 확대하며, 2) 산림경영의 효율화를 위해 경제림 육성단지 내 조림 비율은 2016년에 57%에서 2021년 70%로 확대하고, 3) 기후대, 산림입지·토양 등을 분석한 적지적수 정보에 따라 지역별 전략 수종을 선정하여(표 4-2) 맞춤형 조림을 실시하는 것이다. 이러한 목표 달성을 위해서는 산림생산력과 밀접한 연관이 있는 1:5,000 산림입지토양도를 기반으로 한 맞춤형 조림지도나 경제림단지 선정 응용프로그램의 개발이 필요하다.

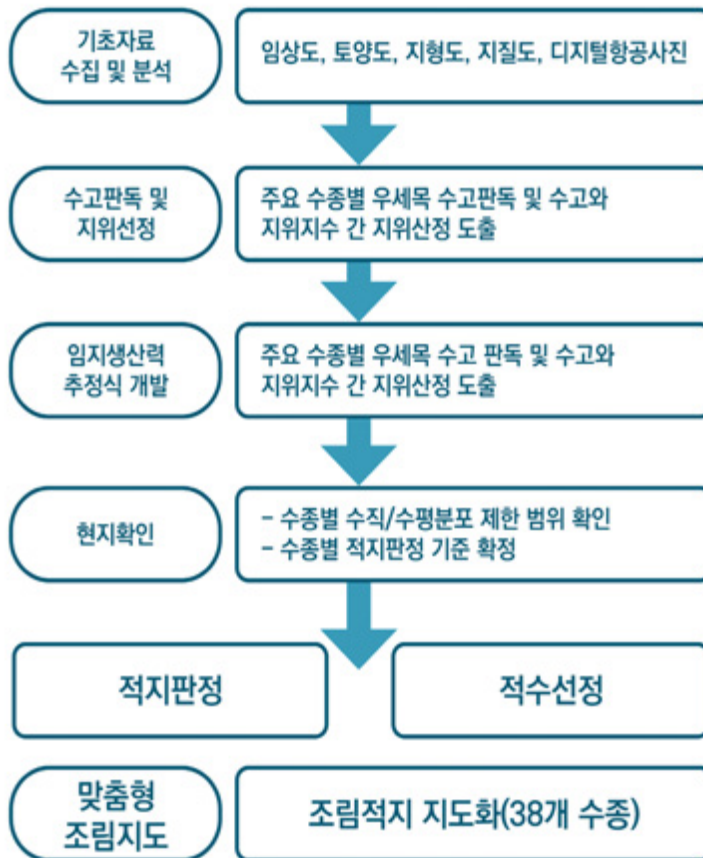
[표 4-2] 지역별 집중 조림수종(산림청, 2019)

강원, 경북	경기, 충남, 충북	전남, 전북, 경남	남부해안 및 제주
소나무, 낙엽송, 잣나무, 참나무류	소나무, 낙엽송, 백합나무, 참나무류	소나무, 편백나무, 백합나무, 참나무류	편백나무, 삼나무, 가시나무류

적지적수선정 프로그램은 1:25,000 산림입지도를 기반으로 개발되었으나(그림 4-5), 1:5,000 산림입지토양도와는 축척뿐만 아니라, 위치 및 수집된 속성 정보가 차이가 나기 때문에 1:5,000 산림입지토양도를 기반으로 한 맞춤형 조림이나 경제림단지 선정 프로그램 개발이 필요하다. 1:5,000 산림입지토양도는 산림입지환경정보(그림 4-6), 토양단면정보, 토양 물리·화학적 성질 정보, 지상부 식생 및 지하부 토양단면의 디지털 사진 정보 등(표 4-3)과 산림토양형이 구축된



1:5,000 산림입지토양도면으로 구성되며(그림 4-7), 소면적의 폴리곤에도 가장 적합한 수종 선정이 가능할 것으로 판단된다(그림 4-8). 맞춤형 조림 및 경제림 단지 선정 프로그램에는 산림입지토양도의 위치 및 속성 정보뿐만 아니라 기상요인, 1:25,000에서 포함되지 않았던 토양의 물리·화학적 성질 등과 수종별 생리·생태적 특성 등을 고려한 생육 제약 조건을 포함하여(표 4-4) 프로그램을 개발할 필요가 있다(그림 4-5).



[그림 4-5] 1:25,000 적지적수 프로그램 개발 흐름도

산림입지·토양 조사 야장

도업번호 : 36808003	표준지번호 : 예안003-02	GPS 좌표	X : 361577
			Y : 360435
행정구역 : 경상북도 안동시 도산면 의일리			
조사일자 : 7/18/2019		날씨 : 맑음	조사자 : 김정환

산림입지 환경

모 암	대분류	1	중분류	11		
	①화성암		⑩화강암류, ⑪반암류, ⑫규장암류, ⑬안산암류, ⑭현무암류, ⑮섬록암류			
	②퇴적암		⑰석회암류, ⑱사암류, ⑳이암류, ㉑셰일(질암류), ㉒응회암류 ㉓역암류			
	③변성암		⑲편마암류, ㉒편암류, ㉓전매암류, ㉔정판암류			
표 고	248 m		경 사 도	18 °	방 위	144 °
기 후 대	①온대북부, ②온대중부, ③온대남부, ④난대		2			
지 형	①평탄지, ②구릉지, ③산지		2			
사면위지	①산정, ②산복, ③산록, ④계곡		3	경사형태	①상승, ②평행, ③하강	2
퇴적양식	①잔적, ②포형, ③봉적		2	풍노출도	①노출, ②보통, ③보호	2
배수상태	①불량, ②보통, ③양호, ④매우양호		2	침식상태	①없다, ②있다, ③많다	1
암석노출도	①10%이하, ②11~30%, ③31~50%, ④51~75%		1			

산림 토양 단면

항 목		층위		토양형 : B ₂	
		A	B		
낙엽층 두께 (cm)		1.2			
유효 토심 (cm)		19			
토심 (cm)		17	48		
토색		10YR 4/4	10YR 5/6		
풍화정도	①상, ②중, ③하	2			
토성	①SL, ②L, ③SiL, ④SiCL	2	2		
	⑤SCL, ⑥CL, ⑦LS, ⑧S				
토양구조	①세립상, ②입상, ③흙알, ④떼알	2	5		
	⑤견과, ⑥괴상, ⑦판상, ⑧벽상				
건습도	①건조, ②약건, ③적습, ④약습, ⑤습	1	2		
석력함량 (%)	① < 5%, ② 5%~15%, ③ 16%~30%, ④ 31%~50%, ⑤ 50% <	1	2		
	① < 0.5, ② 0.5~1.0, ③ 1.1~2.0, ④ 2.1~3.5, ⑤ 3.5 <	2	3		
시료채취		O	O		
특기사항 : 시료채취(A,B) 324.4°					

[그림 4-6] 1:5,000 산림입지토양도의 속성 정보 야장(한국산지환경연구회 제공)

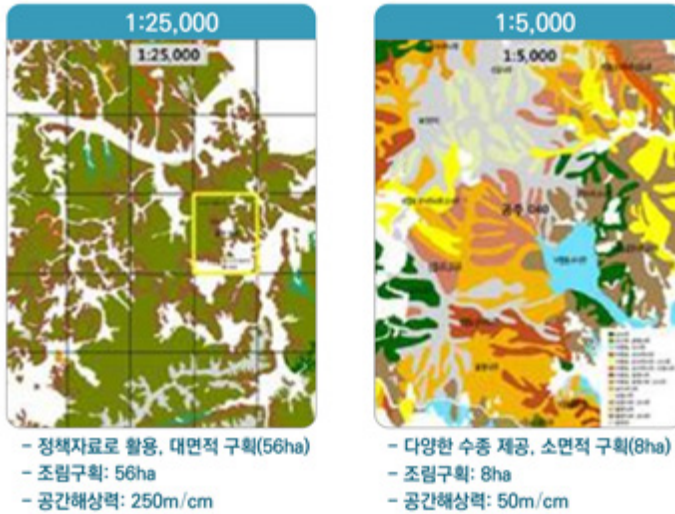
[표 4-3] 1:5,000 맞춤형 조림지도나 경제림 단지 지도에 포함되는 기후 및 산림입지토양도의 속성 정보

구분	항목	출처
기후	- 연평균기온, 연최고기온, 연최저기온, 온량지수, 한랭지수, 건조지수, 연평균강수량, 월평균강수량, 월평균 상대습도, 생장기 강수량, 생장기 평균 상대습도, 생장초기 3개월간 강수량, 생장초기 3개월간 상대습도, 비생장기 강수량, 비생장기 평균 상대습도	기상청 30년 평균 기후관측 DB
입지환경정보	- 모암, 표고, 경사도, 방위, 기후대, 지형, 사면 위치, 경사 형태, 퇴적양식, 풍노출도, 배수상태, 침식상태, 암석노출도	1:5,000 산림입지토양도
토양단면정보 (A, B층)	- 유기물(낙엽)층, 토양 층위 두께(cm), 유효토심(cm), 토심(cm), 토색, 풍화 정도, 토성 토양 구조, 건습도, 석력 함량, 견밀도	
디지털 사진 정보	- 지상부 식생사진, 지하부 토양단면 사진	
토양 물리·화학적 성질 (A, B층)	- 토성, 토양 pH, 유기물 함량, 전질소 함량, 유효인산 함량, CEC, 교환성 포타슘, 교환성 칼슘, 교환성 소듐, 교환성 마그네슘	
산림토양 분류	- 토양형 분류	

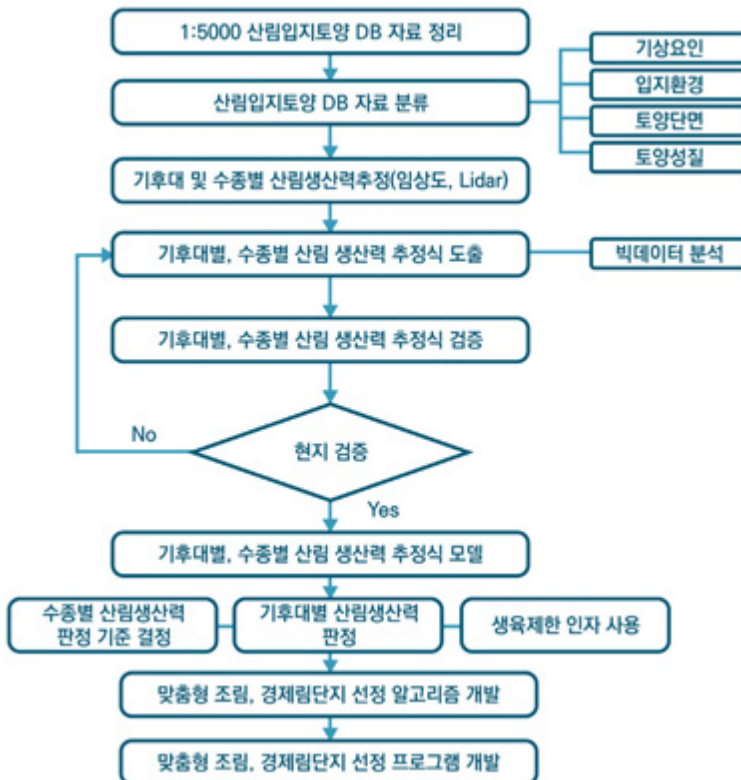


[표 4-4] 맞춤형 조림수종 선정 프로그램 알고리즘의 수종별 생육제한 설정 내용

수종	표고 (m)	기후대	해안경계	지형	방위	전토심	건습도
낙엽송	200~ 1,200	난대 제외	해안 밖	산록 이하	-	-	-
잣나무	400 이상	온대남부, 난대 제외	해안 밖	산복	S, E, SW, SE 제외	60cm 이상	-
강원지방 소나무	100~ 1,250	온대남부, 난대 제외	-	-	-	-	-
중부지방 소나무	100~ 1,250	-	-	-	-	-	-
상수리나무	300 미만	-	해안 밖	산록 이하	-	-	-
곰솔	500 미만	온대북부 제외	남해, 서해, 제주 (4km이내) 동해 (1km이내)	-	-	-	-
신갈나무	100~ 1,800	온대남부, 난대 제외	해안 밖	-	-	-	건조, 습제외
삼나무	500 미만	온대북부, 온대중부 제외	해안 밖	-	W,N, NW,NE 제외	60cm 이상	적윤, 약습
편백	500 미만	온대북부, 온대중부 제외	해안 밖	-	W,N, NW,NE 제외	60cm 이상	적윤, 약습
고로쇠나무	100~ 1,100	-	해안 밖	산록 이하	-	-	적윤, 약습
물푸레나무	100~ 1,100	온대남부, 난대 제외	해안 밖	산록 이하	-	-	적윤, 약습
굴참나무	100~ 500	-	-	산복 이상	W,N, NW,NE 제외	-	적윤, 약습 제외
자작나무	100~ 1,100	온대중부 이상	해안 밖	산복 이상	W,N, NW,NE 제외	-	-



[그림 4-8] 1:25,000과 1:5,000 맞춤형 조림지도의 비교



[그림 4-9] 기후대 및 수종별 1:5,000 맞춤형 조림지도 개발 알고리즘



■ 기대효과 및 활용 방안

- 산림입지토양도를 기반으로 한 맞춤형 조림지도는 사용자가 원하는 정보를 생산하고 분석이 가능하다.
- 적지적수의 공간적 분포 및 면적 등 산림정책 수립에 필요한 산림경영 정보를 제공한다.
- 산림입지환경 및 산림토양단면에 대한 정성적, 정량적 측정 결과와 위치 및 속성 변수의 관계 분석과 해석을 통하여 산림경영 및 관리를 위한 의사 결정에 도움을 줄 수 있다.
- 산림경영의 정밀도 향상과 소면적 단위에 산림입지환경 및 토양정보제공이 가능하다.
- 지도상에서 표현되는 요소들을 크기, 모양, 색상, 명도 등을 그래픽으로 표현 가능할 뿐만 아니라 임상도, 산림기능구분도, 임도망도, 경제림 육성단지 같은 공간데이터베이스를 이용하여 다양한 형태의 주제도 제시 및 제작이 가능하다(표 4-5).

[표 4-5] 산림토양입지도(1:5,000)를 이용한 산림입지 토양 주제도 유형

주제도	속성	주제도 유형 및 내용
산림입지 토양도	산림토양분류	산림토양형에 대한 위치 정보
산림토양 GIS 주제도	입지환경	모암, 지형, 경사, 방위, 사면 위치, 경사 형태, 퇴적양식, 풍노출도, 배수상태, 침식상태, 암석노출도
	토양단면	낙엽층 두께, 유효토심, 토심, 토성, 토양 구조, 토양건습도, 석력 함량, 토양견밀도
	토양화학성	토양 pH, 전질소, 유효인산, 교환성양이온 (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺)
	토양물리성	모래, 미사, 점토
맞춤형 조림지도	적지분석	산림입지토양도의 지역별 토양, 기후, 지형조건에 기반을 두어 12개 주 수종 및 26개 특용 수종에 대한 수종별 적지 분석 및 임지 생산력 추정

2.2. 산림훼손지 복원 및 산림유역관리 모델 개발을 위한 디지털 산림기본도로 제공

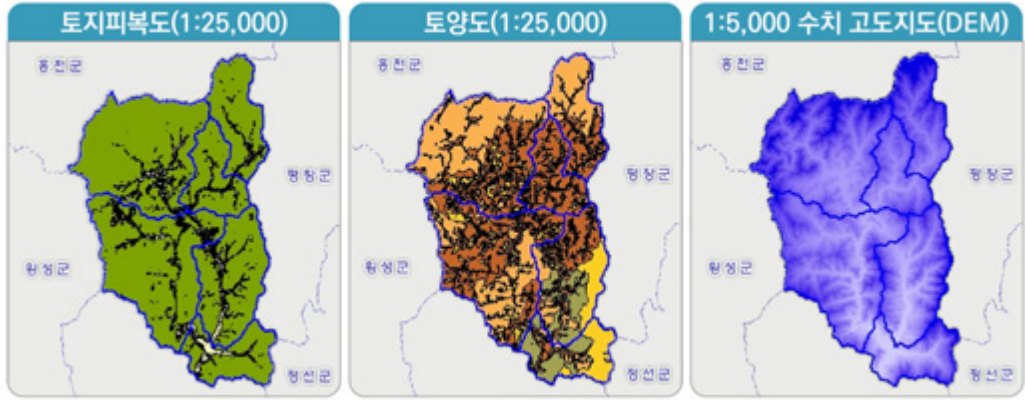
산림입지토양도는 산림훼손지 복원 및 산림유역관리 모델 개발을 위한 디지털 산림기본도의 제공은 제6차 산림기본계획 중 “5-4 한반도 주요 산림 훼손지 복원과 산림생태계와 인과관계를 고려한 통합적 복원방식 실행”과 “6-3 산림재해 예방과 대응으로 국민 안전 실현 중 산림수자원 및 산림 생태계서비스 증진을 위한 산림유역관리 계획 수립”의 기초 자료로 제공될 수 있다.

가. 산림 훼손지 복원

산림훼손지는 발생 장소가 다양하고, 훼손 형태나 훼손지의 특성 및 환경조건 등도 다르게 나타난다. 최근 산림훼손지의 복원은 산림생태계와 산림경관을 고려하여 산림기반안정 및 지형복원, 산림식생 복원, 산림생태계 복원, 산림경관 복원 등이 도입되고 있다. 산림 훼손지는 침식, 비산 먼지, 미세 광물질 입자에 의한 수질 오염 등을 최소화하고 생태계서비스 기능의 증진을 위해 신속한 식생 복원이 필수적이다. 한편, 산림훼손지는 토양 성질에 기반을 둔 식생 복원의 중요성을 강조하고 있으며, 성공적인 식생 복원의 가장 중요한 요인으로 토양의 입지환경 및 토양 특성에 기반을 둔 토양 물리·화학적 성질 개선을 제시하고 있다. 1:5,000 산림입지토양도는 산림훼손이 발생하기 전이나 인접지역의 식생 및 지하부 토양정보를 제공함으로써 산림훼손지의 복원 공법 결정이나 복원 기준을 제시할 수 있다.

나. 산림유역관리 모델 개발

IHP (International Hydrological Program)의 국제수문학 프로그램에서는 유역관리를 위한 주제도로써 토지 피복도, 토양도, 수치고도지도 등을 제시하고 있다(그림 4-10). 토지 피복도는 지구 표면 지형지물의 형태를 일정한 기준에 따라 분류하여 동질의 특성을 지닌 구역을 Color Indexing 한 후 지도의 형태로 표현한 공간정보 데이터베이스로 해상도에 따라 대분류(해상도 30m급), 중분류(해상도 5m급), 세분류(해상도 1m급)의 3가지 토지피복도가 있다. 수치고도 지도(DEM)는 수치지형도(1:5,000)의 등고 및 표고레이어를 이용하여 10m 간격으로 제작한 격자(Raster)형 수치고도모델(DEM)로부터 주곡선, 계곡선, 표고점 등을 사용하여 DEM을 생성할 수 있으며, 부수적으로 수계나 호수선, 능선 등의 데이터도 사용할 수 있다. 토양도는 Soil Conservation Service (SCS) 수문학적 토양군으로 변환이 필요하다. SCS의 수문토양군에 관한 정의에 입각하여 토성(soil texture), 토양심도(soil depth), 투수계수(hydraulic conductive), 침투율(infiltration), 토양팽창력(soil swelling), 유기물 함량(organic matter content)과 같이 6가지 항목을 고려하여 SCS의 수문학적 토양군으로 재분류하거나(표 4-6), 한국토양에 적합한 수문학적 토양군 등이 수정 제시된 바 있다(표 4-7).



[그림 4-10] 국내에서 이용되는 유역관리를 위한 주제도

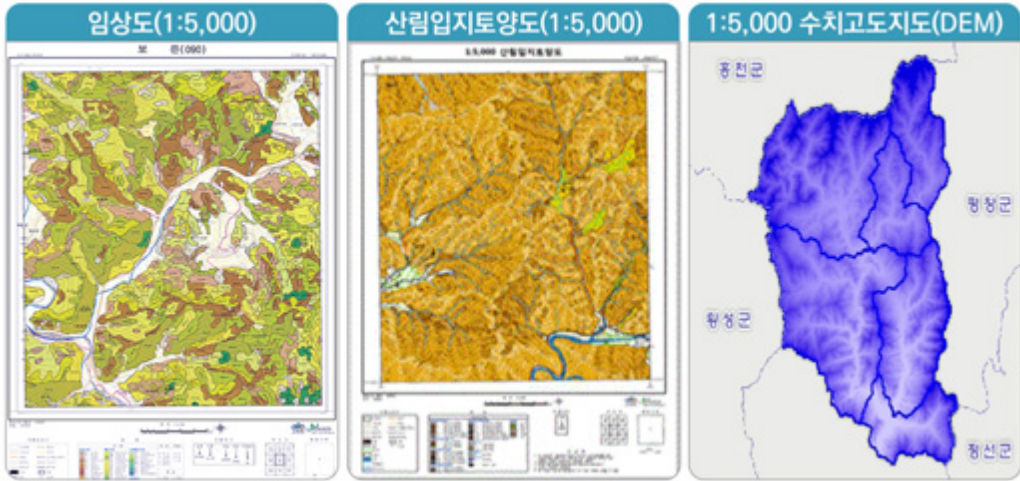
[표 4-6] SCS의 수문학적 토양군으로 재분류(허기술과 정정화, 1987)

수문학적 토양군	침투율	토양배수	투수율	토성	비고
A군	높음	매우양호	높음	사질, 역질,	유출량이 적음
B군	보통	양호	보통	약간 세립질, 약간 조립질	-
C군	느림	-	느림	약간 세립질, 세립질	수직침투방해층이 있음
D군	매우느림	-	매우느림	경반층, 점토층이 있음	유출량 많음, 지하수위 높음, 불투수층이 있음

[표 4-7] 한국토양의 수문학적 토양군(정정화 등, 1995)

토양 특성	토양 특성에 따른 기호			
	4	3	2	1
토성	사질, 조립질 양질	조립질 양질, 조립질 미사질, 화산회토	세립질 양질, 양질	세립질 미사질, 식질
배수등급	매우 양호	약간 양호	약간 불량	불량
투수성 (cm/hour)	매우 빠름, 빠름 (>12.0)	약간 빠름 (12~6.0)	약간 느림 (6.0~0.5)	느림, 매우 느림 (<0.5)
불투수층의 깊이 (cm)	없음	100~50	50~25	25 미만
수문학적 토양군 분류	A (>13)	B (12~11)	C (10~8)	D (<7)

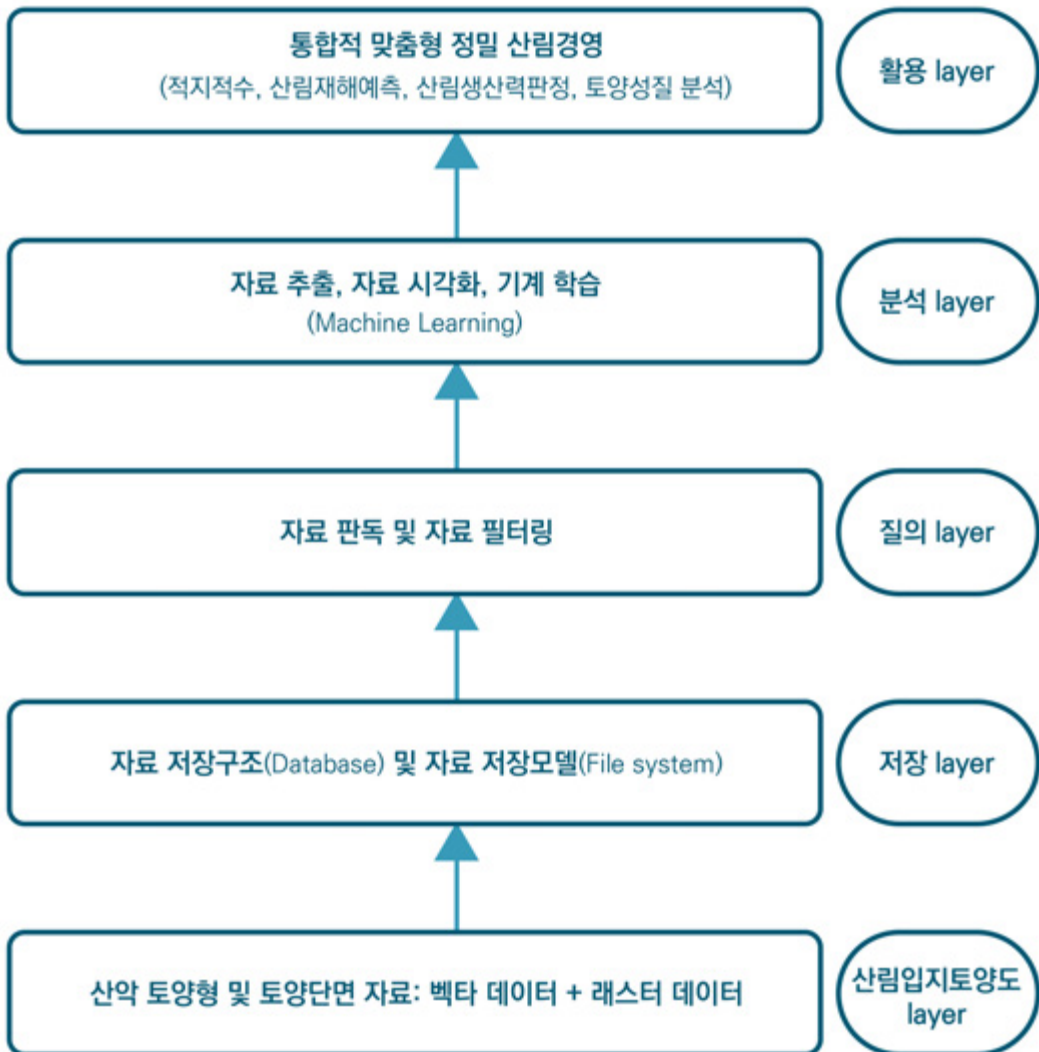
그러나 산림지역은 수관에 의한 강우의 수관이나 낙엽층을 통한 수분의 차단 및 이동이 발생하기 때문에 산림유역관리에 있어서 국제수문학 프로그램의 주제도를 직접 활용하기는 어렵다. 산림유역관리에 있어서 필요한 주제도는 토지피복도보다는 임상도, 토양도보다는 산림입지토양도 등을 활용하면 산림을 통한 보다 정밀한 유출률 모델의 개발이 가능할 것으로 판단된다(그림 4-11). 한편, 산림입지토양도 폴리곤의 토양단면 속성 정보에는 배수등급, 토심, 토성 등을 포함하고 있기 때문에 이를 기반으로 우리나라 산림토양에 적합한 수문학적 토양군의 제시가 가능할 것으로 사료된다.



[그림 4-11] 국내 산림 유역관리를 위한 주제도 예시

2.3. 스마트 임업을 위한 디지털 산림 기본도로 제공

산림입지토양도의 스마트 임업을 위한 디지털 산림 기본도의 제공은 제6차 산림기본계획 중 “1-4 사유림과 함께하는 국유림의 선도 역할 강화의 ICT, 빅데이터 등을 활용한 스마트 국유림 경영 기반 구축”, “8-3 4차 산업 기술의 산림 분야 적용 보편화의 스마트 임업 플랫폼 구축으로 맞춤형 산림경영서비스 제공 및 ICT의 역기능 대응으로 안전한 미래형 산림행정 환경 구축” 등의 기본자료로 제공될 수 있다. 스마트임업의 개념은 명확하게 정리되지는 않았지만, 클라우드 컴퓨팅 (cloud computing), 사물 인터넷(Internet things), 이동 인터넷(mobile internet), 빅데이터 (big data) 등을 이용하는 디지털 임업에 기반을 둘 것으로 예측된다(Zou et al., 2019). 스마트 임업경영 중의 하나는 산림자원관리와 생태계 구조의 조화로운 개발을 증진하는 것으로 산림입지 특성에 기반을 둔 산림경영은 목재 생산물의 질적인 면과 이용성의 개선뿐만 아니라, 산림생태계 서비스 증진에 기여하게 된다. 스마트 임업의 발달에 가장 기본이 되는 것은 정확하고 신뢰성 있는 산림 빅데이터의 획득으로, 산림경영과정에서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 새롭게 해결할 수 있다.



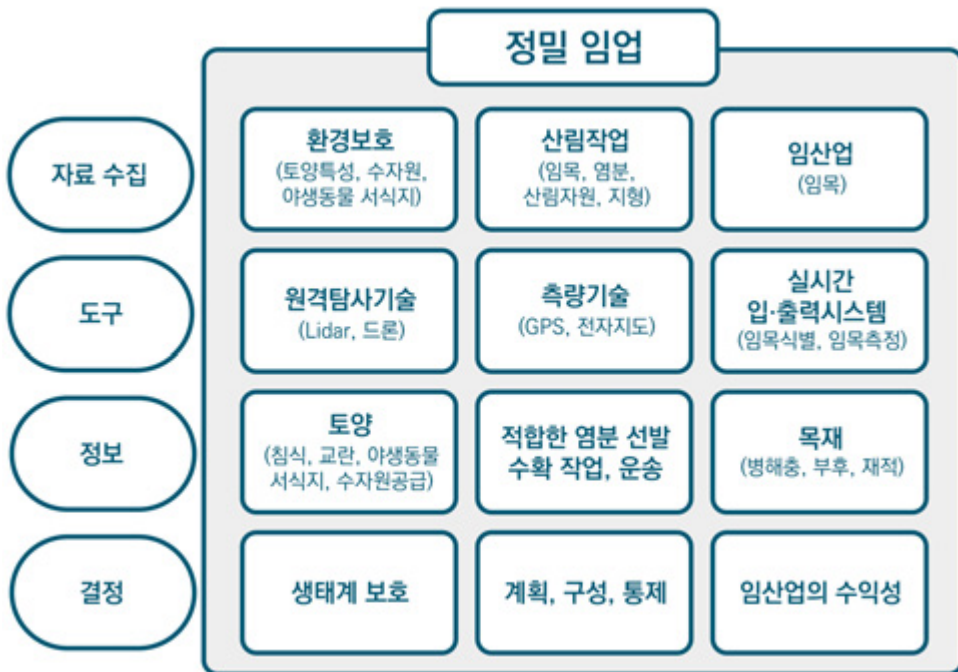
[그림 4-12] 스마트임업을 위한 산림입지토양도의 플랫폼



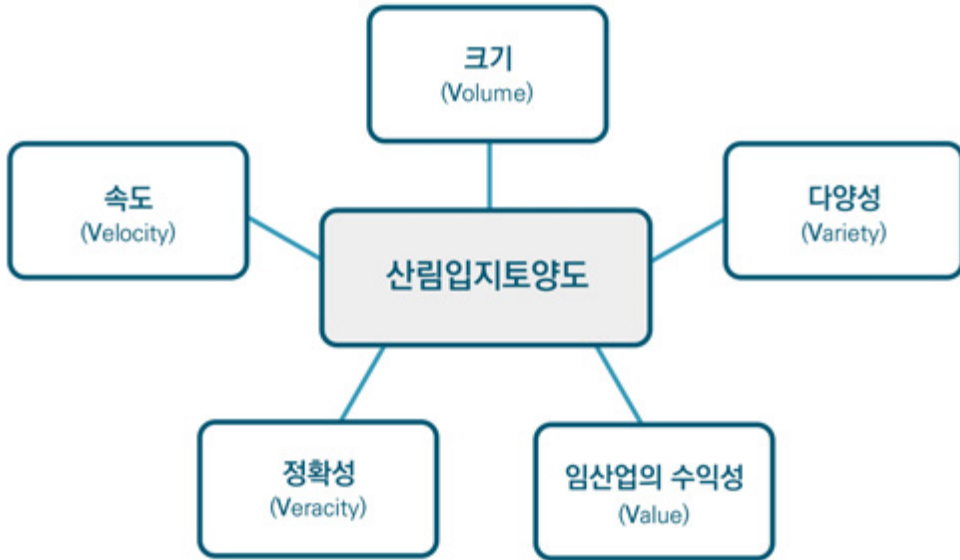
3. 정밀임업 기반조성의 자료로 산림입지도양도

3.1. 빅데이터를 이용한 첨단 및 정밀 임업을 위한 기반 조성

정밀임업(precision forestry)은 고도의 기술과 분석 도구를 이용하여 사회경제적 효율 개선과 지속가능한 개발에 중요한 역할을 한다(그림 4-13). 정밀임업의 발달의 기본은 정확하고 신뢰성 있는 산림자료의 빅데이터 획득으로, 산림경영과 관리에서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 해결할 수 있다. 산림 빅데이터의 가장 중요한 과업 중의 하나는 효과적으로 빅데이터 자료를 구성하는 것으로 이는 5V [크기(Volume), 다양성(Variety), 속도(Velocity), 정확성(Veracity), 가치(Value)]로 구성된다(그림 4-14). 그러나 산림 분야 빅데이터는 불규칙성(irregularity), 큰 변이 폭, 자료의 질적 수준이 낮다는 문제점이 있다. 한편, 산림입지도양도의 위치 및 속성 정보는 원격탐사 자료로부터 얻어지는 토양정보와 달리, 현장 조사의 표준화된 조사 방법을 통하여 공간분석 자료가 구축됨으로써 자료의 신뢰성이나 정확성이 매우 높다. 또한 산림입지도양도의 공간정보는 기존의 데이터베이스로 처리하기 어려울 정도로 방대한 양의 데이터로써 산림자원 관리 효율 향상 및 수요자 맞춤형 정보 제공이 가능하다.



[그림 4-13] 정밀임업의 단계(Kovacsova and Antalova, 2010)



[그림 4-14] 빅데이터 자료를 구성하는 5V

■ 기대효과 및 활용 방안

- 정밀 임업의 발달과 함께 소면적 단위에도 정밀한 산림 임분 단위 계획 수립(생장과 수확량 분석, 최적 산림경영 방법, 산림생태계 관리) 및 산림관리를 위한 정보 제공이 가능하다.
- 산림경영과 조림 사업, 산림경영계획, 산림재해발생지 등에 필요한 정보를 현지 조사에서 얻어진 산림입지토양도의 속성 정보에 기반을 둔 결과 해석 및 정책 수립이 가능하다.
- 산림입지토양도의 위치 및 속성 정보를 이용한 소면적 산림에서도 정밀한 산림관리를 할 수 있다.
- 지형 분석, 계류흐름 분석, 최적 임도 선정 분석, 조림지 관리, 병해충 조절, 조림 사업 기계화 이용, 산불감시, 수자원 감시 등 다양한 분야에 도입 및 활용할 수 있다.
- 소나무 재선충병 피해지의 산림 입지환경 및 토양 성질 구명으로 확산 선단지 차단 및 예방이 가능하다.



3.2. 1:1,000 산림입지도양도 제작

1:1,000 수치지형도는 국내에서 제작된 축척이 가장 큰 지도로 지형·지물이 자세하게 묘사되어 있는 공간정보이다(그림 4-15). 1995년부터 2019년까지 시 지역 주요 도심지(약 9,406km²) 및 2016년 이후는 군 지역(약 341,655km²)에 수치지형도의 제작 및 최신화가 완료되었다(국토교통부, 2019). 1:1,000 대축척 수치지형도는 대도시뿐만 아니라 중·소도시, 시·군 등에서 가장 활용도가 높으며, 서울시의 경우 모든 GIS 응용시스템의 기본도(base map)로서 제공되고 있다. 또한 서울시를 비롯한 지방자치단체의 토지이용현황도는 1:1,000 수치지형도를 기반으로 자료가 구축되어 있으며, 토지이용 현황도와 매칭이 되는 1:1,000 산림입지도양도의 제작은 도시지역 공간정보의 융복합에 필수적이다(그림 4-16).

최근 도시지역의 산림관리를 위한 공간정보서비스 요구가 증대되고 있다. 그러나 도시나 시·군의 인구 밀집지역에 인접한 산림은 오랜 기간 인위적 교란이 심하여 침식토양군, 사방지 토양형, 갈색건조산림토양형 등이 주로 분포하고 있다. 그 결과 토양수분이나 양분결핍에 따른 식생활력도 저하나, 산림생산력 및 생태계서비스 기능이 빈약하며 산림재해(산사태, 산불) 발생 시 인명 및 재산상 피해가 극심하였다. 한편, 산림을 통한 탄소흡수원 확충 및 미세먼지 저감 측면에서 도시림 및 정주지의 산림관리 중요성이 높아지고 있으며, 1:1,000 산림입지도양도는 유엔 기후변화 협약 관련 LULUCF의 정주지 내 탄소저장량 및 흡수원의 정밀한 산정에 중요한 기초 자료이다. 도시 숲은 소면적 경관 단위에서 거대한 복잡성(complexity)과 변이성(variability)을 보이기 때문에 도시 숲, 공원녹지, 가로수 등의 효율적 관리를 위해서는 고해상도의 1:1,000 산림입지도양도 제작이 필수적이다. 도시지역의 산림생태계서비스 기능 증진을 위해서는 지하부 산림토양정보를 기반으로 정책이 수립되고 관리되어야 한다.



[그림 4-15] 1:5,000(좌) 및 1:1,000(우) 수치지형도



[그림 4-16] 1:1,000 산림입지토양도 구축의 필요성

■ 기대효과 및 활용 방안

- 도시 숲 관리 효율 증대 및 도시 숲 이용을 통한 삶의 질 향상이 가능하다.
- 도시 숲 관리 계획 수립 시 입지 및 토양 관련 기본 정보를 제공한다.
- 도시 숲 관리를 위한 토양산성화 주제도 등 각종 주제도 생산이 가능하다.
- 고해상도 산림입지토양도 구축으로 소 면적 단위의 도시 숲 관리 기술을 제공한다.

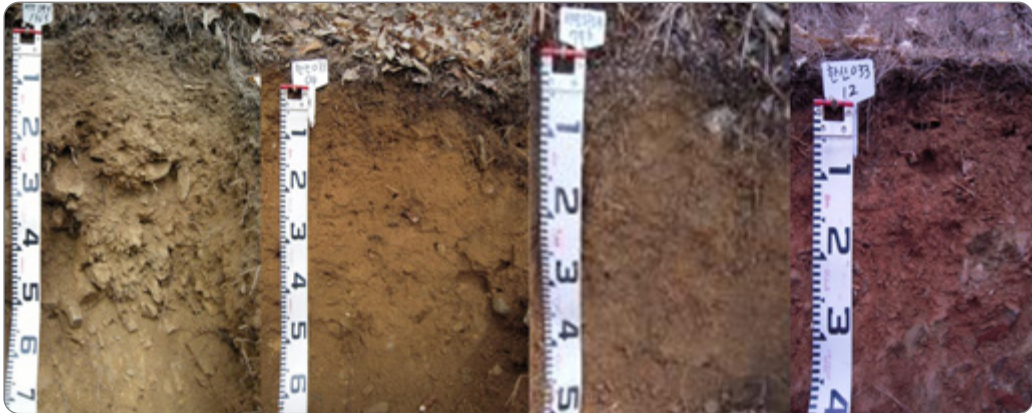


3.3. 토양단면 디지털 사진정보를 이용한 토양 성질 해석 영상처리 기법 개발

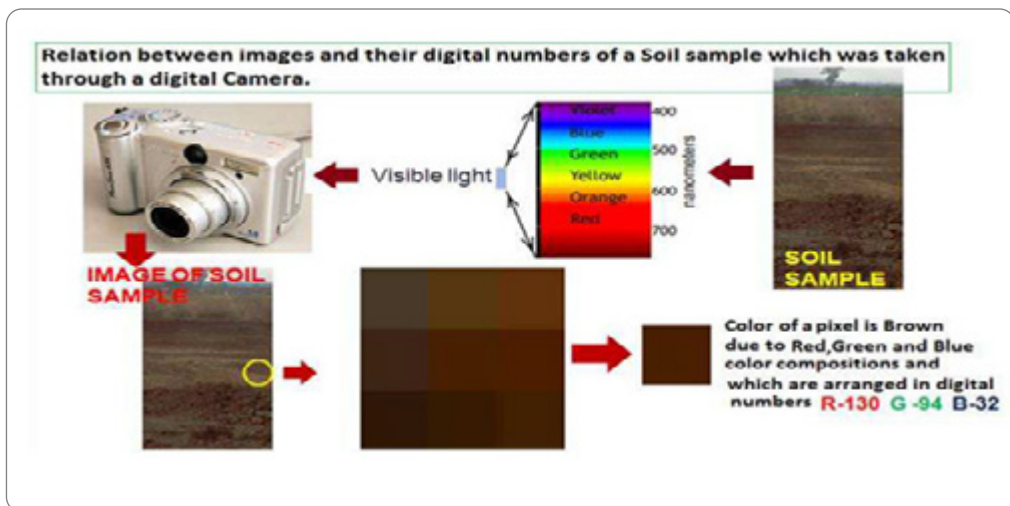
산림토양정보의 수집은 토양전문가에 의한 현장 조사와 수집된 결과의 분석 및 해석에 많은 시간과 비용이 소요된다. 그러나 영상처리(Image Processing)에 의한 토양 성질 결정은 시간, 비용, 노동력이 많이 투입되는 전통적인 토양 성질 해석의 문제점을 해결할 수 있어, 최근에는 토양단면이나 토양시료의 디지털 사진으로부터 영상처리를 이용한 토양 성질 예측 기술이 개발되고 있다(표 4-8). 예를 들면, 토색 결정시 Munsell soil color 책을 이용한 토색 결정은 주관적 판정 가능성이 높지만, 영상처리에 의한 토색 결정은 객관성을 향상 할 수 있었으며, 토색을 이용하여 토양의 화학적 성질 예측이 가능하였다(Kirillova and Sileva, 2017). 국내에서도 디지털 화상처리를 이용하여 농경지 토양의 미사 함량 등을 결정한 바 있었다(Chung et al., 2010). 1:5,000 산림입지토양도는 토양단면에 대한 디지털 사진정보(그림 4-17)와 함께 토양 성질에 대한 속성 정보를 데이터베이스로 구축하고 있으며, 이러한 디지털 사진정보로부터 영상처리 기법을 이용한 토양 성질 해석은(그림 4-18, 그림 4-19) 비용 대비 효과적으로 정밀임업과 지속가능한 토양관리를 위한 기초 자료를 신속하게 제공할 수 있다.

[표 4-8] 디지털 사진의 영상처리를 이용한 토양 성질 분석 사례

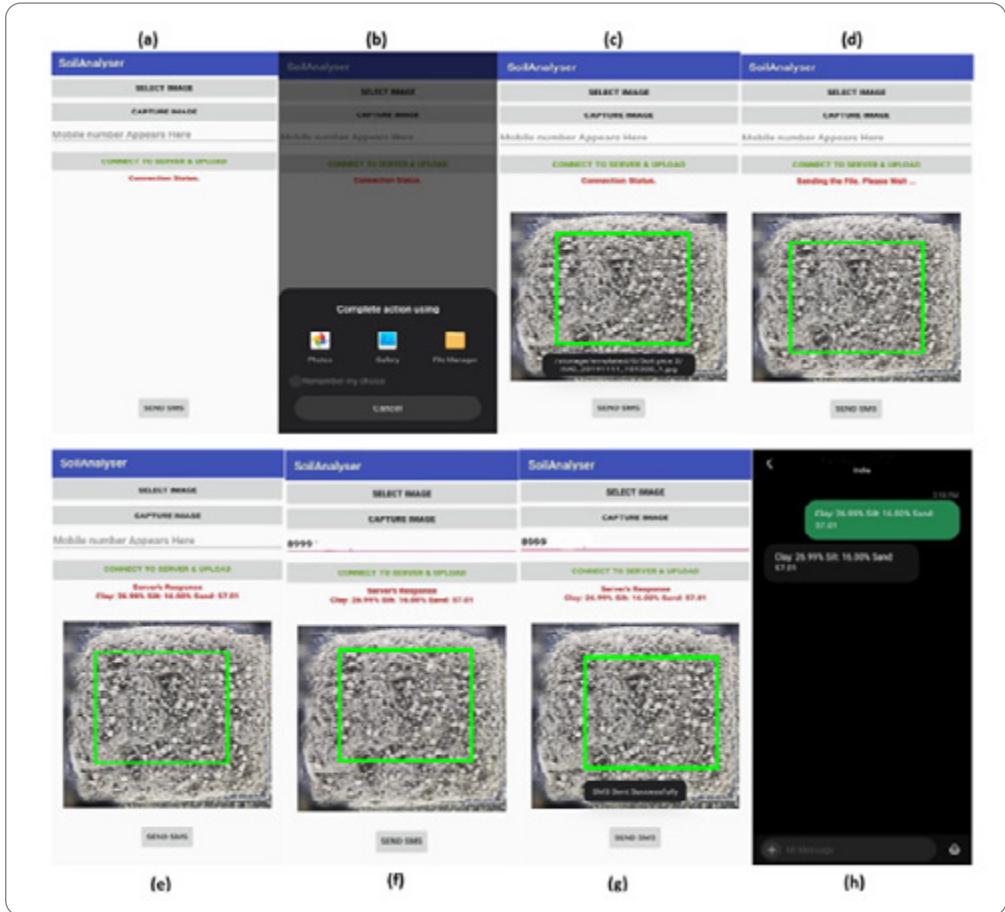
토양 속성	장비	영상처리	관계문헌
토양유기탄소 및 철 농도	디지털 카메라	적색, 청색, 녹색 밴드	Viscarra Rossel et al., 2008
토성	CCD 카메라	적색, 청색, 녹색 밴드	Chung et al., 2010
토양 pH	디지털 카메라	적색, 청색, 녹색 밴드	Kumar et al., 2014
토양수분	디지털카메라	적색, 청색, 녹색 밴드	dos Santos et al., 2016
토양 pH	디지털카메라	적색, 청색, 녹색 밴드	Sudha et al., 2017
토색	디지털카메라	적색, 청색, 녹색 밴드	Kirillova and Sileva, 2017
토성	스마트 폰	색상, 명도, 채도	Swetha et al., 2020



[그림 4-17] 1:5,000 산림입지토양도의 디지털 토양단면 사진



[그림 4-18] 디지털 카메라를 이용한 사진으로부터 토양 성질의 화상처리 과정(Kumar et al., 2014)



[그림 4-19] 스마트폰의 안드로이드 어플리케이션의 주메뉴(a, b)에서 디지털 사진 선정 후(c, d, e, f, g) 최종 수요자에게 토양 입경분포 비율(h; 점토 26.99%, 미사 16.00%, 모래 57.01%) 제공(Swetha et al., 2020)

■ 기대효과 및 활용 방안

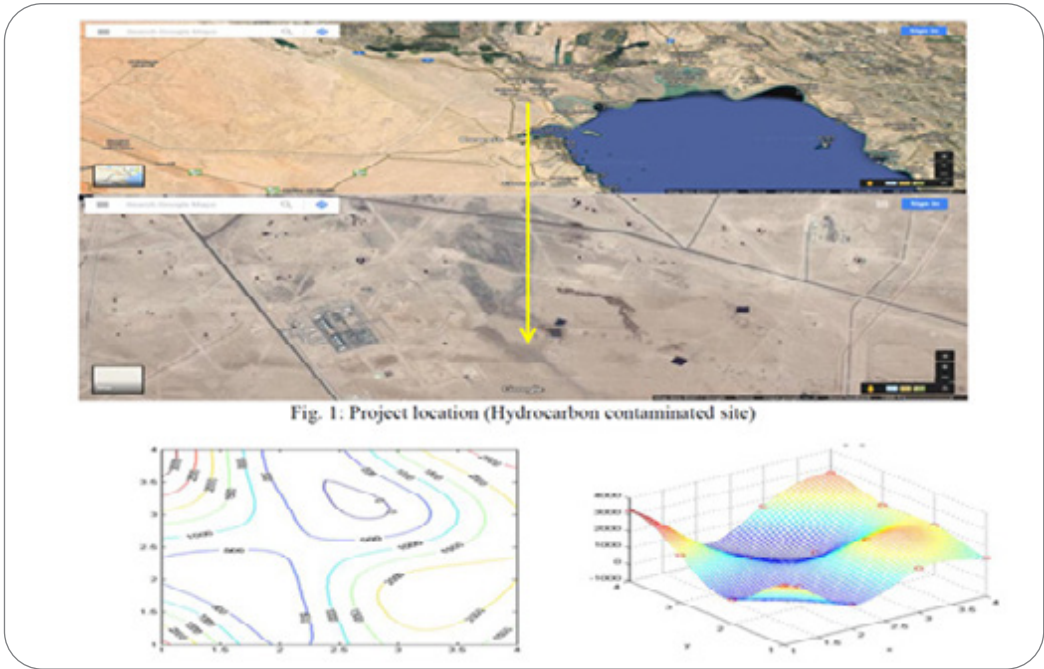
- 토양 조사 및 결과 해석에 소요되는 비용, 시간, 노동력이 감소한다.
- 웹 기반 디지털 사진 영상의 화상처리를 통한 토양 성질 판정으로 신속한 대국민 서비스가 가능하다.
- 정밀임업을 위한 산림경영의 기초 자료로 제공할 수 있다.

3.4. 산림입지토양도의 3-D 지도화

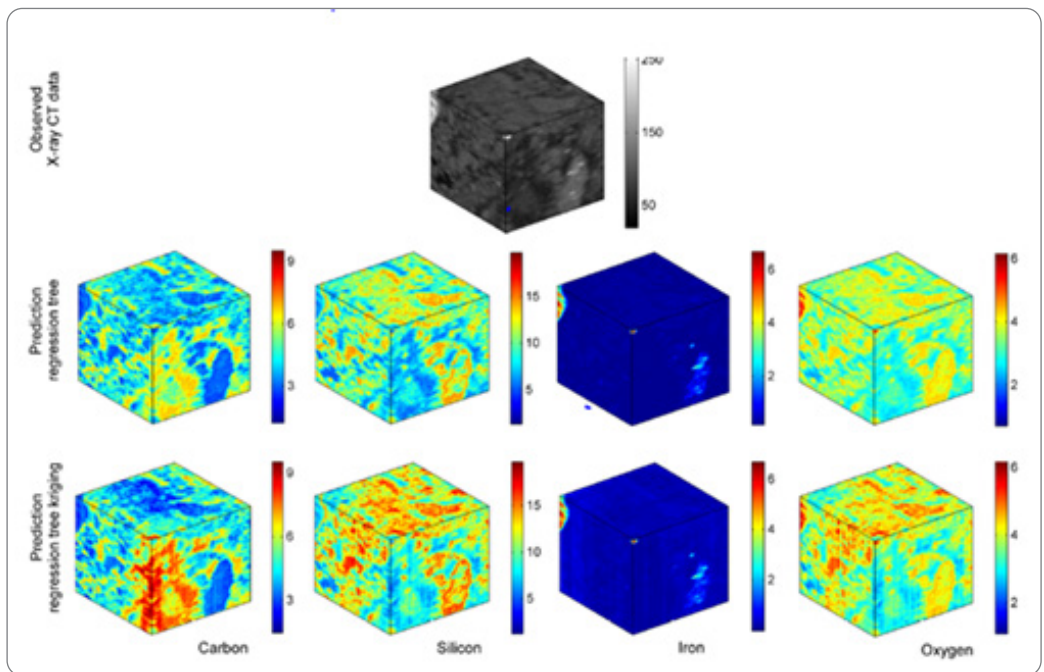
토양은 3차원의 자연체(3-Dimensional Natural Body)이나, 대부분의 토양에 관한 공간정보는 2차원인 면의 형태로 정보가 제공되고 있다. 3차원의 자연체인 토양은 면보다는 3차원의 공간정보 해석이 효율적이며, 토양 물리·화학적 성질은 토양 깊이와 함께 연속적으로 변화하기 때문에 3차원의 공간에서 토양 성질의 지도화가 필요하다. 그러나 토양 성질의 공간적 변동에 대한 정확한 해석을 위해서는 토양정보의 3차원 지도화 기술 개발이 필요하다. 최근 토양도의 작도에 있어서 3-D 지도화에 대한 관심이 증가하고(그림 4-20, 그림 4-21), 기술이 개발되어 세계 여러 나라는 고해상도 디지털 토양도를 이용한 3차원의 국가토양도로 만들려고 계획 중이다(Lie et al. 2020). 3차원의 작도기술 이용 시 토양 시료 채취에 필요로 되는 시료 수가 상당히 감소할 수 있으며, 시료 채취 및 분석비용과 결과 해석에 대한 정밀도는 높아질 수 있다. 그 결과 산림경영적인 면뿐만 아니라, 수자원 관리, 토양오염지 판정, 수문학적 모델의 정확도 향상, 과학적 산지시비 계획 수립, 토양침식 예측능력 향상 등에 기초 자료로 제공될 수 있다.

■ 기대효과 및 활용 방안

- 산림토양의 공간 분석에 수평적·수직적 이해도가 향상된다.
- 비용, 시간, 분석수준, 시료 수, 제공되는 정보, 조사지역의 범위 등에 대한 효율적인 관리 및 비용 대비 효과적인(cost-effectiveness) 토양 성질 분석이 가능하다.
- 산림재해발생지의 정확한 위치 및 범위가 결정됨으로써 산림재해 예측 및 복구에 효과적이다.
- 3차원 지도화된 공간정보는 산림작업, 시비, 적지적수, 산림토양 산성화 임지 복원 등 산림경영 뿐만 아니라 생태 및 환경 분야에 다양하게 이용이 가능하다.



[그림 4-20] 3-D 작도기술을 이용한 토양오염(탄화수소) 예측(Almebayedh et al., 2017)



[그림 4-21] 토양의 화학적 성질(탄소, 규소, 철, 산소)의 3-D 지도화(Hapca et al., 2015)

4. 디지털 뉴딜 및 K-포레스트와 산림입지토양 정보

4.1. 디지털 뉴딜과 산림입지토양도

2020년 7월 정부 관계부처 합동으로 경제구조 고도화와 지속가능한 일자리 창출을 목표로 발표한 “한국판 뉴딜”은 디지털 뉴딜과 그린 뉴딜의 두 축으로 구성되어 있다. 이 중 디지털 뉴딜은 4차 산업혁명 시대 대응을 위한 빅데이터(D, Data), 초연결(N, Network), 인공지능(A, AI)으로 구성되며 D·N·A 기반 디지털 혁신은 국가 경제 사회 전반의 디지털 전환을 모색하기 위한 전략과 데이터 기반 성장의 핵심주체로 대두될 전망이다. 데이터 기반 경제는 세계적으로 급성장하고 있으며 국내 데이터 시장은 2024년까지 연평균 15.3% 성장하여 약 30조원의 규모에 이를 것으로 전망되고 있다(문형돈 2021).

산림자원은 인간의 생존과 발달 및 생태적 안정성 등에 있어서 대체 불가능한 중요한 천연자원으로, 산림자원의 효율적 관리를 위한 빅데이터는 산림생태계 모니터링, 산림경영체계 개발, 산림정책 이행 등과 같은 산림경영정책에 광범위하게 적용될 수 있다. 한편, 산림입지토양도에서 구축한 기본 자료는 한국판 뉴딜의 디지털 뉴딜 D·N·A 생태계 강화 12개 중점 과제 중 “데이터 구축 개발 활용”과 밀접하게 관계된다(표 4-9).

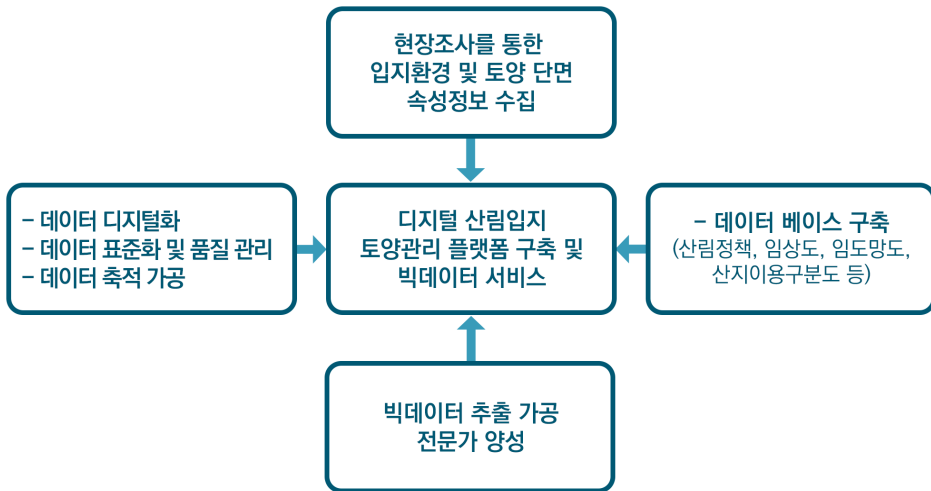
[표 4-9] 한국판 뉴딜 중 디지털 뉴딜의 4대 분야 및 중점 과제

4대 분야	중점 과제
D.N.A 생태계 강화	- 데이터 구축 개방 활용* - 전산업 5G AI 융합 - 5G AI 기반 지능형 정부 - K-사이버 방역체계
교육인프라 디지털 전환	- 초중고 디지털 기반 교육 인프라 조성 - 전국대학, 직업훈련기관 온라인 교육강화
비대면 산업 육성	- 스마트 의료 돌봄 인프라 - 중소기업 원격근무 확산 - 소상공인 온라인 비즈니스 지원
SOC 디지털화	- 4대 분야 핵심 인프라 디지털 관리체계 구축 - 도시 산단 공간 디지털 혁신 - 스마트 물류체계 구축

*진한 흑색 글자 부분은 산림입지토양도와 관련됨



산림입지토양도에 의해 구축된 디지털 데이터는 항공기, 위성, 드론 등의 원격탐사를 통하여 획득된 디지털 자료와는 달리, 현장 조사를 통하여 데이터가 구축되었기 때문에 정확하고 신뢰성 있는 데이터가 수집, 축적되어 있어 수요자에게 양질의 데이터 제공이 가능하다. 또한 임상도, 국유임소반도, 산지이용구분도 등과 융합 및 가공을 통하여 생산된 정보는 대민서비스 및 행정업무에 필요한 플랫폼 구축과 함께 데이터 기반의 산림정책 수립과 수요자가 요구하는 새로운 산림정보를 제공할 수 있다(그림 4-22).



[그림 4-22] 산림입지토양도 빅데이터의 특성

산림입지토양도에서 구축한 기본 데이터는 한국임업진흥원의 산림빅데이터거래소(그림 4-23)에서 제공하는 데이터 맵에 산림-산림자원-임상도-맞춤형 조림지도와 단기임산물재배적지도(그림 4-24) 등으로 분류되고 있다.

한국임업진흥원의 산림빅데이터거래소에서 거래되는 산림입지토양도의 빅데이터 관련 상품으로는 맞춤형 조림지도와 단기임산물재배적지도가 산림입지토양도의 도형 및 속성 데이터를 포함하고 있다(표 4-10). 한편, (주)우림엔알은 온톨로지 산림토양정보, 온톨로지 산림입지환경정보, 필지별 적지적수 조림 정보 등 13개 이상의 빅데이터를 제공하고 있다. 현재 임업진흥원을 통하여 개방되는 산림입지토양도 데이터는 무료로 제공되지만 필지별 적지적수 조림정보나 토석 채취 가능 정보 등은 일백만원의 가격이 책정되어 있다.



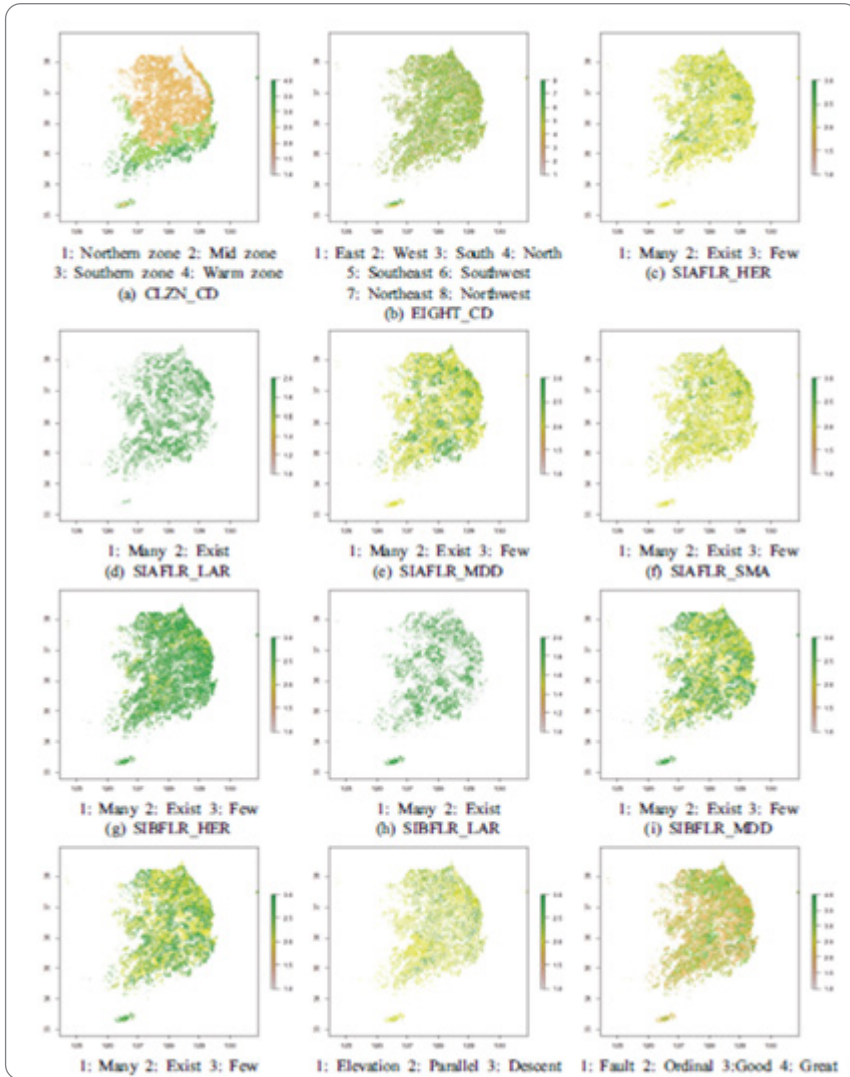
[표 4-10] 산림입지토양도로부터 획득된 빅데이터 거래 상품

회사명	상품명	설명	카테고리	가격(원)
한국임업진흥원	맞춤형 조림지도 (1:5,000)	맞춤형조림지도(1:5,000)	자원관리	무료
한국임업진흥원	단기임산물 재배적지도	단기임산물재배적지도	자원관리	무료
(주)우림엔알	온톨로지 (Ontology) 산림토양단면 이미지	산림토양 환경의 토심과 토층별 토양단면이미지(JPG) 정보 수집, 생산한 온톨로지 형태의 데이터	산림자원관리	무료
(주)우림엔알	온톨로지 산림토양정보	2019년 연속지적도 필지별 토심, 토성, 건습도, 토양형 등의 산림토양정보 수집, 생산한 온톨로지 형태의 데이터	산림자원관리	무료
(주)우림엔알	토석 채취가능정보	토석채취가능정보 생산	산림자원관리	1000000
(주)우림엔알	온톨로지 산림입지 환경정보	2019년 연속지적도 필지별 모암, 표고, 경사, 방위, 기후대, 지형, 사면 위치, 경사 형태 등의 산림입지 정보를 수집, 생산한 온톨로지 형태의 데이터	산림자원관리	무료
(주)우림엔알	임산물 생산예측지수	전국 단기임산물 생산 재배적지 및 산림입지토양도를 활용하여 임산물 생산예측지수 정보 수집 및 생산	산림자원관리	무료
(주)우림엔알	온톨로지 산지 지형정보	전국 산림, 표고(산정, 산복, 산록), 방위의 산림지형정보 수집, 생산한 온톨로지 형태의 데이터	산림자원관리	무료
(주)우림엔알	산지 지형 분석 정보	전국 산림, 표고(산정, 산복, 산록), 방위의 산림지형정보 수집, 생산	지형 분석	무료
(주)우림엔알	임산물생산정보 약초	전국을 대상으로 2020년 연속지적도 필지별 약초(구절초, 당귀, 마, 산양삼, 삼지구엽초, 삼주, 적약, 잔대, 천마, 하수오)관련하여 최저극기온, 연평균기온, 생육적온, 지온, 종자발아적온, 토심, 토양건습도, 토양pH, 유기물 함량, 토양건밀도, 발아시기, 주산지 등의 정보를 이용하여 분석하여 단기생산물 의 적지 및 가능지 정보를 수집, 생산	단기임산물	무료
(주)우림엔알	임산물생산정보 재배수실	전국을 대상으로 2020년 연속지적도 필지별 재배수실 (밤, 호두, 대추, 잣, 은행, 뽕은감)관련하여 최저극기온, 연평균기온, 생육적온, 지온, 종자발아적온, 토심, 토양건습도, 토양 pH, 유기물함량, 토양건밀도, 발아시기, 주산지 등의 정보를 이용하여 분석하여 단기생산물 의 적지 및 가능지 정보를 수집, 생산	단기임산물	무료
(주)우림엔알	필지별 적지적수조림 정보	산림기상과 산림입지, 산림토양, 임분, 기후대 정보를 융합한 지역별, 필지별 맞춤형 조림정보(주수종, 유사수종, 대체수종, 부수종, 대표수종) 데이터 생산	조림정보	1000000
(주)우림엔알	필지별 산림토양정보	2020년 연속지적도 필지별 토심, 토성, 건습도, 토양형 등의 산림토양정보 수집, 생산	입지토양도	무료
(주)우림엔알	필지별 산림 입지 환경정보	2020년 연속지적도 필지별 모암, 표고, 경사, 방위, 기후대, 지형, 사면 위치, 경사 형태 등의 산림입지 정보를 수집, 생산	입지토양도	무료
(주)우림엔알	산림토양단면 이미지정보	산림토양 환경의 토심과 토층별 토양단면이미지(JPG) 정보 수집, 생산	토양단면	무료

4.2. 산림분야 빅데이터의 활용 사례

산림분야 빅데이터에 대한 국외 활용 사례의 경우 중국은 1) 산림생태계서비스 분석과 산불 예측, 2) 산림자원관리체계 구축, 3) 산림경영정책 실행 등에 빅데이터를 기반으로 활용 중이다 (Hasan et al., 2019). 예를 들면, 산림생태계서비스 분석 중 산림생태계모니터링으로부터 수집된 장기모니터링 데이터는 산림생태계서비스 기능을 평가할 수 있는 데이터를 제공한다. 또한 빅데이터를 기반으로 한 산불예측은 복잡한 산불예측 시나리오에 적용이 가능하며, 빅데이터를 기반으로 한 산림 자원관리체계는 산림자원의 공간적 분포, 임산업, 사회적 요인 등과 융합하여 대량 생산이나 집약적인 산림관리에 이용이 가능하다. 특히 중국의 경우 산림 관련 빅데이터의 운용을 위해 국가생태빅데이터연구소(National Ecological Big Data Center), 국가생태빅데이터응용공학연구소(National Ecological Big Data Application Engineering Laboratory) 등을 설립하였다(Hasan et al., 2019).

산림입지토양도의 효율적인 활용을 위해서는 산림정책, 산림통계, 지리정보자료, 임상도, 기상 자료 등과 같은 여러 가지 형태의 정보 공간정보 구축과 데이터베이스화가 필수적이다. 또한 방대한 산림입지토양도의 빅데이터를 추출하고 가공할 수 있는 전문가의 양성과 교육이 요구된다. 산림분야에서 구축된 빅데이터는 산림분야 뿐만 아니라 농업분야에서도 활용이 가능하여 발작물재배지에 정확도가 높은 기상정보 생성을 위해 1:25,000 수치지형도(그림 4-25)로부터 도출된 12개의 토양속성 자료 및 기상요인과의 연관성이 분석된 바 있다(강다영 등, 2021).



[그림 4-25] 산림입지토양도의 빅데이터로 분석된 200m 해상도의 산림입지환경 및 토양단면 주제도(강다영 등, 2021)

■ 기대효과 및 활용 방안

- 우리나라 산림생태계 지하부의 공간정보를 ha 단위로부터 전국 단위까지 다양한 척도의 빅데이터로 제공이 가능하다.
- 산림경영을 위한 공간적 인지 및 올바른 의사결정에 필요한 정보를 제공한다.
- 첨단기술을 적용한 산림생태계 지하부 입지환경정보 제공으로 디지털 사회 전환에 부응한다.

5. K-포레스트와 산림입지토양도

코로나 19로 인해 큰 폭으로 증가하는 실업률에 대응하고 일자리 창출을 위한 해결책으로 그린 뉴딜 정책이 제시된 바 있다. K-포레스트는 산림산업을 통하여 일자리를 창출하는 한국판 뉴딜정책이라 할 수 있다. 한국판 뉴딜의 디지털 분야 중 K-포레스트에 의한 디지털 포레스트(Digital Forest)는 산림경영관련 빅데이터 플랫폼이나 지능형 산림재해 시스템 구축 등을 통한 산림데이터의 수집, 융합, 개방 및 활용 등과 관련한 전주기 인프라 구축으로 디지털 사회로 전환에 부응하는 것을 목표로 하고 있다.

K-포레스트는 4개의 뉴노멀 전략과 16개의 중점 과제로 구성되어 있으며, 1) 뉴노멀 전략 1의 디지털·비대면 기술의 산림분야 도입 중 “산림데이터 활용을 위한 디지털 산림경영 기반구축”과 “지능형 산림재해 관리로 촘촘한 안전망 구축”, 2) 뉴노멀 전략 3의 임업인의 소득안전망 구축 중 “경제림육성단지 재편으로 경영구조 선진화”, 3) 뉴노멀 전략 4의 기후위기 시대의 지속가능한 산림관리 중 “산림의 탄소 흡수·감축 기능 증진으로 기후변화 대응”의 과제 등은 산림입지토양도가 보유한 산림조사 활동 데이터의 활용을 통하여 가치 창출이 가능하다(표 4-11).

[표 4-11] K-포레스트의 4대 뉴노멀 전략 및 중점 과제

4대 뉴노멀 전략	중 점 과 제
디지털·비대면 기술의 산림분야 도입	<ul style="list-style-type: none"> - 산림데이터 활용을 위한 디지털 산림경영 기반구축* - 첨단기술을 접목한 산림복지서비스 접근성 향상 - 지능형 산림재해 관리로 촘촘한 안전망 구축 - 비대면 산림행정 및 산림서비스 확대
저성장 시대, 산림산업 활력촉진	<ul style="list-style-type: none"> - 친환경 시장 개척으로 임산업 활성화 - 도심권 숲을 활용한 생활 속 면역력 증진 - 숲을 활용한 바이오 생명산업·관광 등 신산업 지원 - 소외계층을 품는 공공일자리 및 산림형 사회적경제일자리 확대
임업인의 소득안전망 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 경제림육성단지 재편으로 경영구조 선진화 - 산림소득정책 발굴로 임업인 소득 보전 - 산림·임업분야 세계개편으로 산림경영 활성화 - 임업경영 임지의 적정 규모화 등 경영구조 개선
기후위기 시대의 지속가능한 산림관리	<ul style="list-style-type: none"> - 산림의 탄소 흡수·감축 기능 증진으로 기후변화 대응 - 국제사회와 그린연대로 K-포레스트 확산 - 신(New)산림재해 대책으로 기후재난 피해 최소화 - 자연과 공존을 위한 산림생태 및 평화체계 구축

*진한 흑색 글자 부분은 산림입지토양도와 관련됨



5.1. 산림데이터 활용을 위한 디지털 산림경영 기반구축과 산림입지토양도

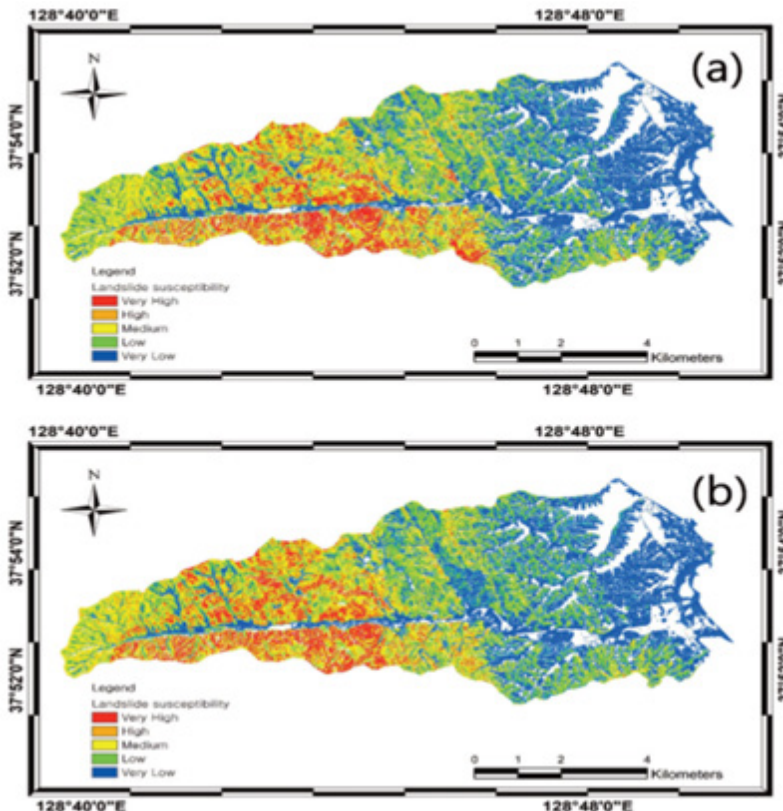
산림경영활동은 생태적(Ecological), 경제적(Economic), 사회적(Social)으로 매우 복잡한 시스템(Complex system)으로 구성되어 있기 때문에 합리적인 산림경영관리를 위해서는 산림경영에 포함되는 다양한 시공간적인 정보의 통합이 이루어져야 한다. 2008년 이후 2021년까지 전국 산림지역을 대상으로 현장 조사를 통하여 획득된 방대한 양의 산림입지환경 및 토양단면의 빅데이터는 구축되었으나 데이터의 효율적인 이용을 위해서는 국가산림자원조사, 국유임소반도, 임도망도, 임상도 등과 같은 산림분야 디지털 데이터와 공유가 필요하다. 또한 산림입지토양도의 빅데이터와 공간정보는 조림, 숲가꾸기, 임목생산, 임도, 사방 등의 사업 설계·시공·감리, 산림생태계 취약지 구분, 산림작업기계의 사용 적합성 여부 판정 등 다양한 산림경영활동에 있어서 올바른 의사 결정을 할 수 있는 지원체계를 구축할 수 있다.

■ 기대효과 및 활용 방안

- 토양도의 공간 및 속성 DB의 개방 및 활용을 통한 가치를 창출할 수 있다.
- 산림생산능력지수와 산림토양건강도 판정 및 산림사업 적합지 선정에 활용할 수 있다.
- 정밀산림데이터와 산림경영 데이터를 융합한 디지털트윈 기반 플랫폼을 구축할 수 있다.
- 디지털 산림입지 토양 데이터의 민간 개방 및 AI 기술 적용으로 의사결정을 지원할 수 있다.
- 산림경영 정보를 활용한 단기임산물 재배 적지 판정 등 산림산업의 적지분석으로 창업지원이 가능하다.
- 원격탐사 및 라이다 같은 첨단기술을 활용한 디지털 정밀 산림입지 토양 데이터의 수집, 분석, 관리에 용이하다.
- 현장 조사를 통한 정확하고 신뢰성 있는 자료의 확보로 정밀임업 발달을 위한 기반을 구축할 수 있다.

5.2. 지능형 산림재해 관리로 촘촘한 안전망 구축과 산림입지토양도

지구온난화나 기후변화 등과 같은 지구환경의 급격한 변화로 인하여 산림재해의 정확한 예측이 현실적으로 불가능해지고 있다. 특히, 산림재해 예방을 위해 현장중심의 산불예방진화대, 산사태현장예방단, 산림병해충 예찰단을 운영하고 있으나 현재의 인력 중심의 대응으로는 산림재해 예방에 한계가 있으며 공간적으로 넓은 범위에서 발생하는 산림재해에 대한 예방 효과는 크지 않은 편이다. 따라서, 대규모 산림재해의 정확한 예측과 장기적인 산림재해 관리체계 구축, 신속하고 안전한 대응 및 국민안전 확보를 위해서는 산림입지토양도의 도형 및 속성 정보를 활용하여 지능형·기술집약형 산림재해 관리가 필요하다. 예를 들면, 국내에서 수행된 토양정보를 이용한 산림재해관련 예측 시스템으로 주문진읍을 대상으로 지형 요소, 수문 요소, 산림입지토양도(1:5,000), 지질도(1:25,000) 등의 5가지 범주로 분류된 20가지의 산사태 유발 요소로부터 산사태예측 모델을 개발한 결과(그림 3-26) 모델의 정확도는 80% 정도로 높게 나타난 바 있다(박성재 등, 2018).



[그림 4-26] 산림입지토양도 데이터를 활용한 강원도 주문진의 산사태 취약지(박성재 등, 2018)

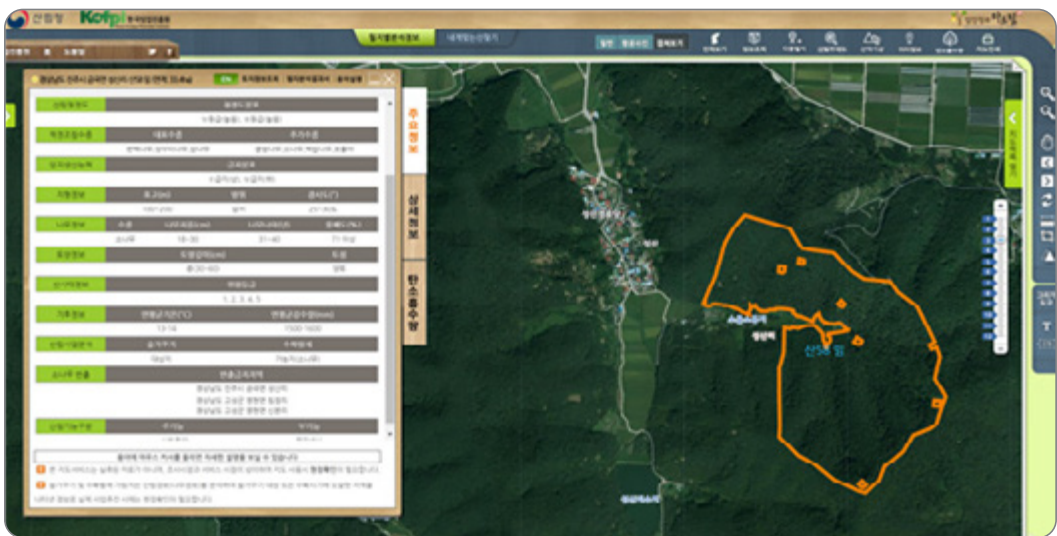


■ 기대효과 및 활용 방안

- 토양을 기반으로 발생하는 산사태나 땅밀림 같은 산림재해 발생 예측 정확도 향상을 위한 기본 자료 제공 및 피해 예측모델 개발과 정밀 공간정보 구축에 활용할 수 있다.
- 산림입지환경을 기반으로 한 지능형 산림재해관리시스템 구축으로 산림재해관리 및 안전한 국토관리가 가능하다.
- 데이터 기반의 재해예측을 위한 산림 공간 통합 관리시스템의 활성화 및 재구축이 가능하다.

5.3. 경제림육성단지 재편으로 경영구조 선진화와 산림입지토양도

전 세계적으로 부상하고 있는 보호무역주의에 대비하고 국산목재와 국내산 임산물의 안정적인 공급 체계의 필요성에 의해 산림청은 2035년까지 국내재의 70%를 경제림육성단지로부터 공급할 계획으로 경제림육성단지 재편을 실시하고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 경제림육성단지(234만ha)와 임업진흥권역(118만ha)을 대상으로 산림입지환경 요인과 산림경영여건 및 집단지화 가능성을 빅데이터를 분석하고 적지적수 선정 프로그램을 이용하여 산림경영 최적지 산출이 필수적이다. 한국임업진흥원 임업정보 다드림의 필지별 산림정보시스템에서(그림 4-27) 산림입지토양도의 도형 및 속성 정보로부터 수요자 선택형 조림수종을 일부 제시하고 있으나, 최근 조림을 통한 탄소중립의 중요성이 대두됨에 따라 탄소흡수능력과 관련한 적지적수 프로그램의 개발도 필요하다.



[그림 4-27] 한국임업진흥원 임업정보 다드림의 필지별 산림정보시스템 (경상남도 진주시 금곡면 필지별 조림수종 및 산림속성 정보)

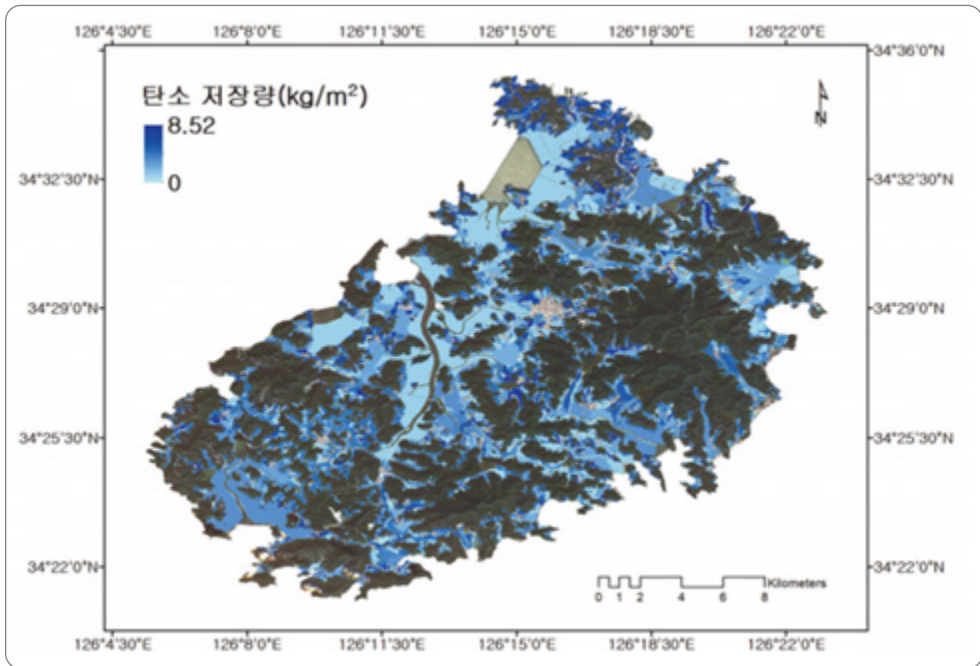
■ 기대효과 및 활용 방안

- 산림생산력 증가에 따른 임업인의 산림소득 증대가 기대된다.
- 지속가능한 산림생산력 유지 및 고부가가치 산림자원 육성이 가능하다.
- 수요자에게 적지 적수 권선 양질의 서비스 제공이 가능하다.
- 산림경영 최적지를 중심으로 투자를 집중하고, 규제 완화로 민간 참여를 유도할 수 있다.
- 가치 있는 경제림의 육성으로 국산 목재 활용 및 산림경영 활성화가 기대된다.

5.4. 산림의 탄소 흡수·감축 기능 증진으로 기후변화 대응과 산림입지토양도

지속가능한 산림경영 및 산림의 탄소 흡수·감축 기능 증진으로 기후변화 대응을 위한 탄소중립이 국내외적으로 주요한 관심사이다. 국내에서는 2030 국가온실가스 감축목표 달성 시 국내외 산림을 흡수원으로 활용하여 산림부문 탄소흡수량(국가감축목표의 7%인 22.1백만톤)의 확보를 위한 산림갱신, 도시숲 조성, 산림바이오매스 활용 등을 계획하고 있다.

산림입지토양도는 산림탄소흡수력 증진을 위한 숲가꾸기 및 불량활엽수림의 수종갱신지 선정이나, 산림생산력 증진과 밀접한 관련이 있으며, 산림생산력과 밀접한 관련이 있는 소규모 경관의 지하부 토양 탄소저장량 평가 등이 가능하다. 산림토양 탄소량은 산림토양의 질적 성질을 결정하는 가장 중요한 요소이며, 탄소저장량 증진을 통하여 기후변화를 완화할 수 있는 것으로 알려져 있다. 토양 탄소저장량의 경우 전자 토양도 기법을 이용하여 임분 단위, 경관 단위, 지역 단위, 국가 단위, 대륙 단위 지구 규모의 분석이 가능한 것으로 알려져 있으며, 국내에서도 디지털 산림토양도(그림 4-28)를 통하여 전라남도 진도군의 토양 탄소저장량의 예측모델을 개발하고 모래, 미사, 점토 함량이 예측모델의 중요한 변수로 선택된 바 있다(정관용, 2018).



[그림 4-28] 전자도양도로 예측한 전라남도 진도군 토양 탄소저장량 예측(정관용, 2018)

■ 기대효과 및 활용 방안

- 임분, 지역, 국가 등 다양한 척도에서 산림토양의 탄소저장량의 평가와 함께 기후변화 대응 역량을 강화할 수 있다.
- 산림토양 탄소저장량 증진을 위한 산림사업기술개발에 활용할 수 있다.
- 산림토양 탄소저장량을 이용한 산림생산력 예측으로 불량림이나 수종갱신대상지 판정에 활용할 수 있다.



6. 디지털산림입지토양도(Digital Soil Mapping; DSM) 제작

6.1. DSM의 개념 및 필요성

Digital Soil Mapping (DSM)은 특정 지역의 환경정보와 현장 및 실험실에서 얻은 토양 속성 측정치 사이의 정량적 관계를 기반으로 공간토양 데이터베이스를 구축하고, 토양도를 제작하는 기술이다(McBratney et al., 2003).

특정 지역의 환경정보는 지질, 지형, 기후, 식생 등 토양 형성에 영향을 미치는 인자들로 구성되며 (이하 토양형성인자), DSM은 해당 인자들과 토양 속성을 수학적 및 통계적 모델에 대입하여 요소들 사이의 상관관계를 분석하고 토양 속성의 공간적 분포를 예측한다.

우리나라 토양도 개발 및 보급에 DSM 기술의 도입이 필요한 이유는 DSM을 통해 기존의 토양도 개발 체계가 갖는 여러 한계점을 보완할 수 있기 때문이다. 기존 토양도 제작 방식이 갖는 단점은 다음과 같다. 첫째, 현장 조사를 기반으로 자료를 확보하기 때문에 토양도 제작에 시간과 비용이 많이 소요되며, 토양도를 제작한 이후 수정사항을 반영하는 것 또한 오랜 시간이 소요된다. 둘째, 확보할 수 있는 단위 자료가 폴리곤 형태이며, 경계와 구획으로 나누어져 있어 연속적인 토양 속성의 변이를 반영하기 어렵다. 셋째, 기존의 토양도는 기후, 경관, 수문 현상 등을 모의할 수 있는 토양 속성에 대한 정보가 부족하다(박수진 등, 2010).

현장에서 직접 채취한 토양 시료를 실험실에서 분석하고 그 속성을 바탕으로 불연속적인 토양정보를 종합하여 토양도를 제작하는 기존의 방식과는 달리, DSM은 모델을 구동하여 토양 속성을 추론하기 때문에 현장 자료가 필수적이지 않다. 따라서 접근이 어려운 지역 또는 넓은 지리적 범위에서 저렴한 비용과 높은 효율로 토양도를 제작할 수 있다.

DSM은 토양 속성과 토양형성인자들 간의 통계적 모델, 회귀식, 자기상관 등을 바탕으로 제작되므로, 토양 속성이 경관 내에서 연속적으로 변화하는 것을 반영할 수 있으며, 이러한 연속적인 공간 단위에서 여러 종류의 토양 형태와 속성을 예측할 수 있다(McBratney et al., 2003).

DSM은 토양도 제작에 더하여 예측한 토양 속성의 불확실성(특정 토양 속성이 지구 표면의 특정 지점에서 나타날 확률)을 추정할 수 있으며, 과거 토양 조사 결과의 수정 및 갱신, 특정 토양 속성의 추가적인 해석 및 추론 등에도 사용할 수 있다(Carré et al., 2007).

DSM을 통해 제작된 Digital Soil Map의 단위는 픽셀(pixel)이다. 각 픽셀은 특정한 지리적 위치와



토양정보를 포함하고, 이들이 모여 격자무늬의 그리드(grid)를 구성한다. 따라서 Digital Soil Map은 격자의 각 영역을 구성하고 있는 픽셀들의 속성 정보에 따라 이미지를 다양하게 나타낼 수 있는 래스터(raster) 형태의 지도이다.

6.2. DSM 개발의 역사

토양도 제작의 과학적 근간은 1941년 토양학자 Hans Jenny가 개발한 개념적 모델로, 특정 경관의 토양(S)은 5가지 환경인자(토양형성인자)인 기후(climate; cl), 유기체(organisms; o), 지형(relief; r), 모재(parent material; p), 시간(time; t)에 의해 결정된다는 내용이다.

$$S = f(\text{cl, o, r, p, t})$$

Jenny의 모델은 환경인자들의 약자를 조합한 CLORPT 모델이라고도 알려져 있다. 이 모델은 오랜 기간 토양도 제작을 위한 개념적 근간이 되어왔으나, 환경인자와 토양 속성 간의 연관성을 정량적으로 표현하지 못한다는 한계가 있다.

이와 같은 한계를 보완하기 위해 McBratney et al. (2003)은 특정 시공간에서의 토양 등급(soil classes; Sc) 또는 토양 속성(soil attributes; Sa)이 토양(soil; s), 기후(climate; c), 유기체(organisms; o), 지형(relief; r), 모재(parent material; p), 시간(age; a), 공간적 위치(spatial location; n) 총 7가지 환경 공변량들의 경험적·정량적 함수라는 SCORPAN 모델을 제안하였다. 현재 DSM은 이 모델을 공간토양정보 예측에 이용하고 있다.

$$Sc \text{ or } Sa = f(s, c, o, r, p, a, n) + e$$

e는 공간상관잔차(spatially correlated residuals)를 의미한다. 표 4-12은 SCORPAN 모델에서 사용되는 환경 공변량의 종류와 해당 정보를 얻을 수 있는 자료를 나타낸다.

[표 4-12] SCORPAN 모델에 사용되는 환경 공변량(토양형성인자) 및 각 공변량 별 적절한 자료 예시 (McBratney et al., 2003)

환경 공변량		자료 예시
Sc, Sa	토양 등급, 토양 속성	기존 토양도, 현장 관측자료
c	기후	강우량, 기온
o	유기체	식생, 토지 이용, 생물종 분포
r	지형	고도, 지형, 지형파생인자 (경사, 지형습윤지수, 곡률 등)
p	모재	모암
a	시간	토양연령, 풍화 지수, 토지이용
n	공간적 위치	좌표, 공간변이성

SCORPAN 모델의 중요한 특징은 다음과 같다. 첫째, 토양 형성에 기여하는 환경인자들은 서로 독립적이지 않을 수 있으므로 환경 공변량으로 정의된다. 둘째, 토양이 환경 공변량에 포함된다. 셋째, 모델에 대입되는 요소들 사이의 기능적인 관계를 정량적으로 나타낸다.

환경 공변량 중 토양(s)은 점적 관측자료, 기존 토양도 상의 토양정보, 원격으로 감지하여 추출한 정보 등을 사용할 수 있다. 일반적으로, 환경 공변량 중 토양(s), 유기체(o), 모재(p), 지형(r), 기후(c)는 GIS 등을 사용하여 구할 수 있는 래스터 자료 내 공간 정보를 담고 있는 전산화된 자료이다. SCORPAN 모델은 이와 같이 지리적으로 명확하며 전산화된 환경 공변량과 공간 단위에서 예측할 토양 등급 또는 토양 속성 간의 정량적인 관계를 파악한다. 일부 경우에서, 환경 공변량 중 시간(t)이 인류 활동(개간, 개발, 용도 변경 등)이 토지를 어떻게 바꾸었는지를 반영한다.

2000년대 전후 컴퓨터 기술이 발달하여 대량의 정보를 빠르게 처리할 수 있게 되고, 지리정보시스템(Geographic Information Systems; GIS), 전지구위치확인시스템(Global Positioning Systems; GPS), 디지털고도모델(Digital Elevation Model; DEM), 예측 또는 추론 모델, 데이터 분석용 소프트웨어 등의 가용성과 접근성이 증가함에 따라 효율적으로 지질, 지형 또는 초목과 관련된 환경인자를 식별할 수 있게 되면서 토양 조사 기술이 크게 발전하였으며, DSM의 개발 및 보급도 증가하고 있다.

기존의 토양도 제작 체계 또한 현장 관측자료에 GIS, DEM 등으로 구할 수 있는 정보들을 통합하는 방식으로 바뀌었다. 그러나 DSM과 기존 토양도 제작과의 중요한 차이점은 DSM이 정량적 추론 모델을 사용하여 지리정보 데이터베이스(래스터)로부터 토양 등급 또는 토양 속성을 예측한다는



점이다. 데이터 마이닝, 통계 분석 및 머신러닝을 기반으로 하는 모델은 공간의 패턴과 유형을 인식하기 위해 방대한 양의 지리공간데이터를 유의한 군집으로 재구성할 수 있다(Kienast-Brown et al., 2021).

6.3. 제작 방법 및 절차

DSM을 이용한 Digital Soil Map의 제작은 일련의 단계를 거쳐서 이루어진다. 각 단계는 토양도 제작을 위해 달성되어야 하는 특정 목표를 포함한다. 제작 절차 내 여러 지점에서 검토 및 평가가 이루어지며 보완이 필요할 시 반복적으로 이전 단계들을 다시 수행해야 한다.

USDA에서 제공한 Digital Soil Map 제작 절차는 다음과 같다(Kienast-Brown et al., 2021).

가. 대상지 및 프로젝트 범위 지정

1) 목표 설정 및 구체화

- 토양도 주제: 추정 대상인 토양 등급 또는 토양 속성을 정하고, 측정 대상지의 지리적 규모, 제작 목표 토양도의 축척 등을 정한다.

나. 측정 방법 지정

1) SCORPAN: 환경 공변량 및 각 변량의 적절한 데이터 출처 지정

대상지 토양의 발달과 분포에 중요하게 기여하는 환경 공변량을 선별한다.

2) 측정 및 공정의 규모

3) 사용 가능한 측정 방법(현장 조사, 원격 탐지 등)

항공 사진 또는 광파탐지및거리측정기(Light Detection and Ranging; LiDAR)를 이용하여 구한 지형 정보를 바탕으로 DEM을 생성할 수 있다. 특히 고도는 토양 속성과 밀접한 관련이 있어서 토양도 제작 시 지형 정보를 포함하는 DEM이 광범위하게 이용된다.

원격 탐지를 통해 구할 수 있는 스펙트럼 데이터는 토양, 식물 및 기타 물질의 표면 특성에 대한 직접적인 정보를 제공한다.



다. Raw 데이터 확보 및 전처리

1) 데이터 식별 및 획득

2) 데이터 품질 평가

해상도: 공간적, 시간적, 스펙트럼 등의 해상도 유형이 있다.

공간적 해상도는 그리드 내 픽셀 크기를 의미한다.

시간적 해상도는 데이터수집의 시점 및 빈도를 나타낸다.

측량 단위: 원본 데이터 간의 단위가 호환되지 않는 경우(feet, meter 등) 값을 변환한다.

3) 데이터 정리

데이터의 유형과 비트 수(1·2·8비트 또는 단일·이중 비트)를 지정한다.

데이터 관리 계획을 수립한다. 데이터 관리 체계, 파일 명명규칙, 데이터 백업 절차 등

Dataset은 주제형(thematic) 또는 연속형(continuous)으로 지정할 수 있다.

4) 데이터 전처리

데이터는 즉시 사용할 수 있는 형식이 거의 없고, 일반적으로 데이터를 분석 또는 모델에 통합하기 전에 전처리가 필요하다.

신뢰할 수 있는 이미지 출처(NAIP)를 사용하여 좌표참조(georeferncing)를 검증한다.

데이터 layer 간의 공간해상도(픽셀 크기)를 정규화한다.

원격 스펙트럼 이미지는 구름, 연기, 햇빛 등에 의한 데이터 손실 및 보정을 고려해야 한다. 데이터 손실 또는 보정이 분석에 미치는 영향을 줄이기 위해 데이터 전처리를 수행한다.

라. 데이터 탐색 및 경관·지형 분석

1) 지형 및 스펙트럼 특성 도출

지형 특성은 DEM에서 구할 수 있으며 일반적으로 래스터 형식을 갖는다.

특히, 고도는 등고선, 지형 조사 또는 LiDAR 데이터로부터 도출할 수 있다. 지형 특성은 두 범주로 분류할 수 있는데, (1) DEM에서 직접 측정되는 일차 특성과 (2) 일차 특성의 조합인 복합 특성이 있다.



GIS의 개발로 인해 지형측정학이 발전하여 지형 특성의 목록이 증가하고 있다.

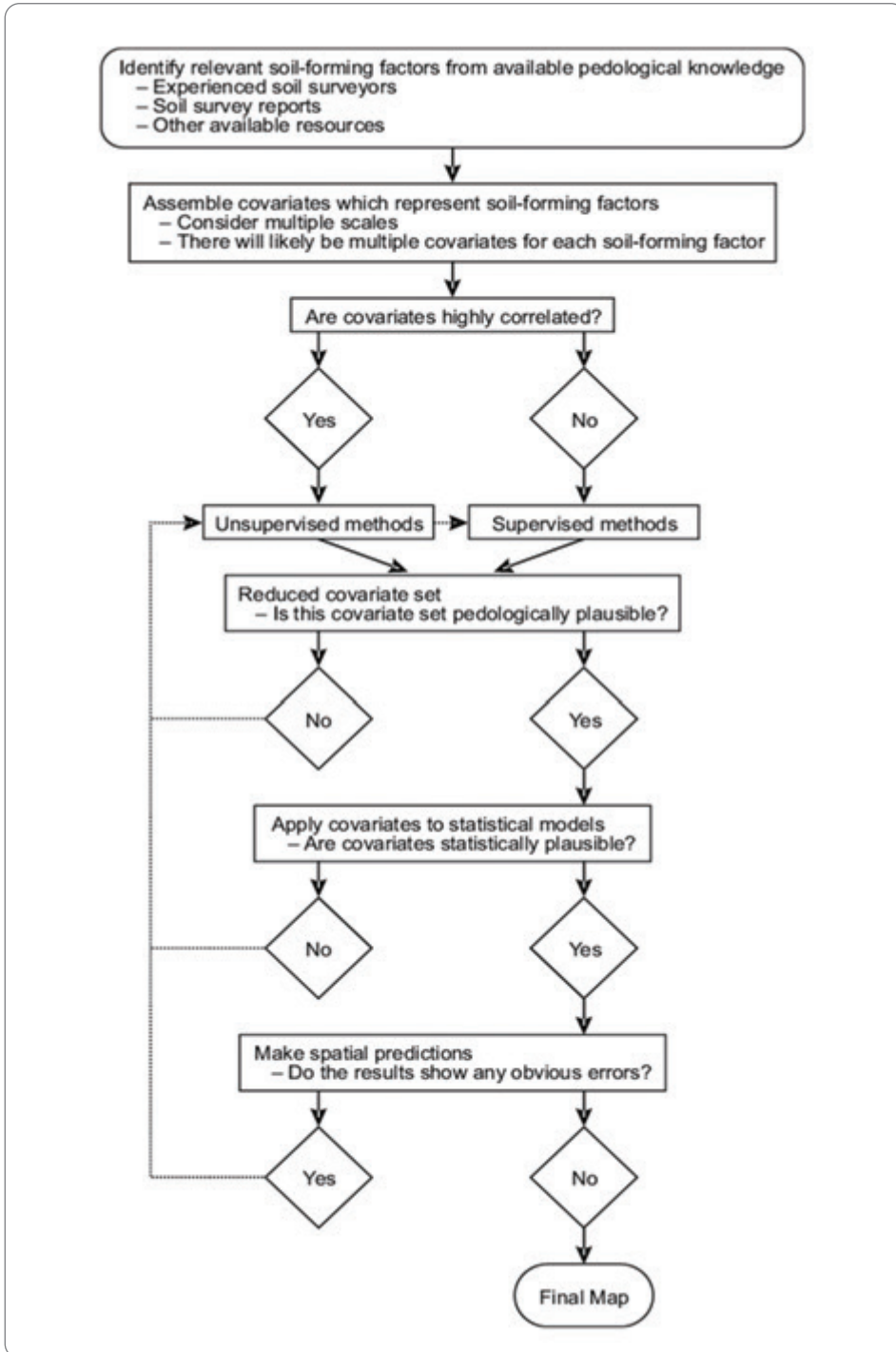
스펙트럼 데이터를 생물물리학적 지표로 변환할 수 있다. 가장 널리 사용되는 생물물리학적 지수는 식생풍부도와 관련이 있는데(NDVI), 식생은 고유한 스펙트럼 반사 패턴을 갖기 때문이다.

가장 널리 사용되는 세 가지 스펙트럼 변환은 밴드비(band ratios), 주성분 분석 및 Tasseled Cap (Kauth-Thomas) 변환이다.

2) 적절한 예측인자(공변량 집합) 선택

데이터를 분석하여 적절한 지형 또는 스펙트럼 정보가 가공되면 모델에 대입하기 위한 환경 공변량을 선택해야 한다. 모델링에서 사용 가능한 모든 공변량을 예측인자로 사용할 수 있지만, 최적의 하위 집합을 선택해야 모델의 불확실성을 줄일 수 있다. 공변량 수가 증가하면 모델 과적합(overfitting)과 계산 시간이 증가한다.

하나의 공변량을 여러 가지 데이터 layer가 나타낼 수 있으므로, 공변량의 수가 많아질 수 있다. 감독 및 무감독 기법을 사용하여 이러한 공변량을 더욱 세분화할 수 있다. 최적의 예측인자는 통계적으로 가장 정확한 모형을 생성하고 정확한 예측을 산출하는 공변량의 집합이어야 한다. 다음 그림은 적절한 공변량 선택을 위한 지침을 나타낸다.



[그림 4-29] 공변량 선택을 위한 지침 및 단계



마. 훈련 데이터 표본

Digital Soil Map의 제작은 예측인자(공변량)와 모델의 목표 토양 등급 및 속성 사이의 관계에 따라 달라진다. 따라서 토양 속성의 분포를 대표하여 나타낼 수 있는 공변량 표본을 선택하는 것이 중요하다.

훈련 데이터로 알려진 이러한 표본들은 유사한 상황에서 특정 토양 속성의 발생을 예측하도록 모형을 훈련시키는데 사용할 데이터를 제공한다.

1) 사례 기반 또는 선형적 표본

2) 현장 표본

검토 및 평가:

- 데이터 layer가 중요한 환경 공변량을 나타내는가?
 - 그렇다: “바”로 이동
 - 아니다: “나”, “다”, “라”로 이동
- 훈련 데이터가 관심 대상인 토양 등급 또는 토양 속성을 예측하기 적합한가?
 - 그렇다: “바”로 이동
 - 아니다: “마”로 이동

바. 토양 등급 또는 토양 속성 예측

1) 적절한 예측 방법의 선택 및 적용

(1) 토양 등급: 감독 분류 또는 무감독 분류, 예측 모델링

무감독 분류는 컴퓨터 자동화에 가장 의존하는 예측 방법이며, 훈련 데이터를 필요로 하지 않는 유일한 방법이다. 이 알고리즘은 통계적으로 결정된 기준에 따라 유사한 특성을 가진 데이터 및 픽셀에 내재된 통계 패턴을 발견한다. 반복적 자기-조직화 자료분석 기술(Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm; ISODATA)이 가장 일반적으로 사용되는 무감독 분류 알고리즘이며 다양한 소프트웨어 패키지에서 사용할 수 있다.

예측 모델링은 통계 모델링 또는 머신러닝이라고도 한다. 정확히 예측하기 위해 토양 등급이나 속성

및 환경 공변량 간의 실제 관계를 근사화하는 수학적 모델을 개발한다. 예측 모델은 개념적으로 분류와 회귀라는 두 가지 광범위한 그룹으로 나눌 수 있다. 분류 모델은 토양 등급의 예측에 사용되며, 회귀 모델은 연속적인 토양 속성의 예측에 사용된다.

(2) 토양 특성: 예측 모델링, 지리통계학

지리통계학은 가까운 객체가 먼 물체보다 서로 더 관련이 있다는 점을 기본 전제로 하여, 공간 정보를 모델링할 수 있는 다양한 기술을 포함한다.

검토 및 평가:

- 예측 결과가 타당한가?
 - 그렇다: “사”로 이동
 - 아니다: 예측 방법, 예측인자, 훈련 데이터를 재선별하여 “라”, “마”, “바”로 이동

사. 결과의 정확도 및 불확실도 계산

모든 토양도에 묘사된 값은 실제 값의 근사치이다. 토양도의 품질을 정량적으로 평가하기 위해서는 정확도를 추정할 필요가 있다. 예측정확도는 한 위치의 예측값과 동일한 위치의 측정값 사이의 차이이다(Brus et al., 2011). 바람직한 예측 모형은 이 차이가 작게 나타난다.

DSM에서 불확실성은 대표적으로 다음 원인에 의해서 발생한다: (1) 토양 단위 표본의 위치 정확도, (2) 공변량 정확도(DEM의 수직 불확실성 등), (3) 토양 등급 또는 속성 측정(토양 분류, 실험실 분석 등) 및 (4) 모델의 구조(곡선 데이터에 대한 선형 모델 사용 등).

검토 및 평가:

- 정확도 및 불확실도 결과가 허용 가능한가?
 - 그렇다: “아”로 이동
 - 아니다: 예측 방법, 예측인자, 훈련 데이터를 재구성하여 “라”, “마”, “바”로 이동

아. DSM 응용 및 활용

- 1) 토양 등급 또는 토양 속성 지도 생성
- 2) 기존 토양도 평가
- 3) 토양정보 기반 서비스 생성
- 4) 다른 분야로의 적용

6.4. DSM 활용 사례

가. 국내 사례

국내에서는 USDA의 토양분류법에 따라 토양조사가 이루어졌으며, 이를 바탕으로 만들어진 토양도를 전산화하여 활용하고 있다. 이후 우리나라에서 DSM 기술을 도입하고자 기존 토양도를 참고하여 토양유기탄소 및 토성 자료에 대한 6개의 표준깊이별 Digital Soil Map을 작성한 바 있다 (Hong et al., 2012)(그림 4-30).

DSM을 이용하여 농토양을 대상으로 비료 소요량을 산정한 연구사례가 있다(이철우 등, 2019). 15년간 축적한 토양 자료를 활용하여 농토양의 유기물, 유효규산, 유효인산량을 DSM 기술의 ordinary kriging 접근 방식으로 지도화하였고, 이를 바탕으로 공간적 지역단위의 질소 및 인 소요량을 도출하였다.



[그림 4-30] 모래, 세토, 점토의 공간 분포를 나타낸 Digital Soil Map

나. 해외 사례

국제적으로 IUSS (International Union of Soil Sciences)의 Digital Soil Mapping Working Group이 활동 중이다. IUSS DSM Working Group은 2004년 프랑스 몽펠리에에서 첫 번째 국제 DSM 워크숍을 통해 결성되었고, 2006년 개최된 두 번째 워크숍 이후 GlobalSoilMap 프로젝트가 시작되었다(Arruays et al., 2014, Hempel et al., 2014).

미국에서는 National Soil Survey Center 소속 GRU (Geospatial Research Unit)의 지원을 받아 플로리다, 워싱턴 등 8개 주에서 약 30개 지역의 Digital Soil Map을 개발하였다(Kienast-Brown et al., 2021).

UNEP, FAO, ISRIC가 협력하여 여러 국가 및 지역의 Digital Soil Map을 제작하는 SOTER (Soils and Terrain Digital Database) 프로젝트를 추진하였다. 이 프로젝트를 통해 남아메리카, 남부 및 중앙아프리카, 동부 및 중부 유럽을 포함한 전 세계 여러 지역의 토양 및 지형 특성을 나타내는 토양 등급 지도가 개발되었다(Grunwald et al., 2011).

스코틀랜드에서는 GlobalSoilMap 프로젝트의 지침을 따라 표토 및 전체 토양 profile에서 토성에 대한 3D 모델링 및 토양도 제작을 시도하였다(Poggio & Gimona, 2017). 이와 같은 토양 속성 예측에 대한 3차원적 접근 방식은 희소한 편이다.

칠레에서는 GlobalSoilMap 프로젝트에 기여하고자 국토 범위의 DSM 기술 적용을 시도하였다(Padarian et al., 2017). 해당 연구는 CART 회귀 방법을 이용하여 토양형성인자와 8가지 토양 특성(유기탄소, 포장용수량, pH, 부피밀도, 영구위조점, 점토·모래·미사의 입자 크기 분율) 사이의 연관성을 설명하였다.

브라질에서는 여러 가지 데이터 마이닝 기법을 사용하여 DSM의 정확도를 검증한 연구가 있다(da Silva Chagas et al. 2017).

인도에서는 건조한 인도 서부 지역에서 DSM 방법론을 이용한 모래 함량 지도를 작성한 사례가 있다(Santra et al., 2017). 이 연구는 GlobalSoilMap 프로젝트를 기준으로 따라서 네 가지 접근 방식(ordinary kriging, universal kriging, random forest regression, regression kriging)을 통해 토양도를 작성하였고, 추론 결과를 교차 검증하였다.

벨기에 남부의 토양 유기탄소량을 정량화하고 지도화하기 위해 DSM과 확률적 시뮬레이션을 결합한 방법론이 개발되었다(Charlin et al. 2017).

6.5. DSM의 한계점

DSM의 한계는 토양 속성을 추정한다는 데 있다. 추정치의 정확도를 평가하는 가장 명확한 방법은 토양 시료 속성의 실측값과 DSM의 추정치를 비교하여 일치도를 확인하는 것이다.

DSM 기술을 통한 토양 속성 예측은 추론의 불확실성을 줄이기 위해 수집한 토양 및 환경 공변량에 대한 데이터가 가능한 적은 전처리와 가공을 거쳐서 조합이 되고, 구동할 모델과 호환이 가능해야 한다. 따라서 데이터 수집의 측면, 또한 정밀한 추론 모델의 측면에서 개선점이 있다.



DSM은 전 세계적으로 확산되었지만 아직 여러 국가와 지역에서 전문인력의 부족으로 인해 제대로 활용되고 있지 않다. DSM 관련 토양학 전문가가 부족하여 현재 DSM은 토양학 이외의 다른 분야의 과학자에 의해 연구 및 개발이 진행되고 있다(Zeraatpisheh, et al., 2020).

■ 기대효과 및 활용 방안

- DSM의 통계 모델은 대규모 정보를 수용하고 분석할 수 있어 전국의 공간정보를 다양한 척도의 빅데이터로 제공할 수 있다.
- DSM을 활용하여 넓은 지역을 대상으로 연속적인 토양 속성 정보를 추정할 수 있다. 이를 통해 산림입지토양도 제작을 위한 비용 및 시간적 효율이 극대화될 것으로 기대된다.
- DSM을 통해 개발된 지도는 정보 갱신이 용이하여 주기적인 업데이트를 통해 환경 변화를 반영한 정확한 토양 속성 정보를 민간 등에게 제공할 수 있다.
- 토양생성인자를 모델의 주요 환경 공변량으로 사용하는 DSM의 특성상 기존의 토양도가 제공하지 못하는 기후, 수문 현상 등을 모의할 수 있는 토양 속성 정보를 제공할 수 있다.
- DSM을 활용한 임분, 지역, 지형별 토양 탄소량 추정은 국가 고유의 탄소배출·흡수모델을 개발하는데 도움이 되며 이를 통해 국가 온실가스인벤토리의 수준(tier) 향상을 이끌어낼 것으로 기대된다. 이는 더 나아가 국가 기후변화 대응 역량 강화에도 기여한다.
- 첨단기술을 적용하여 구축한 산림토양 지도 구축으로 디지털 사회 전환에 부응할 수 있다.

7. 전문인력 훈련 및 양성 방안

7.1. 산림입지토양도 전문가 양성 교육

2009년 1:5,000 산림입지토양도 제작 사업에 투입된 인력 51명 중 산림입지토양도 조사 경험이 있는 인력은 40%가 되지 않아 전문성 확보를 위한 교육훈련프로그램을 계획하였다.

2010년 산림입지토양도 제작에 필요한 기초지식과 실무기술을 습득함으로써 전문성 제고 및 고품질 산림입지토양도 제작을 위한 목표를 세우고 실무담당자를 중심으로 2회에 걸쳐 60명 교육을 실시하였다.

전문가 양성 교육에는 산림토양의 이해부터 기획, 조사요령까지 산림입지토양도 제작 공정에 대한 실습 위주로 산림인력개발원에서 2010년, 2011년 수행하였다. 2010년 교육프로그램은 산림입지토양도 제작을 중심으로 교육과정을 수립하였으나 향후 토양탄소흡수원, 토지적성평가 등에 대한 전문가를 양성할 수 있는 교육과정이 필요하다.

교과목 편성 내용을 살펴보면 산림입지도 제작사업개요(2시간), 산림토양의 이해(3시간), 산림공간정보구축 정책 및 지리정보보완(2시간), 산림토양분류(3시간), 산림토양의 물리화학적 특성(2시간), 입지환경조사 요령 및 실습(6시간), 토양환경조사 요령 및 실습(6시간), 산림입지구획 요령 및 실습(5시간), 산림입지토양도 작성 요령 및 실습(5시간)으로 되어 있다.

구분	교과목 및 교수요목	교육방법 및 배정시간						수강인사
		계	강의	참여식 교육				
				실습	모의	시청자	연락	
합 계		35	29	15				1
소 계		35	29	15				1
의 주 요 사	산림입지도 제작사업 개요	2	2					정건현
	산림토양의 이해	3	3					정건현
	산림공간정보구축 정책 및 지리정보보완	2	2					황호재
	산림토양 분류	3	3					정건현
	산림토양의 물리화학적 특성	2	2					이승주
	입지환경조사 요령 및 실습	6	2	4				변재경
	토양환경조사 요령 및 실습	6	2	4				변재경
	산림입지구획 요령 및 실습*	5	1	4				이승주 최영준
	산림입지토양도 작성 요령 및 실습*	5	2	3				이승주 최영준
	행정 및 기타	1						

교시	시간	교시				
		3.9 (수)	3.9 (목)	3.10 (금)	3.11 (토)	3.12 (일)
1	09:00 ~ 09:50	입지 환경 공간인식 (정건현)	산림토양 분류 (정건현)	산림입지구획 요령 (이승주)	입지환경 조사 실습 (변재경)	산림입지 작성 실습 (이승주)
2	10:00 ~ 10:50	산림공간정보구 축 정책 및 지 리정보보완 (황호재)	-	-	-	-
3	11:00 ~ 11:50	-	-	-	-	산림입지 작성 실습 (이승주)
휴식 시간						
4	13:00 ~ 13:50	산림입지도 작 업시작 개요 (정건현)	산림토양의 물 리화학적 특성 (이승주)	입지환경 조사 요령 (변재경)	-	-
5	14:00 ~ 14:50	-	-	-	토양환경 조사 실습 (변재경)	-
6	15:00 ~ 15:50	산림토양의 이해 (정건현)	산림입지구획 요령 (이승주)	토양환경 조사 요령 (변재경)	-	-
7	16:00 ~ 16:50	-	산림입지구획 실습 (이승주)	-	-	-
8	17:00 ~ 17:50	-	-	-	-	-

[그림 4-31] 교과목 편성 및 교육시간표



[표 4-13] 산림입지도양도제작 전문가 과정 교과목 주요 내용

과목	내용
산림공간정보구축 정책 및 지리정보보안(황효태)	- 산림공간정보 보안 개요 - 산림공간정보의 구분 - 보안사고 사례
산림입지도 제작사업 개요 (정진현)	- 산림입지도 제작사업 추진배경 - 산림입지도 제작 기본방침 - 산림입지도 성과 연계방안
산림토양의 이해 (정진현)	- 산림토양의 발달 및 생성 - 산림토양의 주요 특성 - 산림토양과 산림경영
산림토양 분류 (정진현)	- 산림토양의 분류체계 - 산림토양 분류 결정 인자 - 산림토양형별 주요 특성
산림토양의 물리화학적 특성 (이승우)	- 산림토양의 물리적 특성 - 산림토양의 화학적 특성
입지환경조사 요령 및 실습 (변재경)	- 입지환경의 정의 및 범위 - 입지환경 인자별 조사 방법 - 입지환경 인자별 현장 조사 실습
토양환경조사 요령 및 실습 (변재경)	- 토양환경의 정의 및 범위 - 토양환경 인자별 조사 방법 - 토양환경 인자별 현장 조사 실습
산림입지구획 요령 및 실습 (이승우, 원형규)	- 산림입지구획의 필요성 및 과정 - 지형요소분석법의 이해 - 주요 사례지별 산림입지구획 실습
산림입지도 작성 요령 및 실습 (이승우, 최창은)	- 산림입지 DB 구축 방법 - 좌표변환, 레이블링 및 레이아웃 방법 - 도엽간 매칭 방법



[그림 4-32] 전문가 교육과정 교육 사진

2010년 교육프로그램은 산림입지토양도 제작을 중심으로 교육과정을 수립하였으나 향후 토양탄소흡수원, 토지적성평가 등에 대한 전문가를 양성할 수 있는 교육과정이 필요하다.

7.2. 산림토양전문 자격증 도입

한국산업인력공단에서 시행하고 있는 국가기술자격 종목에는 버섯산업기사, 버섯종균기능사, 산림기능사, 산림기사, 산림기술사, 산림산업기사, 식물보호기사, 식물보호산업기사, 임산가공기능사, 임산가공기사, 임산가공산업기사, 임업종묘기능사, 임업종묘기사가 있다.

산림청에서 시행하는 국가전문자격 종목에는 1급 산림치유지도사, 2급 산림치유지도사, 나무의사, 목구조관리기술자, 목구조시공기술자, 산림교육전문가, 수목치료기술자가 있다.

이외에 산림토목기술자는 산림기사 취득 후 교육을 통해 발급이되고 있으며, 한국산림기술인회에서 산림경영기술자, 산림공학기술자, 녹지조경기술자로 종류로 구분하고 기술등급은 기술특급, 기술고급, 기술초급으로 관리하고 있다. 산림경영기술자에는 기능특급, 기능1급, 기능2급이 추가되어 있다.

산림토양전문가 양성을 위한 지속적인 교육과 산림토양 관련 자격증을 도입하여 산림토양분야에 대한 활성화가 필요하다.



8. 산림입지토양도 현행화 방안

8.1. 1:25,000 산림입지토양도 현행화 주요 내용

1:25,000 산림입지토양도 사업 완료 후 10년이 지난 후 현행화를 수행하였다. 현행화에서 가장 중요한 사항은 토지이용변화에 따른 임경지 변화지역과 식생복구, 누락된 산림에 대한 추가로 구분된다.

25,000 산림입지토양도는 도엽 단위로 작업된 도면을 통판으로 제작한 후 1:5,000 임상도의 임경지 경계라인을 참고하여 수정하였다.

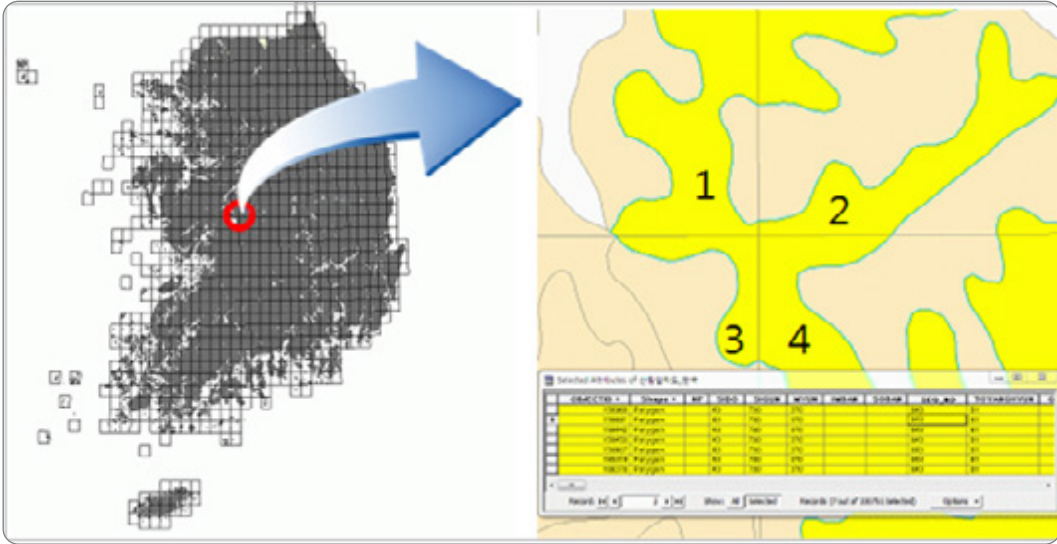
아래의 표는 임지생산능력급수도 제작 절차로 산림입지토양도 현행화 작업을 수행한 후 제작하였다.

[표 4-14] 1:25,000 임지생산능력급수도 현행화 구축 절차

자료 수집	<ul style="list-style-type: none"> - 산림입지도(1:25,000) - 1:5,000 임상도(임경지경계) - 1:25,000 인덱스(한국측지계, 세계측지계) - 수치지형도(1:25,000)
↓	
산림입지도 도형정비	<ul style="list-style-type: none"> - 도엽간 매칭작업(구획매칭) - 도엽간 폴리곤 합병(동일속성) - 토플로지 검사
↓	
산림입지도 속성정비	<ul style="list-style-type: none"> - 능력급수도에 필요한 8개 인자 속성 수정 및 보완 - 이상 코드값 수정 및 보완
↓	
외곽경계 수정	<ul style="list-style-type: none"> - 5,000 임경지경계 추출 - 임경지경계에 맞춰 산림입지도 폴리곤 수정 - 추가폴리곤에 대한 속성 입력 - 토플로지 검사
↓	
임지능력급수 판정	<ul style="list-style-type: none"> - 능력급수 판정표를 이용하여 점수 판정 및 등급 구분 - 능력급수도 적정성 주제도 검토
↓	
능력급수도 현지대조	<ul style="list-style-type: none"> - 구축된 도엽의 3%(24도엽)에 대한 현지대조 - 능력급수, 임경지경계, 추가폴리곤에 대한 적정성
↓	
구획 및 속성 수정	<ul style="list-style-type: none"> - 현지확인결과 반영하여 구획 및 속성수정
↓	
능력급수도 제작	<ul style="list-style-type: none"> - 메타데이터 입력 - 능력급수도 라벨링 및 범례 작성 - 산출물 제작

가. 1:25,000 산림입지토양도 외곽경계 및 폴리곤 정비

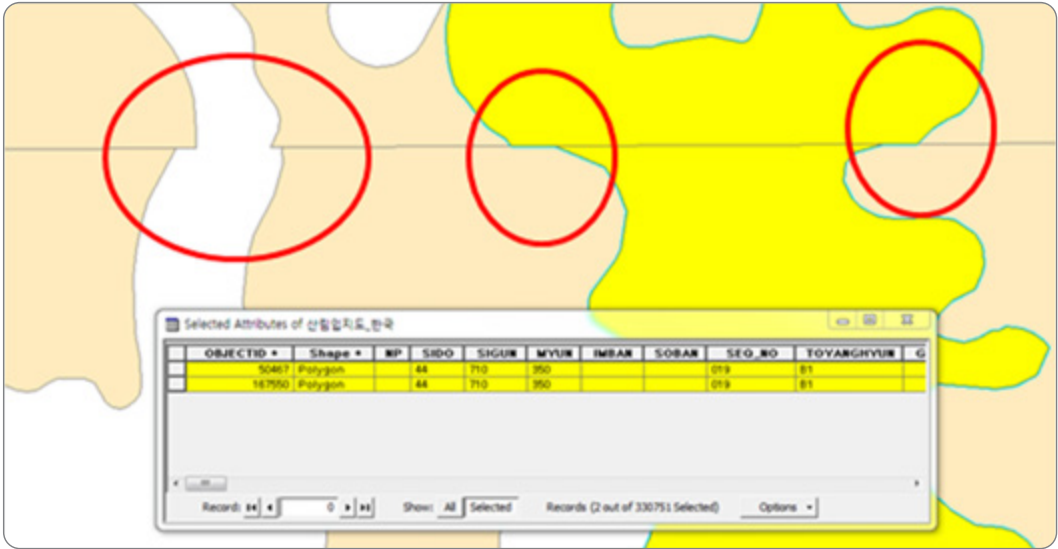
1:25,000 산림입지토양도 현행화는 2012년 수행하였으며 813도엽은 도엽 단위로 구축되어져 있어, 도엽 간 동일 속성을 가진 폴리곤의 경계가 일치하지 않는 문제점을 내포하고 있다.



[표 4-33] 1:25,000 산림입지토양도 폴리곤 정비

1:25,000 산림입지도는 총 330,751개의 폴리곤으로 구성되며, 인접도엽에서는 아래의 그림과 같이 동일한 속성을 가지는 폴리곤 간 경계가 매칭되지 않는 경우가 발생되어 이에 대한 merge 작업이 필요하다.

도엽간 같은 속성을 가진 폴리곤이 비매칭되는 이유는 과거 구축된 파일이 통판에서 도엽 단위로 자르지 않고 도엽 단위로 DB를 구축하였기 때문에 발생한 문제로 도엽 단위로 합병작업 실시하면서 인접 도엽에 대한 매칭 작업도 함께 실시하여야 한다.



[그림 4-34] 1:25,000 산림입지토양도 인접도엽 매칭 예시

위의 그림과 같이 인접도엽 간 폴리곤의 경계가 비매칭되는 경우가 발생하므로 산림입지토양도 통판작업을 통해 인접도엽 간 외곽경계 및 폴리곤에 대하여 정비를 실시하고, 외곽경계 매칭 오류는 1:5,000 임상도의 임경지경계를 이용하여 수정한다.

외곽경계 및 폴리곤에 대한 정비 결과에 대해 토폴로지 검사를 실시하여 도엽간 인접경계 불일치 및 공간정보 오류에 대한 무결성을 확인해야 한다.

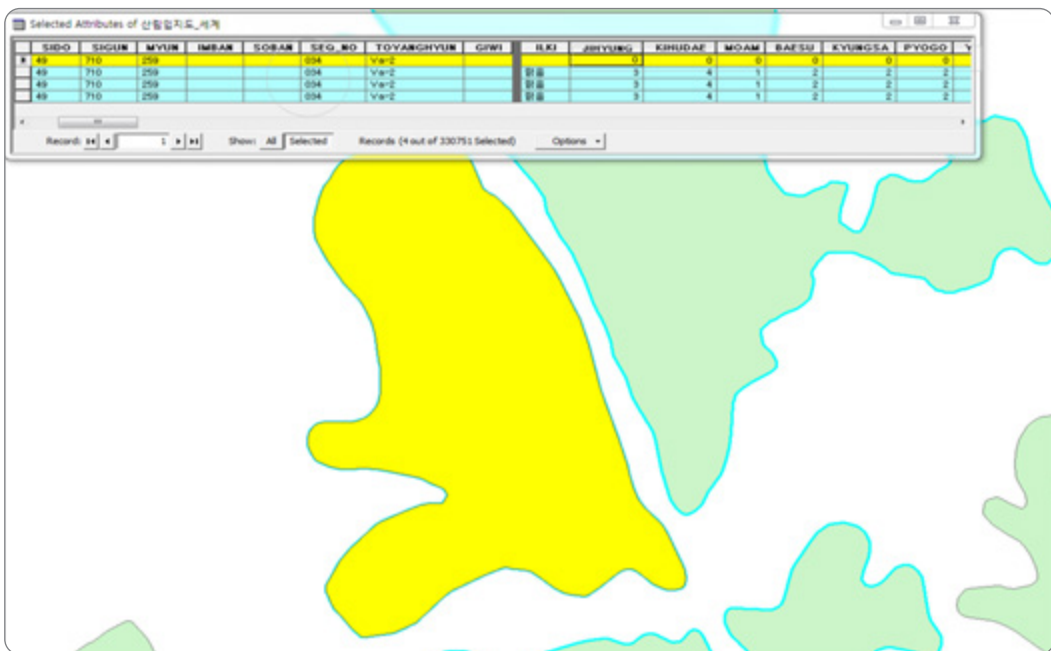
통판 작업 시 합병, 인접매칭, 토폴로지 검사 시 작업 전과 작업 후 폴리곤 개소수를 기록하여 정비결과에 대한 객관성을 확보하고, 시스템 에러 등 돌발상황에 대비해야 한다.

위상구조 오류의 수정 시 폴리곤을 자르고 합병할 때 상당한 시간이 발생하거나 명령어 처리가 안 될 경우 위상구조의 오류 수정을 위해 폴리곤을 라인으로 변경 후 폴리곤으로 생성하는 과정 필요하다.

나. 1:25,000 산림입지토양도 속성 정비

산림입지도의 속성 정보 중 임지생산능력급수 산정에 요구되는 토심, 지형, 건습도, 경사도, 퇴적양식, 침식상태, 견밀도, 토성의 속성에 대한 정비가 필요하다.

토양형을 정렬하면 토양형이 부여되어 있는데 토양인자 또는 지형 인자의 속성이 없이 나타나는 경우가 있다. 아래 그림은 같은 표준지번호인데 속성이 누락되어 있다면 같은 속성값으로 입력해야 한다.



[그림 4-35] 속성값 누락 예시



8.2. 산림입지토양도 현행화

가. 1:5,000 산림입지토양도 현행화

현행화의 주요 내용으로는 토지변화에 따른 임경지 경계 수정과, 향후 조사사업에서 취득하는 자료를 반영하는 부분으로 구분할 수 있다.

매년 갱신되는 임경지 경계는 GIS tool을 이용하여 변경된 지역을 자동 추출하여 반영할 수 있는 프로그램을 개발하여 자동화할 수 있다.

추가 산림지역에 대해서는 자동화가 불가능하기 때문에 전문가가 추가구획을 수행해야 한다.

DSM의 경우 현재의 산림입지토양도와 다른 주제도이며, 자동화 분석이 가능한 속성은 수치표고모델에 의한 자료와 타 주제도의 속성을 참고하는 모암 항목에 속한다.

토양조사에 사용하고 있는 장비로는 토색척, 토양건밀도측정기가 있으며, 토양건밀도측정기만 정량화되어 있다.

[표 4-15] 산림입지토양도 조사 장비

조사항목	현장 조사 방법	검토
토성	촉감법	실내 토양분석 후 자료 입력
토색	토색척에 의한 육안조사	사진 촬영으로 토색자동분류
토양 구조	조사자에 의한 판단	조사전문가에 의한 판단
토양건습도	손으로 짚어 건습도 판단	건습도 측정기 사용 검토
토양건밀도	토양건밀도 측정기	현행 유지

토성의 경우 촉감법을 적용하여 손으로 모래, 미사, 점토의 상대적 함량비를 파악하고 있는데 정확한 측정을 위해서는 실내에서 분석을 수행해야 한다.

토색의 경우 토색척의 노후, 음지가 아닌 지역, 빛의 밝기 등에 따라 달라질 수 있어 사진 촬영으로 토색이 자동 분류될 수 있도록 한다면 객관화할 수 있다.

토양 구조는 측정 장비가 존재하지 않으며, 토양 조사 경험과 전문가의 판단으로 측정되고 있다.

토양건습도 측정을 위한 기계는 나와 있으나 수치자료를 건습도에 적용하기 위한 기준이 명확하지 않아 사용에 제약을 받고 있다. 각 기계의 측정값의 범위 선정을 위해서는 계절, 강우, 식생, 토성 등에 따른 기준이 필요하여 장비 사용이 어려운 점이 있다.

나. 1:5,000 산림입지토양도 정비

- 통판으로 제작된 산림입지토양도의 속성 정보와 토양경계에 관한 확인이 필요하고, 조사포인트는 최신 행정 경계를 반영하여 수정해야 한다.
- 토양시료 분석 결과를 반영하여 조사포인트 및 폴리곤의 토성 속성 변경
- 조사포인트의 DB 좌표값과 실제 좌표값 확인 작업
- 조사포인트와 폴리곤 속성 매칭 확인
- 경계 수정으로 조사포인트가 빈공간에 위치하거나 폴리곤의 좌표값이 폴리곤에 존재하는지 확인
- 기하구조의 완전성 확인(gap 및 overlap)
- 포인트 속성오류 및 중복포인트 확인
- 폴리곤 속성정보 주제도 검사(육안)
- 토양시료 분석 결과를 반영 여부 확인 및 주변 속성 정규화 작업
- 토성 외 시료 분석 결과를 반영할 수 있는 항목 검토 후 산림입지토양도에 반영

다. 1:5,000 산림입지토양도 현행화 방안

산림입지토양도 제작 사업 완료 후 유지보수와 현행화 관련된 과업 범위, 인력, 기간, 예산에 대한 분석 필요하다.

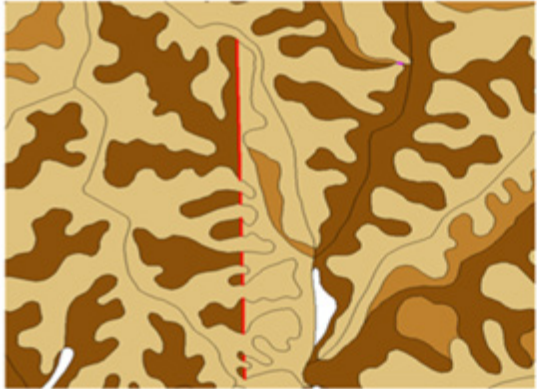
임경지 경계 수정 반영에 대한 인력 및 예산은 임상도 사업의 임경지 경계 수정내용을 반영하고, 현행화 작업 공정, 작업지침서, 내부품질보고서 등과 같은 내용은 '2012년 1:25,000 산림입지토양도 현행화' 사업결과물을 참고하여 작성한다.

유지보수 및 현행화는 품질확보를 위해 반드시 사업이해도가 높은 전문가에 의한 작업이 수행되어야 하고, 전국 DB를 여러 명이 수행하였을 경우 속성정보 오류, 매칭오류가 발생할 수 있어 행정구역 단위로 작업을 수행한다.



단계별 세부작업지침서를 작성하여 작업지침서에 의한 작업을 수행한다.

작업에서 나타난 오류 유형을 정리하고, 구축단계에서 나타난 이슈 사항은 협의를 통해 결과에 반영한다.

유형	도엽간 매칭 오류	오류내용 및 조치방안
		<ul style="list-style-type: none"> • 도엽간 도엽형의 불일치로 속성확인 • 속성확인결과 속성값은 모두 같으나 도엽형만 불일치함. • 도엽형 수정하여 토폴로지 오류 제거

[그림 4-36] 오류 유형 기록

일정 관리계획에 따라 각 공정별 계획 대비 실적을 도엽수 및 면적으로 정리하고, 완료된 도엽 또는 행정구역 단위 위주로 자체품질검사를 수행한다.

최종 산림입지토양도 현행화 자료에 대한 DB 최종검사를 수행한다.

임경지 경계는 매년 갱신되는 임상도 현행화 자료를 이용하여 임경지 경계 수정, 추가되는 지역에 대한 구획반영이 필요하다.

임경지 경계 수정을 위해 임상도의 비산림과 산림의 변화지역을 프로그램을 이용하여 추출한 후 이를 산림입지토양도에 반영한다.



[그림 4-37] 임경지 제외 및 추가

임상도의 경계와 일치하도록 수정하고, 산림지역 내 산림토양경계계획이 필요한 지역에 대해서는 항공사진과 수치지형도를 이용하여 지형요소분석법에 의거하여 계획을 실시한다.

추가 계획된 지역은 인근 폴리곤 속성으로 정규화하거나 현장 조사를 수행하여 속성값을 기록한다.

2022년 이후 물지도 제작 및 산림토양조사를 수행한 자료와 토양분석 자료가 현행화 작업에 추가되어야 한다.

현장 조사자료는 조사포인트로 구축하여 기존 구축된 자료에 추가하고, 산지이용에 따라 비산림으로 변경된 지역에 위치하는 조사포인트는 삭제하여 현행화 한다.

통판으로 작업된 파일은 대국민 서비스를 위한 도엽 단위 파일 및 PDF로 작성하고, 메타데이터를 작성한다.

산림입지토양도 현행화 사업시 관련 주제도인 임지생산능력급수도, 맞춤형조림지도에 대한 현행화도 고려하여 사업을 수행해야 한다.

5

부록

참고문헌

참고문헌

-
- | | |
|--|-----|
| 1. 산림입지토양도 사업 추진 및 결과 | 474 |
| 2. 산림입지토양도의 활용 및 개선 방안:
각종 주제도 및 기타 활용 방안 | 475 |
| 3. 미래 산림입지토양도의 발전 방안 | 479 |

1. 산림입지토양도 사업 추진 및 결과

- 강영호. 2003. 조선 및 일제시대의 적지적수 사료 발굴. 한국생태학회지 26(6):341-347
- 국립산림과학원. 2005. 산림토양단면도집 p143
- 국립산림과학원. 2006. 포켓용 산림토양 조사·진단 매뉴얼 p105
- 국립산림과학원. 2009. 산림입지토양도(1:5,000) 제작 표준매뉴얼 Ver. 1.0. p184
- 국립산림과학원. 2009. 2009 산림입지확대제작(1:5,000) 사업 보고서 p1-5
- 국립산림과학원. 2010. 2010 산림입지조사 및 1:5,000 산림입지도 제작 완료보고서 p1-5
- 국립산림과학원. 2011. 산림입지토양도(1:5,000) 제작 표준매뉴얼 Ver. 2.0. p138
- 국립산림과학원. 2011. 2011 산림입지토양도(1:5,000) 제작 사업 완료보고서 p1-5
- 권민영, 김가은, 정진현, 최창은, 박관수, 김춘식, 손요환. 2021. 한국산림과학회지 110(4):479-495
- 이승우. 2009. 적지적수 역사와 그 활용연구. 국립산림과학원 연구보고 p128
- 이천용, 정진현, 손요환, 변재경, 구창덕. 2009. 산림토양. 한국토양비료학회지 42:238-258
- 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국산림과학회지 91(6): 694-700
- 한국임업진흥원. 2012. 2012 산림입지토양도(1:5,000) 제작 완료보고서 p1-5
- 한국임업진흥원. 2013. 산림입지토양도(1:5,000) 제작 매뉴얼 p101
- 한국임업진흥원. 2013. 2013 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림통계GIS서비스 구축 완료보고서 p1-5
- 한국임업진흥원. 2014. 2014 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림공간정보서비스 기능개선 완료보고서 p1-5
- 한국임업진흥원. 2015. 2015 산림입지토양도(1:5,000) 제작 및 산림공간정보서비스 활용체계구축 완료보고서 p1-5
- 한국임업진흥원. 2016. 2016년 산림입지토양도(1:5,000) 제작 완료보고서 p1-6
- 한국임업진흥원. 2017. 2017년 산림입지토양도(1:5,000) 제작 완료보고서 p1-6
- 한국임업진흥원. 2018. 2018년 산림공간정보구축 사업 완료보고서 p1-14
- 한국임업진흥원. 2018. 산림공간정보구축 효율화 및 개선 방안 마련 p293-311
- 한국임업진흥원. 2019. 2019년 산림공간정보구축 사업 완료보고서 p1-12
- Chung, T.H., Lee, W.C. 1965. A study of the Korean woody plant zone and favorable region for the growth and proper species. Journal of Sunkyunkwan University 10:329-366
- Forest Research Institute. 1972. Reports of forest soil survey. p125
- Forest Research Institute. 1976. Reports of reconnaissance forest soil survey. p77



- Hirokuma. 1913. Reports on Korea's Forests. Forest Division in Japan p216 (in Japanese)
- Kawashima. 1939. Soil type of Hamkyungnamdo in Korean. Journal of Soil Science in Japan 13:257-269 (in Japanese)

2. 산림입지토양도의 활용 및 개선 방안: 각종 주제도 및 기타 활용 방안

- 건설교통부. 2001. 수자원장기종합계획(Water Vision 2020)
- 구교상, 이병두, 원명수, 이명보. 2010. 대구 팔공산 지역 소나무 수관층 연료 특성. 한국임학회지 99(1):52-56
- 국립산림과학원. 2005. 고해상도 위성영상을 이용한 산림병해충정보관리시스템 개발. 연구보고서
- 국립산림과학원. 2011. 산림병해충 발생예찰조사 보고서
- 국립산림과학원. 2004. 산불지역의 침엽수고사에 관여하는 리지나부리썩음병의 효과적인 방제기술 개발. 농림부
- 국제인구행동연구소. 2003. 국제인구행동연구소보고서(PAI)
- 국토연구원. 1999. 국토 환경용량에 관한 연구
- 권성민, 전근우, 김남훈. 2008. 산불 피해 소나무 목재의 해부 및 물리적 특성 -피해 정도에 따른 차이-. 목재공학 36(4):84-92
- 김경하, 이천용, 이원규. 1992. 유역의 입지조건이 갈수기저수량에 미치는 영향. 임업연구원연구보고서 44:75-86
- 김계훈, 김길용, 김정규, 사동민, 서장선, 손보균, 양재의, 엄기철, 이상은, 정광용, 정덕영, 정연태, 정종배, 현해남. 토양학. 2006. 향문사
- 김미림. 2014. 산림수원함양기능평가를 통한 수원함양보호구역 설정 방안 연구: 장흥다목적댐 유역을 중심으로. 서울대학교대학원. 석사학위논문
- 김선희. 1999. 환경용량평가의 동향과 과제(상), 월간국토 p9
- 김성용. 2015. 산불위험성 평가를 위한 주요 침엽수종의 연료특성 분석에 관한 연구. 공주대학교대학원 박사학위논문
- 김완식. 2015. 제5차 국가산림자원조사 자료를 활용한 산림토양의 탄소저장량에 관한 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문 p52
- 김용석, 구남인, 강원석 et al. 2018. 식물반응기법을 이용한 산림토양 특성 평가. 국립산림과학원 p6-40
- 김유학 등. 2018. 흙토람토양검정자료에 의한 우리나라 토양검정유형 설정. 한국토양비료학회 학술발표회 초록집 p146-147

- 김종국, 고상현, 구창덕, 김기우, 김종갑, 김종진, 박관수, 박영철, 박일권, 변봉규, 채희문, 한상범. 2019. 산림보호학. 향문사
- 김종호, 이경학, 박찬우, 김경하, 윤희중, 손영모, 이승우, 박찬열, 서정원, 오정수. 2005. 산림의 공익기능 계량화 연구보고서. 국립산림과학원
- 김현섭, 배상원, 박영규, 이경재, 이상태, 정준모, 박재현, 장석창, 서경원. 2011. 보안림의 관리제도 및 관리방안. 국립산림연구원
- 김형호. 2005. GIS를 응용한 산림기능의 체계적 평가. 서울대학교대학원. 석사학위논문.
- 네이버 지식백과 '환경용량' 검색 결과(두산백과)
- 농촌진흥청 국립농업과학원(휴토람)(<http://asis.rda.go.kr>)
- 박상덕 등. 2005. 산지의 토양침식모형(SEMMA) 실용화 연구 연구보고서. 소방방재청 국립방재연구소 p55-64
- 박상덕 등. 2006. 지역특성을 고려한 토양침식모형의 매개변수 산정방안 연구보고서. 국립방재교육연구원 방재연구소 p4-26
- 박상덕, 신승숙. 2011. 산불사면에 대한 토양침식모형의 적용 평가. 대한토목학회논문집 B, 31(3B):221-232
- 배진구. 2011. 소규모 산불 유역 토사유출량 산정에 관한 연구. 영남대학교 대학원. 석사학위논문
- 산림청. 산림GIS포털. <http://fgis.forest.go.kr/fgis/Main.aspx>
- 안현진, 조성주, 오새라, 정재민. 2018. 기후변화에 따른 미발생 병해충 피해 경제적 영향 분석 *Lycorma delicatula*의 사례를 중심으로. 한국산학기술학회 논문집 19(7):415-422
- 안호현. 2009. 참나무시들음병 발생지역에서의 산림군집구조 분석 및 환경인자와의 상관관계에 관한 연구. 상지대학교대학원. 석사학위논문
- 유병오 등. 2011. 1:5,000 정밀임상도 제작을 위한 영상탐재 현장 조사 시스템 개발(Release Ver. 1.1). 산림과학 공동학술발표논문집 p78-80
- 이규송 등. 2004a. 2004년도 산지시험유역 운영을 통한 토사재해 저감효과 분석 연구보고서. 소방방재청 국립방재연구소. p97-118
- 이규송, 박상덕. 2005. 산화적지에서 지상부 식생구조와 표토에 분포하는 세균의 관계. 한국생태학회지 28(3):149-156
- 이규송, 정연숙, 김석철, 신승숙, 노찬호, 박상덕. 2004b. 동해안 산불 피해지에서 산불 후 경과 년 수에 따른 식생 구조의 발달 한국생태학회지 27(2):99-106
- 이대성, 남영우, 최원일, 박영석. 2017. 우리나라에서 소나무재선충병 초기 발생지의 환경 특성 분석. 생태와 환경 50(4):374-380
- 이명중, et al. 2012. 전시용 산림토양 모놀리스의 작성법 검토. 산림과학 공동학술발표논문집



- 2012:722-726.
- 이병두, 원명수, 김선영, 윤석희, 이명보. 2010. 소나무 수관 부위별 연료량 추정식 개발 및 수관연료밀도 분석. 한국임학회지 99(3):391-396
 - 이병두. 2005. GIS와 RS를 이용한 2000년 삼척산불 행동 특성 분석 및 산불확산예측모델 개발. 서울대학교 대학원. 박사학위논문
 - 이상현, 김경희, 변재경, 이종규, 문병주. 2006. 밤나무 재배지에서의 생물적, 환경적 요인이 밤나무 줄기마름병 발생에 미치는 영향. 한국임학회지 95(1):139-144
 - 이승우 등. 2007. 산림 입지토양 환경요인에 의한 상수리나무와 신갈나무의 적지추정. 한국토양비료학회지 2007:429-434
 - 이용섭. 2010. 산불 진화의 문제점 및 개선 대책에 대한 연구. 경일대학교 산업대학원. 석사학위논문
 - 이종규, 차병진, 신현동, 나용준. 2017. 수목병리학. 향문사
 - 이종수, 이우균, 전성우. 2006. 국토환경성평가 지표를 이용한 환경용량 산정모델 개발. 환경영향평가 15(16):385-394
 - 채희문, 이현주, 엄기증. 2012. 기후변화 대비 강원 지역 산림부문 현황 분석 및 취약성 평가. Journal of Forest Science 28(2):106-117
 - 최원일, 고상현, 이승규. 2013. 2012년도 산림병해충 발생예찰조사 연보. 국립산림과학원
 - 현병근 등. 2016. 일본의 토양분류에 관한 연구. 한국토양비료학회 학술발표회 초록집 p77-82.
 - 홍석영 등. 통합된 흙토람(토양환경시스템)의 새로운 기능 소개와 활용. 한국토양비료학회 학술발표회 초록집 2011:334-335
 - 홍수희. 2021. 빅데이터 기반 지능형 통합 산불재난방지 플랫폼 구축에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 송실대학교 대학원. 박사학위논문
 - 환경부. 2005. 남부권지역 국토환경성평가지도 제작
 - 高見寛. 1990. 開發と水文環境アセスメント技法. 鹿島出版會
 - 林野廳. 1977. 森林の機能別調査實施要領の制定について
 - 林野廳. 1991. 森林の機能別調査實施要領の制定について(林野廳長官 52杯野計第532号)
 - Amacher, M.C., O'Neil, K.P., Perry, C.H. 2007. Soil vital signs: a new soil quality index (SQI) for assessing forest soil health. Res. Pap. RMRS-RP-65. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station
 - Arnold, J.G., Wertz, M.A., Albelts, E.E., Flanagan, D.C. 1995. Chapter 8. Plant growth component. In: D.C. Flanagan, M.A. Nearing (Eds.), WEPP Technical Documentation, NSERL Report No. 10, West Lafayette, IN.
 - Babiker, I.S., Mohamed, M.A., Hiyama, T., Kato, K. 2005. A GIS-based DRASTIC model

- for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan. *Science of the Total Environment* 345(1-3):127-140
- Burgiel, S., Muir, A.A. 2010. Invasive Species, Climate change and ecosystem-based adaptation: Addressing multiple drivers of global change, global invasive species programme
 - Geng, X., Fraser, W., VandenBygaart, B., Smith, S., Waddell, A., Jiao, Y., Patterson, G. 2010. Toward digital soil mapping in Canada: Existing soil survey data and related expert knowledge. In *Digital soil mapping* p325-335
 - Haan, D.T., Barfield, B.J., Hayes, J.C. 1994. Design hydrology and sedimentology for small catchments. Academic Press. p277-284
 - Hengl, T., et al. 2014. SoilGrids1km-global soil information based on automated mapping. *PLoS one* 9(8):e105992
 - Howard, P.J.A., et al. 1995. The carbon content of soil and its geographical distribution in Great Britain. *Soil Use and Management* 11.1:9-15
 - Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of applied ecology* 46(1):10-18
 - Lilly, A., Matthews, K.B. 1994. A Soil Wetness Class map for Scotland: new assessments of soil and climate data for land evaluation. *Geoforum* 25(3): 371-379
 - Nachtergaele, F., et al. 2010. The harmonized world soil database. In *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia*. p34-37
 - Sanchez, P.A., et al. 2009. Digital soil map of the world. *Science* 325(5941):680-681
 - Sara, G., Mazzola, A. 2004. The carrying capacity for Mediterranean bivalvesuspension feeders: Evidence from analysis of food availability and hydrodynamics and their integration into a local model. *Ecological Modelling* 179:281-296
 - Schneider, D.M., Godschalk, D.R., Axler, N. 1978. The carrying capacity concept as a planning tool, Chicago: American Planning Association, Planning Advisory Service Report p338
 - Whittaker, W.H. 1975. *Communities and Ecosystems*. Mac Millan Pub. Co. New York. p385
 - Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cross, B.C. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation* 26(5):189-193



- Yang, Y., Mohammat, A., Feng, J., Zhou, R., Fang, J. 2007. Storage, patterns and environmental controls of soil organic carbon in China. Biogeochemistry 84(2):131-141

3. 미래 산림입지토양도의 발전 방안

- 강다영, 황영은, 윤상후. 2021. 발작물 농업기상을 위한 수치형 산림입지토양도 활용성 평가. 한국농림기상학회지 23(1):34-45
- 관계부처합동. 2020. 한국판 뉴딜 종합계획
- 국토교통부. 2019. 2019 국가공간정보정책 시행계획 p119
- 문형돈. 2021. 월간 SW 중심사회. 1월호:24-31
- 박성재, Kadavi, P.R., 이창욱. 2018. 확률론적 모델을 이용한 산사태 취약성 지도 분석: 한국 사천면과 주문지읍을 중심으로. 대한원격탐사학회지 34(5):721-738
- 박수진, 손연규, 홍석영, 박찬원, 장용선. 2010. 한국 주요 토양유형의 공간적 분포와 토양형성요인을 이용한 예측가능성 평가. 대한지리학회지 45(1):95-118
- 산림청. 2019. 2018년도 산림과 임업동향에 관한 연차보고서. 웃고문화사 p502
- 산림청. 2020. K-포레스트(K-Forest) 추진계획-한국형 산림 뉴딜 전략('20년~'30년)
- 이철우, 박성진, 김명숙, 공명석, 손연규, 이슬비, ... & 이창훈. 2019. Digital Soil mapping 방법으로 논토양의 지역단위 질소와 인 소요량 산정. 한국토양비료학회 학술발표회 초록집 p124
- 정관용. 2018. 농업경관에서 전자토양도 기법을 이용한 토양 탄소저장량 예측 및 경제적 가치 평가. 국토지리학회지 52(3):389-401
- 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 허기술, 박호. 1995. 유출율 추정을 위한 토양 수문군의 분류. 한국농공학회지 37(6):12-32
- 허기술, 정정화. 1987. 한국토양의 수문학적 분류 및 그 응용 농공기술 4(4):48-61
- Almeyayedh, H., Lin, C., Wang, Y., AlMumin, M., Albader, M. 2017. 3D mapping technology for soil characterization of Kuwait hydrocarbon contaminated sites. Proceedings of the 3rd world congress on new technologies. paper No. ICEPR 173
- Chung, S.O., Cho, K.H., Kong, J.H., Sudduth, K.A., Jung, K.Y. 2010. Soil texture classification algorithm using RGB characteristics of soil images. IFAC Proceeding Vilumes 43(26):34-38
- dos Santos, J.F., Silva, H.R.F., Pinto, F.A.C., Assis, I.R. 2016. Use of digital image to estimate soil moisture. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental 20(12):1051-

1056

- Hapca, S., Baveye, P.C., Willson, C., Lark, R.M., Otten, W. 2015. Three-dimensional mapping of soil chemical characteristics at micrometric scale by combining 2D SEM-EDX data and #D X-ray CT images. *PLoS One* 10(9): e137205
- Hasan, S.S., Zhang, Y., Chu, X. Teng, Y. 2019. The role of big data in China's sustainable forest management. *Forest Economics Review* 1(1): 2631-3030
- Hong, S.Y., Kim, Y.H., Han, K.H., Hyun, B.K., Zhang, Y.S., Song, K.C., Minasny, B. and McBratney, A.B. 2012. Digital Soil mapping of soil properties for Korean soils. *Digital Soil Assessments and Beyond. Proceedings of the Fifth Global Workshop on Digital Soil Mapping.* p435-438
- Lie, F., Zhang, G.L., Song, X., Li, D., Zhao, Y., Yang, J., Wu, H., Yang, F. 2020. High-resolution and three-dimensional mapping of soil texture of China. *Geoderma* 361:114061
- Kirillova, N.P., Sileva, T.M. 2017. Colorimetric analysis of soils using digital cameras. *Moscow University Soil Science Bulletin* 72(1):13-20
- Kovacsova, P. and Antalova, M. 2010. Precision forestry-definition and technologies. *Sumarski list br (11-12):603-611*
- Kumar, V., Vimal, B.K., Kumar, R., Kumar, R., Kumar, M. 2014. Determination of soil pH by using digital image processing technique. *Journal of Applied Natural Science* 6(1):14-18
- McBratney, A.B., Santos, M.M., Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117(1-2):3-52
- Sudha, R., Aarti, S., Anitha, S., Nanthini, K. 2017. Determination of soil pH and nutrient using image processing. 2017. *International Journal of Computer Trends and Technology. Special Issue April* p58-60
- Swetha, R.K., Bende, P., Singh, K., Gorthi, S., Biswas, A., Li, B., Weindorf, D.C., Chakraborty, C. 2020. Predicting soil texture from smartphone-captured digital images and an application. *Geoderma* 376:114562
- Viscarra Rossel, R.A., Fouad, Y., Walter, C. 2008. Using a digital camera to measure soil organic carbon and ion contents. *Biosystems Engineering* 100:149-159
- Zou, W., Jing, W., Chen, G., Lu, Y., Song, H. 2019. A survey of big data analytics for smart forestry. *IEEE Access* 7:46621-46631



1:5,000

산림입지도양도

13년의 성과와 미래

발행일 2022년 8월

발행인 이강오

집필진 한국임업진흥원 선주남, 전재홍, 송연희, 이성희,
안은섭, 정서인, 황교학, 윤수빈, 홍윤기, 이경채

발행처 한국임업진흥원

주 소 서울특별시 강서구 공항대로 475

전 화 02-6393-2722 팩 스 02-6393-2720

이 책의 저작권은 산림청 및 한국임업진흥원에 있으며 저작권법에 의해 보호를 받는 저작물이므로 무단전재와 복제를 금합니다.



1:5,000

산림입지도양도

13년의 성과와 미래



산림청

Kofpi

한국임업진흥원