

육상생태계: 토지통계의 공간정보 활용

국립산림과학원

김래현, 이호상, 최형순, 임종수, 김은숙



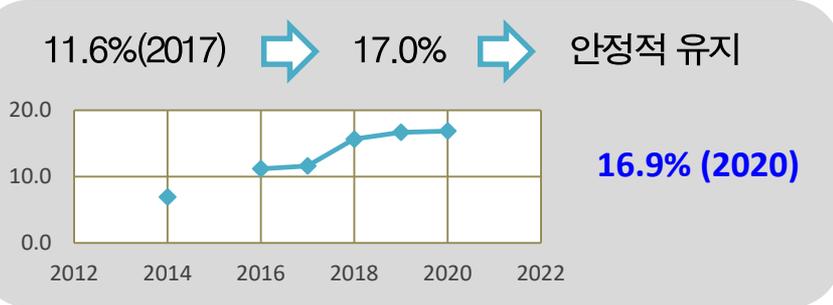
1. K-SDGs 목표15

목표15 육상생태계 보전(세부목표 7/세부지표15)

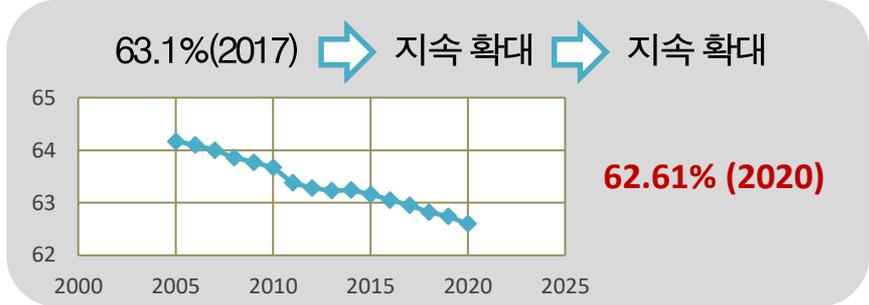
세부목표 (7)	지표 (15)
15.1 육상과 내륙 담수의 생태계 다양화를 위해 보전과 복원	15.1.1 육상 및 담수 생물다양성을 위해 보호구역으로 지정된 지역의 비율
	15.1.2 총 육지면적 중 산림면적 비율
15.2 산림전용 중단, 황폐화산림복원 등 지속가능한 산림경영 강화	15.2.1 국가 산림경영 지표 확장
	15.3.1 총 토지면적 중 황폐화된 토지 비율
15.3 가뭄·홍수·개발 등으로 황폐화된 토지를 복원	15.3.1 총 토지면적 중 황폐화된 토지 비율
15.4 생물다양성 손실을 예방하기 위해 멸종위기종 보호	15.4.1 멸종위기에 처한 동식물
	15.4.2 주요 멸종위기종 복원율
	15.4.3 산악지역 녹색피복지수
	15.4.4 종보호지수
	15.4.5 전국 야생동물 통합 모니터링 시스템 구축에 필요한 스테이션의 수(1000) 대비 설치 및 운영되고 있는 스테이션의 비율
15.5 동식물 보호종의 포획과 불법거래 근절	15.5.1 야생동물 밀렵밀거래 단속실적
	15.5.2 관리제도가 필요한 야생동물·가축·인간 사이 고위험 접촉점 대비 관리제도가 확립된 접촉점 수의 비율
15.6 침입외래종 유입 예방과 이들이 육지 및 수중 생태계에 미치는 영향 저감	15.6.1 외래생물 관리 대상 종 수
	15.6.2 산림병해충에 의한 연간 산림피해 면적
15.7 개발사업 등 인간활동으로 단절된 생태축의 복원과 생태 네트워크 유지·관리	15.7.1 백두대간 등 산림복원 면적
	15.7.2 도심/생활권 숲 복원

1. K-SDGs 목표15 이행평가

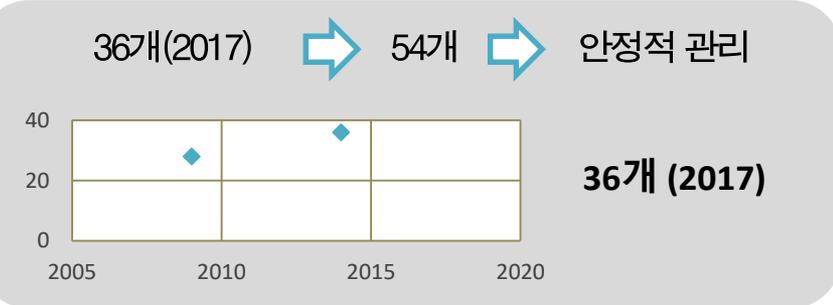
15.1.1. 육상 및 담수 보호구역 지정면적 비율



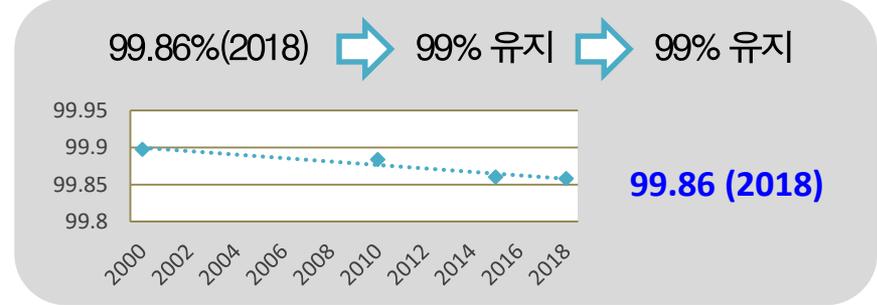
15.1.2. 육지면적 중 산림면적 비율



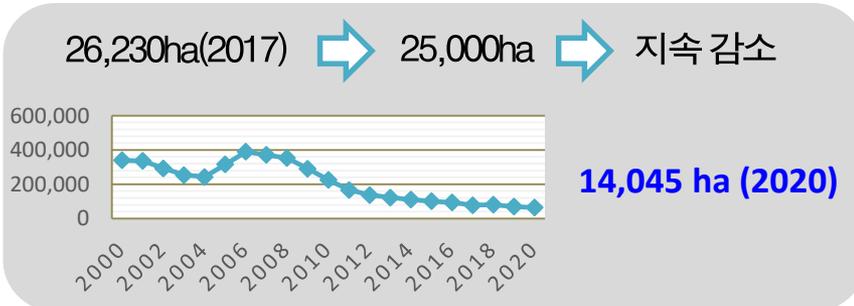
15.2.1. 국가 산림경영 지표 확장



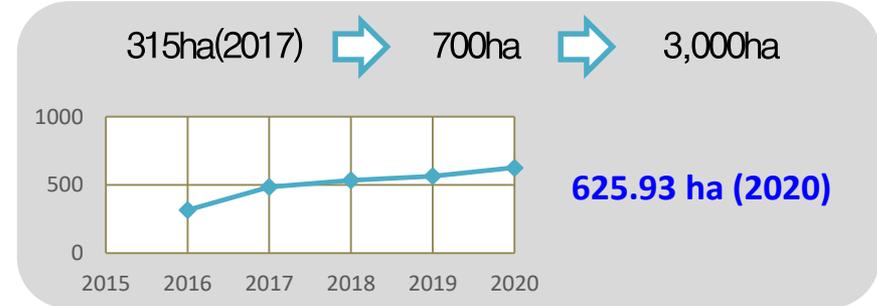
15.4.3. 산악지역녹색피복지수 [FAO 제공]



15.6.2. 연간 산림피해 면적(돌발/외래종)



15.7.1. 백두대간 등 산림복원 면적



1. K-SDGs 목표15

목표15 육상생태계 보전(2021~)

세부목표 (7)	지표 (15)	구분
15.1 육상과 내륙 담수의 생태계 다양화를 위해 보전과 복원	15.1.1 육상 및 담수 생물다양성을 위해 보호구역 으로 지정된 지역의 비율	임업통계
	15.1.2 총 육지면적 중 산림면적 비율	임업통계
15.2 산림전용 중단, 황폐화산림복원 등 지속가능한 산림경영 강화	15.2.1 국가 산림경영 지표 확장	국가보고 (몬트리올 프로세스)
15.3 가뭄·홍수·개발 등으로 황폐화된 토지를 복원	15.3.1 총 토지면적 중 황폐화된 토지 비율	국내 통계 X UNCCD 통계 제공
15.4 생물다양성 손실을 예방하기 위해 멸종위기종 보호	15.4.1 멸종위기에 처한 동식물	관계 부처 통계
	15.4.2 주요 멸종위기종 복원율	관계 부처 통계
	15.4.3 산악지역 녹색피복지수	국내 통계 X FAO 통계 제공
	15.4.4 종보호지수	관계 부처 통계
	15.4.5 전국 야생동물 통합 모니터링 시스템 구축에 필요한 스테이션의 수(1000) 대비 설치 및 운영되고 있는 스테이션의 비율	관계 부처 통계
15.5 동식물 보호종의 포획과 불법거래 근절	15.5.1 야생동물 밀렵밀거래 단속실적	관계 부처 통계
	15.5.2 관리제도가 필요한 야생동물·가축·인간 사이 고위험 접촉점 대비 관리제도가 확립된 접촉점 수의 비율	관계 부처 통계
15.6 침입외래종 유입 예방과 이들이 육지 및 수중 생태계에 미치는 영향 저감	15.6.1 외래생물 관리 대상종 수	관계 부처 통계
	15.6.2 산림병해충에 의한 연간 산림피해 면적	임업통계
15.7 개발사업 등 인간활동으로 단절된 생태축의 복원과 생태 네트워크 유지·관리	15.7.1 백두대간 등 산림복원 면적	임업통계
	15.7.2 도심/생활권 숲 복원	임업통계

2. 공간정보 기반 통계 개발

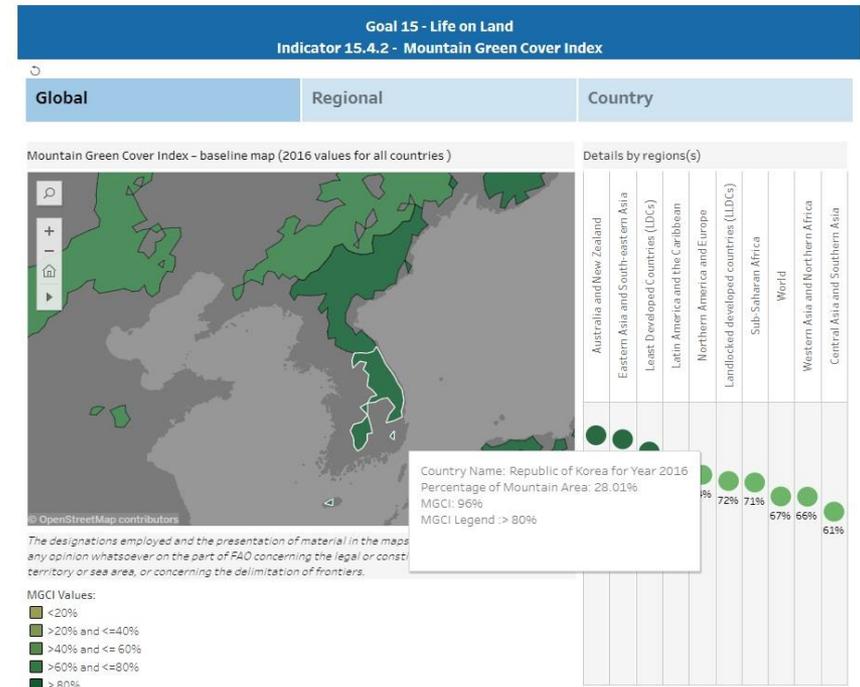
1. 산악지역 녹색피복지수(MGCI, Mountain Green Cover Index)

○ 전체 국토에서 산악(Mountain)지역의 면적 대비 토지피복이 식생으로 덮혀있는 토지의 비율

* 식생지역 토지: **산림지, 농경지, 초지** (토지피복에 따른 정의로 위성영상 활용)

- 관장기구 : FAO (Mountain Partnership)

구분	설명 및 기준
Class 1	해발고도 4,500m 이상
Class 2	해발고도 3,500 ~ 4,500m
Class 3	해발고도 2,500 ~ 3,500m
Class 4	해발고도 1,500 ~ 2,500m & 경사도 2°이상
Class 5	해발고도 1,000 ~ 1,500m & 경사도 5°이상 또는 반경 7km 범위에서 해발고도 300m 이상
Class 6	해발고도 300 ~ 1,000m 또는 반경 7km 범위에서 해발고도 300m 이상



○ FAO가 전 지구적으로 제작된 DEM(수치표고모형)과 토지피복도를 활용하여 국가별 평가

* 기초자료: DEM(미국 USGS), 토지피복도(유럽 ESA, MODIS 영상**) ** **해상도 300m**

- 대한민국 MGCI: **99.90('00) → 99.88('10) → 99.86('15) → 99.86('18)** (출처: FAO, 2020)

2. 공간정보 기반 통계 개발

1. 산악지역 녹색피복지수(MGCI, Mountain Green Cover Index)

○ 우리나라 고유 통계 개발방법

- 산악지역 도출 : 국토지리정보원에서 제작된 DEM 적용(공간해상도 30m)
- 식생지역 도출 : 환경부 토지피복지도 (전체 국토를 대상으로 토지피복에 따른 분류)
 - * (장점) 모든 토지피복에 따른 구획 정보
 - * (단점) 부정기적 제작, 제작시기별 공간해상도 차이로 시계열 불일치, 기타

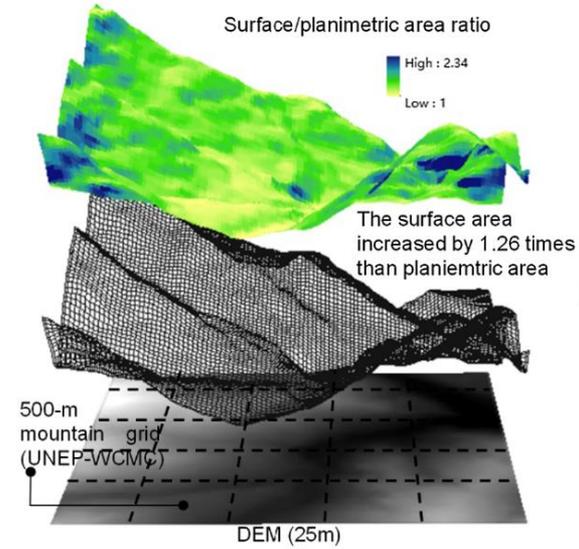
	제작년도	기초자료	분류항목	공간해상도	갱신현황
대분류	1998	Landsat	7개	30m	2019
중분류	2005	SPOT	23개	5m	2018 (수도권)
세분류	2019	정사항공사진	41개	1m	2020

2. 공간정보 기반 통계 개발

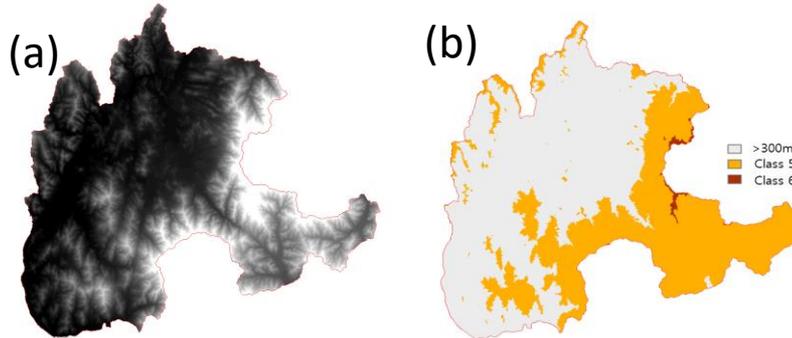
1. 산악지역 녹색피복지수(MGCI, Mountain Green Cover Index)

○ 평가결과

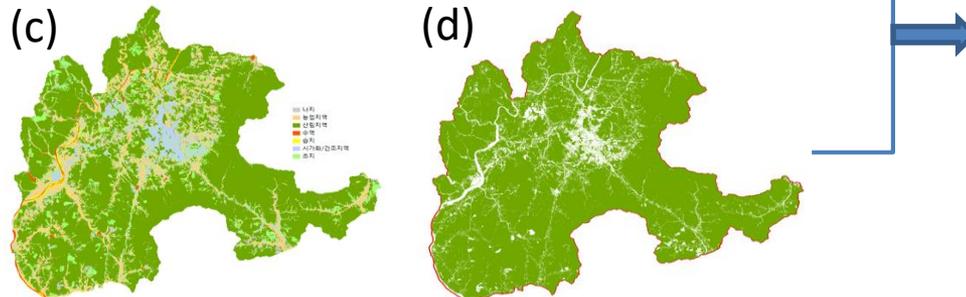
- 시범대상지 : 원주시
- 산악지역 구분기준에 따른 pixel 개수: 564,508
- 산악지역의 녹색피복지수: $(512,133 / 564,508) = 90.7\%$



산악지역
면적 추출



식생지역
면적 추출



2. 공간정보 기반 통계 개발

2. 황폐화된 토지면적 비율

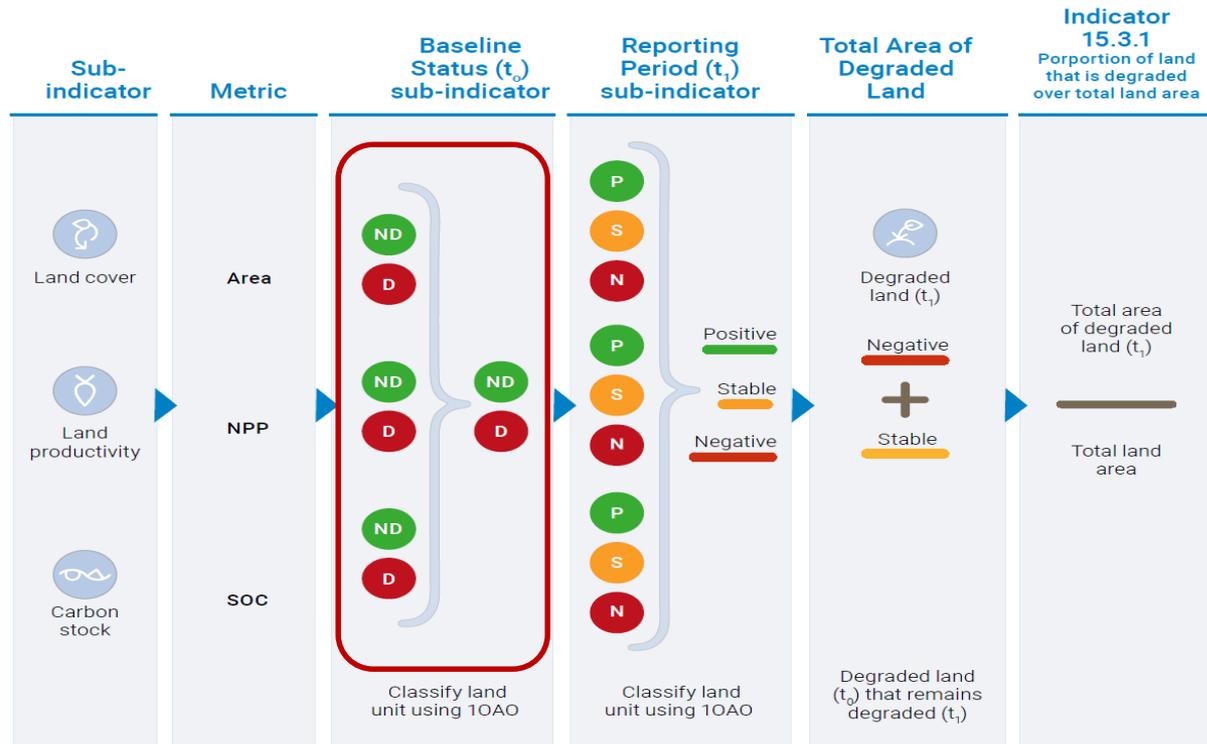
○ UNCCD 토지황폐화 중립(LDN)과 연계된 지표로 UNCCD에서 관장업무 수행

- 세부지표: 1)토지 면적, 2)토지 생산성, 3)토양 탄소

* 토지이용구분: 임목지, 초지, 농경지, 습지, 정주지, 기타토지 (UNFCCC 토지이용구분)

- 황폐화의 정의: 3개 세부지표* 중 One Out All Out 지침에 의한 감소된 지역은 황폐화로 정의

Figure 2-1
Steps to derive the indicator from the sub-indicators where ND is not degraded and D is degraded.



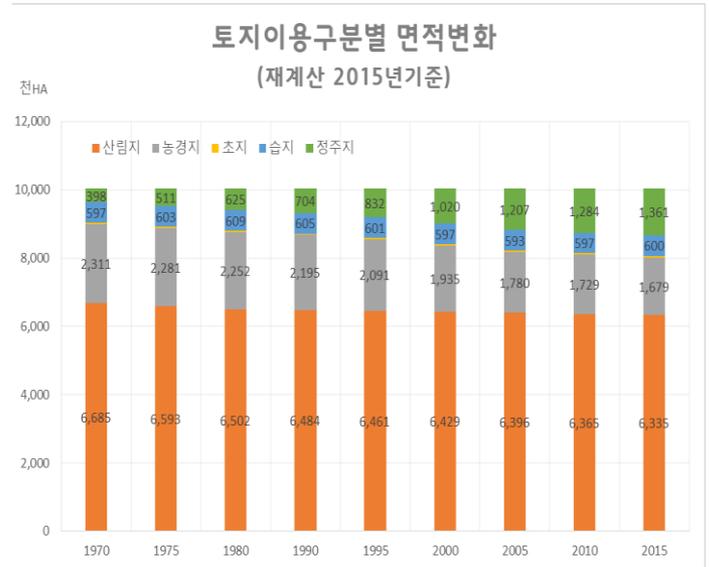
2. 공간정보 기반 통계 개발

2. 황폐화된 토지면적 비율

○ 토지면적(토지피복변화)

- 토지피복변화 탐지 방법(IPCC GL): 점표본점(point sampling), 토지피복 주제도(wall-to-wall)
- 국내 현황: 산림지(임상도), 국가산림자원조사(표본점), 농경지&초지(스마트팜맵), 토지피복도(환경부), 지적도(국토부)

토지이용구분		초기년도(1974)					전체
		산림지	농경지	초지	습지	정주지	
기말 년도 (2015)	산림지	6,168,551 (0.30%)	148,329 (10.30%)	3,325 (70.70%)	4,837 -57.70%	9,674 -40.80%	6,334,615
	농경지	96,445 (10.30%)	1,547,507 (0.70%)	-	28,495 (19.40%)	6,576 (40.70%)	1,679,023
	초지	14,538 (30.40%)	1,615 (100%)	37,152 (12.60%)	1,615 (100%)	-	54,921
	습지	20,695 (37.10%)	65,042 (20.10%)	-	505,551 (3.00%)	8,869 (57.30%)	600,157
	정주지	311,577 (8.10%)	524,621 (5.60%)	-	61,250 (20.40%)	463,371 (6.20%)	1,360,819
전체		6,611,806	2,287,114	40,377	601,748	488,490	10,029,535



* 괄호는 추정된 면적 불확도(추정오차)를 의미함.

출처: 국립산림과학원(임종수)

2. 공간정보 기반 통계 개발

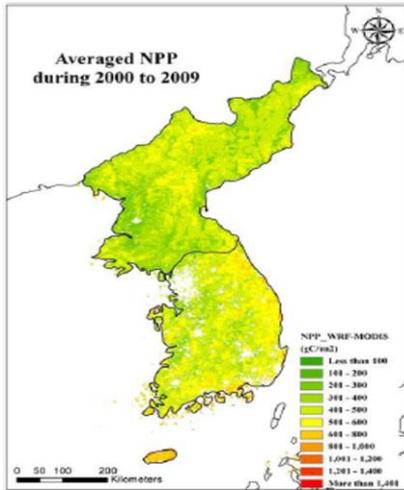
2. 황폐화된 토지면적 비율

○ 토지생산성

- 육상(산림)생태계의 탄소흡수능력을 파악하기 위한 지표

* 순일차생산량(NPP: Net Primary Productivity): GPP에서 식물의 호흡량을 제외한 탄소흡수량

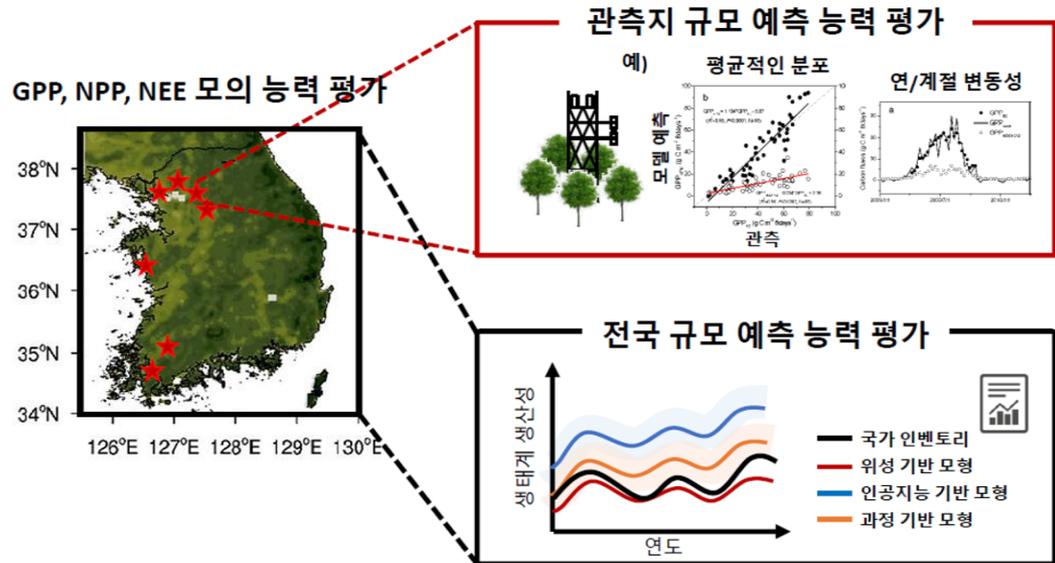
MODIS 기반 모델



(국립산림과학원, 2018)

- 영상기반 모델링
- Machine learning 모델링
- 산림생태계시스템 과정 기반 생물리모형

지상관측(Flux tower) 기반 machine learning 모델



- 지상 관측자료(Flux 타워, 8개소)와 국가 온실가스 인벤토리 보고 자료를 활용하여 관측지 및 전국 규모 예측 능력 평가

2. 황폐화된 토지면적 비율

○ 토양탄소

- 연도별 토지피복별 토양탄소저장량(TC/ha) * UNFCCC 토양탄소와 동일
- 산정기관: 산림지(국립산림과학원), 농경지(국립농업과학원), 초지(국립축산과학원), 정주지(LH연구원)

○ 국가 고유 토양탄소계수

구분	산림지*	농경지*	초지*	습지	정주지
토양탄소 (TC/ha)	침엽수림: 38.75 활엽수림: 56.68 * 수종별 고유계수 개발완료	58.1	66.6	-	-

출처: 국가 온실가스 인벤토리 산정지침(2021)

3. 공간정보 기반 통계 체계 개발

목표15 육상생태계 보전(2021~)

세부목표 (7)	지표 (15)	구분
15.1 육상과 내륙 담수의 생태계 다양화를 위해 보전과 복원	15.1.1 육상 및 담수 생물다양성을 위해 보호구역 으로 지정된 지역의 비율	토지(면적)
	15.1.2 총 육지면적 중 산림면적 비율	토지(면적)
15.2 산림전용 중단, 황폐화산림복원 등 지속가능한 산림경영 강화	15.2.1 국가 산림경영 지표 확장	활동 / 토지(산림)
15.3 가뭄·홍수·개발 등으로 황폐화된 토지를 복원	15.3.1 총 토지면적 중 황폐화된 토지 비율	토지(면적) / 통계 X
15.4 생물다양성 손실을 예방하기 위해 멸종위기종 보호	15.4.1 멸종위기에 처한 동식물	활동 / 토지(서식지)
	15.4.2 주요 멸종위기종 복원율	활동 / 토지(면적)
	15.4.3 산악지역 녹색피복 지수	토지(면적)
	15.4.4 종보호지수	활동 / 토지(면적)
	15.4.5 전국 야생동물 통합 모니터링 시스템 구축에 필요한 스테이션의 수(1000) 대비 설치 및 운영되고 있는 스테이션의 비율	활동
15.5 동식물 보호종의 포획과 불법거래 근절	15.5.1 야생동물 밀렵밀거래 단속실적	활동
	15.5.2 관리제도가 필요한 야생동물·가축·인간 사이 고위험 접촉점 대비 관리제도가 확립된 접촉점 수의 비율	활동
15.6 침입외래종 유입 예방과 이들이 육지 및 수중 생태계에 미치는 영향 저감	15.6.1 외래생물 관리 대상종 수	활동 / 토지(서식지)
	15.6.2 산림병해충에 의한 연간 산림피해 면적	토지(면적)
15.7 개발사업 등 인간활동으로 단절된 생태축의 복원과 생태 네트워크 유지·관리	15.7.1 백두대간 등 산림복원 면적	토지(면적)
	15.7.2 도심/생활권 숲 복원	토지(면적)

3. 공간정보 기반 통계 체계 개발

1. 토지이용변화 매트릭스(Land Conversion Matrices) 개발 중

- UNFCCC 국가보고를 위한 통계이지만, UNCCD, UN-SDGs 국가보고(토지황폐화)에도 활용
 - 현재 행정통계로 작성 어려움. * 증감된 토지가 어디서 들어오고, 어디로 나간 것인지 확인 어려움.

TABLE 3.5
ILLUSTRATIVE EXAMPLE OF APPROACH 2 DATA IN A LAND-USE CONVERSION MATRIX WITH CATEGORY STRATIFICATION

Initial \ Final	Forest Land (unmanaged)	Forest Land (managed, temperate continental)	Forest Land (managed, boreal coniferous)	Grassland (unimproved)	Grassland (improved)	Cropland	Wetlands	Settlements	Other Land	Final area
Forest Land (unmanaged)	5									5
Forest Land (managed, temperate continental)		4		1	2	1				8
Forest Land (managed, boreal coniferous)			6							6
Grassland (unimproved)		2		61						63
Grassland (improved)				2	17					19
Cropland						29				29
Wetlands							0			0
Settlements		1		1		1		5		8
Other Land									2	2
Initial area	5	7	6	65	19	31	0	5	2	140
Net change	0	1	0	-2	0	-2	0	+3	0	0

Note: Column and row totals show net conversion of land-use as presented in Table 3.3. "Initial" indicates the category at a time previous to the date for which the assessment is made and "Final" the category at the date of assessment. Net changes (bottom row) are the final area minus the initial area for each of the (conversion) categories shown at the head of the corresponding column. Blank entry indicates no land-use conversion for this transition.

3. 공간정보 기반 통계 체계 개발

1. 토지이용변화 매트릭스 개발 중(UNFCCC, UNCCD, UN-SDGs 연계)

- 공간정보(지도, 영상 등)는 토지이용변화 탐지 가능하나,
 - 현재 행정통계와 수치적 차이 발생 (국가 전체 면적, 토지이용 유형별)

Unit : km2

토지피복지도 : 내륙수, 해양수, 내륙습지, 연안습지 포함 // 지적통계 : 유수지, 구거, 양거, 하천 ^{*습지}

공간자료	산림지	습지*	정주지	초지	농경지	기타토지	산림, 농경지 제외 토지	전체면적
토지피복지도**	56,506	3,390	12,987	1,577	17,302	2,755	17,954	94,519
스마트팜맵	-	-	-	-	14,962	42	-	-
임상도	56,227	-	-	-	-	1,658	-	-
FAO	62,970				16,370		18,260	97,600
지적통계***	63,635	6,061	10,789	561	19,355		17,411	100,401

** 토지피복지도(2018년) / ***지적통계(2019년)

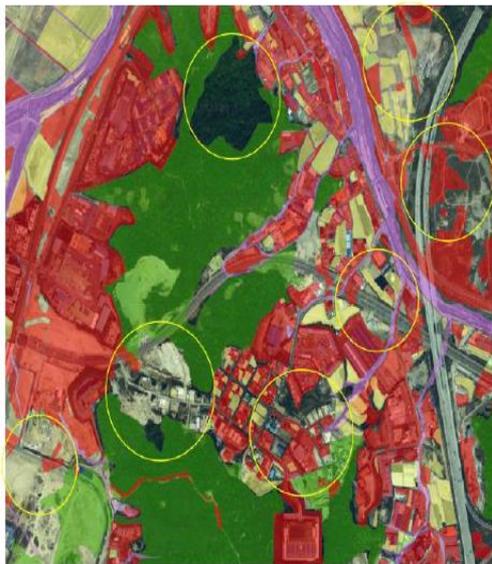
출처: 서울시립대학교(박찬 교수)

3. 공간정보 기반 통계 체계 개발

1. 토지이용변화 매트릭스 개발 중(UNFCCC, UNCCD, UN-SDGs 연계)

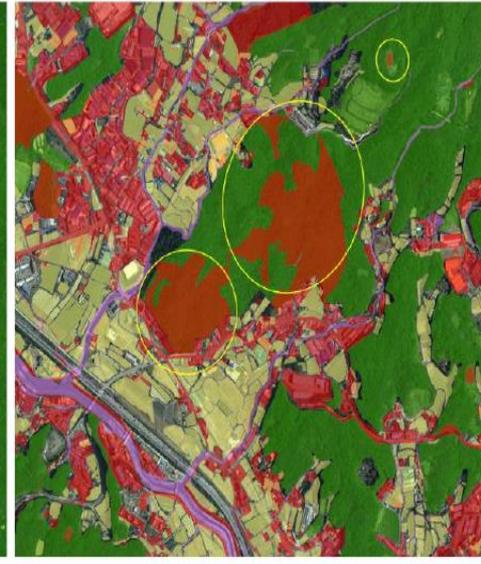
- 공간정보(지도, 영상 등)는 토지이용변화 탐지 가능하나,
 - 토지 유형별 위치 정보(중복, 누락 등)의 오류 존재

토지이용범주별 공간자료 융합 시 누락지역



산림지_인상도
 초지_연속지척도
 정주지 및 기타토지_연속지척도
 농경지_스마트맵맵
 습지_연속지척도

토지이용범주별 공간자료 융합 시 중첩지역



산림지_인상도
 초지_연속지척도
 정주지 및 기타토지_연속지척도
 농경지_스마트맵맵
 습지_연속지척도

출처: 서울시립대학교(박찬 교수)

1. 공간정보를 활용한 토지 관련 지표별 국가 고유 통계 개발 중

- 공간정보가 반영된 통계들의 중첩 분석 요구 증대(지형, 유형별 토지면적, 생산성, 토양탄소 등)
- 다양한 주제도, 영상을 기반으로 machine learning 등 최신 분석 기법 적용 시도

2. 통합적 토지이용 정책 수립·추진을 위해서는 공간정보 기반의 통합된 토지 통계 개발 필요

- 국제사회는 다양한 목표 설정과 이행 검증을 위하여 투명한 통계와 정보 요구 증대
- 토지이용변화 매트릭스가 구축되어야 MGCI, 토지황폐화 등 지표 통계 개발과 정확성 개선 가능
- 식량안보, 토지 기반의 온실가스 감축, 바이오자원 공급 등 토지 기반의 다양한 목표 달성을 위해서는 최적의 토지이용 계획과 정책 수립이 필요. 공간정보 기반의 통합된 토지통계 필요

3. 행정통계 기반에서 공간정보 기반의 통계 체계로 전환 요구 확대 전망

- 개별 목적의 단일 통계들 통합과 투명한 관리·활용을 위해서는 공간정보 기반의 통계 체계 개발 필요

1. FAO. 2020. Mountain Green Cover Index, Republic of Korea
2. Sims, N.C., Newnham, G.J., England, J.R., Guerchman, J., Cox, S.J.D., Roxburgh, S.H., Viscarra Rossel, R.A., Fritz, S. and Wheeler, I. 2021. Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1, Proportion of Land That Is Degraded Over Total Land Area. Version 2.0. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany.
3. 온실가스종합정보센터. 2021. 2021 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침.
4. IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

K-SDGs

모두가 행복한 2030 대한민국의 청사진입니다.

