ISSUE PAPER

GIS를 통한 한국의 자연손실 평가 (1990~2020)

구글 LandSat을 활용한 산림면적변화 및
정규화식생지수(NDVI)를 중심으로



ISSUE PAPER 2024-3호

GIS를 통한 한국의 자연손실 평가 (1990~2020)

구글 LandSat을 활용한 산림면적변화 및 정규화식생지수(NDVI)를 중심으로

재단법인 숲과나눔 풀씨행동연구소

(재)숲과나눔 풀씨행동연구소는

가정·일터·지역사회의 환경이 숲과 같이
건강하고 안전하며 지속가능할 수 있도록
환경사회문제 해결을 위해 조직하고 연구하고
행동하는 연구소입니다.

풀씨행동연구소

풀씨행동연구소는 (재)숲과나눔 네트워크에 연결된 다양한 파트너들과 함께 참여와 실천을 통해 우리사회의 난제를 해결하기 위한 대안을 만들어갑니다.

주요사업

01 생물다양성 보전 및 인재 양성

- 생물다양성 모니터링 및 인재 양성 | ECOSEE
- '더많은자연(Nature Positive)' 캠페인
- 담수생태계 복원 캠페인

02 그린아고라

03 전문 뉴스레터 SHE's View 발간

CONTENTS

발간사 04

요약 06

PART 1 들어가며: GIS를 통한 한국의 자연손실 평가를 하는 이유 10

1) 왜 GIS를 통해 한국의 자연손실을 평가하는가 12

2) 연구 범위와 방법 13

(1) 연구 범위 13

(2) 연구 방법 13

PART 2 자연손실 변화 분석 결과 16

1) 전국 산림의 양적/질적 변화 및 연대별 개발사업유형 변화 18

2) 지역자치단체별 산림의 양적 변화와 질적 변화 25

3) 주요 보호구역의 정규화식생지수(NDVI) 분석 결과 70

PART 3 제언 74

참고문헌 78

부록 82

'더많은자연'의 첫걸음, 자연손실 평가



지금 세계는 기후 위기와 생물다양성 위기라는 거대한 파도 앞에 직면해 있습니다. 이 위기를 극복하기 위해 국제사회는 지구적 목표에 대한 합의를 도출하고 또 이행하기 위해 힘쓰고 있습니다. 기후 위기 극복을 위한 목표는 '탄소중립(Carbon neutrality)'이며, 생물다양성 붕괴를 막기 위한 목표는 '더많은자연(Nature positive)'입니다.

'더많은자연(Nature positive)'은 그저 멋진 슬로건으로 끝나서는 안 됩니다. 2030년까지 자연을 가시적이고 측정 가능한 수준으로 2050년까지는 완전 복원할 수 있도록 건강함, 풍부함, 다양성 및 탄력성을 증가시키자는 것이 국제사회의 합의입니다.

안타깝게도 자연을 평가하는 방법은 아직 많은 제한이 있으며, 기본 정보조차 크게 부족한 상황입니다. 이런 어려움을 극복하기 위해 (재)숲과나눔 풀씨행동연구소는 1990년부터 2020년까지 국내의 자연의 손실 추세를 진단하기 위해 위성영상 분석을 시도하였습니다. 이를 통해 산림면적과 식생의 질 변화를 추정했습니다.

연구 결과에 따르면 조사 기간 동안 국토 전체를 놓고 보면 산림면적은 손실이 우세했고, 식생의 질은 미미하지만 약간 증가한 것으로 나타났습니다. 산림면적이 크게 줄어든 지역도 있었지만, 다행히 일부 지역에서는 개선이 있었고, 식생의 질도 악화되지 않은 긍정적인 현상도 발견되었습니다.

세계적 우려했던 심각한 자연손실 추세와 그리고 우리나라에서 장기간 벌어졌던 무분별한 개발에도 불구하고, 이런 긍정적 신호가 포착된 것은 과도한 의미 부여는 조심해야 하지만 나름대로 의미가 있다고 생각합니다. 그동안 국민들의 인식 향상과 시민사회의 보전 노력, 행정의 지원 등이 무의미

하지 않았으며, 일부 성과를 만든 것이라고 평가할 수 있기 때문입니다. 또한 생물다양성 손실이라는 대세 역시 우리의 노력을 통해서 개선시킬 수 있다는 희망을 발견한 것이 아닌가 생각합니다.

이번 연구에서 활용한 산림면적과 식생의 질을 평가하는 데 사용한 정규화식생지수(NDVI)만으로는 자연을 평가하기에 충분하지 않다는 점은 분명합니다. 앞으로 더 많은 평가지표를 개발하고 적용 방법을 발전시켜 나가야 합니다. 그러나 이번 연구가 우리의 자연을 진단하고 해법을 찾기 위한 다양한 노력의 첫 걸음으로서 중요한 의미를 지니며, 그 결과를 공유하는 것 자체가 큰 의미가 있다고 생각합니다. 앞으로도 자연을 정량적으로 평가할 수 있는 더 나은 방법을 개발하고 자연의 회복 방안도 찾아 나가는 여정에 모두 함께 해주실 것을 부탁드립니다.

끝으로 이번 연구에서 데이터 분석에 큰 도움을 주신 이동근 서울대학교 교수님께 특별히 감사드립니다.

2024년 8월

장재연 (재)숲과나눔 이사장

요약

GIS를 통한 한국의 자연손실 평가(1990~2020)

풀씨행동연구소 | institute@koreashe.org
연구진 | 신재은, 박한, 최준호

배경

토지이용변화(Land Use Change)는 생물다양성 손실의 주된 원인이다. 생물다양성의 손실을 줄이고 더 늘리는 '더많은자연(Nature Positive)'을 달성하려면 공간계획을 통한 토지이용관리가 중요하다. 보호구역을 지정해 자연의 손실을 막고, 훼손지를 복원해 손실된 생물다양성을 회복해야 한다.

우리나라는 다양한 자연자산 중에서도 양적·질적으로 제일 큰 비중을 차지하고 있는 산림의 보전이 특히 중요한 과제다. 다양한 이유로 산림은 훼손되어 건물, 도로 등으로 토지이용이 변화되었다. 하지만 토지이용변화 자료는 연구나 지표마다 상이하게 나타나며 시계열 및 지역별 현황을 일관되게 파악하기에는 어려움이 있다. 이에 GIS를 활용하여 지역별 토지이용변화 특성을 정량적으로 진단함으로써 향후 정책 과제를 도출하고자 한다.

산림면적 변화

- 1990년부터 2020년까지 산림면적은 전국적으로 753.05㎢ 줄었다.
- 17개 광역자치단체 중 산림면적 변화율이 증가한 곳은 인천광역시(89.77% 증가)와 서울특별시(37.60% 증가) 등의 순이었으며, 감소한 곳은 제주특별자치도(19.20% 감소)와 충청남도(15.45% 감소) 등의 순이었다.



– 산림면적이 증가한 곳은 경상북도(370.33㎢ 증가), 전라남도(306.89㎢ 증가) 등의 순이었으며, 감소한 곳은 충청남도(513.68㎢ 감소), 충청북도(293.54㎢ 감소) 등의 순이었다.
– 2020년 기준 산림면적이 큰 곳은 강원특별자치도(14,921.98㎢), 경상북도(13,201.95㎢) 등의 순이며, 적은 곳은 인천광역시(50.84㎢), 서울특별시(127.64㎢) 등의 순이었다.

정규화식생지수(NDVI) 변화

– 1990년과 2020년의 식생의 질을 정규화식생지수(NDVI)를 통해 분석한 결과 전국 평균 0.02 증가했다.
– 17개 광역자치단체 중 정규화식생지수(NDVI)가 증가한 곳은 서울특별시와 인천광역시(각 0.06 증가) 등의 순이었으며, 정규화식생지수(NDVI)가 감소한 곳은 없었다.
– 2020년 기준, 정규화식생지수(NDVI)가 높은 곳은 강원특별자치도(0.44), 전북특별자치도(0.43) 순이며, 낮은 곳은 서울특별시와 인천광역시(각 0.25), 부산광역시(0.30) 순이었다.
– 2020년 기준, 국내 보호구역 중 국립공원과 백두대간보호구역의 정규화식생지수(NDVI)는 각 0.46, 0.47이며, 1990년에 비해 각 0.02, 0.03 증가했다.

환경영향평가 사업유형 변화

– 1980년부터 2021년까지 총 5,757건을 분석한 결과, 개발이 제일 많이 진행된 시기는 2000년대(2,258건), 1990년대(1,629건) 등의 순이었다.
– 개발사업별 건수로는 도로건설(1,130건), 도시개발(977건) 등의 순이었다.
– 특·광역시 단위 개발사업 건수로는 인천광역시가 201건, 도 단위로는 경기도가 902건으로 가장 많았다.
– 광역자치단체 대부분이 2000년대에 환경영향평가가 가장 많이 접수되었으며, 대전광역시와 광주광역시는 1990년대, 세종특별자치시와 제주특별자치도(자체 평가 반영 시)는 2010년대에 가장 많았다.

제언

– 첫째, 자연의 양적 손실을 총량적으로 관리하기 위한 수단으로써 자연자원총량제(Biodiversity offset)가 필요하다.

– 둘째, 자연손실을 최소화하고 서식지의 질을 개선하기 위해서는 개발압력을 규제할 수 있는 보호지역의 확대와 개발 지역에 대한 자연기반해법(NbS, Nature based Solution)이 필요하다.

– 셋째, 기후위기 및 생물다양성 위기 시대에 자연자원으로부터 제공받는 생태계서비스가 중요해지고 있다. 생태계서비스에 대한 경제적 인센티브를 도입하여 강원, 경북 등 산림이 많은 지역의 보전 정책을 독려할 필요가 있다.



PART 1

들어가며: GIS를 통한 한국의 자연손실 평가를 하는 이유



PART 1

들어가며: GIS를 통한 한국의 자연손실 평가를 하는 이유

1) 왜 GIS를 통해 한국의 자연손실을 평가하는가

생물다양성 손실의 가장 핵심적인 요인은 토지이용변화(Land Use Change)이다. GIS를 활용한 토지이용변화 분석을 통해서 서식지의 감소와 탄소흡수원의 감소를 확인할 수 있다. '더많은자연(Nature Positive)'을 달성하기 위해서는 공간계획을 통한 토지이용관리가 중요하며, 보호구역을 지정하여 자연의 손실을 막고, 훼손지를 복원하여 손실을 반전시켜 회복으로 나아가야 한다.

우리는 자연자원을 통해서 다양한 생태계서비스를 누리고 있으며, 기후 위기가 심화되면서 조절서비스에 대한 관심도 높아지고 있다. 우리나라의 경우 다양한 자연자산 중에서도 국토의 절반을 차지하고 있는 산림의 보전이 특히 중요한 과제다. 산림은 생태계 서식지로서의 지지서비스는 물론 탄소를 흡수하고 폭염과 홍수를 조절하는 공간으로서 조절서비스도 제공한다.

자연손실을 막고 나아가 생태계서비스를 증진하기 위해서는 우리나라의 자연자원을 정량화하고 손실이 얼마나 있었는지 파악을 하는 것이 필요하다. 토지이용변화 자료는 연구나 지표마다 상이하게 나타나며 시계열 및 지역별 현황을 일관되게 파악하기에는 어려움이 있다. 이에 GIS를 활용하여 지역별 토지이용변화의 특성을 정량적으로 진단함으로서 향후 정책 과제를 도출하고자 한다.

2) 연구 범위와 방법

(1) 연구 범위

– 공간적 범위 : 전국 및 17개 광역자치단체

– 시간적 범위 : 1990 ~ 2020년(5년 단위)

– 내용적 범위

: 1990~2020년 자연자원의 양적 변화와 질적 변화 분석

: 환경영향평가 사업유형화로 자연손실 원인 분석

(2) 연구 방법

– 양적 변화 평가 : 1990~2020년까지 위성영상(Landsat TM과 OLI)을 활용해 토지피복도를 제작하여 양적 평가

– 질적 변화 평가 : 1990~2020년까지 위성영상(Landsat TM과 OLI)을 활용해 정규화식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)로 질적 평가

① 위성자료 기반 토지피복 분류 방법론

– 토지피복 분류를 통해 산림의 양(면적, Area)적인 자연손실을 평가했다.

– Google Earth Engien 클라우드 플랫폼에서 Landsat TM, Landsat OLI를 활용해 위성영상 데이터를 취득했다. 이를 바탕으로 픽셀 기반 Random Forest를 활용해 토지피복 분류를 실시했다.

– 토지피복도는 통계적 검증을 통해 검증한 결과, 산림의 경우 모든 연도의 토지피복도에서 정확도가 95% 이상으로 나타났다. 시각적 검증에서도 안정적으로 분류되었음을 확인했다.

– 국가경계는 전세계의 국가경계를 공유하는 GDAM을 참조하여, 섬으로 구성된 부산광역시 영도구, 인천광역시 강화군 및 옹진군, 전라남도 완도군 및 진도군, 신안군, 경상북도 울릉군, 경상남도 거제시 및 남해군이 분석 대상에서 제외되었다. 본 연구가 2023년 3월부터 실시되어, 2023년 7월 대구광역시로 편입된 군위군을 경상북도로 분류하였다. 같은 이유로 2023년 12월 국립공원으로 지정된 팔공산국립공원이 분석에서 제외되었다.

표1. 토지피복 분류 방법에 활용된 자료

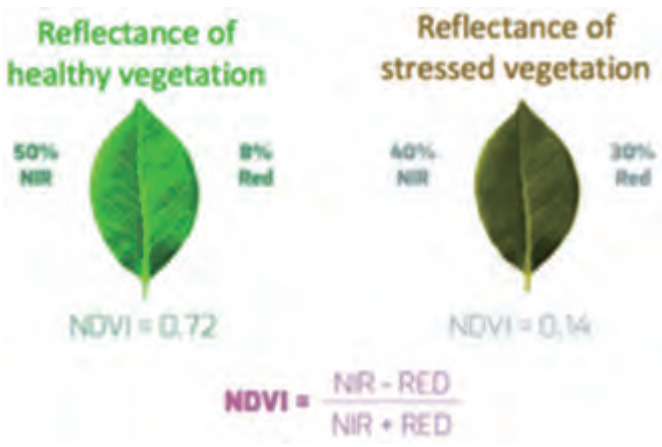
구분	내용
위성영상 제품	Landsat TM, Landsat OLI
국가경계	GDAM(부산광역시 영도구, 인천광역시 강화군 및 옹진군, 전라남도 완도군 및 진도군, 신안군, 경상북도 울릉군, 경상남도 거제시 및 남해군 미포함, 군위군을 경상북도로 분류하여 분석)
공간해상도	30m
시간해상도	1990년, 1995년, 2000년, 2005년, 2010년, 2015년, 2020년
지표	'Blue band', 'Green band', 'Red band', 'Near infrared band', 'Shortwave infrared band1', 'Shortwave infrared band2', 'Panchromatic band', 'Cirrus band', 'Thermal infrared band1', 'Thermal infrared band2', 'NDVI', 'NDWI', 'Elevation'
구름 제거	Cloud Aggregation Method
통계적 검증방법	혼동행렬(confusion matrix)
시각적 검증방법	구글 고해상도 실제 영상 이미지, 환경부 제공 토지피복도

② 위성자료 기반 식생 모니터링

– 식생 질 모니터링을 위한 정규화식생지수(NDVI) 구축해 질적인 차원에서 손실을 평가했다.

– 정규화식생지수(NDVI)는 식생의 질에 대한 평가로 색상(빨간색과 근적외선 두 가지 분광자료 활용)을 이용해 식생의 건강과 밀도를 정량화한다.

그림1. 정규화식생지수(NDVI) 알고리즘



* 잎의 색상을 통해 수목이 건강한지 아닌지 정량화하는 것으로 많은 연구에서 활용되고 있다.

– 정규화식생지수 하모나이징(harmonize) 및 결과 구축

: 센서가 다른 위성사진 2종(Landsat TM, Landsat OLI)을 활용하기 전 색상 파장을 맞추는 하모나이징을 구축하였다.

: Cloud Aggregation Method – Max Pixel을 활용한 구름 제거 시 목표연도 전후 3년의 자료를 활용하였다.

표2. 정규화식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)에 활용된 자료

구분	내용
위성영상 제품	Landsat TM, Landsat OLI
국가경계	GDAM(부산광역시 영도구, 인천광역시 강화군 및 옹진군, 전라남도 완도군 및 진도군, 신안군, 경상북도 울릉군, 경상남도 거제시 및 남해군 미포함, 군위군을 경상북도로 분류하여 분석)
공간해상도	30m
시간해상도	1990년, 2020년
지표	NDVI(range: –1 ~ 1)
구름 제거	Cloud Aggregation Method – Max Pixel

PART 2

자연손실 변화 분석 결과



자연손실 변화 분석 결과

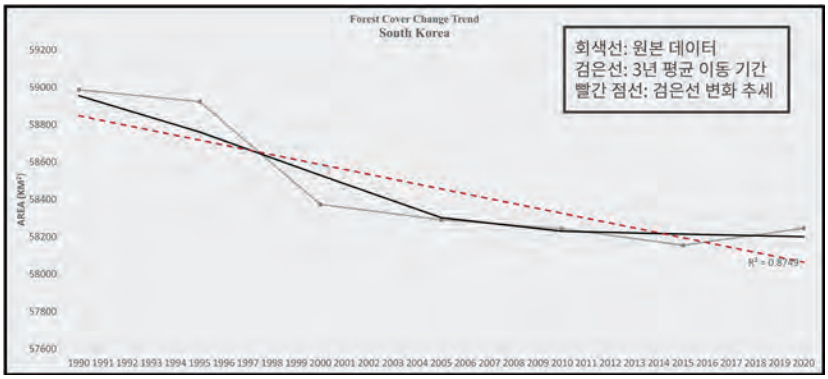
1) 전국 산림의 양적/질적 변화 및 연대별 개발사업유형

1990년부터 2020년까지 산림면적은 전국적으로 753.05㎢ 줄었다. 반면에 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.02 증가했다. 이는 도시화와 산업화 과정에서 산림의 양적면적은 줄었으나, 환경 보전 정책의 개선과 시민 인식의 변화 등 다양한 요인으로 식생의 질은 소폭 개선되었다고 추측할 수 있다.

(1) 산림면적으로 본 전국 산림의 양적 변화

- 1990년부터 2020년까지 산림면적 추세분석 결과, 전국적으로 산림면적이 감소한 것으로 나타났다.[그림2]
- 산림피복의 손실이 증가하는 추세는 우리나라의 도시성장기(1980~1999년) 및 도시지속기(2000년~현재)와 유사한 패턴을 보여, 도시 확장과 산림면적의 변화가 상호 연관되어 있음을 시사한다.

그림2. 전국 산림면적 변화 추세



– 전체적으로는 산림면적이 감소하는 추세지만, 지역마다 다른 특성을 보인다.

– 특·광역시 단위에서 인천과 서울 등은 산림면적이 증가하는 경향을 나타냈고, 부산과 대전에서는 감소했다. 세종은 행정도시가 건설되면서 산림면적이 큰 폭으로 줄었다.

– 도 단위에서는 제주와 충남에서 가장 높은 비율로 감소했다. 충북과 경기 역시 큰 폭으로 감소했으며, 경기는 남부에서 크게 감소했다. 산림면적 감소의 주요 원인은 도시개발 및 확장으로 판단된다.

– 전남과 경북은 산림면적이 증가하였다. 전남의 연안지역에서는 산림면적이 증가하고, 내륙지역은 감소되었다. [그림3, 표3]

그림3. 행정구역별 산림면적 변화량(양적 변화)

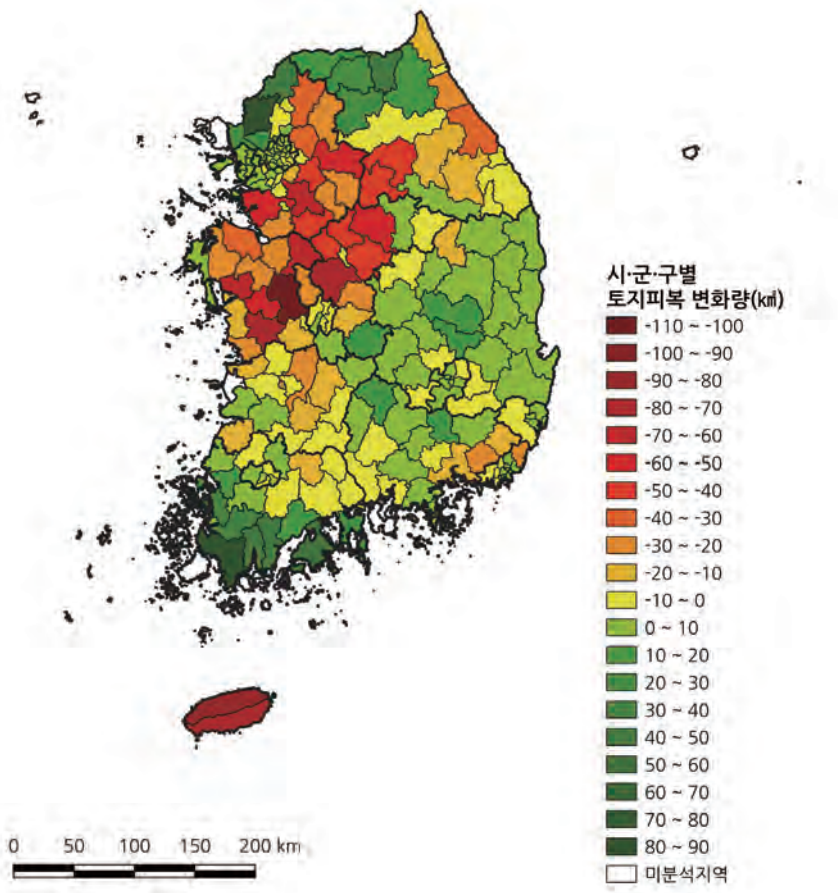


표3. 행정구역별 산림면적 변화량(양적 변화)

광역자치단체	1990년(㎢)	2020년(㎢)	변화량(㎢)	변화율(%)
서울특별시	92.76	127.64	34.88	37.60%
부산광역시	325.72	303.56	−22.15	−6.80%
대구광역시	448.75	452.21	3.46	0.77%
인천광역시	26.79	50.84	24.05	89.77%
광주광역시	159.28	159.77	0.50	0.31%
대전광역시	262.15	253.78	−8.38	−3.20%
울산광역시	448.42	449.54	1.13	0.25%
세종특별자치시*	168.31	143.85	−24.46	−14.53%
경기도	4,680.31	4,398.15	−282.17	−6.03%
강원특별자치도	15,009.57	14,921.98	−87.60	−0.58%
충청북도	5,041.75	4,748.22	−293.54	−5.82%
충청남도	3,325.32	2,811.63	−513.68	−15.45%
전북특별자치도	4,371.33	4,278.16	−93.16	−2.13%
전라남도	5,233.66	5,540.55	306.89	5.86%
경상북도	12,831.63	13,201.95	370.33	2.89%
경상남도	5,869.95	5,856.10	−13.86	−0.24%
제주특별자치도	808.99	653.68	−155.30	−19.20%
합계	59,104.69	58,351.61	−753.05	−1.27%

(2) 정규화식생지수(NDVI)로 본 전국 식생의 질적 변화

- 1990년과 2020년의 식생의 질을 정규화식생지수(NDVI)를 통해 비교하면 전국적으로 증가하였다. 비록 산림면적(양)은 감소하였으나, 과거와 비교하여 식생의 질은 개선되었다고 볼 수 있다.[그림4]
- 정규화식생지수는 서울과 인천에서 가장 많이 증가(0.06)했으며, 지수가 가장 높은 지역은 강원(0.44)과 전북(0.43)이다.[표4]

그림4. 행정구역별 정규화식생지수(NDVI) 변화량(질적 변화)

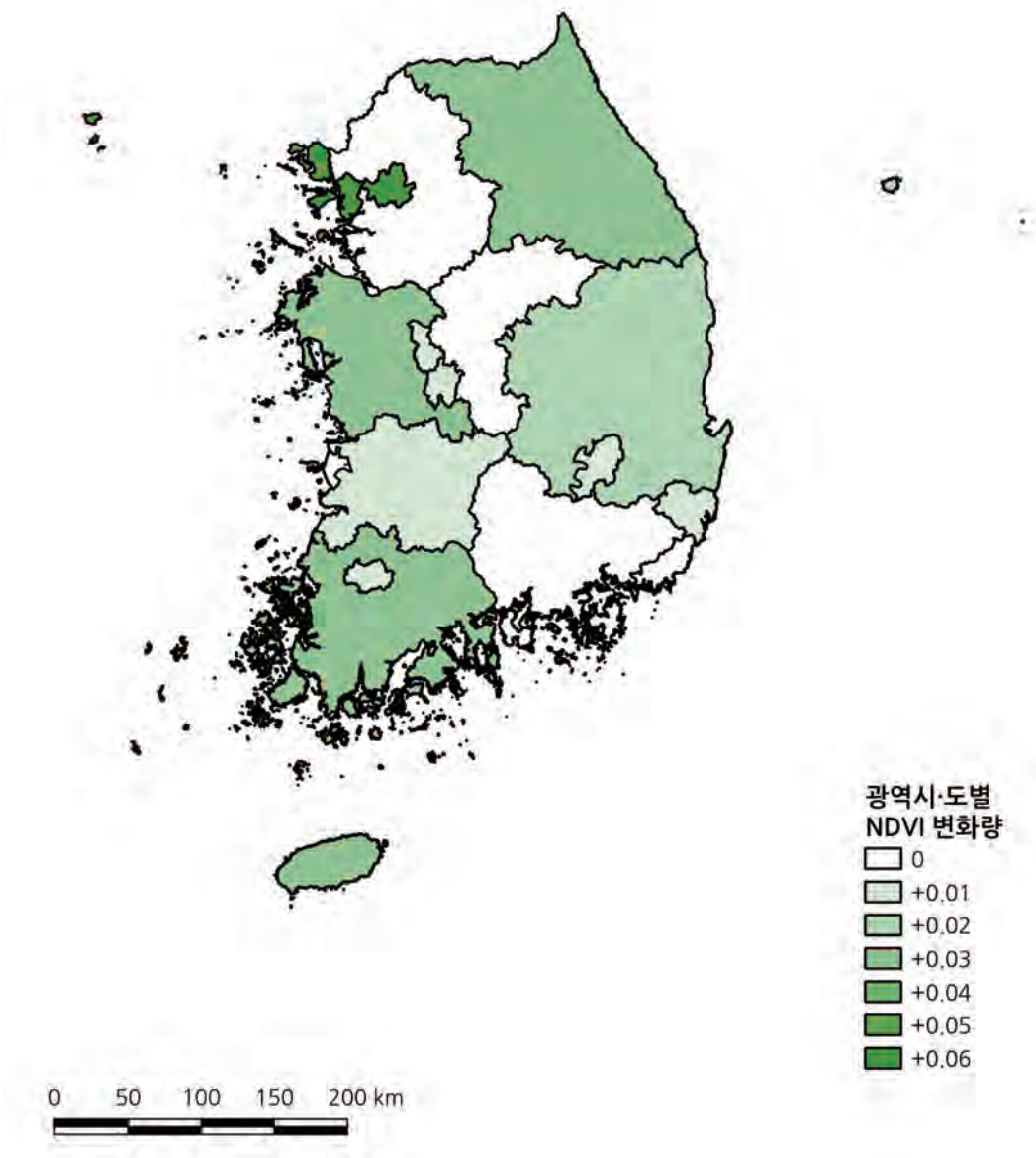


표4. 행정구역별 정규화식생지수(NDVI) 변화량(질적 변화)

광역자치단체	1990년	2020년	변화량
서울특별시	0.19	0.25	+0.06
부산광역시	0.30	0.30	–
대구광역시	0.36	0.37	+0.01
인천광역시	0.19	0.25	+0.06
광주광역시	0.37	0.38	+0.01
대전광역시	0.36	0.37	+0.01
울산광역시	0.37	0.38	+0.01
세종특별자치시*	0.40	0.41	+0.01
경기도	0.38	0.38	–
강원특별자치도	0.41	0.44	+0.03
충청북도	0.40	0.40	–
충청남도	0.38	0.41	+0.03
전북특별자치도	0.42	0.43	+0.01
전라남도	0.39	0.42	+0.03
경상북도	0.40	0.42	+0.02
경상남도	0.40	0.40	–
제주특별자치도	0.38	0.41	+0.03
전국 평균	0.36	0.38	+0.02

*2012년 세종특별자치시 출범

(3) 환경영향평가 사업유형 변화

① 연대별 사업유형

– 개발시설로 인한 자연의 손실을 분석하기 위하여 1980년부터 2021년까지의 환경영향평가 사업 총 5,757건에 대해 분석하였다.

– 연대별 사업유형에 따른 개발사업 수를 평가한 결과, 1980년대 450건, 1990년대 1629건, 2000년대 2,258건, 2010년대 이후 1,420건으로 가장 많은 개발이 진행된 시기는 1990년대와 2000년대로 나타났다.

② 사업유형별 환경영향평가 건수

– 개발사업유형은 도로건설이 1,130건으로 가장 많았으며, 도시개발 977건, 산업단지 877건 순으로 높게 나타났다.

– 도로건설은 2000년대에 가장 많았고, 1990, 2010년대 순으로 나타났다. 도시개발 역시 2000년대 가장 많았고, 1990, 2010년대 순으로 높은 사업 건 수를 보였다. 산업단지는 2010년대에 가장 많았고, 2000년대, 1990년대 순으로 나타났다.

그림5. 연대별 환경영향평가 건수

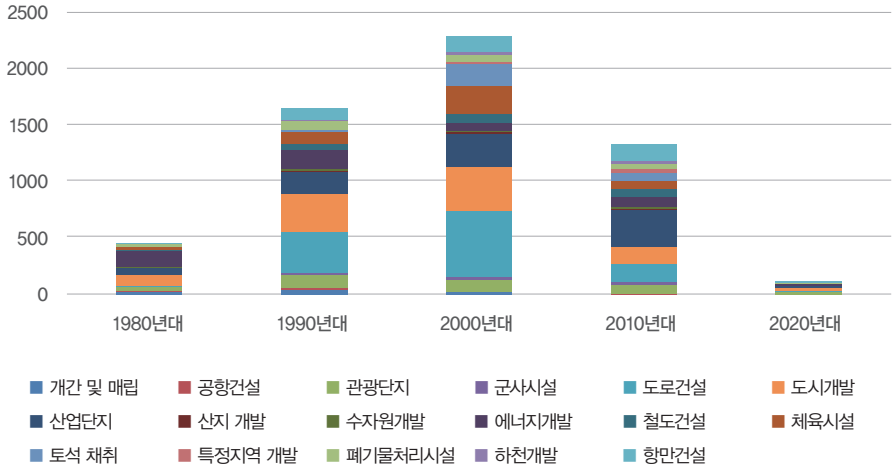
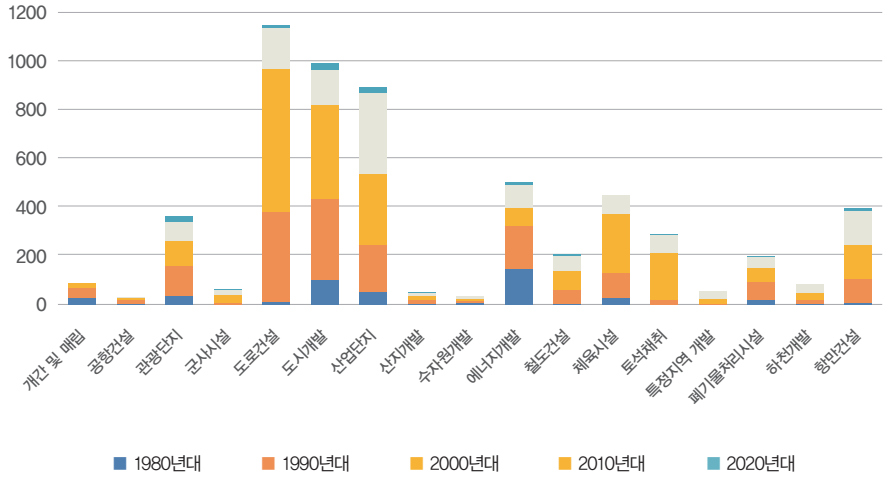


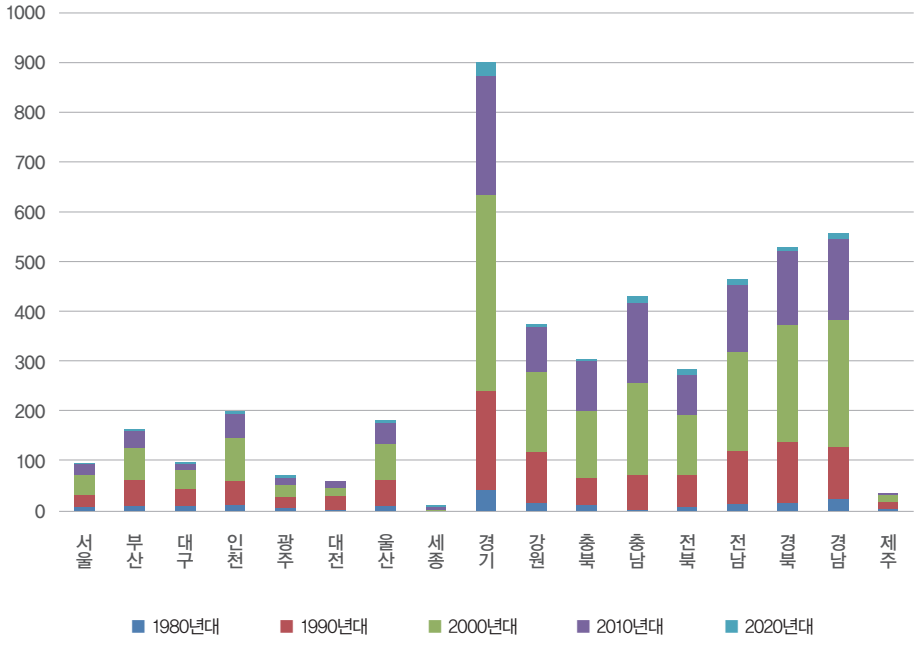
그림6. 사업유형별 환경영향평가 건수



③ 지역별 환경영향평가 건수

- 도 단위에서는 경기도가 902건으로 가장 많았고, 특·광역시 단위에서는 인천시가 201건으로 가장 많았다.
- 광역자치단체 대부분이 2000년대에 환경영향평가가 가장 많이 이루어졌으며, 대전과 광주는 1990년대, 세종은 2010년대에 가장 많았다.
- 제주의 경우 특별자치도 지정 이후 별도로 시행한 환경영향평가는 분류 기준 등이 달라져서 전국 건수에는 반영하지 않았지만, 제주특별자치도의 자체 평가를 반영하면 2010년대에 가장 많았다.

그림7. 지역별 환경영향평가 건수



2) 지역자치단체별 산림의 양적 변화와 질적 변화*

*시군구별 산림면적 변화 분석에서는 순 변화량(Net Change) 분석을 통해 증가와 감소가 모두 고려된 산림면적 변화를 파악하였지만 본 연구의 결과 추출에 사용된 토지피복도의 분류의 불확실성을 인지하고 있음

(1) 서울특별시

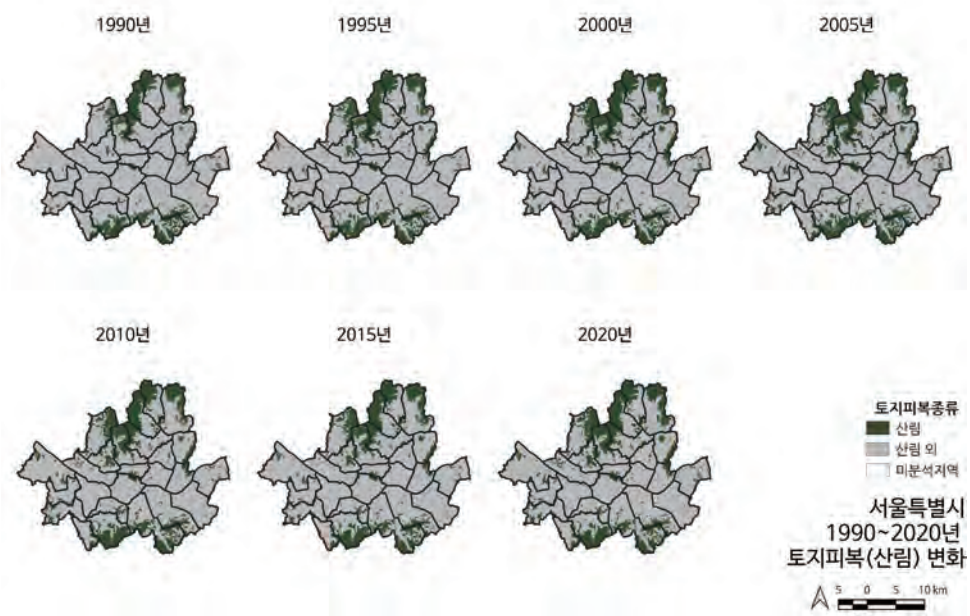
① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 37.60% 증가했지만, 산림면적이 적기 때문에 증가한 실제 면적은 미미하다. 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.06 증가했다.

표5. 서울특별시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	92.76	127.64	+34.88	37.60%
NDVI(평균값)	0.19	0.25	+0.06	–

그림8. 서울특별시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

- 서울특별시는 1980년대~2020년대까지 총 96건의 개발사업을 진행했으며, 2000년대에 40건으로 가장 많았고, 1990년과 2010년에는 각각 24건 등의 순이었다.
- 사업유형별 사업 건수는 도시개발이 50건으로 가장 많았으며, 철도(도시철도 포함)의 건설이 25건 등의 순이었다.
- 도시의 개발사업은 2000, 1990, 2010년대 시기 순이었으며, 철도의 건설은 2010, 1990, 2000년대 시기 순으로 개발사업 건수가 많았다.

그림9. 서울특별시 연대별 환경영향평가 건수

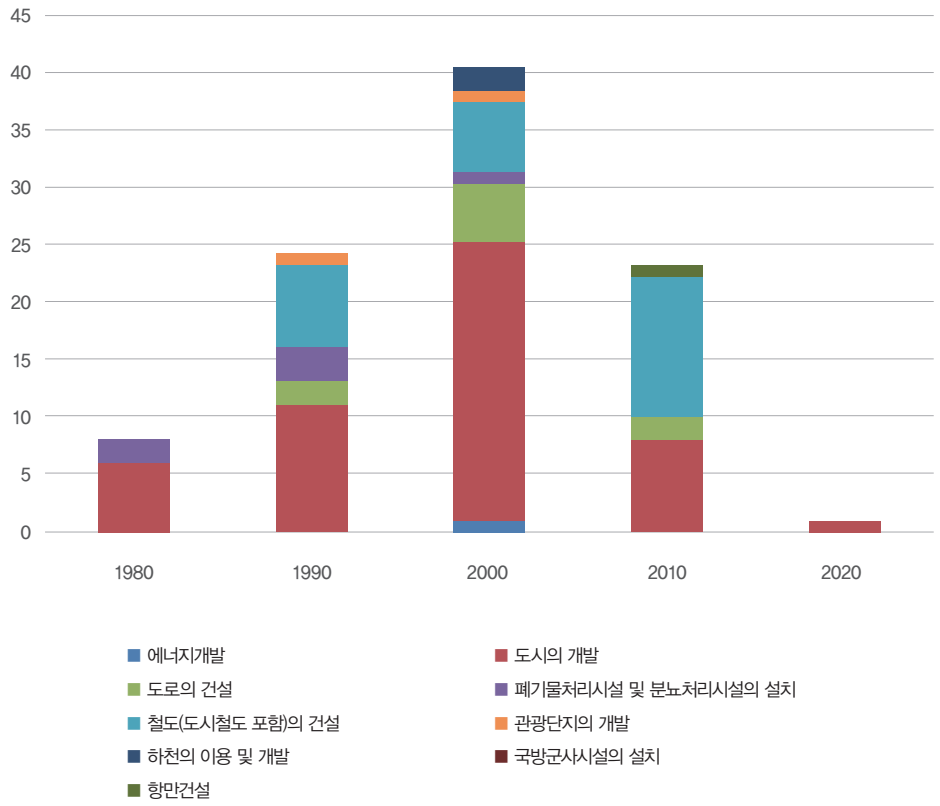
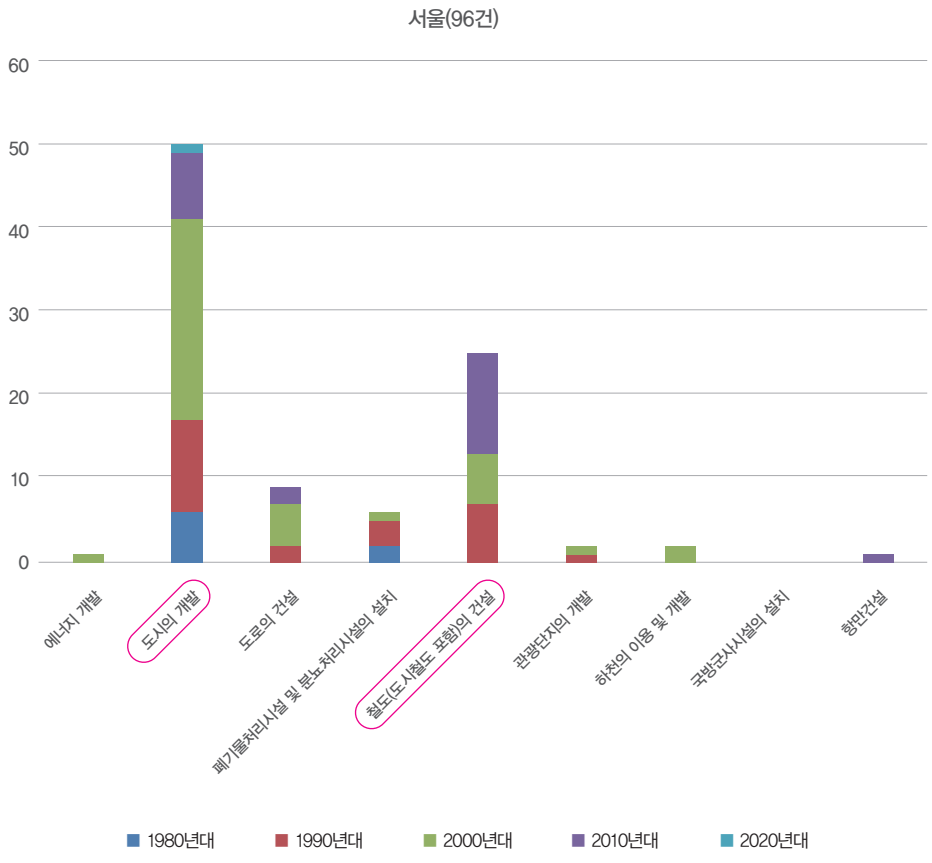


그림10. 서울특별시 사업유형별 환경영향평가 건수



(2) 부산광역시

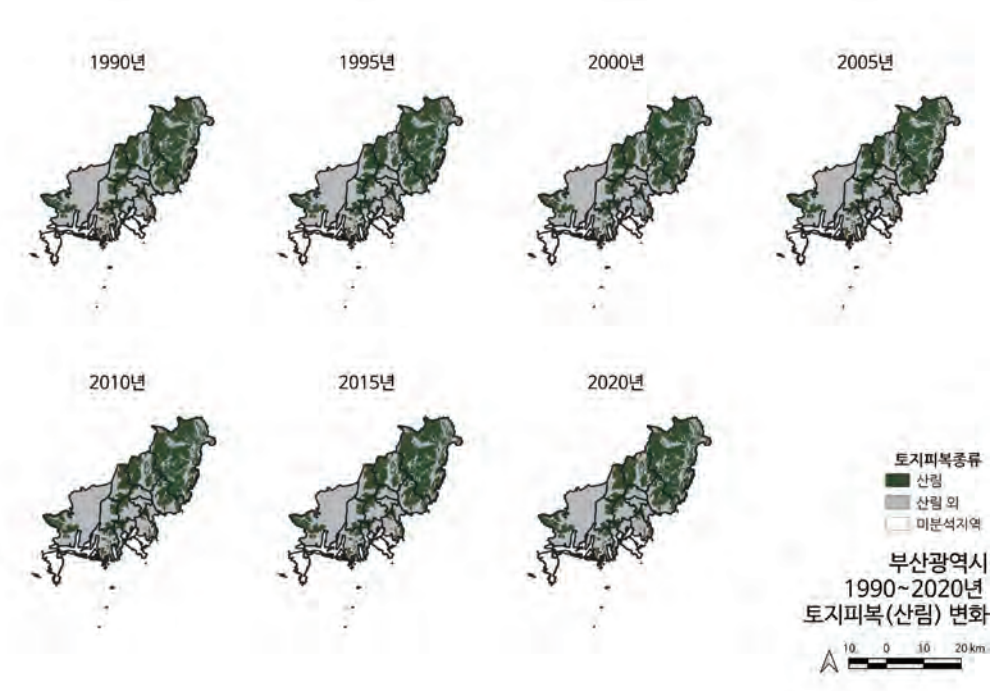
① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 –6.80% 감소했으며, 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 변화가 없었다.

표6. 부산광역시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	325.72	303.56	–22.15	–6.80%
NDVI(평균값)	0.30	0.30	–	–

그림11. 부산광역시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 부산광역시는 1980년대~2020년대까지 총 164건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 64건으로 가장 많았고, 1990년대에 54건, 2010년대에 35건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 지역 특성으로 인해 항만건설 사업이 37건으로 가장 많았으며, 도시의 개발 23건, 산업입지 및 산업단지의 조성이 22건 등의 순이었다.

– 항만건설은 2000년대, 도시개발은 1990년대, 산업단지 조성은 2010년대에 가장 많았다.

그림12. 부산광역시 연대별 환경영향평가 건수

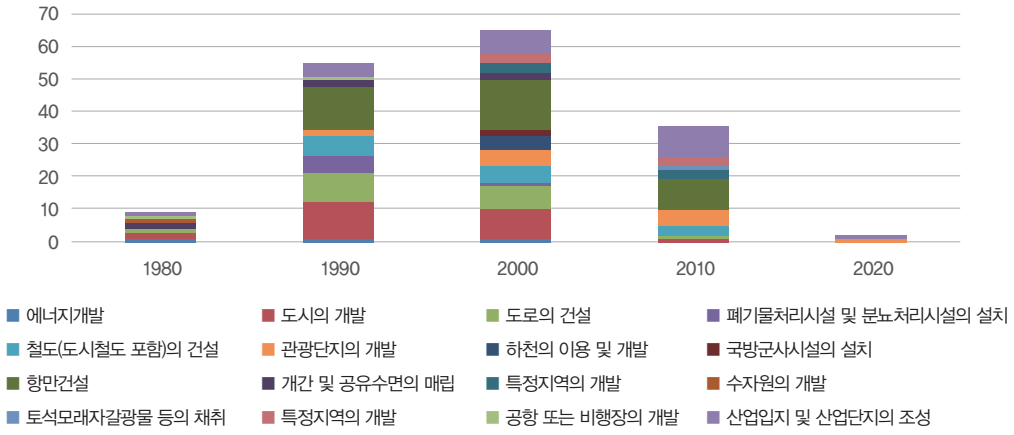
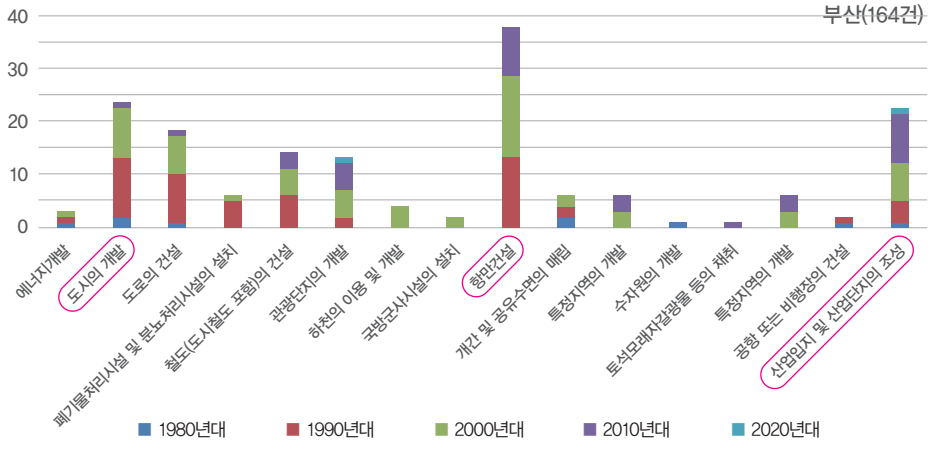


그림13. 부산광역시 사업유형별 환경영향평가 건수



(3) 대구광역시

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 0.77% 증가했으며, 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.01 증가했다.

표7. 대구광역시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	448.75	452.21	3.46	0.77%
NDVI(평균값)	0.36	0.37	0.01	–

그림14. 대구광역시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 대구광역시는 1980년대~2020년대까지 총 98건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 37건으로 가장 많았고, 1990년대에 35건, 2010년대에 14건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도시의 개발이 36건으로 가장 많았으며, 그 다음으로 도로의 건설 사업이 21건이었다. 도시개발은 1990년대, 도로건설은 2000년대에 가장 활발히 이루어졌다.

그림15. 대구광역시 연대별 환경영향평가 건수

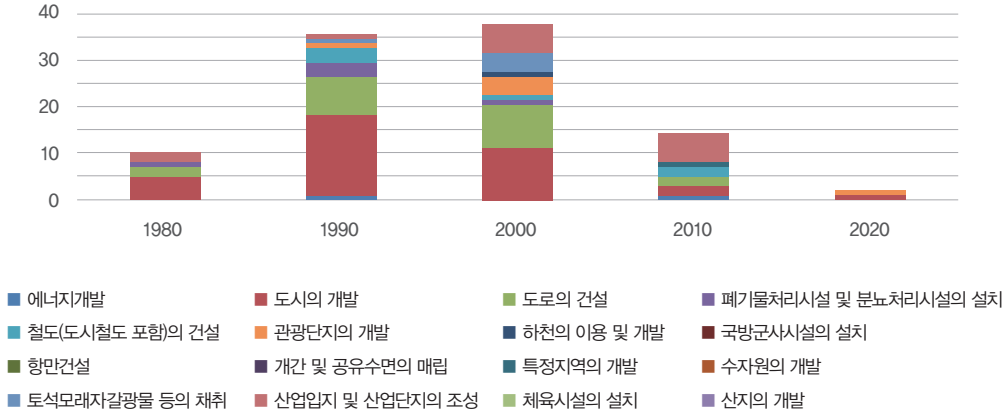
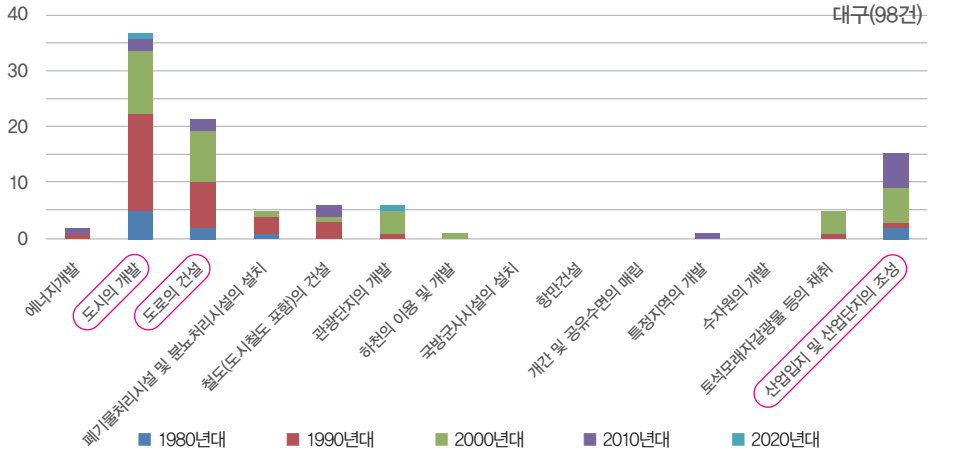


그림16. 대구광역시 사업유형별 환경영향평가 건수



(4) 인천광역시

① 양적/질적 변화

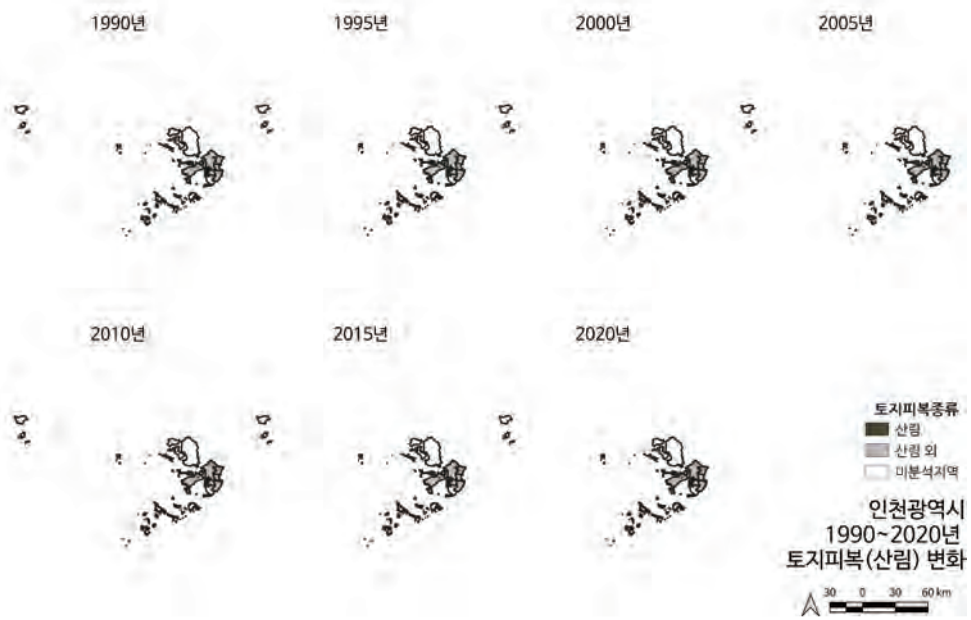
– 인천광역시의 10개 구·군 중 강화군과 옹진군은 미분석하였다.

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 89.77% 증가했지만, 17개 광역자치단체 중 산림면적이 제일 작기 때문에 증가한 실제 면적은 미미하다. 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.06 증가했다.

표8. 인천광역시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	26.79	50.84	24.05	89.77%
NDVI(평균값)	0.19	0.25	+0.06	–

그림17. 인천광역시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 인천광역시는 1980년대~2020년대까지 총 201건의 개발사업이 진행했으며, 2000년대에 88건으로 가장 많았고, 1990년과 2010년에 각각 47건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도시의 개발사업이 51건으로 가장 많았으며, 항만건설 31건, 도로의 건설 25건 등의 순이었다.

– 도시의 개발은 2000년대, 항만건설은 2000, 2010년대, 도로건설은 2000년대에 가장 많았다.

그림18. 인천광역시 연대별 환경영향평가 건수

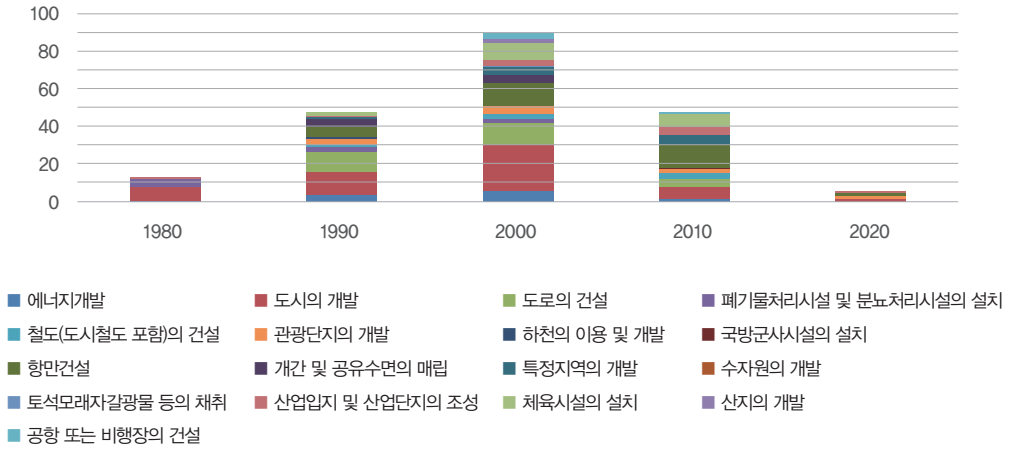


그림19. 인천광역시 사업유형별 환경영향평가 건수



(5) 광주광역시

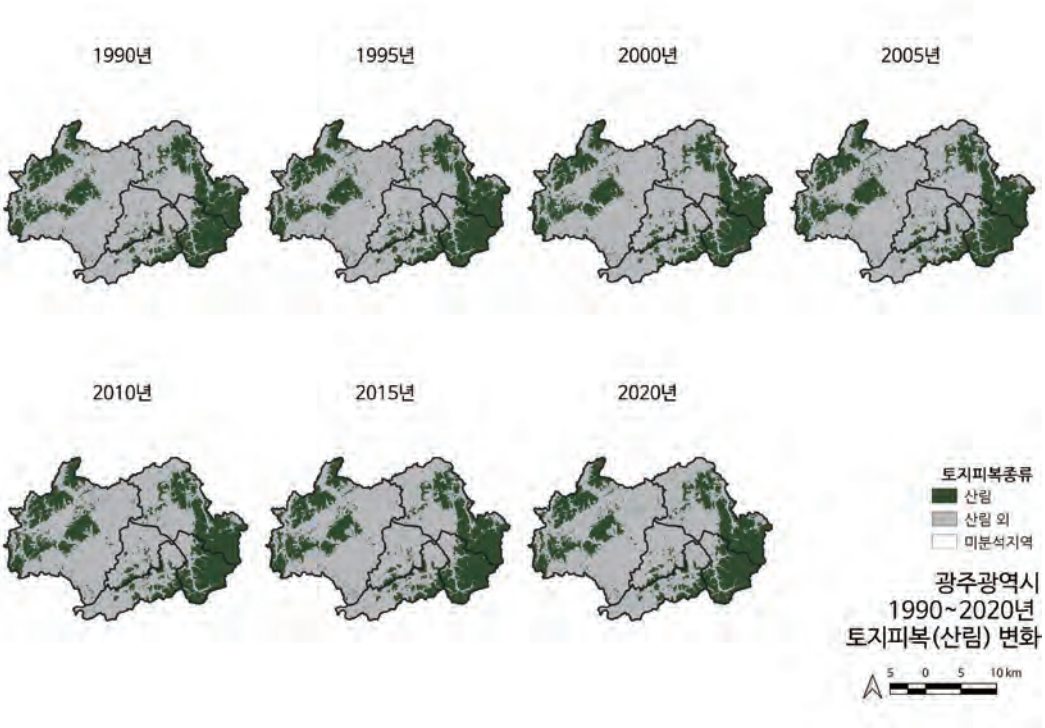
① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 0.31% 증가했으며, 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.01 증가했다.

표9. 광주광역시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	159.28	159.77	0.50	0.31%
NDVI(평균값)	0.37	0.38	+0.01	–

그림20. 광주광역시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 광주광역시는 1980년대~2020년대까지 총 71건의 개발이 진행되었으며, 1990년대에 24건으로 가장 많았고, 2000년대에 23건, 2010년대에 14건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도시의 개발이 23건으로 가장 많았으며, 도로의 건설, 산업입지 및 산업단지의 조성이 각각 12건 등의 순이었다.

– 도시개발은 1990년대, 도로건설은 2000년대, 산업단지조성은 2010년대에 가장 많았다.

그림21. 광주광역시 연대별 환경영향평가 건수

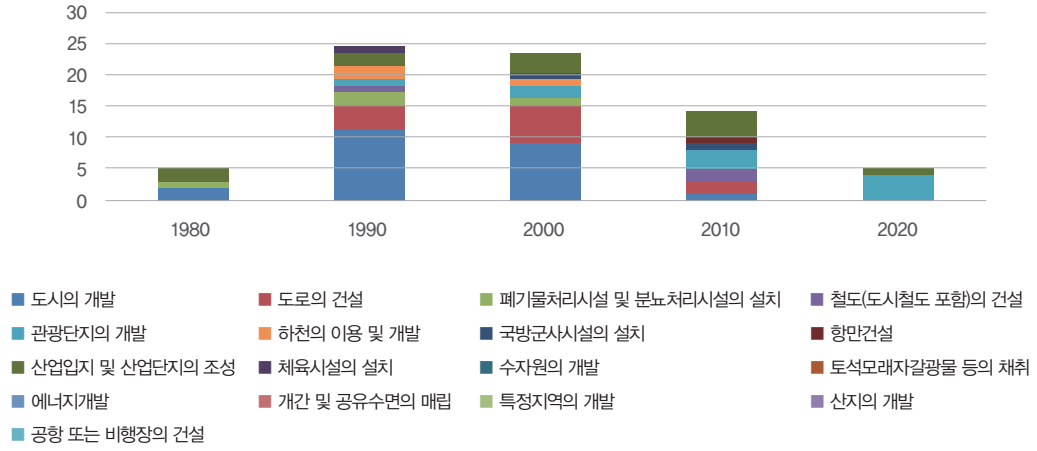
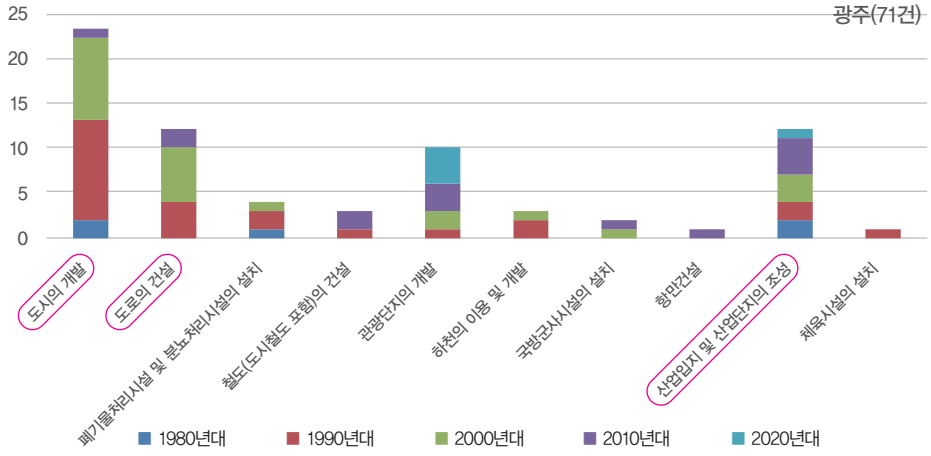


그림22. 광주광역시 사업유형별 환경영향평가 건수



(6) 대전광역시

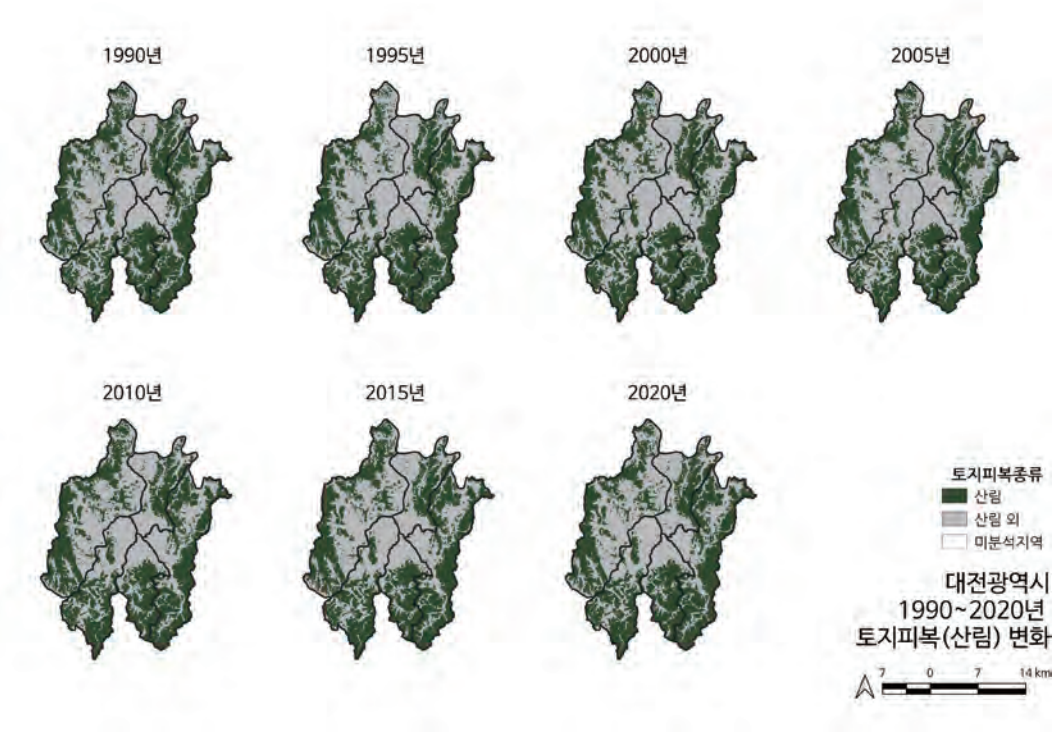
① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 3.20% 감소했으며, 식생의 질을 나타내는 정규화식 생지수(NDVI)는 0.01 증가했다.

표10. 대전광역시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	262.15	253.78	–8.38	–3.20%
NDVI(평균값)	0.36	0.37	+0.01	–

그림23. 대전광역시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 대전광역시는 1980년대~2020년대까지 총 60건의 개발사업이 진행되었으며, 1990년대에 27건으로 가장 많았고, 2000년대에 17건, 2010년대에 13건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도시의 개발이 29건으로 가장 많았으며, 산업입지 및 산업단지의 조성이 10건 등의 순이었다.

– 도시의 개발은 1990년대, 2000년대 순으로 사업건 수가 높게 많았으며, 산업입지 및 산업단지의 조성사업은, 2010년대에 가장 많았다.

그림24. 대전광역시 연대별 환경영향평가 건수

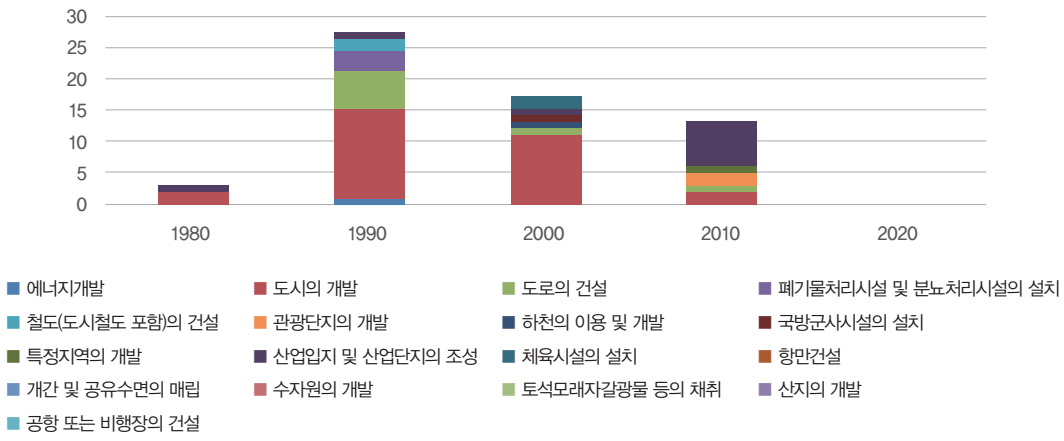
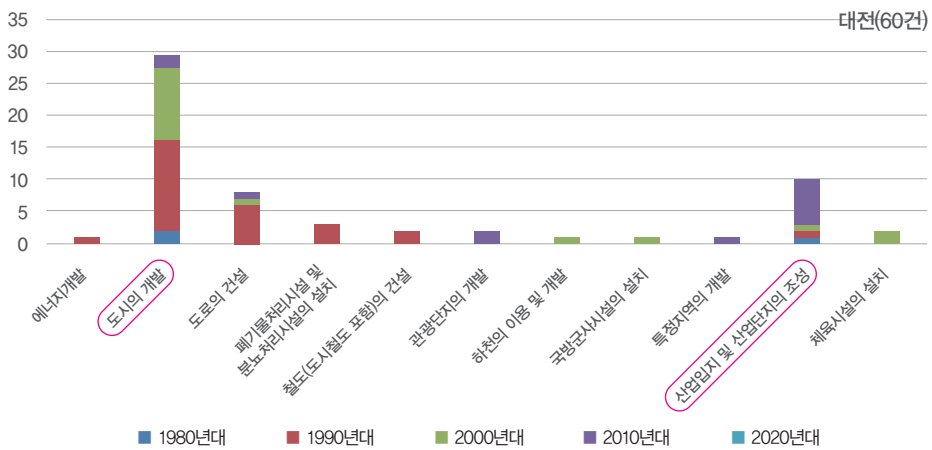


그림25. 대전광역시 사업유형별 환경영향평가 건수



(7) 울산광역시

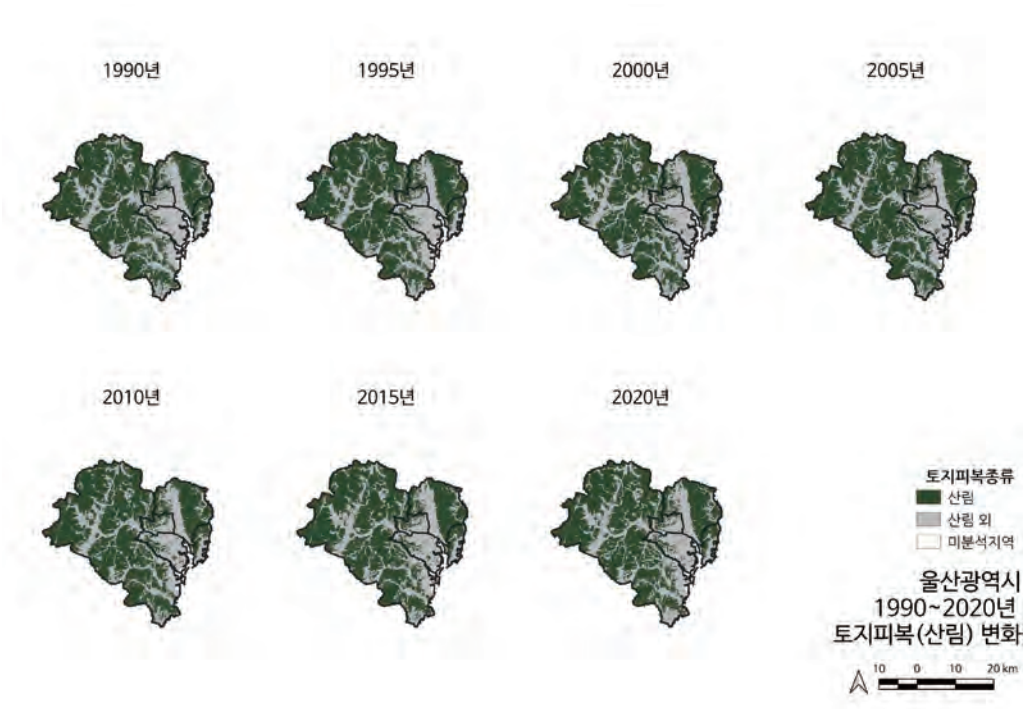
① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 0.25% 증가했으며, 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.01 증가했다.

표11. 울산광역시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	448.42	449.54	1.13	0.25%
NDVI(평균값)	0.37	0.38	+0.01	–

그림26. 울산광역시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 울산광역시는 1980년대~2020년대까지 총 181건의 개발이 진행되었으며, 2000년대에 73건으로 가장 많았고, 1990년대에 54건, 2010년대에 41건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 산업입지 및 산업단지의 조성이 50건으로 가장 많았으며, 도시의 개발이 29건, 항만건설 26건 등의 순이었다.

– 산업입지 및 산업단지의 조성 사업은 2000년대, 도시의 개발사업은 2000년대, 항만건설은 1990년대에 가장 많았다.

그림27. 울산광역시 연대별 환경영향평가 건수

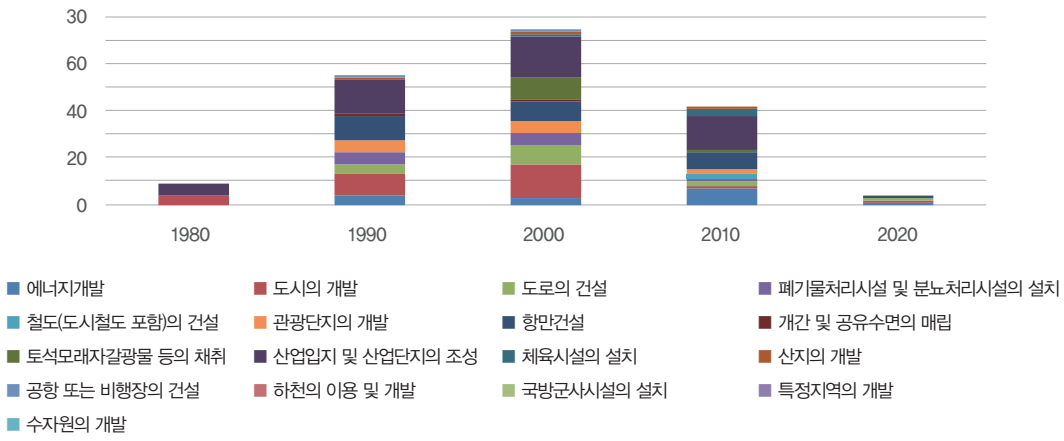
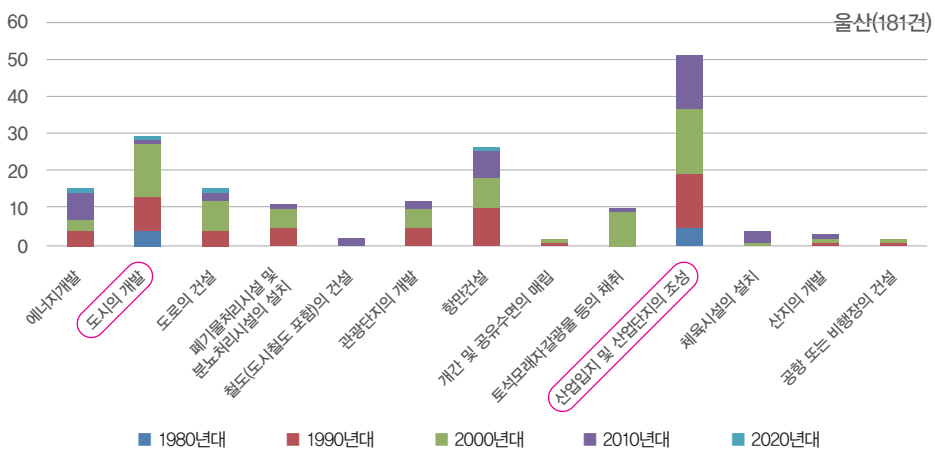


그림28. 울산광역시 사업유형별 환경영향평가 건수



(8) 세종특별자치시

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림면적이 14.53% 감소했으며, 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI) 0.01 증가했다.

표12. 세종특별자치시 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	168.31	143.85	–24.46	–14.53%
NDVI(평균값)	0.40	0.41	+0.01	–

그림29. 세종특별자치시 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 세종특별자치시는 1980년대~2020년대까지 총 10건의 개발사업이 진행되었으며, 세종특별자치시가 2012년에 출범하여 본격 도시 건설이 이루어진 2010년대에 5건으로 가장 많았다.

– 사업유형별 사업 건수는 산업입지 및 산업단지의 조성사업 건 수가 3건, 도시의 개발이 2건 등의 순이었다.

그림30. 세종특별자치시 연대별 환경영향평가 건수

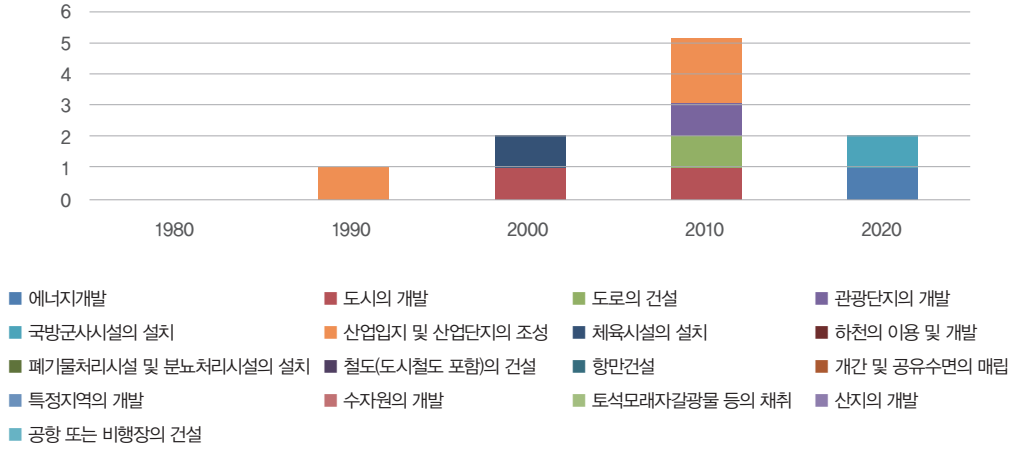
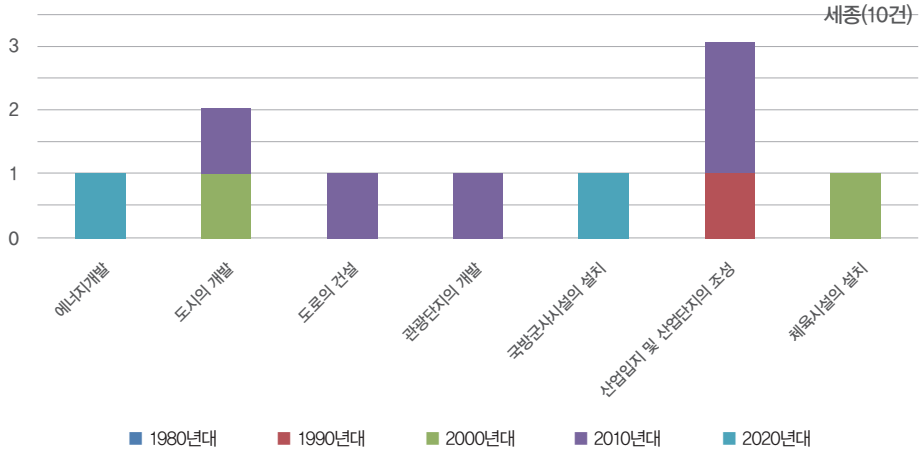


그림31. 세종특별자치시 사업유형별 환경영향평가 건수



(9) 경기도

① 양적/질적 변화

- 1990년부터 2020년까지 산림이 6.03% 감소했으며, 면적은 282㎢가 감소했다.
- 경기도의 경우 남부가 북부에 비해서 상대적으로 더 큰 감소가 나타났으며, 특히 용인, 화성, 양평, 광주, 안성 등에서 크게 감소했다.
- 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 변화가 없었다.

표13. 경기도 산림면적 및 식생의 질 변화

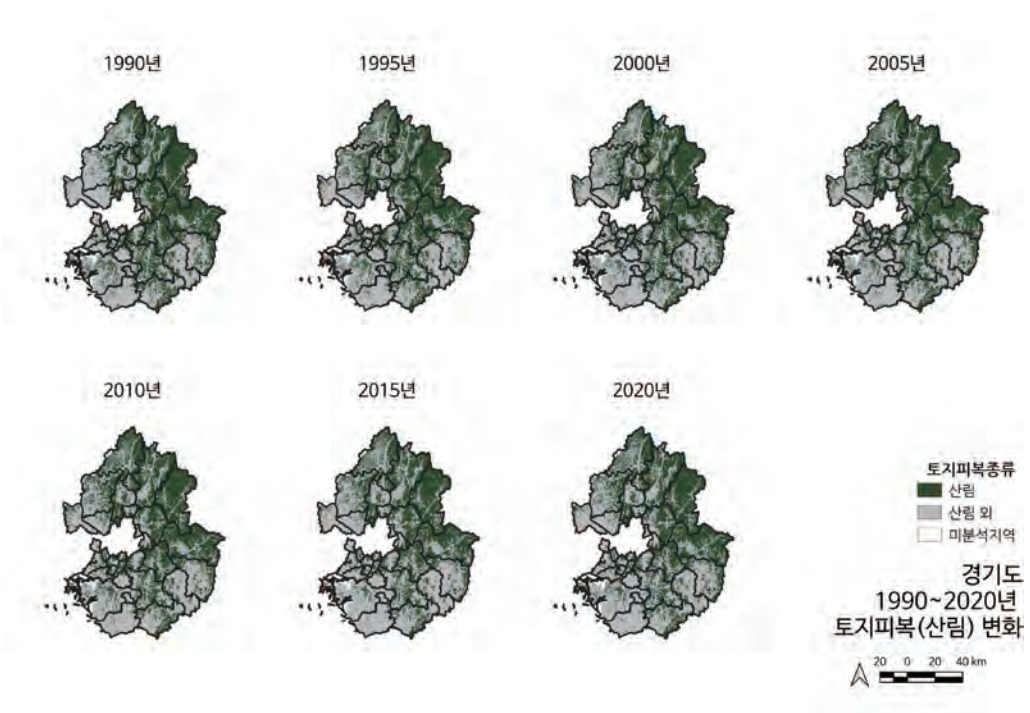
구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	4,680.31	4,398.15	−282.17	−6.03%
NDVI(평균값)	0.38	0.38	−	−

표14. 경기도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(−㎢)
경기도	용인시	−66.59
	화성시	−56.15
	양평군	−50.14
	광주시	−49.22
	안성시	−45.03
	남양주시	−32.92
	포천시	−30.88
	이천시	−29.17
	여주군	−28.70
	평택시	−23.87
	가평군	−21.32
	성남시	−17.64
	동두천시	−6.17
	의왕시	−4.50
	하남시	−4.07
	오산시	−3.18
	구리시	−1.66

경기도	양주시	–1.46
	수원시	–1.08
	군포시	–0.73
	광명시	–0.29
	시흥시	0.04
	과천시	0.15
	안산시	0.24
	의정부시	2.09
	부천시	3.05
	안양시	3.24
	김포시	20.89
	고양시	27.50
	연천군	46.03
	파주시	89.37
합계		–282.17

그림32. 경기도 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 경기도는 1980년대~2020년대까지 총 902건의 개발사업이 진행되었으며, 광역자치단체 중 가장 많았다. 2000년대에 396건으로 가장 많았고, 2010년대에 239건, 1990년대에 199건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도시의 개발 252건으로 가장 많았으며, 도로의 건설 182건 등의 순이었다.

– 도시의 개발, 도로의 건설 등 두 사업유형 모두 2000년대에 가장 많았다.

그림33. 경기도 연대별 환경영향평가 건수

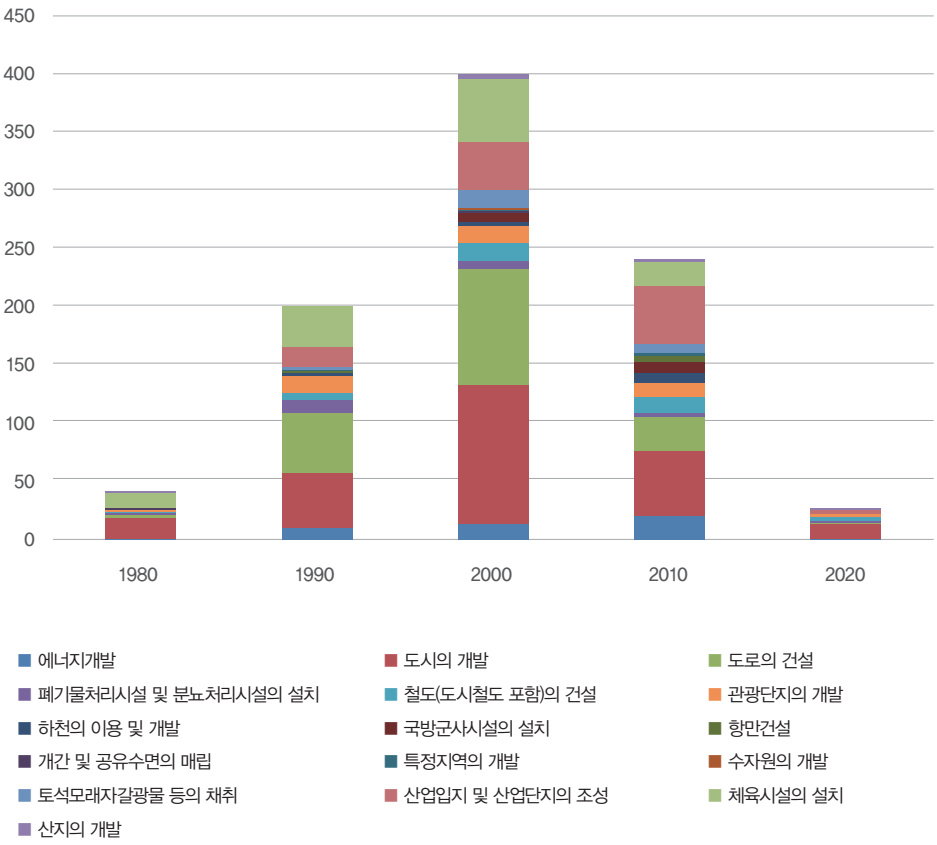
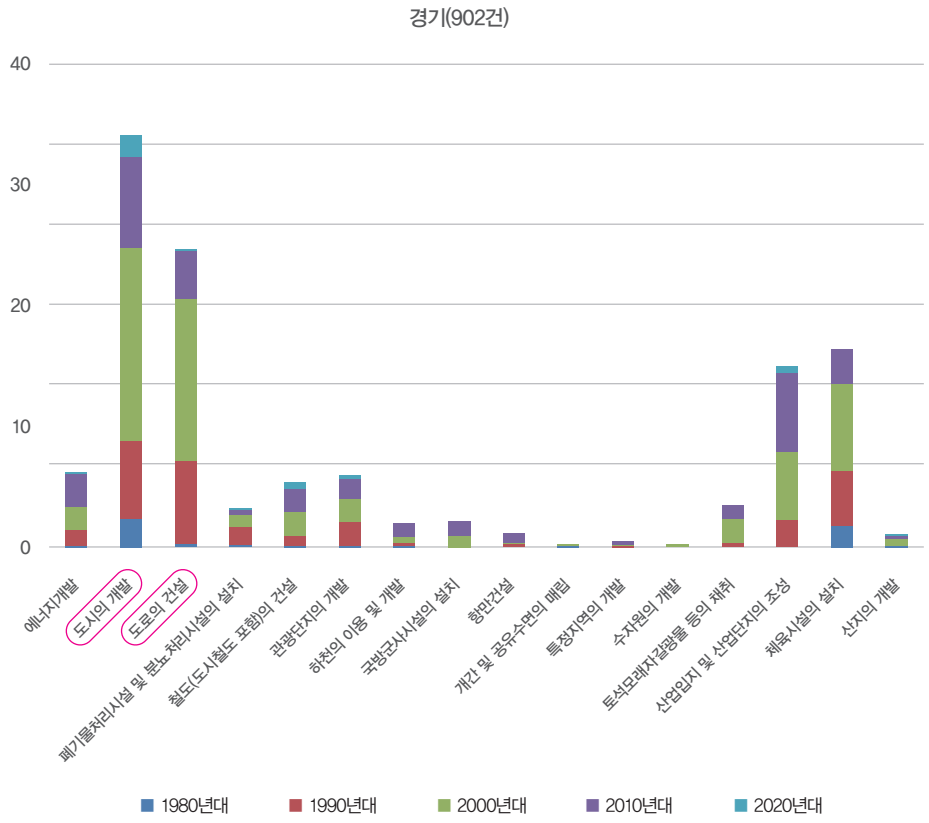


그림34. 경기도 사업유형별 환경영향평가 건수



(10) 강원특별자치도

① 양적/질적 변화

- 1990년부터 2020년까지 산림이 0.58% 감소했으며, 면적은 87.60㎢가 감소했다. 특히 원주, 횡성, 강릉, 양양 등에서 큰 폭으로 감소했다
- 강원특별자치도의 경우 산림면적은 감소했지만, 여전히 우리나라 산림면적의 가장 높은 비중을 차지하고 있다.
- 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 1990년보다 2020년에 0.03 증가하여 0.44이며, 전국에서 가장 높다.

표15. 강원특별자치도 산림면적 및 식생의 질 변화

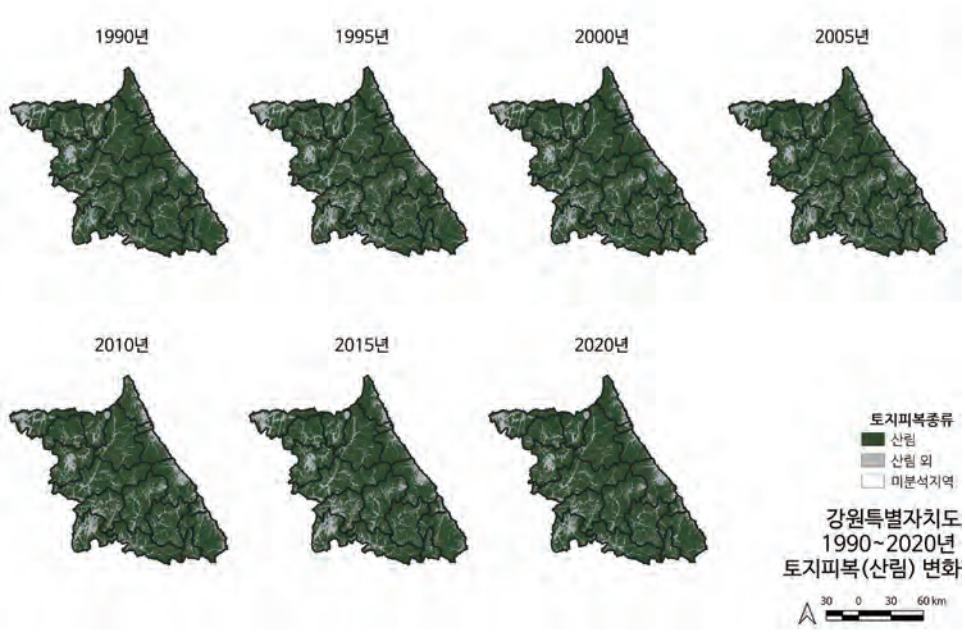
구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	15,009.57	14,921.98	−87.60	−0.58%
NDVI(평균값)	0.41	0.44	+0.03	−

표16. 강원특별자치도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(−㎢)
강원특별자치도	원주시	−45.96
	횡성군	−43.44
	강릉시	−34.81
	양양군	−22.95
	고성군	−16.22
	평창군	−12.67
	정선군	−10.57
	홍천군	−9.77
	동해시	−4.71
	태백시	−3.90
	속초시	−2.29
	삼척시	−0.68
	영월군	2.01
	인제군	14.71

강원특별자치도	철원군	19.78
	춘천시	21.43
	화천군	21.48
	양구군	40.96
합계		−87.60

그림35. 강원특별자치도 산림면적 1990년~2020년 변화



② **연대별/유형별 환경영향평가 사업**

– 강원특별자치도는 1980년대~2020년대까지 총 374건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 162건으로 가장 많았고, 1990년대에 101건, 2010년대에 89건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도로의 건설 86건으로 가장 많았으며, 관광단지의 개발 51건, 체육시설의 설치 46건 등의 순으로 나타났다.

– 도로의 건설은 2000년대, 관광단지의 개발은 1990년대, 체육시설의 설치는 2000년대에 가장 많았다.

그림36. 강원특별자치도 연대별 환경영향평가 건수

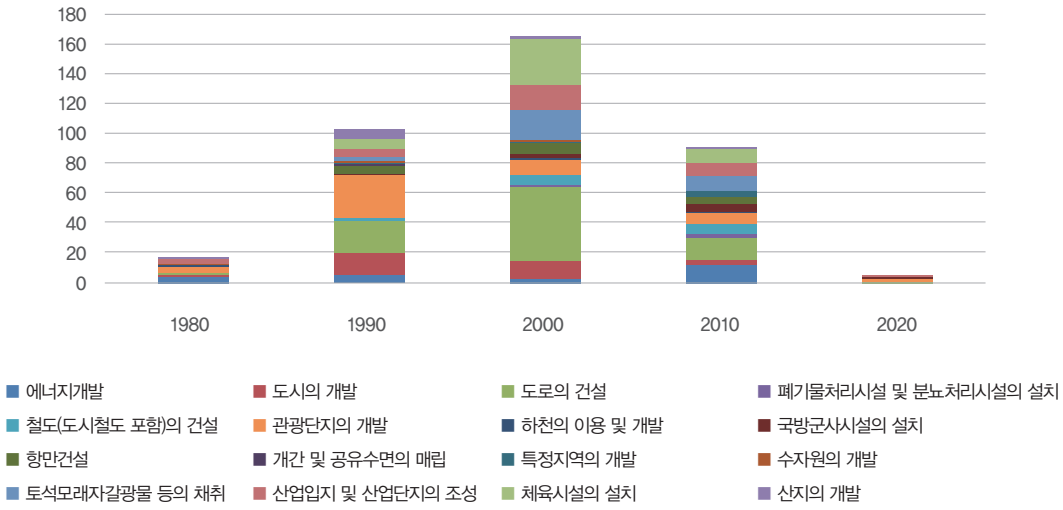
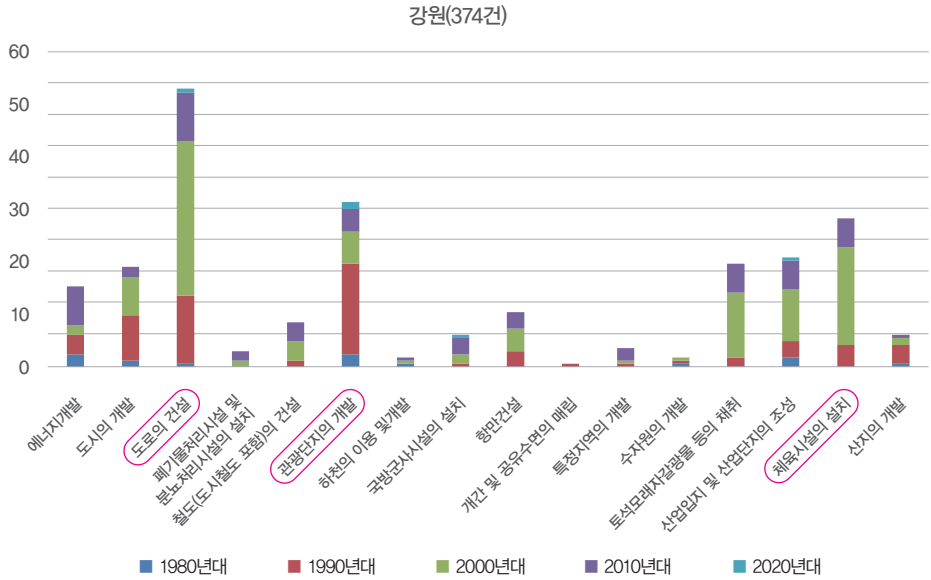


그림37. 강원특별자치도 사업유형별 환경영향평가 건수



(11) 충청북도

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림이 5.82% 감소했으며, 면적은 293.54㎢가 감소했다. 특히 청원, 충주, 괴산, 음성, 진천 등 경기도와 충청남도 인접지역에서 큰 폭으로 감소했으며, 제천과 영동을 제외한 모든 지역에서 감소했다.

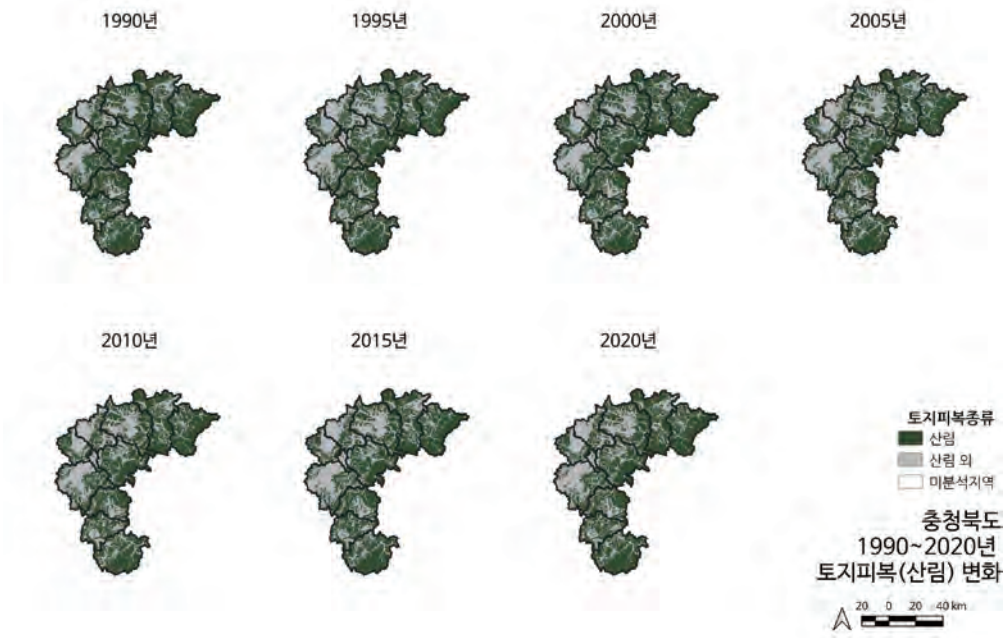
– 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 변화가 없었다.

표17. 충청북도 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	5,041.75	4,748.22	–293.54	–5.82%
NDVI(평균값)	0.40	0.40	–	–

표18. 충청북도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(–㎢)
충청북도	청주시	–74.28
	충주시	–59.77
	괴산군	–46.85
	음성군	–42.78
	진천군	–40.75
	보은군	–22.45
	옥천군	–13.22
	단양군	–6.30
	증평군	–2.77
	제천시	5.59
	영동군	10.04
합계		–293.54



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

– 충청북도는 1980년대~2020년대까지 총 305건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 136건으로 가장 많았고, 2010년대에 100건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 산업입지 및 산업단지의 조성이 81건, 도로의 건설 67건 등의 순이었다.

– 산업입지 및 산업단지의 조성은 2010년대, 도로의 건설은 2000년대에 가장 많았다.

그림39. 충청북도 연대별 환경영향평가 건수

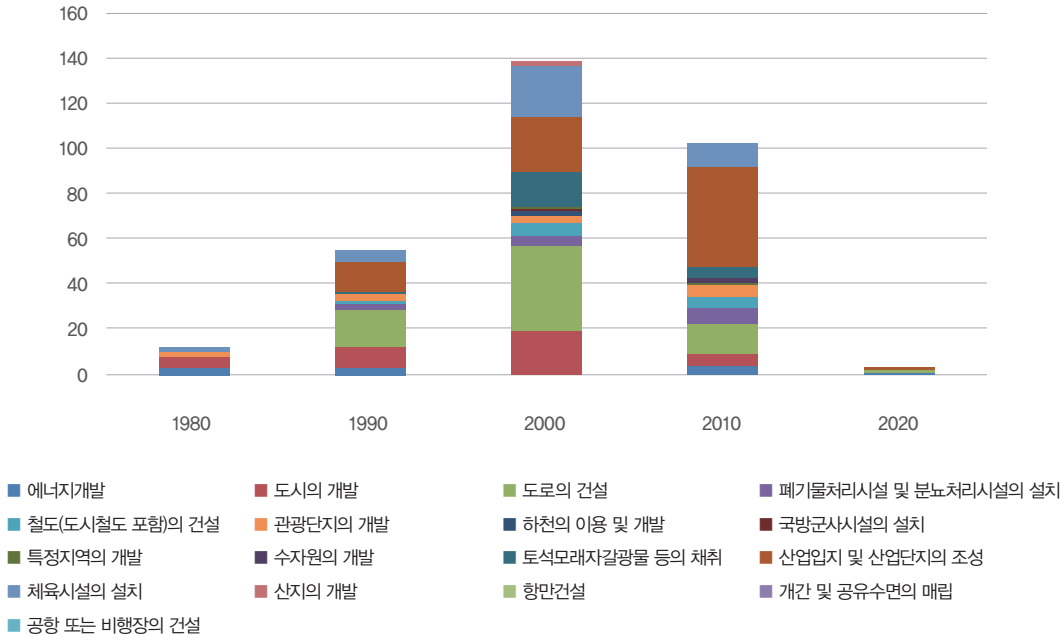
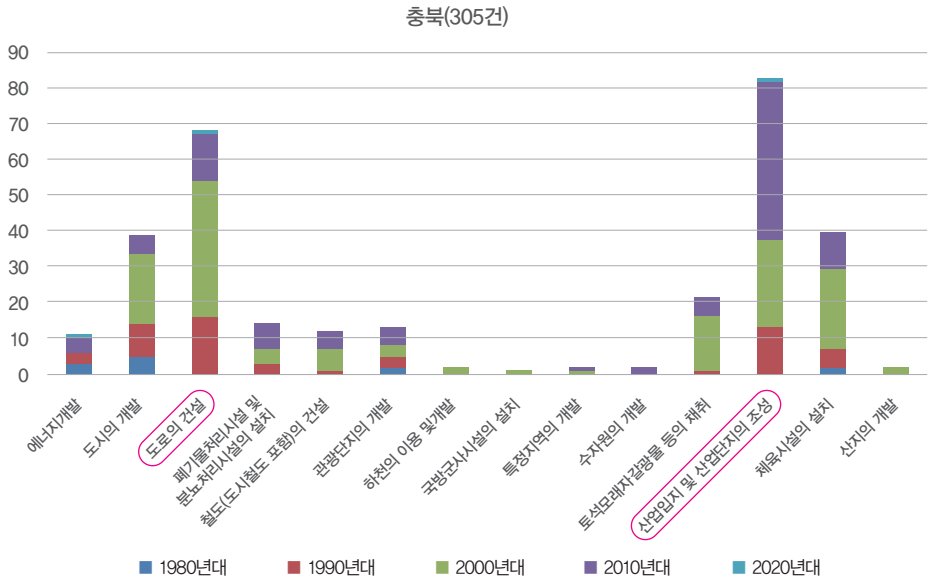


그림40. 충청북도 사업유형별 환경영향평가 건수



(12) 충청남도

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림이 15.45% 감소했으며, 면적은 513.68㎢가 감소했다. 광역자치단체 중에서는 면적 변화로는 충청남도의 감소가 가장 크게 나타났다. 수도권 중에서도 경기 남부 지역 개발의 여파로 인해 나타난 '파급효과(spill-over)'로 보인다.

– 기초자치단체 중에는 공주시, 부여군, 천안시, 홍성군, 청양군 등에서 큰 폭으로 감소했으며, 공주시에서만 103.46㎢가 감소하여 전국 기초자치단체 중에서 가장 큰 폭으로 감소했다. 충청남도는 금산과 태안을 제외한 거의 모든 기초자치단체에서 감소했다.

– 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.03 증가했다.

표19. 충청남도 산림면적 및 식생의 질 변화

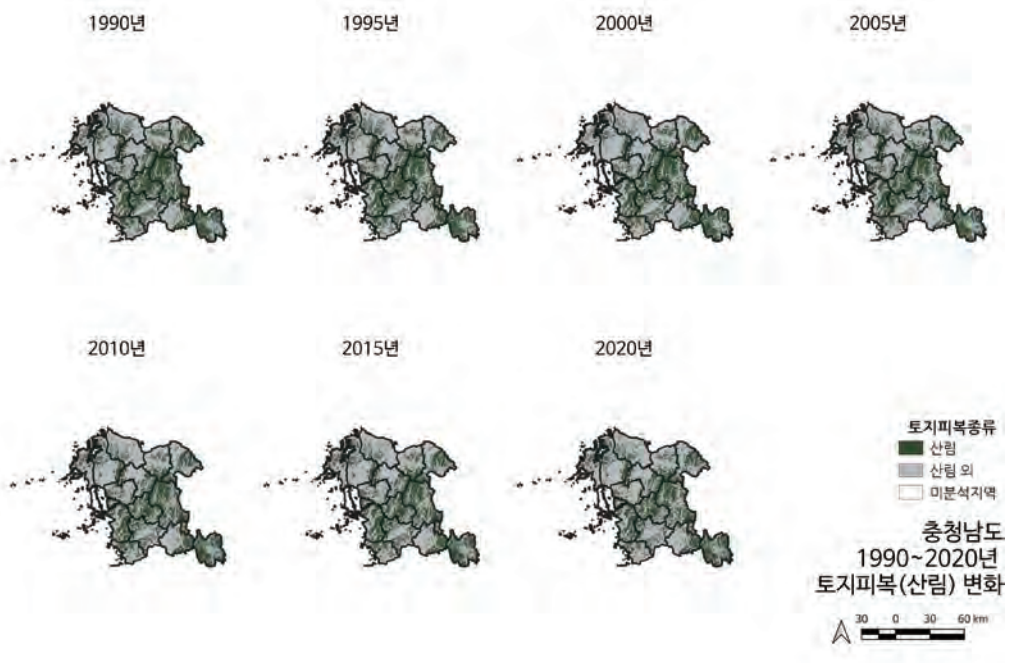
구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	3,325.32	2,811.63	-513.68	-15.45%
NDVI(평균값)	0.38	0.41	+0.03	-

표20. 충청남도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(-㎢)
충청남도	공주시	-103.46
	부여군	-71.62
	천안시	-67.01
	홍성군	-65.66
	청양군	-51.30
	당진군	-32.26
	아산시	-28.01
	예산군	-25.90
	서산시	-22.34
	서천군	-22.14
	보령시	-19.84
	논산시	-15.43

충청남도	계룡시	-2.89
	금산군	5.96
	태안군	8.22
합계		-513.68

그림41. 충청남도 산림면적 1990년~2020년 변화



② 연대별/유형별 환경영향평가 사업

- 충청남도는 1980년대~2020년대까지 총 430건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 186건으로 가장 많았고, 2010년대에 160건 등의 순이었다. 대부분의 지자체가 2000년대에 비해서 2010년대에 환경영향평가 사업 수가 급감하는데, 충청남도의 경우 완만하게 감소하였다.

– 사업유형별 사업 건수는 도로의 건설이 101건, 산업입지 및 산업단지의 조성이 95건 등의 순이었다.

– 도로의 건설은 2000년대, 산업입지 및 산업단지의 조성은 2010년대에 가장 많았다.

그림42. 충청남도 연대별 환경영향평가 건수

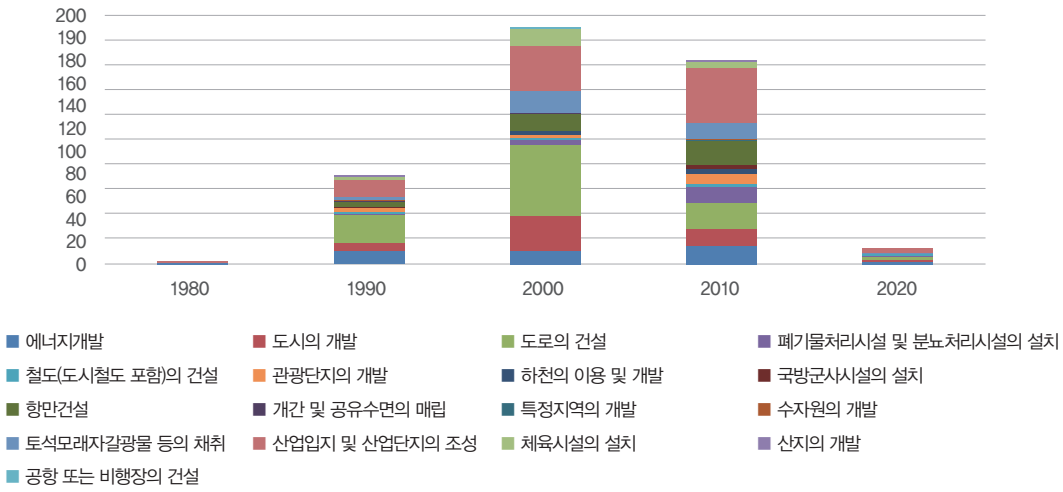
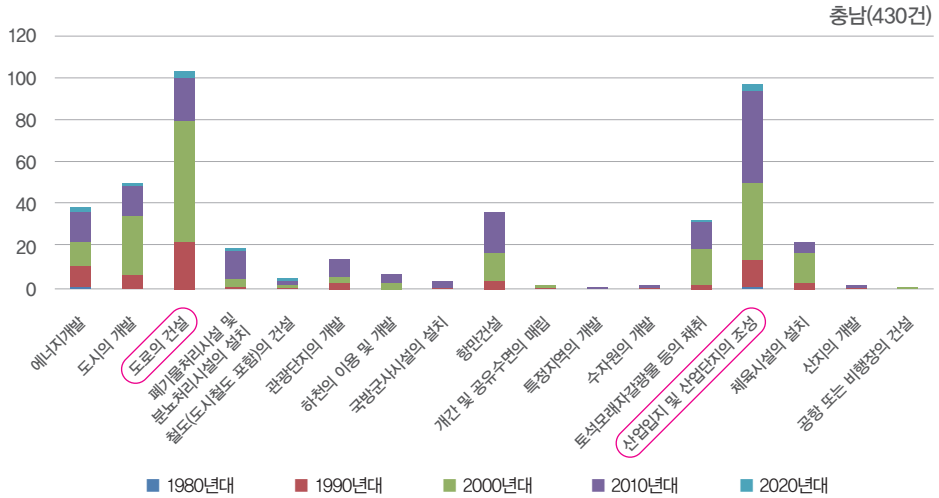


그림43. 충청남도 사업유형별 환경영향평가 건수



(13) 전북특별자치도

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림이 2.13% 감소했으며, 면적은 93.16㎢가 감소했다. 상대적으로 완주 등에서 감소량이 많았다.

– 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.01 증가했으며, 2020년 기준 0.43으로 강원특별자치도 다음으로 높았다.

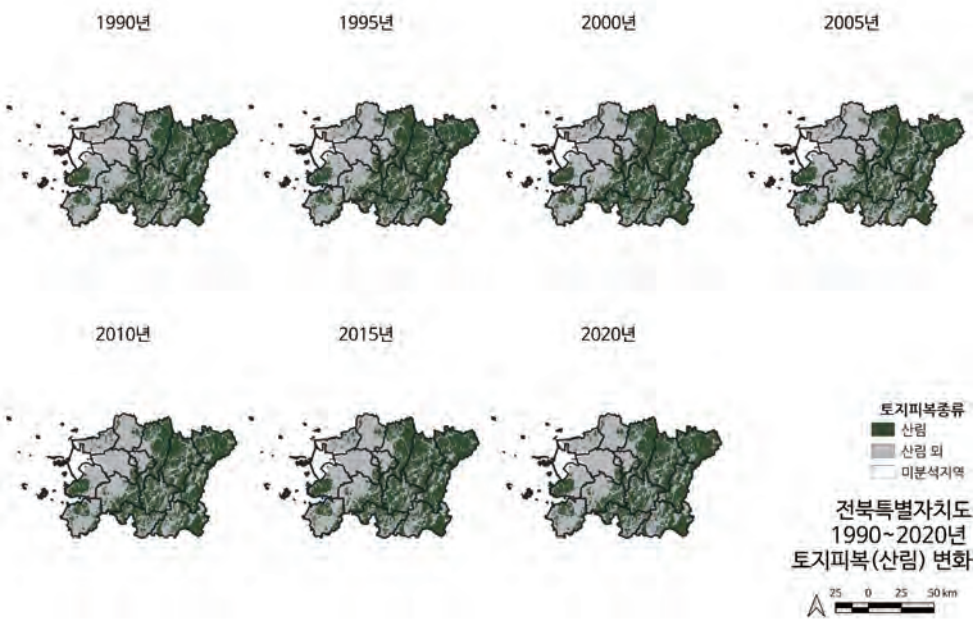
표21. 전북특별자치도 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	4,371.33	4,278.16	–93.16	–2.13%
NDVI(평균값)	0.42	0.43	+0.01	–

표22. 전북특별자치도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(–㎢)
전북특별자치도	완주군	–26.95
	진안군	–15.28
	임실군	–12.87
	군산시	–11.02
	고창군	–10.01
	익산시	–8.77
	남원시	–7.27
	장수군	–4.64
	순창군	–2.16
	김제시	–1.53
	전주시	–0.46
	무주군	0.72
	부안군	2.99
	정읍시	4.09
합계		–93.16

그림44. 전북특별자치도 산림면적 1990년~2020년 변화



② **연대별/유형별 환경영향평가 사업**

– 전북특별자치도는 1980년대~2020년대까지 총 284건의 개발사업이 진행되었으며, 도 단위에서는 제주특별자치도를 제외하면 가장 적었다. 2000년대에 118건으로 가장 많았고, 2010년대에 81건, 1990년대에 65건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도로의 건설 71건, 산업입지 및 산업단지의 조성이 46건 등의 순이었다.

– 도로의 건설은 2000년대, 산업입지 및 산업단지의 조성사업은 2010년대에 가장 많았다.

그림45. 전북특별자치도 연대별 환경영향평가 건수

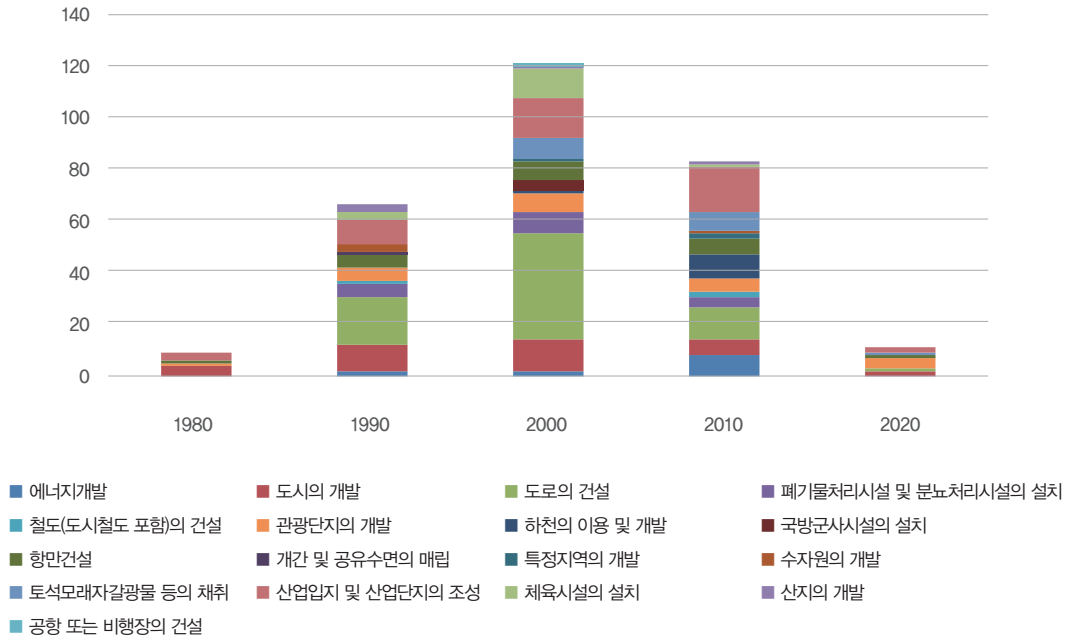
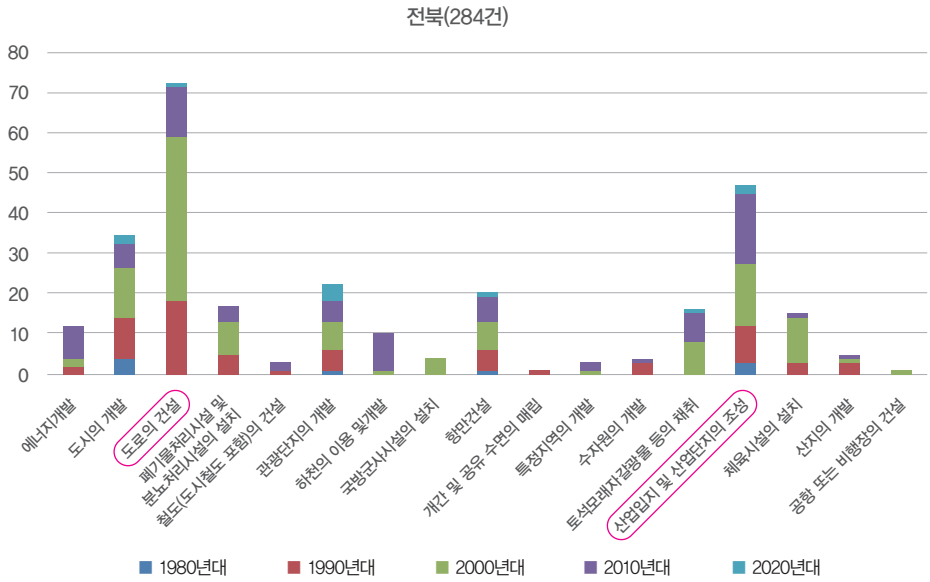


그림46. 전북특별자치도 사업유형별 환경영향평가 건수



(14) 전라남도

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림이 5.86% 증가했으며, 면적은 306.89㎢가 증가했다. 도 단위 광역자치단체 중에서는 증가율이 가장 높았다.

– 특히 해남, 고흥, 장흥, 강진 등에서 큰 폭으로 증가했으며, 광양, 순청 등 일부에서 감소했다.

– 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.03 증가했다.

표23. 전라남도 산림면적 및 식생의 질 변화

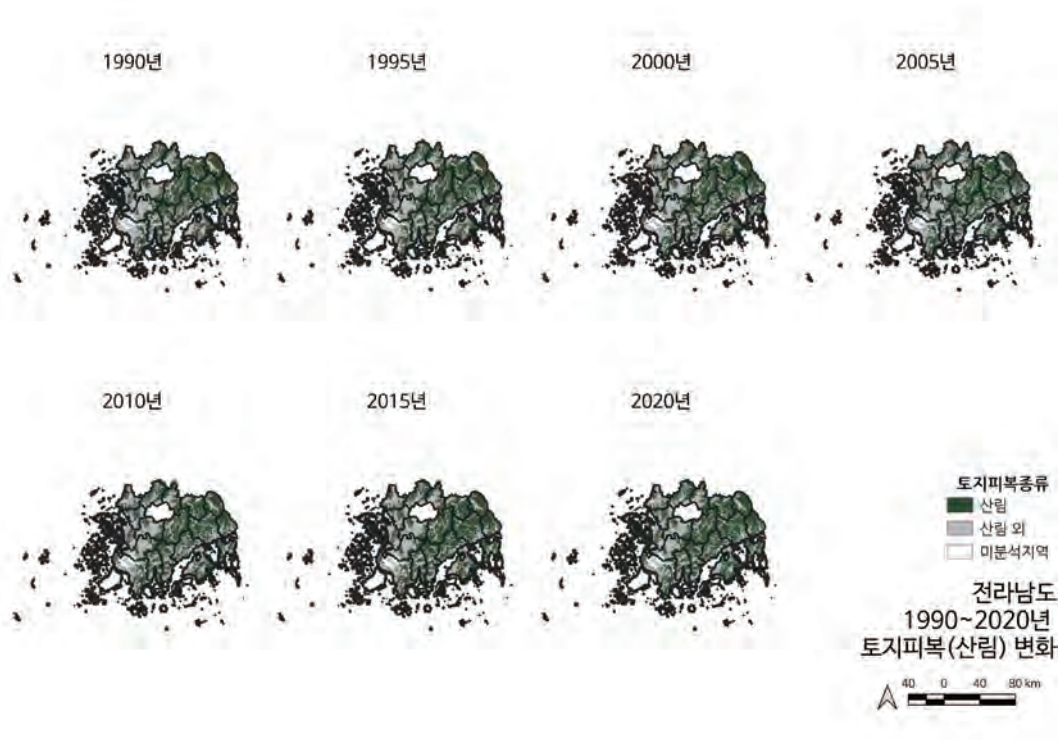
구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	5,233.66	5,540.55	+306.89	5.86%
NDVI(평균값)	0.39	0.42	+0.03	–

표24. 전라남도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(–㎢)
전라남도	광양시	–10.95
	순천시	–10.83
	장성군	–8.58
	곡성군	–8.49
	화순군	–7.03
	구례군	–2.65
	담양군	–0.92
	목포시	2.91
	영광군	7.42
	나주시	9.12
	함평군	12.46
	보성군	13.13
	여수시	23.03
	무안군	30.38
	영암군	32.12
	강진군	43.02
	장흥군	44.17
	고흥군	54.83

전라남도	해남군	83.75
	완도군	미분석
	진도군	미분석
	신안군	미분석
합계		306.89

그림47. 전라남도 산림면적 1990년~2020년 변화



② **연대별/유형별 환경영향평가 사업**

– 전라남도는 1980년대~2020년대까지 총 466건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 199건으로 가장 많았고, 2010년대에 135건, 2000년대에 105건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도로의 건설 95건, 항만건설 90건, 산업입지 및 산업단지의 조성 65건 등의 순이었다.

– 도로의 건설, 산업입지 및 산업단지 조성 사업은 2000년대에 가장 많은 개발이 진행되었으며, 항만건설은 2010년대에 가장 많이 이루어졌다.

그림48. 전라남도 연대별 환경영향평가 건수

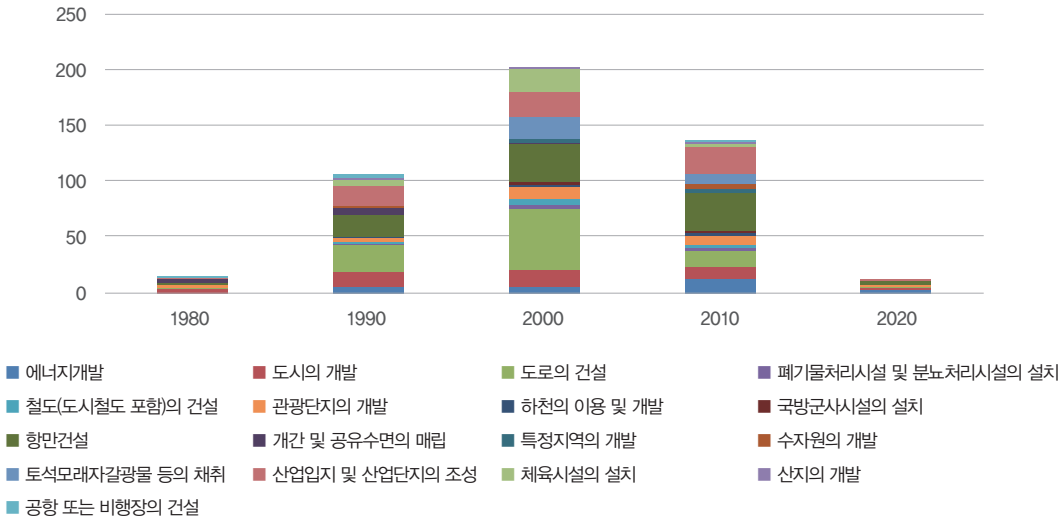
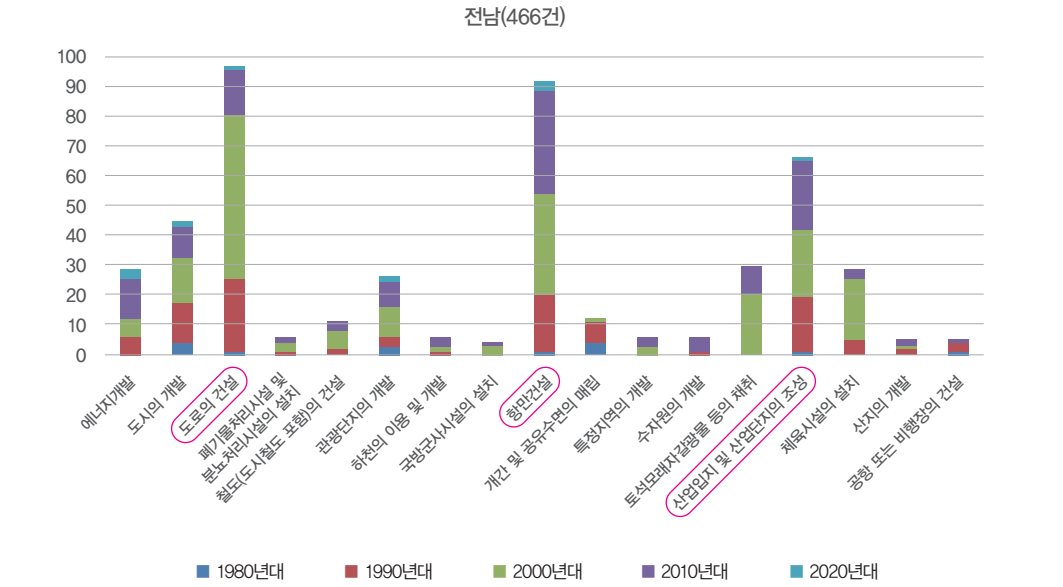


그림49. 전라남도 사업유형별 환경영향평가 건수



(15) 경상북도

① 양적/질적 변화

- 1990년부터 2020년까지 산림이 2.89% 증가했으며, 면적은 370.33㎢가 증가했다. 산림면적은 강원특별자치도 다음으로 많았고, 면적 증가량은 광역자치단체 중 가장 많았다.
- 특히 의성군은 121.70㎢가 증가하여, 기초자치단체 중에서 가장 큰 폭으로 증가했으며, 안동, 군위, 청송 등에서 증가했다. 영주, 경산, 칠곡 등 일부에서 감소했다.
- 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.02 증가했다.
- 본 연구는 2023년 3월부터 실시되어, 이후(2023년 7월)에 대구광역시로 편입된 군위군을 경상북도로 분류하여 분석하였다.

표25. 경상북도 산림면적 및 식생의 질 변화

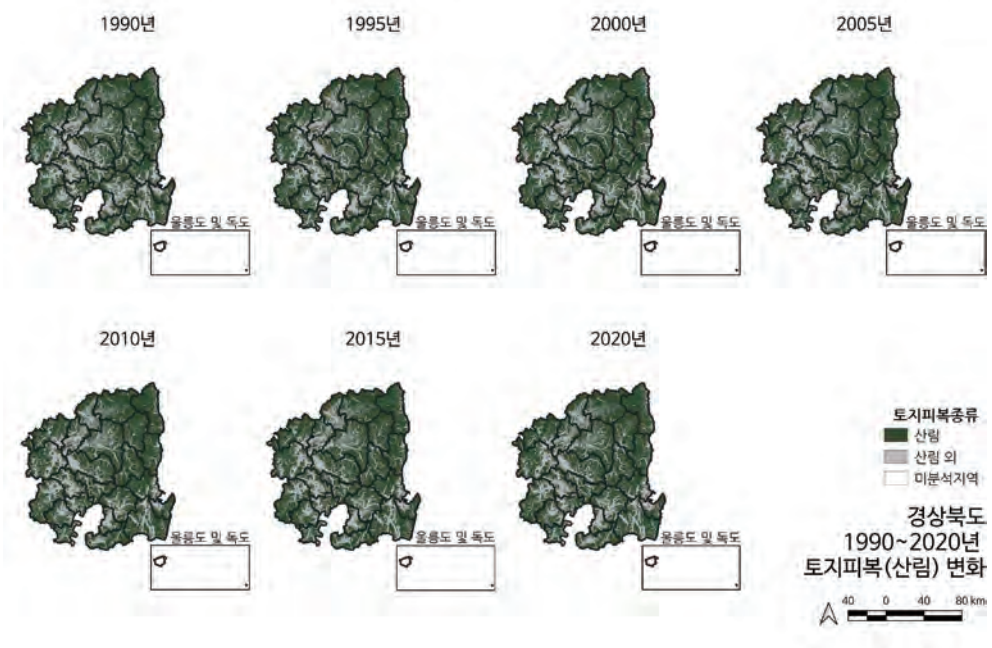
구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	12,831.63	13,201.95	+370.33	2.89%
NDVI(평균값)	0.40	0.42	+0.02	–

표26. 경상북도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(㎢)
경상북도	영주시	–56.84
	경산시	–19.03
	칠곡군	–15.33
	청도군	–3.97
	고령군	–3.06
	문경시	–1.34
	봉화군	2.96
	구미시	5.67
	경주시	8.56
	상주시	12.59
	성주군	12.79
	예천군	13.27
	김천시	14.00
	포항시	16.05

경상북도	영양군	16.86
	영덕군	21.29
	울진군	23.70
	영천시	27.26
	청송군	41.03
	군위군	48.16
	안동시	84.04
	의성군	121.70
	울릉군	미분석
합계		370.33

그림50. 경상북도 산림면적 1990년~2020년 변화



② **연대별/유형별 환경영향평가 사업**

– 경상북도는 1980년대~2020년대까지 총 529건의 개발사업이 진행되었으며, 2000년대에 235건으로 가장 많았고, 2010년대에 148건, 1990년대에 124건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 도로의 건설 122건, 산업입지 및 산업단지의 조성 89건 등의 순이었다.

– 도로의 건설은 2000년대, 산업입지 및 산업단지의 조성은 2010년대에 가장 많았다.

그림51. 경상북도 연대별 환경영향평가 건수

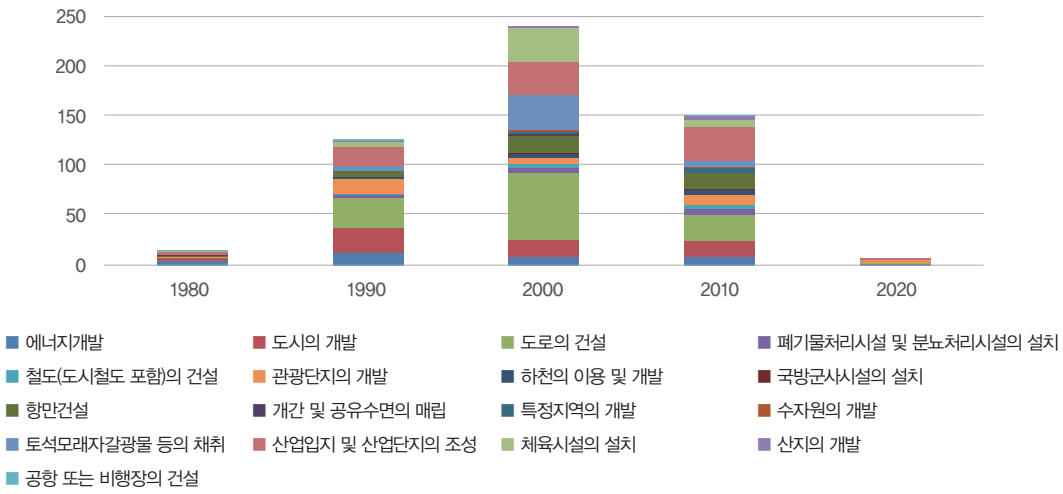
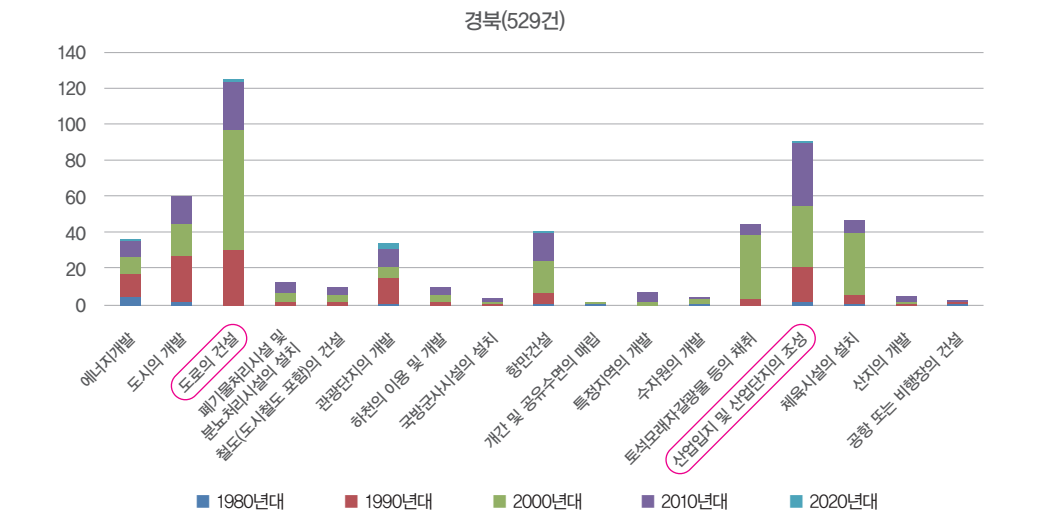


그림52. 경상복도 사업유형별 환경영향평가 건수



(16) 경상남도

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림이 0.24% 감소했으며, 면적은 13.86㎢가 감소했다. 상대적으로 부산과 인접한 김해, 양산 등에서 주로 감소하여, 부산 지역 개발의 '파급효과(spill-over)'로 인한 영향으로 보인다.

– 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 변화가 없었다.

표27. 경상남도 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율
산림면적(㎢)	5,869.95	5,856.10	–13.86	–0.24%
NDVI(평균값)	0.40	0.40	–	–

표28. 경상남도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시·군	산림면적 변화량(–㎢)
경상남도	김해시	–27.04
	양산시	–19.33
	창원시	–15.16
	하동군	–8.95
	함안군	–3.32
	사천시	–0.35
	산청군	–0.14
	합천군	0.60
	밀양시	1.09
	고성군	3.27
	진주시	3.52
	함양군	5.69
	통영시	7.13
	의령군	9.00
	창녕군	11.70
	거창군	18.43
	거제시	미조사
	남해군	미조사
합계		–13.86

그림53. 경상남도 산림면적 1990년~2020년 변화



② **연대별/유형별 환경영향평가 사업**

– 경상남도는 1980년대~2020년대까지 총 559건의 개발사업이 진행되었으며, 도 단위에서는 경기도에 이어 두번째로 많았다.

– 2000년대에 255건으로 가장 많았고, 2010년대에 164건, 1990년대에 103건 등의 순이었다.

– 사업유형별 사업 건수는 산업입지 및 산업단지의 조성이 136건, 도로의 건설이 104건 등의 순이었다.

– 산업입지 및 산업단지의 조성은 2010년대, 도로의 건설은 2000년대에 가장 많았다.

그림54. 경상남도 연대별 환경영향평가 건수

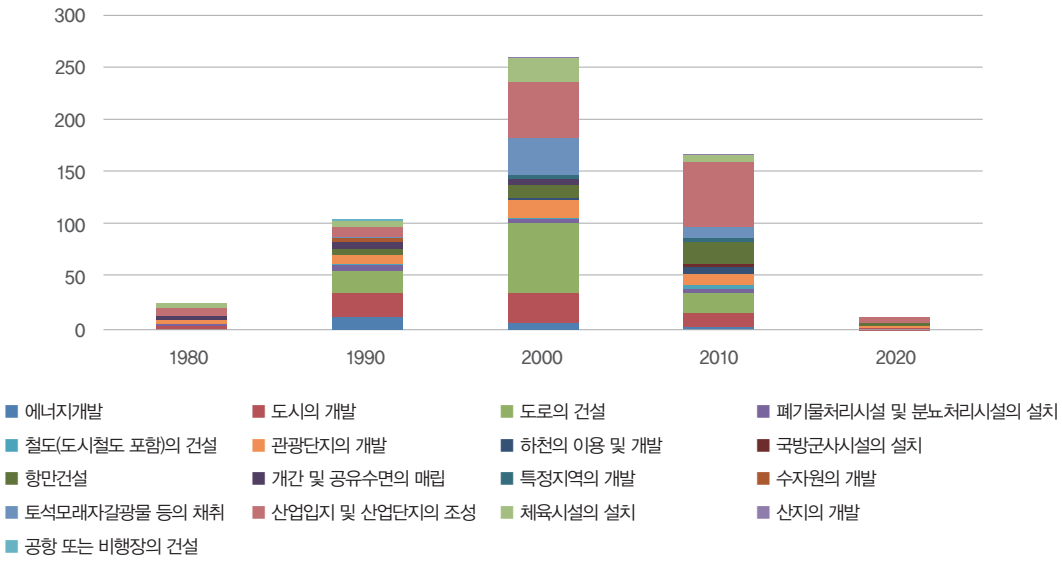
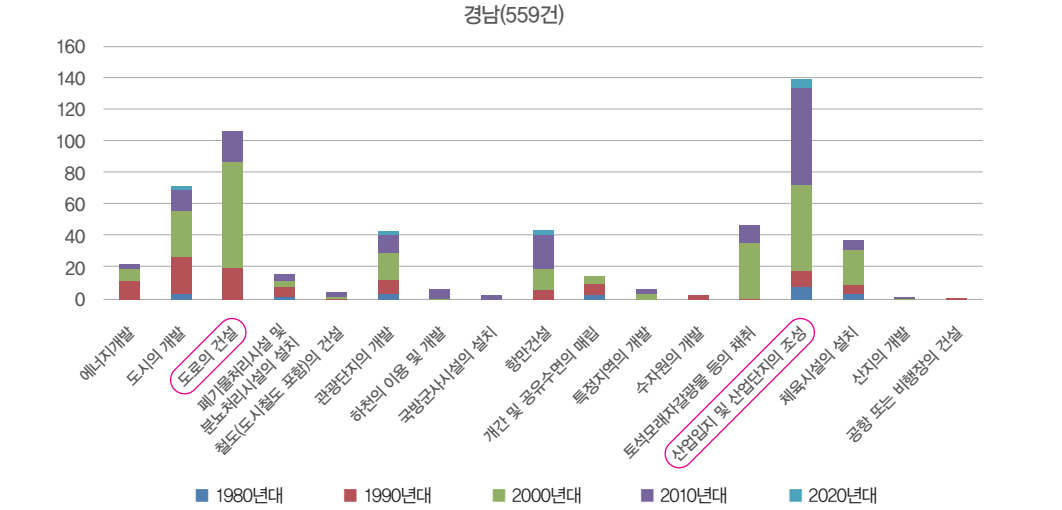


그림55. 경상남도 사업유형별 환경영향평가 건수



(17) 제주특별자치도

① 양적/질적 변화

– 1990년부터 2020년까지 산림이 19.20% 감소했으며, 면적은 155.31㎢가 감소했다. 면적 변화율 기준으로 광역자치단체 중에서 제주특별자치도의 감소율이 가장 크게 나타났다. 또한 제주가 서귀포보다 상대적으로 면적 감소량이 많았다.

– 식생의 질을 나타내는 정규화식생지수(NDVI)는 0.03 증가했다.

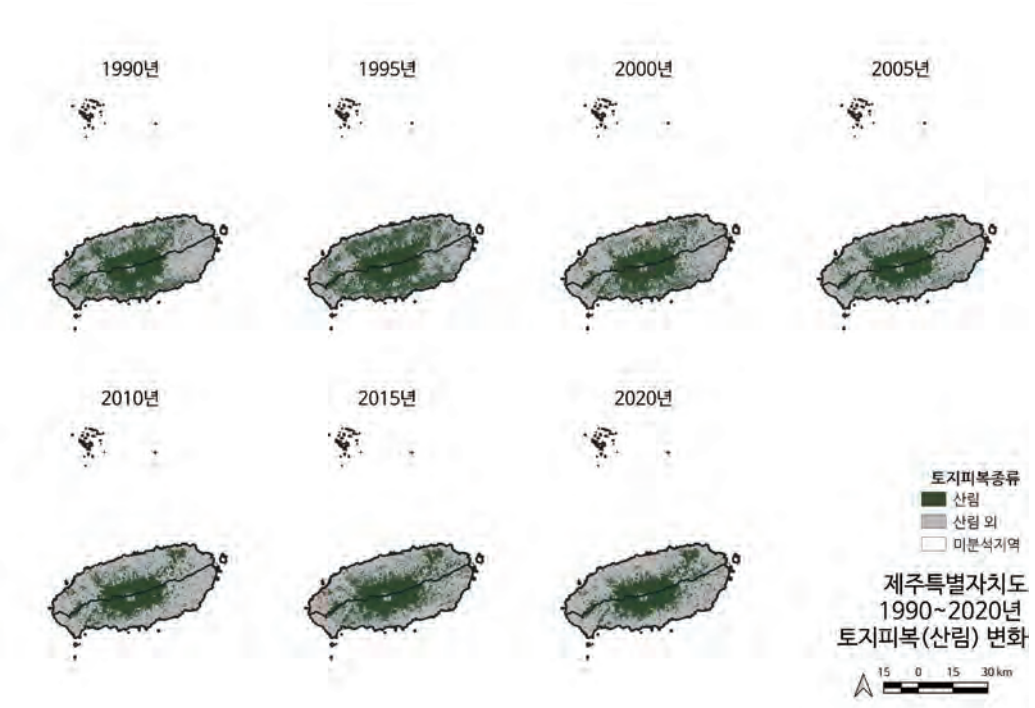
표29. 제주특별자치도 산림면적 및 식생의 질 변화

구분	1990년	2020년	변화량	변화율(%)
산림면적(㎢)	808.99	653.68	–155.31	–19.20%
NDVI(평균값)	0.38	0.41	+0.03	–

표30. 제주특별자치도 기초자치단체 산림면적 변화

행정구역	시군구	산림면적 변화량(–㎢)
제주특별자치도	제주시	–84.29
	서귀포시	–71.01
합계		–155.3

그림56. 제주특별자치도 산림면적 1990년~2020년 변화



② **연대별/유형별 환경영향평가 사업**

– 제주특별자치도는 1980년대~2020년대까지 총 35건의 개발사업이 진행되었으며, 1990년대와 2000년대에 각각 14건이었다.

– 다만, 2011년에 제주특별자치도 환경영향평가 조례 전부 개정으로 환경영향평가를 자체적으로 시행하게 된 이후로 49건이 진행되었으며, 분류 기준 등이 기존과 달라져 다른 광역자치단체와 직접적인 비교는 어렵다.

– 제주특별자치도의 자체평가를 포함하면 총 98건이며, 사업유형별 사업 건수는 건축물설치 17건, 관광단지와 환경 사업이 11건 등의 순이었으며, 2010년대에 가장 많았다.

그림57. 제주특별자치도 연대별 환경영향평가 건수

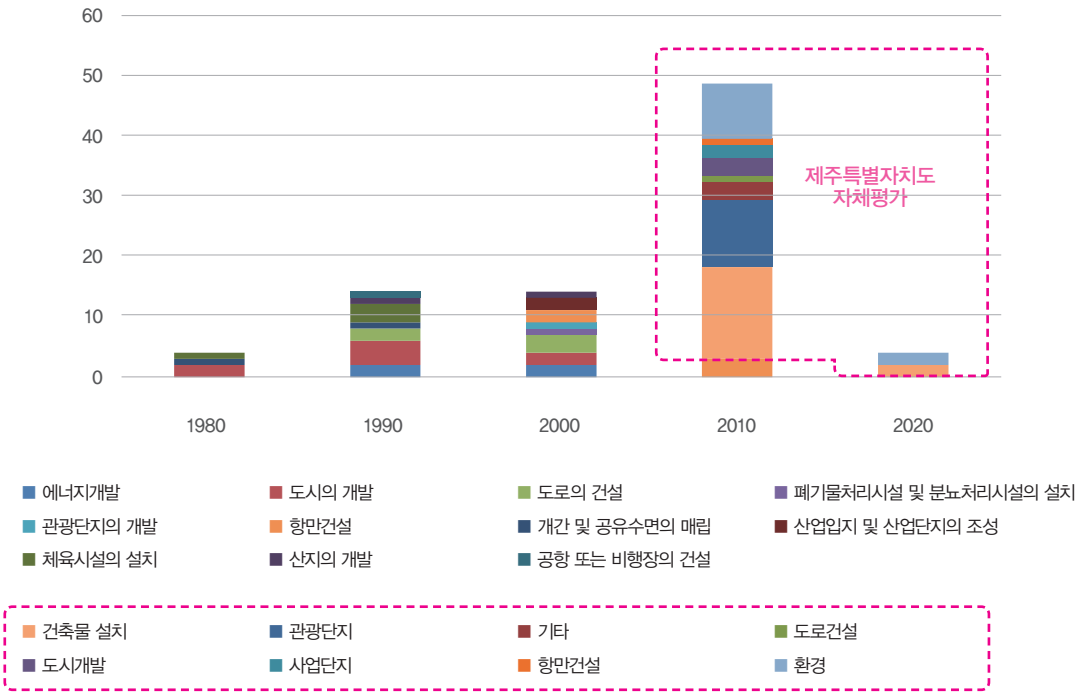
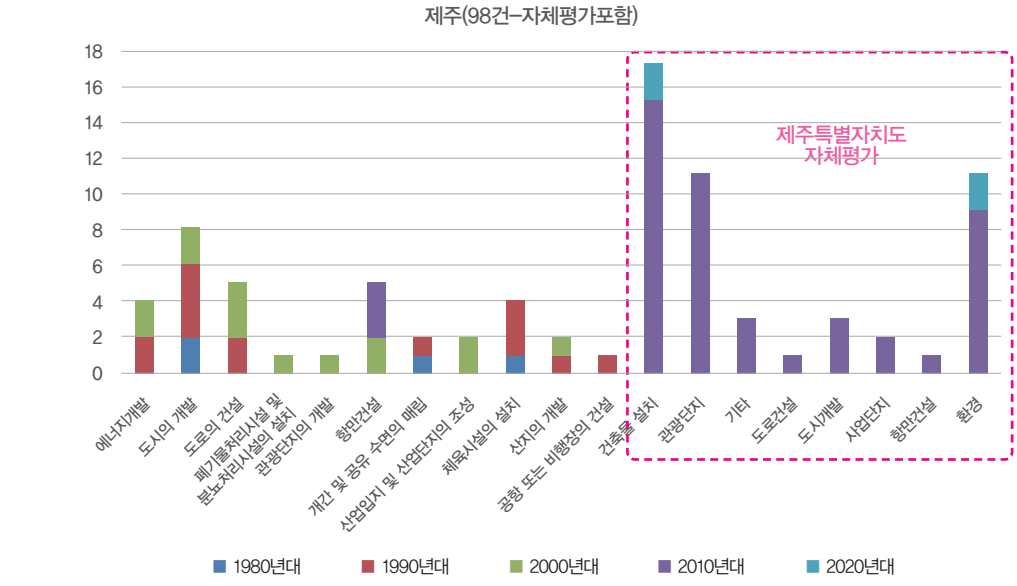


그림58. 제주특별자치도 사업유형별 환경영향평가 건수



3) 주요 보호구역의 정규화식생지수(NDVI) 분석 결과

- 국내 주요 보호지역 중 백두대간보호구역과 국립공원의 정규화식생지수(NDVI) 변화를 분석하였다. 산림면적 변화량은 주요 보호구역의 적은 면적으로 인해 정확도가 낮아 분석하지 않았다.
- 2020년 기준 백두대간보호구역은 0.47, 국립공원은 0.46으로 나타났으며, 두 보호지역 모두 정규화식생지수(NDVI)가 증가했다.
- 국내 보호구역은 생물다양성과 생태계가 우수한 지역을 보호하는 데에 목적이 있는 만큼 백두대간보호구역과 국립공원 내 식생의 질은 전국 평균(1990년 기준 0.36, 2020년 기준 0.38)보다 우수하다.
- 보호구역의 정규화식생지수(NDVI) 증가는 보호구역 설정을 통한 생물다양성 보전과 증진에 효과가 있음을 보여준다.

표31. 보호구역(백두대간보호구역 및 국립공원)의 정규화식생지수(NDVI)

NDVI(평균값)	1990년	2020년	변화량
백두대간보호구역	0.45	0.47	0.02
국립공원	0.43	0.46	0.03

- 개별 국립공원 중에서는 2020년 기준 정규화식생지수(NDVI)가 가장 높은 곳은 한라산이며, 가장 낮은 곳은 북한산이다. 변화량이 가장 큰 곳은 북한산과 월출산, 무등산이다.
- 국가경계는 전세계의 국가경계를 공유하는 GDAM을 참조하여, 해상에 지정된 다도해해상국립공원, 태안해안국립공원, 한려해상국립공원이 분석에서 제외되었다. 본 연구는 2023년 3월부터 실시되어 2023년 12월 국립공원으로 지정된 팔공산국립공원도 분석에서 제외되었다.

표32. 국립공원 별 정규화식생지수(NDVI)

NDVI (평균값)	1990년	2020년	변화량
지리산	0.46	0.49	0.03
설악산	0.41	0.45	0.04
오대산	0.44	0.48	0.04
덕유산	0.46	0.47	0.01
경주	0.42	0.44	0.02
속리산	0.39	0.42	0.03
내장산	0.45	0.48	0.03
계룡산	0.42	0.45	0.03
가야산	0.43	0.45	0.02
주왕산	0.42	0.47	0.05
한라산	0.48	0.51	0.03
북한산	0.33	0.39	0.06
치악산	0.42	0.45	0.03
월악산	0.42	0.44	0.02
소백산	0.45	0.47	0.02
월출산	0.40	0.46	0.06
변산반도	0.41	0.41	–
무등산	0.42	0.48	0.06
태백산	0.47	0.49	0.02
다도해해상국립공원	미분석		
태안해안국립공원	미분석		
팔공산국립공원	미분석		
한려해상국립공원	미분석		
합계(평균값)	0.48	0.51	0.03

*우리나라의 국립공원은 산악형(18곳), 해상 · 해안형(4곳), 사적형(1곳)이며, 본 연구는 2023년 6월부터 진행되어 2023년 12월에 지정된 팔공산국립공원과 해안 · 해상에 위치한 다도해해상국립공원, 태안해안국립공원, 한려해상국립공원은 분석 대상에서 제외되었다.

그림59. 주요 보호구역별 정규화식생지수(NDVI) 변화량(질적 변화)





PART 3

제언



제언

1990년부터 2020년을 기준으로 지난 30년 간 자연손실을 평가한 결과, 양적인 측면에서 산림면적이 753.05㎢ 줄었으며, 질적으로 정규화식생지수(NDVI)가 소폭 증가했다. 앞으로 자연손실을 최소화하고 자연자원의 질을 개선하기 위한 세 가지 정책을 제안한다.

1. 자연의 양적 손실을 총량적으로 관리하기 위한 수단으로서 자연자원총량제(Biodiversity offset) 필요

한국의 자연손실 분석 결과 중 산림면적의 변화는 도시화와 산업화가 두드러진 지역과 그렇지 않은 지역으로 선명하게 나뉘었다. 산림면적의 감소는 특히 수도권 개발의 '파급효과(spill-over)'로 경기 남부, 충북, 충남 지역에서 크게 나타났으며, 제주 지역에서도 컸다.

무분별한 도시개발사업으로 인한 자연손실은 환경과 생태계에 지속적인 영향을 미치고 있다. 자연손실을 상쇄하고 통제하기 위해서는 강력한 환경 보전 제도가 필수적이다.

개발사업이 이루어질 때 자연의 순손실을 막기 위해서(No net loss)는 중요 보전지역 회피를 포함한 자연손실의 최소화, 복원, 상쇄 등을 적용하는 자연자원총량제 도입이 필요하다.

2. 자연손실을 최소화하고 서식지의 질을 개선하기 위해서는 개발압력을 규제할 수 있는 보호지역의 확대와 개발 지역에 대한 자연기반해법(Nature based Solution) 필요

2020년 백두대간보호구역과 국립공원의 정규화식생지수(NDVI)(각 0.47, 0.46)는 17개 광역자치단체 평균(0.38)과 최대값(0.44)보다 높다. 다양한 생태계와 생물다양성을 지속적으로 보전하는 백두대간보호구역과 국립공원 같은 보호지역을 발굴하고 확대해야 한다.

또한 자연기반해법은 개발 지역에서의 생태계서비스와 자연환경을 강화하기 위한 핵심적인

수단이 될 수 있다. 개발 지역에서도 엄격한 자원 관리 및 환경 보전 정책을 실행하여 자연손실을 최소화하고, 생태계의 안정성과 기능을 유지하거나 증진해야 한다.

3. 경제적 접근 방식으로서 환경경제통합계정(SEEA) 도입 및 생태계서비스지불제도(PES) 확대

강원특별자치도와 경상북도는 우리나라 산림면적의 약 절반을 차지하고 있다. 기후 위기 및 생물다양성 위기 시대에 자연자원으로부터 제공받는 생태계서비스가 중요해졌다. 생태계서비스에 대한 경제적 인센티브를 도입하여 강원, 경북 등 산림이 많은 지역의 보전 정책을 독려할 필요가 있다.

기존의 경제 모델은 자연환경의 가치와 파괴에 따른 비용을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다. 자연손실을 방지하고 보전하기 위해서는 새로운 경제적 접근이 필요하다.

환경경제통합계정(SEEA, System of Environmental Economic Accounting)과 생태계서비스지불제도(PES, Payment for Ecosystem Service)는 자연자원과 환경 서비스의 경제적 가치를 고려하는 경제적 접근으로 자연손실을 줄이는 데 기여할 수 있다.

- 환경경제통합계정 : 국제 사회는 환경경제통합계정을 개발함으로써 생태계서비스 및 생태자산을 화폐화하여 자연의 가치를 정확하게 평가하고, 이를 다양한 정책과 사업에 활용하고 있음.
- 생태계서비스지불제 : 자연자산에서 제공되는 생태계서비스에 대한 가치를 평가하고 이를 지불하는 제도를 말함. 생태계서비스는 자연 환경이 제공하는 다양한 혜택으로, 대표적으로는 물과 대기 정화, 생산성 증진, 기후 조절, 생물다양성 유지 등이 있음.

참고문헌

참고 인터넷 사이트

1. 국가경계

참고 인터넷 사이트 : [GADM] gadm.org

설명 : 전세계의 국가경계 데이터를 다운받을 수 있는 곳으로 학술논문 등을 작성하는 데에 있어 활용된다.

2. 자치단체경계

참고 인터넷 사이트 : [통계지리정보서비스] https://sgis.kostat.go.kr/view/pss/openDataIntrcn

설명 : 우리나라의 자치단체 경계를 제공한다.

3. 자연자원총량제(Biodiversity Offset)

참고 인터넷 사이트: [Forest Trends] https://www.forest-trends.org/bbop/bbop-key-concepts/biodiversity-offsets/

설명: 자연자원총량제(Biodiversity Offset)는 프로젝트 개발로 인한 잔여적인 생물다양성 영향을 상쇄하기 위한 보존 조치를 의미한다. 이러한 조치는 주로 자연자원의 순손실 방지(No Net Loss) 또는 순증대(Net Gain) 목표를 달성하기 위해 설계된다.

4. 자연기반해법(Nature-based Solution, NbS)

참고 인터넷 사이트: [IUCN] https//www.iucn.org/our-work/nature-based-solutions

설명: 자연기반해법(NbS)은 자연을 활용하여 사회적 도전 과제를 해결하고, 생태계서비스와 생물다양성을 보전하는 접근 방식이다. 자연기반해법(NbS)은 기후 변화 완화, 재난 위험 감소, 식량 및 물 안보, 건강 증진 등의 다양한 혜택을 제공한다.

5. 환경경제통합계정(System of Environmental Economic Accounting, SEEA)

참고 인터넷 사이트: [SEEA] https//seea.un.org/

설명: 환경경제통합계정(SEEA)은 경제와 환경 데이터를 통합하여 환경 자산의 상태와 변화를 이해하고 경제와 환경 간의 상호작용을 분석하는 국제 표준 프레임워크이다. 환경경제통합계정(SEEA)은 다음과 같은 다양한 계정을 통해 환경 정보를 체계적으로 제공하며, 정책 결정과 지속가능성 목표 설정에 유용한 데이터를 제공한다.

- Ecosystem Extent Accounts: 생태계 유형별 면적 변화를 기록
- Ecosystem Condition Accounts: 생태계 자산의 상태를 기록
- Ecosystem Services Accounts: 생태계서비스의 공급과 이용을 기록
- Ecosystem Monetary Asset Accounts: 생태계 자산의 가치와 변동을 기록
- Thematic Accounts: 특정 주제별 계정을 구성 (예시: 생물다양성, 해양, 탄소 등)

6. 생태계서비스지불제도(PES, Payment for Ecosystem Services)

참고 인터넷 사이트: [Ecosystemmarketplace]https//www.ecosystemmarketplace.com/

설명: 생태계서비스지불제도(PES)는 생태계서비스 제공에 대한 경제적 인센티브를 통해 자연자원의 지속 가능한 관리와 보전을 촉진하는 제도이다. 일반적으로 다음과 같은 요소로 구성된다.

– 서비스 제공자: 생태계서비스를 제공하는 주체 (예시: 농민, 산림 관리자 등)

– 서비스 수혜자: 생태계서비스를 받는 주체 (예시: 정부, 기업, 일반 시민 등)

– 인센티브: 서비스 제공에 대한 금전적 보상 또는 다른 형태의 보상

7. 환경영향평가

참고 인터넷 사이트 : [제주특별자치도 환경영향평가] jeju.go.kr/jejuenv/index.htm

설명 : 제주특별자치도는 2011년부터 환경영향평가 등 평가 전부를 자체적으로 실시하였다.

부록

1990년부터 2020년까지 전국 토지피복종류 지도




1995년 전국 토지피복종류
산림
산림 외
미분석지역
0 50 100 150 200 km


2000년 전국 토지피복종류
산림
산림 외
미분석지역
0 50 100 150 200 km


2005년 전국 토지피복종류
산림
산림 외
미분석지역
0 50 100 150 200 km

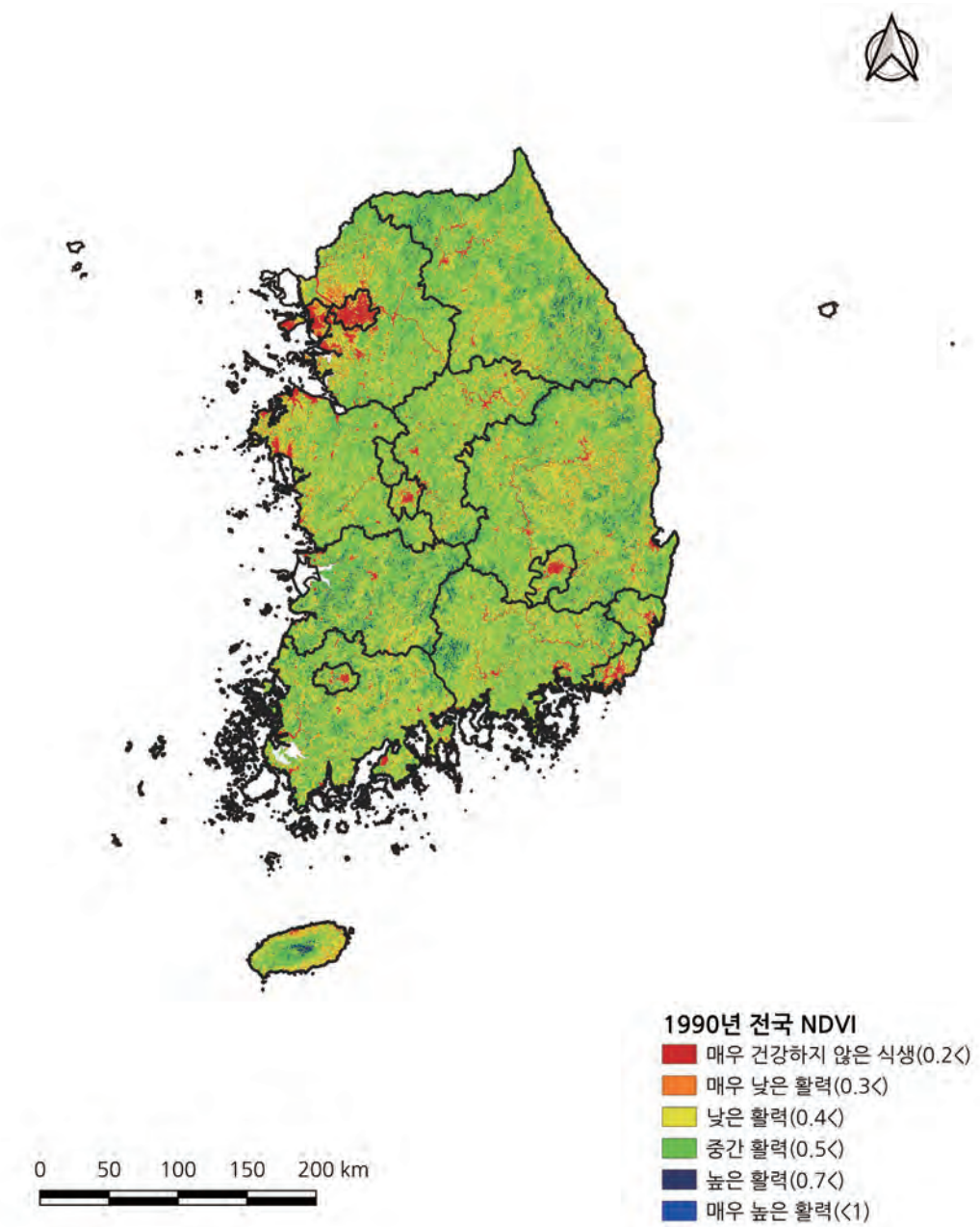

2010년 전국 토지피복종류
산림
산림 외
미분석지역
0 50 100 150 200 km

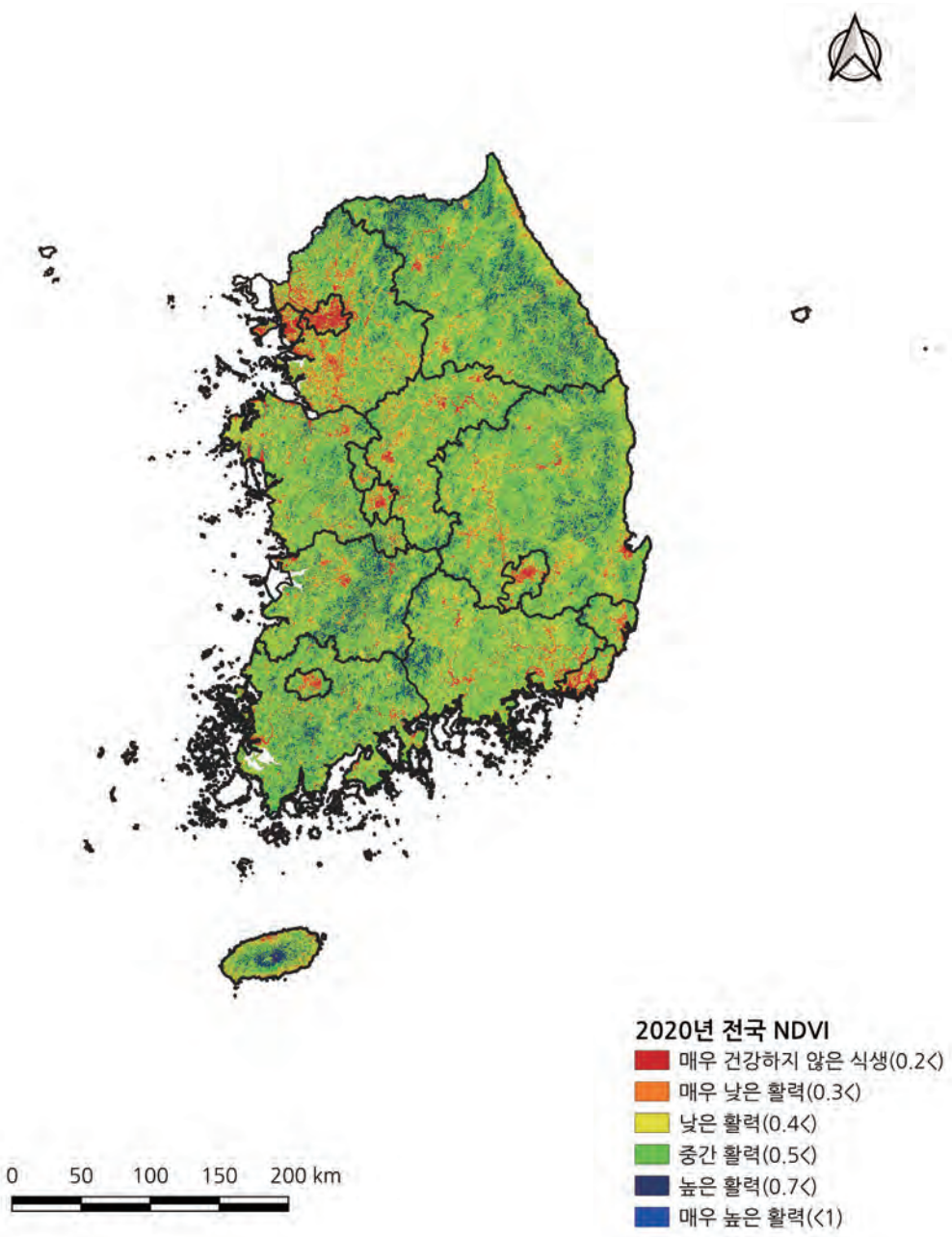

2015년 전국 토지피복종류
산림
산림 외
미분석지역
0 50 100 150 200 km


2020년 전국 토지피복종류
산림
산림 외
미분석지역
0
50
100
150
200 km

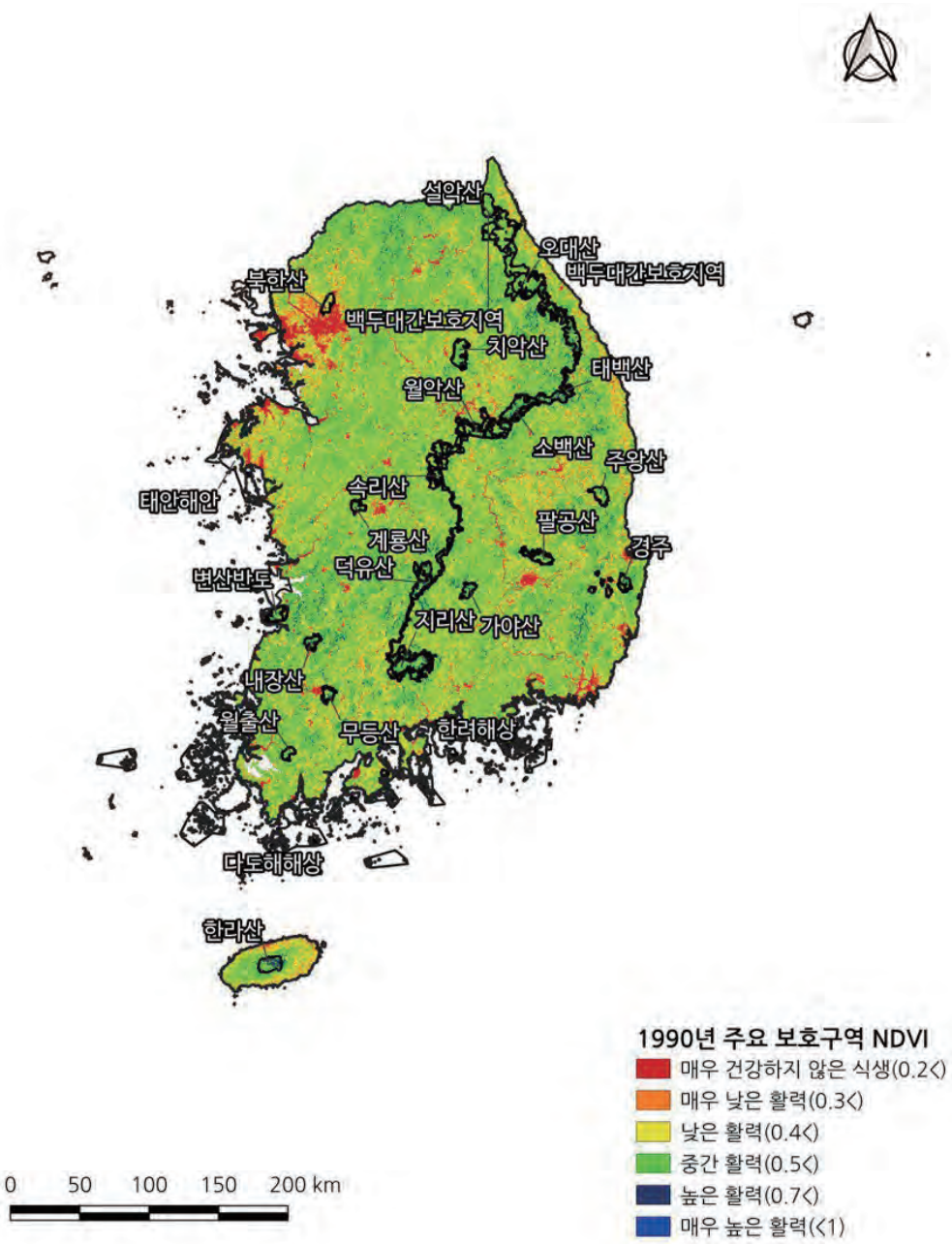


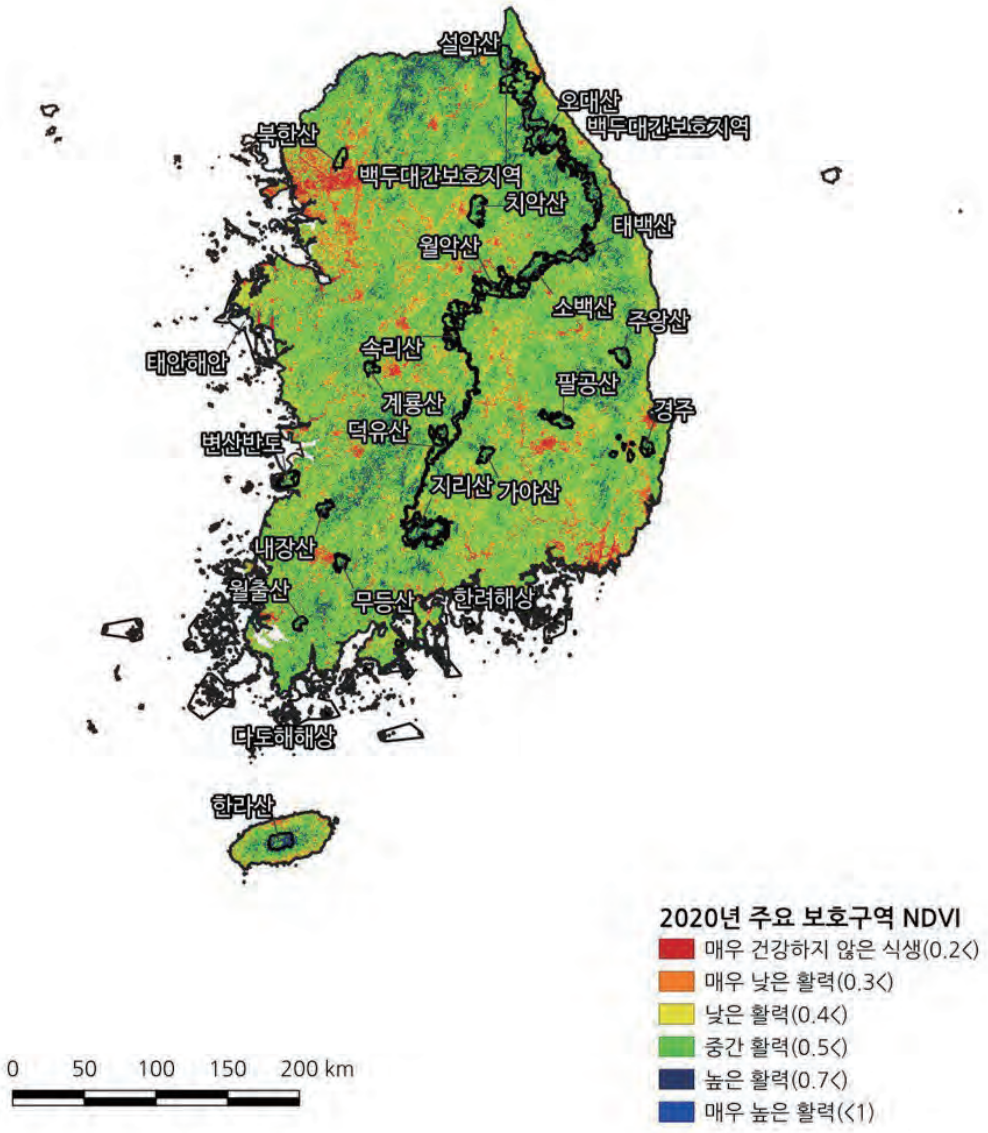
1990년과 2020년 전국 NDVI 지도




2020년 전국 NDVI
매우 건강하지 않은 식생(0.2<)
매우 낮은 활력(0.3<)
낮은 활력(0.4<)
중간 활력(0.5<)
높은 활력(0.7<)
매우 높은 활력(<1)
0 50 100 150 200 km

1990년과 2020년 주요 보호구역 NDVI 지도




설악산
오대산
백두대간보호지역
북한산
백두대간보호지역
치악산
태백산
월악산
소백산
주왕산
속리산
태안해안
팔공산
계룡산
경주
덕유산
변산반도
지리산
가야산
내장산
월출산
무등산
한려해상
다도해해상
한라산
2020년 주요 보호구역 NDVI
매우 건강하지 않은 식생(0.2<)
매우 낮은 활력(0.3<)
낮은 활력(0.4<)
중간 활력(0.5<)
높은 활력(0.7<)
매우 높은 활력(<1)
0
50
100
150
200 km

2024-3호
(재)숲과나눔 풀씨행동연구소 이슈페이퍼

발행인 장재연
발행처 (재)숲과나눔 풀씨행동연구소
발행일 1판 1쇄 2024. 8. 19.
집필진 신재은 | (재)숲과나눔 풀씨행동연구소 캠페이너
박 한 | (재)숲과나눔 풀씨행동연구소 캠페이너
최준호 | (재)숲과나눔 풀씨행동연구소 소장
자 문 이동근 | 서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수
주 소 (06738) 서울특별시 서초구 남부순환로358길 20 진화빌딩 501호
전 화 02-6925-4890
팩 스 02-6925-4891
이메일 institute@koreashe.org
편집·디자인 이야기올제

재단법인 숲과나눔 풀씨행동연구소

PRINTED WITH SOY INK

MIX
Paper | Supporting responsible forestry
FSC® C184828

이 보고서는 FSC® 인증 용지와 식물성 콩기름 잉크를 사용하여 제작되었습니다.