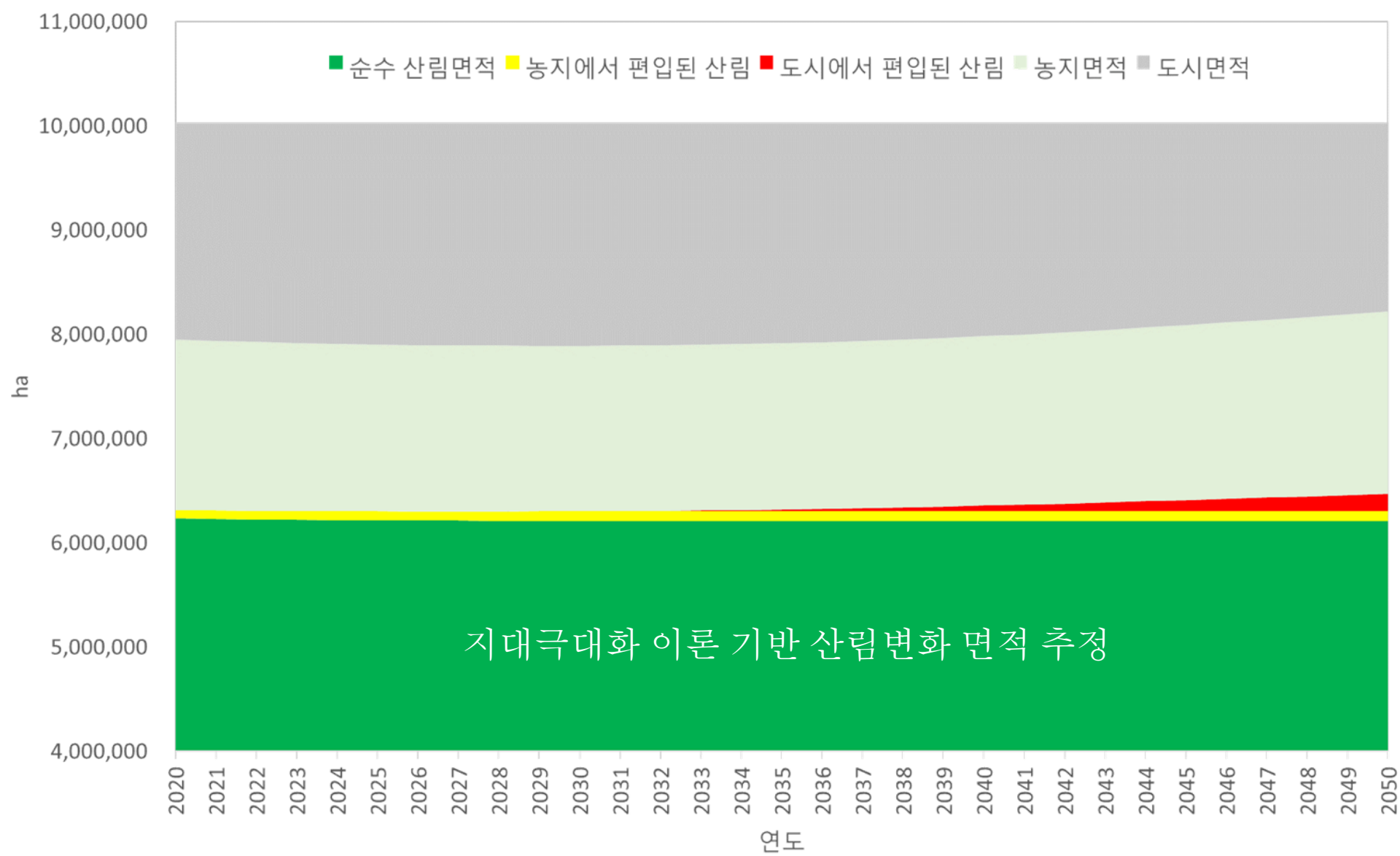


# System Dynamics를 이용한 산지전용 수요 예측 모델 개발 연구

- Application of System Dynamics Approach to Development of Forestland Conversion Demand Prediction Model -

곽두안<sup>1\*</sup> ([dkwak@korea.kr](mailto:dkwak@korea.kr)): 국립산림과학원 산림복지연구과

## 지대 극대화 이론에 기반한 산림면적 변화 모델의 한계



### ■ 비현실적인 토지이용형태의 전환

- 약 1천만 ha 의 전체 국토에서 산림/농지/도시 및 기타지의 상호 증감에 따른 토지이용형태의 이동
- 도시 및 기타지의 감소는 산림으로 전환되는 비현실성(실제 타지목에서 임야로 편입되는 경우는 없음)

### ■ 추정량 및 편입의 오류

- 순수 산림 면적은 2019년 약 624만 ha로 추정됨(임업통계연보 상 2019년 약 630만 ha)
- 2019년 부터 지속적인 농지로부터 산림으로 편입이 발생 → 실제적인 편입이 발생하지 않음
- 2031년 이후로 도시 및 기타지로부터 편입이 발생  
→ 도시재생 및 정비 정책으로 인한 산림으로의 편입은 소량 (by 제5차 국토종합계획)

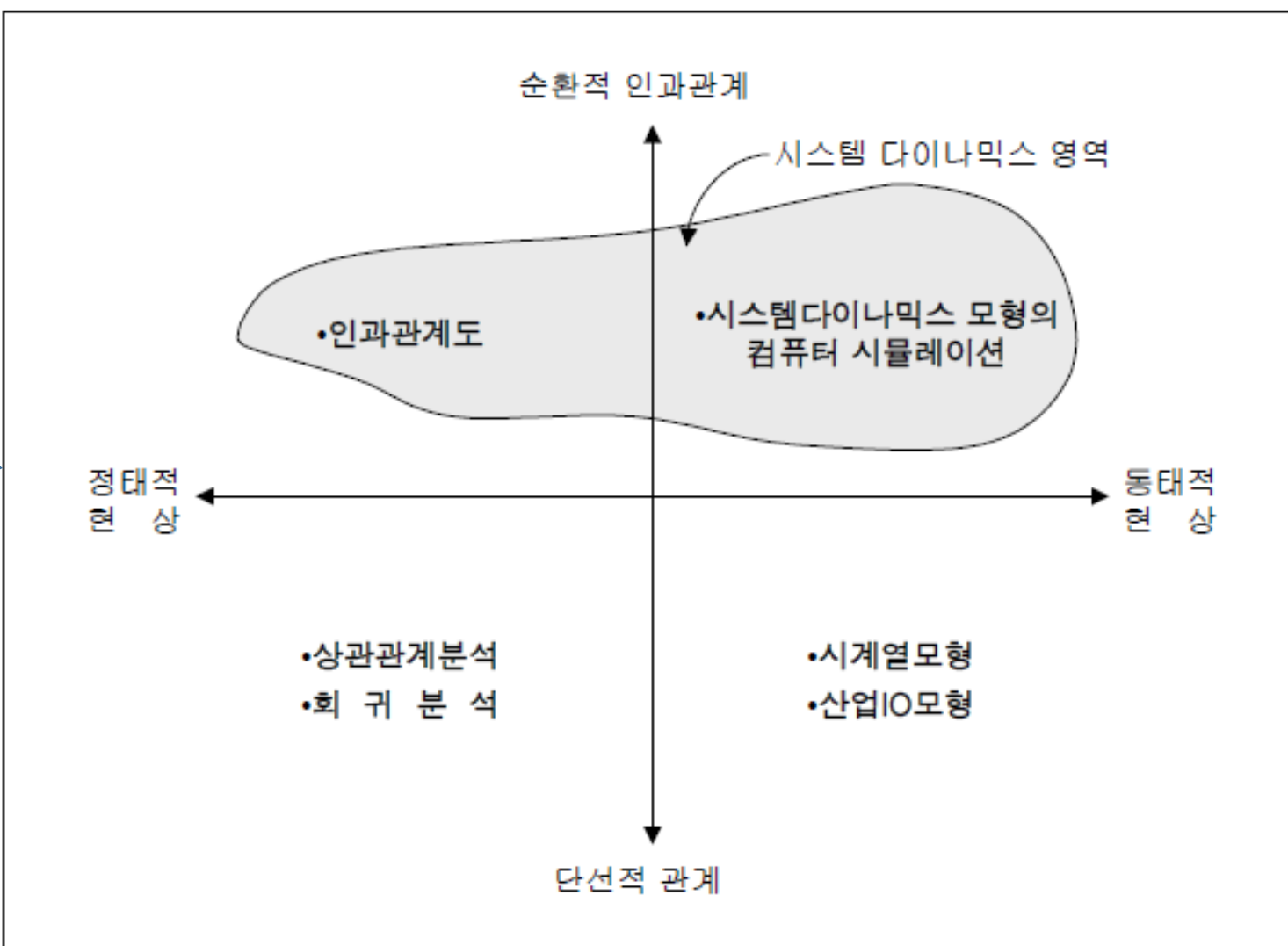
## 현행 산림면적 통계산출 방법에 기반한 산지전용 수요 예측 방법 채택

$$y\text{년도 산림면적} = (y-1)\text{년도 산림 면적} + y\text{년도 임외 조림 실적} + y\text{년도 지적복구면적} - y\text{년도 산지전용 면적}$$

System Dynamics 모델링

### 토지이용 수요 예측시

- 사회·경제 구조변화 요인으로 토지이용 수요가 과거 추세와 다르게 전개
- 토지이용 변화 유발 주요 변수간 순환적 인과성이 존재
- 시간의 흐름에 따른 동태적 특성



- 당해년도 산림면적은 기존량/증가량에서 당해년 산지전용 면적을 차감하여 산정
- 산지전용 수요를 추정함으로써 당해년도 산림면적을 산출할 수 있는 기반을 조성
- System Dynamics 접근법을 이용한 산지전용 수요 예측 모델 개발 필요
- System Dynamics는 동태적이며 순환적 인과관계에 기반한 피드백 구조를 갖기 때문에 단기적 예측보다는 중장기적 예측에 적합

## 산지전용 수요 유형에 따른 산지전용 수요변화 인과관계도 작성

기존 분류체계 (22개)	新분류체계 1 (8개)	기존 분류체계
농지	농업 용지	농지, 초지, 축사/창고
초지	공업 용지	공장(산업단지, 일반공장, 그 밖의 공장)
산림단지	상업 용지	?
일반공장	공공시설 용지	공용/공공용, 교육시설, 종교시설, 국방/군사시설, 전기통신
그 밖의 공장	주거 용지	택지(택지도시개발, 농가주택, 일반주택, 그 밖의 주택)
택지도시개발	여가/휴양 용지	골프장, 스키장, 체육시설, 관광시설
농가주택	장묘 용지	묘지시설
일반주택	교통시설 용지	도로시설
그 밖의 주택	?	그 밖의 시설
도로시설		
교육시설		
종교시설		
국방/군사시설		
전기통신		
묘지시설		
축사/창고		
골프장		
스키장		
체육시설		
관광시설		
공용/공공용		
그 밖의 시설		

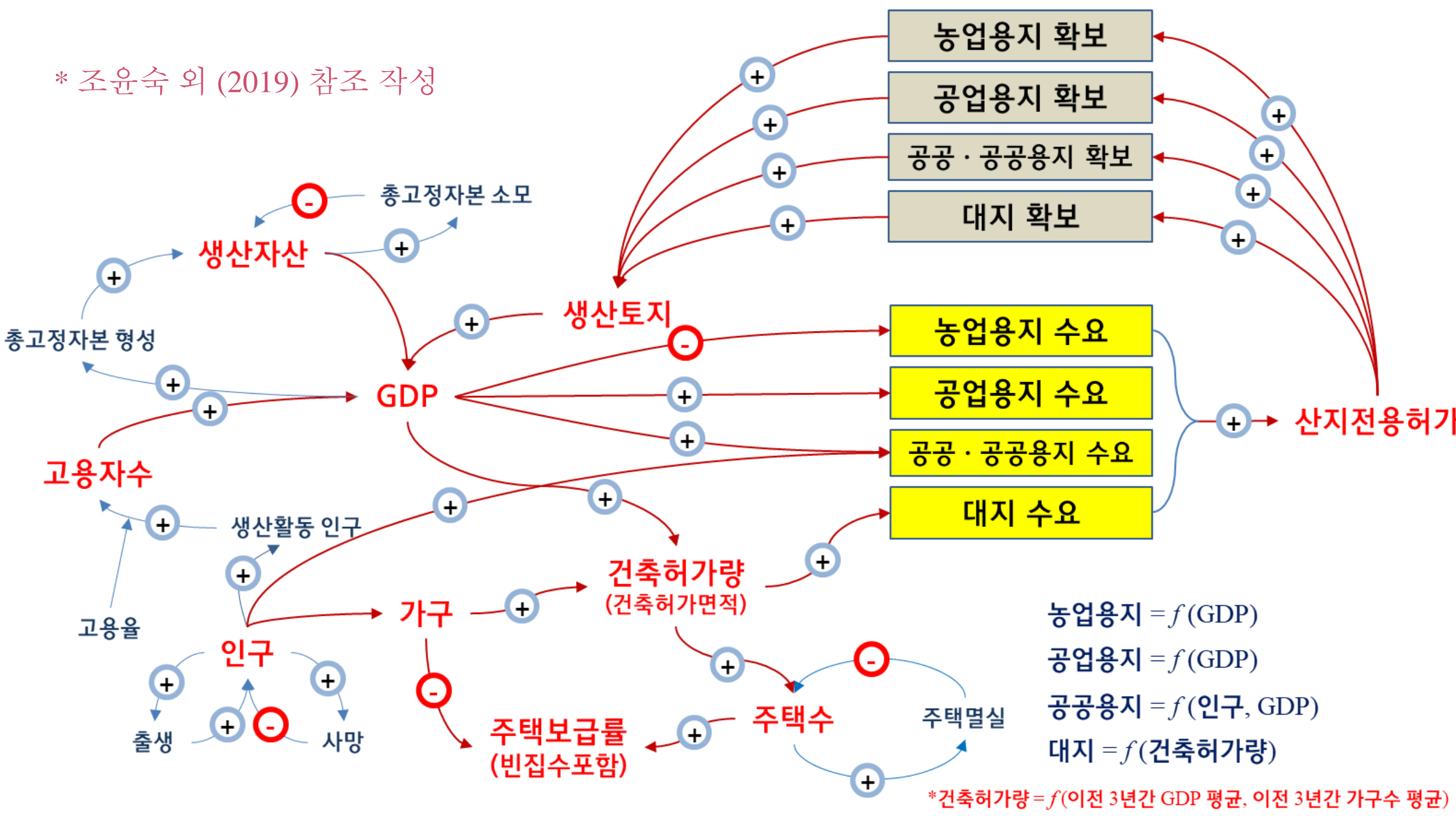
新분류체계 2 (8개)	기존 분류체계
농업 용지	농지, 초지, 축사/창고
공업 용지	공장(산업단지, 일반공장, 그 밖의 공장)
공공시설 용지	공용/공공용, 교육시설, 종교시설, 국방/군사시설, 전기통신
대지(지목 상 정의)	택지(택지도시개발, 농가주택, 일반주택, 그 밖의 주택): 상업시설 포함
여가/휴양 용지	골프장, 스키장, 체육시설, 관광시설
장묘 용지	묘지시설
교통시설 용지	도로시설
기타 용지	그 밖의 시설

新분류체계 3 (5개)
농업 용지
공업 용지
대지(주택+상업용지)
공용/공공용지 (기타용지 포함)
기타 용지

新분류체계 4 (4개)
농업 용지
공업 용지
대지(주택+상업용지)
공용/공공용지 (기타용지 포함)

新분류체계 5 (5개)
농업 용지
공업 용지
대지
기타 용지

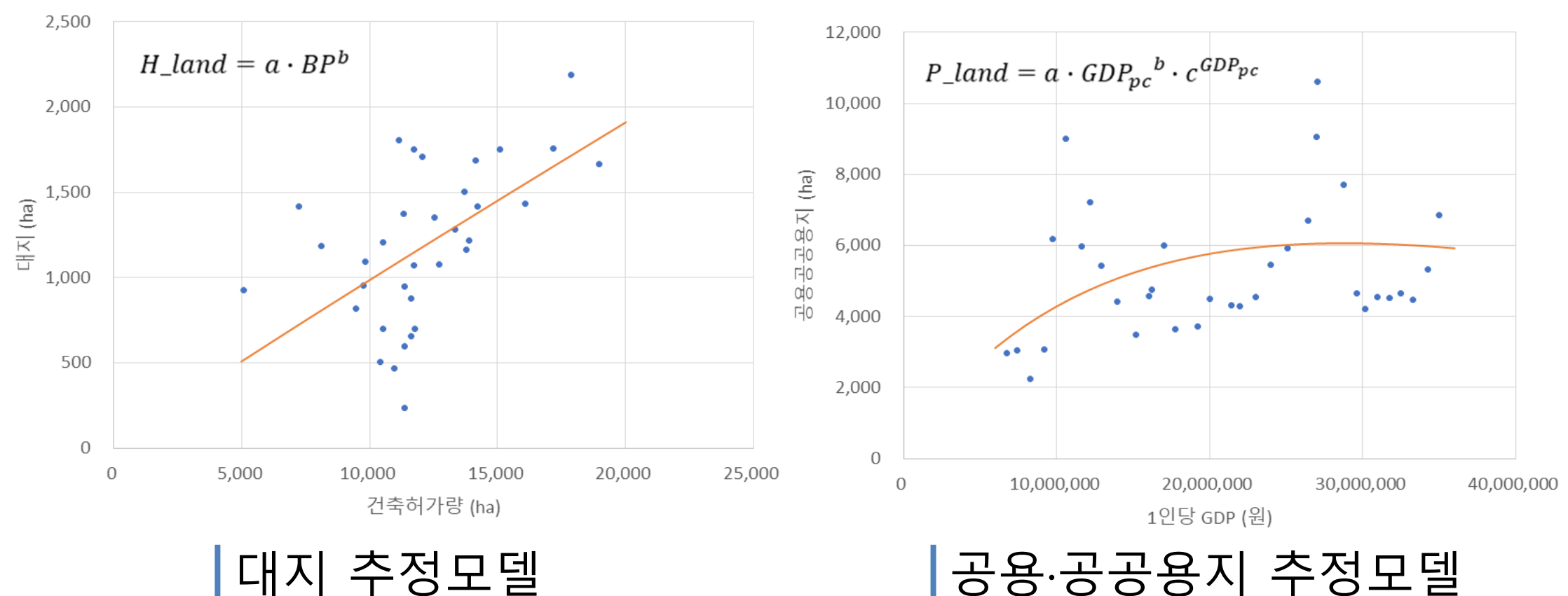
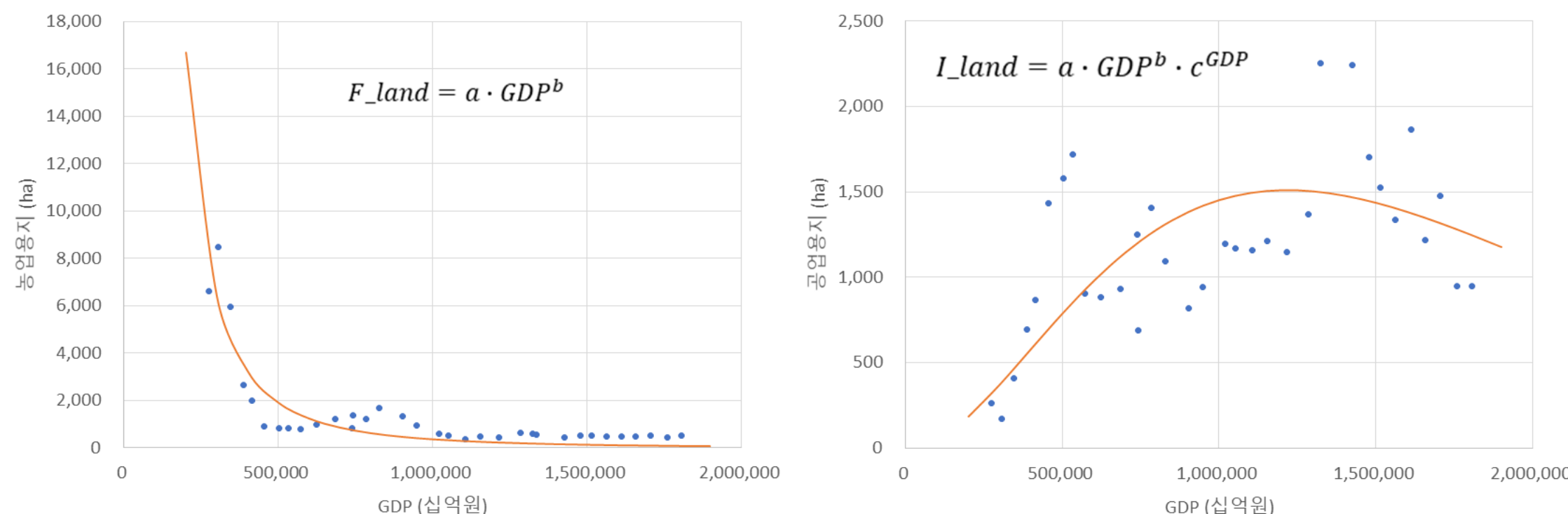
- 임업통계요람 및 임업통계연보를 이용한 산지전용 자료 유형화 (1979~2018)
- 산지관리법 시행규칙 별지 제47호에 의거하여 산지전용 통계를 산출하지만, 위계 혼합의 문제 및 "그 밖의 시설"의 분류가 곤란 문제
- 최종적으로 농업용지, 공업용지, 대지(주택지 및 상업용지), 공용·공공용지로 분류하여 유형별 미래의 산지전용 수요를 예측



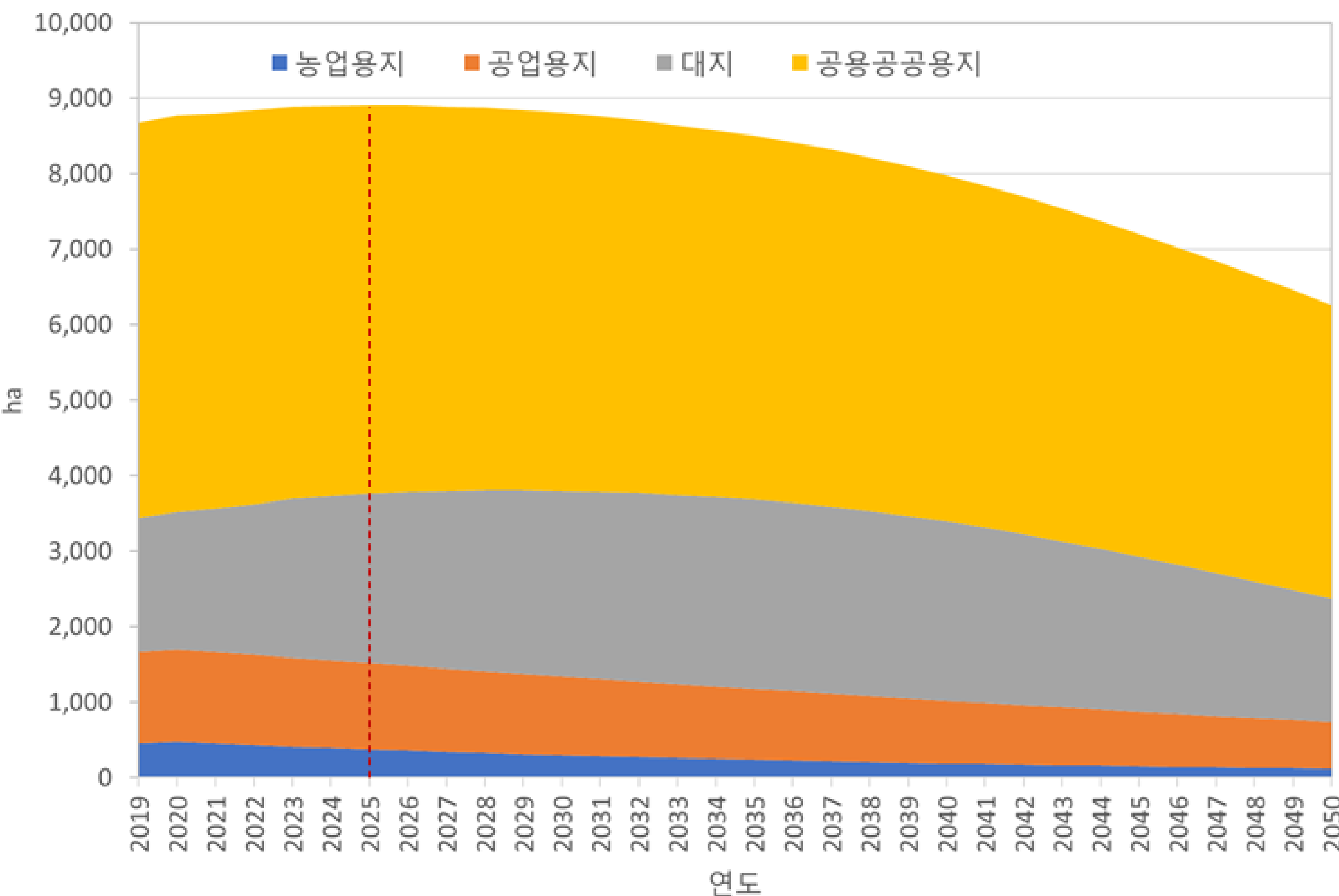
- 사회(인구)·경제적(GDP) 변화에 따른 유형별 수요변화에 대한 인과관계도 작성
- 전용수요와 인자간의 유의성은 과거 연도별 자료와 산지전용 유형별 자료를 비교하여 상호 관계를 먼저 살펴본 다음 인과관계도를 작성
- 본 연구는 통계청 자료(생산토지/생산자산, 고용자수, 주택수, 주택보급률 등)를 직접 검토하여 서브 모듈의 모의과정을 생략
- GDP, 인구자료를 이용하여 유형별 산지전용 수요 추정모델 개발

## 산지면적 변화모델 개발을 통한 미래의 산지 보전 및 이용 예측 분석

### ■ 산지전용 유형별 수요모델 개발



### ■ 산지전용 유형별 수요변화 예측



- UCTSS: Uncorrected Total of Sum of Square
- CTSS: Corrected Total of Sum of Square

$$R^2 = \frac{SS(\text{Regression})}{SS(\text{Corrected Total})}$$
$$R^2 = 1 - \frac{SS(\text{Residual})}{SS(\text{Corrected Total})}$$

구분	농업용지	공업용지	대지	공용·공공용지
모델	$F_{land} = a \cdot GDP^b$	$I_{land} = a \cdot GDP^b \cdot c \cdot GDP^c$	$H_{land} = a \cdot B \cdot P^b$	$P_{land} = a \cdot GDP_{pc}^b \cdot c \cdot GDP_{pc}^c$
결정계수(R <sup>2</sup> )	0.83	0.55	0.28	0.18
계수	a	5.521E16	0.1490	0.00529925
	b	-2.3618	0.9552	0.86260
	c	-	0.99999823	0.99999997
분산분석	SSE	20018944	4.80338	3.12041
	MSE	625592	0.15495	0.10066
	UCTSS	181520206	1672.83	2464.68
	CTSS	116383629.53	10.7289	3.79528
	F-Value	129.08	19.12	3.35
	Pr > F	<.0001	<.0001	0.0481

### • 입력자료 구축

- 농업용지 및 공업용지: GDP (2020년 6월 OECD 발표 경제성장률 -1.2% 적용, ~2050년까지 국회예산재정처 발표 1.3% 적용)
- 대지(건축허가량): GDP 및 가구수(2019년 통계청 장래인구추계 중위추계 결과, 장래가구특별추계 전국편)
- 공용·공공용: 1인당 GDP(미래 GDP와 미래 총인구)

### • 미래 예측

- 2019년 8,671ha/yr 전용 → 2050년 6,255ha/yr 전용
- 총전용수요는 2026년부터 감소 시작
- 농업용지, 공업용지, 공용·공공용지는 지속적인 감소
- 대지(주거+상업)은 2034년까지 증가, 이후 감소
- ~2050년까지도 지속적인 산지전용이 발생  
→ 산림면적의 지속적인 감소로 연결  
→ 산지관리를 통한 감소의 최소화 방안 필요

