

강원지역 생태·자연도 1등급 권역의 장기 변화와 공간적 재편에 관한 연구: 2007년과 2026년의 비교*

윤혜연** · 오우석***

A Study on Long-Term Changes and Spatial Reorganization of Grade-1 Zones in the Ecological and Natural Map of Gangwon State: A Comparison of 2007 and 2026*

Hye-Yeon Yoon** · Wooseok Oh***

요약 : 본 연구는 2007년과 2026년 생태·자연도 1등급 권역을 대상으로 강원지역의 장기적인 면적 변화와 공간적 재편 특성을 분석하였다. 강원지역 18개 시·군별 1등급 면적을 산정하고, 공간중첩을 통해 유지지역, 신규 편입지역 및 1등급 제외지역을 구분하였으며, 유지율과 Jaccard 공간유사도를 활용하여 공간변화 정도를 평가하였다. 분석 결과, 1등급 권역은 2007년 3,901.7km²에서 2026년 3,519.6km²로 약 9.8% 감소하였으며, 전체 유지율은 60.2%, Jaccard 공간유사도는 0.463으로 나타났다. Wilcoxon 부호순위 검정에서는 두 시점 간 시·군별 면적률의 유의한 차이가 나타나지 않았으나($p=0.284$), Spearman 순위상관은 높게 나타났다($\rho=0.829$, $p<0.001$). 또한 면적을 변화와 Jaccard 공간유사도를 바탕으로 시·군을 네 가지 장기 변화유형으로 구분하였다. 도출된 결과는 생태·자연도 1등급 권역의 장기 변화를 평가할 때 면적 증감뿐만 아니라 동일 공간의 유지와 공간적 재편을 함께 고려할 필요가 있음을 보여준다.

주요어 : 생태·자연도, 강원지역, 장기 변화, 공간적 재편, Jaccard 공간유사도

Abstract : This study analyzed the long-term changes in area and spatial reorganization of grade-1 zones in the ecological and natural map of gangwon state, by comparing data from 2007 and 2026. Changes in the proportion of grade-1 zones were calculated for 18 municipalities, and spatial overlay analysis was conducted to identify persistence, gain, and loss areas. Persistence rate and Jaccard similarity were then used to evaluate the degree of spatial change. The results showed that the total area of grade-1 zones decreased by approximately 9.8%, from 3,901.7km² in 2007 to 3,519.6km² in 2026, with an overall persistence rate of 60.2% and a Jaccard similarity of 0.463. The Wilcoxon signed-rank test indicated no significant difference in municipal grade-1 zone ratios between the two years ($p=0.284$), whereas the Spearman rank correlation was high ($\rho=0.829$, $p<0.001$). In addition, the municipalities were classified into four long-term change types based on changes in grade-1 zone ratios and Jaccard similarity. These results indicate that long-term changes in grade-1 zones should be evaluated by considering not only changes in area but also the persistence of the same spatial locations and the degree of spatial reorganization.

Key Words : Ecological and natural map, Gangwon state, Long-Term change, Spatial reorganization, Jaccard similarity

*본 연구는 기후에너지환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행되었습니다(NIE-A-2026-03).

**국립생태원 생태자연도팀 전임연구원(Associate Researcher, Ecological and Natural Map Team, National Institute of Ecology, gis82@nie.re.kr)

***국립생태원 생태자연도팀 팀장(Team leader, Ecological and Natural Map Team, National Institute of Ecology, wsoh@nie.re.kr)

I. 서론

생태·자연도는 「자연환경보전법」 제34조 및 「생태·자연도 작성지침(기후에너지환경부예규 제4호)을 근거로, 전국의 자연환경을 1~3등급 및 별도관리지역으로 구분한 제도이다(국립생태원, 2025). 「자연환경보전법」 제34조제1호에 따르면, 생태·자연도 1등급 권역은 멸종위기야생생물의 주요 서식지, 생태계가 우수하거나 생물다양성 및 보전가치가 높은 지역 등에 해당한다(법제처 국가법령정보센터). 따라서 생태·자연도 1등급 권역의 분포와 변화는 지역 차원의 자연환경 보전 및 공간계획 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 이 밖에도 국토환경성평가지도 등의 국가환경주제도 작성을 위한 기초자료로 활용되거나(김유훈 등, 2018), 「자연환경보전법 시행령」 제28조에 따라 국가환경종합계획 수립 및 환경영향평가 협의 등에 활용된다(법제처 국가법령정보센터).

생태·자연도는 전국자연환경조사를 포함한 총 15개 생태계 조사사업 결과를 종합하여 매년 전국 800개 도엽이 작성되며(국립생태원, 2025), 최신 생태계 및 환경 변화를 반영하기 위해 토지피복지도와 임상도를 함께 활용하여 구축된다(강다인 등, 2023). 따라서 조사자료의 지속적인 갱신과 축적, 유관 환경주제도의 현행화, 생태·자연도 작성지침 개정 등에 따라 동일한 지역이라도 시기에 따라 1등급 권역의 면적과 공간 분포가 달라질 수 있다. 이에 장기간의 생태·자연도 변화 분석은 1등급 권역의 면적 증감뿐만 아니라 기존 1등급 유지 지역과 새로 편입된 지역, 다른 등급으로 변화한 지역의 공간분포를 함께 분석할 필요가 있다.

생태·자연도의 시공간적 변화 특성을 다룬 선행연구는 시기별 등급 면적과 공간적 분포를 파악하거나, 서로 다른 시점의 생태·자연도를 비교하여 등급별 면적 증감 및 변화 양상을 분석한 연구가 대부분이었다. 오우석 등(2023)은 2017~2021년 전국 생태·자연도를 대상으로 등급별 면적 비율의 변화와 지역별 1등급 분포 특성을 분석하였고, Ko *et al.*(2024)은 생태·자연도의 등급별 현황과 지역적 분포 특성을 연구하였다. 윤혜연·오우석(2025)은 2022~2025년 생태·자연도로 시도별·등급별 면적 변화를 비교하였고, Leem *et al.*(2025)은 접경지역의 2007년 및 2025년 생태·자연도를 비교하여 장기간에 걸친 등급별 면적 변화를 분석하였다. 이들 연구는 생태·자연도의 시기별 등급 현황과 면적 변화 특성을 파악하는 데 기여하

였으나, 장기간에 걸쳐 1등급 권역이 실제 공간상에서 어느 정도 유지되었는지와 신규 편입지역 및 등급 변화지역의 공간적 재편을 정량적으로 분석한 연구는 상대적으로 미흡하였다.

한편, 시계열 범주형 공간자료에서는 범주별 면적 변화와 실제 공간적 위치의 변화가 서로 다른 양상으로 나타날 수 있다. Pontius *et al.*(2004)은 토지피복 변화 분석에서 단순 순변화(net change)만으로는 실제 변화 양상을 충분히 설명하기 어렵고, 각 범주의 지속(persistence), 증가(gain), 감소(loss) 및 공간적 교환(swap)을 함께 고려할 필요가 있다고 제시하였다. 특히 동일 범주의 증가와 감소가 서로 상쇄되는 경우 최종적인 순면적 변화는 작게 나타나더라도 실제 공간에서는 상당한 변화가 발생할 수 있다. 또한 Pontius and Millones(2011)는 지도 간 차이를 범주의 양적 차이(quantity disagreement)와 공간적 배치 차이(allocation disagreement)로 구분함으로써, 범주별 총량의 유사성이 반드시 공간적 일치를 의미하지 않음을 제시하였다. 이는 두 시점에서 1등급 권역의 전체 면적이 유사하더라도 해당 권역의 실제 분포 위치는 크게 달라질 수 있으므로, 총면적 변화와 공간적 재편을 구분하여 평가할 필요가 있음을 시사한다.

본 연구에서는 2007년과 2026년 생태·자연도 1등급 권역을 대상으로 강원지역에서 나타난 장기적인 면적 변화와 공간적 재편 특성을 분석하고자 하였다. 강원지역은 국가 3대 핵심 생태축인 DMZ축, 백두대간축, 연안축을 모두 보유한 지역으로 청정한 자연환경이 나타나지만(강원연구원, 2022), 2018년 평창 동계올림픽을 유치하면서 고속철도, 고속도로 등 광역교통망이 확충됨에 따라 급격한 개발수요가 발생하고 있는 지역이다(임동일, 2020). 따라서 보전과 개발의 가치가 첨예하게 대립하고 공존하기 때문에 학술적·정책적 연구 가치가 매우 높은 지역이다. 이에 강원지역 시·군별 1등급 권역의 면적과 면적을 변화를 산정하고, 두 시점의 공간중첩 분석을 통해 1등급 유지지역, 신규 편입지역 및 기존 1등급에서 다른 등급으로 변화한 지역을 구분하였다. 또한 Jaccard 유사도 지수를 적용하여 두 시점 간 1등급 권역의 공간적 중첩 수준을 정량화하고, 면적을 변화와 Jaccard 유사도를 종합하여 시·군별 장기 변화유형을 구분하였다.

II. 연구지역 및 연구 방법

1. 연구지역

연구대상지는 강원특별자치도(이하 강원지역) 전역이며, 분석단위는 강원지역 18개 시·군으로 설정하였다(그림 1). 강원지역은 산악 및 산림지역이 넓게 분포하며, 태백산맥을 경계로 영동지역과 영서지역이 구분되어 뚜렷한 지형적 차이를 나타낸다. 영동지역은 산지의 경사가 급하고 해안평야가 협소한 반면, 영서지역은 상대적으로 경사가 완만하며 북한강과 남한강 상류를 중심으로 하천과 분지가 발달해 있다(강원특별자치도청). 이와 같이 강원지역에 광범위하게 분포하는 산림은 생물종 서식공간으로서의 기능뿐만 아니라 기후변화 대응을 위한 탄소흡수원과 수자원 공급원으로서도 그 중요성이 높아지고 있다(조장환 등, 2020).

강원지역은 한반도의 주요 생태축인 백두대간과 DMZ 생태축이 함께 분포한다. 백두대간은 백두산에서 출발하여 지리산까지 이어지는 한반도의 뼈대를 이루는 가장 크

고 긴 산줄기로, 전통적인 산지 인식 체계이자 문화역사, 생태환경, 지형 경관 등의 측면에서 그 가치가 높다(이광률, 2016). DMZ 일원에는 101종의 멸종위기야생생물을 포함한 5,929종의 야생생물이 서식하고 있으며, 국내 멸종위기종의 약 38%가 분포한다. 이에 생물다양성의 가치를 인정받아 세계가 주목하는 생태지대로 잘 알려져 있다(DMZ포털).

강원 북부의 DMZ 및 접경지역은 장기간 인간의 이용과 접근이 제한되면서 자연천이와 자연복원 과정이 진행되었으며, 산림·습지·하천 등 다양한 자연생태계가 나타난다. DMZ 일원 자연환경 조사에서도 강원 접경지역의 여러 습지와 산림지역이 생물종 다양성, 수리·수문 기능 및 생태건강성 등의 측면에서 높은 보전가치를 갖는 것으로 평가되었다(기후에너지환경부). 이렇듯 강원지역은 대규모 산림지역을 기반으로 백두대간과 DMZ 등 주요 생태축이 분포할 뿐만 아니라, 도시지역과 농경지, 접경지역, 산악지역 및 동해안 지역 등 시·군별 자연환경과 토지이용 특성에도 차이가 나타난다. 따라서 생태·자연도 1등급 권역의 공간적 분포와 장기간에 걸친 유지, 신규 편

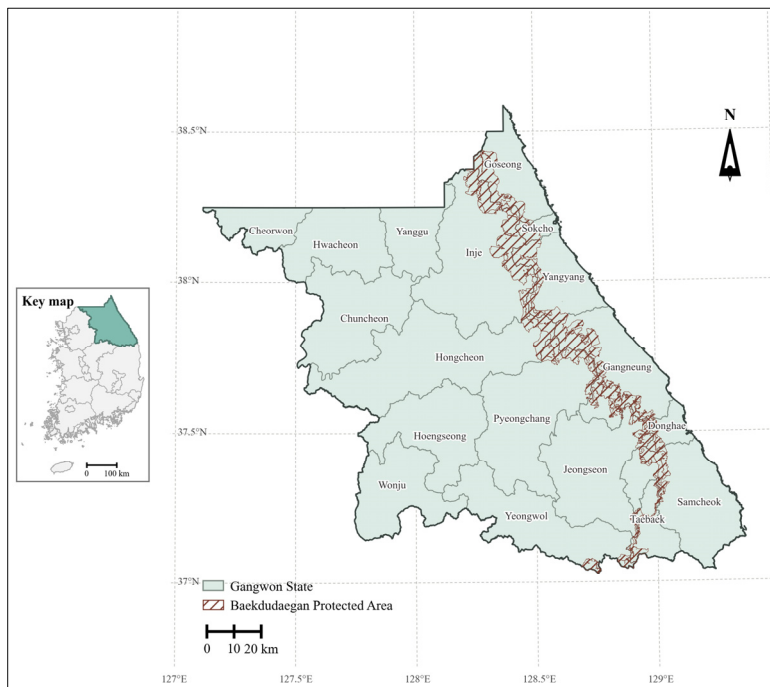


그림 1. 연구지역 위치도

출처: 산림청(백두대간 보호지역 경계)

입 및 등급 변화의 지역별 특성을 비교·분석하기에 적합한 연구지역으로 강원지역을 선정하였다.

2. 연구방법 및 사용자료

본 연구에서는 강원지역을 대상으로 2007-2026년 생태·자연도 1등급 권역의 장기적인 면적 변화와 공간적 재편 특성을 분석하였다. 이를 위해 두 시점의 생태·자연도를 동일한 공간단위에서 비교하기 위해 2025년 시·군 행정구역 경계를 공통 분석경계로 적용하였다(국가데이터처 통계지리정보서비스). 이때, 생태·자연도의 실제 작성범위를 고려하여 해양지역은 분석에서 제외하였다. 또한 DMZ 등의 접경지역에서 생태·자연도 작성범위가 행정구역 경계와 일부 일치하지 않아, 생태·자연도 작성범위에 맞춰 분석경계를 조정하였다. 또한, 2007년과 2026년 생태·자연도에서 1등급 권역을 추출하였고, 모든 공간자료는 EPSG 5186 좌표계로 설정하였다. 아울러 공간연산 과정에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하기 위해 도형의 유효성을 검사·정비한 후 강원지역 경계를 기준으로 자료의 공간범위를 통일하였다. 자료의 전처리와 공간분석 및 통계분석은 Python 환경에서 수행하였다. 공간자료의 처리와 공간연산에는 GeoPandas¹⁾와 Shapely²⁾를 활용하였으며, 속성자료 정리와 수치계산에는 pandas³⁾ 및 NumPy⁴⁾를, 통계검정에는 SciPy⁵⁾를 활용하였다. 두 시점의 공간자료에 대해서는 시·군 경계와의 교차연산을 수행한 후 각 시·군별 생태·자연도 1등급 면적을 산정하였다. 본 연구의 전체 분석절차는 그림 2와 같다.

Input data	- Grade 1 Zones (2007, 2026) - Municipal Boundaries
Preprocessing	- CRS Harmonization - Geometry Validation - Clipping
Analysis	- Area Change - Spatial Overlay - Spatial Metrics
Statistics	- Wilcoxon Test - Spearman Correlation
Change Typology	- Stable Expansion - Reorganized Expansion - Stable Contraction - Reorganized Contraction
Identification of Long-Term Changes and Spatial Reorganization in Grade 1 Zones	

그림 2. 연구 흐름도

Input data 단계에서는 2007년 및 2026년 생태·자연도 1등급 권역과 행정구역 경계자료를 수집하였다. Preprocessing 단계에서는 좌표계 통일(CRS Harmonization), 도형 유효성 검증(Geometry Validation), 연구지역 경계 기준의 Clipping을 수행하였다. Analysis 단계에서는 면적 변화, 공간중첩, 유지율·Jaccard 공간유사도 등 공간지표를 산정하였고, Statistics 단계에서는 Wilcoxon 부호순위검정과 Spearman 순위상관분석을 수행하였다. 마지막으로 Change Typology 단계에서 면적을 변화방향과 Jaccard 공간유사도 중앙값을 기준으로 4가지 장기 변화유형으로 분류하였다(그림 2).

시·군별 행정구역 면적 차이에 따른 영향을 고려하기 위해 단순히 1등급 면적뿐만 아니라 각 시·군 전체 면적에서 1등급 권역이 차지하는 비율을 함께 산정하였다. 시·군별 생태·자연도 1등급 면적률은 식 (1)에 따라 계산하였다. 여기서 R_{mt} 는 시·군 m 의 시점 t 에서 생태·자연도 1등급 면적률(%), A_{mt} 는 해당 시·군의 시점 t 에서의 1등급 면적, A_m 은 해당 시·군의 전체 행정구역 면적을 의미한다. 두 시점 간 장기적인 변화 정도는 2026년 면적률에서 2007년 면적률을 차감하여 산정하였으며, 변화량은 %p(percentage point)로 표현하였다. 이때, 양(+)의 값은 2007년에 비해 2026년의 1등급 면적률이 증가한 것을, 음(-)의 값은 감소한 것을 의미한다. 또한 두 시점의 시·군별 1등급 면적률 순위를 비교하여 지역 간 상대적 분포구조의 변화를 함께 검토하였다.

1등급 면적률(%) 계산식

$$R_{mt} = \frac{A_{mt}}{A_m} \times 100 \quad \text{식 (1)}$$

면적 또는 면적률의 증감만으로는 두 시점 사이에 1등급 권역의 공간변화를 충분히 설명하기 어렵기 때문에, Pontius *et al.*(2004)의 연구를 참고하여 지속(persistence), 증가(gain), 감소(loss)의 개념으로 2007년 및 2026년의 1등급 권역을 중첩 분석하였다. 2007년과 2026년 모두 동일한 위치에서 1등급으로 나타난 공간은 유지지역(persistence), 2007년에는 1등급이 아니었으나 2026년에 새롭게 1등급으로 포함된 공간은 신규 편입지역(gain), 2007년에는 1등급이었으나 2026년에는 1등급에서 제외된 공간은 1등급 제외지역(loss)으로 정의하였다. 구분된 공간에 대해 시·군별 유지면적, 신규 편입면적 및 1등급 제외지역 면적을 각각 산정하고, 강원지역 전체와 개별

시·군 수준에서 장기적인 공간변화 규모를 비교하였다.

기준시점인 2007년의 1등급 권역이 2026년까지 동일한 위치에서 어느 정도 유지되었는지를 파악하기 위해 1등급 권역 유지율(persistence rate)을 산정하였다. 유지율은 2007년 1등급 전체 면적에 대한 두 시점 공통 1등급 면적의 비율로 정의하였으며 식 (2)로 계산하였다. 여기서 PR_m 은 시·군 m 의 1등급 권역 유지율(%), P_m 은 해당 시·군에서 2007년과 2026년에 공통적으로 1등급으로 유지된 공간, $G_{m,2007}$ 은 2007년의 전체 1등급 권역이며, A 는 해당 공간의 면적을 의미한다. 유지율이 높을수록 2007년의 기존 1등급 권역이 2026년까지 동일한 위치에서 많이 유지된 것을 의미하며, 유지율이 낮을수록 기준시점의 1등급 권역 중 2026년에 동일 위치에서 유지된 면적의 비율이 낮은 것으로 해석하였다.

1등급 권역 유지율(%) 계산식

$$PR_m = \frac{A(P_m)}{A(G_{m,2007})} \times 100 \quad \text{식 (2)}$$

두 시점의 1등급 권역 전체에 대한 공간적 일치 정도를 정량적으로 분석하기 위해 Jaccard 공간유사도(Jaccard similarity)를 산정하였다. Jaccard 지수는 두 집합의 교집합과 합집합의 비를 이용하여 유사성을 평가하는 지표로 제안되었으며(Jaccard, 1901), 본 연구에서는 두 시점에 공통으로 포함되는 1등급 면적을 두 시점 중 한 시점 이상에서 1등급으로 나타난 전체 공간의 면적으로 나누어 계산하였다.

Jaccard 공간유사도 계산식

$$J_m = \frac{A(G_{m,2007} \cap G_{m,2026})}{A(G_{m,2007} \cup G_{m,2026})} \quad \text{식 (3)}$$

여기서 J_m 은 시·군 m 의 Jaccard 공간유사도이며, $G_{m,2007}$ 과 $G_{m,2026}$ 은 각각 2007년과 2026년의 생태·자연도 1등급 권역을 의미한다. Jaccard 공간유사도는 0~1 사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 두 시점에서 1등급으로 나타난 공간의 위치적 일치도가 높고, 0에 가까울수록 두 시점 간 공간적 재편 정도가 큰 것으로 해석하였다. 유지율이 기준시점인 2007년 1등급 권역의 존속 정도를 평가하는 지표인 반면, Jaccard 공간유사도는 두 시점의 신규 편입과 등급 변화를 모두 반영하여 전체적인 공간적 일치 정도를 평가한다. 따라서 본 연구에서는 유지율을 통해

기존 1등급 권역의 지속성을 파악하고, Jaccard 공간유사도를 통해 두 시점 간 전체적인 공간 재편 정도를 함께 분석하였다.

2007년과 2026년 사이 시·군별 생태·자연도 1등급 면적률의 전반적인 차이가 통계적으로 유의한지를 확인하기 위하여 Wilcoxon 부호순위 검정(Wilcoxon signed-rank test; Wilcoxon, 1945)을 실시하였다. 분석자료는 동일한 18개 시·군에서 측정된 두 시점의 대응자료이며, 지역 수가 제한적이고 자료의 정규성을 전제로 하지 않는 비교가 적절하다고 판단하여 비모수 대응표본 검정을 적용하였고 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다. 또한 2007년에 상대적으로 높은 1등급 면적률을 보였던 시·군이 2026년에도 높은 상대적 위치를 유지하는지를 분석하기 위해 Spearman 순위상관분석(Spearman rank correlation; Spearman, 1904)을 수행하였다. 이를 통해 두 시점의 면적률이 증가 또는 감소하였는지를 비교하는 것과 별개로, 강원지역의 시·군 간 1등급 면적률의 상대적 분포구조가 장기간 유지되었는지를 평가하였다.

마지막으로 시·군별 장기적인 변화방향과 공간적 재편 정도를 종합적으로 비교하기 위해 면적률 변화량과 Jaccard 공간유사도를 결합한 규칙 기반 변화유형 분석을 수행하였다. 면적률 변화량이 0 이상인 지역은 확대지역, 0 미만인 지역은 축소지역으로 구분하였으며, 공간적 안정성과 재편 정도는 18개 시·군의 Jaccard 공간유사도 중앙값을 기준으로 구분하였다. 이에 따라 장기 변화유형을 안정적 확대형(Stable Expansion), 재편적 확대형(Reorganized Expansion), 안정적 축소형(Stable Contraction), 재편적 축소형(Reorganized Contraction)의 네 유형으로 분류하였다. Jaccard 공간유사도의 중앙값은 연구대상 시·군 간 상대적인 공간재편 수준을 비교하기 위한 기준으로 활용하였으며, 본 유형화는 통계적 군집 분석이 아닌 규칙 기반의 상대적 분류로 적용하였다.

III. 연구 결과

1. 1등급 권역의 장기 면적 변화

강원지역의 생태·자연도 1등급 권역은 2007년 3,901.7 km^2 에서 2026년 3,519.6 km^2 로 감소하였으며, 두 시점 간 순감소면적은 약 382.1 km^2 로 나타났다. 이는 2007년

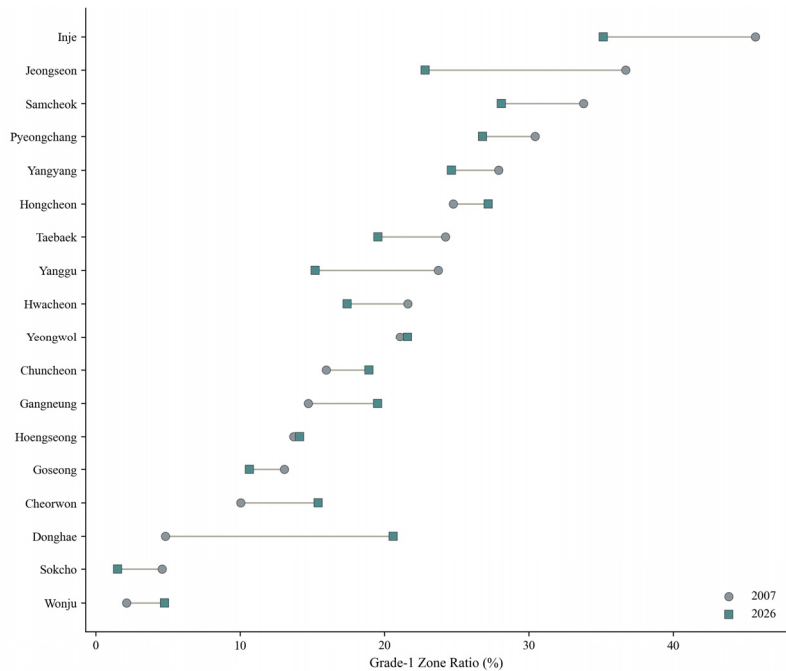


그림 3. 2007년 및 2026년 시·군별 1등급 면적을 비교

대비 약 9.8% 감소한 수준이다. 18개 시·군의 평균 1등급 면적을 역시 2007년 20.5%에서 2026년 19.1%로 감소하였으며, 평균 변화량은 -1.4%p로 확인되었다. 그러나 지역별 변화 양상과 변화폭은 서로 다르게 나타났다(그림 3). 면적을 증가폭이 가장 큰 지역은 동해시로, 2007년 4.8%에서 2026년 20.6%로 증가하여 +15.8%p의 변화를 보였다. 이어 철원군(+5.3%p), 강릉시(+4.8%p), 춘천시(+3.0%p), 원주시(+2.6%p) 순으로 증가폭이 크게 나타났다. 반면 정선군은 36.7%에서 22.8%로 감소하여 -13.9%p로 가장 큰 감소폭을 보였으며, 인제군(-10.5%p), 양구군(-8.5%p), 삼척시(-5.7%p), 태백시(-4.7%p)에서도 비교적 큰 감소가 확인되었다(그림 3). 이와 같이 강원지역 전체에서는 1등급 권역이 감소하였으나, 시·군별로는 증가와 감소가 모두 나타나 지역별 변화와 변화폭에 차이가 확인되었다.

2. 1등급 권역의 공간적 재편 특성

2007년과 2026년의 생태·자연도 1등급 권역을 공간중첩한 결과, 2007년 1등급 권역 가운데 2,347.8km²(60.2%)가 2026년에도 동일한 위치에서 유지되었다. 반면 1,553.9

km²는 2026년에 1등급에서 다른 등급으로 변화하였으며, 1,171.8km²는 신규로 1등급에 편입되었다. 두 시점 간 순감소면적은 382.1km²였으나, 실제 공간에서는 이보다 훨씬 큰 규모의 신규 편입과 1등급 제외가 동시에 나타났다. 시·군별로도 신규 편입과 1등급 제외 면적의 규모에는 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 4). 이러한 결과는 강원지역 전체의 순면적 변화만으로는 시·군별 공간변화 규모를 충분히 파악하기 어렵다는 점을 보여준다. 특히 일부 지역에서는 신규 편입과 1등급 제외가 동시에 크게 나타나, 총면적 변화와 실제 공간적 재편 정도가 서로 다를 수 있음을 확인하였다.

유지지역, 신규 편입지역 및 1등급 제외지역은 강원지역 전역에 걸쳐 혼재되어 나타났으며, 동일 시·군 내부에서도 서로 다른 공간변화 양상이 확인되었다(그림 5). 즉, 장기적인 변화는 특정 지역에 일방적으로 집중되기보다 각 시·군 내부에서 유지와 신규 편입, 1등급 제외가 복합적으로 나타나는 형태를 보였다.

이와 같은 공간적 변화의 정도를 시·군별로 정량화하기 위해 유지율과 Jaccard 공간유사도를 비교하였다. 시·군별 유지율을 살펴보면 동해시가 85.3%로 가장 높았으며, 영월군(84.1%), 원주시(83.9%), 양양군(70.6%), 인제

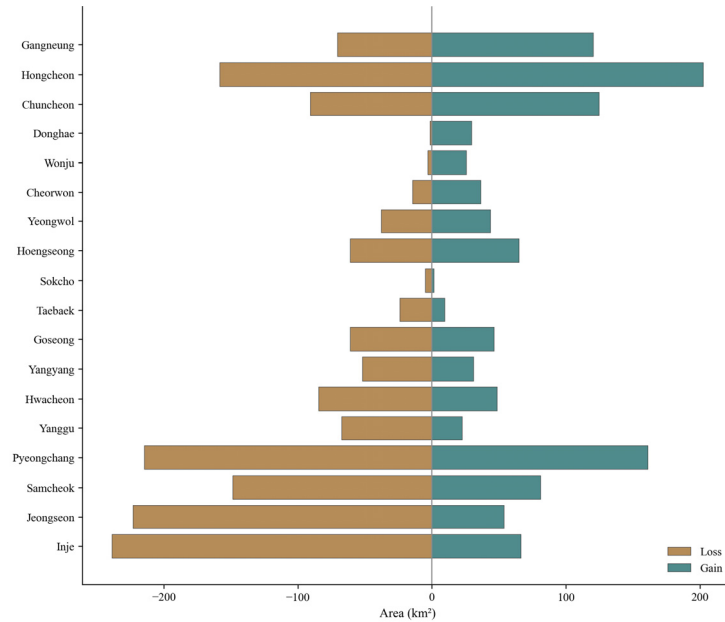


그림 4. 2007-2026 시·군별 1등급 권역 신규 편입 및 1등급 제외지역 면적

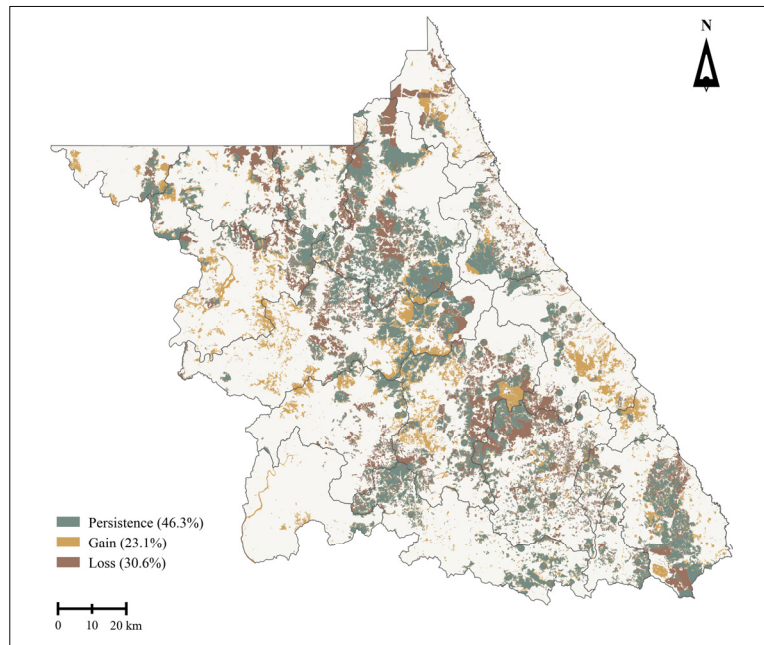


그림 5. 2007-2026년 1등급 권역의 공간변화

군(68.1%) 순으로 나타났다. 반면 속초시는 2.2%로 가장 낮았으며, 고성군(21.3%), 양구군(45.6%), 춘천시(49.0%), 정선군(50.1%) 순으로 낮은 유지율을 보였다(그림 6). 두 시점 간 전체적인 공간 일치도를 나타내는 Jaccard 공간

유사도는 강원지역 전체에서 0.463으로 나타났다. 이는 두 시점 중 한 시점 이상에서 1등급으로 나타난 전체 공간 가운데 약 46%가 두 시점에 공통적으로 포함되었음을 의미한다. 시·군별로는 영월군이 0.710으로 가장 높았으

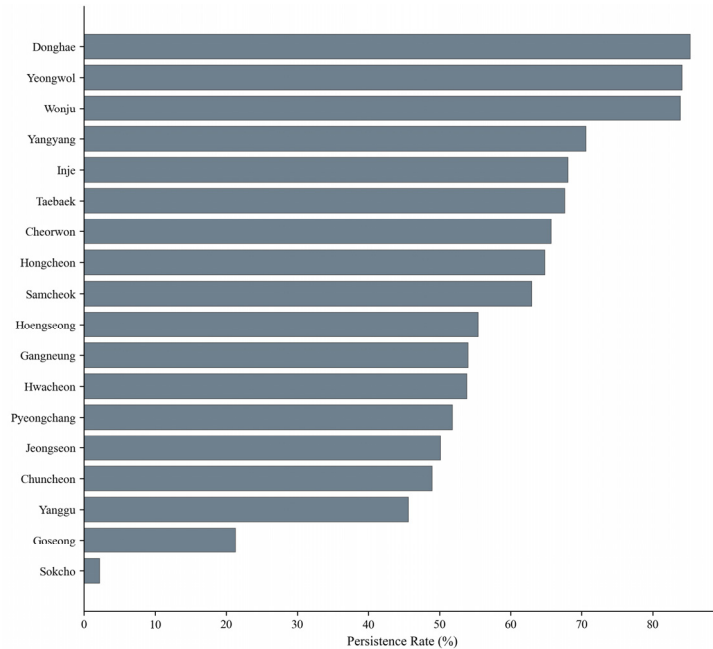


그림 6. 2007-2026년 시·군별 1등급 권역 유지율(%)

며, 인제군(0.625), 양양군(0.600), 태백시(0.598), 삼척시(0.524) 순으로 높은 값을 보였다. 반면 속초시는 0.017로 가장 낮았으며, 고성군(0.133), 동해시(0.193), 춘천시(0.288), 강릉시(0.302) 순으로 낮았다. 특히 동해시는 유지율이 85.3%로 높았으나 Jaccard 공간유사도는 0.193으로 낮았는데, 이는 기존 1등급 권역의 대부분이 유지되는 동시에 신규 편입지역이 크게 증가하여 전체 공간의 중첩 비율이 낮아졌기 때문으로 판단된다.

한편, 2007년과 2026년의 시·군별 생태·자연도 1등급 면적률에 대한 Wilcoxon 부호순위 검정 결과 $W=60.0$, $p=0.284$ 로 나타나 두 시점 간 시·군별 1등급 면적률의 전반적인 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 18개 시·군을 하나의 대응표본 집단으로 보았을 때 2007년과 2026년 사이에 일관된 방향의 면적률 변화가 확인되지 않았음을 의미한다. 반면 2007년과 2026년의 시·군별 1등급 면적률에 대한 Spearman 순위상관분석 결과, 상관계수는 $\rho=0.829$, 유의확률은 $p<0.001$ 로 나타나 두 시점 간 높은 양의 순위상관이 확인되었다. 이는 시·군별 면적률의 변화방향이 일관되지 않았지만, 2007년에 상대적으로 높은 면적률을 보였던 시·군은 2026년에도 대체로 높은 상대적 위치를 유지하였음을 의미한다. 즉, 시·군 간 1

등급 면적률의 상대적 분포구조는 비교적 안정적으로 유지된 반면, 실제 1등급 권역의 공간적 위치는 지역별로 상당한 재편이 나타났다.

3. 시·군별 장기 변화유형

2007-2026년 생태·자연도 1등급 면적률 변화방향과 Jaccard 공간유사도를 결합하여 18개 시·군의 장기 변화유형을 분석한 결과, 안정적 축소형(Stable Contraction)은 7개 지역, 재편적 확대형(Reorganized Expansion) 6개 지역, 재편적 축소형(Reorganized Contraction) 3개 지역, 안정적 확대형(Stable Expansion) 2개 지역으로 구분되었다(그림 7, 표 1).

안정적 축소형에는 양양군, 화천군, 태백시, 삼척시, 양구군, 인제군 및 정선군이 포함되었다. 이들 지역은 1등급 면적률이 감소하였으나 상대적으로 높은 공간적 일치도를 유지하는 특성을 보였으며, 유형 평균 면적률 변화량은 -7.3% , 평균 Jaccard 공간유사도는 0.515로 나타났다. 이는 기존 1등급 권역의 기본적인 공간구조가 일정 부분 유지되는 가운데 면적이 축소된 유형으로 볼 수 있다.

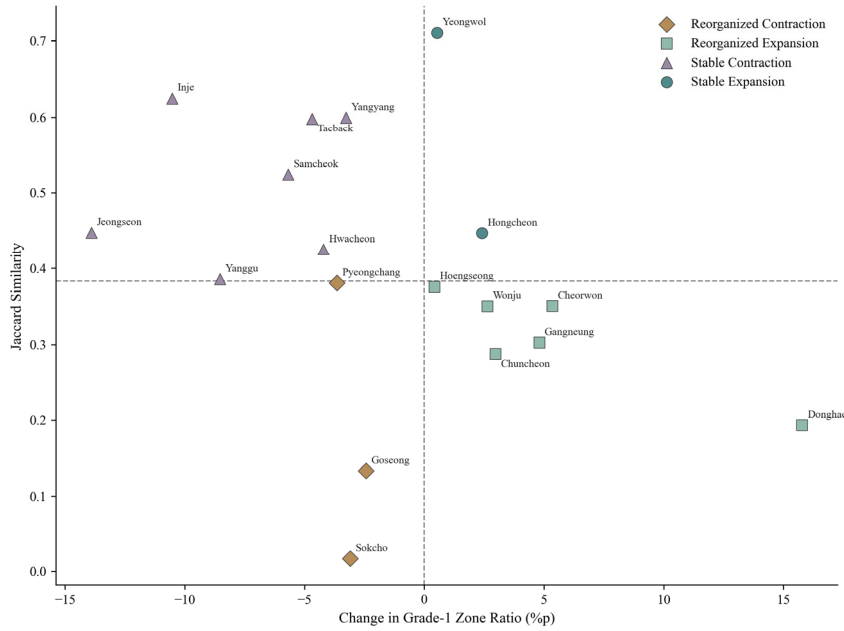


그림 7. 1등급 면적을 변화와 Jaccard 공간유사도에 따른 시·군별 장기 변화유형

표 1. 강원지역 시·군별 1등급 권역의 장기 변화지표

시·군	면적률 변화(%p)	유지율(%)	Jaccard 공간유사도	장기 변화유형
강릉시	+4.8	54.0	0.302	재편적 확대형
고성군	-2.4	21.3	0.133	재편적 축소형
동해시	+15.8	85.3	0.193	재편적 확대형
삼척시	-5.7	63.0	0.524	안정적 축소형
속초시	-3.1	2.2	0.017	재편적 축소형
양구군	-8.5	45.6	0.385	안정적 축소형
양양군	-3.3	70.6	0.600	안정적 축소형
영월군	+0.5	84.1	0.710	안정적 확대형
원주시	+2.6	83.9	0.350	재편적 확대형
인제군	-10.5	68.1	0.625	안정적 축소형
정선군	-13.9	50.1	0.447	안정적 축소형
철원군	+5.3	65.7	0.350	재편적 확대형
춘천시	+3.0	49.0	0.288	재편적 확대형
태백시	-4.7	67.6	0.598	안정적 축소형
평창군	-3.6	51.8	0.380	재편적 축소형
홍천군	+2.4	64.8	0.447	안정적 확대형
화천군	-4.2	53.9	0.425	안정적 축소형
횡성군	+0.4	55.4	0.375	재편적 확대형

재편적 확대형에는 동해시, 철원군, 강릉시, 춘천시, 원주시 및 횡성군이 포함되었다. 이들 지역의 평균 면적률 변화량은 +5.3%p로 증가하였으나 평균 Jaccard 공간유사도는 0.310으로 상대적으로 낮게 나타났다. 따라서 이

유형은 단순히 기존 1등급 권역이 확대된 것이 아닌, 신규 편입지역의 증가와 함께 공간적 위치의 재편이 크게 나타난 지역으로 확인되었다.

재편적 축소형에는 고성군, 속초시 및 평창군이 포함되

었다. 이들 지역의 평균 면적을 변화량은 -3.0% 였으며, 평균 Jaccard 공간유사도는 0.177로 네 유형 가운데 가장 낮았다. 특히 속초시와 고성군은 두 시점 간 공간적 일치도가 매우 낮게 나타나, 1등급 권역의 감소와 함께 공간적 재편이 크게 발생한 지역으로 확인되었다. 이 밖에 안정적 확대형에는 홍천군과 영월군이 포함되었다. 두 지역의 평균 면적을 변화량은 $+1.5\%$ 였으며, 평균 Jaccard 공간유사도는 0.579로 상대적으로 높게 나타났다. 이는 기존 1등급 권역이 비교적 안정적으로 유지되는 가운데 면적이 확대된 유형으로 해석할 수 있다.

종합하면, 강원지역 18개 시·군의 장기 변화는 단순한 확대와 축소만으로 구분되지 않았으며, 동일한 증가 또는 감소 방향을 보이는 지역에서도 기존 1등급 권역의 공간적 유지 정도에 따라 서로 다른 변화양상이 나타났다. 특히 확대지역 중에서도 공간적 재편이 크게 나타난 지역이 다수 확인되었으며, 축소지역 역시 기존 공간을 비교적 안정적으로 유지하면서 감소한 지역과 공간적 위치 자체가 크게 변화한 지역으로 구분되었다.

IV. 결론 및 고찰

1. 장기간 면적 변화와 공간적 재편의 의미

강원지역의 생태·자연도 1등급 권역은 2007년 대비 2026년에 약 9.8% 감소한 것으로 나타났다. 그러나 총면적의 감소보다 더 주목할 점은 2007년 1등급 권역 가운데 2026년까지 동일한 위치에서 유지된 비율이 60.2%에 그쳤고, 두 시점 간 Jaccard 공간유사도 역시 0.463으로 나타났다. 이는 전체 면적의 순감소가 약 382km^2 였음에도 실제 공간에서는 $1,553.9\text{km}^2$ 의 1등급 제외와 $1,171.8\text{km}^2$ 의 신규 편입이 동시에 발생하였음을 의미한다. 이와 같은 결과는 생태·자연도 1등급 권역의 장기 변화를 단순한 면적 증감만으로 평가할 경우 실제 공간에서 발생한 변화 규모를 충분히 설명하기 어렵다는 점을 보여준다. 순면적 변화는 신규 편입과 1등급 제외가 서로 상쇄된 결과이기 때문에, 최종적인 면적 증감만으로는 실제 공간 변화 규모를 충분히 나타내기 어렵다. Pontius *et al.*(2004) 연구에서도 범주형 토지변화 분석에서 순변화만으로는 실제 변화과정을 충분히 설명하기 어렵고, 지속·증가·감소를 구분하여 평가할 필요가 있음을 제시하였다. 따라

서 생태·자연도 장기 변화에서도 전체 면적의 증감뿐만 아니라 기존 1등급 권역의 유지 여부와 신규 편입 및 제외 지역의 공간분포를 함께 고려할 필요가 있다.

본 연구에서 적용한 유지(Persistence), 신규 편입(Gain), 1등급 제외(Loss)의 공간중첩 분석은 이러한 단순 면적 비교의 한계를 보완하는 데 의미가 있다. 특히 Pontius and Millones(2011)가 제시한 양적 차이와 공간배치 차이의 구분과 같이, 범주의 총량이 유사하더라도 실제 공간적 위치는 서로 다를 수 있다. 따라서 생태·자연도의 장기 변화 분석에서는 총면적과 공간적 위치 변화를 구분하여 해석할 필요가 있다.

한편 시·군별 1등급 면적률에 대한 Spearman 순위상관계수가 0.829로 높게 나타난 결과는, 약 20년의 기간 동안 강원지역 내 시·군 간 상대적인 1등급 분포구조가 상당 부분 유지되었음을 보여준다. 즉 2007년에 상대적으로 높은 1등급 면적률을 보였던 지역은 2026년에도 대체로 높은 수준을 유지하였다. 반면 강원지역 전체의 Jaccard 공간유사도는 0.463에 그쳤으며, 속초시, 고성군, 동해시, 춘천시 및 강릉시 등 일부 지역에서는 매우 낮은 공간적 일치도가 나타났다. 높은 Spearman 순위상관($p=0.829$)은 시·군 간 상대적 순위의 안정성을 보여주는 반면, 전체 Jaccard 공간유사도 0.463은 실제 1등급 권역의 위치적 중첩이 상대적으로 제한적이었음을 보여준다.

이는 시·군 간 상대적인 1등급 분포의 위계는 비교적 안정적으로 유지되었지만, 개별 시·군 내부에서는 실제 1등급 권역의 위치가 상당한 수준으로 재편될 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 행정구역 단위의 면적통계만으로는 파악하기 어려운 공간적 변화를 보여주는 것으로, 생태·자연도의 장기 변화를 평가할 때 지역별 면적을 비교와 실제 공간중첩 분석을 병행할 필요성을 뒷받침한다.

2. 시·군별 변화유형과 공간적 특성

시·군별 변화유형 분석에서는 안정적 축소형(Stable Contraction)이 7개 시·군으로 가장 많이 나타났으며, 재편적 확대형(Reorganized Expansion) 6개, 재편적 축소형(Reorganized Contraction) 3개, 안정적 확대형(Stable Expansion) 2개 시·군으로 구분되었다. 이러한 결과는 강원지역의 생태·자연도 1등급 권역 변화가 단순한 증가와 감소만으로 설명되기 어렵고, 변화의 방향과 공간적

유지 정도가 서로 다른 형태로 나타났음을 보여준다.

가장 많은 지역이 포함된 안정적 축소형은 1등급 면적률이 감소하였음에도 두 시점 간 공간적 일치도는 상대적으로 높게 유지된 유형이다. 이는 기존 1등급 권역의 전체적인 공간구조가 크게 달라지기보다는 일부 영역이 제외되면서 면적이 축소된 형태로 볼 수 있다. 특히 인제군, 정선군, 삼척시 등은 1등급 제외지역 면적도 비교적 크게 나타났다, 기존 1등급 권역의 상당 부분이 동일한 위치에서 유지되는 특징을 보였다.

반면 동해시, 철원군, 강릉시, 춘천시, 원주시 및 횡성군은 재편적 확대형으로 분류되었다. 이들 지역은 1등급 면적률이 증가하였음에도 Jaccard 공간유사도가 상대적으로 낮게 나타났으며, 이는 기존 1등급 권역의 상당 부분이 유지되는 동시에 신규 편입지역이 크게 증가하여 전체적인 공간 중첩비율이 낮아진 결과로 해석된다. 특히 동해시는 면적률 증가폭이 +15.8%p로 가장 크게 나타났고, 2007년 1등급 권역의 유지율 역시 85.3%로 매우 높았으나 Jaccard 공간유사도는 0.193으로 낮게 나타났다. 이는 기존 1등급 공간의 대부분이 유지된 상태에서 상당한 면적의 신규 편입지역이 추가되어 두 시점의 전체 공간범위가 크게 달라진 사례이다. 따라서 유지율과 Jaccard 공간유사도는 동일한 의미를 갖는 지표가 아니며, 두 지표를 함께 분석할 경우 기존 공간의 존속과 전체 공간구조의 변화라는 서로 다른 특성을 구분하여 파악할 수 있다.

재편적 축소형에 포함된 속초시와 고성군에서는 1등급 면적률 감소와 함께 매우 낮은 Jaccard 공간유사도가 나타났다. 특히 속초시는 유지율과 공간유사도 모두 가장 낮은 수준을 보였으며, 이는 두 시점 간 1등급 권역의 공간적 일치도가 매우 낮은 사례로 볼 수 있다. 반면 홍천군과 영월군은 안정적 확대형으로 분류되어 기존 1등급 권역의 공간적 연속성을 상대적으로 잘 유지하면서 면적이 증가하는 특징을 보였다. 그러나 이러한 시·군별 유형이 특정 권역에서 뚜렷하게 군집된다고 단정하기는 어렵다. 왜냐하면 확대형과 축소형, 안정형과 재편형이 강원 지역 내 여러 지역에서 혼재되어 나타났기 때문이다. 따라서 본 연구의 변화유형은 특정 권역의 공통적인 변화 경향을 제시하기보다는 개별 시·군의 장기적인 변화방향과 공간적 재편 정도를 비교하는 지표로 활용하는 것이 적절하다.

3. 시사점 및 한계

본 연구에서 확인된 생태·자연도 1등급 권역의 변화는 실제 자연환경의 훼손 또는 회복과 직접적으로 동일시하여 해석하는 데 주의가 필요하다. 생태·자연도는 다양한 생태계 조사사업 결과와 관련 공간자료를 종합하여 작성·갱신되는 공간정보이며, 조사자료의 축적과 갱신, 관련 주제도의 현행화 및 작성지침 변화가 지도에 반영되기 때문이다(강다인 등, 2023).

분석 결과 중, 신규 편입(Gain)과 1등급 제외(Loss)는 생태·자연도 공간자료상 등급 범주의 시점 간 변화를 의미하며, 각각 생태환경의 회복과 훼손을 직접적으로 나타내는 지표가 아니다. 따라서 분석결과는 ‘생태·자연도 1등급 권역의 공간적 변화’로 해석해야 하며, 실제 생태환경 변화의 원인을 규명하기 위해서는 추가적인 환경 및 토지이용 자료와의 비교가 필요하다. 특히 속초시와 고성군 등 일부 지역에서 매우 낮은 Jaccard 공간유사도가 나타난 것은 실제 자연환경의 변화뿐만 아니라 장기간에 걸친 자료구축 체계 및 공간정밀도 변화의 영향도 포함되었을 가능성이 있다. 따라서 공간적 변화가 크게 나타난 지역에 대해서는 생태·자연도 자료만으로 원인을 단정하기보다 추가적인 공간자료와의 비교가 필요하다.

생태·자연도 1등급에서 제외된 권역은 모두 동일한 성격의 변화로 해석하기 어렵다. 2등급 또는 3등급으로 변경된 지역과 별도관리지역으로 편입된 지역은 생태·자연도 등급체계에서 서로 다른 의미를 가지기 때문이다. 전자의 경우 1등급 기준을 더 이상 충족하지 않는 권역이지만, 후자의 경우 관련 법률에 따라 별도로 관리되는 권역으로 전환된 경우에 해당한다. 따라서 일률적으로 1등급 제외지역이 생태환경 가치가 하락된 것으로 해석하기 보다는 변경된 등급 또는 관리유형과 그 변화 원인을 함께 검토할 필요가 있다. 향후 연구에서는 이를 구체적으로 규명하기 위해 토지피복지도, 임상도, 보호지역 및 생태계 조사자료, 개발지역 등과 연계하여 신규 편입 및 1등급 제외지역의 변화 원인을 분석할 필요가 있다. 또한 본 연구에서는 2007년과 2026년이라는 두 시점의 장기 변화를 비교하였으므로, 중간 시점의 생태·자연도 자료를 추가하여 변화가 지속적으로 진행되었는지 또는 특정 시기에 집중적으로 발생하였는지를 분석한다면 1등급 권역의 변화과정을 세분화할 수 있을 것으로 판단된다.

註

- 1) GeoPandas: 벡터 공간자료를 pandas와 유사한 구조로 다루며 공간 데이터 입출력과 속성·기하정보 처리를 지원하는 라이브러리
- 2) Shapely: 점·선·면 등 기하객체의 생성과 교차·합집합·면적 계산 등 공간연산을 수행하는 라이브러리
- 3) pandas: 표 형태 속성자료의 정리·처리를 위한 자료구조 및 분석 라이브러리
- 4) NumPy: 배열 기반 수치계산을 지원하는 라이브러리
- 5) SciPy: 통계 검정(Wilcoxon 부호순위검정, Spearman 순위상관분석 등) 등 수치해석 기능을 제공하는 라이브러리

참고문헌

강다인·이정현·윤혜연·박현수, 2023, “생태·자연도 등급 변화에 영향을 미치는 요인 분석 -경상남도 일대를 대상으로-”, *경관과 지리*, 33(3), 14-32.

강원연구원, 2022, 「강원도 생태계서비스지불제 활성화 방안」.

국립생태원, 2025, 「생태·자연도 해설서(2025년 개정판)」.

김유훈·최재용·윤정호·김오석·김근한, 2018, “정밀 임상을 이용한 1:5,000 국토환경성평가지도 구축 가능성 검토” *한국지리학회지*, 7(1), 115-128.

오우석·조장삼·박기현·임효선·고의정·유창훈·김정철·윤혜연, 2023, “A Review of Ecological and Natural Map Grades and Public Appeals in Korea,” *국립생태원회보*, 4(4), 141-145.

윤혜연·오우석, 2025, “2022-2025년 생태·자연도 시도별 및 등급별 면적 분석,” *GEO DATA*, 7(3), 123-136.

이광률, 2016, “자연 경계와 인위 경계 불일치 지역의 지형 경관 특성: 백두대간과 도 경계를 중심으로,” *한국지리학회지*, 5(1), 23-33.

임동일, 2020, “대한국토·도시계획학회 강원도 미래전망” *도시정보*, 456, 21-24.

조장환·최문기·김오석·이경하·이창배, 2020, “전문가 델파이 및 토지이용점수화 접근법을 활용한 지역 산림 생태계서비스 공급량 지도화 연구” *한국지리학회*

지, 9(2), 295-312.

Jaccard, P., 1901, Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura, *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37(142), 547-579.

Ko, E. J., Leem, H., Lee, J., and Oh, W., 2024, Current status and characteristics of the Ecological and Natural Map in the Republic of Korea, *Journal of Ecology and Environment*, 48(1), 8-16.

Leem, H., Hwang, S. Y., and Yoon, H. Y., 2025, Analysis of area changes in Ecological and Natural Map grades between 2007 and 2025: Focusing on map sheets covering border region, *GEO DATA*, 7(4), 347-360.

Pontius, R. G. Jr. and Millones, M., 2011, Death to Kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment, *International Journal of Remote Sensing*, 32(15), 4407-4429.

Pontius, R. G. Jr., Shusas, E., and McEachern, M., 2004, Detecting important categorical land changes while accounting for persistence, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2-3), 251-268.

Spearman, C., 1904, The proof and measurement of association between two things, *The American Journal of Psychology*, 15(1), 72-101.

Wilcoxon, F., 1945, Individual comparisons by ranking methods, *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83.

DMZ포털, <https://www.dnz.go.kr/dmz-intro/ecology> (검색일자 : 2026.8.21.)

강원특별자치도청, <https://state.gwd.go.kr/portal/introduce/situation/position> (검색일자 : 2026.8.21.)

국가데이터처 통계지리정보서비스, <https://sgis.mods.go.kr/view/index> (검색일자 : 2026.8.21.)

기후에너지환경부, https://mcee.go.kr/home/web/board/read.do?sessionId=-GvBWYYRjmCsWOQp_htigqNaxEuvclP54cr8QoZm.mehome1?boardCategoryId=&boardId=174665&boardMasterId=108&decorator=&maxIndexPages=10&maxPageItems=10&menuId=&orgCd=&pagerOffset=2050&searchKey=&searchValue=&utm_source (검색일자 : 2026.8.21.)

법제처 국가법령정보센터, <https://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&query>

=%EC%9E%90%EC%97%B0%ED%99%98%EA%B2%BD%EB%B3%B4%EC%A0%84%EB%B2%95%EC%8B%9C%ED%96%89%EB%A0%B9#undefined
(검색일자 : 2026.9.20.)

법제처 국가법령정보센터, <https://www.law.go.kr/LSW/lsLinkProc.do?lsNm=%EC%9E%90%EC%97%B0%ED%99%98%EA%B2%BD%EB%B3%B4%EC%A0%84%EB%B2%95&chrClsCd=010202&mode=20#> (검색일자 : 2026.8.20.)

산림청, https://www.forest.go.kr/kfswweb/kfi/kfs/nwopapi/bkmntBdInfo.do?mn=NKFS_06_08_02&fileDownload=Y&dataType=bkmntBd_2019.zip&pblicDataId=&tabs=undefined&searchSrcv=undefined&subTitle=&searchWrld=&searchCnd= (검색일자 : 2026.9.20.)

교신 : 오우석, 33657, 충청남도 서천군 마서면 금강로 1210, 국립생태원 생태자연도팀(이메일: wsoh@nie.re.kr)

Correspondence: Wooseok Oh, 33657, 1210 Geumgang-ro, Maseo-myeon, Seocheon-gun, Chungcheongnam-do, Korea, Ecological and Natural Map Team, National Institute of Ecology (Email: wsoh@nie.re.kr)

투고접수일: 2026년 8월 27일

심사완료일: 2026년 9월 19일

게재확정일: 2026년 9월 20일