

Study Note

토지피복도를 활용한 과거 30년간 내륙수 생태계의 변화 분석

최태영 · 문희진 · 천금성 · 이지민

국립생태원 생태계서비스팀

Analysis of Changes in the Extent of Inland Water Ecosystems Over the Past 30 Years Using Land Cover Maps

Tae-Young Choi · Hee-Jin Moon · Gum-Sung Cheon · Ji-Min Lee

Ecosystem Service team, National Institute of Ecology

요약: 본 연구는 지난 30년간 내륙수 생태계의 토지피복 변화를 계량적으로 분석하여, 내륙수 생태계의 장기적 변화 추세와 주요 원인을 규명하고자 하였다. 이를 위해 환경부 대분류 토지피복도를 활용하여 1990년부터 2020년까지 내륙수 면적 변화를 전국 및 대권역 하천유역별로 분석하였다. 연구 결과, 지난 30년간 전국 내륙수 면적의 67.5%가 유지되었고, 32.5%는 타 토지피복으로 전환되어 손실, 55.0%는 신규 생성되어, 과거 내륙수 면적의 22.4%가 순증가된 것으로 파악되었다. 내륙수의 변화는 주로 댐 및 보 건설로 인한 신규 생성과 도시화로 인한 손실로 나타났다. 이러한 분석 결과는 내륙수 생태계의 보전 및 관리 정책 수립에 유용한 정보를 제공하며, 장기적 생태계 변화 연구의 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

주요어: 생태계 계정, 생태계 유형, 대권역 하천유역, 변화탐지 분석

Abstract: This study quantitatively analyzed the land cover changes in inland water ecosystems over the past 30 years to identify long-term trends and major causes of change. Using the Ministry of Environment's land cover classification data, changes in the area of inland waters from 1990 to 2020 were analyzed nationwide and by major river basins. The results show that over the past 30 years, 67.5% of the inland water area nationwide has been maintained, 32.5% has been converted to other land cover types and lost, and 55.0% has been newly created, resulting in a net increase of 22.4% in the inland water area compared to the past. These changes were primarily attributed to new constructions such as dams and weirs, as well as losses due to urbanization. This study provides valuable insights for the conservation and management of inland water ecosystems and serves as a foundational reference for long-term ecosystem change studies.

Keywords: Ecosystem Accounting, Ecosystem type, Major river basin, Change detection

I. 서론

산업화와 도시화에 따른 기후변화, 자연재해 증가, 생물다양성의 감소 등 전지구적인 환경 변화는 자연 생태계의 구조와 기능에 심각한 영향을 끼치고 있다. 특히 환경 변화에 민감한 내륙수 생태계는 기후변화에 매우 취약하고(Woodward et al., 2010), 다른 생태계보다 더욱 지속적인 훼손 위협에 놓여있다(Dudgeon et al., 2006). 수변 개발이나 댐 건설, 도시나 농업지역에서 유입된 오염물질은 내륙수의 수질과 생물다양성을 감소시켰다(Guzelj et al., 2020; Abdollahi et al., 2019). 유럽 및 아시아에서는 담수생태계가 가장 위협 받고 있어서 식지와 생물다양성이 급격히 나빠지고 있다고 보고되기도 하였다(Gozlan et al., 2019). 내륙수 생태계는 생물 다양성 뿐만 아니라 물 공급이나 재해, 수질 조절 등 다양한 생태계서비스를 제공하며, 이러한 서비스를 제공하는 생태계의 기능은 그 생태계의 규모와 상태에 따라 달라진다. 따라서 생태계와 서비스의 보전을 위해 생태계의 규모와 상태를 평가하는 것이 매우 중요하다(Vysna et al., 2021).

이러한 상황에서 생태계의 상태를 정량적으로 평가하고 관리하기 위한 노력이 전 세계적으로 강화되고 있다. IPBES(2019)는 전지구 생태계에 대한 과거 50년간의 상태와 변화 및 압력 요인을 평가한 바 있으며, EU에서는 유럽의 생태계 유형별 압력과 상태에 대한 장단기 변화를 평가하였다(Maes et al., 2020). 2021년 3월에는 UN통계청에서 환경경제계정시스템(System of Environmental-Economic Accounting-Ecosystem Accounting: SEEA EA)을 채택하여 생태계의 범위와 상태를 측정하고 생태계서비스를 정량화하는 지침을 제시하였다(Edens et al., 2022). SEEA EA는 생태계와 서비스를 측정하고 이를 경제 및 인간활동에 연결하는 공간 기반의 통합 통계 프레임워크이다. 이를 통해 경제와 인간에 대한 자연의 기여를 인식하고, 인간이 환경에 미치는 영향을 기록하여 다양한 정책 요구에 대응하기 위해 개발되었다(United Nations et al., 2021). SEEA EA의 중심 요소 중 하나가 생태계 규모(Ecosystem extent) 계정으로 이는 생태계 유형별 면적 변화를 파악하는 것이다.

이에 본 연구는 생태계 규모 계정 구축을 위한 기초 자료를 마련하고, 내륙수 생태계 유형의 장기적인 변화를 분석하여 변화 추세와 주요 원인을 파악하고자 하였으며, 이를 통해 내륙수 생태계의 보전 및 관리를 위한 정책 수립에 기여하고자 하였다. 이를 위해 환경부 대분류 토지피복도를 활용하여 과거 30년간의 내륙수 토지피복 유형의 변화 분석을 수행하였고, 우리나라 대권역 하천수역별로 내륙수 토지피복의 변화 양상을 제시하였다.

II. 연구방법

30년간의 내륙수 토지피복 변화 분석의 절차는 Figure 1과 같이 진행하였다. 첫째, 환경부 대분류 토지피복도 중 과거자료로 1980년대 말(1990년) 토지피복도와 현재자료로 2010년대 말(2020년) 토지피복도를 수집하였다. 둘째, 2020년 국토경계를 활용하여 1990년과 2020년 토지피복도에서 해양수 영역을 제거하였다. 셋째, 1990년 토지피복도에서 제거되지 않은 잔여 해양수 영역을 2000년 국토경계를 활용하여 구분하였다. 넷째, 해양수를 제거·구분한 1990년과 2020년 토지피복도를 활용하여 Change detection 분석을 실시하여 내륙수 토지피복의 변화 경로를 파악하였다. 마지막으로 분석 결과를 대권역 하천수역별로 구분하여 권역별 내륙수 변화 면적을 산출하였다.

대분류 토지피복도의 수역 유형은 중분류에서 내륙수와 해양수 유형으로 구분된다. 내륙수 변화는 중분류 토지피복도로 분석 가능하지만 중분류 지도의 과거자료가 2000~2004년 촬영된 위성영상을 기반으로 최초 작성되어 30년간의 변화를 분석하기에는 부족하였다. 따라서 장기간의 변화를 분석하기 위해 대분류 토지피복도를 활용하였다.

대분류 토지피복도로 내륙수를 분석하기 위해 육지 외부의 해양수 영역을 제거·구분하였는데, 통계지리정보서비스에서 시기별로 제공하는 센서스용 행정구역 경계 중에서 과거와 현재 토지피복도에 적합한 경계자료를 활용하였다. 2020년 경계자료로 두 시기의 토지피복도에서 경계 외부지역(해양수 영역)을 삭제하여 Change detection 분석을 위한 공간범위를 일치시켰다.

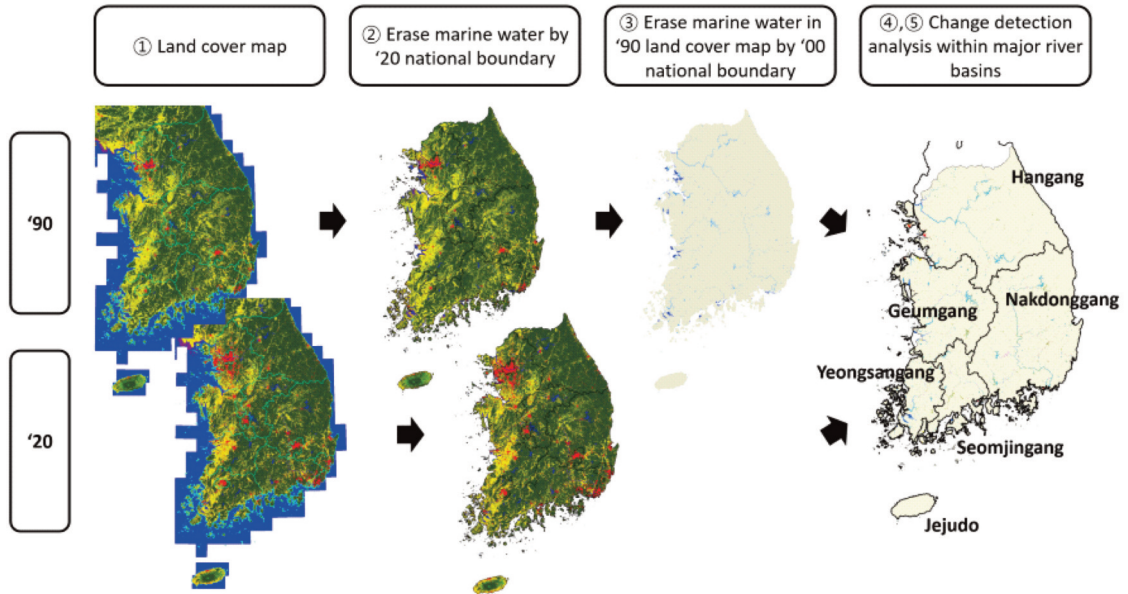


Figure 1. Data analysis workflow diagram

2020년 경계 외부지역이 삭제된 1990년 토지피복도에 는 덜 삭제된 해양수 영역이 남아 이를 2000년 국토경계 를 활용하여 내륙수와 구분하였는데, 1990년 시기의 경 계자료가 부정확하여 가장 적합한 경계가 2000년 자료 로 확인되었기 때문이었다. 1990년 토지피복도에서 해 양수가 잔여된 부분은 1990년 이후 간척사업 등이 추진 되어 국토가 확장된 과거 해양수 부분으로 파악되었다. 이상의 작업을 진행한 두 시기의 토지피복도를 활용하 여 ArcGIS 프로그램에서 제공하는 Change detection tool을 사용한 분석을 실시하였고 내륙수 토지피복 유형이 타 토지피복 유형으로 변경된 현황과 규모를 파 악하였다. 분석결과는 전국 대권역(한강, 낙동강, 금강,

영산강, 섬진강, 제주도) 하천유역별로 분석 결과를 집 계하여 대권역별 변화 현황을 파악하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 내륙수 토지피복 변화

1990년과 2020년 두 시기의 전국 및 대권역별 내륙 수의 면적 변화를 분석하였다(Table 1). 분석결과 전국 내륙수 면적은 1990년 1,445.3km²에서 2020년 1,925.3 km²로 1990년 대비 480km²(33.2%) 증가되었다. 대권 역 하천유역별 내륙수 면적은 한강 권역이 가장 넓고, 다음으로 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강, 제주도 순으로

Table 1. Area change of inland water land cover from 1990 to 2020

River basin	1990		2020		1990→2020	
	Area (km ²)	Ratio (%)	Area (km ²)	Ratio (%)	Area (km ²)	Rate (%)
Hangang	502.1	34.7	544.4	28.3	42.3	8.4
Geumgang	323.8	22.4	456.8	23.7	132.9	41.0
Nakdonggang	354.6	24.5	529.3	27.5	174.7	49.3
Seomjingang	121.6	8.4	150.8	7.8	29.3	24.1
Yeongsangang	138.6	9.6	237.9	12.4	99.3	71.6
Jeju	4.6	0.3	6.2	0.3	1.6	35.7
Sum	1,445.3	100.0	1,925.3	100.0	480.0	33.2

Table 2. Summary of inland water land cover change(gain and loss) from 1990 to 2020

	Area (km ²)	Ratio (%)
Inland water 1990	1,445.3	100.0
Inland water 2020	1,925.4	133.2
Stable inland water	975.1	67.5
Inland water loss	470.2	32.5
loss by urbanized area	91.6	6.3
Inland water gain	950.3	65.7
gain from marine water	155.9	10.8
gain from excl. marine water	794.3	55.0
Net change(gain-loss)	480.0	33.2
excl. gain from marine water	324.1	22.4
Gross change(gain+loss)	1,420.5	98.3
excl. gain from marine water	1,264.5	87.5

넓었다. 이러한 면적 순위는 1990년과 2020년이 동일하였으나 낙동강, 금강, 영산강 권역에서 면적 증가가 크게 나타났다. 권역별 변화량은 면적 기준으로 낙동강 권역의 증가 면적이 가장 컸고, 금강, 영산강, 한강 권역 순으로 증가 면적이 넓었다. 비율 기준으로는 영산강 권역의 증가 비율이 가장 컸고, 낙동강, 금강, 제주도 순으로 증가 비율이 높았다.

전국 단위에서 지난 30년 사이에 토지피복의 전환에 따른 내륙수의 증감 현황을 Table 2에 정리하였다. 1990년에서 2020년 사이에 내륙수가 변화없이 유지된 면적은 975.1km²로 1990년 면적의 67.5%이었다. 내륙수가 손실된 면적은 470.2km²로 과거 내륙수 면적의 32.5%가 타 토지피복으로 전환되어 손실된 것으로 확인되었다. 이 중 시가화지역으로 변화된 면적은 91.6km²로 과거 내륙수의 6.3%가 개발로 인해 손실된 것으로 분

석되었다. 타 토지피복에서 내륙수로 전환된 면적은 950.3km²로 이는 1990년 내륙수 면적의 65.7%에 해당하는 규모이었다. 이 중 과거 해양수 부분이 내륙수로 전환된 면적은 155.9km²로 이를 제외하면 타 토지피복에서 내륙수로 전환된 면적은 794.3km², 과거 내륙수의 55.0% 규모의 내륙수가 증가한 것으로 확인되었다. 내륙수의 생성과 소실에 따른 순 변화량은 480.0km²이고, 해양수에서 전환된 면적을 제외하면 324.1km²(22.4%)가 순수하게 늘어난 내륙수 면적이었다. 내륙수의 생성과 소실로 인한 변화 총량을 나타내는 총 변화량은 해양수 부분을 제외하면 1,264.5km²로, 과거 내륙수의 87.5% 규모에 해당하였다. 종합하면 지난 30년간 내륙수는 2/3 수준(67.5%)이 유지, 1/3 수준(32.5%)이 손실되었으나, 절반 규모 이상(55.0%)이 신규 생성되어(해양수 부분 제외), 전체적으로 과거 대비 22.4% 규모의 순면적이 증가된 것으로 파악되었다.

2. 권역별 내륙수 토지피복 전환

지난 30년간 토지피복 전환에 따른 내륙수의 변화를 대권역 하천유역별로 구분하여 정리하였다. 대권역별 내륙수가 타 토지피복으로 전환되어 손실된 면적은 Table 3과 같다. 전국 단위에서 내륙수는 농업지로 전환된 면적이 121.1km²로 가장 넓었고, 다음으로 산림, 시가화지역, 습지, 초지, 나지의 순이었다. 개발로 인한 훼손인 시가화지역으로의 전환 면적은 권역별로 한강권역에서 가장 넓었고, 금강과 낙동강권역 순으로 높게 나타났다. 농업지로 전환된 면적은 낙동강권역에서 가장 넓었고, 한강이 많았으며, 섬진강, 영산강, 금강 순으로 확인되었다. 농업지와 함께 산림, 습지 등 시가화지

Table 3. Land cover change matrix: inland water loss (1990-2020) (unit: km²)

River basin	Built-up area	Farmland	Woodland	Grassland	Wetland	Bare land
Hangang	45.6	31.9	25.0	11.2	14.7	12.8
Geumgang	17.0	40.2	18.1	11.7	19.4	4.8
Nakdonggang	18.6	15.0	39.5	6.5	28.2	6.7
Seomjingang	5.1	17.1	23.0	1.6	7.1	2.6
Yeongsanggang	3.8	16.5	11.9	0.9	10.1	1.1
Jejudo	1.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.3
Sum	91.6	121.1	117.6	32.0	79.6	28.4
Tatal sum			470.2			

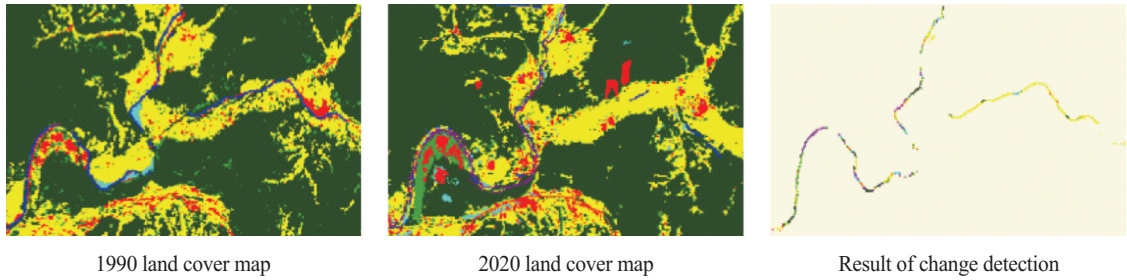


Figure 2. Case of inland water land cover loss due to decreased water surface area (Banbyeoncheon River, Yeongyang County, North Gyeongsang Province)

Table 4. Land cover change matrix: inland water gain (1990-2020) (unit: km²)

River basin	Built-up area	Farmland	Woodland	Grassland	Wetland	Bare land
Hangang	7.6	52.5	54.0	11.7	18.3	18.1
Geumgang	7.6	59.6	57.4	10.3	16.0	25.2
Nakdonggang	13.7	96.4	102.8	16.7	2.9	56.0
Seomjingang	2.3	31.1	31.2	2.6	6.3	10.6
Yeongsangang	2.8	34.2	15.3	5.2	15.9	6.1
Jejudo	0.2	0.9	1.5	0.4	0.1	0.7
Sum	34.3	274.6	262.1	47.1	59.4	116.8
Total sum	794.3					

Table 5. List of multipurpose dams and weirs of the four major rivers constructed over the past 30 years (1990-2020)

River basin	Dam	No. dam	Construction period (year)	Weir	No. weir	Construction period (year)
Hangang	Hoengseong	1	'90-'02	Ipo	3	'08-'13
				Yeoju		
				Gangcheon		
Geumgang	Yongdam	3	'90-'06	Baekje	3	
	Boryeong		'90-'00	Gongju		
	Buan		'90-'96	Sejong		
Nakdonggang	Imha	8	'84-'93	ChangnyeongHaman	8	
	Yeongju		'09-'23	HapcheonChangnyeong		
	Namgang		'89-'03	Dalseong		
	Miryang		'90-'02	GangjeongGoryeong		
	Gunwi		'00-'12	Chilgok		
	Gimcheon Buhang		'02-'16	Gumi		
	Seongdeok		'06-'22	Nakdan		
Seomjingang	Juam	2	'84-'92	-	-	
	Sangsa		'84-'96			
Yeongsangang	Jangheung	1	'96-'07	Juksan	2	
				Seungchon		

Source: https://www.kwater.or.kr/gov3/sub03/annoView.do?seq=4609&s_mid=54,
https://www.kwater.or.kr/busi/sub02/facilitiespresentAllPage.do?s_mid=1515

역 외 피복유형의 경우 하천과 호소의 수면적이 감소되어 내륙수 외 피복으로 분류된 것이 변화의 주요 원인으로 판단된다(Figure 2). 산림, 습지, 나지 등은 수변 식생이나 퇴적지 등 내륙수를 구성하는 생태계로 볼 수 있으므로 내륙수의 실질적인 전환이라기보다는 토지 피복 작성 시점의 홍수, 가뭄 등 환경 영향에 따른 결과로 해석하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

대권역별로 타 토지피복에서 전환되어 내륙수가 증가된 면적은 Table 4와 같다. 전국 단위에서 내륙수는

농업지에서 전환된 면적이 274.6km²로 가장 넓었고, 다음으로 산림, 나지, 습지, 초지, 시가지지역의 순이었다. 권역별로는 낙동강권역이 농업지에서 전환된 면적이 가장 넓었고, 금강과 한강권역 순으로 전환 면적이 넓게 확인되었다. 산림에서 전환된 면적도 낙동강권역에서 가장 넓었고, 금강, 한강, 섬진강, 영산강 순으로 확인되었다. 내륙수의 증가는 지난 30년간 댐과 보 등 건설로 수면이 확장된 것이 주된 원인으로 파악되었다. Table 5와 같이 1990년부터 2020년까지 건설된 다목적

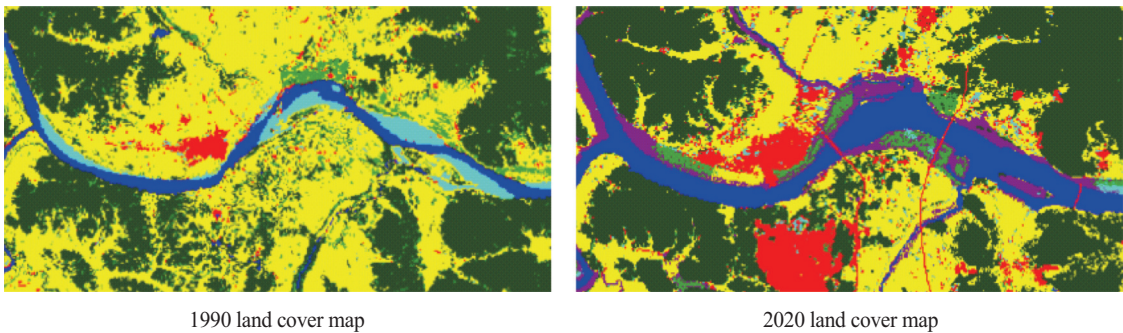


Figure 3. Case of changes in inland water due to the construction of the weir (ChangnyeongHaman-weir in Nakdonggang) (Light blue: bare land)

Table 6. Land cover change matrix: inland water retention and marine to inland water conversion (1990-2020)

River basin	Stable inland water		Gain from marine water	
	Area (km ²)	Ratio (%)	Area (km ²)	Ratio (%)
Hangang	360.9	71.9	21.2	4.2
Geumgang	212.6	65.6	68.0	21.0
Nakdonggang	240.1	67.7	0.7	0.2
Seomjingang	65.0	53.5	1.7	1.4
Yeongsangang	94.2	67.9	64.3	46.4
Jejudo	2.3	49.9	0.1	1.6
Sum	975.1	67.5	155.9	10.8

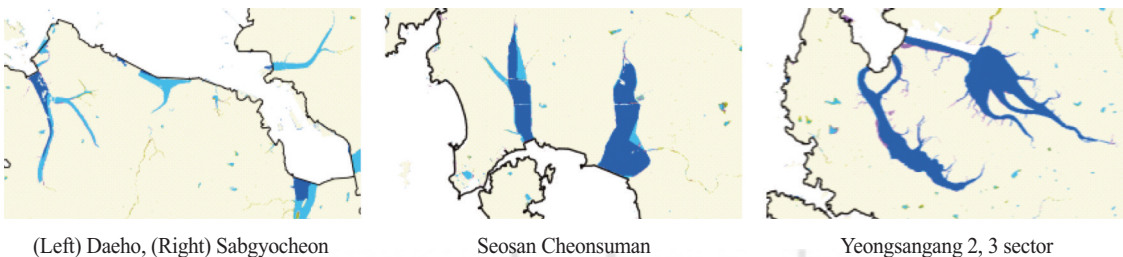


Figure 4. Case of change from marine water to inland water due to reclamation projects (Blue: marine water → inland water, Light blue: stable inland water)

댐은 15개로 확인되며 낙동강 권역에서 가장 많은 8개가 확인되어 낙동강 권역에서 산림, 농업지, 시가지 등이 내륙수로 전환된 면적이 넓은 분석 결과와 일치하였다. 여기에 더해 4대강의 보 건설로 인해 내륙수 면적이 크게 증가한 것을 확인할 수 있으며, 특히 8개의 보가 건설된 낙동강 권역에서는 나지(Bare land)로 분류된 수변 모래톱이 내륙수로 전환된 면적이 56.0km²로 가장 넓었다(Figure 3).

대권역별로 내륙수가 변함없이 유지된 면적과 해양수 영역에서 내륙수로 전환된 면적은 Table 6과 같다. 내륙수 유지 면적은 전국 단위에서 975.1km²로 과거 내륙수 대비 67.5%가 유지된 것으로 확인되었다. 권역별로는 한강이 360.9km²로 가장 넓었고, 금강과 낙동강 권역에서 넓게 나타났다. 비율 기준으로는 한강 권역이 71.9%가 유지되어 가장 높았고, 다음으로 영산강, 낙동강, 금강 등의 순이었다. 해양수에서 내륙수로 전환된 면적은 전국 단위에서 155.9km²로 과거 내륙수의 10.8% 규모이었고, 권역별로는 금강 권역에서 68.0km², 영산강 권역에서 64.3km²로 넓었고, 한강 권역이 다음 순으로 확인되었다. 비율 기준으로는 영산강 권역에서 과거 대비 46.4% 규모로 증가하여 가장 높았고, 다음으로 금강, 한강 순이었다. 해양수에서 전환된 내륙수의 주요 변화 원인은 다수의 서해안 간척사업 때문으로 파악되었다. Figure 4에서 진한 푸른색 영역은 과거 해양수였던 지역이 간척사업으로 방조제가 건설되어 내륙수로 전환된 지역으로 대표적으로 영산강 권역에서 영암호, 금강권역에서 천수만, 대호지구, 삼교천지구 외 새만금 간척지 등의 사례가 있다.

3. 분석 한계

1990년 대분류 토지피복도에서 해양수 영역을 구분하기 위해 사용한 국토경계는 해당 시기 경계 자료의 부정확성으로 인해 2000년 경계 자료를 사용하였다. 그러나 2000년 경계도 토지피복도와 완벽하게 일치하지 않아 경계 내부에 잔여 해양수가 포함되었다. 그로 인해 내륙수 변화 분석결과에는 일부 해양수의 전환이 포함되었고 결과 해석 시 이러한 한계를 고려할 필요가 있다. Figure 5는 이러한 분석 한계를 보여주는 사례로 영종도와 안산시가 확인되는 1990년 토지피복도를 보면 2000년 경계 내부에 해양수가 포함된 것을 볼 수 있다. 이러한 잔여 해양수 부분이 내륙수가 시가지지역으로 전환된 면적에 포함되었다. 잔여 해양수를 제거한다면 전국 내륙수의 손실 비율은 분석결과인 32.5%보다 적을 것이다. 향후 보다 정확한 분석을 위해 1990년 대분류 토지피복도와 일치하는 국토경계의 제작이 필요하다.

내륙수 토지피복 유형은 하천과 호소에서 물이 있는 수면에 해당하며, 수면은 고정되어 있지 않고 강우나 홍수, 가뭄, 토사의 퇴적 등 영향으로 시기에 따라 변화하기 때문에 내륙수 피복유형은 이러한 변동성이 반영되기 어려운 한계가 있다. 또한 분석에 사용한 대분류 토지피복도는 30m 단위의 cell 크기로 제작된 Raster 자료로서 폭이 좁은 선형의 하천을 구분하기에 어려운 점이 있다. 일례로 분석결과에 내륙수가 산림으로 변환된 면적이 넓게 확인되는데(Table 3), 이는 Figure 6에서와 같이 영상의 시기에 따라 수면이거나 수변 퇴적지가 나타나는 경우가 다수 확인되며, 이러한 수변 공간

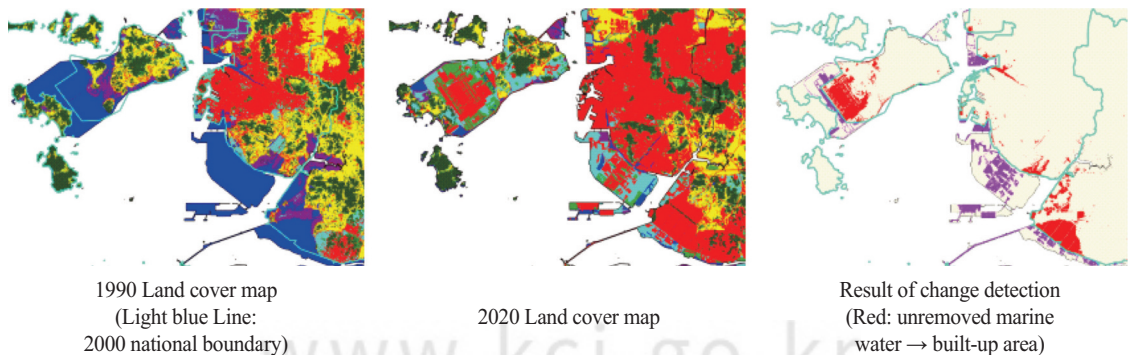


Figure 5. Case of change from unremoved marine water to built-up area

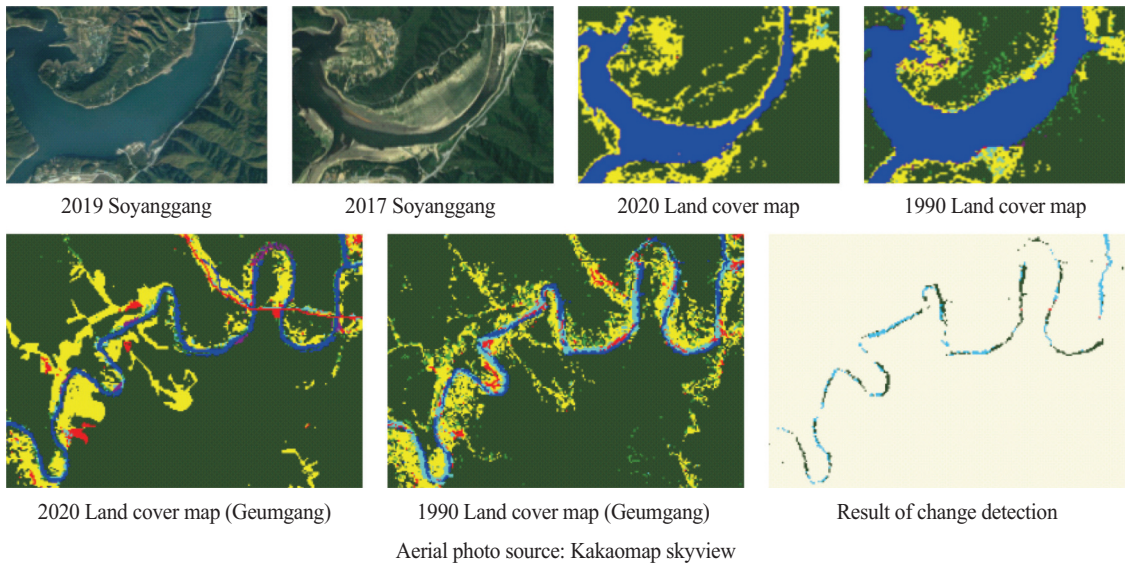


Figure 6. Case of constraints imposed by variability in inland waters and errors in land cover classification

이 산림으로 분류되었기 때문으로 판단된다. 또한 내륙수 경계를 따라 선형태의 피복전환 사례가 많은 것도 대분류 토지피복도의 낮은 해상도나 피복분류의 오류 등 내륙수에 대한 대분류 토지피복도 작성의 한계로 보여진다. 그럼에도 불구하고 현시점에서 환경부 대분류 토지피복도는 전국 단위에서 내륙수의 장기간의 변화를 살펴볼 수 있는 유일한 자료로 판단되며 중분류 및 세분류 피복도가 지속적으로 갱신되고 있어 향후 자료가 누적되면 장기간의 변화상을 보다 정확하게 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 내륙수 수위의 변동성으로 인한 토지피복 분류의 차이를 최소화하기 위하여 홍수, 가뭄 등의 영향이 적은 일정 시기를 작성 시점으로 정하여 토지피복도를 제작하는 것도 필요할 것으로 판단된다. 더 나아가 내륙수 생태계는 수면 외에도 수변 퇴적지와 식생대 등 여러 유형이 연속적으로 분포하여 공간적으로 하나의 생태계를 이루고 있으므로 이를 아우르는 내륙수 생태계의 공간 경계를 명확히 구축하여 종합적인 변화상을 파악하는 것이 필요하다고 판단된다.

IV. 결론

본 연구는 대분류 토지피복도를 활용하여 하천과 호

소로 대표되는 내륙수 생태계 유형의 규모에 대한 과거 30년 사이의 변화상을 분석하였다. 전국 내륙수 면적은 30년 사이에 증가하여 낙동강, 금강, 영산강 권역에서 증가량이 많았다. 토지전환 분석결과 과거 내륙수 면적의 67.5%가 유지되었고, 32.5%는 타 토지피복으로 전환되어 손실, 55.0%는 신규 생성되어, 과거 내륙수 면적의 22.4%가 순증가된 것으로 파악되었다. 내륙수 증가는 주로 댐, 보 등의 건설로 인한 것으로 파악되었다. 내륙수 손실은 하천이나 저수지 등이 개발된 것 외에도 분석 한계로 과거 내륙수에 포함된 잔여 해양수 지역이 매립 후 개발된 면적이 넓고, 수면의 변동성과 특정 시점의 수면 경계를 나타내는 피복도의 특성에 따라 손실된 것으로 분석된 면적이 큰 것으로 파악되었다.

본 연구는 지난 30년간의 내륙수 생태계 규모의 공간적인 변화를 계량적으로 제시했다는 것에 의미가 있다. 또한 내륙수의 장기간의 변화상을 도출하기 위해 대분류 토지피복도를 활용하였고, 대분류 수역 유형에서 내륙수를 구분한 방법론에서 차별성이 있다. 그러나 대분류 토지피복도의 낮은 해상도 문제나 내륙수 피복분류의 한계도 확인하여 분석 결과의 해석 시 이를 감안하여 볼 필요가 있다. 향후 중분류, 세분류 수준의 정밀한 토지피복도의 작성이 누적되면, 보다 정확한 내륙수 변화상 분석이 가능할 것으로 판단된다.

사사

본 논문은 국립생태원 '생태계서비스 평가 기반 정책 결정 지원체계 수립(NIE-고유연구-2024-03)'의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Abdollahi Z, Kaviani A, Sadeghi SHR, Khosrovyan A, DelValls A. 2019. Identifying environmental risk associated with anthropogenic activities in Zanjanrud River, Iran, using an integrated approach. *Catena*, 183; 104156.
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, ... Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges, *Biological reviews*, 81(2); 163-182
- Edens B, Maes J, Hein L, Obst C, Siikamäki J, Schenau S, ... Alfieri A. 2022. Establishing the SEEA Ecosystem Accounting as a global standard. *Ecosystem Services*, 54; 101413.
- Gozlan RE, Karimov BK, Zadereev E, Kuznetsova D, Brucet S. 2019. Status, trends, and future dynamics of freshwater ecosystems in Europe and Central Asia, *Inland Waters*, 9(1); 78-94.
- Guzelj M, Hauer C, Egger G. 2020. The third dimension in river restoration: How anthropogenic disturbance changes boundary conditions for ecological mitigation. *Sci. Rep.* 10; 13106.
- IPBES. 2019. Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1144.
- Maes J, Teller A, Erhard M, Conde S, Vallecillo S, Barredo JI, Paracchini ML, Abdul Malak D, Trombetti M, Vigiak O, Zulian G, Addamo AM, Grizzetti B, Somma F, Hagyo A, Vogt P, Polce C, Jones A, Marin AI, Ivits E, Mauri A, Rega C, Czucz B, Ceccherini G, Pisoni E, Ceglär A, De Palma P, Cerrani I, Meroni M, Caudullo G, Lugato E, Vogt JV, Spinoni J, Cammalleri C, Bastrup-Birk A, San Miguel J, San Roman S, Kristensen P, Christiansen T, Zal N, de Roo A, Cardoso AC, Pistocchi A, Del Barrio Alvarellós I, Tsiamis K, Gervasini E, Deriu I, La Notte A, Abad Vinas R, Vizzarri M, Camia A, Robert N, Kakoulaki G, Garcia Bendo E, Panagos P, Ballabio C, Scarpa S, Montanarella L, Orgiazzi A, Fernandez Ugalde O, Santos-Martin F. 2020. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment, EUR 30161 EN, Publications Office of the European Union, Ispra.
- United Nations et al. 2021. System of Environmental-Economic Accounting-Ecosystem Accounting (SEEA EA).
- Vysna V, Maes J, Petersen JE, La Notte A, Vallecillo S, Aizpurua N, ... Teller A. 2021. Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA): Final report from Phase II of the INCA project aiming to develop a pilot for an integrated system of ecosystem accounts for the EU.
- Woodward G, Perkins DM, Brown LE. 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365; 2093-2106.