

위성영상 분석을 통한 금강수계 대형보에 따른 수변서식처 다양성 변화 연구

옥기영, 최미경^{1,*}, 김정철, 박형근

국립생태원 생태평가연구소, ¹충남대학교 국제수자원연구소

Temporal changes in river channel habitat diversity by large weirs in the Geum River using satellite imagery analysis

Giyoung Ock, Mikyoung Choi^{1,*}, Jeong-Cheol Kim and Hyung-Geun Park

Division of Ecological Assessment Research, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

¹International Water Resources Research Institute, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

*Corresponding author

Mikyoung Choi
Tel. 042-821-7745
E-mail. choi.mk1981@gmail.com

Received: 9 December 2020

First Revised: 17 December 2020

Second Revised: 22 December 2020

Revision accepted: 24 December 2020

Abstract: The present study investigated the temporal changes of river habitats caused by construction and operation of the three large weirs (Sejong, Gongju, and Baekje) in the Geum River. High resolution satellite imagery taken during three periods (pre-construction, before and after gate operation) were used for habitat analysis. We divided bar area into eight habitat types in addition to water area. Then, we identified the nine habitat types from the satellite imagery and estimated each habitat area. Our results show that after weir construction, large bar areas were dramatically decreased and bareland was nearly absent post gate-operation in all three weirs. However, total bar area and bareland were again increased distinctively soon after weir opening events, especially in the uppermost weir, the Sejongbo. These results suggest that weir opening operations provide a relatively simple channel of more diverse through the process of increasing bar area in a river channel.

Keywords: river habitat, weir operation, satellite imagery, Geum River

서 론

2017년 6월부터 금강 수계에 건설된 3개 대형보의 수문 이 부분 또는 완전 개방되어 관리수위가 단계적으로 최저 수위까지 낮아졌다. 세종보는 2017년 11월 부분 개방을 시작하고 2018년 1월 완전개방을 실시하여 최저수위에 도달한 후 현재까지 완전개방 상태를 유지하고 있다. 공주보는 2017년 6월부터 수위를 낮추기 시작하여, 2018년 3월 완전 개방하였으나, 하류 백제보의 개방정도에 따라 수위

가 연동된다(MOE 2019). 백제보는 2017년 11월부터 한 시적 개방을 실시하였지만, 2018년 동절기 용수공급을 위해 수위가 재상승하였다. 이상과 같이 금강 3개보는 개방의 폭과 시기는 다르지만 모두 1회 이상 완전개방을 실시하여 세종보는 3.17 m, 공주보는 5.07 m, 백제보는 2.23 m 이상 큰 폭으로 수위가 하강하여 최저수위까지 도달하였다.

수문 개방에 따라 보 수위가 내려가고, 저수지에 퇴적된 토사가 이동하면서 물속에 잠겨있던 하도 내 사주가 드러

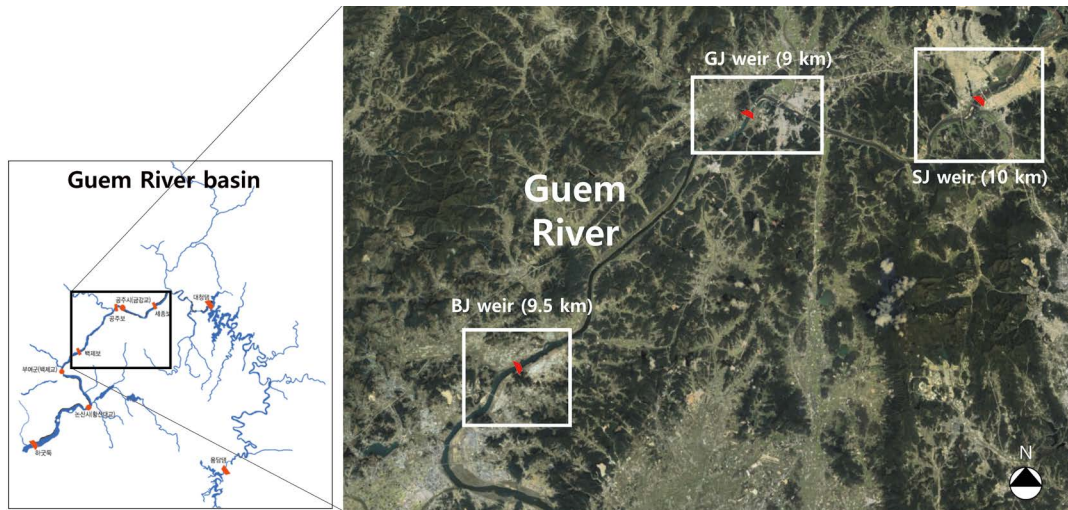


Fig. 1. Three study sites in the Geum River basin. SJ, GJ, and BJ mean Sejong, Gonju, and Baekje weirs, respectively.

나거나 새롭게 발생하여 3개보 모두에서 축구장 102배 크기, 약 0.73 km² 면적의 다양한 형태의 모래톱이 증가한 것으로 보고되었다(MOE 2019). 이와 같이 보 수문개방에 따라 보의 상하류에서 다양한 형태의 하천사주가 나타나면서, 금강 세종보에서는 멸종위기 야생생물 I급 흰꼬리수리를 비롯해 II급 금개구리, 맹꽂이, 큰고니 등 다양한 생물이 확인됐다. 특히, 모래가 깔린 여울에서 주로 서식하는 멸종위기 야생생물 I급 흰수마자가 보 개방 후에 세종보 하류에서 다시 발견되었다(MOE 2019).

이러한 현상은 해당 구간이 보 수문개방 전에는 수심이 깊은 정체 수역이었지만, 수문개방이후 사주와 수변공간이 늘어나면서 생물서식 공간에 긍정적인 변화를 유도한 것으로 추측할 수 있지만, 아직까지 하천 사주의 증가에 따른 생태학적 효과를 분석한 국내 연구는 매우 미흡하다. 댐과 보 건설에 따른 지형 변화를 사주나 수역의 면적으로 파악한 국내 연구를 살펴보면, 만경강에서는 보 건설로 인한 하도변화를 평가하기 위하여 저수로 폭, 최심선 길이, 식생사주, 모래사주, 수역면적 변화에 대해 영상 분석을 수행하였고(Hong *et al.* 2012), Ock *et al.* (2018)은 탐진강을 대상으로 보 건설 전후 사주의 면적과 하폭을 비교하였다. Park *et al.* (2008)은 안동댐, 임하댐, 합천댐, 소양강댐 등 21개 댐 하류 하천의 사주면적 변화와 식생변화를 관찰하였다. 이와 같이 기존의 연구들은 주로 보나 댐 건설 전과 후의 하천 지형 변화를 분석하고 제시하는 데 그쳐, 수문개방 이후의 지형 변화를 추정하거나 사주 지형의 생태계 효과를 제시하는 데 한계가 있었다.

본 연구에서는 금강 수계에 건설된 대형 다기능 보인 세종보, 공주보, 백제보를 대상으로 보 수문개방에 따른 하도 내 사주지형을 대상으로 보 건설 전, 보 개방 전·후의 수변 서식처 지형 변화를 파악하고자 하였다. 이를 위하여, 각 시기에 해당하는 3개보 구간의 고해상도 위성영상을 수집하여, 위성영상 고유특성에 기반한 서식처 분류기준을 설정하여 공간분석을 실시하였다. 이를 통하여 보 건설 및 보 개방에 따른 하도 내 수변 서식처 다양성 변화를 정성적, 정량적으로 분석하였다.

연구 방법

1. 연구의 시공간적 범위

금강은 소백산맥의 하나인 신무산에서 발원하여, 용담댐, 대청댐을 지나, 갑천, 미호천, 논산천을 합류한 후 하굿둑을 거쳐 서해로 유입되는 하천 연장 397km의 대하천으로(MOLIT 2002), 본 연구는 금강 중하류에 위치하고 있는 3개의 대형보인 세종보(SJ), 공주보(GJ), 백제보(BJ)를 대상으로 보 상·하류 약 10km 구간을 공간 범위로 설정하였다. 자세한 위치와 경계는 Fig. 1에서 제시하였다.

시간 범위는 보 건설 이전의 상태(A), 보 건설 이후 관리수위가 유지되는 시기(B)와 보 수문개방 후 최저수위 시기(C) 등으로 구분하였다. 시간적으로 A시기는 2009년 이전, B시기는 2013년 1월에서 2017년 6월까지의 기간, C시기는 2017년 6월 이후에 해당한다(Fig. 2).

Table 1. Information of satellite images according to the three temporal periods in the study sites.

Study sites		A (before weir construction)	B (before weir opening)	C (after weir opening)
SJ weir	Data	2007.10.5	2017.6.16.	2019.3.2.
	Satellite	KOMPSAT-2	Pleiades-1B	Pleiades-1B
	Water level	-	EL. 11.8 m	EL. 8.4 m
GJ weir	Data	2009.3.10	2017.4.23.	2019.2.17.
	Satellite	KOMPSAT-2	Triplesat	Pleiades-1A
	Water level	-	EL. 8.75 m	EL. 4.2 m
BJ weir	Data	2007.11.30	2017.12.27.	-
	Satellite	KOMPSAT-2	Pleiades-1B	-
	Water level	-	EL. 4.0 m	-

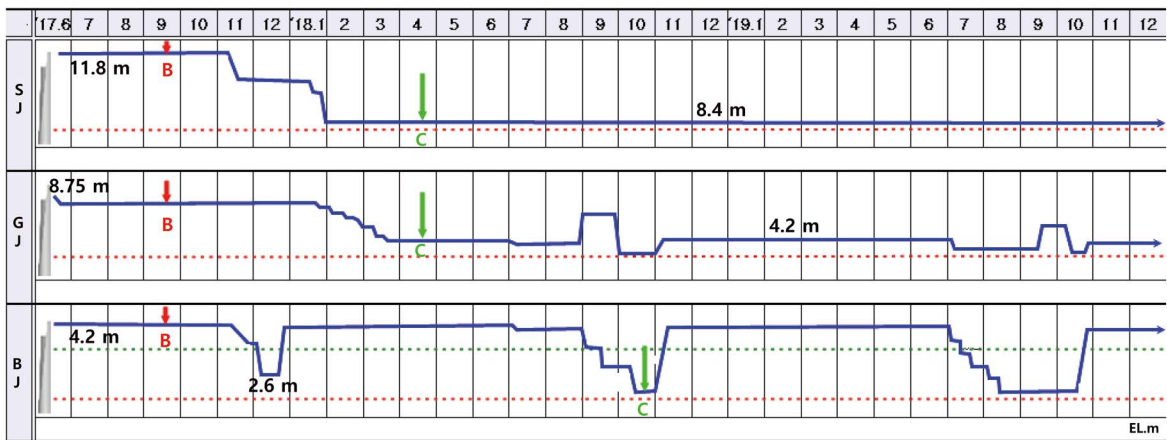


Fig. 2. Temporal changes in water levels by weir operation and target dates for satellite imagery analysis. B and C means the period of before and after weir opening, respectively.

광학위성영상의 종류와 이미지 자료는 위치와 시기에 따라 다르게 수집되었다. A시기 영상은 3개보 모두 한국항공우주연구원의 KOMPSAT-2를 제공받아 2 m급 공간해상도로 전처리하여 분석하였다. B시기의 세종보와 백제보 구간의 영상은 1 m급의 고해상도 광학위성인 Pleiades-1B호 영상을 활용하였고, 공주보 구간은 1 m급의 Triplesat 영상을 활용하였다. C시기는 세종보 구간은 Pleiades-1B호 영상을, 공주보 구간은 Pleiades-1A호 영상으로 분석하였다. 그렇지만, 백제보 구간은 수문개방 시기와 일치하는 영상이 없어 제외하였다(Table 2, Fig. 2).

2. 서식처 분류

광학위성영상의 특성상 하도 내 육상공간(하안사주, 하

중도 등)에서는 고유한 반사도 값을 이용하여 지상표면의 고해상도 식별이 가능하여 단위 서식처의 세 분류가 가능한 장점을 갖지만, 저수로 내 수중공간에서는 물의 표면에서 발생하는 난반사로 인하여 세부 단위로 식별이 불가능한 제약이 있다(Solbo and Solheim 2005). 따라서, 본 연구에서는 하도 내 육상공간을 수변에 인접한 하안사주(점사주와 교호사주 등)와 저수로 내에 위치한 하중도로 구분하였다. 그리고 이들을 다시 나지부(bareland)와 초본부(grassland), 목본부(woodland), 웅덩이(pond) 등으로 세분류하였다. 그리고 하도 내 수역(water)은 단일 분류하였다. 따라서 본 연구에서는 위성영상자료를 기반으로 상기와 같은 기준으로 하도 내 공간을 총 9개의 서식처로 구분하여 적용하였고, 자세한 구분특성은 Table 2에서 정리하였다.

Table 2. River habitat classifications for satellite image analysis

Habitat type		Abbr.	Subscribe
Water section	Water	(W)	Water
Bar section	Point/ Alternate Bar	Bareland	(B-Br) Bared bar without vegetation
		Grassland	(B-Gs) Bar with grass
		Woodland	(B-Wd) Bar with shrubs and trees
		Pond	(B-Pd) Stagnant pond at low water level on point/alternative bar
		Island	Bareland
Grassland	(I-Gs) Isolated bar with grass		
Woodland	(I-Wd) Isolated bar with tree		
Pond	(I-Pd) Stagnant Pond at low water level on island		

하도의 분석 경계수위는 보 개방 전 관리수위(B시기)의 저수로 선형을 기준으로 하였고, 수위변화에 따른 변동성이 없는 고수부지와 제방부는 제외하였다. 저수로 경계의 내측을 기준으로 하천 내부의 서식처를 유형별로 분류하고 면적을 산출하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 금강 3개보 구간별 수변서식처 지형 변화

세종보 구간은 보 건설 전에는 사행의 내측에 위치하는 좌안부에 퇴적된 고정사주가 있었으나, 보 건설 후 관리수위시에는 대부분 사라졌다. 보 개방 이후에는 세종보 지점을 중심으로 보 상류에는 사주가 드러나고, 하류지역에는 보 건설 전의 위치와 다른 지점에서 새로운 하중도가 발생하여 확장되었다(Fig. 3a). 사주역 면적 추이를 보면, 보 건설 전에는 전체 면적의 13%를 차지하였지만, 보 건설 이후 6%로 감소하였다가 보 개방 이후 다시 22%로 크게 증가하였다(Fig. 4a~c). 사주역에서 나지 비율은 보 건설 전(43%)에 비해 보 건설 이후(13%) 크게 감소하였으며, 보 개방 이후 다시 원래보다 크게 증가(57%)하였다(Fig. 4d~f). 이는 보 건설과 보 개방에 따라 사주의 면적 변화뿐만 아니라, 서식처의 구조적 변화(Fig. 4g~i)도 발생하고 있음을 보여주는 것이다.

공주보 구간은 금강의 사행부로서 보 건설 전에는 양안에 고정사주와 교호사주가 넓게 분포하고 있었다(Fig. 3b). 그러나 보 건설 후에는 보 상하류 모두에서 대부분의 사주가 사라지면서 사주의 면적이 절대적으로 감소하였다. 그

렇지만, 보 개방 이후에는 주로 보 상류역의 만곡부 내측에서 고정사주가 나타난 반면, 보 하류역에서는 사주가 나타나지 않았다. 이는 보 건설 당시 하도 준설에 의해 물리적으로 감소한 사주 지형이 단기성 수위 저하로는 아직 이전의 상태로 회복되지 못하고 있다는 것을 보여준다. 사주역 면적 추이를 보면, 보 건설 전 사주의 면적이 전체 면적의 33%를 차지하였지만, 보 건설 이후 5%로 감소하였다가 보 개방 이후 다시 18%로 증가하였다(Fig. 5a~c). 사주역의 나지형 비율은 보 건설 전에는 대부분으로(82%) 식생이 정착되지 않은 높은 역동성을 보였으며, 보 개방 이후에는 다시 72%로 증가하면서 새로운 사주가 만들어지고 있음을 보여준다(Fig. 5d~h). 그렇지만, 이는 보의 상류 구간에 한정해서 나타나고 있다(Fig. 5d, g).

백제보 구간은 보 건설 전(B)·후(B)를 비교하였다(Fig. 3c). 보 건설 전 사주의 면적이, 보 건설 이후 3%로 급감했다(Fig. 6a~c). 보 건설 전에는 전체 사행구간에서 사주가 넓게 분포하고 있으며(19%), 이 중 나지형 사주가 대부분을 차지했다(89%) (Fig. 6c). 그러나, 보 건설 후에는 보 상·하류역 모두에서 거의 모든 사주가 사라졌고, 사주 면적은 절대적으로 감소하였다(Fig. 6d~f). 보 건설 후 남아 있는 일부 사주에서는 나지보다 초본역과 목본역의 비율이 높아져 식생이 정착되었음을 확인하였다(Fig. 6g~i).

2. 보 건설 및 수문개방에 따른 수변 서식처 다양성 변화 고찰

금강의 3개보의 건설 전(A)·후(B)를 비교하여, 보 건설에 따른 하도 내 사주면적의 변화와 새로운 사주발생을 나타내는 나지형 사주의 변화를 정량적으로 살펴보았다

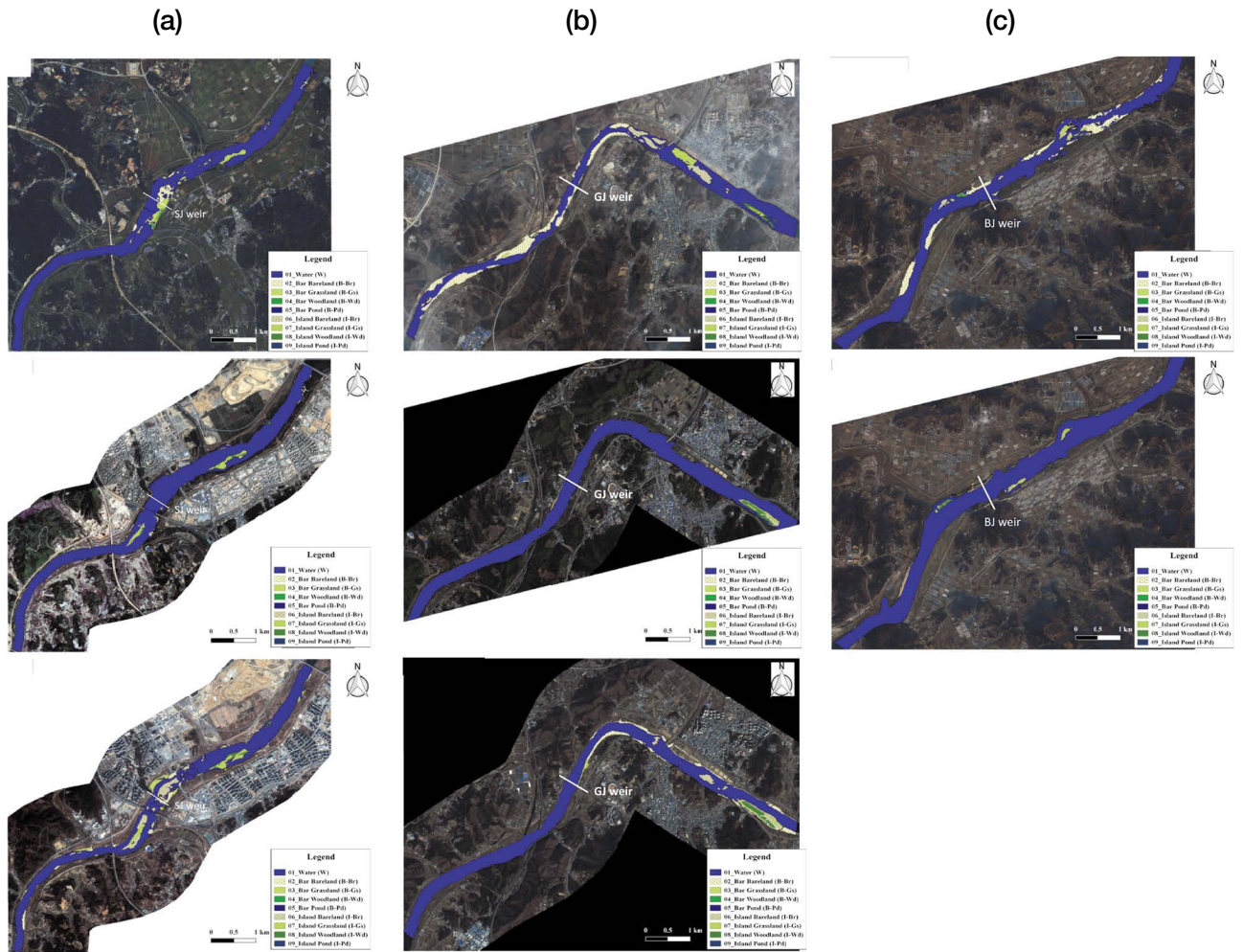


Fig. 3. River habitat diversity maps before weir construction(upper), before weir opening (middle) and after weir opening(lower) in the SJ (a), GJ (b), BJ (c) weirs.

Table 3. Temporal changes in bar and bareland proportions in the three periods: before weir construction (A), before weir opening (B) and after weir opening (C)

Study area	Bar proportion (%)			Bareland proportion (%)			Bar change		Bareland change	
	A	B	C	A	B	C	A→B (%)	B→C (%)	A→B (%)	B→C (%)
SJ weir	12	6	22	4.6	0.8	12.6	6↓	16↑	3.8↓	11.8↑
GJ weir	33	5	18	26.6	1.0	13.7	27↓	13↑	25.6↓	12.7↑
BJ weir	19	3	-	16.5	0.4	-	16↓	-	16.1↓	-

(Table 3). 보 건설 이후 사주의 면적비는 3개보 모두에서 감소하였으며, 나지형 사주도 거의 나타나지 않았다. 보 건설 전에는 전체적으로 퇴적작용이 활발하여 사주가 폭넓게 발생하였지만(19%~33%), 보가 건설된 이후 3개보 모

두에서 사주지형이 거의 사라졌다(3%~6%). 특히, 나지형 사주의 비율은 3개보 모두에서 1% 이하로 관찰되는 등 사주의 흔적이 거의 보이지 않았다. 보 건설 이후 이러한 하천 사주면적의 급격한 감소는 관리수위 유지로 인한 수위

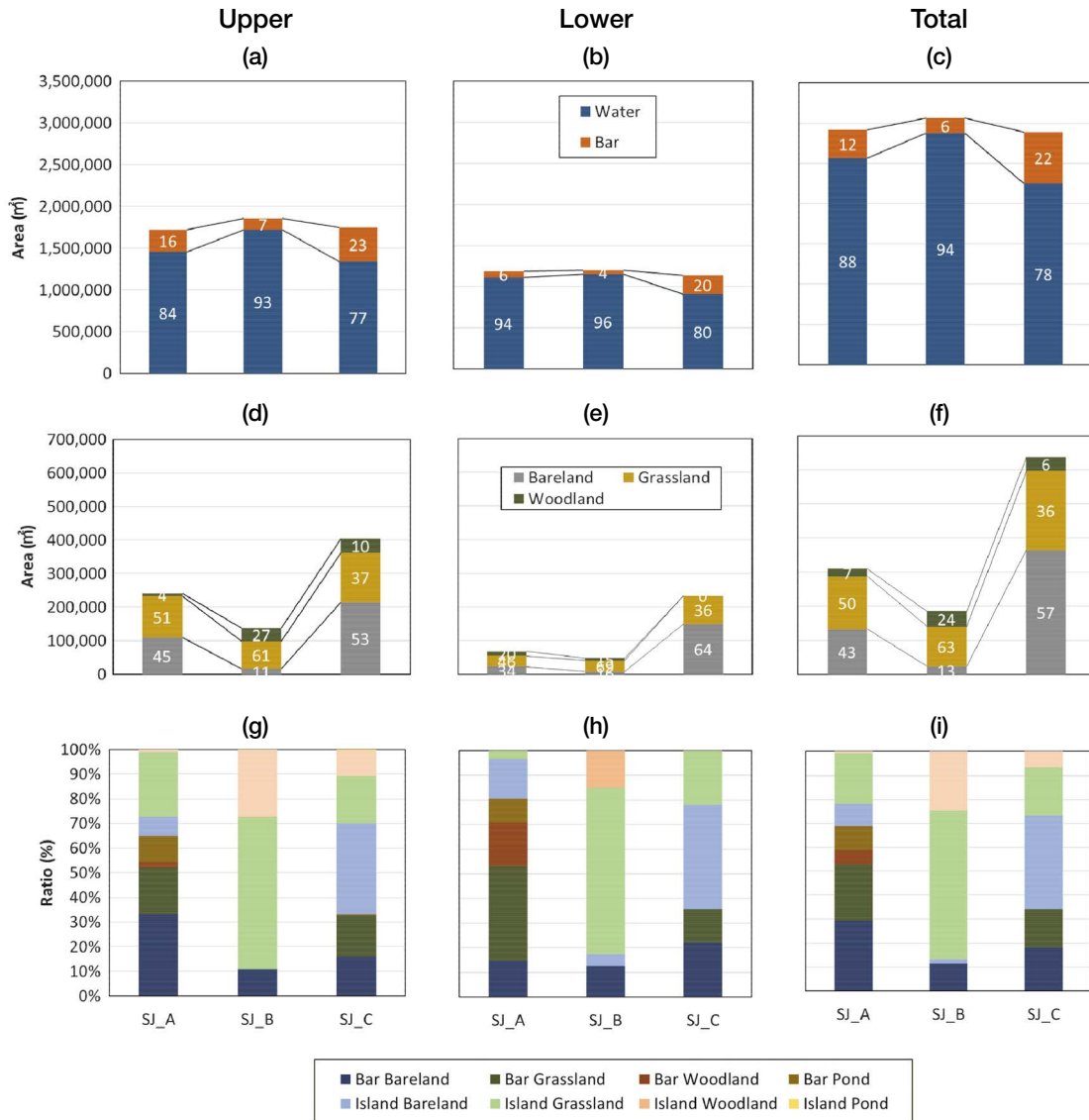


Fig. 4. Temporal changes in the areas of water and bar at the upper (a), lower (b), and total (c) reaches. Proportions of bare, grass, and woodland areas at the upper (d), lower (e), and total (f) reaches. Habitat diversity at the upper (g), lower, (h) and total (i) reaches in the period before weir construction (A), before weir opening(B), and after weir opening (C) for the SJ weir.

상승뿐만 아니라, 준설에 의한 사주의 물리적인 감소도 중요한 영향을 주었을 것으로 판단된다. 이 가운데, 공주보와 백제보에서 변화의 정도가 현저하게 나타났다. 이는 보 건설에 따른 사주지형의 감소는 상류 세종보에서 보다 하류 공주보와 백제보에서 그 영향이 크게 나타난 것과, 특히, 공주보 하류에서 사주지형이 전혀 발견되지 않은 것은 특이한 현상이라고 할 수 있다. 이는 앞에서 서술한 준설의 영향과 함께, 백제보의 관리수위 유지가 상류 공주보까지 파급되고 있음을 보여주고 있다.

세종보와 공주보의 수문개방 전(B)·후(C)를 비교하여 하도 내 사주면적의 변화와 나지형 사주의 발달을 살펴본 결과, 2개보 모두에서 수문개방 이후 사주의 면적비는 크게 증가하였으며, 이 가운데, 나지형 사주의 비율이 50%를 차지하는 등 보의 완전개방 이후 하천에서는 새로운 모래톱이 발생했다는 것을 보여주고 있다. 특히, 세종보에서는 수문개방 이후 보의 상·하류 모두에서 하중도를 비롯해서 다양한 사주가 발달했고, 서식처 다양성도 증가한데 비해, 공주보에서는 보의 상류에서만 사주가 발생하

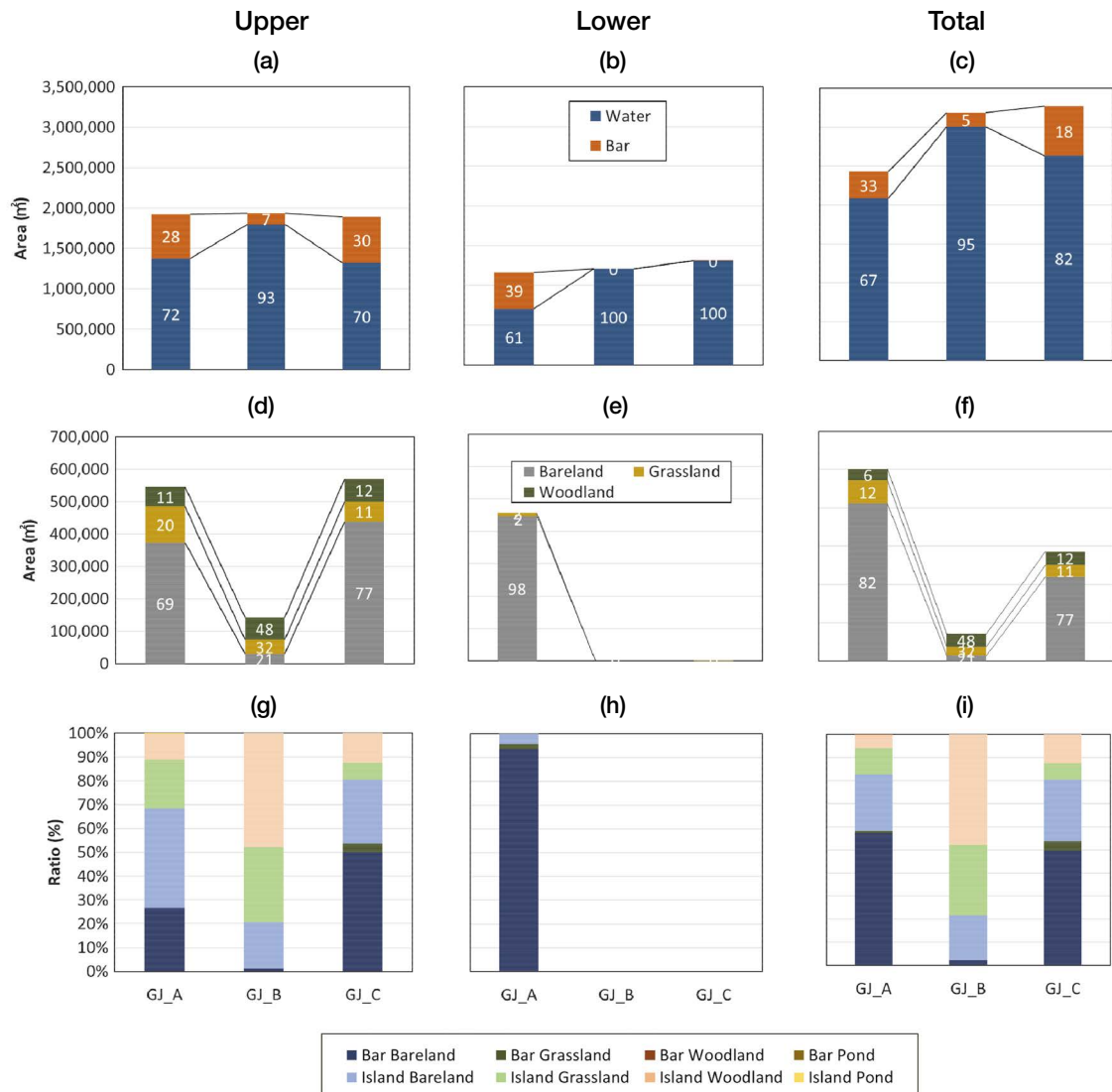


Fig. 5. Temporal changes in the areas of water and bar at the upper (a), lower, (b) and total (c) reaches. Proportions of bare, grass, and woodland areas at the upper (d), lower (e), and total (f) reaches. Habitat diversity at the upper (g), lower (h), and total (i) reaches in the period before weir construction (A), before weir opening (B), and after weir opening (C) for the GJ weir.

고 다양한 서식처가 발생한 반면, 보하류에서는 보 개방에도 불구하고 서식처가 단순한 상태로 유지되었다. 이는 보 개방에도 불구하고 하류부의 관리수위 유지, 기 하도준설의 영향이 복합적으로 작용한 것으로 보여진다.

댐과 보와 같은 횡단형 수리시설물이 유역에 건설되면 하천의 유속이 감소되고 수심이 증가하면서 수역이 정수화되고 서식처 구조가 단순화된다(Ock *et al.* 2019). 영주댐 건설 이후 저서성대형무척추 동물의 분포의 변화를 보면 유수성 환경을 선호하는 무리의 비율은 감소하고, 정수역 환경을 선호하는 무리가 증가하였다(Jo *et al.* 2019).

또한 금강 백제보 건설후 N, P의 농도는 감소하지만, 수체류시간의 증가로 Chl-a/TP 비는 크게 증가하는 등 이화학적 변화도 보고되었다(Kim *et al.* 2019). 그렇지만, 보 개방에 따라 하천에 모래톱과 같은 사주지형이 발달하게 되면, 사주의 평면부에서는 수중과 수변부에 다양한 미소 지형을 포함하고 있어서 하도 내 서식처 다양성이 증가된다(Takemon 2005; Fernald *et al.* 2006; Ock *et al.* 2015). 어류의 경우, 성어기에는 평상시 소에서 대기하며 이동하고, 치어기에는 얇은 정체수역인 사주변습지나 웅덩이에서 생활하며(Scott and Nielsen 1989), 산란은 주로 용존산소가 풍

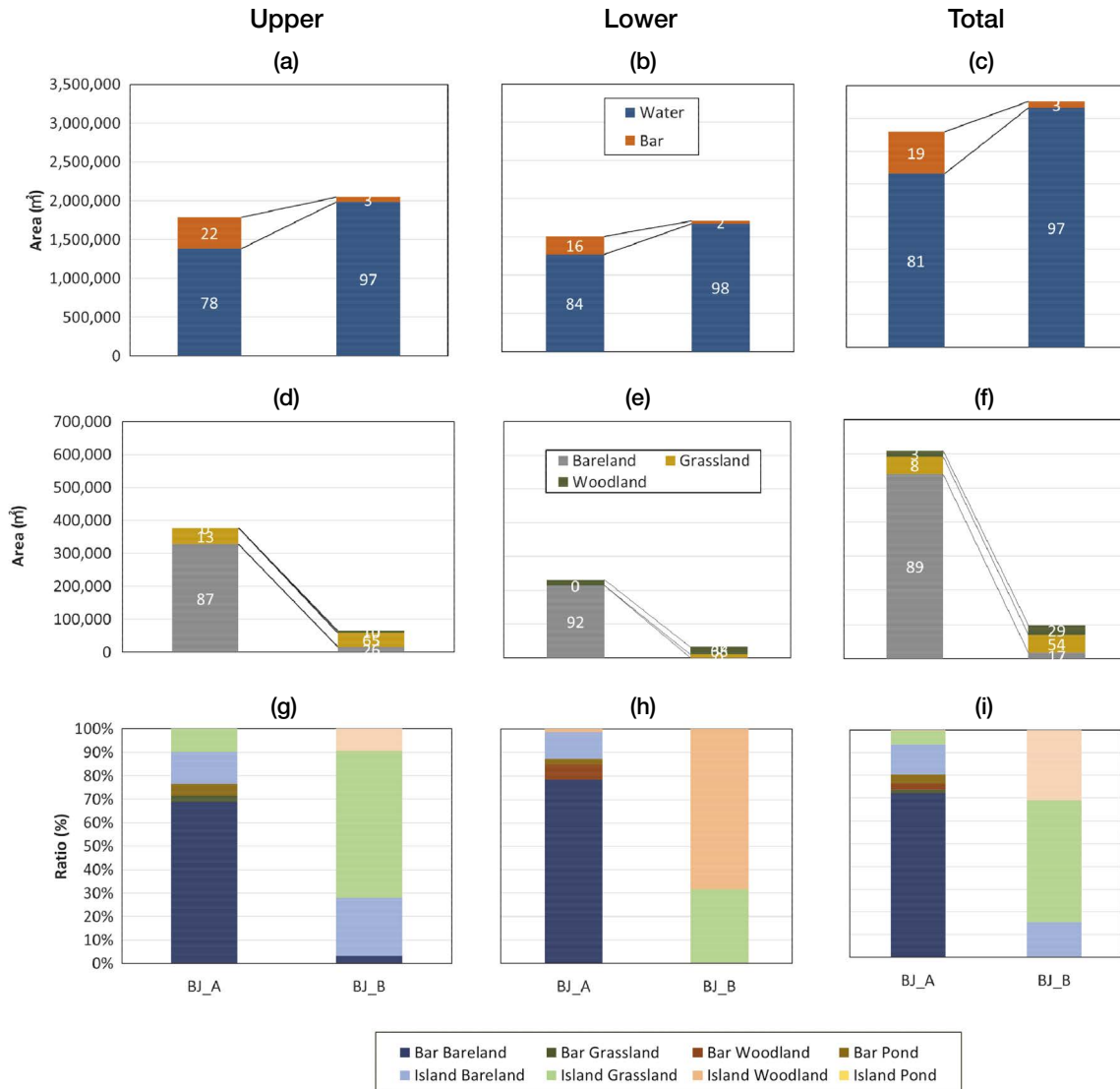


Fig. 6. Temporal changes in the areas of water and bar at the upper (a), lower (b), and total (c) reaches. Proportions of bare, grass, and woodland areas at the upper (d), lower (e), and total (f) reaches. Habitat diversity at the upper (g), lower (h), and total (i) reaches in the period before weir construction (A), before weir opening (B), and after weir opening (C) for the BJ weir.

부한 여울에서 한다(Gordon *et al.* 2004). 이와 같이 어류의 생활사에 따라 다양한 서식처를 필요로 하므로 서식처 다양성은 생물의 생활사를 완성시켜 보호종을 유지하는 데 필수적 요소가 된다. 또한 사주를 횡적으로 보면, 홍수기에 수위가 높아지면 수역과 둔치와 일시적으로 연결되어 수생태계와 육상생태계 간의 생물 이동과 물질 교환이 이루어지는 통로가 된다. 그리고 이후 수위가 다시 내려가면서 둔치에는 수면과 단절된 웅덩이가 형성되고 이는 특별한 서식처 조건을 나타낸다. 이와 같이, 보 개방에 따라 발생한 모래톱과 같은 사주지형은 다양하고 특별한 서식처 구

조를 조성하여 보호종 유지와 생물종다양성 회복에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대한다.

적 요

금강 수계의 대형보가 2017년 6월부터 수문을 개방하기 시작하면서, 보의 상·하류에 다양한 모래톱이 드러나거나 새롭게 만들어지면서, 하천사주 지형의 생태계 가치를 파악하는 연구가 요구되었다. 본 연구는 세종보, 공주보, 백

제보 구간을 대상으로, 광학 위성영상 공간분석을 통하여 보 건설 전, 보 건설 이후, 보 수문개방 후의 하천의 수변 서식처 지형 변화를 분석하였다. 위성영상은 물의 난반사로 인하여 수중공간을 구분할 수 없는 한계로 인하여, 수역은 단일 분류하고, 육상역인 하안사주와 하중도를 나지부, 초본부, 목본부, 웅덩이 등으로 세분류하여 총 9개의 서식처로 분류하였다. 그리고 이러한 분류 기준을 적용하여 위성영상을 공간분석하여 단위서식처를 추출하고 그 면적비를 산출하였다. 보 건설 전·후를 비교한 결과, 보 건설 전에는 3개보 모두에서 전구간에서 사주가 폭넓게 발생하였지만, 보 건설 후에는 대부분의 사주면적이 급감하였으며, 특히 나지형 사주는 거의 사라졌다. 이러한 효과는 하류 공주보와 백제보로 갈수록 더욱 두드러진 경향을 보였다. 그러나, 수문개방 이후에는 다시 사주의 면적비는 증가하였고, 이 가운데 나지형 사주가 높은 비율을 차지하였다. 이는 상류 세종보에서 가장 효과가 크게 나타났다. 이러한 연구결과를 통해서 우리는 금강수계에서 보 건설에 의한 서식처 감소효과는 수계의 하류로 갈수록 크고, 보 개방에 따른 서식처 회복은 수계의 상류로 갈수록 효과가 크게 나타난 것을 발견하였다. 앞으로 서식처다양성과 생물다양성 간의 관계 연구를 통하여 조절하천의 자연성 회복과정을 체계적으로 규명할 수 있기를 기대한다.

사 사

본 논문은 환경부 연구사업(과제명: 금강영산강지역 하도내 서식처다양성 변화연구), 국립생태원 연구사업(과제명:유역규모 수생태축의 기능적 연결성 복원기반 연구, NIE-기반연구-2020-20)의 지원으로 이루어졌습니다.

REFERENCES

Fernald AG, DH Landers and PJ Wigington Jr. 2006. Water quality changes in hyporheic flow paths between a large gravel bed river and off-channel alcoves in Oregon, USA. *River Res. Appl.* 22:1111-1124.

- Gordon ND, TA McMahon, BL Finlayson, CJ Gippel and RJ Nathan. 2004. *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists* 2nd Edition. John Wiley and Sons.
- Hong I, JG Kang and HK Yeo. 2012. A study on the channel planform change using aerial photographs and topographic map in the Mangyoung River. *J. Korea Water Resour. Assoc.* 45:127-136.
- Jo MH, MJ Lee, EW Seo and JE Lee. 2019. Analysis of functional habitat groups and community stability of benthic macroinvertebrates before and after Yeongju Dam completion in Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 37:664-671.
- Kim YJ, SJ Lee and KG An. 2019. Characteristics of chemical water quality and the empirical model analysis before and after the construction of Baekje Weir. *Korean J. Environ. Biol.* 37:48-59.
- MOE. 2019. Report of open monitoring of 16 weirs in the four major rivers. Ministry of Environment. Sejong, Korea.
- MOLIT. 2002. Basic plan for the Geum River maintenance. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Sejong, Korea.
- Ock G, CL Jang, B Kim and M Choi. 2019. A review on sediment replenishment to river channel for natural recovery of regulated rivers below large dams. *J. Korea Water Resour. Assoc.* 52:835-844.
- Ock G, D Gaeuman, J McSloy and GM Kondolf. 2015. Ecological functions of restored gravel bars, the Trinity River, California. *Ecol. Eng.* 83:49-60.
- Ock G, JH Kang, HG Park and DW Kang. 2018. Combination effects of large dam and weirs on downstream habitat structure: Case study in the Tamjin River Basin, Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 36:638-646.
- Park BJ, CR Jang, SH Lee and KS Jung. 2008. A study on the sandbar and vegetation area alteration at the downstream of dam. *J. Korea Water Resour. Assoc.* 41:1163-1172.
- Scott MT and LA Nielsen. 1989. Young fish distribution in backwaters and main-channel borders of the Kanawha River, West Virginia. *J. Fish Biol.* 35:21-27.
- Solbø S and I Solheim. 2005. Towards operational flood mapping with satellite SAR. In: *Proceedings of the 2004 Envisat and ERS Symposium*, Vol. 572. European Space Agency. Salzburg, Austria.
- Takemon Y. 2005. Life-type concept and functional feeding groups of benthos communities as indicators of lotic ecosystem conditions. *Jap. J. Ecol.* 55:189-197.