

금강(하구) 생태 복원 방향 설정을 위한 세미나

금강 수생태계 현황 및 복원 방향을 위한 논의

2018년 8월 21일

장 민 호

(공주대학교 생물교육과)



Contents

1

하천 수생태계 연속성 및 필요성

2

4대강 사업 전·후 건강성 지수 및 어류상 변화

3

복원의 필요성 및 해외 사례

4

결론 및 제언

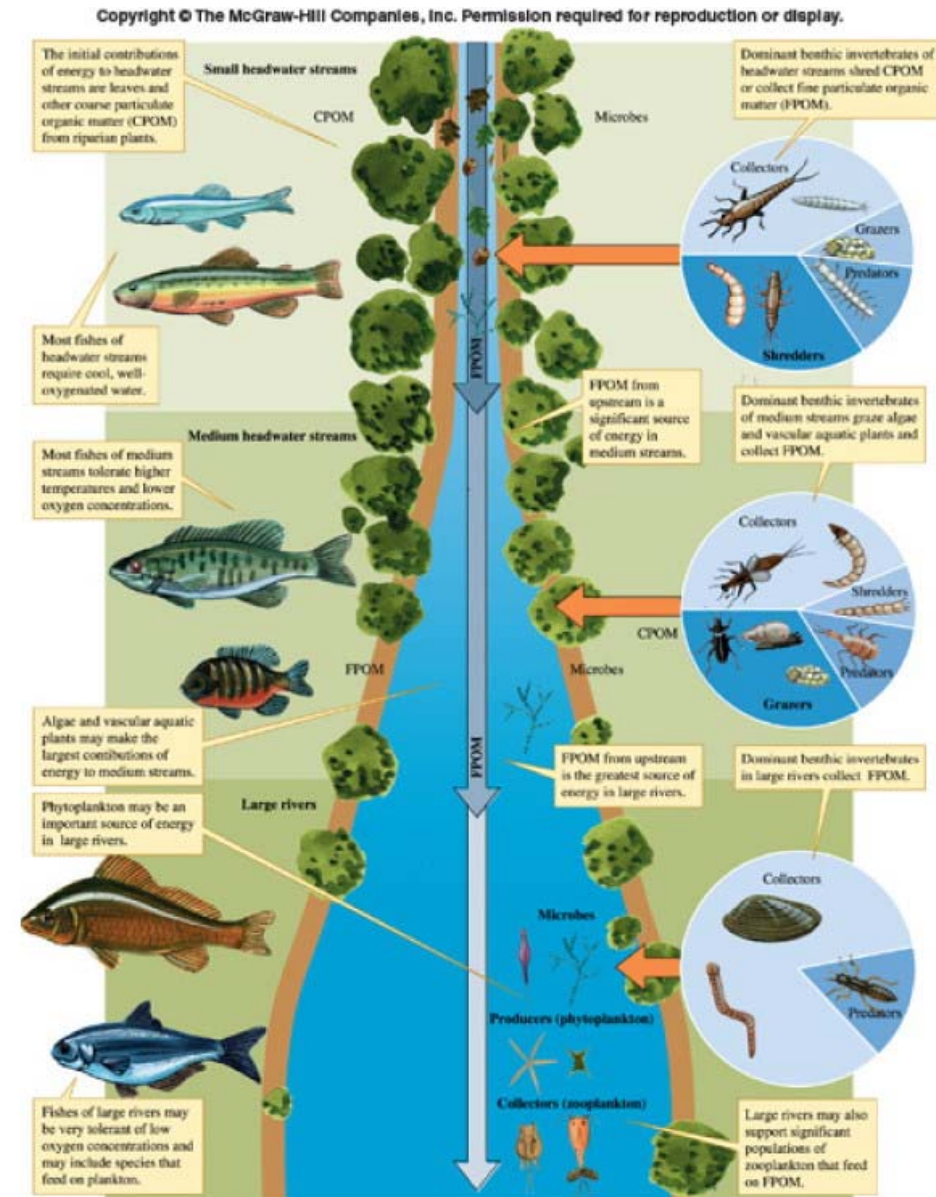
1. 하천수생태계 연속성 및 필요성

하천 수생태계 연속성 및 필요성

❖ 하천연속성개념

(River Continuum Concept, Robin L. Vannote, 1980)

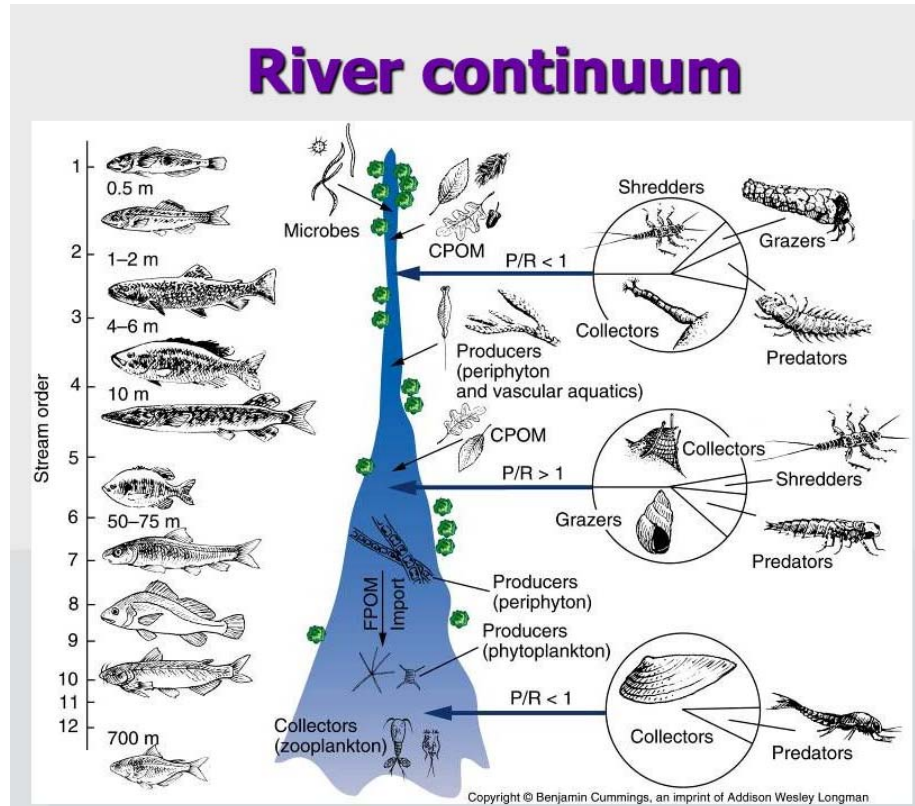
: 하천의 상류부터 하류까지 연속적으로 물리환경(경사, 조도, 유속 등)이 변하며 이에 따라 서식하는 생물의 종도 연속적으로 변화하여 이어져 있다는 개념



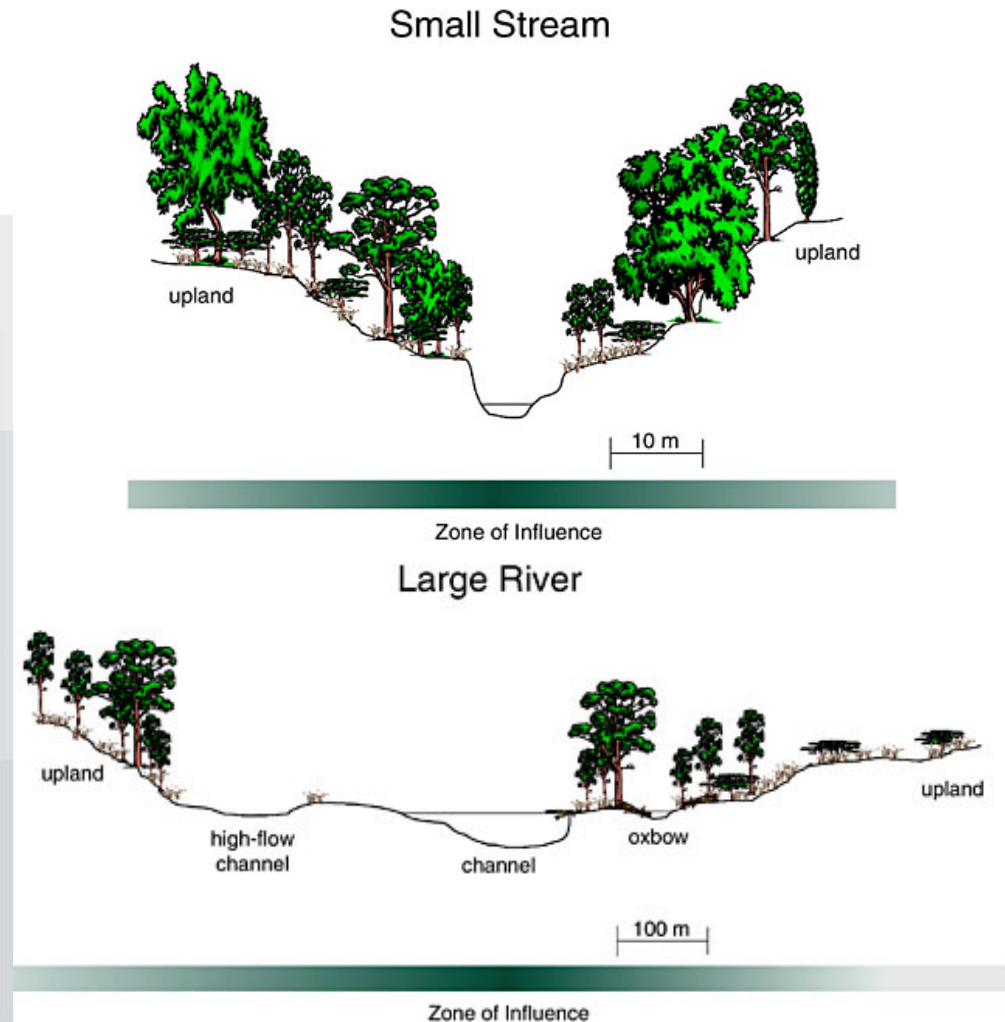
하천 수생태계 연속성 및 필요성

❖ 하천의 종적 연속성과 횡적 연속성

- ✓ 종적연속성: 발원지에서 하구까지
- ✓ 횡적연속성: 제방에서 반대편 제방까지



<http://slideplayer.com/slide/5364402/>



Riparian Areas: Functions and Strategies for Management (2002)

하천 수생태계 연속성 및 필요성

이동범위는 이동목적 및 기간에 따라 차이



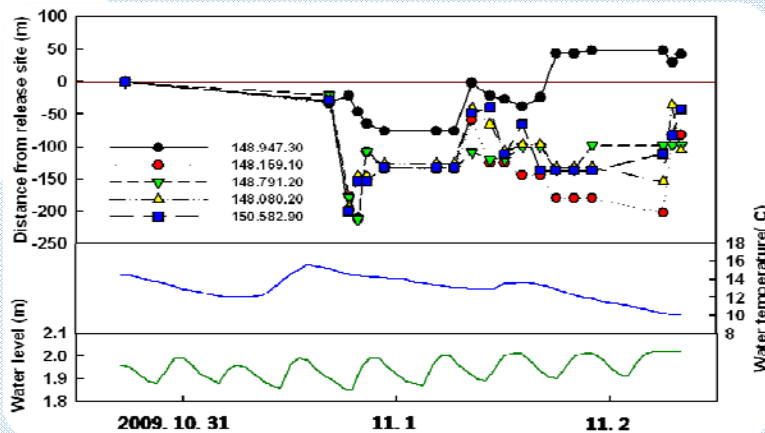
순수담수어인 잉어의 이동
→ 국지성 이동



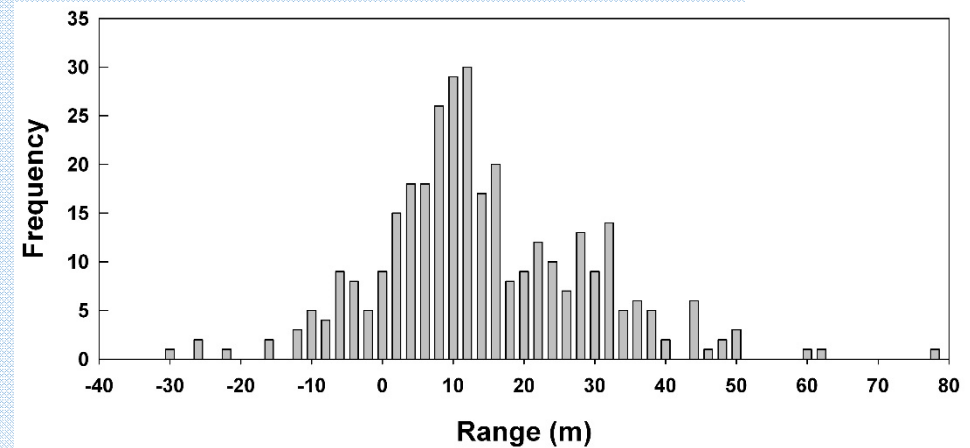
회유성 어종인 황복의 산란을 위한
→ 회유성 이동

하천 수생태계 연속성 및 필요성

이동범위는 이동목적 및 **기간**에 따라 차이



**열목어의 daily migration
→ 250m 내외의 이동**



독종개의 10m 내외의 소규모 이동

하천 수생태계 연속성 및 필요성

- 어류의 longitudinal migration을 방해하는 하천내 구조물 건설 현황

	Large dams	Minor obstacles
Europe	> 6,000	$10^5??$
North America	>7,000	$10^5??$
Asia	8,500-30,000	$10^6??$
S. and Central America	2,000	$10^4??$
Africa	1,200	$10^4??$
Australasia	700	$10^4??$

World Dams Commission

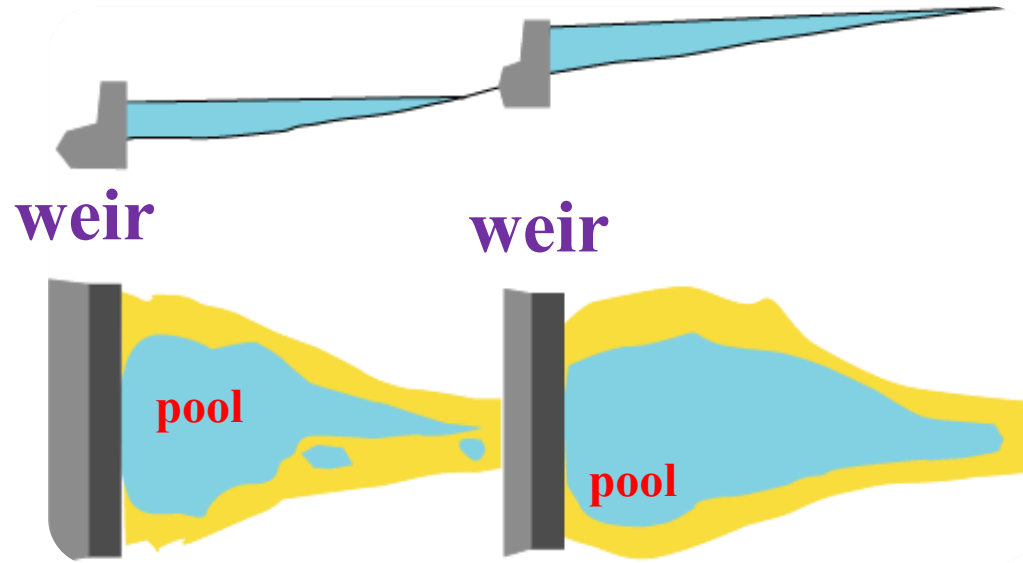
- 국내의 하천내 구조물 건설 현황

- 한강, 낙동강, 금강 등 주요 강에 각각 4개 이상의 대형 댐 건설
→ 낙동강, 금강, 영산강의 경우 하구둑 설치
- 2010년 기준 34,012개의 보가 설치 (농촌용수종합정보시스템)



하천 수생태계 연속성 및 필요성

- 수환경 변화 : 유수환경 → 정수환경



- 생태적 단절 : 보 상류 → 보 하류
- 이 외 하천의 이화학적 상태 변화



보 넘기를 시도하는 은어



보 넘기를 시도하는 Lamprey

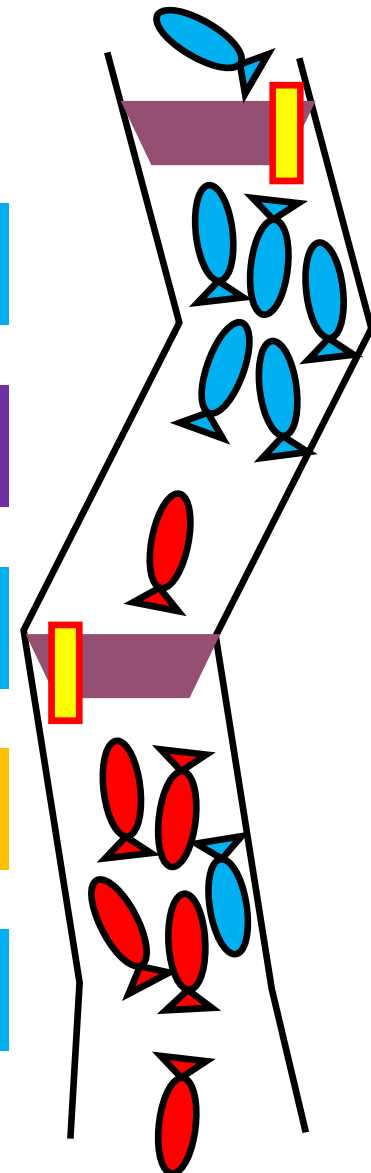
자연 하천

보 설치

어류의 이동

어도 설치

어류의 이동



하천 수생태계 연속성 및 필요성

❖ 내수면어업법 : 하천의 흐름을 차단하는 인공구조물 설치시
어도의 설치 의무화 (농림수산식품부령 제143호)

국내하천의 어도 설치 현황

어도: 5,081개

 보: 34,012개 = 약 15%



4대강 16개의 보에 설치된 어도

어도: 23개

 보: 16개 = 보 당 1.4개

총 5개 타입

자연형 : 8개
 복합형 : 4개
 아이스하버식 : 9개
 볼랜드식 : 1개
 계단식 : 1개

하천 수생태계 연속성 및 필요성

▶ 연곡천에서 황어 이동



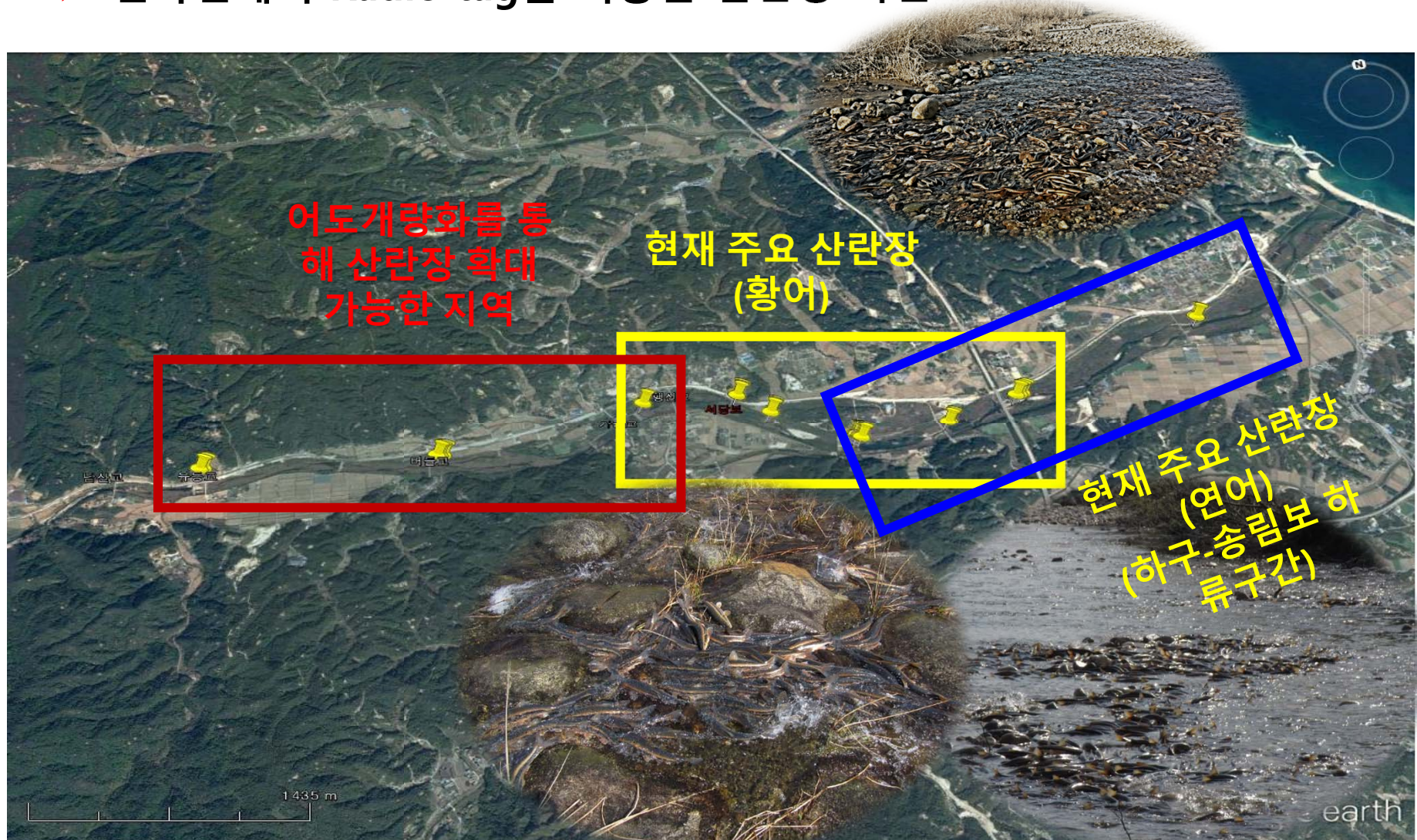
하천 수생태계 연속성 및 필요성

▶ 연곡천 3개 보에 PIT tag 시스템 설치



하천 수생태계 연속성 및 필요성

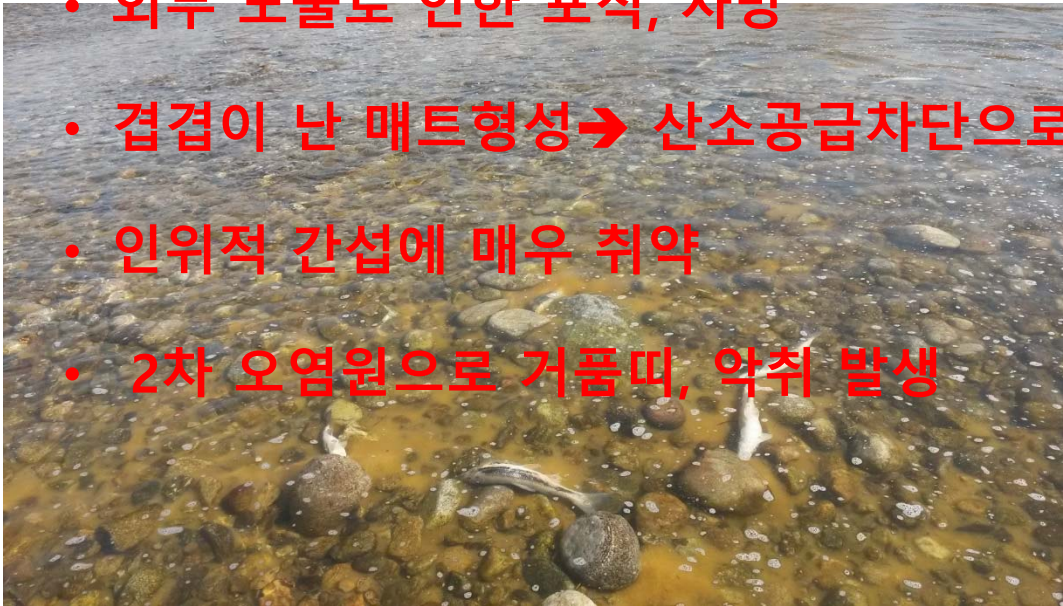
▶ 연곡천에서 Radio tag을 이용한 산란장 확인



하천 수생태계 연속성 및 필요성

▶ 연곡천에 산란장이 부족한 경우

- 외부 노출로 인한 포식, 사망
- 겹겹이 난 매트형성 → 산소공급차단으로 거의 대부분 사망
- 인위적 간섭에 매우 취약
- 2차 오염원으로 거품띠, 악취 발생



하천 수생태계 연속성 및 필요성

▶ 하천연계율 현황(한국농어촌공사-김재옥 박사 제공)

구분	2010.12				2016.12			
	소상거리 (km)	하천연장 (km)	연계율 (%)	하천수 (개)	소상거리 (km)	하천연장 (km)	연계율 (%)	하천수 (개)
합계	5610.25	23,833.01	23.54	3,156	6,040.45	25,626.86	23.57	3,187
국가하천	401	1,831.77	21.89	44	681.17	2,591.78	26.28	47
지방하천	5,209.25	22,001.24	23.68	3,112	5,359.28	23,035.08	23.27	3,140

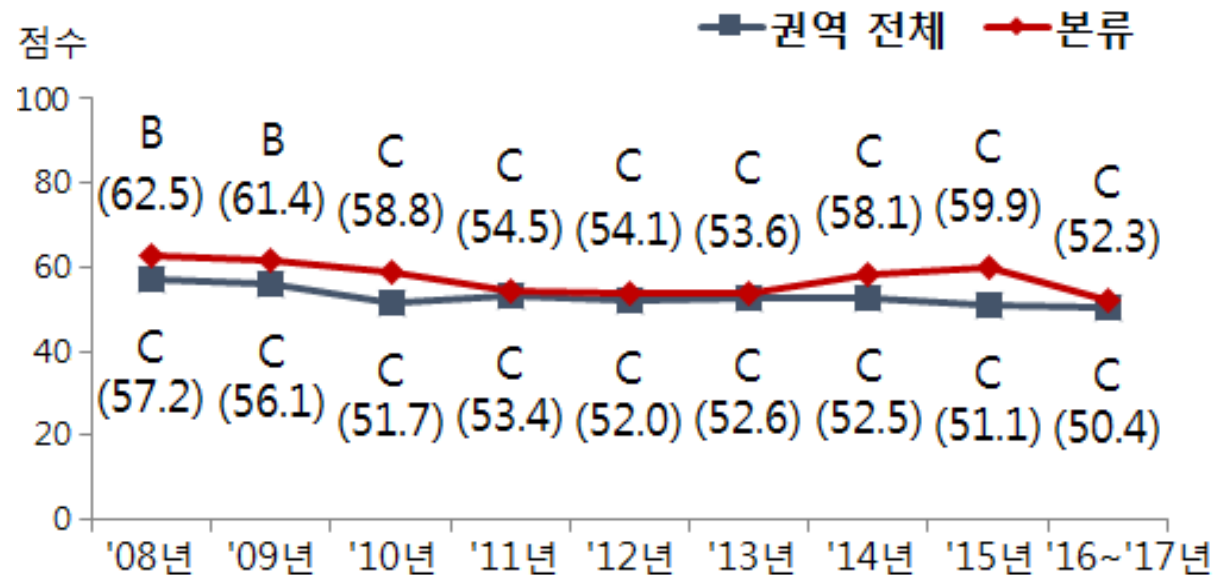
출처: 국가어도정보시스템

2. 4대강 사업 전·후 건강성 지수 및 어류상 변화

4대강 사업 전·후 건강성 지수 및 어류상 변화

- 금강 권역 전체는 전 기간 보통(C) 등급,
본류는 '09년까지 좋음(B) 등급, '10년 보통(C) 등급으로 하락
→ 4대강 사업 시행 이후 전반적인 건강성 지수 하락
- 권역 전체는 본류보다 민감종 어류 비율이 낮으며 내성종
어류 비율이 대체로 높아 비교적 높은 건강성 유지

금강 권역의 어류 등급 변화



4대강 사업 전·후 건강성 지수 및 어류상 변화

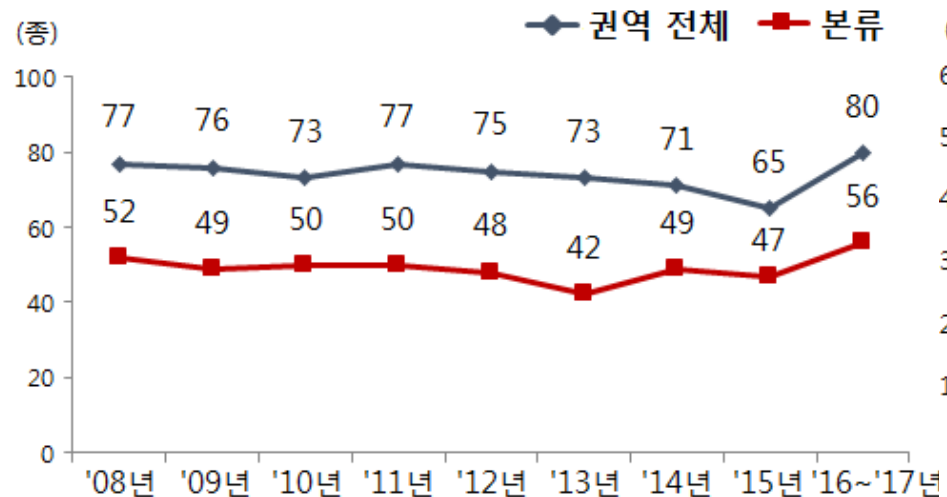
- 종수와 개체수

'16~'17년 개체수는 '08년 대비 권역 전체에서

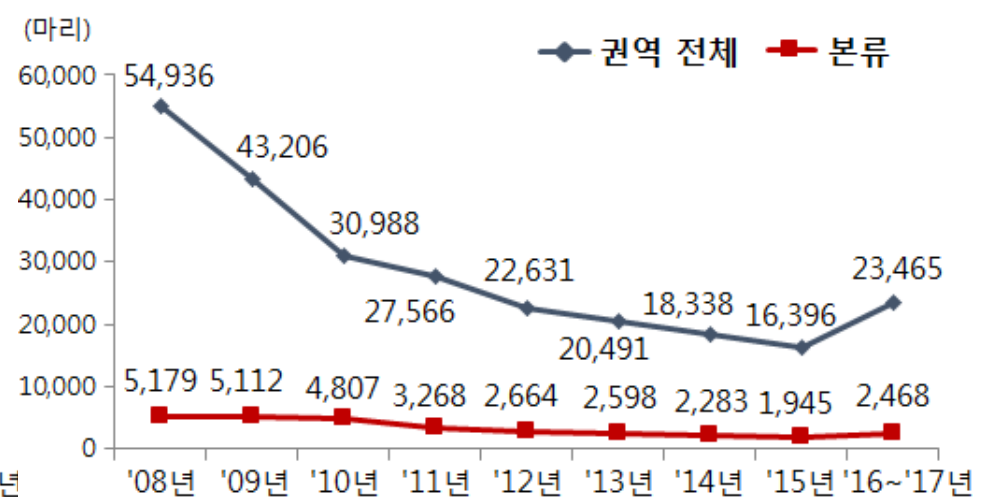
약 30% 본류는 38% 수준

'15년까지 지속적으로 감소 후 '16~'17년 다소 증가

금강 권역의 어류 종수 변화



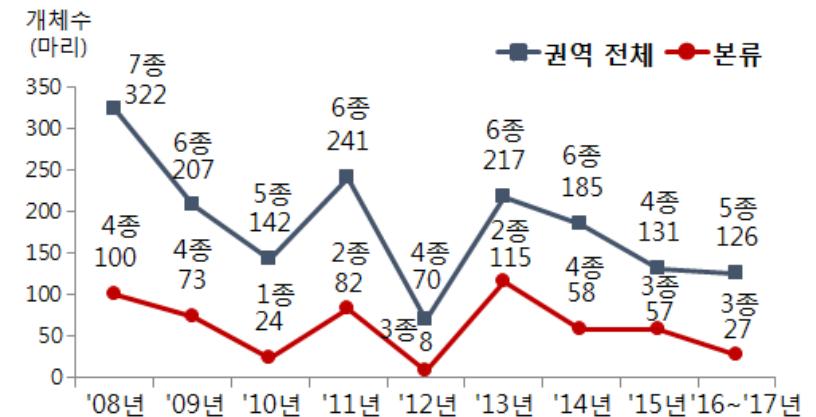
금강 권역의 어류 개체수 변화



4대강 사업 전·후 건강성 지수 및 어류상 변화

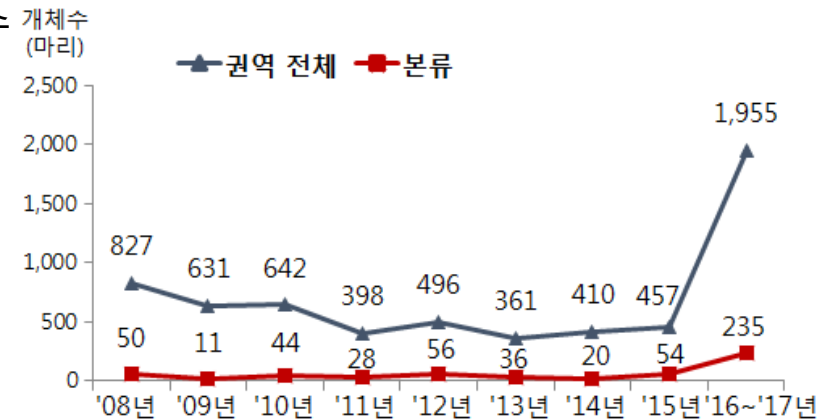
- 멸종위기종은 '08년 대비 16~17년 개체수가 권역 전체에서 약 40%, 본류는 27% 수준으로 감소
- 12년도 개체수 급감은 감돌고기(멸종위기 I 급)의 개체수 급감이 큰 영향

금강 권역의 멸종위기종 종수 및 개체수 변화



- 생태계 교란종(배스·블루길)의 '16~'17년 평균 개체수는 '08년보다 권역 전체 약 2.4배, 본류는 4.7배 급증
금강 권역의 배스 및 블루길 개체수는 '16~'17년 일부 지점의 환경변화로 인해 크게 증가

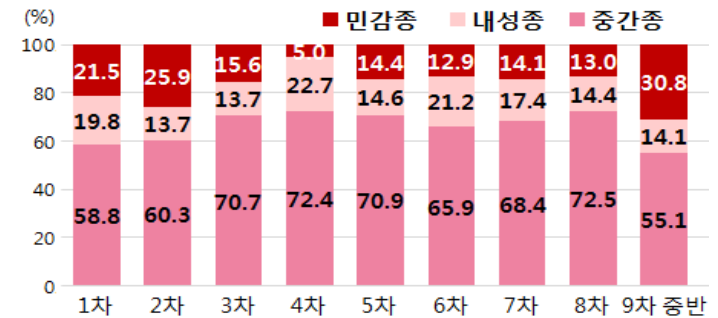
금강 권역의 생태계교란종(배스, 블루길)의 개체수 변화



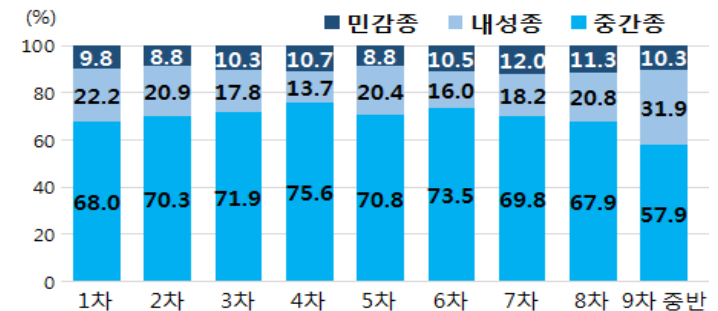
4대강 사업 전·후 건강성 지수 및 어류상 변화

- 내성종 비율
권역 전체, 본류 '11년까지 각각 13.7%, 5.0%로 감소
'16~'17년 각각 31.9%, 30.5%로 증가
- 우수종 비율
권역 전체, 본류 모두 '11년까지 감소
'16~'17년 증가
- 정수종 비율은 '11년 최대치 이후 '16~'17년 감소

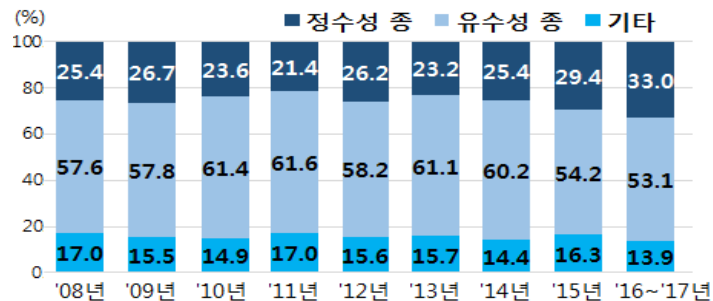
금강 본류의 민감종, 내성종 비율 변화



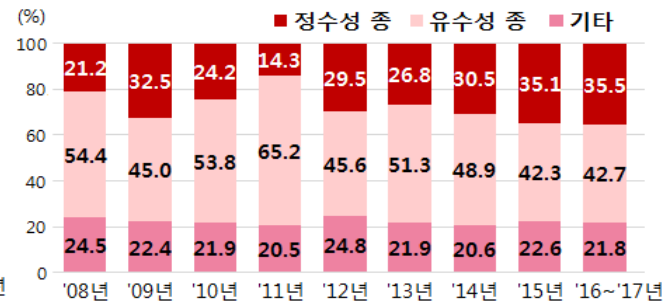
금강 권역의 민감종, 내성종 비율 변화



금강 권역의 우수성, 정수성 종 비율 변화



금강 본류의 우수성, 정수성 종 비율 변화



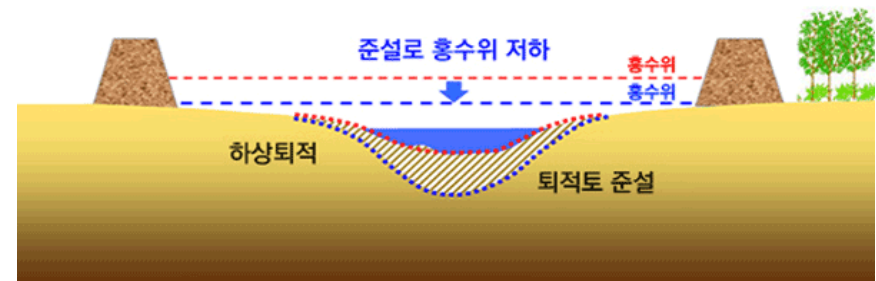
3. 복원의 필요성 및 해외사례

복원의 필요성 및 해외사례

- 인구가 증가하면서 물 수요는 수 생태계 보존과 생태적인 서비스 제공에 어려움을 만들고, 현재 **하천과 습지**는 전세계적으로 가장 **위협**을 받고 있는 생태계에 해당
- **하천 복원**(Stream restoration) : 불량한 유역/하천이 관리, 기타 자연적/인위적 하천 변화 등 하도의 불안정 등으로 인해 하천이 인공화 되어 하천의 생물 서식처가 훼손된 하천에서 하천의 물리적, 화학적 서식처 특성을 되살려 생물이 다시 서식하게 하는 생태복원 사업
- **일반적으로 하천 복원을 하는 주된 이유**
 - 수로의 불안정, 퇴적, 수로의 과 확장(over-widened Channels)
 - 어류의 서식처 유실, 이입종이나 외래종에 의한 포식으로 토착종 감소

복원의 필요성 및 해외사례

- **생태하천** : 자연 원형 상태를 유지하거나 하천의 기본적 기능(이·치수, 수질개선 및 생태 보호, 수변 완충 및 문화공간 제공 등)이 향상되도록 조성된 하천. (국립환경과학원)
- 현재 국내의 하천의 경우 4대강 사업과 하천 정비사업을 진행하면서 수문학적, 수질, 서식환경, 생물 상 변화 등의 많은 변화를 겪음.



복원의 필요성 및 해외사례

4대강 사업

: 2009~2012년 간 기후변화에 따른 극심한 가뭄, 홍수 예방, 수질 및 생태계 개선, 레저문화 공간 확충, 경제 위기 극복 등을 목적으로 하여 4대강 사업 시행

- 인공 보 설치로 인한 물의 체류시간 증가
- 수리수문학적 특성 및 이화학적 수질에 큰 변화 초래
- 남조류 번성 및 정수성 어종, 외래종 증가, 큰빛이끼벌레의 출현과 같은 다양한 환경 변화 유발



복원의 필요성 및 해외사례

- **어류 서식처의 유실**

관심 종들의 서식 단계에 따른 요구사항을 이해하는 것이 중요.
서식지 감소의 근본적인 이유를 찾지 못하면 서식지 확충은 의미 없음.
서식지 복원이 서식지를 형성, 연결, 유지하는 과정을 복원하는데 초점을 맞춰야 함.

- **어류 이동의 단절**

어류 이동은 서식지 및 개체군의 연결성을 유지하는데 중요
이동에 대한 장벽은 인공적 구조물, 또는 자연 장애물
물고기가 기존 산란지에 도달하는 것을 막거나, 하천을 거슬러 올라가는 것을 막을 수 있음.
또, 장벽을 통과하려는 움직임으로 인한 포획, 피로로 인한 폐사의 원인이 될 수 있음.

복원의 필요성 및 해외사례

공주보 아이스하버식 어도



복원의 필요성 및 해외사례

백제보 자연형 어도

- 보 관리수위 상태에서 백제보 자연형 어도의 효율이 높지 않음 (김 등., 2015)

KJEE 48(4): 212-218 (2015)

<http://dx.doi.org/10.11614/KSL.2015.48.4.212>

ISSN: 2288-1115 (Print), 2288-1123 (Online)

Original article

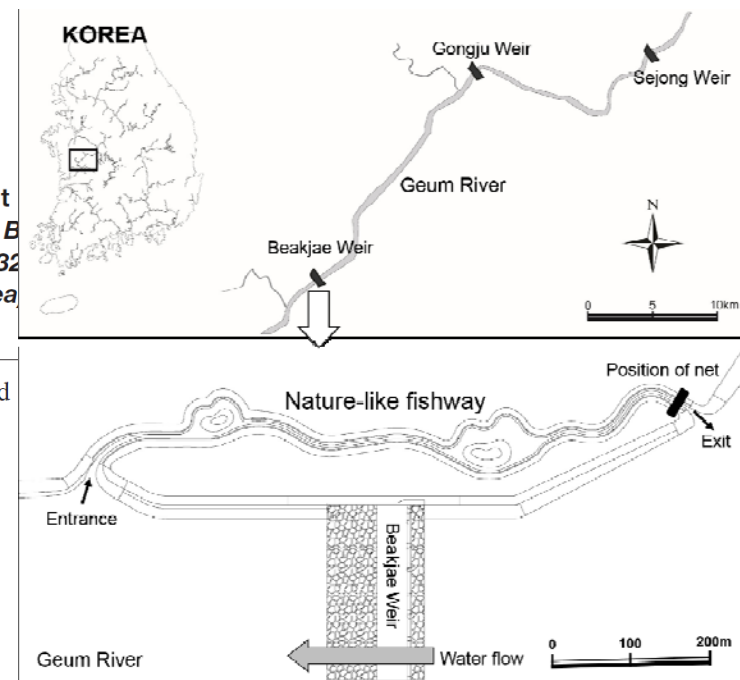
백제보에 설치된 자연형 어도의 어류 이용 특성 분석

김정희 · 윤주덕¹ · 박상현 · 이진웅 · 백승호 · 장민호*

공주대학교 생물교육과, ¹공주대학교 생물자원연구센터

Characteristics of Fish Utilization of the Nature-like Fishway Installed at Jeong-Hui, Ju-Duk Yoon¹, Sang-Hyeon Park, Jin-Woong Lee, Seung-Ho B
(Department of Biology Education, Kongju National University, Gongju 32588, Korea)

Abstract In South Korea, various nature-like fishways recently been installed



복원의 필요성 및 해외사례

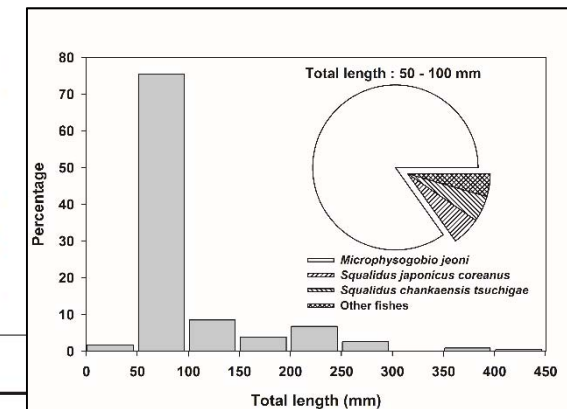
백제보 자연형 어도

- 2과 10종이 어도를 이용하며, 가장 많이 이용하는 어류는 뽕경모치 (RA, 67.4%)

Table 1. Fish assemblage in the Geum River and number fish collected using the fyke net in the fishway. Body size (total length and body weight) are the mean values (\pm standard deviations). The ranges are also presented.

Family	Species	Geum River		Fishway								TL (mm)	BW (g)
		No.	RA	Apr	May	Jun	Aug	Sep	Oct	Total	RA (%)		
Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>	1	0.1										
	<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	1	0.1										
	<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	1	0.1										
	<i>Squalidus japonicus coreanus</i> ¹	172	9.8			9		1		10	4.2		
	<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> ¹	74	4.2		7	2				9	3.8		
	<i>Hemibarbus labeo</i>	46	2.6										
	<i>Hemibarbus longirostris</i>	5	0.3				3		1	4	1.7		
	<i>Pseudogobio esocinus</i>	69	3.9		1					1	0.4		
	<i>Microphysogobio jeoni</i> ¹	438	25.0	39		1	118	1		159	67.4		
	<i>Zacco platypus</i>	11	0.6			1		1	1	3	1.3		
	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	672	38.4		1	5	3	7	2	18	7.6		
	<i>Squaliobarbus curriculus</i>	26	1.5	14	7	3		1		25	10.6		
	<i>Erythroculter erythropterus</i>	232	13.2										
Gobiidae	<i>Hemiculter eigenmanni</i> ¹	3	0.2	2		3	1			6	2.5		
	<i>Rhinogobius brunneus</i>					1				1	0.4		
No. of individuals		1751		55	16	25	125	11	4	236			
No. of species		14		3	4	8	4	5	3	10			

¹Endemic species; RA, relative abundance



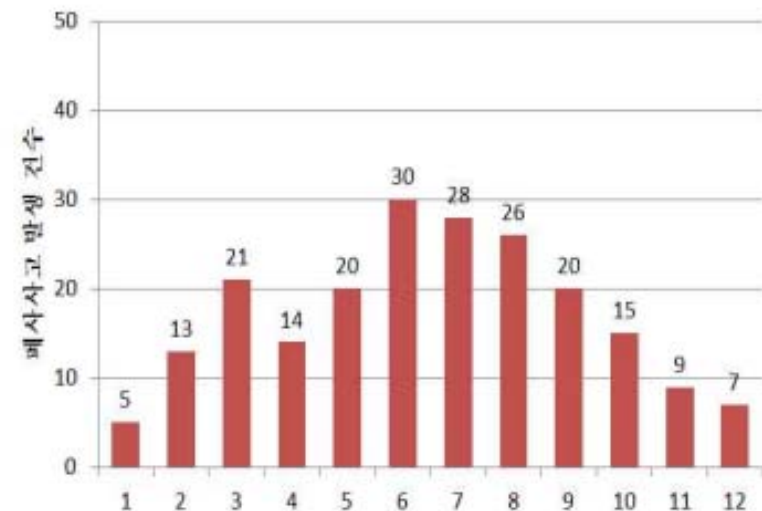
- 유입유량의 문제로 인하여 어도의 효율이 낮게 나타남 (유인율 및 통과율에 영향)
- 설계시 유량 1.3CMS → 현장조사 0.2CMS 유지



보 개방시 어도내 유입유량 감소 : 어도 기능 상실

복원의 필요성 및 해외사례

- ❖ 2014년 7월 국립환경과학원 '담수 어류의 폐사-사례와 원인 분석' :
2000~2014년 까지 208건의 담수어류 폐사 사례를 분석
 - 여름철에 폐사 사고가 집중
 - 용존 산소와 농약 등의 화학물질의 유입
 - 전체 어류 폐사 사고의 약 37%는 용존 산소 부족이 원인
 - 수문을 개방하게 되면 유량이 줄어
수온이 쉽게 올라가고, 이에 따른 용존 산소의 감소로 인한 폐사 발생 가능성 있음



복원의 필요성 및 해외사례

➤ 독일 – 이자르 강

■ 이자르 강

- 기존의 직선형 하천 형태를 곡선 형태로 바꿈
- 고수부지를 완경사로 절토, 유속을 저감하고 홍수위를 낮춤
- 하천 수중턱(schwelle)를 철거, 자연석을 활용한 경사형 낙차공으로 대체, 어류의 이동에도 긍정적인 효과

■ 도나우강

- 옛 수로 확보
- 직강화된 부분에 수중보 설치로 물의 흐름 차단
- 하천 바닥을 높이고 하안은 자연적 재료를 사용한 정비
- 인공적 고정 시설 회피, 자연적인 침식과 침전 유도



기존 하천 수중턱의 모습



자연석을 이용한 경사형 낙차공

복원의 필요성 및 해외사례

➤ 일본의 자연형 하천 복원 사례

■ 다마천

- 1980년 다마천 하천환경 관리계획 수립 : 치수와 이수 기능 유지로 자연이용구역, 자연보전구역 확보
- 어류의 서식을 위한 인공소 조성, 실제 어류의 종과 개체수가 증가함



■ 평곡천

- 유속의 에너지 조절을 위한 계단형 낙차공 설치
- 갈수기에도 친수성을 유지하기 위한 지하저류조 설치, 우수를 저류하여 갈수기에 하천으로 자동방류



복원의 필요성 및 해외사례

세종보 보개방 전/후 비교

2017년 2월



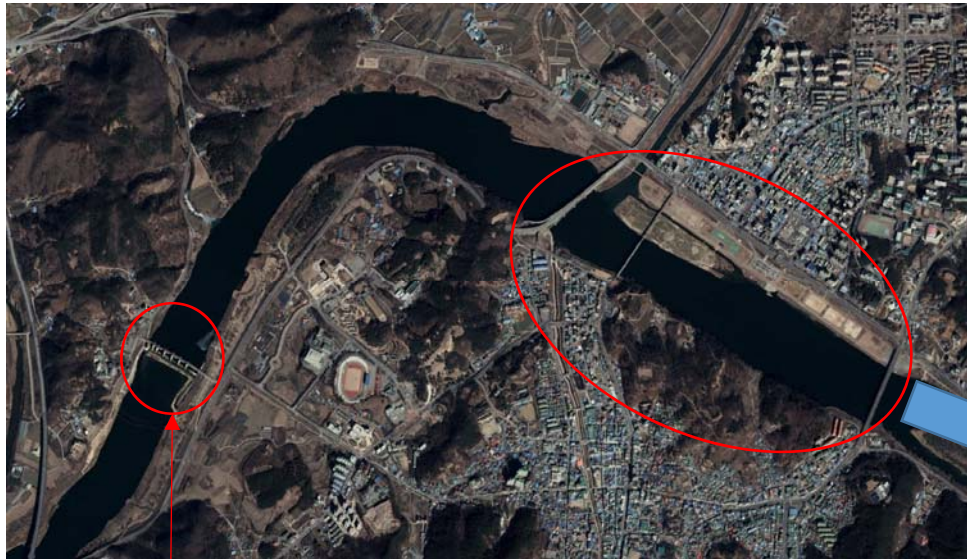
2018년 5월



복원의 필요성 및 해외사례

공주보 보개방 전/후 비교

2017년 2월



공주보

2018년 5월



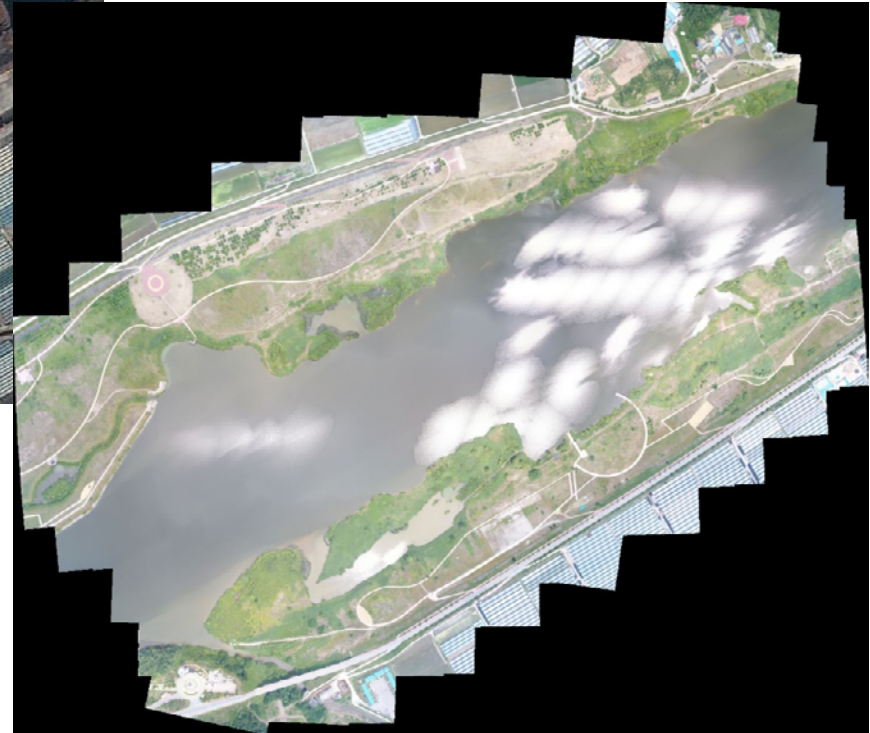
복원의 필요성 및 해외사례

백제보

2016년 2월



2018년 6월



복원의 필요성 및 해외사례

❖ 보 개방에 따른 수생태계 변화 모니터링

- 보 개방에 따른 수질, 수환경, 수생생물의 변화를 모니터링
- 현재 저서성 대형무척추동물, 어류를 중심으로 생물상의 변화를 모니터링
- 장기적인 모니터링을 통해 수생태계가 올바른 방향으로 나아갈 수 있는 방안 제시

: 보 유지, 펄스 개방, 상시 개방, 보 철거 등



?

4. 결론 및 제언

결론 및 제언

- 하구둑의 개선(어도 및 수문 개방을 포함)을 통한 기수 및 회유성 어류의 이동확보 필요
- 가장 하류에 있는 백제보의 현재 어도로는 회유성 및 기수성 어류의 이동에 어려움이 있어 개선이 요구되고 있었으며, 백제보 하류부는 하구둑 수문개방의 영향에 따라 변화가 다양
- 금강의 모든 보에서 현재보다 더 수위를 낮출 경우 수위저하에 따른 어도활용 효과 기대가 어려움
 - 새로운 우회수로 설치 또는 수문부 개량(수문 하류부 유실 방지를 위한 턱)을 통한 어류 이동의 단절 해소

결론 및 제언

- 생물 서식지 복원: 적정 수량 확보를 통해 생물 서식처 및 이동성을 확보하고, 수변 서식처 조성을 통한 생물 다양성 추구
 - 기존에 서식하던 대형 어류들이 낮아진 수위에 생활하지 못하고 고온에 따른 폐사 발생
- 상·중·하류에 적합한 방향으로 복원제시
 - 상류부는 모래와 자갈 하상의 서식처에 적합한 방향
 - 중·하류부는 모래와 진흙 하상의 서식처에 적합한 방향

결론 및 제언

생물을 위한 방향?



경청해 주셔서
감사합니다

