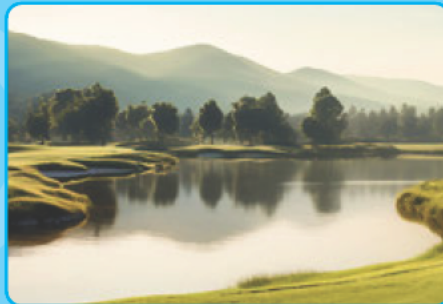


2023년 한국하천호수학회 추계 학술발표대회

수생태계 건강성 회복

- 일시 2023년 10월 20일(금) -21일(토)
- 장소 세계물포럼기념센터



주최 한국하천호수학회

후원 K-water, 국립환경과학원,
유네스코 물 안보 국제연구교육센터(UNESCO I-WSSM),
(사)한국물학술단체연합회, 동문이엔티(주)

2023년 한국하천호수학회 추계 학술발표대회

수생태계 건강성 회복

- 일시 2023년 10월 20일(금) –21일(토)
- 장소 세계물포럼기념센터

주최 한국하천호수학회

후원 K-water, 국립환경과학원,
유네스코 물 안보 국제연구교육센터(UNESCO I-WSSM),
(사)한국물학술단체연합회, 동문이엔티(주)

한국하천호수학회 추계 학술발표대회 일정표

일시 : 2023년 10월 20일(금) - 10월 21일(토)

장소 : 세계물포럼기념센터

주제 : 수생태계 건강성 회복

주최 : 한국하천호수학회

후원 : 국립환경과학원, 유네스코 물 안보 국제연구교육센터(UNESCO I-WSSM), K-water, (사)한국물학술단체연합회, 동문이엔티(주)

	시 간	행사 및 장소			
(1일차) 10월 20일 (금)	11:00 - 12:00	임원회의			
	12:00 -	등록 및 포스터 발표 I 부차		로비	
	12:30 - 13:00	포스터 발표 I		로비	
	13:00 - 13:20	개회식 및 축사 개회사: 한국하천호수학회 원두희 회장 축 사: 안동시장		대강당	
	13:20 - 14:00	기조강연 I ESG 시대, 탄소중립과 생물다양성 윤종수 회장 (IUCN한국위원회)			
	14:00 - 14:40	기조강연 II 임하호의 탁수가 수생태계에 미치는 영향 이종은 교수 (안동대학교 생명과학과)			
	14:40 - 14:50	사진 촬영	포스터 발표 II 부차		
	14:50 - 15:00	휴 식			
	15:00- 17:00		심포지움 I 수생태계 건강성 훼손원인 진단 사업 (국립환경과학원)	Workshop 기후변화와 생물다양성 및 ESG (UNESCO i-WSSM)	대강당 /제1강의실
			대강당	제1강의실	
	17:00 - 17:30	포스터 발표 II		로비	
	17:30 - 18:00	한국하천호수학회 평의원회 및 총회		대강당	
	18:00 - 18:30	간담회장 이동			
	18:30 - 20:30	간담회		안동 시내	
(2일차) 10월 21일 (토)	08:30 -	등록		로비	
	09:00 - 12:00	09:00-11:45	10:00-12:05	대강당 /제1강의실	
		구두발표	심포지움 II 정수생태계 변화예측 모델 고도화 연구 (경희대학교)		
			대강당		제1강의실
	12:00 - 12:30	우수 논문상 시상식 및 폐회		대강당	
	12:30 - 13:30	중 식			
13:30 ~	Field Trip				

목 차

■ 일정표

■ 기초강연	1
PL-01 ESG 시대, 탄소중립과 생물다양성 / 3	
PL-02 임하호의 탁수가 수생태계에 미치는 영향 / 4	
■ 심포지움 I:	7
S-01 수생태계 건강성 훼손원인진단 사업 및 표준절차서 소개 / 7	
S-02 하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방안 도출 사례 / 8	
S-03 훼손원인진단 도출을 위한 부착돌말 현장 상세조사 방법 및 사례 소개 / 9	
S-04 훼손원인진단 도출을 위한 저서성대형무척추동물 현장 상세조사 방법 및 사례 소개 / 10	
S-05 훼손원인진단 도출을 위한 어류 현장 상세조사 방법 및 사례 소개 / 11	
S-06 인공지능 기술을 활용한 수생태 악화 원인인자 도출 방법 / 12	
■ 심포지움 II:	13
S-07 호소에서 수위 변동에 따른 저서무척추동물과 어류 군집 변화 분석 / 15	
S-08 정수생태계 변화 예측을 위한 먹이망 정량 정보로써의 동물플랑크톤 생체량 산정 연구 / 16	
S-09 3차원 수리·수질모델을 활용한 주암호 수환경 평가 / 17	
S-10 호소 유해남조류 거동 분석을 위한 기작 모델 최적화 방안 연구 / 18	
S-11 정수생태계 내 저서성 대형무척추동물 생물 풍부도 예측 모형 개발 및 평가 / 19	
■ Workshop	21
■ 구두발표	25
■ 포스터발표	37

2023년
한국하천호수학회
추계 학술발표대회

기초강연

일 시: 2023년 10월 20일(금) 13:20 ~ 14:40

장 소: 세계물포럼기념센터 대강당

좌 장 : 황순진 교수 / 건국대학교

13:20 ~ 14:00 ESG 시대, 탄소중립과 생물다양성
윤종수
IUCN 이사/한국위원회 회장

14:00 ~ 14:40 임하호의 탁수가 수생태계에 미치는 영향
이종은
안동대학교 생명과학과



PL-01

ESG 시대, 탄소중립과 생물다양성

윤종수

IUCN 이사/한국위원회 회장

우리가 살고 있는 자연 생태계는 그 구성요소들이 서로 관계를 유지하고 균형을 이루면서 자연스럽게 순환하여야 한다. 그러나 기후변화로 인하여 생물다양성이 훼손되고 생태계는 순환과 자정의 능력을 상실하고 있다. 그러므로 생태계를 다시 회복시키기 위해서는 그 원인인 기후변화와 생물다양성문제를 극복해야 한다.

안타깝게도 지구의 기후는 변동성이 커지고 평균온도와 온실가스의 발생량은 계속 증가하고 있다. 금년에도 지구촌 곳곳 뿐만 아니라 우리나라도 기후변화로 인한 재해를 크게 경험하였고 모든 국민들이 기후위기가 바로 옆에 와있음을 깨닫는 계기가 되었다.

기후변화의 극복을 둘러싼 국제사회의 노력에도 불구하고 각국은 자국의 이익을 보호하기 위해 기후변화와 생물다양성 이슈를 무역통제의 수단으로 활용하고 있다. 그 방법들은 다양해 지고, 다자주의는 쇠퇴하고 유럽의 탄소국경조정제도(CBAM)나 미국의 인플레이션 감축법(IRA)과 같은 일방주의가 등장하였다.

그 가운데 우리나라는 주요 경제국에 걸맞는 국제적인 책임을 부여받고 있고 도전적인 온실가스의 감축 목표를 달성해야 하는 어려운 상황에 있다.

아울러 기후변화와 twin crisis로 일컬어지는 생물다양성 문제를 보다 적극적으로 해결하기 위해 2022년 12월 CBD COP15차 총회에서는 중요한 합의문이 채택되었다. 이를 이행하기 위한 각국의 노력과 기업과 학계의 대응이 중요하게 되었다.

이에 발맞추어 TNFD는 금년 9월 생물다양성과 관련한 공시 가이드라인을 발표하였다. 이는 정부와 대기업, 금융기관들이 주목해야하는 중요한 요소이다. 그리고 이 두가지 위기를 극복하는 수단으로서 자연기반해법이 또한 주목받고 있다. 하천과 호수는 자연생태계의 중요한 요소로서 기후변화와 생물다양성을 보전하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 이 발표에서는 보다 거시적인 차원에서 기후변화와 생물다양성 문제를 살펴보고 자연기반해법을 포함한 해결방안, 그리고 정부와 기업의 대응방안등을 살펴본다.

PL-02

임하호의 탁수가 수생태계에 미치는 영향

이종은

안동대학교 생명과학과

기후변화로 인해 세계적인 기상이변이 속출하고 있으며, 이로 인한 태풍, 폭우 등 각종 자연재해가 심각해지고 있다. 역대 최악의 태풍인 “루사”와 연이어 발생한 “매미”로 인해 임하호 상류 지천으로부터 대량의 토사가 댐으로 유입되었다. 그 결과 임하호에 탁수가 장기간 정체되어 수생태계 교란은 물론 경관적으로나 정서적인 측면에서도 수계에 인접한 지역민들에게 부정적인 이미지로 남아있다.

탁수를 유발하는 주성분은 퇴적암의 풍화산물인 점토광물로서, 태풍, 홍수, 집중호우시 발생하며, 극미립의 점토광물은 상대량은 적으나 절대량은 많아 탁수의 부유 시간은 길고 침전이 매우 느린 특징을 가지고 있다. 임하호 내에 장기간 정체된 탁수는 임하호 내의 수서생물은 물론 장기간에 걸쳐 하천수계로 방류되어, 탁수유발 입자인 미세 토양입자의 부유 및 침전으로 인한 저서생물의 미소서식처를 파괴하고 있다. 또한 저서성대형무척추동물의 기관아가미와 어류의 아가미 등에 침착되어 수중생물의 호흡에도 영향을 끼치는 등 하천생태계의 먹이사슬과 먹이망을 교란시켰다. 그리고 탁수로 빛의 투과력이 감소되어 수중식물에 의한 광합성 능력과 어류의 먹이탐색 능력을 저하시킬 뿐만 아니라, 미소서식처 단순화에 의한 종다양성 감소 등 수생태계에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 나타났다.

본 연구에서는 안동호를 대조수역, 임하호를 실험수역으로 설정하여, 수년간 정체된 상태였던 임하호의 탁수와 상시 방류로 인해 이의 영향을 받는 하천수계의 저서성무척추동물의 군집분석, E.P.T.분류군의 점유율, 생태질점수와 탁도 등 이화학적 요인과의 상관관계 구명과 미소서식처 교란에 따른 서식종의 변화를 파악하였다. 또한 어류의 군집유사도, 성장도와 주요 어종의 조직 및 생리학적 변화 등도 확인하였다.

본 연구 결과는 향후, 탁수 발생이 예상되는 국내의 다른 유사 댐은 물론 하천공사 및 골재채취와 준설공사 시에 발생하는 탁수가 수생태계에 미치는 영향에 대한 생태학적 연구의 선행연구의 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

2023년
한국하천호수학회
추계 학술발표대회

심포지움 I

주제 - “수생태계 건강성 훼손원인 진단 사업”

일 시: 2023년 10월 20일(금) 15:00 ~ 17:00

장 소: 세계물포럼기념센터 대강당

주 관: 국립환경과학원

사 회 : 이상우 교수 / 건국대학교

15:00 ~ 15:10		Session Opening 세션 및 연사, 참석자 소개
		인사말 김용석 부장(국립환경과학원)
15:10 ~ 15:25	S-01	수생태계 건강성 훼손원인진단 사업 및 표준절차서 소개 박배경 ^{OC} , 김현지, 문정숙, 박주현, 김용석 국립환경과학원 물환경연구부
15:25 ~ 15:40	S-02	하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방안 도출 사례 박세린 ^{P1} , 이상우 ^{CI} ¹ 건국대학교 산림조경학과
15:40 ~ 15:55	S-03	훼손원인진단 도출을 위한 부착돌말 현장 상세조사 방법 및 사례 소개 박채홍 ^{P1} , 황순진 ^{C2} ¹ 건국대학교 휴먼앤에코케어센터, ² 건국대학교 환경보건과학과
15:55 ~ 16:10	S-04	훼손원인진단 도출을 위한 저서성대형무척추동물 현장 상세조사 방법 및 사례 소개 임성호 ^{P1} , 원두희 ^{CI} ¹ 주식회사 생태조사단 부설 두희생태연구소
16:10 ~ 16:25	S-05	훼손원인진단 도출을 위한 어류 현장 상세조사 방법 및 사례 소개 박상현 ^{P1} , 김정희 ¹ , 백승호 ¹ , 장민호 ^{C2} ¹ 주식회사 에코리서치, ² 공주대학교 생물교육과
16:25 ~ 16:40	S-06	인공지능 기술을 활용한 수생태 악화 원인인자 도출 방법 신지훈 ^{P1} , 차윤경 ^{CI} ¹ 서울시립대학교 환경공학과
16:40 ~ 16:55		청중 토론(질의 및 응답)
16:55 ~ 17:00		Session Closing



S-01

수생태계 건강성 훼손원인진단 사업 및 표준절차서 소개

박배경^{PC}, 김현지, 문정숙, 박주현, 김용석

국립환경과학원 물환경연구부

하천에서 서식하고 있는 생물들은 하천의 구조, 물의 양 및 유속, 수질 상태, 하천 내 인공구조물의 존재 여부 등 비 생물학적 요소에도 크게 영향을 받으며, 그 결과로 시간·공간적으로 생물 종 및 개체 수 분포 등이 변화하게 된다. 또한 이들 비 생물학적인 요소는 유역 특성(수리·수문 등), 유역내 인위적인 교란인자(점·비점 오염원 등)에 의해 하천마다 다양한 변화를 유발한다. 따라서 하천 수생태계의 건강 상태는 서식하고 있는 생물상들의 현재 상황과 유역 및 하천 환경의 영향에 따라 결정되는 물환경 구성 요소 중 최종 단계라 할 수 있다. 이는 우선적으로 하천 수생태계의 현재 건강 상태를 진단하고, 만약 훼손이 되었다면 원인을 분석하여 그에 상응하는 맞춤형 대책을 제시하는 것이 근원적인 하천 물환경의 개선과 향상을 위한 해법임을 의미한다. 그간 국내에서는 하천과 유역을 구성하고 있는 각각의 인자들 중심의 문제 해결 방식이 주로 추진되었다. 그러나 수생태 건강상태에 기반한 훼손 원인진단과 복원·개선방안 도출이 보다 근원적이고 효율적인 물환경 개선 및 보전을 위한 방법이며, 이는 물관리 일원화에 따른 통합물관리의 근간이 된다고 할 수 있다. 이에 국립환경과학원에서는 하천 수생태계 훼손원인 진단 사업을 매년 수행하고 있으며, 그 결과를 토대로 훼손원인 진단에 필요한 표준절차서를 마련하고 이를 4월에 공개·배포하였다. 표준절차서는 수생태계가 훼손된 하천에서 현재 상태를 체계적이고 과학적인 조사와 분석을 통해 원인을 진단한 후 생태복원 및 물환경 관리방향을 도출하기 위한 목적으로 만들어졌으며, 이를 위한 각각의 단계마다 필요한 표준절차(SOP, Standard Operation Procedure)를 제시하였다. 수생태계 훼손 원인진단은 국가 생물측정망(하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가) 자료를 이용한 사전 조사 및 훼손 여부 판정(1단계) → 현장 조사(2단계) → 훼손원인진단(3단계) → 복원방향 제시(4단계)의 절차로 수행하며 대상 하천의 수생태 복원 및 물환경 보전을 목적으로 한다.

▶ 교신저자 E-mail: bkpark67@korea.kr

S-02

하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방안 도출 사례

박세린¹, 이상우¹¹건국대학교 산림조경학과

수생태계 훼손원인 진단은 하천의 현 건강성 상태를 종합적으로 파악하고, 체계적인 분석 과정을 통하여 하천이 훼손된 원인을 도출하고 훼손의 전이 과정을 규명하는 과정이다. 훼손원인 진단 과정이 없는 복원 및 관리 사업은 구체적인 목표 설정이 어려우며 사업 후에도 하천의 훼손원인이 제거되지 않아 사업의 효율성이 저하되는 결과를 초래한다. 따라서 하천 복원의 목표는 훼손원인 진단에서 도출된 훼손근원의 제거, 훼손 전이과정 조절 그리고 훼손원인 항목의 저감에 초점을 두고 설정되어야 한다. 이를 위해 환경부에서는 2015년부터 국내 진단체계 확립을 위한 기초를 마련하고 2019년 「하천 수생태계 건강성 훼손진단 안내서」를 발간하여 훼손진단을 위한 토대를 마련하였다. 이후 환경부는 2021년부터 매년 수생태계 건강성이 훼손된 10개 내외의 하천을 선정하여 훼손원인을 진단하고 진단결과에 기초한 하천의 복원방안을 제시하고 있다. 또한 기 시행된 훼손원인 진단 과정에서 도출된 개선방안을 반영한 「수생태계 건강성 훼손원인 진단을 위한 표준절차서(환경부·국립환경과학원, 2023)」가 발간되었다. 따라서 본 발표에서는 표준절차서에서 제시하고 있는 4단계를 실제 하천에 적용하여 훼손원인을 진단하고 복원방안을 도출한 사례를 소개한다. 훼손원인 진단은 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 사업과 수생태계 건강성 증진을 위한 각종 계획 및 사업들을 유기적으로 연결하여 효율적인 하천 복원과 관리를 위한 의사결정의 판단 근거를 제공한다. 훼손진단 과정에서 도출된 훼손원인 목록, 진단 사례, 훼손기작도 등의 자료의 축적은 훼손하천 관리, 다양한 하천 복원 및 관리 사업에서 핵심 도구로 활용되기 시작하였으며 그 활용도는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 향후 훼손진단은 국가 차원의 장기적 관점에서 고려되어야 하며 이를 위해 「물환경보전법」을 포함한 관련 법률, 고시, 지침 등을 통한 제도적 기반이 마련되어야 한다.

▶ 교신저자 E-mail: swl7311@konkuk.ac.kr

S-03

훼손원인진단 도출을 위한 부착돌말 현장 상세조사 방법 및 사례 소개

박재홍^{p1}, 황순진^{c2}

¹건국대학교 휴먼엔에코케어센터

²건국대학교 환경보건과학과

현재 전국 수생태계 건강성 훼손하천을 대상으로 훼손원인을 진단하여 수생태계 건강성 증진 방안을 제시하기 위하여 수생 생물을 이용한 생물학적 수생태계 훼손하천 조사 및 평가 연구가 진행되고 있다. 생물군 중 비교적 이동성이 없고 장기간 특정 지점의 누적된 오염원의 영향을 파악할 수 있는 부착돌말류는 하천생태계 평가에 적합한 지표생물로 알려져 있다. 따라서 생물측정망 조사 및 평가지침(과학원 공고 제 2017-439호)에 따라 부착돌말류 현장조사 및 부착돌말류평가지수(TDI)를 산출한다. 산출된 결과를 이용하여 5개의 훼손 유형(운동성 돌말류, 부영양성 돌말류, 민감성 돌말류의 상대밀도와 엽록소의 농도, 기질의 부패도)에 대해 훼손 판단기준 설립 즉, 부착돌말류 건강성에 영향을 줄 수 있는 훼손원인을 도출한다. 도출된 부착돌말류 훼손 유형과 중간변수 자료를 기초로 하여 개념적 훼손 모델을 설정하게 된다. 또한 참조하천과 수생태계 건강성 자료를 비교 분석하여 주 훼손원인을 파악할 수 있는 자료를 구축한 뒤 타 생물군(저서성대형무척추동물, 어류) 및 기타 원인을 종합적으로 판단하여 최종적으로 최적 훼손모델을 도출한다. 따라서 현재까지 수행한 훼손원인 진단 연구에서 부착돌말류의 현장 상세 조사 방법과 그 사례를 소개함으로써 부착돌말류 특성을 비교, 검토하고 훼손원인진단을 위한 부착돌말류 연구 방향 및 개선사항에 대해 논의해 보고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

S-04

훼손원인진단 도출을 위한 저서성대형무척추동물 현장 상세조사 방법 및 사례 소개

임성호¹, 원두희¹

¹주식회사 생태조사단 부설 두희생태연구소

수생태계의 훼손은 하천 생태계가 온전하지 않은 상태를 의미하며, 생물학적 훼손, 비생물학적 훼손으로 구분된다. 이러한 훼손은 밀접하게 연결되어 있어, 생물 다양성의 감소뿐만 아니라 더 나아가 생태계 서비스 등의 영향으로 전이되므로 수생태계의 복원 및 보전이 반드시 필요하다. 하천의 현 상태를 과학적으로 판단하고 훼손을 저감하기에는 훼손진단 과정은 필수적이며, 진단이 없는 하천의 복원 및 관리는 복원 후에도 구체적인 목표 설정이 미흡하여 훼손원인에 의한 부정적 영향이 계속 유지되고 복원 및 관리의 효율성이 저하된다. 따라서 훼손 하천의 건강성 훼손 원인은 규명하고 종합적으로 평가하는 과학적인 훼손 원인 분석 및 진단이 필요하다. 훼손 진단의 대상하천을 선정 시 수생물군(부착돌말류, 저서성대형무척추동물, 어류)의 건강성을 바탕으로 “나쁨”이하 등급으로 평가된 하천을 중심으로 훼손 하천을 선정한다. 대상 하천으로 선정된 하천은 유역 및 인문사회 환경, 오염원, 수리·수문 및 하상환경, 수질, 연속성, 수변식생, 수생물군, 서식처 등을 종합적으로 평가한다. 수생물군 중 하나인 저서성대형무척추동물의 조사는 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침_하천편(국립환경과학원 2019)을 따랐으며, 저서성대형무척추동물평가지수(Benthic Macroinvertebrate Index)를 산출하였다. 저서생물 군집현황을 통해 어떠한 항목에서 훼손이 일어났는지에 대한 유형을 6가지로 구분하였으며, 훼손 유형에 대한 판단기준은 국내·외 문헌 자료 등을 근거로 설정하였다. 저서성대형무척추동물 훼손유형에는 이에 해당하는 여러 가지 훼손 원인이 존재하는데 그 원인을 정확히 파악하여야 그 훼손 원인을 제거하고 생물군집의 건강성을 회복시킬 수 있기 때문에 훼손 원인을 정확하게 파악하는 것은 매우 중요하다. 따라서 잠재적 훼손원인을 선정해서 직접적인 원인과 근본적인 원인 등을 파악하여야 하며, 저서생물의 군집이 훼손된 구간과 비훼손된 구간을 설정하여 하천 내의 서식환경과 인근 유역환경을 함께 조사한다는 것이 생물측정망 조사와는 다른 부분이다. 이렇게 저서성대형무척추동물을 포함한 3개 수생물군의 진단 조사를 종합하여, 훼손 심화구간을 선정, 최종 훼손 원인으로 도출한 항목에 대한 진단결과를 작성하며, 최종적으로 작성된 결과는 훼손 원인을 제어할 수 있는 하천의 복원 및 관리 방안을 제시할 수 있도록 하는 기초자료로 제공되고 있다.

▶ 교신저자 E-mail: drdoogy@kes.re.kr

S-05

훼손원인진단 도출을 위한 어류 현장 상세조사 방법 및 사례 소개

박상현¹, 김정희¹, 백승호¹, 장민호²

¹주식회사 에코리서치

²공주대학교 생물교육과

훼손원인진단은 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 결과를 바탕으로 훼손원인을 진단하여 수생태계 건강성 증진 방안을 제시하는데 목적을 둔다. 대상하천 선정시 부착돌말류, 저서성대형무척추동물, 어류의 건강성을 기반으로, “나쁨” 이하 등급으로 평가된 하천을 중심으로 훼손하천을 선정한다. 대상하천은 유역 및 인문사회 환경, 오염원, 수리·수문 및 하상환경, 수질, 연속성, 수변식생, 생물군, 서식처 등을 종합적으로 평가한다. 어류는 생물군에 포함되며, 연속성 개념 중 종적 연속성을 포함하여 평가한다. 어류는 어류평가지수(Fish Assessment Index)를 산출하고, 11개의 훼손유형을 평가한다. 훼손유형은 종조성, 비정상종, 어류부재, 치어부재 항목 등을 포함하며, 각각의 훼손유형은 기 측정자료(생물측정망 자료: 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가(2019~2021) 자료)에서 75백분위 이상의 값을 보이는 항목을 훼손유형으로 평가한다. 종적 연속성은 1차조사 결과를 이용하여 연속적으로 어류훼손으로 판단된 분류지점에 한해 조사를 실시하며, “수생태계 연속성 조사 및 평가 방법 등에 관한 지침”에 따라 조사한다. 어류상 2회 조사 및 종적 연속성 1회 조사를 통한 결과를 이용하여 훼손원인을 선정하고, 타 분류군 및 기타 원인을 종합적으로 판단하여 최적훼손모델을 도출한다. 최적훼손모델은 원인의 근원, 중간변수, 훼손원인으로 구분하여 도식화하며, 현장에서 쉽게 이해 할 수 있고, 누구나 원인을 찾을 수 있도록 제시한다. 훼손원인진단은 하천의 근본적인 훼손원인을 판단하고, 자연기반해법(NBS)을 활용하여 하천의 복원방향을 제시한다. 따라서 기존에 다양한 명칭으로 실시하고 있는 하천복원사업의 근본적인 자료가 될 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

S-06

인공지능 기술을 활용한 수생태 악화 원인인자 도출 방법

신지훈¹, 차윤경¹

¹서울시립대학교 환경공학과

하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단은 과학적인 분석 및 진단을 통해 훼손하천의 건강성 훼손원인을 규명하고 종합적으로 평가함으로써 실효성 있는 수생태계 복원계획 수립과 그에 따른 효과적인 건강성 확보를 위한 의사결정 지원 근거를 제공하는 과정을 의미한다. 본 연구는 인공지능 기반 수생태계 건강성 훼손원인 진단 모델을 활용하여 훼손 여부 등을 예측하고, 예측 결과에 대한 훼손 원인 및 근원 간의 상대적 중요도를 파악하여 현장 조사진단 결과와의 상호보완적 활용을 지원하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 학습 과정에서 개념적 훼손모델의 계층적 구조를 반영하고 훼손모델의 구성요소 간의 상호작용을 효과적으로 표현할 수 있는 새로운 모델링 프레임워크를 제안했다. 이후 인공지능 알고리즘의 적용 가능성을 검토하기 위해 심층신경망 기반의 초기모델을 구축했다. 2021년부터 2022년간 전국 총 26개 훼손하천 및 8개 참조하천을 대상으로 수행된 현장 조사진단 자료를 활용하여 입력자료를 구성했다. 이를 통해 어류, 저서대형 무척추동물, 부착돌말 각각에 대한 훼손원인에 대응되는 조사진단 항목을 입력변수로 하여 훼손여부 예측 모델을 개발했다. 개발된 초기모델들은 0.7 이상의 accuracy로 양호한 분류 성능을 나타냈다. 이후 개발된 모델에 사후해석 기법인 SHAP(Shapely additive explanation)을 적용하여 분류군별 훼손여부 예측 결과에 대한 훼손원인 간의 상대적 중요도 분석을 수행했다. 상대적 중요도 분석 결과, 훼손원인별 상대적 기여도의 크기에 더해 기여의 방향을 효과적으로 제시할 수 있었다. 결과적으로 인공지능 알고리즘의 활용은 건강성 훼손에 대한 훼손원인의 영향을 종합적으로 분석함으로써 현장 조사진단 결과를 보완하는 데 높은 잠재력을 보인다고 판단된다. 나아가 인공지능 모델의 구조 및 학습 체계에 대한 지속적인 개선이 이루어진다면, 훼손원인 진단체계를 개선을 위한 핵심 기술로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: ykcha@uos.ac.kr

2023년
한국하천호수학회
추계 학술발표대회

심포지움 II

주제 - “정수생태계 변화예측 모델 고도화 연구”

일 시: 2023년 10월 21일(토) 10:00 - 12:05

장 소: 세계물포럼기념센터 제1강의실

주 관: 경희대학교

좌장 : 박영석 교수 / 경희대학교

10:00 ~ 10:25	S-07	호소에서 수위 변동에 따른 저서무척추동물과 어류 군집 변화 분석 지창우 ¹ , 유태식 ¹ , 곽인실 ^{1,2} , 박영석 ³ ¹ 전남대학교 수산과학연구소, ² 전남대학교 해양융합과학과, ³ 경희대학교 생물학과
10:25 ~ 10:50	S-08	정수생태계 변화 예측을 위한 먹이망 정량 정보로서의 동물플랑크톤 생체량 산정 연구 오혜지 ¹ , 홍근혁 ¹ , 최예림 ¹ , 이대회 ¹ , 김용재 ² , 박영석 ³ , 장광현 ⁴ ¹ 경희대학교 환경학및환경공학과, ² 대진대학교 생명과학과, ³ 경희대학교 생물학과
10:50 ~ 11:15	S-09	3차원 수리·수질모델을 활용한 주암호 수환경 평가 이정현 ^a , 조재갑, 한종수, 홍성수, 최인희, 송용식 ^c (주)지오시스템리서치 수치모델연구소
11:15 ~ 11:40	S-10	호소 유해남조류 거동 분석을 위한 기작 모델 최적화 방안 연구 김영우 ¹ , 신지훈 ¹ , 차윤경 ^d ¹ 시립대학교 환경공학과
11:40 ~ 12:05	S-11	정수생태계 내 저서성 대형무척추동물 생물 풍부도 예측 모형 개발 및 평가 이대성 ¹ , 지창우 ² , 오혜지 ³ , 곽인실 ² , 장광현 ³ , 박영석 ^d ¹ 경희대학교 이과대학 생물학과 ² 전남대학교 수산해양대학 해양융합과학과 ³ 경희대학교 공과대학 환경학 및 환경공학과



S-07

호소에서 수위 변동에 따른 저서무척추동물과 어류 군집 변화 분석

지창우^{p1}, 유태식¹, 곽인실^{1,2}, 박영석^{c,3}¹전남대학교 수산과학연구소²전남대학교 해양융합과학과³경희대학교 생물학과

자연적인 호소의 수위는 여름철에 증가하고 겨울철에 감소하지만 인공호가 많은 우리나라 호소는 수위 변동 요인이 복합적이다. 본 연구에서는 호소의 수위 변동에 따른 저서무척추동물과 어류의 군집 변화를 조사하고 분석하였다. 저서무척추동물 조사는 소, 중, 대형호인 신갈지, 예당호, 주암호에서 2021년 3월부터 2021년 10월까지 수변부에서 드래지를 이용하였고 호내부는 포나그랩을 이용하여 수행하였다. 어류 군집 조사는 2021년 4월부터 2023년 4월까지 3개의 샘플링 장비(킥그물, 투망, 자망)를 사용하여 군집 조사를 수행하였다. 저서무척추동물의 경우, 대부분의 호소 및 조사 지점에서 깔따구류가 우점하였고 호내부보다 수변부의 밀도가 높았다. 아울러 수위 자료와 비교한 결과, 수위가 높을 때보다 낮을 때 깔따구류의 밀도가 높게 나타났다. 반면 어류의 경우 수위가 높았던 2021년 9월에 최대 466마리가 채집되었으나 저수율이 20% 이하였던 2023년 4월에는 채집된 개체수가 105마리로 크게 감소하였다. 따라서 차후 호소에서 저서무척추동물과 어류 군집을 조사하기 위해서는 수위 변동을 고려하여 조사 지점 선정 및 분석이 필요할 것으로 판단된다.

» 교신저자 E-mail: parkys@khu.ac.kr

S-08

정수생태계 변화 예측을 위한 먹이망 정량 정보로써의 동물플랑크톤 생체량 산정 연구

오혜지¹, 홍근혁¹, 최예림¹, 이대희¹, 김용재², 박영석³, 장광현¹

¹경희대학교 환경학및환경공학과

²대진대학교 생명과학과

³경희대학교 생물학과

동물플랑크톤은 식물플랑크톤에 의한 일차생산 에너지를 상위 영양단계로 전달하는 먹이망 내 중간자적 위치의 생물 군집으로서, 수생태계 먹이망 내 물질 및 에너지 흐름을 이해하는데 중요한 역할을 수행한다. 한편, 생태계를 관리하고 이와 관련된 정책을 수립하는데 있어 동물플랑크톤을 포함한 먹이망 모델의 활용에 대한 관심과 필요성이 증가하고 있으며, 이에 따라 모델의 구축하기 위한 정량적 수치의 기초 자료 확보가 요구되어지고 있다. 먹이망 모델의 경우, 먹이망 구성 요소 간 에너지 흐름을 기반으로 대상 생태계의 환경 특성이 생태계에 미치는 영향에 대해 설명하는 모델이기 때문에 구성 생물 군집의 총 생체량 정보가 필수적이다. 국내에서는 『생물측정망 조사 및 평가지침』을 통해 동물플랑크톤의 생체량 환산 방법을 제안하고 있으나, 미국 EPA 등 과거 국외 자료를 기초로 하고 있으며, 이와 관련하여 국내 출현종들에 적용성에 대한 검토 및 연구가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 동물플랑크톤 생체량 환산에 참고하고 있는 과거 자료들에 대한 검토를 수행하고, 국내 실정에 맞는 방향성을 제시하는 것을 통해 동물플랑크톤 생체량 산정의 정확성 및 효율성 개선에 기여하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

S-09

3차원 수리·수질모델을 활용한 주암호 수환경 평가

이정현^P, 조재갑, 한종수, 홍성수, 최인희, 송용식^C

(주)지오시스템리서치 수치모델연구소

최근 이상기후로 인해 가뭄과 집중강우의 빈도가 매년 변화하고 있으므로 안정적인 용수를 공급하기 위해 인공호소의 관리가 필요하다. 자연하천을 가로막은 호소에서는 긴 체류시간과 과도한 영양염류 축적으로 인해 성층강화, 부영양화 등을 형성하여 생태계 건강성이 악화되고 있다. 최근 호소와 하천에서 수리학적 특성, 이화학적 수질특성, 생물분류군 분포 등 종합적인 관점에서 생태계 건강성을 평가하고 있다(You et al., 2016; Jo et al., 2019; Jang et al., 2020). 일반적으로 현장 측정자료를 통해 호소의 환경을 평가하고 있으나, 이는 시간과 공간에 제약을 받으므로 정밀한 시·공간적 호소환경 변화를 분석하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 시·공간적 제약이 상대적으로 자유로운 3차원 수리·수질모델을 활용하여 주암호를 대상으로 수리·수질 환경특성을 평가하였다. 향후 생태모델과 연계하여 종합적인 생태계 건강성을 평가할 필요성이 있다.

사사 : 본 연구는 한국환경산업기술원의 ‘수생태계 건강성 확보 기술개발사업’의 지원으로 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: yssong@gesor.com

S-10

호소 유해남조류 거동 분석을 위한 기작 모델 최적화 방안 연구

김영우^{P1}, 신지훈¹, 차윤경¹¹시립대학교 환경공학과

현재 호소 수질 모델링 분야는 유해남조류로의 대발생으로부터 기인한 녹조현상을 모의하는 수질 모델을 연구 중에 있다. 다양한 연구에서 유해남조류의 발생과 관련된 수질 문제를 해결하기 위해 시뮬레이션 결과와 대상 시스템에 대한 통찰력을 제공하는 기작 기반 모델이 활용되어왔다. 특히, Delft3D 모델은 그 복잡한 수문학 및 수질 변화를 효과적으로 시뮬레이션할 수 있는 3차원 유체유동 분석 도구이다. Delft3D는 다양한 모듈(수리, 유사이동, 수질, 조류 등)을 선택적으로 연동하여 연구 목적에 맞게 적용하는 유연성을 지니고 있다. 특히 Delft3D-BLOOM 모듈은 다양한 조류 간의 경쟁 및 제한 요소에 대한 종의 적응과 사멸을 포함한 개체수 모의가 가능하다. 그러나 Delft3D 모델은 다양한 기능만큼 수많은 매개변수가 있는데, 높은 모의 성능을 위해선 수많은 매개변수 중 적절한 매개변수를 선택해야하는 어려움이 있다. 마찬가지로 많은 매개변수는 모델의 calibration에 소요되는 시간을 기하급수적으로 증가시킨다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 모델의 calibration의 소요시간 감소와 모의 성능향상을 위해 Delft3D 모델에 최적화 기법을 적용하였다. 최적화 기법이 적용된 Delft3D 모델로 호수의 수리, 수질 및 조류 변화를 분석하였고, Delft3D 모델의 결과를 토대로 수질의 시간 및 공간 변화를 3차원으로 시각화함으로써, 호수 수질 예측모델의 활용성을 강화하고, 수질 관리의 기초자료를 제공하고자 한다.

» 교신저자 E-mail: ykcha@uos.ac.kr

정수생태계 내 저서성 대형무척추동물 생물 풍부도 예측 모형 개발 및 평가

이대성¹, 지창우², 오혜지³, 곽인실², 장광현³, 박영석¹¹경희대학교 이과대학 생물학과²전남대학교 수산해양대학 해양융합과학과³경희대학교 공과대학 환경학 및 환경공학과

저서성 대형무척추동물은 정수 생태계 내 먹이망을 구성하는 주요 요소이며, 생태계 내 다양한 환경에 민감하게 반응하는 지표 생물이다. 본 연구에서는 국내 주요 호소에 서식하는 저서성 대형무척추동물 49종에 대해, 호소의 수환경 및 수리수문학적 요소를 반영한 생물 풍부도 예측 모형을 제작하고 이를 평가하였다. 호소 환경 조사 보고서 및 현장 조사 자료를 이용하여 각 호소의 출현 생물 자료를 수집하였고, 물환경 정보시스템에서 제공하는 수질측정망 자료와 국토지리정보원에서 제공하는 호소 유역 자료를 종합하여 환경 자료를 생성하였다. 이후, 기계 학습 알고리즘인 Random Forest, Boosted Regression Tree, Extreme Gradient Boosting을 사용하여 모형을 제작한 후, 모형 Ensemble을 통해 최종적으로 각 저서성 대형무척추동물에 대한 예측 결과를 도출하였다. 생물 자료 내 분류 수준에 따라, 저서성 대형무척추동물은 목(order), 강(class), 문(phylum)의 분류학적 분류 및 섭식기능군에 따른 기능적 분류로 구분하여, 반응 변수로 사용하였다. 제작한 모형의 평가는 검증 자료에 대한 예측 및 실측값 비교로 수행하였으며, 이를 수정 결정 계수(R²), 평균 제곱근 오차(RMSE) 등을 통해 정량 평가하였다.

» 교신저자 E-mail: parkys@khu.ac.kr

2023년
한국하천호수학회
추계 학술발표대회

Workshop

주제 - “기후변화와 생물다양성 및 ESG”

일 시: 2023년 10월 20일(금) 15:00 ~ 17:00

장 소: 세계물포럼기념센터 제1강의실

주 관: 유네스코 물 안보 국제연구교육센터(UNESCO I-WSSM)

15:00 ~ 15:10		인사 말씀 및 유네스코 물 안보 국제연구교육센터(i-WSSM) 기관 소개 신봉우 센터장 I-WSSM
15:10 ~ 16:00	W-01	기후변화와 생물다양성의 보고 습지 임정철 국립생태원 습지센터
16:00 ~ 17:00	W-02	기후변화와 탄소 중립 시대의 물산업과 기술개발 원남일 (주)지오시스템리서치 전략기획실



W-01

기후변화와 생물다양성의 보고 습지

임정철

국립생태원 습지센터

캐나다 정도의 지구 육상면적(약 5~7% 면적)을 차지하고 있는 습지는 생물다양성의 보고이자 홍수조절, 기후변화 완화, 심미적 기능 등 생태계서비스 가치가 매우 높은 생태계로 잘 알려져 있다. 그런데도 우리나라를 포함한 지구상의 많은 습지는 농경지, 주거지 등으로 전환되어 습지 고유의 생태적 기능 쇠퇴와 상실을 겪고 있다. 결국 습지의 체계적인 보전 및 복원과 관리의 중요성을 인식한 국제사회는 다양한 경로로 습지 보전 및 복원, 관리 등에 관한 정책운영을 권고하고 있다. 우리나라도 지난 2000년 이후 다양한 습지 조사 사업을 통해 습지의 분포 현황과 생태계 특성, 생물다양성 등을 꾸준히 조사·연구 하고 있다. 2020년까지 1,061개 습지를 조사한 바에 의하면 총 6,786종의 생물상이 확인되었는데, 국가생물종목록의 관속식물 51.4%, 조류 52.6%, 양서류 62.9% 등이 습지에 서식하고 있다는 것이다. 특히, 우리나라에서도 그 면적이 5% 내외(추정)인 습지에서 멸종위기 야생생물의 43.3%(116종)가 서식한다는 것은 습지 보전이 다른 어떤 생태계보다 중요하다고 할 수 있을 것이다. 이와 함께 최근에는 기후변화 적응·저감을 위한 중요한 생태계로서 습지를 바라보는 긍정적 인식도 증가하고 있다. 생태계 생산성이 높고 효과적으로 혐기성 상태를 유지할 수 있는 생태계 특성상 습지는 중요한 탄소저장고임이 분명할 것이다. 국내에서의 구체적인 연구 성과가 미흡한 실정이지만, 특정 연구 결과를 인용해 산출한 습지의 탄소 저장량은 연간 6백만톤에 이르기도 한다. 기후변화로 인한 다양한 위협 요소를 줄이는 데 있어 습지의 가치에 대한 다양한 연구들은 습지의 손실이 더 큰 인적, 생태적 영향 및 경제적 비용과 관련됨을 나타내고 있다. 결국 습지의 생물다양성 유지 또는 증진을 위해 습지 생태계의 구조와 기능을 온전하게 유지하는 것은 기후변화 적응 및 회복력 증진에도 효과적인 대응이 되는 것이다. 습지는 그 고유의 생물종과 생태계를 유지하기 위해 자연적으로 형성되고 보존되어야 하는 것이 원칙이며, 훼손된 습지의 기능 개선 및 복원을 위한 노력은 습지 고유의 생태계에 대한 과학적인 이해가 바탕이 되어야 할 것이므로, 우리는 그 책임을 가볍게 여겨서는 안 될 것이다.

▶ 교신저자 E-mail: limsu8002@nie.re.kr

W-02

기후변화와 탄소 중립 시대의 물산업과 기술개발

원남일^{pc1}¹(주)지오시스템리서치 전략기획실

본 특별 세션 발표에서는 기후변화와 탄소 중립 시대에 물 관련 분야가 직면한 환경변화의 특성을 지구 환경변화 및 자연산불 등 육상환경의 변화 측면에서 살펴보고 이에 대응하기 위한 물분야 기술개발과 산업 분야에서 지향할 바에 대해서 논의하고자 한다. 또한, 기후변화시대에 물분야는 단지 육상 수자원 및 수환경에 국한되지 않고, 물순환 전반을 고려한 이해와 기술적 대응을 필수적으로 요구하고 있으며 이를 위한 기술적, 산업적 변화가 시급히 필요하다. 전 세계적으로 기후변화에 대한 대응 노력이 매우 중요하게 간주되어 왔고, UN 차원에서의 노력 및 거버넌스 체계도 작동하고 있다. 그러나, 동시에 이러한 전 지구적인 환경변화에 대응하기 위한 실행력에는 의문이 제기되고 있으며, 그 이면에는 공공의 정책 및 실행력의 한계와 민간기업의 역할 확대 및 중요성에 대한 인식 제고가 자리하고 있다. 이는 단지 기후변화와 탄소 중립에 대한 위기의식과 대응 노력에 대한 신속성 촉구뿐 아니라, 민간기업과 시민사회의 전방위적이고 총력적인 대응이 없이는 변화에 대한 적응이 불가능하다는 최근의 사례 및 위기의식도 반영되어 있다. 또한, 기업의 ESG 경영에 대한 세계적인 요구 및 실효성 논란에서도 기후변화와 탄소 중립은 밀접하게 관련되어 있다고 보인다. 국내외적으로 ESG 경영은 기업의 공급망을 망라한 수준까지 확대되었거나, 국내의 주요 기업들에서는 예외 없이 중요한 이슈로 다루어지고 있다. 또한, 기후위기 대응을 위한 탄소 중립·녹색성장 기본법 시행(22년3월)과 이후 기본계획 심의와 의결(23년3월)에 따라 산업 전반과 일상생활에서 다양한 변화가 요구되고 있다. 우리나라의 물 관련 분야의 현행 연구개발 및 전망을 통해, 기후변화의 최전선인 한반도에서의 기후변화와 탄소 중립 대응 노력과 성과는 곧바로 국외에서 적용 가능한 사례가 될 수 있을 것으로 기대된다. 최근 우리나라가 다양한 분야에서 세계적인 주목과 인정을 받고 있는바, 물산업과 기술개발 측면에서도 다양한 국내외 플랫폼을 통해 세계시장에 알리고 진출할 수 있을 것으로 기대된다. 이는, 국가 연구개발 및 산업 정책의 측면에서 강조되고 있는 국제협력 분야 성장과도 일치하는 방향이며, 유네스코 물안보 국제연구교육센터(UNESCO i-WSSM)도 국내 유일한 물관리 국제 플랫폼으로서 그 역할이 더욱 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: niwon@geosr.com

2023년
한국하천호수학회
추계 학술발표대회

구두발표

일 시: 2023년 10월 21일(토) 09:00 - 11:45

장 소: 세계물포럼기념센터 대강당

좌 장 : 황길순 박사 / (사)한국수생태복원협회

09:00 ~ 09:15	O-01	취수 수심이 합천호의 수온 성층 구조에 미치는 영향 정선아 ^{p,c} , 김혜지, 이해숙, 최정규, 박형석, 김자현, 이승윤, 김영성 한국수자원공사 K-water연구원
09:15 ~ 09:30	O-02	기후변화 시나리오에 따른 합천댐 유입하천 및 호내 수온전망 이해숙 ^{p,c} , 김혜지, 정선아, 최정규, 박형석, 김자현, 이승윤, 김영성 한국수자원공사 K-water연구원
09:30 ~ 09:45	O-03	수량-수질 통합관측소 데이터 기반 수질 예측 모델 고도화 박형석 ^{p,c} , 최정규, 정선아, 이승윤, 이해숙, 김영성, 김자현 Kwater연구원 수자원환경연구소
09:45 ~ 10:00	O-04	합천댐 방류수온에 따른 황강수계 어류 생태 영향 김자현 ^{p,d} , 정선아 ¹ , 김혜지 ¹ , 김광덕 ¹ , 한정호 ² ¹ 한국수자원공사 K-water연구원, ² 한국수자원공사 물환경처
10:00 ~ 10:15	O-05	도시 물순환 사업목표에 부합하는 저영향개발 시설배치 표준화 방안 연구 - 안동시 물순환 선도도시 조성사업 도로부문을 중심으로 신주형 ^m , 박재충 ¹ , 정승호 ² , 권경호 ³ ¹ 한국수자원공사 안동권지사, ² 안동시 환경관리과, ³ (주)스툼워터바이오
10:15 ~ 10:30	O-06	생태계교란 생물이 국내 하천 어류군집에 미치는 영향 김준완 ^p , 김규진, MISHEEL BOLD, 최범명, 윤진영, 장민호 ^c 공주대학교 생물교육학과
10:30 ~ 10:45		휴 식
10:45 ~ 11:00	O-07	환경유전자를 이용한 북한강 수계 2-MIB 발생 특성 분석 유경은 ^m , 김건희 ² , 권민지 ¹ , 황순진 ^{d,2} ¹ 건국대학교 환경보건과학과, ² 건국대학교 휴먼앤에코케어센터
11:00 ~ 11:15	O-08	Biotic interactions regulate regional-scale biodiversity patterns 김석현 ^{p,c} 강원대학교 생명과학과
11:15 ~ 11:30	O-09	하천 생태계 내 어류 군집의 생물 다양성 분포 기작 및 지류와 본류의 다양성 관계 홍근혁 ^m , 오혜지 ¹ , 최예림 ¹ , 이대희 ¹ , 김규진 ² , 김준완 ² , 김명철 ³ , 장민호 ^{c,2} , 장광현 ^d ¹ 경희대학교 환경학및환경공학과, ² 공주대학교 생물교육과, ³ SOKN 생태보전연구소
11:30 ~ 11:45	O-10	종적연속성 평가를 통한 어류의 이동개선 황길순 ^m , 김정희 ^{c,2} , 윤종학 ³ , 김동역 ¹ ¹ (사)한국수생태복원협회, ² (주)에코리서치, ³ 국립생태원 습지센터



O-01

취수 수심이 합천호의 수온 성층 구조에 미치는 영향

정선아^{1),c}, 김혜지, 이혜숙, 최정규, 박형석, 김자현, 이승윤, 김영성

한국수자원공사 K-water연구원

1970~1980년대 준공된 우리나라의 다목적댐 저수지에는 발전방류를 위한 고정식 취수구가 설치되어 있어 일부 댐 하류에서는 하층부 취수(hypolimnetic withdrawal)에 따른 농작물 냉해, 안개 일수 증가 등의 문제점이 제기된 바 있다. 이를 해결하기 위해 1990년대 이후 건설된 대부분의 댐에서는 선택적 취수시설(selective withdrawal)이 설치되어 운영되고 있다. 본 연구에서는 중하층에 고정식 취수구가 설치된 합천댐을 대상으로 취수 수심이 저수지의 수온 성층 구조와 방류 수온에 미치는 영향을 분석하였다. 연구방법은 3차원 수리수질모형인 AEM3D를 이용하여 합천호의 연직 수온 분포를 재현하고 계절별 수온성층 구조를 분석하였으며, 수문 조건에 따른 수온성층 변화를 비교 분석하기 위하여 풍수해과 갈수해를 대상으로 모델링하였다. 또한 취수심 변경 시나리오를 적용함으로써 취수 수심이 수온성층 구조에 미치는 영향을 분석하였다. 모의 결과 중하층 방류로 인해 수온약층의 형성 위치가 변경되며 수온성층 강도는 상층방류를 가정하였을 때 보다 약하게 형성되는 것으로 나타났다. 취수심을 중하층 고정에서 표층으로 변경하였을 때 성층의 강도와 수체의 안정도를 나타내는 지표인 Schmidt Stability Index가 풍수해 성층형성시기(4~11월)를 기준으로 1,330에서 1,560 J/m²으로 증가하였다. 표층 취수시 하류하천 방류수온이 증가하나 호내의 심층부 수온은 감소하며 수온성층 강도가 증가하므로 추후 수질관리를 위해 취수심을 댐 운영의 주요인자로 고려해야 할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jsa@kwater.or.kr

O-02

기후변화 시나리오에 따른 합천댐 유입하천 및 호내 수온전망

이혜숙^{P,C}, 김혜지, 정선아, 최정규, 박형석, 김자현, 이승윤, 김영성

한국수자원공사 K-water연구원

수온은 하천 및 호내에서 녹조 발생, 어류상 변화 등 수생태계의 중요한 환경인자로 작용한다. 이에, 많은 댐에서 주요 유입하천과 호내에 계측기를 설치하여 운영하고 있으며 합천댐에는 유입하천 2개 지점, 취수구 및 방류구 지점에서 실시간으로 수온을 관측하고 있다. 기후변화는 물관리 계획에서 주요 이슈로 기후변화에 따른 수온변화, 수생태계 영향을 예측하는 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 머신러닝 기법과 SSP(Shared Socioeconomic Pathways) 기후변화 시나리오 기반으로 합천댐 유입하천의 수온변화를 전망하였으며, 3차원 수리수질모델을 이용하여 합천호 수온성층 변화를 예측하였다. 합천댐 유역의 기상자료와 유입하천 수온자료를 다중회귀분석, 랜덤포레스트 기법으로 분석한 결과, 랜덤포레스트 기법이 R^2 는 0.96, RMSE는 1.15 °C로 다중회귀분석보다 정확도가 높은 것으로 나타났다. 랜덤포레스트 기법 결과를 적용하여 기후변화 완화 및 사회경제 발전 정도가 중간 단계를 가정하는 SSP2-4.5 시나리오 기반으로 미래(2021~2100년) 하천의 수온 변화를 예측한 결과, 최근 5년(2018~2022) 대비 0.11 °C(2021~2040년), 0.63 °C(2041~2060년), 1.05 °C(2061~2080년), 1.36 °C(2081~2100년) 증가하는 것으로 분석되었다. 유입하천 수온을 AEM3D에 입력자료로 활용하여 합천호의 연직 수온 분포를 재현하고 풍수해를 대상으로 취수구 지점의 여름철(6~8월) 수온성층 변화를 예측한 결과, 상하층 수온 차이가 점차 증가(2.28, 2.32, 2.41, 2.99 °C)하여 기후변화로 인해 호내 수온성층이 안정화 되는 것으로 나타났다. 합천호의 경우, 중하층에 고정식 취수구가 설치되어 있어 하층부 취수(hypolimnetic withdrawal)가 이루어져 있어 기후변화에 따른 수온성층이 더욱 강화된 것으로 판단되었다. 본 연구결과는 댐 유입하천과 호내 실시간 수온의 오,결측 관리뿐 아니라 향후 호내 수온변화에 따른 수생태계 관리를 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: yihs@kwater.or.kr

O-03

수량-수질 통합관측소 데이터 기반 수질 예측 모델 고도화

박형석^{PC}, 최정규, 정선아, 이승윤, 이해숙, 김영성, 김자현

Kwater연구원 수자원환경연구소

환경부 “녹조 우심지역 오염원 관리체계 구축” 및 “댐 스마트 수량-수질 통합감시체계 구축” 사업의 일환으로 댐 상류 수량-수질 통합관측소 설치되어 운영중 (’22년 현재 58개 → 향후 193개 지점 확대)에 있다. 본 과제 목적은 통합관측소 설치·운영에 따라 향후 확보될 대규모 수량-수질 데이터의 분석 표준화모델 개발 및 데이터 활용성 제고 방안 마련이며, 주요 내용은 취득 데이터처리, 데이터기반 수질예측 모델 개발, K-water관리 수치모델 개선이다. 통합관측소 데이터 정리 및 검증체계 표준화를 통해 취득데이터의 검증기준을 마련하고, 오·결측 및 유효자료 선별 정확도를 개선하였으며, 체계적이고 효율적인 업무 수행을 위한 데이터 관리(안)을 제시하였다. 실시간 측정데이터 활용방안으로 SVM, Keras, RNN기법을 적용하여 임하호 취수탑의 댐 수질(최고탁도층의 수심, 수온, 탁도)을 예측하는 다중변수 시계열 예측모델을 개발하였다. 성능 평가 결과 RNN모델의 예측성능이 가장 좋았으며, 수질의 시계열 변동추세도 유사하게 재현하였다. K-water의 통합수질예측시스템(SURIAN) 탑재 수치모델중 조류경보제 지점인 남강댐을 대상으로 예측성능 평가하였다. 물환경 측정망 자료 활용 대비 하절기에 수온, T-P, 남조류세포수 예측성능이 개선되었으며, 저수지 표층보다는 중·하층에서의 개선 정도가 더 큰 것으로 나타났다. 현재 댐상류 수량-수질 통합관측소 운영기간은 2년 내외이며, 관측지점이 확대되고 있는 과도기에 있다. 취득 데이터 정리 및 검증체계는 표준화 하되 각 댐저수지의 수질 특성(녹조, 탁수, 중금속 등)에 따른 활용방안 모색이 필요할 것으로 판단된다. 향후 수량-수질 통합관측소 운영을 통해 수집된 데이터를 활용해서 댐 수질 분포 및 거동 예측, 오염원 추적, 개선대책 수립 및 적용 등 통합적인 물환경관리 의사결정 시스템 구축이 가능할 것으로 판단된다.

» 교신저자 E-mail: qwrs07@kwater.or.kr

O-04

합천댐 방류수온에 따른 황강수계 어류 생태 영향

김자현^{p,c1}, 정선아¹, 김혜지¹, 김광덕¹, 한정호²

¹한국수자원공사 K-water연구원,

²한국수자원공사 물환경처

수자원 관리를 위해 건설된 국내외 수많은 다목적댐은 각종 용수공급, 전력 생산, 홍수, 가뭄 예방 등의 다양한 혜택을 제공하고 있지만 동시에 광범위한 지역의 환경 변화를 야기하여 생태계에 직·간접적인 영향을 미친다. 본 연구 대상인 합천댐은 1988년 준공되어 각종 용수공급 및 전력을 생산하고 있는 다목적댐으로서 발전방류를 위한 취수구가 댐 하층부에 위치해있어 방류수에 의한 하류 하천의 농작물 냉해, 안개 발생 등의 문제가 제기되었다. 본 연구에서는 방류수온에 따른 어류 생태의 영향을 확인하기 위해 댐 건설 전부터 현재까지 총 6개 지점을 선정하여 황강수계에서 실시된 어류 조사 자료를 바탕으로 군집분석, 하천 건강성 평가 및 수온 모니터링 자료를 비교 분석하였다. 1973년부터 2022년까지 황강수계 상류부터 하류 낙동강 합류부까지 서식 어류를 확인한 결과 총 10과 46종의 어류가 서식하는 것으로 확인되었고, 댐 상류 지점에서는 참갈겨니, 댐 하류 지점에서는 피라미가 우점하는 것으로 나타났다. 생물측정망을 운영하기 시작한 2011년부터 2022년까지 출현 종수가 감소하는 경향을 보였고, 건강성등급 역시 하류로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 월별 수온 모니터링 자료를 분석한 결과, 방류수의 영향을 직접 받는 지점에서 가장 낮은 수온을 보였고 하류로 갈수록 수온이 회복되는 경향을 보였다. 지점 간 수온의 차이가 가장 큰 시기는 4월에서 6월로써 상·하류 간 최대 10℃ 이상의 수온 격차를 보였으며, 이 지역 서식 어류 중 4월에서 6월에 산란하는 어종은 25종 내외로서 이들 어류는 낮은 방류 수온에 의해 산란기 지연, 수정란의 부화율 감소 등 생리학적인 영향을 받을 것으로 판단된다. 본 연구는 수온에 따른 하류 하천의 어류 군집 및 수온 자료를 이용한 결과로써 방류수 수온에 따른 어류의 영향을 정밀분석하기 위해서는 어류의 생리학적 변화 및 산란과 관련된 추가 조사가 필요할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jahkim@kwater.or.kr

O-05

도시 물순환 사업목표에 부합하는 저영향개발 시설배치 표준화 방안 연구 - 안동시 물순환 선도도시 조성사업 도로부문을 중심으로

신주형¹, 박재충¹, 정승호², 권경호³

¹한국수자원공사 안동권지사

²안동시 환경관리과

³(주)스툼워터바이오

수질오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 하천·호소 등 공공수역의 물환경을 적정하게 관리·보전하기 위하여, 「물환경보전법」 제53조의5(비점오염원 관리 종합대책의 수립)에 따라서 시·도별, 소권역별 불투수면적률과 물순환율로 중장기 물순환 목표를 수립한다. 이 중장기 목표관리를 위하여 환경부 고시(2020년 제정) 「비점오염관리를 위한 물순환관리지표 산정지침」에 따라 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토한다. 본 연구는 이 산정지침의 목적에 부합하고, 지침 내의 “저영향개발기법 적용 집수면적”산정식이 갖는 모호성 및 실무 적용상의 오류 발생 가능성을 극복하기 위하여 “도로부문 저영향개발기법 시설배치 표준화 방안”을 도출·개발하여 실증한 결과이다.

“도로부문 저영향개발기법 시설배치 표준화 방안”은 ① 과업구간 기반시설 현황도 작성, ② 적용시설물 설계용량 산정표 작성, ③ 설계용량 / 전체 강우량(25.4mm)에 따른 시설물 적정배치 및 최소 집수면적 구획, ④ 설계도면 - 현장여건 고려 설계용량 정합성 검토 시공 ⑤ 시공 이후 실제 집수면적 구획, ⑥ 개별 또는 전체 시설물의 사업성과 정량화 등 6단계로 구성된다. ①~③ 단계는 계획 및 설계 시기이며, ④~⑥ 단계는 공사 및 효과분석 시기에 해당된다. 이것은 강우유출수의 배수 흐름을 고려하여 “저영향개발기법 적용 집수면적”을 사업의 전 과정에서 실제 여건과 일치되는 도면을 기준으로 관리할 수 있게 한다. 이를 통해, 모든 사업참여자가 표준화된 기초자료를 기반으로 물순환관리지표를 산정하고 중장기 물순환 목표를 수립·관리할 수 있도록 한다. 이번 연구로 개발된 표준화 방안은 환경부 물순환 선도도시 조성사업 중 안동시 도로부문 총 연장 18km에 설치된 약 7,300개의 시설의 설계 및 시공에 반영되었다. 이 표준화 방안을 실제 사업 현장에 적용한 결과, 설계 및 시공 기술자의 사업 이해도가 크게 향상되었고, 이를 통해 도시 물순환 개선사업의 실무 적용 타당성을 확인하였다.

본 연구를 통해 개발된 “도로부문 저영향개발기법 시설배치 표준화 방안”은 저영향개발기법 시설물 적용에 따라 실제 현실과 산정식에 의해 도출된 물순환 관리지표의 정합성을 향상시킬 수 있다. 또한, 원격 모니터링, 강우-유출 수문분석 등 후속 연구를 통해 모의에 따른 개별 시설물의 비점오염원 저감 효율 평가, 물순환 전체 사업의 개선 효과의 신뢰성 향상에 기여하고, 저영향개발기법 적용에 따른 비점오염관리로 수질오염총량제 삭감량을 인정받을 수 있는 계기가 되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: kwonkh@stwater.co.kr

O-06

생태계교란 생물이 국내 하천 어류군집에 미치는 영향

김준완^a, 김규진, MISHEEL BOLD, 최범명, 윤진영, 장민호^c

공주대학교 생물교육학과

외래종은 원래 서식한 적이 없는 지리 범위 이외에 출현하는 모든 생물 종을 뜻하며, 기존에 서식했던 종의 개체군 감소 또는 멸종과 같은 직접적인 피해를 입히고 장기간에 걸쳐 생태계 구조를 변동시키는 등 생물다양성 감소를 유발할 수 있기 때문에 지속적인 모니터링과 관리가 요구된다. 본 연구는 국내 하천에 서식하는 외래종인 배스(*Micropterus salmoides*)와 블루길(*Lepomis macrochirus*)이 어류군집에 미치는 영향을 분석하였다. 2016년부터 2021년까지 한강, 낙동강, 금강, 영산강 수계 및 제주도 내 전체 3,035지점에서 조사한 자료를 활용하였으며, 2016년부터 2018년, 2019년부터 2021년으로 자료를 구분하여 분석하였다. 그 결과, 2016년부터 2018년까지 배스와 블루길은 3,035지점 중 844지점(27.8%)에서 출현하였으며, 2019년부터 2021년까지 배스와 블루길은 897지점(29.6%)에서 출현하여 분포지역이 확산된 경향을 보였다. 또한, 배스와 블루길이 출현한 지역과 출현하지 않은 지역을 비교한 결과, 배스, 블루길 출현 지역에서 평균 종수가 많았으나, 평균 어류평가지수(FAI) 값은 낮은 것으로 확인되었으며 각각의 어류군집은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(PERMANOVA, $P = 0.001$). 16년부터 18년에 배스와 블루길이 미출현하였으나 19년부터 21년에 출현한 지역을 대상으로 출현 전과 출현 후의 어류군집도 차이가 있는 것으로 나타났다(PERMANOVA, $P = 0.001$). 본 연구는 외래종이 국내 하천에 미치는 영향에 대한 정보를 제공하였으며, 향후 생물자원 보존 및 관리 방안을 수립하는 데에 활용될 수 있다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

O-07

환경유전자를 이용한 북한강 수계 2-MIB 발생 특성 분석

유경은^{p1}, 김건희², 권민지¹, 황순진^{c1,2}

건국대학교 환경보건과학과¹, 건국대학교 휴먼앤에코케어 센터²

북한강 수계에서는 2018년부터 지속적으로 이취미물질 2-MIB가 검출되어 상수원 물관리의 중요한 이슈가 되고 있다. 본 연구는 환경유전자(eDNA, eRNA) 수준에서 북한강 수계의 2-MIB 발생 원인종 및 발생 특성을 파악하고자 2019년부터 2021년까지 2-MIB 합성유전자(*mibC*)의 변화를 조사하였다. 또한 Bayesian 모델을 이용하여 수층의 2-MIB 농도 및 *mibC* 유전자 발현에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. *mibC* 유전자는 북한강 전체수계 전역에 걸쳐 분포하였으며, 여름동안 상류수역(의암~청평)에서 고농도로 발생하여 점차 하류(팔당)로 이동하는 경향을 보였다. *mibC* 유전자의 발현을 의미하는 RNA는 3월부터 북한강 수계 일부 수역에서 관찰되기 시작하여 7월~10월에 집중적으로 나타났으며, 겨울에는 거의 확인되지 않았다. *mibC* 유전자 농도와 유전자 발현량의 변화는 수층의 *Pseudanabaena* spp. 세포밀도 및 2-MIB 농도와 유의한 상관관계를 보여주었다. 특히 *P. cinerea*의 *mibC* 유전자와 유전자 발현 사이의 상관관계는 다른 *Pseudanabaena* 종 (*P. yagii*, *P. galeata*)에서 보다 밀접하게 나타났다. Bayesian 네트워크 분석 결과, *Pseudanabaena* 세포밀도는 *mibC* 유전자 copy number에 영향을 미치고, *mibC* 유전자 발현량은 수층의 2-MIB 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 2-MIB 농도와 *mibC* 유전자 발현량(RNA)은 NO₃-N 농도와 민감도가 높게 나타났다.

사사: 본 연구는 한국환경산업기술원의 '수생태계 건강성 확보 기술개발사업(2022003040003)'에 의해 지원되었음.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

O-08

Biotic interactions regulate regional-scale biodiversity patterns

김석현^{PC}

강원대학교 생명과학과

Interspecific interactions (e.g., competition, mutualism) are recognized as important factors determining species distributions and biodiversity. Although effects of interspecific interactions have often been observed at local scales, much less is known about consequences at larger spatial scales. Here, I studied nest associations of stream fishes - widespread reproductive mutualism between host (nest-builder) and beneficiary (nest associate) species in North America - as a model system to examine the role of positive interactions in determining the metapopulation-level relationship and metacommunity biodiversity. Using regional data of fish distribution in the Midwestern US, I found that the watershed-level occupancy of host species (i.e., metapopulation occupancy) remarkably increased that of nest associates. Further, host species played an integral role in enhancing local species richness (α diversity) but not at the regional scale (γ diversity). Such findings highlighted that positive interactions were likely to cause biotic homogenization by decreasing β diversity (spatial variation in species composition). This study provides insightful evidence that positive biotic interactions have larger scale consequences for species distributions and biodiversity patterns than previously thought. Successful biodiversity conservation may need a broader framework that appreciates the role of positive biotic interactions at larger spatial scales.

» 교신저자 E-mail: seoghyunkim@kangwon.ac.kr

O-09

하천 생태계 내 어류 군집의 생물 다양성 분포 기작 및 지류와 본류의 다양성 관계

홍근혁¹, 오혜지¹, 최예림¹, 이대희¹, 김규진², 김준완², 김명철³, 장민호², 장광현¹

¹경희대학교 환경학및환경공학과

²공주대학교 생물교육과

³SOKN 생태보전연구소

하천 생태계는 넓은 범위에서 상류로부터 하류까지 연속적인 구조를 가지고 있으나, 지역적 관점에서는 유속, 유량 및 물리화학적 특성에 따라 지점 간 이질적인 특성이 나타난다. 특히 지류와 본류로 구분되는 하천의 계층적 구조는 하천의 서식처 다양성에 핵심이 되며 이는 유역 전체 생물 다양성을 유지하는 역할을 한다. 상류에서 하류로의 일방향인 물의 흐름과 반대로 이동할 수 있는 유영능력을 가진 어류는 능동적인 서식처 및 산란처 선택이 가능한 분류군으로, 지류와 본류의 공간적인 생물상 분포에 핵심이 된다. 따라서 하천의 유역 전체의 생물 다양성과 지점의 생물 다양성의 특성 및 유지 기작을 설명하는데 있어 어류의 공간적 분포에 대한 이해가 수반되어야 한다. 본 연구는 낙동강 유역에 위치한 내성천을 대상으로 지류와 본류의 어류 군집 간 다양성 관계를 해석하고 이러한 관계가 하천 유역 전체의 다양성에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 또한 유역 전체에 분포하는 종과 지점 특이적인 종을 유영특성 및 내성범위로 구분하여 군집 전체의 다양성을 유지하는데 기여하는 종을 생물학적 특성에 기반하여 해석하였다. 본 연구 결과는 하천의 생물 군집을 유지하는데 있어서 지류의 중요성을 뒷받침하며, 생물 다양성 보전 측면에서 하천 관리의 방향성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

종적연속성 평가를 통한 어류의 이동개선

황길순¹, 김정희², 윤종학³, 김동역¹

¹(사)한국수생태복원협회, ²(주)에코리서치, ³국립생태원 습지센터

본 연구에서는 국립생태원에서 2021년에 실시한 37개 하천, 883개 횡단시설의 종적연속성 조사 및 평가 자료를 통하여 하천 횡단시설의 구조와 수리특성, 그리고 이에 따른 어류의 시설 통과율을 분석하였다. 또한 이러한 결과로부터 어도의 설치 필요성과 방안을 포함한 어류이동의 개선 방안을 제안하고자 한다. 하천 횡단시설의 유형에 따른 어류통과율은 수직형보다는 경사형에서 높았다. 경사형 횡단시설은 평균 약 30경사, 10cm의 하단 수심, 0.6m의 낙차, 0.15m의 상단수심으로 시설의 규모가 크지 않고, 일정한 수량의 흐름이 있다면 어류의 이동이 가능한 수리특성을 보여 어도가 없는 경우에도 약 10% 정도의 어류통과율을 보였다. 이에 반하여 수직형 횡단시설은 0.7%의 어류통과율로 거의 어류통과를 기대하기 어려운 상태이며, 평균적으로 하단수심 약 10cm, 낙차 0.6m, 상단수심 0.05m를 보였다. 어도형식에 따른 어류통과율은 인공하도식>도벽식>아이스하버식의 순으로 나타났다. 하천 횡단시설에서 어류통과율은 어도가 있는 경우 6.4%, 없는 경우 8.6%로 어도가 어류의 이동에 큰 기여를 하지 못한다는 점과 어도가 없음에도 특정 유형의 횡단시설에서의 어류통과 가능성을 보여주고 있다. 어도는 조사 시기에 따른 어류통과율 변동이 있었으며, 특히 인공하도식은 차이가 크게 나타났다. 이러한 결과는 횡단시설의 개선과 어도설치 또는 개선의 복합적 접근, 그리고 하천구간에 따른 어도형식의 선택 등과 같은 수생태계 연속성 확대 전략의 필요성을 보여준다. 또한, 어도의 설치 판단과 개선에서 어도형식의 선정과 구조의 주요한 방향을 제시한다. 하천 수생태계 연속성 조사 및 평가에 시설 및 수리특성에 대한 현황조사 항목을 추가 반영한다면 향후 단위시설 및 하천 구간에서의 어도계획을 포함한 종적연속성 확보 방안의 마련에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: gilsonh@naver.com

2023년
한국하천호수학회
추계 학술발표대회

포스터발표

<주제별 분류표 및 발표 안내>

포스터	분류코드	주 제	발표번호	발표시간
I	A	수계 환경 및 수생태 모니터링	01-22	2023년 10월 20일(금) 12:30 - 13:00
II	B	eDNA 생태모니터링	23-30	2023년 10월 20일(금) 17:00 - 17:30
	C	생태모델링	31-32	
	D	생태독성 및 분자생물학적 평가	-	
	E	개체군/분자생태	33-36	
	F	군집생태	37-40	
	G	생태계생태 및 응용생태(경과/복원)	41	
	H	동위원소 생태환경 진단	42-44	
	I	기타	45-48	



포스터발표

AP 수계 환경 및 수생태 모니터링

- AP-01 **The Quality Control Method in the Laboratory Analysis of Aquatic Ecosystem Health Monitoring and Assessment: Permanent Mounting Slides Tool Development Using Benthic Diatoms**
Jae-Ki Shin¹, Nan-Young Kim², Yongeun Park², Kyung-Lak Lee³, Baik-Ho Kim⁴,
Yong-Jae Kim⁵, Han-Soon Kim⁶, Jung Ho Lee⁷, Hak Young Lee⁸, and Soon-Jin Hwang²
¹Limnoecological Science Research Institute Korea (THE HANGANG), ²Konkuk University,
³National Institute of Environmental Research, ⁴Hanyang University, ⁵Daejin University,
⁶Kyungpook National University, ⁷Daegu University, ⁸Chonnam National University, Republic of Korea
- AP-02 **Comparison of Phytoplankton Biomass Distribution between the Main Stream and Tributaries in the Lower Reaches of a Large River (Geum), South Korea**
Jae-Ki Shin¹ and Nan-Young Kim²
¹Limnoecological Science Research Institute Korea (THE HANGANG), Republic of Korea
²Department of Environmental Health and Science, Konkuk University, Republic of Korea
- AP-03 **하천정비가 수변 및 서식환경 변화에 미치는 영향-구미천을 중심으로-**
김수진^a, 문효정, 박제철^c
금오공과대학교 환경공학과
- AP-04 **무심천과 석남천의 연속성 평가 및 연속성 복원 방안**
윤영진^{a1,2}, 배대열¹
(주)한국생태네트워크¹, 충남대학교 생명과학과²
- AP-05 **하천 및 호소에서 관찰된 기형 두꺼비(*Bufo gargarizans*) 유생**
강희진^{bc}, 김국진
(주)한국생태네트워크
- AP-06 **열린하구와 닫힌하구의 환경요인이 부착돌말 군집과 TDI(Trophic Diatom Index)에 미치는 영향**
홍현철^a, 김용재^c
대진대학교 생명과학과
- AP-07 **댐 준설에 따른 수생태계 먹이망 구조 변화 분석**
이다영^{a1}, 이대성¹, 강의태², 박영석¹
경희대학교 생물학과¹, 한국농어촌공사²
- AP-08 **대청호 서화천 퇴적층 내 남조류 휴면포자 분포**
호혜인^{a1}, 박채홍², 황순진¹
¹건국대학교 환경보건과학과, ²건국대학교 Human and Eco Care Center
- AP-09 **낙동강하구의 갈피(seagrass) 분포 현황**
박정임¹, 박희순^{a2,3}, 배종일¹, 김구연^{a4,5*}
¹수중생태기술연구소, ²부산대학교 생명시스템학과, ³낙동강하구에코센터, ⁴경남대학교 과학교육과,
⁵경남대학교 생물다양성센터
- AP-10 **낙동강하구 을숙도 갯벌에서 고니류의 먹이식물 새섬매자기(*Bolboschoenus planiculmis*) 군락의 장기 변화 연구**
김구연^{a1,2*}, 박희순^{a3,4}, 이원호⁴, 김지윤⁵
¹경남대학교 과학교육과, ²경남대학교 생물다양성센터, ³부산대학교 생명시스템학과, ⁴낙동강하구에코센터,
⁵군산대학교 생명과학과

- AP-11 **하천 유역 및 환경 차이에 따른 어류 서식지적합도지수(HSI) 개발 연구**
박승환^{p1}, 박창률¹, 박배경², 박성애², 김동익³, 김태교³, 김석현¹, 허준욱^{4c}
¹강원대학교 생명과학과, ²(주)생물모니터링센터, ³국립환경과학원, ⁴군산대학교 해양생명과학과
- AP-12 **Effect of the estuary re-opening on glass eel (*Anguilla japonica*) abundance in the Nakdong River Estuary**
Donghyun Hong^{p1}, SeungBeen Heo¹, Hyunbin Jo^{1,2}, Dong-Kyun Kim³, Kwang-Seuk Jeong⁴, Gea-Jae Joo^{c,1}
¹Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea
²Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Korea
³K-water Research Institute, Yuseong-gu, Daejeon 34045, Republic of Korea
⁴Department of Nursing Science, Busan Health University, Busan 49318, Republic of Korea
- AP-13 **국내 생물측정망 부착돌말지수(TDI) 예측을 위한 주요 종 선정 방법**
김동영^{p1}, 나민영¹, 이한필², 황순진^{c1}
¹건국대학교 환경보건과학과, ²주식회사 이티위터
- AP-14 **하천-호수 복합구조 의암호에서 식물플랑크톤 군집의 계절적 변화양상**
심연보^p, 나민영, 황순진^c
건국대학교 환경보건과학과
- AP-15 **18S rRNA V9 primer를 이용한 국내 연안 서식 어류의 위 내용물 분석**
박지원^{p1}, 지창우², 유태식², 박기연² 곽인실^{c1,2}
¹전남대학교 환경해양학과, ²전남대학교 수산과학연구소
- AP-16 **국내 일부 하천을 대상으로 저서성대형무척추동물을 활용한 퇴적물건강성 분석**
김명철^{p1}, 김지원¹, 이택근¹, 김정우¹, 곽인실², 유태식²
¹SOKN생태보전연구소, ²전남대학교 수산과학연구소
- AP-17 **낙동강 하구 복원 평가를 위한 안정동위원소기법 활용**
: 낙동강 하구 개방으로 인한 기수조성 구간 서식생물의 영양단계와 연속성 해석
원은지^{p1,2}, 김도균¹, 조하은¹, 이상욱³, 김동균⁴, 최지웅⁵, 박정호⁶, 신경훈^{c1}
한양대학교 해양융합과학과¹, 한양대학교 창의융합교육원², K-water 연구원³, 유네스코 물 안보 및 지속가능 물 관리 국제연구교육센터⁴, (주)다운에코⁵, (주) 케이에코⁶
- AP-18 **낙동강 하굿둑 개방으로 인한 퇴적물 내 생지화학적 특성 변화 규명**
백상범^{p1}, 목진숙¹, 이상욱², 김동균³, 한정호^{c1}
한양대학교 해양융합과학과¹, 수자원공사 수자원환경연구소², 유네스코 물 안보 및 지속가능 물 관리 국제연구교육센터³
- AP-19 **Telemetry를 이용한 눈동자개의 이동 특성 연구**
최범명^p, 김규진, 김준완, 윤진영, MISHEEL BOLD, 장민호^c
공주대학교 생물교육학과
- AP-20 **인공습지를 이용한 담수호 유입수의 수질개선효과 평가**
정광욱^{p1}, 이다훈¹, 송찬희¹, 김태경¹, 함중화^{c2}
¹(주)물과환경, ²한국농어촌공사 농어촌연구원
- AP-21 **HSPF/EFDC를 이용한 화성호 상류유역 수질개선효과 평가**
정광욱^{p1}, 강수만¹, 김태경¹, 정인균¹, 함중화^{c2}
¹(주)물과환경, ²한국농어촌공사 농어촌연구원
- AP-22 **대하천 보에 설치된 어도의 어류 이용 현황 및 효과 분석**
김경희^{p1}, 박상현¹, 백승호¹, 이남주², 윤주덕^{c3}
주식회사 에코리서치¹, 경성대학교², 국립생태원 멸종위기종복원센터³

BP eDNA 생태모니터링

- BP-23 **Fecal eDNA metabarcoding for diet analysis of endangered fish species, *Odontobutis obscura*.**
 Kanghui Kim^{P1}, Jeong-Hui Kim², Sang-Hyeon Park^{2,3}, Seung-Ho Baek^{2,4}, Kwang-Seuk Jeong⁵,
 Gea-Jae Joo⁶, Hyunbin Jo^{C1,7}
¹Pusan National University, Department of Integrated Biological Science,
²EcoResearch
³Mokpo National University, Department of Marine Fisheries Resources
⁴Chungbuk National University, Department of Environmental Engineering
⁵Busan Health University, Department of Nursing Science
⁶Pusan National University, Department of Biological Sciences
⁷Pusan National University, Institute for Environment and Energy
- BP-24 **NGS 기법을 활용한 주암호 식물플랑크톤 eDNA 군집 분석**
 김민성^{P1}, 지창우², 곽인실^{C1,2}
¹전남대학교 해양융합과학과, ²전남대학교 수산과학연구소
- BP-25 **미호강 수계에서 현장 조사와 환경유전자 메타바코딩 방법에 따른 어류 군집 비교**
 윤진영^P, 김규진, 김준완, 최범명, MISHEEL BOLD, 장민호^C
 공주대학교 생물교육학과
- BP-26 **하천 내 어류 eDNA 메타바코딩 검출 효율 비교 연구**
 김근식^{P1}, 유정우¹, 박창득¹, 김근용², 허정수², 윤주덕^{C1}
 국립생태원 멸종위기종복원센터¹, 아쿠아진텍(주)²
- BP-27 **멸종위기 흰수마자의 분포 및 생태 파악을 위한 환경유전자 적용**
 윤주덕^{P1}, 김근식¹, 박은희¹, 김근용², 허정수²
¹국립생태원 멸종위기종복원센터, ²(주)아쿠아진텍
- BP-28 **거미줄에 존재하는 절지동물의 환경유전자(eDNA) 분석**
 김건희^{P1}, 김승태²
¹건국대학교 휴먼앤에코케어센터, ²건국대학교 생명환경연구소
- BP-29 **생물막의 환경유전자를 이용한 미호강 수계 부착돌말류 건강성 평가**
 김건희^{P1}, 조현진¹, 박채홍¹, 이하영¹, 김정희², 장민호³, 정현기^{C4}
¹건국대학교 휴먼앤에코케어센터, ²주식회사 에코리서치, ³공주대학교 생물교육과, ⁴국립환경과학원
 금강물환경연구소
- BP-30 **담수생태계 환경유전자 기법 활용의 한계와 가능성: 동물플랑크톤 중심 군집 분석 및 먹이망 구조 해석을
 위한 활용**
 장광현^{P1}, 오혜지¹, 채연지², 최예림¹, 김용재³, 조현빈⁴
 경희대학교 환경학및환경공학과¹, 한국환경산업기술원², 대진대학교 의생명과학전공³, 부산대학교
 환경 에너지연구소⁴

CP 생태모델링

- CP-31 **국내 생물축정량 저서동물지수(BMI) 산정에 영향을 미치는 주요종 도출**
 조효영^{P1}, 나민영¹, 이한필², 황순진^{C1+}
¹건국대학교 환경보건과학과, ²주식회사 이티위터
- CP-32 **Machine- and Deep Learning Modelling Trends for Predicting Harmful Cyanobacteria Blooms and
 Associated Metabolites in Inland Waters: Comparison of Algorithms, Input Variables, and Learning
 Data Number**
 Jae-Ki Shin^{P1}, Yongeun Park², and Soon-Jin Hwang²
¹Limnoecological Science Research Institute Korea (THE HANGANG), Republic of Korea

²School of Civil and Environmental Engineering, Konkuk University, Republic of Korea
³Department of Environmental Health and Science, Konkuk University, Republic of Korea

EP 개체군/분자생태

- EP-33 국내 서식 곱사등물벼룩속(*Genus Scapholeberis*)의 성장 특성 및 생체량 분포 연구
오혜지^{a1}, 홍근혁^{a1}, 김용재^{a2}, 박영석^{a3}, 장광현^{a1}
^{a1}경희대학교 환경학및환경공학과, ^{a2}대진대학교 생명과학과, ^{a3}경희대학교 생물학과
- EP-34 제주정수장 정수 공정 과정 출현 깔따구류 유충과 취수원 및 인근하천 유충 종 비교
박재원^{a1}, 김원석^{a1}, 곽인실^{a1}
^{a1}전남대학교 환경해양학과
- EP-35 인공증식 여울마자의 포식 위험 자극원 노출 기간에 따른 회피행동 변화
허문성^{a1}, 장민호^{a2}, 윤주덕^{a1}
^{a1}국립생태원 멸종위기종복원센터, ^{a2}공주대학교 생물교육과
- EP-36 Stomach contents of Juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* : comparison of morphological and DNA-based analyses
Gwangmuk Lim^{a1}, Kanghui Kim^{a2}, Jeong Soo Gim^{a2}, Donghyun Hong^{a2}, Yerim Lee^{a2}, Hyunbin Jo^{a3}, Gea Jae Joo^{a1,2}
^{a1}Department of Life Science and Environmental Biochemistry, Pusan National University, Busan 46241, Korea
^{a2}Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea
^{a3}Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Korea

FP 군집생태

- FP-37 담수생태계 내 어류 군집의 출현 양상에 대한 생물 및 환경 요인 영향 분석
최시현^a, 이대성^a, 박영석^c
경희대학교 생물학과
- FP-38 소형저수지에서 외래종이 어류 종 다양성 및 군집구조에 미치는 영향
김수남^a, 박창률^a, 박승환^a, 김석현^c
강원대학교 생명과학과
- FP-39 Fitness decrease of predominant fish associated with food source shift resulting from estuary re-opening
Jeong-Soo Gim^{a1}, Donghyun Hong^{a1}, Dong-Kyun Kim^{a2}, Erik Jeppesen^{a3}, Kwang-Seuk Jeong^{a4}, Gea-Jae Joo^{a1} and Hyunbin Jo^{a1,5}
^{a1}Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea
^{a2}K-water Research Institute, Daejeon 34085, Republic of Korea
^{a3}Department of Ecoscience, Aarhus University, Aarhus 8000, Denmark
^{a4}Department of Nursing Science, Busan Health University, Busan, Republic of Korea
^{a5}Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Korea
- FP-40 한국의 큰고니 개체수 및 분포 장기 변화
이예림^{a1}, 임광목^{a2}, 손현희^{a3}, 조현빈^{a3}, 주기재^{a4}
^{a1}부산대학교 생명시스템학과, ^{a2}부산대학교 생명환경화학학과, ^{a3}부산대학교 환경에너지연구소, ^{a4}부산대학교 생명과학과

GP 생태계생태 및 응용생태(경과/복원)

- GP-41 낙동강 하구에서 우수기 환경변동과 거머리말(*Zostera marina*)의 생장특성
 김정배^{PC1}
¹국립수산과학원 중앙내수면연구소

HP 동위원소 생태환경 진단

- HP-42 안정동위원소를 이용한 기수역 호수 내 가송어(*Planiliza haematocheilus*)의 영양단계 모니터링
 이대희^{P1}, 오혜지¹, 최예림¹, 김현준¹, 홍근혁¹, 김정희², 원두희³, 장광현¹
¹경희대학교 환경학및환경공학과, ²에코리서치, ³생태조사단 두회자연환경연구소
- HP-43 Insights into ontogenetic niche changes in bluegill, *Lepomis macrochirus*, applying combined analyses of stomach content and stable isotopes
 광영호¹, 김승용¹, 최보형^{CP1}
¹국립수산과학원 중앙내수면연구소
- HP-44 New method develop to reveal DOM source contribution in a river watershed using end-member mixing analysis with spectroscopic indices and $\delta^{13}C$ -DOC isotopes
 Min-Seob Kim^{1P}, Seoyeon Hong¹, Bo Ra Lim¹, Soohyung Lee², Yujeong Huh¹
¹Environmental Measurement and Analysis Center, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, South Korea
²Fundamental Environmental Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, South Korea

IP 기타

- IP-45 현행 ISO 하천유량측정 기준에 의거한 전자파표면유속계를 이용한 유속측정 불확도 산정
 김영성^{PC1}, 박형석¹, 김자현¹, 최경규¹
¹한국수자원공사 K-water연구원
- IP-46 멸종위기 담수어류 및 양서·파충류의 복원 연구 동향 파악
 윤주덕, 권관익, 유정우, 유나경^{C P}
 국립생태원 멸종위기종복원센터 복원연구실 어류·양서파충류팀
- IP-47 물 안보 달성을 위한 생태가치 중요성과 미래방향성 제시
 김준서^{P1}, 홍희진¹, 송영석¹, 최서형¹, 김동균^{CP1,2}
¹유네스코 물 안보 국제연구교육센터(UNESCO i-WSSM), ²K-water연구원
- IP-48 담수산 자치어의 종 동정에 활용 가능한 형질 연구
 MISHEEL BOLD^P, 김규진, 김준완, 최범명, 윤진영, 김준영, 이재석, 김영태, 장민호^C
 공주대학교 생물교육학과

AP-01

The Quality Control Method in the Laboratory Analysis of Aquatic Ecosystem Health Monitoring and Assessment: Permanent Mounting Slides Tool Development Using Benthic Diatoms

Jae-Ki Shin¹, Nan-Young Kim^{P2}, Yongeun Park², Kyung-Lak Lee³, Baik-Ho Kim⁴,
Yong-Jae Kim⁵, Han-Soon Kim⁶, Jung Ho Lee⁷, Hak Young Lee⁸, and Soon-Jin Hwang^{c2}

¹Limnoecological Science Research Institute Korea (THE HANGANG), ²Konkuk University,

³National Institute of Environmental Research, ⁴Hanyang University, ⁵Daejin University,

⁶Kyungpook National University, ⁷Daegu University, ⁸Chonnam National University, Republic of Korea

Benthic diatoms, a major primary producer in lotic stream and river ecosystems are micro-sized organisms and require a highly magnified microscopic technique in the observation work. Thus, it is often not easy to ensure accuracy and precision in both qualitative and quantitative analyses. This study proposed a new technique applicable to improve quality control of aquatic ecosystem monitoring and assessment using benthic diatoms. In order to meet the purpose of quality control, we developed a permanent mounting slide technique which can be used for both qualitative and quantitative analyses simultaneously. We designed specimens with the combination of grid on both cover and slide glasses and compared their efficiency. As a result of observation and counting of benthic diatoms, the slide glass designed with the color-lined grid showed the highest efficiency compared to other test conditions. We expect that the method developed in this study could be effectively used to analyze benthic diatoms and contributed to improve the quality control in aquatic ecosystem health monitoring and assessment.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

AP-02

Comparison of Phytoplankton Biomass Distribution between the Main Stream and Tributaries in the Lower Reaches of a Large River (Geum), South Korea

Jae-Ki Shin^{p,c1} and Nan-Young Kim²

¹Limnoecological Science Research Institute Korea (THE HANGANG), Republic of Korea

²Department of Environmental Health and Science, Konkuk University, Republic of Korea

Currently, the lower parts of most rivers in South Korea are closed by estuary barrages, so not only they are strongly regulated hydraulic- and hydrologically except during flood events, but the aquatic ecosystems upstream and downstream are severely disconnected throughout the year. In addition, as several weirs have been built in the freshwater zone upstream, the anthropogenic impacts are more diverse and complex. Particularly, estuarine ecosystems have a very vulnerable structure to the influence of major upstream point pollution sources (e.g., WWTPs, CSOs), and above all, the results can be determined by phytoplankton biomass. This study was investigated basic water quality environmental factors, chlorophyll-*a* (chl-*a*) concentration, and phytoplankton species composition in the main river and tributaries of the lower reaches of the Geum River in the spring and fall of 2023 to determine the impact of major pollution sources located in the basin. Chl-*a* concentrations were extremely high in the tributary (164.5 mg m⁻³) compared to the main river (80.5 mg m⁻³). Seasonally, the tributary (203.7 mg m⁻³) tended to be remarkably higher in spring and the main river (93.0 mg m⁻³) in fall. At this time, the water color was clearly dark brown or green, respectively, and it was related to water turbidity and phytoplankton composition. High densities of phytoplankton in the estuaries of large rivers or tributaries were persistent due to structural or non-structural problems such as urban treated wastewater, agricultural drainage, and prolonged retention. In the future, the multifaceted attention was needed on internal and external management measures for water quality to restore a sustainable estuary ecosystem.

» 교신저자 E-mail: shinjaeki@gmail.com

AP-03

하천정비가 수변 및 서식환경 변화에 미치는 영향 -구미천을 중심으로-

김수진^p, 문효정, 박제철^c

금오공과대학교 환경공학과

본 연구는 경북 구미시에 위치한 구미천(도시하천)을 상류에서 하류까지 G1~G5 5개 구간으로 나누어 하천정비사업 전·후의 수변&서식환경 건강성을 모니터링하며 하천정비가 구미천에 미치는 영향을 분석하였고, 또한 G1~G5 구간의 제외지 토지이용을 투수, 반투수, 불투수 면적을 산정하여 하천의 훼손도를 평가하였다. G1(상류수계)은 하천정비사업 전·후의 건강성 등급이 거의 변화가 없었고, 불투수 면적의 비율은 2%로 수생태계 건강성 및 다양성이 비교적 잘 보존되고 있었다. G2(중상류)는 하천정비 전·후의 건강성 등급은 C등급에서 D등급으로 감소하였고, 이는 하천정비가 실시됨에 따라 산책로 조성, 횡구조물 및 제방축조 등으로 인해 불투수 비율이 23%로 증가하면서 불투수면적 훼손도 평가결과 손상하천(11~25%)으로 평가되었다. G3(중류)는 하천정비 전·후의 건강성 점수는 약간 감소하였지만 건강성 평가등급에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났으며, 특히 2005년에 제외지의 콘크리트 주차장을 철거하는 하천정비로 인해 불투수 비율이 26%에서 19%로 크게 감소하는 결과를 보여 G2구간과 다르게 하천정비가 수생태계 건강성을 향상시키는 좋은 사례로 평가되었다. G4(중하류)와 G5(하류)는 하천정비가 실시됨에 따라 G2구간과 마찬가지로 서식 및 수변환경 건강성 평가점수는 약간 감소하는 경향을 보였으나 하천정비 전·후 수생태계 건강성 평가등급은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 구미천은 하천정비를 통해 제외지 양안에 석축하안공, 자전거도로(산책로)를 설치하였고, 제외지공간은 복단면사다리꼴 형태로 단순화되었고 수로는 직강화 되어 도시하천의 전형적인 공간구조를 나타냈다. 하천정비로 인해 건강성 등급은 C등급에서 D등급으로 약간 감소하였고, 불투수면적 비율은 12%로 불투수면적 훼손도 평가결과 민감하천(10% 이하)에서 손상하천으로 수생태계가 훼손된 것으로 평가되었다. G3구간과 같이 하천정비를 통해 수생태계 건강성을 향상시키기 위해서는 생태적인 관점에서 하천의 특성에 맞는 맞춤형 생태하천정비가 이루어져야 하고, 일방적인 치수와 방재 중심의 하천정비는 오히려 수생태계 건강성을 악화시킬 가능성이 높을 것으로 평가되었다.

▶ 교신저자 E-mail: pjc1963@kumoh.ac.kr

AP-04

무심천과 석남천의 연속성 평가 및 연속성 복원 방안

윤영진^{1,2}, 배대열¹

¹한국생태네트워크

²충남대학교 생명과학과

본 연구는 미호강의 지류하천인 무심천과 석남천 총 2개 하천의 하천 수생태계 연속성 평가, 그리고 연속성 복원 방안을 마련하였다. 무심천과 석남천은 청주시를 관류하며, 이후 미호강 중류에 합류하는 하천이다. 본 연구 하천에 대한 조사는 2022년 8월부터 2023년 8월까지 진행되었으며, 보, 어도와 같은 인공 구조물의 계측, 인공 구조물 하류의 어류 채집, 그리고 인공 구조물의 용도를 파악하였다. 어류 조사결과 무심천에서 30종, 석남천에서 11종이 출현하였으며, 법정보호종의 서식은 확인되지 않았다. 구조물 단위 평가 결과 무심천의 44개소 모두 ‘단절’로 평가되었으며, 석남천은 7개소 모두 ‘단절’로 평가되었다. 하천 단위 평가 결과 무심천은 하천 연장 대비 7.8%의 연속성이 확보되어 ‘단절’로 평가되었으며, 석남천은 14.1%의 하천 단위 연속성이 확보되어 ‘훼손’으로 평가되었다. 하천의 연속성의 복원을 위하여 인공 구조물의 용도를 파악하였다. 분석 결과 인공 구조물은 무심천과 석남천 하류부의 각각 2개소에서 뚜렷한 용도가 없어 연속성 복원이 가능한 것으로 나타났다. 인공 구조물 개선에 따른 연속성 복원 구간은 무심천의 인공 구조물 2개소를 복원하여 하천 연장 34.5 km 대비 3.3 km, 9.9%의 연속성이 확보되며, 석남천은 2개소를 복원, 하천 연장 13.5 km 대비 7.0 km, 51.9%의 연속성이 확보될 것으로 나타났다. 본 연구는 하천 수생태계 연속성 평가 및 복원의 일부 과정을 제시하는 연구 결과로 판단된다. 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다.(2020003050004)

▶ 교신저자 E-mail: bdy@eco-net.co.kr

AP-05

하천 및 호소에서 관찰된 기형 두꺼비(*Bufo gargarizans*) 유생강희진^{PC}, 김국진

(주)한국생태네트워크

질병 감염은 전세계적인 양서류의 감소의 원인 중 하나이다. 양서류의 질병은 바이러스, 박테리아, 기생충 등 다양한 원인에 의해 발생한다. 양서류는 환경의 건강성을 반영하는 Bioindicator로 알려져 있다. 질병에 의해 발생한 양서류의 기형은 환경의 질을 반영하기 때문에, 양서류의 질병을 관찰하고 모니터링 하는 것은 환경 모니터링과 관리측면에서 중요한 요소이다. 본 연구에서는 국내 양서류 질병 관리를 위한 데이터의 하나로, 자연 생태계에서 관찰된 두꺼비 유생의 기형을 보고하고자 한다. 두꺼비 유생의 기형(부풀어 오른 몸)은 2022년 5월 10일 고흥군의 산지형 하천, 2023년 5월 3일 함안군에 위치한 질날벌(호소)에서 관찰되었다. 이러한 기형의 원인으로는 질산암모늄에 노출, 라나바이러스에 감염 등이 보고되어 있다. 이 중 질산암모늄은 농업용 비료에 주로 사용되는 무기화합물로, 두 관찰 지점 옆으로는 농경지가 위치해 있었다. 본 연구는 자연 생태계에서 관찰된 기형 두꺼비 유생에 관한 보고를 통해 국내 양서류의 질병 모니터링과 관리 측면에서 기초자료로서 활용될 것이다.

▶ 교신저자 E-mail: khj@eco-net.co.kr

AP-06

열린하구와 닫힌하구의 환경요인이 부착돌말 군집과 TDI(Trophic Diatom Index)에 미치는 영향

홍현철^p, 김용재^c

대진대학교 생명과학과

하구는 하천과 바다가 만나는 지점으로 담수와 해수가 혼합하는 전이 수역이기 때문에 조수 및 계절에 따른 변화가 크게 나타나는 독특한 환경을 가진다. 하구가 가지는 전이 수역의 특성상 높은 1차 생산성과 종 다양성으로 인해 높은 생태적 가치를 가지고 있다. 하지만 하구를 중심으로 한 인구 밀집에 따른 지속적인 발전과 변형으로 인해 생태계의 파괴가 유발되고 있다. 국내에서는 이러한 하구 수생태계의 건전성을 보전하고 훼손된 생태계를 복원하기 위하여 부착돌말, 어류, 저서성대형무척추동물 등 여러 가지 수생 생물 등을 이용한 생물학적 건강성 평가를 실시하고 있다. 이 중 부착돌말을 이용한 건강성 평가 방법인 TDI(Trophic Diatom Index)는 부착돌말의 성장에 직접적으로 영향을 주는 인산염을 기준으로 하는 평가 방법으로 국내 모든 하구에 동일하게 적용되고 있다. 그러나 국내 하구는 하구둑과 방조제, 수문 등의 횡단 구조물의 유무에 따라 열린하구와 닫힌하구로 구분된다. 하구순환이 단절되어 있는 닫힌하구에서는 해당 수역에서 영양염의 농축, 해수 유입의 차단 등으로 인해 열린하구와 다른 서식 환경과 수질을 보이며 이러한 차이는 해당 생태계를 구성하는 생물상에 영향 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 2020년부터 2022년까지 국내 동해와 서해의 하구를 대상으로 하구 순환 유무에 따른 열린하구와 닫힌하구에서의 부착돌말 군집을 유사도 분석을 통해 그룹화하여 해당 그룹에서의 환경요인과 TDI 간의 상관성을 비교 및 분석하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: yjkim@daejin.ac.kr

AP-07

댐 준설에 따른 수생태계 먹이망 구조 변화 분석

이다영¹, 이대성¹, 강의태², 박영석¹

¹경희대학교 생물학과,

²한국농어촌공사

댐은 수생태계의 수리수문학적인 특성을 변화시키며 서식지 환경 및 생물상에 영향을 미친다. 한편, 이러한 변화와 관련하여 서로 다른 영양단계에 속하는 다양한 분류군을 포함한 먹이망과 같은 실제 상호작용의 변화를 수행한 연구는 제한적이다. 이 연구에서는 전라남도에 위치한 나주댐과 장성댐을 대상으로 하여, 댐 준설 전후의 수생태계 변화를 생물 다양성 및 에너지 흐름(먹이망) 측면에서 분석하고자 하였다. 생물 자료는 댐 준설 공사 전, 공사 중 및 운영시(2010년-2018년)의 생물 데이터를 포함하며, 연평균 자료를 사용했다. 공사 전 자료에서는 식물플랑크톤, 저서성 대형무척추동물, 어류 자료가 포함되고, 나머지 자료는 저서성 대형무척추동물과 어류 자료로 이루어져 있다. 분석은 분류학적 측면 및 먹이망 구조 측면에서 수행되었다. 먹이망 내 상호작용 정보는 문헌조사를 통해 수집하였으며 생물 종의 유무만을 고려하여 분석하였다. 먹이망 구조를 반영하는 먹이망 지수를 계산하여 이를 기반으로 생태계의 변화를 분석하였다. 이 연구는 댐 준설로 인한 생물상의 변화를 추적하고 실질적인 변화를 조사함으로써, 생태계 변화를 예측하고 대응하기 위한 정보를 제공함으로써, 수생태계 보전 및 관리에 기여할 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: E-mail: parkys@khu.ac.kr

AP-08

대청호 서화천 퇴적층 내 남조류 휴면포자 분포

호혜인^{P1}, 박채홍², 황순진^{C1}¹건국대학교 환경보건과학과²건국대학교 Human and Eco Care Center

매년 남조류가 대발생하는 대청호 서화천 수역에서 남조류 발생 잠재성과 직접 연결되는 휴면포자 분포를 파악하고자 서화천 추소정 인근 400m 반경의 지역에서 50m 간격으로 41개 지점에 대해 2023년 3월에 조사를 수행하였다. Core sampler를 이용하여 sediment를 채집하였으며, 퇴적층 깊이별 (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 cm) 휴면포자 현존량을 Ludox method로 분석하였다. 조사지점의 수심은 최소 0.9 m ~ 최대 9.3 m로 나타나 지점 간 큰 차이를 보였다. 조사 대상 모든 지점에서 평균 745 cells/g의 휴면포자가 출현하였으며, 조사지점과 퇴적층 깊이별로 현존량의 차이가 나타났다. 특히 하천 가장자리(수변부) 지점에서 휴면포자 밀도가 가장 높았으며, 3316 ~ 4,472 cells/g 범위로 나타났다. 그 외의 수변에 가까운 지점들에서도 1,300 cells/g 이상의 휴면포자가 관찰되었다. 물길이 흐르는 통로인 중앙부에서의 밀도는 상대적으로 매우 낮게 나타났다. 퇴적층 깊이별로는 0 ~ 5cm에서 6,927 cells/g으로 휴면포자 밀도가 가장 높았으며, 30 ~ 35cm에서 20 cells/g으로 가장 낮았다. 또한, 15 ~ 20cm의 퇴적층 깊이에서도 표층과 비슷하게 6,247 cells/g의 높은 밀도가 나타났다. 조사지역에 관찰된 휴면포자는 대부분 *Dolichosporium circinale*의 휴면포자로 확인되었으며, 이외에도 형태적으로 다른 일부 포자들(*Anabaena* sp. *Cylindrospermum* sp.)도 관찰되었다. 조사수역에서 중앙부의 물흐름을 제외한 수변부 지점은 유속이 매우 느리며 수심이 낮고 퇴적물이 퇴적되기 용이하므로 형성된 휴면포자가 안정적인 침강이 이루어졌으며 연속적인 퇴적으로 인해 깊은 퇴적층에서도 많은 휴면포자가 분포된 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 한국환경산업기술원의 '수생태계 건강성 확보 기술개발사업(2022003040003)'에 의해 지원되었음.

✉ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

AP-09

낙동강하구의 잘피(seagrass) 분포 현황

박정임¹, 박희순^{2,3}, 배종일¹, 김구연^{4,5*}

¹수중생태기술연구소, ²부산대학교 생명시스템학과, ³낙동강하구에코센터,
⁴경남대학교 과학교육과, ⁵경남대학교 생물다양성센터

본 연구는 2023년 5~6월 낙동강하구에 생육하는 잘피 분포 현황을 조사하기 위해 실시하였다. 잘피 서식 면적을 조사하기 위해 낙동강하구를 7개 구역으로 구분하여 드론을 이용한 항공촬영을 실시하여 잘피서식을 확인한 후 조간대에서는 도보로, 조하대에서는 선박 및 잠수조사로 GPS 트래킹을 실시하였다. 잘피 현황을 분석하기 위해 각 구역에 대표적으로 출현하는 잘피의 종별 형태적 특성, 생육밀도와 생체량을 측정하였다. 낙동강하구에는 애기거머리말, 거머리말, 줄말과 게바다말이 출현하였고, 각 종의 분포면적은 각각 338.2 ha, 92.9 ha, 0.9 ha와 1.4 ha로 총 잘피서식지 면적은 432.5 ha로 조사되었다. 애기거머리말은 낙동강하구 대부분의 사주와 갯벌에 넓게 분포하였고, 거머리말은 눌차도, 진우도와 다대동에 서식하였다. 줄말은 을숙도와 명지갯벌의 애기거머리말 서식지내에 출현하였고, 게바다말은 다대동의 암반에 생육하였다. 애기거머리말, 거머리말, 줄말과 게바다말의 생육밀도는 각각 $4,575.8 \pm 338.3$ shoots m⁻², 244.8 ± 12.0 shoots m⁻², $11,302.1 \pm 290.0$ shoots m⁻²와, $2,862.5 \pm 153.5$ shoots m⁻²이었다. 생체량은 각각 239.7 ± 18.5 gDW m⁻², 362.3 ± 20.5 gDW m⁻², 33.3 ± 1.2 gDW m⁻²와, $1,290.0 \pm 37.0$ gDW m⁻²이었다. 본 연구 결과 낙동강하구에는 애기거머리말이 우점하였고, 특히, 을숙도, 대마등과 명지갯벌의 애기거머리말 서식지는 국내 최대 규모로 형성되었음을 알 수 있었다. 낙동강하구는 생태적, 환경적, 경제적 가치가 높은 중요한 곳으로, 이곳에 생육하는 잘피의 지속적 조사와 관리가 필요하다.

사사: 본 논문은 2023년도 부산녹색환경지원센터의 연구사업비 지원을 받아 연구되었습니다(연구과제번호; 23-2-70-76).

▶ 교신저자 E-mail: kimguyeon@kyungnam.ac.kr

AP-10

낙동강하구 을숙도 갯벌에서 고니류의 먹이식물 새섬매자기(*Bolboschoenus planiculmis*) 군락의 장기 변화 연구

김구연^{c1,2*}, 박희순^{p3,4}, 이원호⁴, 김지윤⁵

¹경남대학교 과학교육과, ²경남대학교 생물다양성센터, ³부산대학교 생명시스템학과,
⁴낙동강하구에코센터, ⁵군산대학교 생명과학과

본 연구는 2020년부터 2023년까지 을숙도에서 천연기념물 큰고니와 고니 등의 주요 먹이원인 새섬매자기의 분포와 방류량과 강우량 및 염분농도를 분석하였다. 2007년 11월부터 2023년 3월까지 16년간 을숙도 남단에서 관찰된 고니류 평균 개체수는 789개체이었다. 을숙도 갯벌의 새섬매자기 분포면적은 2020년 103,672 m², 2021년 95,240m², 2022년 88,163m², 2023년 110,879m²으로 2004년 400,925m² 면적과 비교하여 급격하게 감소한 것으로 관찰되었다. 새섬매자기의 2020년부터 2023년까지 생육밀도는 각각 243.6±12.5 m⁻², 135.45±7.38 m⁻², 51.10±2.54 m⁻², 238.20±16.36 m⁻² 이었으며, 생체량은 각각 199.89±28.01 gDW m⁻², 18.57±5.12 gDW m⁻², 6.55±1.12 gDW m⁻², 153.53±25.43 gDW m⁻²으로 생장은 2020년, 2023년, 2021년, 2022년 순으로 양호하게 나타났다. 식물의 성장에 영향을 주는 5-7월 기준으로 2020년부터 2023년까지 낙동강하구둑(좌안) 방류량은 각각 62,322m³sec⁻¹, 33,329m³sec⁻¹, 6,810 m³sec⁻¹, 93,641 m³sec⁻¹, 강우량은 각각 1,136mm, 799 mm, 297 mm, 993 mm, 평균염분은 각각 14.7psu, 21.1 psu, 26.1 psu, 14.5 psu 로 관찰되었다. 2022년 급격하게 감소한 누적강우량(978mm, 30년 평균의 약70%)과 방류량(43,226 m³sec⁻¹)으로 평균염분농도(25.46psu)는 가장 높았으며, 새섬매자기의 분포면적, 밀도, 생체량은 모두 급격하게 감소하였다. 2023년 강우량이 회복되면서 방류량이 증가하였고 염분농도가 감소하면서 새섬매자기의 생장은 다시 회복한 것으로 관찰되었다.

사사: 본 논문은 2023년도 부산녹색환경지원센터의 연구사업비 지원을 받아 연구되었습니다(연구과제번호; 23-2-70-76).

✉ 교신저자 E-mail: kimguyeon@kyungnam.ac kr

AP-11

하천 유역 및 환경 차이에 따른 어류 서식지적합도지수(HSI) 개발 연구

박승환^{p1}, 박창률¹, 박배경², 박성애², 김동익³, 김태교³, 김석현¹, 허준욱^{4c}¹강원대학교 생명과학과²(주)생물모니터링센터³국립환경과학원⁴군산대학교 해양생명과학과

하천의 물리 환경은 생물의 생태적 지위에 영향을 준다. 특히, 유량은 하천의 환경을 결정하는 중요한 요인이기 때문에 최적 유량(생태유량) 산정을 통해 생물이 서식할 수 있는 환경을 제공하는 것이 하천 생태계 보전 및 복원에 매우 중요한 요소이다. 이를 위하여 국내외에서 어류의 특성을 파악하는 서식지적합도지수(habitat suitability index, HSI)를 개발하였으나 HSI 산정 및 평가 방법, 정량화 및 데이터베이스 등을 구축 등은 미흡한 실정이다. 본 연구는 2007 ~ 2022년에 축적된 어류 조사자료를 기반으로 유역 및 하천 환경에 따른 HSI를 개발하였다. 총 5개 유역 87종 7만 개체의 자료를 기반으로 각 조사지점에서 국소 및 지리적 환경 요인을 취합하였다. 주성분 분석(principal component analysis) 결과 어류 조사지점은 물리 환경에 따라 3개의 범주로 나뉘었다. 각 범주에서 resource selection function을 기반으로 5종의 HSI를 분석한 결과 피라미(*Zacco platypus*), 참갈겨니(*Zacco koreamus*), 돌고기(*Pungtungia herzi*)는 지리적 분포에 따른 차이를 보였다. 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*)와 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)는 지리적 차이를 보이지 않고 특정 환경을 선호하는 협범위종(specialist)으로 나타났다. 본 연구는 하천의 물리 환경적 특성과 어종의 생태적 특성이 잘 반영된 HSI 개발의 가능성을 보여주었으며 기존의 HSI를 보완하는 동시에 빅데이터를 통합하여 합리적인 HSI를 개발하는 방법을 제시하고 있다.

▶ 교신저자 E-mail: junwhur@kunsan.ac.kr

AP-12

Effect of the estuary re-opening on glass eel (*Anguilla japonica*) abundance in the Nakdong River Estuary

Donghyun Hong^{P1}, SeungBeen Heo¹, Hyunbin Jo^{1,2}, Dong-Kyun Kim³,
Kwang-Seuk Jeong⁴, Gea-Jae Joo^{c,1}

¹Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea

²Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Korea

³K-water Research Institute, Yuseong-gu, Daejeon 34045, Republic of Korea

⁴Department of Nursing Science, Busan Health University, Busan 49318, Republic of Korea

The economical and ecological value of Glass eel (*Anguilla japonica*) is widely appreciated by many studies, but its abundance had been significantly decreased due to habitat fragmentation. To solve this, the Nakdong River Estuary had been open by regulating the sluice of the barrage to aid migration of glass eels. In this research, we conducted glass eel samplings at both upper and lower part of the estuarine barrage during its migration seasons (Jan~May) with fishing boat equipped with lift net (2x2mm) for 3 consecutive years (n=28). Furthermore, we compared the glass eels' Capture Per Unit Effort (CPUE) between before and after the seawater intrusion events. As a result, total 3,355 individuals were captured during the survey, with average CPUE of 4.19 ± 10.2 at the lower estuarine barrage and 0.09 ± 0.32 at the upper estuarine barrage. The spatial distribution of glass eels shifted in accordance with the seawater intrusion event, as higher CPUE were observed during the events. Temporal distribution patterns seems to be affected by various environmental factors, as CPUE within each year showed profound differences in accordance with water temperature and tidal range. Principal Component Analysis (PCA) was conducted to observe additional relationship among each environmental variables and CPUE. The CPUE showed different correlations to same environments depending on the location, as hydrological factors are more closely related to upper part of the estuarine barrage. We therefore conclude that hydraulic management such as discharge management should be needed.

» 교신저자 E-mail: [gjoo@pusan.ac.kr](mailto:gjjoo@pusan.ac.kr)

AP-13

국내 생물측정망 부착돌말지수(TDI) 예측을 위한 주요 종 선정 방법

김동영¹, 나민영¹, 이한필², 황순진¹

¹건국대학교 환경보건과학과

²주식회사 이티워드

최근 수생태계 변화 예측에 대한 관심이 증가하며 머신러닝, 딥러닝 등을 이용한 모델 연구가 진행되고 있으나, 기존의 연구들은 지수 산정에 필요한 대상 생물의 출현밀도를 고려하지 않고 단순히 지수값만을 모델에 학습시키고 예측했다는 한계가 있다. 본 연구는 현재 국가 생물측정망의 건강성 평가 조사분야의 하나인 부착돌말지수(TDI) 예측을 위한 과정으로서, 주요 종을 선정하는 방법을 분석하였다. 기초자료는 전국 수생태계 건강성 조사 지점에서 관측된 결과를 활용하였다('08-'21). 총 770 부착돌말종을 TDI 산정에 이용하였으며, 두 가지 방법으로 주요 종을 선정하고 TDI를 산정하여, 기산정(770종)된 TDI와의 차이를 비교하였다; (1)출현 빈도가 높은 종을 활용하는 방법(빈도방법), (2)TDI에 영향을 미치는 오염민감도(S) 및 지표값(V)을 고려한 A(상대밀도)·S·V값을 활용하는 방법(ASV방법). 주요 종은 중권역별 상위 30종(1단계), 20종(2단계), 5종(3단계)으로 단계별로 좁혀가며 선별하고 선별된 전국 114개 중권역들의 종을 모두 나열하여 중복되지 않은 종들의 합집합으로 주요 종을 선정하였다. 빈도방법으로 선정된 종수는 234종(1단계), 167종(2단계), 65종(3단계)이고 ASV방법으로는 288종(1단계), 214종(2단계), 76종(3단계)이다. 기산정된 TDI와 선정된 주요 종들로 산정한 TDI를 각 지점별로 비교하여 R2로 평가하였다. 빈도방법 1단계(234종)는 0.9822, 2단계(167종)는 0.9682, 3단계(65종)는 0.8755로 나타났고, ASV방법 1단계(288종)는 0.9893, 2단계(214종)는 0.9824, 3단계(76종)는 0.8753으로 나타나 기산정된 TDI(770종)와 선정된 주요 종들로 산정한 TDI의 상관성이 매우 높은 것으로 평가되었다. 두 방법간의 R2의 값은 별 차이가 없게 나타났다. 향후 연구에서 모든 종(770종)을 활용하기보다 주요 종을 선정하여 활용하는 것이 TDI를 예측하는데 있어, 효율성 향상과 예측 불확실성의 감소에 긍정적인 효과를 보일 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 환경부/국립환경과학원의 '하천 수생태계 현황조사 및 건강성 평가(2022-2024)' 사업에 의해 지원되었음.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

AP-14

하천-호수 복합구조 의암호에서 식물플랑크톤 군집의 계절적 변화양상

심연보^a, 나민영, 황순진^c

건국대학교 환경보건과학과

국내 호소의 식물플랑크톤 군집 천이 양상은 전형적인 온대 호수의 군집구조 변화를 나타내는 것으로 알려져 있다. 의암호는 상류 춘천댐, 소양댐이 유입되어 그 영향을 받기 쉬우며, 유역의 중간에 위치한 호소로서 계절적 환경요인의 변동이 큰 것으로 파악되고 있으나, 이로 인한 환경요인과 플랑크톤 군집 변화에 관한 연구는 미미하다. 본 연구는 2015년부터 2016년까지 의암호의 계절별 이화학적 요인과 식물플랑크톤 군집 변화양상을 분석하였다. 조사기간 동안 출현한 식물플랑크톤은 총 91종으로 평균 20종이 출현하였으며, 계절별로는 가을철(9~11월)에 24종으로 가장 많은 종이 출현하였다. 계절별 우점 분류군의 변화는 온대지방 식물플랑크톤 천이에 따라 봄철에는 규조류(*Synedra acus*), 여름철에는 남조류(*Pseudanabaena limnetica*)가 우점하였으나, 봄(녹조류), 여름(남조류), 가을(규조류)로 이어지는 일반적인 천이 양상과 다르게 가을철에는 갈색편모조류(*Rhodomonas* sp.)가 우점하며 출현하였다. CCA 분석 결과 *Rhodomonas* sp.는 수온과 음의 상관성을 보여 봄과 가을철 우점과 관련성을 나타냈으며, Pearson 상관분석 결과에서 갈색편모조류는 *Chl-a* ($r=0.708^{**}$)와 유의한 상관관계를 나타내 봄철 *Chl-a* 농도에 기여하는 것으로 판단되었다. CCA 및 계절별 PCA, 출현 양상을 종합하여 보았을 때 일반적으로 갈색편모조류(*Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* spp.)는 수온이 낮은 봄에 높은 발생을 나타내는 것으로 알려져 있으나, 의암호의 경우 가을에도 우점하면서 출현하였다. 갈색편모조류는 상류 댐 방류, 여름철 장마, 영양염류 변화 등 다양한 환경요인에서 다른 조류와 다르게 지속적으로 우점 및 아우점하며 출현하여, 다양한 환경요인에서의 적응성을 보인 것으로 판단된다. 이에 따라 의암호에서 갈색편모조류는 전시기에 걸쳐 출현하고 우점하는 것으로 나타나, 일반적인 온대지방 식물플랑크톤 천이와 다른 양상을 보였다.

사사: 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 'ICT기반 환경영향평가 의사결정 지원 기술 개발사업'의 지원을 받아 연구되었습니다(2020002990009).

✉ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

AP-15

18S rRNA V9 primer를 이용한 국내 연안 서식 어류의 위 내용물 분석

박지원¹, 지창우², 유태식², 박기연², 곽인실^{1,2}¹전남대학교 환경해양학과²전남대학교 수산과학연구소

어류의 먹이원 분석은 먹이 습성, 선호도 및 서식지 환경변화를 파악하여 생물다양성 연구에 중요한 역할을 한다. 어류의 위 내용물을 분석하는 DNA 메타바코딩 기술은 육안 관찰의 한계를 뛰어넘는 분자 분석 방법으로 활용되고 있다. 본 연구에서는 우리나라 동해, 서해, 남해의 수산 시장에서 어류 11종을 대상으로 18S rRNA V9 프라이머를 이용한 DNA 메타바코딩 분석을 하여 위 내용물을 비교 분석하였다. 2021년 2월, 당일 어획한 어류를 대상으로 하여 전장, 체장 등 측정하였다. DNA 메타바코딩에 사용한 18S rRNA V9 프라이머는 플랑크톤 등을 광범위하게 검출할 수 있어 어류의 위 내용물 분석에 유용하다. 어류 계층적 군집 분석 결과 대룡편모조류와 원생생물, 어류, 십각목을 주로 섭취한 3가지 그룹으로 구분되었다. 식물플랑크톤과 원생생물을 주 먹이원으로 섭취한 어류는 8종(*Chelidonichthys spinosus*, *Pennahia argentata*, *Takifugu pardalis*, *Larimichthys polyactis*, *Scombrops boops*, *Kaiwarimus equula*, *Sebastes schlegelii*, *Sebastiscus marmoratus*)으로 나타났고, 십각목은 1종 (*Pagrus major*), 어류는 2종(*Lophiomus setigerus*, *Arctoscopus japonicus*)으로 확인되었다. 먹이원 다양성 분석 결과, 동해의 *A. japonicus*는 Bi 지수 0.35로 11종의 어류 중 가장 높은 먹이원 다양성을 보였으며, 먹이원 다양성이 가장 낮은 어류는 *P. major*로 Bi 지수 0.02로 나타났다. 이러한 DNA 메타바코딩 먹이원 분석은 육안 및 현미경 관찰로 확인하기 어려운 미소 먹이원을 식별하여 어종 간의 섭식 차이를 확인하는데 활용성이 높음을 제안하고자 한다.

» 교신저자 E-mail: inkwak@hotmail.com

AP-16

국내 일부 하천을 대상으로 저서성대형무척추동물을 활용한 퇴적물건강성 분석

김명철¹, 김지원¹, 이택근¹, 김정우¹, 곽인실², 유태식²

¹SOKN생태보전연구소

²전남대학교 수산과학연구소

국내 퇴적물 오염부하량이 큰 것으로 확인된 15개 하천을 대상으로 환경요인 및 저서성 대형무척추동물의 현황을 파악하고자 2022년 총 2회에 걸쳐 조사를 수행하였다. 15개 하천에서 조사 시 확인된 저서성대형 무척추동물은 4문 7강 25목 65과 114종, 평균 428.4 개체/m²가 확인되었다. 출현종수는 청원-1(40종)에서 가장 많았으며, 옹포천(5종)에서 가장 적었다. 평균 개체수는 옹포천(1,427.5 개체/m²)에서 가장 많았고, 안성천3(38.0 개체/m²)에서 적게 확인되었다. 군집지수 결과는 동홍천, 곡교천2, 수영강5에서 우점도가 0.90 이상으로 높았고, 경안천6에서 다양도(3.36), 종풍부도(2.98)와 균등도(0.94)가 높았다. 생물지수(BMI분석) 결과에서는 - 봉화(94.0)에서 ‘매우 좋음’ 환경상태로 확인되었고, 광산(29.2), 옹천천2(23.8), 갑천5-1(17.4), 전주천6(23.3)에서 ‘매우 나쁨’ 환경상태로 나타났다. 생물지수를 고려한 퇴적물건강성 평가에서는 퇴적물 연관성이 크며 우점분류군인 깔따구류, 실지렁이 등을 중심으로 지수활용이 타당할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 한국환경산업기술원에서 시행한 수생태계 건강성 확보 기술개발사업(과제번호: 202100305 0001)의 지원하에 진행되었다.

▶ 교신저자 E-mail: mckim119@naver.com

AP-17

낙동강 하구 복원 평가를 위한 안정동위원소기법 활용 : 낙동강 하구 개방으로 인한 기수조성 구간 서식생물의 영양단계와 연속성 해석

원은지^{1,2}, 김도균¹, 조하은¹, 이상욱³, 김동균⁴, 최지웅⁵, 박정호⁶, 신경훈¹

¹한양대학교 해양융합과학과, ²한양대학교 창의융합교육원,

³K-water 연구원, ⁴유네스코 물 안보 및 지속가능 물 관리 국제연구교육센터,

⁵(주)다온에코, ⁶(주)케이에코

하굿둑 개방 이후 낙동강 하굿둑에서 연간 수행되고 있는 조사 연구는 염분 변화로 인한 생태계 서식종의 변화에 초점을 두고 있으며 향후 장기간 조성된 기수 생태계의 기능을 해석하는 데에 있어서는 서식생물(출현종)의 현존량과 분포 등의 정보를 바탕으로 하는 생태계 평가를 넘어 서식 종간의 상호 관계와 시공간적 다양성을 해석할 수 있는 조사 기법이 요구된다. 생태계에 서식 생물종의 변화는 단순히 종의 유무가 아니며 종간 경쟁과 같은 상호작용의 변화는 서식종과 상대적 풍부도를 변화시키는 등 복잡하게 연결되어 있다. 이를 위해 본 연구에서는 안정동위원소비를 이용한 생태계 구조해석 및 영양단계 해석과 함께 아미노산의 질소안정동위원소비를 이용한 하구 기수역 연속성 평가를 시도하였다.

저서생물에서는 내측과 외측에서 완전히 다른 생물군이 채집됨에 따라 하굿둑에 의해 구분된 생태계가 조성되어있음을 확인하였다. 그러나 일부 회유성 어종(은어, 송어 등)이 내외측에서 공통적으로 관찰됨에 따라 수문을 통한 어류의 이동을 확인하였다. 안정동위원소비를 이용한 SIBER와 MixSIAR분석 결과 상위 영양단계에 있는 어종들이 대체로 먹이를 공유하고 있음이 확인되었다. 최상위 포식자인 강준치와 블루길에 대상으로 먹이 후보 기여율 계산을 통해 강준치는 붕어가 50%, 끄리가 30% 기여하고 있으며 블루길에 대해서는 끄리가 약 50%정도의 먹이 기여율을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구가 염분이 높아지지 않은 시기 조사될 수 밖에 없었던 점, 그리고 강준치와 같은 일부 어종이 기수환경에서 높은 서식밀도를 보이지 않는다는 기존 문헌을 바탕으로 하굿둑 수역의 기수 조성 정도에 따라 상위 영양자의 포식압이나 후보 먹이어종의 먹이 기여율이 달라질 수 있을 것으로 사료된다.

서식처 배경 질소 정보를 보여주는 아미노산(Phe, 페닐알라닌)의 안정동위원소비의 활용 가능성을 확인하였다. 특히 어류에서는 강준치, 저서생물로는 동남참게가 영양단계와 아미노산의 질소 안정동위원소비를 활용한 생태환경 연속성 평가지표 후보로 활용될 수 있을 것으로 확인되었다. 향후 아미노산 탄소 안정동위원소비 등 유기물의 기원 해석에 있어 활용될 수 있는 다양한 안정동위원소비를 추가 분석함으로써 기수 환경의 시공간적인 기초생산자 먹이원에 대한 정보를 바탕으로 한 연속성 평가가 가능할 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: shinkh@hanyang.ac.kr

AP-18

낙동강 하굿둑 개방으로 인한 퇴적물 내 생지화학적 특성 변화 규명

백상범¹, 목진숙¹, 이상욱², 김동균³, 현정호¹

¹한양대학교 해양융합학과

²수자원공사 수자원환경연구소

³유네스코 물 안보 및 지속가능 물 관리 국제연구교육센터

낙동강 하굿둑은 해수 침수로 인한 하구 지역의 염해 방지, 바닷물 역류 현상 방지를 통한 식수, 생활용수 및 농업/공업용수 제공 등을 목적으로 건설되었다. 하지만, 하굿둑 건설의 기대효과에 반해, 기수역 상실, 어류 이동 제한에 따른 어종 다양성 감소 및 수질 악화 현상 등이 나타남에 따라 낙동강 하구 지역 기수 생태계 복원에 대한 논의가 진행되었으며 그 방안으로 하굿둑 수문 개방이 시행되었다. 이에 수문 개방에 의한 퇴적물 내 생지화학적 특성 변화 규명을 위해 2023년 3월부터 6월 사이 해수유입 차이에 따른 하굿둑 내측 퇴적물 내 지화학성분, 유기물 분해율 및 영양염 용출률 변화를 조사하였다.

퇴적물 공극수 내 염분(4.3 psu) 및 황산염 농도(2.6 mM) 변화를 통해 해수 유입 영향이 있음을 확인하였고, 저층수 내 염분 증가 및 성층 형성에 의해 저층에 빈산소 환경이 관측되었다. 수층 빈산소 발생은 퇴적물 내 혐기성 환경을 강화시키는 것으로 알려져 있으며, 표층 퇴적물(0-4 cm) 내 황산염 환원율은 해수 유입 조건(310 mmol S cm⁻³ d⁻¹)에서 해수 유입이 없는 조건(45.0 mmol S cm⁻³ d⁻¹)에 비해 약 6.9배 높았으며, 퇴적물 내 고형상 황 함량과 공극수 내 암모니아와 인산염의 농도, 그리고 영양염 용출률도 높게 나타났다. 이는 해수 유입에 따라 혐기성 유기물 분해 과정과 황 순환이 활발하게 진행되고 있음을 보여준다. 이처럼 해수 유입에 따른 황산염 환원에 의한 유기물 분해율 증가는 낙동강 하굿둑 저층 퇴적 환경 내 질소-철-인의 생지화학적 순환을 조절하는 주요 과정으로 작용할 수 있는 것으로 여겨진다.

☞ 교신저자 E-mail: hyunjh@hanyang.ac.kr

AP-19

Telemetry를 이용한 눈동자개의 이동 특성 연구

최범명^a, 김규진, 김준완, 윤진영, MISHEEL BOLD, 장민호^c

공주대학교 생물교육학과

본 연구는 한반도 고유종인 눈동자개의 강수 전 이동 및 서식처 특성을 파악하고자 금강수계의 지류하천인 용수천 중류 지점(세종특별자치시 금남면 두만리 백룡교, St.1)에서 2023년 3월부터 6월까지 수행되었다. 눈동자개 채집은 통발(망목 5×5mm), 족대(망목 5×5mm) 및 일각망(유도망 양쪽 5m 이상, 높이 1m 이상, 망목 5×5m)을 이용하여 Pit telemetry에 적합한 크기의 137개체(TL, 146.8±45.9mm)를 포획하였다. 각 개체들을 모니터링하기 위해 Reader(HPR Plus Reader, biomark, USA)와 Portable Antenna(BP Plus Portable Antenna, biomark, USA)를 감지에 사용하였다. 각 개체는 현장에서 수술을 통해 Pit tag를 삽입하고 회복 후 방류하였다. 총 21회 모니터링에서 88개체가 300회 감지되었으며, 분석결과 눈동자개의 감지 지점 평균 수심은 39.3(±22.4)cm, 평균 유속은 0.02(±0.01)m·s⁻¹, 평균 돌면적은 992.3(±1263.0)cm²로 나타났다. 방류 후 24시간 이전에 최초 선택하는 돌의 면적을 제외한 나머지 감지 지점의 돌의 면적 및 유속과 전장을 비교한 결과 각각 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(Paired T-test, P<0.05, P<0.01) 개체 크기가 클수록 더 넓은 면적의 돌을 선택하는 것으로 나타났다(ANOVA, P<0.01). 본 연구는 한반도 고유종인 눈동자개의 이동 특성을 파악하여 눈동자개의 생태와 향후 서식처 보존 및 복원에 있어 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

» 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

AP-20

인공습지를 이용한 담수호 유입수의 수질개선효과 평가

정광욱¹, 이다훈¹, 송찬희¹, 김태경¹, 함종화²

¹(주)물과환경

²한국농어촌공사 농어촌연구원

유역의 하구에 위치한 담수호는 많은 양의 오염물질이 유입되는 특징으로 인해 많은 수질문제를 야기하고 있다. 최근 담수화 과정에서 많은 오염부하의 노출에 의해 심각한 수질문제가 발생하여 자연환경적인 측면뿐만 아니라 사회환경에도 복잡한 문제를 일으키고 있다. 유역에서 유입되는 오염물질의 저감을 통한 담수호 적정수질확보를 위해서 다양한 수질개선대책들이 적용되고 있으며, 그중 비교적 설치비 및 유지관리비가 적은 침강지 및 인공습지가 적용되고 있다.

본 연구에서는 유역면적이 2,318ha에서 유입되는 일평균 유입량 61,563m³/일 하천의 수질개선을 위해 설치된 88ha 면적의 대규모 인공습지와 침강지의 수질개선효과를 분석하였다. 2014~2022년의 월 1회 측정데이터를 활용하였으며, 담수호의 수질에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려지고 있는 영양물질인 T-N과 T-P의 처리효율은 매년 40% 이상의 안정적인 저감효과를 나타내었다.

담수호 유입수의 수질개선을 위한 인공습지의 운영은 상대적으로 넓은 부지의 필요와 식생의 제거 등 다양한 논쟁이 있으나, 적절한 유지관리를 통해 안정적인 오염물질 저감효과를 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: drdaam@ekr.or.kr

AP-21

HSPF/EFDC를 이용한 화성호 상류유역 수질개선효과 평가

정광욱¹, 강수만¹, 김태경¹, 정인균¹, 함종화²¹(주)물과환경²한국농어촌공사 농어촌연구원

화옹지구 간척지 개발사업은 공업화, 도시화로 인하여 감소되는 농지를 대체하기 위하여 우량농지 확보와 수자원 확보, 육운개선, 도시민의 휴식공간 제공 등의 목적으로 계획되었다.

화옹지구는 경기도 화성시 서신면 궁평리와 우정읍 매향리를 방조제(9,810m)로 연결하여 6,212ha의 매립지를 개발하여 4,482ha의 대규모 우량농지와 5,440만톤의 수자원을 확보하는 사업이다. 화성호의 수자원은 내부개답이 완료되면 간척농지(4,482ha)와 배후농지(1,320ha)에 농업용수로 공급될 계획이다(한국농어촌공사, 2017).

그러나 1990년대 후반 화성호 상류지역의 급속한 발달로 화성호의 수질오염문제가 거론되기 시작하였다. 수질오염문제를 해결하기 위해 환경부에서 2002년 “화성호 수질보전대책”을 확정하고 세부추진계획으로 상류유역 대책은 화성시가, 호내대책은 한국농어촌공사에서 시행하는 것으로 결정되었다. 이에 따라 수질개선대책이 진행되었으며, 그간 상류여건변화를 반영하여 목표 달성가능성 평가하고, 필요시 추가적인 대책의 필요성에 대해 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 화성호의 목표수질 달성가능성을 평가하기 위해 HSPF/EFDC 모델을 구축하여 화성호 상류유역의 수질개선효과를 평가하였다.

▶ 교신저자 E-mail: drdaam@ekr.or.kr

AP-22

대하천 보에 설치된 어도의 어류 이용 현황 및 효과 분석

김정희¹, 박상현¹, 백승호¹, 이남주², 윤주덕³

¹주식회사 에코리서치,

²경성대학교,

³국립생태원 멸종위기종복원센터

본 연구는 대하천에 건설된 16개 보의 어도 모니터링 결과를 분석하여, 어도의 운영 및 관리에 도움이 되는 자료를 제공하고자 하였다. 서식 어종에 대한 어도 이용률은 평균 64.9%로 확인되었으며, 보 별로 적게는 42.1%(죽산보)에서 많게는 92%(여주보, 세종보)의 어종이 어도를 이용하였다. 본류와 어도 모니터링의 우점종을 비교한 결과 총 9개(56.3%)의 보에서 차이를 보여서 본류에 다수 서식하는 종이 어도를 다수 이용하는 것은 아닌 것으로 확인되었다. 보 별 어도 이용 현황을 확인한 결과, 평균 25종의 어류가 어도를 이용하였으며, 하루 이용 개체수는 평균 336개체로 확인되었다. 생태형으로 구분할 때 이용 어종의 대부분(평균 92.3%)이 1차담수어였다. 산란을 위한 이동이 필요한 회유성 어종의 평균 출현 종수 비율은 5.6%로 높지 않았는데, 조사가 이루어진 모든 대하천의 하류에 하굿둑(낙동강, 금강, 영산강) 또는 댐(한강)이 건설되어 있어서 바다에서 소상하는 회유성 어종의 출현비율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 대하천에 서식하는 어류는 5월부터 10월까지 평균(38종) 이상의 어류가 어도를 이용하였으며, 이용 개체수는 6월 ~ 8월이 가장 많은 것으로 확인되었다. 이러한 이동을 산란기와 비교할 때, 5월 ~ 7월까지 어도 이용 어종의 80%가 산란기에 포함되었으며, 이외 시기는 산란기 이동 어종이 40% 이하로 나타났다. 산란 시기와 어도 이용 시기가 크게 일치하는 어류는 밀어, 밀자개, 참몰개, 모래무지, 납지리, 돌고기 순서로 나타났으며, 총 30종의 어류가 비산란기보다 산란기 이동이 높게 나타났다. 강정고령보와 달성보의 어도 모니터링 결과를 보의 수위와 비교한 결과, 어도 이용 종수 및 개체수 모두 보의 상류 수위와 양의 상관성을 보였으며, 이를 통해 수위가 높을수록 어도 내 유입유량이 증가하여 어도의 어류 이용이 증가하는 것으로 확인되었다. 본 연구는 대하천에 건설된 16개 보의 어도에 대한 모니터링 결과를 종합 분석하여, 보 별 어도 이용 현황, 어도 이용 시기 및 산란기와의 관련성, 보 수위와의 상관성 등을 제시하였다. 이는 해당 어도의 어류 이용 현황에 대한 이해와 더불어, 향후 국내 어도의 설치, 운영, 모니터링 등 관리에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

사사 : 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다.(2020003050002)

▶ 교신저자 E-mail: zmszmsqkek@nie.re.kr

BP-23

Fecal eDNA metabarcoding for diet analysis of endangered fish species, *Odontobutis obscura*.

Kanghui Kim^{P1}, Jeong-Hui Kim², Sang-Hyeon Park^{2,3}, Seung-Ho Baek^{2,4}, Kwang-Seuk Jeong⁵, Gea-Jae Joo⁶, Hyunbin Jo^{c1,7}

¹Pusan National University, Department of Integrated Biological Science

²EcoResearch

³Mokpo National University, Department of Marine Fisheries Resources

⁴Chungbuk National University, Department of Environmental Engineering

⁵Busan Health University, Department of Nursing Science

⁶Pusan National University, Department of Biological Sciences

⁷Pusan National University, Institute for Environment and Energy

Understanding the ecological characteristics of endangered species is essential for their management and conservation. The dark sleeper (*Odontobutis obscura*) is a carnivorous freshwater fish native to East Asia and has been designated as 'Endangered wildlife species I' in South Korea due to its highly restricted habitat range and minuscule population size. However, ecological research on food sources of the species remains severely limited, with existing knowledge primarily originating from Japan and China.

In this study, we non-invasively discovered the food source of *O. obscura* through fecal environmental DNA (eDNA) metabarcoding. We collected thirty *O. obscura* specimens in the Sanyang stream watershed on Geoje Island and amplified the fecal eDNA using cytochrome oxidase I (COI) primers. Our results identified thirteen prey groups consisting of fish and benthic invertebrates. Statistical analysis of dietary metrics revealed a higher relative abundance of fish group in comparison to benthic invertebrates. The food selectivity index suggested that *O. obscura* have preferences for certain prey groups, such as *Zacco* spp. and Chironomidae. Additionally, the environmental factors, including water depth and dissolved oxygen, were found to be associated with the food source of *O. obscura*. This molecular diet analysis has facilitated the examination of the food source of endangered fish species that cannot undergo dissection, providing crucial information for their management, particularly in the context of establishing alternative habitats and translocation efforts.

▶ 교신저자 E-mail: prozeva@pusan.ac.kr

BP-24

NGS 기법을 활용한 주암호 식물플랑크톤 eDNA 군집 분석

김민성¹, 지창우², 곽인실^{1,2}

¹전남대학교 해양융합과학과

²전남대학교 수산과학연구소

주암호의 식물플랑크톤 군집 분석을 위해 2021년과 2022년 봄, 가을 2회 eDNA를 샘플링하였다. 조사 지점은 유입, 중앙, 유출 지점에서 각각 표층, 중층, 저층으로 나누어 조사하였다.

2021년 봄 유입에서는 은편모충과(26.7%)가 중앙에서는 은편모충과(20.6%)가 유출에서는 녹색소구체과(19.9%)가 우점하였다. 2021년 가을 유입에서는 은편모충과(34.2%)가 중앙에서는 은편모충과(45.5%)가 유출에서는 은편모충과(64.7%)가 우점하였다. 2022년 봄 유입에서는 은편모충과(65.6%)가 중앙에서는 은편모충과(37%)가 유출에서는 은편모충과(29.4%)가 우점하였다. 2022년 가을 유입에서는 김밥돌말과(34%)가 중앙에서는 은편모충과(25.3%)가 유출에서는 은편모충과(41.4%)가 우점하였다. 식물플랑크톤을 NMDS 분석을 진행한 결과 계절별 특성은 구분이 되었지만 공간적 특성은 구분이 안되었다.

▶ 교신저자 E-mail: inkwak@hotmail.com

BP-25

미호강 수계에서 현장 조사와 환경유전자 메타바코딩 방법에 따른 어류 군집 비교

윤진영^a, 김규진, 김준완, 최범명, MISHEEL BOLD, 장민호^c

공주대학교 생물교육학과

본 연구는 종다양성 연구와 생물모니터링에서 최근 비약적으로 발전하고 있는 환경유전자 기법의 정확성 및 활용 가능성 검토를 위해 금강의 지류 하천인 미호강 수계의 어류 군집에 대해 기존 어류 채집 방법(투망 및 족대)과 환경유전자 메타바코딩을 활용하여 비교 분석을 실행하였다. 전체 지점의 어류 군집 분석 결과 기존 방법에서 채집된 어류는 총 6과 27종인 반면, 환경유전자 분석의 경우 6과 20종으로 확인되었으며, 두 기법에서 동시에 출현한 종은 14종으로 42.4%의 일치율을 보였다. 각 조사 지점별 확인된 최대 종수는 기존 방법의 경우 11종인 반면, 환경유전자 분석 결과 9종이 확인되었으며 가장 많이 확인된 종은 기존 방법에서는 피라미(*Zacco platypus*)가 총 9지점에서 확인된 반면, 환경유전자 분석의 경우 메기(*Silurus asotus*)가 총 8지점에서 확인되었다. 본 연구 결과, 환경유전자 기법은 생물다양성을 확인하는데 있어 인력 및 시간을 절감할 수 있는 장점이 존재하며 현장조사를 보완하는 방법으로 활용한다면 이점이 있을 것으로 판단되며, 한국 고유종 및 민감종을 정확히 동정하기 위해서는 universal primer의 보완 및 개발이 필요하다고 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

BP-26

하천 내 어류 eDNA 메타바코딩 검출 효율 비교 연구

김근식¹, 유정우¹, 박창득¹, 김근용², 허정수², 윤주덕¹

¹국립생태원 멸종위기종복원센터

²아쿠아진텍(주)

생물들은 자신들이 살아가는 환경에 본인들의 흔적을 남기며, 대표적으로 어류의 경우 점액, 분비물, 비늘 등이 물 안에 남아 조직 또는 분해되면서 DNA 형태로 떠다닌다. 이를 환경DNA (environmental DNA)라고 하며, 조사자의 능력에 결과가 편향되지 않기 때문에 생물모니터링에 있어 중요한 도구로 사용되고 있다. 환경DNA를 분석하는 방법 중 메타바코딩은 각 종 별 마커의 개발이 필요하지 않고, 한 번의 분석으로 많은 종의 정보를 얻을 수 있어 저렴한 분석 비용과 함께 높은 종 식별 능력 등의 장점을 바탕으로 전 세계적으로 생물 모니터링에 활용되고 있다. 환경DNA의 메타바코딩 분석을 위해서는 시료 수집, 농축, 추출, 라이브러리 제작, 대용량 염기서열 분석의 단계를 거쳐야 하며, 이후 생물정보학 분석을 순차적으로 잘 수행해야만 연구자가 원하는 데이터를 원활하게 생성할 수 있다. 본 연구에서는 낙동강 9지점의 하천수 시료를 이용해 추출 방법, 프라이머 종류 및 농도, 증폭 효소, PCR 사이클 수, 대용량 염기서열 분석 장비별 어류, 담수 어류, 해산어류, 멸종위기어류에 해당하는 zOTUs (zero-radius operational taxonomic units)수를 비교함으로써 각 단계별 메타바코딩 분석 효율이 높은 방법을 제시하였다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr

BP-27

멸종위기 흰수마자의 분포 및 생태 파악을 위한 환경유전자 적용

윤주덕^{pc1}, 김근식¹, 박은희¹, 김근용², 허정수²

¹국립생태원 멸종위기종복원센터

²(주)아쿠아진텍

환경유전자는 물속에 잔존하고 있는 생물의 유전자를 감지하여 생물종을 판별하는 방식으로 멸종위기종, 침입외래종 등의 감지에 효과적으로 최근 다양한 분야에 적용되고 있다. 모래를 서식처로 활용하는 멸종위기 야생생물 I급 흰수마자는 한강, 금강, 낙동강 수계에 분포하고 있으며, 4대강 사업 이후 지속적으로 분포와 개체수가 감소하고 있는 경향을 나타내고 있었으나, 최근 금강 수계 보 개방과 함께 금강 수계에서 재출현하여 서식 범위를 넓혀가고 있다. 하지만 개체의 크기가 작고 포획이 어려운 흰수마자의 특성으로 인해 생태와 분포가 명확하지 않아 변화양상을 판단하기에 어려움이 존재하고 있다. 따라서 본 연구에서는 멸종위기종 모니터링에 유용한 환경유전자를 활용하여 하천별 잠재 분포 여부와 생태적 특성을 파악하였고, 현장 포획 조사 결과와 비교하여 적절성 여부를 판단하였다. 평가결과 금강, 낙동강, 한강(지류)에서 흰수마자의 유전자가 감지되었고, 현장조사 결과와 상당히 유사한 것으로 확인되었다. 또한 실험실내 연구 결과에서 야간에 유전자량이 늘어남이 확인되어 야행성인 생태적 특성 평가가 가능하였다. 알려진 바와 같이 환경유전자는 멸종위기종을 모니터링하는데 유용하였고, 특히 다수의 소형 잉어과 어류가 멸종위기종을 지정되어 있는 국내 특성을 고려하였을 때 활용성이 높을 것으로 사료되었다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr

BP-28

거미줄에 존재하는 절지동물의 환경유전자(eDNA) 분석

김건희^{pc1}, 김승태²

¹건국대학교 휴먼앤에코케어센터

²건국대학교 생명환경연구소

거미는 작은 곤충을 포획, 포식함으로써 농작물 주변의 해충을 통제하여 농업 생태계에서 매우 중요한 역할을 하지만 개체를 직접 채집하지 않고 거미줄을 형성한 거미가 어떤 종인지, 어떤 먹이를 먹는지 정확히 알 수 없다. 특히 거미는 먹이를 섭취할 때 소화액으로 녹여서 섭취하기 때문에 위장에 잔여물이 남아있는 경우가 매우 적다. 본 연구는 거미줄에 존재하는 환경유전자를 이용하여 거미줄을 형성한 거미와 거미줄에 걸린 먹이를 파악하고자 하였다. 이를 위해 농업환경 인근 민가에 서로 인접한 5개의 거미줄을 각각 채집하여 eDNA를 추출하였다. 추출된 eDNA는 절지동물에 특이적인 COI유전자를 증폭하여 종을 동정하였다. 거미줄에서 추출된 유전자를 기반으로 거미줄의 주인을 확인한 결과 5개 거미줄 모두에서 공통적으로 말꼬마거미(*Parasteatoda tepidariorum*)의 유전자가 가장 많이 발견되었으며 다른 거미의 유전자는 발견되지 않았다. 5개의 거미줄 중에서 1개의 거미줄에서만 먹이가 발견되었으며 해당 거미줄에서만 거미 이외의 다른 절지동물의 유전자가 발견되었다. 거미줄에서 발견된 먹이의 유전자는 각각 깃갈따구속의 *Orthocladus tamarutilus*, 가위장부갈따구(*Tanytarsus tamagotoi*), 실노린재(*Yemma exilis*)로 확인되었다. 이와같이 거미줄에서 절지동물 개체를 직접 채집하지 않고 거미줄을 형성한 거미개체와 먹이의 정보를 확인할 수 있었으며, 이는 향후 농업생태계에서 거미의 해충포식활동을 보다 명확하게 파악할 수 있는 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ015071042023)의 지원에 의해 이루어진 것임.

▶ 교신저자 E-mail: passbosko@gmail.com

BP-29

생물막의 환경유전자를 이용한 미호강 수계 부착돌말류 건강성 평가

김건희¹, 조현진¹, 박채홍¹, 이하영¹, 김정희², 장민호³, 정현기⁴

¹건국대학교 휴먼앤에코케어센터

²주식회사 에코리서치

³공주대학교 생물교육과

⁴국립환경과학원 금강물환경연구소

금강 본류의 주요 유입 수계 중 하나인 미호강은 농업, 축산, 생활, 산업폐수 등 다양한 점·비점오염원이 상·하류에 분포함에 따라 수생태계 건강성 평가가 매우 중요한 수계이다. 하지만 현재 부착돌말류 형태동정을 통한 건강성 평가는 출현종의 유사 형태 및 개체 파손 등 분석과정의 한계가 존재하며 평가의 정확성 확보를 위해서는 분석방법 개선 방안이 요구되고 있다. 이를위한 환경유전자(eDNA) 분석법은 이러한 단점을 보완할 수 있고, 좀 더 체계적이고 효율적으로 생물 군집 분석, 평가를 가능하게 할 수 있다. 본 연구는 미호강 출현 부착돌말류를 대상으로 eDNA 기반에서 건강성 평가를 수행함으로써 기존 평가와 차이를 파악하고, 향후 eDNA 기반 부착돌말류 평가방안을 마련하고자 하였다. 이를위해 미호강 본류·지류 등 주요 12개 지점의 기질로부터 생물막을 채집하였으며 eDNA 추출 및 산처리 과정을 통해 부착돌말류 군집 분석과 건강성 지수를 산정하였다. 부착돌말류의 평가지수(TDI) 결과에 따르면, 현미경 관찰시 상대적으로 높은 TDI 등급이 확인되었다. 현미경 관찰에서는 전체 평균 C등급(보통, 평균 53.6점)으로 확인된 반면, eDNA에서는 D등급(나쁨, 평균 49.9점)으로 다소 낮게 평가되었으며 나쁨(E등급)으로 확인된 지점의 경우, 현미경 관찰(1개 지점) 보다 eDNA(3개 지점) 결과에서 더 많이 확인되었다. 인(P)농도와의 상호관계에 따르면, eDNA 기반 TDI에서 높은 상관성을 보였고, 특히 PO4-P 농도의 경우, eDNA 기반의 TDI에서만 통계적으로 유의한 수치를 보였다($p < 0.01$). 본 연구 결과는 현재 분석방법(부착돌말 형태동정)과 eDNA 분석의 차이를 통해 평가방법 개선을 위한 eDNA의 적용 가능성을 확인하였다. 하지만 여전히 해외 유전자 DB를 기반으로 eDNA 분석이 진행됨에 따라 국내 미기록종, 미발견종 등 다소 많은 종들이 추가 확인 되었다. 따라서 향후 eDNA기법 기반 평가방법의 체계적인 개선을 위해서는 단일종의 분리, 배양 등 국내 출현종을 대상으로 하는 유전자 DB 확보와 meta-barcoding을 통한 부착돌말류의 eDNA 정보 구축이 매우 중요할 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 환경부의 재원으로 국립환경과학원(R&D) 연구사업(NIER-01-01-178) 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jhgpl@korea.kr

BP-30

담수생태계 환경유전자 기법 활용의 한계와 가능성: 동물플랑크톤 중심 군집 분석 및 먹이망 구조 해석을 위한 활용

장광현^{pc1}, 오혜지¹, 채연지², 최예림¹, 김용재³, 조현빈⁴

¹경희대학교 환경학및환경공학과,

²한국환경산업기술원,

³대진대학교 의생명과학전공,

⁴부산대학교 환경·에너지연구소

생태 및 환경 연구 분야에서 환경유전자 기법이 일반화되며 수중, 토양, 공기 및 생물의 분변, 소화관에 존재하는 유전자와 같이 다양한 시료로부터 특정 종의 존재여부 또는 군집조성을 간접적으로 추정하는 것이 가능해졌다. 특히 NGS기법과 같이 유전정보를 이용한 종의 간접적 추정을 통한 군집분석 방법은 생물 군집 정보의 접근성과 활용성의 증가에 크게 기여하였지만, 증폭된 구간과 등록된 서열과의 일치 여부의 확실성에 의존하는 정보 해석 방식은 역설적으로 전문성을 요구하며, 주관적 판단 또는 해석과 관련한 오류는 정보 이용의 폭을 크게 제한할 수 있다. 본 연구에서는 동물플랑크톤을 포함한 미생물군집과 이들의 생물학적 상호작용, 수생태계 군집 먹이망 구조 및 평가와 관련한 환경유전자 기법의 연구적용 동향을 소개하고, 동시에 타당한 적용방법과 다양한 가능성을 찾아가기 위한 문제점과 한계에 대한 논의 사항을 제시하고자 하였다.

CP-31

국내 생물측정망 저서동물지수(BMI) 산정에 영향을 미치는 주요종 도출

조효영^{P1}, 나민영¹, 이한필², 황순진^{1,*}

¹건국대학교 환경보건과학과

²주식회사 이티위터

현행 생물측정망의 BMI(저서동물지수)는 관측된 저서동물의 종별 개체수를 기초로 산정되고 있다. 최근 ML/DL 기법 등을 활용한 BMI 예측 연구에서는 개체수와 관련된 기초 과정을 생략하고, 수리·수문, 수질, 기타 외부 환경인자를 이용해 수치화된 BMI 값을 예측한다. BMI 예측 연구에 있어서 저서동물 개체수 예측을 통한 지수산정 과정이 추가된다면, 더욱 현실성 있는 모델 개발이 가능할 것으로 사료된다. 다만, BMI 산정에 사용되는 모든 종을 예측하는 것은 효율성 저하가 우려되며, 미관측 종들이 포함될 경우 예측에 있어 불확실성 증폭의 원인이 될 수 있으므로, 주요한 영향을 미치는 종의 선별이 필요하다. 본 연구에서는 저서성대형무척추동물 주요종 선정을 위해 전국 생물측정망 지점에서 '08-'21년간 관측된 종별 개체수 및 BMI 산정 자료를 활용하였다. 중권역별로 출현 빈도가 높은 상위 10 종을 선별한 뒤, 선별된 해당 종들을 수계별로 목록화하여 수계별 주요종으로 선정하였다. 이후 선정된 주요종을 사용해 BMI를 산정하고 현행 BMI(905종) 결과와 비교·분석하였다. 수계별로 한강 49종, 낙동강 39종, 금강 39종, 영산강·섬진강 52종이 선정되었으며, 전 수계에 대해서는 80종이 선정되었다. 주요종만을 사용하여 산정한 BMI와 현행 BMI를 비교한 결과, R2 값은 한강 0.9327, 낙동강 0.8508, 금강 0.9340, 영산강·섬진강 0.8861, 전 수계에 적용할 경우 0.9454로 분석되었다. 이러한 결과로부터, 주요종을 통한 BMI 산정이 실측 BMI 결과와 비교적 근접한 결과를 도출한 것으로 판단할 수 있다. 한편, 주요종 선정 방법에 있어서 출현 빈도가 아닌, BMI 산정의 중간 과정인 $s \cdot h \cdot g$ (단위오탁지수·출현도·지표가중치) 값을 이용할 경우, 오히려 상관성이 낮게 나타나는 것으로 분석되었으며, 또한 주요종의 수를 중권역별 10종 미만으로 선정할 경우 대상 종수가 감소할수록 현행 BMI 방법과 비교하여 상관성이 급격히 낮아지는 결과를 보였다. 따라서 BMI 산정에 사용되는 주요종은 중권역별 출현빈도가 높은 상위 10종으로 선정하는 것이 적절한 것으로 사료되며, 이러한 주요종 도출을 통해 향후 BMI 예측 모델 개발에 활용 가능할 것으로 기대된다. 본 연구는 환경부/국립환경과학원의 '하천 수생태계 현황조사 및 건강성 평가(2022-2024)' 사업에 의해 지원되었음.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

CP-32

Machine- and Deep Learning Modelling Trends for Predicting Harmful Cyanobacteria Blooms and Associated Metabolites in Inland Waters: Comparison of Algorithms, Input Variables, and Learning Data Number

Jae-Ki Shin^{P,C,1}, Yongeun Park², and Soon-Jin Hwang²

¹Limnoecological Science Research Institute Korea (THE HANGANG), Republic of Korea

²School of Civil and Environmental Engineering, Konkuk University, Republic of Korea

³Department of Environmental Health and Science, Konkuk University, Republic of Korea

Nowadays, artificial intelligence model approaches such as machine and deep learning have been widely used to predict variations of water quality in various freshwater bodies. In particular, many researchers have tried to predict the occurrence of cyanobacterial blooms in inland water, which pose a threat to human health and aquatic ecosystems. Therefore, the objective of this study were to: 1) review studies on the application of machine learning models for predicting the occurrence of cyanobacterial blooms and its metabolites and 2) prospect for future study on the prediction of cyanobacteria by machine learning models including deep learning. In this study, a systematic literature search and review were conducted using SCOPUS, which is Elsevier's abstract and citation database. The key results showed that deep learning models were usually used to predict cyanobacterial cells, while machine learning models focused on predicting cyanobacterial metabolites such as concentrations of microcystin, geosmin, and 2-methylisoborneol (2-MIB) in reservoirs. There was a distinct difference in the use of input variables to predict cyanobacterial cells and metabolites. The application of deep learning models through the construction of big data may be encouraged to build accurate models to predict the cyanobacterial metabolites.

▶ 교신저자 E-mail: shinjaeki@gmail.com

EP-33

국내 서식 곱사등물벼룩속(*Genus Scapholeberis*)의 성장 특성 및 생체량 분포 연구

오혜지¹, 홍근혁¹, 김용재², 박영석³, 장광현¹

¹경희대학교 환경학및환경공학과

²대진대학교 생명과학과

³경희대학교 생물학과

물벼룩과(Family Daphniidae)에 속하는 곱사등물벼룩속(*Genus Scapholeberis*)은 일반적인 물벼룩과의 종들과는 달리 대부분의 시간을 수표면 아래에 부착하여 지내는 대표적인 뉴스토닉(neustonic) 종이다. 뉴스토닉 종의 특성상 수표면의 강렬한 자외선으로 인한 손상을 완화하기 위해 멜라닌화가 이루어져있으며, 두꺼운 복면(ventral margin)을 가지고 있다. 이와 같은 뉴스토닉 종은 일반적인 동물플랑크톤 조사과정에서 채집되기 어려워 대부분의 호소 조사에서 개체의 서식이 확인되지 않는 경향이 있으나, 미소 서식지 개념에서 종 다양성에 기여하는 역할을 한다. 이러한 생태적인 특성에도 불구하고 국내에서는 명확한 종 분류, 출현 경향 및 성장 특성 등에 대한 정보가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 수심이 얇은 대표적인 부영양화 저수지인 신갈지에서 채집된 곱사등물벼룩속 개체들을 이용하여 실내 배양을 통해 성장 특성(체장 변화, 포란 수 등)을 파악하였다. 또한, 생체량(건중량 및 탄소량)을 측정, 체장에 따른 생체량 환산식을 산정하여 타 물벼룩과에 속하는 종들과의 비교를 수행하였다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

EP-34

제주정수장 정수 공정 과정 출현 깔따구류 유충과 취수원 및 인근하천 유충 종 비교

박재원¹, 김원석¹, 곽인실¹

¹전남대학교 환경해양학과

깔따구류 유충은 파리목에 속하는 저서성 대형 무척추동물로 유충 시기에 강, 하천 등 담수와 기수역까지 다양한 수계에 광범위하게 서식한다. 2020년 인천정수장에서 깔따구류 유충이 발견된 것을 시작으로 전국의 정수장에서도 유충이 발견되어 사회적 문제가 되었지만, 연구가 많이 진행되지 않아 해결에 어려움을 겪었다. 본 연구에서는 2021년 3~9월 사이 매달 제주정수장의 정수 공정 과정 물을 여과지에 걸러내어 유충을 수집했다. 형태 관찰은 Mounting slide 제작 후 실체현미경으로 전장, 하순기질, 대약, 촉각 등을 관찰 및 DNA 분석으로 종 동정을 했다. 취수원 및 인근 하천에서 출현한 유충들과 비교하기 위해 2021년 6, 9월 Dredge를 이용하여 유충을 채집 후 같은 방법으로 동정을 진행하였다. 정수 공정 과정에서 출현한 유충은 대부분 전장 3mm 미만의 1, 2령기 개체이며, 5월에 개체수가 가장 많았다. 깔따구류 유충 종 동정 결과 정수장 3아과 6속 8종, 취수원 및 인근 하천은 3아과 10속 12종이 출현하였다. 이중 6종(*Microtendipes* sp., *Polypedilum pedestre*, *Polypedilum yongsanense*, *Paratrichocladius tamaater*, *Ablabesmyia* sp.)의 유충의 형태적 특징이 유사하였으며, DNA sequence에서 98% 이상의 거리값을 보인 종들은 계통수 분석에서 근연종인 동일 종임을 확인했다. 이러한 결과는 형태 및 유전적 종 분류 정보를 통해 정수장에서 종 동정이 어려운 유충들의 종을 알아내며, 인근 수계에서 유입 경로를 알아내어 재발 방지에 도움이 될 것이다.

▶ 교신저자 E-mail: inkwak@hotmail.com

EP-35

인공증식 여울마자의 포식 위험 자극원 노출 기간에 따른 회피행동 변화

허문성¹, 장민호², 윤주덕¹

¹국립생태원 멸종위기종복원센터

²공주대학교 생물교육과

본 연구에서는 복원을 위해 인공적으로 조성된 사육시설에서 증식되어 포식자를 경험하지 못한 멸종위기종 여울마자(*Microphysogobio rapidus*)의 자연 적응력 향상을 위해 포식 위험에 대한 시각 및 화학적 자극을 활용하여 포식자 인지 학습을 수행하였다. 사용된 여울마자는 1년생 준성어 250개체를 사용하였고, 시각적 자극을 위한 포식성 어류는 꺾지(*Coreoperca herzi*)를, 화학적 자극을 위한 알람 신호는 개체의 피부 조직에서 추출하여 사용하였다. 실험은 사육용 수조에서 포식자와 알람 신호에 노출된 여울마자를 누적 노출시간 24시간마다 무작위로 10개체씩 선별하여 실험용 수조에서 자극원 유무에 따른 회피행동 변화를 측정하였다. 실험 결과, 포식 위험 정보에 노출된 적이 없는 인공증식 여울마자는 화학적 자극원과 거리를 벌리려는 경향이 시각적 자극과 복합 자극(알람신호+포식자)에 노출되었을 때보다 떨어지는 양상을 보였으며, 노출시간이 길어짐에 따라 회피행동의 증가를 확인하였다. 물리적 자극에 대한 행동 변화는 누적 노출시간 48시간에서 가장 큰 변화를 보였으나 누적 노출시간 72시간에서는 자극원과 거리를 좁히려는 반대 경향성이 나타남을 확인하였다. 복합 자극에 대한 행동 변화는 누적 노출시간 0시간에서 다른 두 자극보다 변화가 가장 크게 나타났으나, 누적 노출시간 24시간 이후 자극원 노출 전과 후 큰 변동 폭 없이 일정한 거리를 유지하려는 경향을 확인하였다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr

EP-36

Stomach contents of Juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* : comparison of morphological and DNA-based analyses

Gwangmuk Lim^{P1}, Kanghui Kim², Jeong Soo Gim², Donghyun Hong², Yerim Lee²,
Hyunbin Jo³, Gea Jae Joo^{c1,2}

¹Department of Life Science and Environmental Biochemistry, Pusan National University, Busan 46241, Korea

²Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea

³Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Korea

Diet analyses of juvenile fish is important to understand the early life strategies of fish. However, research on the diet of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta*, a commercially important fish, is scarce and mostly based on morphological analyses. In this study, we analyzed the stomach contents of juvenile chum salmon using a DNA-base analysis and compare the results with those obtained by morphological analysis. Chum salmon(n=45) were collected from Milyang River, Yangsan Stream, and Gwangryeo Stream, from 18 March to 27 April 2022. morphological analysis was performed under an stereo microscope, and DNA-base analysis was performed by NGS using 18SV9 targeted primers. 3 families, 4 orders and unidentified group were identified by morphological analysis, while 15 species, 23 genera, and 10 families were identified by DNA-base analysis. The most abundant taxa in the morphological analysis were unidentified, Chironomidae and Trichoptera, while the most abundant taxa in the DNA analysis were Stylaria, Cyclops, and Tanypus. DNA-base analysis showed that unidentified in the morphological analysis included Naididae and Cyclopidae, which were unidentifiable due to degree of digestion differences. Diet analysis should be conducted carefully, considering the respective strengths and weaknesses of each method. comparing and combining the results of morphological and DNA-base analyses can complement the limitations of each method.

▶ 교신저자 E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

FP-37

담수생태계 내 어류 군집의 출현 양상에 대한 생물 및 환경 요인 영향 분석

최시현^p, 이대성, 박영석^c

경희대학교 생물학과

국내 담수생태계 내 어류 군집의 출현 양상에 미치는 생물 및 환경 요인을 규명하고, 이들 간 관계를 확인하기 위해, 본 연구에서는 국내 담수생태계에 서식하는 어류 군집과 어류의 상위 포식자인 조류(bird), 어류 서식 지점별 환경 자료를 수집하여 분석하였다. 어류 군집 자료는 물환경정보시스템에서 제공하는 생물 측정망 내 어류 개체 수를 사용하였다. 어류 서식 지점별 생물 요인으로는 계산한 4개의 어류 군집 지수와, 문헌 및 Fishbase를 통해 수집한 6개의 어류 형질 특성, ebird에서 수집한 29종의 조류 자료를 이용하였고, 환경 요인으로는 WorldClim에서 제공하는 19개의 생물기후변수 및 물환경정보시스템 내 17개의 수질측정망 자료를 사용하였다. Bray-Curtis 거리와 Ward 연결법을 사용한 Two-way clustering을 통해 어류의 지점별 개체 수 자료를 유사한 어류 분포 양상을 보이는 지점 및 어류끼리 군집화하였다. 이후, NMDS 분석을 통해, 군집화된 지점 및 어류 군집에 영향을 미치는 생물 및 환경요인을 분석하였다. 장소 군집(L1-L5)은 군집 내 어류의 종 수에 따라 clustering 되었다. L1이 가장 적은 종 수를 가지고 있고, L5는 가장 많은 종 수를 가지고 있다. L3와 L4는 군집 내 개체 수에 의해 구분되고, L4의 개체 수가 L3보다 크다. 어류 군집(F1-F6)은 출현 개체 수에 따라 clustering 되었다. F1이 가장 높은 종 출현 개체 수를 보이고, F6는 가장 적은 종 출현 개체 수를 보인다. F4는 F5와 F6에 대해 분포 분산이 커 구분되고, F5와 F6는 우점 지역 군집으로 구분된다. F5는 L5에서 F6는 L4에서 우점한다. 어류 종 수가 높은 L5에서 높은 조류 개체 수를 보였고 높은 어류의 체장과 체고 비율을 보였다. 가장 적은 어류 종 수를 보인 L1은 어류 군집 내 평균 전장과 평균 체고 비율에서 작은 값을 보였고 높은 우점도 지수, 낮은 다양도 지수와 풍부도 지수를 보였다. 본 연구는 어류 군집 구성과 피식 포식 관계를 가지는 조류와 환경 사이의 관계에 대해 생태학적 이해에 기여할 것으로 기대된다.

» 교신저자 E-mail: parkys@khu.ac.kr

FP-38

소형저수지에서 외래종이 어류 종 다양성 및 군집구조에 미치는 영향

김수남^p, 박창률, 박승환, 김석현^c

강원대학교 생명과학과

수생태계에서 외래종의 침입은 생태계의 여러 방면에서 악영향을 주며 궁극적으로 생물 다양성 감소로 이어진다. 특히, 생태계 교란 어종으로 알려진 큰입배스(*Micropterus salmoides*)와 블루길(*Lepomis macrochirus*)의 유입이 하천 및 호수의 어류 종 다양성 감소를 초래한다고 알려져 있으나 주로 국소 단위(local-scale)에서의 효과가 제한적으로 알려져 있을 뿐 이들의 침입이 지역단위(regional-scale) 혹은 메타군집(metacommunity)에 미치는 영향에 대해서는 알려지지 않은 실정이다. 본 연구에서는 큰입배스와 블루길이 소형저수지의 어류 메타군집 구조에 미치는 영향을 연구하기 위하여 금강, 영산강과 섬진강 수계에 있는 33개 저수지를 대상으로 어류 종 다양성과 물리 및 이화학 환경 그리고 생물학적 요인(배스 및 블루길의 우점도)의 상관관계를 연구하였다. 2014년부터 2022년까지 조사된 호소환경 및 생태조사 보고서를 기반으로 소형 저수지 어류 조사 자료(어류상), 이화학적 환경자료(수온, pH, DO 등), 물리환경자료(고도, 수면적, 저수량 등)를 수집하였으며 일부 환경요인은 GIS를 이용하여 분석하였다. 각 저수지에서 나온 어류상을 토대로 비모수 다차원척도법(non-metric multidimensional scaling)을 분석한 결과 큰입배스, 블루길과 소형어류 사이의 거리가 다른 어종에 비해 상대적으로 넓음을 확인하였다. 각 저수지에서 α , β 및 γ 다양성을 계산하여 환경요인 및 외래종과의 상관관계를 분석한 결과 큰입배스의 상대 풍부도가 높아짐에 따라 α 다양성과 γ 다양성이 감소하는 경향이 있는 것을 볼 수 있었으나 β 다양성은 변화가 없는 것으로 나타났다. 반면 블루길의 분석결과에서는 α , β 그리고 γ 다양성에서도 유의미한 변화를 보이지 않았다. 본 결과는 외래종이 메타군집 단위에서 종 다양성에 미치는 결과를 보여주었으며 향후 외래종 관리 및 퇴치를 위한 방향성을 제시할 때 중요한 기초 자료로 제공될 것으로 생각된다.

▶ 교신저자 E-mail: seoghyunkim@kangwon.ac.kr

FP-39

Fitness decrease of predominant fish associated with food source shift resulting from estuary re-opening

Jeong-Soo Gim^{P1}, Donghyun Hong¹, Dong-Kyun Kim², Erik Jeppesen³,
Kwang-Seuk Jeong⁴ Gea-Jae Joo¹ and Hyunbin Jo^{c1,5}

¹Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea

²K-water Research Institute, Daejeon 34085, Republic of Korea

³Department of Ecoscience, Aarhus University, Aarhus 8000, Denmark

⁴Department of Nursing Science, Busan Health University, Busan, Republic of Korea

⁵Institute for Environment and Energy, Pusan National University, Busan 46241, Korea

Estuarine ecosystems are being restored globally for re-naturalising aquatic environments. In South Korea, the Nakdong River Estuary (NRE) has been re-opened since 2019 to restore estuarine ecosystems. We surveyed the fish population in the upper NRE from May 2018 to June 2022 to assess the effects of re-opening the NRE. Our results showed a tendency of increased diversity index in zooplankton and fish, which serve as potential food sources for *Erythroculter erythropterus* (skygager), predominant species, in the study site after the re-opening of NRE. The stomach contents of *E. erythropterus* were shifted from a broad range of prey items to a narrower range, such as zooplankton, after the NRE opening. Meanwhile, the population structure of *E. erythropterus* did not show significant differences of length distribution; however, its fitness (i.e. condition factor K) was negatively affected. In conclusion, although the effect was temporary, NRE opening could have a cascading effect on inhabitant organisms, ranging from low-trophic-level communities' diversity to high-trophic-level population structure and fitness.

▶ 교신저자 E-mail: prozeva@pusan.ac.kr

FP-40

한국의 큰고니 개체수 및 분포 장기 변화

이예림¹, 임광묵², 손현희³, 조현빈³, 주기재⁴

¹부산대학교 생명시스템학과

²부산대학교 생명환경화학학과

³부산대학교 환경에너지연구소

⁴부산대학교 생명과학과

큰고니는 매년 겨울철 한국을 방문하는 철새로 멸종위기종 2급이자 천연기념물로 보호받고 있는 주요 종이다. 본 연구는 국가 겨울철 조류 모니터링 결과 중 56개 지점을 대상으로 1999년부터 2022년까지 큰고니의 개체수 변화 및 공간적 이동을 파악하고, 환경적 요인과의 연관성을 확인하였다. 그 결과, 전국적으로 큰고니 개체수는 증가하는 추세를 보였다. 그러나 과거부터 최대 월동지로 알려진 낙동강 하구는 감소하는 추세를 보였으며, 낙동강 하류와 시화호는 반대로 증가하는 추세를 보였다. 높은 감소 추세를 보인 낙동강 하구는 2010년대부터 주변 토지가 농업지역에서 시가형태로 변화하기 시작하였으며 특히 큰고니의 먹이원인 새섬매자기 군락이 크게 감소하는 현상을 보였다. 반면 낙동강 하류와 시화호의 주변 토지는 큰고니의 서식처로 활용되는 초지와 농업지역 형태가 증가하여, 개체수 증가에 영향을 미친 것으로 확인된다. 해당 연구 결과는 습지 생태계의 안정성을 유지하고, 큰고니와 같은 물새의 다양성을 보전하는데 큰 기여를 할 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

GP-41

낙동강 하구에서 우수기 환경변동과 거머리말(*Zostera marina*)의 성장특성김정배^{pc1}¹국립수산과학원 중앙내수면연구소

본 연구에서는 육상의 비점원 오염원 및 담수의 유입으로 인하여 많은 환경 변화가 발생하는 하구에서 자생하는 해양현화식물인 거머리말(*Zostera marina*)과 우수기 환경변동과의 관계를 논의 하고자 하였다. 조사시기는 2011년 1월부터 12월까지로 수온, 염분, 광량, 강우량, 해수 및 퇴적물의 영양염류, 거머리말의 형태적 특성 및 광합성 파라메타 등을 분석하였다.

수온은 겨울에는 낮고 여름에는 높은 계절적 경향성이 나타났다. 염분은 7월말 집중강우(245mm/day)로 인해 8월 초순에는 11.3psu로 낮았다. 해수의 영양염류는 암모늄염, 질산염+아질산염 농도가 4월 및 8월 초에 다소 높은 값이었다. 퇴적물 공극수의 영양염류는 암모늄염의 경우 봄 및 여름에 높은 값이었다.

거머리말의 형태적 특성으로는 낙동강 하구 담수의 영향으로 거머리말의 오래된 잎이 절단되어 키가 8월 말에 제일 작았고, 엽초길이, 잎폭 및 잎수는 9월 중순에 제일 작았다. 개체당 지상부 및 지하부 무게도 9월 중순에 제일 가벼웠다. 또한, 거머리말의 광합성 특성에서 최대양자수율은 큰 변동이 없었고, 단위 엽록소당 전자전달율로 잠재적인 광합성 능력을 의미하는 최대상대전자전달률은 7월 초순에 제일 높았고 집중강우 이후인 8월 초순부터 낮아지기 시작하였다. 따라서, 낙동강 하구에서 우수기 환경변동에 의하여 거머리말 생육에 영향을 받는 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jbkim347@korea.kr

HP-42

안정동위원소를 이용한 기수역 호수 내 가숭어(*Planiliza haematocheilus*)의 영양단계 모니터링

이대희¹, 오혜지¹, 최예림¹, 김현준¹, 홍근혁¹, 김정희², 원두희³, 장광현¹

¹경희대학교 환경학및환경공학과

²에코리서치

³생태조사단 두희자연환경연구소

안정동위원소를 기반으로 한 영양단계는 섭식 먹이원 정보를 종합적으로 반영하기 때문에 수생태계 내 어류 영양단계의 측정은 서식 환경의 악화와 회복에 따른 먹이생물 조성의 반응을 간접적으로 평가할 수 있다. 영양단계는 정량적으로 대상 생태계의 영양구조(trophic structure)를 나타내어 먹이망 및 먹이사슬 구조 파악, 오염물질의 생물 축적 과정 파악 등에 주로 사용되고 있으며 특히 생물학적 상호작용이 염도, 강우 등으로 인해 시공간적으로 변화하는 하구·기수에서 유용한 정보를 제공한다. 본 연구는 담수와 해수가 혼재된 하구 환경에서의 어류 영양단계에 대한 이해를 목적으로 넓은 이동 범위를 가지며 담수 및 해수 기원의 먹이원을 섭식하는 가숭어를 대상으로 영양단계와 환경요인 간의 관계를 분석하였다. 본 분석의 환경요인은 기초 수질 항목 및 주요 먹이원인 동물플랑크톤 군집 조성에 대한 항목으로 구성하였고 안정동위원소를 이용해 정량적으로 산출한 가숭어의 영양단계 정보와의 다변량 분석, 상관성 분석을 통해 이들 관계를 해석하고자 하였다. 특히 하구 수생태계 내에서 어류의 서식 환경의 변화와 섭식 특성 간의 관계를 영양단계 측면에서 접근함으로써, 어류 먹이원의 질적 측면에 직간접적 영향을 미치는 요인을 선별하는 것으로 분석 결과를 확장하여 수생태계 환경 평가에 있어 영양단계의 적용 가능성을 평가하였다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

HP-43

Insights into ontogenetic niche changes in bluegill, *Lepomis macrochirus*, applying combined analyses of stomach content and stable isotopes

곽영호¹, 김승용¹, 최보형^{c,p1}¹국립수산과학원 중앙내수면연구소

We integrated stomach content analysis (SCA) and stable isotope analysis (SIA) to understand ontogenetic niche shifts in the invasive freshwater fish, bluegill, *Lepomis macrochirus*. Based on the total length (TL), we classified *L. macrochirus* as small (23 - 57 mm), medium (61 - 99 mm), or large (100 - 163 mm). Across all study sites, the index of relative importance (IRI) of zooplankton was high for small individuals, whereas benthic macroinvertebrates were high in the medium and large groups. Ecological niche width estimates based on carbon and nitrogen isotope ratios (δ space) also increased with growth, indicating an ontogenetic niche shift in *L. macrochirus*. In particular, the δ space and diet plasticity of large fish is higher in the littoral population, implying *L. macrochirus* are generalist feeders as adults. Individuals classified as small showed confined and constant δ space, regardless of habitat condition. In these individuals, the IRI of zooplankton was significantly greater than that of other dietary items, indicating a strong specialistic feeding ecology. Our combined SCA and SIA approach provides evidence of an ontogenetic niche shift in *L. macrochirus* and elucidates their feeding ecology. Our study demonstrates the applicability and strength of combining SCA and SIA for ecological niche research.

» 교신저자 E-mail: chboh@korea.kr

HP-44

New method develop to reveal DOM source contribution in a river watershed using end-member mixing analysis with spectroscopic indices and $\delta^{13}\text{C}$ -DOC isotopes

Min-Seob Kim^{1P}, Seoyeon Hong¹, Bo Ra Lim¹, Soohyung Lee², Yujeong Huh¹

¹Environmental Measurement and Analysis Center, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, South Korea

²Fundamental Environmental Research Department, National Institute of Environmental Research, Incheon 22689, South Korea

DOM in river water changes in accordance with various kinds of source during a storm event period. We developed an new method to reveal DOM sources in river watershed using end-member mixing analysis (EMMA) by combining $\delta^{13}\text{C}$ -DOC and spectroscopic indices (fluorescence index [FI], biological index [BIX], humification index [HIX], and specific UV absorbance [SUVA]). Several potential end-members of DOM sources were collected from watersheds, including top-soils, groundwater, plant group (fallen leaves, riparian plants, suspended algae), and different effluents (cattle and pig livestock, agricultural land, urban, industry facility, swine treatment facility and wastewater treatment facility). EMMA models were applied to the FI, BIX and $\delta^{13}\text{C}$ -DOC on 12 DOM end-members that individually correspond to study periods. The plot of FI against BIX differentiates various end-members and positions samples within the range of spectroscopic indices of the end-members. Model 1 of EMMA used applied spectroscopic indices (FI and BIX) and model 2 applied spectroscopic indices (FI and BIX) and stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ -DOC) values to track the source of DOM. EMMA results showed that agricultural effluent (51.2%) was the most dominant DOM source in the pre- and post-monsoon periods, whereas more diverse sources, such as soil (30.4%) and industrial (8.9%), urban (9.7%), and livestock effluents (8.4%) were presented in the monsoon period. Thus, our study provides new insights into the applicability of spectroscopic indices and stable isotope for tracing the sources of DOM in aquatic systems.

IP-45

현행 ISO 하천유량측정 기준에 의거한 전자파표면유속계를 이용한 유속측정 불확도 산정

김영성^{pc1}, 박형석¹, 김자현¹, 최정규¹

¹한국수자원공사 K-water연구원

하천유량측정 방법으로 기존의 전통적인 회전식 유속계의 한계를 극복할 수 있도록 개발된 전자파표면 유속계가 국내에서 1999년 개발되어 보급을 시작한 이래로, 현재까지 270여대 이상의 제품이 실무에서 사용되고 있다. 현재 하천유량측정 결과인 수문자료가 공인을 받기 위해서는 유량측정결과의 측정 불확도를 산정하여 이 값이 일정수준 이내일 경우에 유량측정성가로 인증을 하고 있다. 이를 위하여 2011년에 ISO 748 (1997)에 따라 유속 및 유량측정결과에 대한 측정불확도 산정방법이 마련되어 실무에서 이용되고 있다. 현재 ISO 748 (1997)이 개정되어, ISO 748 (2007)이 현행의 유량측정 기준으로 통용되고 있어, 변경된 새로운 기준에 따라 유속측정 불확도를 산정하고자 하였다. 기존의 ISO 748 (1997)에서는 각 개별불확도 발생인자에 대해 불확도를 계통불확도와 무작위불확도로 나누어 계산하고, 총불확도는 무작위불확도를 신뢰수준 95% 수준으로 만들기 위하여 확장계수를 곱한 값과 계통불확도를 이용하였다. 현행의 ISO 748 (2007)은 GUM (1995)에 기초하여 불확도를 Type A 불확도와 Type B 불확도로 나누고, 각 개별불확도 발생인자에 대해 불확도를 산정하고, 이로부터 합성불확도를 계산하고, 합성불확도에 포함인자를 이용하여 95% 신뢰수준의 총불확도를 산정하고 있다. 추후 전자파표면유속계로 측정된 표면유속의 불확도는 추후 하천 유량측정 시 불확도 산정에 적용될 것이다.

▶ 교신저자 E-mail: yskim@kwater.or.kr

IP-46

멸종위기 담수어류 및 양서·파충류의 복원 연구 동향 파악

윤주덕, 권관익, 유정우, 유나경^{*,P}

국립생태원 멸종위기종복원센터 복원연구실 어류·양서파충류팀

양서·파충류는 척추동물 중 전 세계에서 가장 절멸위기가 높은 분류군이며 그 다음으로는 담수어류 순으로 두 분류군에 대한 관리 방안 제시가 필요하다. 멸종위기 담수어류와 양서파충류에 대한 국내 복원 및 보전 사업을 파악하기 위해 복원, 증식, 및 방류를 대상으로 수행한 사업의 연구제안서를 수집하였다. 텍스트 마이닝 기법(Text mining technique)을 활용하여 Word clouds와 VOSviewer 프로그램을 통해 연구 동향을 시각화하였다. 멸종위기 담수어류를 복원하기 위한 연구 사업들을 분석한 결과, 2021년까지 수행된 연구 사업의 대부분은 유전학 및 인공증식을 통한 방류가 가장 많았으며, 크게 ‘인공증식’ 및 ‘서식지 환경’으로 분류할 수 있었다. 양서·파충류 관련 연구 사업으로는 모니터링 사업이 가장 많았으며, 유전, 방사·이식, 모니터링 연구 순으로 수행되고 있었다. 또한 양서·파충류 복원 사업에는 포획 후 이주를 통한 복원 사업도 다수 포함되어있었으며 주로 환경부가 아닌 공공기관에서 사업을 수행한 것으로 확인되었다. 네트워크 분석 결과, 크게 ‘포획’, ‘방사·이식’ 및 ‘맹꽁이(*Kaloula borealis*)’로 분류되는 것으로 나타났다. 이러한 결과들을 바탕으로 2021년까지 진행된 멸종위기 담수어류 및 양서·파충류 연구 사업의 대부분은 인공증식 및 기술개발과 개발지역에 대한 멸종위기 야생생물의 포획 및 이주에 집중된 것으로 확인되었다. 이는 회계연도 내에 과제를 마무리해야되는 국내 사업들의 특성상 단기간 성과를 도출할 수 있는 과업에 초점이 맞춰진 것으로 판단되며, 보전 및 복원 연구 사업이 기관별로 무분별하게 진행됨에 따라 마스터플랜 수립과 더불어 종별 복원 계획 수립을 통한 지속적인 복원이 필요하다고 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: nkyoo96@nie.re.kr

IP-47

물 안보 달성을 위한 생태가치 중요성과 미래방향성 제시

김준서¹, 홍희진¹, 송영석¹, 최서형¹, 김동균^{1,2}

¹유네스코 물 안보 국제연구교육센터(UNESCO i-WSSM)

²K-water연구원

본 발표에서는 최근 국제 물안보 이슈에 대한 주요 현황을 살펴보고, 그 개념 및 구성요소들에 있어서 생태가치의 중요성을 강조하고자 한다. 전통적인 개념에서 UN-Water에 의하면, 물 안보(water security)는 생계 유지 및 인간복지와 사회경제적 발전을 위해 필요한 적절한 양의 물을 수용가능한 질적수준에서 지속가능하게 이용할 수 있는 것을 의미하며, 물 안보의 개념은 유엔의 교육·과학·문화 전문기구인 UNESCO에서 더욱 빈번하게 사용되고 있다. UNESCO에서 운영하는 네 가지 국제과학프로그램 중 하나인 정부간수문프로그램(Intergovernmental Hydrological Programme, IHP)은 물관리 연구에 특화된 UN에서 유일한 정부간 협력프로그램으로, 1975년에 설립되어 160여 개의 유엔 회원국이 참여하고 있다. 2023년은 IHP의 9단계 전략 시기(2022-2029) 변화하는 환경에서의 물 안보 문제를 강화하기 위해 과학적인 접근방식을 강조하고 있다. Global Water Security Issues(GWSI)는 물 안보 관련 이슈를 전파하기 위해 UNESCO와 i-WSSM이 공동으로 발간하는 출판물로, 정기적으로 국제물안보 현황에 대해 연구사례 및 관리경험에 대한 다양한 정보를 공유하는 것을 추구한다. GWSI에 대한 과거 히스토리를 돌아보면 지속가능한 발전목표 아래에서 물순환 및 물재이용, 그리고 지하수 관리 및 도시물관리를 중심으로 인간의 중심에서 기후변화 및 재해에 초점이 맞추어져 있었다. 하지만, 최근의 여섯 번째 이슈는 물 안보에 있어서 생태환경의 중요성이 부각됨에 따라 생물다양성 보호와 같은 자연중심 혹은 자연과 인간활동의 조화를 추구하는 방식으로 그 변화가 나타나고 있다. 최근에는 물관련 정책의 주요 아젠다에 깨끗한 물과 위생뿐만 아니라 기후변화와 연계한 생태계의 건전성 향상 등 친환경 정책과 탄소중립에 대한 주요 아젠다가 각광받고 있다. 따라서 물 안보는 수량, 수질, 접근가능성 등 물과 관련된 사항을 포함하는 용어이지만, 앞으로의 미래 물안보는 인간이 양질의 물을 지속가능하게 제공받으며, 동시에 건강한 생태계 서비스가 지속가능할 수 있도록 하는 것이 매우 중요하게 될 것으로 비쳐진다.

» 교신저자 E-mail: dkkim@unesco-iwssm.org

IP-48

담수산 자치어의 종 동정에 활용 가능한 형질 연구

MISHEEL BOLD^a, 김규진, 김준완, 최범명, 윤진영, 김준영, 이재석, 김영태, 장민호^c

공주대학교 생물교육학과

본 연구는 국내 4대강에서 채집된 자치어를 대상으로 담수산 자치어의 종 동정에 활용 가능한 형질 연구를 위해 담수어의 형태분석을 진행하였으며, 성어 및 치어의 형태분석은 체장(Standard length, SL), 체고(Greatest body depth, GBD), 두장(Head length, HL) 및 안경(Orbit diameter, OD)의 4가지 형질을 두가지씩 조합한 6개의 비율을 활용하여 수행하였다. 2021년부터 2년간 한강 수계 11개 지점, 낙동강 수계 37개 지점, 금강 수계 22개 지점, 영산강 수계 11개 지점에서 총 5목 9과 38종 757개체의 치어가 채집되었으며 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어(*Carassius auratus*), 납자루(*Acheilognathus lanceolata intermedia*), 납지리(*Acheilognathus rhombeus*), 큰납지리(*Acheilognathus macropterus*), 누치(*Hemibarbus labeo*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 꼬리(*Opsariichthys uncirostris*)를 대상으로 분자분석, 형태분석, 통계분석을 진행하였다. 아과 간 구분의 가능성을 알아보기 위해 독립표본T-검증 결과 HL/OD의 경우 모든 경우의 수에서 아과 간 구분이 가능한 것으로 나타났다. 나머지 형질 중 SL/OD, GBD/OD, SL/GBD의 경우 모든 경우의 수 중 한 가지를 제외하고 아과 간 구분이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 HL/OD, SL/OD, GBD/OD, SL/GBD는 아과 간 구분에 사용하기 적합한 형질로 판단되며, 그 중 HL/OD가 가장 적합하다고 판단된다. 향후 연구에서는 사용되지 않은 계측 형질을 이용하여 종 간 비교에 대한 추가적인 연구 및 본 연구에 사용되지 않은 다른 아과를 추가하여 연구를 진행하는 것을 제안한다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr