

2024

# 2024년 한국하천호수학회 동계 학술발표대회

## 생물측정망과 건강한 수생태계 관리

| 일시 | 2024년 2월 21일(수)–22일(목)

| 장소 | 제주 오리엔탈 호텔

**주최** 한국하천호수학회

**후원** 국립환경과학원, 국립생태원, K-water, 한국물학술단체연합회,  
유네스코 물 안보 국제연구교육센터, (주)청록환경생태연구소,  
(주)생태조사단, (주)다운에코, (주)알파생태연구원,  
SOKN생태보전연구소(주), 주식회사 에코리서치,  
(주)한국생태네트워크, (주)케이에코, 생태와 조우,  
한국수력원자력(주), 대신과학



2024

# 2024년 한국하천호수학회 동계 학술발표대회

## 생물측정망과 건강한 수생태계 관리

| 일시 | 2024년 2월 21일(수)~22일(목)

| 장소 | 제주 오리엔탈 호텔

**주최** 한국하천호수학회

**후원** 국립환경과학원, 국립생태원, K-water, 한국물학술단체연합회,  
유네스코 물 안보 국제연구교육센터, (주)청록환경생태연구소,  
(주)생태조사단, (주)다운에코, (주)알파생태연구원,  
SOKN생태보전연구소(주), 주식회사 에코리서치,  
(주)한국생태네트워크, (주)케이에코, 생태와 조우,  
한국수력원자력(주), 대신과학



# 2024년 한국하천호수학회 동계 학술발표대회 일정표

주제 : 생물측정망과 건강한 수생태계 관리

일시 : 2024년 2월 21일(수)-22일(목)

장소 : 제주 오리엔탈호텔

주최 : 한국하천호수학회

후원 : 국립환경과학원, 국립생태원, K-water, 한국물학술단체연합회, 유네스코 물 안보 국제연구교육센터, (주)청록환경생태연구소, (주)생태조사단, (주)다운에코, (주)알파생태연구원, SOKN생태보전연구소(주), 주식회사 에코리서치, (주)한국생태네트워크, (주)케이에코, 생태와 조우, 한국수력원자력(주), 대신과학

	시 간	행사 및 장소		
1일차 2월 21일 (수)	12:30 - 13:00	등록 및 포스터 부착		로비/일출홀
	13:00 - 13:20	<b>개회식 및 축사</b> 개회사: 한국하천호수학회 원두희 학회장 축 사: 국립환경과학원 금한승 원장		한라홀
	13:20 - 14:00	<b>기조강연</b> 하구의 부착돌말 군집과 수생태계 건강성 평가 김용재 교수 (대진대학교)		
	14:00 - 14:10	사진 촬영		
	14:10 - 14:20	휴 식		
	14:20 - 16:10	<b>심포지움 I</b> [유네스코 물 안보 국제연구교육센터(i-WSSM)]	<b>구두 발표 I</b>	
		사라 II	사라 I	
	16:10 - 16:40	포스터 발표		일출홀
	16:40 - 17:30	한국하천호수학회 평의원회 및 총회		한라홀
	17:30 - 18:00	간담회장 이동		
18:00 - 20:00	간담회			
2일차 2월 22일 (목)	09:10 - 09:45	포스터 발표		일출홀
	09:45 - 11:30	<b>심포지움 II</b> [국립환경과학원] (10:00 - 11:30)	<b>구두 발표 II</b> (09:45 - 11:30)	
		사라 II	사라 I	
11:30 - 12:00	우수 논문상 시상식, 경품추첨 및 폐회식		한라홀	



# 목 차

## ■ 일정표

■ 기초강연 .....	1
PL-01 하구의 부착돌말 군집과 수생태계 건강성 평가 .....	3
■ 심포지움 I: .....	7
S-01 eDNA in a biofilm can be used to assess diatom ecological health in stream water ecology: Case study of Miho River watershed .....	7
S-02 낙동강 구조류 군집의 장기적 시공간 분포 특성 변화와 환경인자와의 상관관계 .....	8
S-03 도암호의 물환경 현황 및 전망 (The water quality environment of Lake Doam) .....	8
S-04 환경유전자 기반의 어류군집 분석 정확성 및 활용 가능성 검토 .....	9
S-05 도시 생태공원 내 소형 하천 복원 평가 및 모니터링에 있어 어류의 $\beta$ -다양성과 먹이망 지수의 활용 .....	9
S-06 기후위기대응을 위한 글로벌 물환경 종합분석 및 평가기법 개발 .....	10
■ 심포지움 II: .....	13
S-08 호소 생태계 평가를 위한 식물플랑크톤 군집의 활용 방안 .....	13
S-09 호소 생태계 평가를 위한 동물플랑크톤 군집의 활용 방안과 과제 .....	13
S-10 어류 군집을 활용한 호소 수생태계 건강성 평가방법의 적용 .....	14
S-11 저서성 대형무척추동물을 이용한 국내 호수의 온전성 평가요소 제시 .....	14
S-12 수생식물 기반 호소생태계 건강성 평가지수의 적용 .....	15
■ 구두발표 I: .....	29
O-01 퇴적물 유해남조류 정량분석을 위한 물리적 전처리법 효율 비교 .....	19
O-02 하천 생태계 내 어류 군집의 기능군 구성에 따른 생물 다양성 변화 분석 .....	19
O-03 유전자 기법을 이용한 퇴적물 유해남조류 정성·정량분석법 제안 .....	20
O-04 수생태계 건강성 평가를 통한 하천개발사업의 수생태계 영향 분석 .....	21
O-05 Evaluation of retention time conditions for proliferation and reduction of cyanobacteria using semi-continuous culture .....	21
O-06 지방이양 이후 생태하천복원사업 복원시설의 추진 현황 .....	22
O-07 종-특이적 생태 임계값 식별을 위한 Gradient Forest 모델의 적용 .....	22
■ 구두발표 II: .....	29
O-08 Translating frog calls into human moods through computational analysis .....	25
O-09 질소 및 인 농도에 따른 <i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> 의 증식 특성 .....	25
O-10 물리적 환경 요인에 따른 어류 폐사 노출 평가 .....	26
O-11 Microcystis와 microcystin 동시 분석을 위한 유전자 정량분석법 구축 .....	26
O-12 5년간 금강하굿둑 뱀장어 전용어도 효율성과 환경요인의 상관성 .....	27
O-13 Lugol's Iodine Solution 첨가 후 보존 기간에 따른 녹조류 2속의 세포 부피 변화 .....	28
O-14 고해상도 센서 모니터링 자료와 인공지능을 활용한 하천 내 다지점 수질예측 모델 개발 .....	28
■ 포스터발표 .....	35







2024년  
한국하천호수학회  
동계 학술발표대회

## 기초강연

일 시 : 2024년 2월 21일(수) 13:20 - 14:00

장 소 : 제주 오리엔탈 호텔 한라홀

좌 장 : 장광현 교수 / 경희대학교

13:20 - 14:00

하구의 부착돌말 군집과 수생태계 건강성 평가  
김용재<sup>oc</sup>, 홍현철  
대진대학교 의생명과학과





PL-01

## 하구의 부착돌말 군집과 수생태계 건강성 평가

김용재<sup>PC</sup>, 홍현철

대진대학교 의생명과학과

한반도는 삼면이 바다로 둘러싸인 반도지역으로써 동해, 남해, 서해의 지형적 특성에 따라 하구의 구조적, 기능적 특성뿐만 아니라 생태적 특성도 큰 차이가 있는 것으로 알려지고 있다. 하구는 담수와 해수가 만나는 경계수역이고, 상류의 유역으로부터 각종 오염원으로부터 각종 오염물질이 유입되어 바다로 유출되고, 바다의 물질이 역 전달되는 전이수역이면서 정체구역이다. 또한 담수와 해수의 염분, 조석 등의 영향을 받는 역동적인 하구는 생물의 서식지, 산란지 및 양육지 뿐만 아니라 생물다양성과 생산성이 높은 생태적 기능을 유지함으로써 생태적 가치가 매우 높은 수역이다. 온전성이 잘 유지되고 있는 하구 주변에 도시화, 공업화 및 농지의 개간 등에 따라 하구는 형태적, 기능적과 생태적 특성이 변화되고 있으며, 하구 수생태계의 훼손에 따른 체계적이고 통합적 관리가 요구되고 있다. 이에 따라 하구수생태계 보전하고 가치를 회복시키기 위해 2008년부터 하구 수생태 건강성 평가를 실시하고 있다. 하구의 수생태계 건강성 평가를 위해 하구의 범위와 유형(자연하구, 인공하구--> 열린하구, 닫힌하구)은 국내 실정에 맞게 재설정되었다. 이와 같은 내용들을 본 발표에서 간략하게 언급하고자 한다.

국내 전체 하구 수생태계에 대한 연구 보고는 하구 수생태계 조사 및 건강성 평가(2008-2023)대한 보고서가 있지만, 부착돌말 군집에 대한 연구는 건강성 평가의 일환으로 수행된 결과를 바탕으로 수평정도이다. 하구 수생태계 건강성 평가는 기초조사 단계로 2008-2015년, 1단계 조사(2016-2018), 2단계 조사(2019-2021), 3단계 조사(2022-2023)를 수행하였다. 본 부착돌말 군집 분석은 1-3단계의 결과를 정리하여 조사단계별과 해역별 변화를 포함하고 있다. 그리고 부착돌말 조사는 현장조사와 실내분석으로 나눌 수 있으며, 현장조사에서 수질 측정 및 기록에 대한 주의할 점, 실내분석에서 표본제작에 대한 주의 할 점, 부착돌말의 분류체계의 변화 그리고 종 동정 후 DB기록에 대해 간략하게 언급하고자 한다.

본 결과 보고는 환경요인 중에 하구에 가장 큰 영향을 미치는 염분도, 전기전도도(EC), COD, 총질소와 총인을 조사단계별 및 해역별 변화를 비교한 결과를 제시하고자 한다. 부착돌말 군집은 단계별과 해역별 출현종수, 우점종의 상대빈도, 출현빈도, 군집지수를 비교하고, 각 해역별 지표종은 지표값을 산출하여 비교하였다. 지표종 조성은 동해, 남해, 서해에서 차이가 매우 뚜렷하고 해역별 하구의 특성을 반영하고 있다. 동해 지표종은 유속이 다소 높은 수체에 서식하는 *Achnanthydium gracillimum*이 대표종이었고, 서해 지표종은 호소와 같은 서식처에서 우점을 하는 *Stephanodiscus*속, *Cyclotella*속, *Aulacoseira*속 등과 흐름이 완만한 수체에서 motile 특성이 있는 *Navicula*속 등이 포함되어 있다. 부착돌말 군집에 미치는 환경요인을 분석하기 위해 CCA를 실시하였으며, 각 axis의 통계적 유의성을 평가하기 위하여 Monte Carlo test를 실시하였다. 각 해역별로 담수역과 기수역이 뚜렷하게 구별되고 기수역에서 총질소와 총인의 농도가 증가하였다. 따라서 우점종의 분포도 담수종과 담-기수 혼합형으로 구별되었다. 하구 수생태계 건강성 평가지수는 동해-남해-서해 순으로 낮아졌으며, “보통”~“나쁨”으로 평가되었고 조사 단계별에서도 차이가 거의 없었다. KETDI를 이용한 수생태 건강성 평가는 단일형 지수로서 하구의 영양염(PO4-P)의 특성은 반영하고 있지만 실제 하구에서 해수의 영향 그리고 생태적 가치를 반영하지 못하는 한계를 가지고 있다. 따라서 하구의 생태적 특성 및 가치를 반영할 수 있는 지수를 개발하고 적용할 필요성이 매우 필요한 상태이다.

▶ 교신저자 E-mail: yjkim@daejin.ac.kr



2024년  
한국하천호수학회  
동계 학술발표대회

## 심포지움 I

### 주제 - 글로벌 물 안보 달성과 지속가능발전을 위한 생태계 서비스 향상

일 시 : 2024년 2월 21일(수) 14:20 - 16:10

장 소 : 제주 오리엔탈 호텔 사라홀 II

주 관 : 유네스코 물 안보 국제연구교육센터(i-WSSM)

사 회 : 김동균 박사 / 유네스코 물 안보 국제연구교육센터

14:20 - 14:35	S-01	eDNA in a biofilm can be used to assess diatom ecological health in stream water ecology: Case study of Miho River watershed 김건희 <sup>a1</sup> , 조현진 <sup>2</sup> , 박채홍 <sup>2</sup> , 김정희 <sup>3</sup> , 장민호 <sup>4</sup> , 황순진 <sup>5</sup> , 정현기 <sup>6</sup> <sup>1</sup> 건국대학교 휴먼엔에코케어 센터, <sup>2</sup> 생태와조우, <sup>3</sup> (주)에코리서치, <sup>4</sup> 공주대학교 생물교육과, <sup>5</sup> 건국대학교 환경보건과학과, <sup>6</sup> 국립환경과학원 환경측정분석센터
14:35 - 14:50	S-02	낙동강 규조류 군집의 장기적 시공간 분포 특성 변화와 환경인자와의 상관관계 허 준 <sup>a</sup> , 박혜경 <sup>c</sup> 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
14:50 - 15:05	S-03	도암호의 물환경 현황 및 전망 (The water quality environment of Lake Doam) 김기용 <sup>a,c1</sup> , 허우명 <sup>2</sup> , 최재석 <sup>3</sup> <sup>1</sup> 한국수력원자력 한강수력본부, <sup>2</sup> 강원대학교 지구시스템공학과, <sup>3</sup> 강원대학교 환경연구소
15:05 - 15:20	S-04	환경유전자 기반의 어류군집 분석 정확성 및 활용 가능성 검토 김준완 <sup>a1</sup> , 김규진 <sup>1</sup> , MISHEEL BOLD <sup>1</sup> , 최범명 <sup>1</sup> , 윤진영 <sup>1</sup> , 김건희 <sup>2</sup> , 정현기 <sup>3</sup> , 장민호 <sup>c1</sup> <sup>1</sup> 공주대학교 생물교육학과, <sup>2</sup> 건국대학교 휴먼엔에코케어센터 <sup>3</sup> 국립환경과학원 환경측정분석센터
15:20 - 15:35	S-05	도시 생태공원 내 소형 하천 복원 평가 및 모니터링에 있어 어류의 $\beta$ -다양성과 먹이망 지수의 활용 최예림 <sup>a1</sup> , 오혜지 <sup>1</sup> , 장민호 <sup>2</sup> , 김규진 <sup>2</sup> , 김준완 <sup>2</sup> , 장광현 <sup>c1</sup> <sup>1</sup> 경희대학교 환경응용과학과, <sup>2</sup> 공주대학교 생물교육과
15:35 - 15:50	S-06	기후위기대응을 위한 글로벌 물환경 종합분석 및 평가기법 개발 최서형 <sup>a1,2</sup> , 송영석 <sup>1</sup> , 안지희 <sup>1</sup> , 김동균 <sup>c1,3</sup> <sup>1</sup> 유네스코 물 안보 국제연구교육센터 연구개발팀, <sup>2</sup> 서울대학교 건설환경공학부, <sup>3</sup> K-water 연구원
15:50 - 16:10		Session Closing





S-01

## eDNA in a biofilm can be used to assess diatom ecological health in stream water ecology: Case study of Miho River watershed

김건희<sup>1</sup>, 조현진<sup>2</sup>, 박채홍<sup>2</sup>, 김정희<sup>3</sup>, 장민호<sup>4</sup>, 황순진<sup>5</sup>, 정현기<sup>6</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 휴먼엔에코케어 센터

<sup>2</sup>생태와조우

<sup>3</sup>(주)에코리서치

<sup>4</sup>공주대학교 생물교육과

<sup>5</sup>건국대학교 환경보건과학과

<sup>6</sup>국립환경과학원 환경측정분석센터

금강수계의 미호강은 도시 및 농경지역의 다양한 점·비점오염원으로 인해 수생태계 건강성을 평가하는 것이 매우 중요한 유역이다. 하지만 부착돌말류 형태동정 기반의 건강성 평가는 출현종의 유사 형태 및 피각 파손 등 한계가 존재하기 때문에 분석법의 개선 방안이 요구되고 있다. 본 연구는 미호강 유역의 생물막 eDNA를 기반으로 부착돌말류 건강성을 평가하여 건강성 평가에서 eDNA의 활용 가능성을 검토하였다. 미호강 유역의 주요 12개 지점으로부터 2024년 3월, 5월, 7월, 9월에 생물막을 채집하였으며 eDNA metabarcoding을 통해 부착돌말류 rbcL 유전자 다양도를 분석하였다. 이를 기반으로 부착돌말류 건강성 지수를 분석하였으며 형태 기반의 건강성 평가결과와 비교 및 수질과의 상관관계를 통해 eDNA 분석결과를 검증하였다. eDNA 기반의 부착돌말류 건강성은 모든 지점이 평균 C등급(보통) 이하로 평가되었으며 절반 이상의 지점이 D등급(나쁨)~E등급(매우나쁨)으로 나타났다. 특히 농업용지가 집중된 미호강 상류 지점들은 모두 E등급으로 평가 되었다. 또한 집중강우가 발생한 7월 조사에서는 부착돌말류의 건강성은 급격히 감소하였으며 미호강 상류를 비롯한 대부분 지점들이 1등급 이상 건강성이 감소하여 D등급과 E등급으로 평가되었다. 이와 다르게 형태기반의 부착돌말 건강성 평가결과에서는 대부분 C등급으로 eDNA 기반의 건강성 평가보다 양호하게 평가되었으며 최대 2개 등급 차이가 존재하였다. eDNA 기반의 건강성 평가 결과는 TP와 PO<sub>4</sub>-P 농도 모두에서 상관관계수(r) -0.5 이상으로 통계적으로 매우 유의하였으나(p<0.001) 현미경 기반의 건강성 평가는 PO<sub>4</sub>-P 농도에 대해서만 상관관계가 유의하였다(r=-0.287, p<0.05). 따라서 eDNA 기반의 부착돌말류 건강성 평가는 유역의 수질변화를 잘 대변할 수 있으며 생물막의 eDNA는 부착돌말류 건강성 평가에 매우 유용한 도구로서의 잠재력이 높은 것으로 판단된다. 본 연구는 환경부의 재원으로 국립환경과학원(R&D) 연구사업(NIER-01-01-178) 지원을 받아 수행 되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jhgpl@korea.kr

S-02

낙동강 규조류 군집의 장기적 시공간 분포 특성 변화와 환경인자와의 상관관계

허 준<sup>p</sup>, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

낙동강 수계는 대구·경북과 부산·경남지역의 대도시를 경유하여 흐르는 인구 1천만의 식수원으로 국내 최대 수자원 중 하나이다. 낙동강은 매년 하절기에는 남조류가, 동절기에는 규조류가 대량 발생하여 수자원 이용에 많은 어려움을 겪고 있다. 장래의 수환경 변화 양상을 예측하고 낙동강 수자원의 안정적인 확보를 위해서 규조류와 같이 1년 내내 낙동강에서 발견되는 식물플랑크톤에 대해 장기적인 관점에서 수질과 군집구조 간의 상관관계 파악이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 2013 - 2021년간 관측된 각 지점과 기간의 주요 규조류 속 차이를 확인하고 환경인자와의 비교를 통해서 낙동강에서 매년 일어나는 규조류 천이 기작을 분석하였다. ANOSIM 분석을 통해 얻은 규조류 군집의 계절별 및 월별 유사도는 R값이 0.301, 0.417로 군집별로 차이가 나는 것을 확인하였다. 월별 평균 세포밀도는 1,276 - 14,245 cell/mL로 3월에 가장 많고 8월에 가장 적었으며, SIMPER 분석을 통한 월별 규조류 군집의 차이는 *Stephanodiscus* 속, *Fragilaria* 속, *Aulacoseira* 속에 의해 크게 생기는 것을 확인할 수 있었다. *Stephanodiscus* 속과 *Fragilaria tenera*의 경우 겨울과 봄철에 특히 2월과 3월에 높은 세포 밀도로 발생하여 우점하였고, *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira* 속의 경우 늦봄부터 가을철에 우점하였다. 낙동강 규조류 군집과 환경인자에 대한 nMDS 분석 결과에서 수온과 영양염류의 영향이 가장 크게 나타났는데, 겨울 및 봄철 규조류 군집의 경우 수온과 인과는 음의 상관관계, 질소와는 양의 상관관계를 보였고, 여름 및 가을철 규조류 군집의 경우 수온 및 인 영양염류와는 양의 상관관계, 질소 영양염류와는 음의 상관관계를 보였다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknier@korea.kr

S-03

도암호의 물환경 현황 및 전망  
(The water quality environment of Lake Doam)

김기용<sup>pc1</sup>, 허우명<sup>2</sup>, 최재석<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국수력원자력 한강수력본부, <sup>2</sup>강원대학교 지구시스템공학과, <sup>3</sup>강원대학교 환경연구소

도암호는 1990년 남한강 최상류인 송천유역에 댐이 건설되어 형성된 인공호이다. 도암호 유역은 상류에 넓은 고령지 밭을 포함한 다수의 농업비점오염원으로부터 기인하는 영양염류 및 흙탕물 등의 유실로 인해 여름철 집중강우 후 수질문제가 발생한다. 이러한 이유로 환경부에서는 2008년부터 현재까지 도암호 상류유역을 비점오염관리지역으로 지정하여 관리하고 있다. 도암호는 2023년, 환경부 수질측정망 운영이 시작되기 전까지 환경부에서 관리하고 있는 물환경측정망이 존재하지 않았다. 이러한 이유로, 도암호 수질 및 수생태 현황 파악이 어렵고 자료를 바탕으로 한 호소 물환경 전망은 한계가 있다. 본 연구에서는 도암호 유역을 대상으로 유역현황조사를 포함하여 호내 3지점 및 상·하류 하천 6지점에서 수질 및 수생태 모니터링 조사를 실시하였으며 호내 지점에서는 퇴적토 분석도 하였다. 연구된 수질 및 수생태 분석결과는 다음과 같다.

도암호 유역의 토지이용 중 약 12%가 밭으로 조사되었고, 이중 약 56% 면적의 밭이 경사도 10% 이상으로 조사되어 토사유출에 취약했다. 이로 인해, 유역으로부터 비점오염물질이 유입되는 6월 이후 여름철 집중강우 후에 호수의 투명도가 1m 이하로 감소하고, 탁도가 증가하였고, 9월 이후에는 호수 표층 수온이 하강하면서 탁수대가 표층까지 이동하여 호소 안으로 유입되었다. 최근 5년간 자료를 바탕으로 도암호의 부영양화도를 평가하였을 때, 중영양한 상태로 관측되었다. 퇴적물의 경우 총인, 총질소, 유기물 모두 퇴적물 오염평가기준을 통해 판단하였을 때 1~2 등급. 중금속항목도 1등급에 해당하여 저서생태계에 영향을 주지 않는 것으로 조사되었다. 종합적인 분석결과 도암호 수질은 강우시기 상류지역으로부터 유입되는 유역기원물질에 큰 영향을 받는 것으로 판단되었고, 퇴적물은 유기물 및 인의 양이 다소 높지만 양호한 것으로 사료된다.

▶ 교신저자 E-mail: kiyongkim@khnp.co.kr



S-04

환경유전자 기반의 어류군집 분석 정확성 및 활용 가능성 검토

김준완<sup>1</sup>, 김규진<sup>1</sup>, MISHEEL BOLD<sup>1</sup>, 최범명<sup>1</sup>, 윤진영<sup>1</sup>, 김건희<sup>2</sup>, 정현기<sup>3</sup>, 장민호<sup>c1</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 생물교육학과  
<sup>2</sup>건국대학교 휴먼엔에코케어센터  
<sup>3</sup>국립환경과학원 환경측정분석센터

환경유전자(eDNA) 기반의 생물 탐색 연구는 어류 분야에서 활용되고 있으나, 많은 연구에서 군집분석 결과(해상도)에 대한 논란이 존재한다. 본 연구는 eDNA 분석(메타바코딩)을 수행하여 어류군집을 파악하였고, 이를 전통조사방법(투망, 족대)으로 검증하여 eDNA 분석의 정확성과 활용 가능성을 검토하였다. 미호강 수계 12개 지점에서 총 4회 동안(3월, 5월, 7월, 9월) 전통적인 조사방법과 함께 수중의 eDNA를 여과·농축하였다. eDNA는 Illumina miseq system에서 미토콘드리아 16s rRNA 유전자를 메타바코딩 분석하였다. 4회 조사에서 발견된 어류 종수는 각각 eDNA 기반 37종, 투망·족대를 이용하여 39종으로 두 방법을 통해 발견된 어류 종수는 서로 유사하였다. eDNA 분석과 전통조사방법을 통해 발견된 전체 어류 종은 총 48종으로서, 주로 전통조사방법에서 채집이 어려운 야행성어종 등 9종이 eDNA 분석에서만 발견되었다. eDNA 분석과 전통조사방법의 출현 종 목록을 비교하였을 때, 강우 전보다 강우 후에 두 방법 모두에서 동시에 발견된 종이 더 많았다.

eDNA 분석과 전통조사방법을 통해 발견된 어류 종수는 서로 유사했으나, eDNA 분석은 전통조사방법에서 채집한 종의 58.3%만 발견하였다. 따라서 eDNA 분석으로 대상지역의 모든 어류 종을 검출할 수 없으며, 전통조사방법과 함께 혼용하여 활용하는 것이 어류의 종 다양성을 파악하는 데에 적합할 것으로 판단된다.

\*\* R&D (NIER - 2023 - 01 - 01 - 178)

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

S-05

도시 생태공원 내 소형 하천 복원 평가 및 모니터링에 있어 어류의 β-다양성과 먹이망 지수의 활용

최예림<sup>1</sup>, 오혜지<sup>1</sup>, 장민호<sup>2</sup>, 김규진<sup>2</sup>, 김준완<sup>2</sup>, 장광현<sup>c1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 환경응용과학과  
<sup>2</sup>공주대학교 생물교육과

최근의 도시 하천의 복원은 친수 공간의 조성과 자연 생태계의 복원을 통합한 방향으로 이루어지고 있으며, 이러한 복원 결과에 대한 평가는 경제적, 물리학적, 생물학적인 측면에서 다양한 방법을 통해 진행되고 있다. 생물 서식처로서의 복원을 위해서는 생태계 내 서식 생물의 물리·화학적 서식처 특성뿐만 아니라 서식 생물군집의 조성 및 먹이망 구조를 통해 발생하는 생물학적 상호작용을 종합적으로 평가해야 할 필요가 있다. 생태계 내 생물 먹이망은 단순히 정적인 구조가 아니라 시간에 따라 변화하고 상호 작용하는 역동적인 구조이기 때문에, 생물학적 측면에서의 하천 복원 평가 및 모니터링에 있어 종 간 상호작용, 영양 단계 변화, 섭식 환경의 변화와 같은 생태학적 정보를 종합적으로 고려한 지표가 평가 방법으로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 낙동강 본류에 인접한 생태공원 내 복원된 셋강(소하천)을 대상으로 하천 내 서식 어류의 조성을 분석하고 채집된 어류의 탄소 및 질소안정동위원소비를 측정하여 하천 복원 평가 및 모니터링에 있어 다양성 지수와 먹이망 지수의 활용 가능성을 평가하였다. 낙동강 최하류 지역에 위치하여 잠재범람권 지역에 해당하는 조사 대상지의 특성을 고려하여 강우 전 갈수기와 강우 후 시기에 조사를 진행하였으며, 낙동강 본류 지점, 생태공원 내 본류와의 연결 통로 지점, 하천구간 지점, 연못구간 지점 총 4개 지점을 선정하여 어류 시료를 채집 및 분석하였다. 어류의 α, β, γ-다양도, β 다양성의 지역적 기여도(LCBD), 안정 동위원소비를 이용한 생태지위면적, 영양단계를 각 지점별로 계산하여 비교 분석하였으며, 이를 통해 각 지점 간의 어류 섭식 다양성과 공간분포, 생태학적 이질성 및 다양성을 평가하였다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

S-06

## 기후위기대응을 위한 글로벌 물환경 종합분석 및 평가기법 개발

최서형<sup>p1,2</sup>, 송영석<sup>1</sup>, 안지희<sup>1</sup>, 김동균<sup>c1,3</sup><sup>1</sup>유네스코 물 안보 국제연구교육센터 연구개발팀<sup>2</sup>서울대학교 건설환경공학부<sup>3</sup>K-water 연구원

최근 글로벌 기후변화와 기후재해에 따른 위기대응과 관련하여 종합적인 차원에서의 연구분석 및 평가방법들에 대한 요구가 증대되고 있다. 이와 관련하여, UN은 2015년 제70차 총회에서 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)를 설정하여, 회원국들이 인간, 지구, 번영, 평화, 파트너십의 5개 영역에서 달성할 수 있도록 노력하고 있다. SDGs는 총 17개의 목표와 169개의 세부목표로 구성되어 있다. 이 중 물과 직접적으로 연관된 목표는 네 개(SDG 1, 2, 3, 6), 에너지와 관련된 목표는 세 개(SDG 7, 8, 9), 그리고 기후 및 탄소배출과 관련된 목표는 다섯 개(SDG 11, 12, 13, 15, 17)가 포함되며 전체 목표 중 상당 부분을 차지하는 것을 알 수 있다. 이는 물, 에너지, 기후 및 탄소배출이 국제사회에서 중요한 의제로 다뤄지고 있음을 시사한다. 물은 인류의 건강과 직결되는 중요한 자원이며, 경제발전, 도시발전, 에너지 및 산업에 주요한 역할을 수행하는 등 다양한 부문과 밀접한 관계를 이룬다. 이와 같은 맥락에서, 지속가능발전을 이루기 위해서는 물을 단편적으로 고려하는 것이 아니라, 에너지 및 탄소배출과 연계하여 통합적으로 분석되어야 한다. 이에 대하여, 최근 넥서스(Nexus) 방법론이 주목받기 시작하였으며, 이는 물, 에너지, 식량, 생태, 환경 등 밀접한 관계를 이루는 다양한 부문을 통합적으로 분석·평가하는 것을 지향한다. 넥서스 분석법을 통해 각 부문들을 분석할 뿐만 아니라, 부문간 이루는 밀접한 관계, 상충효과(trade-offs), 시너지 등을 종합적이고 체계적으로 분석할 수 있다. 본 연구에서는 SDGs 달성을 위한 넥서스 개념을 소개하며, 이를 통해 물환경 관리에 있어서, 에너지와 탄소배출 등을 어떠한 방식으로 생태계 서비스의 향상과 연계할 수 있는가에 대해 발표하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: dkkim@unesco-iwssm.org

2024년  
한국하천호수학회  
동계 학술발표대회

## 심포지움 II

### 주제 - 호소 수생태계 모니터링

일 시 : 2024년 2월 22일(목) 10:00 - 11:30

장 소 : 제주 오리엔탈 호텔 사라홀 II

주 관 : 국립환경과학원

좌 장 : 박배경 박사 / 국립환경과학원

10:00 - 10:15	S-07	호소 정책 현황(법, 예산)과 방향 김무성 <sup>pc</sup> 환경부
10:15 - 10:30	S-08	호소 생태계 평가를 위한 식물플랑크톤 군집의 활용 방안 김난영 <sup>1p</sup> , 김용재 <sup>2</sup> , 김한순 <sup>3</sup> , 이학영 <sup>4</sup> , 김백호 <sup>5</sup> , 장민호 <sup>6</sup> , 황순진 <sup>1c</sup> <sup>1</sup> 건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup> 대진대학교 의생명과학과 <sup>3</sup> 경북대학교 생물학과, <sup>4</sup> 전남대학교 생물학과, <sup>5</sup> 한양대학교 생명과학과, <sup>6</sup> 공주대학교 생물교육과
10:30 - 10:45	S-09	호소 생태계 평가를 위한 동물플랑크톤 군집의 활용 방안과 과제 장광현 <sup>1pc</sup> , 오혜지 <sup>1</sup> , 최예림 <sup>1</sup> , 김현우 <sup>2</sup> , 나금환 <sup>3</sup> , 장민호 <sup>4</sup> <sup>1</sup> 경희대학교 환경학및환경공학과, <sup>2</sup> 순천대학교 환경교육학과, <sup>3</sup> (주)에코랩공생, <sup>4</sup> 공주대학교 생물교육과
10:45 - 11:00	S-10	어류 군집을 활용한 호소 수생태계 건강성 평가방법의 적용 최지웅 <sup>1p</sup> , 김경훈 <sup>1</sup> , 장민호 <sup>2</sup> <sup>1</sup> ㈜다운에코, <sup>2</sup> 공주대학교 생물교육과
11:00 - 11:15	S-11	저서성 대형무척추동물을 이용한 국내 호수의 온전성 평가요소 제시 김명철 <sup>1p</sup> , 박근용 <sup>2</sup> , 공동수 <sup>2</sup> <sup>1</sup> SOKN생태보전연구소 <sup>2</sup> 경기대학교 생명과학과
11:15 - 11:30	S-12	수생식물 기반 호소생태계 건강성 평가지수의 적용 김지윤 <sup>pc</sup> , 손윤우, 이성민 군산대학교 생명과학과





S-08

## 호소 생태계 평가를 위한 식물플랑크톤 군집의 활용 방안

김난영<sup>1P</sup>, 김용재<sup>2</sup>, 김한순<sup>3</sup>, 이학영<sup>4</sup>, 김백호<sup>5</sup>, 장민호<sup>6</sup>, 황순진<sup>1c</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>대진대학교 의생명과학과, <sup>3</sup>경북대학교 생물학과, <sup>4</sup>전남대학교 생물학과, <sup>5</sup>한양대학교 생명과학과, <sup>6</sup>공주대학교 생물교육과

식물플랑크톤은 생활사가 짧고 부영양화와 같은 환경 변화에 빠르게 반응하기 때문에 세계적으로 호수의 수환경 평가에 널리 활용하고 있다. 국내의 경우 조류경보제에서 녹조발생 예보를 위해 엽록소(Chl-*a*) 농도 및 남조류의 세포수를 활용하고 있으며, 최근 호소 수생태계 모니터링을 위한 전국 조사가 수행되고 있으나 식물플랑크톤을 활용한 생태계 건강성 평가에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구는 2022년도에 조사된 전국 30개 호소를 대상으로 한국형 부영양화 지수(TSIko)를 이용하여 부영양화 정도를 평가하였으며, 식물플랑크톤을 이용한 건강성 평가 메트릭의 적용성을 검토하였다. 전반적으로 메트릭은 종다양성, 부영양화, 수생태계 위해성, 군집 안정도를 대표할 수 있도록 구성하였다. 이 중에서 남조류 비율, 규조류 비율, 황갈조류 비율, 유글레나 비율, 엽록소 농도를 비롯한 12개 메트릭은 부영양화 지수와 유의한 상관성을 나타내어 호소의 부영양화 정도에 따라 민감하게 반응하였다. 특히, 호수를 영양상태에 따라 그룹화하였을 때, 총 종수, 남조류 비율, 규조류 비율, 황갈조류 비율, 규조류 중 중심목의 비율, 규조류 중 우상목의 비율, Chl-*a*, 농도, 풍부도 지수의 8개 메트릭은 빈영양 호수와 부-과영양 호수에서 유의한 차이를 보였다. 이 메트릭들은 중복성과 계절적 변이에 대한 검증은 통해 호소 수생태계 평가에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

S-09

## 호소 생태계 평가를 위한 동물플랑크톤 군집의 활용 방안과 과제

장광현<sup>1pc</sup>, 오혜지<sup>1</sup>, 최예림<sup>1</sup>, 김현우<sup>2</sup>, 나금환<sup>3</sup>, 장민호<sup>4</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 환경학및환경공학과, <sup>2</sup>순천대학교 환경교육학과, <sup>3</sup>(주)에코랩공생, <sup>4</sup>공주대학교 생물교육과

동물플랑크톤 군집은 환경에 대한 종특이적 민감성과 수생태계 먹이망에서의 이차생산자로서의 중요한 위치로 인해 1970년대부터 호소뿐 아니라 하천, 하구 및 연안 생태계의 대표적 생물학적 지표 생물군집으로 연구되어 왔다. 국내의 경우 생물측정망 조사 및 평가 사업에서 보구간과 호소의 모니터링 대상 생물군집으로 지정되어 생물상 조사가 지속되어 왔으나 평가를 위한 지수화와 관련된 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 호소 수생태 현황조사에서 대상 호소들을 평가하기 위한 동물플랑크톤 평가 메트릭을 개발, 적용하기 위해 2022년 30개 호소에서 수집된 동물플랑크톤 군집 자료를 활용하여 평가에 적절한 지수를 선별하고자 하였다. 동물플랑크톤 군집을 이용한 호소 평가 항목을 [수질/부영양화], [먹이망 건강성], [서식처 및 종다양성]으로 설정하고 각 항목에 해당하는 지수를 구성, 적용하여 평가 결과를 검증하였다. 또한 과거 극심한 부영양화로 인해 녹조 발생 등의 수질 문제가 심각했지만 장기간에 걸친 종합적인 복원 사업을 통해 수질 회복에 성공한 국외 부영양화호의 동물플랑크톤 장기 변동 자료를 이용하여 본 연구에서 구성한 동물플랑크톤 지수의 적용 가능성과 환경변화에 대한 지수의 반응성을 평가하고 향후 국내 호소 평가를 위한 올바른 지수 개발의 방향성과 과제들을 제시하고자 하였다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

S-10

## 어류 군집을 활용한 호소 수생태계 건강성 평가방법의 적용

최지웅<sup>1</sup>, 김경훈<sup>1</sup>, 장민호<sup>2</sup><sup>1</sup>(주)다운에코<sup>2</sup>공주대학교 생물교육과

호소는 항상 흐르는 하천과 달리 일정시간 이상 체류하는 정체된 수체특성을 갖는다. 또한, 정체된 수체로 인하여 계절에 따라 발생하는 수위변동 및 다양한 오염원의 유입은 호소에 서식하는 수생생물의 군집에 큰 영향을 미친다. 특히, 어류는 수생태계에서 생산자와 1차 소비자를 섭식하는 최상위 소비자로서 하천, 하구 및 호소 생물축적망 지점의 수생태계 건강성을 평가하기 위한 생물군집으로 지정되어 있다. 호소 수생태계의 경우, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제28조와 제30조에 의거하여 생물상에 대한 조사는 지속적으로 수행되어 왔으나 호소 수생태계 건강성 평가를 위한 평가지수와 관련한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 호소 수생태계의 건강성 평가를 위하여 개발된 호소 어류 건강성 평가지수(Lake Fish Assessment Index, LFAI)를 2023년 조사된 30개 호소들을 대상으로 적용하였고, 호소별 건강성 지수 값을 산정하였다. LFAI 값은 18.8~68.8로 산정되어 “나쁨~ 좋음” 등급의 범위로 나타났고, 좋음 등급 7개 호소, 보통 등급 11개, 나쁨 등급 11개, 매우나쁨 등급 1개 호소로 확인되었다. 어류 군집을 이용한 호소 건강성 평가항목 중 [M1. 출현종수], [M2. 우점종 개체수 비율(%의 평균)], [M4. 잡식종 개체수 비율(%의 평균)], [M7. 민감종수]은 낮게 평가되는 경향을 보여 평가기준에 대한 보정 및 추가 검증이 필요하였다. 또한, 호소 어류 건강성 평가지수(LFAI)의 평가항목 및 기준에 대한 추가적인 검증을 통하여 호소 수생태계 관련 정책과 호소 관리방안 마련을 위한 신뢰성있는 자료를 확보하고자 하였다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

S-11

## 저서성 대형무척추동물을 이용한 국내 호수의 온전성 평가요소 제시

김명철<sup>1</sup>, 박근용<sup>2</sup>, 공동수<sup>2</sup><sup>1</sup>SOKN생태보전연구소<sup>2</sup>경기대학교 생명과학과

본 연구는 2022년부터 2023년까지 수행된 호소수생태계 현황조사 결과로 저서성 대형무척추동물을 이용하여 국내 호수의 온전성 평가요소를 제시하기 위한 연구를 수행하였다. 평가요소 선정 시 통계분석 결과를 활용함으로써 보다 객관적이고 정확도 높은 방식으로 연구를 진행하였다.

참조(Reference)호수와 교란(Disturbed)호수를 구분하기 위하여 호수의 교란요인으로 저서성 대형무척추동물에 영향을 미치는 7가지 이화학적 환경요인(COD, T-N, T-P, SS, pH, *Chl. a*, 세립질하상비율)으로 주성분 분석(PCA)를 수행하였다. 분석결과 Axis1이 매우 유의( $p < 0.001$ )하며 61%의 설명력을 나타냈다. PC1 score를 크기순으로 나열하여 상위 25%를 참조호수, 하위 25%를 교란호수로 선정하였다. 평가요소는 저서성 대형무척추동물과 관련된 생물학적 특성들을 7가지의 범주(생물지수, 풍부도, 민감도, 군집구성, 섭식기능군, 서식기능군, 민감도, 생물지수)로 나누어 선정하였다. 집단 구분 시 가장 영향력이 큰 요소를 구분하는 판별분석 및 Box plot을 활용하여 평가요소를 선정하였다.

연구결과 E+T 분류군 수, 빈모류 개체밀도, 곤충류 분류군 수 비율, 연체동물 분류군 수 비율, 곤충류 개체밀도 비율, Collector-Gatherer 분류군 수 비율이 선정되었다. 이 평가요소들은 향후 호소 수생태계 환경 평가지표의 기초자료로 활용할 가치가 높은 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: dskong@kgu.ac.kr

S-12

## 수생식물 기반 호소생태계 건강성 평가지수의 적용

김지윤<sup>PC</sup>, 손윤우, 이성민

군산대학교 생명과학과

수생식물은 호소의 수중, 수변서식처에서 광합성을 하는 1차생산자로 탄소균형과 영양염 순환에 기여하고 있으며 수생생물의 번식에 이용되는 다양한 수준의 물리적 서식처와 먹이원을 제공하는 등 호소생태계의 구조적 다양성과 안정성에 중요한 역할을 한다. 육상생태계와 수생태계의 접이지대에 생육하는 수생식물은 수위변동, 미소지형변화 등의 물리적인 환경요소와 부영양화, 수질오염 등에 민감하게 반응하여 수생태계의 상태를 간접적으로 이해하는 생물학적 지표로 이용되어왔다. 본 연구에서는 호소 수생태계 현장조사 자료를 이용해서 대상 호소들의 건강성을 간접적으로 평가하기 위해 구성한 수생식물 평가 매트릭의 구성요소 및 기준에 대해서 설명하고, 2023년 국내 30개 호소에서 수집된 수생식물 군집, 분포 자료를 활용하여 평가 매트릭을 시범적용한 결과를 소개하고자 한다. 또한, 제안된 수생식물 평가 매트릭의 현장적용을 확대하기 위해 주요 평가 매트릭의 점수분포, 건강성 평가지수 기여도 등을 분석하고 장기적인 호소 환경변화에도 지속가능하게 활용가능한 지수 개발을 위해 고려해야 할 요소들에 대해서 고찰하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: j.kim@kunsan.ac.kr





2024년  
한국하천호수학회  
동계 학술발표대회

## 구두발표 I

일 시 : 2024년 2월 21일(수) 14:20 - 16:05

장 소 : 제주 오리엔탈 호텔 사라홀 I

좌 장 : 서진원 박사 / 낙동강하구에코센터

14:20 - 14:35	O-01	퇴적물 유해남조류 정량분석을 위한 물리적 전처리법 효율 비교 김용진 <sup>p</sup> , 박혜경 <sup>c</sup> , 이해진, 김인수, 김정희 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
14:35 - 14:50	O-02	하천 생태계 내 어류 군집의 기능군 구성에 따른 생물 다양성 변화 분석 홍근혁 <sup>p1</sup> , 오혜지 <sup>1</sup> , 장민호 <sup>2</sup> , 김규진 <sup>2</sup> , 김준완 <sup>2</sup> , 김명철 <sup>3</sup> , 윤주덕 <sup>4</sup> , 장광현 <sup>c1</sup> <sup>1</sup> 경희대학교 환경응용과학과, <sup>2</sup> 공주대학교 생물교육과, <sup>3</sup> SOKN생태보전연구소, <sup>4</sup> 멸종위기종복원센터
14:50 - 15:05	O-03	유전자 기법을 이용한 퇴적물 유해남조류 정성·정량분석법 제안 이해진 <sup>p</sup> , 김용진, 김인수, 김정희, 박혜경 <sup>c</sup> 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
15:05 - 15:20	O-04	수생태계 건강성 평가를 통한 하천개발사업의 수생태계 영향 분석 심연보 <sup>p1</sup> , 김난영 <sup>2</sup> , 이종원 <sup>3</sup> , 황순진 <sup>c1</sup> <sup>1</sup> 건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup> 건국대학교 휴먼앤에코케어센터, <sup>3</sup> 건국대학교 산림조경학과
15:20 - 15:35	O-05	Evaluation of retention time conditions for proliferation and reduction of cyanobacteria using semi-continuous culture Park, Hae-Kyung <sup>pc</sup> , Park, Kyung-Jun Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research
15:35 - 15:50	O-06	지방이양 이후 생태하천복원사업 복원시설의 추진 현황 이상훈 <sup>p</sup> , 유경아 <sup>c</sup> 국립환경과학원 물환경공학연구과
15:50 - 16:05	O-07	중-특이적 생태 임계값 식별을 위한 Gradient Forest 모델의 적용 류희성 <sup>p</sup> , 허 준, 박경준, 박혜경 <sup>c</sup> 국립환경과학원 낙동강물환경연구소





O-01

## 퇴적물 유해남조류 정량분석을 위한 물리적 전처리법 효율 비교

김용진<sup>P</sup>, 박혜경<sup>C</sup>, 이해진, 김인수, 김정희

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

유해남조류는 수온이 낮아지는 시기에 휴면상태로 퇴적물에 침강하여 존재하며, 수온 상승시 표층으로 회귀하여 환경조건에 따라 대발생하기도 한다. 퇴적물에 존재하는 유해남조류는 수층의 유해남조류 발생의 잠재적 규모를 결정하며, 이들의 분포와 세포 밀도를 파악하는 것은 녹조 발생 기원 추적 및 관리 대책 수립에 매우 중요하다. 하지만, 퇴적물 유해남조류의 정량분석은 현재까지 명확히 확립되지 않았으며, 각 분석의 효율 비교 연구도 진행되지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 기존에 알려진 분석 방법을 비교·평가하여, 퇴적물 유해남조류 정량분석에 적합한 시험법을 제안하고자 하였다. 퇴적물 유해남조류 정량분석은 희석법, 입자선별법 및 밀도구배법을 사용하였으며, 낙동강에서 채집한 퇴적물을 대상으로 분석하였다. 또한 밀도구배법은 Ludox (HS-40, TM-50) 용액과 Percoll (29%용액, Percoll과 sucrose 혼합액) 용액을 사용한 4종류 전처리 방법의 효율을 비교하였으며, 남조류를 제거한 퇴적물에 낙동강에서 분리·배양한 *Microcystis*와 *Aphanizomenon* 및 *Dolichospermum*의 휴면포자를 혼합하여 spike test를 수행하였다. 낙동강 퇴적물 분석결과 물리적 전처리법 중 밀도구배법이 가장 효율이 높았다. 밀도구배법의 4종류의 spike test 결과 *Microcystis*는 57~79%의 범위로 Ludox TM-50 용액을 이용한 방법이 회수율이 가장 높았으며, Percoll 29% 용액을 사용한 방법이 가장 회수율이 낮았다. *Aphanizomenon* 휴면포자의 경우 0~86%의 범위로 Percoll용액의 2개 방법에서는 휴면포자가 관찰되지 않았으며, Ludox TM-50용액을 이용한 방법이 회수율 86%로 가장 높았고, *Dolichospermum* 휴면포자는 0~70%의 범위로 *Microcystis* 및 *Aphanizomenon*의 결과와 동일하게 Ludox TM-50 용액을 이용한 방법이 가장 회수율이 높았다. 본 연구결과에 따라 물리적 전처리법을 이용한 퇴적물 유해남조류의 정량분석은 Ludox-TM50 용액을 사용한 방법이 *Microcystis*의 휴면세포와 *Aphanizomenon* 및 *Dolichospermum* 휴면포자의 정량분석에 가장 적합한 것으로 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

O-02

## 하천 생태계 내 어류 군집의 기능군 조성에 따른 생물 다양성 변화 분석

홍근혁<sup>1</sup>, 오혜지<sup>1</sup>, 장민호<sup>2</sup>, 김규진<sup>2</sup>, 김준완<sup>2</sup>, 김명철<sup>3</sup>, 윤주덕<sup>4</sup>, 장광현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 환경응용과학과, <sup>2</sup>공주대학교 생물교육과, <sup>3</sup>SOKN생태보전연구소, <sup>4</sup>멸종위기종복원센터

하천 내 생물 군집 구조는 다양한 환경요인에 영향을 받을 뿐만 아니라, 군집 내에서 발생하는 경쟁, 포식 등의 종 간 상호작용에 의해 시공간적으로 변화한다. 따라서 하천 내 어류의 공간 분포는 생물학적 상호작용을 반영하는 기능군적 특성과 유영능력 및 서식처 선택성에 기반한 공간분포 특성이 종합적으로 고려되어야 할 필요가 있다. 생물 기능군 측면의 접근은 경쟁 정도, 포식압 등 생물학적 상호작용을 고려하여 군집을 해석하는데 유용한 관점을 제공한다. 따라서 해당 군집의 기능군 조성은 종 다양성에 영향을 주는 핵심 요소로 작용하며, 종 다양성의 변화 기작을 설명하는데 있어서 고려되어야 할 중요한 특성이다. 또한 타 분류군과는 달리 유영능력을 가지고 있는 분류군인 어류의 경우, 능동적으로 서식처를 선택하며, 이에 따른 개체군 이동은 하천의 생물 다양성 공간분포에 반영되어 한 수역 내에서의 군집 간 이질성을 유도한다. 본 연구는 낙동강 유역의 세 중권역인 내성천, 영강, 남강의 어류 군집을 대상으로, 시공간적인 생물 분포 기여하여 다양성 변화를 유도하는 기능군 조성을 분석하였다. 생물 다양성과 기능군 간의 관계를 분석하기 위해 섭식특성, 유영특성, 서식처 선호특성 및 내성도특성을 기준으로 대상 수역 내 어류 출현 종을 분류하였으며, SOM(Self-Organizing Map) 분석을 이용하여 기능군 그룹 간의 관계를 분석하는 동시에 생물 다양성과 기능군 간 관계를 해석하였다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

0-03

## 유전자 기법을 이용한 퇴적물 유해남조류 정성·정량분석법 제안

이혜진<sup>o</sup>, 김용진, 김인수, 김정희, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

낙동강에서 주로 출현하는 유해남조류 *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Dolichospermum* 등은 여름철 대발생 이후 가을철에 침강하여 퇴적층에서 월동, 이듬해 다시 수체로 유입된 후 환경 여건에 따라 대규모로 증식, 확산하는 생활사를 가지는 것으로 알려져 있다. 그러나 현재까지 낙동강 수계 내 퇴적물 유해남조류의 생리·생태적 특성, 시공간적 분포 등에 관한 기초조사 자료가 부족하며 이들의 수체 내 재부유 발생 정도를 알기 위한 정량 분석법 또한 정립되어 있지 않은 실정이다. 본 연구에서는 퇴적물 유해남조류 분포를 신속하고 정확하게 파악하기 위해 유해남조류 속별 유전자 분석 최적 조건을 탐색하여 제시하고자 하였다. 영양세포 상태로 퇴적물에 존재하는 *Microcystis* spp.는 *secA* gene을 대상으로 하였고, 휴면포자 형태로 퇴적물에 존재하는 *Aphanizomenon* spp.과 *Dolichospermum* spp.은 *rbcLX* gene 타깃 속 특이 프라이머와 프루브를 각각 개발하였다. 퇴적물 내 유해남조류 현존량 분석 효율 검증을 위해 spike test를 실시하였고 일정량을 분취하여 DNA 추출, ddPCR (Droplet digital PCR)을 이용하여 정량분석하고 세포수로 환산하였다. *Microcystis*의 경우 초기 접종 세포 밀도의 86%, *Aphanizomenon*과 *Dolichospermum* 휴면포자는 각각 98%, 97%가 검출되어 물리적인 처리를 통해 퇴적물을 제거하고 세포수를 직접 계수하는 방법에 비해 검출 효율이 높은 것으로 나타났다. 낙동강수계 강정고령보 상류 좌·우안 퇴적 표층 0~2.5cm를 채취하여 위의 방법을 적용한 결과, *Microcystis*는 51,630~151,740 cell equivalents g<sup>-1</sup>의 범위로 물리적 처리 방법에 비해 약 2.3배에서 최대 9.6배 높은 세포 밀도를 보였고, *Aphanizomenon*과 *Dolichospermum* 휴면포자 경우 물리적 처리 후 현미경 검경시 세포 형태가 관찰되지 않았으나 유전자 분석법에서는 51~1,290 cell equivalents g<sup>-1</sup>, 284~16,300 cell equivalents g<sup>-1</sup>가 검출되어 유전자 기법을 이용한 퇴적물 유해남조류 현존량 분석법이 현미경으로 직접 세포수를 계수하는 방법에 비해 효과적인 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknier@korea.kr

O-04

## 수생태계 건강성 평가를 통한 하천개발사업의 수생태계 영향 분석

심연보<sup>p1</sup>, 김난영<sup>2</sup>, 이종원<sup>3</sup>, 황순진<sup>d1</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼엔에코케어센터, <sup>3</sup>건국대학교 산림조경학과

개발사업의 영향은 대상 지역 환경 내에 존재하는 비생물적 요인과 생물적 요인을 모두 포함한다. 특히 그 영향은 여러 측면에서 광범위하고 복합적으로 발생하며, 최종적으로는 생태계 수준의 영향으로 나타난다. 현재 국내 환경영향평가 체계 내에서 규정된 수생태계 관련 조사 항목들은 수환경 분야에서 수질 및 수리·수문 항목, 자연환경 분야에서 일부 수생생물의 종조성과 군집지수 등에 불과하여 환경영향평가 자료를 통해 하천개발사업에 따른 수생태계 차원의 영향을 파악하는데 한계가 있다. 본 연구는 2008~2022년 동안에 시행된 ‘하천의 이용 및 개발’ 82개 사업을 대상으로 수생태계 건강성 평가(생물측정망) 및 수질측정망 자료를 활용하여 하천개발사업이 수생태계에 미치는 영향을 분석하였다(사업 전·중·후 비교). ‘하천 이용 및 개발사업’은 4대강 살리기사업을 포함하는 하천정비 사업과 복원을 목표로 하는 생태하천복원사업이 주로 시행된 것으로 나타났다. 전반적으로 개발사업 시행 시 수질항목의 경우 총인과 부유물질이 사업 기간 중에 크게 증가하였으나, 사업 이후 총인의 경우 이전에 비해 개선되었다. 수생태계 건강성은 부착돌말 지수가 사업기간 중 감소(건강성 악화)되어 사업 전과 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 보였으며, 사업 이후 점차 회복되었다. 저서동물지수와 어류평가지수는 사업 기간 중에 감소(악화)된 것으로 나타났으나, 유의한 차이를 보이지는 않았다( $p > 0.05$ ). 결과적으로 하천사업을 통해 일부 수질 항목은 개선된 것으로 나타났으나, 생물 서식환경과 수생태계 건강성은 회복되지 못한 것으로 평가되었다. 수생생물을 활용한 수생태계 건강성 평가는 기존 환경영향평가에서 수질 및 생물종 조성 평가의 한계를 극복하는 수생태계 수준의 사업 영향 평가가 가능하다.

\*\* 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 ‘ICT기반 환경영향평가 의사결정 지원 기술개발사업’의 지원을 받아 연구되었습니다.(2020002990009)

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

O-05

## Evaluation of retention time conditions for proliferation and reduction of cyanobacteria using semi-continuous culture

Park, Hae-Kyung<sup>pc</sup>, Park, Kyung-Jun

Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

Harmful Cyanobacterial Blooms (CyanoHABs) have been occurring in lakes and rivers worldwide and becoming more serious owing to climate change and human-induced eutrophication. Flow management is one of the direct, short-term measures which can suppress the formation of cyanobacterial blooms or flush the developed blooms in the eutrophic rivers. In this study, we examined the threshold of hydraulic retention time (HRT) that support the growth of *Microcystis* and reduction of pre-developed *Microcystis* through semi-continuous culture experiment using *M. aeruginosa* strain isolated from Nakdong River. In the case of pre-developed *Microcystis* of bloom condition (230,000 cells/ml), up to the HRT of 4 days, *Microcystis* decreased and diminished. However, under the HRT of 5 and 7 days, *Microcystis* decreased slowly and regrew after one month cultivation. In the case of developing *Microcystis* of 1,000 cells/ml, under the HRT of 2 days, *Microcystis* did not grow. It took 22 days to grow to 10,000 cells/ml under the 3-day HRT condition, and the maximum growth was about 30,000 cells/ml indicating even though *Microcystis* can grow very slowly but not to reach blooms. It took less than 10 days to grow 10,000 cells/ml under the HRT of more than 6 days. The threshold of HRT for growth and reduction of *Microcystis* from this study could be referred in the flow management of CyanoHABs.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

0-06

## 지방이양 이후 생태하천복원사업 복원시설의 추진 현황

이상훈<sup>p</sup>, 유경아<sup>c</sup>

국립환경과학원 물환경공학연구과

국립환경과학원에서는 ‘생태하천복원사업 업무추진 지침(13차 개정)’에 근거하여 각 지자체별 추진하고자 하는 생태하천복원사업의 ‘수생태계 복원계획’과 ‘기본 및 실시설계’에 대해 기술검토를 하고 있다. 본 연구에서는 2023년 동안 검토한 생태하천복원사업 16건을 통해 지방이양 이후의 사업 계획 및 설계 변화에 대해 알아보고자 하였다. 수질개선, 복개철거, 생태유량확보, 보철거 및 생태여울조성, 어도설치, 하상개선, 생태공간조성, 호안개선, 탐방로, 교량개선 총 10개소의 생태복원시설 중 생태하천복원사업 추진 하천별 진행되는 시설은 최소 3개소에서 최대 10개소를 목표로 하고 있고, 호안개선과 생태공간조성이 각각 16개소로 모든 사업에서 계획되었으며, 수질개선과 보철거 및 생태여울조성이 각각 12개소, 탐방로가 10개소 순이었다. 복원계획 단계에서 복개하천에 대한 복개철거를 목적으로 한 하천은 4개 하천이었으나, 기본 및 실시계획 단계에서 실제로 설계에 들어간 하천은 1개소로 확인되었다. 2020년 생태하천복원사업의 지방이양 이후 국고 지원이 줄고 지자체 예산으로 진행되면서, 수생태계 건강성 회복이라는 본연의 목적보다는 지자체와 지역주민이 원하는 이·치수, 조경 중심 및 친수 위주의 사업으로 변질되고 있어 개선이 필요해 보인다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

0-07

## 중-특이적 생태 임계값 식별을 위한 Gradient Forest 모델의 적용

류희성<sup>p</sup>, 허 준, 박경준, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

Gradient Forest Model은 다양한 환경 스트레스 요인을 동시에 고려하여, 군집 구성전환점(community turnover)과 생태 임계값(ecological threshold)을 식별하는 새로운 기계학습의 기법이다. 기존 단일 반응변수만을 이용하는 random forest 기법의 한계를 극복하여, 여러 종의 생물정보와 환경요인을 조합할 수 있는 장점이 있다. 이러한 특징으로 해양 및 육상 생태계에서는 관리 기준점 식별을 목적으로 많은 연구가 수행되고 있으나, 담수 생태계에서는 최근까지 큰 관심을 받지 못하였다. 본 연구는 장기간 수집된 현장 데이터를 이용하여, 어류 군집 구성전환을 유발하는 주요 환경 스트레스 요인과 그에 해당하는 생태 임계값을 식별하기 위하여 수행하였다. 이를 위하여 2013년부터 2021년까지 낙동강에서 수집된 어류 군집 목록(51종)과 66개 환경 스트레스 요인간의 관계를 GF 모델에 적용하였다. 그 결과, 민물검정망둑, 큰입배스, 블루길, 줄납자루가 ‘주요 분류군’으로, 화학적산소요구량(COD), 전기전도도(EC(max)), 7일간 수리학적 체류시간 (HRT(7d))이 ‘주요 환경요인’으로 각각 선정되었다. 비고유종인 큰입배스와 블루길은 COD와 EC(max)에 양의 반응을 보였으며, 생태 임계값은 4mg/L(COD)과 210 $\mu$ s/cm(EC(max))으로 식별되었다. 한국고유종인 줄납자루는 COD와 EC(max)에 대하여, 비고유종과 상반된 음의 반응을 보였다. 특히, 4.6 mg/L(COD)와 250 $\mu$ s/cm(EC(max))에서 즉각적인 관리가 필요한 관리 기준점으로 나타났다. 한편 비고유종인 큰입배스, 블루길과 함께 민물검정망둑은 HRT(7d)에 대해 양의 반응을 보였다. 하천 생태계 관리 가이드라인의 수립을 위해서는 이행가능한 수준의 기준이 필요하고, 이를 위해서는 중-특이적 임계값을 식별하려는 노력이 필수적이다. 본 연구는 국내에서 하천 생태계에 적용되는 첫 번째 시도로서 의미가 있으며, 장기적으로 생태학적 특성이 반영된 연구가 지속적으로 수행되어야 한다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

2024년  
한국하천호수학회  
동계 학술발표대회

## 구두발표 II

일 시 : 2024년 2월 22일(목) 09:45 - 11:30

장 소 : 제주 오리엔탈 호텔 사라홀 I

좌 장 : 주기재 교수 / 부산대학교

09:45 - 10:00	O-08	Translating frog calls into human moods through computational analysis 도윤호 <sup>bc</sup> 공주대학교 생명과학과
10:00 - 10:15	O-09	질소 및 인 농도에 따른 <i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> 의 증식 특성 윤지현 <sup>a</sup> , 박경준, 박혜경 <sup>c</sup> 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
10:15 - 10:30	O-10	물리적 환경 요인에 따른 어류 폐사 노출 평가 김자현 <sup>a,c</sup> , 이승윤, 최광순, 김광덕 한국수자원공사 K-water연구원
10:30 - 10:45	O-11	Microcystis와 microcystin 동시 분석을 위한 유전자 정량분석법 구축 김인수 <sup>a</sup> , 박혜경 <sup>c</sup> 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
10:45 - 11:00	O-12	5년간 금강하굿둑 뱀장어 전용어도 효율성과 환경요인의 상관성 김은비 <sup>a1</sup> , 박철우 <sup>2</sup> , 김종욱 <sup>2</sup> , 신유신 <sup>2</sup> , 최윤 <sup>1</sup> , 유수향 <sup>2</sup> , 김재구 <sup>c2</sup> 군산대학교 수산과학과 <sup>1</sup> 주식회사 알파생태연구원 <sup>2</sup>
11:00 - 11:15	O-13	Lugol's Iodine Solution 첨가 후 보존 기간에 따른 녹조류 2속의 세포 부피 변화 김정희 <sup>a</sup> , 허준, 홍동균, 박혜경 <sup>c</sup> 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
11:15 - 11:30	O-14	고해상도 센서 모니터링 자료와 인공지능을 활용한 하천 내 다지점 수질예측 모델 개발 이도연 <sup>1</sup> , 신지훈 <sup>a1</sup> , 차윤경 <sup>d1</sup> 서울시립대학교 환경공학과 <sup>1</sup>







0-08

## Translating frog calls into human moods through computational analysis

도유희<sup>PC</sup>

공주대학교 생명과학과

Ecological services offer invaluable benefits to humanity, with cultural ecological services standing out due to their direct influence on human well-being and experiences. Among these, the auditory experiences derived from nature, specifically frog vocalizations, hold significant cultural value across various communities. This study endeavored to bridge the gap between the intricate nature of these services and the broader public's understanding by employing a unique approach. Utilizing machine learning models, we predicted moods associated with frog vocalizations, drawing connections with moods typically ascribed to popular music genres. The methodology involved the curation of a diverse music dataset with pre-determined mood labels and a comprehensive dataset of frog vocalizations from various species. We simulated potential environmental changes by introducing temperature-induced audio adjustments, aiming to understand how such changes might influence the perceived moods of frog calls. The machine learning models employed, which included Random Forest, Gradient Boosting, and SVM, revealed patterns in mood assignments, with the Random Forest model showing consistent superiority in performance across various scenarios. Our findings highlighted that as simulated temperature adjustments increased, there was a discernible trend of frog vocalizations transitioning from moods perceived as 'Happy' and 'Energetic' to 'Sad'. Geographical mood distributions also presented interesting patterns, suggesting possible environmental or cultural influences.

▶ 교신저자 E-mail: doy@kongju.ac.kr

0-09

## 질소 및 인 농도에 따른 *Cuspidothrix issatschenkoi*의 증식 특성

윤지현<sup>P</sup>, 박경준, 박혜경<sup>C</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

부영양화 및 기후변화로 인해 전 세계적으로 하천과 호수에서 유해 남조류의 대량 발생이 빈번해지고 있다. 특히 지구온난화에 따라 열대성 침입 남조류들의 온대지역 확산이 보고되고 있어 이에 대한 대책이 필요하다. *Cuspidothrix issatschenkoi*는 최근 낙동강에서 발견되고 있는 대표적인 침입 남조류로서 질소고정 능력이 있으며 신경독소인 anatoxin 생성이 보고되고 있다. 본 연구에서는 낙동강 수역에서 잠재적으로 독소를 생성하고 대량 발생 가능성이 있는 *C. issatschenkoi*를 분리, 배양하여 영양염류 조건에 따른 독성(NRERC-654) 및 비독성(NRERC-660) 분리주의 증식 특성을 조사하였다. 질소 조건 실험에서는 인 농도( $\text{PO}_4^{3-}\text{P}$  0.200mg/L)는 동일한 조건에서  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도를 0.200~5.000mg/L의 범위에서 5개 조건으로 설정하였고, 인 조건 실험에서는 동일한 질소 농도( $\text{NO}_3\text{-N}$  1.600mg/L)에서  $\text{PO}_4^{3-}\text{P}$  농도를 0.000~0.500mg/L의 범위에서 5개의 조건으로 설정하였다. 독성주와 비독성주는 질소 농도에 따라 서로 다른 증식 특성을 보여, 독성주는 질소 농도가 증가할수록 최대 증식량이 증가했으며 질소 농도가 낮은 조건( $\leq 0.270\text{mg/L}$ )에서 최대 증식량은 현저히 낮았으나, 비독성주는 질소 농도별 최대 증식량의 차이가 없었다. 이형세포 형성으로 질소고정능이 있는 비독성주는 질소 농도가 낮은 조건에서도 충분한 성장이 가능했던 것으로 판단된다. 독성주와 비독성주 모두 인 농도 증가에 따라 최대 증식량이 증가하였으며 낮은 인 농도( $\leq 0.010\text{mg/L}$ )에서도 300,000cells/mL 이상의 증식을 보였다. 본 연구 결과로 볼 때 질소고정능을 가진 *C. issatschenkoi*는 부영양 수준의 낙동강에서 충분히 대량 발생할 가능성이 있음을 시사하였다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

0-10

## 물리적 환경 요인에 따른 어류 폐사 노출 평가

김자현<sup>a,c</sup>, 이승윤, 최광순, 김광덕

한국수자원공사 K-water연구원

어류폐사는 계절에 따른 수온 변화 및 강우 등 자연적 영향, 오염물질 유입, 개발 등 인위적 영향, 바이러스 및 기생충 감염 등 생물학적 영향 등의 원인으로 발생하며, 사체 부패에 따른 수자원 오염, 이취미 발생 등 2차 피해를 야기시키기 때문에 정확한 원인분석 및 빠른 후속 조치가 필요하다. 따라서 본 연구는 폐사 요인별 주요 증상을 확인하여 어류폐사 대응을 위한 색인 등 어류폐사 대응매뉴얼의 기초자료로 활용하고자 K-water에서 관리하고 있는 댐/저수지 내 주요 폐사 어종인 붕어, 잉어, 피라미와 국제 시험종인 제브라피쉬를 대상으로 주요 물리적 폐사 요인인 용존산소 고갈, pH 변화, 수온 변화, 탁수 유입 등의 조건에서 노출 실험을 진행하였고, 어류의 주요행동 양상 관찰 및 RNA 분석(제브라피쉬)을 실시하였다. 실험결과, 용존산소 고갈(<2.0ppm) 조건에서 과호흡, 수표면 유영 등의 증상을 보였고, 수온 감소(<10°C) 조건에서 호흡 및 유영능력 감소 등의 증상을 보였으며, 수온 증가(> 30°C) 조건에서 과호흡, 수표면 유영 등의 증상을 보였다. pH 감소(pH<2.0) 조건에서는 아가미 출혈 및 부식, 발작, 수체 탈출 등의 증상을 보였고, pH 증가(pH>12.0) 조건에서 아가미 출혈 및 점액질 분비, 발작, 수체 탈출 등의 증상을 보였으며, 고탁도(>1000 NTU) 조건에서 표피 및 아가미 점액질 분비, 이물질 흡착, 탈색 등의 증상을 보였다. NGS 플랫폼을 이용하여 다양한 물리적 조건에 따른 RNA 발현 특성을 확인한 결과, 대조군에 비해 세포 기작, 분자기능 등 유의한 발현 특성 차이를 보였으며, 크게 3개의 특성 그룹으로 분류되었다.

▶ 교신저자 E-mail: jahkim@kwater.or.kr

0-11

## Microcystis와 microcystin 동시 분석을 위한 유전자 정량분석법 구축

김인수<sup>a</sup>, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

지구온난화로 대표되는 기후변화는 수생태계에 부정적인 영향을 미치며, 특히 독소, 취기물질 등의 유해물질을 생산하는 녹조현상의 규모와 빈도수를 증가시킬 가능성이 있는 것으로 보고되었다. 낙동강의 경우 매년 녹조가 발생하고 있으며, 우점종으로 출현하는 *Microcystis* 속 중 일부는 간 독소인 microcystin을 생산하여 상수원수 및 친수 활동에 건강 위해성 문제를 유발할 수 있다. 유해남조류 감시를 위해 현재 시행되고 있는 조류경보제는 현미경 검경을 통해 유해남조류 세포 밀도를 분석하고 있으며 수체 내의 microcystin은 LC-MS/MS를 통하여 측정하고 있다. 위의 분석법들은 분석자의 높은 전문성을 필요로 하고 또한 분석소요시간이 긴 문제점이 있다. 뿐만 아니라 현미경 검경으로는 독성종과 비독성종을 구분할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 *Microcystis* 속 특이 유전자 및 microcystin 생합성 유전자를 이용하여 *Microcystis*와 microcystin을 동시에 분석하고 독성종 및 비독성종을 구분할 수 있는 유전자 정량분석법을 구축하였다. *Microcystis*의 속 특이적 프라이머와 microcystin 생합성 유전자인 mcyA, mcyB 특이적 프라이머를 제작하였고 유전자 정량분석을 위한 프로브를 제작하여 droplet digital PCR에서 세 개 유전자의 동시 검출 조건을 설정하였다. 독성종에서 *Microcystis* 속 특이 유전자와 microcystin 생합성 유전자를 각각 분석 및 동시분석하여 유전자 카피를 비교한 결과 거의 동일한 유전자량을 나타내어 본 연구에서 구축한 유전자 동시분석법을 이용하여 빠른 시간내에 독성 *Microcystis*를 정량할 수 있을 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknier@korea.kr

## 5년간 금강하굿둑 뱀장어 전용어도 효율성과 환경요인의 상관성

김은비<sup>1</sup>, 박철우<sup>2</sup>, 김종욱<sup>2</sup>, 신유신<sup>2</sup>, 최윤<sup>1</sup>, 유수향<sup>2</sup>, 김재구<sup>2</sup>

<sup>1</sup>군산대학교 수산과학과, <sup>2</sup>주식회사 알파생태연구원

하구는 상류 하천으로부터 흘러 내려오는 풍부한 유기물을 포함한 담수와 조석 주기에 따라 오가는 해수가 만나 혼합되는 전이대로 그 생태적 가치가 매우 높은 곳이다. 이러한 하구에 담수자원 이용을 위해 준공된 하굿둑, 방조제와 같은 인공구조물들은 물과 영양염류 등 유기물의 순환을 방해하고, 뱀장어와 같은 회유성 생물의 이동을 차단하는 등 여러 이화학적, 생태학적 문제를 야기하고 있다. 그중 금강으로 회유하는 실뱀장어는 금강하굿둑으로 인한 이동 경로의 차단, 양식산업에 의한 무분별한 남획, 급변하는 기후변화 등으로 최근 회유량이 감소하는 실정이다. 이에 뱀장어 자원량의 감소를 회복하고자 2018년 금강하굿둑 뱀장어 전용어도를 설치하였고, 2019년부터 현재까지 실뱀장어 소상 효과에 대한 모니터링이 수행되고 있다. 본 연구에서는 금강하굿둑에 설치된 뱀장어 전용어도의 효율성을 검증하고, 다양한 환경요인들과의 상관성을 분석하였다. 실뱀장어의 주요 소상 시기인 5월~9월까지 5년간 뱀장어 전용어도를 통해 소상한 실뱀장어는 2019년 63개체, 2020년 23개체, 2021년 734개체, 2022년 540개체, 2023년 173개체로 확인되었다. 회유성 어류의 회유는 주로 수온변화에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 현재까지 실뱀장어가 가장 많이 소상한 2021년 7월의 해수 및 담수 유인수의 평균 수온은 26.2°C~27.3°C로 확인되었다. 실뱀장어 소상율은 수온 뿐만 아니라 강수량 및 담수방류량, 조석 등 다양한 환경요인에 영향을 받는 것으로 확인되었다. 최근 5년간, 매해 7월 집중호우로 강수량이 증가하였고, 이에 따라 담수 방류량도 집중되었다. 조사 결과 7월 총 담수방류량은 2019년 185백만톤, 2020년 1,380백만톤, 2021년 536.6백만톤, 2022년 256.8백만톤이었고, 2023년의 경우, 이례적으로 많은 3,953.8백만톤을 방류하였다. 실뱀장어 소상율과 환경요인 간의 상관분석 결과, 배수갑문을 통해 방출되는 지나친 담수의 양이 증가할수록 소상율은 증가하였으나, 지나친 방류량은 오히려 전용어도 입구부로 실뱀장어를 유인하는 유인수의 기능이 저하되어, 담수방류량의 증감은 전용어도의 효율성에 중요하게 작용하고 있음을 추론할 수 있었다. 또한 실뱀장어 소상율과 조석간의 상관성을 분석한 결과, 소조기보다 대조기에 비교적 소상율이 높은 것으로 확인되었으며, 월령에 따라 분석한 결과, 보름사리가 그믐사리보다 소상율이 높게 확인되었다. 다만 뱀장어 전용어도의 효율의 증대와 상관성 분석에 어도 인근 불법 조업과 어도의 기계적 문제가 변수로 작용한 만큼 불법 조업 근절과 지속적인 어도의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

0-13

## Lugol's Iodine Solution 첨가 후 보존 기간에 따른 녹조류 2속의 세포 부피 변화

김정희<sup>p</sup>, 허준, 홍동균, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

수중 생태계 먹이망의 에너지 흐름 및 물질 순환을 파악하기 위해서는 1차 생산자인 식물플랑크톤의 생물량 조사가 필수적이다. 다양한 크기와 모양을 갖는 식물플랑크톤의 생물량(biomass)을 정량화하기 위해서는 정확한 세포 부피(biovolume) 측정이 필요하다. 그러나 현재 국내 조류 모니터링은 세포 밀도로만 조사가 이루어지고 있어 식물플랑크톤 생물량을 대변하는데 한계가 있고 따라서 세포 부피단위의 측정이 필요하다. 그런데 조류 모니터링을 위해 수집된 식물플랑크톤 시료는 루골 요오드 용액으로 고정된 뒤 보존되며, 고정된 세포는 수축이 일어나는 것으로 알려져 고정된 시료의 세포 부피를 측정하게 되면 실제 자연 상태의 세포 부피를 반영하기 어렵다. 본 연구에서는 낙동강에서 빈번하게 출현하나 크기가 다른 구형 녹조류 2속 *Eudorina* spp., *Dictyosphaerium* spp.를 대상으로 루골 요오드 용액을 첨가한 후 보존 기간별로 세포 크기를 측정하고 기하학 모델에 따라 세포 부피를 계산하였으며 세포 부피 변화 패턴을 확인하였다. 또한 고정된 시료의 분석 결과를 자연 상태의 세포 부피로 환산할 수 있는 환산식을 도출하였다. 조사 대상 녹조류 2속 모두 루골 요오드 용액 첨가 후 생시료의 세포 부피보다 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 생시료와 비교하여 루골 요오드 용액 고정 직후 세포 부피가 22.8~25.9%까지 감소했으며, 보존 기간 동안 2속 모두 세포 부피가 최대 24.3~54.7% 수준으로 감소하였다. *Eudorina* spp.의 경우 루골 고정 7일째까지, *Dictyosphaerium* spp.의 경우 루골 고정 직후 세포 부피가 크게 감소하였다. 본 연구에서 도출된 환산식은 자연환경에서 녹조류 2속의 실제 조류 생물량을 정확히 산정하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknier@korea.kr

0-14

## 고해상도 센서 모니터링 자료와 인공지능을 활용한 하천 내 다지점 수질예측 모델 개발

이도연<sup>1</sup>, 신지훈<sup>p1</sup>, 차윤경<sup>c1</sup><sup>1</sup>서울시립대학교 환경공학과

기후변화의 가속화와 도시화로 인해 하천 물환경에 대한 선제적 관리의 중요성이 증가하고 있다. 최근에는 센서 기술의 발달로 하천 물환경에 대한 상세한 변화를 파악할 수 있는 고해상도 모니터링 자료가 축적되고 있어 그 활용도를 증진할 필요가 있다. 나아가 수질문제의 발생에 앞서 정확한 예측이 가능한 모델은 모니터링 결과로부터 선제적 물환경 관리를 위한 통찰을 도출하는 데 있어 주요한 의사결정 지원도구로 활용이 가능하다. 본 연구에서는 고해상도 센서 모니터링 데이터의 활용도를 극대화하고 선제적 하천 물환경 관리를 지원하기 위한 딥러닝 기반 프레임워크를 제안하고자 한다. 센서 데이터에서 빈번히 발생하는 결측치 등 비정상 시계열 데이터를 처리하기 위해 SAITS(Self-Attention based imputation for time series)를 활용했으며, 기존 각 측정망별로 수행되던 인공지능 기반 모델링의 한계를 개선하기 위해 ST-GRAT(spatio-temporal graph attention network)를 후단에 배치하여 다지점 수질예측 프레임워크를 개발했다. SAITS는 별도의 수동 조작 없이 입력 데이터의 변수별 시간 해상도를 통일하며, ST-GRAT는 생성된 완전 시계열 자료를 입력받아 모니터링 지점을 절점(node), 측정망 간 연계성을 엣지(edge)로 표현하여 하천망의 공간적인 연계성을 학습, 다수 지점에 대한 동시 예측을 수행한다. 제안된 프레임워크의 적용성은 낙동강 중하류 구간에 위치한 여섯 수질자동측정망 지점에서 2020년부터 2022년간 수집된 시간 단위 모니터링 데이터를 활용한 TOC 및 클로로필a 다지점 동시 예측(1시간 후부터 48시간 후 동시 예측)을 통해 검토했다. SAITS는 별도의 수동 전처리를 요구하지 않고도 10~40% 임의결측에 대해 0.83~0.97 RMSE = 0.76~6.60mg/L의 우수한 보완 성능을 나타냈다. 이후 모델링된 완전 시계열을 활용하여 개발된 ST-GRAT은 검증기간 중 TOC에 대해 NSE 0.37~0.80, RMSE = 0.37~1.55mg/L, 클로로필a에 대해 NSE 0.37~0.76, RMSE = 2.32~17.51 mg/m<sup>3</sup>의 우수한 정확도를 나타냈다. 본 연구의 결과는 선제적인 하천 물환경관리에 있어 센서 모니터링 자료와 제안된 딥러닝 프레임워크의 높은 활용도를 나타낸다.

▶ 교신저자 E-mail: ykcha@uos.ac.kr

2024년  
한국하천호수학회  
동계 학술발표대회

## 포스터발표

### <주제별 분류표 및 발표 안내>

분류코드	주 제	발표번호	발표일자
A	수계 환경 및 수생태 모니터링	01-22	2월 21일(수) 16:10 - 16:40 2월 22일(목) 09:10 - 09:45
B	eDNA 생태모니터링	23	
C	생태모델링	24-25	
D	생태독성 및 분자생물학적 평가	26	
E	개체군/분자생태	27-33	
F	군집생태	34-39	
G	생태계생태 및 응용생태(경과/복원)	40	
H	동위원소 생태환경 진단	41-42	
I	기타	43-51	





## 포스터발표

### AP 수계 환경 및 수생태 모니터링

- AP-01 미국가재 *Procambrus clarki*의 국내 생태계 영향 및 관리 방안  
김수환<sup>a1</sup>, 이우빈<sup>1</sup>, 문창곤<sup>1</sup>, 안동하<sup>2</sup>, 정상우<sup>3</sup>, 박영준<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>국립생태원 외래생물팀, <sup>2</sup>SOKN생태보전연구소, <sup>3</sup>다살이생물자원연구소
- AP-02 양양남대천 하류 어류상 및 멸종위기종 II급 칠성장어(*Lethenteron japonicus*)의 자연상태 산란행동의 관찰  
신유신<sup>a1</sup>, 김기은<sup>2</sup>, 김종욱<sup>1</sup>, 박철우<sup>1</sup>, 김은비<sup>1</sup>, 유수향<sup>1</sup>, 김재구<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>주식회사 알파생태연구원, <sup>2</sup>안양대학교 환경에너지공학과
- AP-03 구미지역 지방하천에 설치된 어도의 설계기준 구조적 평가  
문효정<sup>a1</sup>, 이동영<sup>2</sup>, 김소연<sup>2</sup>, 박제철<sup>c1,2</sup>  
<sup>1</sup>금오공과대학교 환경공학과, <sup>2</sup>금오공과대학교 환경공학과
- AP-04 내수면 수산자원보호구역의 토지피복 및 수형학 변수가 수질환경에 미치는 영향  
이선호<sup>a</sup>, 최보형, 나수호, 정상욱, 김정배, 허승<sup>c</sup>  
국립수산과학원 중앙내수면연구소
- AP-05 수생태계 건강성 훼손원인진단 표준절차에 따른 적용 사례 소개  
김현지<sup>a1</sup>, 박배경<sup>c1</sup>, 문정숙<sup>1</sup>, 박세린<sup>2</sup>, 이상우<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>국립환경과학원 물환경공학연구과, <sup>2</sup>건국대학교 산림조경학과
- AP-06 한강 및 낙동강 수계 주요 호소에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 변동  
박종성<sup>a1</sup>, 이경락<sup>c1</sup>, 황순진<sup>2</sup>, 장민호<sup>3</sup>, 박배경<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>환경부 국립환경과학원 물환경연구부 물환경공학연구과, <sup>2</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>3</sup>공주대학교 생물교육과
- AP-07 하천 수생태계 연속성 평가 등급 체계 활용성 제고 방안 연구  
김하경<sup>a1</sup>, 김정희<sup>2</sup>, 장민호<sup>3</sup>, 유경아<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>국립환경과학원 물환경공학연구과, <sup>2</sup>주식회사 에코리서치, <sup>3</sup>공주대학교 생물교육과
- AP-08 한국 미기록종 *Diffugia biwae*와 *Diffugia mulanensis*의 낙동강 수계 출현 현황 및 생태 특성  
김민석<sup>a</sup>, 박경준, 김정희, 박혜경<sup>c</sup>  
국립환경과학원 낙동강물환경연구소
- AP-09 온도에 따른 *Cuspidothrix issatschenko*의 증식 특성  
박경준<sup>a</sup>, 윤지현, 박혜경<sup>c</sup>, 김정희  
국립환경과학원 낙동강물환경연구소
- AP-10 소규모 하천에서 분원성 대장균군 오염도에 영향을 미치는 환경요인분석  
사공화<sup>a</sup>, 김용진, 박혜경<sup>c</sup>  
국립환경과학원 낙동강물환경연구소
- AP-11 낙동강에서 주요 규조류 발생 현황 및 영향 요인 분석  
홍동균<sup>a</sup>, 허준, 김정희, 박경준, 박혜경<sup>c</sup>  
국립환경과학원 낙동강물환경연구소
- AP-12 영산호 부유미생물 및 수질의 계절 변동  
김세희<sup>a</sup>, 신용식<sup>c</sup>  
목포해양대학교 해양시스템공학과

- AP-13 **영산호 식물플랑크톤 군집의 계절 변동**  
박상준<sup>a1</sup>, 신용식<sup>c2</sup>  
<sup>1</sup>전남씨그랜드센터, <sup>2</sup>목포해양대학교 해양시스템공학과
- AP-14 **금강 수계 오염 우심 호소 동물플랑크톤 군집 특성 분석과 평가**  
최예림<sup>a1</sup>, 홍근혁<sup>1</sup>, 오혜지<sup>1</sup>, 이대희<sup>1,2</sup>, 백승호<sup>2</sup>, 박상현<sup>2</sup>, 권미영<sup>3</sup>, 장광현<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>경희대학교 환경응용과학과, <sup>2</sup>주식회사 에코리서치, <sup>3</sup>금강유역환경청 유역계획과
- AP-15 **퇴적생태계 내 저서성 대형무척추동물 채집방법 표준화**  
송재하<sup>a</sup>, 공동수<sup>c</sup>  
경기대학교 생명과학과
- AP-16 **우포늪 일대의 수질 및 어류 군집 현황**  
윤영진<sup>a1,2</sup>, 배대열<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>㈜한국생태네트워크, <sup>2</sup>충남대학교 생명과학과
- AP-17 **베이지안 네트워크를 이용한 부착돌말류의 기능적 분류군 및 부착돌말지수에 영향을 미치는 요인 분석**  
조현진<sup>a,c1</sup>, 박채홍<sup>1,2</sup>, 김건희<sup>2</sup>, 이하영<sup>1</sup>, 김재현<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼앤에코케어센터
- AP-18 **부착규조를 이용한 수환경 평가법 TDI (Trophic Diatom Index)의 간이화와 환경교육을 위한 활용**  
김성민<sup>a,c1</sup>, 신라영<sup>1</sup>, 이정호<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>대구대학교 생명과학과, <sup>2</sup>대구대학교 생물교육과
- AP-19 **큰입배스(*Micropterus salmoides*) 유입에 따른 농업용 저수지의 어류 생태계 구조 변화**  
김규진<sup>a1</sup>, 김준완<sup>1</sup>, 윤진영<sup>1</sup>, 최범명<sup>1</sup>, 오혜지<sup>2</sup>, 최예림<sup>2</sup>, 김건희<sup>3</sup>, 장광현<sup>2</sup>, 장민호<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 생물교육과, <sup>2</sup>경희대학교 환경공학과, <sup>3</sup>건국대학교 휴먼앤에코케어센터
- AP-20 **망둑어과(Gobiidae) 어류와 동사리과(Odontobutidae) 어류의 유영능력 비교**  
김희선<sup>a1</sup>, 김규진<sup>2</sup>, MISHEEL BOLD<sup>2</sup>, 김준완<sup>2</sup>, 최범명<sup>2</sup>, 윤진영<sup>2</sup>, 권준희<sup>1</sup>, 장민호<sup>c1,2</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 생물교육과, <sup>2</sup>공주대학교 생물교육학과
- AP-21 **PIT telemetry를 이용한 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*)의 서식처 특성 분석**  
윤진영<sup>a</sup>, 김규진, 김준완, 최범명, MISHEEL BOLD, 장민호<sup>c</sup>  
공주대학교 생물교육학과
- AP-22 **하천 수생태계 연속성 평가와 훼손 분석**  
황길순<sup>a1</sup>, 윤종학<sup>2</sup>, 김동역<sup>c1</sup>, 김동섭<sup>1</sup>, 이상우<sup>1,3</sup>  
<sup>1</sup>(사)한국수생태복원협회, <sup>2</sup>국립생태원 습지센터, <sup>3</sup>건국대학교 산림조경학과

## BP eDNA 생태모니터링

- BP-23 **eDNA meta-barcoding을 활용한 부착돌말류 군집평가**  
유경은<sup>a1</sup>, 김건희<sup>2</sup>, 황순진<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼앤에코케어 센터

## CP 생태모델링

- CP-24 **하천생물측정량 저서동물지수(BMI) 예측 모델 개발을 위한 분류군 통합 방안**  
조효영<sup>a1</sup>, 김난영<sup>1</sup>, 이한필<sup>2</sup>, 황순진<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>주식회사 이티워터



- CP-25 하천생물측정망 부착돌말지수 예측 모델 개발을 위한 속(Genus) 단위 최적화 방안  
 김동영<sup>p1</sup>, 김난영<sup>1</sup>, 이한필<sup>2</sup>, 황순진<sup>d1</sup>  
<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>주식회사 이티워터

## DP 생태독성 및 분자생물학적 평가

- DP-26 금강수계 오염우심호소의 부영양화 상태에 따른 어류 군집 분포  
 박상현<sup>p1</sup>, 백승호<sup>1</sup>, 권미영<sup>2</sup>, 조인호<sup>2</sup>, 김정희<sup>d1</sup>  
<sup>1</sup>주식회사 에코리서치, <sup>2</sup>금강유역환경청 유역계획과

## EP 개체군/분자생태

- EP-27 멸종위기어류 미호종개 *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae)의 분포양상과 멸종위협 평가  
 고명훈<sup>pc</sup>, 한미숙  
 고수생태연구소
- EP-28 송현천에 서식하는 멸종위기어류 버들가지 *Rhynchocypris semotilus* (Pisces: Cyprinidae)의 생활사  
 고명훈<sup>cp1</sup>, 한미숙<sup>1</sup>, 서형수<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>고수생태연구소, <sup>2</sup>국립생태원
- EP-29 양양남대천 서식 연어(*Oncorhynchus keta*) 유어의 담수와 해수 환경에 따른 섭식 분석  
 김종욱<sup>p1</sup>, 이흥현<sup>2</sup>, 박철우<sup>1</sup>, 김재구<sup>d1</sup>  
<sup>1</sup>주식회사 알파생태연구원, <sup>2</sup>주식회사 이엔이환경생태연구소
- EP-30 영산강에 서식하는 백조어의 식성  
 박철우<sup>1,2</sup>, 김은비<sup>2,3</sup>, 김종욱<sup>2</sup>, 신유신<sup>2</sup>, 김재구<sup>pc,2</sup>  
<sup>1</sup>전북대학교 생물학과, <sup>2</sup>주식회사 알파생태연구원, <sup>3</sup>군산대학교 수산과학과
- EP-31 낙동강 수계 출현 *Microcystis* 속의 유전형 분류  
 박혜경<sup>pc</sup>, 김인수  
 국립환경과학원 낙동강물환경연구소
- EP-32 Morphological responses of *Zacco Koreanus* to anthropogenic fragmentation  
 Seung-Been Heo<sup>p1</sup>, Donghyun Hong<sup>1</sup>, Jeong-Soo Gim<sup>1</sup>, Kanghui Kim<sup>1</sup>, Hyunbin Jo<sup>1,2</sup>, Gea-Jae Joo<sup>d1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Integrated Biological Science, Pusan National University  
<sup>2</sup>Institute for Environment and Energy, Pusan National University
- EP-33 멸종위기 야생생물 I급 꼬치동자개 인공증식개체 방류 결과 및 이동 특성 연구  
 강동원<sup>p</sup>, 유정우, 권관익, 박창득, 윤주덕<sup>c</sup>  
 국립생태원 멸종위기종복원센터

## FP 군집생태

- FP-34 안양천의 어류군집 특성 및 어류상에 대한 수질의 영향  
 주재우<sup>p</sup>, 한미숙, 고명훈<sup>c</sup>  
 고수생태연구소
- FP-35 금강수계 용담댐 하류의 어류군집 및 멸종위기 어종의 서식양상  
 주재우<sup>p1</sup>, 장한이<sup>2</sup>, 고명훈<sup>d1</sup>  
<sup>1</sup>고수생태연구소, <sup>2</sup>국립생태원

- FP-36 낙동강 하구 저서미세조류의 Diving-PAM에 의한 광합성 특성  
김경배<sup>pc</sup>, 허승  
국립수산과학원 중앙내수면연구소
- FP-37 배양실험을 통한 생태교란종 블루길의 크기별 섭식특성 파악  
최보형<sup>p1</sup>, 김혜원<sup>2</sup>, 이선호<sup>1</sup>, 김승용<sup>1</sup>, 곽영호<sup>1</sup>, 박세호<sup>c2</sup>  
<sup>1</sup>국립수산과학원 중앙내수면연구소, <sup>2</sup>㈜서울오션아쿠아리움
- FP-38 하천 서식환경에 따른 어류 군집 및 건강성 변화  
김현지<sup>p</sup>, 박배경<sup>c</sup>  
국립환경과학원 물환경공학연구과
- FP-39 Responses of fish population structure to estuary re-opening in estuarine ecosystems  
Jeong-Soo Gim<sup>p1</sup>, Donghyun Hong<sup>1</sup>, Hyunhee Son<sup>1</sup>, Yerin Lee<sup>1</sup>, Gea-Jae Joo<sup>1</sup> and Hyunbin Jo<sup>c1,2</sup>  
<sup>1</sup>Department of Integrated Biological Science, Pusan National University  
<sup>2</sup>Institute for Environment and Energy, Pusan National University

## GP 생태계생태 및 응용생태(경과/복원)

- GP-40 UV-C 조사에 의한 *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria)의 세포 사멸 및 개체군 성장 억제 효과  
최하성<sup>pc1</sup>, 신라영<sup>1</sup>, 이정호<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>대구대학교 생명과학과, <sup>2</sup>대구대학교 생물교육과

## HP 동위원소 생태환경 진단

- HP-41 어류 종조성에 따른 쏘가리의 생태지위면적 차이 비교  
권수정<sup>p</sup>, 송하윤, 김승용, 곽영호, 송선화, 최보형<sup>c</sup>  
국립수산과학원 중앙내수면연구소
- HP-42 The application of mixing model for fish trophic level(TL) estimation using stable isotope analysis  
Dae-Hee Lee<sup>p</sup>, Hye-Ji Oh, Yerin Choi, Kwang-Hyeon Chang<sup>c</sup>  
Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University

## IP 기타

- IP-43 New record of two non-native *Sternotherus* turtles in the wild of South Korea  
Hae-jun Baek<sup>p1,2</sup>, Minjeong Seok<sup>2</sup>, Jongwon Song<sup>2</sup>, Su-Hwan Kim<sup>c2</sup>  
<sup>1</sup>Conservation Genome Resources Bank for Korean Wildlife (CGRB) and Research Institute for Veterinary Science  
College of Veterinary Medicine, Seoul National University  
<sup>2</sup>Invasive Alien Species Team, Bureau of Conservation Research, National Institute of Ecology
- IP-44 재배농법에 따른 권역별 논 식물플랑크톤상 비교  
김영생<sup>p1,2</sup>, 최재신<sup>1</sup>, 이재학<sup>1</sup>, 김한순<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>경북대학교 자연과학대학 생명과학부(생물학전공), <sup>2</sup>미래생물자원연구소
- IP-45 군산 미제저수지의 습지식물 분포  
이성민<sup>p1</sup>, 손윤우<sup>1</sup>, 양광희<sup>1</sup>, 이재연<sup>1,2</sup>, 김지윤<sup>c1</sup>  
<sup>1</sup>군산대학교 생명과학과, <sup>2</sup>국립생태원 보전연구본부 기후생태연구실

- IP-46 **낙동강 유역의 습지복원을 위한 우선순위 지역 선정**  
 임란영<sup>PC</sup>  
 군산대학교 농생명융합기술센터
- IP-47 **고퇴적물 내 남조류 휴면포자 출현 및 형태 분석에 관한 연구**  
 김재현<sup>P1</sup>, 권대률<sup>2</sup>, 이상득<sup>2</sup>, 이진영<sup>3</sup>, 이호일<sup>3</sup>, 조현진<sup>1</sup>, 이하영<sup>1</sup>, 박채홍<sup>C1</sup>  
<sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>국립낙동강생물자원관 원생생물연구팀, <sup>3</sup>한국지질자원연구원
- IP-48 **상주보 상류의 퇴적토 내 휴면포자 분포**  
 박채홍<sup>P1,2</sup>, 조현진<sup>1,2</sup>, 김재현<sup>1</sup>, 이하영<sup>1,2</sup>, 황순진<sup>C3</sup>  
<sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼앤에코케어센터, <sup>3</sup>건국대학교 환경보건과학과
- IP-49 **담수 돌말류의 세포 부피로부터 유기탄소 함량 추정 방법론**  
 이하영<sup>P1</sup>, 조현진<sup>1</sup>, 이상득<sup>2</sup>, 박채홍<sup>C1</sup>  
<sup>1</sup>생태와조우<sup>1</sup>, <sup>2</sup>국립낙동강생물자원관 원생생물연구팀
- IP-50 **공유하천의 생태학 및 환경적 가치 보전을 통한 지속가능발전목표 달성 방안**  
 안지희<sup>P1</sup>, 송영석<sup>1</sup>, 최서형<sup>1,2</sup>, 김동균<sup>C1,3</sup>  
<sup>1</sup>유네스코 물안보 국제연구교육센터 연구개발팀, <sup>2</sup>서울대학교 건설환경공학부, <sup>3</sup>K-water 연구원
- IP-51 **천연 광물 제올라이트를 이용한 소형인공호 개선**  
**(Water Quality Improvement in a small lake Using Natural Mineral Zeolite)**  
 이은주<sup>PC1</sup>, 김동역<sup>2</sup>, 허우명<sup>3</sup>, 김남명<sup>1</sup>, 김기용<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국수력원자력 한강수력본부, <sup>2</sup>한국수생태복원협회, <sup>3</sup>강원대학교 지구시스템공학과

AP-01

## 미국가재 *Procambrus clarkii*의 국내 생태계 영향 및 관리 방안

김수환<sup>1</sup>, 이우빈<sup>1</sup>, 문창곤<sup>1</sup>, 안동하<sup>2</sup>, 정상우<sup>3</sup>, 박영준<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립생태원 외래생물팀, <sup>2</sup>SOKN생태보전연구소, <sup>3</sup>다살이생물자원연구소

미국가재는 2018년 전남 나주의 지식천 일대에서 확인되었으며, 2019년 생태계교란 생물로 지정되어 관리되고 있다. 환경부에서는 이를 효과적으로 제거·퇴치하기 위한 전략의 수립이 필요하며, 이를 위해서는 미국가재의 생태 특성 및 생태계위해성에 대한 조사가 선행되어야 한다. 이에 2023년 1~12월인 1년 동안 미국가재 생태특성에 대한 연구를 진행하였다. 연구는 미국가재와 월동 현황과 동소 저서성 대형무척추동물 상, 서식 환경 특성, 개체군 밀도 추정, 트랩 및 유인제 효율성, 추가 확산, 실내 사육, 먹이원 조사 및 *Aphanomyces astaci* 검출을 실시하였다. 조사 결과 미국가재가 서식하는 환경은 만경강과 영산강 주변지역의 자연환경과 유사한 특성을 보이나, 저수지나 습지에서 낮은 용존산소량을 보이는 곳이 확인되었다. '23년 조사에서 확인된 미국가재는 총 3,359개체이며, 이중 암컷이 2,122개체, 수컷이 846개체, 미성숙한 개체가 116개체로 확인되었고, 성비는 1:0.4로 암컷이 우세하게 출현하였다. 월별 포획량은 6월에 1,275개체로 가장 많았으며, 7월에는 장마의 영향으로 조사가 제한되었다. 월동 조사 결과 결빙되어 있는 하천과 호수의 바닥과 낙엽 아래, 식물의 뿌리 등에서 월동이 확인되었고, 성체의 경우 굴을 파고 들어가 월동하는 것도 확인되었다. 월동을 위해 뚫은 굴의 최대 수평방향으로 약 2m 정도로 길어, 논둑이나 제방에 피해를 줄 우려가 있다. 전장-체중관계식도 매개변수  $b$ 값이 3.12로 균형 잡힌 성장을 가정할 수 있다. 동소서식 생물로는 저서성대형 무척추동물 3문 4강 11목 25과 39종이 확인되었으며, 우점종은 연못하루살이이며, 아우점종은 줄새우였다. *A. astaci* 검출 결과 확인되지 않았으나, *Aphanomyces* sp.는 확인되었다. 다양한 조사와 연구 결과를 바탕으로 미국가재가 국내 생태계에 미치는 위해성 파악하고, 또한 종 특성에 따른 효과적인 관리계획을 수립할 수 있으며, 적극적인 퇴치 활동을 통하여 미국가재로 인한 생태계 피해를 최소화할 수 있다.

▶ 교신저자 E-mail: aquatic@nie.re.kr

AP-02

## 양양남대천 하류 어류상 및 멸종위기종 II급 칠성장어(*Lethenteron japonicus*)의 자연상태 산란행동의 관찰

신유신<sup>1</sup>, 김기은<sup>2</sup>, 김종욱<sup>1</sup>, 박철우<sup>1</sup>, 김은비<sup>1</sup>, 유수향<sup>1</sup>, 김재구<sup>1</sup><sup>1</sup>주식회사 알파생태연구원, <sup>2</sup>안양대학교 환경에너지공학과

양양남대천의 하류 지점 어류상과 칠성장어(*Lethenteron japonicus*)의 자연상태 산란행동을 조사하기 위해 봄, 여름, 가을 3회에 걸쳐 조사하였다. 전체 조사기간 동안 총 8목 9과 19종 439개체의 어류가 채집되었으며, 우점종은 94개체, 상대풍부도 21.41%를 차지한 황어(*Tribolodon hakonensis*)였으며, 아우점종은 61개체, 상대풍부도 13.9%를 차지한 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*)이었다. 법정보호종은 모두 멸종위기야생생물 II급인 칠성장어, 가시고기(*Pungitius sinensis*), 한독중개(*Cottus hangiongensis*)로 각각 35개체, 15개체, 14개체가 확인되었으며, 칠성장어는 1회(봄), 가시고기와 한독중개는 3회 전 조사기간에서 확인되었다. 봄 조사기간에는 칠성장어의 자연상태 산란행동이 관찰되었으며, 하천의 전 유수구역 중에 유속이 완만한 구간에서 8~10개체가 소규모로 무리를 지어 산란행동을 취하였다. 칠성장어의 산란행동은 암컷이 주둥이를 이용해 돌에 부착하면 수컷이 암컷의 주둥이 위쪽을 물고 꼬리로 암컷의 복부를 3~5초간 압박하며 자극하였다. 이러한 산란행동에 참여하는 칠성장어의 전장은 약 25~40 cm였고, 산란장의 수심은 약 20~50 cm, 산란장의 하상 구조는 자갈(40%)과 굵은 모래(30%) 및 큰 돌(30%)로 이루어져 있었다. 본 연구대상지에서는 봄 조사 시 칠성장어 이외에도 황어의 산란이 관찰되었고, 같은 시기 연어(*Oncorhynchus keta*)의 치어가 일부 채집되었으며, 가을 조사에서는 산란 후 폐사한 연어가 목격되고 연어의 알이 채집된 것으로 보아 산란을 위해 하천으로 소상하는 소하성 어류의 주요 산란지 및 멸종위기야생생물 어류들의 주요 서식지로서 주기적인 모니터링 및 서식지 보호를 위한 대책수립이 필요할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

AP-03

## 구미지역 지방하천에 설치된 어도의 설계기준 구조적 평가

문효정<sup>1</sup>, 이동영<sup>2</sup>, 김소연<sup>2</sup>, 박제철<sup>1,2</sup><sup>1</sup>금오공과대학교 환경공학과, <sup>2</sup>금오공과대학교 환경공학과

본 연구는 경북 구미지역의 지방하천에 설치된 어도를 대상으로 설계기준을 반영하여 구축된 평가 매뉴얼의 어도 구조평가 세부기준을 적용하여 2023년 5월에 현장조사를 실시하여 어도를 평가하였다. 하천에 설치된 취수보 및 어도 조사는 실내에서 위성사진(구글어스)을 통하여 대상 하천의 기점에서 종점까지 설치된 보와 어도의 위치를 미리 파악하였고, 현장 조사 시 하천의 기점에서 종점으로 이동하면서 사전 조사한 내용을 바탕으로 현지조사표를 작성·조사하였다. 조사대상 7개 지방하천의 취수보에 설치된 보는 118개, 어도는 32개로 나타났고, 어도의 설치율은 27%로 전국 평균(15%)보다는 높게 나타났으며, 어도 연계율의 경우 16%로 비교적 낮은 값을 보였다. 5개 이상의 어도가 설치된 하천을 중심으로 어도구조평가를 표준화하여 평가한 결과, 3개의 하천 공통적으로 입구, 출구 항목에서의 점수가 낮게 나타났다. 입구의 문제점은 퇴적물이 쌓여 물의 흐름을 방해하여 어도가 제 역할을 하지 못하고 있었으며, 출구는 대부분의 수리 시설물이 농업용 취수보이기 때문에 출구를 각각으로 막아 하천생물의 이동을 방해하는 경우가 많았다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 물고기의 주 이동로를 고려하여 어도 입구에 유심을 연결하고 하류의 침식이 발생하더라도 어느 정도 유로가 확보되거나 또는 낙차가 발생하는 것을 방지하여 물고기의 어도 진입이 가능하도록 설계가 필요하였으며, 출구의 경우에는 항상 어도로 물이 유입되도록 각각이 없는 구조로 어도 출구부를 설계하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 국내 어도정책은 어도설치에만 치중되고 사후관리에 대한 예산지원 및 인식이 부족한 실정이다. 따라서, 어도 설치 후 지속적인 모니터링으로 철저한 사후 처리 체계를 갖추고, 법과 제도를 완벽하게 갖추는 것도 중요하지만 현재 수립된 제도가 잘 이행 될 수 있도록 지속적인 관심과 어도 중요성에 관한 교육, 홍보를 통해 제도가 정착될 수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하다.

▶ 교신저자 E-mail: pjc1963@kumoh.ac.kr

AP-04

## 내수면 수산자원보호구역의 토지피복 및 수형학 변수가 수질환경에 미치는 영향

이선호<sup>p</sup>, 최보형, 나수호, 정상옥, 김정배, 허승<sup>c</sup>

국립수산과학원 중앙내수면연구소

본 연구는 내수면 수산자원보호구역의 효율적인 운영 및 관리를 위해 수질 자료를 바탕으로 그룹을 유형화하고, 각 그룹별 수질 특성과 토지피복(land cover) 및 수형학(hydromorphology) 변수와의 관계성을 분석하였다. 내수면 수산자원보호구역 중 14개 호소에서 각 세 정점씩 2022년 4월과 8월에 표층과 저층 수질을 분석하고, 이를 바탕으로 계층적 군집분석(cluster analysis)을 통해 그룹을 유형화 하였다. 내수면 수산자원보호구역은 두 개의 그룹으로 나눌 수 있었으며, 그룹 2에서 상대적으로 수질이 좋지 않고, 높은 부영양화를 보이는 것으로 나타났다. 유형화된 그룹별 토지피복 및 수형학 변수의 차이는 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 이용하여 수행하였다. 그 결과, 수질이 좋지 않은 그룹 2에서 상대적으로 농업지역과 시가지지역의 비율이 높고 호소의 고도가 낮은 것으로 나타났으며, 그룹 1에서는 산림지역의 비율과 호소의 고도가 높은 것으로 나타났다. 유의미한 차이가 존재하는 수형학 변수와 수질 자료의 관계를 파악하기 위해 스피어만 순위 상관분석(spearman's rank correlation)을 수행한 결과, 농업지역 및 시가지지역은 규산염(SiO<sub>2</sub>), 투명도(secchi depth), 용존산소(dissolved oxygen)를 제외한 TN, TP, COD 등 대부분의 수질 지표와 강한 양의 상관관계를 보여 토지피복에 따른 호소의 수질 환경 특성을 잘 반영해 주는 것으로 보인다. 본 연구에서 나타난 내수면 수산자원보호구역의 수질특성과 수형학적 특성의 상관성은 호소의 지속적인 관리 및 보전을 위한 기초적인 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

▶ 교신저자 E-mail: seungheo@korea.kr

AP-05

## 수생태계 건강성 훼손원인진단 표준절차에 따른 적용 사례 소개

김현지<sup>p1</sup>, 박배경<sup>d1</sup>, 문정숙<sup>1</sup>, 박세린<sup>2</sup>, 이상우<sup>2</sup><sup>1</sup>국립환경과학원 물환경공학연구과, <sup>2</sup>건국대학교 산림조경학과

하천에 서식하고 있는 생물들은 하천 구조(인공구조물 포함), 수리·수문 및 수질 등의 특성에 따라 시·공간적으로 종과 개체수 분포 등 건강성 상태가 변화하게 된다. 이와같이 수생태계를 구성하는 생물들은 유역 및 하천환경 변화에 민감하게 반응하는 하천 구성요소의 최종 단계라 볼 수 있다. 이는 근원적인 하천 물환경의 개선과 향상을 위해서는 수생태계의 현재 건강성을 우선적으로 조사(진단)하고, 건강성이 훼손된 하천일 경우 원인이 되는 환경 인자를 추출하여 그에 상응하는 맞춤형 대책을 마련하는 것이 가장 효율적인 방법임을 의미한다. 국립환경과학원은 '21년부터 “하천 수생태계 훼손원인 진단사업”을 통해 수생태계 건강성이 나쁨등급을 보이는 하천(매년 10여개)을 대상으로 과학적인 조사·분석을 수행하고 훼손된 원인을 진단한 후 생태복원 및 물환경 개선 방안을 제안하고 있다. 또한 국립환경과학원과 건국대학교 연구팀은 본 사업의 효율적인 추진을 위해 훼손원인 진단 및 대책 마련 과정의 표준절차서를 마련하고 '23년에 공개·배포하였다. 이에 본 연구에서는 표준절차서의 구성 및 내용, 그리고 이를 토대로 실제 하천에서 진단한 결과를 제시하여 향후 물환경 관리 분야에 모범 사례로서 활용되기를 기대하며 이를 소개하고자 하였다.

▶ 교신저자 E-mail: bkpark67@korea.kr

AP-06

## 한강 및 낙동강 수계 주요 호소에서 식물플랑크톤 군집의 계절별 변동

박종성<sup>1</sup>, 이경락<sup>1</sup>, 황순진<sup>2</sup>, 장민호<sup>3</sup>, 박배경<sup>1</sup>

<sup>1</sup>환경부 국립환경과학원 물환경연구부 물환경공학연구과, <sup>2</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>3</sup>공주대학교 생물교육과

본 연구는 환경부 관할 조사 대상 90개 호소 중 30개 호소를 대상으로 국립환경과학원이 수행한 『호소 수생태계 현황 조사 (2022)』 연구에 기반하고 있다. 제시된 내용들은 5대강 수계 30개 호소(한강 8개, 낙동강 11개, 금강 6개, 영산·섬진강 5개)에서 2022년 4월부터 2023년 3월까지 계절별로 조사·분석한 식물플랑크톤의 연구 결과들을 보여준다. 식물플랑크톤 조사는 호소 규모에 따라 소형호 1개 지점, 중형호 2개 지점, 대형호 3개 지점을 각각 조사하였다. 조사 지점은 식물플랑크톤과 수질의 연관성을 고려하여 수질측정망(물환경정보시스템, water.nier.go.kr) 지점에서 조사를 수행하였다. 조사기간 중 식물플랑크톤은 총 84과 150속 641종이 출현하였다. 출현종수는 대암호에서 51종으로 가장 적었고, 예당지에서 200종으로 가장 많았다. 세포밀도는 덕동호에서 169 cells/mL로 가장 낮았고, 간월호에서 285,293 cells/mL로 가장 높았다. 분류군별 조사 결과에서는 규조류, 남조류, 녹조류가 주요 출현 분류군으로 확인됐다. 이들 분류군은 전체 출현 종수의 79%를 차지하였고, 평균 세포밀도의 98%를 차지하였다. 주요 호소들에 대한 RDA (redundancy analysis) 결과에서, 식물플랑크톤의 계절별 군집 변화는 기상 및 이화학적 환경인자들의 복합적인 영향을 받는 것으로 확인되었다.

▶ 교신저자 E-mail: micow1022@korea.kr

AP-07

## 하천 수생태계 연속성 평가 등급 체계 활용성 제고 방안 연구

김하경<sup>1</sup>, 김정희<sup>2</sup>, 장민호<sup>3</sup>, 유경아<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립환경과학원 물환경공학연구과, <sup>2</sup>주식회사 에코리서치, <sup>3</sup>공주대학교 생물교육과

우리나라 하천의 수생태계 연속성은 단절 구간이 많은 상태로 공공수역의 상·하류 또는 수변지역과의 원활한 물질순환과 생물이동을 위해서는, 기능을 상실한 인공구조물(보, 제방 등)의 개선·철거를 통한 수생태계 연속성 확보가 필요하다. 이에 정부는 2017년 관련 규정을 신설하고 “수생태계 연속성 조사 및 평가 방법 등에 관한 지침”을 제정, 이를 근거로 국내 하천의 연속성 조사·평가가 이루어지고 있다. 현재 수생태계 연속성 조사 지침은 종적 연속성과 횡적 연속성을 조사하고 있으며 평가 등급 체계는 “훼손”, “단절”, “연속”의 3단계로 구분되는데, 수생태계 건강성 평가 등급 체계를 비롯한 국내·외 여러 물환경 평가 체계는 5개 등급으로 구분되어 연계성과 활용성 측면의 개선이 필요하다. 따라서 평가 결과의 등급체계 조정 등의 연구를 통해서 연속성 조사 및 평가의 결과가 수생태계 건강성을 향상시킬 수 있는 정책 활용성에 증대될 수 있게 하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

AP-08

## 한국 미기록종 *Diffflugia biwae*와 *Diffflugia mulanensis*의 낙동강 수계 출현 현황 및 생태 특성

김민석<sup>p</sup>, 박경준, 김정희, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

동물플랑크톤 분류군에서 원생동물이 가지는 중요성이 높음에도 불구하고, 아직 아시아의 원생동물 분류군에 관한 연구는 부족한 편이다. 유각 아메바류에 속하는 *Diffflugia* 속은 단단한 껍질을 생성하고, 껍질의 형태로 분류되는 원생동물이다. 현재까지 *Diffflugia biwae*는 일본의 Biwa 호수에서 발견되었고 *Diffflugia mulanensis*는 중국의 Mulan 호수에서만 보고되었으며 국내에서는 보고된 사례가 없으나 최근 낙동강에서 발견되었다. 따라서 본 연구에서는 낙동강에서 2017년부터 2022년까지 6년간 *Diffflugia* 속의 출현 현황과 생태 특성을 조사하고 일본과 중국에서 보고된 종과의 유전적 관련성을 검토하였다. 매주 64 $\mu$ m의 동물플랑크톤 네트로 시료를 채집, 포르말린 고정 후 현미경으로 개체밀도 및 형태와 크기를 분석하였다. 두 종은 공통적인 형태로 몸 너비보다 넓은 나팔 모양의 큰 깃을 가지고 있으며, *Diffflugia biwae*는 방추형 형태와 깃 반대쪽으로 빨을 가지고 있으나 *Diffflugia mulanensis*는 항아리 모양의 형태와 깃 반대쪽으로 빨이 없는 특징을 가진다. 조사 기간 중 *Diffflugia biwae*의 경우 총 5,448 개체의 약 98.3%가 7월부터 10월에 발견되고, *Diffflugia mulanensis*는 총 8,373 개체의 약 93.1%가 6월부터 10월에 발견되었다. 두 종 모두 8월에 가장 많이 발견되었으며, 비율은 각각 59.0%, 45.8%로 나타났다. 낙동강의 8개 보 중 칠곡보부터 창녕함안보까지 하류의 5개 보에서 *Diffflugia biwae*는 약 96.5%, *Diffflugia mulanensis*는 약 82.1%가 발견되었다. 일본과 중국에서는 두 종 모두 정수역인 호수에서 발견되었으나, 본 연구에서는 유수역인 강에서 발견되면서 서식처의 차이를 보였다. 일본에서 *Diffflugia biwae*는 부영양화로 인하여 멸종된 것으로 알려져 있으나, 우리나라에서는 부영양 수준의 낙동강에서 발견되어 서식처의 차이가 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

AP-09

## 온도에 따른 *Cuspidothrix issatschenkoi*의 증식 특성

박경준<sup>p</sup>, 윤지현, 박혜경<sup>c</sup>, 김정희

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

지구온난화로 인한 기후변화로 유해남조류의 대량증식의 빈도가 증가하고 있고, 열대지역에 처음 보고된 일부 유해남조류는 온대지역으로 확산되고 있다. 이 중 *Cuspidothrix issatschenkoi*는 최근 낙동강에서 발견되었고 anatoxin-a의 생산이 확인되었다. 따라서 독소를 생산하는 *C. issatschenkoi*의 대량 발생 가능성을 고려할 때 이 종의 증식 특성 파악이 우선 필요하다. 본 연구에서는 *C. issatschenkoi*의 최적 증식온도를 알아보기 위해 낙동강에서 *C. issatschenkoi*의 독성주(NRERC-654)와 비독성주(NRERC-660)를 분리하였고 *C. issatschenkoi*가 출현했던 기간(6~11월)동안의 온도 범위(10.2~31.8 $^{\circ}$ C)를 포함하는 5개의 온도 조건(10, 20, 25, 30, 35 $^{\circ}$ C)에서, 낙동강 현장수를 이용한 batch culture를 통해 최대증식량, 비증식속도 등을 조사하였다. 독성주와 비독성주 모두 온도별 증식 차이를 보였으며, 독성주는 30 $^{\circ}$ C에서 (2,357,000 cells  $\cdot$  mL $^{-1}$ , 0.43day $^{-1}$ ), 비독성주는 20 $^{\circ}$ C에서 (1,936,250 cells  $\cdot$  mL $^{-1}$ , 0.41day $^{-1}$ ) 가장 높은 최대증식량과 비증식속도를 나타내었다. 독성주는 고온(35 $^{\circ}$ C)에서 비독성주는 저온(10 $^{\circ}$ C)에서 거의 증식하지 못하였고, 독성주는 저온에서 증식속도는 매우 느렸으나 1개월 이상 배양 후 최대 1,219,000 cells  $\cdot$  mL $^{-1}$ 까지 증가하여 낮은 수온에서도 대량 증식 가능성을 보여주었다. 본 연구를 통해 낙동강에서 분리한 *C. issatschenkoi*의 최적 증식 온도는 20 $^{\circ}$ C~30 $^{\circ}$ C로 확인되었다. 2021년부터 2022년까지 실제 낙동강에서 *C. issatschenkoi*가 출현한 시기(6월~11월)의 수온은 10.2~31.8 $^{\circ}$ C의 범위를 보였으며 대부분의 출현은 20~30 $^{\circ}$ C에서 확인되었고 10월말 이후 20 $^{\circ}$ C 미만의 수온에서는 드물게 소량 출현하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr



AP-10

## 소규모 하천에서 분원성 대장균군 오염도에 영향을 미치는 환경요인분석

사공화<sup>p</sup>, 김용진, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

우리나라는 하천과 호수 등의 수질관리를 위하여 유기물 등 일반수질 항목과 함께 분원성 미생물에 대한 지표로 총대장균군과 분원성 대장균군을 적용하고 있다. 최근 지구온난화로 대표되는 기후변화로 인해 기온이 상승함에 따라 높은 온도 조건에서 성장하는 분원성 대장균군의 오염도가 증가할 가능성이 높으며, 축산업의 증가와 비점오염원의 영향 등 분원성 미생물 오염에 관한 관심과 우려가 커지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 낙동강으로 유입되는 지류인 토평천을 대상으로 분원성 미생물의 지표인 분원성 대장균군과 환경요인의 관계를 분석하여, 오염도 증가에 영향을 미치는 주요 원인을 파악하고자 하였다. 대상지점은 토평천 중류와 하류에 위치한 2개 지점(토평천(TP1), 토평천2(TP2))으로 2015년에서 2023년까지 월 1회 주기로 총대장균군과 분원성대장균군을 분석하였으며, 수온, pH, 총인, 총질소 등 이화학적 환경요인과, 강우량, 유량 등 수리학적 자료와 함께 상관분석 등의 통계분석을 수행하였다. 분석 결과 분원성대장균군의 평균 오염도는 TP1에서 2.7 logCFU/100mL TP2에서 2.3 logCFU/100mL로 나타났으며, TP1의 경우 2017년 이후(2015~2017년 평균 1.8 logCFU/100mL, 2018~2023년 평균 3.1 logCFU/100mL), TP2는 2018년도 이후(2015~2018년 1.2 logCFU/100mL, 2019~2023년 평균 3.1 logCFU/100mL) 분원성대장균군의 오염도가 증가한 것으로 나타났다. 또한 동일시기에 BOD, COD, TOC, SS와 같은 유기물질의 증가도 확인하였다. 상관분석 결과 분원성대장균군은 총인, 수온, 강우량, COD 및 TOC와 상관관계수 0.292~0.494 ( $p < 0.01$ )의 범위로 강우 유출수에 의해 분원성 오염원이 하천으로 유입되는 것으로 나타났다. 하지만, 지리적으로 인접한 2지점의 분원성대장균군 오염도의 증가 시기(TP1: 2018년, TP2: 2019년)가 달랐고, 일부 비강우 시기에도 오염도가 증가하는 등 유역의 비점오염원의 유입 특성에 따라 분원성 오염도가 결정된 것으로 추정된다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

AP-11

## 낙동강에서 주요 규조류 발생 현황 및 영향 요인 분석

홍동균<sup>p</sup>, 허준, 김정희, 박경준, 박혜경<sup>c</sup>

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

낙동강은 8개의 보에 의해 유량이 조절되는 강으로서, 규조류가 가을부터 증가하기 시작하여, 이듬해 봄까지 우점한다. 낙동강의 규조류 연구는 남조류의 연구에 비해 드물며, 주로 하류에 집중되어, 낙동강 상-하류의 규조류 군집 연구는 드물다. 본 연구는 2016년부터 2022년까지, 낙동강의 8개 보 지점에서 출현하는 주요 규조류의 시공간적 분포 특성과, 수문, 기상, 이화학적 요인의 영향을 분석하였다. 주요 규조류 6속 (*Stephanodiscus*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Aulacoseira*, *Asterionella*, *Cyclotella*)을 선택하여, 계절별 우점 시기를 살펴본 결과, *Stephanodiscus* 속은 겨울, *Fragilaria* 속과 *Synedra* 속은 겨울과 봄, *Aulacoseira* 속은 가을에 우점하였고, *Cyclotella* 속은 계절별 차이가 크지 않았다. 각 속의 세포 밀도와 환경 변수 간의 상관분석 결과, 수온, 강우량은 대부분 속과 음의 상관관계를 보였으며, *Stephanodiscus* 속과 가장 상관성이 높았다. 체류시간의 경우, 대부분 속과 양의 상관관계이며, *Asterionella* 속의 상관성이 가장 높았다. 규조류가 가장 번성하는 겨울, *Stephanodiscus* 속은 상류의 낙단보와 구미보 구간에서 전체 규조류의 82.3%를 차지하였지만, 하류의 합천창녕보와 창녕함안보 구간에서는 39.7%였다. *Fragilaria* 속은 상류의 낙단보와 구미보 구간에서 2.5%, 하류의 합천창녕보와 창녕함안보 구간에서 26.5%로 나타나 상·하류 간의 우점 속의 차이를 보였다. 주요 규조류의 구성비는 계절변화에 따른 수온 변화와 강수량, 체류시간이 영향을 주는 것으로 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

AP-12

## 영산호 부유미생물 및 수질의 계절 변동

김세희<sup>p</sup>, 신용식<sup>c</sup>

목포해양대학교 해양시스템공학과

부유미생물인 식물플랑크톤은 광합성을 통해 유기물을 생산하는 1차생산자로서 수생태 먹이망의 상위소비자들에게 중요한 탄소원으로 이용된다. 종속영양 박테리아 또한 수생태계에서 microbial loop의 주요 구성원으로 유기물의 분해, 재생산, 영양염 순환 등 중요한 역할을 한다. 그러나 용존유기물을 분해하는 과정에서 산소를 소모하기 때문에 수층 내 저산소 및 무산소 환경 형성에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이러한 부유미생물은 상위소비자 및 대형생물의 먹이원으로 사용되고 물질순환에도 기여하므로 수질과 더불어 부유미생물의 변동을 파악하는 것은 중요하다. 따라서 본 연구에서는 영산호의 수질과 식물플랑크톤 및 종속영양 박테리아의 계절별 변동 특성을 분석하고자 한다. 현장조사는 영산호의 3개 정점(St. A~C)에서 2021년 1월, 4월, 7월, 10월에 실시하였으며, 정점별 표·저층의 식물플랑크톤 생체량(chlorophyll-a)과 종속영양 박테리아 개체수, 물리·화학적 환경인자, 영양염류를 분석하였다. 식물플랑크톤 생체량은 동계(1월)와 춘계(4월)에 높은 분포를 보였으며 정점별로 하굿둑에 가장 가까운 St. C에서 생체량이 감소하였다. 용존산소의 분포 또한 4월에 증가한 경향을 나타내며 식물플랑크톤 생체량과 유사한 분포 양상을 보였다. 종속영양 박테리아 개체수는 하계(7월)에 낮은 분포를 나타냈다. 수온은 계절적 양상을 보였으며 염분은 하굿둑에 가까운 St. C 저층에서 가장 높은 염분 분포를 나타냈다. 질소계열 영양염( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ )은 동계에 높은 분포를 보였다. 탁도가 높았던 하계에 인산염( $\text{PO}_4^{3-}$ )과 규산염(DSi)도 높은 분포를 나타냈다.

▶ 교신저자 E-mail: yongsik@mmu.ac.kr

AP-13

## 영산호 식물플랑크톤 군집의 계절 변동

박상준<sup>p1</sup>, 신용식<sup>c2</sup><sup>1</sup>전남씨그랜트센터, <sup>2</sup>목포해양대학교 해양시스템공학과

영산호는 영산강 하구 일대에 염해 피해 차단과 농업용수 공급을 위해 건설된 하굿둑(1981년)으로 인해 조성된 인공호소이다. 영산강은 유역 내 도시와 농경지로부터 유입되는 비점오염원의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있으며, 중류에 건설된 승촌보(광주), 죽산보(나주)로 인하여 수체의 흐름이 정체되어 영산강 수질이 악화된 것으로 보고되었다. 이와 같은 변화는 영산강 하류에 위치한 영산호에도 영향을 미칠 것으로 판단되므로 영산호의 수질관리를 위해서는 현황을 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 영산호(St.A~C)에서 조사된 자료를 이용하여 수질 및 식물플랑크톤 군집의 변동을 분석하였다. 조사는 2019년 1월, 4월, 7월, 10월에 실시하였으며, 물리·화학적 환경인자, 영양염류, 식물플랑크톤 생체량, 크기구조 및 군집을 조사·분석하였다. 수온은 표·저층 및 정점 간 큰 차이를 나타내지 않았고 계절적 변동을 보였다. 용존산소는 수온과 반대의 경향을 보였으며, 표·저층 간 평균 0.5~2.8 mg/L 정도의 차이를 나타냈다. 또한, 여름철인 7월에 B, C정점 저층에서 빈산소층(각 2.22, 3.60 mg/L)을 확인할 수 있었다. 탁도는 A정점에서 가장 큰 값을 보였으며, 염분은 영산강 하굿둑 인근 C정점에서 가장 높은 것으로 나타났다. 영양염류는 A정점에서 가장 높은 값을 나타냈으며, C정점으로 갈수록 감소하는 추세를 보였다. 식물플랑크톤 생체량 또한 A정점에서 높은 값을 나타냈으며, 계절에 관계없이 nano-size가 우세하는 경향을 보였다. 식물플랑크톤 군집은 대체로 규조강이 우점하였으나, 여름철에는 남조강, 특히 *Microcystis sp.*가 우점하는 것으로 확인되었다.

▶ 교신저자 E-mail: yongsik@mmu.ac.kr

AP-14

## 금강 수계 오염 우심 소형 호소 동물플랑크톤 군집 특성 분석과 평가

최예림<sup>1</sup>, 홍근혁<sup>1</sup>, 오혜지<sup>1</sup>, 이대희<sup>1,2</sup>, 백승호<sup>2</sup>, 박상현<sup>2</sup>, 권미영<sup>3</sup>, 장광현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 환경응용과학과

<sup>2</sup>주식회사 에코리서치

<sup>3</sup>금강유역환경청 유역계획과

플랑크톤은 수체 내 인 농도, 수변 식생 유무, 오염 물질의 유입과 같은 외부 환경적 요인에 반응하여 개체군이 빠르게 변화하기 때문에 이들 개체군의 조성과 개체수는 호소와 같은 폐쇄적인 생태계 내에서 외부로부터 기인하는 환경 변화의 주요한 생물학적 지표로서 사용될 수 있다. 또한 동물플랑크톤은 어류 치어 성장에 중요한 먹이원이며 식물플랑크톤의 섭식자로서 조류의 개체수를 조절하기 때문에 환경 변화에 따른 동물플랑크톤 군집 조성 및 개체수의 변화는 호소생태계 먹이망에서 상향식 및 하향식 변화를 유도하게 된다. 따라서 동물플랑크톤의 군집 특성은 생물학적 및 비생물학적 요소를 종합적으로 고려한 호소생태계 생물지수로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 금강 수계 내 소형 호소 중 수질 개선이 필요한 오염 우심 호소 12개를 대상으로 각 계절별 수질 및 동물플랑크톤 조사를 실시하였다. 호소별 동물플랑크톤 군집 조성과 개체군 밀도를 분석하여, 호소간 군집 다양도와 출현량을 비교하였다. 또한, 호소평가를 위한 동물플랑크톤 지수를 적용하고 계절에 따른 차이를 평가하였다. 조사 대상 호소 중 동물플랑크톤 다양도가 가장 높은 호소는 서지지, 가장 낮은 호소는 비룡지로 분석되었다. 동물플랑크톤 출현량이 가장 높은 호소는 앵금지로, 가장 낮은 호소는 오창저수지로 나타났다. 또한 오염에 따라 개체수가 감소하는 핵심 지각류의 출현량이 가장 높은 호소는 원남지로 분석되어 호소간 뚜렷한 군집 차이를 나타내었다. 본 연구에서는 호소간 발생하는 군집특성의 차이와 환경요인의 관계를 분석하고, 소형 저수지에 적용 가능한 평가지수를 검증하였다.

본 연구는 금강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

AP-15

## 퇴적생태계 내 저서성 대형무척추동물 채집방법 표준화

송재하<sup>p</sup>, 공동수<sup>c</sup>

경기대학교 생명과학과

국내의 퇴적생태계와 관련된 연구는 이화학적 환경요인, 생태독성에 대한 연구가 주로 진행되어 왔으며 저서성 대형무척추동물 군집과 관련된 원천적 연구가 매우 미흡하다. 퇴적물에 서식하는 굴착성 저서생물은 20 cm 또는 그 이상의 깊이에서 서식하는 것으로 알려져 있으며, 퇴적생태계는 담수생태계와 비교하였을 때 세립질 하상의 비율이 높아 서식하는 생물들의 크기가 미소하다. 따라서 퇴적생태계 내 저서생물의 채취를 위하여 조사심도 및 거름체의 공극에 대한 표준화가 필요하다. 본 연구는 2022, 2023년에 한강, 낙동강, 영산강 수계의 지점에서 세립 퇴적물을 내경 7.5 cm Brinkurst core로 조사를 진행하였다. 심도(0~2 cm, 2~4 cm, 4~6 cm, 6~10 cm, 10~15 cm, 15~20 cm)를 구분하여 저서성 대형무척추동물을 채집하였으며, 거름체의 공극(1.0 mm, 0.5 mm, 0.2 mm)에 따른 생물시료의 수집율을 분석하였다. 퇴적물 심도가 깊어질수록 출현도와 개체밀도가 감소하였는데 이는 공극수의 산소 농도 감소와 관련이 있는 것으로 추정된다. 환형동물류(Annelida)는 6 cm이하의 깊이에서 전체의 69%, 15~20 cm의 깊이에서는 전체의 5%가 출현하였다. 깔따구류(Chironomidae)는 6 cm 이하의 깊이에서 전체의 61%, 15~20 cm의 깊이에서는 전체의 8%가 출현하였다. 이로 볼 때 깔따구류가 실지렁이보다 산소 고갈에 대한 내성이 큰 것으로 판단된다. 환형동물류는 1 mm 공극의 거름체 수집율이 32%, 0.5 mm 공극에서의 수집율은 74%였다. 깔따구류는 1 mm 공극의 거름체 수집율이 43%, 0.5 mm 공극에서의 수집율은 81%였다. 현재 환경부·국립환경과학원에서 운영하는 물환경정보시스템의 생물측정망 운영지침의 거름체 공극은 1 mm로 규정되어 있다. 그러나 퇴적물에 서식하는 미소한 깔따구류 및 환형동물류가 우점하는 퇴적생태계를 대상으로 사용하는 것은 부적합한 것으로 판단된다. 다음 결과로 볼 때 세립 퇴적물의 조사에서 15~20 cm까지 저서성 대형무척추동물이 출현하는 것으로 보아 퇴적물의 조사심도는 20 cm, 거름체의 공극은 최소 0.2 mm로 정하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 지점에 따라 편차가 크기 때문에 보다 많은 조사자료를 확보하여 조사방법에 대한 기준을 추가로 검토할 필요가 있다.

\*\* 본 연구는 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업[과제번호 : 2022003050006]의 지원을 받았으며, 이와 같은 지원에 감사드립니다.

▶ 교신저자 E-mail: dskong@kgu.ac.kr

AP-16

## 우포늪 일대의 수질 및 어류 군집 현황

윤영진<sup>p1,2</sup>, 배대열<sup>c1</sup>

<sup>1</sup>(주)한국생태네트워크, <sup>2</sup>충남대학교 생명과학과

본 연구에서는 보존 가치가 높은 자연늪의 현황을 제시하기 위하여 우포를 포함한 일대의 총 4개 늪(목포, 사지포, 쪽지벌)의 수질과 어류 군집을 파악하였다. 2022년 3월부터 2023년 12월까지 수질은 월별로 분석하였으며, 용존산소의 10분 간격으로 연속 측정하였다. 어류의 조사는 수체 내 수생식물의 분포가 미약한 춘계 및 추계에 실시하였다. 수질 분석결과 대표적인 영양염인 총인의 농도는 평균 208 µg/L이었으며, 총질소는 평균 2,060 µg/L, 클로로필-a는 평균 150 µg/L로 나타나 모두 과영양 상태로 평가되었다. 특히 연구기간 동안 우포의 경우, 총인은 평균 251 µg/L이었으며, 총질소는 평균 2,270 µg/L, 클로로필-a는 평균 165 µg/L로 높은 수치를 보였다. N:P 질량비의 경우 우포늪은 평균 13, 목포 8, 사지포 25, 쪽지벌 14로 분석되어, 사지포만 유일하게 N:P 질량비가 17을 초과하여 인 제한(Phosphorus Limitation)으로 분석되었다. 용존산소(DO)에 대한 연속측정 결과, 우포는 평균 6.50 mg/L, 목포는 평균 8.85 mg/L, 사지포는 평균 4.64 mg/L, 쪽지벌은 평균 6.18 mg/L로 확인되어 목포의 평균 용존산소 가장 높고, 사지포는 가장 낮았다. 빈산소(DO 2mg/L 미만) 비율은 모든 늪에서 동계에는 매우 낮았으며, 하계에는 6월을 시작으로 매우 높게 나타났다. 어류는 총 10과 24종 7,379개체가 채집되었으며, 우점종은 상대풍부도 30%인 참붕어, 아우점종은 상대풍부도 25%인 붕어로 나타났다. 내성길드 분석결과 내성종의 개체수 비율이 98%를 차지하였으며, 민감종은 확인되지 않았다. 섭식길드 분석결과 잡식종의 개체수 비율이 약 72%로 대부분을 차지하였으며, 육식종은 23%, 충식종은 5%로 확인되었다.

▶ 교신저자 E-mail: bdy@eco-net.co.kr

AP-17

## 베이시안 네트워크를 이용한 부착돌말류의 기능적 분류군 및 부착돌말지수에 영향을 미치는 요인 분석

조현진<sup>p,c1</sup>, 박채홍<sup>1,2</sup>, 김건희<sup>2</sup>, 이하영<sup>1</sup>, 김재현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼앤에코케어센터

본 연구는 부착돌말류의 기능적 분류군에 영향을 미치는 환경 및 이화학적 요인을 확인하고 영향력을 평가하기 위하여 수행되었다. 효과적인 분석을 위하여 전국 4대강 유역 내 부착돌말류 건강성이 낮은 하천 중 최종 15개 하천을 선정하여 2021년과 2022년 봄과 가을철에 총 4회 조사를 진행하였고, 기초 수질항목 및 부착돌말류 군집을 이용하여 베이시안 네트워크를 이용한 분석을 진행하였다. 그 결과, 운동성 돌말류 군집은 영양염류에 비해 물리적인 요인에 좀 더 영향을 받는 것으로 확인되었고 특히 여울이나 흐름, 소와 같은 흐름 상태에 민감한 것으로 확인되었다. 민감성 돌말류 군집의 경우 질소원이나 기질매몰도를 제외한 대부분의 요인에 대해 민감한 것으로 확인되었고 특히 하상 구조나 인산염인에 좀 더 영향을 크게 받는 것으로 분석되었다. 부영양성 돌말류 군집은 하천변 토지이용에 민감한 것으로 확인되었고 특히 영양염류 중 인산염인과의 민감성이 가장 높은 것으로 나타났다. 최종적으로 세 기능적 분류군 중 부영양성 돌말류와 민감성 돌말류의 군집이 부착돌말류 건강성에 영향을 미치는 것으로 확인되었고, 특히 영양염류 중 인산염인과의 관계성이 높은 것으로 확인되었다. 또한 하천의 흐름이나 하상의 구조에 비해 하천 외부의 이용환경이 더욱 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다. 이를 통해 하천의 외부 요인 및 하천 내 이화학적 요인에 대한 부착돌말류 건강성 변화 양상을 비교 분석할 경우 하천의 관리방안에 보다 효율적인 정보를 제공할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: hyeonjin9981@naver.com

AP-18

## 부착규조를 이용한 수환경 평가법 TDI (Trophic Diatom Index)의 간이화와 환경교육을 위한 활용

김성민<sup>pc1</sup>, 신라영<sup>1</sup>, 이정호<sup>2</sup><sup>1</sup>대구대학교 생명과학과, <sup>2</sup>대구대학교 생물교육과

물환경보전법에 따른 생물측정망 조사의 하천 수환경 평가법인 TDI (Trophic Diatom Index)를 시료 세정과 정지의 위험 감소, 최소 피각 계수량 설정, 종 동정 최소화 등으로 간이화하여, 환경교육에서 현장실습 활용 가능성을 조사하였다. 시료 세정은 강산성 화학제 대신 하수구 세정제를 이용하여 위험도를 저감하였다. 최소 피각 계수량 선정을 위해 계수량 200개 그리고 300개, 500개, 700개, 1,000개 각각의 TDI 값을 비교하였다. 계수량 1,000개 기준 대응 표본 t-검정 결과 모든 계수량이 동일한 결과로 나타났으나 RMSE 결과 계수량 200개의 오차가 임계값 5를 초과하여 최소 피각 계수량을 300개로 정하였다. 종 동정 최소화를 위해 낙동강 수계 지점 및 출현종을 대상으로 유사도 분석, 대응 표본 t-검정, RMSE 등의 통계적 과정을 거쳐 지점별 상대밀도가 10% 이상인 종 중 출현빈도가 2% 이상인 종 115종을 지표-규조군으로 선발하였다. 고등학생 11명에게 간이화된 TDI를 교육하고 경상북도의 감천과 금호강의 수환경을 평가하여 전문 조사자의 결과와 비교하였다. 대응 표본 t-검정에서 동일한 결과로 분석되었고, RMSE 결과 4.82로 임계값 미만이었다. 교육 후, 설문 조사에서 하천 오염 대한 식견이 매우 향상되었다는 답변이 81%로 환경 관심도가 높아진 것으로 나타났다. 결론적으로 본 연구에서 제시된 간이화된 TDI는 학생들을 비롯한 비전문가들의 활용이 충분히 가능하며, TDI에 대한 현장 체험은 학교를 비롯한 사회적 환경교육의 다양한 과정에서 매우 유용한 교육 프로그램이 될 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: seoungmin3162@gmail.com

AP-19

## 큰입배스(*Micropterus salmoides*) 유입에 따른 농업용 저수지의 어류 생태계 구조 변화

김규진<sup>pc1</sup>, 김준완<sup>1</sup>, 윤진영<sup>1</sup>, 최범명<sup>1</sup>, 오혜지<sup>2</sup>, 최예림<sup>2</sup>, 김건희<sup>3</sup>, 장광현<sup>2</sup>, 장민호<sup>pc1</sup><sup>1</sup>공주대학교 생물교육과, <sup>2</sup>경희대학교 환경공학과, <sup>3</sup>건국대학교 휴먼엔에코케어센터

큰입배스는 강한 번식력과 포식압으로 인해 어류종 감소 및 생태계 구조 변화등의 문제를 야기하여 국내에 서는 생태계 교란 생물로 지정되어 있다. 본 연구에서는 큰입배스 출현에 따른 어류상 변화 및 어류 생태계 구조 변화를 분석하여 큰입배스 유입으로 인한 초기 생태계 변화를 파악하고자 하였다. 어류 생태계 구조 변화를 확인하기 위해 2021년 4월부터 2023년 8월까지 중초산 저수지를 대상으로 어류를 채집하였으며 큰입배스 유입시점을 기준으로 어류상(상대풍부도, Length-weight Relationship(LWR), 비만도)과 안정동위원소를 이용한 먹이망과 생태지위면적을 분석하였다. 어류상 분석결과 중초산 저수지에 서식하는 잉어과 어류의 상대풍부도는 감소(78%→9%) 하였으나 LWR분석에서 붕어와 참붕어의 회기계수값이 증가하여 서식환경은 양호해진 것으로 나타났다. 또한 비만도 분석에서는 유입 전·후 기율기값의 변화는 나타나지 않아 큰입배스의 유입으로 인한 부정적인 영향은 확인할 수 없었다. 먹이망 분석에서는 큰입배스의 유입전에 가장 상위에 위치하던 동자개가 배스 유입후 영양단계가 하락하였으며, 참붕어와 붕어의 영양단계는 큰입배스 유입 전·후 모두 큰 차이가 없었다. 또한 큰입배스 유입 후 3종의 생태지위면적은 축소 또는 변화하였으나 유입전과 비교하였을 때 큰 차이를 나타내지 않았다. 큰입배스의 유입 초기에는 어류 생태계에 큰 영향을 미치지 않으며 장기간에 걸쳐 부정적인 영향을 나타낼 수 있다. 따라서 국내 수계에서 큰입배스와 같은 생태계 교란종이나 이입종, 외래종들의 유입이 확인될 경우 초기에 대책을 마련하는 것이 생태계 내 영향을 최소화 하는데 매우 중요하다고 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

## AP-20

## 망둑어과(Gobiidae) 어류와 동사리과(Odontobutidae) 어류의 유연능력 비교

김희선<sup>p1</sup>, 김규진<sup>2</sup>, MISHEEL BOLD<sup>2</sup>, 김준완<sup>2</sup>, 최범명<sup>2</sup>, 윤진영<sup>2</sup>, 권준희<sup>1</sup>, 장민호<sup>c1,2</sup><sup>1</sup>공주대학교 생물교육과, <sup>2</sup>공주대학교 생물교육학과

어류의 유연능력은 어류의 회유를 포함한 서식처 간 이동 능력을 나타내며, 이는 어류의 분포를 결정짓는 중요한 요인이므로 담수 어류의 유연능력을 평가하는 연구가 지속적으로 필요하다. 본 연구는 한반도 고유종인 망둑어과 어류 민물검정망둑과 밀어, 동사리과 어류 동사리와 얼룩동사리의 유연능력을 비교하여 흡반의 유무에 따른 차이를 확인하였다. 실험에 사용된 어류는 투망과 족대, 통발을 이용하여 채집하였으며, 채집 후 실험실로 이동하여 전장, 체장, 무게를 측정하고 25°C 조건에서 일주일간 순치시켰다. 그 후, 유연능력측정기(Loligo@System)를 이용해 유연능력을 측정하고 유속의 증가에 따른 어류의 한계 유영 속도인 임계유영속도( $U_{crit}$ )와  $U_{crit}$ 를 전장에 따라 나눈 값인 전장대비속도( $TLs^{-1}$ )를 산출하였다. 실험 결과 종별  $U_{crit}$ ( $ms^{-1}$ )은 민물검정망둑  $0.77 \pm 0.11$ , 밀어  $1.34 \pm 0.10$ , 동사리  $0.43 \pm 0.08$ , 얼룩동사리  $0.44 \pm 0.10$ 로 측정되었으며, 전장대비속도( $TLs^{-1}$ )는 민물검정망둑  $10.82 \pm 2.83$ , 밀어  $27.10 \pm 5.34$ , 동사리  $4.43 \pm 1.18$ , 얼룩동사리  $4.74 \pm 1.71$ 로 산출되었다. 흡반이 있는 망둑어과 어류는 흡반이 없는 동사리과 어류보다 평균  $U_{crit}$ 와 전장대비속도가 높게 나타났다. 본 실험 결과에서 망둑어과 어류는 흡반을 이용하여 유속을 견딜 수 있기 때문에 유연능력이 높게 측정된 것으로 판단되며, 향후, 어류의 유연능력을 측정할 때, 유속에 저항할 수 있는 요소를 고려하여 전진하는 능력만을 평가해야 할 것으로 사료된다. 어종별 유연능력은 해당 어종의 복원 및 생태 특성에 대한 기초자료로 활용될 수 있으나, 아직 국내에 서식하는 어류의 유연능력 정보가 부족한 만큼 보다 다양한 어종의 유연능력 평가가 필요할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

## AP-21

PIT telemetry를 이용한 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*)의 서식처 특성 분석윤진영<sup>p</sup>, 김규진, 김준완, 최범명, MISHEEL BOLD, 장민호<sup>c</sup>

공주대학교 생물교육학과

어류 서식처 특성 연구는 대상 어종의 생태학적 특성을 파악할 수 있어 담수어류를 보존하는데 유용한 정보를 제공한다. PIT(Passive integrated transponder) telemetry는 대상 어종의 정확한 위치를 감지하며, 소형어류 이동평가에 효율적이다. 본 연구는 PIT telemetry 방법을 사용하여 고유종인 눈동자개가 주로 서식하는 환경(수심, 유속 등)과 이동패턴을 분석하여 서식처 특성을 파악하였다. 연구는 2023년 3월부터 9월까지 금강의 지류 하천인 용수천(백룡교)에서 수행하였으며, 눈동자개는 족대, 통발, 일각망을 이용하여 총 137개체를 채집하였다. 채집개체는 현장에서 전장(mm), 체장(mm), 체중(g)을 계측 후 외과적 수술을 통해 PIT tag를 복강에 삽입하였으며 연구지점 내 방류하였다. PIT tag 삽입 개체들은 Reader(HPR Plus Reader, Biomark)에 Portable Antenna(BP Plus Portable Antenna, Biomark)를 연결하여 도보로 추적하였으며, 총 29회(총 298회, 85개체 감지) 수행하였다. 개체 감지시 수변으로부터 거리, 수심, 유속, 감지된 위치의 서식처로 확인되는 돌의 장축과 단축을 기록하였다. 감지 개체들을 전장에 따라 4개 집단으로 분류하여 분석한 결과 평균 이동거리는  $104.3(\pm 79.0)m$ 로 나타났으며, 전장과 이동거리 사이에는 상관관계가 확인되지 않았다( $p > 0.05$ ). 개체들이 감지된 평균 수심은  $38.5(\pm 18.0)cm$ , 평균 유속은  $0.3(\pm 0.1)m \cdot s^{-1}$ 였으며, 감지된 전체 눈동자개 중에서 71%가 여울 및 흐름 구간에서 감지되었다. 전장과 서식처 특성(수심 및 유속)간 통계적 차이는 확인되지 않았다( $p > 0.05$ ). 감지개체들 중 98.3%가 자갈, 호박돌 및 바위에서 감지되었으며, 감지 위치에 서식처로 확인된 돌의 크기는  $84.0 \sim 8,798.9cm^2$ 까지 다양하였다. 또한 전장과 돌 면적은 통계적으로 유의한 관계가 존재하였으며( $p < 0.05$ ), 전장이 클수록 더욱 큰 돌에 서식하는 것을 확인하였다. Home range 크기는 4회 이상 감지된 개체들을 대상으로 감지지점 별 최단거리를 연결하여 만들어진 면적으로서 평균  $336.2(\pm 312.2)m^2$ 로 나타났다. 이는 눈동자개가 다른 저서성어종을 대상으로한 선행연구 대비 더 넓은 행동반경을 가지는 것을 의미한다. 본 연구를 통해 눈동자개는 여울부 내 돌 밀의 환경을 서식처로써 선호하는 경향을 확인하였으며, 유속과 돌의 유무가 눈동자개의 서식처에 있어 중요한 요인으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

AP-22

## 하천 수생태계 연속성 평가와 훼손 분석

황길순<sup>1</sup>, 윤종학<sup>2</sup>, 김동역<sup>1</sup>, 김동섭<sup>1</sup>, 이상우<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>(사)한국수생태복원협회, <sup>2</sup>국립생태원 습지센터, <sup>3</sup>건국대학교 산림조경학과

국립환경과학원과 국립생태원에서 2021년부터 2023년까지 총 149개 하천을 대상으로 조사·평가한 하천 수생태계 연속성 자료를 이용하여 하천 종적연속성과 횡적연속성의 현황을 분석하고 평가 결과의 정책 활용을 검토하였다. 또한 연속성 자료와 하천 수생태계 건강성의 어류 자료 및 국가어도정보시스템의 시설자료를 비교분석하였다. 연속성 조사·평가 대상은 한강권역 40개, 낙동강권역 51개, 금강 20개, 영산강 18, 섬진강 20개 하천으로, '21년 40개, '22년 46개, '23년 63개 하천이다. 구조물 단위의 종적연속성은 총 2,879개 인공구조물에서 단절 2,233개(77.6%)로 나타났고, 구간 단위의 횡적연속성은 총 2,326개 구간에서 2,013개(86.5%)가 훼손으로 평가되어 편향된 결과를 보였다. 연속성 평가 결과의 분포는 해마다 달라서 대상하천의 선정 기준에 대한 검토가 필요한 것으로 나타났다. 하천연장이 20km 보다 짧은 하천에서는 종적연속성 확보 구간이 하천연장의 10% 이하로 나타나 149개 하천에서 134개(89.9%)가 훼손 또는 단절 하천으로 평가되었다. 연속성 조사·평가에서의 어류 개체수는 출현종수와 관련되었고, 건강성의 어류 보다 높은 상관성을 보였다. 종적연속성에서는 인공구조물이 많을수록 출현어류의 종수도 많았고, 대체로 하천 연장이 길수록 인공구조물도 늘어나 많은 어류가 출현하였다. 횡적연속성의 하천단위 평가는 훼손 72개(48.3%), 단절 74개(49.7%)로 나타났고, 제내지의 도시화에 따른 토지이용 변화 및 제외지 공간의 단면구조는 제방경사 등의 지표에도 영향을 주어 주요한 훼손 요인으로 나타났다. 종적연속성은 하천 규모에 따라 구조물 밀도(인공구조물 수량/하천연장)의 조절이, 횡적연속성은 횡단면구조 등의 개선으로 하천 수생태계 건강성 증진을 위한 접근이 요구된다.

▶ 교신저자 E-mail: gilsonh@naver.com

BP-23

## eDNA meta-barcoding을 활용한 부착돌말류 군집평가

유경은<sup>1</sup>, 김건희<sup>2</sup>, 황순진<sup>1</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼앤에코케어 센터

기존의 부착돌말류의 군집 분석은 형태적 동정을 기반으로 진행되고 있으나 출현종의 유사성 및 미소한 크기 등으로 인해 분석과정의 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위해 eDNA meta-barcoding을 활용한 방법이 제안되고 있다. 본 연구는 국내 19개 하천에서 eDNA meta-barcoding을 통해 부착돌말류 군집을 분석하였다. 구조물 특이적 rbcL 유전자 염기서열을 이용하여 Illumina MiSeq Platform으로 분석한 후 Genbank DB를 기반으로 종을 동정하였으며, 정량분석을 위해서는 meta-barcoding을 통해 얻어진 contig 수를 이용하였다. 총 출현종 수는 106종으로 나타났으며, 상위 25%에 속하는 분류군은 13속 27종으로 확인되었다. 한편, 상위 10%에 해당되는 분류군은 7속 11종(*Achnanthes minutissima*, *A. ovatum*, *Cymbella tumida*, *Gomphonema subclavatum*, *G. affinis*, *G. minutum*, *Melosira varians*, *Navicula cryptocephala*, *N. cryptotenella*, *Nitzschia palea*, *Pleurosira laevis*)으로 나타났으며, 이 중 5개 속(*Achnanthes*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*)이 현미경 분석에서와 동일하게 우점하였다. 기존의 현미경 동정에 비해, eDNA를 이용하였을 때 2배 이상의 많은 종이 확인되어, 보다 세밀한 종조성을 확인할 수 있었다. 다만 두 가지 결과를 이용한 건강성 평가의 비교를 위해서는 추가적인 분석이 필요하다. 한편으로, 아직까지 eDNA 분석은 외국의 Genbank 유전자 DB를 기반으로 분석되고 있기 때문에 보다 정확한 분석을 위해서는 향후 국내 출현종을 대상으로 한 유전자 DB 확보가 필수적이다.

\*\* 본 연구는 한국환경산업기술원의 '수생태계 건강성 확보 기술개발사업(1485019280)'에 의해 지원되었음.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr



CP-24

## 하천생물측정망 저서동물지수(BMI) 예측 모델 개발을 위한 분류군 통합 방안

조효영<sup>1</sup>, 김난영<sup>1</sup>, 이한필<sup>2</sup>, 황순진<sup>1</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>주식회사 이티위터

생태계 건강성은 다양한 무생물적 요인들에 반응하여 나타나는 대상 생물들의 출현과 조성에 관련된 생태학적 특성을 포함하여 평가할 수 있다. 수생태계 상태의 예측은 생물학적 결과를 이용하기 때문에 수질이나 수문학적 요인들의 예측에 비해 매우 어렵지만, 통합적인 측면의 생태계 평가와 관리를 위해 매우 중요하다. 현재 국가 생물측정망에서 시행되고 있는 저서동물지수(BMI)의 산정은 총 905개의 분류군(종, 속, 과)을 이용하고 있다. 그러나 BMI 예측 과정에서 905개의 분류군을 모두 예측하여 지수를 산정하는 것은 모델의 효율성 저하와 함께 불확실성의 증폭을 초래할 수 있기 때문에, 모델 개발에서는 예측할 분류군의 수를 줄이는 과정이 중요하다. 본 연구에서는 전국 하천 생물측정망 지점에서 '08-'21년 동안 관측된 종별 개체수 및 지수 자료를 사용하였다. BMI의 계산에는 해당 분류군의 오락지수(s), 지표가중치(g), 상대 개체수 출현도(h)가 사용된다. 905개의 분류군 중 오락지수와 지표가중치가 동일한 분류군이 다수 존재하며, 또한 점수 계산에는 사용되지 않는 분류군도 존재한다. 모델 개발을 위해 예측 대상 분류군의 수를 줄이기 위해서 계산에 사용되지 않는 분류군은 제외하였다. 905개의 분류군 중 동일한 오락지수와 지표가중치를 가지며, 동시에 동일한 속에 속하는 종으로 이루어진 분류군은 통합하여(총 236 분류군) 지수를 재산정하였으며, 이를 기존의 지수값과 비교하였다. Regression 분석을 통해 두 결과간 결정계수 ( $R^2$ )는 0.7538으로 나타났다. 이러한 결과로부터, 재분류 과정을 거친 BMI와 현행 BMI가 비교적 근접한 결과를 도출한 것으로 판단할 수 있다. 한편, 단순히 오락지수와 지표가중치를 고려하지 않고 종으로 이루어진 분류군을 속 단위로 통합할 경우 분류군의 수를 더욱 줄일 수 있지만, 상관성이 낮게 나타나는 것으로 분석되었다. 모델 개발에 필수적으로 선행되어야 하는 과정인 분류군의 수를 줄이는 과정은 현행 BMI 산정결과와 최대한 유사한 결과를 도출할 수 있는 범위에서 이루어져야 하며, 향후 상관성을 높이기 위한 추가적인 방안이 검토될 필요가 있다.

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

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

CP-25

## 하천생물측정망 부착돌말지수 예측 모델 개발을 위한 속(Genus) 단위 최적화 방안

김동영<sup>1</sup>, 김난영<sup>1</sup>, 이한필<sup>2</sup>, 황순진<sup>1</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 환경보건과학과, <sup>2</sup>주식회사 이티워터

수생태계 상태의 평가는 생물학적 결과를 이용하기 때문에 수질이나 수문학적 요인들에 비해 그 예측이 매우 어렵지만, 통합적인 측면에서 생태계 평가와 관리를 위해 매우 중요하다. 본 연구는 국가 하천 생물측정망의 건강성 평가 분야의 하나인 부착돌말지수(TDI)를 예측하기 위한 과정으로, 보다 효율적인 방안을 제시하기 위해 부착조류 밀도 예측에 대해 연구하였다. 원칙적으로 출현하는 모든 종에 대해 개별적으로 밀도를 예측하여 지수 산정에 이용하는 것이 타당하나, 예측 대상 종 수가 많아지면 모델이 복잡해지고 정확성이 떨어질 수 있기 때문에, 종 수를 압축하여 가능성을 평가하였다. 종(species) 별로 제시된 부착돌말류를 속(Genus) 단위로 압축하여 TDI를 재산정하였으며, 이를 기산정된 TDI(770종)와 비교하였다. 종 수를 압축하는 과정에서 생물학적 특성이 뚜렷한 종(지표값 부여종)들은 제외하였다. 지표값 부여종은 총 93종이었으며, 최종적으로 152개(93종 포함)의 속 단위로 압축한 부착돌말류에 대해 분석하였다. 기초자료는 전국 하천 수생태계 건강성 조사 지점에서 관측된 결과를 활용하였다. 각 측정지점별 자료에서 동일한 속으로 분류된 부착돌말류(지표값 부여종 제외)들의 세포수를 병합하였다(상대밀도 산정). 이 과정에서 지표값이 부여된 93종을 제외하고 같은 속에 포함되는 부착돌말류들은 대부분 S, V 값이 동일하였다. 일부 S, V 값이 다른 종들은 지점별로 측정된 세포수를 반영한 가중 평균값을 이용하였다. 재산정한 TDI(속 단위 152개)와 기산정된 TDI(770종)를 비교한 결과, 대부분 지점들에서 결과가 동일하였다. 또한 속 단위로 분류된 부착돌말 중 *Achnanthes* 속으로 병합된 부착돌말을 Random Forest를 활용한 Machine Learning 모델로 예측하였다. 하천의 물리적, 화학적 인자들을 입력자료로 활용하였고, 2020년~2021년을 예측하여 기존 자료와 상관성을 Regression 분석을 통해 평가하였다. 보정(2020년)시 결정계수( $R^2$ )는 0.8416, 검증(2021년)시 결정계수는 0.8238로 나타나 정확도가 높은 것으로 평가되었으나, 예측모델의 과적합(over-optimization) 문제가 존재하였다. 향후 예측모델의 신뢰성을 높이기 위해서는 결과의 과적합 문제의 해결과 함께 추가적인 입력자료의 활용 및 다양한 변수를 통제하는 방안이 검토될 필요가 있다.

\*\* 본 연구는 환경부/국립환경과학원의 ‘하천 수생태계 현황조사 및 건강성 평가(2022-2024)’사업에 의해 지원되었음.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

CP-26

## 금강수계 오염우심호소의 부영양화 상태에 따른 어류 군집 분포

박상현<sup>1</sup>, 백승호<sup>1</sup>, 권미영<sup>2</sup>, 조인호<sup>2</sup>, 김정희<sup>1</sup><sup>1</sup>주식회사 에코리서치, <sup>2</sup>금강유역환경청 유역계획과

본 연구는 국내 호소 측정망에 포함되지 않는 호소를 대상으로 금강수계 내 12개 호소에서 어류조사를 실시하였으며, 부영양화와 관계가 높은 수질 항목의 장기적 변화 양상을 분석하여 상관성을 제시하였다. 어류조사는 2023년 5월과 9월 2회 조사를 하였으며, 부영양화 호소의 구분은 TOC, COD, TN, TP 항목을 호소별로 과거 자료를 추출하여 분석하였다. 부영양화 항목 분석 결과 서지지와 앵금지에서 기타 10개의 호소와 통계적 차이를 보였다. 서지지와 앵금지는 어류 군집유사도가 68.4%로 확인되었으며, 기타 10개 호소는 63.5%로 나타났다. 2개 그룹의 어류 군집유사도 차이는 59.7%로 확인되었으며, 차이를 발생시키는 종은 블루길, 피라미, 참붕어, 밀어, 붕어 등의 순으로 확인되었다. 서지지와 앵금지에서는 내성종 93.4%, 잡식종 75.5%, 정수종 96.9%의 상대풍부도를 보였으며( $P < 0.05$ ), 기타호소에서는 상대적으로 낮은 비율을 나타냈다. 외래종은 기타호소에 포함되는 상판지와 맹동지를 제외하고, 서지지와 앵금지에서 낮은 상대풍부도를 보였다. 본 연구 결과 장기간 부영양화 상태에 노출된 호소와 기타호소간의 어류군집은 차이를 보였다. 국내에 분포하는 호소는 대부분 인공호수이며, 조성 초기 빈영양호특성을 보이지만, 시간의 흐름에 따라 부영양화가 진행된다. 호소의 규모와 상류부의 토지이용 및 오염원에 따라 부영양화의 속도는 차이를 보이지만, 관리가 미흡할수록 부영양화 양상은 가속화되며, 지구온난화로 인한 수온의 상승은 이를 더욱 가속화할 것으로 판단된다. 부영양화는 어류군집 구조에 영향을 끼치며, 특히 관리가 미흡한 호소의 경우 변화 양상이 빠르게 진행될 것으로 판단된다.

\*\* 본 연구는 금강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: ragman-k@hanmail.net

EP-27

멸종위기어류 미호종개 *Cobitis choii* (Pisces: Cobitidae)의 분포양상과 멸종위협 평가고명훈<sup>PC</sup>, 한미숙

고수생태연구소

멸종위기어류 미호종개 *Cobitis choii*의 분포양상과 멸종위협을 평가하기 위해 2015년부터 2019년까지 3회 분포조사를 실시하였다. 2015년과 2018년은 과거 출현지점을 중심으로 조사하였는데, 2015년은 19개 지점을 조사하여 9개 지점에서 163개체를, 2018년은 22개 지점을 조사하여 5개 지점에서 19개체를 채집하였고, 2019년은 과거 출현지점 및 출현 가능성이 있는 79개 지점을 조사한 결과 12개 지점 156개체를 채집하였다. 출현지점은 미호천 3개 지점(백곡천 2개 지점, 초평천 1개 지점), 갑천 3개 지점, 갑천 3개 지점, 유구천 2개 지점, 지천 4개 지점, 금강 본류 2개 지점이었다. 출현하천 중 유구천과 백곡천은 개체수가 급격히 감소한 것으로 나타났는데, 백곡천은 백곡저수지 독높이기 사업으로 인한 서식지 변화, 유구천은 홍수로 인한 보의 붕괴 및 재건설에 의한 영향으로 추정되었다. 반면 초평천과 금강 본류는 새롭게 서식이 확인되고, 갑천은 서식개체수가 증가한 것으로 나타나 주목되었다. 미호종개의 서식지는 비교적 모래가 많이 쌓여 있고 유속이 느리며 수심 30~100 cm인 곳에 주로 서식하고 있었다. 미호종개의 멸종위협 등급은 지소수(6개)와 출현범위(1,735 km<sup>2</sup>), 점유면적(36 km<sup>2</sup>)이 적고 최근 10년 동안 과거 집단서식지 4곳 중 2곳(백곡천, 유구천)이 서식지 교란으로 급격한 개체수 감소가 있어 위기(EN A2ac)로 평가되었다. 최근 개체수가 급격히 감소한 유구천과 백곡천은 개체수 증가를 위한 보존대책이 시급히 요구되었다.

▶ 교신저자 E-mail: hun7146@gmail.com

EP-28

## 송현천에 서식하는 멸종위기어류 버들가지 *Rhynchocypris semotilus* (Pisces: Cyprinidae)의 생활사

고명훈<sup>CP1</sup>, 한미숙<sup>1</sup>, 서형수<sup>2</sup><sup>1</sup>고수생태연구소, <sup>2</sup>국립생태원

멸종위기어류 버들가지 *Rhynchocypris semotilus*의 생태적 특징을 밝히기 위해 강원도 고성군 현내면의 송현천에서 2022년 4월부터 10월까지 생활사를 조사하였다. 4개 지점을 선정하여 7회 조사한 결과, 동소출현종은 10과 18종이 채집되었으며, 우점종은 버들개, 아우점종은 버들가지였다. 버들가지는 송현천 중·상류의 바위와 큰돌, 수초로 이루어진 느린 여울부와 소에 주로 서식하고 있었다. 산란이 시작되는 5월에 전장빈도분포도로 버들가지의 연령을 추정하면, 전장 4~12 mm는当年생 치어, 32~49 mm는 만 1년생, 50~65 mm는 만 2년생, 66~91 mm는 만 3년생, 92~116 mm는 만 4년생 이상으로 추정되었고, 5월부터 9월까지 급격한 성장을 보였다. 암컷과 수컷의 전장은 비교적 유사하였고, 암·수 성비(♂/♀)는 0.78이었다. 산란기는 5월부터 7월이며(수온은 17~21°C), 생식소는 전장 66 mm 이상인 만 3년생부터 성숙하였다. 5월의 생식소성숙도(GSI)는 평균 암컷 10.6±2.99%, 수컷 8.2±2.34%였고, 포란수는 평균 6,830±1,943개, 성숙란의 크기는 1.34±0.16 mm였다. 끝으로 버들가지의 생활사 특징을 버들치속 및 연준모치속 어류와 비교·논의하였다.

▶ 교신저자 E-mail: hun7146@gmail.com

EP-29

## 양양남대천 서식 연어(*Oncorhynchus keta*) 유어의 담수와 해수 환경에 따른 섭식 분석

김종욱<sup>1</sup>, 이흥현<sup>2</sup>, 박철우<sup>1</sup>, 김재구<sup>1</sup><sup>1</sup>주식회사 알파생태연구원, <sup>2</sup>주식회사 이엔이환경생태연구원

담수와 해수 환경에 따른 연어 유어의 섭식 차이를 분석하기 위해 양양남대천 일대 및 동해 연안에서 총 11개 지점을 조사하였으며, 포획된 연어의 소화 기관 내 내용물을 분석하였다. 소화관 내용물의 전체 습중량은 0.001g 단위까지 전자저울을 이용하여 측정된 후 각 분류군별 개체수 및 습중량을 계수 및 측정하였으며, 결과는 각 먹이의 출현빈도(%F), 개체수비(%N) 그리고 습중량비(%W)로 나타내었다. 먹이생물의 상대중요도지수(Index of Relative Importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 구하였으며, 상대중요성지수는 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(%IRI)로 나타내었다. 전체 조사 기간동안 총 1,993개체의 연어가 포획되었으며, 양양남대천 지점 출현 개체의 공복율은 69.43%로 나타났고, 소화관 내용물 분석 결과 남대천에서는 깔다구를 포함하고 있는 파리목의 상대중요도지수비가 85.16%로 가장 중요한 먹이생물이었으며, 하루살이목(12.55%), 요각류(1.15%), 날도래목(0.91%) 등의 순서로 나타났다. 동해 연안 출현 개체의 공복율은 26.85%로 나타났고, 위 내용물 분석 결과 동해 연안에서는 난바다곤쟁이류의 상대중요도지수비가 69.42%로 가장 중요한 먹이생물이었으며, 요각류(*Paracalanus parvus* s.l., 25.99%), 경골어류(Fish juvenile, 3.45%), 파리류(Diptera, 0.69%), 단각류(*Gammarus* sp.; *Hyperia galba*, 0.45%) 순으로 확인되었다.

▶ 교신저자 E-mail: rotifer@naver.com

EP-30

## 영산강에 서식하는 백조어의 식성

박철우<sup>1,2</sup>, 김은비<sup>2,3</sup>, 김종욱<sup>2</sup>, 신유신<sup>2</sup>, 김재구<sup>p,c2</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 생물학과, <sup>2</sup>주식회사 알파생태연구원, <sup>3</sup>군산대학교 수산과학과

담수어류의 식성 연구는 상위 영양단계의 소비자와 하위 영양단계의 소비자 사이의 먹이사슬 구조를 밝혀 하천 생태계의 먹이망(food web)과 먹이연쇄(food chain) 파악에 필요하여 매우 중요하다. 국내 강준치아과 어류에 관한 연구는 분류학적, 분자계통학적 연구가 주로 이루어졌으며 기초 생태에 관한 연구는 거의 진행되지 않았다. 본 연구에서는 최근 서식 범위가 감소하는 추세인 백조어의 종 보존 및 보호를 위한 기초 자료로 활용하기 위해 식성을 분석하였다. 전라남도 나주시 금촌면 일대에서 삼각망을 이용하여 2022년 3월에서 10월까지 매일 20개체씩 채집한 백조어를 Pinkas et al. (1971)의 식을 활용하여 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 건중량비(%W) 및 먹이생물의 상대중요성지수(%IRI)를 분석하였다. 백조어(총 80개체)의 위 내용물 분석 결과, 공복인 개체는 총 20개체로 25%의 공복률을 보였고, 5월에 7개체, 70%로 가장 높은 공복률로 확인되었으며, 3월, 7월, 9월에 각각 1개체, 10%로 가장 낮은 공복률을 보였다. 위 내용물은 수서곤충, 무척추동물, 어류로 확인되었고 먹이생물의 출현빈도(%F)는 노린재목이 78.1%로 가장 높은 출현빈도를 나타냈으며, 십각목 Decapoda 75.0%, 파리목 Diptera 59.4%, 하루살이목 Ephemeroptera 28.1% 순으로 나타났다. 개체수비(%N)는 십각목 Decapoda이 25.8%로 가장 높았고, 파리목 Diptera 23.1%, 노린재목 Hemiptera 16.0%, 하루살이목 Ephemeroptera 14.1% 순으로 확인되었다. 건중량비(%W)는 십각목 Decapoda 56.4%로 가장 높았고, 잉어과 Cyprinidae 21.6%, 노린재목 Hemiptera 6.9%, 날도래목 Trichoptera 5.6% 순으로 나타났다. 먹이생물의 상대중요성지수(%IRI)는 십각목 Decapoda이 56.69%로 가장 높은 값을 보였고, 노린재목 Hemiptera 16.45%, 파리목 Diptera 15.11%, 잉어과 Cyprinidae 5.79%의 순으로 확인되었다.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

EP-31

## 낙동강 수계 출현 *Microcystis* 속의 유전형 분류

박혜경<sup>pc</sup>, 김인수

국립환경과학원 낙동강물환경연구소

*Microcystis* 속은 우리나라를 포함한 전 세계적으로 가장 빈번하게 우점 발생하여 녹조를 유발하는 대표적인 유해남조류이다. *Microcystis* 속은 고유의 군체 형태를 가진 다수의 종으로 구분될 수 있으며 대부분의 수역에서 이런 종들은 혼재되어 출현하고 있기 때문에 형태적 특징과 같은 표현형(phenotype)으로는 출현 시기, 출현 수역을 구분하는데 한계가 있다. 따라서 수계 내 *Microcystis* 속의 거동, 확산 등의 시·공간적 분포 패턴을 파악하기 위해서는 보다 정밀한 수준의 분류가 필요하다. 본 연구에서는 낙동강 수역에서 *Microcystis* 속의 시·공간적 거동 패턴을 파악하고자 특정 유전자의 유전적 다양성을 바탕으로 한 유전형(genotype)을 분류하고 수계내 분포를 조사하였다. 낙동강 본류, 지류 및 호수와 타 수계에서 *Microcystis* single colony를 채집하여 DNA를 추출하고 16S-23S rRNA Internal Transcribed Spacer (ITS), *cpcBA*, *amtB*, *sbcC* 등 4개 유전자의 염기서열을 분석한 후 Operational Taxonomic Unit (OTU) 수준에서 유전형을 분류하였다. 100% 염기서열 유사도 수준에서 ITS는 242, *cpcBA*는 49, *amtB*는 159, *sbcC*는 165개의 OTU로 분류되어 ITS가 나머지 세 개 유전자에 비해 유전적 다양성이 높았으며, 단일 수역에서만 출현한 수역별 고유 유전형의 비율도 월등히 높았다. 또한 한강, 금강, 영산강 등 타 수계에서는 발견되지 않고 낙동강에서만 발견된 유전형의 비율도 ITS가 나머지 세 개 유전자에 비해 높아 낙동강에서 *Microcystis* 속의 분포 패턴 등을 연구하는데 ITS gene 유전형의 활용 가능성이 높은 것으로 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: parkhknie@korea.kr

EP-32

## Morphological responses of *Zacco Koreanus* to anthropogenic fragmentation

Seung-Been Heo<sup>P1</sup>, Donghyun Hong<sup>1</sup>, Jeong-Soo Gim<sup>1</sup>, Kanghui Kim<sup>1</sup>,  
Hyunbin Jo<sup>1,2</sup>, Gea-Jae Joo<sup>C1</sup>

<sup>1</sup>Department of Integrated Biological Science, Pusan National University,

<sup>2</sup>Institute for Environment and Energy, Pusan National University

Anthropogenic impact, including dam constructions, induces fundamental changes in the riverine landscapes, fostering phenotypic diversity in aquatic organisms. Despite the common use of freshwater fish morphology as an indicator of environmental changes, such as water impoundment, few studies have explored the effects of fragmentation caused by dam constructions. In this study, we analyzed morphological variation in *Zacco koreanus* populations from the Miryang River and Gokgang Stream in South Korea. Employing both linear measurements and geometric morphometrics, we aimed to identify morphological differences among specimens from the upstream and downstream areas of the Unmun Dam in the Miryang River, comparing those to the habitat in the Gokgang Stream. Our findings reveal that the disparities in the shape and size of *Z. koreanus* are more pronounced between the Miryang River and Gokgang Stream than within the Miryang River. Regarding the linear measurements, the Gokgang Stream populations exhibited a significantly higher vertical-to-horizontal ratio. However, subtle cranial variation within the Miryang River were statistically insignificant. This suggests that the morphological divergence observed is more prominent between river systems than within the Miryang River, representing a relatively less conspicuous impact of dam-induced fragmentation on morphology of *Z. koreanus*.

▶ 교신저자 E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

EP-33

## 멸종위기 야생생물 I 급 꼬치동자개 인공증식개체 방류 결과 및 이동 특성 연구

강동원<sup>P</sup>, 유정우, 권관익, 박창득, 윤주덕<sup>C</sup>

국립생태원 멸종위기종복원센터

꼬치동자개는 전 세계적으로 우리나라에만 서식하고 있는 한국 고유종으로 하천 공사 및 수질오염 등 교란에 의해 그 서식지와 개체수가 지속적으로 감소하고 있어 멸종위기 야생생물 I 급으로 지정, 보호받고 있다. 본 연구는 꼬치동자개 복원 연구의 일환으로 인공증식 결과 생산된 개체들을 개체군 강화를 위해 방류하였으며, 복원 효율성 파악을 위하여 진행되었다. 2021년 5월 경북 고령군 가야천과 성주군 대가천에 각각 1,000개체씩 방류하였으며, 모니터링은 방류 직후 부터 2022년까지 월 1회를 기준으로 진행되었지만 홍수기와 수온이 낮은 동계는 제외하였다. 모든 개체에는 개체식별장치인 PIT(Passive Integrated Transponder) tag을 삽입한 후 방류하여 개체 추적이 용이하도록 하였다. 모니터링 결과 가야천은 평균 28.0개체가, 대가천은 평균 43.2개체가 확인되었으며 방류 1년 경과 후 방류 개체가 포란 중인 것도 확인하여 자연에 적응하고 있음을 추정할 수 있었다. 이동 특성 분석 결과 꼬치동자개는 비교적 이동성이 적고 서식지 충실도(site fidelity)가 높은 것으로 확인되어 기존 서식지의 훼손은 매우 큰 위협요인이 될 것으로 판단된다. 또한 꼬치동자개는 주로 수변부 식생지역이나 교각 하부 등 몸을 은신할 수 있는 장소를 선호하는 것으로 나타나 서식지 복원시 이를 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구는 지속적으로 개체군이 약화되고 있는 꼬치동자개의 보전과 복원에 대한 관심을 높이고, 효과적인 보전 전략 수립을 위한 중요한 단서를 제공할 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr

FP-34

## 안양천의 어류군집 특성 및 어류상에 대한 수질의 영향

주재우<sup>p</sup>, 한미숙, 고명훈<sup>c</sup>

고수생태연구소

안양천의 어류 군집 특성과 어류상에 대한 수질의 영향을 밝히기 위해 2022년 4월부터 10월까지 20개 지점을 조사하였다. 조사 기간 동안 채집된 어류는 10과 34종 3,186개체였다. 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, 43.4%)였고, 아우점종은 붕어(*Carrassius auratus*, 10.1%), 그 다음으로 잉어(*Cyprinus carpio*, 7.6%), 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 6.2%), 돌고기(*Puntungia herzi*, 5.2%), 대륙송사리(*Oryzias sinensis*, 5.1%), 참붕어(*Pseudorasbora parva*, 4.7%), 긴몰개(*Squalidus gracilis majimae*, 4.4%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 3.5%), 치리(*Hemiculter eigenmanni*, 3.3%) 등의 순으로 우세하게 출현하였다. 출현종 중 한국고유종은 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 긴몰개, 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니, 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 5종(고유화율 14.7%)이었고, 외래종은 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio nudus* type), 블루길(*Lepomis macrochirus*), 배스(*Micropterus salmoides*), 구피(*Poecilia reticulata*) 4종(11.8%)이었다. 어류 군집분석 결과, 우점도는 상류가 높고 하류로 가면서 낮아졌고, 다양도와 풍부도, 균등도는 대체적으로 상류보다 하류가, 분류보다 지류가 높은 경향을 보였다. 하천건강성을 평가한 결과, 7개 지점이 보통(C), 8개 지점 나쁨(D), 5개 지점 매우 나쁨(E)으로 평가되어 전체적으로 양호하지 않았다. 수질은 8개 지점을 평가한 결과, 4개 지점이 보통(III), 2개 지점 나쁨(V), 1개 지점 약간 좋음(II), 1개 지점 약간 나쁨(IV)으로 평가되어 전체적으로 수질이 좋지 않았다. 이러한 좋지 않은 수질은 어류의 분포에 큰 영향을 미쳐 하천건강성이 나쁘게 평가된 주요 요인으로 추정되었다. 최근 26년간 수질은 점차적으로 개선되고 있었으나, 어류의 건강성을 회복하기 위해서는 수질 개선이 좀 더 필요한 것으로 판단되기 때문에, 수질을 향상시킬 수 있는 체계적인 관리방안이 요구되었다.

▶ 교신저자 E-mail: hun7146@gmail.com

FP-35

## 금강수계 용담댐 하류의 어류군집 및 멸종위기 어종의 서식양상

주재우<sup>1</sup>, 장한이<sup>2</sup>, 고명훈<sup>1</sup><sup>1</sup>고수생태연구소, <sup>2</sup>국립생태원

금강 용담댐 하류의 어류군집 특성 및 멸종위기어종의 서식양상을 밝히기 위해 2023년 5월부터 8월까지 5개 지점에서 죽대와 투망, 일각망, 통발을 사용하여 2회 조사하였다. 조사 결과, 11과 35종 2,008개체가 채집되었고, 우점종은 참갈겨니(*Zacco koreanus*, 30.1%), 아우점종은 돌고기(*Puntangia herzi*, 11.9%), 그 다음으로 칼납자루(*Acheilognathus koreensis*, 8.6%), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*, 7.4%), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*, 6.0%), 줄납자루(*A. yamatsutae*, 5.6%), 참중개(*Iksookimia koreensis*, 5.4%), 피라미(*Z. platypus*, 5.0%), 꺾저기(*Coreoperca kawamebari*, 3.4%), 감돌고기(*Pseudopuntangia nigra*, 3.0%) 등의 순으로 우세하였다. 출현종 중 멸종위기종은 I급인 감돌고기, II급인 돌상어(*Gobiobotia brevibarba*)와 꺾저기 등 3종이, 한국고유종은 칼납자루 등 14종(고유화율 40.0%)이, 외래어종은 배스(*Micropterus salmoides*)와 블루길(*Lepomis macrochirus*) 2종이 출현하였다. 출현종 중 멸종위기종 꺾저기는 탐진강에서 인위적으로 도입된 어종으로 전 조사구간에 넓게 서식하고 있었고, 5월 기준 전장 55~67mm는 만 1년생, 68~77 mm는 만 2년생, 85~122 mm는 3년생 이상으로 안정적인 전장빈도분포도를 보였으며, 추후 금강에서 서식범위를 파악하기 위한 분포조사가 필요하다고 생각된다. 멸종위기종 감돌고기도 전 조사구간에 넓게 서식하고 있었으며 5월 기준 전장 40~50 mm는 만 1년생, 64~69 mm는 만 2년생, 70~93 mm는 만 3년생 이상으로 추정되었으며, 멸종위기종 돌상어는 5월 3개체, 8월 1개체가 채집되었는데, 채집된 개체는 멸종위기종 복원사업(2011~2013년)으로 방류된 개체의 자손으로 추정되었다. 어구별 출현결과를 비교하면, 죽대는 8과 23종 294개체, 투망은 6과 19종 627개체, 일각망은 8과 25종 824개체, 통발은 9과 20종 265개체가 채집되어 종수 및 개체수 모두 일각망이 가장 높았고, 이상적인 채집조합은 죽대와 투망, 일각망으로 판단되었다. 군집분석 결과, 지점별로 큰 차이 없이 비교적 우점도(0.38~0.57)는 낮고, 다양도(2.01~2.52)와 균등도(0.66~0.78), 풍부도(2.98~3.94)는 높게 나타났다. 하천건강성(FAI)은 지점별 87.5~100.0으로 모두 매우 좋음(A)으로 평가되었다.

▶ 교신저자 E-mail: hun7146@gmail.com

FP-36

## 낙동강 하구 저서미세조류의 Diving-PAM에 의한 광합성 특성

김정배<sup>PC</sup>, 허승

국립수산과학원 중앙내수면연구소

본 연구에서는 낙동강 하구의 생물들의 먹이원으로 공급되는 저서미세조류의 서식환경과 Diving-PAM에 의한 광합성 특성에 대하여 논의 하고자 하였다. 조사시기는 2011년 1월부터 12월까지로 광량, 강우량, 해수 및 퇴적물의 영양염류, 저서미세조류의 광합성 파라메타 등을 분석하였다. 광량은 201-3,428  $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$  범위였고 강우량은 3.6-418.1mm Month<sup>-1</sup> 범위로 7월말 집중강우로 하루 동안 245mm day<sup>-1</sup>인 경우도 있었다. 해수의 영양염류는 암모늄염, 질산염+아질산염 농도가 4월에서 8월 말까지 다소 높은 값이었다. 퇴적물 공극수의 영양염류는 질산염+아질산염 농도가 5월에서 8월 초순까지 높은 값이었다. 저서미세조류의 Diving-PAM 측정에 의한 광합성 파라메타인 최대양자수율, 최대상대전자전달율, 기울기 및 포화광량의 값은 다음과 같다. 최대양자수율은 0.4-0.6이었고, 단위 염록소당 전자전달율로 잠재적인 광합성 능력을 의미하는 최대상대전자전달율은 40.6-153.1  $\mu\text{mol electrons m}^{-2}\text{s}^{-1}$  범위로봄부터 증가하기 시작하여 8월 초순에 제일 높았다. 기울기는 0.13-0.3범위였고, 포화광량은 203-652  $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 범위 였다.

▶ 교신저자 E-mail: jbkim347@korea.kr



FP-37

## 배양실험을 통한 생태교란종 블루길의 크기별 섭식특성 파악

최보형<sup>1</sup>, 김혜원<sup>2</sup>, 이선호<sup>1</sup>, 김승용<sup>1</sup>, 곽영호<sup>1</sup>, 박세호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 중앙내수면연구소, <sup>2</sup>(주)서울오션아쿠아리움

생태교란종의 유입은 담수생태계의 군집변화, 먹이 및 서식처 경쟁 심화등의 문제를 야기하며 결과적으로 생태계 구조의 변동을 초래한다. 블루길 *Lepomis macrochirus*은 우리나라의 대표적인 생태교란종으로 우리나라 호소 및 저수지의 대부분에서 서식하고 있다. 국내 저수지 중 가장 큰 예당호에서 서식하고 있는 우리나라 토속어종의 개체수가 2018년 이후 블루길의 개체수의 급증과 동시에 감소하고 있는 것으로 확인되었다. 예당호에서의 블루길 개체수 증가와 생태계 구조 변동간 상호관계를 파악하기 위해 블루길의 크기별 선호 먹이를 파악하기 위한 배양실험을 서울오션아쿠아리움(코엑스아쿠아리움)에서 진행하였다. 현장실험을 통해 먹이 후보군으로 실지렁이, 동물플랑크톤, 어란을 선정하여 3개의 크기별 집단으로 사육하고 있는 블루길에게 급이를 하고, 위내용물 분석을 통해 주요 먹이원을 추정하였다. 크기별 사육수조에서 섭식 실험 결과, 전장기준 Medium (85~124 mm) 그룹과 Large (145~162 mm) 그룹에 속하는 대부분의 개체군은 실지렁이를 주로 섭식하는 것으로 나타났으며, Small (43~61 mm) 그룹의 개체군에서는 실지렁이와 더불어 어란을 섭식하는 개체군이 확인되었다. 각 크기별 개체군을 같이 배양한 사육수조에서는 실지렁이 외 어란과 동물플랑크톤을 섭식하는 개체들이 나타났으며, Small 그룹에서는 동물플랑크톤 섭식비율이 약 50%를 차지한 반면 크기가 증가할수록 어란의 섭식비율이 증가하였다. 이를 통해 블루길은 실지렁이와 같은 저서무척추동물에 대한 먹이원으로써의 선호도가 높지만, 단일종내 먹이 경쟁에 따라 다른 먹이를 섭식하는 것으로 확인되었다. 블루길이 우리나라의 다양한 수생태계에서 우점하는 것은 이와 같은 먹이섭식 특성에 의한 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: sh.park@merlinentertainments.biz

FP-38

## 하천 서식환경에 따른 어류 군집 및 건강성 변화

김현지<sup>a</sup>, 박배경<sup>c</sup>

국립환경과학원 물환경공학연구과

자연적 사행하천은 복잡한 역학적 형태를 지니며 다양한 서식환경을 구성하여 어류 생태계에 필요한 서식처를 제공한다. 본 연구는 하천정비로 인해 곡류하천이 직강화되고 서식환경이 단순화될 경우 어류 생태계에 미치는 영향을 알아보기 위해, 전국 4개 권역 생물측정망 3,016개 지점에 대해 2019년부터 2021년까지 6년 간의 기초 수질항목(수온, pH, 전기전도도, 탁도), 어류 및 서식환경에 대한 자료를 통해 분석하였다. 서식환경은 하도의 자연성(사행 또는 직강화 정도), 물흐름의 다양성(사주, 하중도, 돌출물의 발생정도), 유속의 다양성(유속 변화 횟수)을 정도에 따라 5단계로 구분하였고, 하천이 사행하며, 물흐름 또는 유속의 다양성이 높을수록 우수한 하천으로 판단하였다. 서식환경에 따른 수질분포를 살펴보면, 우수한 환경일수록 수온, 탁도, 전기전도도는 감소하고, 용존산소량은 증가하는 경향을 나타내었다. 어류의 총 종수는 서식환경의 단계에 따라 4.9±2.7~7.1±3.3의 분포를 보이며, 개체수는 69±81~113±103의 분포를 보였다. 어류의 생태특성에 따른 군집변화는 서식환경이 우수할수록 민감종수, 충식종수의 비율은 증가하고, 내성종수 및 잡식종수의 비율은 감소하였으며, 이와같은 군집특성을 반영한 어류평가지수(FAI, Fish Assessment Index) 또한 서식환경이 우수할수록 증가하는 경향으로 나타났다. 본 연구에서 하천의 사행성과 물흐름 및 유속의 변화는 시공간에 따라 유동적이거나, 하도의 자연성이 어류 생태계에 중요한 역할을 하고 있음을 보여준다.

▶ 교신저자 E-mail: bkpark67@korea.kr

FP-39

## Responses of fish population structure to estuary re-opening in estuarine ecosystems

Jeong-Soo Gim<sup>P1</sup>, Donghyun Hong<sup>1</sup>, Hyunhee Son<sup>1</sup>, Yerim Lee<sup>1</sup>,  
Gea-Jae Joo<sup>1</sup> and Hyunbin Jo<sup>C1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Integrated Biological Science, Pusan National University

<sup>2</sup>Institute for Environment and Energy, Pusan National University

Re-openings of estuary barrages for the restoration of estuarine ecosystems are rare globally. To assess the effects of re-opening of the estuary barrage in the Nakdong River estuary (NRE), South Korea, we conducted monthly fish population surveys both upstream and downstream of the estuary barrage from 2021 to 2023 and categorised the results into closing period (CP) and opening period (OP). We found a shift in fish distribution during the OPs, including a decrease in the proportion of non-native species and habitat shifts. Additionally, during the OP, an increase in the population of brackish water species and their movement upstream was observed. Our results revealed differences in the monthly frequency of fish appearances, with brackish species and non-native species exhibiting a high frequency mainly during the OP (from July to October), and freshwater (demersal) species showing a low frequency in the same period. This indicates that the re-opening is influencing fish distribution. Our study highlights the significant impact of temporary estuarine ecosystem restoration on fish distribution, emphasising the need for careful consideration of both the frequency and duration of estuary barrage re-opening.

▶ 교신저자 E-mail: kjs1@pusan.ac.kr

GP-40

## UV-C 조사에 의한 *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria)의 세포 사멸 및 개체군 성장 억제 효과

최하성<sup>PC1</sup>, 신라영<sup>1</sup>, 이정호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>대구대학교 생명과학과, <sup>2</sup>대구대학교 생물교육과

대표적 녹조 원인종인 *Microcystis aeruginosa*에 대한 UV-C의 직접적인 세포 사멸 및 개체군 성장 억제 효과를 조사하였다. 실험은 38 cm (D) × 13 cm (W) × 15 cm (H)인 수조에서 *M. aeruginosa* 배양 세포 현탁액의 수중에 4.8 mJ cm<sup>-2</sup>세기의 UV-C 램프를 설치하여 수행하였다. UV-C 조사의 시간별 직접 세포 사멸 효과는 2분 조사 시 사세포율 3.5%였으며, 5분은 58.8% 그리고 9분 이상 조사 시에는 모든 세포가 사멸하였다. UV-C의 *M. aeruginosa* 개체군 성장 억제 실험에서는 1회 2분간 조사 시 실험 4일부터 그리고 1회 5분 조사 시는 1일 이후부터 최초 세포밀도의 약 60%인 700,000 cells mL<sup>-1</sup> 이하를 보였다. 실험 9일차에 대조군은 1일 대비 가장 높은 241%의 성장을 나타내었으나, 1회 2분 조사와 1회 5분 조사 실험군은 대조군 대비 각각 95.6%와 99.8%가 억제된 낮은 세포밀도를 나타내어 UV-C의 개체군 성장 억제 효과가 확인되었다. 결론적으로, 녹조 발생 저감을 위한 UV-C의 사용은 조사 직후 *M. aeruginosa*의 즉각적인 세포 사멸보다는 장기적인 개체군 성장을 억제하는 것에 더욱 효과적일 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: choihs9726@gmail.com

HP-41

## 어류 종조성에 따른 쏘가리의 생태지위면적 차이 비교

권수정<sup>p</sup>, 송하윤, 김승용, 곽영호, 송선화, 최보형<sup>c</sup>

국립수산과학원 중앙내수면연구소

수생태계의 구조의 파악은 효과적인 수자원 관리체계 수립을 위한 가장 기초적이고 중요한 연구이다. 생태계 구성원의 섭식활동은 먹이망 구조에 많은 영향을 끼치기 때문에 수생태구조 파악을 위한 중요한 자료로 사용된다. 쏘가리 *Siniperca scherzeri* 는 내수면의 대표적인 어식성 어종으로 우리나라 서·남해로 흐르는 큰 하천 및 댐호에 서식하며, 어업인의 소득에 큰 비중을 차지하기 때문에 지속적인 자원 관리가 필요하다. 그럼에도 불구하고 쏘가리의 생태학적 특성에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구는 괴산호와 충주호에 서식하는 쏘가리의 먹이섭식 특성을 파악하기 위해 안정동위원소 분석기법을 이용하여 생태지위면적을 산출하고 이를 각 호소 내 어류 종조성과의 상관성을 파악하고자 하였다. 탄소 및 질소 안정동위원소를 이용해 획득한 쏘가리의 생태지위면적은 충주호에서 1.58‰<sup>2</sup>, 괴산호에서는 2.75‰<sup>2</sup>로 나타나 괴산호에서 서식하는 쏘가리 개체군이 충주호에 비해 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 추정된다. 또한, 쏘가리의 탄소 안정동위원소비 값( $\delta^{13}\text{C}$ )은 충주호(-28.7 ~ -22.5‰)에 비해 괴산호 개체군(-26.7 ~ -19.4‰)에서 높은 것으로 나타났다. 특히 괴산호에서는 쏘가리의 평균  $\delta^{13}\text{C}$ 값(-21.6 ± 1.8‰)이 대표적 저서성 어류인 모래무지의 평균  $\delta^{13}\text{C}$ 값(-23.5 ± 1.0‰)보다 높아 충주호 개체군에 비해 저서성 어류의 섭식빈도가 높았을 것으로 판단된다. 이는 괴산호(9종 150개체)와 충주호(7종 31개체)의 저서성 어류 종조성의 차이에 기인하는 것으로 보인다. 이처럼 안정동위원소비를 이용한 생태학적 특성 정보는 수생태계의 전반적인 구조를 이해하는데 높은 활용도를 보이며, 특히 내수면 주요 어업 대상종의 자원 증대 및 지속적인 관리방안을 수립하는데 활용될 수 있다.

▶ 교신저자 E-mail: chboh@korea.kr

HP-42

## The application of mixing model for fish trophic level(TL) estimation using stable isotope analysis

Dae-Hee Lee<sup>p</sup>, Hye-Ji Oh, Yerim Choi, Kwang-Hyeon Chang<sup>c</sup>

Department of Environmental Science and Engineering, Kyung Hee University

The trophic level(TL) of organisms can be used as an effective tool for comprehensively assessing the trophic structure of aquatic ecosystems that link primary producers to higher-order consumers, reflecting accumulated dietary information within consumers. Especially TL of fish can be used as a measure of food chain length to quantitatively assess the diversity and stability of target aquatic ecosystems. The key variables for TL estimation, namely the trophic baseline(nitrogen isotope of basal organism) and TDF(Trophic Discrimination Factor), fluctuate according to diverse conditions such as the feeding guild and habitat characteristics of consumers. It is difficult to estimate precise TL using only nitrogen stable isotope ratio of target species. In this study, to complement the spatial heterogeneity of trophic baseline(pelagic vs benthic) and the species-specific variability of TDF, we calculate the contribution of basal organisms(e.g. zooplankton, macroinvertebrates) to the diet of fish using the mixing model(MixSIAR) and applied to the process of determining trophic baseline and TDF values, validating a novel method for TL estimation. For the analysis, we used stable isotope data of food web within Lake Erie, provided by the United States Geological Survey(USGS) and compared four TL estimation models established by various approaches including mixing model calibration.

\*\* This research is conducted using released data by U.S. Geological Survey, Great Lakes Science Center, Lake Erie Biological Station, 2018, Lake Erie Collaborative Science and Monitoring Initiative 2014: U.S Geological Survey data release, <https://doi.org/10.5066/F7B85725>.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

IP-43

## New record of two non-native *Sternotherus* turtles in the wild of South Korea

Hae-jun Baek<sup>p1,2</sup>, Minjeong Seok<sup>2</sup>, Jongwon Song<sup>2</sup>, Su-Hwan Kim<sup>c2</sup>

<sup>1</sup>Conservation Genome Resources Bank for Korean Wildlife (CGRB) and Research Institute for Veterinary Science College of Veterinary Medicine, Seoul National University,

<sup>2</sup>Invasive Alien Species Team, Bureau of Conservation Research, National Institute of Ecology

The remarkable economic growth achieved in the modern era has revitalized various industries, and the pet trade is no exception. More than 2,000 species of non-native species have been introduced to South Korea and approximately 7.7 tonnes of alien turtles are imported annually. Turtles belonging to the family Kinosternidae are mostly small and popular pets, even though they are designated as Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) species. In the present study, we present the first two species of musk turtles found in the wild in South Korea. On April 5 and July 8, 2023, an eastern musk turtle (*Sternotherus odoratus*) and a razor-backed musk turtle (*Sternotherus carinatus*) were captured in Ilsandong-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, and Jung-gu, Daejeon, respectively. The carapace length of *S. odoratus* was 88.6 mm and that of *S. carinatus* was 105.68 mm. They were identified based on their morphological characteristics and mtDNA cytochrome *b* gene. The turtles were found in waterfront areas with over 1.4 million annual visitors. Both sites were found to have threatened amphibians and reptiles; there is an urgent need to continue monitoring and conducting risk assessments for the protection of endemic species in Korea.

▶ 교신저자 E-mail: ksh0814@nie.re.kr

IP-44

## 재배농법에 따른 권역별 논 식물플랑크톤상 비교

김영생<sup>p1,2</sup>, 최재신<sup>1</sup>, 이재학<sup>1</sup>, 김한순<sup>c1</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 자연과학대학 생명과학부(생물학전공), <sup>2</sup>미래생물자원연구소

본 연구에서는 재배농법에 따른 식물플랑크톤 출현종 및 천이 양상을 조사하여 친환경 (유기농 농법)과 관행(일반적인 재배농법)간에 식물플랑크톤 군집의 차이가 발생하는지 조사하였다. 6개 권역(강원권, 경기권, 영남권, 충청권, 호남권, 제주도)을 대상으로 친환경논, 관행논을 각각 권역별로 1지점씩 선정하였으며, 조사시기는 이앙기(5-6월), 분얼기(6-7월), 출수기(7-8월)로 선정하여 수행하였다. 관행논에서 출현한 식물플랑크톤은 총 9강 20목 42과 94속 372분류군(333종, 37변종, 2품종)이며 남조류 17종(5%) 녹조류 76종(20%) 윤조류 53종(14%) 유글레나조류 59종(16%) 규조류 162종(44%) 기타 5종(1%)이었으며, 친환경논에서는 8강 16목 36과 92속 370분류군(335종, 34변종, 1품종)으로 남조류 12종(3%) 녹조류 81종(22%) 윤조류 59종(16%) 유글레나조류 56종(15%) 규조류 159종(43%) 기타 3종(1%)이 출현하였다. 재배농법별 출현종 수는 강원, 영남 및 충청권에서는 관행논에서 출현종수가 많았고, 경기권과 호남권에서는 친환경논에서 출현종 수가 상대적으로 높게 나타났으며, 전반적으로 재배 방법에 따른 출현종 수는 유사하게 분석되었다. 전반적으로 관행논에서 남조류의 출현종수가 많았으며, 경기권과 호남권의 친환경논에서 윤조류의 출현종 수가 상대적으로 높게 나타났다. 조사지점 및 조사시기별 현존량은 호남권 관행논에서 81.8 cells/mL로 가장 적었으며, 영남권 친환경논에서 563.8 cells/mL로 가장 높게 나타났으며, 권역별 차이가 큰 것으로 조사되었다. 강원권과 경기권에서는 관행논에서 현존량이 높게 나타난 반면, 타 권역에서는 친환경논에서 현존량이 높게 분석되어 현존량 및 군집 구성은 조사 권역에 따라 상당한 차이를 나타내었다. 우점종은 조사권역, 재배유형 및 조사시기에 따라 다양한 종들이 우점하였다. 대표적으로 *Nitzschia palea*, *Pediastrum* 속, *Scenedesmus* 속이 우점하였으며, 관행논에서는 남조류가 우점하는 빈도가 높게 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: kimhsu@knu.ac.kr

IP-45

## 군산 미제저수지의 습지식물 분포

이성민<sup>1</sup>, 손윤우<sup>1</sup>, 양광희<sup>1</sup>, 이재연<sup>1,2</sup>, 김지윤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>군산대학교 생명과학과, <sup>2</sup>국립생태원 보전연구본부 기후생태연구실

수생식물은 농업용 저수지에 생육하는 주요 1차 생산자로 수중 영양염류 제거를 통한 수질 정화 및 수생생물 서식처 제공, 먹이원 공급 등 다양한 역할을 가지고 있다. 본 연구에서는 2023년 4월부터 10월까지 군산 미제저수지 내 출현하는 습지식물의 분포를 조사하였다. 저수지 내 수생식물 출현은 미제저수지의 수변구역을 13개 구역으로 나눈 뒤 수변에서 채집용 닻을 이용하여 조사하였다. 저수지 수변부에 생육하는 정수식물 및 습생식물은 수변에서 제방까지 이동하며 발견된 출현종을 기록하였다. 미제저수지의 습지식물상을 조사한 결과 총 36과 58속 75종의 식물이 확인되었다. 습지식물 유형에 따라 절대습지식물 34종, 임의습지식물 15종, 양생식물 9종, 임의육상식물 4종, 절대육상식물 13종이 확인되었으며 수생식물 생활형을 기준으로 정수식물 13종, 부엽식물 5종, 부유식물 2종, 침수식물 8종, 습생식물 21종이 확인되었다. 또한 범정보호종 2종(가시연, 독미나리), 생태계교란종 5종이 확인되었다. 조사 지점의 차이가 있지만 2008년에 선행되었던 미제저수지 수생식물 분포 조사와 수생식물 출현종을 비교하였을 때 부엽식물과 부유식물의 종 구성은 큰 차이가 없었으나 침수식물의 경우 과거 조사에 비해 실말 외 5종, 정수식물은 벼풀 외 4종이 추가로 발견되었다. 현재 저수지 내 수생식물의 과도한 번성으로 인해 호수 전역에 일괄적인 수초제거관리가 진행되고 있으나 멸종위기 야생생물Ⅱ급인 가시연, 독미나리의 생육이 확인되어 중요 습지식물의 서식처 분포를 고려한 저수지 식생관리가 필요할 것으로 생각된다.

\*\* 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022 R1C1C1009856).

▶ 교신저자 E-mail: j.kim@kunsan.ac.kr

IP-46

## 낙동강 유역의 습지복원을 위한 우선순위 지역 선정

임란영<sup>PC</sup>

군산대학교 농생명융합기술센터

핵심적인 생태계 기능 (탄소저감, 생물다양성 지원, 환경 조절 등)이 기후변화에 대한 효과적인 대응책으로 간주되면서 습지생태계가 제공하는 생태계 서비스의 가치가 전 세계적으로 주목받고 있다. 기후변화 완화를 위한 다양한 국가 차원의 노력에 따라 습지생태계 전반의 생태계 기능 회복을 위한 내륙습지 복원의 필요성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 AHP (Analytic Hierarchy Process) 분석과 GIS (Geographic Information System)를 이용하여 낙동강 유역의 습지복원 우선지역을 제안하였다. 습지복원 후보지를 평가하기 위해 8가지 사회 환경 요인(예: 토지 피복, 역사적 습지 분포, 침수빈도, 습지보호지역 주변, 토지 가격, 토지 소유자, 인구 밀도)을 사용했다. 습지복원에 고려되는 요소 중 평가 가중치를 분석하기 위해 AHP 방법을 사용하였다. 전문가의 AHP 결과에 따르면 현재 자연습지 비율(24.8%), 과거 습지 분포(22.6%), 침수빈도(20.8%)의 순으로 가중치가 높게 나타났다. 습지복원 1순위 및 2순위 지역은 낙동강을 따라 4개 군집으로 나눌 수 있었다. 세부지역은 낙동강 중류의 평야지대, 낙동강 하류의 본류와 지류의 합류지점 2곳, 낙동강 하구 인근이었다. 습지복원 우선순위 분석에서 주요 하천 수로에 근접한 잠재적 복원 장소와 군집된 습지 밀도에 더 높은 우선순위가 부여되었음을 시사했다.

\*\* 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022 R1C1C1009856).

▶ 교신저자 E-mail: chloi1108@gmail.com

IP-47

## 고퇴적물 내 남조류 휴면포자 출현 및 형태 분석에 관한 연구

김재현<sup>1</sup>, 권대률<sup>2</sup>, 이상득<sup>2</sup>, 이진영<sup>3</sup>, 이호일<sup>3</sup>, 조현진<sup>1</sup>, 이하영<sup>1</sup>, 박채홍<sup>1</sup><sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>국립낙동강생물자원관 원생생물연구팀, <sup>3</sup>한국지질자원연구원

본 연구는 호소 및 습지로 예상되는 공검지 지역 내 고퇴적물(paleo-sediments)에서 염주말목(Nostocales) 남조류의 휴면포자(akinetes)의 분포 및 남조류 발생 기록을 설명하고 연대분석 결과와 휴면포자 생태적 특징을 통하여 과거 고환경에 대해 파악하고자 하였다. 조사 대상 지점은 상주에 위치한 공검지 일대 3개 지점에서 진행하였으며 퇴적도를 채취하기 위하여 시추를 사용하였다. 퇴적층의 형성시기를 분석하기 위하여 연대분석을 진행하였으며, 채집된 샘플을 대상으로 10cm 간격으로 남조류 휴면포자의 출현 유무와 분리 및 형태적 특징 분석을 진행하였다. 현미경을 통해 관찰된 남조류 휴면포자는 두가지 형태가 관찰되었으며, type 1은 *Dolichospermum* (=Anabaena) 속의 휴면포자의 폭 및 너비와 비슷한 결과를 보였으며, type 2는 *Aphanizomenon* 속의 휴면포자의 형태와 유사한 특징을 나타냈다. 따라서, 본 연구에서 나온 2개의 휴면포자는 *Dolichospermum* 속과 *Aphanizomenon* 속의 휴면포자로 유추할 수 있었으며, type 1의 휴면포자는 St. 1, 2 지점에서 관찰이 된 반면, St. 2, 3에서는 type 2의 휴면포자가 관찰되어 지점 특이적인 분포양상을 보였다. 휴면포자가 출현한 연대는 기원전 1,800년대에서 1,500년대까지 다양한 구간에서 출현하였다. 남조류 휴면포자는 화석지표로 활용할 수 있으며 이러한 연구를 통하여 조사 지역의 과거 환경변화에 대한 귀중한 기록을 획득할 수 있으며 고생물 데이터를 통해 호수의 고 환경변화에 대한 해석에 유용하게 이용될 수 있을 것이다. \*\* 본 연구는 국립낙동강생물자원관의 ‘미세조류에 의한 담수 퇴적환경의 탄소 흡수 및 저장 기능 규명(1차년도)’(NNIBR 202302104)에 의해 수행되었음.

▶ 교신저자 E-mail: qkrcoghd2@gmail.com

IP-48

## 상주보 상류의 퇴적토 내 휴면포자 분포

박채홍<sup>1,2</sup>, 조현진<sup>1,2</sup>, 김재현<sup>1</sup>, 이하영<sup>1,2</sup>, 황순진<sup>3</sup><sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>건국대학교 휴먼엔에코케어센터, <sup>3</sup>건국대학교 환경보건과학과

본 연구는 최근 여름철에 남조 *Dolichospermum* 대발생이 관찰되는 낙동강 상류에서 퇴적층내 *Dolichospermum* 휴면포자 분포와 연중 및 연간 변화를 분석하였으며, 이를 통해 낙동강 상류 수계에서의 남조류 발생 잠재력을 이해하고자 수행되었다. 낙동강 상류 수계의 조사지점 중 휴면포자 분포는 영강하류, 공덕천 합류부 지점에 집중되어 있었으며(최대 6,000 akinetes g<sup>-1</sup> 이상), 표층보다는 하부의 보다 깊은 퇴적층에서 상대적으로 더 높은 밀도로 분포하였다(퇴적토 깊이 20cm 최대 4,900 akinetes g<sup>-1</sup> 이상). 이러한 결과는 물의 흐름, 수심, 지리적 특성, 퇴적층의 형태와 같은 수리, 지질 및 환경적인 요소에 복합적인 영향을 받은 것으로 판단된다. 특히, 공덕천 합류부는 서쪽으로 흘러 낙동강으로 유입하는 하천으로 유속이 느려 정체되는 수역이며 수심이 낮아 퇴적량이 많은 특성을 보였다. 즉, 영양세포에서 휴면포자로 형성되는 과정 동안 방해나 퇴적층의 교란이 없어 휴면포자의 안정적인 침강이 이루어졌으며, 이와 더불어 연속적인 퇴적으로 인해 깊은 층에서도 많은 휴면포자가 축적된 것으로 판단된다. 또한, 휴면포자의 분포는 퇴적물의 특성에 따라 달랐으며, 모래질의 퇴적물보다 진흙질 퇴적물에서 많은 양이 존재하였으며 공덕천 합류부 지점의 퇴적물 경우, 점성이 높은 뺨이 우세하여 침강 후 침적되는데 매우 유리하게 작용하였을 것으로 판단되었다.

\*\* 본 연구는 한국환경산업기술원의 ‘수생태계 건강성 확보 기술개발사업’인 ‘최첨단 위치기반 USBL ROV 로봇을 탑재한 휴면포자 함유 퇴적물 준설 기술 개발’과제에 의해 수행됨.(2022003040003)

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

IP-49

## 담수 돌말류의 세포 부피로부터 유기탄소 함량 추정 방법론

이하영<sup>1</sup>, 조현진<sup>1</sup>, 이상득<sup>2</sup>, 박채홍<sup>1</sup>

<sup>1</sup>생태와조우, <sup>2</sup>국립낙동강생물자원관 원생생물연구팀

식물플랑크톤의 조성, 풍부도 및 바이오매스의 평가는 유럽연합 물관리기본지침 WFD(Water Framework Directive)을 통해 그 중요성이 강조되고 있다. 따라서 적절한 바이오매스 추정은 수역의 생태학적 상태를 정확하게 평가하는데 중요한 단계가 되고 있다. 일부 유럽 평가 시스템에서는 Chl-a가 바이오매스를 대체할 수 있다고 명시하지만 다른 국가에서는 세포 biovolume에서 직접 측정된 총 바이오매스를 분석하는 것을 선호하고 있다. 세포 부피 탄소량 추정의 연구가 전 세계적으로 이루어 지고 제안하고 있음에도 불구하고 현재 우리나라는 조류의 탄소량 환산 계산식은 1985년에 발표된 논문을 사용하고 있으며 명확한 지침이 없다. 본 연구는 우포늪에서 시추한 고퇴적토에서 식물플랑크톤 중 돌말류를 대상으로 기하학적 형태를 수정하고 재배열하여 세포 부피, 탄소량 추정의 정확성을 향상시키고자 하였다. 일부 유럽지침을 참고하여 우포늪에서 출현한 돌말류 64종의 분류군의 형태에 기하학적 도형을 적용하고 공식을 부여하여 생체량을 계산하였으며 그에 따른 탄소량 계산식을 적용하여 유기탄소량 함량을 추정하였다. 우포늪 퇴적토에서 출현한 돌말류 64종의 각각의 체적과 탄소량을 환산한 결과 총탄소량(C)은 14,099 pg/cells로 나타났으며 향후 미세조류 탄소 저장량과 저장률 산정에 사용하고자 한다.

\*\* 본 연구는 국립낙동강생물자원관의 ‘미세조류에 의한 담수 퇴적환경의 탄소 흡수 및 저장 기능 규명(1차년도)’ (NNIBR 202302104)에 의해 수행되었음.

▶ 교신저자 E-mail: qkrcoghd2@gmail.com

IP-50

## 공유하천의 생태학 및 환경적 가치 보전을 통한 지속가능발전목표 달성 방안

안지희<sup>1</sup>, 송영석<sup>1</sup>, 최서형<sup>1,2</sup>, 김동균<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>유네스코 물안보 국제연구교육센터 연구개발팀, <sup>2</sup>서울대학교 건설환경공학부, <sup>3</sup>K-water 연구원

공유하천은 2개 또는 그 이상의 국가가 공유하는 하천을 지칭하는 것으로 대표적으로 유럽의 스위스, 독일, 네덜란드를 경유하는 라인강이 있다. 전 세계 153개 국가가 지구상 하천의 약 60% 이상을 차지하는 공유하천을 중심으로 세계 인구 약 40% 이상이 생활하고 있는 만큼 공유하천의 수자원 활용과 관리에 대한 각 국가의 이해관계가 사회, 경제, 환경, 정치적 측면에서 다양하게 존재한다. 그러므로 UN을 포함한 국제사회는 공유하천을 포함한 접경지역의 통합물관리 중요성을 강조함과 동시에 국가 및 다양한 이해관계자 간의 다자 협력과 같은 접경지역의 물 협력을 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)의 6.5.2번으로 설정하였다. SDGs는 2015년에 모든 UN 회원국이 지속 가능한 발전을 위해 세운 17개 목표로서 인류, 지구, 번영, 평화, 파트너십이라는 5개 부문으로 나뉜다. 공유하천 협력은 SDG 6번 이외에 다른 목표와도 깊은 연관성을 가진다. 공유하천 유역은 기후변화에 민감할 뿐만 아니라 습지, 범람원, 강을 서식지로 삼은 다양한 생물종 등 중요한 생태계가 조성되어 있다. 이러한 특성을 고려해 볼 때 공유하천은 인류의 번영뿐만 아니라 생물다양성 및 생태계 보전과 기후변화와도 밀접한 관계를 맺고 있다. 그러므로 공유하천 협력은 SDG 6번뿐만 아니라 생물다양성 및 생태계와 연관된 SDG 14, 15번, 기후변화와 관련된 SDG 13번, 인류 번영과 관련된 SDG 1, 3, 7, 17번을 실현하는 데에도 기여할 수 있다. 본 연구는 공유하천이 가지고 있는 생태학 및 환경적 가치에 더욱 방점을 두어 다양한 사례를 통해 공유하천의 현황 및 가치를 분석하고자 한다. 그리고 공유하천의 수량, 수질, 생태계를 위협하는 요인이 무엇인지 밝힌 후 앞서 분석한 가치와 위험 요인에 근거하여 공유하천의 생태학 및 환경적 가치를 지키는 협력 방안을 도출하고자 한다. 궁극적으로 공유하천 협력을 통해 이와 연관된 다양한 지속가능발전목표를 달성하는 데 이바지하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: dkkim@unesco-iwssm.org

IP-51

## 천연 광물 제올라이트를 이용한 소형인공호 개선 (Water Quality Improvement in a small lake Using Natural Mineral Zeolite)

이은주<sup>pc1</sup>, 김동역<sup>2</sup>, 허우명<sup>3</sup>, 김남명<sup>1</sup>, 김기용<sup>1</sup><sup>1</sup>한국수력원자력 한강수력본부, <sup>2</sup>한국수생태복원협회, <sup>3</sup>강원대학교 지구시스템공학과

본 연구는 천연광물 수질개선제가 저수지 수질개선에 효과가 있는지를 파악하기 위하여 시행되었으며, 제올라이트를 호수에 살포하여 전·후 수질개선 효율을 분석하였다. 또한 수생태에 미치는 영향을 파악하기 위해 저수지 내 수질, 퇴적물 분석과 물벼룩·발광박테리아의 독성평가 및 수생 생물 변화 조사를 진행하여 수질개선제의 범용적인 적용 가능성을 확인하고자 하였다. 연구대상지인 죽헌저수지는 강릉시 경포동에 위치한 농업용 저수지로, 총저수량 1,136천<sup>3</sup>, 유역면적 11.8km<sup>2</sup>, 만수면적 21.3ha이다. 2023년 10월 기준 수질 현황은 COD(Chemical Oxygen Demand) 6.4mg/L, SS(Suspended Solids) 7.9mg/L, T-P(Total Phosphorus) 0.052mg/L, Chl-a(Chlorophyll-a) 4.4mg/m<sup>3</sup>, TOC(Total Organic Carbon) 3.1mg/L로 호소 생활환경기준 IV등급으로 평가되었으며 오염원으로부터 유입된 과다한 영양염류 및 식물플랑크톤 대량 발생으로 인해 한국형 부영양화 지수(TSI<sub>ko</sub>, Trophic State Index of Korea) 평가결과 부영양상태인 것으로 나타났다. 본 연구는 2023년 10월부터 11월까지 약 2개월간 시행되었다. 연구 결과, 수질개선제 투여 후 조사항목별 평균 저감효율은 각각 COD 58.3%, SS 81.4%, T-P 82.8%, Chl-a 70.7%, TOC 61.1%로 수질등급 1b로 평가되어 수질항목 모두가 개선된 것으로 분석되었다. 특히 저수지 녹조 발생원인인 T-P가 크게 저감되었다. 또한 Chl-a 감소로 녹조제거에도 큰 효과가 있는 것으로 사료된다. 수질분석과 더불어 진행한 물벼룩과 발광박테리아 의한 생태독성 시험결과 독성(TU) 값이 0.0으로 독성이 없는 것으로 나타났으며 퇴적물시료 분석결과에서도 수질개선 전·후에 특이 사항은 없었다. 본 연구의 결과를 통해 제올라이트를 활용하여 생태에 미치는 부정적인 영향없이 부영양한 저수지의 수질개선의 효과가 있을 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: leeejoo0448@khnp.co.kr





2024년 한국하천호수학회  
동계 학술발표대회