

2024년

한국수생태학회 하계 학술발표대회

수생태계와 장기모니터링

| 일시 | 2024년 8월 22일(목)–23일(금)

| 장소 | 금오공과대학교 글로벌관

주최 한국수생태학회

후원 K-Water

한국물학술단체연합회

한국수력원자력

금오공과대학교



2024년

한국수생태학회 하계 학술발표대회

수생태계와 장기모니터링

| 일시 | 2024년 8월 22일(목)–23일(금)
| 장소 | 금오공과대학교 글로벌관

주최 한국수생태학회

후원 K-Water

한국물학술단체연합회

한국수력원자력

금오공과대학교



2024년 한국수생태학회 하계 학술발표대회 일정표

일시 : 2024년 8월 22일(목) - 8월 23일(금)

장소 : 금오공과대학교 글로벌관

주제 : 수생태계와 장기모니터링

주최 : 한국수생태학회

후원 : K-Water, 한국물학술단체연합회, 한국수력원자력, 금오공과대학교

	시 간	행사 및 장소		
1일차 8월 22일 (목)	13:00 -	등록 및 포스터 I 부착		로비
	13:30 - 13:40	개회식 개회사: 한국수생태학회 원두희 회장		시청각실
	13:40 - 14:20	기조강연 변명섭 박사: 상수원수에서 냄새물질 발생		
	14:20 - 14:30	사진 촬영	심포지움 I 정수생태계 모델 연구 성과와 공유 226호	
	14:30 - 15:00	휴 식		
	15:00 - 16:50	구두 발표		
		시청각실		
	16:50 - 17:20	포스터 발표 I		시청각실 /226호/로비
	17:20 - 18:00	평의원회 및 총회		
		시청각실		
18:00 - 18:30	간친회장 이동			
18:30 - 20:00	간친회			
2일차 8월 23일 (금)	09:00 -	등록 및 포스터 II 부착		
	09:30 - 11:30	포럼 효율적 물관리를 위한 수생태계 정책의 개선방안	심포지움 II 지속가능한 물관리와 생물다양성 보전 226호	시청각실 /226호
		시청각실	포스터 발표 II	
	11:30 - 12:00			
12:00 - 12:30	시상식 및 폐회		시청각실	

목 차

■ 일정표

■ 기초강연	1
PL 상수원수에서 냄새물질 발생	3
■ 심포지움 I	5
S-01 정수생태계 저서 및 어류 군집 조사 및 평가 방법	7
S-02 동물플랑크톤 군집 기반의 정수생태계 건강성 평가 방법 연구: 생체량의 중요성과 적용방안	7
S-03 수생태계 생체량 계산 데이터베이스 구축 및 프로그램 개발	8
S-04 먹이망 구조를 이용한 정수생태계 조사 방법 및 적용	8
S-05 정수생태계 생태 환경자료 관리를 위한 DB 구성과 활용	9
S-06 3차원 수리수질 모델(Delft3D) 구성과 활용	9
S-07 양상불 모델을 활용한 정수생태계 플랑크톤 군집변화 예측모델 개발	10
S-08 정수생태계 내 저서성 대형무척추동물 및 어류에 대한 생물풍부도 예측 모델 개발과 활용 방안	10
■ 심포지움 II	11
S-09 생물다양성 기반의 지속가능한 물관리를 위한 UNESCO 연구전략	13
S-10 소양호 귀이빨대칭이의 서식현황 및 분포특성에 관한 연구	14
S-11 담수 석패과(Family Unionoidea) 패류의 생물다양성 연구를 위한 Barcoding·Metabarcoding의 활용	15
S-12 멸종위기 담수어류(꼬치동자개)의 이동 및 방류 후 확산 연구	16
S-13 소하천 하구유형과 어류군집	16
S-14 빗물 저류 및 공급 활용 적정성 모의	17
■ 포럼	19
S-15 수생태계 관리 정책의 성과 및 한계와 앞으로의 과제	21
S-16 통합 물관리에 따른 하천 환경 평가체계 개선 방안 연구	21
S-17 하천 수생태계 건강성 종합평가지수 개발 및 활용방안	22
S-18 물환경측정망 연계 국가 생물측정망 선진화 방향	23

■	구두발표	25
	O-01 Enhancing river health assessment: Innovations and applications of the AquaShan Index	27
	O-02 한국산 민무늬늪중개 <i>Cottus pollux</i> (Pisces: Cottidae)의 분포 현황	27
	O-03 어류의 하천수생태계 누적 건강성 평가와 냉수성 어종의 분포	28
	O-04 생태지위면적을 기반으로 한 멸종위기종 여울마자(<i>Microphysogobio rapidus</i>) 서식지 내 어류 기능군 간 생물학적 상호관계 평가	28
	O-05 Effect of food quantity and quality on morphology and life history characteristic of <i>Daphnia galeata</i>	29
	O-06 호소생태계 동물플랑크톤 eDNA 조사 방법의 비교와 동물플랑크톤 지수 개발에 eDNA 적용 연구	30
	O-07 낙동강 본류의 담수이매패류 탐색을 위한 환경유전자 활용	31
■	포스터발표	33

2024년
한국수생태학회
하계 학술발표대회

기초강연

일 시 : 2024년 8월 22일(목) 13:40 - 14:20

장 소 : 금오공과대학교 글로벌관 시청각실

좌 장 : 장광현 교수 / 경희대학교

13:40 - 14:20

PL

상수원수에서 냄새물질 발생
변명섭^{pc}
국립환경과학원



상수원수에서 냄새물질 발생

변명섭^{P,C}

국립환경과학원

동고서저의 지형을 가진 한강수계는 발원지의 태백산에서 한강하구까지 여러 물줄기로 형성되어 있고 그 흐름을 막아 소양강다목적댐, 화천댐, 춘천댐, 의암댐, 청평댐, 충주댐, 황성댐 및 팔당댐 많은 댐호가 있다. 댐호는 수력발전부터 농공업용수, 생활용수 및 홍수조절 등 다양한 목적으로 이용되는데 사용목적에 부합한 수질상태를 유지해야 한다. 그 중 팔당호는 수도권 약 2600만 시민에 상수원수를 제공하고 있어 안전하고 안정적인 수질을 유지해야 한다. 이를 위하여 호수주변지역을 상수원보호구역으로 지정하여 수질 오염행위를 엄격하게 제한하고 있다. 또한 수질보전특별대책지역, 수변구역지정 등 유역으로부터의 오염물질 유입 등을 차단하기 위한 제도 등을 시행하고 있다.

팔당호는 위에서 언급한 상류 댐호의 방류량에 의해 수위가 결정되는데 장마철을 제외한 연중 수위변화가 크지 않아 호안(湖岸)을 중심으로 갈대, 애기부들, 연, 마름, 검정말 등 다양한 정수, 부유, 부엽 및 침수식물이 자생하고 있다. 이러한 수생식물군락을 기반으로 붕어, 잉어를 포함한 40여 종의 담수어류가 서식하고 있었다. 수질도 안정적이고 수변의 수생식물도 다양하게 분포하고 있어 겉으로 보이기엔 팔당호의 수생태계는 매우 안정적인 듯하다. 그러나 팔당호의 물속 상황은 여러 가지 요인에 의해 빈번하게 교란된다.

1975년 팔당호의 상류 조종천에 처음으로 방류된 것으로 알려진 큰입배스는 적응 과정을 서식범위가 넓어지면서 개체수도 증가되었고 왕성한 식욕으로 토착어종에 큰 위협요인이 되었다. 수변의 수초지대를 중심으로 붕어, 잉어, 납자루류, 참종고기, 피라미, 누치 등 어류는 물론 다슬기, 징거미새우까지 닥치는대로 먹어치운다. 또 다른 외래어종인 블루길은 민물새우류, 타 어종의 알과 치어에 대한 포식이 매우 강하다. 결국 두 어종은 생태계교란어종으로 지정되어 이식, 재방류 등을 금지하였고 일부 수역을 중심으로 포획, 수매를 통하여 개체수 저감을 시도하였다. 그러나 이 과정에서 먹이생물에 대해 경쟁어종이었던 토종대형어종인 강준치가 창궐하는 예기치 못한 문제가 발생되면서 또 다른 문제를 야기하였다.

팔당호 등 북한강 수계 댐호의 수중생태계에 큰 영향을 주었던 또 다른 사례로는 2006년에 발생한 탁수현상이다. 소양강댐서 장기간 탁수를 방류함으로써 그 하류의 의암호, 청평호 및 팔당호는 약 6개월 정도 탁수현상이 지속되었다. 장기간 이어진 탁수현상은 호수 바닥의 풍부하게 서식하던 말조개, 갈조개, 재첩 등 대부분의 담수이매패의 폐사를 유발하였고 그 영향으로 특정어종의 개체군이 크게 감소하였다. 또한 검정말, 말즘, 붕어마름 등 침수식물의 사멸을 초래하였다.

2010년 초부터 팔당호와 남한강 일대에서 가끔 목격되던 민물가마우지는 팔당호내 백로·왜가리의 집단 서식지이던 죽자도라는 섬을 완전하게 점령하였다. 겨울 철새이던 민물가마우지는 천적의 접근이 어려운 죽자도에 둥지를 마련하고 계속 개체수를 늘리면서 서식지 식생파괴, 어민들과의 갈등, 수질오염 등 여러 가지 문제를 야기시키고 있다.

팔당호에 2011년 11월 중순부터 다음해 1월까지 *Anabaena* spp.가 이례적으로 증식하면서 수표면에 녹색물결이 일렁거렸고, 팔당호를 상수원수로 사용한 수도권 일대에서 수돗물 사용시 곰팡내가 난다는 민원이 폭증하였다. 2000년대 초반에도 봄철에 규조류가 대량으로 증식하면 수돗물에서 흙냄새 관련 민원발생 사례가 일부 있었으나 남조류와 관련된 냄새문제는 거의 없었다. 분석결과 팔당호내 남조류 발생 수역에서 지오스민이 고농도로 검출되었다. 2012년 여름, 의암호부터 청평호, 팔당호는 물론 한강본류까지 남조류가 크게 증식하면서 역시 수돗물에서 곰팡내, 흙내가 발생하였다. 한동안 지속된 한강수계의 남조류 대발생은 사회적으로도 큰 이슈가 되었는데 이를 계기로 한강수계 정수장에 고도처리장치들이 순차적으로 도입되었다.

한강수계의 남조류 대발생과 수돗물에서의 냄새물질 농도 증가 현상이 발생하자 한강물환경연구소에서는 녹조현상이 자주 발생하였던 의암호와 팔당호를 중심으로 냄새발생의 원인생물로 지목된 남조류를 분리, 배양하면서 냄새물질 생산 과정을 파악하고 유전학적 특성을 파악하기 위한 집중연구를 수행하였다. 또한 호수 내에서 수초지대에 남조류의 갇힘현상(trapping)과 냄새물질 흡착 특성을 파악하여 상수원으로 이용되는 호수내에서 냄새물질을 잠재적 체류시간을 줄이기 위한 방안을 연구하였다.

2024년
한국수생태학회
하계 학술발표대회

심포지움 I

주제 - 정수생태계 모델 연구 성과와 공유

일 시 : 2024년 8월 22일(목) 14:20 - 17:10

장 소 : 금오공과대학교 글로벌관 226호

주 관 : 경희대학교

사 회 : 박영석 교수 / 경희대학교

14:20 - 14:30		정수생태계 모델 연구 성과 소개 박영석 경희대학교 생물학과
14:30 - 14:50	S-01	정수생태계 저서 및 어류 군집 조사 및 평가 방법 홍철 ^{a1} , 지창우 ² , 유태식 ² , 관인실 ^{1,2} ¹ 전남대학교 해양융합과학과, ² 전남대학교 수산과학연구소
14:50 - 15:10	S-02	동물플랑크톤 군집 기반의 정수생태계 건강성 평가 방법 연구: 생체량의 중요성과 적용방안 오혜지 ^{a1} , 홍근혁 ¹ , 최예림 ¹ , 이대희 ¹ , 김용재 ² , 박영석 ³ , 장광현 ¹ ¹ 경희대학교 환경응용과학과, ² 대진대학교 생명과학과, ³ 경희대학교 생물학과
15:10 - 15:30	S-03	수생태계 생체량 계산 데이터베이스 구축 및 프로그램 개발 심동원 ^{a1} , 이다영 ¹ , 이대성 ¹ , 오혜지 ² , 지창우 ³ , 김용재 ⁴ , 장광현 ² , 박영석 ¹ ¹ 경희대학교 이과대학 생물학과, ² 경희대학교 공과대학 환경학및환경공학과, ³ 전남대학교 수산과학연구소, ⁴ 대진대학교 이공대학 생명과학과
15:30 - 15:50	S-04	먹이망 구조를 이용한 정수생태계 조사 방법 및 적용 이다영 ^a , 이대성, 박영석 ^c 경희대학교 생물학과
15:50 - 16:10	S-05	정수생태계 생태 환경자료 관리를 위한 DB 구성과 활용 조재갑 ^{a1} , 최인희 ¹ , 안효진 ¹ , 이정현 ¹ ¹ (주)지오시스템리서치 수치모델연구소
16:10 - 16:30	S-06	3차원 수리수질 모델(Delft3D) 구성과 활용 이경현 ^{a1} , 조재갑 ¹ , 유대훈 ¹ , 한중수 ¹ , 황동욱 ¹ ¹ (주)지오시스템리서치 수치모델연구소
16:30 - 16:50	S-07	양상블 모델을 활용한 정수생태계 플랑크톤 군집변화 예측모델 개발 박태승 ^a , 박재관, 이도건, 차윤경 ^c 서울시립대학교 환경공학과
16:50 - 17:10	S-08	정수생태계 내 저서성 대형무척추동물 및 어류에 대한 생물풍부도 예측 모델 개발과 활용 방안 이대성 ^{a1} , 이다영 ¹ , 지창우 ² , 오혜지 ³ , 관인실 ² , 장광현 ³ , 박영석 ¹ ¹ 경희대학교 이과대학 생물학과 ² 전남대학교 해양수산대학 해양융합과학과 ³ 경희대학교 공과대학 환경학 및 환경공학과

S-01

정수생태계 저서 및 어류 군집 조사 및 평가 방법

홍철¹, 지창우², 유태식², 곽인실^{1,2}

¹전남대학교 해양융합학과

²전남대학교 수산과학연구소

본 연구에서는 호소에 서식하는 저서무척추동물과 어류 군집을 조사하고 평가하는 방법을 고찰하고자 하였다. 호소의 수위는 겨울철에 감소하고 여름철에 증가하지만, 인공 호수가 많은 우리나라 호소의 수위 변동 요인은 복잡적이다. 따라서 호소의 수위에 따른 저서무척추동물 군집 변화를 조사하였다. 저서무척추동물 군집 조사는 신갈지, 예당호, 주암호에서 각 호소의 유입, 중앙, 유출 지점을 나누어 진행하였다. 대부분의 호소 및 조사 지점에서 깔따구류와 실지렁이류가 우점하였고 수변부의 밀도가 호내부보다 높았다. 아울러 수위가 낮을 때 깔따구류의 밀도가 높게 나타난 특징이 있었다. 어류 군집 조사는 채집 도구에 따라 어류의 종 수, 개체수, 군집 조성이 영향을 받기 때문에 호소에서 적절한 어구를 선택하여 조사할 필요가 있다. 저서무척추동물과 동일하게 신갈지, 예당호, 주암호 3개의 호소에서 투망, 족대, 자망, 삼각망을 이용하여 어류 채집을 진행하였고 채집 도구에 따른 조사 결과를 분석하였다. 족대와 투망은 수변부에 유효하는 어류와 치어가 주로 채집되었고, 자망은 체고가 높은 어류나 등지느러미 가시가 발달한 어류가 주로 채집되었다. 삼각망은 가장 많은 종과 개체수가 채집되었지만, 소수 종의 우점 비율이 매우 높게 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: inkwak@hotmail.net

S-02

동물플랑크톤 군집 기반의 정수생태계 건강성 평가 방법 연구: 생체량의 중요성과 적용방안

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

¹경희대학교 환경응용과학과

²대진대학교 생명과학과

³경희대학교 생물학과

정수생태계 먹이망 내 이차생산자로서 물질 및 에너지 전달 기작에 중요한 역할을 수행하는 동물플랑크톤은 물리·화학적 및 생물학적 환경에 대해 종 특이적으로 반응해 군집이 형성되기 때문에 수생태계 건강성을 종합적으로 평가하는데 유용한 생물군집이다. 이에 따라 국내에서는 최근 호소 수생태 현황조사의 일환으로 건강성 평가를 위한 동물플랑크톤 지수 개발 연구를 수행하고 있으며, [수질/부영양화], [먹이망 건강성], [서식처 및 종다양성] 항목을 평가할 수 있는 지수를 구성하여 국내 다수의 호소를 대상으로 그 적용 가능성을 평가하는 단계에 있다. 현행되고 있는 동물플랑크톤 군집 조사는 개체밀도(ind./L)를 기반으로 하고 있기 때문에 지수 개발도 이를 따르고 있으나, 동물플랑크톤은 일반적으로 분류군 및 종에 따라 리터(L) 당 적게는 1개체 이하(대형 지각류 및 요각류)부터 많게는 수만 개체(소형 운충류)까지 출현량의 차이를 크게 보이기 때문에 이를 보완하기 위해 지수 구성 시 군집 내 비율(%)을 사용하거나 제곱근, 자연로그를 통해 데이터를 표준화해 사용하고 있는 실정이다. 하지만 이러한 과정은 동물플랑크톤 종간에 나타나는 현저한 크기 차이까지 보완해줄 수 없다는 한계가 있다. 생물 개체의 체측값(체장, 너비, 면적 등)과 밀접한 연관이 있는 생체량(biomass, µg/L)은 종별 크기 차이가 반영되기 때문에 개체밀도 기반의 동물플랑크톤 지수를 사용했을 때 발생할 수 있는 과소/과대 평가 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있으나, 국내 출현종들에 대해 생체량을 산정하는 방법에 대한 연구가 미흡해 US EPA 등에서 제시하고 있는 동물플랑크톤 생체량 산정 방법에 대한 검토 및 현지화가 선행되어야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 출현 동물플랑크톤 종들을 대상으로 생체량 산정법에 대해 검토한 결과를 제시하고, 이를 현재 연구되고 있는 동물플랑크톤 지수(안)에 적용하여 개체밀도 기반 지수와 비교를 통해 정수생태계 건강성 평가에 생체량을 적용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

S-03

수생태계 생체량 계산 데이터베이스 구축 및 프로그램 개발

심동원¹, 이다영¹, 이대성¹, 오혜지², 지창우³, 김용재⁴, 장광현², 박영석¹

¹경희대학교 이과대학 생물학과

²경희대학교 공과대학 환경학및환경공학과

³전남대학교 수산과학연구소

⁴대진대학교 이공대학 생명과학과

담수생태계는 다양한 생물이 서식하여 생태적 가치가 높고, 인간 생활지역에 인접해 있어 오염원에 쉽게 노출되는 특성이 있다. 현재 우리나라에서는 담수생태계의 건강성 평가와 보전을 위해 생물측정망 등의 수생태계 조사를 시행하고 있다. 대부분의 수생태계 조사는 개체수를 기반으로 하며, 이는 종수와 종 특성을 중심으로 한 다양성 측면의 건강성 평가에 유리하지만, 생물 간의 상호작용과 에너지 흐름을 평가하기 어렵다는 단점이 있다. 생체량은 생물이 가진 에너지와 관련이 있으며, 피식-포식 관계를 통해 서로 다른 영양단계에 있는 생물 간의 연결성과 생태적 교란에 대한 담수생태계의 안정성을 평가할 수 있는 중요한 생물 특성이다. 이는 상기한 기존 조사의 단점을 보완할 수 있는 장점이 있으나 생체량 측정은 과정이 복잡하고 시간이 많이 소요되어 데이터 수집과 분석에 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 생체량과 관련된 수식을 활용하여 생체량을 계산하는 프로그램을 개발했다. 본 프로그램은 생체량을 계산하기 위해 여러 생물분류군에서 각 생물의 주요 외형 특징 및 길이를 수집하여 데이터베이스화하였으며, 연구자가 학명과 개체수만으로 생체량을 계산할 수 있게 했다. 또한 R 프로그램 환경에서 작동하여 누구나 쉽게 접근하여 사용할 수 있다. 이를 통해 본 프로그램은 연구자가 담수생태계 건강성 평가 관련 연구에 생체량을 쉽게 연구에 적용할 수 있게 한다.

▶ 교신저자 E-mail: parkys@khu.ac.kr

S-04

먹이망 구조를 이용한 정수생태계 조사 방법 및 적용

이다영^a, 이대성, 박영석^c

경희대학교 생물학과

수생태계 보전 및 관리를 위한 생물 모니터링이 이루어지고 있으며 이를 통해 다량의 자료가 축적되었다. 현 체계에서의 생물모니터링 자료는 단일 분류군을 기반으로 생태계를 평가하는 데 이용되고 있다. 그러나 다중 분류군을 이용하면 더욱 다각적인 평가가 가능할 것으로 기대된다. 먹이망은 다중 분류군을 고려할 뿐만 아니라 생태계의 에너지 흐름까지 고려하여 생태계의 다양한 측면을 설명할 수 있게 해준다. 먹이망을 구축하는 데는 여러 가지 방법이 있으나, 섭식작용 마스터웹(메타웹)을 이용하면 생물모니터링 자료로부터 즉각적으로 다수의 먹이망 만들 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 메타웹을 이용하여 먹이망 구조를 파악하고, 이를 이용하여 정수생태계 먹이망 특성을 분석하는 방법을 제시한다. 또한 다양한 저수지 등 국내 정수생태계에 적용한 예시를 제시하여 이해를 돕고자 하였다. 이 연구를 통해 정수생태계에 대한 이해를 증진시키며, 나아가 하천 등 더 넓은 범위에서 활용할 수 있도록 기반을 제시한다. 본 연구는 정수생태계 먹이망의 이론적 및 실질적 측면의 전반적인 개요를 제시하며, 먹이망 연구의 중요성을 이해하고 응용 방안을 모색할 수 있도록 돕는다. 또한 생물간의 상호 관계를 이해함으로써 먹이망 모델링 방법을 발전시킬 수 있다.

▶ 교신저자 E-mail: darami@khu.ac.kr

S-05

정수생태계 생태 환경자료 관리를 위한 DB 구성과 활용

조재갑^{pc1}, 최인희¹, 안효진¹, 이정현¹

¹(주)지오시스템리서치 수치모델연구소

“호소환경 및 생태조사”는 수계별로 호소의 효율적 관리 및 먹는 물의 안전성 확보와 호소의 이용현황, 수질오염원 현황, 생물상 등 호소환경 전반에 대한 조사를 실시하여 호소 수질 및 생태계 보전에 필요한 기초자료 확보를 통한 호소환경 보전이 목적이다. 위 조사는 한강, 금강, 낙동강, 영산강·섬진강 등의 수계를 대상으로 수행중이다. 다년간의 조사로 많은 자료가 축적되어 있으며, 조사 결과는 보고서에 수록되어 있다. 보고서에 자료가 수록되어 있으나 디지털화된 파일로 보관되지 않을 경우 원하는 정보를 찾기 어려울 수 있다. 따라서 본 연구에서는 과거에 수행된 호소환경 및 생태조사 보고서의 일부를 입수하여 디지털화 작업을 진행한 후 데이터베이스화 하였다. 데이터베이스로 구축한 자료는 보고서에 표 형태로 정리된 자료를 대상으로 수집하였으며 여기에는 수질, 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 저서생물, 어류가 포함된다. 수집자료는 호소의 현황 분석, 환경 변화, 수치모델 구축 및 보·검정 자료로 활용될 수 있다. 따라서 자료의 효율적인 관리와 본 연구 종료 시에도 지속적으로 활용될 수 있도록 체계적인 데이터베이스로 구축하였다.

본 연구를 통해 구축한 데이터베이스는 자료의 체계적인 수집 뿐만 아니라 활용이 용이하도록 GUI 형태의 프로그램으로 구성하였다. GUI 프로그램의 주요 기능은 다음과 같다.

- 맵을 이용하여 수계의 정점 단위로 마커 표시
- 클릭 시 해당 정점에 대한 차트 팝업 표시
- 데이터 차트 이미지 및 csv 형태의 데이터 변환
- 사용자 선택에 따른 데이터 다운로드

본 연구 성과물인 정수생태계 생태 환경자료 DB 결과 공유는 향후 데이터 활용 및 관리에 편리성을 제공할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jgcho@geosr.com

S-06

3차원 수리·수질 모델(Delft3D) 구성과 활용

이정현^{pc1}, 조재갑^{c1}, 유대훈¹, 한종수¹, 황동욱¹

¹(주)지오시스템리서치 수치모델연구소

국내에는 생활·공업·농업용수 등 수자원의 안정적인 공급을 위해 다수의 인공호소가 건설되어 있으며, 최근 이상기후로 인해 가뭄과 집중강우의 빈도가 매년 변화하고 있으므로 안정적인 용수를 공급하기 위해서는 인공호소의 관리가 필요하다. 일부 인공호소에서는 과도한 영양염류 축적과 긴 체류시간으로 인해 부영양 상태이며, 강한 성층에 의한 저층 빈산소 형성, 남조류의 과잉성장으로 인한 녹조현상(algal bloom) 등과 같은 다양한 수환경 문제가 발생한다. 최근 호소에서 수리학적 특성, 이화학적 수질특성, 생물분류군 분포 등 종합적인 관점에서의 생태계 건강성 평가를 시도하고 있다. 일반적으로 현장 측정자료를 통해 호소의 수환경을 평가하고 있으나, 이는 시간과 공간에 제약이 받으므로 정밀한 시·공간적 호소환경 변화를 분석하는 데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 시·공간적 제약이 상대적으로 자유로운 3차원 수리·수질 모델인 Delft3D를 활용하여 신갈지, 예당지, 주암호를 대상으로 수리·수질 환경특성을 평가하였다. 3차원 수리·수질 모델의 구성과 활용 결과를 공유함으로써 향후 다양한 호소에서 모델의 적용성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jgcho@geosr.com

S-07

양상블 모델을 활용한 정수생태계 플랑크톤 군집변화 예측모델 개발

박태승^a, 박재관, 이도건, 차윤경^c

서울시립대학교 환경공학과

·식물플랑크톤은 상위 포식자들의 주요한 먹이원으로서, 정수생태계 에너지와 물질의 순환에 필수적인 역할을 수행한다. 최근 수생태계 관리 분야에서 환경변화에 대해 동·식물플랑크톤 군집의 변화를 예측할 수 있는 모델의 필요성이 대두되고 있다. 머신러닝 모델은 비선형적인 문제를 해결하는데 뛰어난 성능을 보이며, 생태 모델링 분야에 자주 활용되고 있다. 하지만, 머신러닝 모델은 학습데이터에 과적합되는 위험성이 존재하며, 이는 일반화 성능의 감소로 이어진다. 양상블 모델은 여러 단일 머신러닝 모델을 결합하여 뛰어난 일반화 성능과 안정성을 보이는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 양상블 모델을 활용하여 영산강 본류의 죽산보와 승촌보를 대상으로 동·식물플랑크톤의 군집변화를 예측할 수 있는 군집변화 예측모델을 개발하고자 하였다. 또한, 사후해석 기법인 SHapley Additive exPlanations(SHAP)을 적용하여 동·식물플랑크톤 군집변화에 주요한 환경인자를 도출하고 영향을 분석했다. 본 연구의 결과를 통해 정수생태계 관리방안을 수립하고 동·식물플랑크톤 군집변화에 대한 이해를 증진할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: ykcha@uos.ac.kr

S-08

정수생태계 내 저서성 대형무척추동물 및 어류에 대한 생물풍부도 예측 모델 개발과 활용 방안

이대성^{a1}, 이다영¹, 지창우², 오혜지³, 곽인실², 장광현³, 박영석^{c1}¹경희대학교 이과대학 생물학과²전남대학교 해양수산대학 해양융합과학과³경희대학교 공과대학 환경학 및 환경공학과

어류와 저서성 대형무척추동물은 정수생태계 내 먹이망을 구성하는 주요 요소로서, 생태계의 건강과 기능, 유지에 있어 중요한 역할을 합니다. 본 발표에서는 국내 주요 호소에 서식하는 저서성 대형무척추동물 및 어류에 대해, 호소의 수환경 및 수리수문학적 요소를 반영한 생물풍부도 예측 모형의 제작 및 평가 과정을 소개하고, 정수생태계 관리 및 보전을 위해 이를 활용할 수 있는 다양한 방안을 소개하고자 한다. 예측 모형 제작을 위해, 호소 환경 조사 보고서 및 현장 조사를 통해 각 호소의 생물 정보를 수집하였고, 환경부에서 운영 중인 물환경 수질측정망과 국토지리정보원에서 제공하는 호소 유역 자료를 종합하여 환경 자료를 제작해 사용하였다. 이후 기계 학습 알고리즘인 Random Forest, Extreme Gradient Boosting 등을 이용하여 모형을 제작하고, 모형 ensemble을 통해 최종적인 생물풍부도 예측 모형을 개발하였다. 제작한 모형의 성능은 모형의 예측값과 실제 조사 결과를 비교해, 수정 결정 계수(R^2), 평균 제곱근 오차(RMSE) 등으로 정량 평가하였다. 또한 제작한 예측 모형을 Metaweb 등과 같은 먹이망 모형과의 연계하여, 시간 및 환경 변화에 따른 군집 수준의 생물풍부도 변화 예측 등 다양한 활용 방안에 대해서도 논의한다.

▶ 교신저자 E-mail: parkys@khu.ac.kr

2024년
한국수생태학회
하계 학술발표대회

심포지움 II

주제 - 지속가능한 물관리와 생물다양성 보전

일 시 : 2024년 8월 23일(금) 09:30 - 11:30

장 소 : 금오공과대학교 글로벌관 226호

주 관 : 유네스코 물 안보 국제연구교육센터(i-WSSM)

좌 장 : 김동균 박사 / 유네스코 물 안보 국제연구교육센터

09:30 - 09:50	S-09	<p>생물다양성 기반의 지속가능한 물관리를 위한 UNESCO 연구전략 최서형^{p1,2}, 송영석¹, 신봉우¹, 김동균^{c1,3}</p> <p>¹유네스코 물 안보 국제연구교육센터 연구개발팀 ²서울대학교 건설환경공학부 ³K-water 연구원</p>
09:50 - 10:10	S-10	<p>소양호 귀뺨대칭이의 서식현황 및 분포특성에 관한 연구 조영호¹, 김형석¹, 이상현¹, 송행섭¹, 변진수¹, 나희선², 허준², 이택수², 최광순², 김호준³, 박정호^{pc1}</p> <p>(주)케이에코¹, K-water 소양강댐지사², K-water 연구원³</p>
10:10 - 10:30	S-11	<p>담수 석패과(Family Unionoidae) 패류의 생물다양성 연구를 위한 Barcoding·Metabarcoding의 활용 김건희^{p,c1}, 김규진², 김명철³, 김근식⁴, 황순진⁵, 장민호²</p> <p>¹건국대학교 휴먼앤에코케어센터, ²공주대학교 생물교육과, ³SOKN생태보전연구소, ⁴국립생태원 멸종위기종 복원센터, ⁵건국대학교 환경보건과학과</p>
10:30 - 10:50	S-12	<p>멸종위기 담수어류(꼬치동자개)의 이동 및 방류 후 확산 연구 윤주덕^{p,c1}, 유경우¹, 김근식¹, 박종성², 감동원¹, 박창득¹, 권관익¹</p> <p>¹국립생태원 멸종위기종복원센터 ²국립생물자원관 생물소재활용과</p>
10:50 - 11:10	S-13	<p>소하천 하구유형과 어류군집 김재구^{p,c1}, 김민수², 신유신¹</p> <p>¹주식회사 알파생태연구원 ²SOKN생태보전연구소(주)</p>
11:10 - 11:30	S-14	<p>빗물 저류 및 공급 활용 적정성 모의 이상진^{p,c1}</p> <p>¹K-water연구원 물순환·물환경 R&D 실증센터</p>



S-09

생물다양성 기반의 지속가능한 물관리를 위한 UNESCO 연구전략

최서형^{p1,2}, 송영석¹, 신봉우¹, 김동균^{c1,3}

¹유네스코 물 안보 국제연구교육센터 연구개발팀

²서울대학교 건설환경공학부

³K-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 것은 SDG6로 깨끗한 물과 위생을 주요 목표로 삼고 있다. 하지만, 물은 단순히 하나의 문제에 국한되지 않을 뿐만 아니라, 여러 개의 다른 이슈들과 서로 연관되어 있기 때문에, 건강과 웰빙에 관련된 SDG3, 신재생에너지와 관련된 SDG7, 기후변화와 관련된 SDG13, 그리고 생태계 건강성과 관련된 SDG14 등 다양한 SDG 목표들과 서로 밀접하게 연관되어 있음을 알 수 있다. 이는 물, 에너지, 기후변화, 인류건강, 생태계서비스 등이 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, SDG와 관련한 다양한 이슈들이 어떠한 방식으로 생태계 서비스의 향상과 연계할 수 있는가에 대해 발표하고자 한다.

▶ 교신저자 E-mail: dkkim@unesco-iwssm.org

S-10

소양호 귀이빨대칭이의 서식현황 및 분포특성에 관한 연구

조영호¹, 김형석¹, 이상헌¹, 송행섭¹, 변진수¹, 나희선², 허준², 이택수², 최광순², 김호준³, 박정호^{pc1}

¹(주)케이에코, ²K-water 소양강댐지사, ³K-water 연구원

귀이빨대칭이(*Cristaria plicata*)는 멸종위기 야생생물 I급으로서 주로 낙동강, 영산강 유역 등 중남부 권역 일부 수역에 서식하고 있는 것으로 알려졌으나, 지난 2022년 환경부 호소 수생태계 현황조사를 통해 한강 유역의 소양호 내에도 서식하고 있음이 최초 확인된 바 있다. 이에 본 연구는 소양호에 서식하는 귀이빨대칭이의 서식현황 조사 및 분포특성 평가를 통해 이를 보전하고 관리하기 위한 중장기 종합보전방안을 마련하고자 수행되었다. 본 연구에서는 기존 선행연구에서 귀이빨대칭이의 서식이 확인된 지점을 포함, 서식이 예상되는 만입부 12개 지점을 GIS 공간분석 등을 통하여 사전분석 및 다양한 현장조사를 실시한 후, 서식 가능성이 가장 높은 지역 5개 지역을 추출하여 이에 대한 정밀현황조사를 진행하였다(기초조사: 2024년 1월~6월, 정밀조사: 4월~6월). 귀이빨대칭이의 채집은 정밀조사 5개 지점에서 지점별 300 m²(10 x 10 m, 총 3개) 면적을 구획하고, Scuba Diving 및 무인탐사 수중ROV 등을 통해 실시하였다(허가번호 제 EW202404ECP0005 호). 조사 결과, 정밀조사 지점 5개소에서 확인된 서식 개체수는 총 538개체로 매우 많은 개체가 서식하고 있음을 확인하였다. 특히 St. 5, 6, 8 지점에서 각각 142, 130, 234개체의 서식이 확인되어 각각 3개체, 29개체가 채집된 St. 1, 7 지점에 비해 상대적으로 많은 개체의 서식분포가 확인되었다. 이러한 귀이빨대칭이 집중서식지의 하상특성은 주로 silt-clay 혼합물로 구성되어 있음을 확인하였으며, 소양호 내 주요 서식 수심대는 160 ~ 164 EL.m로 평년 수위 하한선인 174 EL.m 대비 약 10 m 이상 낮은 특정구간 내 제한적 수심대에서 집중 분포서식하고 있는 것으로 확인되었다. 이는 지난 2022년 소양호 수위 하락 시 164 EL.m 이상에 서식하던 일부 개체들이 이미 폐사되었거나 구난활동에 의해 깊은 수심대로 이동된 것으로 판단된다. 본 연구결과는 소양호에 실제 서식 확인된 귀이빨대칭이 개체군 및 유입 가능 메타개체군에 대하여 각종 극한가뭄 등 호소 수역에서의 합리적 기후변화대응을 위한 실질적 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 귀이빨대칭이 생육특성상(어류에 글로키디움을 부착시켜 광범위하게 서식영역을 확장하는 특성) 호소 전반에 걸친 서식 가능성도 충분히 예상되므로, 향후에는 한강권역 전반의 호소역을 대상으로 중장기적 정밀조사 연구를 진행하여 극한가뭄 등 기후변화에 대한 선제적, 합리적 대응 등 각종 관리방안 수립이행에 핵심 기초자료로 반영되어야 할 것으로 판단된다.

사사: 본 결과물은 한국수자원공사 소양강댐지사의 재원으로 「소양호 귀이빨대칭이의 서식생태 조사 및 복원관리방안 수립(2024)」의 지원을 받아 연구되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jhpark@keco.co.kr

담수 석패과(Family Unionoidae) 패류의 생물다양성 연구를 위한 Barcoding·Metabarcoding의 활용

김건희^{p,c1}, 김규진², 김명철³, 김근식⁴, 황순진⁵, 장민호²

¹건국대학교 휴먼엔에코케어센터

²공주대학교 생물교육과

³SOKN생태보전연구소

⁴국립생태원 멸종위기종 복원센터

⁵건국대학교 환경보건과학과

환경유전자(eDNA) 기반의 석패과(Unionoidae) 패류 연구에서 단일 개체의 barcod 유전자 정보는 매우 중요하지만 개체를 포획하지 않고 barcod 유전자를 확보하는 것은 매우 어렵다. 더욱이 저수지에서 석패과 패류는 주로 깊은 수심에 서식하기 때문에 개체의 서식여부조차 판단하기 어렵다. 본 연구는 석패과 패류의 생물다양성 연구를 위한 패각 기반의 barcod 유전자 확보와 mini-barcod 유전자의 metabarcoding 분석을 통한 석패과 패류의 다양성을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 사멸한 귀이빨대칭이의 패각으로부터 유전자를 추출하였고 미토콘드리아 16SrDNA barcod 유전자를 계통분석하였다. 또한 저수지 중앙 표층, 수변 표층, 저수지 중앙 수층(상·중·하) 혼합 시료를 채수하여 석패과 패류의 다양성을 탐색하고자 하였다. 패각 유전자의 barcoding은 Sanger sequencer로 분석하였으며, 저수지 eDNA의 metabarcoding은 Illumina miseq platform으로 분석하였다. 패각의 인대 및 날개부위와 중앙부위에서 귀이빨대칭이의 단일 barcod 유전자가 확인되었으며 패각의 배면 부위에서는 귀이빨대칭이의 유전자가 발견되지 않았다. 귀이빨대칭이의 barcod 유전자 증폭산물은 180bp short barcod와 450bp long barcod 모두 증폭되었으며 귀이빨대칭이의 미토콘드리아 16SrDNA로 확인되었으며, 패각의 상태에 따라서 증폭산물의 차이가 존재하였다. 저수지에서 석패과 패류의 유전자는 귀이빨대칭이를 포함하여 총 4종의 유전자가 발견되었으며 주로 수층혼합 시료에서 가장 많은 종의 석패과 유전자 read가 발견되었다. 하지만 일부 지점에서는 수변 표층에서만 석패과의 유전자가 발견되어 지점에 따른 차이가 존재하였다. 결과적으로 담수 석패과 패류의 패각은 개체를 직접 포획하지 않고 barcod 유전자를 확보할 수 있는 방안으로써 활용할 수 있으며, 특히 멸종위기종의 barcod 유전자 확보에 매우 효과적이라고 판단된다. 또한 eDNA metabarcoding을 기반으로 석패과 패류의 종다양성을 탐색하기 위해서는 저수지 중앙 상·중·하 및 수변 표층을 모두 혼합하여 탐색하는 것이 가장 많은 종을 탐색할 수 있으며 이를 통해 전국 저수지의 석패과 패류 다양성을 효율적으로 탐색 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 환경부 지원사업 '생물축정망 eDNA 활용 기반조성 연구(1)'을 통해 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: passbosko@gmail.com

S-12

멸종위기 담수어류(꼬치동자개)의 이동 및 방류 후 확산 연구

윤주덕^{pc1}, 유정우¹, 김근식¹, 박종성², 감동원¹, 박창득¹, 권관익¹

¹국립생태원 멸종위기종복원센터

²국립생물자원관 생물소재활용과

멸종위기 담수어류는 최근 목록이 개정되면서 29종으로 총 종수가 지속적으로 증가하는 경향으로 보이고 있다. 어류는 수체라는 특이한 환경에 서식하고 있고, 일반적으로 관찰이 어렵기 때문에 육상의 생물에 비해서 상대적으로 연구가 부족한 실정이다. 이러한 연구의 부족은 개체군, 서식지 감소를 초래하는 원인 파악을 어렵게 하고, 적절한 개선대책을 수립하는데 한계로 작용한다. 따라서, 본 연구에서는 담수어류의 수체내에서 다양한 생태적인 정보 확보를 위해 위해 발신기(radio, PIT)를 적용하여, 이동 및 확산 모니터링을 실시하였다. 연구 대상은 멸종위기 야생생물 I급으로 지정되어 있는 꼬치동자개로, 서식처 범위와 이동을 위해서는 radio를 활용하였고, 인공증식된 개체의 방류 후 모니터링은 PIT 방식을 적용하였다. 전반적으로 꼬치동자개는 매우 제한적인 범위(300m 내외)를 활용하였고, 주로 숨을 곳이 많이 조성되어 있는 수변지역을 선호와 야간 활동이 확인되었다. 증식 방류 개체에서도 느린속도의 확산과 좁은 서식범위가 확인되었다. 꼬치동자개의 이와 같은 행동적인 특성은 하천 공사 발생시 개체군이 급격하게 감소하는 원인이 된 것으로 판단된다. 최근 기상이변으로 인하여 재해예방사업 등 하천 관련 사업이 다시 급증하고 있는 상황으로 향후 꼬치동자개의 미래에도 심각한 영향이 있을 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr

S-13

소하천 하구유형과 어류군집

김재구^{pc,1}, 김민수², 신유신¹

¹주식회사 알파생태연구원

²SOKN생태보전연구소(주)

본 연구는 담수와 해수가 만나는 기수역에서의 어류 다양성에 관하여 고찰하였다. 우리나라의 큰 하구는 농업용수확보 및 취수를 주 목적으로 보와 방조제 같은 인공구조물로 해수와 담수가 전이되지 못하고 가로막혀 있다. 작은 소하천의 경우도 배수갑문으로 단절된 곳이 많고, 인공구조물이 없는 독립하천의 경우 어구 및 수산물 세척수 등으로 인해 부영양화가 문제를 야기하고 있다. 이러하듯 하구의 기수역은 생태 전이대로서의 역할을 온전히 수행하지 못해 수산자원의 감소로 이어진다. 따라서 본 연구는 열린하구(거제 오수천), 닫힌하구(서천 비인천)의 어류 군집을 비교하고자 하였다. 거제 오수천은 총 9회, 서천 비인천은 총 12회 조사하였다. 오수천의 총 조사기간 동안 34종 1,780개체의 어류가 확인되었으며, 그 중 담수어인 붕어, 참갈겨니, 송사리를 제외하면 모두 해산 및 회유성 어류였다. 과별 출현빈도는 망둑어과 50%, 청베도라치과 11%였으며, 빨베도라치, 줄무늬살망둑 2종의 미기록종이 확인되어 보고하였다. 비인천의 총 조사기간 동안 22종 1,438개체가 확인되었으며, 담수어류는 붕어, 왜물개, 피라미, 대륙송사리, 배스였으며 이외 해산어류와 회유성어류로 확인되었다. 과별 출현빈도는 망둑어과 41%로 가장 많았고, 송어과가 2종으로 9%였다. 열린하구가 닫힌하구보다 조석의 인입이 수월해 다양한 어류 서식환경을 제공하는 것으로 판단되어 향후 기후변화와 어류의 미소서식지 연구를 추가한다면 아열대성어류의 이주 및 정착에 관한 연구의 중요한 자료가 될 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

S-14

빗물 저류 및 공급 활용 적정성 모의

이상진^{a,c1}

¹K-water연구원 물순환·물환경 R&D 실증센터

인간 정주의 환경적문제, 재난에 적응하는 안전문제와 같은 위기에 대응하는 연구가 많이 진행되고 있다. 본 연구에서는 물환경 문제와 더불어 지속가능한 물 확보와 이용에 대한 빗물 적정성을 고찰하였다. 물부족 지역에서의 지속가능한 수원제공으로써의 빗물 활용 적정성을 저류와 강우사상에 따른 시기별 이용량을 정량적으로 분석하여 결과를 제공하였다. 분석으로 위해 한국의 화성시에 위치하는 물순환센터를 대상으로 빗물저류조(300, 900, 500m³) 규모별로 최근 10년(2014~2023)간 일단위 강우자료(수원시)를 활용하여 저류량과 지속가능한 사용가능량을 모의 하였다. 이때 공급은 농업용수를 목표로 논, 밭, 잔디와 같은 생육장 공급에 필요한 수량(100m/day)를 4월~10월(농업생육기간)을 중심으로 활용가능성을 모의 하였다. 분석 결과 농업용수 필요수량에 적정한 빗물저류조 규모는 900m³ 이상이면 저류조의 시기별로 80%이상 활용가능한 것으로 분석되어 향후 수원으로써의 빗물은 지속가능하게 설계 운영할 수 있을 것으로 사료된다.

▶ 교신저자 E-mail: sjlee@kwater.or.kr

2024년
한국수생태학회
하계 학술발표대회

포럼

주제 - 효율적 물관리를 위한 수생태계 정책의 개선 방안: 수생태계 건강성 회복을 위한 추진체계 정립

일 시 : 2024년 8월 23일(금) 09:30 - 12:00

장 소 : 금오공과대학교 글로벌관 시청각실

주 관 : 국립환경과학원

좌 장 : 박주현 과장 / 국립환경과학원

09:30 - 09:50	S-15	수생태계 관리 정책의 성과 및 한계와 앞으로의 과제 김호정 ^{a,c} , 강형식, 최미경 한국환경연구원(KEI) 물국토연구본부 통합물관리연구실
09:50 - 10:10	S-16	통합 물관리에 따른 하천 환경 평가체계 개선 방안 연구 박연정 ^{a,c1} , 이하은 ¹ , 최희락 ¹ , 김경현 ¹ , 김용석 ² ¹ 국립환경과학원 물환경평가연구과, ² 국립환경과학원 물환경연구부
10:10 - 10:30	S-17	하천 수생태계 건강성 종합평가지수 개발 및 활용방안 황순진 ^{a,c1} , 김난영 ¹ , 이상우 ² , 박세린 ² , 원두희 ³ , 유경아 ⁴ , 이경락 ⁴ , 김무성 ⁵ ¹ 건국대학교 환경보건과학과, ² 건국대학교 산림조경학과, ³ (주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ⁴ 국립환경과학원 물환경공학과, ⁵ 환경부 수질수생태과
10:30 - 10:50	S-18	물환경측정망 연계 국가 생물측정망 선진화 방향 원두희 ^{a,c1} , 황순진 ² , 김난영 ² , 유경아 ³ , 김무성 ⁴ ¹ (주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ² 건국대학교 환경보건과학과, ³ 국립환경과학원 물환경공학과, ⁴ 환경부 수질수생태과
10:50 - 11:00		장내정리
11:00 - 12:00		토론 (이주현, 김무성, 유경아, 황순진, 원두희, 김호정, 박연정)



S-15

수생태계 관리 정책의 성과 및 한계와 앞으로의 과제

김호정^{P,C}, 강형식, 최미경

한국환경연구원(KEI) 물국토연구본부 통합물관리연구소

“아이들이 떡 감고 물고기가 뛰어노는 물환경 조성”이라는 비전을 담은 <제1차 물환경관리기본계획(2006~15)>이 2006년 발표되고, 다음 해 「수질환경보전법」이 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」로 개정되면서 상수원의 유기물질 관리에 치중했던 수질관리 정책이 하천의 생태적 건강성까지 포괄하는 방향으로 확대되었다. 전국 주요 하천, 호소, 하구의 생태계 건강성을 정기적으로 조사·평가하며, 생태적으로 훼손된 지류·지천을 복원하는 생태하천복원사업이 진행되어 성공 사례를 여럿 만들어 냈고, 훼손 하천을 생태적으로 복원하는 구체적인 절차와 방법이 마련되었다. 그러나 지난 20여 년간 공공수역의 생화학적산소요구량(BOD)과 총인(TP) 농도가 획기적으로 개선된 것과 달리, 수생태계 건강성의 개선 속도는 매우 더딘 상황이다. 어류의 건강성이 양호(B) 등급 이상인 하천 지점의 비율이 50% 수준에서 정체되어 있으며, 수생태계 조사·평가를 통해 훼손 하천이 확인되더라도 하천의 복원으로 이어지지 않고 있다. 수질환경기준이 수질 및 수생태계 환경기준으로 바뀌었지만, 주로 먹는 물, 즉 인체 위해성 관점에서 기준이 설정되며, 수생태계 건강성 목표의 달성 여부가 평가되지 않고, 저서생물의 주요 서식지인 퇴적물에 대한 환경기준이 부재한 상황이다. 기후변화에 따른 수온 상승 등으로 인해 수생태계에 상당한 영향이 발생할 것으로 예상되지만, 유해독조 문제를 제외하면 홍수·가뭄 등 다른 현안에 비해 수생태계에 관한 관심은 부족하다. 앞으로 수생태계 건강성을 높이기 위해서는 환경기준 등 물관리 정책 목표에서 수생태계 건강성을 명시적으로 규정하고, 수질개선뿐 아니라 물 흐름을 포함한 수생태계의 역동성(dynamics) 복원을 위해 노력해야 한다. 환경생태유량을 확보하고 댐·보·하굿둑을 연계 운영하는 등 수량-수질-수생태계 상호관계를 고려한 통합물관리가 확대되어야 한다. 또한, 기후위기 대응 관점에서 수변생태벨트, 습지 등 탄소흡수원을 보전·확대하고, 냉수성 어종 등 기후변화 취약종의 관리 대책이 마련되어야 할 것이다.

▶ 교신저자 E-mail: tingker@kei.re.kr

S-16

통합 물관리에 따른 하천 환경 평가체계 개선 방안 연구

박연정^{P,C1}, 이하은¹, 최희락¹, 김경현¹, 김용석²¹국립환경과학원 물환경평가연구과²국립환경과학원 물환경연구부

우리나라 환경부의 하천 환경 평가 지표는 생물학적산소요구량(BOD), 총인(TP) 위주의 수질지표이며 그 외 물환경의 주요 요소인 수량과 수생태 지표는 관리 지표로서의 실제 활용이 미흡한 실정이다. 통합물관리 이후 이러한 문제점을 반영하여 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)에서 수질 뿐만 아니라 생물, 물리적 서식환경(서식지, 유량 등)을 통합한 차세대 물환경 평가 방법을 2025년까지 개발하고 물환경 관리에 적용해야 한다고 제시하고 있다. 이러한 필요성에 따라 본 연구에서는 유럽의 Water Framework Directive(WFD)를 벤치마킹하여 수질, 생물, 물리적 환경의 세 분야로 나누어 평가하는 통합 물환경 평가 지표를 마련하였으며, 수질 분야는 생활환경기준 8개 항목, 생물 분야는 수생태계 건강성 지수 중 3개 항목(FAI, TDI, BMI), 물리적 환경 분야는 수생태계 건강성 지수 중 2개 항목(RVI, HRI)과 하천유지유량 항목으로 선정하였다. WFD의 One-Out-All-Out 방식을 적용하여 각 분야의 최저 항목이 분야별 최종 등급이 되며, 그중 가장 최저 항목이 최종 등급이 되는 통합(안)을 검토하였다. 모든 분야는 매우 좋음, 좋음, 보통, 나쁨, 매우나쁨의 5단계로 동일하였으며, 이를 기반으로 물환경관리계획에 따른 통합 물환경 평가체계도 구축하였다. 새롭게 구축된 차세대 통합 물환경 평가체계는 손상된 하천부터 단계적으로 개선해 나가는 물관리 정책을 선도하는 체계가 될 것이며, 국민의 기대에 부응하는 보다 나은 하천 환경을 만들어 나갈수 있으리라 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: julie132@korea.kr

하천 수생태계 건강성 종합평가지수 개발 및 활용방안

황순진^{D,C,1}, 김난영¹, 이상우², 박세린², 원두희³, 유경아⁴, 이경락⁴, 김무성⁵

¹건국대학교 환경보건과학과, ²건국대학교 산림조경학과, ³(주)생태조사단 부설 두희생태연구소,
⁴국립환경과학원 물환경공학과, ⁵환경부 수질수생태과

우리나라 생물측정망(하천) 자료는 중권역 목표등급, 생물이해표, 생태하천복원사업, 환경영향평가 등 물환경 제도와 정책 그리고 여러 관련 사업에서 중요한 기준과 지표로 활용해 오고 있다. 그러나 하천 생물측정망에서는 생물 및 서식환경 인자(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물, 어류, 서식 및 수변환경, 수변식생)들을 개별적으로 평가하기 때문에 자료의 이용자들에게는 평가결과가 복잡하게 보일 수 있다. 특히, 생물측정망 자료를 이용하여 수생태 정책목표나 관리기준을 설정하는데 있어 수생태계 건강성의 의미를 통합적으로 반영하기에 어려움이 있다. 본 연구는 현재 개별 항목으로 평가하고 있는 하천 수생태계 건강성을 종합적으로 평가하는 방법을 연구하였다. 외국에서 시행하고 있는 종합 평가방법의 장단점과 국내 적용성을 고려한 결과, 최종적으로 건강성 평가 인자 5개 모두를 통합적으로 고려하는 다항목지수 (Multi-metric index: MMI) 방법을 채택하였다. 종합평가 인자의 도출을 위해 수생생물을 1차적으로 통합하되 수생생물 건강성에 영향을 미치는 서식환경 요인들을 고려하였으며, 최종적으로 조합된 결과를 하천의 유형(규모)에 따라 비교하였다. 결과적으로 하천의 규모(대형/소형)와 유형(6개)으로 구분하여 분석하였을 때, 선정된 항목과 평가값은 별 차이를 보이지 않았다. 세 가지 수생생물 지수는 점수의 연속적인 평가가 가능하도록 점수체계를 통일하였으며, 점수의 분포가 정규분포에 가깝게 나타난 표준화 점수를 사용하였다. 서식환경 평가항목은 주성분분석(Principal Component Analysis)을 통해 서식 및 수변환경 분야의 총 10항목 중 생물지수들과 유의한 상관성을 보인 5개 항목을 선정하였다. 종합평가지수는 기존의 건강성 평가 체계와 같이 5단계로 구분하였다. 종합평가의 건강성 등급의 지리적인 분포는 수생생물의 건강성 평가결과와 비슷하게 나타났고, 이화학적 수질 및 분야별 건강성 평가지수와도 유의한 상관성을 보였다. 또한 물환경사업을 사례로 사업 전과 후의 상태를 비교한 결과, 종합평가지수는 사업 후에 개선된 수질, 서식처, 수생태계 건강성을 잘 반영하였으며, 따라서 적용성과 활용성 측면에서도 긍정적으로 평가되었다. 다만 영양염(인)과 유기물(BOD)에 대한 생물의 민감도를 이용하여 건강성을 평가하고 있는 현재의 부착돌말류와 저서성 대형무척추동물의 건강성 평가지수는 서식환경, 종조성 및 다양성, 서식특성 등을 통합적으로 반영하기에는 미흡하므로, 이 두 지수들은 향후 온전성(integrity) 지수로 발전시키는 것이 필요하다. 종합평가지수는 수생태계 관리 목표와 기준을 보다 명확히 하는데 중요하다. 이를 통해 앞으로 통합물관리 뿐 만 아니라 물관리 상위계획(물관리기본계획, 물환경관리 기본계획 등)과의 연계를 보다 용이하게 함으로써 수생태계 정책을 구현하는데 핵심적 역할을 할 수 있을 것이다.

Keywords: 수생태계 건강성, 종합평가, 온전성, 통합물관리, 수생태계 복원

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

S-18

물환경측정망 연계 국가 생물측정망 선진화 방향

pc1, 2, 2, 3, 4

¹(주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ²건국대학교 환경보건과학과,
³국립환경과학원 물환경공학과, ⁴환경부 수질수생태과

국내의 물환경측정망 관련 기본계획 및 관련 규정 등을 검토하고 향후 국가 생물측정망의 선진화를 위한 방향을 제시하였다. 유럽의 물관리지침(EU WFD)을 기반으로 독일, 영국 등 유럽 선진국에서의 물환경 관련 추진 현황을 파악하고, 국내의 물관련 계획 및 이에 따른 물환경측정망, 특히 생물측정망의 설치·운영 현황을 분석하여 물환경측정망과 연계된 국가 생물측정망의 선진화 방향을 제시하였다.

물환경측정망 중 수질측정망(수동, 센서 및 비점오염물질) 및 유량측정망 등과 연계하여 수질-유량-수생태계 통합관리를 위한 생물측정망의 선진화 방향으로 ‘KRF 기반 하천구간 단위 선형 평가’를 목표로 향후 훼손원인 진단사업 및 수생태계 복원사업 등에 활용할 수 있도록 제시하였다. 이를 위하여 1) 생물목표기준 설정 및 기본계획 수립, 2) 측정망 조사지점 확대를 통한 선단위 평가체계 구축, 3) 다항목지수(MMI) 개발 적용을 통한 수생태계 건강성 훼손원인 진단과의 연계 강화 및 참조지점(Reference Condition Site) 활용 강화, 4) 걸어서 건널 수 없는 대하천, 대하구에 대한 조사지점 검토 및 조사·평가지침 마련 적용, 5) 하천-호소-하구 수체 간 경계 설정, 6) 하구-호소 등 일부 퇴적물측정망과의 연계 운영, 7) 생물측정망 위탁 운영 등 다양한 국가 생물측정망 선진화 방향에 대하여 제시하였다.

▶ 교신저자 E-mail: drdoogy@kes.re.kr

2024년
한국수생태학회
하계 학술발표대회

구두발표

일 시 : 2024년 8월 22일(목) 15:00 - 16:45

장 소 : 금오공과대학교 글로벌관 시청각실

좌 장 : 윤주덕 박사 / 국립생태원

15:00 - 15:15	O-01	Enhancing river health assessment: Innovations and applications of the AquaShan Index 임성호 ^{1,2} , 원두희 ² , 도윤호 ^{1,2} ¹ (주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ² 공주대학교 생명과학과
15:15 - 15:30	O-02	한국산 민무늬독중개 <i>Cottus pollux</i> (Pisces: Cottidae)의 분포 현황 윤봉한 ^{PC} (주)한국생태네트워크
15:30 - 15:45	O-03	어류의 하천수생태계 누적 건강성 평가와 냉수성 어종의 분포 박상현 ¹ , 백승호 ¹ , 김정희 ¹ , 장민호 ² ¹ 주식회사 에코리서치, ² 공주대학교 생물교육과
15:45 - 16:00	O-04	생태지위면적을 기반으로 한 멸종위기종 여울마자(<i>Microphysogobio rapidus</i>) 서식지 내 어류 기능군 간 생물학적 상호관계 평가 이대희 ¹ , 최예림 ¹ , 오혜지 ¹ , 백인혁 ² , 김근식 ² , 강동원 ² , 윤주덕 ² , 장광현 ¹ ¹ 경희대학교 환경응용과학과, ² 국립생태원 멸종위기종복원센터
16:00 - 16:15	O-05	Effect of food quantity and quality on morphology and life history characteristic of <i>Daphnia galeata</i> Takamasa Yoneyama ^{PC1} , Takamaru Nagata ² , Takahiro Okamoto ² , Masaki Sakamoto ¹ ¹ Department of Environmental and Civil Engineering, Graduate school of Engineering, Toyama Prefectural University ² Lake Biwa Environmental Research Institute
16:15 - 16:30	O-06	호소생태계 동물플랑크톤 eDNA 조사 방법의 비교와 동물플랑크톤 지수 개발에 eDNA 적용 연구 최예림 ¹ , 오혜지 ¹ , 이대희 ¹ , 홍근혁 ¹ , 김근식 ² , 김건희 ³ , 윤주덕 ² , 장민호 ⁴ , 장광현 ¹ ¹ 경희대학교 환경응용과학과, ² 국립생태원 멸종위기종복원센터, ³ 건국대학교 휴먼앤에코케어센터, ⁴ 공주대학교 생물교육과
16:30 - 16:45	O-07	낙동강 본류의 담수이매패류 탐색을 위한 환경유전자 활용 김규진 ¹ , 김건희 ² , 민정기 ³ , 최지웅 ³ , 장민호 ¹ ¹ 공주대학교 생물교육학과, ² 건국대학교 휴먼앤에코케어센터, ³ (주)다운에코



O-01

Enhancing river health assessment: Innovations and applications of the AquaShan Index

임성호^{p1,2}, 원두희², 도윤호^{c1,2}

¹(주)생태조사단 부설 두희생태연구소

²공주대학교 생명과학과

This study introduces the AquaShan Index, an innovative approach to assessing river health, which integrates biological indicators with key environmental variables. This index represents an advancement over traditional methods, like the Shannon Diversity Index, by including both species diversity and environmental factors such as dissolved oxygen, pH, and water temperature. Utilizing data from the Stream/River Ecosystem Survey and Health Assessment in South Korea, covering 5,952 data over three years, the study combines species data of benthic macroinvertebrates with environmental parameters, applying Random Forest analysis to weight these variables. The AquaShan Index formula incorporates species' pollution tolerance scores, offering a nuanced perspective on ecosystem resilience to environmental stressors. Our results show a wide range of river health conditions, with the AquaShan Index demonstrating greater sensitivity and specificity in identifying ecological impairments compared to traditional indices. The inclusion of pollution tolerance scores and environmental variables provides a more comprehensive assessment of river health, revealing a higher number of sites with ecological challenges than previously identified. The AquaShan Index's adaptability and comprehensive approach make it a valuable tool for informed decision-making in river conservation and management, offering an enhanced methodology for assessing and sustaining river ecosystem health. This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF), grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2022R1A2C1004240).

▶ 교신저자 E-mail: doy@kongju.ac.kr

O-02

한국산 민무늬독중개 *Cottus pollux* (Pisces: Cottidae)의 분포 현황

윤봉한^{pc}

(주)한국생태네트워크

한국산 민무늬독중개 *Cottus pollux*의 분포 현황을 알아보기 위하여 2022년 9~11월과 2023년 3~5월에 과거 출현지역과 출현 예상지역을 대상으로 현장 조사와 환경 DNA 분석을 병행하였다. 25개 수계 86개 지점을 현장 조사한 결과, 민무늬독중개는 형산강 수계의 최상류, 덕동천, 절골천 및 대종천 수계의 호암천 등 2개 수계 4개 지점에서 서식이 확인되었다. 민무늬독중개의 서식지 특징은 하천 상류 계곡부의 오염원이 적고 물이 맑으며, 하상은 큰돌과 작은돌의 비율이 높은 여울부였다. 환경 DNA 분석에서 양성으로 판별된 시료는 현장 조사에서 민무늬독중개의 서식이 확인된 하천을 모두 포함하였고, 이외 남천 (형산강 수계)과 신광천 (냉천 수계)이 양성으로 판별되어 잠재적 서식지로서 가능성을 나타냈다. 민무늬독중개는 분포역이 협소하고 개체군 크기가 작으므로, 안정적인 개체군 유지를 위해서는 서식지 교란의 주원인인 태풍, 하천공사 등의 피해로부터 즉각 대응할 수 있도록 지속적인 모니터링과 보전 대책이 요구되었다.

▶ 교신저자 E-mail: notatus@naver.com

0-03

어류의 하천수생태계 누적 건강성 평가와 냉수성 어종의 분포

박상현¹, 백승호¹, 김정희¹, 장민호²

¹주식회사 에코리서치

²공주대학교 생물교육과

하천수생태계 조사 및 건강성 평가는 2008년부터 국가 생물측정망의 일환으로 진행된 국가규모의 대규모 프로젝트이다. 현재 17년 차 연구가 수행중이며, 다년간의 노력으로 광범위한 데이터가 누적되어 있다. 누적 데이터는 현재까지 많은 연구 결과를 생산해 냈으며, 행정 및 관리 측면에서도 매우 효율적인 결과를 도출하고 있다. 건강성 평가지점의 수는 매년 차이가 있으나, 2015년도까지 640~960여개 지점에서 운영하였으며, 2016년부터 3년 단위로 3,000여개 지점이 운영중이다. 2023년 물환경측정망 설치 운영계획에 따라 현재는 3,039개 지점에서 운영하고 있다. 과거 데이터 및 지점을 현재기준에 맞게 3,000여개 지점에서 데이터를 산출하였다. 연도별 전체 지점의 평균 FAI는 큰변화를 보이지 않았으며(a=0.023; FAI: 51.9~58.8), 수계별 평균 FIA는 한강(61.4), 낙동강(55.2), 영산강섬진강(53.8), 금강(51.3) 순으로 나타났다. 한강 대권역에서는 인북천 중권역(88.2), 시화호 중권역(27.0), 낙동강 대권역은 합천댐 중권역(70.9)과 낙동상주 중권역(37.6), 금강 대권역은 무주남대천 중권역(80.3)과 부남방조제 중권역(34.2), 영산강섬진강 대권역은 금산면 중권역(77.6)과 진도 중권역(22.4)에서 각각 극값을 보였다. 중권역별 평균 FAI 변화는 직소천 중권역(a=-2.162; 금강 대권역)과 한강잠실 중권역(a=2.035)에서 가장 큰 증감 폭을 보였다. 냉수성어종(9종)을 대상으로 연도별 분포 및 개체수 변화 분석 결과 새미와 연준모치는 개체수가 증가하는 양상을 보였으나, 금강모치 등 7종의 경우 감소하는 양상을 보였다. 출현지점수의 감소는 확인되지 않으나, 개체수의 감소가 확인되어 장기적 기후변화의 영향을 받는 것으로 판단된다. 본 연구는 국립환경과학원 하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 사업의 일환으로 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

0-04

생태지위면적을 기반으로 한 멸종위기종 여울마자(*Microphysogobio rapidus*) 서식지 내 어류 기능군 간 생물학적 상호관계 평가

이대희¹, 최예림¹, 오혜지¹, 백인혁², 김근식², 강동원², 윤주덕², 장광현¹

¹경희대학교 환경응용과학과

²국립생태원 멸종위기종복원센터

하천의 어류 군집 내에서 발생하는 경쟁, 포식 등의 작용은 직·간접적으로 상호 간에 영향을 미쳐 어류 군집의 구성을 결정한다. 특히 자원이 한정된 생태계에서는 자원경쟁이 심화됨에 따라 종의 서식지 선택, 섭식 전략, 중간 공존 가능성이 변화하여 어류 종의 생태 특성에 따라 개체수가 제한될 수 있다. 따라서 멸종위기 어류의 개체수 감소 현상을 규명하기 위해서는 서식지 손실과 같은 인위적인 영향뿐만 아니라 서식지 내 생물학적인 상호관계 및 해당 종의 생태 특성을 고려한 종합적인 평가가 필요하다. 안정동위원소 분석을 적용한 어류의 생태 지위의 정량화는 지위 분화, 자원경쟁 정도, 먹이원 다양성 등과 같은 생물학적 상호작용 및 섭식 특성을 해석하는데 유용한 관점을 제공한다. 본 연구는 어류 기능군 간의 경쟁적 상호관계가 멸종위기 어류의 서식에 미치는 영향을 분석하고자 멸종위기 야생생물 1급에 해당하는 담수어류인 여울마자와 여울마자의 서식처 내 서식하는 어류 군집을 대상으로 안정동위원소 분석을 수행하여 각 어류 기능군의 생태 지위를 정량화하여 비교하였다. 여울마자의 출현지점으로 알려진 남강 내 3지점을 선정하여 어류 집중 조사를 실시, 여울마자를 포함한 어류 군집을 채집하였으며, 채집된 어류 군집을 섭식 특성(충식성, 잡식성, 초식성) 및 섭식 활동 영역(저층, 표·중층)을 고려한 6개의 그룹으로 분류하였다. 안정동위원소 분석을 통해 각 그룹의 생태지위면적 및 생태지위면적 중첩 정도를 분석, 여울마자를 포함한 기능군 그룹 간의 경쟁 정도를 정량화하여 해당 경쟁 정도와 여울마자의 생태적 지위와의 관계를 분석하고자 하였다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr / chang38@khu.ac.kr

O-05

Effect of food quantity and quality on morphology and life history characteristic of *Daphnia galeata*

Takamasa Yoneyama^{PC1}, Takamaru Nagata², Takahiro Okamoto², Masaki Sakamoto¹

¹Department of Environmental and Civil Engineering, Graduate school of Engineering, Toyama Prefectural University

²Lake Biwa Environmental Research Institute

All animals face the possibility of limitations in food resources that could lead to starvation induced mortality. As an adaptive response to food shortage, the herbivorous zooplankton *Daphnia* enlarge their feeding organs (filter screens on the third and fourth limbs). The enlarged filter screens enable daphnids to feed more efficiently. Considering the resource level for herbivores, not only the quantity but also the quality is an equally important factor. However, the relationship between altered food quality (elemental contents in algae) and filter screen is still unknown. In this study, laboratory experiments and field sample analysis were conducted to clarify the effects of lower food quality on the filter screen area of *D. galeata*, the dominant cladoceran in Lake Biwa. The results of the laboratory experiments indicated that *D. galeata* enlarges their filter screens as the algal abundance decreases, but that a decrease in food quality does not induce this. Analysis of field samples also suggested that the filter screen area changes in response to food quantity (*Chl.a* concentration), but this occurs only when the food quality is high (low TN:TP). The present study shows that changes in algal quality associated with changes in water quality can affect the dynamics of *D. galeata*.

▶ 교신저자 E-mail: u457013@st.pu]-toyama.ac.jp

O-06

호소생태계 동물플랑크톤 eDNA 조사 방법의 비교와 동물플랑크톤 지수 개발에 eDNA 적용 연구

최예림¹, 오혜지¹, 이대희¹, 홍근혁¹, 김근식², 김건희³, 윤주덕², 장민호⁴, 장광현¹

¹경희대학교 환경응용과학과

²국립생태원 멸종위기종복원센터

³건국대학교 휴먼앤에코케어센터

⁴공주대학교 생물교육과

환경에 유리된 생물의 유전자를 증폭하여 서식 생물 군집을 확인하는 eDNA 분석기법은 기존의 전통적인 조사 방법에 비해 비용과 노력이 절감되며, 조사자의 숙련도에 상대적으로 영향을 적게 받는다는 장점으로 최근 비약적인 기술발전과 더불어 생태분야에서 활발하게 활용되고 있다. 그러나 library data의 부족, 모니터링 대상 지역에 서식하는 생물 및 분류군에 적합한 프라이머의 부재 등의 문제점으로 인해 현재 수준의 eDNA 분석 기법의 경우 중 수준의 생물상 조사에의 적용에 있어 한계점이 존재한다. 생활사가 짧고 물리·화학적 및 생물학적 요인에 복합적으로 반응하여 군집이 변화하는 동물플랑크톤은 호소생태계 먹이망 건강성을 평가하는데에 효과적인 생물지표로써 활용될 수 있다. 이러한 생물지표의 경우, 지표종들의 조합으로 그룹을 생성하여 지수를 구성하기 때문에 일반적인 중수준의 생물모니터링에 비해 해상도가 낮은 속수준 혹은 과수준의 동정을 통해서도 지수의 계산이 가능하다. 따라서 개체크기가 작아 전통적인 방법을 통한 동정 시 많은 노력과 시간을 필요로 하는 동물플랑크톤의 경우 지수적용의 목적을 가지고 eDNA 분석 기법을 적용할 시 모니터링 및 평가의 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 국내 호소생태계 환경에 적합한 동물플랑크톤 eDNA 조사 및 평가 방법의 검토를 위해 금강, 낙동강, 한강 3개 대권역 내 6개 호소를 대상으로 총 4가지 방법(수변 표층 채집, 중앙 표층/중층/저층수 혼합 채집, 전층 넷 채집, 전층 개체 알코올 추출)의 동물플랑크톤 eDNA 시료를 채집, 메타바코딩을 통해 분석된 각 채집방법 별 동물플랑크톤 출현 종을 현미경을 통해 분석된 동물플랑크톤 출현 종과 비교하였다. 또한, eDNA를 활용한 동물플랑크톤 평가 지수의 개발 가능성을 검토하기 위해 메타바코딩을 통해 분석된 각 종 별 OTUs read수를 기반으로 α -diversity index(Shannon, Gini-Simpson) 및 β -diversity index를 포함하여 현재 호소생태계 건강성 평가에 활용되는 동물플랑크톤 건강성 평가 지수(Lake Zooplankton Index; LZI)를 계산, 현미경 분석을 통한 동물플랑크톤 개체수 기반의 지수 계산 결과와 비교분석하였다. 분석 결과, 중 수준의 접근 시 모든 조사 방법에서 eDNA 기반의 분석이 현미경 분석에 비해 출현 종 수가 높게 나타난 것으로 분석되었으나, 현미경 분석과 eDNA 기반의 분석결과의 일치율이 매우 낮은 것으로 나타났다. 또한, 조사 방법 및 분석 방법에 따라 주요 분류군이 크게 차이나는 것으로 분석되었으나, 속 수준의 접근 시 현미경 분석과 eDNA 기반의 분석결과의 일치율이 크게 증가하고 조사 방법 및 분석 방법에 따른 분류군 차이가 감소한 것으로 분석되었다. 또한, 출현 종 수 및 개체수의 단순 비교에 비해 군집 지수를 이용한 비교 시에 조사 방법 및 분석 방법 간 차이가 감소하는 것으로 나타났다. 결과적으로 eDNA 분석은 중 수준의 생물모니터링에 있어 한계를 가지고 있으나, 지수 적용에 있어 활용가능성이 존재하는 것으로 나타났다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

0-07

낙동강 본류의 담수이매패류 탐색을 위한 환경유전자 활용

김규진¹, 김건희², 민정기³, 최지웅³, 장민호¹

¹공주대학교 생물교육학과

²건국대학교 휴먼앤에코케어센터

³(주)다운에코

담수 이매패류는 수체의 하상에 서식하며 이동특성이 낮아 정량채집을 통한 개체의 확인은 매우 어렵다. 하지만, 환경유전자(eDNA)는 생물들이 방출하는 유전자로써 이를 기반으로 개체를 직접 확인하지 않고 생물들을 탐색할 수 있다. 본 연구는 패류전용 mini-barcod primer의 metabarcoding 적합성을 검증하고, eDNA를 이용해 낙동강 본류에 서식하는 이매패류를 탐색하고자 하였다. 지점은 낙동강 본류에서 최근 5년 사이에 귀이빨대칭이 개체가 확인된 1개 지점을 포함하여 총 4개 지점을 선정하였다. 채수는 각 지점의 양안과 중앙에서 이루어졌으며, 중앙부는 Van dorn 채수기를 이용해 표층, 중층, 저층을 구분하여 채수하였다. mini-barcod primer의 적합성 확인을 위해 군산에 위치한 농수로(양성대조군)와 청주에 위치한 농수로(음성대조군)에서 eDNA를 채집하였다. eDNA는 GF/F로 농축하였으며 Blood and Tissue Kit를 사용하여 추출하였다. 추출된 eDNA는 Illumina miseq platform에서 Metabarcoding을 수행하였다. 분석결과 대조군 지점 모두에서 패류 유전자가 증폭되었으며, 양성대조군에서만 귀이빨대칭이 유전자가 확인되었다. 낙동강 본류 4개 지점 중 2개지점에서만 귀이빨대칭이를 포함한 5종의 이매패류 유전자가 확인되었으며, 대부분 펄조개가 가장 많은 비율을 차지하였다. 귀이빨대칭이가 서식하는 것으로 추정되는 지점에서는 귀이빨대칭이의 유전자가 펄조개보다 더 많은 비율을 차지하였다. 따라서 eDNA는 담수이매패류의 탐색을 위한 효과적인 도구로서 적합하며, 이를 통해 멸종위기종 귀이빨대칭이의 서식예상 지점을 빠르게 Screening 할 수 있을 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

2024년
한국수생태학회
하계 학술발표대회

포스터발표

<주제별 분류표 및 발표 안내>

포스터	분류코드	주 제	발표번호	발표시간
I	A	수계 환경 및 수생태 모니터링	01-27	2024년 8월 22일(목) 16:50 - 17:20
II	B	eDNA 생태모니터링	28	2024년 8월 23일(금) 11:30 - 12:00
	C	생태모델링	29 - 33	
	D	생태독성 및 분자생물학적 평가	-	
	E	개체군/분자생태	34 - 39	
	F	군집생태	40 - 41	
	G	생태계생태 및 응용생태 (경과/복원)	42 - 48	
	H	동위원소 생태환경 진단	49	
	I	기타	50 - 53	



포스터발표

AP 수계 환경 및 수생태 모니터링

- AP-01 **Habitat loss for salamander caused by new town development in Yangsan: rescue activities and evaluation of alternative habitats**
Yoseok Choi^{P1}, Suk-Hwan Hong², Seung-Been Heo³, Donghyun Hong³, Yerim Lee³, Seoyoon Bae¹, Hyeseon Sagong⁴, Hap-Su Kim⁵, Hyunhee Son⁶, Gea-Jae Joo^{C1}
¹Biological Sciences, Pusan National University
²Landscape Architecture Department, Pusan National University
³Integrated Biological Science, Pusan National University
⁴Korean Federation for Environmental Movement
⁵Gyeongnam Amphibian Network
⁶Institute for Environment and Energy, Pusan National University
- AP-02 **Study on long-term changes in the community of *Bolboschoenus planiculmis*, a food plant for swans, in the mud flats of Eulsuk Island, Nakdong River Estuary**
Kim, Gu-Yeon^{C1,2*}, Hee Sun Park^{P3,4}, Ji Yoon Kim⁵, Wonho Lee⁴, Gea-Jae Joo³
¹MSC Ministry of Education, Kyungnam University, ²Biodiversity Center, Kyungnam University, ³Department of Integrated Biological Sciences, Pusan National University, ⁴Nakdong Estuary Eco Center, ⁵Department of Biological Science, Kunsan National University
- AP-03 **길이-질량 관계 (LWRs)를 통한 국내 하천에 서식하는 무척추동물에 대한 정량화 목적의 대표 생물량 선정**
염재훈^{P1}, 김상돈^{C1}
광주과학기술원 지구환경공학과¹
- AP-04 **낙동구미 증권역에 설치된 어도의 현황 및 문제점 분석**
문효정^{P1}, 박제철^{C1}
¹국립금오공과대학교 환경공학과
- AP-05 **서창천의 훼손원인 진단 도출을 위한 수생물군 건강성 평가 및 훼손유형화**
임성호^{P1}, 박상현², 박채홍³, 곽인실⁴, 홍철⁴, 원두희^{C1}
¹(주)생태조사단 부설 두회생태연구소, ²주식회사 에코리서치, ³건국대학교 환경보건과학과, ⁴전남대학교 해양융합과학과
- AP-06 **영암천의 훼손원인 진단 도출을 위한 수생물군 건강성 평가 및 훼손유형화**
박상현^{P1}, 백승호¹, 김정희¹, 임성호², 박채홍³, 장민호⁴, 원두희^{C2}
¹주식회사 에코리서치, ²(주)생태조사단 부설 두회생태연구소, ³건국대학교 환경보건과학과, ⁴공주대학교 생물교육과
- AP-07 **금강 유역 12개 오염 우심 호소의 오염원, 수질, 수생태계 조사를 통한 현황 파악 및 관리 전략 마련**
김정희^{P1}, 박상현¹, 백승호¹, 권미영², 조인호²
¹주식회사 에코리서치
²금강유역환경청 유역계획과
- AP-08 **오창저수지 유역의 수생태계 및 오염원 현황**
김정희^{P1}, 박상현¹, 백승호¹, 권미영², 조인호²
¹주식회사 에코리서치
²금강유역환경청 유역계획과

- AP-09 수변 밀집 조류의 제거에 최적화된 컴팩트형 무인자율이동 조류포집장치(HAMA-bot)의 개발
남귀숙^{1bc}, 이장희², 김남두³, 송주태¹, 심고은¹, 이규상¹, 노경환¹
1한국농어촌공사 농어촌연구원, 2(주)삼호인넷, 3(주)코레드
- AP-10 국내 호소의 온전성 평가를 위한 저서성 대형무척추동물 다중계량지수(LBMMI)의 개발
박근용^{a1}, 공동수^{c1}
1경기대학교 생명과학과
- AP-11 우포늪 일대의 환경 및 어류 폐사 현황
윤영진^{a1,2}, 배대열^{c1}
1(주)한국생태네트워크, 2충남대학교 생명과학과
- AP-12 국내 수계 주요 호소의 식물플랑크톤 군집의 계절별 변동
박종성^{a1}, 이경락^{c1}, 황순진², 장민호³, 유경아¹
1국립환경과학원 물환경공학연구과, 2건국대학교 환경보건과학과, 3공주대학교 생물교육과
- AP-13 기후환경요소와 수생태계 변동성 분석
이상훈^{a1}, 이경락^{c1}, 권현한², 조혜미², 유경아^{c1}
1국립환경과학원 물환경공학연구과, 2세종대학교 건설환경공학과
- AP-14 Homing behavior and home range of Endangered Wildlife Class II *Mauremys reevesii*
Chang-Deuk Park^{a1}, Kwanik Kwon¹, Jeongwoo Yoo¹, Nakyung Yoo¹, Ju-Duk Yoon^{c1}
1Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Yeongyang, the Republic of Korea
- AP-15 낙동강 주요 지천의 저서성 대형무척추동물 군집안정성 및 유사도 특성 연구
변진수^{a1}, 김수진¹, 이황구¹, 임성호², 원두희², 권철순³, 박정호^{c1}
(주)케이에코¹, (주)생태조사단², 낙동강유역환경청³
- AP-16 도암호 유역 및 강릉남대천의 어류상 및 수생태계 건강성
송행섭^{a1}, 김기용², 이은주², 김형석¹, 조영호¹, 신우진¹, 박정호^{c1}
(주)케이에코¹, 한국수력원자력 한강수력본부²
- AP-17 민물김 서식지역의 생물서식환경에 관한 생태학적 연구
신우진^{a1}, 변진수¹, 김동삼², 정원기², 박정호^{c1}
1(주)케이에코, 삼척시 민물김 연구센터²
- AP-18 자연기반해법 중심의 하천생태계 건강성 복원 및 관리방안 체계 구축
박유진^a, 이종원^b, 박세린^c, 이상우^c
건국대학교 산림조경학과
- AP-19 하천의 환경적 특성이 저서성 대형무척추동물 군집에 미치는 영향 분석
이종원^a, 이상우^c
건국대학교 산림조경학과
- AP-20 식물플랑크톤을 이용한 호소 수생태계 온전성 평가(P-IBI) 방안
심연보^{a1}, 김난영², 황순진^{c1}
건국대학교 환경보건과학과¹, 건국대학교 휴먼앤에코케어센터²
- AP-21 국내에 서식하는 저서성 어류에 대한 유영능력 평가
MISHEEL BOLD^a, 김규진, 윤진영, 김소라, 이호진, 장민호^c
공주대학교 생물교육학과

- AP-22 다양한 수환경에서 환경유전자(eDNA) 기반의 어류상과 현장 어류조사 결과의 비교
권준희^{p1}, 김규진², 김건희³, 장민호^{c1,2}
¹공주대학교 생물교육과, ²공주대학교 생물교육학과, ³건국대학교 휴먼엔에코케어센터
- AP-23 하천과 하구에서 경계 지역의 생태 특성
문정숙^{pc1}, 권순현¹, 박종성¹, 김종학¹, 박성애¹, 박주현¹, 김용석¹
¹국립환경과학원 물환경공학연구과
- AP-24 영산강수계 내 3개 훼손하천의 부착돌말류 군집 특성 비교 분석
조현진^{p1}, 박재홍¹, 이하영¹, 나정은², 이학영², 한병훈³, 원두희^{c4}
¹생태와조우, ²전남대학교 생물학과, ³한양대학교 생명과학과, ⁴(주)생태조사단 부설 두희생태연구소
- AP-25 영산천의 훼손원인 진단 도출을 위한 수생물군 건강성 평가 및 훼손유형화
박재홍^{p1}, 황순진², 조현진¹, 임성호³, 박상현⁴, 이학영⁵, 김백호⁶, 원두희^{c3}
¹생태와조우, ²건국대학교 환경보건과학과, ³(주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ⁴주식회사 에코리서치, ⁵전남대학교 생물학과, ⁶한양대학교 생명과학과
- AP-26 충북의 생물다양성 현황 및 활용 방안
김미경^{pc1}
¹충북연구원 문화산업연구부
- AP-27 금강 보 구간의 환경요인과 부착돌말 군집의 장기 변동
홍현철^{p1}, 김용재^{c1}
대전대학교 바이오헬스케어학부 의생명과학전공¹

BP eDNA 생태모니터링

- BP-28 eDNA meta-barcoding과 현미경을 통한 부착돌말류 군집 비교
유경은^{p1}, 김난영², 김건희², 심연보¹, 황순진^{c1}
건국대학교 환경보건과학과¹, 건국대학교 휴먼엔에코케어 센터²

CP 생태모델링

- CP-29 어류의 미소서식지 선호에 대해 기계학습 기법의 활용 가능성
허민^{p1}, 김석현^{c1}
¹강원대학교 생명과학과
- CP-30 하천의 다양한 공간 단위에서 환경 차이에 따른 어류 서식지적합도지수(HSI) 개발 연구
박승환^{p1}, 허준욱², 김석현^{c1}
¹강원대학교 생명과학과, ²군산대학교 해양생명과학과
- CP-31 자료기반 서식지 적합도 지수 모델을 활용한 낙동강 수계 어류 및 저서성대형무척추동물 서식지 적합도 지수 산정
박재관^p, 박태승, 이도건, 차윤경^c
서울시립대학교 환경공학과
- CP-32 하천생물측정망 저서동물지수(BMI) 예측을 위한 상대출현도 예측 모델 연구
조효영^{p1}, 김난영¹, 이한필², 황순진^{c1}
¹건국대학교 환경보건과학과, ²주식회사 이티워터
- CP-33 Random Forest를 활용한 하천생물측정망 부착돌말지수(TDI) 예측 모델 연구
김동영^{p1}, 김난영¹, 이한필², 황순진^{c1}
¹건국대학교 환경보건과학과, ²주식회사 이티워터

EP 개체군/분자생태

- EP-34 침입성 외래연체동물 서양다슬기(*Melanooides tuberculata*)에 대한 국내 서식 최초 기록
박영준^{p1}, 전용락¹, 전영철², 황인철³, 권순직³
¹국립생태원, ²(주)생태자원연구소, ³(주)애일
- EP-35 Complete mitochondrial genome of *Dryophytes flaviventris* and comparison with *D. suweonensis*
Nakyung Yoo^{p1}, Mi-Sook Min², Keun-Yong Kim³, Ju-Duk Yoon¹, Keun-Sik Kim^{c1}
1Restoration Research Team (Fishes/Amphibians & Reptile), Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Yeongyang 36531, Republic of Korea
2Conservation Genome Resource Bank for Korean Wildlife (CGRB), College of Veterinary Medicine, and BK21 Program for Veterinary Science, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
3Department of Genetic Analysis, AquaGenTech Co., Ltd, Busan 48300, Republic of Korea
- EP-36 Impact of new town development using comparison of diet sources for *Hynobius yangi* larvae
Jeong-Soo Gim^{p1}, Yoseok Choi², Kanghui Kim¹, Suk-Hwan Hong³, Gea-Jae Joo² and Hyunbin Jo^{c1}
¹Department of Pet Health Care, Busan Health University, Busan, Republic of Korea
²Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea
³Department of Landscape Architecture Department, Pusan National University
- EP-37 Effects of non-native species removal efforts on fish community structure in a wetland ecosystem
Jeong-Soo Gim¹, Kanghui Kim¹, Donghyun Hong², Dong-Kyun Kim³, Erik Jeppesen⁴, Kwang-Seuk Jeong⁵, Gea-Jae Joo² and Hyunbin Jo^{pc1}
¹Department of Pet Health Care, Busan Health University, Busan, Republic of Korea
²Department of Integrated Biological Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea
³K-water Research Institute, Daejeon 34085, Republic of Korea
⁴Department of Ecoscience, Aarhus University, Aarhus 8000, Denmark
⁵Department of Nursing Science, Busan Health University, Busan, Republic of Korea
- EP-38 임실군 일대의 어류 서식현황
박철우^{p1}, 김철배², 이흥현¹, 김중욱¹, 신유신¹, 김은비¹, 김재구^{c1}
¹주식회사 알파생태연구원, ²임실군청 문화체육과
- EP-39 쯤고기(*Sarcocheilichthys nigripinnis morii*)와 참쯤고기(*S. variegatus wakiyae*)의 자연 중간잡종에 관한 연구
장지왕^{p1,2}, 김재구³, 고재근¹, 윤봉한⁴, 성무성⁵, 배양섭^{c2,6,7}
¹자연환경복원연구원, ²인천대학교 생물학과, ³알파생태연구원, ⁴한국생태네트워크, ⁵물들이연구소, ⁶인천대학교 생물자원 환경연구소, ⁷매개곤충자원융복합연구센터

FP 군집생태

- FP-40 큰입배스(*Micropterus salmoides*)가 호소생태계 어류 메타군집 구조에 미치는 영향
김수남^{p1}, 박승환¹, 김석현^{c1}
¹강원대학교 생명과학과
- FP-41 α -, β -다양성을 이용한 임하댐 및 위천 중권역의 어류 군집 특성 분석
이혜진^{p1}, 홍근혁¹, 오혜지¹, 최예림¹, 김명철², 김지원², 장광현^{c1}
¹경희대학교 환경학및환경공학과
²SOKN생태보전연구소

GP 생태계생태 및 응용생태(경과/복원)

- GP-42 수질오염사고 지역 하천 수생태계 현황과 훼손원인 진단을 통한 복원방향 제안
김하경^p, 전지영, 김현지, 이상훈, 유경아^c
국립환경과학원 물환경공학연구과

- GP-43 **상패천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안**
 김현지^{p1}, 유경아^{c1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²
¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과
- GP-44 **이계천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안**
 김현지^{p1}, 유경아^{c1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²
¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과
- GP-45 **송방천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안**
 김현지^{p1}, 유경아^{c1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²
¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과
- GP-46 **천안천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안**
 김현지^{p1}, 유경아^{c1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²
¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과
- GP-47 **만봉천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안**
 김현지^{p1}, 유경아^{c1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²
¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과
- GP-48 **학산천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안**
 김현지^{p1}, 유경아^{c1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²
¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

HP 동위원소 생태환경 진단

- HP-49 **여울마자 출현/미출현 지점의 물리·화학적 환경 특성 비교 및 어류종 간 생물학적 상호작용의 정량적인 평가**
 우혜린^{p1}, 이대회¹, 최예림¹, 오혜지¹, 백인혁², 김근식², 강동원², 윤주덕^{c2}, 장광현^{c1}
¹경희대학교 환경학 및 환경공학과
²국립생태원 멸종위기종복원센터

IP 기타

- IP-50 **탁수발생 예측을 위한 양상블 유역 모델의 개발 및 적용**
 이태환^p, 구분경, 정의상, 조홍래^c
 (주)하이드로코어 유역환경연구소
- IP-51 **First record of the Cheekscaled frill-goby, *Bathygobius cotticeps*(Gobiiformes: Gobiidae) from Jeju Island, Korea**
 김민수^{p2}, 이흥현³, 고영민⁴, 신유신¹, 김재구^{c1}
¹주식회사 알파생태연구원, ²SOKN생태보전연구소(주), ³E&E 환경생태연구소,
⁴제주양서류 생태연구소
- IP-52 ***Gymnogobius scrobiculatus* (Takagi, 1957) (Oxudercidae: Gobionellinae), a new record from Korea, identified using mitochondrial DNA barcoding**
 김재구^{p,c}
 주식회사 알파생태연구원
- IP-53 **버들붕어(*Macropodus ocellatus*)의 난 발생 및 자치어 형태 발달 연구**
 김희선^{p1}, 김규진², MISHEEL BOLD², 김준완², 최범명², 윤진영², 권준희¹, 장민호^{c1,2}
¹공주대학교 생물교육과, ²공주대학교 생물교육학과

AP-01

Habitat loss for salamander caused by new town development in Yangsan: rescue activities and evaluation of alternative habitats

Yoseok Choi^{p1}, Suk-Hwan Hong², Seung-Been Heo³, Donghyun Hong³, Yerim Lee³,
Seoyoon Bae¹, Hyeseon Sagong⁴, Hap-Su Kim⁵, Hyunhee Son⁶, Gea-Jae Joo^{c1}

¹Biological Sciences, Pusan National University

²Landscape Architecture Department, Pusan National University

³Integrated Biological Science, Pusan National University

⁴Korean Federation for Environmental Movement

⁵Gyeongnam Amphibian Network

⁶Institute for Environment and Energy, Pusan National University

Environmental impact assessment (EIA) is a crucial activity for evaluating potential threats to wildlife resulting from construction activities. Accurate EIA is more important as new town developments often border on mountainous areas with high biodiversity. In 2018, due to an incorrect EIA, a new town construction (2.76km²) occurred near Geumjeong mountain (801m) in Yangsan City, and numerous salamanders (classified as endangered) were found dead or trapped in man-made concrete channels and streams connected to this mountain. In 2021, we identified salamander species through DNA barcoding analysis and conducted rescue activities with civic organizations (68 volunteers). DNA barcoding identified *Hynobius yangi* (endangered) and *Onychodactylus sillanus* (new, 2022). These activities conducted in artificial streams for the new town identified 6,810 *H. yangi* which were then transported to upstream habitats (650 eggs, 6,057 hatchlings and 103 adults) in 2021, while 1,337 (462 eggs, 321 hatchlings, 554 adults) and 2,166 (318 eggs, 1,140 hatchlings, 708 adults) individuals were rescued in 2022, 2023 respectively. For *O. sillanus*, 128 hatchlings were rescued in 2021 and 101 (100 hatchlings and 1 adult), and 88 hatchlings individuals were transported in 2022, 2023 respectively. The creation of alternative habitats has been undertaken since 2021 and habitat use of salamanders has been continuously monitored until the present. A total of 30 alternative habitats were created, with habitat utilization confirmed for *H. yangi* in 17 of these habitats indicating a low alternative habitat utilization rate.

▶ 교신저자 E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

AP-02

Study on long-term changes in the community of *Bolboschoenus planiculmis*, a food plant for swans, in the mud flats of Eulsuk Island, Nakdong River Estuary

Kim, Gu-Yeon^{c1,2*}, Hee Sun Park^{p3,4}, Ji Yoon Kim⁵, Wonho Lee⁴, Gea-Jae Joo³

¹MSC Ministry of Education, Kyungnam University

²Biodiversity Center, Kyungnam University

³Department of Integrated Biological Sciences, Pusan National University

⁴Nakdong Estuary Eco Center

⁵Department of Biological Science, Kunsan National University

This study analyzed the relationship between distribution of *Bolboschoenus planiculmis* which is main food source of swans(national monument species) with environmental factors, discharge, rainfall, and salinity in Eulsuk-do from 2020 to 2023. The distribution area of *B. planiculmis* in Eulsuk tidal flat was 103,672 m² in 2020, 95,240 m² in 2021, 88,163 m² in 2022, and 110,879 m² in 2023, and represents a sharp decrease compared to the 400,925 m² area recorded in 2004. From 2020 to 2023, the growth densities of *B. planiculmis* were 243.6±12.5 m⁻², 135.45±7.38 m⁻², 51.10±2.54 m⁻², and 238.20±16.36 m⁻², respectively, and the biomass was 199.89±28.01 gDW m⁻², 18.57±5.12 gDWm⁻², 6.55±1.12 gDWm⁻², and 153.53±25.43 gDWm⁻² in 2020, 2023, 2021, and 2022, respectively. Based on discharge during May-July, which affects plant growth, the left gate discharge of the estuary barrage from 2020 to 2023 was 62,322 m³sec⁻¹, 33,329 m³sec⁻¹, 6,810 m³sec⁻¹, and 93,641 m³sec⁻¹, respectively; rainfall was 1,136 mm, 799 mm, 297 mm, and 993 mm, respectively; and average salinity was 14.7±9.4psu, 21.1±4.7psu, 26.1±2.7psu, and 14.5±11.1psu, respectively. In 2022, cumulative rainfall (978 mm, about 70% of the 30-year average) and discharge (43,226 m³sec⁻¹) decreased sharply, resulting in the highest mean salinity (25.46 psu), and the distribution area, density, and biomass of the *B. planiculmis* decreased sharply. In 2023, there was a rise in discharge with an increase in rainfall, leading to a decrease in salinity. Consequently, this environmental change facilitated the recovery of *B. planiculmis* growth.

This paper was researched with the support of a 2023 research grant from the Busan Green Environment Center(23-2-70-76).

▶ Corresponding Author E-mail: kimguyeon@kyungnam.ac.kr

AP-03

길이-질량 관계 (LWRs)를 통한 국내 하천에 서식하는 무척추동물에 대한 정량화 목적의 대표 생물량 산정

염재훈^{p1}, 김상돈^{c1}¹광주과학기술원 지구환경공학과

국내 하천 생태계에 대한 연구는 장기적으로 다양한 프로젝트를 통해 이루어졌으나, 개체 수에 대한 정량자료 이외에 생물량으로 이용할 수 있는 자료는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 한국 하천의 수생 무척추동물에 대표 건중량을 추정하는 연구이다. 건중량의 추정은 길이-중량 관계(LWR)를 기반으로 이루어졌으며 모델에 이용되는 실측값들은 논문, 국내 학술지 및 정부 보고서 등에서 데이터를 수집하여 구축되었다. LWR 계수의 평균을 내기 위해 전 세계 문헌을 활용하였으며 속, 과, 목 수준에서 대표적인 LWR 계수(a와 b)를 계산하였다. 본 연구에선 대조군을 포함해 5개의 그룹에 대해 대표 계수를 산정하였으며, 이중 대조군의 목 수준의 대표 계수를 이용하는 것이 최적의 방법론으로 결정되었다. 이 방법이 관측된 건중량과 예측된 건중량 사이의 일치도가 가장 높았다($R^2 = 0.678$, $n=96$). 최종적으로 본 연구는 위 계수를 사용하여 총 660개의 기록된 분류군의 대표 건중량을 계산하였다. 본 연구는 한국에서 이루어진 연구 중 가장 많은 수생 무척추동물 종에 대한 과학적인 생물량 추정치를 제공하여 향후 생태 모델링, 생태계 서비스 평가 및 지표 개발에 기여할 것으로 예상된다. 또한, 연구 결과, 더 많은 데이터셋을 포함한 고차 분류군의 사용이 대표 계수의 정확성을 높인다는 점을 시사했으며, 이는 생태학적 연구에서 포괄적인 데이터의 중요성을 강조한다.

This work was supported by Korea Environmental Industry and Technology Institute (KEITI) through Aquatic Ecosystem Health Technology Development Project funded by Korea Ministry of Environment (MOE) (No. RS-2022-KE02211).

▶ 교신저자 E-mail: sdkim@gist.ac.kr

AP-04

낙동구미 중권역에 설치된 어도의 현황 및 문제점 분석

문호정^{p1}, 박제철^{c1}¹국립금오공과대학교 환경공학과

본 연구는 낙동구미 중권역 지방하천에 설치된 어도를 대상으로 2023년 5월에 현장조사를 실시하여 어도를 평가하였다. 하천에 설치된 어도조사는 해양수산부의 어도현지조사표를 이용하여 현장에서 작성·조사하였다. 조사대상 14개 하천에 설치된 취수보는 141개, 어도는 32개로 어도 설치율은 22%로 전국 평균(15%)보다는 높았으며, 특히 14개 하천중 7개 하천에는 어도가 전혀 설치되지 않았고, 어도가 설치된 7개 하천에는 94개 취수보에 어도가 32개로 실제 어도 설치율은 34%로 비교적 높게 나타났다. 어도는 설계기준에 따라 형식을 풀형과 수로형으로 크게 분류할 수 있는데 연구대상지에 설치된 어도는 풀형이 19개, 수로형이 13개로 과거에는 비교적 설치가 쉬운 수로형의 도벽식 어도가 많이 설치되었으나 최근에는 풀형의 아이스하버 계단식이 많이 설치되는 경향을 나타내고 있었다. 어도설계기준에 의한 어도구조평가(해양수산부)를 실시한 결과, 어도가 설치된 조사대상 하천에서 공통적으로 출구>입구>내부구조>어도형식>경사도 순으로 점수가 낮게 나타났다. 어도출구는 입구를 통해 이동한 물고기가 각각 등 횡구조물에 의해 막혀 상류로의 이동을 제한하는 경우가 가장 큰 문제로 나타났고, 어도입구는 물고기가 진입하여 상류로 이동하는 유인시설로 유심이 하천바닥에 연결되지 않고 낙차가 발생하여 물고기가 어도로 진입하지 못하는 것이 가장 큰 문제로 나타났다. 그 밖에 어도형식과 경사도는 비교적 설계기준을 만족하는 것으로 나타났으나 시공 이후 사후관리에 대한 예산지원 및 유지관리 주체가 명확하지 않아 어도내부에 퇴적물이 쌓이거나 파손되어도 보수가 거의 안 되어 내부구조 항목의 점수가 비교적 낮게 나타났다. 이와 같이 어도에 대한 문제점 분석도 필요하지만 어도의 효율적 관리를 위해서는 지속적인 모니터링과 함께 어도설치가 법령으로 의무적으로 설치되어야 하는 당위성에 대해서 교육하고 많이 홍보되어야 할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: pjc1963@kumoh.ac.kr

AP-05

서창천의 훼손원인 진단 도출을 위한 수생물군 건강성 평가 및 훼손유형화

임성호¹, 박상현², 박채홍³, 곽인실⁴, 홍철⁴, 원두희¹

¹(주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ²주식회사 에코리서치, ³건국대학교 환경보건과학과

⁴전남대학교 해양융합과학과

수생태계의 훼손은 하천 생태계가 온전하지 않은 상태를 의미하며, 생물학적 훼손, 비생물학적 훼손으로 구분된다. 이러한 훼손은 밀접하게 연결되어 있어, 수생태계 생물 다양성의 감소로 이어진다. 하천의 현 상태를 과학적으로 판단하고 훼손을 저감하기에는 훼손진단 과정은 필수적이며, 진단과정을 통해 훼손원인을 규명하고 종합적으로 평가하는 과학적인 훼손 원인 분석 및 진단이 필요하다. 본 연구는 영산강·섬진강 수계의 서창천을 대상으로 수생물군(부착돌말류, 저서성대형무척추동물, 어류)의 건강성 평가 결과와 각 분야별 훼손유형화를 진행하였다. 조사 방법과 건강성 평가 방법은 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침_하천편(국립환경과학원 2019)을 따랐으며, 훼손 진단 절차와 훼손 유형화는 하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단 안내서(환경부, 2019)와 수생태계 건강성 훼손원인 진단을 위한 표준절차서(SOP)(국립환경과학원, 2023)를 준용하였다. 수생물군의 건강성 결과를 통해 서창천의 SC02 ~ 서창천 구간이 중점훼손 구간으로 설정되었으며, 이 구간에 대해 수생물군의 훼손유형화를 판단하였다. 부착돌말류는 높은 운동성돌말류 상대밀도, 높은 부영양성상대밀도, 낮은 민감성돌말류 상대밀도로 총 3개 항목, 저서성대형무척추동물은 낮은 전체 출현종수, 우점·아우점종의 높은 개체밀도 비율, 낮은 EPT종 개체밀도 비율, 낮은 다양도지수, 주위먹는 무리의 높은 개체밀도 비율, 내성종의 높은 개체밀도 비율로 총 6개 항목, 어류는 민감종 부재, 내성종의 높은 개체수 비율, 증식성종의 낮은 개체수 비율, 여울성 저서종 부재, 치어부재로 총 5개 항목이 훼손유형화로 선정되었다. 주 훼손원인은 표준절차서 기준에 따라 선정하였으며, 기질매몰도, 세립질하상, 전기전도도, T-N, T-P, BOD, 유속 항목이 주 훼손원인으로 도출되었다. 이렇게 수생물군의 진단 조사를 종합하여, 훼손 심화구간을 선정, 최종 훼손 원인으로 도출한 항목에 대한 진단결과를 작성하며, 최종적으로 작성된 결과는 훼손 원인을 제어할 수 있는 하천의 복원 및 관리 방안을 제시할 수 있도록 하는 기초자료로 사용할 수 있다. 본 연구는 영산강·섬진강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: drdoogy@kes.re.kr

AP-06

영암천의 훼손원인 진단 도출을 위한 수생물군 건강성 평가 및 훼손유형화

박상현¹, 백승호¹, 김정희¹, 임성호², 박채홍³, 장민호⁴, 원두희²

¹주식회사 에코리서치, ²(주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ³건국대학교 환경보건과학과,
⁴공주대학교 생물교육과

수생태계의 훼손은 하천 생태계가 온전하지 않은 상태를 의미하며, 생물학적 훼손과 비생물학적 훼손으로 구분된다. 생물학적 훼손과 비생물학적 훼손은 밀접한 관계이며, 훼손된 지역은 생물 다양성이 감소한다. 하천의 훼손정도와 원인을 파악하기 위해, 훼손진단 과정은 필수적이며, 이를 통한 원인 규명 및 종합 평가는 하천 복원 및 관리에 필요하다. 본 연구는 영산강·섬진강 수계의 영암천을 대상으로 수생물군(부착돌말류, 저서성대형무척추동물, 어류)의 건강성 평가 및 분야별 훼손유형화를 하였다. 조사 방법과 건강성 평가 방법은 “수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침_하천편”, 훼손 진단 절차와 훼손 유형화는 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단 안내서”와 “수생태계 건강성 훼손원인 진단을 위한 표준절차서(SOP)”를 준용하였다. 건강성 평가 결과 영암천의 YY06, YY14, 영암천1지점이 중점훼손구간으로 나타났으며, 이 구간에 대해 수생물군의 훼손유형화를 하였다. 부착돌말류는 높은 운동성돌말류 상대밀도, 높은 부영양성 상대밀도 등 2개 항목, 저서성대형무척추동물은 낮은 전체 출현종수, 낮은 EPT종 개체밀도 비율, 주위먹는 무리의 높은 개체밀도 비율, 내성종의 높은 개체밀도 비율 등 4개 항목, 어류는 민감종 부재, 내성종의 높은 개체수 비율, 충식성종의 낮은 개체수 비율, 여울성 저서종 부재, 치어부재 등 5개 항목이 세부 훼손유형으로 판단되었다. 주 훼손원인은 기질매물도, 세립질하상, 탁도, 전기전도도, T-N, T-P, 여울, 유속 등 항목으로 확인되었다. 수생물군의 진단 조사 및 잠재적 훼손원인을 종합하여, 훼손하천내 실제 훼손원인을 파악하고, 복원 및 관리방안을 제시하였다. 영암천은 복원 및 관리 우선순위를 3개의 순위로 작성하였으며, 단기적 목표와 중·장기적 목표를 함께 제시하였다. 본 연구는 영산강·섬진강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: drdoogy@kes.re.kr

AP-07

금강 유역 12개 오염 우심 호소의 오염원, 수질, 수생태계 조사를 통한 현황 파악 및 관리 전략 마련

김정희^{pc1}, 박상현¹, 백승호¹, 권미영², 조인호²

¹주식회사 에코리서치, ²금강유역환경청 유역계획과

국내 호소는 상대적으로 부영양화가 쉽게 진행되는 특성을 가지며, 여름철 부영양화로 인해 조류 대발생이 빈번하게 일어나고, 이에 따른 수자원 공급 및 활용에 어려움이 있다. 호소의 수질을 효율적으로 관리하기 위해 다양한 환경 특성에 대한 이해가 필요하며, 따라서 금강 유역에 위치한 12개 오염 우심 호소(방동지, 상판지, 고복지, 비룡지, 백곡지, 맹동지, 오창저수지, 원남지, 추풍령지, 봉소지, 서지지, 앵금지)에 대해서 오염원, 수질, 수생태계 조사를 통해 현황을 파악하고, 해당 호소에 대한 관리 전략을 마련하고자 하였다. 농업용수 공급을 목적으로 활용되는 호소의 특성상 농번기(4~6월) 저수율이 감소하는 경향을 보였으며, 특히 비룡지는 2023년 6월 저수율이 20% 이하로 크게 감소하였다. 수질 항목 중 TOC, COD, T-P 항목은 대부분 호소에서 보통(Ⅲ등급)등급 내외이며, T-N 항목은 대부분 호소에서 보통(Ⅲ등급)등급을 나타냈다. 호소별 비교시 서지지, 앵금지의 수질 항목에 대한 지표값이 나쁘게 확인되었다. 호소별 수생태계 다양성은 최소 248종(오창저수지)에서 최대 393종(서지지)로 확인되었으며, 모든 호소에서 생태계교란종(3종~8종)의 서식이 확인되었다. 오염원 현황 분석 결과 방동지와 고복지, 오창저수지 유역의 생활계 하수처리비율(%)이 높게 나타났으며, 백곡지, 맹동지, 추풍령지, 봉소지, 서지지 유역은 생활계 하수처리비율(%)이 0%로 확인되었다. 또한 축산계 사육두수를 기준으로 고복지, 백곡지, 원남지, 추풍령지 유역의 사육두수가 9만두 이상으로 높은 것으로 확인되었다. 호소의 오염원, 수질, 수생태계 결과를 통해 호소 별 “유지”, “개선”, “보존”에 대한 관리 전략을 구분할 때, 대부분의 호소에 대해서 “개선”을 위한 관리가 필요하다. 수질에 대한 문제, 이슈가 있는 호소에 대해서는 직접적인 수질개선대책을 마련하여야 하며, 이후 유역 단위의 문제를 해결하는 방안으로 적용이 되어야 한다. 인간의 친수 활동 및 개발에 대한 이슈가 있는 호소에 대해서는 “유지”의 관리 전략을 부여하였으며, 향후 “정책 네트워크 구축”을 통해서 호소의 수질, 생태계에 문제가 되지 않는 활용이 이루어질 필요가 있다.

*본 연구는 금강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: ragman-k@hanmail.net

AP-08

오창저수지 유역의 수생태계 및 오염원 현황

김정희^{pc1}, 박상현¹, 백승호¹, 권미영², 조인호²

¹주식회사 에코리서치, ²금강유역환경청 유역계획과

오창저수지는 충청북도 청주시 청원구 오창읍 성산리에 위치한 인공호이며, 2012년 12월에 조성되어 한국농어촌공사가 관리하고 있다. 농업용수로 활용되는 오창저수지는 4월까지 월평균 저수율 95% 이상의 만수위를 유지하였으며, 농번기인 5~6월에 감소하였다가, 7월부터 12월까지 지속적으로 월평균 저수율이 증가하는 양상을 보였다. 2021년부터 2023년의 월평균 저수량은 5,689,400톤으로 나타났으며, 월평균 저수율은 89.1%로 확인되었다. 2023년 7회의 수질 분석 결과 9월 DO가 0.7mg/L로 낮게 유지되고 있음을 확인하였으며, 영양염류 중 T-N이 2015년부터 2023년까지 지속적으로 증가하는 경향을 확인하였다. 식물플랑크톤은 갈수기에 해당하는 봄에서 초여름까지 규조식물문과 녹조식물문의 다양성 및 개체수가 점차 높게 나타나는 국내의 일반적인 호소에서 확인되는 식물플랑크톤 천이 양상과 유사한 특징을 보였다. 3차 조사부터 종 다양성 감소 및 남조식물문의 개체수가 크게 증가하였고 4차 조사에서 다양성 회복 및 일부 남조식물문 개체수의 감소가 진행되는 부영양호소의 천이양상이 확인되었다. 동물플랑크톤은 총 23속 42종이 출현하였으며, 평균 출현 개체수(출현량)는 68.3ind./L로 나타났다. 우점종은 *Pompholyx complanata*, 아우점종은 *Polyarthra vulgaris*로 모두 윤충류 종으로 조사되었다. 관속식물은 41과 119분류군이 조사되었으며, 이중 외래종(식물)은 31종, 생태계교란 생물(식물)은 환삼덩굴, 가시박, 돼지풀, 미국쑥부쟁이 4종이 조사되었다. 환삼덩굴과 가시박은 제방 사면 상단부에 혼생하여 분포하고, 돼지풀과 미국쑥부쟁이는 제방에 단생 산재 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 저서성 대형무척추동물 조사 결과 정성종 포함 총 9종의 저서성 대형무척추동물이 서식하는 것으로 확인되었다. 대부분의 수환경에서 확인되는 깔따구류와 오염된 수환경에서도 서식하는 실지렁이의 비율이 높았다. 어류는 총 6과 19종의 서식이 확인되었으며, 블루길과 피라미가 우점종과 아우점종으로 확인되었다. 외래종은 생태계교란 야생생물로 지정된 베스와 블루길이 출현하였다. 블루길은 출현 어류의 27.1%, 베스는 11.4%로 두 종 모두 높은 상대풍부도를 보였다. 양서·파충류 조사 결과 양서류는 5종, 파충류는 2종이 확인되었으며, 경작지, 초지, 수역 등 다양한 서식환경에 광역 분포하는 참개구리가 우점하는 것으로 조사되었다. BOD를 기준으로 한 오창저수지의 오염부하량을 산정한 결과 산업계 오염부하량이 가장 높게 나타났다. 관리 우선순위는 산업계, 축산계, 토지계 순서로 실시할 필요가 있다. 특히, 축산계는 다수의 지역에서 높은 오염부하량을 보이지만 산업계는 화덕리를 중심으로 높은 오염부하량을 보이고 있었다. 행정구역별 비교시 12개소의 산업체가 위치하여 폐수방류량(2,286m³/일)이 많은 화덕리를 우선적으로 관리할 필요가 있으며, 이외 계산리(축산계), 수남리(축산계) 순서의 관리가 이루어질 필요가 있다.

*본 연구는 금강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: ragman-k@hanmail.net

AP-09

수변 밀집 조류의 제거에 최적화된 콤팩트형 무인자율이동 조류포집장치 (HAMA-bot)의 개발

남귀숙^{1pc}, 이장희², 김남두³, 송주태¹, 심고은¹, 이규상¹, 노경환¹

¹한국농어촌공사 농어촌연구원, ²(주)삼호인넷, ³(주)코레드

최근 기후온난화와 극단화로 인한 폭염과 동결일수 감소, 홍수 및 가뭄 등은 녹조 발생을 가속화시킨다. 호소의 수변은 친수공간으로의 활용도가 높고, 생물서식공간으로서 중요하지만, 바람과 물의 흐름에 따라 유해조류가 집적되기 쉬워 녹조발생시 지역주민에게 심미적 불쾌감을 줌은 물론 수생태계 건강성을 저해하는 취약성을 보인다. 이와 같은 수변지대는 수심이 낮고 마름 등 수초대가 발달되어 집적된 조류스컴을 제거하기가 용이하지 못하기 때문에 녹조관리의 한계를 보이기도 한다. 이를 해결하기 위해 저수심 수변지대의 밀집조류를 제거하는데 최적화된 콤팩트형 무인자율 조류포집장치를 개발하게 되었다. 본 기술은 하천과 호소 등 수변 저수심 정체수역에서 고밀도로 농축된 녹조를 효과적으로 제거하는 장치로 무인화, 자동화, 인공지능에 의한 Smart화 등 기술의 차별성과 우수성을 통해 운영관리의 효율성을 가진다. 특히, 수변지대 저수심(0.4m) 수초대(마름, 연 군락지 등)에 밀집된 녹조는 도로와 거리가 멀어 육상접근성이 나쁘고, 얕은 수심으로 조류제거선도 적용 불가하지만 본 기술은 저수심지대 수초대에 접근이 가능해 수변 밀집 녹조를 효과적으로 제거한다. 본 기술은 ICT, IoT, AI 기술을 탑재한 무인자율 이동체와 수표면에 밀집된 녹조만을 선택적으로 흡입하여 제거하는 조류포집장치로 구성되어 있다. 무인자율이동체가 정해진 경로를 따라 이동하며, 이동체에 장착된 조류포집장치가 수면 밀집 녹조를 제거하는 기술로 일 처리용량은 60㎡이며, 처리면적은 1200㎡, 조류포집효과는 엽록소-a (Chl-a)기준 평균 90%이다. 본 장치의 이름은 유해 조류 관리 자율로봇(Harmful Algae Management Autonomous robot)이며 일명 HAMA-bot으로 불리운다.

▶ 교신저자 E-mail: leo612@ekr.or.kr

AP-10

국내 호소의 온전성 평가를 위한 저서성 대형무척추동물 다중계량지수 (LBMMI)의 개발

박근용^{p1}, 공동수^{c1}

¹경기대학교 생명과학과

본 연구에서는 저서성 대형무척추동물을 이용한 국내 호소의 온전성을 평가하기 위한 다중계량지수를 개발하였다. 2022년부터 2023년까지의 “호소 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가”저서성 대형무척추동물 분야 조사결과 및 그 조사지점에서 가까운 위치의 물환경정보시스템·수질측정망의 자료를 활용하여 분석을 수행하였다. 첫 번째로, 주성분분석(PCA)를 통해 참조지점 및 교란지점을 구분하였다. 두 번째로, 관계성 검토 및 판별분석을 통해 후보 평가요소들 중 참조지점과 교란지점을 변별력있게 구별하며, 유의성이 있다고 판단되는 평가요소를 선정하였다. 마지막으로, 평가요소의 다중공선성 및 중복성을 고려하여 6가지의 핵심 평가요소를 선정하였다. 6가지 평가요소의 영향력을 고려한 점수화 및 확률분포모형을 이용한 적절한 등급화를 통해 지수화를 수행하였다. 본 연구결과, 총 6개의 핵심평가요소[균등도 지수, 총 분류군 수, 곤충류의 분류군 비율, 빈모류 및 깔따구류(tubtle)의 개체밀도 비율, 붙는무리의 분류군 비율, 잡아먹는 무리의 분류군 비율]을 선정하였다. 개발된 다중계량지수는 국내 호소의 온전성을 종합적으로 평가할 수 있다고 판단되며, 향후 호소 환경보전에 관련한 추가연구의 기초를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: dskong@kgu.ac.kr

AP-11

우포늪 일대의 환경 및 어류 폐사 현황

윤영진^{1,2}, 배대열¹

¹(주)한국생태네트워크, ²충남대학교 생명과학과

본 연구는 최근 어류폐사가 발생하였던 우포늪에 대하여 유역 오염원과 우포늪의 수질 변화를 파악하고, 우포늪의 어류 폐사에 대한 원인을 분석하였다. 2012년부터 2022년까지 오염원 분석 결과 유역 내 오염을 가중시키는 일부 산업계, 양식계 등은 증가한 것으로 나타났으나 인구수, 농가 및 가축 두수, 폐수 방류량 등 대부분의 항목에서 감소하였다. 2013년부터 2024년까지 우포늪의 장기적인 수질 변화를 살펴보기 위하여 Mann-Kendall trend test 결과 COD, TOC, SS, PO₄-P, 클로로필-a, 총대장균군수, 분원성대장균군수는 유의하게 증가하는 것으로 나타났으며 ($p < 0.01$), 질산성 질소는 유의한 감소를 보였다($p < 0.01$). 우포늪의 종적으로 수질 자료를 비교한 결과, 중앙값을 기준으로 상류하천인 토평천1에 비하여 우포에서 총인은 4배, 총질소는 0.4배, 클로로필-a는 21배, BOD는 5배, COD는 4배로 나타나 총질소를 제외하면 모두 증가하여 내부 부하의 영향으로 판단되었다. 2022년부터 2024년까지 우포늪에서 크고 작은 어류 폐사는 5건으로 우포, 목포, 쪽지벌에서 발생하였다. 어류 폐사의 직접적인 요인 중 용존산소 부족, 어병, TAN을 대상으로 살펴본 결과 5건 중 3건은 용존산소 부족으로 추정하였으며, 2건은 원인 불명이었다. 따라서 어류 폐사의 원인 분석은 수체 내부의 변화 뿐만 아니라 유역 및 수질 변화 또한 면밀한 분석이 필요한 것으로 사료되었다.

▶ 교신저자 E-mail: bdy@eco-net.co.kr

AP-12

국내 수계 주요 호소의 식물플랑크톤 군집의 계절별 변동

박종성¹, 이경락¹, 황순진², 장민호³, 유경아¹

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 환경보건과학과, ³공주대학교 생물교육과

본 연구는 환경부 관할 조사 대상 90개 호소 중 30개 호소를 대상으로 국립환경과학원이 수행한 『호소 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 (2023)』 연구에 기반하고 있다. 제시된 내용들은 5대강 수계 30개 호소(한강 10개, 낙동강 9개, 금강 5개, 영산·섬진강 6개)에서 2023년 4월부터 2024년 4월까지 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 매호에서 27종으로 가장 적었고, 봉산지(번개늪)에서 168종으로 가장 많았다. 세포밀도는 오테지(낙동강)에서 259.4 cells/mL로 가장 낮았고, 석문호(금강)에서 334,530.3 cells/mL로 가장 높았다. 분류군별 조사결과에서 주요 출현 분류군은 규조류, 녹조류, 남조류 그리고 유글레나류로 확인됐다. 이들 분류군은 전체 출현 종수의 86%를 차지하였고, 규조류와 녹조류의 출현 종수 비율은 각각 34%로 가장 높았다. 분류군별 평균 세포밀도는 남조류가 84%로 가장 높게 확인되었으며, 유역별 결과에서도 한강(76%), 낙동강(44%), 금강(89%), 영산·섬진강(84%) 유역 호소에서 남조류 비율이 가장 높았다.

▶ 교신저자 E-mail: micow1022@korea.kr

AP-13

기후환경요소와 수생태계 변동성 분석

이상훈^{p1}, 이경락¹, 권현한², 조혜미², 유경아^{c1}

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²세종대학교 건설환경공학과

본 연구에서는 2008년부터 2022년까지 조사된 생물데이터를 바탕으로 수생생물과 수문·기상 및 수질 요인의 관계성을 분석함으로써, 수생생물 변화에 영향을 주는 기후환경요소를 파악하였다. 건강성 지수인 TDI(부착돌말류평가지수), BMI(저서성 대형무척추동물평가지수), FAI(어류평가지수)와 상관성이 높은 수문·기상 및 수질 요인을 찾기 위하여, 연도별 중앙값만 추출하여 분석한 결과, TDI는 뚜렷한 상관성을 보이는 인자가 없었으나, BMI는 BOD와 -0.3176의 상관계수(r)를 가졌으며, 1년의 lag(지체 시간)를 주었을 때 수온과 -0.7581의 음의 상관관계를 가졌다. FAI는 BOD와 0.3100의 양의 상관관계를 가지며, lag 1의 수온과 -0.3207의 상관성을 보였다. 어류 출현 분포는 오염도에 대한 내성 정도로 중을 구분하여, 민감종, 내성종, 중간종으로 분석하였을 때, 과거에는 민감종이 고위도(북한강 유역)지역에 출현하였고, 중간종과 내성종은 중위도(금강·낙동강 북부 유역)에 주로 출현하였다. 최근에는 민감종 개체수가 감소하여 전국적으로 하향 평준화되었고, 중간종과 내성종은 고위도에서 출현도가 증가하는 것을 확인하였다. 연구 결과는 수생생물과 기후·환경 요소의 연관성을 분석하여, 기후변화에 취약할 것으로 예측되는 생물종의 장기 시공간 분포변화를 통해 미래의 수생태계 건강성 확보·예측에 중요한 기초자료가 될 것으로 판단된다.

본 연구는 국립환경과학원 자체연구사업인 ‘기후변화 대응을 위한 취약생물종 선정 및 변화추적 연구 (I)(NIER-2023-01-01-145)’를 통해 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

AP-14

Homing behavior and home range of Endangered Wildlife Class II *Mauremys reevesii*

Chang-Deuk Park^{p1}, Kwanik Kwon¹, Jeongwoo Yoo¹, Nakyung Yoo¹, Ju-Duk Yoon^{c1}

¹Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Yeongyang, the Republic of Korea

The Reeves' turtle, *Mauremys reevesii* inhabits in freshwater bodies of Korea, China, Japan, and Taiwan. The population and distribution of *M. reevesii* are continuously decreasing due to habitat destruction for development, competition and predation by invasive species, roadkill and illegal poaching. For these reasons, the Korean government has designated this species as an endangered wildlife class II to protect them. Understanding the behavioral characteristics such as seasonal movement and home range is important to the conservation of *M. reevesii*. So, we monitored seasonal movement of *M. reevesii* using GPS telemetry in two types of habitats, reservoir (n = 6) and river (n = 6) from April through November 2022. And we examined the site fidelity of *M. reevesii* (n = 7) using GPS telemetry in reservoirs from May 2023 until now. Although the size of home range (MCP, Minimum Convex Polygon) of *M. reevesii* in the river was the largest at 204,242m², there was no statistical significant difference (Wilcoxon rank test, p = 0.589) in those between the river (75,301±72,899m²) and the reservoir (41,568±29,729m²). However, there was a difference in MCP by behavioral type. The size of individuals who left the reservoir was larger than that of those who stayed. These results indicate that the difference in the size of home range is not based on habitat type, but on individual behavioral differences. And We found *M. reevesii* showed the homing behavior, leaving the initial point and returning to their original habitat in both reservoir and river. And we noted *M. reevesii* at distances of 200 ~ 700m from center of reservoirs, two of them returned homing only being displaced 200, 300m away until now. It is necessary to develop customized conservation strategies for *M. reevesii* considering the homing behavior and home range clarified by this study.

▶ Corresponding author E-mail: grandblue@nie.re.kr

AP-15

낙동강 주요 지천의 저서성 대형무척추동물 군집안정성 및 유사도 특성 연구

변진수¹, 김수진¹, 이황구¹, 임성호², 원두희², 권철순³, 박정호¹

¹(주)케이에코, ²(주)생태조사단, ³낙동강유역환경청

최근 국내외 변화된 물환경 정책은 기존의 수질, 수량 뿐만 아니라 수생태계에 대한 자연환경 특성의 중요성(건강성, 연결성 등)이 반영된 통합물관리로 나아가는 중요한 패러다임 변화의 결과이다. 반면 수생태계 연결성의 경우 주로 어류를 대상으로 다양한 연구가 진행된 바 있으나, 저서성 대형무척추동물의 경우에는 종횡적 연결성의 논리적 기반이 되는 개념연구조차 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 낙동강의 주요 지천인 내성천과 남강을 대상으로 하상구조 변화에 따른 군집안정성과 유사도 특성변화를 종합적으로 조사하고 분석함으로써 저서성 대형무척추동물의 군집안정성 특성을 규명하고 이를 연결성 연구의 기초자료로 제시하고자 한다. 조사시기는 하절기 강우시기를 제외하고 2023년 추계 및 2024년 춘계조사를 실시하여 분석에 활용하였다. 조사결과, 내성천은 총 70종 그리고 남강은 총 67종이 서식하고 있는 것으로 확인되었다. 하천별 하상구조(Wentworth 체계)를 확인한 결과, 내성천은 gravel 33.3%, pebble 26.7%, silt/sand 21.7%의 순이었으며 남강은 silt/sand 38.6%, gravel 28.6%, pebble 17.2%의 순으로 확인되어 남강과 내성천의 하상특성이 일부 차이를 확인할 수 있었다. 특히 두 하천 모두 st.1(최상류역)의 경우 silt/sand, gravel의 비율이 상대적으로 낮은 특성을 보여주었으며 그 외 하류 지점들은 일부 변화가 있지만 대부분 유사한 특성을 보여주었다. 또한, 군집안정성을 알아본 결과 group I(인위적인 교란 및 간섭에 대해 상대적 저항력과 회복력이 뛰어남)에 속한 비율이 내성천은 전체의 50.0%, 남강은 47.8%로 비교적 높게 확인되었으며, 두 하천 모두 중하류 지점에서 단순기질인 모래하상의 비율이 상대적으로 높아 저서성 대형무척추동물의 지속적 영구서식처로서 비교적 불안정한 상태임을 확인할 수 있었다. 지점간 군집유사도의 경우 내성천은 1차 17.8%, 2차 35.9%, 남강은 1차 24.6%, 2차 36.6%로 서로 유사하였으나, 남강의 경우 내성천보다는 지점간 유사도가 다소 높음을 확인하였다. 내성천은 총 6개 지점 중 st.4~5 사이의 유사도가 41.7%로 가장 높았으며 다음은 st.5~6 사이가 32.7%로 높았다. 남강은 총 7개 지점 중 st.3~4 사이의 유사도가 48.8%로 가장 높았으며 그다음은 st.4~5 사이가 44.3%로 높았다. 두 하천 모두 최상류보다는 중하류로 내려갈수록 유사도가 높은 특성을 나타냈으며, 남강의 경우 중류(st.3, 4)지점에서 세립질의 비율이 높은 이유로 이러한 하상구조 변화가 저서성 대형무척추동물의 군집안정성 및 연결성에 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

사사: 본 결과물은 낙동강수계관리위원회의 재원으로 「낙동강수계관리기금 환경기초조사사업(2023)」의 지원을 받아 연구되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jhpark@keco.co.kr

AP-16

도암호 유역 및 강릉남대천의 어류상 및 수생태계 건강성

송행섭¹, 김기용², 이은주², 김형석¹, 조영호¹, 신우진¹, 박정호¹

¹(주)케이에코, ²한국수력원자력 한강수력본부

도암댐은 1991년에 완공된 댐으로 댐 건설 후 발생된 수질문제로 인하여 2001년 이후 문제해결 종료시까지 발전을 중단하는 것으로 결정되어 현재까지 발전방류 중지 중에 있다. 반면 2022년 「탄소중립 녹색성장 기본법」 시행에 따른 탄소중립 정책부응을 위한 청정수력에너지 확보 방안의 일환으로 강릉수력의 정상화 추진을 진행하고 있어 정상화에 따라 발생할 수 있는 생태환경적 문제점의 도출과 해결을 위한 방안마련이 필요한 실정이다. 이에 본 연구는 도암호 유역(송천, 도암호) 및 강릉남대천을 대상으로 수생태계 건강성 평가를 실시하여 도암호의 합리적 관리방안을 마련하고자 하였다. 수생태계 건강성 평가를 위하여 2024년 6월에 도암호를 중심으로 송천 상류 2개 지점, 도암호 호내 2개 지점, 송천 하류 2개 지점 및 강릉남대천 5개 지점에서 생물서식환경, 서식 어류 조사와 이를 바탕으로 국가생물축정망에서 사용되는 FAI(어류평가지수) 방법론에 기반하여 수생태계 건강성을 평가하였다. 조사결과, 총 6목 10과 30종 524개체의 어류 서식이 확인되었다(멸종위기 야생생물 II급 묵납자루, 가는돌고기, 어름치 3종 및 천연기념물 어름치 1종, 한반도 고유종 쉬리, 배가사리 등 12종). 우점종은 피라미(27.5%), 아우점종은 참갈겨니(14.9%)였으며, 군집지수는 평균 우점도 0.695 ± 0.129 , 다양도 1.459 ± 0.375 , 균등도 0.765 ± 0.105 , 풍부도 1.799 ± 0.569 로 다양도지수에 기반한 군집안정도는 “보통”인 것으로 확인되었다. 도암호를 제외한 상하류 하천에서의 수생태계 건강성 평가 결과 FAI 모델값 평균 63.9로 B등급(좋음)으로 확인되어 수계 전반 어류가 서식하기에 안정적인 수생태계가 유지되고 있는 것으로 확인되었다. 송천 수계의 FAI는 평균 70.4(B등급, 좋음), 강릉남대천 수계의 FAI는 평균 58.8(C등급, 보통)으로 *t*-test결과 *t*-value 1.185($p=0.275$)로 두 수계의 통계적 유의성은 없는 것으로 확인되었다. 본 연구결과는 어류에 기반하여 수생태계 건강성을 평가하였으며, 추후 강릉수력의 정상화 시 수생태계 관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사사: 본 결과물은 한국수력원자력 한강수력본부의 재원으로 「도암호 유역 및 남대천 수생태 구조분석 연구」의 지원(제 I24S021000호)을 받아 연구되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jhpark@keco.co.kr

AP-17

민물김 서식지역의 생물서식환경에 관한 생태학적 연구

신우진¹, 변진수¹, 김동삼², 정원기², 박정호¹

¹㈜케이에코, ²삼척시 민물김 연구센터

삼척시 소한천에 서식하는 민물김(*Prasiola japonica*)은 일반적으로 통칭하는 해양성 조류 즉 홍조류인 김 등과 구별되는 담수성 녹조류의 일종이다. 이러한 민물김은 국내에서는 유일하게 삼척시 소한천의 특정구간 내에서만 자생하고 있어 강원특별자치도에서는 지난 2012년에 본 지역을 도지정 생태경관보전지역으로 지정고시하여 적극적 보전 및 서식지 확대를 위한 다양한 연구를 진행하고 있다. 이에 본 연구에서는 소한천의 특정 공간에만 집중분포하는 민물김(*Prasiola japonica*)의 서식환경에 대한 주요특성을 규명하기 위하여 시기별, 장소별 물리적, 화학적 생물서식환경 및 주요 서식 공서생물 등을 종합적으로 살펴보았다. 특히 민물김의 생육발달 특성을 고려하여 집중강우 시기인 하절기를 제외한 비성장기인 춘계 및 성장기인 추계로 조사시기를 구분하였으며, 분포면적 특성에 따른 공간별 조사정점 역시 민물김이 집중분포하는 미소서식처 공간특성을 구분하여 정밀조사 후 각종 미소환경 및 출현생물군에 대하여 상관분석을 진행하였다. 조사 결과, 춘계에는 민물김의 서식이 확인되지 않았으며, 여름부터 시작된 성장이 추계 시 확인되었다. 민물김의 서식이 확인되지 않은 춘계의 주요 이화학적 서식환경은 수온 평균 13.2 °C, 용존산소량(mg/L) 평균 11.5 mg/L, pH 평균 7.9 그리고 전기전도도($\mu\text{S/cm}$) 평균 173.6 $\mu\text{S/cm}$ 로 확인되었다. 또한 민물김 서식이 확인된 추계의 이화학적 서식환경은 수온 평균 14.4 °C, 용존산소량(mg/L) 평균 10.8 mg/L, pH 평균 7.3, 전기전도도($\mu\text{S/cm}$) 평균 182.1 $\mu\text{S/cm}$ 로 춘계시기와의 이화학적 서식환경 차이가 그리 크게 나타나지 않았다. 반면 물리적 서식환경은 춘계 시 수심 평균 23.7 cm, 유속 평균 0.770 m/s, 조도(Illumination) 평균 33.0 kLux 로 확인되었고, 추계에는 수심 평균 33.1 cm, 유속 평균 1.260 m/s, 조도 평균 126.3 kLux로 큰 차이를 보였다. 이러한 결과로 보아 민물김의 서식 환경을 결정짓는 주요한 환경요인은 유속과 유량 그리고 조도 등이 복합적으로 작용됨을 확인 할 수 있었으며, 이는 민물김 서식지 보전과 확대를 위한 중요한 기초특성이다. 이에 향후에는 민물김 서식 집중분포 공간 내 민물김의 생육과 발달에 영향을 미치거나 또는 미칠 가능성이 있는 각종 생물군의 서식처 점유특성에 대한 시계열적 중장기 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사사: 본 결과물은 삼척시의 재원으로 「민물김 서식지역 및 비서식지역의 생물서식환경에 대한 생태학적 연구, 2022」의 지원을 받아 연구되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jhpark@keco.co.kr

AP-18

자연기반해법 중심의 하천생태계 건강성 복원 및 관리방안 체계 구축

박유진^p, 이종원, 박세린, 이상우^c

건국대학교 산림조경학과

하천생태계 건강성 복원 및 관리를 위해 훼손된 하천의 주요 훼손원인을 규명하는 진단 과정을 수행해오고 있으나 진단 결과와 하천복원 및 관리 사업과의 연계성 및 활용성을 높이기 위해서는 체계적인 복원 및 관리방안의 구축이 필요하다. 이에 본 연구에서는 자연기반해법(NbS: Nature based Solution)을 활용하여 하천 수생태계 건강성 복원 및 관리방안 체계를 구축하였다. 복원 및 관리방안 체계는 2018년부터 한강수계관리위원회, 국립환경과학원에서 수행한 훼손원인 진단 결과와 수생태계 건강성 훼손진단 매뉴얼(환경부·국립환경과학원, 2023) 및 생태하천복원사업 기술지침서(환경부, 2014) 등의 자료와 전문가 의견을 바탕으로 구축하였다. 복원 및 관리방안 도출 과정은 훼손원인 진단 결과를 바탕으로 대상하천의 복원 및 관리 우선순위 구간과 각 구간에 따른 NbS 접근방법을 선정하는 단계를 포함한다. 이후 훼손원인 및 주요 훼손근원에 따라 복원사업 가능성을 확인하고 주요 훼손근원을 저감할 수 있는 사업대상 및 복원방법을 선정하는 단계로 구분된다. 구축한 복원 및 관리방안 체계를 영산강·섬진강수계 훼손 생태계 현황 진단 및 관리방안 마련 과제의 진단대상 하천 중 광주광역시 서구에 위치한 서창천의 훼손원인 진단 결과에 적용하여 복원 및 관리방안을 제시하고 체계의 적정성을 확인하였다. 본 연구에서 구축한 자연기반해법 중심의 복원 및 관리방안 체계는 향후 훼손원인 진단 과정과 더불어 생태하천복원사업 및 하천정비사업 등 수생태계 건강성 관리를 위한 하천 관리 사업의 기초 자료로 활용될 수 있다.

* 본 연구는 영산강·섬진강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: swl7311@konkuk.ac.kr

AP-19

하천의 환경적 특성이 저서성 대형무척추동물 군집에 미치는 영향 분석

이종원^p, 이상우^c

건국대학교 산림조경학과

생태적으로 중요한 기능을 수행하는 하천 수생태계는 유역의 인위적인 활동으로 인해 다양한 스트레스에 점점 더 많이 노출되고 있다. 이에 건강한 하천 관리 및 보존 정책을 위해서는 토지이용, 환경 및 생물학적 구성 요소 간의 관계에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 인위적인 활동이 생물학적 구성요소에 미치는 영향을 평가하기 위해 본 연구에서는 한강수계의 토지이용(도시, 농업, 산림), 수질(BOD, TN, TP) 및 서식지 조건(하천변 폭, 저질 상태, 제외지 토지이용, 제내지 토지이용)이 저서성 대형무척추동물 군집 구성(EPT종, 내성종)에 미치는 영향을 평가했다. 복잡한 생태계 설명을 위해 머신러닝 방법을 사용하였다. 머신러닝에 대해 여러 가지 해석이 가능한 SHAP (SHaply Addicive exPlanation)을 사용하였다. SHAP는 지역적 상호작용과 이를 결합하여 글로벌 모델 구조를 가시적으로 보여준다. 본 연구에서 가장 강력한 모델은 그라디언트 부스팅 모델이었으며, 이를 기반으로 변수 중요도 값(SHAP값) 결과, 저서성 대형무척추동물 군집 구성에 가장 중요한 변수는 고도와 수질로 나타났다. 반면 서식지 조건은 EPT종, 내성종에서 모두 가장 낮은 중요도를 나타냈다. 무작위로 선택한 훼손하천과 참조하천 지점에서 EPT종은 고도, 도시 및 산림비율이 개체밀도에 영향을 미쳤으며, 내성종은 주로 고도, 농업비율, 수질이 개체밀도에 영향을 미쳤다. 본 결과는 훼손하천과 참조하천에서 하천 환경에 따라 환경변수가 EPT종, 내성종에 미치는 영향은 다르다는 것을 보여준다. 따라서 본 연구에서 훼손하천과 참조하천에서 저서성 대형무척추동물 군집에 대한 유사한 환경요인이 미치는 다른 영향은 하천 환경, 수서생물에 따라 복원 및 관리가 필요함을 시사합니다.

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

* 본 결과물은 환경기초조사사업 재원으로 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다.

▶ 교신저자 E-mail: swl7311@konkuk.ac.kr

AP-20

식물플랑크톤을 이용한 호소 수생태계 온전성 평가 (P-IBI) 방안

심연보^{p1}, 김난영², 황순진^{d1}

¹건국대학교 환경보건과학과, ²건국대학교 휴먼엔코케어센터

식물플랑크톤은 호소 생태계에서 중요한 역할을 하는 주요 생산자이며, 그 생활사가 짧아 환경 변화에 민감하게 반응하는 특성을 가진다. 이러한 특성 덕분에 식물플랑크톤은 호수 생태계의 건강성을 평가하는데 널리 활용되고 있다. 또한, 어류나 대형무척추동물과는 달리, 식물플랑크톤 군집은 교란 전·후에도 유지되는 특성이 있어 수생태계 평가지표로서의 중요성이 증가하고 있다. 국내에서는 4대강 댐 호소를 대상으로 호소환경 및 생태 조사가 시행되었지만, 식물플랑크톤을 활용한 건강성 평가 연구는 아직 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 2008년부터 2023년까지 전국 60개 호소(96개 지점)에서 조사된 데이터를 바탕으로 식물플랑크톤을 이용한 건강성 평가지수(P-IBI: Plankton index of biotic integrity)를 개발하고 그 적용성을 검토하였다. P-IBI에서 활용된 메트릭은 종다양성, 부영양화, 수생태계 위해성, 군집 안정도를 대표할 수 있도록 구성하였다. 선정된 7개 매트릭스는 규조류, 녹조류, 남조류, 편모조류 세포수와 총 종수, 총 세포수, Menhinick 다양도 지수로 이루어졌다. 이 매트릭들은 부영양화 정도를 나타내는 한국형 부영양화 지수(TSI_(KO))와 유의한 상관성을 보여 호소의 부영양화에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 또한, 호소를 평가하는 이화학적 환경요인(COD, TOC, TN, TP, Chl-*a*)과 TSI_(KO)와의 주성분 분석(PCA) 결과에서도 Axis1과 Axis2의 누적 설명력이 65.4%($p < 0.001$)로 나타나 P-IBI 구성 메트릭이 호소 수생태계를 평가하는 데 유효한 것으로 검증되었다. 이에 따라, 선정된 메트릭은 P-IBI에 적용될 수 있는 유효한 메트릭으로 검증되어 호소 수생태계 평가에 적용이 가능한 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

AP-21

국내에 서식하는 저서성 어류에 대한 유영능력 평가

MISHEEL BOLD^p, 김규진, 윤진영, 김소라, 이효진, 장민호^c

공주대학교 생물교육학과

어류는 먹이를 구하고, 산란하고, 성장하고, 위협으로부터 도피하기 위해 반드시 이동해야 한다. 유영 능력은 어류의 생존과 직결되는 중요한 특징이며, 어류의 유영속도는 순항속도, 전진속도, 돌진속도로 구분된다. 이 연구는 국내 저서성 담수어류의 유영 능력을 평가하고, 이를 바탕으로 어도의 설계와 시공에 반영될 수 있는 데이터를 제공할 수 있다. 본 연구는 동자개과의 *Pseudobagrus fulvidraco*, 망둥어과의 *Tridentiger brevispinis*, *Rhinogobius brunneus* 세 종의 저서성 어류를 대상으로 수행되었다. 각 어류의 전장, 체중, 체장, 체고 등을 측정하고 터널형 유영 측정기를 사용하여 유영 능력을 평가한다. 유영 능력은 돌진속도를 측정하여 임계유영속도(U_{crit})와 전장대비속도($TL s^{-1}$)를 산출하였다. 유영능력실험 결과로 *P. fulvidraco*의 평균 U_{crit} 와 TLs^{-1} 은 각각 $0.73 \pm 0.15 ms^{-1}$ 와 $6.32 \pm 0.38 TLs^{-1}$, *T. brevispinis*는 $0.75 \pm 0.10 ms^{-1}$ 와 $10.54 \pm 0.77 TLs^{-1}$, *R. brunneus*는 $1.34 \pm 0.12 ms^{-1}$ 와 $27.10 \pm 0.79 TLs^{-1}$ 로 각각 측정되었다. 각 어류의 유영 능력은 전장과 유의미한 상관관계를 보이며, 이는 어류의 체형과 습성에 따라 달라질 수 있음을 확인하였다. 국내 담수어류의 유영 능력에 관한 데이터는 어도의 설계와 시공에 중요한 정보를 제공할 수 있다. 향후 다양한 담수어종의 유영 능력을 평가하여 어도의 효율성을 높이는 연구가 필요하다고 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

AP-22

다양한 수환경에서 환경유전자 (eDNA) 기반의 어류상과 현장 어류조사 결과의 비교

권준희¹, 김규진², 김건희³, 장민호^{1,2}¹공주대학교 생물교육과, ²공주대학교 생물교육학과, ³건국대학교 휴먼엔코케어센터

환경유전자(eDNA)는 직접적인 개체 포획 없이 생물을 탐색함으로써 서식지 및 분포 조사에 소요되는 인력과 시간을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 본 연구는 다양한 수환경에서 eDNA 기반의 어류상과 현장 어류조사 결과를 비교하여 두 분석법 사이의 어류상 차이를 명확하게 파악하고자 하였다. 2024년 4월에 하천(18개 지점), 하구(8개 지점), 호소(6개 지점)에서 eDNA 기반의 생물탐색과 현장 조사를 병행하였다. eDNA는 정량펄프를 이용하여 채수하였고, CN 필터와 GF/F 필터를 이용해 여과·농축하였다. Blood and Tissue Kit를 사용하여 eDNA를 추출하고, 미토콘드리아 16SrDNA 유전자를 대상으로 Illumina miseq platform에서 메타바코딩 분석하였다. 현장 조사는 생물측정망 조사 지침에 따라 수행하였다. eDNA 출현 종수는 현장 조사에 비하여 하천, 하구, 호소에서 각각 약 1.6배, 2.9배, 1.8배 높게 나타났으며, 두 분석법 사이의 어류상은 모든 환경에서 크게 다른 것으로 나타났다. 특히 하천에서 긴물개, 줄납자루 등의 7개 종과 하구에서 문절망둑 등의 밀어를 제외한 대부분의 망둑어과 어류는 현장 조사에서 개체가 발견되었지만 eDNA 분석에서는 유전자가 발견되지 않았다. 더불어 호소에서도 갈문망둑의 개체가 발견되었으나 eDNA 분석에서 갈문망둑의 유전자는 발견되지 않았다. 분석법에 따라 거의 모든 환경에서 eDNA와 현장 조사의 우점종 및 아우점종은 서로 다르게 나타났으며, 하천에서만 아우점종이 참갈겨니로 동일하였다. 군집유사도 분석에서 하천과 하구에서는 eDNA와 현장 조사 결과가 명확하게 구분되었고, 호소에서만 출현종 기준에서 군집유사도가 40%를 나타내었다. eDNA 기반의 분석은 형태적 모호함과 관계없이 염기서열로 종을 구분하므로 기존 분석법과 해상도의 차이가 존재한다. 또한 eDNA는 수체의 흐름에 따라 이동하고 외부로부터 유입될 수 있기 때문에, eDNA 기반의 조사와 현장 어류조사 결과 사이에서 차이가 발생하는 것으로 판단된다. *본 연구는 환경부 지원사업 ‘생물측정망 eDNA 활용 기반조성 연구(I)’를 통해 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

AP-23

하천과 하구에서 경계 지역의 생태 특성

문정숙¹, 권순현¹, 박종성¹, 김종학¹, 박성애¹, 박주현¹, 김용석¹¹국립환경과학원 물환경공학연구과

하구는 개방 해역과 연결되어 있으며, 담수에 의한 염분 분포의 변화와 조석의 영향을 받는 하천 수역으로 정의되어 있다. 국가 생물측정망으로 운영되고 있는 하구 수생태계 조사는 육상경계는 감조역, 해상경계는 수계와 바다의 경계를 사용하고 있어, 우리나라 하천에서 하구와의 경계 구분에 대한 생물학적 기준을 적용한 연구 사례는 찾아보기 어렵다. 생물측정망 하구 수생태계 조사 자료를 활용하여, 염분도, 저서성 대형무척추동물, 어류 및 염생식물 출현 여부 등을 활용하여, 국내 하천과 하구의 경계와 생태 특성 변화를 파악했다.

하구는 담수와 기수 및 해수의 특성을 모두 포함하고 있어 경계 지역의 구분 단계는 우선적으로 염분도 0.5psu를 기준으로 경계를 구분했다. 그 이후에는 생물상 출현 특성에 따라 기수역 서식 저서생물 중 갯지렁이와 기수성 어류 출현여부를 파악하여 구분했다. 마지막으로 염생식물 군락면적 유무를 기준으로 하천과 하구의 생태적 특성의 경계를 구분했다. 이를 바탕으로 하천과 하구의 경계 지역의 생물학적 특성을 제시했다.

▶ 교신저자 E-mail: waterfa@korea.kr

AP-24

영산강수계 내 3개 훼손하천의 부착돌말류 군집 특성 비교 분석

조현진¹, 박채홍¹, 이하영¹, 나정은², 이학영², 한병훈³, 원두희⁴

¹생태와조우, ²전남대학교 생물학과, ³한양대학교 생명과학과, ⁴(주)생태조사단 부설 두희생태연구소

본 연구는 영산강수계 내 3개의 훼손하천에서의 부착돌말류 분포 양상 및 군집의 차이와 이에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 서창천, 영산천, 영암천을 대상으로 2023년 7월부터 2024년 4월까지 4회 조사를 진행하였으며, 훼손하천과의 비교를 위한 참조하천 2개(고달천, 월봉천)를 선정하여 동일한 시기에 조사를 실시하였다. 조사기간동안 확인된 부착돌말류의 총 출현종수는 참조하천인 고달천, 월봉천은 각각 39종, 28종이었으며, 서창천, 영산천, 영암천은 각각 134종, 161종, 126종으로 참조하천에 비해 훼손하천에서 월등히 높은 출현종수를 보였고, 영산천에서 가장 높은 출현종수를 나타냈다. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) 분석을 이용하여 부착돌말류 군집 차이를 분석한 결과 참조하천과 훼손하천의 부착돌말류 군집은 뚜렷히 구분되었으며, 3개의 훼손하천 역시 군집 차이가 존재하였다. 또한 각 하천의 식물플랑크톤 군집에 영향을 미치는 이화학적 요인 역시 차이를 나타냈는데 참조하천은 유속과 여울구간(%)의 영향력이 높았고, 서창천 및 영산천은 수온, BOD, 전기전도도 등을 포함한 화학적인 요인들과의 관계성이 높은 반면, 영암천은 기질매몰도 및 하상구조(세립질 등)의 영향력이 큰 것으로 확인되었다. Indicator species analysis(ISA) 분석을 통해 각 하천별 지표성 부착돌말류를 확인한 결과 참조하천에서는 *Cymbella turgidula*, *Achnanthes convergens* 등이 주요 지표종으로 확인되었고, 서창천은 *Navicula schroeteri*, *Aulacoseira ambigua*, 영산천은 *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Navicula seminulum*, 영암천은 *Encyonema lunatum*, *Fragilaria bidens* 등이 주요 지표종으로 확인되어 하천간 차이를 나타내는 것으로 확인되었다. 본 연구는 영산강·섬진강수계관리위원회 환경기초 조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: drdoogy@kes.re.kr

AP-25

영산천의 훼손원인 진단 도출을 위한 수생물군 건강성 평가 및 훼손유형화

박채홍¹, 황순진², 조현진¹, 임성호³, 박상현⁴, 이학영⁵, 김백호⁶, 원두희³

¹생태와조우, ²건국대학교 환경보건과학과, ³(주)생태조사단 부설 두희생태연구소, ⁴주식회사 에코리서치,
⁵전남대학교 생물학과, ⁶한양대학교 생명과학과

수생태계의 훼손은 하천 생태계가 온전하지 않은 상태를 의미하며, 생물학적 훼손, 비생물학적 훼손으로 구분된다. 이러한 훼손은 밀접하게 연결되어 있어, 수생태계 생물 다양성의 감소로 이어진다. 하천의 현 상태를 과학적으로 판단하고 훼손을 저감하기에는 훼손진단 과정은 필수적이며, 진단과정을 통해 훼손원인을 규명하고 종합적으로 평가하는 과학적인 훼손 원인 분석 및 진단이 필요하다. 본 연구는 영산강·섬진강 수계의 영산천을 대상으로 수생물군(부착돌말류, 저서성대형무척추동물, 어류)의 건강성 평가 결과와 각 분야별 훼손유형화를 진행하였다. 조사 방법과 건강성 평가 방법은 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가 방법 등에 관한 지침_하천편(국립환경과학원 2019)을 따랐으며, 훼손 진단 절차와 훼손 유형화는 하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단 안내서(환경부, 2019)와 수생태계 건강성 훼손원인 진단을 위한 표준절차서(SOP)(국립환경과학원, 2023)를 준용하였다. 수생물군의 건강성 결과를 통해 영산천의 YS01, YS08, 영산천(나주) 지점을 중점훼손구간으로 설정되었으며, 이 구간에 대해 수생물군의 훼손유형화를 판단하였다. 부착돌말류는 높은 운동성돌말류 상대밀도, 높은 부영양성상대밀도로 총 2개 항목, 저서성대형무척추동물은 낮은 전체 출현종수, 우점·아우점종의 높은 개체밀도 비율, 낮은 EPT종 개체밀도 비율, 낮은 다양도지수, 주위먹는 무리의 높은 개체밀도 비율, 내성종의 높은 개체밀도 비율로 총 6개 항목, 어류는 민감종 부재, 내성종의 높은 개체수 비율, 충식성종의 낮은 개체수 비율, 여울성 저서종 부재, 치어부재로 총 5개 항목이 훼손유형화로 선정되었다. 주 훼손원인은 절차서에 기준에 따라 선정하였으며, 탁도, 전기전도도, T-N, T-P, AFDM 항목이 주훼손원인으로 도출되었다. 이렇게 수생물군의 진단 조사를 종합하여, 훼손 심화구간을 선정, 최종 훼손 원인으로 도출한 항목에 대한 진단결과를 작성하며, 최종적으로 작성된 결과는 훼손 원인을 제어할 수 있는 하천의 복원 및 관리 방안을 제시할 수 있도록 하는 기초자료로 사용할 수 있다. 본 연구는 영산강·섬진강수계관리위원회 환경기초조사사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: drdoogy@kes.re.kr

AP-26

충북의 생물다양성 현황 및 활용 방안

김미경^{pc1}¹충북연구원 문화산업연구부

최근 호우, 가뭄, 폭염 등 재해 증가, 생물다양성 감소 등 급속도로 변화되고 있는 지구생태계의 기후변화를 완화하기 위해 산림, 습지 등을 활용한 탄소중립 기능 강화, 생물다양성의 가치 및 중요성이 증대되고 있다. 자연환경보호지역을 포함하여 임야 면적이 넓고 풍부한 수자원을 보유하고 있는 충북 지역을 대상으로 습지모니터링 자료와 전국자연환경조사 자료 분석을 통한 생물다양성 현황을 살펴보고 이를 활용할 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 습지모니터링 자료를 분석한 결과, 충북 지역에는 총 184개소의 습지가 위치하고 있으며, 모니터링을 수행하고 있는 64개소 습지에는 법정보호종을 포함하여 총 1,248종의 다양한 생물들이 서식하고 있다. 전국자연환경조사 자료를 분석한 결과, 충북 지역에는 천연기념물, 멸종위기야생생물을 포함하여 총 6,877종의 생물종이 서식하고 있고, 법정보호종들은 11개 시·군 중 영동군, 청주시, 충주시, 옥천군의 법정보호종 분포가 더 많은 것으로 확인되었다. 충북 지역에는 상수원보호구역, 야생생물보호지역, 국립공원 등 다양한 자연환경보호지역이 있으나 생물다양성과 관련된 습지보호지역(21년 충주 비내섬, 충북 최초 지정), 생태경관보전지역은 미흡하거나 전무한 상태이다. 생물다양성이 풍부하거나 법정보호종이 서식하는 생물다양성이 우수한 지역을 대상으로 정밀 모니터링을 수행하고 생태적으로 보전할 가치가 있는 신규 자연환경보호지역 후보지 발굴을 통해 주민 및 이해관계자와의 참여와 협력으로 보호구역 지정과 함께 생태 교육 및 교육 장소로의 활용 가치를 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: d-kim@cri.re.kr

AP-27

금강 보 구간의 환경요인과 부착돌말 군집의 장기 변동

홍현철^{p1}, 김용재^{c1}¹대전대학교 바이오헬스케어학부 의생명과학전공

본 연구는 환경요인이 부착돌말 군집에 미치는 영향에 대한 변화예측 모델개발을 위한 기초 자료 확보를 위해 금강의 보(공주보 및 백제보) 하류 3지점에서 부착돌말 군집을 조사하였다. 부착돌말 시료는 2020년 6월부터 2023년 10월까지 4년간 14회 채집하였다. 환경요인인 수온, pH, DO, BOD, EC, 탁도, 총인, 총질소 및 엽록소 농도를 현장과 실험실에서 조사 및 분석하였다. 본 조사에서 부착돌말류의 출현 종수는 94~116종류의 범위로 평균 104종 이었으며, 이 중 깃돌말류는 85.1~88.3%, 중심돌말류는 11.7~14.9% 였다. 연차별 부착돌말의 현존량은 65,000~1,365,000cells/mL의 범위로 2020년에 평균 576,347(±228,050)cells/mL로 가장 많았고, 2023년에 평균 184,807(±141,255)cells/mL로 가장 적었다. 우점종은 모든 조사년도에서 대부분 *Pseudostaurosira elliptica*, *Nitzschia inconspicua*였고, 유속이 비교적 느린 백제보 하류에서는 부유성인 *Cyclotella atomus*, *Stephanodiscus hantzschii*이 우점하는 경향을 보였다. 아우점종은 *Staurosira venter*, *Navicula minima*, *Pseudostaurosira elliptica*, *Achnanthydium minutissimum*, *Cyclotella atomus*, *Discostella pseudostelligera* 등으로서 각 지점에서 흐름 등의 변화에 따라 변화되는 것으로 추정된다. 조사년도 및 지점에 따른 부착돌말의 현존량, 우점종 등과 환경요인과의 상관성을 CCA를 이용하여 분석한 결과 모든 조사시기에 비교적 영양염이 높은 지점에서는 우점종과의 상관성이 높게 나타났으나, 다른 환경요인간의 상관성은 물리, 화학적인 복합적 영향으로 인해 명료하지 않았다.

사사: 본 결과물은 한국환경기술원 수생태계 건강성 확보 기술사업의 지원을 받아 연구되었음(2020003050002).

▶ 교신저자 E-mail: yjkim@daejin.ac.kr

BP-28

eDNA meta-barcoding과 현미경을 통한 부착돌말류 군집 비교

유경은¹, 김난영², 김건희², 심연보¹, 황순진¹¹건국대학교 환경보건과학과, ²건국대학교 휴먼엔에코케어 센터

현재까지 많은 연구에서 부착돌말류 군집 분석을 현미경을 이용한 형태학적 분석에 기반하여 수행하고 있다. 그러나 부착돌말류는 많은 종들이 형태적으로 유사하여 종의 정확히 식별하기 어려운 경우가 많고 채집 혹은 분석과정에서 형태학적 특징이 훼손되는 등의 한계가 존재한다. 최근 이러한 한계를 보완하기 위해 eDNA meta-barcoding을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 국내 19개 하천에서 현미경을 이용한 형태학적 분석방법과 eDNA를 이용한 분석한 방법을 통한 부착돌말류 군집 조성의 차이를 비교하였다. 현미경 분석은 1mL 및 10mL(eDNA 분석용량과 동일)로 분석 용량을 달리하여 분석 용량에 따른 군집 조성의 차이도 비교하였다. 현미경을 이용한 부착돌말류 군집 분석결과 대부분의 지점에서 10mL 및 1mL를 검경한 결과가 유사하게 나타났으나 세포 밀도가 낮은 일부 지점에서는 우점 및 아우점종이 변화된 양상을 보였다. eDNA 분석법과 10mL를 검경한 현미경 분석법의 일치율은 평균 18%로 1mL를 검경한 현미경 분석법과의 일치율(12%)에 비해 약 6% 높았다. 각 지점의 평균 출현 종수는 eDNA 분석 36종(30~42종), 10mL 현미경 분석 24종(16~34), 1mL 현미경 분석 16종(11~22)으로 나타났으며 모든 지점에서 eDNA 분석의 출현종수가 가장 많았다. 또한, 현미경 분석 시료의 양(volume)이 많을수록 출현종의 일치율이 높게 나타났다. 이는 eDNA 분석이 현미경 검경에서 놓칠수 있는 미소 크기의 종들과 낮은 밀도의 종들의 *rbcl* 유전자를 식별하기 때문으로 판단된다. 다만, 현재 eDNA 분석이 외국의 Genbank 유전자 DB를 기반으로 분석되고 있기 때문에 국내 서식종이 아닌 국외 서식종으로 동정 될 가능성이 크고 이로 인해 형태학적 분류 방법과의 일치율이 낮게 나타났을 가능성이 있다. 따라서 정확한 분석을 위해서는 향후 국내 출현종을 대상으로 한 유전자 DB 확보가 필요하다.

*본 연구는 환경부 국립환경과학원의 재원으로 ‘하천 수생태계 현황 조사 및 건강성평가(2022~2024)(장기계속)’의 지원을 받아 연구되었습니다.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

CP-29

어류의 미소서식지 선호에 대해 기계학습 기법의 활용 가능성

허민¹, 김석현¹¹강원대학교 생명과학과

종 분포 연구는 주로 지리적 단위(regional-scale)에서 다양한 기계학습 기법을 활용해 수행되고 있다. 반면, 미소서식지 단위(microhabitat-scale)에서는 회귀분석을 주로 사용하며 기계학습을 활용한 분석은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 기계학습이 어류 미소서식지 연구에 활용될 가능성을 확인하고자 한다. 강원도 춘천시 만천천에서 340개 미소서식지를 조사하였으며 어류상, 물리 및 이화학 환경을 조사하였다. 모델링은 우점하는 피라미(*Zacco platypus*), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 대륙종개(*Orthrias nudus*) 3종을 대상으로 수행하였다. Random forest, gradient boosting model 등 기계학습 모델로 분석하였고 가장 높은 성능을 보인 모델을 선정해 주요 환경요인을 accumulated local effects 곡선을 이용해 시각화하였다. 분석 결과 중하류성 어류인 피라미는 수심이 깊고 하폭이 넓은 하류를 선호하였고 상류성 어류인 버들치는 하폭이 작고 큰 돌이 많은 지역을 선호함을 보였다. 또한 여울 저서성 어류인 대륙종개는 하상이 굽고 유속이 강한 환경을 선호하였다. 본 결과는 실제 문헌에 따른 선호와 일치하는 것으로 기계학습 모델이 어류의 실제 생태적 특성을 잘 반영해 종 분포를 예측할 가능성을 보여주고 있다. 따라서 기계학습 기반 모델링이 미소서식지 단위 종 분포에서 하천 생태계의 보전 및 복원에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

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

CP-30

하천의 다양한 공간 단위에서 환경 차이에 따른 어류 서식지적합도지수 (HSI) 개발 연구

박승환¹, 허준욱², 김석현¹¹강원대학교 생명과학과, ²군산대학교 해양생명과학과

본 연구는 2007년부터 2024년까지 축적된 어류 조사 자료를(총 6개 유역, 171개 조사지점, 90종, 약 7만 개체) 기반으로 경관 및 미소서식지 단위에서 어류 서식지 적합도 지수(Habitat Suitability Index, HSI)를 개발하였다. 각 조사지점에서 국소 및 지리적 환경요인을 취합하였고 주성분 분석(principal component analysis) 결과 환경 특성에 따라 조사지점을 3개의 유형으로 분류했다. 대상 어종은 광범위 종인 돌고기(*Pungtungia herzi*), 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 중상류 지역을 선호하는 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 중하류 지역을 선호하는 피라미(*Z. platypus*)와 협범위종인 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*) 총 6종의 HSI를 개발하여 기존에 알려진 생태적 특성과 개발된 서식지 적합도 지수의 차이를 보고자 하였다. Resource selection function 기반 generalized linear mixed-effect model을 사용하여 6종의 HSI를 산정한 결과 피라미, 참갈겨니, 돌고기, 꼬리는 지리적 분포에 따른 차이를 보였으며 특히 꼬리는 대형 하천의 특성을 보이는 서식지 선택이 반영되었다. 쉬리는 생태적 특성을 잘 반영하여 낮은 수심과 빠른 유속을 선호하는 경향을 보였다. 감돌고기는 협소한 지역에 분포하고 깊은 하상을 선호하는 경향을 보였다. 본 연구는 하천의 환경 및 어류의 생태적 특성이 잘 반영된 HSI 개발의 가능성을 보여주었으며 기존의 HSI를 보완하는 동시에 빅데이터 기반 합리적인 HSI를 개발할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

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

CP-31

자료기반 서식지 적합도 지수 모델을 활용한 낙동강 수계 어류 및 저서성대형무척추동물 서식지 적합도 지수 산정

박재관^a, 박태승, 이도건, 차윤경^c

서울시립대학교 환경공학과

서식지 적합도 지수(Habitat suitability index, HSI)는 생물종의 환경에 따른 선호도를 수치적으로 표현할 수 있는 지표이다. 또한, HSI는 수생태계 건강성 회복 등 수생태계 관리를 위해 필요한 주요 도구로 평가되고 있다. 기존 국내외 선행연구들은 HSI 방법론은 산정과정에서 전문가의 판단에 의한 불확실성이 발생할 수 있으며, 주로 수심 및 유속에 대한 HSI 산정에 한정되어 있다. Resource selection function(RSF)은 자료기반 HSI 산정방법의 일종으로 로지스틱 회귀분석을 활용해 대상 생물종의 선호도를 추정한다. RSF 방법론은 실제 생물의 출현/비출현 자료에 기반하여 HSI 산정과정에서 발생하는 불확실성을 줄일 수 있으며, 수심 및 유속 외 환경변수에 대한 HSI 산정이 가능하다. 본 연구에서는 RSF 방법론을 활용해 낙동강 수계 어류 및 저서성대형무척추동물을 대상으로 다양한 환경변수에 대한 자료기반 HSI를 산정했으며, 실제 출현/비출현 자료를 활용해 산정된 HSI에 대해 재현성 검증을 수행했다. 본 연구를 통해 낙동강 수계 수생생물의 서식지 선호도를 파악하고 체계적인 수생태계 관리 방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

▶ 교신저자 E-mail: ykcha@uos.ac.kr

CP-32

하천생물측정망 저서동물지수 (BMI) 예측을 위한 상대출현도 예측 모델 연구

조효영¹, 김난영¹, 이한필², 황순진¹

¹건국대학교 환경보건과학과, ²주식회사 이티워터

현재 국가 하천생물측정망에서 운영되고 있는 저서동물지수(Benthic Macroinvertebrate Index: BMI)를 계산하기 위해서는 출현개체수를 상대출현도로 변환하는 과정을 거친다. BMI 예측 과정에서 출현개체수를 정확하게 예측하는 것은 매우 어렵고, 불확실성이 크게 나타나는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 상대출현도의 예측이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 BMI 예측 모델의 선행연구로서 상대출현도 예측 모델을 개발하고 불확실성을 줄이기 위한 출현개체수 예측 방법을 검토하였다. 전국 생물측정망 지점에서 '08-'21년간 관측된 종별 개체수 및 BMI 자료를 사용하였으며, 과거 연구를 바탕으로 기존 905개 분류군을 236개 분류군으로 조정하였다. 또한 이상치를 제거하여 총 18,121개의 모니터링 자료를 활용하였다. 비선형성과 복잡한 상호작용을 효과적으로 처리할 수 있는 Random Forest 알고리즘을 사용한 기계학습으로 모델을 구축하였다. 모델의 결과는 '16-'21년 자료를 예측하여 일치율(실제 출현도와 일치하는 비율)과 최종 BMI 점수 계산 후 실제 BMI 점수와의 상관성 분석 두 가지 방법으로 평가하였다. 실제 출현도와 비교한 결과, 일치율은 평균 95%였으며 일치율이 가장 낮은 경우는 57%로 나타났다. 예측 결과를 BMI 점수로 계산하여 실제 BMI 점수와 비교한 결과, R² 값이 평균 0.9643으로 나타났다. 이는 상대출현도 예측 모델이 유의미한 예측을 할 수 있음을 보여주며, 상대출현도를 예측하는 모델의 개발이 출현개체수를 예측하는 모델의 불확실성을 줄이는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 시사한다. Random Forest 알고리즘을 사용한 기계학습은 정확한 개체수 예측은 어려울 수 있으나, 상대적인 개체수 예측에는 효과적이라는 점을 확인하였다. 따라서 향후 출현 개체수를 예측하는 모델의 개발 과정에 본 연구 결과를 활용한다면 적합한 모델 개발이 가능할 것으로 기대된다. 더욱이, 우점종과 지표종의 특성을 고려한 모델의 세부 조정은 예측 정확도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. *본 연구는 환경부/국립환경과학원의 '하천 수생태계 현황조사 및 건강성 평가(2022-2024)' 사업에 의해 지원 되었음.

▶ 교신저자 E-mail: sjhwang@konkuk.ac.kr

CP-33

Random Forest를 활용한 하천생물측정망 부착돌말지수 (TDI) 예측 모델 연구

김동영¹, 김난영¹, 이한필², 황순진¹

¹건국대학교 환경보건과학과, ²주식회사 이티워터

본 연구는 국가 하천 생물측정망의 건강성 평가 분야 중 하나인 부착돌말지수(TDI)를 예측하기 위한 과정으로, 부착돌말류 밀도를 예측하고 TDI를 산정하기 위한 방안을 연구하였다. 전국 하천 생물측정망 지점에서 2008년~2021년 동안 관측된 종별 세포수 및 물리·화학적 자료를 사용하였다. 예측 모델로 Machine Learning 모델의 하나인 Random Forest를 활용하였고, 물리·화학적 자료를 입력자료로 사용해 부착돌말류의 세포수를 예측하여 TDI를 산정하였다. 입력자료는 총 27,672개의 데이터 중 이상치를 제거한 18,121개 데이터를 사용하였다. 2019년~2021년을 예측하였고 기존 TDI와의 상관성을 Regression 분석으로 평가하였다. 예측 모델의 복잡성을 줄이고 정확도를 높이기 위하여, TDI 산정에 이용되는 부착조류 770종을 속(Genus) 단위로 압축한 152개(93종 포함)를 활용하였다. Regression 분석 결과 결정계수(R²)는 0.4594로 나타났다. 측정망 지점에서 152개 부착돌말류의 세포수를 모두 유의하게 예측하기에는 미흡한 점이 있으나, 특정 부착돌말류가 측정망 지점에서 차지하는 비율을 유사하게 예측하여 TDI 산정에 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 예측모델의 신뢰성을 높이기 위하여 부착돌말류의 세포수 예측력을 향상시킬 수 있는 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

EP-34

침입성 외래연체동물 서양다슬기 (*Melanoides tuberculata*)에 대한 국내 서식 최초 기록

박영준¹, 전용락¹, 전영철², 황인철³, 권순직³

¹국립생태원, ²(주)생태자원연구소, ³(주)애일

서양다슬기(*Melanoides tuberculata*)를 포함한 Thiaridae는 국내 생태계에 서식한 기록이 없으며, 2024년 국립생태원에서 수행하는 외래생물 전국 서식실태조사에서 최초로 확인 되었다. 서양다슬기는 Malasian Trumpet Snail로도 불리우는 연체동물문 복족강에 속하는 담수 무척추동물로 지중해, 아프리카, 아시아, 인도, 말레이시아가 원산지이다. 주로 전 세계 열대기후에서 발견되며, 열대기후적 특성(수온 등)을 지닌 물이 있는 온대 지역에서도 서식이 확인되었다. 서양다슬기는 수족관에서 조류(algae)와 유기물을 제어하는 청소 능력 때문에 가장 많이 키우고 거래되는 담수 생물 중 하나로 관상용 수족관 거래를 통해 최초로 원산지를 벗어나 이동한 기록이 있다. 단성생식(Parthenogenesis)으로도 번식할 수 있으며, 염도 변화, 건조 등 다양한 환경적 요인에 대한 적응 범위가 넓어 현재 극지방을 제외한 아프리카, 아시아, 유럽, 남·북아메리카, 오세아니아 등 전 세계적으로 분포하고 있다. 또한 인간과 동물 모두의 질병을 유발하는 기생충의 중간숙주로 이 종의 발생은 전 세계적으로 모니터링되고 있다. 이렇게 광범위한 분포와 단성생식 등 여러 요인에 의해 국내 수생 서식지에서 유사한 생태적 지위를 가진 토착종을 밀어내고 빠르게 확산할 가능성이 있어 지속적인 모니터링이 필요하다.

▶ 교신저자 E-mail: triopsidae@naver.com

EP-35

Complete mitochondrial genome of *Dryophytes flaviventris* and comparison with *D. suweonensis*

Nakyung Yoo^{D1}, Mi-Sook Min², Keun-Yong Kim³, Ju-Duk Yoon¹, Keun-Sik Kim^{C1}

¹Restoration Research Team (Fishes/Amphibians & Reptile), Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Yeongyang 36531, Republic of Korea

²Conservation Genome Resource Bank for Korean Wildlife (CGRB), College of Veterinary Medicine, and BK21 Program for Veterinary Science, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

³Department of Genetic Analysis, AquaGenTech Co., Ltd, Busan 48300, Republic of Korea

There are three tree frog species in the Republic of Korea. In the case of *Dryophytes flaviventris*, which was listed as a new species in 2020 and is a sibling species of *D. suweonensis*, there is a lack of comparative studies between *D. suweonensis* and *D. flaviventris*. Furthermore, no studies have been conducted on its mitochondrial genome. So in this study, we analyzed and compared the complete mitochondrial genomes of two *D. suweonensis* and two *D. flaviventris* living in the Republic of Korea. The complete mitogenome size of *D. suweonensis* were 18,610–18,616 bp, and *D. flaviventris* were 18,616–18,617bp, the mitogenome of two species consisting of 13 protein-coding genes (PCGs), two ribosomal genes, 22 transfer RNA genes, and a D-loop. Base composition of the overall sequence of four individuals were 56.5% for A + T content and 43.5% for C + G content. Most of the PCGs used ATG as a start codon, except for the COX I and ND3, which used the GTG start codon. Base composition and component of mitochondrial genome of *D. suweonensis* and *D. flaviventris* are the same. Comparison of the secondary structure of the tRNA genes of the two species revealed no sequence differences and no structural changes. Based on four datasets and two methods (maximum likelihood and bayesian inference analysis), we constructed a phylogenetic tree to investigate the taxonomic status of the species and the phylogenetic relationship between *D. suweonensis* and *D. flaviventris*. Our results indicated that four individuals are the monophyletic. Therefore, the phylogenetic relationship among them is difficult to determine. These results suggest that there are no significant genetic differences in the mitogenome between *D. suweonensis* and *D. flaviventris*, and that further phylogenetic studies using nuclear DNA will need to be conducted. Also, our results can provide the taxonomic of tree frogs living in the Republic of Korea.

» 교신저자 E-mail: kskim@nie.re.kr

EP-36

Impact of new town development using comparison of diet sources for *Hynobius yangi* larvae

Jeong-Soo Gim^{p1}, Yoseok Choi², Kanghui Kim¹, Suk-Hwan Hong³ Gea-Jae Joo² and Hyunbin Jo^{c1}

¹Department of Pet Health Care, Busan Health University, Busan, Republic of Korea

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

³Department of Landscape Architecture Department, Pusan National University

Many amphibian species worldwide are at risk of extinction, prompting various habitat restoration efforts. Recently, some habitats of *Hynobius yangi* have been impacted by the construction of the Sasong New town Development, completed by 2023. However, habitat restoration efforts have been initiated. To evaluate the effects of these restoration efforts, we collected and analyzed fecal samples from *H. yangi* larvae to study their diet. From April to June 2024, a total of 12 fecal samples were collected from larvae, categorized into natural areas (6 samples) and developed areas (6 samples). Our results indicated that larvae in natural areas consumed a diverse range of food sources, including zooplankton, phytoplankton, and benthic invertebrates. In contrast, the diet in developed areas was predominantly composed of fish from the family Adrianichthyidae. In conclusion, the diversity of food sources in developed areas was reduced, and the trophic structure was more simplified compared to natural areas. Continuous attention is needed for disturbed natural populations, even after the restoration process has been implemented.

▶ 교신저자 E-mail: prozeva@bhu.ac.kr

EP-37

Effects of non-native species removal efforts on fish community structure in a wetland ecosystem

Jeong-Soo Gim¹, Kanghui Kim¹, Donghyun Hong², Dong-Kyun Kim³, Erik Jeppesen⁴, Kwang-Seuk Jeong⁵ Gea-Jae Joo² and Hyunbin Jo^{pc1}

¹Department of Pet Health Care, Busan Health University, Busan, Republic of Korea

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

³K-water Research Institute, Daejeon 34085, Republic of Korea

⁴Department of Ecoscience, Aarhus University, Aarhus 8000, Denmark

⁵Department of Nursing Science, Busan Health University, Busan, Republic of Korea

Invasion by non-native species can cause major changes in fish diversity. Despite the urgency of this problem, exotic species management (EM) to reduce non-native species is seldom followed up by long-term assessment of the effects on the ecosystems. We conducted intensive field surveys of fishes and analysed long-term ecological data spanning 15 years (2007–2022) on Upo Wetland in South Korea, where EM was conducted targeting two non-native species: bluegill (*Lepomis macrochirus*) and largemouth bass (*Micropterus salmoides*). We found that EM affected the non-native fish communities, while no significant changes occurred for the native fish communities in terms of catch per unit effort. At population level, EM also caused instability in the population structure of the remaining non-native fishes as judged from changes in size distribution but increased the stability of the native fish populations. In addition, enhanced regulated connectivity between rivers and wetlands augmented species diversity. In conclusion, we found cascading effects on non-native fish communities and negative structural changes in populations following non-native fish removal efforts in Upo Wetland.

▶ 교신저자 E-mail: prozeva@bhu.ac.kr

EP-38

임실군 일대의 어류 서식현황

박철우¹, 김철배², 이흥헌¹, 김종욱¹, 신유신¹, 김은비¹, 김재구¹

¹주식회사 알파생태연구원, ²임실군청 문화체육과

섬진강은 한강, 금강, 낙동강, 영산강과는 다르게 하굿둑이 없고, 한강과 낙동강과 다르게 큰 도시가 강 주변에 없으며, 대부분 산악지형으로 하천 수질 상태가 양호하고 생물다양성이 풍부한 것으로 알려져 있다. 연구대상지인 임실군은 섬진강 수계의 중상류역에 해당하며 멸종위기야생생물 I급인 임실납자루를 비롯한 눈동자개, 섬진자가사리, 왕종개 등 다양한 한국고유종이 서식한다. 최근 다양한 원인(공사, 환경 오염 등)으로 서식지가 파괴되어 담수어류의 서식에 많은 영향을 미치고 있다. 본 연구를 통해 임실군 일대에 서식하는 담수어류의 변화를 파악하고 추후 중 복원에 필요한 기초 자료로 활용하고자 한다. 임실군 내 섬진강을 중심으로 12개 하천과 1개 호소에서 총 31개 지점을 선정하여 2023년 6월과 10월에 2회 현장 조사를 수행하였다. 채집된 어류는 총 13과 48종 9,710개체이다. 잉어과 어류가 8,604개체(88.61%)로 가장 높은 출현 비율을 보였고, 망둑어과 472개체(4.86%), 검정우럭과 235개체(2.42%), 미꾸리과 108개체(1.11%)가 확인되었고, 칠성장어과, 메기과, 동자개과, 통가리과, 송사리과, 꺾지과, 동사리과 및 버들붕어과 어류는 1% 미만의 낮은 비율로 출현하였다. 한국고유종은 갈납자루, 큰줄납자루, 임실납자루, 왕종개, 섬진자가사리 등 총 17종 3,239개체(33.36%)의 출현비율을 보였다. 법정보호종으로 멸종위기야생생물 I급인 임실납자루 7개체(0.07%), II급인 다목장어와 큰줄납자루가 3개체(0.03%)의 비율로 확인되었다.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

EP-39

중고기 (*Sarcocheilichthys nigripinnis morii*)와 참중고기 (*S. variegatus wakiyae*)의 자연 종간잡종에 관한 연구

장지왕^{1,2}, 김재구³, 고재근¹, 윤봉한⁴, 성무성⁵, 배양섭^{2,6,7}

¹자연환경복원연구원, ²인천대학교 생물학과, ³알파생태연구원, ⁴한국생태네트워크, ⁵물들이연구소,
⁶인천대학교 생물자원환경연구소, ⁷매개근층자원융복합연구센터

본 연구는 섬진강 본류와 지류인 동복천에서 채집된 중고기속(genus *Sarcocheilichthys*) 어류의 자연 종간잡종으로 추정되는 3개체와 부모종인 중고기 *S. nigripinnis morii*, 참중고기 *S. variegatus wakiyae*를 대상으로 형태학적 및 분자계통학적 분석을 실시하여 자연 잡종 여부를 동정하고, 모계종과 부계종을 판별하였다. 분자계통학적 분석 결과는 자연 종간잡종 추정된 3개체가 중고기와 참중고기의 자연 잡종임을 명확히 입증하였으며, 모계종은 중고기, 부계종은 참중고기로 밝혀졌다. 자연 잡종 3개체는 한 부모종에 편향되지 않는 중간 또는 고유한 형질이 형태적으로 우세하게 발현되었으며, 부모종과 구분되는 고유한 형태적 특성이 등지느러미와 꼬리지느러미에서 확인되었다. 자연 잡종이 채집된 수역에서는 부모종인 중고기와 참중고기 외에도 다양한 납자루아과(Acheilognathinae) 어류와 산란숙주가 공존하고 있었다. 중고기와 참중고기의 산란 시기와 산란장소 중복이 잡종 발생을 촉진한 것으로 추정되었다. 자연 종간교잡이 단방향으로 발생한 이유는 동소종 간 경쟁과 개체수 불균형이 원인으로 제시되었으며, 참중고기의 sneaker 행동이 중요한 메커니즘으로 제안되었다.

▶ 교신저자 E-mail: baecys@inu.ac.kr

FP-40

큰입배스 (*Micropterus salmoides*)가 호소생태계 어류 메타군집 구조에 미치는 영향

김수남¹, 박승환¹, 김석현¹¹강원대학교 생명과학과

수생태계에서 외래종의 침입은 생태계에서 다양한 방면에서 악영향을 주며 궁극적으로 생물 다양성 감소를 유발한다. 특히, 생태계 교란 어종인 큰입배스(*Micropterus salmoides*)와 블루길(*Lepomis macrochirus*)이 수생태계에서 어류 종 다양성 감소를 초래한다고 알려져 있으나 주로 국소 단위(local-scale)에서의 효과가 제한적으로 알려져 있을 뿐 지역단위(regional-scale) 혹은 메타군집(metacommunity)에 미치는 영향에 대해서는 잘 알려지지 않은 실정이다. 본 연구는 2008년부터 2023년까지 조사된 129여개 저수지에서 어류상, 이화학 환경자료, 물리 환경자료 등을 기반으로 큰입배스와 블루길이 저수지의 어류 메타군집 구조에 미치는 영향을 연구하였다. 어류상 자료를 사용하여 비모수 다차원척도법(non-metric multidimensional scaling)을 분석한 결과 배스, 블루길과 소형어류 사이의 거리가 다른 어종에 비해 상대적으로 넓음을 확인하였다. 각 저수지에서 Alpha 및 Gamma 다양성은 배스의 상대 풍부도가 증가함에 따라 감소하였는데, 저수지 수면적이 증가할수록 배스의 영향이 증가함을 확인하였다. Sorenson beta diversity를 기반으로 nestedness와 turnover를 분석한 결과 큰입배스에 의해 turnover가 증가하였다. 이는 배스의 이입에 의해 호소의 종 조성이 교체됨을 보여주고 있다. 본 결과는 외래종이 호소생태계의 어류 메타군집 구조에 미치는 결과를 보여주고 있으며, 향후 외래종 관리 및 퇴치를 위한 방향성을 제시할 때 중요한 기초자료로 제공될 것으로 생각된다.

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

FP-41

α -, β -다양성을 이용한 임하댐 및 위천 중권역의 어류 군집 특성 분석

이혜진¹, 홍근혁¹, 오혜지¹, 최예림¹, 김명철², 김지원², 장광현¹¹경희대학교 환경학및환경공학과, ²SOKN생태보전연구소

연결성을 가진 넓은 생태계의 전체적인 종다양성은 국지적 생물상의 상호작용에 의해 결정된다. 이와 같은 다양성의 공간적 구성과 상호작용을 정량화하고 해석하기 위해 γ - β - α 다양성 개념을 적용할 수 있다. 이 중 β -다양성은 하천 생태계의 생물 군집과 같이 넓은 공간에 속한 특징적으로 구분된 작은 지점 간의 종 구성이나 다양성의 차이를 정량화 하는데에 사용된다. β -다양성은 하천 생태계의 어류 군집 분석에서 시·공간적 규모의 다양성 변화 경향을 패턴화하여 생물학적 상호작용을 통해 전체 어류 다양도가 변화하는 기작을 해석하는 데 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 낙동강 수계 내 임하댐, 위천 중권역을 대상으로 물환경정보시스템의 생물측정망 2011~2022년 11년간의 어류데이터를 이용하여 α - 및 β - 다양성을 계산, 어류 다양도의 시공간적 변화를 분석하였다. α -, β - 다양성 계산 시 어류 군집의 생태적 특성을 반영할 수 있는 생체량 및 기능군을 이용하여 기존 개체수 분류군 기반 다양도를 포함하여 개체수 기반 기능군 다양도, 생체량 기반의 분류군 및 기능군 다양도 총 4가지 다양도를 계산하였다. 기능군의 다양도는 하천 서식지 유형과 먹이조건 등 하천 생태계의 환경 요인을 대변할 수 있으므로 본 연구에서는 어류의 섭식 특성에 기반하여 군집을 크게 4가지 기능군(Omnivore, Carnivore, Herbivore, Insectivore)으로 분류하여 다양도를 계산하였다. 또한 어류가 생태계 내에서 차지하고 있는 물질량에 따른 자원량과의 관계 및 먹이망 내 물질 이용 기반의 관계 해석을 위해 생체량을 기반으로 한 다양도를 계산하였으며, 생체량의 계산 시 중별 평균 체장을 이용하여 환산한 생중량(wet weight)을 어류의 개체수에 곱한 값을 생체량으로 사용하였다. α -다양도는 Shannon 지수를 사용하였으며, β -다양도는 지점 간의 생물학적 유사성을 평가하기 위해 hellinger 지수를 적용하였다. LCBD(Local Contribution to Beta Diversity)와 SCBD(Species Contribution to Beta Diversity)를 계산하여 각 지점 간 종조성의 이질성을 분석하였으며, 임하댐 및 위천 중권역 내 어류 군집의 시간적 변동도 분석하였다.

▶ 교신저자 E-mail: chang38@khu.ac.kr

GP-42

수질오염사고 지역 하천 수생태계 현황과 훼손원인 진단을 통한 복원방향 제안

김하경^a, 전지영, 김현지, 이상훈, 유경아^b

국립환경과학원 물환경공학연구과

2024년 1월 화학물질 보관업체에서 발생한 화재로 보관 중이던 유해화학물질이 인근 하천으로 유입되는 사고가 발생하였다. 이에 본 연구에서는 대상하천의 수생태계 현황을 파악하고 하천 훼손에 대한 전반적인 원인을 진단하여 생태 복원 방안을 제안하고자 한다. 사고 전의 생물측정망 데이터와 사고 후 조사 결과를 비교한 결과, 이전의 수생태 조사의 건강성 평가 결과가 좋지 않은 상황이었기에 사고 후 결과와 큰 차이를 보이지 않았다. 대상하천의 생물측정망 두 개 지점에서 사고 전('18-'23년) 3개 생물군(부착돌말, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 건강성이 모두 나쁨(D등급)이하의 비율이 50%이상인 훼손으로 나타나 훼손도가 I형으로 판단된다. 따라서 대상하천에 대한 훼손원인을 진단한 결과 하천 직강화, 보 설치 등과 같은 하천공사로 종적 연속성이 단절되고 주변 농경지와 상류로부터 유입된 탁수와 유기물로 하상이 모래 위주로 매우 단순했으며 높은 탁도와 전기전도도를 보임에 따라 수질저하의 영향이 있을 것으로 판단하였다. 이에 중점 복원 관리 방안으로 오염물질이 유입되는 지점에 비점오염원 개선을 위한 인공습지 및 비점오염저감시설 설치, 하천연속성 및 어류이동성 확보를 위한 생태여울, 어도 조성 및 생태통로 확보, 저수 및 고수호안 토사유출 방지를 위한 친환경 식생매트 설치 등 식생호안을 조성하여 토사 유출 및 제방 보호 방안을 제안한다. 본 연구의 훼손원인 진단이 향후 수생태계 복원 계획 수립 등에 효율적으로 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

GP-43

상패천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안

김현지^{a1}, 유경아^{a1}, 문정숙¹, 박세린², 이상우²¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

수생태계 훼손원인 진단은 수생물의 건강 상태에 기반하여 하천의 현 상태를 종합적으로 파악하고 체계적이고 과학적인 분석을 통하여 훼손원인을 규명하는 일련의 과정이다. 국립환경과학원은 '21년부터 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단사업”을 통해 수생태계 건강성이 나쁨등급 이하로 나타난 하천을 대상으로 훼손원인을 진단하고 나아가 생태 복원 및 물환경 개선 방안을 제안하고 있다. 본 발표에서는 조사하천 중 한강권역의 상패천을 대상으로 수생물(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 훼손원인을 진단하고 그에 상응하는 맞춤형 복원방향을 소개하고자 한다. 이를 위해 상패천의 상류로부터 13개 조사지점을 선정하여 수생태계 건강성, 하천 연속성, 수리·수문, 수질, 유역 및 인문 사회 환경 등을 조사하였고, 3개 생물군 모두 나쁨(D등급)이하로 평가된 2개 지점(SP05, SP08)을 훼손심화지점으로 설정하였다. 상패천의 훼손원인진단 결과 하천의 하상이 모래 위주로 매우 단순하며 물흐름이 다양하지 않고 여울이 감소하는 등 생물 서식환경이 단순화되어 있었고, 높은 탁도 및 전기전도도, 영양염의 농도를 보임에 따라 수질저하의 영향이 있을 것으로 판단하였다. 특히 어류의 경우 중·하류 구간에서 가장 많은 지점이 훼손되어 어류의 서식처 개선이 중요할 것으로 보인다. 훼손심화지점의 중점 복원 및 관리방안으로 생태여울을 통한 유속 증진 및 서식환경의 개선, 수중부 호안의 식생방틀을 활용한 식생환경 개선 및 생태 서식처 제공, 식물섬 조성을 통한 영양염류 흡수 및 제거 방안을 제안하였다. 하천 수생태계 건강성에 대한 원인 진단이 향후 물환경 관리 분야 관련 사업과 연계하여 실효성 있는 수생태계 복원 계획 수립 등에 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

GP-44

이계천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안

김현지¹, 유경아¹, 문정숙¹, 박세린², 이상우²

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

본 발표에서는 국립환경과학원의 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단” 사업 조사하천 중 낙동권역의 이계천을 대상으로 수생물(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 훼손원인을 진단하고 그에 상응하는 맞춤형 복원방향을 소개하고자 한다. 이를 위해 이계천의 상류로부터 7개 조사지점을 선정하여 수생태계 건강성, 하천 연속성, 수리·수문, 수질, 유역 및 인문 사회 환경 등을 조사하였고, 2개 생물군 이 나뭇(D등급)이하로 평가된 2개 지점(IG06, 이계천)을 훼손심화지점으로 설정하였다. 이계천의 훼손원인진단 결과 하천 하류구간의 하상이 모래와 진흙 위주로 구성되어 있으며, 물흐름이 다양하지 않고 여울이 감소하는 등 생물 서식환경이 단순하였다. 또한 하류 구간에서 탁도, 전기전도도 및 총질소의 농도가 높은 것으로 보아 수질저하의 영향이 있을 것으로 판단하였다. 훼손심화지점의 중점 복원 및 관리방안으로 수충부호안에 자연소재 방틀을 이용한 생물서식처 조성 및 유속 회복을 위한 생태여울 조성, 정수역 서식처를 활용하여 수질개선 방안을 제안하였다. 본 발표에서 소개한 하천 수생태계 건강성에 대한 훼손 원인 진단과정이 향후 물환경 관리 분야 관련 사업과 연계하여 실효성 있는 수생태계 복원 계획 수립 등에 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

GP-45

송방천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안

김현지¹, 유경아¹, 문정숙¹, 박세린², 이상우²

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

본 발표에서는 국립환경과학원의 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단” 사업 조사하천 중 금강권역의 송방천을 대상으로 수생물(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 훼손원인을 진단하고 그에 상응하는 맞춤형 복원방향을 소개하고자 한다. 이를 위해 송방천의 상류로부터 11개 조사지점을 선정하여 수생태계 건강성, 하천 연속성, 수리·수문, 수질, 유역 및 인문 사회 환경 등을 조사하였고, 3개 생물군 모두 나뭇(D등급)이하로 평가된 3개 지점(SB02, SB09, 장승천)을 훼손심화지점으로 설정하였다. 송방천의 훼손원인진단 결과 수변식생의 분포가 양호하고 유량은 확보되어 있으나 정체구간이 많고 하상이 단순하여 생물서식에는 어려운 환경으로 판단되며, 유역 내 하천공사에 대한 영향을 최소화하고 하천으로 유입되는 오염원 관리가 필요할 것으로 판단하였다. 훼손심화지점의 중점 복원 및 관리방안으로 상류부에는 자연소재 방틀을 이용한 다공질 공간을 조성하여 수생생물의 서식처를 개선하고, 하류부에는 인공식물섬 조성 및 정수역 서식처 내 식생조성을 통한 수질개선 방안을 제안하였다. 본 발표에서 소개한 하천 수생태계 건강성에 대한 훼손 원인 진단과정이 향후 물환경 관리 분야 관련 사업과 연계하여 실효성 있는 수생태계 복원 계획 수립 등에 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

GP-46

천안천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안

김현지¹, 유경아¹, 문정숙¹, 박세린², 이상우²

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

본 발표에서는 국립환경과학원의 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단” 사업 조사하천 중 금강권역의 천안천을 대상으로 수생물(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 훼손원인을 진단하고 그에 상응하는 맞춤형 복원방향을 소개하고자 한다. 이를 위해 천안천의 상류로부터 17개 조사지점을 선정하여 수생태계 건강성, 하천 연속성, 수리·수문, 수질, 유역 및 인문 사회 환경 등을 조사하였고, 3개 생물군 모두 나쁨(D등급) 이하로 평가된 4개 지점(CA07, CA09, CA11, 천안천3)을 훼손심화지점으로 설정하였다. 천안천의 훼손원인진단 결과 하천 전구간에 대해 비점오염의 영향을 지속적으로 받고 있었으며, 관거시설 및 농업용수로부터 오염수의 유입이 발생하는 것으로 판단하였다. 훼손심화지점의 중점 복원 및 관리방안으로 생태여울을 통한 유속 증진 및 수질개선, 수충부 호안 삼각방틀을 활용한 생물서식처 개선, 지류 합류지점에 인공식물섬 조성 및 교량 하부 정수역 구간에 식생대 조성을 통한 오염 저감 방안 등을 제안하였다. 본 발표에서 소개한 하천 수생태계 건강성에 대한 훼손 원인 진단과정이 향후 물환경 관리 분야 관련 사업과 연계하여 실효성 있는 수생태계 복원 계획 수립 등에 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

GP-47

만봉천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안

김현지¹, 유경아¹, 문정숙¹, 박세린², 이상우²

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

본 발표에서는 국립환경과학원의 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단” 사업 조사하천 중 영산강섬진강 권역의 만봉천을 대상으로 수생물(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 훼손원인을 진단하고 그에 상응하는 맞춤형 복원방향을 소개하고자 한다. 이를 위해 만봉천의 상류로부터 19개 조사지점을 선정하여 수생태계 건강성, 하천 연속성, 수리·수문, 수질, 유역 및 인문 사회 환경 등을 조사하였고, 2개 생물군이 나쁨(D등급) 이하로 평가된 5개 지점(MB02, MB09, MB16, 만봉천, 만봉천-1)을 훼손심화지점으로 설정하였다. 만봉천의 훼손원인진단 결과, 탁도, 전기전도도 및 총인의 농도가 높고 주변에 농경지가 분포하고 있어 비점오염의 지속적인 영향이 있을 것으로 보이고, 또한 수체의 흐름이 필요할 것으로 판단하였다. 훼손심화지점의 중점 복원 및 관리방안으로 제네지 생태습지 및 침투저류지를 통한 오염 저감 및 구간별 유속 확보를 위한 생태여울 조성, 식생방틀 등을 이용한 생물서식처 조성 방안 등을 제안하였다. 본 발표에서 소개한 하천 수생태계 건강성에 대한 훼손 원인 진단과정이 향후 물환경 관리 분야 관련 사업과 연계하여 실효성 있는 수생태계 복원 계획 수립 등에 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

GP-48

학산천의 수생태계 건강성 훼손원인 진단 및 복원방향 제안

김현지¹, 유경아¹, 문정숙¹, 박세린², 이상우²

¹국립환경과학원 물환경공학연구과, ²건국대학교 산림조경학과

본 발표에서는 국립환경과학원의 “하천 수생태계 건강성 훼손원인 진단” 사업 조사하천 중 영산강섬진강 권역의 학산천을 대상으로 수생물(부착돌말류, 저서성 대형무척추동물 및 어류)의 훼손원인을 진단하고 그에 상응하는 맞춤형 복원방향을 소개하고자 한다. 이를 위해 학산천의 상류로부터 13개 조사지점을 선정하여 수생태계 건강성, 하천 연속성, 수리·수문, 수질, 유역 및 인문 사회 환경 등을 조사하였고, 2개 생물군이 나쁨(D등급)이하로 평가된 6개 지점(학산천2, HS05, HS08, HS09, HS10, 학산천3)을 훼손심화지점으로 설정하였다. 학산천의 훼손원인진단 결과 탁도, BOD 및 총인의 농도가 높은 것으로 보아 수질 저하의 영향이 있고 인근에 농경지 및 축사가 분포하고 있어 비점오염원의 영향이 있을 것으로 판단되었다. 훼손심화지점의 중점 복원 및 관리방안으로 체내지 생태습지와 침투저류지 조성을 통한 오염 저감 방안, 지류 합류 지점 인근 인공식물섬 조성을 통한 수질정화 및 생태 서식처 제공 방안, 자연소재 방틀을 활용한 생태계 다양성 증대 방안 등을 제안하였다. 본 발표에서 소개한 하천 수생태계 건강성에 대한 훼손 원인 진단과정이 향후 물환경 관리 분야 관련 사업과 연계하여 실효성 있는 수생태계 복원 계획 수립 등에 활용되기를 기대한다.

▶ 교신저자 E-mail: angelka@korea.kr

HP-49

여울마자 출현/미출현 지점의 물리·화학적 환경 특성 비교 및 어류종 간 생물학적 상호작용의 정량적인 평가

우혜린¹, 이대희¹, 최예림¹, 오혜지¹, 백인혁², 김근식², 강동원², 윤주덕², 장광현²

¹경희대학교 환경학 및 환경공학과, ²국립생태원 멸종위기종복원센터

담수어류는 양서·파충류를 제외하고 전 세계적으로 가장 절멸 위협이 높은 생물 분류군으로 담수어류의 개체군 확보 및 유지를 위한 관리 및 복원 전략의 수립을 위해서는 멸종위기종을 대상으로 한 생태·서식환경 특성 평가가 요구된다. 여울마자는 우리나라 고유종이자 멸종위기 야생생물 I 급 종으로 최근 수질오염, 서식지 손실 등의 이유로 개체수가 급격히 감소하여 낙동강 수계에서만 출현하는 제한적인 분포를 보이고 있다. 이에 따라 여울마자의 개체 수 확보 및 유지관리를 위해 해당 종의 서식 환경 및 생태 특성에 대한 자료의 수집이 필요하다. 서식 종의 환경특성으로 중요한 것 중 하나로는 먹이원의 분포를 들 수 있다 특히, 먹이원의 종류, 예를 들면 하천의 부착성 및 부유성 유기물과 같은 초식 잡식 등의 섭식특성에 관한 정량적인 정보를 수집하기 위해 일반적으로 안정동위원소분석이 이용된다. 본 연구는 여울마자가 출현하는 것으로 알려진 낙동강 수계의 세 지점을 대상으로 기초수질 및 여울마자 출현 여부를 포함한 생물학적 특성(어류·부착조류)을 평가하였다. 안정동위원소 분석을 활용하여 먹이원을 포함한 어류군집에 대한 각 지점의 먹이망 구조를 정량화하고 이를 기반으로 여울마자 및 타 어종 간의 먹이망 내 섭식 특성을 비교 분석하였다. 안정동위원소 분석은 일차생산자(부유성 및 부착성 입자성 유기물), 저차소비자(저서성대형무척추동물), 고차소비자(어류)를 대상으로 수행되었고 안정동위원소 값을 기반으로 어류 종별 먹이원 기여율, 영양단계, 생태지위면적, 생태지위면적 중첩 및 중첩 가능성을 분석하였다.

▶ 교신저자 E-mail: grandblue@nie.re.kr/chang38@khu.ac.kr

IP-50

탁수발생 예측을 위한 앙상블 유역 모델의 개발 및 적용

이태환^a, 구본경, 정의상, 조홍래^c

(주)하이드로코어 유역환경연구소

본 연구에서는 이상강우 시 발생하는 고농도의 탁수를 예측하기 위해 국내 유역의 특성을 고려한 앙상블 유역 모델을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 앙상블 유역 모델은 복수의 물리식 기반 모델을 적용하여 결과값이 서로 다른 복수의 강우유출 및 유사농도 모의 결과를 도출한다. 이를 위해 본 연구에서는 앙상블 유역 모델을 물리식 기반의 18개의 강우유출 모델과 4개의 유사 이동 모델을 조합하여 총 72개 모델로 구성하였다. 72개 모델을 통해 산정된 모의 결과를 종합하여 최종 유량 및 유사농도 예측을 위한 방법으로는 DNN (Deep Neural Network) 모델을 적용하였다. DNN 모델의 입력자료로는 72개 모의 결과와 함께 강수량, 기온, 모의시간 등을 사용하였다. 개발된 앙상블 강우유출 모델의 적용성과 정확성 평가를 위해 인북천 유역을 시험유역으로 선정하고 모델 구축과 보정 및 검정을 수행하였다. 앙상블 유역 모델 적용을 위해 대상지역을 100 m 크기의 정방형 격자로 구분하였으며, 모의 입출력 간격은 1시간, 모의 기간은 2018년~2020년으로 설정하였다. 공간자료로 지형, 토지피복, 토성자료를 구축하였으며, 시간 입력자료로는 강우 및 기상 자료를 구축하였다. 인북천 유역의 유량 및 유사 농도 모의 결과를 관측값과 비교하여 모델의 정확도를 평가하였다. 모의 유량과 관측 유량 사이의 상관성을 살펴보면, 시간단위 평가 시 R^2 가 0.973, 일단위 평가 시 R^2 가 0.992으로 모의 유량이 관측 유량과 매우 높은 상관성을 보이고 있는 것으로 나타났다. 유사 농도 모의 결과 평가는 관측자료의 한계로 일단위를 기준으로 수행하였다. 모의 유사 농도와 관측 SS 농도의 상관성은 일단위 평가 시 R^2 가 0.426인 것으로 평가되었다. 최근 이상강우에 의한 고농도의 탁수 발생이 우려되는 상황에서 본 연구에서 개발한 앙상블 유역 모델은 향후 탁수발생 사전 예측을 통한 유역관리 및 수생태계 건강성 개선에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 수행하였습니다(RS-2021-KE001343).

▶ 교신저자 E-mail: hlcho@hydrocore.co.kr

IP-51

First record of the Cheekscaled frill-goby, *Bathygobius cottiiceps* (Gobiiformes: Gobiidae) from Jeju Island, Korea

김민수^{a2}, 이흥헌³, 고영민⁴, 신유신¹, 김재구^{c1}¹주식회사 알파생태연구원, ²SOKN생태보전연구소(주), ³E&E 환경생태연구소, ⁴제주양서류 생태연구소

A single specimen of *Bathygobius cottiiceps* (41.0 mm SL) was collected from the rocky pools of intertidal zone of Jeju Island, Korea. This species is characterized by having VI-1, 9 dorsal fin rays, I, 8 anal fin rays, scales on cheek and opercle, 23 predorsal scales, 38 longitudinal scales, 24 pectoral fins, 7 free rays on upper pectoral fin, each divided to 5~7 branches, cephalic sensory canal pores H and K fused, and the middle of pelvic frenum curved inwards smoothly. We propose a new Korean name, "Bi-neul-mu-nui-mang-duk" for the *B. cottiiceps* based on the presence of scales on the cheek.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

IP-52

Gymnogobius scrobiculatus (Takagi, 1957) (Oxudercidae: Gobionellinae), a new record from Korea, identified using mitochondrial DNA barcoding

김재구^{p,c}

주식회사 알파생태연구원

Four specimens of *Gymnogobius scrobiculatus* (Takagi 1957) (22.0–34.0 mm standard length; SL), were collected from mud reefs in Geoje Island, Korea. This species has VI-1, 10 dorsal fin rays, I, 9 anal fin rays, no pre-dorsalscales, interorbital pores (D) very narrow (often connected to a single pore), and the second dorsal fin origin is slightly above anal fin origin. Molecular analysis using the mitochondrial 12S rRNA gene sequence phylogenetic tree showed apparent differences of 90–100% from nine other species living in Japan. A new Korean name, “jul-mu-nui-sal-mang-duk” is proposed based on the dark color pattern on the whole body and caudal fin.

▶ 교신저자 E-mail: jgkim0909@jbnu.ac.kr

IP-53

버들붕어 (*Macropodus ocellatus*)의 난 발생 및 자치어 형태 발달 연구

김희선^{p1}, 김규진², MISHEEL BOLD², 김준원², 최범명², 윤진영², 권준희¹, 장민호^{c1,2}¹공주대학교 생물교육과, ²공주대학교 생물교육학과

어류의 생식 생태에 관한 연구는 종에 대한 이해와 더불어 다양한 분류학적, 생태학적 기초자료를 확보할 수 있다. 특히 어류의 초기 생활사에 관한 연구는 종의 특징을 규명하는 것은 물론, 어족자원의 보존과 보호, 증식 등에 다각도로 활용될 수 있다. 본 연구는 실험실 환경에서 버들붕어의 생식행동, 산란행동, 난 발생 과정과 자치어의 형태 발달을 파악하여 버들붕어 종 보존을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다. 실험에 사용된 어류는 죽대를 사용하여 채집하여 실험실로 운반하였다. 이후 실험실에서 5개월 동안 28°C 조건에서 사육하였고, 한 수조에 버들붕어 암수 한 쌍씩 합사하여 2개월간 산란 여부를 관찰하였다. 산란이 끝난 후 무작위로 선택한 20개의 수정란의 난 발생 과정을 광학현미경으로 관찰하고 크기를 측정하였다. 부화한 자치어는 26°C 수온에서 사육하며 매일 외부 형태를 실체현미경으로 관찰하고 크기를 측정하였다. 실험 결과, 수컷은 산란 과정 중 매우 공격적으로 변하여 세력권을 형성하고 암컷에게 구애 행동을 보였다. 산란 후에는 알을 보호하며 자어가 부화한 후에도 거품집에서 떨어지지 않도록 일정 기간 지속적으로 보호 행동을 하였다. 버들붕어의 수정란은 투명한 난각을 가지며, 산란 직후 물을 흡수하여 크기가 커진다. 이후 포배기, 낭배기, 체절형성기를 거쳐 부화에 이른다. 부화 직후 자어는 움직임이 거의 없었으며, 부화 후 4~5일까지 먹이를 섭취하지 않고 난황을 흡수하는 난황자치어를 거치는 것으로 나타났다. 이후 먹이 섭취가 가능한 전기자치어, 중기자치어, 후기자치어를 거쳐 부화 후 약 40일이 지나면 치어기로 이행하였다. 본 실험의 결과는 버들붕어과 어류에서 전반적으로 비슷하게 나타나는 산란 특성이다. 그러나 일부 다른 버들붕어과 종에서는 거품집에 수초 조각이나 모래를 섞는 등 다양하게 변형된 행동을 나타내기도 하는 것으로 알려져 있다. 따라서 어류의 종별 산란 행동을 포함한 생식적 특성을 더욱 명확하게 규명하기 위해서는 현재까지 밝혀지지 않은 어종의 연구 및 밝혀진 어종 간의 비교 연구가 필요할 것으로 판단된다.

▶ 교신저자 E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

2024년 한국수생태학회
하계 학술발표대회