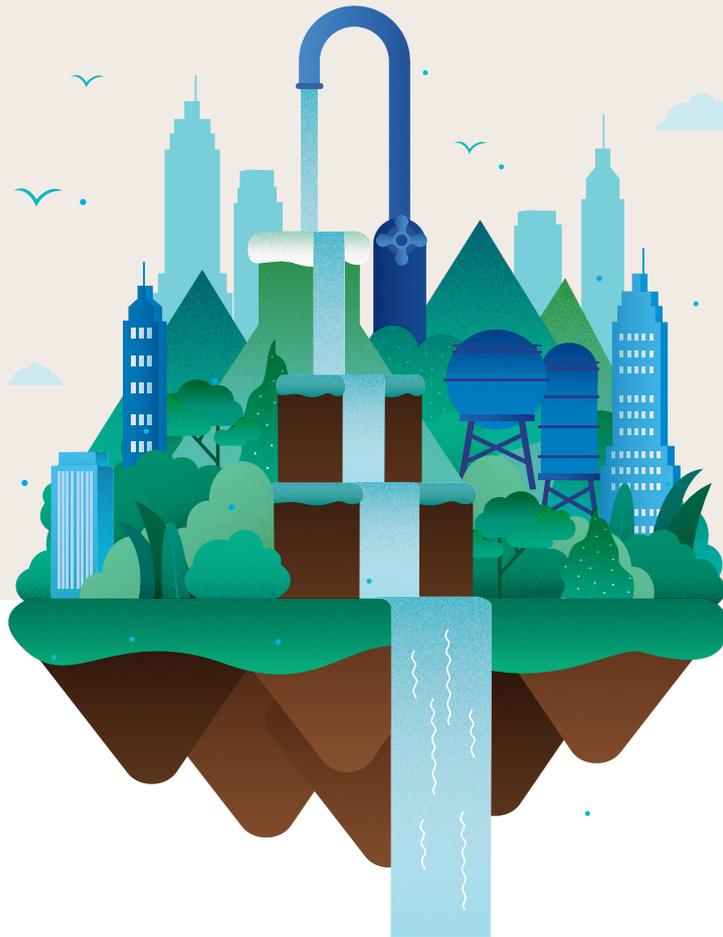


CNI세미나 2024-085

「2024년 금강수계 환경기초조사사업」 성과 발표회 자료집

일시 2024. 11. 14 **목** ~ 11. 15 **금**

장소 보령 베이스리조트 오서홀



주최  금강수계관리위원회

주관

 **충남연구원**
ChungNam Institute

 **CNGEC**

충남녹색환경지원센터

프로그램 일정

① 1일차 프로그램('24. 11. 14.(목))

시간	소요(분)	내 용	비 고
14:00 ~ 15:00	60'	등 록	
15:00 ~ 15:10	10'	개회 및 인사말씀	사회: 김영준 팀장 (충남녹색환경지원센터) 인사말씀: 오호진 과장 (금강수계관리위원회)
우수 연구사례 발표			
15:10 ~ 15:30	20'	드론을 활용한 수계 오염원조사 및 물환경 관리방안 연구	장선웅 대표이사 (주)아이랩기술개발
15:30 ~ 15:50	20'	오염 우심 호소 오염원 기초조사 및 관리방안 연구	김정희 대표이사 (주)에코리서치
15:50 ~ 16:10	20'	Coffee Break	
환경기초조사사업 전문가 포럼			
16:10 ~ 16:30	20'	금강 물관리 현황 분석 및 환기조사사업 연구주제 발굴	김영일 선임연구위원 (충남연구원)
16:30 ~ 16:50	20'	축산계 수질총량삭감을 위한 가축분뇨 고체연료화의 환경성 검토	어성욱 교수 (우송대학교)
16:50 ~ 18:00	70'	종합 토론 (환기조사사업 전문가포럼 위원)	좌장: 김영일 선임연구위원 (충남연구원)
18:00 ~ 20:00	120'	만찬 및 정보교류	
20:00 ~	-	자유시간 및 취침	

② 2일차 프로그램('24. 11. 15.(금))

시간	소요(분)	내 용	비 고
8:00 ~ 9:00	60'	조 식	베이스리조트 스카이라운지(10층)
9:00 ~ 9:10	10'	개 회	사회: 김영준 팀장 (충남녹색환경지원센터)
9:10 ~ 10:00	50'	금강권 녹색환경지원센터 연구성과 발표 및 담당자 간담회	
10:00 ~ 12:00	120'	보령 무궁화수목원 생태탐방	충남 보령시 성주면 성주산로 318-57
12:00 ~ 13:30	90'	중 식	
13:30 ~	-	종 료	

발표 및 토론자 명단

연번	구분	소 속	직 급	성 명	비고
1	우수과제 발표(2)	(주)아이렘기술개발	대표이사	장선웅	발표
2		(주)에코리서치	대표이사	김정희	발표
3	전문가 포럼	충남연구원	선임연구위원	김영일	좌장 및 발표
4		우송대학교	교수	어성욱	발표
5		충북대학교	교수	정세웅	토론
6		충북연구원	연구위원	김미경	
7		(주)휴먼플래닛	부사장	황현동	
8		금강유역환경청	과장	오호진	
9		금강물환경연구소	소장	민중혁	
10		한국수자원공사	부장	조주영	



우수 연구사례 발표



1

**드론을 활용한 수계
오염원조사 및 물환경
관리방안 연구**

**(주)아이렘기술개발
장 선 응 대표이사**

〈금강수계관리위원회〉

드론을 활용한 수계 오염원조사 및 물환경 관리방안 연구

2024. 11. 14.

주관연구기관



공동연구기관



Contents

- I. 연구의 배경 및 목표
- II. 연구 범위 및 방법
- III. 연구 수행 결과
- IV. 결론
- V. 활용방안 및 향후 계획

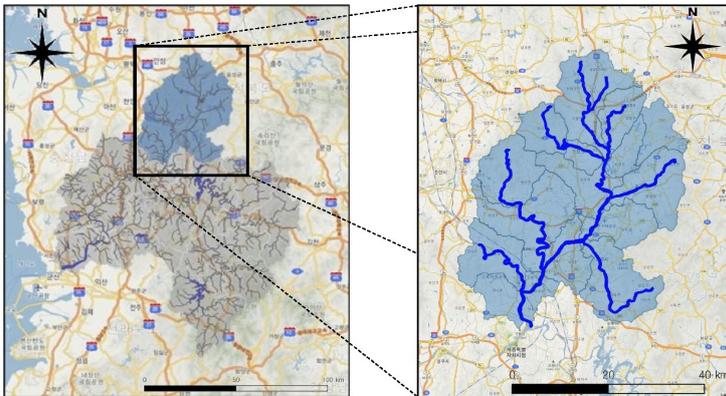
1. 연구의 배경 및 목표

1. 연구의 배경 및 목표

1. 연구 배경

▶ 연구 배경

- 미호강은 금강의 제 1지류로서 유역 면적 약 1,855.35km², 유로 연장 89.2km를 차지함.
- 비점오염부하의 약 91 ~ 95%가 토지계와 축산계에서 발생하고 있어 농업지역 오염원 관리 필요성이 높아짐.
- 기존 조사 방법의 한계를 극복하기 위해 4차 산업기술인 드론과 인공지능을 활용한 오염원의 탐지 및 관리 방안마련이 시급함.



<미호강 중권역 위치 및 하천도>



<비점오염원>

2. 연구 목표 및 추진 내용

“비점오염원 관리를 통한 금강수계 물환경 관리방안 도출”



하천에 오염물질 유입으로 인한 수질오염 유발

- 강우 시 도시, 농촌지역, 가축지역 등에서 우수와 함께 오염물질이 임의의 장소에서 유출되어 수질오염을 유발



비점오염원 실태 조사 현황

- 조사자가 하천 주변의 농지를 방문하여 위치, 규모, 불법 여부 등 현장 조사(육안 조사 및 실측)
- 조사자를 통한 기존의 조사는 넓은 범위의 농촌지역을 조사함으로써 인해 작업에 많은 인력, 시간, 비용이 소요



II. 연구 범위 및 방법

II. 연구 범위 및 방법

1. 연구 범위

▶ 연구 범위 설정

- 연구 대상 지역은 미호강 중권역의 하천들 중 금강 수질 조사 결과 BOD가 4ppm이상으로 측정된 하천.
- BOD가 4ppm이상으로 측정된 한천, 병천천, 무심천 중 무심천의 경우 청주국제공항과 공군비행장의 관계권에 위치해 있어 드론의 비행이 제한됨.
- 미호강 환경지킴이의 현장조사 결과 수질이 좋지 않은 칠장천, 당목천을 추가하여 본 과업의 연구대상지역은 **미호강 본류, 병천천, 한천, 당목천 및 칠장천**으로 선정.



〈연구대상지역의 드론 비행 관계권〉



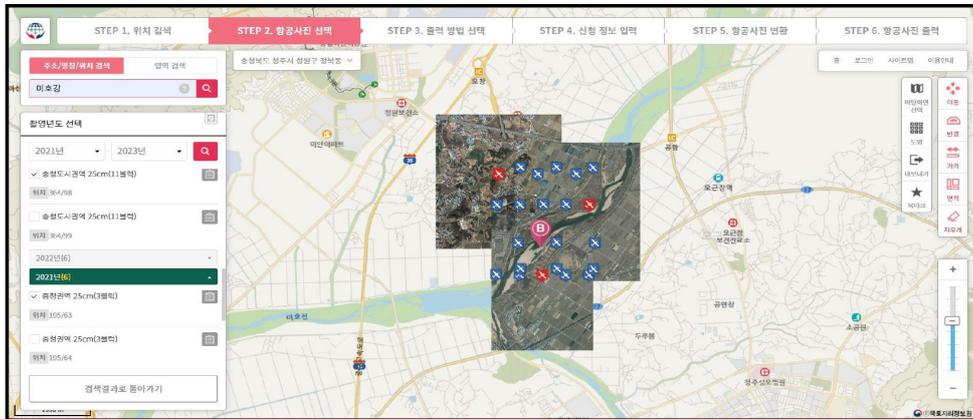
〈미호강 중권역 유역도 및 조사 대상하천〉

II. 연구 범위 및 방법

2. 미호강 중권역 베이스맵 작성

▶ 항공영상을 이용한 베이스맵 작성

- 국토정보플랫폼에서 제공하는 항공영상을 이용하여 미호강 중권역의 베이스맵 제작.
- 베이스맵 제작에 사용되는 영상은 중중복도 60%, 횡중복도 30% 이상으로 촬영하여 정사영상으로 제작된 영상.
- 오차를 최소화 하기 위해 위치별 가장 최선의 영상 이용.



〈국토정보플랫폼에서 제공된 항공영상을 이용하여 지리정보기반의 베이스맵 제작〉

3. 드론을 활용한 미호강 중권역 현황 조사

▶ 드론을 활용한 현황 조사

형상	제원
	Phantom 4 Pro V2.0 . 기체 형태 : 회전익 . 날개길이 : 350 mm . 최대비행시간 : ~ 30분 . 사진 해상도 : 2,000만 화소
	Mavic 2 Pro . 기체 형태 : 회전익 . 날개길이 : 1,160 mm . 최대비행시간 : ~ 30분 . 사진 해상도 : 2,000만 화소

- 비행경로 설정 및 촬영계획 수립
 - 드론 제어 소프트웨어를 이용하여 고도, 속도, 범위, GSD, 영상 중복도 등을 고려하여 수립.
- 촬영대상
 - 하천중심으로 하천을 따라 촬영하며 하천 주변 이용현황 및 비점오염원, 환경기초시설 조사.
- 조사결과 공유
 - **과업범위를 대상으로 계절별(3, 6, 9, 12월) 1회 촬영 수행 후 결과를 '2023 미호강 방치축분 상시감시'밴드에 공유.**

3. 드론을 활용한 미호강 중권역 현황 조사

▶ 드론을 활용한 촬영방법_시설물



〈시설물 전경 촬영〉

〈시설물 수직 촬영〉

- 시설물의 촬영
 - 시설물이 크기와 배치 등이 촬영될 수 있도록 사선으로 전경 촬영.
 - 시설물 중심위치의 상공에서 GPS 정보 획득을 위한 수직 촬영.
- 드론 촬영 고도
 - 시설물의 전경이 함께 담길 수 있는 고도로 약 120 ~ 150m 사이의 고도로 촬영함.

▶ 드론을 활용한 촬영방법_하천 동영상



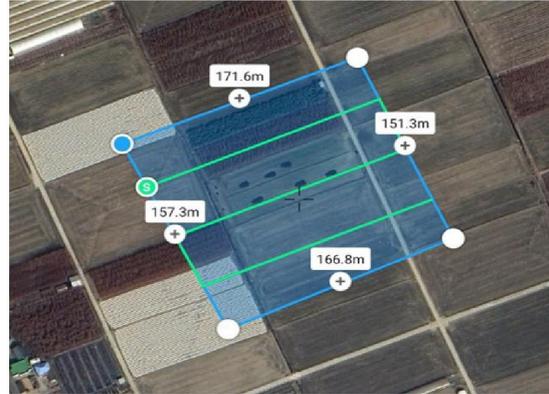
- 하천 동영상
 - 상류에서 하류 방향으로 연속성을 확보하도록 촬영.
 - 안전비행거리 2km간격으로 하천 모든 영역 촬영.
 - 하천의 폭에 따라 법적 허용 고도인 150m 내에서 유동적으로 촬영함.
 - 하천을 가로지르는 송전선에 유의하며 촬영.

3. 드론을 활용한 미호강 중권역 현황 조사

▶ 드론을 활용한 촬영방법_아적퇴비

〈무인비행장치 이용 공공측량 작업지침 중 촬영 중복도 기준〉

구분	평탄한 저지대	매칭점이 부족하거나 높이차가 있는 지역	높이차가 크거나, 고층 건물이 있는 지역
촬영 방향 중복도	65% 이상	75% 이상	85% 이상
인접 코스 중복도	60% 이상	70% 이상	80% 이상

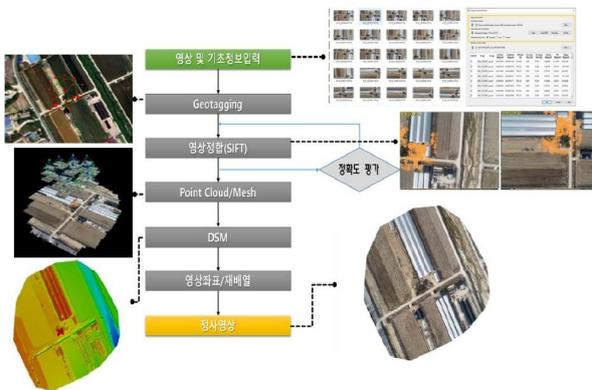


- 촬영 영상 중복도 설정
 - 하천, 들, 농경지, 건물 등으로 인해 지상의 높이 차가 발생하여 촬영 중복도는 촬영방향 75%, 인접코스 70% 이상으로 촬영.
 - 무인비행장치 이용 공공측량 작업지침 준수
- 드론 촬영 고도
 - 데이터셋의 다양성을 확보하기 위해 100, 125, 150m의 고도로 촬영함.

3. 드론을 활용한 미호강 중권역 현황 조사

▶ 드론 촬영 영상 전처리

- 인공지능 탐지모델에 학습데이터셋 및 분석에 이용하기 위해 정사영상 제작.
- 영상의 표정요소를 토대로 각 영상들 간의 특징점을 이용하여 영상을 매칭하여 정사영상 및 수치표면모델(DSM) 생성.
- 전처리 과정을 통해 생성된 정사영상을 영상처리 프로그램이 제공하는 평가 기준으로 정사영상의 품질 평가 수행.



〈드론을 이용한 공간이미지 취득 및 정사영상 제작 과정〉

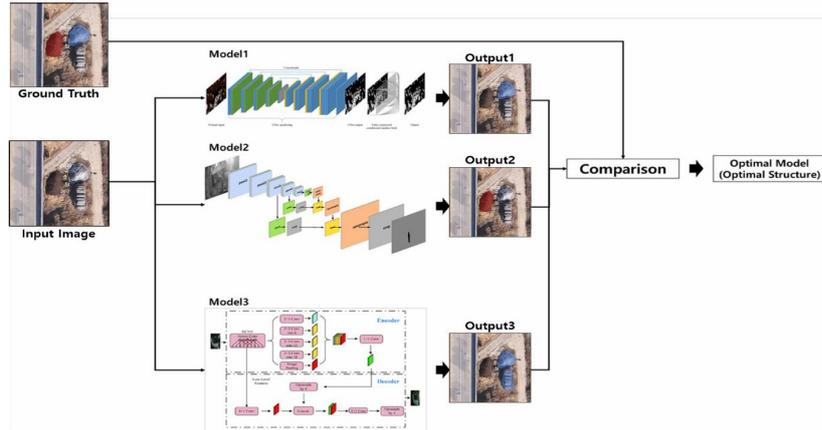
〈정사영상의 품질 평가 기준(Pix4D, 2020)〉

항목	기준
Image	. Image Scale > 1/4: More than 10,000 keypoints have been extracted per image. . Image Scale ≤ 1/4: More than 1,000 keypoints have been extracted per image.
Dataset	. More than 95% of enabled images are calibrated in one block.
Camera Calibration	. The percentage of difference between initial and optimized focal length is less than 5%.
Matching	. Image Scale > 1/4: More than 1,000 matches have been computed per calibrated image. . Image Scale ≤ 1/4: More than 100 matches have been computed per calibrated image.

4. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 오염원 탐지모델의 구현

- 현재 활용되는 객체 탐지모델 중 성능과 속도에서 우수한 성적을 보이는 SOTA모델 중 하나인 YOLOv8 기반으로 개발.
- 드론영상을 이용한 정사영상에서 야적퇴비를 라벨링 하여 데이터셋 구축.
- 자체 구축한 야적퇴비 데이터셋을 활용하여 학습 가중치를 생성하고 탐지 수행.

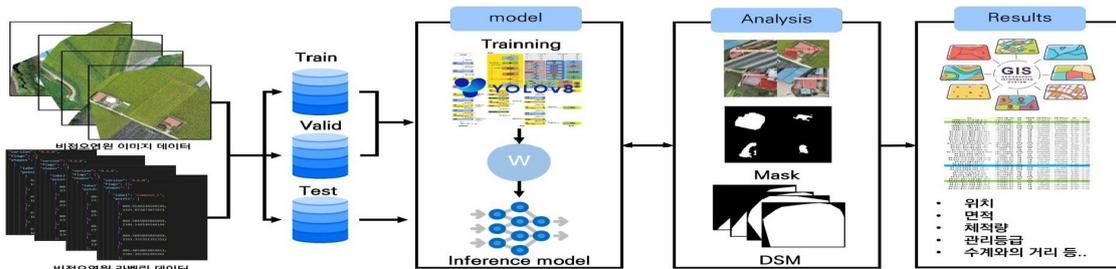


〈최적 심층신경망 구조 탐색 과정〉

4. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 오염원 탐지를 위한 심층신경망 설계 및 구현

- 지속적인 모델 개선 및 가중치 미세조정으로 안정적인 탐지 수행 능력 보장.
- 개발된 탐지모델에서 제공하는 기능
 - 산출된 이미지 내 야적퇴비의 면적과 지상표본거리(GSD)를 활용한 실세계 야적퇴비의 추정 면적.
 - 추정면적 값과 수치표면모델(DSM)을 활용한 야적퇴비의 체적량 산정.
 - 탐지 객체의 정확한 지리적 위치 좌표.
 - 야적퇴비의 덮개 유무에 따른 관리 상태.

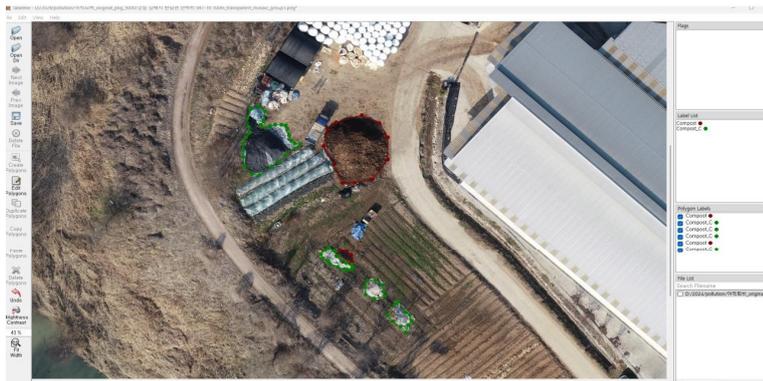


〈딥러닝 기반 비점오염원 탐지 시스템 모식도〉

4. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 야적퇴비 탐지모델의 입력 데이터

- 드론영상을 이용하여 제작된 정사영상 타일이미지는 모델의 주요 입력 데이터로 활용.
 - Geotiff 형식의 지리적 위치 및 특성 정보를 포함하는 이미지 파일.
- YOLO txt 형식의 라벨데이터.
 - 야적퇴비의 관리상태 산출을 위해 덮개가 있는 야적퇴비와 덮개가 없는 야적퇴비, 두 개의 클래스로 구분하여 라벨링.



<야적퇴비 라벨링 가공 작업>



<정사영상 타일 이미지>

클래스	클래스 명	내용
01	Compost	덮개가 없는 야적퇴비
02	Compost_C	덮개가 있는 야적퇴비

<라벨링 클래스 정의>

4. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

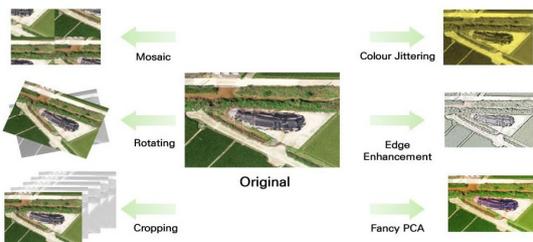
▶ 야적퇴비 탐지를 위한 최적화

☑ 데이터 불균형 문제 해소 및 일반화 성능 개선

- Compost_C 이미지가 Compost 이미지에 비해 수량이 부족하여 Compost_C 이미지를 데이터 증강 기법 적용을 통해 데이터 불균형 해소.
- 제한된 인스턴스의 수를 확장하여 학습의 효과 및 안정성 개선.

※ 데이터 증강 기법

- 이미지를 상하좌우로 뒤집기, 크기를 조정하여 저차원, 고차원 특징에 집중하게 하기, 색조, 채도, 밝기를 조정하여 색채 정보를 특징으로 삼기, 합성, 모자이크, 투시 등 다양한 기법을 적용하여 데이터의 양을 확대시키는 기법.



<데이터 증강 기법 사례>

```

hsv_h: 0.015 # image HSV-Hue augmentation (fraction)
hsv_s: 0.7 # image HSV-Saturation augmentation (fraction)
hsv_v: 0.4 # image HSV-Value augmentation (fraction)
degrees: 0.4 # image rotation (+/- deg)
translate: 0.3 # image translation (+/- fraction)
scale: 0.5 # image scale (+/- gain)
shear: 0.01 # image shear (+/- deg) from -0.5 to 0.5
flipud: 0.7 # image flip up-down (probability)
fliplr: 0.5 # image flip left-right (probability)
mosaic: 0.3 # image mosaic (probability)
mixup: 0.5 # image mixup (probability)
    
```

<Yaml 파일 수정 및 데이터 증강 기법 적용률>

4. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 야적퇴비 관리 등급 평가

- 야적퇴비 덮개 유무에 따라 관리 등급을 평가하도록 탐지모델 개발.

등급	설명
양호	- 전체 면적에 대해 덮개가 온전히 덮여있는 경우 - 전체 면적 중 95% 이상 덮개로 덮여있는 경우
미흡	- 한 개의 객체에 대해 덮개가 벗겨지거나 일부만 있는 경우 - 한 개의 객체에 대해 덮개로 덮인 부분과 아닌 부분이 구분되는 경우
부적절	- 덮개로 덮이지 않고 완전히 드러난 경우 - 전체 면적 중 95% 이상 덮개가 없는 경우

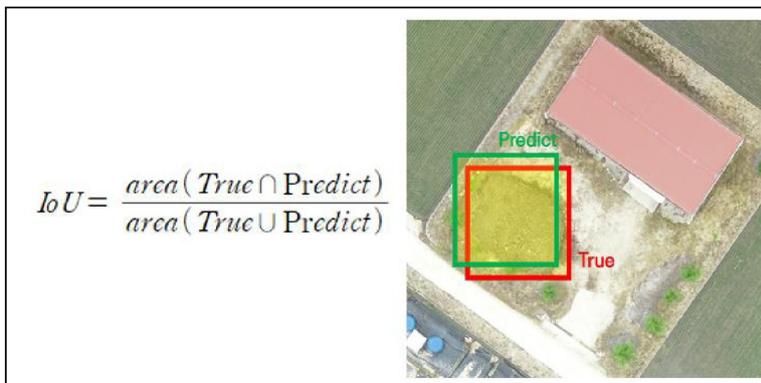


〈야적퇴비 덮개 상태에 따른 관리 등급 예시〉

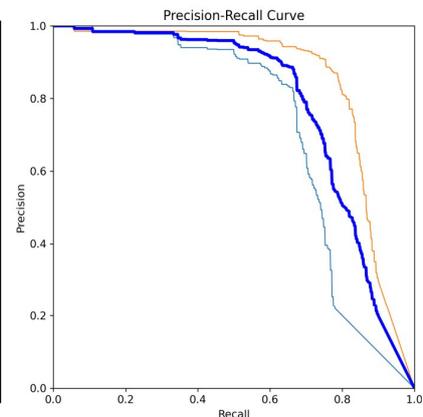
4. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 야적퇴비 탐지모델의 성능 평가

- 모델이 예측한 각 야적퇴비 객체에 대해 IoU를 계산하여 실제 객체와의 정확한 일치도 계산.
- Precision(정밀도)과 Recall(재현율) 값을 이용하여 Average Precision(AP)를 산출.
- 최종적으로 모든 클래스에 대한 AP 값의 평균을 구하여 mAP 산출.



〈IoU 산출 방법〉

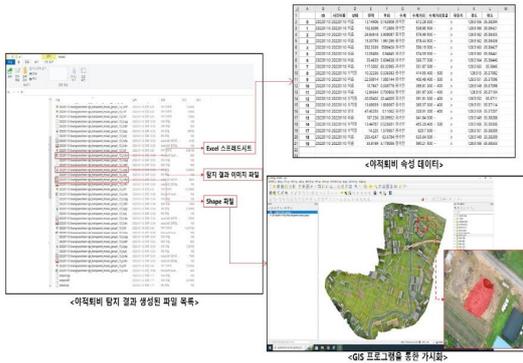


〈Precision-Recall Curve〉

5. 드론 영상 DB 및 수계 내 오염원 인벤토리 구축 및 영상 제작

▶ DB 구축 및 영상물 제작

- 드론 영상에서 탐지된 객체의 위치정보를 활용하여 포인트 기반의 GIS 공간자료로 변환.
- 조사결과를 GIS-DB에 활용하기 위해 GeoJSON, CSV, Excel 스프레드시트 형태로 결과를 저장.
- 탐지된 정보를 활용하여 속성정보에 이미징명, 오염원 타입, 중심 위치, 면적 등을 GeoDB 형식으로 저장.
- 드론 촬영 영상을 이용하여 주요 유입 지류 대상 기초시설 정보제공을 위한 홍보, 교육 영상물 제작.



〈오염원 위치정보를 활용하여 DB 구축 예시〉



〈영상 제작 사례〉

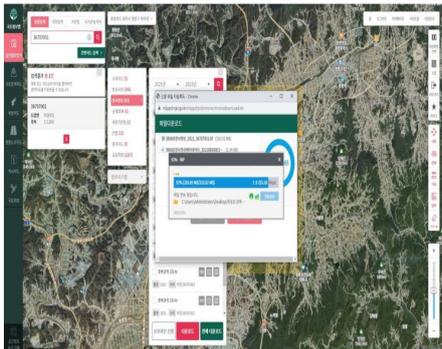
III. 연구 수행 결과

III. 연구 수행 결과

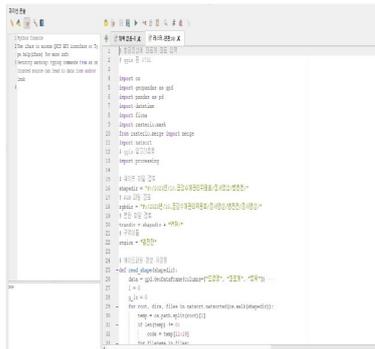
1. 미호강 중권역 베이스맵 작성

▶ 항공영상을 이용한 베이스맵 작성

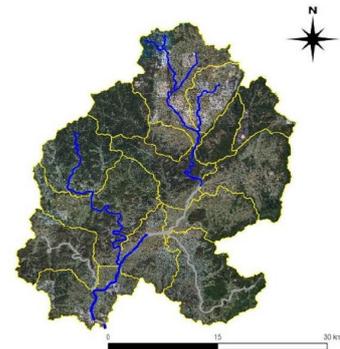
- 국토지리정보원의 국토정보플랫폼에서 제공하는 정사영상 및 수치지도 활용.
- 공간해상도 25cm, 촬영 축척 1:5000 영상 사용.
- 각각의 정사영상들을 병합하여 일정 좌표계에 따른 위치정보를 포함한 Tiff 형식의 베이스맵 제작.
- 베이스맵 제작에 사용된 정사영상의 수: 300장, 제작된 베이스맵의 용량: 약 90Gb.



〈국토정보플랫폼에서 제공된 항공영상을 이용하여 베이스맵 제작〉



〈좌표를 변환하여 정사영상에 변환 및 입력〉



〈제작된 미호강 중권역의 베이스맵.〉

III. 연구 수행 결과

2. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 탐지 객체 분석 결과 데이터 형식

- 모델 출력 자료
 - Excel 스프레드 형식: 탐지된 야적퇴비의 주소, 관리상태, 면적, 체적량, 경도, 위도
 - Shape 파일 형식: 탐지 객체의 이미지
- 면적, 체적량, 위치좌표, 관리등급으로 해당 지역의 관리 실태 파악 가능.
- 오염원별 분포 현황 지도 제작에 활용 가능.

컬럼명	설 명
Area	탐지된 비점오염원 객체의 면적(m ²)
Volume	탐지된 비점오염원 객체의 체적량(m ³)
Management Status	탐지된 비점오염원 객체의 관리등급 (양호/미흡/부적절)
Longitude, Latitude	비점오염원 객체의 위경도 좌표



수계	상태	오염상태	모델 면적(m ²)	모델 체적(m ³)	경도	위도
미호강	양호	양호	95.139	147.692	36.54	127.29
미호강	양호	양호	121.706	99.559	36.57	127.31
미호강	부적절	부적절	91.577	73.373	36.55	127.30
미호강	부적절	부적절	83.043	51.286	36.56	127.31
미호강	미흡	미흡	76.741	54.536	36.56	127.30
봉천천	양호	양호	126.229	220.003	36.78	127.29
봉천천	양호	양호	180.672	284.553	36.78	127.28
봉천천	미흡	미흡	74.006	86.532	36.76	127.28
봉천천	양호	양호	190.109	262.373	36.78	127.28
봉천천	양호	양호	121.298	214.210	36.78	127.28
봉천천	양호	양호	27.454	58.085	36.76	127.30
봉천천	부적절	부적절	56.782	46.844	36.73	127.32
봉천천	양호	양호	62.126	39.212	36.69	127.27
봉천천	부적절	부적절	12.995	11.448	36.64	127.27
봉천천	양호	양호	82.041	101.289	36.80	127.27
봉천천	미흡	양호	63.475	152.216	36.79	127.26
봉천천	부적절	부적절	65.925	70.168	36.76	127.25
금강	양호	양호	112.883	74.295	36.97	127.55
금강	양호	양호	150.109	227.302	36.98	127.48
미호강	미흡	부적절	504.621	1702.411	36.95	127.48
미호강	미흡	미흡	1176.415	3901.383	36.95	127.48
양천	미흡	양호	27.882	12.921	36.93	127.94

〈야적퇴비 모델의 탐지 객체 산출 정보〉

〈탐지 모델의 산출 결과〉

2. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 탐지 사례

- 클래스 구분을 Compost_C (덮개 있음), Compost(덮개 없음).
- 야적퇴비 관리 상태를 양호, 미흡, 부적절로 구분되어 관리 등급 파악 가능.
- 한 개의 객체에서 덮개 있음으로 탐지되는 경우 양호, 두가지 클래스가 모두 탐지될 경우 미흡, 덮개 없음으로 탐지되는 경우 부적절로 판단.



〈야적퇴비 실제 탐지 사례_양호〉

〈야적퇴비 실제 탐지 사례_미흡〉

〈야적퇴비 실제 탐지 사례_부적절〉

2. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

▶ 탐지 모델의 성능 평가

- mAP(mean Average Precision)를 이용한 성능 평가 결과 IoU 임계값 0.5기준 mAP 0.783.
- 개발된 야적퇴비 탐지모델의 평가 결과는 특정 조건에 대한 높은 탐지 정확성을 가지고 있음을 시사함.
- 야적퇴비의 질감 색상, 형태를 다양하게 학습하여 다양한 배경에서의 탐지 가능.

Class	Compost AP	Compost_C AP	IoU 0.5 기준 mAP	Accuracy
Value	0.718	0.849	0.783	0.931

〈야적퇴비 탐지모델 성능 평가 지표〉

▶ 보완점 및 향후 대응 방안

- 소수의 경우 과소추정, 미탐지 및 오탐지 결과를 산출발생.
- 향후 지속적인 학습 데이터셋의 질적, 양적 추가 확보.
- 탐지모델의 재학습 및 성능평가 수행.



〈탐지모델 결과 오탐지와 미탐지 사례〉

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 과업대상지역 선행 조사

- 선행 조사 일시: 2023년 5월 23일 ~ 24일.
- 선행 조사 목적: 본 과업 수행 전 과업대상지역의 타당성 검증 및 우심지역 파악.
- 선행 조사 장소: 미호강 중권역(드론비행 불가지역인 무심천 구간은 조사대상에서 제외).
- 선행 조사 결과: 미호강, 병천천, 한천 순으로 오염원 집중 분포.
- 과업 대상 지역: 미호강 본류, 병천천, 한천 및 수질관리 대상인 칠장천, 당목천.



〈미호강 권역에 분포하는 오염원 및 환경기초시설 종류〉



〈선행 조사 하천〉

		미호강 (분류)	한천	보강천	병천천	조천	노장천	성암천
비점 오염원	축사	58	36	10	37	3	-	-
	야적 퇴비	22	3	1	14	3	-	-
	축사 퇴비	5	3	1	6	-	-	-
환경 기초시설	폐수 처리시설	4	-	-	1	-	-	-
	하수 처리시설	1	-	-	-	-	-	-

〈과업 대상 지역 선정을 위한 선행 조사 결과〉

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 6월 정기 드론 조사



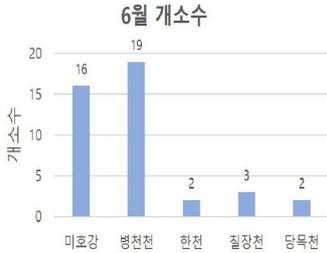
〈6월 퇴비 분포 결과〉

- 조사 일시: 2023년 6월 19일 ~ 20일, 22일 ~ 23일.
- 조사 목적: 과업대상 지역에 대한 비점오염원 및 점오염원 현황파악.
〈6월 조사 결과 및 5월 조사 대비 증감〉

구분		미호강	병천천	한천	칠장천	당목천
합계		145	68	46	28	10
비점오염원	소계	16	19	2	3	2
	야적퇴비	12(-10)	17(+3)	1(-2)	2	2
	축사 퇴비	4(-1)	2(-4)	1(-2)	1	-
환경기초시설	소계	129	49	44	25	8
	축사	106	28	36	20	5
	공장	8	16	6	1	3
	하수처리시설	4	1	-	-	-
	폐수처리시설	3	2	1	4	-
	배수장	4	2	1	-	-
	양수장	1	-	-	-	-
	액비저장시설	1	-	-	-	-
분뇨처리시설	2	-	-	-	-	

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 6월 정기 드론 조사



- 미호강의 퇴비 개소수가 병천천에 비해 적음에도 총 체적량에서 차이를 보이는 이유는 미호강의 대형 비료 공장 1개소에서 5,000m³ 이상의 많은 양을 적재하고 있기 때문에 나타난 결과로 추정

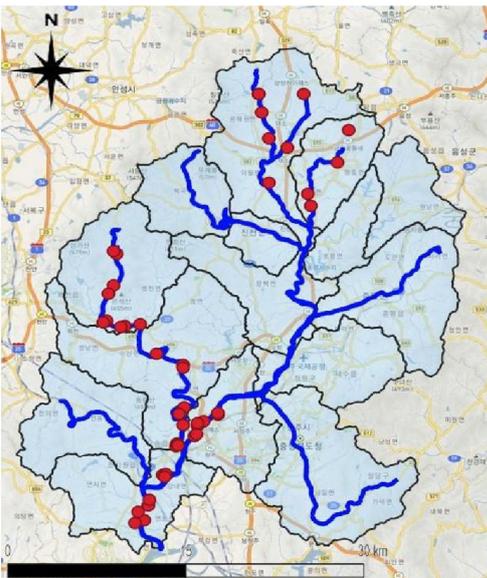


〈충북 음성군 오태로 116번길 251-31, 5,373.43 m³〉

		미호강	병천천	한천	칠장천, 당목천
퇴비 발견 개소수		16	19	2	5
축사 개소수		106	28	36	25
관리상태	양호	3	6	-	1
	미흡	10	7	2	3
	부적절	3	6	-	1

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 9월 정기 드론 조사



〈9월 퇴비 분포 결과〉

- 조사 일시: 2023년 9월 12일 ~ 14일.
- 조사 목적: 과업대상 지역에 대한 비점오염원 및 점오염원 현황파악.
(9월 조사 결과 및 6월 조사 대비 증감)

구분	미호강	병천천	한천	칠장천	당목천	
합계	158	68	56	27	8	
비점오염원	소계	19	20	4	3	-
	야적퇴비	11(-1)	19(+2)	1(-)	1(-1)	-(-2)
	축사 퇴비	8(+4)	1(-1)	3(+2)	2(+1)	-(-)
환경기초시설	소계	139	48	52	24	8
	축사	105	27	39	19	5
	공장	8	16	6	1	3
	하수처리시설	14	1	2	-	-
	폐수처리시설	4	2	4	4	-
	배수장	4	2	1	-	-
	양수장	1	-	-	-	-
	액비저장시설	1	-	-	-	-
분뇨처리시설	2	-	-	-	-	

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 9월 정기 드론 조사

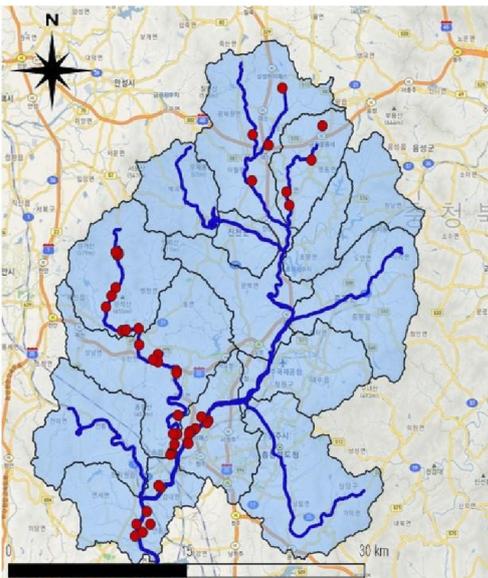


- 미호강 19개소, 병천천 20개소, 한천 4개소, 칠장천 3개소, 당목천 0개소의 퇴비 조사됨.
- 미호강, 병천천, 한천에서 6월 조사에 비해 개소수가 증가함.
- 미호강과 병천천의 체적량 차이는 6월과 같이 대형 비료 공장의 영향으로 나타난 결과임.

		미호강	병천천	한천	칠장천, 당목천
신규 발견 개소수		6	4	2	1
사용 추정 개소수		3	3	-	3
축사 개소수		105	27	39	24
관리상태	양호	6	12	2	1
	미흡	8	2	2	-
	부적절	5	6	-	2

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 12월 정기 드론 조사



<12월 퇴비 분포 결과>

- 조사 일시: 2023년 12월 5일 ~ 7일, 18 ~ 19일, 26 ~ 27일.
- 조사 목적: 과업대상 지역에 대한 비점오염원 및 점오염원 현황파악.
(12월 조사 결과 및 9월 조사 대비 증감)

구분		미호강	병천천	한천	칠장천	당목천
합계		187	93	66	29	8
비점오염원	소계	19	32	4	1	-
	야적퇴비	10(-1)	28(+9)	1(-)	1(-)	-(-)
	축사 퇴비	9(+1)	4(+3)	3(-)	-(-2)	-(-)
환경기초시설	소계	168	61	62	28	8
	축사	134	40	49	23	5
	공장	8	16	6	1	3
	하수처리시설	14	1	2	-	-
	폐수처리시설	4	2	4	4	-
	배수장	4	2	1	-	-
	양수장	1	-	-	-	-
	액비저장시설	1	-	-	-	-
분뇨처리시설	2	-	-	-	-	

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 12월 정기 드론 조사

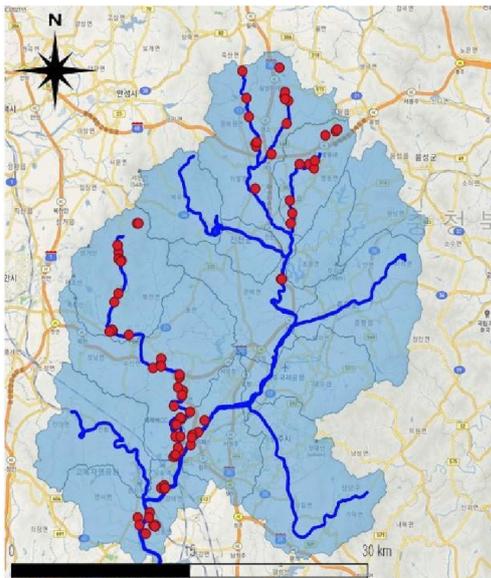


- 미호강 19개소, 병천천 32개소, 한천 4개소, 칠장천 1개소, 당목천 0개소 조사됨.
- 병천천 유역에서 퇴비가 12개소 증가하였으며 그 외의 하천에서는 증가하지 않음.
- 칠장천유역에서 2개소 감소하는 모습을 보였으며, 당목천유역은 12월 조사에서도 퇴비가 발견되지 않음.

		미호강	병천천	한천	칠장천, 당목천
신규 발견 개소수		4	16	-	-
사용 추정 개소수		4	4	-	2
측사 개소수		134	40	49	28
관리상태	양호	6	5	1	-
	미흡	4	14	2	-
	부적절	9	13	1	1

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 3월 정기 드론 조사



<3월 퇴비 분포 결과>

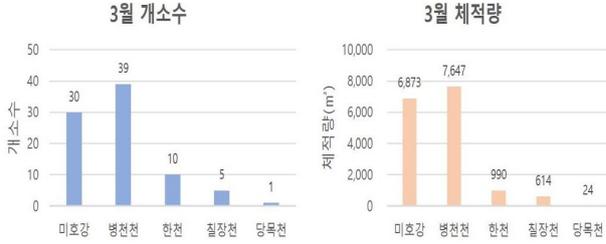
- 조사 일시: 2024년 3월 5일 ~ 6일, 11 ~ 13일.
- 조사 목적: 과업대상 지역에 대한 비점오염원 및 점오염원 현황파악.
(3월 조사 결과 및 12월 조사 대비 증감)

구분		미호강	병천천	한천	칠장천	당목천
합계		198	111	72	33	9
비점오염원	소계	30	39	10	5	1
	야적퇴비	19(+9)	33(+5)	4(+3)	3(+2)	1(+1)
	측사 퇴비	11(+2)	6(+2)	6(+3)	2(+2)	-(-)
환경기초시설	소계	168	72	62	28	8
	측사	134	51	49	23	5
	공장	8	16	6	1	3
	하수처리시설	14	1	2	-	-
	폐수처리시설	4	2	4	4	-
	배수장	4	2	1	-	-
	양수장	1	-	-	-	-
	액비저장시설	1	-	-	-	-
분뇨처리시설	2	-	-	-	-	

III. 연구 수행 결과

3. 드론 영상 촬영을 통한 현황 조사

▶ 3월 정기 드론 조사



- 미호강 30개소, 병천천 39개소, 한천 10개소, 칠장천 5개소, 당목천 1개소 조사됨.
- 모든 조사 대상 하천에서 개소수가 큰 폭으로 증가함. 특히 미호강 유역에서 퇴비가 11개소, 병천천 유역에서 7개소 증가하였으며 총 체적량도 12월 조사 결과의 2배 이상으로 증가함.
- 봄철이 되어 시비시기가 가까워져 대규모로 퇴비를 이동하고 준비하는 것으로 추정됨.

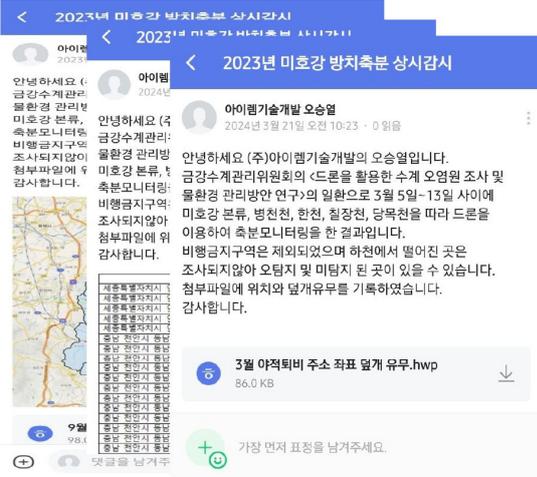
	미호강	병천천	한천	칠장천, 당목천	
신규 발견 개소수	15	18	6	5	
사용 추정 개소수	4	11	-	-	
총사 개소수	134	51	49	28	
관리상태	양호	10	3	-	
	미흡	8	10	-	2
	부적절	12	16	7	4

III. 연구 수행 결과

4. 조사결과 정보 제공

▶ 조사결과 공유 및 사후 조치

- 정기 드론 조사결과 분석즉시 '2023 미호강 방치축분 상시감시 밴드' 에 정보 공유.
- 환경지킴이의 계도 및 덮개 조치.



<조사 결과 공유(2023년 미호강 방치축분 상시감시 밴드)>



<환경지킴이 계도 결과 덮개 설치 완료>

4. 조사결과 정보 제공

▶ 하천 유입 토출구 조사 및 정보 공유

- 드론을 활용한 토출구 목시조사
- 조사 결과를 '2023 미호강 방치축분 상시감시 밴드' 에 공유.
- 전선주, 전선 등의 장애물로부터 안전이 확보된 구역에서 실시.
- 평시에는 탁수가 관찰되지 않았으며 물이 흐르지 않는 곳이 많음.



〈토출구 목시조사 지점〉



〈토출구 목시조사 촬영〉

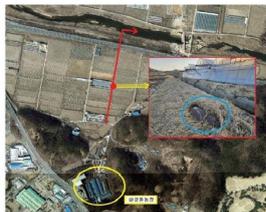
4. 조사결과 정보 제공

▶ 토출구 조사결과 공유 및 사후 조치

- 3월 토출구 조사결과, 3월 6일 12시 30분 병천천 유역 토출구에서 오수 유입 확인.
- 조사 결과 '2023 미호강 방치축분 상시감시 밴드' 에 공유.
- 금강유역환경청, 천안시의 현장 검증 및 조치
- 소재지: 충남 천안시 동남구 성남면 화성리 102(마글론농장) 일원.



〈토출구 오수 유입 현장 정보 공유〉



〈농장 정화처리수 연결관 일부 파손 확인〉



〈방류수 시료채취〉



〈오염수 농수로 유출 확인〉



〈정화처리수 진행 방향〉



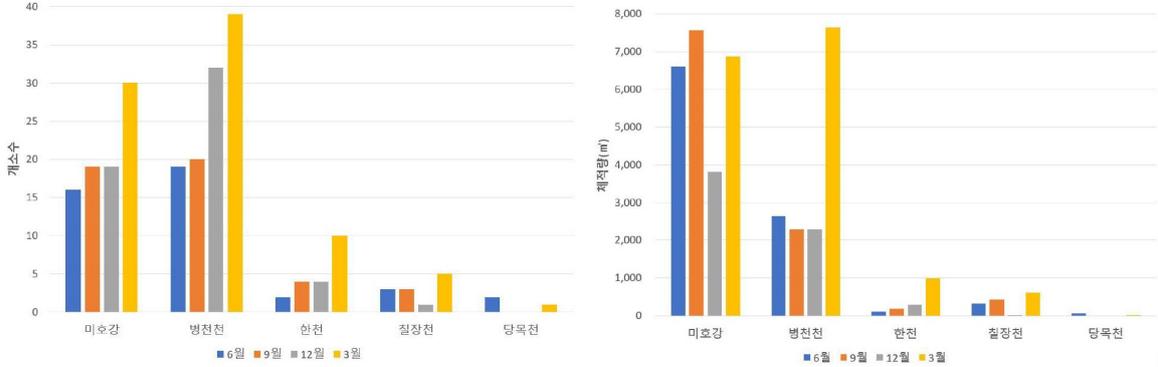
〈파손부분 조치완료(3월 8일 11시)〉



〈인근 농수로 유출없음 확인〉

5. 미호강 중권역 퇴비현황 변화

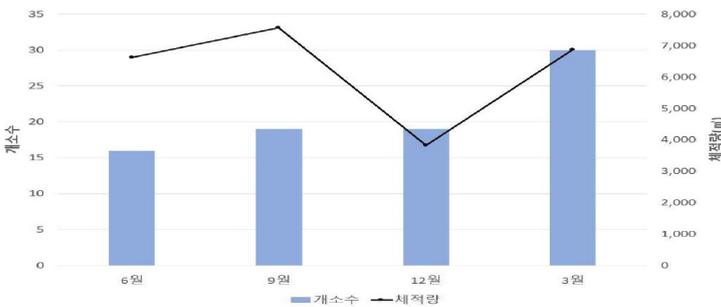
▶ 미호강 중권역의 1년간 아적퇴비 변화 양상



- 미호강은 9월과 12월에 퇴비의 개소수 변화가 없으나 체적량 급감. 대형 공장에서 관리 중인 퇴비의 적재량변화에 의한 영향임.
- 3월 미호강 퇴비의 개소수와 총 체적량 큰 폭으로 증가.
- 병천천은 6월부터 3월까지 개소수가 꾸준히 증가. 총 체적량은 변화를 보이지 않다가 3월에 개소수와 함께 대폭 증가.
- 각 하천변에서 봄철에 시비시기가 다가와 퇴비를 준비하는 것으로 추정됨.
- 한천, 칠장천, 당목천 역시 미호강, 병천천과 유사한 경향성을 보이거나 표본의 개소가 매우 작음.

5. 미호강 중권역 퇴비현황 변화

▶ 미호강 아적퇴비 변화 양상



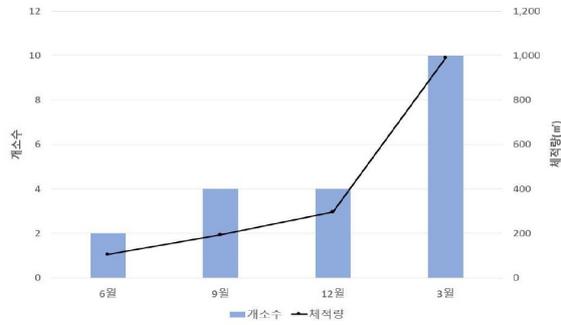
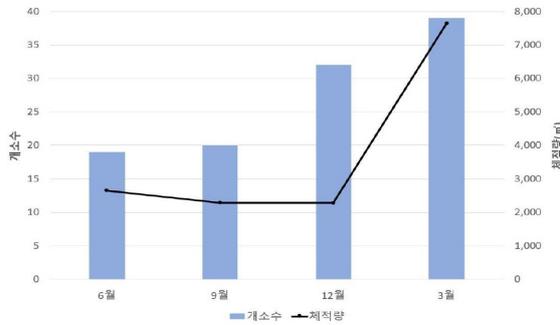
면적 (m²)	체적량 (m³)	상태	면적 (m²)	체적량 (m³)	상태	면적 (m²)	체적량 (m³)	상태	면적 (m²)	체적량 (m³)	상태
1,800.25	5,379.76	미용	2,523.61	6,172.92	미용	1,295.58	2,613.05	부적절	1,826.12	4,443.5	미용

<충북 음성군 대소면 오태로 116번길 251-34>

- 미호강은 6월부터 3월까지 개소수 증가.
- 9월에서 12월 사이 총 체적량 급감.
- 충북 음성군 대소면 오태로 116번길 251-34에 위치한 대형 비료 공장에 적재된 퇴비의 대량 이동으로 12월 총 체적량에 영향을 미침.
- 시비 등의 퇴비 사용에 의한 체적량 감소로 보기 어려움.
- 3월 조사 결과, 봄철에 시비시기를 맞아 준비하는 과정에서 미호강 전역의 퇴비 개소수와 총 체적량이 급증한 것으로 보임.
- 차후 조사 시기인 6월 조사 결과에 따라 봄철 퇴비 사용 양상을 추론할 수 있을 것으로 판단됨.

5. 미호강 중권역 퇴비현황 변화

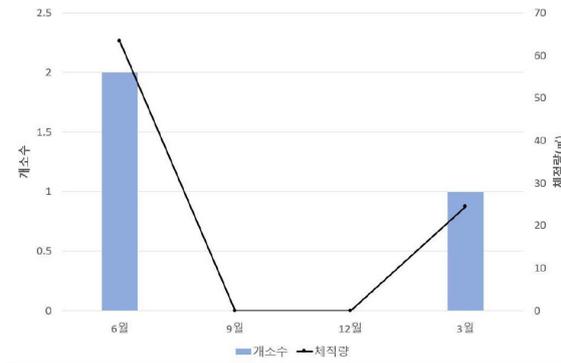
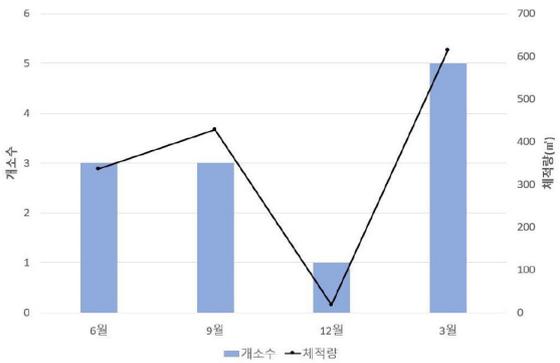
▶ 병천천, 한천의 아적퇴비 변화 양상



- 병천천의 퇴비 개소수는 연중 꾸준히 증가하는 추세를 보임. 총 체적량은 6월부터 12월까지 변화가 관찰되지 않음.
- 병천천은 3월 조사에서 퇴비의 개소수와 총 체적량이 크게 증가하였으며 다른 하천에 비해 증가폭이 크게 나타남.
- 한천의 경우 역시 퇴비의 개소수와 체적량 모두 연중 변화가 크지 않았으나 3월 조사 결과 개소수와 체적량이 크게 증가함.
- 봄철에 집중적으로 시비하는 것으로 추정됨.

5. 미호강 중권역 퇴비현황 변화

▶ 칠장천, 당목천의 아적퇴비 변화 양상



- 칠장천에서 12월 체적량의 큰 변화가 조사되었으나 미호강과 같은 이유인 축사에 적재되는 퇴비의 이동이 원인인 것으로 나타남.
- 칠장천과 당목천 모두 다른 하천과 같이 봄철에 시비를 하기 위해 개소수와 체적량이 늘어나는 것으로 보이나 표본의 개수가 매우 작아 경향성을 판단하기에는 두 하천 모두 한계를 보임

5. 미호강 중권역 퇴비현황 변화

▶ 미호강 중권역 퇴비 관리 유형



- 미호강 중권역 조사 결과 퇴비 보관 유형은 크게 세가지로 관리되고 있음.
 - A: 비가림막이 설치되어 보관되는 유형, B: 축사 자체에서 보관하는 유형, C: 야적퇴비.
- A와 같은 형태의 퇴비 보관은 오염에 대한 우려가 가장 적어 양호한 방법이라 할 수 있으며 덮개설치 등의 부담을 덜어 관리에도 편의를 줌. 드론을 이용한 항공촬영으로 직접적으로 퇴비를 탐지 할 수 없으며 오염원 조사 대상이 되지 않을 것으로 판단됨.
- B와 같은 형태의 경우 개인사유지이며 담장으로 둘러싸여있는 곳이 많아 환경지킴이 등 조사원의 직접 확인함에 한계가 있으나 드론을 활용할 경우 관리상태 및 적재량을 파악할 수 있어 본 과업 수행 방법은 타당해 보이며 향후 축사에서 적재할 경우 비가림막 등의 설치 계도가 이루어져야 할 필요가 있음.
- C와 같은 야적퇴비는 일반적으로 시비의 시기까지 위치의 이동이 없는 곳이 많음. 따라서 농장주 등 관리자에 의한 관리가 용이함. 따라서 주기적인 항공촬영으로 변화량 및 관리상태를 신속히 파악하여 현장계도가 이루어짐으로 오염원의 하천유입을 사전 차단할 수 있을 것으로 보임.

6. 탐지결과 가시화 및 시계열 변화 결과 산출

▶ 드론 네비게이터

- ㈜아이렘기술개발에서 자체 개발된 드론 네비게이터 시스템을 이용하여 조사된 데이터의 지리적 표출.
- 과업 영역 전체의 하천변 동영상 확인이 가능하며 비점오염원, 환경기초시설의 분포 및 속성정보와 변화양상 확인 가능.



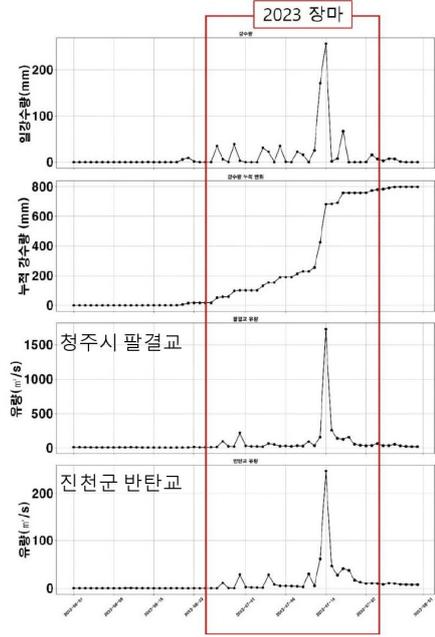
7. 부유쓰레기 탐지

기상이벤트 발생 후 부유쓰레기 탐지(2023 장마 후)

- 조사 일시: 2023년 7월 19일 ~ 20일.
- 조사 목적: 장마 내습 시에 발생하는 부유쓰레기 및 재해쓰레기 탐지 및 발생량 추정.
- 조사 장소: 미호강 본류, 한천, 병천천, 당목천 및 칠장천 등 전체 과업구간.
- 현장 조사 결과 부유쓰레기 및 쓰레기 집적구간 없음.
- 2023년 장마는 6월 25일부터 7월 26일까지였으며 누적강수량 역대 1위를 기록하였음. 청주시의 경우 30년간 평균 누적강수량의 2배를 기록함.
- 따라서, 단기간에 집중적인 폭우로 인해 늘어난 유량에 의해 쓰레기가 집적되지 않고 모두 하구역으로 쓸려 내려갔을 것으로 추정됨.



〈드론을 활용하여 연구대상지역 전구간의 부유쓰레기 및 집적쓰레기 모니터링 실시〉



7. 부유쓰레기 탐지

기상이벤트 발생 후 부유쓰레기 탐지(2023 태풍 카눈 내습 후)

- 조사 일시: 2023년 8월 16일 ~ 18일.
- 조사 목적: 태풍의 내습 시에 발생하는 부유쓰레기 및 재해쓰레기 탐지 및 발생량 추정.
- 조사 장소: 미호강 본류, 한천, 병천천, 당목천 및 칠장천 등 전체 과업구간.
- 현장 조사 결과 수면위의 부유쓰레기 및 쓰레기 집적구간 없음. 장마 후 짧은 기간으로 인해 쓰레기의 집적이 이루어지지 않은 것으로 추정.
- 그러나 강변에 간헐적으로 초목류 쓰레기가 집적되어있는 구간이 발견되었으며 향후 쓰레기의 집적 가능성이 있어 하천변 쓰레기 관리가 필요함.



〈충북 진천군 초명면 해산리 신 7-1〉

〈충북 진천군 진신읍 가산리 685-3〉

〈충북 진천군 이월면 신월리 757-8〉

면적 (m ²)	체적량 (m ³)	면적 (m ²)	체적량 (m ³)	면적 (m ²)	체적량 (m ³)
36.8991	11.06973	55.5515	16.66545	92.33944	27.70183

〈강변에 집적되어있는 초목류 쓰레기 체적량 분석〉

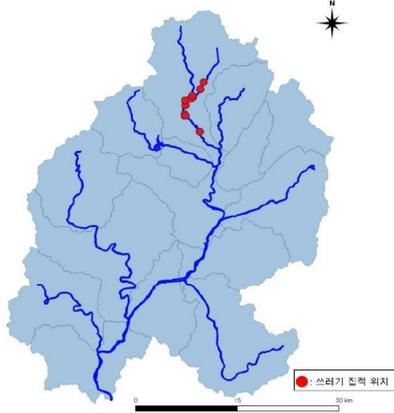


〈강변에 집적되어있는 초목류 쓰레기 현장사진〉

7. 부유쓰레기 탐지

기상이벤트 발생 후 부유쓰레기 탐지(2023 태풍 카눈 내습 후)

- 태풍에 의한 쓰레기 집적구간은 발견되지 않았으나 미호강 상류 하천폭이 좁아지는 구간에서 초목류 쓰레기가 집적되어있는 구간이 발견됨.
- 충북 진천군과 음성군에서 집중적으로 발견되었으며 향후 쓰레기의 집적 가능성이 있어 관리 및 모니터링이 필요함.
- 1회 조사에 의한 결과이므로 위치 및 시기를 특정하기에는 한계가 있음. 연차별 추가조사가 필요함.



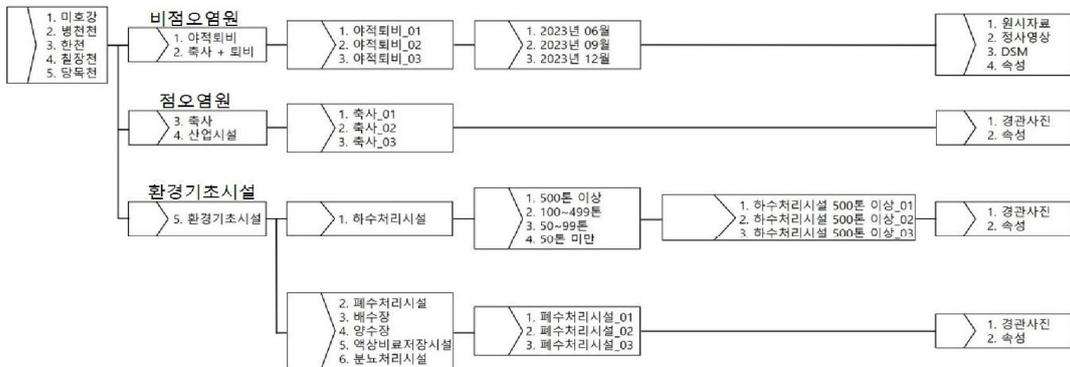
주소	면적(m ²)	체적량(m ³)
충북 진천군 초명면 화산리 산 7-1	36.8991	11.06973
충북 진천군 진천읍 가산리 585-3	55.5515	16.66545
충북 진천군 이월면 신월리 757-8	92.33944	27.70183
충북 진천군 이월면 신월리 1042-59	39.3196	11.79588
충북 진천군 이월면 신월리 768	119.2687	35.78061
충북 진천군 이월면 장양리 85	49.7893	14.93679
충북 진천군 이월면 신월리 978-1	767.864	230.3592
충북 진천군 이월면 미잠리 461-18	144.3471	43.30412
충북 음성군 대소면 삼호리 735	207.6465	62.29394
충북 음성군 대소면 미곡리 488	191.4421	57.43264
충북 진천군 이월면 신월리 757-8	70.51983	21.15595
충북 진천군 이월면 사당리 292-2	10.21844	3.065532
충북 진천군 이월면 사당리 212	40.97982	12.29395

〈태풍 카눈 내습 후 조사된 강변에 집적되어있는 쓰레기의 위치, 면적 및 체적량〉

8. 드론 영상 및 수계 오염원 DB 구축

DB 구축

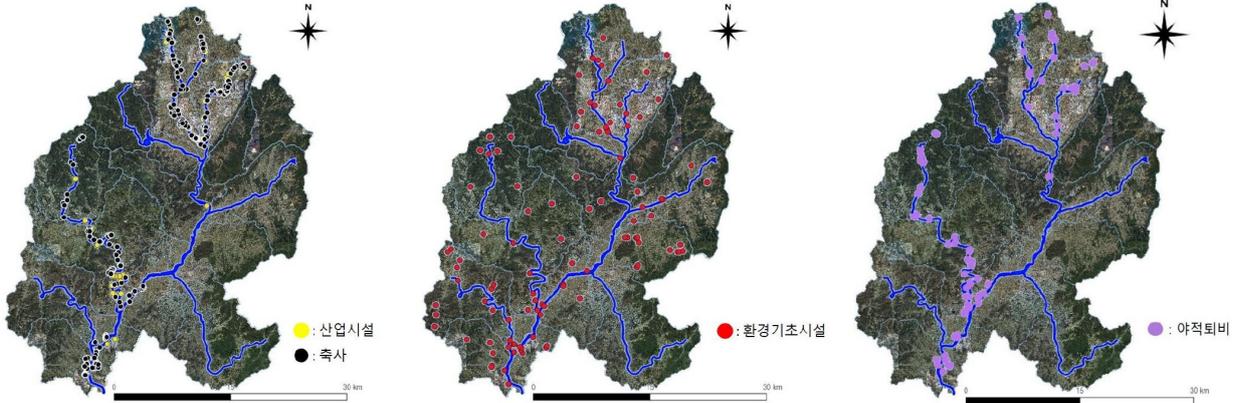
- 1년간 실시된 정기 조사 결과를 포함하여 본 과업에서 조사된 각 클래스별 객체의 위치정보를 활용하여 포인트 기반의 GIS 공간자료로 변환.
- 비점오염원(야적퇴비, 축사 퇴비), 점오염원(축사, 산업시설), 환경기초시설의 세가지 대분류로 구분.
- 비점오염원은 조사월별로 구분하며 원시자료, 정사영상, DSM, 속성자료로 저장 및 관리.
- 점오염원은 최종 객체별 영상자료 및 시설의 속성자료로 구성.
- 환경기초시설은 처리용량에 따라 구분된 하수처리시설을 포함하여 영상자료 및 속성자료로 구성하여 관리.



〈드론 영상 및 조사 결과 DB 구조〉

8. 드론 영상 및 수계 오염원 DB 구축

▶ 베이스맵을 이용한 점오염원 및 환경기초시설 분포현황 주제도 작성



〈점오염원(산업시설, 축사) 현황〉

〈환경기초시설(하수, 폐수, 분뇨 처리시설, 배수장 등) 현황〉

〈비점오염원(야적퇴비, 축사 퇴비) 현황〉

- DB에 구축된 각각의 저장된 객체들은 정확한 위치정보를 기본적으로 포함하고 있어 GIS 프로그램을 이용하여 주제도 작성 및 가시화 기능, 속성정보 확인 작업 등에 사용이 가능.

9. 하천이용현황 및 시설 정보 제공을 위한 영상 제작

▶ 영상물 제작



- 본 과업에서는 과업 영역의 모든 하천에 대한 영상을 촬영함.
- 수집된 영상을 이용하여 하천 주변의 이용현황 및 기초시설의 정보 제공을 위한 교육 및 홍보 동영상 제작.
- 제작 영상의 촬영시기: 2023년 9월 12일
- 제작 영상의 촬영구간: 미호천철교에서 병천천 합류점까지 약 7.7km.
- 환경기초시설 표시 및 촬영위치의 미니맵 표시.

10. 드론 활용 조사법 가이드라인 및 오염원 관리방안

▶ 드론 활용 조사법 가이드라인

- 촬영 대상지 선정
 - 상용드론(DJI Phantom4, Mavic 2 등)을 기준으로 약 20 ~ 25분의 비행이 가능한 하천 양안 500m의 범위로 모니터링 대상지역 선정.
- 촬영 방법
 - 정사영상: 야적퇴비 탐지모델은 공간해상도 3.2 ~ 3.5 cm의 정사영상으로 학습하였으므로 촬영 시 공간 해상도 3.2 ~ 3.5cm를 만족하는 고도로 촬영(20MP 카메라의 경우 약 120 ~ 150m)
 [무인비행장치 이용 공공측량 작업지침]에 따라 중중복도 75%, 횡중복도 70%이상 촬영.
 - 시설물: 사선으로 전경을 촬영 후 시설물의 정확한 위치정보를 획득하기 위해 시설물의 위에서 수직방향으로 촬영하여 GPS 정보 획득.
 - 하천 동영상 촬영: 하천의 폭을 고려하여 법적 허용 비행 고도내에서 설정하며 태양광 반사를 고려하여 카메라 각도는 35°로 촬영.
 하천의 상류에서 하류방향으로 촬영하여 하천 전체를 연속성을 가지도록 촬영.

항목	정사영상	시설물	하천 동영상
드론	- 영상 촬영이 가능한 사용 드론		
카메라	- 20MP 해상도의 카메라 권장	- 제한없음	
비행고도	- 20MP 카메라의 경우 약 120 ~ 150m - 해상도가 다른 카메라의 경우 해상도 3.2 ~ 3.5cm/px	- 시설물의 크기 및 하천의 폭을 고려하여 120 ~ 150m	
영상 중복도	- 중중복도 75% - 횡중복도 70%	- 해당사항 없음	
방법	- 드론 제어 프로그램 활용	- 전경 촬영 - 시설물의 위에서 수직방향으로 촬영	- 하천중앙을 따라 상류에서 하류방향으로 연속적으로 촬영

10. 드론 활용 조사법 가이드라인 및 오염원 관리방안

▶ 수계 야적퇴비 집중 감시 지역 및 시기

- 집중 감시 시기
 - 야적퇴비는 강우에 의한 유출수가 하천에 유입되어 수질오염에 영향을 미침.
 - 따라서 여름철 장마 및 태풍의 내습으로 강수량이 증가하는 기간에 집중 관리 필요.
 - 또한, 봄 철 시비를 하기 위해 야적퇴비의 개소수와 체적량이 급격히 증가하는 시기에 관리 필요

• 집중 감시 지역

- 본 과업의 1년차 결과에 따르면 미호강 분류와 병천천 권역에 야적퇴비가 집중적으로 발생
- 연간 야적퇴비 행정구역별 누적발생량에 따라 선정.

※1차년도 계절별 조사에 따른 야적퇴비 집중 감시 시기 및 집중 감시 지역 선정이므로 향후 장기간의 데이터 수집을 이용한 추가적인 공간 분석 필요

등위	행정구역	퇴비 누적 발생수
1	충북 청주시 흥덕구 옥산면	60
2	충북 청주시 흥덕구 오송읍	39
3	충남 천안시 동남구 병천면	28
4	충남 천안시 동남구 북면	24
5	세종시 연동면	16
6	충북 음성군 대소면	14
7	충북 진천군 이월면	14

<행정구역별 퇴비 누적발생량>

집중 감시 시기	· 경작이 시작되기 전 시비 준비 시기: 2 ~ 4월 · 장마 및 태풍 내습 전: 7 ~ 9월
집중 감시 지역	· 충북 청주시 흥덕구 옥산면 · 충북 청주시 흥덕구 오송읍 · 충남 천안시 동남구 병천면 · 충남 천안시 동남구 북면

<집중 감시 지역 및 시기>

IV. 결론

IV. 결론

1. 인공지능 기반 야적퇴비 탐지기법 개발

- 야적퇴비 탐지모델은 SOTA 모델인 YOLOv8을 기반으로 구현.
- 탐지 객체의 면적, 체적량, 위치정보, 관리상태 산출.
- 데이터 증강 기법을 이용하여 데이터셋의 제한된 객체 수를 확장하고 데이터 불균형 해소하며 학습의 안정성 및 탐지 정확도 개선.
- 성능 평가 결과 IoU 임계값 0.5에서 mAP 0.783으로 정확도 확보.
- 탐지 결과 야적퇴비에 덮개 유무에 따라 관리상태를 양호, 미흡, 부적절로 표출가능.
- 향후 지속적인 데이터 수집과 증강기법을 통해 규모를 확보하고 재학습에 이용하면 다양한 환경조건에서 정확성을 개선할 수 있을 것으로 판단됨.

주소	이해지 여부	상태	도량반대	모형 면적(m ²)	모형 체적(m ³)	정도	위도
서울특별시 강남구 테헤란로 107	0. 육사-야적퇴비	양호	양호	91.1888139	127.8720203	36.5443	127.262
서울특별시 강남구 테헤란로 107	0. 육사-야적퇴비	부적절	부적절	36.4715446	37.57246578	36.5443	127.261
서울특별시 강남구 테헤란로 199	0. 육사-야적퇴비	양호	양호	181.7064559	88.55940381	36.5590	127.209
서울특별시 강남구 테헤란로 857-11	13. 야적퇴비	미흡	부적절	91.27722662	73.37204604	36.5473	127.202
서울특별시 강남구 테헤란로 852-1	18. 야적퇴비	미흡	부적절	93.04339339	51.23569526	36.5559	127.208
서울특별시 강남구 테헤란로 779-1	7. 육사-야적퇴비	미흡	미흡	76.74054248	84.83605558	36.5583	127.285
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 393-3	16. 야적퇴비	양호	양호	126.8288896	210.403039	36.7571	127.281
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 414-4	12. 야적퇴비	양호	양호	150.671878	284.5526602	36.7814	127.289
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 522-7	16. 야적퇴비	미흡	미흡	74.2065245	26.53232706	36.738	127.276
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 81-1	13. 야적퇴비	양호	양호	180.108611	262.3793379	36.7831	127.289
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 81-1	13. 야적퇴비	양호	양호	121.2981624	214.209914	36.7831	127.289
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 227-1	22. 야적퇴비	양호	양호	27.45333623	58.08464585	36.7884	127.289
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 214-100	7. 육사-야적퇴비	부적절	부적절	66.78180058	46.8444436	36.727	127.218
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 143-1	0. 육사-야적퇴비	양호	양호	82.12566541	392.1776889	36.9245	127.27
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 206-1	0. 육사-야적퇴비	부적절	부적절	12.9992307	11.44325846	36.837	127.287
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 171-1	4. 야적퇴비	양호	양호	52.04078564	101.2864549	36.8308	127.287
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 939	9. 야적퇴비	미흡	양호	69.47460595	152.2196641	36.7919	127.281
경남 창원시 동남구 봉곡면 가천리 상 294-22	4. 육사-야적퇴비	부적절	부적절	65.9251635	70.16846296	36.7811	127.254
충북 음성군 음성읍 비룡리 6	3. 육사-야적퇴비	양호	양호	112.3626738	74.23450397	36.8857	127.552
충북 음성군 음성읍 비룡리 329	1. 육사퇴비	미흡	양호	150.1088208	227.8618707	36.8572	127.458
충북 음성군 음성읍 비룡리 111-34	26. 야적퇴비	미흡	부적절	204.6202479	1702.410019	36.9471	127.478
충북 음성군 음성읍 비룡리 118-34	26. 야적퇴비	미흡	미흡	117.6415358	3601.362519	36.9471	127.478
충북 음성군 음성읍 비룡리 69	0. 육사-야적퇴비	미흡	양호	27.8616074	12.92128466	36.831	127.587
충북 음성군 음성읍 비룡리 429-1	0. 육사-야적퇴비	양호	양호	67.63070546	61.96994704	37.0046	127.498
충북 음성군 음성읍 비룡리 429-1	0. 육사-야적퇴비	양호	양호	67.63070546	61.96994704	37.0046	127.498
충북 음성군 음성읍 비룡리 1590-117	5. 육사-야적퇴비	부적절	부적절	104.8093951	157.192339	37.0264	127.443
충북 음성군 음성읍 비룡리 1590-117	5. 육사-야적퇴비	부적절	부적절	11.47871829	0.850376778	37.0264	127.442
충북 음성군 음성읍 비룡리 235	36. 야적퇴비	양호	양호	81.23974846	66.46493692	36.8945	127.206
충북 음성군 음성읍 비룡리 204-2	6. 육사-야적퇴비	미흡	양호	54.5007871	22.76515558	36.896	127.302
충북 음성군 음성읍 비룡리 426-4	7. 육사-야적퇴비	미흡	미흡	42.37405404	26.42820288	36.8980	127.455
충북 음성군 음성읍 비룡리 202	67. 야적퇴비	양호	부적절	199.2719318	211.4262695	36.8502	127.291
충북 음성군 음성읍 비룡리 149-14	68. 야적퇴비	양호	양호	26.97756391	15.862659328	36.8279	127.241

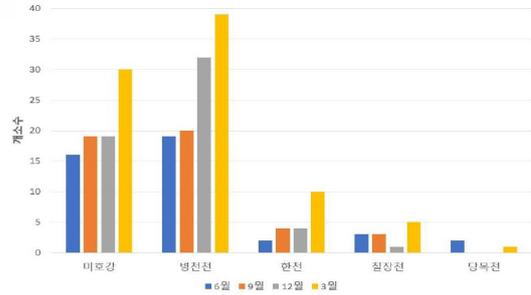


〈탐지모델 결과 및 오탐지 및 미탐지 사례〉

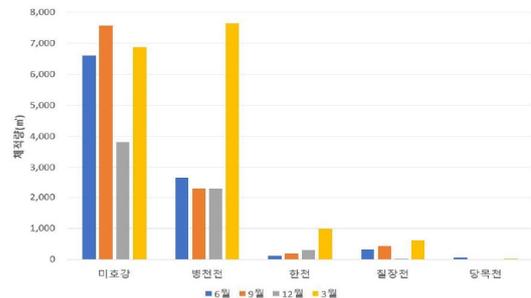
IV. 결론

2. 드론 영상 촬영을 통한 현황조사

- 미호강 본류는 6월에 16개소, 9월에 19개소, 12월에 19개소, 24년 3월에 30개소로 조사됨. 체적량은 6월 6,620m³, 9월 7,571.69m³, 12월 3,820.49m³, 24년 3월에 6,873.45m³으로 조사됨.
- 병천천은 6월에 19개소, 9월에 20개소, 12월에 32개소, 24년 3월에 39개소로 조사됨. 체적량은 6월 2,651.23m³, 9월 2,286.72m³, 12월 2,282.93m³, 24년 3월 7,647.33m³으로 조사됨.
- 봄에 경작을 시작하기 전에 퇴비를 준비하고 3월 이후 시비하여 야적 퇴비의 총량이 다시 줄어드는 것으로 추정.
- 한천, 칠장천, 당목천은 표본의 개수가 매우 작아 경향성을 판단하기 한계를 가진.
- 퇴비, 부유쓰레기, 토출구 조사 결과 미호강 밴드에 공유함으로 현장에 계도, 오염물 유입 차단 등 관계기관과의 협력을 통한 수질관리 방안이 실증됨.



〈하천별 연간 퇴비 발생 현황〉

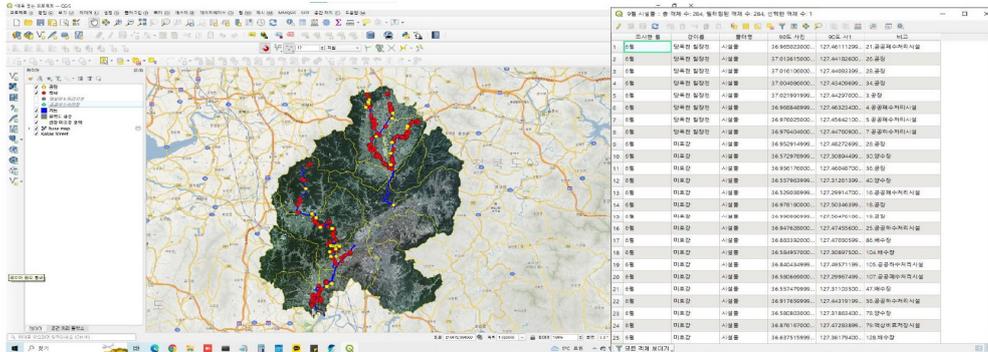


〈하천별 연간 퇴비 체적량 현황〉

IV. 결론

3. DB 구축 및 영상 제작

- 과업 수행 중 획득한 데이터 및 분석자료와 오염원, 시설물의 DB화.
- 비점오염원, 점오염원, 환경기초시설의 세가지 대분류 후 상세 정보 구축 및 관리.
- 드론 활용 조사 후 하천변 이용현황 및 환경기초시설 등의 정보제공을 위한 영상물 제작.
- 1년간의 조사 및 퇴비 양상 분석을 이용하여 드론 활용 조사법 가이드라인 및 야적퇴비 집중 감시 시기 및 지역 선정.
- 1차년도 조사 결과만을 이용한 소결이므로 향후 장기간의 데이터수집이 필요하며 추가적으로 시공간 분석이 이루어져야 할 필요성이 있음.



〈제작된 베이스맵을 기반으로 조사된 야적퇴비, 환경기초시설물의 위치 및 속성정보 표출〉

V. 활용방안 및 향후 계획

V. 활용방안 및 향후 계획

1. 활용방안 및 향후 계획

▶ 활용방안

- 본 연구에서는 야적퇴비의 위치 및 분포량을 파악하기 위해 드론 영상을 활용한 인공지능 기법을 사용함.
- 이러한 기법은 수계 비점오염원을 보다 효과적으로 관리할 수 있도록 **DB 구축과 함께 효율적인 변화의 파악이 가능함.**
- 드론 영상 기반으로 지속적인 자료 업데이트를 통해 **현장 감독 및 단속을 위한 기초정보 제공**
- GIS 프로그램을 이용한 주제도 작성으로 장기적으로 수계에 유입되는 경로의 파악으로 사전 차단 작업에도 활용이 가능
- 드론 및 인공지능 기법을 이용한 기술을 이용하여 **시간적, 경제적 비용절감에 효과적일 것으로 기대**
- 이를 통해 수계 물관리 및 환경 기초조사의 효율성 증대를 위한 방안이 될 것으로 판단됨

1. 활용방안 및 향후 계획

▶ 향후 계획

- 장기적인 조사를 통해 계절별, 연간 변화량을 분석할 필요가 있으며 탐지된 정보의 효과적인 관리 및 분석 방안에 대한 고찰.
- 데이터셋의 규모를 확보하고 이를 활용하여 모델의 재학습 및 성능 평가를 수행하여 모델 성능 향상.
- 아적외비 탐지모델 결과에서 산출된 아적외비의 체적량 검증이 필요함. 향후 지상라이다 측량을 통해 정밀한 체적량을 산출한 후 드론 영상과의 비교 분석으로 검증 예정임

연번	사업 내용	추진 일정 (월)												비고	
		2024년						2025년							
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		
1	드론 영상자료 수집		■			■					■			■	
2	항공 정사영상 제작		■			■				■				■	
3	지상 측량과의 비교를 통한 체적량 정확도 검증		■			■									
4	오염원 변화양상 분석		■												
5	오염원 변화양상 가시화		■			■				■				■	
6	드론 영상 DB 및 오염원 인벤토리 구축		■												
7	보고회(착수, 중간, 최종)	■						■						■	
8	보고서 작성							■						■	

Thank You

최고의 환경 원격 모니터링 기술 개발을 통한
자연과 인간의 공존, 미래의 가치를 만드는데 앞장서겠습니다.

2

**오염 우심 호소 오염원
기초조사 및 관리방안
연구**

**(주)에코리서치
김 정 희 대표이사**

오염 우심 호소유역 오염원 기초조사 및 관리방안 연구

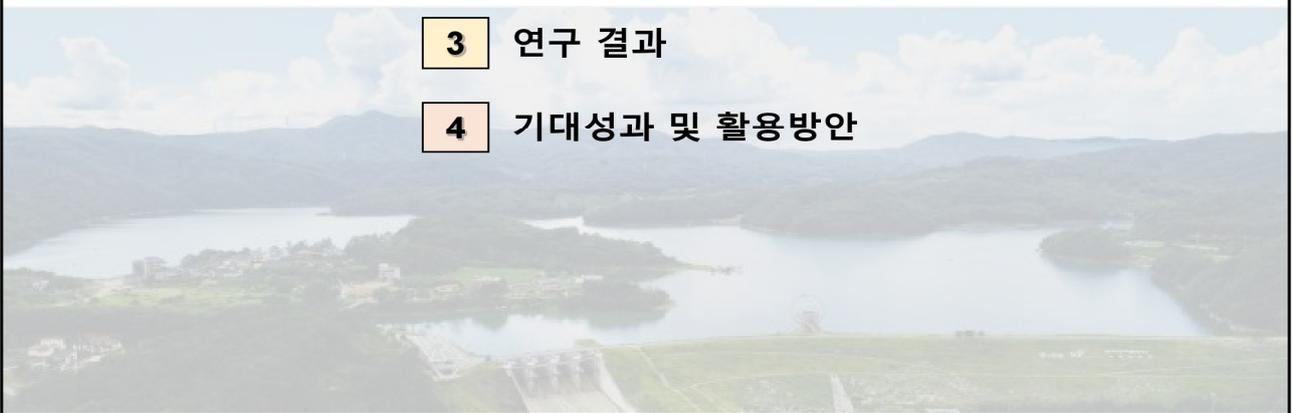


주식회사 에코리서치 김정희



< Contents >

- 1 과업 개요
- 2 연구 내용
- 3 연구 결과
- 4 기대성과 및 활용방안



Chapter 1. 과업 개요



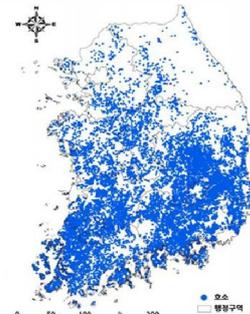
1.1 연구 배경 및 필요성

● 국내 호소 현황

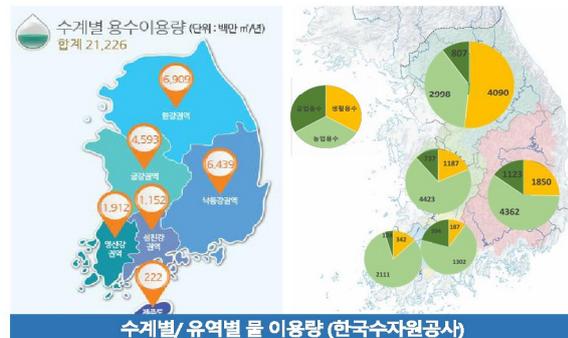
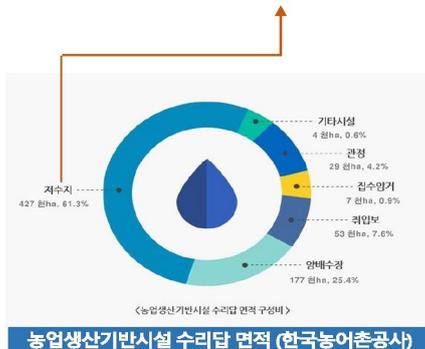
- 다목적댐, 생공용수댐, 농업용 저수지, 발전용댐 등 약 18,700 여개
- 유역면적 기준 소형호 92%, 중형호 6.8%, 대형호 1% 미만

● 수계별 / 유역별 물 이용량

- 한강 > 낙동강 > 금강 > 영산강 > 섬진강
- 금강 유역의 용수 이용 : 농업용수 > 생활용수 > 공업용수



전국 호소 분포 현황 (환경부)



1.1 연구 배경 및 필요성

● 중점관리저수지

[배경]

- 환경부는 저수지의 수질오염으로 인한 주민들의 민원해소와 수질 및 수생태계 복원, 관광·레저 기능 등의 역할제고를 위하여 중점관리저수지 제도 도입 후 2012년부터 중점관리저수지를 지정 「물환경보전법 제31조의 2」·관리하고 있음

[중점관리저수지]

- 오염된 저수지의 수질개선을 통해 해당 저수지가 국민들에게 생활용수 및 관광·레저의 기능을 제공할 수 있도록 종합적으로 수질을 관리하는 저수지를 말함



중점관리저수지 지정체계 (충청남도, 2022)

- 충청남도 2022 충청남도 중점관리저수지 수질개선대책 수립 연구용역 대상지 (잠흥, 마산, 예당), 기간 (2021.09.06-2022.07.02), 수행기관 (충남연구원) 용역비 (342,498천원)

1.1 연구 배경 및 필요성

● 연구 배경

[물환경보전법 제28조 및 동법 시행령 제30조제2항]

호소의 물환경 보전을 위하여 환경부장관이 지정·고시한 호소 외 시·도 내 호소(만수위면적 50만㎡이상)의 수질 및 수생태계 등을 정기적으로 조사, 측정 및 분석이 필요

[오염 우심호소 관리를 위한 기초자료 마련]

정부 및 지자체에서는 호소의 수질개선과 부영양화 원인규명을 위한 과학적 기초자료가 부족하여 호소별 특성에 맞는 수질관리가 어려움

● 연구 사업의 필요성

[호소 환경을 효율적으로 보전, 관리하기 위한 절차]

1. 연구자들에 의한 과학적 연구(scientific study)가 선행되고,
2. 과학적 근거를 통해 올바른 정책(policy)이 수립되어,
3. 정책을 바탕으로 효율적인 관리(management)가 이루어져야 한다.

1.2 과업 목표

● 과업 목표

- 금강수계에 소재한 만수위 면적 50만㎡ 이상 저수지 및 50만㎡ 미만이나 수질개선이 필요한 호소를 종합평가
- 호소 수질 및 수생태계 보전에 필요한 기초자료 구축과 수질보존대책을 위한 기술적인 정보와 정책 자료를 제공

최종목표	✓ 금강수계 호소 환경 관리를 위한 기술적인 정보 제공 및 정책자료 제공
과제	✓ 금강수계 호소 환경의 장기적인 변화과정에 대한 지식 축적 ✓ 종합적, 체계적 수질 및 수생태계 보전대책 수립
세부목표	✓ 호소 환경의 장기변화 과정 이해 ✓ 호소 생태정보 자료 구축 ✓ 호소 정보에 대한 국민 알 권리 충족 ✓ 조사 방법의 수정 및 보완



Chapter 2. 연구 내용



2.1 조사 지점 및 연구 내용

❖ 조사 지점 및 연구 내용

- 공간적 범위 : 금강수계에 소재한 오염 우심 호소 12개소
- 연구 내용 : 일반 현황 및 수문 현황, 수질, 수생태계, 오염원, 인문사회 여건



🔍 호소 현황 자료

- 일반 현황
- 수리-수문 현황
- 인문사회 현황

🧪 호소 수질 자료

- 수질 조사 결과
- 주요 수질 항목의 장기변화



🏠 오염원 자료

- 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계, 환경기초시설

🐟 수생태계 자료

- 식물플랑크톤
- 동물플랑크톤
- 수생식물
- 저서성 대형무척추동물
- 어류
- 양서-파충류

종합 진단 및 평가
유역특성을 고려한 관리방안



Chapter 3. 연구 결과



3.1 일반 현황 및 수면 현황

❖ 일반 현황

- 모두 **인공호**로 구분되며, 만수면적 기준 호소 규모가 최소 0.09km²에서 2.43km²로 호소별 차이를 보임
- 1928년 준공된 추풍령지가 가장 오래되어 관리되고 있으며, **오창저수지(2012)** 및 **비룡지(2017)**의 경우 비교적 최근에 준공

시설명	제체길이 (m)	만수면적 (km ²)	총저수량 (천 m ³)	제체높이 (m)	유효저수량 (천 m ³)	준공년도	수면 관리자	성인적 특성
방동지	187	0.50	2,846	20	2,821	1977	한국농어촌공사	인공호
상판지	277	0.72	5,773	24	5,679	1979	한국농어촌공사	인공호
고복지	226	0.79	5,284	17	4,868	1989	한국농어촌공사	인공호
비룡지	170	0.84	8,236	49	8,163	2017	한국농어촌공사	인공호
백곡지	401	2.43	26,618	29	26,372	1984	한국농어촌공사	인공호
맹동지	237	1.13	14,329	33	13,907	1983	한국농어촌공사	인공호
오창저수지	202	1.01	7,590	27	6,390	2012	한국농어촌공사	인공호
원남지	205	1.14	8,791	27	8,690	1988	한국농어촌공사	인공호
추풍령지	123	0.46	2,207	22	2,205	1928	한국농어촌공사	인공호
봉소지	187	0.14	784	15	753	1963	한국농어촌공사	인공호
서지지	200	0.09	254	6	241	1945	군산시	인공호
앵금지	150	0.10	342	5	342	1944	익산시	인공호

● 호소별 기본현황, 제원, 유역면적 및 행정구역 점유율 등

<표 4-1> 방동지의 기본현황

구분	기본현황	비고
시설명	방동	
위치(주소)	대진읍에서 양성구 방동	
생성(호칭) 연도	1977-01-01	
수면 관리자	한국농어촌공사	
성인적 특성	인공호	
활용	민공호(■), 사면호(□)	<표 4-2> 방동지의 제원
구조물 특성	물주호(□), 사면호(■), 기주	
호소의 모양	나뭇가지형(■), 정방	

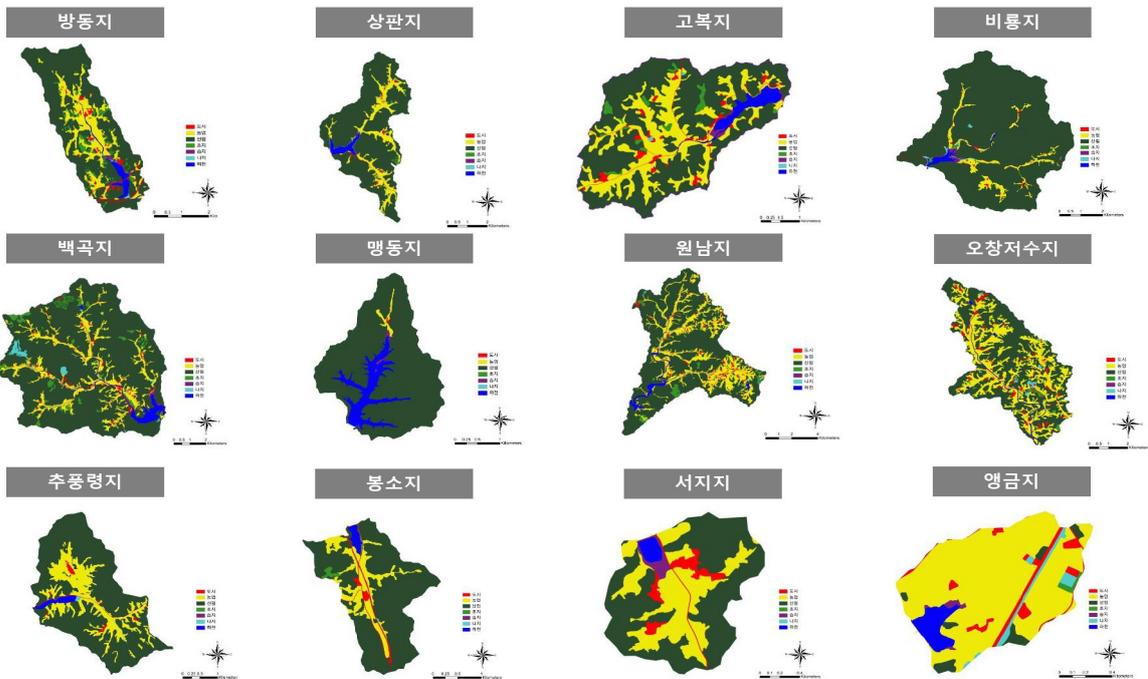
구분	제원	구분
제체길이(m)	187	제체높이(m)
최소 회상고(EL, m)	-	시수위(EL, m)
최우위(EL, m)	96.93	홍수위(EL, m)
만수위(EL, m)	101	만수시 평균수심(m)
만수시 수로면적(km ²)	0.50	만수시 저수량(천 m ³)
총저수량(천 m ³)	2,846	유호저수율(천 m ³)

<표 4-3> 방동지의 행정구역별 유역면적 및 점유율

시도	시군구	읍면동	법정동리	유역면적(km ²)	비율(%)
대진광역시	서구	관지동	-	0.0005	<0.1
		원정동	-	0.0078	0.1
		동곡동	-	0.3904	4.1
		계산동	-	0.0058	<0.1
	유성구	원내동	-	0.0066	<0.1
		고촌동	-	0.0105	0.1
		덕영동	-	0.0147	0.1
		대정동	-	0.0155	0.1
		세동	-	0.0348	0.2
		봉동	-	3.8383	28.8
	성북동	-	9.9142	85.7	
	합계			14.4371	100.0

3.1 일반 현황 및 수면 현황

❖ 유역 토지피복도



3.1 일반 현황 및 수면 현황

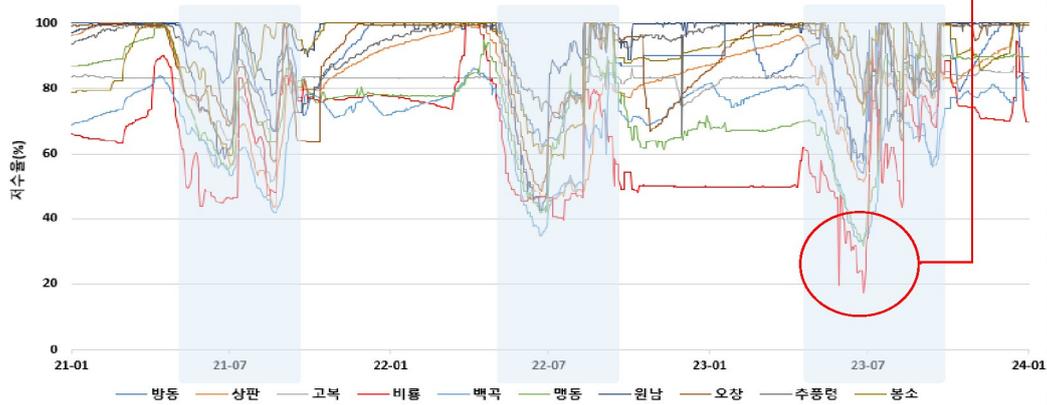
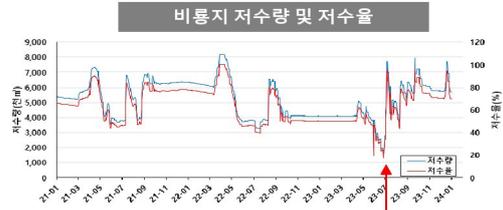
❖ 수문 현황

● 시기적 특성

- 모든 호소에서 농번기(4~6월) 저수율을 감소 경향을 확인

● 호소별 특성

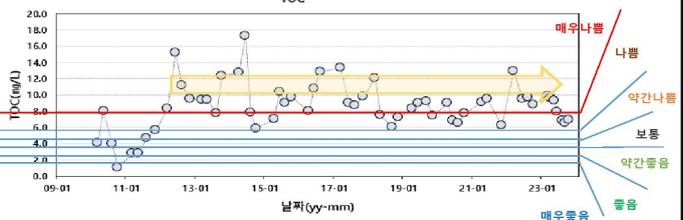
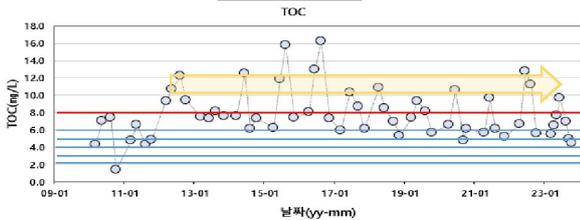
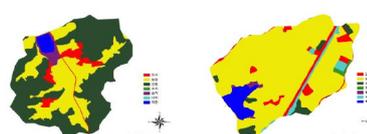
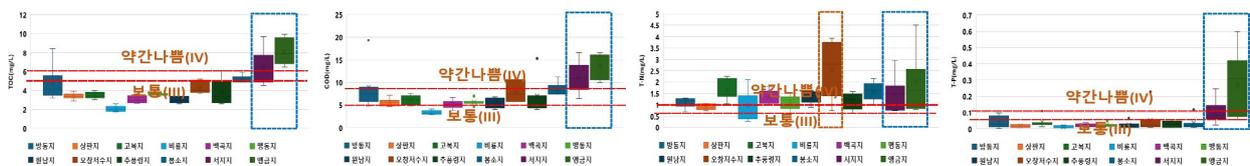
- 비룡지의 저수율이 낮게 나타나고 있으며, 2023년 6월의 경우 저수율이 20% 이하로 크게 감소



3.2 수질 현황

❖ 호소별 주요 수질

- TOC, COD, T-P 항목은 대부분 저수지에서 보통(Ⅲ등급)등급 내외이며, T-N 항목은 대부분 호소에서 보통(Ⅲ등급)등급을 나타냄
- 서지지, 앵금지의 수질 항목에 대한 지표값이 나쁘게 확인됨 (오창저수지의 경우 T-N) 항목의 지표값 차이

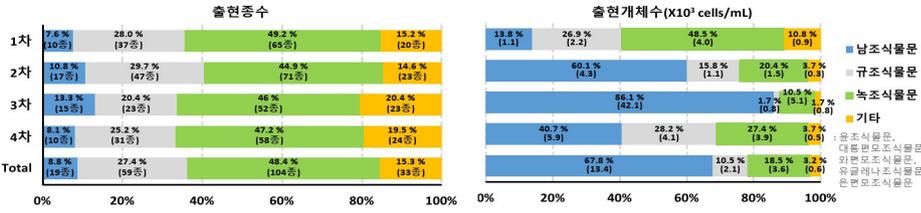


3.3 수생태계 현황

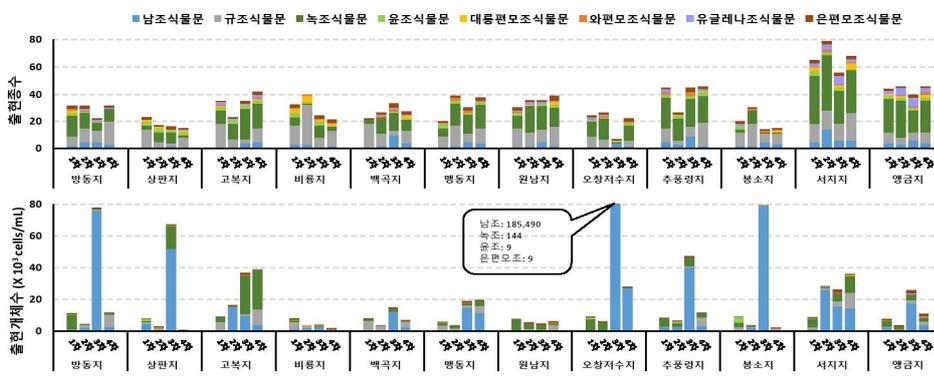
1. 식물플랑크톤

❖ 전체 호소 결과 분석

● 식물플랑크톤상



- 총 출현종수: 215종
- 1차 조사: 132종, 2차 조사: 158종, 3차 조사: 113종, 4차 조사: 123종
- 평균 출현개체수: 19,726 cells/mL
- 1차 조사: 8,308, 2차 조사: 7,230, 3차 조사: 48,932, 4차 조사: 14,432 (단위: cells/mL)



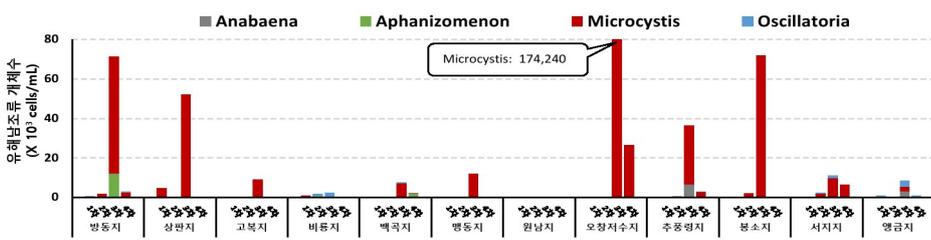
- 지점별 출현종수:
 - 상판지, 봉소지, 오창저수지에서 종 다양성이 낮고, 서지지, 영금지에서 종 다양성이 높음.
 - 모든 지점에서 규조식물문과 녹조식물문의 종 다양성이 높게 나타남.
- 지점별 출현개체수:
 - 비룡지, 원남지, 백곡지, 맹동지에서 평균 출현개체수가 낮고, 오창저수지에서 대부분 20,000 cells/mL 이상 출현개체수가 높음. 3차 조사에서 남조식물문의 개체수가 크게 증가함.

3.3 수생태계 현황

1. 식물플랑크톤

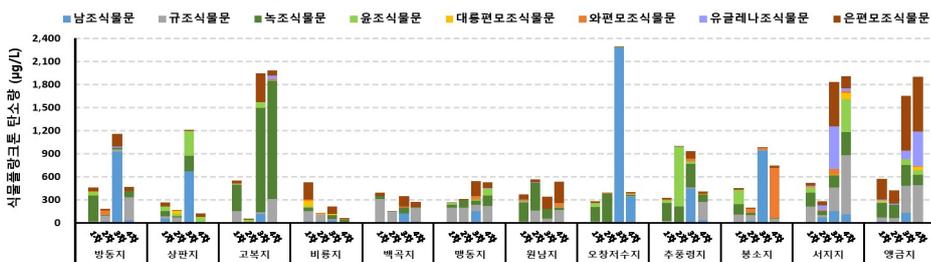
❖ 전체 호소 결과 분석

● 유해남조류 출현양상



- 유해남조류 평균 출현개체수(cells/mL):
 - 1차 조사: 634, 2차 조사: 758, 3차 조사: 38,030, 4차 조사: 3,579
- 분류군 평균 출현개체수(cells/mL):
 - Anabaena: 231, Aphanizomenon: 347, Microcystis: 9,957, Oscillatoria: 217
- 시기별/지점별 다소 상이한 양상
- 원남지, 비룡지, 고복지, 백곡지, 영금지, 맹동지, 서지지에서 낮고, 추풍령지, 상판지, 봉소지, 방동지, 오창저수지에서 높음.

● 식물플랑크톤 탄소생체량



- 식물플랑크톤 평균 탄소생체량(μgC/L):
 - 1차 조사: 413.0, 2차 조사: 319.6, 3차 조사: 1,119.4, 4차 조사: 775.0
- 전반기(1차 조사, 2차 조사)에 비해 후반기(3차 조사, 4차 조사)에서 상대적으로 높음.
- 분류군별/지점별 다소 상이한 양상
- 비룡지, 백곡지, 맹동지, 상판지, 원남지에서 낮고, 고복지, 서지지, 영금지에서 높음.

3.3 수생태계 현황

2. 동물플랑크톤

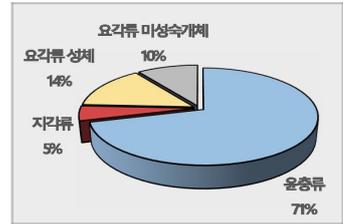
❖ 전체 호소 결과 분석

● 동물플랑크톤 군집 출현 현황

- 1-4차 조사에서 총 45속 112종의 동물플랑크톤 출현
- 윤충류: 총 25속 76종 출현 (최대 및 최다 빈도 출현종: *Keratella cochlearis*)
- 지각류: 총 12속 27종 출현 (최대 및 최다 빈도 출현종: *Bosmina longirostris*)
- 요각류: 총 8속 9종 출현 (최대 및 최다 빈도 출현종: *Thermocyclops sp.*)



❖ 전체 출현 개체수 비율



전체 호소 동물플랑크톤 개체수 분포	전체 호소 지각류 개체수 분포	전체 호소 다양도
<p>□ 윤충류 개체수 ■ 지각류 개체수 □ 요각류 개체수</p> <p>평균 1050 ind./L</p>	<p>■ 기타 중대형 지각류 ■ Daphnia 개체수 ■ 기타 지각류 개체수</p> <p>평균 58 ind./L</p> <p>※ 핵심지각류: 호소 건강성을 나타내는 중대형지각류</p>	<p>평균 2.69</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 앵금지, 서지지 → 동물플랑크톤 출현량이 상대적으로 높고, 윤충류 출현 비율 높음 • 원남지 → 동물플랑크톤 출현량이 상대적으로 높고, 지각류 출현 비율 높음 • 백곡지, 상판지 → 동물플랑크톤 출현량이 상대적으로 적으나, 지각류 출현 비율 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 원남지 → 지각류 (1383ind/L) 및 핵심지각류 출현량 (87ind/L) 이 가장 많음 • 고북지, 봉소지, 상판지, 오창저수지 → 핵심지각류 출현 비율이 높음 (70% 이상) • 맹동지, 앵금지 → 핵심지각류 출현량이 매우 적거나 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 호소 동물플랑크톤 종 다양도 평균: 2.69 • 동물플랑크톤 종 다양도가 가장 높은 호소: 서지지(3.40) • 동물플랑크톤 종 다양도가 가장 낮은 호소: 봉소지(2.02)

3.3 수생태계 현황

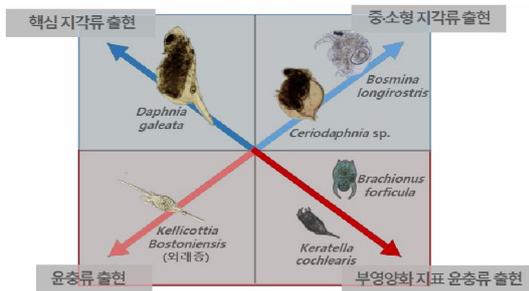
2. 동물플랑크톤

❖ 전체 호소 결과 분석: 주성분 분석 (PCA, Principal Component Analysis) 을 통한 동물플랑크톤 군집 특성에 따른 호소 분류

중·대형 지각류 및 Calanoida 요각류:

(예: *Daphnia*속, *Moina*속, *Ceriodaphnia*속, *Neodaptomus schmackeri* 등)

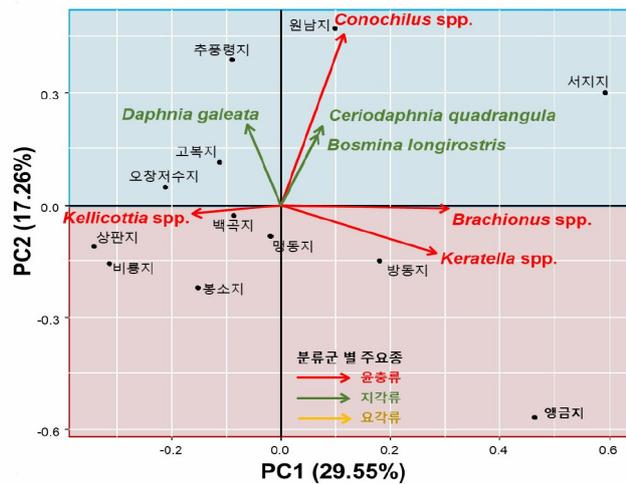
건강한 호소생태계 지표종 출현



부영양화 진행시 증가하는 지표종 출현

부영양화 지표 윤충류:

(예: *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis*, *Pompolix complanata* 등)



- 건강한 호소 생태계 지표종 기여도가 높은 호소: 원남지, 추풍령지, 고북지, 오창저수지, 서지지
- 부영양화 지표종 기여도가 높은 호소: 앵금지, 방동지, 맹동지, 백곡지, 봉소지, 상판지, 비룡지
- 앵금지의 경우 부영양화 지표종의 기여도가 가장 높은 것으로 분석됨

3.3 수생태계 현황

3. 수생식물

❖ 전체 호소 결과 분석

● 식물상

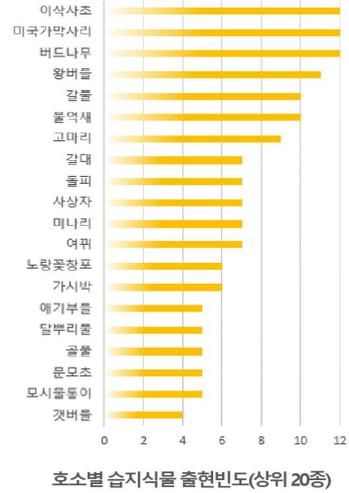
- 관속식물: 107과 294속 439종 26변종 1품종 6아종으로 총 472분류군 출현
- 최대 출현종: 방동지 (190종) / 최소 출현종: 백곡지 (103종)
- 생태계교란생물: 6과 8종
- 환삼덩굴, 애기수염, 가시박, 도깨비가지, 돼지풀, 단풍잎돼지풀, 미국꼭부쟁이, 털물참새피
- 최대 출현종: 고북지, 원남지 (5종) / 최소 출현종: 맹동지 (1종)
- 습지식물: 33과 76종
- 최대 출현종: 추풍령지, 앵금지 (34종) / 최소 출현종: 맹동지 (9종)
- 민감습지식물: 쯤제비꽃, 물봉선, 창포, 송이고랭이, 갈풀, 달뿌리풀 (6종)



송이고랭이



물봉선



호소명	관속식물	생태계교란생물	습생식물	습지식물 수생식물				계	민감습지식물
				정수	부엽	부유	침수		
방동지	190	3	15	3	-	-	-	18	2
상판지	162	2	18	2	-	-	1	21	3
고북지	110	5	13	10	1	1	1	26	3
비룡지	157	2	8	2	-	-	1	11	2
백곡지	103	4	19	4	-	-	-	23	1
맹동지	151	1	8	1	-	-	-	9	1
원남지	174	5	11	1	-	-	-	12	1
오창저수지	119	4	16	5	-	-	-	21	1
추풍령지	186	4	21	7	3	1	2	34	1
봉소지	179	4	18	6	1	-	-	25	2
서지지	152	2	23	8	1	1	-	33	1
앵금지	127	2	20	11	1	2	-	34	1
종합	472	8	47	21	3	2	3	76	6

3.3 수생태계 현황

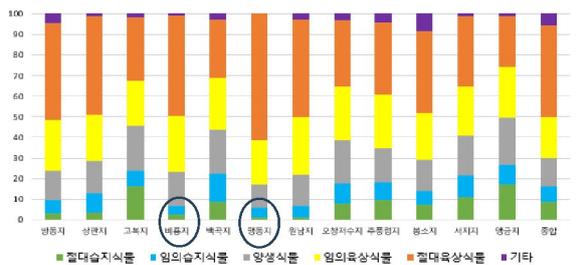
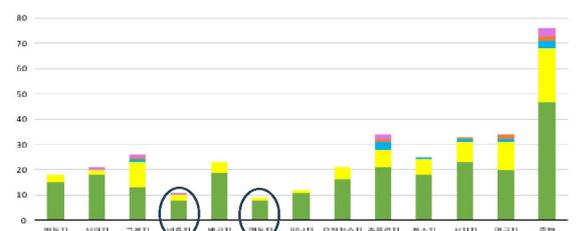
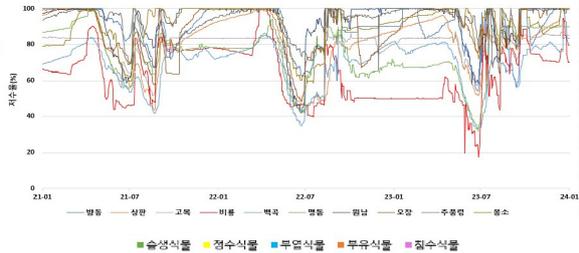
3. 수생식물

● 호소별 습지식물 유형분류

- 습생식물: 19과 47종
- 최대 출현종: 서지지 (23종) / 최소 출현종: 비룡지, 맹동지 (8종)
- 수생식물: 18과 29종
- 최대 출현종: 앵금지 (14종) / 최소 출현종: 맹동지, 원남지 (1종)
- 부엽식물: 마름(고북지, 추풍령지, 봉소지, 서지지), 노랑어리연(추풍령지)
- 부유식물: 좁개구리밥 (고북지, 추풍령지, 서지지, 앵금지)
- 침수식물: 말즘 (상판지, 고북지)

● 호소별 관속식물의 습지출현빈도(%)

- 습지식물
- 최대 비율: 앵금지 (26.7%)로 절대습지식물 (17.3%), 임의습지식물 (9.4%)
- 최소 비율: 맹동지 (5.9%)로 절대습지식물 (1.3%), 임의습지식물 (4.6%)



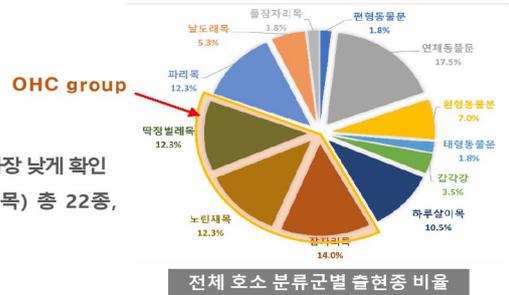
3.3 수생태계 현황

4. 저서성 대형무척추동물

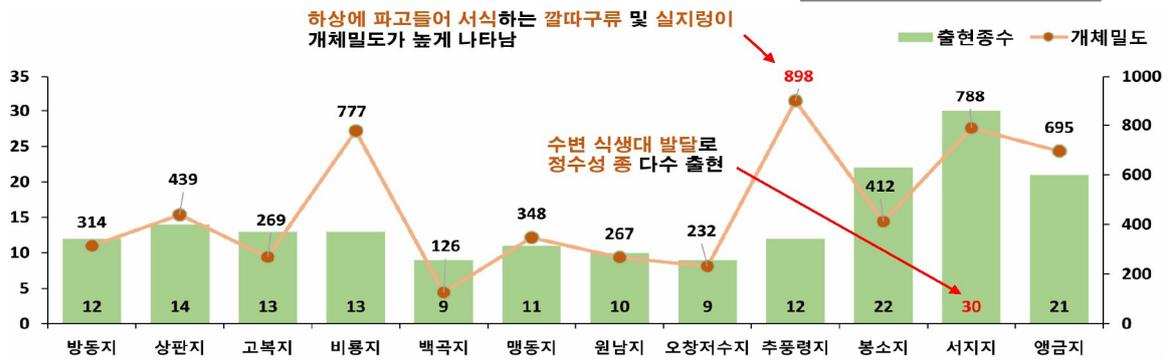
❖ 전체 호소 결과 분석

● 금강수계 12개 호소 출현종 현황

- 총 5문 6강 17목 41과 57종, 평균 463.8개체/m²가 확인
- 출현종수는 서지지(30종)에서 가장 높고, 백곡지, 오창저수지(9종)에서 가장 낮게 확인
- 정수역을 대표하는 OHC group(잡자리목, 노린재목, 딱정벌레목) 총 22종, 49.6 개체/ m²가 확인



전체 호소 분류군별 출현종 비율



하상에 파고들어 서식하는 깔따구류 및 실지렁이 개체밀도가 높게 나타남

수변 식생대 발달로 정수성 종 다수 출현

3.3 수생태계 현황

4. 저서성 대형무척추동물

❖ 전체 호소 결과 분석

● 우점 및 아우점종

- 전체 호소에서 실지렁이(31.3%) 우점, 깔따구류(25.6%) 아우점
- 이외에도 꼬마물벌레류, 수정또아리물달팽이 등 정수성 환경을 선호하는 종이 주로 우점하였으며 수역이 정체된 지점의 경우 아사지로이끼벌레의 개체가 높게 나타나는 경우도 발생함.
- 우점 및 아우점종의 합이 비릉지에서 89.8%로 매우 높게 확인되었으며, 봉소지에서 48.8%로 가장 낮게 확인됨



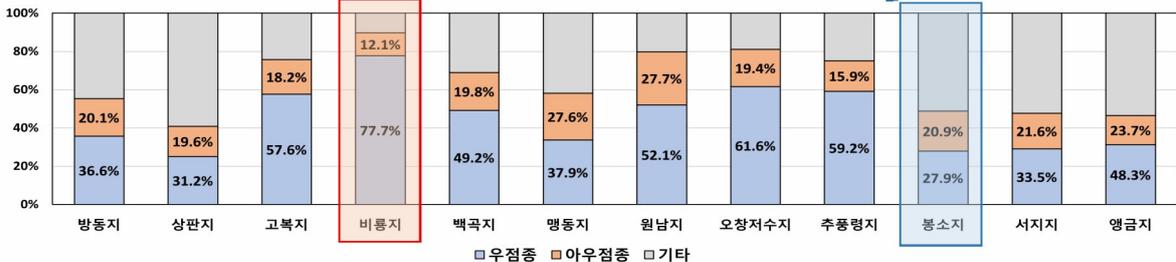
실지렁이(Limnodrilus gotoi)



깔따구류(Chironomidae sp.)

서식 환경의 다양성이 제한되어 하상에 고착서식하는 실지렁이 및 깔따구류의 우점현상이 심화됨

다양한 미소서식 환경과 수변 식생대의 발달로 다양한 정수성 종 조성을 보여 낮은 우점비율을 보임



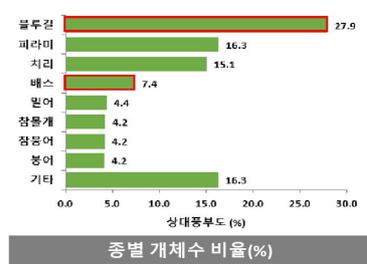
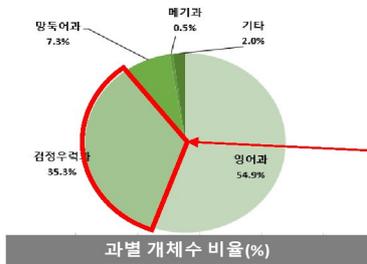
3.3 수생태계 현황

5. 어류

- 12개 호소 11과 42종 9,680개체 출현
 - 우점종은 블루길(RA, 27.9%) 아우점종 피라미(RA, 16.3%)
 - 법정보호종: 미늘현
 - 고유종: 각시붕어, 왜매치, 참물개, 얼룩동사리, 동사리 등 7종 488개체(RA, 5.0%)
 - 외래종: 떡붕어(RA, <0.1%) 및 생태계교란 생물인 블루길(RA, 27.9%), 배스(RA, 7.4%), 3종 3,426개체(RA, 35.4%)

과별 출현현황 및 상대종부도

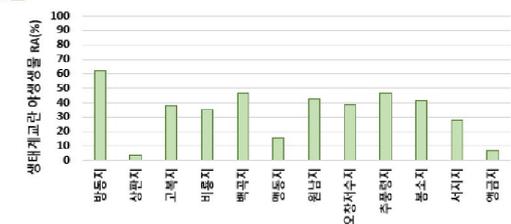
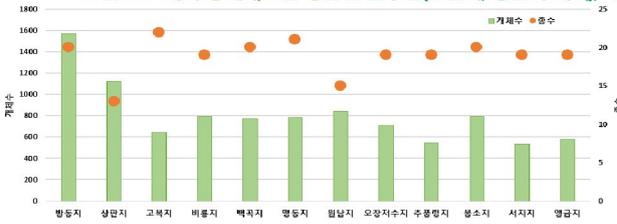
- 잉어과가 25종 5,319개체(RA, 54.9%)로 가장 많은 종수와 개체수가 출현함
- 검정우럭과(RA, 35.3%), 망둑어과(RA, 7.3%), 메기과(RA, 0.5%) 순으로 출현함
- 블루길, 피라미, 치리(RA, 15.1%), 배스(RA, 7.4%), 밀어(RA, 4.4%) 순으로 상대종부도가 높음
- 검정우럭과는 생태계교란 생물인 블루길과 배스로 구성됨 → 호소내 비율이 매우 높음



3.3 수생태계 현황

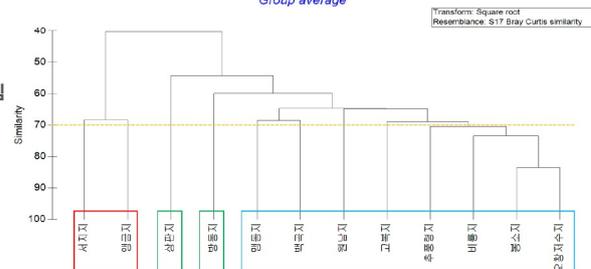
5. 어류

- 호소별 종수 및 개체수 출현현황
 - 고북지 22종으로 가장 많은 종 출현, 상판지는 13종으로 가장 적은 종 출현
 - 방동지에서 1,571개체로 가장 많은 개체수 출현, 서지지에서 533개체로 가장 적은 개체수 출현
 - 모든 호소에서 생태계교란 생물인 블루길(상판지, 앵금지 제외), 배스 출현



군집유사도 분석(Cluster Analysis)

- 서지지와 앵금지가 하나의 약 75% 유사도로 하나의 그룹으로 묶임
 - 내성종의 비율이 높고, 잡식성종의 비율이 높음
- 맹동지의 8개 호소는 약 65% 유사도로 하나의 그룹으로 묶임
 - 내성종의 비율이 낮고, 충식성종의 비율이 높음



3.3 수생태계 현황

6. 양서류 및 파충류

❖ 전체 호소 결과 분석

● 양서류 및 파충류 조사결과

- 양서류 : 총 5과 9종 715개체 (1차: 4과 8종 381개체, 2차: 4과 6종 334개체)
- 파충류 : 총 6과 11종 42개체 (1차: 5과 8종 22개체, 2차: 4과 8종 20개체)
- 법정보호종은 확인되지 않았으며, 생태계교란 야생생물은 황소개구리, 붉은귀거북 2종이 확인됨
 - 황소개구리 : 원남지, 서지지, 앵금지 / 붉은귀거북 : 고복지, 추풍령지
- 최대출현종수 : 9종(추풍령지) - 양서류 : 상판지 6종 / 파충류 : 백곡지, 추풍령지 4종
- 최소출현종수 : 5종(서지지, 앵금지) - 양서류 : 백곡지, 앵금지 3종 / 파충류 : 상판지, 서지지 1종
- 다양한 서식환경(수역, 초지, 경작지)에 광역 분포하는 참개구리, 청개구리 등 보편종의 출현비율이 높음



3.4 오염원 현황

❖ 호소별 오염원 현황

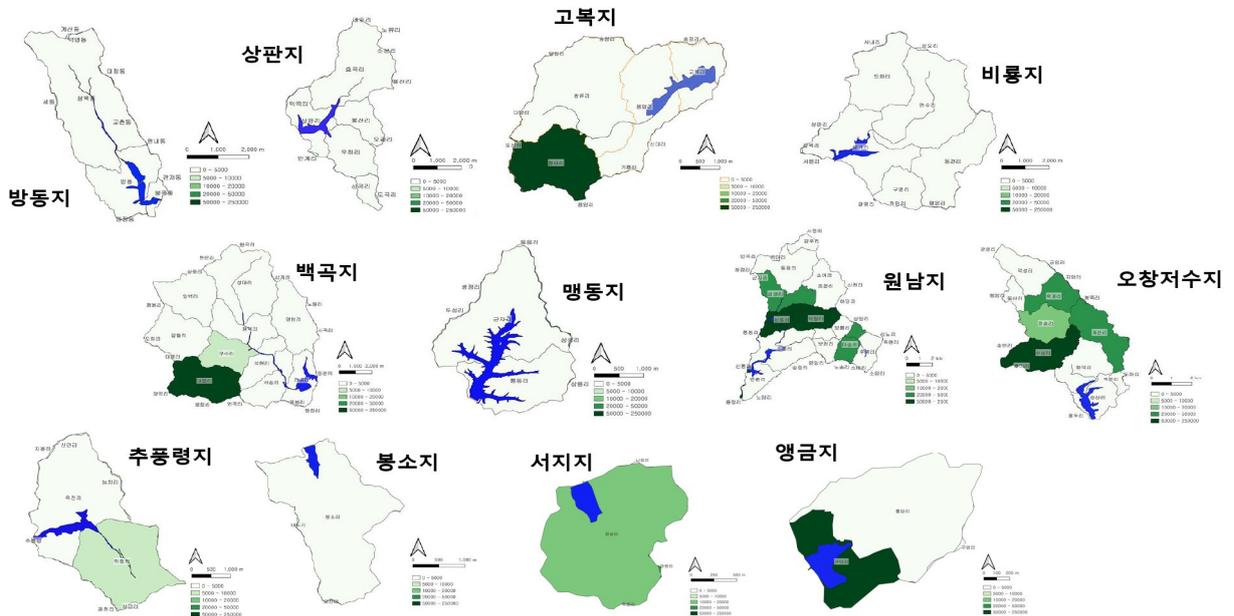
● 기본 오염원 현황: 전체 호소 결과 비교

- ✓ (생활계) 하수미처리인구는 백곡지, 맹동지, 추풍령지, 봉소지, 서지지에서 100%로 높으며, 방동지에서만 0%로 확인
- ✓ (축산계) 사육두수 합계는 원남지가 가장 많으며, 이외 오창저수지, 고복지, 백곡지 순서로 확인
- ✓ (토지계) 토지계의 농지(전, 답, 과수원) 비율을 산정한 결과 앵금지가 50% 이상으로 가장 높으며, 이외 서지지, 오창저수지 순서로 확인

호소명	생활계		축산계 사육 두수 합계 (두)	산업계 업소수	토지계 농지(전, 답, 과수원)비율(%)	양식계 총면적 (M ²)	매립계 총 방류 유량 (m ³ /일)	환경기초시설 개소
	인구합계 (명)	하수미처리인구비율 (%)						
방동지	976	0.0	2,173	3	16.5	-	-	-
상판지	670	88.8	3,054	-	13.8	-	-	-
고복지	1,018	27.3	95,408	1	19.8	-	-	1
비룡지	523	84.9	15,321	-	4.0	-	-	1
백곡지	2,219	100.0	90,188	2	11.0	1,231	-	-
맹동지	149	100.0	9	-	4.9	-	1248	-
원남지	2,580	90.3	219,773	7	16.6	-	-	2
오창저수지	2,046	65.9	184,741	64	21.6	7,128	-	1
추풍령지	280	100.0	5,623	-	19.2	-	-	-
봉소지	235	100.0	156	-	18.2	-	-	-
서지지	189	100.0	19,859	1	29.6	-	-	-
앵금지	1,242	93.6	58,905	12	53.9	-	-	-

3.4 오염원 현황

❖ 호소별 오염원 현황 → 축산계 오염원 분포 현황을 통해 주요 행정구역별 관리지역 설정

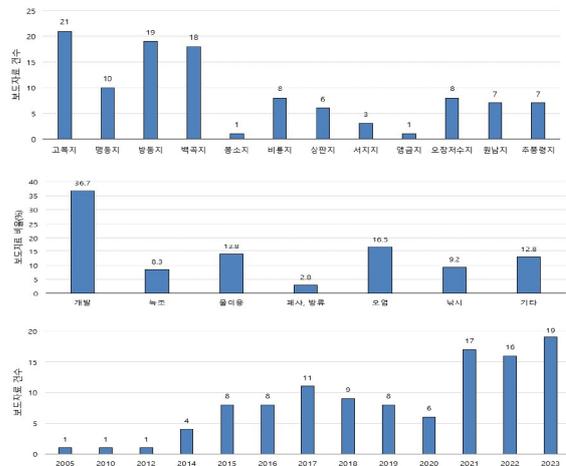


3.5 인문사회

❖ 호소별 인문사회 이슈

- 호소별 보도자료에 대해서 주요 내용을 총 7개의 유형으로 구분하여 결과를 분석
- 유형: 개발(경관, 홍보 등)과 관련된 이슈가 가장 다양함(36.7%) > 오염(수질, 환경정화) > 물이용(가뭄, 홍수)
- 호소: 고북지, 방동지, 백곡지에서 이슈가 가장 다양하게 나타남

구분	개발, 현황	농조	물이용 (가뭄, 용수)	어류 (폐사, 방류)	오염 (수질, 환경정화)	뉴시	기타	
고북지	5	4	2	0	2	6	2	
맹동지	5	0	4	0	1	0	0	
방동지	9	3	1	0	4	0	2	
백곡지	7	0	2	1	5	1	2	
봉소지	0	1	0	0	0	0	0	
비룡지	5	0	2	0	0	1	0	
상판지	1	0	0	0	0	0	5	
서지지	1	0	1	1	0	0	0	
앵금지	0	0	1	0	0	0	0	
오창저수지	3	1	0	0	2	1	1	
원남지	3	0	0	1	1	1	1	
추풍령지	1	0	2	0	3	0	1	
보도	호소 수	10	4	8	3	7	5	7
	건수	40	9	15	3	18	10	14
	비율(%)	36.7	8.3	13.8	2.8	16.5	9.2	12.8



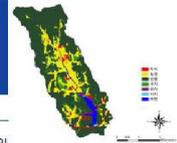
3.6 호소 현황 및 관리방안

❖ 호소별 현황 요약

호소명	방동지	상관지	고복지	비룡지	백곡지	맹동지	원남지	오창저수지	추풍령지	봉소지	서지지	영금지
일반 및 수문 현황												
총저수량(천m³)	2,846	5,773	5,284	8,236	26,618	14,329	8,791	5,790	2,207	784	253	342
연평균 저수율(%) (2021-2023)	89.8	82.1	78	63.8	69.3	75.4	92.8	89.1	92.3	91.1	-	-
수질 (2023년 평균) 및 등급												
TOC(mg/L)	4.8(III)	3.4(II)	3.5(II)	2.1(II)	3.0(II)	3.6(II)	3.0(II)	4.3(III)	3.9(II)	5.1(V)	6.5(V)	8.1(V)
COD(mg/L)	8.9(V)	5.6(V)	6.2(IV)	3.4(III)	5.2(V)	5.6(V)	5.1(V)	7.8(IV)	7.0(V)	8.3(V)	10.9(V)	13.6(V)
T-N(mg/L)	1.118(V)	0.890(V)	1.617(V)	0.970(IV)	1.344(V)	1.120(V)	1.310(V)	2.539(V)	1.169(V)	1.584(V)	1.459(V)	1.998(V)
T-P(mg/L)	0.043(III)	0.017(II)	0.042(III)	0.013(II)	0.021(II)	0.024(II)	0.024(II)	0.052(V)	0.030(III)	0.035(III)	0.101(V)	0.268(V)
수생태계 다양성(2023년 조사결과)												
식물플랑크톤(총수)	69	49	83	68	93	72	85	52	90	50	138	100
동물플랑크톤(총수)	37	27	38	26	46	41	36	42	39	30	49	36
수생식물(분류군수)	190	162	110	157	103	151	174	119	186	179	152	127
저서성 대형무척추동물(총수)	12	14	13	13	9	11	10	9	12	22	30	21
어류(총수)	20	13	22	19	20	21	15	19	19	20	19	19
양서류(총수)	4	6	5	4	3	5	5	5	5	4	4	3
파충류(총수)	3	1	2	2	4	2	3	2	4	2	1	2
수생태계 다양성 합계(총수)	335	272	273	289	278	303	328	248	355	307	393	308
중요종(안)	청개구리	청개구리	황포	쏘가리	미호종개	아시아실칭자리	노란허리칭자리	피라미	황물개	각시붕어	각시붕어	각시붕어
보호종(총수)	-	-	-	-	1(문헌)	-	-	-	-	-	-	-
고민종(총수)	5	3	8	4	6	3	8	6	7	6	5	4
오염원 현황												
하수처리비율(%)	100	11.2	72.7	15.1	0	0	9.7	34.1	0	0	0	6.4
죽산계 사육(두)	2,173	3,054	95,408	15,321	90,188	9	219,773	184,741	5,623	156	19,859	58,905
시민 활용 및 관심도												
시민 활용	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-
관심도(개발)	-	-	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-
호소 관리 전략												
유역(생질, 죽산계)	-	○	○	-	○	-	○	○	○	-	○	○
수질(녹조, 수질오염)	○	○	○	-	-	-	-	○	○	-	○	○
활용(친수, 개발)	○	-	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-

3.6 호소 현황 및 관리방안

1. 방동지



가. 기본 현황

- 방동지 : 1977년에 준공된 총 저수량 2,846천m³의 안공호

구분	기본현황	구분	재원	구분	재원
시설명	방동	계방길이(m)	187	계방높이(m)	20
위치(주소)	대전광역시 유성구 방동	최소 피상표고(EL.m)	-	사수위(EL.m)	87
생성(조성) 연도	1977	저수위(EL.m)	96.93	홍수위(EL.m)	102
수원 관리자	한국농어촌공사	만수위(EL.m)	101	만수시 평균수심(m)	-
생안적 특성	인공호	만수시 수표면적(㎡)	0.50	만수시 저수용량(천m³)	-
염분	담수호(5psu)	총 저수량(천m³)	2,846	유류 저수량(천m³)	2,821



다. 수생태계 현황

- 수생태계 다양성(2023년) : 총 335종(분류군)의 수생생물 서식 확인

분류군	종수	개체수(인디)	주요 종명
식물플랑크톤	69종	26,219 cells/mL	<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>Frageilaria crotonensis</i>
동물플랑크톤	37종	221,91ind./L	<i>Keratella cochlearis</i> , <i>Keratella voelgei</i>
식물 (습지식물) (18분류군)	-	-	갈매, 갈뚝이(만간습지식물)
저서성 대형무척추동물	12종	314ind./m²	얼마구리(non-red type), 꼬막물뿔대류
어류	20종	1,571개체	불투실, 잉어
양서류	4종	31개체	청개구리, 황개구리
파충류	3종	3개체	날모사



- ▶ 범정부보존종 : 서식이 확인되지 않음
- ▶ 중요관심종 : 청개구리 (국가기후변화 생물지표종: CBIS)
- ▶ 생태계 고민종 : 수생식물, 어류에서 총 5종의 고민종 확인

라. 오염원 현황

- 오염원 현황(2022년) 및 오염부하량(BOD, kg/일)을 기준으로 한 오염원 관리

생원계	죽산계	산악계	토지계	양산계	백탄계	황강기류시설
인구	976명	100%	2,173두	1천우	2암/사슴	9.3 m³/일
합계	2,173두	1천우	2암/사슴	9.3 m³/일	2암(10.04%)	-

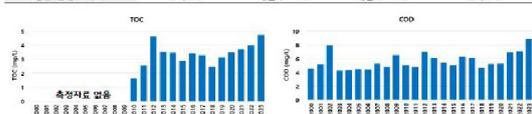


- ▶ BOD 기준으로 한 방동지의 오염부하량(kg/일)을 선정한 결과 죽산계 오염부하량이 가장 높게 나타난
- 관리 우선순위: 죽산계 > 토지계 > 생원계 > 산악계 > 산업계 순서
- ▶ 행정구역별 비교시 가장 많은 유역면적을 차지하는 대전광역시 유성구 성북동에서 생활계, 죽산계, 산업계 오염부하량이 모두 높게 나타나고 있어서 해당 행정구역을 중심으로 오염원 관리 필요
- 관리 우선순위: 성북동 > 불곡동 > 방동 순서

나. 수질 현황

- COD, T-N 항목이 5등급(V)으로 평가되어 개선 필요

항목	수질 현황(2022년 1~7월 조사 평균) 및 목표 수질 (생활환경기준수준)
TOC (mg/L)	4.8 (III)
COD (mg/L)	8.9 (V)
T-N (mg/L)	1.118 (V)
T-P (mg/L)	0.043 (III)



Chapter 4. 기대성과 및 활용방안



4.1 기대성과 및 활용방안

● 기대성과

- 금강수계 주요 호소 유역의 수생태계 현황 파악 및 기초자료 구축
- 호소 수생태계 건강성 평가 결과자료(DB) 및 호소 수생태계 건강성 지도(GIS) 제작 기반 마련
- 호소 생물축적망에 대한 수생태계 건강성 평가기법 적용을 통한 운영체계 기반 마련
- 호소 생물축적망의 안정적인 운영을 위한 정도관리 기법 및 방향설정을 위한 체계 마련
- 호소 수생태계 건강성 증진 및 장기적인 유역관리를 위한 기초자료 확보

● 활용방안

- 호소의 종합적인 평가를 통한 유역 물환경 관리정책 수립의 근거자료로 활용
- 호소 수생태계 보전 및 복원목표 설정을 위한 기초자료로 활용
- 하천-호소-하구로 이어지는 유역단위 통합물환경 측정망 운영을 위한 기반자료
- 물환경 관리대책 및 증장기 호소 보전대책 마련을 위한 정량적 자료로 활용
- 연구결과의 종합적인 진단을 통해 호소특성을 고려한 생태계 관리방안 수립의 기초자료
- 호소 수생태계의 생물다양성 및 환경보전을 위한 현장교육 및 홍보자료로 활용
- 호소의 육수학적 특성과 수생태계 구조 및 기능에 대한 학술자료로 활용
- 수생태계 분야 연구인력 양성 및 연구인프라 구축을 통한 관련 학문발전에 기여
- 유역의 오염원 현황파악 및 관리를 통해 호소 수질 및 수생태계 건강성 개선에 기여

▶ 정책적 측면

▶ 기술적 측면

▶ 사회적 측면

4.2 데이터 확보 및 결과 활용

❖ Data Base 관리 체계 구축을 통한 자료 활용성 증대방안 마련

- 전문가 활용 : 분야별 DB 정리
- ✓ 자료의 관리의 연속성 확보 및 오류 제거

분야별 Raw data 정리

연도	월	주	날짜	인구밀도(인/㎡)	지용 농축밀도(인/㎡)	속	종	계수	종명	가치밀도(ind./L)
2022	12	3	2022-12-12	60	50	Phlodiina	roseola	1	Phlodiina roseola	0.63
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Ancella	vulgaris	21	Ancella vulgaris	1.4
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Vorticella	campanula	1	Vorticella campanula	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Cephalodella	sp.	1	Cephalodella sp.	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Synchaeta	oblonga	3	Synchaeta oblonga	2
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Polyarthra	vulgaris	2	Polyarthra vulgaris	1.33
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Boschnovia	calyciflorus	1	Boschnovia calyciflorus	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Keratella	vaigua	1	Keratella vaigua	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Lecane	bullia	11	Lecane bullia	7.33
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Lecane	sp.	1	Lecane sp.	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Euchlanis	dilatata	1	Euchlanis dilatata	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Lepadella	patella oblonga	1	Lepadella patella oblonga	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Phlodiina	roseola	1	Phlodiina roseola	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Nauplius	(Cyclops)	4	Nauplius (Cyclops)	2.67

2023년, 2024년 모니터링 결과 추가

결과 연속성 확보

- 수면관리자 활용 : 호소 단위의 엑셀 DB 구축
- ✓ 일반현황, 수질, 수생태, 종합진단 평가의 DB 화
- ✓ 호소 단위 파일 구성을 통해 사용자의 활용성 증대
- 사용자 기준 정리된 기초자료의 확보가 어려움

000호 기초조사 DB

연도	월	주	날짜	인구밀도(인/㎡)	지용 농축밀도(인/㎡)	속	종	계수	종명	가치밀도(ind./L)
2022	12	3	2022-12-12	60	50	Phlodiina	roseola	1	Phlodiina roseola	0.63
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Ancella	vulgaris	21	Ancella vulgaris	1.4
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Vorticella	campanula	1	Vorticella campanula	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Cephalodella	sp.	1	Cephalodella sp.	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Synchaeta	oblonga	3	Synchaeta oblonga	2
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Polyarthra	vulgaris	2	Polyarthra vulgaris	1.33
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Boschnovia	calyciflorus	1	Boschnovia calyciflorus	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Keratella	vaigua	1	Keratella vaigua	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Lecane	bullia	11	Lecane bullia	7.33
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Lecane	sp.	1	Lecane sp.	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Euchlanis	dilatata	1	Euchlanis dilatata	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Lepadella	patella oblonga	1	Lepadella patella oblonga	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Phlodiina	roseola	1	Phlodiina roseola	0.67
2022	12	4	2022-12-19	60	40	Nauplius	(Cyclops)	4	Nauplius (Cyclops)	2.67

일반현황

수질

수생태

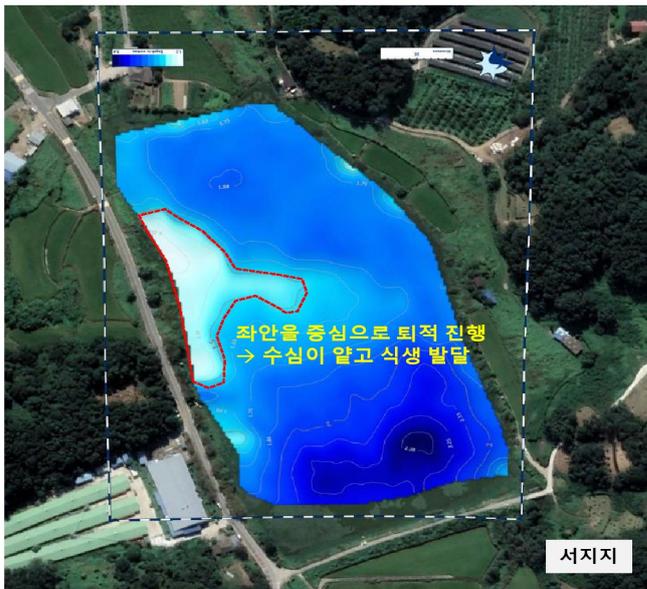
종합진단 평가

결과 활용성 증대

4.2 결과 활용

❖ 수면관리자 : 호소 수심분포 조사

- 수심분포 자료의 활용 : 호소 활용(농업용수 확보) 및 수질관리를 고려한 준설 등의 근거 자료로 활용



통영일보 청주 오창읍, 호수공원 수질개선 완료

청주 오창읍, 호수공원 수질개선 완료

2022.08.19 14:34 | 2022.08.19 14:34 | 2022.08.19 14:34

[통영일보 신유식 기자] 그간 악취와 녹조 등으로 많은 민원이 발생했던 오창호수공원 저수지의 수질이 개선됐다.

오창읍 행정복지센터(읍장 정영배)는 지난 13일 문화체육관광부 준설공사로 완료했다고 19일 발표한 호수공원 저수지(기) 비린내 등 악취와 녹조로 인한 호수공원 유해하기 위해선 주민들의 많은 관심과 계해 덕을 주는 등에는 호수의 수질과 풍경을 건

준설을 통한 수질 관리 예시 (2022년 오창호수공원)

4.2 결과 활용

❖ 수면관리자 및 지자체 : 호소 유역 사진, 영상 자료

- 호소의 규모에 따라 규모가 작은 호소는 “사진, 영상”, 규모가 큰 호소는 “사진” 자료 확보



4.2 결과 활용

❖ 시민 : 호소 관리 카드

2022년 환경거포포사업
오염 유심 호소유역 오염원 기초조사 및 관리방안 연구 용역

농업용 저수지 현황

(충청북도, 전라북도, 대전시, 세종시)

맹동지 1면적 1,042ha | 방동지 1면적 1,042ha | 맹동지 1면적 1,042ha

금강수계관리위원회

호소 현황도

1. 방동지

가. 기본 현황

- 방동지: 1977년에 준공된 총 저수량 2,846천㎥의 인공호

구분	기초현황	구분	수량	구분	수량
면적	면적(천㎡)	1,071	저수용량(천㎥)	2,846	
면적(국·시·군·구)	면적(천㎡)	1,071	저수용량(천㎥)	2,846	
면적(충청북도)	면적(천㎡)	1,071	저수용량(천㎥)	2,846	
면적(충청북도)	면적(천㎡)	1,071	저수용량(천㎥)	2,846	
면적(충청북도)	면적(천㎡)	1,071	저수용량(천㎥)	2,846	

나. 수질 현황

- COD, T-N 함량이 5등급(V)으로 평가되어 개선 필요

1. 방동지

다. 수생태계 현황

- 수생태계 D등급(2023년) - 총 335종(본류군의 수생생물 서식 확인)

종류	종수	특성(대표종)	특성(대표종)
식물플랑크톤	65종	24.31 Genus/Sp.	<i>Chaetoceros debilis</i> , <i>Chaetoceros debilis</i>
동물플랑크톤	27종	221.0 Genus/Sp.	<i>Paramecium</i> , <i>Paramecium</i> , <i>Paramecium</i>
수생 곤충류	140종(류)	(140종(류))	물벼룩, 물벼룩(물벼룩목)
수생 곤충류(유충)	12종	34종(종)	물벼룩(물벼룩목), 물벼룩(물벼룩목)
어류	50종	1,571 개체	물고기, 물고기
양서류	4종	31 개체	물개구리, 물개구리
파충류	3종	3개체	물개구리, 물개구리

라. 자연원 현황

- 오염원 현황(2022년) 및 오염부하량(BOD, kg/일)을 기준으로 한 오염원 관리

오염원	오염원	오염원	오염원	오염원
농업	농업	농업	농업	농업
도시	도시	도시	도시	도시
산업	산업	산업	산업	산업
생활	생활	생활	생활	생활

● BOD를 기준으로 한 방동지의 오염부하량(kg/일)을 산정한 결과 육상계 오염부하량이 가장 높게 나타났다.

- 육상계(농업)는 육상계(도시)보다 오염부하량이 높았다.
- 방동지(농업)는 육상계(도시)보다 오염부하량이 높았다.
- 방동지(농업)는 육상계(도시)보다 오염부하량이 높았다.

4.2 결과 활용

● 연구자 : 학술 발표

항목	목표	달성	내용
논문게재(국내, 외)	2편	-	생물조사 결과 학술논문 게재
논문발표(국내, 외)	8편	4편	조사결과 국내, 외 발표



금강수계 오염우심호소의 부영양화 상태에 따른 어류 군집 분포
김정호, 김민서, 김민서, 김민서, 김민서

금강수계 오염우심 소영 수질 동종분류군별 군집 특성 분석과 평가
김민서, 김민서, 김민서, 김민서, 김민서

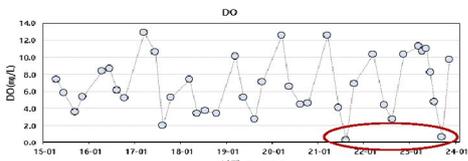
금강 유역 12개 오염우심 호소의 오염원 수질 수생태계 조사를 통한 현황 파악 및 관리 전략 마련
김민서, 김민서, 김민서, 김민서, 김민서

오창저수지 유역의 수생태계 및 오염원 현황
김민서, 김민서, 김민서, 김민서, 김민서

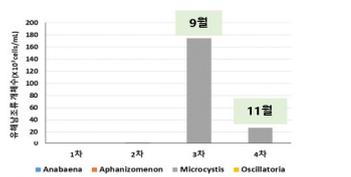
4.3 추가 연구 방향 제시

1. 오창저수지 유역 오염원 현황

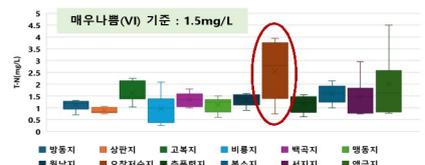
- 산업계 오염부하량이 높게 나타남 (산업계 > 축산계 > 토지계 순서)
- 평상시 DO가 높게 나타나지만 여름철 8~9월 DO가 낮게 유지 (2023년 9월 0.7mg/L이며, 2021년도 매우 낮은 값을 보임)
- 여름 강우 이후 유해남조류 (Microcystis) 발생 3차조사(9월) : 174,240cells/mL (조류예측 3단계 : 100,000cells/mL)
- T-N 위주의 오염원 관리 필요 (2023년 4~6월 3mg/L 이상 유지)



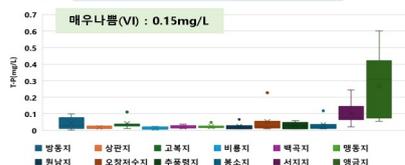
오창저수지의 DO (2015년~2023년)



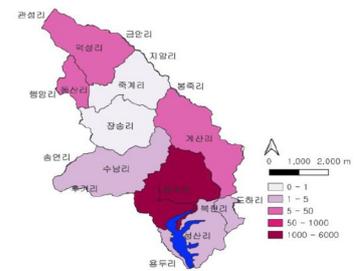
유해남조류 출현개체수



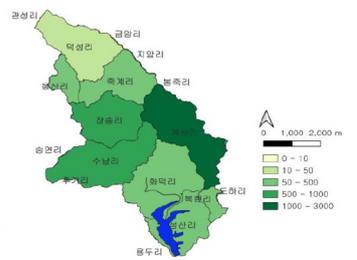
호소 별 T-N 현황 (2023년 7회 조사)



호소 별 T-P 현황 (2023년 7회 조사)



산업계 오염부하량_BOD(kg/일)



축산계 오염부하량_BOD(kg/일)

4.3 추가 연구 방향 제시

2. 추가 연구 : DO 공간 분포 파악

- 목적 : 오창저수지 빈산소 발생 구간 파악을 통한 관리 방안 제시
- 수평 : 유입천 - 댐체 (3km거리)
- 수직 : 댐체 인근 (최대 수심 19m)

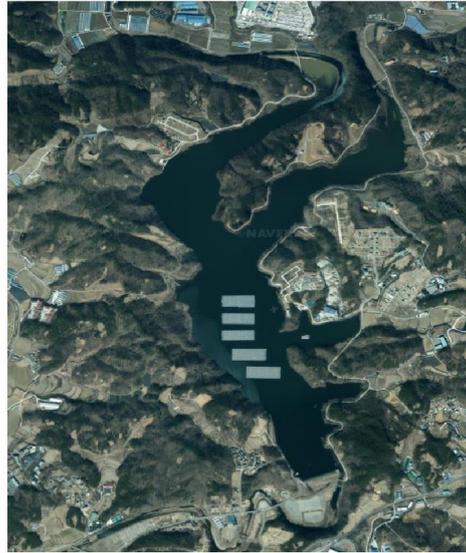
3. 추가 연구 : 수질 오염 특성 및 유기물 기원 분석

- 목적 : 저수지 유기물 오염원 현황 및 기원 파악
- 수질 : TOC, TN, TP, NO₃-N, NH₄-N, Chl.a
- 플랑크톤 : 식물플랑크톤, 동물플랑크톤
- 안정동위원소
- 퇴적물 : COD, 감열감량, NO₃-N, NH₄-N

2023년, 2024년 현황 조사를 통한 문제점 파악

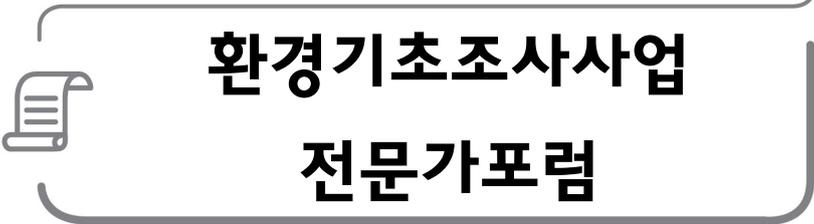


정밀 모니터링 수행



경청해주셔서 감사합니다.





**환경기초조사사업
전문가포럼**



1

**금강유역 물환경 현안
분석 및 환기조사업
연구주제 발굴**

충남연구원

김 영 일 선임연구위원

금강유역 물환경 현안 분석 및 환기조사업 연구주제 발굴

2024. 11. 14.

 충남연구원 김 영 일 선임연구위원
ChungNam Institute

발표순서

1. 금강유역 물환경 현안
2. 환기조사업 연구주제·과제

0

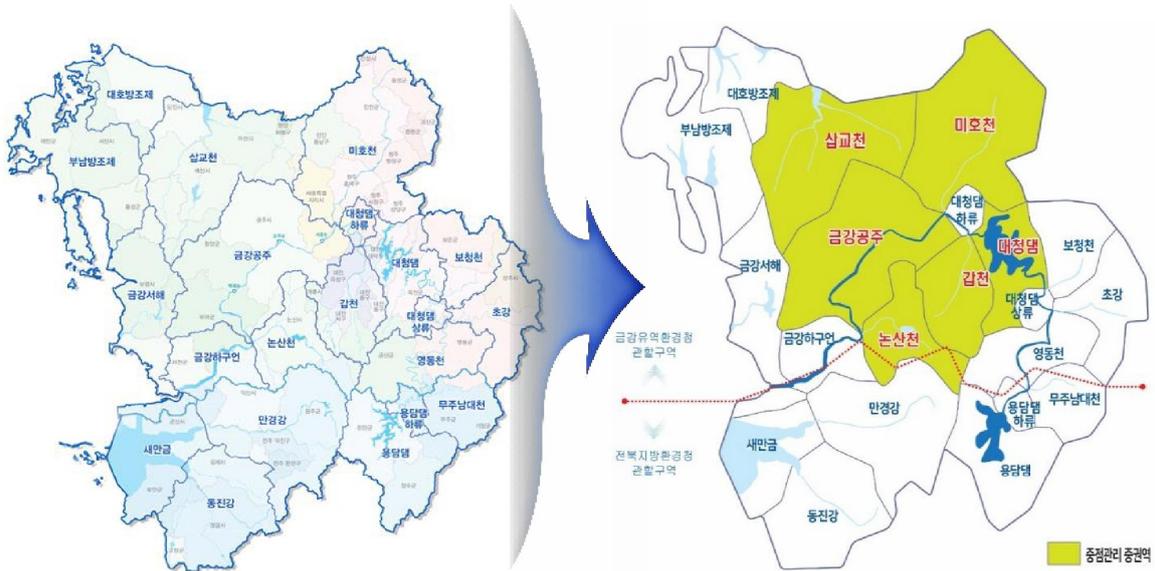
1

금강유역 물환경 현안

01 금강유역 물환경 관리

- 물관리기본법 및 물환경보전법 등에 근거하여 물환경 정책목표 달성을 위한 다양한 계획 수립 및 추진을 통해 금강유역 물환경을 관리 중
 - 물관리기본법 : 국가물관리기본계획, 금강유역물관리종합계획 및 이행평가
 - 물환경보전법 : 금강 대권역 물환경관리계획, 중점관리 중권역 물환경관리계획
- 금강권역 내 목표수질 미달성 등 중점관리가 필요한 중권역에 대해 '금강 대권역 물환경관리계획'의 정책목표 달성을 위한 구체적인 실행계획으로 중권역 물환경관리계획 및 연동계획이 수립되어 시행 중
 - 금강유역은 목표수질을 미달성한 2개 중권역(미호강, 논산천), 금강수계위 요청에 따른 4개 중권역(대청댐, 갑천, 금강공주, 삼교천)의 물환경관리계획 수립 및 시행 중
- 금강유역 중점관리 중권역의 물환경 주요 현안 및 이슈 분석을 통해 물환경 개선을 위한 연구주제 및 과제 발굴 필요
 - 금강유역 물환경 현안 분석을 통해 물환경 개선을 위한 다양한 연구주제 및 발굴 추진

02 중점관리 중권역



1 대청댐 중권역

01 유역현황

- ☑ (행정구역) 3개 시·도, 7개 시·군·구
 - 대전(동·대덕구), 충남(금산), 충북(청주 상당·서원구, 보은, 옥천)
- ☑ (유역규모) 면적 667.48km², 유역둘레 191.73km, 평균표고 192.21m
- ☑ (유역특성) 금강 중류에 위치한 지리적 특성으로 금강 본류로 유입되는 오염부하의 영향이 지배적, 직유입 하천 중에는 서화천의 영향이 가장 큼
- ☑ (주요 대책 및 투자계획) 수생태계 복원사업, 축산·농업 비점오염관리, 하수처리장 신·증설, 빗물 및 하수재이용 확대 등
 - 당초 : 5,399억원(국비 1,411억원, 지방비 2,751억원, 기금 등 1,237억원)
 - 변경 : 2,997억원(하·폐수 공공인프라 확충 등 2,281억원 감소, 수변구역 관리 개선 등 217억원 증가 등)

대청댐 중권역 주요 계획



02 주요 현안 및 이슈 분석

- ☑ (주요 현안) 중부권 최대 광역상수원으로 1a등급 수질관리 필요, 이상기후로 인한 녹조 발생 증가
- ☑ 금강 중류에 위치한 지리적 특성, 상류 유역 오염부하 영향 지배적, 여름철 강우시 쓰레기 유입
 - 서화천 등 대청호 직유입 하천과 함께 상류 유역(봉황천 등) 관리대책 필요

대청댐 중권역 지역이슈 분석

수질, 수생태계	물순환, 기문, 기후변화	유역거버넌스, 수질총량	축산, 생태하천
대청댐 매년 녹조 발생 이상기후로 발생 확률 증가	충남 서부권 대청댐 광역상수도 공급	수변구역 토지매수 지침 개정	대청호 녹조 주범, 소옥천 축산분뇨
조류 저감 위해 비점오염원 관리지역 지정 필요	장마 후 찰흙더위, 대청댐 녹조 심화	상수원 관리규칙 개정, 청남대 개발	대청댐 상류유역 무단방류, 가축분뇨 미관리
AI기반 모니터링 강화	지속적인 기문으로 최소한의 용수만 공급	낙시곤 쓰레기 몸살 주민 일자리 제공 수거	대청댐 만성 녹조 원인규명, 처방(정부)
TOC 농도 지속적 증가	대청댐 보조여수로 완료	소옥천 주민자치형 수질개선 종합대책 시행	생태습지 낙시터 전략 수질개선 취지 무색
녹조, 수생태계 관리에 총력	폭우로 인한 쓰레기 유입	대청댐 중복규제	수변생태벨트, 가축사육제한구역
...

02 주요 현안 및 이슈 분석

- (주요 현안) 대표 도심 지역 하천, 합류식 하수관거 및 불투수면적으로 인한 도시 비점오염원 유출
- 갑천 하류 수질 악화, 대전 하수처리장 이전, 대전천 수질관리, 기후변화로 인한 하천 범람, 하상 준설
- 국가내륙습지보호구역 지정, 3대하천 수질·수생태 복원사업 추진

갑천 중권역 지역이슈 분석

수질, 수생태계	물순환, 가뭄, 기후변화	유역거버넌스, 수질총량	축산, 생태하천
하수종말처리장, 1,2산단 인근 이후 수질 악화	천수구역 범람 위기	대전천 통합하천사업	3대하천 수질·생태 복원추진
국가내륙습지보호구역 지정	동수단면 확보를 위한 하천 준설	주민참여 유역거버넌스로 대전천 수질개선	생태하천의 딜레마 홍수위험 vs 생태가치
태동보 철거 (수생태계 연속성 확보 시범사업)	불투수면적 증가로 인한 유출량 증가	대전시민 땀공이 생태모니터링 진행	하상도로 철거
대전하수처리장 이전	물순환 선도도시	갑천 천수구역 호수공원 준공	3대하천 풀, 축산농가 사료로 사용
대전천 수질개선 - 가양천, 대사천 우선관리	가뭄 후 집중호우로 수중산소량 감소, 물고기 폐사	대전지속가능발전협의회 지속적 운영 중	기존 콘크리트 보 철거 친환경 여울 설치
...

3 미호천 중권역

01 유역현황

- ☑ (행정구역) 4개 시·도, 10개 시·군·구
 - 경기(안성), 충북(진천, 음성, 증평, 괴산, 청주), 충남(천안), 세종
- ☑ (유역규모) 면적 1,854.98km², 유역둘레 280.07km, 평균표고 135.90m
- ☑ (유역특성) 상류지역(진천, 음성)은 축산농가와 농경지, 산업단지가 산재하고 중·하류(청주, 세종)에는 인구 급증 및 산업화 진전
- ☑ (주요 대책 및 투자계획) 공공하수처리 인프라 확충, 수질개선 사업, 비점오염저감시설, 하수처리수 재이용, 완충저류지 설치 등
 - 당초 : 7,278억원(국비 4,554억원, 지방비 2,186억원, 기금 등 538억원)
 - 변경 : 5,063억원(하수 공공인프라 확충 1,460억원 감소, 물 수요관리 강화 및 하수처리 재이용 확대 457억원 증가 등)



02 주요 현안 및 이슈 분석

- ☑ (주요 현안) 미호강 상류부터 지속적인 중권역 목표등급 미달성, 농촌과 도시의 복합지역으로 종합 관리대책 필요
- ☑ 통합하천사업, 미호강 맑은물 사업, 비점오염관리지역 지정 등 다양한 사업 및 대책 추진 중
- ☑ 기후변화로 인한 하천 범람, 농업용 저수지 고갈, 지속적 산단 증가, 용수 확보 필요

미호천 중권역 지역이슈 분석

수질, 수생태계	물순환, 가뭄, 기후변화	유역거버넌스, 수질총량	축산, 생태하천
중권역 목표수질 미달성	하천 범람, 제방붕괴, 침수	미호강 수질개선 민관학 협의체 운영	무분별한 축사 허가 방지
수량, 수질, 수생태 통합물관리-유지용수 공급	통수단면 확보를 위한 하천 준설	미호강 통합물관리를 위한 상생협약-8개 기관	생태하천 복원사업 540억 투자(청주)
지역 맞춤형 통합하천사업 - 미호강, 무심천	지속적인 가뭄으로 농업용 저수지 고갈	미호강 참여 협력 포럼 구성	하천의 생태숲 조성
비점오염관리지역 지정 - 미호강상류, 한천	지하댐 건설	산업단지 및 폐수처리장 확충	가축분뇨 관리실태조사
미호강 맑은물 사업	하수처리수 재이용을 통한 농업용수 확보	친수여가 공간 조성	가축분뇨 유출사고
...

4 금강공주 중권역

01 유역현황

- (행정구역) 3개 시·도, 6개 시·군·구
 - 대전(유성), 세종, 충남(공주, 부여, 계룡, 청양, 논산)
- (유역규모) 면적 1,843.73km², 유역둘레 288.97km, 평균표고 118.74m
- (유역특성) 대부분 농촌지역, 금강본류에 3개 보(세종보, 공주보, 백제보)
 금강본류 수질은 대청댐 방류, 갑천, 미호천의 영향이 큼
- (주요 대책 및 투자계획) 공공하수처리 인프라 확충, 완충저류지, 축산공공처리시설 및 에너지화 확충, 하수처리수 재이용 등
 - 당초 : 2,181억원(국비 1,113억원, 지방비 543억원, 기금 등 525억원)
 - 변경 : 1,410억원(공공하수처리 인프라 확충 439억원 감소, 축산공공처리시설 및 에너지화 확충 300억원 감소 등)



02 주요 현안 및 이슈 분석

- ☑ (주요 현안) 금강분류에 설치된 보의 영향으로 수질 및 수생태계 변화, 정부 정책에 따라 보 운영방법 결정
- ☑ 자체 유역의 오염부하보다 상류에 위치한 대청댐 방류, 갑천, 미호천의 영향을 크게 받음
- ☑ 기후변화로 인한 녹조 증가, 금강~보령댐, 예당지 용수공급, 지천 다목적댐 건설

금강공주 중권역 지역이슈 분석

수질, 수생태계	물순환, 가뭄, 기후변화	유역거버넌스, 수질총량	축산, 생태하천
정부 정책에 따른 보 운영방법 변화	백제보~보령댐 용수로	공주보 개방으로 백제문화제 수상공연 차질	최우수 생태하천 복원사업 - 부여 왕포천
기후변화로 인한 녹조 증가	보 운영에 따른 지하수위 변화	공주보 개방 모니터링 거버넌스 협의체 운영	하천변 자전거도로 활용 하천 순찰팀 운영
금강정비 사업 후 수질, 수생태계, 지니도 변화	보 개방시 농업용수 확보 문제 발생 제기	금강수계 물관리 상생협력회의 개최	석성천 오염하천 선정 통합 집중형 오염하천 개선사업 시행
석성천 유역 벼섯농가밀집 오염원편입 안됨	공주보~예당지 용수로	4단계 수질오염총량관리 시행 중	보 개방이후 지류하천도 수문 개방
지천 유역 수생태계 최우선 보전지역 선정	지천 다목적댐 건설	금강유역 환경포럼 운영	가축 사육두수 증가
...

5 논산천 중권역

01 유역현황

- ☑ (행정구역) 2개 시·도, 7개 시·군·구
 - 전북(완주, 진안, 익산), 충남(공주, 계룡, 논산, 금산)
- ☑ (유역규모) 면적 666.10km², 유역둘레 183.18km, 평균표고 118.34m
- ☑ (유역특성) 논산천 하류 유역에 오염원(인구, 축산, 농경지 등) 밀집
- ☑ (주요 대책 및 투자계획) 하·폐수 공공인프라 확충 및 최적관리, 생태하천 복원, 가축분뇨 처리 등
 - 당초 : 1,453억원(국비 1,009억원, 지방비 439억원, 기금 등 5억원)
 - 변경 : 1,226억원(하·폐수 공공인프라 확충 및 최적관리 293억원 감소, 축산 공공처리시설 및 에너지화 확충 55억원 증가 등)



02 주요 현안 및 이슈 분석

- ☑ (주요 현안) 하류 및 지류지천(강경천, 방축천 등) 수질 목표등급 미달성
 - 목표등급 현실성 결여(우선적으로 금강본류 목표수질과 동일하게 관리 필요)
- ☑ 논산천 하류 농경지 및 축사 밀집, 수체 정체로 인한 오염도 악화

논산천 중권역 지역이슈 분석

수질, 수생태계	물순환, 가뭄, 기후변화	유역거버넌스, 수질총량	축산, 생태하천
중권역 목표수질 미달성	기후변화로 인한 담정호 저수율 감소	4단계 수질오염총량제 시행 중	담정지구 하천정비사업 준공
지류하천 수질악화 방축천, 강경천	중교천 하류 논산천 물 상류에 공급으로 수질개선 물 순환형 하천정비사업	생활, 축산 오염원 하류지역에 밀집	논산천 생태하천조성사업 준공(은진면 일원)
비점오염관리지역 지정 필요		강 살리기 익산네트워크 정화활동 실시	
물 순환형 수변도시 조성사업 - 중교천	담정저수지 독농임 사업	담정호 체험체류형 관광지 개발	담정호 수변 생태공원
...

6 삽교천 중권역

01 유역현황

- ☑ (행정구역) 2개 시·도, 8개 시·군·구

 - 충남(예산, 아산, 천안 서북·동남구, 당진, 홍성, 청양), 세종
- ☑ (유역규모) 면적 1,668.39km², 유역둘레 274.61km, 평균표고 84.51m
- ☑ (유역특성) 오염원 특성이 다른 곡교천(천안·아산 생활계 등)과 삽교천·무한천(홍성·예산 축산계 등)이 주요 하천으로 구성됨
- ☑ (주요 대책 및 투자계획) 공공하수처리 인프라 확충 및 최적관리, 가축분뇨공공처리시설 및 에너지화 확충, 생태하천 복원 등

 - 당초 : 3,952억원(국비 2,288억원, 지방비 953억원, 기금 등 711억원)
 - 변경 : 6,284억원(축산공공처리시설 및 에너지화 확충 대책 574억원 감소, 공공하수처리 인프라 확충 및 최적관리 3,061억원 증가 등)

삽교천 중권역 주요 계획



02 주요 현안 및 이슈 분석

- ☑ (주요 현안) 지류지천 목표수질 초과(천안천 V등급, 곡교천하류 IV등급)
 - 곡교천 하류 및 천안천 도심지역 오염원 관리 필요
- ☑ 삼교천 축사 밀집으로 인한 비점오염원 증가(가축분뇨처리시설 부족, 수질오염총량제 미시행)

삼교천 중권역 지역이슈 분석

수질, 수생태	물순환, 가뭄, 기후변화	유역거버넌스, 수질총량	축산, 생태하천
수질개선 사업비 1552억원 투입(곡교천, 도교천)	천안, 아산 하수처리수 재이용 확대	수질오염총량관리제 시행(천안, 당진)	생태하천복원사업 - 남원천, 온양천
통합집중형 오염저감사업	최근 극심한 가뭄으로 수질악화 가중	천안시 하천 수질보전활동 지원 조례안 발의	당진시 가축분뇨 무단 배출 배출업자 적발
하수처리장 준공(순성, 면천) 남원천 수질개선 기대	삼교호 배수갑문 확대 기후변화에 따른 피해 저감	삼교천 문방지구(친수공간) 민관협업체 구성	삼교천, 무한천 축사 곡교천 생활오수 주요오염원
당진시, 삼교호 수질향상 위해 고심	극심한 가뭄으로 삼교호 바닥 흙물 들어남	삼교호 유역 맑은 물 되살리기 시민 대토론회 (당진시 주체)	삼교천 생태공원 조성
천안 시민모니터링 - 하천수질	극심한 가뭄 대비 예당저수지 도수터널 운영	남시금지구역 추진	삼교지구 하천환경정비사업
...

0

2

환기조사업 연구주제·과제

01 환기조사사업 전문가포럼 운영

● 환기조사사업 물환경 전문가포럼 운영('23~'24)

- 운영목적 : 환기조사사업 물환경 전문가포럼 분과별 회의개최를 통한 현안문제 논의, 연구주제 발굴 및 연구과제 기술지도(TRM) 마련
- 포럼구성 : 물 관리 3개 분야(물환경, 물안전, 물이용)의 전문가로 포럼위원 구성
 - ※ 기존 포럼위원(50명)을 기본으로 필요시 분과별 포럼위원 확대 및 재조정 추진
- 포럼운영 : 포럼위원 전체가 참여하는 전체회의, 분과별 소그룹이 참여하는 분과회의로 구분하여 집중 토론 추진
 - (전체 회의) 연구수행 중간 및 종료 월에 각 1회, 총 2회 추진
 - (분과 회의) 분과별 5명 내외 소그룹별로 분야별 4회, 총 12회 집중 토론
- 분과별 논의를 통해 신규 연구주제 및 과제 도출

02 포럼 분과별 논의주제(안)

● 연구지역·분야·대상별로 분과별 토론

- 기초조사 자료 및 선행연구(환경기초조사사업 연구기반 구축 및 운영, 20년~22년) 결과 활용
- 분과별 논의를 통한 신규 연구주제 및 과제 도출

분야	논의주제(안)
물환경	<ul style="list-style-type: none"> · 상수원(대청호, 용담호, 보령호) 수량·수질·수생태계 변화 · 상수원 및 그 상류 유역 수질오염도 평가 및 개선방안 · 농업·축산 기인 비점오염원 관리 · 유역 내 불명오염원(행정자료에 미분류된 오염원) 조사·분석 · 미량(신규)오염물질 발생 실태조사 등
물이용	<ul style="list-style-type: none"> · 지표수·지하수 물순환체계 개선 · 용담호 물이용 및 물배분 · 물이용 가치평가를 위한 물계정 수립방안 · 상수원 상류지역 물복지 향상방안 등
물안전	<ul style="list-style-type: none"> · 기후변화에 따른 자연재해(가뭄, 홍수) 대응 방안 · 도시 침수 관리체계 강화 등

03 포럼 전체회의의 결과

- 일 시 : (1차) 2023. 12. 20(수) 14:00~16:00 / (2차) 2024. 4. 3(금) 10:00~12:00
- 장 소 : 충남연구원 4층 회의실
- 참석자 : 금강유역환경청, 전문가 포럼위원, 연구수행기관(충남연구원, 충남녹색환경지원센터)
- 내 용 : (환경현안 논의) **환기조사업 전문가포럼 분과별 운영결과 보고 및 논의결과 공유**
(연구성과 공유) 금강수계 환기조사업 우수과제 포스터 전시 및 인포그래픽 배포



< 1차 전체회의(23.12.20) >



< 2차 전체회의(24.4.3) >

17

04 전체회의의 주요의견

- 물환경 분과
 - 기존사업이나 과제들에 대한 **종합적인 성과평가** 필요
→ 평가결과 기초로 다음 단계 목표 또는 비전 수립, 관계기관 정보 공유방안 마련
 - **통합물관리** 측면에서 물리, 생물, 화학적 수질의 **종합적 평가지표체계** 마련
- 물이용 분과
 - **물 배분계획과 실제 물 사용현황** 조사(물 이용 가치 및 효율성 평가 기초조사)가 필요
 - 수계나 유역 단위로 **비상시 물 공급 비상계획** 수립 필요(특히, 가뭄 차원에서)
 - 지역특성을 반영하여 **취수원에 대한 기초조사나 관리방안** 마련 필요
 - 물환경 측면에서 **상수원보호구역과 같이 규제에 대한 환기조사업의 영향 효과 분석**
- 물이용 분과
 - 치수시설 등 **물 인프라에 대한 기초자료조사** 및 치수 중심의 유역도 작성 필요
 - 강수량 측정에 대한 정밀도 향상, 구간 확장사업, 특정 지점(우수관거)에 대한 **장기적인 모니터링 사업** 구축 필요

18

05 전체회의 분야별 연구주제(안)

● 물환경 분과

- ① 바이오차 시범지역 선정을 통한 효과 및 환경영향평가 분석
- ② 물순환 차원에서 미세플라스틱, 미량오염물질, 감염병 모니터링
- ③ 강우유출수의 수생태에 미치는 영향 파악을 위한 중장기 모니터링
- ④ 축산오염원 중점관리지역 내 미처리 방류수 실태조사
- ⑤ 축산계 및 토지계 원단위 조사 시범사업
- ⑥ 비점오염원관리지역 지정에 따른 효과 분석 및 정밀 모니터링
- ⑦ 금강수계 수질·수량·수생태 통합모니터링 시범사업
- ⑧ 금강유역물관리종합계획 세부과제 이행을 위한 기초조사

19

05 전체회의 분야별 연구주제(안)

● 물이용 분과

- ① 농업용수 사용량 및 실측량 조사를 통한 시기별 물 수량 조사
- ② 농업용수 회귀수량 모니터링 및 활용방안 마련
- ③ 금강수계 물수지(생·공·농업용수) 현황조사 및 분석
- ④ 지역 특성을 반영한 취수원 기초조사 및 관리방안 마련
- ⑤ 지표수 및 지하수 물순환체계 개선 기초조사
- ⑥ 물 이용 가치 및 효율성 평가 기초조사

● 물안전 분과

- ① 치수시설 등 인프라 기초조사
- ② 지방하천의 국가하천 승격 우선순위 마련을 위한 기초조사
- ③ 광역자치단체 단위 가뭄 관리계획 수립 연구

20

06 물환경 분과 연구주제 · 과제 제안

- 상수원(대청호, 용담호, 보령호) 관리 및 오염원 기원 파악
 - 수질·수량·수생태 모니터링 → (조류) 광역상수원 유해남조류 분포변화 장기 모니터링
 - 광역상수원 자연유기물 분포현황 및 난분해성 유기물 관리방안
 - 안정동위원소 분석을 활용한 오염원 종류 및 이동경로, 기여율 등 분석
- 물환경 관리를 위한 오염 우심 하천·호소 수질오염도 평가 및 관리방안
 - 중권역별 하천호소 목표수질 달성도 평가 및 유역진단
 - 금강 하천별 고유어종 분포 조사
 - 어류 체내 잔류물질 조사(지방조직 등에서 살충제, 중금속 등 조사)
- 농업·축산기인 비점오염원 관리
 - 농업 BMPs 적용방안, 가축분 처리방식 다각화(바이오차 등)
- 유역 내 불명오염원 조사·분석
 - 시설재배지 폐양액 조사, 대청호 상류 영농폐기물(농기계 오일 등) 실태조사
 - 금강수계 하천변 농경지(불법경작지) 현황 조사

21

07 물이용 분과 연구주제 · 과제 제안

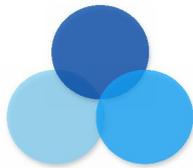
- 물순환체계를 고려한 물이용방안 마련
 - 지표수-토양지하수 측정망 연계 통합관리방안 마련
 - 지하수량 고갈 우려지역 모니터링 및 관리방안
 - 기저 유출량 정량화
- 신규 및 대체수자원 발굴
 - 신규 및 대체수자원(신규 수자원, 하수·온배수재이용, 농업용 저수지, 지하수저류댐, 해수담수화 등) 발굴
 - 지하수 개발, 빗물저장시설 설치, 다목적 댐·저수지 건설 등
 - 녹색댐 기능 강화
- 용담호 물 이용 및 물배분방안
- 물 이용 가치평가를 위한 물계정 수립

22

08 물안전 분과 연구주제 · 과제 제안

- 상수원수의 안전성 및 유해성 평가
 - 미세플라스틱, 미량오염물질, 독성남조류 등
 - (축산계) 대청호 상류 항생제(의약품) 잔류농도 조사
 - (농업계) 공공수역 잔류농약 검출 현황, 폐농약 관리·운영 실태조사
- 기후변화에 따른 자연재해(가뭄, 홍수) 대응방안
 - 수변구역 연계 다기능(홍수예방, 탄소흡수, 수질정화, 수생태복원 등) 홍수터 조성방안
- 도시 침수 관리체계 강화 등
 - 대심도 빗물터널, 하수관 용량 키우기, 침수위험지역 표지판 설치 등

23



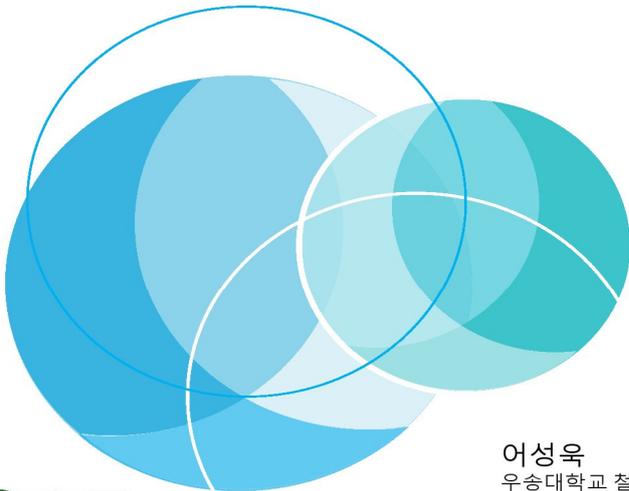
감사합니다

2

**축산계 수질총량삭감을
위한 가축분뇨
고체연료화의 환경성
검토**

**우송대학교
어 성 욱 교수**

축산계 수질총량삭감을 위한 가축분뇨 고체연료화의 환경성 검토



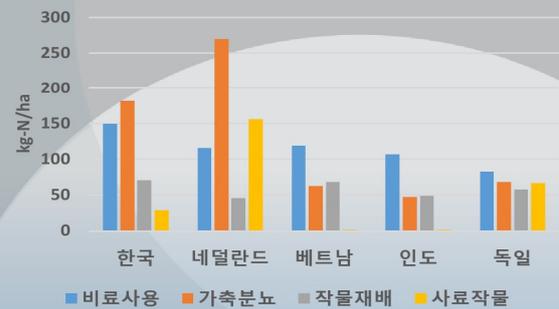
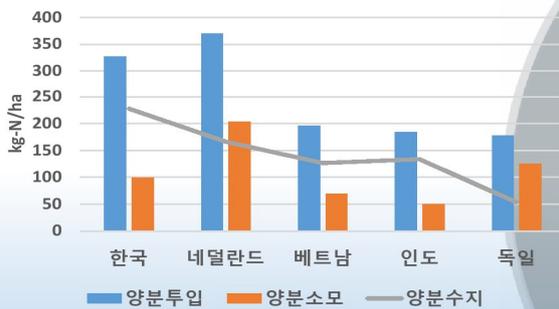
어성욱
우송대학교 철도건설시스템학부



순서

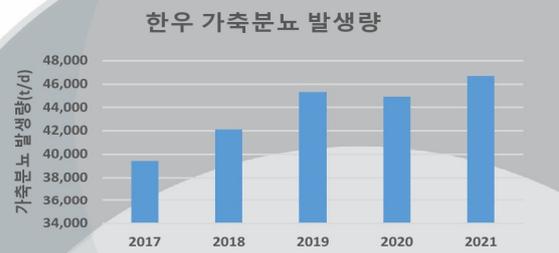
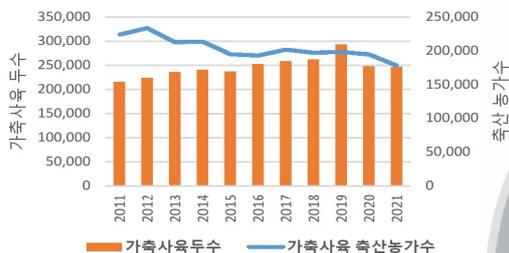
- 1 서 론
- 2 내용 및 방법
- 3 결과 및 고찰
- 4 결 론

- ▶ 우리나라는 OECD 국가중 질소 양분수지가 229.9kg-N/ha로 전체 1위임
- ▶ 네덜란드는 한국보다 비료사용량은 약 20% 적으나 가축분뇨발생량은 약 33% 많고 사료작물 수확량이 5배 이상 많음
- ▶ 네덜란드는 가축분뇨 퇴비를 살포할 수 있는 사료작물 재배지가 많으며, 사료작물 재배 시 화학비료를 사용하지 않고 가축분뇨 퇴비를 사용함
- ▶ 우리나라에서 사료작물 수확량의 확대는 농경지 면적의 확보가 어렵기 때문에 분뇨발생에 의한 양분삭감이 시급한 실정임



가축분뇨의 발생 및 처리 현황

- ▶ 축산농가의 기업화로 인해 축산농가수는 감소하고 사육두수는 증가
- ▶ 돼지를 제외한 나머지 축종은 90% 이상 퇴비로 처리



가축분뇨 처리 및 자원화 기술 개요



수질오염총량제 축산계 자원화 처리비



수질오염총량관리기술지침, 국립환경과학원, 2019

법적규제내역	폐수처리내역	고형물처리내역	폐수자원화비	유량				BOD				T-N				T-P			
				폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비	폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비	폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비	폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비
허가	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.20	0.40	0.10	기준 ¹⁾	0.80	0.20	0.20	기준 ¹⁾	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.30	0	0	0	0.075
신고	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.35	0.40	0.10	0.50 ¹⁾	0.80	0.20	0.20	0.70 ¹⁾	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.30	0	0	0	0.075
신고미만	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.50	0.40	0.10	0.50	0.80	0.20	0.20	0.70	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.20	0	0	0	0.050
	무처리		0	0	0	0	1	0	0	0	0.25	0	0	0	0.50	0	0	0	0.150

보령시 오염원별 발생부하량

구분	연도	생활계	산업계	토지계	축산계	양식계	매립계	합계
발생 BOD (kg/일)	2017	8,003	935	4,468	60,856	0	2,061	76,323
		(10.5%)	(1.2%)	(5.9%)	(79.7%)	(0.0%)	(2.7%)	(100%)
발생 TN (kg/일)	2017	2,125	1,726	2,388	14,819	0	140	21,198
		(10.0%)	(8.1%)	(11.3%)	69.9%)	(0.0%)	(0.7%)	(100%)
발생 TP (kg/일)	2017	229	36	210	6,022	0	11	6,509
		(3.5%)	(0.6%)	(3.2%)	92.5%)	(0.0%)	(0.2%)	(100%)

- 2017년 기준 BOD 발생부하량은 축산계 79.7%, 생활계 10.5%, 토지계 5.96% 차지
- T-N 발생부하량은 축산계 69.9%, 토지계 11.3%, 생활계 10.0% 차지
- T-P 발생부하량은 축산계 92.5%, 생활계 3.5%, 토지계 3.5% 차지

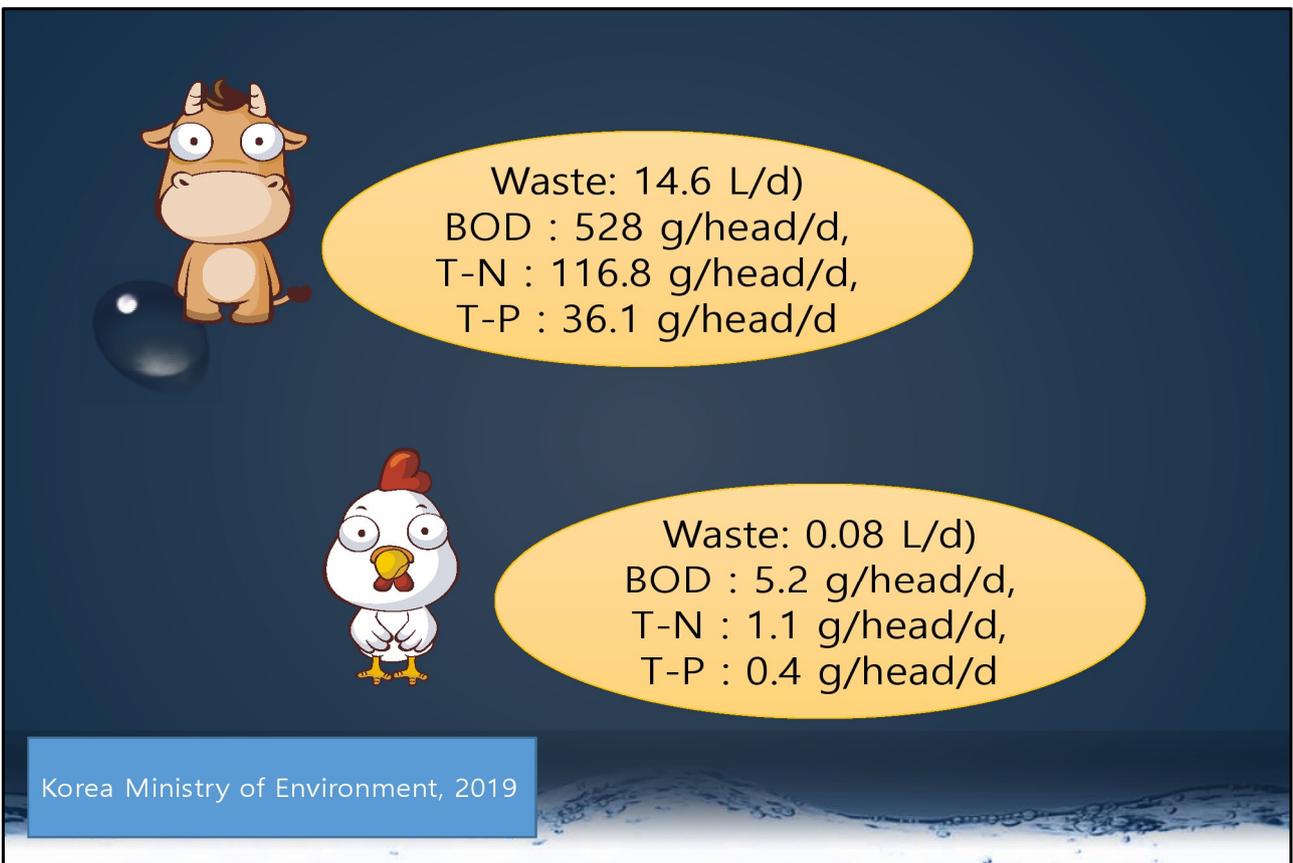
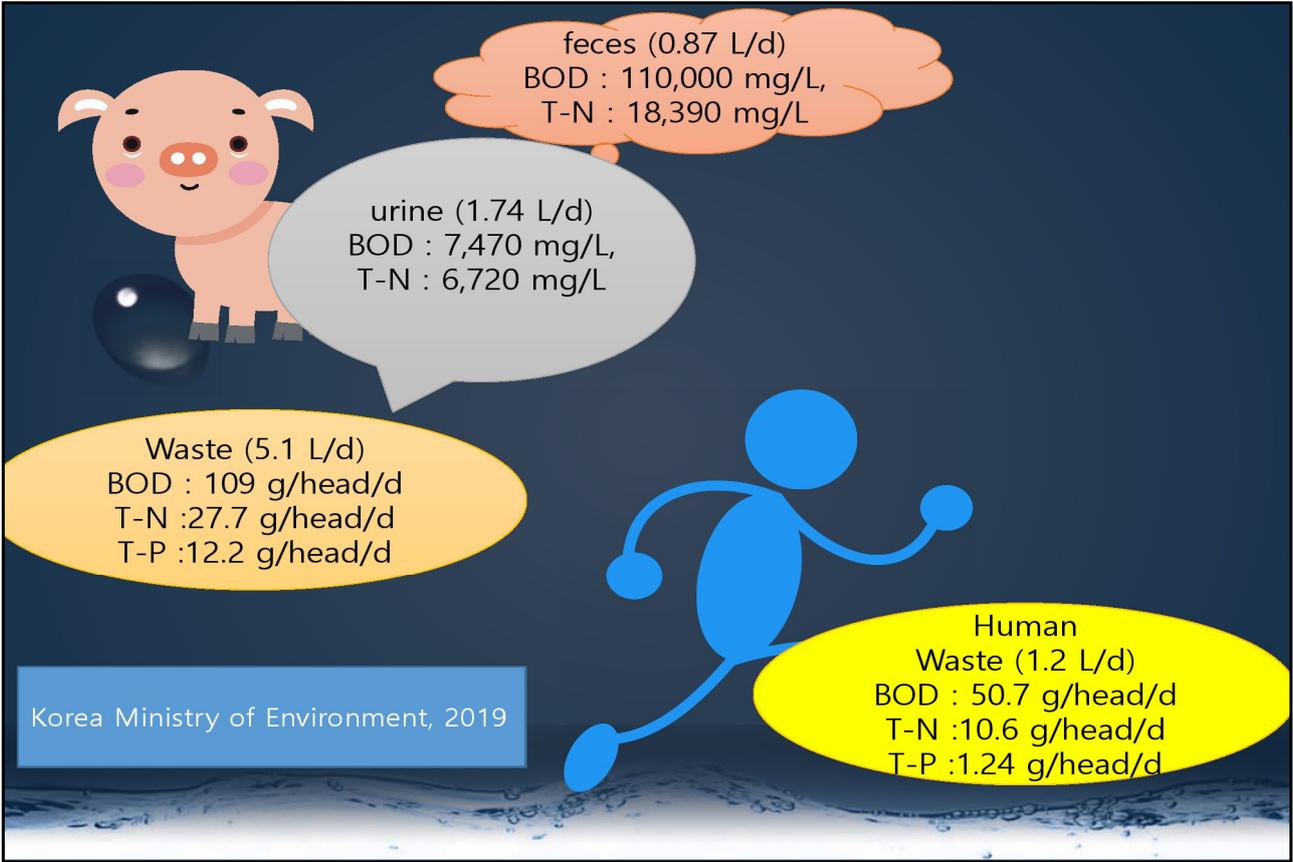


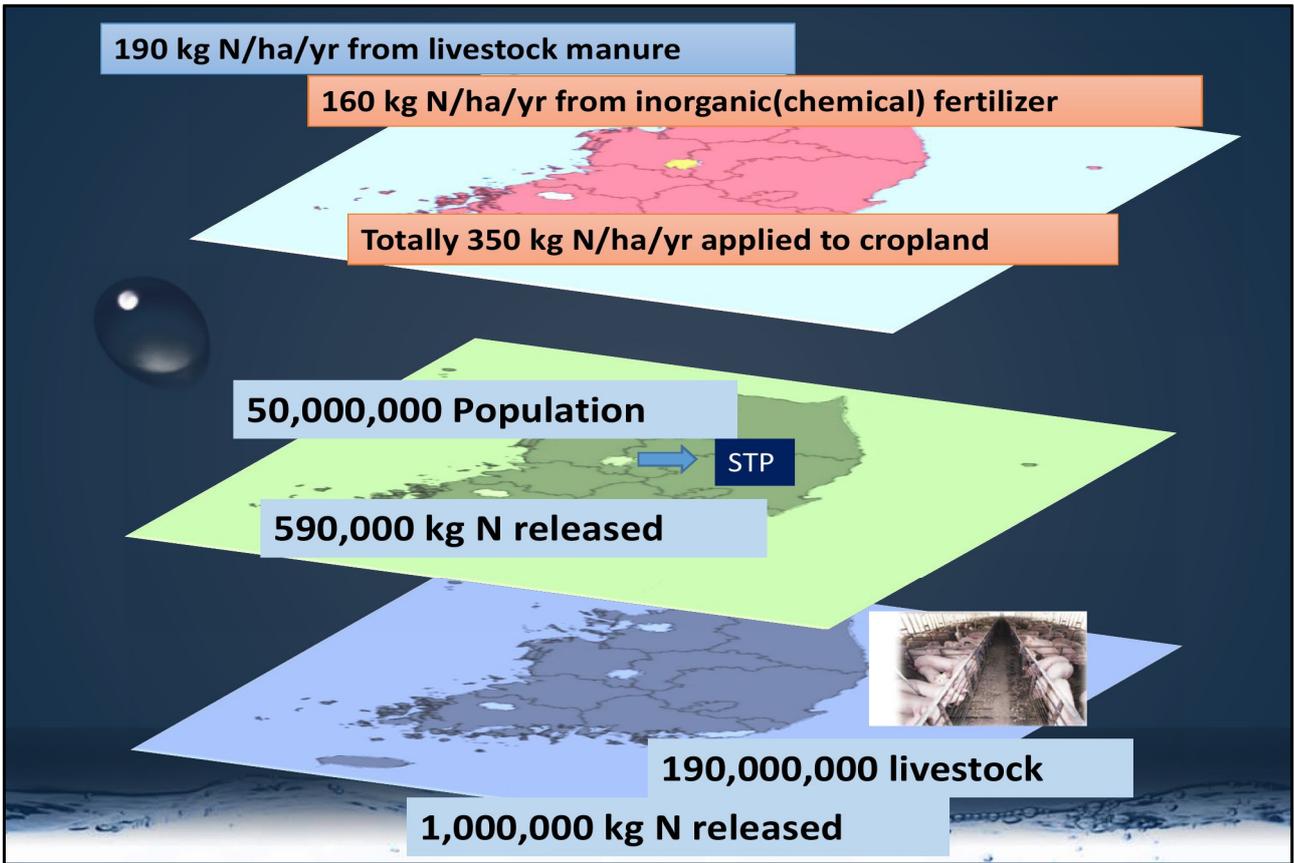
보령시 오염원별 발생부하량

구분	연도	생활계	산업계	토지계	축산계	양식계	매립계	합계
발생 BOD (kg/일)	2017	8,003	935	4,468	60,856	0	2,061	76,323
		(10.5%)	(1.2%)	(5.9%)	(79.7%)	(0.0%)	(2.7%)	(100%)
발생 TN (kg/일)	2017	2,125	1,726	2,388	14,819	0	140	21,198
		(10.0%)	(8.1%)	(11.3%)	69.9%)	(0.0%)	(0.7%)	(100%)
발생 TP (kg/일)	2017	229	36	210	6,022	0	11	6,509
		(3.5%)	(0.6%)	(3.2%)	92.5%)	(0.0%)	(0.2%)	(100%)

- 2017년 기준 BOD 발생부하량은 축산계 79.7%, 생활계 10.5%, 토지계 5.96% 차지
- T-N 발생부하량은 축산계 69.9%, 토지계 11.3%, 생활계 10.0% 차지
- T-P 발생부하량은 축산계 92.5%, 생활계 3.5%, 토지계 3.5% 차지



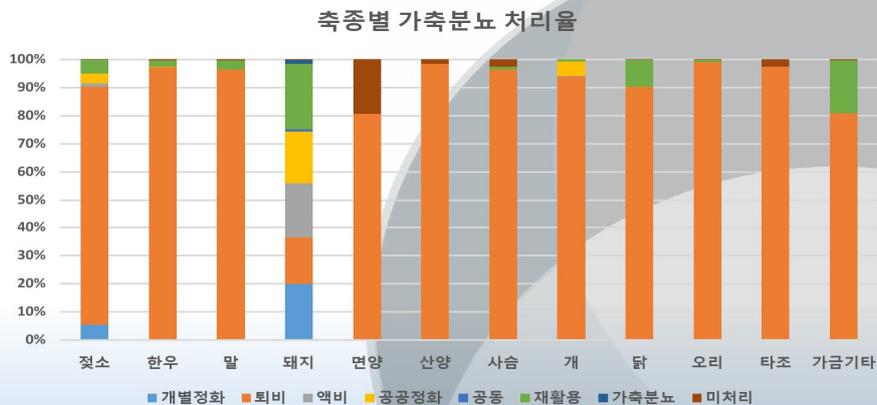




I. 서론

가축분뇨 발생 및 처리량

- 퇴비화 84%, 퇴·액비화 87% 처리되고 있으나 퇴비의 배출경로 확인 어려움
- 가축분뇨 발생량의 80% 이상이 농경지에 살포되어 농경지의 양분이 과잉 상태임
- 양분삭감을 위해 가축분뇨의 고체연료화를 통한 비농업계 처리가 필요함



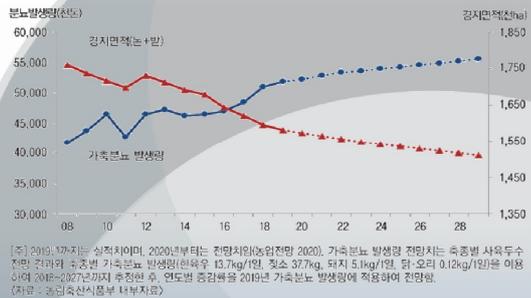
II. 내용 및 방법

가축분뇨와 퇴비 처리의 어려움

- 가축분뇨 퇴비는 현재 살포 수요처 확보 어려움
- 사용되지 못한 퇴비들이 야적되고 있음
- 경지면적은 감소하고 가축분뇨 발생량은 증가하여 퇴비의 살포 수요처 확보가 더욱 어려워짐



야적퇴비



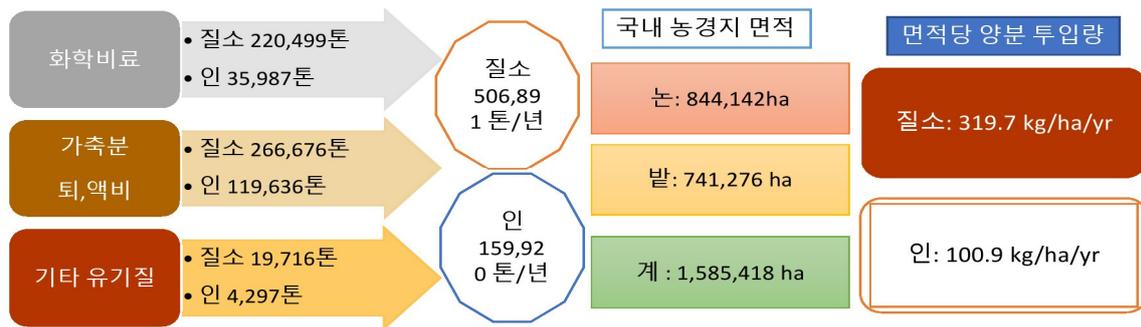
가축분뇨 발생량 및 경지면적 전망

(1) 적정 양분 소요량 : 작물 재배면적당 시비요구량
 (국내 전체 작물, 조사료 등의 생산량 x 표준시비량) / (국내 농경지 면적)



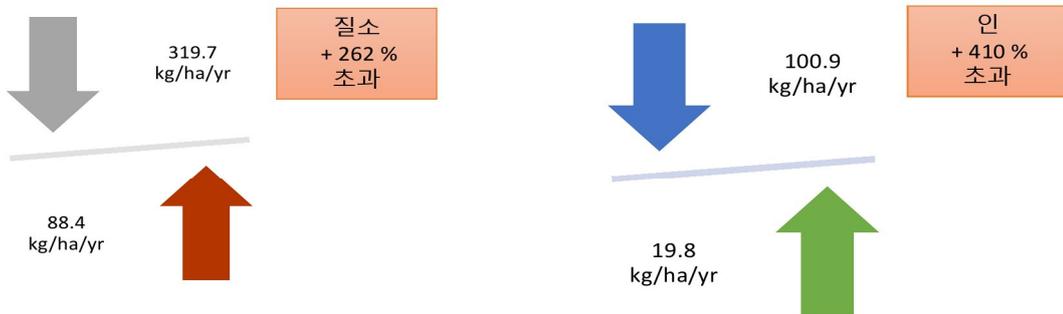
(2) 국내 양분 투입량:

(무기질비료(화학비료), 가축분 퇴, 액비, 기타 유기질 비료) / (국내 농경지 면적)



(3) 국내 양분 잉여량 = 투입량/소요량

- 삭감 필요량 : 소요량 이상의 투입량(질소 262%, 인 410%)



II. 우리나라 가축분뇨 처리의 방향성 제시



우분 관리의 시대



'소똥'이 효자 되겠네.. "우분으로 전기 생산"

구독 박태진 기자 2024.11.08 15:52:21

가 ★ ☆

환경부-농식품부-농협-남부발전, 가축분 고체연료 협약
2030년 하루 4000톤 사용...“연료생산-수질오염 감소”

[이데일리 박태진 기자] '소똥(우분)으로 전기를 만드는 시대가 열린다.



(사진=게티이미지)

환경부와 농림축산식품부, 농협경제지주, 한국남부발전은 8일 서울 중로구 농협카드 본사에서 '가축분 고체연료 활용 활성화 업무협약'을 체결했다고 밝혔다.



가축분을 발전소 연료로! 가축분 고체연료 활용 활성화를 위한 업무협약

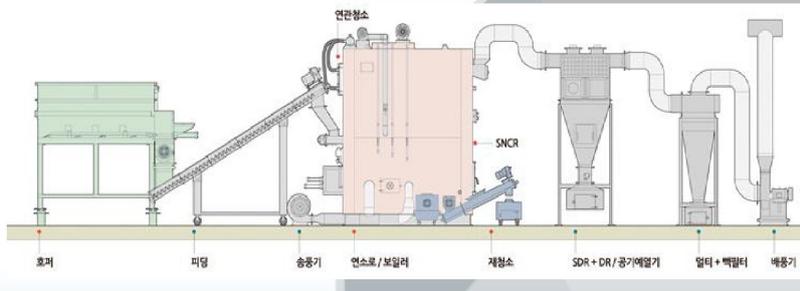
이데일리 김태영 기자 안병우(왼쪽 두번째부터) 농협경제지주 축산경제대표이사, 박범수(농식품부 차관, 이병화(환경부 차관, 김운중(남부발전 사장)이 8일 농협카드 본사 회의실에서 가축분 고체연료 활용을 위한 업무협약을 체결하고 참석자들과 기념촬영을 하고 있다.

이번 협약은 온실가스 발생 등 환경오염 우려가 있는 화석연료의 사용을 줄이고 온실가스 감축, 수계지역 수질 개선 및 녹조 예방 등을 위해 발전소 등의 가축분 고체연료 활용을 촉진할 필요가 있다는 협약기관의 공감대 아래 마련됐다.

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료

- 가축분뇨 고체연료화로 인해 퇴비 생산량 감소
- 가축분뇨를 연료화 함으로써 석탄, 우드칩 등 연료 대체 가능
- 소각재 재활용 가능 시 축산계 양분사감 가능



가축분뇨 고체연료

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료

- 고체연료 연소시설을 대상으로 현황 조사와 연소시험에 따른 양분 삭감 효과 분석
- 고체연료 연소시설: 시간당 최대 150kg 고체연료 연소시설 활용
- 가축분뇨 고체연료 제조시설과 가축분뇨 고체연료 연소 보일러 설비 보유

주요설비	세부설비	제원	비고
가축분뇨 고체연료 제조시설	가축분뇨 고체연료 건조기	<ul style="list-style-type: none"> •건조능력: 5톤/일(함수율 60%→30%) •소비전력: 10.5kW/대(4대) 	
	펠릿성형기	<ul style="list-style-type: none"> •생산능력: 1톤/시간 •소비전력: 78kW(성형 75kW, 투입 3kW) 	
	펠릿선별 냉각기	<ul style="list-style-type: none"> •처리능력: 3톤/시간 •소비전력: 78kW(성형 75kW, 투입 3kW) 	
가축분뇨 고체연료 보일러	가축분뇨 고체연료 온수보일러	<ul style="list-style-type: none"> •열생산량: 600,000(kcal/hr) •사용전력: 60kW 	

가축분뇨 고체연료 시설 제원

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료



가축분뇨 건조



건조 분뇨 성형



가축분뇨 고체연료 연소

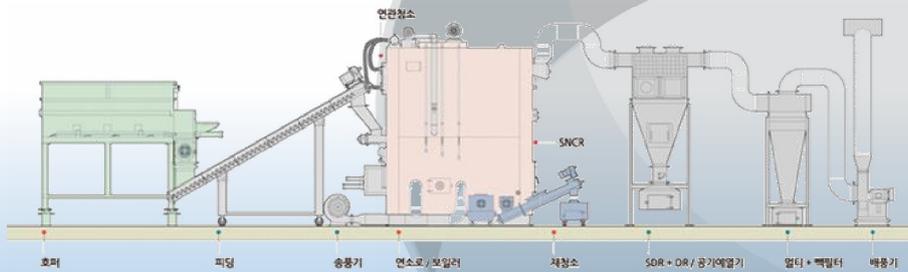


대기오염 방지시설 (SNCR)

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료

- 연소기에 질소 대기오염방지 시설 설치 시 질소 대부분 삭감 가능
- 소각재 재활용 시 인 대부분 삭감 가능

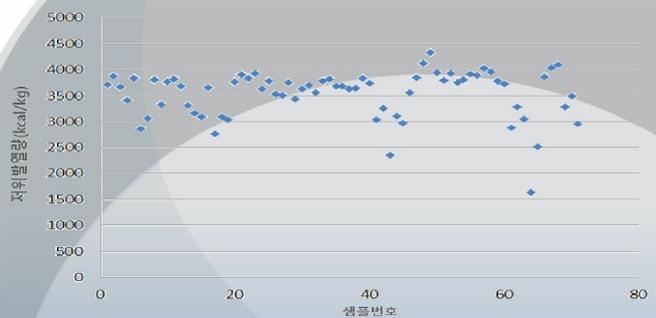


23

III. 새로운 처리방법의 시도

- 휘발분의 경우 56.6~68.7%, 회분 5.7~23.2%, 고정탄소 9.7~17.6%로 나타났으며, 발열량은 1,626~ 4,333kcal/kg으로 평균 발열량은 약 3,500kcal/kg으로 보고됨
- 가축분뇨 고체연료 품질기준이 저위발열량 3,000kcal/kg 이상, 회분 30% 이하임을 감안하면 우분의 경우 고품연료로써 활용 가능성이 충분함

구분	공업분석(%)			저위 발열량 (kcal/kg)
	휘발분	회분	고정탄소	
최대	68.7	23.2	17.6	4,333
최소	56.6	5.7	9.7	1,626
평균	63.3	11.3	14.4	3,538



이성현 등, 2016

24

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료 규제특례



보도자료

다시 대한민국! 새로운 국민의 나라

보도시점 2024. 3. 29.(금) 15:00 배포 2024. 3. 29.(금)

우분(牛糞) 고체연료화 규제특례로 수질오염과 탄소배출 두 마리 토끼 잡는다

- 전북 정읍·김제·완주·부안에 우분을 보조원료(톱밥·왕겨 등)와 혼합하여 고체연료를 생산·판매할 수 있도록 한시적 허용. 4월부터 실증 추진

이에 퇴비화 방식의 대안으로 우분 고체연료화가 검토되었으나 현장에서 배출되는 농가마다 우분의 성상이 다양하여 안정적으로 고체연료의 발열량 기준을 준수하기 어려워서 그간 추진된 사례가 없었다.

< 현행규제 및 규제특례 내용 요약 >

구분	현행 규제	규제특례
가축분뇨법	가축분뇨 고체연료 기준 중 발열량은 다른 물질과 혼합되지 않은 상태를 기준으로 충족해야함	우분 50% 이상과 보조원료(톱밥·왕겨·줄기유·전정가지유) 50% 미만을 혼합한 고체연료 생산의 한시적 허용
폐기물관리법	폐기물의 재활용 순위에 R-9-1 (고형연료제품)에 '가축분뇨법'에 따른 고체연료를 예규정	

25

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료 성상

- 우분 고체연료 분석결과 저위발열량 기준인 3,000kcal/kg을 충족하는 것으로 나타남
- 가축분뇨 고체연료의 톱밥 혼합 시 저위발열량 3,320kcal/kg로 가축분뇨 고체연료 중 가장 높게 나타남
- 우분 발생 시기별 분석 결과 1개월 이내의 시료에 비해 4~6개월이 지난 시료의 저위발열량이 낮게 나타났으며, 3개월 이내의 시료는 저위발열량 기준을 만족하는 것으로 나타남

구분	공업분석(%)				저위 발열량 (kcal/kg)
	수분	회분	휘발분	고정탄소	
우분 고체연료1	12.4	18.8	61.2	7.6	3,050
우분 고체연료2	14.3	16.5	63.5	5.7	3,030
우분 고체연료3 (톱밥 30% 혼합)	8.5	21.7	59.4	10.4	3,320
우분1	3.5	16.9	65.0	14.6	3,290
우분2	3.3	21.4	63.5	9.8	3,140
우분3-1	3.3	17.6	65.2	13.9	3,280
우분3-2	3.0	28.2	58.8	10.0	3,000
우분4-1	3.9	31.6	55.0	9.5	2,970
우분4-2	4.5	28.7	58.9	7.9	2,720

*우분 분석은 건조 시료로 진행,

**우분 1, 2 : 우분 발생 1개월 내외, 우분 3-1, 4-1 : 우분 발생 1개월 이내, 우분 3-2 : 우분 발생 약 4개월 내외, 우분 4-2 : 우분 발생 약 6개월 내외

26

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료 소각재 성상

- 우분의 가축분뇨 고체연료 소각재의 P₂O₅가 10% 이상으로 나타남
- 소각재 중금속 농도는 비료 공정규격 이내의 농도로 나타남

항목	목재+우분 Bottom Ash	우분 고체연료1 Bottom Ash
수분(%)	0.46	0.52
강열광량(%)	0.32	2.4
WD-XRF (%)	Na ₂ O	4.93
	MgO	5.86
	Al ₂ O ₃	3.15
	SiO ₂	32.93
	P ₂ O ₅	6.60
	SO ₃	3.96
	Cl	4.64
	K ₂ O	16.89
	CaO	16.96
	MnO	0.42
	Fe ₂ O ₃	0.78
	CuO	2.86
	ZnO	0.10
	Br	0.08
	SrO	0.03

분석항목 (mg/kg)	공정규격*	목재+우분 Bottom Ash	우분 고체연료1 Bottom Ash	우분 고체연료3 (톱밥 30% 혼합) Bottom Ash
유해 성분	비소	45 이하	-	-
	카드뮴	5 이하	-	-
	수은	2 이하	-	-
	납	130 이하	4.14	3.67
	크롬	200 이하	31.96	26.12
	구리	360 이하	301.35	346.86
	니켈	45 이하	18.07	15.89
	아연	900 이하	593.3	855.9

* 비료공정규격설정 [별표6] 이화학적 성분분석 규격

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료 연소 시 성분 변화

- 우분의 고체연료 연소 시 T-N은 90% 이상이 대기질로 배출되는 것으로 나타남
- T-P는 Bottom Ash에 남게되며 회분이 약 20% 정도임을 감안 했을 때 우분의 대부분이 Bottom Ash에 잔존함
- 비교적 높은 농도를 보이는 Cu, Zn의 경우 Zn은 Fly Ash에 대부분 잔존 하며, Bottom Ash에는 비료규정 이내의 농도로 나타남

구 분	우분1	우분 고체연료2		
		고체연료	Bottom Ash	Fly Ash
T-N(mg/kg)	22,480	19,137	1,280	2,060
T-P(mg/kg)	6,507	6,252	32,707	1,349
수분(%)	73.15	12.45	0.44	0.33
Cu(mg/kg)	20.4	27.0	211.7	87.7
Zn(mg/kg)	186.1	177.9	437.7	3,462.6

III. 새로운 처리방법의 시도

가축분뇨 고체연료 연소기 대기측정

- 가축분뇨 고체연료 연소기에 질소 대기오염방지시설인 SNCR 가동 시 대기오염물질 기준을 초과하는 항목이 없음(우분 고체연료 사용)

측정항목	관련 기준* (ppm)	측정분석값 (ppm)	측정분석방법(기기명)
CO	200(12)	176.6~194.6	전기화학식법
SOx	200	103.3~129.7	전기화학식법
NOx	90(12)	54.5~86.2	전기화학식법
NH ₃	30	1.6~11	자외선가시선분광법(UV)
F	2	0~0.23	자외선가시선분광법(UV)
HCN	4	0.02~0.04	자외선가시선분광법(UV)
HCHO	8	0.029~0.053	자외선가시선분광법(UV)
H ₂ S	6	-	자외선가시선분광법(UV)
HCl	4	1.2~2.6	자외선가시선분광법(UV)
Br	3	-	자외선가시선분광법(UV)

측정항목	관련기준 (mg/S.m ²)	측정분석값 (mg/S.m ²)	측정분석방법(기기명)
먼지	25(12)	1.4~2.3	중량법
Cd	0.2	-	원자흡수분광도법(AA)
Pb	0.8	-	원자흡수분광도법(AA)
Cr	0.4	-	원자흡수분광도법(AA)
Cu	4	-	원자흡수분광도법(AA)
Zn	4	-	원자흡수분광도법(AA)
Ni	2	0~0.005	원자흡수분광도법(AA)

* 대기환경보전법시행규칙 [별표8] 대기오염물질 배출허용기준의 바이오메스 및 목재펠릿 시설 배출 기준 적용 및 일치하는 배출시설 항목이 없는 경우 그 밖의 배출시설 기준 적용

III. 새로운 처리방법의 시도

양분 삭감량

- 가축분뇨 퇴비의 50% 고체연료로 사용시 질소 양분수지는 310kg/ha에서 200kg/ha로 총 35% 삭감 가능
- 질소 양분 초과율 271%에서 175%로 96% 삭감 가능

지역	투입					산출			총 잔고 ton N/년	농경지 면적 ha	질소 양분수지 kg N /ha · 년	질소 양분초과 율 %
	가축분뇨	화확비료	유기질 비료	파종작물	계	작물생산		계				
						작물	사료작 물					
ton N/년					Ton N/년					kg N /ha · 년		
전 국	337,494	246,147	20,842	43,702	648,185	160,394	14,184	174,578	473,607	1,528,237	310	271%
고체연료 10%	303,887	246,147	20,842	43,702	614,578	160,394	14,184	174,578	440,000	1,528,237	288	252%
고체연료 20%	270,280	246,147	20,842	43,702	580,971	160,394	14,184	174,578	406,393	1,528,237	266	233%
고체연료 30%	236,673	246,147	20,842	43,702	547,364	160,394	14,184	174,578	372,787	1,528,237	244	214%
고체연료 40%	203,066	246,147	20,842	43,702	513,757	160,394	14,184	174,578	339,180	1,528,237	222	194%
고체연료 50%	169,459	246,147	20,842	43,702	480,150	160,394	14,184	174,578	305,573	1,528,237	200	175%

III. 새로운 처리방법의 시도

양분 삭감량

- 가축분뇨 퇴비의 50% 고체연료로 사용시 인 양분수지는 52kg/ha에서 27kg/ha로 총 48% 삭감 가능
- 질소 양분 초과율 196%에서 101%로 95% 삭감 가능

지역	투입					산출			총 잔고 ton P/년	농경지 면적 ha	인 양분수지 ton P /ha·년	인 양분초과 율 %
	가축분뇨	화학비료	유기질 비료	파종작물	계	작물생산		계				
						작물	사료작 물					
ton P/년					ton P/년							
전국	80,392	33,770	4,542	212.08	118,916	34,920	5,278	40,198	78,718	1,528,237	52	196%
고체연료 10%	72,794	33,770	4,542	212.08	111,318	34,920	5,278	40,198	71,120	1,528,237	47	177%
고체연료 20%	65,196	33,770	4,542	212.08	103,720	34,920	5,278	40,198	63,522	1,528,237	42	158%
고체연료 30%	57,598	33,770	4,542	212.08	96,122	34,920	5,278	40,198	55,924	1,528,237	37	139%
고체연료 40%	50,000	33,770	4,542	212.08	88,524	34,920	5,278	40,198	48,326	1,528,237	32	120%
고체연료 50%	42,402	33,770	4,542	212.08	80,926	34,920	5,278	40,198	40,728	1,528,237	27	101%

IV. 결론

1

가축분뇨의 90%는 퇴비화 처리되고 있어 퇴비 살포 수요처 확보가 어렵고 퇴비의 과잉살포로 인해 양분관리가 필요함

2

가축분뇨 양분관리는 경축순환하는 자원순환 농업과 고체연료화 등이 있으나, 자원순환 농업은 농경지 확보가 어려워 고체연료화 처리가 필요함

3

가축분뇨 고체연료의 안정적인 발열량 확보를 위해 원료의 관리가 중요하며, 연료 보조제(톱밥) 사용 시 안정적인 발열량 확보와 회분의 재활용 방안 확보에 유리함

IV. 결론

5

가축분뇨 고체연료연소 시 SNCR이 설치되어 있으면 대기오염물질 배출허용기준을 초과하지 않으며, 우분 고체연료의 회분은 비료 공정규격을 초과하지 않아 비료 사용이 가능함

4

가축분뇨 고체연료는 퇴비 발생량을 감소 시키며, SNCR 설치하여 질소를 삭감하고 회분율을 재활용 하여 인을 삭감하는 등 축산계에 의한 양분 삭감이 가능함

6

가축분뇨 퇴비의 50% 고체연료 시 질소 양분은 310kg/ha에서 200kg/ha로 최대 110kg/ha(35%), 인 양분은 52kg/ha에서 27kg/ha로 최대 25kg/ha(48%) 삭감가능

33

Any question?
swoa@wsu.ac.kr

감사합니다.

34

