



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL

「디지털 물산업 분야 혁신인재 양성사업」
해외네트워크 프로젝트 보고서
- CES2024 -

소

속

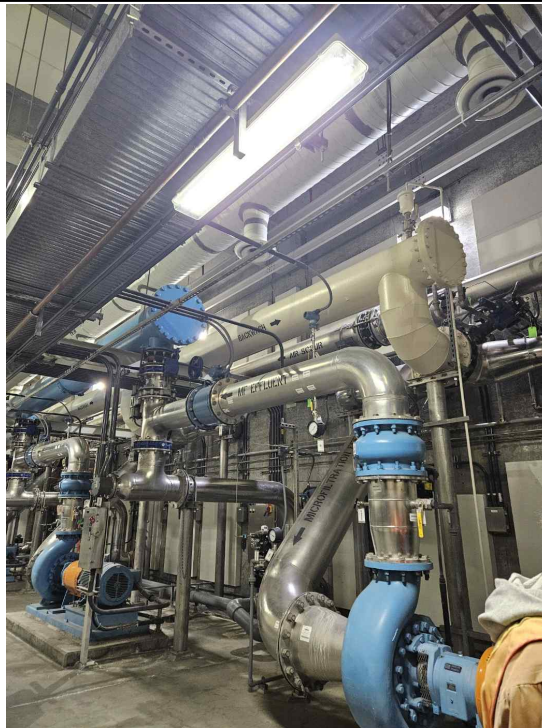
서울시립대학교
환경공학부

팀 명
(구성원 이름)

수호신
(오성하, 이수연, 최지성)

1. 해외네트워크 프로젝트 활동 보고서(1일차)

일 자	2024. 01. 08(월)	장 소	Orange County Water District
<p>활동내용</p>	<p>1. Orange County Water District(14:00~16:00)</p> <p>□ (견학 내용)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Orange County Water District(OCWD)는 하수처리장에서 처리된 방류수를 3단 여과 기술로 고도 처리하여 지하수를 재충전하는 시설 - 지하수로 방류될 물을 고도 처리하는 이유는 Orange County는 사막 지역이기 때문이다. 이 지역에는 지표수가 거의 없어 지하수로부터 85%의 용수 공급을 받아야 해서 지하수를 깨끗하게 유지해야 한다. 또한 미국은 수질 기준이 엄격하여 이와 같은 고도처리 과정을 해서 지하수로 방류한다. - 3단 여과를 통한 고도처리 시스템을 Groundwater Replenishment System(GWRS)라고 한다. <div data-bbox="459 891 1412 1288" style="text-align: center;"> </div>		
	<p>[그림] GWRS 3단 여과 공정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3단 여과 공정은 저압 Membrane Filtration(MF), Reverse Osmosis, Ultraviolet Light와 과산화수소를 활용한 라디칼 생성 공정으로 구성된다. - MF는 침지막으로 구성된다. 실제 공정에 가압막과 침지막 중 어떤 막을 도입할지 결정하기 위해 수 개월간 파일럿 플랜트 실험을 진행하였고, 제거 효율성과 경제성 측면에서 우수했던 침지막을 선정했다. - MF 막의 효율을 유지하기 위해 15분 간격으로 역세척을 진행해주고 멤브레인 소재에 따라 그에 맞는 역세 화학약품을 사용한다. 		



[그림] Membrane Filtration 파이프라인

- RO의 유입수 수량을 일정하게 유지하기 위해 MF와 RO 사이에 저류조를 설치한다.
- 저류조의 물은 RO로 유입되거나 MF의 역세척수로 이용된다.



[그림] 저류조 파이프라인(흰색: 역세척수, 파란색: RO 유입수)

- RO로 유입되기 전, 저류조에서 물의 pH를 6.5로 조정한다. RO는 아주 민감하기 때문에 RO로 유입되기 전에 스케일(고형물)이 형성되는 것을 방지하기 위함이다.

- GWRS에서의 RO는 3단으로 구성된다. 3단 RO를 통해 고형물 제거율을 점층적으로 증가시켜 85% 제거율을 달성한다.
- 현재 OCWD에서 사용되는 RO의 막여과는 여러 제조사의 제품을 혼용하고 있는데 추후에 막 여과 제조사를 통일할 것을 계획 중이라고 한다.
- RO 유출수는 pH가 5 정도인데, 재탄화를 통해 pH를 조정하여 관로에 스케일 형성을 방지한다.
- RO 유출수는 UV 처리 공정으로 이동한다. UV 처리 공정에서는 오존, 자외선, 과산화수소의 반응을 통해 생성된 OH 라디칼을 활용하여 잔여 물질을 제거한다.
- UV 처리공정에서는 UV 뿐만 아니라 TDS(총 용존 고형물)도 항상 측정하는데, 이는 TDS가 제거 효율에 영향을 미치기 때문이다.

□ (시사점)

본 시설에서는 현재 국내에서 비용 문제와 관리하기 까다로운 이유로 거의 활용하지 않는 RO(Reverse Osmosis)를 적극 이용한다. 또한 우리나라에서는 하수 처리된 물을 지표수로 방류하지만, Orange county에서는 본 시설을 통해 고도 처리를 추가로 진행한 후 지하수로 방류한다는 점이 달랐다. 이는 미국의 엄격한 수질 기준에서 기인한 것으로 보인다.

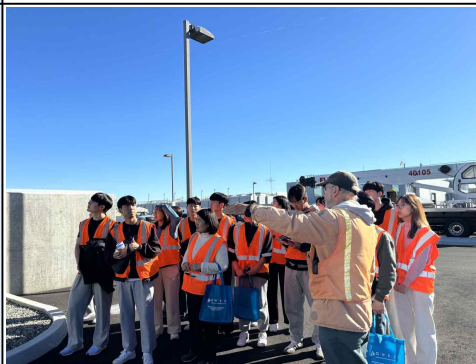
자외선과 과산화수소를 통해 OH 라디칼을 생성하여 처리하는 UV 공정은 처리효율이 뛰어나지만, 라디칼이 처리수에 잔류하게 될 경우 인체에 치명적인 영향을 미치기 때문에 엄격한 관리가 필요한 것으로 알려져 있다. 이러한 위험성을 감안하여, 본 시설에서는 여러 인자에 대한 모니터링(UV, TDS 등)으로 뛰어난 수처리 기술을 선보인다.

□ (공유 방안)

- 블로그 게시

활
사

동
진





위와 같은 내용으로 국제협력활동을 수행하였음을 확인합니다.

2024년 00월 00일

확 인	소속	수행대학 교직원	(서명)
-----	----	----------	------

* 활동사진 제외, 일차별 3페이지 이상 작성 필수

2. 해외 네트워크 프로젝트 활동 보고서(2일차)

일 자	2024. 01. 09(화)	장 소	CES tech west, Hall G
활동내용	<p>1. Ekkono(14:00~15:00, Incremental learning, Virtual sensor)</p> <p>□ (기술 소개 내용)</p> <ul style="list-style-type: none"> - incremental learning은 과거 데이터를 학습하는 방법이 아닌 현재 시점의 데이터를 순차적으로 누적시켜서 학습하는 방법으로 학습을 거칠수록 성능이 좋아짐 - virtual sensor(가상 센서)는 측정 기기를 설치하지 않고 AI 기술을 활용하여 배출 성분 등의 농도를 예측하는 기술 <p>□ (인터뷰 내용)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 과거 데이터를 학습하는 방법과 비교했을 때 incremental learning의 장점은 무엇인가? -> 과거 데이터가 축적되지 않은 분야에 바로 적용할 수 있음 2) 훈련 중인 현재 패턴에 오류 케이스가 있다면 오류를 잘못 학습하는 것 아닌가? 학습한 패턴이 계속 똑같은 것이란 보장이 있는가? -> 정상 패턴을 찾을 때까지 계속해서 다시 학습하도록 프로그래밍 되어 있음 3) 가상 센서의 예측 기술은 실제 센서와 비교했을 때 정확도에 대한 신뢰도가 떨어진다는 단점이 있다. 특히 환경 분야에서는 방류수질, 배출가스 농도를 측정할 때 규제에 맞는 농도인지 확인하기 위해 정확히 측정해야 할 필요성이 있다. 그럼에도 가상 센서를 활용했을 때의 이점은? 		

-> 가격 저렴 / 센서 설정 위치에 제한이 없음 / 센서 고장 시 수리를 위해 공정 내부로 사람이 들어가거나 직접 탈부착 하지 않아도 됨

□ (시사점 및 활용 방안)

탄천 물 재생 센터(하수처리장)에 문의한 바에 의하면 아직까지는 수질 측정에 AI 기술을 활용하지 않는 실정이라고 한다. 가상 센서가 실제 신세보다 운영 비용이 저렴하고 센서의 설정 위치에 제한이 없다는 이점을 고려하여, 이를 수처리시설 내 모든 단위 공정의 수질 측정 용도로 활용하면 좋을 것 같다고 생각했다.

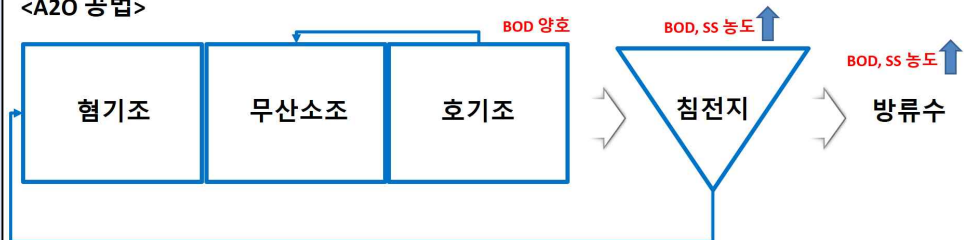
현재 물 재생 센터에서는 모든 단위 공정의 수질을 측정하는 것이 아니라 일부 지점에서만 측정한다고 한다. 이는 센서의 높은 비용과 설치 조건의 제한 때문인 것으로 보인다. 그러나 일부 지점 및 최종 방류 지점에서만 수질을 측정할 경우, 수질 기준을 만족하지 못했을 때 정확히 어느 공정의 문제인지를 확인하기가 어렵다.

가상 센서는 운영 비용이 저렴하고 AI 기술을 통해 거의 모든 구간의 수질을 확인할 수 있기 때문에 모든 단위 공정마다 수질을 측정할 수 있다. 그렇게 되면 방류수 수질이 기준을 만족하지 못할 때 어느 공정에서 문제가 발생했는지 체크할 수 있게 된다.

그러나 법적으로 방류 수질은 실제 센서와 직접 채수를 통해 측정해야 하고 AI의 예측 정확도 역시 100%라는 확신을 갖기 어렵기 때문에 최종 방류수의 수질은 기존의 측정 방법으로 하는 것이 좋을 것 같다. 탄천 물 재생센터에 의하면, 방류 수질의 경우 실제 센서과 TMS(수질 원격 감시 시스템)으로 5-10분 단위로 측정하고 1일 1회 직접 채수하여 측정한다고 한다.

가상 센서의 경우 비용 저렴, 전 구간의 수질 예측 가능 → 모든 단위 공정의 수질 예측 가능

<A2O 공법>



[그림] 가상 센서를 활용한 전 구간의 수질 모니터링

□ (공유 방안)

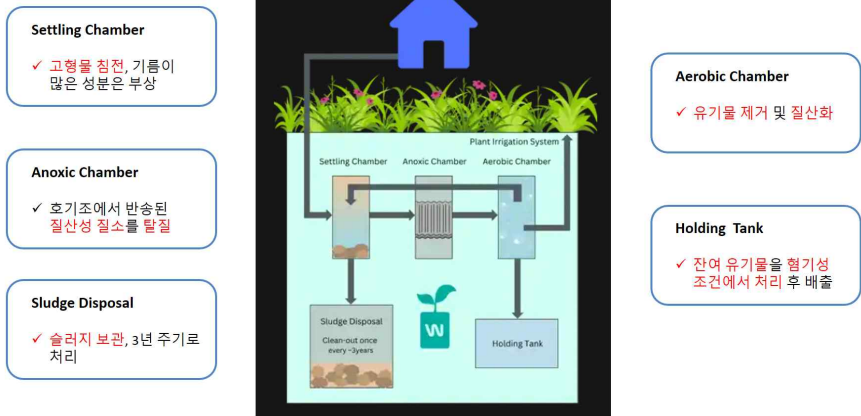
- 성과물 발표 및 블로그 게시

2. WaterPlantir(14:00~15:00, Waterplantir Micro, Waterplantir Standard)

□ (기술 소개 내용)

- Waterplantir Micro, Waterplantir Standard는 주거 환경 혹은 건물 단위의 하수를 처리할 수 있도록 설계된 축소형 폐수처리 시스템
- Waterplantir Micro, Waterplantir Standard 각각 50 gallon/d, 300 gallon/d 처리 가능

- 기존 하수처리시스템을 따르는 것에 비해 설치 부피를 많이 차지하지 않음
- > Waterplantir 시스템을 적용함으로써 도시 지역에 새로운 건물 시공을 부담 없이 할 수 있음
- 홍수 발생 및 기후 변화에 유연하게 대처 가능
- 완전히 밀폐된 상태로 지상에서 시스템을 운영하기 때문에 지하수 오염을 방지



[그림] Waterplantir 단위 공정별 기능

- 하수가 settling chamber 유입되면, 고형물은 가라앉고 기름이 많은 성분은 상층부로 부상함
- 무산소조에서 반송된 질산성 질소를 탈질
- 호기조에서 유기물 제거 및 질산성 질소(반송시킴) 생성
- 처리수와 분해되지 않은 유기물이 holding tank로 이동한 후, 1-2일 동안 혐기 조건에서 분해를 거치고 배출됨
- 미생물 활성화 최적 조건을 만족시키기 위해 DO 농도를 계속해서 모니터링

□ (인터뷰 내용)

- 1) 축적된 슬러지는 어떻게 처리하는가?
 - > 모아뒀다가 펌프로 배출시킴 (2-3년 주기로 펌프 교체 필요)
- 2) 이 기술을 개발한 이유
 - > 실제 하수처리장과 비교했을 때 비교적 외부영향을 최소화하면서 하수처리를 위한 균일한 운영조건을 유지할 수 있음 ex) 장치 내부의 온도 조절 장치 등
- 3) 처리수를 그 건물의 중수로 바로 이용할 수 있음
- 4) 사이즈는 제한이 없음 (스케일을 조정하여 대학교 등의 시설에도 적용 가능)
- 5) 시스템 내부의 하수 냄새 처리는 어떻게 하는가?
 - > 기체를 모아서 필터 처리 후 배출

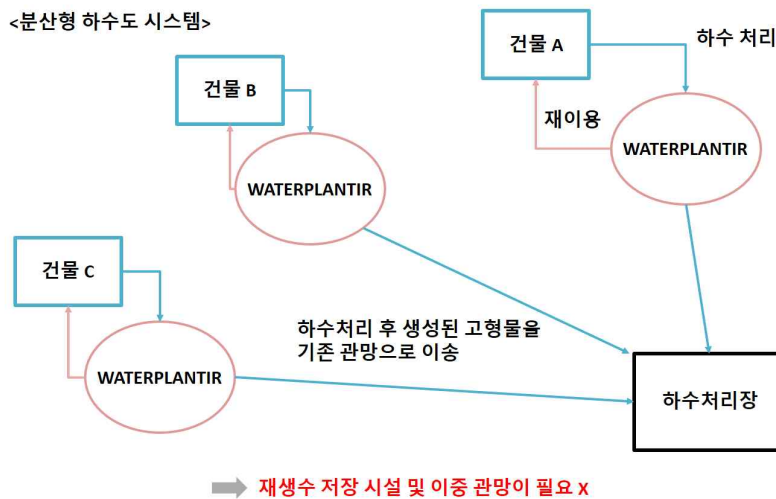
□ (시사점 및 활용 방안)

본 기술이 지역 전체에 적용되면, 분산형 하수도 시스템을 구축할 수 있다. 분산형 하수도 시스템은 하수가 발생한 건물의 인근에서 하수를 처리하여 재이용하는 것으로 기존의 중앙 하수도 시스템보다 하수의 재이용에 용이하다.

중앙 하수도 시스템은 지역 내의 여러 시설에서 발생한 하수를 관로를 통해 하수처리장에 집수하여 처리하는 방식이다. 이러한 시스템에서 하수를 재이용하는 인프라를 구축하기 위해서는 고도처리한 재이용수를 다시 여러 시설로 배분하기 위한 관망을 추가적으로 구축해야 한다. 이러한 추가 시설은 비경제적이다.

반면, 분산형 처리 시스템은 하수 발생 지점에서 하수를 처리하고 그 건물에서 재이용하고, 처리 과정에서 발생한 고형물은 기존의 하수관망으로 이송하면 되기 때문에 이중 배관 시스템이 없어도 된다.

<분산형 하수도 시스템>



[그림] 분산형 하수도 시스템

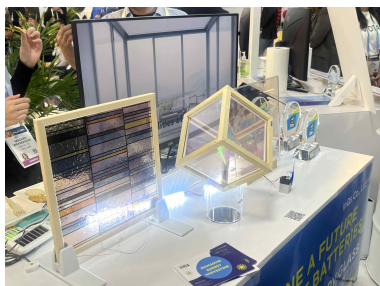
□ (공유 방안)

- 성과물 발표 및 블로그 게시

3. inQs(15:00~15:30, SQPV Glass)

□ (기술 소개 내용)

- 무색 투명 발전 소자 SQPV 유리
- 실내 조명으로 전력 생산 가능(저조도 형광 발전)
- 가시광선은 통과하고 적외선과 자외선 흡수하여 단열 유리 효과



[그림] SQPV Glass

□ (인터뷰 내용)

1) 기존 태양광 발전 대비 전력 생산량은?

→ 해당 SQPV는 소형 태양광 발전량 기준 대비 1~2%의 발전량을 가지며 이는 손바닥 크기의 패널을 통해 시간당 10mW를 생산 가능.

2) 이러한 기술이 실제로 적용되어 사용중인 곳이 있는지?

→ 일본의 학교 몇몇 곳에 적용하여 사용중이며 다음달인 2월에는 미국에도 처음으로 적용할 예정.

3) 물리적 충격이나 화학적 부식에 대한 취약성이 어느 정도인지?

→ 유리이기 때문에 당연히 충격에 의해 깨질 수 있음. 그래도 보호필름 처리를 통해 최대한 손상되지 않도록 함.

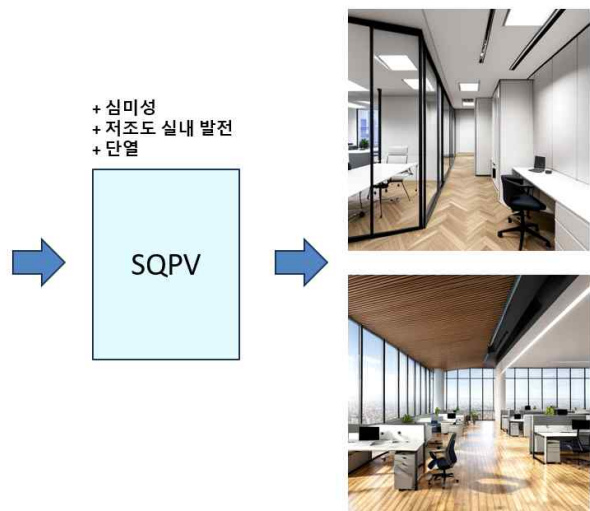
4) 앞으로 더 발전시키거나 보완해야 할 점은 무엇이고 어떻게 발전시킬 수 있을지?

→ 발전 효율을 높이기 위해 노력하고 있으며 이를 위해서는 발전 배터리에 대한 지속적인 연구가 필요해 보임.

□ (시사점 및 활용 방안)

SQPV를 활용한다면 기존 태양광 발전이 가지는 장소 및 날씨에 대한 한계를 극복할 수 있다는 점에서 혁신적인 기술이라고 생각된다. 특히 최근에 지어지는 물 관리 시설(하수처리장)의 경우에는 주민들의 거주환경을 인식하여 지하에 건설되는 경우가 많다. 이러한 경우에는 물 관리 시설에서 직접적인 태양광 발전이 어려우며 지상은 공원 등으로 활용하는 경우가 많아 따로 태양광 발전 시스템을 구축하기 어렵다.

이때 물 관리 시설 내부에 SQPV를 벽면이나 실내창으로 곳곳에 활용한다면 자체적으로 소규모의 전력 생산이 가능하며 24시간 가동을 하는 시설의 특성 상 24시간 발전이 가능할 것으로 생각된다.



SQPV Glass

- 실내 조명을 이용한 발전
- 태양광 발전의 공간, 날씨 한계 극복
- 친환경 전력 생산
- 단일 효과
- 실내 창 혹은 벽으로 활용

↑ ↑
경제성 친환경성

상수 관리 하수 관리 지역 사회

□ (공유 방안)
- 성과물 발표 및 블로그 게시

활 사 동 진

위와 같은 내용으로 국제협력활동을 수행하였음을 확인합니다.

2024년 00월 00일

확 인	소속	수행대학 교직원 (서명)
-----	----	---------------

* 활동사진 제외, 일차별 3페이지 이상 작성 필

3. 해외네트워크 프로젝트 활동 보고서(3일차)

일 자	2024. 01. 10(수)	장 소	CES tech west, Hall G
활동내용			

1. 에코피스(14:00~15:00, ECO-BOT 500)

□ (기술 소개 내용)

- AI 와 물리적 필터 기술을 결합한 기술. 수역 내에서 이동하면서 실시간 수질, 수문 데이터 측정 및 녹조 발생 지역 예측
- 물리적 필터를 이용해서 유기물 및 녹조 제거 (용량: 230 ton/day)
- 태양광 에너지로 작동
- 관리자는 사무실에서 원격으로 데이터 확인 및 기기 제어 가능



[그림] ECO-BOT 500

□ (인터뷰 내용)

1) 장치의 이동 범위

-> 하천, 호소, 댐 등 수역 전체 가능

2) 유속이 빠른 유역에서는 원래 이동해야 할 경로를 벗어나지 않은지

-> 경로를 벗어나도 지정해놓은 지점으로 다시 돌아가도록 프로그래밍 함

3) 수심에 따라 달라지는 수질 데이터를 구분해서 샘플링 하는지

-> 수심에 따른 데이터 샘플링이 가능

4) 유기물, 조류 제거율이 좋은 화학적 필터 대신 물리적 필터를 활용하는 이유, 물리적 필터의 소재

-> 화학적인 제거 방법을 활용하면 지표 수중에 있는 다른 물질과 반응하여 탁도, 총질소, 총인 농도의 생성을 유발해 농도가 오히려 높아질 수 있음. 필터의 소재는 PE 소재로 가격적인 부분에서도 이점이 있고, 화학적으로도 안정하기 때문에 사용

5) 가동되는데 필요한 요구전력은 모두 태양열 발전으로만 충족이 되는지?

-> 기기가 작동되는 데에 있어서 필요한 가동 전력은 모두 기기에 장착된 태양열 발전을 통해 얻은 전력을 통해 가동이 가능하며, 추가적인 동력의 보급은 필요 없음

6) 기기가 녹조를 제거하기 위해 오염농도가 높은 구역을 자동으로 찾아가는 형식인 것인지?

-> 기기의 이동 관련해서는 녹조의 농도가 높은 곳을 감지하여 찾아가

는 형태는 아님. 사용자가 원하는 경로를 설정하는 형태로 녹조 발생이 우려된다거나, 빈번하게 발생하는 지역을 설정하여 집중적으로 경로 설정을 해 녹조 관리가 가능

7) 필터를 통해 제거된 녹조같은 경우는 어떤 방식으로 처리가 되는지? 수거된 녹조를 다른 바이오 에너지 원료로 사용하려는 시도는 해봤는지?

-> 기기가 수표면에 있는 녹조를 필터를 통해 흡착 제거를 하고, 이후 한 곳에 수거해 소각 처리. 현재까지는 녹조를 제거하는 기술에 집중하여 개발을 해왔기 때문에 초점을 두지 않았지만, 바이오 에너지와 같은 다른 방식으로 에너지를 창출할 수 있을지 고려 중에 있음.

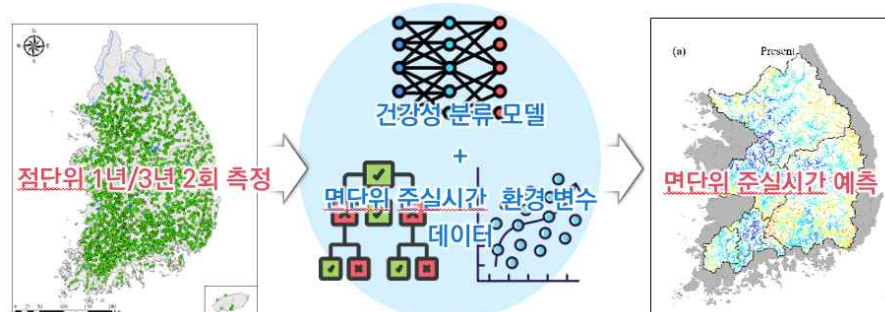
□ (시사점 및 활용 방안)

ECO-BOT 500 의 실시간 수질 측정 기술을 전국 수계에 적용하게 되면, 현재 생물측정망이 갖고 있는 건강성 등급 데이터 측정의 시간/공간적 공백을 해소할 수 있을 것으로 보인다.

환경부에서 2007년부터 운영하고 있는 수생태계 건강성 조사 및 평가 프로그램(Korean National Aquatic Ecological Monitoring Program, NAEMP)은 일반 지점의 경우 3년에 2회, 상시 지점의 경우 1년에 2회에 걸쳐 수질, 수문, 기상, 하천특성, 건강성 등급 등의 데이터를 측정한다. 이러한 측정망은 측정 주기가 길고, 측정 지점 간의 공백이 있어 수생태계의 건강성을 실시간으로 확인할 수 없고, 측정망이 없는 중간 지점의 건강성 역시 확인하기 어려운 문제가 있다.

특히, 건강성 등급은 다른 데이터에 비해 측정하기 위한 비용과 인력이 더 많이 소요되어 모든 수역에서의 건강성 등급을 실시간으로 확보하는 것은 더욱 어려운 실정이다. 건강성 등급 측정 비용의 문제를 해소하기 위해 수질, 수문, 기상, 하천특성 등의 환경변수들을 머신러닝 모델의 독립변수로 이용해서 건강성 등급을 예측하는 모델을 만드는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 그러나 예측 모델의 개발에도 면단위 및 준 실시간 독립변수(환경변수) 데이터 확보가 어려웠기에 모든 수역에서의 건강성을 실시간으로 예측하는 데에는 한계가 있었다.

ECO-BOT 500를 전국 수계에 활용하면 면단위 및 준 실시간 수질, 수문 데이터 측정이 가능해질 것이고 이 데이터를 건강성 등급 분류 모델과 같이 활용하면 건강성 등급의 면단위, 준실시간 예측이 가능할 것으로 보인다.



[그림] ECO-BOT 500을 통한 건강성 등급의 측정 한계 해소

□ (공유 방안)

- 성과물 발표 및 블로그 게시

2. TOTALINUX/ITrium(14:00~15:00, ITrium program)

□ (기술 소개 내용)

- 빌딩 중앙에 침수형 친환경 데이터 센터 구축
- 침수 냉각 기술 적용
- 온실가스 배출, 물 소비, 화재 위험, 습기, 먼지, 소음, 부식, 산화 우려 없음
- 공기 냉각에 필요한 공기 처리 장비, 에어컨 시스템, 공기질 관리 시스템 등 생략 가능
- 운영 비용을 절감 및 유지보수 용이



□ (인터뷰 내용)

- 1) 운용 시 발생하는 비용은 기존 공기 냉각 방식 대비 경제적인가?
→ 기존 공기 냉각 방식의 데이터 센터를 구축하기 위해서는 다양한 설비들의 운용이 같이 요구되지만 침수 냉각 방식의 경우 운용이 단순하고 열을 회수한 가열된 물을 도시에 사용할 수 있어 기존 거대한 비용을 감소 가능함.
- 2) 침수 냉각 방식의 데이터 센터 설치 비용은 어느 정도 수준인가?
→ 설치 비용은 운용 비용과 비슷한 이유로 반 이상 저렴하다. 공기 냉각방식 대비 매우 밀집된 형태로 데이터 센터 구축이 가능하며 랙 1개당 최대 42서버로 구성된 센터 구축 시 설치비용은 A5 용지 크기 기준 182달러가 요구됨.
- 3) 일부 컴퓨터 장비를 교체, 수리하는 경우 어떻게 진행되나요?
→ 만약 일부 장비를 교체하거나 수리가 필요한 경우에는 해당 장비를 단순히 꺼내서 수리하거나 교체하는 것으로 해결 가능함.
- 4) 설치 규모와 관련하여 최대, 최소의 범위가 존재하나요?
→ 최대나 최소 범위가 정해져 있지 않다. 원한다면 작거나 크게 원하는대로 설치가 가능함.

□ (시사점 및 활용 방안)

기존 공기 냉각 방식 대비 온실가스 배출이 적고 화재의 위험이 없으며 전력 소비량을 줄일 수 있다는 점에서 적극적으로 침수 냉각 방식의 데이터 센터를 구축할 필요가 있다.

특히 물 관리 시설의 경우에도 스마트 센서 등을 활용하여 방대한 양의 데이터를 매일 수집하고 처리하기 때문에 이를 저장하고 관리할 데이터 센터 구축이 필수적이다. 정수시설이나 하수처리장에 설치하는 중앙 데이터 센터를 침수 냉각 방식으로 설치하면 더 작은 공간을 활용하여 센터 구축이 가능한 동시에 물 관리 시설 특성 상 냉각에 요구되는 물을 재이용수를 활용하여 쉽게 보충할 수 있으며 열교환기를 통해 회수한 열을 자체적으로 터빈을 돌려 발전하는 것으로 추가적인 전력 생산도 가능할 수 있을 것으로 예상된다.

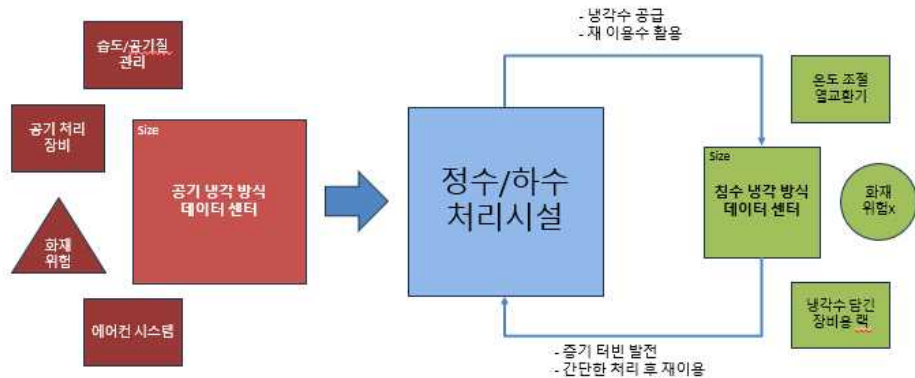
Air cooling		Immersion cooling	
50racks	Units	5tanks	
500kW	Total Power kW	500kW	
299kW/IT	IT Load	490kW/IT	
1.67	Total PUE	1.02	
4383000 kW	Annual Energy Use	2191500 kW	
569790 \$	Annual Energy Cost	284895 \$	
157.5 Ft ²	Space	115.7 Ft ²	
48 m ²		10.75 m ²	
4 years	IT life-span	6 years	
90-180 days	Deployment	15-40 days	
85 Db	Noise	40 Db	


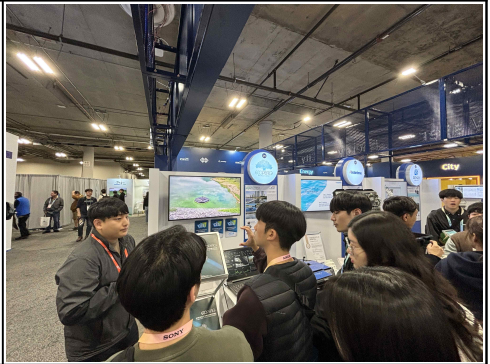
A GESTURE FOR THE PLANET 🌍

2103840g/year	Waste of water	0g/year
7977060L/year		0L/year
19197540MT/ year	Carbon footprint	11308140MT/ year

* Electricity 0.13\$ / kWh
Standard rack
1200x800mm

* Electricity 0.13\$ / kWh
SmartTankXL > 100kW

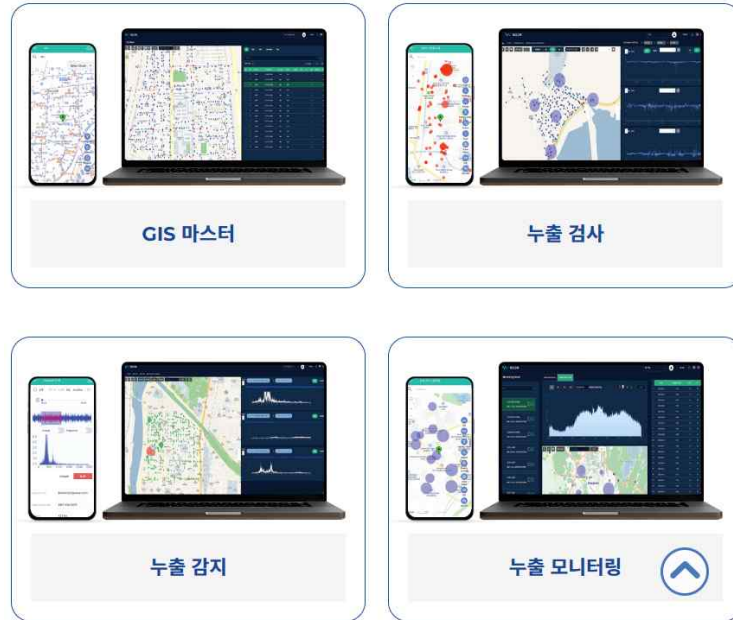


	<p>더 나아가 물환경 측정망 같이 더욱 방대한 양의 데이터를 다루는 공공 포털 기관에 적용하면 규모에 비례한 온실가스 저감 및 전력소비량 감축 효과가 있을 것으로 기대된다.</p> <p><input type="checkbox"/> (공유 방안)</p> <p>- 성과물 발표 및 블로그 게시</p>	
<p>활 사</p> <p>동 진</p>		
<p>위와 같은 내용으로 국제협력활동을 수행하였음을 확인합니다.</p> <p>2024년 00월 00일</p>		
<p>확 인</p>	<p>소속</p>	<p>수행대학 교직원 (서명)</p>

* 활동사진 제외, 일차별 3페이지 이상 작성 필

4. 해외네트워크 프로젝트 활동 보고서(4일차)

<p>일 자</p>	<p>2024. 01. 11(목)</p>	<p>장 소</p>	<p>CES tech west, Hall G</p>
<p>활동내용</p>	<p>1. WI plat(11:00~12:00, AI기반 지능형 누수 관리 시스템)</p> <p><input type="checkbox"/> (기술 소개 내용)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 음향 모바일 IoT 센서, 파이프 설치용 사운드 트랜스미터, 원격 압력 트랜스미터 운용 - 누수 검사, 감지 모니터링 3단계에 걸친 전략적 누수 관리 - 전문 지식 없는 비전문가도 운용 가능 - 압력, 소리 데이터를 가지고 AI 모델을 활용하여 누수 검사 및 감지 용이 - 앱과 연동한 손쉬운 접근 		



[그림] 지능형 누수 관리 시스템 기능

□ (인터뷰 내용)

1) 관로 누출을 전문가 도움 없이 어떻게 관리할 수 있는지?

→ 누출감지장비 세트를 활용하여 3단계의 누출관리가 진행됨. 1단계는 누출 검사 단계로 5~6개 지점에서 수압을 측정하여 이상이 없는지 확인하는 단계. 이때 불량이 생기면 야간최소유량이 달라지면서 수압에 변화가 생김. 2번째 단계는 누출 감지 단계로 음향 모바일 IoT센서를 활용하여 소리 데이터로 누출을 감지. 마지막으로 이러한 누출 검사 및 누출 감지 과정은 앱과 연동한 AI 기반의 누출 모니터링이 가능하도록 하며 감도, 주파수 등을 그래프로 보여주어 비전문가도 쉽게 누출을 관리할 수 있도록 돕고 있음.

2) 이러한 자사의 누출감지장비 세트는 일반적인 가정에서 활용할 수 있는지?

→ 자사의 누출관리 솔루션은 공공관로 시설에 대한 누출 관리를 돕고 있으며, 옥내 누출 관리에는 해당하지 않음.

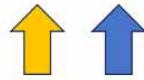
3) 공공관로 시설 관리에 있어서는 관리 담당 기관에서 전문가를 고용하여 누출을 관리한다고 생각하는데 그러면 비전문가도 누출관리를 쉽게 할 수 있다는 장점이 사실상 어떤 의미가 있는지?

→ 물론 공공관로 시설 관리에 있어서 전문가가 누출을 관리해야 하는 것이 맞음. 하지만 일반적으로 평소에 누출이 발생하지 않아 보수가 필요하지 않은 상황에서 지속적으로 누출을 검사하고 관리하는 일에 매번 전문가를 고용하는 것은 현실적으로 쉽지 않음. 수자원공사의 경우에도 관리 배관만 담당하는 인력이 존재하는데 이러한 인력이 수행하는 역할이 누출 관리에만 한정되어 있지 않기 때문에 누출 관리에 있어서 비전문가에 가까운 경우도 존재함. 자사의 기술을 활용하면 굳이 따로 외부 전문가를 고용하지 않아도 쉽게 비전문가가 관리할 수 있다는 측면이 장점.

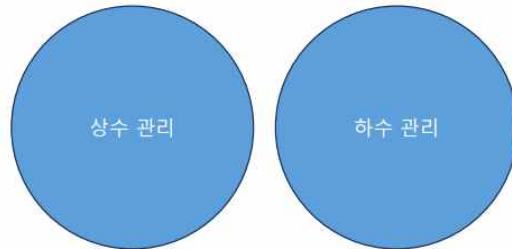
□ (시사점 및 활용 방안)

누출 관리는 단순히 수자원의 손실 뿐 아니라 토양 오염이나 지반 약화 등을 야기할 수 있기에 반드시 지속적인 관리가 필요한 부분이다. 이런 측면에서 볼 때 수압 데이터와 소리 데이터를 쉽게 수집하고 이를 통해 누수를 쉽게 관리하는 해당 기술의 접근 방식이 매우 유용하다고 생각된다. 관로를 관리하는 주체에 해당하는 수자원공사나 지방자치단체의 경우 관로 관리 담당이 존재하지만 인력이 관로의 누출 관리에만 최적화 된 전문가인 경우는 드물다. 따라서 WI.plat의 AI기반 누출 관리를 도입하여 시행한다면 관로 관리 담당자가 누출 외의 다른 부분에 대한 일의 능률을 높이는 동시에 누출 관리도 전문지식 없이 쉽게 할 수 있다고 생각된다. 이는 추가적으로 소모되는 인력비를 줄일 수 있어 물 관리 전반적인 측면에서 경제성을 높일 수 있다.

AI 기반 지능형 누수 관리
 - 소리, 압력 데이터 기반 누수 관리
 - 비전문가도 쉽게 누수 관리 가능
 - 물 관리 인력비 절감
 - 잦은 누수 검사를 통한 관로 안정성 제고



경제성 물관리 안정성



□ (공유 방안)

- 성과물 발표 및 블로그 게시

2. 스코트라(11:00~12:00, 부유식 PV)

□ (기술 소개 내용)

- 유틸리티 규모 부유식 PV
- 국내 최대 25MW 용량의 부유식 태양광 발전
- 햇빛, 바람, 물이 잘 통하는 구조
- 수상 태양광을 통한 발전 효율 제고
- 태풍 등 자연재해 및 날씨에 대한 안정성 제공



[그림] 부유식 PV

□ (인터뷰 내용)

1) 댐에 해당 구조물을 설치하여 태양광 발전을 할 경우 빛이 물속으로 조사되는 것을 막아 수생태계에 악영향을 미치지 않나요?

→ 스코트라에서 제공하는 부유식 PV는 3통로라고 해서 햇빛, 바람, 물이 지나간다는 장점이 존재함. 물 표면에 흐르기 위한 더 적은 구획으로 구성되어 물이 통과하는 구조이며 바람이 통과하여 더 많은 냉각 효과를 통해 시스템 안정성을 수행함. 마지막으로 햇빛이 지나갈 수 있어 평소와 같은 수중 환경을 유지할 수 있습니다.

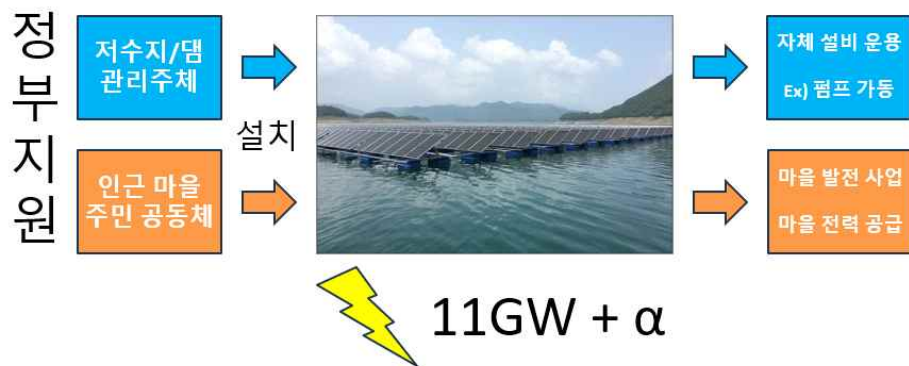
2) 수상 태양광을 활용하는 이유가 무엇인가? 육상 태양광의 경우 부지가 별도로 필요한데 이러한 문제 해결 측면이라고 생각했는데 맞는지?

→ 기존에 사용하지 않는 호소 표면 공간을 활용하여 별도 부지 없이 태양광 발전을 할 수 있다는 장점이 있음. 추가적으로 육상 태양광보다 수상 태양광의 경우는 물로 인한 냉각효과가 쉽게 이뤄지기 때문에 발전 효율이 더 높아서 이를 활용할 가치가 있음. 초기 설치 비용은 조금 더 높지만 발전량이 높다는 장점이 있음.

□ (시사점 및 활용 방안)

광활한 수역의 표면 공간을 활용하여 태양광 발전을 할 수 있는 부유식 구조물은 기존 육상 태양광이 가지는 공간적 제한과 발전 효율 한계를 어느 정도 극복할 수 있다는 점에서 활용 가치가 높다고 생각된다.

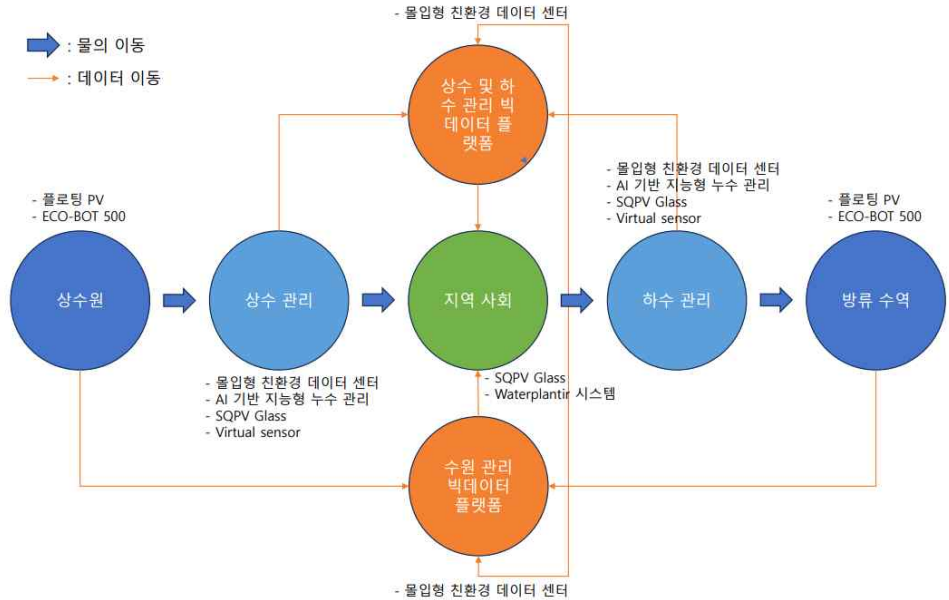
육상 태양광의 경우 별도의 부지가 필요하지만 수상 태양광의 경우는 별도의 부지가 필요 없음과 동시에 물의 냉각 효과로 인해 발전 효율이 높아 이를 적극적으로 활용한다면 친환경에너지를 생산하고 사용하는 시스템을 구축할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 우리나라의 상수처리 시설이 물을 취수하는 취수원과 하수처리 시설이 물을 방류하는 수원지에 설치하고 이를 통해 얻는 친환경 에너지를 물을 취수하는 펌프 가동에 사용하거나 하수처리 시설 내부로 가져와 사용한다면 그만큼 경제적 측면이나 에너지 관리 측면에서 이점이 있을 것으로 판단된다.



설치 비용이 적지 않은 만큼 단기간에 전국적으로 수상 태양광 발전이 이뤄지려면 예산 문제를 극복해야 한다. 이를 해결하기 위해 저수지, 댐 인근 마을 주민들이 투자하여 설치하고 이를 통해 생산되는

전력을 공공기관에 팔아 수익을 창출하여 마을 개선 사업에 사용하거나 마을 공급 전력으로 활용할 수 있도록 한다면 친환경 에너지 생산량을 증가시킴과 동시에 지역 발전에 이바지할 수 있다. 국내 농어촌공사와 수자원공사가 보유한 저수지/댐을 전부 활용한 예상 발전량이 11GW로 원전 11기의 시설용량과 맞먹는 만큼 전국적인 시행으로 인한 전력 생산 규모가 상당할 것으로 예상된다.

□ (CES 활용 방안 종합)



□ (공유 방안)

- 성과물 발표 및 블로그 게시

활 사 동 진



위와 같은 내용으로 국제협력활동을 수행하였음을 확인합니다.

2024년 00월 00일

확 인

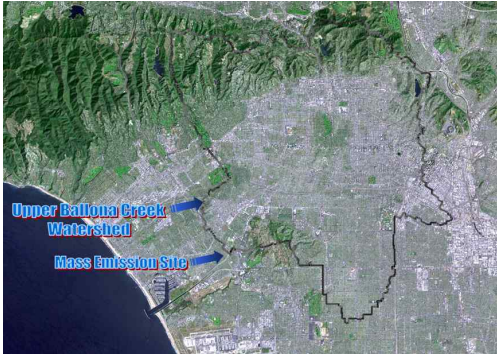
소 속

수행대학 교직원

(서명)

* 활동사진 제외, 일차별 3페이지 이상 작성 필

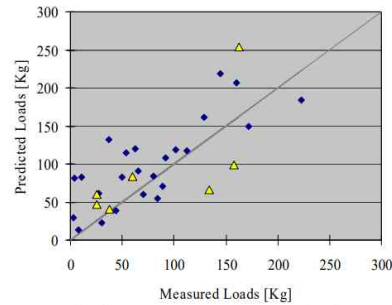
5. 해외네트워크 프로젝트 활동 보고서(5일차)

일 자	2024. 01. 12(금)	장 소	UCLA
<p style="text-align: center;">활동내용</p>	<p>1. UCLA(14:00~16:00)</p> <p>□ (견학 내용)</p> <p>“Stormwater Modeling Research at UCLA”라는 Michael K. Stenstrom 교수님의 연구 내용에 대한 강연을 들었다.</p> <p>이 연구는 LA의 지리적 특성 상 폭풍우가 온 뒤, 강우가 비점오염원을 지나면서 대량의 오염물질을 가지고 바다로 유출되는 오염물 부하에 대한 모델링 연구이다.</p>		
	<div style="text-align: center;">  <p>[그림] Upper Ballona Creek Watershed</p> </div> <p>모델링을 위해 필요한 독립 데이터로는 디지털 고도 모델, 고속도로, 수문학적토양군, 국도, 대량 배출 측정소 위치, 토지 용도, 유역 면적 경계, 강우량 측정 위치, 강우자료, 각 토토지 사용 범주에 대한 EMC 데이터 등이 요구된다.</p> <p>강우는 유역의 특성에 따라 다른 거동을 보이는데 이를 설명하기 위해 합리식이 사용된다. 합리식은 총 오염부하량을 나타내는 식으로 토지의 이용 형태, 같은 유형의 지역 면적, 해당 면적에 내리는 강수, 해당 면적에 대한 유출계수, 토지이용 형태에 대한 EMC를 가지고 나타낸다. 이때 유출계수는 수문학적토양군과 경사 그리고 토지용도를 가지고 산출하게 된다.</p> <p style="text-align: center;">Rational Method</p> <p>To account for the heterogeneity of a watershed:</p> $\text{Total pollutant load} = \sum_j EMC_j \times \left(\sum_i P_i \times RC_i \times A_i \right)_j$ <p>where, i : Homogeneous sub area j : Landuse type P_i : Precipitation of i RC_i : Runoff coefficient of i A_i : Area of i</p> <p>[그림] 합리식 산정</p> <p>1998년부터 2003년까지 발생한 45개의 폭풍우 중 데이터에 문제가 있거나 비정상적 조건에 해당하는 9개의 폭풍우를 제외한 36개</p>		

폭풍우에 모델을 적용하였다. 이 모델을 통해 각 토지 이용 유형이 총 오염부하에 미치는 기여도를 확인하고자 했다.

8가지 토지이용유형에 대한 EMC 다중선형회귀분석을 진행하였고 이를 통해 최종적으로 EMC에 따른 오염 부하를 예측하는 모델을 생성하였다. 1998년부터 2000년 사이 발생한 폭풍우 데이터를 활용하여 모델을 최적화하고 2001년부터 2003년 사이 발생한 폭풍우 데이터를 활용하여 모델을 검증하였다.

Total Zn Loads with Regularization



18 Optimization Parameters with Regularization
 ◆ : 25 storm events used for optimization (1998 – 2000 storm seasons).
 ▲ : 7 storm events used for validation (2001 – 2003 storm seasons).

[그림] Regularization을 통한 Zn 부하

모델을 사용하면 다양한 토지 이용의 상대적 기여도를 나타내는 leverage와 초기 유출 10~20%에 오염물질 질량의 20~50%가 포함되는 first flush를 고려하여 BMP를 평가할 수 있다.

결과적으로 검증된 모델을 이용하여 두 종류의 BMP(Ostin Sand Filters와 Infiltrator Trench)를 평가하여 Zn TMDL을 충족하는 방법을 결정하였다.

레버리지가 높은 소유역을 선택함으로써, Zn TMDL을 충족하기 위해 오스틴 모래 필터를 사용하여 전체 유역의 20%만 처리하거나 침투트렌치를 사용하여 7%를 처리하는 것이 가능하며 비용은 각각 2억 4천만 달러와 5천 8백만 달러로 예측된다.

□ (시사점)

이러한 노력은 현재의 프로그램을 BMP 순위 결정 연습을 넘어 실제 공학 설계 및 평가로 확장하여 폭풍우 수질 목표를 달성하는 기술이 존재함을 보여준다.

향상된 GIS 도구를 사용한다면 지역 도로를 관련 토지 이용과 분리할 수 있다. 지역 도로에 대해 측정된 EMC를 사용하면 Ballona Creek 상류 유역의 총 Zn 부하의 최대 60%를 담당하고 자동차와 관련된 기타 오염 물질의 경우 비슷하게 높은 비율을 차지하는 것으로 보인다.

국내 지역 중에서 잦은 홍수가 발생하는 곳을 선정하고 위 연구와 같은 모델링을 통해 비점오염원으로부터 오염물질이 하천으로 유입되는 유동을 연구한다면 오염부하량을 예측하는 것을 넘어서 지역 토지 특성이나 용도에 따라 어떻게 비점오염원으로 인한 수질오염을 예방할 수 있을지 대책을 세울 수 있을 것이다.

□ (공유 방안)
- 블로그 게시

활 사 동
사 진



위와 같은 내용으로 국제협력활동을 수행하였음을 확인합니다.
2024년 00월 00일

확 인

소 속

수행대학 교직원 (서명)

* 활동사진 제외, 일차별 3페이지 이상 작성 필

부록

(첨부파일로 송부할 것)

해외네트워크 프로젝트에 참석한 모든 팀

- **활동 보고서와 개별 성과물(SNS, 영상 등) 기반 성과공유(1월 30일 ~ 1월 31일)를 위한 발표 자료**