



디지털 물산업 혁신인재 양성사업

2차년도 해외 네트워크 탐방

파견 성과 발표 - 에비에 하수처리장 외

Subin Jang, Nahyun Lee

Dept. of Environmental Engineering, University of Seoul

CONTENTS

CONTENTS
CONTENTS

01. 활동 목표 및 계획

목표, 사전 제출 문헌 관련 내용
담당기관 사전 조사 자료

02. 견학 결과 보고: 담당 기관

견학을 통해 알게 된 사항
질의응답

03. 견학 결과 보고: 이외 기관

견학을 통해 알게 된 사항(교토대학,
게아게 정수장 등)

04. Warming Up

참여 소감

Introducing Our Team: 물만난 물고기



장수빈

환경공학부 22학번
(3-2 재학)



이나현

환경공학부 22학번
(3-2 재학)

Goal of Participation

지원을 준비하며 나눈 다짐

글로벌 시각 확대

해외 네트워크 탐방을 통해 일본의 수처리 기술 및 기상 데이터 활용 사례를 학습하고, 이를 바탕으로 국제적인 시각을 함양

디지털 기술 활용 사례 탐구

일본의 수처리 시설에서 디지털 기술이 어떻게 활용되고 있는지 조사한 후, 이를 통해 최신 기술 동향과 혁신적인 수자원 관리 방안 탐구

글로벌 네트워크 구축 기반 마련

해외의 관련 기관 및 전문가와의 네트워크를 형성하여, 디지털 수자원 관리 분야에서의 협력 기회를 창출하고, 정보 공유의 기반을 마련

유종의 미

3학기 동안의 디지털 물산업 혁신인재 양성사업 활동의 마무리를 장식

Introduction & Purpose

조사 논문

Christian Ortiz-Lopez, et al*, 『Ensemble machine learning using hydrometeorological information to improve modeling of quality parameter of raw water supplying treatment plants』, Journal of Environmental Management, Vol. 362, 2024.

하천, 호소수 등에서 기상학적 사건(강우 등)은 수질에 영향을 줌
→ 이의 예측을 도와주는 도구 필요

조기 경보 시스템(Early Warning Systems)은 이러한 상황 대응에 유용
→ EWSs에는 단일 알고리즘 ML 기법이 사용되어 성능 제한적

원수수질 변동을 감지하여 효과적인 정수장 운영에도 필요
→ ex) 원수의 탁도, 유기물 농도에 따라 약품 투입량 산정

기상 및 수문학적 데이터를 활용하여
음용수 처리 시설에 공급되는 원수 수질을
결정하는 매개변수를 모델링하는 기법 제안

단일 알고리즘이 아닌 RF, GB, XBG**의 앙상블
기법 적용하여 정확성 향상하는 것이 핵심

*저자: Christian Ortiz-Lopez^(A), Christian Bouchard^(A), Maneul J. Rodriguez^(B)

^(A) Center Research Planning and Development, Laval University, Quebec, Canada

^(B) School of Regional Planning and Development(ESAD), Laval University, Quebec, Canada

**RF: Random Forest, GB: Gradient Boosting, XBG: Extreme Gradient Boosting

<Methods> study Area

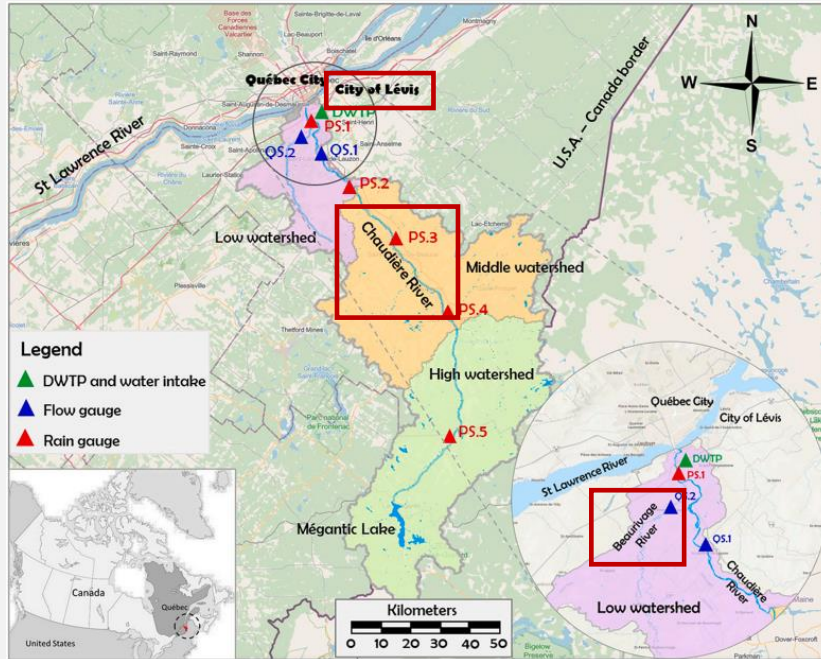


Fig 1. Chaudière 강 유역 모식도

- 캐나다 레비스 시의 음용수 공급망을 연구 대상으로 설정
- Chaudière 강물을 끌어오는 음용수 처리 시설 포함
- 유역은 숲 67%, 농경지 20%, 도심 4%로 구성
- 연간 평균 수온 2.9°~4.6°
- Beauport 강은 원수 수질에 중요한 영향을 미치는 하위 유역

Flow & Results

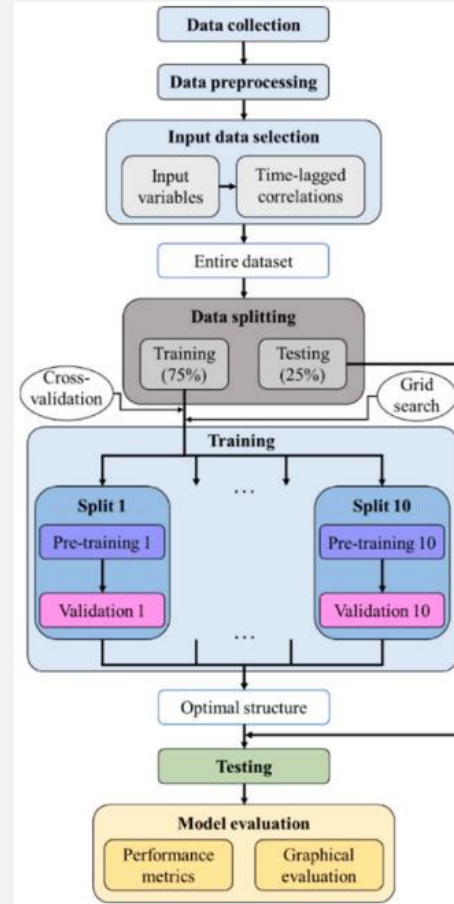


Fig 2. Framework of methodology

원수 수질 매개변수의 시계열 분석

- 눈 녹는 시기(4월 중~5월 초) : 최대 하천 유량 487m³/h
→ 높은 하천 유량, 눈과 얼음이 녹는 현상과 연관
- 따뜻한 시기(5월 말~10월 말 시계열 종료 시점)
→ 강우와 지하수 기저 유량으로 인해 하천 유량 급증

원수 탁도와 UV254 모델링

- RF가 탁도 예측에서 가장 우수
- RF가 UV254 예측에서도 가장 우수, GB가 상대적으로 성능이 낮음
- UV254 예측이 탁도 예측보다 더 나은 성능
→ UV 데이터가 탁도 데이터에 비해 극단적인 값이 적고 균일

Discussion

모델 성능 및 한계	연구에서 사용된 앙상블 모델들은 원수 수질항목 예측에서 우수한 성능 보임 탁도와 UV254 예측에서, low peak, mid peak 모두에서 높은 정확도 보임 RF가 가장 우수했음. 하지만 high peak에 대한 예측 정확도는 낮았는데, 사례 부족을 원인으로 추정
기존 연구와의 비교	선행 연구에서 많이 사용된 단일 ML 기법 대비 앙상블 모델은 높은 R ² 값을 기록하고, 일반화 능력이 좋았으며, 데이터 변환 기법 없이도 우수한 성능을 발휘함 본 연구는 시간 단위 데이터와 기상 및 수문학적 데이터를 사용하여, 기존의 일별/월별 데이터에 의존한 연구보다 더욱 정밀한 결과 도출
모델의 실무적 시사점	정수처리장의 조기 경보 시스템을 위한 모델로의 활용 가능성 기대 강우 후 수질항목의 급격한 변화를 사전 탐지, 처리 약품 투입량을 조정하는데 기여 가능 이는 정수처리장 운영 효율 향상과 이어짐
추가 개선 방향	다음 요소(선행 강우량, 토양 상태, 유역 내 토지 이용 현황 등)를 추가로 고려한 연구가 필요할 것. 특정 시점의 수질을 보는 정적 모델링에서 나아가, n시간 후의 수질을 예측하는 동적 모델링을 통해 조기 경보 시스템의 실효성을 강화할 수 있을 것

동일 분야 선행 연구는 어땠을까?

국내에서의 유사 연구 현황 및 적용 방안

입력자료 군집화에 따른 앙상블 머신러닝 모형의 수질 예측 특성 연구

(박정수, 2021)

KMC(K-Means Clustering)을 이용하여 입력자료의 특성에 따른 군집화를 수행한 후 XGB를 이용하여 하천의 SSC(suspended sediment concentration) 를 예측하는 모형을 구축.

- KMC(K-Means Clustering)을 이용하여 입력자료의 특성에 따른 군집화 수행, XGB를 이용하여 하천의 SSC를 예측하는 모형을 구축
- 입력 자료의 특성을 고려한 접근을 통해 머신러닝 모형의 성능 개선이 가능함을 확인

데이터 불균형 개선에 따른 탁도 예측 앙상블 머신러닝 모형 성능 특성

(양현석, 박정수, 2023)

앙상블 머신러닝 알고리즘 중 하나인 LightGBM (light gradient boosting machine)을 이용하여 탁도를 예측하는 다중 분류 모형을 구축.

- 앙상블 머신러닝 알고리즘 중 하나인 LightGBM을 이용하여 탁도를 예측하는 다중 분류 모형을 구축
- 데이터 불균형 해소를 통한 모형 성능의 향상이 가능할 것



연구의 현장 적용 방안

- 기상, 수문학적 이해는 효과적인 수질 관리에 필수적, 이는 국내 환경에서도 유효함
- 한국의 주요 상수원인 한강, 낙동강 등의 유역에서 발생하는 수질 변화에 대한 파악 및 조기 대응에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대
 - 모형의 조건을 바꾸어, 하천 외의 정적인 수원에 대해서도 적용할 수 있을 것
 - 기후 변화로 인한 기상 이벤트에 따른 대응을 강화할 수 있을 것

담당 기관 사전 조사 자료

오사카시의 지리 및 수처리장 현황, 관할 구역 등

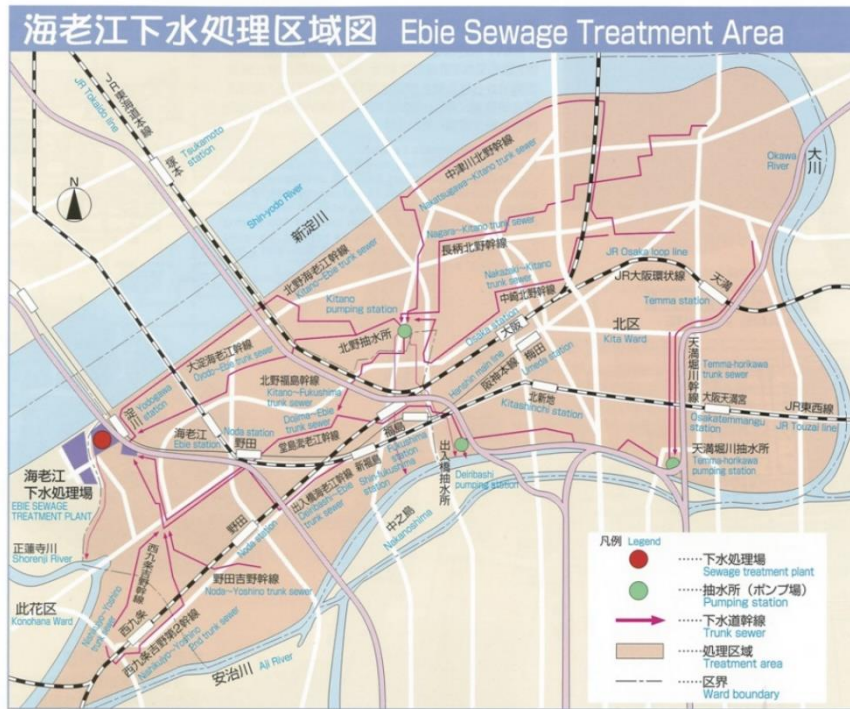


사진 1. 에비에 하수처리장의 관할 구역

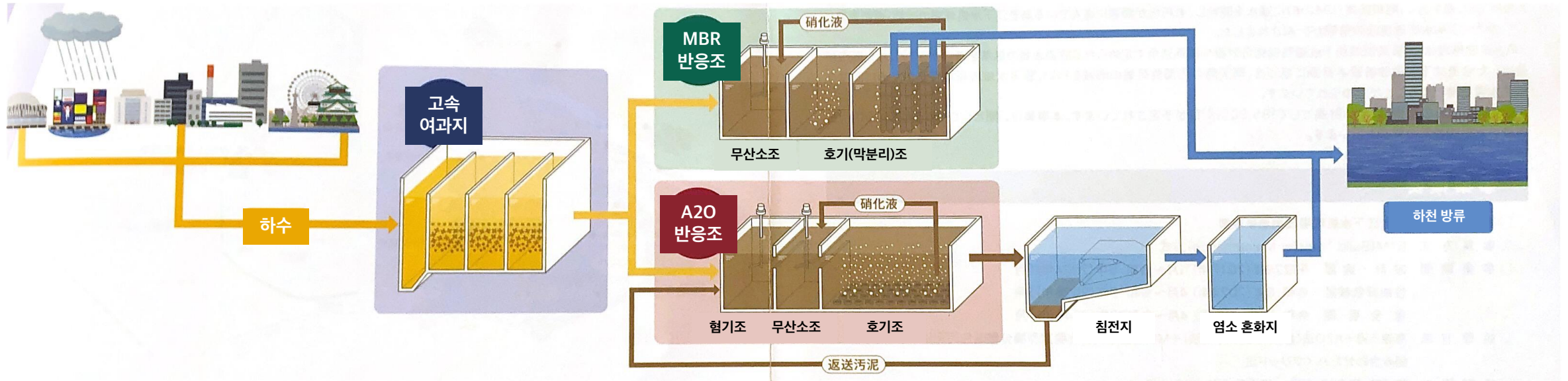


사진 2. 에비에 하수처리장 외관(상)과 내부 시설(하)

시설 개요: 海老江下水処理場

- 주소: 〒554-0001, 大阪府大阪市此花区高見 1丁目2-47
- 설계용량: 326,000m³ per day
- 처리면적: 1,215ha
- 처리방식: 2계(다카미측) 혐기호기활성슬러지법 / 3계 순환식 질화 탈질형 막분리 활성슬러지법(응집제첨가형), 혐기 무산소 호기법
- 1940년도(쇼와 15년)에 처음 운전을 시작한 유서 깊은 하수처리장.
- 최근 노후화된 시설을 현대화하기 위한 재건축 및 갱신 사업을 진행하였으며, 2017년 9월부터 공사가 시작되어 2023년 12월에 새로운 시설의 통수식이 개최된 바 있음.
- 에비에 하수처리장에는 오사카시 하수도 과학관이 인접해 있어 하수 처리 과정과 관련된 교육 및 홍보 활동을 진행하고 있음.

에비에 하수처리장의 공정도

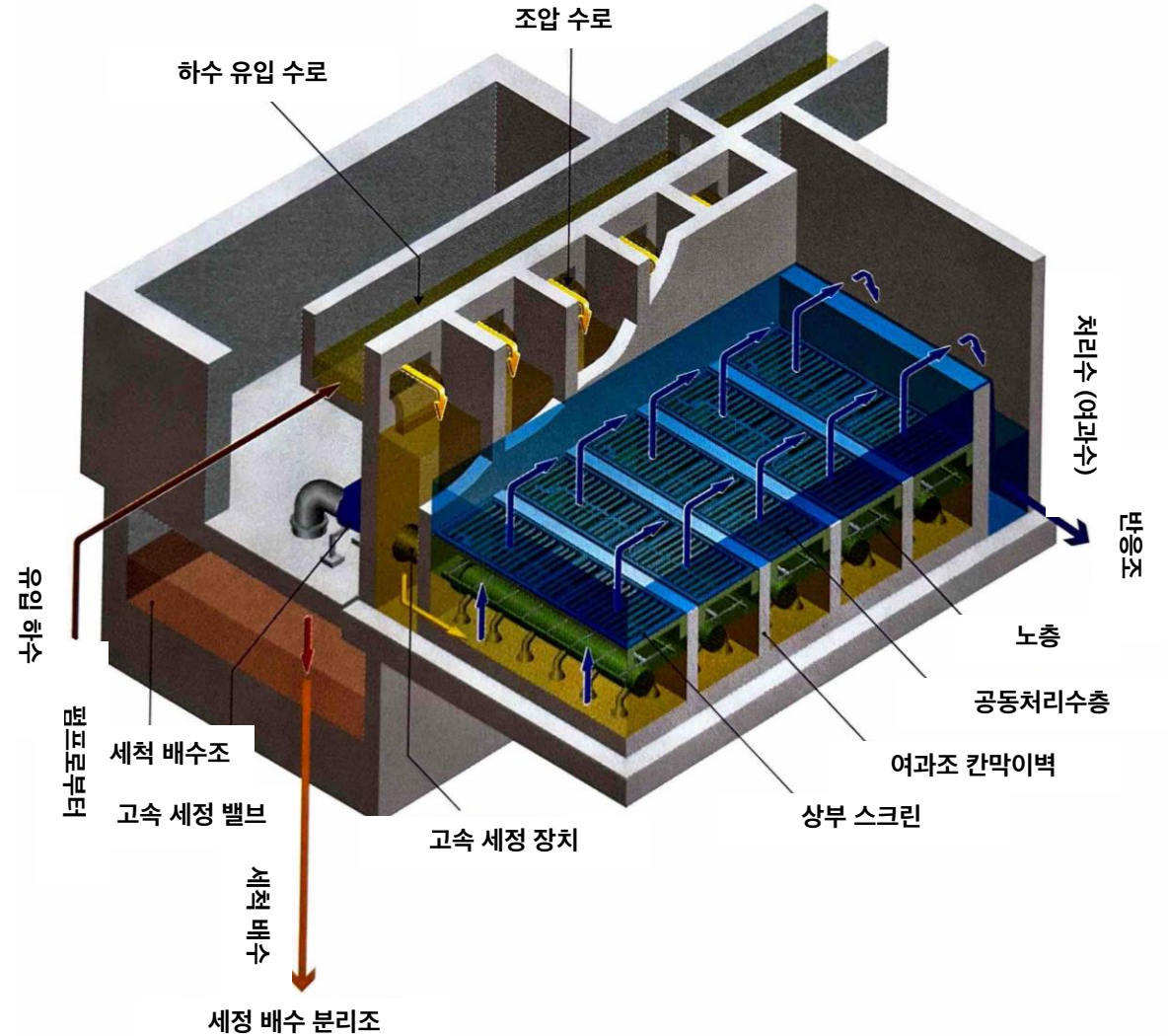
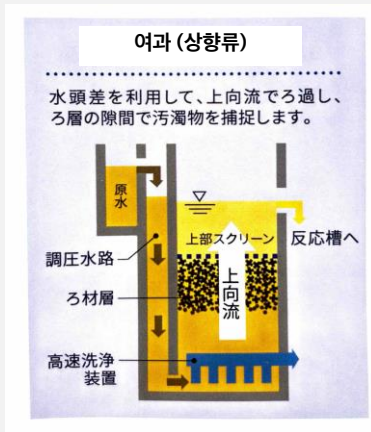


- 처리구역 : 후쿠시마구 전역, 기타구의 대부분, 고노하나구의 일부
- 처리방법 : 고속여과 + MBR + A2O (세 방식을 병용한 하이브리드 방식)
- A2O 공법은 3W 처리법(우천시 활성슬러지처리법과 함께 실시함)
- 방류처: 쇼렌지강·신요도가와

시설 견학 - 1. 고속여과

고속여과: 부상여재를 이용한 상향류 여과 시스템 이용

- 유입 하수 중 협잡물을 모두 제거
- 후단의 MBR 막을 보호
- 여과 속도 : 300m/일 (맑은 날씨) 1,050m/일 (우천시)



시설 견학 - MBR, A2O, 3W 처리법

A2O

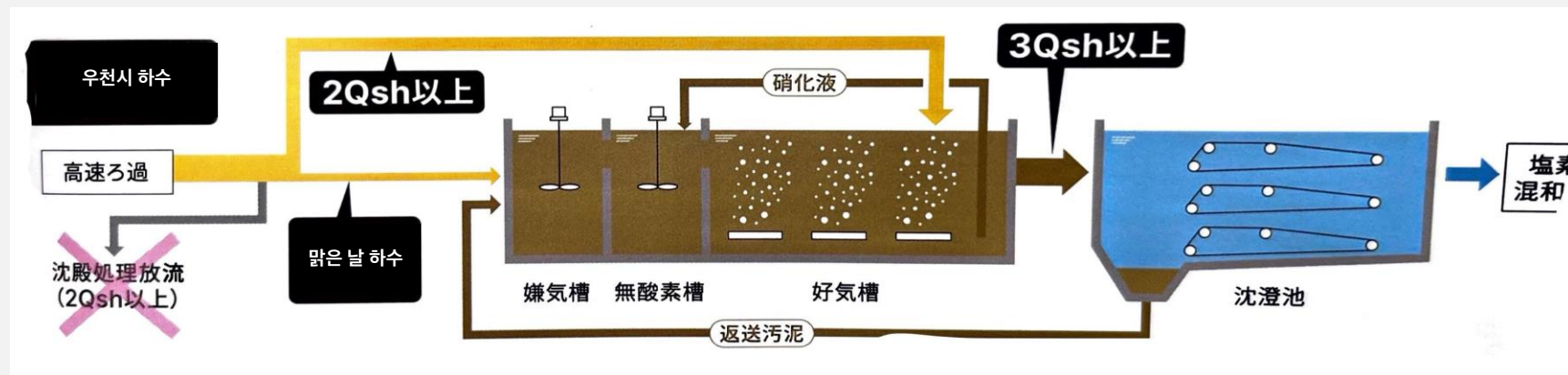
- 생물학적으로 질소, 인을 제거하는 처리법. 반응조를 혐기조, 무산소조, 호기조 순으로 배치하고 호기조의 질산화 혼합액 일부를 무산소조로 순환

3W 처리법 (하수 활성슬러지처리법)

- 합류식 하수도 개선 대책의 하나. 기존의 활성슬러지법을 이용하여 3Qsh 이상 중 1Qsh를 반응조 전단에서 기존대로 처리하고 침전 방류하던 나머지 2Qsh를 반응조 후단에 투입하여 처리

MBR (응집제 첨가)

- 소형 설비, 맑은 깨끗한 처리수를 얻을 수 있음
- 평균공경 $0.2\mu\text{m}$ 인 작은 구멍이 뚫린 막으로 활성슬러지를 걸러 처리수를 얻는 하수처리법
- 대장균 등의 미생물도 제거할 수 있으므로 소독할 필요가 없음

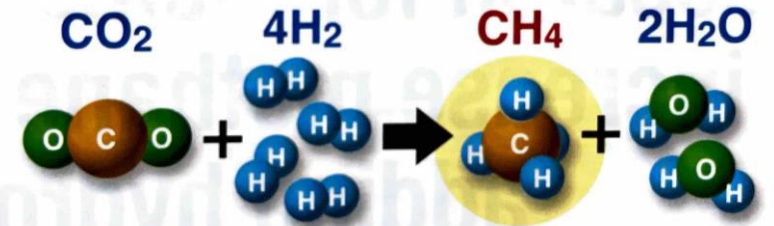
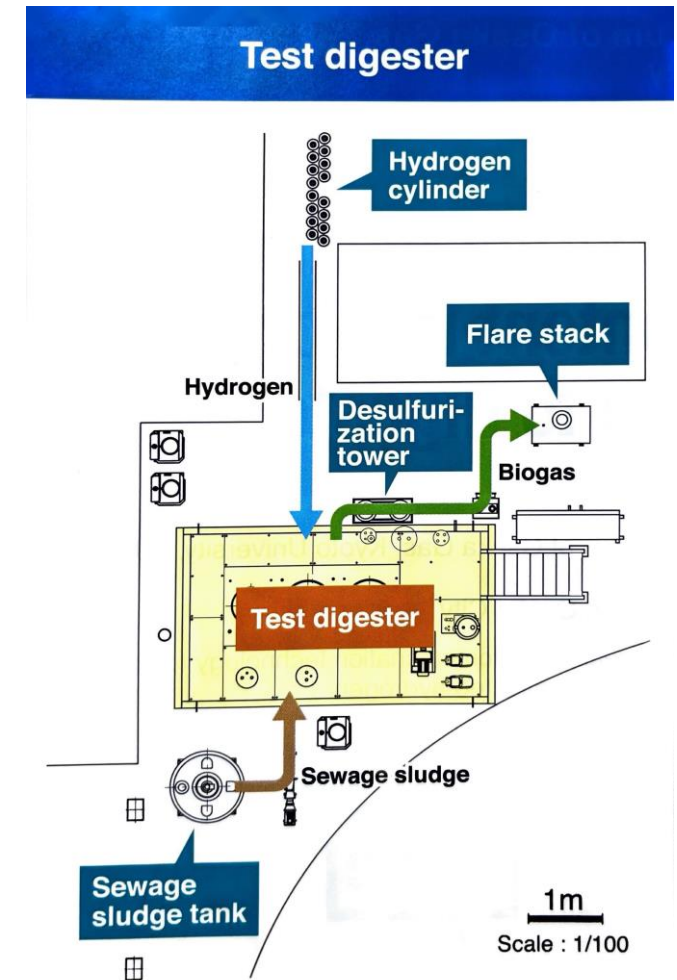


A2O 공정과 침전지

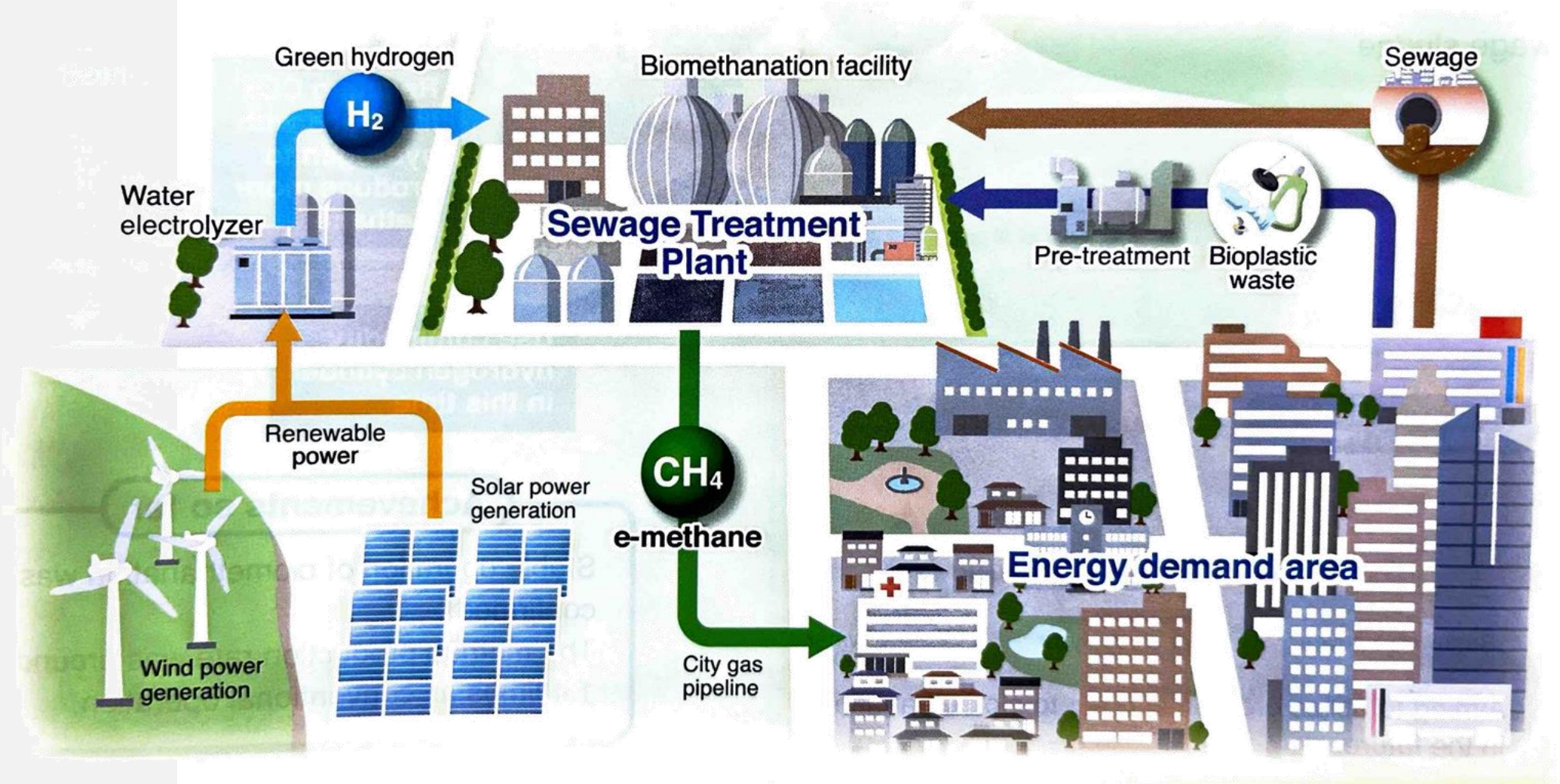
질의응답 - 기술 실용화 관련

Q. 바이오 메타네이션*의 필드 시험이 에비에 하수처리장에서 진행되고 있다는 것을 알게 되었는데, 하수처리장에서의 바이오 메타네이션 실용화는 어떤 이점이 있는지, 또한 실용화 되기까지 얼마의 시간이 필요한지?

- 소화조에 수소를 첨가하여 바이오가스의 메탄 함량을 높이기 위한 바이오메탄화 기술 연구
- 오사카가스, 교토대학교, NJS, 오사카시 연구 컨소시엄에 의해 구현됨
- 장소: 오사카시 에비에 하수처리장
- 성과: 메탄 생산 속도는 기존 운영 방식의 약 1.4배 / 안정적인 작동 확인
- 친환경 수소를 활용한 바이오메탄화와 바이오 플라스틱 폐기물로부터 바이오가스를 생산하는 기술을 통해 탄소 중립 사이클을 실현하는 것을 목표로 하고 있음.

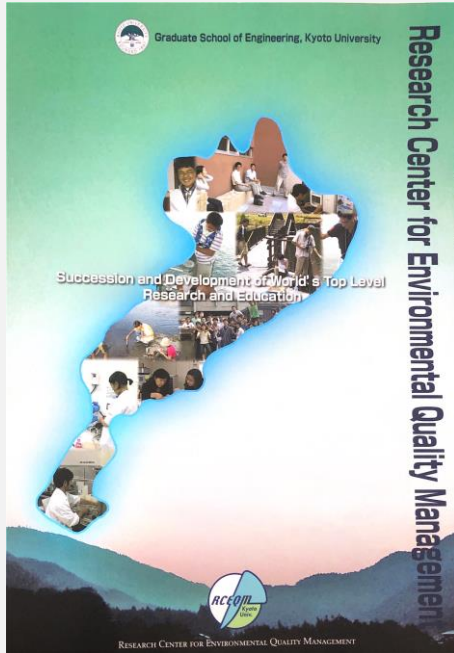


바이오 메타네이션 메커니즘



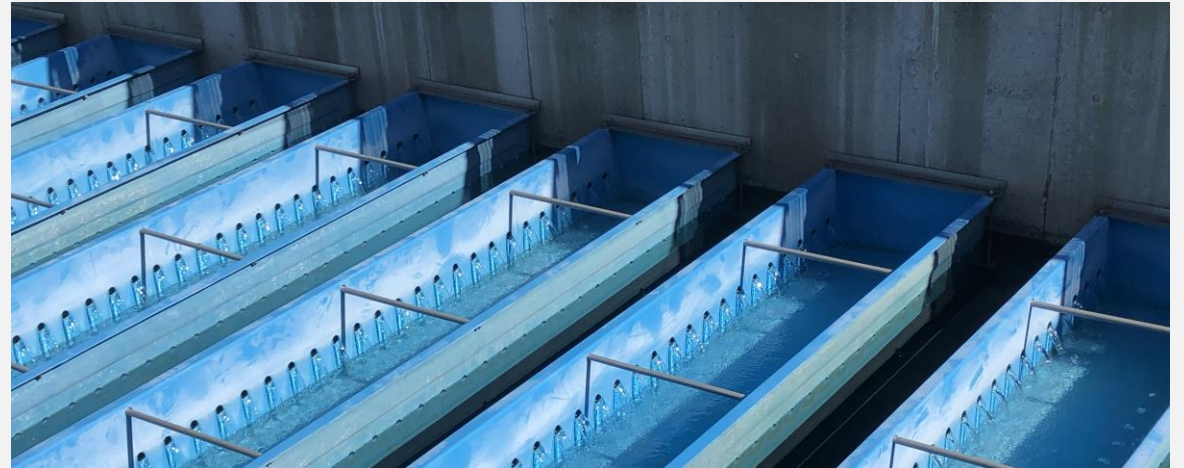
탄소 중립 순환의 실현

RCEQM Lab. of Kyoto Univ.



- 건강, 위생 및 공공보건과 안전을 위한 통합 유역 관리 연구
- 정부, 지자체 등과 협력하여 산·학·연의 연결고리 구축
- 비와호를 포함한 수계로 유입되는 점·비점오염원 연구
- 신규오염물질, 미량오염물질 및 항생제의 하천 유입과 생태계와 인체 건강에 대한 연구 등

게아게 정수처리장(교토시)



해외 파견활동 참여 소감



기대 이상의 즐거움!

- 대심도 우수 저류 터널 등, 국내에서 견학이 어려운 시설 탐방
- 정수장 등의 시설에서는 상세한 강의식 설명과 설비 견학 가능
- 일부 operation을 직접 지켜보는 등 효과적인 학습내용 복습

디지털 물산업 혁신인재 양성사업

2차년도 해외 네트워크 탐방

파견 성과 발표 - 에비에 하수처리장 외

Thank you for your participation!

Subin Jang, Nahyun Lee

Dept. of Environmental Engineering, University of Seoul