

# 요 약 문

## I. 연구개요

- 본 연구는 연중 안정적인 수질을 확보할 수 있어 각광 받고 있는 분리막 정수공정의 고도화를 위한 연구로, 분리막 정수공정에서 발생하는 배출수를 최소화함으로써 배출수 처리에 대한 부담을 완화하고 최종 생산수량을 극대화함으로써 분리막 정수공정의 효율 향상 연구임.
- 이를 위해 일반 정수용막과 멀티보어형 가압막으로 구성된 2단 분리막 공정을 적용하고, 2단막 배출수는 개질 및 미세기포부상분리를 통해 처리함으로써 최종 공정회수율(생산수량) 99.5% 이상 달성(Zero liquid discharge, ZLD)

## II. 연구의 필요성 및 목적

### 1. 연구의 필요성

- 부산시에서는 4개 정수장에 대한 고도화 마스터플랜을 계획/추진하고 있으며 분리막 공정도 대안 중의 하나임.
- 미래 분리막 정수 공정은 원수 성상과 관계없이 비교적 양호한 수질확보가 가능한 장점이 있어 많은 각광을 받고 있으나 에너지 절감과 막여과 배출수 발생의 최소화가 필수적으로 요구되고 있음.
- 세계 많은 처리장에서 배출수 발생량을 줄이기 위한 공정 연구가 활발히 진행 중이며 부산시가 미래 30년을 내다보는 새로운 상수시스템 구축을 위해서도 반드시 배출수 문제에 대한 대안 필요.
  - 1) 국내·외에서 정수처리에 막여과 공정이 적용되고 있으나 회수율이 저조(<95%)하여 많은 양의 배출수가 발생기 때문에 막여과 공정의 최종 배출수 발생 최소화와 처리 대안 마련이 시급. 기존 대비 배출수 발생량 70% 이상 저감이 가능한 분리막 공정 구성에 대한 연구필요.
  - 2) 99% 이상 회수율 달성이 가능한 정수장 : 키누타 정수장(일본), Perris 정수장(미국), Northern 정수장(영국) 등

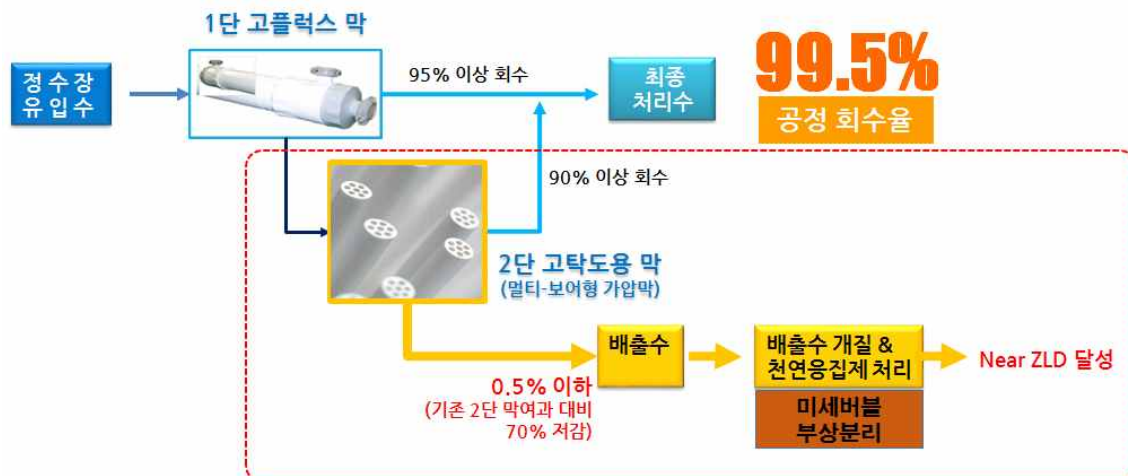
- 부산시 정수장 고도화 마스터플랜에 활용하기 위해서는 부산시 원수(또는 부산시 원수와 유사한)를 대상으로 배출수 발생을 획기적으로 줄인 초고회수율(99.5% 이상) 분리막 공정구성 연구가 절실히 요구됨.
- 배출수는 침전성이 불량하여 배출수 처리의 어려움이 있어 발생량 최소화뿐만 아니라 사후 처리기술 개발 필요.
- 따라서 양질의 수돗물을 생산하면서 배출수 발생이 최소화 될 수 있는 2단 막여과 정수공정에 대한 연구가 필요하고 동시에 이 때 발생하는 막여과 배출수 처리를 위한 대안 공정이 필요.

## 2. 연구목적

- 99.5% 이상의 회수율 달성이 가능한 2단 막여과 정수공정 도입을 위한 분리막 배출수 발생 최소화 및 처리가능성 평가

## III. 연구의 내용 및 범위

- 배출수 발생 최소화를 통해 전체 공정 회수율 99.5% 이상 달성이 가능한 2단 막여과 시스템 제작 및 공정 가능성 평가
  - 1) 공정구성: 원수 정수용 1단막 + 배출수용 2단막
    - 1단막: 고회수율 고분자 분리막(95% 이상 회수)
    - 2단막: 관형막과 중공사막의 장점이 결합된 multi-bore형 가압식막(90% 이상 회수, 공칭공경 0.02um)
    - 최종배출수량 발생량: 기존 국내 정수 막공정 대비 70% 저감
  - 단, 연구비와 연구기간의 한계를 고려하여 본 연구에서는 2단 막여과 공정 중 배출수 처리위주로 연구를 수행하였고, 1단 고폴렉스막의 배출수는 부산시 수질과 유사한 타 처리장에서 공급받아 배출수처리 평가를 위한 유입수로 활용 하였음. (그림 1 참조)
  - 2) 배출수 막여과 특성 개선을 위한 배출수 특성 개질 및 여과특성 연구
- 최종 배출수의 최소화 및 무방류(ZLD) 처리기술 연구: 초미세 나노버블과 천연응집제 연계 부상분리
  - 1) 배출수의 침전 대신 미세버블을 이용한 부상분리 연구
  - 2) 2단 막여과 공정에서 발생하는 배출수의 최종 처리를 위해 천연응집제를 이용하여 응집/부상분리를 수행함으로써 ZLD 달성 가능성 평가
  - 3) 배출수가 오존산화 개질에 따른 응집/부상 분리 효율 향상 연구



#### 제안 연구범위 (배출수 개질 및 처리)

그림 1 연구 범위 및 내용

## IV. 연구결과

- 실험장치 제작 및 평가
  - 1) 초고회수율 2단 막여과 장치 제작 및 장기 성능평가(용량: 2L/hr, Flux: 30LMH 이상)
  - 2) 미세기포 부상분리 장치 제작 및 평가(용량 4L, 버블크기: 20~50um)
  - 3) 평가용 친환경응집제 screening(4종)
- 2단 분리막 공정(1단 고티플렉스막 + 2단 고티도용 막(multi-bore형 가압식막))을 이용하여 정수처리시 안정적인 수질과 함께 99.5% 이상의 최종 공정 회수율 달성 가능(즉, 유입수 대비 생산수량이 99.5% 이고 최종 배출수 발생량은 0.5% 미만). 이때 2단막 농축수는 오존처리를 통한 고티도 물질의 물성개선 후 미세기포 부상분리를 통해 최종 농축슬러지 발생량은 유입수 대비 0.1% 미만 이 가능한 것으로 평가됨.
- 2단 분리막 공정 회수율: 99.5% 이상(최대 99.9%)
  - 1단막여과: 95% 회수 + 2단 막여과 90% 회수: + 배출수 미세기포 부상분리: 80% 회수, 단 1단막은 83 LMH, 2단막은 30 LMH 조건임.
- 2단 분리막 처리수 처리효율 및 성능
  - 처리수질: 유출수 탁도 0.02~0.04 NTU, 총대장균 불검출,
  - 별도의 화학세정없이 30LMH로 90일 동안 여과시 막간차압(TMP)은 0.65 bar 상승하는데 그쳤음. 따라서 평가기간중 화학세정이나 유지세정은 수행되지 않았고 유지세정과 화학세정 예측주기는 113일과 158일로 나타나 멀티보어형 가압막의 여과 특성이 우수한 것으로 판단됨.
- 배출수 미세기포 부상분리 처리를 위한 친환경 응집제 선정을 위해 폴리염화

알루미늄(PAC)와 친환경응집제를 비교평가한 결과 키토산계 응집제와 폴리에피아민계 응집제가 더욱 우수한 응집/부상분리 효율을 나타냄. 또한 이들 응집제는 유출수내  $Al^{3+}$  잔존량이 매우 적어 알츠하이머와 같은 알루미늄이온과 관련된 우려를 완화할 수 있을 것으로 판단됨.

- 오존처리에 따른 분리막 배출수 개질은 고탁도 물질의 표면 전하특성 변화를 통해 응집 및 부상분리 효과가 향상됨.
- 미세기포의 크기는 가압챔버의 압력에 따라 달라지는데 입자의 흡착 및 부상의 목적에 따라 적용 압력을 달리할 필요가 있음( $2 \text{ kgf/cm}^2 = 43.15 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $3 \text{ kgf/cm}^2 = 35.89 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $4 \text{ kgf/cm}^2 = 32.69 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $5 \text{ kgf/cm}^2 = 29.10 \text{ }\mu\text{m}$ )
- 정량적 연구성과
  - 특허출원 1건(출원번호 :제 10-2016-0170821 호)
  - 학술발표 2회(대한환경공학회 학술대회 발표)
  - 논문 투고 1건(준비중)

## V. 연구결과의 활용계획

- 부산시 상수도 고도화 마스터플랜 작성 시 막공정 도입 효용성 평가 기초자료로 활용(막여과 공정 도입을 위해 기존 국내 1단 막여과 공정을 그대로 벤치마킹해서는 필연적으로 배출수 처리에 대한 부담이 발생하기 때문에 마스터플랜 작성 때부터 이에 대한 대안마련이 필요함)
- 막여과공정 배출수 최소화가 가능한 특화공정 개발로 국내 막여과 정수장에서 공통적으로 문제가 되고 있는 배출수 최소화 대안으로 활용
- 초고회수율 2단 막여과 공정 운영가능성 평가를 통해 관련 분야의 설계, 운영 기초자료와 상수도 정책자료로 활용
- 부산시 분리막 기반 수처리 기업의 활성화를 위한 기술 지원자료로 활용.
- 기술적 측면 기대효과 및 활용방안
  - 배출수 발생량이 최소화된 2단 막여과 시스템 운영가능성 평가에 따른 설계 인자 확보 및 Lab Tester 1식 구축
  - 2단 막여과 배출수의 적정 처리를 위한 배출수 개질기술 확보
- 경제적 측면 기대효과 및 활용방안
  - 정수장 배출수 발생량 저감 및 에너지 소모량 절감을 통한 정수장 운영 경제성 향상
  - 고 회수율 2단 막여과 공정 확립에 따른 관련산업 시장 형성에 기여 (막제조, 막모듈 생산, 배출수 처리용 가압부상 시스템 등)