

# 요 약 문

## I. 연구개요

- 부산시 청정원수 확보를 위해 과황산 기반 산화공정에 영향을 미치는 낙동강 하천수 및 강변여과 대수층의 특성을 조사하여 과황산 기반 산화공정을 이용한 강변여과수 내 2가철 및 미량유해유기화합물 제거기술을 개발하고자 함

## II. 연구의 필요성 및 최종목표

- 필요성
  - 부산시 취수원 다변화 계획을 통한 청정원수 확보에 주력하고 있음.
  - 하천수를 강변의 퇴적층에 통과시켜 물을 정수하는 강변여과 및 인공함양 기술을 포괄하는 대수층 함양관리(managed Aquifer Recharge, MAR) 기술은 저비용·대용량 원수 확보 기술임.
  - 지질층에 존재하던 철광물의 용출로 인해 철이온 농도가 높이며, 높은 철이온 농도는 취수정의 관정 막힘을 유발하여 유지비용을 높이고 정수장의 수처리 부하를 높임.
  - 낙동강 강변여과수의 과불화화합물(PFOA 등) 농도가 수돗물보다 최대 3배 이상 높게 검출되는데, PFOA 같은 일부 미량오염물질은 여과되지 못하고 강변여과수에 잔류함.
  - 강변여과 과정에서 발생하는 용존철 농도와 잔류 미량오염물질의 처리를 위한 추가 산화공정 개발이 요구됨.
- 최종목표
  - 낙동강 강변여과수 내 존재하는 2가철 이온과 미량유해유기화합물을 과황산 기반 산화공정으로 처리하는 기술을 개발하고자 함.

### Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

- 낙동강 하천수 및 강변여과 대수층의 특성 조사
  - 대수층 내 철 광물의 정량 및 정성 평가
  - 하천수 용존유기물질의 특성 문헌조사
  - 대수층 철 광물 및 하천수 용존유기물질을 모사한 강변여과 실험조건 설계
- 과황산 기반 산화공정을 이용한 강변여과수 내 2가철 제거기술 개발
  - 2가철과 과황산 농도에 따른 2가철 제거효율 평가
  - pH와 용존유기물질에 따른 제거효율 평가
- 과황산 기반 산화공정을 이용한 강변여과수 내 미량유해유기화합물 제거 기술 개발
  - 운전조건에 따른 미량유해유기화합물 제거효율 평가
  - pH와 용존유기물질 존재에 따른 제거효율 평가
- 과황산 기반 산화공정을 이용한 실제 하천수 내에서의 2가철 및 미량유해유기화합물 제거 기술 개발
  - 실제 하천수 내에서의 2가철 제거효율평가
  - 실제 하천수 내에서의 미량유해유기화합물 제거효율 평가
  - 과황산 기반 산화공정 최적 주입 농도 조건 도출

### Ⅳ. 연구결과

- 낙동강 하류지역의 수화학적 특성을 조사한 결과, pH는 7.4~8.4의 범위를 보여 지역별 차이는 크게 없는 것으로 조사됨. 그러나 과황산 기반 산화공정 적용 시 대수층 내 과황산 주입에 따른 pH 변화와 대수층 토양의 완충능을 고려할 때, 현장모사 실험에서 pH 영향에 대한 연구가 필요함. 용존유기물질은 낙동강 하류에서 최대 5.82 mg/L로 검출됨. 용존유기물질 영향과 전자전달능이 높아 과황산 산화공정에 영향을 미치는 중·고분자 영역 휴믹산의 영향과 토양에 대해 낮은 흡착특성을 보이는 펠빅산의 영향을 평가해 볼 필요가 있을 것으로 판단됨.

- 특정 강변여과공정 수행 지역에서 강변여과 후 하천수 내 철농도가 강변여과전에 비해 최대 23배 증가함. 낙동강 수계에서 의약품질인 ibuprofen, 과불화합물인 PFOA, 프탈레이트 등의 다양한 미량오염물질이 검출됨. 따라서, 강변여과 후에도 대수층 지하수에 존재하는 용존철과 여러 미량유해물질을 효과적으로 제거하기 위해 강변여과 공정에서 추가 산화공정이 요구됨.
- 2가철 농도는 2가철 및 과황산 농도 영향, 용존유기물질 영향, pH 영향을 평가한 모든 조건에서 60% 이상의 2가철 제거효율을 보임. 특히 2가철은 실제 하천수 및 토양을 이용한 실험조건에서 과황산 농도에 상관없이 99.9% 제거됨. 따라서 2가철 농도가 높은 강변여과수에 과황산을 적용하여 2가철을 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 판단됨.
- 이부프로펜은 과황산과 2가철의 급격한 반응으로 인하여 생성된 황산라디칼에 의해 초기에 빠르게 제거되었음. 전자전달능이 상대적으로 높은 휴믹산보다 전자전달능이 낮은 펄빅산에서 제거효율이 더 높았으며, 이는 철 광물에 대해 높은 흡착 특성을 가진 휴믹산에 비해 펄빅산의 낮은 흡착 특성으로 인해 수용액내에서 분산성이 높아 과황산 활성화에 영향을 주는 것으로 판단됨.
- 이부프로펜은 2가철 농도에 비례하여 제거효율이 증가하였으나, 과황산 농도별 영향에서는 5 mM의 특정 농도에서 최고 제거효율을 보임. 용존유기물질은 과황산에 의한 이부프로펜 제거능을 향상시키는 역할을 하는 것으로 확인됨. 용존유기물질 중 휴믹산 보다 펄빅산에서 더 높은 이부프로펜 제거효율을 보였는데, 이는 펄빅산이 휴믹산 보다 토양에 덜 흡착되어 용액 내에서 높은 분산성을 보여 과황산과의 높은 반응성을 보였기 때문으로 판단됨. 실제 낙동강 하천수 및 토양을 이용한 실험조건에서 0.5 mM의 2가철과 2 mM의 과황산 농도에서 가장 높은 이부프로펜 제거 효율을 보임. 따라서 과황산 주입 적정 농도는 최적 제거효율을 보인 1:4의 물 농도 비를 고려하여 강변여과 대수층 내에서 발견되는 2가철 농도를 기준으로 결정하는 것이 적절하다고 판단됨.

## V. 연구결과의 활용계획

- 부산시 청정원수 확보를 위한 대체 기술 개발 시 자료로 활용.
- 강변여과수 내 용존 2가철과 미량유해유기화합물질을 위한 산화공정 적용 시 설계 기초자료로 활용.