

기술 설명서 요약본

| | | |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 기 술 명 | 해수 미량금속 다원소 동시 분석용 시료 추출장치 및 추출기술 | |
| 기술분류 (대분류-중분류) | 대분류-중분류 해양환경-해양환경·생태계 | |
| 공사 관련 기술 여부 | 공사 외 기술 | 공사 관련 기술 |
| | √ | <input type="checkbox"/> |
| 기 업 명 | (주)피앤지바이오메드 | |

기술 개요

■ 신청 기술 주요내용 및 특징

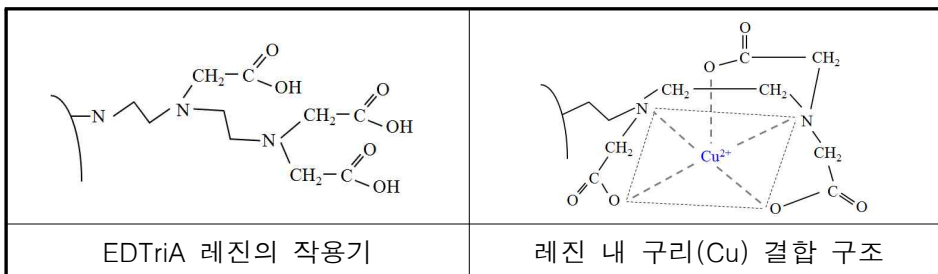
□ 추진배경 및 목적

- 해수는 담수와 달리 원소의 농도 범위(ppm ~ %)가 매우 넓기 때문에 해수 중 미량금속을 분석하기 위해서는 농도가 높은 주성분 원소(Na, Cl, Mg, Ca, K 등)에 대한 간섭을 제거하는 과정이 필수적으로 필요함
- 해수 중 주성분 원소를 제거하고 미량금속을 분석하기 위해서 지금까지 다양한 방법(유기용매 추출법, 공침법, 희석 등)들이 이용되고 있지만 대부분의 분석법은 분석과정이 복잡하고, 분석 결과의 재현성 및 정확도가 떨어짐
- 최근에 미국 Elemental Scientific(ESI) 기업에서 고상추출법을 활용한 해수 미량금속 전처리장비(SeaFAST)가 개발되어 국내 일부 기관에서 사용하고 있으나 장비금액이 고가이고, 장비를 유지보수하는데 많은 어려움이 있음
 - 또한 ESI 기업은 국내 시장에 미량금속 분석과 관련된 수많은 특허를 등재하고, 장비를 독점하고 있기 때문에 국내시장에서 국내기업이 독자적으로 기술을 개발하고, 제품화하여 상용화하기 어려운 문제점이 있음
- 따라서 해수 미량금속을 분석함에 있어 목적원소를 정밀하게 측정하고, 자동으로 전처리할 수 있는 저비용 고효율적인 해수 미량금속 추출 시스템 개발이 필요함
- 본 기술은 해수 중 미량으로 존재하는 금속원소를 분석함에 있어 기존 추출 기술을 개선하고, 추출 기술을 국내 최초로 제품화하여 상용하고자 함

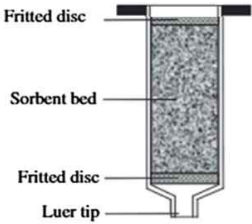
□ 제품의 주요내용

① 킬레이트 레진 정보 및 컬럼 제작(패킹) 기술

- 레진의 구조 및 특징
 - 레진명: EDTriA 레진(Hitachi High-Technologies Corporation, Japan)
 - 특징: 레진 내 불순물이 적고 다양한 금속원소와 강한 리간드 형성



○ 컬럼 제작기술(SPE Packing System)

| SPE 컬럼 | 주요특징 |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> ○ 재현성 확보를 위한 독자적 충전 방식 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 압력, Torque Control에 의한 재현성 있는 충전법을 독자 개발 ○ 자동 충전 시스템 개발로 인한 오염 최소화 ○ 특화된 Fritted pore size와 내구성 있는 재질(Teflon) 사용 ○ 시료량 변경에 따른 다양한 용량의 제품 개발 역량 확보 ○ 압력센스를 이용한 컬럼 진단 및 레진 교체시기 예측가능 |

② 고상추출법을 이용한 해수 미량금속 추출 장치 및 추출 기술(특허 제 10-2025141호)

○ 추출 기술

- 해수 미량금속 목적원소(7종): Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Mn, Co,
- 추출절차



(Step 1) 클리닝 단계: 기기에 결합된 튜빙 및 레진 내 불순물을 제거하기 위해 1M HNO₃으로 세척을 통한 기기 내부 잔류금속(불순물) 제거 과정(유량: 3mL/min)

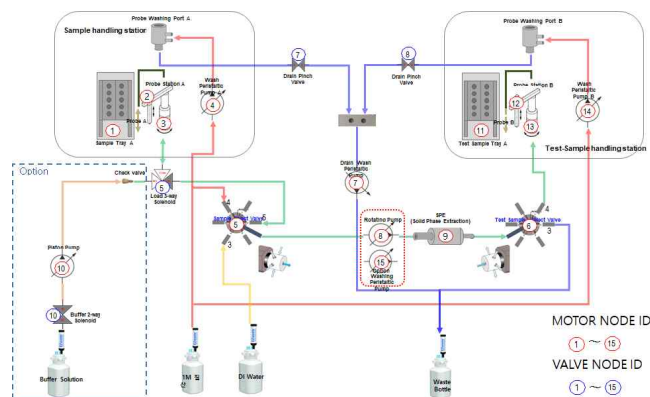
(Step 2) 시료농축 단계: 해수시료 중 미량금속을 레진에 농축시키는 과정(유량: 3mL/min)

(Step 3) 주성분원소 제거 단계: 시료도입 시 튜빙 및 레진 내 존재하는 주성분 원소를 제거하는 과정(유량: 3mL/min)

(Step 4) 시료추출 및 분석 단계: 레진에 농축된 미량금속을 추출하는 과정(유량: 1mL/min)

○ 추출 장치

- EDTriA 레진을 미량금속 농축을 위한 흡착제로 하여 컬럼 내부에 충전 후 Teflon 재질의 튜빙을 이용하여 컬럼과 함께 사용할 용기 등에 각각 연결
- 시료 도입 및 추출과정의 독립적인 시스템으로 구성



<해수 미량금속 추출장치 시스템 구성>

□ 제품의 특징

① 하드웨어적 특징

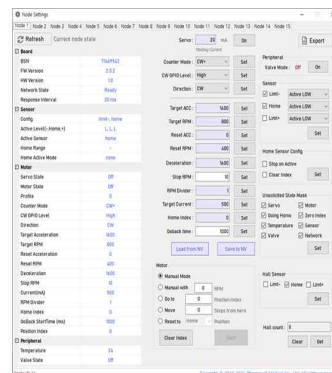
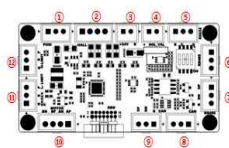
- 비금속 재질(Teflon)의 내구성 있는 설계로 시료 전처리의 신뢰성 확보
 - 외부오염이 없는 폐쇄시스템(close system)을 활용하여 분석결과와 재현성 및 정확도 향상
- 다양한 크기의 sample rack 공급으로 멀티 시료 추출 가능
 - 사용자 니즈에 따른 다양한 크기의 rack 공급
- 시료 도입 및 추출과정이 독립적인 시스템 구성으로 시료 간 교차 오염방지
 - 시료 도입 시 최소 접촉과 시료추출 시 비접촉식으로 시료 간 오염방지
- 시료 도입 용량 및 추출액 용량에 대한 자동조절 기능
 - 자체 제작 모터드라이버 내장으로 시료의 농축배수 자동 결정
 - 시료 도입 및 추출액 용량 자동 검교정
- 분석장비 호환성 증대
 - 시료 추출액에 대해서 다양한 장비(ICP-MS 등)를 이용하여 분석 가능

② 소프트웨어적 특징

- 장비 제어(노드 통합 제어) 관리/감독
- 스크립트 방식 동작 제어
- 동작 고유 ID를 이용한 에러 추적 관리 시스템
- 독립적인 노드(Node) 컨트롤러 제어
- 특수용도/성능향상을 위한 추가 기능 지원
- 다양한 메시지 방식으로 시스템 부하 감소
- 장비실행을 위한 프로그램 조작 용이

③ 기타

- 적은 시료 양을 이용하는 등 해수 미량금속 전처리 과정이 단순함
- 인체 유해한 유기용매(클로로포름, 프레온 등)를 사용하지 않기 때문에 연구원의 안전성 확보
- 사용된 레진 및 튜빙은 반영구적으로 사용가능하기 때문에 전처리에 소요되는 비용 절감 가능



<해수 미량금속 전처리 장비에 사용된 모터드라이버(좌) 및 노드 컨트롤러 시스템(우)>

■ 기존 기술과의 차별성

□ 국내기술(유기용매추출법)과의 차별성

- 지금까지 분석이 어려운 해수 미량금속을 누구나 쉽게 분석할 수 있는 환경 마련
- 외부오염이 없는 폐쇄시스템(close system)을 활용하여 분석결과의 재현성 및 정확도 향상
- 기존 해수 미량금속 분석기술 대비 분석 효율성 증대
 - 전처리과정의 단순화로 분석시간의 단축(기존 3일→1일)
 - 초자기구 및 사용시약을 줄임으로서 분석비용 절감(약 30%이상 절감)
 - 인체 유해한 유기용매를 사용하지 않기 때문에 연구원의 안전성 확보

| 구분 | 유기용매추출법 | 신규 추출기술 |
|-------------|---|--|
| 시료양 | 500 mL (최소 50배 이상 농축) | <50 mL (10배 이하 농축 가능) |
| 외부오염 | Open system (오염 존재) | Close system (오염 없음) |
| 초자기구 | Shaker, Funnel, 가열기 등 필요 (1회 분석 시 약 백만원 이상 소요) | Pump외 특별한 초자기구 필요없음 (1회 분석 시 약 십만원 이내 소요) |
| 시약 | 킬레이트 시약, 유기용매, 완충용액, 질산등 필요 | 완충용액 및 질산 |
| 정제 | 필요함 | 필요 없음 |
| 전처리 과정 및 시간 | 전처리 과정이 복잡하고, 전처리 시간이 오래 걸림 (최소 3일 소요) | 전처리 과정이 단순하고, 전처리 시간 짧음 (1일 이내 소요) |
| 인체위험 | 유기용매 노출에 따른 인체 위해성 존재 | 위해성 없음 |

□ 외국산 장비(SeaFAST)와 차별성

- 순수 국내기술 개발 장비로 외국산 대비 장비 구매비용 절감(약 50%이상 절감)
- 기존 외국산 분석장비 대비 생산성 및 분석 효율성 증대
- 시료 도입 및 추출에 대한 자동화
- 장비 유지보수 및 장비 확장성 용이

| 구분 | 외국산 장비 | 신규 추출 장비 |
|-----------|---|---|
| 제조국 (장비명) | 미국 ES社I (SeaFAST) | 한국 (PSW-C1) |
| 기능 | 킬레이트 농축 및 추출장치 | 킬레이트 농축 및 추출장치 |
| 킬레이트 레진 | SeaFAST column(EDTri + IDA) 2개 | EDTri column 1개 |
| 시스템 구성 | Fill loop tubing 시스템 | Direct tubing 시스템 |
| 펌프 | syringe pump | metering pump |
| 유체경로 | 유체의 경로가 겹치는 selection valve를 이용하여 경로가 복잡함 → 오염 원인 파악 어려움 | 유체의 경로가 겹치지 않는 switching valve를 이용하여 경로가 단순함 → 오염 원인 파악 쉬움 |
| 정량제어 | 시약용기→syringe→정량제어 | 시약용기→정량제어 |
| 사용시약 | HNO ₃ 외 7종 | HNO ₃ 외 2종 |
| 시료양 | 3 mL | 20 mL 이상 |
| 장비클리닝 | 각 모듈마다 Loop 시스템으로 인한 장비클리닝 복잡하고 많은 시약이 소요 | Direct 시스템으로 인한 장비클리닝 복잡하고, HNO ₃ 시약만 이용 |
| 오염 및 간섭 | 시료양이 적기 때문에 시약 등에 의한 오염 영향을 많이 받음 (공시료에 대한 보정 어려움) | 많은 시료양을 농축시키기 때문에 오염에 대한 상대적 영향이 적음 (공시료에 대한 보정 가능) |

경제·산업적 파급효과

- ☐ 해양환경을 조사하고 측정·분석하는 기관은 해양환경관리법 제12조 및 시행령 제7조에 따라 정도관리(측정, 분석 능력) 인증을 받아야 그 업무를 수행할 수 있음
 - 정도관리 인증 항목 중 해수 미량금속은 2018년부터 숙련도 평가 대상항목으로 지정되어 있음
 - 따라서 해양환경 정도관리 인증을 받기 위해서는 해수 미량금속 분석에 대한 숙련도 평가는 필요
- ☐ 하지만 현재 사용되는 유기용매추출법의 경우 전처리가 복잡하고, 분석이 어렵기 때문에 숙련도 평가 시 참가기관의 합격률이 저조한 것으로 확인됨
- ☐ 일부기관은 외국산 전처리 장비를 이용하여 해수 미량금속을 분석하고 있지만 장비의 가격이 고가이며, 단독으로 사용할 수 없는 문제점을 지님
 - 외국산 장비를 사용하는 대부분의 기관은 해당 장비를 국비 또는 자체 재원으로 장비를 구매하고 있으며, 유지관리 또한 정부사업비가 대부분 활용되는 등 장비에 사용되는 비용이 많이 소요됨
- ☐ 신규 개발된 해수 미량금속 추출장치 및 추출기술은 지금까지 분석이 상대적으로 어려운 해수 미량금속을 누구나 쉽게 분석할 수 있는 환경을 마련할 것으로 예상되며, 해양환경을 조사하고 연구하는 기관에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단됨
- ☐ 신규 전처리 장비 개발로 사회·경제적 가치 창출 기대효과
 - 해수 미량금속 추출 장치의 국산화는 기존에 독점하고 있는 외국산 장비를 대신 할 수 있으며, 외국산 장비에 대한 수입대체 효과 발생이 예상됨
 - 연간 30대 기준 약 40억의 수입대체 효과를 발생하여 국가 경쟁력을 높이는데 도움을 줄 것으로 판단됨
 - 장비 도입기관은 운영비용 절감 및 업무 생산성을 증가시킬 것으로 기대됨
 - 외국산 장비 대비 도입비용의 약 60%이상 줄임으로써 국가재정 절감에 기여할 것으로 예상됨
 - 해수 미량금속 분석과정의 단순화로 업무 생산성 증대가 예상됨
 - 민간기관과 상생협력을 통한 영업이익(일자리) 창출 등의 동반성장 실현 가능
- ☐ 국가적으로 신뢰성 있는 해수 미량금속 자료생산을 통한 연안 오염물질 관리기반을 마련할 것으로 기대됨

지식재산권 및 시험성적

■ 지식재산권

| 국내 특허 | | 해외 특허 | | 기타(실용신안, 상표, 디자인 등) | |
|---------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------|
| 출원: 1 건 | 등록: 1 건 | 출원: 1 건 | 등록: 1 건 | 출원: 1 건 | 등록: 1 건 |
| 구분 | 출원번호 (등록번호) | 출원일자 (등록일자) | 출원명칭 (등록명칭) | 출원인 (권리자) | |
| 국내특허 | 10-2019-00404 30 (10-2025141) | 2019.04.05. (2019.09.19.) | 해수 미량금속 다원소 동시 분석용 시료 추출방법 및 추출장치 | 해양환경공단 | |

■ 시험성적

| | |
|-------|--|
| 시험기관: | 한국화학융합시험연구원, 한국해양과학기술원, 국립수산물과학원 |
| 시험내용: | 공단에서 개발한 장비로 추출한 해수 미량금속 시료(7개 항목)에 대해 중금속분석 |
| 시험결과: | 모든 항목에서 공단에서 분석한 결과와 유사한 수준으로 나타남 |

신청 기술 대표 도면 및 시제품 사진 등

