초미량 시료 기반
다중 킬레이트 고감도 분석 기술

KEYWORD 킬레이트, 방사성폐기물, 동시분석, 모세관 전기영동(CE), 전기장 증폭 시료 주입법(FASI)

기술완성도(TRL) Prototype demonstration (성능입증 ; 6단계)

기술 개발 배경

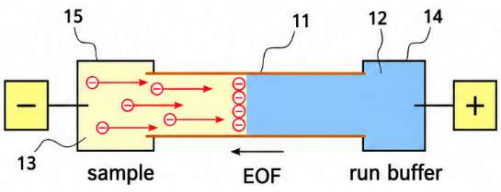
다중 킬레이트 고감도 분석 기술 개발 필요

- 원자력시설 제염공정에서 사용되는 EDTA(Ethylenediaminetetraacetic acid), NTA(Nitrilotriacetic acid), DTPA(Diethylenetriaminepentaacetic acid) 등의 킬레이트제는 방사성핵종의 이동성을 증가시키므로 처분 전 분석이 필수적임
- 기존 UV-Vis 기반 분석은 여러 종류의 킬레이트를 동시에 분석하기 어렵고, 비결합형(free-form) 킬레이트의 검출감도가 낮아 정확한 정량분석에 한계가 있음
- 기존 분석법은 수십 mL 이상의 방사성 시료가 필요하여 2차 방사성폐기물 발생량이 증가하는 문제가 있음

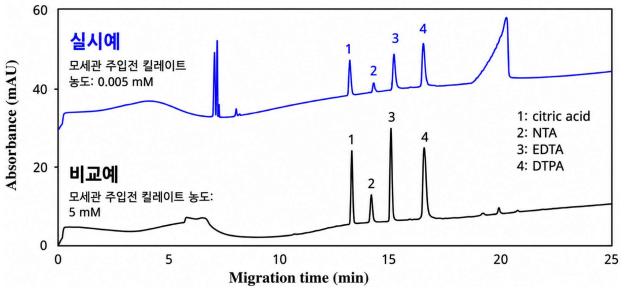
기술 내용 및 특징

다중 킬레이트 고감도 분석 기술 핵심 기술

- 전기장 증폭 시료 주입법(Field-amplified sample injection, FASI)과 모세관 전기영동(Capillary electrophoresis, CE)을 결합하여 시료를 모세관 내부에서 농축한 후 고감도로 분리·분석하는 기술임
- EDTA, NTA, DTPA, Citric acid 등 다양한 킬레이트를 동시에 분리 및 정성/정량 분석이 가능함
- 약 1~2 μL 수준의 극미량 시료만으로도 분석이 가능하여 방사성폐기물의 추가 발생 최소화
- PEG 등으로 표면 개질된 모세관을 적용하여 전기삼투흐름(electroosmotic flow)을 감소시키고 분리도와 검출감도를 향상
- UV-Vis뿐 아니라 질량분석기(Mass Spectrometer), 형광검출기 등 다양한 검출기와 연계 가능



[FASI를 이용한 모세관 내 시료 농축 원리]



[킬레이트 분석 사례]

Technology Brief

다중 킬레이트 고감도 분석 기술

종래기술과의 차별성

종래 기술의 한계

- UV-Vis 단독 분석으로 비배위형 킬레이트 검출감도 낮음
- 단일 또는 일부 킬레이트 분석 중심
- 수십 mL 이상의 시료 필요
- 방사성폐기물 추가 발생
- 분리능 및 재현성 제한

본 기술의 우수성

- FASI 농축으로 검출감도 대폭 향상
- 다양한 킬레이트 동시 분리 및 정량/정성 분석 가능
- 1~2 μL 수준의 시료로 분석 가능
- 2차 방사성폐기물 발생 최소화
- 고분리능·고감도 분석 구현

적용분야

- 방사성폐기물 처분 전 킬레이트 분석
  - 원전 해체폐기물 분석 분야
  - 방사성 액체폐기물 관리 분야
  - 산업폐수 및 환경시료 내 킬레이트 분석 분야



기대효과

- 1~2 μL 극미량 시료 분석으로 2차 방사성폐기물 최소화
- 다양한 킬레이트 동시 정성·정량 분석으로 효율 향상
- FASI 농축으로 검출감도와 분리능 향상
- 시료 사용량 및 분석 부담 절감
- 다양한 검출기 연계로 분석 플랫폼 확장

보유특허

No.	국가	출원 / 등록번호	발명의 명칭	상태
1	한국	10-2877983(등록일: 2025.10.24)	킬레이트의 분석방법	등록
	미국	19/574872(출원일: 2026.03.23)		출원
	프랑스	2603566(출원일: 2026.03.23)		출원

문의처

기술문의	기술이전(1차)	기술이전(2차)
방사화학기술개발부 김지혜 박사	처분성능실증연구부 유재복	기술사업화팀 이재용
042-868-4854 | jihyekim21@kaeri.re.kr	042-868-2236 | jbyoo@kaeri.re.kr	042-868-4521 | jaylee93@kaeri.re.kr