

KNF-
ENG-07

소변시료를 이용한 내부피폭선량평가

원자력환경실 류지창
T. 042-869-3076 E. ryujc@knfc.co.kr

내부피폭선량은 체내에 존재하는 방사성물질에 의한 피폭을 의미하며, 이를 평가하기 위해서는 신체 외부에서 검출기로 직접 측정하거나 소변 내 방사성물질을 측정하는 방법을 사용하는데, 소변을 이용한 내부피폭선량평가는 간접측정법(In-vitro)으로 직접측정법(In-vivo)에 비해 저선량 검출이 용이하고, 분석시간이 짧아 측정대상자의 편의성이 높음.

- 폐에서 혈액으로 흡수가 빨리 일어나는 Type F 우라늄(UO_2 , UO_2F_2)을 측정할 수 있는 유일한 방법
 - UF_6 누출사고 등 비상 상황 시 신속대응 가능한 시스템 구축
- 다양한 섭취상황에 따른 피폭선량평가 가능
 - 직접측정법으로는 평가가 불가능한 구강섭취(Ingestion)에 의한 내부피폭선량평가 가능
- 내부피폭선량평가 시 작업자 불편감소
 - 폐 방사능 측정 대비 30분 이상 단축
 - Spot 시료를 이용하여 내부피폭선량을 평가하므로 작업자의 시료제출 편의성 증대

기술 내용

● 배경

- 방사선작업종사자의 방사선안전관리를 위해서는 내부피폭 선량평가가 필수적임. 우라늄과 같이 저에너지 감마선을 방출하는 핵종의 경우 직접측정법으로 평가 시 시간이 많이 소요되고, 저선량 검출이 어렵다는 단점이 있음. 이러한 단점을 극복하고 저선량 피폭선량을 관리하기 위해서는 간접측정법을 이용한 내부피폭선량평가가 필요함.

● 목적 및 필요성

- 간접측정법을 이용한 방사선작업종사자의 내부피폭선량평가 체계 구축
 - 질산 희석법, 마이크로웨이브법(Microwave), 우라늄을 선택적으로 추출하는 UTEVA Resin 법 등을 이용
 - 소변시료 전처리 후 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS)를 이용하여 소변시료 내 극미량 우라늄(20~200 ng/L 수준) 측정

● 기술 구성 및 절차

• 기술 구성

- 소변시료 품질관리 : 살균된 시료병에 spot 시료 제출 후 냉장기능이 있는 시료보관 냉장고에 제출
- 사중극자 질량분석기(ICP-MS) : 전처리 후 시료 내 우라늄 분석



< ICP-MS >

< 전처리실 >

- 크레아티닌(Creatinine) 분석: spot 시료를 24시간 시료로 변환

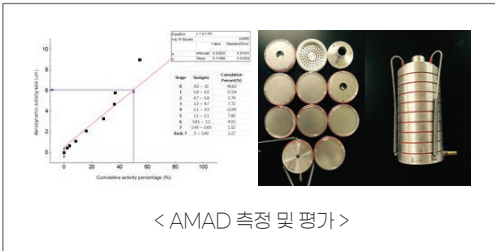


크레아티닌 측정시약 및 측정기

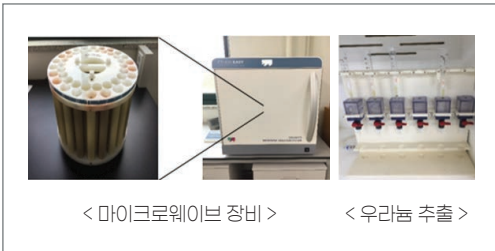
- 내부피폭선량평가: 소변 내 우라늄 양을 이용하여 종사자가 흡입했을 것으로 추정되는 섭취량(Intake)을 계산하고, 예탁유효선량 평가

• 기술 적용절차

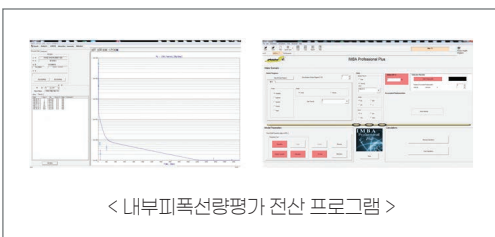
- 작업자 인적 사항 등록: 작업일수, 작업공정의 우라늄 농축도 정보 및 공정 내 공기 중 방사능농도 정보 관리
- 작업장 환경분석 정보 적용: 공정 내 부유우라늄 분진 크기(AMAD), 우라늄 화학형(Type F, M, S) 정보 적용



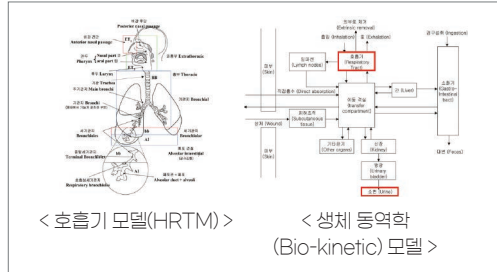
- 종사자 소변시료 채취: 감시주기 기간 내에 시료 제출
- 소변시료 전처리: 희석법, 마이크로웨이브법 및 UTEVA Resin 방법을 이용하여 전처리 후 질량분석기(ICP-MS)로 소변시료 내 우라늄 분석



- 우라늄 측정 및 백그라운드 제거: 일반인 소변 내에 포함되어 있는 우라늄 백그라운드를 제거 후 종사자 시료 내 우라늄 농도 분석
- 시료 간 오염 및 기기 성능에 의한 오차를 최소화하기 위하여 내부표준법(internal standard)을 이용하여 우라늄 측정결과 보정
- 24시간 시료 변환: 종사자가 제출한 spot 시료 내 우라늄 총량을 크레아티닌 농도를 이용하여 24시간 배출 우라늄 총량으로 변환
- 피폭선량평가: 내부피폭선량평가를 위한 전문 프로그램을 이용하여 섭취형태(흡입·경구섭취), 화학형태, 섭취패턴(급성·만성), 작업기간, 이전섭취 잔류량 등을 고려하여 작업자의 섭취량 추정



- 섭취량에 예약유효선량 환산인자(e50)를 곱하여 내부피폭선량평가(HRTM, Bio-kinetic model 등 ICRP에 따른 인체모델)



기술 우수성

● 기술특징

- 우라늄 흡입 작업자의 저선량 방사선 측정에 대한 향상된 신뢰성 제공
- 직접측정법 대비 단축된 분석시간으로 신속한 결과 제공
- Type F 우라늄(UO₂, UO₂F₂)에 대한 분석결과 제공

● 기대효과

- 폐 방사능 측정에 비해 시간·공간적으로 편리한 분석방법 제공
- 작업장에서의 흡입상황(Inhalation) 이외에도 일상생활에서 대부분 발생하는 구강섭취(Ingestion)에 대한 피폭선량평가 결과 제공
- 사고 등 긴급 상황 발생 시 폐 방사능 측정 이외의 분석대안 제공
- 대규모 작업자에 대해 직접측정법보다 신속한 피폭선량평가 결과 제공

기술 적용현황

- 핵물질가공시설 방사선작업종사자에 대한 내부피폭선량평가 수행(2018.1.~)
- 선량평가업무자 인허가 등록 예정
- 베타·감마 핵종에 대한 소변시료 분석법 개발 예정

제공 가능 품목

- 소변시료 내 우라늄 분석 실험실 구축
- 내부피폭선량 측정 및 평가방법 매뉴얼
- 우라늄 흡입 종사자 피폭선량평가 정보

기술완성도 (TRL)

- 양산 및 초기시장 진입

사업 방향

- 기술 이전
- 라이선싱
- 공동 연구
- 용역 수행
- 기타