방사선 조사를 이용한
핵종 흡착성능을 극대화한 탄소소재 제조 기술

KEYWORD 핵종 흡착, 중금속 흡착, 방사선 차폐, 탄소소재, 환경정화, 폐수처리
기술완성도(TRL) Small scale prototype (성능검증 ; 4단계)

기술 개발 배경

핵종 흡착성능을 극대화한 탄소소재 제조 기술 개발 필요

- 다양한 폐기물 처리 과정에서 발생하는 코발트, 세슘, 니켈 등이 포함된 유해 폐수는 환경오염과 인체 위해성이 심각하여 고도화된 정화 기술이 요구됨
- 기존의 핵종, 중금속 흡착제나 전기화학적 정화용 탄소 소재는 화학적 개질 공정이 복잡하고, 핵종 및 중금속 흡착 성능을 동시에 높이는 데 한계가 있었음
- 또한 우주/항공, 원자력 시설 및 방사선 의료 기기 분야가 급격히 성장함에 따라 극심한 고에너지 방사선 피폭 환경으로부터 정밀 장비와 인체를 안전하게 보호할 수 있는 가볍고 튼튼한 고기능성 차폐체 개발이 시급한 과제로 대두됨
- 이에 복잡한 공정 없이 방사선(전자선, 감마선 등) 조사를 활용하여 핵종·중금속 흡착 성능과 방사선 차폐 성능을 향상시킬 수 있는 소재 제조 기술이 요구됨

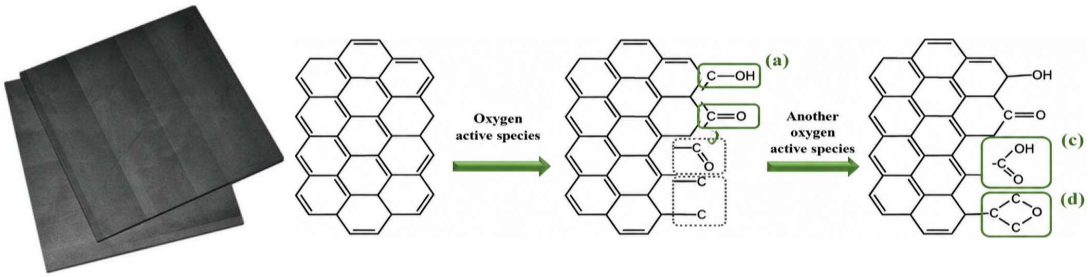
기술 내용 및 특징

핵종 흡착성능을 극대화한 탄소소재 제조 기술 핵심 기술

- 본 기술은 탄소소재의 구조적·화학적 활성화를 유도하여 코발트, 세슘 등의 흡착 및 방사선 차폐 성능을 극대화할 수 있는 정밀 개질 및 소재 제조 방법임

- **구성 및 절차**
  - 탄소 소재에 방사선을 조사하고 흡착 기능기를 그라프팅하여 고성능 흡착제를 제조
  - 흡착 기능기로 개질된 소재를 이용하여 핵종 및 중금속을 99% 이상 흡착 제거
  - 탄소 소재에 방사선을 조사하고 흡착 기능기를 그라프팅하여 고성능 방사선 차폐체를 제조
  - 무겁고 독성이 있는 납을 전혀 사용하지 않고도 고강도 탄소 소재를 이용하여 우주방사선 등 고방사선 구역에서도 뛰어난 물리적 내구성을 담보함

- **핵심 특징**
  - 친환경·고효율 개질 기술: 유해한 화학약품을 과도하게 사용하는 기존 방식과 달리, 일체의 약품 사용 없이 방사선 조사를 통해 친환경적으로 신속하게 소재를 양산·제조함
  - 방사선 조사를 통한 차폐 구조 치밀화: 고에너지 전자선 또는 감마선을 탄소 부직포에 정밀 조사하여 미세기공을 제어하고 차폐체를 그라프팅하여 방사선 차폐성능을 극대화함



[개질 처리된 핵종 흡착용 활성탄소섬유]

Technology Brief

핵종 흡착성능을 극대화한 탄소소재 제조 기술

종래기술과의 차별성

종래 기술의 한계

- 복잡한 화학적 개질 공정: 강산이나 유독성 유기 화합물을 사용하여 다단계 공정을 거치므로 2차 오염 유발 위험이 큼
- 소재 불균일성 및 결함 발생: 부분적 개질 현상으로 인해 미세 조직이 불균일해져 가혹 조건 하 운전 시 내구성이 저하됨
- 납 차폐체 한계: 납을 이용한 차폐기술은 무게, 독성, 비유연성의 이유로 수요가 매우 부족하며, 고성능 경량 차폐체 개발이 요구됨. 특히, 원전 외에도 의료시설, 항공기 등의 방사선 차폐 시장이 점차 증가되고 있음

본 기술의 우수성

- 친환경 방사선 조사 공정: 별도의 유해 화학약품 없이 방사선 조사만으로 친환경적이고 신속한 소재 개질 구현
- 흡착 및 전기화학 성능 동시 개선: 표면 활성화를 통해 핵종 흡착력과 전기화학적 반응성을 동시 극대화함
- 중량 한계 극복 및 유독성 원천 차단: 기존 중금속(납) 차폐재 대비 무게를 획기적으로 줄여 시스템 경량화를 달성하는 동시에, 인체와 환경에 무해한 친환경 탄소소재 기반의 방어 메커니즘을 구축함. 특히 경량 및 유연성으로 인해 의료시설 및 항공기 승무원의 차폐복으로 사용 가능

적용분야



- 원자력시설, 발전소 등 핵종 처리 및 원전, 의료시설, 항공기 승무원 차폐복 제조
  - 영구 정지 원전(고리 1호기, 월성 1호기 등) 해체 시 다량 배출되는 코발트, 세슘 등의 핵종 고도 흡착 제거 및 환경 정화 설비
  - 원자력 시설, 의료용 차폐 구조물, 항공기 승무원 차폐: 원전 정비 구역의 방사능 밀봉 격벽 매트, 의료용 X-ray, CT실의 방사선 차폐 시트, 항공기 승무원 방호 시장

기대효과

- 코발트·세슘 등 핵종·중금속을 99% 이상 흡착 제거
- 유해약품 없이 방사선 개질하여 2차 오염 부담 저감
- 납 없는 경량·친환경 차폐소재로 중량·독성 문제 해소
- 흡착·전기화학·방사선 차폐 성능의 동시 향상
- 원전·의료·항공 차폐 및 환경정화 시장 적용 확대

보유특허

No.	국가	출원 / 등록번호	발명의 명칭	상태
1	한국	10-2024-0064030(출원일: 2024.05.16)	방사선 조사를 이용한 중금속 흡착성능 및 전기화학적 성능이 개선된 탄소소재 제조	공개
2	한국	10-2973385(등록일: 2026.06.01)	방사선을 이용한 탄소 부직포 개질 방법	등록
3	한국	10-2937784(등록일: 2026.03.06)	방사선 조사 전 기체 제거를 통한 고분자의 개질을 위한 전처리 방법	등록
4	한국	10-2937783(등록일: 2026.03.06)	방사선 조사 후 산소 제거를 통한 고분자의 개질을 위한 전처리 방법 및 전처리 장치	등록

문의처

기술문의	기술이전(1차)	기술이전(2차)
원자력시설청정기술개발부 임승주 박사	처분성능실증연구부 유재복	기술사업화팀 이재용
042-868-2748 | seungjoolim@kaeri.re.kr	042-868-2236 | jbyoo@kaeri.re.kr	042-868-4521 | jaylee93@kaeri.re.kr