



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0092744
(43) 공개일자 2024년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/29 (2006.01) G01T 1/02 (2006.01)
G01T 1/167 (2006.01) G21C 17/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/2914 (2013.01)
G01T 1/02 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2022-0175417
(22) 출원일자 2022년12월15일
심사청구일자 2022년12월15일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박창제
서울특별시 노원구 한글비석로 91, 108동 405호(하계동, 하계1차청구아파트)
이용덕
서울특별시 강남구 압구정로 151, 115동 1102호(압구정동, 현대아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유병욱

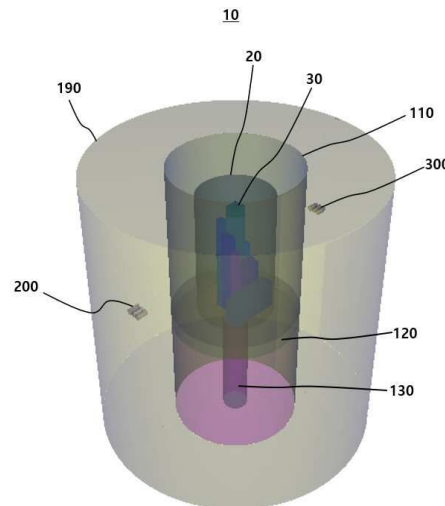
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템은, 방사성 폐기물이 수납된 용기가 놓인 상태에서 상기 용기의 위치 또는 자세를 가변하는 용기 구동부; 상기 용기의 일측에 마련되어 상기 용기를 향해 방사선을 조사하는 방사선 발생부; 상기 방사선 발생부와 대향하도록 상기 용기의 타측에 마련되어 상기 용기에서 나오는 방사선을 측정하는 방사선 계측부; 및 상기 방사선 계측부에서 측정된 방사선을 이용하여 상기 방사성 폐기물 내 매질의 공간분포, 방사성 핵종 또는 방사선량을 분석하는 폐기물 분석부;를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01T 1/167 (2013.01)

G21C 17/00 (2013.01)

(72) 발명자

유승욱

서울특별시 동대문구 장한로31길 28, 201호(
장안동, 광진연립)

한혁

서울특별시 노원구 동일로207길 18, 102동 911호(
중계동, 중계그린아파트)

박기호

강원도 춘천시 신동면 칠전동길 12-81

차건일

서울특별시 동대문구 장안벚꽃로 107, 102동 901
호(장안동, 장안현대홈타운)

박동혁

경기도 성남시 중원구 박석로52번길 9(상대원동)

고유빈

경기도 화성시 동탄나루로 55, 648동 303호(
반송동, 동탄나루마을 동탄역 U.BORA 여울숲 2.0)

명세서

청구범위

청구항 1

방사성 폐기물이 수납된 용기가 놓인 상태에서 상기 용기의 위치 또는 자세를 가변하는 용기 구동부;

상기 용기의 일측에 마련되어 상기 용기를 향해 방사선을 조사하는 방사선 발생부;

상기 방사선 발생부와 대향하도록 상기 용기의 타측에 마련되어 상기 용기에서 나오는 방사선을 측정하는 방사선 계측부; 및

상기 방사선 계측부에서 측정된 방사선을 이용하여 상기 방사성 폐기물 내 매질의 공간분포, 방사성 핵종 또는 방사선량을 분석하는 폐기물 분석부;

를 포함하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 방사선 발생부는 상기 용기에 수납된 상기 방사성 폐기물을 향해 감마선 또는 중성자를 입사하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 방사선 계측부는, 상기 방사선 발생부에서 상기 용기로 입사된 외부 방사선 중 상기 용기를 통과한 후 나오는 외부 방사선을 측정하고, 상기 방사성 폐기물에서 방출된 내부 방사선 중 상기 용기를 통과한 후 나오는 내부 방사선을 측정하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 폐기물 분석부는, 외부 방사선의 에너지 감쇠 정도를 분석하여 상기 방사성 폐기물 내 매질의 공간 분포를 분석하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 폐기물 분석부는,

상기 용기의 내부 및 상기 용기의 외부를 다수개의 픽셀로 표현하고, 하나의 선으로 표현된 상기 외부 방사선이 상기 픽셀을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하여 각 픽셀에 대한 질량감쇠계수를 계산하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 폐기물 분석부는,

하나의 선으로 표현된 상기 내부 방사선이 상기 픽셀을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하되, 상기 용기의 내부에서부터 방출되는 상기 내부 방사선이 상기 픽셀을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하여 각 픽셀에 대한 방사선량을 계산하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 폐기물 분석부는,

상기 방사성 폐기물의 내부에서 외부로 방출되는 상기 내부 방사선의 위치를 픽셀로 특정하고,

상기 용기를 통과하는 상기 외부 방사선 및 상기 방사성 폐기물의 내부에서 방출되는 상기 내부 방사선 중 상기 방사성 폐기물의 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 방사선량을 계산하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 폐기물 분석부는,

상기 방사성 폐기물의 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 방사선량으로부터 상기 내부 방사선을 방출하는 핵종을 특정하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

청구항 9

제2항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방사선 계측부는, 상기 방사선 발생부에서 상기 용기에 입사된 중성자와 상기 방사성 폐기물의 내부 알파 방출 핵종의 흡수 반응을 유도하여 알파 방출 핵종의 특성 방사선을 측정하고,

상기 폐기물 분석부는, 측정된 특성 방사선을 이용하여 상기 방사성 폐기물의 내부에 존재하는 알파 핵종을 특정하는, 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 방사성 폐기물의 신속하고 정확한 분석이 가능하며, 방사성핵종의 폐기물 내 위치 분포 및 핵종 분석, 매질의 공간적인 특성을 분석함으로써 방사성 폐기물 내의 대부분의 방사성핵종을 분석할 수 있는 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템을 제공한다.

배경 기술

[0003]

해외에서는 다양한 방사선 측정 장비를 이용한 방사성 폐기물 분석 장비를 개발 중에 있다. 그러나, 국내에서는 방사성 폐기물 내 방사성 핵종 분석을 위해 척도인자(Scaling Factor)를 통한 분석 밖에는 현장에 적용된 기술이 존재하지 않는다. 그런데, 척도인자를 이용한 기존의 방법은 다양한 방사성 폐기물 드럼 데이터가 필요하고, 방사성 폐기물 분류 시에는 오차가 크며, 분석 시간도 짧지 않아서 방사성 폐기물의 분류시 소요되는 시간이 길

어지고 있다.

- [0004] 또한, 방사성 폐기물의 정확한 분석에는 화학분석이 가장 정확하지만, 이 방법 역시 상당한 시간이 필요하며, 이로 인해 발생하는 비용도 비싸다는 한계가 있다. 따라서, 실시간으로 방사성 폐기물을 정확하고 효율적으로 분류하여, 방폐장을 안전하고 경제적으로 운영할 수 있는 기술 개발이 필요한 실정이다.
- [0005] 한편, 중저준위 방사성 폐기물뿐 아니라, 원전 해체시에 발생하거나, 핵연료 주기 내에서 발생할 수 있는 고준위 방사성폐기물에 대해서도 정확한 분류가 필요하다. 잘못 분류되었던 중준위 폐기물을 고준위로 재분류 함으로써, 향후 폐기물 처분을 위한 회수시 처분장과 작업자에 방사선적 안전을 확보할 수 있다.
- [0006] 또한, 사용후핵연료의 건전성을 운반 용기를 열지 않고 분석할 수 있는 측정 기술이 국내에는 현존하고 있지 않기 때문에 원자력발전소 해체시 발생할 사용후핵연료에 대한 정확한 건전성 평가와 결손 핵연료 탐지 여부 등을 확인하기 어려운 문제가 있다. 또한, 중저준위 방사성 폐기물에 포함되어 있을지 모르는 초우라늄(TRU) 원소들(알파 방출 핵종들)에 대해서도 단지 측정만 가능할 뿐, 핵종의 정확한 종류 및 위치에 따른 선량 평가가 어렵다.
- [0007] 따라서, 실시간으로 방사성 폐기물 내 초우라늄(TRU:Transuranium) 핵종을 분석할 수 있는 기술이 필요하다.
- [0008] 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명을 제안하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1545197호(2015.08.11. 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 실시간으로 다양한 공간 매질 특성을 분석하고 방사성 폐기물 내 핵종의 분포를 분석할 수 있는 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템을 제공한다.
- [0012] 본 발명은 방사성 폐기물 내부의 비균질/비정형 매질 내의 선원 위치 분포를 파악하고, 선원의 정확한 핵종 정보를 파악하여 방사성 폐기물 내 어떤 방사성 핵종의 실질적인 세기를 파악하고 해당 폐기물은 어떤 준위로 결정되어야 한다는 명확한 근거를 제시하여 방사성 폐기물 분류의 신속하고 정확하게 수행할 수 있는 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템을 제공한다.
- [0013] 본 발명은 방사성 폐기물 내 초우라늄 핵종을 분석할 수 있는 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기한 바와 같은 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템은, 방사성 폐기물이 수납된 용기가 놓인 상태에서 상기 용기의 위치 또는 자세를 가변하는 용기 구동부; 상기 용기의 일측에 마련되어 상기 용기를 향해 방사선을 조사하는 방사선 발생부; 상기 방사선 발생부와 대향하도록 상기 용기의 타측에 마련되어 상기 용기에서 나오는 방사선을 측정하는 방사선 계측부; 및 상기 방사선 계측부에서 측정된 방사선을 이용하여 상기 방사성 폐기물 내 매질의 공간분포, 방사성 핵종 또는 방사선량을 분석하는 폐기물 분석부;를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 방사선 발생부는 상기 용기에 수납된 상기 방사성 폐기물을 향해 감마선 또는 중성자를 입사할 수 있다.
- [0017] 상기 방사선 계측부는, 상기 방사선 발생부에서 상기 용기로 입사된 외부 방사선 중 상기 용기를 통과한 후 나오는 외부 방사선을 측정하고, 상기 방사성 폐기물에서 방출된 내부 방사선 중 상기 용기를 통과한 후 나오는

내부 방사선을 측정할 수 있다.

- [0018] 상기 폐기물 분석부는, 외부 방사선의 에너지 감쇠 정도를 분석하여 상기 방사성 폐기물 내 매질의 공간 분포를 분석할 수 있다.
- [0019] 상기 폐기물 분석부는, 상기 용기의 내부 및 상기 용기의 외부에 다수개의 픽셀로 표현하고, 하나의 선으로 표현된 상기 외부 방사선이 상기 픽셀을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하여 각 픽셀에 대한 질량감쇠계수를 계산할 수 있다.
- [0020] 상기 폐기물 분석부는, 하나의 선으로 표현된 상기 내부 방사선이 상기 픽셀을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하되, 상기 용기의 내부에서부터 방출되는 상기 내부 방사선이 상기 픽셀을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하여 각 픽셀에 대한 방사선량을 계산할 수 있다.
- [0021] 상기 폐기물 분석부는, 상기 방사성 폐기물의 내부에서 외부로 방출되는 상기 내부 방사선의 위치를 픽셀로 특정하고, 상기 용기를 통과하는 상기 외부 방사선 및 상기 방사성 폐기물의 내부에서 방출되는 상기 내부 방사선 중 상기 방사성 폐기물의 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 방사선량을 계산할 수 있다.
- [0022] 상기 폐기물 분석부는, 상기 방사성 폐기물의 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 방사선량으로부터 상기 내부 방사선을 방출하는 핵종을 특정할 수 있다.
- [0023] 상기 방사선 계측부는, 상기 방사선 발생부에서 상기 용기에 입사된 중성자와 상기 방사성 폐기물의 내부 알파 방출 핵종의 흡수 반응을 유도하여 알파 방출 핵종의 특성 방사선을 측정하고, 상기 폐기물 분석부는, 계측된 특성 방사선을 이용하여 상기 방사성 폐기물의 내부에 존재하는 알파 핵종을 특정할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템은 방사성 폐기물의 용기 내의 다양한 공간 매질 특성을 실시간으로 분석할 수 있고, 방사성 폐기물 내 핵종의 분포도 실시간으로 분석할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템은 방사성 폐기물 내부의 비균질/비정형 매질 내의 선원 위치 분포를 파악하고 선원의 정확한 핵종 정보를 파악함으로써, 방사성 폐기물 내에 어떤 방사성 핵종이 존재하는지, 핵종의 실질적인 세기는 어떤지를 파악할 수 있기 때문에 해당 방사성 폐기물은 어떤 준위로 결정되어야 한다는 명확한 근거를 제시하여 방사성 폐기물을 신속하고 정확하게 분류할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템은 방사성 폐기물 내의 초우라늄 핵종도 분석해 낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템의 구성을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 2는 도 1에 따른 시스템의 구현 형태를 예시적으로 도시한 도면이다.
- 도 3은 도 1에 따른 시스템 중 폐기물 분석부의 구성을 개략적으로 보여주는 도면이다.
- 도 4는 도 1에 따른 시스템에서 방사선 스캔 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5 내지 도 7은 도 1에 따른 시스템을 사용하여 방사성 폐기물 내 방사성 핵종 및 분포를 분석하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 도 1에 따른 시스템을 사용한 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 동일하거나 유사한 구성요소는 동일, 유사한 도면 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로

서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0031] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0032] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0033] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0034] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0035] 도면들은 개략적이고 축적에 맞게 도시되지 않았다는 것을 일러둔다. 도면에 있는 부분들의 상대적인 치수 및 비율은 도면에서의 명확성 및 편의를 위해 그 크기에 있어 과장되거나 감소되어 도시되었으며 임의의 치수는 단지 예시적인 것이지 한정적인 것은 아니다. 그리고 둘 이상의 도면에 나타나는 동일한 구조물, 요소 또는 부품에는 동일한 참조 부호가 유사한 특징을 나타내기 위해 사용된다.
- [0036] 본 발명의 실시예는 본 발명의 이상적인 실시예들을 구체적으로 나타낸다. 그 결과, 도면의 다양한 변형이 예상된다. 따라서 실시예는 도시한 영역의 특정 형태에 국한되지 않으며, 예를 들면 제조에 의한 형태의 변형도 포함한다.
- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템의 구성을 개략적으로 보여주는 도면, 도 2는 도 1에 따른 시스템의 구현 형태를 예시적으로 도시한 도면, 도 3은 도 1에 따른 시스템 중 폐기물 분석부의 구성을 개략적으로 보여주는 도면, 도 4는 도 1에 따른 시스템에서 방사선 스캔 과정을 설명하기 위한 도면, 도 5 내지 도 7은 도 1에 따른 시스템을 사용하여 방사성 폐기물 내 방사성 핵종 및 분포를 분석하는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 8은 도 1에 따른 시스템을 사용한 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0040] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템(10, 이하 '분석 시스템'이라 함)은, 방사성 폐기물(30)이 수납된 용기(20)가 놓인 상태에서 용기(20)의 위치 또는 자세를 가변하는 용기 구동부(100); 용기(20)의 일측에 마련되어 상기 용기를 향해 방사선을 조사하는 방사선 발생부(200); 방사선 발생부(200)와 대향하도록 용기(20)의 타측에 마련되어 용기(20)에서 나오는 방사선을 측정하는 방사선 계측부(300); 및 방사선 계측부(300)에서 측정된 방사선을 이용하여 방사성 폐기물(30) 내 매질의 공간 분포, 방사성 핵종 또는 방사선량을 분석하는 폐기물 분석부(400);를 포함할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 방사성 폐기물(30)을 내부에 수납하여 밀봉하는 드럼 형태의 용기(20)를 대상으로 외부 방사선을 조사하여 나오는 방사선을 측정하거나, 외부 방사선 조사 없이 용기(20)의 내부에서 외부로 나오는 방사선을 측정하여 용기(20)의 내부에 있는 매질의 공간적인 특성과 방사성 핵종의 분포를 분석하고 분석 결과를 가시화 할 수 있다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)에서 분석 대상이 되는 용기(20)의 내부에는 방사성 폐기물(30)이 수납되는데, 방사성 폐기물(30) 뿐만 아니라 비균질/비정형의 매질도 용기(20)의 내부에 수납될 수 있다. 이러한 비균질/비정형 매질의 분포 특성으로 인해 방사성 폐기물(30)에서 방출되는 방사선의 감쇠될 수 있고 선원의 위치 분포를 알기 어려운데, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 매질의 분포 특성, 선원의 위치 분포 등을 분석해 낼 수 있다.

- [0043] 이하에서 설명하는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 실시간으로 방사성 폐기물(30)의 공간 매질 특성을 분석할 수 있고, 방사성 폐기물(30) 내 방사선원 위치를 분석할 수 있으며, 비균질/비정형 폐기물 핵종을 분석하고, 척도인자 분석 교정을 위한 인자를 제공할 수도 있다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 용기(20)가 놓인 상태에서 용기(20)를 상하, 좌우 및 360도 회전시킬 수 있는 용기 구동부(100)를 구비할 수 있다.
- [0045] 도 2를 참조하면, 용기 구동부(100)는 용기(20)가 놓이는 플레이트(120), 플레이트(120)를 승강시키거나 회전시키는 샤프트(130), 샤프트(130)를 승강시키거나 회전시키는 모터(미도시), 이들을 내부에 수납하는 케이싱(110)을 포함할 수 있다.
- [0046] 용기(20)를 상하, 좌우 및 회전시킬 수 있는 용기 구동부(100)를 구비함으로써, 용기(20)의 내부에 방사성 폐기물(30)이 비균질/비정형의 매질과 함께 있는 경우에도 매질의 분포 등을 분석해 낼 수 있다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 용기(20)를 상하 및 좌우로 움직이고, 360도 회전시키는 용기 구동부(100)를 구비함으로써, 방사성 폐기물(30)의 3차원 정보를 얻을 수 있다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 외부 방사선 및 내부 방사선을 이용하여 방사성 폐기물(30)을 분석하게 되는데, 외부 방사선을 방출하는 방사선 발생부(200), 외부 방사선과 내부 방사선을 측정하는 방사선 계측부(300)가 고정된 위치에 마련되기 때문에 방사성 폐기물(30)을 정확히 분석하기 위해서는 용기(20)를 상하 및 좌우로 이동시키고 회전시켜서 방사선이 용기(20)의 전체 부분을 투과하도록 하는 것이 필요하다.
- [0049] 만약, 방사선 발생부(200) 및 방사선 계측부(300)가 고정되어 있지 않고 설치 위치를 변경할 수 있다면, 용기(20)를 움직이지 않아도 될 것이다.
- [0050] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)의 방사선 발생부(200)는 용기(20)를 향해서 방사선을 조사하는 부분으로서, 용기(20)에 수납된 방사성 폐기물(30)을 향해 감마선(감마 입자) 또는 중성자를 입사할 수 있다. 이하에서, 방사선 발생부(200)에서 용기(20)를 향해 조사되는 방사선을 "외부 방사선"이라 한다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)의 방사선 계측부(300)는 방사선 발생부(200)와 대향하도록 용기(20)의 타측에 마련될 수 있다. 방사성 폐기물(30)의 매질을 정확하게 분석하기 위해서는, 방사선 발생부(200)와 방사선 계측부(300)가 서로 마주 보도록 마련되는 것이 바람직하지만, 반드시 방사선 계측부(300)가 용기(20)를 중심으로 방사선 발생부(200)와 정확히 마주 봐야 하는 것은 아니다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 용기 구동부(100)의 외측에 마련되고, 방사선 발생부(200)와 방사선 계측부(300)가 설치되거나 고정되는 외부 케이싱(190)을 더 포함할 수도 있다. 여기서, 외부 케이싱(190)은 반드시 원통 형태로 되어야 하는 것은 아니며, 방사선 발생부(200)와 방사선 계측부(300)를 설치할 수 있다면 어떠한 형태라도 상관 없다.
- [0053] 방사선 계측부(300)는 방사선 발생부(200)에서 방출되어 용기(20)에 입사된 후 방사성 폐기물(30) 내 매질을 통해 감쇠된 후 용기(30)에서 나오는 외부 방사선을 계측할 수 있다. 또한, 방사선 계측부(300)는 용기(20)의 내부에 있는 방사성 폐기물(30)에서 자체적으로 방출되는 내부 방사선 중에서 용기(30)를 통과하여 나오는 내부 방사선을 계측할 수 있다.
- [0054] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 용기(20)와 용기(20)의 주변을 촬영하고 이미지화 하는 이미지 처리부(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0055] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)의 폐기물 분석부(400)는 방사성 폐기물(30)의 3차원 정보와 방사선 계측부(300)에서 얻은 정보를 바탕으로 방사성 폐기물(30) 내부의 감쇠계수, 용기(20) 내에서의 방사선량, 방사성핵종의 분포 등을 계산하거나 분석할 수 있다.
- [0056] 도 3을 참조하면, 폐기물 분석부(400)는, 계측값 저장부(410), 픽셀 표현부(420), 제1 픽셀통과길이 산출부(430), 제1 행렬 생성부(440), 감쇠계수 계산수(450), 제2 픽셀통과길이 산출부(460), 제2 행렬 생성부(470), 핵종 분석부(480) 및 디스플레이부(490)를 포함할 수 있다. 다만, 폐기물 분석부(400)의 구성은 도 3에 도시된 바에 국한되는 것은 아니다.
- [0057] 이하에서는, 폐기물 분석부(400)를 중심으로 분석 시스템(10)의 기능 내지 작동에 대해서 설명한다.

- [0058] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 방사선 발생부(200)에서 감마선(감마 입자)를 방출하여 용기(30)에 입사하게 된다. 여기서, 감마선은 외부 방사선이다.
- [0059] 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 방사선 계측부(300)는, 방사선 발생부(200)에서 용기(20)로 입사된 외부 방사선(R1) 중 용기(20)를 통과한 후 나오는 외부 방사선(R1)을 측정할 수 있다. 방사선 계측부(300)는 용기(20)를 사이에 두고 방사선 발생부(200)와 마주 보도록 마련되는데, 용기(20)의 외면을 따라 일정한 간격을 두고 복수개의 방사선 계측부(300)가 마련될 수 있다.
- [0060] 만약, 방사선 계측부(300)가 하나로 마련되는 경우에는 용기(20)의 외주면을 따라 방사선 계측부(300)가 이동하면서 외부 방사선을 수신하도록 마련될 수도 있다.
- [0061] 방사선 계측부(300)는 방사선 발생부(200)에서 방사성 폐기물(30)을 통과하여 감쇠된 에너지를 가지는 외부 방사선(R1)을 측정할 수 있다.
- [0062] 방사선 계측부(300)에서 측정된 외부 방사선(R1)의 계측값은 폐기물 분석부(400)로 전달되어 저장될 수 있다. 외부 방사선(R1)의 계측값은 폐기물 분석부(400)의 계측값 저장부(410)에 저장될 수 있다.
- [0063] 또한, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 방사선 계측부(300)는, 방사성 폐기물(30)에서 자체적으로 방출된 내부 방사선(R2) 중 용기(30)를 통과한 후 나오는 내부 방사선(R2)을 측정할 수 있다.
- [0064] 방사선 계측부(300)는 방사성 폐기물(30)에서 자체적으로 방출되는 내부 방사선 중 용기(30)를 통과한 외부 방사선을 측정할 수 있다.
- [0065] 방사선 계측부(300)에서 측정된 내부 방사선(R2)의 계측값도 폐기물 분석부(400)로 전달되어 저장될 수 있다. 내부 방사선(R2)의 계측값은 폐기물 분석부(400)의 계측값 저장부(410)에 저장될 수 있다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 방사성 폐기물(30)에 대해 외부 방사선(R1)을 입사하여 측정하는 방법과 방사성 폐기물(30)의 내부에서 자체적으로 발생하는 내부 방사선(R2)을 측정하는 두 가지 방법을 순차적으로 적용하여, 방사성 폐기물(30) 내 매질의 공간 분포와 방사성 핵종의 분포, 방사선량을 분석할 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 폐기물 분석부(400)를 통해, 외부 방사선의 에너지 감쇠 정도를 분석하여 방사성 폐기물(30) 내 매질의 공간 분포를 분석할 수 있다. 외부 방사선(감마선)이 방사성 폐기물(30)을 통과할 때 매질에 의해 외부 방사선이 흡수되기 때문에 용기(20)에서 나오는 외부 방사선은 용기(20)에 입사되는 외부 방사선 보다 줄어들어 감쇠된 상태가 된다. 폐기물 분석부(400)는 용기(20)에서 나오는 외부 방사선의 감쇠 정도를 분석하여 방사성 폐기물(30) 내 매질의 공간 분포 등을 분석할 수 있다.
- [0068] 이를 위해, 우선, 분석 시스템(10)은 용기(20)와 용기(20)의 주변을 촬영하고 이미지화 하는 상기 이미지 처리부에서 얻은 이미지를 폐기물 분석부(400)의 픽셀 표현부(420)에 전달할 수 있다.
- [0069] 픽셀 표현부(420)는 용기(20)와 주변 이미지를 도 5에 도시된 바와 같이 다수개의 픽셀(P)로 표현할 수 있다. 폐기물 분석부(400) 또는 픽셀 표현부(420)는 용기(20)와 그 주변의 이미지를 동일한 크기의 단위 픽셀(P) 여러 개로 표현할 수 있다. 또한, 픽셀 표현부(420)는 용기(20)를 통과하는 외부 방사선(R1)을 하나의 선으로 표현할 수 있다.
- [0070] 한편, 폐기물 분석부(400)는 도 5의 픽셀 표현과 다음 [수학식 1] 내지 [수학식 5]를 이용하여 감쇠계수를 구할 수 있다.

수학식 1

$$P_{\theta}(t_k) = \sum_m \rho(m) f_k^{\theta}(m)$$

[0071]

$$\rho(m) f_k^{\theta}(m) = I_0(m)$$

[0072]

[수학식 1]에서, $\rho(m) f_k^{\theta}(m) = I_0(m)$ 이며 매질 내의 감쇠되지 않은 방사선량으로서 매질의 구조적, 물질적 특성을 반영한 값이고, t_k 는 샘플링 포인트, m 은 픽셀 넘버를 의미하며, θ 는 도 5에 도시된 x축 방향에 대한

방사선의 각도를 의미한다. $P_{\theta}(t_k) = I(m)$ 이며 예측되는 값이다. 따라서, 감쇠계수를 배제하였을 때 [수학식 1]은 다음 [수학식 2]와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$P_{\theta}(t_k) = \rho(m)f_k^{\theta}(m)$$

$$I(m) = I_0(m)$$

수학식 3

$$P_{\theta}(t_k) = \sum_m \rho(m)f_k^{\theta}(m) e^{-\mu l_m^{\theta}}$$

[수학식 3]은 감쇠계수를 고려한 방사선량으로서, μ 는 감쇠계수, l_m^{θ} 는 m번째 픽셀의 중심에서부터 가장자리(외부의 방사선 계측부)까지의 거리를 나타낸다.

현실적으로 매질의 감쇠계수를 고려한 [수학식 3]은 다음 [수학식 4]와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$P_{\theta}(t_k) = \sum_m \rho(m)f_k^{\theta}(m) e^{-\mu l_m^{\theta}}$$

$$I(m) = I_0(m) \sum_m e^{-\mu l_m^{\theta}}$$

[수학식 4]로부터 [수학식 5]를 연관 지을 수 있다.

수학식 5

$$I = I_0 e^{-\Sigma \mu x}$$

[수학식 5]는 감쇠계수 관련 식을 나타낸다. [수학식 5]에서 x는 방사선이 픽셀을 통과할 때의 픽셀 내의 거리를 의미한다.

한편, 폐기물 분석부(400)는, 용기(20)의 내부 및 용기(20)의 외부(주변)를 다수개의 픽셀(P)로 표현하고, 하나의 선으로 표현된 외부 방사선(R1)이 픽셀(P)을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하여 각 픽셀(P)에 대한 질량감쇠계수를 계산할 수 있다.

도 6의 (a)를 참조하면, 용기(20) 및 용기(20)의 외부는 다수개의 단위 픽셀(P)로 표현되어 있다. 외부 방사선(R1)을 표현하는 하나의 선은 용기(20)의 외부에서 출발하여 용기(20)의 내부를 통과한 후 다시 용기(20)의 외부까지 이어지는 것으로 표현되어 있다.

폐기물 분석부(400)의 제1 픽셀통과길이 산출부(430)는 하나의 선으로 표현된 외부 방사선(R1)이 픽셀(P)을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구할 수 있다. 도 6의 (a)의 경우, 외부 방사선(R1)은 모두 9개의 픽셀(P)을 통과하는데, 이들 9개의 픽셀(P)을 통과하는 외부 방사선(R1)의 길이를 모두 구한다. 예를 들면, 외부 방사선(R1)이

통과하는 픽셀(P) 중 용기(20)의 내부에 표현된 픽셀(P1)을 통과하는 외부 방사선(R1)의 길이는 A_j 이다.

[0085] 폐기물 분석부(400)는 방사선 계측부(300)에서 계측된 외부 방사선(R1)의 계측값과 입력 받은 픽셀(P)의 개수 (도 6의 (a)의 경우에는 9개)를 토대로 행렬을 생성하여 방사성 폐기물(30) 내 매질의 감쇠계수를 분석하게 된다.

[0086] 폐기물 분석부(400)의 제1 행렬 생성부(440)는 하나의 선으로 표현된 외부 방사선(R1)이 픽셀(P)을 하나씩 통과하는 길이(거리)를 모두 계산하여 [수학식 6]과 같은 행렬로 저장할 수 있다.

수학식 6

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1N} \\ A_{21} & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ A_{M1} & A_{M2} & \cdots & A_{MN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_N \end{bmatrix}$$

[0088] [수학식 6]에서 A_{ij} 는 픽셀, μ 는 질량감쇠계수, D 는 방사선 계측부(300)에서 계측된 외부 방사선의 값을 의미한다.

[0089] 또한, $[A][\mu] = [D]$, $[\mu] = [A]^{-1}[D]$ 의 관계가 성립하기 때문에 감쇠계수 관련 식은 [수학식 7]과 같이 표현된다.

수학식 7

$$I = I_0 e^{-\Sigma \mu x}$$

$$\Sigma \mu x = \ln(I_0/I) = D$$

[0091] 폐기물 분석부(400)의 감쇠계수 계산부(450)는 [수학식 6] 및 [수학식 7]을 이용하여, 방사성 폐기물(30)의 매질에 관한 질량감쇠계수를 계산할 수 있다.

[0092] 또한, 폐기물 분석부(400)는, 하나의 선으로 표현된 내부 방사선(R2)이 픽셀(P)을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하되, 용기(20)의 내부에서부터 방출되는 내부 방사선(R2)이 픽셀(P)을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구하여 각 픽셀(P)에 대한 방사선량을 계산할 수 있다.

[0093] 방사성 폐기물(30) 내부 방사선량을 측정하는 경우는 외부 방사선을 측정하는 경우와 유사하지만, 내부 방사선(R2)이 용기(20)의 외부에서부터 출발하는 것이 아니라, 용기(20)의 내부에서 출발하는 하나의 선으로 표현되는 점에서 차이가 있다.

[0094] 도 6의 (b)를 참조하면, 용기(20) 및 용기(20)의 외부는 다수개의 단위 픽셀(P)로 표현되어 있다. 내부 방사선(R2)을 표현하는 하나의 선은 용기(20)의 내부 즉, 방사성 폐기물에서 출발하여 용기(20)의 내부를 통과한 후 다시 용기(20)의 외부까지 이어지는 것으로 표현되어 있다.

[0095] 폐기물 분석부(400)의 제2 픽셀통과길이 산출부(460)는 하나의 선으로 표현된 내부 방사선(R2)이 픽셀(P)을 하나씩 통과하는 길이를 모두 구할 수 있다. 도 6의 (b)의 경우, 내부 방사선(R2)은 모두 5개의 픽셀(P)을 통과하는데, 이들 5개의 픽셀(P)을 통과하는 내부 방사선(R2)의 길이를 모두 구한다. 예를 들면, 내부 방사선(R2)이 통과하는 픽셀(P) 중 용기(20)의 내부에 표현된 픽셀(P2)을 통과하는 내부 방사선(R2)의 길이는 B_j 이다.

[0096] 폐기물 분석부(400)는 방사성 폐기물(30)의 용기(20) 외부에서 용기(20) 자체의 선량을 측정한 값을 모두 포함한 행렬식을 통해 방사성 폐기물(30)의 용기(20) 내 실제 방사성핵종의 선량을 위치에 따라 분석할 수 있다. 이를 위해, 폐기물 분석부(400)의 제2 행렬 생성부(470)는 하나의 선으로 표현된 내부 방사선(R2)이 픽셀(P)을 하

나씩 통과하는 길이(거리)를 모두 계산하여 [수학식 8]과 같은 행렬로 저장할 수 있다.

수학식 8

$$\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1N} \\ B_{21} & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & \vdots \\ B_{M1} & B_{M2} & \cdots & B_{MN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{01} \\ I_{02} \\ \vdots \\ I_{0N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_N \end{bmatrix}$$

[수학식 8]에서 B_{ij} 는 픽셀, I_0 는 내부 방사선량, I 는 방사선 계측부(300)에서 계측된 내부 방사선의 값을 의미한다.

또한, $[B][I_0] = [I]$, $[I_0] = [B]^{-1}[I]$ 의 관계가 성립하기 때문에 감쇠계수 관련 식은 [수학식 9]와 같이 표현된다.

수학식 9

$$I = I_0 e^{-\Sigma \mu x}$$

$$I_0 = I \cdot e^{\Sigma \mu x}$$

[수학식 9]에서, 감쇠계수는 [수학식 7]에서 계산된 값이다.

폐기물 분석부(400)의 핵종 분석부(480)는 [수학식 8] 및 [수학식 9]를 이용하여, 도 7의 (a)에 도시된 바와 같이, 방사성 폐기물(30) 내부에서 외부로 방출되는 내부 방사선(R2)의 위치를 픽셀(P3)로 특정할 수 있다. 또한, 방사성 폐기물(30)의 내부에서 방출되고 있으며 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 내부 방사선(R2)의 선량을 계산할 수 있다. 따라서, 특정 위치의 방사선량을 에너지에 따라 확인할 수 있다.

핵종 분석부(480)가 에너지에 따른 방사선량을 도 7의 (b)에 도시된 그래프와 같이 얻을 수 있다면, 특정 핵종의 정보와 비교 분석하여 해당 방사선을 방출하는 핵종이 어떤 핵종인지 분석해 낼 수 있다. 또한, 이러한 분석 결과는 척도인자 방법에도 적용될 수 있다.

이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 폐기물 분석부(400)를 통해, 방사성 폐기물(30)의 내부에서 외부로 방출되는 내부 방사선(R2)의 위치를 픽셀(P3)로 특정하고, 용기(20)를 통과하는 외부 방사선(R1) 및 방사성 폐기물(30)의 내부에서 방출되는 내부 방사선(R2) 중 방사성 폐기물(30)의 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 방사선량을 계산할 수 있다.

또한, 폐기물 분석부(400)는, 방사성 폐기물(30)의 주위 매질에 의해 감쇠되지 않은 방사선량으로부터 내부 방사선(R2)을 방출하는 핵종을 특정할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 상기와 같이 분석된 값(결과)을 반경방향으로 2차원 그림으로 가시화할 수 있다. 또한, 2차원 그림을 층층이 쌓아서 3차원으로 확장하여 용기(20) 내의 매질의 3차원 위치 분포를 분석할 수 있다. 폐기물 분석부(400)의 디스플레이부(490)는 가시화 결과를 2차원 또는 3차원으로 나타낼 수 있다.

한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은 방사성 폐기물(30) 내에서 알파 입자를 방출하는 핵종도 분석해 낼 수 있다. 알파 방출 핵종의 분석을 위해, 방사선 발생부(200)는 중성자를 방출하여 용기(20)에 입사할 수 있다.

방사선 계측부(300)는, 방사선 발생부(200)에서부터 용기(20)에 입사된 중성자와 방사성 폐기물(30)의 내부 알파 방출 핵종의 흡수 반응을 유도하여 알파 방출 핵종의 특성 방사선을 측정하고, 폐기물 분석부(400) 또는 핵종 분석부(480)는, 계측된 특성 방사선을 이용하여 방사성 폐기물(30)의 내부에 존재하는 알파 핵종을 특정할

수 있다.

- [0109] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 분석 시스템(10)은, 외부에서 중성자를 입사하여, 중성자와 알파 방출 핵종의 흡수 반응을 유도하여 알파 방출 핵종의 특성 방사선을 계측하고 이를 통해 방사성 폐기물(30) 내부에 어떤 알파 핵종이 있는지를 분석할 수 있다.
- [0110] 이상에서 설명된 시스템은 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 시스템은 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 시스템은 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 시스템은 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 시스템이 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 시스템은 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0111] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 시스템을 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 시스템을 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 시스템에 의하여 해석되거나 시스템에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0113] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템(10)을 이용한 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법에 대해서 설명한다.
- [0114] 우선, 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법은 도 1 내지 도 7에서 설명한 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템(10)을 이용한 분석 방법으로서, 외부 방사선(R1)을 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에 입사하는 단계(1100), 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에서 나오는 외부 방사선(R1)을 측정하는 단계(1200), 방사성 폐기물(30) 내 매질의 감쇠계수를 구하는 단계(1300), 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에서 나오는 자체 선량을 측정하는 단계(1400) 및 방사성 폐기물(30) 내의 핵종을 분석하는 단계(1500)를 포함할 수 있다.
- [0115] 외부 방사선(R1)을 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에 입사하는 단계(1100)는, 방사선 발생부(200)에서 외부 방사선(R1)을 출력하여 용기(20)에 입사시키는 과정이다.
- [0116] 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에서 나오는 외부 방사선(R1)을 측정하는 단계(1200)는, 방사선 계측부(300)가 용기(20)에서 나오는 외부 방사선(R1)을 측정하는 과정이다.
- [0117] 방사성 폐기물(30) 내 매질의 감쇠계수를 구하는 단계(1300)는, 폐기물 분석부(400)의 계측값 저장부(410), 픽셀 표현부(420), 제1 픽셀통과길이 산출부(430), 제1 행렬 생성부(440) 및 감쇠계수 산출부(450)를 이용하여 외부 방사선(R1)으로부터 감쇠계수를 구하는 과정이다. 분석 시스템(10)의 해당 부분 설명과 동일하다.
- [0118] 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에서 나오는 자체 선량을 측정하는 단계(1400)는, 방사선 계측부(300)가 용기(20)에서 나오는 내부 방사선(R2)을 측정하는 과정이다.
- [0119] 방사성 폐기물(30) 내의 핵종을 분석하는 단계(1500)는, 폐기물 분석부(400)의 폐기물 분석부(400)의 계측값 저장부(410), 픽셀 표현부(420), 제1 픽셀통과길이 산출부(430), 제1 행렬 생성부(440), 감쇠계수 산출부(450), 제2 픽셀통과길이 산출부(460), 제2 행렬 생성부(470) 및 핵종 분석부(480)를 이용하여 내부 방사선(R2)으로부터 방사선량을 구하고 핵종을 특징하는 과정이다. 분석 시스템(10)의 해당 부분 설명과 동일하다.

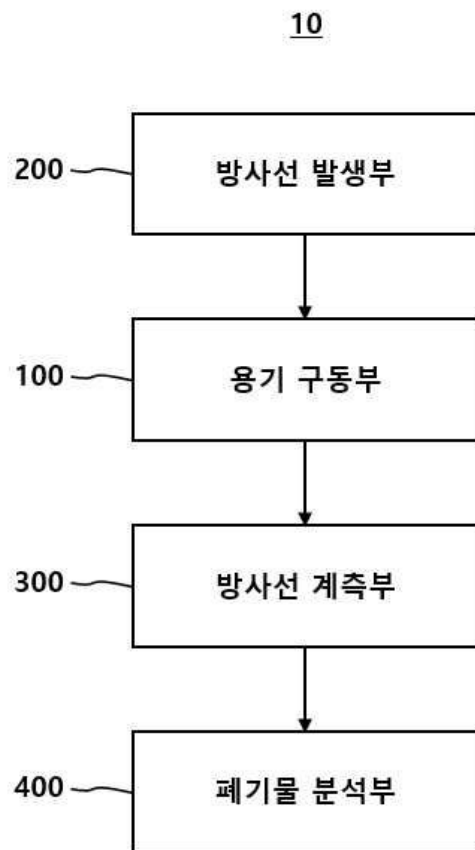
- [0120] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법은, 방사성 폐기물(30)의 용기(20)에서 방출되는 내부 방사선량을 측정하는 단계; 방사성 폐기물(30)의 외부 선원(즉, 방사선 발생부)에서 방출되어 방사성 폐기물(30)을 통과한 외부 방사선을 측정하는 단계; 방사성 폐기물(30) 내 공간적 매질의 특성을 분석하는 단계;를 포함하여, 방사성 폐기물의 공간적 매질 분포 특성을 분석할 수 있다.
- [0121] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법은, 방사성 폐기물(30)의 공간적 매질 특성을 감쇠계수/밀도로 환산하는 단계; 방사성 폐기물(30) 내 선원의 위치를 특정하는 단계;를 포함하여, 방사선원의 매질 내 분포를 분석할 수 있다.
- [0122] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 방법은, 방사성 폐기물(30)의 매질 분포 및 선원 분포를 분석하는 단계; 방사성 폐기물(30) 내 선원의 방사능을 환산하여 분석하는 단계; 상하 및 360도 회전하는 용기 구동부(100)를 통한 정확한 3차원 분포 분석 단계; 방사성 폐기물(30)의 내부 선량 분석 단계;를 포함하여, 방사성 폐기물을 정확하게 분류할 수 있다.
- [0123] 상기한 본 발명의 일 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDRom, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함될 수 있다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함할 수 있다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0125] 이상과 같이 본 발명의 일 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

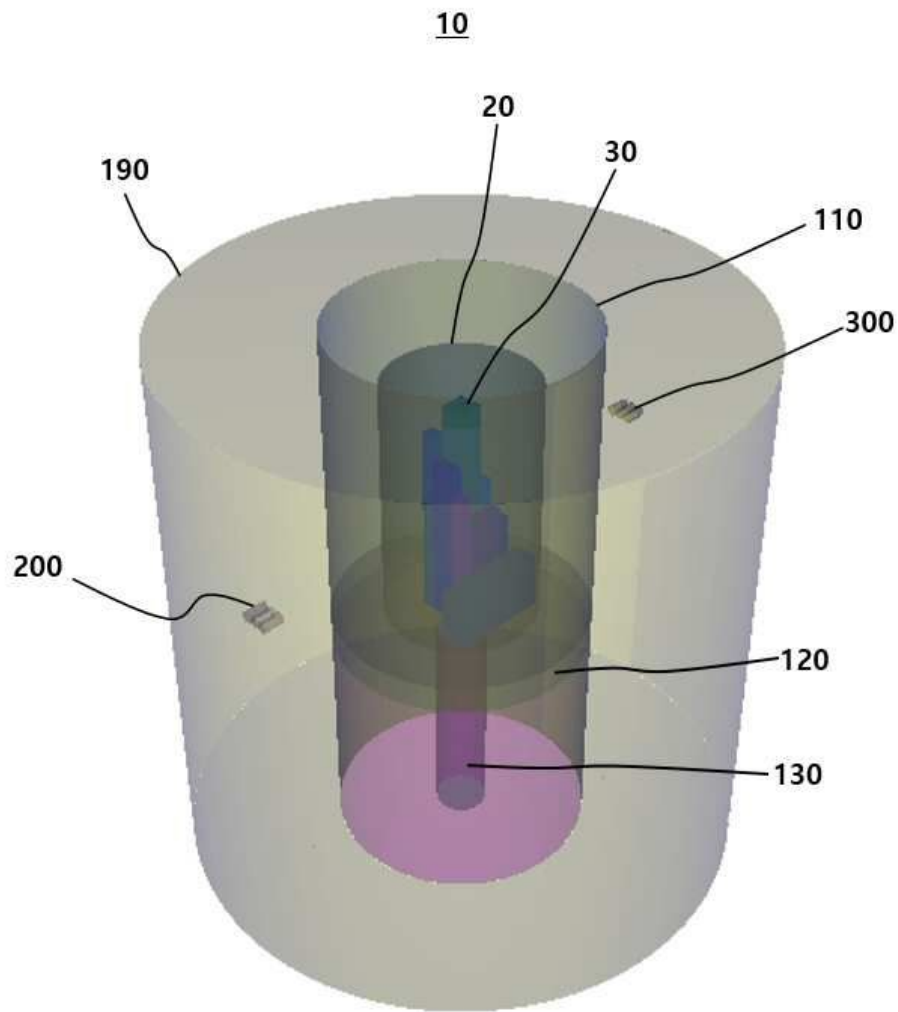
- [0127] 10: 방사성 폐기물 매질 및 핵종 분석 시스템
20: 용기
30: 방사성 폐기물
100: 용기 구동부
200: 방사선 발생부
300: 방사선 계측부
400: 폐기물 분석부

도면

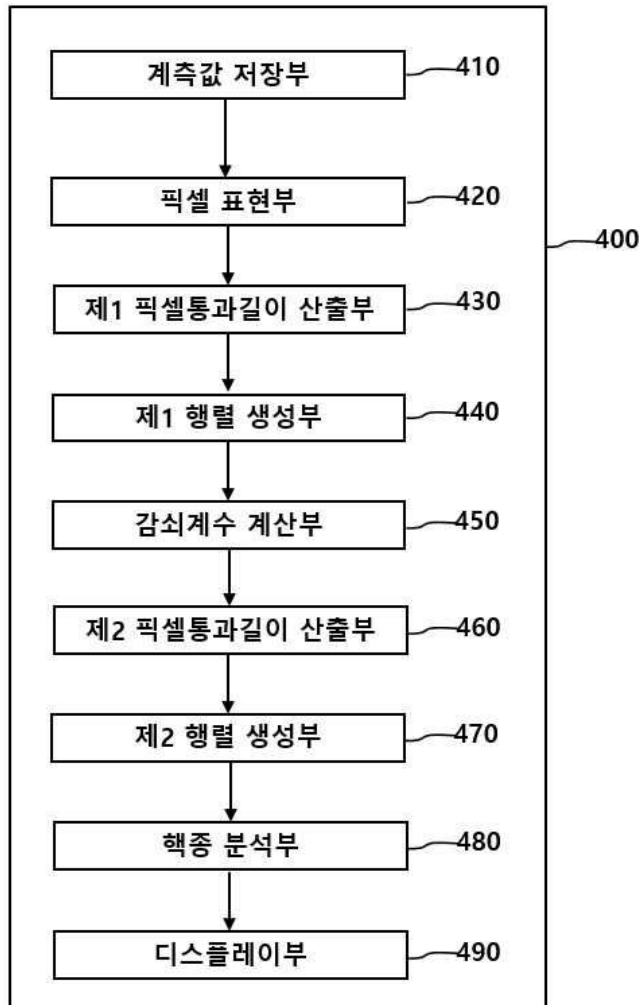
도면1



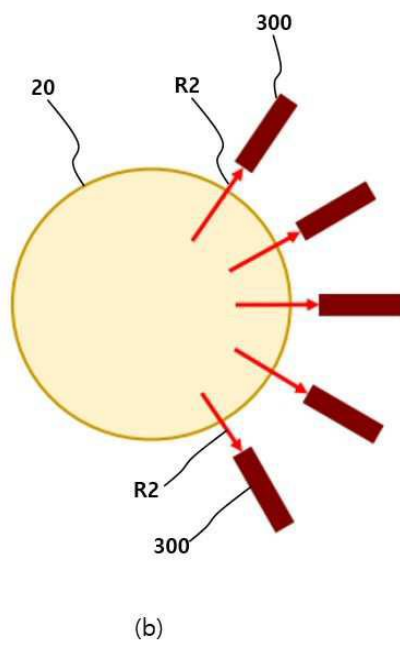
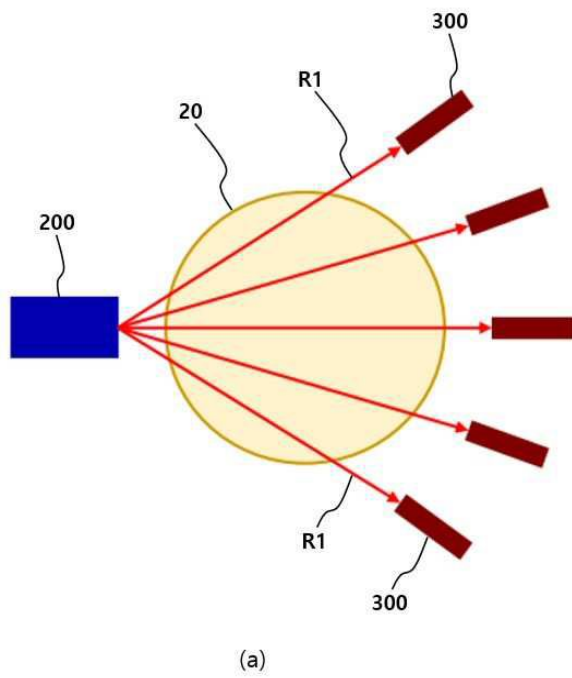
도면2



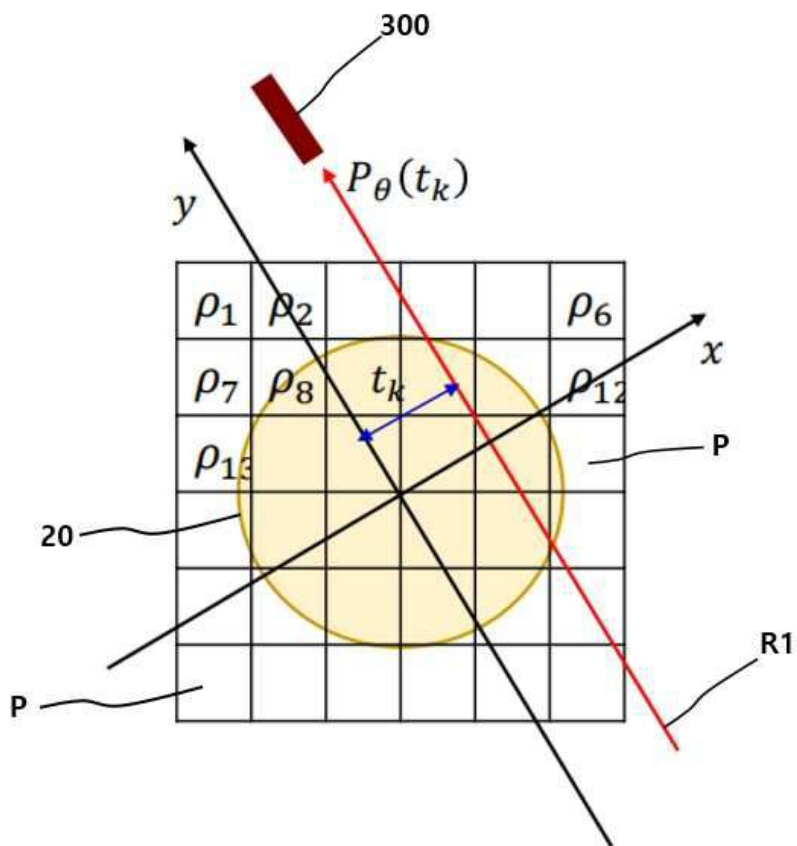
도면3



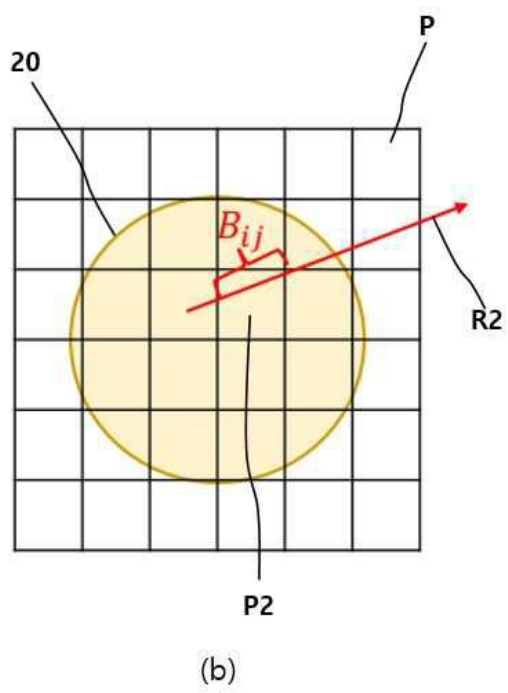
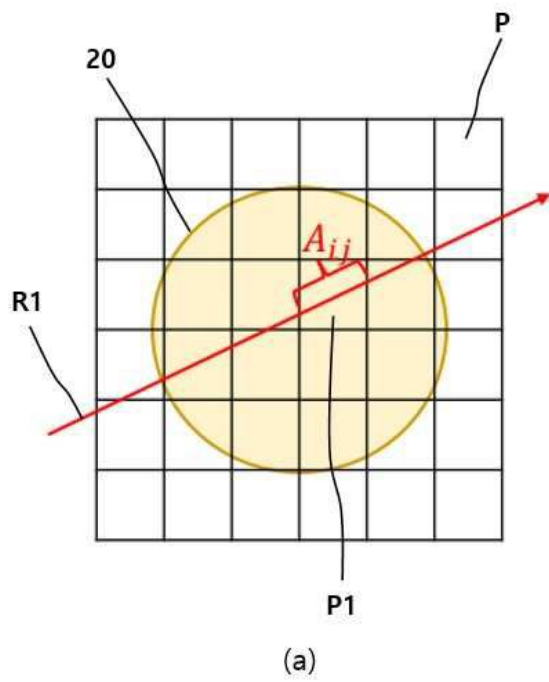
도면4



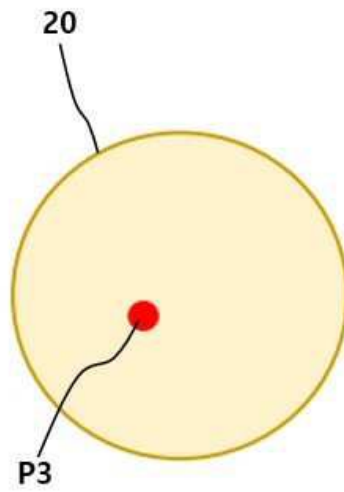
도면5



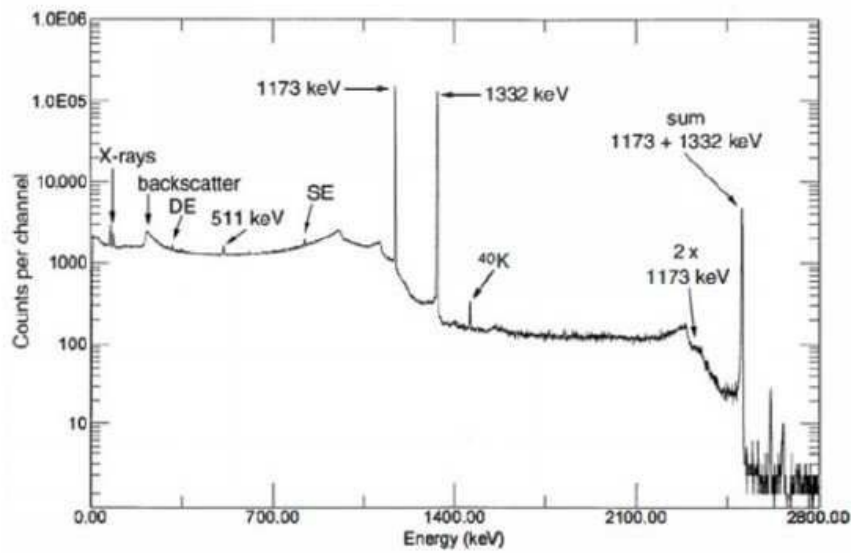
도면6



도면7



(a)



(b)

도면8

