



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0061471
(43) 공개일자 2022년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B09C 1/10 (2006.01) B09C 1/02 (2006.01)
C12N 1/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B09C 1/10 (2013.01)
B09C 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0147487
(22) 출원일자 2020년11월06일
심사청구일자 2020년11월06일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
이승엽
서울특별시 동작구 동작대로45길 22, 이수교KCC 104동 102호
김태윤
경기도 의왕시 백운중앙로 46 110동 1004호 (효성해링턴 1단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김현진

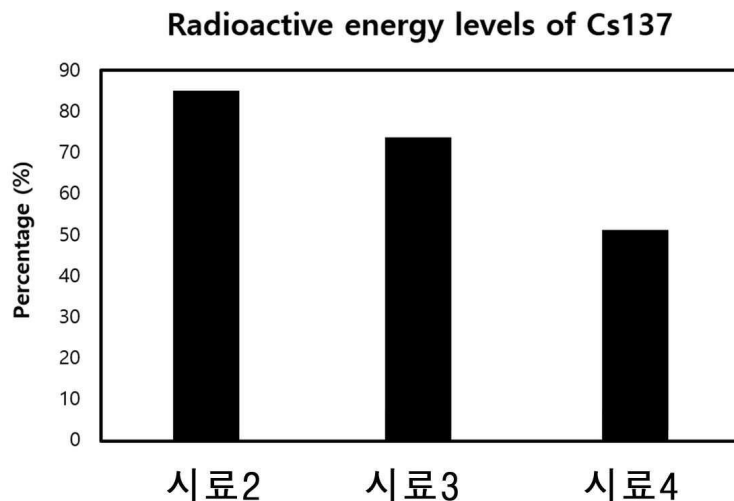
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법

(57) 요약

본 발명은 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 방사능 오염물로부터 방사성 핵종을 탈착하지 않고 특정 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합한 후, 일정 기간 동안 반응시켜 방사능 수치를 저감할 수 있어 제염 후 폐기물이 발생하지 않으며, 미생물군집을 직접 또는 미생물군집이 혼합된 흡을 방사능오염물에 혼합하여 방사능 수치를 저감시키므로 다양한 방사능 오염물에 대량으로 적용 가능하고, 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 시 버블수를 추가로 혼합하여 방사능 수치 저감 효과를 향상시킬 수 있는 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법에 대한 것이다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류
C12N 1/00 (2021.05)

서한복

서울특별시 도봉구 도봉로 136길 111 창동현대2차
 아파트 203-702

(72) 발명자
이상효
 경기도 성남시 중원구 원터로 18번길 19, 102동
 809호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	202033004
과제번호	2018M2B2A906587322
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력연구기반확충사업
연구과제명	친환경 천연 섬유-제올라이트 막을 이용한 방사성 물질 흡착 및 감용 기술
기 여 율	1/3
과제수행기관명	서강대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	202033005
과제번호	2018M2A8A408376613
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력기술개발사업
연구과제명	원전 해체 작업용 방사선 차폐 소재 최적화 기술 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	서강대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	202033013
과제번호	2020M2C8A105696511
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력기술개발사업
연구과제명	복합 소재의 방사선 차폐 몬테칼로 해석 및 최적 설계
기 여 율	1/3
과제수행기관명	서강대학교 산학협력단
연구기간	2020.04.17 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

미생물군집과 방사능 오염물을 혼합하여 혼합물을 형성하는 혼합단계와,

상기 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 상태를 일정 시간 유지하여 상기 혼합물의 방사성 수치를 저감시키는 저감단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 혼합단계 및 저감단계는 혼합물의 방사성 수치가 특정 값에 이를 때까지 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 혼합단계에서는 미생물군집 자체 또는 미생물군집이 혼합된 흙이 방사능 오염물에 혼합되는 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 방사능 오염물은 방사능 오염 토양인 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 혼합단계에서는 버블수가 추가로 혼합되는 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 방사능 오염물은 방사성 핵종 Cs에 오염된 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 미생물군집은 아키도박테리아(Acidobacteria), 액티노박테리아(Actinobacteria), 박테로이데테스(Bacteroidetes), 멜라이나박테리아(Melainabacteria), 클로로플렉시(Chloroflexi), 퍼미큐티스(Firmicutes), 겐마티모나데테스(Gemmatimonadetes), 니트로스피라(Nitrospirae), 플랑크토마이세테스(Planctomycetes), 프로테오박테리아(Proteobacteria) 및 베루코미크로비아(Verrucomicrobia)로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 미생물군집은 아키도박테리아(Acidobacteria), 액티노박테리아(Actinobacteria), 박테로이데테스(Bacteroidetes), 멜라이나박테리아(Melainabacteria), 클로로플렉시(Chloroflexi), 퍼미큐티스(Firmicutes), 겐마티모나데테스(Gemmatimonadetes), 니트로스피라(Nitrospirae), 플랑크토마이세테스(Planctomycetes), 프로테오박테리아(Proteobacteria) 및 베루코미크로비아(Verrucomicrobia)를 포함하는 것을 특징으로 하는 방사능

오염물의 정화방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 미생물군집은 테리글로부스 알비두스(*Terriglobus albidus*), 비시나미박터 실베스트리스(*Vicinamibacter silvestris*), 아시디테리모나스 페리레두센스(*Aciditerrimonas ferrireducens*), 일루마토박터 플루미니스(*Ilumatobacter fluminis*), 마이코박테리움 플로렌티눔(*Mycobacterium florentinum*), 마이코리시박테리움 모리오카엔세(*Mycolicibacterium moriokaense*), 스트렙토마이세스 카트벤시스(*Streptomyces catbensis*), 스트렙토마이세스 라벤두라(*Streptomyces lavendulae*), 스트렙토마이세스 토루로스(*Streptomyces torulosus*), 액티노마두라 라온젠시스(*Actinomadura rayongensis*), 가이엘라 오컬타(*Gaiella occulta*), 솔리루브로박터 피토라카(*Solirubrobacter phytolaccae*), 크리세오리네아 솔리(*Chryseolinea soli*), 오테관지아 크리벤시스(*Ohtaekwangia kribbensis*), 밤피로비브리오 크로렐라보러스(*Vampirovibrio chlorellavorus*), 테르모마리니리네아 라쿠니폰타나(*Thermomarinilinea lacunifontana*), 리토리리네아 아에로필(*Litorilinea aerophile*), 데하로제니모나스 라이칸트로포레펠렌스(*Dehalogenimonas lykanthroporepellens*), 스페로박터 테르모필루스(*Sphaerobacter thermophilus*), 하이드로제니스포라 에타놀리카(*Hydrogenispora ethanolica*), 바실러스 커큐미스(*Bacillus Cucumis*), 바실러스 위에드만니(*Bacillus wiedmannii*), 갬마티모나스 아우란티아카(*Gemmatimonas aurantiaca*), 니트로스피라 자포니카(*Nitrospira japonica*), 니트로스피라 모스코비엔시스(*Nitrospira moscoviensis*), 테피디스페라 무코사(*Tepidisphaera mucosa*), 바이토피렐루라 고크소이리(*Bythopirellula goksoyri*), 루비니스페라 브라시리엔시스(*Rubinisphaera brasiliensis*), 아쿠이둘시박터 파우시하로필루스(*Aquidulcibacter paucihalophilus*), 리조미크로비움 엘렉트리쿰(*Rhizomicrobium electricum*), 메틸로세아니박터 카에니테피디(*Methyloceanibacter caenitepidi*), 노르텔라 올리고모빌리스(*Nordella oligomobilis*), 브라다이리조비움 나미비엔세(*Bradyrhizobium namibiense*), 데보시아 인수래(*Devosia insulae*), 데베보시아 미슈스티니(*Devosia mishustinii*), 하이포미크로비움 패시레(*Hyphomicrobium facile*), 로도프라네스 테피디카에니(*Rhodoplanes tepidicaeni*), 플레오모르포모나스 카르복시디트로파(*Pleomorphomonas carboxyditropha*), 메소리조비움 헬만티센세(*Mesorhizobium helmanticense*), 리조비움 에트리(*Rhizobium etli*), 아스프로박터 아쿠아티커스(*Asprobacter aquaticus*), 레이라넬라 그라미니포리(*Reyranelia graminifolii*), 아시디브레비박테리움 포디나쿠아티레(*Acidibrevibacterium fodinaquatile*), 스텔라 후모사(*Stella humosa*), 아조스피릴럼 포르모센세(*Azospirillum formosense*), 돈지아 솔리(*Dongia soli*), 니트로스피릴럼 아마존엔세(*Nitrospirillum amazonense*), 스펀고시니셀라 커큐머리스(*Sphingosinicella cucumeris*), 티오박터 서브테라네우스(*Thiobacter subterraneus*), 파라부르크홀데리아 테리코라(*Paraburkholderia terricola*), 슈도굴벤키아니아 서브플라바(*Pseudogulbenkiania subflava*), 니트로소스피라 멀티포르미스(*Nitrosospira multiformis*), 메틸로버르사틸리스 유니버사리스(*Methyloversatilis universalis*), 펠로박터 아세티레니쿠스(*Pelobacter acetylenicus*), 라세미사이스티스 페르시카(*Racemicystis persica*), 티오할로캡사 할로필라(*Thiohalocapsa halophila*), 파나카그리모나스 페르스피카(*Panacagrimonas perspica*), 포바리박터 우바룸(*Povalibacter uvarum*), 슈도모나스 밴쿠베렌시스(*Pseudomonas vancouverensis*), 델로비브리오 박테리오보러스(*Bdellovibrio bacteriovorus*) 및 테리미크로비움 사카리필럼(*Terrimicrobium sacchariphilum*)을 포함하는 것을 특징으로 하는 방사능 오염물의 정화방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 방사능 오염물로부터 방사성 핵종을 탈착하지 않고 특정 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합한 후, 일정 기간 동안 반응시켜 방사능 수치를 저감할 수 있어 제염 후 폐기물이 발생하지 않으며, 미생물군집을 직접 또는 미생물군집이 혼합된 흙을 방사능오염물에 혼합하여 방사능 수치를 저감시키므로 다양한 방사능 오염물에 대량으로 적용 가능하고, 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 시 버블수를 추가로 혼합하여 방사능 수치 저감 효과를 향상시킬 수 있는 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002]

발전분야, 의학분야, 산업분야 등 여러 분야에서 원자력 이용이 증가함에 따라, 방사능 오염물의 양이 증가하여 환경적 및 사회적으로 많은 문제를 일으키고 있다. 저준위 폐기물이라고 하더라도 인체 및 환경에 극히 유해하

므로, 폐기시 적절한 처리가 요구된다. 일 예로, 방사능 오염 토양의 경우, 하기 특허문헌에 기재된 바와 같이, 오염 토양에서 방사성 물질을 제거 후, 침전, 여과 및 건조 공정을 수행하고, 방사성 물질을 고화시킨 후 폐기한다.

[0003] <특허문헌>

[0004] 특허 제10-0576919호(2006. 04. 27. 등록) "방사능 오염 토양의 제염 후 발생하는 폐기물을 저감시키는 방법"

[0005] 하지만, 종래의 방사능 오염물을 처리하는 방법은 고비용 저효율의 복잡한 공정들을 필요로 하여 대규모 오염부지에 적용하기에는 한계가 있다. 또한, 종래의 건식 방사성 토양 선별법을 활용한 방사능 오염 토양 처리 방법을 보면, Pu-239, U-238 등의 핵종에 대해서는 높은 부피 감용 비율을 나타내나, Cs-137의 경우에는 낮은 부피 감용 비율을 보이는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로,

[0007] 본 발명은 방사능 오염물로부터 방사성 핵종을 탈착하지 않고, 특정 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합한 후, 일정 기간 동안 반응시켜, 방사능 수치를 저감할 수 있어, 종래의 방사성 핵종 흡착 후 흡착제를 분리하고 폐기하는 복잡한 공정이 전혀 필요하지 않으며, 제염 후 폐기물이 발생하지 않는 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 미생물군집을 직접 또는 미생물군집이 혼합된 흙을 방사능오염물에 혼합하여 방사능 수치를 저감시키므로, 다양한 방사능 오염물에 대량으로 적용 가능한 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 또한, 본 발명은 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 시, 버블수를 추가로 혼합하여, 방사능 수치 저감 효과를 향상시킬 수 있는 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 앞서 본 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 구성을 가진 실시예에 의해 구현된다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법은 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합하여 혼합물을 형성하는 혼합단계와, 상기 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 상태를 일정 시간 유지하여 상기 혼합물의 방사성 수치를 저감시키는 저감단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 혼합단계 및 저감단계는 혼합물의 방사성 수치가 특정 값에 이를 때까지 반복 수행되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 혼합단계에서는 미생물군집 자체 또는 미생물군집이 혼합된 흙이 방사능 오염물에 혼합되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 방사능 오염물은 방사능 오염 토양인 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 혼합단계에서는 버블수가 추가로 혼합되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 방사능 오염물은 방사성 핵종 Cs에 오염된 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 미생물군집은 아키도박테리아(Acidobacteria), 액티노박테리아(Actinobacteria), 박테로이데테스(Bacteroidetes), 멜라이나박테리아(Melainabacteria), 클로로플렉시(Chloroflexi), 퍼미큐티스(Firmicutes), 겐마티모나데테스(Gemmatimonadetes), 니트로스피라(Nitrospirae), 플랑크토마이세테스(Planctomycetes), 프로테오박테리아(Proteobacteria) 및 베루코미크로비아(Verrucomicrobia)로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 미생물군집은 아키도박테리아(*Acidobacteria*), 액티노박테리아(*Actinobacteria*), 박테로이데테스(*Bacteroidetes*), 멜라이나박테리아(*Melainabacteria*), 클로로플렉시(*Chloroflexi*), 퍼미큐티스(*Firmicutes*), 겐마티모나데테스(*Gemmatimonadetes*), 니트로스피라(*Nitrospirae*), 플랑크토마이세테스(*Planctomycetes*), 프로테오박테리아(*Proteobacteria*) 및 베루코미크로비아(*Verrucomicrobia*)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사능 오염물의 정화방법에 있어서 상기 미생물군집은 테리글로부스 알비두스(*Terriglobus albidus*), 비시나미박터 실베스트리스(*Vicinamibacter silvestris*), 아시디테리모나스 페리레두센스(*Aciditerrimonas ferrireducens*), 일루마토박터 플루미니스(*Ilumatobacter fluminis*), 마이코박테리움 플로렌티눔(*Mycobacterium florentinum*), 마이코리시박테리움 모리오카엔세(*Mycolicibacterium moriokaense*), 스트렙토마이세스 카트벤시스(*Streptomyces catbensis*), 스트렙토마이세스 라벤두라(*Streptomyces lavendulae*), 스트렙토마이세스 토루로수스(*Streptomyces torulosus*), 액티노마두라 라온젠시스(*Actinomadura rayongensis*), 가이엘라 오컬타(*Gaiella occulta*), 솔리루브로박터 피토라카(*Solirubrobacter phytolaccae*), 크리세오리네아 솔리(*Chryseolinea soli*), 오테관지아 크리벤시스(*Ohtaekwangia kribbensis*), 밤피로비브리오 크로렐라보러스(*Vampirovibrio chlorellavorus*), 테르모마리니리네아 라쿠니폰타나(*Thermomarinilinea lacunifontana*), 리토리리네아 아에로필(*Litorilinea aerophile*), 데하로제니모나스 라이칸트로포레펠렌스(*Dehalogenimonas lykanthroporepellens*), 스페로박터 테르모필루스(*Sphaerobacter thermophilus*), 하이드로제니스포라 에타놀리카(*Hydrogenispora ethanolica*), 바실러스 커큐미스(*Bacillus Cucumis*), 바실러스 위에드만니(*Bacillus wiedmannii*), 겐마티모나스 아우란티아카(*Gemmatimonas aurantiaca*), 니트로스피라 자포니카(*Nitrospira japonica*), 니트로스피라 모스코비엔시스(*Nitrospira moscoviensis*), 테피이스페라 무코사(*Tepidisphaera mucosa*), 바이토피렐루라 고크소이리(*Bythopirellula goksoyri*), 루비니스페라 브라시리엔시스(*Rubinisphaera brasiliensis*), 아쿠이돌시박터 파우시하로필루스(*Aquidulcibacter paucihalophilus*), 리조미크로비움 엘렉트리쿰(*Rhizomicrobium electricum*), 메틸로세아니박터 카에니테피디(*Methyloceanibacter caenitepidi*), 노르델라 올리고모빌리스(*Nordella oligomobilis*), 브라다이리조비움 나미비엔세(*Bradyrhizobium namibiense*), 데보시아 인수래(*Devosia insulae*), 데베보시아 미슈스티니(*Devosia mishustinii*), 하이포미크로비움 패시레(*Hyphomicrobium facile*), 로도프라네스 테피디카에니(*Rhodoplanes tepidicaeni*), 플레오모르포모나스 카르복시디트로파(*Pleomorphomonas carboxyditropha*), 메소리조비움 헬만텐센세(*Mesorhizobium helmanticense*), 리조비움 에트리(*Rhizobium etli*), 아스프로박터 아쿠아티커스(*Asprobacter aquaticus*), 레이라넬라 그라미니포리(*Reyranellela graminifolii*), 아시디브레비박테리움 포디나쿠아티레(*Acidibrevibacterium fodinaquatile*), 스텔라 후모사(*Stella humosa*), 아조스피릴럼 포르모센세(*Azospirillum formosense*), 돈지아 솔리(*Dongia soli*), 니트로스피릴럼 아마존엔세(*Nitrospirillum amazonense*), 스펀고시니셀라 커큐머리스(*Sphingosinicella cucumeris*), 티오박터 서브테라네우스(*Thiobacter subterraneus*), 파라부르크홀데리아 테리코라(*Paraburkholderia terricola*), 슈도굴벤키아니아 서브플라바(*Pseudogulbenkiania subflava*), 니트로소스피라 멀티포르미스(*Nitrosospira multiformis*), 메틸로버르사틸리스 유니버사리스(*Methyloversatilis universalis*), 펠로박터 아세티레니쿠스(*Pelobacter acetylenicus*), 라세미사이스티스 페르시카(*Racemicystis persica*), 티오할로캡사 할로필라(*Thiohalocapsa halophila*), 파나카그리모나스 페르스피카(*Panacagrimonas perspica*), 포바리박터 우바룸(*Povalibacter uvarum*), 슈도모나스 밴쿠베렌시스(*Pseudomonas vancouverensis*), 텔로비브리오 박테리오보러스(*Bdellovibrio bacteriovorus*) 및 테리미크로비움 사카리필럼(*Terrimicrobium sacchariphilum*)을 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명은 앞서 본 실시예에 의해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

[0021] 본 발명은 방사능 오염물로부터 방사성 핵종을 탈착하지 않고, 특정 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합한 후, 일정 기간 동안 반응시켜, 방사능 수치를 저감할 수 있어, 종래의 방사성 핵종 흡착 후 흡착제를 분리하고 폐기하는 복잡한 공정이 전혀 필요하지 않으며, 제염 후 폐기물이 발생하지 않는 효과가 있다.

[0022] 또한, 본 발명은 미생물군집을 직접 또는 미생물군집이 혼합된 흙을 방사능오염물에 혼합하여 방사능 수치를 저감시키므로, 다양한 방사능 오염물에 대량으로 적용 가능한 효과가 있다.

[0023] 또한, 본 발명은 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 시, 버블수를 추가로 혼합하여, 방사능 수치 저감 효과를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024]

- 도 1은 방사능에 오염되지 않은 토양에 대한 방사에너지 측정 결과를 나타내는 도면.
 도 2는 방사능에 오염된 토양에 대한 방사에너지 측정 결과를 나타내는 도면.
 도 3은 방사능에 오염된 토양 및 미생물군집의 혼합물에 대한 방사에너지를 측정 결과를 나타내는 도면.
 도 4는 방사능에 오염된 토양, 미생물군집 및 버블수의 혼합물에 대한 방사에너지를 측정 결과를 나타내는 도면.
 도 5는 도 2 내지 4에 도시된 측정 결과를 도표화한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025]

이하에서는 본 발명에 따른 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법을 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 특별한 정의가 없는 한 본 명세서의 모든 용어는 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 기술자가 이해하는 당해 용어의 일반적 의미와 동일하고 만약 본 명세서에 사용된 용어의 의미와 충돌하는 경우에는 본 명세서에 사용된 정의에 따른다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대해 상세한 설명은 생략한다. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0027]

본 발명의 일 실시예에 따른 미생물군집을 이용하는 방사능 오염물의 정화방법을 도 1 내지 5를 참조하여 설명하면, 상기 방사능 오염물의 정화방법은 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합하여 혼합물을 형성하는 혼합단계와, 상기 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 상태를 일정 시간 유지하여 상기 혼합물의 방사성 수치를 저감시키는 저감단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다. 상기 방사능 오염물은 방사능 오염 토양, 방사능 폐기물 등과 같이, 방사능을 가진 방사성 물질에 의해 오염된 물체를 의미하며, 방사성 핵종 Cs 등에 오염된 것일 수 있다. 예컨대, 방사능 오염 토양을 정화하는 종래의 방법은, 오염 토양에서 방사성 물질을 제거 후, 침전, 여과 및 건조 공정을 수행하고, 방사성 물질을 고화시킨 후 폐기하는데, 즉 방사성 핵종 흡착 후 흡착제를 분리하고 폐기하는 복잡한 공정을 필요로 하여, 대규모 오염부지에 적용하기에는 한계가 있어, 하기에서 자세히 설명하겠으나 본 발명은 상기 한계를 극복하기 위해 완성되었다.

[0029]

상기 혼합단계는 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계로, 상기 혼합단계에서는 미생물군집 자체 또는 미생물군집이 혼합된 흙이 방사능 오염물에 혼합되게 되며, 버블수가 추가로 혼합될 수 있다.

[0030]

상기 미생물군집은 아키도박테리아(Acidobacteria), 액티노박테리아(Actinobacteria), 박테로이데테스(Bacteroidetes), 멜라이나박테리아(Melainabacteria), 클로로플렉시(Chloroflexi), 퍼미큐티스(Firmicutes), 겐마티모나데테스(Gemmatimonadetes), 니트로스피라(Nitrospirae), 플랑크토마이세테스(Planctomycetes), 프로테오박테리아(Proteobacteria) 및 베루코미크로비아(Verrucomicrobia)로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 이상을 포함한다. 상기 아키도박테리아(Acidobacteria)로 테리글로부스 알비두스(Terriglobus albidus), 비시나미박터 실베스트리스(Vicinamibacter silvestris) 등이 사용될 수 있으며, 상기 액티노박테리아(Actinobacteria)로 아시디테리모나스 페리레두센스(Aciditerrimonas ferrireducens), 일루마토박터 플루미니스(Ilumatobacter fluminis), 마이코박테리움 플로렌티눔(Mycobacterium florentinum), 마이코리시박테리움 모리오카엔세(Mycolicibacterium moriokaense), 스트렙토마이세스 카트벤시스(Streptomyces catbensis), 스트렙토마이세스 라벤두라(Streptomyces lavendulae), 스트렙토마이세스 토루로수스(Streptomyces torulosus), 액티노마두라 라온젠시스(Actinomadura rayongensis), 가이엘라 오컬타(Gaiella occulta), 솔리루브로박터 피토라카(Solirubrobacter phytolaccae) 등이 사용될 수 있으며, 상기 박테로이데테스(Bacteroidetes)로 크리세 오리네아 솔리(Chryseolinea soli), 오태관지아 크리벤시스(Ohtaekwangia kribbensis) 등이 사용될 수 있으며, 상기 멜라이나박테리아(Melainabacteria)로 밤피로비브리오 크로렐라보리스(Vampirovibrio chlorellavorus) 등이 사용될 수 있으며, 상기 클로로플렉시(Chloroflexi)로 테르모마리니리네아 라쿠니폰타나(Thermomarinilinea lacunifontana), 리토리리네아 아에로필(Litorilinea aerophile), 데하로제니모나스 라이칸트로포레펠렌스(Dehalogenimonas lykanthroporepellens), 스페로박터 테르모필루스(Sphaerobacter

thermophilus) 등이 사용될 수 있으며, 상기 퍼미큐티스(Firmicutes)로 하이드로제니스포라 에타놀리카(Hydrogenispora ethanolyca), 바실러스 커큐미스(Bacillus Cucumis), 바실러스 위에드만니(Bacillus wiedmannii) 등이 사용될 수 있으며, 상기 겐마티모나데테스(Gemmatimonadetes)로 겐마티모나스 아우란티아카(Gemmatimonas aurantiaca) 등이 사용될 수 있으며, 상기 니트로스피라(Nitrospirae)로 니트로스피라 자포니카(Nitrospira japonica), 니트로스피라 모스코비엔시스(Nitrospira moscoviensis) 등이 사용될 수 있으며, 상기 플랑크토마이세테스(Planctomycetes)로 테피이스페라 무코사(Tepidisphaera mucosa), 바이토피렐루라 고크소이리(Bythopirellula goksoyri), 루비니스페라 브라시리엔시스(Rubinisphaera brasiliensis) 등이 사용될 수 있으며, 상기 프로테오박테리아(Proteobacteria)로 아쿠이둘시박터 파우시하로필루스(Aquidulcibacter paucihalophilus), 리조미크로비움 엘렉트리쿰(Rhizomicrobium electricum), 메틸로세아니박터 카에니테피디(Methyloceanibacter caenitepidi), 노르텔라 오리고모빌리스(Nordella oligomobilis), 브라다이라조비움 나미비엔세(Bradyrhizobium namibiense), 데보시아 인수래(Devosia insulae), 데베보시아 미슈스티니(Devosia mishustinii), 하이포미크로비움 패시레(Hyphomicrobium facile), 로도프라네스 테피디카에니(Rhodoplanes tepidicaeni), 플레오모르포모나스 카르복시디트로파(Pleomorphomonas carboxyditropha), 메소리조비움 헬만티센세(Mesorhizobium helmanticense), 리조비움 에트리(Rhizobium etli), 아스프로박터 아쿠아티커스(Asprobacter aquaticus), 레이라넬라 그라미니포리(Reyranelle graminifolia), 아시디브레비박테리움 포디나쿠아티레(Acidibrevibacterium fodinaquatile), 스텔라 후모사(Stella humosa), 아조스피릴럼 포르모센세(Azospirillum formosense), 돈지아 솔리(Dongia soli), 니트로스피릴럼 아마존센세(Nitrospirillum amazonense), 스펀고시니셀라 커큐머리스(Sphingosinicella cucumeris), 티오박터 서브테라네우스(Thiobacter subterraneus), 파라부르크홀데리아 테리코라(Paraburkholderia terricola), 슈도굴벤키아니아 서브플라바(Pseudogulbenkiania subflava), 니트로소스피라 멀티포르미스(Nitrosospira multiformis), 메틸로버르사틸리스 유니버사리스(Methyloversatilis universalis), 펠로박터 아세티레니쿠스(Pelobacter acetylenicus), 라세미사이스티스 페르시카(Racemicystis persica), 티오할로캡사 할로필라(Thiohalocapsa halophila), 파나카그리모나스 페르스피카(Panacagrimonas perspica), 포바리박터 우바룸(Povalibacter uvarum), 슈도모나스 밴쿠베렌시스(Pseudomonas vancouverensis), 델로비브리오 박테리오포리스(Bdellovibrio bacteriovorus) 등이 사용될 수 있으며, 상기 베루코미크로비아(Verrucomicrobia)로 테리미크로비움 사카리필럼(Terrimicrobium sacchariphilum) 등이 사용될 수 있다.

[0031] 상기 버블수는 혼합물에 추가로 혼합되어 미생물군집에 의한 방사능 수치 저감을 향상시키는 구성으로, 상기 버블수는, 시판 중인 제품이 사용될 수도 있으며, 공지된 미세기포 제조장치(예컨대, 본 발명 출원인의 등록 특허(10-2165936)에 기재된 초음파 이용 고농도 미세기포를 제조하는 장치 등을 이용)를 이용하여 제조될 수도 있다. 상기 버블수는 예컨대 질소 75-99%, 산소 1-25%를 포함할 수 있으며, 버블의 직경이 30-1000nm이고, ml당 1×10^7 - 5×10^{10} 개의 버블을 포함할 수 있다.

[0033] 상기 저감단계는 상기 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 상태를 일정 시간 유지하여 상기 혼합물의 방사성 수치를 저감시키는 단계이다. 또한, 상기 혼합단계 및 저감단계는 혼합물의 방사성 수치가 특정 값에 이를 때까지 반복 수행될 수 있다. 본 발명은 방사능 오염물로부터 방사성 핵종을 탈착하지 않고, 특정 미생물군집과 방사능 오염물을 혼합한 후, 일정 기간 동안 반응시켜, 방사능 수치를 저감할 수 있어, 종래의 방사성 핵종 흡착 후 흡착제를 분리하고 폐기하는 복잡한 공정이 전혀 필요하지 않으며, 제염 후 폐기물이 발생하지 않는 특징이 있다. 또한, 본 발명은 미생물군집을 직접 또는 미생물군집이 혼합된 흡을 방사능오염물에 혼합하여 방사능 수치를 저감시키므로, 다양한 방사능 오염물에 대량으로 적용 가능하고, 미생물군집과 방사능 오염물의 혼합 시, 버블수를 추가로 혼합하여, 방사능 수치 저감 효과를 향상시킬 수 있다.

[0035] 이하, 실시예를 통해서 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다. 하지만, 이들은 본 발명을 보다 상세하게 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0037] <실시예 1> 시료의 준비

[0038] 1. 방사성 핵종(3.06uSv/h 방사성 세슘(Cesium-137))을 혼합한 방사능 오염 토양을 준비하였다.

[0039] 2. 미생물들을 토양에 혼합하여 미생물군집 토양을 준비하였다. 토양에 혼합된 미생물은 하기 표 1에 기재된 바

와 같으며, 미생물군집 토양에 하기 표 1에 기재된 미생물이 존재함을 Next generation sequencing system(Macrogen. Inc.)을 이용하여 확인하였다.

표 1

[0040]

미생물군집 토양의 미생물
테리글로부스 알비두스(Terriglobus albidus), 비시나미박터 실베스트리스(Vicinamibacter silvestris), 아시디테리모나스 페리레두센스(Aciditerrimonas ferrireducens), 일루마토박터 플루미니스(Ilumatobacter fluminis), 마이코박테리움 플로렌티눔(Mycobacterium florentinum), 마이코리시박테리움 모리오카엔세(Mycolicibacterium moriokaense), 스트렙토마이세스 카트벤시스(Streptomyces catbensis), 스트렙토마이세스 라벤둘라(Streptomyces lavendulae), 스트렙토마이세스 토루로수스(Streptomyces torulosus), 액티노마두라 라운젠시스(Actinomadura rayongensis), 가이엘라 오컬타(Gaiella occulta), 솔리루브로박터 피토라카(Solirubrobacter phytolaccae), 크리세오리네아 솔리(Chryseolinea soli), 오테관지아 크리벤시스(Ohtaekwangia kribbensis), 밤피로비브리오 크로렐라보러스(Vampirovibrio chlorellavorus), 테르모마리니리네아 라쿠니폰타나(Thermomarinilinea lacunifontana), 리토리리네아 아에로필(Litorilinea aerophile), 데하로제니모나스 라이칸트로포레펠렌스(Dehalogenimonas lykanthroporepellens), 스페로박터 테르모필루스(Sphaerobacter thermophilus), 하이드로제니스포라 에타놀리카(Hydrogenispora ethanolica), 바실러스 커큐미스(Bacillus Cucumis), 바실러스 위에드만니(Bacillus wiedmannii), 겐마티모나스 아우란티아카(Gemmatimonas aurantiaca), 니트로스피라 자포니카(Nitrospira japonica), 니트로스피라 모스코비엔시스(Nitrospira moscoviensis), 테피디스페라 무코사(Tepidisphaera mucosa), 마이토피렐루라 고크소이리(Bythopirellula goksoyri), 루비니스페라 브라질리엔시스(Rubinisphaera brasiliensis), 아쿠이둘시박터 파우시하로필루스(Aquidulcibacter paucihalophilus), 리조미크로비움 엘렉트리쿰(Rhizomicrobium electricum), 메틸로세아니박터 카에니테피디(Methyloceanibacter caenitepidi), 노르델라 오리고모빌리스(Nordella oligomobilis), 브라다일리조비움 나미비엔세(Bradyrhizobium namibiense), 데보시아 인수래(Devosia insulae), 데베보시아 미슈스티니(Devosia mishustinii), 하이포미크로비움 패시레(Hyphomicrobium facile), 로도프라네스 테피디카에니(Rhodoplanes tepidicaeni), 플레오모르포모나스 카르복시디트로파(Pleomorphomonas carboxyditropha), 메소리조비움 헬만티센세(Mesorhizobium helmanticense), 리조비움 에트리(Rhizobium etli), 아스프로박터 아쿠아티커스(Asprobacter aquaticus), 레이라넬라 그라미니포리(Reyranelle graminifolia), 아시디브레비박테리움 포디나쿠아티레(Acidibrevibacterium fodinaquatile), 스텔라 후모사(Stella humosa), 아조스피릴럼 포르모센세(Azospirillum formosense), 돈지아 솔리(Dongia soli), 니트로스피릴럼 아마조넨세(Nitrospirillum amazonense), 스펀고시니셀라 커큐머리스(Sphingosinicella cucumeris), 티오박터 서브테라네우스(Thiobacter subterraneus), 파라부르크홀데리아 테리코라(Paraburkholderia terricola), 슈도굴벤키아니아 서브플라바(Pseudogulbenkiania subflava), 니트로소스피라 멀티포르미스(Nitrosospora multiformis), 메틸로버르사틸리스 유니버사리스(Methyloversatilis universalis), 페로박터 아세티레니쿠스(Pelobacter acetylenicus), 라세미사이스티스 페르시카(Racemicystis persica), 티오할로캡사 할로필라(Thiohalocapsa halophila), 파나카그리모나스 페르스피카(Panacagrimonas persica), 포바리박터 우바룸(Povalibacter uvarum), 슈도모나스 밴쿠베렌시스(Pseudomonas vancouverensis), 델로비브리오 박테리오보러스(Bdellovibrio bacteriovorus), 테리미크로비움 사카리필룸(Terrimicrobium sacchariphilum)

[0041]

3. 방사성 핵종이 주입되지 않은 토양을 시료 1로 준비하였으며, 실시예 1의 1에서 준비된 방사능 오염 토양을 시료 2로 준비하였고, 시료 2에 실시예 1의 2에서 준비된 미생물군집 토양(시료 2 대비 10중량%의 미생물군집 토양이 혼합됨)을 혼합하여 시료 3을 준비하였으며, 시료 3에 버블수(시료 2 대비 10중량%의 버블수가 혼합됨, 상기 버블수는 질소 및 산소 버블을 포함하며 버블의 직경이 30 내지 1000nm이고 ml당 1×10^7 내지 5×10^{10} 개의 버블 개수를 포함하는 버블수를 10배 희석하여 사용함)를 혼합하여 시료 4를 준비하였다.

[0043]

<실시예 2> 방사능 수치 저감 효과의 확인

[0044]

1. 동일량(70mL)의 시료 1 내지 4에 대하여, γ -stream 장비를 이용하여 방사성 핵종의 방사에너지를 실시간으로 측정하였으며, 0일차 및 8일차 측정 결과를 도 1 내지 4에 나타내었다. 도 1은 시료 1, 도 2는 시료 2, 도 3은 시료 3, 도 4는 시료 4의 결과를 나타내며, 도 1 내지 4에서 X축은 방사능 핵종이 내뿜는 에너지 준위값을 나타내며, Y축은 에너지 세기를 나타내며, 도 1 내지 4에서 (a)는 0일차 측정 결과, (b)는 8일차 측정결과를 나타낸다.

[0045]

2. 또한, 실시예 2의 1에서 측정한 결과를 도표화하여 그 결과를 도 5에 나타내었다. 도 5에서는 방사에너지 레벨은 각 시료의 8일차 방사에너지를 시료 2의 0일차 방사에너지로 나눈 후 100을 곱해 계산하였다.

[0046]

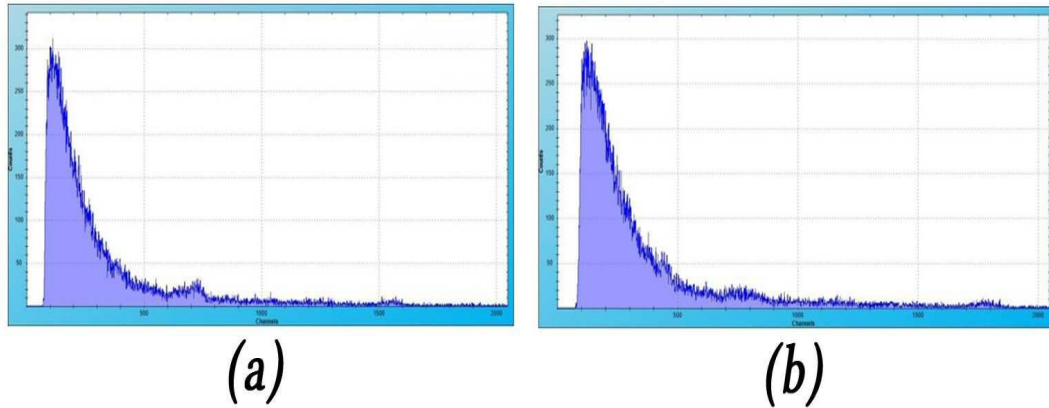
3. 도 1 내지 5를 보면, 미생물군집을 혼합하지 않은 시료 2의 경우 8일 후 방사에너지 변화가 적으나, 미생물군집을 혼합한 시료 3의 경우 8일 후 방사에너지가 현저하게 감소하고, 시료 4를 보면 8일 후 더욱 방사에너지

가 감소함을 확인할 수 있어, 미생물군집에 버블수를 혼합하는 경우 더욱 방사능 오염 토양의 방사능 수치를 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

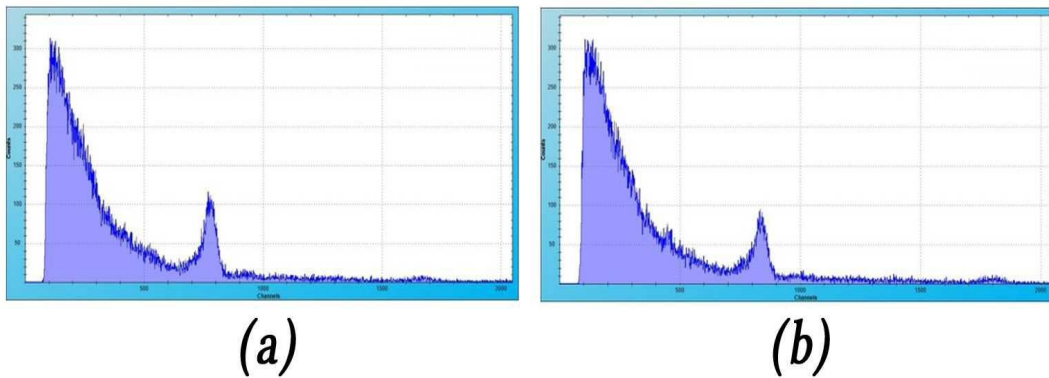
[0048] 이상에서, 출원인은 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명하였지만, 이와 같은 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 구현하는 일 실시예일 뿐이며 본 발명의 기술적 사상을 구현하는 한 어떠한 변경예 또는 수정예도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 해석되어야 한다.

도면

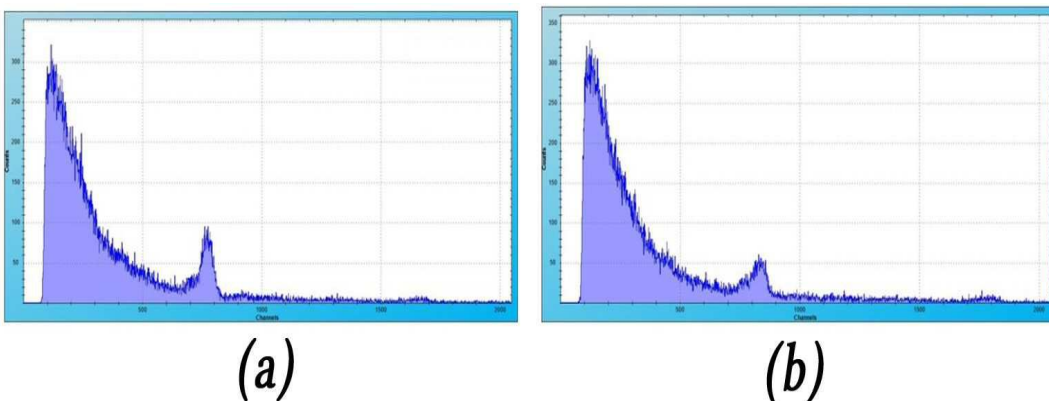
도면1



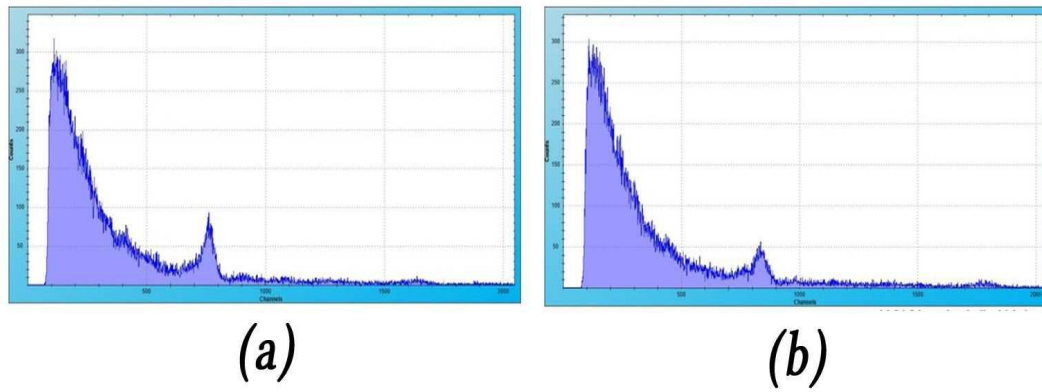
도면2



도면3



도면4



도면5

