(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0095981
(43) 공개일자 2019년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/26 (2006.01) *B01J 20/28* (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01) *G21F 9/12* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/262 (2013.01)
B01J 20/261 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0015359
(22) 출원일자 2018년02월08일
심사청구일자 2018년02월08일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이경진
대전광역시 유성구 어은로 57, 101동 401호(어은동, 한빛아파트)
박규은
대전광역시 유성구 구즉로 16, 106동 1202호(송강동, 한마을아파트)
김영진
대전광역시 서구 신갈마로240번길 34, 203호(갈마동, 동남빌라)
(74) 대리인
유철현

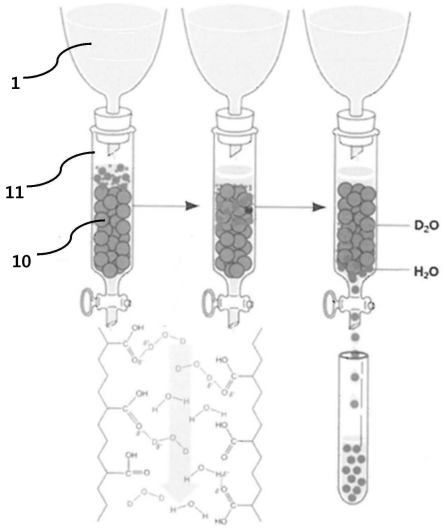
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **방사성 물질의 흡착제 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질의 흡착제에 관한 것이다. 본 발명의 실시예에 따른 방사능 물질의 흡착제는, 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자와, 상기 고분자가 분산된 용매를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01J 20/28019 (2013.01)
B01J 20/3085 (2013.01)
G21F 9/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711050091
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 원자력국제협력기반조성
연구과제명 유/무기 하이브리드 재료에 의한 방사성 핵종의 감지 및 제거
기 여 율 1/1
주관기관 충남대학교
연구기간 2015.04.01 ~ 2018.03.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질의 흡착제에 있어서,

수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자; 및

상기 고분자가 분산된 용매를 포함하는 방사성 물질의 흡착제.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 관능기는 상기 중수소수 및 삼중수소수와 수소결합을 하는 방사성 물질의 흡착제.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 수소결합에 의해, 중수소수 및 삼중수소수는 상기 고분자에 포획되는 방사성 물질의 흡착제.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 수소결합을 하는 상기 관능기는 -COOH, -OH, $-NH_2$인 방사성 물질의 흡착제.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 고분자는 폴리우레탄(polyurethane), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymethyl methacrylate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리아미드(polyamide), 폴리아크릴아미드(polyacrylamide), 폴리비닐아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리테트라에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(polytetraethylene glycol diacrylate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리페닐렌옥사이드(polyphenylene oxide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리비닐리덴클로라이드(polyvinylidene chloride) 및 폴리실록산(polysiloxane)으로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나인 방사능 물질의 흡착제.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 용매는 1-메틸-2-피롤리돈(1-methl-2-pyrrolidone; NMP), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol), n-프로판올(n-propanol), n-부탄올(n-buranol), n-헥산(n-hexane), 사이클로헥산올(cyclohexanol), 아세트산(acetic acid), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 디에틸에테르(diethyl ether), 디메틸포름아미드(dimethyl formamide; DMF), 디메틸아세트아미드(dimethylacetamide; DMAc), 다이옥산(dioxane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran; THF), 디메틸술폭사이드(dimethyl sulfoxide; DMSO), 시클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene), 및 물(water)로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나인 방사성 물질의 흡착제.

청구항 7

방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질 흡착제의 제조방법에 있어서,

수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자를 합성하는 단계;

상기 고분자를 용매에 용해시켜 고분자용액을 형상하는 단계; 및

상기 고분자용액을 가공하는 단계를 포함하는 방사성 물질 흡착제의 제조방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 관능기는 상기 중수소수 및 삼중수소수와 수소결합을 하는 방사성 물질 흡착제의 제조방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 수소결합에 의해, 상기 중수소수 및 삼중수소수는 상기 고분자에 포획되는 방사성 물질 흡착제의 제조방법.

청구항 10

제7 항에 있어서,

상기 수소결합을 하는 상기 관능기는 -COOH, -OH, $-NH_2$인 방사성 물질 흡착제의 제조방법.

청구항 11

제7 항에 있어서,

상기 고분자는 폴리우레탄(polyurethane), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymethyl methacrylate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리아미드(polyamide), 폴리아크릴아미드(polyacrylamide), 폴리비닐아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리테트라에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(polytetraethylene glycol diacrylate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리페닐렌옥사이드(polyphenylene oxide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리비닐리덴클로라이드(polyvinylidene chloride) 및 폴리실록산(polysiloxane)으로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나인 방사능 물질의 흡착제의 제조방법.

청구항 12

제7 항에 있어서,

상기 용매는 1-메틸-2-피롤리돈(1-methl-2-pyrrolidone; NMP), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol), n-프로판올(n-propanol), n-부탄올(n-buranol), n-헥산(n-hexane), 사이클로헥산올(cyclohexanol), 아세트산(acetic acid), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 디에틸에테르(diethyl ether), 디메틸포름아미드(dimethyl formamide; DMF), 디메틸아세트아미드(dimethylacetamide; DMAc), 다이옥산(dioxane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran; THF), 디메틸술폭사이드(dimethyl sulfoxide; DMSO), 시클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene), 및 물(water)로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나인 방사성 물질의 흡착의 제조방법.

청구항 13

제7 항에 있어서,

상기 고분자용액을 가공하는 단계는, 상기 고분자용액을 겔화시켜 상기 고분자가 포함된 하이드로겔을 형성하는 단계를 포함하는 방사성 물질 흡착제의 제조방법.

청구항 14

제7 항에 있어서,

상기 고분자용액을 가공하는 단계는, 상기 고분자용액을 겔화시켜 상기 고분자가 포함된 비드를 형성하는 단계

를 포함하는 방사성 물질 흡착제의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질의 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 강한 수소결합을 이루는 중수소수와 삼중수소수를 수소결합 관능기로 포획하는 방사성 물질의 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 수소(H)의 대표적인 동위원소로는, 원자량이 2이고 통상적으로 원소기호 D로 표시하는 중수소(듀테리움, Deuterium)과, 원자량이 3이고 통상적으로 원소기호 T로 표시하는 삼중수소(트리튬, Tritium)가 있다.

[0003] 삼중수소수는 물 분자(H_2O)를 구성하는 두 개의 수소 중 어느 하나 또는 두 개 모두 삼중수소로 치환된 물(HTO, T_2O, DTO 등)을 말한다.

[0004] 중수소와 달리 삼중수소는 베타선을 내는 방사성 동위원소이므로, 이를 포함하는 삼중수소수(tritiated water)는 방사선을 방출하는 방사성 물질이다.

[0005] 우리나라 원자력 발전소 중, 특히 감속재 및 냉각재로 중수를 사용하는 가압 중수로형 원자로에서는 필연적으로 삼중수소수(tritiated water)가 발생한다. 또한, 우리나라 유일의 연구형 원자로인 하나로 시설도 원자로 반사체로 중수를 사용하기 때문에 삼중수소수가 발생하고 있다.

[0006] 삼중수소수가 공기 중으로 누출되면, 증발되어 공기중의 일반 물(경수, H_2O) 증기와 쉽게 혼합되고, 이 상태의 공기를 사람이 호흡하면 인체에 매우 유해하다. 따라서, 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 제거할 필요가 있다.]

선행기술문헌

[0007] 등록특허공보 제10-1630160호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 종래에는 오염수에 포함된 삼중수소수를 제거하는 데 사용되는 공정으로 증류를 통한 분리, 전기분해 등이 있었다. 이러한 방식은 비효율적으로, 보단 용이한 방법으로 삼중수소수 등을 분리할 기술이 필요하였다.

[0009] 따라서, 본 발명의 목적은 비교적 간단히 방사성 물질인 중수소수와 삼중수소수를 제거할 수 있는 방사성 물질의 흡착제 및 이의 제조방법을 제공하는데 있다.

[0010] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 보다 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 해결하려는 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질의 흡착제는, 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자와, 상기 고분자가 분산된 용매를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 관능기는 상기 중수소수 및 삼중수소수와 수소결합을 할 수 있다.

[0013] 상기 수소결합에 의해, 중수소수 및 삼중수소수는 상기 고분자에 포획된다.

[0014] 상기 수소결합을 하는 상기 관능기는 -COOH, -OH, $-NH_2$이다.

[0015] 상기 고분자는 폴리우레탄(polyurethane), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymethyl methacrylate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리아미드(polyamide), 폴리아크릴아미드(polyacrylamide), 폴리비닐아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리비닐피

롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리테트라에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(polytetraethylene glycol diacrylate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리페닐렌옥사이드(polyphenylene oxide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리비닐리덴클로라이드(polyvinylidene chloride) 및 폴리실록산(polysiloxane)으로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나이다.

[0016] 상기 용매는 1-메틸-2-피롤리돈(1-methl-2-pyrrolidone; NMP), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol), n-프로판올(n-propanol), n-부탄올(n-buranol), n-헥산(n-hexane), 사이클로헥산올(cyclohexanol), 아세트산(acetic acid), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 디에틸에테르(diethyl ether), 디메틸포름아미드(dimethyl formamide; DMF), 디메틸아세트아미드(dimethylacetamide; DMAc), 다이옥산(dioxane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran; THF), 디메틸술폭사이드(dimethyl sulfoxide; DMSO), 시클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene), 및 물(water)로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0017] 상기 해결하려는 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질 흡착제의 제조방법은, 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자를 합성하는 단계와, 상기 고분자를 용매에 용해시켜 고분자용액을 형상하는 단계와, 상기 고분자용액을 가공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 관능기는 상기 중수소수 및 삼중수소수와 수소결합을 한다.

[0019] 상기 수소결합에 의해, 상기 중수소수 및 삼중수소수는 상기 고분자에 포획된다.

[0020] 상기 수소결합을 하는 상기 관능기는 -COOH, -OH, $-NH_2$이다.

[0021] 상기 고분자는 폴리우레탄(polyurethane), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymethyl methacrylate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리아미드(polyamide), 폴리아크릴아미드(polyacrylamide), 폴리비닐아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리테트라에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(polytetraethylene glycol diacrylate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리페닐렌옥사이드(polyphenylene oxide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리비닐리덴클로라이드(polyvinylidene chloride) 및 폴리실록산(polysiloxane)으로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나이다.

[0022] 상기 용매는 1-메틸-2-피롤리돈(1-methl-2-pyrrolidone; NMP), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol), n-프로판올(n-propanol), n-부탄올(n-buranol), n-헥산(n-hexane), 사이클로헥산올(cyclohexanol), 아세트산(acetic acid), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 디에틸에테르(diethyl ether), 디메틸포름아미드(dimethyl formamide; DMF), 디메틸아세트아미드(dimethylacetamide; DMAc), 다이옥산(dioxane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran; THF), 디메틸술폭사이드(dimethyl sulfoxide; DMSO), 시클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene), 및 물(water)로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0023] 상기 고분자용액을 가공하는 단계는, 상기 고분자용액을 겔화시켜 상기 고분자가 포함된 하이드로겔을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 고분자용액을 가공하는 단계는, 상기 고분자용액을 겔화시켜 상기 고분자가 포함된 비드를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명은 방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질의 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 의할 경우 강한 수소결합을 이루는 중수소수와 삼중수소수를 수소결합 관능기로 포획하는 방사성 물질의 흡착제 및 이의 제조방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 방사성 물질의 흡착제를 이용하여 오염수에서 중수소수 및 삼중수소수를 분리해내는 과정을 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 방사성 물질 흡착제의 제조방법을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0028] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0029] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0030] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 방사능 물질의 흡착제 및 이의 제조방법을 설명한다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 물질의 흡착제는 방사능 오염수에 포함된 중수소수와 삼중수소수를 흡착할 수 있으며, 이에 의해, 오염수 내의 방사능 물질인 중수소와 삼중수소를 제거하여, 오염수를 정화시킬 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 물질의 흡착제는 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자와 상기 고분자가 분산된 용매를 포함할 수 있다. 이때, 상기 흡착제는 하이드로겔 형태 또는 비드 형태로 형성될 수 있다. 하이드로겔로 형성될 경우, 분리막의 형태로 형성할 수 있다.

[0033] 한편, 수소결합을 하는 관능기는 예를 들어 카르복시기(-COOH), 히드록시기(-OH), 아민기($-NH_2$)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고, 수소결합을 할 수 있는 관능기이면 어느 것이든 될 수 있다.

[0034] 수소결합을 하는 관능기는 오염수 내의 중수소수 및 삼중수소수와 수소결합을 한다. 오염수 내의 물분자(H_2O) 보다 중수소수 및 삼중수소수가 상기 관능기와 보다 강하게 수소결합을 형성할 수 있다. 이에, 중수소수 및 삼중수소수가 함유된 오염수와 상기 흡착제를 접촉시키는 경우, 상기 흡착제의 수소결합 관능기에 의해 중수소수 및 삼중수소수가 상기 관능기와 수소결합을 형성하고, 고분자에 중수소수 및 삼중수소수가 포획된다. 즉 중수소수 및 삼중수소수는 흡착제에 흡착된다. 이에 의해, 오염수 내에서 중수소수 및 삼중수소수가 제거될 수 있고, 오염수가 방사능 물질로부터 정화될 수 있다.

[0035] 고분자는 수분산성 고분자인 것이 바람직하다. 고분자는 폴리우레탄(polyurethane), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymathyl methacrylate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리아미드(polyamide), 폴리아크릴아미드(polyacrylamide), 폴리비닐아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리테트라에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(polytetraethylene glycol diacrylate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리페닐렌옥사이드(polyphenylene oxide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리비닐리덴클로라이드(polyvinylidene chloride) 및 폴리실록산(polysiloxane)으로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나일 수 있다.

[0036] 상기 고분자의 가지에 수소결합이 가능한 상기 관능기가 치환된 형태일 수 있다. 즉, 고분자의 주쇄에서 가지(branch)로 뻗은 말단에 수소결합이 가능한 상기 관능기가 위치할 수 있다.

[0037] 고분자는 용매에 분산되어 고분자용액으로 형성된다. 이후, 고분자용액을 가공하여 다공서의 하이드로겔이나 하이드로 비드로 형성된다. 즉, 흡착제는 최종적으로 다공성의 하이드로겔이나 하이드로 비드의 형태를 가질 수 있다.

[0038] 이러한 용매는 상기 용매는 1-메틸-2-피롤리돈(1-methyl-2-pyrrolidone; NMP), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol), n-프로판올(n-propanol), n-부탄올(n-butanol), n-헥산(n-hexane), 사이클로헥산올(cyclohexanol), 아세트산(acetic acid), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 디에틸에테르(diethyl ether), 디메틸포름아미드

(dimethyl formamide; DMF), 디메틸아세트아미드(dimethylacetamide; DMAc), 다이옥산(dioxane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran; THF), 디메틸술폭사이드(dimethyl sulfoxide; DMSO), 시클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene), 및 물(water)로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나일 수 있다.

[0039] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 방사성 물질의 흡착제를 이용하여 오염수에서 중수소수 및 삼중수소수를 분리해내는 과정을 나타낸 것이다. 도 1을 참조하여, 오염수에서 중수소수 및 삼중수소수를 분리해내는 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따른 방사성 물질의 흡착제(10)를 유리관에 채운다. 유리관(11)은 하방은 클램프로 개폐가 가능하고, 상방은 개방되어 있는 구조이다. 유리관(11)의 상방에서 오염수(1)를 흘려준다. 유리관(11)으로 유입되는 오염수(1)에는 물과 중수소수가 포함되어 있다. 유리관에 유입된 오염수(1)는 유리관(11) 내에 채워진 상기 흡착제(10)와 접촉하게 된다. 이때, 오염수(1)에 포함된 중수소수는 물에 비하여, 흡착제에 포함된 수소결합 관능기와 보다 강하게 수소결합을 이룬다. 즉, 관능기는 오염수에 함유된 물이 아닌 중수소수와 수소결합을 이루게 된다.

[0041] 중수소수는 관능기와 수소결합을 이루게 됨으로써, 유리관(11) 밖으로 빠져나가지 못하고, 흡착제(10)에 포획되게 된다. 이때, 흡착제(10)와 수소결합을 이루지 않는 물은 유리관(11)의 하방으로 빠져나가게 된다. 이에 의해, 오염수(1)에서 중수소수가 분리되어, 오염수(1)가 정화될 수 있다.

[0042] 본 발명에 의할 경우, 중수소수 및 삼중수소수를 분리함에 있어서, 별도의 증류단계나 전기분해 등을 수행하지 않더라도, 흡착제에 의해 비교적 용이하게 방사성 물질인 중수소수 및 삼중수소수를 분리할 수 있다.

[0043] 다음으로, 본 발명의 다른 실시예에 따른 방사능 오염수에 포함된 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하여, 오염수를 정화시키는 방사성 물질 흡착제의 제조방법을 설명한다.

[0044] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 방사성 물질 흡착제의 제조방법을 나타낸 순서도이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 방사성 물질 흡착제의 제조방법은, 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자를 합성하는 단계와, 상기 고분자를 용매에 용해시켜 고분자용액을 형상하는 단계와, 상기 고분자용액을 가공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0045] 먼저, 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자를 합성한다(S10).

[0046] 고분자는 폴리우레탄(polyurethane), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymethyl methacrylate), 폴리아크릴산(polyacrylic acid), 폴리아미드(polyamide), 폴리아크릴아미드(polyacrylamide), 폴리비닐아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리테트라에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(polytetraethylene glycol diacrylate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리페닐렌옥사이드(polyphenylene oxide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에스테르(polyester), 폴리비닐리덴클로라이드(polyvinylidene chloride) 및 폴리실록산(polysiloxane)으로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나일 수 있다. 고분자는 상기 나열된 고분자의 단량체를 이용하여 합성할 수 있다. 합성시에는 가교제가 사용될 수 있다.

[0047] 이러한 가교제로는 글루타르알데하이드(glutaraldehyde), N,N'-메틸렌-비스-아크릴아미드(N,N'-metyhlene-bis-acrylamide, BIS), N,N,N',N'-테트라메틸 에틸렌디아민(N,N,N',N'-tetramethyl ethylene diamine), 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(ethylene glycol dimethacrylate), 펜타에리트리톨 트리아크릴레이트(Pentaerythritol triacrylate)에서 선택되는 어느 하나 일 수 있다.

[0048] 형성된 고분자의 가지(branch) 말단에는 수소결합이 가능한 관능기가 치환될 수 있다. 수소결합이 가능한 관능기는 예를 들어, 카르복시기(-COOH), 히드록시기(-OH), 아민기($-NH_2$)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고, 수소결합을 할 수 있는 관능기이면 어느 것이든 될 수 있다. 치환반응은 공지의 치환반응이 사용될 수 있으며, 이에 대한 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0049] 계속해서, 수소결합을 하는 관능기를 포함하는 고분자를 용매에 용해시켜 고분자용액을 형성한다.

[0050] 용매는 1-메틸-2-피롤리돈(1-methyl-2-pyrrolidone; NMP), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol), n-프로판올(n-propanol), n-부탄올(n-butanol), n-헥산(n-hexane), 사이클로헥산올(cyclohexanol), 아세트산(acetic acid), 에틸아세테이트(ethyl acetate), 디에틸에테르(diethyl ether), 디메틸포름아미드(dimethyl formamide; DMF),

디메틸아세트아미드(dimethylacetamide; DMAc), 다이옥산(dioxane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran; THF), 디메틸술폭사이드(dimethyl sulfoxide; DMSO), 시클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 크실렌(xylene), 및 물(water)로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0051] 상기 고분자를 상기 나열된 용매 중 어느 하나에 용해시켜 고분자용액을 형성한다. 고분자용액은 20 내지 60℃의 온도분위기에서 1~5시간 정도 수행할 수 있다.

[0052] 계속해서, 고분자용액을 가공하여, 다양한 형태의 흡착제를 형성한다(S30).

[0053] 고분자용액을 가공하는 첫 번째 방법으로, 고분자용액을 몰드에서 겔화시켜, 상기 고분자가 포함된 하이드로겔을 형성한다. 이때, 다공성 공극을 형성하기 위하여 공극형성물질을 몰드에 첨가하여 준다. 공극형성물질은 예를 들어 나트륨, 칼륨, 용해 가능한 고분자 비드를 사용할 수 있다.

[0054] 고분자용액의 겔화가 완료된 후, 공극형성물질을 제거한다. 이때, 하이드로겔에는 10 내지 300㎛의 공극이 다수개 형성될 수 있다. 또한, 몰드를 제거하여 다공성 하이드로겔의 형성을 완료한다. 다공성 하이드로겔은 일반적으로 하이드로겔의 내부에 공극을 부여함으로써 비표면적을 최대화할 수 있다. 하이드로겔은 제조방법에 따라 다양한 공극구조를 형성할 수가 있는데 공극의 유무, 크기, 형태에 따라 팽윤속도와 흡수성이 달라질 수 있다.

[0055] 형성된 다공성 하이드로겔은 중수소수 및 삼중수소수의 분리막으로 가능할 수 있다. 다수의 공극은 중수소수 및 삼중수소수가 고분자와 접촉할 수 있는 면적을 확장시킬 수 있다. 이에 의해 다공성 하이드로겔 타입의 흡착제가 중수소수 및 삼중수소수를 포획하는 양을 증가시킬 수 있다.

[0056] 고분자용액을 가공하는 두번째 방법으로, 고분자용액을 drop형태로 겔화시켜, 상기 고분자가 포함된 비드를 형성한다. 고분자용액을 실린지, 튜브, 바늘, 깔때기 등의 다양한 주입장치를 통해 고분자용액을 가공하여 하이드로겔의 비드를 형성한다. 이때, 주입장치의 직경 등을 조절하여, 비드의 크기를 조절할 수 있다.

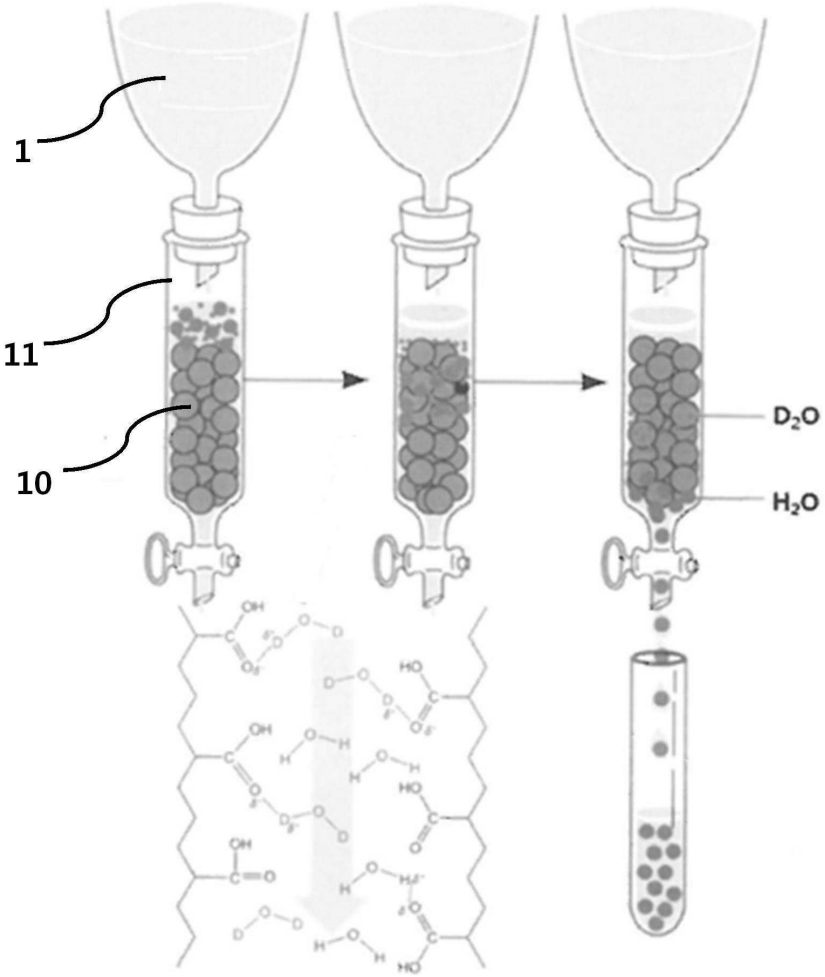
[0057] 비드에 의해, 고분자와 중수소수 및 삼중수소수가 접촉하는 면적이 확장되어, 하이드로겔 비드 타입의 흡착제가 중수소수 및 삼중수소수를 포획하는 양을 증가시킬 수 있다.

[0058] 본 발명의 실시예에 다른 방사성 물질의 흡착제는 상술한 바와 같이, 다공성 하이드로겔 또는 하이드로겔 비드 타입으로 형성될 수 있고, 이러한 형태는 흡착제와 방사성 물질인 중수소수 및 삼중수소수 간의 접촉면적을 늘려, 흡착제가 중수소수 및 삼중수소수를 흡착하는 양을 증가시킬 수 있다.

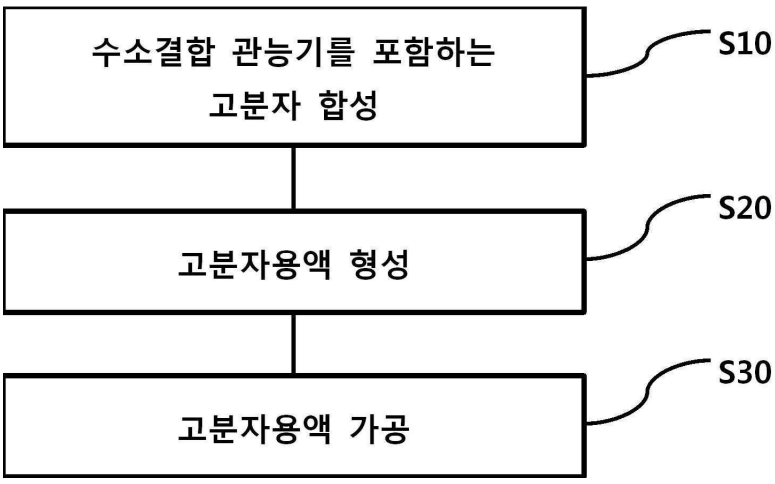
[0059] 이상 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

도면1


1
11
10
D_2O
H_2O

도면2


수소결합 관능기를 포함하는
고분자 합성
S10
고분자용액 형성
S20
고분자용액 가공
S30