



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0123044
(43) 공개일자 2017년11월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21F 9/12 (2006.01) C02F 1/44 (2006.01)
C02F 3/10 (2006.01) C02F 3/32 (2006.01)
C02F 101/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G21F 9/12 (2013.01)
C02F 1/44 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0052187

(22) 출원일자 2016년04월28일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이승엽

서울특별시 서초구 방배중앙로7길 56 청구빌라 103호

구하라

충청남도 공주시 지막골길 11 (오곡동, 오곡교회)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김현진

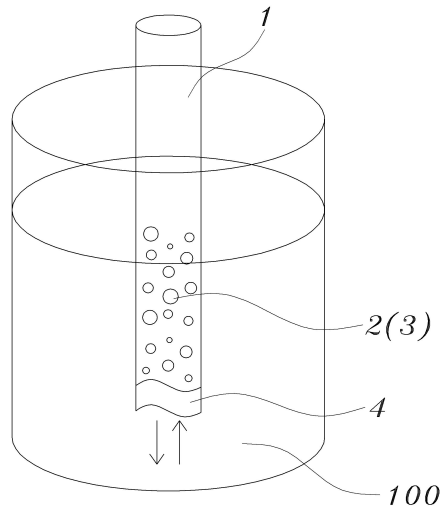
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템

(57) 요약

본 발명은 방사성 오염수에서 방사성 물질을 제거하기 위한 시스템에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 방사성 오염수에 전부 또는 일부가 위치하며 미세조류를 담지한 담체를 수용하는 수용부와 상기 미세조류를 담지하며 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 담체와 상기 담체에 담지되어 방사성 핵종을 흡수하여 방사성 오염수에서 방사성 핵종을 제거하는 미세조류와 상기 수용부의 전부 또는 일부에 형성되어 상기 방사성 핵종을 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 반투과막을 포함하여, 상기 방사성 오염수에 포함되어 있는 방사성 핵종은 상기 반투과막 및 담체를 차례로 통과하여 미세조류와 반응하여 방사성 오염수에서 제거되며, 상기 방사성 핵종을 흡수한 미세조류는 담체를 통과할 수 없으므로 더욱 오염물질의 재방출을 효과적으로 방지할 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템에 대한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C02F 3/10 (2013.01)

C02F 3/322 (2013.01)

C02F 2101/006 (2013.01)

(72) 발명자

이상호

경기도 성남시 중원구 원터로18번길 19, 102동 80
9호 (하대원동, 성원초원아파트)

홍지은

경기도 파주시 시청로 14 (금촌동)

김태윤

경기도 성남시 분당구 야탑로245번길 11, 102동
304호 (야탑동, 목련마을대원빌라)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711025865

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 원자력연구기반확충사업

연구과제명 미세조류 배양 반투과막을 이용한 방사성 물질 제거 기술

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교

연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

방사성 오염수에 전부 또는 일부가 위치하며, 미세조류를 담지한 담체를 수용하는 수용부와; 상기 미세조류를 담지하며, 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 담체와; 상기 담체에 담지되어 방사성 핵종을 흡수하여 방사성 오염수에서 방사성 핵종을 제거하는 미세조류와; 상기 수용부의 전부 또는 일부에 형성되어, 상기 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 반투과막;을 포함하여,

상기 방사성 오염수에 포함되어 있는 방사성 핵종은 상기 반투과막 및 담체를 차례로 통과하여 미세조류와 반응하여 방사성 오염수에서 제거되는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 담체는 알지네이트 비드가 사용되며, 상기 알지네이트 비드 내에 미세조류가 위치하는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 담체는 2 내지 5mm의 직경을 가지는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 미세조류를 담지한 알지네이트 비드는

미세조류를 알지네이트 용액에 혼합하여 혼합용액을 준비하며, 염화칼슘 용액에 상기 혼합용액을 방울방울 떨어뜨려서 형성되는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 반투과막은

직경이 0.45 내지 1 μ m인 다수 개의 미세기공을 가지는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 반투과막은

반투과 특성을 지닌 고분자막 또는 섬유 재질 막 중의 어느 하나로 이루어지는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 반투과막은

카폭 섬유와 나일론 막의 복합체로 형성되는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 방사성 핵종은

세슘(Cesium-137) 또는 스트론튬(Strontium-90)인 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기

위한 반투과막 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 미세조류는

클로렐라 속 또는 헤마토코쿠스 속 미세조류인 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 수용부는 상기 담체를 에워싸며 일측에 반투과막이 형성되어, 일정시간 동안 방사성 핵종과 미세조류가 반응한 후 상기 수용부를 방사성 오염수에서 제거하여 상기 수용부 내의 방사성 핵종을 흡수한 미세조류가 담지된 담체를 분리할 수 있고,

상기 수용부는 내부에 담체를 수용하는 원통형의 형상을 가지고, 상기 수용부의 하면에는 반투과막이 형성되는 것을 특징으로 하는 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사성 오염수에서 방사성 물질을 제거하기 위한 시스템에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 방사성 오염수에 전부 또는 일부가 위치하며 미세조류를 담지한 담체를 수용하는 수용부와 상기 미세조류를 담지하며 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 담체와 상기 담체에 담지되어 방사성 핵종을 흡수하여 방사성 오염수에서 방사성 핵종을 제거하는 미세조류와 상기 수용부의 전부 또는 일부에 형성되어 상기 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 반투과막을 포함하여, 상기 방사성 오염수에 포함되어 있는 방사성 핵종은 상기 반투과막 및 담체를 차례로 통과하여 미세조류와 반응하여 방사성 오염수에서 제거되며, 상기 방사성 핵종을 흡수한 미세조류는 담체를 통과할 수 없으므로 더욱 오염물질의 재방출을 효과적으로 방지할 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 발전분야, 의학분야, 산업분야 등 여러 분야에서 원자력 이용이 증가함에 따라, 방사성 폐기물의 양이 증가하여 환경적 및 사회적으로 많은 문제를 일으키고 있다. 또한, 체르노빌, 후쿠시마 등의 원전 사고에서 방출된 많은 양의 방사성 핵종은 이미 최고수준에 도달했고 광범위한 환경오염의 원인이 되고 있다. 저준위 방사성 폐기물이라고 하더라도 인체 및 환경에 극히 유해하므로, 폐기시 적절한 처리가 요구된다. 따라서, 상기 방사성 폐기물(폐액)로 인한 환경오염의 문제를 해결하기 위해, 최근 아래 특허문헌처럼 미세조류를 이용하여 방사성 폐기물을 처리하는 방법이 개발되고 있다.

[0003] <특허문헌>

[0004] 특허공개공보 제10-2015-0003619호(2015. 01.09. 공개) "미세조류를 이용한 방사성 핵종의 제거방법"

[0005] 하지만, 종래의 미세조류를 이용하는 방법은 친환경적으로 방사성 핵종을 제거할 수 있으나, 오염지역에 미세조류를 직접적으로 적용하여 대량의 오염수를 정화하는 경우 방사성 핵종을 흡수한 미세조류를 오염지역에서 분리하는 것이 어려운 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

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

[0007] 본 발명은 방사성 핵종과 반응한 미세조류를 용이하게 분리 수거할 수 있어, 대량의 방사능 오염수의 정화를 손쉽게 할 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 방사성 핵종이 통과할 수 있으나 미세조류가 통과할 수 없는 반투과막을 이용하여, 방사성 핵종과 반응한 미세조류를 공간적으로 분리할 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 또한, 본 발명은 방사성 핵종은 통과할 수 있으나 미세조류가 통과할 수 없는 담체(알지네이트 비드) 내에 미세조류가 위치하여, 오염물질과 반응한 미세조류의 방출을 추가로 방지할 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 본 발명은 미세조류가 알지네이트 비드 내에 위치하므로 미세조류의 생존기간을 증대시킬 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 또한, 본 발명은 카복섬유와 나일론메쉬의 복합체, 부직포와 나일론메쉬의 복합체 등의 복합 반투과막을 사용하여 오염물질의 제거 효율을 더욱 향상시킬 수 있는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은 앞서 본 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 구성을 가진 실시예에 의해 구현된다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템은 방사성 오염수에 전부 또는 일부가 위치하며, 미세조류를 담지한 담체를 수용하는 수용부와; 상기 미세조류를 담지하며, 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 담체와; 상기 담체에 담지되어 방사성 핵종을 흡수하여 방사성 오염수에서 방사성 핵종을 제거하는 미세조류와; 상기 수용부의 전부 또는 일부에 형성되어, 상기 방사성 핵종은 통과시키나 미세조류를 통과시키지 않는 반투과막;을 포함하여, 상기 방사성 오염수에 포함되어 있는 방사성 핵종은 상기 반투과막 및 담체를 차례로 통과하여 미세조류와 반응하여 방사성 오염수에서 제거되는 것을 특징으로 하는 한다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 담체는 알지네이트 비드가 사용되며, 상기 알지네이트 비드 내에 미세조류가 위치하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 담체는 2 내지 5mm의 직경을 가지는 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 미세조류를 담지한 알지네이트 비드는 미세조류를 알지네이트 용액에 혼합하여 혼합용액을 준비하며, 염화칼슘 용액에 상기 혼합용액을 방울방울 떨어뜨려서 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 반투과막은 직경이 0.45 내지 1 μ m인 다수 개의 미세기공을 가지는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 반투과막은 반투과 특성을 지닌 고분자막 또는 섬유 재질 막 중의 어느 하나로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 반투과막은 카복 섬유와 나일론 막의 복합체로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 방사성 핵종은 세슘(Cesium-137) 또는 스트론튬(Strontium-90)인 것을 특징으로 하는 특징으로 한다.

[0021] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 미세조류는 클로렐라 속 또는 헤마토코쿠스 속 미세조류인 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명에 따른 방사성 물질을 제거하기 위한 반투과막 시스템에 있어서 상기 수용부는 상기 담체를 에워싸며 일측에 반투과막이 형성되어, 일정시간 동안 방사성 핵종과 미세조류가 반응한 후 상기 수용부를 방사성 오염수에서 제거하여 상기 수용부 내의 방사성 핵종을 흡수한 미세조류가 담지된 담체를 분리할 수 있고, 상기 수용부는 내부에 담체를 수용하는 원통형의 형상을 가지고, 상기 수용부의 하면에는 반투과막이 형성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명은 앞서 본 실시예에 의해 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.
- [0024] 본 발명은 방사성 핵종과 반응한 미세조류를 용이하게 분리 수거할 수 있어, 대량의 방사능 오염수의 정화를 손쉽게 할 수 있는 효과가 있다.
- [0025] 또한, 본 발명은 방사성 핵종이 통과할 수 있으나 미세조류가 통과할 수 없는 반투과막을 이용하여, 방사성 핵종과 반응한 미세조류를 공간적으로 분리할 수 있는 효과가 있다.
- [0026] 또한, 본 발명은 방사성 핵종은 통과할 수 있으나 미세조류가 통과할 수 없는 담체(알지네이트 비드) 내에 미세조류가 위치하여, 오염물질과 반응한 미세조류의 방출을 추가로 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 미세조류가 알지네이트 비드 내에 위치하므로 미세조류의 생존기간을 증대시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 카복시염기와 나일론메쉬의 복합체, 부직포와 나일론메쉬의 복합체 등의 복합 반투과막을 사용하여 오염물질의 제거 효율을 더욱 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반투과막 시스템을 나타내는 개략도.
- 도 2는 도 1의 반투과막 시스템에서 방사성 오염수 정화원리를 나타내는 모식도.
- 도 3 및 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투과막 시스템을 이용하는 실험 방법을 설명하기 위한 참고도.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 반투과막 시스템을 이용하여 실시한 실험결과를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하에서는 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 첨부된 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.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 미세조류를 함유한 담체를 이용하여 방사성 물질을 제거하기 위한 복합 반투과막 시스템을 도 1 및 2를 참조하여 설명하면, 상기 반투과막 시스템은 방사성 오염수(100)에 전부 또는 일부가 위치하며, 미세조류(3)를 담지한 담체(2)를 수용하는 수용부(1)와; 상기 미세조류(3)를 담지하며, 방사성 핵종(110)은 통과시키나 미세조류(3)를 통과시키지 않는 담체(2)와; 상기 담체(2)에 담지되어 방사성 핵종(110)을 흡수하여 방사성 오염수(100)에서 방사성 핵종(100)을 제거하는 미세조류(3)와; 상기 수용부(1)의 전부 또는 일부에 형성되어, 상기 방사성 핵종(110)은 통과시키나 미세조류(3)를 통과시키지 않는 반투과막(4);을 포함하여, 상기 방사성 오염수(100)에 포함되어 있는 방사성 핵종(110)은 상기 반투과막(4) 및 담체(2)를 차례로 통과하여 미세조류(2)와 반응하여 방사성 오염수(100)에서 제거되며, 상기 방사성 핵종(110)을 흡수한 미세조류(3)는 담체(2)를 통과할 수 없으므로 더욱 오염물질의 재방출을 효과적으로 방지할 수 있는 특징이 있다.
- [0034] 상기 수용부(1)는 방사성 오염수(100)에 전부 또는 일부가 위치하며 미세조류(3)를 담지한 담체(2)를 수용하는 구성으로, 상기 수용부(1)는 전부 또는 일부가 반투과막(4)으로 이루어질 수 있다. 상기 수용부(1)는 일정 형상을 가지나 바람직하게는 상기 미세조류(3)를 담지한 담체(2)를 에워싸고 일 측에 반투과막(4)이 형성되는 형태를 가지며, 더욱 바람직하게는 내부에 담체(3)를 수용하는 원통형의 형상을 가지고 상기 수용부(1)의 하면에 반투과막(4)이 형성되게 된다. 상기 방사성 오염수(100)는 예컨대 세슘(Cesium-137), 스트론튬(Strontium-90), 요오드(Iodine-131) 등의 방사성 핵종을 포함한다.

[0036]

상기 담체(2)는 상기 수용부(1) 내에 위치하며 상기 미세조류(3)를 담지하는 구성으로, 방사성 핵종(110)을 통과시키나 미세조류(3)를 통과시키지 않으며 미세조류(3)가 안정적으로 생존할 수 있게 한다. 예컨대, 상기 담체(2)는 알지네이트 비드가 사용될 수 있으며 상기 알지네이트 비드 내에 미세조류가 위치하게 된다. 상기 미세조류(2)를 담지한 알지네이트 비드는 일정 직경을 가지나 바람직하게는 2 내지 5mm의 직경을 가진다. 상기 미세조류를 담지한 알지네이트 비드의 제조방법을 살펴보면, 증류수에 알지네이트 나트륨을 넣고 일정시간 동안 교반시켜 알지네이트 용액을 준비하고, 미세조류를 알지네이트 용액에 혼합하여 혼합용액을 준비하며, 염화칼슘 용액에 혼합용액을 방울방울 떨어뜨려서 미세조류가 담지된 알지네이트 비드를 제조할 수 있다.

[0038]

상기 미세조류(3)는 상기 담체(2)에 담지되며, 방사성 핵종(110)과 반응(방사성 핵종을 흡수(흡착))하여 방사성 오염수(100)에서 방사성 핵종(110)을 제거하는 구성으로, 방사성 핵종을 제거할 수 있는 다양한 미세조류가 사용되게 된다. 일 예로, 상기 미세조류는 클로렐라(*Chlorella*) 속 또는 헤마토코쿠스(*Haematococcus*) 속의 종이 사용되며, 상기 클로렐라 속의 종은 클로렐라 아니트라타(*Chlorella anitrata*), 클로렐라 안타라크티카(*Chlorella antarctica*), 클로렐라 아우레오비리디스(*Chlorella aureoviridis*), 클로렐라 캔디다(*Chlorella Candida*), 클로렐라 캡슐라타(*Chlorella capsulata*), 클로렐라 데식카타(*Chlorella desiccata*), 클로렐라 엘립소이데아(*Chlorella ellipsoidea*), 클로렐라 에메르소니이(*Chlorella emersonii*), 클로렐라 푸스카(*Chlorella fusca*), 클로렐라 푸스카 var. 바쿠올라타(*Chlorella fusca var. vacuolata*), 클로렐라 글루코트로파(*Chlorella glucotropha*), 클로렐라 인퓨시오눔(*Chlorella infusionum*), 클로렐라 인퓨시오눔 var. 악토피라(*Chlorella infusionum var. Actophila*), 클로렐라 인퓨시오눔 var. 아우세노필라(*Chlorella infusionum var. Auxenophila*), 클로렐라 케슬러리(*Chlorella kessleri*), 클로렐라 루테오비리디스(*Chlorella luteoviridis*), 클로렐라 루테오비리디스 var. 아우레오비리디스(*Chlorella luteoviridis var. aureoviridis*), 클로렐라 루테오비리디스 var. 루테센스(*Chlorella luteoviridis var. Lutescens*), 클로렐라 미니아타(*Chlorella miniata*), 클로렐라 미누티시마(*Chlorella minutissima*), 클로렐라 무타빌리스(*Chlorella mutabilis*), 클로렐라 녹투르나(*Chlorella nocturna*), 클로렐라 파르바(*Chlorella parva*), 클로렐라 포토필라(*Chlorella photophila*), 클로렐라 프링세이미이(*Chlorella pringsheimii*), 클로렐라 프로토테코이드(*Chlorella protothecoides*), 클로렐라 레귤라리스(*Chlorella regularis*), 클로렐라 레귤라리스 var. 미니마(*Chlorella regularis var. minima*), 클로렐라 레귤라리스 var. 움브리카타(*Chlorella regularis var. umbricata*), 클로렐라 레이시글리이(*Chlorella reisiiglii*), 클로렐라 사카로필라(*Chlorella saccharophila*), 클로렐라 사카로필라 var. 엘립소이데아(*Chlorella saccharophila var. ellipsoidea*), 클로렐라 살리나(*Chlorella salina*), 클로렐라 심플렉스(*Chlorella simplex*), 클로렐라 소로키니아나(*Chlorella sorokiniana*), 클로렐라 스파에리카(*Chlorella sphaerica*), 클로렐라 스티그마토포라(*Chlorella stigmatophora*), 클로렐라 반니엘리이(*Chlorella vanniellii*), 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*), 클로렐라 불가리스 에프. 테르티아(*Chlorella vulgaris f. tertia*), 클로렐라 불가리스 var. 아이리디스(*Chlorella vulgaris var. airidis*), 클로렐라 불가리스 var. 불가리스(*Chlorella vulgaris var. vulgaris*), 클로렐라 불가리스 var. 불가리스 에프. 테르티아(*Chlorella vulgaris var. vulgaris f. tertia*), 클로렐라 불가리스 var. 불가리스 에프. 비리디스(*Chlorella vulgaris var. vulgaris f. viridis*), 클로렐라 크산텔라(*Chlorella xanthella*), 및 클로렐라 조핀지엔시스(*Chlorella zofingiensis*)로 구성된 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상이 사용될 수 있으며, 상기 헤마토코쿠스 속의 종은 헤마토코쿠스 카펜시스(*Haematococcus capensis*), 헤마토코쿠스 카로셀루스(*Haematococcus carocellus*), 헤마토코쿠스 드로에바켄시스(*Haematococcus droebakensis*), 헤마토코쿠스 라쿠스트리스(*Haematococcus lacustris*), 헤마토코쿠스 무로룸(*Haematococcus murorum*), 헤마토코쿠스 플루비아리스(*Haematococcus pluvialis*), 헤마토코쿠스 써마리스(*Haematococcus thermalis*), 헤마토코쿠스 짐바브웨인시스(*Haematococcus zimbabweensis*), 헤마토코쿠스 옵투스스피너스(*Haematococcus obtusispinus*), 헤마토코쿠스 인시그니스(*Haematococcus insignis*), 헤마토코쿠스 트런카티스피너스(*Haematococcus truncatispinus*), 헤마토코쿠스 살리누스(*Haematococcus salinus*), 헤마토코쿠스 산귀네우스(*Haematococcus sanguineus*), 헤마토코쿠스 알마니(*Haematococcus allmanii*) 및 헤마토코쿠스 브엣스클리(*Haematococcus buetschlii*)로 구성된 군으로부터 어느 하나 이상이 사용될 수 있다. 바람직하게는 클로렐라 소로키니아나(*Chlorella sorokiniana*) 또는 클로렐라 불가리스(*Chlorella vulgaris*) 또는 헤마토코쿠스 플루비아리스(*Haematococcus pluvialis*)가 사용된다. 제거 가능한 방사성 핵종은 세슘(Cesium-137), 스트론튬(Strontium-90), 요오드(Iodine-131), 우라늄(Uranium-238), 바륨(Barium-133), 카드뮴(Cadmium-109), 코발트(Cobalt-57), 코발트(Cobalt-60), 유로퓸(Europium-152), 망간

(Manganese-54), 나트륨(Sodium-22), 아연(Zinc-22), 테크네튬(Technetium-99m), 탈륨(Thallium-204), 폴로늄(Polonium-210), 아메리슘(Americium-241), 요오드(Iodine-131) 등을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 상기 미세조류(3)를 담지한 담체(2)는 완충용액 혼합되어 상기 수용부(1) 내에 위치하게 되는데, 상기 완충용액은 일 예로 NaHCO_3 완충용액, NaHCO_3 , NaNO_3 및 NaCl 을 포함하는 완충용액 등이 사용될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 상기 완충용액은 다양한 영양염류를 배제한 순수한 기본 완충용액만으로 구성되는 것이 바람직한데, 이는 과도한 영양물질 및 기타 이온들이 존재할 경우에 미세조류에 의한 방사성 핵종의 흡착 및 흡수를 해석하는데 변수가 될 수 있고, 완충용액 내 다양한 원소와의 반응을 통해 방사성 핵종의 자체 침전이 발생할 수 있기 때문에 불필요한 성분은 배제한다.

[0040] 상기 반투과막(4)은 상기 수용부(1)의 전부 또는 일부에 형성되어, 상기 방사성 핵종(110)은 통과시키나 미세조류(또는 담체)를 통과시키지 않는 구성으로, 상기 방사성 오염수(100)에 포함되어 있는 방사성 핵종(110)은 상기 반투과막(4)을 통과하여 담체(2)에 담지된 미세조류(4)와 반응하여 방사성 오염수(110)에서 제거되며, 상기 방사성 핵종(110)을 흡수한 미세조류(2)가 담지된 담체(2)는 상기 수용부(1)에 의해 공간적으로 분리되게 된다. 상기 반투과막(4)은 일정 소재로 이루어지나, 바람직하게는 반투과 특성을 지닌 고분자막 또는 섬유 재질 막 중의 어느 하나로 이루어지며, 더욱 바람직하게는 셀룰로즈 아세테이트, 폴리비닐이덴 플루오라이드, 하이드로젤 및 나일론 중의 어느 하나로 이루어진다. 상기 반투과막의 미세기공의 직경이 $0.45\mu\text{m}$ 보다 작은 경우 방사성 핵종을 통과시킬 수 없으며 $1\mu\text{m}$ 보다 큰 경우 미세조류가 통과할 수 있어, 상기 반투과막의 미세기공의 직경은 0.45 내지 $1\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.

[0041] 또한, 상기 반투과막(4)은 다양한 소재의 복합체로 이루어질 수 있으며, 예컨대 카폭 섬유와 나일론 막의 복합체, 부직포와 나일론 막의 복합체 등으로 이루어질 수 있다. 상기 카폭(Kapok) 섬유는 무게의 35배의 부력을 가지고 오일 유착력이 강하며 중금속 제거에도 효과가 있고, 카폭섬유로부터 알지네이트 비드의 분리가 용이하고, 카폭섬유와 나일론 막의 복합체는 이온 투과율이 좋고, 카폭 섬유는 반복 사용이 가능한 장점이 있다. 또한, 나일론 막과 부직포로 결합된 반투과막의 경우, 이온 투과율은 좋고, 미세조류의 재방류를 효과적으로 방지할 수 있다. 상기 반투과막 시스템을 이용하여 방사성 오염수를 정화하는 방법, 즉 방사성 핵종을 방사성 오염수에서 제거하는 방법을 살펴보면, 미세조류(3)가 담지된 담체(3)와 완충용액을 수용하는 수용부(1)를 방사성 오염수(100)에 위치시키면, 상기 담체(미세조류)는 반투과막(4)을 통해 이동할 수 없으나 상기 방사성 핵종(110)은 반투과막(4), 담체(2)를 통해 이동할 수 있어, 상기 방사성 오염수(100)에 존재하는 방사성 핵종(110)은 상기 수용부(1)의 형성된 반투과막(4) 및 담체(2)를 차례로 통과하여 담체(2) 내부의 미세조류(3)와 반응하여 미세조류(3)에 흡착하게 되어 상기 방사성 오염수(100)에서 제거되게 된다. 이후, 상기 수용부(1)를 방사성 오염수(100)에서 들어올려 상기 수용부(1) 내의 방사성 핵종(110)을 흡수한 미세조류(3)가 담지된 담체(2)를 용이하게 분리 수거할 수 있어, 대량의 방사능 오염수의 정화를 손쉽게 할 수 있게 된다. 본 발명은 방사성 핵종의 제거뿐만 아니라 유해한 중금속의 제거에도 활용될 수 있다.

[0043] 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.

[0045] <실시예> 미세조류를 담지한 알지네이트 비드의 제조

[0046] (1) 증류수에 알지네이트 나트륨을 넣고 1시간 동안 교반시켜서 1%의 알지네이트 용액을 준비하고, 3mM NaHCO_3 으로 씻어낸 클로렐라 불가리스를 원심분리기를 이용하여 분리하여 알지네이트 용액에 혼합시켜, 혼합용액을 준비한다.

[0047] (2) 1%의 염화칼슘 용액에 상기 혼합용액을 피펫을 이용하여 방울방울 떨어뜨리고 1시간 반응시킨 후, 반응물을 3mM NaHCO_3 로 씻고 건조하여 도 3의 (a)에 도시된 바와 같은 미세조류가 담지된 알지네이트 비드(시료 1)를 제조하였다.

[0049] <비교예> 알지네이트 비드의 제조

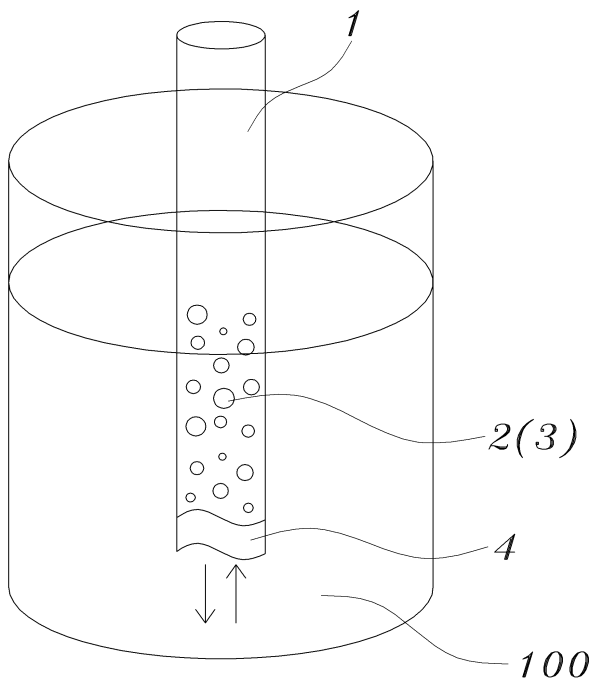
- [0050] (1) 증류수에 알지네이트 나트륨을 넣고 1시간 동안 교반시켜서 1%의 알지네이트 용액을 준비한다.
- [0051] (2) 1%의 염화칼슘 용액에 상기 알지네이트 용액을 피펫을 이용하여 방울방울 떨어뜨리고 1시간 반응시킨 후, 반응물을 3mM NaHCO_3 로 씻고 건조하여 도 3의 (b)에 도시된 바와 같은 알지네이트 비드(시료 2)를 제조하였다.
- [0053] <실험예> 미세조류를 담지한 알지네이트 비드의 방사성 제거 효과 확인
- [0054] (1) 폴리카보네이트 용기의 밑 부분을 1cm 자른 후, 1 μm 나일론 메쉬와 부직포(7x7cm)를 무독성, 수중전용 실리 콘계 접착제를 이용하여 상기 용기에 접합시켜, 반투과막이 형성된 수용부를 형성한다. 상기 수용부에 시료 1을 넣고, 상기 수용부를 300mL의 100ppb $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 수용액이 채워진 비이커에 넣은 후, 수용부 내부에 100mL의 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 수용액이 채워지면, 비이커에 50mL의 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 수용액을 추가로 첨가하여 반응시키고(도 4의 (a) 참조), 반응 후 1, 5, 10일이 지난 시점의 비이커 내의 용액을 채취하여 ICP-OES로 시료를 분석하여 그 결과를 도 5에 나타내었다. 분석결과에서 초기 Sr 이온의 농도가 결과상 정확하지가 않아서, Sr 이온 농도의 정량값을 %로 변환하여 결과를 분석하였다.
- [0055] (2) 시료 1 대신에 시료 2를 첨가한 것을 제외하고는 실험예 (1)과 동일하게 실험하였다(도 4의 (b) 참조).
- [0056] (3) 도 5를 보면, 5일 배양 후 시료 1을 사용한 경우 27%의 Sr 이온 제거율을 나타내었는데 반해 시료 2를 사용한 경우 21%의 Sr 이온 제거율을 나타내었고, 10일 배양 후 시료 1을 사용한 경우 44%의 Sr 이온 제거율을 나타내었는데 반해 시료 2를 사용한 경우 28%의 Sr 이온 제거율을 나타내었다. 이를 통해, 담체를 통과한 방사성 핵종이 미세조류와 반응하여 방사성 오염수에서 제거됨을 알 수 있다.
- [0058] 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.

부호의 설명

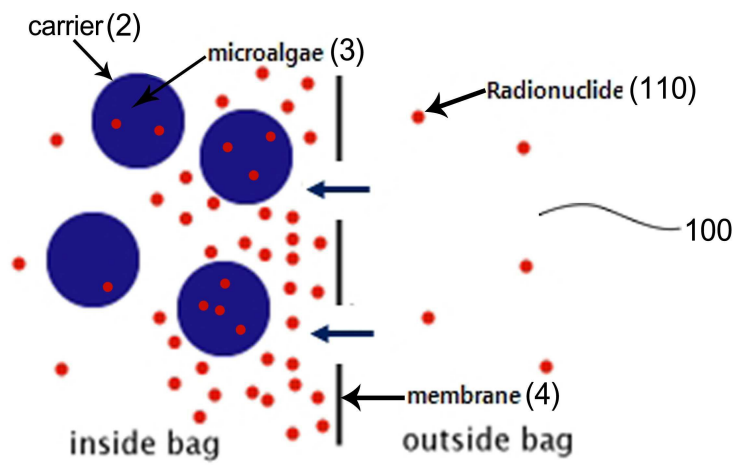
- [0059] 1: 수용부 2: 담체 3: 미세조류
- 4: 담체 100: 방사성 오염수 110: 방사성 핵종

도면

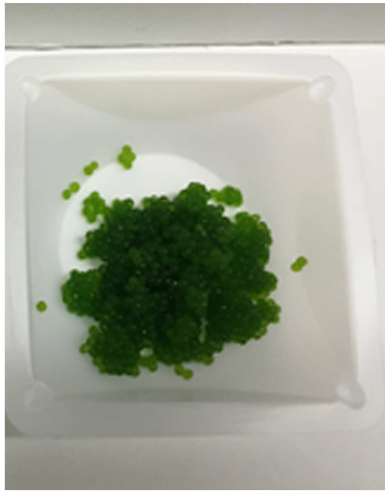
도면1



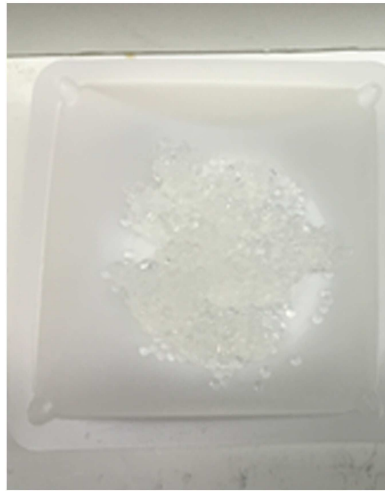
도면2



도면3



(a)



(b)

도면4



(a)



(b)

도면5

