

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0021567 (43) 공개일자 2012년03월09일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C12M 3/00 (2006.01) C12N 1/12 (2006.01) C12R 1/89 (2006.01)		(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)
(21) 출원번호	10-2010-0076448	(72) 발명자 이철균 서울특별시 서초구 신반포로 9, 91동 401호 (반포동)
(22) 출원일자	2010년08월09일	임상민 인천광역시 부평구 부흥로 246, 동아2단지 아파트 21동 1103호 (부평동)
심사청구일자	없음	(74) 대리인 김남식, 양기혁, 박기원, 한윤호, 이인행

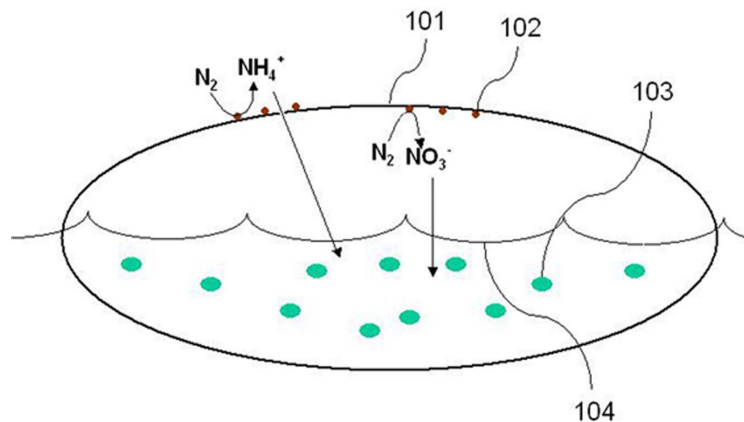
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 광촉매를 구비한 광생물반응기 및 이를 이용한 미세조류 배양방법

(57) 요약

광촉매가 구비되어, 공중 또는 수중의 질소(N_2)를 광합성 미세조류가 이용할 수 있는 질산염, 암모니아 또는 암모늄으로 전환시킬 수 있는 부양형 광생물반응기가 제공된다. 본 발명의 부양형 광생물반응기에 의하면, 외부의 에너지 및 부가적인 영양성분의 공급이 없이도, 해양에서 광합성 미세조류를 효율적으로 배양할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

배재한

인천광역시 남구 인하로77번길 28, 나동 201호 (용현동, 새한아파트)

조광국

대전광역시 유성구 노은서로 222, 열매마을 103동 704호 (지족동)

김지훈

인천광역시 서구 가좌3동 13통 3반 신한연립 바동 1호

강신애

인천광역시 남구 토금북로27번길 12, A동 302호 (용현동, 삼원아트빌)

김혜정

인천광역시 남동구 서창동 서창자이 아파트 103동 502호

특허청구의 범위

청구항 1

광촉매가 전체 또는 부분적으로 도포된 광투과 소재로 이루어진 배양용기(culture vessel) 및 상기 배양용기가 고정되는 부양수단을 포함하는 부양형 광생물반응기.

청구항 2

광투과 소재로 이루어진 배양용기(culture vessel) 및 부양수단을 포함하는 부양형 광생물반응기에 있어서, 상기 배양용기의 내벽과 연결되는 격벽이 하나 이상 부가되며, 상기 격벽의 전부 또는 일부분에 광촉매가 코팅된 것을 특징으로 하는 부양형 광생물반응기.

청구항 3

광투과 소재로 이루어진 배양용기 및 부양수단을 포함하는 부양형 광생물반응기에 있어서, 상기 백 내부에 광촉매를 포함하는 부유가능한 미세구슬(microbead) 또는 미세구체(microsphere)가 포함된 부양형 광생물반응기.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광투과 소재는 유리, 플라스틱, 반투과막, 특정 파장 필터 기능이 있는 재질, 기체와 영양염류를 투과나 차단이 가능한 광투과 소재가 사용될 수 있는데, 가급적이면 유연한 재질인, 부양형 광생물반응기.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 반투과막은 셀룰로오스, 초산셀룰로오스(cellulose acetate, CA), 2.5 초산셀룰로오스(cellulose 2.5 acetate), 삼초산셀룰로오스(cellulose triacetate, CTA), 변형 셀룰로오스(modified cellulose), 큐로판(curophan), 폴리비닐알콜(polyvinylalcohol, PVA), 폴리(메틸 메타크릴레이트){poly(methyl methacrylate), PMMA}, 에틸렌-비닐 알콜 공중합체(ethylene-vinyl alcohol copolymer, EVA), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile, PAN), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide), 폴리설폰(polysulfone, PSF) 또는 폴리(에틸렌-코-비닐아세테이트)인, 부양형 광생물반응기.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 불투과성 플라스틱은 폴리에틸렌, 폴리스티렌(PS) 폴리프로필렌, PET(polyethylene terephthalate), HDPE(hidensity polyethylene), 폴리카보네이트인, 부양형 광생물반응기.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광촉매는 질소 가스(N_2)를 질산염이온(NO_3^-), 암모니아(NH_3) 또는 암모늄이온(NH_4^+)로 전환시킬 수 있는, 부양형 광생물반응기.

청구항 8

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광촉매는 아나타제상 TiO_2 , 루틸상 TiO_2 , ZnO, CdS, ZrO_2 , CdSe, SnO_2 , V_2O_5 , WO_3 , $SrTiO_3$ 또는 $Fe_2Ti_2O_7$ 이 사용될 수 있으며, 이중 TiO_2 또는 $Fe_2Ti_2O_7$ 인, 부양형 광생물반응기.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 광촉매는 배양용기의 내면 및/또는 외면에 코팅되는, 부양형 광생물반응기.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 배양용기는 그 내부에 광합성 미세조류를 포함하지 않는 해수 또는 담수가 담긴 외막을 추가적으로 구비하고, 상기 외막에 광촉매가 코팅되는, 부양형 광생물반응기.

청구항 11

제 2 항에 있어서, 상기 격벽은 수면과 수평 또는 수직방향으로 설치되는, 부양형 광생물 반응기.

청구항 12

제 2 항에 있어서, 상기 격벽은 불투과성 플라스틱 또는 반투과막인, 부양형 광생물반응기.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 반투과막은 셀룰로오스, 초산셀룰로오스(cellulose acetate, CA), 2.5 초산셀룰로오스(cellulose 2.5 acetate), 삼초산셀룰로오스(cellulose triacetate, CTA), 변형 셀룰로오스(modified cellulose), 큐로판(curophan), 폴리비닐알콜(polyvinylalcohol, PVA), 폴리(메틸 메타크릴레이트){poly(methyl methacrylate), PMMA}, 에틸렌-비닐 알콜 공중합체(ethylene-vinyl alcohol copolymer, EVA), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile, PAN), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide), 폴리설폰(polysulfone, PSF) 또는 폴리(에틸렌-코-비닐아세테이트)인, 부양형 광생물반응기.

청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 불투과성 플라스틱은 폴리에틸렌, 폴리스티렌(PS) 폴리프로필렌, PET(polyethylene terephthalate), HDPE(hidensity polyethylene), 폴리카보네이트인, 부양형 광생물반응기.

청구항 15

제 3 항에 있어서, 상기 미세구슬은 실리카겔, 유리, 세라믹 또는 지르코니아로 이루어지는, 부양형 광생물반응기.

청구항 16

제 3 항에 있어서, 상기 미세구체는 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 유리, 세라믹, 리포솜 또는 페리틴으로 이루어지는, 부양형 광생물반응기.

청구항 17

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항의 광생물반응기의 배양용기 내부에 해수 또는 담수를 채우는 단계;

상기 해수 또는 담수에 광합성 미세조류를 접종하는 단계;

상기 배양용기를 밀봉하여 부양수단에 연결한 후 해양 또는 담수에 투입하는 단계; 상기 광합성 미세조류를 태양광에 의해 배양하는 단계; 및

배양 종료 후 상기 배양용기를 부양수단으로부터 분리하여 내부의 미세조류를 회수하는 단계를 포함하는 상기 광생물반응기를 이용한 광합성 미세조류의 배양방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 광합성 미세조류는 *Botryococcus*, *Chlorella*, *Cryptocodinium*, *Cylindrotheca*, *Dunaliella*, *Isochrysis*, *Monallanthus*, *Nannochloris*, *Nannochloropsis*, *Neochloris*, *Nitzschia*, *Phaeodactylum*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis* 또는 *Haematococcus*인, 광합성 미세조류의 배양방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서, 상기 해수 또는 담수는 필터로 여과된 것인, 광합성 미세조류의 배양방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광생물반응기 및 이를 이용한 미세조류 배양방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 근래 들어, 기능적 다양성으로 인해 광합성 미생물이나 미세조류에 관한 관심이 높아지고 있으며, 다양한 분야에서 그 연구의 범위가 넓어지고 있다. 미세조류는, 광합성 능력을 보유함에 따라, 지구온난화와 같은 환경 문제로 인해 최근 큰 관심의 대상이 되고 있는 이산화탄소 절감에 관한 연구에 활발히 사용되고 있으며, 화석연료의 고갈에 대비한 지속가능한 에너지원으로 주목되고 있는 바이오 디젤, 바이오 에탄올 및 수소가스 등과 같은 바이오에너지의 생산과 관련된 연구에도 활용되고 있다.

[0003] 그러나 미세조류를 이용한 양적으로 의미 있는 이산화탄소의 제거나, 바이오에너지와 같은 유용한 산물의 대량 생산을 위해서는 반드시 미세조류 배양이 대규모적이고 고농도로 이루어져야 한다. 따라서, 규모가 큰 배양설비의 구축과 관련된 기술이 필수적으로 요구되고 있는 실정이다. 종래에는 실내에 설치되는 여러 형태의 광생물 반응기가 미세조류를 배양하기 위한 배양설비로 사용되고 있다. 이와 같은, 광생물 반응기는 대부분 빛의 투과성을 증대시키고 멸균처리가 가능한 고가의 파이렉스(pyrex)와 같은 유리나 이를 응용한 재질로 만들어지고, 인공적인 조명수단이 갖추어져야 함에 따라, 제작을 위해 많은 자본과 기술이 투자되어야 하며, 제작 후에도 유지보수와 운영에 많은 비용을 필요로 한다. 이와 같은 광생물 반응기는 규모를 확대하는데 많은 비용이 필요할 뿐만 아니라 넓은 공간을 필요로 함에 따른 공간적 제약 또한 수반된다. 나아가, 미세조류 배양을 위한 배지를 조제하여 공급해주고 주기적으로 교환해주어야 하며, 미세조류가 성장하면서 배출하는 배설물과 성장을 방해하는 대사 산물을 제거해주어야 한다. 즉, 제작비용과 공간적 제약에 더하여 관리 및 운영에 많은 인력과 장비 및 비용을 필요로 하는 문제점이 있다.

[0004] 따라서, 상업적인 대량배양을 위해서는 경제성 확보가 무엇보다 중요한 선결조건일 수밖에 없다는 점을 고려하면, 규모확대시 제작과 유지보수에 많은 비용이 소요되고, 넓은 공간을 필요로 하며, 조명수단의 가동과 배지의 조제 및 배지의 교환과 관련된 운영비용이 수반되는, 종래기술에 따른 광생물 반응기를 활용한 미세조류의 배양은, 연구목적의 소규모 배양용으로는 적절할지 몰라도, 경제성을 고려하지 않을 수 없는 상업적인 대규모 배양용으로는 현실적으로 적절한방안이라 할 수 없을 것이다.

[0005] 이와 같이, 비용 및 공간과 관련된 문제들은, 바이오에너지를 포함하는 유용한 산물을 생산하거나 이산화탄소를 제거하기 위해 미세조류가 활용되는 것을 어렵게 하는 큰 걸림돌이 되고 있으며, 따라서 저렴하고 용이하게 미세조류를 대량으로 배양할 수 있는 배양기술의 개발이 절실히 필요한 실정이라 하겠다.

[0006] 이와 관련하여, 본 발명자들은 공간적 제약이 없고, 미세조류 배양을 위한 영양염류, 이산화탄소, 물, 온도 등의 최소한의 조건을 갖추고 있는 해양을 주목하여, 해양에서 저비용으로 미세조류를 대량생산하는 방법에 대하여 예의 노력한 결과, 반투과막을 이용한 부양식 광생물반응기를 개발한 바 있다(대한민국 특허공개 제2010-63260호).

[0007] 그러나, 해수는 미세조류가 실제 배양되고 있는 천연 배양조로서 미세조류의 배양에 필요한 최소한의 요건을 갖추고 있으나, 육상에서의 거대수조를 이용한 배양 및 동력을 필요로 하는 광생물반응기와 비교할 때, 영양성분의 부족 및 이산화탄소의 국소적인 결핍 등으로 인하여, 배양효율이 떨어지는 단점이 있어, 배양효율을 높이기 위한 후속 연구가 필요한 실정이다.

[0008] 한편, 광촉매는 광화학반응을 촉진시키는 물질을 말하며 반도체의 소재로 사용되는 이산화티타늄(TiO_2)이 대표적이다. 이러한 광촉매에 의한 효과는 1967년 두 명의 일본인 과학자에 의해 증명되었고, 환경문제 해결에도 도움이 되는 기초기술로 실용화되기 시작하였다. 광촉매의 원리는 광촉매에 일정한 영역의 에너지가 가해지면 전자가 가전자대(valence band)에서 전도대(conduction band)로 여기되는데, 이 때 전도대에는 전자(e^-)들이 형성되게 되고 가전자대에는 정공(h^+)이 형성된다. 이렇게 형성된 전자와 정공은 강한 산화 또는 환원작용에 의해 유해물질을 분리리시키는 등 다양한 반응을 일으키게 된다. 특히, 이산화티타늄의 경우, 빛이 이에 닿아 발생한 전자(e^-)와 정공(h^+)은 각각 공기중에 O_2 , H_2O 와 반응을 일으켜 이산화티타늄 표면에 슈퍼옥사이드음이온(O_2^-)과 수산라디칼($^{\cdot}OH$)이라는 2종의 활성산소를 생성한다. 특히, 수산라디칼은 높은 산화, 환원 전위를 가지고 있기 때문에 NO_x , SO_x , 휘발성유기화합물(vocs) 및 각종 악취 정화에 탁월하고, 축산폐수, 오수, 공장폐수의

BOD, 색도 및 난분해성 오염물질, 환경호르몬 등을 완벽히 제거할 수 있을 뿐만 아니라, 병원성 대장균, 황색포도구균, 0-157 등 각종 병원균과 박테리아를 99% 이상 살균하는 등 대상물질을 산화시키는 능력을 갖고 있다. 그러나, 이러한 광촉매를 광합성 미세조류의 배양에 활용하고자 하는 연구는 시도된 바 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 배양효율을 증가시킨 부양형 광생물반응기를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 광생물반응기를 이용한 광합성 미세조류의 배양방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명자들은 상술한 부양형 광생물반응기(대한민국 특허공개 제2010-63260호)를 제작하여, 실제 해수를 이용하여 광합성 미세조류를 배양하였으나, 배양 초기에는 배양이 잘 되나, 일정 시간이 지나면 더 이상 증식하지 않는 정체기에 도래함을 발견하였다. 이의 원인을 분석하던 중, 배양액이 되는 해수의 질산염 및 암모늄의 농도가 점진적으로 떨어지다가 정체기에 이르러 매우 낮은 수준으로 고갈됨을 발견하였다. 실제 질소는 공기중의 79%를 차지하는 풍부한 원소이나 그 중 극히 일부가 N_2 의 형태로 해수에 용해된다. 그러나, 미세조류는 이러한 형태의 질소를 활용하지 못하며, NO_3^- , NH_2CONH_2 , NH_3 또는 NH_4^+ 와 같은 질소화합물을 필요로 하는데, 표층수에서의 이러한 질소화합물의 농도는 미세조류의 대량배양을 위한 정도에는 미치지 못하고 있다. 이에, 본 발명자들은 해수 또는 담수 내의 질산염 및 암모늄의 농도를 높일 수 있는 방법을 탐색한 결과, 광촉매가 N_2 를 NH_4^+ 또는 NO_3^- 로 고정할 수 있음을 확인함으로써, 본 발명을 완성하였다. 상기 대한민국 특허공개 제2010-63260호는 전체적으로 본 문서에 참조로 삽입된다.

[0012] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 광촉매를 구비한 유연성 막으로 이루어진 배양용기(culture bag) 및 부양수단을 포함하는 부양형 광생물반응기를 제공한다.

[0013] 여기서, 상기 유연성 막은 반투과막 또는 불투과성 막일 수 있으나, 반투과성 막인 것이 바람직하며, 상기 반투과막은 미세조류의 통과는 방지하면서 기체, 물 및 이온의 통과는 자유로운 재질이면 어느 것이라도 사용하는 것이 가능하나, 셀룰로오스, 초산셀룰로오스(cellulose acetate, CA), 2.5 초산셀룰로오스(cellulose 2.5 acetate), 삼초산셀룰로오스(cellulose triacetate, CTA), 변형 셀룰로오스(modified cellulose), 큐로판(curophan), 폴리비닐알콜(polyvinylalcohol, PVA), 폴리(메틸 메타크릴레이트){poly(methyl methacrylate), PMMA}, 에틸렌-비닐 알콜 공중합체(ethylene-vinyl alcohol copolymer, EVA), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile, PAN), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide), 폴리설폰(polysulfone, PSF) 또는 폴리(에틸렌-코-비닐아세테이트)이 사용될 수 있다. 상기 불투과성막은 통상적으로 사용되는 폴리에틸렌, 폴리스티렌(PS) 폴리프로필렌, PET(polyethylene terephthalate), HDPE(hidensity polyethylene), 폴리카보네이트 등이 사용될 수 있다.

[0014] 상기 광촉매는 각종 유기 오염물을 분해하여 미세조류의 광합성에 필요한 CO_2 를 공급할 수 있는 것이면 어느 것을 사용하더라도 무방하며, 더 나아가 N_2 가스를 NO_3^- , NH_3 또는 NH_4^+ 로 고정할 수 있는 것이 더욱 바람직하다. 뿐만 아니라, 특성이 다른 광촉매를 복합적으로 사용하는 것 역시 고려할 수 있다. 이러한 광촉매로는 아나타제상 TiO_2 , 루틸상 TiO_2 , ZnO, CdS, ZrO_2 , CdSe, SnO_2 , V_2O_5 , WO_3 , $SrTiO_3$ 또는 $Fe_2Ti_2O_7$ 이 사용될 수 있으며, 이중 TiO_2 또는 $Fe_2Ti_2O_7$ 를 사용하는 것이 더욱 바람직하다.

[0015] 상기 광촉매는 배양용기의 전체 또는 일부에 코팅되는 것이 바람직한데, 배양용기의 재질이 반투과성일 경우에는 생성된 질소화합물의 이동이 가능하므로, 배양용기의 내면 또는 외면 중 어느 곳에 코팅되더라도 무방하다. 그러나, 배양용기의 재질이 불투과성인 경우에는 내면에 코팅되는 것이 바람직하다. 한편, 광촉매는 살균작용을 하기 때문에, 미세조류의 생장에 지장을 줄 수 있으므로, 질소고정은 가능하나 살균작용을 할 수 없는 파장대의 빛만을 이용할 수 있도록 필터층을 추가적으로 코팅할 수 있다. 선택적으로, 상기 광촉매에 의한 미세조류에 대한 살균작용을 최소화하기 위해, 배양용기를 2중 구조로 제작할 수 있다. 이 경우 외막에 광촉매가 코팅되고 내막 내부에 미세조류가 접종되며, 외막과 내막 사이에는 해수만 담지하여 상기 외막과 내막 사이에 담

긴 해수 또는 담수에서 질소고정이 이루어지고 이때 발생한 질소화합물이 확산에 의해 내막 안쪽의 미세조류에 전달될 수 있다.

[0016] 본 발명은 또 다른 측면에서, 광투과 소재로 이루어진 배양용기(culture vessel) 및 부양수단을 포함하고, 상기 배양용기 내에 배양용기의 상부 막과 하부 막 사이를 연결하는 격벽이 하나 이상 부가되며, 상기 격벽의 전부 또는 일부분에 광촉매가 코팅된 것을 특징으로 하는 부양형 광생물반응기를 제공한다. 선택적으로 상기 격벽은 수면과 수평방향으로 설치될 수 있는데, 이 경우에는 상층에서는 고휘도를 활용하고, 하층에서는 저광도를 활용할 수 있다. 구체적인 예로, 특정 광합성 미세조류의 경우, 저광도에서는 성장이 촉진되며, 고휘도에서는 카로티노이드나 지질 등의 유용물질의 생산이 촉진되는 특성을 가지고 있다. 따라서, 이런 경우 배양용기 내에 수면과 수평방향의 격벽을 설치할 경우, 상층부에서는 상대적으로 고휘도를 활용할 수 있어, 유용물질의 대량생산 단계에 활용하고, 하층부에서는 광합성 미세조류를 증식시키는 증식단계에 활용할 수 있다. 이 경우, 하층에서의 증식이 완료될 경우, 배양용기를 뒤집어서, 하층을 상층으로 역전시켜, 적정 수준까지 증식된 광합성 미세조류로 하여금 유용물질의 생산을 유도할 수 있게 된다.

[0017] 여기서, 상기 격벽은 불투과막 또는 반투과막 중 어느 것이라도 사용 가능하나, 단가를 낮추기 위해 불투과막을 사용하여도 무방하다. 사용가능한 반투과막 및 불투과막은 상술한 바와 같다.

[0018] 여기서, 상기 유연성 막은 반투과막 또는 불투과성 막일 수 있으나, 반투과성 막인 것이 바람직하며, 상기 반투과막은 미세조류의 통과는 방지하면서 기체, 물 및 이온의 통과는 자유로운 재질이면 어느 것이라도 사용하는 것이 가능하며, 상술한 바와 같다.

[0019] 한편, 상기 광촉매는 각종 유기 오염물을 분해하여 미세조류의 광합성에 필요한 CO_2 를 공급할 수 있는 것이면 어느 것을 사용하더라도 무방하며, 더 나아가 N_2 가스를 NO_3^- 또는 NH_4^+ 로 고정할 수 있는 것이 더욱 바람직하다. 이러한 광촉매로는 아나타제상 TiO_2 , 루틸상 TiO_2 , ZnO , CdS , ZrO_2 , CdSe , SnO_2 , V_2O_5 , WO_3 , SrTiO_3 또는 $\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 이 사용될 수 있으며, 이 중 TiO_2 또는 $\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 를 사용하는 것이 더욱 바람직하다.

[0020] 상기 광촉매는 상기 격벽의 전체 또는 일부에 코팅되는 것이 바람직하다. 한편, 광촉매는 살균작용을 하기 때문에, 미세조류의 성장에 지장을 줄 수 있으므로, 질소고정은 가능하나 살균작용을 할 수 없는 파장대의 빛만을 이용할 수 있도록 필터층이 추가적으로 코팅할 수 있다. 선택적으로, 상기 광촉매에 의한 미세조류에 대한 살균작용을 최소화하기 위해, 격벽을 2중 구조로 제작할 수 있다. 이 경우 반투과막으로 이루어진 외벽 내에 광촉매가 코팅된 내격벽이 존재하고, 외격벽과 내격벽 사이에는 해수 또는 담수만 담지하여 상기 외막과 내막 사이에 담긴 해수 또는 담수에서 질소고정이 이루어지고 이때 발생한 질소화합물이 확산에 의해 내막 안쪽의 미세조류에 전달될 수 있다.

[0021] 본 발명은 또 다른 측면에서, 유연성 재질로 이루어진 배양용기 및 부양수단을 포함하는 부양형 광생물반응기에 있어서, 상기 백 내부에 질소 가스(N_2)를 질산염이온(NO_3^-), 암모니아(NH_3) 또는 암모늄이온(NH_4^+)로 전환시킬 수 있는 광촉매를 포함하는 부유가능한 미세구슬(microbead) 또는 미세구체(microsphere)가 포함된 것을 특징으로 하는 부양형 광생물반응기를 제공한다.

[0022] 여기서, 상기 유연성 막은 반투과막 또는 불투과성 막일 수 있으나, 반투과성 막인 것이 바람직하며, 상기 반투과막은 미세조류의 통과는 방지하면서 기체, 물 및 이온의 통과는 자유로운 재질이면 어느 것이라도 사용하는 것이 가능하며 특별히 이에 제한되지는 않으나, 셀룰로오스, 초산셀룰로오스(cellulose acetate, CA), 2.5 초산셀룰로오스(cellulose 2.5 acetate), 삼초산셀룰로오스(cellulose triacetate, CTA), 변형 셀룰로오스(modified cellulose), 큐로판(curophan), 폴리비닐알콜(polyvinylalcohol, PVA), 폴리(메틸 메타크릴레이트){poly(methyl methacrylate), PMMA}, 에틸렌-비닐 알콜 공중합체(ethylene-vinyl alcohol copolymer, EVA), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile, PAN), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide), 폴리설폰(polysulfone, PSF) 또는 폴리(에틸렌-코-비닐아세테이트)이 사용될 수 있다. 불투과성막은 통상적으로 사용되는 폴리에틸렌, 폴리스티렌(PS) 폴리프로필렌, PET(polyethylene terephthalate), HDPE(hidensity polyethylene), 폴리카보네이트 등이 사용될 수 있다.

[0023] 한편, 상기 광촉매는 N_2 가스를 NO_3^- , NH_3 또는 NH_4^+ 로 고정할 수 있는 것이면 어느 것이라도 사용할 수 있으며 특별히 이에 제한되는 것은 아니나, 아나타제상 TiO_2 , 루틸상 TiO_2 , ZnO , CdS , ZrO_2 , CdSe , SnO_2 , V_2O_5 , WO_3 ,

SrTiO₃ 또는 Fe₂Ti₂O₇이 사용될 수 있는데, 이중 TiO₂ 또는 Fe₂Ti₂O₇를 사용하는 것이 더욱 바람직하다.

[0024] 상기 미세구슬은 상기 광촉매 자체를 미세구슬 형태로 가공함으로써 제조하는 것이 가능하며, 실리콘과 같은 다른 소재로 미세구슬을 제조한 후, 여기에 광촉매 물질을 코팅하여 제조하는 것이 가능하다. 상기 미세구슬체는 상기 미세구슬보다 해수 또는 담수 내에서 분산성이 더 강하며, 표면적을 넓히기 위해, 다공성으로 제작될 수 있다. 미세구슬체의 재질로는 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 유리 및 세라믹이 사용될 수 있으며, 리포좀 또는 페리틴 등의 자기집합이 가능한 생체분자를 이용하여 제조될 수도 있다.

[0025] 본 발명은 또 다른 형태에서, 상기 광생물반응기의 배양용기 내부에 해수 또는 담수를 채우는 단계; 상기 해수 또는 담수에 광합성 미세조류를 접종하는 단계; 상기 배양용기를 밀봉하여 부양수단에 연결한 후 해양 또는 담수에 투입하는 단계; 상기 광합성 미세조류를 태양광에 의해 배양하는 단계; 및 배양 종료 후 상기 배양용기를 부양수단으로부터 분리하여 내부의 미세조류를 회수하는 단계를 포함하는 상기 광생물반응기를 이용한 광합성 미세조류의 배양방법을 제공한다.

[0026] 여기서, 상기 광합성 미세조류는 특별히 이에 제한되는 것은 아니나, *Botryococcus*, *Chlorella*, *Cryptocodinium*, *Cylindrotheca*, *Dunaliella*, *Isochrysis*, *Monallanthus*, *Nannochloris*, *Nannochloropsis*, *Neochloris*, *Nitzschia*, *Phaeodactylum*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis* 또는 *Haematococcus*인 것이 바람직하다.

[0027] 한편, 상기 해수 또는 담수는 자연상태의 해수 또는 담수를 사용하여도 무방하나, 다른 미생물의 오염을 방지하기 위해, 필터로 여과시킨 것을 사용하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따르면, 공기 중의 질소 가스를 광촉매를 이용하여 암모늄 및 질산염 형태로 고정함으로써, 미세 조류 성장에 필요로 하는 이산화탄소와 질소 성분의 물질을 만들어 외부의 영양 성분의 공급 없이 성장할 수 있으며, 부수적으로 미세조류 성장함에 따라 높아 질수 있는 pH 또한 조절할 수 있을 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시태양에 따른 부양형 생물반응기의 배양용기의 구조를 나타내는 종단면도이다.
 도 2는 본 발명의 다른 실시태양에 따른 부양형 생물반응기의 배양용기의 구조를 나타내는 사시도이다.
 도 3은 본 발명의 다른 실시태양에 따른 부양형 생물반응기의 배양용기의 구조를 나타내는 종단면도이다.
 도 4는 광촉매에 의한 질소고정과정을 나타내는 개요도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명을 첨부되는 도면을 이용하여 상세히 설명한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시태양에 따른 부양형 생물반응기의 배양용기의 구조를 나타낸다. 상기 배양용기(101)는 광투과 소재로 이루어져 있으며, 내부에 해수 또는 담수를 담을 수 있는 구조로서, 어떤 형상이든 가능하나 베개형이 가장 바람직하다. 상기 광투과 소재는 유리, 플라스틱, 반투과막, 특정 파장 필터 기능이 있는 재질, 기체와 영양염류를 투과나 차단이 가능한 광투과 재질이 사용될 수 있는데, 가급적이면 유연한 재질로 이루어지는 것이 바람직하다. 선택적으로, 상기 배양용기는 불투과성 플라스틱으로 이루어진 프레임의 일부분에 반투과막으로 이루어진 하나 이상의 창을 구비할 수 있는데, 이 경우 구조적 안정성과 비용절감이라는 장점이 있다. 만일, 배양용기(101)가 불투과성 플라스틱으로 이루어진 경우에는 해수 또는 담수와 완전히 단절된 폐쇄형 시스템(closed system)이 되며, 이 경우에는 해수 또는 담수로 내부를 모두 채우지 않고, 상부에 CO₂ 등 공기를 주입하여, 광합성에 사용하도록 하며, 공기로 인해 수표면(104)에 부양이 가능하도록 한다. 이 경우에는 광촉매(102)가 배양용기(101)의 내표면에 위치하게 된다(도 1의 오른쪽). 이 경우 배양용기(101) 내부의 상층에 존재하는 질소 가스가 광촉매(102)에 의해 질산염 또는 암모늄 이온으로 전환되고 이는 해수 또는 담수에 용해되어 미세조류(103)에 의해 이용된다. 배양용기(101)가 반투과막일 경우에는 광촉매(102)는 막의 외표면 또는 내표면 중 어느 곳에 코팅되어도 무방하다. 막의 외표면에 코팅될 경우에는(도 1의 왼쪽), 공기 중의 질소 가스가 광촉매(102)에 의해 질산염이나 암모늄으로 전환된 후 반투과막을 통해 배양용기(101) 내로 확산된 후, 수표면(104)을 통과하여, 해수 또는 담수에 용해된 후 미세조류(103)에 의해 이용된다. 이 때, 사용가능한 반투과막

은 특별히 이에 제한되지는 않으나, 셀룰로오스, 초산셀룰로오스(cellulose acetate, CA), 2.5 초산셀룰로오스(cellulose 2.5 acetate), 삼초산셀룰로오스(cellulose triacetate, CTA), 변형 셀룰로오스(modified cellulose), 큐로판(curophan), 폴리비닐알콜(polyvinylalcohol, PVA), 폴리(메틸 메타크릴레이트){poly(methyl methacrylate), PMMA}, 에틸렌-비닐 알콜 공중합체(ethylene-vinyl alcohol copolymer, EVA), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile, PAN), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide), 폴리설향(polysulfone, PSF) 또는 폴리(에틸렌-코-비닐아세테이트)이 사용될 수 있다. 상기 불투과성 막은 특별히 이에 제한되지는 않으나, 폴리에틸렌, 폴리스티렌(PS) 폴리프로필렌, PET(polyethylene terephthalate), HDPE(hidensity polyethylene), 폴리카보네이트 등이 사용될 수 있다. 상기 광촉매(102)로는 특별히 이에 제한되는 것은 아니나, 아나타제상 TiO_2 , 루틸상 TiO_2 , ZnO , CdS , ZrO_2 , CdSe , SnO_2 , V_2O_5 , WO_3 , SrTiO_3 또는 $\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 이 사용될 수 있는데, TiO_2 또는 $\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 를 사용하는 것이 더욱 바람직하다.

[0032] 배양용기(101)가 광촉매를 이용하여 제조된다는 것은 본 발명의 가장 주요한 특징이라 할 수 있다. 좀 더 상세히 설명하면, 미세조류가 사용할 수 없는 형태의 유기물질이 광촉매 반응의 결과, 미세조류가 이용할 수 있는 형태로 변환되기 때문에, 미세조류의 배양을 위해 별도로 배지를 조제하여 공급해 줄 필요가 없다는 것을 의미한다. 구체적인 예로, 공기 중 79%를 차지하는 질소는 N_2 분자로 존재하는데, 이는 미세조류가 활용할 수 없는 형태이다. 광촉매는 이를 질산염(NO_3^-), 암모니아(NH_3) 또는 암모늄(NH_4^+)으로 변환시킬 수 있다. 또한, 다환방향족 탄화수소와 같은 미세조류가 이용할 수 없는 오염물질을 CO_2 로 변환시킴으로써, 탄소원의 공급 뿐만 아니라, 오염물질의 제거라는 두 마리의 토끼를 잡을 수 있게 해준다. 이 때 발생된, CO_2 는 전량 미세조류의 광합성에 사용되므로, 이산화탄소 배출에 관한 문제는 발생하지 않는다. 따라서 본 발명에 의하면, 미세조류의 대량번식에 의한 환경오염을 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 적정수준의 배양이 이루어진 다음 용이하게 수확할 수 있다는 것을 의미한다.

[0033] 선택적으로, 배양용기(101)는 부분적으로 반투과막을 구비할 수 있다. 이 경우, 불투과성 플라스틱으로 구성된 구조체 내에 반투과막으로 구성된 하나 이상의 창(window)이 구비될 수 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 또 다른 실시태양에 따른 부양형 광생물반응기의 구조를 나타낸다. 이 경우 배양용기 내부에 광촉매(102)가 코팅된 격벽(105)이 존재하며, 상기 격벽은 파력에 의해 배양용기 내부에서 유체가 흐르는 통로를 제공함으로써, 배양용기 내부의 광합성 미세조류의 혼합이 용이하게 하는 특징을 가진다.

[0035] 도 3은 본 발명의 또 다른 실시태양에 따른 부양형 광생물반응기의 구조를 나타낸다. 이 경우 광촉매(102')는 미세구체(microsphere) 또는 미세구슬(microbead)의 형태로 배양용기 내부의 해수에 분산되어, 해수 내에 용해되어 있는 질소가스를 미세조류(103)가 활용할 수 있는 질산염 또는 암모늄으로 전환시킨다. 이 경우 배양용기(101)는 유리, 플라스틱, 반투과막, 특정 파장 필터 기능이 있는 재질, 기체와 영양염류를 투과나 차단이 가능한 광투과 소재가 사용될 수 있는데, 가급적이면 유연한 재질로 이루어지는 것이 바람직하다. 사용가능한 반투과막 및 광촉매는 상술한 바와 같다. 이 때, 상기 미세구슬은 상기 광촉매 자체를 미세구슬 형태로 가공함으로써 제조하는 것이 가능하며, 선택적으로 실리카겔, 유리, 세라믹 또는 지르코니아와 같은 다른 소재로 미세구슬을 제조한 후, 여기에 광촉매 물질을 코팅하여 제조하는 것이 가능하다. 상기 미세구체는 상기 미세구슬보다 해수 내에서 분산성이 더 강하며, 표면적을 넓히기 위해, 다공성으로 제작될 수 있다. 미세구체의 재질로는 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 유리 및 세라믹이 사용될 수 있으며, 리포솜 또는 페리틴 등의 자기집합이 가능한 생체 분자를 이용하여 제조될 수도 있다.

[0036] 마찬가지로, 상기 배양용기 역시, 부분적으로 반투과막을 구비할 수 있는데, 이 경우, 불투과성 플라스틱으로 구성된 구조체 내에 반투과막으로 구성된 복수의 창(window)이 구비될 수 있다.

[0037] 도 4는 본 발명의 부양형 광생물반응기에 사용되는 광촉매에 의한 질소고정과정을 보여주는 개요도로서, 광촉매가 광자에 노출되면, 표면에 붙잡힌 활성 전자-홀 쌍이 생성되고(도 4의 A), 가전자대의 홀에 의한 에탄올의 산화는 수산화 에틸 라디칼의 생성을 유도한 뒤(도 4의 C), 전자를 전도대로 주입하게 되면 "광전류-이중화(photocurrent-doubling)"로 알려진 광전화학 반응이 일어나고(도 4의 D), 전도대에 붙잡힌 두 개의 전자는 N_2 를 환원시켜 첫 번째 중간체인 디아진이 생성된다(도 4의 B). 따라서, 에탄올의 상기 전류-이중화 효과에 기인하여 빛의 오직 하나의 쿼텟만의 흡수에 의해 최초 환원 단계에 필요한 두 개의 전자를 선호한다. 디아진의 하이드라진으로의 전환은 불균등화해리를 통해 대부분 일어나는 것으로 여겨진다(도 4의 E).

[0038] 이하, 상기 부양형 광생물반응기를 이용한 광합성 미세조류의 배양방법을 설명한다.

[0039] 상기 배양용기의 일 개구부를 통해 해수 또는 담수를 주입한 후, 적절한 농도의 미세조류를 접종한다. 이어, 상기 개구부를 밀봉하여, 부양수단에 고정된 후, 해양 또는 담수에 투입한다. 바람과 파력을 이용하여 상기 배양용기 내의 미세조류가 잘 혼합되게 하며, 태양광과 공기중의 CO₂를 이용하여 광합성을 수행할 수 있게 하며, 해수 또는 담수 중의 영양염류와 광촉매에 의해 공급되는 질소원을 기반으로 상기 미세조류가 증식하게 된다.

[0040] 일정 기간 동안 배양을 수행한 후, 미세조류의 증식이 정체기에 도달하면, 배양을 종료하고, 배양용기를 부양수 단에서 분리하여, 개구부를 개봉한 후, 배양용기 내의 미세조류를 회수한다.

[0041] 회수된 미세조류로부터 지질을 회수하고, 지질이 회수된 균체는 사료나 비료로 활용한다.

[0042] 여기서, 상기 광합성 미세조류는 특별히 이에 제한되는 것은 아니나, *Botryococcus*, *Chlorella*, *Cryptocodinium*, *Cylindrotheca*, *Dunaliella*, *Isochrysis*, *Monallanthus*, *Nannochloris*, *Nannochloropsis*, *Neochloris*, *Nitzschia*, *Phaeodactylum*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis* 또는 *Haematococcus*이 바람직하다.

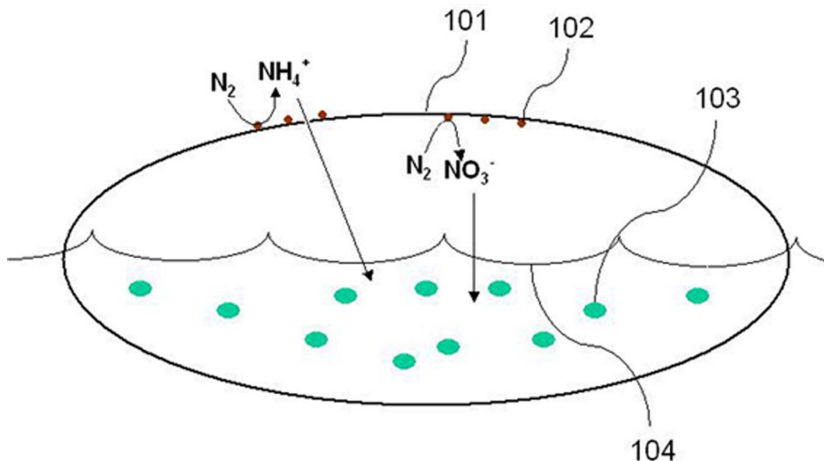
[0043] 발명의 특정 실시예들에 대한 이상의 설명은 예시 및 설명을 목적으로 제공되었다. 따라서 본 발명은 상기 실시예들에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 상기 실시예들을 조합하여 실시하는 등 여러 가지 많은 수정 및 변경이 가능함은 명백하다.

부호의 설명

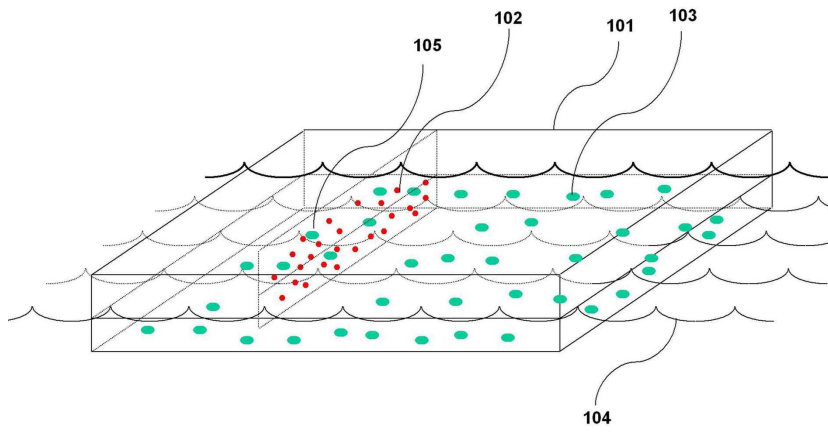
[0044]	101: 배양용기	102: 광촉매
	102': 미세구슬 또는 미세구체	103: 광합성 미세조류
	104: 수표면	105: 격벽

도면

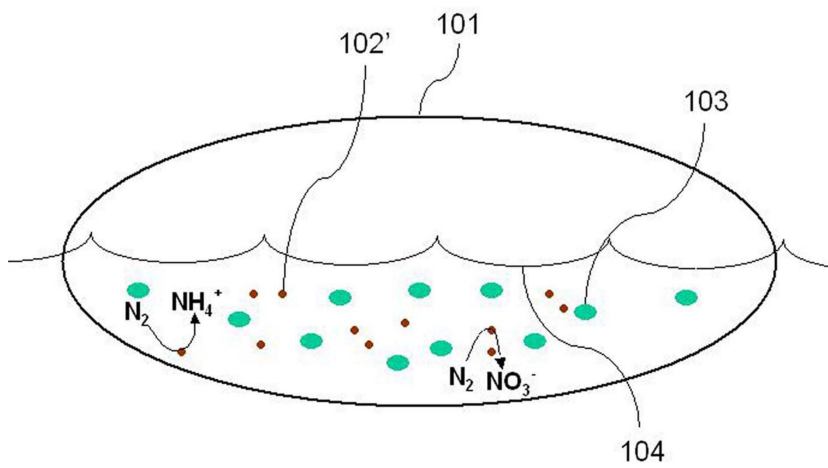
도면1



도면2



도면3



도면4

