



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월27일
 (11) 등록번호 10-1788507
 (24) 등록일자 2017년10월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12N 1/12 (2006.01) *C12M 1/12* (2006.01)
C12N 1/02 (2017.01)
- (52) CPC특허분류
C12N 1/12 (2013.01)
C12M 25/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0033310
- (22) 출원일자 2017년03월16일
 심사청구일자 2017년03월16일
- (30) 우선권주장
 1020160071655 2016년06월09일 대한민국(KR)
 1020160089766 2016년07월15일 대한민국(KR)
- (56) 선행기술조사문헌
 The Korean journal of malacology, Vol. 29,
 no. 3, pp.197-205 (2013)*
 Continental Shelf Research, vol. 28,
 pp.2404-2416 (2008)*
 KR1020120125126 A*
 KR1020160038455 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 어업회사법인 주식회사 제이앤씨
 제주특별자치도 서귀포시 표선면 민속해안로 163
- (72) 발명자
 고정민
 제주특별자치도 제주시 오복1길 24-5 (이도이동)
- (74) 대리인
 최석진

전체 청구항 수 : 총 2 항

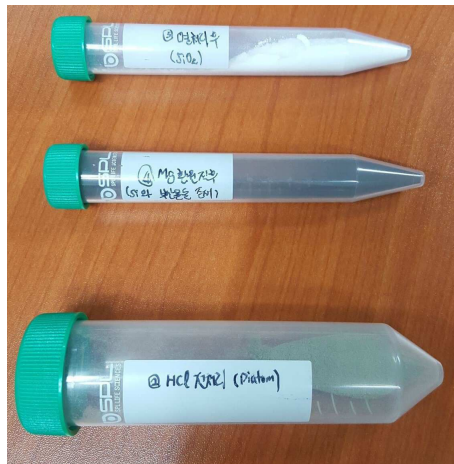
심사관 : 이현석

(54) 발명의 명칭 **제주도 용암해수로부터 분리한 부착성 규조류로부터 실리카를 추출하는 방법 및 이를 이용하여 분리한 실리카**

(57) 요약

본 발명은 제주도 용암해수로부터 부착성 규조류를 분리하는 단계, 상기 분리한 규조류를 대량배양하는 단계 및 상기 대량배양한 규조류로부터 실리카를 분리하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 제주도 용암 해수로부터 분리한 부착성 규조류로부터 실리카를 분리하는 방법 및 이를 이용하여 분리한 실리카를 제공함으로써 환경, 생명산업 등 응용분야에 이용할 수 있는 산업 기초재를 제공할 수 있다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류
C12N 1/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	R0005864
부처명	산업 통상자원부
연구관리전문기관	어업회사법인 주식회사 제이앤씨
연구사업명	지역주력산업육성(R&D) 기술개발 사업
연구과제명	제주 지하염수 유래 미세 부착 규조 대량배양 및 전복 해삼의 초기 사료 개발
기 여 율	1/1
주관기관	어업회사법인 주식회사 제이앤씨
연구기간	2016.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

0.5~1m의 간격을 두고 십자형 또는 일자형의 절개부가 형성된 나일론 망지를 일정 부피를 갖는 부착수조에 수평으로 설치하는 단계; 제주도 용암해수를 취수하여 상기 나일론 망지에 소통시켜 제주도 용암해수와 함께 2~4 cells/L 의 양으로 취수되는 부착성 규조류 *Melosira nummuloides*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Achnanthes sancti-pauli*, *Achnanthes brevipes* 그리고 *Melosira octogona* 로 이루어진 군 중 선택된 한 종 이상을 상기 나일론 망지에 부착시키는 단계; 상기 부착성 규조류가 부착된 나일론 망지를 실외수조로 이동시켜 태양광 조건에서 제주 용암해수를 사육수로 공급하여 대량배양시키는 단계;

상기 나일론 망지 하부에서 기포를 공급하여 나일론망지에서 배양된 부착성 규조류를 탈락시키는 단계; 상기 탈락된 부착성 규조류의 주광성을 이용하여 수면으로 부유시키고, 수류를 이용하여 회수하는 단계; 상기 회수된 부착성 규조류를 건조기에서 건조하고 분쇄하여 실리카를 추출하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 제주도 용암 해수로부터 분리한 부착성 규조류로부터 실리카를 추출하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 대량 배양하여 건조, 분쇄된 부착성 규조류로부터 실리카를 추출하는 단계는, 배양된 부착성 규조류를 60~80℃의 건조기에서 건조시키는 단계;

상기 건조한 규조류를 분쇄기를 이용하여 분쇄하여 10% 염산용액에 상기의 규조류 분말을 중량비 95 : 5로 혼합한 후, 95℃에서 5시간 동안 교반하여 유기물을 제거하는 단계;

Glass filter를 사용하여 상층액을 제거 후 잔사를 수거하고 상기 수거한 잔사를 증류수를 사용하여 3회 세척하여, 세척된 잔사를 80℃에서 건조하는 단계;

상기 건조된 잔사를 650℃에서 5시간 동안 가열하여 유기물을 완전히 제거하여 유기물이 완전히 제거된 실리카를 수거하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 제주도 용암 해수로부터 분리한 부착성 규조류로부터 실리카를 추출하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 특정 지역의 해수로부터 부착성 규조류를 분리하여 대량 배양하고, 대량 배양한 규조류로부터 실리카를 추출하는 방법 및 이를 이용하여 추출한 실리카에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 제주도의 동쪽 해안에 분포하는 용암해수로부터 부착성 규조류를 분리하여 대량배양된 부착성 규조류로부터 실리카를 추출하는 방법 및 이를 이용하여 추출한 실리카에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 우리나라에서는 1960년대 후반부터 식물플랑크톤을 포함하는 미세조류에 대한 연구가 활발해지기 시작하여 1980년대 후반부터 생리생태학, 생화학, 유전공학 및 생물공학적인 연구로 확산되었다. 이후 환경 및 생명산업 등의 응용분야로 확대되고 있다.

[0004] 미세조류는 일반적으로 해양에서 태양에너지를 이용하여 무기물로부터 유기물을 생산하는 생산자로서 동물성 플랑크톤이나 어류 등 해양의 1차 소비자의 먹이가 되며, 광합성을 통하여 해중 용존산소를 높이는 등, 해양 생태계에 중요한 위치를 차지하고 있다. 미세조류는 함유하고 있는 엽록소의 종류 등에 따라 녹조류에서 홍조류, 시아노박테리아까지 매우 다양하다.

[0005] 현재 상업적으로 생산되고 있는 미세조류들은 주로 고밀도로 배양할 수 있는 광생물 반응기를 이용하여 배양된다. 일반적인 광생물 반응기는 일정한 부피의 수조에 배양하려는 미세조류의 종류에 따라 배양액을 공급하고, 미세조류를 접종한 후, 미세조류의 성장에 유해한 원생동물 및 곰팡이의 유입을 차단하여 순수배양이 이루어지도록 배양액을 여과, 살균 공급하게 된다.

[0006] 또한 충분한 광합성이 이루어지도록 이산화탄소 등의 탄소원이 포함된 기체를 배양액 내에 폭기시키고, 이를 통해 주입되는 기체 및 배양액 내의 영양물질이 균일하게 분산될 수 있도록 교반시키게 된다. 효율적인 광합성을 위하여 배양하는 미세조류의 특성에 따라 LED 등을 이용하여 일정한 파장의 빛을 조사하게 된다. 특히, 광반응기는 일정한 성장효율을 갖고 미세조류를 대량배양하기 위해서는 배양액을 일정 온도로 유지하는 것이 필요하기 때문에 계절에 따라 가온장치, 열교환장치 등을 설치하여 배양하게 된다.

[0007] 따라서, 배양액의 공급과 폭기, 광원을 통한 빛의 조사 및 수온 조절 등의 문제로 미세조류의 대량배양에는 많은 에너지가 소모되는 문제가 있고, 특히 사계절이 뚜렷한 우리나라의 경우, 일년내내 미세조류를 대량으로 생산하는 일은 에너지 효율 상의 어려움이 있다.

[0008] 한편 용암해수란 그림 1에서 보는 바와 같이 제주도의 현무암층을 뚫고 육지 지하로 흘러 들어온 바닷물이다. 용암해수는 제주도의 서부 일부지역과 동부지역을 중심으로 발견되며 고농도의 미네랄을 함유하고 있다. 또한 일반해수는 생활하수, 산업폐수, 항만오염 등의 불안정한 환경에 노출되어 산업화 소재 가공에 많은 비용이 소요되는 반면, 용암해수는 화산암반층에 의한 자연정화와 여과를 거쳐 중금속 흡착 및 유해물질을 차단하기 때문에 안전성과 안정성, 경제성을 확보하고 있고, 깊은 바다에서 취수하는 해양심층수에 비해서 비교할 수 없을 정도로 취수비용이 저렴하다.

[0009] 본 출원의 발명자는 제주 용암해수를 이용하여 양식을 하는 과정에서 용암해수와 함께 부착성 규조류가 취수되는 것을 확인하고, 이들 부착성 규조류를 우점시켜 대량 배양하는 방법을 확립하였다. 본원 발명에서 분리 확인된 부착성 규조류는 양식 산업의 사료 대체 에너지원으로서 또는 의학, 환경, 생명산업 등 여러 산업분야의 기초재로서 가치가 높은 자원으로 활용가능하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1278146호에서는 발전소나 공장으로부터 온배수를 배출하기 위한 온수배출관, 상기 온수배출관과 연결되어 온수를 이송하는 온수관, 상기 온수관이 일측에 연결되고 내부에 해조류 및 미세조류를 배양하기 위한 하나 이상의 수조장치, 및 상기 수조장치로부터 냉각수를 이송하기 위하여 상기 수조장치의 타측에 연결되는 냉각수관을 구비하는 배양시스템을 개시하고 있다.

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-1241393호에서는 배양공간이 마련된 배양패널본체를 갖는 광생물 반응기와, 배양패널 본체내로 배지를 공급할 수 있도록 된 배지 공급부와, 배양패널 본체로부터 배양액을 인출하여 회석액과 회석시킬 수 있도록 된 회석부와, 회석부에 의해 회석된 회석 배양액의 농도를 측정하는 농도검출부 및 회석부 및 농도검출부를 제어하여 회석 배양액의 농도 정보를 수신하고, 수신된 회석 배양액의 농도가 설정된 목표농도 이상이면 배양패널본체에 저수된 배양액을 저장라인을 통해 배출되게 하고, 배지공급부를 제어하여 배

지가 배양패널본체에 공급되게 제어하면서 미세조류의 생산을 제어하는 제어유니트를 구비하는 미세조류 배양을 위한 광생물반응기 배지 공급 자동화 시스템을 개시하고 있다.

(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 10-2012-0095826호에서는 세네데스무스(*Scenedesmus* sp.), 클로렐라(*Chlorella* sp.), 스피룰리나(*Spirulina* sp.)등과 같은 이산화탄소의 처리와 동시에 바이오디젤, 사료첨가제, 건강보조식품 등의 생산에 유용한 미세조류의 저비용, 고품질, 대량생산을 실현시킬 수 있는 미세조류 고밀도 배양용 광생물 반응기와, 이를 이용한 미세조류 배양 및 수확 방법을 개시하고 있다.

(특허문헌 0004) 대한민국 등록특허 10-1256773호에서는 적색광과 청색광을 혼합한 혼합광을 광원으로 사용하여 미세조류를 배양하는 단계를 포함하는 하폐수 고도처리 또는 바이오매스 생산 방법에 관한 것으로, 백색광을 사용하였을 때 보다 미세조류를 이용한 바이오매스 생산량을 증대시키고 질소 및 인 제거량을 증가시킬 수 있음을 확인하였다. 특히, 상기 적색광원 및 청색광원으로는 저전력 소비형 LED(light emitting diode)를 이용하는 파장 선택적 LED 광 조사를 이용한 미세조류에 의한 하폐수 고도처리 및 미세조류 바이오매스 생산성증대방법을 개시하고 있다.

(특허문헌 0005) 그러나 상기 발명들은 제주 용암해수에서 미세조류를 부착시키고 대량배양 후, 주광성을 이용하여 미세조류를 수확하는 부착성 규조류의 대량 배양방법과 수득한 부착성 규조류로부터 실리카를 분리하는 방법을 제공하는 본 발명과는 그 구성 및 효과에서 차이를 보인다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 부착성 규조류 중, 대량배양이 용이하면서 수산양식에서 우수한 사료원으로 이용할 수 있는 종 선택 및 배양방법의 확립이 필요하다. 또한 선택 배양된 규조류를 이용하여 산업적으로 유용한 물질을 추출할 수 있다. 본 발명은 제주 용암해수를 이용하여 양식하는 과정에서 용암해수에 포함되어 취수되는 부착성 규조류를 확인하고 이들 부착성 규조류를 우점종시켜 대량 배양하는 방법을 제공하며, 수득한 미세조류로부터 실리카를 추출하는 방법을 제공하는 데에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기의 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 제주도 용암해수로부터 부착성 규조류를 분리하는 단계, 상기 분리한 규조류를 대량배양하는 단계 및 상기 대량배양한 규조류로부터 실리카를 추출하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 제주도 용암 해수로부터 분리한 부착성 규조류로부터 실리카를 추출하는 방법 및 이를 이용하여 추출한 실리카를 제공한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 부착성 규조류의 대량 배양방법을 통하여 제주 용암해수와 함께 취수되는 부착성 규조류를 분리하여 대량 배양하고 이를 이용하여 산업적으로 유용한 물질인 실리카를 추출하는 방법 및 대량 배양한 규조류로부터 추출한 실리카를 제공함으로써 의학, 환경, 생명산업 등 여러 산업분야의 기초재로 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 제주도에 분포하는 용암해수의 분포 위치 및 일반적 설명을 나타낸다. (<http://jeiutp.or.kr/lavawater/whatis/what.htm>)

도 2는 제주도에 분포하는 용암해수의 특성을 일반해수와 비교한 결과를 나타낸다. (<http://jejutp.or.kr/lavawater/whatis/what.htm>)

도 3은 제주도 용암해수에서 분리된 부착규조류인 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*(A)와 *Achnanthes sancti-pauli*(B) 및 *Melosira octogona*(C)의 광학현미경 사진이다.

도 4는 제주도 용암해수에서 분리된 부착규조류인 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*(A, B) 및 *Melosira octogona*(C)의 전자현미경 사진이다.

도 5는 제주도 용암해수에서 분리된 부착규조류인 *Melosira nummuloides*의 전자현미경 사진이다.

도 6은 제주도 용암해수에서 분리된 부착규조류인 *Achnanthes brevipes*의 전자현미경 사진이다.

도 7은 주광성을 이용한 부착규조류의 회수과정을 나타낸 사진이다.

도 8은 망수거장치를 이용한 부착규조류의 회수과정을 나타낸 사진이다.

도 9는 분리된 규조분말과 *Melosira nummuloides* 및 *Achnanthes brevipes*의 광학현미경사진이다. (A. 규조분말 B. *Melosira nummuloides* C. *Achnanthes brevipes*)

도 10은 규조류로부터 각 단계별로 추출된 실리카의 사진이다.

도 11은 규조류로부터 추출된 실리카의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 일반적으로 부착성 규조류는 광합성으로부터 유기물을 생산하는 1차 생산자로 양식업에서는 먹이생물로 흔히 이용되고 있다. 주로 사육수로부터 유입되어 양식수조나 양식용 파관에 붙어 자라면서 양식동물의 먹이가 되며, 특히 전복, 소라 등의 복족류, 조개와 같은 이매패류, 해삼, 성게 등의 극피류 및 새우 등의 갑각류의 유생 사육 시 초기의 먹이생물로서 이용되고 있다. 이러한 부착성 규조류는 주로 폴리카보네이트나 폴리비닐 클로라이드 등의 소재로 된 양식동물 부착용 파관에 자연 해수에서 부착되어 자라게 된다.

[0020] 그러나 부착규조류의 배양은 부착하는 특성 때문에 일반적인 부유 미세조류 배양의 방법으로 대량생산하기 어려운 문제가 있다. 즉, 부착 및 성장에 의하여 미세조류가 증식할수록 self-shading에 의한 빛 전달률이 감소하면서, 미세조류의 성장이 정체되게 되고, 사멸하는 세포가 증가하는 문제가 있으며, 부착, 성장한 후, 미세조류를 회수하는 데에도 어려움이 있다.

[0021] 한편, 실리카(silica) 또는 이산화규소(silicon dioxide)는 규소의 산화물로 주로 모래나 석영 등에서 발견되는 무수규산광물로, 유리나 콘크리트의 주성분이다. 산업적으로는 실리카는 주로 석영을 비롯한 광물로부터 얻게 되는 무수규산광물로, 일반적으로 천연의 5종 광물 즉, 석영, 트리디마이트, 크리스토크라이트, 코자이트 및 스티쇼바이트에서 얻어지는 산업 기초재이다. 실리카는 최근에는 고분자/실리카 나노복합체의 제조 등에 사용하며 첨단소재로도 각광을 받고 있다. 이러한 실리카를 본 발명의 규조류 배양을 통해서도 수득할 수 있다.

[0022] 규조류는 이러한 실리카를 생물학적으로 세포표면에 집적하여 규조껍질을 형성한다. 실리카로 구성된 규조껍질은 규조류가 죽으면 바다나 호수에서 침적되어 규조토를 형성하는데, 최근 규조토는 여과보조제, 흡착제, 충전제, 연마제 등 다양하게 이용되고 있다. 본 발명에서는 제주도 용암해수로부터 분리한 규조류를 대량배양하고 여기서 실리카를 추출하는 방법을 제공한다.

[0023] 제주도 서부 일부지역과 동부지역은 용암이 굳어 형성된 화산암이 지표에서부터 해수면 아래 약 150m 내외까지 두텁게 분포하며, 본암층은 지하수를 저류시킬 수 있는 공극이 차지하는 비율이 높으며, 해안과 인접하여 해수와 약간의 지하수가 혼합된 대수층이 발달하고 있다(도 1). 화산암 하부의 서귀포층은 저투수성 지층으로서 화산암층 내 두터운 용암해수 층을 떠받치고 있으며, 화산암층 내 유리질 채설성 각력암과 용암류의 경계 및 절리대는 고염분의 염지하수(이하 제주용암해수)의 부존을 용이하게 하는 부존특성을 보이고 있다. 제주 용암해수는 지하 70m 또는 그 이상의 깊이에 대량으로 매장되어 있어 세균, 바이러스, 유해 화학물질 등으로부터 완전히 격리되어 있는 반면 일반 해수보다 미네랄성분이 다량으로 함유되어 있다(도 2).

[0024] 도 2의 결과를 살펴보면 일반 미생물의 수는 일반해수에서 6만 CFU/ml까지 검출되나, 용암해수에서는 거의 검출되지 않는 것으로 나타났다.

[0025] 본 발명은 선행 연구에서 청정한 용암해수와 함께 취수되는 미생물을 분리하여 동정함으로써 부착성 규조류인 *Achnanthes brevipes*, *Melosira nummuloides*, *Melosira octogona*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* 및 *Achnanthes sancti-pauli* 를 분리 및 동정하고 이의 대량배양방법을 확립하였으며, 여기서 획득한 부착성 규조류로부터 높은 순도의 규조류 생물 유래 실리카를 추출하는 방법을 확립한 것이다.

<실시예1> 용암해수로부터 부착성 규조류의 입수

[0028] 일반적인 해양성 부착규조류의 배양 수온은 16-24 도, 염도는 25 %이상으로 제주도에 분포하는 용암해수의 경우, 연중 17-18 도와 최저 25 %를 유지하고 있어, 해양성 부착규조류를 배양하기에 최적의 조건을 갖고 있다. 특히, 용암해수를 계속해서 소통시킬 경우, 노지 내 수온변화는 동절기 17도 이상, 하절기 24도 이하를 유지하는 것이 가능하므로 해양성 부착규조류가 수온 12도 이하에서는 생육이 현저히 떨어지는 것을 고려하면 연중 안

정된 배양이 가능하다.

[0029] 본원발명의 발명자는 용암해수를 취수하여 생물학적 검사를 실시하는 과정에서 식물성 플랑크톤이 함께 취수되는 것을 확인하고 이를 동정한 결과, 부착규조류인 *Achnanthes brevipes*, *Melosira nummuloides*, *Melosira octogona*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* 및 *Achnanthes sancti-pauli* 인 것으로 특정하였다. 상기 특정된 식물플랑크톤은 국내에서 산업적 활용이 잘 알려지지 않은 종으로, 영국, 대만, 호주와 뉴질랜드 및 알래스카에서 발견되는 것으로 보고되고 있을 뿐이다.

[0030] 상기 *Achnanthes brevipes*, *Melosira nummuloides*, *Melosira octogona*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* 및 *Achnanthes sancti-pauli*는 초기 용암해수 유입수에는 2-4cells/L 정도로 분리되는 부착성 규조류에 포함되어 있으며, 이들을 부착기질(나일론망)을 통해 5일정도 부착시키면, 육안으로 확인가능하다.

[0031] 도 3은 제주도 용암해수에서 분리된 부착규조류인 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*(A)와 *Achnanthes sancti-pauli*(B) 및 *Melosira octogona*(C)의 광학현미경 사진이며, 도 4 내지 도6은 이들의 전자현미경 사진이다. 도 4는 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*(A, B) 및 *Melosira octogona*(C)의 전자현미경 사진이며, 도 5는 *Melosira nummuloides*, 도 6은 *Achnanthes brevipes*의 전자현미경 사진이다. 상기 특정된 부착성규조류는 시행착오를 바탕으로 다음과 같은 방법으로 배양할 수 있었다.

[0033] (1) 미세조류 부착 수조(또는 노지)의 준비

[0034] 부착성 규조류 배양을 위하여 용암해수를 공급하기 용이한 위치에 수조를 준비한다. 수조는 가로, 세로, 깊이 3~6 m × 5~10 m × 0.5~1.5 m 의 평평한 바닥을 갖도록 하며, 용암해수를 수조의 일단에서 주입하고, 타단에서 배수되도록 함으로써 수조에 일정한 수류가 형성되도록 한다. 용암해수의 속도는 펌프에 의하여 입수되는 수량 및 수조의 크기에 의하여 결정되며, 부착성규조류가 부착기질에 충분히 부착할 수 있는 시간을 고려하여 조절한다. 따라서 1일 2~4회전 정도의 용암해수를 취수하는데, 여름은 2회전 정도, 겨울은 4회전 정도가 되도록 조절한다.

[0035] 부착수조가 아닌 노지에서 부착성규조류를 부착시킬 경우, 노지 바닥으로부터 병원성 미생물 등이 유입되는 것을 방지하기 위하여 노지에 차단막을 깔고 부착시키는 것이 바람직하다.

[0037] (2) 부착기질

[0038] 용암해수로부터 부착성규조류를 입수하기 위하여 부착성규조류가 부착할 수 있는 부착기질을 수조(또는 노지)의 바닥에 설치한다. 부착기질로서는 나일론망(mesh size : 0.1 mm)가 부착효율이 가장 좋았으며, 이보다 망목이 크면 부착성규조류의 부착효율이 급격히 떨어지며, 이보다 망목이 작을 경우, 이후 부착성 규조류의 배양 및 회수과정이 용이하지 않았다. 부착기질의 재질은 나일론, PP, 또는 PE로 사용할 수 있으나, 나일론이 부착성규조류 부착 효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 부착기질은 부착수조의 바닥에 넓게 펴서 깔고, 가장자리는 벽면의 하부에 고정한다. 또는 부착기질을 프레임에 고정하여 설치할 수 있다. 부착기질에 부착성규조류가 부착한 후, 증식을 시작하면, 부착된 부착성규조류의 광합성 작용에 의하여 방생하는 산소가 수중에 발산되면서 부착기질의 바닥면 아래에 모이게 되어 부착기질을 바닥면으로부터 떠오르게 한다.

[0039] 이 경우, 부착기질이 해수 밖으로 노출되면 부착성규조류가 말라버리거나, 파래포자 등이 번식할 수 있다. 따라서 부착기질이 부상하는 것을 방지하기 위하여 부착기질에 0.5~1m의 간격을 두고 십자형 또는 일자형의 절개부를 두어 부착성규조류에 의해 생성된 기체가 배출되도록 한다. 또한 부착기질 상부에 3~5 m 간격의 격자형 와이어를 놓아 부착기질이 바닥에서 떠오르는 것을 방지한다.

[0040] 부착기질이 설치되고 4~5일 정도면 부착기질에 부착성규조류 부착이 완료되어 증식하게 되며, 부착기질을 배양 수조로 옮겨 대량배양시킨다.

[0042] <실시예2> 부착성 규조류의 대량배양

[0043] (1) 부착성규조류의 종 조성

[0044] 부착성 규조류에는 매우 다양한 종류가 있으며, 그 중, 전복 등의 양식에 이용되는 부착성 규조류는 주로, *Cocconeis* sp., *Melosira* sp. *Navicula britannica*, *Navicula* sp. *Navicula closterium*, *Navicula longissima*, *Navicula marina*, *Navicula* sp. 등이 있으며, 생육위치에 따라 포복형, 직립형, 매트릭스형으로 나뉘며, 다독생육 또는 군체생육을 하며, 운동성이 있는 것과 없는 것, 그리고, 매우 빠른 운동성을 갖는 종류가 있다.

[0045] 제주도 용암해수에서 입수한 부착성 규조류는 복수회의 실험결과 *Achnanthes brevipes*, *Melosira nummuloides* 와 함께 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Achnanthes sancti-pauli* 및 *Melosira octogona* 가 일정하게 우점종을 유지하였으며, 따라서 용암해수로부터 입수한 부착성규조류의 대량 배양 조건을 확립하는 데에 유리하였다.

[0046] *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* 와 *Achnanthes sancti-pauli* 및 *Melosira octogona* 는 차가운 물에서도 생장이 뛰어났으며, 연중 배양이 가능하며 영양이 뛰어나 전복, 해삼 등의 먹이로 이용하기에 적합하였다.

[0048] (2) 부착성규조류의 대량배양

[0049] 제주도에 분포하는 용암해수의 경우, 연중 17-18도를 유지하고 있어, 동절기에도 17도 이상, 하절기 24도 이하를 유지하는 것이 가능하다. 염도 또한 연중 최저 25‰을 유지하고 있어 연중 부착규조의 배양이 가능하다. 표 1은 봄철 측정된 일간 조도와 운량에 따른 부착규조 부상상태 변화를 나타낸다.

[0050] 본 발명에 따른 부착성규조류의 대량배양은 기본적으로 태양광을 이용하여 야외에서의 배양을 기초로 한다. 해양성 부착규조는 조도 1,000 Lux 이상에서 분열 증식이 일어나는데, 제주도의 경우, 자연광은 일반적으로 일출시 4,000Lux 이상, 일몰시 2,000 Lux 이상 유지하고 하절기 일 최대 조도량은 100,000 Lux에 달한다. 일출시간은 동지 9시간 30분, 하지 14시간 45분임을 고려하면, 일 평균 12시간 이상 미세부착규조에 태양광이 조사되므로, 따로 광원을 위한 에너지 소모 없이 부착성규조류 배양에 충분하다.

표 1

[0051] 일간 조도와 운량에 따른 부착규조 부상상태 변화

시간	조도(Lux)	부착규조부상상태	운량	비고
07:00	4400	-	0	
08:00	22700	-	0	
09:00	21100	+	1	
09:40	59500	++	0	
15:00	33500	+++	4	
16:30	22300	+++	4	
17:30	9700	+++		
18:30	2700	-		
2013. 7. 17				
07:30	9500	-	1	
08:30	31900	+	1	
09:30	67200	++	1	
10:30	90100	+++	1	
14:00	105100	+++	1	
17:00	56400	+++	1	
18:00	49500	+++	1	
19:00	27200	+	1	

[0052] 1) 운량 ; 0(구름100%), 1(80-90%), 2(60-80%), 3(40-60%), 4(10-40%), 5(10%미만)

[0053] 2) 부착규조부상상태 ; +(조금), ++(많음), +++(아주많음)

[0055] 일반적인 부착성 규조류의 생활사(Life cycle)가 최대 14일임을 고려하면, 생육조건이 보다 좋은 하절기에 미세 부착조류의 생활사가 단축되어 생산량이 증대된다.

[0056] 본 발명에 따른 부착성규조류의 대량배양은 제주 용암해수를 사육수로 이용하여 수행하였다. 표 2 및 표 3은 제주 용암해수(지하염수) 및 일반해수의 ICP-MS(Inductively coupled plasma mass spectrometry) 분석을 통해 구성 원소를 분석한 결과이다. 분석은 한국기초과학지원연구원 제주센터에 의뢰하여 분석하였다.

[0057] 표 2 및 표 3에서 보는 바와 같이 규소의 함유율은 일반해수보다 용암해수에서 10배 이상 높은 것을 알 수 있었으며, 이는 제주 용암해수를 제주 용암해수로부터 분리한 미세조류의 성장 및 실리카 축적에 최적의 사육수로 이용할 수 있음을 보여주고 있다.

표 2

제주용암해수(지하염수)와 일반해수의 구성원소함량 비교(ICP-MS 분석값)

원소	제주용암해수		일반해수	
	정량 (mg/kg)	비율 (%)	정량 (mg/kg)	비율 (%)
7 Li	166.6	0.001592	184.3	0.001493
23 Na	8788407.09	83.987466	10337154.26	98.788254
24 Mg	1136661.19	10.862639	1323647.28	12.649594
27 Al	14.87	0.000142	10.38	0.000099
28 Si	2382.09	0.022765	214.83	0.002053
31 P	75.97	0.000726	47.11	0.00045
39 K	177221.97	1.693643	230168.4	2.199632
40 Ca	352255.78	3.366375	448190.51	4.283186
45 Sc	0.3	0.000003	0.18	0.000002
47 Ti	1.27	0.000012	1.12	0.000011
52 Cr	1.56	0.000015	2.08	0.00002
55 Mn	0.27	0.000003	1.18	0.000011
56 Fe	1.31	0.000013	14.29	0.000137
60 Ni	0.46	0.000004	0.54	0.000005
63 Cu	0.21	0.000002	0.79	0.000008
66 Zn	5.67	0.000054	9.97	0.000095
75 As	1.38	0.000013	1.5	0.000014
88 Sr	6728.24	0.064299	8503.76	0.081267
90 Zr	0.01	0.0000001	0.02	0.0000002
138 Ba	24.41	0.000233	4.72	0.000045
208 Pb	0.15	0.000001	0.1	0.000001

[0060] <실시예3> 대량배양된 부착성 규조류의 회수

[0061] (1) 기포를 이용한 부착 부착성규조류의 분리

[0062] 부착기질에서 증식한 부착성규조류는 생장을 거듭하여 바이오매스가 증가하면 부착기질에 부착한 부분이 탈락되면서 자연적으로 부착기질로부터 분리되어 콜로니를 형성한다. 부착기질로부터 이탈되지 않고 남아 있는 부착성 규조류는 에어컴프레서 또는 압축공기를 이용하여 부착기질로부터 분리시킬 수 있다. 부착기질로부터 분리된 부착성규조류 덩어리는 배양수조 중에 부유하게 된다.

[0064] (2) 주광성을 이용한 부착성규조류 회수

[0065] 부착기질로부터 분리된 부착성규조류 덩어리는 수조 내에 부유하게 되는데, *Achnanthes brevipes*와 *Melosira nummuloides* 및 *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Achnanthes sancti-pauli* 및 *Melosira octogona* 가 99% 이상을 이루며, 이들 종은 주광성을 갖고 있다. *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* 와 *Achnanthes sancti-pauli* 및 *Melosira octogona*는 30,000 Lux 보다 높은 조도에서 강한 주광성을 나타내기 때문에 표 1에서 보듯이 낮 시간 동안 수조의 상부에 뜨게 된다. 이때 수류를 따라 거치대를 설치함으로써 부유하는 부착 규조류 덩어리를 운집시켜 회수함으로써 다른 에너지원의 이용없이 부착성규조류를 회수할 수 있다.

[0066] 도 7은 주광성을 이용한 부착규조류의 회수과정을 나타낸 사진이다. 회수기간에 구름양의 증가 날씨 변화 등으로 30,000 Lux 이상의 조도를 얻지 못할 경우, 외부 광원으로 30,000 Lux 빛을 배양 수조 상부 일측에 비추어 부유하는 부착성 규조류 덩어리를 부상시킬 수 있다. 상기 거치대는 목재나 PVC 파이프를 길이를 따라 절개하여 거치시키면, 배양 중, 배양수조에 지속적으로 형성되는 수류를 따라 부착성규조류 덩어리가 한데로 모이게 된다.

[0067] 도 8은 망수거장치를 이용한 부착규조류의 회수과정을 나타낸 사진이다. 수류를 따라 운집하는 부착성 규조류 덩어리는 뜰채로 떠서 나일론 망(mesh size : 0.1 mm)을 포함하는 수거장치에 의하여 걸러서 용이하게 수거할 수 있다.

[0068] 수거된 부착성 규조류는 습식으로 그대로 사용하거나, 건조와 분쇄과정을 거쳐 사료 및 사료첨가물, 또는 2차공

정을 거쳐 환경, 생명산업 등 응용분야에 이용할 수 있다.

[0070] (3) 본 발명에 따른 연간 부착성 규조류 생산량

[0071] 표 3은 본 발명에 따른 부착 규조류의 대량배양방법에 의한 부착성 규조류의 연간 생산량을 나타낸 표이다.

표 3

본 발명에 따른 부착 규조류의 대량배양방법에 의한 부착성 규조류의 연간 생산량

년/월	2012.1 0.	11	12	2013.1	2	3	4	5	6	7	8	9
월 총 회수량(kg)	1,348	869	703	1,290	790	1,842	1,125	1,120	1,455	1,440	2,890	2,060
일 평균 회 수량 (g/m ²)	80.53	53.64	42.00	77.06	52.25	110.04	69.44	66.91	89.81	86.02	172.64	127.16

[0073] 본 발명의 일실시예에 따라 전체 54m²의 부착기질로 부착성규조류를 부착, 배양시킨 결과, 일간 미세부착규조 평균 생산량은 부착기질에서 생산되는 수분함유율 50%미만의 미세부착규조 콜로니(shake형태) 85.6g/m²로 이는 연간 31.1kg/m²의 생산성을 보였다. 이는 부유성 부착성규조류를 이용한 타 연구결과(한국해양연구원 14.4kg/m², 2012)와 비교하여 크게 앞서는 결과로, 본 발명에 의한 부착규조류 대량배양방법에 의하여 매우 적은 에너지로 높은 생산성을 나타낸 것을 확인하였다.

[0075] <실시예4> 규조 유래 실리카 제작

[0076] (1) 규조 유래 실리카 제작 공정

[0077] 도 9는 이와 같은 방법으로 분리된 규조분말과 *Melosira nummuloides* 및 *Achnanthes brevipes*의 광학현미경사진(A. 규조분말 B. *Melosira nummuloides* C. *Achnanthes brevipes*)이다. 상기 대량배양방법으로 배양된 분리된 부착성 규조류에서 하기의 과정을 거쳐 실리카를 추출한다.

- [0078] ① 수득한 규조류를 60~80℃의 건조기에서 건조시킨다.
- [0079] ② 상기 건조한 규조류를 분쇄기를 이용하여 분쇄한다.
- [0080] ③ 10% 염산용액에 상기의 규조류 분말을 중량비 95 : 5로 혼합한 후, 95℃에서 5시간동안 교반하여 유기물을 제거한다.
- [0081] ④ Glass filter를 사용하여 상층액을 제거 후 잔사를 수거한다.
- [0082] ⑤ 상기 수거한 잔사를 증류수를 사용하여 3회 세척한다.
- [0083] ⑥ 상기 세척된 잔사를 80℃에서 건조한다.
- [0084] ⑦ 상기 건조된 잔사를 650℃에서 5시간동안 가열하여 유기물을 완전히 제거한다.
- [0085] ⑧ 유기물이 완전히 제거 된 실리카를 수거한다.

[0086] 도 10은 규조류로부터 각 단계별로 추출된 실리카의 사진이고, 도 11은 규조류로부터 추출된 실리카의 사진이다.

[0087] 도 10의 하부의 내용물이 녹색인 것은 배양하여 회수한 부착성 규조류를 염산을 전처리하여 건조한 상태의 분말형 입자이고, 가운데것은 Mg 환원된 직후에 실리카와 부산물이 동시에 존재하는 상태를 나타내며, 상단의 흰색 입자는 유기물을 제거한 순수 실리카분말을 나타낸다.

[0088] 본 발명에 따라 대량배양된 규조류로부터 수득한 실리카의 구조를 살펴보면 도 11과 같다. 규조류 유래 실리카는 생물체를 감싸고 있는 구조체 모양이 일정하게 유지된 상태로 추출되는 것을 알 수 있다. 이는 실리카 분말 입자가 일정한 형태적 균일성을 갖고 있으며, 규조류의 특성 상, 내부가 비어 있는 껍데기형태를 유지함으로써, 공극률이 획기적으로 높은 실리카분말을 얻을 수 있음을 의미한다. 따라서 모래나 석영 등의 광물로부터 얻어지는 일반적인 실리카와 물리적 특성이 상이한 입자형태의 분말을 얻을 수 있다.

[0089] 상기의 방법으로 규조류 분말에서 실리카 추출수율은 35~40%로 규조류 분말 90g 사용 시, 실리카 40g, 규조류분말 80g 사용 시, 30g의 실리카분말을 얻을 수 있었다.

[0091] (2) 용암해수와 자연해수에 포함된 규조 유래 실리카 분석

[0092] 표 4는 상기 방법으로 제주도 용암해수로부터 분리한 부착성 규조류를 대량배양하여 수득하고 여기서 추출한 규조 유래의 실리카분말을 ICP-MS(Inductively coupled plasma mass spectrometry) 분석을 통해 분석하였다. 분석은 한국기초과학지원연구원 제주센터에 의뢰하여 분석하였다. 표 4의 비율은 분석된 원소의 총량에 대한 상대치를 나타낸다.

[0093] 표 4에서 보는 바와 같이 본 발명의 실리카 추출방법을 이용하여 제주도 용암 해수로부터 분리한 부착성 규조류로부터 98.4%의 고순도 실리카를 수득할 수 있었다.

표 4

[0094] 본원발명에서 추출된 실리카를 구성하는 물질의 함량(ICP-MS 분석값)

원소	7 Li	23 Na	24 Mg	27 Al	28 Si	31 P	39 K	40 Ca	45 Sc	47 Ti
정량 (mg/kg)	0.8	328.2	632.1	902.1	250308.0	272.6	340.9	665.1	25.7	121.8
비율 (%)	0.0003	0.1291	0.2486	0.3547	98.4316	0.1072	0.1341	0.2615	0.0101	0.0479
원소	52 Cr	55 Mn	56 Fe	60 Ni	63 Cu	75 As	88 Sr	90 Zr	138 Ba	208 Pb
정량 (mg/kg)	18.2	60.7	595.0	0.9	2.0	2.0	5.6	3.8	9.2	1.6
비율 (%)	0.0072	0.0239	0.2340	0.0004	0.0008	0.0008	0.0022	0.0015	0.0036	0.0006

산업상 이용가능성

[0096] 본 발명은 제주도 용암해수로부터 연중 배양이 가능한 부착성 규조류인 *Melosira nummuloides*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Achnanthes sancti-pauli*, *Achnanthes brevipes* 및 *Melosira octogona*를 분리하여 대량배양하고, 수득한 규조류로부터 순도 높은 실리카를 제조하는 방법을 제공하고 있어, 환경, 생명산업 등 응용분야에 이용할 수 있으므로 산업상 이용가능성이 있다.

도면

도면1

용암해수는?



용암해수의 생성&분포

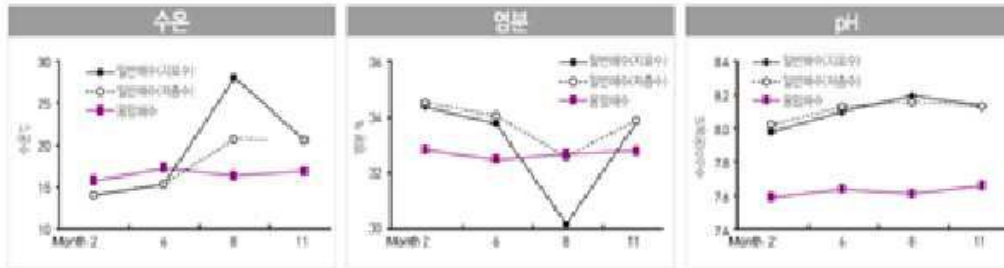
용암해수는 제주 동부지역에 다양으로 매장되어 있습니다. 제주 동부지역은 바닷물의 투과가 쉬운 화산암반층이 분포하고 있기 때문입니다.



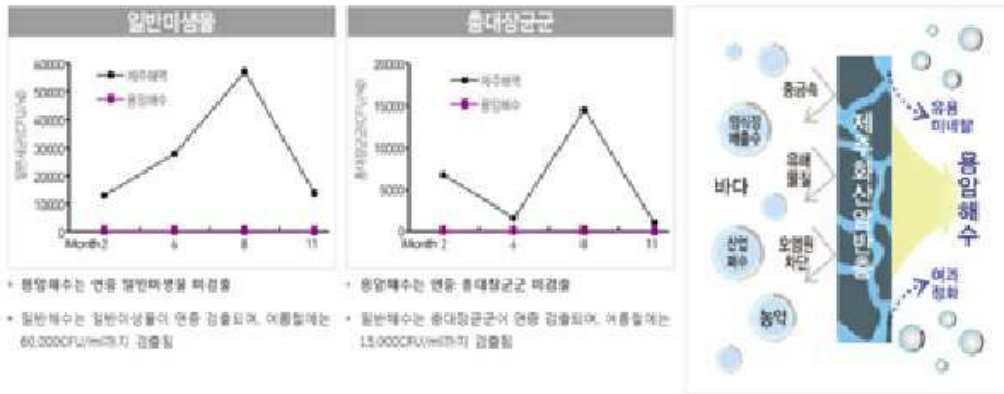
도면2

용암해수와 일반해수

• 일반해수는 성층해수, 상층해수, 침강해수 등의 불안정한 환경에 노출되어 산소와 소금 가용성 등은 비풍이 소요되는 반면, 용암해수는 최상층인층에 의해 정화되고를 거쳐 용암해 물속 및 유해물질들 차단하기 때문에 안전성과 안정성, 경제성을 확보하고 있습니다.

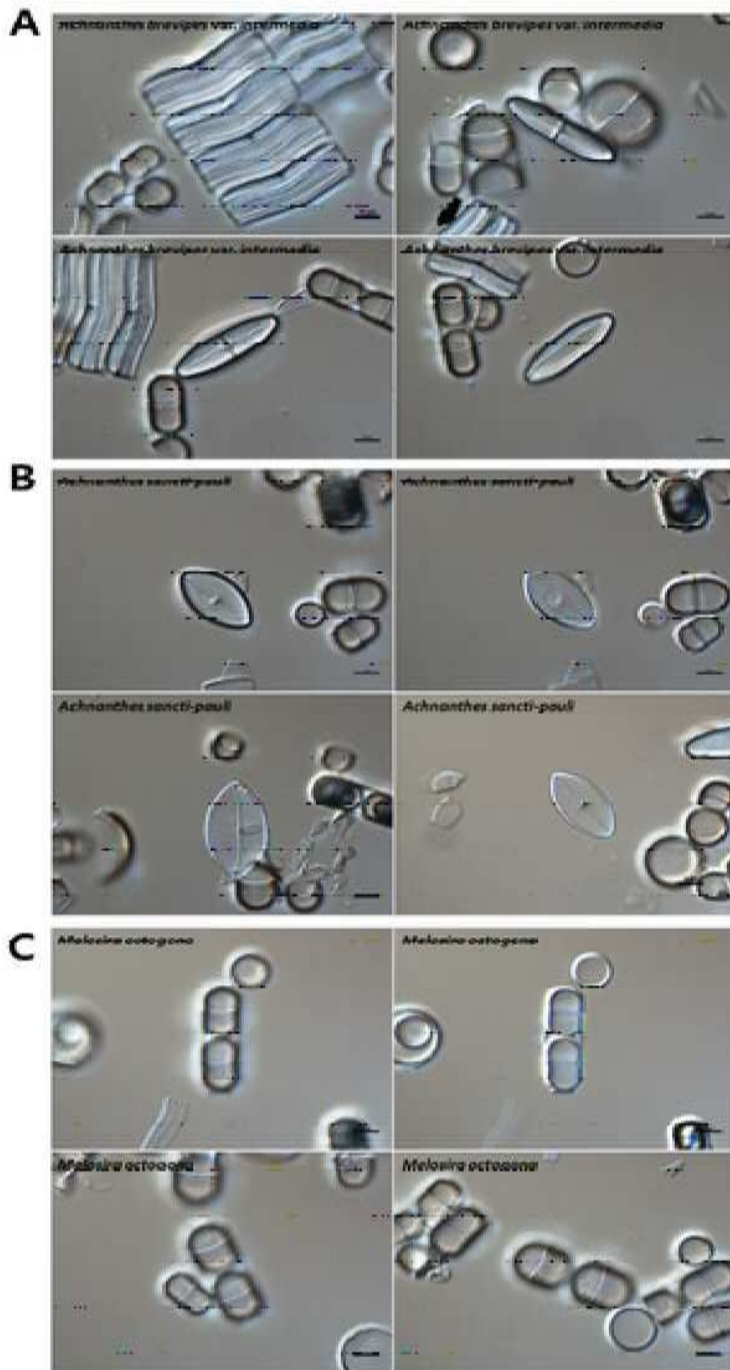


- 용암해수는 17~28°C로 연중 일정함
- 일반해수 저층수는 15°C~22°C로 계절변동이 가장 심함
- 일반해수 저층수는 15°C~20°C로 계절변동이 있음
- 용암해수의 염분은 33psu로 연중 일정함
- 일반해수 저층수의 염분은 30~35psu로 계절변동이 가장 심함
- 일반해수 저층수의 염분은 33~35psu로 계절변동이 있음
- 용암해수의 pH는 7.8으로 연중 일정함
- 일반해수 pH는 7.8~8.2로 여름에 높고 겨울에 낮은 특성을 보여줌

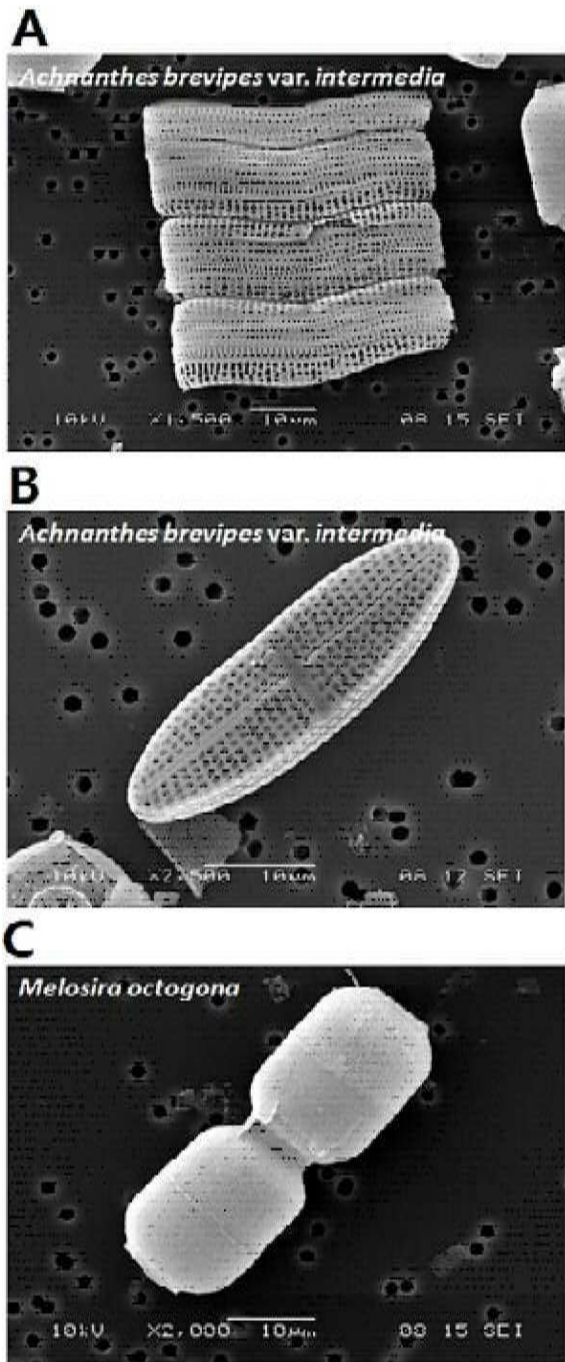


- 용암해수는 연중 일반미생물 미검출
- 일반해수는 일반미생물이 연중 검출되며, 여름철에는 60,000CFU/ml까지 검출됨
- 용암해수는 연중 총대장균군 미검출
- 일반해수는 총대장균군이 연중 검출되며, 여름철에는 15,000CFU/ml까지 검출됨

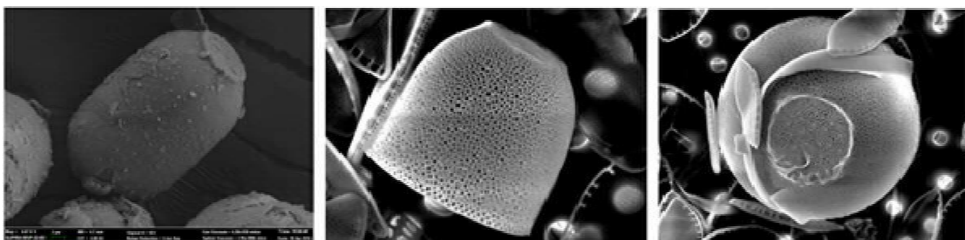
도면3



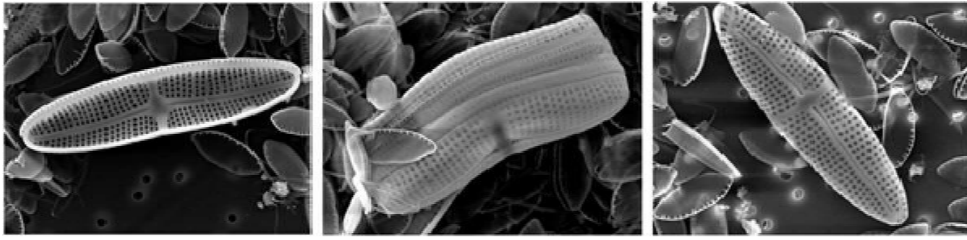
도면4



도면5



도면6



도면7



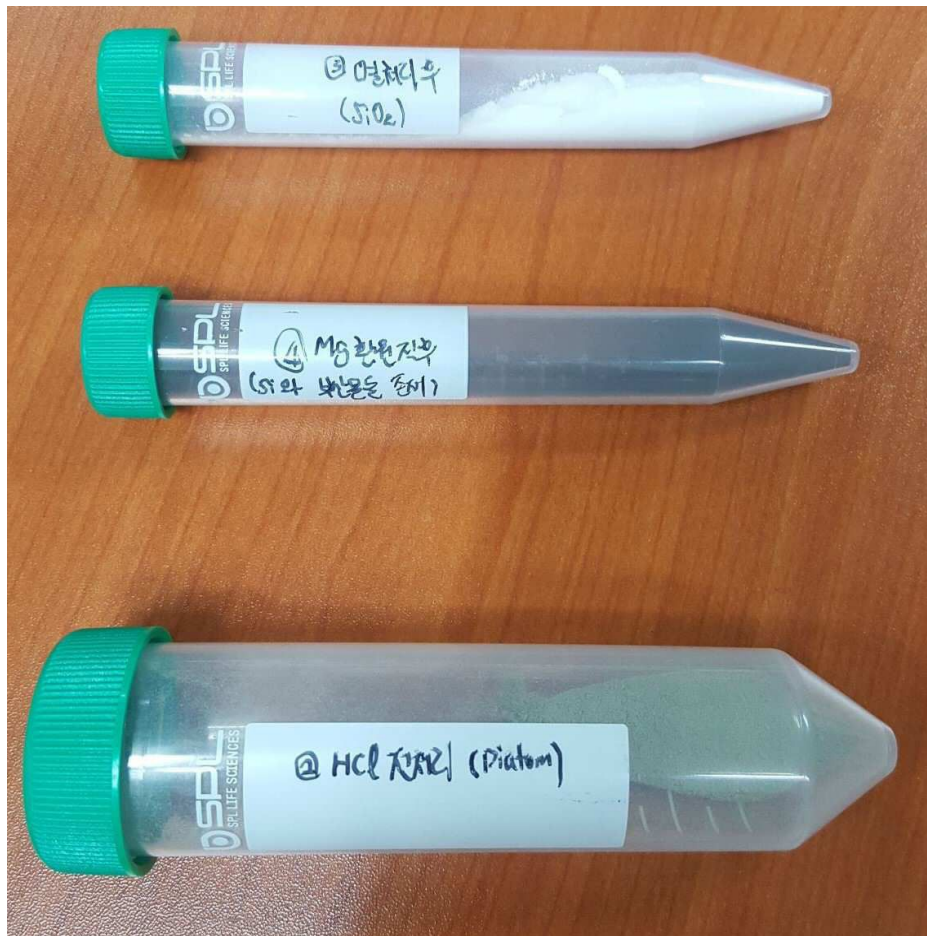
도면8



도면9



도면10



도면11

