



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0101555
(43) 공개일자 2023년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01K 63/04 (2014.01) A01K 61/54 (2017.01)
A01K 61/59 (2017.01) C02F 1/32 (2006.01)
C02F 1/40 (2006.01) C02F 3/00 (2006.01)
C02F 3/10 (2006.01) C02F 3/12 (2006.01)
C02F 3/32 (2006.01) C12N 1/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류
A01K 63/045 (2013.01)
A01K 61/54 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2021-0191750
(22) 출원일자 2021년12월29일
심사청구일자 2021년12월29일

(71) 출원인
주식회사 블루뱅크
경기도 용인시 처인구 명지로 116, 제2공학관
8717호 (남동, 명지대학교용인캠퍼스)

(72) 발명자
안대회
경기도 용인시 처인구 명지로 60번길 15-18, 303
호(역북동, 엘리시아빌)

권규태
경기도 용인시 처인구 백옥대로 884번길 15-13 남
동타운하우스 115동 203호

(74) 대리인
서영호

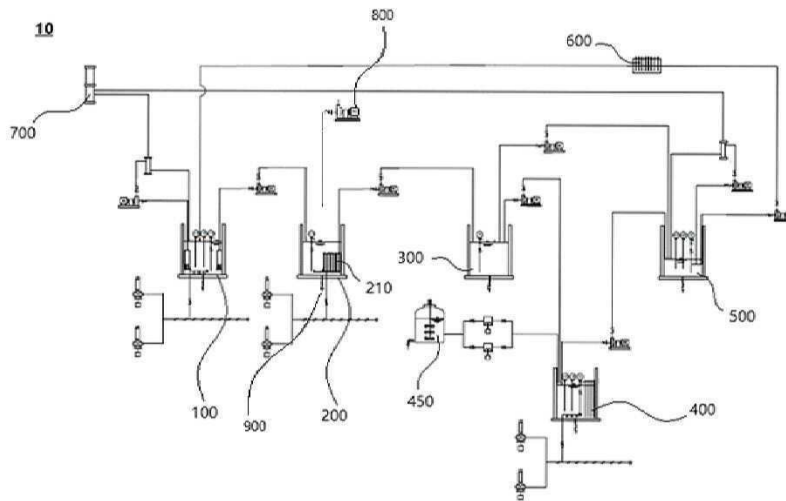
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 내염성 호기성 그레놀 슬러지 및 미세조류 기반 친환경 순환여과 복합양식시스템

(57) 요약

본 발명은 양식어장의 양식수 무배출 순환 사용을 위한 내염성 호기성 그레놀 슬러지와 미세조류 기반 친환경 순환여과 복합양식시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 내염성 호기성 그레놀 슬러지가 점종된 막분리조를 연속 회분식 반응조(sequencing batch reactor, SBR)로 운영하여 새우와 꼬막 양식과정에서 발생하는 사료 찌꺼기 및 노폐물로부터 발생하는 유기물 및 암모니아성 질소를 효율적으로 처리하며, 잔류한 질산성 질소를 미세조류가 섭취하고 증가된 미세조류 바이오매스를 꼬막의 먹이원으로 제공하는 시스템을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- A01K 61/59 (2017.01)
- C02F 1/325 (2013.01)
- C02F 1/40 (2013.01)
- C02F 3/006 (2013.01)
- C02F 3/104 (2013.01)
- C02F 3/1263 (2013.01)
- C02F 3/1273 (2013.01)
- C02F 3/322 (2013.01)
- C12N 1/12 (2019.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1525011477
과제번호	202000042
부처명	해양수산부
과제관리(전문)기관명	해양수산과학기술진흥원
연구사업명	해양산업수요기술개발사업(R&D)
연구과제명	내염성 호기성 그래놀 슬러지 기반 친환경 집적형 흰다리새우·새꼬막 복합 양식시
스텝 개발	
기여율	1/1
과제수행기관명	주식회사 블루뱅크
연구기간	2020.05.18 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

양식수가 순환 여과되는 양식시스템에 있어서,

새우 양식조;

내염성 호기성 그래놀 슬러지 및 막모듈이 포함되어, 유기물과 암모니아성 질소의 산화반응 및 부유물 제거를 동시에 수행하는 막분리조;

후속 공정으로 유입되는 유량을 조절하는 저류조;

미세조류를 배양하는 미세조류 배양조; 및

꼬막 양식조;를 포함하는 전체 시스템을 상기 양식수가 순환하도록 구성되는 친환경 순환여과 양식시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 막분리조내의 내염성 호기성 그래놀 슬러지의 농도가 200 내지 700ppm로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 막분리조를 통해 처리된 양식수의 부유물 농도가 0.01 내지 2.5mg/L로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 미세조류 배양조 내의 미세조류 농도가 700 내지 950mg/m³로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 새우 양식조의 부피는 30 내지 60 m³로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 미세조류의 성장속도를 촉진시키기 위한 배양액 저장소를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 꼬막 양식조로부터 새우 양식조로 이송되는 양식수내의 바이러스 및 세균 증식을 억제하기 위한 UV 소독기를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 양식어장의 양식수 무배출 순환 사용을 위한 내염성 호기성 그레놀 슬러지와 미세조류 기반 친환경 순환여과 복합양식시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 내염성 호기성 그레놀 슬러지가 접종된 막분리조를 연속 회분식 반응조(sequencing batch reactor, SBR)로 운영하여 새우와 꼬막 양식과정에서 발생하는 사료 찌꺼기 및 노폐물로부터 발생하는 유기물 및 암모니아성 질소를 효율적으로 처리하며, 잔류한 질산성 질소를 미세조류가 섭취하고 증가된 미세조류 바이오매스를 꼬막의 먹이원으로 제공하는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 축제식 양식어장은 해안가에서 바닷물과 양식수를 지속적으로 흐르게 하는 유수식에 의존하여 수질을 관리하는 형태이다. 양식기간 동안 양식어장 내 사료 찌꺼기, 녹조 및 양식어가 배출하는 노폐물이 축적되고 이로 인해 양식수 내 유기물 및 암모니아성 질소가 발생한다. 이러한 열악한 환경에서 양식되는 양식어는 질병에 매우 취약하여 대량 폐사로 이어진다. 축제식 양식어장에서는 양식어의 대량 폐사를 방지하기 위해 항생제, 살생제, 수질개선제 등 약품을 과다하게 투입하여 양식어 체내에 인체에 유해한 물질이 농축될 가능성이 높다.

[0003] 단일 양식어종을 양식할 때, 소비환경의 변동성에 의한 대응이 취약하다. 단일 어종의 풍년 또는 사회 문화적인 영향으로 인하여 소비가 위축되거나, 가격이 급격한 변동으로 인하여 피해를 입을 수 있다. 또한 폐사를 방지하기 위해 항생제, 살생제를 투입했음에도 불구하고 폐사를 한다면, 농가의 수입에 큰 타격을 줄 수 있을 것이다. 축제식 양식장은 어류와 새우류 양식 시 지속적인 사료의 투입과 양식어종의 노폐물로 인하여 영양염류의 농도가 높아져 조류의 생물량이 많아진다. 높은 농도의 조류는 수질, 어류 성장 안정화, 사료 투입량 저감 등의 장점이 있다. 또한, 조류는 광합성을 통하여 이산화탄소와 암모니아성 질소, 질산성 질소를 흡수할 수 있다. 반면, 과도할 경우 빛이 없는 야간에 산소 고갈로 인한 수질 악화로 이어질 수 있다. 하지만, 조류는 조개의 섭취의 먹이로 이용이 가능하다. 이는 양식으로 발생된 조류를 이용하여 영양염류를 제거하고 사료로의 공급을 동시에 가능케 하는 점으로 주목할 수 있다.

[0004] 축제식 양식어장은 지리적 여건 등에 의해 수면적 확보가 어렵고, 태풍, 적조 등의 자연재해에 취약하기 때문에 적은 면적에서 대량의 양식어를 생산할 수 있는 고밀도 육상양식법이 개발되었다. 육상 양식장은 인위적인 수온 조절이 가능하고 연중 성장 및 생산이 가능하다. 하지만 축제식 양식어장과 마찬가지로 육상 양식장에서도 환수에 의존하여 수질을 관리하기 때문에 주변 바다를 황폐화시키고 있다. 또한 육상양식어장의 투자 대비 수익성을 확보하기 위해 양식어를 고밀도로 양식하면서 항생제, 수질개선제, 각종 약품 등을 사용하는데 이는 양식대상종의 체내 축적되어 인체에 위해성을 줄 수 있다.

[0005] 상기 문제점으로 인해 현재까지 크게 두 가지 기술이 개발되어 알려져 있다.

[0006] 첫 번째, 순환여과식 양식 시스템(RAS, Recirculating Aquaculture System)으로, 양식수의 재순환을 위해 양식어장 후단에 다양한 물리화학적 수처리 공정을 적용하여 안정적인 수질환경을 유지하는 양식방법이다. 순환 여과식 양식시스템은 물리화학적인 방법(고분자 응집제를 이용한 응집, 침전 처리, 값비싼 필터 등)으로 양식수 내 사료 찌꺼기, 적조 및 양식어가 배출하는 노폐물과 같은 고형물을 제거할 수 있지만, 이를 신속하게 제거하기 못하면 암모니아성 질소가 발생한다. 암모니아성 질소는 물리화학적인 방법으로 처리하기 매우 어려우며, 암모니아성 질소의 생물 독성으로 인해 양식어 성장속도 저하 및 폐사를 초래할 수 있다. 또한 순환여과식 양식시스템은 양식수조 이외에 후단 설비가 복잡하고 운영이 어려우며 설비가격이 상당히 높아서 영세한 양식어장에 적용하기 불가능하다.

[0007] 두 번째, 바이오플락 기술(Bio-floc technology)로, 타가영양 미생물(유기탄소와 암모니아를 에너지원으로 세균 단백질 합성하는 미생물)을 활성화해 양식어와 함께 공존시키면서 양식수 내의 오염물질을 처리하여 정화시키고, 증식된 미생물은 다시 양식어의 단백질 먹이가 되어, 양식수 교환 및 수처리 등의 여과 과정이 필요 없는

양식방법이다. 그러나 현재의 바이오플락 기술을 적용된 양식수 처리시스템에서는 타가영양 미생물에 의해 유기물 및 암모니아성 질소가 미생물 합성에 의해서 제거되기 때문에 암모니아성 질소 처리속도가 매우 느리고, 일부 부분질산화반응으로 인해 아질산성 질소가 발생한다. 아질산성 질소는 암모니아성 질소보다 더욱 높은 생물독성을 나타내어 양식이 폐사를 초래한다. 또한 안정적인 질산화를 하더라도, 무배출 순환으로 운영할 경우에는 질산성 질소의 축적이 불가피하다. 특정 종에서는 높은 질산성 질소에도 불구하고 생존이 가능하나, 적응하지 못하는 고부가가치 종을 적용하지 못하여 공정의 확장성이 제한된다.

[0008] 따라서, 상기 기재된 종래 기술의 문제점을 보완하고 수질개선과 사료비용 저감을 하며, 새우와 꼬막의 복합양식을 할 수 있는 친환경 집적형 순환여과 시스템을 활용하기 위해 본 발명을 제안하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 기존 축제식 양식, 육상양식, 바이오플락 기술 및 순환여과식 양식 시스템의 문제점을 해결하기 위해 내염성 호기성 그래놀 슬러지와 미세조류를 이용한 새우, 꼬막 복합양식용 친환경 집적형 순환여과 시스템을 고안하였다.

[0011] 상기와 같은 복합양식용 친환경 집적형 순환여과 시스템은 양식어의 폐사율을 줄이고, 서로 다른 종을 동시에 양식하여 양식에 사용되는 사료를 저감하며, 최종적으로 배출되는 양식수로 인한 환경오염을 최소화하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 과제의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 양식수가 순환 여과되는 양식시스템에 있어서, 새우 양식조; 내염성 호기성 그래놀 슬러지 및 막모듈이 포함되어, 유기물과 암모니아성 질소의 산화반응 및 부유물 제거를 동시에 수행하는 막분리조; 후속 공정으로 유입되는 유량을 조절하는 저류조; 미세조류를 배양하는 미세조류 배양조; 및 꼬막 양식조;를 포함하는 전체 시스템을 상기 양식수가 순환하도록 구성되는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

[0014] 본 발명의 다른 일 실시 형태로서, 상기 막분리조내의 내염성 호기성 그래놀 슬러지의 농도가 200 내지 700ppm로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

[0015] 본 발명의 또 다른 일 실시 형태로서, 상기 막분리조를 통해 처리된 양식수의 부유물 농도가 0.01 내지 2.5mg/L로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 일 실시 형태로서, 상기 미세조류 배양조 내의 미세조류 농도가 700 내지 950mg/m³로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

[0017] 발명의 또 다른 일 실시 형태로서, 상기 새우 양식조(100)의 부피는 30 내지 60 m³로 조절되는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

[0018] 본 발명의 또 다른 일 실시 형태로서, 상기 미세조류의 성장속도를 촉진시키기 위한 배양액 저장소를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

[0019] 본 발명의 또 다른 일 실시 형태로서, 상기 꼬막 양식조로부터 새우 양식조로 이송되는 양식수내의 바이러스 및 세균 증식을 억제하기 위한 UV 소독기를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 친환경 순환여과 양식시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명 내염성 호기성 그래놀 슬러지와 미세조류를 이용한 새우, 꼬막 복합양식용 친환경 집적형 순환여과 시스템을 통해, 친환경적이고 효율적인 양식 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 친환경 순환여과 양식시스템의 계통도
- 도 2은 본 발명의 친환경 순환여과 양식시스템에 있어서, 미세조류 배양조 내의 클로로필 a 농도를 나타낸 그래프
- 도 3은 본 발명의 친환경 순환여과 양식시스템에 있어서, 시스템을 통한 여과공정 진행 전후의 TN 농도를 나타낸 그래프
- 도 4은 본 발명의 친환경 순환여과 양식시스템에 있어서, 시스템을 통한 여과공정 진행 전후의 COD 농도를 나타낸 그래프
- 도 5는 본 발명의 친환경 순환여과 양식시스템에 있어서, 시스템을 통한 여과공정 진행 전후의 SS 농도를 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시예들에 대한 설명은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다.
- [0025] 본 발명은 내염성 호기성 그래놀 슬러지 및 조류 기반 친환경 순환여과 복합 양식시스템에 관한 발명으로서, 상기 양식시스템을 통해 양식시스템을 통해 양식어장에서 발생하는 유기물 및 암모니아성 질소, 질산성 질소등을 제거하여 양식수를 교환하지 않은 채 지속적으로 순환시키며, 양식대상종에게 조류를 먹이로 제공하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 구체적으로, 본 발명의 양식시스템은 양식수가 도 1에 도시된 바와 같은, 새우 양식조(100), 막분리조(200), 저류조(300), 미세조류 배양조(400) 및 꼬막 양식조(500)를 포함하는 전체 시스템을 순환하도록 구성된다.
- [0027] 보다 구체적으로, 본 발명 새우 양식조(100)에 유입된 양식수는 막분리조(200)로 이송되어 정제된 후, 저류조(300)로 이송되었다가, 미세조류 배양조(400) 및 꼬막 양식조(500)로 나뉘어 유입된다. 이 후, 미세조류 배양조(400)를 거쳐 미세조류를 다량 함유한 양식수가 꼬막 양식조(500)로 추가 유입된다.
- [0028] 상기 꼬막 양식조(500)로 최종적으로 유입되는 양식수 양은 저류조(300)로 이송된 양식수의 양과 동일하게 조절되며, 이 후 상기 양식수가 다시 새우 양식조(100)로 유입되는 바, 위와 같이 동일한 양의 양식수가 전체 시스템을 순환하며 새우 및 꼬막을 양식할 수 있다.
- [0029] 위와 같은 순환을 위하여, 전체 시스템을 통해 이송되는 양식수의 유속은 일정하게 유지되는 것이 바람직하며, 구체적으로 상기 양식수의 유속은 하루에 전체 시스템을 3 내지 5 사이클 순환할 수 있는 속도로 조절되는 것이 바람직하다. 보다 구체적으로, 본 발명 새우 양식조내로 유입되는 양식수의 유속(flow flux)는 30 내지 50m³/day로 조절되는 것이 바람직하며, 다른 장치에도 위와 유사한 유속으로 양식수가 이송되는 것이 바람직하다.
- [0030] 아울러, 상기 양식수가 유입 및 방출되는 유량을 조절하여, 전체 시스템 장치의 부피 대비 하루에 순환하는 양식수의 유량이 0.8 내지 1.2배가 되도록 조절하는 것이 바람직하다.
- [0031] 만약 상기 범위보다 빠르게 많은 양의 양식수가 순환될 경우, 본 시스템 내의 막분리조에서의 수처리 시간이 충분히 확보되지 못하는 바, 양식수 내의 질소 및 유기물 제거가 충분히 일어날 수 없다는 문제가 발생할 수 있다.
- [0032] 반면, 양식수가 지나치게 느리게 순환되어 순환주기가 길어질 경우, 새우 양식조 및 꼬막양식조 내로 지속적으로 신선한 양식수가 공급되지 못하고, 오염된 양식수가 장시간 적체됨에 따라, 새우 및 꼬막의 양식에 악영향을 미칠 수 있는 바, 양식수의 속도 및 유량은 상기범위내로 적절히 조절될 필요가 있다.

- [0033] 한편, 본 발명 시스템은 동일한 양의 양식수가 지속적으로 순환을 거치는 바, 별도의 양식수 배출 및 유입이 필요하지 않다. 다만, 경우에 따라 증발되는 양식수를 보충하거나, 지나치게 오염된 양식수 및 잉여슬러지를 배출할 필요가 있을 수 있는 바, 별도의 보충수 유입펌프 및 배출수와 잉여슬러지 배출구를 포함할 수 있다.
- [0034] 도 1에는 막분리조 하단에 배출수 및 잉여슬러지 배출구(900)가 위치하고 있으나, 상기 배출구의 위치가 반드시 막분리조 하단에 위치해야 하는 것은 아니며, 필요에 따라 각 장치의 하단마다 설치될 수도 있다.
- [0035] 마찬가지로 도 1에는 보충수 유입펌프(800)를 통해 막분리조 상으로 보충수를 유입시키고 있으나, 상기 보충수가 반드시 막분리조로 유입되어야 하는 것은 아니며, 필요에 따라 각 장치로 유입될 수 있다.
- [0036] 필요에 따라 배출되는 양식수의 양은 전체 시스템 내의 양식수량 대비 10%이하로 조절되는 것이 바람직하고, 보충되는 양식수의 양 역시 전체 시스템 내의 양식수량 대비 10%이하로 조절되는 것이 바람직하다. 상기 범위보다 다량의 양식수가 배출 또는 보충될 경우, 전체 시스템내의 산소, 유기물 농도 등이 급변하여 양식어의 성장에 부적절한 영향을 끼칠 수 있다.
- [0037] 구체적으로 본 발명 시스템을 이루는 각 장치의 구성을 살펴보면, 먼저 새우가 양성되는 새우 양식조(100)가 설치될 수 있다.
- [0038] 상기 양식수조 내에는 새우가 성장하기에 알맞은 수준의 정화된 양식수가 유입될 수 있다.
- [0039] 구체적으로, 상기 유입되는 양식수의 유기물 농도는 0.01 내지 5mg/L, 더욱 바람직하게는 0.01 내지 3mg/L, 암모니아성 질소의 농도는 0.01 내지 8mg/L, 바람직하게는 0.01 내지 3mg/L으로 조절될 수 있다.
- [0040] 상기와 같은 바람직한 양식수 조건은 후술한 막분리조(200)를 통한 유기물 제거, 탈질 및 부유물 제거공정과 미세조류 배양조(400)의 추가적인 탈질공정을 통해 달성될 수 있다.
- [0041] 한편, 상기 새우 양식조(100)의 부피는 30 내지 60 m³로 조절되는 것이 바람직하다. 상기 양식수조의 부피가 30 m³ 보다 작게 설계될 경우, 한번에 사육가능한 새우의 양이 지나치게 적어지는 단점이 있으며, 반대로 부피가 60 m³ 보다 크게 설계될 경우, 반응기가 지나치게 커짐에 따라 침전물이 정체되는 문제가 발생할 수 있다. 아울러, 양식조의 부피에 따라 수처리조인 막분리조의 크기도 더 커져야 하는 바, 전체적인 시스템이 너무 비대해질 수 있다.
- [0042] 아울러, 새우의 양식을 최적화 하기 위해 상기 새우 양식조(100)의 수위는 1 내지 1.4m, 더욱 바람직하게는 1.2 내지 1.4m로 조절되는 것이 바람직하다.
- [0043] 상기 새우 양식조(100)에 유입되거나, 새우 양식조로부터 방출되는 양식수의 유속은 앞서 살펴본 바와 같이 전체 시스템을 하루에 3 내지 5번 순환하도록 조절되는 것이 바람직하며, 이에 따라 상기 새우 양식조(100)의 부피 대비 하루동안 유입 및 방출되는 양식수의 유량은 1 : 0.7 내지 1 : 1.3으로 조절되는 것이 바람직하다.
- [0044] 앞서 살펴본 바와 같이, 양식수조에서 방출되는 양식수의 유속은 후단의 막분리조로 유입되는 양식수의 유속과 동일하게 구성되는 바, 상기 범위보다 빠르게 양식수가 이송될 경우, 후단의 막분리조에서의 수처리 시간이 충분히 확보되지 못하는 바, 양식수 내의 질소 및 유기물 제거가 충분히 일어날 수 없다는 문제가 발생할 수 있다.
- [0045] 반대로 양식수조로 유입되는 양식수가 지나치게 느리게 이송될 경우, 상기 새우 양식조(100) 내에서 새우가 양식됨에 따라, 양식수 내에는 새우가 섭취하고 남은 잔류 사료 및 새우로부터 발생하는 노폐물들이 잔존하게 되는 바, 양식수조 내로 지속적으로 신선한 양식수가 공급되지 못하여, 오염된 양식수가 장시간 적체됨에 따라 새우의 양식에 악영향을 미칠 수 있다.
- [0046] 한편, 상기 새우 양식조에서 발생한 노폐물이 걸리지 않고, 전체 시스템을 순환할 경우, 후술할 꼬막의 성장을 저해할 수 있으며, 이러한 오염된 양식수가 다시 새우 양식조 내로 유입됨에 따라, 새우의 성장 역시 크게 저해할 수 있다.
- [0047] 따라서, 위와 같이 발생한 오염물질을 제거할 수 있도록, 새우 양식조(100)의 양식수는 펌프를 통해 막분리조(200)로 이동되며, 상기 막분리조 내에서 유기물 및 질소 제거반응과 동시에 부유물의 제거반응이 진행된다.
- [0048] 상기 막분리조(200)에 유입 및 방출되는 유량은 새우 양식조(100)에 유입되는 유량과 동일하게 조절될 수 있으며, 상기 막분리조(200)의 부피는 새우 양식조(100)의 부피 대비 0.8 내지 1.2배로 구성될 수 있다.

- [0049] 상기 막분리조(200)의 크기가 지나치게 작을 경우, 충분한 양의 호기성 그레놀 슬러지를 함유하지 못하는 문제가 발생하고, 이에 따라 양식수 정화 효율이 감소하게 되어 바람직하지 않다. 반면, 상기 범위보다 막분리조 크기가 커질 경우, 오히려 호기성 그레놀 슬러지를 통해 정화가 일어나지 못하고 그대로 막분리조를 빠져나가는 양식수가 생길 수 있으므로, 최적화를 위해 부피를 상기 범위내로 조절하는 것이 바람직하다.
- [0050] 막분리조를 통한 구체적인 정화반응은 하기와 같이 일어난다.
- [0052] *먼저 정화를 위해서, 본 발명의 막분리조(200)내에는 내염성 호기성 그레놀 슬러지가 함유될 수 있다.
- [0053] 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지는 고가의 담체, 회전체 등의 생물막없이 생물학적, 물리적, 화학적 요인등에 의해서 활성 슬러지에 함유된 호기성 미생물들이 서로 자가조정화 현상을 나타내며 서로 뭉치면서 그레놀화된 것으로, 니트로소모나스(Nitrosomonas), 니트로코커스(Nitrococcus), 할로모나스(Halomonas), 로도할로박터(rhodohalobacter), 파라로도박터(Pararhodobacter), 마리노스피릴럼(Marinospirillum), 트루에페라(Trueper), 펠라기박테리움(Pelagibacterium), 등과 같은 호기성 또는 통성 혐기성 미생물을 이용하여 제조될 수 있고, 특히 내염성을 만족시키기 위하여 할로모나스(Halomonas), 니트로소모나스(Nitrosomonas), 니트로코커스(Nitrococcus), 니트로코커스(Nitrococcus), 트루에페라(Trueper) 로 이루어지는 군에서 선택되는 하나 이상의 미생물을 포함하는 것이 바람직하며, 상기 할로모나스(Halomonas), 니트로소모나스(Nitrosomonas), 니트로코커스(Nitrococcus), 니트로코커스(Nitrococcus), 트루에페라(Trueper)를 대부분 포함하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0054] 본 발명의 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 경우, 앞서 살펴본 바와 같이 내염성을 가지는 미생물군을 선별하고 배양조건을 조절하여 상기 미생물의 내염성을 향상시켰다. 또한, 상기 미생물들의 함량 범위를 적절히 조절하여, 내염성을 높이는 동시에 적절히 그레놀화 되어 오염물질을 효율적으로 처리할 수 있도록 하였다.
- [0055] 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지는, 유기물산화 및 암모니아성 질소 산화반응의 경우에 유산소조건에서 최종 전자수용체로 용존산소를 이용하여 산화반응을 진행하고, 탈질반응의 경우에는 무산소 조건하에 최종 전자수용체로 질산성 질소를 이용하여 탈질반응을 진행할 수 있다.
- [0056] 또한, 앞서 살펴본 바와 같이 본 발명의 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 경우, 바다물의 염분농도 조건에서 사료 찌꺼기 및 양식어가 배출하는 노폐물을 분해할 수 있도록 배양되어, 고염분 환경에서도 생존하여 여과공정을 진행할 수 있다.
- [0057] 구체적으로 상기 배양조건을 통해 얻어지는 본 발명의 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 경우, 염도 10‰내지 40‰에서 성장할 수 있다.
- [0058] 만약 내염성 호기성 그레놀 슬러지가 견딜 수 있는 염도가 10‰ 미만이라면, 유입되는 물의 염도를 10‰ 미만으로 조절해줘야 하는데 상기 범위의 염도조건에서는 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 유기물 및 질소 처리효율이 감소하므로 바람직하지 않다. 반면, 40 ‰을 초과하는 염도에서도 생존하기 위한 배양조건을 갖추는 것은 매우 까다로운 공정을 요구하므로, 경제적인 측면에서 바람직하지 않다. 따라서, 내염성 호기성 그레놀 슬러지를 양식수 내에서 위와 같은 농도로 유지하는 것이 바람직하며, 양식환경 최적화를 위해서는 20 내지 35‰으로 유지하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0059] 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 평균직경은 0.1 ~ 0.5mm인 것이 바람직하다. 만약 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 평균직경이 0.1mm 미만인 경우에는 침전이 제대로 일어나지 않아서, 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 농도를 조절하기가 어렵다. 반면, 평균직경이 0.5 mm를 초과하는 경우에는 내염성 호기성 그레놀 슬러지가 막분리조에서 원활히 유동하지 못하고 막분리조 바닥에 침전되어서 유기물 및 질소 처리효율이 감소할 수 있으므로 바람직하지 않다. 양식 환경의 최적화를 위해서는 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 평균직경은 0.2 ~ 0.4mm 인 입자가 전체 입자의 70%를 상회하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0060] 한편, 본 발명 막분리조(200)에 함유되는 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 양은 농도가 200 ~ 700ppm이 되도록 조절되는 것이 바람직하다.
- [0061] 내염성 호기성 그레놀 슬러지의 농도가 200ppm 미만인 경우에는 유기물제거 및 질산화가 이루어지지 않는 문제가 발생하고, 반대로 농도가 700ppm을 초과하는 경우에는 막분리조 내에 침전되어 오히려 오염물질이 증가하는 현상이 발생할 수 있다.
- [0062] 본 발명에서는 내염성 호기성 그레놀 슬러지를 이미 그레놀화된 상태로 막분리조(200)에 주입함에 따라 고농도

의 호기성 미생물을 유지할 수 있는 바, 유기물충격부하에도 강한 저항성을 유지할 수 있다.

- [0063] 또한, 본 발명의 내염성 호기성 그레놀 슬러지는 일정 크기 이상의 그레놀 슬러지로 이루어지는 바, 부유슬러지 관리가 용이할 뿐만 아니라, 원활한 고액분리가 가능하여 내염성 호기성 그레놀 슬러지 농도 조절이 빠르게 이루어질 수 있다.
- [0064] 아울러, 내염성 호기성 그레놀 슬러지는 막분리조(200) 내에서 부유한 상태로 활성화되는 바, 균질성이 향상되므로 잔류하는 유기물을 빠르게 제거하는 동시에 질산화반응 및 탈질반응의 효율을 높일 수 있다.
- [0065] 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지를 이용한 유기물 산화 반응 메커니즘은 하기의 반응식과 같이 일어난다.
- [0067]
$$C_6H_{14}O_2N + 3.358O_2 \rightarrow 0.878C_5H_7O_2N + 1.608CO_2 + 0.122NH_4^+ + 3.622H_2O + 0.122OH^-$$
- [0069] 또한, 상기 내염성 호기성 그레놀 슬러지를 이용한 암모니아성 질소의 완전 질산화 반응메커니즘은 하기의 반응식과 같이 일어난다.
- [0071]
$$22NH_4^+ + 37O_2 + 4CO_2 + HCO_3^- \rightarrow C_5H_7O_2N + 21NO_3^- + 20H_2O + 42H^+$$
- [0073] 상기와 같은 반응을 통해 막분리조(200)에서 배출되는 양식수의 오염물질 농도를 생물 독성 농도 아래로 조절할 수 있다. 구체적으로, 상기 양식수의 유기물 농도는 0.01 내지 5mg/L, 더욱 바람직하게는 0.01 내지 3mg/L, 암모니아성 질소의 농도를 0.01 내지 8mg/L, 바람직하게는 0.01 내지 3mg/L으로 조절될 수 있다.
- [0074] 상기 유기물의 농도가 5mg/L 를 초과할 경우, 양식수의 부영양화, 적조 현상 등이 발생할 수 있고, 오염도가 증가하여 새우 또는 꼬막의 질병 발생가능성이 급증하게 된다.
- [0075] 또한, 상기 암모니아성 질소의 농도가 8mg/L을 초과할 경우, 양식수의 부영양화, 적조 현상 등이 발생할 수 있고, pH와 수온에 따라 비이온화된 암모니아(NH₃)의 농도가 증가하고, 비이온화된 암모니아(NH₃)의 생물독성으로 인해 새우 또는 꼬막의 성장이 저조해지고 폐사율이 급증하게 된다.
- [0076] 따라서, 유기물의 농도 및 암모니아성 질소의 농도를 각각 5mg/L, 8mg/L 이하로 조절하는 것이 새우 또는 꼬막의 성장 최적화를 위해서 바람직하다.
- [0077] 한편, 본 발명 막분리조(200)에서는 내염성 호기성 그레놀 슬러지를 통한 생물학적 정화작용외에 막모듈(210)을 통한 물리적 정화작용이 수반될 수 있다.
- [0078] 상기 막모듈(210)은 양식수내의 부유물 농도를 저감시키는 것을 주된 목적으로 한다.
- [0079] 구체적으로, 상기 막모듈(210)로서 중력 여과기, 진공 여과기, 가압 여과기, 압착 여과기, 또는 원심 여과기를 사용할 수 있다. 아울러, 상기 막모듈에 사용되는 막의 경우, 부유물의 적절한 제거를 위하여 구멍의 지름을 0.1 ~ 10 μm로 조절되는 것이 바람직하다.
- [0080] 상기 막모듈을 활용하여 부유물을 걸러줌으로써, 후속 공정으로 부유물이 이송되는 것을 방지할 수 있으며, 구체적으로 부유물 농도는 0.01 내지 2.5 mg/L 까지 저감시키는 것이 바람직하다.
- [0081] 본 발명 막분리조(200)를 통해서 정화된 양식수는 저류조(300)를 거쳐 미세조류 배양조(400) 및 꼬막양식조(500)로 이송될 수 있는데, 이 때 미세조류 배양조(400) 내로 유입되는 양식수의 부유물 농도가 상기 범위보다 높게 유지되면, 미세조류의 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.
- [0082] 구체적으로, 부유물질에는 유기물과 박테리아가 혼재되어 있는데, 위와 같이 부유하는 유기물은 광합성에 필요한 빛을 산란시켜, 미세조류의 광합성을 저해한다. 또한, 미세조류와 박테리아는 서로 경쟁적 관계에 있는 이종(異種) 물질이므로, 박테리아의 경우 미세조류의 성장과 생존을 저해하는 물질을 배출하게 된다.
- [0083] 따라서, 미세조류의 성장을 위해 이러한 부유물을 제거할 필요가 있다.

- [0084] 아울러, 꼬막양식조(500)의 하부에는 꼬막 양식을 위한 모래가 위치하게 되는데, 양식수내의 부유물 농도가 높을 경우, 상기 모래에 부유물이 적체되어 썩는 현상이 발생할 수 있다.
- [0085] 따라서, 앞선 내염성 호기성 그래놀 슬러지 및 막모듈을 통한 부유물 저감 작용을 통해, 막분리조(200)를 거쳐 배출되는 양식수내의 부유물 농도를 0.01 내지 2 mg/L 까지 저감시키는 것이 바람직하다.
- [0087] *상기 막분리조(200)에서 정화작용을 마치고 배출된 양식수는 저류조(300)에 저장될 수 있다. 저류조의 부피는 새우 양식조 대비 0.8 내지 1.2배로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0088] 상기 저류조(300)는 미세조류 배양조(400) 및 꼬막양식조(500)로 적절한 수준의 유량을 분배하는 역할을 담당한다.
- [0089] 구체적으로, 새우 양식조(100), 막분리조(200), 저류조(300), 꼬막양식조(500)의 경우, 하루 종일 양식수가 순환가동되는 반면, 미세조류 배양에는 시간이 오래 소요되는 바, 꼬막양식조로 충분히 성장한 미세조류를 공급하기 위하여, 상기 미세조류 배양조(400)를 통한 양식수 이송은 간헐적으로 이루어지는 것이 바람직한 바, 저류조를 통해 이러한 양식수 유입을 조절할 수 있다.
- [0090] 한편, 위와 같은 저류조(400)로부터 양식수를 공급받는 미세조류 배양조(400) 및 꼬막양식조(500)의 보다 구체적인 기능은 하기와 같다.
- [0091] 미세조류 배양조(400)는 꼬막의 먹이로 제공되는 미세조류가 배양되는 장소로서, 상기 미세조류 배양조내의 미세조류가 막분리조(200)에서 미처 제거되지 못한 잔류 질소, 이산화탄소 및 미량의 원소를 흡수하여 광합성을 통해 성장할 수 있다.
- [0092] 한편, 상기 미세조류 배양조(400) 내에서 여분의 잔류 질소 제거 작용이 진행되는 바, 본 발명의 양식시스템은 단순히 막분리조(200)만을 활용하는 것에 비해서 꼬막 및 새우의 성장에 더욱 적합한 질소농도를 맞춰줄 수 있다는 장점이 있다.
- [0093] 본 발명의 양식 시스템 상에는 상기 미세조류의 성장을 촉진하기 위한, 별도의 배양액 저장소(450)가 추가로 마련될 수 있다.
- [0094] 상기 배양액 저장소 내에는 조류의 성장을 촉진할 수 있는 미량원소가 배양액 형태로 보관되며, 상기 배양액을 간헐적으로 미세조류 배양조(400)로 공급해줄 수 있다.
- [0095] 상기 배양액을 이루는 미량원소로는 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 등이 포함될 수 있으며, 추가적으로 비타민이 함유될 수 있다.
- [0096] 한편, 상기 배양액 공급을 통해 미세조류 배양조(400) 내의 미세조류 농도를 700 내지 $950mg/m^3$ 로 조절하는 것이 바람직하다.
- [0097] 미세조류 농도가 상기 범위보다 낮을 경우, 같은 양의 먹이를 꼬막에게 제공하기 위해서 많은 양의 양식수를 요구로 하는 바, 꼬막 반응조로 유입되는 미세조류가 함유된 양식수의 양이 지나치게 늘어나는 문제가 생길 수 있어 바람직하지 않다. 따라서, 적은 양의 양식수로 충분한 미세조류를 제공하기 위하여, 미세조류의 농도는 높게 유지하는 것이 바람직하나, 지나친 미세조류 농도는 광합성 시에 미세조류 각각의 성장을 제한할 수 있는 바, 상기 범위내로 조절되는 것이 바람직하다.
- [0098] 구체적으로, 위와 같은 미세조류 농도를 유지하기 위하여, 미세조류 배양조(400)의 부피를 V_m , 하루동안 배양액 저장소(450)로부터 미세조류 배양조(400)로 이송되는 배양액의 유량을 Q_d 라 할 때, $Q_d : V_m$ 은 1 : 15 내지 1 : 35로 조절되는 것이 바람직하다.
- [0099] 위와 같이 미세조류를 포함한 유량을 적정범위로 조절할 경우, 도 2에 도시된 바와 같이, 미세조류 배양조(400) 내로 유입되어 미세조류 배양과정을 거쳐 방출되는 양식수의 미세조류 농도를 나타내는 클로로필 a의 농도가 초기의 조정기간을 거친 이후, 700 내지 $950mg/m^3$ 로 일정하게 조절되는 것을 확인할 수 있다.
- [0100] 한편, 상기 미세조류 배양조(400)내의 미세조류를 함유한 양식수의 경우 하루에 1회 1 내지 2시간 동안 꼬막양식조로 이송되는 것이 바람직하다. 조류의 성장 속도는 다소 더디게 이루어지는 바, 조류를 일정수준 이상으로

성장시킨 후, 꼬막양식조로 제공하기 위해서 위와 같은 간헐적 공급을 방식을 채택하는 것이 바람직하다.

- [0101] 보다 구체적으로, 상기 미세조류 배양조를 통해 하루동안 유입 및 방출되는 양식수의 부피 : 미세조류 배양조의 부피는 1 : 10 내지 1 : 30 범위내로 유지되도록 양식수의 이송 속도가 조절되는 것이 바람직하다. 이보다 느리게 양식수가 이송될 경우, 꼬막에 충분한 양의 미세조류를 공급하기 어려우며, 반대로 너무 빠르게 양식수가 이송될 경우, 충분히 자라지 못한 미세조류가 공급되어 원하는 효율을 얻을 수 없다.
- [0102] 미세조류 배양조로부터 꼬막 양식조로 유입되는 양식수의 필요량은 꼬막 양식조 내의 꼬막 집중량에 따라서 달라질 수 있다. 한편, 본 발명에서는 꼬막의 양식 최적화를 위해 $1m^2$ 면적당 꼬막을 50 내지 70마리 집중하고 있으며, 이에 따라, 미세조류를 함유한 양식수를 하루동안 2 내지 $3m^3/day$ 만큼 공급하여, 꼬막 양식조(500) 및 새우 양식조(100)상의 미세조류 양을 최적화할 수 있다.
- [0103] 상기 미세조류를 함유한 양식수가 유입되는 양이 상기 범위내로 조절되어야 하는 이유는 하기와 같다.
- [0104] 먼저, 앞서 살펴본 바와 같이, 미세조류 배양조(400) 내의 미세조류 농도는 700 내지 $950mg/m^3$ 로 조절되는 바, 미세조류를 함유한 양식수가 위와 같은 비율로 꼬막양식조(500)로 유입될 경우, 꼬막의 성장에 최적화된 미세조류 농도를 제공할 수 있다. 이 때, 꼬막이 소비하지 못한 잔류 조류는 새우 양식조(100)로 유입되게 되는데, 일정수준 이하의 미세조류는 새우의 유아기 단계에서 성장을 촉진할 수 있으나, 높은 농도의 미세조류는 독성을 띄게 되어 새우의 호흡에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.
- [0105] 즉, 상기 범위보다 많은 양의 양식수가 유입될 경우, 꼬막이 소비하지 못한 잔류 조류의 양이 지나치게 늘어나서, 새우의 성장을 저해할 수 있는 높은 미세조류 농도가 형성될 수 있는 바, 바람직하지 않다.
- [0106] 반대로, 상기 범위보다 적은 양의 양식수가 유입될 경우, 꼬막 양식을 위한 충분한 미세조류가 공급되지 못한다는 단점이 있다.
- [0107] 위와 같이 미세조류 배양조로부터 미세조류가 다량 함유된 양식수를 공급받아 꼬막을 양식하기 위하여, 꼬막 양식조(500)의 부피는 10 내지 $20m^3$ 로 조절될 수 있으며, 상기 꼬막 양식조의 수위는 0.3 내지 0.6m로 조절되는 것이 바람직하다.
- [0108] 상기 꼬막 양식조의 수위가 0.3m보다 낮게 유지될 경우, 양식수 외부로 노출된 꼬막이 대기에 직접적으로 노출되게 되는 바, 성장에 악영향이 생길 수 있다. 반면, 수위가 높아질수록 처리해야 할 물의 양이 늘어나는데 어패류 사육시에는 상대적으로 높은 수위를 요하지 않는 바, 수위가 0.6m보다 높게 유지될 경우, 불필요한 처리수의 양이 늘어나는 바, 경제적인 단점이 발생할 수 있다.
- [0109] 한편, 위와 같은 순환과정을 거친 꼬막양식조(500) 내의 양식수의 유기물 농도는 0.01 내지 5mg/L, 더욱 바람직하게는 0.01 내지 3mg/L, 암모니아성 질소의 농도가 0.01 내지 8mg/L, 더욱 바람직하게는 0.01 내지 3mg/L 으로 조절될 수 있으며, 상기 양식수는 다시 새우 양식조(100)로 이송되어 양식수의 순환이 이루어질 수 있다.
- [0110] 상기 미세조류 배양조(400) 및 꼬막양식조(500)에서는 유기물 및 질산이 거의 발생하지 않는다. 따라서, 미세조류의 농도만 조절해줄 경우, 꼬막 양식조(500)에서 새우 양식조(100)로 이송되는 양식수는 막분리조에서 조절된 최적의 양식수 상태로 유지될 수 있다.
- [0111] 다만, 상기 미세조류 배양과정 또는 꼬막양식조에서 약간의 바이러스 및 세균이 발생할 수도 있는 바, 이를 제거하기 위하여, 별도의 UV 소독기(600)가 설치될 수 있다.
- [0112] 한편, 본 발명 시스템에는 산소발생기(700)가 포함될 수 있으며, 상기 산소발생기는 새우 양식조(100) 및 꼬막 양식조(500)로 연결되어, 새우 및 꼬막의 성장에 적합한 산소량을 조절할 수 있다.
- [0113] 구체적으로, 새우 및 꼬막의 성장에 적합한 용존산소량 조건은 5 내지 20 mg/L로 조절될 수 있다.
- [0114] 위와 같이, 본 발명 순환여과 양식시스템의 경우, 새우 양식조와 꼬막양식조를 동시에 운영함으로써, 경제적으로 우월한 효과를 얻을 수 있으며, 호기성 그래놀 슬러지 및 막모듈을 구비한 막분리조의 운영을 통해 새우 및 꼬막의 성장에 최적화된 양식수 조건을 제공할 수 있다.
- [0115] 특히, 본 발명의 내염성 호기성 그래놀 슬러지와 조류 기반 친환경 순환여과 복합양식시스템은 양식수 처리과정이 생물학적으로 이루어지기 때문에, 화학적 처리과정에서 사용되는 화학약품이 사용되지 않는다. 또한 양식수 무배출 순환 사용을 통해 외부환경 (수온, 질병, 자연재해 등)으로 인한 대량폐사를 막을 수 있다. 더불어, 복

합양식으로 변화하는 소비환경에 대비할 수 있는 판매전략을 세울 수 있다.

- [0116] 아울러, 상기 꼬막양식을 위한 미세조류 배양조상에서, 조류의 광합성을 통해 질소와 이산화탄소를 흡수하여 바이오매스가 증가하고, 그것을 꼬막의 먹이로 공급할 수 있다. 즉, 상기 미세조류 배양조 운영을 통해 막분리조에서 처리하지 못한 잔류 질소까지 처리가능하여, 친환경적이며 사료의 양을 줄일 수 있어, 전체적인 효율이 우수한 양식시스템을 제공할 수 있다.
- [0117] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 구체적인 실시예를 제시한다. 그러나, 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위해서 제공되는 것일 뿐, 실시예에 의하여 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.
- [0119] [실시예 1]
- [0120] 본 발명에 따른 새우 양식조, 내염성 호기성 그래놀 슬러지가 접종되고 막분리조가 설치된 양식수처리장치, 미세조류 배양조와 꼬막 양식조로 물을 분배하고, 유량 조절을 위한 저류조, 미세조류의 광합성으로 양식수에 잔류하고 있는 질소를 흡수하고, 증식된 바이오매스는 꼬막의 먹이로 제공하는 미세조류 배양조, 미세조류 성장속도를 촉진하는 배양액을 보관하는 배양액 저장조, 꼬막 양식을 하는 꼬막양식조를 포함하고, 꼬막양식조에서 새우 양식조로 양식수가 이송되어, 양식수가 전체 공정장치를 연속적으로 순환하도록 시스템을 구동하였다.
- [0121] 최초 유입수는 여수 바닷물을 넣었으며, 이후 증발된 양을 보충하였다. 상기 새우 양식조의 부피는 39.6 m³이고, 유입되는 양식수의 유량은 39.6 m³/day로 조절하였다.
- [0122] 막분리조의 부피는 39.6 m³로 조절하였으며, 막분리조내 주입된 호기성 그래놀 슬러지는 혼합액 부유고형물(MLSS) 농도가 약 700 mg/L가 되도록 주입하였다. 운전조건의 경우, 유입교반 (10분), 포기 (120분), 무산소 (80분), 침전 (10분), 유출 및 휴지 (20분)로 상기와 같이 제작된 하수처리장치의 수리학적 체류시간은 8시간으로 운전하였으며, 유입되는 양식수 유량은 39.6 m³/day 로 주입하였다. 포기교반시 공기 주입은 송풍기를 이용하여 장치 하단에 부착된 산기관을 통하여 1 L/min의 유량으로 공기를 주입하였다. 아울러, 막분리조 내에 막모듈을 설치하였다.
- [0123] 미세조류 배양조의 부피는 39.6 m³로 조절하였으며, 유입되는 양식수 유량은 2.27 m³/day 로 조절하였다.
- [0124] 꼬막 양식조의 부피는 14.2 m³ 로 조절하였고, 유입되는 양식수 유량은 39.6 m³/day 로 조절하였다.
- [0125] 본 발명 시스템의 운전에 따른 새우, 꼬막의 생존율과 성장속도를 측정했다. 꼬막의 성장률(Specific growth rate, SGR)은 아래의 식 (1) 을 통하여 계산하였으며, 꼬막의 생존율(Survival rate, SR)은 아래의 식 (2) 을 통하여 산출하였다.
- [0126] 식 (1) : $SGR = \{\ln(A_2/A_1)/(T_2-T_1)\} \times 100$
- [0127] (여기서 A2는 실험 종료 시의 무게(g), A1는 실험 시작 시의 무게(g), T2는 실험 종료 시의 일자(day), T1는 실험 시작 시의 일자(d)임.)
- [0128] 식 (2) : $SR = (N_2/N_1) \times 100$
- [0129] (여기서 N2는 실험 종료 시의 개체 수(미), N1는 실험 시작 시의 개체 수(미)임.)
- [0130] 아울러, 본 발명의 경우, 무배출 양식조로 운영되어 외부로 배출되는 양식수가 없으므로, 양식수 처리 효율을 측정하기 위해, 새우 양식조로부터 방출되는 양식수 (방출수) 대비 시스템을 거쳐, 다시 새우 양식조로 유입되는 양식수 (처리수)를 비교하여 오염물질 제거효율을 관찰하였다.
- [0132] 상기 실시예를 통한 꼬막 생존율과 성장속도는 하기의 표 1에 나타난 바와 같다.

표 1

일자 (day)	초기	30	60	90	120	150	180	210
평균 무게 (g)	12.49	13.88	14.70	16.96	18.82	19.04	19.11	19.23
표준편차 (g)	0.41	0.30	0.38	0.14	0.84	0.47	0.49	0.38
생존율 (%)	97.3	96.0	94.7	94.0	92.0	91.4	91.0	90.0
평균 각장 (cm)	31	33	34	34	36	36	37	37
평균 각고 (cm)	28	28	29	29	31	31	31	32
평균 각폭 (cm)	22	22	24	24	23	23	24	24

[0134] 상기 꼬막의 전체 SGR은 0.205%로 나타났고, SR은 93.3%로 매우 우수하게 나타났다. 한편, 상기 실시예를 통한 새우 생존율과 성장속도는 하기의 표 2에 나타난 바와 같다.

표 2

일자 (day)	초기	15	45	75	105	120	135	160	180	210
평균 무게 (g)	0.006	0.021	0.114	3.184	10.119	12.240	18.627	22.714	29.561	33.842
표준편차 (g)	0.001	0.003	0.014	0.478	1.619	1.469	2.049	1.235	2.144	2.318
생존율 (%)	-	99.0 ± 5.91	98.1 ± 4.53	97.2 ± 5.87	96.3 ± 7.32	95.4 ± 6.53	94.6 ± 6.17	93.7 ± 8.97	92.7 ± 5.40	92.0 ± 3.50

[0136] 상기 새우의 전체 SGR은 4.11%로 나타났고, SR은 92.0 ± 3.50%로 매우 우수하게 나타났다.

[0137] 상기 실시예의 양식시스템을 활용한 양식수 처리효율은 도 3 내지 도 5를 통해 파악 가능하다.

[0138] 구체적으로, 도 3은 본 발명 시스템의 탈질효율을 도시하고 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명 새우양식 조로부터 방출되는 양식수의 질산화 질소 농도를 나타내는 TN 농도는 10 내지 45mg/L로 측정되며, 평균적으로 34mg/L의 질산화 질소 농도가 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 한편, 본 발명 막분리조 및 미세조류 배양조를 통해 탈질반응이 진행되어, 상기 새우양식조로 유입되는 양식수의 질산화 질소 농도는 0.01 내지 8mg/L 까지 감소되며, 평균적으로 2.67mg/L으로 감소되는 것을 확인할 수 있다.

[0139] 위와 같은 전체 시스템의 탈질 효율은 시스템 구동기간 동안 70 내지 99%의 효율로 나타나며, 평균적으로 약 91%의 탈질 효율을 나타냈다.

[0140] 도 4는 막분리조의 유기물 제거 효율을 도시하고 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명 새우양식조로부터 방출되는 양식수의 유기물 농도를 나타내는 COD 농도는 7 내지 35mg/L로 측정되며, 평균적으로 17.5mg/L의 COD 농도가 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 한편, 본 발명 막분리조를 통해 유기물 제거 반응이 진행되어, 상기 새우양식조로 유입되는 양식수의 COD 농도는 0.01 내지 5mg/L 까지 감소되며, 평균적으로 1.96mg/L 으로 감소되는 것을 확인할 수 있다.

[0141] 위와 같은 전체 시스템의 유기물 제거 효율은 시스템 구동기간 동안 77 내지 99.5%의 효율로 나타나며, 평균적으로 약 88%의 유기물 제거 효율을 나타냈다.

[0142] 도 5는 막분리조의 부유물 제거 효율을 도시하고 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명 새우양식조로부터 방출되는 양식수의 부유물 농도를 나타내는 SS 농도는 10 내지 15mg/L로 측정되며, 평균적으로 12.5mg/L의 부유물 농도가 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 한편, 본 발명 막분리조를 통해 부유물 제거 반응이 진행되어, 상기 새우양식조로 유입되는 양식수의 부유물 농도는 0.01 내지 2.5mg/L 까지 감소되며, 평균적으로 1.15mg/L 으로 감소되는 것을 확인할 수 있다.

[0143] 위와 같은 전체 시스템의 유기물 제거 효율은 시스템 구동기간 동안 80 내지 99.5%의 효율로 나타나며, 평균적으로 약 90.8%의 탈질 효율을 나타냈다.

[0144] 상기 도 3 내지 5의 데이터를 정리한 결과는 하기 표 3에 나타난 바와 같다.

표 3

[0145]	구분	T-N*	TCOD _{Cr}	T-SS
	방출수 내의 농도 (mg/L)	34.0	17.5	12.5
	처리수 내의 농도 (mg/L)	2.67	1.96	1.15
	처리효율 (%)	91.0	88.0	90.8

[0146] *, 처리효율이 안정화된 65일 이후의 결과임.

[0147] 상기 실시예를 통해 확인할 수 있듯, 본 발명의 순환여과 양식시스템을 사용할 경우, 한번 유입된 해수를 양식 기간 동안 배출하지 않음으로써, 일반적인 축제식 양식어장에 비해 환경오염을 감소시킬 수 있다.

[0148] 특히, 본 발명의 경우, 호기성 그래놀 슬러지 및 막모듈을 포함하는 막분리조를 활용하여 정화작용을 진행하고, 추가적으로, 꼬막 생장을 위해 사용되는 미세조류 배양조에서 새우양식에서 생성된 질산성 질소 농도를 감소시키는 공정을 진행함으로써, 유기물 농도가 0.01 내지 5mg/L, 암모니아성 질소의 농도가 0.01 내지 8mg/L, 부유물 농도가 0.01 내지 2mg/L 으로 조절된, 새우 및 꼬막의 생장에 최적화된 양식수 조건을 제공할 수 있다.

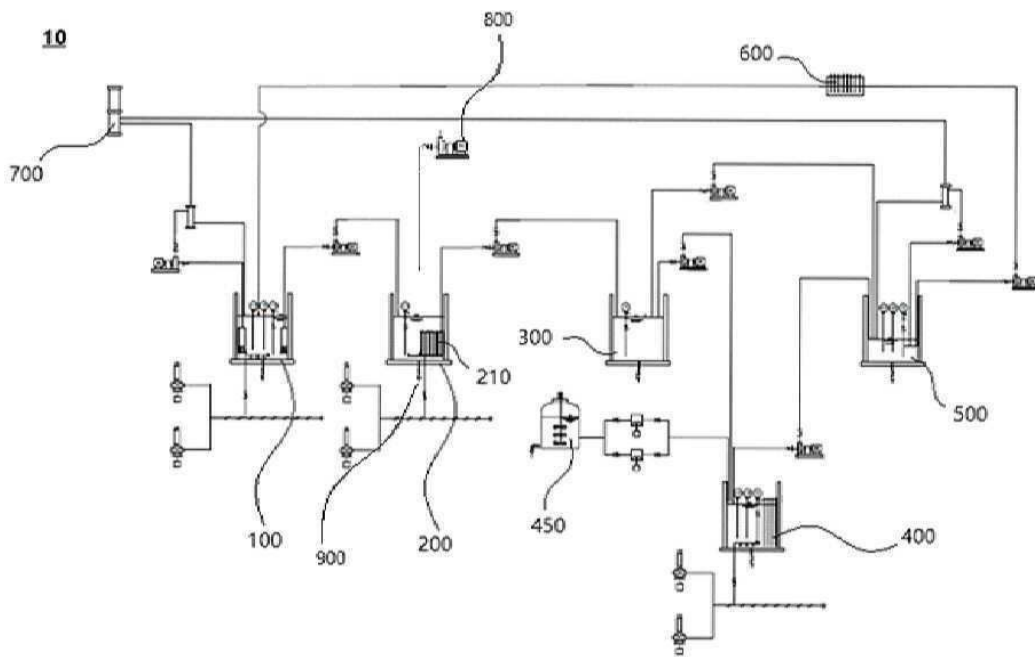
[0149] 아울러, 본 발명에서는 새우와 꼬막을 동시에 사육함으로써, 필요한 사료의 양과 부수되는 장치를 줄일 수 있어 경제적으로 유리한 효과를 얻을 수 있다.

부호의 설명

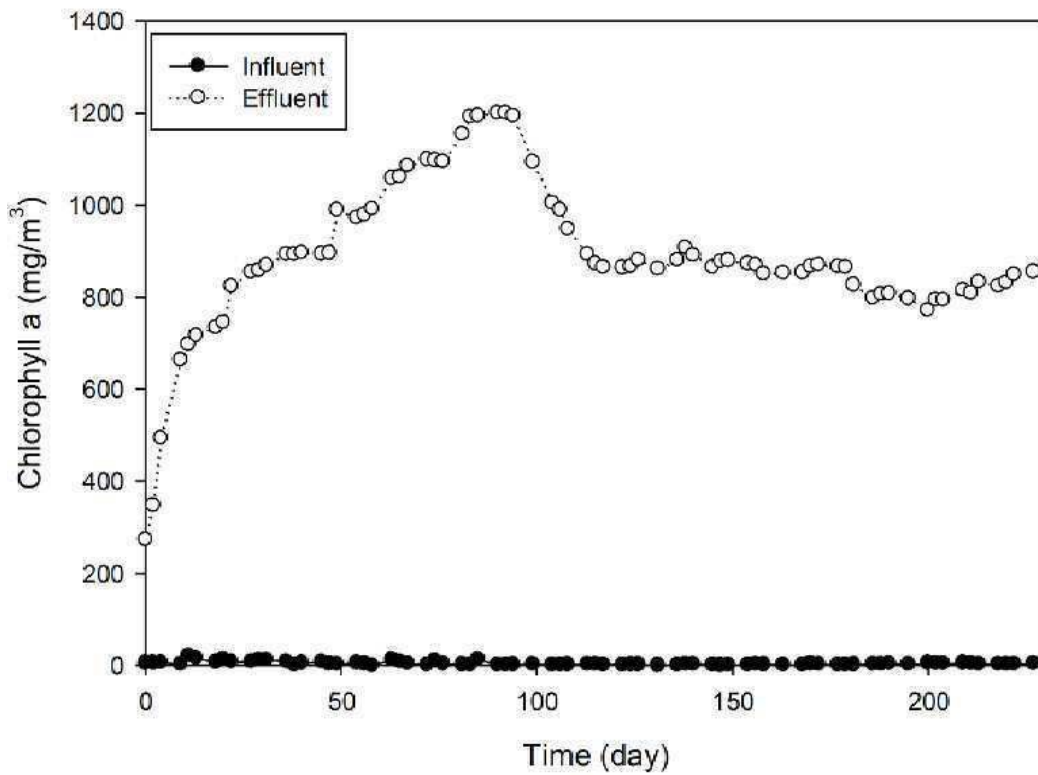
- [0151] 10 : 순환여과 양식시스템
- 100 : 새우 양식조
- 200 : 막분리조 210 : 막모듈
- 300 : 저류조
- 400 : 미세조류 배양조 450 : 배양액 저장소
- 500 : 꼬막 양식조
- 600 : UV 소독기
- 700 : 산소발생기
- 800 : 보충수 유입펌프
- 900 : 배출수 및 잉여슬러지 배출구

도면

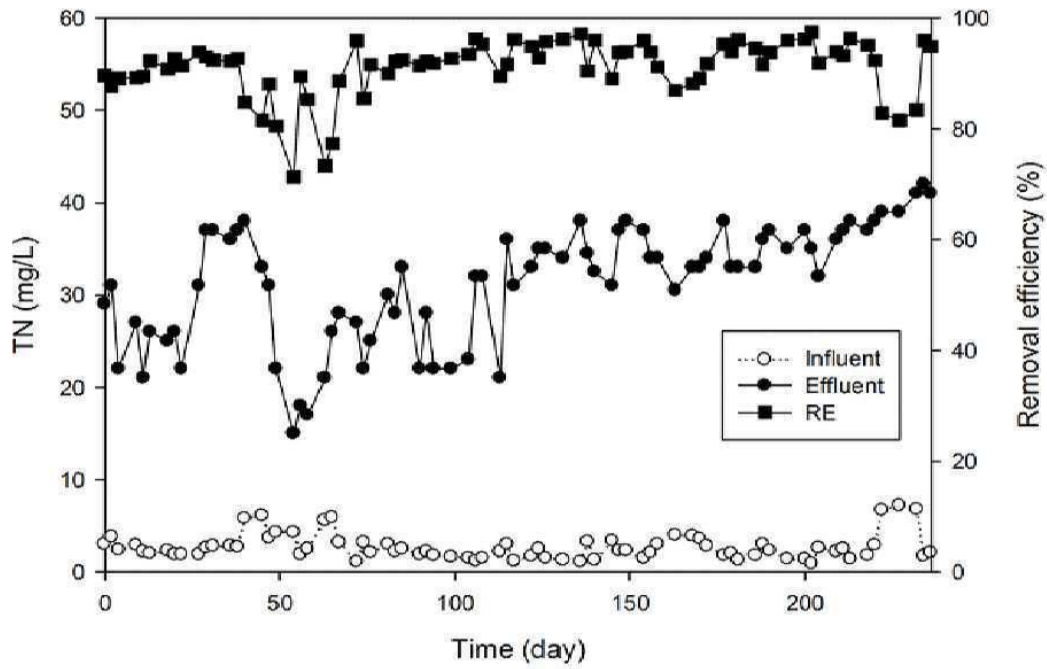
도면1



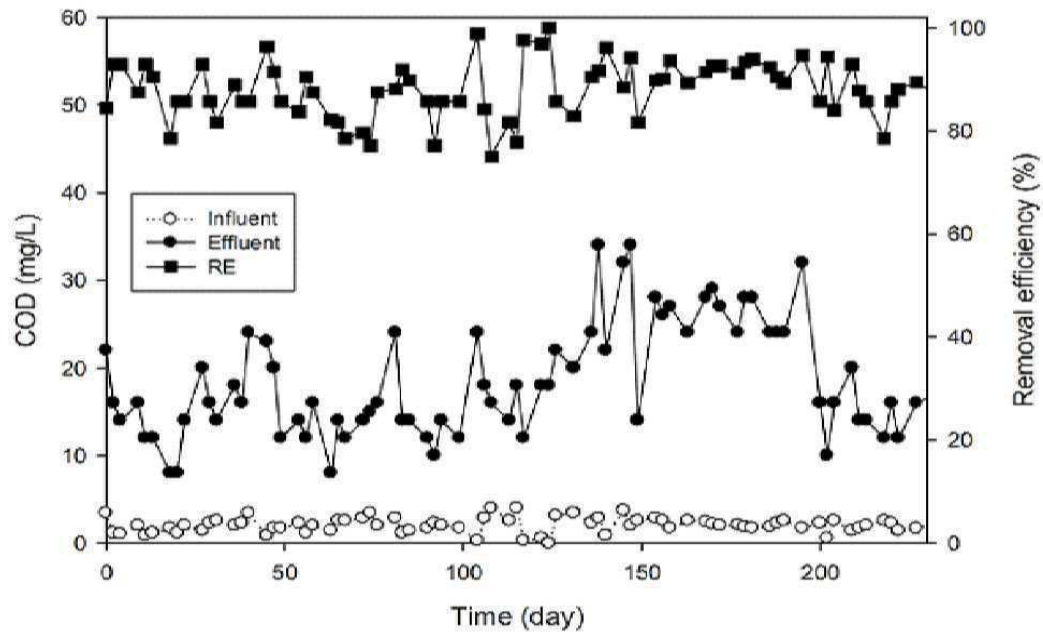
도면2



도면3



도면4



도면5

