



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0122407

(43) 공개일자 2015년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C02F 11/04 (2006.01) *B01D 21/28* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0048580

(22) 출원일자 2014년04월23일

심사청구일자 2014년04월23일

(71) 출원인

주식회사 태영건설

경기도 고양시 일산동구 정발산로 24 (장항동)

한국수자원공사

대전광역시 대덕구 신탄진로 200(연축동)

(뒷면에 계속)

(72) 발명자

이윤규

서울특별시 서초구 고무래로 35 리체아파트 104동
301호

최한나

서울특별시 서초구 동산로10길 11 동광빌리지 30
2호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이준서, 김영철

전체 청구항 수 : 총 4 항

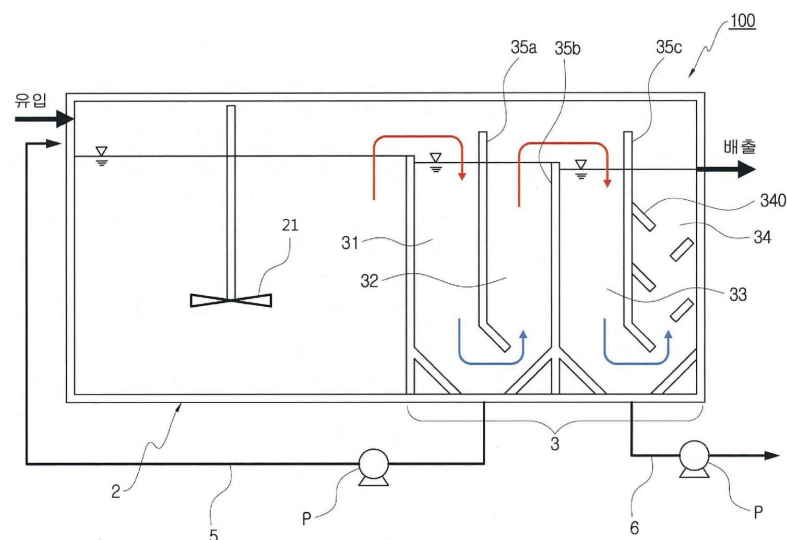
(54) 발명의 명칭 유기성 폐슬러지의 감량화 및 유기산 전환을 위한 다단계 격벽형 혐기성 산발효 장치 및 이를 이용한 유기산 생성방법

(57) 요약

본 발명은 하폐수처리과정에서 발생하는 유기성 폐슬러지(폐고형물)의 처리와 자원화를 위한 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 혐기성 유기산 생성방법에 관한 것으로서, 특히 고형물 안정화와 감량화 처리를 하는 과정에서 고효율 유기산 생성이 가능하도록 구성한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도



본 발명에서는 혐기상태의 교반에 의해, 유입된 폐슬러지 혼합액의 혐기성 산발효가 진행되는 교반조(2)와; 상기 교반조(2)의 후방에 구비되어, 교반조(2)를 거쳐 온 혼합액의 침전과 고액분리가 혐기상태에서 진행되는 다단계 격벽형 배플조(3)를 포함하여 구성되며; 상기 다단계 격벽형 배플조(3)는, 하단이 개방되어 있는 하단개방 격벽을 사이에 두고 전방의 하향류 공간과 후방의 상향류 공간으로 이루어진 구획공간세트가 구비되어 있어서, 교반조(2)로부터 유입된 혼합액이 하향류 공간과 상향류 공간을 교번하여 연속적으로 통과하면서 고형물의 침전과 고액분리가 진행되며; 각각의 구획공간세트에서는 침전된 폐슬러지가 반송관을 거쳐 교반조(2)로 반송되고, 최후방 구획공간세트에서는 슬러지 배출구를 통해 폐슬러지가 외부로 배출되어 폐기되며, 상기 최후방 상향류 공간의 상부에서는 상부배출구를 통해 상등액인 처리수가 배출되는 구성을 가지는 것을 특징으로 하는 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치와 이를 이용한 혐기성 유기산 생성방법이 제공된다.

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

주식회사 한화건설

경기도 시흥시 대은로 81 (대야동)

(72) 발명자

장훈

서울특별시 성동구 난제로 84 풍림아파트 110동 302호

신정훈

서울특별시 성동구 독서당로 191 극동아파트 6동 1503호

조은하

경기도 고양시 일산서구 강선로 30 강선마을15단지 아파트 1502동 102호

조진우

서울특별시 성동구 금호로 107 래미안하이리버 10 4동 302호

권세영

서울특별시 동대문구 정릉천동로 16 용두두산위브 아파트 105동 1102호

신경숙

대전광역시 유성구 배울2로 6 한화꿈에그린 113동 502호

차재환

대전광역시 유성구 가정로 43 한울아파트106동 303호

임윤대

서울특별시 노원구 노원로22길 34 롯데우성아파트 105동 901호

김지연

대전광역시 유성구 배울1로 13 대우푸르지오 206동 401호

김병균

대전광역시 유성구 엑스포로 501 청구나래아파트 109동 1202호

서인석

대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트 21 1동 1201호

명세서

청구범위

청구항 1

협기상태의 교반에 의해, 유입된 폐슬러지 혼합액의 혐기성 산발효가 진행되는 교반조(2)와; 상기 교반조(2)의 후방에 구비되어, 교반조(2)를 거쳐 온 혼합액의 침전과 고액분리가 혐기상태에서 진행되는 다단계 격벽형 배플조(3)를 포함하여 구성되며;

상기 다단계 격벽형 배플조(3)는, 하단이 개방되어 있는 하단개방 격벽을 사이에 두고 전방의 하향류 공간과 후방의 상향류 공간으로 이루어진 구획공간세트가, 하나 구비되거나 또는 하단이 폐쇄되어 있는 하단폐쇄 격벽을 사이에 두고 복수개로 구비되어 있는 구조를 가지고 있으며;

교반조(2)로부터 유입된 혼합액은 다단계 격벽형 배플조(3)에서 하향류 공간과 상향류 공간을 교번하여 연속적으로 통과하면서 고형물의 침전과 고액분리가 진행되며;

각각의 구획공간세트의 하부에는 슬러지 반송배출구가 형성되어 있고, 상기 슬러지 반송배출구에는 반송관(5)이 연결되어 있어서, 각각의 구획공간세트에서, 하부로 침전되는 폐슬러지는 슬러지 반송배출구를 통해서 배출되어 반송관(5)을 거쳐 교반조(2)의 유입구를 통해 다시 교반조(2)로 순환되며;

최후방 구획공간세트의 하부에서는 슬러지 배출구가 형성되어 있어서, 최후방 구획공간세트에서 침전된 폐슬러지는 슬러지 배출구를 거쳐 외부로 배출되어 폐기되며;

상기 최후방 상향류 공간의 상부에서는 상부배출구를 통해 상등액인 처리수가 배출되는 구성을 가지는 것을 특징으로 하는 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

최후방 구획공간세트의 최후방 상향류 공간에는 고형물의 부상 방지 및 고액분리의 수행을 위하여 경사판 침전지(340)가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치.

청구항 3

교반조(2)에서의 혐기상태의 교반에 의해, 유입된 폐슬러지 혼합액의 혐기성 산발효를 진행하는 단계; 및

상기 교반조(2)의 후방에 구비되며, 하단이 개방되어 있는 하단개방 격벽을 사이에 두고 전방의 하향류 공간과 후방의 상향류 공간으로 이루어진 구획공간세트가, 하나 구비되거나 또는 하단이 폐쇄되어 있는 하단폐쇄 격벽을 사이에 두고 복수개로 구비되어 있는 구조를 가지는 다단계 격벽형 배플조(3)에 의해, 교반조(2)를 거쳐 온 혼합액이, 다단계 격벽형 배플조(3)의 하향류 공간과 상향류 공간을 교번하여 연속적으로 통과하면서 혐기상태에서 고형물의 침전과 고액분리가 진행되도록 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 혐기성 유기산 생성방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

각각의 구획공간세트의 하부에는 슬러지 반송배출구가 형성되어 있고, 상기 슬러지 반송배출구에는 반송관(5)이 연결되어 있어서, 각각의 구획공간세트에서 하부로 침전되는 폐슬러지를, 슬러지 반송배출구를 통해서 배출되어 반송관(5)을 거쳐 교반조(2)의 유입구를 통해 다시 교반조(2)로 순환시키는 것을 특징으로 하는 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 혐기성 유기산 생성방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 하폐수처리과정에서 발생하는 유기성 폐슬러지(폐고형물)의 처리와 자원화를 위한 혐기성 산발효 장치 및 이를 이용한 유기산 생성방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 고형물 안정화와 감량화 처리를 하는 과정에서 고효율 유기산 생성이 가능하도록 구성하여, 생성된 유기산을 생물학적 질소처리를 위한 외부탄소원 및 바이오리파이너리(Biorefinery) 공정의 원료로 사용될 수 있게 하는 "유기성 폐슬러지의 감량화 및 유기산 전환을 위한 다단계 격벽형 혐기성 산발효 장치 및 이를 이용한 유기산 생성방법"에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 해양오염방지법이 강화되면서 2012년부터는 슬러지의 해양투기가 금지되었고 2013년부터는 음폐수의 해양투기 역시 금지되어 이에 대한 대책이 절실한 실정이다. 환경부에서는 육상에서 발생된 슬러지를 바이오가스 형태로 전환시켜 자원화함으로써 이러한 문제를 해결하고자 계획하고 있으며 이러한 정책은 2012년부터 시행 중인 신재생에너지 공급의무화제도(Renewable Energy Portfolio Standard, RPS)와 연계하여 향후 적극적으로 추진될 전망이다. 2010년 국내의 유기성 슬러지 전체 발생량은 연간 약 6백만 톤 수준이며, 이중에서 하수처리 슬러지는 약 2백8십만 톤으로서 전체 발생량의 45%를 차지하고 있다. 이러한 하수처리슬러지를 안정화하는 동시에 신재생에너지로 전환시키기 위한 방법으로서 생물학적 혐기성 소화방법이 주목을 받고 있다.

[0003] 생물학적 혐기성 소화방법이란 일반적으로 생물 반응조 내에서 산소의 공급이 없는 조건에서 다양한 유기물을 분해하여 안정화시키는 방법으로서, 가수분해 단계, 산생성 단계 및 메탄생성 단계로 구성된다. 가수분해 단계는 복잡한 유기화합물(탄수화물, 단백질, 지질 등)이 가수분해균과 발효균의 가수분해효소에 의해 분해되는 과정으로, 다당류, 탄수화물, 단백질, 지방, 리그닌, 셀룰로오스 등의 복합유기물이 용해성의 당, 알콜, 지방산, 아미노산, 폴리펩타이드 등의 모노머(Monomer)나 올리고머(Oligomers)로 분해된다. 산생성 단계는 가수분해 단계에서 생성된 산물이 산생성균(Acidogens)에 의해 프로피온산, 부틸산, 아세트산, 기타 저분자 유기산 및 수소, 이산화탄소로 전환되는 과정이다. 생물학적 혐기성 소화의 마지막 단계인 메탄생성 단계에서는 수소를 기질로 이용하여 메탄을 생성하는 미생물군인 "수분영양 메탄생성균(Hydrogenotrophic Methanogens)"과 아세트산을 기질로 이용하는 미생물군인 "아세토클래스틱 메탄생성균(Acetoclastic Methanogens)"에 의해 산생성 단계 산물이 메탄으로 전환된다.

[0004] 따라서 혐기성 소화방법은 유기물의 처리과정에 있어서 산소공급을 필요하지 않으면서도 고농도 유입부하에도 운전이 가능하며 폐슬러지 발생량이 적을 뿐만 아니라, 최종적으로 유기물을 메탄 가스로 전환시킴으로써 부가적인 에너지를 생산할 수 있는 장점이 있다. 이러한 혐기성 소화기술의 일예가 대한민국 등록특허 제10-0745201호에 소개되어 있다.

[0005] 그러나 혐기성 소화공정을 통해 바이오가스를 생산하는 방법은 부적절한 전처리, 소화조 운영 경험의 미숙, 고농도의 암모니아성 질소로 인한 미생물의 처리효율 저하 등 다양한 원인에 의해 소화효율이 낮고 따라서 메탄가스 생성량이 이론적인 기대치에 크게 못 미치는 경우가 많다.

[0006] 따라서, 혐기성 소화에 의한 바이오가스 생산 이외에도 혐기성 소화과정에서 발생하는 양질의 유기산 생산을 극대화하여 생물학적 질소처리 공정에서 유용한 외부탄소원으로 사용하는 방법도 유기성 폐슬러지를 자원화하는 활용방법이 될 수 있으나, 지금까지의 종래 기술에서는 이와 관련한 효율적이고 유용한 방법이 제시되지 않고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0745201호(2007. 08. 01. 공고) 참조.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008]

본 발명은 앞에서 설명한 바와 같은 유기성 폐슬러지에서 양질의 유기산을 생산하기 위하여 발명된 것으로서, 혐기성 소화방법에서 메탄생성 단계를 억제하는 대신, 단일 공정 내에서 슬러지와 처리수의 침전분리가 가능하게 하면서 유기성 폐슬러지를 장치내에 최대한 오래 체류하게 하여 가수분해와 산생성 단계를 극대화 하는 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 유기산 생성방법에 의해 유기성 폐슬러지 처리하는 기술을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009]

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에서는 혐기상태의 교반에 의해, 유입된 폐슬러지 혼합액의 혐기성 산발효가 진행되는 교반조와; 상기 교반조의 후방에 구비되어, 교반조를 거쳐 온 혼합액의 침전과 고액분리가 혐기상태에서 진행되는 다단계 격벽형 배플조를 포함하여 구성되며; 상기 다단계 격벽형 배플조는, 하단이 개방되어 있는 하단개방 격벽을 사이에 두고 전방의 하향류 공간과 후방의 상향류 공간으로 이루어진 구획공간 세트가, 하나 구비되거나 또는 하단이 폐쇄되어 있는 하단폐쇄 격벽을 사이에 두고 복수개로 구비되어 있는 구조를 가지고 있으며; 교반조로부터 유입된 혼합액은 다단계 격벽형 배플조에서 하향류 공간과 상향류 공간을 교번하여 연속적으로 통과하면서 고형물의 침전과 고액분리가 진행되며; 각각의 구획공간세트의 하부에는 슬러지 반송배출구가 형성되어 있고, 상기 슬러지 반송배출구에는 반송관이 연결되어 있어서, 각각의 구획공간세트에서, 하부로 침전되는 폐슬러지는 슬러지 반송배출구를 통해서 배출되어 반송관을 거쳐 교반조의 유입구를 통해 다시 교반조로 순환되며, 최후방 구획공간세트의 하부에서는 슬러지 배출구가 형성되어 있어서, 최후방 구획공간세트에서 침전된 폐슬러지는 슬러지 배출구를 거쳐 외부로 배출되어 폐기되며, 상기 최후방 상향류 공간의 상부에서는 상부배출구를 통해 상등액인 처리수가 배출되는 구성을 가지는 것을 특징으로 하는 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 유기산 생성방법이 제공된다.

[0010]

이러한 본 발명의 장치와 방법에 있어서, 최후방 구획공간세트의 최후방 상향류 공간에는 고형물의 부상 방지 및 고액분리의 수행을 위하여 경사판 침전지가 설치될 수도 있다.

발명의 효과

[0011]

본 발명의 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 유기산 생성방법에 의하면, 혐기상태의 교반에 의한 혐기성 산발효 과정을 거쳐서 유기산이 풍부하게 함유하게 된 혼합물로부터, 다단계 격벽형 배플조에 의한 효율적인 고액분리를 통해서 유기산이 풍부하게 함유된 처리수를 만들어내고 이를 통해 고효율의 유기산을 최종 산물로 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 고액분리에 의해 얻어진 폐슬러지의 상당량을 순환시켜 계속하여 혐기성 산발효 과정을 거치게 함으로써, 가수분해 및 산생성단계를 활성화시켜 슬러지의 발생량을 감소시킴과 동시에 메탄 가스의 생성도 최대로 억제할 수 있게 된다.

[0012]

특히, 본 발명에 의해 생성되는 최종 산물인 고농도 유기산은, 생물학적 질소처리를 위한 외부탄소원 및 바이오리파이너리(Biorefinery) 공정의 원료 등으로 사용될 수 있어서, 자원의 재활용 측면에서도 매우 유리하다.

도면의 간단한 설명

[0013]

도 1은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치의 구성을 보여주는 개략도이다.

도 2는 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 생산된 휘발성유기산(VFA)의 농도변화를 관측한 결과를 보여주는 그래프도이다.

도 3은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 생산된 휘발성유기산의 생성률에 대한 결과표이다.

도 4는 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 각 구간별 용존성 유기물(SCOD)와 VFA 변화를 보여주는 그래프도이다.

도 5는 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 각 구간별 용존성 유기물(SCOD) 변화를 정리한 결과표이다.

도 6은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 각 구간별 VFA 변화를 정리한 결과표이다.

도 7은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 유입되는 페슬러지와 최종 처리수의 총 고형물(TS) 농도변화 관측 결과를 보여주는 그래프도이다.

도 8은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 유입되는 페슬러지와 최종 처리수의 총 고형물(TS) 농도 변화의 결과표이다.

도 9는 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 유입되는 페슬러지의 총 고형물(TS)의 질량과 최종 유출되는 고형물 질량에 대한 측정치를 보여주는 그래프도이다.

도 10은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용한 실험예에서, 총 고형물(TS)의 감량화율에 대한 결과표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 아래에서는 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 유기산 생성방법과, 이를 통한 페슬러지의 산발효와 슬러지 감량화 과정의 양호한 실시예를 첨부한 도면을 참조로 하여 상세히 설명한다. 그러나 도면을 참조하여 설명되는 내용은 본 발명의 실시예이며, 이것에 의해 본 발명의 기술적 사상과 그 핵심 구성 및 작용이 제한되지 않는다. 참고로 본 명세서에서, 정화처리되는 유체가 흘러가는 방향을 기준으로 "전방"과 "후방"이라는 표현을 사용하였는데, 예를 들어 후술하는 교반조를 기준으로, 교반조로 유체가 유입되어 오는 쪽을 "전방"이라고 표현하였으며, 교반조로부터 유체가 배출되는 쪽을 "후방"이라고 표현하였다.

[0015] 도 1은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치(100)의 구성을 보여주는 개략도이다. 도 1에 예시된 바와 같이, 본 발명에 따른 격벽형 혐기성 산발효장치(100)는, 교반조(2)와, 상기 교반조(2)의 후방에 구비되며 복수개의 격벽에 의해 내부 공간이 전방에서부터 후방으로 가면서 복수개의 공간으로 구획되어 있는 다단계 격벽형 배플(baffle)조(3)를 포함하여 구성된다.

[0016] 교반조(2)는, 유체를 담을 수 있는 본체와, 상기 본체의 상부를 덮어서 공기 중의 산소의 유입을 방지하여 완전한 혐기 상태를 유지시키게 되는 덮개를 포함하여 구성된다. 교반조(2)에는 교반기(21)가 구비되는데, 도면에 예시된 실시예의 경우, 교반기(21)가 덮개에 부착되어 설치된 것으로 도시되어 있다. 교반조(2)의 본체 전방 일측에는 유체가 유입되는 유입구가 형성되어 있어서, 정화처리해야 할 유입수가 유입구를 통해서 교반조(2)로 공급된다.

[0017] 다단계 격벽형 배플조(3)는 교반조(2)의 후방에 설치되어 것으로서, 다단계 격벽형 배플조(3)에서는 교반조(2)를 거쳐 온 혼합액의 침전과 고액분리가 혐기상태에서 진행된다. 다단계 격벽형 배플조(3)는 교반조(2)와 마찬가지로 유체를 담을 수 있는 본체와, 본체의 상부를 덮어서 공기 중의 산소의 유입을 방지하여 완전한 혐기 상태를 유지시키게 되는 덮개를 포함하여 구성된다. 본체를 덮는 덮개를 더 구비할 수 있다. 특히, 다단계 격벽형 배플조(3)는 교반조(2)의 후방으로 바로 인접하여 설치될 수 있으므로, 다단계 격벽형 배플조(3)의 덮개와 교반조(2)의 덮개는 하나의 부재로 이루어질 수 있다.

[0018] 본 발명에서, 다단계 격벽형 배플조(3)는 전방에서 후방으로 가면서 순차적으로 간격을 두고 배치되는 복수개의 격벽에 의해, 그 내부가 복수개의 공간으로 구획되어 있다. 특히, 격벽은 하단이 개방된 "하단개방 격벽"과 하단이 폐쇄되어 있는 "하단폐쇄 격벽"의 2가지 종류이며, 본 발명에서 다단계 격벽형 배플조(3)에는 전방에서부터 후방으로 가면서 하단개방 격벽과 하단폐쇄 격벽이 번갈아서 교호로 배치되어 있다. 즉, 교반조(2)의 후방에서부터 하단개방 격벽-하단폐쇄 격벽-하단개방 격벽의 순서로 다단계 격벽형 배플조(3)에 배치되어 있는 것이다.

[0019] 특히, 이렇게 하단개방 격벽과 하단폐쇄 격벽에 의해 구획된 상태에서, 하단개방 격벽에 의해 구획된 두 개의 공간, 즉, 하단개방 격벽을 사이에 두고 이웃하는 양측의 공간은 하나의 "구획공간세트"를 이루게 되는데, 이러한 "구획공간세트"는 다단계 격벽형 배플조(3)에 복수개로 존재하는 것이다. 하단폐쇄 격벽은 이러한 구획공간세트 사이를 구분하는 격벽이 된다. 하나의 구획공간세트에서 하단개방 격벽의 전방에 위치하는 공간에서는 후술하는 것처럼 하향류가 형성되고, 그 후방에 위치하는 공간에서는 후술하는 것처럼 상향류가 형성되므로, 본

명세서에서는 편의상 하나의 구획공간세트에서 하단개방 격벽의 전방에 위치하는 공간은 "하향류 공간"이라고 부르고 후방에 위치하는 공간은 "상향류 공간"이라고 부른다.

[0020]

도 1에 도시된 실시예의 경우, 다단계 격벽형 배플조(3)에는 2개의 하단개방 격벽(35a, 35c)과 1개의 하단폐쇄 격벽(35b)이 존재하고, 그에 따라 4개의 구획된 공간(31, 32, 33, 34)이 존재한다. 즉, 도 1에 도시된 실시예에서는, 다단계 격벽형 배플조(3)에, 2개의 하단개방 격벽(35a, 35c)과 1개의 하단폐쇄 격벽(35b)이 전방에서 후방으로 가면서 제1하단개방 격벽(35a) - 하단폐쇄 격벽(35b) - 제2하단개방 격벽(35c)의 순서로 존재하며, 그에 따라 다단계 격벽형 배플조(3)는 제1공간(31), 제2공간(32), 제3공간(33) 및 제4공간(34)으로 구획되어 있는 것이다. 따라서 도 1에 도시된 실시예의 경우, 제1하단개방 격벽(35a)을 사이에 두고 이웃하는 제1공간(31)과 제2공간(32)은 하나의 구획공간세트가 되는 것이고, 제2하단개방 격벽(35c)을 사이에 두고 이웃하는 제3공간(33)과 제4공간(34)은 후속하는 별도의 구획공간세트가 되는 것이다. 그 중간의 하단폐쇄 격벽(35b)은 이와 같이 구획공간세트 사이를 구분하는 격벽으로서 기능한다.

[0021]

제1공간(31)과 제2공간(32)을 구획하는 제1하부개방 격벽(35a)은 하단이 개방되어 있기 때문에, 교반조(2)로부터 월류하여 제1공간(31)으로 유입된 유체는 제1공간(31) 내에서 하향류를 이루어서 제1하부개방 격벽(35a)의 개방된 하단을 통해 제2공간(32)으로 유입된다. 두 개의 구획공간세트를 구분하는 하부폐쇄 격벽(35b)은 제2공간(32)과 제3공간(33)을 구획하게 되는데, 그 하단이 막혀 있으므로, 제2공간(32)의 유체는 상향류를 이루어서 하부폐쇄 격벽(35b)의 상단을 월류함으로써 제3공간(33)으로 유입된다. 제3공간(33)과 제4공간(34)을 구획하는 제2하부개방 격벽(35c)은 제1하부개방 격벽(35a)과 마찬가지로 그 하단이 개방되어 있기 때문에, 제3공간(33)에 존재하던 유체는 제3공간(33) 내에서 하향류를 이루어서 제2하부개방 격벽(35c)의 개방된 하단을 통해 제4공간(34)으로 유입된다.

[0022]

도 1에 예시된 실시예의 다단계 격벽형 배플조(3)에는 2개의 하단개방 격벽(35a, 35c)과 1개의 하단폐쇄 격벽(35b)이 존재하고, 그에 따라 4개의 구획된 공간(31, 32, 33, 34)이 존재하며, 결국 2개의 구획공간세트를 가지고 있으나, 다단계 격벽형 배플조(3)에는 더 많은 개수의 구획공간세트가 존재할 수도 있다. 즉, 하단개방 격벽이 3개이고 하단폐쇄 격벽은 2개여서, 6개의 공간으로 구획되고, 결국 3개의 구획공간세트를 가질 수도 있는 것이며, 더 나아가 하단개방 격벽이 4개이고 하단폐쇄 격벽은 3개여서, 8개의 공간으로 구획되고, 결국 4개의 구획공간세트를 가질 수도 있는 것이다. 이와 같이, 본 발명에서 다단계 격벽형 배플조(3)에는 하나의 하단개방 격벽에 의해 양측으로 구분된 2개의 공간을 가지는 "구획공간세트"가 복수개로 구비될 수 있는 것이다.

[0023]

본 발명에서 각각의 구획공간세트의 하부(구체적으로는 저면)에는 슬러지 반송배출구가 형성되어 있으며, 슬러지 반송배출구에는 반송관(5)이 연결되어 있다. 따라서 각각의 구획공간세트에서, 하부로 침전되는 폐슬러지는 슬러지 반송배출구를 통해서 배출되어 반송관(5)을 거쳐 교반조(2)의 유입구를 통해 다시 교반조(2)로 순환하게 된다.

[0024]

한편, 다단계 격벽형 배플조(3)에 구비된 구획공간세트 중 가장 후방에 위치하는 구획공간세트에서 최후방에 존재하는 공간 즉, 가장 후방에 위치하는 하단개방 격벽 뒤쪽의 공간(최후방 상향류 공간)에는, 고액분리의 효과적인 수행을 위한 경사판 침전지(340)가 구비되어 있다. 도 1에 도시된 실시예의 경우, 제2하단개방 격벽(35c)이 최후방에 위치하는 하단개방 격벽이며, 그에 따라 제4공간(34)이 최후방 상향류 공간이 되며, 상기 제4공간(34)의 내에 경사판 침전지(35c)가 설치되어 있는 것이다.

[0025]

앞서 설명한 것처럼, 하단개방 격벽의 전방에 위치하는 공간에서는 유체가 이전단계로부터 월류하여 유입되므로 하향류의 형태로 아래로 흘러서 하단개방 격벽 아래쪽의 개방된 부분을 통과하여 흐르게 되며 하단개방 격벽의 후방에 위치하는 공간에서는 유체가 상향류의 형태로 위로 상승하면서 흐르게 된다. 그러므로 경사판 침전지(340)가 설치되는 최후방 상향류 공간(도면에 도시된 실시예의 경우 제4공간)에서는, 이러한 상향류의 유체로 인하여 고형물(폐슬러지)이 부상하는 것을 효과적으로 방지하고 고액분리를 더욱 효율적으로 수행하기 위하여 상기 경사판 침전지(340)는 최후방 상향류 공간의 내벽에서부터 중앙으로 하향 경사지도록 설치된다.

[0026]

특히, 경사판 침전지(340)를 설치함에 있어서, 하향 경사진 각도는 45도로 하는 것이 바람직하며, 최후방 상향류 공간의 양측 내벽에 상기 경사판 침전지(340)를 직렬로 설치하되, 일측 내벽과 타측 내벽에 설치되는 경사판 침전지(340)가 서로 엇갈리게 배치되도록 하는 것이, 고액분리 및 침전물의 재상승 방지를 위하여 바람직하다.

[0027]

그리고 경사판 침전지(340)가 설치되는 최후방 상향류 공간이 존재하는 최후방의 구획공간세트 하부에는 슬러지 배출구가 형성되어 있어서, 슬러지 배출구를 통해서 폐슬러지가 배출관(6)을 거쳐 외부로 배출된다. 한편, 경사판 침전지(340)가 설치되는 공간의 상부에도 또다른 배출구(상부배출구)가 형성되어 있다. 상부배출구를 통

해서는, 유기산이 함유된 상등액이 최종 처리수로서 배출된다. 도면에서 도면부호 P는 각각 필요에 따라 반송관(5)과 배출관(6)에 구비되는 펌프(P)이다.

[0028] 다음에서는, 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용하여 유기산을 생성하는 방법과, 그에 따라 페슬러지의 산 발효와 슬러지 감량화를 달성하는 과정을 구체적으로 설명한다.

[0029] 도 1에 도시된 바와 같이, 기존의 하폐수처리과정에서 발생하는 페슬러지(1차 페슬러지)와 후술하는 것처럼 다단계 격벽형 배플조(3)로부터 반송되어 온 페슬러지가 유입구를 통해 교반조(2)로 유입되며, 교반조(2)에서는 유입된 페슬러지가 교반기(21)에 의해 충분히 혼합된다. 이 때, 교반조(2)의 본체는 덮개로 덮여 있어서 공기 중의 산소 유입이 방지되며, 완전 혐기 상태가 유지된 채로 교반 과정이 이루어진다. 따라서 이러한 교반조(2)에서의 교반 과정에 의해 페슬러지내의 유기물질이 휘발성 유기산(Volatile Fatty Acids/VFA)으로 전환되는 혐기성 산발효가 진행된다.

[0030] 교반조(2) 내에서의 교반에 의해 혐기성 산발효를 거침으로써 생성된 휘발성 유기산과 잔존하는 페슬러지가 섞여 있는 혼합액은, 교반조(2)와 다단계 격벽형 배플조(3) 사이의 격벽을 월류하여, 다단계 격벽형 배플조(3)의 첫 번째 "구획공간세트"의 전방 공간 즉, 하향류 공간으로 유입된다(도 1에 도시된 실시예에서는 제1공간(31)으로 유입). 하향류 공간에서는 하향류가 유도되면서 혼합액 중 일부 고형물은 침전되고, 혼합액의 나머지는 하단개방 격벽(도 1에 도시된 실시예에서는 제1하단개방 격벽(35a))을 통과하여 첫 번째 "구획공간세트"의 후방 공간 즉, 상향류 공간(도 1에 도시된 실시예에서는 제2공간(32))으로 흘러가서 상향류로 상승하면서 다시 혼합액의 일부 고형물이 침전되고, 혼합액은 하단폐쇄 격벽(도 1에 도시된 실시예에서는 하단폐쇄 격벽(35b))을 월류하여 두 번째 "구획공간세트"의 하향류 공간으로 유입된다(도 1에 도시된 실시예에서는 제3공간(33)으로 유입). 여기서 다시 하향류가 유도되면서 고형물의 침전이 일어난다. 이와 같은 복수개의 구획공간세트를 지나면서 하향류와 상향류 구간을 반복적으로 통과하는 과정에서 고형물 즉, 페슬러지의 침전이 진행되는데, 침전된 페슬러지는 각각의 구획공간세트 하부에 형성된 슬러지 반송배출구를 통해서 배출되고 반송관(5)을 거쳐 교반조(2)로 다시 공급된다.

[0031] 본 발명에서는 이렇게 교반조(2)로 페슬러지가 다시 순환함으로써, 교반조(2) 내에서의 페슬러지 농도가 적절한 수준으로 계속 유지될 수 있으며, 페슬러지의 공정내 체류 시간이 증가하게 된다. 이 때, 반송되어 교반조(2)로 재투입되는 페슬러지의 유량은, 교반조(2)의 유입구를 통해 새롭게 유입되는 혼합액 유량의 1.0 내지 2.0 배로 하는 것이 바람직하다.

[0032] 복수개의 구획공간세트에서 상기한 하향류 및 상향류의 흐름 과정을 거친 혼합액은 최후방 상향류 공간(도 1에 도시된 실시예에서는 제4공간(34))으로 유입되어 상향류로 흐르면서 최종적인 고형물 침전이 일어나고, 이러한 단계를 거쳐 고형물과 분리된 처리수는 최후방 상향류 공간의 상부배출구를 통해 외부로 빠져나가게 된다. 최후방 상향류 공간에는 경사판 침전지(340)가 구비되어 있으므로, 침전된 고형물의 재부상을 방지함과 동시에 고형물의 침전을 향상시킨다. 이와 같이 다단계 격벽형 배플조(3)에서는 자연적인 수위차로 인하여 무동력으로 하향류와 상향류가 순차적으로 반복되는 유체의 흐름이 형성되며, 이 과정에서 침전 작용과 고액분리 작용이 효율적으로 진행된다.

[0033] 한편, 다단계 격벽형 배플조(3)의 최후방 상향류 공간이 존재하는 최후방의 구획공간세트 하부에는 슬러지 배출구가 형성되어 있으므로, 침전된 페슬러지는 슬러지 배출구와 배출관(6)을 거쳐 외부로 배출되어 폐기처분된다. 이와 같이 본 발명에서는 교반조로 재순환하지 못한 페슬러지는 외부로 배출하여 폐기처분함으로써, 최후방의 구획공간세트에 과다한 슬러지 농도가 저류되는 것을 방지하게 된다. 슬러지 배출구를 통해서 외부로 배출되는 페슬러지의 유량은, 교반조(2)의 유입구를 통해 새롭게 유입되는 페슬러지 유량의 0.5 배 이내로 하는 것이 바람직하다. 교반조(2)로 반송되는 페슬러지의 반송유량 및 반송되지 않고 바로 외부로 배출되는 페슬러지의 유량은 펌프(P)를 통하여 제어할 수 있다.

[0034] 위에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 본 발명의 유기산 생성방법에 의하면, 매우 효과적인 페슬러지의 산 발효 및 페슬러지의 유기산 전환에 따른 슬러지 감량화를 이루게 되는데, 다음에서는 실제로 적용한 실험예에 대해 설명한다.

[0035] 도 2 및 도 3은 각각 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 이용하여 생산된 휘발성유기산(VFA)의 농도변화를 관측한 결과를 보여주는 그래프도(도 2)와 VFA의 생성률에 대한 결과표(도 3)이다. 도 2 및 도 3에서 휘발성유기산의 농도는 COD 농도값으로 환산하여 나타내었으며, 따라서 도 2의 그래프에서 세로축에 표시된 VFA-COD는 이렇게 휘발성유기산(VFA)의 농도를 COD 농도값으로 환산한 것을 의미하며 가로축은 시간(일)을

의미한다. 도 3의 표에서 VFA 증가율은 유출 VFA 값에서 유입 VFA 값을 뺀 후, 유입 VFA 값으로 나눈 것이다.

[0036] 도 2 및 도 3에서 알 수 있듯이, HRT 2일로 운전하는 경우, 유출수 내의 VFA 농도는, 교반조로 유입되는 폐슬러지 내의 VFA 평균 농도와 비교할 때, 약 107% 증가하였다.

[0037] 한편, 입자성 유기물(VSS) 대비 VFA 농도를 살펴보면, HRT 2일로 운전하는 경우 평균 224 mgCOD/gVSS로서, 기존에 보고되고 있는 수준인 50 - 150 mgCOD/gVSS 보다 높은 수준에서 유기산 생성이 이루어졌음을 확인할 수 있다.

[0038] 도 4 및 도 6은 각각 교반조(2)로 유입된 폐슬러지가 교반조(2)와 다단계 격벽형 배플조(3)로 이루어진 본 발명의 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 거쳐서 유출수로 배출될 때까지, 각 구간별 용존성 유기물(Soluble COD/SCOD)와 VFA 변화를 보여주는 그래프도(도 4)와 결과표(도 5 및 도 6)이다. 도 4에서 (a)로 표시된 그래프도는 SCOD에 대한 것이고, (b)로 표시된 그래프도는 TVFA-COD에 대한 것이다. 여기서 "TVFA"는 총 휘발성 유기산(Total VFA)의 약어표기이다.

[0039] 그리고 도 5는 폐슬러지 혼합액이 유입되고 배출될 때까지 각 구간별 SCOD 변화를 정리한 표이고, 도 6은 폐슬러지 혼합액이 유입되고 배출될 때까지 각 구간별 VFA 변화를 정리한 표이다. 도 4의 그래프도 가로축은 측정 구간을 표시한 것으로서 "Influent"는 유입구를 의미하며, "Mixing zone"은 교반조(2)를 의미하고, "Baffle zone"은 다단계 격벽형 배플조(3)를 의미하며, "Effluent"는 배출구를 의미한다. 이는 도 5 및 도 6에서도 동일하게 적용된다. 그리고 도 5 및 도 6의 결과표에서 증가율(%)은 전단 대비 후단에서의 생성율을 의미한다. 여기서 "전단"은 유체 흐름을 기준으로 전방 반응조 단계를 의미하며, "후단"은 그 이후 단계 즉, 전방 반응조 단계 이후의 단계를 의미한다. 즉, 도 5에서 Mixing zone의 증가율이 평균 42.2%라는 의미는, 전단(Influent)에서 측정된 SCOD 대비 후단(Mixing zone)에서 측정된 SCOD값이 42.4%증가 하였다는 의미이고, Baffle zone에서의 5.2% 증가는 전단(이 경우는 Mixing zone) SCOD 농도 대비, 후단(이 경우는 Baffle zone)에서의 SCOD농도가 5.2%정도 증가했다는 것을 의미한다.

[0040] 도 4의 (a) 내지 도 5에서 알 수 있듯이, 유입수가 교반조(2)로 유입된 후 42.2%의 SCOD 증가하는 것으로 관측되었다. 이후 다단계 격벽형 배플조(3)를 지나 유출수로 배출되는 동안 약 5% 이내의 증감율을 보이는 것으로 나타났다.

[0041] VFA에 대해서는, 유입수가 교반조(2)로 유입된 후 약 94% 증가하고, 다단계 격벽형 배플조(3)를 통과하면서 최종 유출수로 배출되기까지 8.3% 증가하는 것으로 나타나고 있다. 결론적으로 교반조(2)에서 SCOD와 VFA의 생성량이 가장 많으며, 이후 다단계 격벽형 배플조(3)에서의 변화는 약간의 증감은 있지만 큰 변화는 없는 것으로 나타났으며, 이를 통해 대부분의 SCOD 또는 VFA의 생성은 교반조(2)에서 이루어지며, 다단계 격벽형 배플조(3)에서는 슬러지 침전에 의한 상등액 분리가 주로 일어나고 있음을 나타낸다.

[0042] 도 7 및 도 8은 각각 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 혐기성 유기산 생성방법을 적용하였을 때, HRT 2일로 운전되는 경우에 대해, 유입되는 폐슬러지와 최종 처리수의 총 고형물(TS) 농도 변화 관측 결과를 보여주는 그래프도(도 7)와 총 고형물 농도 변화의 결과표(도 8)이다.

[0043] 도 7 및 도 8에서 알 수 있듯이, 교반조(2)로 유입되는 폐슬러지의 평균 TS 농도는 12,482 mg/L 이며, 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치를 거친 최종 처리수의 평균 TS 농도는 999 mg/L로 관측되었으며, 이에 해당하는 제거율은 91%,이다. 따라서 다단계 격벽형 배플조(3)에서 혼합액 중 고형물이 매우 양호하게 침전되고 있음을 나타낸다.

[0044] 또한, 상기 침전 효과는 고형물의 유출을 최소화함으로써 공정 내 고형물 체류시간을 증가시키고 이로 인하여 가수분해단계가 원활히 일어나도록 하고, 효과적인 가수분해로 인해 교반조(2)내에서 많은 양의 휘발성 유기산(VFA)이 생성되도록 하는 효과가 있다.

[0045] 도 9 및 도 10은 각각 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 혐기성 유기산 생성방법을 적용하였을 때, 유입되는 폐슬러지의 총 고형물(TS)의 질량과 최종 유출되는 고형물 질량에 대한 측정치를 보여주는 그래프도(도 9)와 총고형물(TS) 감량화율에 대한 결과표(도 10)이다.

[0046] 외부로 유출되는 고형물 질량은, 상단배수구를 통해 배출되는 배출수에 포함되어 있는 고형물 질량과, 제2하부 배출구를 통해서 배출되는 배출수에 포함되어 있는 고형물 질량의 총합을 의미한다. 고형물 제거율은 유입되는 고형물 질량과 유출되는 고형물 질량의 차이를 유입되는 고형물 질량으로 나누어 계산한다. HRT 2일로 운전되는 경우의 고형물 제거율은 평균 18.7%를 나타내고 있다.

[0047] 본 발명에 따른 다단계 격벽형 혐기성 산발효장치 및 이를 이용한 혐기성 유기산 생성방법에서는, 폐슬러지가 혼합된 혼합액이 교반조(2)에서 충분한 시간 동안 혐기상태에서의 교반되어 산발효되는 과정(폐슬러지내의 유기물질이 휘발성 유기산으로 전환되는 혐기성 산발효과정)을 거친 후, 다단계 격벽형 배플조(3)에 형성된 복수개의 구획공간세트를 통과하는 과정에서 각각의 구획공간세트에서 하향류 공간과 상향류 공간으로 교번하여 지나게 된다. 다단계 격벽형 배플조(3)에서의 위와 같은통과 과정(하향류 공간과 상향류 공간의 교번 통과 과정)을 거치면서 고형물로 이루어진 폐슬러지의 상당량은 계속하여 잔존하게 되어 다시 교반조(2)로 순환되고, 그에 따라 공정 내의 고형물 체류시간이 증가하게 되고, 혐기상태에서의 반복적인 교반에 의한 혐기성 산발효과정이 지속적으로 진행됨으로써, 가수분해의 활성화와 산생성단계의 활성화가 이루어지게 된다. 이와 같은 가수분해의 활성화 및 산생성 단계의 활성화를 통해서, 고효율의 지방산을 최종 산물로 얻을 수 있게 되며, 그에 따라 슬러지의 발생량도 감소되고 고농도 유기산 축적에 따른 pH저하에 의하여 메탄 가스의 생성도 최대로 억제되는 효과가 발휘된다.

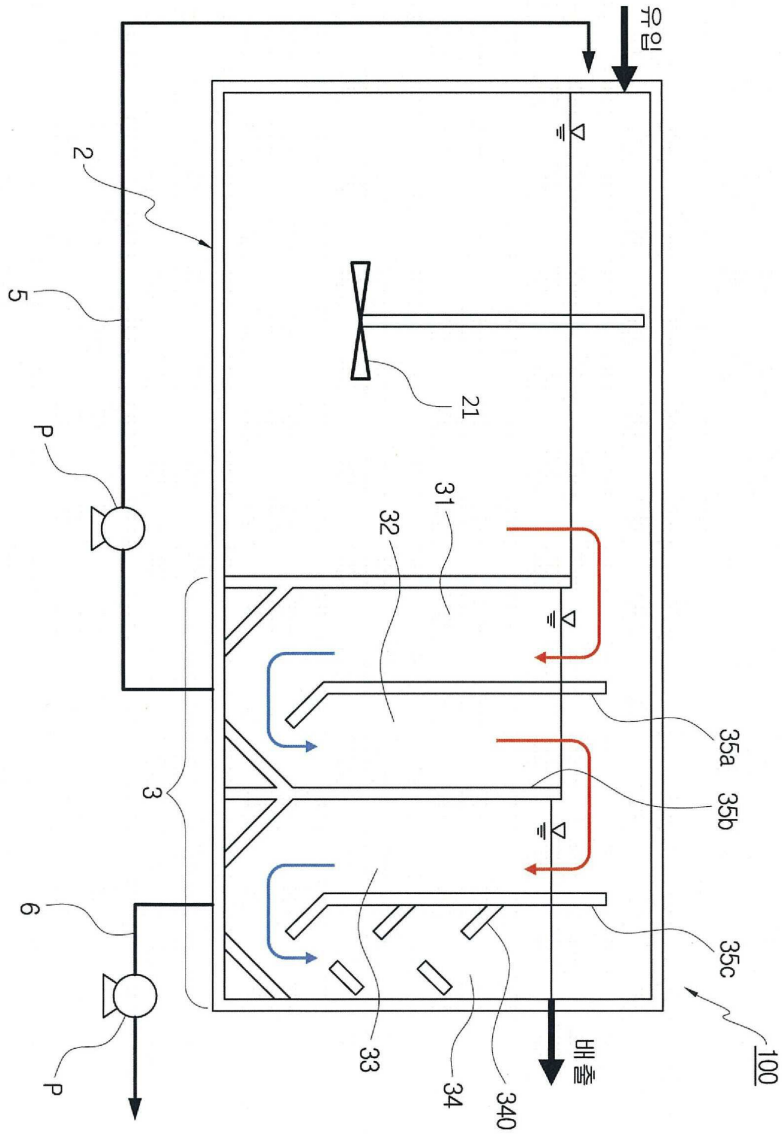
[0048] 또한 본 발명에서는 단일 공정 내에서 폐슬러지와 처리수의 침전분리가 가능하게 되며, 고액분리를 통해 고형물의 유출을 최소화할 수 있게 되는 효과도 발휘하게 된다.

부호의 설명

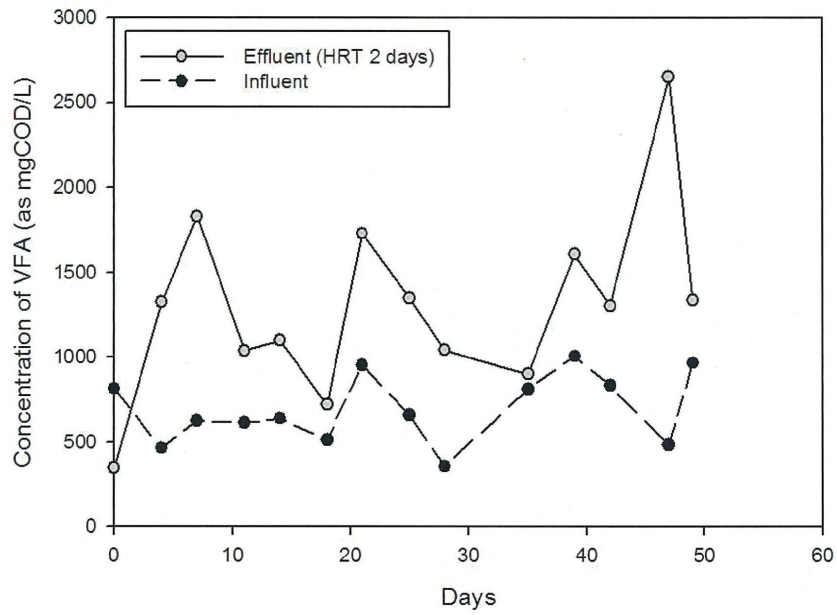
- [0049] 2 : 교반조
3 : 다단계 격벽형 배플조

도면

도면1



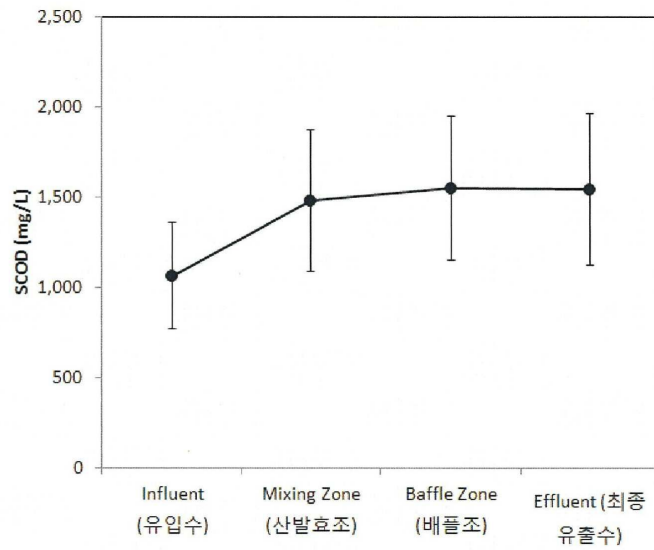
도면2



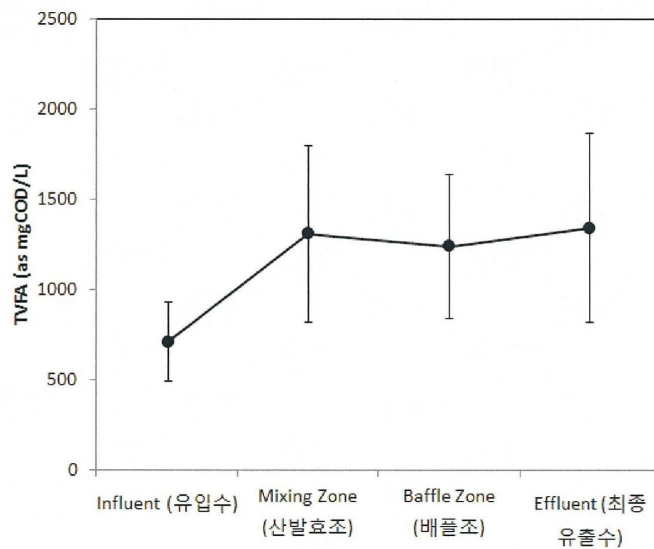
도면3

유입 VFA 농도(as mg/L)	유출 VFA 농도(as mg/L)	VFA 증가율 (%)	VFA _{eff} /VSS _{reactor} (mgCOD/gVSS)
687	1,379	119	224

도면4



(a)



(b)

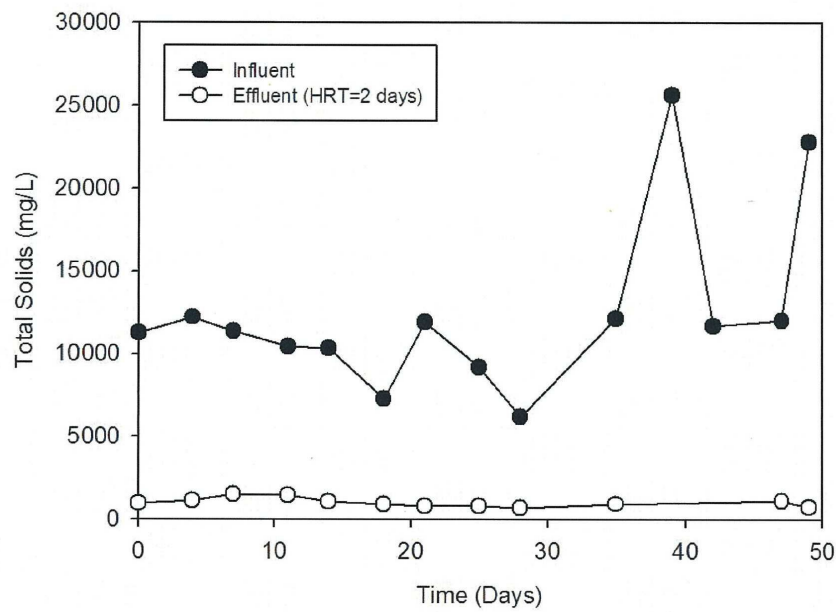
도면5

	SCOD (mgCOD _{cr} /L)	이전 단계 대비 증가율 (%)
Influent (유입수)	1,065 ± 296	
Mixing Zone (산발효조)	1,481 ± 392	42.2 ± 27.6
Baffle Zone (배플조)	1,552 ± 401	5.2 ± 6.9
Effluent (최종 유출수)	1,545 ± 418	0.1 ± 8.8

도면6

	VFA (as mgCOD _{cr} /L)	이전 단계 대비 증가율 (%)
Influent (유입수)	712 ± 217	
Mixing Zone (산발효조)	1,312 ± 490	94.2 ± 79.8
Baffle Zone (배플조)	1,241 ± 401	0.9 ± 26.7
Effluent (최종 유출수)	1,343 ± 525	7.4 ± 17.3

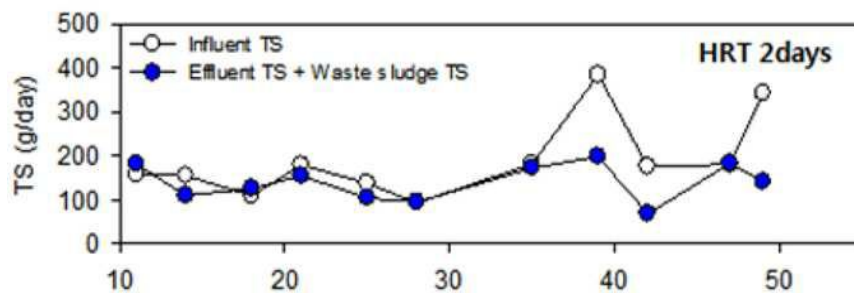
도면7



도면8

유입수 중 총고형물 농도 (mgTSS/L)	유출수 중 총고형물 농도 (mgTSS/L)	유출수에서의 총고형물 제거율 (%)
12,482	999	90.9

도면9



도면10

TS _{in} (g/day)	TS _{out} (g/day)	총 고형물 감량화율 (%)
190.7	139.8	18.7