



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0099915
(43) 공개일자 2009년09월23일

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) Int. Cl.
C12P 3/00 (2006.01) C02F 3/28 (2006.01)
C01B 3/00 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2008-0025209
(22) 출원일자 2008년03월19일
심사청구일자 2008년03월19일</p> | <p>(71) 출원인
한국과학기술연구원
서울 성북구 하월곡2동 39-1</p> <p>(72) 발명자
이영행
서울 성북구 하월곡3동 래미안월곡아파트
104-502호
이상협
서울 성북구 상월곡동 동아에코빌아파트
106-1202호
상병인
서울 성북구 돈암1동 1-3</p> <p>(74) 대리인
김영철, 김 순 영</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

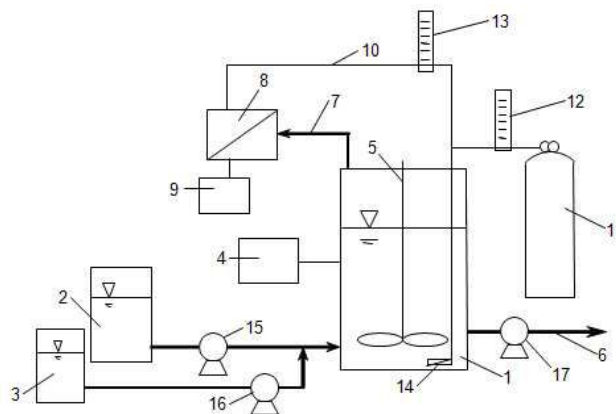
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 메탄 생성 미생물 활성 억제제 및 가스 퍼징을 이용한 유기성 폐기물로부터의 바이오 수소 가스 생산 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 혐기성 발효 미생물을 이용하여 유기성 폐기물 내 존재하는 유기물로부터 수소를 생산하는 장치 및 방법을 개시한다. 구체적으로는, 메탄 생성 미생물의 활성 억제제를 주입하여 메탄 생성 미생물에 의한 수소의 소모를 최소화하고, 간헐적인 가스 퍼징에 의해 수소 분압을 낮추어, 수소 생성 미생물의 활성을 증대시켜 높은 수율로 수소를 생산하는 장치 및 방법을 개시한다. 본 발명의 일실시예에 따른 바이오 수소 가스 생산 방법을 이용하면, 기존의 유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스를 생산하는 방법에 비하여 경제적이고 안정적이면서도 고효율로 수소를 생산할 수 있고, 특히 연속적인 가스 퍼징 과정이 없이 간헐적인 가스 퍼징을 통해서도 고효율의 안정적인 바이오 수소 가스 생산이 가능하다. 또한 이러한 바이오 수소 가스 생산 방법을 단위 공정으로 조합하여 시스템화하여 상용화하는 것이 용이하다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

바이오 수소 가스 생산 반응조(1);

상기 바이오 수소 가스 생산 반응조와 연결된 유기성 폐기물 저장조(2);

상기 바이오 수소 가스 생산 반응조와 유기성 폐기물 저장조가 연결된 라인 상에 연결된 메탄 생성 미생물 활성 억제제 저장조(3);

상기 바이오 수소 가스 생산 반응조 하부와 연결된 가스 탱크(11); 및

상기 바이오 수소 가스 생산 반응조 상부와 연결된 수소 가스 분리장치(8)를 포함하는 바이오 수소 생산 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 장치는,

상기 수소 가스 분리 장치와 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조 하부를 연결하는 가스 반송 라인(10)을 더 포함하는 바이오 수소 생산 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 장치는,

상기 가스 탱크(11) 또는 상기 가스 반송 라인(10)이 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조 하부와 연결된 부분에 가스 확산 장치(14)를 더 포함하는 바이오 수소 생산 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 가스 확산 장치는 다공성 산기석, 멤브레인, 튜빙 또는 산기관인 바이오 수소 생산 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 수소 가스 분리 장치는 수소 가스를 분리할 수 있는 가스 분리막을 포함하는 바이오 수소 생산 장치.

청구항 6

유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스를 생산하는 방법으로서,

반응조에 유기성 폐기물을 주입하는 단계;

반응조에 메탄 생성 미생물 활성 억제제를 주입하는 단계;

반응조 내 수소 분압을 낮추기 위하여, 반응조 내 유기성 폐기물 내에 가스를 주입하는 단계; 및

생성된 가스 중 수소 가스를 분리 회수하는 단계를 포함하는 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 유기성 폐기물은 하·폐수 처리장 발생 슬러지, 소화조 상등액 및 탈리액, 축산 폐수 및 폐기물, 농림업 폐수 및 폐기물, 또는 수산업 폐수 및 폐기물인 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 메탄 생성 미생물 활성 억제제는 2-브로모에탄설폰산(2-bromoethanesulfonic acid, BESA), 몰리브데이트(molybdate), 아자이드(azide), 아미노벤조산(aminobenzoic acid) 또는 안트라퀴논(anthraquinone)인 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 BESA를 주입할 경우 0.2 ~ 30 g/L 농도로 주입하는 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 10

제6항에 있어서, 상기 수소 분압을 낮추기 위하여 주입하는 가스는 산소가 부피기준으로 0 ~ 5% 포함된 불활성 기체인 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 불활성 기체는 헬륨, 질소, 아르곤, 이산화탄소 또는 메탄인 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 12

제6항에 있어서, 상기 수소 분압을 낮추기 위하여 주입하는 가스는 100 ~ 10,000 mL/분의 유량으로 주입되는 바이오 수소 가스 생산 방법.

청구항 13

제6항에 있어서, 상기 반응조에서 생성된 가스 중 수소 가스가 분리되고 남은 가스는, 반응조 내 수소 분압을 낮추기 위하여 반응조 내 유기성 폐기물 내에 반송 주입되는 단계를 더 포함하는 바이오 수소 가스 생산 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 혐기성 발효 미생물을 이용하여 유기성 폐기물 내 존재하는 유기물로부터 수소를 생산하는 장치 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로는, 메탄 생성 미생물의 활성 억제제를 주입하여 메탄 생성 미생물에 의한 수소의 소모를 최소화하고, 간헐적인 가스 퍼징에 의해 수소 분압을 낮추어, 수소 생성 미생물의 활성을 증대시켜 높은 수율로 수소를 생산하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 현재 수소는 96% 이상이 화석연료로부터 제조되고 있으며, 석탄, 석유등의 매장량의 한계와 환경오염물질 배출 등으로 인해 친환경적인 제조 방법이라고 할 수 없다. 최근에는 미생물을 이용하여 유기성 폐기물로부터 수소를 제조하는 생물학적 수소 생산 방법에 대한 관심이 점점 증가하고 있다. 유기성 폐기물에 대한 해양배출규제가 대폭 강화됨에 따라 그동안 대부분을 해양 배출 또는 매립, 소각해 오던 유기성 폐기물을 육상처리 및 자원화할 필요가 있다.

<3> 이러한 생물학적인 수소 생산은 상온 및 상압 조건에서 이루어지기 때문에 에너지를 덜 소비하며, 재생 가능한 폐자원으로부터 수소 생산이 이루어지므로 환경오염 감소와 청정 대체 에너지 생산이라는 두 가지 측면에서 장점을 가지고 있는 기술이다. 또한 수소의 경우 단위질량당 에너지 함유량이 120 MJ/kg으로 다른 어떤 에너지원(석탄 30 MJ/kg, 천연가스 50 MJ/kg, 석유 45 MJ/kg, 디젤 43 MJ/kg, 에탄올 21 MJ/kg)보다 월등히 높으므로 바이오 에너지 생산에 있어서 더욱 효과적이라고 할 수 있다.

<4> 일반적으로 혐기성 조건에서 생성되는 가스는 수소(hydrogen)와 메탄(methane)이지만, 수소의 경우 낮은 생산 효율, 수소이용 메탄생성미생물(hydrogen-utilizing methanogens)에 의한 메탄으로의 전환 등의 이유로 그동안 메탄에 비해 덜 주목을 받아 온 것이 사실이다. 그러나, 미생물에 의해 생성된 메탄 가스를 에너지로 이용 시 최종 산물이 지구 온난화의 주범인 이산화탄소(CO₂)인데 반해 수소 가스의 경우 최종 산물이 수증기(water vapor)이므로 친환경적인 재생에너지로의 이용이 가능하다. 이런 이유로 수소 에너지는 미래의 청정에너지원 중에서 현재 가장 전망 있는 대안으로 각광을 받고 있다.

<5> 국내외에서 수행된 바이오 수소 생산 연구의 경우 대부분이 태양에너지를 이용하는 광합성 미생물 혹은 조류에 의한 수소 생산에 치중되어 있다. 혐기성 발효에 의한 수소 생산 관련 기초 연구는 많이 시도되었으나 다른 생물학적 수소 생산 공정에 비해 낮은 수소 생산 수율이 문제점으로 지적되었다. 하지만, 혐기성 발효에 의한 바이오 수소 생산은 광합성 미생물에 의한 수소 생산에 비해 1) 빠른 수소 생산 속도, 2) 빛이 없는 조건에서도 수소 생산이 일어나므로 시간의 제약 없이 수소 생산 가능, 3) 빠른 미생물의 성장 속도로 인한 시설의 대형화

적용 가능 및 유지 편리 등의 장점들로 인하여 산업적으로 수소를 대량 생산하는데 있어서 적합한 기술로 평가 받고 있다.

- <6> 바이오 수소 생산 증대를 위하여 가장 널리 사용된 방법은 메탄 생성 미생물의 활성을 저하시키는 것으로서 pH 조절, 고온에서의 열처리 방법, 폭기를 통한 전처리 방법 등이 시도되었으나, 수소 생산 수율은 극히 저조한 것으로 나타났다.
- <7> 혐기성 조건에서 미생물이 수소 가스를 생산할 경우 반응조 내 수소의 농도 증가(build of hydrogen)로 인한 수소 분압(hydrogen partial pressure)이 일정 이상으로 올라갈 경우 미생물은 수소의 생산을 멈추게 된다. 또한 반응조 내에 수소 가스가 일정 시간 존재 시 메탄 생성 미생물에 의해 수소가 메탄 가스로 전환이 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <8> 본 발명은 기존의 낮은 수율의 바이오 수소 생산 기술의 한계점을 극복하기 위해, 메탄 생성 미생물의 활성을 억제시키기 위해 억제제를 주입하여 메탄 생성 미생물에 의한 수소의 소모를 최소화하고 간헐적인 가스 퍼징에 의해 수소 분압을 낮추어 수소 생성 미생물의 활성을 증대시켜 바이오 수소 생산을 증대시키는 방법 및 그에 이용되는 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <9> 본 발명은 바이오 수소 가스 생산 반응조(1); 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조와 연결된 유기성 폐기물 저장조(2); 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조와 유기성 폐기물 저장조가 연결된 라인 상에 연결된 메탄 생성 미생물 활성 억제제 저장조(3); 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조 하부와 연결된 가스 탱크(11); 및 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조 상부와 연결된 수소 가스 분리장치(8)를 포함하는 바이오 수소 생산 장치를 제공한다.
- <10> 또한 본 발명은 유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스를 생산하는 방법으로서, 반응조에 유기성 폐기물을 주입하는 단계; 반응조에 메탄 생성 미생물 활성 억제제를 주입하는 단계; 반응조 내 수소 분압을 낮추기 위하여, 반응조 내 유기성 폐기물 내에 가스를 주입하는 단계; 및 생성된 가스 중 수소 가스를 분리 회수하는 단계를 포함하는 바이오 수소 가스 생산 방법을 제공한다.

효과

- <11> 본 발명의 일실시예에 따른 바이오 수소 가스 생산 방법을 이용하면, 기존의 유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스를 생산하는 방법에 비하여 경제적이고 안정적이면서도 고효율로 수소를 생산할 수 있고, 특히 연속적인 가스 퍼징 과정이 없이 간헐적인 가스 퍼징을 통해서도 고효율의 안정적인 바이오 수소 가스 생산이 가능하다. 또한 이러한 바이오 수소 가스 생산 방법을 단위 공정으로 조합하여 시스템화하여 상용화하는 것이 용이하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <12> 이하에서는 본 발명에 따른 유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스를 생산하는 방법을 구체적으로 설명한다.
- <13> 본 발명에 따른 방법으로 바이오 수소 가스를 생산하기 위하여, 도 1에 도시된 장치를 이용할 수 있다. 도 1은 유기성 폐기물로부터 본 발명에 따라 바이오 수소 가스 생산을 하기 위한 장치의 모식도이다. 상기 장치를 이용하여 본 발명에 따른 바이오 수소 가스 생산 방법을 단위 공정으로 조합하여 시스템화하여 상용화하는 것이 용이하다.
- <14> 본 발명에 따른 유기성 폐기물로부터의 바이오 수소 가스를 생산하는 방법은,
- <15> (1) 유기성 폐기물 주입 공정,
- <16> (2) 메탄 생성 미생물 활성 억제제 주입 공정,
- <17> (3) 반응조 내 수소 분압을 낮추기 위한 가스 퍼징 공정,
- <18> (4) 생성된 수소 가스를 분리 회수하고 회수된 수소 가스량을 측정하는 공정을 포함한다.
- <19> 본 발명의 일실시예에 따르면, 유기성 폐기물로부터의 바이오 수소 가스 생산 방법은 도 1의 장치를 이용하여 수행할 수 있다.

- <20> 우선, 유기성 폐기물 저장조(2)에 저장되어 있는 유기성 폐기물을 정량펌프(15)를 이용하여 바이오 수소 가스 생산 반응조(1)로 주입한다. 이때, 메탄 생성 미생물 활성 억제제 저장조(3)에 저장되어 있는 메탄 생성 미생물 활성 억제제를 정량펌프(16)를 이용하여 상기 바이오 수소 가스 생산 반응조(1)로 주입한다. 반응조 온도 제어기(4)에 의하여 온도가 유지되는 반응조 내에서는 교반기(5)에 의하여 혐기성 발효 반응이 일어나고, 가스 탱크(11)에 저장되어 있는 외부 가스는 가스 유량 조절기(12)에 통하여 가스 확산 장치(14)를 거쳐 반응조 내 유기성 폐기물(액체)로 퍼진다. 유출수는 유출수 라인(6) 및 정량펌프(17)를 거쳐 반응조 밖으로 유출되고, 이때 생산된 가스는 가스 배출라인(7)을 통하여 배출되어 수소 가스 분리장치(8)로 유입된다. 분리된 수소 가스량은 수소 가스량 측정 장치(9)에 의하여 측정되고, 수소 가스 이외의 가스는 가스 유량 조절기(13)를 통하여 가스 반송 라인(10)을 거쳐 반응조로 반송되어 퍼짐을 위하여 사용된다.
- <21> 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 공정 (1)에서 주입되는 유기성 폐기물은 하· 폐수 처리장 발생 슬러지, 소화조 상등액 및 탈리액, 축산 폐수 및 폐기물, 농림업 폐수 및 폐기물, 수산업 폐수 및 폐기물 등을 비롯하여 어떤 유기성 폐수 및 폐기물 종류라도 무방하다.
- <22> 수소 생산에 이용되는 미생물은 현장 적용 가능성을 높이기 위해 순수배양균 보다는 하수처리장 혐기성 소화조에서 얻은 혐기성 소화 슬러지가 바람직하다. 주입 전에 스크리닝을 통과시키는 것이 좋다.
- <23> 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 공정 (2)에서 주입되는 억제제는 메탄 생성 미생물에 있어서 메탄을 생산하는 단계를 조절하는 코엔자임(coenzyme)-M의 유사화합물인 2-브로모에탄설폰산(2-bromoethanesulfonic acid, BESA)을 주입하는 것이 바람직하다. 억제제로 BESA를 주입할 경우 적용 가능한 농도 범위는 0.2 ~ 30 g/L이다. BESA의 농도가 0.2g/L 미만이면 억제 효과가 없고, 30 g/L를 초과하는 경우에는 주입량 증가에 따른 효과 증가가 없기 때문이다. 다른 메탄 생성 미생물 억제제로 알려진 몰리브데이트(molybdate), 아자이드(azide), 아미노벤조산(aminobenzoic acid) 또는 안트라퀴논(anthraquinone) 등도 적용 가능하다. 하지만 이는 어디까지나 본 발명의 이해를 돕기 위해 제시되는 예일 뿐 이에 한정되지는 않는다.
- <24> 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 공정 (3)에서 주입되는 가스는 산소가 포함될 경우 수소 생성 미생물의 활성 억제를 유도할 수 있으므로 산소가 포함되지 않는 가스를 주입하는 것이 바람직하다. 적용 가능한 가스로는 불활성 기체(헬륨, 질소, 아르곤, 이산화탄소, 메탄 등)가 있으며, 주입 유량은 100 ~ 10,000 mL/분까지 적용 가능하나, 수소 분압을 현저히 낮추어 수소 생산 수율을 높이기 위해서는 가스 주입유량이 많을수록 효과적이다.
- <25> 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 공정 (4)에서 반응조에서 생성된 바이오 수소 가스를 효과적으로 분리 회수하기 위한 공정으로 수소 가스만을 선택적으로 분리하는 분리막을 이용하는 것이 바람직하다. 하지만 이는 어디까지나 본 발명의 이해를 돕기 위해 제시되는 것일 뿐 이에 한정되지는 않는다. 반응조에서 발생된 가스 중 수소 분리 후 존재하는 이산화탄소, 메탄 등은 반송하여 퍼짐 가스로 이용 가능하다.
- <26> 지속적으로 가스 퍼짐을 하여 수소 분압을 낮추기 위해서는 연속적으로 상당한 양의 외부 가스를 주입해야 하므로 외부 가스 주입으로 인한 비용이 많이 든다. 또한 생성된 수소 가스를 분리시키는 경우에도 생성된 가스보다 주입된 외부 가스량이 더 많아 분리 비용 역시 많이 들게 된다.
- <27> 이하 본 발명의 내용을 시험예에 의해 보다 상세하게 설명하기로 한다. 다만 이들 시험예는 본 발명의 이해를 돕기 위해 제시되는 것일 뿐 본 발명의 권리 범위가 이들 시험예에 한정되는 것은 아니다.
- <28> <시험예 1 : 메탄생성 미생물 활성 억제제 주입의 효과 측정>
- <29> 서울 중랑하수처리장 혐기성 소화조에서 채취한 소화슬러지를 식중하여 반응조에 주입하였다. 반응온도는 35℃, 교반 속도는 160 rpm, 반응조의 부피는 500 mL였다. 소화슬러지가 주입된 유일한 탄소원이었으며, 주입된 농도는 2,000 mgCOD/L였다.
- <30> 표 1은 발생한 가스 중 메탄 가스 함량 및 메탄 가스 생산 수율을 나타낸 것이다. 메탄 가스 생산 수율은, 주입된 소화슬러지의 미생물에 의한 메탄 가스 생산량을 누적하고, 제거된 유기물 양을 COD(chemical oxygen demand)로 측정한 후, "제거된 유기물의 COD"에 대한 "발생한 메탄 가스의 COD 값"을 %로 계산하여 생산 수율로 나타낸 것이다.
- <31> 메탄 생성 미생물의 억제제로 BESA(2-bromoethanesulfonic acid)를 각각 0, 1, 10, 25 g/L를 주입하여 억제제 주입량에 따른 메탄 생성 미생물의 활성 저하를 비교하였다. 총 운전 기간은 85일이었다. 발생한 가스량은 수상치환장치(water displacement apparatus)를 이용하여 측정하였으며, 메탄 가스 함량은 가스크로마토그래피(GC-

TCD)를 이용하여 측정하였다.

<32> 메탄 생성 미생물의 활성 억제제로서 BESA를 주입한 경우, 주입하지 않은 경우와 비교했을 때, BESA 주입량이 증가할수록 발생한 가스 내 메탄 함량 및 주입된 유기성 폐기물로부터의 메탄 가스 생산 수율 모두 낮아지는 것으로 나타났다. 특히 10 g/L 농도 이상 BESA를 주입한 경우 현저하게 낮은 메탄 가스 생산 수율을 보여 주어, BESA가 메탄 생성 미생물의 활성을 억제시키는 효과가 있음을 확인하였다.

<33> 하지만 모든 반응조에서 유기성 폐기물로부터의 수소 가스 생산 수율은 0.8% 이하로 나타나 메탄 활성 억제제 주입만으로 바이오 수소 생산 수율을 증대시키는 것은 한계가 있는 것으로 나타났다.

표 1

<34>

BESA 주입량 (g/L)	메탄 가스 함량(%)	메탄 가스 생산 수율(%)
0	72.2	77.8
1	65.2	57.4
10	22.6	10.6
25	18.6	8.3

<35> **<시험예 2 : 가스 퍼징의 효과 측정>**

<36> 상기 시험예 1과 동일한 조건으로 소화슬러지를 식중하여 반응조에 주입하였다. 간헐적 가스 퍼징에 의한 수소 생산 수율 증대 효과를 살펴보기 위하여, 억제제를 주입하지 않고 반응조의 헤드스페이스(반응조 내 빈 공간) 및 반응조 내 유기성 폐기물(액체)를 가스 퍼징을 하여 수소 생산 수율을 비교하였다. 가스 퍼징을 위해 주입된 가스는 아르곤(argon)이었으며 가스 퍼징은 1일 1회 15분간 실시하였다. 총 운전 기간은 10일이었다.

<37> 표 2는 가스 퍼징 조건에 따른 유기성 폐슬러지의 바이오 가스 생산 수율을 나타낸 것이다. 바이오 가스 생산 수율은 "제거된 폐슬러지의 COD" 대비 "발생한 바이오 가스의 COD"를 %로 계산하여 나타내었다.

<38> 간헐적 가스 퍼징에 의한 메탄 생성 미생물의 활성 저하는 헤드스페이스(반응조 내 빈 공간)를 퍼징한 경우에는 거의 나타나지 않았으며, 반응조 내 유기성 폐기물(액체)를 퍼징한 경우에는 퍼징율이 증가할수록 낮은 메탄 가스 생산 수율이 확인되었다. 따라서 반응조 내 유기성 폐기물(액체)을 가스 퍼징할 경우 메탄 생성 미생물의 활성 저하를 확인할 수 있었다. 하지만 간헐적 가스 퍼징에 의한 폐슬러지의 수소 가스 생산 수율은 최고 0.42%로 나타나 시험예 1과 마찬가지로 가스 퍼징만으로 바이오 수소 생산 수율을 증대시키는 것은 한계가 있는 것으로 나타났다.

표 2

<39>

가스 퍼징 조건	메탄 가스 수율(%)	수소 가스 수율(%)
헤드스페이스, 2 L/분	70.7	0.05
반응조 내 유기성폐기물, 1 L/분	64.0	0.22
반응조 내 유기성폐기물, 2 L/분	47.6	0.42

<40> **<시험예 3 : 메탄생성 미생물 활성 억제제 주입 및 가스 퍼징의 효과 확인>**

<41> 상기 시험예 1, 2와 동일한 조건으로 소화슬러지를 식중하여 반응조에 주입하였다. 메탄 생성 미생물의 활성 저하를 위한 억제제 주입과 간헐적 가스 퍼징에 의한 수소 생산 수율 증대 효과를 확인하기 위하여, 모든 반응조에 BESA 10 g/L를 주입하여 메탄 생성 미생물의 활성을 저하시킨 후 여러 가스 퍼징 조건에 따른 바이오 수소 생산 수율을 비교하였다. 시험예 2와 마찬가지로 가스 퍼징을 위해 주입된 가스는 아르곤이었으며 가스 퍼징은 1일 1회 15분간 실시하였다. 총 운전 기간은 10일이었다.

<42> 표 3은 메탄 생성 미생물 억제제를 주입했을 때 가스 퍼징 조건에 따른 유기성 폐기물의 바이오 가스 생산 수율을 나타낸 것이다. 시험예 1, 2와 마찬가지로 바이오 가스 생산 수율은 "제거된 폐슬러지의 COD" 대비 "발생한 바이오 가스의 COD"를 %로 계산하여 나타내었다.

표 3

<43>

가스 퍼징 조건 (BESA 10 g/L 주입)	메탄 가스 생산 수율(%)	수소 가스 생산 수율(%)
헤드스페이스, 2 L/분	42.26	1.08
반응조 내 유기성폐기물, 1 L/분	15.32	4.19
반응조 내 유기성폐기물, 2 L/분	4.08	7.12

<44>

표 3을 통하여 알 수 있듯이 메탄 활성 억제제를 주입하고 동시에 가스 퍼징을 하여 반응조 내 생성된 수소 가스를 배출하여 수소 분압을 낮추어 수소 생성 미생물의 활성을 증대시킬 경우 높은 바이오 수소 가스 생산 수율(최대 7.1%)을 보였다. 하지만 반응조 내 헤드스페이스를 가스 퍼징할 경우 반응조 내 유기성 폐기물(액체)을 가스 퍼징한 경우보다 상대적으로 낮은 수소 가스 생산 수율을 나타내었는데, 이는 수소 생성 미생물에 의해 생성된 수소가 반응조 내 유기성 폐기물(액체)에 머무르면서 상당한 양이 수소 이용 메탄 생성 미생물에 의해 메탄으로 전환되기 때문이다.

<45>

따라서 유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스 생산 수율을 증대시키기 위해서는 메탄 생성 미생물 활성 억제제를 주입하여야 하며 동시에 반응조 내 유기성 폐기물(액체)을 가스 퍼징하여 수소 분압을 낮게 유지하는 방법이 효과적임을 확인하였다. 또한 가스 퍼징율을 증가시킬수록 높은 수소 가스 생산 수율이 확인되었으므로, 가스 퍼징 빈도, 시간, 퍼징율을 증가시킬수록 더욱 높은 수소 가스 생산 수율을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

도면의 간단한 설명

<46>

도 1은 본 발명의 일실시예에 따라 유기성 폐기물로부터 바이오 수소 가스 생산을 하기 위한 장치의 모식도이다.

<47>

<도면의 주요부분에 대한 설명>

<48>

1: 바이오 수소 가스 생산 반응조

<49>

2: 유기성 폐기물 저장조

<50>

3: 메탄 생성 미생물 활성 억제제 저장조

<51>

4: 반응조 온도 제어기

<52>

5: 교반기

<53>

6: 유출수 라인

<54>

7: 가스 배출 라인

<55>

8: 수소 가스 분리 장치

<56>

9: 수소 가스량 측정 장치

<57>

10: 가스 반송 라인

<58>

11: 가스 탱크

<59>

12,13: 가스 유량 조절기

<60>

14: 가스 확산 장치

<61>

15,16,17: 정량 펌프

도면

도면1

