(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0012933
(43) 공개일자 2016년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/16 (2013.01)
Y02E 60/527 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0103699
(22) 출원일자 2015년07월22일
심사청구일자 2015년07월22일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-152051 2014년07월25일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시키가이샤 히타치세이사쿠쇼
일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고
(72) 발명자
스즈키 다쿠마
일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고, 가부시키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내
고토 마사히로
일본국 도쿄토 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6고, 가부시키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내
(74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 6 항

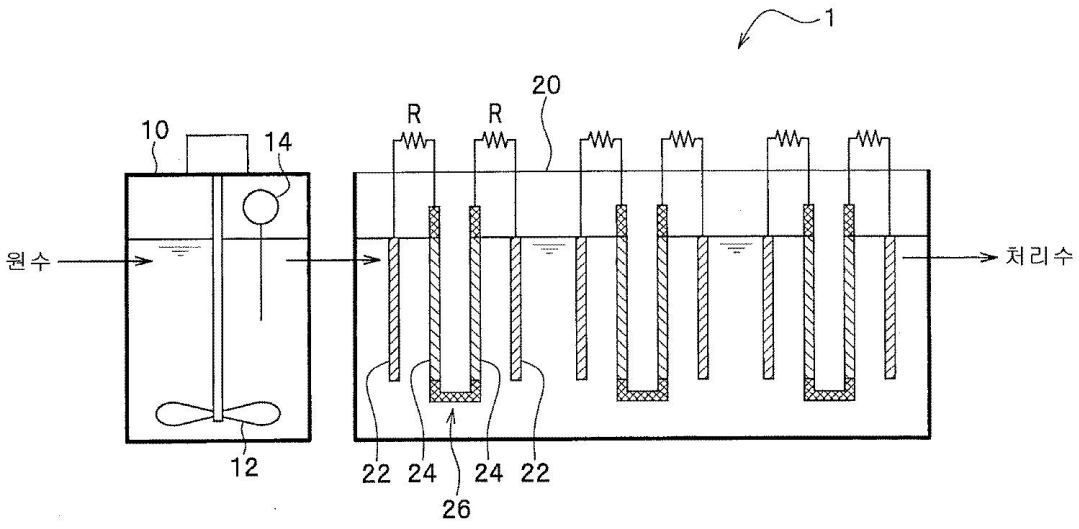
(54) 발명의 명칭 **미생물 연료전지 시스템**

(57) 요 약

폐수의 산화환원전위를 저전위로 유지하여, 양호한 전력으로 안정적으로 발전하는 것이 가능한 미생물 연료전지 시스템을 제공한다.

미생물 연료전지 시스템(1)은, 유기물을 함유하는 폐수의 혐기성 처리를 행하는 혐기조(10)와, 혐기조(10)의 후단에 설치되고, 애노드(22)와, 캐소드(24)와, 폐수에 포함되는 기질을 산화분해하여 애노드에 전자를 공여하는 미생물을 유지하는 미생물 연료전지조(20)를 구비한다. 유기물을 함유하는 폐수는, 혐기조(10)에 있어서 산화환원전위를 저하시키는 혐기성 처리가 이루어진 후에, 미생물 연료전지조(20)에 이송된다.

대 표 도



명 세 서

청구범위

청구항 1

유기물을 함유하는 폐수의 혐기성 처리를 행하는 혐기조와,

상기 혐기조의 후단에 설치되고, 애노드와, 캐소드와, 상기 폐수에 포함되는 기질을 산화분해하여 상기 애노드에 전자를 공여하는 미생물을 유지하는 미생물 연료전지조를 구비하는 것을 특징으로 하는 미생물 연료전지 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 혐기조에 있어서, 상기 폐수의 산화환원전위를 -200㎷ 이하로 저하시키는 것을 특징으로 하는 미생물 연료전지 시스템.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 혐기조가, 연직방향을 따라 배치되는 우류벽에 의해 구획된 상하 우류식의 조 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 미생물 연료전지 시스템.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 혐기조가, 혐기성 처리를 행하는 혐기성 미생물이 담지된 부유 담체를 유지하는 것을 특징으로 하는 미생물 연료전지 시스템.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

혐기성 처리가 행하여진 상기 폐수의 산화환원전위를 계측하는 산화환원전위계와,

상기 혐기조와 상기 미생물 연료전지조 사이를 연결하고, 상기 폐수의 유로를 형성하는 연결 배관과,

상기 연결 배관에 있어서의 상기 폐수의 유량을 제어하는 제어 밸브를 더 구비하고,

상기 제어 밸브가, 상기 산화환원전위계에 의해 계측되는 상기 폐수의 산화환원전위가 설정값 이하일 때에는 개방되고, 상기 산화환원전위가 설정값을 초과할 때에는 폐쇄되는 것을 특징으로 하는 미생물 연료전지 시스템.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 혐기조와 상기 미생물 연료전지조 사이에 설치되고, 오니를 포함하는 폐수의 침전 분리 처리를 행하는 침전조와,

상기 침전조에 있어서 분리된 오니의 상기 혐기조로의 반송을 행하는 오니 반송관을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 미생물 연료전지 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 미생물 연료전지 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 미생물에 의한 산화환원반응을 이용하여 발전을 행하는 미생물 연료전지의 개발이 진척되고 있다. 미생물 연료전지는, 미생물이 유기물, 무기물 등의 기질(基質)을 산화분해하는 과정에서 생긴 전자를, 최종 전자 수용체로서 전극을 이용하여 집전하는 장치이다. 미생물 연료전지를 폐수 처리 시스템에 편입함으로써, 폐수의 생물학적 처리와 폐수를 이용한 발전을 일체로서 행하는 미생물 연료전지 시스템을 구축할 수 있고, 폐수의 생물학적 처리에 있어서 미생물이 획득한 에너지의 일부를 전자 전달계를 차단하여 빼앗아 전기 에너지로서 회수하는 것이 가능해진다. 그 때문에, 미생물 연료전지 시스템은, 에너지 절약성이 우수함과 함께 잉여 오니(汚泥)의 발생이 저감된 폐수 처리를 실현하는 기술로서 기대되고 있다.

[0003] 미생물 연료전지 시스템의 실용화를 위해서는 발전 전력의 가일층의 향상이 요구되고 있다. 미생물에 의한 발전 전력을 향상시키는 관점에서는, 발전에 관여하는 미생물이 산화분해하는 기질의 농도와 발전에 관여하는 미생물의 균체량을 어떻게 유지하는지가 중요하다. 그래서, 미생물이 미생물 연료전지로부터 유출되는 것을 방지하여, 발전에 관여하는 미생물의 농도를 높임으로써, 전기 에너지의 회수 효율을 향상시키는 기술이 제안되어 있다.

[0004] 예를 들면, 특허문헌 1에는, 전극에 촉매로서 기능하는 혐기성 미생물을 담지시킨 연료전지(미생물 연료전지)에 유기성 물질을 포함하는 액을 유입시키는 유입공정과, 상기 미생물 연료전지에서 상기 유기성 물질을 포함하는 액을 생물적으로 처리하면서 발전하는 발전공정과, 상기 미생물 연료전지에 의해 처리된 액을 고액(固液) 분리하는 분리공정을 구비하는 미생물 연료전지 시스템에 있어서, 상기 분리공정에 의해 추출된 고체 성분(잉여 오니)을 포함하는 액을 상기 미생물 연료전지에 반송하는 기술이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본국 공개특허 특개2013-143363호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 특허문헌 1에 의하면, 분리공정에 의해 분리된 고체 성분(잉여 오니)을 포함하는 액을 미생물 연료전지에 반송함으로써, 미생물의 농도를 높일 수 있고, 에너지의 회수 효율을 높일 수 있다고 되어 있다. 그러나, 미생물 연료전지 시스템에 있어서의 발전을, 기대하는 전력으로 안정적으로 유지하기 위해서는, 이와 같은 잉여 오니의 출입뿐만 아니라, 발전에 관여하는 미생물(발전 미생물)에 의한 전자 전달을 적합화시키는 것도 요망된다.

[0007] 발전 미생물의 전자 전달계에 적합한 산화환원전위는, 일반적으로 -100㎷ 내지 -200㎷ 정도의 전위보다 낮은 저(低)전위의 범위이다. 그런데, 미생물 연료전지 시스템에 있어서 발전 미생물에 전자 공여체를 공급하기 위하여 이용되는 하수 등의 폐수는, 공급되기까지의 사이에 공기와의 접촉의 기회가 많아, 용존산소 농도가 비교적 높아지는 경향이 있다. 또, 유기물 농도는 비교적 낮기 때문에, 미생물의 존재하에 있어서도 유기물 분해에 수반되는 용존산소의 소비가 낮은 정도에 그쳐, 용존산소 농도가 높은 수준으로 유지되기 쉽다. 그 때문에, 미생물 연료전지 시스템에 있어서는, 생물학적 처리되기 위하여 도입되는 폐수의 산화환원전위가, 발전 미생물의 전자 전달계에 적합한 저전위가 되기 어려워, 양호한 전력으로 안정적으로 발전을 행하는 것이 어려운 것이 현상이다.

[0008] 그래서, 본 발명은, 폐수의 산화환원전위를 저전위로 유지하여, 양호한 전력으로 안정적으로 발전하는 것이 가능한 미생물 연료전지 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명에 관련된 미생물 연료전지 시스템은, 유기물을 함유하는 폐수의 혐기성 처리를 행하는 혐기조와, 상기 혐기조의 후단(後段)에 설치되고, 애노드와, 캐소드와, 상기 폐수에 포함되는 기질을 산화분해하여 상기 애노드에 전자를 공여하는 미생물을 유지하는 미생물 연료전지조를 구비하는 것을 특징

으로 한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 의하면, 폐수의 산화환원전위를 혐기성 처리에 의해 미리 저하시킬 수 있기 때문에, 폐수의 산화환원전위를 저전위로 유지하여, 양호한 전력으로 안정적으로 발전하는 것이 가능한 미생물 연료전지 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은, 본 발명의 일실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 2는, 변형례 1에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 3은, 변형례 2에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 4는, 변형례 3에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 5는, 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

도 6은, 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템 및 비교예에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 있어서의 폐수의 산화환원전위의 경시(經時) 변화를 나타내는 도면이다.

도 7은, 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템 및 비교예에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 의한 발전의 전력 밀도의 경시 변화를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하에 본 발명의 일실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 대하여 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 공통되는 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 중복되는 부분에 대한 설명은 생략한다.

[0013] 도 1은, 본 발명의 일실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

[0014] 본 실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템(1)은, 도 1에 나타내는 바와 같이, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20)를 구비하고 있다. 미생물 연료전지 시스템(1)은, 미생물 연료전지를 폐수 처리 시스템에 편입함으로써, 폐수의 생물학적 처리와, 폐수를 전자 공여체의 공급에 이용한 전력 회수를 일체로서 행하는 장치로 되어 있다. 미생물 연료전지 시스템(1)에 있어서, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20)는 이 순서로 구비되어 있어, 혐기조(10)에 있어서 처리된 원수(原水)(폐수)가, 후단의 미생물 연료전지조(20)에 이송되어 처리된 후에, 처리수로서 배수되도록 되어 있다.

[0015] 이 미생물 연료전지조(20)에 있어서는, 폐수의 생물학적 처리와, 폐수와 발전 미생물을 이용한 전력 회수(전기에너지의 회수)가 행하여진다. 미생물 연료전지 시스템(1)에서는, 이와 같은 미생물 연료전지조(20)의 전단(前段)에 혐기조(10)가 구비되어 있어, 혐기조(10)에 있어서의 혐기성 처리에 의해 폐수의 산화환원전위를 미리 저하시켜 둠으로써, 미생물 연료전지조(20)에 있어서 안정적인 전력 회수가 실현되도록 하고 있다.

[0016] 미생물 연료전지 시스템(1)에는, 유기물을 함유하는 폐수가 원수로서 도입된다. 폐수는 예를 들면, 생활 배수, 공장 배수, 사업장 배수 등의 오수나, 도랑 등으로부터 빗물관을 통해 집수되는 빗물이나, 이들이 합류한 상태의 혼합 배수와 같은 하수 등이다. 이와 같은 폐수는, 도시하지 않은 최초 침전지 등을 경유하여, 부유물질, 침강성 고형물 등이 제거된 후에 혐기조(10)에 도입된다.

[0017] 원수로서 도입되는 하수로서는, 용존태에 대한 수질 지표값이, COD_{Cr}(이크롬산 칼륨에 의한 산소 소비량)에 대하여 0㎎/L～500㎎/L, COD_{Mn}(100℃에 있어서의 과망간산 칼륨에 의한 산소 소비량)에 대하여 0㎎/L～500㎎/L, BOD(생물화학적 산소 소비량)에 대하여 0㎎/L～500㎎/L, TOC(유기태 산소)에 대하여 0㎎/L～100㎎/L, T-N(전체 질소 농도)에 대하여 0㎎/L～100㎎/L의 범위에 있는 폐수가 상정된다. 용존태에 대한 수질 지표값은 바람직하게는, COD_{Cr}에 대하여 10㎎/L～100㎎/L, COD_{Mn}에 대하여 10㎎/L～100㎎/L, BOD에 대하여 10㎎/L～100㎎/L, TOC에 대하여 5㎎/L～50㎎/L, T-N에 대하여 5㎎/L～50㎎/L의 범위이다. 미생물 연료전지 시스템(1)에 있어서는, 이와 같이 기질 농도가 비교적 낮은 폐수를 이용하는 경우에 있어서도, 안정적인 전력 회수를 실현하는 것이 가능하게 되어 있다.

[0018] 원수로서 도입되는 하수의 DO(용존산소 농도)는 0㎎/L～7㎎/L의 범위, 바람직하게는 0㎎/L～4㎎/L의 범위에 있는 폐수가 상정된다. 또한, 폐수의 산화환원전위는 DO가 0㎎/L 정도일 경우에 있어서도, 통상 0㎷ 이상이 된다. 미생물 연료전지 시스템(1)은, 원수로서 도입되는 하수의 DO가 7㎎/L 이하가 되는 비폭기 상태의 폐수도 적합하게 처리할 수 있다. 하수의 DO가 4㎎/L 이하 정도이면, 혐기성 처리에 있어서 산화환원전위를 원하는 저전위값까지 저하시키기 쉽기 때문에, 전력 회수의 효율의 관점에서 유리하다.

[0019] 혐기조(10)는, 유기물을 함유하는 폐수의 혐기성 처리를 행하는 처리조로 되어 있고, 미생물 연료전지조(20)에 도입되는 폐수의 산화환원전위를 미리 저하시키도록 작용한다. 혐기조(10)에는 혐기성 미생물을 포함하는 오니가 유지되어, 처리조의 분위기가, 저(低) 유리산소 조건 또는 무(無) 유리산소 조건으로 유지된다. 또, 혐기조(10)에는, 혐기성 처리되는 폐수를 교반하는 교반 수단(12)이 구비되어 있다. 교반 수단(12)에 의해, 혐기성 처리되는 폐수가 교반되어, 오니와 폐수가 균질화됨과 함께 오니의 침강이 억제되도록 되어 있다. 또, 혐기조(10)에는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 폐수의 산화환원전위를 계측하는 산화환원전위계(14)를 설치할 수 있다. 산화환원전위계(14)에 의해 혐기성 처리된 폐수의 산화환원전위가 저전위가 되도록 관리할 수 있다.

[0020] 혐기조(10)에 유지되는 오니는, 고정화 담체 또는 고정상(固定床) 담체를 이용하여 고정화되어 있는 것이 바람직하다. 오니를 고정화함으로써, 혐기조(10)로부터 미생물 연료전지조(20)로의 오니의 유입을 억제할 수 있다. 고정화 담체는 혐기성 미생물이 담지된 부유 담체로 하는 것이 바람직하고, 고정상 담체는 그것을 구성하는 지지 부재 등의 천정판이 폐수의 수면 상에 노출되는 형상으로 하는 것이 바람직하다. 고정화 담체를 부유 담체로 하여 수면을 덮도록 다수 부유시키거나, 고정상 담체를 수면 상에 노출시킴으로써, 혐기조(10)에 유지되는 폐수와 기상(氣相)의 접촉면을 감소시킬 수 있다. 그 때문에, 채수 등에 따라 밀폐된 혐기조(10)를 일시적으로 개방하거나 하는 경우에도, 외기 중의 산소에 의해 폐수의 산화환원전위가 고 전위화되는 것을 억제할 수 있다. 또는, 혐기조(10)를 간이한 구조로 하여도, 외기 중의 산소의 폐수로의 용해를 저감할 수 있어, 혐기조(10)의 구조를 저 비용화하면서 폐수의 산화환원전위가 고 전위화되는 것을 억제하는 것이 가능해진다.

[0021] 혐기조(10)에 유지되는 부유 담체로서는, 원통 형상, 스펀지 형상, 직방체, 구체 등의 적절한 형상으로 한 수지제, 겔제 등의 담체를 이용할 수 있다. 부유 담체의 재료로서는, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 우레탄폼, 아크릴계 수지, 폴리에틸렌글리콜, 알긴산, 셀룰로오스 등 적절한 재료를 이용할 수 있다. 부유 담체의 밀도는 1.0g/㎤ 이하, 바람직하게는 0.8g/㎤ 이상 1.0g/㎤ 이하, 보다 바람직하게는 0.9g/㎤ 이상 0.95g/㎤ 이하이다. 또, 부유 담체의 치수는 최대 직경이 10㎝ 미만, 바람직하게는 1㎝ 이상 10㎝ 미만, 보다 바람직하게는 1㎝ 이상 5㎝ 이하이다. 부유 담체로서는, 특히 폴리프로필렌제의 원통 형상의 담체로서, 밀도가 0.9g/㎤ 이상 0.95g/㎤ 이하, 또한, 최대 직경이 1㎝ 이상 5㎝ 이하의 담체가 적합하다. 이와 같은 부유 담체는 미생물의 부착률이 높아, 수면 상에 다수 부유시킨 경우에 폐수와 기상의 접촉면을 덮는 비율도 높아지는 점에서 유리하다.

[0022] 혐기조(10)에서는, 원수로서 도입되는 폐수를, 혐기성 미생물에 의해 저 유리산소 조건 내지 무 유리산소 조건하에서 혐기성 처리하여, 폐수에 포함되어 있는 유기물 등을 분해 처리시킨다. 혐기성 처리가 행하여짐으로써, 외부로부터의 산소의 공급이 없는 상태에서 혐기성 미생물에 의해 용존산소가 소비됨과 함께 유기물 등의 분해 처리에 의해 환원체가 생성되어, 폐수의 산화환원전위가 저하하게 된다. 폐수의 산화환원전위를 원하는 저전위로 저하시키기 위해서는, 혐기조(10)에 있어서의 폐수의 체류 시간, 오니량, 폐수의 유입량 등을 적절히 조절하면 된다. 그리고, 폐수의 산화환원전위를 산화환원전위계(14)로 계측하는 등 하여, 산화환원전위의 출구값이, 환원 상태를 나타내는 저전위의 범위에 유지되도록 관리를 행한다.

[0023] 혐기조(10)에 있어서의 폐수의 산화환원전위는, 바람직하게는 -200㎷ 이하, 보다 바람직하게는 -300㎷ 이하, 더 바람직하게는 -400㎷ 이하의 범위로 한다. 폐수의 산화환원전위가 -200㎷ 이하 정도의 저전위이면, 미생물 연료전지조(20)에 있어서 전력 회수를 유의(有意)하게 행할 수 있기 때문이다. 또, 혐기조(10)에 있어서 산화환원전위가 이와 같이 저전위화되어 있으면, 폐수가 혐기조(10)로부터 유출되어 미생물 연료전지조(20)에 유입한 후에 있어서도, 미생물 연료전지조(20)에 유지되는 오니에 의한 혐기성 처리에 의해 산화환원전위가 저하하기 쉬워지기 때문에 전력 회수를 보다 적합하게 행하는 것이 가능해진다. 또한, 산화환원전위는, 통상의 혐기성 처리로 -500㎷ 정도까지 저하시킬 수 있으나, 저전위일수록 발전 전력이 증대하여, 발전의 안정성이 향상하는 경향이 있기 때문에, 산화환원반응이 대략 평형에 이르러 산화환원전위가 일정해지는 체류 시간으로 처리를 행하면 된다. 혐기조(10)에 있어서의 처리를 마친 폐수는, 그 후, 공기의 침입이 차단되는 배관 등을 통해 미생물 연료전지조(20)에 이송한다.

[0024] 미생물 연료전지조(20)는, 폐수에 포함되는 기질을 발전 미생물로 산화분해시키고, 산화분해의 과정에서 생긴 전자를 집전하여 전력 회수를 행하는 처리조로 되어 있다. 미생물 연료전지조(20)는 혐기조(10)의 후단에 설치

되고, 애노드(22)와, 캐소드(24)와, 도시하지 않은 발전 미생물을 유지하고 있다.

[0025] 애노드(22)는, 발전 미생물이 기질을 산화분해하는 과정에서 생긴 전자를 집전하는 전극이고, 미생물 연료전지조(20)에 도입된 폐수에 침지된 상태로 유지되어 있다. 애노드(22)는 평판 형상, 막 형상 또는 통 형상으로 성형된 탄소 재료 또는 금속 재료로 형성할 수 있다. 탄소 재료로서는, 예를 들면 카본크로스, 카본펠트, 카본페이퍼 등을 들 수 있고, 금속 재료로서는, 예를 들면 스테인리스강, 백금 등을 들 수 있다.

[0026] 캐소드(24)는 애노드(22)의 대극(對極)이 되는 전극으로, 일주면(一主面)이 폐수에 접하는 반면, 타주면(他主面)이 공기에 접하는 에어 캐소드의 형태로 한다. 에어 캐소드는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 상면이 개구한 상자체(26)의 측면에 창문부를 형성하고, 그 창문부를 통기성의 캐소드(24)에 의해 수밀(水密)하게 폐색함으로써 형성할 수 있다. 캐소드(24)가 구비된 상자체(26)(에어 캐소드)는, 상부의 개구가 외기에 개방되도록, 미생물 연료전지조(20)에 도입된 폐수에 반(半)침지된 상태로 유지시키면 된다. 통기성의 캐소드(24)는 평판 형상, 막 형상 또는 통 형상으로 성형된 섬유상(狀)의 탄소 재료로 형성할 수 있다. 탄소 재료로서는, 예를 들면 카본크로스, 카본펠트, 카본페이퍼 등을 들 수 있고, 재료 표면에 발수성이 부여됨과 함께 백금 등의 촉매가 담지된 것이 적합하다.

[0027] 도 1에 나타내는 바와 같이, 애노드(22)와 캐소드(24)는, 도선을 통해 외부 부하(R)와 각각 접속되어 화학전지를 형성한다. 애노드(22)에 의해 집전된 전자는 외부 저항(R)을 거쳐 캐소드(24)측으로 이동하고, 캐소드(24)에서는 공기 중의 산소가 전자 수용체로서 공급되어, 산소 및 물이 관여하는 산화환원반응이 생긴다. 미생물 연료전지(1)에서는, 이와 같은 외부 회로로부터, 발전 미생물에 의해 발전된 전기 에너지의 회수가 행하여지도록 되어 있다.

[0028] 애노드(22) 및 캐소드(24)의 전극수, 전극 면적, 배치 등은 특별히 제한되는 것이 아니나, 예를 들면 도 1에 나타내는 바와 같이, 각 애노드(22) 및 캐소드(24)가 대략 평행하게 병렬하도록, 한 쌍의 전극을 구성하는 애노드(22) 및 캐소드(24)를 복수쌍 배치시킬 수 있다. 그리고, 미생물 연료전지조(20)의 평면시(平面視)에 있어서는, 각 애노드(22) 및 캐소드(24)는, 길이 방향의 일단(一端)이 미생물 연료전지조(20)의 내벽에 맞닿는 반면, 타단(他端)이 미생물 연료전지조(20)의 내벽으로부터 이반(離反)하도록 배치시킨다. 즉, 병렬하고 있는 각 애노드(22) 및 캐소드(24)에 의해, 내벽으로부터 이반하는 지점이 좌우 번갈아 배치되도록 미생물 연료전지조(20)를 구획시켜, 폐수가 수평방향에 대하여 번갈아 우류(迂流)하는 수평 우류식의 처리조를 형성시키는 것이 가능하다. 이와 같이, 미생물 연료전지조(20)를 우류식의 처리조로 하면, 폐수가 교반되면서 통류하도록 되기 때문에, 병렬하고 있는 복수의 전극의 각각에 대하여 발전 미생물의 분포의 불균일을 저감시킬 수 있다. 이로 인해, 발전 미생물에 의한 산화분해나 애노드(22)에 의한 집전의 효율이 높아져, 전력 회수의 효율을 향상시킬 수 있게 된다. 또, 체류 시간이 확보되기 쉬워짐과 함께, 오니의 편재가 억제되게 되기 때문에, 혐기성 처리나 전력 회수를 안정적으로 할 수 있다.

[0029] 발전 미생물은, 폐수에 포함되는 유기물, 무기물 등의 기질을 산화분해하여 애노드(22)에 전자를 공여하는 미생물이다. 발전 미생물로서는, 전자 전달계에 있어서, 철, 망간, 바나듐 등의 금속이온이나 이러한 산화물을 최종 전자 수용체로서 이용하는 능력을 가지는 미생물을 이용할 수 있다. 이와 같은 미생물로서는, 예를 들면, 세포 외에 있어서의 전자 전달능을 가지는 Shewanella속, Geobacter속 등으로 분류되는 미생물을 들 수 있다. 발전 미생물로서는, 이들 중에서도 Shewanella oneidensis, Geobacter sulfurreducens 또는 Geobacter metallireducens를 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 이와 같은 발전 미생물은, 혐기성 미생물군을 포함하는 오니의 형태로, 미생물 연료전지조(20)에 도입된 폐수에 현탁시키거나 애노드(22)에 고정화시켜서 이용할 수 있다.

[0030] 미생물 연료전지조(20)에서는, 혐기조(10)에 있어서 산화환원전위를 저하시킨 폐수를, 발전 미생물을 포함하는 오니에 의해 저 유리산소 조건 또는 무 유리산소 조건하에서 혐기성 처리하여, 폐수에 포함되어 있는 기질을 산화분해시킨다. 발전 미생물이 기질을 산화분해하는 과정에서 생긴 전자는, 발전 미생물의 전자 전달계로부터 빼앗기고, 애노드(22)에 집전되어 전력으로서 회수된다. 혐기조(10)에서 산화환원전위를 저하시킨 폐수를, 공기의 침입을 억제하여 미생물 연료전지조(20)에 이송함으로써, 발전 미생물의 전자 전달계에 적합한 산화환원전위를 실현하는 것이 가능하다. 또한, 산화환원전위계(14)는 미생물 연료전지조(20)나, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20) 사이의 배관 등에 설치해도 된다.

[0031] 이와 같은 미생물 연료전지조(20)에 있어서, 혐기성 처리된 폐수는, 미생물 연료전지 시스템(1)의 계외에 처리수로서 배수된다. 통상, 미생물 연료전지 시스템(1)에 원수로서 도입되는 하수 등의 폐수는 혐기성 처리만으로는 방류 수질을 확보하는 것이 어렵기 때문에, 미생물 연료전지조(20)의 후단에는, 폐수의 호기성 처리를 행하

는 호기조나, 혐기조와 호기조를 포함하는 복수단의 처리조나, 유리산소의 부존재하 또한 결합태 산소의 존재하에 폐수의 무산소 처리를 행하는 무산소조와 호기조를 포함하는 복수단의 처리조 등이 설치되도록 시스템을 구성해도 된다.

[0032] 이상의 실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템(1)에 의하면, 폐수의 혐기성 처리를 행하는 혐기조(10)가 미생물 연료전지조(20)의 전단에 구비됨으로써, 미생물 연료전지조(20)에 도입되는 폐수의 산화환원전위를 미리 저하시킬 수 있다. 도입되는 폐수를 혐기성 처리해 둠으로써, 미생물 연료전지조(20)에 유입하는 폐수의 산화환원전위를 상시 -200㎷ 이하 정도의 저전위로 유지하는 것도 가능해지기 때문에, 발전 미생물에 의한 기질의 산화분해와 전자 전달이 양호한 반응속도로 진행하도록 되어, 발전되는 전극당의 전력 밀도를 향상시킴과 함께, 발전 전력을 경시 안정적으로 유지시키는 것이 가능해진다. 또, 혐기조(10)의 조 구조나, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20)의 연결 구조의 설계에 의해, 미생물 연료전지조(20)에 전단으로부터 오니가 유입하는 것을 피할 수 있다. 그 때문에, 발전 미생물이 집적되어 있는 세균총이 변동하여 발전 미생물의 균체량이 감소하는 것을 피할 수 있어, 발전 전력의 경시적인 안정성을 확보하기 쉽게 하는 것이 가능하다.

[0033] 다음에, 변형례 1에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 대하여 설명한다.

[0034] 도 2는, 변형례 1에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

[0035] 상기의 실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템(1)은, 도 2에 나타내는 바와 같이, 혐기조의 구조를 변경한 미생물 연료전지 시스템(변형례 1에 관련된 미생물 연료전지 시스템)(2)과 같은 형태로 할 수도 있다. 변형례 1에 관련된 미생물 연료전지 시스템(2)은, 단실(單室)의 혐기조(10) 대신에 상하 우류식의 혐기조(10A)를 구비하는 것이다.

[0036] 혐기조(10A)는, 유기물을 함유하는 폐수의 혐기성 처리를 행하는 처리조로 되어 있고, 혐기조(10)와 동일하게, 유기물을 함유하는 폐수가 피처리수로서 도입되어, 미생물 연료전지조(20)에 도입되는 폐수의 산화환원전위를 미리 저하시키도록 작용한다. 혐기조(10A)는, 도 2에 나타내는 바와 같이, 연직방향을 따라 배치되는 우류벽(110)에 의해 구획된 상하 우류식의 조 구조를 가지고 있다. 그리고, 혐기조(10A)에 있어서의 폐수의 출구는, 우류벽(110)에 의해 상향류가 형성되는 처리실(102)의 상부측에 설치되어 있다.

[0037] 우류벽(110)은, 연직방향의 일단이 혐기조(10A)의 내벽에 접하는 반면, 타단이 혐기조(10A)의 내벽으로부터 이간되어, 혐기조(10A)와의 사이에 개구를 설치하고 있다. 이 개구는, 우류벽에 의해 가로막히는 양측의 공간을 연통하는 우류로(f)를 형성하고 있다. 또한, 도 2에 있어서는, 혐기조(10A)는, 우류벽(110)에 의해 구획된 2실의 처리실(101, 102)로 이루어지고, 처리실끼리가, 우류벽(110)의 하단측(下端側)에 설치된 개구를 통해 연통하는 구조가 나타내어져 있으나, 우류벽에 의해 구획되는 처리실의 수는 특별히 제한되는 것이 아니다. 예를 들면, 우류벽의 하단측에 설치되는 개구와 상단측(上端側)에 설치되는 개구가 번갈아 배치되도록 하여, 3실 이상으로 이루어지는 조 구조로 하는 것도 가능하다. 또, 첫 번째의 처리실(101)에 교반 수단(12A)이 구비되어 있으나, 교반 수단(12A)을 설치하지 않고 생략화하는 것도 가능하다.

[0038] 이상의 변형례 1에 관련된 미생물 연료전지 시스템(2)에 의하면, 혐기조(10A)에 우류벽(110)이 구비되어 있음으로써, 혐기조(10A)에 있어서 혐기성 처리되는 폐수를, 수두(水頭)에 의한 약한 교반력으로 교반할 수 있다. 그리고, 우류벽(110)에 의해 상향류가 형성되는 처리실(102)의 상부측에 폐수의 출구를 설치함으로써, 오니의 부상이 억제된 상등액의 폐수를 미생물 연료전지조(20)에 이송할 수 있다. 그 때문에, 혐기성 처리에 필요한 오니의 혐기조(10A)로부터의 유출과, 전단으로부터 미생물 연료전지조(20)로의 오니의 유입을 각각 억제시키는 것이 가능하다. 오니의 혐기조(10A)로부터의 유출을 억제함으로써, 혐기조(10A)에 있어서의 혐기성 처리의 안정화를 도모할 수 있고, 미생물 연료전지조(20)로의 오니의 유입을 억제함으로써, 발전 미생물이 집적되어 있는 세균총의 변동에 기인하는 발전 미생물량의 감소를 억제할 수 있기 때문에, 안정된 혐기성 처리에 의해 산화환원전위를 확실하게 저하시키면서, 균체량이 유지된 발전 미생물에 의한 안정적인 발전을 행하는 것이 가능해져, 보다 효율적인 전력 회수를 실현할 수 있게 된다.

[0039] 다음에, 변형례 2에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 대하여 설명한다.

[0040] 도 3은, 변형례 2에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

[0041] 상기의 실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템(1)은, 도 3에 나타내는 바와 같이, 혐기조와 미생물 연료전지조의 접속 구조를 변경한 미생물 연료전지 시스템(변형례 2에 관련된 미생물 연료전지 시스템)(3)과 같은 형태로 할 수도 있다. 변형례 2에 관련된 미생물 연료전지 시스템(3)은, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20) 사이에, 연결 배관(120)과 제어 밸브(V10)를 구비하는 것이다. 또한, 미생물 연료전지조(20)의 조 구성은, 상기

의 미생물 연료전지 시스템(1)에서의 것과 동일하다.

[0042] 연결 배관(120)은, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20) 사이를 연통하여, 폐수의 유로를 형성하고 있다. 연결 배관(120)은, 혐기조(10)의 상부측과 미생물 연료전지조(20) 사이를 접속하고 있고, 혐기조(10)에 유지되는 폐수의 상등액을 미생물 연료전지조(20)에 이송한다. 연결 배관(120)에 의해 폐수를 이송하면, 폐수와 외기의 접촉이 저감되기 때문에, 폐수의 산화환원전위를 저전위로 유지시키기 쉽다. 또한, 연결 배관(120)은, 폐수를 수두에 의해 자연 유하시키도록 접속해도 되고, 또는, 도시하지 않은 펌프를 설치함으로써 가압된 폐수가 통류하도록 해도 된다.

[0043] 제어 밸브(V10)는 연결 배관(120)에 구비되어 있고, 연결 배관(120)에 있어서의 폐수의 유량을 제어하는 기능을 가지고 있다. 제어 밸브(V10)는, 산화환원전위계(14)와 신호선을 통해 접속되어 있고, 산화환원전위계(14)에 의해 계측되는 폐수의 산화환원전위에 의거하여, 개도가 제어되도록 되어 있다. 제어 밸브(V10)의 개도는, 미생물 연료전지조(20)에 도입되는 폐수의 산화환원전위가 -200㎷ 이하가 되는 소정의 저전위값을 설정값으로서 제어 밸브의 컨트롤러에 설정하고, 그 설정값과 산화환원전위계(14)에 의해 계측되는 계측값의 비교에 의해 제어할 수 있다. 또한, 산화환원전위계(14)는 도 3에 있어서는 혐기조(10)에 구비되어 있으나, 미생물 연료전지조(20)에 구비되어도 되고, 또는, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20) 사이의 연결 배관(120) 상에 구비되어도 된다.

[0044] 제어 밸브(V10)는, 산화환원전위계(14)에 의해 계측되는 폐수의 산화환원전위가 설정값 이하일 때에는, 폐수의 유로를 소정 개도로 개방한다. 제어 밸브(V10)의 개도는, 폐수가 소정 유량으로 미생물 연료전지조(20)에 이송되도록 유량에 의거하여 제어해도 되고, 유량에 의거하여 제어하지 않고 전개(全開)시켜도 된다. 이와 같이, 폐수의 산화환원전위가 설정값(소정의 저전위값) 이하일 경우에 유로를 개방시킴으로써, 미생물 연료전지조(20)에는 혐기성 처리에 의해 산화환원전위가 저전위로 저하된 폐수가 이송된다.

[0045] 그 반면에, 제어 밸브(V10)는, 산화환원전위계(14)에 의해 계측되는 폐수의 산화환원전위가 설정값을 초과할 때에는, 폐수의 유로를 전폐(全閉)한다. 이와 같이, 폐수의 산화환원전위가 설정값(소정의 저전위값)을 초과하는 경우에 유로를 폐쇄시킴으로써, 산화환원전위가 저전위로 저하되어 있지 않은 폐수가 미생물 연료전지조(20)에 이송되는 것을 제한할 수 있다.

[0046] 이상의 변형례 2에 관련된 미생물 연료전지 시스템(3)에 의하면, 산화환원전위가 저전위로 저하되어 있지 않은 폐수가, 미생물 연료전지조(20)에 유입하는 것을 제한할 수 있기 때문에, 미생물 연료전지조(20)에 있어서의 폐수의 산화환원전위를 확실하게 저전위로 유지할 수 있어, 발전 전력을 경시적으로 보다 안정시킬 수 있다. 또, 제어 밸브(V10)의 개폐를 제어함으로써, 혐기조(10)에 있어서의 혐기성 처리의 체류 시간을 가변시킬 수 있기 때문에, 원수로서 도입되는 폐수의 산화환원전위에 영향을 받지 않고 미생물 연료전지조(20)에 도입되는 폐수의 산화환원전위를 원하는 저전위값으로 저하시킬 수 있다.

[0047] 다음에, 변형례 3에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 대하여 설명한다.

[0048] 도 4는, 변형례 3에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

[0049] 상기의 실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템(1)은, 도 4에 나타내는 바와 같이, 혐기조와 미생물 연료전지조의 접속 구조를 변경한 미생물 연료전지 시스템(변형례 3에 관련된 미생물 연료전지 시스템)(4)과 같은 형태로 할 수도 있다. 변형례 3에 관련된 미생물 연료전지 시스템(4)은, 혐기조(10)와 미생물 연료전지조(20) 사이에 침전조(40)와 오니 반송관(130)과, 오니 반송 펌프(46)를 구비하는 것이다. 또한, 미생물 연료전지조(20)의 조 구성은, 상기의 미생물 연료전지 시스템(1)에서의 것과 동일하다.

[0050] 침전조(40)는, 혐기조(10)의 후단, 또한 미생물 연료전지조(20)의 전단에 설치되고, 오니를 포함하는 폐수의 침전 분리 처리를 행하는 처리조로 되어 있다. 침전조(40)의 바닥부에는 오니 반송관(130)이 접속되어 있다. 침전조(40)의 내부에는 도시하지 않은 경사판, 경사관이 배치된다. 경사판이나 경사관을 설치하여, 상향류 또는 수평류로 한 폐수를 통류시킴으로써, 오니의 침전 효율을 향상시키는 것이 가능하다. 또, 도시하지 않은 오니 소기기(掻奇機), 스컴 제거기 등을 설치할 수도 있다. 오니 소기기나 스컴 제거기는, 침전조(40)의 형상에 따라 주행식, 회전식 등의 적절한 장치를 설치하면 된다. 또한, 침전조(40)의 조 구조는, 밀폐형으로 하여, 외기 중의 산소의 침입이나 악취의 방출을 방지하는 것이 바람직하다.

[0051] 침전조(40)에서는, 폐수를 완만한 속도로 체류시킴으로써, 혐기조(10)로부터 이송되는 폐수 중의 오니를 침강시켜 제거한다. 오니가 제거된 폐수는, 저하시킨 산화환원전위를 유지시킨 상태에서, 침전조(40)의 상부측에 설치되는 월류제(越流堤)를 월류하는 등 하여, 미생물 연료전지조(20)에 이송된다. 그 반면에, 침전조(40)의 하

부측에 침강한 오니는 오니 반송관(130)으로 빼내어진다.

[0052] 오니 반송관(130)은, 침전조(40)와 혐기조(10) 사이를 연통하고 있어, 침전조(40)에 있어서 분리된 오니의 혐기조(10)로의 반송을 행한다. 오니 반송관(130)에는 오니 반송 펌프(46)가 구비되어 있고, 오니 반송 펌프(46)가 가동됨으로써, 침전조(40)에 있어서 폐수로부터 제거된 잉여 오니가, 혐기조(10)에 반송되어, 혐기성 처리에 재이용되도록 되어 있다.

[0053] 이상의 변형례 3에 관련된 미생물 연료전지 시스템(4)에 의하면, 미생물 연료전지조(20)의 전단에 침전조(40)가 구비됨으로써, 미생물 연료전지조(20)에 전단으로부터 오니가 유입하는 것을 억제할 수 있다. 그 때문에, 발전 미생물이 집적되어 있는 세균총이 변동하여 발전 미생물의 균체량이 감소하는 것을 피할 수 있어, 발전 전력의 경시적인 안정성을 확보하기 쉽게 할 수 있다. 또, 오니 반송관(130)이 구비됨으로써, 혐기조(10)에 있어서의 오니량이 확보되어 쉬워져, 폐수의 산화환원전위를 저하시키는 혐기성 처리의 효율을 높은 수준으로 유지하는 것이 가능해진다.

[0054] (실시예)

[0055] 이하, 본 발명의 실시예를 나타내어 본 발명을 보다 구체적으로 설명하겠으나, 본 발명은 이들에 한정되는 것이 아니다.

[0056] 실시예로서, 상기의 실시형태에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 의한 발전 전력의 평가를 행하였다. 또, 대조(비교예)로서, 혐기조를 구비하고 있지 않은 미생물 연료전지 시스템에 의한 발전 전력의 평가를 아울러 행하였다.

[0057] 도 5는, 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템의 구성의 일례를 나타내는 도면이다.

[0058] 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템으로서는, 도 5에 나타내는 바와 같이, 유기물을 함유하는 폐수의 혐기성 처리를 행하는 혐기조(10B)와, 미생물 연료전지조(20)를 구비하고, 미생물 연료전지조(20)의 후단에는, 폐수의 호기성 처리를 행하는 호기조(50)와, 오니를 포함하는 폐수의 침전 분리 처리를 행하는 침전조(60)가, 이 순서대로 구비된 미생물 연료전지 시스템(5)을 이용하였다. 또한, 미생물 연료전지조(20)의 조 구성은, 상기의 미생물 연료전지 시스템(1)에서의 것과 동일하다. 이 미생물 연료전지 시스템(5)에 구비되는 각 처리조의 조용량비는, 혐기조(10B):미생물 연료전지조(20):호기조(50):침전조(60)가 5:2:1:2가 되도록 하였다.

[0059] 혐기조(10B)는, 도 5에 나타내는 바와 같이, 우류벽(210)에 의해 구획된 2실의 처리실(103, 104)로 이루어지고, 처리실끼리가, 우류벽(210)의 하단측에 설치된 개구를 통해 연통하는 상하 우류식의 조 구조를 가지는 것이다. 2 실의 처리실(103, 104)은, 이중 원통 구조를 가지고 있고, 내통의 내측에 구획되는 평면시에서 원 형상인 내측 처리실(103)과, 외통과 내통 사이에 구획되는 평면시에서 둥근 고리 형상인 외측 처리실(104)로 이루어져 있다. 그리고, 우류벽(210)의 하단측에 설치된 개구를 통해 내측 처리실(103)과 외측 처리실(104)이 연통하여, 내측 처리실(103)로부터 외측 처리실(104)에 직경방향을 향하는 우류로(f)가 형성되어 있다.

[0060] 호기조(50)는 폐수의 호기성 처리를 행하는 처리조로 되어 있다. 호기조(50)에는 호기성 처리되는 폐수를 폭기하는 폭기 수단이 구비된 것이다. 폭기 수단은, 도 5에 나타내는 바와 같이, 산기관(散氣管)(52)과 블로어(54)에 의해 구성되고, 블로어(54)에 의해 산기관(52)에 공기가 송기되면, 산기관(52)으로부터 폐수에 공기가 산기된다. 또, 호기조(50)에는 호기성 미생물을 포함하는 오니가 유지된다. 그 때문에, 호기조(50)에 도입된 폐수는, 호기성 미생물에 의해 호기성 처리되어, 산화환원전위가 고 전위측으로 복귀함과 함께, 유기물 분해 처리, 탈인 처리되어, 수질이 양호한 처리수가 얻어지도록 되어 있다.

[0061] 침전조(60)는, 개방형의 조 구조로 하고 있는 점을 제외하고 상기의 미생물 연료전지 시스템(3)에 구비되는 침전조(40)와 동일한 처리조로 되어 있다. 침전조(60)의 하부측에는 오니 반송관(150)이 접속되고, 오니 반송관(150)에는 오니 반송 펌프(66)가 구비되어 있어, 침전조(60)에 있어서 폐수로부터 제거된 오니가, 호기조(50)에 반송되도록 되어 있다.

[0062] 실시예에 있어서는, 도 5에 나타내어지는 미생물 연료전지 시스템(5)의 혐기조(10B)에, 폐수로서, 하수처리장의 최초 침전지의 처리수를 도입하였다. 그리고, 혐기조(10B)에 있어서, 폐수의 산화환원전위를 저하시킨 후, 미생물 연료전지조(20)에 있어서 전기 에너지의 회수를 행하였다. 이때, 미생물 연료전지조(20)에 있어서 발전된 발전 전력을 외부 회로를 통해 계측함과 함께, 폐수의 산화환원전위를, 미생물 연료전지조(20)에 설치한 산화환원전위계(14)에 의해 정기적으로 계측하였다. 이러한 결과를 도 6 및 도 7에 나타낸다.

[0063] 그 반면에, 비교예에 있어서는, 도 5에 나타내어지는 미생물 연료전지 시스템(5) 대신에, 혐기조(10B)를 구비하

고 있지 않은 미생물 연료전지 시스템의 미생물 연료전지조(20)에, 폐수로서, 하수처리장의 최초 침전지의 처리수를 도입하였다. 그리고, 폐수의 산화환원전위를 저하시키지 않고 미생물 연료전지조(20)에 있어서 전기 에너지의 회수를 행하였다. 이때, 실시예와 동일하게, 발전된 발전 전력과 폐수의 산화환원전위를 정기적으로 계측하였다. 이러한 결과를 도 6 및 도 7에 나타낸다.

[0064] 도 6은, 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템 및 비교예에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 있어서의 폐수의 산화환원전위의 경시 변화를 나타내는 도면이다.

[0065] 도 6에 있어서, 세로축은 미생물 연료전지조(20)에 도입된 폐수의 산화환원전위(㎷), 가로축은 미생물 연료전지조(20)에 있어서의 폐수의 처리 시간이다. 또, ■는 실시예에 있어서의 계측 결과, ◆는 비교예에 있어서의 계측 결과를 나타내고 있다.

[0066] 도 6에 나타내는 바와 같이, 혐기조(10B)를 구비하고 있지 않은 비교예에 관련된 미생물 연료전지 시스템에서는, 산화환원전위의 저하의 속도가 작아, 산화환원전위가 저전위가 되는데 장시간을 요하는 것을 알 수 있다. 또, 산화환원전위는 -100㎷~-200㎷의 범위에서 평형이 되어, -200㎷ 이하의 저전위를 실현하는 것은 어려운 것을 알 수 있다. 이에 비해, 혐기조(10B)에서 미리 폐수의 혐기성 처리를 행한 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템(5)에서는, 산화환원전위의 저하의 속도가 커서, 산화환원전위가 급속하게 저전위가 되었다. 또, 산화환원전위는 -300㎷~-500㎷의 범위, 특히 -400㎷ 부근에서 대략 평형이 되어, 산화환원전위가 보다 저전위로 저하하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 미리 혐기조에서 폐수의 혐기성 처리를 행함으로써, 발전 미생물에 의한 발전에 적합한 저전위가 비로소 실현되는 것이 인정된다.

[0067] 도 7은, 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템 및 비교예에 관련된 미생물 연료전지 시스템에 의한 발전의 전력 밀도의 경시 변화를 나타내는 도면이다.

[0068] 도 7에 있어서, 세로축은 미생물 연료전지조(20)에 있어서의 발전의 애노드당의 전력 밀도(㎽/㎡-애노드), 가로축은 미생물 연료전지조(20)에 있어서의 폐수의 처리 시간이다. 또, ■는 실시예에 있어서의 계측 결과, ◆는 비교예에 있어서의 계측 결과를 나타내고 있다.

[0069] 도 7에 나타내는 바와 같이, 혐기조(10B)를 구비하고 있지 않은 비교예에 관련된 미생물 연료전지 시스템에서는, 전력 밀도의 증대의 속도가 작아, 발생하는 전력은 비교적 적은 것을 확인할 수 있다. 이에 비해, 혐기조(10B)에서 미리 폐수의 혐기성 처리를 행한 실시예에 관련된 미생물 연료전지 시스템(5)에서는, 처리 개시 후에 전력 밀도가 급속하게 증대하여, 전력 밀도는, 300(㎽/㎡-애노드) 정도에까지 도달하고 있다. 이와 같이, 혐기성 처리를 행하여 폐수의 산화환원전위를 저하시킴으로써, 발생하는 전력을 크게 증대시키는 것이 가능함을 알 수 있다. 따라서, 폐수의 혐기성 처리를 행하는 혐기조가 미생물 연료전지조의 전단에 구비됨으로써, 전기 에너지의 회수 효율이 높아져, 양호한 전력으로 경시 안정적으로 발전하는 것이 가능해진다고 인정된다.

부호의 설명

[0070] 1 : 미생물 연료전지 시스템

2, 3, 4 : 미생물 연료전지 시스템(변형례)

10 : 혐기조

12 : 교반 수단

14 : 산화환원전위계

20 : 미생물 연료전지조

22 : 애노드

24 : 캐소드

26 : 상자체(에어 캐소드)

40 : 침전조

46 : 오니 반송 펌프

50 : 호기조

52 : 산기관

54 : 블로어

60 : 침전조

66 : 오니 반송 펌프

110 : 우류벽

120 : 연결 배관

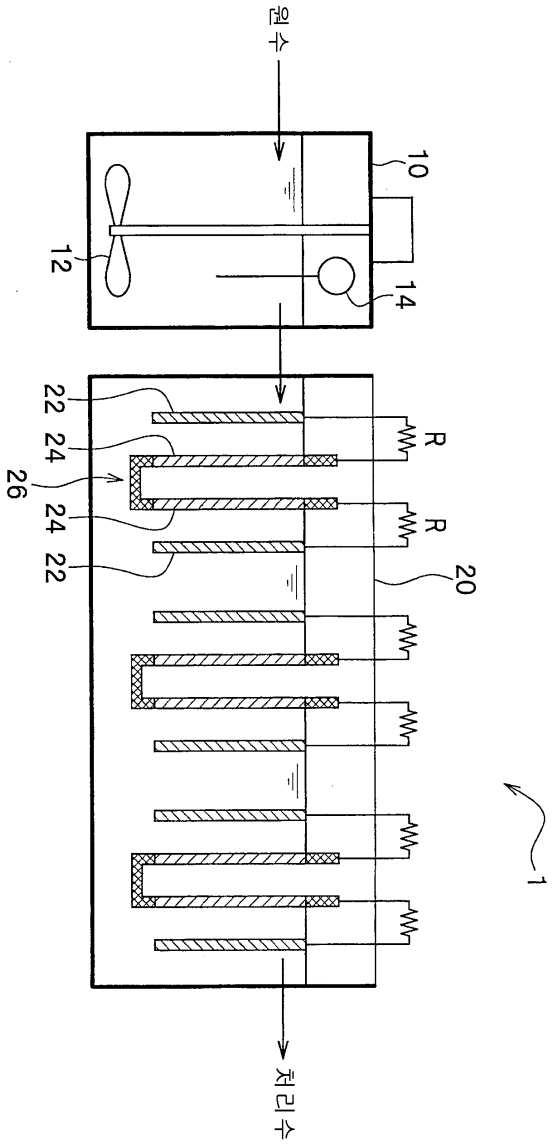
130 : 오니 반송관

150 : 오니 반송관

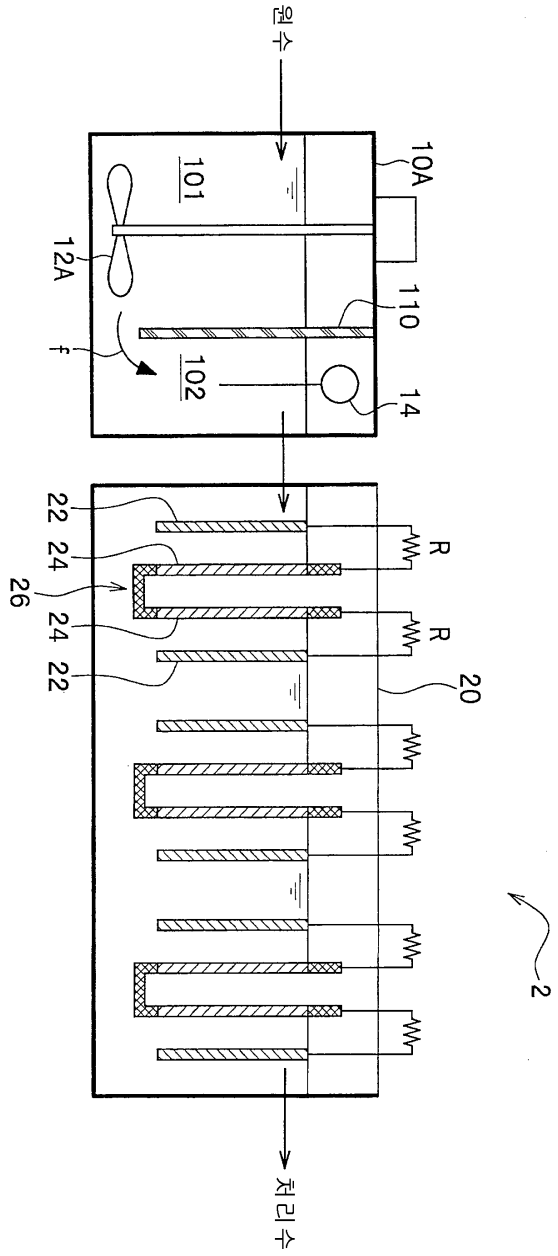
210 : 우류벽

도면

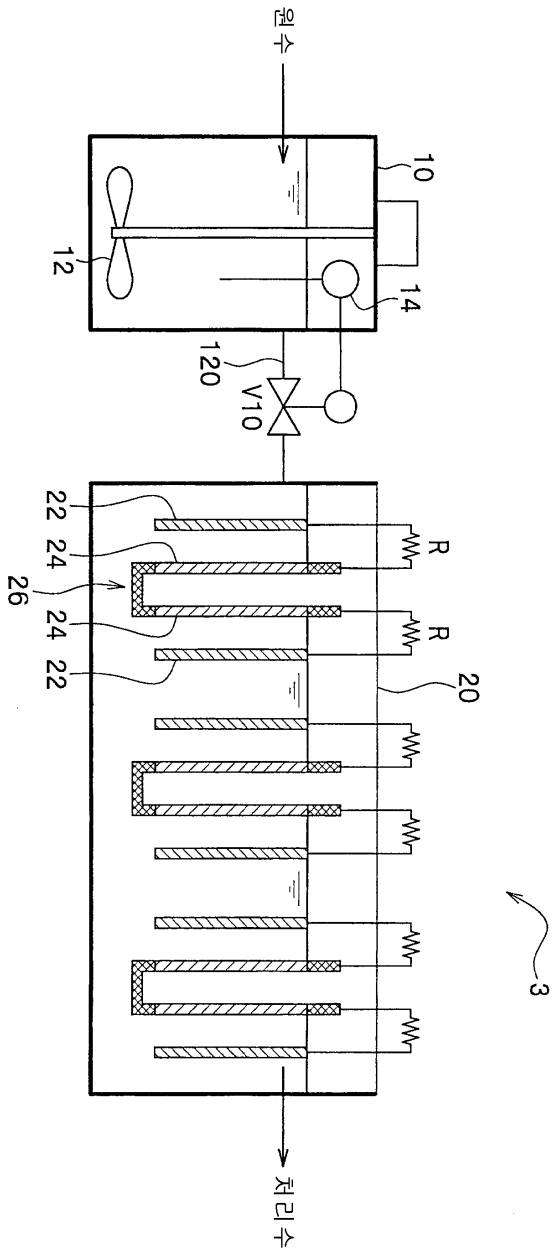
도면1



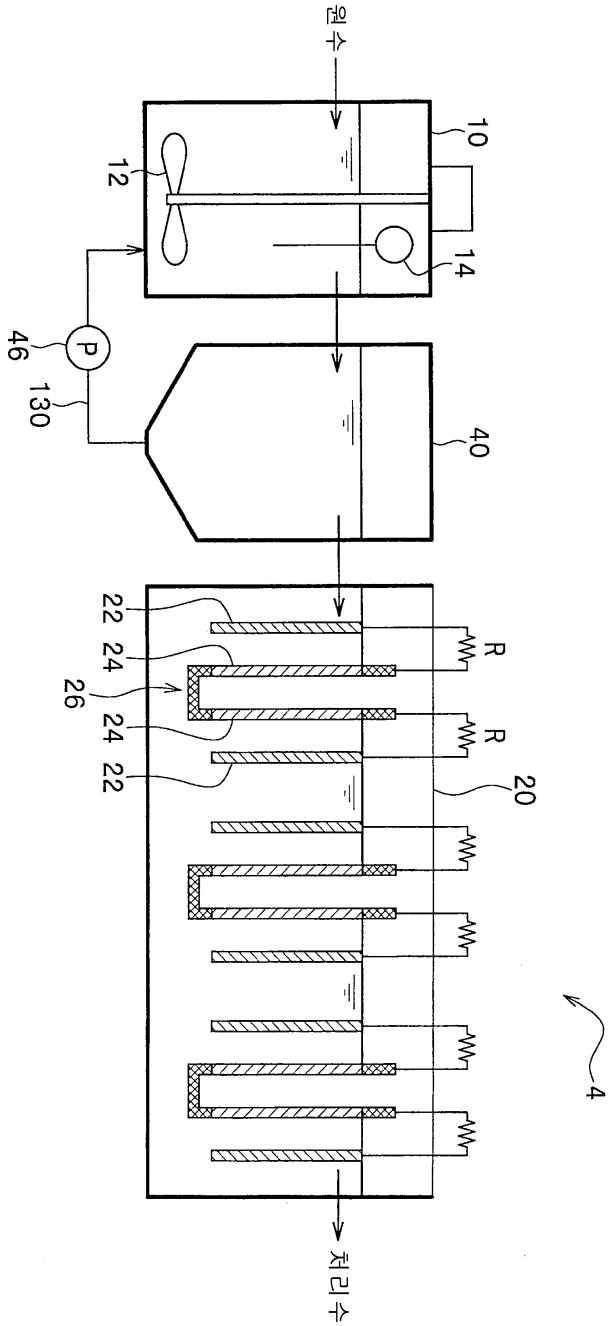
도면2



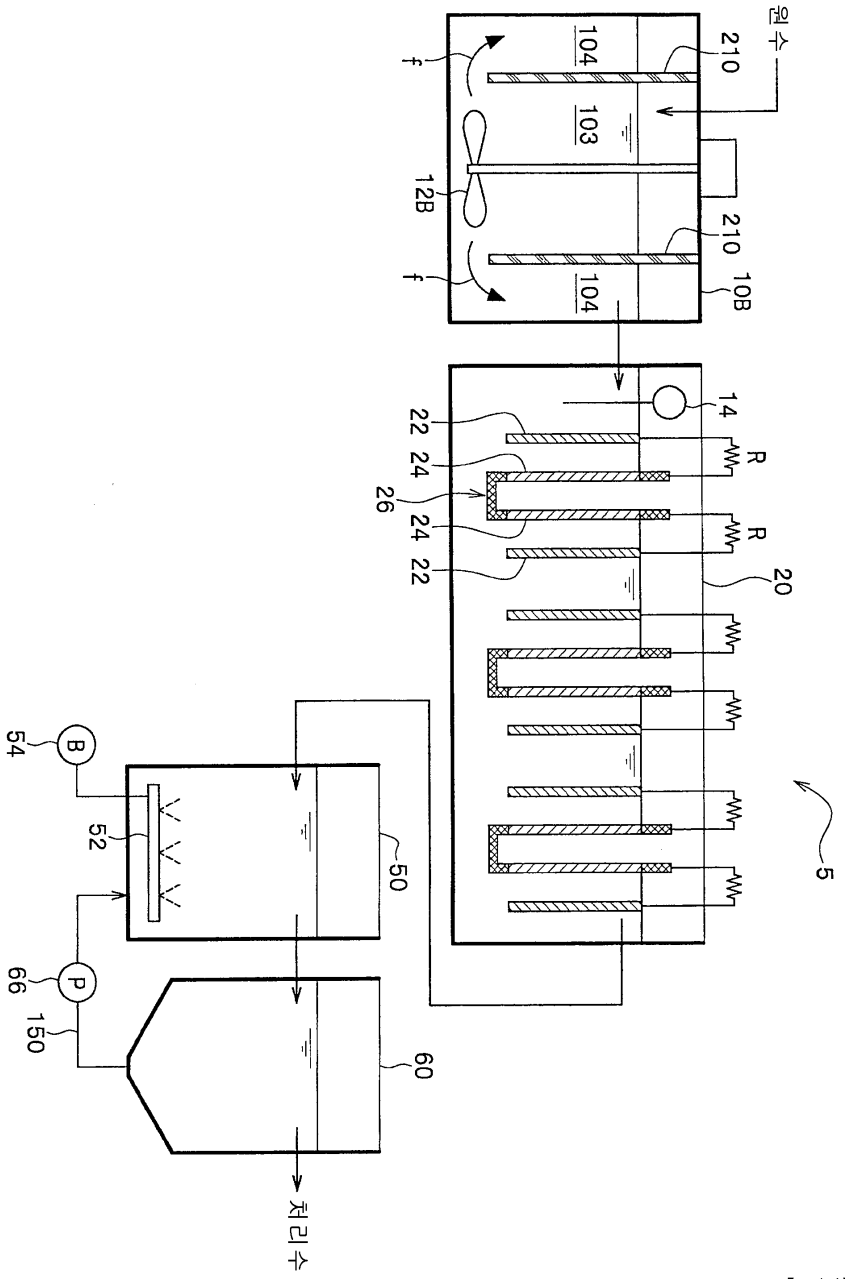
도면3



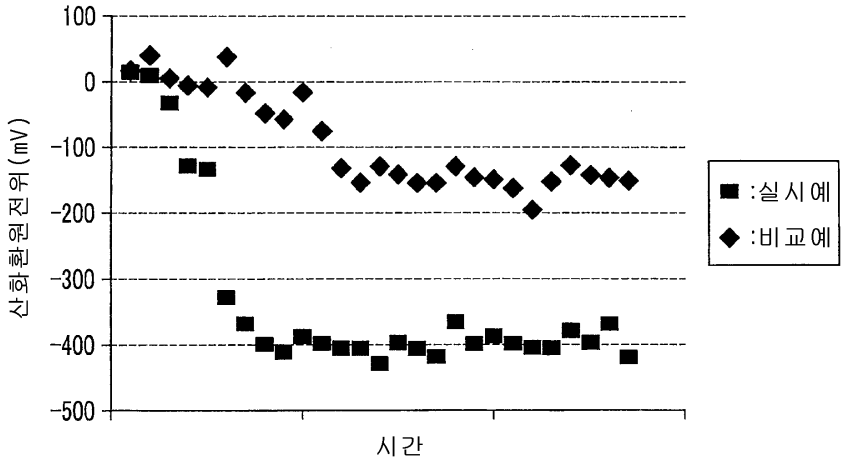
도면4



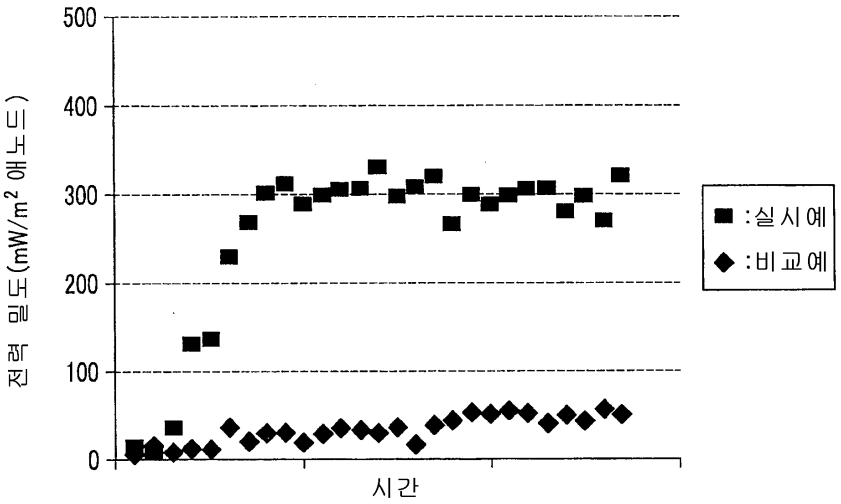
도면5


원수
210
104
103
12B
210
10B
104
f
f
14
R
R
22
24
26
24
22
20
5
B
54
52
50
66
P
150
60
처리수

도면6


100
0
-100
-200
-300
-400
-500
산화환원전위(mV)
시간
:실시예
:비교예

도면7


500
400
300
200
100
0
전력 밀도(mW/m² 애노드)
시간
:실시예
:비교예