



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0056737
(43) 공개일자 2016년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 53/84 (2006.01) B01D 53/62 (2006.01)
C12N 1/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0157438
(22) 출원일자 2014년11월12일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
심상준
서울특별시 강남구 선릉로 221 301-803 (도곡동,
도곡텍슬아파트)
이주영
경기도 성남시 분당구 서현동 불정로 361 507-103
(효자촌, 삼환아파트)
(74) 대리인
특허법인충현

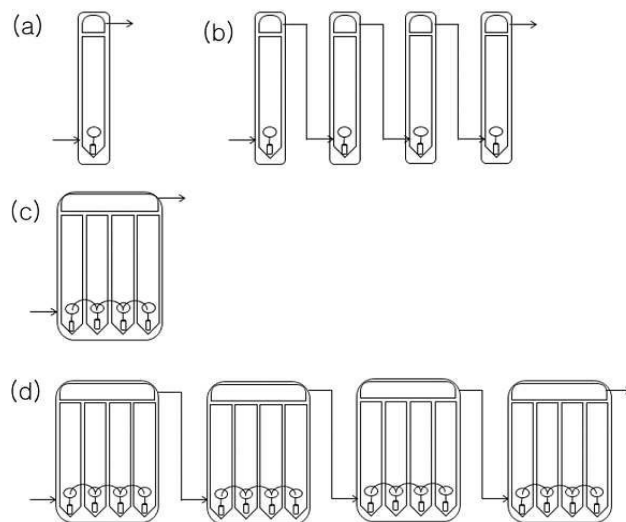
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 광반응기의 연속 연결을 통한 이산화탄소 저감 효과 증대 운용시스템

(57) 요약

본 발명은 광반응기의 연속 연결을 통한 이산화탄소 저감 효과 증대 운용시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20122010200010

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지기술개발사업

연구과제명 미세조류를 이용한 이산화탄소의 고부가가치 상품전환 공정의 실증

기 여 율 1/2

주관기관 한국지역난방공사

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014M1A8A1049278

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 (재)한국이산화탄소포집및처리연구개발센터

연구사업명 거대과학연구개발사업(Korea CCS 2020사업)

연구과제명 생물학적 이산화탄소 고속전환 유기 자원화 기술

기 여 율 1/2

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

광반응기의 연속 연결을 통한 이산화탄소 저감 효과 증대 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광반응기의 연속 연결을 통한 이산화탄소 저감 효과 증대 운용시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 온실 가스의 상당 부분을 차지하는 이산화탄소의 저감을 위해 사용되는 생물학적 전환기술 중 미세조류를 이용한 이산화탄소 저감 기술이 주목받고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 광생물반응기 운용시스템 개선과 화학적 이산화탄소 저감기술, 생물학적 저감기술의 결합을 통해 이산화탄소 고정 효율을 증가시켜 궁극적으로 이산화탄소 저감량을 증대시키는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위하여, 광반응기 다수를 연속으로 연결하고 첫 번째 반응기에서 배출된 이산화탄소를 다음 반응기에 주입하여 재사용함으로써 배지 내 이산화탄소 접촉 및 잔류 시간을 증가시켜 미세조류 광배양에 의한 이산화탄소 저감량을 증가시키는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0005] 본 발명을 이용하면, 배지 내 이산화탄소 접촉 및 잔류 시간을 증가시켜 미세조류 광배양에 의한 이산화탄소 저감량을 증가시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1은 본 발명에 따른 실험 장치의 개략도로서, 5 L의 광생물반응기(photobioreactor)들은 실내 실험(indoor experiment)에 사용하였고, 20 L의 광생물반응기들은 실외 실험(outdoor experiment)에 사용하였다. (a)는 5 L의 단일 광 생물반응기의 작동, (b)는 5 L 광 생물반응기의 연속 연결을 통한 작동, (c)는 20 L의 단일 광 생물반응기의 작동, (d)는 20 L 광 생물반응기의 연속 연결을 통한 작동을 나타낸다.

도 2는 공급된 가스 중의 이산화탄소의 농도를 나타낸다. 실내 실험에는 공기가 혼합된 3% CO₂를 사용하였고, 실외 시험에서는 KDHC로 부터 공급된 연도 가스(flue gas)를 사용하였다. 가스는 PBR 1로 시작하여 광 생물반응기에 연속적으로 공급되었다.

도 3은 실내실험(a) 및 실외실험(b)에서 실시된, 4개의 반응기에서의 *H.pluvialis*의 성장에 대한 배양기간 동안의 최대 세포 밀도 및 비성장속도를 나타내는 그래프이다.

도 4는 바이오매스에서의 총 유기 탄소의 비율을 나타내는 그래프로써, 모든 표본은 일정한 시간 간격에 의해 수집하였고, 20 개 이상의 샘플들을 실내 및 실외 실험을 통해 분석하였다.

도 5는 실내(a)와 실외(b) 실험의 배지에서 pH 값의 시간에 따른 변화를 나타내는 그래프로써, pH 값은 각각의 광 생물반응기에 의해 측정하였다.

도 6은 실내(a)와 실외(b) 실험에서, 각각의 광 생물반응기의 액체 배지에 용해된 무기 탄소 농도를 나타내는

그래프이다.

도 7은 헤드스페이스(headspace)에서의 탄소의 농도를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0007] 본 발명의 목적은 기존의 광반응기 단순 운용시스템보다 이산화탄소 저장 효율을 높이기 위하여 광반응기 다수를 연속으로 연결하고 첫 번째 반응기에서 배출된 이산화탄소를 다음 반응기에 주입하여 재사용함으로써 배지 내 이산화탄소 접촉 및 잔류 시간을 증가시켜 미세조류 광배양에 의한 이산화탄소 저장량을 증가시키는데 그 목적이 있다.
- [0008] 또한, 광반응기 내에서 이산화탄소의 배분이 어떻게 되는지(바이오매스에 의한 동화, 액체 배지 내 용해, 반응기 내 빈 공간(headspace)에 가스 상태로 존재)을 분석하여 광합성 미생물에 의한 이산화 저장 효과는 얼마 인지를 비교할 수 있다. 또한 액체 배지 내 용해된 이산화탄소는 탄소광물화(CO₂ mineralization)를 통해 고정할 수 있는데, 이는 광합성 생물 배양을 통한 생물학적 이산화탄소 전환 기술과 화학적 전환기술의 대표적인 예인 탄소광물화(CO₂ mineralization)를 결합시켜 영구적인 이산화탄소 고정 효과를 기대할 수 있게 한다.
- [0009] 실시예
- [0010] 첫 번째 반응기에서 스파저를 통해 가스가 공급되고, vent 관을 통해 배출된 가스를 두 번째 반응기의 가스 주입구에 연결하여 주입. 같은 과정을 거쳐 4개의 광생물 반응기를 연속적으로 연결(도 1)하여 가스의 재사용 통해 가스 내 이산화탄소 저장 효과를 높인다.
- [0011] 광생물반응기에 공급된 이산화탄소는 바이오매스로 전환되거나 배지에 녹거나 가스배출구를 통해 반응기를 빠져 나오게 된다. 바이오매스로 전환된 이산화탄소는 완전히 고정되지만 배지에 녹은 이산화탄소는 다시 degassing 되어 공기 중으로 다시 배출될 수 있다. 이러한 이산화탄소를 완전히 고정하기 위해 CO₂ mineralization 통해 배지 내 이산화탄소가 녹은 형태인 bicarbonate와 carbonate를 칼슘이온이나 마그네슘 이온과 반응시키는 광물화 통해 이산화탄소가 다시 공기 중으로 배출되지 않고 완전히 고정될 수 있다. 또한, 이 반응을 통해 생성된 CaCO₃는 시멘트나 탈황공정에 사용될 수 있어 부가적인 수익도 기대할 수 있다.
- [0012] 하기는 실내(표 1)와 실외(표 2) 시스템에서, 세포의 전체 배양 기간 동안 4개의 다른 광 생물반응기에서의 바이오매스 생산성을 나타내는 표이다.

표 1

	PBR 1	PBR 2	PBR 3	PBR 4
Biomass productivity (g L ⁻¹ d ⁻¹)	0.0392 ±0.0077	0.0417 ±0.0036	0.0308 ±0.0056	0.0200 ±0.0035

표 2

	PBR 1	PBR 2	PBR 3	PBR 4
Biomass productivity (g L ⁻¹ d ⁻¹)	0.0343 ±0.0023	0.0319 ±0.0012	0.0229 ±0.0031	0.0164 ±0.0032

- [0015] 하기는 실내(표 3)와 실외(표 4) 시스템에서, 광 생물반응기의 탄소 분포를 분석한 표이다.

표 3

g/ PBR		PBR 1	PBR 1~2	PBR 1~3	PBR 1~4
C _{in}	overall	9.03	9.03	9.03	9.03
	average	1.5	1.5	1.5	1.5

C _{biomass}	overall	0.59	1.21	1.68	1.98
	average	0.1	0.2	0.28	0.33
DIC	overall	0.54	1.17	1.82	2.37
	average	0.09	0.2	0.3	0.39
C _{headspace}	overall	0.12	0.22	0.27	0.3
	average	0.02	0.04	0.04	0.05
C _{out}	overall	7.78	6.42	5.26	4.38
	average	1.3	1.07	0.88	0.73
fixation efficiency(%)	overall	13.76%	28.82%	41.67%	51.47%
	average	13.80%	29.20%	41.94%	51.67%

표 4

g/ PBR		PBR 1	PBR 1~2	PBR 1~3	PBR 1~4
C _{in}	overall	36.44	36.44	36.44	36.44
	average	5.21	5.21	5.21	5.21
C _{biomass}	overall	2.4	4.63	6.23	7.38
	average	0.34	0.66	0.89	1.05
DIC	overall	2.85	5.52	7.76	9.86
	average	0.41	0.79	1.11	1.41
C _{headspace}	overall	0.48	0.78	0.94	1.01
	average	0.07	0.11	0.13	0.14
C _{out}	overall	30.71	25.5	21.51	18.19
	average	4.39	3.64	3.07	2.6
fixation efficiency(%)	overall	15.73%	30.02%	40.98%	50.07%
	average	16.29%	30.39%	41.76%	50.93%

하기 표 5와 표 6은 광 생물반응기에서, 바이오매스에 결합된 탄소, 액체 배지에 용해된 탄소, 헤드스페이스의 탄소 및 광 생물 반응기에서 배출된 탄소 분포의 백분율을 나타낸다.

표 5

	C _{biomass}	DIC	C _{headspace}	C _{out}
PBR 1	6.51%	5.94%	1.31%	86.24%
PBR 1~2	13.43%	12.97%	2.42%	71.18%
PBR 1~3	18.56%	20.12%	2.99%	58.33%
PBR 1~4	21.88%	26.26%	3.34%	48.53%

표 6

	C _{biomass}	DIC	C _{headspace}	C _{out}
PBR 1	6.59%	7.83%	1.31%	84.27%
PBR 1~2	12.72%	15.16%	2.15%	69.98%
PBR 1~3	17.11%	21.30%	2.57%	59.02%
PBR 1~4	20.26%	27.05%	2.76%	49.93%

실험예

실내배양

6L 크기, column 1개로 이루어진 광반응기 4개를 연속으로 연결하여 미세조류(*Haematococcus pluvialis*) 배양하였다. 각각의 반응기 내의 이산화탄소 주입량, 바이오매스 생산량, 배지 내 탄소량, headspace내 탄소량 측정 후 배출되는 탄소량 계산하여 고정률 계산하였다.

[0024]

옥외배양

[0025]

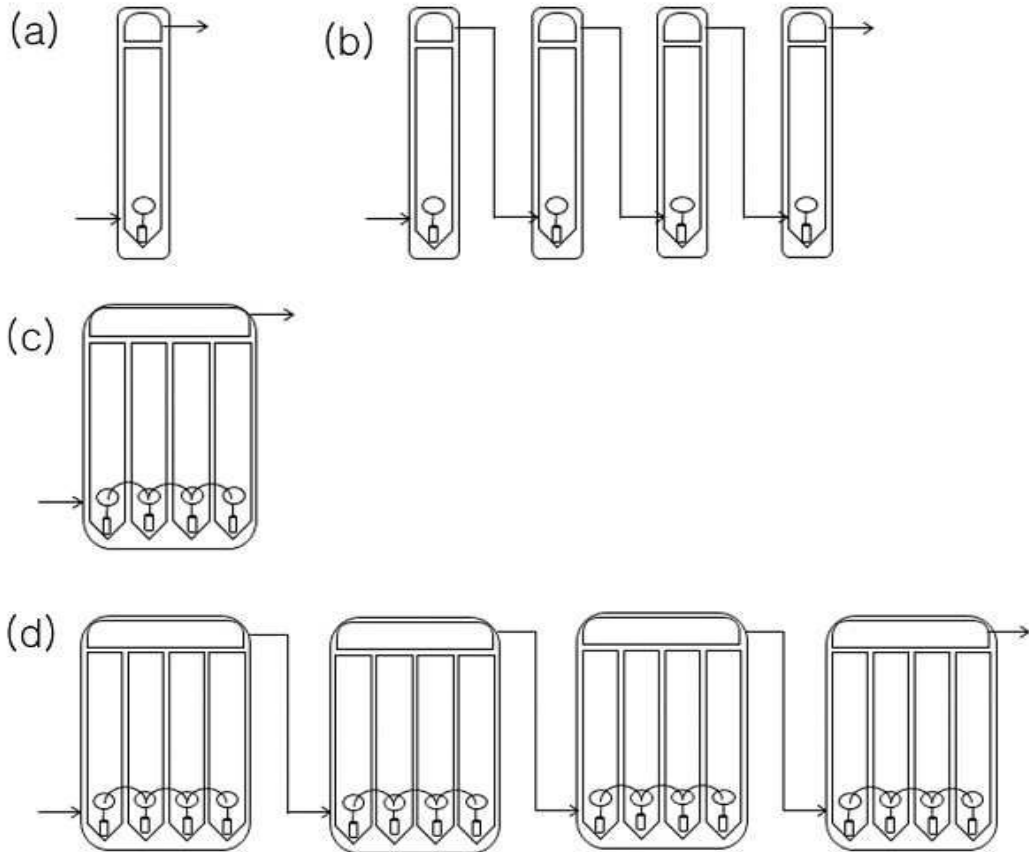
25L 크기, 컬럼 4개로 이루어진 광반응기를 이용하여 실내배양과 같은 방법으로 실험 수행하였다.

[0026]

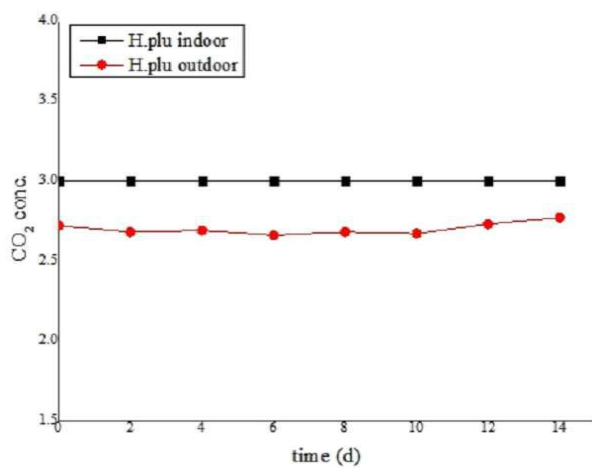
배지 내 세포를 회수하고 남은 상층액에 염화칼슘 첨가하여 반응시킨 후 탄산칼슘 생성하여 이산화탄소의 완전한 고정을 도모하였다.

도면

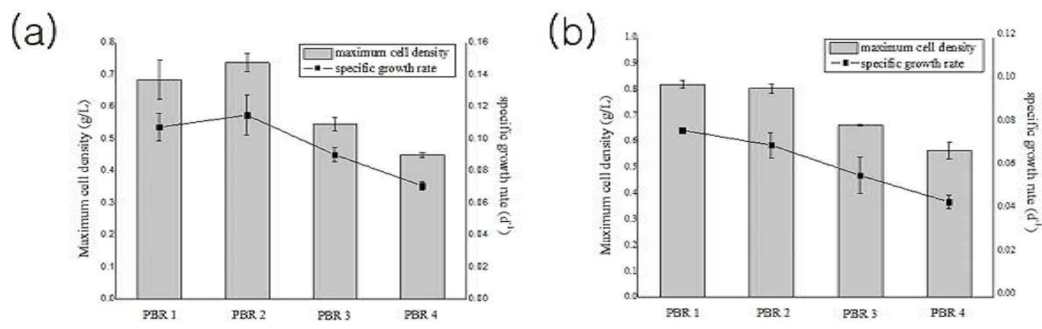
도면1



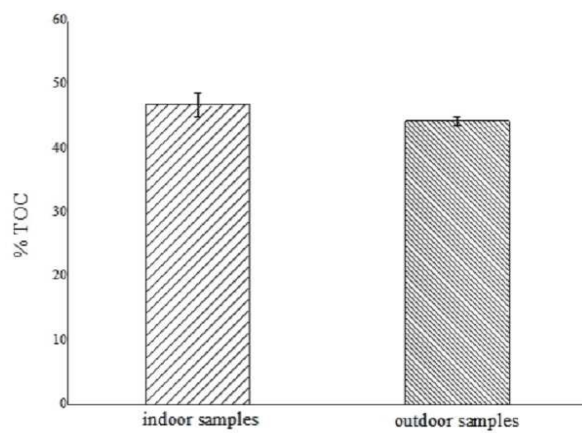
도면2



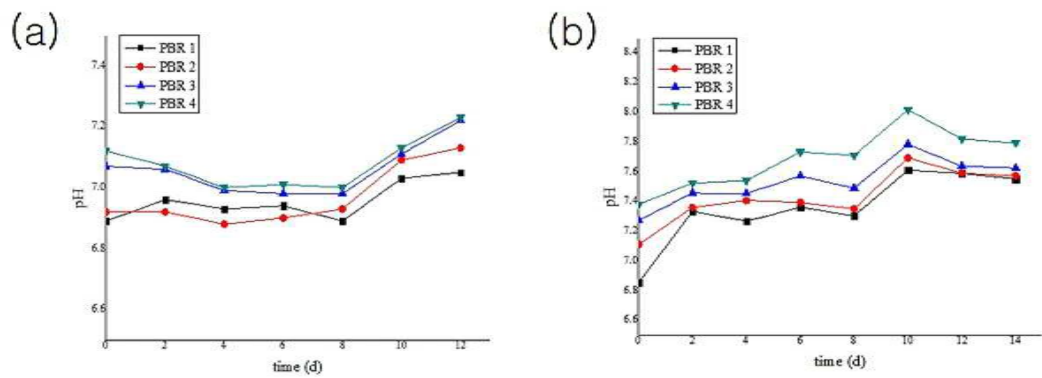
도면3



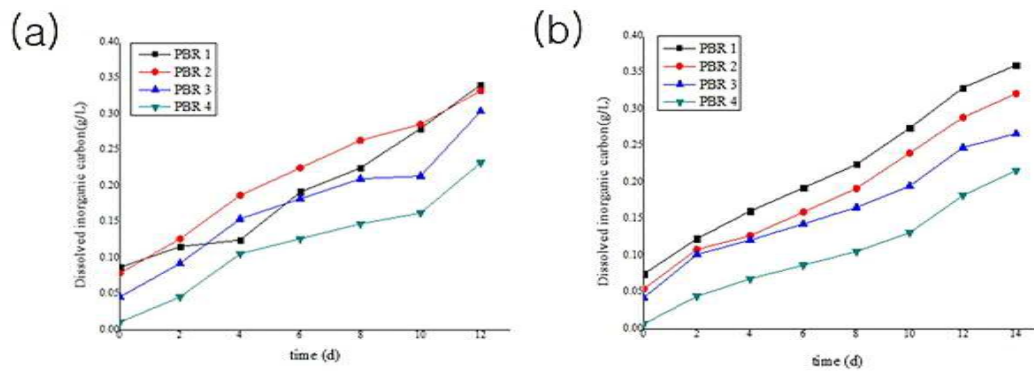
도면4



도면5



도면6



도면7

