

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022년 7월 7일 (07.07.2022)



(10) 국제공개번호
WO 2022/145516 A1

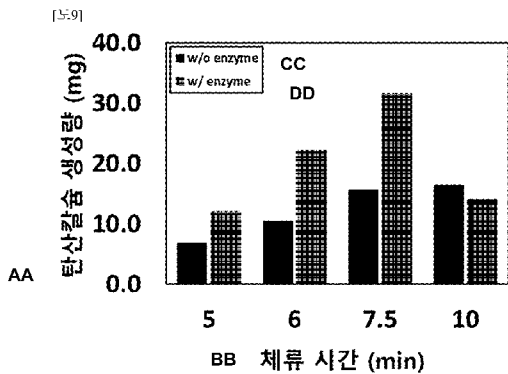
- (51) 국제특허분류:
B01D 53/62 (2006.01) *C12N 9/88* (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/019314
- (22) 국제출원일: 2020년 12월 29일 (29.12.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2020-0186040 2020년 12월 29일 (29.12.2020) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김중배 (KIM, Jungbae); 06215 서울시 강남구 역삼로 309, 101동 1501호 (역삼동, 래미안펜타빌아파트), Seoul (KR). 옥중복 (OK, Joongbok); 06288 서울시 강남구 삼성로 150, 108동 601호 (대치동, 한보미도맨션), Seoul (KR). 김승근 (KIM, Seungkeun); 01814 서울시 노원구 공릉로 206, 102동 1501호 (공릉동, 동부아파트), Seoul (KR). 김윤재 (KIM, Yunjae); 08016 서울시 양천구 신목로 7, 101동 2104호 (신정동, 목동삼성아파트), Seoul (KR). 김한솔 (KIM, Han Sol); 16918 경기도 용인

시 기흥구 연남로 15, 206동 1701호 (연남동, 동일하이빌2차), Gyeonggi-do (KR).

- (74) 대리인: 특허법인 이룸리온 (ERUUM & LEEON INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06575 서울시 서초구 사평대로 108, 3층 (반포동), Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(54) Title: CONTINUOUS CARBON DIOXIDE CONVERSION PROCESS, AND SYSTEM THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 연속적 이산화탄소 전환 공정 및 그 시스템



AA ... Amount of calcium carbonate generated (mg)
BB ... Retention time (min)
CC ... w/o enzyme
DD ... w/ enzyme

(57) Abstract: The present invention relates to a carbon dioxide conversion process and, more particularly, to a continuous carbon dioxide conversion process and a system therefor.

(57) 요약서: 본 발명은 이산화탄소 전환 공정에 관한 것이며, 보다 구체적으로는 연속적 이산화탄소 전환 공정 및 그 시스템에 관한 것이다.

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 연속적 이산화탄소 전환 공정 및 그 시스템 기술분야

- [1] 본 발명은 이산화탄소 전환 공정에 관한 것이며, 보다 구체적으로는 연속적 이산화탄소 전환 공정 및 그 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 지구온난화는 지속적으로 매년 대두되는 환경 문제 중 하나이다. 이를 극복 할 수 있는 방안 중 하나로, 온실 가스인 이산화탄소를 포집 및 전환하는 기술이 제안되고 있다. 그러나 통상의 이산화탄소 전환 기술은 온실가스를 전환할 때 필요로 하는 많은 에너지로 인해 온실가스 발생을 오히려 유발한다는 점과 전환을 통해 얻은 물질의 생산 주기가 짧아 다시 이산화탄소를 배출한다는 점에 있어서 문제가 있다. 이에 따라, 성공적인 이산화탄소 전환 시스템은 전체 공정에서 총 이산화탄소의 발생량을 줄일 수 있어야 하며, 이산화탄소를 활용하는 새로운 공정은 기존 대체 공정 대비 에너지 및 자원 사용량이 적은 기술을 보유한 시스템이어야 한다.
- [3] 이산화탄소를 전환하는 공정에서 사용되는 에너지는 일반적으로 공정 외부에서 유입되는 2차 에너지로, 자연계 혹은 최초의 에너지로부터 변형 또는 가공되는 에너지를 사용하는 것이 대부분이다. 최근 화학공업계를 포함하여 각종 공정에서 언급되는 이슈들 중 하나로, 원가절감을 통한 기업 경쟁력 확보가 있으며, 각종 자원 고갈 및 환경오염에 대한 사회문제 발생으로 인해 공정 내에서 보다 적은 에너지를 이용한 공정 운전 최적화를 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, 에너지 비용은 화학공정의 운전 비용 중, 원료비 다음으로 가장 큰 비중을 차지하기에, 에너지 비용의 절감이 매우 절실하다.
- [4] 한편, 이산화탄소의 전환 반응 효율이 높더라도 전환 반응을 통해 생성된 1차 생성물을 분리하거나 또는 상기 1차 생성물의 분리를 용이하게 하기 위해서 변환된 2차 생성물을 분리하는 공정이 반드시 필요한데, 통상적으로는 전환 공정과 1차 생성물의 분리 공정 또는 변환된 2차 생성물의 분리 공정이 동시에 진행되기 용이하지 않아서 이러한 분리 공정을 위해서 이산화탄소의 전환 반응을 중단시켜야 하는 문제가 있고, 별도로 수행되는 분리 공정에 에너지와 시간이 소요되는 문제가 있다.
- [5] 이에 따라서 종래의 이산화탄소를 전환하는 기술들이 내재한 전환 과정에서 소요되는 많은 에너지 및 자원, 그리고 전환된 생성물들의 분리공정에 소요되는 시간과 비용을 절감하면서도 전환 효율을 극대화 할 수 있는 이산화탄소 전환 기술에 대한 연구가 시급한 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 이산화탄소 전환과정에서 소요되는 많은 양의 물과 에너지를 절감하고, 우수한 효율로 이산화탄소를 전환시킬 수 있는 연속적 이산화탄소 전환 공정 및 그 시스템을 제공하는데 목적이 있다.
- [7] 또한, 본 발명은 이산화탄소를 1차 생산물로 전환하는 공정과 1차 생성물을 분리하는 공정이 동시에 수행가능하고, 분리하는 공정에 별도의 자원이나 시간이 소요되지 않음에 따라서 이산화탄소 전환 공정을 우수한 효율과 절감된 비용으로 연속적으로 수행될 수 있는 연속적 이산화탄소 전환 공정 및 그 시스템을 제공하는데 다른 목적이 있다.

기술적 해결방법

- [8] 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 제1반응부로 유입된 이산화탄소가 물을 포함하는 액체 및 상기 액체의 수면 부근에 위치하는 탄산무수화효소를 포함하는 전환반응부를 통해서 중탄산이온으로 전환되고, 새로운 액체를 제1반응부 내로 공급시키며, 공급되는 새로운 액체로 인해 제1반응부 내 소정의 수위를 초과하는 액체는 오버플로우 되어 제2반응부로 공급되는 제1공정, 제1공정을 통해서 제2반응부 내로 유입된 중탄산이온을 함유한 액체가 제2반응부 내 액체 재생부를 통해서 중탄산이온이 제거된 액체로 재생되는 제2공정 및 제2공정을 통해서 회수된 재생된 액체가 직접 또는 간접적으로 제1반응부로 재공급 되는 제3공정을 포함하는 연속적 이산화탄소 전환 공정을 제공한다.
- [9] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 새로운 액체는 액체 저장소로부터 제1반응부로 공급되며, 상기 제3공정은 재생된 액체가 상기 액체 저장소에 공급된 뒤 제1반응부로 공급되는 방식으로 간접적으로 재공급될 수 있다.
- [10] 또한, 액체저장소로부터 한 개의 제1펌프를 통해서 제1반응부로 공급되는 새로운 액체의 유량과 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체의 유량을 모두 조절하기 위하여 제1반응부에서 오버플로우 되어 제2반응부로 공급되는 액체는 자연배수 방식으로 공급되며, 제3공정에서 재생된 액체는 상기 액체저장소로 자연배수를 통해 공급될 수 있다.
- [11] 또한, 상기 새로운 액체는 상기 액체 저장소 및 제1반응부 사이의 액체 중간저장소를 경유해 제1반응부로 공급되며, 액체저장소로부터 한 개의 제1펌프를 통해서 제1반응부로 공급되는 새로운 액체의 유량과 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체의 유량을 모두 조절하기 위하여 상기 액체 중간저장소에서 제1반응부로 공급되는 새로운 액체와 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체 각각은 자연배수 방식으로 공급되고, 제3공정에서 재생된 액체는 상기 액체저장소로 자연배수를 통해 공급될 수 있다.
- [12] 또한, 제1반응부로 유입된 상기 이산화탄소는 배가스 내 함유된 형태 또는 배가스로부터 분리 정제된 이산화탄소일 수 있다.

- [13] 또한, 제1반응부로 유입된 이산화탄소는 액체의 수면 상부에서 유입된 후 미전환된 잔량이 액체의 수면 상부로 유출되는 기체 흐름을 가질 수 있다.
- [14] 또한, 탄산무수화효소를 수위의 변동에 영향을 받지 않고 수면 부근에 위치시키고 액체의 오버플로우 배출 시 유실되는 것을 방지하기 위하여 상기 탄산무수화효소는 부유체에 고정된 상태로 구비되며, 상기 부유체는 제1반응부로부터 빠져나가지 않도록 구비될 수 있다.
- [15] 또한, 상기 수면 부근은 수면으로부터 수심 10 cm인 지점까지의 액체 영역일 수 있다.
- [16] 또한, 제1반응부에서 이산화탄소의 중탄산이온 전환율을 높이기 위해 제1반응부 내로 공급되는 새로운 액체의 유량은 하기 수학적 식 1에 따른 R 값이 1을 만족시킬 때 유량을 초과하는 유량으로 결정될 수 있다.
- [17] [수학적 식 1]
- [18]
$$\frac{\text{이산화탄소 전환시스템 A에서 생산한 탄산칼슘의 양(g)}}{\text{이산화탄소 전환시스템 B에서 생산한 탄산칼슘의 양(g)}} = R$$
- [19] 여기서, 이산화탄소 전환시스템 A는 제1반응부에 탄산무수화효소를 구비한 전환반응부가 배치된 이산화탄소 전환시스템이고, 이산화탄소 전환시스템 B는 제1반응부에 탄산무수화효소가 없는 것을 제외하고 이산화탄소 전환시스템 A와 동일한 이산화탄소 전환시스템이며, 두 이산화탄소 전환시스템에서 생산된 탄산칼슘의 양은 제1반응부의 액체 수위가 오버플로우 되기 직전까지 채워지고, 제2반응부의 액체 재생부에는 칼슘이온이 구비된 상태에서 제1반응부로 소정의 유량으로 이산화탄소 및 새로운 액체를 공급하기 시작했을 때부터 소정의 시간 경과 후 제2반응부에서 생산된 탄산칼슘을 의미한다.
- [20] 또한, 상기 제1공정에서 전환된 중탄산 이온을 분산시키기 위하여 제1공정에서 제1반응부 내 액체는 교반될 수 있다.
- [21] 또한, 상기 액체 재생부는 칼슘이온을 포함하고, 유입된 중탄산이온이 상기 칼슘이온을 통해서 종국적으로 탄산칼슘으로 전환되어 중탄산이온이 제거될 수 있다.
- [22] 또한, 상기 제2공정은 액체 재생부에 칼슘이온을 함유한 다수 개의 제2반응부가 순차적으로 제2공정에 투입되고, 제2공정을 완료한 제2반응부가 다시 제2공정에 재투입 되는 배치순환방식으로 가동될 수 있다.
- [23] 또한, 제2공정을 완료한 제2반응부는 제2반응부 내 탄산칼슘 침전물을 제외한 재생된 액체를 분리 배출시키는 재생된 액체 배출공정, 액체가 배출된 제2반응부로부터 탄산칼슘 침전물을 배출시키는 침전물 배출공정, 및 재생된 액체 내 칼슘이온의 농도를 측정한 결과, 칼슘이온이 소정의 농도 이상으로 포함된 경우 재생된 액체를 액체와 침전물이 모두 배출된 상태의 다른 제2반응부에 공급시킨 뒤 제2공정으로 재투입시키거나, 또는 칼슘이온이 소정의 농도 미만으로 포함된 경우 재생된 액체를 제3공정에 투입시키는 재생된

액체의 선택적 처리공정을 더 수행할 수 있다.

[24]

[25] 본 발명은 내부에 빈 공간을 갖는 제1챔버, 상기 빈 공간에 소정의 수위로 채워지는 물을 포함하는 액체와 상기 액체의 수면 부근에 위치하는 탄산무수화효소를 포함하는 전환반응부, 상기 제1챔버 일측에 위치하여 새로운 액체를 공급받는 제1유입부, 및 상기 액체가 소정의 수위를 초과 시 오버플로우 되어 배수되도록 구비된 제1배출부를 포함하는 제1반응부, 내부에 빈 공간을 갖는 제2챔버, 제1반응부로부터 오버플로우 되어 배수된 액체가 유입되는 제2유입부, 유입된 액체 내 함유된 중탄산이온을 제거시켜 액체를 재생시키는 액체 재생부, 및 재생된 액체를 배출시키는 제2배출부를 포함하는 제2반응부, 및 제2배출부를 통해 배출된 재생된 액체를 제1반응부로 직접 또는 간접적으로 공급시키기 위한 펌프를 포함하는 연속적 이산화탄소 전환 시스템을 제공한다.

[26] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제1반응부는 이산화탄소가 상기 액체의 수면 상방에서 유입된 후 미전환된 잔량이 액체의 수면 상방으로 유출되는 기체 흐름을 가지도록 제1챔버에 구비되는 이산화탄소 유입부 및 이산화탄소 배출부를 더 포함할 수 있다.

[27] 또한, 상기 제1반응부로부터 오버플로우된 액체가 제2반응부로 자연배수되도록 지면으로부터 상기 제1배출부까지의 높이는 지면으로부터 상기 제2유입부까지의 높이보다 더 높은 위치에 형성될 수 있다.

[28] 또한, 상기 제1반응부는 전환된 중탄산 이온을 전환반응부로부터 주위 액체로 분산시키기 위하여 교반부를 더 포함할 수 있다.

[29] 또한, 상기 제2반응부는 액체 재생부에 칼슘이온을 함유하며, 유입된 액체 내 중탄산 이온이 칼슘이온과 반응을 통해 종국적으로 전환되는 탄산칼슘 침전물을 배출하기 위한 탄산칼슘 배출부를 더 구비하고, 탄산칼슘 침전물을 제외한 나머지 재생된 액체의 분리배출이 용이하도록 제2배출부는 탄산칼슘 침전물의 두께 보다 높은 지점에 위치할 수 있다.

[30] 또한, 제1반응부에 공급되는 새로운 액체의 공급원인 액체 저장소 및 상기 액체 저장소와 제1반응부를 연결하는 도관 상에 위치하는 제1펌프를 더 포함하고, 제2배출부를 통해 배출된 재생된 액체를 상기 액체 저장소로 이송시키기 위한 펌프로써 제2펌프 또는 자연배수를 통해 재생된 액체가 액체 저장소로 이송되도록 설계된 구조적 수단을 구비할 수 있다.

[31] 또한, 상기 제2반응부가 다수 개 구비되며, 어느 하나의 제2반응부가 제1반응부로부터 액체 공급이 완료된 후 이어서 다른 제2반응부가 순차적으로 제1반응부로부터 액체를 공급받도록 다수 개의 제2반응부를 이동시키는 이동수단을 더 구비할 수 있다.

발명의 효과

[32] 본 발명에 의한 연속적 이산화탄소 전환 공정은 탄산무수화효소를 사용해

이산화탄소 기체를 전환시킴에 따라서 전환에 소요되는 에너지를 최소화할 수 있다. 또한, 이산화탄소 전환 공정으로 생성되는 1차 생성물 축적에 따른 전환 공정 효율의 저하를 방지하여 일정 수준 이상의 효율을 계속 유지해 이산화탄소를 전환시킬 수 있다. 나아가 전환된 1차 생성물은 별도의 공정, 에너지, 시간의 소요 없이 전환 공정이 수행되는 반응기에서 연속적으로 분리될 수 있고, 분리된 1차 생성물 역시 별도의 에너지 소요 없이 이동될 수 있어서 이산화탄소 전환 공정 중 생성된 1차 생성물의 분리, 배출이 용이하며 소요 에너지를 절감하고 할 수 있고, 1차 생성물의 분리나 1차 생성물의 분리 후 전환공정에 소요되는 물의 충전을 위해서 전환 공정을 중단하지 않아도 됨에 따라서 연속적으로 이산화탄소를 전환시킬 수 있다. 더불어 이산화탄소의 전환 공정에 소요되는 많은 물을 재생시켜 재순환시킴으로써 소모되는 수자원의 양을 상당량 감소시킬 수 있고, 이를 통해 수자원 사용량 대비 1차 생성물 또는 1차 생성물이 변환된 탄산칼슘과 같은 2차 생성물의 생산량을 극대화 할 수 있어서 경제적 측면과 친환경적 측면에서의 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [33] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 연속적 이산화탄소 전환 시스템의 개략도이다.
- [34] 도 2는 본 발명의 다른 일 실시예로써, 제1반응부로 유입 및 유출되는 이산화탄소 흐름에 대한 모식도이다.
- [35] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 연속적 이산화탄소 전환 시스템에 채용되는 탄산무수화효소의 위치에 관한 모식도이다.
- [36] 도 4는 도 1에 따른 연속적 이산화탄소 전환 시스템에서 제1반응부 내로 공급되는 액체와, 오버플로우 되어 액체가 제2반응부로 배출되는 것을 도시한 도면이다.
- [37] 도 5는 본 발명의 다른 일 실시예로써, 제1반응부로부터 오버플로우 되어 배수된 액체가 제2반응부로 공급되는 것을 나타낸 부분 모식도이다.
- [38] 도 6은 본 발명의 다른 일 실시예로써, 제2공정이 배치순환방식으로 가동되는 이산화탄소 전환시스템의 부분 모식도이다.
- [39] 도 7 및 도 8은 본 발명의 다른 일 실시예에 의한 이산화탄소 전환 시스템의 개략도이다.
- [40] 도 9는 본 발명의 준비예1과 준비예2에 따른 이산화탄소 전환시스템의 가동 시 액체의 제1반응부 체류시간 별 제2반응부에서 생성된 탄산칼슘의 양을 도시화한 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [41] 이하, 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지

않는다.

[42]

[43] 본 발명의 일 실시예에 의한 연속적 이산화탄소 전환 공정은 제1반응부로 유입된 이산화탄소가 물을 포함하는 액체 및 상기 액체의 수면 부근에 위치하는 탄산무수화효소를 포함하는 전환반응부를 통해서 중탄산이온으로 전환되고, 새로운 액체를 제1반응부 내로 계속 공급시키며, 공급되는 새로운 액체로 인한 수위상승으로 제1반응부 내 소정의 수위를 초과하는 액체는 오버플로우 되어 제2반응부로 공급되는 제1공정, 제1공정을 통해서 제2반응부 내로 유입된 중탄산이온을 함유한 액체가 제2반응부 내 액체 재생부를 통해서 중탄산이온이 제거된 액체로 재생되는 제2공정, 및 제2공정을 통해서 회수된 재생된 액체가 직접 또는 간접적으로 제1반응부로 재공급 되는 제3공정을 포함하여 수행된다.

[44]

[45] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 먼저, 제1공정은 제1반응부로 유입된 이산화탄소가 중탄산이온으로 전환되는 반응과 함께 전환된 중탄산이온이 제1반응부 밖으로 배출되는 공정으로써 이산화탄소 전환시스템(1000) 중 제1반응부(100)에서 수행된다.

[46]

상기 제1반응부(100)는 제1공정을 수행할 수 있도록 내부에 액체(111)를 수용할 수 있는 빈 공간(E)을 갖는 제1챔버(101), 외부로부터 상기 제1챔버(101) 내부로 액체(111)를 공급받는 제1유입부(120), 내부에 수용된 액체(111)가 외부로 배수되도록 하는 제1배출부(130), 외부로부터 이산화탄소를 공급받는 이산화탄소 유입부(140), 전환되고 남은 잔량의 이산화탄소가 외부로 배출되는 이산화탄소 배출부(150)를 포함하며, 이산화탄소를 중탄산이온으로 전환시키는 전환반응부(110)를 구비한다.

[47]

구체적으로 이산화탄소는 이산화탄소 공급원(500)으로부터 제1반응부(100) 내로 유입된 후 미반응된 잔량의 이산화탄소가 제1반응부 밖으로 배출되는 가스흐름을 가진다. 이때, 상기 이산화탄소는 제1반응부(100) 일측에 형성된 이산화탄소 유입부(140)를 통해 내부로 유입될 수 있다. 구체적으로 상기 이산화탄소는 액체(111) 상방으로 유입되어 다시 액체 상방으로 유출되는 제1가스흐름(도 1 참조)을 가질 수 있다. 또는 도 5에 도시된 것과 같은 이산화탄소 전환 시스템(1000')의 제1반응부(100')와 같이 이산화탄소가 액체를 통과하도록 유입된 후 액체 상방으로 유출되는 제2가스흐름을 가지도록 구현될 수 있다. 다만, 바람직하게는 전환반응부(110) 부근의 전환된 중탄산이온의 농도가 낮은 수준을 유지하기 위하여 제1가스흐름을 가지는 것이 좋을 수 있다. 제2가스흐름의 경우 액체를 통과하여 수면 부근의 전환반응부(110)까지 이산화탄소가 도달하는 경로 상에서 일부 이산화탄소가 수화되어 중탄산이온으로 전환될 수 있어서 전환반응부(110) 부근의 중탄산이온 농도를 일정 수준 이하로 낮추기 어려울 수 있어서 탄산무수화효소(112)를 이용한 전환 반응 효율이 저하될 우려가 있다. 또한, 수면 부근이 아닌 깊은 수심에서 전환된

중탄산이온을 오버플로우를 통한 자연배수를 통해서 분리배출하기 어려울 수 있다.

- [48] 또한, 상기 이산화탄소 공급원(500)은 분리 정제된 이산화탄소가 수집된 저장탱크, 배출된 배가스를 수집한 저장탱크, 배가스 발생원 또는 대기일 수 있고, 이에 따라서 제1반응부(100) 내로 유입되는 이산화탄소는 분리 정제된 이산화탄소, 배가스, 또는 대기일 수 있다.
- [49] 또한, 제1반응부(100) 내로 유입된 이산화탄소는 가스흐름 경로 상의 전환반응부(110)를 통해서 중탄산이온으로 전환되며, 미전환된 잔량의 이산화탄소는 이산화탄소 배출부(150)를 통해서 이산화탄소 수집원(600)으로 배출되며, 상기 이산화탄소 수집원(600)은 저장탱크, 또는 대기일 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 의하면 도 2에 도시된 것과 같이 이산화탄소 공급원(500)으로부터 배출된 이산화탄소가 제1반응부(100)로 소정의 시간 동안 유입된 후 이산화탄소 전량을 전환시키기 위하여 이산화탄소 흐름 제어밸브(820,830)가 폐쇄되고, 제1반응부(100)에서 배출된 이산화탄소는 기체펌프(310)를 이용해 제1반응부(100)로 재유입 되는 폐쇄형 기체흐름을 가질 수 있다.
- [50]
- [51] 또한, 상기 전환반응부(110)는 제1반응부(100) 내로 유입된 이산화탄소를 중탄산이온으로 전환시키는 기능을 수행한다. 상기 전환반응부(110)는 물을 포함하는 액체(111)와 탄산무수화효소(112)를 포함한다.
- [52] 상기 전환반응부(110)에서 탄산무수화효소(112)는 액체의 수면 부근에 위치하도록 배치되며, 이를 통해 수면 상방의 공간(E)을 흐르는 이산화탄소 및 액체(111)와 탄산무수화효소 간 접촉 기회를 증가시켜 이산화탄소의 전환효율을 극대화시키기에 유리하다. 또한, 전환된 중탄산이온은 탄산무수화효소(112) 주변에 높은 농도로 함유될 수 있어서 수면 부근의 중탄산이온 농도가 높을 수 있는데, 후술하는 것과 같이 새로운 액체의 공급으로 액체(111)가 소정의 수위(a)를 초과하면 수위(a)를 초과한 액체, 즉 수면 부근의 액체가 오버플로우 되어 배수되며 이때 전환된 중탄산이온도 함께 배출될 수 있어서 전환된 중탄산이온을 제1반응부(100)에서 분리 배출시키기 용이한 이점이 있고, 별도의 중탄산이온 분리공정을 생략할 수 있다. 또한, 오버플로우를 통해서 전환된 중탄산 이온이 제1반응부(100)로부터 배출됨에 따라서 탄산무수화효소(112) 주변의 중탄산 이온 농도를 낮출 수 있고, 이를 통해 이산화탄소 전환효율의 감소를 최소화 또는 방지하기 유리하다.
- [53] 이때, 상기 수면 부근이란 도 3에 도시된 것과 같이 수면(I)으로부터 소정의 수심(h)인 지점(I')까지의 액체영역일 수 있고, 일예로 물결이 없는 잔잔한 수면의 경우 수면으로부터 수심 2 cm인 지점까지의 액체 영역일 수 있고, 물결이 존재하는 경우 일예로 수심 10 cm인 지점까지의 액체 영역일 수 있다. 다만, 물결이 대소 정도에 따라서 수심은 달라질 수 있으며, 물결이 큰 경우 수심은

깊어질 수 있음을 밝혀둔다. 만일 탄산무수화효소가 수심 10 cm를 초과해 위치하는 경우 이산화탄소 전환효율의 저하가 우려된다. 또한, 수심 분근에서 전환된 중탄산이온은 후술하는 액체의 계속된 공급으로 인한 오버플로우된 액체에 함유되어 제2반응부(200)로 분리 배출될 수 있는데, 소정의 수심을 초과한 깊은 수심에서 전환된 중탄산이온은 오버플로우 되는 액체에 함유되어 배출되기 어려울 수 있고, 깊은 수심에서 전환된 중탄산이온까지 오버플로우를 통해 배출 시 저농도로 중탄산이온을 함유한 액체를 많은 양으로 오버플로우 시켜야 되므로 과도하게 많은 액체의 배수와 재공급이 요구되어 바람직하지 못하다. 또한, 깊은 수심에서 전환된 중탄산이온을 오버플로우를 통해 배출시키지 못할 경우 이러한 중탄산이온을 분리시키기 위한 별도의 분리공정이 수행되어야 하는 문제가 있다. 또한, 오버플로우 되지 못하는 중탄산이온의 양이 증가할 경우 전환반응부(110)를 통한 이산화탄소전환효율이 저하되며, 전환된 중탄산이온이 오히려 이산화탄소로 재전환될 수 있는 우려가 있다.

[54]

[55] 상기 액체(111)는 이산화탄소를 중탄산이온으로 전환시키는 반응을 매개하거나 및/또는 전환 반응의 반응물질로 기능하며, 전환되는 중탄산이온의 용해에 문제가 없는 액체인 경우 제한 없이 사용될 수 있다. 이에 따라서 상기 액체는 물을 포함하며, 이외의 통상의 완충용액을 더 포함할 수 있고, 상기 완충용액에 대한 비제한적인 예로써, 2-아미노-2-하이드록시메틸-1,3-프로파네디올을 사용할 수 있다.

[56]

[57] 또한, 상기 탄산무수화효소(112)는 통상적으로 동물, 식물 등 자연적으로 생체내 존재하는 효소일 수 있음에 따라 α 형, β 형, γ 형, δ 형 및 ϵ 형으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상이거나 및/또는 생체내 존재하는 효소를 모방하거나 상기 효소를 인공적으로 제조합한 것, 또는 이들과 생체내 존재하는 탄산무수화효소가 병용된 것일 수 있다. 상기 인공적으로 제조합된 탄산무수화효소는 공지된 것일 수 있어 본 발명에서는 이에 대한 아미노산 서열을 특별히 한정하지 않는다.

[58]

한편, 상기 탄산무수화효소(112)는 상술한 수면 부근(I-I')에 용이하게 위치하도록 지지체 상에 고정된 상태로 전환반응부(110)에 구비될 수 있으며, 바람직하게는 별도의 에너지 소비 없이 무동력으로 변화하는 액체(111)의 수위 변화에 대응하도록 상기 지지체는 부유체일 수 있다. 그러나 이에 제한되는 것은 아니며 상기 부유체가 아닌 지지체에 별도의 부유체가 결합된 형태이거나, 또는 부유체가 아닌 지지체를 사용하되, 지지체의 위치를 동력을 통해 인위적으로 조정할 수 있는 별도의 위치제어부가 지지체에 결합된 형태도 무방하다.

[59]

또한, 상기 지지체의 형상은 판상형 등 공지된 형상일 수 있으며, 다공성 구조 또는 비다공성 구조일 수 있고, 탄산무수화효소의 고정 형태와 목적에 따라서

다양하게 변형이 가능하므로 본 발명은 이에 대해 한정하지 않는다.

[60] 상기 탄산무수화효소(112)는 상술한 지지체 상에 직접적 또는 간접적으로 고정될 수 있다. 여기서 직접적 고정이란 탄산무수화효소(112)가 다른 물질의 개재없이 직접 지지체 상에 물리적 또는 화학적으로 고정되는 경우를 의미한다. 이때, 물리적 고정은 일 예로 흡착이거나 지지체의 구조적 요인, 예를 들어 지지체 내 기공을 빠져나오지 못하도록 기공 내 담지된 것일 수 있다. 또한, 화학적 고정은 일 예로 이온결합 또는 공유결합일 수 있다. 또한, 상기 간접적 고정이란 탄산무수화효소(112)가 스페이서, 접착제, 링커 등과 같이 제3의 물질을 이용하여 고정되는 것을 의미하고, 예를 들어 폴리도파민(polydopamine), 폴리노레피네프린(polynorepinephrine)과 같이 카테콜(catechol)기를 기반으로 하는 접착성 물질을 이용하거나 링커, 예를 들어 비오틴-아비딘, 비오틴-뉴트레아비딘, 비오틴-스트렙타비딘 및 디곡시게닌-안티 디곡시게닌 등의 링커 조합을 이용한 고정일 수 있다. 또한, 상기 스페이서는 비드, 섬유 등일 수 있고, 탄산무수화효소(112)가 고정된 스페이서가 다시 지지체에 의해서 고정될 수 있다.

[61] 본 발명의 일 실시예에 의하면 상기 탄산무수화효소(112)는 부유 구조체에 고정되어 구비될 수 있고, 상기 부유 구조체는 본 발명의 발명자에 의한 한국 출원번호 제10-2016-0080437호가 참조로 삽입된다.

[62]

[63] 한편, 상기 탄산무수화효소(112)는 다수 개로 구비될 수 있는데, 다수 개의 탄산무수화효소(112) 중 적어도 일부가 상호 간에 흡착된 상태로 구비되거나, 통상적인 가교결합 물질을 개재해 상호 간에 접합된 상태로 구비될 수 있다. 구체적으로 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 이산화탄소를 중탄산이온으로 전환시키는 반응이 잘 일어나는 최적의 조건(온도, pH 등)과, 탄산무수화효소(112)의 효소활성이 최적인 조건이 상이할 수 있고, 경우에 따라서 탄산무수화효소(112)의 효소활성이 유지되기 어려운 환경일 수 있다. 이에 바람직하게는 탄산무수화효소(112)는 표면에 제1작용기를 포함하는 섬유와 같은 스페이서에 집합체 형태로 고정될 수 있으며, 구체적으로 적어도 일부의 탄산무수화효소들은 상기 제1작용기와 직접 결합하고, 나머지 탄산무수화효소들은 상기 일부의 탄산무수화효소들 및 인접하는 나머지 탄산무수화효소들 중 어느 하나 이상과 결합하여 집합체를 형성할 수 있다.

[64] 여기서 상기 스페이서 표면에 구비된 작용기는 탄산무수화효소를 고정시킬 수 있는 작용기의 경우 제한 없이 사용될 수 있으며, 일예로, 카르복실기, 아민기, 이민기, 에폭시기, 하이드록시기, 알데히드기, 카르보닐기, 에스테르기, 메톡시기, 에톡시기, 페톡시기, 에테르기, 아세탈기, 설파이드기, 포스페이트기 및 아이오드기로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상일 수 있고, 바람직하게는 카르복실기 및 아민기 중 어느 하나 이상일 수 있다.

[65] 여기서 가교결합제를 이용해서 제조되는 탄산무수화효소 집합체에 대한

예시는 본 발명의 발명자에 의한 대한민국 특허공개공보 제10-2011-0128182호, 10-2011-0128134호, 10-2013-0127916호에 개시된 제조방법이 참조로 삽입될 수 있다.

[66]

[67] 한편, 물을 포함하는 액체(111)에서 이산화탄소가 중탄산이온으로 전환되는 반응은 가역반응인데, 중탄산이온으로 전환되는 정반응 보다 중탄산이온에서 이산화탄소로 재전환 되는 역반응이 일어나기 매우 쉽기 때문에 전환반응부(110) 주위에 전환된 중탄산이온을 빠르게 분산, 분리 및/또는 배출시키지 못할 경우 이산화탄소로 재전환되거나 전환반응부(110)에서의 전환반응 효율이 저하될 수 있다. 이에 따라서 제1공정에서는 전환된 이산화탄소를 제1반응부(100)에서 빠르게 분산, 분리 및/또는 배출시켜 전환반응부(110) 주위의 수면 부근에 함유된 중탄산이온의 농도를 낮추거나 상기 농도가 낮은 상태로 계속 유지될 수 있도록 하는 것이 중요하다.

[68] 본 발명은 이를 위해서 새로운 액체를 제1반응부(100) 내로 공급시켜며, 공급된 새로운 액체로 인해서 상승되는 수위가 소정의 수위(a_2)를 초과 시 수면 부근의 액체가 제2반응부로 오버플로우 되어 제1반응부(100) 밖으로 배수되도록 함으로써 수면 부근의 전환된 중탄산이온을 제1반응부(100)에서 분리시켜 외부로 방출시키는 효과 및 전환반응부(110) 주위의 중탄산이온의 농도를 낮춰서 중탄산이온의 전환반응의 효율 감소를 최소화 또는 방지할 수 있는 이점이 있다.

[69] 이를 도 4를 통해 구체적으로 설명하면, 제1수위(a_1) 만큼 액체(111)가 수용된 제1반응부(100)의 제1유입부(120)를 통해서 액체가 공급되면 수면 부근의 중탄산이온의 농도가 저감되는 효과와 함께, 수위가 제1배출부(130)와 동일 높이의 소정의 수위(a_2)에 도달할 수 있는데, 이후에도 계속 공급되는 액체(111)로 인해서 소정의 수위(a_2)를 초과하는 액체는 배수를 위한 별도의 에너지 소비 없이 오버플로우 되어 제1반응부(100) 밖으로 배수될 수 있다. 또한, 새로운 액체가 계속 공급될 경우 제1반응부(100)의 제1공정이 멈춤 없이 계속 가동될 수 있으며, 제1반응부(100)로부터 중탄산 이온을 함유하는 액체를 제2반응부(200)가 지속적으로 공급받을 수 있음에 따라서 제2공정 역시 멈춤 없이 계속 가동될 수 있으며, 제1공정과 제2공정이 연속적으로 수행될 수 있다. 한편, 상기 제1유입부(120)는 제1챔버(101) 일측에 위치할 수 있으며, 도 1에 도시된 것과 같이 제1챔버(101) 일측 하단에 위치할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니며, 액체의 수면 상방, 구체적으로 제1챔버(101)의 일 측면 쪽 상방이나 상부면 쪽에 구비될 수도 있음을 밝혀둔다.

[70]

[71] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의하면, 오버플로우를 통한 배수로 수면 부근의 중탄산이온 농도를 낮춰서 궁극적으로 이산화탄소의 중탄산이온 전환율을 높이며, 이를 계속 유지시키기 위하여 제1반응부 내로 공급되는

액체의 유량은 하기 수학적 식 1에 따른 R 값이 1일 때의 유량을 초과할 수 있고, 만일 상기 유량 미만으로 액체가 공급될 경우 탄산무수화효소를 구비했음에도 이산화탄소 전환효율이 저하될 수 있고, 제1반응부(100) 내의 중탄산이온 농도를 전체적으로 낮추기 위하여 전환반응부(110)에서의 전환반응을 중단시키고 별도의 중탄산이온 분리공정을 수행해야하는 우려가 있다.

[72] [수학적 식 1]

$$[73] \quad \frac{\text{이산화탄소 전환시스템 A에서 생산한 탄산칼슘의 양(g)}}{\text{이산화탄소 전환시스템 B에서 생산한 탄산칼슘의 양(g)}} = R$$

[74] 여기서, 이산화탄소 전환시스템 A는 제1반응부에 탄산무수화효소를 구비한 전환반응부가 배치된 이산화탄소 전환시스템이고, 이산화탄소 전환시스템 B는 제1반응부에 탄산무수화효소가 없는 것을 제외하고 이산화탄소 전환시스템 A와 동일한 이산화탄소 전환시스템이며, 두 이산화탄소 전환시스템에서 생산된 탄산칼슘의 양은 제1반응부의 액체 수위가 오버플로우 되기 직전까지 채워지고, 제2반응부의 액체 재생부에는 칼슘이온이 구비된 상태에서 제1반응부로 소정의 유량으로 이산화탄소 및 새로운 액체를 공급하기 시작했을 때부터 소정의 시간 경과 후 제2반응부에서 생산된 탄산칼슘을 의미한다. 여기서 소정의 시간이란 바람직하게는 이산화탄소의 공급이 시작된 후 제1반응부에서 이산화탄소의 전환이 안정화된 상태일 수 있고, 달리 말하면, 생성된 탄산칼슘의 양의 변동이 최소화된 상태로서, 시간당 탄산칼슘 생산량의 변동이 10% 이하, 보다 바람직하게는 9%이하, 8%이하, 7%이하, 6%이하, 5%이하, 4%이하, 3%이하, 2%이하, 1%이하일 수 있다.

[75]

[76] 또한, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의하면, 전환된 중탄산 이온을 분산시켜서 탄산무수화효소 주변의 전환된 중탄산 이온 농도를 낮추기 위하여 액체(111), 특히 수면 부근의 액체가 정체되지 않도록 제1반응부(100) 내 액체(111)는 교반될 수 있고, 이를 위해 제1반응부(100)는 교반부(160)를 더 포함할 수 있다. 이를 통해 전환반응부(110)의 이산화탄소전환 효율의 감소를 방지하거나 최소화하기에 유리할 수 있다. 상기 교반부(160)는 액체를 교반시킬 수 있는 공지된 방법에 의할 수 있으며, 일례로 임펠러, 또는 마그네틱 바일 수 있다.

[77]

[78] 상술한 제1공정에서 오버플로우를 통해서 배수된 액체는 제2반응부(200)로 공급되어 제2공정이 수행되며, 상기 제2공정은 제1반응부(100)로부터 유입된 액체 내 함유된 중탄산이온을 제거 시켜서 중탄산이온이 제거된 액체로 재생시키는 단계이다.

[79]

상기 제2공정은 이산화탄소 전환 시스템(1000)중 제2반응부(200)에서 수행된다. 상기 제2반응부(200)는 내부에 제1공정에서 유입되는 액체를 수용할

수 있는 빈 공간을 갖는 제2챔버(201), 제1반응부(100)로부터 상기 제2챔버(201) 내부로 액체를 공급받는 제2유입부(220), 재생된 액체를 외부로 배출시키는 제2배출부(230) 및 유입된 액체 내 함유된 중탄산이온을 제거시키는 액체 재생부(210)를 구비하며, 중탄산이온의 제거반응으로 변환된 생성물을 배출시키는 생성물 배출부(240)를 더 포함할 수 있다.

[80]

[81] 제1공정에서 제1반응부(100)로부터 배수된 액체는 도 1에 도시된 것과 다르게 소정의 수단, 일례로 펌프를 통해 제2반응부(200)로 공급될 수 있다. 다만, 이 경우 이산화탄소 전환 시스템(1000) 내 액체의 흐름은 여러 위치, 예를 들어 제1반응부(100)로 새로운 액체를 공급하는 액체 저장소(400)와 제1반응부(100) 사이 및 제1반응부(100)와 제2반응부(200) 사이에서 각각 제어되어야 하는 어려움이 있고, 펌프 가동에 에너지 부가가 필요함에 따라서 이산화탄소 전환 시스템의 규모가 커지고, 이산화탄소를 연속하여 전환시키는 시간이 장기화될수록 막대한 에너지가 소비될 우려가 있다.

[82] 이에 본 발명의 일 실시예에 의하면, 별도로 에너지 부가 없이 제1반응부(100)로부터 배수된 액체를 제2반응부(200)로 공급시키기 위하여 상기 액체는 자연배수를 통해서 제2반응부(200)로 공급될 수 있다. 또한, 이를 위해서 제1챔버(101)와 제1배출부(130) 및 제2챔버(102)와 제2유입부(220)는 위치에너지를 이용한 자연배수가 가능하도록 설계된 구조적 수단을 구비할 수 있다. 상기 구조적 수단의 일례로 제1챔버(101)가 제2챔버(102) 보다 평균해수면을 기준으로 더 높은 위치에 설치되거나 또는 제2유입부(220)가 제1배출부(130) 보다 평균해수면을 기준으로 더 낮은 위치에 형성될 수 있다. 한편, 제2유입부(220)가 제1배출부(130) 보다 평균해수면을 기준으로 더 낮은 위치에 형성되는 경우에도 제2유입부(220)는 제2챔버(201) 내 수용되는 액체의 최고 수위보다 높은 지점에 형성되는 것이 자연배수를 통해 액체를 원활히 제2반응부(200)로 공급시키기에 유리할 수 있다.

[83] 또한, 도 4에 도시된 것과 같이 제1반응부(100)로부터 배수된 액체는 제1배출부(130)와 제2유입부(220) 간을 연결하는 도관을 통해 제2반응부(200)로 공급되거나 도 5에 도시된 것과 같이 제2반응부(200) 상부가 전부 또는 일부 개방된 형태의 제2유입부(220')로 제1반응부(100)로부터 배수된 액체가 낙수되어 공급될 수 있다.

[84]

[85] 상기 제2유입부(220)로 유입된 액체는 제1반응부(100)로 재유입될 수 있도록 중탄산이온이 제거되며, 상기 중탄산이온의 제거는 액체 재생부(210)를 통해서 수행될 수 있다. 상기 액체 재생부(210)는 액체(111)에서 중탄산이온을 제거시킬 수 있는 공지의 방법을 수행하도록 구성되며, 일 예로 중탄산이온을 분리할 수 있는 분리막일 수 있다. 또는 상기 액체 재생부(210)는 칼슘이온을 함유할 수 있고, 구체적으로는 칼슘이온을 함유한 수용액을 포함할 수 있으며, 칼슘이온을

통해 중탄산이온을 종국적으로 2차 생성물인 탄산칼슘으로 변환시켜 중탄산이온을 제거시킬 수 있다.

- [86] 또한, 제2공정을 통해 재생된 액체(111)는 제2배출부(230)를 통해서 배출되며, 탄산칼슘으로 변환된 2차 생성물은 탄산칼슘 배출부(240)를 통해서 배출되어 생성물 저장소(700)에 저장될 수 있고, 탄산칼슘 배출부(240)를 통한 탄산칼슘의 배출은 제3밸브(840)를 통해 제어될 수 있다. 이때, 상기 탄산칼슘 배출부(240)는 탄산칼슘 침전물(250)의 두께를 고려해 제2챔버(201)로부터 탄산칼슘을 배출시키기 용이한 제2챔버(201) 일측 하단이나 하부에 형성될 수 있다. 또한, 상기 제2배출부(230)는 탄산칼슘 침전물(250)을 제외한 나머지 재생된 액체의 분리배출이 용이하도록 탄산칼슘 침전물(250)의 두께 보다 높은 지점에 위치하도록 형성될 수 있다.

[87]

- [88] 한편, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제2공정은 액체 재생부에 칼슘이온을 함유한 다수 개의 제2반응부가 순차적으로 제2공정에 투입되고, 제2공정을 완료한 제2반응부가 다시 제2공정에 재투입 되는 배치순환방식으로 가동될 수 있다. 상술한 제1공정이 중단 없이 계속 가동됨에 따라서 제1반응부(100)로 유입되는 이산화탄소가 중탄산 이온으로 계속 전환되며, 전환된 중탄산 이온은 오버플로우된 액체와 함께 배수되어 제2반응부로 계속 공급되는데, 제2반응부(200) 내 액체 재생부(210)의 중탄산 이온 제거 효율, 제거에 소요되는 시간, 제2반응부(200)의 액체 수용량 등은 제한적일 수밖에 없고, 이로 인해서 이산화탄소 전환 시스템(200)의 규모가 커질수록 하나의 제2반응부(200)를 통해서 이산화탄소 전환 시스템(200)을 연속적으로 가동시키는 것이 어려울 수 있다. 이에 따라서 도 6에 도시된 것과 같이 제2공정에 다수 개의 제2반응부(200A, 200B, 200C, 200D)가 제2공정에 투입될 수 있고, 제2공정을 완료한 제2반응부(200D)가 다시 제2공정에 재투입되는 배치순환방식으로 가동될 수 있다. 또한, 어느 하나의 제2반응부(200A)가 제1반응부로부터 액체 공급이 완료된 후 이어서 다른 제2반응부(200D)가 순차적으로 제1반응부(100)로부터 액체를 공급받도록 다수 개의 제2반응부(200A, 200B, 200C, 200D)를 이동시키는 이동수단(900)을 더 구비할 수 있으며, 상기 이동수단(900)은 일예로 컨베이어 벨트일 수 있다.

- [89] 도 6을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 소정의 시간 동안 제1반응부(100)로부터 액체를 공급받은 뒤 제1반응부(100)와 연결이 분리된 어느 한 제2반응부(200B)에서는 액체를 공급받는 중 제거하지 못한 나머지 중탄산 이온을 소정의 시간에 걸쳐서 종국적으로 탄산칼슘 침전물(250)로 변환시키는 중탄산 이온 제거가 수행될 수 있다. 이후 중탄산 이온이 제거되어 공급받은 액체 재생이 완료된, 즉 제2공정을 완료한 제2반응부(200C)는 제2반응부(200C) 내 탄산칼슘 침전물(250)을 제외한 재생된 액체를 분리 배출시키는 재생된 액체 배출공정 및 액체가 배출된 제2반응부(200C)로부터

탄산칼슘 침전물(250)을 배출시키는 침전물 배출공정을 더 수행할 수 있다.

- [90] 한편, 재생된 액체에는 제1반응부 유래의 액체 성분 이외에 제2반응부(200) 내 액체 재생부(210)에 구비된 칼슘이온을 더 함유할 수 있다. 이에 따라 만일 칼슘이온이 다량 함유된 상태의 재생된 액체를 제1반응부(100)로 재공급 시 제1반응부(100) 내 전환되는 중탄산이온을 제1반응부(100) 내에서 탄산칼슘으로 변환시킬 수 있는 우려가 있다. 특히 중탄산 이온의 농도가 높은 수면 부근 즉 탄산무수화효소 주변, 예를 들어 탄산무수화효소가 고정된 부유체 표면에 탄산칼슘이 들러붙어 침전될 수 있고, 이 경우 탄산무수화효소, 이산화탄소 및 액체 간의 접촉이 원활하지 않아 이산화탄소 전환 효율이 감소될 수 있는 우려가 있다. 이에 따라서 재생된 액체 내 칼슘이온의 농도를 측정하고, 측정결과에 따라서 만일 칼슘이온이 소정의 농도 이상으로 포함된 경우 재생된 액체를 액체와 침전물이 모두 배출된 상태의 다른 제2반응부에 공급되어 액체 재생부가 재생된 제2반응부(200D)로써 제2공정으로 재투입시키며, 만일 칼슘이온이 소정의 농도 미만으로 포함된 경우 재생된 액체를 제3공정에 투입시키는 재생된 액체의 선택적 처리공정을 수행할 수 있다.

[91]

- [92] 상술한 제2공정을 통해 재생된 액체는 직접 또는 간접적으로 제1반응부(100)로 재공급되는 제3공정을 수행하며, 제1반응부(100)로 재공급된 재생된 액체는 전환반응부(110)를 구성하고, 유입된 액체로 인해 이산화탄소가 전환된 중탄산이온을 함유하는 수면 부근의 액체는 계속 오버플로우 되어 제1반응부(100)에서 제2공정(200)에 투입되게 되는 순환사이클을 반복하게 되고, 이를 통해서 이산화탄소 전환 공정에 소요되는 과도한 물과, 에너지의 소요를 개선시킬 수 있고, 이산화탄소 전환효율을 높고 안정되게 유지시킬 수 있다.

[93]

- [94] 도 1을 참조하여 설명하면, 제2반응부(100)로부터 재생된 액체는 제2배출부(230)를 통해 배출되어 펌프, 예를 들어 제2펌프(320)를 통해서 제1반응부(100)로 새로운 액체로써 직접 공급될 수 있다. 다만, 도 1에 도시된 것과 같은 이산화탄소 전환 시스템(1000)은 가동 직후 제2반응부(200)로부터 재생된 액체를 제1반응부(100)에 공급받을 수 없으므로, 소정의 시간 동안 별도의 액체 저장소(400)를 통해서 새로운 액체를 공급받을 수 있다. 또한, 경우에 따라서 제2반응부(200)를 통해서 회수되는 재생된 액체의 양이 충분하지 않을 수 있으므로 이 경우에도 제1반응부(100)는 상기 액체 저장소(400)를 통해서 새로운 액체를 공급받을 수 있음을 밝혀둔다.

[95]

이때, 액체 저장소(400)에서 새로운 액체는 제1펌프(300)를 통해서 제1반응부(100)로 공급될 수 있고, 제1펌프(300) 가동 시 제1밸브(810)는 개방되고, 제2밸브(850)는 폐쇄되며, 제2펌프(320)는 가동되지 않을 수 있다. 또한, 반대로 제2반응부(200)로부터 재생된 액체가 새로운 액체로써 공급되는

경우 제1펌프(300)는 가동이 중지되고, 제1밸브(810)가 폐쇄되며, 제2밸브(850)가 개방되고, 제2펌프(320)가 가동될 수 있다. 즉, 제1반응부(100)로 공급되는 새로운 액체는 제1펌프(300) 또는 제2펌프(320) 하나로 유량을 조절할 수 있고, 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체가 자연배수 방식으로 공급되도록 시스템을 설계 시 한 개의 제1펌프 또는 제2펌프를 통해서 제1반응부(100)로 공급되는 새로운 액체의 유량과 제1반응부(100)에서 제2반응부(200)로 공급되는 액체의 유량을 모두 제어하는 것이 가능할 수 있다.

[96]

[97] 한편, 도 7에 도시된 것과 같이 제2반응부(200)로부터 재생된 액체는 제1반응부(100)가 아닌 액체 저장소(400)로 공급될 수 있고, 액체 저장소(400)를 경유해 간접적으로 제1반응부(100)로 재공급될 수 있다. 상술한 것과 같이 도 1에 따른 이산화탄소 전환 시스템(1000)은 제2반응부(200)로부터 재생되는 액체의 양이 새로운 액체로써 제1반응부(100)에 공급되어야 할 유량에 미치지 못할 수 있는데, 이 경우 제1펌프(300)와 제2펌프(320), 제1밸브(810)와 제2밸브(850)를 모두 제어해야하는 어려움이 있다.

[98]

그러나 도 7에 따른 이산화탄소 전환 시스템(1100)은 제2반응부(200)로부터 재생된 액체가 액체 저장소(400)로 회수되는 공정과, 액체 저장소(400)에서 제1반응부(100)로 새로운 액체를 공급하는 공정을 분리 가동할 수 있어서 액체 제어가 보다 용이할 수 있다. 특히, 제1반응부(100)로 공급되는 새로운 액체의 유량과 제1반응부(100)에서 제2반응부(200)로 공급되는 액체의 유량을 제1펌프(300)를 통해서 모두 제어할 수 있는 이점이 있다. 또한, 도 2에 도시된 것과 같이 재생된 액체를 이송하는 수단을 에너지 사용하는 펌프가 아닌 자연배수 방식으로 액체 저장소(400)로 이송되도록 설계된 구조적 수단이 되도록 시스템을 구성할 경우 재생된 액체의 회수에 제2밸브(850)를 개방한 것 이외에 별도의 에너지 소비를 하지 않아도 되는 이점이 있다. 이때, 상기 구조적 수단은 평균 해수면을 기준으로 한 제2챔버(201)와 액체 저장소(400) 간 높이 차 등 공지된 시스템 설계를 적절히 활용하여 구현할 수 있다.

[99]

[100]

본 발명의 일 실시예에 따르면, 도 8에 도시된 것과 같이 상기 새로운 액체는 액체 저장소(400) 및 제1반응부(100) 사이의 액체 중간저장소(450)를 경유해 제1반응부(100)로 공급될 수 있다. 특히, 액체 저장소(400)를 구비함으로써, 다수의 제 2 반응부에서 순차적으로 재생되는 액체들을 손쉽게 모아서 저장할 수 있음과 동시에, 액체 중간저장소(450)에 원하는 유속으로 액체를 공급할 수 있고, 또한 전체 공정을 정지 또는 재가동 하는 경우, 편리한 이점을 제공할 수 있다. 또한, 액체 중간저장소(450)로부터 제1반응부(100)로 새로운 액체를 자연배수 방식으로 공급할 경우 상술한 도 7과 마찬가지로 제1펌프(300)를 통해 제1공정과 제2공정의 액체 흐름을 모두 제어할 수 있다. 그러나, 액체 저장소(400)와 액체 중간저장소(450)를 하나의 저장소로 구현할 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[101] 하기의 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기로 하지만, 하기 실시예가 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니며, 이는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것으로 해석되어야 할 것이다.

[102]

[103] <실시예 1>

[104] 1 L 부피의 제1챔버 내부에 오버플로우 직전의 액체 수위에 해당하는 300 mL의 트리스-버퍼를 채운 뒤, 평균직경 $2.0 \pm 0.4 \mu\text{m}$ 인 총 24 mg의 나노섬유에 효소 흡착·석출 그리고 가교결합(enzyme adsorption, precipitation and crosslinking, EAPC) 방식으로 고정화된 탄산무수화효소를 가로 2 cm × 세로 6 cm이며 테두리 내측에 메쉬가 형성된 부유체의 메쉬부분에 고정된 전환반응부를 액체의 수면에 부유시켰으며, 교반부로 스테어링 바(stirring bar)를 제1챔버 하부면 상에 배치시켰고, 제1반응부 내 액체 상부를 통과하도록 이산화탄소 유입구 및 배출부를 제1챔버 상단에 형성시킨 제1반응부를 준비했다. 이후, 50 mL의 수용공간을 갖는 제2반응부와 탄산칼슘 생성을 위한 670 mM 농도의 염화칼슘 10 mL를 준비하였고, 제1반응부의 제1배출부와 제2반응부의 제2유입부 간 높이차를 10cm 되도록 하여 제1반응부에서 오버플로우된 액체가 제2반응부로 자연배수되도록 이산화탄소 전환시스템(A)을 설계했다.

[105]

[106] <비교예 1>

[107] 실시예 1과 동일하게 실시하여 준비하되, 전환반응부에 탄산무수화효소를 구비시키지 않고 이산화탄소 전환시스템(B)을 설계했다.

[108]

[109] <실험예 1> - 새로운 액체의 공급 유량의 결정

[110] 실시예 1 및 비교예 2의 이산화탄소 전환시스템에서 제1반응부로 기체 이산화탄소를 150ml/분의 속도로 공급하고, 제1반응부로 새로운 액체로써 트리스-버퍼를 각각 30ml/분, 40ml/분 50ml/분, 60ml/분의 유량으로 공급하며, 스테어링 바를 100rpm 속도로 회전시켜 이산화탄소 전환시스템을 가동했다. 이후 제1반응부에서의 이산화탄소 전환 반응의 효율을 이산화탄소와 새로운 액체가 공급된 시점으로부터 탄산칼슘의 시간당 생성량이 안정화된 시점까지 제2반응부에서 생성된 탄산칼슘의 양을 측정하여 나타냈고, 이를 도 9에 도시하였다. 이때, 도 9에서 체류시간이란 오버플로우 되기 직전의 제1반응부 부피인 300ml를 새로운 액체의 공급 유량(ml/분)으로 나눈 값을 의미한다. 또한, 도 9에서 'w/ enzyme'는 이산화탄소 전환시스템(A)의 결과이며, 'w/o enzyme'는 이산화탄소 전환시스템(B)의 결과이다.

[111]

[112] 도 9를 통해 확인할 수 있듯이,

- [113] 탄산무수화효소가 구비되지 않은 이산화탄소 전환시스템(B)에 대비해 탄산무수화효소가 구비된 이산화탄소 전환시스템(A)이 더욱 높은 이산화탄소 전환효율을 보였음을 알 수 있다.
- [114] 다만, 탄산무수화효소가 구비된 이산화탄소 전환시스템(A)의 경우에 새로운 액체가 공급되는 유량이 30ml/분일 때, 즉 체류시간이 10분일 때 생성된 탄산칼슘의 양이 체류시간 7.5분일 때에 대비해 50% 이상 감소한 것을 알 수 있고, 탄산무수화효소가 구비되지 않은 이산화탄소 전환시스템(B)에 대비해서도 생성된 탄산칼슘양이 적어서 탄산무수화효소를 구비했음에도 제1반응부의 이산화탄소 전환효율이 오히려 떨어진다는 것을 알 수 있고, 이에 따라서 새로운 액체의 공급유량이 제1반응부의 이산화탄소 전환효율에 매우 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.
- [115] 따라서 탄산무수화효소가 구비된 준비예 1의 이산화탄소 전환시스템(A)의 경우에 이산화탄소 전환 시스템 가동 시 새로운 액체의 공급 유량을 탄산무수화효소가 구비되지 않은 이산화탄소 전환시스템(B)과 탄산칼슘 생성량을 동일하게 만드는 유량(유량 30ml/분 ~ 40ml/분 사이 어느 지점)을 초과하는 유량으로 결정할 수 있고, 이를 통해 보다 높은 이산화탄소 전환효율을 달성하기에 매우 유리하다.
- [116]
- [117] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 제1반응부로 유입된 이산화탄소가 물을 포함하는 액체 및 상기 액체의 수면 부근에 위치하는 탄산무수화효소를 포함하는 전환반응부를 통해서 중탄산이온으로 전환되고, 새로운 액체를 제1반응부 내로 공급시키며, 공급되는 새로운 액체로 인해 제1반응부 내 소정의 수위를 초과하는 액체는 오버플로우 되어 제2반응부로 공급되는 제1공정; 제1공정을 통해서 제2반응부 내로 유입된 중탄산이온을 함유한 액체가 제2반응부 내 액체 재생부를 통해서 중탄산이온이 제거된 액체로 재생되는 제2공정; 및 제2공정을 통해서 회수된 재생된 액체가 직접 또는 간접적으로 제1반응부로 재공급 되는 제3공정;을 포함하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 새로운 액체는 액체 저장소로부터 제1반응부로 공급되며, 상기 제3공정은 재생된 액체가 상기 액체 저장소에 공급된 뒤 제1반응부로 공급되는 방식으로 간접적으로 재공급되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 액체저장소로부터 한 개의 제1펌프를 통해서 제1반응부로 공급되는 새로운 액체의 유량과 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체의 유량을 모두 조절하기 위하여 제1반응부에서 오버플로우 되어 제2반응부로 공급되는 액체는 자연배수 방식으로 공급되며, 제3공정에서 재생된 액체는 상기 액체저장소로 자연배수를 통해 공급되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.
- [청구항 4] 제2항에 있어서, 상기 새로운 액체는 상기 액체 저장소 및 제1반응부 사이의 액체 중간저장소를 경유해 제1반응부로 공급되며, 액체저장소로부터 한 개의 제1펌프를 통해서 제1반응부로 공급되는 새로운 액체의 유량과 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체의 유량을 모두 조절하기 위하여 상기 액체 중간저장소에서 제1반응부로 공급되는 새로운 액체와 제1반응부에서 제2반응부로 공급되는 액체 각각은 자연배수 방식으로 공급되고, 제3공정에서 재생된 액체는 상기 액체저장소로 자연배수를 통해 공급되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 제1반응부로 유입된 상기 이산화탄소는 배가스 내 함유된 형태 또는 배가스로부터 분리 정제된 이산화탄소인 것을 특징으로 하는 연속적

이산화탄소 전환 공정.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
제1반응부로 유입된 이산화탄소는 액체의 수면 상부에서 유입된 후 미전환된 잔량이 액체의 수면 상부로 유출되는 기체 흐름을 가지는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 7] 제1항에 있어서,
탄산무수화효소를 수위의 변동에 영향을 받지 않고 수면 부근에 위치시키고 액체의 오버플로우 배출 시 유실되는 것을 방지하기 위하여 상기 탄산무수화효소는 부유체에 고정된 상태로 구비되며, 그 부유체는 제 1반응부로부터 빠져나가지 않도록 구비되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 수면 부근은 수면으로부터 수심 10 cm인 지점까지의 액체 영역인 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 9] 제1항에 있어서,
제1반응부에서 이산화탄소의 중탄산이온 전환율을 높이기 위해 제1반응부 내로 공급되는 새로운 액체의 유량은 하기 수학식 1에 따른 R 값이 1을 만족시킬 때의 유량을 초과하는 유량으로 결정되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정:

[수학식 1]

$$\frac{\text{이산화탄소 전환시스템 A에서 생산한 탄산칼슘의 양(g)}}{\text{이산화탄소 전환시스템 B에서 생산한 탄산칼슘의 양(g)}} = R$$

여기서, 이산화탄소 전환시스템 A는 제1반응부에 탄산무수화효소를 구비한 전환반응부가 배치된 이산화탄소 전환시스템이고, 이산화탄소 전환시스템 B는 제1반응부에 탄산무수화효소가 없는 것을 제외하고 이산화탄소 전환시스템 A와 동일한 이산화탄소 전환시스템이며, 두 이산화탄소 전환시스템에서 생산된 탄산칼슘의 양은 제1반응부의 액체 수위가 오버플로우 되기 직전까지 채워지고, 제2반응부의 액체 재생부에는 칼슘이온이 구비된 상태에서 제1반응부로 소정의 유량으로 이산화탄소 및 새로운 액체를 공급하기 시작했을 때부터 소정의 시간 경과 후 제2반응부에서 생산된 탄산칼슘을 의미함.

[청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 제1공정에서 전환된 중탄산 이온을 분산시키기 위하여 제1공정에서 제1반응부 내 액체는 교반되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 액체 재생부는 칼슘이온을 포함하고, 유입된 중탄산이온이 상기

칼슘이온을 통해서 종국적으로 탄산칼슘으로 전환되어 중탄산이온이 제거되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 12] 제1항에 있어서,
상기 제2공정은 액체 재생부에 칼슘이온을 함유한 다수 개의 제2반응부가 순차적으로 제2공정에 투입되고, 제2공정을 완료한 제2반응부가 다시 제2공정에 재투입 되는 배치순환방식으로 가동되는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 13] 제12항에 있어서,
제2공정을 완료한 제2반응부는 제2반응부 내 탄산칼슘 침전물을 제외한 재생된 액체를 분리 배출시키는 재생된 액체 배출공정;
액체가 배출된 제2반응부로부터 탄산칼슘 침전물을 배출시키는 침전물 배출공정; 및
재생된 액체 내 칼슘이온의 농도를 측정한 결과, 칼슘이온이 소정의 농도 이상으로 포함된 경우 재생된 액체를 액체와 침전물이 모두 배출된 상태의 다른 제2반응부에 공급시킨 뒤 제2공정으로 재투입시키거나,
또는 칼슘이온이 소정의 농도 미만으로 포함된 경우 재생된 액체를 제3공정에 투입시키는 재생된 액체의 선택적 처리공정;을 더 수행하는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 14] 내부에 빈 공간을 갖는 제1챔버, 상기 빈 공간에 소정의 수위로 채워지는 물을 포함하는 액체와 상기 액체의 수면 부근에 위치하는 탄산무수화효소를 포함하는 전환반응부, 상기 제1챔버 일측에 위치하여 새로운 액체를 공급받는 제1유입부, 및 상기 액체가 소정의 수위를 초과 시 오버플로우 되어 배수되도록 구비된 제1배출부를 포함하는 제1반응부;
내부에 빈 공간을 갖는 제2챔버, 제1반응부로부터 오버플로우 되어 배수된 액체가 유입되는 제2유입부, 유입된 액체 내 함유된 중탄산이온을 제거시켜 액체를 재생시키는 액체 재생부, 및 재생된 액체를 배출시키는 제2배출부를 포함하는 제2반응부; 및
제2배출부를 통해 배출된 재생된 액체를 제1반응부로 직접 또는 간접적으로 공급시키기 위한 펌프;를 포함하는 연속적 이산화탄소 전환 시스템.

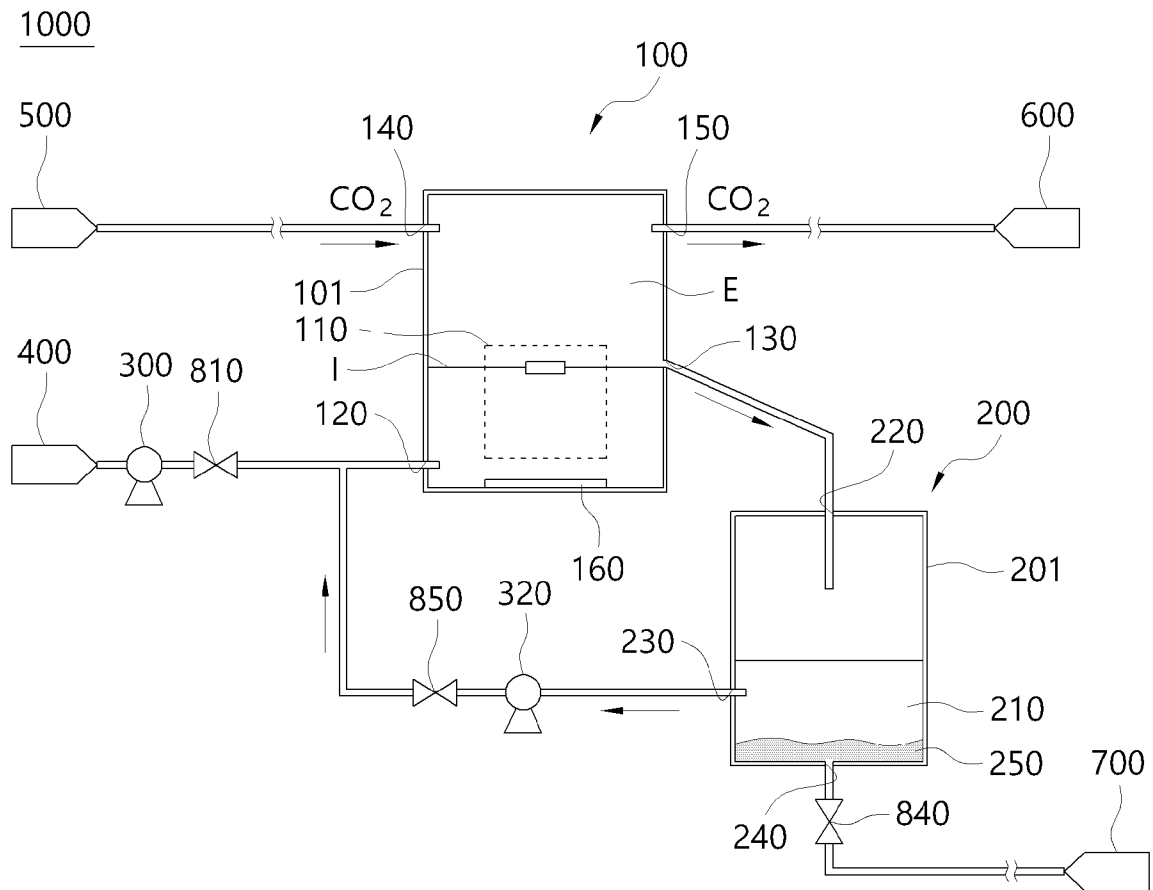
[청구항 15] 제14항에 있어서,
상기 제1반응부는 이산화탄소가 상기 액체의 수면 상방에서 유입된 후 미전환된 잔량이 액체의 수면 상방으로 유출되는 기체 흐름을 가지도록 제1챔버에 구비되는 이산화탄소 유입부 및 이산화탄소 배출부를 더 포함하는 연속적 이산화탄소 전환 공정.

[청구항 16] 제14항에 있어서,
상기 제1반응부로부터 오버플로우된 액체가 제2반응부로

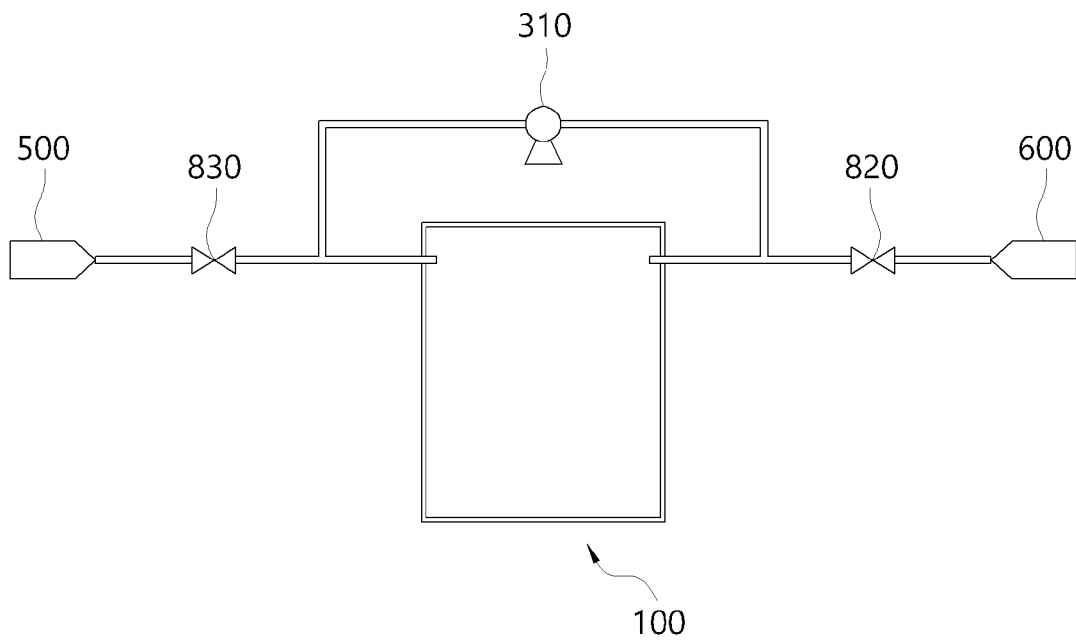
자연배수되도록 지면으로부터 상기 제1배출부까지의 높이는 지면으로부터 상기 제2유입부까지의 높이보다 더 높은 위치에 형성된 연속적 이산화탄소 전환 시스템.

- [청구항 17] 제14항에 있어서,
상기 제1반응부는 전환된 중탄산 이온을 전환반응부로부터 주위 액체로 분산시키기 위하여 교반부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 시스템.
- [청구항 18] 제14항에 있어서,
상기 제2반응부는 액체 재생부에 칼슘이온을 함유하며, 유입된 액체 내 중탄산 이온이 칼슘이온과의 반응을 통해 종국적으로 전환되는 탄산칼슘 침전물을 배출하기 위한 탄산칼슘 배출부를 더 구비하고,
탄산칼슘 침전물을 제외한 나머지 재생된 액체의 분리배출이 용이하도록 제2배출부는 탄산칼슘 침전물의 두께 보다 높은 지점에 위치하는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 시스템.
- [청구항 19] 제14항에 있어서,
제1반응부에 공급되는 새로운 액체의 공급원인 액체 저장소 및 상기 액체 저장소와 제1반응부를 연결하는 도관 상에 위치하는 제1펌프;를 더 포함하고,
제2배출부를 통해 배출된 재생된 액체를 상기 액체 저장소로 이송시키기 위한 펌프로써 제2펌프 또는 자연배수를 통해 재생된 액체가 액체 저장소로 이송되도록 설계된 구조적 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 시스템.
- [청구항 20] 제14항에 있어서,
상기 제2반응부가 다수 개 구비되며, 어느 하나의 제2반응부가 제1반응부로부터 액체 공급이 완료된 후 이어서 다른 제2반응부가 순차적으로 제1반응부로부터 액체를 공급받도록 다수 개의 제2반응부를 이동시키는 이동수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 연속적 이산화탄소 전환 시스템.

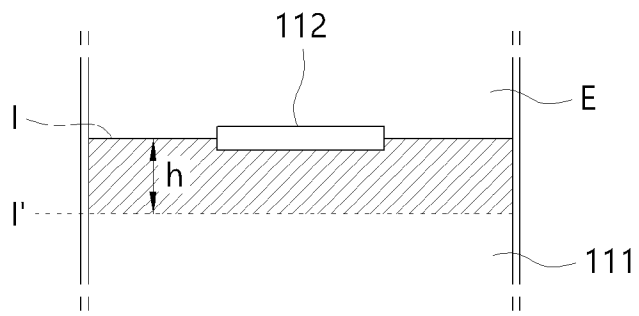
[도1]



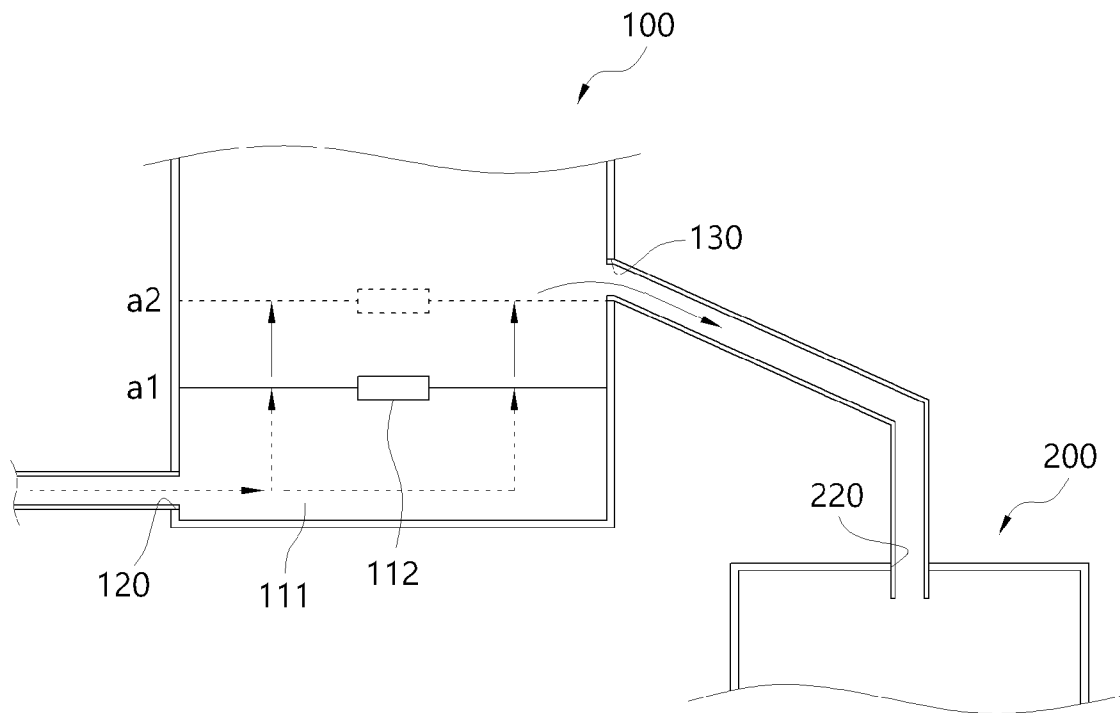
[도2]



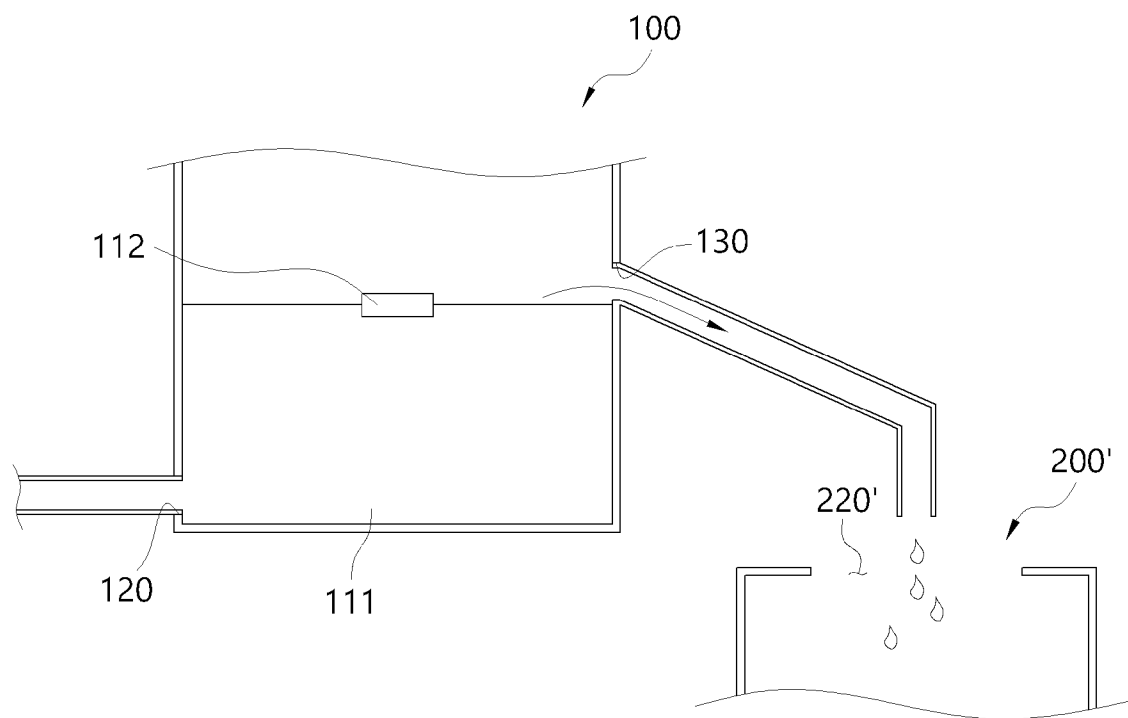
[도3]



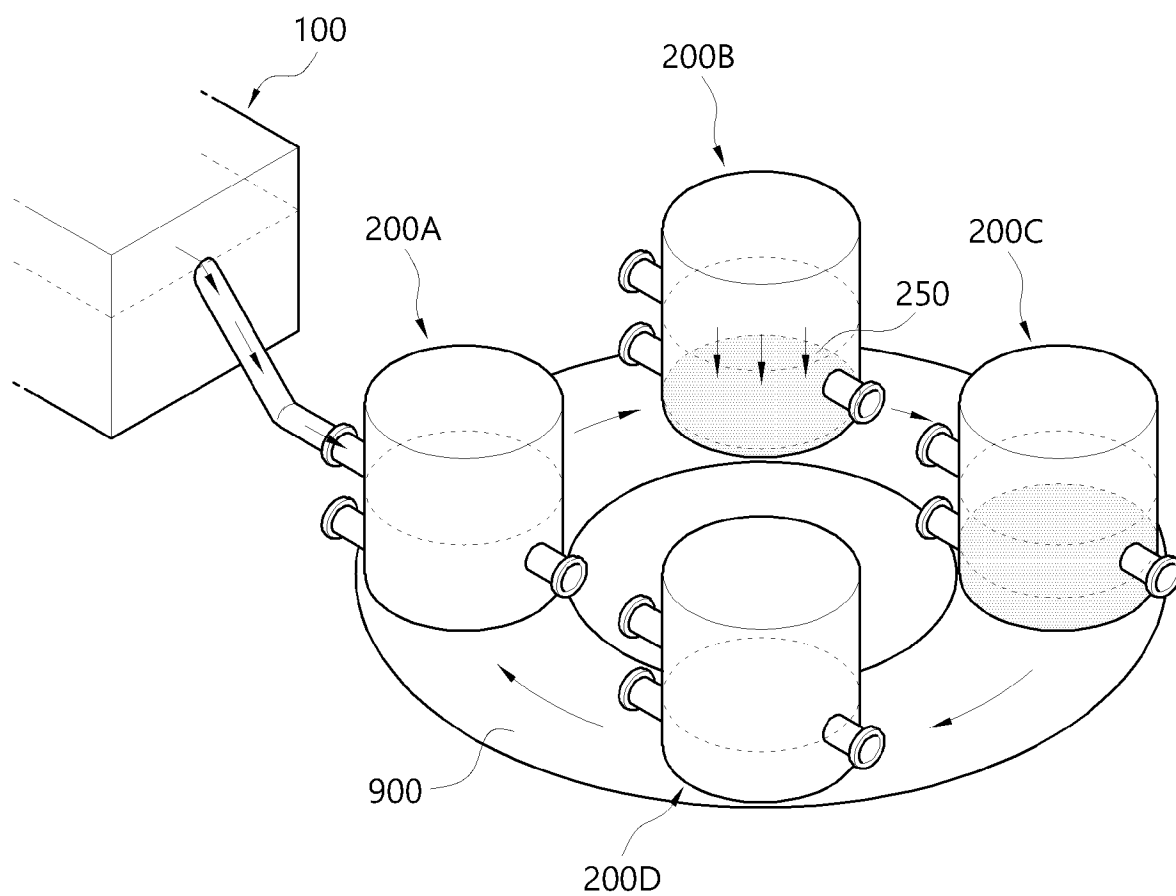
[도4]



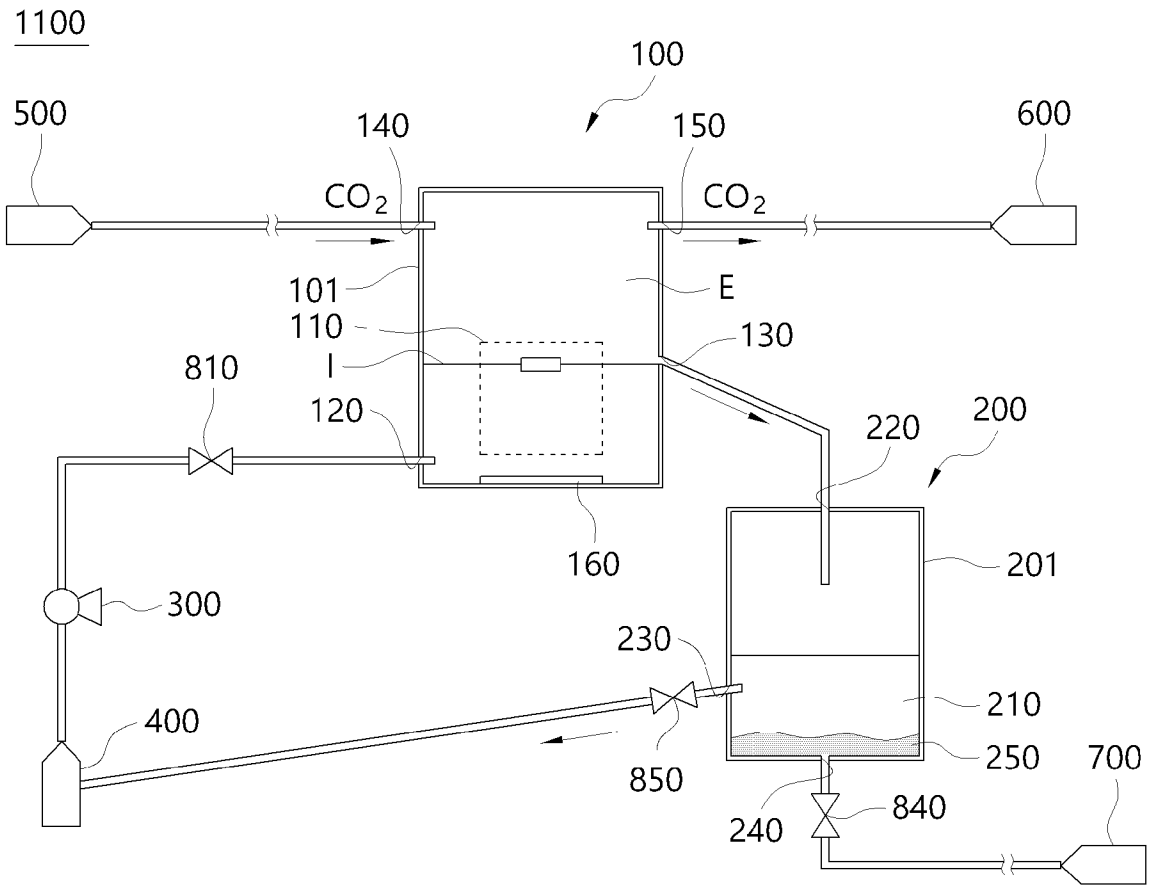
[도5]



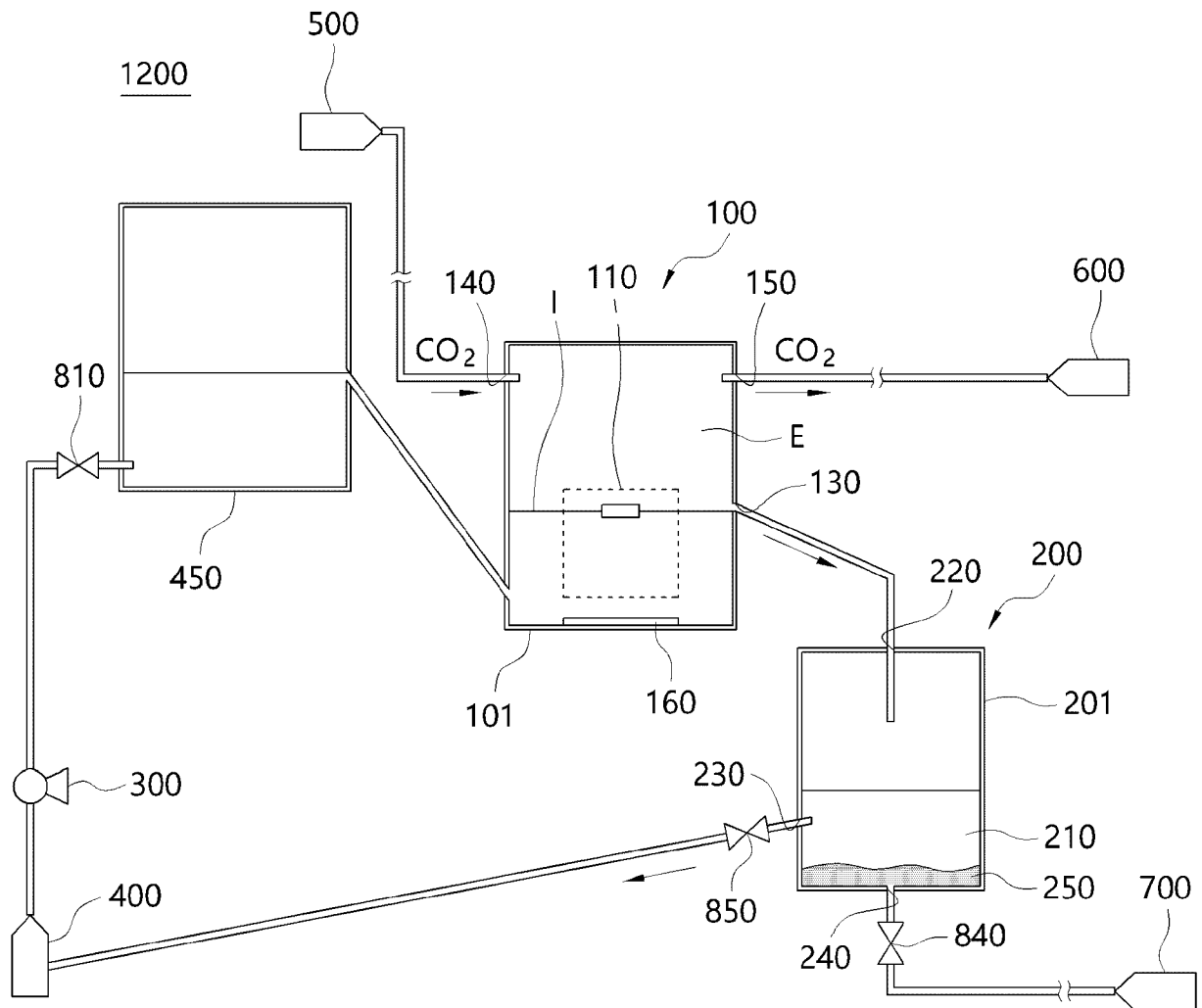
[도6]

1300

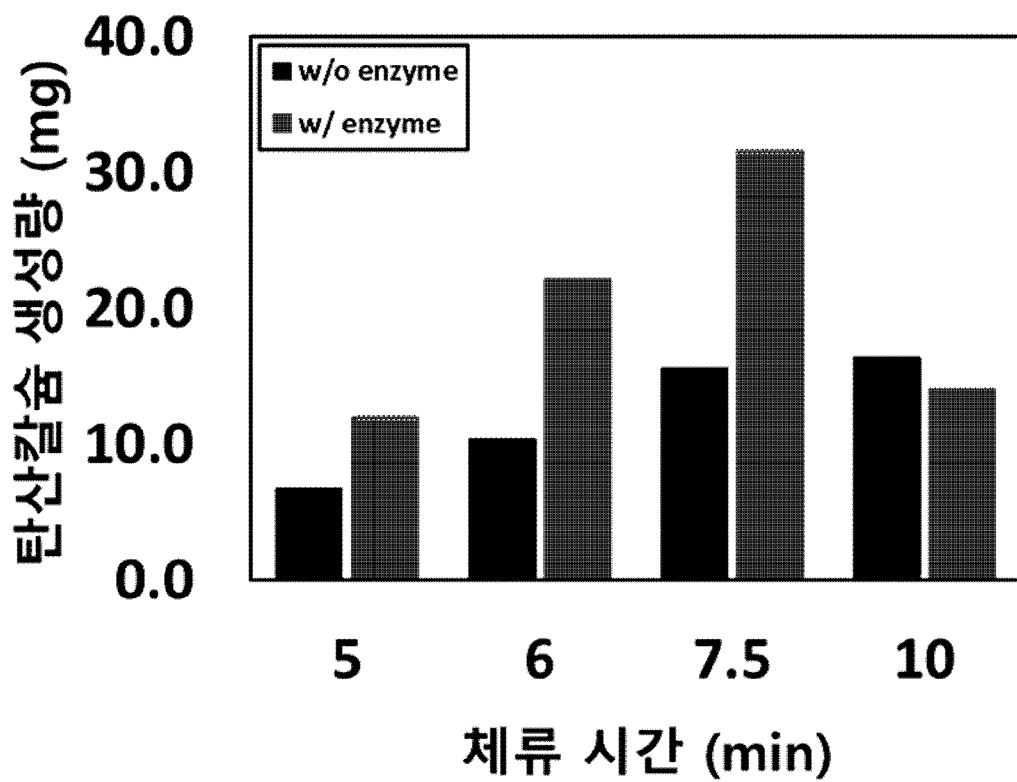
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/019314

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B01D 53/62(2006.01)i; B01D 53/78(2006.01)i; C12N 9/88(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B01D 53/62(2006.01); B01D 53/14(2006.01); B01D 53/84(2006.01); C12M 1/40(2006.01); C12N 9/00(2006.01); C12P 1/00(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 이산화탄소(carbondioxide), 탄산무수화효소(carbonic anhydrase), 재생(regeneration), 액체(liquid), 재공급(resupply)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017-0072362 A1 (FRADETTE, Sylvie et al.) 16 March 2017 (2017-03-16) See paragraphs [0016], [0045], [0068] and [0069], claim 1, and figures 1 and 2.	1-5,10,14,16,17,19,20
Y		6-9,11-13,15,18
Y	KR 10-2018-0072646 A (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 29 June 2018 (2018-06-29) See paragraphs [0012], [0029], [0055], [0126] and [0128], and figure 1.	6-9,11-13,15,18
A	US 2010-0092359 A1 (SVENDSEN, Hallvard F. et al.) 15 April 2010 (2010-04-15) See entire document.	1-20
A	KR 10-2012-0136789 A (RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 20 December 2012 (2012-12-20) See entire document.	1-20
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 October 2021		Date of mailing of the international search report 07 October 2021
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/019314

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2011-0087273 A (AKERMIN, INC.) 02 August 2011 (2011-08-02) See entire document.	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/019314

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017-0072362	A1	16 March 2017	AU	2010-281323	A1	08 March 2012
				AU	2010-281323	B2	03 September 2015
				CA	2769772	A1	10 February 2011
				CA	2769772	C	06 May 2014
				CN	102574053	A	11 July 2012
				EP	2490791	A1	29 August 2012
				EP	2490791	A4	09 January 2013
				EP	2490791	B1	05 July 2017
				EP	3287187	A1	28 February 2018
				US	10226733	B2	12 March 2019
				US	2012-129246	A1	24 May 2012
				US	2014-099701	A1	10 April 2014
				US	2015-231562	A1	20 August 2015
				US	8722391	B2	13 May 2014
				US	9044709	B2	02 June 2015
				US	9533258	B2	03 January 2017
				WO	2011-014957	A1	10 February 2011
				WO	2011-014957	A8	17 March 2011
				ZA	201200911	B	29 May 2013
KR	10-2018-0072646	A	29 June 2018	KR	10-1833233	B1	02 March 2018
				KR	10-1871948	B1	27 June 2018
				KR	10-1974309	B1	23 August 2019
				US	10981111	B2	20 April 2021
				US	2018-0185786	A1	05 July 2018
				WO	2016-209049	A1	29 December 2016
US	2010-0092359	A1	15 April 2010	AU	2007-332216	A1	19 June 2008
				AU	2007-332216	B2	07 February 2013
				CA	2672641	A1	19 June 2008
				CA	2672641	C	08 July 2014
				CN	101600490	A	09 December 2009
				CN	101600490	B	06 November 2013
				EP	2117683	A1	18 November 2009
				EP	2117683	B1	27 February 2013
				HK	1139615	A1	24 September 2010
				PL	2117683	T3	30 August 2013
				US	8703082	B2	22 April 2014
				WO	2008-072979	A1	19 June 2008
KR	10-2012-0136789	A	20 December 2012	KR	10-1249734	B1	03 April 2013
KR	10-2011-0087273	A	02 August 2011	CA	2738358	A1	01 April 2010
				CN	102232004	A	02 November 2011
				EP	2362809	A2	07 September 2011
				JP	2012-504047	A	16 February 2012
				US	2010-0086983	A1	08 April 2010
				US	2011-0300623	A1	08 December 2011
				US	2012-0220025	A1	30 August 2012
				US	2015-0010453	A1	08 January 2015
				US	7998714	B2	16 August 2011
				US	8178332	B2	15 May 2012
				WO	2010-037109	A2	01 April 2010
				WO	2010-037109	A3	27 May 2010

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/019314

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) B01D 53/62(2006.01)i; B01D 53/78(2006.01)i; C12N 9/88(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) B01D 53/62(2006.01); B01D 53/14(2006.01); B01D 53/84(2006.01); C12M 1/40(2006.01); C12N 9/00(2006.01); C12P 1/00(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 이산화탄소(carbondioxide), 탄산무수화효소(carbonic anhydrase), 재생(regeneration), 액체(liquid), 재공급(resupply)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	US 2017-0072362 A1 (FRADETTE, SYLVIE 등) 2017.03.16 단락 [0016], [0045], [0068], [0069], 청구항 1, 도면 1, 2	1-5,10,14,16,17,19,20
Y		6-9,11-13,15,18
Y	KR 10-2018-0072646 A (고려대학교 산학협력단) 2018.06.29 단락 [0012], [0029], [0055], [0126], [0128], 도면 1	6-9,11-13,15,18
A	US 2010-0092359 A1 (SVENDSEN, HALLVARD F. 등) 2010.04.15 전체 문헌	1-20
A	KR 10-2012-0136789 A (재단법인 포항산업과학연구원) 2012.12.20 전체 문헌	1-20
A	KR 10-2011-0087273 A (아커민 인코퍼레이티드) 2011.08.02 전체 문헌	1-20
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2021년10월06일(06.10.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년10월07일(07.10.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 정다원 전화번호 +82-42-481-5373

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2017-0072362 A1	2017/03/16	AU 2010-281323 A1	2012/03/08
		AU 2010-281323 B2	2015/09/03
		CA 2769772 A1	2011/02/10
		CA 2769772 C	2014/05/06
		CN 102574053 A	2012/07/11
		EP 2490791 A1	2012/08/29
		EP 2490791 A4	2013/01/09
		EP 2490791 B1	2017/07/05
		EP 3287187 A1	2018/02/28
		US 10226733 B2	2019/03/12
		US 2012-129246 A1	2012/05/24
		US 2014-099701 A1	2014/04/10
		US 2015-231562 A1	2015/08/20
		US 8722391 B2	2014/05/13
		US 9044709 B2	2015/06/02
		US 9533258 B2	2017/01/03
		WO 2011-014957 A1	2011/02/10
		WO 2011-014957 A8	2011/03/17
		ZA 201200911 B	2013/05/29
KR 10-2018-0072646 A	2018/06/29	KR 10-1833233 B1	2018/03/02
		KR 10-1871948 B1	2018/06/27
		KR 10-1974309 B1	2019/08/23
		US 10981111 B2	2021/04/20
		US 2018-0185786 A1	2018/07/05
		WO 2016-209049 A1	2016/12/29
US 2010-0092359 A1	2010/04/15	AU 2007-332216 A1	2008/06/19
		AU 2007-332216 B2	2013/02/07
		CA 2672641 A1	2008/06/19
		CA 2672641 C	2014/07/08
		CN 101600490 A	2009/12/09
		CN 101600490 B	2013/11/06
		EP 2117683 A1	2009/11/18
		EP 2117683 B1	2013/02/27
		HK 1139615 A1	2010/09/24
		PL 2117683 T3	2013/08/30
		US 8703082 B2	2014/04/22
		WO 2008-072979 A1	2008/06/19
KR 10-2012-0136789 A	2012/12/20	KR 10-1249734 B1	2013/04/03
KR 10-2011-0087273 A	2011/08/02	CA 2738358 A1	2010/04/01
		CN 102232004 A	2011/11/02
		EP 2362809 A2	2011/09/07
		JP 2012-504047 A	2012/02/16
		US 2010-0086983 A1	2010/04/08
		US 2011-0300623 A1	2011/12/08
		US 2012-0220025 A1	2012/08/30
		US 2015-0010453 A1	2015/01/08
		US 7998714 B2	2011/08/16
		US 8178332 B2	2012/05/15
		WO 2010-037109 A2	2010/04/01

국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

WO 2010-037109 A3

2010/05/27