(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0010937
(43) 공개일자 2021년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/44 (2006.01) *C02F 1/04* (2006.01)
C02F 1/461 (2006.01) *C02F 1/52* (2006.01)
C02F 1/66 (2006.01) *C25B 1/04* (2021.01)
C02F 103/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 1/441 (2013.01)
C02F 1/043 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0007630(분할)
(22) 출원일자 2021년01월19일
심사청구일자 2021년01월19일
(62) 원출원 특허 10-2019-0033654
원출원일자 2019년03월25일
심사청구일자 2019년03월25일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
홍승관
경기도 용인시 기흥구 흥덕중앙로105번길 40 1505동 301호 (영덕동,흥덕마을15단지흥덕우남퍼스트빌리젠트아파트)
김정빈
서울특별시 성북구 인촌로12길 15 (안암동2가)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남촌

전체 청구항 수 : 총 1 항

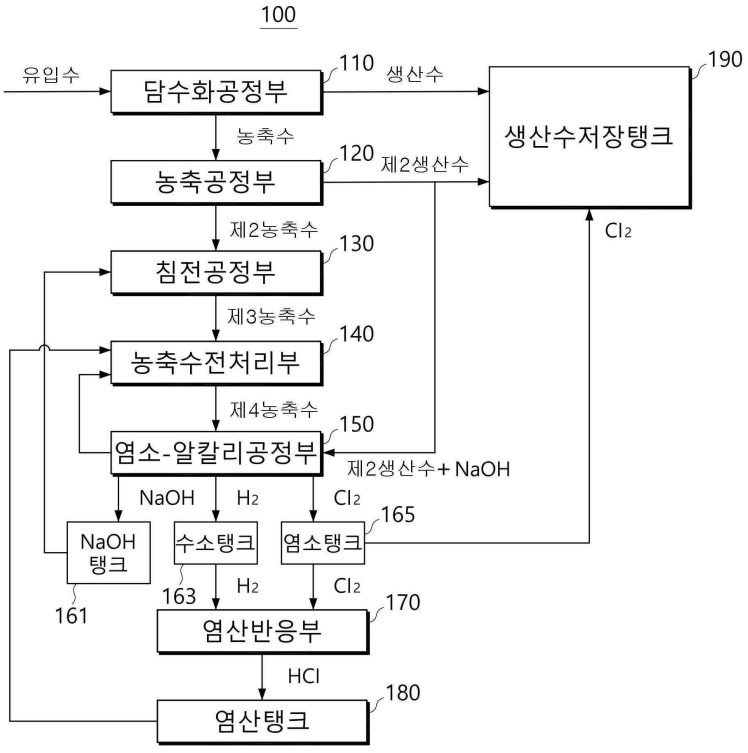
(54) 발명의 명칭 **수소 생산가능한 담수시스템**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 유입수가 역삼투 공정을 통해 생산수와 농축수로 수처리되는 담수화공정부; 상기 농축수가 공급되는 양극부와, 상기 생산수가 공급되는 음극부로 내부공간이 구획된 염소-알칼리공정부; 및 상기 담수화공정부와 상기 염소-알칼리공정부 사이에 설치되어, 증발공정을 통해 상기 농

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



축수를 상기 농축수의 염도보다 높은 염도로 농축된 제2농축수와, 상기 농축수에서 염이 제거된 제2생산수로 수처리하는 농축공정부를 포함하되, 상기 염소-알칼리공정부는 태양광 전기에너지를 이용하여, 상기 농축수를 전해질로 상기 양극부에서의 화학반응을 통해 상기 농축수의 염으로부터 염소기체를 발생시키고, 상기 생산수를 전해질로 상기 음극부에서의 화학반응을 통해 수소기체와 수산화나트륨을 발생시키고; 상기 담수화공정부는, 상기 역삼투 공정이 수행되면서, 상기 유입수가 고압에 의해 상기 생산수과 상기 농축수로 분리되는 역삼투공정부, 및 상기 역삼투공정부와 상기 농축공정부에 연결되고, 상기 역삼투공정부에서 상기 농축수를 제공받아 상기 농축수의 압력을 상기 유입수로 전달하고, 압력이 감소된 상기 농축수를 상기 농축공정부로 제공하는 에너지회수부를 포함하며; 상기 농축공정부는, 상기 에너지회수부를 경유한 상기 농축수가 저장되는 농축수탱크, 상기 농축수탱크에 저장된 상기 농축수를 가열하는 가열장치, 및 상기 가열장치에 의해 가열된 상기 농축수를 증발공정을 통해 상기 제2생산수 및 상기 제2농축수로 분리하는 증발부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류
C02F 1/46104 (2013.01)
C02F 1/5245 (2013.01)
C02F 1/66 (2013.01)
C25B 1/04 (2021.01)
C02F 2103/08 (2013.01)
C02F 2201/009 (2013.01)

(72) 발명자
박기호
서울시 동대문구 제기동 137-416

최종문
서울특별시 송파구 올림픽로4길 42, 101동802호 (잠실동, 우성4차아파트)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유입수가 역삼투 공정을 통해 생산수와 농축수로 수처리되는 담수화공정부;

상기 농축수가 공급되는 양극부와, 상기 생산수가 공급되는 음극부로 내부공간이 구획된 염소-알칼리공정부; 및

상기 담수화공정부와 상기 염소-알칼리공정부 사이에 설치되어, 증발공정을 통해 상기 농축수를 상기 농축수의 염도보다 높은 염도로 농축된 제2농축수와, 상기 농축수에서 염이 제거된 제2생산수로 수처리하는 농축공정부를 포함하되,

상기 염소-알칼리공정부는 태양광 전기에너지를 이용하여,

상기 농축수를 전해질로 상기 양극부에서의 화학반응을 통해 상기 농축수의 염으로부터 염소기체를 발생시키고,

상기 생산수를 전해질로 상기 음극부에서의 화학반응을 통해 수소기체와 수산화나트륨을 발생시키고;

상기 담수화공정부는,

상기 역삼투 공정이 수행되면서, 상기 유입수가 고압에 의해 상기 생산수과 상기 농축수로 분리되는 역삼투공정부, 및

상기 역삼투공정부와 상기 농축공정부에 연결되고, 상기 역삼투공정부에서 상기 농축수를 제공받아 상기 농축수의 압력을 상기 유입수로 전달하고, 압력이 감소된 상기 농축수를 상기 농축공정부로 제공하는 에너지회수부를 포함하며;

상기 농축공정부는,

상기 에너지회수부를 경유한 상기 농축수가 저장되는 농축수탱크,

상기 농축수탱크에 저장된 상기 농축수를 가열하는 가열장치, 및

상기 가열장치에 의해 가열된 상기 농축수를 증발공정을 통해 상기 제2생산수 및 상기 제2농축수로 분리하는 증발부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산가능한 담수시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 수소 생산가능한 담수시스템에 관한 것이며, 상세하게는 기존에 해수담수화 과정에서 폐수로 배출되는 농축수로부터 미래의 에너지원인 수소기체를 생산할 수 있는 수소 생산가능한 담수시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 해수는 지구상의 물의 양에 있어서 절대 다수를 차지하고 있으나 인간의 생활용수나 산업용수로 이용하기에는 염도가 너무 높아서 사용하지 못하고 있는 실정이다. 부족한 육수를 보충하고 담수의 부족현상과 고갈현상 등의 문제점을 해결하기 위해서는 해수를 담수로 전환시킬 필요가 있다. 담수화의 의미는 미네랄 성분을 제거하는 탈염화와 이온을 제거하는 탈이온화를 종합한 것으로서 탈염 담수화로 일컫기도 한다.

[0003] 해수담수화 방법에는 특수한 막을 이용하는 역삼투법 및 전기투석법, 해수를 증기로 변화시켜서 담수화하는 증발법(다단 플래쉬 증발법, 다중 효용법, 증기 압축법), 그 외에 냉동법, 태양열 이용법 등이 있다. 그러나 해수담수화에는 주로 증발법과 역삼투법이 사용되고 있다.

[0004] 이중, 역삼투법에 의한 해수담수화 시설은 물에 용해되어 있는 이온성 물질은 거의 배제되고 순수한 물은 통과되는 반투막(멤브레인)에 의해 해수 중에 용해되어 있는 이온성 물질을 여과하는 것이다.

[0005] 도 1에는 역삼투법에 의한 해수담수화 공정도가 개략적으로 도시되어 있다.

[0006] 도 1을 참조하면, 역삼투법에 의한 해수담수화 공정은 전처리공정, 역삼투 공정 및 후처리공정으로 구분된다.

[0007] 도 1을 참조하면, 해수는 전처리부(10)에서 이물질 및/또는 부유물이 걸러진 후 역삼투공정부(20)로 공급된다. 역삼투공정부(20)로 유입된 해수는 42bar 내지 60bar 정도의 높은 압력을 받아 역삼투막을 두고 염이 농축된 농축수와 염이 제거된 생산수로 분리된다.

[0008] 염이 제거된 생산수는 생산수 저장탱크(30)로 공급된다. 생산수는 염소기체에 의해 소독을 거친 후 사용된다. 농축수는 해수에서 생산수를 발생한 후 남은 물이다. 따라서 염의 농도가 매우 높으며 고압상태이다. 농축수는 에너지회수부를 거쳐 고압을 유입수에 전달한 후 압력이 낮아진 상태로 바다로 배출된다.

[0009] 화학약품제공부(50)는 역삼투공정부(20)로 pH조절액 및 스케일링 방지제 등을 투입한다.

[0010] 해수는 보론이나 실리카 등의 물질을 함유하고 있는데, 해수담수화공정을 거친 생산수의 보론 및 실리카 농도는 낮아야 한다. 특히, 보론의 경우 독성을 갖기 때문에 적정 농도 이하로 제거해야만 한다.

[0011] 보론이나 실리카 등 특정 물질의 제거율을 높이기 위해선 pH 9 이상의 수질 조건이 요구된다. 따라서, 역삼투 공정에서 수산화나트륨을 주입하여 해수의 pH를 높인다. 다만, 높은 pH에서는 스케일링이 발생하기 쉬우므로, 스케일링 방지제도 함께 투입해야 한다.

[0012] 또한, 역삼투 공정에서, 물에 녹아 있는 이산화탄소는 역삼투막을 통해 제거되지 않는다. 그러나 수산화나트륨을 사용하여 pH를 8.2 정도로 조정할 경우 이산화탄소가 중탄산이온으로 바뀌어 역삼투막으로 제거가 가능하다.

[0013] 역삼투 공정은 탄산이온 및 중탄산이온을 제거하므로 생산수의 알칼리도가 적다. 따라서 유입수의 pH를 낮춰서 이산화탄소 형태로 역삼투 공정을 통과한 후, 후처리공정에서 pH를 높여 알칼리도를 회수하기도 한다. 이때 수산화나트륨이 사용된다. 이에 따라, 종래의 역삼투법에 따른 해수담수화공정에는 수산화나트륨, 스케일링 방지제와 같은 화학약품이 지속적으로 소모되고 있는 실정이다.

[0014] 아울러, 생산수는 관망을 통해 공급된다. 이때, 미생물 발생으로 인한 생산수 오염을 방지하기 위해. 생산수에 염소 소독을 실시해야 한다. 염소탱크(40)가 저장탱크(30)에 연결되어, 저장탱크(30)로 염소기체를 제공하여, 생산수를 소독한다. 이에 따라, 염소를 사용한 소독에 부대비용이 발생한다.

[0015] 기존 해수담수화 공정은 후처리공정에서, 농축수가 활용되지 못하고 방류되고 있는 실정이다. 상술했듯이 역삼투 공정을 거친 농축수는 염도가 매우 높다. 농축수를 희석시키지 않고 염도가 높은 상태 그대로 바다로 방류되면, 해양 환경에 부정적인 영향을 미친다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1526299호에는 플랜트-정삼투 하이브리드 담수화 시스템 및 방법이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 기존에 해수담수화 과정에서 폐수로 배출되는 농축수를 활용하여, 미래의 에너지원인 수소기체를 생산하고, 해수를 담수로 수처리하고 수소기체를 생산하는데 요구되는 화학약품인 염소, 수산화나트륨 및 염산을 자체 생산할 수 있는 수소 생산가능한 담수시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0018] 본 발명은 유입수의 전기분해를 통해 해수전지부에 전기에너지를 충전하고, 농축수의 수처리 공정을 통해 수소기체를 발생시켜, 신재생에너지를 효율적으로 활용할 수 있도록 함과 동시에 다양한 분야에 에너지 캐리어로 이용 가능한 수소 생산가능한 담수시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0019] 본 발명은 고농도의 NaCl용액의 투입없이도, 해수를 담수화처리하는 공정에서 배출된 농축수를 이용하여 수소기체를 생산할 수 있는 수소 생산가능한 담수시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0020] 본 발명은 해수전지부의 방전시 이산화탄소(CO_2)를 흡수해서 농축수 내의 2가 양이온을 제거하여, 농축수를 농축

시키는 증발과정에서 농축수에 함유된 2가 양이온이 증류막 또는 멤브레인에 부착되어 생기는 스케일링을 방지할 수 있는 수소 생산가능한 담수시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0021] 본 발명은 해수전지부의 충전시 유입수를 전기분해시키면서 염소기체를 발생시켜 염이 빠져나가면서 염도가 낮아진 희석유입수를 역삼투공정을 통해 담수화시켜, 역삼투공정의 에너지소비량을 줄일 수 있는 수소 생산가능한 담수시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0022] 본 발명은 고염도의 농축수를 염으로 결정화시켜, 고농도의 농축수가 바다로 방류됨 따른 해양생태계의 파괴를 방지할 수 있는 수소 생산가능한 담수시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 유입수가 역삼투 공정을 통해 생산수와 농축수로 수처리되는 담수화공정부; 및 농축수가 공급되는 양극부와, 생산수가 공급되는 음극부로 내부공간이 구획된 염소-알칼리공정부를 포함하되, 염소-알칼리공정부는 태양광 전기에너지를 이용하여, 농축수를 전해질로 양극부에서의 화학반응을 통해 농축수의 염으로부터 염소기체를 발생시키고, 생산수를 전해질로 음극부에서의 화학반응을 통해 수소기체와 수산화나트륨을 발생시키는 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 담수화공정부와 염소-알칼리공정부 사이에 설치되어, 증발공정을 통해 농축수를 농축수의 염도보다 높은 염도로 농축된 제2농축수와, 농축수에서 염이 제거된 제2생산수로 수처리하는 농축공정부를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 농축공정부와 염소-알칼리공정부 사이에 설치되며, 농축공정부에서 공급받은 제2농축수에 수산화나트륨을 투입하여, 침전반응을 통해 제2농축수를 2가 양이온이 제거된 제3농축수로 수처리하는 침전공정부를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 침전공정부와 염소-알칼리공정부 사이에 설치되며, 침전공정부에서 공급받은 제3농축수에 염산을 투입하여, 제3농축수를 제3농축수의 pH보다 낮은 pH를 가진 제4농축수로 수처리하는 농축수전처리부를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0027] 그리고, 염소-알칼리공정부는, 제4농축수를 농축수전처리부에서 양극부로 공급받아, 제4농축수를 전해질로 양극부에서의 화학반응을 통해 제4농축수에서 염소기체를 발생시키고, 제4농축수에서 염이 빠져나간 희석농축수를 농축수전처리부로 배출하는 것이 바람직하다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 담수화공정부로부터 공급받은 생산수를 저장하는 생산수저장탱크; 양극부로부터 공급받은 염소기체를 저장하고, 생산수저장탱크에 연결되어 염소기체를 생산수저장탱크로 공급하는 염소탱크; 음극부로부터 공급받은 수소기체를 저장하는 수소탱크; 및 음극부에서의 화학반응을 통해 발생한 수산화나트륨을 저장하고, 음극부로 유입되는 생산수에 수산화나트륨을 공급하는 NaOH탱크를 더 포함하고, 염소기체는 생산수저장탱크로 공급되어 생산수를 소독하고, 수산화나트륨은 음극부에 유입되는 생산수의 pH를 조절하는 것이 바람직하다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 염소탱크와 수소탱크에 개별적으로 연결되고, 공급된 염소기체와 수소기체의 화학반응을 통해 염산을 생산하는 염산반응부; 및 염산이 저장되고, 농축수전처리부에 연결되어 농축수전처리부로 염산을 공급하는 염산탱크를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 음극부에서는, 생산수를 수소기체와 수산화기(OH-)로 전기분해하여 수소기체를 생산하고, 농축수의 염에서 분해된 나트륨이온과 수산화기(OH-)의 화학반응으로 수산화나트륨을 생산하는 것이 바람직하다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 담수화공정부는, 역삼투 공정이 수행되면서, 유입수가 고압에 의해 생산수과 농축수로 분리되는 역삼투공정부; 및 역삼투공정부와 농축공정부에 연결되고, 역삼투공정부에서 농축수를 제공받아 농축수의 압력을 유입수로 전달하고, 압력이 감소된 농축수를 농축공정부로 제공하는 에너지회수부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 염소-알칼리공정부에서 배출된 희석농축수를 공급받아, 희석농축수를 결정화시키는 농축수 결정화부를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0033] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템은, 충전시 유입수를 전해질로 화학반응을 일으켜 유입수의 염으로부터 염소기체를 발생시키는 해수전지부를 구비하고, 유입수를 제1생산수와 제1농축수로

수처리하는 유입수 수처리부; 제1농축수를 공급받아, 농축공정을 통해 제1농축수를 제2농축수와 제2생산수로 수처리하고, 제2농축수를 전해질로 화학반응을 일으켜 제2농축수의 염으로부터 염소기체를 발생시키고, 제2생산수를 전해질로 화학반응을 일으켜 수소기체를 발생시키는 수소생산용 담수화부; 및 제2농축수에서 염이 빠져나가면서 농도가 희석된 희석농축수를 수소생산용 담수화부에서 공급받아, 결정화공정을 통해 희석농축수를 결정화시키는 농축수 결정화부를 포함는 것이 바람직하다.

[0034] 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 유입수 수처리부는, 충전부와 방전부가 구비된 해수전지부; 및 충전부에 연결되어, 유입수에서 염이 빠져나가면서 농도가 희석된 희석유입수를 공급받아, 역삼투공정을 통해 희석유입수를 제1생산수와 제1농축수로 수처리하는 담수화공정부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0035] 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 해수전지부는 방전시, 방전부로 제1농축수와 이산화탄소를 공급받아, 제1농축수와 이산화탄소의 화학반응을 통해 제1농축수에서 2가 양이온을 제거하는 것이 바람직하다.

[0036] 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 수소생산용 담수화부는, 2가 양이온이 제거된 제1농축수를 공급받아 농축공정을 통해 농축시켜, 제1농축수보다 염도가 높은 제2농축수와 제2생산수로 수처리하는 농축수 수처리부; 및 양극부와 음극부가 구비되고, 제2농축수를 전해질로 양극부에서의 화학반응을 통해 제2농축수의 염으로부터 염소기체를 발생시키고, 제2생산수를 전해질로 음극부에서의 화학반응을 통해 수소기체와 수산화나트륨을 발생시키는 염소-알칼리공정부를 포함하는 것이 바람직하다.

[0037] 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 농축수 수처리부는, 제2농축수에 염산을 투입하여 제2농축수의 pH를 조절하는 농축수전처리부를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0038] 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 유입수 수처리부와 수소생산용 담수화부에 연결되고, 제1생산수와 제2생산수를 저장하는 생산수저장탱크; 충전부와 양극부로부터 공급받은 염소기체를 저장하는 염소탱크; 음극부로부터 공급받은 수소기체를 저장하는 수소탱크; 및 음극부에서의 화학반응을 통해 발생한 수산화나트륨을 저장하는 NaOH 탱크를 더 포함하고, 염소기체는 생산수저장탱크로 공급되어 생산수를 소독하고, 수산화나트륨은 음극부에 유입되는 제2생산수에 투입되어, 제2생산수의 pH를 조절하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0039] 본 발명은 기존에 해수담수화 과정에서 폐수로 배출되는 농축수로부터 미래의 에너지원인 수소기체를 생산하고, 담수화공정에서 소비되는 염소, 수산화나트륨 및 염산을 자체 생산할 수 있다.

[0040] 본 발명은 염소-알칼리공정부에서 얻은 수소기체에 의한 수소에너지를 수소 버스 및 연료전지의 구동원으로 활용할 수 있다.

[0041] 이에 따라, 본 발명은 염이 함유된 유입수(예컨대, 해수)로부터 생산수(예컨대, 담수)와 수소에너지를 지속적으로 생산할 수 있다.

[0042] 본 발명은 태양열을 이용하여 농축수를 가열하고, 태양에너지에서 생산된 전기에너지를 염소-알칼리공정부의 구동원으로 활용하여, 수소 생산가능한 담수시스템의 운영비용을 절감할 수 있다.

[0043] 본 발명은 염소-알칼리공정부에서 발생된 염소기체를 생산수 소독 시 사용하여 소독 시 소모되는 약품비용을 줄일 수 있다.

[0044] 또한, 본 발명은 염소-알칼리공정부에서 배출된 희석농축수를 바다로 배출하지 않고 농축수전처리부로 공급하여, 기존에 염도가 높은 농축수가 바다로 방류됨에 따른 생태계 파괴를 줄일 수 있다.

[0045] 본 발명은 염소-알칼리공정부의 방전 시 발생된 부산물인 수산화나트륨수용액을 염소-알칼리공정에서 pH를 조절하는 수처리약품으로 사용하여 약품비용을 줄일 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명은 염소-알칼리공정부에서 생산된 염소기체와 수소기체로부터 염산을 자체 생산할 수 있어, 농축수의 수처리시 소비되는 약품비용을 줄일 수 있다.

[0047] 해수를 이용하여 수소기체를 생산하기 위해서는 고농도의 NaCl 농축수가 필요로 하는데, 본 발명은 고농도의 NaCl용액의 투입없이도, 해수를 담수화처리하는 공정에서 배출된 농축수를 이용하여 수소기체를 생산할 수 있다.

[0048] 본 발명은 해수전지부의 충전시 유입수를 전기분해시키면서 염소기체를 발생시켜 염이 빠져나가면서 염도가 낮

아진 희석유입수를 역삼투공정을 통해 담수화시켜, 역삼투공정의 에너지소비량을 줄일 수 있다.

[0049] 또한, 본 발명은 유입수의 전기분해를 통해 해수전지부에 전기에너지를 충전하고, 농축수의 수처리 공정을 통해 수소기체를 발생시켜서 신재생에너지의 에너지 활용도를 높일 수 있다,

[0050] 본 발명은 해수전지부의 방전시 이산화탄소(CO_2)를 흡수해서 농축수 내의 2가 양이온, 예컨대, Ca^{2+}나 Mg^{2+} 이온을 제거하여, 농축수를 농축시키는 증발과정에서 농축수에 함유된 2가 양이온이 증류막에 부착되어 생기는 스케일링을 방지할 수 있다. 이로 인해, 본 발명은 농축수를 농축하기 전에 2가 이온 제거를 위해 필요한 나노여과 공정 및 스케일링 방지(antiscalant) 공정을 생략할 수 있다. 그리고, 본 발명은 증발공정시 증류막 또는 멤브레인에 생기는 스케일링을 방지하여, 농축수 수처리부의 사용수명을 연장할 수 있다.

[0051] 본 발명은 고염도의 농축수를 염으로 결정화시켜, 염을 재활용하거나 폐기물로 처리할 수 있다. 본 발명은 고농도의 농축수가 바다로 방류됨 따른 해양생태계의 파괴를 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0052] 도 1은 종래기술에 따른 해수담수화공정 구성도를 개략적으로 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 담수화공정부의 수처리 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 농축공정부의 수처리 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 제1실시예에 따른 침전공정부의 수처리 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 농축수전처리부의 수처리 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 제1실시예에 따른 염소-알칼리공정부의 수처리 흐름도이다.

도 8은 본 발명의 제2실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 9 및 도 10은 본 발명의 제2실시예에 따른 해수전지부의 충방전 및 담수화공정을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 수소생산용 담수화부의 수처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 본 발명의 제2실시예에서, 농축수가 염소-알칼리공정부를 거치면서 수소기체를 발생시키는 공정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 이하에서는 첨부도면을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템에 대해 설명하기로 한다.

[0055] ● 제 1 실시예

[0056] 본 발명은 기존에 해수담수화 과정에서 폐수로 배출되는 농축수로부터 미래의 에너지원인 수소기체를 생산하고, 담수화공정에서 소비되는 염소, 수산화나트륨 및 염산을 자체 생산하기 위한 것이다.

[0057] 도 2를 참조하면, 수소 생산가능한 담수시스템(100)은, 담수화공정부(110), 농축공정부(120), 침전공정부(130), 농축수전처리부(140), 염소-알칼리공정부(150), NaOH탱크(161), 수소탱크(163), 염소탱크(165), 염산반응부(170), 염산탱크(180), 생산수저장탱크(190) 및 농축수 결정화부(198)를 포함한다.

[0058] 담수화공정부(110)는 염이 함유된 유입수(예컨대, 해수)가 역삼투 공정을 거치면서 염이 제거된 생산수(예컨대, 담수)와, 염이 농축된 농축수로 수처리하는 장치이다.

[0059] 담수화공정부(110)는 고압펌프(111), 역삼투공정부(112) 및 에너지회수부(113)를 포함한다.

[0060] 역삼투공정부(112)는 역삼투 공정이 수행되는 장치이다. 역삼투공정부(112)는 생산수의 종류(식용수, 농업용수, 공업용수)에 따라 유입수에서 염이 제거되는 정도에 따라 역삼투 공정이 여러 번 수행될 수 있다.

[0061] 에너지회수부(113)는 역삼투공정부(112)에서 배출된 농축수를 공급받아, 농축수의 압력을 회수하는 장치이다.

[0062] 도 3을 참조하여, 담수화공정부(110)의 수처리 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0063] 고압펌프(111)는 바다에서 유입수를 펌핑하여 역삼투공정부(112)로 한다.

[0064] 역삼투공정부(112)는 역삼투 공정을 통해, 유입수를 생산수와 농축수로 분리한다. 해수담수화 공정에서 사용되는 역삼투 공정은 공지된 기술인 바, 본 명세서에서는 이에 대한 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0065] 역삼투공정부(112)에서 배출된 생산수는 생산수저장탱크(190)에 저장된다.

[0066] 역삼투공정부(112)에서 배출된 농축수는 에너지회수부(113)에서 고압의 농축수의 압력이 회수된다. 농축수는 에너지회수부(113)에 의해 에너지가 회수된 후, 농축공정부(120)로 공급된다.

[0067] 일반적으로 해수의 경우 3.5%의 염도를 가진다. 담수화공정부(110)를 거친 농축수의 경우 대략 6%의 염도를 가진다. 후술할 염소-알칼리공정에서 약 25%의 고농도 염화나트륨 용액이 유입수로 요구되어, 본 실시예에서는 염소-알칼리공정을 수행하기 앞서 농축수를 농축하는 공정이 선행된다.

[0068] 농축공정부(120)는 담수화공정부(110)와 침전공정부(130) 사이에 설치된다. 농축공정부(120)는 증발공정을 통해, 농축수의 염의 농도를 고농도로 농축한다. 농축공정부(120)는 6%의 염도를 가진 농축수를 대략 25%의 염도로 농축수를 농축할 수 있다.

[0069] 도 4에 도시된 바와 같이, 농축공정부(120)는 농축수탱크(121), 가열장치(122) 및 증발부(124)를 포함한다.

[0070] 농축수탱크(121)는 에너지회수부(113)를 경유한 농축수가 저장되는 탱크이다. 농축수탱크(121)에서, 농축수는 태양열 또는 별도의 가열장치(122)에 의해 가열된다. 가열된 농축수는 증발부(124)로 공급된다.

[0071] 증발부(124)는 증발공정을 통해 농축수를 제2생산수와 제2농축수로 분리한다. 증발공정은 증발부(124)로 유입된 농축수의 유량에 따라 막증발공정(MD), 다단증발공정(MSF) 또는 다중효용증발공정(MED) 중 어느 하나가 선택되어 수행될 수 있다. 막증발공정(MD), 다단증발공정(MSF) 또는 다중효용증발공정(MED)은 공지된 증발공정인 바, 본 실시예에서는 이에 대한 설명은 생략하기로 한다.

[0072] 제2생산수는 농축공정부에서 생산수저장탱크(190)로 공급된다. 그리고, 제2생산수의 일부는 염소-알칼리공정부(150)의 음극부로 공급될 수 있다. 음극부(155)에서, 제2생산수는 수산화나트륨용액과 혼합된 후 캐소드의 전해질로 사용된다.

[0073] 제2농축수는 농축수의 염도보다 높은 염도로 농축된 농축수이다. 제2농축수는 농축공정부에서 침전공정부(130)로 공급된다.

[0074] 도 5에 도시된 바와 같이, 침전공정부(130)는 농축공정부(120)와 농축수전처리부(140) 사이에 설치된다. 침전공정부(130)는 농축공정부(120)에서 제2농축수를 공급받아, 수산화나트륨으로 약품처리하여, 제2농축수의 침전반응을 발생시킨다. 여기서, 수산화나트륨의 일부는 염소-알킬리공정부에서 생산된 것이다.

[0075] 침전공정부(130)에서, 제2농축수는 수산화나트륨과의 침전반응에 의해, 2가 양이온(Ca^{2+}, Mg^{2+} 등)이 제거된 제3농축수로 수처리된다. 제3농축수는 제2농축수에서 2가 양이온이 제거된 농축수이다. 제3농축수는 침전공정부(130)에서 배출되어, 농축수전처리부(140)로 공급된다.

[0076] 도 6에 도시된 바와 같이, 농축수전처리부(140)는 침전공정부(130)와 염소-알칼리공정부(150) 사이에 설치된다. 농축수전처리부(140)는 침전공정부에서 공급받은 제3농축수에 염산을 투입하여, 제3농축수를 제3농축수의 pH보다 낮은 pH를 가진 제4농축수로 수처리한다.

[0077] 본 발명은 염소-알칼리공정부(150)로 유입되기 전에 농축수의 pH를 낮춰, 염소-알칼리공정부(150)에서 농축수가 염소기체와 반응하여 차아염소산(HClO) 및 기타 화합물로 생성되는 것을 방지할 수 있다.

[0078] 농축수전처리부(140)는 제3농축수, 희석농축수 및 염산을 공급받고, 제4농축수를 배출한다. 제3농축수는 제4농축수보다 높은 pH를 가진 농축수이다. 희석농축수는 제4농축수보다 염도가 낮은 농축수이다. 그리고, 염산은 농축수의 pH를 조절하기 위해 사용되는 화학약품이다. 본 실시예에서, 염산은 염소-알칼리공정부(150)에서 발생된 염소기체 및 수소기체로부터 제조된다. 염산은 염산탱크(180)에서 농축수전처리부(140)로 공급된다.

[0079] 이하에서는 도 7을 참조하여, 염소-알칼리공정부에 대해 설명하기로 한다.

[0080] 염소-알칼리공정부(150)는 내부공간이 분리막에 의해 양극부(151)와 음극부(155)로 구획된다. 양극부(151)에는 애노드(152)가 설치된다. 그리고, 음극부(155)에는 캐소드(156)가 설치된다. 애노드(152)와 캐소드(156)는 전기

적으로 연결된다.

[0081] 염소-알칼리공정부(150)는 태양광 전기에너지를 통해 농축수를 전기분해하여 양극부(151)에서 염소기체를 생산하고, 음극부(155)에서 수소기체 및 수산화나트륨을 생산한다.

[0082] 양극부(151)에는 제1유체유입구(151a), 제1유체배출구(151b) 및 제1기체배출구(151c)가 마련된다. 제1유체유입구(151a)는 침전공정부(130)와 연결되어, 제4농축수가 유입되는 통로이다. 제1유체배출구(151b)는 희석농축수가 배출되는 통로이다. 제1유체배출구(151b)는 침전공정부(130)에 연결된다. 제1기체배출구(151c)는 염소기체가 배출되는 통로이다. 제1기체배출구(151c)는 염소탱크(165)에 연결된다.

[0083] 음극부(155)에는 제2유체유입구(155a), 제2유체배출구(155b) 및 제2기체배출구(155c)가 마련된다. 제2유체유입구(155a)는 수산화나트륨용액과 혼합된 생산수가 유입되는 통로이다.

[0084] 제2유체유입구(155a)는 농축공정부(120)의 제2생산수의 배출통로에 연결되어, 제2생산수를 공급받는 통로이다. 이때 NaOH 탱크에서 수산화나트륨용액도 함께 공급받는다. 또는, 제2유체유입구(155a)는 생산수저장탱크(190)에 연결되어, 생산수저장탱크(190)로부터 생산수를 공급받을 수도 있다.

[0085] 제2유체배출구(155b)는 수산화나트륨용액이 배출되는 통로이다. 제2유체배출구(155b)는 NaOH탱크(161)에 연결된다. 제2기체배출구(155c)는 수소기체가 배출되는 통로이다. 제2기체배출구(155c)는 수소탱크(163)에 연결된다.

[0086] 도 7을 참조하여, 염소-알칼리공정부(150)의 양극부(151)에서, 염소기체가 생산되는 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0087] 염소-알칼리공정부(150)로 전력이 공급될 때, 애노드(152)와 캐소드(156)에는 전류가 인가된다. 이때, 사용되는 전력원은 태양에너지로 생산된 태양광 전기에너지가 사용될 수 있다.

[0088] 염소-알칼리공정부(150)의 애노드(152)와 캐소드(156)로 전류가 인가되면, 전자(e)가 애노드(152)에서 캐소드(156)로 이동된다. 양극부(151)에 저장된 제4농축수는 애노드(152)의 전해질로, 하기 식 (1)에 따라,화학반응을 일으킨다.

[0089] $2NaCl(aq) \rightarrow 2Na^{+}(aq) + Cl_2(g) + 2e^{-}$ .....식 (1)

[0090] 상기 식(1)에 따라, 제4농축수에 함유된 염(NaCl)은 나트륨이온과 염소기체로 분리된다.

[0091] 나트륨이온은 양극부(151)와 음극부(155)를 구획하는 분리막을 통과해, 양극부(151)에서 음극부(155)로 이동된다.

[0092] 염소기체는 포집되어, 염소탱크(165)에 저장된다. 염소기체는 생산수저장탱크(190)로 공급되어, 생산수를 소독하는 약품으로 사용될 수 있다. 또한, 염소기체는 염산반응부(170)로 공급되어, 염산을 생산하는 원료로 사용될 수 있다.

[0093] 본 발명은 별도의 염소약품을 사용하지 않고도, 염소-알칼리공정부(150)에서 생산된 염소기체를 이용하여 생산수를 소독할 수 있고, 염산을 자체 생산하여 수처리공정의 pH를 조절하기 위해 소비되는 약품처리비용을 절감할 수 있다.

[0094] 제4농축수는 상기 식(1)에 의한 화학반응에 의해 염이 제거되면서, 염도가 낮아진다. 본 실시예에서는 제4농축수보다 염도가 낮은 농축수에 대해 희석농축수라 지칭한다.

[0095] 희석농축수는 양극부(151)에서 농축수전처리부(140)로 배출된다. 본 발명은 희석농축수를 그대로 바다로 방류하지 않고, 농축수전처리부(140)로 배출하여, 희석농축수가 그대로 바다로 방류됨에 따른 환경오염을 방지할 수 있다.

[0096] 염소-알칼리공정부(150)의 음극부에서, 수소기체 및 수산화나트륨이 생산되는 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0097] 제2생산수는 수산화나트륨에 의해 pH가 조절되어, 음극부(155)로 제공된다. 제2생산수는 농축공정부(120)에서 수처리된 담수이다. 제2생산수는 캐소드(156)의 전해질이다. 수산화나트륨은 염소-알칼리공정부(150)에서 생산된 것이다.

[0098] 염소-알칼리공정부(150)의 음극부(155)에서는 제2생산수를 전해질로 하여, 생산수를 수소기체와 수산화기(OH^-)로 전기분해하여 수소기체를 생산한다. 수소기체를 생산하는 화학식은 식(2)이다.

[0099] 수소기체는 제2기체배출구(155c)를 통해 수소탱크(163)에 저장된다. 수소기체는 수소에너지로 사용될 수 있다.

[0100] $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$.....식 (2)

[0101] $2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow 2NaOH(aq)$.....식 (3)

[0102] 염소-알칼리공정부(150)의 음극부(155)에서는 농축수의 염에서 분해된 나트륨이온과 수산화기(OH-)의 화학반응으로 수산화나트륨을 생산한다. 수산화나트륨을 생산하는 화학식은 식(3)이다.

[0103] 수산화나트륨용액은 제2유체배출구(155b)를 통해 NaOH탱크(161)에 저장된다. 수산화나트륨용액은 유입수를 수처리하는 과정에서 유체의 pH를 조절하는데 사용된다.

[0104] 수산화나트륨은 상술한 염소-알칼리공정부(150)의 음극부(155)로 유입되는 생산수의 pH를 조절하는 화학약품으로 사용된다. 또한, 수산화나트륨은 담수화공정부(110) 및/또는 침전공정부(130) 등 농축수 및/또는 생산수의 pH를 조절하는 화학약품으로 사용된다.

[0105] 본 발명은 수산화나트륨용액을 유입수에 투입하여 유입수의 pH를 높여, 역삼투 공정을 통과하는 유입수에서 보론이나 실리카 등 특정 물질의 제거율을 높일 수 있고, 역삼투 공정을 통과한 이산화탄소가 탄산이온이나 중탄산이온으로 바뀌어 알칼리도를 회수할 수 있다. 아울러, 본 발명은 미네랄 주입 후 낮은 pH를 가진 생산수에 수산화나트륨수용액을 투입하여, 생산수가 유동하는 관망의 부식을 방지할 수 있다.

[0106] 한편, 염산은 다음과 같은 과정에 의해 생산된다.

[0107] 염소-알칼리공정부(150)에서 생산된 염소기체와 수소기체는 각각 염산반응부(170)로 공급된다. 염산을 생산하는 화학식은 식(4)이다. 염산반응부(170)에서 생산된 염산은 염산탱크(180)에 저장된다.

[0108] $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(l)$.....식 (4)

[0109] 본 발명은 염소-알칼리공정부(150)에 생산된 염소기체와 수소기체를 통해 염산은 자체 생산하고, 이를 농축수의 pH를 조절하는 화학약품으로 사용하여, 수소 생산가능한 담수시스템의 운영시 소비되는 화학약품비용을 절감할 수 있다.

[0110] 또한, 농축수 결정화부(198)는 결정화공정을 통해 희석농축수에서 수분을 제거하여, 희석농축수를 염(NaCl)으로 결정화한다. 결정화공정은 희석농축수를 가열하여, 희석농축수 내의 수분이 수증기로 빠져나가면서 희석농축수 내의 염이 결정화되는 것인다.

[0111] 본 발명은 고염도의 제2농축수를 염(NaCl)으로 결정화시켜, 결정화 된 염(NaCl)을 재활용하거나 폐기물로 처리할 수 있다. 본 발명은 고농도의 농축수가 바다로 방류됨 따른 해양생태계의 파괴를 방지할 수 있다.

[0113] ● 제 2 실시예

[0114] 이하에서는 도 8 내지 도 12을 참조하여, 수소 생산가능한 담수시스템(200)에 대해 설명하기로 한다.

[0115] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수소 생산가능한 담수시스템(200)은, 유입수 수처리부(210), 수소생산용 담수화부(230), 농축수 결정화부(240), 에너지 공급부(250), 생산수저장탱크(271), 염소탱크(273), 수소탱크(275), NaOH탱크(277)를 포함한다.

[0116] 도 8 내지 도 10을 참조하여, 유입수 수처리부(210)에 대해 설명하기로 한다. 본 실시예에서, 유입수 수처리부(210)는 해수전지부(211)와 담수화공정부(214)로 구성된다.

[0117] 해수전지부(211)는 유입수 내 이온의 산화·환원 반응을 통해 전기에너지를 충전한다. 방전시, 전기에너지는 담수화공정부(214)의 에너지원으로 사용될 수 있다.

[0118] 해수전지부(211)는 충전부(212)와 방전부(213)로 구성된다. 충전부(212)는 에너지 공급부(250)가 전기적으로 연결된다. 에너지 공급부(250)는 태양광 발전, 수력 발전, 풍력발전 등 신재생에너지를 발전하고, 생산된 전기에너지를 충전부(212)로 인가한다.

[0119] 도 9를 참조하여, 해수전지부(211)의 충전과정을 설명하면 다음과 같다.

[0120] 해수전지부(211)의 충전시, 충전부(212)로 신재생 에너지가 인가되면, 충전부(212)에서 유입수를 전해질로 하여

식 (1)에 따라 화학반응이 발생하면서 유입수 내의 염이 나트륨이온과 염소이온으로 전기분해된다.

[0121] 염소이온은 염소기체로 산화되어, 충전부(212)에서 포집되어, 염소탱크(273)에 저장된다. 나트륨이온은 분리막을 통해 충전부(212)에서 방전부(213)로 유동한다.

[0122] $2NaCl(aq) \rightarrow 2Na^{+}(aq) + Cl_2(g) + 2e^{-}$ .....식 (1)

[0123] 염소기체는 담수화공정부(214)에서 생산된 제1생산수를 소독하는 약품으로 사용될 수 있다. 본 발명은 해수전지부(211)에서 제1생산수를 소독하는데 소비되는 염소기체를 자체생산하여, 약품처리비용을 절감시킬 수 있다.

[0124] 유입수 내의 염은 식(1)에 따라 전기분해되면서 제거된다. 본 실시예에서는 충전부(212)의 충전과정을 거치면서 염도가 낮아진 유입수에 대해, 희석유입수라 지칭하기로 한다.

[0125] 희석유입수는 충전부(212)에서 담수화공정부(214)로 배출된다. 담수화공정부(214)는 역삼투공정을 통해 희석유입수를 수처리한다. 희석유입수는 담수화공정부(214)를 거치면서, 제1생산수와 제1농축수로 수처리된다. 제1생산수는 생산수저장탱크(271)에 저장된다. 그리고, 제1농축수는 방전부(213)로 공급된다. 제1농축수는 희석유입수보다 염도가 높다.

[0126] 역삼투공정은 제1생산수의 종류(식용수, 농업용수, 공업용수)에 따라 유입수에서 염이 제거되는 정도에 따라 역삼투 공정이 여러 번 수행될 수 있다. 해수담수화 공정에서 사용되는 역삼투 공정은 공지된 기술인 바, 본 명세서에서는 이에 대한 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0127] 본 발명은 해수전지부(211)의 충전시 유입수를 전기분해시키면서 염소기체를 발생시켜 염이 빠져나가면서 염도가 낮아진 희석유입수를 역삼투공정을 통해 담수화시켜, 역삼투공정을 운전하는데 사용되는 에너지량을 저감할 수 있다.

[0128] 도 10을 참조하여, 해수전지부(211)의 방전과정을 설명하면 다음과 같다.

[0129] 해수전지부(211)의 방전시, 방전부(213)에는 제1농축수와 이산화탄소가 공급된다. 제1농축수는 담수화공정부(214)를 거치면서 유입수보다 염도가 높게 농축된 것이다.

[0130] 방전부(213)의 방전시, 제1농축수 내에 함유된 2가 양이온(예컨대, Ca^{2+}나 Mg^{2+} 이온)과 이산화탄소가 화학반응을 일으키면서, 제1농축수에서 2가 양이온이 제거된다. 이산화탄소는 탄산이온CO_3^{2-})으로 환원된다.

[0131] 칼슘이온(Ca^{2+})은 탄산이온(CO_3^{2-})와 화학반응하여, 탄산칼슘($CaCO_3$)으로 석출된다. 마그네슘이온(Mg^{2+})은 탄산이온(CO_3^{2-})와 화학반응하여, 탄산마그네슘($MgCO_3$)으로 석출된다.

[0132] 방전부(213)의 방전시, 제1농축수와 이산화탄소의 화학반응을 통해, 제1농축수에서 2가 양이온이 제거된다. 방전부(213)의 방전시, 나트륨은 나트륨이온으로 산화되면서, 2가 양이온이 제거된 제1농축수의 염도를 높인다.

[0133] 본 발명은 해수전지부(211)의 방전시 이산화탄소(CO_2)를 흡수해서 농축수 내의 2가 양이온, 예컨대, 칼슘이온(Ca^{2+})이나 마그네슘이온(Mg^{2+})을 제거하여, 농축수 수처리부(231)의 농축공정시 2가 양이온에 의한 스케일링을 방지할 수 있어, 농축수를 농축하기 전에 2가 이온 제거를 위해 필요한 나노여과 공정 및 스케일링 방지(antiscalant) 공정을 생략할 수 있다.

[0134] 방전부(213)의 방전시, 해수전지부(211)에 충전된 전기에너지는 담수화공정부(214)로 공급되어, 담수화공정부(214)의 에너지원으로 사용가능하다.

[0135] 이하에서는 도 11 및 도 12를 참조하여, 수소생산용 담수화부(230)에 대해 설명하기로 한다.

[0136] 수소생산용 담수화부(230)는 농축수 수처리부(231), 농축수 전처리부(232), 염소-알칼리공정부(233)를 포함한다. 농축수 수처리부(231)는 2가 양이온이 제거된 제1농축수를 공급받아, 증발공정을 통해 농축수를 제2농축수와 제2생산수로 수처리한다.

[0137] 제2농축수는 증발공정을 통해 후술할 염소-알칼리공정부(233)에서 수소기체를 발생시킬 정도의 염도(24~26%의 NaCl)로 농축되는 것이 바람직하다. 제2농축수는 제1농축수보다 염도가 높다. 제2농축수는 농축수 전처리부(232)에서 pH가 조절된 후, 염소-알칼리공정부(233)로 공급된다. 제2생산수는 생산수저장탱크(271)에 저장된다.

[0138] 증발공정은 막증발공정(MD), 다단증발공정(MSF) 또는 다중효용증발공정(MED) 중 어느 하나가 선택되어 수행될 수 있다. 막증발공정(MD), 다단증발공정(MSF) 또는 다중효용증발공정(MED)은 공지된 증발공정인 바, 본 실시예에서는 이에 대한 설명은 생략하기로 한다.

[0139] 농축수 전처리부(232)는 제2농축수에 염산을 투입하여, 제2농축수의 pH보다 낮은 pH로, 제2농축수의 pH를 조절한다. 염산은 농축수의 pH를 조절하기 위해 사용되는 화학약품이다. 염산은 염소-알칼리공정부(233)에서 발생된 염소기체 및 수소기체로부터 제조가능하다.

[0140] 본 발명은 제2농축수가 염소-알칼리공정부(233)로 유입되기 전에 제2농축수의 pH를 낮춰, 염소-알칼리공정부(233)에서 제2농축수가 염소기체와 반응하여 차아염소산(HClO) 및 기타 화합물로 생성되는 것을 방지할 수 있다.

[0141] 이하에서는 도 12를 참조하여, 염소-알칼리공정부(233)에 대해 설명하기로 한다.

[0142] 염소-알칼리공정부(233)는 내부공간이 분리막에 의해 양극부(234)와 음극부(235)로 구획된다. 양극부(234)에는 애노드(234a)가 설치된다. 그리고, 음극부(235)에는 캐소드(235a)가 설치된다. 애노드(234a)와 캐소드(235a)는 전기적으로 연결된다.

[0143] 염소-알칼리공정부(233)는 태양광 전기에너지를 통해 농축수를 전기분해하여 양극부(234)에서 염소기체를 생산하고, 음극부(235)에서 수소기체 및 수산화나트륨을 생산한다. 양극부(234)는 염소탱크(273)와 농축수 결정화부(240)에 연결된다. 음극부(235)는 수소탱크(275)와 NaOH탱크(277)에 연결된다.

[0144] 염소-알칼리공정부(233)의 양극부(234)에서, 염소기체가 생산되는 과정을 설명하면 다음과 같다. 염소-알칼리공정부(233)로 전력이 공급될 때, 애노드(234a)와 캐소드(235a)에는 전류가 인가된다. 이때, 사용되는 전력원은 에너지 공급부(250)의 신재생 에너지가 사용될 수 있다.

[0145] 염소-알칼리공정부(233)의 애노드(234a)와 캐소드(235a)로 전류가 인가되면, 전자(e)가 애노드(234a)에서 캐소드(235a)로 이동된다. 양극부(234)에 저장된 제2농축수는 애노드(234a)의 전해질로, 하기 식 (1)에 따라,화학반응을 일으킨다.

[0146] $2NaCl(aq) \rightarrow 2Na^{+}(aq) + Cl_2(g) + 2e^{-}$ .....식 (1)

[0147] 식(1)에 따라, 제2농축수에 함유된 염(NaCl)은 나트륨이온과 염소기체로 분리된다.

[0148] 나트륨이온은 양극부(234)와 음극부(235)를 구획하는 분리막을 통과해, 양극부(234)에서 음극부(235)로 이동된다.

[0149] 염소기체는 포집되어, 염소탱크(273)에 저장된다. 염소기체는 생산수저장탱크(271)로 공급되어, 생산수를 소독하는 약품으로 사용될 수 있다. 또한, 염소기체는 염산을 생산하는 원료로 사용될 수 있다.

[0150] 본 발명은 별도의 염소약품을 사용하지 않고도, 염소-알칼리공정부(233)에서 생산된 염소기체를 이용하여 생산수를 소독할 수 있고, 염산을 자체 생산하여 수처리공정의 pH를 조절하기 위해 소비되는 약품처리비용을 절감할 수 있다.

[0151] 제2농축수는 식(1)에 의한 화학반응에 의해 염이 제거되면서, 염도가 낮아진다. 본 실시예에서는 제2농축수보다 염도가 낮은 농축수에 대해 희석농축수라 지칭한다. 희석농축수는 양극부(234)에서 농축수 결정화부(240)로 배출된다.

[0152] 염소-알칼리공정부(233)의 음극부(235)에서, 수소기체 및 수산화나트륨이 생산되는 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0153] 제2생산수는 수산화나트륨에 의해 pH가 조절되어, 음극부(235)로 제공된다. 제2생산수는 농축공정부(120)에서 수처리된 담수이다. 제2생산수는 캐소드(235a)의 전해질이다. 수산화나트륨은 염소-알칼리공정부(233)에서 생산된 것이다.

[0154] 염소-알칼리공정부(233)의 음극부(235)에서는 제2생산수를 전해질로 하여, 생산수를 수소기체와 수산화기(OH^-)로 전기분해하여 수소기체를 생산한다. 수소기체를 생산하는 화학식은 식(2)이다.

[0155] 수소기체는 음극부(235)에서 포집되어, 수소탱크(275)에 저장된다. 수소기체는 수소에너지로 사용될 수 있다.

[0156] $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$.....식 (2)

[0157] 염소-알칼리공정부(233)의 음극부(235)에서는 농축수의 염에서 분해된 나트륨이온과 수산화기(OH-)의 화학반응으로 수산화나트륨을 생산한다. 수산화나트륨을 생산하는 화학식은 식(3)이다.

[0158] $2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow 2NaOH(aq)$.....식 (3)

[0159] 수산화나트륨은 NaOH탱크(277)에 저장된다. 수산화나트륨은 상술한 염소-알칼리공정부(233)의 음극부(235)로 유입되는 생산수의 pH를 조절하는 화학약품으로 사용된다. 또한, 수산화나트륨은 농축수 및/또는 생산수의 pH를 조절하는 화학약품으로 사용된다.

[0160] 본 발명은 수산화나트륨을 유입수에 투입하여 유입수의 pH를 높여, 역삼투 공정을 통과하는 유입수에서 보론이나 실리카 등 특정 물질의 제거율을 높일 수 있고, 역삼투 공정을 통과한 이산화탄소가 탄산이온이나 중탄산이온으로 바뀌어 알칼리도를 회수할 수 있다. 아울러, 본 발명은 미네랄 주입 후 낮은 pH를 가진 생산수에 수산화나트륨을 투입하여, 생산수가 유동하는 관망의 부식을 방지할 수 있다.

[0161] 염소-알칼리공정부(233)에서 배출된 희석농축수는 농축수 결정화부(240)로 배출된다. 희석농축수는 제2농축수가 전기분해되면서, 제2농축수에서 염소기체가 빠져나가면서 농도가 희석된 농축수이다. 희석농축수의 염도는 제2농축수의 염도보다 낮다.

[0162] 농축수 결정화부(240)는 결정화공정을 통해 희석농축수에서 수분을 제거하여, 희석농축수를 염(NaCl)으로 결정화한다. 결정화공정은 희석농축수를 가열하여, 희석농축수 내의 수분이 수증기로 빠져나가면서 희석농축수 내의 염이 결정화되는 것인다. 농축수 결정화부(240)는 결정화공정시 발생한 수증기를 냉각하여, 제3생산수를 생산할 수 있다. 제3생산수는 생산수저장탱크(271)에 저장된다.

[0163] 본 발명은 고염도의 제2농축수를 염(NaCl)으로 결정화시켜, 결정화 된 염(NaCl)을 재활용하거나 폐기물로 처리할 수 있다. 본 발명은 고농도의 농축수가 바다로 방류됨 따른 해양생태계의 파괴를 방지할 수 있다.

[0165] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

[0166] 100, 200: 수소 생산가능한 담수시스템

110: 담수화공정부 111: 고압펌프

112: 역삼투공정부 113: 에너농축공정

120: 증발공정부 121: 농축수탱크

122: 가열장치 124: 증발부

130: 침전공정부 140: 농축수전처리부

150: 염소-알칼리공정부 151: 양극부

152: 애노드 155: 음극부

156: 캐소드 161: NaOH탱크

163: 수소탱크 165: 염소탱크

170: 염산반응부 180: 염산탱크

190: 생산수저장탱크

210: 유입수 수처리부 211: 해수전지부

212: 충전부 213: 방전부

214: 담수화공정부 230: 수소생산용 담수화부

231: 농축수 수처리부 232: 농축수 전처리부

233: 염소-알칼리공정부 234: 양극부

235: 음극부 240: 농축수 결정화부

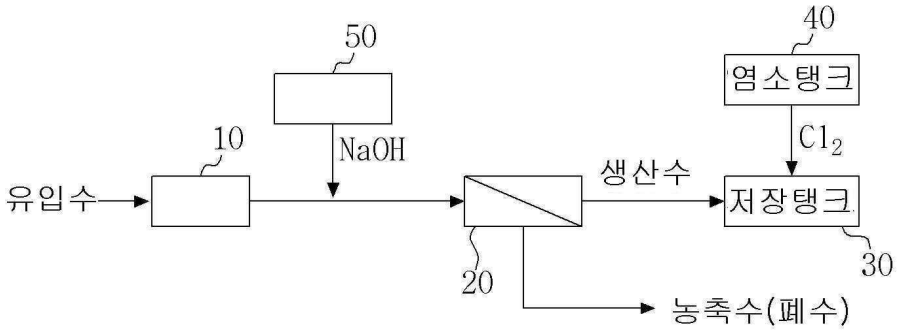
250: 에너지 공급부 271: 생산수저장탱크

273: 염소탱크 275: 수소탱크

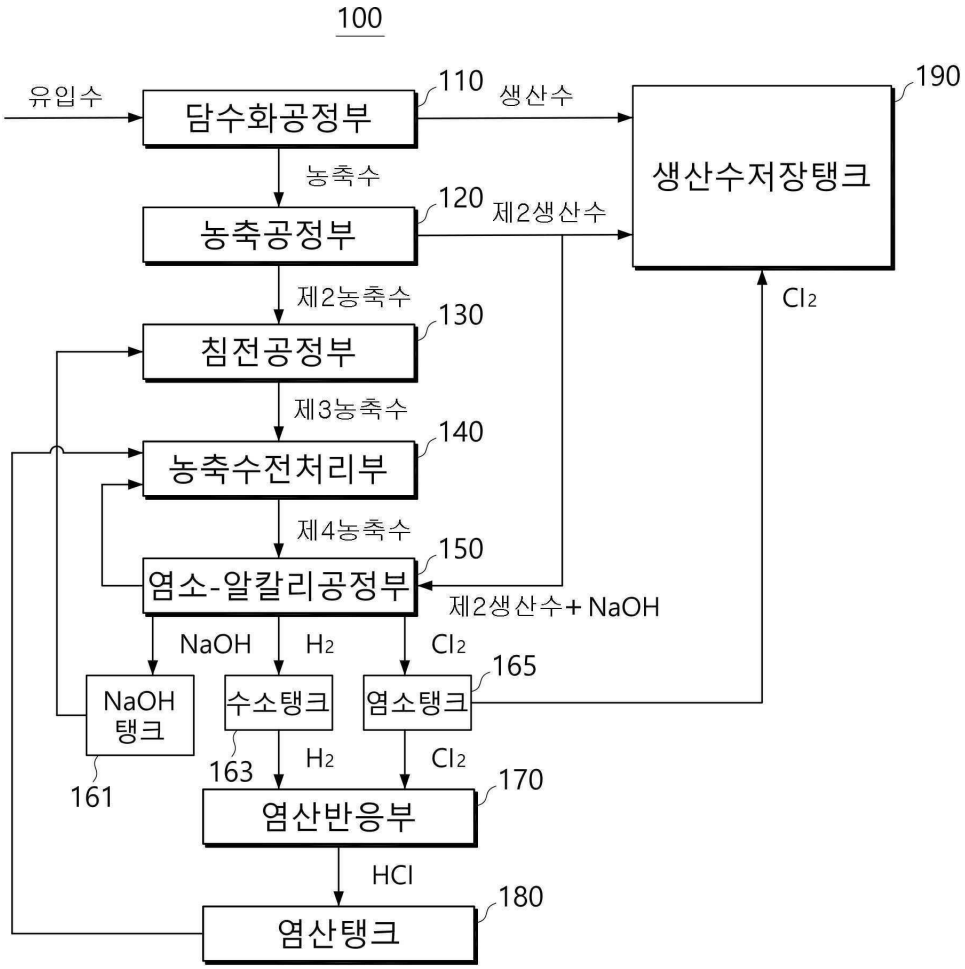
277: NaOH탱크

도면

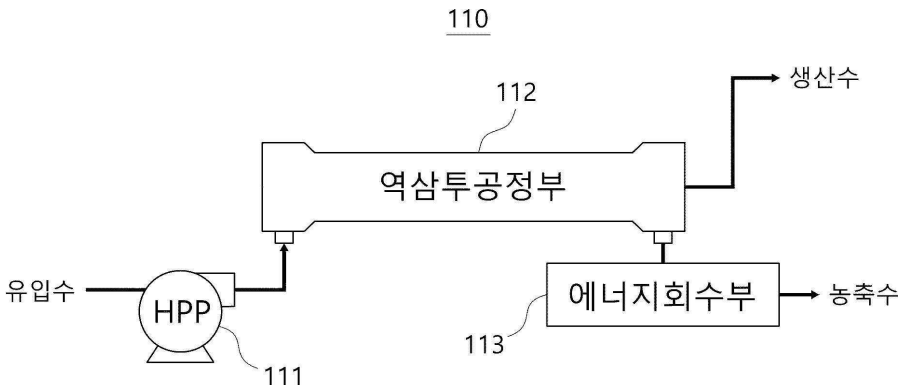
도면1



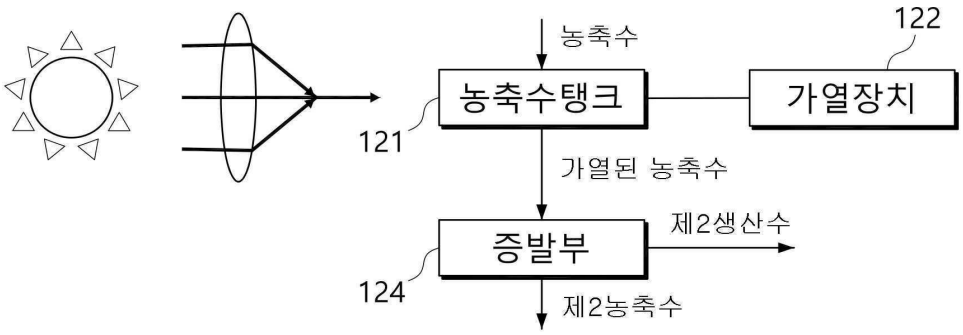
도면2


100
유입수
담수화공정부
110
생산수
190
생산수저장탱크
농축수
농축공정부
120
제2생산수
제2농축수
Cl2
침전공정부
130
제3농축수
농축수전처리부
140
제4농축수
염소-알칼리공정부
150
제2생산수+ NaOH
NaOH
H2
Cl2
165
NaOH 탱크
수소탱크
염소탱크
161
163
H2
Cl2
염산반응부
170
HCl
염산탱크
180

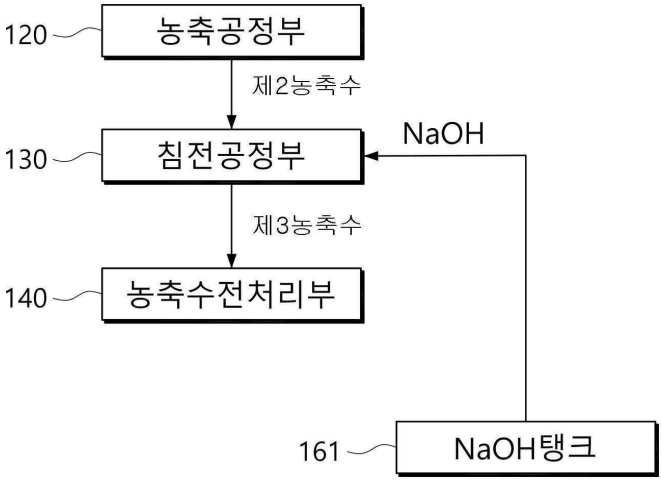
도면3


110
112
생산수
역삼투공정부
유입수
HPP
111
에너지회수부
113
농축수

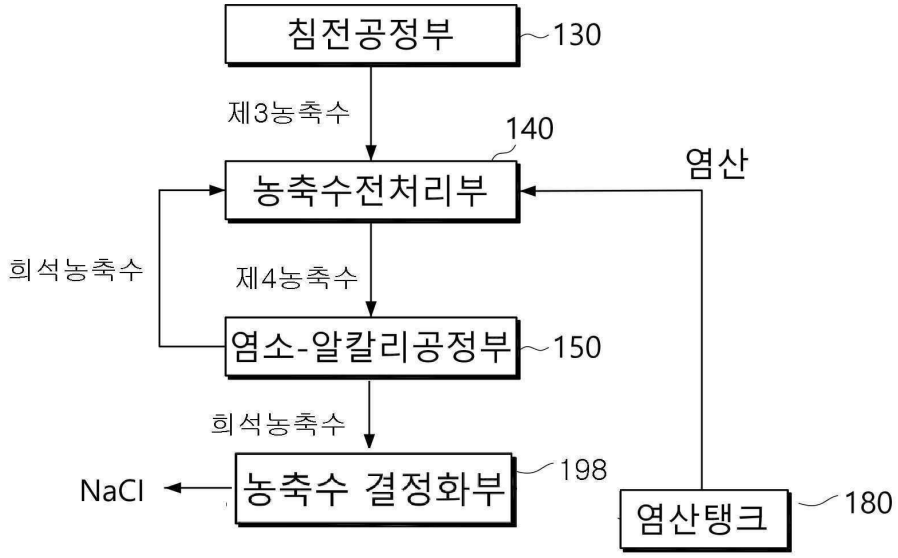
도면4


농축수
122
농축수탱크
가열장치
121
가열된 농축수
증발부
제2생산수
124
제2농축수

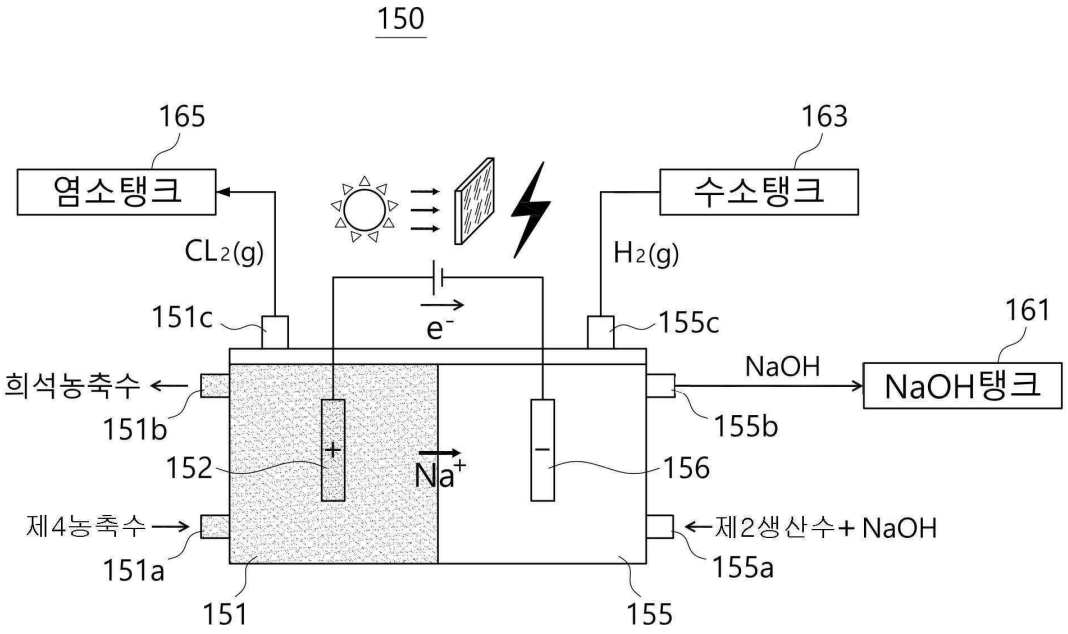
도면5


120
농축공정부
제2농축수
NaOH
130
침전공정부
제3농축수
140
농축수전처리부
161
NaOH탱크

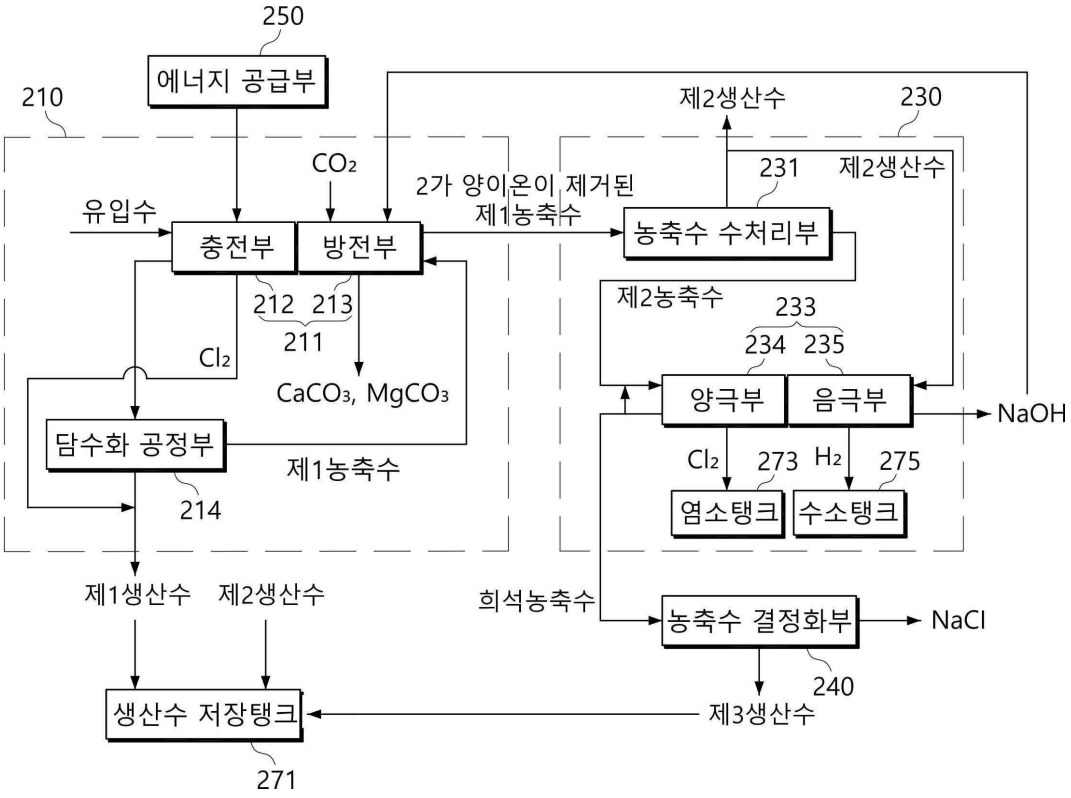
도면6


침전공정부
130
제3농축수
140
염산
농축수전처리부
희석농축수
제4농축수
염소-알칼리공정부
150
희석농축수
198
NaCl
농축수 결정화부
염산탱크
180

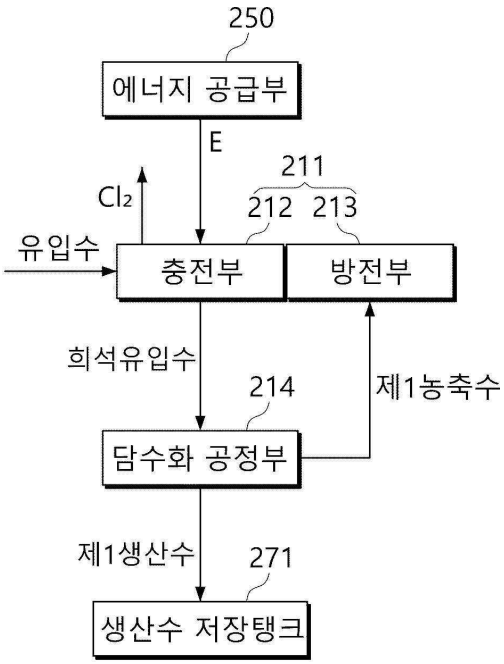
도면7


150
165
염소탱크
163
수소탱크
CL2(g)
H2(g)
e-
151c
155c
161
희석농축수
NaOH
NaOH탱크
151b
155b
152
Na+
156
제4농축수
제2생산수+ NaOH
151a
155a
151
155

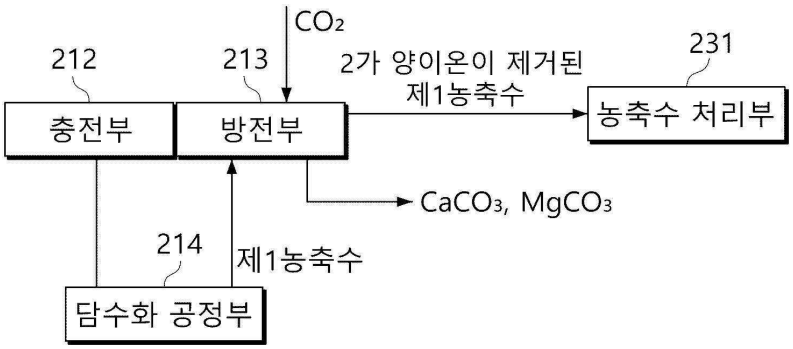
도면8


250
에너지 공급부
210
제2생산수
230
CO2
231
제2생산수
2가 양이온이 제거된
제1농축수
유입수
충전부
방전부
농축수 수처리부
212 213
211
제2농축수
233
234 235
Cl2
CaCO3, MgCO3
양극부
음극부
NaOH
담수화 공정부
제1농축수
Cl2
273
H2
275
214
염소탱크
수소탱크
제1생산수
제2생산수
희석농축수
농축수 결정화부
NaCl
240
생산수 저장탱크
제3생산수
271

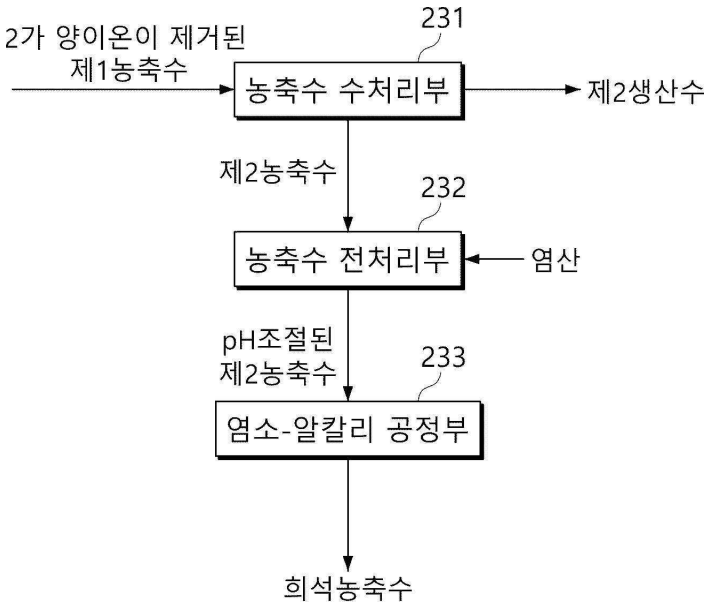
도면9



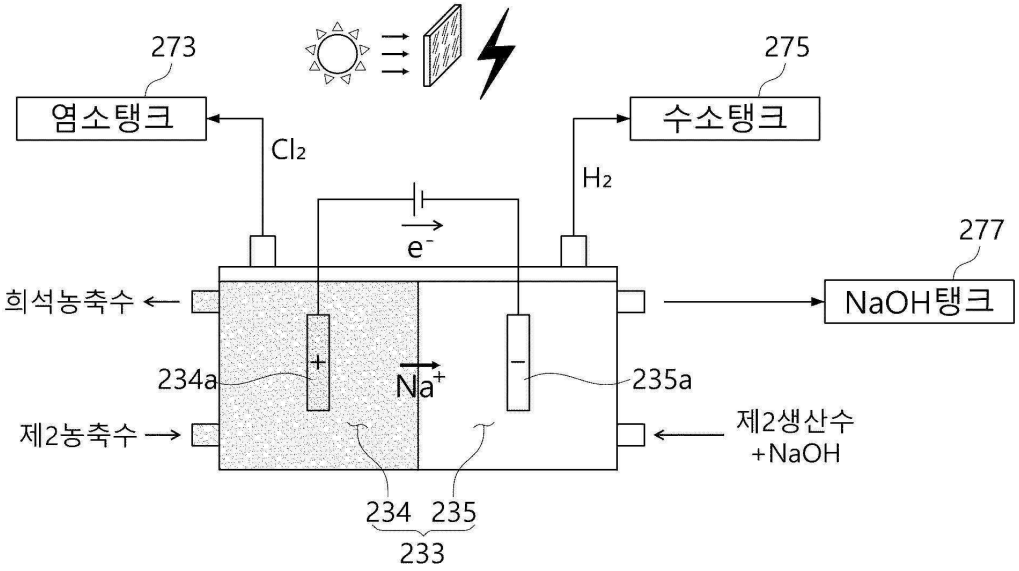
도면10



도면11



도면12


273
염소탱크
Cl2
275
수소탱크
H2
e-
277
NaOH탱크
희석농축수
234a
Na+
235a
제2농축수
제2생산수
+NaOH
234
235
233