(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0089230
(43) 공개일자 2017년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/44 (2006.01) *B01D 61/00* (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01) *B01D 61/08* (2006.01)
B01D 61/10 (2006.01) *C02F 103/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 1/44 (2013.01)
B01D 61/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0009380
(22) 출원일자 2016년01월26일
심사청구일자 2016년01월26일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
양대륙
서울특별시 성북구 종암로25길 30, 111동 1903호 (종암동, 종암삼성래미안아파트)
박기호
서울특별시 성동구 행당로3길 13, 지하 1층 01호 (금호동1가)
(74) 대리인
김순웅

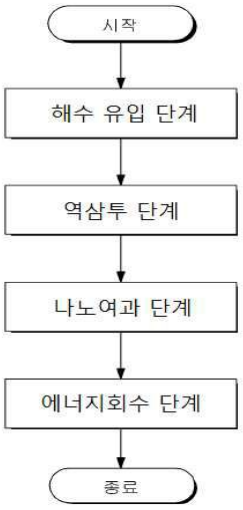
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용한 해수담수화 방법**

(57) 요 약

본 발명은 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용한 해수담수화 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 해수담수화 방법은 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용함으로써 기존 역삼투법에 비해 최대 요구 압력이 낮아지고, 막 오염 현상이 감소하며 저 에너지를 필요로한다. 또한, 막 교체 비용 및 장치 설치 비용이 감소하여 경제적이며 우수한 품질의 담수를 생산하는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01D 61/025 (2013.01)
B01D 61/027 (2013.01)
B01D 61/08 (2013.01)
B01D 61/10 (2013.01)
C02F 1/441 (2013.01)
C02F 1/442 (2013.01)
C02F 2103/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 G031580023
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지인력양성사업
연구과제명 [RCMS][주관]화학공정 에너지효율향상 고급트랙[에너지정책연계/융복합트랙]
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2015.08.01 ~ 2016.07.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(1) 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는 단계;

(2) 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는 단계; 및

(3) 상기 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는 단계;를 포함하는, 역삼투 기반의 해수담수화 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (1)단계에서 해수는 불순물을 여과하여 전처리된 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 (1)단계에서 유도용액은 양이온, 음이온 또는 염(salt)의 유도용질을 포함하는 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 유도용질은 2가 이온을 포함하는 물질인 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 유도용질은 Na_2CO_3, K_2CO_3, $MgCO_3$, $CaCO_3$, Na_2SO_4, K_2SO_4, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $MgCl_2$, $CaCl_2$, 및 $C_6H_{12}O_6$로 이루어진 군에서 선택된 1종이상인 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 (2)단계에서 압력은 10 내지 50 bar인 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 (2) 또는 (3)단계에서 온도는 20 내지 40℃인 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 (2)단계에서 농축염수가 생성되며, 이로부터 압력 에너지를 회수하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 (3)단계에서 나노여과는 유도용질의 분자량보다 투과분자량이 작은 나노여과 막을 이용하여 수행되는 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서,

(4) 상기 담수가 회수된 유도용액을 (1)단계의 역삼투 장치로 재유입시키는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 해수담수화 방법.

청구항 11

(1) 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는, 해수유입부;

(2) 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는, 역삼투부; 및

(3) 상기 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는, 나노여과부;를 포함하는, 역삼투 기반의 해수담수화 시스템.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 (2)단계에서 농축염수가 생성되며, 이로부터 압력 에너지를 회수하는, 에너지회수부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 해수담수화 시스템.

청구항 13

제 11항의 해수담수화 시스템을 이용한 해수담수화 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 해수담수화 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용함으로써 기존 역삼투법을 이용한 해수담수화 공정에 비해 경제적이고 저 에너지를 요구하며 우수한 품질의 담수를 생산하는 해수담수화 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 사회생활용수, 농업용수 및 산업용수가 더욱 더 필요하지만, 세계 도처에서 물을 구하지 못하는 곳은 여전히 많다. 해수는 염분을 함유하고 있기 때문에 이용할 수 없는데, 현존하는 염분제거 방법들은 처리 속도가 느리고 어려우며 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라 많은 에너지를 필요로 한다. 해수담수화 기술은 지구상의 물의 97% 이상을 차지하는 바닷물로부터 식수 및 생활용수로 사용될 수 있는 담수를 생산하는 기술이다. 현재 전 세계적으로 인구가 크게 증가하고 있고 그로 인한 식수 부족 문제가 큰 화두로 떠오르면서 이 기술의 중요성이 강조되고 있다. 이러한 해수로부터 담수를 생산하기 위해서는 해수에 녹아있는 수많은 용질들과 물을 분리할 수 있는 방법이 요구되는데 일반적으로 열을 사용하는 증발법 (thermal process)과 반투과성 분리막을 이용하는 막분리법 (membrane process)으로 나눌 수 있다. 증발법에는 다단증발법 (multi-staged flash), 다중효용법 (multi effect distillation)등과 같은 방법이 있고, 막분리법에는 역삼투법 (reverse osmosis), 정삼투법 (forward osmosis)등이 있다. 이 중 현재 가장 효율적이고 널리 쓰이는 방법은 역삼투법이다.

[0003] 역삼투법은 용질은 쉽게 투과할 수 없지만 용매는 쉽게 투과할 수 있는 반투과성 막을 사이에 두고 이 때 나타나는 삼투압보다 더 큰 압력을 가해 바닷물에 있는 물 분자만을 생산수 쪽으로 이동시키는 방법을 의미한다. 바닷물의 농도는 일반적으로 3.5% 라고 알려져있고 이러한 바닷물에서 물을 생산하기 위해서는 대략 60~70 bar 정도의 높은 압력이 요구된다. 따라서 높은 압력을 가할 수 있도록 고압 펌프가 필요하고 이러한 고압 펌프를 구동하기 위한 큰 에너지가 필요하다는 단점이 있다. 또한 높은 압력으로 인한 막오염 현상과 이로 인한 막 교체 비용의 증가도 문제가 된다.

[0004] 나노여과법(nanofiltration)은 주로 센물을 단물로 전환하거나 유기용질을 제거하기 위한 기술로 널리 사용되었다. 나노여과법에 사용되는 막의 막공은 그 크기가 역삼투법에 적용되는 막보다는 크지만 초미세여과(ultrafiltration)보다는 작기 때문에 분리에 요구되는 에너지가 역삼투법과 비교 시 매우 낮다. 이러한 나노여과법은 2가 이상인 이온에 대해 분리능이 뛰어나지만 1가 이온에 대해서는 분리능이 매우 낮은 특징이 있다. 따라서 대부분의 용질이 소금인 바닷물에서 물을 분리하기 위한 방법으로는 적절치 않다.

[0005] 따라서 이러한 종래의 기술들의 단점을 극복하기 위해서는 기존 역삼투법보다 에너지가 요구량이 낮으면서 동시에 나노여과법과 같이 소금에 대해 분리능이 낮게 나타나지 않기 위한 새로운 해수담수화 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-2006-0133299

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명자들은 해수담수화 공정에 대해 탐색하던 중, 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용한 해수담수화 방법의 경우, 기존 역삼투법에 비해 최대 요구압력이 낮아지고, 막 오염 현상이 감소하며 저 에너지를 필요로하고, 또한, 막 교체 비용 및 장치 설치 비용이 감소하여 경제적이며 우수한 품질의 담수를 생산하는 것을 확인하고, 본 발명을 완성하였다.

[0008] 따라서, 본 발명은 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용한 해수담수화 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 따라서, 본 발명은 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용한 해수담수화 시스템을 제공하고자 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 상기 해수담수화 시스템을 이용한 해수담수화 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해서,

[0012] 본 발명은

[0013] (1) 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는 단계;

[0014] (2) 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는 단계; 및

[0015] (3) 상기 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는 단계;를 포함하는, 역삼투 기반의 해수담수화 방법을 제공한다.

[0016] 또한, 본 발명은

[0017] (1) 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는, 해수유입부;

[0018] (2) 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는, 역삼투부; 및

[0019] (3) 상기 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는, 나노여과부;를 포함하는, 역삼투 기반의 해수담수화 시스템을 제공한다.

[0020] 또한, 본 발명은 상기 해수담수화 시스템을 이용한 해수담수화 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 해수담수화 방법은 유도용액을 이용한 역삼투법 및 나노여과법을 이용함으로써 기존 역삼투법에 비해 최대 요구압력이 낮아지고, 막 오염 현상이 감소하며 저 에너지를 필요로한다.

[0022] 또한, 막 교체 비용 및 장치 설치 비용이 감소하여 경제적이며 우수한 품질의 담수를 생산하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 해수담수화 방법을 순차적으로 나타난 순서도이다.

도 2는 본 발명의 해수담수화 방법 및 시스템의 예시적인 공정을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시형태를 제시한다. 그러나 하기의 실시 형태는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 실시 형태에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

[0025] 본 발명은 (1) 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는 단계; (2) 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는 단계; 및 (3) 상기 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는 단계;를 포함하는, 역삼투 기반의 해수담수화 방법을 제공한다.

[0026] 보다 구체적으로는, 본 발명은 역삼투법 기반의 해수담수화 방법에 관한 것으로, 유도용액의 농도를 해수보다 낮게 설정함으로써 역삼투 모듈에서 나타나는 삼투압 차이를 감소시켜 요구 압력을 낮추고, 나노여과법을 이용하여 유도용액을 분리함으로써 최종 담수를 생산하고, 또한, 생성된 농숙염수로부터 압력 에너지를 회수할 수 있는 하이브리드형 해수담수화 방법에 관한 것이다. 또한 해수유입부, 역삼투부, 및 나노여과부를 포함하며 농축염수로부터 압력 에너지를 회수하기 위한 에너지회수부, 압력 손실의 보충을 위한 부스터펌프부 및 해수를 가압하기 위한 고압펌프부를 포함하는 해수담수화 시스템에 관한 것이다.

[0027] 상기 **(1) 단계**는 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는 단계이다.

[0028] 보통, 자연해수 중에는 불순물, 부유물 또는 이물질 등이 존재한다. 해수담수화 공정으로부터 담수를 생산하기 위해서는 해수내의 불순물 등을 먼저 제거하는 전처리를 해야 한다. 이 때, 막(membrane) 등을 이용할 수 있으며, 자연해수를 0.05 ~ 5.0 ㎛의 평균 기공크기를 갖는 막을 통해 여과시킴으로써 해수내 불순물 등을 제거할 수 있다. 상기 막의 종류로는 마이크로필터, 울트라필터 등을 사용할 수 있다. 상기 마이크로필터는 기공크기가 0.2 ㎛ 이하의 것을 사용하는 것이 바람직하다. 기공크기가 0.2 ㎛를 초과하는 경우, 해수 내 존재하는 큰 부유물질은 거를 수 있으나, 크기가 작은 부유물질이나 미생물을 제거하기에 어려울 수 있다. 상기 울트라필터는 기공크기가 0.1 ㎛ 이하의 것을 사용하는 것이 바람직하다. 기공크기가 0.1 ㎛를 초과하는 경우, 수중 내 크기가 작은 미생물을 제거하기 어려울 수 있다.

[0029] 상기 농도는 염농도를 의미한다.

[0030] 상기 역삼투 모듈에서 사용되는 유도용액은 일반적으로 정삼투 모듈에서 사용되는 유도용액과는 개념이 다르다. 정삼투 모듈에서는 삼투 현상을 통해 물이 자발적으로 해수로부터 유도용액으로 이동하도록 하기 위해 유도용액의 농도가 해수보다 더 높다. 그러나 본 발명의 역삼투 모듈에서는 유도용액의 농도를 해수보다 낮게 설정함으로써 역삼투 모듈에서 나타나는 삼투압 차이를 줄이고자 하는 것이다. 즉, 본 발명의 유도용액은 해수보다 낮은 농도, 특히 해수보다 낮은 염농도를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0031] 상기 유도용액은 양이온, 음이온 또는 염(salt)의 유도용질을 포함할 수 있다. 유도용액에서 요구되는 유도용질의 조건은 인체에 유해하지 않으며 유도용액으로 사용할 수 있을 정도의 용해도를 갖고 있어야 하고 공정의 비용 효율성을 위해 가격이 저렴해야 한다. 또한, 나노여과를 통해 분리될 수 있어야 하기 때문에 2가 이온을 포함하는 물질이 바람직하다. 구체적으로는 상기 유도용질은 2가 이온의 염일 수 있으며, 일 예로, Na_2CO_3, K_2CO_3, $MgCO_3$, $CaCO_3$, Na_2SO_4, K_2SO_4, $MgSO_4$, $CaSO_4$, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $C_6H_{12}O_6$ 등일 수 있다.

[0032] 상기 **(2) 단계**는 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는 단계이다.

[0033] 상기 유입된 해수는 역삼투 장치에서 고압펌프를 통해 가압되고, 이러한 압력 차이가 해수와 유도용액 사이의 삼투압보다 크기 때문에 해수 안의 물이 반투과성 막을 통과하여 유도용액 쪽으로 이동하게 된다.

[0034] 상기 해수에 가해지는 압력은 기존 역삼투 장치에서 해수에 가해지는 압력인 60bar 미만일 수 있으며, 바람직하게는 10 내지 50 bar일 수 있다. 상기 10 bar 미만일 경우 물의 이동이 제대로 이루어지지 않고, 상기 50 bar 초과일 경우 심한 막오염, 장치 설치 비용 증가, 및 에너지 비용 증가와 같은 문제점이 발생될 수 있다. 더욱 바람직하게는 상기 해수에 가해지는 압력은 40 내지 50 bar일 수 있다.

[0035] 상기 역삼투 공정 및 나노여과 공정에서의 구동 온도는 20~40℃일 수 있다. 상기 20℃ 미만일 경우 물의 이동이 원활하게 이루어지지 않아 더 많은 에너지가 요구되며 상기 40℃ 초과일 경우 용질의 과도한 이동으로 인한 물의 품질 저하, 유도 용액의 손실 등이 나타날 수 있다. 바람직하게는 상기 구동 온도는 25~35℃일 수 있다.

[0036] 상기 해수담수화 공정에서는 생산되는 탈염수와 동등한 양 이상으로 많은 양의 농축염수가 발생하게 된다. 상기 농축염수는 해수용 역삼투막을 통과시켜 얻을 수 있다. 상기 해수용 역삼투막은 염배제율이 최소 99% 이상의 제거효율을 보이는 막으로, 모듈의 형태는 일반적으로 막면적의 집적도가 높은 와권형(Spiral Wound Type) 막을 사용할 수 있다. 상기 농축염수는 1 ~ 50 중량%의 염분 농도를 포함할 수 있고, 바람직하게는 6 중량%의 염분 농도를 포함할 수 있다. 상기 농축염수는 에너지 회수장치를 통해 압력 에너지가 회수된 후 공정 밖으로 배출되게 된다. 이 때 에너지 회수 장치의 효율, 역삼투 모듈에서의 압력 손실, 파이프 라인에서의 압력 손실로 인해서 에너지 회수 장치를 거쳐서 나온 해수 입구 흐름은 기존의 고압 펌프를 거친 해수의 입구 흐름보다 압력이 더 낮아지게 되는데 이 손실 부분은 부스터 펌프를 통해 보충하게 된다.

[0037] 상기 **(3) 단계**는 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는 단계이다.

[0038] 역삼투 공정을 통해 물이 유입된 유도용액은 나노여과 공정을 수행하게 되고, 이를 통해 유도용액을 분리하고 최종 담수를 생산하게 된다. 담수를 회수한 후, 농축된 유도 용액은 제 (1)단계로 재유입되어 역삼투 공정에 재활용될 수 있다 ((4) 단계). 따라서, 재활용을 위해 나노여과 공정에서 분리되는 물의 양은 역삼투 공정에서 해수로부터 유입된 물의 양과 동일해야 한다. 상기 나노여과 공정을 수행하기 위해 나노여과 막을 이용할 수 있으며, 상기 나노여과 막은 유도용질의 분자량보다 투과분자량이 작아야한다. 또한, 나노여과 공정에 가해지는 압력은 20 내지 30 bar 일 수 있으며, 상기 20 bar 미만일 경우 물의 이동이 제대로 이루어지지 않고, 상기 30 bar 초과일 경우 심한 막 오염, 장치 설치 비용 증가, 및 에너지 비용 증가와 같은 문제점이 발생될 수 있다.

[0039] 또한, 본 발명은 (1) 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 포함하는 역삼투 장치에 삼투막 반대방향으로 해수를 유입하는, 해수유입부; (2) 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는, 역삼투부; 및 (3) 상기 물이 이동된 유도용액을 나노여과하여 담수를 회수하는, 나노여과부;를 포함하는, 역삼투 기반의 해수담수화 시스템을 제공한다.

[0040] 상기 해수담수화 시스템은 (2)단계에서 발생한 농축염수로부터 압력 에너지를 회수하는, 에너지회수부를 더 포함할 수 있다.

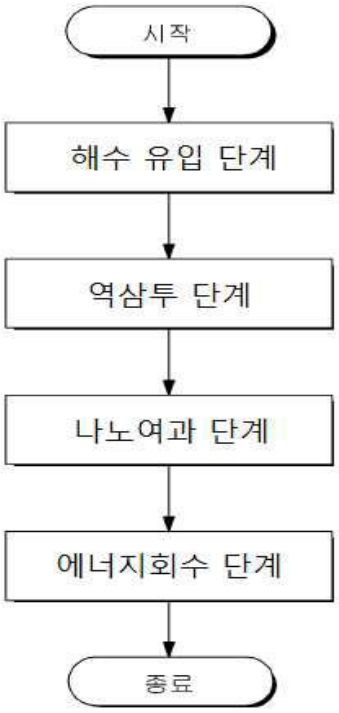
[0041] 또한, 상기 해수담수화 시스템은 해수를 가압하기 위한 고압펌프부 및 압력 손실의 보충을 위한 부스터펌프부를 더 포함할 수 있다.

[0042] 또한, 본 발명은 상기 해수담수화 시스템을 이용한 해수담수화 장치를 제공한다.

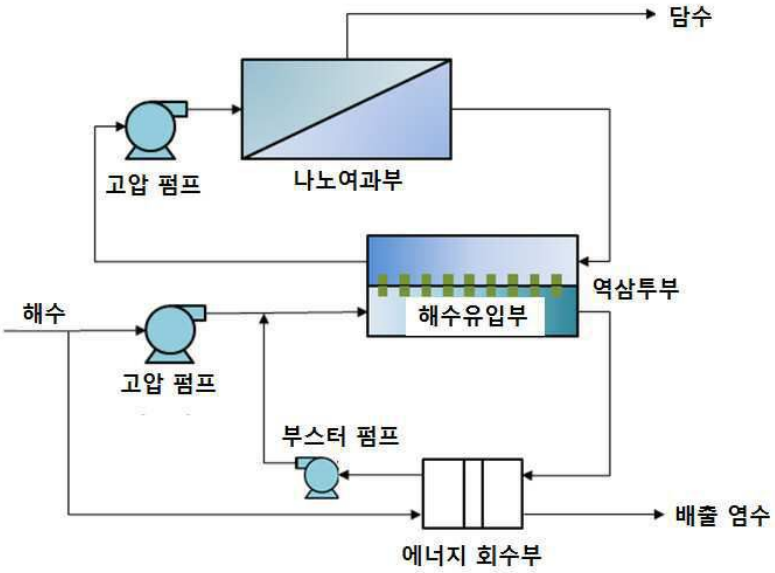
[0043] 도 1 및 도 2는 본 발명의 해수담수화 방법의 순서도 및 예시적인 공정을 도시한 도면으로, 해수 및 상기 해수보다 농도가 낮은 유도용액을 반대방향으로 유입한 후, 고압펌프를 통해 상기 유입된 해수에 압력을 가해 상기 해수의 물을 유도용액으로 이동시키는 역삼투 공정을 수행한다. 이때 발생하는 농축염수는 에너지 회수장치를 통해 압력 에너지가 회수된 후 공정 밖으로 배출되게 된다. 또한, 상기 물이 이동된 유도용액은 나노여과 공정을 수행함으로써 담수를 생산하게 되고 이때 분리된 유도용액은 역삼투 공정으로 유입되어 재활용된다.

도면

도면1


시작
해수 유입 단계
역삼투 단계
나노여과 단계
에너지회수 단계
종료

도면2


담수
고압 펌프
나노여과부
역삼투부
해수유입부
해수
고압 펌프
부스터 펌프
배출 염수
에너지 회수부