



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년09월10일
 (11) 등록번호 10-1181549
 (24) 등록일자 2012년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 61/12 (2006.01) *B01D 35/14* (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01) *B01D 65/00* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-0009226
 (22) 출원일자 2010년02월01일
 심사청구일자 2010년02월01일
 (65) 공개번호 10-2011-0089710
 (43) 공개일자 2011년08월09일
 (56) 선행기술조사문헌
 June-Seok Choi et al., A systematic approach to determine the fouling index for a RO/NF membrane process, *Desalination*, 2009, Vol.238, pp.117-127*
 M.A.Javeed et al., Effect of pre-treatment on fouling propensity of feed as depicted by the modified fouling index and cross-flow sampler-modified fouling index, *Desalination*, 2009, Vol. 238, pp.99-108*
 S.G.Yiantsios et al., Colloidal fouling of RO membranes : an overview of key issues and efforts to develop improved prediction techniques, *Desalination*, 2005, Vol.183, pp.257-272*
 JP2007117904 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
 서울 성북구 안암동5가 1
 (72) 발명자
홍승관
 서울시 중구 신당동 850번지 대우푸르지오 101동 1001호
유영범
 경기도 오산시 오산로132번길 10, e동 편한세상 210동 1701호 (원동)
 (74) 대리인
특허법인남촌

전체 청구항 수 : 총 13 항

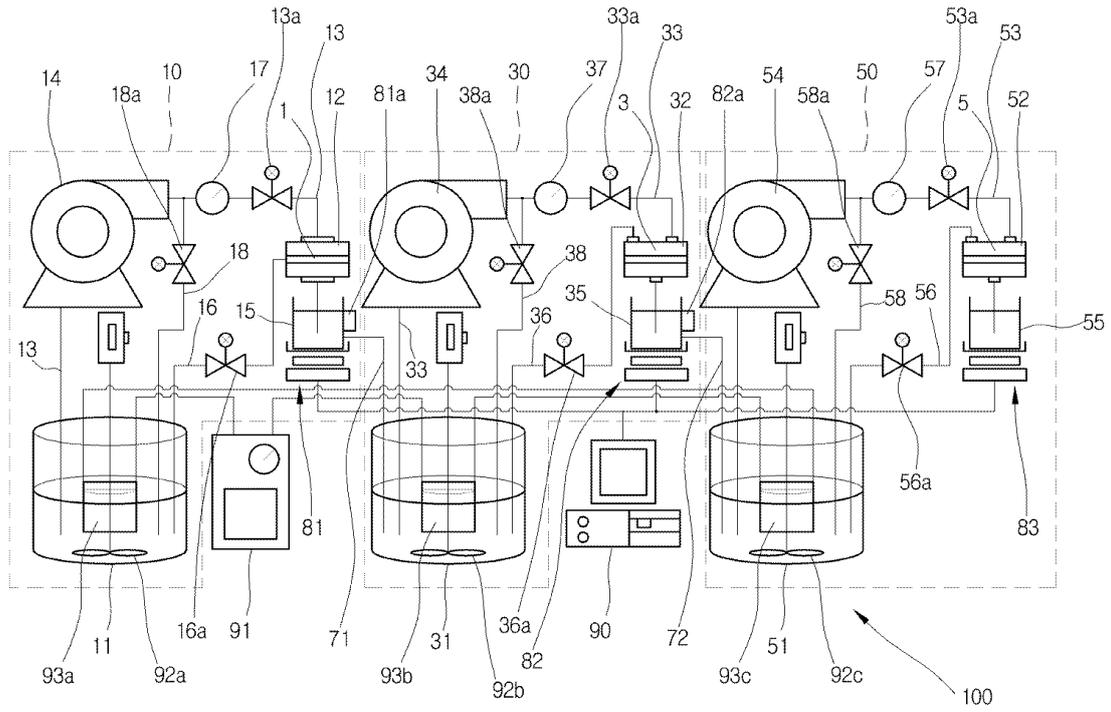
심사관 : 변상현

(54) 발명의 명칭 **여과막 오염 지수 예측 장치**

(57) 요약

본 발명은 여과막 오염 지수 예측 장치에 있어서, 상호 상이한 여과 특성을 갖는 복수의 여과막과; 상기 각 여과막에 대응하여 설치되어 상기 각 여과막에 원수를 투과시키는 복수의 원수 공급 모듈과; 원수가 상기 복수의 여과막을 순차적으로 투과하도록 상기 복수의 원수 공급 모듈을 연결하는 연결 파이프 라인과; 상기 각 여과막을 투과한 원수의 유량을 측정하는 복수의 유량 측정부와; 상기 유량 측정부에 의해 측정된 유량에 기초하여 상기 각 여과막의 오염 지수를 예측하는 오염 지수 예측부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 역삼투 방식을 이용한 해수담수화 공정이나 나노 여과공정 등에서 입자물질, 콜로이드 및 유기물 등에 의해 발생하는 여과막의 오염 현상을 보다 정확하게 사전에 예측할 수 있게 된다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 09CPTA-A044718-04-000000

부처명 한국건설교통기술평가원

연구사업명 건설기술연구개발사업

연구과제명 차세대 RO막 분석 막 공정 진단 기술[2단계4차년도]

주관기관 국민대학교 산학협력단

연구기간 2009년 04월 29일 ~ 2010년 04월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

여과막 오염 지수 예측 장치에 있어서,

상호 상이한 여과 특성을 갖는 제1 여과막 및 제2 여과막과;

상기 제1 여과막에 대응하여 설치되어 상기 제1 여과막에 원수를 투과시키는 제1 원수 공급 모듈과;

상기 제2 여과막에 대응하여 설치되어 상기 제2 여과막에 상기 제1 여과막을 통과한 원수를 투과시키는 제2 원수 공급 모듈과;

상기 제1 여과막과 상기 제2 여과막을 통과한 원수의 유량을 각각 측정하는 제1 유량 측정부 및 제2 유량 측정부와;

상기 제1 여과막을 통과하여 제1 유량 측정부에서 유량이 측정된 원수가 상기 제2 여과막을 순차적으로 투과하도록, 상기 제1 원수 공급 모듈과 상기 제2 원수 공급 모듈을 연결하는 제1 연결 파이프 라인과;

상기 제1 유량 측정부 및 상기 제2 유량 측정부에서 개별적으로 측정된 유량에 기초하여 상기 제1 여과막 및 상기 제2 여과막 각각의 오염 지수를 예측하는 오염 지수 예측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 여과막 또는 상기 제2 여과막과 상이한 여과 특성을 갖는 제3 여과막과;

상기 제3 여과막에 대응하여 설치되어 상기 제3 여과막에 상기 제2 여과막을 통과한 원수를 투과시키는 제3 원수 공급 모듈과;

상기 제3 여과막을 통과한 원수의 유량을 각각 측정하는 제3 유량 측정부와;

상기 제2 여과막을 통과하여 상기 제2 유량 측정부에서 유량이 측정된 원수가 상기 제3 여과막을 순차적으로 투과하도록, 상기 제2 원수 공급 모듈과 상기 제3 원수 공급 모듈을 연결하는 제2 연결 파이프 라인을 더 포함하고,

상기 오염 지수 예측부는 상기 제3 유량 측정부에서 측정된 유량에 기초하여 상기 제3 여과막의 오염지수를 예측하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 상기 제3 여과막은 상호 상이한 크기의 공극을 가지며;

상기 제1 연결 파이프 라인과 상기 제2 연결 파이프 라인 각각은 원수가 공극의 크기 순으로 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 상기 제3 여과막을 투과하도록 상기 제1 원수 공급 모듈과 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제2 원수 공급 모듈과 상기 제3 원수 공급 모듈을 연결하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은,

원수가 수용된 저장 탱크와;

상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 상기 제3 여과막을 각각 수용 지지하는 여과막 홀더와;

상기 저장 탱크와 상기 여과막 홀더를 연결하는 공급 파이프 라인과;

상기 저장 탱크에 수용된 원수가 상기 공급 파이프 라인을 통해 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 제3 여과막 각각을 통과하도록 펌핑하는 원수 펌프를 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 여과막 홀더는 원수가 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 상기 제3 여과막 각각을 크로스-플로우 (Cross-flow) 여과 방식과 데드-엔드(Dead-end) 여과 방식 중 어느 하나로 투과되도록 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 상기 제3 여과막 각각을 수용 지지하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 제3 여과막 각각을 투과한 원수가 저장되는 측정 탱크를 더 포함하며;

상기 제1 연결 파이프 라인은 상기 제1 원수 공급 모듈의 측정 탱크와, 다음 차순의 상기 제2 여과막에 원수를 공급하는 상기 제2 원수 공급 모듈의 상기 저장 탱크를 연결하고;

상기 제2 연결 파이프 라인은 상기 제2 원수 공급 모듈의 측정 탱크와, 다음 차순의 상기 제3 여과막에 원수를 공급하는 상기 제3 원수 공급 모듈의 상기 저장 탱크를 연결하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 유량 측정부, 상기 제2 유량 측정부 및 상기 제3 유량 측정부 각각은 상기 측정 탱크에 수용되는 원수의 무게를 측정하여 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 상기 제3 여과막 각각을 투과한 원수의 유량을 각각 측정하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은,

상기 오염 지수 예측부의 제어에 따라 상기 제1 원수 공급 모듈의 상기 측정

탱크에 저장된 원수가 다음 차순의 상기 제2 원수 공급 모듈의 상기 저장 탱크로 공급되는 것을 단속하는 제1 공급 단속부와;

상기 오염 지수 예측부의 제어에 따라 상기 제2 원수 공급 모듈의 상기 측정 탱크에 저장된 원수가 다음 차순의 상기 제3 원수 공급 모듈의 상기 저장 탱크로 공급되는 것을 단속하는 제2 공급 단속부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 9

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은,

상기 공급 파이프 라인을 통해 상기 여과막 홀더에 공급되는 원수 중 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 제3 여과막 각각을 투과하지 않은 원수가 회수되도록 상기 여과막 홀더와 해당 저장 탱크를 연결하는 회수 파이프 라인을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은,

상기 회수 파이프 라인으로부터 분기되는 배출 파이프 라인과 상기 제1 여과막, 상기 제2 여과막 및 제3 여과막 각각을 투과하지 않은 원수가 상기 회수 파이프 라인과 상기 배출 파이프 라인 중 어느 하나를 통해 흐르도록 상기 회수 파이프 라인과 상기 배출 파이프 라인을 개폐하는 배출 선택 밸브와 상기 배출 파이프 라인을 통해 배출되는 원수를 저장하기 위한 배출 탱크를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 11

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은,

상기 공급 파이프 라인에 설치되어 상기 여과막 홀더로 공급되는 원수의 유압을 측정하는 유압 측정부와,

상기 공급 파이프 라인에 설치되어 상기 여과막 홀더로 공급되는 원수의 유량을 조절하는 유량 조절 밸브와,

상기 공급 파이프 라인으로부터 분기되어 상기 여과막 홀더로 공급되는 원수를 해당 저장 탱크로 바이패스하는 바이패스 파이프 라인과,

상기 바이패스 파이프 라인에 설치되어 상기 저장 탱크로 바이패스되는 원수의 유량을 조절하는 바이패스 밸브를 더 포함하며;

상기 오염 지수 예측부는 상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각의 상기 유압 측정부에 의해 측정된 유압에 기초하여 상기 각 여과막 홀더로 공급되는 원수의 유압이 기 설정된 범위로 유지되도록 상기 유량 조절 밸브 및 상기 바이패스 밸브를 제어하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 12

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은, 상기 저장 탱크에 수용된 원수를 교반시키는 교반 유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

청구항 13

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 원수 공급 모듈, 상기 제2 원수 공급 모듈 및 상기 제3 원수 공급 모듈 각각은, 상기 저장 탱크에 수용된 원수가 기 설정된 온도 범위로 유지되도록 상기 저장 탱크에 수용된 원수를 냉각시키는 냉각 유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 여과막 오염 지수 예측 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 역삼투 방식을 이용한 해수담수화 공정이나 나노 여과공정 등에서 입자물질, 콜로이드 및 유기물 등에 의해 발생하는 여과막의 오염 현상을 보다 정확하게 사전에 예측 가능할 수 있는 여과막 오염 지수 예측 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 역삼투 방식 또는 나노 여과공정은 최근 다양한 수처리 분야에서 주목받고 있는 기술 분야 중 하나이다. 특히, 근래에는 해수담수화나 하수재 이용분야에서 역삼투 방식을 이용한 공정이 확대되고 있는 추세이다.

[0003] GWI(Global Water Intelligence)의 "Water Reuse Markets 2005-2015 : A Global Assessment & Forecast"에 따르면 물의 재이용 시장은 세계적으로 볼 때, 현재 200 만톤/일 규모이고, 2015년에는 540 만톤/일 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다. 또한, 해수담수화 시장은 현재 300 만톤/일 규모이며 2015년에는 620 만톤/일

규모로 성장할 것으로 전망하고 있다. 이외에도 지표수 및 지하수의 처리, 산업 폐수의 처리 및 무방류 재이용 등의 분야에서 역삼투 방식이나 나노 여과공정은 주목받고 있는 고도한 기술의 수처리 방법이다.

- [0004] 그런데, 역삼투 방식이나 나노 여과공정의 기술을 상용화하거나 현장에 설치하여 운영하기에 장애로 작용하는 것이 여과막의 오염 문제, 즉 막오염 문제이다. 막오염이란 여과막에 유입되는 유입수 중에 존재하는 여러 가지 이물질들이 여과막의 표면에 침착되거나 흡착되어 여과막의 물투과도를 감소시키는 현상을 의미한다.
- [0005] 이와 같은 막오염을 유발하는 이물질의 종류로는 부유성 입자, 콜로이드, 유기물, 미생물, 칼슘염 등의 무기염 등 다양한 종류가 있다. 이처럼 막오염을 유발하는 다양한 이물질 때문에 막오염 현상을 미리 예측한다는 것은 상당히 어려운 일이다.
- [0006] 일반적으로 역삼투 방식 또는 나노 여과공정에서의 막오염 현상을 미리 예측하기 위한 방법으로는 SDI(Silt Density Index) 측정방법이 사용되고 있다. SDI 측정방법은 분리막에 오염(fouling)이 일어날 수 있는 가능성을 나타내는 척도로 이용되는데, 직경이 47 mm, 공극이 0.45 μm 의 필터에 30 psi의 압력으로 유입수를 통과시켜 부유물(SS; Suspended Solid) 성분에 의해 일어나는 오염의 정도를 측정하는 방법이다.
- [0007] 이 때, 처음 500 ml의 물이 흐르는데 걸리는 시간(T_0)을 측정하고, 15분(T)이 지난 후 다시 500 ml의 물이 흐르는데 걸리는 시간(T_1)을 측정하여, 측정된 두 시간의 비율을 막오염의 척도로 사용하고 있다.
- [0008] SDI 측정방법은 현재 역삼투 방식 또는 나노 여과공정에서 유입수의 막오염 경향을 예측하기 위해 가장 널리 사용되는 방법이다. 일반적으로 SDI 측정방법에 따라 측정된 값, 즉 측정된 SID 값이 3 미만이면 오염은 심하지 않은 것으로 판단하고, 5 이상이 될 경우 심한 오염이 발생할 것으로 판단하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 그런데, 상술한 SDI 측정방법은 역삼투 여과막(RO membrane)에서 일어나는 것과 동일한 현상을 이용하는 것이 아니라는데 한계점이 있다. 즉, SDI 측정방법은 0.45 μm 이상의 크기를 가지는 부유성 입자에 의한 막오염 가능성을 간접적으로 평가하는 방법이므로, SDI 측정방법으로는 0.45 μm 미만의 크기를 가지는 콜로이드나 유기물 등과 같은 미세물질에 의한 영향을 평가할 수 없게 된다.
- [0010] 또한, 역삼투 방식이나 나노 여과공정에서는 크로스-플로우(Cross-flow) 모드, 즉 유입수가 흐르는 방향과 여과막의 투과 방향이 서로 직교하는 방향으로 운전되기 때문에, 막오염의 주요 특성인 유발 물질의 표면특성들은 SDI 측정방법으로는 측정이 불가능하게 된다. 따라서, SDI 측정방법에 따라 측정된 측정값과 실제 공정에서의 운전결과는 상이하다는 것이 많은 연구에서 밝혀졌다.
- [0011] 이와 같은 문제점을 갖고 있는 SDI 측정방법을 보완하기 위한 방법으로 MFI(Modified fouling index) 측정방법 등이 사용되지만, 기본적으로 MFI 측정방법과 SDI 측정방법은 동일한 여과막을 이용하기 때문에, 측정할 수 있는 막오염 물질에 대한 한계를 가지게 된다.
- [0012] 이를 극복하기 위해서 MFI-UF (Modified fouling index - Ultrafilter)나 MFI-NF (Modified fouling index - Nanofilter) 등의 방법이 제안되었으나, 이러한 방법 또한, 한 개의 막을 사용하기 때문에 여과막에서 발생할 수 있는 다양한 종류의 막오염 경향을 모두 예측할 수는 없다.
- [0013] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 역삼투 방식을 이용한 해수담수화 공정이나 나노 여과공정 등에서 입자물질, 콜로이드 및 유기물 등 다양한 이물질에 의한 여과막의 오염현상을 보다 정확하게 사전에 예측 가능하고, 친수성 정밀 여과막(MF), 친수성 한외 여과막(UF) 및 친수성 나노 여과막(NF) 등의 여과막 조합을 통하여 해수 내에 존재하는 다양한 종류의 막오염 물질의 막오염 정도를 정량화할 수 있는 여과막 오염 지수 예측 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적은 본 발명에 따라, 여과막 오염 지수 예측 장치에 있어서, 상호 상이한 여과 특성을 갖는 복수의 여과막과; 상기 각 여과막에 대응하여 설치되어 상기 각 여과막에 원수를 투과시키는 복수의 원수 공급 모듈과; 원수가 상기 복수의 여과막을 순차적으로 투과하도록 상기 복수의 원수 공급 모듈을 연결하는 연결 파이프

프 라인과; 상기 각 여과막을 투과한 원수의 유량을 측정하는 복수의 유량 측정부와; 상기 유량 측정부에 의해 측정된 유량에 기초하여 상기 각 여과막의 오염 지수를 예측하는 오염 지수 예측부를 포함하는 것을 특징으로 하는 여과막 오염 지수 예측 장치에 의해서 달성된다.

- [0015] 여기서, 상기 복수의 여과막은 상호 상이한 크기의 공극을 가지며; 상기 연결 파이프 라인은 원수가 공극의 크기 순으로 상기 복수의 여과막을 투과하도록 상기 복수의 원수 공급 모듈을 연결할 수 있다.
- [0016] 그리고, 상기 각 원수 공급 모듈은 원수가 수용된 저장 탱크와; 상기 여과막을 수용 지지하는 여과막 홀더와; 상기 저장 탱크와 상기 여과막 홀더를 연결하는 공급 파이프 라인과; 상기 저장 탱크에 수용된 원수가 상기 공급 파이프 라인을 통해 상기 각 여과막을 통과하도록 펌핑하는 원수 펌프를 포함할 수 있다.
- [0017] 여기서, 상기 여과막 홀더는 원수가 상기 여과막을 크로스-플로우(Cross-flow) 여과 방식과 데드-엔드(Dead-end) 여과 방식 중 어느 하나로 투과되도록 상기 여과막을 수용 지지할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 여과막을 투과한 원수가 저장되는 측정 탱크를 더 포함하며; 상기 연결 파이프 라인은 상기 측정 탱크와, 다음 차순의 상기 여과막에 원수를 공급하는 상기 원수 공급 모듈의 상기 저장 탱크를 연결할 수 있다.
- [0019] 그리고, 상기 유량 측정부는 상기 측정 탱크에 수용되는 원수의 무게를 측정하여 상기 각 여과막을 투과한 원수의 유량을 측정할 수 있다.
- [0020] 그리고, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 오염 지수 예측부의 제어에 따라 상기 측정 탱크에 저장된 원수가 다음 차순의 상기 저장 탱크로 공급되는 것을 단속하는 공급 단속부를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 공급 파이프 라인을 통해 상기 여과막 홀더에 공급되는 원수 중 상기 여과막을 투과하지 않은 원수가 회수되도록 상기 여과막 홀더와 해당 저장 탱크를 연결하는 회수 파이프 라인을 더 포함할 수 있다.
- [0022] 그리고, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 회수 파이프 라인으로부터 분기되는 배출 파이프 라인과; 상기 여과막을 투과하지 않은 원수가 상기 회수 파이프 라인과 상기 배출 파이프 라인 중 어느 하나를 통해 흐르도록 상기 회수 파이프 라인과 상기 배출 파이프 라인을 개폐하는 배출 선택 밸브와; 상기 배출 파이프 라인을 통해 배출되는 원수를 저장하기 위한 배출 탱크를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 그리고, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 공급 파이프 라인에 설치되어 상기 여과막 홀더로 공급되는 원수의 유압을 측정하는 유압 측정부와, 상기 공급 파이프 라인에 설치되어 상기 여과막 홀더로 공급되는 원수의 유량을 조절하는 유량 조절 밸브와, 상기 공급 파이프 라인으로부터 분기되어 상기 여과막 홀더로 공급되는 원수를 해당 저장 탱크로 바이패스하는 바이패스 파이프 라인과, 상기 바이패스 파이프 라인에 설치되어 상기 저장 탱크로 바이패스되는 원수의 유량을 조절하는 바이패스 밸브를 더 포함하며; 상기 오염 지수 예측부는 상기 각 원수 공급 모듈의 상기 유압 측정부에 의해 측정된 유압에 기초하여 상기 각 여과막 홀더로 공급되는 원수의 유압이 기 설정된 범위로 유지되도록 상기 유량 조절 밸브 및 상기 바이패스 밸브를 제어할 수 있다.
- [0024] 그리고, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 저장 탱크에 수용된 원수를 교반시키는 교반 유닛을 더 포함할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 각 원수 공급 모듈은 상기 저장 탱크에 수용된 원수가 기 설정된 온도 범위로 유지되도록 상기 저장 탱크에 수용된 원수를 냉각시키는 냉각 유닛을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 상기 구성에 따라 본 발명에 따르면, 역삼투 방식을 이용한 해수담수화 공정이나 나노 여과공정 등에서 입자 물질, 콜로이드 및 유기물 등 다양한 이물질에 의한 여과막의 오염현상을 보다 정확하게 사전에 예측 가능하고, 친수성 정밀 여과막(MF), 친수성 한외 여과막(UF), 친수성 나노 여과막(NF) 등의 여과막 조합을 통하여 해수 내에 존재하는 다양한 종류의 막오염 물질의 막오염 정도를 정량화할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치의 구성을 도시한 도면이고,
- 도 2는 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치의 제1 원수 공급 모듈의 다른 실시 형태를 도시한 도면이고,
- 도 3은 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치에 각 여과막에서 통과되는 이물질과 평가되어지는 이물질을 개념적으로 도시한 도면이고,
- 도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치를 이용한 여과막 오염 지수를 해석한 결과를 도시한 도면이고,
- 도 6 내지 도 8은 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치의 효고를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예에 대해 상세히 설명한다.
- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)의 구성을 도시한 도면이다. 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)는 복수의 여과막(1,3,5), 복수의 원수 공급 모듈(10,30,50), 연결 파이프 라인(71,72), 복수의 유량 측정부(81,82,83) 및 오염 지수 예측부(90)를 포함한다.
- [0030] 본 발명에서는 상호 상이한 여과 특성을 갖는 3개의 여과막(1,3,5)이 적용되는 것을 예로 하며, 여과막(1,3,5)의 개수는 2 또는 4 이상으로 마련될 수 있음은 물론이다. 여기서, 여과막(1,3,5)의 개수에 대응하여 3개의 원수 투과 모듈과 3개의 유량 측정부(81,82,83)가 마련된다.
- [0031] 3개의 여과막(1,3,5)은 각각 원수 공급 모듈(10,30,50)에 설치된다. 여기서, 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)에서는 3개의 여과막(1,3,5)이 상호 상이한 크기의 공극을 갖도록 마련되는 것을 예로 한다. 본 발명에서는 여과막(1,3,5)으로 친수성 정밀 여과막(MF), 친수성 한외 여과막(UF), 친수성 나노 여과막(NF)이 각각 설치되는 것을 예로 한다.
- [0032] 한편, 원수 공급 모듈(10,30,50)은 각 여과막(1,3,5)에 대응하여 설치되며, 각 여과막(1,3,5)에 원수를 투과시킨다. 그리고, 연결 파이프 라인(71,72)은 원수가 복수의 여과막(1,3,5)을 순차적으로 투과하도록 원수 공급 모듈(10,30,50)을 연결한다. 여기서, 본 발명에서는 연결 파이프 라인(71,72)이 원수가 공극의 크기 순으로 각 여과막(1,3,5)을 순차적으로 투과하도록 복수의 원수 공급 모듈(10,30,50)을 연결하는 것을 예로 한다.
- [0033] 이하에서는 원수가 투과하는 순서에 따라 3개의 여과막(1,3,5)을 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제2 여과막(3)으로 정의하여 설명한다. 이에 대응하여, 3개의 원수 공급 모듈(10,30,50) 및 3개의 유량 측정부(81,82,83)를 제1 원수 공급 모듈(10), 제2 원수 공급 모듈(30) 및 제3 원수 공급 모듈(50)로, 제1 유량 측정부(81), 제2 유량 측정부(82) 및 제3 유량 측정부(83)로 각각 정의하여 설명한다.
- [0034] 도 1을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 제1 연결 파이프 라인(71)은 원수가 제1 원수 공급 모듈(10)을 통해 제1 여과막(1)을 투과한 후 제2 원수 공급 모듈(30)을 통해 제2 여과막(3)을 투과하도록 제1 원수 공급 모듈(10)과 제2 원수 공급 모듈(30)을 연결한다.
- [0035] 그리고, 제2 연결 파이프 라인(72)은 제2 여과막(3)을 투과한 원수가 제3 원수 공급 모듈(50)을 통해 제3 원수 공급 모듈(50)을 통해 제3 여과막(5)을 투과하도록 제2 원수 공급 모듈(30)과 제3 원수 공급 모듈(50)을 연결한다.
- [0036] 상기와 같은 구성에 따라, 원수가 공극의 크기 순으로 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)을 순차적으로 투과하게 되며, 원수를 포함한 이물질의 크기 순으로 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)의 표면에 침착되거나 흡착되어 제1 여과막(1), 제2 여과막(3), 제3 여과막(5)을 오염시키게 된다.
- [0037] 이에 따라, 서로 다른 여과 특성을 갖는 여과막(1,3,5)에 원수가 순차적으로 투과함으로써, 원수의 종류에 따른 막오염의 경향을 상대적으로 비교할 수 있게 되며, 원수 내의 어떤 물질이 막오염을 쉽게 유발시키는지에 대한 정보도 확인 가능하게 된다.
- [0038] 예를 들어 친수성 정밀 여과막(MF)을 제1 여과막(1)으로 사용하는 경우 일반적인 부유입자가 제1 여과막(1)의 표면에 침착되거나 흡착된다. 그리고, 친수성 한외 여과막(UF)을 제2 여과막(3)으로 사용하는 경우 콜로이드 입자가 제2 여과막(3)의 표면에 침착되거나 흡착되고, 친수성 나노 여과막(NF)을 제3 여과막(5)으로 사용하는 경우 유기물질이 제3 여과막(5)의 표면에 침착되거나 흡착된다. 따라서, 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및

제3 여과막(5)의 오염 정도가 예측되는 경우, 원수 내의 어떤 물질이 막오염을 유발하는지에 대한 정보를 확인할 수 있게 된다.

- [0039] 이하에서는 본 발명에 따른 제1 원수 공급 모듈(10)을 도 1을 참조하여 보다 구체적으로 설명한다.
- [0040] 본 발명에 따른 제1 원수 공급 모듈(10)은 제1 저장 탱크(11), 제1 여과막 홀더(12), 제1 공급 파이프 라인(13) 및 제1 원수 펌프(14)를 포함할 수 있다.
- [0041] 제1 저장 탱크(11)에는 제1 여과막(1)에 투과될 원수가 저장된다. 그리고, 제1 여과막 홀더(12)는 제1 공급 파이프 라인(13)을 통해 제1 저장 탱크(11)로부터 공급되는 원수가 제1 여과막(1)을 투과하도록 제1 여과막(1)을 수용 지지한다. 그리고, 제1 원수 펌프(14)는 제1 저장 탱크(11)에 수용된 원수가 제1 공급 파이프 라인(13)을 통해 제1 여과막(1)을 투과하도록 원수를 펌핑한다.
- [0042] 여기서, 제1 원수 공급 모듈(10)에 설치된 제1 유량 측정부(81)는 제1 여과막(1)을 투과하는 원수의 유량을 측정한다. 본 발명에서는 제1 유량 측정부(81)가 제1 여과막(1)을 투과한 원수의 무게를 측정하여 제1 여과막(1)을 투과한 원수의 유량을 측정하도록 마련되는 것을 예로 한다.
- [0043] 도 1을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 제1 원수 공급 모듈(10)은 제1 여과막(1)을 투과한 원수가 수용되는 제1 측정 탱크(15)를 포함할 수 있다. 그리고, 제1 유량 측정부(81)는 제1 측정 탱크(15)에 수용되는 원수의 무게를 측정하여 제1 여과막(1)을 투과한 원수의 유량을 측정한다. 도 1에서는 제1 유량 측정부(81)가 전자 저울 형태로 마련되는 것을 예로 하고 있으며, 제1 유량 측정부(81)에 의해 측정된 정보는 오염 예측부(90)로 전송된다.
- [0044] 여기서, 상술한 제1 연결 파이프 라인(71)은 제1 측정 탱크(15)와 제2 원수 공급 모듈(30)의 후술할 제2 저장 탱크(31)를 연결하도록 마련될 수 있다. 이에 따라, 제1 여과막(1)을 투과한 원수가 제1 측정 탱크(15)에 저장된 후 제1 연결 파이프 라인(71)을 통해 제2 저장 탱크(31)로 이동하여, 제2 여과막(3)으로 공급 가능한 상태가 된다.
- [0045] 여기서, 제1 원수 공급 모듈(10)은 제1 측정 탱크(15)에 저장된 원수가 제2 저장 탱크(31)로 공급되는 것을 단속하는 제1 공급 단속부를 포함할 수 있다. 오염 지수 예측부(90)는 제1 공급 단속부를 제어하여 제1 측정 탱크(15)에 일정 시간 동안 제1 여과막(1)을 투과한 원수가 저장된 상태에서 제1 유량 측정부(81)가 제1 측정 탱크(15)에 저장된 원수의 무게를 측정하도록 제어하고, 원수의 무게 측정이 완료되면 제1 공급 단속부를 개방하여 제1 측정 탱크(15)에 저장된 원수가 제2 저장 탱크(31)로 흐르도록 한다.
- [0046] 한편, 본 발명에 따른 제2 원수 공급 모듈(30)은, 제1 원수 공급 모듈(10)의 구성에 대응하여 제2 저장 탱크(31), 제2 여과막(3) 필터, 제2 공급 파이프 라인(33) 및 제2 원수 펌프(34)를 포함할 수 있다. 그리고, 제2 여과막(3)을 투과하는 원수의 유량을 측정하기 위한 제2 유량 측정부(82)도 제2 측정 탱크(35)에 수용되는 원수의 무게를 측정하여 제2 여과막(3)을 투과한 원수의 유량을 측정하도록 마련될 수 있다.
- [0047] 여기서, 제2 연결 파이프 라인(72)은 제2 측정 탱크(35)와 제3 원수 공급 모듈(50)의 후술할 제3 저장 탱크(51)를 연결하도록 마련될 수 있다. 이에 따라, 제2 여과막(3)을 투과한 원수가 제2 측정 탱크(35)에 저장된 후 제2 연결 파이프 라인(72)을 통해 제3 저장 탱크(51)로 이동하여, 제3 여과막(5)으로 공급 가능한 상태가 된다.
- [0048] 또한, 제1 원수 공급 모듈(10)에서와 마찬가지로, 제2 원수 공급 모듈(30)은 제2 측정 탱크(35)에 저장된 원수가 제3 저장 탱크(51)로 공급되는 것을 단속하는 제2 공급 단속부를 포함할 수 있다. 오염 지수 예측부(90)는 제2 공급 단속부를 제어하여 제2 측정 탱크(35)에 일정 시간 동안 제2 여과막(3)을 투과한 원수가 저장된 상태에서 제2 유량 측정부(82)가 제2 측정 탱크(35)에 저장된 원수의 무게를 측정하도록 제어하고, 원수의 무게 측정이 완료되면 제2 공급 단속부를 개방하여 제2 측정 탱크(35)에 저장된 원수가 제3 저장 탱크(51)로 흐르도록 할 수 있다.
- [0049] 또한, 본 발명에 따른 제3 원수 공급 모듈(50)도, 제1 원수 공급 모듈(10)의 구성에 대응하여 제3 저장 탱크(51), 제3 여과막(5) 필터, 제3 공급 파이프 라인(53) 및 제3 원수 펌프(54)를 포함할 수 있다. 그리고, 제3 여과막(5)을 투과하는 원수의 유량을 측정하기 위한 제3 유량 측정부(83)도 제3 측정 탱크(55)에 수용되는 원수의 무게를 측정하여 제3 여과막(5)을 투과한 원수의 유량을 측정하도록 마련될 수 있다.
- [0050] 여기서, 본 발명에 따른 제2 원수 공급 모듈(30) 및 제3 원수 공급 모듈(50)의 구성에 대한 설명은 대응하는 제1 원수 공급 모듈(10)의 구성에 대한 설명으로 대체 가능하므로, 그 상세한 설명은 생략한다.

- [0051] 상기와 같은 제1 원수 공급 모듈(10), 제2 원수 공급 모듈(30) 및 제3 원수 공급 모듈(50)과 제1 연결 파이프 라인(71) 및 제2 연결 파이프 라인(72)의 구성에 따라 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)으로 원수가 순차적으로 투과 가능하게 된다.
- [0052] 한편, 본 발명에 따른 제1 여과막 홀더(12)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 원수가 제1 여과막(1)을 데드-엔드(Dead-end) 여과 방식으로 투과하도록 제1 여과막(1)을 수용 지지하도록 마련될 수 있다. 그리고, 제2 여과막 홀더(32) 및 제3 여과막 홀더(52)는 각각 원수가 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)을 크로스-플로우(Cross-flow) 여과 방식으로 투과하도록 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)을 수용 지지하도록 마련될 수 있다.
- [0053] 이에 따라, 공극의 크기가 가장 큰 제1 여과막(1)으로는 데드-엔드(Dead-end) 여과 방식을 통해 원수가 투과하도록 하는 반면, 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)으로는 크로스-플로우(Cross-flow) 여과 방식을 통해 원수가 투과하도록 마련함으로써, 크로스-플로우(Cross-flow) 모드로 여과가 진행되는 역삼투 방식이나 나노 여과 공정과 동일한 조건에서의 여과막 오염 지수의 측정이 가능하게 되어 실제 현장에 맞는 정확한 측정이 가능하게 된다.
- [0054] 또한, 제1 원수 공급 모듈(10)은 제1 공급 파이프 라인(13)을 통해 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수 중 제1 여과막(1)을 투과하지 않은 원수가 회수되도록 제1 여과막 홀더(12)와 제1 저장 탱크(11)를 연결하는 제1 회수 파이프 라인(16)을 포함할 수 있다. 이에 따라, 제1 원수 펌프(14)의 펌핑 운동에 따라 제1 여과막 홀더(12)로 공급된 원수 중 제1 여과막(1)을 투과하지 않은 원수가 다시 제1 회수 파이프 라인(16)을 통해 제1 저장 탱크(11)로 회수된다.
- [0055] 여기서, 제1 회수 파이프 라인(16)에는 제1 회수 파이프 라인(16)을 통해 제1 저장 탱크(11)로 회수되는 원수의 흐름을 단속 가능한 제1 회수 개폐 밸브(16a)가 마련될 수 있으며, 제1 회수 개폐 밸브(16a)의 작동에 따라 제1 저장 탱크(11)로 회수되는 원수의 유량이나 회수 여부가 제어 가능하게 된다.
- [0056] 제1 원수 공급 모듈(10)의 구성과 마찬가지로, 제2 원수 공급 모듈(30) 및 제3 원수 공급 모듈(50)도, 도 1에 도시된 바와 같이, 각각 제2 회수 파이프 라인(36) 및 제2 회수 개폐 밸브(36a)와, 제3 회수 파이프 라인(56) 및 제3 회수 개폐 밸브(56a)를 포함할 수 있으며, 그 설명은 생략한다.
- [0057] 여기서, 도 2는 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 제1 원수 공급 모듈(10)의 구성을 도시한 도면이다. 도 2를 참조하여 설명하면, 제1 원수 공급 모듈(10)은 제1 회수 파이프 라인(16)과, 제1 배출 파이프 라인(19), 제1 배출 선택 밸브(19a, 19b) 및 제1 배출 탱크(15a)를 포함할 수 있다.
- [0058] 제1 회수 파이프 라인(16)은 상술한 바와 같이 제1 여과막(1)을 투과하지 않은 원수가 회수되도록 제1 여과막 홀더(12)와 제1 저장 탱크(11)를 연결한다. 그리고, 제1 배출 파이프 라인(19)은 제1 회수 파이프 라인(16)으로부터 분기되어 제1 배출 탱크(15a)로 연결된다.
- [0059] 이 때, 제1 배출 선택 밸브(19a, 19b)는 제1 여과막(1)을 투과하지 않은 원수가 제1 회수 파이프 라인(16)과 제1 배출 파이프 라인(19) 중 어느 하나를 통해 흐르도록 제1 회수 파이프 라인(16) 및 제1 배출 파이프 라인(19)을 개폐한다. 도 2에서는 2개의 제1 배출 선택 밸브(19a, 19b)가 각각 제1 회수 파이프 라인(16) 및 제1 배출 파이프 라인(19)을 개폐하도록 마련되는 것을 예로 하고 있다.
- [0060] 상기와 같은 구성에 따라, 제1 여과막(1)을 거친 원수가 다시 제1 저장 탱크(11)로 유입되는 것을 차단하고자 하는 경우, 예컨대 보다 정확한 측정이 필요한 경우에는 제1 배출 파이프 라인(19)을 통해 원수를 제1 배출 탱크(15a)로 배출할 수 있게 되고, 제1 저장 탱크(11)로 제1 여과막(1)이 거친 원수가 유입되더라도 측정의 신뢰성에 영향을 미치지 않는 경우로 제1 저장 탱크(11)에 수용된 원수의 양이 충분하지 않는 경우 이를 순환 시킴으로써 보다 원활한 측정이 가능하게 된다.
- [0061] 도 2에서는 제1 원수 공급 모듈(10)을 예로 하여 설명하였으나, 제2 원수 공급 모듈(30) 및 제3 원수 공급 모듈(50)도, 도 2에 도시된 바와 같은 형태로 마련되어 도 1에 도시된 여과막 오염 지수 예측 장치(100)에 적용 가능함은 물론이다.
- [0062] 한편, 본 발명에 따른 제1 원수 공급 모듈(10)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 유압 측정부(17), 제1 유량 조절 밸브(13a), 제1 바이패스 파이프 라인(18) 및 제1 바이패스 밸브(18a)를 포함할 수 있다.
- [0063] 제1 유압 측정부(17)는 제1 공급 파이프 라인(13) 상에 설치되어 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수의 유압을 측정한다. 그리고, 제1 유량 조절 밸브(13a)는 제1 공급 파이프 라인(13) 상에 설치되어 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수의 유량을 조절하게 된다.

- [0064] 또한, 제1 바이패스 파이프 라인(18)은 제1 공급 파이프 라인(13)으로부터 분기되어 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수를 제1 저장 탱크(11)로 바이패스시킨다. 이 때, 제1 바이패스 밸브(18a)는 제1 바이패스 파이프 라인(18)에 설치되어 제1 저장 탱크(11)로 바이패스되는 원수의 유량을 조절한다.
- [0065] 여기서, 오염 지수 예측부(90)는 제1 원수 공급 모듈(10)의 제1 유압 측정부(17)에 의해 측정된 유압에 기초하여 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수의 유압이 기 설정된 범위로 유지되도록 제1 유량 조절 밸브(13a) 및 제1 바이패스 밸브(18a)를 조절하게 된다.
- [0066] 보다 구체적으로 설명하면, 오염 지수 예측부(90)는 제1 원수 펌프(14)가 일정한 유압 상태로 원수를 펌핑하도록 제어하는 과정에서, 제1 유압 측정부(17)의 측정 결과에 기초하여 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수의 유압이 일정해지도록 제1 유량 조절 밸브(13a) 및 제1 바이패스 밸브(18a)를 제어한다. 일 예로, 제1 유압 측정부(17)에 의해 측정된 유압이 기 설정된 범위를 초과하게 되면, 오염 지수 예측부(90)는 제1 바이패스 밸브(18a)를 조금더 개방하여 제1 바이패스 파이프 라인(18)을 통해 바이패스되는 원수의 유량을 증가시킴으로써 제1 여과막 홀더(12)로 공급되는 원수의 유압을 감소시키게 된다.
- [0067] 마찬가지로, 제2 원수 공급 모듈(30)도 제2 유압 측정부(37), 제2 유량 조절 밸브(33a), 제2 바이패스 파이프 라인(38) 및 제2 바이패스 밸브(38a)를 포함할 수 있으며, 제3 원수 공급 모듈(50)도 제3 유압 측정부(57), 제3 유량 조절 밸브(53a), 제3 바이패스 파이프 라인(58) 및 제3 바이패스 밸브(58a)를 포함할 수 있다.
- [0068] 이와 같은 구성에 따라, 제1 여과막 홀더(12), 제2 여과막 홀더(32) 및 제3 여과막 홀더(52)로 유입되는 원수의 유압이 일정하게 유지된 상태, 즉 상호 동일한 상태에서, 오염 지수 예측부(90)가 제1 유량 측정부(81), 제2 유량 측정부(82) 및 제3 유량 측정부(83)로부터의 정보에 기초하여 여과막 오염 지수를 예측 가능하게 된다.
- [0069] 한편, 도 1의 미설명 참조번호 92a, 92b 및 92c는 각 저장 탱크(11,31,51)에 수용된 원수를 교반시키는 교반 유닛으로, 제1 저장 탱크(11), 제2 저장 탱크(31) 및 제3 저장 탱크(51)에 수용된 원수에 포함된 이물질이 침강되지 않고 부유되도록 함으로써, 여과막 오염 지수를 측정하는데 있어 공급되는 원수의 조건이 균일하게 되어 측정의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0070] 또한, 도 1의 미설명 참조번호 91은 제1 저장 탱크(11), 제2 저장 탱크(31) 및 제3 저장 탱크(51)에 수용된 원수가 기 설정된 온도 범위로 유지되도록 제1 저장 탱크(11), 제2 저장 탱크(31) 및 제3 저장 탱크(51)를 각각 냉각시키는 냉각 유닛(93a,93b,93c)을 구동시키기 위한 냉각 구동부이다.
- [0071] 이하에서는, 상기와 같은 구성에 따라 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)를 이용하여 각 여과막(1,3,5)에 대한 오염 지수를 예측하는 과정에 대해 설명한다.
- [0072] 먼저, 오염 지수 예측부(90)는 제1 원수 펌프(14)를 가동하여 제1 저장 탱크(11)에 저장된 원수가 제1 여과막 홀더(12)에 수용 지지된 제1 여과막(1)을 투과하도록 펌핑한다. 이 때, 오염 지수 예측부(90)는 제1 여과막 홀더(12)로 유입되는 원수의 유압이 일정하게 유지되도록 일차적으로 제1 원수 펌프(14)를 제어하고, 이차적으로 제1 유압 측정부(17)의 측정 결과에 기초하여 제1 유량 조절 밸브(13a) 및 제1 바이패스 밸브(18a)를 제어함으로써 제1 여과막 홀더(12)로 유입되는 원수의 유압을 일정하게 유지시킨다.
- [0073] 상기 상태에서 제1 여과막 홀더(12)로 유입된 원수의 일부는 제1 여과막(1)을 투과한 후 제1 측정 탱크(15)로 저장되고, 제1 측정 탱크(15)에 저장된 원수의 무게가 제1 유량 측정부(81)에 의해 측정되어 오염 지수 예측부(90)로 전달된다.
- [0074] 그런 다음, 제1 측정 탱크(15)에 일정 시간동안 제1 여과막(1)을 투과한 원수로 채워지면, 오염 지수 예측부(90)는 제1 측정 탱크(15)에 저장된 원수가 제2 저장 탱크(31)로 유입되도록 제1 공급 단속부를 제어하게 된다.
- [0075] 한편, 오염 지수 예측부(90)는 제2 여과막(3)의 오염 지수를 예측하기 위해, 제2 원수 펌프(34)를 가동하여 제2 저장 탱크(31)에 저장된 원수가 제2 여과막 홀더(32)에 수용 지지된 제2 여과막(3)을 투과하도록 펌핑한다. 여기서, 제2 저장 탱크(31)에 저장된 원수는 제1 여과막(1)을 투과하면서 제1 여과막(1)의 여과 특성에 따라 원수에 포함된 일정 부유물이 제거된 상태이다.
- [0076] 여기서, 오염 지수 예측부(90)는 제2 여과막 홀더(32)로 유입되는 원수의 유압이 일정하게 유지되도록 일차적으로 제2 원수 펌프(34)를 제어하고, 이차적으로 제2 유압 측정부(37)의 측정 결과에 기초하여 제2 유량 조절 밸브(33a) 및 제2 바이패스 밸브(38a)를 제어함으로써 제2 여과막 홀더(32)로 유입되는 원수의 유압을 일정하

게 유지시킨다.

- [0077] 상기 상태에서 제2 여과막 홀더(32)로 유입된 원수의 일부는 제2 여과막(3)을 투과한 후 제2 측정 탱크(35)로 저장되고, 제2 측정 탱크(35)에 저장된 원수의 무게가 제2 유량 측정부(82)에 의해 측정되어 오염 지수 예측부(90)로 전달된다.
- [0078] 그런 다음, 제2 측정 탱크(35)에 일정 시간동안 제2 여과막(3)을 투과한 원수로 채워지면, 오염 지수 예측부(90)는 제2 측정 탱크(35)에 저장된 원수가 제3 저장 탱크(51)로 유입되도록 제2 공급 단속부를 제어하게 된다.
- [0079] 동일한 방법으로 오염 지수 예측부(90)는 제3 여과막(5)의 오염 지수를 예측하기 위해, 제3 원수 펌프(54)를 가동하여 제3 저장 탱크(51)에 저장된 원수가 제3 여과막 홀더(52)에 수용 지지된 제3 여과막(5)을 투과하도록 펌핑한다. 여기서, 제3 저장 탱크(51)에 저장된 원수는 제1 여과막(1) 및 제2 여과막(3)을 투과하면서 제1 여과막(1) 및 제2 여과막(3)의 여과 특성에 따라 원수에 포함된 일정 부유물이 제거된 상태이다.
- [0080] 여기서, 오염 지수 예측부(90)는 제3 여과막 홀더(52)로 유입되는 원수의 유압이 일정하게 유지되도록 일차적으로 제3 원수 펌프(54)를 제어하고, 이차적으로 제3 유압 측정부(57)의 측정 결과에 기초하여 제3 유량 조절 밸브(53a) 및 제3 바이패스 밸브(58a)를 제어함으로써 제3 여과막 홀더(52)로 유입되는 원수의 유압을 일정하게 유지시킨다.
- [0081] 상기 상태에서 제3 여과막 홀더(52)로 유입된 원수의 일부는 제3 여과막(5)을 투과한 후 제3 측정 탱크(55)로 저장되고, 제3 측정 탱크(55)에 저장된 원수의 무게가 제3 유량 측정부(83)에 의해 측정되어 오염 지수 예측부(90)로 전달된다.
- [0082] 상기와 같은 과정에서, 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)을 투과하는 원수의 유량은 시간이 경과함에 따라 감소하게 되는데, 이는 각 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)에 부유물이 침착되었다는 것을 의미한다.
- [0083] 상기와 같이 수를 흐르게 하여 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)을 투과시키는 여과 과정을 5분 내지 30분까지 지속하여, 여과 과정 동안에 원수의 압력과 유량이 제1 유압 측정부(17), 제2 유압 측정부(37), 제3 유압 측정부(57), 제1 유량 측정부(81), 제2 유량 측정부(82), 제3 유량 측정부(83)에 의해 측정되어 오염 지수 예측부(90)로 전송된다.
- [0084] 여기서, 오염 지수 예측부(90)는 유량 변화 즉, 제1 유량 측정부(81), 제2 유량 측정부(82), 제3 유량 측정부(83)에 의해 측정된 무게에 기초하여, 시간에 따른 유량의 차이로부터 여과 부피(V)와, 여과 시간 대 여과 부피 간의 비율(t/V)을 계산하여 그 기울기로부터 여과막(1,3,5)의 오염 지수를 예측하게 된다.
- [0085] 즉, 동일한 유압 조건 하에서 여과 부피(V)와, 여과 시간/여과 부피(t/V)는 아래의 [수학식 1]로 표현될 수 있다.
- [0086] [수학식 1]
- [0087] $t/V=aV+b$
- [0088] 상기 [수학식 1]로부터 계산되어진 기울기 a가 여과막(1,3,5) 오염이 진행되는 속도와 경향을 나타내게 된다. 이 때, 서로 다른 여과 특성을 가진 각각의 제1 여과막(1), 제2 여과막(3) 및 제3 여과막(5)으로부터 계산되는 여과막 오염 지수는 서로 다른 의미를 갖게 된다.
- [0089] 예를 들어, 상술한 바와 같이 친수성 정밀 여과막(MF)을 통해 측정된 여과막 오염 지수는 일반적인 부유입자에 의한 막오염 경향을 예측하는 척도가 된다. 그리고, 친수성 한외 여과막(UF)에 의하여 측정된 여과막 오염 지수는 콜로이드 입자에 의한 막오염 경향을 예측하는 척도가 된다. 또한, 친수성 나노 여과막(NF)에 의하여 측정된 여과막 오염 지수는 유기물질에 의한 막오염 경향을 예측하는 척도가 된다.
- [0090] 본 발명에서는 위와 같이 여러 종류의 여과막(1,3,5)을 동시에 사용하게 되므로, 한 종의 원수에 대해 다양한 종류의 여과막(1,3,5)을 통한 여과막 오염 지수를 예측할 수 있게 된다. 따라서, 여과막(1,3,5)의 공극과 분획 분자량, 표면의 친수성/소수성 정도, 표면전하, 거칠기 등에 따라 다양한 막오염 물질의 영향을 평가할 수

있다.

- [0091] 예를 들어 동일한 원수 조건에서 분석하고자 하는 목적에 따라, 상술한 바와 같이, 여과막(1,3,5)의 종류를 공극 크기별로 장착할 경우 공극과 분획 분자량의 크기에 따른 여과막 오염 지수를 구할 수 있으며, 장착된 여과막(1,3,5)의 친수성/소수성 특성에 따라 산출되는 여과막 오염 지수로부터 친수성/소수성 특성으로부터 산출된 막오염 지수를 측정할 수 있다.
- [0092] 도 3은 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)에 각 여과막(1,3,5)에서 통과되는 이물질과 평가되어지는 이물질을 개념적으로 도시한 도면이다. 도 3에서는 제1 여과막(1)의 공극의 크기가 0.45 μm 인 친수성 정밀 여과막(MF)이고, 제2 여과막(3)의 분획 분자량이 100 kDa인 친수성 한의 여과막(UF)이고, 제3 여과막(5)의 분획 분자량이 10 kDa인 친수성 나노 여과막(NF)인 것을 예로 하고 있다.
- [0093] 도 3에서는, 제1 여과막(1)에는 원수에 포함된 이물질 중 일반적인 부유입자(Particles)가 여과되고, 제2 여과막(3)에서는 원수에 포함된 이물질 중 콜로이드(Colloids) 입자가 여과되고, 제3 여과막(5)에서는 원수에 포함된 이물질 중 유기물질(Organic)이 여과되는 것을 개념적으로 도시하고 있다.
- [0094] 한편, 도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)를 이용한 여과막 오염 지수를 해석한 결과를 도시한 도면이다. 도 4의 (a)는 해수(Raw)를 원수로 하여 해석한 결과를 도시한 도면이고, 도 4의 (b)는 샌드 필터(Sand-filter)를 이용하여 전처리한(Sand-filtered) 해수를 원수로 하여 해석한 결과를 도시한 도면이다. 그리고, 도 5의 (a)는 마이크로 필터(Micro-filter)를 이용하여 전처리한(Micro-filtered) 해수를 원수로 하여 해석한 결과를 도시한 도면이고, 도 5의 (b)는 울트라 필터(Ultra-filter)를 이용하여 전처리한(Ultra-filtered) 해수를 원수로 하여 해석한 결과를 도시한 도면이다.
- [0095] 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 미지의 원수를 여과막 오염 지수 예측 장치(100)를 이용하여 여과막 오염 지수를 해석하여 삼각형 형태의 그래프로 나타내면, 미지의 원수에서 막오염의 경향을 이물질의 유형에 따라 상대적으로 비교 평가할 수 있게 되며, 미지의 원수 내의 어떤 물질이 막오염을 상대적으로 많이 유발하게 되는지에 관한 정보를 얻을 수 있다.
- [0096] 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)는 상기와 같은 구성에 따라 역삼투 방식을 통한 RO 공정이나 나노 여과공정에서 오염 가능성을 예측하는데 적용될 수 있다. 상술한 바와 같은 해수와 전처리된 해수에 대한 오염 가능성에 대한 예측은 종래의 SDI 측정방법에 비해 효과적이다.
- [0097] 도 6을 참조하여 설명하면, 각 샘플 원수, 즉 해수와 전처리된 3가지의 해수의 플럭스(Flux)는 전처리의 방식에 따라 서로 다르게 감소함을 알 수 있다. 가장 심한 플럭스(Flux) 감소를 나타내는 것이 전처리 전(Raw)의 해수이고, 가장 적은 플럭스(Flux) 감소를 나타내는 것이 울트라 필터(Ultra-filter)를 이용하여 전처리한(Ultra-filtered) 해수임을 알 수 있다.
- [0098] 도 6의 그래프 상에서 초기의 빠른 플럭스(Flux) 감소 구간의 기울기를 이용하여, 각각의 막오염에 대한 FDR(Flux-Decline Rate) 값이 결정될 수 있다. 여기서, 각각의 막오염에 대한 FDR(Flux-Decline Rate) 값은 도 4 및 도 5에 도시된 그래프로부터 결정되는 막오염 가능성과 연관성을 가지게 되며, 이러한 연관성에 대한 결과는 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같다.
- [0099] 도 7의 (a)는 종래의 SDI 측정방법을 통해 측정된 막오염 지수와 FDR(Flux-Decline Rate) 값 간의 관계를 나타낸 도면이고, 도 7의 (b)는 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)에서 제1 여과막(1)을 통해 측정된 일반 부유물질에 대한 막오염 지수와 FDR(Flux-Decline Rate) 값 간의 관계를 도시한 도면이고, 도 8의 (a)는 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)에서 제2 여과막(3)을 통해 측정된 콜로이드 입자에 대한 막오염 지수와 FDR(Flux-Decline Rate) 값 간의 관계를 도시한 도면이고, 도 8의 (b)는 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)에서 제3 여과막(5)을 통해 측정된 유기물질에 대한 막오염 지수와 FDR(Flux-Decline Rate) 값 간의 관계를 도시한 도면이다.
- [0100] 도 7 및 도 8을 참조하여 설명하면, 도 7의 (b)와 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이 부유물질(Particles)과 콜로이드 입자에 대해서는 실제 플럭스(Flux) 감소의 예측이 도 7의 (a)에 도시된 종래의 SDI 측정방법에 따른 예측에 비해 정확함을 알 수 있다.
- [0101] 여기서, 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장치(100)를 이용하여 유기물질에 대한 실제 플럭스(Flux) 감소의 예측이, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 상대적으로 낮은 상관관계를 나타내는 것은 다음의 전처리 공정을 통해서 유기물에 대한 처리가 이루어지지 않고 있음을 보여준다. 이 때, 측정 대상이 되는 원수의 종류에 따라 도 7 및 도 8에 도시된 그래프의 결과는 달라질 수 있다. 본 발명에 따른 여과막 오염 지수 예측 장

치(100)가 도 3에 도시된 바와 같이, 복수의 여과막(1,3,5)을 통해 투과(Separation)되거나 평가(Evaluation)됨에 따라 복수의 예측 과정을 통해, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 복수의 예측 결과를 비교하는데 효과가 있다.

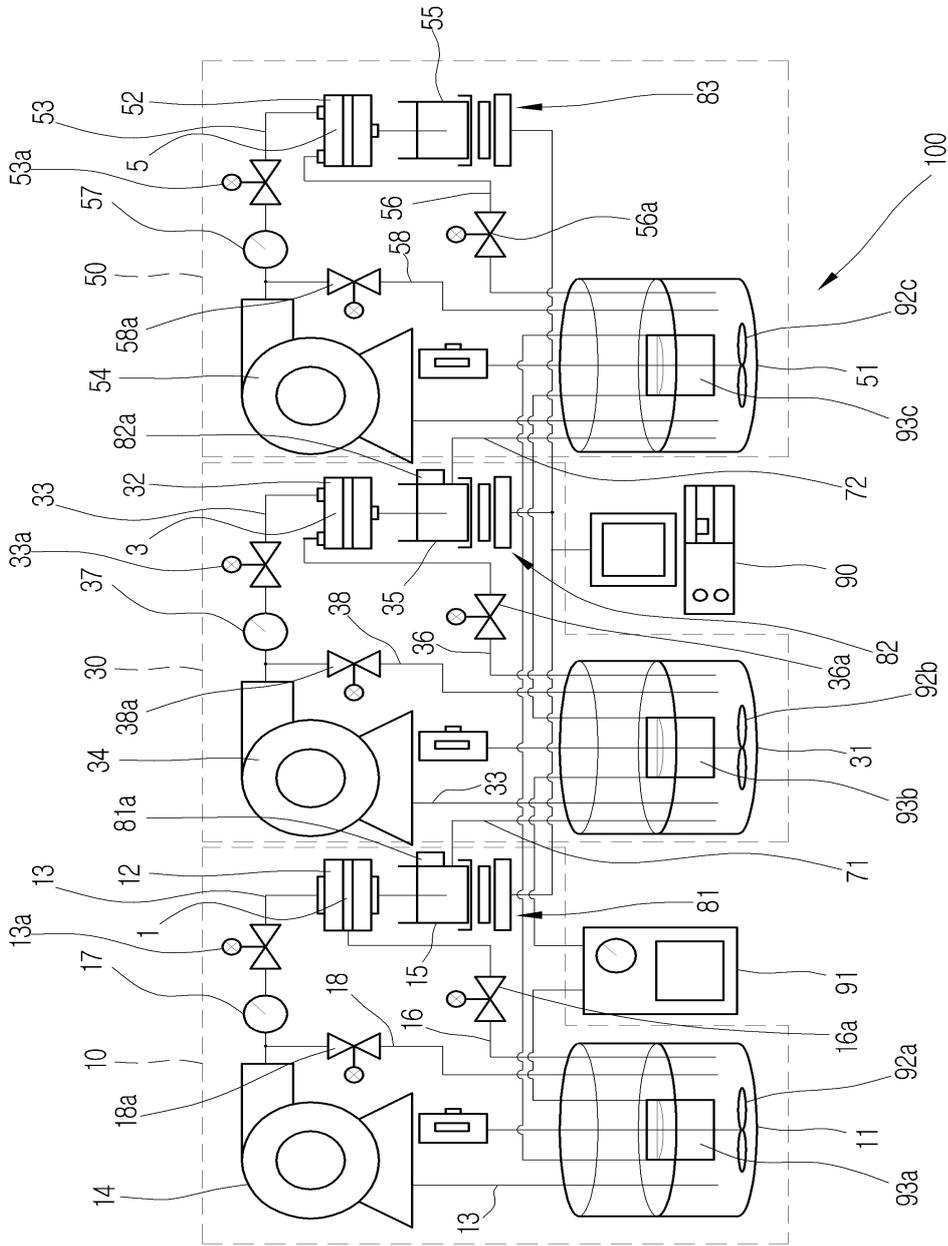
[0102] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

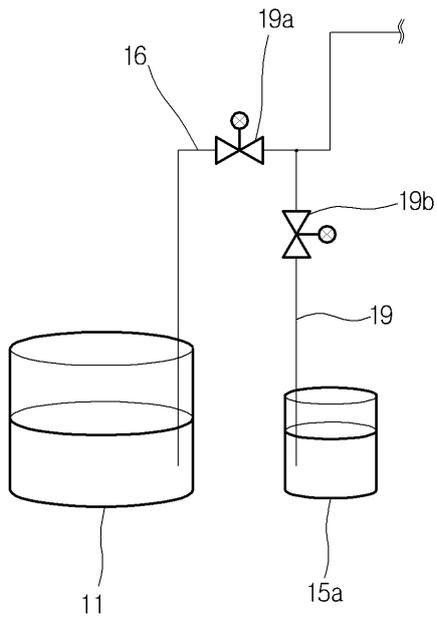
- [0103] 100 : 여과막 오염 지수 예측 장치
- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1,3,5 : 여과막 | 10,30,50 : 원수 공급 모듈 |
| 11,31,51 : 저장 탱크 | 12,32,52 : 여과막 홀더 |
| 13,33,53 : 공급 파이프 라인 | 14,34,54 : 원수 펌프 |
| 15,35,55 : 측정 탱크 | 16,36,56 : 회수 파이프 라인 |
| 17,37,57 : 유압 측정부 | 18,38,58 : 바이패스 파이프 라인 |
| 71,72 : 연결 파이프 라인 | 81,82,83 : 유량 측정부 |
| 90 : 오염 지수 예측부 | |

도면

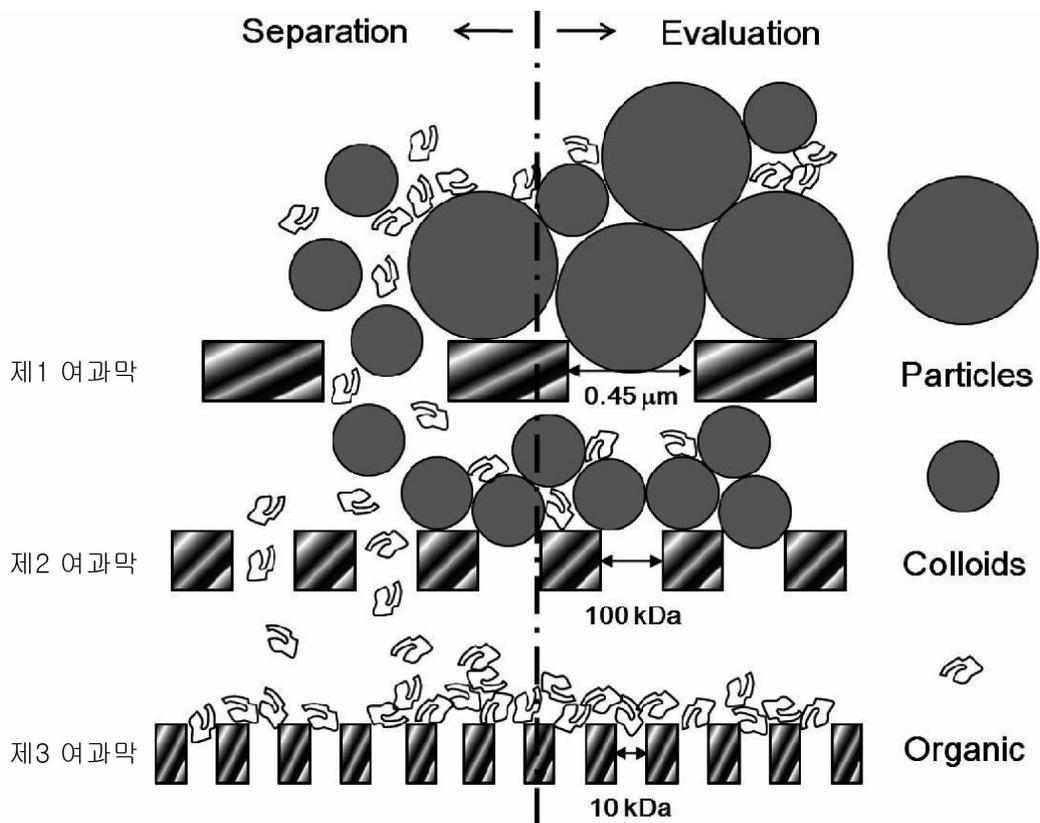
도면1



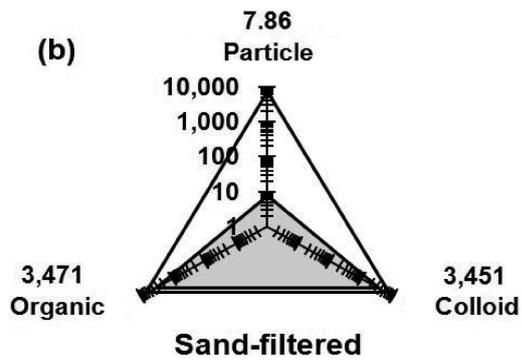
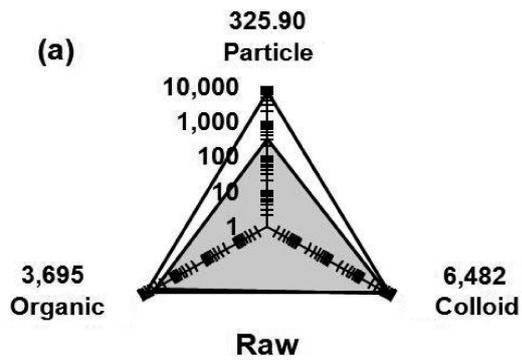
도면2



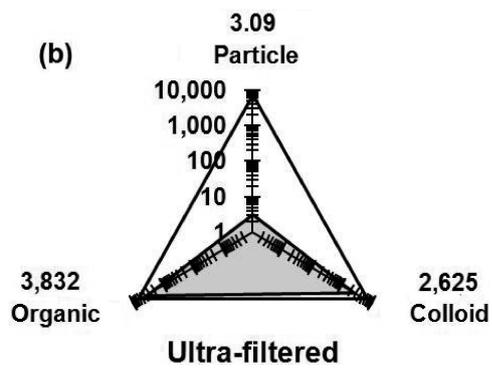
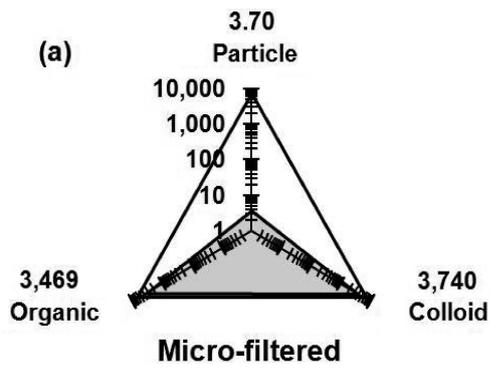
도면3



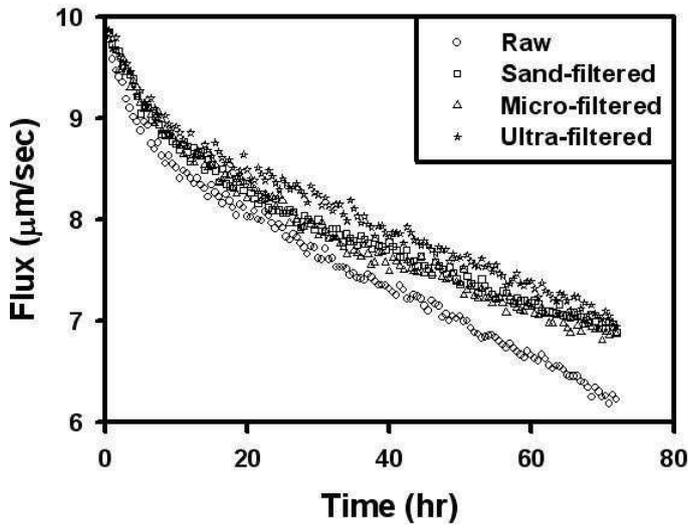
도면4



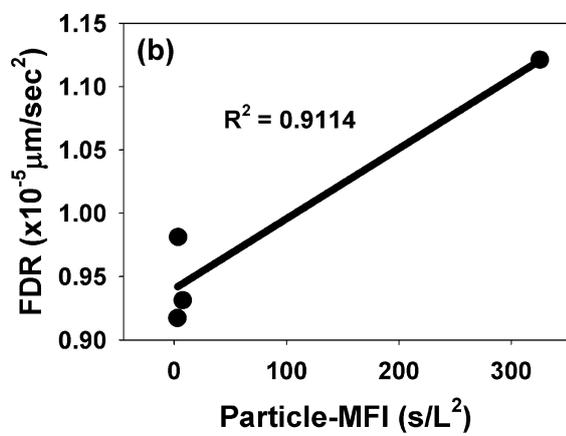
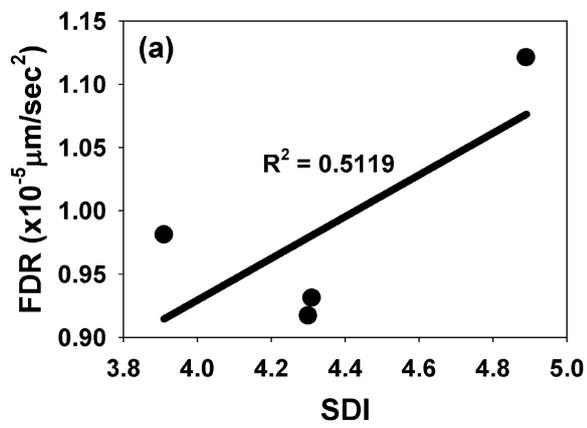
도면5



도면6



도면7



도면8

