

국외 분리막 소식

■ 튜브로서의 나노와이어의 효율적인 액체의 들어올림 (lift)

이러한 현상은 이론가들에 의해 이미 예측이 되었지만, 지금까지 관찰된 적이 없었다. 그 이유는 프로세스가 매우 작아서 광학 현미경으로는 관찰할 수 없었기 때문이다. 전자 현미경은 진공상태에서의 작동을 필요로 하고, 이것은 대부분의 액체들이 곧바로 증발하게 만든다. 이러한 점을 극복하기 위해서 MIT 팀은 DMPI-TFPI라 불리는 이온성 액체를 사용하였고, 이것은 강한 진공에서도 안정하게 유지하였다. 비록 실험이 이러한 특수한 액체를 사용하였지만, 이 결과는 물을 포함한 대부분의 액체에도 적용이 될 것으로 보여진다. 이 연구의 결과는 'Nanowire liquid pumps' 라는 이름으로 Nature Nanotechnology에 출판되었다. 과학자들은 이번 연구가 액체-고체의 상호 작용의 기본 원리를 탐구하는 데에 초점이 맞춰졌지만, 또한 램온어칩 또는 잉크젯 프린팅에도 사용될 수 있을 것이라고 말한다. Li 교수는 '우리는 매우 작은 스케일에서의 유체의 흐름에 대해서 관찰을 하였고, 따라서 예상치 못한 새로운 현상들이 이 분야에서 나타날 것이다' 라고 언급하였다.

■ 자연 조건하에서 역전기투석시의 오염

재생가능한 에너지가 전기투석시 해수와 민물이 혼합됨 으로부터 발생한다. 이러한 자연적인 급수되는 물이 사용 될 때 오염의 효과를 조사하기 위해서 20마이크로미터의 필터를 사용한 것 이외에 역전기투석을 위한 다른 세 개의 셋업의 성능을 25일 동안 평가하였다. 다른 종류의 막 오염 방지 처리가 없었기 때문에, 오염의 혼합이 규조류, 점토 광물, 유기물로 구성된 막에서 관찰되었다. 오염의 종류가 막의 종류에 의존하였다. 음이온 교환 막은 주로 규조류 또는 점토 광물을 끌어당겼으나, 스케일링(scaling)은 오직 양이온 교환 막에서 관찰되었다. 레퍼런스로서, 전하가 없는 플라스틱 시트가 사용되었고, 이것의 결

과는 매우 깨끗한 표면을 만들었다. 게다가 막들 사이에서 각각의 스페이스 없는 셋업은 오염에 대해서 민감하지 않았다. 이것은 급수되는 물과 막 더미로부터 얻어진 출력 밀도의 압력 강하에 의해 수량화되었다. 스페이서가 있는 평평한 막 대신에 분포가 있는 막을 사용하였을 때, 압력 강하가 네 배 느린 속도로 증가하였고, 출력 밀도는 더 높게 유지하였다.

D.A. Vermaas, D. Kunteng, M. Saakes and K. Nijmeijer: Water Research 47(3) 1289-1298 (1 March 2013).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.053>

■ 해수에서 유기물의 상호작용에 의해서 야기된 UF 막 오염 메커니즘의 분석

유기물의 막 오염은 담수화 산업에서 UF 전처리 시스템의 적용에서 큰 도전 과제로 남아있다. 이번 연구에서, 해수에서 유기물에 의한 오염의 잠재성은 humic acid와 alginate를 포함한 모델 해수를 사용하여 조사되었다. UF 막에서 유기물의 오염의 증가는 주기적인 역세정과 연속적인 여과 사이클 후에 연구되었다. 역세정 조건(지속시간, 주기, 그리고 permeate/증류수의 사용)을 변화하는 것의 막 성능에 대한 영향이 분석되었다. 전체 역세정 부피가 일정한 조건에서 여과 조건의 변화가 막 성능에 작은 차이를 일으켰다. 하지만, permeate water backwash를 증류수로 대체한 것은 막 오염 가역성을 크게 향상시켰다. 더욱이, 여과 후 막 오염 층의 분석은 역세정 용액의 특성 때문에 오염 분포에 큰 차이가 있음을 밝혀내었다. 증류수 역세정은 비록 막 표면에 흡착된 humic acid가 크게 영향을 받지 않았지만, 막 오염층으로부터 alginate를 제거하는데 있어서 특히 효과적이라는 것이 밝혀졌다. 하지만, 화학적 세정 후에 막 투과도 테스트는 증류수 역세정을 사용한 후에, 오염이 높은 수치로 회복 불가능함을 보였다.

A. Resosudarmo, Y. Ye, P. Le-Clech and V. Chen: Water Research 47(2) 911,921 (1 February 2013).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.024>

■ Pall이 1000번째 Oenoflow 시스템의 와인 산업에 판매를 축하하였다

US 여과, 분리, 정화 회사인 Pall Corp는 1000번째 Oenoflow 여과 시스템을 와인 산업에 판매를 알렸다. 이 시스템은 와인 제조 비용을 크게 절감할 뿐만 아니라, 와인의 특성을 보호한다. 그것은 또한 구조도와 시트 여과를 사용하는 전통적인 방법들과 연관된 환경적인 염려들을 경감시킨다. 1998년에 소개된 Oenoflow system은 30개국 이상을 넘는 나라에서 설치를 하는 등 와인 정화를 위한 세계적인 기준이 되었다고 Pall Corp는 말한다. Pall은 DE같은 여과 보조의 사용을 줄이고, 와인 손실, 유틸리티 사용과 노동력의 감소를 포함하는 이익을 제공하기 위해서 Oenoflow 시스템을 개발하였다고 Pall Food & Beverage and Laboratory의 책임자인 Jonathan Pratt가 말했다. “우리의 천번째 Oenoflow system 주문을 받은 것은 주목할만한 초석입니다. 그것은 지난 10년 간 세계적으로 와인생산이 크게 변화하였음을 나타냅니다”라고 Jonathan Pratt는 연이어 말하였다. Oenoflow 시스템은 혼합된 DE와 시트 여과 과정을 한단계 스텝으로 대체함으로써 와인생산을 간소화하였다. 정화는 여과 보조수단, 원심분리 사용없이 실행되었다. 고 표면적, 중공사 마이크로여과 막을 사용하여, 시스템은 효과적으로 와인의 질에 영향을 미치는 효소, 고체, 박테리아들을 제거한다. 경쟁적인 환경에서, 환경적인 요구 조건들을 만족시키고, 와인산업은 생산량과 품질을 증가시키기 위해서 압박을 받고 있다. Pall의 Oenoflow system은 와인산업이 이러한 목표를 달성하는데 돕는 이미 입증된 수단이라고 Pratt는 결론지었다.

■ Purelab 시스템이 HPLC-MS/MS를 돕는다

Elga Process Water, a Veolia Water Solutions & Technologies company가 비스페놀 A (BPA)를 제거

하기 위해 그것의 성능을 결정하기 위해서 Purelab으로부터 많은 시스템이 독립적으로 테스트되어졌다고 보고하였다. 이탈리아 베니스에 위치한 the Institute for the Dynamics of Environmental Processes (CNR)에서 수행된 연구는 생산품이 효과적으로 검출한계 아래까지 BPA를 효과적으로 제거할 수 있다고 밝혔다. 이것은 HPLC-MS/MS를 기반으로 BPA를 검출하기 위해 이러한 물 정화 시스템이 적절함을 보여준다. 최근까지, BPA는 폴리카보네이트 플라스틱과 에폭시 수지의 상업적인 생산에 널리 사용되어져 왔다. HPLC-MS/MS는 2ppt 이하의 검출한계와 함께 BPA 검출에 필요한 차별성을 제공한다고 Elga는 말한다. 이 기술의 뛰어난 민감도는 분석 과정에서 잘못된 결과를 피할 수 있는 물 정화시스템의 사용에 필요로 하는 초순도의 물을 사용한다.

■ 저오염 RO 막이 혹독한 조건에서 더 오래 작동한다

General Electric사가 산업 공정으로부터 배출된 폐수처럼 처리하기 어려운 물을 정화하는 새 막을 개발하였다. AF LF 시리즈는 막의 수명을 줄이고, 오염시키는 박테리아, 콜로이드, 그리고 다른 물질들을 포함하는 물로부터 성능을 저하하는 것을 막는 저오염 역삼투로써 정의된다. 그것은 정화 사이클을 향상시키고, 압력을 줄이고, 막표면의 마찰을 줄이는 특별한 코팅 기술을 사용하여, 유기물의 오염을 방지한다. 회사는 아시아에서 저오염 역삼투 막을 파일럿 규모로 성공적으로 테스트 하였다고 말하였다. 고객의 경험은 그것이 제철 생산이나 발전소에서 발전되는 프로세스에서 염수를 포함하는 적용에서 사용되어지는 기존의 막에 비해서 좀 더 적은 세정 사이클을 필요로 한다는 것을 보여주었다. GE에 따르면, 실제 결과들은 특정한 적용 조건에 따라 다르지만, 세정과정도의 시간을 최대 50%까지 줄일 수 있다고 말한다. ‘우리의 새로운 저오염 RO 막은 작은 빈도의 세정과정으로 높은 효율을 보이고, 이로인하여 연장된 수명, 환경적인 이점도 보인다’ 라고 GE의 General Manager인 Yuvbir Singh가 설명하였다. 세계적으로 많은 지역에서의 물 부족은 물을 정화하는데 더 많은 수요가 있음을 의미하고, 따라서 발전소 같은 산업 현장에서 재활용될 수 있다. GE’s AG LF 막은 도시의 오수로 보내지는 해로운

폐수의 양을 줄일 수 있다.

■ United Envirotech가 Memstar의 자본을 모두 인수

Memstar는 PVDF hollow fibre 막의 주된 제조 및 공급을 담당하는 기업이다. 이 기업은 주로 싱가포르와 중국에 제조 설비들을 갖추고 있고 강력한 연구 및 개발 가능성을 장비하고 있다. 이 회사에서 제조되는 막 제품들은 물과 폐수 처리 프로젝트 면에서 UEL에 의해 널리 사용되어 왔다. UEL사는 멤브레인의 각종 신 테크놀로지를 이용한 물 및 폐수처리의 설계와 시공을 담당해왔다. Memstar의 자본 취득은 빠르게 성장하는 막 기반 폐수 처리 산업에서 기회를 포획하기 위해 더욱 향상된 경쟁력으로 수직적으로 통합된 물 처리 테크놀로지 기업으로 만들 것이다. Memstar는 오랜 기간 동안 UEL의 공급자이자 파트너로서 역할을 해 왔고, 사람들은 두 기업의 통합이 더 높은 양질의 수 처리 분리막 상품들을 보장할 것이며, 우리 소비자들에게 더 나은 서비스를 제공하고 또 더 높은 가치를 창출할 수 있는 경쟁력을 더 날카롭게 해줄 것이라고 믿고 있다. 또한 사람들은 특히 중국의 환경 및 수 처리 분야에서 매우 엄청난 성장의 기회를 제공하기 위해서 Memstar의 매니지먼트 팀과 함께 면밀히 일하기를 기대하고 있다.

■ Pentair Ltd가 전 세계적인 물 공급으로 도약하는 NF 기술을 발명

Pentair은 이 NF 기술이 더 간단하고 훨씬 더 효율적인 방법으로 마시는 물을 여과시킴으로써, 물 여과 산업에 폐수 처리에 대한 새로운 도약을 제공한다고 한다. Phil Rolchigo (Vice President)는 ‘Pentair에서 우리는 새로운 기술을 개발하는데 상당한 투자를 받아왔다. 그리고 그 기술은 전 세계적으로 깨끗한 물에 대한 점점 증가하는 수요를 충족시키는데 상당한 도움을 줄 것이다.’라고 말한다. 특히, 그는 다음과 같이 언급했다. ‘속이 비어 있는 hollow 구조의 fibre 나노 여과에 대한 우리 기업의 혁신은, fresh water에서 발견되는 유기 혼합물의 복잡한 혼합물을 처리하는 그 능력에 존재한다. 이 기술은 특히 마시는 물의 여과 과정에 대한 도전에 접근하며, 또 산업을 가로질러서 폐수 처리에 있어서 상당히 기여할 것

이다.’ 마시는 물의 처리 과정에 있어서, NF는 박테리아, humic acids, 그리고 모든 유기물 탄소들(Total organic carbons, TOC)과 같은 특정한 오염 물질들을 제거하는 선택적인 분리를 가능하게 한다. 여기서 중요한 점은 이 기술이 이룰테면 칼슘, 마그네슘 등과 같은 몸에 좋은 미네랄이나 영양분들의 일정한 단계를 유지해주면서 위와 같은 오염 물질들을 제거해주기 때문에 미래의 마시는 물 처리에 대해 상당한 기여를 할 것으로 전망한다.

■ South West Water 플랜트가 PWN으로부터 이온 교환 기술 및 MF 기술을 사용

SouthWest Water의 장기적인 안목의 일부분으로써 이 기업은 다음 5년간의 투자 기간(2015-2020) 동안 Crownhill의 더 효율적인 새로운 일거리를 가지고 수 처리 과정을 대체하기로 계획했다. ‘Demoplant’는, 설비를 디자인하는 엔지니어들을 돕기 위해서 Crownhill에 지어져 오고 있다. Christopher Loughlin (Chief Executive Officer, CEO)는 다음과 같이 말했다. “만약 모든 것들이 우리의 계획에 따라 진행되고 우리의 목적이 달성된다면, 우리는 가장 현대적이고 가장 최고의 처리 공장을 가지게 될 것이다. 하루에 약 150,000 리터를 처리할 수 있는 수용성을 가지고 있는 ‘demo-plant’는 SIX와 CeraMac 시스템을 기반으로 설계되어있다. 이러한 시스템들이 영국에 도입된 것은 이 공장이 처음이다. 다음 18개월 이상으로 이 기업의 혁신적인 그룹들이 다양한 정제되지 않은 물의 원천들을 이용하여 이 공정을 테스트하고 있을 것이다. 이것은 기업으로 하여금 적절한 조건 및 공정을 찾는 것을 가능하게 할 것이며, 새로운 처리 공정의 디자인을 만드는데 크게 도움을 줄 것으로 기대된다. SIX/CeraMac은 Plymouth의 북쪽에 위치한 Roborough에 건설될 것이다. Crownhill의 현재 공장은 거의 60년 가까이 되었고 대체 필요성을 느끼고 있다. 새로운 설비에 대한 전체적인 투자는 매우 거대할 것으로 전망된다.”

■ 막 크로마토그래피 “app”이 모바일 유저에게 타겟팅 되어져 있다

바이오 약학 분야의 제조업자 분야에 종사하는 공급자인

Sartorius Stedim Biotech Sa (SSB)는 Sartobind membrane adsorber portfolio를 위해 그 첫 번째 스마트폰 어플리케이션(Application), 소위 말하는 “app”을 소개했다. 이 소프트웨어는 모바일 유저에게 생산품 포트폴리오에 대한 유용한 선택에 대한 기초적인 방향과 트레이닝 툴을 제공한다. 그리고 또한 이 앱은 디지털 라이브러리에 이용 가능한 모든 서류에 대한 링크를 제공한다. 이 생산품의 검색 능력은 크로마토그래피 캡처 능력에 대해, 초심자와 전문가로 하여금 적절한 막을 선택하는 것을 가능하게 하도록 한다. 크로마토그래피에 대한 위와 같은 새로운 접근은 “Ion Exchange Calculator”를 이용함으로써 pH와 iso-electric point 간의 상호작용을 더 잘 이해할 수 있게 한다는 측면에서 이득을 가져다 줄 것이다. 훨씬 더 숙련된 이용자들은 목표하는 분자에 대한 상수 값들을 찾는데 있어서 어플리케이션 노트와 다른 문서들을 다운로드 한다는 측면에서 더 유연한 검색 기능에 감사를 표할 것이다.

■ Envirogen의 센터장이 수처리 서비스를 산업적 고객에게 제공

Envirogen Technologies Inc는 미국의 Tennessee의 Memphis에 서비스 센터를 세우고 있다. 그 서비스 센터는 산업적 구매자들과 그 시에 거주하고 있는 다른 구매자들에게 넓은 범위의 기술에 기반을 둔 수처리 서비스를 제공할 것이다. 그 수용 가능성은 ion-exchange와 adsorptive media regeneration을 포함한다. 이 서비스는 다양한 산업적인 요구에 초점을 둔 deionized water (DI water)의 생산에 대한 시스템 디자인과 설치를 담당하고 있다. 물론, 역삼투 시스템에 대한 개발에도 초점을 두고 있다. 이 실험실은 또한 프로젝트 수행과 파일럿의 연구에 대한 용도로 쓰여질 것이다.

■ 휴대용 물 정화기가 먼 지역까지 오랜 기간 사용될 수 있도록 디자인되고 있다

미국에서 들고다니기 편한 새로운 물 정화기기로써 묘사되고, 따뜻한 물을 어디를 가든 제공할 수 있도록,

해양 부대나 첫 번째 고객들의 접근을 제공하는 것이 마침내 첫 번째 수행 시험을 성공적으로 마쳤다. Office of Naval Research (ONR)의 지원을 받고 미국-필리핀 합동 Balikatan 군사 훈련 기간인 이번 봄에 그 기능을 시험할 수 있게 되면서, First-Response 물 정화기가 응급상황 및 재난 구호 기간 동안 먼 지역에서도 오랜 기간 사용될 수 있도록 디자인 될 것이다. 이 정화기는 전방에 배치된 군인들에게 이미 직면한 엄청난 짐을 덜어주는데 도움을 주기 위해 개발되었다. 이 정화기는 2가지 타입으로 구성되어 있다. 첫 번째 타입은 하루에 3,785 리터(1,000 갤런)를 처리할 수 있고, 두 번째 타입은 하루에 18,927 리터(5,000 갤런)를 처리할 수 있다. 원정기동전 (Expeditionary Maneuver Warfare)과 테러 대항 부서(Combating Terrorism Department)의 Logistics Manager인 Cody Reese는 다음과 같이 얘기했다. ‘원정에서 이용할 수 있는 물은 단지 정화의 기능 보다 훨씬 더 가치를 지닌다. 이 기기는 오랜 기간 이용할 수 있도록 계획하고 있고, 공급하기가 어려운 물을 공급할 수 있고, 여전히 이 기기는 전 세계적으로 어디서든 이용할 수 있는 물 정화기기에 대한 요구를 충족시키는 가장 중요한 기기이다.’ 믿고 마실 수 있는 물의 원천에 대한 욕구는 전쟁터 모든 곳에 통에 담긴 물을 사서 운반하는 돈이 많이 드는 습성으로 이끌어왔다. 이 새로운 정화기는 가볍고 압축되어 있어서 충분히 트럭의 뒤에 실을 수 있고, 2명의 해군이 충분히 옮길 수 있다.

■ Carbon nanotube를 염분 제거에 이용 - 엄청난 잠재능력을 가진 혁신적인 소재

이 소식지는 충분히 이용 가능한 해수 및 염분이 섞인 물의 염분 제거 시스템에 총체적인 접근 방법으로 그 성능을 증가시키기 위해 탄소 나노튜브(Carbon nanotube)의 사용에 대한 통찰력을 제공하는데 초점을 두고 있다. 나노 단위의 기술이 빠르게 발전하고 있는 세계의 흐름은 최신 기술의 물의 염분 제거 기술에 대한 발전에 기여하고 있는 연구원들의 주목을 끌고 있다. 전 세계적으로 떠오르고 있는 청결한 물의 수요와 더불어 탄소 나노튜브(CNTs)는 염분 제거 기술 면에서 중요한 역할을 하기 시작했다. 특히 에너지 소비

에 크게 관련되어 있는 분야에 대한 걱정을 완화시키는데 도움을 주었다. 탄소 나노튜브의 신기한 특성들은 기술적이고 상업적인 발전에 있어서 새로운 기회를 가져온다. 염분 제거에 있어서 탄소 나노튜브의 적용은 지금까지도 논의되어 왔고, 이 분야에서 이 물질의 사용은 엄청난 잠재능력을 가지고 있다는 점에서 상당히 기대되고 있다. 또한, 이 물질이 염분 제거 산업에서 미래의 방향성에 긍정적인 영향을 끼칠 것이라는 점이 널리 신뢰되고 있다.

■ Ion-Jelly membrane의 발전

최초로 Ion-Jelly membrane이 개발되었고 특성분석이 이뤄졌다. Ion-Jelly는 gelatine에 ionic liquid을 첨가함으로써 얻을 수 있는데, 새로운 친환경적이며 지속가능한 gel 물질이다. Ionic liquid 양이온의 변화에 의해 발생하는 membrane 특성 차이를 연구하기 위해 세 가지의 다른 ionic liquid들([EMIM][DCA], [BMIM][DCA], [BMPyr][DCA])이 사용되었다. 그리고 membrane의 물리적 특성들이 traction, contact angles, SEM 방법을 통해 분석되었다. Oleic acid, squalene로 만들어진 혼합물 모델의 분류를 위해 그리고 bio-diesel 반응물과 생성물의 분리를 위해 초임계 이산화탄소를 사용한 분리과정 속에서 이 막들에 대한 추가적인 특성분석이 이뤄졌다. 순수 기체들(H₂, N₂, O₂, CO₂, CH₄)에 대한 permeability 또한 분석되었고, selectivity도 계산되었다.

R.M. Couto, T. Carvalho, L.A. Neves, R.M. Ruivo, P. Vidinha, A. Paiva, I.M. Coelho, S. Barreiros and P.C. Simões: Separation and Purification Technology106 22-31 (14 March 2013).

■ Membrane capacitive deionization의 염 흡착 속도의 최적화

Membrane capacitive deionisation(MCEDI)는 탈염하기 위한 물이 이동하는, 양쪽에 위치한 두 개의 다공성 전극들 사이에 셀 전압을 가함으로써 물을 탈염하는 기술이다. MCEDI에서 ion-exchange membrane들은 각각의 다공성 전극 앞에 위치하게 되는데, 이는 ion 흡착 동안 co-ions이 전극 영역을 빠져나가는 것을 막아서 염 흡착

용량을 강화하기 위함이다. MCEDI는 일정 셀 전압(CV)이나 일정 전류(CC)에서 작동할 수 있다. 이 연구에서 저자들은 흡착/탈착 시간, 염의 피드 농도, 전류와 셀 전압에 대한 함수로서의 MCEDI(일정 셀 전압(CV) 모드와 일정 전류(CC) 모드 모두)에서 탈염 용량과 속도에 대한 실험적인 결과와 이론적인 결과 모두를 제시하고 있다. 그들은 가장 빠른 평균 흡착 속도와 수분 회수를 이루기 위해서 주어진 시스템의 매개 변수 세팅을 시스템적으로 최적화하는 것이 어떻게 가능한지 보여주고 있다. 이는 각각의 매개 변수를 다양하게 변화시킴으로써 이뤄졌다.

R. Zhao, O. Satpradit, H.H.M. Rijnaarts, P.M. Biesheuvel and A. van der Wal: Water Research 47(5) 1941-1952 (1 April 2013).

■ Hexavalent chromium(Cr(VI))을 포함한 폐수의 연속적인 처리를 위한 이온 교환과 전기-비이온화 사용

채굴과 전기도금과정에서 생산된 폐수는 해로운 이온들을 많이 포함하고 있다. 이 물질들은 수로에 배출되고 상당한 환경오염을 일으킨다. 일반적으로 폐수에 존재하는 이온인 Hexavalent chromium(Cr(VI))은 인간에게 매우 유독한 것으로 증명되었다. 이 연구에서 연속적인 이온교환과 전기-비이온화가 Cr(VI)폐수의 효과적인 처리와 효과적인 chromium ions 복구를 위한 새로운 융합기술로 제시하고 있다. 저자들은 Cr(VI) 제거를 위해 강염기 macroreticular 음이온 교환 수지(Amberlite IRA900)를 체계적으로 연구했다. IRA900 수지가 hexavalent chromium의 이온교환에서 높은 용량을 보여주면서 이온교환 등온식과 수지의 kinetics가 결정되었다(수지 1g 당 116 mg Cr(VI)). 음이온 수지가 강한 산성의 macroreticular 양이온 교환 수지(Amberlite 200C)와 결합하고 연속적인 전기-비이온화 과정에 적용되었을 때, 98.5% 이상의 Cr(VI)가 연속적으로 제거되었고 Cr(VI)가 복구되었다. 이 과정에서 0.07 kW h/m³ 이하의 에너지가 소모되었다.

L. Alvarado, I.R. Torres and A. Chen: Separation and Purification Technology105 55-62 (5 February 2013).

■ Cellulose acetate (CA) membranes에 대한 POSS 나노 입자의 효과

이 연구는 cellulose acetate (CA) membranes에 polyhedral oligomeric silsesquioxane (POSS) 나노 입자를 첨가하는 것의 효과를 연구했다. 또한 CA-anchored nano-particle additive (CA-POSS)의 합성을 제시했다. Membrane은 물질을 첨가하지 않고 생성되거나 POSS 혹은 CA-POSS을 다양한 무게 비율로 첨가하여 생성되었다. 나노 입자의 분산은 SEM을 통해 확인되었고 나노 복합체 membrane의 기계적 강도를 확인하기 위해 dynamic mechanical analysis가 사용되었다. 나노 입자들을 첨가하는 것이 여과 특성과 막의 압축 행동들에 미치는 효과 또한 연구되었다. CA control과 비교해서, 나노 복합체 membrane은 우수한 flux와 압축 저항을 보여주었고 염 제거율과 기계적 강도는 감소되었다.

C.H. Worthley, K.T. Constantopoulos, M. Ginic-Markovic, E. Markovic and S. Clarke: *J. of Membrane Science*431 62-71 (15 March 2013).

■ Marcellus shale-gas 생산으로부터 환류수 (flow-back water)를 처리하기 위한 세라믹 membrane의 사용

최근 Marcellus 지역의 shale-gas 채굴로부터 얻어진 환류수는 5,000 ppm에서 261,000 ppm에 이르는 높은 함량의 TDS (total dissolved solids)와 300~3,000 mg/l 함량의 TSS (total suspended solids)를 포함하고 있다. 최근에 shale-gas 생산의 급격한 증가는 이 지역의 많은 양의 환류수에 대한 큰 우려를 야기하고 있다. Ceramic membrane 여과와 이온교환에 기반을 둔 공정은 환류수를 처리하기 위한 수단을 제공하기 위해 연구되고 있다. 연구된 공정은 각각 1.4 μm and 0.2 μm 의 두 미세여과 membranes 와 mixed-bed 이온교환 membrane의 조합을 포함하고 있다. 언급된 처리 공정은 표면 배출의 기준을 만족시키면서 환류수로부터 모든 TSS와 99% 이상의 TDS를 효과적으로 제거하였다. 이 처리 공정의 원가 추정은 대략 \$18.4/m³이며, 이것은 펜실베이니아의

Department of Environmental Protection으로부터 추정된 원가보다 40~70% 더 낮다.

Q. Jiang, J. Rentschler, R. Perrone and K. Liu: *J. of Membrane Science*431 55-61 (15 March 2013).

■ 제약 폐수로부터의 dimethyl sulfoxide (DMSO) 용매 복구

해로운 화합물을 포함하고 있는 산업 폐수로부터 용매를 복구하는 것은 산업 폐수의 복잡한 특성 때문에 전통적인 방법을 사용해서는 바로 실현되기 어렵다. 제약산업으로부터 나오는 폐수는 2~3% 무게의 폭발하기 쉬운 sodium azide와 부식성을 띤 ammonium chloride 염 그리고 15~20% 무게의 DMSO 용매와 물을 포함할 수 있다. 이 연구의 주안점은 DMSO를 복구하기 위한 증류과정이 수반되는 electro dialysis (ED)에 의해 염을 제거하는 융합 과정을 수립하는 데 있다.

10-1 batch 사이즈를 처리하기 위해서 1.05 m²의 면적을 가지는 ED 시스템이 사용되었다. 두 단계의 진공 증류과정을 통해 탈염된 액체로부터 순수한 DMSO가 복구되었다. 첫 번째 단계에서 60~70% 농도의 DMSO를 얻고, 두 번째 단계에서 순수한 DMSO를 얻게 된다. 그리고 유속, 한계 전류 밀도, 전압과 같은 운영 매개변수의 효과가 평가되었고 증류는 150°C 미만의 re-boiler 온도와 20-30 mmHg에서 진행되었다. 재생된 DMSO(99.5% 이상)를 사용하여 만들어진 약물은 요구된 사양을 충분히 충족시키는 것으로 밝혀졌다. 7500 l/일의 폐수를 처리가능한 ED-증류 공정의 설계는 이것이 기술적으로, 경제적으로 실현가능한 것임을 말해준다.

Y.V.L. Ravikumar, S. Sridhar and S.V. Satyanarayana: *Separation and Purification Technology*110 20-30 (7 June 2013).

■ 가스 흡착 성능과 접촉 안정성에 대한 막 구조의 효과

막의 공극률과 기공의 크기가 이산화탄소 흡착 성능과 안정성에 끼치는 영향을 비대칭성의 Poly (vinylidene fluoride) 중공사막을 이용하여 연구하였다. 이 막은 열유도상분리를 통하여 안쪽 표면 구조를 변화시키며 제조하였다. 질소가스를 bore fluid로 사용하여 만든 막은 용매에 녹여 캐스팅하여 준비한 막보다 내표면에 작은 공극률을 가졌다. Monoethanolamine (MEA) 용액은 tube side에서 흡수제로써 사용되었고, shell side로는 순수 CO₂를 공급하였으며, 합성막은 가스 흡착 성능과 안정성의 측면에서 상업용 Poly(tetrafluoroethylene) 막과 비교하였다. 가스 흡착 성능에 대한 표면 효과는 MEA 농도에 의존하였다. 내표면에 낮은공극률과 작은 구멍 크기를 가진 막은 200시간 동안 안정한 반면에, 높은 공극률을 갖고 큰 구멍 크기를 가진 막은 100시간 안에 완전히 습윤하고, 이로 인해 유량 속도가 급격히 감소하였다. 순수 CO₂ 흡착을 위한 수학적 모델은 막의 부분적인 습윤을 고려하여 만들어졌으며, 시뮬레이션 데이터는 막의 안정성 테스트 결과를 고려하여 논의되었다.

S. Rajabzadeh, S. Yoshimoto, M. Teramoto, M. Al-Marzouqi, Y. Ohmukai, T. Maruyama and H. Matsuyama: *Separation and Purification Technology* 108 65-73 (19 April 2013)

■ 다공성 Polysulfone 중공사막 접촉기를 사용한 물로부터의 이산화탄소 제거

이 연구에서는 비대칭성 polysulfone (PSf) 중공사막 접촉기를 이용하여 이산화탄소를 물로부터 제거하는 실험을 진행하였다. 제거 성능에 대한 액체와 가스의 유속 효과, 액체상의 이산화탄소 농도와 막 모듈의 이산화탄소 제거 효율 그리고 이산화탄소 제거 유속에 대한 액체상 온도의 효과를 연구하였다. 실험 결과는 가스 속도가 이산화탄소 탈착 유속에는 적은 영향을 주는 반면에 액체 속도의 증가는 이산화탄소 탈착 유량을 증가시킨다는 사실을 보여주었다. 액체의 유속을 분당 200ml로 증가시켰을 때, 최대 이산화탄소 제거 효율은 거의 66%였다. 액체 유속을 분당 50ml에서 200ml로 증가시켰을 때, 이산화탄소의 유속을 482% 정도로 증가시켰다. 이것은 이산화탄소 제거 유속이 액체상 온도에 의해 영향 받는다는 사실을 의미한다. 액체상 온도를 80°C에서 90°C로 올렸을

때, 이산화탄소 제거 유속은 분당 200ml의 속도를 가진 액체에서 $1.3 \times 10^{-4} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 에서 $4.9 \times 10^{-4} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 증가하였다. 결과적으로, 보다 높은 제거 효율은 막 접촉기 모듈에서 높은 액체 유량을 적용할 때에 얻을 수 있었으며, 액체상 온도 역시 조절이 필요한 중요 변수이다.

M. Rahbari-Sisakht, A.F. Ismail, D. Rana, T. Matsuura and D. Emadzadeh: *Separation and Purification Technology* 108 119-123 (19 April 2013).

■ 분리 공정을 위한 압전성 막의 제조와 특성

이 연구에서는 미리 제조한 Polyvinylidene fluoride (PVDF) 막을 전기장 안에서 poling하여 압전성을 가진 막을 제조하였다. 전자 방출 현미경을 통해 전기적인 poling이 막의 마이크로 구조를 확실히 변화시켰다는 것을 확인하였고, IR과 DSC 측정을 통해서 전기장에서의 poling의 결과와 함께 PVDF 막에서의 β-형태의 결정의 형성을 확인하였다. 막을 AC 신호로 가압하였을 때 DMA 분석과 표면 이동도의 측정을 통해 poled 된 막이 압전성을 가진다는 사실을 확인하였지만 이에 대한 반응 분석은 압전성을 나타내는 도메인이 샘플 전역에 균일하게 위치하지는 않다는 사실을 보여주었다.

M.T. Darestani, H.G.L. Coster, T.C. Chilcott, S. Fleming, V. Nagarajan and H. An: *J. of Membrane Science* 434 184-192 (1 May 2013).

■ VMD에서의 소수성 막의 투과도 측정을 위한 새로운 방법

이 논문에서는 일반적인 측정 방법을 사용하는 대신에 VMD (Vaccum membrane distillation)에서 소수성 막의 투과도를 측정하는 새로운 방법을 제안하였다. VMD가 압력과 온도에 의해 변화하는 특성에 따라 고정 진공압에서 온도를 달리하는 것에 기반한 새로운 수증기압 투과 방법이 제안되었다. 그들의 접근은 기존의 압력 변화 방법보다 높은 안전성과 단순함을 보여주었을 뿐만 아니라, 지속적인 변화 관찰을 위한 넓은 범위의 온도 조절을

가능하게 하고, 압력 변화 테스트에서 관찰되는 시스템의 변동을 피할 수 있게 하였다. 이들은 두 가지 다른 종류의 소수성 막의 투과도를 새로운 방법과 기존의 압력 변화 방법으로 비교하여 측정하였고, 이는 새로운 방법의 실현가능성과 적용가능성을 보여주었다.

T.D. Dao, J.-P.Mericq, S. Laborie and C. Cabassud: *Water Research* 47 (6) 2096-2104 (15 April 2013).

■ UF막의 성능 - 기공의 폐색과 압축의 효과

최근의 몇몇 연구는 선택도와 투과도 사이의 상충효과 측면에서 Ultrafiltration (UF)막의 성능 특성을 평가해왔다. 그러나, 이 논문의 저자에 따르면 일반적인 UF 공정 과정에서 선택도와 투과도에 있어 막의 fouling의 효과에 대해서는 아무도 언급한 적이 없었다. 이 리뷰 논문을 통해 저자는 선택도-투과도 상충효과에 대한 fouling 현상의 효과에 대한 이해에 초점을 맞추어, 기공의 폐색과 수축 모델을 포함한 가능성 있는 fouling 모델의 범위, 그리고 다층여과와 용질 흡착에 기반한 새로운 모델에 대해서 연구하였다. 저자에 따르면, 비록 fouling은 항상 투과도의 감소를 일으키지만, 선택도는 실제로 증가한다고 한다. 이는 예를 들어, 만약 보다 큰(덜 선택적인) 기공이 UF공정 과정에서 우선적으로 막히거나, 기공이 foulants에 의해 막힌다는 것이다. 투과도-선택도 상충효과와 방향은 근본적인 fouling 메커니즘과 기공과 용질 크기의 분포에 의해 아주 복잡할 수 있다. 이 결과는 UF 공정의

거동에 새로운 시각을 제공하였다.

Y.S. Polyakov and A.L. Zydney: *J. of Membrane Science* 434 106-120 (1 May 2013).

■ 알칼리 회수를 위한 PVA 기반의 양이온 막의 간단하고 친환경적인 제조

이 논문은 뛰어나고 친환경적인 방법으로 polyvinyl alcohol (PVA)과 3-trihydroxysilyl-1-propanesulfonic acid (THOPS)를 이용한 양이온 교환 하이브리드 막을 만드는 방법을 상세히 설명하고 있다. 이 방법은 유기 용매 대신에 수용액 환경을 사용하고, 설포화 반응은 배제한다. 결과물인 하이브리드 막은 38~86%의 물 흡수율을 보여주고 0.70-1.56 mmol/g의 이온 교환 능력, 224~231°C의 분해온도, 13.3-40.7 MPa의 인장 강도를 갖추고, 파단시신장율(Eb)은 177~571%였다. 선형적 팽창 비율은 물에서는 15~25%, 1.0M의 알칼리 수용액에서는 18~27%로 나타났다. NaOH/Na₂WO₄계에서의 확산 투석법에서는 NaOH (UOH)의 투석계수는 0.011-0.022 m/h, 분리 인자는 11.6-20.6를 보여주었다. 결과적으로, 적절한 확산 투석 성능을 보여주는 하이브리드 막을 만들과 동시에, 유기 용매와 해로운 설포화물질의 사용을 배제한다는 측면에서 이 방법은 기존의 제조 방법보다 간단하고, 친환경적이다.

J. Hao, Y. Wu, J. Ran, B. Wu and T. Xu: *J. of Membrane Science* 433 10-16 (15 April 2013).