

한국막학회

2023년도

춘계 총회 및 학술발표회

2023년 05월 17일(수)~05월 19일(금)

May 17(Wed)~ May 19(Fri), 2023

수원컨벤션센터

주최:  사단법인 한국막학회

후원:  경기관광공사  
GYEONGGI TOURISM ORGANIZATION

 Suwon  
Convention  
Center 수원컨벤션센터

 KOFWST 한국여성과학  
2012.2003



한·국·막·학·회

The Membrane Society of Korea

한국막학회

2023년도

# 춘계 총회 및 학술발표회

2023년 05월 17일(수)~05월 19일(금)

May 17(Wed)~ May 19(Fri), 2023

수원컨벤션센터

주최:  사단법인 한국막학회

후원:  경기관광공사 GYEONGGI TOURISM ORGANIZATION  Suwon Convention Center 수원컨벤션센터  KOFWST 한국여성과학



한·국·막·학·회

The Membrane Society of Korea

# 한 국 막 학 회

## 2023년도 춘계 총회 및 학술발표회 일정표

### ■ 2023년 5월 17일(수요일)

12:00~13:00	등 록
<b>A 강연장</b>	
분야 시간	멤브레인 기술교육 세미나(TES) Organizer / Chairperson : 김종학 교수(연세대학교)
13:00~13:50	해수담수화기술의 기초이론, 플랜트 구성 및 기술개발 현황   김형진 박사(포스코이앤씨)
13:50~14:40	리튬이차전지의 분리막 기초 이론/물성평가법/기술개발 현황/미래 전망   이주성 박사(LG화학)
14:40~15:30	기체분리기술(분리막 포함)의 기초 이론/전산모사/공정과 플랜트 설계 및 미래 전망   조정호 교수(공주대학교)
15:30~15:50	휴 식
15:50~16:40	이차전지의 기초이론/기술구성/물성평가법/기술개발 현황/미래 전망   송우진 교수(충남대학교)
16:40~17:30	바이오헬스 기술의 기초이론, 기술소개 및 미래 전망   양성운 교수(충남대학교)
17:30~18:00	★제5차 확대 임원회의★
18:00~18:30	★2023 춘계 평의원회★

### ■ 2023년 5월 18일(목요일)

8:00~	등 록
<b>A 강연장</b>	
분야 시간	[특별 1] 황선탉 교수 추모(1MA) Organizer : 이규호 박사(한국화학연구원) Chairperson : 이규호 박사(한국화학연구원), 조청원 교수(한양대학교)
09:10~09:15	개회 인사   이규호 박사(한국화학연구원)
09:15~09:20	학회장 인사   김정훈 박사(한국화학연구원)
09:20~09:30	황선탉 박사님 약력 소개
09:30~09:50	탄소자원 회수와 활용을 위한 분리막   이규호 박사(한국화학연구원)
09:50~10:10	캐비티 맞춤형 미세다공성 고분자분리막을 통한 기체분리   이영무 교수(한양대학교)
10:10~10:30	Hollow fiber membrane contactors for carbon capture and resource recovery   배태현 교수(KAIST)
10:30~10:50	Mass Transport Phenomena under Nanoconfinement   박형규 교수(포항공과대학교)
10:50~11:00	휴 식

		A 강연장	
분야 시간		초청강연 Organizer : 김종학 교수(연세대학교)	
	11:00~11:30	★초청강연 1★ 탄소중립과 그린모빌리티를 위한 무공해 전기·수소차 보급 정책 박연재 대기환경정책관(환경부)   Chairperson : 조철희 교수(충남대학교)	
11:30~12:10	★초청강연 2★ Membranes towards 2050 ~Fuel cells, Water electrolysis, Disease diagnosis, and Water purification   Prof. Takeo Yamaguchi (Tokyo Institute of Technology)   Chairperson : 김종학 교수(연세대학교)		
12:10~12:40	2023 춘계 총회		
12:40~13:40	점심식사		
13:40~14:30	포스터 세션		
		A 강연장	B 강연장
분야 시간		[전지산업체] 최신 에너지 저장/변환 기술 동향(1MB) Organizer / Chairperson : 김준영 박사(코오롱인더스트리)	[기체분리] 지속가능한 기체 분리막 기술 개발(1MC) Organizer / Chairperson : 최정규 교수(고려대학교)
	14:30~14:50	드론용 이동형 연료전지 개발 송정민 부장(두산모빌리티이노베이션)	Development of Ceramic Membrane Contactor for CO <sub>2</sub> Capture   이홍주 박사(한국재료연구원)
14:50~15:10	HD현대오일뱅크 수소관련사업 현황 김나영 프로젝트리더(HD현대오일뱅크)	Rapid Synthesis of Mixed Ligand ZIF-8 Analogue Membranes for Gas Separation   권혁택 교수(부경대학교)	
15:10~15:30	수소전기차용 연료전지 스택 설계 기술 동향 박지용 연구실장(한국자동차연구원)	UV-가교성 폴리이미드를 이용한 다양한 기체 분리막 플랫폼   박재성 박사(한국화학연구원)	
15:30~15:50	비차량용 연료전지 개발 동향 이성철 박사(현대모비스)	원위치 MOF 형성으로 제작 된 혼합기질막의 가스분리 박성환 교수(경북대학교)	
15:50~16:00	휴 식		
		A 강연장	B 강연장
분야 시간		[특별 2] K-water AI-DT 기반 미래형 상수도 관리 기술(1MD) Organizer / Chairperson : 김재학 차장(K-water)	[여성인재육성위원회] 상생 가능한 연구환경 조성을 통한 분리막 인재 개발 및 양성(1ME) Organizer : 이정현 박사(한국에너지기술연구원) Chairperson : 권순진 박사(한국에너지기술연구원)
	16:00~16:20	막여과 정수장 운영의 AI 기반 스마트기술 적용 정희진 차장(K-water)	16:00~16:30 고성능 염분차 발전을 위한 비대칭 나노 채널 분리막 개발 연구 조은선 교수(KAIST)
16:20~16:40	초순수 생산 기술의 국산화 추진 전략 임재림 연구위원(K-water)		
16:40~17:00	대산임해 해수담수화 추진현황 송종철 과장(K-water)	16:30~17:00 내산성 CHA 제올라이트 분리막의 유기용매 탈수 성능 향상 연구 김민지 박사(충남대학교)	
17:00~17:20	K-water 자산관리체계 구축현황 이형기 차장(K-water)	17:00~17:25 폴리아미드 나노분리막 제조를 위한 마랑고니 instability 유도 계면중합 이정현 교수(고려대학교)	
17:30~19:30	임원 및 이사 간담회		

■ 2023년 5월 19일(금요일)

9:00-		등 록	
		A 강연장	B 강연장
분야 시간		[공정/시뮬레이션] 분리막과 시뮬레이션(2MA) Organizer / Chairperson : 박치훈 교수(경상국립대학교)	[가스 산업체] 반도체/에너지 산업의 고순도 가스 생산 위한 막분리 실증기술(2MB) Organizer : 김정훈 박사(한국화학연구원) Chairperson : 박정훈 교수(동국대학교)
	09:30~09:50	다층 분리막 모델의 기체투과 시뮬레이션 박치훈 교수(경상국립대학교)	09:30~09:55 MB/GF 적용 저정압 HEPA 필터 성능 비교 김성연 박사(한국캠브리지필터)
	09:50~10:10	Materials Studio를 이용한 다양한 분리막 모델링 & 시뮬레이션 사례 및 계산 자동화 김경현 본부장(주)Insilico]	09:55~10:20 고순도 정제 시스템을 위한 팔라듐 복합막 양산 최적화 정창훈 대표(하이젠에너지)
	10:10~10:30	Machine Learning for Nanoporous Materials Design 이용진 교수(인하대학교)	10:20~10:45 화학산업 부생가스에서 반도체급 아산화질소의 분리회수를 위한 분리막 혼성공정   김정훈 박사(한국화학연구원)
	10:30~10:50	분자동역학 시뮬레이션 접근법을 활용한 고분자전해질막 연료전지(PEMFC)용 PFSA(perfluorosulfonic acid) 이오노머의 산소 투과 분석   권성현 박사(부산대학교)	
10:50~11:00	휴 식		
		A 강연장	B 강연장
분야 시간		[에너지] 전기화학적 수소생산 및 활용을 위한 이온교환막 1(2MC) Organizer / Chairperson : 이창현 교수(단국대학교)	[헬스케어바이오] 화이트바이오 산업용 분리막 기술동향 (2MD)   Organizer : 박호식 박사(한국화학연구원) Chairperson : 백영민 교수(인하대학교)
	11:00~11:20	표면 처리를 통한 자가 가습 이온교환막 제조 박치훈 교수(경상국립대학교)	바이오매스 이소소르비드 기반 아릴 에테르계 고분자의 제조와 특성 연구   박제영 교수(서강대학교)
	11:20~11:40	Highly Nano-redispersible Ceria Nanoparticles in Perfluorinated Ionomer solutions and Their ion Exchange Membrane   김주영 교수(강원대학교)	리그노셀룰로오스 기반 바이오리파이너리에서의 분리막 활용   명수완 박사(한국화학연구원)
	11:40~12:00	Development of High Performance Polymer Electrolyte Membrane through Solvent Annealing Vapor Method   임진혁 연구원(한국자동차연구원)	고기능성 생분해성 마스크필터 연구 황성연 교수(경희대학교)
	12:00~12:20	과불소계 음이온교환막을 채용한 수소제조용 무수 액화 암모니아 전기화학 추출기   이창현 교수(단국대학교)	생분해성 소재 기반의 분리막 제조기술 동향 김정 교수(인천대학교)
	12:20~13:20	점 심 식 사	

		A 강연장	B 강연장	
분야 시간		신진 연구자(2ME) Organizer / Chairperson : 김종학 교수(연세대학교)	연구 후속 세대 발표(MO) Chairperson : 박정태 교수(건국대학교)	
		13:20~13:40	Advanced Materials for Securing Water: bioinspired membranes, and atmospheric water harvesting 송우철 교수(포항공과대학교)	13:20~13:30 그레이워터 처리 혐기성 유동상 분리막 생물반응기에서 전도성 유동 미디어 주입 영향 관찰   김민석(인하대학교)
13:40~14:00	Thin composite membrane for gas separation with alcohol soluble polymer 박철훈 박사(한국화학연구원)	13:40~13:50 표면 분석 방법을 통한 가압식 광촉매 분리막 공정에서의 운영 인자 영향 평가 장호석(인하대학교)	13:50~14:00 분자동역학 전산모사를 이용한 고분자 전해질연료전지(PEMFC)용 촉매 슬러리 거동 연구   강현우(경상국립대학교)	
14:00~14:20	막여과 정수시설의 여과막 성능평가에 관한 연구 박한나 과장(K-water)	14:00~14:10 Comparative study of two metal-organic frameworks for thin-film mixed matrix membranes   강미소(연세대학교)	14:10~14:20 A study on upcycling by hydrophobic surface modification of end of life PVDF membrane : Application for membrane distillation system 박형준(경북대학교)	
14:20~14:40	Copolymer-based Gas Separation Membranes through Judicious Chemical Modification 호세인 이쿠발 박사(한양대학교)	14:20~14:30 Proton blocking anion-exchange membranes modified with various amines for efficient electro-membrane processes   이지현(상명대학교)	14:30~14:40 Ethanol Selective Silicalite-1 Coated PDMS Hollow Fiber Membrane for Pervaporation   Ammar Muhammad Junaid (충남대학교)	
14:40~15:00	Influence of a sidestream supersaturated aeration system on the membrane filtration performance of a membrane bioreactor   김상엽 박사(세종대학교)	14:40~14:50 MOF-based 3D Membrane for in-situ Alveolar ROS Monitoring System 이소연(건국대학교)		
15:00~15:10	휴 식			
		A 강연장	B 강연장	
분야 시간		포스터 5분 스피치 1 Chairperson : 조계용 교수(부경대학교)	포스터 5분 스피치 2 Chairperson : 이재우 교수(전북대학교)	
		15:10~16:40	포스터 5분 스피치1	포스터 5분 스피치2
16:40~16:50	★연구 윤리 교육★ 연구윤리와 멤브레인(Membrane Journal)   연구윤리위원장 김진수 교수(경희대학교)			
16:50~17:00	폐회식 (우수 논문 시상 및 경품 추첨)			

## ■ 초청강연 1 : 2023년 5월 18일(목요일)

11:00~11:30	<b>박연재</b> 대기환경정책관(환경부) 탄소중립과 그린모빌리티를 위한 무공해 전기·수소차 보급 정책
-------------	--

## ■ 초청강연 2 : 2023년 5월 18일(목요일)

11:30~12:10	<b>Prof. Takeo Yamaguchi</b> (Tokyo Institute of Technology) Membranes towards 2050 ~Fuel cells, Water electrolysis, Disease diagnosis, and Water purification
-------------	---

## ■ 2023년 5월 18일(목요일)

### A 강연장

[특별1] 황선탕 교수 추모(1MA)

Organizer : 이규호 박사(한국화학연구원) / Chairperson : 이규호 박사(한국화학연구원), 조청원 교수(한양대학교)

1MA-1 (09:30-09:50)	탄소자원 회수와 활용을 위한 분리막	(한국화학연구원)이규호*
1MA-2 (09:50-10:10)	캐비티 맞춤형 미세다공성 고분자분리막을 통한 기체분리	(한양대학교)이영무*
1MA-3 (10:10-10:30)	Hollow fiber membrane contactors for carbon capture and resource recovery	(KAIST)배태현*
1MA-4 (10:30-10:50)	Mass Transport Phenomena under Nanoconfinement	(포항공과대학교)박형규*

[전자산업체] 최신 에너지 저장/변환 기술 동향(1MB) Organizer · Chairperson : 김준영 박사(코오롱인더스트리)

1MB-1 (14:30-14:50)	드론용 이동형 연료전지 개발	(두산모빌리티이노베이션)송정민*
1MB-2 (14:50-15:10)	HD현대오일뱅크 수소관련사업 현황	(HD현대오일뱅크)김나영*
1MB-3 (15:10-15:30)	수소전기차용 연료전지 스택 설계 기술 동향	(한국자동차연구원)박지용*
1MB-4 (15:30-15:50)	비차량용 연료전지 개발 동향	(현대모비스)이성철*

### A 강연장

[특별2] AI-DT 기반 미래형 상수도 관리 기술 특별세션(1MD) Organizer · Chairperson : 김재학 처장(K-water)

1MD-1 (16:00-16:20)	막여과 정수장 운영의 AI 기반 스마트기술 적용	(K-water)정희진*
1MD-2 (16:20-16:40)	초순수 생산 기술의 국산화 추진 전략	(K-water)임재림*
1MD-3 (16:40-17:00)	대산임해 해수담수화 추진현황	(K-water)송종철*
1MD-4 (17:00-17:20)	K-water 자산관리체계 구축현황	(K-water)이형기*

### B 강연장

[기체분리] 지속가능한 기체 분리막 기술 개발 (1MC) Organizer · Chairperson : 최정규 교수 (고려대학교)

1MC-1 (14:30-14:50)	Development of Ceramic Membrane Contactor for CO <sub>2</sub> Capture	(한국재료연구원)이홍주*
1MC-2 (14:50-15:10)	Rapid Synthesis of Mixed Ligand ZIF-8 Analogue Membranes for Gas Separation	(부경대학교)권혁택*
1MC-3 (15:10-15:30)	UV-가교성 폴리이미드를 이용한 다양한 기체 분리막 플랫폼	(한국화학연구원)박재성*
1MC-4 (15:30-15:50)	원위치 MOF 형성으로 제막 된 혼합기질막의 가스분리	(경북대학교)박성환*

[여성인재육성위원회] 상생 가능한 연구환경 조성을 통한 분리막 인재 개발 및 양성(1ME)

Organizer : 이정현 박사(한국에너지기술연구원) / Chairperson : 권순진 박사(한국에너지기술연구원)

1ME-1 (16:00-16:30)	High-Performance Osmotic Power Generator via Asymmetric Nanochannel Membranes	(한국과학기술원)조은선*
1ME-2 (16:30-17:00)	내산성 CHA 제올라이트 분리막의 유기용매 탈수 성능 향상 연구	(충남대학교)김민지*
1ME-3 (17:00-17:25)	폴리아마이드 나노분리막 제조를 위한 마랑고니 instability 유도 계면중합	(고려대학교)이정현*



## ■ 2023년 5월 19일(금요일)

### A 강연장

[공정/시뮬레이션] 분리막과 시뮬레이션(2MA) Organizer · Chairperson : 박치훈 교수(경상국립대학교)

2MA-1 (09:30-09:50)	다층 분리막 모델의 기체투과 시뮬레이션	(경상국립대학교)박치훈*
2MA-2 (09:50-10:10)	Materials Studio를 이용한 다양한 분리막 모델링 & 시뮬레이션 사례 및 계산 자동화	(☞Insilico)김경현*
2MA-3 (10:10-10:30)	Machine Learning for Nanoporous Materials Design	(인하대학교)이용진*
2MA-4 (10:30-10:50)	분자동역학 시뮬레이션 접근법을 활용한 고분자전해질막 연료전지(PEMFC)용 PFSA (perfluorosulfonic acid) 이오노머의 산소 투과 분석	(부산대학교)권성현*

[에너지] 전기화학적 수소생산 및 활용을 위한 이온교환막 1 (2MC)

Organizer/Chairperson : 이창현 교수(단국대학교)

2MC-1 (11:00-11:20)	표면 처리를 통한 자가 가습 이온교환막 제조	(경상국립대학교)박치훈*
2MC-2 (11:20-11:40)	Highly Nano-redispersible Ceria Nanoparticles in Perfluorinated Ionomer solutions and Their ion Exchange Membrane	(강원대학교)김주영*
2MC-3 (11:40-12:00)	Development of High Performance Polymer Electrolyte Membrane through Solvent Annealing Vapor Method	(한국자동차연구원)임진혁*
2MC-4 (12:00-12:20)	과불소계 음이온교환막을 채용한 수소제조용 무수 액화 암모니아 전기화학 추출기	(단국대학교)이창현*

신진 연구자(2ME)

Organizer Chairperson : 김종학 교수(연세대학교)

2ME-1 (14:30-14:50)	Advanced Materials for Securing Water: bioinspired membranes, and atmospheric water harvesting	(포항공과대학교)송우철*
2ME-2 (14:50-15:10)	Thin composite membrane for gas separation with alcohol soluble polymer	(한국화학연구원)박철훈*
2ME-3 (15:10-15:30)	막여과 정수시설의 여과막 성능평가에 관한 연구	(K-water)박한나*
2ME-4 (15:30-15:50)	Copolymer-based Gas Separation Membranes through Judicious Chemical Modification	(한양대학교)호세인 이쿠발*
2ME-5 (15:50-16:10)	Influence of a sidestream supersaturated aeration system on the membrane filtration performance of a membrane bioreactor	(세종대학교)김상엽*

## B 강연장

[가스 산업체] 반도체/에너지 산업의 고순도 가스 생산 위한 막분리 실증기술 (2MB)

Organizer : 김정훈 박사(한국화학연구원) / Chairperson : 박정훈 교수(동국대학교)

2MB-1 (09:30-09:55)	MB/GF 적용 저정압 HEPA 필터 성능 비교	(한국캠브리지필터)김성연*
2MB-2 (09:55-10:20)	고순도 정제 시스템을 위한 팔라듐 복합막 양산 최적화	(하이젠에너지)정창훈*
2MB-3 (10:20-10:45)	화학산업 부생가스에서 반도체급 아산화질소의 분리회수를 위한 분리막 혼성공정	(한국화학연구원)김정훈*

[헬스케어바이오] 화이트바이오 산업용 분리막 기술동향(2MD)

Organizer : 박호식 박사(한국화학연구원) / Chairperson : 백영빈 교수(인하대학교)

2MD-1 (11:00-11:20)	바이오매스 이소소르비드 기반 아릴 에테르계 고분자의 제조와 특성 연구	(서강대학교)박제영*
2MD-2 (11:20-11:40)	리그노셀룰로오스 기반 바이오피아이너리에서의 분리막 활용	(한국화학연구원)명수완*
2MD-3 (11:40-12:00)	고기능성 생분해성 마스크필터 연구	(경희대학교)황성연*
2MD-4 (12:00-12:20)	생분해성 소재 기반의 분리막 제조기술 동향	(인천대학교)김정*

## 2023년 5월 19일(금요일)

## B 강연장

연구 후속 세대 발표(MO)

Chairperson : 박정태 교수(건국대학교)

MO-1 (14:30-14:40)	그레이워터 처리 혐기성 유동상 분리막 생물반응기에서 전도성 유동 미디어 주입 영향 관찰	(인하대)김민석, 김정환*
MO-2 (14:40-14:50)	가역적 Cl <sup>-</sup> 탈염을 위한 음이온 교환수지 기반의 담수배터리	(UNIST)정성우, 김남혁, 김영식*
MO-3 (14:50-15:00)	표면 분석 방법을 통한 가압식 광촉매 분리막 공정에서의 운영 인자 영향 평가	(인하대)장호석, 김정환* (연세대)김종학 (금오공대)이창수,
MO-4 15:00-15:10	분자동역학 전산모사를 이용한 고분자 전해질 연료전지 (PEMFC)용 촉매 슬러리 거동 연구	(경상국립대)강현우, 고지은, 박치훈* (예기연)임성대
MO-5 (15:10-15:20)	Comparative study of two metal-organic frameworks for thin-film mixed matrix membranes	(연세대)강미소, 김종학*
MO-6 (15:20-15:30)	A study on upcycling by hydrophobic surface modification of end of life PVDF membrane: Application for membrane distillation system	(경북대)박형준, 추광호*
MO-7 (15:30-15:40)	Proton blocking anion-exchange membranes modified with various amines for efficient electro-membrane processes	(상명대)이지현, 강문성*
MO-8 (15:40-15:50)	Ethanol Selective Silicalite-1 Coated PDMS Hollow Fiber Membrane for Pervaporation	(충남대)Ammar Muhammad Junaid, Htet Aing Naing, Azimjon Rasulov, 김민지, 조철희*
MO-9 (15:50-16:00)	MOF-based 3D Membrane for in-situ Alveolar ROS Monitoring System	(건국대)이소연, 안현지, 정하연, 박정태*

## ■ 2023년 5월 18일(목요일)

### 포스터 세션 (13:40~14:30)

#### 수처리

PO-1	Mitigation of biofouling in membrane bioreactor for industrial wastewater treatment through quorum quenching: a pilot study	(서울과학기술대)김현, 최고은, 오현석* (삼성디스플레이)이충섭, 김명희, 김진섭 (국립한국해양대)이선기
PO-2	Tuning cross-linked network of Polytetrafluoroethylene (PTFE) Reinforced Hydrogel Membrane for Enhanced Mechanical Strength	(한양대)윤채원, 전하영, 박호범*
PO-3	Polyamide Membrane with Tröger's Base Intrinsic Structure Nanofiltration through Interfacial Polymerization	(한양대)강준혁, 박호범*
PO-4	Applicability of environmentally friendly solvents for sustainable membrane production	(화학연)Tunmise Ayode Otitoju, 김창훈, 김태경, 류미희, 박재성, 박아름이, 조영훈*
PO-5	Characterization on A Commercialized Heterogeneous Bipolar Membrane for Water Purification	(서경대)윤진무, 강상현* (상명대)강문성, 이지민
PO-6	A Study on Characteristics of Pulverized Ion Exchange Resins	(서경대)허재용, 강상현*
PO-7	진공 막 증류 공정의 나프텐산 제거 및 막 오염 메커니즘 연구	(부산대)이예진, 정상현*
PO-8	흡착 및 응집과 나노 여과 막 복합공정 이용 과불화화합물 제거	(부산대)실동진, 정상현*
PO-9	Polytetrafluoroethylene-based Membrane Adsorber Using Iterative Growth of Sulfonated UiO-66 Nanoparticles for Dye Removal in Wastewater	(한양대)김유진, 유승연, 김영재, 박호범*
PO-10	CHABAZITE Membrane을 이용한 폐수 중 수분리 특성평가	(㈜파인텍)이성연, 서영훈, 김언지, 정재철* (㈜케이씨씨)홍중현
PO-11	고분자 유동메디아 적용이 합성 그레이워터 처리 혐기성 유동상 분리막 생물반응기의 유기물 제거율과 막오염 거동에 미치는 영향	(인하대)박지윤, 김정환*
PO-12	Biofouling control in a membrane bioreactor through the addition of cell suspension of quorum quenching bacteria	(서울과학기술대)최고은, 김혁, 서민주, 윤예진, 오현석*
PO-13	Ammonia recovery from wastewater by carbon nano tube composite membrane in membrane distillation	(부산대)차혁, 정상현*

수처리

PO-14	동적 이미지 분석 기술을 활용한 분리막 여과에서의 미세플라스틱 저감 거동 연구	(이화여대)현예진, 박찬혁*
PO-15	2차원 나노물질 맥신을 활용한 세라믹 나노여과 멤브레인 제조 및 반도체 폐수처리 성능평가	(이화여대)이유진, 박찬혁*
PO-16	Selective removal of dissolved silica with key ion transport through ceramic nanofiltration membrane	(이화여대)소연, 박찬혁*
PO-17	Study on the structure and properties of the LCST-type styrenesulfonate-based draw solute for the forward osmosis	(동아대학교)문지현, 서규태, 강효*
PO-18	코어레싱 필터를 이용한 오일샌드 생산수 전처리 : 운전 조건 최적화	(부산대)심지하, 정상현*
PO-19	Exploring the reuse of laundry wastewater: treatment and cleaning strategies of ceramic ultrafiltration membrane	(이화여대)김소연, 박찬혁*
PO-20	전기응집-분리막 공정을 통한 반도체 폐수 내 용존성 실리카 처리	(이화여대)이지현, 박찬혁*
PO-21	먹는물 중 미세플라스틱 제거를 위한 알루미늄 세라믹 막분리 기술: 휴믹산 농도의 영향	(한림대)송민주, 박진용*
PO-22	Synthesis of dual-responsive imidazolium-based ionic liquid and its application to draw solutes of forward osmosis	(동아대)조연수, 강효*

공정, 모델링 및 시뮬레이션

PO-23	전해질막 이온전도도가 연료전지 성능에 미치는 영향 분석	(경상국립대)김재현, 박치훈*
PO-24	분자동역학 전산모사를 이용한 바인더용 과불소계 이오노머의 측쇄 사슬 길이의 영향	(경상국립대)고지은, 강현우, 박치훈* (단국대)이창현
PO-25	제철소 부생가스(FOG)에서 PEO계 분리막과 Polysulfone 중공사막의 CO 분리 비교	(화학연)권순성, 최기환, 민수빈, 이겨레, 주민걸, 박보령, 김정훈*
PO-26	제철소 부생가스(FOG)에서 고순도 CO 분리회수를 위한 막분리 농축 공정 개발	(화학연)권순성, 최기환, 민수빈, 이겨레, 주민걸, 박보령, 김정훈*
PO-27	철강부생가스 COG에서 연료전지급 고순도 수소(99.995%) 회수위한 막분리-PSA혼성공정을 위한 수소농축 분리막 공정 연구	(화학연)권순성, 최기환, 민수빈, 주민걸, 이겨레, 박보령, 김정훈*
PO-28	폴리설펜 중공사막을 사용한 철강산업에서 4성분 LDG 분리의 수치 시뮬레이션 및 최적화	(화학연)민수빈, 권순성, 박보령, 전종열, 김정훈*
PO-29	고분자 모델에 도입된 기체 분자의 개수에 따른 투과 특성에 관한 분자동역학 연구	(경상국립대)서영진, 박치훈*

기체 및 증기 분리막

PO-30	Accurate evaluation of hydrogen crossover in water electrolysis systems for hydrated membranes	(인천대)김승환, 장지은, 김정*
PO-31	폴리에테르이미드 증공사막 제조 및 air-gap에 따른 기체분리 특성 평가	(경상국립대)권현웅, 임광섭, 남상용*
PO-32	H <sub>2</sub> -Selective Gas Permeation via Polymer Hybridization into Graphene Oxide Nanoribbon	(연세대)지형준, 김대우*
PO-33	Chitosan/Ag(I) thin-film composite membranes with high CO/N <sub>2</sub> separation performance by facilitated transport	(화학연, 연세대)민수빈 (화학연)한유정, 안이삭, 박보령, 김정훈* (연세대)강미소, 김종학
PO-34	Understanding of Relation Gas Transport Properties with Free Volume Elements in Fluorinated Polyimide Membranes	(한국에너지공과대)임남규, 김효원*
PO-35	Understanding of water vapor permeation properties using nanocellulose-based membranes	(한국에너지공과대)권혁진, 권도형, 김효원*
PO-36	Intrinsic Defect Control of Polycrystal Graphene Through Nucleation Density Control	(한양대)장준규, 강준혁, 윤채원, 김유진, 전하영, 박호범*
PO-37	Polyimide Membrane Incorporating Exfoliated Few-layer Graphene Flakes for Improved Gas Barrier and Mechanical Properties	(한양대)정재균, 문주형, 박호범*
PO-38	ZIF-8/6FDA-DAM Mixed Matrix Membrane with Different Filler Shape for Hydrogen Separation	(연세대)김민수, 김대우*
PO-39	Preparation of Pd and Pd-Cu alloy membrane and Hydrogen Permeation Performance	(동국대)이정인, 신민창, 장학룡, 한우, 박정훈*
PO-40	High-performance, TFC MMMs based on UTSA-16 and a comb copolymer matrix for CO <sub>2</sub> capture process	(연세대)김보미, 민효준, 김종학*
PO-41	Ti <sub>3</sub> C <sub>2</sub> T <sub>x</sub> -MXene polydimethylsiloxane based mixed matrix membrane fabrication of high performance H <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> gas separation	(경상국립대)Ishaq Ahmad, 강도형, 지호빈, 송승현, 양은태*
PO-42	고분자 증공사 막반응기를 이용한 다양한 촉매반응에서의 성능 향상	(화학연, 연세대)현명훈 (연세대)김종학 (화학연)문수영*
PO-43	Effect of molecular weight on gas transport properties and plasticization resistance of 6FDA-based polyimide membranes	(화학연)김주언, 류미희, 박아름이, 박재성*

에너지

PO-44	High oxygen-permeable perfluorinated sulfonic acid ionomer binder with enhanced for polymer electrolyte membrane fuel cells	(단국대)이시찬, 안주희, 임준현, 박승용, 이창현*
PO-45	Importance of perfluorinated sulfonic acid ionomer membrane material selection for polymer electrolyte membrane fuel cells	(단국대)윤동현, 안주희, 정진우, 박승용, 이창현*
PO-46	Super-stable and Efficient Electrocatalyst in High Current Density Alkaline Seawater Splitting Derived from ZIF-based Phosphorous N-doped Carbon	(전국대)안현지, 정하연, 이소연, 박정태*
PO-47	Comparison of polymer electrolyte membrane water electrolysis performance of perfluorinated sulfonic acid ionomer polymer electrolyte membrane according to thickness	(단국대)김용호, 정진우, 임준현, 이창현*
PO-48	Perfluorinated sulfonic acid ionomer membranes with improved gas barrier behavior for polymer electrolyte membrane fuel cells	(단국대)박승용, 이시찬, 안주희, 임준현, 이창현*
PO-49	알코올 회수용 및 유기용매 분리를 위한 유기용매나노여과막 제조 및 특성평가	(경상국립대)김성현, 권현웅, 임광섭, 남상용*
PO-50	지지체 두께에 따른 내알칼리성 다공성 격리막 제조 및 특성평가	(경상국립대)한성민, 임광섭, 정하늘, 남상용*
PO-51	Study on SEBS hybrid membrane with polystyrene particle to improve ion exchange capacity	(경상국립대)Gede Herry Arum Wijaya, 김성현, 임광섭, 남상용*
PO-52	Electrolysis system of ammonia in anhydrous condition with anion exchange membrane	(단국대)이혁주, 임준현, 안주희, 이창현*
PO-53	상용 음이온 교환막의 막 전극 접합체 제조 및 특성평가	(경상국립대)박준호, 임광섭, 남상용*
PO-54	연료 전지 시스템 적용을 위한 입자를 첨가한 음이온 교환막 제조	(경상국립대)이동준, 임광섭, 류가연, 남상용*
PO-55	Delamination-free blended membrane for saline water electrolysis system with low energy consumption	(단국대)황경환, 황진표, 안주희, 이창현*
PO-56	The effect of short side chain perfluorinated sulfonic acid ionomer-poly(tetrafluoroethylene) pore-filling membrane properties on polymer electrolyte membrane water electrolysis performance	(단국대)정진우, 임준현, 박승용, 이창현*
PO-57	Understanding of Energy-related Ion Transport through Ion Exchange Membranes	(한국에너지공과대)조유진, Hoang Thai Bao Ngo, 권혁진, 김효원*

에너지		
PO-58	Fabrication of a pore-filled anion exchange membrane with electrical treatment for a high performance non-aqueous vanadium redox flow battery	(에기연)김재훈, 우중제*
PO-59	Thiophene-derived metal organic framework on nickel-cobalt layered double hydroxide for high capacitance hybrid membrane supercapacitor	(건국대)정하연, 이소연, 안현지, 박정태*
PO-60	설펜화 폴리 스타이렌-다이바이비닐벤젠/폴리에틸렌 복합막의 합성 및 전기화학적 특성 연구	(화학연, 중앙대)안이삭 (중앙대)이평수 (화학연)민수빈, 김정훈*
PO-61	PTFE reinforced polystyrene-divinylbenzene based cation and anion-exchange composite membranes for electro dialysis and energy conversion process	(화학연, 연세대)어재영, 민수빈, (화학연)이정화, 김정훈* (연세대)김종학
PO-62	Polystyrene/PE based cation/anion exchange composite membranes crosslinked with divinyl benzene	(화학연)이정화, 어재영, 민수빈, 장봉준, 김정훈*
PO-63	이미다졸 작용기를 가지는 그래핀 옥사이드 제조와 이와 결합한 폴리벤즈이미다졸 복합체 제조	(경상국립대)김성현, 권현웅, 이동준, 남상용*
PO-64	고분자농도에 따른 폴리벤즈이미다졸 기체분리막 제조 및 모폴로지 관찰	(경상국립대)권현웅, 임광섭, 김성현, 이동준, 남상용*
PO-65	엔지니어링 고분자 합성을 통한 수전해용 음이온교환막 제조 및 특성평가	(경상국립대)한성민, 임광섭, 정하늘, 남상용*
PO-66	Preliminary study of thermally induced phase separation based on PVDF membrane	(경상국립대)Gede Herry Arum Wijaya, 권현웅, 임광섭, 남상용*
PO-67	열유도상분리법을 이용한 수처리 분리막의 화학적 안정성 평가	(경상국립대)이동준, 임광섭, 김성현, 남상용* (주)퓨어엔비텍)장재영
PO-68	폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole)을 이용한 이차전지용 나노 섬유 지지체의 제조 및 특성평가	(경상국립대)박준호, 임광섭, 남상용*
분리막 제조 및 구조		
PO-69	Improvement in Synthesis Reliability of High-Performance MFI Zeolite Membranes for Gas Separation and Pervaporation Processes.	(충남대)Khikmatullo Sodikov, Aafaq ur Rehman, 조철희*
PO-70	Polyketone support polyamide membrane for organic solvent reverse osmosis (OSRO) separation	(경희대)김성우, 고은주, 이용택*
PO-71	Preparation of semi-alicyclic homo- and blended polyimide membranes using alicyclic dianhydrides with kink structures and their gas separation properties	(화학연, 연세대)서채희, 어재영 (화학연) 임시우, 김정훈* (연세대)민효준, 김종학
PO-72	건습식 방법에 의한 비대칭 기체분리 증공사막의 제조 및 기체분리특성 평가	(화학연)황찬희, 최규성, 박보령, 김정훈*

분리막 제조 및 구조

PO-73	Structural changes of isoporous cellulose acetate membranes with the vapor induced phase separation conditions	(화학연)이주연, 서정현, 이흥태, 김태경, 박호식, 조영훈*
PO-74	친환경 용매 기반 Cellulose Acetate Membrane 제막 및 성능평가	(인천대)강지은, 김승환, 김정*
PO-75	The active layer coating for PVDF membrane by polyelectrolyte multilayer coating.	(충남대)김진혁, 민훈기, 양성윤*
PO-76	High CO <sub>2</sub> separation performance of Thin-Film Composite Mixed-Matrix Membranes based on MOF-808	(연세대)이소연, 민효준, 김종학* (에기연)이재훈
PO-77	Fabrication and evaluation of GO/h-BN composite nanofiltration membrane	(경상국립대)송승현, 지호빈, Ishaq Ahmad, 강도형, 양은태*
PO-78	For gas separation, fabrication of PEBAX membrane with Amine-modified Halloysite nanotubes(HNTs)	(상명대)김예성, 권경민*, 이현경, 홍세령*
PO-79	Effects of Double Layer Casting on Protein Fouling in PES Filtration Membranes with Improved Pore Structure	(화학연)김창현, 유영민, 김인철, 남승은, 조영훈* (고려대)이정현
PO-80	High Performance Membrane Adsorber with Polyimide/UiO-66 Nanocomposite Membrane by In-situ Crystallization	(한양대)이병관, 한예진, 김영재, 박호범*
PO-81	Membrane fabrication using selective laser sintering 3D printing technique	(부산대)정선걸, 정상현*
PO-82	바이오 의약품 정제공정을 위한 바이러스 제거용 분리막 필터	(화학연)이혜진, 김지수, 김인철*
PO-83	Polyethersulfone을 이용한 평판형 나노 여과 분리막 제조	(화학연)김지수, 이혜진, 김인철*

환경

PO-84	나피온의 성능 향상을 위한 PVDF-TrFE 혼합층의 최적 두께 연구	(㈜넥스트이앤엠)임소영, 김종영, 이준호, 최기운*
PO-85	PEGDA-AMPS 이온 교환막 표면 코팅층을 통한 농도분극 완화 평가	(㈜넥스트이앤엠)최소영, 문지운, 정재훈, 최기운*
PO-86	반도체 클린룸의 AMCs 제거용 이온 교환 복합 필터 제조와 황화수소 및 암모니아 흡착 특성 연구	(한국화학연구원)민수빈, 안이삭, 강호철, 김정훈*
PO-87	The effect of mild reduction on the water vapor permeation in graphene oxide membranes	(한양대)유승연, 박호범*
PO-88	A Study on the Industrial Application of PTFE Membranes Manufactured by Electrospinning Technique as Dust Filtration Media	(생기연, 한양대)이지현, (생기연)윤기로*



바이오헬스

PO-89	Effects of surface anion modification of PVDF membranes for efficient virus removal	(경희대)황선빈, 고은주, 이용택*
PO-90	Development of a Spiked Membrane for Physical Cell Lysis to Recover Intracellular Bioproducts	(인하대)문지원, 백영빈*
PO-91	Hydrothermally rearranged Regenerated Cellulose Membranes	(한양대)하예립, 강준혁, 박인호, 박호범*

전자

PO-92	Zwitterionic Hydrogel Electrolyte Building Separated Positive/Negative Ion migration Channel for Aqueous Zn-V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Batteries with High Reversible Zinc Anode	(에기연, 연세대)이준철 (에기연)이정현* (연세대)김종학
-------	---	--

## 5분 스피치 발표시간 안내

■ 2023년 5월 19일(금요일)

A 강연장					
수처리					
순서	시간	포스터 No.	성함	소속	발표 제목
1	15:11~15:15	MP-11	박지윤	인하대학교	고분자 유동메디아 적용이 합성 그레이워터 처리 혐기성 유동상 분리막 생물반응기의 유기물 제거율과 막오염 거동에 미치는 영향
2	15:16~15:20	MP-12	최고은	서울과학기술대학교	Biofouling control in a membrane bioreactor through the addition of cell suspension of quorum quenching bacteria
3	15:21~15:25	MP-13	차혁	부산대학교	Ammonia recovery from wastewater by carbon nano tube composite membrane in membrane distillation
4	15:26~15:30	MP-14	현예진	이화여자대학교	동적 이미지 분석 기술을 활용한 분리막 여과에서의 미세플라스틱 저감 거동 연구
5	15:31~15:35	MP-15	이유진	이화여자대학교	2차원 나노물질 맥신을 활용한 세라믹 나노여과 멤브레인 제조 및 반도체 폐수처리 성능평가
6	15:36~15:40	MP-16	소연	이화여자대학교	Selective removal of dissolved silica with key ion transport through ceramic nanofiltration membrane
7	15:41~15:45	MP-17	문지현	동아대학교	Study on the structure and properties of the LCST-type styrenesulfonate-based draw solute for the forward osmosis
8	15:46~15:50	MP-18	심지하	부산대학교	코어레싱 필터를 이용한 오일샌드 생산수 전처리 : 운전 조건 최적화
9	15:51~15:55	MP-19	김소연	이화여자대학교	Exploring the reuse of laundry wastewater: treatment and cleaning strategies of ceramic ultrafiltration membrane
10	15:56~16:00	MP-20	이지현	이화여자대학교	전기응집-분리막 공정을 통한 반도체 폐수 내 용존성 실리카 처리
11	16:01~16:05	MP-21	송민주	한림대학교	먹는물 중 미세플라스틱 제거를 위한 알루미늄 세라믹 막분리 기술: 휴믹산 농도의 영향
12	16:06~16:10	MP-22	조연수	동아대학교	Synthesis of dual-responsive imidazolium-based ionic liquid and its application to draw solutes of forward osmosis
공정, 모델링 및 시뮬레이션					
13	16:11~16:15	MP-23	김재현	경상국립대학교	전해질막 이온전도도가 연료전지 성능에 미치는 영향 분석
14	16:16~16:20	MP-24	고지은	경상국립대학교	분자동역학 전산모사를 이용한 바인더용 과불소계 이오노머의 측쇄 사슬 길이의 영향
에너지					
15	16:21~16:25	MP-48	박승용	단국대학교	Perfluorinated sulfonic acid ionomer membranes with improved gas barrier behavior for polymer electrolyte membrane fuel cells
16	16:26~16:30	MP-49	김성현	경상국립대학교	알코올 회수용 및 유기용매 분리를 위한 유기용매나노여과막 제조 및 특성평가
17	16:31~16:35	MP-50	한성민	경상국립대학교	지지체 두께에 따른 내알칼리성 다공성 격리막 제조 및 특성평가

B 강연장					
환경					
순서	시간	포스터 No.	성함	소속	발표 제목
1	15:11~15:15	MP-88	이지현	한국생산기술 연구원	A Study on the Industrial Application of PTFE Membranes Manufactured by Electrospinning Technique as Dust Filtration Media
에너지					
2	15:16~15:20	MP-44	이시찬	단국대학교	High oxygen-permeable perfluorinated sulfonic acid ionomer binder with enhanced for polymer electrolyte membrane fuel cells
3	15:21~15:25	MP-45	윤동현	단국대학교	고분자 전해질 막 연료전지용 과불소계 술폰산 이오노머 막 소재 선택의 중요성
4	15:26~15:30	MP-46	안현지	건국대학교	Super-stable and Efficient Electrocatalyst in High Current Density Alkaline Seawater Splitting Derived from ZIF-based Phosphorous N-doped Carbon
5	15:31~15:35	MP-47	김용호	단국대학교	과불화 술폰산 아이오노머 고분자 전해질막의 두께에 따른 고분자 전해질막 수전해 성능 비교
6	15:36~15:40	MP-51	Gede Herry Arum Wijaya	경상국립대학교	Study on SEBS hybrid membrane with polystyrene particle to improve ion exchange capacity
7	15:41~15:45	MP-52	이혁주	단국대학교	Electrolysis system of ammonia in Anhydrous condition with anion exchange membrane
8	15:46~15:50	MP-53	박준호	경상국립대학교	상용 음이온 교환막의 막 전극 접합체 제조 및 특성평가
9	15:51~15:55	MP-54	이동준	경상국립대학교	연료 전지 시스템 적용을 위한 입자를 첨가한 음이온 교환막 제조
10	15:56~16:00	MP-55	황경환	단국대학교	에너지소비량이 적고 박리가 없는 염수전해용 혼합 분리막
11	16:01~16:05	MP-56	정진우	단국대학교	고분자 전해질막 수전해 성능에 대한 단축쇄 과불소계 술폰산 이오노머-PTFE 강화복합막 특성의 효과
기체 및 증기 분리막					
12	16:06~16:10	MP-30	김승환	인천대학교	Accurate evaluation of hydrogen crossover in water electrolysis systems for hydrated membranes
13	16:11~16:15	MP-31	권현웅	경상국립대학교	폴리에테르이미드 중공사막 제조 및 air-gap에 따른 기체분리 특성 평가
14	16:16~16:20	MP-32	지형준	연세대학교	H <sub>2</sub> -Selective Gas Permeation via Polymer Hybridization into Graphene Oxide Nanoribbon
분리막 제조 및 구조					
15	16:21~16:25	MP-69	키크마 톨로 소디코프	충남대학교	Improvement in Synthesis Reliability of High-Performance MFI Zeolite Membranes for Gas Separation and Pervaporation Processes
16	16:26~16:30	MP-70	김성우	경희대학교	Polyketone support polyamide membrane for organic solvent reverse osmosis (OSRO) separation

## 초 청 강 연 1

# 탄소중립과 그린모빌리티를 위한 무공해 전기·수소차 보급 정책

박 연 재  
(환경부)

## 탄소중립과 그린모빌리티를 위한 무공해 전기·수소차 보급 정책

박연재\*  
환경부

2023년 4월, 탄소중립기본법에 따라 “제1차 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획”이 발표되었다. 국제사회에 약속한 온실가스 감축목표를 충실히 준수하기 위해, 경제·사회 여건과 실행 가능성 등을 종합적으로 고려하여 부문별·연도별 감축목표와 수단 등 합리적 이행방안을 마련한 것이 핵심이다.

수송부문은 2018년 온실가스 배출량 9천8백만톤에서 2030년 6천1백만톤으로 37.8%를 감축해야 하며, 이를 위한 핵심수단으로 2030년 무공해 전기·수소차 450만대라는 보급목표가 설정되었다.

이번 강연에서는 2030년 NDC 달성과 2050탄소중립을 실현하기 위한 수송부문 탄소중립 정책을 무공해 전기·수소차 보급정책을 중심으로 소개하고자 한다.

### References

- [1] Shin, J. H.; Yu, H. J.; An, H.; Lee, A. S.; Hwang, S. S.; Lee, S. Y.; Lee, J. S.\*, *J. Membr. Sci.*, 2019, 570-571, 504-512.
- [2] An, H.; Park, S.; Kwon, H. T.; Jeong, H.-K.; Lee, J. S.\*, *J. Membr. Sci.*, 2017, 526, 367-376.

## 초 청 강 연 2

Membranes towards 2050  
~Fuel cells, Water electrolysis, Disease  
diagnosis, and Water purification~

**Takeo Yamaguchi**  
(Tokyo Institute of Technology)

**Membranes towards 2050**  
**~Fuel cells, Water electrolysis, Disease diagnosis, and**  
**Water purification~**

Takeo Yamaguchi\*

Tokyo Institute of Technology, Institute of Innovative Research, Laboratory  
for Chemistry and Life Science

Carbon Neutrality should be realized before 2050, and we should imagine the world in 2050. For example, the OECD Environmental Outlook to 2050 predicts the world in 2050[1]. Although energy consumption will be 1.8 times higher, we must reduce carbon emissions to net zero. Medical expenses become more prominent, and the competition to secure water will arise due to the increase in water demand. Not only energy and CO<sub>2</sub> emission issues but also medical care and water shortages need to be considered at the same time. Membrane technologies are one of the key technologies for solving these problems. For polymer electrolyte fuel cells, high temperature and low humidity operations are required, and electrolyte membrane development is important. Pore-filling thin electrolyte membranes enable us to develop high-performance polymer electrolyte fuel cells[2]. Water electrolysis using anion exchange membranes can efficiently produce hydrogen without using precious metals, and the development of highly durable anion exchange membranes is key to achieving the technology[3]. Those new membranes and design strategies based on the degradation mechanisms[4] will be explained. For the aging society, we are developing membranes that can diagnose diseases at home. If we can easily diagnose our illness at home within a short period, the medical expenses will be reduced. Diagnosis membranes will be explained[5]. Finally, we will introduce the anti-fouling membrane and design strategy of membrane surfaces. Anti-fouling technology that suppresses the clogging of the membrane surface and pores is important in aiming for a maintenance-free water treatment plant. Introducing a technology that precisely controls the membrane surface by grafting of twitter ion polymers[6]. Membrane technologies are important technologies in various fields and con-

tribute to the world in 2050.

### References

- [1] OECD Outlook to 2050.
- [2] Y. Oshiba, J. Tomatsu, T. Yamaguchi, *J. Power Sources*, 394, 67-73 (2018); Y. Oshiba, M. Kosaka, T. Yamaguchi, *Int. J. Hydrog. Energy*, 2019, 44(5), 28543–29066.
- [3] S. Miyanishi, T. Yamaguchi, *Polymer Chemistry*, 11, 3812-3820 (2020); R. Soni, S. Miyanishi, H. Kuroki, T. Yamaguchi, *ACS Appl. Energy Mater.*, 4(2), 1053-1058 (2021).
- [4] S. Miyanishi, Takeo Yamaguchi, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 18(17), 12009-12023 (2016); S. Miyanishi, T. Yamaguchi, *New J. Chem.*, 41(16), 8036-8044 (2017) (IF 3.201).
- [5] H. Okuyama, Y. Oshiba, T. Yamaguchi, *Analytical Chem.*, 91(22), 14178-14182 (2019); H. Okuyama, T. Tamaki, Y. Oshiba, H. Ueda, T. Yamaguchi, *Analytical Chem.*, 93(19), 7210-7219 (2021).
- [6] Y. Oshiba, Y. Harada, T. Yamaguchi, *J. Membrane Sci.*, 619(1), 118772 (2021).



[특별 1]

---

**항선탁 교수 추모(1MA)**

(1MA-1~1MA-4)

---

## 탄소자원 회수와 활용을 위한 분리막

이규호\*  
한국화학연구원

## Membranes for Carbon Capture and Utilization

Kew-Ho Lee\*  
Korea Research Institute of Chemical Technology  
*\*E-mail: [khlee@kriict.re.kr](mailto:khlee@kriict.re.kr)*

Now the world agrees that the cause of climate change is human activities of industrialization. At the UN Climate Conference, COP 21 meeting in Paris, 195 countries agreed to limit global warming to below 1.5°C, and to submit voluntary mandatory reductions in greenhouse gas emissions. It is now essential to reduce anthropogenic emissions, such as CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuels, which contribute significantly to global warming.

In order to reduce greenhouse gas emissions, fossil fuels will ultimately be replaced by new and renewable energy. However, it is impossible to completely replace them with new and renewable energy in the short term, and other methods are needed to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

Carbon capture and utilization (CCU) has recently received a lot of attention to convert captured CO<sub>2</sub>, as a renewable carbon feedstock, into valuable products instead of permanently sequestering it. And the role of membrane technology in this field is growing. The membrane technology for carbon capture and utilization has become competitive over conventional technologies due to the improved separation performance in materials and process designs.

The new climate regime will be both a risk and a new opportunity, and will foster climate technology as a new growth engine for the industry. Carbon capture and utilization is an emerging climate technology for producing fuels and chemicals from greenhouse gases, and reducing carbon emissions.

In this memorial session for Dr. Hwang, carbon capture and utilization and related membrane processes that are being developed will be presented.

### References

- [1] IEA. (2019). Putting CO<sub>2</sub> to use: Creating value from emission.
- [2] George A. Olah, Alain Goeppert, and G. K. Surya Prakash., Chemical Recycling of Carbon Dioxide to Methanol and Dimethyl Ether: From Greenhouse Gas to Renewable, Environmentally Carbon Neutral Fuels and Synthetic Hydrocarbons *J. Org. Chem.* (2009) 74, 487–498.
- [3] G. Chen, T. Wang, G. Zhang, G. Liu, W. Jin., Membrane materials targeting carbon capture and utilization, *Advanced Membranes 2* (2022) 100025.

## 캐비티 맞춤형 미세다공성 고분자분리막을 통한 기체분리

### Microporous Polymers with Tailored Cavities for Small Gas Molecule Separations

Jong Geun Seong<sup>1</sup>, Won Hee Lee<sup>1,2</sup>, Jongmyeong Lee<sup>1</sup>, So Young Lee<sup>1</sup>,  
Yu Seong Do<sup>1</sup>, Joon Yong Bae<sup>1</sup>, Sun Ju Moon<sup>1</sup>, Chi Hoon Park<sup>1</sup>, Hye Jin Jo<sup>1</sup>,  
Ju Sung Kim<sup>1</sup>, Yi Ren<sup>2</sup>, Conrad J. Roos<sup>2</sup>, Ryan P. Lively<sup>2</sup>, Kueir-Rarn Lee<sup>3</sup>,  
Wei-Song Hung<sup>3</sup>, Juin-Yih Lai<sup>3</sup>, Young Moo Lee<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy Engineering, College of Engineering, Hanyang University

<sup>2</sup>School of Chemical and Biomolecular Engineering, Georgia Institute of Technology

<sup>3</sup>R&D Center for Membrane Technology, Department of Chemical Engineering, Chung Yuan University

*\*Email: ymlee@hanyang.ac.kr*

Size differences between penetrating molecules and membrane pores govern mass transports and size-sieving behaviors in membrane-based separations. Engineering the membrane pores at the molecular level is significant for improving membrane productivity and efficiency, especially for the applications requiring complex molecular separations, such as natural gas processing or hydrogen recovery. Moreover, the regulation of mass transport at interfaces endowing membranes with cascaded pore size distributions from their surface can allow permeating molecules to be separated without reducing throughput.

Herein, we report the decoration of microporous polymer membrane surfaces via direct fluorination. This process has been applied for nonporous polymer membranes but was first adopted for microporous materials, including thermally rearranged (TR) polymers and polymers with intrinsic microporosity (PIMs). We observed that the surface pore size in ready-made microporous membranes was effectively regulated via C-H to C-F substitution toward the interiors of the micropores. The fluorine acts as angstrom-scale apertures that

can be controlled the molecular transport, reducing the surface pore radii from 3.36 Å down to ~2.48 Å at 200-800 nm surface depending on the direct fluorination time.

As a result, the microporous polymers with cascaded cavities showed high molecular separation efficiencies in many industrially interesting gas separation applications above the corresponding upper bounds of He/CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, and H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>. Remarkably, we achieved tens of fold enhancement in separation efficiency in small gases recoveries such as helium and hydrogen but maintained membrane productivities. We also realized this pore-reorganizing concept on hollow fiber membrane modules. The modules still present improvement in gas selectivity, where He/CH<sub>4</sub> selectivity of TR and PIM hollow fiber modules increased from 24 and 1.5 to 800 and 61, respectively, after direct fluorination.

Keywords: Gas separation: Microporous membranes: Direct fluorination

#### Reference

J.G. Seong *et al.*, *Science Advances*, **7**, eabi9062 (2021).

## Hollow fiber membrane contactors for carbon capture and resource recovery

Tae-Hyun Bae\*

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, KAIST

*\*E-mail: thbae@kaist.ac.kr*

Hollow fiber membrane contactor is a membrane-based device that physically separate two phases (such as gas/liquid) and facilitate the mass transfer between those two phases by providing a large contact area. The main topic of my talk is how biogas produced in the anaerobic digestion process can be used as a renewable energy source. To recover biomethane from anaerobic effluent and maximize energy recovery, a membrane contactor (MC) was used. We developed hollow fiber membranes using various materials and methodology that performed better than commercial polypropylene membranes. The energy balance was investigated to determine the most efficient conditions for recovering CH<sub>4</sub>, and the long-term stability of the membranes was successfully demonstrated with real anaerobic membrane bioreactor effluent. We also developed a wetting- and fouling-resistant hollow fiber membrane that sustained 7 days of continuous operation with UASB effluent. The membrane was found to be rich in proteins rather than humic and fulvic acids and microbial byproducts. It was verified that the MC-based CH<sub>4</sub> recovery process is a viable alternative for industrial practices when using custom-designed membranes that provide a net energy benefit. Next, we investigated the potential utility of MC system in direct CO<sub>2</sub> mineralization. We demonstrated that the hollow fiber MC system was able to selectively produce CaCO<sub>3</sub> and MgCO<sub>3</sub> in a economically feasible manner.

### Reference

- [1] Y. Lee, Y. J. Park, J. Lee\*, T. H. Bae\*, Recent advances and emerging applications of membrane contactors, *Chem. Eng. J.* **2023**, *461*, 141948.
- [2] G. S. M. D. P. Sethunga, H. E. Karahan, R. Wang, T. H. Bae\*, Wetting- and fouling-resistant hollow fiber membranes for dissolved methane recovery from anaerobic wastewater treatment effluents, *J. Membr. Sci.* **2021**, *617*,

118621.

- [3] G. S. M. D. P. Sethunga, J. Lee, R. Wang, T. H. Bae\*, Influences of operating parameters and membrane characteristics on the net energy production in hollow fiber membrane contactors for dissolved biomethane recovery, *J. Membr. Sci.*, **2020**, 610, 118301.
- [4] G. S. M. D. P. Sethunga, H. E. Karahan, R. Wang, T. H. Bae\*, PDMS-coated porous PVDF hollow fiber membranes for efficient recovery of dissolved biomethane from anaerobic effluents, *J. Membr. Sci.*, **2019**, 584, 333-342.

## Mass Transport Phenomena under Nanoconfinement

Hyung Gyu Park<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Center for Low Dimensional Transport Physics, Department of Mechanical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Pohang, Gyeongbuk 37673, Republic of Korea

<sup>2</sup>Division of Environmental Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Pohang, Gyeongbuk 37673, Republic of Korea

Membrane technology promises to bring process intensification to various industrial processes such as energy-efficient separation of chemicals and energy storage. Membrane-participating processes can enhance their efficacy if selectivity, permeation and durability of the membrane materials are improved. In this regard, characterization of mass transport phenomena in a dimensionally extreme environment, which low-dimensional materials, for example, could possibly offer, calls for attention because it could help understand the selective transport in the membrane interior, with which to innovate the pore design.

This talk presents about selective transport phenomena across 0D, 1D and 2D confined space that atomically thin orifices, nanotubes, and 2D material lamellas provide, respectively. As the confinement dimension changes, mass permeation reportedly varies from ultimate permeation (0D) to fast transport (1D) to unimpeded diffusion (2D), whereas chemical selectivity relies on physicochemical design of the confinement, or pores.

From the perspective that one may tailor actual chemical selectivity through proper design and architectural modification of the pores, thus obtained knowledge and confinement architectures could lay the cornerstone of advancing membrane properties towards process intensification.



[전자산업체]

---

## **최신 에너지 저장/변환 기술 동향(1MB)**

(1MB-1~1MB-4)

---

## 드론용 연료전지 시스템 개발

송정민\*, 공도연, 명재범, 성영준, 한명성, 박지은, 범길호, 김정욱, 정용식  
두산모빌리티이노베이션

*\*E-mail: [jungmin2.song@doosan.com](mailto:jungmin2.song@doosan.com)*

당사는 드론용 수소 연료전지를 개발하고 있으며, 2019년에는 2.7kW 수소드론의 양산에 성공하였습니다. 당사의 수소드론 개발 관련 현황을 소개 드리고, 향후 기술로서 준비하고 있는 15kW급 카고드론용 수소연료전지 개발 현황에 대해서 소개 드리겠습니다.

## HD현대오일뱅크 수소관련사업 현황

김나영\*

HD현대오일뱅크 중앙기술원 Sustainability연구그룹

\*E-mail: [nykim@oilbank.co.kr](mailto:nykim@oilbank.co.kr)

근래에는 '탄소중립'은 명확하게 이슈화 되어 있으며 Global Net Zero 선언 하에 그 움직임이 활발하다. 주요국 및 주요 기업에서도 더 이상 탄소중립의 방향성에 대한 논쟁보다는 다각적인 협력과 경쟁을 통한 친환경 경제구조로의 실질적인 전환에 박차를 가하고 있다. 그 중에서도 탄소배출관련 섹터 중 탄소 다배출 섹터로 분류되는 철강, 정유 관련업체들은 보다 적극적이고 가시적인 솔루션을 마련해야만 하며 이는 곧 기업 생존의 문제와 직결된다. 이에 국내외 정유사들은 탄소중립 달성관련 Vision을 발표하고 탄소배출 최소화, 친환경관련 신규사업을 적극 추진 중에 있다.

앞서 언급한 탄소중립 트렌드의 일환으로, 본 발표에서는 HD현대오일뱅크의 탈탄소 관련 추진사업, 그 중에서도 수소 관련 신사업 추진현황에 대해 공유하고자 한다.

## 수소전기차용 연료전지 스택 설계 기술 동향

박지용\*

한국자동차연구원

### Fuel Cell Stack Design Trends for FCEVs

Ji-Young Park<sup>1,\*</sup>

\*E-mail: [jypark1@katech.re.kr](mailto:jypark1@katech.re.kr)

해외 수소전기차용 연료전지 스택 개발 선진사인 닛산, 혼다, 토요타의 설계 기술개발 이력과 동향에 대하여 알아본다.

닛산은 2010년도 초부터 연료전지스택에 협피치 유로 적용시 성능향상의 효과에 대해 보고하여 왔으며, 차량용 스택에 적용하여 2.6kW/L의 출력밀도를 달성하였다. 또한, 연료전지 셀의 일체화와 수소누수량 저감을 위하여 MEA의 서브가스켓 용도로 플라스틱 프레임 서브가스켓을 도입한 것이 특징이었다.

혼다도 닛산과 유사하게 협피치 유로를 적용하여 2015년형 Clarity 수소전기차용 연료전지 스택의 출력밀도를 3.0kW/L까지 향상시켰다. 아울러 플라스틱 프레임과 결합하여 분리판 수 25% 저감 가능한 새로운 설계 구조를 선보였다. 또한, 연료전지 시스템 운전 효율향상을 위한 저유량 운전이 가능한 언더컷형 가스켓 설계안을 고안한 것도 특징이었다.

토요타의 경우 닛산과 혼다와 달리 2015년 1세대 수소전기차 미라이의 연료전지 스택 유로로서 협피치가 아닌 3D Fine Mesh를 적용하여 3.0kW/L의 출력밀도를 달성하였다. 그러나 2021년 출시된 미라이 2세대에서는 닛산과 혼다와 유사하게 협피치 유로를 적용하여 4.8kW/L의 출력밀도를 달성하였다. 또한, 저가화를 위하여 플라스틱 서브가스켓 프레임에 아일랜드형 MEA를 적용한 구조를 적용한 것이 특징이었다.

앞선 선진 수소전기차사 연료전지 스택 개발 이력 및 동향을 통하여 향후 고출력, 고내구, 저가화 연료전지 스택개발을 위한 기술방향에 대하여 고찰해본다.

## 비차량용 연료전지 개발 동향

이성철\*, 박종준, 이종명, 조성용  
현대모비스 연료전지요소부품개발셀

최근 글로벌 친환경 정책이 강화되면서 기존에 사용하던 화석 연료의 대체 연료로 수소의 중요성이 강화되고 있다. 차량을 포함한 다양한 모빌리티 영역과 중소형 발전 영역에서 고분자 전해질막 연료전지의 중요성이 부각되고 있다. 현재 연료전지 시장에서는 차량용 시스템이 기술을 선도하고 있으며 이를 제외한 대부분의 응용 분야에서는 아직 개발 생태계의 구성이 부족한 것이 현실이고 비차량용 연료전지 시장의 성장을 위해서는 다양한 응용처에 사용이 가능한 막전극접합체 등의 연료전지 특화 기술들의 개발이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 비차량 영역인 지게차에 운전 특성에 적합한 연료전지의 상품성을 강화하기 위한 연구가 진행되었다. 특히, 전체 시스템 단가 및 수명에 많은 영향을 주는 막전극접합체의 설계 유연성을 확보하고 특정 운전 조건에서 내구성을 강화하기 위해 전해질막에 전극을 직접 코팅하는 기술을 개발하였다.

[기체분리]

---

## **지속가능한 기체 분리막 기술 개발(1MC)**

(1MC-1~1MC-4)

---

## Development of Ceramic Membrane Contactor for CO<sub>2</sub> Capture

Hong Joo Lee<sup>1,\*</sup>, Jang-Hoon Ha<sup>1</sup>, Jongman Lee<sup>1</sup>, Jung Hoon Park<sup>2</sup> and In-Hyuck Song<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Engineering Ceramics, Korea Institute of Materials Science (KIMS)

<sup>2</sup>Department of Chemical & Biochemical Engineering, Dongguk University  
*\*E-mail: [hjlee@kims.re.kr](mailto:hjlee@kims.re.kr)*

CO<sub>2</sub> is an important green-house gas that contributes to global warming and climate change. To reduce atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, development of novel technologies for the capture of CO<sub>2</sub> from large stationary CO<sub>2</sub> emission sources is important [1]. The most common method for CO<sub>2</sub> capture in use today is absorption with aqueous alkanolamines. However, conventional absorption processes have some problems such as the high energy consumption, foaming, channeling, entraining and flooding, etc [2]. Membrane contactor can be a good alternative CO<sub>2</sub> capture process [3,4]. Gas-liquid hollow fiber membrane contactor process for gas separation has interesting advantages compared with conventional absorption process due to the higher interfacial area, increased the capacity factor, and low energy consumption [5]. Over the last two decades, while remarkable progress has been made in the development of membrane contactors for the separation of CO<sub>2</sub> from gas mixtures, there are still many hurdles to cross before this technology can be commercialized. To improve and optimize the performance of the membrane contactor process to make it suitable for commercialization, it is important to identify suitable membrane materials, study the membrane pore structure, optimize the operating conditions, and develop suitable absorbents [6]. Ceramic membranes are more stable than polymeric membranes in CO<sub>2</sub> absorption process using amine solution as absorbent [2-6].

### Acknowledgements

This research was funded by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Ministry of Science and ICT

(2020M3H4A3106359).

### References

- [1] Herzog, H.J.\*, *Energy Econ.*, **2011**, 33, 597-604.
- [2] Lee, H.J.; Magnone, E.; Park, J.H.\*, *J. Mem. Sci.*, **2015**, 494, 143-153.
- [3] Lee, H.J.; Cha, J.W.; Park, J.H.\*, *Clim. Chan. Res.*, **2016**, 7(3), 249-256.
- [4] Lee, H.J.; Park, J.H.\*, *J. Mem. Sci.*, **2016**, 518, 79-87.
- [5] Magnone, E; Lee, H.J.; Che, J.W.; Park, J.H.\*, *J. Ind. Eng. Chem.*, **2016**, 42, 19-22.
- [6] Lee, H.J; Park, Y.G; Kim, M.K; Lee, S.H.; Park, J.H.\*, *Sep. Pur. Tech.*, **2019**, 220, 189-196.



## Rapid Synthesis of Mixed Ligand ZIF-8 Analogue Membranes for Gas Separation

Hyuk Taek Kwon\*

Department of Chemical Engineering, Pukyong National University

\*E-mail: htkwon@pknu.ac.kr

The mixed ligand approach is one of effective routes to systematically fine-tune separation properties of metal organic frameworks (MOFs) by involving two or more ligands in a single framework.[1, 2] In this contribution, We attempt to synthesize mixed ligand ZIF-8 analogue membranes by adding 2, 4-dimethylimidazole (dmIm) into ZIF-8 ( $Zn^{2+}/2$ -methylimidazole), aiming at adjusting molecular sieving properties of ZIF-8 membranes. We use the rapid thermal deposition (RTD) technique to synthesize the mixed ligand ZIF-8 membrane, which enables rapid formation of well-intergrown MOF membranes in a relatively short time (minute scale) compared to conventional in-situ techniques (hour or day scale).[3] Gradual addition of a secondary ligand (dmIm) resulted in reduction in gas permeance presumably due to framework densification and/or reduction in pore aperture, accompanied by significant improvement in molecular sieving efficiency of a ZIF-8 membrane.

### References

- [1] J.A. Thompson, C.R. Blad, N.A. Brunelli, M.E. Lydon, R.P. Lively, C.W. Jones, S. Nair, Hybrid zeolitic imidazolate frameworks: controlling framework porosity and functionality by mixed-linker synthesis, *Chemistry of Materials*, **24**, 1930-1936 (2012).
- [2] K. Eum, K.C. Jayachandrababu, F. Rashidi, K. Zhang, J. Leisen, S. Graham, R.P. Lively, R.R. Chance, D.S. Sholl, C.W. Jones, Highly tunable molecular sieving and adsorption properties of mixed-linker zeolitic imidazolate frameworks, *Journal of the American Chemical Society*, **137**, 4191-4197 (2015).
- [3] M.N. Shah, M.A. Gonzalez, M.C. McCarthy, H.-K. Jeong, An unconventional rapid synthesis of high performance metal-organic framework membranes, *Langmuir*, **29**, 7896-7902 (2013).

## **UV-crosslinkable Polyimides for Use in Various Gas Separation Membrane Platforms**

Jaesung Park\*

Green Carbon Research Center, Korea Research Institute of Chemical  
Technology (KRICT), Daejeon 34114, Republic of Korea

*\*E-mail: [j.park@kRICT.re.kr](mailto:j.park@kRICT.re.kr)*

Crosslinked polyimide membranes have been studied extensively for their potential use in gas separation applications, such as natural gas sweetening and biogas purifications. The crosslinking of polyimide membranes improves their separation performance and mechanical/thermal stability, making them suitable for harsh operating conditions. This presentation focuses on the fabrication and characterization of UV-crosslinkable polyimide hollow fiber membranes for CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> separation. The effect of various factors, such as polymer molecular weight and membrane morphology, on the separation performance is discussed. Additionally, this presentation also highlights the potential of UV-crosslinkable polyimide materials for use in various gas separation membrane platforms, including carbon molecular sieves (CMSs) and mixed-matrix membranes (MMMs).

## 원위치 MOF 형성으로 제막 된 혼합기질막의 가스분리

박성환<sup>1,\*</sup>  
경북대학교

### Mixed-Matrix Membranes Fabricated via In Situ MOF Formation for Gas Separations

Sunghwan Park<sup>1,\*</sup>  
Kyungpook National University  
*\*E-mail: [sunghwan@knu.ac.kr](mailto:sunghwan@knu.ac.kr)*

고성능 충전제가 고분자 매트릭스에 분산된 구조로 형성된 혼합기질막(MMM)의 가스분리 연구는 지난 30년 동안 집중적으로 이루어져 왔습니다. 고분자 막보다 뛰어난 MMM의 가스 분리 성능이 입증되었으며, 다결정 막보다 잠재적으로 더 뛰어난 확장성을 나타냅니다. 하지만, 이러한 잠재력에도 불구하고, 몇 가지 도전적인 문제들로 인해 MMM의 상용화는 아직 이루어지지 않았습니다. MMM의 주요 과제 중 하나는 계면 상호 작용이 너무 강하거나 약할 때 결함으로 작용할 수 있는 고분자와 충전제 사이의 바람직하지 않은 계면 형성입니다. 지금까지 대부분의 MMM 연구가 이러한 과학적 측면에 초점을 맞추어온 반면 MMM의 손쉽고 효과적인 대규모 제작을 위한 공학적 문제들은 상대적으로 간과되어왔습니다. 본 발표에서는 원위치 MOF(metal-organic framework) 형성으로 쉽고 확장 가능한 방식으로 MMM을 제작하기 위한 새로운 전략들을 소개합니다. 이러한 새로운 MMM 제조법들은 현재 MMM이 직면하고있는 문제들을 효과적으로 해결하여 MMM의 상용화를 촉진할 수 있는 가능성을 제공할 수 있습니다.

Mixed-Matrix Membranes (MMMs), which are composed of a polymer matrix filled with high-performance fillers as a dispersed phase, have been intensively studied for gas separations for the past 30 years. It has been demonstrated that MMMs exhibit superior gas separation performance compared to polymer membranes and are more scalable than polycrystalline membranes. However, despite their potential, commercialization of MMMs has yet to be reported due to several challenging issues. One of the major challenges of

MMMs is the undesirable interface between the polymer phase and dispersed phase, which can result in defect formation as the interfacial interaction is either too strong or too weak. Although most MMM studies have focused on those scientific perspectives, the engineering challenges of MMMs for facile and effective large-scale fabrications have been relatively underestimated. In this presentation, novel strategies for fabricating MMMs in a facile and scalable manner using in situ metal-organic framework (MOF) formation will be introduced. These new MMM fabrication methodologies effectively address the issues facing current MMMs, likely leading to the potential for facilitating the commercialization of MMMs.

[특별 2]

---

**AI-DT 기반 미래형 상수도 관리 기술  
특별세션(1MD)**

(1MD-1~1MD-4)

---

## 막 정수장의 AI 기반 스마트기술 도입

정희진\*, 김성훈, 이호현

K-water 연구관리처

국내 운영 중인 대부분의 정수시설과 같이 막여과 정수장 또한 생산수량 결정, 막여과 계열별 운영스케줄 결정 등 운영근무자들의 경험과 판단에 의한 주관적인 의사결정을 통해 운영되고 있어 휴먼에러나 이상수질의 유입, 막차압의 급격한 증가 등 돌발 상황 발생시 인지 및 대처 지연으로 인해 공급 안정성 저하의 리스크가 상존하고 있다.

최근 빅데이터를 기반한 인공지능(AI) 기술과 ICT기반의 빅데이터 처리 기술의 획기적인 발전은 수질과 막상태를 반영한 막차압의 예측, 수요예측 기반의 생산량 결정, 전력요금 최소화를 위한 막 계열별 운영스케줄의 최적화, 펌프 등 주요 설비 고장의 사전예측 등 과학적이고 효율적인 운영방안 제시와 실시간으로 변화하는 현장 상황에 대응하여 신속 정확한 의사결정 지원체계 구축의 가능성을 제시하였으며, 현재 K-water의 대표적인 막여과 정수장인 공주정수장에 대해 공정 자율운전, 에너지 절감, 설비 예지보전을 위한 AI 기반의 스마트 기술 개발을 추진 중이다.

## 초순수 생산기술의 국산화 추진전략

임재림<sup>1,\*</sup>, 이경혁<sup>1</sup>, 김지혜<sup>1</sup>, 권병수<sup>2</sup>

<sup>1</sup>K-water 연구원, <sup>2</sup>K-water 미래수자원처

초순수란 반도체, 의약 발전 등 특정산업을 위하여 특별하게 강화된 기준에 맞게 제조된 물을 일컫는 것으로 전기전도도, 입자수, 생균수 등을 극히 낮은 수준으로 억제하여 이론 순수에 근접시킨 고순도의 물이다. 2024년 전세계 초순수 시장규모는 23조원이 넘으로 것으로 예상되고, 최근 반도체 산업에 힘입어 국내 초순수 시장도 빠르게 성장하고 있다. 그러나 국내 초순수 시장은 해외 기술 의존성이 매우 높고 국산 기술의 진입장벽이 매우 높아 국산 제품의 현장 적용실적이 거의 없는 실정이다. 이에 정부는 초순수 기술의 빠른 자립을 위해 2025년까지 총 433억 원을 투자해 설계·운영 기술 100%, 소·부·장 70% 국산화를 추진하고 있으며, 이의 성과로 1,200m<sup>3</sup>/일 규모의 1단계 초순수 실증플랜트를 SK 실트론 구미2공장 내 건설하였다. 초순수 생산은 수십 개의 단위공정이 긴밀하게 결합된 시스템으로 몇 개의 단위공정 국산화만으로 최종 생산수의 품질을 보장할 수 없다. 따라서 초순수 기술 상용화를 위해서 국가 차원의 지원체계(R&D 예산지원, 표준화 등) 마련이 시급하고, 초순수 시스템의 종합적 엔지니어링 기술확보를 위한 전문 인력 양성과 수요처와 장기간 검증평가를 통한 신뢰성 확보가 매우 중요하다. 이에 환경부와 함께 2030년까지 국가 초순수 플랫폼 센터 구축을 기획하고 있으며, 이를 통해 국내 초순수 산업육성과 해외 수출에 기여코자 한다.

## 대산임해 해수담수화 추진현황

송종철, 박문성, 박희만, 염재근  
K-water 대산임해해수담수사업단

충남 서산시 대산읍에 위치한 대산임해산업지역은 울산, 여수국가산업단지과 더불어 국내 3대 석유화학 클러스터로 민간주도로 구축된 산업단지 중 최대규모이며, 국내 유수의 석유·화학기업이 밀집하여 있다. 또한 지속적인 산업단지 확장과 공장 증설이 계속 이루어지고 있어 신규 공업용수 수요 증가에 대응한 수원개발과 공업용수도 건설이 시급한 실정이다. 하지만, 대산임해산업지역은 서해에 접한 임해지역의 지리적 특성상 주변에서 담수 자원 확보가 곤란하여 가용 수자원 부족으로 인한 어려움을 겪고 있다. 이에 K-water는 해수담수화 시설용량 100천 m<sup>3</sup>/일 규모의 국내 최대 공공주도 해수담수화 사업을 추진하여, 해수담수화 공정(DAF-DMGF-SWRO-BWRO)을 통한 공업용수의 안정적인 공급망을 구축하고 있다.



## K-water 광역상수도 자산관리체계 구축

이형기\*, 김지웅, 김재학

K-water 수도관리처

수도시설의 노후화 증가 추세에 따라 유지관리비용은 급격히 증가하고 있으나, 투자 가능한 예산은 제한적이다. 부족한 예산자원을 효율적으로 활용하기 위해 자산관리체계 구축이 필요하다. 자산관리는 시설물 유지관리 고도화 전략으로 시설물 자산의 전 생애에 걸친 위험요소를 관리하고 소비자가 필요로 하는 서비스 수준을 최소의 비용으로 제공하기 위해 필요한 의사결정을 내릴 수 있도록 지원하는 체계이다. K-water는 전국의 노후화된 광역상수도 시설의 과학적이고 합리적인 개대체 의사결정을 위해 수도권 1단계 광역상수도 등 2개 시설에 자산관리체계를 '22년에 시범도입하였다. 시범사업에서는 자산대장개발, 자산상태평가, 잔존수명예측, 서비스수준결정, 위험도분석 등 총 10단계로 구성된 자산관리 로직을 개발하였으며, 개발된 자산관리 로직을 시설 개대체 의사결정에 적용해보았다. 한편, '23년부터는 수도권 2단계 광역상수도 등 5개 시설에 확대 도입하고, 기존에 개발된 자산관리 로직을 고도화하고 자산관리시스템을 구축할 계획이다.

[여성인재육성위원회]

---

**상생 가능한 연구환경 조성을 통한  
분리막 인재 개발 및 양성(1ME)**

(1ME-1~1ME-3)

---

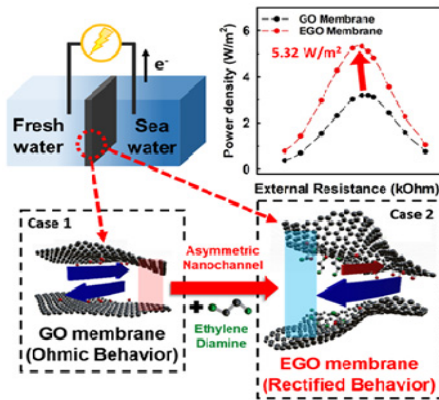
## High-Performance Osmotic Power Generator via Asymmetric Nanochannel Membranes

Ki Ryuk Bang<sup>1</sup>, Choah Kwon<sup>2</sup>, Sangtae Kim<sup>2</sup>, Eun Seon Cho<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon 34141, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Nuclear Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Republic of Korea

\*E-mail: [escho@kaist.ac.kr](mailto:escho@kaist.ac.kr)



Osmotic power is a sustainable and clean energy source, produced from the salinity gradient between seawater and fresh water. The efficiency of energy generation greatly relies on the performance of ion exchange membranes which govern ion transport behaviors. Nanofluidic channels in lamellar structures have proven to overcome the limit of conventional membranes such as

high resistance and low mass transport, while the performance is still unsatisfactory and the complicated fabrication process remains challenging. We present epoxy-confined graphene oxide membranes with asymmetric nanochannels for high-performance osmotic power generation. The asymmetric structure in terms of channel geometry and electrostatic surface properties results in the rectified ion transport behavior, enabling a superior osmotic power performance of  $5.32 \text{ W/m}^2$ .

## 내산성 CHA 제올라이트 분리막의 유기용매 탈수 성능 향상 연구

### Improvement of organic solvent dehydration performance of acid-stable CHA zeolite membrane

Min-Zy Kim, Ammar Junaid Muhammad and Churl Hee Cho\*

*Reaction & Separation Nanomaterials Laboratory, Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, Republic of Korea.*

*\*E-mail: choch@cnu.ac.kr*

The acid-stable CHA-type zeolite membranes were prepared via secondary growth of the CHA zeolite particles, which were coated onto the exterior surface of the  $\alpha$ -alumina capillary support. The CHA zeolite particles were synthesized through a one-step template-free hydrothermal process, utilizing a hydrothermal solution with a precisely controlled molar ratio of  $3\text{K}_2\text{O}:0.1\text{Sr}(\text{NO}_3)_2:\text{Al}_2\text{O}_3:4.5\text{SiO}_2:160\text{H}_2\text{O}$ . The growth mechanism of CHA zeolite particles was extensively investigated to assess their structure properties including crystallinity, morphology and adsorption capacity, etc. The CHA zeolite particles, which exhibited excellent crystallinity, were ground to the nanoscale by the ball-milling method and then deposited onto the support surface via vacuum-assisted filtration to act as seed crystals. The seed crystals were secondary growth to form CHA zeolite layer, while simultaneously adjusting the Si/Al ratio of the hydrothermal solution to enhance the acid-stable of the CHA zeolite membrane. The low-silica CHA(Chabazite) zeolite membranes were synthesized with gel solution of  $14\text{-}24\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3:2\text{K}_2\text{O}:1\text{-}2\text{SrO}:8\text{KNO}_3:780\text{H}_2\text{O}$  at  $100\text{-}160\text{ }^\circ\text{C}$  for 24 h. The high-silica CHA(SSZ-13) zeolite membranes were synthesized using the initial gel solution with molar composition of  $48\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3:2\text{K}_2\text{O}:\text{SrO}:8\text{KNO}_3:3\text{SDA}(\text{TMA}^+):4500\text{H}_2\text{O}$  at  $160\text{ }^\circ\text{C}$  for 18-36 h. The CHA zeolite membranes with varying Si/Al ratios, were compared for their organic solvent dehydration performance and acid stability.

Keywords: CHA zeolite membrane, Pervaporation, Dehydration, Organic sol-

vent

### References

- [1] M.Z. Kim†, S.F. Alam†, D. Arepalli, A.u. Rehman, W.Y. Choi\* and C.H. Cho\*, "Prevention in thermal crack formation in CHA zeolite membrane by developing thick intermediate layers", *Nanomaterials*, 11 (2021) 2113.
- [2] M .Z. Kim†, P. Sharma, Y.J. Kim, S.F. Alam, H.R. Lee and C.H. Cho\*, "One-step template-free hydrothermal synthesis of partially Sr-incorporated hierarchical K-CHA zeolite microspheres", *Microporous and Mesoporous Materials*, 286 (2019) 65.

## **Marangoni instability-driven interfacial polymerization for the fabrication of ultrathin polyamide membranes**

Jung-Hyun Lee\*

Korea University

*\*E-mail: [leejhyyy@korea.ac.kr](mailto:leejhyyy@korea.ac.kr)*

Interfacial polymerization (IP) is a standard technique to fabricate polyamide (PA) thin film composite (TFC) membranes for various applications, including gas separation, organic solvent nanofiltration, desalination, and water treatment. Despite the technical maturity and importance of the IP technique, its mechanism, in particular in the presence of surfactants, remain obscure due to its complex and nanoscopic nature. Specifically, the difficulty in elucidating the IP mechanism stems from the ill-defined interference of the underlying support layer, combined with the lack of experimental setups for capturing a snapshot of the rapid IP reaction.

In this study, we identify the interface instability-driven mechanism for the IP process in the presence of surfactants with different charges. We exploited a support-free IP technique, which enables the synthesis of a PA layer at the free interface to exclude the complex interference of the support during the IP process. Combined with computational simulations, an in-situ visualization elucidated the significant role of interface instability in the interfacial formation of the PA layer. These findings provide valuable knowledge for rationally tailoring the structure and performance of nanofilm membranes fabricated by the surfactant-regulated IP process.

[공정/시뮬레이션]

---

## **분리막과 시뮬레이션(2MA)**

(2MA-1~2MA-4)

---

## 다층 분리막 모델의 기체 투과 전산모사

서영진<sup>1</sup>, 이준혁<sup>2</sup>, 박치훈<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 에너지공학과, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 패키징기술센터

### Gas transport simulation of layered membrane model

\*E-mail: [chp@gnu.ac.kr](mailto:chp@gnu.ac.kr)

기체 투과 분리막[1]은 산소/질소 분리, 수소/메탄 분리, 이산화탄소 포집 등 다양한 에너지/환경 분야에 적용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 기체 분리막의 투과성능에 관한 특성 분석을 위하여, 분자 동역학 기술[2]을 이용하여, 실험 분석 방법 만으로는 규명하기 어려운 분자 수준에서의 소재 구조와 투과 특성간의 상관관계를 관찰하고자 하였다. 특히, 단일층 분리막 모델과 다층 구조의 분리막 모델의 투과 특성을 서로 비교하여, 코팅막 등에서 일어나는 투과현상에 대한 이해를 증진하고자 하였다.

#### References

- [1] Guiver, M. D.; Lee, Y. M., *Science*, **2013**, 339, 284-285.
- [2] Choi, C. H.; Park, C. H., *Membr. J.*, **2020**, 30, 242-251.



## Materials Studio를 이용한 다양한 분리막 모델링 & 시뮬레이션 사례 및 계산 자동화

김경현\*

(주)인실리코

\*E-mail: [khkim@insilico.co.kr](mailto:khkim@insilico.co.kr)

Materials Studio를 이용한 다양한 분리막/고분자 관련 계산 사례와 시뮬레이터를 위한 계산 자동화 플랫폼을 소개합니다. 첫 번째[1]는 연료 전지용 분리막 소재인 PFSA의 습윤상태에 따른 주변 물 침투 거동, Hydronium염의 Diffusion 특성에 대한 Molecular Dynamics를 진행한 사례이고 두 번째[2]는 공액 고분자 기반 차세대 홀로그래프 기술 개발을 위해 polydiacetylene기반 organogel 구조에서 protic/aprotic용매 교환에 따른 구조 부피 수축/팽창 현상을 통해 3차원 홀로그래프 모드가 가역적으로 구현되는 차세대 홀로그래프 기술 개발에 대한 소개입니다. 또한 Molecular Dynamics계산과 각종 property계산 분석에 대하여 시뮬레이터 개발을 통한 계산 자동화에 대한 요구가 많아지고 있는데 Materials Studio Collection을 통하여 쉽게 구현할 수 있는 방법을 소개합니다.

### References

- [1] Chang-Kyu Hwang, Kyung Ah Lee, Jiyoung Lee, Youngoh Kim, Hyunchul Ahn, Wontae Hwang, Byeong-Kwon Ju, Jin Young Kim, Sang Young Yeo, Joonmyung Choi, Yung Eun Sung, Il-Doo Kim, Ki Ro Yoon, "Perpendicularly stacked array of PTFE nanofibers as a reinforcement for highly durable composite membrane in proton exchange membrane fuel cells", Nano Energy, 101, 107581, Elsevier, 2022.10.
- [2] Jongwon Oht, Dahye Baekt, Tae Kyung Leet, Dongwon Kangt, Hyeri Hwangt, Eun Min Go, Inkyu Jeon, Younghoon You, Changil Son, Dowon Kim, Minji Whang, Kibum Nam, Moonjeong Jang, Jung-Hoon Park, Sang Kyu Kwak\*, Jungwook Kim\*, and Jiseok Lee\* "Dynamic multimodal holograms of conjugated organogels via dithering mask lithography" Nature Materials, 20, 385-394, 2021.

## Machine Learning for Nanoporous Materials Design

Yongjin Lee<sup>1,\*</sup>

Department of Chemical Engineering, Inha University

\*E-mail: yongjin.lee@inha.ac.kr

Nanoporous materials are of great interest in applications ranging from gas separation and storage, to catalysis. The chemistry of these materials allows us to obtain an essentially unlimited number of new materials by combining different molecular building blocks, which exceeds the growth of synthesized nanoporous materials published in the recent experimental works. This sheer abundance of structures requires novel computational techniques to shed light on the existing or even unexplored libraries, as well as to facilitate the search for materials with optimal properties. In this talk, I will discuss our recent efforts into the discovery and design of novel nanoporous materials using computational modeling combined with machine learning techniques.

### References

- [1] Wu, J.; Zhang, K.; Lee, Y.\*, *Crystal Growth & Design*, **2022**, 22, 123.
- [2] Zhang, X.; Zhang, K.; Yoo, H.; Lee, Y.\*, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, **2021**, 9, 2872.
- [3] Zhang, X.; Zhang, K.; Lee, Y.\*, *ACS Applied Materials & Interfaces*, **2020**, 12, 734.

## 분자동역학 시뮬레이션 접근법을 활용한 고분자전해질막 연료전지(PEMFC)용 PFSA(perfluorosulfonic acid) 이오노머의 산소 투과 분석

권성현<sup>1</sup>, 이승걸<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 응용화학공학부

<sup>2</sup>부산대학교 유기소재시스템공학과

\*seunggeol.lee@pusan.ac.kr

친환경 에너지 중 하나인 고분자 전해질 막 연료전지(PEMFC)는 고분자 분리막과 촉매층에 사용되는 이오노머의 종류에 따라 성능에 큰 영향을 받게 된다. 본 연구에서는 밀도범함수이론(Density functional theory, DFT)과 분자동역학 시뮬레이션(Molecular dynamics, MD)을 사용하여 PEMFC에 사용되는 대표적인 PFSA(perfluorosulfonic acid)계열의 이오노머인 Nafion과 Aquivion에 대한 모델을 설계하였다. 함수열 및 온도에 따라 Pair correlation functions (PCFs) 및 water volume 분석을 통해 이오노머 내부의 물과 산소의 분포 및 확산특성을 분석하였다. 물과 산소의 확산특성은 온도 및 함수열이 증가할수록 빠르게 확산되며, 상대적으로 부사슬 길이가 짧은 Aquivion이 부사슬 길이가 긴 Nafion에 비해 높은 값을 나타냈다. 또한 산소의 투과 성능은 이오노머 내 산소의 용해도와 확산계수에 영향을 받으며, 상대적으로 긴 부사슬을 가진 Nafion이 Aquivion에 비해 높은 산소 용해도를 지니고 있었다. 함수열이 증가할수록 이오노머 내 산소의 용해도는 감소하지만 산소의 확산계수가 증가함으로 인해 산소의 투과계수가 증가하는 경향을 보였으며, 동일한 함수열 대비 Nafion이 Aquivion에 비해 높은 값을 보였다. 이러한 결과는 향후, 고산소 투과 이오노머를 설계하기 위한 필요 요소에 대해 제시할 수 있을 것으로 보인다.

### 감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020M1A2A2080807).

Keywords: Multi-scale simulations, Molecular dynamics, PEMFC, PFSA, Nafion, Aquivion, O<sub>2</sub> permeability

[가스 산업체]

---

**반도체/에너지 산업의 고순도 가스 생산  
위한 막분리 실증기술(2MB)**

(2MB-1~2MB-3)

---

## Performance comparison of low static pressure HEPA filters applied to composite media

Sung Yeon Kim\*, Jong Min Cho  
Cambridgefilter Korea, Ltd.

*\*E-mail: [sykim@cambridgefilter.co.kr](mailto:sykim@cambridgefilter.co.kr)*

A composite media filter that combines glass fiber and meltblown media has high removal efficiency of ultra-fine contaminants and can be operated with a low differential pressure, thereby significantly reducing power costs.

In conventional filters, contaminants smaller than the pore size pass through the filter layer.

However, the composite media applied filter removes particles larger than the pores through the glass media layer and removes particles larger than the pores as well as particles smaller than the pores due to charge through the meltblown media layer.

Composite media shows about 70% lower pressure value than glass fiber media, but in the case of filters applied to composite media, it shows about 30% lower pressure than glass fiber filters.

The composite media showed H13 grade performance of 99.95% MPPS, and the composite media applied filter also showed H13 grade performance.

In the case of life span, it is being demonstrated by applying it to HVAC in actual operation.

### References

1. Sungho Hwang; Jaehoon Roh; Wha Me ParkShin.\*, Aerosol Science and Technology, **2018**, 52-4, 451-458.
2. Edward Vaughn; Gayetri Ramachandran.\*, INJ Fall, 2002, 41-53

## 고순도 정제 시스템을 위한 팔라듐 복합막 양산 시스템 최적화

정창훈\*

(주)하이젠에너지

온실가스로 인한 대기 및 환경변화로 인하여 많은 오염물질들이 발생하고 있으며, 오염물질을 제거하는 데 분리막의 중요성은 높아지고 있다. 수소분야에서도 산업적인 환경에서 99.99%의 이상의 고순도 및 오염물질이 관리된 수소 연료가 필요하다.

이런 수소를 정제하는 방법은 여러 가지 있지만, PSA 및 금속분리막을 이용한 방법이 널리 상용되고 있다. 하이젠에너지는 고순도수소를 ( $\geq 99.99\%$ ) 생산할 수 있는 상용화 수소분리막 정제시스템을 구현해냈다.

이를 위해서는 팔라듐 복합분리막의 대량 생산이 및 다중 시스템의 구현이 필요하다. (주)하이젠에너지는 일간 생산량 60개의 분리막을 양산할 다중 도금 시스템을 구현하였다. 이렇게 구현된 도금막은 단일 투과장치에서 90%이상의 회수율을 가진 것으로 나타냈다.

## 화학산업 부생가스에서 반도체급 아산화질소의 분리회수를 위한 분리막 혼성공정 연구

김정훈\*

한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*수소 융합센터

\*E-mail: [jhoonkim@kriect.re.kr](mailto:jhoonkim@kriect.re.kr)

아산화질소는 반도체, OLED의 산화피막제거, 의료분야의 통증완화마취제 등으로 사용되며 전세계 시장규모는 매년 1조원에 해당된다. 이러한 반도체나 의료용 분야에 사용하기 위해서는 순도가 99.999\*% 이상 되어야 한다. 이런 고순도 아산화질소는 현재 질산암모늄을 열분해한 후 정제하여 제조된다. 아디핀산은 우리 생활 속에 많이 쓰이는 폴리우레탄, 나일론을 만들기 위한 화합물로, 아디핀산 생산공정 배기가스에는 아산화질소 약 28~43%, 질소 50~79%, 산소 3~5%, 기타 미량의 이산화탄소, 일산화탄소, 질소산화물 등이 불순물 등이 다양하게 혼합되어 존재한다. 기존에는 이를 활용할 수 있는 경제적인 분리기술이 없어 천연가스 에너지와 비용을 투입해 질소와 산소로 열분해한 후 버렸다. 아산화질소는 지구온난화지수가 310\*인 기체로, 환경 규제 때문에 그대로 방출할 수 없기 때문이다.

본 기술은 흡수공정, 막분리공정, 흡착공정 및 증류공정 등의 주요 분리공정으로 구성된다. 흡수공정과 흡착공정으로 이산화탄소, 일산화탄소, 질소화합물 등의 불순물을 제거하고, 막분리공정으로 질소와 산소를 분리하여 아산화질소 농도를 90~95% 이상으로 농축한다. 그리고 증류공정으로 극미량의 불순물들을 제거하여 99.999% 이상의 고순도 아산화질소를 얻는다. 한국화학연구원 연구팀은 본 정제공정 전체와 분리막 소재를 전세계 최초로 독자 기술로 개발했다. 본 기술의 실증시설을 참여기업인 단일가스캠(주)에 설치해 분리막 혼성정제 공정을 개발하고 검증했다. 본 실증시설은 약 40% 아산화질소 함유 배기가스를 시간당 50 m<sup>3</sup>/h 규모로 처리하여 고순도 반도체급 아산화질소를 연간 270톤을 회수할 수 있는 규모이며 현재 상용화가 진행중에 있다.

[에너지]

---

**전기화학적 수소생산 및 활용을 위한  
이온교환막 1(2MC)**

(2MC-1~2MC-4)

---



## 표면 처리를 통한 자가 가습 이온 교환막 제조

박치훈<sup>1,\*</sup>, 이소영<sup>1</sup>, 황두성, 이영무<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교

<sup>2</sup>KIST

<sup>3</sup>LG화학

<sup>4</sup>한양대학교

\*E-mail: [chp@gnu.ac.kr](mailto:chp@gnu.ac.kr)

연료전지용 이온교환막은 중저온 연료전지시스템에 적용될 경우 가습상태를 유지하는 것이 필수조건 중 하나이다. 그러나, 연료전지 자동차등의 경우 이러한 가습상태를 유지하기 위한 BOP의 부피가 상당히 크기 때문에, 이를 해결할 필요가 있어, 별도의 가습 시스템이 필요없는 자가 가습막에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 표면 처리를 통하여 내부 수분을 가뒀을 수 있는 자가 가습막을 개발하였고, 다양한 실험 방법을 통하여 실제 운전조건에서도 가능한지에 대한 검증을 수행하였다. 최종적으로 저가습 조건에서 높은 연료전지 성능을 보이는 것이 확인되었다.

### References

1. Park, C., Lee, S., Hwang, D. et al. Nanocrack-regulated self-humidifying membranes. *Nature* **2016** 532, 480–483.

## Highly Nano-redispersible Ceria Nanoparticles in Perfluorinated Ionomer solutions and Their ion Exchange Membrane

김주영\*

강원대학교 신소재공학과

\*E-mail: [juyoungk@kangwon.ac.kr](mailto:juyoungk@kangwon.ac.kr)

전세계적으로 청정한 에너지인 수소중심으로 전환되는 수소경제시대에서 수전해 수소생산에 대한 관심이 크게 고조되고 있다. 거친 수전해 공정조건 (강알칼라인 조건, 전자이동, 라디칼 발생 등)으로 인해 분리막의 내구성이 전체 수전해 공정 효율에 상당한 영향을 미치므로 분리막의 내화학성 개선이 절실히 요구되고 있다. 본 연구는 수전해용 분리막으로 적용 가능성이 가장 큰 과불소계 이오노머 분리막의 내구성 특히 화학 안정성을 개선하기 위한 무기물 즉 금속 산화물 나노입자를 제조하고 이를 분리막 제막 용액 및 분리막에 나노 재분산시키는 공정 개발에 대한 것이다. 각기 다른 EW를 가지고 있는 이오노머와 금속 전구체를 변화시켜서 다양한 종류의 유-무기 하이브리드 나노 입자 형태의 금속 산화물-이오노머 나노입자를 제조하였고 이를 이오노머 용액 및 이오노머 분리막에서 나노 분산성을 조사하였다. 또한 금속 산화물이 나노 분산된 이오노머 분리막의 화학안정성과 금속 나노 입자 분산성, 금속 입자 종류와의 연관성을 연구하였다.

## Development of High Performance Polymer Electrolyte Membrane through Solvent Annealing Vapor Method

Jinhyuk Lim<sup>\*</sup>, Young-Mo Goo, Woo Ju Cha, Seo Hee Lim, Min Jeong Jo,  
Seung Hyun Lee

Korea Automotive Technology Institute (KATECH)

*\*E-mail: [jhlim@katech.re.kr](mailto:jhlim@katech.re.kr)*

In order to utilize the fuel cell for transportation, it is necessary to upgrade the main materials of MEA. Especially, development of Polymer Electrolyte Membrane (PEM) is considered to be the most important part for fuel cell. A fluorine-based polymer is used as a basic material for the PEM, and it is known that the sulfonic acid group of the side chain acts as a medium for ion conduction. Since the ion conduction channel formed by these determines the performance of the PEM, various studies have been conducted to optimize these channel structure.[1] In this study, we attempt to reconstruct the ion conduction channel of PEM using the Solvent Vapor Annealing method, and 35% improvement in conductivity was observed through 4-probe evaluation. In addition, structure of the PEM was analyzed to identify the reason for the improvement.

### References

[1] Oh, K. H.†; Bae, I.‡, *ACS Appl. Mater.*, **2019**, 3857-3863.

## 과불소계 음이온교환막을 채용한 수소제조용 무수 액화 암모니아 전기화학 추출기

임준현<sup>1</sup>, 이혁주<sup>1</sup>, 윤재한<sup>1</sup>, 황진표<sup>1</sup>, 전재홍<sup>1</sup>, 곽상희<sup>2</sup>, 이창현<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>단국대학교 에너지공학과

<sup>2</sup>싸이텍 코리아

## Anhydrous liquefied ammonia electrochemical extractor for hydrogen generation employing perfluorinated anion exchange membranes

Jun Hyun Lim<sup>1</sup>, Hyeokjoo Lee<sup>1</sup>, Jae Han Yoon<sup>1</sup>, Jin Pyo Hwang<sup>1</sup>,  
Jaehong Chun<sup>1</sup>, Sang-Hee Kwak<sup>2</sup>, and Chang Hyun Lee<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Energy Engineering Department, Dankook University, Cheonan 31116

<sup>2</sup>Scitech Korea Inc., Seoul 01138

Ammonia has been well known as a hydrogen carrier capable of long-term, and large-capacity storage. Ammonia can be converted into hydrogen and nitrogen via thermal or electrochemical extraction. The thermochemical extraction is conducted at the temperature higher than 500 °C under an existence of catalysts. In spite of its suitability for large-capacity hydrogen production, it exhibits energy efficiency of less than 40% and needs to selectively separate hydrogen from the product gas mixtures. In this presentation, the world's first electrochemical module system will be introduced on the basis of the electrolysis of anhydrous ammonia with the high concentration of 99.9%. The electrochemical system can produce high-purity hydrogen with a high energy efficiency of 90% without any separation processes.

[헬스케어바이오]

---

**화이트바이오 산업용 분리막  
기술동향(2MD)**

(2MD-1~2MD-4)

---

## Preparation and characterization study of biomass-derived isosorbide-based poly(aryl ether)s

Jeyoung Park\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Sogang University,  
Seoul 04107, Republic of Korea

\*E-mail: Jeypark@sogang.ac.kr

The development of sustainable super engineering plastics (SEPs) has become essential due to environmental and health concerns. Bio-derived cyclic monomers like isosorbide are being used as an alternative to petrochemicals, but previously reported bio-based thermoplastics or thermosets have not matched the thermal/mechanical properties, scalability, or recycling capabilities of petrochemical SEPs. However, in a recent study, a phase transfer catalyst was used to synthesize an isosorbide-based polymer with a molecular weight over 100 kg/mol, which was transparent and solvent/melt-processible for recycling, with high glass transition temperature, tensile strength, and thermal dimensional stability. These studies demonstrate the potential of isosorbide-based polymers as a sustainable alternative to petrochemical SEPs, with improved properties and the potential for membrane applications.

### References

- [1] Park, S.-A.; Jeon, H.; Kim, H.; Shin, S.-H.; Choy, S.; Hwang, D. S.; Koo, J. M.; Jegal, J.; Hwang, S. Y.\*; Park, J.\*; Oh, D. X.\*, *Nat Commun.*, **2019**, *10*, 2601.
- [2] Park, S.-A.; Im, C.; Oh, D. X.; Hwang, S. Y.; Jegal, J.; Kim, J. H.; Chang, Y.-W.\*; Jeon, H. \*; Park, J.\*, *Molecules*, **2019**, *24*, 2492.

## **Membrane applications in biorefining of lignocellulosic biomass**

Suwan Myung\*

Research Center for Bio-based Chemistry, Korea Research Institute of  
Chemical Technology (KRICT), Ulsan 44429, Republic of Korea

*\*E-mail: [swmyung@kRICT.re.kr](mailto:swmyung@kRICT.re.kr)*

The production of biosugar from lignocellulosic biomass, a second-generation biomass, involves several steps, including biomass particle pulverization, pretreatment, saccharification, purification, and concentration. In particular, the biorefinery process requires a large amount of water, and the water used can be efficiently recovered and reused through a process using a membrane. Additionally, membranes can recover by-products and saccharification enzymes, and concentrate biosugar. This presentation will introduce a pilot process for biosugar production from lignocellulosic biomass, as well as an enzyme-membrane integrated purification method for producing a high-value food additive using by-products from the biorefinery process.

## Research on high-functional biodegradable mask filters

Jeyoung Park<sup>1</sup>, Dongyeop X Oh<sup>2</sup>, Sung Yeon Hwang<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Sogang University,  
Seoul 04107, Republic of Korea

<sup>2</sup>Research Center for Bio-Based Chemistry, Korea Research Institute of  
Chemical Technology (KRICT), Ulsan 44425, Republic of Korea

<sup>3</sup>CenterDepartment of Plant & Environmental New Resources and Graduate  
School of Biotechnology, Kyung Hee University, Gyeonggi-Do 17104,  
Republic of Korea

*\*E-mail: crew75@khu.ac.kr*

It is expected that the introduction of a plastic tax and strengthening of regulatory policies for a sustainable society will become a national imperative in accordance with the UN Treaty on Plastic Pollution in March 2022. The 3R policy (Reduce, Reuse, Recycle) for reducing plastic waste is a necessary policy for resource circulation, but it has its limitations. Especially protective plastics for infectious disease times are virtually impossible to recycle. Linear economic theories such as single-use bans do not allow for fundamental reductions in plastic use.

In this presentation, I will point out the practical problems of plastic use and introduce a biodegradable, moisture-resistant, highly breathable, and high-performance fibrous mask filter.

### References

- [1] Choi, S. J.†; Jeon, H. Y.; Jang, M.; Kim, H. R.; Shin, G. Y.; Koo, J. M.; Lee, M. K.; Sung, H. K.; Eom, Y. H.; Yang, H. S.; Jegal, J. G.; Park, J. Y. \*; Oh, D.Y. \*; Hwang, S. Y.\*, *Adv. Sci. Sci.*, **2021**, 8(6), 2003155.
- [2] Kim, H.. R.†; Jeon, H. Y.; Lee, M. K.; Park, S. A.; Park S. B.; Kim K. Y.; Kim, S. D; Oh, D. Y. \*; Koo, J. M. \*; Hwang, S. Y. \*; Park, J. Y.\*, *J. ACS Appl. Polym. Mater.*, **2023**, 5, 1, 635-643.



## 생분해성 소재 기반의 분리막 제조기술 동향

### **Fabrication of Polymeric Membranes based on biodegradable materials**

Jeong F. Kim\*

Department of Energy and Chemical Engineering, Incheon National University, Republic of Korea

\*E-mail: JeongKim@inu.ac.kr

Membrane technology has become an indispensable part of our daily lives. The rapid growth of membrane technology has been breeding an unavoidable yet critical challenge — the unsustainable disposal of used membranes. Commercial polymer membranes are fabricated from fossil-based monomers and polymers that are not biodegradable. Hence, there is an urgent need to develop membranes that are sustainable from cradle to grave, *i.e.* both bio-derived and biodegradable. Cellulose is one of the most abundant biopolymers that are biodegradable upon disposal. However, it is only soluble in a handful of solvents, limiting its fabrication into membranes at an industrial scale. To circumvent this bottleneck, in this work, we propose a sustainable and scalable method to fabricate cellulose membranes from cellulose acetate with sacrificial acetate group. The proposed method allows cellulose membrane fabrication utilizing green solvents, and the fabrication procedure is sustainable with minimal solvent consumption. One of the most appealing applications of cellulose membranes is organic solvent nanofiltration (OSN). It is an emerging technology to separate solutes in nano-precision in harsh organic solvents, requiring solvent-stable materials. Surprisingly, the cellulose membranes exhibited unique transport behaviors, with solute rejection ranging from 100% to -100% depending on the solvent medium. Such trends were not previously observed in the OSN literature, and the underlying mechanism was thoroughly investigated. Importantly, the membranes were completely biodegradable in a carbon-neutral manner upon disposal. The life cycle of cellulose membranes was compared with that of conventional OSN membranes in a qualitative and comparative study. The proposed methodology can be applied to substitute fossil-based polymers in all aspects of membrane technology, and it has the potential to become a sustainable fabrication platform for membrane materials.

---

---

## 신진 연구자(2ME)

(2ME-1~2ME-5)

---

---

## Advanced Materials for Securing Water: bioinspired membranes, and atmospheric water harvesting

Woochul Song\*

Division of Environmental Science and Engineering, Pohang University of Science and Engineering (POSTECH), Pohang, 37673, Republic of Korea

*\*E-mail: [woochulsong@postech.ac.kr](mailto:woochulsong@postech.ac.kr)*

Natural resources are limited, and the failure to capture, store, and re-supply these resources can cause economic and humanitarian crises across the world. One representative example is water. As global population grows rapidly, over one-third of population lives in water-stressed countries, and it is important to develop sustainable technologies for water. In this talk, recent research progresses on securing safe water will be presented. First, bioinspired membranes will be introduced as a new membrane platform to enable efficient water separations and purification, by translating the biological membranes' structure-to-function relations in synthetic systems.<sup>[1-3]</sup> Secondly, a new recent application of using metal-organic frameworks (MOFs) for atmospheric water harvesting (AWH) will be introduced as a next-generation water supply technology. AWH device was newly designed and constructed that successfully harvested drinking water in one of the driest regions of the world, opening a new avenue of producing clean water to help resolve global water challenges.

### References

- [1] Song, W.; Joshi, H.; Chowdhury, R.; Najem, J.S.; Shen, Y.-x.; Lang, C.; Henderson, C.B.; Tu, Y.-M.; Farrell, M.; Pitz, M.E.; Maranas, C.D.; Cremer, P.S.; Hickey, R.J.; Sarles, S.A.; Hou, J.-I.; Aksimentiev, A.; Kumar M.\*; *Nat. Nanotechnol.* **2020** 15, 73-79.
- [1] Tu, Y.-M. †; Song, W. †; Ren, T. †; Shen, Y.-x.; Chowdhury, R.; Rajapaksha, P.; Culp, T.E.; Samineni, L.; Lang, C.; Thokkadam, A.; Carson, D.; Dai, Y.; Mukthar, A.; Zhang, M.; Parshin, A.; Sloand, J.N.; Medina, S.H.; Grzelakowski, M.; Bhattacharya, D.; Phillip, W.A.; Gomez, E.D.; Hickey, R.J.; Wei, Y.; Kumar, M.\*; *Nat. Mater.* **2020** 19, 347-354.
- [2] Shen, Y.-x. †; Song, W. †; Barden, D.R.; Ren, T.; Lang, C.; Feroz, H.;

Henderson, C.B.; Saboe, P.O.; Tsai, D.; Yan, H.; Butler, P.J.; Bazan, G.C.; Phillip, W.A.; Hickey, R.J.; Cremer, P.S.; Vashisth, H.; Kumar, M. \*; *Nat. Commun.* **2018** 9, 2294.

## Thin composite membrane for gas separation with alcohol soluble polymer

Cheol Hun Park\*

<sup>1</sup>Center for Bio-based Chemistry, Korea Research Institute of Chemical  
Technology (KRICT)

\*E-mail: iceelfh@kRICT.re.kr

Here several strategies for synthesis of alcohol-philic polymer were investigated to achieve mechanically stable, high scalable, thin membrane for gas separation. The original structure of porous substrate was successfully maintained with usage of polar solvent friendly polymer giving high permeance of composite membrane. Besides, it could be fabricated with thin layer onto porous substrate without excess penetration into porous space. Such properties could construct eco-friendly manufacture without usage of organic solvent having negative affect to nature and needing further specific purification process to be wasted. The obtained copolymers were used for gas separation and exhibited outstanding selective performance, especially for carbon dioxide and paraffin/olefin separation.

### References

- [1] Park, C. H.†; Lee, J. H.; Jung, J. P.; Jung, B.; Kim, J. H.\*; *J. Membr. Sci.*, **2015**, 492, 452-460.
- [2] Park, C. H.†; Lee, J. H.; Jung, J. P.; Lee, W.; Ryu, D. Y.; Kim, J. H.\*; *Angew. Chem.*, **2019**, 131 (4), 1155-1159.

## 정수시설의 여과막 성능평가 - G정수장의 여과막 성능평가 사례

박한나<sup>1,\*</sup>, 김지혜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>K-water금산권지사

<sup>2</sup>K-water 연구원

\*E-mail: [hnpark@kwater.or.kr](mailto:hnpark@kwater.or.kr)

본 연구의 목적은 막여과 정수시설을 운영하고 있는 G정수장의 여과성능을 평가하는데 있다. 일반적으로 수처리공정에 사용하고 있는 여과막은 제조사와 납품 계약 체결 시 품질보증기간을 설정하고 있으며, 동시에 제조사에서 막교체에 필요한 몇가지 운영기준을 제시하고 있다. 연구 대상인 G정수장의 경우 11년으로 설정된 보증기간이 '23년 6월 만료 예정으로 현재 여과 성능을 평가하여 교체를 검토하고자 하였다.

여과성능은 운영데이터 및 시험기기 분석결과를 토대로 처리수질, 생산수량, 막 내구성, 운영비 등으로 나누어 분석을 진행하였다. 분석 결과는 K-water연구원에서 제정한 「막 모듈 교체 의사결정 지원 가이드라인(2018)」을 참고하여 계량화 하였다.

평가결과, G정수장의 2022년 가동율은 107.6%로 가동초기인 2012년(78.1%) 대비 높게 나타났으며, 처리수질인 여과수 탁도는 평균 0.044NTU로 계열별로 증가 추세에 있는 것으로 나타났다. 약품세척은 2회/년 실시 중으로 세척 후 회복율은 2022년 평균 83%로 나타나 비가역적오염이 발생한 것으로 확인되었다. 세척 약품 사용금액은 동일세척 조건에서 지속적으로 상승하는 것으로 나타났으며, 인장강도 및 신도에서도 점차적인 감소가 확인되었다. 가이드라인에 따른 종합평가 점수는 B등급으로 교체가 권장되는 것으로 평가되었다.

분석 결과를 통해 G정수장에서 운영중인 막의 상태를 진단하고 교체해야 할 대상을 선정하고자 하였으며, 추후 타 사업장의 정수처리용 여과막의 교체 기준을 제시하는데 본 연구의 의의가 있다.

### References

- [1] 막 모듈 교체 의사결정 지원 가이드라인, K-water, 2018

## **Copolymer-based Gas Separation Membranes through Judicious Chemical Modification**

Iqbal Hossain, Asmaul Husna, Ho Bum Park\*

Department of Energy Engineering, Hanyang University, Republic of Korea

*\*Email: badtzhb@hanyang.ac.kr*

Polymer membranes with high separation performance are greatly demanding for membrane-based gas separations and water purification applications because most of the currently available polymers, do not meet the requirements of high-efficient separation for industrial applications. Therefore, understanding and revealing the structure-property relationship of membrane materials is very crucial. We report herein, crosslinked copolymer-based membranes having different types of hard-soft combined segments ranging from aromatic to aliphatic chains, PEG-PPG to PDMS-units as targeted gas philic/ phobic and permeable groups, respectively, by in-situ ROMP polymerization and membrane preparation as novel gas/water separation membranes. A series of crosslinked copolymers were prepared by tuning the ratio between different units as a linker of the polymer chain. The structure-property relationship of the membrane including gas/water vapor separation performance will be explored in detail.

Keywords: gas separation, ROMP polymerization, rubbery polymer membrane, crosslinked network.

---

**연구 후속 세대 발표(MO)**  
(MO-1~MO-9)

---



## 그레이워터 처리 혐기성 유동상 분리막 생물반응기에서 전도성 유동 미디어 주입 영향 관찰

김민석, 김정환\*

인하대학교 환경공학과 고분자환경융합공학전공

*E-mail: jeonghwankim@inha.ac.kr*

본 연구에서는 실험실 규모의 혐기성 유동상 분리막 생물반응기 (AFMBR; Anaerobic fluidized bed membrane bioreactor)를 분산형 수처리 시스템에서 가정 내 주된 하수 흐름을 갖는 그레이워터 처리를 위해 적용하였다. AFMBR 운전 시 필연적으로 발생하는 막오염 (파울링) 현상을 감소시키기 위하여 반응기에 유동상 미디어를 첨가하였고 반응기 내 벌크 용액의 순환 흐름으로 분리막의 표면을 따라 기계 세정을 수행하였다. 그동안 유동 미디어로 널리 적용되어 온 입상 활성탄 (GAC) 입자들은 지속적인 충돌로 인하여 분말화가 진행되고 이는 메탄생성균의 GAC 표면 부착 성장 방해 원인을 제공할 뿐만 아니라 막오염을 증가시키는 원인이 되었다. 이러한 GAC의 단점을 극복하기 위하여 높은 강도를 지닌 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET; Polyethylene terephthalate) 구형 비드 입자를 AFMBR에 유동상 미디어로서 적용하였다. 또한 메탄 생성 속도 향상을 위하여 PET 비드 표면을 전도성 물질인 폴리아닐린으로 코팅하였다. 본 연구에서는 GAC가 첨가된 반응기 (AFMBR 1), 전도성 물질로 코팅된 PET 구형 비드가 첨가된 반응기 (AFMBR 2), 코팅되지 않은 PET 비드가 첨가된 반응기 (AFMBR 3)를 구성하여 그레이워터 처리를 위하여 연속 운전을 수행하였다. 각 AFMBR은 4.38에서 8.75 L/m<sup>2</sup>/h의 투과 플럭스에서 200일 동안 450 mgSCOD/L 농도의 합성 그레이워터 주입 하에 운전되었고 막오염 저감 효과, 유기물 제거 효율 및 메탄 수율 등을 비교하였다. AFMBR 1의 막간 차압은 예상했던 바와 같이 GAC 입자 파괴와 동시에 140일 이후부터 -0.39 bar까지 상승하였다. 반면, AFMBR 2 및 3은 운전 종료까지 0.19 및 0.21 bar의 막간 차압을 각각 유지하였다. 한편, AFMBR에서 메탄 수율은 그레이워터에 포함된 계면활성제 등의 영향으로 합성 폐수를 처리하는 기존 AFMBR 연구 결과와 비교 시 상대적으로 낮은 메탄 수율을 나타내었다. 그럼에도 불구하고 전도성 물질로 코팅된 PET 비드가 유동되는 AFMBR 2는 1.497 gCOD/L/d의 높은 유기물 부하율에서 0.32 L CH<sub>4</sub>/day의 꾸준한 메탄 생성을 유지하였다. 8.75 L/m<sup>2</sup>/h의 투과 플럭스에서 AFMBR 1, 2, 3의 소비된 에너지 대비 메탄 회수를 통한 에너지 회수율은 각각 109 % (), 209 % (), 42 % ()으로 관찰되었다.

### References

- [1] Aslam, M.‡; McCarty, P.L.; Bae, J.; Kim, J.\*, The effect of fluidized media characteristics on membrane fouling and energy consumption in anaerobic fluidized membrane bioreactors, *Sep. Purif. Technol.*, **2014**, 132, 10-15.
- [2] García-Morales, J.‡; Nebot, E.; Romero, L.; Sales, D.\*, Comparison between acidogenic and methanogenic inhibition caused by linear alkylbenzene-sulfonate (LAS), *Chem. Biochem. Eng. Q.*, **2001**, 15(1), 13-20.

## Novel Desalination Battery with Ion Exchange Resin Enabling Reversible Chloride Adsorption

Seongwoo Jeong, Namhyeok Kim, and Youngsik Kim\*

School of Energy & Chemical Engineering,

Ulsan National Institute of Science and Technology (UNIST)

*\*E-mail: Ykim@unist.ac.kr*

Water stress is so severe that nearly two-thirds of world's population suffers from water shortages[1-3]. It is largely attributed to global warming, which causes climate change such as drought and desertification. Water purification technology is sufficiently developed and widespread worldwide, but its contribution is limited if it is not related to energy generation. This is because water and energy are highly interdependent[4-6]. For example, ~3% of energy produced in the United States is used for wastewater treatment, while 40% of freshwater is used to cool thermal power plants to generate electricity[6,7]. Reverse osmosis as a typical seawater desalination process consumes 3-4 kWh m<sup>-3</sup>, but fossil fuel used to operate it inevitably emits 1.4-1.8 kg m<sup>-3</sup> of CO<sub>2</sub>, leading to gradual global warming and water scarcity[5]. In this regard, the introduction of renewable energy into the seawater desalination process is essential for fundamental. An energy storage device using a battery is also required to efficiently utilize renewable energy that fluctuates according to climate or time[8,9]. Therefore, the water-energy nexus technology that enables simultaneous seawater desalination and energy storage using renewable energy is emerging as a fundamental solution to the freshwater shortage[10-13]. Seawater battery with anion exchange resin enables reversible Cl<sup>-</sup> adsorption.

### References

- [1] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, *Science advances*, 2016, **2**, e1500323.
- [2] U. Water, *United Nations, Paris*, 2014.
- [3] G. Risks, *Insight Report. 10th Edition. Retrived from: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_2015\\_Report15.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf)*, 2015.
- [4] V. Lazarova, K.-H. Choo and P. Cornel, *Water-energy interactions in water*

reuse, IWA publishing, 2012.

- [5] M. Elimelech and W. A. Phillip, *Science*, 2011, **333**, 712-717.
- [6] D. Bauer, M. Philbrick, B. Vallario, H. Battey, Z. Clement and F. Fields, *US Department of Energy*, 2014.
- [7] P. L. McCarty, J. Bae and J. Kim, *Journal*, 2011.
- [8] A. Gurung, K. Chen, R. Khan, S. S. Abdulkarim, G. Varnekar, R. Pathak, R. Naderi and Q. Qiao, *Advanced Energy Materials*, 2017, **7**, 1602105.
- [9] M. Ahmed and G. Xinxin, *Inorganic Chemistry Frontiers*, 2016, **3**, 578-590.
- [10] M. Pasta, C. D. Wessells, Y. Cui and F. La Mantia, *Nano Lett.*, 2012, **12**, 839-843.
- [11] D. Desai, E. S. Beh, S. Sahu, V. Vedharathinam, Q. van Overmeere, C. F. de Lannoy, A. P. Jose, A. R. Völkel and J. B. Rivest, *ACS Energy Letters*, 2018, **3**, 375-379.
- [12] D.-H. Nam, M. A. Lumley and K.-S. Choi, *Chem. Mater.*, 2019, **31**, 1460-1468.
- [13] R. Zhao, S. Porada, P. Biesheuvel and A. Van der Wal, *Desalination*, 2013, **330**, 35-41.

## 표면 분석 방법을 통한 가압식 광촉매 분리막 공정에서의 운영 인자 영향 평가

장호석<sup>1</sup>, 이창수<sup>2</sup>, 김종학<sup>3</sup>, 김정환<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 환경공학과

<sup>2</sup>금오공과대학교 고분자공학과

<sup>3</sup>연세대학교 화공생명공학과

\*E-mail: jeonghwankim@inha.ac.kr

광촉매 분리막 여과는 분리막 표면에 광촉매를 고정하고 빛을 조사함으로써 분리막 여과에 의한 수중 오염물 배제뿐 아니라 분리막 표면 혹은 공극내부 산화반응에 의해 오염물 제거를 함께 수행할 수 있는 기술이다. 그동안 광촉매 분리막의 개발에 관해 많은 연구가 있어왔으나 광촉매 분리막의 다양한 운전 조건이 분리막 미치는 영향을 정량적으로 평가하고자 하는 시도는 매우 제한적이다. 본 연구에서는 디스크 형태의 알루미늄 분리막 지지체 표면에 기능성 공중합체 템플릿 기반 TiO<sub>2</sub> 광촉매 코팅 처리가 된 세라믹 분리막을 통해 자외선 A (365nm, 4.0mW/cm<sup>2</sup>) 조사 환경에서 콩고레드 염색용액을 정압 조건에서 3시간 동안 교차 여과를 수행하여 분리막 적용압력, 유입수 농도 그리고 교차여과속도에 따른 분리막의 투과도와 오염물질 제거 성능을 표면분석방법을 통해 평가하였다. 운전 인자의 변화에 따른 분리막 성능을 정량적으로 해석하기 위해 소프트웨어 (Design-Expert 13)을 이용하여 표면반응모델을 수행하였다. 분석결과 수투과도와 유기물질 제거효율은 유입수의 농도가 가장 지배적인 영향을 미쳤으며 다음으로 적용압력이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 적용압력 다음으로 수투과도의 경우 적용압력과 교차속도의 혼합영향이 높은 반면 유기물질 제거효율의 경우 적용압력과 유입농도의 혼합영향이 상대적으로 높은 것으로 관찰되었다. 수투과도와 유기물질 제거율 모두 교차여과속도 단독영향은 가장 낮은 것으로 관찰되어 향후 광촉매 분리막 시스템 성능의 최적화를 위해서는 분리막 운전인자들의 혼합 영향을 파악하는 것이 매우 중요할 것으로 사료된다.

### References

- [1] Lee, C. S. ‡, Jang, H. ‡, Kim, J., and Kim, J. H.\*, *ACS Appl. Polym. Mater.*, **2022**.
- [2] Jang, H.‡, Park, S. J., and Kim, J.\*, *Chemosphere*, **2022**, 287, 132132.

## 분자동역학 전산모사를 이용한 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)용 촉매 슬러리 거동 연구

강현우<sup>1</sup>, 고지은<sup>1</sup>, 임성대<sup>2</sup>, 박치훈<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 미래융합기술연구소 에너지공학과

<sup>2</sup>한국에너지기술연구원 연료전지연구실

### Study on Catalyst Slurry Behavior for Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEMFC) by Molecular Dynamics Simulation

Hyun Woo Kang<sup>1</sup>, Jieun Ko<sup>1</sup>, Sung-Dae Yim<sup>2</sup>, Chi Hoon Park<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy Engineering, Future Convergence Technology  
Research Institute, Gyeongsang National University (GNU), Jinju, 52725,  
Republic of Korea

<sup>2</sup>Fuel Cell Laboratory, Korea Institute of Energy Research

수소 연료전지 자동차에 대한 연구는 화석 연료를 사용하는 내연기관 자동차를 대체하기 위해 적극적으로 진행되고 있다. 연료전지 수소 연료전지 자동차의 핵심 부품인 막 전극 접합체(Membrane Electrode Assembly, MEA)에서는 수소의 화학 에너지가 전기화학 반응을 통해 전기 에너지로 변환된다. 따라서 MEA의 성능은 연료전지의 성능을 결정할 수 있는 중요한 요소이다. MEA 제조 과정에서, 촉매층의 촉매와 이오노머로 구성된 촉매층을 제조할 때 사용되는 용매의 조성은 촉매 슬러리 내에서 이온 고분자와 촉매-이온 고분자 계면 구조의 형태에 결정적인 영향을 미친다. 본 연구는 분자동역학 전산모사를 이용하여 용매 조성에 따른 이온 고분자의 분산을 조사하여 촉매 슬러리 형태의 생성 메커니즘을 이해하고자 한다. 본 연구에서 제작한 촉매 슬러리 모델에서 이오노머는 Solvay aquivion®, 용매는 n-프로판올(NPA)과 물을 사용하였으며, 용매의 조성에 따라 이오노머의 형상을 관찰하였으며 최종적으로, 연료전지의 중요한 소재인 MEA의 성능을 향상시키기 위해 최적의 촉매 슬러리 조성을 제안하고자 하였다.

Keywords : 수소차, 연료전지, MEA, 분자동역학 전산모사

## Comparative study of two metal-organic frameworks for thin-film mixed matrix membranes

Miso Kang, and Jong Hak Kim\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University

\*E-mail: [jonghak@yonsei.ac.kr](mailto:jonghak@yonsei.ac.kr)

Two types of metal-organic frameworks (MOFs), MIL-140C and UiO-67, were used to prepare submicron-thick mixed-matrix membranes (MMMs). Poly(glycidyl methacrylate-co-poly(oxyethylene methacrylate) (PGO) was used to evenly disperse both fillers. While both fillers are comprised of the same building blocks, they have different structures, pore sizes, and particle morphologies. Pores of MIL-140C are 1D channels having a rod-like shape, whereas UiO-67 pores are 3D cages, having polyhedral shapes. Due to mild polymer infiltration and MIL-140C's high aspect ratio, MMMs fabricated with MIL-140C showed better CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> selectivities than those made with UiO-67. With 20% of MIL-140C incorporated, outstanding separation performance was achieved (CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity of 38 and CO<sub>2</sub> permeance of 1768 GPU).

### References

- [1] Kang, M.; Kim, T.-H.; Han, H. H.; Min, H. J.; Bae, Y.-S.\*; Kim, J. H.\*, *J. Membr. Sci.*, **2022**, 659, 120788.

## **A study on upcycling by hydrophobic surface modification of end of life PVDF membrane : Application for membrane distillation system**

Hyung-June Park<sup>1</sup>, Kwang-Ho Choo<sup>2,\*</sup>

Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University,  
Republic of Korea

*\*E-mail: chookh@knu.ac.kr*

2000년도부터 국내외적으로 수처리용 분리막은 활발하게 공급되었고 연평균 성장률이 꾸준히 증가함에 따라 폐기되는 분리막 또한 급격하게 증가하고 있다 [1]. 수명이 다한 분리막의 재활용 연구는 주로 분리막 표면의 오염물질 제거 및 막 표면 산화를 유도하여 낮아진 처리효율의 용도에 맞게 적용하는 downcycling 방법의 재활용 연구로 진행되어왔다. 하지만 최근에는 세정 후 분리막 표면을 재 코팅하여 성능을 증진시키는 upcycling 방법의 재활용에 대해 관심이 높아지고 있다 [2]. 본 연구에서는 수명이 다한 PVDF 분리막을 활용하여 미래 유망한 수처리 공정 중 하나인 분리막 증류시스템에 적용하고자 하였으며 소수성을 증가시키기 위해 자연계 왁스와 고분자를 반응시킨 수용액으로 분리막 표면을 재 코팅하였다. 재활용된 분리막의 접촉각은 93.5°에서 149.6°로 초소수성에 가깝게 증가하였으며 분리막 증류 공정에 적합한 것으로 확인하였다.

### **References**

- [1] Lawler, Will, *et al.*, "Towards new opportunities for reuse, recycling and disposal of used reverse osmosis membranes." *Desalination* 299 (2012): 103-112.
- [2] Wang, Xueye, *et al.*, "Rapid Upcycling of End-of-Life Microfiltration Membrane Mediated by the Healing of Metal–Organic Complex." *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 10.30 (2022): 9841-9849.



## **Proton blocking anion-exchange membranes modified with various amines for efficient electro-membrane processes**

Ji-Hyeon Lee, Moon-Sung Kang\*

Department of Green Chemical Engineering, Sangmyung University, Korea

*\*E-mail: solar@smu.ac.kr*

Ion-exchange membranes (IEMs) are widely used in various water treatment processes and electrochemical energy conversion processes. Depending on the application process, the IEMs should not only separate cations or anions but also control the permeability of specific ions. For example, undesirable proton leakage through anion-exchange membranes (AEMs) severely reduces product purity and process efficiency. For this reason, the development of an AEM having excellent proton-blocking property is quite necessary. Therefore, in this study, novel composite AEMs with low proton permeability were developed through the fabrication of a thin reinforced base membrane and successive surface modification. The proton-blocking properties of the composite AEMs were imparted by controlling hydrophobicity and crosslinking degree as well as introducing weak base amine groups. In particular, various compositions of amines were tested to optimize the membrane properties. The prepared surface-modified AEMs showed excellent electrochemical properties and proton-blocking properties compared to commercial membranes (i.e. ACM), and their high performance was verified by applying them to an electrodialysis for LiOH recovery. This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the MEST (NRF-2022M3C1A3081178 and NRF-2022M3H4A4097521).

## **Ethanol Selective Silicalite-1 Coated PDMS Hollow Fiber Membrane for Pervaporation**

Muhammad Junaid Ammar, Htet Aing Naing, Azimjon Rasulov, Kim Minzy, and Churl Hee Cho\*

Reaction & Separation Nanomaterials Laboratory, Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

*\*E-mail: choch@cnu.ac.kr*

In the past, there have been many studies concerning PDMS membranes due to the CO<sub>2</sub> and solvent selectivity. The pervaporation process has been restricted in terms of the limited separation performance. In this study, a new method was developed in order to improve the solvent selectivity. Initially, silicalite-1 zeolite nano-particles was hydrothermally synthesized at 100 °C for 48 h. The silicalite-1 nano-particles were coated on to the surface of PDMS hollow fiber membrane module. The optimized coating condition were 2 wt. % PDMS & 2 wt. % silicalite-1 nanoparticles. Pervaporation performance was investigated for 50-50 wt. % (EtOH/H<sub>2</sub>O) at 50 °C for 2 h. The coated hollow fiber membrane increased the ethanol separation factor by 40 to 45 % compared to the pristine PDMS/PSF membrane. This increase in performance was attributed to the presence of silicalite-1 nanoparticles on the surface. Silicalite-1 has more affinity towards solvent rather than PDMS. So, it is expected that the solvent concentration will be larger than that of pristine PDMS membrane. Therefore, the solvent concentration gradient will be steeper. Overall, the selectivity increases but flux sustains due to use of PDMS binder. This kind of approach i.e. adsorbent coating will be very effective to improve membrane performance.

Keywords : Silicalite-1 nano-particles, PDMS, hollow fiber membrane.

## MOF-based 3D Membrane for *in-situ* Alveolar ROS Monitoring System

So Yeon Lee<sup>1</sup>, Seonghyeon Eom<sup>2</sup>, Hyun Ji An<sup>1</sup>, Hayeon Jeong<sup>1</sup>, Inhee Choi<sup>2,\*</sup>,  
and Jung Tae Park<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering Konkuk University, Seoul 05029, South  
Korea

<sup>2</sup>Department of Life Science, University of Seoul, Seoul 02504, Korea

\*E-mail: [jtpark25@konkuk.ac.kr](mailto:jtpark25@konkuk.ac.kr)

Oxidative stress caused by alveolar stimuli is a crucial factor in the pathogenesis of lung diseases. Although many studies have studied the *in vitro* response of alveoli to irritants, conventional monitoring systems have typically involved cell lysis and measurement. In this study, we developed an *in-situ* monitoring system using a metal-organic framework (MOF)-based alveolar-like membrane to detect reactive oxygen species (ROS) in the human type II pneumococcal microenvironment. The optical and electrochemical properties of membrane enable the real-time monitoring of oxidative stress levels in cells exposed to toxic substances, such as microplastics. Our monitoring membrane is expected to serve as a promising platform to identify the pathogenesis of lung diseases with its ability to sensitively detect signals from cells in real-time.

---

---

**포스터 발표**  
(PO-1~PO-92)

---

---

## Mitigation of biofouling in membrane bioreactor for industrial wastewater treatment through quorum quenching: a pilot study

Hyeok Kim<sup>1</sup>, Chungseob Lee<sup>2</sup>, Myung Hee Kim<sup>2</sup>, Jinsup Kim<sup>2</sup>, Go-Eun Choi<sup>1</sup>,  
Seonki Lee<sup>3</sup>, and Hyun-Suk Oh<sup>1,4,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, 232, Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul, 01811, Republic of Korea

<sup>2</sup>Facility Team, Samsung Display Co. Ltd, Asan, 31454, Republic of Korea

<sup>3</sup>Department of Environmental Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Republic of Korea

<sup>4</sup>Institute of Environmental Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Republic of Korea

\*E-mail: [hyunsukoh@seoultech.ac.kr](mailto:hyunsukoh@seoultech.ac.kr)

Membrane bioreactors (MBRs) are becoming more used for industrial wastewater treatment due to their high treatment efficiency, but the presence of toxic substances can accelerate biofouling. Tetramethylammonium hydroxide used in the display manufacturing process can be toxic and harmful. Quorum quenching (QQ) is being explored as a solution to prevent biofouling in MBRs, but it has not been studied much in industrial wastewater treatment. In this study, *Bacillus* sp. SDC-U1 was immobilized on polyvinyl alcohol/alginate beads to mitigate biofouling in a pilot-scale MBR. The MBR with QQ beads decreased the concentration of quorum sensing signals and increased the cleaning cycle by 243% compared to the control group. Through this study, it is expected to increase the possibility of applying QQ technology in MBRs for industrial wastewater treatment.

### References

- [1] Mutamim, N. S. A.; Noor, Z. Z.; Hassan, M. A. A.; Olsson, G.\*, *Desalination*, **2012**, 305, 1-11.
- [2] Lin, C. C.; Yang, C. C.; Ger, J.; Deng, J. F.; Hung, D. Z.\*, *Clin. Toxicol.*, **2010**, 48(3), 213-217.

- [3] Oh, H. S.; Yeon, K. M.; Yang, C. S.; Kim, S. R.; Lee, C. H.; Park, S. Y.; Han, J. Y.; Lee, J. K.\*, *Environ. Sci.*, **2012**, 46(9), 4877-4884.
- [4] Liu, J.; Sun, F.; Zhang, P.; Zhou, Y. \*, *J. Clean. Prod.*, **2021**, 279, 123551.
- [5] Noori, A.; Kim, H.; Kim, M. H.; Kim, K.; Lee, K.; & Oh, H. S.\*, *Bioresour. Technol.*, **2022**, 352, 127077.

## **Tuning cross-linked network of Polytetrafluoroethylene (PTFE) Reinforced Hydrogel Membrane for Enhanced Mechanical Strength**

Chaewon Youn, Hayoung Jeon and Ho Bum Park\*

Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: badtzhb@hanyang.ac.kr*

A series of hydrogel network was synthesized using poly(ethylene glycol) diacrylate (PEGDA) via free radical photopolymerization by adjusting solvent concentration in prepolymerization solution. Cross-linked PEGDA channels were formed within polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane, forming PTFE reinforced hydrogel membrane. Various solvent concentration in prepolymerization solution were used to manipulate PEGDA channels within porous PTFE membrane for investigating ultra or microfiltration. By using PTFE membrane as a supporting layer for cross-linked PEGDA hydrogel formation, mechanical property can be easily tuned. Membrane surface morphology, water uptake, water and salt permeability and fouling experiments were used to characterize membrane properties. The resulted membranes exhibited excellent mechanical strength and antifouling property.

## **Polyamide Membrane with Tröger's Base Intrinsic Structure Nanofiltration through Interfacial Polymerization**

Jun Hyeok Kang, and Ho Bum Park\*

Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: badtzhb@hanyang.ac.kr*

Membrane-based separation processes have gained increasing attention due to their potential to reduce energy consumption, operational costs, and improve environmental sustainability. However, to use a wider application of membrane technology in the desalination field, highly permeable membranes are required to increase the efficiency of the process. To obtain high permeability and selectivity membranes, microporous polymers with the intrinsic structure are attracted to attention owing to high porosity. In this study, microporous polyamide through interfacial polymerizing Tröger's base diamine with trimesoyl chloride were successfully polymerized to improve the permeability of polyamide for desalination. Our results showed that high pure water permeance and high  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  salt rejection.



## Applicability of environmentally friendly solvents for sustainable membrane production

Tunmise Ayode Otitaju, Chang-Hun Kim, Tae-kyung Kim, Mihee Ryu,  
Jaesung Park, Ahrumi Park, and Young Hoon Cho\*

Chemical & Process Technology Research, Green Carbon Research Center,  
Korea Research Institute of Chemical Technology, 34114 Daejeon, Korea

*\*E-mail: yhcho@kriict.re.kr*

Traditional toxic aprotic solvents such as DMF, DMAC, dichloromethane, 1,4-dioxane, NMP, and THF are excellent for membrane preparation. Due to their toxicity or volatile nature, it is necessary to replace them with a safer and more sustainable alternative for environmental and health reasons. In this work, a series of environmentally friendly alternative solvents were selected to find their potential use in membrane production. Polymer solubility experiments were performed to screen their applicability in the phase inversion process to create a porous membrane with appropriate structures and selectivity. Hansen solubility parameters were used to rationalize the solubility results. Membrane morphology and pore structure were characterized using scanning electron microscopy (SEM), while the performance of the membrane was determined with wastewater solutions to screen the potential of these environmentally friendly polymer/green solvent systems.

### List of selected solvents

- Rhodiasolv® Polarclean
- TamiSolve™ NxG
- Cyrene
- Propylene Carbonate (PC)
- $\gamma$  – Butyrolactone (GBL)
- $\gamma$  – valerolactone (GVL)
- Triethyl phosphate (TEP)
- Tributyl citrate
- Tributyl o-acetylcitrate
- Methyl lactate
- Ethyl lactate
- Dimethyl sulfoxide (DMSO)
- 1-Ethyl-3-methylimidazolium acetate
- Eco-MeTHF or 2-MeTHF
- Dimethyl Isosorbide (DMI)
- Dimethyl carbonate (DC)

## Characterization on A Commercialized Heterogeneous Bipolar Membrane for Water Purification

Jinmu You<sup>1</sup>, Moon-Sung Kang<sup>2</sup>, Ji-Min Lee<sup>2</sup>, Sanghyeon Kang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Seokyeong University, Nano-chemical Biological and Environmental Engineering

<sup>2</sup>Sangmyung University, Department of Green Chemical Engineering

\*shkang@skuniv.ac.kr

This study was carried out to apply a commercialized heterogeneous bipolar membrane (LINX, ERIX solutions) to water purification devices. A cycling test (purification and regeneration) on LINX membrane was carried out to compare the performance BP-1EX membrane (ASTOM). It showed that LINX membrane was more durable than BP-1EX which was not designed for purification.

The performance of LINX membrane under various conditions was measured with a designed mini flow cell. A voltage of 130V was applied for regeneration because it was the highest value where LINX membrane was not damaged, and a voltage of 150V was applied for purification. The TDS reduction and accumulated volume of purification were measured at 100, 200, 300 and 750 mg/L. The TDS reduction decreased with the increase in TDS at a certain purification time and the accumulated volume also decreased with increase in TDS. The TDS reduction decreased with increase in flow rate, but the amount of purified TDS at a certain reduction was constant at all flow rates. The recovery showed a higher value at a lower TDS concentration because the accumulated volume for purification at a certain reduction was relatively larger than a fixed volume for regeneration in this study.

### References

- [1] R. Pärnamäe, S. Mareev, V. Nikonenko, S. Melnikov, N. Sheldwshov, V. Zabolotskii, H. V. M. Hamelers, M. Tedesco, Bipolar membranes: A review on principles, latest developments, and applications. *Journal of Membrane Science*, 617 (2021), 1-25.

## **A Study on Characteristics of Pulverized Ion Exchange Resins**

Jaeyong Huh, Sanghyeon Kang\*

Department of Nano-Chemical Biological Engineering, Seokyeong University

*\*E-mail: shkang@skuniv.ac.kr*

The ion exchange resins were pulverized to improve their performance and the difference in ion exchange rate and breakthrough point before and after pulverization was evaluated. A commercialized mixed ion exchange resin was used for this study. The ion exchange resin was pulverized by a blade type grinder for 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 and 3 minutes, and the pulverized resins were classified by sieves with 20 x 50, 50 x 100, 100 x 250, 250 x 500  $\mu\text{m}$ . Among them, ion exchange resins smaller than 100  $\mu\text{m}$  were judged to be unsuitable for use because they were not flowable, so the ion exchange resins larger than 100  $\mu\text{m}$  were evaluated. It was found that ion exchange resins with a size of 100 x 250  $\mu\text{m}$  had a yield of 87.1% for 2 minutes grinding time, and ion exchange resins with size of 100  $\mu\text{m}$  or more had a yield of 93.2% for 0.5 minutes grinding time.

The ion exchange rate and breakthrough point were measured before and after pulverization of the ion exchange resin through a batch test. The tests were carried out with a packed column with 25 mm diameter and 200 mm height. It showed that the ion exchange rate increased and the column pressure drop also increased with the decrease in size. However, the breakthrough points were not different with size. Therefore, it was thought that the pulverized ion exchange resins could be effective for a small size module at a high flow rate and an acceptable pressure drop.

### **References**

- [1] P. A. Yarnell, Graver Technologies, Glasgow, DE, USA Copyright ^ 2000 Academic Press

## 진공 막 증류 공정의 나프텐산 제거 및 막 오염 메커니즘 연구

이예진, 정상현\*

부산대학교 사회환경시스템공학과 환경공학전공

\*E-mail: sh.jeong@pusan.ac.kr

오일샌드를 처리한 물(Oil sands process-affected water)은 오일샌드로부터 비투멘을 추출하는 과정에서 발생하는 부산물로서, 물, 모래, 점토, 용해된 유기 및 무기 화합물, 회수되지 않은 비투멘의 혼합물이다. 잔류된 비투멘에는 나프텐산과 같은 유기 산이 존재하는데, 이는 비투멘에서 자연적으로 생성된 유기물로서 현대 산업에서 많이 사용되기 때문에 환경적으로 유입될 가능성이 높아 심각한 환경 문제를 일으키고, 자연적으로 생분해되기 어렵다. 또한, 나프텐산의 구조는 원유를 물 속 에멀전 상태로 유지시키는 계면활성제로서 작용하여 물에서 오일을 분리하기 어렵게 만든다. 본 연구에서는 오일과 물을 분리하여 재이용하는 과정에서 진공 막 증류 공정을 이용해 물을 회수하고, 이 과정에서 나프텐산의 제거를 하고자 한다. 이러한 과정에서 분리막에 나프텐산이 어떠한 영향을 미치는지를 보고자 하였다. 오일의 농도, 나프텐산의 농도, 유입수의 온도에 따른 막 오염 현상을 관찰하였을 때, 조건에 따라 서로 다른 막 증류 성능과 막 오염 패턴이 관찰되었다. 또한, 분리막 재질 및 다른 함유 물질에 의한 막 오염 현상에 대해서도 파악하고자 하였다.

## 흡착 및 응집과 나노 여과 막 복합공정 이용 과불화화합물 제거

심동진<sup>1</sup>, 정상현<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 사회환경시스템공학과 석박사통합과정

<sup>2</sup>부산대학교 사회환경시스템공학과 환경공학전공 교수

\*E-mail: sh.jeong@pusan.ac.kr

과불화화합물은 자연상태에서 안정하고 분해 불가능한 특성으로 인해 수계에 서 ppt에서 ppb까지 다양한 범위에 분포하고 있다[1]. 또한 과불화화합물은 응집, 흡착, 고도산화, 모래여과 등 단일 공정을 이용하여 제어하기 어렵다고 보고되어 있다[2]. 이번 연구에서는 과불화화합물의 제어를 위해 자성활성탄을 이용한 흡착 및 알루미늄계 응집제를 사용한 응집과 나노 여과 막 복합공정을 사용하였다. 이를 통해 제거 공정별 제거율을 비교하였고 흡착 및 응집 특성을 확인하는 실험을 진행할 수 있었다. 나노 여과막은 과불화화합물의 제거뿐만 아니라 기존 처리 공정에서 처리되지 않고 남은 잔류물질을 제거할 수 있으며 자성활성탄과 응집제를 사용할 경우 나노 여과 막의 오염을 야기하는 물질의 제거함으로써 막의 가용기간을 늘릴 수 있는 상호보완적인 부분을 가지고 있다. 그러므로, 이러한 복합 공정을 사용할 경우 수처리 및 재이용에 필요한 비용을 감소시키고, 과불화화합물 과 잔류성 유기물질의 배출을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

### References

- [1] Eschauzier, C., et al., *Impact of Treatment Processes on the Removal of Perfluoroalkyl Acids from the Drinking Water Production Chain*. Environmental Science & Technology, 2012. **46**(3): p. 1708-1715.
- [2] Paul, A.G., K.C. Jones, and A.J. Sweetman, *A First Global Production, Emission, And Environmental Inventory For Perfluorooctane Sulfonate*. Environmental Science & Technology, 2009. **43**(2): p. 386-392.

## **Polytetrafluoroethylene-based Membrane Adsorber Using Iterative Growth of Sulfonated UiO-66 Nanoparticles for Dye Removal in Wastewater**

Yu Jin Kim, Seung Yeon Yoo, Yeong Jae Kim and Ho Bum Park\*  
Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: badtzhb@hanyang.ac.kr*

Metal-organic frameworks (MOFs) have gained interest as a candidate for water purification, with their microporosity and tunable functionality. Here, the MOF membrane adsorbers with sulfonated UiO-66 (UiO-66-SO<sub>3</sub>H) supported by polytetrafluoroethylene (PTFE) are described. The in-situ growth of UiO-66-SO<sub>3</sub>H was repeated 1-3 times with polyethyleneimine (PEI) coating to increase its loading inside the PTFE matrix. The pH-controlled adsorption of cationic and anionic dyes was conducted for performance test. Structural analysis revealed that the MOF loading increased gradually by repeated synthesis, leading to enhanced dye removal efficiency than conventional MOF-polymer mixed-matrix membranes (MMMs). The membrane showed higher adsorption performances toward cationic dyes due to electrostatic interaction supported by various diffusion models.

## CHABAZITE Membrane을 이용한 폐수 중 수분리 특성평가

이성연<sup>1</sup>, 서영훈<sup>1</sup>, 김언지<sup>1</sup>, 홍종현<sup>2</sup>, 정재철<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>(주)파인텍, <sup>2</sup>(주)케이씨씨

\*E-mail: jcjung@fine-tech.kr

제올라이트 분리막은 높은 선택도와 투과 플렉스로 탈수 성능이 우수한 소재로 활용된다. 그러나 폐수 공정을 대상으로 하는 경우 내수성, 내화학적 등이 반드시 필요하기 때문에 높은 SAR을 갖는 CHABAZITE Membrane을 제작하고, 이를 실제 폐수 공정을 대상으로 Pervaporation process에 의한 수분리 평가를 수행, 투과수의 수질을 분석하였다. Karl-Fischer, G.C를 적용하여 투과수의 수분 함량을 확인하고, 실제 폐수 처리 기준에 사용되는 TOC, COD 분석을 통하여 투과수를 분석한 결과 폐수에 함유된 공정 배출 물질의 농도 감소에 의한 수질 지표 향상을 확인 할 수 있었다. 따라서, 분리막을 이용한 수분리 공정은 폐수 배출량 및 처리비용의 감소 효과를 기대할 수 있다.

이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('20015754')

### References

- [1] Minseong Lee, Yanghwan Jeong, Sungwon Hong, Jungkyu Choi\*, High performance CO<sub>2</sub> -perm-selective SSZ-13 membranes Elucidation of the link between membrane material and module properties, J. Membr. Sci., 2020, 118390
- [2] Minseong Lee, Sungwon Hong, Dongjae Kim, Eunjoo Kim, Kyunghwan Lim, Jae Chil Jung, Hannes Richter, Jong-Ho Moon, Nakwon Choi, Jaewook Nam, Jungkyu Choi\*, Chabazite-Type Zeolite Membranes for Effective CO<sub>2</sub> Separation: The Role of Hydrophobicity and Defect Structure, ACS Appl. Mater. Interfaces 2019, 11, 3946-3960

## 고분자 유동메디아 적용이 합성 그레이워터 처리 혐기성 유동상 분리막 생물반응기의 유기물 제거율과 막오염 거동에 미치는 영향

박지윤, 김정환\*

인하대학교

\*E-mail: jeonghwankim@inha.ac.kr

Polyvinylidene fluoride (PVDF) 재질로 구성된 다채널 메디아를 유동소재로 적용하고 합성 그레이워터를 처리하는 혐기성 유동상 분리막 생물반응기(Anaerobic fluidized bed membrane bioreactor, AFMBR)에서 HRT의 변화에 따른 유기물 제거 효율과 파울링 거동을 관찰하였다. 운전기간 중 반응기의 막간차압(TMP), COD 제거율, 부유고형물의 농도, Soluble Microbial Product (SMP) 및 Extracellular Polymeric Substance (EPS)의 농도 그리고 생성된 바이오 가스 내 메탄 조성 및 발생량이 분석되었다. 코팅이 되지 않은 PVDF 메디아를 적용 시 HRT 16시간에서 (투과플럭스는 약 3.75L/m<sup>2</sup>.hr) TMP는 0.025bar으로 관찰되었다. 이 후 HRT가 감소함에 따라 증가된 투과플럭스의 영향으로 TMP는 0.15bar에서 0.33bar까지 크게 증가하였다. 벌크 현탁액 및 투과수의 SMP는 181.43 mg/L와 125.72 mg/L 이고 EPS는 370mg/L와 67.14mg/L로 관찰되어 상대적으로 낮은 SMP 제거효율이 관찰되었다. 따라서 EPS와 같은 미생물 부산물이 AFMBR 시스템에서 막 오염에 더욱 기여할 수 있는 것으로 사료되었다. HRT 16시간에서 COD 제거율은 85%까지 증가하였으며, HRT 감소 시 유기물 부하량이 증가함에 따라 COD 제거율은 다소 감소하였으나 수일 내 COD 제거율은 약 84%로 회복되었다. 반응기 운전 기간동안 발생된 바이오 가스내 메탄 조성은 약 50%였으며 메탄 수율은 약 0.13 L CH<sub>4</sub>/gCOD였다. AFMBR의 벌크의 평균 입도는 12.70 $\mu$ m으로 실험에 사용된 PVDF 막의 평균 기공인 0.1 $\mu$ m에 비해 매우 큰 수치가 관찰되었다. 이는 막의 표면에 케이크층이 형성된 것으로 사료되었다.

### References

- [1] M. Kim, T. Y. C. Lam, G. Y. A. Tan, P. H. Lee, and J. Kim, "Use of polymeric scouring agent as fluidized media in anaerobic fluidized bed membrane bioreactor for wastewater treatment: System performance and microbial community," *J Memb Sci*, vol. 606, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.memsci.2020.118121.



## Biofouling control in a membrane bioreactor through the addition of cell suspension of quorum quenching bacteria

Go-Eun Choi<sup>1</sup>, Hyeok Kim<sup>1</sup>, Min-Ju Seo<sup>1</sup>, Ye-Jin Yoon<sup>1</sup> and Hyun-Suk Oh<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Environmental Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Republic of Korea

\*E-mail: [hyunsukoh@seoultech.ac.kr](mailto:hyunsukoh@seoultech.ac.kr)

최근 정족수감지 억제 세균을 적용한 분리막생물반응기의 막오염 저감 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존에는 대부분 세균을 담체에 고정화하였는데, 담체 제조 및 유지/회수에 대한 추가비용 부담은 현장 적용에 걸림돌로 작용하고 있다. 본 연구는 정족수감지 억제 세균을 분리막생물반응기에 suspension상태로 직접 투여하였을 때의 효과를 연구하였다. 실험실 규모 분리막생물반응기에 정족수감지 억제 세균인 *Bacillus* sp. 를 suspension 상태로 투여한 결과 대조군 대비 막오염이 현저히 저감되는 것을 확인하였고, 이에 따른 반응조 내의 미생물 군집 변화를 분석하였다. 본 연구 결과는 정족수감지 억제 기술의 적용 과정을 간소화하여 경제성을 높이고, 산업적 응용 가능성을 높이는 역할을 할 것으로 기대된다.

### References

- [1] A. Noori, H. Kim, M. H. Kim, K. Kim, K. Lee, and H. S. Oh, "Quorum quenching bacteria isolated from industrial wastewater sludge to control membraneNoori, A., Kim, H., Kim, M. H., Kim, K., Lee, K., & Oh, H. S. (2022). Quorum quenching bacteria isolated from industrial wastewater sludge to control membrane biofouli," *Bioresour. Technol.*, vol. 352, no. April, p. 127077, 2022, doi: 10.1016/j.biortech.2022.127077.
- [2] N. N. Shu *et al.*, "Probiotic strategy for biofouling control through direct injection of quorum-quenching bacteria into membrane bioreactors," *Chem. Eng. J.*, vol. 438, no. December 2021, p. 135572, 2022, doi: 10.1016/j.cej.2022.135572.

## Ammonia recovery from wastewater by carbon nano tube composite membrane in membrane distillation

Hyuk CHA<sup>1</sup>, Sanghyun JEONG<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Republic of Korea

*\*E-mail: sh.jeong@pusan.ac.kr*

암모니아는 악취의 주범임과 동시에 수생 환경에 심각한 악영향을 주는 주요 수질 오염물질로 여겨져 왔다. 하지만 암모니아는 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않는 연료임과 동시에 수소 에너지 캐리어로서의 역할로 각광받고 있어 폐수에서 암모니아를 회수/처리하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다. 현재 암모니아 합성법으로 Harber-Bosch와 Claude 공법을 많이 사용하는데 이 공법은 천연가스를 사용하여 암모니아를 합성하기 때문에 CO<sub>2</sub> 배출량이 높고 에너지 소모량이 많다. 그리고 기존에 사용되던 암모니아 폐수처리 공정은 운전조건이 제한적이고 많은 처리비용이 든다는 문제점이 있다. 따라서 이러한 단점들을 극복하기 위해 membrane distillation(MD) 공정을 접목시켰다. MD공정은 소수성 고분자 막을 이용하여 막 양단의 온도 차로 인한 증기압 차이를 구동력으로 하여 순수한 증기만 투과시키는 공정이다. MD 공정은 기존의 증류 공정에 비하여 낮은 온도에서 운전이 가능하며 고압에너지가 불필요하기 때문에 상대적으로 낮은 비용으로 암모니아를 회수할 수 있다. 하지만 MD 공정도 장기간 운전시 고분자 막이 손상되기 쉽고 투과 유량이 낮아지는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 carbon nanotube(CNT)를 이용하여 분리막을 제조하였다. CNT의 함량(0 wt.%, 0.1 wt.%, 0.25 wt.%, 0.4 wt.%)에 따른 고분자 분리막을 직접 접촉식 막 증류(direct contact membrane distillation, DCMD)를 이용하여 암모니아의 회수율과 수투과도를 비교 평가하고 최적 제막조건을 도출하고자 한다.

## 동적 이미지 분석 기술을 활용한 분리막 여과에서의 미세플라스틱 저감 거동 연구

현예진, 박찬혁\*

이화여자대학교 환경공학과

\*E-mail: [chp@ewha.ac.kr](mailto:chp@ewha.ac.kr)

미세플라스틱은 여러 현미경적 분석 기술의 개발에도 불구하고 표준화된 분석법이 아직 구축되지 않은 실정이며 그마저도 긴 분석 시간과 추가적인 정성 분석을 요구한다. 본 연구에서는 고속으로 입자를 포착하고 관련 매개변수를 추출하는 동적 이미지 분석 기술을 활용해 형태 기반 라이브러리를 구축하여 서로 다른 폴리머로 구성된 구형과 조각형 미세플라스틱을 분류하였다. 또한 분리막에서의 미세플라스틱 저감 거동을 해석하기 위해 폐수와 여과수 내의 미세플라스틱의 개수와 그 입자들의 여러 형태적 매개변수를 통계적으로 비교분석하였다. 본 연구는 동적 이미지 분석 기술을 활용해 라이브러리를 구축하여 미세플라스틱을 정량/정성 분석한 최초의 연구로 분리막 기반 수처리에서 미세플라스틱의 거동에 대한 이해를 높이는 결과를 제시한다.

## 2차원 나노물질 맥신을 활용한 세라믹 나노여과 멤브레인 제조 및 반도체 폐수처리 성능평가

이유진, 박찬혁\*

이화여자대학교 환경공학과

\*E-mail: [chp@ewha.ac.kr](mailto:chp@ewha.ac.kr)

반도체 산업의 규모가 커짐에 따라 다량의 폐수가 발생하며 공정마다 발생하는 폐수의 성상도 매우 다양하다. 폐수처리의 비용과 효율을 고려하였을 때 막 여과를 통한 물리적 제거 방식의 접근이 바람직하다. 산업폐수 속 용존성, 이온성 물질의 제거를 위해서는 나노여과 멤브레인이 필요하며, 이는 2차원 나노물질을 한 외여과 분리막에 코팅하는 방법을 통해 개발 가능하다. 맥신(MXene)은 물리화학적으로 안정하며 표면 기능기가 많아 가공성이 뛰어나다는 장점이 있다. 본 연구에서는 맥신 코팅을 통해 나노여과 멤브레인을 개발하고 물리화학적 특성을 평가하였다. 또한, 개발 멤브레인의 수처리 평가를 통해 오염물질 처리 가능성을 입증하였으며, 산업폐수 내 유기물, 기타 이온 등 오염물질까지 통합 처리 가능할 것으로 예상된다.

## **Selective removal of dissolved silica with key ion transport through ceramic nanofiltration membrane**

Yeon So and Chanhyuk Park\*

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University,  
Seoul 03760, South Korea

*\*E-mail: thdus7022@gmail.com*

배관 내 스케일(scale)을 발생시키는 실리카의 처리 공정에 현재 상용화된 세라믹 한외여과 멤브레인을 이용할 경우, 대부분의 입자성 실리카의 처리는 가능하나 용존성 실리카의 제거는 불가능하다는 한계점이 있어 용존성 실리카의 추가적인 제거가 필요하다. 본 연구에서는 반도체 폐수 내 용존성 실리카의 제거를 위한 세라믹 나노여과막의 성능을 평가하였다. 특히 전처리 과정에서 사용되는 Ca 계열 응집제의 영향과 그로 인해 발생하는 염기성 폐수에서의 실리카 제거 성능을 살펴보았다. 다양한 이온이 존재하는 환경에서의 제거율을 평가함으로써 다양한 인자에 영향을 받는 용존성 실리카 제거 메커니즘을 구체적으로 제시하였으며, 이는 산업폐수 이외에도 각종 실리카 함유 폐수처리에도 폭넓게 적용 가능할 것으로 판단된다.

## Study on the structure and properties of the LCST-type styrenesulfonate-based draw solute for the forward osmosis

Jihyeon Moon, Kyutae Seo, and Hyo Kang\*

BK-21 Four Graduate Program and Department of Chemical Engineering,  
Dong-A University, Busan 49315, Republic of Korea

\*E-mail: hkang@dau.ac.kr

The thermo-responsive ionic liquids (ILs), tributylalkylphosphonium styrenesulfonate ([P<sub>444#</sub>][SS], where # is number of carbon atoms in tributylalkylphosphonium) and tetrabutylammonium styrenesulfonate ([N<sub>4444</sub>][SS]) were synthesized for application as draw solute in forward osmosis (FO). The [P<sub>4444</sub>][SS] aqueous solution showed lower critical solution temperature (LCST) type phase transition in aqueous solution, which is essential for recovering the draw solute or water from the diluted draw solution. The LCSTs of the 50 wt.% aqueous solutions of [P<sub>4444</sub>][SS] was observed to be approximately 33 °C. The water flux and reverse solute flux of the [P<sub>4444</sub>][SS] aqueous solution, was approximately 8.51 LMH and 1.66 gMH, respectively in active layer facing the draw solution (AL-DS) mode at 50 wt.%.

### References

- [1] Dolan, F.; Lamontagne, J.; Link, R.; Hejazi, M.; Reed, P.; Edmonds, J., *Nat. Commun.*, **2021**, 12, 1915.
- [2] Shatat, M.; Riffat, S. B., *Int. J., Low Carbon Technol.*, **2014**, 9, 1-19.
- [3] Xie, M.; Lee, J.; Nghiem, L. D., *J. Membr. Sci.*, **2015**, 493, 748-754.
- [4] Cai, Y.; Hu, X. A., *Desalination*, **2016**, 391, 16-29.
- [5] Plechkova, N. V.; Seddon, K. R., *Chem. Soc. Rev.*, **2008**, 37, 123-150.
- [6] Kohno, Y.; Ohno, H., *Chem. Commun.*, **2012**, 48, 7119-7130.
- [7] Kohno, Y.; Ohno, H., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2012**, 14, 5063-5070.
- [8] Dong, S.; Heyda, J.; Yuan, J.; Schalley, C. A., *Chem. Commun.*, **2016**, 52, 7970-7973.
- [9] Hoff, J., *Proc. Phys. Soc., London*, **1887**, 9, 307.
- [10] Forero-Martinez, N. C.; Cortes-Huerto, R.; Benedetto, A.; Ballone, P., *Molecules*, **2022**, 27, 1647.
- [11] McCutcheon, J. R.; Elimelech, M., *J., Membr. Sci.*, **2006**, 284, 237-247.

## 코어레싱 필터를 이용한 오일샌드 생산수 전처리 : 운전 조건 최적화

Jiha Shim, Sanghyun Jeong\*

Pusan National University, Republic of Korea

\*E-mail: [sh.jeong@pusan.ac.kr](mailto:sh.jeong@pusan.ac.kr)

빈번하게 발생하는 석유 파동과 발전하는 현대 산업에 석유의 수요를 맞추기엔 기존 전통오일만으로는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 오일샌드 층에서 비전통오일을 채굴하고 있다. 오일샌드층의 비튜멘을 채굴하기 위해 steam-assisted gravity drainage 기술이 주로 사용된다. 이 기술을 사용하면 다량의 스팀수가 주입되게 되고 비튜멘은 물과 함께 배출된다. 이 과정을 통해 결국 oil sand process-affected water (OSPW) 라는 부산물이 만들어지고, 수자원을 재이용하기 위해 OSPW의 처리는 필수적이다. 본 연구에서는 OSPW 재이용을 위한 전처리를 위해 낮은 농도 및 에멀전 상태의 오일을 coalescing filter (CF) 를 이용하여 효과적으로 제거하고자 하였다. CF 공정은 유/수 비중 차이와 glass fiber filter를 사용하여 OSPW로부터 오일을 분리해내는 물리적 방식의 유수분리 공정이다. 이 방식은 적은 오일 손실과 뛰어난 경제성으로 에멀전 상태의 유수분리에 뛰어난 효과를 가질 것으로 기대된다. 하지만 현재 CF를 이용한 OSPW의 처리에 대한 운전 데이터는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 운전 조건에 따른 CF 장치의 오일 제거 효율 평가를 통해 CF 장치의 공정 최적화를 목표로 하였다. 다른 농도의 오일 (10-200 mg L<sup>-1</sup>)을 다양한 온도범위(20-50°C)에서 제거 효율을 평가하였다. 낮은 농도에서도 높은 제거 효율을 보였고, 온도가 높아질수록 제거효율이 증가하였다. 이 결과로 볼 때, CF를 이용하여 OSPW에서 물리적으로 에멀전 상태의 오일을 잘 분리할 수 있을 것으로 기대된다.

## **Exploring the reuse of laundry wastewater: treatment and cleaning strategies of ceramic ultrafiltration membrane**

Soyoun Kim, Chanhyuk Park\*

Department of Environmental Science and Engineering,  
Ewha Womans University, Seoul

*\*E-mail: [chp@ewha.ac.kr](mailto:chp@ewha.ac.kr)*

One of the most promising strategies for maintaining stable water sources for on-site wastewater reuse is greywater reclamation, particularly laundry wastewater reclamation [1-3]. This study proposes an efficient strategy for the pre-treatment of laundry wastewater, which reduces membrane fouling and improves flux recovery after membrane cleaning. The fouling behavior, organic retention, and flux recovery rates of ceramic ultrafiltration (UF) membranes were comprehensively investigated using synthetic laundry wastewater. Under identical applied pressure and temperature conditions, a fouling resistance that corresponded to the water permeate flux and normalized flux was explored. Total organic carbon (TOC) retention was also tested to investigate the feasibility of using ceramic UF membranes as an effective pre-treatment for laundry wastewater reclamation. Furthermore, four different cleaning strategies for the fouled ceramic membranes were systematically compared, including deionized (DI) water, alkaline, acidic, and combined alkaline and acidic chemical agents to provide an in-depth understanding of the potential recovery rates of the membranes relative to the initial state. The filtration and treatment performance of real laundry wastewater samples collected from a university student dormitory was compared with synthetic laundry wastewater. This work provided valuable information on fouling behavior and cleaning strategies that could advance ceramic UF membrane pre-treatment technology for sustainable laundry wastewater reuse. Despite the challenges associated with the organic fouling and the potential of incomplete flux recovery in engineered systems, our findings provide insights into fouling mechanisms and cleaning strategies that could enable the optimization of engineered wastewater reuse systems.



### References

- [1] Anderson, M.#Kristensen, G. H.#Brynjolf, M.#Gruttner, H., *Water Sci. Technol.*, 2002, 42, 67-76.
- [2] Ciabatti, I.#Cesaro, F.#Faralli, L.#Fatarella, E.#Tognotti, F., *Desalination*, 2009, 245, 451–459.
- [3] Lu, W. #Leung, A.Y.T., *Chemosphere*, 2003, 5, 1451–1459.

## 전기응집-분리막 공정을 통한 반도체 폐수 내 용존성 실리카 처리

이지현, 박찬혁\*

이화여자대학교 환경공학과

\*E-mail: [chp@ewha.ac.kr](mailto:chp@ewha.ac.kr)

반도체 폐수 내 용존성 실리카는 배관의 스케일을 유발할 수 있어 적절한 처리가 필요하다. 그러나, 기존의 반도체 폐수처리 공정으로는 다량의 화학약품 사용 또는, 용존성 실리카의 분자량이 매우 작아 효율적인 제거가 어렵다는 문제가 있다. 본 연구에서는 화학약품을 사용하지 않으면서도 빠른 시간 내에 유해물질을 처리할 수 있다는 장점을 가진 전기응집-분리막 공정으로 용존성 실리카의 처리 성능을 평가하였다. 전기응집 운전인자인 전극 종류와 전하부하, 반응시간을 변화시키고 전기응집 처리수를 분리막으로 여과하였다. 또한, 입도분포를 분석하여 생성되는 플록의 크기 변화를 관찰하였다. 본 연구는 향후 전기응집-분리막 공정을 통해 반도체 폐수 내 다양한 미세 유해오염물질의 제거 가능성을 조사하는데 활용될 것으로 예상된다.

## 먹는물 중 미세플라스틱 제거를 위한 알루미나 세라믹 막분리 기술: 휴믹산 농도의 영향

송민주<sup>1</sup>, 박진용<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>한림대학교 환경생명공학과, <sup>2</sup>한림대학교 에너지·환경연구소

\*E-mail: jypark@hallym.ac.kr

## Alumina ceramic techniques for microplastics removal in drinking water: Effect of humic acid

Minjoo Song<sup>1</sup>, Jin Yong Park<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Environmental Sciences & Biotechnology, Hallym University,  
Gangwon 24252, Korea

<sup>2</sup>Institute of Energy & Environment, Hallym University, Gangwon 24252,  
Korea

미세플라스틱(MP, microplastics)은 크기 5 mm 미만의 플라스틱으로, 크기가 너무 작아 하수처리시설에서 걸러지지 않고 하천과 해양으로 다시 유입된다[1]. MP가 체내에 축적되면 신체에 다양한 악영향을 일으킬 가능성이 있다[2]. 본 연구는 먹는물 속 MP 제거를 위해 알루미나 세라믹 분리막(기공 0.1  $\mu\text{m}$ )을 이용한 MP 제거 성능을 확인하였다. MP 농도가 증가할수록 탁도가 증가하며, 막분리 실험 결과, 휴믹산 농도가 증가할수록 MP 처리효율이 높아지고, 휴믹산 처리효율은 낮아지는 경향을 보였다. 휴믹산 농도 20 mg/L에서 MP의 농도가 증가할수록 MP 및 휴믹산의 처리효율, 180분 막분리 운전 후 투과선속은 감소하고, 막오염에 의한 저항은 증가하는 추세가 나타났다.

### References

- [1] Jeong, D. H.; Ju, B. K.; Lee, W. S.; Chung H. M.; Park, J. W.; Kim, C. S., *J. Korean Soc. Water Wastewater*, **2018**, 32(4), 337-348.
- [2] Hwang, J. S.; Choi, D. H.; Han, S. R.; Jung, S. Y.; Choi, J. H.; Hong, J. K., *Sci. Rep.*, **2020**, 10:7391.

## Synthesis of dual-responsive imidazolium-based ionic liquid and its application to draw solutes of forward osmosis

Yeonsu Cho and Hyo Kang\*

BK-21 Four Graduate Program, Department of Chemical Engineering, Dong-A University, Busan 49315, Republic of Korea

*\*E-mail: hkang@dau.ac.kr*

Imidazolium-based magnetic ionic liquids (MILs) with dual responsiveness, a series of 1-alkyl-3-methylimidazolium tetrachloroferrates ( $C_n\text{-FeCl}_4$ ,  $n = 4, 8,$  and  $12$ , where  $n$  denotes the number of carbon atoms in the alkyl group of 1-alkyl-3-methylimidazolium), were synthesized to assess their ability as draw solutes for forward osmosis (FO). The LCSTs of the  $C_4\text{-FeCl}_4$ ,  $C_8\text{-FeCl}_4$ , and  $C_{12}\text{-FeCl}_4$  solutions of 20 wt. % were about 76, 43, and 55 °C, respectively. The respective magnetic susceptibilities were  $5.92 \times 10^{-5}$ ,  $4.53 \times 10^{-5}$ , and  $4.12 \times 10^{-5}$  emu  $\text{cm}^{-3}$  at 300 K. The water flux of  $C_8\text{-FeCl}_4$  was about 17.30 LMH in active layer facing draw solution modes at 20 wt. %. Therefore, we first studied the effect of the structural transformation on draw solute properties and examined the applicability of dual-responsive MILs as draw solutes for FO.

## 전해질막 이온전도도가 연료전지 성능에 미치는 영향 분석

김재현, 박치훈\*

경상국립대학교 미래융복합기술연구소 에너지공학과

### **Analysis of the effects of the Electrolyte membrane ion conductivity on the Fuel cell Performance**

Jae Hyun Kim, Chi Hoon Park\*

Department of Energy Engineering, Future Convergence Technology Research Institute, Gyeongsang National University (GNU), Jinju 52725, Republic of Korea

최근 세계 주요국들은 화석연료의 과도한 사용으로 인한 자원 고갈과 기후변화를 극복하기 위한 다양한 연구를 진행하고 있다. 이에 대한 해결책으로 환경오염 물질 배출이 적고 에너지 효율이 높은 에너지 생산 기술인 수소연료전지가 주목 받고 있다. 본 연구에서는 막 양성자전도도가 수소연료전지의 종류중 하나인 PEMFC 모델의 성능에 미치는 영향을 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 이용하여 분석하였다. 전해질막 이온전도도의 변화 따른 전기화학적 성능의 변화를 분석하기 위해 서로 다른 상용 전해질막의 물성치를 참고해 멤브레인 전극 조립체를 만들었다. 예상대로 연료전지의 성능은 이온전도도와 강한 상관관계를 보였으며, 이에 대해서는 보다 상세하게 설명하기로 한다.

Keywords : 연료전지, 이온전도도, CFD

## 분자동역학 전산모사를 이용한 바인더용 과불소계 이오노머의 측쇄 사슬 길이의 영향

고지은<sup>1</sup>, 강현우<sup>1</sup>, 이창현<sup>2</sup>, 박치훈<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 미래융복합기술연구소 에너지공학과

<sup>2</sup>단국대학교 에너지공학과

## Effect of Side Chain Length of Ionomer on Perfluorinated Binder Using Molecular Dynamics Simulation

Ji Eun Ko<sup>1</sup>, Hyun Woo Kang<sup>1</sup>, Chang Hyun Lee<sup>2</sup>, Chi Hoon Park<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy Engineering, Future Convergence Technology Research Institute, Gyeongsang National University (GNU), Jinju, 52725, Republic of Korea

<sup>2</sup>Energy Engineering Department, Dankook University, Cheonan 31116, Republic of Korea

수소연료전지는 수소를 연료로 사용하여 전기화학 반응을 통해 전기 에너지를 생산하고 부산물로 물이 생성되는 친환경적인 장치이다. 그에 따른 연료전지의 성능을 향상하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 연료전지의 핵심 소재인 MEA를 구성하는 바인더용 이오노머 Nafion<sup>®</sup>과 Aquivion<sup>®</sup>의 측쇄길이에 따른 기체의 투과도와 이온 전도 경향을 분자동역학 전산모사를 통해 분석하였다. 그 결과 측쇄길이가 짧을수록 높은 Free Volume를 가지며 이는 기체 투과 분석에서 확인할 수 있었다. 따라서 MEA의 성능을 향상하기 위해서는 측쇄길이가 짧은 이오노머를 사용하는 것이 적합하다는 것을 나타낸다. 본 연구에서는 연료전지 핵심소재인 MEA 성능을 향상할 수 있는 이오노머의 구조를 제시하고자 하였다.

Keywords : 연료전지, 과불소계 이오노머, 측쇄 길이, 분자동역학 전산모사

## 제철소 부생가스(FOG)에서 PEO 계 분리막과 Polysulfone 중공사막의 CO 분리 비교

권순성, 최기환, 민수빈, 이겨레, 주민걸, 박보령, 김정훈\*  
한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*탄소 융합센터

\*jhoonkim@kriect.re.kr

철강 부생가스인 FOG(Finex Oven Gas)는 국내 발생량이 연간 450만 톤으로 일산화탄소가 30 mol% 포함되어 있으며 이산화탄소가 46.6%, 수소가 11%, 질소가 11%정도 포함되어 있으며 적절한 분리기술의 부재로 대부분의 FOG는 발전 연료로 활용되고 있다. 하지만 FOG내의 일산화탄소의 경우 발열량이 천연가스과 비교하면 발열량 1/3 정도로 연소할 경우 이산화탄소 발생량은 3배 가까운 양을 배출하기 때문에 발전 연료의 활용보다 화학 전환을 위한 원료 활용이 탄소중립을 위해 필연적이다.

본 연구에서는 FOG(Finex Oven Gas)에서 고순도 일산화탄소(99 mol%)의 분리를 위해 폴리설폰막과 폴리에틸렌옥사이드(PEO) 계열의 고분자 분리막 소재에 대해 수소, 이산화탄소의 투과도 및 수소/일산화탄소, 수소/메탄 이산화탄소/질소 등의 선택도를 비교하여 분리 성능을 비교 평가하였다. 또한 순수가스 실험 결과(투과도, 선택도)를 활용한 1단, 2단 분리막 공정모사를 수행하여 폴리설폰막과 폴리에틸렌옥사이드 (PEO)계열 분리막의 적용 가능성을 파악하였다.

## 제철소 부생가스(FOG)에서 고순도 CO 분리회수를 위한 막분리 농축 공정 개발

권순성, 최기환, 민수빈, 이겨레, 주민걸, 박보령, 김정훈\*  
한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*탄소 융합센터

\*jhoonkim@kriect.re.kr

철강 부생가스인 FOG(Finex Oven Gas)는 국내 발생량이 연간 450만 톤으로 일산화탄소가 30 mol% 포함되어 있으며 이산화탄소가 46.6%, 수소가 11%, 질소가 11%정도 포함되어 있으며 적절한 분리기술의 부재로 대부분의 FOG는 발전 연료로 활용되고 있다. 하지만 FOG내의 일산화탄소의 경우 발열량이 천연가스와 비교하면 발열량 1/3 정도로 연소할 경우 이산화탄소 발생량은 3배 가까운 양을 배출하기 때문에 발전 연료의 활용보다 화학 전환을 위한 원료 활용이 탄소중립을 위해 필연적이다.

본 연구에서는 FOG(Finex Oven Gas)에서 고순도 일산화탄소(99 mol%)의 분리를 위해 전단에 수소, 이산화탄소의 CO선택성이 높은 고분자 분리막 농축공정과 막분리공정의 후단에 CO만을 N<sub>2</sub>로부터 선택적으로 흡착할 수 있는 구리계 흡착제를 적용한 PSA고순도화 공정을 연결하는 막분리-PSA 혼성공정을 제안하였다. 먼저 이러한 혼성공정의 연구를 위해 수소 및 이산화탄소의 투과도 및 CO에 대한 선택도가 우수한 폴리설폰계 및 폴리에틸렌옥사이드계 분리막을 적용하여 FOG의 수소와 이산화탄소를 분리하고 CO를 고순도로 농축하는 막분리공정을 발표한다.



## 철강부생가스 COG에서 연료전지급 고순도 수소(99.995%) 회수위한 막분리-PSA혼성공정을 위한 수소농축 분리막 공정 연구

권순성, 최기환, 민수빈, 주민걸, 이겨레, 박보령, 김정훈\*  
한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*탄소 융합센터

\*jhoonkim@kriect.re.kr

에너지관리공단에 따르면 국내 제철소 부생가스(Coke Oven Gas)의 생산량은 연 1,700만톤이며 수소가 56~58% 포함되어있으며 이를 통해 연간 30만톤 이상의 수소 생산이 가능하다. 현재 제철소 부생가스로 자동차 연료전지로 사용할 수 있는 고순도 수소(99.995 mol%)의 수소 분리는 대부분 압력순환흡착(PSA) 기술이 상업적으로 적용되고 있지만 고비용의 PSA공정 규모를 줄여 수소 생산비를 낮추기 위해 전단에 수소의 농축효율이 높고 저비용의 막분리공정을 설치하고 분리막 후단에 고순도화를 위한 작은 규모의 PSA 혼성 공정의 연구개발이 필수적이다.

본 연구는 이러한 분리막-PSA 혼성공정에서 수소의 경제적인 분리농축을 위해 수소 선택성이 높은 고분자 분리막 기술을 통해 제철소 부생가스의 1, 2, 3단의 분리막 공정 실험과 AVEVA사의 PRO/II Version 2020.1을 활용한 분리막 농축 공정 모사 결과를 비교하여 공정실험의 결과예측의 정확성과 방향성을 도출하였다.

## 폴리설편 중공사막을 사용한 철강산업에서 4성분 LDG 분리의 수치 시뮬레이션 및 최적화

민수빈, 권순성, 박보령, 전종열, 김정훈\*

한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*탄소 융합센터

\*jhoonkim@kriect.re.kr

Lintz Donawitz 변환기 가스 (LDG) 구성 요소의 투과율과 폴리 설편 막 분리 장치의 성능을 시뮬레이션하기 위해 일반적인 유한 요소 모델과 새로운 솔루션 방법을 연구하였다. 개발된 모델 방정식을 이용하여 시뮬레이션된 LDG에서 실험 혼합가스(CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, 및 H<sub>2</sub>) 데이터를 이용하여 유한요소수를 제어하고 이를 CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, 및 H<sub>2</sub> 순수가스 투과데이터와 비교하였다. 최적 유한 요소 수 ( $s = 15$ ,  $n = 1$ )에서 혼합 가스 조건에서의 가스 투과도는 6.3 % (CO), 3.9 % (N<sub>2</sub>), 및 7.2%(H<sub>2</sub>) 순수 가스보다 크고, 반면에, 혼합 가스 투과율은 CO<sub>2</sub> 순수가스 투과도보다 4.5 % 작았다. 이러한 차이는 CO에서 사용하는 폴리설편 중공사막의 가소화 현상에 기인하는 것으로 해석된다. 비선형 모델 기능에 새로 채택된 솔루션 방법을 통해 대부분의 가스 흐름 조건에서 2초 이내에 1단계 멤브레인의 성능(가스 회수, 농도 및 유량 측면에서)을 시뮬레이션할 수 있었다. 이러한 모델 및 솔루션 방법은 투과 CO<sub>2</sub>가스에 의해 가소화되는 멤브레인의 가스 투과율과 다단계 멤브레인 공정의 분리 성능을 시뮬레이션하는데 효과적으로 활용될 수 있다.

## 고분자 모델에 도입된 기체 분자의 개수에 따른 투과 특성에 관한 분자동역학 연구

서영진, 박치훈\*

경상국립대학교 미래융복합기술연구소 에너지공학과

## Molecular dynamics study on the permeation properties as a function of the number of gas molecules absorbed into the polymer matrix

Young Jin Seo, Chi Hoon Park\*

Department of Energy Engineering, Future Convergence Technology Research  
Institute, Gyeongsang National University (GNU), Jinju, 52725, Republic of  
Korea

컴퓨팅 계산 기술의 발전으로 현재 다양한 분야에서 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 분자간의 상호작용을 기반으로 계산하는 분자동역학 시뮬레이션을 이용하여 각 물질에 대한 기체 투과 특성을 계산하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 기체 투과 시뮬레이션시 고분자 모델에 도입된 기체 분자의 수에 따라 투과 특성이 달라지는지 알아보하고자 연구를 진행하였다. EVOH 안에 O<sub>2</sub>를 8개 sorption하여 전체모델과 8개중 1개씩만 남겨두어 시뮬레이션 하였다. O<sub>2</sub>의 MSD를 각각 비교한 결과 전체적으로는 원래 투과도 경향과 비슷하였지만, 일부의 경우 높은 투과도가 나와 각각의 O<sub>2</sub>의 이동경로를 확인하여 O<sub>2</sub>간의 영향으로 높게 나왔는지 확인할 예정이다.

## Accurate evaluation of hydrogen crossover in water electrolysis systems for hydrated membranes

SeungHwan Kim<sup>1</sup>, Jieun Kang<sup>1</sup> and Jeong F. Kim<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy and Chemical Engineering, Incheon National University (INU), Incheon, South Korea

<sup>2</sup>Innovation Center for Chemical Engineering, Incheon National University, Incheon, South Korea

*\*E-mail: JeongKim@inu.ac.kr*

In fuel cell and electrolysis systems, hydrogen crossover is a phenomenon where hydrogen molecules ( $H_2$ ) permeate through a membrane, lowering the overall process efficiency and generating a potential safety risk. Many works have been reported to mitigate this undesired phenomenon, but it is yet difficult to accurately measure the rate of hydrogen crossover, particularly when the membrane is fully hydrated in water. In this work, we investigated the pressure decay method as a simple, convenient, and low-cost method to characterize hydrogen crossover through hydrated membranes for water electrolysis systems. Five different ion exchange membranes were analyzed: Nafion 212, Nafion 115, and in-house sulfonated poly(arylene ether sulfone) 40-60. We rigorously confirmed our method and data by comparing it to the ANSI dataset with the current state-of-the-art equations of state (EOS) to account for the nonideality of high pressure hydrogen systems. The error from the gas non-ideality was less than 0.03%. As expected, the rate of hydrogen crossover showed high dependency on the temperature; more importantly, hydrogen crossover increased significantly when the membrane was fully soaked in water. For dry membranes, the proposed pressure decay method corroborated well with the literature data measured using other known methods. Moreover, for hydrated membranes, the obtained data showed high similarity compared to the GC method which is currently the most reliable method in the literature. We attempted to predict the hydrogen permeability of hydrated membranes using the Maxwell-Eucken model. The model based on the given thermodynamic parameters overestimated the hydrogen permeability, which can be used to estimate the morphology of water.

## 폴리에테르이미드 중공사막 제조 및 air-gap에 따른 기체분리 특성 평가

권현웅, 임광섭, 남상용\*  
경상대학교

### Preparation of polyetherimide hollow fiber membrane and evaluation of gas separation characteristics according to air-gap distance

Hyun Woong Kwon, Kwang Seop Im, Sang Yong Nam\*  
Department of Polymer Science & Engineering School of Materials Science & Engineering Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Republic of Korea

*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

본 실험에서는 내열성과 기계적물성이 우수한 폴리에테르이미드계 고분자 중공사막 제조를 위하여 상용 Ultem1000을 사용하여 비용매유도상분리법으로 중공사를 제조하였다. 선택도를 향상시키기 위한 중공사 표면에 치밀층 형성을 위해서는 휘발성 첨가제 THF가 표면에서 증발되는 것이 필수적이며,, ethanol, LiNO<sub>3</sub> 등 다양한 첨가제의 종류에 따라 고분자 도프 용액을 제조하였다. 이후 전자주사현미경(SEM)을 통해 다양한 조건에 따른 모폴로지의 변화를 관찰하였으며, 모폴로지 변화에 따른 기체투과도 변화를 확인하였다. 분리막 제조를 위한 고분자 도프 용액 중의 휘발성 용매인 THF의 함량이 늘어날수록 skin층이 두꺼워지는 것을 확인할 수 있었으며 이에 따라 선택도가 향상하였지만 trade-off 관계로 인해 투과도는 감소하는 것을 확인하였다. 이후 중공사막 지지체를 실리콘계 고분자 PDMS 용액에 함침시켜 dip-코팅을 진행한 후 기체분리 특성평가를 진행하였으며, 코팅 후 leak가 없는 중공사를 제조함을 확인하였다.

Keywords : *polyetherimide, hollow fiber membrane, gas separation, permeance, selectivity*

## **H<sub>2</sub>-Selective Gas Permeation *via* Polymer Hybridization into Graphene Oxide Nanoribbon**

Hyungjoon Ji and Dae Woo Kim\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, YONSEI University,  
Seoul 03722, Republic of Korea

*\*E-mail: audw1105@yonsei.ac.kr*

Gas separation performances of graphene-based membranes have been improved by controlling the alignment of nanosheets or incorporating fillers between the nanosheets. Herein, the width of the graphene nanosheet was shortened into nanoribbons, and polymers were intercalated between the stacked graphene oxide nanoribbons (GONR). The macroporous scaffold of entangled GONRs was preserved after polymer intercalation, thereby blocking the crystallization of polymers. GONR/polymer hybrid membranes were fabricated by shear-aligning the scaffold-containing hydrogel by a bar coating method. The nanochannels within the GONRs were enlarged by intercalated polymers, which allowed ultrafast H<sub>2</sub> permeation through the membrane. Meanwhile, CO<sub>2</sub> permeated through the membrane relatively slowly due to the interaction with polymers.

## **Chitosan/Ag(I) thin-film composite membranes with high CO/N<sub>2</sub> separation performance by facilitated transport**

Su Bin Min<sup>1,2</sup>, Miso Kang<sup>2</sup>, Yu-Jeong Han<sup>1</sup>, Isaac An<sup>1</sup>, Bo Ryoung Park<sup>1</sup>,  
Jong Hak Kim<sup>2</sup>, and Jeong-Hoon Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>C1 gas & Carbon Convergent Research Center, Chemical & Process  
Technology Division, Korea Research Institute of Chemical Technology,  
Daejeon 34114, Korea

<sup>2</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University,  
Seoul 03722, Korea

*\*E-mail: jhoonkim@kriect.re.kr*

Carbon monoxide (CO) is a high-value feedstock used for synthesis of various basic chemicals in chemical industries. A large amount of CO is produced by various industrial processes as a by-product of off-gases containing N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and H<sub>2</sub>. To recover CO from other gases, CO/N<sub>2</sub> separation is an important process because CO and N<sub>2</sub> have similar kinetic diameters and boiling points. In this paper, we report chitosan (CS)/Ag(I) thin-film composite membranes with high CO/N<sub>2</sub> separation performance by introducing AgNO<sub>3</sub> as the CO carrier into a chitosan selective layer coated on the polysulfone porous support. Gas separation performances of CS/Ag(I) composite membranes were systematically investigated by adjusting the AgNO<sub>3</sub> content and thickness of the selective layer. The highest CO/N<sub>2</sub> selectivity of 19.7 with CO permeance of 13.2 GPU was observed for the 0.25 μm-thick CS/Ag(I) composite membranes with 5 M AgNO<sub>3</sub> content. The mixed-gas test under various feed compositions of the CO/N<sub>2</sub> mixture (50/50–95/5%) obtained CO purity of 87–99% for the optimized CS/Ag(I)-3M composite membrane.

## Understanding of Relation Gas Transport Properties with Free Volume Elements in Fluorinated Polyimide Membranes

Nam Gyu Lim and Hyo Won Kim\*

KENTECH Institute for Environmental and Climate Technology, Department of Energy Engineering, Korea Institute of Energy Technology (KENTECH),

Naju 58330, Republic of Korea

*\*E-mail: hwkim@kentech.ac.kr*

Gas transport through dense polymer films is strongly influenced by the size and distribution of thermodynamic voids. Here, we study to figure out the correlation between free volume elements and gas diffusion features of polymer films. We synthesized fluorinated polyimide (PI) films made by different imidization processes. We observed the unveiled relation the gas transport with film properties, which could be explained by the free volume characteristics like PALS and BET. Also, we engineered PI films with targeted free volume elements, resulting in improved selective H<sub>2</sub> diffusion properties and enhancement of H<sub>2</sub> permeability and selectivity. We propose a correlation between gas transport properties and free volume theory, providing a new perspective on polymeric membrane design and improving gas separation efficiency.



## **Understanding of water vapor permeation properties using nanocellulose-based membranes**

Hyeok Jin Kwon, Do Hyeong Kwon and Hyo Won Kim\*

Department of Energy Engineering, Korea Institute of Energy Technology,  
Naju-si 58330, Republic of Korea

*\*E-mail: hwkim@kentech.ac.kr*

Water vapor removal in gas separation is challenging for membrane-based processes due to its unique transport through dense polymer membranes, which causes plasticization. Therefore, developing polymeric membranes that are permeable and tolerant to water vapor is crucial. Nanocellulose-based (NC) polymers are promising candidates with hydrophilicity and crystallinity control being important factors for improving membrane stability and water vapor permeation. NC membranes exhibit faster water vapor permeation at low humidity compared to commercial ones like Nafion<sup>®</sup>, which is highly permeable. To understand these unique behaviors, we characterized various material properties to find the correlation between the physical properties such as diffusion channels and the water vapor permeability properties such as solubility and diffusivity.

## **Intrinsic Defect Control of Polycrystal Graphene Through Nucleation Density Control**

Jun Kyu Jang, Jun Hyeok Kang, Chaewon Youn, Yu Jin Kim, Hayoung Jeon  
and Ho Bum Park\*

Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: Badtzhb@hanyang.ac.kr*

Porous single-layer graphene has been spotlighted as a promising membrane material due to its atomic thickness and low gas transport resistance. While many studies have been conducted on gas transport through intrinsic defect of graphene, it still remains a challenge to control the defect sites that can act as pores in which the molecular sieve occurs. In this study, polycrystalline graphene (PCG) with controlled intrinsic defect density was synthesized by controlling the methane concentration in the initial graphene growth. The prepared PCG showed a difference in grain-boundary density due to a difference in nucleation density. As line defects originate from grain-boundaries, the more grain-boundaries formed refers to more intrinsic defects there exist. The defect controlled PCG transferred to polycarbonate (PCTE) membrane after polydimethylsiloxane (PDMS) coating showed a significant difference in the separation performance of small gas pairs.

## **Polyimide Membrane Incorporating Exfoliated Few-layer Graphene Flakes for Improved Gas Barrier and Mechanical Properties**

Jae Gu Jung, Juhyung Moon, and Ho Bum Park\*

Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: badtzhb@hanyang.ac.kr*

Polyimide (PI) is a widely used membrane material in gas separation due to its cost-effectiveness and outstanding thermal/chemical stability. To improve the mechanical and gas barrier properties of PI, various studies have made use of carbon nanomaterials including graphene as fillers. Graphene flake (GF) is produced via liquid-phase exfoliation (LPE). While the method is cost-effective, there are several limits such as low GF concentrations (i.e., yields) and insufficient clarification of the LPE mechanisms. Herein we conducted the shear-based LPE with a short operation time of just 2 h at 263 K in Polarclean. As prepared GF was then loaded onto the commercial PI, Matrimid® 5218, which showed excellent potential as an efficient filler to improve the gas barrier properties as well as the mechanical properties of the PI.

## ZIF-8/6FDA-DAM Mixed Matrix Membrane with Different Filler Shape for Hydrogen Separation

Minsu Kim, Dae Woo Kim\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University,  
Seoul 03722, South Korea

*\*E-mail: audw1105@yonsei.ac.kr*

The morphology of the filler materials can greatly affect the performances of the mixed matrix membranes (MMMs). Compared to low-aspect ratio fillers, high-aspect ratio fillers show great advantages when hybridized into polymer matrix. Therefore, we synthesized two different types of filler materials: ZIF-8 nanoplates (NZIF-8) with an aspect ratio of 20 and ZIF-8 isotropic particles (IZIF-8). Both fillers were incorporated into 6FDA-DAM (PI) to form MMMs. NZIF-8/PI MMMs had higher mechanical properties such as hardness and modulus than IZIF-8/PI MMMs. Even the 20 wt% NZIF-8/PI MMM showed great thermal properties, withstanding high temperature of 300°C for 24 hours without any deformation of the film structure. Different filler shape also led to different separation properties. 20 wt% NZIF-8/PI MMM exhibited fast hydrogen permeability of 1813 Barrer with hydrogen/propane selectivity of 260. Ternary mixture test of hydrogen/propylene/propane separation was further conducted with various proportion of the gases under different temperatures. NZIF-8/PI MMMs showed consistent performances for all the measurements, which surpasses the one of IZIF-8/PI MMMs.

## Preparation of Pd and Pd-Cu alloy membrane and Hydrogen Permeation Performance

JEONG IN LEE, MIN CHANG SHIN, XUELONG ZHUANG, HAN YU,  
JUNG HOON PARK\*

Department of Chemical and Biochemical Engineering, Dongguk University

*\*E-mail: pjhoon@dongguk.edu*

화석연료의 무분별한 사용으로 인해 지구의 생태계는 급격하게 파괴되고 있는 실정이다. 따라서 최근 대체에너지를 중심으로 하는 에너지 산업을 구축하려 하고 있으며, 그 중에서 적은 양으로 고효율의 에너지를 만드는 수소 에너지가 떠오르고 있다. 그리고 다른 수소 분리 공정에 비해 수소에 대한 높은 투과성, 선택도를 가지며 낮은 유지 비용과 설치 면적이 작은 분리막 공정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 중공사 표면에 무전해 도금을 통해 Pd, Pd-Cu 수소 분리막을 제조하였다. 실험은 350-450°C, 1-4 bar에서 수소 단일 가스, 혼합 가스 (H<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>)를 이용하여 수소 투과 실험을 진행하였다. 또한, SEM, EDS, XRD 분석을 통해 분리막의 두께와 합금 여부를 확인하였다.

## High-performance, TFC MMMs based on UTSA-16 and a comb copolymer matrix for CO<sub>2</sub> capture process

Bomi Kim, Hyo Jun Min and Jong Hak Kim\*

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University

*\*E-mail: jonghak@yonsei.ac.kr*

MOFs have been intensively studied for CO<sub>2</sub> capture process due to its specific interaction with the target molecules. Herein, UTSA-16 acted as a functional filler in thin-film composite mixed-matrix membranes (TFC-MMMs) for gas separation. TFC-MMMs were successfully fabricated with an irregular micron-sized UTSA-16 filler and a functional CO<sub>2</sub>-philic comb copolymer (PTHFMA-*co*-POEM, PTO). Defect-free membranes with a selective thickness of 300 nm exhibited CO<sub>2</sub> permeance of 1070 GPU, CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity of 41.0 and CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> selectivity of 17.2 when filler loading was 10 %. Excellent gas separation performance was obtained due to improved dispersibility of particles in the solvent mixture and increased interfacial compatibility.

### References

- [1] Min, H. J.; Kang, M.; Bae, Y. S.; Blom, R.; Grande, C. A\*; Kim, J. H.\*, *J. Membr. Sci.*, 2023, 669, 121295

## **Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>-MXene polydimethylsiloxane based mixed matrix membrane fabrication of high performance H<sub>2</sub>/ N<sub>2</sub> gas separation**

Ishaq Ahmad Dohyoung Kang, Hobin Ji, Seung Hyun Song and Euntae Yang\*

Department of Marine Environmental Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong Si, Republic of Korea.

*\*E-mail: yet83@gnu.ac.kr*

Gas separation through membrane received a tremendous concentration because of its simplicity, lower cost efficiency, footprint, and eco-friendliness. However, performance limitations of polymeric membranes due to their intrinsic physicochemical properties is still remain a great challenge to membrane technology in filed of gas separation. One promising strategy for breaking through the limitation of polymeric membranes is to fabricate mixed matrix membranes by incorporating nanofillers into polymer matrices. Recently, 2D MXene has gained interest as a promising nanofiller candidate due to its excellent physicochemical properties and rich surface chemistry. Herein, we synthesized multi-layer (ML-MXenes) and single-layer (SL-MXenes) MXene nanosheets to employ as nanofillers for improving the performance of PDMS membranes. We fabricated PDMS membranes with different 2D MXene loading (0.0 wt%, 1.0 wt%, 3.0 wt%, and 5.0 wt%). Then, we examine the gas separation of the prepared membranes using an H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> gas mixture. In the performance evaluation, the PDMS membrane containing ML-MXene of 3.0wt% exhibit the excellent gas separation performance.

### **Acknowledgment**

This work was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (NRF-2020R1C1C1013172). This study was also conducted with the support of the "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ016259)," Rural Development Administration, Republic of Korea.

## 고분자 중공사 막반응기를 이용한 다양한 촉매반응에서의 성능 향상

현명훈<sup>1,2</sup>, 김종학<sup>2</sup> and 문수영<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스 & 탄소융합연구센터,

<sup>2</sup>연세대학교 화공생명공학과

\*E-mail: msy1609@kriect.re.kr

다양한 촉매 반응 중에서, 역수성가스화 반응, 메탄 산화 반응 및 Fisher-Tropsch 반응은 부산물로 물을 생성하여 반응의 수율과 촉매의 활성을 감소시킨다. 따라서, 반응의 성능을 향상시키기 위해 흡수제를 이용한 수증기 제거 방법, 무기막 사용 및 추가적인 물 소비 반응도입이 제안되었으나, 광범위한 촉매 반응 온도에서 선택적인 물 제거는 해결해야 할 과제 중 하나이다. 본 연구에서는 PBO(polybenzoxazole) 고분자 막 반응기를 이용하여 역수성가스화 반응, 메탄 산화 반응, Fisher-Tropsch 반응 시 물을 연속적으로 제거하여 평형전환율을 극복하고, 장시간 촉매활성을 유지하며, 수증기로 인한 부가반응을 억제하였다



## **Effect of molecular weight on gas transport properties and plasticization resistance of 6FDA-based polyimide membranes**

Joo-Eon Kim, Mi-hee Ryu, Ahrumi Park, and Jaesung Park\*  
Green Carbon Research Center, Korea Research Institute of Chemical  
Technology (KRICT), Daejeon, 34114, Republic of Korea

Polyimides were synthesized via ring-opening reactions from two dianhydrides, 6FDA (4,4'-(Hexafluoroisopropylidene)diphthalic anhydride) and BTDA (3,3',4,4'-Benzophenonetetracarboxylic dianhydride) in a 7:3 M ratio followed by polymerization with DAM (2,4-Diamino mesitylene). By adjusting the reaction time and nitrogen flow rate, we were able to synthesize polyimides with controlled molecular weights ranging from 60,000 to 160,000 g/mol. Pure-gas permeabilities of membranes were measured using a series of gases having different kinetic diameters, including H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub>. As the molecular weight increased, gas permeability increased noticeably and gas selectivity decreased. Particular attention was given to CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> (50/50) mixed-gas measurements at upstream pressures ranging from 4 to 40 atm. The CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> mixed-gas results exhibited that higher molecular weight polyimide membranes were significantly less susceptible to CO<sub>2</sub>-induced plasticization

Keywords : Polyimide, Molecular weight, Gas separations

## High oxygen-permeable perfluorinated sulfonic acid ionomer binder with enhanced for polymer electrolyte membrane fuel cells

Sichan Lee, Juhee Ahn, Jun Hyun Lim, Seungyong Park, and  
Chang Hyun Lee\*

Department of Energy Engineering, Dankook University, 31116 Cheonan,  
Republic of Korea

\*E-mail: [Chlee@dankook.ac.kr](mailto:Chlee@dankook.ac.kr)

The polymer electrolyte membrane fuel cell(PEMFC) performance is limited by the oxygen reduction reaction(ORR) on the cathode side in the membrane electrode assembly. Owing to the ORR rate being relatively very slow compared to the hydrogen oxidation reaction at the anode it has a decisive effect on the overall reaction rate of the PEMFC. To improve the ORR reaction rate, rapid mass transfer of the reactant such as oxygen gas moving through the electrode layer must be achieved. In this study, a perfluorinated sulfonic acid ionomer designed to have high gas permeability via a supercritical method was applied as an electrode binder to improve the mass transfer behavior in the electrode layer. The relationship between ionomer electrode binder dispersion characteristics and electrochemical PEMFC performances was systematically investigated.

### References

- [1] C. Y. Ahn; J. H. Ahn; S. Y. Kang; O. H. Kim; D. W. Lee; J. H. Lee; J. G. Shim; C. H. Lee, *Sci. Adv.* **2020**; 6, 1-9.
- [2] Nagappan, R.; Swami, K.; Roland, K.; Timothy, F.; Wenbin, G.; Nancy, K.; Deborah, M.; Peter, J.D.; Ahmet, K., *J. Electrochem.* **2021**; 168.

## Importance of perfluorinated sulfonic acid ionomer membrane material selection for polymer electrolyte membrane fuel cells

Donghyun Yoon, Juhee Ahn, Jinwoo Jung, Seungyong Park, and  
Chang Hyun Lee\*

Department of Energy Engineering, Dankook University, 31116 Cheonan,  
Republic of Korea

\*E-mail: [chlee@dankook.ac.kr](mailto:chlee@dankook.ac.kr)

Polymer electrolyte membrane(PEM) is the important factor determining the performance of polymer electrolyte membrane fuel cells(PEMFC). PEM materials should satisfy a good gas barrier property and a high proton conductivity to improve PEMFC performance. Perfluorinated sulfonic acid(PFSA) ionomer which consists of a hydrophobic poly(tetrafluoroethylene) main chain and perfluorinated side chains with a hydrophilic sulfonic acid group at each terminal is used as a representative and widely PEM material. In this study, a membrane was prepared by controlling the particle size of the dispersed PFSA ionomer via the supercritical method, and the effect of the chemical structure and equivalent weight of PFSA ionomers on membrane properties was investigated. And their effect was analyzed on electrochemical properties and PEMFC performance.

### References

- [1] K. Talukdar.; P. Gazdzicki.; K. A. Friedrich.\*, *J. Power Sources.*, **2019**, 439, 227078.04-512.
- [2] Y. Garsany.; R. W. Atkinson.; M. B. Sassin.; R. M. E. Hjelm.; B.D. Gould.; K. E. Swider-Lyons.\*, *J. The Electrochemical Society.*, **2018**, 165.5: F381.
- [3] Q. Li.; R. He.; J. O. Jensen.; N.J. Bjerrum.\*, *Chemistry of materials.*, **2003**, 15.26, 4896-4915.
- [4] N. Ramaswamy.; S. Kumaraguru.; R. Koestner.; T. Fuller.; W. Gu.; N. Kariuli.; E. Myers.; P. J. Dudenas.; A. Kusoglu.\*, *J. The Electrochemical Society.*, **2021**, 168.2 : 024518.

## **Super-stable and Efficient Electrocatalyst in High Current Density Alkaline Seawater Splitting Derived from ZIF-based Phosphorous N-doped Carbon**

Hyun Ji An, Hayeon Jeong, So Yeon Lee, Jung Tae Park\*

Department of Chemical Engineering, Konkuk University, Seoul 05029, South Korea

*\*E-mail: jtpark25@konkuk.ac.kr*

Hydrogen is being considered as a potential substitute for fossil fuels due to its high energy density and low greenhouse gas emissions. However, the widespread use of freshwater electrolysis is limited by the scarcity of water resources. One possible solution is to develop cost-effective electrocatalysts and electrodes that can withstand seawater splitting without succumbing to chloride corrosion. To address this issue, we synthesized an N-doped carbon-coated CoFe phosphide electrocatalyst from ZIF as a stable option for alkaline seawater splitting. The N-doped carbon coating prevented electrode corrosion and allowed the active site to function efficiently for an extended period. By adjusting the amount of ZIF, the electrocatalytic performance of CoFe LDH@PNC was optimized to achieve ultra-low overpotentials of -44 mV and 233 mV at 10 mA cm<sup>-2</sup> and -255 mV and 329 mV at 1000 mA cm<sup>-2</sup> for HER and OER in 1 M KOH, respectively. Furthermore, it achieved the industrially required current densities of 500 and 1000 mA cm<sup>-2</sup> for overall alkaline seawater splitting at a record low voltage of 1.99 and 2.24 V, respectively. Remarkably, at a high current density of 500 mA cm<sup>-2</sup>, it remained stable for 1,000 hours, demonstrating the viability of stabilizing transition metal LDH for seawater splitting by introducing N-doped carbon with abundant active sites.

## Comparison of polymer electrolyte membrane water electrolysis performance of perfluorinated sulfonic acid ionomer polymer electrolyte membrane according to thickness

Yongho Kim, Jinwoo Jung, Jun Hyun Lim, and Chang Hyun Lee\*  
Department of Energy Engineering, Dankook University, 31116 Cheonan,  
Republic of Korea

\*E-mail: [chlee@dankook.ac.kr](mailto:chlee@dankook.ac.kr)

Perfluorinated sulfonic acid (PFSA) ionomer, a component of polymer electrolyte membrane water electrolysis (PEMWE), is mainly used in polymer electrolyte membrane (PEM) with excellent proton conductivity and chemical resistance, and this PFSA ionomer is the most important part that determines the performance and durability of PEMWE. As for the performance of PEMWE using PEM, proton conductivity improves as the thickness becomes thinner, but gas crossover occurs through the membrane, resulting in poor cell performance. On the other hand, the thicker the membrane, the lower the proton conductivity, resulting in poor performance but better durability. In this study, the mechanical and electrochemical properties of the membrane according to the PFSA membrane thickness were evaluated, and the PEMWE cell test was compared and analyzed.

### References

- [1] Hwang, B., Lee, H., & Park, K. (2017). The Effect of Membrane Thickness on Durability and Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Korean Chemical Engineering Research*, 55(4), 473-477.
- [2] Rodgers, M. P., Bonville, L. J., Kunz, H. R., Slattery, D. K., & Fenton, J. M. (2012). Fuel cell perfluorinated sulfonic acid membrane degradation correlating accelerated stress testing and lifetime. *Chemical reviews*, 112(11), 6075-6103.
- [3] Albert, A., Barnett, A. O., Thomassen, M. S., Schmidt, T. J., & Gubler, L. (2015). Radiation-grafted polymer electrolyte membranes for water electrolysis cells: evaluation of key membrane properties. *ACS applied materials & interfaces*, 7(40), 22203-22212.

## **Perfluorinated sulfonic acid ionomer membranes with improved gas barrier behavior for polymer electrolyte membrane fuel cells**

Seungyong Park, Sichan Lee, Juhee Ahn, Jun Hyun Lim, and  
Chang Hyun Lee\*

*Department of Energy Engineering, Dankook University, 31116 Cheonan,  
Republic of Korea*

*\*E-mail: chlee@dankook.ac.kr*

Polymer electrolyte membrane (PEM) is one of the key materials affecting polymer electrolyte membrane fuel cell performance. The representative PEM materials are perfluorinated sulfonic acid (PFSA) ionomers composed of a hydrophobic poly(tetrafluoroethylene) main chain with excellent chemical resistance and perfluorinated side chains with a hydrophilic sulfonic acid group at each terminal. Despite their many advantages such as excellent proton conductivity and chemical durability, the PFSA ionomers have problems such as fast hydrogen crossover and weak mechanical toughness under low humidified conditions. In this study, we synthesized PFSA ionomers with different particle sizes via the supercritical method, and their effects of ionomer particle size on the membrane properties were systematically analyzed.

### **References**

- [1] Kusoglu, A., & Weber, A. Z. (2017). New insights into perfluorinated sulfonic-acid ionomers. *Chemical reviews*, 117(3), 987-1104.
- [2] Park, C. H., Lee, C. H., Sohn, J. Y., Park, H. B., Guiver, M. D., & Lee, Y. M. (2010). Phase separation and water channel formation in sulfonated block copolyimide. *The Journal of Physical Chemistry B*, 114(37), 12036-12045.
- usoglu, A., & Weber, A. Z. (2017). New insights into perfluorinated sulfonic-acid ionomers. *Chemical reviews*, 117(3), 987-1104.

## 알코올 회수용 및 유기용매 분리를 위한 유기용매나노여과막 제조 및 특성평가

김성헌, 권현웅, 임광섭, 남상용\*  
경상국립대학교 나노신소재융합공학과

### **Preparation and characterization of organic solvent nanofiltration membrane for alcohol recovery and organic solvent separation**

Seong Heon Kim, Hyun Woong Kwon, Kwang Seop Im, Sang Yong Nam\*  
Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinjudaero  
501, Jinju, Republic of Korea

나노여과의 분리막 기술은 수처리에 주로 사용되지만, 유기용매 나노여과 (Organic solvent nanofiltration, OSN) 기술은 내용매성이 우수한 분리막을 활용하여 나노여과막을 유기용매 환경하에서 사용할 수 있게 만들었다. OSN 공정은 압력을 사용하여 분리하기 때문에 에너지 효율적이라는 장점이 있고, 다양한 유기용매 환경에서도 사용 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에선 폴리벤즈이미다졸을 사용해 OSN막을 제조하며 농도와 응고조의 변화에 따른 분리막을 제조하였다. 제조한 분리막은 내화학성과 기계적 특성을 높이기 위해 가교를 진행하였으며 이후 주사전자현미경을 통해 응고조와 농도에 따라 모폴로지가 어떻게 변하는지 관찰하였다. 또한 알코올에 Congo red를 녹여 막을 투과시켜 제거율을 확인해 알코올 회수가 가능한지 확인하였다.

## 지지체 두께에 따른 내알칼리성 다공성 격리막 제조 및 특성평가

한성민, 임광섭, 정하늘, 남상용\*  
경상국립대학교 나노신소재융합공학과

### Preparation and evaluation of Porous Separators with high alkaline resistance by Thickness of Support

Seong Min Han, Kwang Seop Im, Ha Neul Jeong, Sang Yong Nam\*  
Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52828,  
Republic of Korea

\*E-mail: walden@gnu.ac.kr

전세계적으로 산업화와 도시화로 인해 온실가스 배출이 증가하고 있고 이에 따라 환경 문제들이 심각해지고 있다. 이러한 온실가스 중에서 특히 이산화탄소가 가장 큰 비중을 차지하며 이러한 이산화탄소 배출량을 줄이기 위하여 노력하고 있다. 다양한 신재생 에너지들이 각광받고 있지만 그 중에서도 생산 시 이산화탄소 배출이 없는 그린수소가 주목받고 있다. 이러한 그린수소를 생산하는 방법에는 수전해 시스템을 이용한 방법이 대표적이다. 수전해 시스템 중에서 알칼리 수전해 시스템은 비백금계 촉매를 사용하여 비용이 저렴한 편이며 현재 기술적 성숙도가 가장 높다. 알칼리 수전해는 고분자 전해질 막을 사용한 다른 시스템들과는 다르게 알칼리 수용액이 전해질 역할을 한다. 따라서 다이아프램이라 부르는 다공성 격리막을 사용한다. 과거에는 석면이나 테프론을 사용해왔지만 환경과 건강 등의 문제로 인해 현재는 사용이 되지 않고 있어 새로운 격리막에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 본 연구에서는 알칼리 수전해에 사용되는 다공성 격리막을 제조할 때 지지체의 두께를 감소시켜 격리막을 제조하고 두께의 감소에 따른 성능을 파악하기 위해 특성평가를 진행하였다.



## **Study on SEBS hybrid membrane with polystyrene particle to improve ion exchange capacity**

Gede Herry Arum Wijaya, Seong Heon Kim, Kwang Seop Im and Sang Yong Nam\*

Gyeongsang National University

*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

The electrodeionization (EDI) process is a method that improves ion exchange capacity compared to the conventional method by mixing two methods, the electro dialysis method using cation/anion exchange membrane used in the water treatment process and the ion exchange resin method using cation/anion exchange resin. The module used in this process is manufactured in the form in which an ion exchange resin is filled between the cation exchange membrane and anion exchange membrane, and a high amount of ion exchange capacity of the cation/anion exchange membrane is required for high-performance and miniaturization. Therefore, in this experiment, to reduce the movement of ions that can act as a cause of water quality deterioration, cations with high ion exchange capacity were studied by finding the proper equivalent ratio of ion exchange resins to improve the performance of ion exchange materials while having low water permeability coefficient. An exchange polymer was synthesized and prepared, and an ion exchange membrane was prepared using the polymer. After that, various thermal, mechanical, and electrochemical characteristics were evaluated.

## Electrolysis system of ammonia in anhydrous condition with anion exchange membrane

Hyeokjoo Lee, Jun Hyun Lim, Juhee Ahn, and Chang Hyun Lee\*  
Department of Energy Engineering, Dankook University, Cheonan 31116,  
Republic of Korea

\*E-mail: [chlee@dankook.ac.kr](mailto:chlee@dankook.ac.kr)

Hydrogen has recently been spotlighted as an eco-friendly energy source. However, hydrogen is difficult to transport and store. Currently, one of the effective ways to store and transport hydrogen is to use ammonia as a hydrogen carrier. Ammonia has a high density of hydrogen per volume and can be liquefied easily. In addition, ammonia is widely used as a fertilizer and already has a storage and transportation infrastructure. There are two major methods for extracting hydrogen from ammonia. It can be decomposed into hydrogen and nitrogen through thermochemical decomposition or electrochemical decomposition. In this study, a system for electrolysis of 99.9% high-purity anhydrous ammonia using an anion exchange membrane is introduced. Anhydrous liquid ammonia electrolysis performance and efficiency of anion exchange membrane were analyzed.

### References

- [1] N. Hanada, S. Hino, T. Ichikawa, H. Suzuki, K. Takai, Y. Kojima, *Chem. Commun.*, **46**, 7775 (2010).
- [2] S. Siracusano, V. Baglio, A. Stassi, L. Merlo, E. Moukheiber, A.S. Arico, *J Memb Sci*, **466**, 1-7 (2014).
- [3] B.-X. Dong, H. Tian, Y.-C. Wu, F.-Y. Bu, W.-L. Liu, Y.-L. Teng, G.-W. Diao, *Int. J. Hydrogen Energy*, **41**(33), 14507–14518 (2016).
- [4] C. Y Ahn, J. Ahn, S. Y. Kang, O. H. Kim, D. W. Lee, J. H. Lee, J. G. Shim, C. H. Lee, Y. H. Cho, Y. E. Sung, *Sci Adv*, **6**(5), eaaw0870 (2020).

## 상용 음이온 교환막의 막 전극 접합체 제조 및 특성평가

박준호, 임광섭, 남상용\*  
경상국립대학교 나노 신소재 융합공학과

### Preparation and Evaluation of Commercial Anion Exchange Membrane's Membrane Electrode Assembly

Jun Ho Park, Kwang Seop Im, Sang Yong Nam\*  
Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University,  
Jinjudearo501, Korea  
*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

수소에너지는 사용시 온실가스 배출이 없는 청정 에너지로서 수소 생산 방법이며 수전해는 물의 전기분해를 통해 수소를 생산하는 대표적인 방법이다. 수전해 시스템 중 음이온 교환막 수전해는 알칼리 환경에서 구동되기 때문에 백금계 촉매를 이용하는 양이온 교환막 수전해와는 달리 비백금계 촉매를 이용할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 FAA-3-50, Neosepta-ASE, Sustainion grade T, Fujifilm type 10 상용막을 이용하여 수전해에 적용시키기 위한 특성평가를 진행하였다.

음이온 교환막의 열적, 기계적 강도를 측정하여 음이온 교환막 수전해의 구동 조건을 만족하는지 확인하였으며, EDX를 통한 모폴로지를 확인, 이온교환용량, 이온전도도를 측정하여 이온교환막으로서의 성능을 확인하였다. 최종적으로 막-전극 접합체(Membrane Electrode Assembly, MEA)를 제조하여 1M KOH 조건하에서의 수전해 cell test를 진행하여 음이온 교환막 수전해에서의 수전해 성능을 비교하였다.

## 연료 전지 시스템 적용을 위한 입자를 첨가한 음이온 교환막 제조

이동준, 임광섭, 류가연, 남상용\*  
경상국립대학교\*

### Preparation of anion exchange membrane with added particles for fuel cell system application

Dong Jun Lee, Kwang Seop Im, Ka Yeon Ryu, Sang Yong Nam\*

<sup>1</sup>Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University,  
Jinju 52828, Korea

*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

본 연구에서는 이온교환 입자를 합성하여 합성된 이온교환 입자를 첨가하는 새로운 음이온 교환막을 개발하였다. 이를 음이온 교환막 연료전지 시스템에 적용하여 성능을 평가해보았다. 이온 교환 입자는 선택적 투과성 기능을 더하기 위해서 비드타입으로 제조하였습니다. 입자와 고분자는 FT-IR과 NMR을 통해 화학구조 분석 및 합성을 확인하고, TGA와 UTM을 통해 화학적 특성과 기계적 특성을 확인하였습니다. 음이온 교환막은 입자를 첨가한 비율에 따라 제조하였고 이온전도도 및 이온교환용량을 측정하여 성능이 가장 우수한 음이온 교환막을 상용 멤브레인인 FAA-3-50과 성능을 비교하여 우수함을 나타내었고, 연료전지 시스템에 도입 가능한지 여부를 판단하였습니다.

## **Delamination-free blended membrane for saline water electrolysis system with low energy consumption**

Kyeonghwan Hwang, Jin Pyo Hwang, Juhee Ahn and Chang Hyun Lee\*  
Department of Energy Engineering, Dankook University, Cheonan 31116,  
Republic of Korea

\*E-mail: [chlee@dankook.ac.kr](mailto:chlee@dankook.ac.kr)

A cation exchange membrane (CEM)'s Na<sup>+</sup> transport behavior and chemical durability are important because it influences a hydrogen energy consumption of a saline water electrolysis (SWE). Commercial double-layered membrane for the SWE based on perfluorinated backbone has sulfonic acid group (S-layer) to reduce ohmic resistance by accelerating Na<sup>+</sup> transport and carboxylic acid group (C-layer) for good chemical resistance about a feed solution at cathode. But in long term operation, an overall performance can be reduced by delamination between S-layer and C-layer. In this study, a nano dispersion (ND) being consisted of sulfonic acid group and carboxylic acid group simultaneously was made by a supercritical fluid (SCF) method. In addition, a single-layered thinned membrane was prepared by using the ND to lower hydrogen energy consumption.

### **References**

- [1] I.K. Park, D. Lee, C.H.Lee, *Polymers*, **12**, 2114 (2020).
- [2] I.K. Park, W.J. Cha, C.H.Lee, *ECS Transactions*, **98** (9), 665-672 (2020).
- [3] C. Ahn, J. Ahn, S.Y. Kang, O. Kim, D.W. Lee, J.H. Lee, J.G. Shim, C.H. Lee, Y. Cho, Y. Sung, *Sci. Adv.*, **6**, 1-9 (2020).

## **The effect of short side chain perfluorinated sulfonic acid ionomer-poly(tetrafluoroethylene) pore-filling membrane properties on polymer electrolyte membrane water electrolysis performance**

Jinwoo Jung, Jun Hyun Lim, Seungyong Park, and Chang Hyun Lee\*  
Department of Energy Engineering, Dankook University, Cheonan 31116,  
Republic of Korea

*\*E-mail: chlee@dankook.ac.kr*

The polymer electrolyte membrane (PEM) influences the performance of polymer electrolyte membrane water electrolysis (PEMWE). Perfluorinated sulfonic acid (PFSA) ionomers such as Nafion<sup>®</sup> are widely used for PEM materials. However, Nafion<sup>®</sup> has problems such as relatively low proton conductivity and high gas crossover due to its long side chain. In addition, fully hydrated PEMWE operating conditions aggravate the membrane's mechanical strength and dimensional stability, resulting in gas crossover and low cell performance. In this study, a pore-filling membrane was fabricated by filling short side chain (SSC) PFSA ionomer into porous poly(tetrafluoroethylene) (PTFE) support to reinforce the physical properties and reduce the thickness simultaneously. Additionally, PEMWE cell performance evaluations were conducted.

### **References**

- [1] S. S. Kumar, V. Himabindu, Mater. Sci. Energy. Technol, 2 (2019) 442-454.
- [2] S. Giancola, M. Zatoń, Á. Reyes-Carmona, M. Dupont, A. Donnadio, S. Cavaliere, J. Rozière, and D. J. Jones, J Memb Sci, 570-571, (2019) 69-76.
- [3] Q. Feng, X. Yuan, G. Liu, B. Wei, Z. Zhang, H. Li, and H. Wang, J Power Sources, 366 (2017) 33-55.
- [4] Y. S. Ye, J. Rick, and B. J. Hwang, polymers, 4 (2012), 913-963.

## Understanding of Energy-related Ion Transport through Ion Exchange Membranes

Yu Jin Jo, Hoang Thai Bao Ngo, Hyeok Jin Kwon and Hyo Won Kim\*  
Department of Energy Engineering, Korea Institute of Energy Technology,  
58330

*\*E-mail: hwkim@kentech.ac.kr*

Ion exchange membranes (IEMs) play a crucial role in a wide range of applications related to electrochemical energy generation, conversion, and storage. Understanding ion transport through these membranes is the first step in optimizing their electrochemical systems. However, it is often overlooked the role of selective ion transport properties through the IEMs. In this study, we describe the fundamental principle governing ion transport by using IEMs as well as the various material properties that can affect ion selectivity and permeability. To do so, we have attempted to correlate the structural characteristics of these membranes with ion transport properties such as solubility, diffusivity, and permeability. Additionally, we have proposed new types of IEMs that are suitable for energy-intensive multivalent ion systems.

## **Fabrication of a pore-filled anion exchange membrane with electrical treatment for a high performance non-aqueous vanadium redox flow battery**

Jae-Hun Kim, and Jung-Je Woo\*

Gwangju Bio/Energy R&D Center, Korea Institute of Energy Research

*\*E-mail: Wooj@kier.re.kr*

Fabrication of high-conductivity anion exchange membranes (AEMs) is crucial to enhance the performance of non-aqueous vanadium redox flow batteries (NAVRFBs). In this work, AEMs with high-conductivity were fabricated by aligning ion channels of the polymer electrolyte impregnated in porous polytetrafluoroethylene (PTFE) under electric fields. It was observed that the ion channels of the polymer electrolyte were uniformly orientated in the atomic-force microscopy image. Its morphological change could minimize detouring of the transport of  $\text{BF}_4^-$  ions. The results showed ion conductivity of the prepared membranes was improved from 12.7 to 33.1  $\text{mS cm}^{-1}$ . The dimensional properties of the fabricated membranes were also enhanced compared with its cast membrane owing to the reinforcing effect of the PTFE substrate. In terms of a single cell performance, the optimized membrane showed increased capacities, with a 97% coulombic efficiency and 70% energy efficiency at 80  $\text{mA cm}^{-2}$ . Furthermore, the optimized membrane made it possible to operate the NAVRFB at 120  $\text{mA cm}^{-2}$ . Its operating current density was 120 times higher than that of a frequently used AHA membrane for RFBs.

### **References**

- [1] J.-H. Kim, S. Ryu, S. Maurya, J.-Y. Lee, K.-W. Sung, J.-S. Lee, S.-H. Moon, Fabrication of a composite anion exchange membrane with aligned ion channels for a high-performance non-aqueous vanadium redox flow battery, *RSC Advances* 10(9) (2020) 5010-5025.
- [2] S. Ryu, J.-H. Kim, J.-Y. Lee, S.-H. Moon, Investigation of the effects of electric fields on the nanostructure of Nafion and its proton conductivity, *Journal of Materials Chemistry A* 6(42) (2018) 20836-20843.
- [3] J.-Y. Lee, J.-H. Lee, S. Ryu, S.-H. Yun, S.-H. Moon, Electrically aligned ion



channels in cation exchange membranes and their polarized conductivity, *Journal of Membrane Science* 478 (2015) 19-24.

- [4] J.-H. Lee, J.-Y. Lee, J.-H. Kim, J. Joo, S. Maurya, M. Choun, J. Lee, S.-H. Moon, SPPO pore-filled composite membranes with electrically aligned ion channels via a lab-scale continuous caster for fuel cells: An optimal DC electric field strength-IEC relationship, *Journal of Membrane Science* 501 (2016) 15-23.

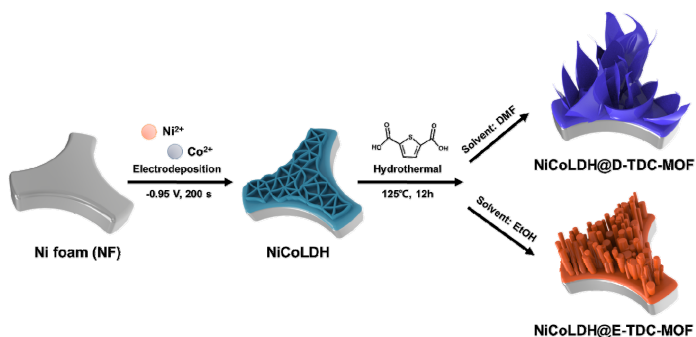
## Thiophene-derived metal organic framework on nickel-cobalt layered double hydroxide for high capacitance hybrid membrane supercapacitor

Hayeon Jeong, So Yeon Lee, Hyun Ji An, and Jung Tae Park\*

Konkuk University, Korea

\*E-mail: [jtpark25@konkuk.ac.kr](mailto:jtpark25@konkuk.ac.kr)

Recent discoveries highlight the importance of energy storage devices. This work presents a simple two-step method to fabricate a high capacitance supercapacitor based on nickel-cobalt LDH with the addition of thiophene-derived MOF. Higher capacitance is achieved when changing the solvent from aprotic to protic, and the distinctions between each solvent and organic linkers are presented through various techniques. Also, various electrochemical measurements are performed to calculate the areal capacitance of the fabricated material. NiCoLDH@E-TDC-MOF has areal capacitance of 10.41 F/cm<sup>2</sup>, followed by NiCoLDH@D-TDC-MOF 6.35 F/cm<sup>2</sup>, and NiCoLDH 2.93 F/cm<sup>2</sup>. Hybrid supercapacitor device fabricated with NiCoLDH@E-TDC-MOF//AC has energy density of 1.02 Wh/cm<sup>2</sup> and power density of 1.6 W/cm<sup>2</sup>. This work highlights the effect of solvent on thiophene linker (2,5-thiophenedicarboxylic acid, TDC) and its corresponding morphology with various electrochemical performance.



## 설폰화 폴리 스타이렌-다이바이비닐벤젠/폴리에틸렌 복합막의 합성 및 전기화학적 특성 연구

안이삭<sup>1,2</sup>, 민수빈<sup>1</sup>, 이평수<sup>2</sup>, 김정훈<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*탄소융합연구센터

<sup>2</sup>중앙대학교

\*E-mail: jhoonkim@kriect.re.kr

최근 탄소 중립 사회로의 전환을 추진하면서 친환경 에너지 수요가 증가함에 따라 별도의 연소 과정이 없어 발전 효율이 높고 온실가스 배출이 없는 연료전지가 친환경 에너지 공급원으로 주목 받고 있다. 연료전지 중 Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFC)은 에너지밀도가 높고 낮은 가동온도로 가장 유망하며 PEMFC의 전체 성능을 뒷받침하는 핵심 구성요소인 Proton exchange membrane (PEM)의 개발이 중요하다.

본 연구에서는 불소계 고분자인 Nafion의 대체재로서 탄화수소계 고분자 sulfonated polystyrene/PE 이온교환막을 제작하여 전기화학적 특성을 평가하였다. 제작된 양이온교환복합막은 DVB의 함유량이 증가할수록 Water uptake, Ion conductivity, Ion exchange capacity 등 전기화학적 특성이 감소하는 경향을 나타냈고 열적, 기계적 강도와 같은 물리적 안정성이 향상되는 경향을 나타냈다. 본 연구를 통해 제조된 복합막은 DVB의 함량에 따라 최대 94.0 mS/cm의 이온전도도와 3.02 meq/g의 이온교환용량을 나타내었고 이 값은 상용 막인 Nafion 211의 80 mS/cm과 0.918 meq/g 보다 높은 값으로, 실제 연료 전지에 도입했을 경우 뛰어난 성능을 보여줄 것으로 기대된다.

## **PTFE reinforced polystyrene-divinylbenzene based cation and anion-exchange composite membranes for electro dialysis and energy conversion process**

Jae-young Eo<sup>1,2</sup>, Su bin Min<sup>1,2</sup>, Jung-hwa Lee<sup>1</sup>, Jong hak Kim<sup>2</sup>,  
Jeong-Hoon Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>C1 gas & Carbon Convergent Research Center, Chemical & Process  
Technology Division, Korea Research Institute of Chemical Technology,  
Daejeon 34114, South Korea

<sup>2</sup>Yonsei University, Department of Chemical and Biomolecular Engineering

*\*E-mail: jhoonkim@kriect.re.kr*

In this study, we prepared the PTFE reinforced polystyrene-based cation- and anion- exchange composite membranes for the application of electro dialysis and energy conversion processes. Herein, styrene(St) and benzyl chloride(VBC) as basic monomers, respectively, and divinylbenzene (DVB) as a crosslinking agent, and benzoyl peroxide (BPO) as an initiator were used to make monomer solutions for cation and anion exchange composite membranes. respectively. The porous polytetrafluoroethylene (PTFE) as a reinforced substrate, which has excellent chemical resistance and mechanical strength, was filled with the two monomer solutions and then thermally polymerized. The synthesized precursor membranes were sulfonated with sulfuric acid or aminated with trimethyl amine to prepare the composite membranes including cation exchange group (-SO<sub>3</sub>H) and anion exchange group(-NR<sub>3</sub>). The poly(St-co-DVB)/PTFE and poly(VBC-co-DVB/PTFE) composite membranes were evaluated through ion exchange capacity (IEC), electric resistance (ER) and water uptake (WU).

## **Polystyrene/PE based cation/anion exchange composite membranes crosslinked with divinyl benzene**

Jung-hwa Lee, Jae-young Eo, Su Bin Min, Bong-Jun Chang, Jeong-Hoon Kim\*

C1 gas & Carbon Convergent Research Center, Chemical & Process  
Technology Division, Korea Research Institute of Chemical Technology,  
Daejeon 34114, Republic of Korea

*\*E-mail: jhoonkim@kriict.re.kr*

In this study, we prepared the cation/anion exchange composite membranes for the application of fuel cell and electrodialysis. Herein, styrene(St) and benzyl chloride(VBC) as basic monomers and divinylbenzene (DVB) as a cross-linking agent, and benzoyl peroxide (BPO) as an initiator were used to make monomer paste solutions for cation and anion exchange composite membranes. respectively. The polyethylene (PE) mesh substrate, which has excellent chemical resistance and mechanical strength, was coated with the two monomer solutions and then thermally polymerized. The synthesized precursor membranes were sulfonated with sulfuric acid or aminated with trimethyl amine to prepare the composite membranes including cation exchange group (-SO<sub>3</sub>H) and anion exchange group (-NR<sub>3</sub>). The poly(St-co-DVB)/PE and poly(VBC-co-DVB/PE) composite membranes were evaluated through ion exchange capacity (IEC), electric resistance (ER) and water uptake (WU).

## 이미다졸 작용기를 가지는 그래핀 옥사이드 제조와 이와 결합한 폴리벤즈이미다졸 복합체 제조

김성헌, 권현웅, 이동준, 남상용\*  
경상국립대학교 나노신소재융합공학과

### Preparation of graphene oxide having an imdazole functional group and polybenzimidazole composite combined IM-GO

Seong Heon Kim, Hyun Woong Kwon, Dong Jun Lee, Sang Yong Nam\*  
Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju,  
Republic of Korea

폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole)은 슈퍼 엔지니어링 플라스틱 고분자로서 높은 유리전이온도와 분해온도를 가지며 높은 내화학성과 내열성이 높은 특징을 가진다. 이러한 폴리벤즈이미다졸 고분자에 그래핀 옥사이드를 결합할 경우 물성이 어떻게 얼마나 증가하는지 확인하고자 하였다.

본 연구에서는 먼저 그래핀 옥사이드에 이미다졸기가 도입된 합성을 진행해 IM-GO를 제조해준다. 그 후, IM-GO에 폴리벤즈이미다졸을 초음파 분산기를 이용해 완전히 분산시켜 더 높은 성능을 가지는 폴리벤즈이미다졸을 제조했다. 분산도 및 기계적 물성 등 특성 평가를 통해 IM-GO의 최적 함량을 알아내었다. 기계적 물성은 핫프레스 기기를 사용해 압축성형 공정을 진행해 시편을 제조한 후 굴곡 시험을 진행하였다.

## 고분자농도에 따른 폴리벤즈이미다졸 기체분리막 제조 및 모폴로지 관찰

권현웅, 임광섭, 김성현, 이동준, 남상용\*  
경상대학교 나노신소재융합공학과, 그린에너지융합연구원

### Preparation of Polybenzimidazole Gas Separation Membrane and Evaluation of Morphology according to Polymer concentration

Hyun Woong Kwon, Kwang Seop Im, Seong Heon Kim, Dong Jun Lee,  
Sang Yong Nam\*

Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University,  
Jinju 660-701, Republic of Korea

내열성이 좋고 우수한 기계적, 화학적 물성을 가지고 있는 폴리벤즈이미다졸 (PBI)은 고온의 구동조건에서도 뛰어난 투과성능을 보여주어 기체 분리를 위한 재료로서 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 합성 m-PBI와 상용 PBI인 Celazol(S26)를 용매 DMAc, 공용매 THF를 첨가 후 고분자의 중량비를 13wt%, 17wt%, 21wt%으로 조절하여 고분자 용액을 제조하였다. 분리막 제조에 앞서 구동압력을 버티기위한 지지체로써 폴리에스터 지지체를 사용하였으며, 두께가 일정한 막을 제조하기 위하여 고분자 용액을 나이프 캐스팅한 후 비용매유도상분리법으로 평막을 제조하였으며 이때 retention 시간을 0s, 30s, 60s로 조절하였다. 제조된 막은 기계적강도의 향상을 위하여 DBX가교제를 통해 가교가 진행되었으며, 모폴로지는 전계방출형주사기(SEM)을 통해 다양한 조건에서 제조된 분리막들의 단면 및 표면을 관찰하였다.

## 엔지니어링 고분자 합성을 통한 수전해용 음이온교환막 제조 및 특성평가

한성민, 임광섭, 정하늘, 남상용\*  
경상국립대학교 나노신소재융합공학과

### Preparation and Characterization of Anion Exchange Membranes for Water Electrolysis through Engineering Polymer Synthesis

Seong Min Han, Kwang Seop Im, Ha Neul Jeong, Sang Yong Nam\*  
Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52828,  
Republic of Korea

*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

음이온교환막을 활용한 수전해 기술은 비백금계 촉매를 사용할 수 있어 촉매 비용이 저렴하다는 장점이 있다. 이러한 음이온교환막들은 보통 할로젠화 반응을 진행하고 양이온을 띠는 이온 그룹을 도입하여 음이온을 선택적으로 통과시킬 수 있다. 하지만 할로젠화 반응을 진행할 때 과반응으로 인해 가교 반응이 많이 발생하여 겔화 등이 일어나 가공에 어려움이 생기고 수전해 기술에 사용되는 고분자 전해질 막은 우수한 이온전도도와 기계적, 화학적 안정성이 요구되지만 이온전도도와 기계적, 화학적 안정성은 트레이드오프 관계이기 때문에 두 가지를 동시에 만족시키기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 단량체 단계에서 이미다졸륨 그룹을 도입한 후 공중합을 통해 단량체의 당량 조절을 통해 서로 다른 치환도를 가진 엔지니어링 고분자인 PEEK 고분자를 제조하였다. 이를 이용하여 음이온교환막을 제조하고 수전해 적용을 위해 다양한 특성평가를 진행하였다.



## **Preliminary study of thermally induced phase separation based on PVDF membrane**

Gede Herry Arum Wijaya, Hyun Woong Kwon, Kwang Seop Im, and  
Sang Yong Nam\*

Gyeongsang National University

*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

Thermally-induced phase separation (TIPS) is another alternative to preparing hollow fiber membranes to have higher mechanical strength. This method also can be used in high polymer wt% dope solutions as using an extruder. Non-solvent induced phase separation cannot produce temperatures sufficient for dissolution. A separation membrane was prepared using the thermal induction phase separation method using high temperature. PVDF concentration is increased PVDF dope solution hardness and viscosity are increased together. PVDF concentration is increased quenching PVDF solution is changed to semi-transparent. PVDF + DBP can be used at less than 44wt% in the TIPS method, this is higher than the NIPS method. TIPS method can be a good alternative to produce hollow fiber membranes with high polymer content. There is a need for several improvements such as further modification of polymer, blending polymer, and adding inorganic particles.

## 열유도상분리법을 이용한 수처리 분리막의 화학적 안정성 평가

이동준<sup>1</sup>, 임광섭<sup>1</sup>, 김성현<sup>1</sup>, 장재영<sup>2</sup>, 남상용<sup>1,\*</sup>  
<sup>1</sup>경상국립대학교, <sup>2</sup>(주)퓨어엔비텍

### Evaluation of chemical stability of water treatment separation membrane using thermally induced phase separation method

Dong Jun Lee<sup>1</sup>, Kwang Seop Im<sup>1</sup> Seong heon Kim<sup>1</sup>, Jae Young Jang<sup>2</sup>,  
Sang Yong Nam<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52828,  
Korea

<sup>2</sup>Pure Envitech Co. Ltd., Siheung-si, 15118, Korea

*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

현재까지 물 사용량이 공급량을 초과하게 되면서 물 부족 현상이 심각해져가고 있다. 본 연구에서는 열유도상분리법(TIPS) 방법으로 제조된 PVDF 중공사 막을 이용하여 수처리 기능이 있는 수처리 분리막의 문제점인 파울링을 개선하기 위해서 화학적 세척 용액을 이용한 역세척을 진행하였다. 먼저 PVDF 중공사 막은 퓨어엔비텍을 통해 제공받았으며, 내약품성 시험을 통해 기계적 물성 및 내화학적 특성을 확인하였고, BSA를 이용해 Zeta potential과 SEM 촬영을 통해 분리막의 오염도를 확인하였으며, 30분 동안 투과도가 급격히 감소함을 확인하였다. 이후 90일 동안 화학 용액에 침전을 시켜 화학적 안정성을 파악하여 역세척 효과를 파악하기 위해 측정하였습니다.

## 폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole)을 이용한 이차전지용 나노 섬유 지지체의 제조 및 특성평가

박준호, 임광섭, 남상용\*  
경상국립대학교 나노신소재융합공학과

### Preparation and Characterization of Nanofiber Support for Secondary Battery Using Polybenzimidazole

Jun Ho Park, Kwang Seop Im, Sang Yong Nam\*  
Department of Materials Engineering and Convergence Technology,  
Engineering Research Institute, Gyeongsang National University, Jinju, Korea  
*\*E-mail: walden@gnu.ac.kr*

폴리벤즈이미다졸(Polybenzimidazole, PBI)은 내열성이 우수한 이종고리 화합물로서 물리, 화학적 특성이 우수하여 나노, 전기, 재료공학 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이차전지에서의 분리막의 주요 역할은 기공을 통한 리튬이온의 이동과 음극 양극의 물리적 접촉 방지, 전기적 절연 방지 등이 있다. 현재 주로 PE 필름을 이용하지만 높은 온도에서의 문제점이 존재한다. PBI의 경우 높은 유리전이온도를 가져 고온에서 안정적으로 사용이 가능하다.

본 연구에서는 물리 화학적 특성이 우수한 PBI를 이용하여 전기방사를 통한 나노 섬유 지지체를 제조하였다. PBI와 DMAc를 이용하여 고분자 용액을 제조하였으며, 용해도를 높여주기 위하여 LiCl를 이용하였다. 나노 섬유를 이용한 다공성 지지체를 제작하기 위하여 전기방사를 이용하였고, 고분자 용액, 전기방사 공정 그리고 방사환경을 조절하여 PBI 나노 섬유 지지체를 제조하였다. 주사전자 현미경을 이용하여 조건에 따른 PBI 나노 섬유 지지체의 모폴로지를 관찰하였으며, 열적 특성은 TGA, DSC를 이용하여 측정하였다. 접촉각을 이용하여 제조된 분리막의 젖음성을 확인하였고, 가교 및 후처리가 진행된 PBI 지지체의 구조는 FT-IR을 이용하여 확인하였다.

Keyword: PBI, electrospinning , DSC, FT-IR, SEM

## Improvement in Synthesis Reliability of High-Performance MFI Zeolite Membranes for Gas Separation and Pervaporation Processes

Khikmatullo Sodikov<sup>1</sup>, Aafaq ur Rehman<sup>2</sup>, and Churl-Hee<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Reaction & Separation Nanomaterials Laboratory, Graduate School of Energy Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

\*E-mail: choch@cnu.ac.kr

There have been many experimental studies on ZSM-5 membranes for the application of gas separation and solvent dehydration. Despite the good performance of ZSM-5 membranes, there is inconsistency in terms of their synthesis reliability. In this study, experimental investigations were conducted in order to find out the reasons behind the low synthesis reliability of ZSM-5 membranes by changing synthesis conditions such as synthesis time (24, 36, 48, and 72 hours), temperature (180°C, 200°C, 220°C). So far, the factors that are contributing to the disparity in the performances were assumed to be the growth rate and high mineralization rate in the gel solution during the hydrothermal synthesis. In the near future, for further investigation, it is planned to set one synthesis temperature and time and then manipulate coating solution concentration between 0.1 and 0.5 wt.%, heating rate from 0.1 to 5°C/min, and molar composition of the gel solution for the hydrothermal synthesis process.

Keywords: ZSM-5 membranes, synthesis conditions, gas separation, solvent dehydration, synthesis reliability.

### References

- [1] Acid stable, high flux ZSM-5 membranes prepared on capillary  $\alpha$ -alumina supports from nanosize silicalite-1 seed particles, Aafaq ur Rehman, Arepalli Devipriyanka, Syed Fakhar Alam, Minzy Kim, Churl Hee Cho.
- [2] A nano seed assisted template-free synthesis of high performance silicalite-1 zeolite membrane for pervaporative alcohol separation, Sigui Hu, Pankaj Sharma, Minzy Kim, Syed Fakhar Alam, Aafaq ur Rehman.

## **Polyketone support polyamide membrane for organic solvent reverse osmosis (OSRO) separation**

Seungwoo Kim, Eunjoo Koh, Yong Taek Lee\*

Department of Chemical Engineering, Kyung Hee University, Yongin-si,  
Republic of Korea

*\*Email: yongtlee@khu.ac.kr*

Organic solvent reverse osmosis (OSRO) membrane can be applied to alcohol/alkane mixture separation process. We developed a new OSRO membrane using polyketone (PK) support, which the PK support has good organic solvents resistance and strong interactions with polyamide (PA). The PA layer on the surface of the PK support was formed by the interfacial polymerization (IP) using 1,3-phenylene diamine (MPD) and 1,3,5-benzenetricarbonyl trichloride (TMC).

The OSRO membranes with a NaCl rejection higher than 95% were used for membrane performance. The molecular weight cut-off (MWCO) of membranes was determined by exclusion of various alcohols from alcohol/MeOH mixture solutions. MeOH, EtOH and Acetone were separated from alcohol/toluene mixture solutions.

## **Preparation of semi-alicyclic homo- and blended polyimide membranes using alicyclic dianhydrides with kink structures and their gas separation properties**

Chae-Hee Seo<sup>1,2</sup>, Jae-young Eo<sup>1,2</sup>, Si-Woo Lim<sup>1</sup>, Hyo-Jun Min<sup>2</sup>, Jong-Hak Kim<sup>2</sup>,  
Jeong-Hoon Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>C1 gas & Carbon Convergent Research Center, Chemical & Process  
Technology Division, Korea Research Institute of Chemical Technology,  
Daejeon 34114, South Korea

<sup>2</sup>Yonsei University, Department of Chemical and Biomolecular Engineering

*\*E-mail: jhoonkim@kriect.re.kr*

Aromatic polyimides are promising membrane materials for gas separation due to their excellent gas separation properties. Herein, two soluble semi-alicyclic polyimides were synthesized via a one-step thermal imidization process with two semi-alicyclic dianhydrides possessing kink structures: bicyclo[2,2,2] oct-7ene-2,3,5,6-tetracarboxylic dianhydride (BCDA) and 5-(2,5-dioxotetrahydrofuryl)-3-methyl-3-cyclohexene-1,2-dicarboxylic anhydride (DOCDA), and a flexible aromatic diamine: 4,4'-Oxydianiline (ODA). Their homo- and blended membranes were prepared in various mixing ratios and their gas permeation properties were investigated for five gases (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub>) and selectivity for five gas pairs (H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, and O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>). The homo-polyimides (BCDA-ODA, DOCDA-ODA) exhibited amorphous structure without crystallinity and good solubilities in the casting solvents. BCDA-ODA showed larger d-spacing/FFV values, higher gas diffusivities/gas solubilities than DOCDA-ODA, resulted in higher gas permeabilities and lower gas selectivity, which were remarkably affected by feed temperature. Also, the gas permeability and selectivity of the blended membranes were dependent upon the BCDA/DOCDA mole ratio. The good gas separation performances of homo- and blended membranes were observed for H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, and O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, which are comparable to those of commercial membrane materials such as P84®, PSF, CA, Matrimid®, etc.

## 건습식 방사법에 의한 비대칭 기체분리 중공사막의 제조 및 기체분리특성 평가

황찬희, 최규성, 박보령, 김정훈\*

한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가ستان소 융합센터

\*jhoonkim@kriect.re.kr

환경 오염물질 제거, 천연가스 처리, 공정가스 정제, 순수 기체 생산 등 다양한 산업 분야에서 기체분리막의 기술의 중요성이 증가하고 있으며 최근에는 기후변화 대응을 위한 탄소배출 저감 기술로 더욱 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 기체분리용 중공사막의 제조에 건습식방사법을 적용하였다. 분리막 소재로는 PES, P84, DOCD-ODA 등을 사용하였으며 용매로는 N-methyl-2-Pyrrolidone(NMP), 첨가제로는 Methanol, Ethanol, Butanol, Acetone, THF 등의 비용매를 사용하였다. 내부응고제는 NMP/물=80/20의 혼합용액을, 그리고 외부응고제는 물을 사용하여 기체분리용 비대칭 중공사막을 제조하였다. 제조된 중공사형 분리막은 주사전자 현미경(SEM)으로 단면구조를 관찰하였다. 실리콘 코팅조건에 따른 분리막의 투과 성능을 평가하기 위해 2~4%의 실리콘 용액을 코팅하였다. 제조된 실리콘 코팅전\*후의 H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 가스를 대상으로 순수 가스 투과 실험을 진행하였으며, 얻어진 가스들의 순수투과도의 결과를 이용하여 H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 가스선택도를 조사하였다.

## **Structural changes of isoporous cellulose acetate membranes with the vapor induced phase separation conditions**

Ju-Yeong Lee<sup>1</sup>, Jung-Hyeon Seo, Hong-Tae Lee, Tae-Kyung Kim, HoSik Park and Young Hoon Cho<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Green Carbon Research Center, Chemical Process Division, Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT)

<sup>2</sup>Advanced Materials and Chemical Engineering, University of Science & Technology (UST)

*\*E-mail: yhcho@kRICT.re.kr*

This study explores the impact of vapor-induced phase separation (VIPS) conditions on the structural changes of isoporous cellulose acetate (CA) membranes. The porosity and pore size of the membranes are affected by the temperature and humidity conditions applied after casting the CA dope solution. We prepared porous CA membranes with varying VIPS conditions to control their pore structure, and immersed in a water bath to eliminate residual solvent. Besides investigating factors that influence membrane properties, such as the use of pore-forming agents to control porosity and pore size, we found that VIPS conditions have a considerable effect on membrane properties. This implies that precise control of the membrane fabrication environment is essential to ensure the reproducibility and reliability of the fabricated membranes.



## 친환경 용매 기반 Cellulose Acetate Membrane 제막 및 성능평가

Jieun Kang<sup>1</sup>, SeungHwan Kim<sup>1</sup> and Jeong F. Kim<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy and Chemical Engineering, Incheon National  
University (INU), Incheon, Korea

<sup>2</sup>Innovation Center for Chemical Engineering, Incheon National University,  
Incheon, Korea

*\*E-mail: JeongKim@inu.ac.kr*

최근 미세플라스틱 문제가 제기되면서 친환경 플라스틱이 많은 관심을 받고 있다. 현재까지 생분해성 물질인 cellulose에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있지만, 그에 맞는 친환경 용매에 대한 연구는 진행되지 않았다. 따라서 이에 대한 data base를 구축하기 위해 본 연구에서는 친환경 용매인 Polar clean, Triethyl phosphate, Methyl lactate, DMSO:acetone=1:1와 같은 용매들을 사용해 실험을 진행하였다. 실험을 통해 만들어진 분리막은 Dead end cell, Cross flow cell과 같은 장비들을 통해 성능 평가가 진행되었다.

## The active layer coating for PVDF membrane by polyelectrolyte multilayer coating

Jin Hyeok Kim, Hoon Ki Min, Sung Yun Yang\*

Department of Polymer Science and Engineering, Graduate School of  
Chungnam National University, Daejeon, Korea

*\*E-mail: sungyun@cnu.ac.kr*

Last the few years, we have been studying polyelectrolyte multilayer films to give the multifunctional coating film by layer-by-layer to the surface. And we obtained the result that the desired properties can be imparted to the material according to the conditions of the polyelectrolyte multilayer film by layer-by-layer. Especially, as water treatment problems are emerging recently, we prepared a PVDF membrane to improve those problems and modified the surface. We studied the degree of water flux and filtration using nanoparticles according to the thickness of polyelectrolyte thin film. Also we analyzed the surface shape of the coated film using AFM and SEM. As a result, the water flux and filtration change with the thickness of the film, which can be effectively applied not only in water treatment but also in other fields.

### References

- [1] Shin, J. H.†; Yu, H. J.†; An, H.; Lee, A. S.; Hwang, S. S.; Lee, S. Y.; Lee, J. S.\*; *J. Membr. Sci.*, **2019**, 570-571, 504-512.
- [2] An, H.†; Park, S.†; Kwon, H. T.; Jeong, H.-K.; Lee, J. S.\*; *J. Membr. Sci.*, **2017**, 526, 367-376.

## High CO<sub>2</sub> separation performance of Thin-Film Composite Mixed-Matrix Membranes based on MOF-808

So Youn Lee<sup>1</sup>, Hyo Jun Min<sup>1</sup>, Jae Hun Lee<sup>2,\*</sup>, and Jong Hak Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Yonsei University

<sup>2</sup>*Hydrogen Research Department, Korea Institute of Energy Research*

*\*E-mail: jhlee@kier.re.kr, jonghak@yonsei.ac.kr*

Thin-film composite mixed-matrix membranes (TFC-MMMs) are effective and low-cost technology for gas separation with high gas flux and selectivity. In this study, we report highly CO<sub>2</sub>-selective TFC-MMMs comprised of modified MOF-808 and a rubbery copolymer, PBE. With a simple method, the flexible PBE chain partially filled in the pores of the MOF-808, thereby adjusting the size of the pores and improving the interfacial property between MOF-808 and PBE. Fabricated TFC-MMMs showed good compatibility with MOF-808 particles, enabling low thickness even at a high loading of fillers. Among fabricated TFC-MMMs, the one with 40 % loading of MOF-808 showed the CO<sub>2</sub> permeance of 1069 GPU and CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity of 52.7 whereas the one without MOF-808 showed 431 GPU and 36.2 for CO<sub>2</sub> permeance and CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> selectivity, respectively.

### References

- [1] Min, H.J.; Kim, M.-B.; Bae, Y.-S.; Thallapally, P.K.; Lee, J.H.\*; Kim, J.H.\*, *Membranes*, **2023**, 13, 287.

## Fabrication and evaluation of GO/h-BN composite nanofiltration membrane

송승현<sup>1</sup>, 지호빈<sup>2</sup>, Ishaq Ahmad<sup>2</sup>, 강도형<sup>2</sup>, 양은태<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 해양환경공학과 석사과정

<sup>2</sup>경상국립대학교 해양환경공학과 박사과정

<sup>3</sup>경상국립대학교 해양환경공학과 부교수

\*E-mail: yet83@gnu.ac.kr

지구 온난화, 수질오염으로 인해 전 세계적 물 부족문제가 심화되고 있다. 이러한 물 부족 문제를 완화하기 위해서는 해수담수화 및 물재이용과 같은 대체 수자원 개발이 필요하다. 그 중 나노여과(Nanofiltration, NF) 분리막 기술은 가장 효율적인 대체 수자원 기술 중 하나로 정수 및 폐수처리뿐만 아니라 의약 및 바이오, 식품 분야 분리 기술 등 다양한 범위로 활용범위를 넓혀가고 있다. 하지만 NF 분리막 기술은 상용 고분자 기반 분리막의 낮은 성능과 공정 운전 중 발생하는 막 오염(Fouling)의 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해서는 새로운 NF 분리막 개발이 필요하다. 본 연구에서는 최근 탄소원자로 이루어진 이차원 구조의 그래핀에 산소작용기가 붙어있는 산화그래핀(Graphene Oxide, GO)과 또 다른 2차원 나노물질인 질화붕소(h-BN) 나노시트를 혼합하여 고기능성 NF 복합 수처리막 개발을 모색하고자 하였다. 이를 위해 GO와 h-BN을 다른 비율로 혼합한 용액을 vacuum-assisted filtration을 이용하여 정밀여과막 위에 GO/h-BN 복합층을 코팅하였다. 그리고 dead-end cell이 장착된 pressurized system을 이용해 제조된 GO/h-BN 복합막의 수투과도, 유기염료 제거율을 평가하였고, 막의 친수성, 제타전위 등과 같은 표면 특성을 측정하였다. 본 연구를 통해 개발된 GO/h-BN 복합막은 기존의 GO 분리막에 비해 향상된 투과도와 제거율을 보여 고성능 NF분리막으로서의 가능성을 보였다.

### 사사

본 연구는 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (No. 2020R1C1C1013172)

## **For gas separation, fabrication of PEBAx membrane with Amine-modified Halloysite nanotubes(HNTs)**

김예성<sup>1</sup>, 권경민<sup>2,\*</sup>, 이현경<sup>1</sup>, 홍세령<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 화공신소재학과, <sup>2</sup>상명대학교 계당교양교육원

## **For gas separation, fabrication of PEBAx membrane with Amine-modified Halloysite nanotubes(HNTs)**

Yae seong Kim<sup>1</sup>, Keong Min Kwon<sup>2,\*</sup>, Hyun Kyung Lee<sup>1</sup>, Se Ryeong Hong<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering and Materials Science, Sangmyung  
University,

<sup>2</sup>Kyedang College of General Education, Sangmyung University

For CO<sub>2</sub> separation, polymeric membrane has been used commercially. But the trade-off occurs between permeability and selectivity. To overcome this problem and upper-bound, attempts at adding filler and modified filler in polymeric membrane are applied for various method. In this study, HNTs(Eco-friendly) that can have easily modification due to hydroxyl group was used as a based-filler and modified from CO<sub>2</sub> friendly AEAPTMS (N-[3-(Trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine) that two of amine groups(-NH) in back bone. The synthesized material was mixed into PEBAx 2533 as a based polymer, to analyze the gas permeability and characteristics of the MMMs.

## **Effects of Double Layer Casting on Protein Fouling in PES Filtration Membranes with Improved Pore Structure**

Chang-Hun Kim<sup>1,2</sup>, Youngmin Yoo<sup>1</sup>, In-Chul Kim<sup>1</sup>, Seung-Eun Nam<sup>1</sup>,  
Jung-Hyun Lee<sup>2</sup> and Young Hoon Cho<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Green Carbon Research Center, Chemical Process Division, Korea Research  
Institute of Chemical Technology (KRICT)

<sup>2</sup>Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University

<sup>3</sup>Advanced Materials and Chemical Engineering, University of Science &  
Technology (UST)

*\*E-mail: yhcho@kRICT.re.kr*

Polyethersulfone (PES) is a commonly used material for water and bio-purification membranes, thanks to its hydrophilicity and ease of nonsolvent induced phase separation (NIPS). However, lab-made PES membranes often experience severe flux decline due to structural pore clogging and cake layer formation. We discovered that loose ultrafiltration membranes can be subject to fouling due to the formation of a dense skin layer caused by water intrusion during membrane fabrication. To investigate the effect of surface porosity on protein fouling, we prepared two membranes with the same selective layers but different sub-layer structures using single and double layer casting methods. This study highlights the importance of not only chemical modification but also physical optimization of the membrane structure in preventing membrane fouling.

## **High Performance Membrane Adsorber with Polyimide/UiO-66 Nanocomposite Membrane by In-situ Crystallization**

Byung Kwan Lee, Ye Jin Han, Young Jae Kim, and Ho Bum Park\*  
Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: Badtzhb@hanyang.ac.kr*

Membrane adsorbers technology is receiving enormous attention to alternate the traditional bead-based chromatography. However, it has still several obstacles such as low adsorption capacity to widespread use. Here, we suggest membrane adsorbers that have tremendous adsorption capacity by in-situ crystallization of metal-organic frameworks with high porosity and designable functionality in the feed solution pathway. Polyimide (e.g., 6FDA-DAM: DABA) with in-situ growth MOF gives mechanical strength and flexibility. The micron-sized channels within MOF particles provide fast water permeation while the porous MOFs reject solutes by high adsorption capacity. This strategy will have a significant impact on the manufacture of nano-material-embedded membranes and widely used in practical applications such as medical, food, and protein separation in the future.

## Membrane fabrication using selective laser sintering 3D printing technique

Seongeom Jeong and Sanghyun Jeong\*

School of Civil and Environmental Engineering, Pusan National University

*\*E-mail: sh.jeong@pusan.ac.kr*

Membrane technology is used for separation in different fields. Many researchers are being conducted to fabricate membrane using various methods with improved performance. Three-dimensional (3D) printing technology can make most of geometrically complex shape or feature in a range of materials across different scales. 3D printing technique is expected to fabricate membrane simpler than other conventional fabrication techniques and improve membrane efficiency by making well-aligned pore structure and incorporating functional materials[1,2]. In this study, we fabricated the membrane using selective laser sintering (SLS) method. These 3D printing membranes were designed using Fusion 360 computer-aided design software and printed at a dimension of 10 × 10 × 0.2 cm. Fabricated membrane surface was observed using scanning electron microscope and membrane performances were evaluated in terms of ion rejection efficiency.

### References

- [1] Yanar, N., et al., A New era of water treatment technologies: 3D printing for membranes. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2020. **91**: p. 1-14.
- [2] Khalil, A., F.E. Ahmed, and N. Hilal, *The emerging role of 3D printing in water desalination*. *Science of The Total Environment*, 2021. **790**: p. 148238.



## 바이오 의약품 정제공정을 위한 바이러스 제거용 분리막 필터

이혜진, 김지수, 김인철\*

한국화학연구원 그린탄소연구센터 분리막연구그룹

\*E-mail: ickim@kriict.re.kr

바이오 의약품 생산과정에서 분리막은 공정의 전처리, 불순물 분리, 바이러스 제거, 생성물 농도 조절, 완충 용액 교환 등에 사용된다. 고순도 바이오 의약품의 생산은 정밀하게 제어되는 분리 정제공정에 달려 있고, 바이러스 제거 필터는 99.9% 이상의 바이러스를 제거할 수 있어야 한다. 따라서 분리막의 기공과 단면 형태 제어가 필수적이다. 중공사형 바이러스 여과 모듈은 높은 처리 유량을 확보할 수 있고, 일본 Asahi Kasei의 Planova 시리즈가 대표적이며 그 외 Millipore, Pall, Sartorius 등 해외업체로부터 전량 수입에 의존하고 있다. 최근 일본의 전략 물자로 지정되어 수출규제 품목에 포함되어 국산화 중요해진 만큼 기술자립도를 높여야 한다. 본 연구에서는 비볼소계 고분자인 polyethersulofone 소재를 사용하고 증기유도상분리법으로 인체에 무해하며 단면형태가 비대칭 구조로 바이러스 제거에 특화된 다공성이 우수한 나노여과급 중공사형 필터를 제조하였다. size exclusion뿐만 아니라 양전하를 띄게 하여 바이러스 흡착을 이용한 바이러스 제거가 가능하며, 필터 표면 개질 등의 후처리 공정을 통한 친수화로 유량증대 및 내오염성을 향상시켰다.

## Polyethersulfone을 이용한 평판형 나노 여과 분리막 제조

김지수, 이해진, 김인철\*

한국화학연구원 그린탄소연구센터

나노 여과 분리막은 바이오 의약품을 제조할 때 바이러스와 같은 불순물을 걸러주는 핵심 소재이다. 평판 형태의 분리막은 높은 내압성, 안정성 등에 강점이 있고 응용성이 높지만, 국내에는 기술이 전무하여 Asahi Kasei, Satorius 등 몇몇 해외 업체를 통해 수입에 의존하고 있다. 국내 기술력을 확보하고 수입 의존도를 낮추기 위해 꾸준히 연구해야 한다. 분리막 소재로 PVDF, PES 등 다양한 고분자가 있다. 그중 Polyethersulfone은 친수성을 띠고 단백질 흡착이 적다는 장점이 있으며, 균일한 미세 기공구조를 갖고 투과도가 높다. 본 연구에서는 Polyethersulfone을 사용하여 상전이법으로 평판형 나노 여과막을 개발하였다. Dope의 조성을 변화하고 습도 조절했으며, 공기와 접촉시간을 최대한 줄여 제조하였다. 20nm 콜로이드를 투과하였을 때 90% 이상을 제거했으며, 단백질 투과 실험 시 5% 이내의 제거율을 얻었다. 또한 높은 투과도를 얻었다.

Keyword: 나노 여과 모듈, Polyethersulfone, 투과도

## 나피온의 성능 향상을 위한 PVDF-TrFE 혼합층의 최적 두께 연구

임소영, 김종영, 이준호, 최기운\*  
(주)넥스트이앤엠

### Optimization of PVDF-TrFE blend layer thickness for performance enhancement of Nafion

Soyoung Yim, jongyoung Kim, Junho Lee, Kiwoon Choi\*  
NextE&M Co., Ltd.

본 연구에서는 나피온 이온 교환막의 높은 팽창 특성을 개선하기 위해 PVDF-TrFE (폴리 비닐리덴 플루오르화-코-트리플루오로에틸렌) 혼합층을 적용하는 방법을 제안하였다. 전체 멤브레인 두께를 25 $\mu$ m로 유지하면서 PVDF-TrFE 블렌드 층의 두께를 다양화하여 멤브레인 전도도와 투과성을 평가하였다. 결과적으로, PVDF-TrFE 혼합층을 추가하면 나피온 멤브레인의 팽창 특성이 개선되면서도 전도도와 투과성은 유지할 수 있었으며, 블렌드 층의 두께가 10 $\mu$ m 이하일 때 가장 높은 성능을 보였다. 이러한 연구 결과는 나피온 이온 교환막의 전기화학 응용 분야에서 활용 가능한 새로운 소재 개발에 대한 중요성을 강조하며, 환경 분야에서의 응용 가능성을 시사한다.

## PEGDA-AMPS 이온 교환막 표면 코팅층을 통한 농도분극 완화 평가

최소영, 문지운, 정재훈, 최기운\*  
(주)넥스트이앤엠

### Investigation of concentration polarization mitigation through surface coating on PEGDA-AMPS ion exchange membrane

Soyeoung Choi, Jiwoon Moon, Jaehoon Jung, Kiwoon Choi\*  
NextE&M Co., Ltd.

PEGDA-AMPS 이온 교환막은 다양한 전기화학 응용 분야에서 높은 잠재력을 갖고 있으나, 파울링으로 인한 오염과 농도분극으로 인한 농축 현상이 성능에 영향을 준다. 이에 본 연구에서는 막 표면에 PEGDA 함량이 높은 층을 코팅하여 표면 특성을 개선하여 파울링을 방지하는 방법을 확인하였고, 농도분극이 완화되는 효과를 조사하였다. 기존 층과 코팅 층 간의 강력한 결합을 형성하기 위해 막 제조 과정에서 HMPP(2-하이드록시-2-메틸-1-페닐-1-프로판온)를 개시제로, PDA(1,4-페닐디아크릴레이트)를 가교제로 사용했다. KCl 용액의 농도를 다르게 하여 전압-전류 특성을 평가한 결과, PEGDA 코팅 층 추가는 막 전도도를 약간 감소시켰지만, 한계 전류 밀도 영역이 나타나지 않게 하였으며 이를 통해 농도분극이 완화된 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 PEGDA 함량이 높은 층을 코팅하는 것은 파울링을 방지하고 막 성능을 향상시키는 유용한 전략임을 확인하였다. 이러한 결과는 PEGDA-AMPS 이온 교환막의 표면 특성을 개선하여 전기화학 성능을 향상시키는 방법으로 적용가능하다.

## 반도체 클린룸의 AMC<sub>s</sub> 제거용 이온 교환 복합 필터 제조와 황화수소 및 암모니아 흡착 특성 연구

민수빈, 안이삭, 강호철, 김정훈\*

한국화학연구원 화학공정연구본부 C1가스\*탄소 융합센터

\*E-mail: jhoonkim@kriect.re.kr

반도체 산업의 메모리의 고집적화, 회로 패턴의 미세화에 따라 클린룸 공기 중에 존재하는 각종 유기 오염물, 파티클, 자연 산화물, 금속 불순물 등 가스상 오염물질(AMC<sub>s</sub>)이 반도체 포토레지스트 내 잔류물의 요인이 되어 반도체 제품의 품질 문제와 각종 불량을 야기한다. 특히 반도체 클린룸 내부에 다양한 AMC<sub>s</sub> 중에서 암모니아, 황화수소 등의 산성 및 알칼리성 가스는 표면에 금속불순물이나 산화막의 성장 속도에 영향을 주며 반도체 제조공정에 미치는 영향이 중요하게 대두되고 있다.

본 연구에서는 이온교환수지, 케미컬 에어 필터의 황화수소, 암모니아의 흡착 특성을 평가하기 위한 ppm 단위의 미량분석 설비를 구축하였고 이온교환수지와 점착제 코팅 용액의 비율 조절을 통한 암모니아, 황화수소 제거 효율 상승에 대한 연구를 진행하였다. 이온교환수지를 코팅한 필터의 흡착 특성을 평가한 결과 제거 효율이 70%에 도달했을 때 양이온 교환 수지의 암모니아 흡착 당량은 0.050(g/g), 음이온 교환 수지의 황화수소 흡착 당량은 0.041(g/g)으로 나타났다.

## **The effect of mild reduction on the water vapor permeation in graphene oxide membranes**

Seung Yeon Yoo and Ho Bum Park\*

Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: badtzhb@hanyang.ac.kr*

The exceptional water transport of graphene oxide (GO) has gained much attention in dehumidification due to its low permeability of gases and fast water vapor transport. While there have been many theoretical studies on the transport pathway of water vapor through GO, few experimental efforts have been made on the reduction degree and the non-oxidized regions. In this study, the water vapor transport of GO membranes is elucidated by precisely controlling the  $sp^3$  and  $sp^2$  domains through mild reduction. Interestingly, mildly reduced GO exhibited a significant increase in water vapor permeability at the threshold point of the  $sp^2$  domain ratio, resulting in unprecedentedly fast water vapor permeation under mixed-gas conditions. The findings could help understand the role of  $sp^2$  regions in the transport mechanism of water vapor in GO membranes.

## **A Study on the Industrial Application of PTFE Membranes Manufactured by Electrospinning Technique as Dust Filtration Media**

이지현<sup>1,2</sup>, 윤기로<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원, <sup>2</sup>한양대학교

대기오염원 배출규제 강화 및 사업장의 다양화에 따라, 여러 배출종의 동시 저감을 위한 방지시설의 개발이 요구되고 있다. 특히 고온이나 고습, 혹은 유기용제를 취급하는 사업장의 경우, 종래 방지시설에 사용되는 필터의 여과 소재 사용시 물성 발현이 어렵거나 내구도가 급격히 저하되는 등의 문제가 발생하여 개선이 필요하다. PTFE는 열, 수분, 화학적 안정성이 뛰어난 소재이나, 이로 인해 전기방사 기법을 활용하기 어렵고 가공이 까다롭단 특징이 있다. 따라서 본 연구에서는 에멀전 전기방사라는 특수한 공정을 채택하여 PTFE 나노섬유 웹을 제조하였으며, 내열, 내수, 내화학성 등 극한 물성 평가를 진행하여 기존 여과소재에 비해 우수한 물성을 확인하였으며, 이외에도 필터로써 우수한 여과효율 및 차압 특성을 평가하였다.

## Effects of surface anion modification of PVDF membranes for efficient virus removal

Seonbeen Hwang, Eunjoo Koh and YongTaek Lee\*

Department of Chemical Engineering, KyungHee University, Yongin-si,  
Gyeonggi-Do, Republic of Korea

*\*E-mail: yongtlee@khu.ac.kr*

바이러스 여과에 사용되는 PVDF 중공사막은 수투과와 내오염성을 높이기 위해 친수성 표면과 소수성 내부 기공을 가지도록 물리적으로 UV를 조사해 양극성 물질들로 막 표면을 개질했습니다. 개질한 막의 물리화학적 특성은 접촉각의 증감, 기공 크기의 감소로 확인됩니다. 프리스틴 막의 기공 크기는 30nm로 막의 표면을 친수성 물질로 개질하면 16nm로 소수성에서는 19nm로 감소했습니다. 프리스틴의 water flux인 163 (LMH)으로 친수성 물질일 때 접촉각은 감소하였으며 water flux는 253 (LMH)로 증가했습니다. 반면 소수성 물질로 개질했을 때 접촉각은 프리스틴보다 커졌으며, Water flux 180는 (LMH)로 증가했습니다. 친수성 물질로 개질한 중공사막의 형태 및 특성 변화와 바이러스 제거 효과를 측정하여 바이러스 제거율은 5 (LRV) 이상이며 단백질 회수율 (PRR)이 향상된 것을 확인했습니다.



## Development of a Spiked Membrane for Physical Cell Lysis to Recover Intracellular Bioproducts

Jiwon Mun and Youngbin Baek\*

Department of Biological Engineering, Inha University, Incheon 22212, Korea

\*E-mail: ybbaek@inha.ac.kr

Cell lysis is required to recover an intracellular product at initial stage in downstream process. Chemical method such as dissolution using organic solvent is widely used to produce bio-based chemicals. However, the use of organic solvent can degrade the product and provide an environmental hazard [1]. The objective of this study was to develop a spiked membrane, manufactured by vertically deposition of carbon nanotubes (CNTs) on the membrane surface for efficient cell lysis. It is known that vertically aligned CNTs can physically rupture the cell membrane [2]. CNTs were modified by an oxidative method with sulfuric acid / nitric acid solution and by tip sonication, followed by deposited on the membrane surface using a vacuum filtration. Results showed that >1 log of cells were inactivated for 3 h of filtration condition, which was observed by confocal laser scanning microscopy image with live/dead staining. It would suggest that a spiked membrane can be used for bioproduct recovery such as bioplastic manufacturing process.

### References

- [1] Nandakumar, A; Chuab, J; Sudesh, K, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, **2021**, 147, 111237.
- [2] Lee, B.; Baek, Y.; Lee, M; Jeong, H; Lee, H.H., Yoon, J; Kim, Y.H, *Nat. Comm.*, **2015**, 6, 7109.

## Hydrothermally rearranged Regenerated Cellulose Membranes

Yelim Ha, Jun Hyeok Kang, Inho Park and Ho Bum Park\*  
Department of Energy Engineering, Hanyang University, Seoul 04763,  
Republic of Korea

*\*E-mail: badtzhb@hanyang.ac.kr*

Regenerated Cellulose (RC) membranes, which are widely used in diverse industrial applications, have excellent antifouling performance due to their hydrophilicity. RC is a material modified by converting the ester group of cellulose acetate (CA) with a hydroxyl group, and CA can be hydrolyzed by immersing the alkaline solution. However, a decrease in bovine serum albumin (BSA) rejection occurs by directly immersing CA because the alkaline solution deteriorates the structure. Herein, we report how to rearrange chain formation by adding hydrothermal treatment before the hydrolysis step during the preparation of membranes. The hydrothermal treatment step before hydrolysis can provide structural integrity to the membrane as well as fine-tune the pore size and it achieves 98% BSA removal and a flux recovery ratio (FRR) of greater than 90%.

## **Zwitterionic Hydrogel Electrolyte Building Separated Positive/Negative Ion migration Channel for Aqueous Zn-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Batteries with High Reversible Zinc Anode**

Joon Hyub Lee<sup>1,2</sup>, Jong Hak Kim<sup>2</sup>, Jung Hyun Lee<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Energy Research (KIER), Energy Storage Laboratory

<sup>2</sup>Yonsei University, Chemical and Biomolecular Engineering

*\*E-mail: junghyun279@kier.re.kr*

Ideally, the hydrogel electrolyte should exhibit suitable ionic conductivity, mechanical strength, and inhibit hydroxide formation due to hydrogen evolution reaction (HER) for long cycle lifetime. In this study, a zwitterionic 2-Methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC) monomer is co-polymerized using acrylamide and bis-acrylamide (as a crosslinker agent). Synthesized P(AM-co-MPC) co-polymer exhibits an excellent mechanical strength and HER inhibition effect, high ionic conductivity properties. The intrinsic zwitterionic groups on MPC chains can provide separated ion migration channels for positive and negative ions, which largely facilitates electrolyte ion transport. Thus, a Quasi solid-state Zn-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pouch battery with a fabricated zwitterionic hydrogel electrolyte exhibits a very high rate performance and cycle number. Also, the fabricated pouch cell still operated at various bending angles and cutting.

# 학 회 임 원 명 단

**회 장** 김 정 훈 한국화학연구원  
**수석부회장** 박 유 인 한국화학연구원  
**부 회 장** 이 호 원 제주대학교  
 홍 승 관 고려대학교  
 김 노 원 동의대학교  
 장 암 성균관대학교  
 정 범 석 명지대학교  
 김 형 준 한국에너지공과대학교  
 이 현 경 상명대학교  
 추 광 호 경북대학교  
 이 상 협 녹색기술센터(GTC)  
 도 재 구 롯데케미칼(주)  
 김 영 일 한국수자원공사  
 석 유 민 시노펙스  
 임 희 석 도레이첨단소재(주)  
 전 영 옥 더블유스쿠프코리아  
 허 형 우 롯데케미칼(주)  
 장 재 영 퓨어엔비텍  
 김 남 수 효림이엔아이(주)  
 이 강 석 (주)태영건설  
 최 동 찬 (주)하이콘엔지니어링  
 김 정 식 (주)테크윈  
 노 영 석 (주)파인텍  
 하 성 용 (주)에어레인  
 이 의 신 하이엔텍(테크로스)  
 신 용 철 (주)하이필엠  
 김 인 식 (주)에코비트워터  
 강 성 종 (주)창조테크노  
 김 성 철 코멧텍  
 장 세 훈 단일가스켄  
**감 사** 남 상 용 경상국립대학교  
 박 정 훈 동국대학교  
**전무이사** 조 철 희 충남대학교  
**총무이사** 김 중 학 연세대학교  
**기획이사** 오 현 석 서울과학기술대학교  
 권 혁택 부경대학교  
 윤 상 준 한국화학연구원  
 이 평 수 중앙대학교  
 박 형 규 포항공과대학교  
 박 재 성 한국화학연구원  
 이 소 영 KIST  
**조직이사** 이 중 석 서강대학교  
 이 장 용 한국화학연구원  
 조 영 훈 한국화학연구원  
 우 윤 철 한국건설기술연구원

**재무이사** 배 태 현 KAIST  
 남 승 은 한국화학연구원  
 김 종 표 롯데케미칼  
 한 상 훈 에어레인  
 윤 경 석 더블유스쿠프코리아  
 손 경 식 창조테크노  
 변 광 수 도레이첨단소재  
 박 종 상 LG화학  
 임 재 림 한국수자원공사  
**학술이사** 이 정 현 고려대학교  
 고 동 연 KAIST  
 김 대 우 연세대학교  
 이 재 우 전북대학교  
 조 계 용 부경대학교  
 강 효 동아대학교  
 지 원 석 전남대학교  
 양 성 윤 충남대학교  
 이 상 영 연세대학교  
 김 기 현 경상국립대학교  
**홍보이사** 양 은 태 경상국립대학교  
 김 유 창 기계연구원  
 박 형 달 특허법인천지  
 손 민 영 부경대학교  
 서 봉 국 한국화학연구원  
**산학이사** 김 지 훈 한국화학연구원  
 황 태 문 한국건설기술연구원  
 연 경 호 (주)태영건설  
 김 인 철 한국화학연구원  
 허 훈 한국생산기술연구원  
 김 형 건 포스코건설  
 김 완 호 (주)코리아인바이텍  
 류 태 열 코오롱글로벌주식회사  
 박 민 구 금호건설(주)  
 정 재 칠 (주)파인텍  
 권 은 희 웰크론연구소  
 정 창 훈 주식회사 하이젠에너지  
 최 영 준 JAINTechnology  
 박 병 재 비비씨주식회사  
 최 준 석 한국건설기술연구원  
 김 재 학 한국수자원공사  
 김 중 두 금호건설(주)  
 이 용 환 도레이첨단소재(주)  
 고 형 철 한국산업기술시험원  
 신 재 욱 단일가스켄  
**편집이사** 김 정 환 인하대학교

**편집이사** 강 문 성 상명대학교  
 박 정 태 건국대학교  
 강 상 욱 상명대학교  
 김 태 현 인천대학교  
 김 정 인천대학교  
 박 상 희 창원대학교

## 지부장

**대경지부장** 전 성 일 (주)멤브레어  
**부울경지부장** 정 상 현 부산대학교  
**대전세종충청지부장** 여 정 구 한국에너지기술연구원  
**호남지부장** 우 중 제 한국에너지기술연구원  
**제주지부장** 박 철 호 한국에너지기술연구원  
**서울지부장** 이 상 호 국민대학교  
**경기인천강원지부장** 김 태 현 인천대학교

## 위원장

**학술위원장** 김 중 학 연세대학교  
**편집위원장** 박 호 범 한양대학교  
**연구윤리위원장** 김 진 수 경희대학교  
**학회발전위원장** 박 유 인 한국화학연구원  
**산학위원장** 이 무 석 코오롱인더스트리(주)  
**포상위원장** 박 유 인 한국화학연구원  
**여성인재육성위원장** 이 정 현 한국에너지기술연구원  
**추천심의위원장** 김 정 훈 한국화학연구원  
**수석부회장추천심의위원장** 김 정 훈 한국화학연구원  
**국책과제기획위원장** 김 정 훈 한국화학연구원  
**국제협력위원장** 남 상 용 경상국립대학교  
**SCIE 추진 TFT 위원장** 박 호 범 한양대학교

## 분과회장

**수처리분과회장** 강 석 태 KAIST  
**기체분리분과회장** 최 정 규 고려대학교  
**에너지분과회장** 이 창 현 단국대학교  
**공정시뮬레이션분과회장** 박 치 훈 경상국립대학교  
**헬스케어바이오분과회장** 박 호 식 한국화학연구원  
**수처리산업체분과회장** 김 진 호 (주)에코니티  
**전자산업체분과회장** 김 준 영 코오롱인더스트리(주)  
**가스산업체분과회장** 김 정 훈 한국화학연구원  
**헬스케어산업체분과회장** 석 유 민 시노펙스

## 한국막학회

## 2023년도 춘계 총회 및 학술발표회

2023년 5월 17일 발 행

발 행 : 사 단 법 인 한 국 막 학 회

서울특별시 강남구 학동로 64길 7, 101-1403

전 화 : (02) 3443-5523, 5527

F A X : (02) 3443-5528

발행인 : 김 정 훈

인 쇄 : JL청솔

전 화 : (02) 2274-1128, FAX : (02) 2266-4427

