



## Effect of brine concentration on membrane distillation process for seawater desalination

Kwang-Duk Park<sup>a</sup>, Bongchul Kim<sup>a</sup>, Changkyu Lee<sup>b</sup>, Sangho Lee<sup>c</sup>, June-Seok Choi<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Environment and Plant Engineering Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT), (Daehwa-Dong) 283, Goyangdae-Ro, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea, Tel. +82-31-910-0759; Fax: +82-31-910-0291; email: jschoi@kict.re.kr (J.-S. Choi)

<sup>b</sup>Civil and Environmental Engineering, Hanyang University, 222, Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, Korea

<sup>c</sup>School of Civil and Environmental Engineering, Kookmin University, 77, Jeongneung-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, 02707, Korea

Received 6 October 2016; Accepted 16 December 2016

### ABSTRACT

Membrane distillation (MD) process was systematically evaluated for concentrating brine of reverse osmosis process. Basic characteristics of MD membrane were first examined. Synthetic seawater brine was used as the feed solution of MD test. To investigate the flux variation of brine treatment process by the flow rate. In the MD process operated using high concentration artificial seawater, the flux was continuously decreased in both flow rates. However, the flux was rapidly decreased when the flow rate was high. The experimental result of membrane cleaning with deionized water and sulfuric acid solution showed that the flux was not affected by the membrane cleaning. The scanning electron microscope image analysis showed that the NaCl crystals were affected by cleaning but confirmed that pore block by the NaCl crystals is not significantly correlated with the decrease of the flux. Further studies will be conducted by using various kinds of cleaning agents to investigate the effect of cleaning the NaCl crystals.

*Keywords:* Membrane distillation; Brine; membrane cleaning; Seawater desalination; Flow rate

### 1. Introduction

Scarcity of water is one of the most critical global challenges [1]. Recently, membrane processes reveal that these systems are one of the viable options for water supply augmentation and water scarcity alleviation. Particularly, in terms of low energy requirement, easy operation, modular design, and small footprint demand [2,3] reverse osmosis (RO) process is used for seawater desalination [4–8]. However, RO system also leads to some critical problems such as brine after RO membrane. RO brine has serious detrimental impact on aquatic environments. Due to components of RO brine, accumulation of heavy metals, pH variation, and high salinity can occur in receiving waters [9].

Recently, membrane distillation (MD) process has also been attracting excellent attention for its potential

applications in desalting highly saline waters system such as shale gas wastewater reuse [10] and concentration of RO brine [11–15]. MD system is a thermally driven separation process, in which only vapor molecules are able to pass through a porous hydrophobic membrane. Especially, the benefits of MD compared with other water treatment processes stem from not only 100%, theoretically, rejection of non-volatiles such as ions, colloids, macromolecules, and cells, but also lower operating temperatures than conventional thermal water treatment processes. The required heat for MD can be harvested from solar thermal convertors or industrial waste heat [16–20].

However, solutions of MD process should be aqueous and sufficiently dilute to avoid wetting of the hydrophobic MD membrane [21–23]. This limits MD to applications such as desalting process, currently dominated by concentration of RO brine, removal of trace volatile organic

\* Corresponding author.

# 연차실적·계획서

[플랜트연구사업]

과제 번호	15IFIP-B088091-03		
보안등급	일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]		
과제 성격	기초[ <input type="checkbox"/> ], 응용[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 개발[ <input type="checkbox"/> ]		
주관 과제명	정삼투-역삼투 융합 플랜트 기술 개발		
협동 과제명	국문	정삼투-역삼투 융합 플랜트 엔지니어링 기술개발	
	영문	Development of forward osmosis - reverse osmosis hybrid plant engineering skill	
협동연구기관	기관명	효림산업(주)	사업자등록번호 207-81-37349
협동연구책임자	성명	최준영	직급(직위) 연구소장(상무이사)
	전화번호	053-783-6067	전자우편 choi.jy@hyorim.co.kr
	휴대전화	010-3828-6916	팩스번호 053-781-3779
	과학기술인등록번호		1108 8632
총 연구기간	2014. 12. 04 - 2019. 12. 03(60 개월)		
해당 연도 연구기간	2017. 03. 01 - 2017. 12. 31(10 개월)		

### 연구개발비 현황(단위: 천원)

연도	정부출연금 (A)	기업부담금			정부 외 출연금 (B)	합계 F=(A+B+E)
		현금(C)	현물(D)	소계E=(C+D)		
1차 연도	624,000	22,807	185,193	208,000		832,000
2차 연도	1,103,000	45,074	405,666	450,740		1,553,740
3차 연도	2,402,000	88,761	798,839	887,600		3,289,600
4차 연도	1,020,000	39,874	358,865	398,739		1,418,739
5차 연도	5,637,000	204,974	1,844,760	2,049,734		7,686,734
6차 연도	985,000	43,720	393,476	437,196		1,422,196
합계	11,771,000	445,210	3,986,799	4,432,009		16,203,009

참여기관	기관명	책임자 성명	직급(직위)	전화번호	전자우편	과학기술인 등록번호
	광주과학기술원	김인수	교수	062-715-2436	iskim@gist.ac.kr	1016 8414
	한국건설기술연구원	최준석	수석연구원	031-910-0759	jschoi@kict.re.kr	1090 8215
	부경대학교 산학협력단	김수한	교수	051-629-6065	juhankim@pknu.ac.kr	1017 0042
	University of Technology	손호경	교수	+61295142629	Hokyong.Shon-1@uts.edu.au	1079 9188
참여기업	우진건설	권준혁	책임급(사장)	053-760-1100	bjpark08@gmail.com	
실무담당자	참여기관 중 중소기업( 2 )개, 중견기업( )개, 대기업( )개					
	성명	박범석	직급(직위)	연구원(사원)		
	전화번호	053-783-6067	전자우편	parkbs@hyorim.co.kr		
	휴대전화	010-2510-7236	팩스번호	053-781-3779		

관련 법령 및 규정과 모든 지시 사항을 준수하면서 이 국가연구개발사업을 성실히 수행하고자 아래와 같이 연차실적·계획서를 제출합니다. 아울러 동 연차실적·계획서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 선정 취소, 협약 해약 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2017년 02월 21일

협동연구책임자: 최 준 영

협동연구기관의 장: 김 종 태



국토교통과학기술진흥원장 귀하



**< 국문요약문 >**

연구개발 목표	<p>1. 정삼투-역삼투 융합플랜트 설계 및 성능평가(1,000m<sup>3</sup>/day 데모 플랜트)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- m<sup>3</sup>당 전력량 목표 : 2.5 kWh/m<sup>3</sup> (인테이크부터 최종 생산수까지 기준)</li> <li>- 농축수 : 기존 SWRO 대비 수량 20% 이상, 염도 25% 이상 저감</li> <li>- 톤당 생산단가: 역삼투 방식 해수담수화 공정 세계 평균 단가(2012년 현재 0.7 \$/ton 기준)의 25% 저감 이상</li> </ul> <p>2. 가압형 정·역삼투 융합공정 설계·운영기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최종 역삼투 공정 생산수량 고정 시, FO-RO 대비 사용되는 정삼투막 20% 이상 저감</li> <li>- 압력상승 대비 정삼투 회수율 30% 증대</li> <li>- 가압형 정·역삼투 융합공정 기본 설계인자 도출</li> <li>- 가압형 정·역삼투 융합공정의 막오염 인자 도출을 기반 한 O&amp;M 요소기술 인자 도출</li> </ul>					
연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 2-1세부 효림산업(주)             <ul style="list-style-type: none"> <li>- FO 분리막 성능평가</li> <li>- FO/RO 최적 운전조건 도출</li> <li>- SWLPRO 분리막 적용 (저에너지 및 고회수율 목적)</li> <li>- 플랜트 설계 및 엔지니어링 (P&amp;ID, 설계인자 도출, 시뮬레이션 도출)</li> <li>- Capex &amp; Opex 비용 분석 (UF-SWRO FO-SWLPRO)</li> </ul> </li> <li>◎ 2-2세부 광주과학기술원             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상세설계를 기반한 1m<sup>3</sup>/일 파일럿 설비 구축</li> <li>- 융합공정의 유지관리 및 운영 인자 도출</li> <li>- 실제 하수 및 해수를 이용한 현장적용성 평가 연구</li> <li>- 표준 공정에 대한 경제성 및 신뢰성 검증 연구</li> <li>- 1m<sup>3</sup>/일 파일럿 공정에 대한 막오염 시나리오별 운영관리 매뉴얼 확보</li> </ul> </li> </ul>					
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 정삼투-역삼투 융합공정 설계/시공 및 운영기술             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,000 m<sup>3</sup>/일 파일럿 플랜트</li> <li>- 1,000 m<sup>3</sup>/일 파일럿 플랜트 운영 매뉴얼</li> </ul> </li> <li>◎ 가압형 정삼투-역삼투 융합공정 설계/시공 및 운영기술             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 m<sup>3</sup>/일 파일럿 플랜트</li> <li>- 1 m<sup>3</sup>/일 파일럿 플랜트 구축을 통해 도출된 설계인자 보고서</li> <li>- 1 m<sup>3</sup>/일 파일럿 플랜트 운영 매뉴얼</li> </ul> </li> </ul>					
활용계획 및 기대효과	<p>해수담수화와 하수재이용을 통합하여 관리하는 신개념의 하이브리드 기술을 선점함으로써 새로운 수처리 시장을 개척할 수 있을 것으로 기대된다.</p> <p>본 연구의 성과물인 1000m<sup>3</sup>/일 규모의 정삼투-역삼투 융합공정은 상용화 및 대형화로 가기 전에 거쳐야하는 테스트베드 시설을 위한 성능 검증 설비로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 세계 해수담수화 업체들과의 기술 차별성을 들 수 있으며, 정삼투-역삼투 융합공정 연구개발의 축적된 기술은 차세대 저에너지 해수담수화 공법으로 새로운 사업 및 연구분야를 창출할 수 있을 것이라 기대한다.</p>					
핵심어(5개 이내)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">해수담수화</td> <td style="width: 25%;">정삼투</td> <td style="width: 25%;">역삼투</td> <td style="width: 25%;">성능평가</td> <td style="width: 25%;">에너지</td> </tr> </table>	해수담수화	정삼투	역삼투	성능평가	에너지
해수담수화	정삼투	역삼투	성능평가	에너지		



## < Summary >

Purpose	<p>◎ FO-RO hybrid plant engineering design &amp; operation (1,000m<sup>3</sup>/day demo plant)</p> <p>① Wattage: 2.5 kWh/m<sup>3</sup></p> <p>② Drain: Volume 20% ↓, Salinity 25% ↓</p> <p>③ Cost: less than 25% reduction(based on 0.7\$/ton as of 2012, average unit price of reverse osmosis system)</p> <p>◎ Development of Pressure-assisted Forward Osmosis (PAFO) and Reverse Osmosis (RO) Hybrid Desalination Technology</p> <p>① Reduction of required number of FO membrane elements of FO-RO hybrid by 20% when fixing final product of RO</p> <p>② Enhancement of FO recovery by 30% with respect to pressure increase</p> <p>③ Establishment of basic design criteria for pressure-assisted forward osmosis (PAFO) and reverse osmosis (RO) hybrid desalination process</p> <p>④ Derivation of three core O&amp;M factors for pressure-assisted forward osmosis (PAFO) and reverse osmosis (RO) hybrid desalination process based on major membrane fouling criteria</p>				
Contents	<p>◎ 2-1 division Hyorim IndUniversity of Technology, Sydney (UTS)ries Inc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FO membrane performance test</li> <li>- Optimum operation condition deduction</li> <li>- SWLPRO application (Energy saving, Flux increase)</li> <li>- Pilot plant design (blue print, factor, simulation)</li> <li>- Capex &amp; Opex analysis (UF-RO VS FO-RO)</li> </ul> <p>◎ 2-2 division GIST</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establishment of 1 ton/d PAFO-RO pilot based on the detailed design</li> <li>- Identification of key O&amp;M factors for PAFO-RO hybrid process</li> <li>- Operations using real wastewater and seawater to ensure field application</li> <li>- Economic feasibility analysis reliability check on PAFO-RO hybrid</li> <li>- Determination of key design and operating factors for PAFO-RO hybrid</li> <li>- Development of O&amp;M manual for 1 ton/d PAFO-RO pilot in scenario tests</li> </ul>				
Development results	<p>◎ Design criteria and O&amp;M technology for FO-RO hybrid desalination</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1,000 ton/d demo pilot</li> <li>- O&amp;M manual of 1,000 ton/d FO-RO pilot</li> </ul> <p>◎ Design criteria and O&amp;M technology for PAFO-RO hybrid desalination</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 ton/d pilot</li> <li>- Core design factors report drawn by 1 ton/d PAFO-RO pilot operations</li> <li>- O&amp;M manual of 1 ton/d PAFO-RO pilot</li> </ul>				
Expected Contribution	<p>The FO-RO hybrid technology development enables us to acquire cutting-edge desalination technology and preoccupy it in the field of desalination and this will become a driving force for advancing toward world desalination market with competitiveness. 1,000 ton/d FO-RO, one of the key outcomes of this project, is a prerequisite prior to the actual field application of the hybrid desalination technology in large scale and is expected to give fundamental ideas on how to lead the world desalination market in the near future. In the mean time, the technological development will arm domestic EPC companies(Hyorim IndUniversity of Technology, Sydney (UTS)ries) to lead the desalination market worldwide with distinctive characteristics and advantages. At the same time, the development in correlation with currently available desalination technologies is expected to nurture research and development of futuristic desalination technologies.</p>				
Keywords	Desalination	Forward Osmosis	Reverse Osmosis	Performance Evaluation	Energy



# 목 차

## I. 실적

1. 연구개발 목표 .....	1
2. 연구범위 및 연구수행 방법 .....	10
3. 연구개발목표의 달성도 및 자체평가 .....	14
4. 연구개발성과 .....	18
5. 구매 금액이 3천만원 이상인 연구시설·장비 구축 현황 .....	25
6. 연구개발비 집행 실적 .....	25
7. 연구 수행에 따른 문제점 및 개선 방향 .....	31
8. 중요 연구변경 사항 .....	31

## II. 계획

1. 국내외 관련 분야의 환경 변화 .....	37
2. 연구개발 목표 및 내용 .....	37
2-1. 연구개발의 최종 목표 .....	37
2-2. 연차별 연구개발 목표 및 내용 .....	38
2-3. 연구개발의 창의성·혁신성 등 .....	41
2-4. 연구개발성과 및 평가 방법 .....	42
3. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계 .....	43
3-1. 연구개발 추진전략방법 .....	43
3-2. 연구개발 추진체계 .....	44
3-3. 추진일정 .....	45
3-4. 위탁연구/외부용역/국제공동연구 현황 .....	45



5-3. 참여연구원 현황

번호	소속 기관명	직위	생년월일	전공 및 학위		연구 담당 분야	신규 채용 여부	국가연구개발사업 참여율 (%) [B]	국가연구개발사업 참여 과제 수 (건)
	성명	과학기술인 등록번호	성별	취득 연도	학위 (전공)	과제 참여 기간	이 과제 참여율 (%) [A]	전체 참여율 [A+B, %]	
1	협동 - 효림산업(주)	소장/상무	660924	2003	박사 (환경공학)	연구책임자	기존	60	3
	최준영	11088632	남					17.03 ~ 17.12	
2	협동 - 효림산업(주)	이사	690325	1993	학사 (환경공학)	참여연구원	기존	0	1
	김병렬	11473242	남					17.03 ~ 17.12	
3	협동 - 효림산업(주)	이사	740104	2006	석사 (화학공학)	참여연구원	기존	25	2
	김남수	10058925	남					17.03 ~ 17.12	
4	협동 - 효림산업(주)	부장	651202	1990	학사 (경영학)	참여연구원	기존	0	1
	원점식	11446290	남					17.03 ~ 17.12	
5	협동 - 효림산업(주)	부장	730508	2000	학사 (금속재료)	참여연구원	기존	0	1
	김동진	11200999	남					17.03 ~ 17.12	
6	협동 - 효림산업(주)	차장	790304	2002	학사 (전기공학)	참여연구원	기존	0	1
	문명철	11177996	남					17.03 ~ 17.12	
7	협동 - 효림산업(주)	과장	790921	2005	학사 (환경공학)	참여연구원	기존	40	2
	오진영	11177897	남					17.03 ~ 17.12	
8	협동 - 효림산업(주)	과장	790413	2006	학사 (환경공학)	참여연구원	기존	0	1
	이주은	11392470	남					17.03 ~ 17.12	
9	협동 - 효림산업(주)	과장	830111	2011	석사 (환경공학)	참여연구원	기존	39.97	2
	엄수환	11177835	남					17.03 ~ 17.12	
10	협동 - 효림산업(주)	대리	870221	2012	석사 (환경공학)	참여연구원	기존	23.46	2
	피성민	11216949	여					17.03 ~ 17.12	
11	협동 - 효림산업(주)	사원	861218	2015	석사 (토목공학)	참여연구원	기존	0	1
	박범석	11184394	남					17.03 ~ 17.12	
12	협동 - 효림산업(주)	대리	850218	2010	학사 (기계자동차공학)	참여연구원	기존	0	1
	원동일	11672281	남					17.03 ~ 17.04	
13	협동 - 효림산업(주)	사원	890483	2012	학사 (기계자동차공학)	참여연구원	기존	80	2
	김찬근	116591977	남					17.03 ~ 17.12	
14	협동 - 효림산업(주)	사원	881215	2017	학사 (기계시스템공학)	참여연구원	기존	0	1
	양봉준	11700723	남					17.03 ~ 17.12	
15	협동 - 효림산업(주)	사원	920729	2017	학사 (환경공학)	참여연구원	기존	0	1
	김지수	11696618	남					17.03 ~ 17.12	
16	협동 -					참여연구원	신규	0	1



	효림산업(주) 채용예정												
17	협동 - 효림산업(주) 채용예정						17.03 ~ 18.02	100	100				
							참여연구원	신규	0			1	
							17.03 ~ 18.02	100	100				
18	한국건설기술 연구원 최준석	수석연구원 1090 8215	701004 남	2015	박사 (환경 공학)		책임급	기존	87.56			3	
							17.03 ~ 17.12	15.00	102.56				
19	한국건설기술 연구원 주민	원급 1121 0977	821122 남	2014	박사 (환경 공학)		연구수행	임시	40.15			2	
							17.03 ~ 17.12	16.00	56.15				
20	한국건설기술 연구원 박광덕	원급 1116 7684	831207 남	2013	석사 (환경 공학)		연구수행	임시	25.42			2	
							17.03 ~ 17.12	13.00	38.42				
21	한국건설기술 연구원 김봉철	원급 1109 3312	850806 남	2016	박사 (환경 과학)		연구수행	임시	57.41			3	
							17.03 ~ 17.12	14.00	71.41				
22	한국건설기술 연구원 정병권	보조원급 1136 4362	810408 남	2000	고졸		연구행정	임시	35.88			3	
							17.03 ~ 17.12	9.9	45.78				
23	한국건설기술 연구원 매크덤 담티에	원급 1158 4903	801010 남	2008	석사 (토목)		연구수행	임시	70			2	
							17.03 ~ 17.12	50.00	120				
24	부경대 김수한	부교수 1017 0041	760114 남	2003	박사 (건설환경)		책임급	10개월	30.00	30.00		1	
25	부경대 김민석	연구원 1117 6322	870120 남	2014	박사수료 (토목공학)		연구보조원	10개월	40.00	40.00		1	
26	부경대 전종민	박사과정 1139 2696	890307 남	2017	석사 (토목공학)		연구보조원	10개월	40.00	40.00		1	
27	부경대 정재학	석사과정 1137 1501	910510 남	2017	학사(예정) (토목공학)		연구보조원	10개월	38.89	38.89		1	
28	부경대 김누리	학사과정 1167 6454	941212 남		학부생 (토목공학)		연구보조원	신규 10개월	30.00	30.00		1	
29	UTS Ho Kyong Shon	Associate Professor 10799188	남	2006	Ph.D			N 60	20 40			2	
30	UTS Leonard D. Tijing	Post-doc 1065-5626	남	2006	Ph.D			N 60	20 40			2	
31	UTS Sherub Phuntsho	Post-doc 1079-9186	남	2006	Ph.D			N 60	20 40			2	
32	UTS Jung-Eun Kim	Ph.D student 1135-6081	여	2014	MS			N 60	N 100	N 100		1	
33	UTS Myoung Jun Park	Ph.D student 1017-3682	남	2010	MS			N 60	N 100	N 100		1	
34	UTS Yun Chul Woo	Ph.D student 1109-3210	남	2013	MS			N 60	80 10	80 90		2	
35	공동-광주	수석급	570904	1991	박사		연구책임자	-	78.9%			2	



	과학기술원	(교수)			(환경공학)					
	김인수	1016-8414	남			17.03.~17.12	7.2%	86.1%		
36	공동-광주과학기술원	선임급 (연구원)	831221	2012	박사 (환경공학)	참여	-	13%	2	
	유혜원	1019-6783	여				17.03.~17.12	37%		50%
37	공동-광주과학기술원	선임급 (연구원)	850128	2011	박사 (환경공학)	참여	-	0%	0	
	Mar Mar, Aung	1167-1356	여				17.03.~17.08	20%		20%
38	공동-광주과학기술원	원급 (박사과정)	830809	2009	학사 (화학공학)	참여	-	0%	0	
	김성조	1093-1100	남				17.03.~17.08	44.8%		44.8%
39	공동-광주과학기술원	원급 (박사과정)	850616	2009	석사 (환경공학)	참여	-	0%	0	
	국승호	1115-1920	남				17.03.~17.12	45%		45%
40	공동-광주과학기술원	원급 (박사과정)	870924	2015	석사 (환경공학)	참여	-	0%	0	
	Alayande Abayomi Babatunde	1132-1793	남				17.03.~17.12	36%		36%
41	공동-광주과학기술원	원급 (박사과정)	891007	2014	석사 (청정화학 및 생물학)	참여	-	0%	0	
	김동호	1137-9112	남				17.03.~17.12	43%		43%
42	공동-광주과학기술원	연구원보 (석사과정)	900821	2013	학사 (토목공학)	참여	-	27.8%	1	
	이철민	1162-6274	남				17.03.~17.12	3.1%		30.9%
43	참여기업-우진건설(주)	선임급 (본부장)	631225	1989	학사 (토목공학)	참여	-	60%	3	
	최종부	1131-7084	남				17.03.~17.12	30%		90%
44	참여기업-우진건설(주)	선임급 (본부장)	640216	1989	학사 (건축공학)	참여	-	60%	3	
	권진현	1131-7125	남				17.03.~17.12	30%		90%
45	참여기업-우진건설(주)	선임급 (부장)	660520	2002	전문 (전기공학)	참여	-	60%	3	
	강성훈	1117-6549	남				17.03.~17.12	30%		90%
46	참여기업-우진건설(주)	선임급 (부장)	650313	2007	석사 (환경공학)	참여	-	60.6%	4	
	이상열	1117-6482	남				17.03.~17.12	15.2%		75.8%
47	참여기업-우진건설(주)	선임급 (차장)	750127	2002	학사 (토목공학)	참여	-	60%	3	
	홍승범	1144-6938	남				17.03.~17.12	20%		80%
48	참여기업-우진건설(주)	선임급 (부장)	650901	1997	학사 (화학공학)	참여	-	60%	3	
	김동환	1117-6548	남				17.03.~17.12	30%		90%
49	참여기업-우진건설(주)	선임급 (부장)	630801	2001	학사 (토목공학)	참여	-	60%	3	
	구철본	1118-6299	남				17.03.~17.12	25%		85%
50	참여기업-우진건설(주)	선임급 (부장)	671126	1993	학사 (화학공학)	참여	-	55%	3	
	권우철	1117-6547	남				17.03.~17.12	20%		75%

가. 여성 참여 인력 비율



주관연구기관의 총 참여 인력 수	주관연구기관의 여성 참여 인력 수	주관연구기관 소속 연구원 중 여성 참여 인력 비율	비고
49	4	8.16	

#### 나. 신규 인력 채용 계획 및 활용방안

○ 신규인력채용 2명 예정 (효림산업(주))

활용방안 : 플랜트 설계, 플랜트 운영관리, 과제 운영관리 등 인력채용 예정

#### 5-4. 연구시설·장비 보유 현황

보유 기관	연구시설·장비명	규격	수량	용도	활용 용도 및 시기
효림산업(주)	흡광광도계		1	수질 분석	높음 / 항시사용
효림산업(주)	탁도계	-	1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	pH/전도도 Meter	3star	1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	SS Filtration system	400ml	1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	Jar tester	6구	1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	Jar tester	4구	1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	초순수기		1	실험 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	분석용 저울		1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	교반기		1	측정 장치	높음 / 항시사용
효림산업(주)	가스 크로마토그래피		1	측정 장치	높음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	저온원심분리기		1	저온에서의 시료 원심분리	높음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	소형 원심분리기 (Small Centrifuge)		3	시료의 원심분리	높음 / 항시사용
2-2공동-광주과 학기술원	대형 원심분리기 (Large Centrifuge)		1	시료의 원심분리	높음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	블랙스 믹서		6	시료의 균질 혼합	높음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	소니케이터 (Sonicator)		2	시료의 균질분쇄 및 초자류 세척	높음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	가압 멸균 처리기		2	시료의 멸균	낮음 / 일시적 생물학적 파울링 실험시 사용
2-2공동-광주과 학기술원	Furnace		1	시료의 건조 및 가열	낮음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	초순수 제조기		3	초순수 (DI water) 생산	높음 / 항시사용
2-2공동- 광주과학기술원	진탕 배양기		2	미생물의 진탕 배양	낮음 / 일시적 생물학적 파울링 실험시 사용
2-2공동- 광주과학기술원	배양기		2	미생물의 정지 배양	낮음 / 일시적 생물학적 파울링 실험시 사용
2-2공동- 광주과학기술원	유도결합 플라즈마 질량 분석기 (ICP-MS)		1	B, Si, Br, Sr 등의 분석	높음 / 막성능 평가시 이용
2-2공동- 광주과학기술원	원자흡광분석기 (AAS)		1	Na, K, Mg, Ca 등의 이온 분석	높음 / 막성능 평가시 이용
2-2공동-	이온 크로마토그래피		1	무기이온 정성/정량 분석	높음 / 일시적 이용



<b>Poster Programme</b>
-------------------------

**Poster Session 1**

**Monday, 3 April 2017 – 13:00-14:00**

**Room - New Exhibition Area (Level 0)**

<b>Category</b>	<b>Brine/concentrate disposal and waste management</b>
[P1.02]	<b>Fixed bed natural zeolite as a permeable reactive barrier for zinc uptake and prevention of soil contamination</b> N. Vukojevic Medvidovic, I. Nuic, M. Ugrina, M. Trgo*, <i>University of Split, Croatia</i>
[P1.03]	<b>Zinc recovery from electroplating wastewaters by electrodialysis enhanced with complex formation</b> D. Babilas, M. Turek*, P. Dydo, <i>Silesian University of Technology, Poland</i>
[P1.04]	<b>Selectrodialysis process for heavy metal separation and recovery from metallurgical process streams</b> X. Vecino <sup>1</sup> , M. Reig <sup>1</sup> , C. Valderrama <sup>1</sup> , O. Gibert <sup>1,2</sup> , J.L. Cortina <sup>1,2</sup> , <sup>1</sup> UPC-Barcelona TECH, Spain, <sup>2</sup> CETAqua, Spain
<b>Category</b>	<b>Case studies</b>
[P1.05]	<b>Technological evolution of membrane desalination processes in Canary Islands</b> J.J. Sathwani Alonso*, N. Melián-Martel, <i>University of Las Palmas de Gran Canaria, Spain</i>
[P1.06]	<b>Mild desalination pilot results of brackish water streams for optimum reuse in industry</b> J. Trampé <sup>1</sup> , E. Koper <sup>1</sup> , C.K. Groot <sup>2,3</sup> , G. Zijlma <sup>2</sup> , W.B.P. van den Broek <sup>1</sup> , P. Vollaard <sup>1,3</sup> , T. Steenbakker <sup>3</sup> , <sup>1</sup> Evides Industriewater, The Netherlands, <sup>2</sup> Dow Benelux, The Netherlands, <sup>3</sup> HZ University of Applied Sciences, The Netherlands
<b>Category</b>	<b>Forward osmosis</b>
[P1.07]	<b>Osmosis pressure enhancement of novel draw solutions for forward osmosis desalination</b> M. Amjad <sup>1</sup> , G. Raza <sup>1</sup> , S. Pervaiz <sup>1</sup> , D. Wen <sup>1</sup> , <sup>1</sup> University of Leeds, UK, <sup>2</sup> University of Engineering & Technology Lahore, Pakistan
[P1.08]	<b>Forward osmosis: A desalination technology for the textile and wine industry</b> R. Augustine, E.Z. Jingxi, M.S. Sheldon*, D. De Jager, <i>Cape Peninsula University of Technology, South Africa</i>
[P1.09]	<b>The potential of natural and waste brines as draw solutions in forward osmosis applications</b> F. Arroyo <sup>1</sup> , E. Bringas <sup>2</sup> , R. Ibáñez <sup>2</sup> , I. Ortiz <sup>2</sup> , <sup>1</sup> Universidad de Sevilla, Spain, <sup>2</sup> Universidad de Cantabria, Spain
[P1.10]	<b>Feasibility of the Palm Oil Mill Effluent (POME) treatment by Forward osmosis (FO) – Reverse osmosis (RO)</b> W. Khongnakorn*, N. Somsawat, K. Maming, <i>Prince of Songkla University, Thailand</i>
[P1.11]	<b>Forward osmosis of glycerol solutions - membranes selection</b> E. Laskowska*, M. Turek, P. Dydo, K. Mitko, <i>Silesian University of Technology, Poland</i>
[P1.12]	<b>The effect of counterion binding on polyelectrolyte-based forward osmosis using poly(vinylpyridines) as draw agents</b> J.D. Roach, <i>Weill Cornell Medicine - Qatar, Qatar</i>
[P1.13]	<b>Performance and removal of trace organic contaminants by novel high-water flux forward osmosis membranes</b> M. Sauchelli Toran <sup>1</sup> , I. Rodriguez-Roda <sup>1</sup> , G. Blandin <sup>1</sup> , W. Gernjak <sup>1</sup> , <sup>1</sup> Catalan Institute for Water Research (ICRA), Spain, <sup>2</sup> University of Girona (UdG), Spain, <sup>3</sup> Catalan Institute for Research and Advanced Studies, Spain
<b>Category</b>	<b>Hybrid systems</b>
[P1.14]	<b>Integrated nanofiltration and reverse osmosis desalination of mine water</b> M. Bodzek*, M. Rajca, M. Tytla, B. Tomaszewska, <i>Silesian University of Technology, Poland</i>
[P1.15]	<b>Elimination of boron from seawater using a hybrid membrane process based on ion exchange resin in batch and microfiltration</b> A. Alharati <sup>1</sup> , K. Fiaty <sup>1</sup> , C. Charcosset <sup>1,2</sup> , <sup>1</sup> Université Lyon 1, France, <sup>2</sup> CNRS, France
[P1.16]	<b>Application of bipolar membrane electrodialysis on the removal of pertechnetate ions from radioactive waste with an anion exchange paper membrane</b> A. Mori, H. Inoue*, <i>Keio University, Japan</i>
[P1.17]	<b>Performance comparison of RO and integrated NF+RO processes for desalination of MBR effluent</b> I. Parlar <sup>1</sup> , M. Hacifazlioglu <sup>1</sup> , N. Kabay <sup>1</sup> , T.O. Pek <sup>2</sup> , M. Yüksel <sup>1</sup> , <sup>1</sup> Ege University, Turkey, <sup>2</sup> ITOB-OSB, Turkey



Category	Membrane distillation
[P1.18]	<b>Effect of pretreatment and operation conditions on the performance of membrane distillation for the treatment of shale gas produced water</b> H.R. Cho*, Y.J. Choi, S.H. Lee, <i>Kookmin University, Republic of Korea</i>
[P1.19]	<b>Desalination of petrochemical reverse osmosis brine using direct contact membrane distillation: An experimental and mathematical approach</b> M.S. Osman*, V. Masindi, A. Abu-Mahfouz, <i>Council for Scientific and Industrial Research (CSIR), South Africa</i>
[P1.20]	<b>Effect of operation condition on membrane distillation process : Fouling and cleaning concepts</b> K.D. Park*, B.C. Kim, J.S. Choi, S.H. Kim, <i>Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Republic of Korea</i>
[P1.21]	<b>Mathematical modelling of membrane distillation pore wetting phenomenon</b> M.R. Qtaishat, <i>The University of Jordan, Jordan</i>
Category	Module design
[P1.22]	<b>Numerical investigation of membrane module design for desalination</b> J. Seo* <sup>1</sup> , Y. Kim <sup>2</sup> , J.H. Kim <sup>1</sup> , <sup>1</sup> <i>Gwangju Institute of Science and Technology (GIST), Republic of Korea</i> , <sup>2</sup> <i>Korea Research Institute of Chemical Technology, Republic of Korea</i>
Category	Nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration
[P1.23]	<b>Surface modification of ultrafiltration membranes for enhanced humic acid removal</b> N. Bin Darwish* <sup>1</sup> , H. Al Abdulgader <sup>2</sup> , H. Al Romaih <sup>1</sup> , A. AlAlawi <sup>1</sup> , <sup>1</sup> <i>King Abdul Aziz City for Science and Technology (KACST), Saudi Arabia</i> , <sup>2</sup> <i>King Faisal University, Saudi Arabia</i>
[P1.24]	<b>The comparison of commercial spiral wound nanofiltration membranes for desalination and concentration of liquid dye</b> J. Cuhorka*, P. Mikulášek, <i>University of Pardubice, Czech Republic</i>
[P1.25]	<b>Application of carbon based membranes for desalination of sea water</b> C. Daulbayev*, M. Seitzhanova, T. Dmitryev, E. Aliyev, Z. Mansurov, <i>Institute of Combustion Problems, Kazakhstan</i>
[P1.26]	<b>Comparison of feed pretreatment by organic and inorganic coagulants and their combination on membrane microfiltration of titanium dioxide dispersions</b> M. Grulich*, P. Mikulášek, <i>University of Pardubice, Czech Republic</i>
[P1.27]	<b>Use of the micellar-enhanced ultrafiltration (MEUF) for fluoride removal from aqueous solutions</b> M. Grzegorzec*, K. Majewska-Nowak, <i>Wroclaw University of Science and Technology, Poland</i>
[P1.28]	<b>Antibacterial activity and membrane morphology of ultrafiltration membrane based on IKI immobilized Chitosan-PEG-MWCNT composites</b> F. Khoerunnisa*, H. Hendrawan, Y. Sonjaya, D.R. Primastari, W. Rahmah, R. Agiawati, <i>Indonesia University of Educaton, Indonesia</i>
[P1.29]	<b>Algae induced fouling of UF/MF Membranes: Identification of critical influence factors</b> S. Laksono*, J.A. Wawensyah, L. Landwehrkamp, S. Panglisch, <i>University of Duisburg-Essen, Germany</i>
[P1.30]	<b>One pot preparation of polysulfone-silica nanoparticle ultrafiltration membranes for water filtration</b> X. Li* <sup>1,2</sup> , B.P. Tripathi <sup>1</sup> , M. Stamm <sup>1,2</sup> , <sup>1</sup> <i>Leibniz-Institutes für Polymerforschung Dresden, Germany</i> , <sup>2</sup> <i>Technische Universität Dresden, Germany</i>
[P1.31]	<b>Evaluation of nanofiltration membranes for recovery and concentration of rare earth elements from acidic waters</b> J. López* <sup>1</sup> , M. Reig <sup>1</sup> , E. Licón <sup>1</sup> , O. Gibert <sup>1,2</sup> , A. Yaroshchuk <sup>1,3</sup> , E. Torres <sup>4</sup> , C. Ayora <sup>4</sup> , J.L. Cortina <sup>1,2</sup> , <sup>1</sup> <i>Chemical Engineering Dept. UPC-Barcelona TECH, Spain</i> , <sup>2</sup> <i>CETAQUA, Spain</i> , <sup>3</sup> <i>Catalan Institute for Research and Advanced Studies (ICREA), Spain</i> , <sup>4</sup> <i>Institute of Environmental Assessment and Water Research IDAEA, Spain</i>
[P1.32]	<b>Characterization of the effectiveness of cleaning agents on polyethersulfone (PES) membrane performance</b> B. Malczewska, <i>Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Poland</i>
[P1.33]	<b>The influence of nanoparticle type on the organic-inorganic membranes used for wastewater treatment</b> S.C. Pintilie*, L.G. Tiron, A.L. Lazar, M. Vlad, I.G. Birsan, S. Balta, <i>Dunarea de Jos University, Romania</i>
[P1.34]	<b>Marble slurry as a potential ceramic water filtration material: Comparative analysis with machined Fe powder and clay ceramics for effectiveness in As removal from water at point of use</b> A. Kaurwar, S. Gupta, R. Satankar, A. Plappally*, <i>Indian Institute of Technology Jodhpur, India</i>
[P1.35]	<b>Fabrication and characterization of polyurethane shape memory polymer membranes by phase inversion technique</b> B. Soltannia, G. Chen, M. Sadrzadeh*, <i>University of Alberta, Canada</i>



# 특허증

CERTIFICATE OF PATENT



특허

Patent Number

제 10-1869030 호

출원번호

Application Number

제 10-2017-0171843 호

출원일

Filing Date

2017년 12월 14일

등록일

Registration Date

2018년 06월 12일

발명의 명칭 Title of the Invention

다단 압력 회수를 통한 저에너지 소비 구성을 가지는 정삼투 - 가압 정삼투 - 역삼투 이용 담수화 장치 및 담수화 방법

특허권자 Patentee

한국건설기술연구원(111241-\*\*\*\*\*)

경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.  
This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



특허청

Korean Intellectual  
Property Office

2018년 06월 12일



QR코드로 현재기준  
등록사항을 확인하세요

특허청장

COMMISSIONER,

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

성찬모



# 등 록 사 항

**특 허**                      **등록 제 10-1869030 호**

Patent Number

발명자 Inventors

**김봉철(850806-\*\*\*\*\*)**  
경기도 광명시 디지털로 63, 1212동 504호

**최준석(701004-\*\*\*\*\*)**  
경기도 고양시 일산서구 가좌2로 22, 605동 1402호

**정병권(810408-\*\*\*\*\*)**  
경기도 고양시 덕양구 고양대로1916번길 33

**주민(821122-\*\*\*\*\*)**  
부산광역시 사하구 낙동대로504번길 8, 204호

**박광덕(831207-\*\*\*\*\*)**  
부산광역시 금정구 학산로7번길 27-3