

NTIS (National Science & Technology Information Service) Data를 이용한 분리막 소재산업 경쟁력 향상 및 국가 연구비 지원 효율화에 관한 연구

우 창 화[†]

경상대학교 기계융합과

(2020년 4월 14일 접수, 2020년 4월 27일 수정, 2020년 4월 27일 채택)

Study on Enhancement of Membrane Technology Competitiveness through NTIS (National Science & Technology Information Service) Data

Chang Hwa Woo[†]

Department of Mechanical Convergence Engineering, Gyeong sang National University, 501, Jinju-daero, Jinju,
Gyeongnam 52828, Korea

(Received April 14, 2020, Revised April 27, 2020, Accepted April 27, 2020)

요 약: 21세기 들어서 더욱 나빠지는 기후변화로 가뭄이나 물 부족현상이 전 세계적으로 확대되고 있다. 또한, 화석연료 사용으로 발생하는 이산화탄소는 전체 온실가스의 80%를 차지하기 때문에 지구 온난화의 요인이 되고 있다. 따라서 수처리 멤브레인, 가스분리용 멤브레인, 2차전지용 분리막의 중요성은 증대하고 있으나, 미국, 일본, 독일 등 선진국에서 기술을 독점하고 있어서 국내 멤브레인 기술의 고도화 및 경쟁력 강화가 시급히 요구되고 있다. 그래서 국가에서도 연구예산을 지원하고 있으나, NTIS 데이터를 이용하여 효율성을 분석하였다. 분석 결과, 단기과제 위주로 지원되고 있고, 타 기술 분야에 비해서도 연구비 규모가 작으며, 기초 소재 분야 지원이 취약한 것으로 분석되었다. 따라서 장기과제를, 많은 예산으로, 대학을 중심으로 많이 투자할 때 멤브레인 기술의 향상과 경쟁력이 강화되어 선진국과 동등한 기술력을 갖출 것으로 기대된다.

Abstract: Climate change is getting worse in the 21st century. So, water shortages are expanding worldwide. Carbon dioxide generated from the use of fossil fuels is 80% of the total green house gas. Because it occupies, it has become a factor of global warming. Therefore, the importance of water treatment membrane, gas separation membrane, and secondary battery separation membrane is increasing, but it occupies technology in developed countries such as the United States, Japan, and Germany. Therefore, the advancement of membrane technology is urgently required. So, although the country supports a lot of research budgets, We will analyze the results using NTIS data. As a result of the analysis used, it is supported mainly for short-term tasks, and the research budget is small compared to other technical fields, so the basic material field technology is weak. Therefore, when we invest a lot of long-term tasks, with a lot of budget, and universities, membrane technology has been improved and competitiveness has been strengthened.

Keywords: water treatment membrane, gas separation membrane, secondary battery separation membrane, NTIS

1. 서 론

21세기 들어서 더욱 심각해지고 있는 기후변화와 기상이변으로 인하여 가뭄이나 홍수와 같은 재난으로 인해 식수부족현상이 전 세계적으로 확대되고, Fig. 1에서

보는 것처럼 세계 수처리분리막 소재시장은 최근 연평균 17% 이상의 성장을 계속하고 있으며, 국내 수처리분리막 소재시장도 약 18% 성장하는 등 처리분리막 소재시장은 성장 일변도로 가고 있다. 또한, 화석연료 사용으로 발생하는 이산화탄소는 전체 온실가스의 80%를 차

[†]Corresponding author(e-mail: woo@gnu.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0002-1829-441X>)

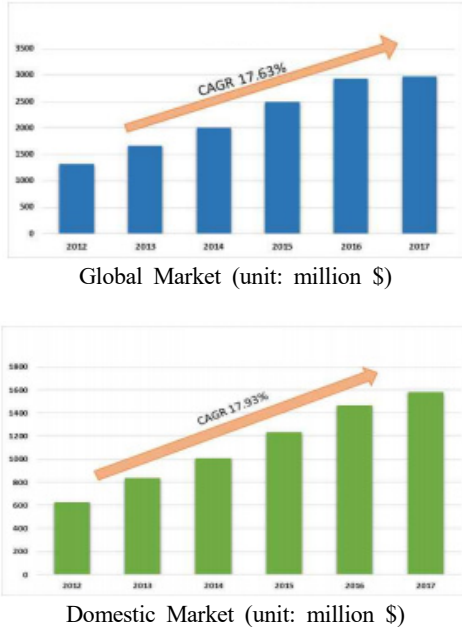


Fig. 1. Global Water Intelligence, “Global Water Market 2014”, 2013.

지하기 때문에 가장 중요한 지구 온난화의 주범으로 알려져 있다[1,2]. 따라서 배출되는 이산화탄소량을 줄이고, 한편에서는 분리 회수하고 저장(carbon capture and storage; CCS)하는 기술이 발전하고 있으며, 그 중에서도 포집 설비가 소형화에 유리하고 경제성이 높은 분리막 기술에 대한 연구가 활발해지고 있다[3].

또한, 화석연료의 사용을 줄이기 위해서 친환경 대체 에너지의 하나인 연료전지의 개발 및 사용이 급증하고 있다. 수소연료전지 자동차, 연료전지, 발전소, 휴대용 등 다양한 분야에서 여러 가지 형태로 적용되고 있으며, 연료전지를 둘러싼 주변 기술의 개발도 눈부시게 이루어져 왔다. 특히, 수소연료전지 자동차에 대한 수요는 환경문제의 폭발적 증가를 해결할 것으로 기대되며, 한국, 미국, 일본 등에서는 이미 상용화 단계에 돌입하고 있다. 따라서 수소연료전지 자동차는 새로운 자동차시대를 열고 있다[4].

다음은 전지용 분리막 시장성장 규모이다. Fig. 2에서 살펴본 리튬전지 시장의 성장속도도 400억\$ (2020년 기준)에서 1,200억\$ (2025년)으로 증가될 것으로 예상되며, 따라서 분리막의 수요도 계속 증가할 것이다.

이러한 리튬전지용 분리막의 생산기업들을 Fig. 3에서 살펴보면, 정밀 여과막(MF), 한외 여과막(UF), 나노 분리막(NF) 구분 없이 세계시장에서 미국과 일본이 전

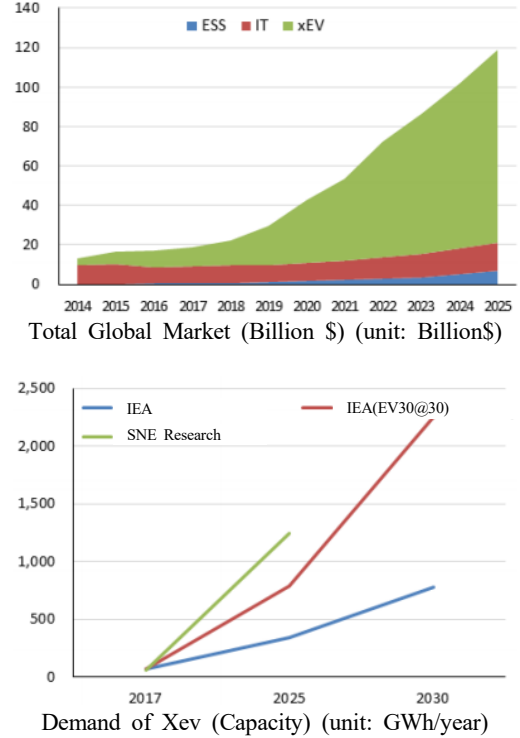


Fig. 2. Lithium recharge battery market growth trend.

체의 70% 이상을 공급하고 있다.

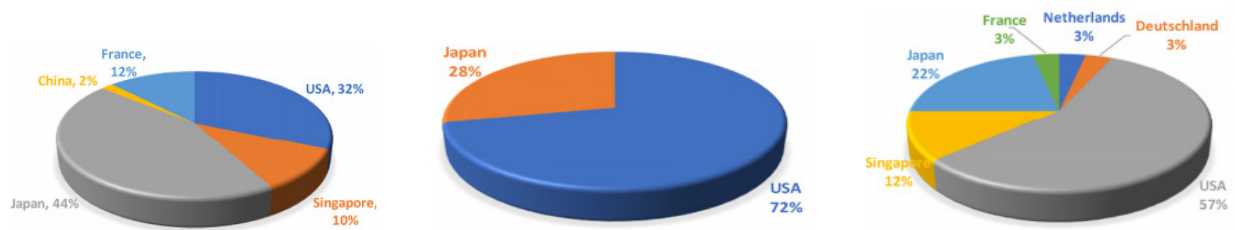
한편, 수처리용 멤브레인도 미국, 일본, 독일 등 선진국 기업들이 독점하고 있다. 대표적인 기술선진사로서 일본의 Fuji, 독일의 Membrana, 미국의 Millipore, Pall, Argonide 사가 있다[6].

결론적으로 가스분리기 기술 분야, 연료전지용 전해질막 분야, 수처리 분야, 이차전지시장의 성장은 계속적으로 확대되고 있으나, 이러한 기술들은 미국, 독일, 일본 등이 선점하고 있어서 우리의 독자 기술 확보가 무엇보다도 시급한 실정이다. 앞에서 살펴본 멤브레인 기술의 중요성에 기반하여, 우리나라 정부에서 지원하는 국가연구개발사업에서는 멤브레인 분야에 얼마만큼의 예산이 효율적으로 지원되고 있는지를 국가과학기술지식정보 서비스(National Science & Technology Information Service)를 통해서 분석해 보기로 한다.

국가과학기술지식정보 서비스(National Science & Technology Information Service)는 정부연구사업, 과제, 인력, 성과 등 국가 연구개발 사업에 대한 정보를 한 곳에서 알아볼 수 있는 국가과학기술지식정보 포털이다. 부처별(기관별)로 개별 관리되고 있는 국가 R&D 사업 관련 정보와 데이터를 공유하고 공동 활용하여 국가

Table 1. Research Stage, Research Fund Size, Number of Research

Research step	Million won (A)	(%)	No. (B)	(%)	(A/B)	Year
Material development	16,817	24%	110	31%	153	3.5
Applied development	20,117	29%	116	33%	173	2.6
Process development	22,094	31%	94	27%	235	2.8
Demonstration	11,198	16%	31	9%	361	3.6
Total	70,227	100%	351	100%	200	3.0

**Fig. 3.** Analysis of MF, NF, UF commercial membrane trend by country[5].

R&D투자 효율성을 높이고 연구 생산성 향상에 기여하는 것이 주 설립 목적이다.

데이터의 수집 절차 및 분석 방법은 NTIS데이터시스템에서 우선적 키워드로 ‘수처리분리막’, ‘이온 교환막’, ‘기체분리막’을 활용하여 지원과제의 리스트를 도출하며, 불요불급한 노이즈는 제거하고 2010년부터 2019년까지 10년간 신규로 지원된 과제를 엑셀을 이용해서 자료를 분석하였다. 물론 신규로 지원된 과제이므로 1차년도 연구비만을 대상으로 하였으므로 실제적 총 연구개발 기간 동안의 지원예산은 Table 1 결과치의 약 3배는 곱하여야 할 것으로 예상된다.

이때 데이터 추출방법은 1차적으로는 과학기술 표준 분류와 6T 관련 기술코드, 연구개발 성격 구분을 참조하고, 최종적으로는 연구내용 요약을 분석하여 연구단계, 연구 분야를 구분하였으며, 연구주체별 연구비 투자 투자비와 건수, 개발기간 등은 추출된 데이터를 그대로 사용하였다.

이런 방법에 따라 추출된 총 과제는 354건이며, 1차년도만 투자된 연구개발 투자 금액은 약 70,227백만 원으로 추정되었다. 그러나 과제들의 평균 개발기간이 3년이므로, 추정 총 금액은 약 2,100억 원으로 추정되었다.

이들 조사된 데이터를 연구단계별(소재연구, 응용연구, 공정개발, 시험생산), 연구 분야별(수처리, 가스분리, 에너지저장), 연구주체별(대학, 연구소, 기업) 연구비투자비와 건수, 개발기간 등을 조사 분석하였다.

2. 멤브레인 기술 분야 국가 연구개발 투자비의 분석

2.1. 연구단계별, 연구비 규모 및 건수 분포 현황

지난 총 10년간(2010~2019) 정부 연구개발에서 멤브레인 기술 분야에 투입된 연구비를 연구단계별 분석한 결과는 Table 1과 같다.

즉, 총 신규 과제연구비 70,227백만 원 중 소재 분야 연구비로 투자한 금액이 16,817백만 원으로 24%를 차지하고, 응용 연구에는 20,117백만 원(29%)이 투자되었으며, 다음은 공정기술개발 분야에서는 22,094백만 원(31%), 그 다음으로 시험생산 기술개발 분야에서는 11,198백만 원(16%)을 투자하였다. 전반적으로 기초 소재개발에 대한 지원보다는 응용연구나 공정개발에 연구투자가 활발하여 기술의 기반 구축에는 미흡하고 단기성과 위주로 지원되었음을 알 수 있다.

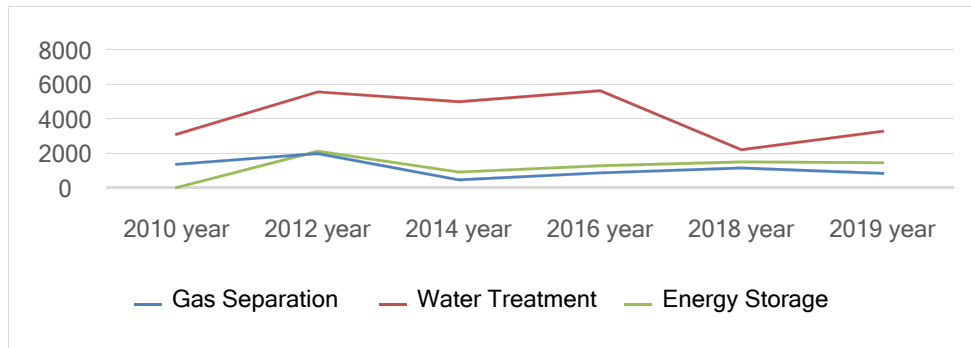
또한, 과제당 연구비 규모도 소재 분야에서는 연간 153백만 원 규모이나 공정개발이나 시험생산 분야의 연간 연구비 규모는 237백만 원과 361백만 원으로 소재 분야 연구에 대한 연구비 규모도 작은 것으로 나타났다.

2.2. 연구 분야별, 연구비 규모 및 개발기간 분포

총 10년간 투입된 연구비를 연구 분야(수처리, 가스분리, 에너지저장)로 구분해서 살펴보면, 수처리 분야가 전체의 61.4% (43,156백만 원)로 대다수를 차지하고, 다음이 가스분리 분야가 19.8% (13,955백만 원), 에너지저

Table 2. Research Subject, Research Stage, Research Fund Size, Number of Research

By research subject	Material development		Applied development		Process development		Demonstration		Total	
	Million won	No.	Million won	No.	Million won	No.	Million won	No.	Million won	No.
University	7,255	78	6,488	64	6,514	38	2,223	9	22,481	189
Institution	3,957	18	3,349	10	3,470	11	4,155	9	14,931	48
Company	5,605	14	10,280	42	12,110	45	4,821	13	32,815	114
Total	16,817	110	20,117	116	22,094	94	11,198	31	70,227	351



Research step	Budget (No.), 2010	Budget (No.), 2012	Budget (No.), 2014	Budget (No.), 2016	Budget (No.), 2018	Budget (No.), 2019
Gas separation	1,351 (4)	1,971 (12)	447 (4)	855 (4)	1,135 (7)	823 (10)
Water treatment	3,098 (15)	5,557 (18)	4,986 (23)	5,623 (21)	2,195 (19)	3,267 (26)
Energy storage	0	2,109 (8)	900 (5)	1,267 (3)	1,493 (7)	1,444 (10)
Total	4,448 (19)	9,367 (38)	6,333 (32)	7,745 (28)	4,823 (33)	5,534 (46)

Fig. 4. By year, by sector, development budget (million won).

장 분야 18.8% (13,115백만 원) 순으로 나타났다.

그러나 이를 연도별로 분석한 Fig. 4를 살펴보면, 수처리 분야가 아직도 다수를 차지하지만, 최근 들어 에너지저장 분야가 가스분리 분야를 앞서는 것으로 그래프는 보여주고 있다.

따라서 앞으로도 기술수요의 흐름에 맞춰서 에너지저장 분야의 수요는 시계열적으로 증가하여 지원될 것으로 기대되었다.

2.3. 연구주체별 연구 분야 분포 현황

연구주체별(대학, 기업, 연구소) 연구 분야 집중도를 조사한 결과를 Table 2로 살펴보면, 금액 기준으로 기업이 46.7% (32,815백만 원)로 다수를 차지하고, 그 다음이 대학으로 32.0% (22,481백만 원), 연구소가 21.3% (14,931백만 원)를 차지하였다. 그러나 건수기준으로 살펴보면, 오히려 대학이 189건(53.8%), 기업이 114건(32.5%), 그 다음이 연구소로 48건(13.7%)을 차지하여,

대학은 건수는 많으나 금액은 적은 것으로 나타나, 대학의 연구비 규모는 기업에 비해서 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

2.4. 연구단계별, 연구 분야별, 연구비 및 연구건수, 연구기간 현황

연구단계(소재연구, 응용연구, 공정개발, 시험생산)별, 연구 분야별 특징을 분석한 결과, Table 3에서와 같이 에너지저장 분야의 공정개발 분야가 연간 4억 7천 8백 원으로 규모가 제일 크고, 그 외에 시제품생산 분야는 연구 분야의 구분 없이 모두가 연간 4억 원 규모의 연구비가 투자된 것으로 조사되었다.

기술개발 분야별로 살펴보면, 가스분리 분야가 연구단계의 구분 없이 비교적 긴 5년 내외의 개발기간이 소요되었고, 수처리 분야는 비교적 단기간인 2~3년이 소요된 것으로 조사되었다.

그러나 연구단계, 연구 분야의 구분 없이 개발 소요

Table 3. Distribution of Research Stages, Research Areas, Research Costs, and Research Periods

Research step	Research field	Million won (A)	(%)	No. (B)	(%)	A/B	Period (year)
Material development	Water treatment	7,718	11	61	17	127	3.3
	Gas separation	2,396	3	19	5	126	5.1
	Energy storage	6,704	10	30	9	223	3.0
Applied development	Water treatment	12,749	18	72	21	177	2.4
	Gas separation	3,746	5	27	8	139	3.2
	Energy storage	3,621	5	17	5	213	2.3
Process development	Water treatment	15,090	21	69	20	219	2.6
	Gas separation	4,614	7	20	6	231	3.7
	Energy storage	2,390	3	5	1	478	2.8
Demonstration	Water treatment	7,599	11	22	6	345	3.1
	Gas separation	3,199	5	8	2	400	5.3
	Energy storage	400	1	1	0	400	3.0
Total		70,227	100	351	100	200	3.0

Table 4. Number of Research Projects by Research Field and Period

Period (year)	Gas separation	Water treatment	Energy storage	Total (%)
~3 year	44	174	41	259(74)
~5 year	12	43	11	66(19)
Above	18	7	1	26(7)

기간을 분석한 Table 4의 결과에 따르면 개발기간 3년 이하가 전체의 74% (259건)를 차지하고, 5년 이상의 장기간 연구비가 투입된 연구는 26건으로 전체의 7% 밖에 없어서 장기간 안정적인 연구가 이루어지지 못하고 있음을 단적으로 알 수 있었다.

2.5. 국가 연구개발 사업에서의 분리막 분야 지원에 산 현황

분리막 분야 신규 지원과제의 연도별 지원예산 규모는 앞에서 살펴본 Fig. 4와 같다. 이중 2018년도 신규 과제예산은 48억 2천 3백 원이며, 계속 과제를 포함하면 약 144억 원으로 추산된다. 이를 Fig. 5의 국가 연구개발 사업예산(16.2조 원, 2018년) 중 환경 분야 지원예산 (4,882억 원, 국가 연구개발 총 예산에서 3%, 2018년)에서의 비중을 조사해보면 전체 환경 분야의 약 2.9% (144/4,882억 원)를 차지한다.

또한 신규 과제의 지원예산을 Fig. 6에서 보면, 2018년도 국가 연구개발 사업에서의 평균 예산은 1.7억 원

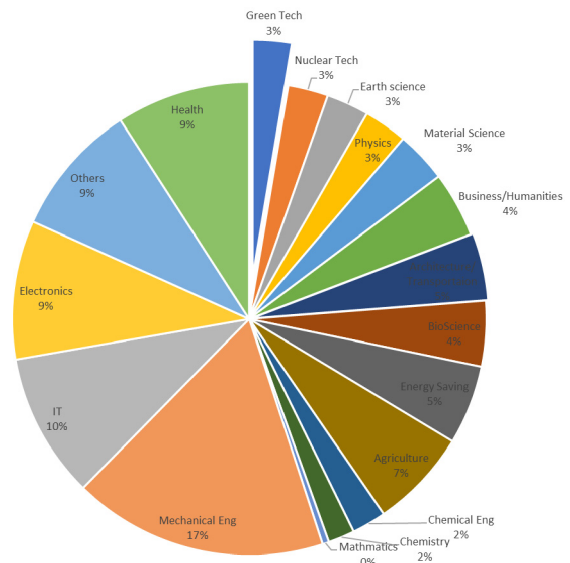


Fig. 5. Research budget by sector among national R&D budgets[7].

이나, 분리막 분야 신규과제 지원예산 규모는 Fig. 4에서 1.46억 원 규모로 인해 타 분야에서 예산 규모도 작은 것으로 알 수 있다.

즉, 분리막 분야 예산은 환경 분야 예산의 2.9%, 과제별 연구비 규모는 타 분야의 86% (1.46/1.7억 원) 수준을 차지하여 지원예산의 규모가 산업의 중요성과 발전 가능성에 비해서는 월등히 작은 것으로 분석되었다.



Fig. 6. In the national R&D budget, research expenses change by year for new and continuing projects[8].

2.6. 탄소섬유소재 개발 사례

최근에 개발되어 본격적인 생산단계에 돌입한 H사의 탄소섬유 개발의 사례를 통해서 소재 개발의 장기 지원 필요성을 제시하고자 한다[9].

H사에서는 20년간을 탄소섬유 개발에 매진하면서, 정부의 각종 연구개발 지원사업의 혜택을 활용한 것을 NTIS를 통해서 다음의 4건을 확인할 수 있었다.

- 고기능 고성능 복합섬유 소재 개발(2007~2014)
- 탄소 저감형 케톤계 프리미엄 섬유 개발(2010~2018)
- 라지도우 탄소섬유 생산기술 개발(2011~2016)
- 초고강도 PAN 탄소섬유 개발(2017~2022)

상기 사례에서 보는 것처럼, 동일한 소재 개발에 제목을 달리하면서 한 개의 연구개발 주체가 15년간 정부 지원의 혜택에 힘입어 개발에 성공할 수 있었다.

3. 결 론

현재 우리나라 수처리 및 가스분리, 에너지저장 분야의 소재 및 기초기술 해외 의존을 탈피하고 선진 기업들과 경쟁하기 위해서는 앞에서 살펴본 바와 같이 소재 분야의 기초연구가 장기간에 걸쳐서 선행될 때만이 가능한 것이다. 그러나 NTIS데이터를 근거로 하여 최근 10년 간 분리막 분야의 국가 연구개발 투자를 살펴본 바, 단 기간에 효과를 나타내는 응용기술이나 공정기술 분야에 집중되어 있고, 기초 소재연구는 전체 연구비의 25%를 차지하며, 이중 대학에 연구비 지원실적은 43%로, 전체 연구비 기준으로 보면 대학의 소재 연구에 대

한 지원은 10%에 그치는 것으로 조사되어, 대학의 기초연구에 대한 지원이 절실히 확대되어야 할 것으로 조사되었다. 또한 개발기간도 3년 내외 지원이 74%를 차지하며, 5년 이상의 장기 과제는 7%에 그치고 있어서 소재의 독자적 원천기술 확보는 요원한 것이다. 또한, 본 논문에서 제시한 탄소섬유 개발의 사례에서 보는 것처럼, 10여년을 지원하되 단계를 나누어서 지원하는 연구비 지원 시스템을 구축한다면, 시급한 분리막 분야의 기술의 해외 의존 탈피와 소재 기술 개발 경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것이다.

또한 앞에서 살펴본 Figs. 5, 6과 같이 전체 예산 규모가 산업의 중요성과 발전 가능성에 비해서는 예산지원은 월등히 적은 것으로 조사되어, 본 분리막 분야에 대한 지원 확대가 절실한 것으로 조사되었다.

Reference

1. Y. H. Park and S. Y. Nam, "Characterization of water treatment membrane using various hydrophilic coating materials", *Membr. J.*, **27**, 60 (2017).
2. C. H. Woo, "Research trend of membrane for water treatment by analysis of patent and paper publication", *Appl. Chem. Eng.*, **28**, 410 (2017).
3. J. E. Shin, "Trend of Carbon Dioxide Chemical Separator", *Observatory Paper of Industrial Chemicals*, **12** (2018).
4. "Global market review of lithium battery", *Commer-*

- cialization Promotion Agency for R&D Outcomes*, **62**, 2 (2018).
5. H. Jang, "Market of water treatment membrane", *Membr. J.*, **29**(1), 11 (2019).
 6. Planning Repot of R&D, "10 Core Materials, WPM", MOTIE (2010).
 7. Report of National R&D Program, MSIT, p. 5 (2018).
 8. Report of National R&D Program, MSIT, p. 7 (2018).
 9. "The core of the hydrogen economy, carbon fiber", Korea IT News, Aug. 20 (2019).