

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

# 독립형해수담수화

## 담수 공급 부족 사태의 대안책

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

NICE평가정보(주)

작성자

김유진 전문연구원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술 신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미 게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-2124-6822)으로 연락주시기 바랍니다.



한국IR협의회

# 독립형해수담수화

## 담수 공급 부족 사태의 대안책

| 그린 뉴딜 | 테마명          | 에너지                                                                                                                                                                    | 분야명 | 에너지효율향상 | 산업분류 | C13009 |
|-------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------|------|--------|
|       | 【정책 및 투자 동향】 |                                                                                                                                                                        |     |         |      |        |
|       | 정책동향         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계적으로 담수화 기술 및 대체 수자원 개발에 대한 정책 추진 중</li> <li>○ 국내 : 물 관리 기본법 및 물 산업 진흥계획 수립</li> </ul>                                       |     |         |      |        |
|       | 투자동향         | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (정부) 신재생에너지 및 해수담수화 플랜트 관련 연구개발 과제 지원</li> <li>○ (기업) 세계 3위의 두산중공업의 지속적인 연구 개발 및 RO(Reverse Osmosis, 역삼투식) 프로젝트 수주</li> </ul> |     |         |      |        |

### ■ 대형 건설사 중심으로 해외 시장 진출

세계 해수담수화 시장은 물 부족 사태에 따라 더욱 확장될 것으로 예상되며, 특히 이미 큰 시장을 형성하고 있는 중동 및 북아프리카 위주로 발전될 것으로 보인다. 국내 시장은 건설된 플랜트가 매우 적은 상황이며 시설은 노후되어 있다. 건설 기술력은 보유하고 있으나, 핵심 부품 부문 등은 경쟁력이 취약한 상태이며 전문 인력 부족 등의 한계가 있고, 국내 기업은 주로 대형 건설사를 중심으로 해외 시장에 진출되어 있다. 이에 따라 핵심 부품 개발 및 경쟁력 확보를 위해 정부는 연구개발 과제와 함께 여러 정책 등을 제시하고 있으며, 대학이나 정부출연 연구기관을 중심으로 연구사업을 지원하고 있다.

### ■ 신재생 에너지가 융합된 하이브리드 해수담수화

저탄소 및 친환경 담수화 플랜트 기술개발을 위해 지속적인 연구개발 투자가 진행 중이며, RO 공정보다 더 높은 효율을 갖는 신재생에너지 융합에 대한 수요가 증가하고 있다. 차세대 담수화 기술의 실증화 연구를 진행 중이며, 특히, 한 가지 이상을 혼합한 형태의 하이브리드 해수담수화 기술개발이 지속되고 있다. 또한, 농축수 처리 기술을 개발 중에 있으며, 관련 연구도 진행 중이다.

## I. 배경기술분석

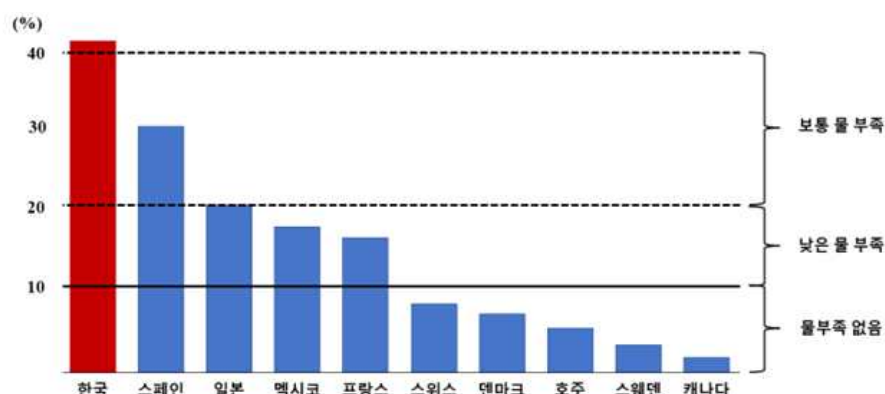
### 물 오염 및 부족 사태로 인한 해수담수화 발전

물 부족 현상 가속화에 따라 해수 등으로부터 이온성 화합물을 제거 및 분리하여 담수로 변환하는 해수담수화 기술의 중요성이 확대되고 있다.

#### ■ 물 부족 상황에 대한 대안 : 해수담수화

최근 산업고도화 및 기후변화로 인해 물이 오염되고 사막화가 가속되는 가운데, 인구 증가로 인한 물 수요가 증가하고 있으나, 사람이 마실 수 있거나 사용할 수 있는 실질적인 담수 자원의 비율은 지구 내 수자원의 0.3%에 불과하여 나라 및 지역별로 수급하는 데 한계가 있다. UN에 따르면, 점차적으로 물 오염 및 부족 사태가 심각해지면서 2050년에 세계 인구 절반 정도가 물 부족 상황에 놓이게 될 것으로 전망했으며, 2021년 UN에서 진행된 물 위생 보장을 위한 고위급 회의를 통해 담수 자원 고갈에 대한 여러 보고와 물 관리 중요성에 대해 강조했다. 국내 또한 최근 지역별로 극한 가뭄이 발생하고 지하수 부족 등의 문제가 발생하고 있어 용수공급이 부족한 상황으로, 경제협력개발기구 OECD 2050 환경전망 보고서에 따르면 ‘심각한 물 스트레스 국가’로 분류된다. 물 스트레스 지수는 국가 및 지역 단위로 1인당 연간 재생 가능한 수자원의 총량을 뜻하며, 물 풍요, 물 스트레스, 기근 등을 평가하는 지수로 한국은 OECD 국가 중 가장 큰 수치를 보이고 있다.

[그림 1] OECD 국가의 물 스트레스 지수



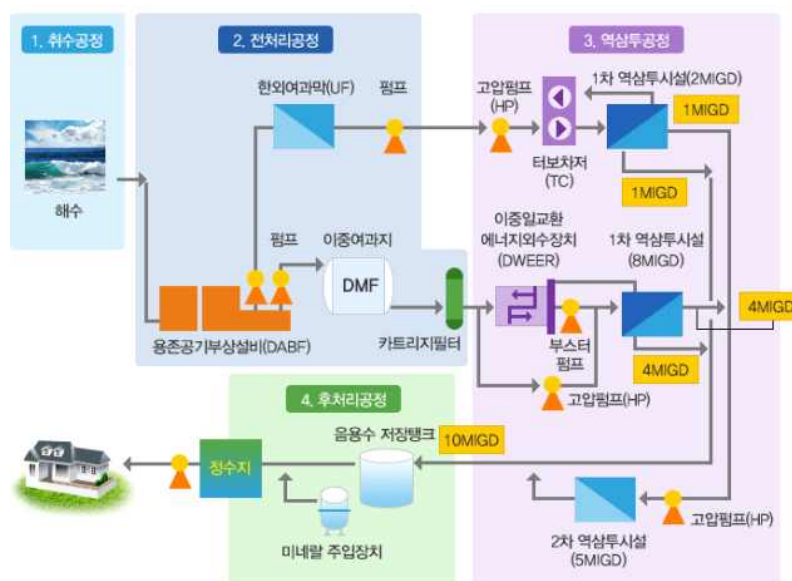
\*출처: OECD, 2050 환경전망(2021)

이처럼 세계적으로 담수 공급 부족 문제가 악화되면서, 수자원 중 약 97%로 가장 많은 비율을 보이고 있는 해수를 담수자원으로 변환하기 위한 해수담수화 기술이 개발되고 있다. 담수화(Desalination)란 물 속에 이온성 오염원이 녹아있을 때 이를 제거하는 기술을 의미하며, 지하수나 하수, 해수 등으로부터 이온성 화합물을 제거 및 분리하여 여러 목적으로 사용하려는 기술을 말한다. 이때 최소한의 에너지를 활용하여 많은 양의 담수를 생산하기 위한 담수화 기술이 개발 중이다.

## ■ 해수담수화 기술 구분

해수담수화는 크게 공정 설계 기술, 전처리 기술, 주공정 기술, 운영 및 유지 관리 기술로 나뉘며, 이외 후처리나 플랜트 운영을 위한 기술들로 이뤄져 있다. 공정 설계 기술은 여러 조건들에 따라 구성하고 설계하는 모든 기술을 말한다. 전처리 기술이란 물 안에 입자성 오염원을 분리하거나 제거하는 기술로, 응집, 막여과 등의 기술이 사용된다. 주공정 기술은 가장 주된 기술로, 오염물질을 제거하거나 분리하는 방법에 따라 증발법이나 막여과법, 흡착법 세가지로 분류된다. 해수담수화에서 가장 필수적이고 중요한 기술로 이와 관련된 기술개발이 주를 이루고 있다. 추가적으로는 플랜트 운전을 위한 모니터링 기술, 후처리나 농축수 처리 등의 기술이 존재한다.

[그림 2] 담수화 플랜트를 구성하는 기술요소



\*출처: 부산광역시 상수도 사업본부 홈페이지(2021)

## ■ 해수담수화 관련 정책

사우디아라비아와 이스라엘, 미국 등 여러 국가들은 자체적인 정책을 통해 해수담수화 플랜트를 건설하고 관련 기술개발을 위해 노력 중이다. 뿐만 아니라 정책적으로도 물 재이용을 위한 노력을 확대하고 있는 추세다. 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)은 물 재이용을 위해 2020년 2월에 행동계획을 수립하고 관련 과제를 추진 중이다. 유럽 국가들도 농업 용수 재이용에 관련해 검토하고 있으며, 2020년 5월에는 도시폐수 재이용 관련 기준을 마련했다. 아시아 국가들도 국가 별 정책들이 상이하다. 대표적으로 중국은 도시 폐수 재이용 비율을 2015년 10%미만인 기준을 2020년에 20%이상으로 확대시켜 재이용 관련 정책을 강력히 나타냈다. 또한, 담수화로 인해 소비되는 에너지를 절감하기 위해 지속적인 정책을 발표하고 있다. 저에너지 및 저탄소 해수담수화 기술을 위해 국제담수화협회는 Global Clean Water Desalination Alliance(GCWDA)를 시작했다. GCWDA는 담수화 프로젝트 20% 신재생 에너지가 융합된 플랜트를 목표로 하고 있다. 해수담수화 시장이 활발한 중동 지역의 경우는 석유화학 발전소의 폐열로 에너지를 사용해 왔으나, 환경오염 문제 및 에너지 전환 대책 등에 따라 신재생 에너지를 해수담수화 플랜트에 적용하려는 기술 및 개발이 이뤄지고 있다.

[표 1] 해수담수화 관련 국가별 정책

| 국가명     | 주요내용                                                                                                                                                                     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 사우디아라비아 | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 해수담수화 공사(Saline Water Conversion Corporation) 설치</li> <li>◇ 세계 최대 규모의 해수담수화 플랜트 건설 추진</li> <li>◇ 핵심 기술개발 및 전문가 양성 노력</li> </ul> |
| 이스라엘    | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 정부 차원의 물 확보 기술 적극 개발로 물 산업 선진국으로 도약</li> <li>◇ 2025년까지 용수의 60% 이상을 대체수자원으로 공급하기 위한 정책 검토</li> </ul>                             |
| 미국      | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 가뭄 대응과 대체수자원 활용을 위해 혁신기술개발을 촉진하는 수자원 개발 법안 제정</li> <li>◇ 국가과학기술위원회(NSTC)는 물 안보를 위한 담수화 기술개발 전략 마련</li> </ul>                    |
| 싱가포르    | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 해수담수화 및 물 재이용을 통한 수자원 확보에 국가적 노력 투입</li> <li>◇ 2060년까지 전체 물 수요의 80%를 담수 및 재생수로 충당하는 목표로 하는 NEWater 정책 추진</li> </ul>             |
| 중국      | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 연해 지역 산업용수 및 도시 급수용으로 해수담수화 시설을 적극 활용</li> <li>◇ 제12차 5개년 발전계획(2011)을 통해 해수담수화 부문 기술의 선진 반열을 목표로 제시</li> </ul>                  |

\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

국내 물 관련 국내 정책 및 법령에서 해수를 상수원으로 명시하여 대체 가능한 수자원으로 인식하고 있는 등 기술개발의 필요성과 중요성이 확인되나, 기술에 관련된 가이드라인이나 전문성이 부족한 상황이다. 해수담수화 기술은 주로 국토교통부에 의해 기술개발을 진행해 왔으며, 2016년 7대 신산업 중 하나로 선정하여 물 부족 해결과 신성장동력 산업 발굴을 위해 정책을 추진해왔다. 2018년 물 관리 일원화에 따라 국토교통부의 개발 사업을 환경부로 이관하였으며, 물 분야 최상위법 물관리기본법 제정으로 수자원 개발을 위한 전략을 제시했다. 2019년에는 제 1차 물 관리기술 발전 및 물 산업 진흥 기본계획을 발표하여 저에너지 담수화 기술개발을 위한 전략을 제시했다.



## II. 심층기술분석

### 차세대 기술 융합 및 친환경 재생에너지를 활용한 해수담수화

에너지 저감 등을 위해 하이브리드 기술이 개발 중이며, 농축수 규제 강화 등에 따라 신재생에너지 융합 플랜트 기술 고도화를 위한 연구개발이 진행 중이다.

#### ■ 해수담수화 주공정 기술

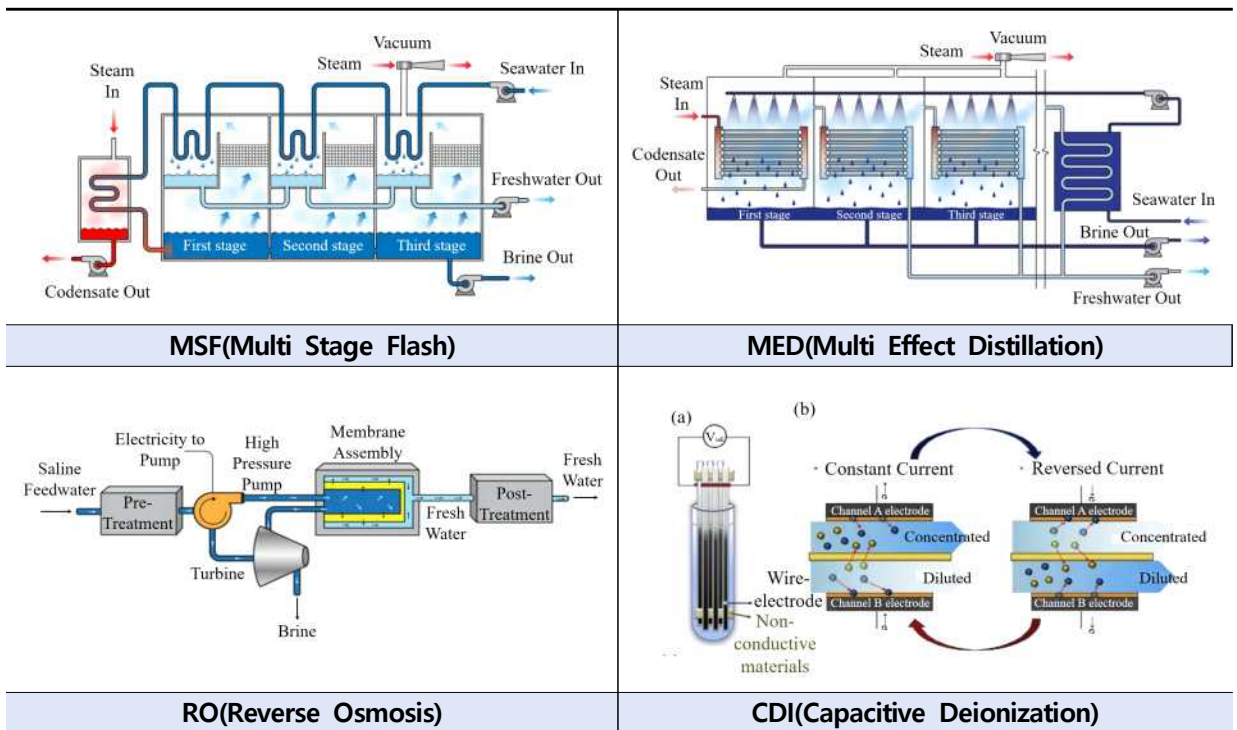
담수화 기술은 물리·화학적 방법에 의해 크게 증발법, 막여과법 그리고 흡착법으로 분류 가능하다.

먼저 **증발법**은 열에너지를 활용해 물을 증발시켜 염분을 남도록 하고 수증기를 응축해 물을 얻는 기술을 말한다. 이는 상(phase)의 변화를 활용한 방법으로 가장 오래된 기술이다. 세부적으로 다중 효용방식(Multiple-Effect Distillation, MED), 다단 플래쉬방식(Multi Stage Flash distillation, MSF) 등이 있다. MED는 증기를 옮기는 가열된 튜브에 공급수를 분사하여 스팀이 발생되고 염분이나 이물질은 챔버 바닥으로 가라앉아 분리한다. 이는 공정을 거치면서 점차적으로 압력이 감소하기 때문에 증발을 위해 사용되는 열량을 줄일 수 있다. 그러나 막여과법과 비교할 때 에너지 요구량이 매우 높고 부식 및 관련 유지가 어려운 단점이 있다. MSF의 경우에는 1950년 로버트 실버에 의해 발명된 방법으로 챔버의 외부 압력과 증기압이 같을 때 증발이 발생함을 이용하여 고압 환경에서 물을 가열한 후 점차 압력을 감소시켜 연속적인 증발을 일으킨다. 이때 압력은 계속 감소하여 에너지 비용을 절감하는 효과가 있다.

다음으로 **막여과법**은 삼투현상을 기반으로 하는 담수화 기술로써, 미세공극의 분리막을 이용하여 물 분자만 투과할 수 있도록 만들어 오염이 녹아있는 염수에는 삼투압 이상의 압력을 가해 물을 생산하는 기술이다. 막여과법에는 역삼투식(Reverse Osmosis, RO), 나노여과(Nanofiltration, NF) 등이 있다. 대표적으로 RO는 삼투압을 이용한 방법으로 삼투압보다 높은 외부 압력을 염분이 높은 부분에 가해 염수와 담수를 분리하는 방법이다. 이때 압력은 공급수 염도에 따라 달라진다. RO는 현재 가장 상업화되어 있으며, 관련 연구가 많이 진행되고 있다. NF는 이온이나 저분자량 물질을 제거하기 위해 사용되는 정밀여과법이다. 유기물, 농약, 합성세제 등을 제거할 수 있으며 저분자 물질이 주 분리 대상이다.

마지막으로 **흡착법**은 정전기적 인력을 이용해 물과 오염물질을 분리하는 기술을 말한다. 이를 기반으로 한 방법으로 이온교환수지(Ion Exchanger, IX), 축전식 탈염공정(Capacitive Deionization, CDI) 등이 있다. IX는 용액 내 이온을 교환 및 분리 가능한 합성수지 입자이며, 불순물을 제거하거나 유용 물질을 분리하는데 사용된다. CDI는 도체에 전하를 일시적으로 저장하는 캐패시터 원리를 활용하여, 활성탄소 전극에 이온을 흡착시켜 이온성 오염원과 물을 분리해내는 방식을 말한다.

[그림 3] 담수화 공정 모식도



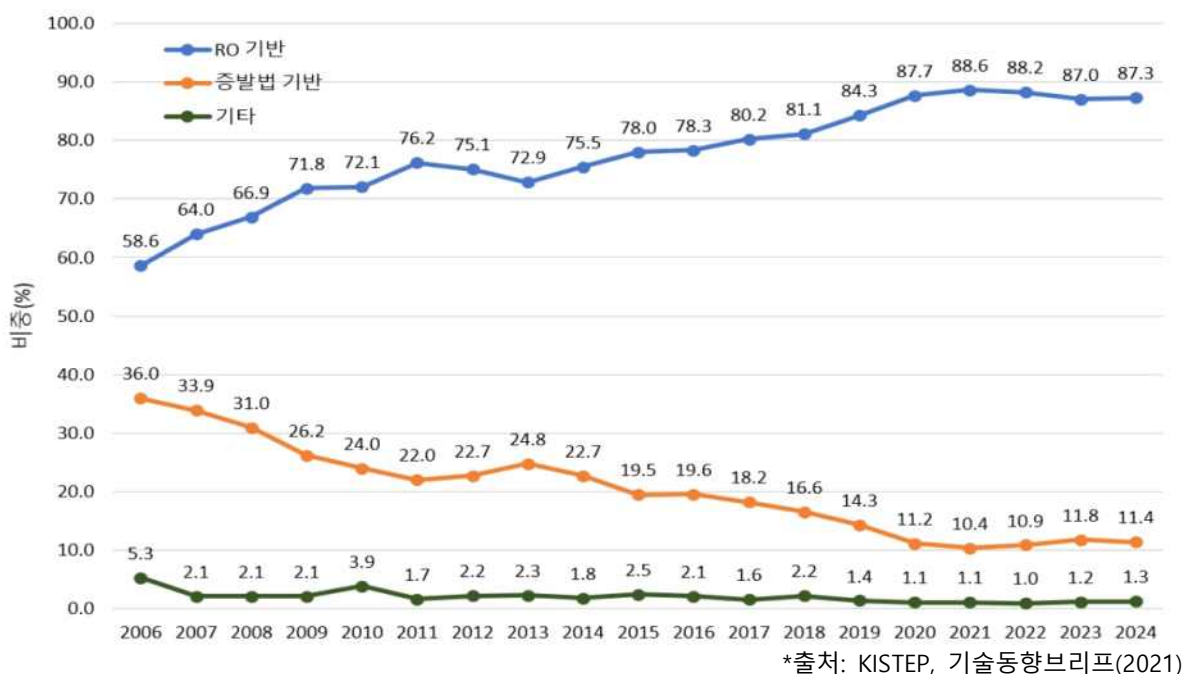
\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

## ■ 해수담수화 : 증발법 위주에서 역삼투법(RO) 중심으로 공정 패러다임 전환

1956년 최초로 쿠웨이트에 해수담수화 플랜트가 건설되고 90년대까지 주로 증발법 위주로 건설되었다. 그러나 증발법의 경우 공정이 단순하나, 물을 증발하기 위해 에너지가 많이 소모되는 단점이 있다. 막여과법의 대표적 유형인 RO는 용액 사이 반투과성 막을 통해 묽은 용액 속 용매를 농도가 진한 용액 속으로 이동시켜 자연스럽게 이동하는 원리를 활용한 방법으로 증발법에 비해 에너지 소모량이 적다. 증발법 중 MSF 및 MED 방식의 에너지 소모량은 각각  $9\sim 25\text{kWh/m}^3$ ,  $7\sim 8\text{kWh/m}^3$  이지만 막여과법 중 RO 방식으로 변경할 경우 에너지 소모량은  $3\text{kWh/m}^3$ 으로 감소되어 효율적인 에너지 소비가 가능하다. 따라서 점차적으로 증발법에서 RO 중심으로 전환되어 왔으며, 1980년대 이후 고성능 RO 분리막 개발로 인해 현재까지 담수화 플랜트 기술은 RO 기반 담수화 공정이 약 90% 비중을 차지한다.

국내에서는 해수담수화 플랜트 연구개발 사업을 통해 RO 개발을 진행 중에 있다. 최근 주요 사업으로 2016년부터 시작한 중동지역 맞춤형 저에너지 해수담수화 플랜트 기술개발 연구단 KORAE가 있으며, 정부에서 약 193억 원 지원되었다. RO 기술에 대한 고도화와 카트리지 필터, RO막과 CDI 모듈에 대한 기술개발이 주를 이루고 있다. 또한, 43억 원을 투자하여 ‘막증발 공정 파일럿 중동 현장적용 및 신재생결합형 해수담수화 무인운영기술 연구단’이라는 신재생 에너지를 활용한 RO 시스템 기반 농축수 처리 공정 기술개발을 진행 중이다.

[그림 4] 해수담수화 플랜트 기술별 점유율



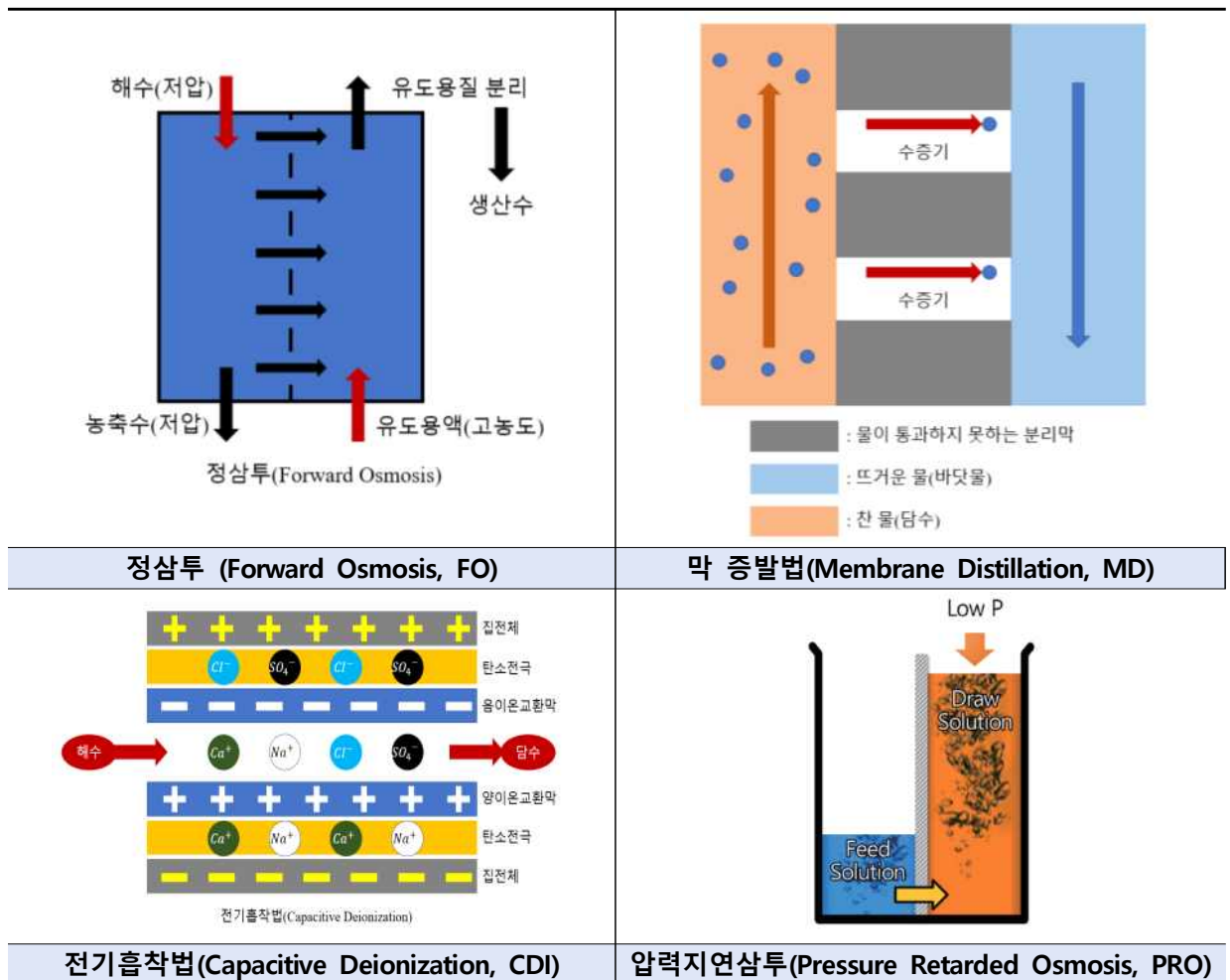
## RO 공정의 에너지 한계 극복을 위한 차세대 담수화 기술 발전

RO 공정은 증발법에 비해 에너지 소모량이 적으나, 그럼에도 불구하고 가압 방식으로 인한 소모되는 에너지가 높다. 따라서 가압 방식을 변환하여 새로운 방법들을 적용한 기술들이 개발되고 있다. 대표적으로 정삼투공정(Forward Osmosis, FO), 압력지연삼투(Pressure Retarded Osmosis, PRO), 축전식 탈염공정(Capacitive Deionization, CDI) 및 막증발법(Membrane Distillation, MD)이 있다. 먼저 FO는 삼투압 차이를 이용한 방법으로 높은 삼투압을 가지는 유도 용액을 사용하여 가압하지 않은 상태에서 염분을 걸러 담수를 생산하는 방식이다. 두 용액 사이 반투막이 존재할 때, 해수와 고농도 유도 용액을 접하도록 놓고 1차적으로 유도 용질로 흡수하고, 2차적으로 유도 용질에서 담수를 분리해 사용한다. PRO 방법은 서로 다른 농도의 용액에서 발생하는 삼투압 현상을 이용한 것으로, 염분 농도가 다르며 저농도에서 고농도로 유량이 발생되어 터빈을 회전시켜 에너지가 생산되는 동시에 담수를 생산하는 방식이다. 다음으로 CDI는 두 개의 다공성 탄소전극에 서로 다른 전하를 적용하여 수중의 이온물질을 제거하는 기술로, 탄소전극에 흡착된 이온들은 각 전극에 반대 전하를 적용하여 탈착시킨 후 배출하며, 이온물질의 흡착(탈염)과 탈착(재생)을 반복하면서 수중의 오염물질을 분리한다. MD는 증기압을 이용하여 증기만 통과시킨 후 응축시켜 담수를 생산하는 방식으로 해수는 소수성 성질을 가지는 막의 공극을 통과할 수 없으나 가열하여 생산된 증기는 막을 통과할 수 있는 원리를 활용했다.

RO로 유입되는 고염 원수의 농도를 희석하여 소비 에너지를 절감하기 위해 FO와 RO를 융합하거나, PRO와 RO를 융합하는 방법을 사용하며, RO 처리수를 CDI로 후처리하여 RO 플랜트 생산수의 수질을 향상시키는 기술도 연구되고 있다. 이와 같이 담수화 기술들을 융합하여 각 기술마다 가진 단점을 보완하고 장점을 극대화한 하이브리드 방식이 많이 연구되고 있다.



[그림 5] 담수화 기술(FO, MD, CDI, PRO)



\*출처: 물과 미래, 『막 증발(Membrane Distillation, MD)과 압력지연삼투(Pressure Retarded Osmosis, PRO) 기술』을 활용한 차세대 하이브리드 해수담수화 기술 소개(2018)

[표 2] 차세대 담수화 기술(FO, PRO, CDI, MD)의 장점, 극복과제, 유망 적용 영역

| 기술명           | 장점                        | 극복과제                           | 유망 적용 영역                |
|---------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 정삼투공정(FO)     | 낮은 에너지 비용<br>높은 제거율       | 유도용액 역확산<br>유도용액의 회수           | 농축 및 회석                 |
| 압력지연삼투(PRO)   | 삼투압을 신재생에너지로 활용<br>높은 제거율 | PFO용 분리막<br>에너지 생산효율           | 고농축<br>용액으로부터<br>에너지 회수 |
| 축전식 탈염공정(CDI) | 낮은 에너지 비용<br>높은 제거율·회수율   | 고농도 용액에 대한<br>낮은 제거율           | 저농도 조건<br>소형 담수화 공정     |
| 막증발공정(MD)     | 고농도 용액에 대한 적용성            | 막젖음 현상<br>휘발성 물질에 대한 낮은<br>제거율 | 고농축 공정                  |

\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

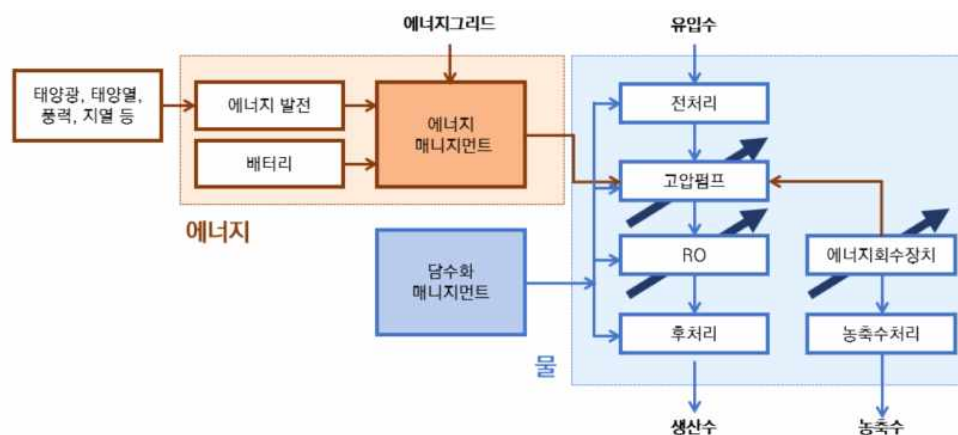
## ■ 친환경 담수화 기술

해수담수화 중 해수를 증발시키는 과정에 필요한 에너지와 탄소를 줄이기 위해 신재생 에너지를 활용한 기술이 확대되고 있다. 신재생 에너지를 사용한 국내 기술은 태양광을 활용한 해수담수화 기술이 있다. 빛에너지를 열에너지로 변환하는 광열반응을 활용하여 태양광을 해수를 증발시키는 에너지로 사용한 것이다. 이때 증발효율 향상과 소금결정을 쉽게 획득하기 위해 탄소나노튜브의 복합소재를 사용하여 태양광을 흡수하는 멤브레인 기술을 적용했다. 이와 같은 방식은 이산화탄소를 생성하지 않아 친환경적인 장점이 있다.

또한, 태양열은 다른 에너지원에 비해 전력 충전에 시간적 제약이 있고, 높은 비용과 고온 영역에서의 배터리 수명 단축 등의 단점이 존재하기 때문에 이를 보상하고자 PV-RO가 통합된 하이브리드 형태의 기술개발이 진행 중이다. 독립형 PV-RO 담수화 시스템은 한 가지 에너지를 사용하지 않고 화석연료, 배터리 및 풍력 등 하나 이상의 에너지를 저장하고 변환하는 방식으로 기존 문제점을 보완할 수 있다.

최근에는 풍력 에너지와 태양열을 동력원으로 사용하여 수소 기반의 배터리와 에너지 저장장치를 통해 RO 방식으로 담수를 얻기 위한 하이브리드 재생 시스템 또한 제시되고 있다. 해당 방법은 태양과 풍력 에너지를 쉽게 활용할 수 있는 지역에서 적합하게 사용할 수 있다. 비용적 측면에서도 효율성이 입증되어 다양한 국가에서도 하이브리드 담수화 플랜트에 주목하고 있으며, 관련 기술개발이 이뤄지고 있다.

[그림 6] 신재생에너지-해수담수화 플랜트 융합 개념



\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

한편, 사우디아라비아는 집광형 태양광 기술을 사용하여 낮 시간에 태양으로부터 에너지를 저장하고, 밤 시간에는 저장된 에너지로 해수를 가열, 증발 및 응결시키는 방법으로 담수를 얻었다. 국내에서도 태양광 열을 활용한 해수담수화 플랜트 개발 및 시장을 중동지역을 중심으로 개발 중이다. 2023년까지 진행 예정인 고집광 태양광열(HCPVT, High Concentration Photo-Voltaic Thermal) 병합 발전 시스템을 주제로 여러 기업 및 연구기관들이 과제에 참여 중에 있다. HCPVT를 활용해 전기와 열에너지를 얻고 RO-MD 담수화 시스템에 적용하여 생산 효율과 경제성 등을 향상시켰다. 이는 전력 및 담수를 동시에 획득할 수 있는 시스템으로써 고효율 에너지 사업으로 확대 가능성을 보인다.

## ■ 해수담수화 과정에서 발생하는 이산화탄소 저감 기술개발

일반적으로 해수담수화 공정에서 농축수가 발생되며, 2021년 기준 국내 농축수 발생량은 하루 약 75,000톤으로 추정된다. 발생하는 농축수는 바다로 흘려보내는데, 이때 해수의 염도가 증가하는 문제가 발생되기 때문에 농축수를 저감할 수 있는 기술이 필요하다. 또한, 해수담수화 설비는 전력 소비가 많아 이산화탄소도 다량 방출되는 문제가 있다. 한국지질자원연구원의 연구팀은 해수담수화 과정에서 발생하는 농축수에서 마그네슘을 추출하면서 이산화탄소도 줄일 수 있는 기술을 개발했다. 농축수에 가성소다를 첨가하여 마그네슘을 99%까지 회수하고, 여기에 이산화탄소를 첨가하여 탄산염 광물로 전환하는 것으로, 유가 자원인 마그네슘을 회수하는 동시에 온실가스인 이산화탄소도 저감할 수 있는 기술이다.

## Ⅲ. 산업동향분석

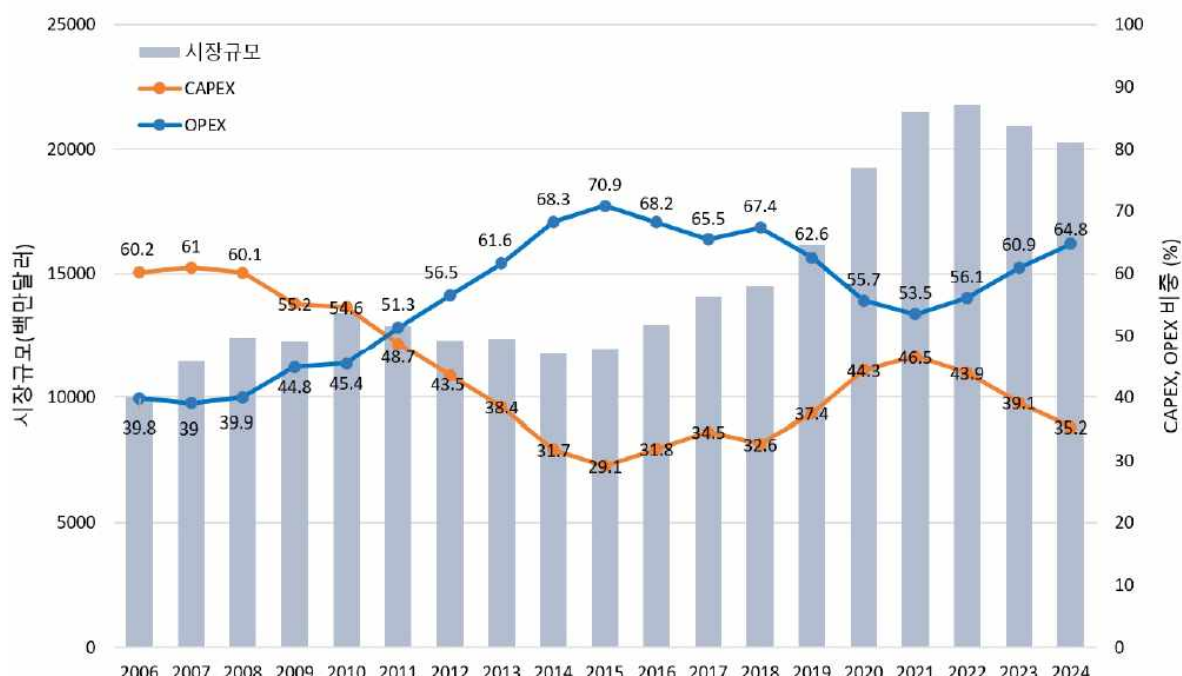
글로벌 해수담수화 시장은 중동지역을 중심으로 발전되고 있으며,  
국내 기업들의 해외 시장 진출

RO 방식의 해수담수화 산업이 발전 중이며, 국내 기업들은 점차 해외 시장으로 진출 중이다.

### ■ 지속적 성장이 예상되는 해수담수화 시장

가뭄 및 물 부족에 따라 해수담수화 시장은 2018년 대비 연평균 5.7% 성장하여, 2024년 202억 5,629만 달러로 성장할 것으로 전망된다. 또한 설비 규모는 연평균 6.4%씩 성장하여 2024년 1억 5,126만 m<sup>3</sup>/day(해수담수화 플랜트가 하루에 생산하는 부피의 양) 으로 예상된다. 2018년 기준 자본비용은 47.9억 달러, 운영비용은 97.7억 달러로 확인되어, 설비 운영비용이 구축비용보다 1.5~2배 가량 높은 것으로 확인된다.

[그림 7] 세계 해수담수화 시장 규모 현황 및 전망



\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

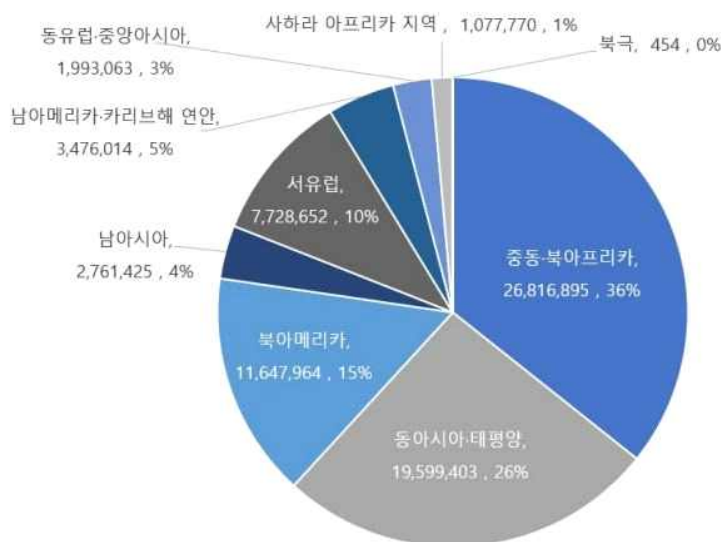
\*CAPEX(Capital Expenditures): 미래의 이윤을 창출하기 위해 지출한 자본비용

OPEX(Operating Expenditure): 갖춰진 설비를 운영하는데 드는 운영비용

2018년 기준 RO 방식이 81.1%로 해수담수화 시장의 대부분을 차지하고 있다. Global Water Intelligence 조사기관에 따르면 RO 방법의 시장은 2020년 대비 2024년 1조 5,107억 원으로 30% 확대될 전망이다. 또한, RO 분리막 시장의 경우 2023년 연평균 7.3%씩 성장해 2030년 3.7조 원에 이를 것으로 보이나, 기업별 기술격차가 크고 신규기업은 기술적으로 한계가 있는 상황이다. 주로 사막화 및 물이 부족한 중동과 북아프리카 및 동아시아 태평양 지역에 존재하며,

해당 지역에 큰 시장을 형성하고 있다. 중동과 북아프리카의 경우 생활용수로 사용될 목적으로 RO 해수담수화 설비 중 약 36%를 차지하고 있다. 동아시아와 태평양 지역은 산업용수 목적으로 사용되며, 약 26%를 차지하고 있다. 북아메리카나 서유럽의 경우에는 주로 생활용수로 사용되며, 동유럽과 중앙아시아는 산업용수로 많이 사용된다.

[그림 8] 2018년 설비용량 기준 RO 해수담수화 설비의 지역별 분포



\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

\*계열 제목 아래 숫자는 각각 누적 설비 용량(m³/d), 전체 대비 비중(%)을 의미

[표 3] 지역별 해수담수화 플랜트 생산수의 공급목적 현황

| 지역          | 용도    |       |      | 지역            | 용도    |       |       |
|-------------|-------|-------|------|---------------|-------|-------|-------|
|             | 생활용수  | 산업용수  | 기타   |               | 생활용수  | 산업용수  | 기타    |
| 중동·북아프리카    | 74.3% | 17.5% | 8.2% | 북아메리카         | 59.4% | 32.7% | 8.0%  |
| 사하라 아프리카 지역 | 46.1% | 50.6% | 3.3% | 남아메리카·카리브해 연안 | 33.2% | 61.1% | 5.7%  |
| 동아시아·태평양    | 28.3% | 70.6% | 1.1% | 동유럽·중앙아시아     | 40.1% | 57.0% | 2.8%  |
| 남아시아        | 26.6% | 71.8% | 1.6% | 서유럽           | 64.9% | 24.6% | 10.5% |

\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

## ■ 소규모 시설 중심으로 제한된 국내 해수담수화 플랜트 시장

국내 해수담수화 플랜트 시장은 소규모 시설 중심으로 제한되어 있으며, 노후화 및 전문성 부족 등으로 한계가 있다. 국내 자체에서는 활용도가 낮고 내수 시장이 활성화 되지 않았으나, 국내 대형 건설사의 해외 시장 진출로 점유율이 상승하고 있는 추세다. 두산중공업의 경우 사우디아라비아 파라잔 프로젝트를 시작으로 현재 독자적인 설계 기술과 세계 3위 실적을 보유하고 있다.

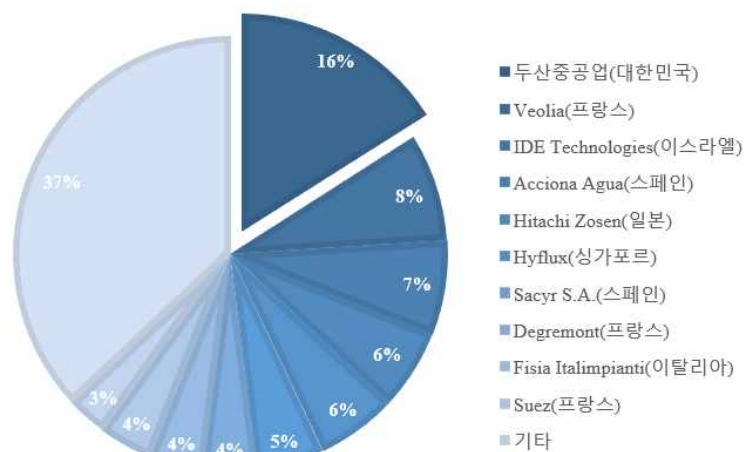


[표 4] 국내 해수담수화 시설 현황

| 구분   | 중·대규모                                                                                                                                        | 소규모             |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 구분기준 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대규모 : <math>10,000m^3/d</math> 초과</li> <li>· 중·대규모 : <math>1,000 \sim 10,000m^3/d</math></li> </ul> | $1,000m^3/d$ 미만 |
| 시설현황 | <p>3개</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정부주도 : 부산 기장(중단), 대산산업지역(건설중)</li> <li>· 민간주도 : POSCO 광양제철소</li> </ul>                    | 109개 (2018년 기준) |

\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021)

[그림 9] 글로벌 해수담수화 시장점유율[사진=두산중공업]



\*출처: <http://www.inews24.com/view/1391472>(2021)

\*2011~2020년 완공 기준 시장점유율임.

## IV. 주요기업분석

### 국내 코스닥 기업은 신재생 에너지가 융합된 해수담수화 기술개발 촉진

국내 주요 대기업이 해수담수화 시장을 리드하고 있으며, 경쟁력을 확보하기 위해 연구개발을 지속 추진하고 있다.

#### 1. 주요업체 동향

■ 해외: 듀폰, 도레이, 니토덴코, 다우케미칼, 라이드러노틱스&닛토

■ 국내: 두산중공업, GS건설, 웰크론 LG화학, 롯데케미칼, 시노펙스

[표 5] 국내/외 해수담수화 기술개발 기업

| 기업명   | 개발/사업화 현황                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 듀폰    | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 워터라이즈와 협력하여 해수 역삼투막과 해저 담수화 시설에 기술 제공</li> <li>◇ 이스라엘 최대 해수담수화시설에 막 기술 제공</li> </ul>                                                                                                                                                      |
| 도레이   | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ RO막을 사용하여 해수 염분 제거, 음용수나 공업용수를 제조하는 장치 설계, 제작</li> <li>◇ 발전소와 화학공장 등의 유틸리티 설비로도 각 국에서 도입</li> </ul>                                                                                                                                       |
| 두산중공업 | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1978년부터 사우디아라비아 파라잔 해수담수화 프로젝트 시작</li> <li>◇ 독자적인 설계 기술 및 세계 3위 실적 보유</li> <li>◇ 증발법 방식의 해수담수화 기술로 시작 하여 지속적인 연구개발을 통해 RO 기반 기술력 확보</li> <li>◇ 국내 최초, 최대 규모의 화성시 열병합 발전소 CDI 기술 현장 실증 성공</li> <li>◇ 전기화학적 처리 기반의 차세대 담수화 기술 확보</li> </ul> |
| GS건설  | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1967년 세계 최초 RO 방식 담수화 플랜트 시공</li> <li>◇ 스페인 수처리기업 이니마(INIMA)를 인수하여 신성장동력 확보</li> <li>◇ 오만의 알구르바 및 바르카 2곳의 IVVP 담수화 프로젝트 수주</li> <li>◇ 싱가포르 수자원공사의 지원으로 세계최초로 PRO 기반 기술 개발</li> <li>◇ 해수담수화 기술을 활용 스마트 양식장을 추진</li> </ul>                  |
| 웰크론   | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 고효율 세라믹 막여과 전처리 공정과 빗물 블렌딩을 적용한 저에너지 RO 기술 확보</li> <li>◇ 국내 최초로 세라믹 무기막을 전처리 공정에 적용</li> </ul>                                                                                                                                            |
| LG화학  | <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 해수담수화용 RO 필터를 생산하는 국내 유일 기업</li> <li>◇ 세계 최고 수준의 염분 제거율 필터</li> </ul>                                                                                                                                                                     |

\*출처: KISTEP, 기술동향브리프(2021), 데일리한국(2021)

## ■ 코스닥기업 현황

[표 6] 주요 코스닥 기업 현황 요약

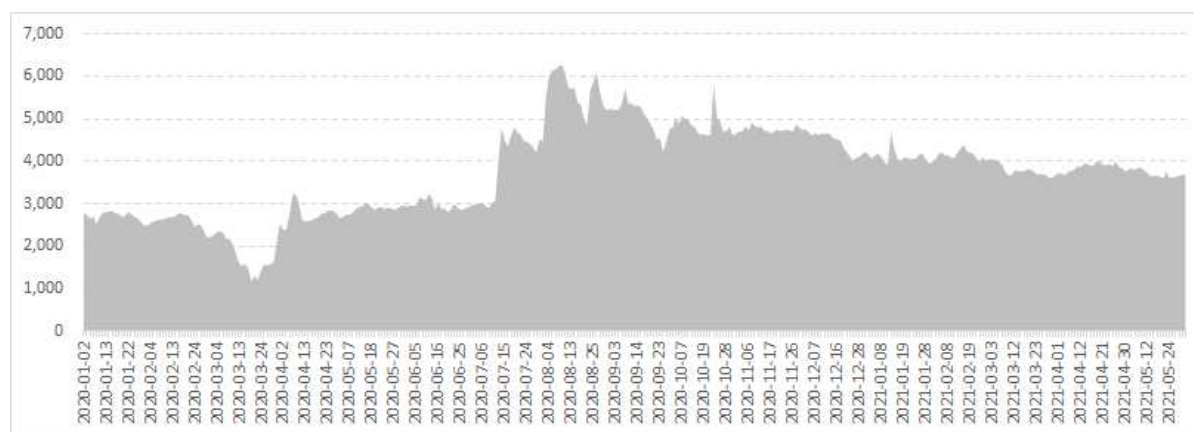
| 기업명   | 개발/사업화 현황                                                     |
|-------|---------------------------------------------------------------|
| 시노팩스  | ◇ 폴리비닐리덴 디플루오라이드(PVDF)를 이용한 필터 사용<br>◇ 두산중공업의 사업 협력업체로 선정     |
| 한성크린텍 | ◇ 인도네시아 해수담수화 플랜트 계약 수주<br>◇ 하반기 국내외 담수화 프로젝트 참여 예정(21.05 기준) |
| 웰크론한텍 | ◇ 포스코와 공동으로 'RO 해수담수화 기술' 개발하여 국내 최초 환경 신기술 인증 획득             |

\*출처: 각사 홈페이지 조사(2021)

### [시노팩스]

1985년에 설립된 시노팩스는 주로 스마트폰 및 태블릿 PC를 생산하였으나, 2020년부터 산업용수 여과 필터를 주 사업으로 하고 있다. 산업용 멤브레인 필터를 생산하고 있으며, 2021년에는 PVDF(Polyvinylidene fluoride, 폴리비닐리덴 플루오라이드) 소재를 개발하여 앞으로의 물 부족 사태를 대비하고 시장 진출에 박차를 가하고 있다. 개발한 PVDF 필터는 고분자로, 머리카락의 약 3000분의 1 크기의 불순물을 걸러낼 수 있다. 최근 해수담수화 사업에 초점을 두어 세계 1위 두산중공업과 협력 중이다.

[그림 10] 시노팩스 주가추이(2020년~2021년 10월) 및 주요 재무현황/분석



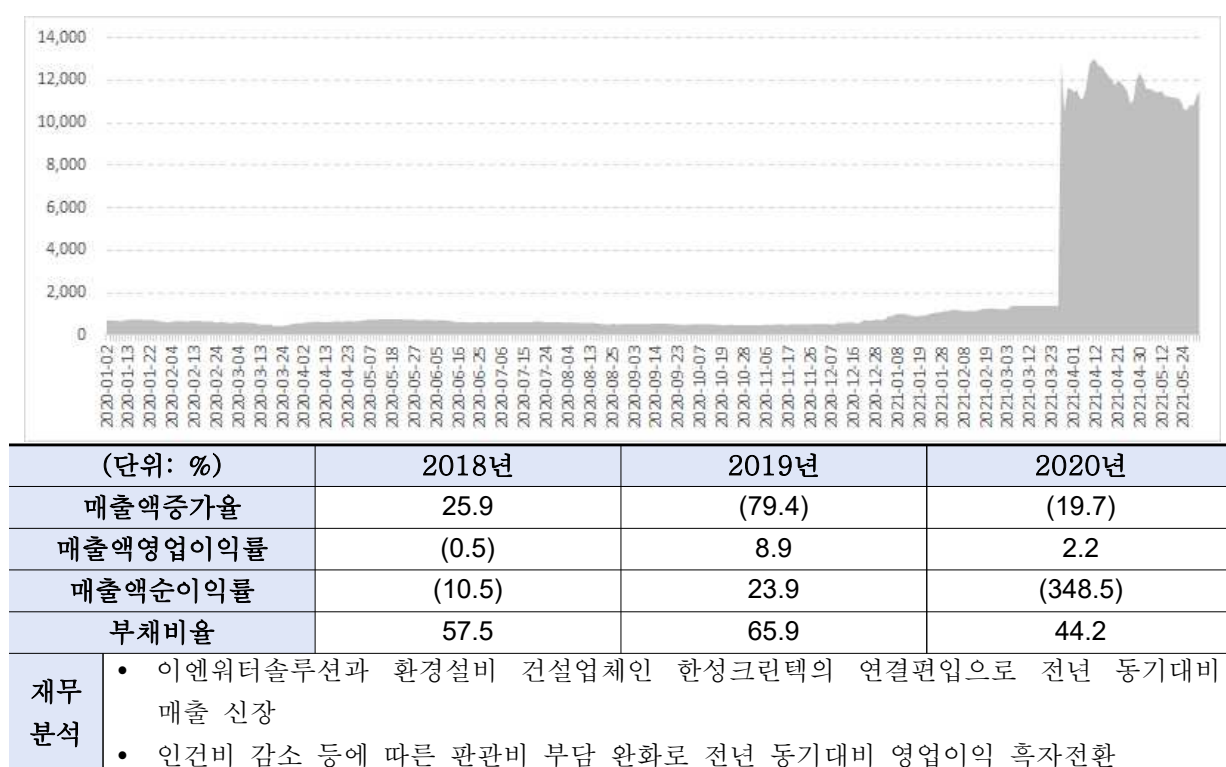
| (단위: %)  | 2018년                                                                                                                                        | 2019년 | 2020년 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| 매출액증가율   | (8.7)                                                                                                                                        | 31.2  | (0.7) |
| 매출액영업이익률 | 2.0                                                                                                                                          | 7.7   | (2.2) |
| 매출액순이익률  | 0.4                                                                                                                                          | 2.8   | (4.2) |
| 부채비율     | 132.1                                                                                                                                        | 85.8  | 116.8 |
| 재무<br>분석 | <ul style="list-style-type: none"> <li>필터 부문의 수주 증가에도 주력 FPCB 수주 부진하며 전년 동기 수준에 매출 정체</li> <li>원가율 상승으로 영업손실 및 순손실 규모는 전년 동기대비 확대</li> </ul> |       |       |

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성

### [한성크린텍]

한성크린텍은 이엔코퍼레이션의 자회사로, 고순도 공업용수 및 수처리설비를 주요 사업으로 하는 EPC 전문 기업이다. 기존의 수처리 사업을 발판으로 우수한 수준의 해수담수화 플랜트 기술력을 보유하고 있으며, 최근 인도네시아 국영 최대 기업 HK(Hutama Karya)와 해수담수화 플랜트 계약을 수주로 인도네시아 시장까지 진출하게 되었다. 현재 한성크린텍은 EPC 사업을 기반한 해수담수화 사업 확장에 힘을 가하고 있다.

[그림 11] 이엔코퍼레이션(한성크린텍의 모회사) 주가추이 (2020년~2021년 10월) 및 주요 재무현황/분석

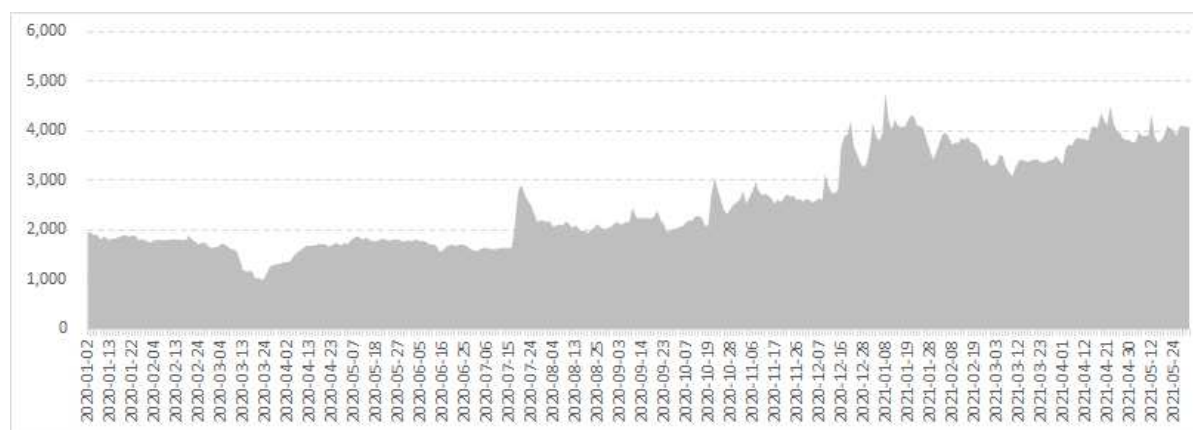


\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성

### [웰크론한텍]

1994년 설립되어 종합건설, 폐수처리설비, 신재생 에너지사업 등 다양한 분야의 사업을 진행 중이다. 웰크론한텍은 고기능성 섬유 제조 기술력을 통한 각종 필터, 방산용품 소재 제조 기술이 뛰어나다. 2012년 포스코건설과 ‘고효율 세라믹 막 여과 전처리 공정과 빗물 블렌딩을 적용한 저에너지 RO 해수담수화 기술’을 적용한 해수담수화 설비를 시범 운용하기도 하였으며, 2014년 환경부로부터 RO 기반 해수담수화 기술에 대한 환경 신기술 인증을 획득하기도 하였다.

[그림 12] 웰크론한텍 (2020년~2021년 10월) 및 주요 재무현황/분석



| (단위: %)  |                                                                                                                                                              | 2018년 | 2019년 | 2020년  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|
| 매출액증가율   |                                                                                                                                                              | 4.9   | 2.4   | (25.7) |
| 매출액영업이익률 |                                                                                                                                                              | 1.3   | (2.1) | 1.8    |
| 매출액순이익률  |                                                                                                                                                              | 0.1   | (7.6) | (0.0)  |
| 부채비율     |                                                                                                                                                              | 125.1 | 139.3 | 127.6  |
| 재무<br>분석 | <ul style="list-style-type: none"> <li>건설 부문의 기성실적 확대와 중국법인의 성장으로 전년 동기대비 매출 크게 신장</li> <li>큰 폭의 매출 신장에 따른 판관비 부담 완화에도 원가구조 저하로 전년 동기대비 영업이익 적자전환</li> </ul> |       |       |        |

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성