

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

# 막여과 폐수처리

## 수자원 재이용의 핵심기술

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

NICE평가정보(주)

작성자

김혜란 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.

# 막여과 폐수처리

주요 환경이슈인 수자원 재이용의 핵심기술

테마명	환경·지속가능	분야명	환경보호	산업분류	D16005
그 린 뉴 딜	<b>【정책 및 투자 동향】</b>				
	정책동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방류수 수질 기준, 수자원 재이용률 등 측면 환경규제 강화 지속 추진</li> <li>○ 국가 물산업 클러스터를 중심으로 전국적인 R&amp;D 인프라 환경 구축</li> </ul>			
	투자동향	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (정부) 노후 하수처리장 현대화(1조 5천억 원) 민자사업 프로젝트 추진</li> <li>○ (기업) 환경에 대한 각종 산업계의 의무가 강화됨에 따라 글로벌 기업들을 중심으로 미래 산업으로서 수처리 산업에 대한 대규모 투자가 진행 중</li> </ul>			

## ■ 글로벌 ESG 이슈와 환경규제 강화로 인해 막여과 폐수처리 필요성과 시장 확대

ESG(Environmental, Social and Governance)에 대한 전 세계적인 관심과 당위성이 높아짐에 따라 환경문제가 주요 화두로 주목되고 각국의 환경규제가 강화되고 있다. 국내의 경우에도 방류수 수질기준 강화 등 폐수처리에 대한 규제가 심화되는 추세이다.

수처리의 패러다임은 물리·화학·생물학적 공정에서 제거 대상이 광범위하고 범용적인 막(membrane) 기반 공정 중심으로 재편되고 있다. 글로벌 환경산업 내 폐기물 분야에 이어 큰 규모를 가지며, 도로 다음으로 가장 큰 인프라 투자 계획이 수립되어 있는 물 산업 내에서 수자원 재이용과 직결되는 폐수처리 분야는 특히 중요한 의미를 가진다. 그에 따라 여과막 내지 분리막을 중심으로 한 폐수처리 고도화에 대한 필요성이 증대되고 있으며, 국내를 비롯한 글로벌 막여과 폐수처리 시장 역시 신규설치 및 노후설비 개보수 (대체)수요를 중심으로 높은 성장세를 이어나가고 있다.

## ■ 융합공정화·신소재개발 등 막 모듈/공정의 성능 개선에 초점을 맞춘 기술개발 진행 중

막여과 기술은 막의 종류, 운전 및 설치 방식, 모듈 구성에 따라 분류되며, 제조, 공법 및 소재 분야를 중심으로 고도화되고 있다. 하수에 포함된 오염물질이 다양화되고 처리 기준이 엄격해짐에 따라 특수·융합 수처리 공법들이 개발되고 있으며, 막 표면에 대한 세척과 막 재사용 문제 해소, 고성능화를 통한 적용분야 확대, 최적화된 막 소재 개발 등 측면에서 글로벌 선두업체들이 기술개발을 주도하고 있다.

국내의 경우 원천 소재와 기술 부재로 인해 선진 기업과의 기술격차가 존재하며 기술자립도가 아직 부족하나, 후발주자로서 융합공법, 혁신소재 등의 개발에 박차를 가하여 시장 재편을 시도하고자 노력하고 있다.

# I. 배경기술분석

## 글로벌 ESG 이슈와 환경규제 강화로 인해 막 기반 폐수처리 필요성 부상

수처리 패러다임은 제거대상이 광범위하고 범용적인 막 중심으로 재편되고 있으며, 글로벌 환경 이슈와 맞물려 필요성과 수요가 증가하는 추세이다.

### 1. 산업 생태계 분석(정의, 구조 및 특징)

#### ■ 수처리 패러다임의 변화 : 물리·화학·생물학적 공정에서 “막” 분리 공정으로

지구 표면의 약 70%가 물에 해당하지만 사실상 인류가 마실 수 있는 물은 1% 미만인 것으로 알려져 있다. 국제연합(UN)이 2025년에는 전 세계 인구의 절반 이상이 물 부족 현상으로 고통 받게 될 것이라고 경고한 바와 같이 기후변화, 수질오염 등으로 인한 문제가 심각한 상황이다. 과거 물은 쉽게 주변에서 구할 수 있는 자원이었으나, 이젠 ‘블루골드(blue gold)’라고 일컬어질 만큼 귀한 자원이 되고 있다. 이에 따라 사용 가능한 수자원을 확보하기 위한 수처리 시장에서 패권을 쥐기 위해 글로벌 기업들은 치열한 기술 경쟁 중이다.

[표 1] 수처리 기술의 패러다임 변화

구분	1세대(1800년대~)	2세대(1920년대~)	3세대(1990년대~)
기술	물리화학적 공정	생물학적 공정	막분리 공정
방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 약품을 사용하여 오염 물질을 응집/침전 후 여과</li> <li>◇ 콜로이드성 물질 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 호기성 및/또는 혐기성 미생물을 이용해 오염물질 분해</li> <li>◇ 용존성 유기물질 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 다양한 분리막을 활용해 오염물질 여과</li> <li>◇ 콜로이드성 및 용존성 유기물질 제거</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 화학약품 사용</li> <li>◇ 다량의 슬러지 발생</li> <li>◇ 설비 투자 비용 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 물리화학적 공정 대비 2차 오염 감소</li> <li>◇ 난분해성 물질 제거를 위한 고도처리 시설 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 환경친화적이며 콤팩트한 설비, 모듈화 구성 가능</li> <li>◇ 조작이 간편하고 자동화가 용이</li> <li>◇ 처리 수질이 안정적</li> </ul>
주요 적용분야	정수 처리	하수 처리	정수/하수 처리

\*출처: 분리막 기반 수처리(시장 전망 및 향후 기술 트렌드), KISTI(2013), NICE평가정보(주) 재구성

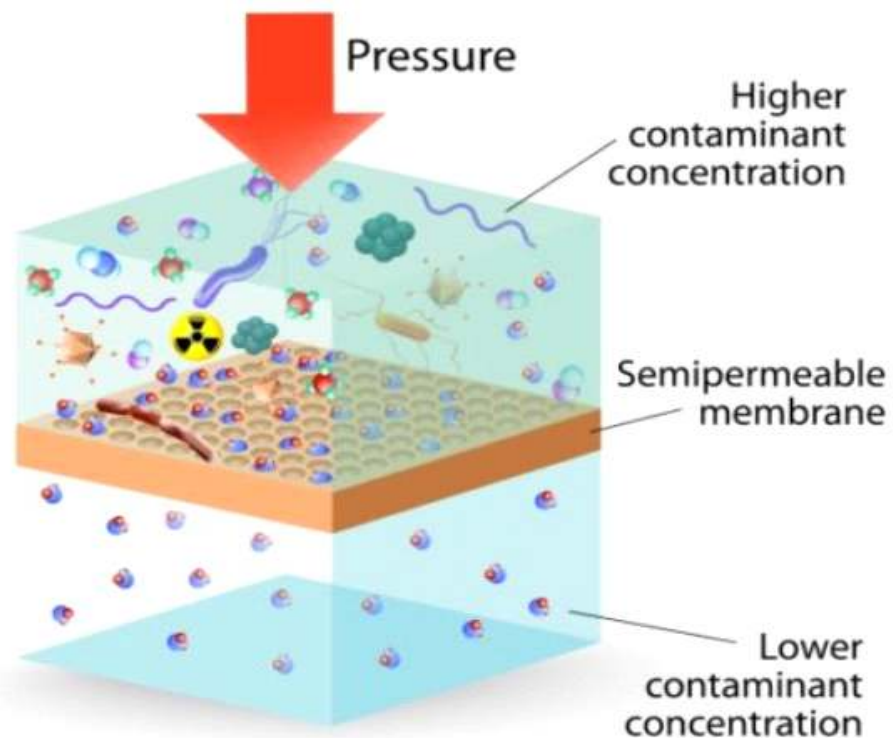
수처리에 사용되는 막분리 공정은 환경 규제가 강화됨에 따라 새로운 오염원 제거 필요 증대, 슬러지 발생량 최소화 필요, 수자원 재이용 시설 확산, 처리 시설의 콤팩트화 니즈 등 시대적 요구에 의해 최상의 방법으로 부상되고 있다.

막분리 공정은 과거 1990년대 초에 개발되었지만 비교적 고가의 제품가격, 과도한 전기 소모량으로 인한 높은 운전비용 등으로 인해 경제성이 떨어져 산업계에서 채택되지 못하였다. 그러나 분리막 기술 저변의 발전으로 가격이 하락함에 따라 전 세계적으로 활용도가 높아지고 있다. 수처리 기술은 기존 물리화학적 공정과 생물학적 공정 대비 수질의 개선효과가 뛰어나고 화학약품의 사용이 최소화되어 환경친화적인 막분리 공정으로 그 패러다임이 변화되고 있는 상황이다.

### ■ 막여과 폐수처리의 정의와 분류

막여과 폐수처리(Membrane Filtration Wastewater Treatment)란 가정이나 산업에서 배출되는 폐수를 방류하거나 재이용하기 위해 여과재로서 막(멤브레인)을 활용하여 폐수 내의 오염물질과 불순물들을 제거하는 일련의 과정을 의미한다[그림 1]. 전통적인 물리화학적 또는 생물학적 공법으로는 처리가 어려웠던 분야에 있어 나노기술을 바탕으로 한 여과막 제조기술로 발전되면서 고효율·고성능의 폐수처리가 가능해졌으며, 적용분야도 다양해졌다.

[그림 1] 대표적인 막여과 공법(역삼투법)의 원리



\*출처: UET WATER (2021)

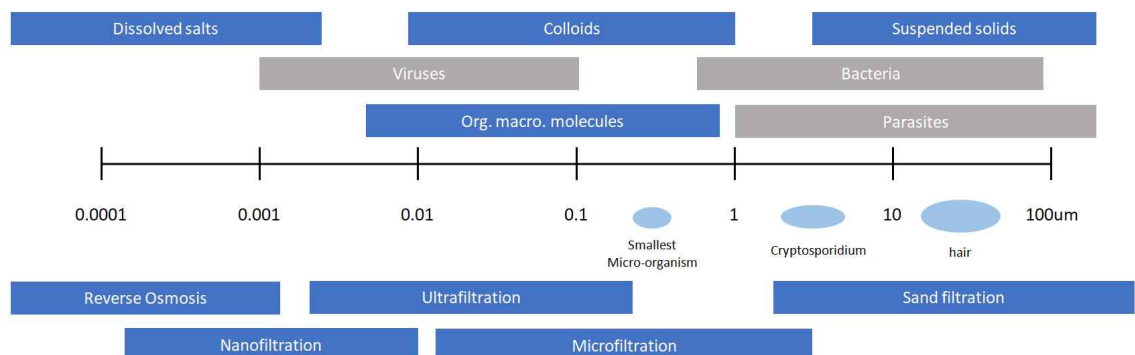
막여과 폐수처리는 미세한 공극을 가지는 얇은 막을 통과시키면서 용매(물)와 용질(제거 대상 물질)을 분리하는 기술로서, 생산되는 처리수의 수질이 안정적이고 시설이 콤팩트하고 운전이 비교적 간단하다는 장점이 있다. 또한, 하폐수의 처리수 재이용 정책 강화, 중수도 보급정책 활성화 등 정책적 모멘텀에 맞물려 점차 적용 분야가 확대되고 있는 추세이다.

막을 이용한 폐수처리 설비 성능에 대한 주요 인자는 막 투과 플럭스(flux, 단위 시간 및 단위 면적당 여과되는 유량), 처리수온, 운전압력, 회수율 등이 있으며, 이러한 공정효율과 막 자체의 성능은 긴밀한 관계이기 때문에 여과막 스펙 설계 시부터 충분한 연구가 필요하다.

막여과 폐수처리는 사용되는 막의 구분에 따라 정밀여과(Microfiltration, MF), 한외여과(Ultrafiltration, UF), 나노여과(Nanofiltration, NF), 역삼투(Reverse Osmosis, RO) 등으로 분류된다[그림 2]. 정밀여과막은 약 100nm~10 $\mu$ m 크기의 부유물질이나 박테리아 등을 분리하기 위한 용도로 사용되는 분리막이며 주로 상하수도 수처리 분야에 활용된다. 한외여과막은 약 1~100nm 크기의 현탁물질과 단백질, 고분자 등의 물질들을 분리해내기 위한 분리막으로서 주로 하수처리 분야에서 사용된다. 나노여과막은 약 1nm 수준 크기의 유기물질 등을 분리하기 위한 것으로서 상수도 처리나 해수담수화 공정 등에 활용된다. 역삼투막은 역삼투압의 원리를 이용하여 이온성 물질이나 중금속 등의 미세 물질을 제거하는 데 사용되거나 해수담수화, 초순수의 제조 등에도 활용된다[표 2].

그 외에도 운전방식에 따라 공급수 전량을 여과하는 전량여과방식과 공급수 중에서 일부에 대해서만 처리하여 파울링(fouling) 문제가 적고 안정적인 유체흐름을 유지할 수 있는 십자흐름여과방식 등으로 구분될 수 있다. 또한, 설치방식에 따라 막모듈이 수조 내에 잠기는 형태의 침지식 시스템과 수조로부터 펌프를 통해 막모듈에 원수가 유입되는 형태의 가압식 시스템으로 구분될 수 있으며, 모듈구성에 따라 평판형, 관형, 나권형, 중공사형 등으로도 분류될 수 있다.

[그림 2] 여과막 종류별 제거대상



\*출처: 분리막 기반 수처리(시장 전망 및 향후 기술 트렌드), KISTI(2013), NICE평가정보(주) 재구성

[표 2] 여과막 종류별 특성 비교

종류	공극직경	분리대상	용도
정밀여과막 (MF)	100~1,000 nm	부유물질, 콜로이드, 박테리아, 세균, 조류 등	상하수 처리
한외여과막 (UF)	1~100 nm	부유물질, 콜로이드, 세균, 조류, 바이러스 등	하수처리 (산업용 폐수)
나노여과막 (NF)	약 1nm	유기물, 농약, 맛·냄새물질, 합성세제, 금속이온 등	해수담수화 전처리, 상수처리
역삼투막 (RO)	1nm 이하	금속/비금속 이온 등	해수담수화, 초순수 제조

\*출처: 수처리용 멤브레인 기술개발 동향 및 시장전망, 차봉준/김호석(2012), NICE평가정보(주) 재구성



■ 산업특징 : 공공사업적 특성, 고부가가치, 대규모 설비산업, 기술집약적 산업

수처리 설비 산업은 상하수도 처리, 폐수처리, 해수담수화 등을 통해 환경보전을 구현하고 지역 사회에 용수를 공급하는 공공 사업적 특성을 가지고 있다. 따라서 공공 기관 주도하에 수처리 시스템의 구축이 진행되는 경우가 많다. 또한, 식수나 용수 등으로 활용할 수 없는 하폐수 및 오수를 정화하여 공업/농업/산업 용수 및 생활식수 등으로 사용할 수 있도록 수자원 품질을 개선시키기 때문에 부가가치가 높은 산업이다.

폐수처리를 위한 막여과 모듈/유닛을 비롯해 물리화학적 전처리를 위한 저류조, 미생물 투입 및 관리 설비, 광학적 설비 등 일련의 대형 설비와 고가의 특수 장치 구축이 필요한 대규모 설비 산업으로서, 설치와 운영에 대규모 투자가 요구되며 이러한 대형 사업 중심 구조로 인해 제조 분야에 대해서도 소수의 글로벌 기업들이 독과점 구조를 형성하고 있다. 또한, IT, BT 등 요소 기술들의 융·복합화를 통한 설비 개선 및 자동화와 효율 개선 등이 요구되며 다양한 오염원에 대한 복합적인 이해가 필요한 기술집약적 산업으로서 기술력 보유 기업들의 시장 지배력이 강한 특성을 가진다.

[그림 3] 막여과 폐수처리 산업의 밸류체인



\*출처: 분리막 기반 수처리(시장 전망 및 향후 기술 트렌드), KISTI(2013), NICE평가정보(주) 재구성

분리막 기반 수처리 산업의 밸류체인은 크게 제조 부문과 건설 부문 및 운영/서비스/관리 부문으로 대별되며, 제조 부문은 소재, 제품, 모듈 및 장치로 세분화되고 운영/서비스/관리 부문은 운전과 관리(O&M) 및 프로젝트 파이낸싱으로 구분된다.

일부 국내 기업이 포진되어 있으나 폐수처리용 막 제조 부문에는 미국, 유럽과 일본의 글로벌 선진기업들(BASF, Dow Chemical, Toray, Asahi Kasei, Kubota, GE, Siemens 등)이 핵심 기술력을 기반으로 시장 지배력을 확보하고 있다. 또한, 폐수처리 산업의 공적 특성으로 인해 건설과 운영/관리 측면에서는 정부나 지자체, 공공기관이 개입되어 프로젝트를 발주하거나 관리하는 경우가 빈번하다.

## 2. 주요 산업 이슈

### ■ 글로벌 화두, ESG : 환경(E) 내 주요테마 중 하나인 '물'

ESG(Environmental, Social and Governance)에 대한 전 세계적인 관심이 높아짐에 따라 환경 이슈가 국내를 비롯한 글로벌 주요 화두로 주목되고 있다. ESG 중 환경(E) 분야에는 온실가스 등 대기과 기후변화 문제, 수질오염이나 물 부족 문제 등이 주요 주제로 포함되어 있기 때문에 수처리 산업에 대한 관심은 지속적으로 커질 것으로 전망된다.

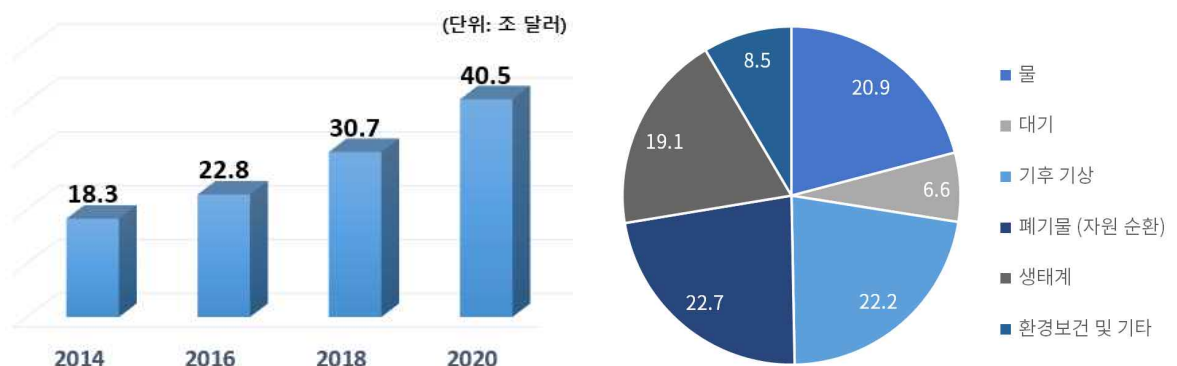
[표 3] ESG 주요 주제

환경(E)	사회(S)	지배구조(G)
<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 기후변화 및 탄소배출</li> <li>◇ 대기 및 수질오염</li> <li>◇ 생물의 다양성</li> <li>◇ 삼림 벌채</li> <li>◇ 에너지 효율</li> <li>◇ 폐기물 관리</li> <li>◇ 물 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 고객 만족</li> <li>◇ 데이터 보호 및 프라이버시</li> <li>◇ 성별 및 다양성</li> <li>◇ 직원 여가</li> <li>◇ 지역사회 관계</li> <li>◇ 인권</li> <li>◇ 노동기준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 이사회 구성</li> <li>◇ 감사위원회 구조</li> <li>◇ 뇌물 및 부채</li> <li>◇ 임원 보상</li> <li>◇ 로비</li> <li>◇ 정치 기부금</li> <li>◇ 내부 고발자 제도</li> </ul>

\*출처: 금융투자협회, '최근 글로벌 ESG 투자 및 정책동향(2020)' NICE평가정보(주) 재구성

글로벌지속가능투자연합(GSIA) 통계에 따르면, 전세계 ESG 투자규모는 2014년 18.3조 달러에서 지속적으로 성장하여 2020년 6월 말 기준으로 약 40.5조 달러의 규모를 형성한 것으로 확인된다. ESG 중 환경 분야 내에서는 산업의 규모 측면에서 '폐기물' 분야가 22.7%로 가장 높은 비중을 차지하며, '물' 분야도 20.9%로 높은 비중을 차지한다. 그 외에 기후 기상 분야(22.2%), 생태계 분야(19.1%), 환경보건 및 기타(8.5%) 등이 있다. 물 산업은 세계 인구 증가, 도시화 및 산업화 등에 따른 물 수요 증가, 충분치 않은 인프라 등으로 인해 꾸준히 성장할 것으로 전망되고 있다.

[그림 4] 글로벌 ESG 자산 규모(좌)와 세계 환경산업 내 시장분포(우)



\*출처: GSIA(2020), The Global Environmental Market(EBI, 2017), NICE평가정보(주) 재구성

■ 방류수 수질 규제에 따른 폐수처리 산업 고도화 추세

1960년 이전에는 도시인구 집중이나 산업화가 아직 이루어지지 않아 물산업이나 수질에 대한 관리 이슈는 단순한 도시 정비 사업의 일부로만 여겨졌지만, 이후 급속한 도시화와 산업화 및 생활수준 향상 등으로 인해 수처리 산업은 질적인 성장이 요구되어 왔다.

그에 따라 선진국뿐만 아니라 국내에서도 방류수 수질 기준이 지속적으로 강화되고 있다. 예컨대 수질오염물질 관리를 강화하기 위해 배출허용기준 적용 대상물질이 2000년 27종에서 2013년 46종으로 확대되었고, 그 중에서 특정 수질유해 물질의 경우에는 2000년 17종에서 2013년 28종으로 확대되었으며 2016년 들어서는 35종으로 확대가 지속되었다. 이러한 수질 규제 강화에 따라 폐수처리 산업은 구조가 다양해지고 기술이 고도화되며 국제화될 것으로 예상된다.

[표 4] 공공하수처리시설 방류수 수질 기준 강화지역 및 시설

지역명	공공하수처리시설명	시설용량 (1,000 m <sup>3</sup> /day)	방류수 수질기준 (BOD, mg/L)		
			현행	강화수질	시행기간
남양주	진건	125	10.0	5.0	2021.1.1 ~ 2030.12.31
	지급	43		5.0	2021.1.1 ~ 2030.12.31
성남시	성남	460		3.0	재건축 후 사용개실로부터 10년간
안양시	석수	300		5.0	2021.1.1 ~ 2030.12.31
	안양	250		4.5	2021.1.1 ~ 2030.12.31
용인시	수지	150		5.0	2021.1.1 ~ 2030.12.31
	의정부	의정부		200	3.0
		민락		16	5.0
하남시	하남	66		3.0	2021.1.1 ~ 2030.12.31
부천시	굴포	900		5.0	2021.1.1 ~ 2030.12.31
서울시	중랑	1,590		6.5	시설고도화(총인처리) 완료일로부터 10년
	탄천	900		7.0	
	난지	860		7.0	
	서남	1,630		7.0	

\*출처: 환경유역환경청, NICE평가정보(주) 재구성

[표 5] 수질오염물질 배출허용기준 (2020년 1월 1일부터 적용기준)

구분	1일 폐수배출량 2,000m <sup>2</sup> 이상			1일 폐수배출량 2,000m <sup>2</sup> 미만		
	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	부유물질량 (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	부유물질량 (mg/L)
청정지역	30이하 (상동)	25이하 (40이하)	30이하 (상동)	40이하 (상동)	30이하 (50이하)	40이하 (상동)
가지역	60이하 (상동)	40이하 (70이하)	60이하 (상동)	80이하 (상동)	50이하 (90이하)	80이하 (상동)
나지역	80이하 (상동)	50이하 (90이하)	80이하 (상동)	120이하 (상동)	75이하 (130이하)	120이하 (상동)
특례지역	30이하 (상동)	25이하 (40이하)	30이하 (상동)	30이하 (상동)	25이하 (40이하)	30이하 (상동)

\*주: 괄호는 2019년 12월 31일까지의 적용기준

\*출처: 물환경보전법, NICE평가정보(주) 재구성



## II. 심층기술분석

### 막여과 폐수처리 기술은 제조, 공법, 소재를 중심으로 성장 중

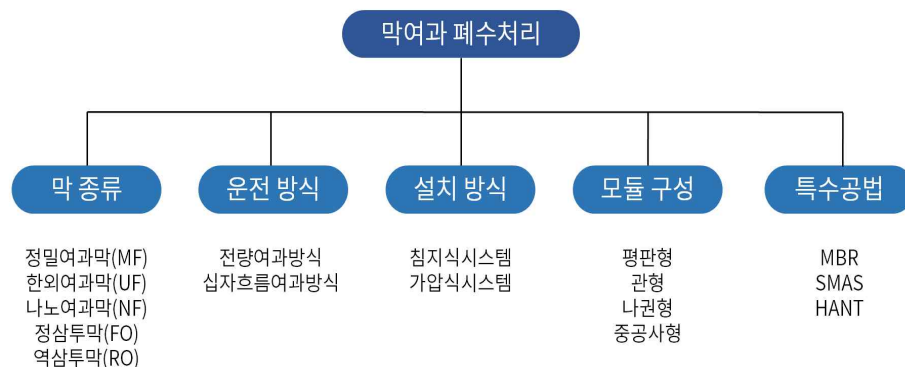
막여과 수처리 기술은 목적과 용도별로 다양하게 구분되며, 융합공정화·고성능화·소재개발 등의 측면으로 개발되고 있는 추세이다.

#### 1. 핵심 요소기술

##### ■ 막여과 폐수처리는 막 종류, 운전/설치 방식 및 모듈구성에 따라 분류됨

막여과 폐수처리 기술은 사용되는 막(멤브레인)의 종류와 더불어 운전방식과 설치방식, 막 모듈의 구성방식, 특수공법 등에 따라 구분될 수 있는데, 그에 따른 분류는 다음 [그림 5]와 같다. 한편, 환경부의 막여과 정수시설의 설치기준(환경부고시 제2012-119호)에 따르면 막 종류에 따른 구분 기준에서 정밀여과막, 한외여과막, 나노여과막 및 역삼투막에 대한 정의는 다음 [표 6]과 같다.

[그림 5] 막여과 폐수처리 기술에 따른 분류



\*출처: 막여과기술을 이용한 하·폐수 처리기술 특허동향, NICE평가정보(주) 재구성

[표 6] 여과막 종류별 정의

종류	정의
정밀여과막(MF)	부유 물질이나 원충(원충), 세균, 바이러스 등을 체가름 원리에 따라 입자의 크기로 분리하는 여과막
한외여과막(UF)	원충, 세균, 바이러스, 부식산 등을 체가름 원리에 따라 분자의 크기로 분리하는 여과막
나노여과막(NF)	이온이나 저분자량 물질 등을 제거하는 여과막
역삼투막(RO)	물은 통과하지만 이온은 통과하지 않아 이온물질을 제거하는 여과막
해수담수화 역삼투막	역삼투막을 이용하여 해수 중 염분을 제거하는 여과막

\*출처: 막여과 정수시설의 설치기준(환경부고시 제2012-119호), NICE평가정보(주) 재구성


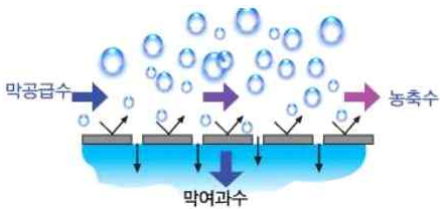
■ 운전방식 : 전량여과방식과 십자흐름여과방식

막여과 폐수처리 공정의 운전방식으로는 유입되는 원수(피처리수)의 전부 혹은 대부분을 여과시키는 전량여과방식(Dead-end filtration method)과 처리수가 여과막에 투과되는 방향에 대해서 수직 방향으로 원수가 흐르도록 제어하여 유입되는 원수가 흐르는 과정에서 일부분이 여과되는 형태의 십자흐름여과방식(Cross flow filtration method)이 있다.

전량여과방식의 경우 공급되는 원수의 전체를 모두 여과시키기 때문에 처리되는 원수의 절대적인 양은 많지만 유체흐름을 저속으로 제어해야하여 유속상의 효율이 떨어지고 막에 대한 파울링 현상이 심화될 수 있다는 문제가 있다.

한편, 십자흐름여과방식은 공급되는 원수에 포함된 현탁 물질 등으로 인한 파울링 현상에 대한 리스크가 상대적으로 적고 안정적인 유속의 유체흐름을 확보할 수 있으나 에너지 소모량이 비교적 높아 운전비용 상승의 문제가 있다.

[표 7] 막여과 폐수처리 시스템 운전방식에 따른 분류

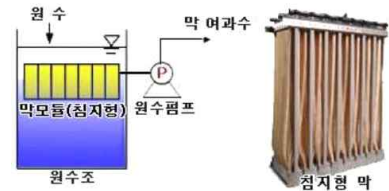
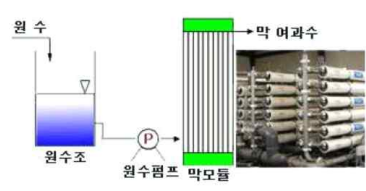
항목	전량여과방식	십자흐름여과방식
개념도		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 공급수 전량을 여과하는 방식</li> <li>◇ 막 표면에 쌓이는 오염물질을 정기적으로 제거해야 함(역세척)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 공급수가 막 표면을 따라 흐르면서 공급수와 수직방향으로 여과 진행</li> <li>◇ 공급수 중 현탁물질이나 콜로이드가 막 표면에 퇴적되는 현상이 억제됨</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 동력비가 저렴</li> <li>◇ 펌프 용량이 작고 에너지 효율이 양호함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 높은 탁도의 원수에서도 안정적인 유속(flux) 유지 가능</li> <li>◇ 막 표면유속에 의해 여과저항이 일정하게 유지될 수 있어 연속운전에 유리</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 고탁도 원수의 경우 유속이 느려짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 동력비가 높음</li> </ul>

\*출처: 막여과기술을 이용한 하·폐수 처리기술 특허동향, NICE평가정보(주) 재구성

■ 설치방식 : 침지식 시스템과 가압식 시스템

막여과 폐수처리 공정 시스템이나 설비의 설치방식은 원수가 공급 및 정지되는 수조와 막 모듈 및 펌프의 배치구조에 따라 침지식 시스템과 가압식 시스템으로 구분된다. 침지식 시스템은 피처리수가 담겨있는 원수조 내에 막모듈이 침지되도록 설치하는 방식으로서 설비부지 최소화, 시스템 단순화 등의 장점이 있으나 낮은 유속(flux)을 나타내는 단점이 있다. 반면, 가압식 시스템은 원수조 외부의 별도 위치에 막 모듈을 설치하는 방식으로 오염물질의 농도가 높은 원수에 대해서는 전처리가 필요하며 시스템이 복잡하나 미관에 양호하고 대형화에 적합하다.

[표 8] 막여과 폐수처리 시스템 설치방식에 따른 분류


항목	침지식 시스템	가압식 시스템
개념도		
운전특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 원수조 내에 막 모듈을 침지시켜 설치하는 형태</li> <li>◇ 운전압은 0.2~0.4 kg/cm<sup>2</sup> 수준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 원수조 밖(지상) 별도 위치에 막 모듈을 설치하는 형태</li> <li>◇ 운전압은 1~3 kg/cm<sup>2</sup> 수준</li> </ul>
적용대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ MBR, 하수처리, 오폐수처리 등 높은 농도의 원수처리에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 정수, 하폐수 등에 대한 처리 가능하나 전처리 공정이 수반되어야 하기 때문에 고농도 원수처리에 불리</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 모듈설치를 위한 별도 부지 불필요</li> <li>◇ 시스템 단순, 고농도 폐수처리 가능</li> <li>◇ 막 수명이 길고 공정 자동화 가능</li> <li>◇ 전처리 공정 불필요하고 경제적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 미관이 양호, 이미지 개선 효과 큼</li> <li>◇ 대형화에 적합함</li> <li>◇ 높은 유속(플럭스) 확보 가능</li> <li>◇ 막 세척, 공정자동화 용이</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 낮은 유속(플럭스)을 나타냄</li> <li>◇ 수중 설치로 인해 미관개선효과 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 고농도 폐수적용 어렵고 전처리 필요</li> <li>◇ 복잡한 시스템 구조</li> <li>◇ 설치를 위한 추가부지 확보 필요</li> </ul>

\*출처: 막여과기술을 이용한 하·폐수 처리기술 특허동향, [www.poplant.or.kr](http://www.poplant.or.kr), NICE평가정보(주) 재구성

■ 모듈구성 : 평판형, 관형, 나권형, 중공사형

폐수처리에 사용되는 여과막은 물리적·기계적 물성 확보와 공정 효율 개선 등의 측면에서 다양한 모듈 형태로 활용되며, 모듈 구성에 따라 평판형(Plate & Frame), 관형(Tubular), 나권형(Spiral-wound), 중공사형(Hollow Fiber) 등으로 구분될 수 있다.

[표 9] 막여과 폐수처리 시스템 설치방식에 따른 분류

항목	평판형	관형	나권형	중공사형
이미지				
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 가장 기본형태</li> <li>◇ 다양한 크기 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 난류형성이 용이</li> <li>◇ 전처리공정에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 여러 겹의 평판형 여과막을 말아놓음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 수많은 섬유를 중공관 형태로 배열</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 분해/세정 용이</li> <li>◇ 고농도 처리 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 파울링 내성 확보</li> <li>◇ 높은 유속 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 모듈 집적화 용이</li> <li>◇ 와류증대 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 저점도 처리용이</li> <li>◇ 저슬러지 처리용이</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 오염물질 하중집중</li> <li>◇ 집적성이 떨어짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 제작/교환 고비용</li> <li>◇ 넓은 설치공간</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 낮은 유속으로 연속공정 비효율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 고압 조건 하에서 운전이 어려움</li> </ul>

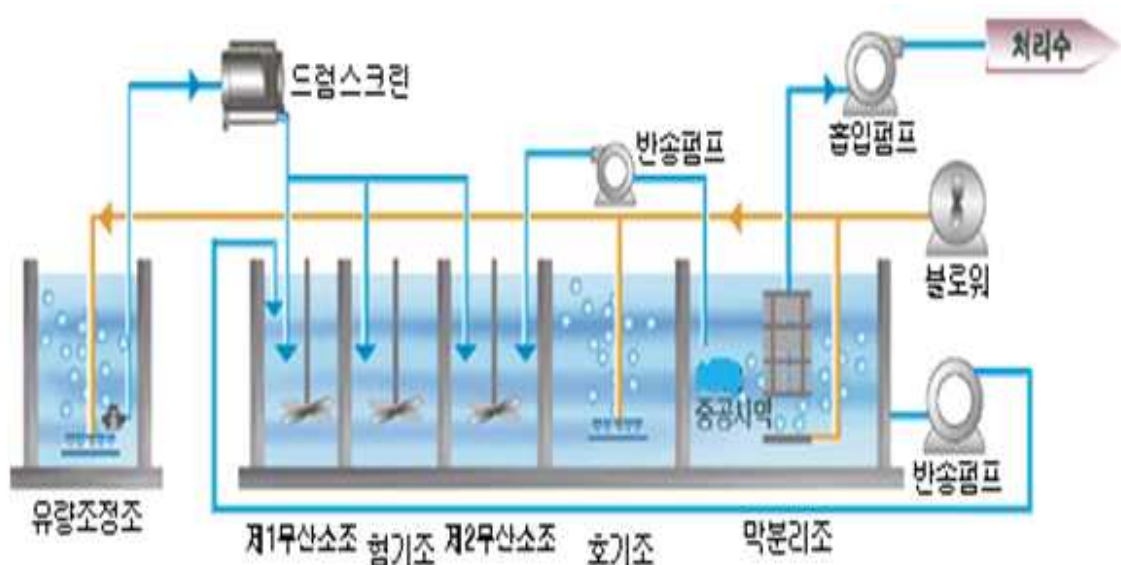
\*출처: [www.forwardosmosistech.com](http://www.forwardosmosistech.com), NICE평가정보(주) 재구성

■ 폐수처리 공법 : MBR법

MBR(Membrane bio-reactor) 공법은 막여과 공정과 생물학적 처리 공정을 융합한 폐수처리 공법으로서 침전조 없이 수조 내에 MBR 막모듈을 침지식으로 설치하고 흡입 여과시키는 방식이다. MBR 공법은 침전조를 수반하지 않더라도 슬러지의 침강 성질과 관계없이 부유 고형물을 전량 제거할 수 있으며 유기물이나 질소, 인 등을 철저히 제거하면서도 높은 미생물 농도를 유지할 수 있다. 또한, 침전조가 요구되지 않기 때문에 폭기조의 용량을 줄임으로써 공정 및 설비를 간소화할 수 있다.

MBR 공법은 내오염성이 높은 소재와 모듈 구조를 활용하여 유기물, 미생물, 입자 등에 대한 내성이 양호하고 생분해와 화학반응이 일어남에 따른 소재 성능 저하를 차단하기 위한 기계적 안정성 역시 확보하고 있다.

[그림 6] MBR 공법 처리 계통도



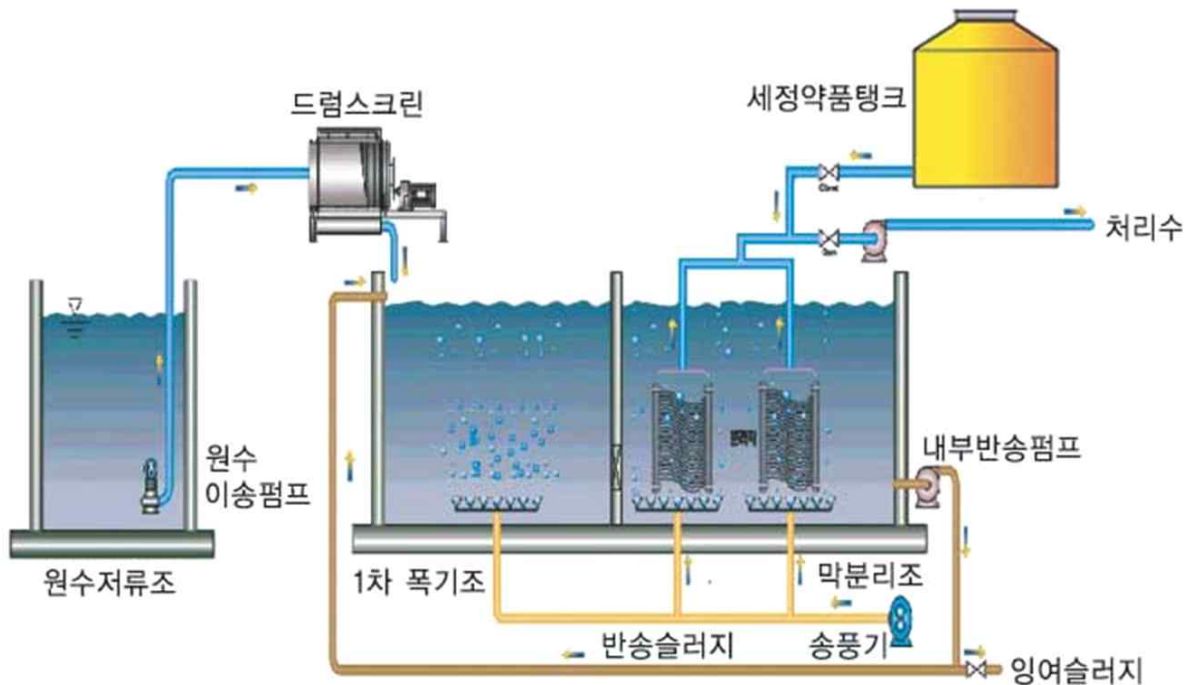
\*출처: (주)수엔테크 홈페이지(www.suentech.com)

■ 폐수처리 공법 : SMAS법

SMAS(Submerged-type membrane aeration system) 공법은 기존에 침전조에서 수행되던 처리수-부유물 간 분리 과정을 막분리조 내 침지된 중공사막을 통해 수행하는 막일체형 공법이다. 침지된 중공사막을 외부 펌프에 연결하고 중공사막 내부에 음압을 형성시키면 막 외부의 피 처리수가 막으로 이동하면서 여과가 수행된다. 그 과정에서 이물질들로 인한 파울링(막 공극차단) 현상을 억제하기 위해 미생물의 호흡기작을 활용해 중공사막 쪽으로 공기를 공급한다.

SMAS 공법을 통해 고-액 분리 과정은 이물질의 크기에 의해 일어나기 때문에 처리수 내 이물질을 완벽히 제거 가능하며 미생물이 외부로 유출되지 않아 처리조 내의 미생물 농도를 높은 수준으로 유지할 수 있다. 또한, 별도의 침전조가 필요 없는 침지식 구성이기 때문에 전체 설비의 부지 면적을 절감할 수 있다.

[그림 7] SMAS 공법 처리 계통도



\*출처: 퓨처에코 홈페이지(www.ecofuturenetwork.co.kr)

■ 폐수처리 공법 : HANT법

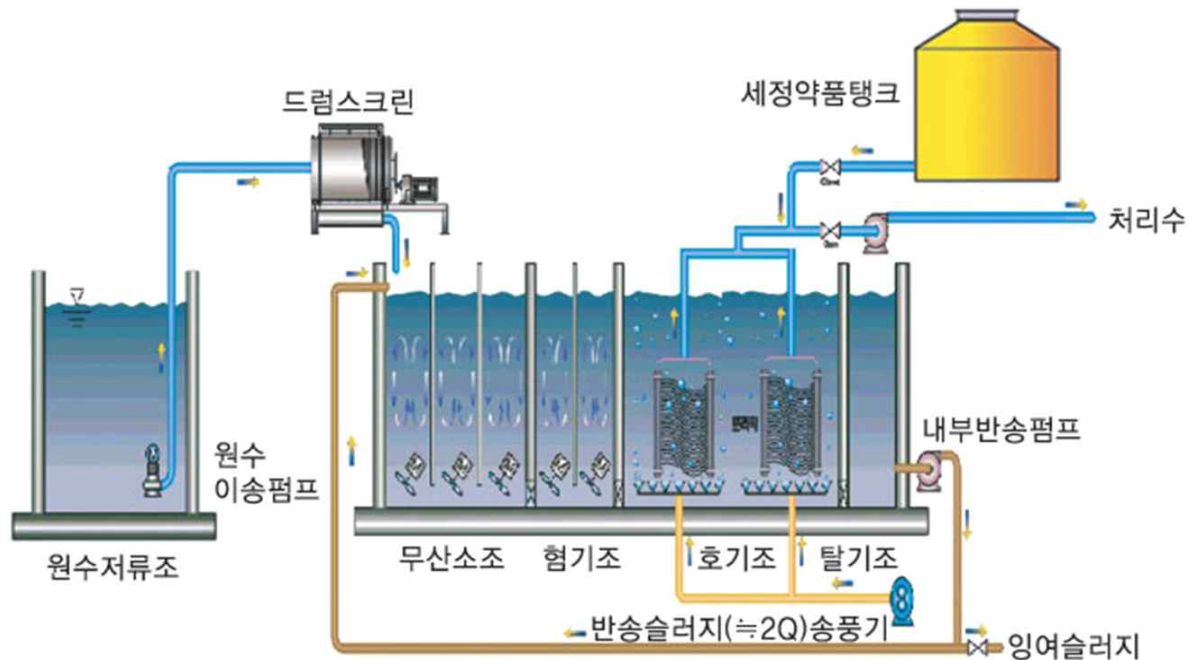
대한통운은 현대엔지니어링과 공동으로 질소와 인을 동시에 제거할 수 있는 MBR 공법인 ‘막 일체형 생물학적 하·폐수 고도처리공법’ 일명 HANT(Hyundai advanced nutrients treatment)공법을 2000년부터 개발했다. HANT 공법은 기존 대한통운의 SMAS공법과 현대엔지니어링의 질소·인 처리기술이 융합된 고도처리기술로서 국내 최초의 막을 이용한 고도처리 기술이다.

HANT 공법은 유량조정조 → 드럼스크린 → 무산소조 → 혐기조 → 막분리호기조 → 탈기조 → 방류수조의 순으로 구성된다. HANT 공법은 질소와 인을 동시에 제거하기 위한 A<sub>2</sub>O공법 등의 혐기조 → 무산소조 배열과는 달리 무산소조 → 혐기조 순으로 구성되는데, 이는 국내 하수 성상의 특징 중 하나인 낮은 질소 제거율을 고려하여 무산소조를 상류 측에 두고 유입수를 최후에 무산소조로 유입시켜 C/N(Carbon/Nitrogen)비를 높이기 위한 공정 배열이다. 무산소조에서 탈질화가 수행되고 혐기조에서 인 방출이 일어나며 막분리호기조 내에서 질산화와 인의 과잉섭취와 남은 용존유기 물질의 제거 및 고·액 분리가 수행된다.

막분리호기조 내의 혼합액은 막분리호기조와 탈기조 사이의 개방된 부분을 통해 하류 측의 탈기조로 자연 이송된다. 탈기조는 질산성 질소가 포함된 혼합액을 무산소조로 반송하기 전에 혼합액에 잔류하는 유리산소(O<sub>2</sub>)를 제거함과 동시에, 탈기조 내 유입되어 농축된 MLSS(활성 오니법에서 폭기조내 혼합액의 평균 부유물 농도[mg/l]를 말함)를 무산소조로 반송시킴으로써 무산소조 내 MLSS 농도를 유지시키는 역할을 한다. 이때 외부반송 필요 없이 하나의 내부반송만으로 탈질을 위한 혼합액 반송과 슬러지 반송이 동시에 일어날 수 있다는 특징이 있다.



[그림 8] HANT 공법 처리 계통도



\*출처: 퓨처네코 홈페이지(www.ecofuturenetwork.co.kr)

## 2. 발전 방향 및 개발 트렌드

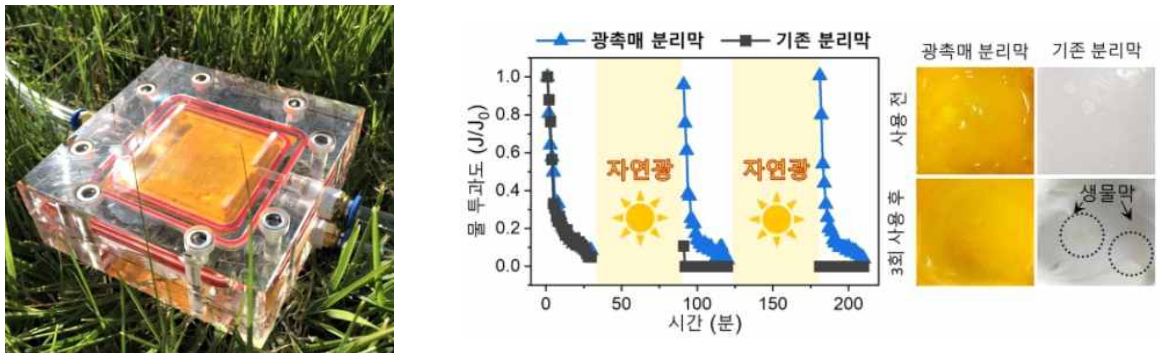
### ■ 발전하는 수처리용 분리막 기술 : 다시 쓰는 수처리 분리막

최근 국내에서 획기적인 수처리 분리막 기술이 개발되고 있으며, 특히 세척하여 재사용할 수 있는 수처리 분리막 기술이 이목을 끌고 있다. 수처리용 분리막은 다양한 유기 고분자 물질과 세라믹 등과 같은 무기 물질을 통해 제조되는데, 지속적으로 사용하게 되면 분리막 표면에 미생물과 슬러지가 쌓이는 파울링 현상으로 인한 막 오염이 발생된다. 오염된 분리막은 적어도 1주에 1회 이상 정도 6시간 이상의 화학 약품 처리를 통해 세척해야만 재사용이 가능한 실정이다. 그 때문에 유지 비용이 높고 세척 약품에 의한 분리막 손상으로 수명이 저하되는 문제가 있었다.

이러한 상황에서 한국과학기술연구원(KIST) 물자원순환연구센터 연구팀은 오염된 분리막 표면에 햇빛을 쬐면 스스로 세척되는 분리막 소재를 개발하는데 성공하였다. KIST 연구팀은 가시광선에 반응하는 광촉매를 수처리 분리막 표면에 처리하여 가시광선을 조사하였을 때 표면에 쌓인 오염물질들이 완전히 분해되도록 하였다. 특히 분리막 표면에 축적된 고농도의 대장균과 황색포도상구균 등과 같은 박테리아와 바이러스 등을 최대 1시간 안에 99.9% 제거하는 데 성공했으며, 미생물뿐 아니라 염료 등 유기 오염물질과 중금속까지도 처리할 수 있게 되었다.

쉽게 세척이 가능할 뿐만 아니라 10회 이상 반복 테스트에도 성능이 유지되는 등 높은 내구성도 입증하였다. 해당 연구는 국제학술지인 'Applied Catalysis B: Environmental'에도 게재(2021)되었다. KIST 연구팀이 개발한 광촉매 수처리 분리막은 기존 수처리용 분리막이 가진 막 오염 문제와 세척 문제 및 높은 유지 관리 비용 문제들을 해결함은 물론 내구성도 확보하여 물 산업에 기여할 것으로 전망되고 있다.

[그림 9] KIST 연구팀이 개발한 수처리 분리막 사진(좌) 및 개념도(우)



\*출처: 월간퓨처에코(KIST, 2021.01), 워터저널(2020.12)

■ 발전하는 수처리용 분리막 기술 : 고성능화를 통한 적용분야 확대

수처리용 분리막에 대한 연구와 투자가 점차 늘어나면서 수처리 분리막은 점차 고성능으로 발전하고 있는 추세이다. 코오롱은 멤브레인을 수처리, 정수 등 물산업에는 물론 수소 시대를 맞아 수소차 연료전지의 필터에도 활용함으로써 기술적 성과를 내고 있다. 수소차 연료전지에 들어가는 코오롱의 필터는 수분만 통과시키는 막여과 기술을 적용함으로써 외부에서 유입되는 공기와 미세먼지를 여과하여 수소차 연료전지 모듈의 완성도를 높이고 있다.

나노기술 소재 전문부품기업인 시노팩스의 분리막 기술도 최근 주목받고 있다. 수입 의존도가 높은 고성능 필터의 국산화를 도모하고 있는 시노팩스는 수처리용 멤브레인 필터를 비롯해 반도체, LCD 생산 라인용 고성능 필터(막모듈)를 개발하여 호평을 받으며 국내외에 공급 중이다. 특히 순수 내지 초순수가 필요한 정밀전자산업(반도체 등)에까지 분리막 및 필터기술을 적용하여 삼성전자, LG디스플레이 등에 납품하고 있다.

지난해 LG화학으로부터 고성능의 멤브레인 생산설비를 인수한 시노팩스는 김천공장을 확장 및 리모델링하여 올해 4월부터 다양한 막모듈 필터 양산을 수행하고 있다. 수처리 분리막을 포함하여 기체 분리용, 의료기기/제약/바이오용, 식음료 제조용, 초순수 제조용, 해수담수화 전처리용 등 다양한 분야에 적용 가능한 막모듈 제품을 생산 및 납품하고 있다.

[그림 10] 다양한 용도의 분리막 및 막모듈 기술을 개발하고 있는 시노팩스



\*출처: 시노팩스

■ 발전하는 수처리용 분리막 기술 : 신소재 개발

세계 각국의 분리막 기술과 분리막 공정기술은 이미 상용화되어 있으며 각종 분야에서 시장이 증대되고 있는 추세이나, 환경개선에 대한 수요가 급증함에 따라 높은 투과도와 제거율, 막 오염 저항성과 화학적 세정에 대한 안정성을 가진 고성능의 분리막 소재 개발이 요구되고 있다.

기존 상업화된 수처리용 분리막 기술은 재료적 한계와 공정 최적화 기술 등에 있어 포화상태에 있으며 이를 해소하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 분리막 기술과 나노 기술의 접목으로 다양한 특성을 가지는 새로운 형태의 분리막 제조가 개발되고 있다. 수처리 분리막 소재의 경우 최근 나노물질(예컨대 탄소나노튜브, 알루미나 섬유 등)을 이용하여 막의 구조를 조절하는 연구들이 시도되고 있다.

국내의 경우 2009년부터 막분리 공정이 본격적으로 도입되었으며 관련 산업이 빠르게 성장하고 있지만, 아직 원천소재에 대한 기술부재로 인해 선진기업과의 기술격차가 존재하며 핵심 소재에 대한 기술자립도가 아직 미미한 수준이다. 업계 전문가들은 선진국 대비 국내 기술력은 약 70~80% 수준이라고 평가하고 있다. 기술격차가 존재하는 상황에서 후발주자인 국내 기업들은 미래 트렌드에 부합되는 혁신 소재기술을 개발함으로써 시장의 재편을 시도하려는 노력이 필요할 것으로 평가된다.

수처리 분리막 소재 분야의 국내 연구는 주로 MF와 UF 분리막 중심으로 이루어지고 있으며, 제조기술 수준이 아직 글로벌 리딩기업 대비 많이 부족한 현실이다. RO나 NF 분리막에 대한 연구와 제조활동은 도레이케미칼을 제외한 다른 기업에서는 거의 이루어지지 않고 있다. 최근 제일모직, LG전자, LG화학, 호남석유화학, SK 등에서는 주로 PVDF(Polyvinylidene fluoride) 다공성 분리막을 제조하는 연구를 수행하고 있다.

[표 10] 분리막 소재별 특성

종류	장점	단점	응용분야
PVDF(Polyvinylidene fluoride)	내약품성, 강도	소수성, 내화학성	MF,UF
PTFE(Polytetrafluoroethylene)	내화학성, 내열성	소수성	MF,UF
PES(Polyethersulfone)	내열성, 친수성	내화학성	MF,UF
PA(Polyamide)	내열성, 안정성	염소저항성	MF,UF,RO
CA(Cellulose acetate)	친수성	내화학성,미생물저항	MF,UF,RO
PAN(Polyacrylonitrile)	친수성	강도	MF,UF
PP(Polypropylene)	강도, 내열성	소수성, 내화학성	MF
PE(Polyethylene)	내열성, 내약품성	소수성, 내화학성	MF
PS(Polysulfone)	내열성, 염소저항성	낮은 한계압력	MF,UF
PVA(Polyvinylalcohol)	친수성	-	NF
Ceramic	기계강도, 내화학성	전단력	MF,UF

\*출처: 중소·중견기업 기술로드맵(화학소재공정), 중소기업청(2017), NICE평가정보(주) 재구성

### Ⅲ. 산업동향분석

#### 신규/대체 수요를 중심으로 국내 및 글로벌 막여과 수처리 시장 지속 성장

수자원 수요증대, 하수 재이용률 증가, 환경 기준과 규제 강화 등으로 인해 역삼투막(RO)을 중심으로 세계 시장은 높은 성장추세를 보이고 있으며, 국내 역시 대체수요를 중심으로 성장세가 지속될 전망이다.

##### 1. 산업트렌드 및 성장전망

##### ■ 강화되는 환경규제와 노후시설 대체수요를 토대로 성장세 지속될 전망

이상기후 발생 빈도 증가와 그에 따른 급격한 수질변화, 방류수 수질 기준 강화 등 하수도 시설 운영 전반에 대한 개선이 요구되고 있으며, 그에 따라 관련 법령과 규제가 강화되고 있다. 특히 질소, 인 제거를 넘어 인체에 영향을 미치는 각종 미량 유해물질에 대한 관리/처리 강화가 요구되고 있어 더욱 고도화된 수처리 기술력 확보가 필요한 실정이다.

국내 하수처리시설은 1990년~2000년대에 집중적으로 설치되었기 때문에 2021년이 된 현재 시점에서 노후 하수처리시설의 급증이 예상되고 있다. 더불어 유입수질의 농도가 꾸준히 증가함에 따라 하수처리의 안정성이 우려되면서 노후 시설에 대한 개보수 필요성은 높아지고 있다. 국내 하수도 보급률은 1980년대 들어서부터 빠르게 증가하여 2010년에 이미 90%를 넘었으며 2019년 기준 94.3%에 달하고 있다. 따라서 향후 상하수도 신축 내지 신규 시설투자 시장보다는 노후화된 시설에 대한 유지, 보수, 개조 시장을 중심으로 수요가 성장하면서 막여과 폐수처리 시장의 지속적인 성장세를 견인할 것으로 전망된다.

위와 같이 구축된 시설 노후화에 따른 시설 및 기자재 개·대체 수요뿐만 아니라 탄소저감이나 친환경에너지 이슈 등으로 인해 에너지 및 운영비용 절감을 위한 기자재, 공법 변경에 따른 수요, 기술자립화 내지 국산화에 따른 수요, 효율적인 운영·유지관리 및 안정적인 서비스제공을 위한 지능형 시설관리 기술 및 초고도 수처리 기술에 대한 수요 등도 매우 높을 것으로 예측되고 있다.

[표 11] 국내 연도별 하수시설 보급현황

연도(년)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
하수시설 보급률(%)	90.1	90.9	91.6	92.1	92.5	92.9	93.2	93.6	93.9	94.3

\*출처: 하수도통계(환경부), NICE평가정보(주) 재구성



## 2. 국내 · 외 시장규모

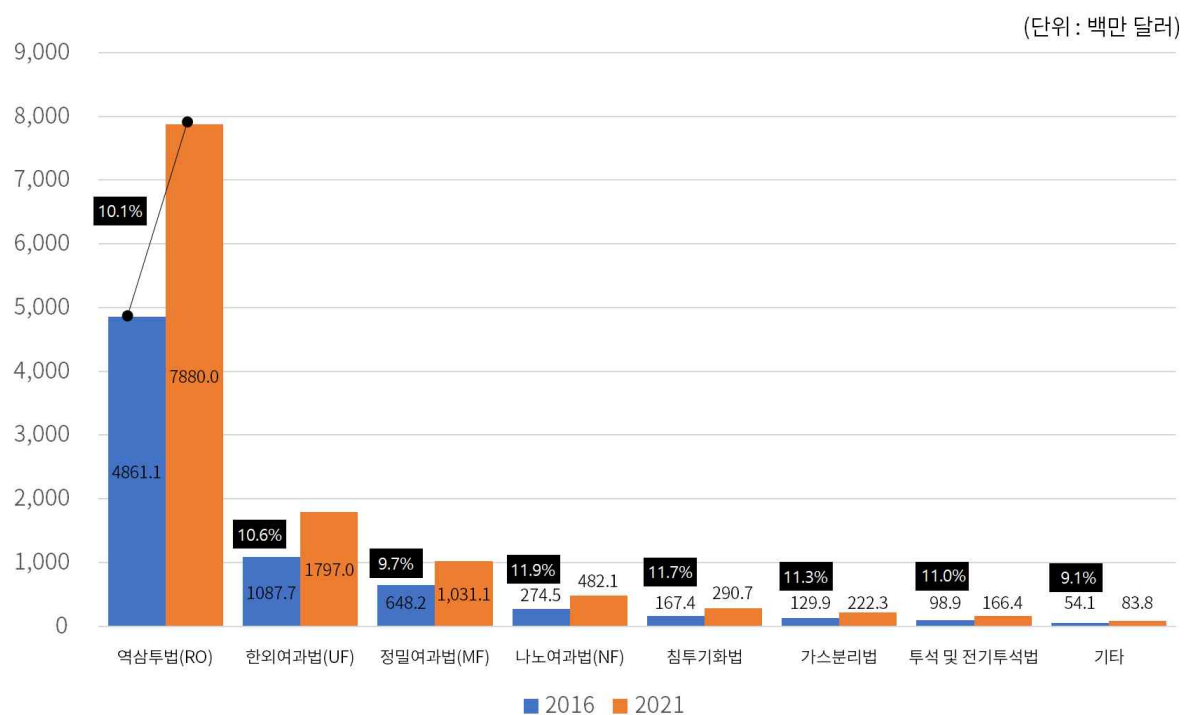
### ■ 세계 멤브레인 시장은 막 종류(기술) 중 역삼투막(RO)이 최대 규모와 성장세

전 세계 멤브레인 시장은 2016년 73억 2,170만 달러에서 연평균 10.3% 성장하여 2021년에는 119억 5,340만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망되고 있다.

2006년부터 2012년까지 계약된 수처리 기술 중 역삼투법(RO) 방식이 가장 높은 비중을 차지하며, 특히 담수화 분야의 경우 역삼투법이 표준으로 자리매김하고 있다. 하루 처리 용량 기준으로 2011년 계약된 담수화 프로젝트 중 역삼투법 방식이 440m<sup>2</sup>/day로 전체 480m<sup>2</sup>/day 중 약 92%를 차지했으며, 2012년의 경우에도 전체 130m<sup>2</sup>/day 중 120m<sup>2</sup>/day를 차지하는 등 절대적인 비중을 보이고 있다.

Markets and Markets의 글로벌 멤브레인(여과막) 시장 보고서(2017)에 따르면, 글로벌 멤브레인 전체 시장규모는 2016년 73억 2,170만 달러에서 연평균 10.3%씩 성장하여 2021년에는 119억 5,340만 달러로 추산되며, 이 중 역삼투법(RO)이 2016년 기준 48억 6,110만 달러 규모로 약 66%의 비중으로 차지하면서 10%대 성장률을 보이며 전체 성장세를 견인하고 있다.

[그림 11] 세계 멤브레인 시장의 기술별 시장규모 및 전망



\*출처: Membrane Market, Markets and Markets(2017), NICE평가정보(주) 재구성

### ■ 한국: 2015년 약 1.4조 원에서 20.8% 성장, 2020년 기준 약 3.7조 원 규모 예상

GWIB보고서에 따르면 국내 수처리 분리막 시장규모는 2015년 기준 1,231.4백 만 달러(약 1.4조 원)에서 연평균 20.9%씩 성장하여 2020년에는 3,165.3백 만 달러(약 3.7조 원) 규모로 추산된다.



기체 분리를 위한 분리막 관련시장이 세부시장 중 가장 높은 비중을 차지하며 NF(Nanofiltration membrane)/RO(Reverse osmosis membrane)를 활용한 생활용수 처리분야와 공업용수 처리 분야가 뒤따르고 있다.

국내 시장은 인접국인 중국과 일본에 비해 상당히 작은 시장 규모를 나타내고 있으며, 일본에 매우 의존적인 시장구조를 보이고 있는 것으로 파악되지만, 연 20% 수준의 고성장을 지속할 전망이다. 수처리 분리막 분야의 국내 대표기업은 도레이케미칼(구. 웅진케미칼), 두산중공업, 코오롱 등이 있으며, 이 중 도레이케미칼은 해수담수화에 사용되는 RO막 분야에서 국내 시장의 약 60% 가량을 점유하고 있다.

[표 12] 국내 수처리 분리막 시장규모 및 전망 (단위: 백만 달러)

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020	성장률(%)
MF/UF-생활용수	64.8	73.0	79.7	90.2	102.1	115.6	13.2
MF/UF-공업용수	43.2	50.8	57.3	68.3	81.5	97.2	19.3
RO/NF-생활용수	375.3	439.5	497.9	602.5	729.0	882.1	21.0
RO/NF-공업용수	128.6	145.2	170.1	192.9	218.7	248.0	13.4
MF/UF-재활용수	8.6	9.9	10.2	11.8	13.6	15.7	15.5
RO/NF-재활용수	110.9	128.7	135.0	159.7	188.9	223.5	18.3
기체분리막	500	620	750	930	1153.2	1583.2	24.0
계	1,231.4	1,467.1	1,700.2	2,055.4	2,487.0	3,165.3	20.8

\*출처: Global Water Market 2014, GWI(2013), NICE평가정보(주) 재구성

## IV. 주요기업분석

### 막여과 수처리 관련 코스닥기업들은 환경규제 정책 강화에 수혜를 받아 성장 중

국내·외 주요 대기업이 수처리 시장을 리드하고 있으며, 코스닥 기업의 경우 정부의 환경규제 강화에 힘입어 성장세를 이어나가고 있다.

#### 1. 주요업체 동향

■ 해외: VEOLIA, OVIVO, Degremont, KUBOTA, YUASA, MITSUBISHI 등

■ 국내: 롯데케미칼, 도레이케미칼, 코오롱 인더스트리, 테크윈, 씨제이대한통운

막여과 수처리 시장에서는 글로벌 수처리/폐수처리 업체들이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 그 외에 배터리 또는 기계 제조판매를 주업으로 하던 업체들이 수처리용 여과막, 모듈 분야까지 사업영역을 넓혀 시장에 참여하고 있는 것으로 조사되었다.

[표 13] 막여과 수처리 세계 주요 업체 동향

기업명	개발/사업화 현황
VEOLIA (프랑스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 프랑스의 수처리 및 폐수처리 업체로서 전 세계적으로 가장 큰 규모의 용수 공급 업체로 알려져 있음</li> <li>◇ 폐수처리용 여과막, 모듈, 그리고 이를 포함하는 공정 시스템 전반을 생산 및 납품 설치함</li> </ul>
OVIVO(미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1865년 설립된 폐수처리 업체로, 설립 당시에는 액체 내 고형폐기물 분리를 위한 폐수처리를 주업으로 하였음</li> <li>◇ 현재는 글로벌 수처리 업체로 성장하여, 폐수처리를 위한 막여과 장치, 모듈, 시스템을 설계 및 납품하며, 나아가 화학적 생물학적 폐수처리 시스템도 보유</li> </ul>
Degremont (프랑스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1939년 설립된 업체로 응용수 생산, 및 하수 슬러지 처리를 주력으로 함</li> <li>◇ 수에즈 환경(Suez Environment)의 자회사로, 하수 슬러지 처리를 위한 물리/화학/생물학적 처리기술, MBR, 모래 필터 등의 다양한 필터기술을 보유</li> </ul>
KUBOTA (일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1890년 주조금속제품 사업을 시작으로 설립되었으며, 현재는 농기계 제조판매를 주력으로 하고 있음</li> <li>◇ 1972년 하수사업부 발족한 이후 수처리 관련 펌프, 배관, 여과막, 수처리 시스템 생산도 시작하였음. MBR 시스템과 SMAS의 일종인 KUBOTA submerged Membrane Unit을 판매</li> </ul>
YUASA Membrane Systems (일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 2002년에 배터리 생산업체인 YUASA로부터 분사됨. 일본 최초로 멤브레인 필터를 상용화하였음</li> <li>◇ 현재는 각종 여과막, 모듈 등을 생산하고 있으며, 주로 폐수처리 시스템 설계 업체 또는 제작업체에 여과막 납품</li> </ul>
MITSUBISHI CHEMICAL Aqua Solutions(일본)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 수질정화 및 수처리 전문 업체로서 1952년 설립</li> <li>◇ 멤브레인 분리 활성화 슬러지 방법을 적용하는 폐수처리 장비 관련 생산 및 납품을 주력으로 하고 있음</li> </ul>

\*출처: 각사 홈페이지, NICE평가정보(주) 재구성

국내에서 막여과 수처리 관련 사업을 영위하는 업체로는 롯데케미칼, 도레이케미칼, 코오롱 인더스트리, 테크윈, 씨제이 대한통운 등이 있다[표 14].

**[표 14] 막여과 수처리 국내 주요 업체 동향**

기업명	개발/사업화 현황
롯데케미칼	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1976년 석유화학제품의 제조판매를 목적으로 설립되었음</li> <li>◇ 중공사막, 여과막, 및 모듈을 생산 납품하고 있으며, MBR 공정기반 폐수처리 기술도 보유하고 있음</li> </ul>
도레이 케미칼	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1994년 국내 최초로 역삼투 분리막을 개발하였으며, 이후 폐수 재활용, 공업 용수, 해수담수화 등에 활용되는 역삼투 제품의 상업적 생산에도 성공하는 등 역삼투 분리막 필터분야에서는 국내에서 독보적인 경쟁력을 갖춘 기업임</li> <li>◇ 역삼투 분리막뿐만 아니라 미세여과막, 한외여과막, 나노여과막 등에 관한 기술력도 보유</li> </ul>
코오롱 인더스트리	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ (주)코오롱을 전신으로, 2010년 (주)코오롱의 제조사업 부문에서 분할 신설되었음</li> <li>◇ 산업소재, 화학, 필름/전자재료 부문에 역량을 집중</li> <li>◇ 1989년부터 분리막 연구를 수행하였으며, 2000년대 초 대규모 정수처리 및 하·폐수처리 가능한 분리막 모듈 국산화 성공</li> </ul>
테크윈	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1999년 설립되었으며 환경솔루션, 화학플랜트건설, 에너지 절감 솔루션 등의 사업을 주력으로 하고 있음</li> <li>◇ 정삼투(FO)막 기술 관련하여 미국 HTI사와 2011년 기술협약을 체결하였으며, 정삼투 시스템 연구 개발을 위한 설비를 보유하고 있음</li> </ul>
씨제이 대한통운	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 1930년 설립된 조선미장을 전신으로 하는 한국 최초 운송업체</li> <li>◇ 1990년대 환경사업팀을 꾸려 하폐수 처리 시스템 개발 시작</li> <li>◇ 2001년 국내 최초로 MBR 기반 하·폐수 고도처리용 막 분리 공법 개발</li> </ul>

\*출처: 각사 홈페이지, NICE평가정보(주) 재구성

## 2. 코스닥기업 현황

**■ 막여과 수처리 관련 코스닥기업들은 점차 강화되어 가는 환경규제 정책 등에 수혜를 받아 성장하고 있음**

**[표 15] 막여과 수처리 관련 주요 코스닥 기업 현황 요약**

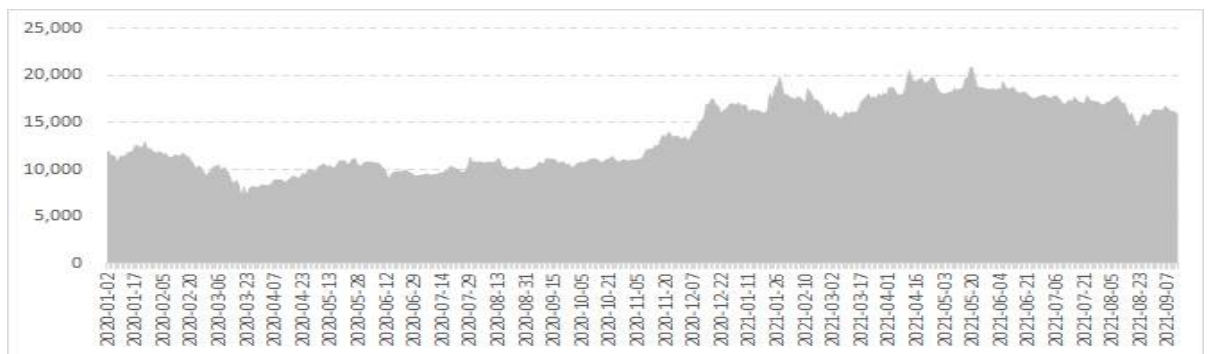
기업명	개발/사업화 현황
한양이엔지	◇ 이온성 유기물질을 분리 또는 수처리 하기 위한 시스템 제조
시노펙스	◇ FPCB제조 및 멤브레인(분리막) 필터 제조를 주력으로 함
자연과환경	◇ 환경생태복원, 수처리, 토양-수질 정화 등을 영위하는 종합환경 기업
코오롱생명과학	◇ 산업폐수 및 도시하수 정화를 위한 화학제품 생산 납품 기업
이엔코퍼레이션	◇ 수처리 기업인 한성크린텍(주)의 100% 지분취득하여 수처리 분야 진출

\*출처: 각사 홈페이지 조사, NICE평가정보(주)

[한양이엔지]

1988년에 설립된 업체로, 건축종합설비설계, 화학약품중앙공급장치 제조 등을 주력으로 하는 업체이다. 2015년 북평화력발전소 수처리설비 준공을 시작으로 국내 발전소 수처리시장 공략을 시작하였으며, 멤브레인, 역삼투압, 전기탈이온화(UF+RO+EDI) 3단계 구조로 발전소에 물을 공급하는 설비의 생산 및 납품을 하고 있다. 2020년 시공능력평가액은 기계설비공사업 5,742억 원으로 전국 1위를 기록하고 있다.

[그림 12] 한양이엔지 주가추이(2020년~2021년 9월) 및 주요 재무현황/분석



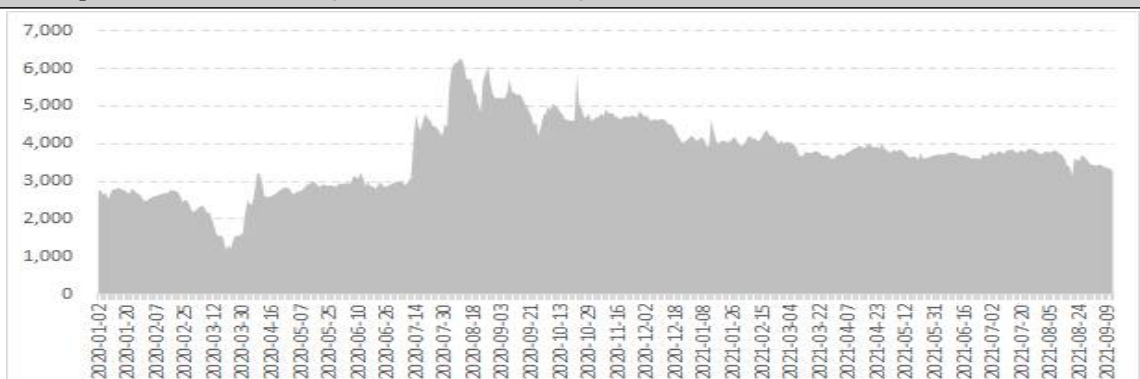
(단위: %)	2018년	2019년	2020년
매출액증가율	10.5	(2.1)	(1.8)
매출액영업이익률	12.3	4.3	7.0
매출액순이익률	9.6	3.8	6.3
부채비율	57.6	61.6	48.0
재무 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>엔지니어링 사업부의 수주 감소 등으로 전년대비 매출 규모 소폭 축소</li> <li>전년대비 영업이익률 상승, 영업수지 개선 등으로 순이익률 상승</li> </ul>		

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성

[시노펙스]

1985년 설립 및 1995년 상장된 업체로, FPCB 및 모듈, 멤브레인, 필터, 여과 시스템 제조를 주력으로 하고 있으며, 휴대폰 부품 부문에서 85% 이상의 매출이 발생되고 있다. 시노플렉스(전자부품 제조업체), 시노펙스바이오필터(필터 제조업체) 등 국내 업체들과 중국, 베트남, 인도네시아의 해외법인을 중속기업으로 두고 있다. 친환경 수처리시장 확대로 멤브레인, 필터 수요가 증가할 것으로 예상되며, 최근에는 공업용수 통합공급사업 위탁운영사 계약을 맺어 멤브레인 및 MBR 등 기자재의 대량 공급이 예정되어 있다.

[그림 13] 시노펙스 주가추이(2020년~2021년 9월) 및 주요 재무현황/분석



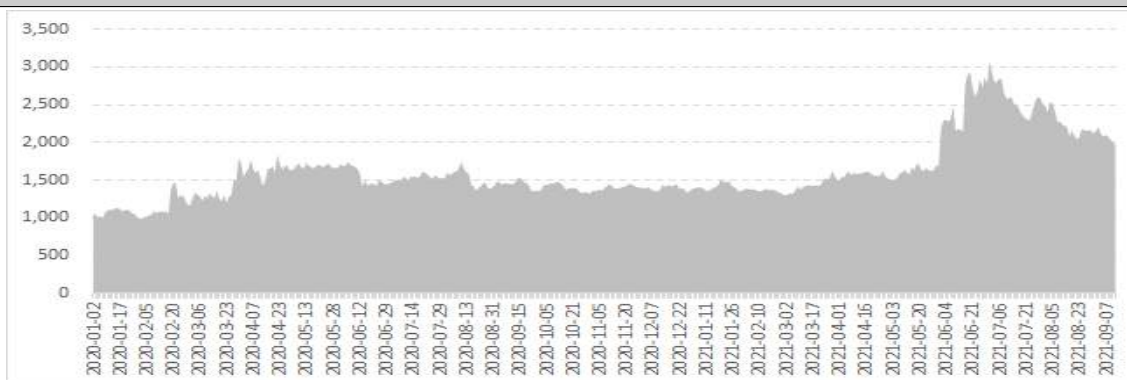
(단위: %)	2018년	2019년	2020년
매출액증가율	(8.7)	31.2	(0.7)
매출액영업이익률	2.0	7.7	(2.2)
매출액순이익률	0.4	2.8	(4.2)
부채비율	132.1	85.8	116.8
재무 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 멤브레인 및 필터 부문의 수주 역시 부진하며 전년대비 매출 소폭 감소</li> <li>• 금융수지 개선과 법인세 수익 발생에도 중속기업투자손상차손으로 순이익 적자전환</li> </ul>		

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성

[자연과환경]

1999년 설립 및 2005년 상장된 업체로, 환경플랜트사업 및 환경생태복원사업을 주력으로 영위하고 있으며, 녹화공사 및 수질정화공사를 수행하고 있다. 국토관리청, 지방자치단체, 주택공사 등의 공공기관을 주요 매출처로 삼고 있어 국가의 정책방향성에 상당히 영향을 많이 받는 비즈니스 구조를 가지고 있다. 2005년부터 수질사업 분야를 시작하였으며, 정부 부처와의 환경기술 개발사업을 꾸준히 수주하여 시장점유율을 높여가고 있다.

[그림 14] 자연과환경 주가추이(2020년~2021년 9월) 및 주요 재무현황/분석



(단위: %)	2018년	2019년	2020년
매출액증가율	87.5	27.7	(8.1)
매출액영업이익률	2.2	2.6	(19.0)
매출액순이익률	2.5	(8.3)	(21.9)
부채비율	59.2	64.4	88.0
재무 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 호안블록, 투수블록 등 제품 판매가 감소한 바 전년대비 매출 규모 축소</li> <li>• 영업이익 전년대비 적자전환, 금융수지 및 기타수지 개선에도 손실 전년대비 증가</li> </ul>		

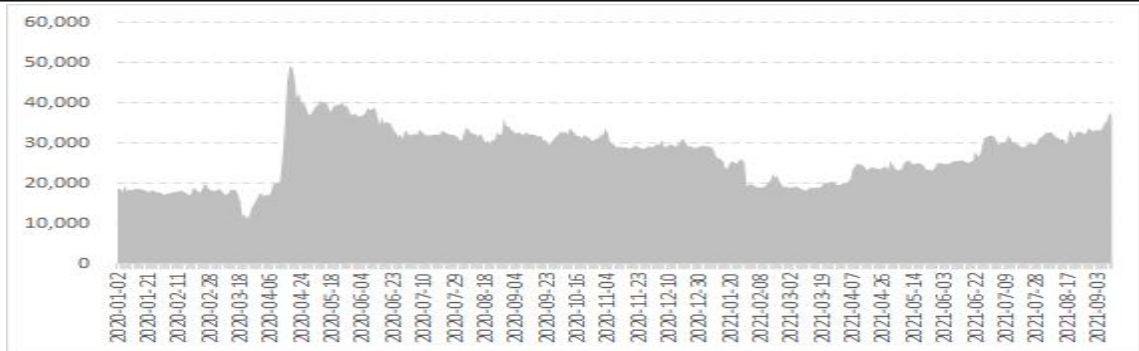
\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성

[코오롱생명과학]

코오롱생명과학은 2000년 설립되고 2009년 상장된 업체로, 인대손상 치료 등의 생명공학 분야 연구를 목적으로 설립되었으나, 케미컬 합성기술을 바탕으로 환경산업까지 그 사업 분야를 넓혀왔다. 최근 인보사 판매 중지 및 허가취소 문제로 위기를 맞기도 하였으나 케미컬 사업을 기반으로 하여 돌파구를 마련하고 있다. 케미컬 사업의 주요 품목 중 항균제, 수처리제 등은 전체 매출의 56.7%를 차지하고 있으며, 향후 수처리제 등 기능성 소재의 수요 증가로 매출 규모는 더 늘어날 것으로 기대되고 있다.



[그림 15] 코오롱생명과학 주가추이(2020년~2021년 9월) 및 주요 재무현황/분석



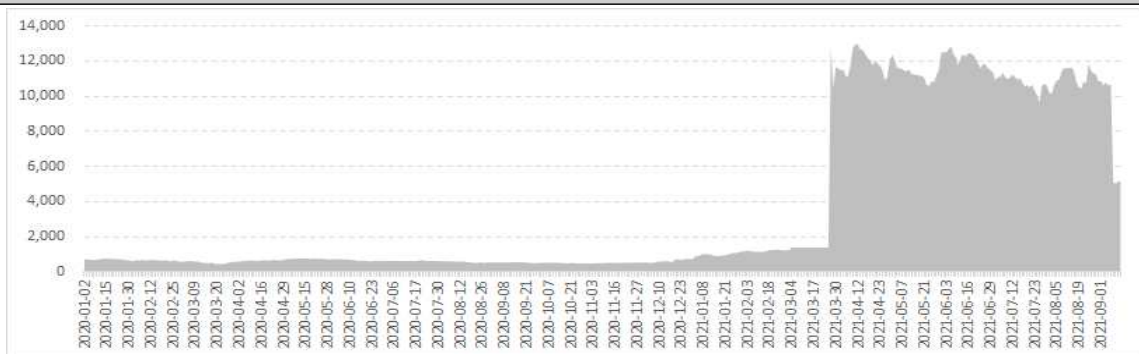
(단위: %)	2018년	2019년	2020년
매출액증가율	-	12.0	(12.9)
매출액영업이익률	(26.0)	(17.9)	(20.0)
매출액순이익률	(38.2)	(62.2)	(33.4)
부채비율	38.7	175.5	328.5
재무 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항균제, 수처리제 등 기능성 소재의 수요 증가로 매출 규모는 전년 동기대비 확대</li> <li>• 원가구조 개선 및 판관비 부담 완화되며 영업손실 규모 전년 동기대비 축소</li> </ul>		

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성

[이엔코퍼레이션]

이엔코퍼레이션은 디지털 콘텐츠 사업을 주업으로 하던 업체였으나, 기존 사업 포트폴리오를 정리하고 초순수 수처리 시설 EPC 선두기업인 ‘한성크린텍(주)’의 100% 지분취득과 액상지정 폐기물 처리 기업 ‘인바이오텍(주)’의 영업양수를 통해 산업용 수처리 사업 분야에 신규 진출하였다. 특히 한성크린텍(주)은 폐수 재이용 처리시스템을 설계 및 납품할 수 있는 기술력을 보유한 곳으로, 향후 동사가 친환경 기업으로 성장하는 데에 큰 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

[그림 16] 이엔코퍼레이션 주가추이(2020년~2021년 9월) 및 주요 재무현황/분석



(단위: %)	2018년	2019년	2020년
매출액증가율	25.9	(79.4)	(19.7)
매출액영업이익률	(0.5)	8.9	2.2
매출액순이익률	(10.5)	23.9	(348.5)
부채비율	57.5	65.9	44.2
재무 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이용자 감소로 전년대비 매출 규모 축소, 영업비용 부담 확대로 영업이익률 하락</li> <li>• 사채 감소 등으로 부채규모 축소되어 전년대비 제 안정성 지표 개선</li> </ul>		

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보(주) 재구성