



## 투수성 유기점토 판넬 제조방법 및 이를 이용한 폐수정화시스템

대한민국특허 10-1470432

국내 점토광물을 이용한 폐수정화시스템 개발을 위한 목적으로 투수성 유기점토 판넬 제조방법에 관한 기술이다.

연구원(고상모박사)은 폐수정화시스템 개발을 위해 광물자원 품질평가(광물학적 특성규명), 지표지질 정밀탐사(Test bed 규모 탐사, 선광분야)를 완료하였으며 스멕타이트, 견운모, 제올라이트를 이용하여 투수성 유기점토 판넬을 제조하였다.

연구원은 유기점토의 우수한 중금속 및 유류물질 흡착능력을 환경오염 정화에 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

### [관련연구]

- 해외 희유금속자원 탐사 및 부존잠재성 평가
- 한국과일본의 점토광물성인 연구 및 환경오염물 처리를 위한 활용연구

### [개발자]

광물자원본부 고상모 박사

### [Keyword]

유기점토 판넬, 필터, 폐수정화

연락처 : 홍준영변리사 jyhong@kigam.re.kr / 042)868-3805

# I. 기술소개

## 1 기술개요

- ▣ 무기 오염물질과 유기 오염물질을 효과적으로 흡착할 수 있는 투수성 유기점토 제조방식 및 유기점토 판넬 제작방식
  - 지속적으로 대용량의 폐수 정화에도 이용 가능한 친환경 유기점토 제조
  - 점오염원과 비점오염원에 의한 수질오염을 정화할 수 있는 폐수정화시스템구축

## 2 기술특징

### ▣ 경쟁기술현황

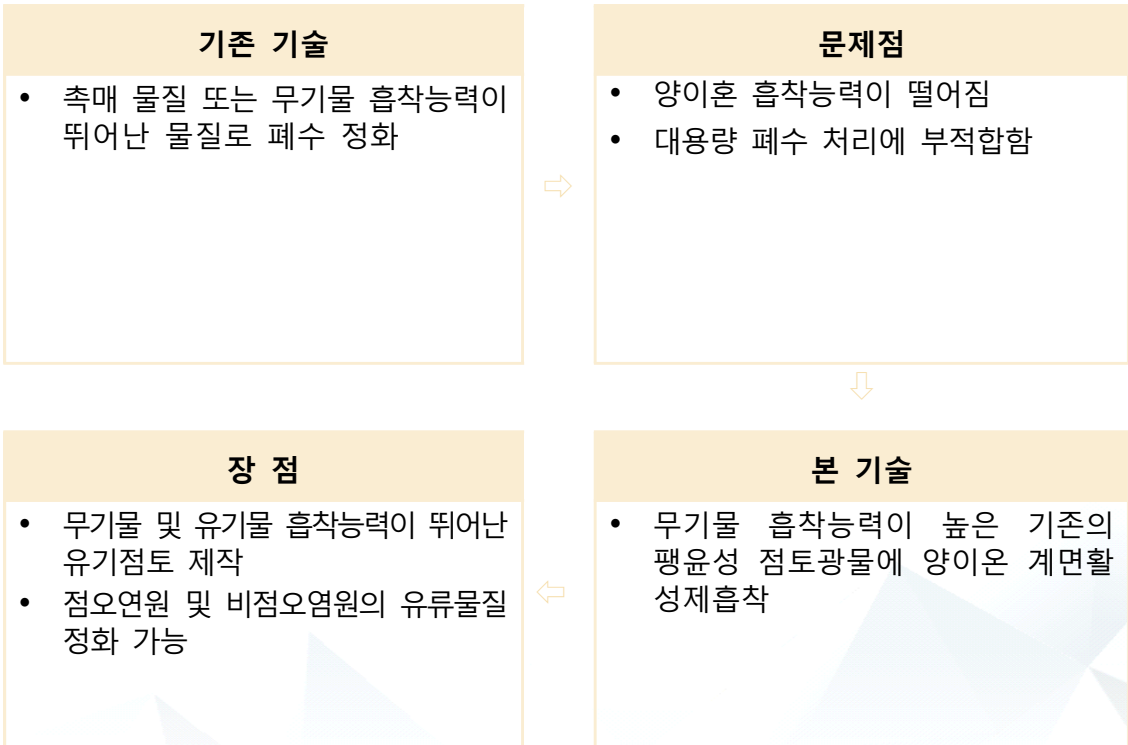
- 기존 폐수 정화 방법 및 장단점

기술명		설명
오존 산화공법	설명	오존의 강한 산화 분해작용을 이용하여 비휘발성 유류 및 난분해성 유기화합물 분해
	장점	높은 강한 산화·환원 전위를 가지는 산화제로 효과가 뛰어남
	단점	유기화합물과는 반응이 느리거나 전혀 반응하지 않는 경우가 있어 폐수 정화 목적으로 사용하기에 부적합
에어 스트립핑	설명	폐수를 컬럼 내 순환관을 따라 빠르게 순환시켜 압력을 낮춘 후 공기와 혼합하여 폐수 내 오염물질 증발 촉진
	장점	높은 정화 처리 효율
	단점	대규모 폐수처리에 이용하기에 경제적인 측면에서 제한적임

다중챔버 파인버블 폭기 시스템	설명	공기 방울을 이용하여 공기-물의 상분리를 유도하여 폐수를 정화
	장점	하류 쪽과 접한 여과 챔버(filtration chamber)를 통해 무기물 제거가 가능해 경제적임
	단점	유류로 오염된 대용량의 폐수처리에는 부적합함
스팀 스트리핑	설명	폐수를 고온의 스팀과 접촉시켜 유기성분을 제거하는 방식으로 폐수를 정화하는 기술
	장점	아세톤, MEK, MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether), 알콜 등과 같은오염물질에 적합하며, Off-gas 처리가 필요 없음
	단점	대용량의 중금속으로 오염된 폐수 정화에 이용하기에 부적합

[표] 기존 유류오염 폐수 정화 방법 및 설명

▣ 경쟁기술대비 특징 및 장점



### 3 기술구성

#### ▣ 기술의 상세 내용

- 천연 벤토나이트로부터 획득한 Ca-스멕타이트를 양이온 계면활성제와 반응시켜 난분해성 물질 흡착능력을 지니는 유기점토 제작
- 유기점토를 이용한 투수성 점토 판넬 제작 및 폐수정화에 필터로 활용

#### ▣ 유기점토 제조방법

##### 1 단계

자연에서 채취한 벤토나이트 광석을 유성밀, 제트 밀, 임팩트크러셔 및 조롤크러셔 방법으로 파쇄하고 체가름하여 Ca-스멕타이트 회수(입도 : 0.1~10 $\mu$ m)



##### 2 단계

Ca-스멕타이트를 아세트산암모늄염, 메탄올, 올트붕산, 염화나트륨을 이용하여 양이온교환능력 파악 및 Ca 이온을 Na 이온으로 치환시켜 Na-스멕타이트 제작(입자 층간 저면 간격 : 12~13Å)



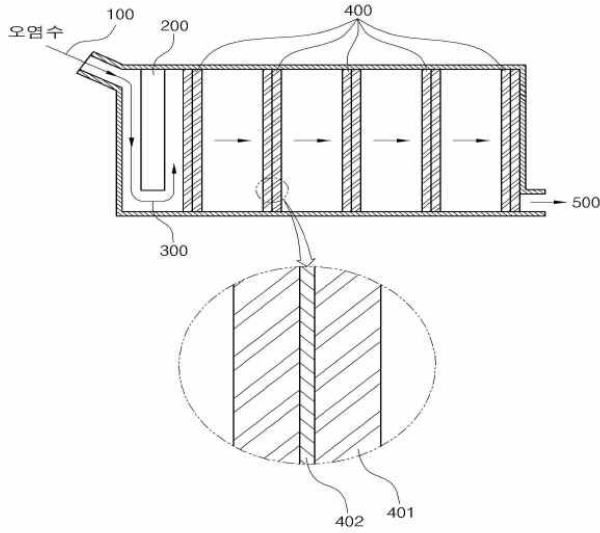
##### 3 단계

NA-스멕타이트 유기점토를 양이온 BDTDA와 반응하여 난분해성 유류오염물질흡착능력이 뛰어난 BDTDA-스멕타이트 제조(입자 층간 저면 간격 : 30~31Å)

#### ▣ 투수성 유기점토판넬 제조방법

- 유기점토 BDTDA-스멕타이트에 원료 조성물(골재, 점토, 고로슬래그, 연마슬러지, 활성탄, 시멘트, 유무기 접착제), 경화제 수용액을 첨가하여 슬러리 형태로 반죽 후 성형하여 투수성과 경도가 뛰어난 유기점토 판넬 제작(입도 : 3~20mm)
- 유기점토판넬 제작시 활성탄을 첨가하여 흡착능력을 향상키거나 드라이 아이스를 첨가하여 투수성을 향상시킬 수 있음

■ 유기점토판넬을 활용한 폐수정화 시스템



-부위별 명칭-

- 100 : 유입구
- 200 : 유도벽
- 300 : 침강조
- 400 : 유기점토 판넬
- 401 : 유기점토층
- 402 : 보강재
- 500 : 배출구

[그림] 투수성 유기점토 판넬을 이용한 폐수 정화 시스템 단면도

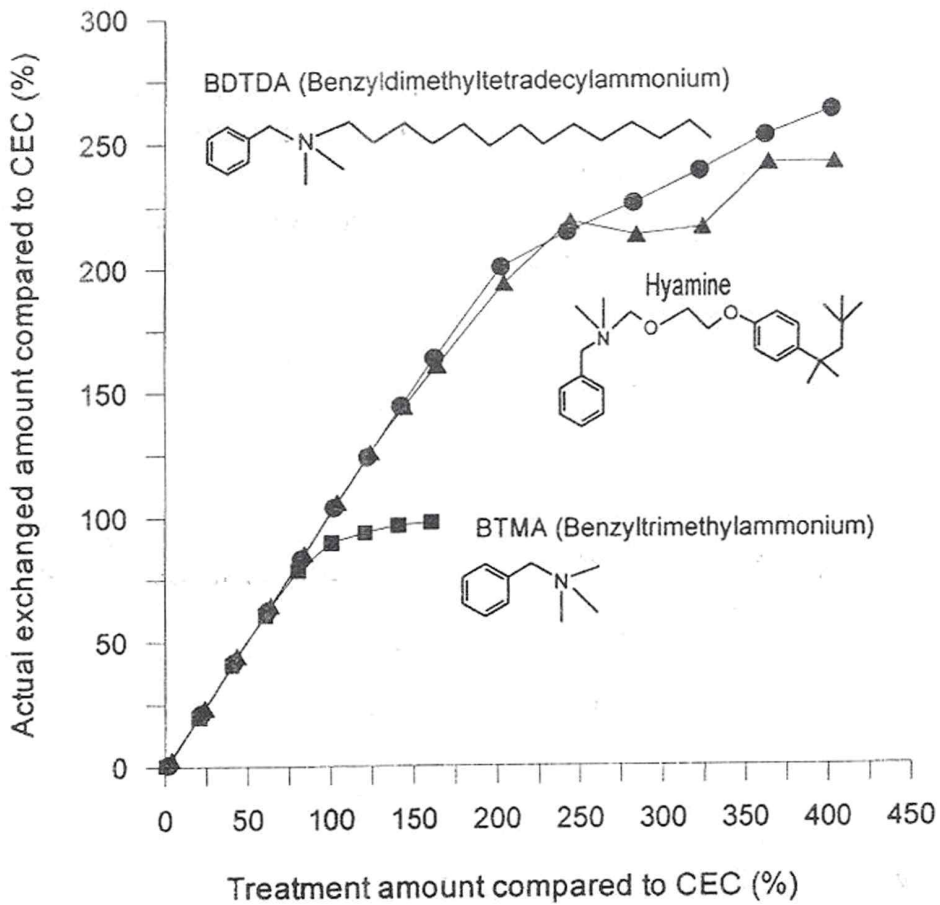
명칭	기능 및 설명
유입구	오염수가 들어오는 입구
유도벽	유입된 오염수의 흐름을 유도하는 U자형 유도벽
침강조	오염수 내 포함된 슬러지를 침강시키기 위한 침강조
판넬	폐수 내 중금속 및 난분해성 오염물질을 흡착하는 투수성 유기점토 판넬 부분
배출구	정화된 물을 배출하는 출구

[표] 폐수정화시스템 부위별 설명

## 4 시제품 검증

### 스멕타이트에 치환되는 계면활성제의 치환능력 검증

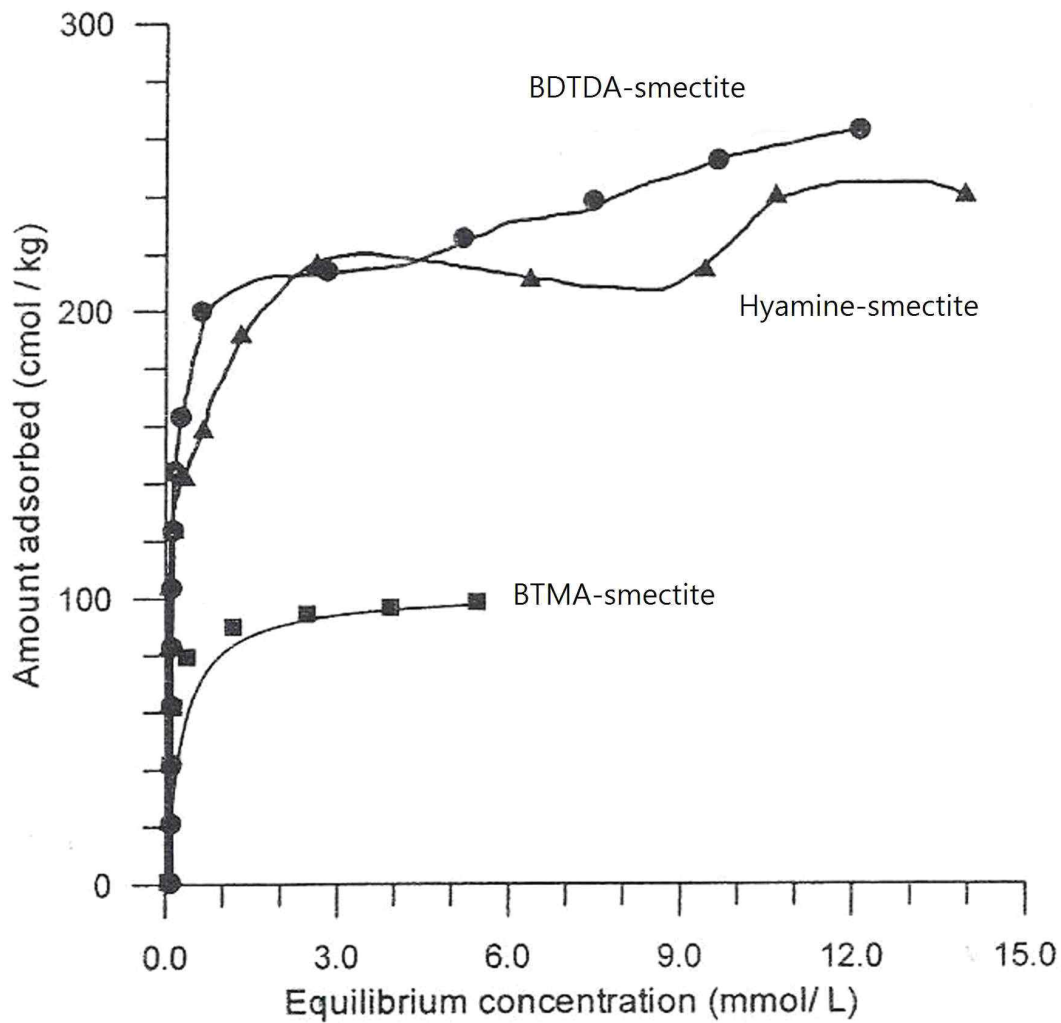
측정방법	계면활성제 및 유기점토의 농도 측정
측정대상	BDTDA, Hyamine에 의해 치환된 유기점토의 치환량
측정결과	양이온 계면활성제로 치환된 유기점토의 치환량을 분석한 그래프에 따르면 BTMA의 평행농도는 계면활성제에 의한 치환량이 완전 포화 되지 않는 것을 확인할 수 있으며 대략적으로 BTMA와 유기점토가 1:1의 비율로 반응하여 BTMA가 유기점토의 층간에 1:1의 비율로 치환됨



<그림> 계면활성제에 의해 치환된 점토입자의 치환량

▣ 계면활성제의 유기점토 치환률 검증

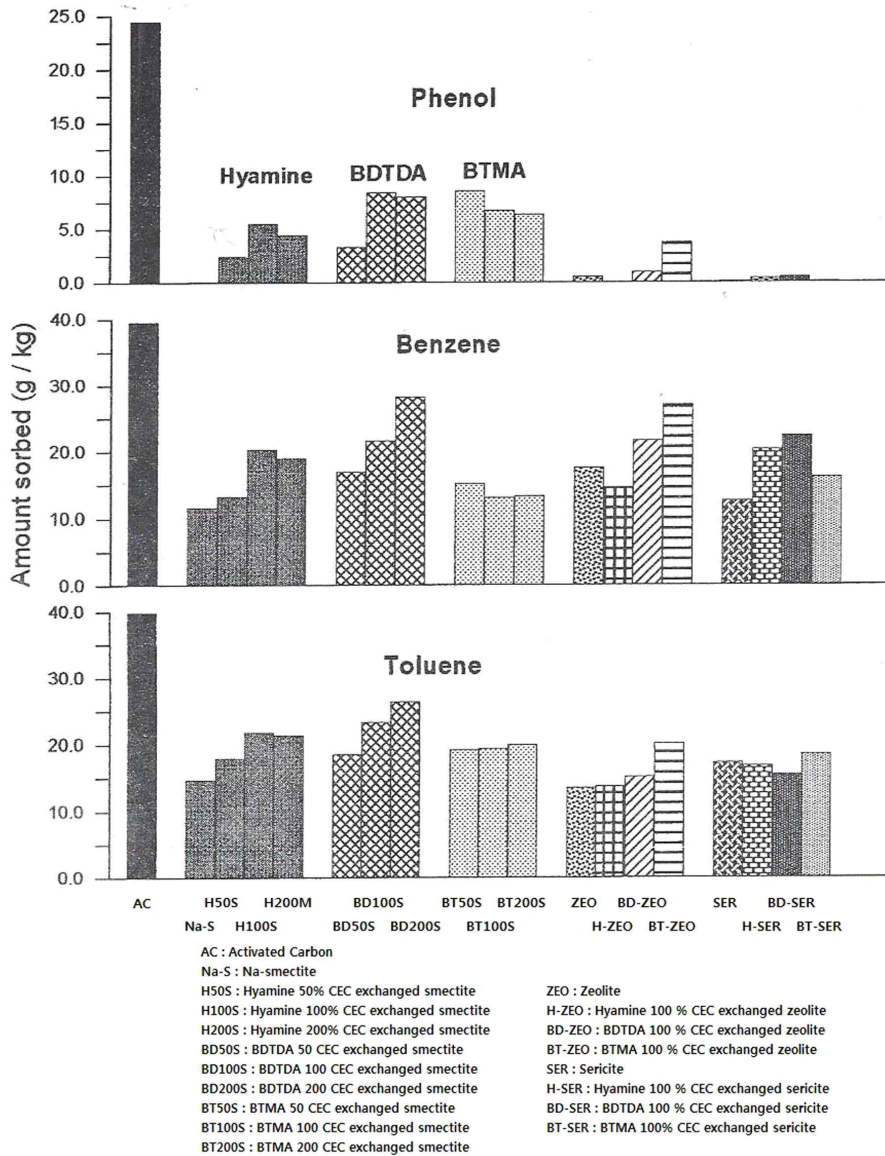
측정방법	혼합용액의 상청액을 파장 208.6nm 빛에 조사
측정대상	계면활성제의 입자층간 치환 효율 및 특성
측정결과	양이온 계면활성제에 의한 치환으로 BDTDA-스멕타이트와 Hyamin-스멕타이트의 흡착등온곡선은 200 cmol/kg까지 급격히 증가하고 BTMA-스멕타이트는 95 cmol/kg에서 평형에 이르는 것으로 보아 BDTDA-스멕타이트가 양이온 교환능력기준 치환율이 가장 높은 것으로 파악됨



<그림> 흡착등온곡선

유기점토의 유류성분 흡착능력

측정방법	UV-spectrophotometer를 이용한 분광 분석
측정대상	BDTDA, Hyamine 및 BTMA로 치환된 스멕타이트, 제올라이트, 견운모의 유류성분(벤젠, 톨루엔, 페놀) 흡착능력
측정결과	유류성분흡착능력을 비교해본 결과 유기스멕타이트 > 유기제올라이트 > 유기견운모 순으로 나타나며, 계면활성제로 치환된 유기점토에 의한 유류물질 흡착은 벤젠과 톨루엔의 흡착비율은 유사하나 페놀의 흡착비율이 가장 낮음



<그림> 유기점토의 유류성분 흡착능력



## 5 기대효과

### ▣ 높은 활용도 및 뛰어난 유류물질 흡착력

- 본 연구결과에 의한 폐수 정화 반응조를 점오염원에서 오염원인 자연수계로 흐르기 전에 차집관로를 통하여 하수처리를 목적으로 한 폐수 정화 반응시설 설치시 유류오염물질 및 중금속의 효과적인 흡착가능

### ▣ 다양한 유류성분 폐수 정화 가능

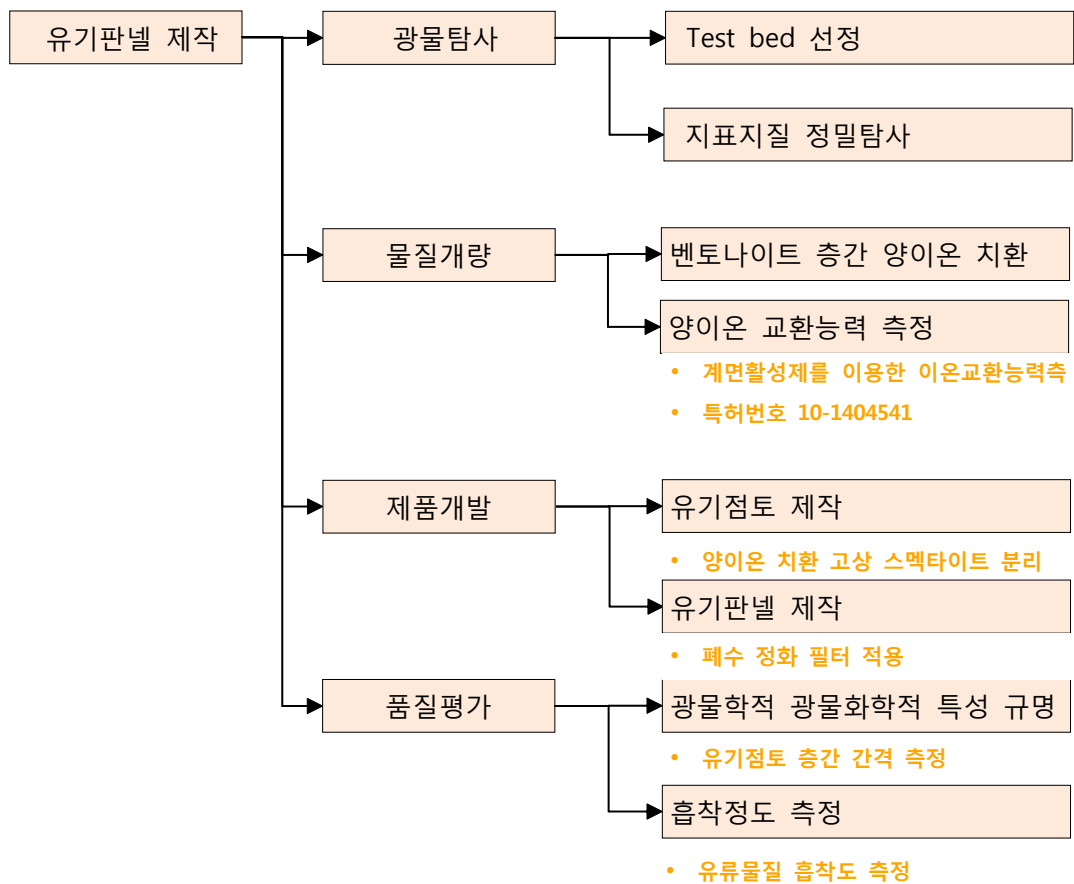
- 유기점토를 이용하여 투수성 유기점토 판넬을 제조하고, 상기한 투수성 유기점토 판넬을 폐수 정화를 위한 필터 및 흡착제로 이용하여 점오염원인 석유정제 공장에서 배출되는 유류로 오염된 폐수를 복원 가능
- 점오염원 및 비점오염원으로부터 배출된 대용량의 폐수 정화에 효율적으로 활용 가능

### ▣ 물질재활용을 통한 친환경 제작

- 유기점토 판넬 제조시 버려지는 고로슬래그, 연마슬러지 또는 금속드로스를 재 활용하여 친환경적 제조방식 구축

## II. 관련연구 현황

### 1 투수성 유기점토 판넬 제조방법(2014)



### 2 추후 R&D 계획

- ▣ 국내 정제 벤토나이트의 활용을 위한 기초연구
- ▣ 다양한 계면활성제를 이용한 양이온 치환률 향상연구
- ▣ 유기점토 층간간격 조절을 통한 유류물질 흡착률 향상

### Ⅲ. 산업동향 및 시장분석

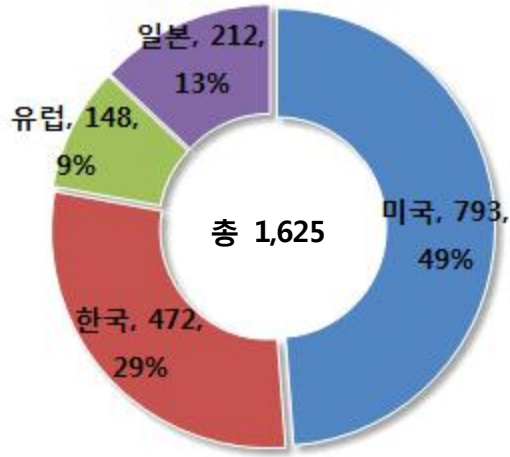
#### 1 특허동향 : 수처리

##### ▣ 국내·외 수 처리 특허 동향



<그림> 세계 수질오염 처리소재 및 공정 관련 특허 연도별 추이

- 국내·외 수질오염 처리소재 및 공정 대상 특허 1,625건에 대한 각 국가의 연도별 출원동향은 전반적으로 감소하는 경향을 보이고있음
- 수질오염 처리소재 및 공정 관련 특허수가 가장 많은 미국의 경우 2011년 이후 출원수가 급격히 감소하고있음
- 두 번째로 특허수가 많은 한국이 경우 2009년 이후 꾸준히 출원 수가 감소하고 있는 경향을 보이고있음



<그림> 국가별 특허 출원 건수

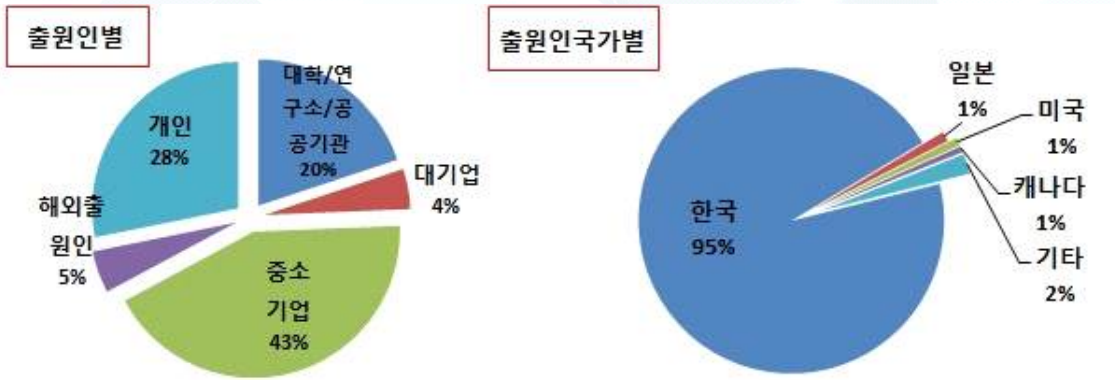
- 국가별 출원규모 : 미국(49%) > 한국(29%) > 일본(13%) > 유럽(9%)

▣ 국내 수 처리 특허 동향



<그림> 국내 수질오염 처리소재 및 공정 관련 특허 연도별 추이

- 수 처리 관련 국내특허는 2012년까지 출원건수에 대한 증가 및 감소의 변동을 보이고 있지만 2012년 이후 감소추세를 보이고있음



<그림> 출원인/출원인국가별 출원현황

- 내국인 출원비율에 있어서 매년 99%이상으로 매우 높은 비중을 차지하고있음
- 출원인 구분 : 중소기업 > 개인 > 대학/연구소/공공기관 > 해외출원인 > 대기업

#### ▣ 핵심요소기술

중분류	핵심 요소기술
수질오염처리 시스템 및 공정	유무기 폐수 처리 공정 기술
	멤브레인 소재 개발 및 분리 공정 기술
	폐수 내의 독성 저감을 위한 소재 및 공정 연구
계면활성제 활용	친환경성 계면활성제 및 이를 이용한 분리 기술
	고분자계 계면활성제를 이용한 수질오염처리 소재 및 공정 연구
흡착소재 활용	오염수 내의 인계, 질소계 오염물의 공정 기술
	흡착능이 좋은 유기-무기 복합소재 합성 기술 및 이를 활용한 수질오염 처리공정 개발
	폐수처리를 위한 폴리아크릴아마이드-무기계 응집제 기술

- 기술시장 동향분석 및 기업니즈조사 결과를 기반으로 중소기업에서 핵심기술 선정
- 기술성(10), 시장성(10), 중소기업성(10), 정책적 부합성(5)를 고려하여 평가됨

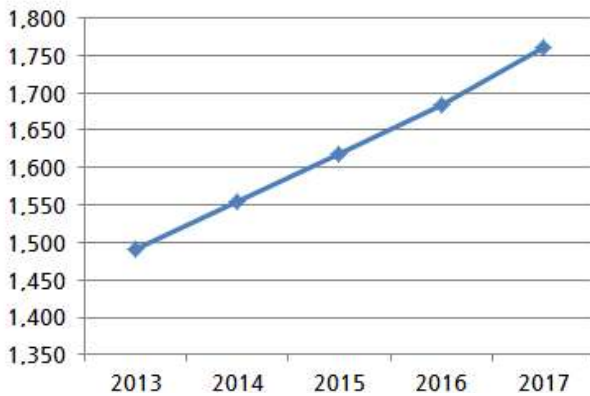
## 2 시장동향 : 수처리 시장

### ▣ 세계 수처리 시장현황 및 전망



전 세계적으 수자원에 대한 관심이 고조되고 있으며 중국, 인도 등 신흥공업국들의 수처리제 수요가 급속히 증가하고 있어 수처리 관련 시장은 지속적으로 성장할 것으로 전망됨

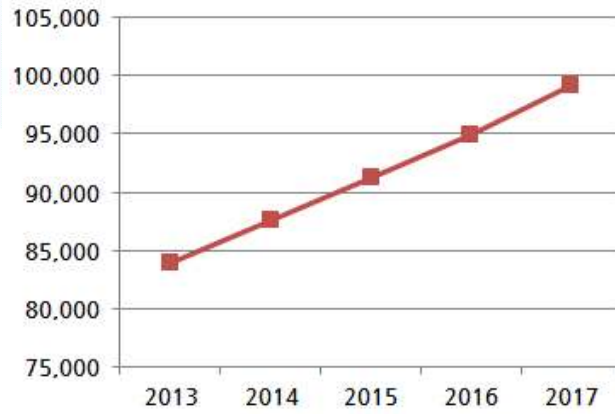
[그림] 세계 수처리 시장 규모



시장조사기관인 글로벌 워터인텔리전스에 따르면 세계 수처리시장 규모는 2010년 기준 약 500조원에서 계속 증가해 2016년에는 약 700조원, 2025년에는 약 950조원에 달할 것으로 전망됨

[그림] 세계 수처리 시장 전망

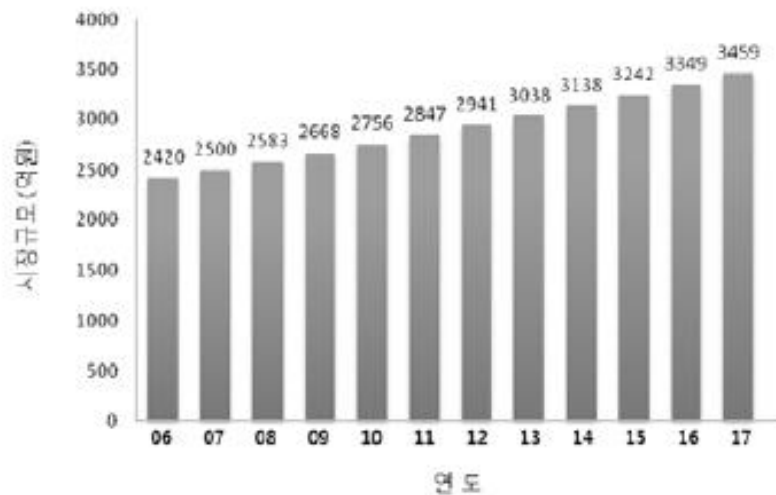
▣ 국내 수처리 시장현황 및 전망



[그림] 국내 수처리 시장 전망

- 국내 수처리제 시장은 이양화학, 한솔 케미칼, 송원산업 등이 있으며 2011년 기준전체 시장 점유율은 이양화학이 가장 높으며 코오롱 생명과학도 매년 30%가 넘는 수출성장률을 보이고 있음
- 국내 수처리제 시장은 연평균 9.5% 성장하고 있는 추세임

▣ 분리막을 이용한 수처리 기법은 가장 혁신적인 대안으로 부상하고 있으며, 세계 나노여과막 시장은 2017년 3,459억원으로 증가할 것으로 전망됨



[그림] 세계 나노여과막 시장 추이

- 산업용수 사용량 증가 및 도시화에 동반되는 음료수 제조량의 증가로 수처리 기술에 대한 수요가 증가하면서 분리막 시장은 연평균 10% 내외의 성장률을 보이고있음

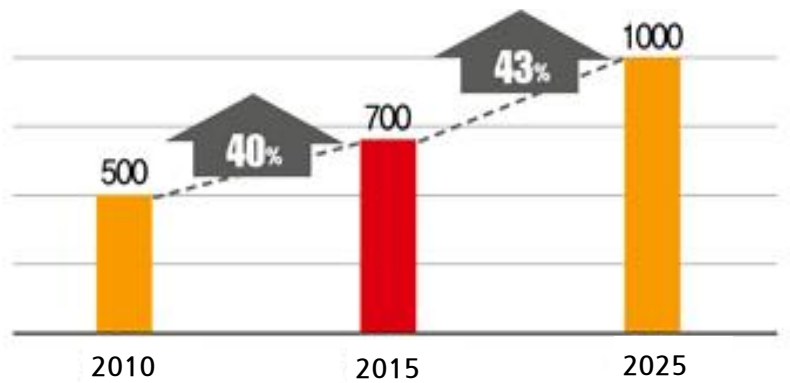
[표] 수처리 분리막 제조사별 세계 시장 점유율

제조사	점유율(%)
GE/Zenon	30.6
Siemens	14.1
Asahi Kasei/Pall	11.8
Kubota	7.6
Mitsubishi	5.9
Norita	4.1
기 타	25.9
<b>합 계</b>	<b>100</b>

### 3 산업동향 : 수처리 산업

#### ■ 세계 수처리 산업 동향

(단위 : 조원)



<그림> 세계 물처리 시장규모 전망치



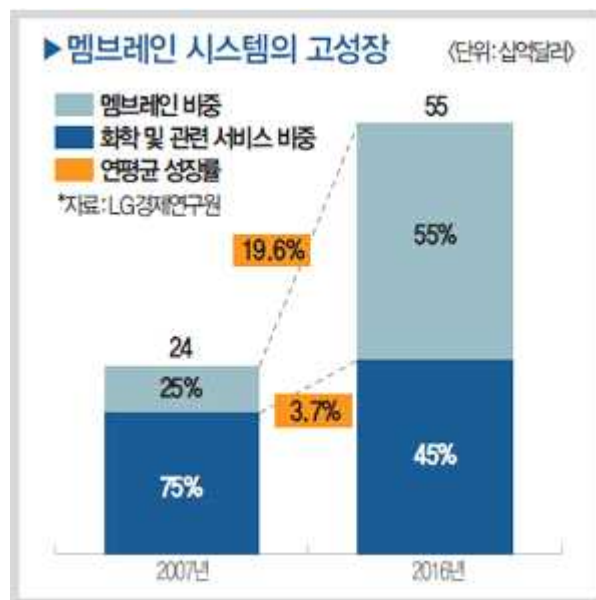
- 전 세계적으로 인구 증가와 기후변화에 따른 물 부족 및 수질오염 등의 문제로 인해 최근 수처리에 대한 관심이 급증하였으며, 첨단 수처리 기술개발 및 자동화 솔루션 도입이 높아지고 있음
- 글로벌 수처리시장은 크게 유럽 및 북미, 일본, 한국을 중심으로 하는 '성숙시장'과 부족한 물 공급을 확대하기 위해 수처리시설에 대한 요구가 높은 중동, 북아프리카, 동남아시아, 남미 등의 '성장시장'으로 구분할 수 있음
- 미국의 Nalco는 수처리 관련 화학물질 제조기업으로 전 세계 수처리 약품 시장의 17%를 점유한 1위 기업으로 전 세계 48개 생산 시설을 통한 현지 시장 공략
- 독일 Siemens는 제조, 건설시공, 운영 및 관리를 포함한 전 사업 단계의 가치 사슬에서 토털솔루션 제공을 추구하고 있으면, 북미 및 유럽의 제조 및 운영기업들을 인수하여 현지 시장 진출

#### ▣ 국내 수처리 산업 동향

- 새로운 미래 먹거리 시장으로 가능성을 점치고 있는 분야 중 하나인 물산업은 대기업들이 미래 성장산업 중 하나로 꼽으면서 국내 대기업 및 건설업계에서도 수처리 사업에 관심을 기울이기 시작함
- GS건설 박태신 부장은 '사외의 발전과 산업화, 도시화 등을 이유로 인류의 물 사용량은 지속적으로 증가할 것으로 예상되고, 수자원의 제한성으로 인해 물 재이용과 담수화 설비 등의 수요도 꾸준히 증가할 것으로 예측되는 등 수처리 산업은 지속적인 성장 산업이 될 것' 이라고 말하며 수처리산업의 가능성을 높게 평가함
- 전통적인 수처리산업인 상하수도 분야의 자동화시설 투자가 증가해 Automation & Control의 글로벌시장 규모는 2015년 현재 약 83억 2,000만 달러로 확인되며, 그 중 가장 큰 규모의 수처리 시장인 상수관망 분야는 스마트 누수관리 및 스마트 미터링/고객관리를 중심으로 매년 13%의 성장률을 기록해 2018년에 이르면 약 56억 2,800만달러로 성장할 것으로 전망됨
- 국내 수처리산업의 수장인 한국수자원공사에서는 2005년부터 국외사업을 본격적으로 시작해 현재 캄보디아 적도기니 등 8개국에서 9개 사업을 추진하고 있으며, 아시아 및 아프리카, 중남미 각국을 중심으로 계속해서 새로운 사업을 개척하고 있음

- 국내 수처리시장의 리더인 LS산전도 앞으로는 국외시장 진출에 더욱 집중할 계획이라며 '다양한 국내 수처리 솔루션 공급사업 경험을 바탕으로 본격적으로 국외시장에 진출할 예정으로 우선은 동남아시아 등을 중심으로 한 물부족 국가를 타깃으로 많은 시도를 진행중'이라고 밝힘
- 로크웰오토메이션코리아는 향후 수처리산업에서 성장을 거두기 위해서는 국외 시장으로 눈을 돌려야한다며 '세계시장에서 국내 EPC 기업들의 경쟁력이 높은 만큼 EPC 업체들과 함께 세계시장으로 진출한다면 수처리산업에서도 좋은 성과를 창출할 수있을 것'이라고 강조함
- 건설업체인 GS건설 및 한화건설의 경우 전 세계적으로 잘 알려진 EPC역량을 기반으로 수처리 관련 사업에서도 이미 다양한 국외프로젝트 실적을 거두고있음

#### ▣ 분리막 및 필터를 이용한 수처리 산업



<그림> 막막 시스템의 성장 전망

- 막여과 기술은 Eco-star Project(환경부)를 통해 중대형 정수장용 막 국산화에 성공하였으나, 여전히 일본 등 외국산이 국내 수처리막 시장의 60% 이상 점유하고 있으며 최적관리를 위한 공정 및 운영기술은 부족한 상황임

## IV. 연구인프라

### 1 연구실 소개

#### ▣ 연구실 : 광물자원연구본부

#### ▣ 비전

- 전략금속 자원 확보 및 고부가가치화를 통한 창조경제 기반 구축

#### ▣ 목표

- 기술 주기별 핵심요소 기술 개발
- 광물자원 확보 전주기 융/복합 기술 개발
- 전략광물의 지속적 확보
- 광물자원의 고부가가치화

### 2 연구현황

#### ▣ 기능 및 연구내용

- 광물자원연구본부에는 광물자원개발연구센터(광물자원연구실, 탐사개발연구실)와 희유자원융합연구센터(선광연구실, 제련연구실, 희유자원활용연구실, 해수용존자원연구실, 도시광산연구실)로 구성