

R&D / 19TBIP-C125113-03

중금속 흡착제 개선을 통한 지하수 처리시스템 개발

최종보고서

2020. 02. 28.

주관연구기관 / (주)다산컨설턴트
위탁연구기관 / 전북대학교 산학협력단

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘중금속 흡착제 개선을 통한 지하수 처리시스템 개발’(연구개발 기간 : 2017.04.01. ~ 2019.12.31.) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 02. 28.

주관연구기관명 : (대표자) 이 해 경



참여기관명 : (대표자) 이 해 경



주관연구기관책임자 : 박 준 규

참여기관책임자 : 이 해 경

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라
최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	19TBIP-C125 113-03	해당 단계 연구 기간	2019.01.01. ~ 2019.12.31.	단계구분	2019.01.01. ~ 2019.12.31. / 2017.04.01. ~ 2019.12.31.
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원사업			
	세부사업명	국토교통기술사업화지원사업			
연구과제명	대과제명	중금속 흡착제 개선을 통한 지하수 처리 시스템 개발			
	세부과제명	중금속 흡착제 개선을 통한 지하수 처리 시스템 개발			
연구책임자	박 준 규	해당단계 참여연구원 수	총: 18명 내부: 18명 외부: -명	해당단계 연구비	정부:300,000천원 민간:200,000천원 정부외: -천원 상대국: -천원 계:500,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 25명 내부: 25명 외부: -명	총 연구비	정부:1,027,000천원 민간: 693,334천원 정부외: -천원 상대국: -천원 계:1,720,334천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)다산컨설팅트 기술연구소			참여기업명 (주)다산컨설팅트	
국제공동연구	상대국명: 해당없음.			상대국 연구기관명: 해당없음.	
위탁연구	연구기관명: 전북대학교 산학협력단			연구책임자: 백 기 태	
※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반등급 / 지식재산권 확보되어 있음.				

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호	3	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
(주)다산 컨설팅	ABA를 사용한 과립형 흡착제 생산시설	없음	1	18.12.10	292,000	02-2222- 4457	경기도 이천시 부발읍 수정리	NFEC-2019- 02-253984

요약

- 비소를 흡착할 수 있는 기존 흡착제의 개량 및 개선하였음.
- 개선된 흡착제 생산시설을 확보하였음.
- 가장 보편화된 흡착제 대비 흡착성능 및 경제성을 확보하였음.
- 흡착제의 개량 및 개선 방법의 지식재산권을 확보하였음.
- 국내외 실증시설 제작/설치/운전으로 기술 확보하였음.
- 비소제거가 가능한 현지 맞춤형 정수시스템을 제작/운영이 가능함.

보고서 면수 166

요약문

연구의 목적 및 내용	• 유지관리 및 성능 향상을 위하여 0.01~0.05 mm의 ABA 입경크기를 해외흡착제의 입경인 0.3~2.0 mm로 성형소결 • 지하수 또는 지표수에 포함된 다양한 오염물질 및 비소를 포함한 중금속 제거가 가능한 각 용량별 정수시스템 개발 • 미립자인 흡착제를 성형소결하여 입자화 • 입자화된 흡착제의 특성 분석 및 성능 확인 • 국내 또는 해외 실증시설 운전으로 기술 확보				
연구개발성과	• 흡착제의 개량 및 개선 - 과립형 성형소결 - 생산시설 확보 - 용출테스트 - 기존흡착량 유지 • 비소제거 가능한 정수시스템의 운영상 문제점 해결 - 국내외 정수시스템 제작/설치/유지관리 - 정수시스템 매뉴얼 작성 • 기술동향조사 및 수요처 발굴				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 개발된 흡착제는 상용 중인 중금속 흡착제의 성능을 가지며 가격 경쟁력이 있는 흡착제로써, 기존 흡착제의 사용처에 대체 흡착제로 사용이 가능함. • 지하수 또는 폐·활광산에서 발생된 지표수에 포함된 중금속을 제거할 수 있는 흡착제 사용 또는 정수시스템 설치/유지관리하므로써, 지속적인 사업이 가능함. • 보유기술 흡착제는 정수처리장에서 발생되는 부산물을 사용함으로써, 자원 재활용과 친환경적인 제품을 생산할 수 있음. • 개발된 흡착제는 3가 비소, 5가 비소를 동시에 제거가 가능함. • 환경법규의 주요한 목적인 허용 가능한 환경기준에 달성이 가능함. • 비소에 만성 노출시 집단 암 발생 등으로 인한 의료 경제적 손실 발생하며, 이를 정확하여 경제적 손실 방지가 가능함. • 전세계적으로 안전한 물이용에 대한 관심은 점점 높아지는 추세이나 개발도상국 혹은 빈곤국의 상수공급률은 경제적인 이유로 제자리에 머물고 있는 실정이며, 동남아시아지역은 다른 개발도상국 지역에 비하여 경제발전을 이루어지고 그에 따라 삶의 질 향상 욕구에 따른 안전한 먹는 물 공급을 포함한 환경개선에 관한 요구가 증가함으로써, 개발된 제품의 수요처 확보가 되어있어 해외 진출하여 신규시장의 확보가 가능함. • 차별화된 기술력 확보를 통한 지하수정화 시장 선점 및 전문인력 양성하여 일자리 창출이 가능함.				
국문핵심어 (5개 이내)	비소	지하수	흡착제	정수시스템	유지관리

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행내용 및 성과	5
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	135
4. 연구개발성과의 활용 계획 등	139
붙임. 참고 문헌	162

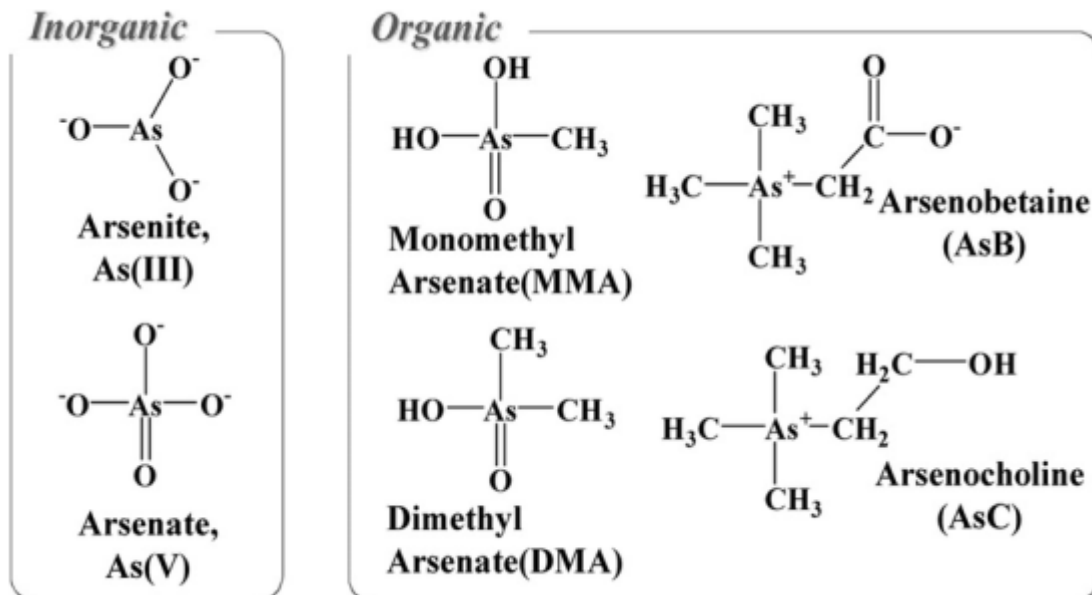
<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발 개요

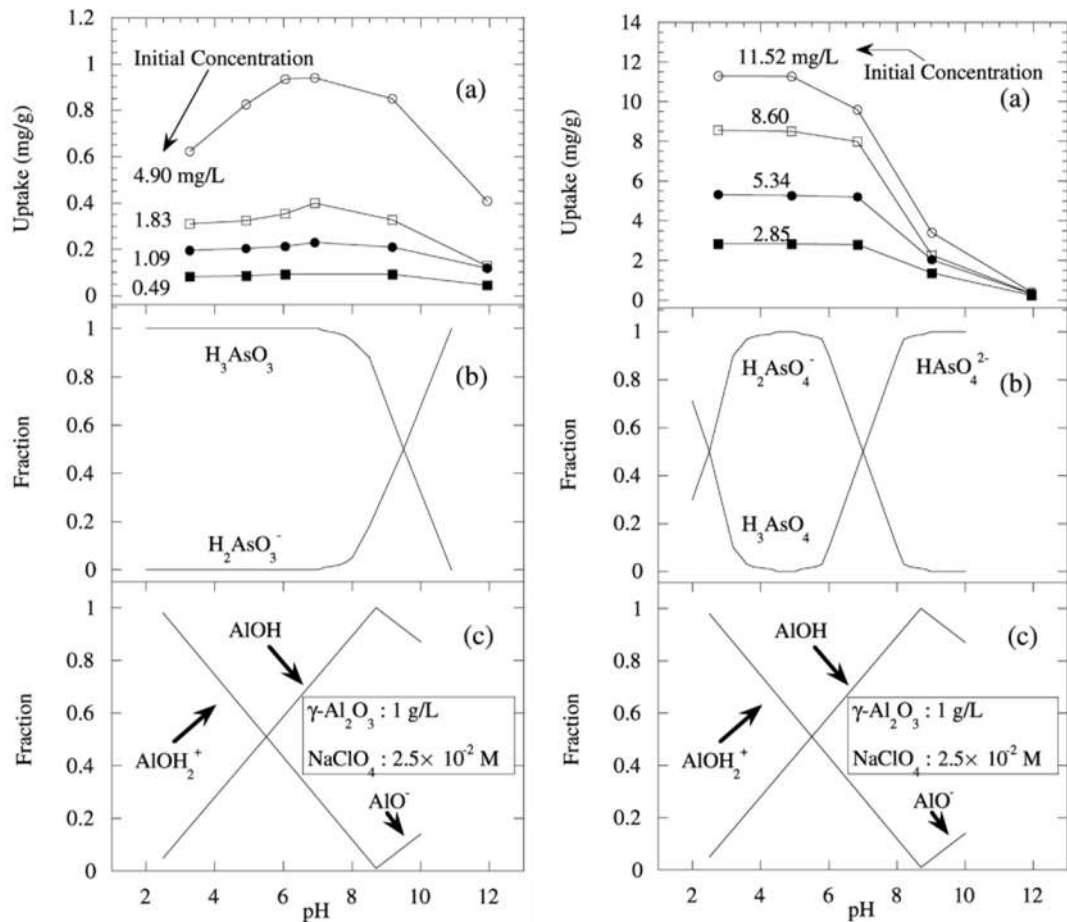
(1) 비소의 종 특징

- 비소는 인체에 발암성을 일으키는 음이온성 준금속, 독성원소(원자량 74.92 g/mol)이며, 자연환경에서 비소는 무기비소(Inorganic), 유기비소(Organic)로 존재한다.
- 지하수와 지표수에 존재하는 대부분은 무기비소로 존재하며, 무기비소는 유기비소보다 독성이 강하며, 무기비소 중 3가비소(As(III))가 5가비소(As(V))보다 독성이 약 10배정도 강하다.
- 국내에서는 지하수에 존재하는 비소는 대부분 5가비소이며, 일부 심층 지하수에서 3가비소가 발견되는 경우가 있다.



<그림 1> 비소의 종과 구조 (Hoon Choi et al. 2010)

- 비소는 음이온성으로 Fe, Al 등 양이온수산화결합체에 흡착을 선호하며, As(III)는 비이온성, As(V)는 음이온성으로 존재하기 때문에, As(III)는 As(V)보다 흡착 선호도가 낮음. 따라서 As(III)를 산화시켜 As(V) 형태로 제거하는 것이 일반적이다.
- 본 연구에 사용된 알림슬러지 기반의 흡착제는 3가비소는 물리적 흡착으로, 5가비소는 화학적 흡착으로 제거할 수 있음을 이미 확인하였으며, 이러한 선행 연구를 바탕으로 국내 지하수에서 주로 검출되는 5가비소를 대상으로 하였다.



<그림 2> 활성알루미나의 (좌) As(III), (우) As(V) 흡착 (Tsair-Fuh et al. 2001)

(2) 기술적 배경

- 일반적으로 중금속 제거기술은 크게 물리화학적 공정과 생물학적 공정으로 나뉘며, 물리화학적 공정에는 멤브레인, 이온교환, 침전, 흡착 처리기술 등이 있다.
- 국내외 비소의 제거기술에 대한 기술동향으로는 흡착제를 이용하여 제거하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 다른 기술 보다 많은 특허 및 연구를 차지한다.
- 국토교통부에서 수행된 “중금속으로 오염된 토양 및 지하수 처리기술 개발” 과제, 환경부에서 수행된 “비소 오염 지하수 정화기술 실증화” 과제를 수행한 주관기관으로써 비소 처리 기술을 지속적으로 향상시켰다.
- 또한, 상기 과제를 수행을 통해 흡착제의 성능향상 및 유지관리가 필요한 기술개발의 필요성이 절실하여, 본 과제를 통해 목적을 달성하여 현장 적용 및 사업화에 만전을 기하고자 한다.

(3) 정책적 배경

- 물산업의 패러다임은 물 부족 문제로 과거 상하수도 중심에서 수자원 확보를 위한 통합 물 관리 관점으로 전환되고 있다.
- 물순환체계 전 과정을 포괄하는 유역종합개발(이수, 치수, 생태환경), 상하수도, 대

체수원 등 포괄적 관점에서 물산업을 정의한다.

- 과거 물산업은 사회 간접자본 및 공공성 측면이 강조되었으나, ‘비즈니스’로의 인식 전환에 따라 21세기 핵심 산업군으로 자리매김하고 있다.
- 신흥공업국과 개발도상국 등의 산업화를 위한 설비증가, 물부족 해결을 위한 수자원 확보, 선진국의 수질기준 강화에 따른 하수처리 기술 등 물에 대한 다양한 변화요인이 발생한다.
- 전세계적으로 안전한 물이용에 대한 관심은 점점 높아지는 추세이나, 개발도상국 혹은 빈곤국의 상수공급율은 경제적인 이유로 제자리에 머물고 있는 실정이다.

(4) 경제적 배경

- 동남아시아지역은 다른 개발도상국 지역에 비하여 경제발전을 이루어지고 그에 따라 삶의 질 향상 욕구에 따른 안전한 상수공급을 포함한 환경개선에 관한 요구가 증가되고 있으나 이러한 요구를 만족시키지 못하고 있다.
- 2018년 국내 물시장 규모는 106억 달러 시장을 형성하여, 연평균 3.0% 성장하고 있다.
- 2018년 세계 흡착제 시장 규모는 8.3억 달러이며, 연평균 4.9% 성장하고 있다.
- 우리나라 먹는 샘물은 1995년 “먹는물 관리법”이 제정되고 공식적으로 국내 시판이 허용된 이후 지금까지 지속적으로 성장하였으며, 전세계 먹는 샘물 시장은 약 60조원으로 음료시장을 추월하였다.
- 유해중금속 중 상대적으로 처리에 어려움이 있는 비소를 중심으로 비교시 전세계적으로 가장 많이 상용된 흡착제 중 수입 제품인 Bayoxide E33과 해외 다른 흡착제의 초기투입에 따른 흡착제의 단가와 최대흡착량 도달에 따른 교체 비용이 산정된다.
- 또한, 생산에 있어 주원료는 정수장에서 발생하는 정수슬러지로 제작되어 자원 재사용으로 친환경적이며, 경제적인 흡착제이다.



<그림 3> 최대흡착량



<그림 4> 생산비용



<그림 5> 유지관리비용

나. 연구개발 목표

(1) 최종목표

- 유지관리 및 성능향상을 위하여 0.01~0.05 mm의 ABA 입경크기를 해외흡착제의 입경인 0.3~2.0 mm로 성형 소결하여 개선
- 지하수 또는 지표수에 포함된 다양한 오염물질 및 비소를 제거가 가능한 정수시스템 개발
- 국내 또는 해외 실증시설 운전을 통해 매뉴얼 확보
- 실증시설운전을 통한 신기술인증 신청

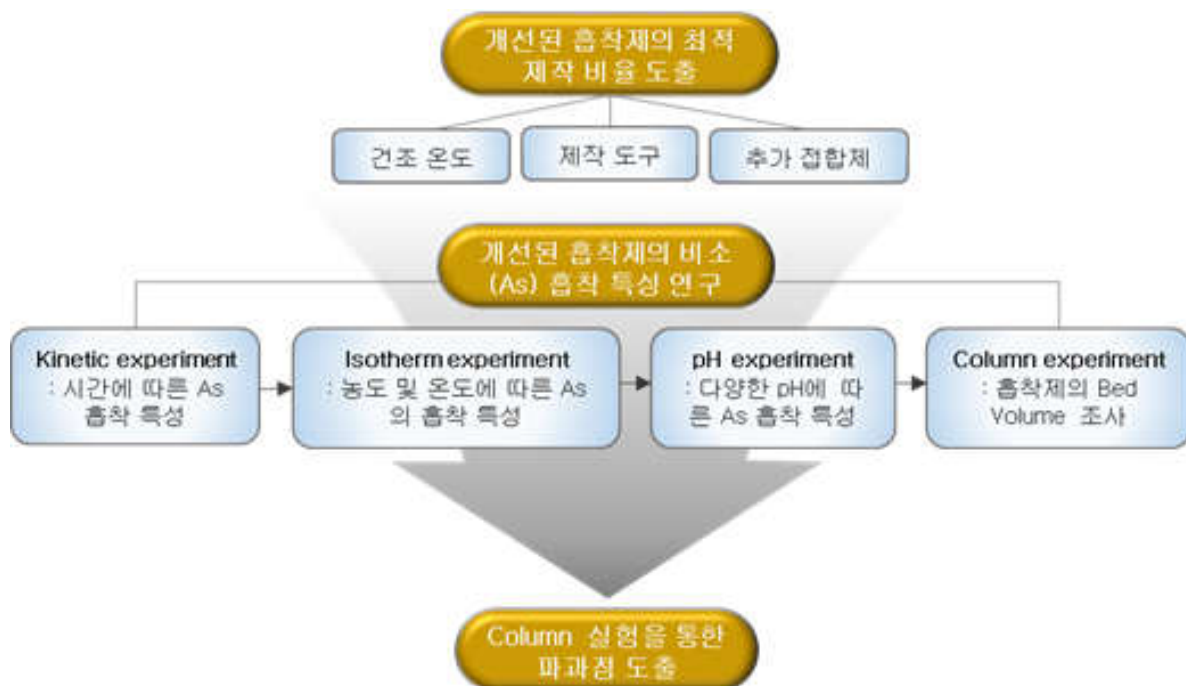
(2) 연차별목표

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도 (’17.03~ '17.12)	• 흡착제의 물리적 특성 향상을 위한 성형 연구	- 흡착제 성형소결하여 Granule 화 - Granule화된 흡착제의 물리적 특성 평가
2차년도 (’18.01~ 18.12)	• 개선 흡착제 이용 시제품 제작 • 흡착제 대량제조 시설 구축 • 성형 흡착제의 As 흡착 특성 평가	- Granule화 되는 흡착제 제조시설 확보 - 실증화시설 설계 - 성형 흡착제의 As 흡착 성능 평가
3차년도 (’19.01~ '19.12)	• 실증화시설 평가	- 실증화시설 운전

2. 연구수행 내용 및 성과

가. 연구개발 내용

- ABA(Alum-Based Adsorbent)는 분말 형태로 상용화된 해외 흡착제에 비해 표면적이 넓어 As(V)를 최대 약 15배 흡착을 할 수 있고 생산 비용 면에서도 최대 약 9배를 절감할 수 있는 장점이 있다. 또한 유지관리 비용으로 최대 약 154배를 절감할 수 있는 비용 고효율적인 흡착제이다. 분말 형태인 ABA의 입경은 0.01 ~ 0.05mm로 매우 작다. 이로 인해 현장 적용결과, 슬러지 뭉침 현상으로 편류가 발생하고 막힘 문제로 인해 역세공정이 필요하다. 흡착제가 여과포를 통해 유출이 되어 유속을 제한해야 하며 미립자이기 때문에 모듈 제작이 어려운 단점이 있다.
- 이를 위해 기존에 개발된 ABA를 성형하여 이러한 문제점을 해결해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 분말 형태의 ABA를 개량 및 개선하여 입경크기로 인한 운전 및 제조상의 문제점을 해결하고자 하였다.
- 해외 사용 흡착제의 입경인 약 0.3 ~ 2.0mm의 범위와 유사한 비드형 흡착제를 제작하여 분말 형태인 ABA의 단점을 보완하여 처리공정을 개선하고자 하였다. 하지만 Sludge와 Alginate, PVA로 제작된 S-A-P 500(Sludge-Alginate-PVA) 흡착제는 흡착과정에서 흡착제모양을 유지하기가 힘들었으며, 결과적으로 흡착제가 부서져 ABA의 단점이 재발하였다. 또한 여러 물질이 첨가, 흡착제 생산 공정 구현 등 비용적인 문제도 발생하였다. 따라서 흡착제의 모양을 유지하며, 해외 사용 흡착제와 유사한 흡착능을 나타내는 펠렛형태 흡착제를 제안했다. 더불어 해외 흡착제 대비 흡착능과 생산비용의 경쟁력을 얻을 수 있도록 하는 것이 본 연구의 목표이다. 또한 개량 및 개선된 흡착제의 특성과 이를 이용하여 As에 대한 흡착 특성 연구를 수행하였다.
- 흡착제의 최적 제적 비율을 도출하기 위해 건조, 소성, 제작 도구 사용 및 추가 접합제에 대해 연구를 수행하였고, 개선된 흡착제를 제작하였다. 이로써 개선된 흡착제의 특성을 조사하였고, 비소 (As) 흡착 특성을 연구하고자 시간에 따른 흡착제의 As 흡착량으로 평형에 도달하는 최적의 시간을 파악하였다(Adsorption kinetics). 다양한 As의 농도에 따른 흡착제의 As 흡착량을 조사하여 최대 흡착 가능한 As 양을 (Adsorption isotherms) 확인하였다. 개선된 흡착제들을 이용하여 Column 실험을 통해 흡착제의 Bed Volume 흡착을 조사하며, As의 수질 기준의 파괴점을 도출하고 흡착 한계를 조사하였다. 또한, 해당 흡착제의 중금속 흡착능을 파악하고자 8가지의 음이온 또는 양이온의 원소를 선정하여 수행하였다.



<그림 6> 연구계획 모식도

(1) 최적 제작 비율 도출

(가) 건조/소성 조건 추가 접합제에 대한 As 흡착량

- 흡착제의 건조 조건에 따른 흡착량을 평가하기 위해, 연구에서 얻은 25℃에서 24시간 조건과 비건조 조건으로 실험을 진행하였다. 또한 기존 분말 흡착제인 ABA는 생알루미늄슬러지(raw alum sludge)를 105℃에서 24시간 건조시킨 후 분쇄하여 0.15mm 체로 쳐서 그 이하의 분말을 300℃에서 24시간 소성을 한 흡착제이다. 그러므로 소성 전의 건조 상태의 알룸 슬러지를 이용하여 비드형 흡착제를 제작하였고, 이를 소성하여 As 흡착량을 평가하고자 하였다. 또한, 추가 접합제로 PVA를 사용하여 As 흡착량을 비교하였다.
- 소성 조건은 공기 및 질소 환경을 이용하였고, 공기는 기존의 ABA 제작과 동일한 조건에서 진행되었으며 질소 환경은 산소를 차단함으로써 유기물이 탄화(Carbonation)가 되어 흡착제의 공극을 극대화 하고자 선정하였다. (표 2, 3) 소성은 3시간 동안 300, 400, 500℃에서 수행하였고 이를 각각 비교하였다. (표 1) ABA와 Alginate로 제작된 비드 흡착제의 경우엔 A-A (ABA-Alginate), ABA와 Alginate, PVA로 이루어진 경우는 A-A-P (ABA-Alginate-PVA)로 명명하였고, 동일한 방식으로 Sludge의 경우엔 S-A (Sludge-Alginate), S-A-P (Sludge-Alginate-PVA)로 명명하였다.
- 해당 흡착 실험은 50 mg/L 의 As (Arsenate, $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)를 이용하여 0.1 g의 흡착제를 30 ml As 용액에 (고액비 1:300) 혼합하여 8시간 동안 30 rpm 속도의 end-over-end shaker를 이용하였고, 여과지를 이용하여 여과한 후, 여

과액을 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다. 실험에 수행된 흡착제의 여과 후와 여과액에 대해 표 4와 5에 나타내었다.

- 따라서, 총 12가지의 흡착제를 각각 공기와 질소 환경에서 소성시킨 것에 대한 As 흡착량의 결과는 표 2에 나타내었다. 먼저 공기 소성에서, ABA를 이용해서 제작된 흡착제와 Sludge를 이용해서 제작된 흡착제의 흡착량이 소성 온도와 상관없이 유사한 것을 확인 할 수 있다. 그 중 ABA의 경우 Only calcination 부분은 A-A 400을 제외한 5가지 흡착제에서 온도에 따라 흡착량이 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며, Drying-calcination 과정의 6가지 흡착제는 온도에 따라 흡착량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 나머지 온도를 제외한 300℃에서만 A-A와 A-A-P가 Drying-calcination의 흡착량이 Only calcination 보다 낮았다. 하지만 이는 표 4에 나타난 것과 같이 300℃에서 제작된 흡착제가 흡착 실험 도중 마찰로 인해 모두 풀어져서 흡착량이 증가한 것으로 판단된다. 전반적으로 추가 접합제를 넣어준 A-A-P의 As 흡착량이 온도에 따라 급격하게 증가하였다. Sludge를 이용해 제작한 흡착제의 경우는 S-A 흡착제의 소성 온도가 400℃에서 두 과정 모두 흡착량이 낮았으며, Only calcination 보다 Drying-calcination의 흡착제가 더 효과적이다. 하지만 PVA를 첨가하여 제작한 S-A-P의 경우엔 온도에 따라 As 흡착량이 급속도로 증가하였고, 이는 ABA를 이용해 제작한 흡착제와 동일한 경향을 보이는 것을 확인하였다. 또한 ABA나 Sludge로 제작한 흡착제의 흡착량이 각 온도에서 대략 비슷한 결과를 나타내며, 그 중 As 흡착량이 가장 높은 500℃에서는 흡착량이 비슷하거나 조금 더 높은 것을 확인 할 수 있다. 이는 ABA가 이미 소성된 흡착제로 다시 소성시켜도 흡착 사이트에 큰 변화를 주지 못하는 것을 의미하며, Sludge의 경우엔 소성시켜 유기물을 제거하고 흡착 사이트를 제공함으로써 As 흡착이 가능해진 것으로 판단된다.
- 질소 환경에 소성한 경우, ABA와 Sludge를 이용한 모든 흡착제에서 $400^{\circ}\text{C} < 300^{\circ}\text{C} < 500^{\circ}\text{C}$ 의 순서로 As 흡착량이 높아지지만, PVA를 첨가한 Drying-calcination 과정은 $300^{\circ}\text{C} < 400^{\circ}\text{C} < 500^{\circ}\text{C}$ 의 순서로 흡착량이 증가하였다. 이는 앞서 설명한 것과 동일하게 300℃로 제작한 흡착제가 흡착 실험 교반 도중에 마찰로 인해 모두 풀어져 흡착량이 높게 나온 것으로 보여진다. 먼저 A-A 및 A-A-P의 Only calcination 및 Drying-calcination 과정에서 A-A-P 300을 제외하고 As 흡착량이 비슷하게 나타나 접합제가 As 흡착에 큰 영향을 끼치지 못하는 것으로 파악할 수 있다. Sludge의 경우엔 공기소성의 경향과 다르게 As 흡착량이 ABA 흡착제에 비해 확연하게 낮아진 것을 볼 수 있었다. 그 중 Drying-calcination 과정의 S-A-P가 눈에 띄게 두드러지며 탄화가 Sludge의 탄화가 ABA에 비해 작용이 적었던 것으로 보여진다.
- 이로써 ABA로 제작하는 A-A 및 A-A-P의 경우엔 질소 소성을 이용하는 것이 흡착제 내의 공극을 더 형성하여 As 흡착에 유리하며, Sludge를 이용한 흡착제는 공기 소성을 하여 유기물 제거 및 공극을 형성하는 것이 더 좋은 것으로 나타났다. 소성 온도는 500℃에서 모두 동일하게 흡착량이 높은 것을 감안

한다면, 흡착제 내의 Al이 결정화되지 않았고 이는 상대적으로 짧은 소성 시간에 의해 고온에서 빠르게 공극이 형성되는 것으로 보여진다. ABA를 이용한 흡착제에선 추가 접합제로 첨가한 PVA (A-A-P)의 흡착량이 넣지 않은 것 (A-A)와 큰 차이를 보이지 않았지만, 공기소성의 Sludge를 이용한 흡착제 (S-A-P)는 넣지 않은 것 (S-A)와 큰 차이를 보였다. 따라서 본 실험에서 흡착능이 가장 좋은 것은 공기소성의 A-A-P 500, S-A-P 500 및 질소소성의 A-A 500, A-A-P 500, S-A 500, S-A-P 500으로 1차 선정하였다. 하지만 ABA의 경우엔 해당 실험의 소성 조건 이전에 이미 300℃로 24시간 소성시켜 제작하는 것을 감안한다면, 에너지를 소비하는 소성과정을 2회 적용하기 때문에 비드 제작 비용이 증가하게 된다. Sludge 흡착제의 경우엔 질소 소성보다 공기소성 흡착제의 As 흡착량이 높고, 그 중에서도 Drying-calcination의 과정이 더 높으며 해당 흡착제의 경우엔 1회의 소성을 통해 제작하기 때문에 ABA를 이용한 흡착제 보다는 경제적이다. 종합적으로 Only calcination과 Drying-calcination의 흡착량 차이가 크지 않으며, 건조과정에 추가적인 비용이 소모되기는 하나, 슬러지 부피가 감소하여 보관이 용이한 장점이 있다. 따라서 본 실험을 통해 건 Drying-calcination의 S-A-P 500를 Air-based로 소성한 것이 가장 적합한 흡착제로 판단하였다.

<표 1> ABA와 Sludge에 건조, 소성, 추가 접합제 (PVA), 산소 유무 조건에 따른 흡착제 생산

Sample	A-A (ABA-Alginate)			A-A-P (ABA-Alginate-PVA)			S-A (Sludge-Alginate)			S-A-P (Sludge-Alginate-PVA)		
Material	ABA (Raw alum sludge to calcine at 300℃)						Raw alum sludge (Dry at 105℃ and sieve <0.15 mm)					
Binder	2% sodium alginate			2% sodium alginate 1.5% Polyvinyl Alcohol			2% sodium alginate			2% sodium alginate 1.5% Polyvinyl Alcohol		
Dry	25℃ 24h		None	25℃ 24h		None	25℃ 24h		None	25℃ 24h		None
Calcina-tion	Air		Nitrogen	Air		Nitrogen	Air		Nitrogen	Air		Nitrogen
	3h			3h			3h			3h		
	300℃	400℃	500℃	300℃	400℃	500℃	300℃	400℃	500℃	300℃	400℃	500℃

<표 2> Air based 소성으로 제작된 300℃ 와 500℃의 흡착제를 건조시키지 않은 것
(Air-based, Only calcination 전의 흡착제)

구분	A-A (ABA-Alginate)	A-A-P (ABA-Alginate-PVA)	S-A (Sludge-Alginate)	S-A-P (Sludge-Alginate-PVA)
300℃				
500℃				

<표 3> Nitrogen-based 소성으로 제작된 흡착제로 25℃에서 건조시킨 후 400℃에서
소성시킨 흡착제 (Nitrogen-based, Drying-calcination)

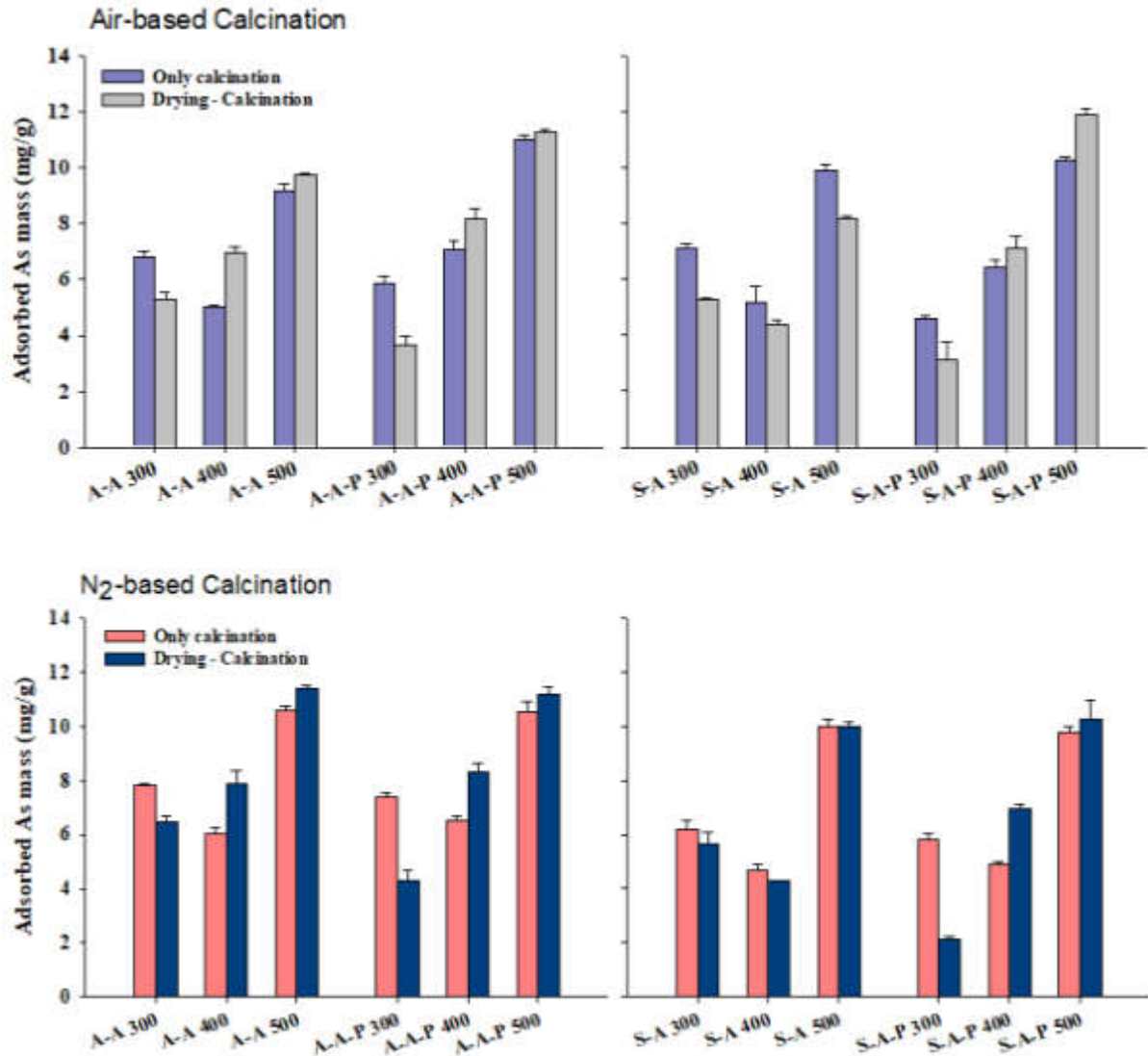
구분	A-A (ABA-Alginate)	A-A-P (ABA-Alginate-PVA)	S-A (Sludge-Alginate)	S-A-P (Sludge-Alginate-PVA)
After drying				
400℃				

<표 4> 각 온도에 따른 Air-based 와 Nitrogen-based로 소성한 후
As 흡착 교반 실험 후 여과한 흡착제

구분	A-A-P (ABA-Alginate-PVA)	S-A (Sludge-Alginate)	S-A-P (Sludge-Alginate-PVA)
Air-based Calcination			
Nitrogen-based Calcination			

<표 5> 온도에 따른 Air-based 와 Nitrogen-based로 소성한 후
As 흡착 교반 실험 후 여과 전과 여과 후의 여과액

구분	A-A-P (ABA-Alginate-PVA)	S-A (Sludge-Alginate)	S-A-P (Sludge-Alginate-PVA)
Before filtration			
After filtration			



<그림 7> 건조, 소성, 추가 접합제 조건에 따른 Air-based 및 Nitrogen-based로 소성 후 제작된 흡착제의 As 흡착량 (mg/g)
 실험 : 50 mg/L As 용액을 이용하여 1:300의 고액비로
 8시간 동안 end-over-end shaker로 30rpm으로 교반

(나) 건조 및 소성 승온 시간과 온도에 따른 As 흡착 kinetics

- 앞의 실험에서 선정된 S-A-P의 흡착량 증가를 위해 소성 승온 시간과 온도를 변수로 주어 공극율을 향상 시키는 실험을 수행하였다. 소성 승온 시간의 경우엔 20, 60, 100분을 변수로 두어 차이를 확인하였고, 온도의 경우엔 300℃에서 흡착제의 풀림 현상이 나타나는 것을 감안하여 400℃ 와 500℃로 진행하였다. 그 외의 조건은 이전 실험과 동일하며 Air-based로 3시간 동안 소성시켜 제작하였다. 따라서 본 흡착제를 건조 과정이 없이 제작된 것을 S-A-C (Sludge-Alginate/PVA-Calcination), 건조 과정을 진행한 경우엔 S-A-DC (Sludge-Alginate/PVA-Drying-Calcination)로 명명하였다. (표 6)

- ABA로 제작된 흡착제들 (A-A, A-A-P)에서 소성으로 인해 제작 과정이 복잡하고 제작비용이 증가하는 것을 감안하여 소성 과정 없이 건조 과정만을 거친 흡착제로 사용하였다.
- 제작된 흡착제는 150 mg/L 의 As (Arsenate, $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)를 이용하여 0.1 g의 흡착제를 30 ml As 용액에 (고액비 1:300) 넣어 8시간 교반시켜 흡착량을 파악하였고, 이에 대한 짧은 시간 내의 흡착량을 알아보기 위해 10, 30, 60 분의 반응시간으로 kinetic 실험을 30 rpm 속도의 end-over-end shaker를 이용하여 수행하였고, 여과지를 이용하여 여과액을 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다.
- S-A-C의 경우엔 3가지의 승온 시간에서 400°C보다 500°C에서 모두 다 높은 As 흡착량을 가졌으며, 그 중 400°C의 경우엔 승온 시간이 길어지면서 흡착량이 급격하게 감소하였다 (그림 8). 하지만 S-A-DC의 경우엔 승온 시간은 흡착량에 별다른 영향을 주지 못하였으며, 기존에 이용했던 60 min의 승온 시간에서 비소의 흡착량이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이는 S-A-C 400을 제외하고 모든 흡착제에서 유사한 경향을 나타냈으며, S-A-C 400의 경우엔 20분의 소성 승온시간, S-A-DC 500의 경우엔 60분의 소성 승온 시간이 흡착량을 가장 크게 만들 수 있었다. S-A-DC 400과 S-A-C 500의 경우는 전반적으로 소성 승온 시간에 따라 As 흡착량이 큰 차이를 나타내지 못했다.
- 전반적으로 400°C에서는 S-A-C에 비해 S-A-DC가 모든 소성 온도와 승온 시간에서 높은 흡착량을 가졌고, 500°C에서는 60분의 승온 시간을 제외한 승온 시간에서 낮은 흡착량을 보였다. 이를 통해 흡착량이 가장 높은 S-A-DC 500을 선정하는 것을 현실적으로 적용에 문제가 있다고 판단하여, 추가적으로 짧은 접촉시간에서의 흡착량을 알아보고자 흡착 kinetic 실험을 수행하였다.
- 따라서 해당 흡착제 중 흡착량이 높지만 승온 시간이 100분인 것은 해당 시간 만큼 소성을 해야 하는 것을 감안하여 제외하였고, 총 5가지 흡착제를 선정하여 짧은 접촉 시간에서 흡착 kinetic을 진행하였다. (선정된 흡착제; S-A-DC 400 20', S-A-DC 400 60', S-A-C 500 20', S-A-C 400 60', S-A-DC 500 60')
- 건조만 시켜 제작된 흡착제인 A-A와 A-A-P의 제작 조건은 Table 3에 나타내었으며, 소성 흡착제인 S-A-C 및 S-A-DC와 비교하기 위해 동일한 실험을 진행하였다 (그림 9 a). A-A의 경우엔 초기 10분에서 흡착이 거의 일어나지 않는 것을 확인 할 수 있고, 반응 60분에서 흡착량이 1 mg/g에 도달 하는 것을 볼 수 있다. 반면, A-A-P의 경우엔 초기 10분에서 약 1 mg/g의 흡착량을 가졌고 이는 60분에서 급격히 증가하여 약 3.3 mg/g의 흡착량을 갖는 것을 볼 수 있다.
- 소성을 시켜 제작된 흡착제인 S-A-C와 S-A-DC의 경우엔 그림 9 b에 나타내었고, S-A-DC 400 20'의 경우에 초기 10분의 흡착량이 약 1 mg/g에서 60분에 4 mg/g까지 증가하였으며 이는 A-A-P와 비슷한 경향을 갖는다. S-A-DC 400 60'의 경우엔 초기 10분에서 약 2.3 mg/g의 흡착량을 갖고 60분에 약 4 mg/g의 흡착량을 가져 초기 흡착량은 승온 시간에 의해 증가한 것을 확인 할 수 있었다. S-A-C 500 20'의 경우엔 초기 10분의 흡착량이 약 1.7 mg/g으로 다소

낮았으며 60분에서는 약 2.2 mg/g으로 크게 증가하지 않았다. S-A-C 500 60'은 초기 10분에서 약 3 mg/g의 흡착량을 가졌고 60분에서 오히려 감소하여 약 2 mg/g의 흡착량을 가져 승온 시간이 20분인 경우와 동일한 흡착량에 도달하는 것을 확인하였다. 하지만 해당 흡착제의 error bar가 큰 것을 감안하면 초기 흡착량이 낮을 가능성을 있고, S-A-C 500에서도 S-A-DC 400과 동일하게 승온 시간 60분이 20분에 비해 초기 흡착량이 증가하고 60분에서 비슷한 흡착량에 도달하는 것을 확인하였다. 8시간 교반 실험이 가장 흡착량이 높았던 S-A-DC 500 60'의 kinetic 결과는 비록 초기 10분에서 error bar가 크지만 약 4 mg/g의 흡착량을 가졌고 60분에서 8 mg/g의 흡착량을 가져 짧은 시간 내의 As 흡착이 탁월한 것으로 보이고, 해당 흡착제의 초기 10분의 흡착량은 그 외의 흡착량의 60분의 흡착량과 비슷한 수준으로 흡착 kinetic이 빨라진 것을 확인할 수 있다.

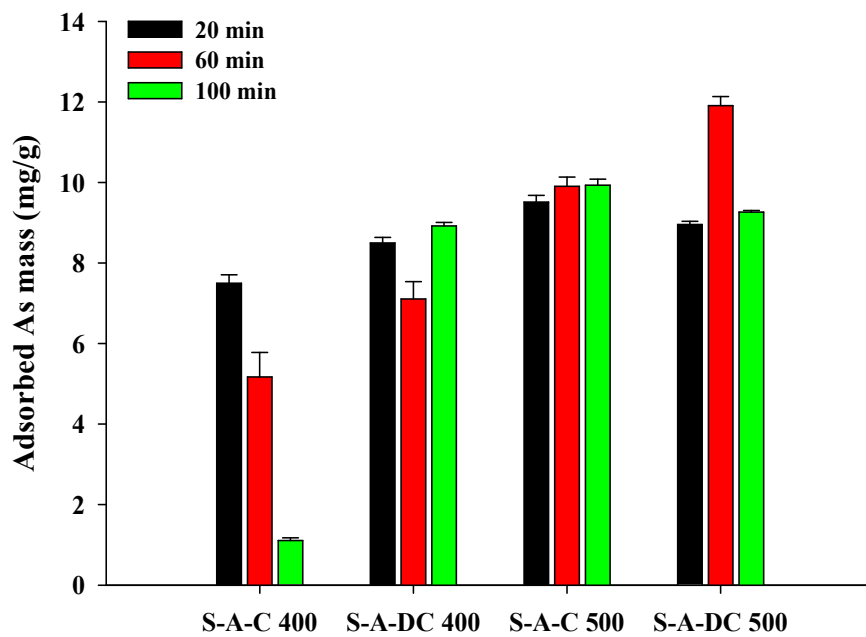
- 따라서 본 실험을 통해 흡착제의 초기 흡착 kinetics이 가장 빠른 S-A-DC 500 60'을 소성 흡착제로 선정하였고, 간편화하기 위해 소성된 흡착제를 S-A-P로 명명하여 이후의 실험에 사용되었다.

<표 6> 건조 및 소성 승온 시간과 온도에 따라 제작된 흡착제 (S-A-C 및 S-A-DC)

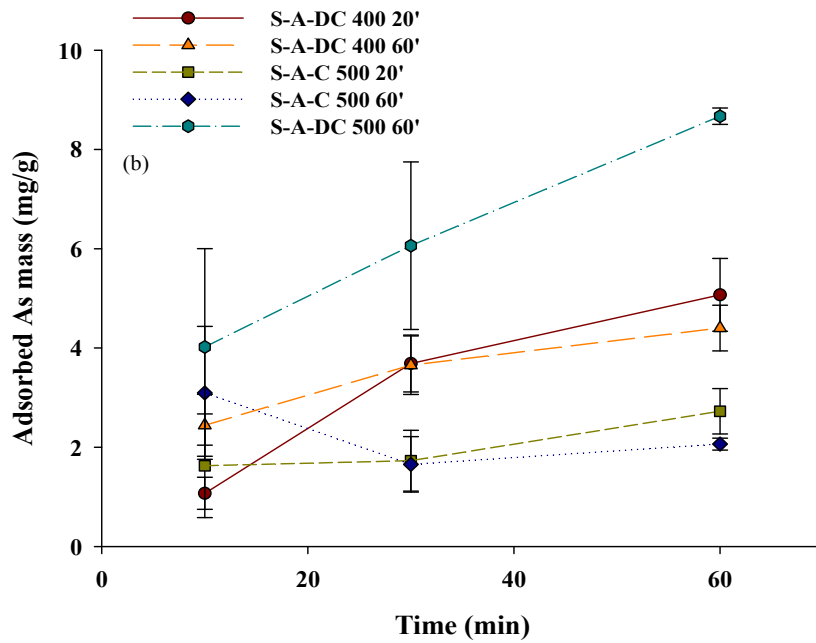
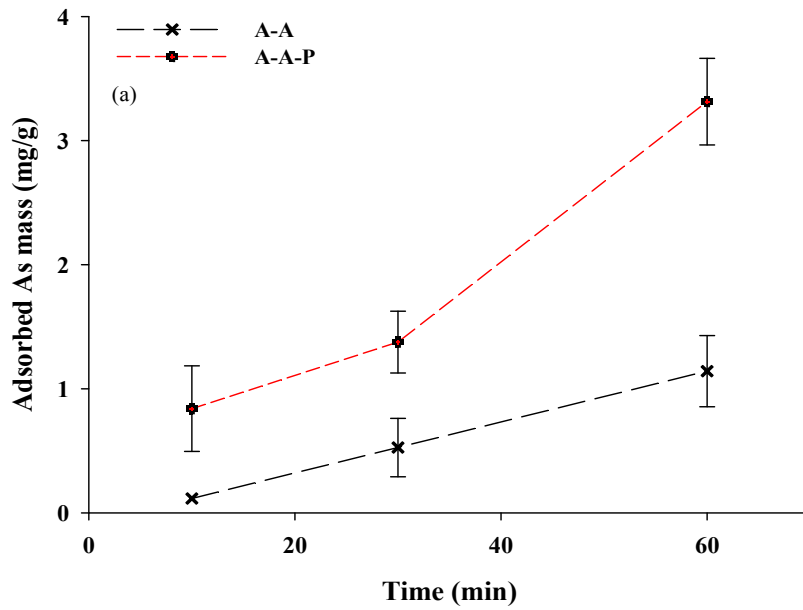
Samples	S-A-C (Sludge-Alginate/PVA-Calcination)	S-A-DC (Sludge-Alginate/PVA-Drying-Calcination)
Material	Raw alum sludge (Dry at 105°C and sieve <0.15 mm)	
Binder	2% sodium alginate & 1.5% Polyvinyl Alcohol	
Dry	None	25°C 24h
Calcination	Air-based for 3h	
	400°C 20, 60, 100 min	
	500°C 20, 60, 100 min	

<표 7> 건조, 소성, 추가 접합제 조건에 따른 Air-based와 Nitrogen-based로 소성한 흡착제

Sample	A-A (ABA-Alginate)	A-A-P (ABA-Alginate-PVA)
Material	ABA (Raw alum sludge to calcine at 300°C)	
Binder	2% sodium alginate	2% sodium alginate 1.5% Polyvinyl Alcohol
Dry	25°C 24h	25°C 24h
Calcination	None	



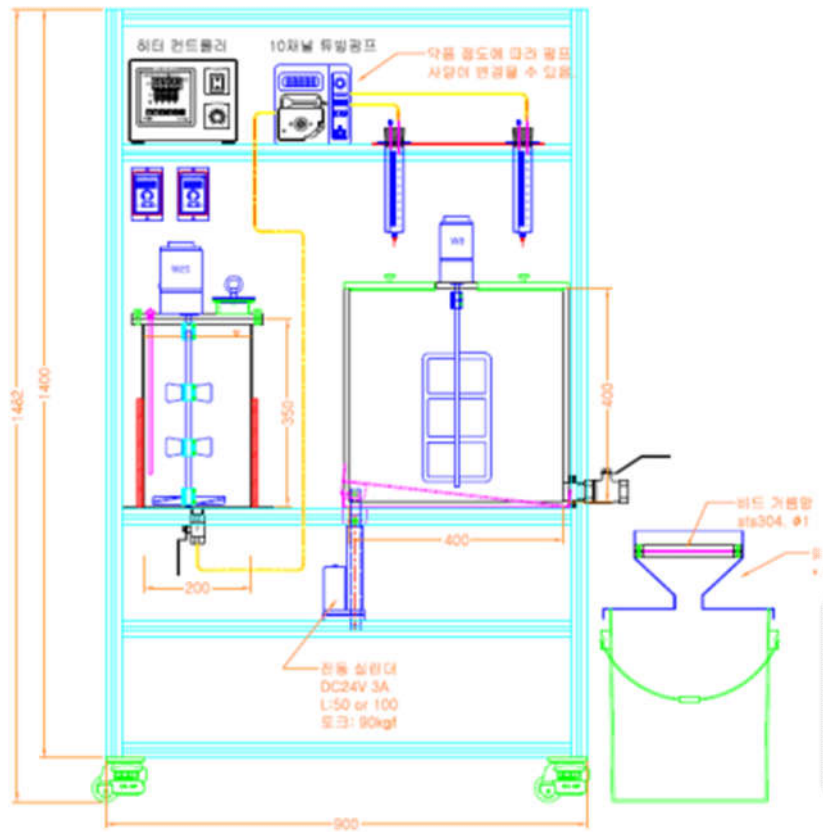
<그림 8> 건조 및 승온 시간과 온도에 따라 제작된 흡착제의 As 흡착량 (mg/g)
 실험 : 150 mg/L As 용액을 1:300 고액비 end-over-end shaker를
 이용하여 30 rpm 8시간 교반



<그림 9> 건조 및 소성 온도와 승온 시간에 따른 흡착 kinetics,
 (a) A-A 및 A-A-P, (b) S-A-C 및 S-A-DC
 실험 : 150 mg/L As 용액을 1:300의 고액비 end-over-end shaker를
 이용하여 30rpm 교반

(다) 제작 도구

- 비드형 흡착제를 제작하여 screening 실험을 했을 경우엔 주사기와 주사침을 이용하여 수작업으로 흡착제를 제작하였고, 이에 따라 흡착제의 모양이 일정하지 않았다. 따라서 비드형 흡착제 제작을 위해 장비를 고안하였고, 해당 장비를 이용하여 비드를 제조하여 모양이 일정하도록 하였다. (그림 10)
- Sodium alginate를 녹이기 위해선 60 ~ 70℃로 온도를 설정해주고 1시간 이상 교반한 후후에 PVA 넣어 잘 녹여준다. 또한 해당 용액이 전부 녹았는지 확인하기 위해 내부 공간의 시야 확보가 필요하다. 다 녹은 Sodium alginate에 ABA 또는 Sludge 용액을 넣어 잘 섞어 준 후 펌프를 이용하여 100 ml 실린저에 꽂힌 주사침으로 압력을 가해 수조에 떨어트린다. 그리고 그 수조에는 0.1M 염화칼슘($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 용액을 넣어 비드가 형성되도록 한다. 제작된 비드를 염화칼슘 용액에서 약 2일 경화시킨 후 거름망을 이용하여 비드와 염화칼슘 용액을 분리하여 비드를 증류수로 수차례 세척한다.
- 하지만 비드 제작 시 ABA-Alginate(-PVA) 또는 Sludge-Alginate(-PVA) 용액이 펌프를 통해 100 ml 주사기로 가는 동안 파우더 형태의 ABA 또는 Sludge가 뭉치는 현상이 발생하여 막히는 부분이 발생할 가능성이 있으므로 input 튜브의 입경이 큰 것을 사용하는 것이 좋다. 또한 이러한 ABA 또는 Sludge의 밀도가 Alginate나 PVA보다 크기 때문에 주사기와 주사침 사이에 막힐 가능성이 있으며, 주사침의 입경이 큰 17G 또는 그 이상을 사용하는 것이 좋다. 제작된 비드를 염화칼슘 용액에 경화 하는 과정에서 폐액이 발생하지만, 염화칼슘 용액의 경우엔 시약을 추가하여 재사용이 가능하다. 하지만 비드를 수차례 세척하는 과정에서 많은 양의 증류수를 사용해야 한다.



<그림 10> 비드 제작 장비 설계도

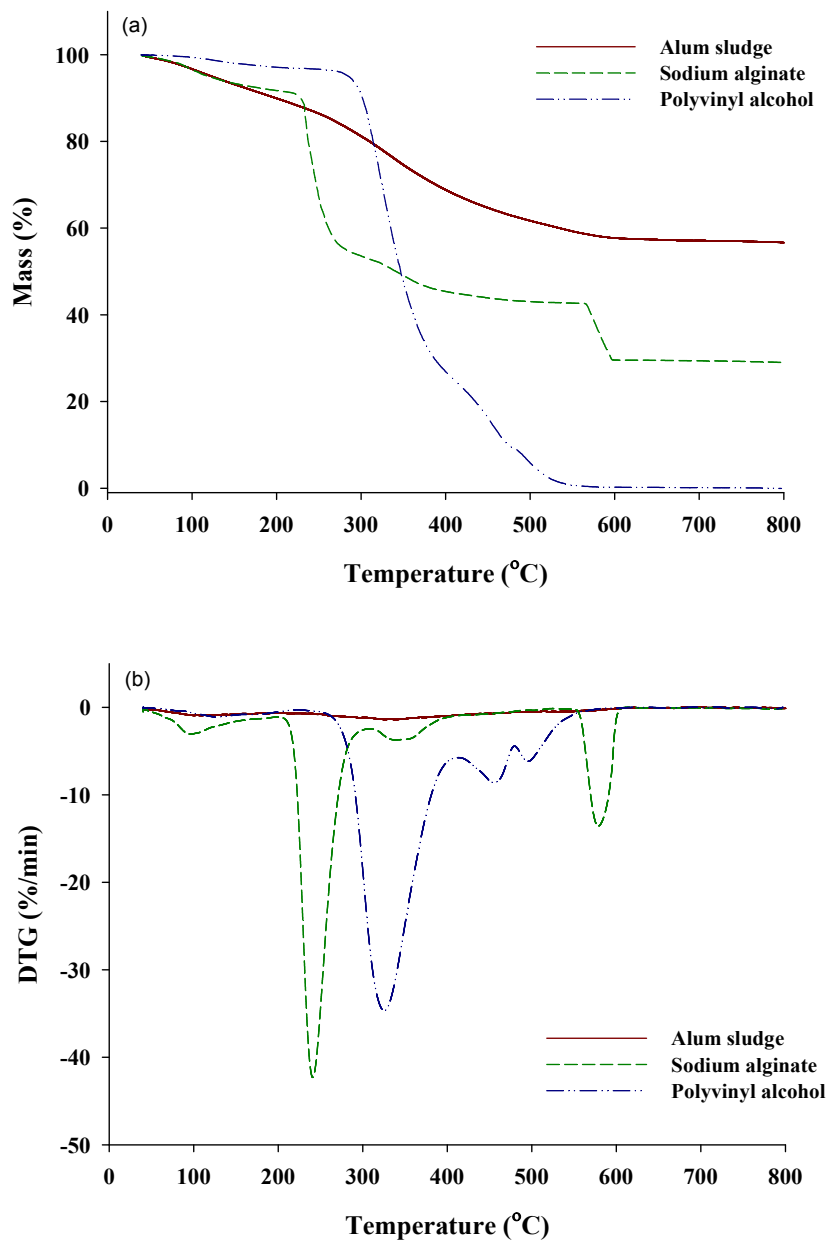


<그림 11> 비드 제작 장비의 실제 사용 모습

(2) 비소(As) 흡착 특성 연구

(가) 흡착제 특성 조사

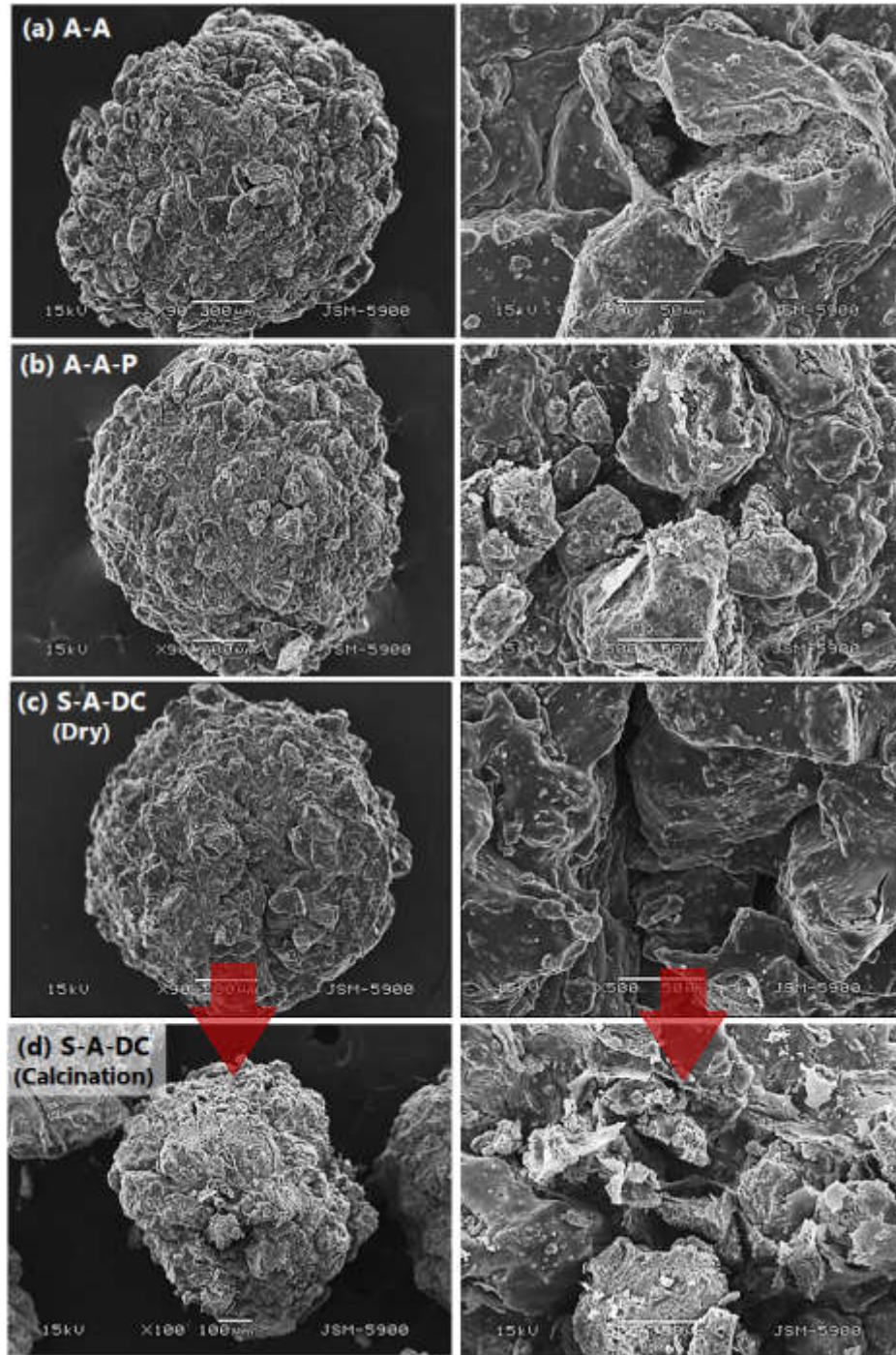
- 알림 슬러지 및 Sodium alginate, PVA의 온도에 따른 질량 감소율을 알아보기 위해 thermogravimetric analysis (TGA)와 differential thermogram (DTG)를 분석하였고, 이를 그림 12에 나타내었다. 알림 슬러지의 열분해는 3가지의 범위를 나타냈으며, 250 ~ 600℃의 범위에서 유기물의 열분해를 나타내는 것으로 보인다. Sodium alginate의 경우엔 범위를 5개로 나눌 수 있고, 275 ~ 560℃에서 분해가 일어난다. PVA는 3가지 범위로 나뉘며 270 ~ 550℃에서 녹는 것을 확인할 수 있다. 따라서 3가지 물질에 모두 만족하는 범위는 약 300 ~ 550℃로 나타낼 수 있지만, 500℃ 이상은 As 흡착에 영향을 미치는 결정질 산화알루미늄이 생성될 가능성이 있어, 300 ~ 500℃의 소성 온도가 적정한 것으로 판단된다.
- 제작된 건조 또는 소성 비드형 흡착제의 비표면적은 표 8에 나타내었고, 그 중 소성 흡착제인 S-A-DC의 경우엔 건조한 것과 건조 후 소성한 것에 대한 표면적이 약 120배 증가한 값을 가지는 것을 확인하였다. 이로써 소성 과정은 Sludge 표면의 유기물질을 제거하고 공극을 형성하는 것을 확인할 수 있었다.
- 또한 각 흡착제의 SEM 이미지 또는 SEM-EDS 분석을 한 것은 그림 13에 전체적인 비드형 흡착제의 SEM 이미지와 확대한 이미지를 나타내었다. BET 비표면적 분석과 동일하게 S-A-P (Dry)보다 S-A-P (Calcination)의 표면의 개질이 증가했고, 전반적인 흡착제의 사이즈도 더 작아진 것을 확인할 수 있었다 (건조 흡착제 (A-A 및 A-A-P) ; 약 1 mm, 소성 흡착제 (S-A-P) ; 약 0.8 mm). 또한 각 흡착제의 SEM-EDS 분석에서 모든 흡착제의 Al과 Si의 mapping 사이트가 동일 한 것을 확인할 수 있었으며, 그 중 건조 흡착제 (A-A, A-A-P)의 경우엔 Ca와 Na의 mapping이 Al 및 Na의 사이트와 큰 영향이 없는 것을 확인할 수 있었다.(그림 14) 소성 흡착제인 S-A-P (Calcination)의 경우엔 건조 흡착제(A-A, A-A-P, S-A-P (Dry))에 비해 Ca와 Na의 mapping 사이트가 확연히 줄어든 것을 볼 수 있고, 이 또한 Al 및 Si 사이트와 동일하지 않은 것으로 큰 영향을 주지 않을 것으로 보였다. 이로써 Gelling solution으로 사용하는 염화칼슘($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)에 의해 제작되는 비드의 Ca 및 Sodium alginate의 Na가 As의 주 흡착 사이트인 Al에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단했다.



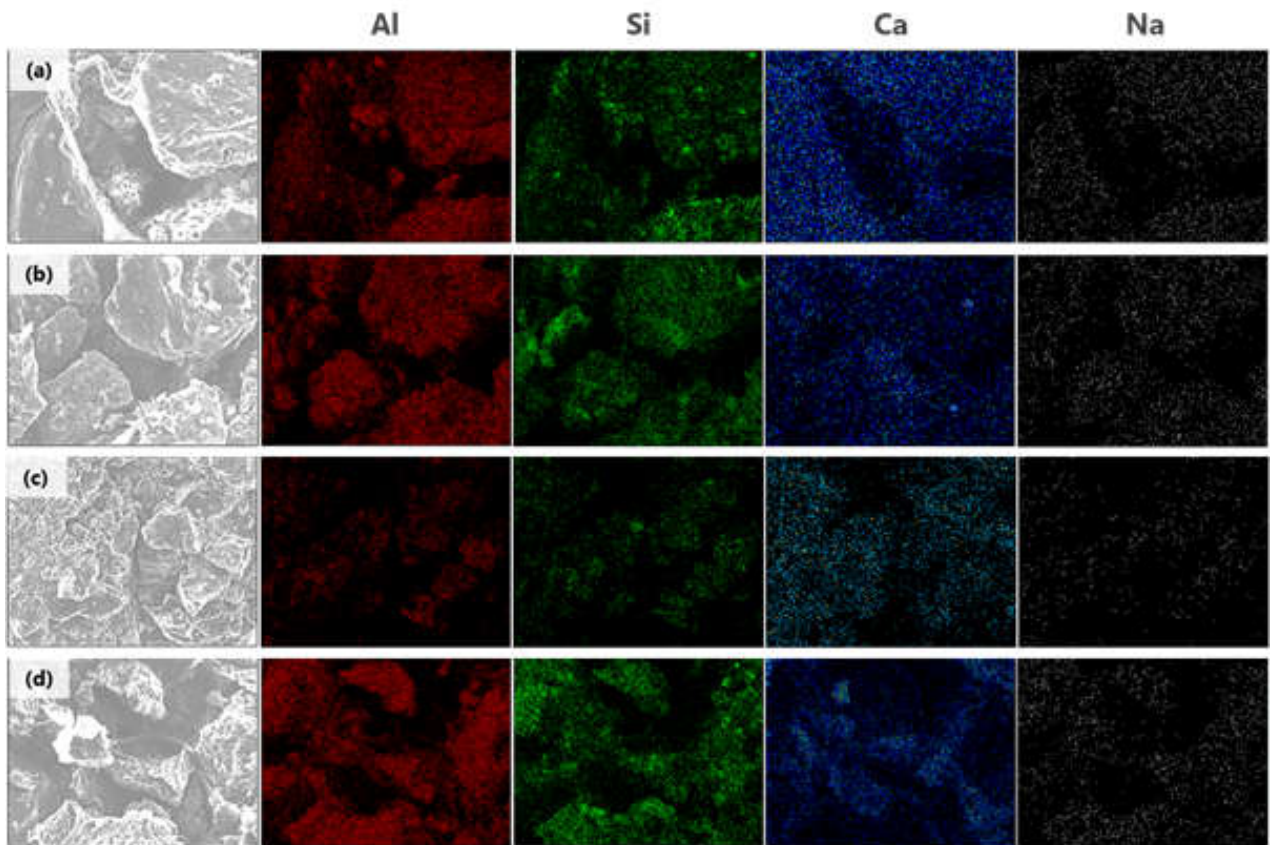
<그림 12> 공기 퍼징으로 분석한 Alum sludge, Sodium alginate, PVA의 TGA와 DTG

<표 8> 각 흡착제에 대한 BET surface area (m^2/g)

	A-A	A-A-P	S-A-P (Dry)	S-A-P (Calcination)
BET surface area (m^2/g)	1.25	1.03	0.30	36.84



<그림 13> 건조 및 소성 흡착제의 SEM 이미지 분석
(a) A-A, (b) A-A-P, (c) S-A-P (Dry), (d) S-A-P (Calcination)

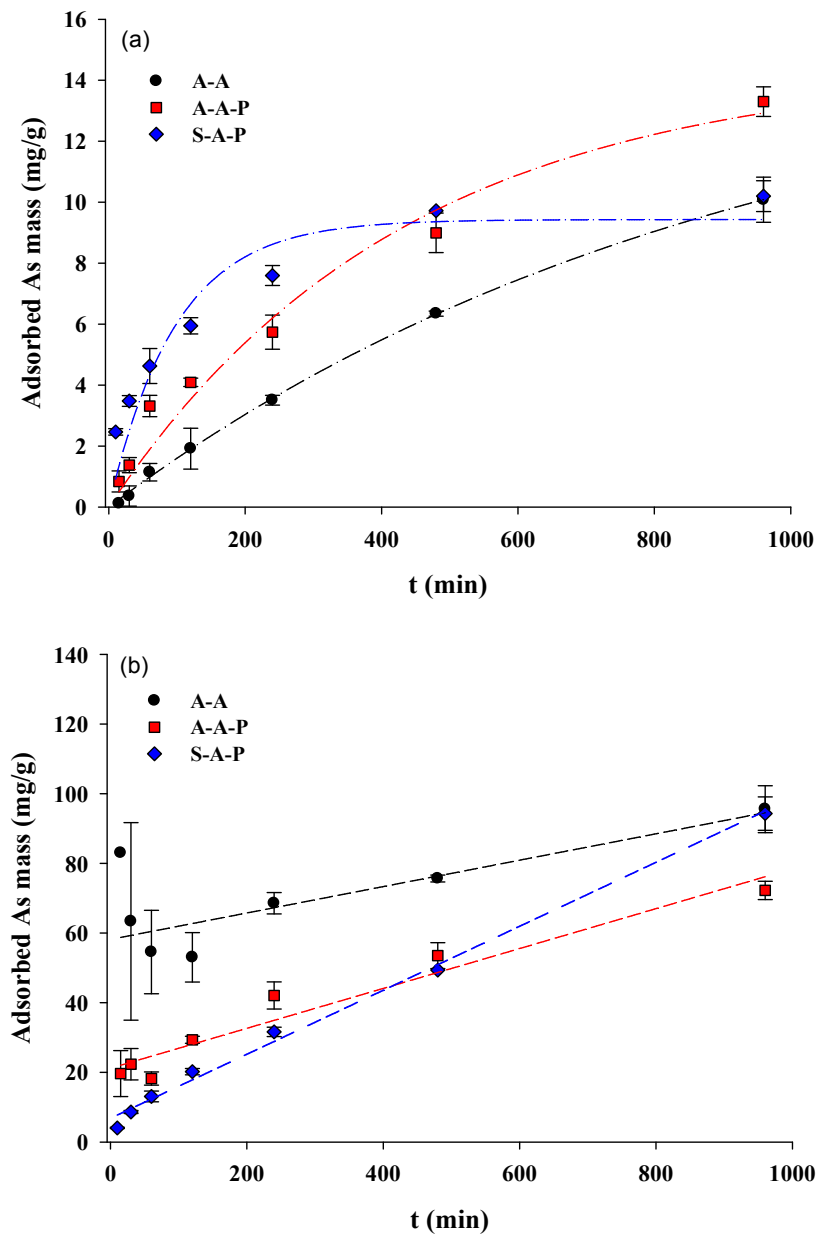


<그림 14> 건조 및 소성 흡착제의 SEM-EDS 분석
(a) A-A, (b) A-A-P, (c) S-A-P (Dry), (d) S-A-P (Calcination)

(나) 시간에 따른 As 흡착 특성 (Adsorption kinetics)

- 앞서 screening 실험으로 결정된 건조 비드형 흡착제인 A-A, A-A-P와 소성 비드형 흡착제인 S-A-P를 선정하여 흡착 kinetics을 수행하였고, pseudo-first order 및 pseudo-second order 모델을 적용하여 그림 22 a, b에 나타내었다. 흡착실험은 150 mg/L의 비소 (Arsenate, $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)로 고액비 1:300 (0.1 g 흡착제 : 30 ml 비소용액)으로 21°C에서 30 rpm의 교반기로 10, 30, 60, 120, 240, 480, 960 분에 대해 교반하여 여과한 후 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다.
- 소성 흡착제(S-A-P)의 경우 8시간에 평형에 도달하였고, 평형에 대한 As 흡착량에 대비하여 25%를 제거한 값은 10분 내에 도달하였다. 그러나 건조 흡착제인 A-A, A-A-P의 경우엔 해당 시간 안에 평형에 도달하지 않았고, 960분에서의 As 흡착량에 대해 25%를 제거한 양은 각각 2시간, 1시간이 소요되었다. 또한 S-A-P는 A-A 및 A-A-P 보다 초기 10분의 흡착 효율이 3 ~ 21배로 조사되었고, 이는 흡착 속도 상수 (k_1)에서도 확인할 수 있다.(표 9). A-A와 A-A-P는 pseudo-first order 모델에 적합한 r^2 값을 가졌고, S-A-P의 경우엔 pseudo-second order 모델에 적합한 r^2 값을 가지는 것도 확인할 수 있다. pseudo-first order 모델은 흡착된 이온들 사이에 어떠한 힘도 가하지 않는 특

정 흡착 사이트로의 흡착과 흡착제 표면의 단일층의 최대 흡착량 등을 나타내며 이를 통해 물리적 흡착을 의미하며, pseudo-second order 모델은 속도 제어 단계인 화학흡착에 해당하며, 이는 반응이 소성된 S-A-P에 공유 결합과 이온 교환이 일어난 반응을 의미한다. 이로써 흡착 속도는 소성-겔화 과정인 A-A와 A-A-P가 흡착 속도가 낮았으며, 겔화-소성 (S-A-P) 과정이 흡착 속도를 크게 향상 시켰다. 이를 통해 더 빠른 흡착 속도가 흡착층의 부피를 감소시킬 수 있는 것을 의미하기에, 겔화-소성 과정인 S-A-P가 효율적인 흡착제로 adsorption kinetics에서 결론 짓을 수 있다.



<그림 15> 건조 및 소성 흡착제의 adsorption kinetics
 (a) pseudo-frist order, (b) pseudo-second order
 실험 : 150 mg/L As 용액 1:300의 고액비, 온도 21℃

<표 9> 비소에 건조 및 소성 비드형 흡착제의 adsorption kinetics의 parameters

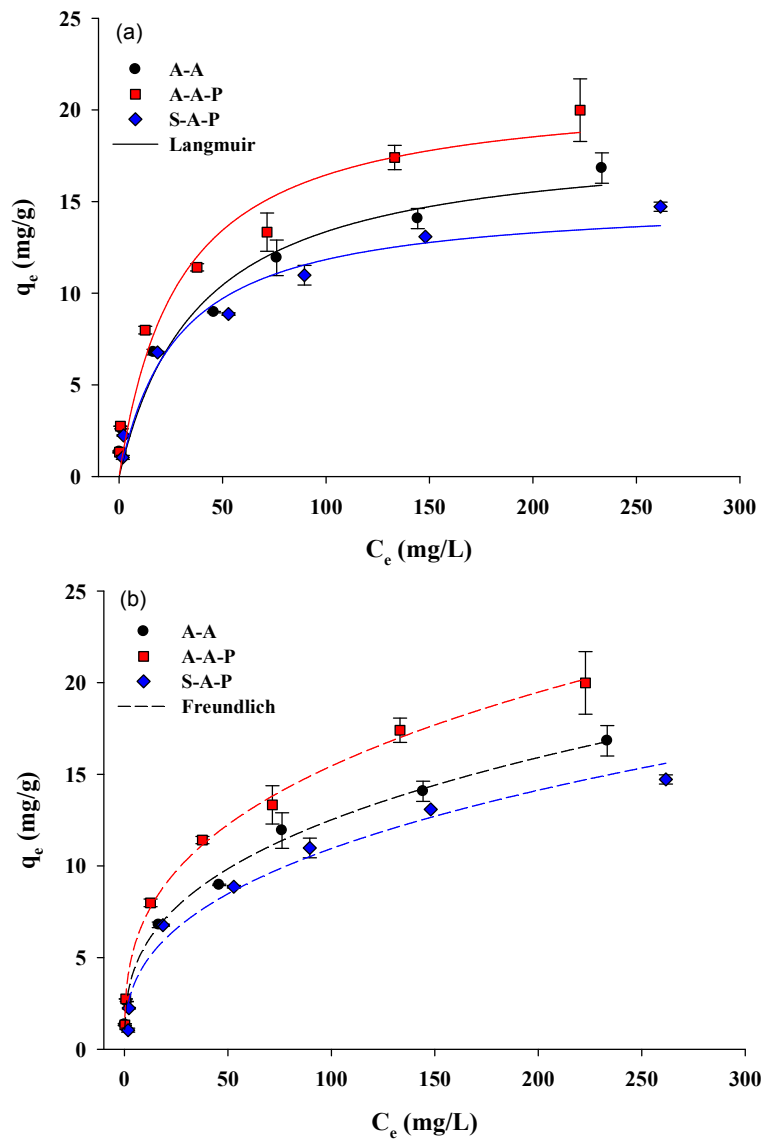
Sample	Pseudo-first order			Pseudo-second order		
	q_e (mg/g)	k_1 (min ⁻¹)	r^2	q_e (mg/g)	k_2 (g/mg·min)	r^2
A-A	15.62	0.0011	0.99	26.39	0.00002	0.55
A-A-P	14.47	0.0023	0.96	17.48	0.00015	0.92
S-A-P	9.43	0.0102	0.87	10.89	0.00123	0.99

(다) As 농도에 따른 As 흡착 특성 (Adsorption isotherms)

- Langmuir 및 Freundlich isotherms 모델을 사용하여 흡착제의 흡착 특성을 파악하였고, 그림 16와 해당 상수에 대해 표 10에 정리하여 나타내었다. 비드형 흡착제 adsorption kinetics의 결과를 바탕으로 평형 흡착량에 도달한 시간에서 비소 농도에 대한 흡착제의 최대 흡착량을 조사하고자 실험을 진행하였다. 흡착제는 비드형 흡착제 adsorption kinetics 실험과 동일하며, 흡착실험은 5, 10, 40, 80, 120, 200, 300 mg/L의 비소 (Arsenate, $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)로 고액비 1:300 (0.1 g 흡착제 : 30 ml 비소용액)으로 30℃에서 30 rpm의 교반기로 24시간에 대해 교반하여 여과한 후 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다.
- 건조 비드형 흡착제인 A-A, A-A-P는 Freundlich isotherm, S-A-P는 Langmuir와 Freundlich isotherm의 r^2 값에 의해 적합한 것으로 확인되었다. Langmuir 등온선에서 건조 흡착제 (A-A, A-A-P)에 흡착된 As 최대 흡착량은 소성 흡착제 (S-A-P)의 흡착량보다 약 1.2 ~ 1.4배 높았으나, 소성 흡착제는 흡착력이 낮더라도 건조 흡착제의 흡착 에너지보다 큰 k_L 값을 나타냈다. 그리고 k_L 값을 이용하여 RL 값을 구할 수 있고, 이 값이 0 ~ 1 사이인 경우에 흡착이 유리한 것을 의미한다. Freundlich 등온선 모델에서 소성 흡착제는 건조 흡착제에 비해 낮은 흡착 용량인 k_F 값을 가지며, 이는 Langmuir 등온선의 $q_{\max}$ 와 동일한 경향을 갖는다. 또한 3개의 흡착제는 모두 $1/n$ 의 값이 1을 넘지 않고, 이는 Normal Langmuir 흡착을 의미한다. 이로써 비소가 흡착제 표면에 균일하게 분포되어 있고, 화학적인 흡착으로 존재하고 있음을 알 수 있다. 만약 $1/n$ 의 값이 0.3 이하일 경우엔 흡착제의 표면이 불균질한 것을 의미하지만, 건조 및 소성 흡착제의 경우 모두 0.3 이상으로 표면이 균질한 것을 확인할 수 있다. 겔화-소성의 순서가 소성-겔화 순서보다 최대 흡착 용량이 약간 낮았지만, 겔화-소성의 과정이 흡착제 표면에서 빠르게 비소 흡착 사이트를 제공하여 흡착이 더 잘 일어나는 것을 결론지을 수 있다.

<표 10> 비소에 건조 및 소성 비드형 흡착제의 adsorption isotherms의 parameters

	Langmuir Isotherm			Freundlich Isotherm		
Sample	$q_{\max}$ (mg/g)	K_L (L/mg)	r^2	K_F	$1/n$	r^2
A-A	18.49	0.03	0.94	2.54	0.35	0.99
A-A-P	21.20	0.03	0.94	3.31	0.33	0.99
S-A-P	15.15	0.04	0.97	2.01	0.37	0.97



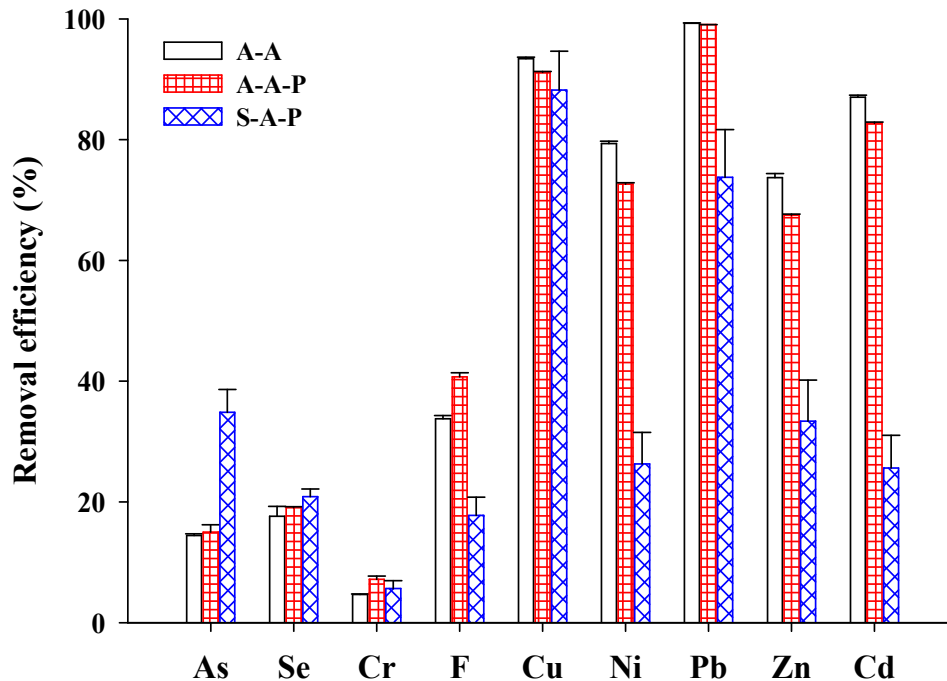
<그림 16> 건조 및 소성 흡착제의 adsorption isotherms

(a) Langmuir, (b) Freundlich

실험 : 다양한 As 농도 용액으로 1:300 고액비 30℃

(라) 양이온 및 음이온 중금속 흡착 실험

- 중금속에 대한 건조 또는 소성 비드형 흡착제의 흡착 능력을 알아보기 위해 수행하였으며, 해당 실험은 음이온성 및 양이온성 중금속을 나눠 진행하였다. 선정된 중금속에는 As을 포함하여 총 9개로 As (V), F, Se (VI), Cr (VI), Cu, Pb, Ni, Zn, Cd로, 음이온성 (As (V), F, Se (VI), Cr (VI))과 양이온성(Cu, Pb, Ni, Zn, Cd)으로 나눠 실험하였다. 실험은 고액비 1:300 (0.1 g 흡착제 : 30 ml 용액)으로 21℃에서 30rpm의 교반기로 120분에 대해 교반하여 여과한 후 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다.
- 음이온성 중금속에 대해 살펴보면 As의 경우엔 건조 흡착제에 비해 소성 흡착제가 약 2배 이상 흡착능력이 좋았고, 이는 앞선 실험과 일치한다. Se의 경우 3가지 흡착제의 흡착능이 비슷하였고 미비하게 흡착이 가능한 것을 확인 할 수 있다. 하지만 Cr의 경우엔 3가지 흡착제 전부에서 흡착이 거의 되지 않는 것을 볼 수 있다. F의 경우엔 S-A-P가 건조 흡착제들에 비해 약 2배 정도 낮은 흡착량을 가졌다. 양이온성 중금속의 경우엔 소성된 흡착제인 S-A-P가 건조된 흡착제인 A-A 및 A-A-P에 비해 모두 낮은 흡착량 가지는 것을 확인 할 수 있다. Cu의 경우 3가지 흡착제에서 비슷한 흡착량을 가졌고, Ni, Pb, Zn, Cd의 경우엔 건조 흡착제인 A-A 및 A-A-P의 흡착량이 약 3, 1.4, 2, 3.4배 높은 것을 확인 할 수 있다. 이는 Alginate가 양이온성 중금속 흡착에 효과적인 것을 바탕으로, 상대적으로 소성된 비드보다 건조 비드에 더 많이 존재하는 alginate에 의해 양이온성 중금속 흡착에 뛰어난 것을 설명할 수 있다. 따라서 건조 비드 흡착제인 A-A 및 A-A-P는 음이온성 중금속 중 F에서 흡착능이 34%로 가장 뛰어 났으며, 양이온성 중금속은 Pb를 99% 제거하였고 Cu, Ni, Zn, Cd에서 91%, 72%, 67%, 82% 이상 흡착하여 제거하였다. 소성 비드 흡착제인 S-A-P는 음이온성 중금속 중 As의 경우에서 34%로 흡착이 가장 뛰어 났으며, 양이온성 중금속의 경우엔 Cu에서 88%로 가장 많이 흡착이 되었고, 뒤이어 Pb도 73%가 흡착되었다. Ni, Zn, Cd의 경우엔 As과 비슷한 흡착능을 가졌으며 26%, 33%, 25%의 흡착을 하는 것을 확인 하였다.
- 따라서 본 실험에서 건조된 흡착제 (A-A, A-A-P)가 양이온성 중금속 제거에 효과적임을 확인하였고, 음이온성 중금속의 경우 As에서 미비하지만 F에서 어느 정도 제거가 가능한 것을 볼 수 있었다. 소성된 흡착제 (S-A-P)는 음이온성 중금속 중 As 제거가 가장 효과적이었고, 양이온성 중금속은 Cu와 Pb에서 제거가 잘 되는 것을 확인하였으며, 그 외의 중금속의 경우엔 As 제거 정도의 흡착능을 가지는 것을 확인하였다.



<그림 17> 건조 및 소성 흡착제의 음이온성 및 양이온성 중금속에 대한 흡착량 (mg/g)
 실험 : 10 mg/L 용액 1:300 고액비 end-over-end shaker 30rpm 2시간 교반

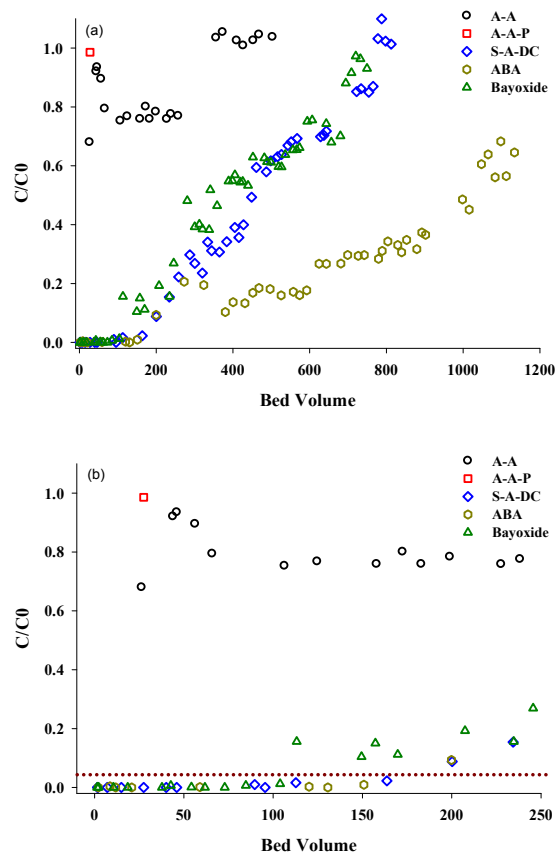
(마) Column adsorption

- Adsorption kinetics 또는 isotherms의 경우엔 흡착제의 흡착 특성을 보여주지만, 흡착제의 실제 적용성에 대해선 보여주지 못한다. 따라서 랩 스케일 규모로 컬럼 실험을 실시하였고, 평가하고자 한 흡착제는 총 5가지로 건조 비드형 흡착제 (A-A, A-A-P), 소성 비드 흡착제 (S-A-P), 분말 흡착제 (ABA), 상용화 흡착제 (Bayoxide E33)로 선정하여 진행하였다. 해당 실험은 0.2 mg/L의 비소 (Arsenate, $\text{HAsNa}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)로 직경 1.5 cm, 길이 12 cm의 컬럼에 각 흡착제를 3 g씩 충전하여 약 0.2 ml/min의 유속으로 진행하였다.(표 11). 분석은 ICP-OES (Agilent 7200, USA)를 이용하였다.
- 건조된 흡착제인 A-A 및 A-A-P의 경우엔 컬럼 내로 들어오는 유입수의 As 제거가 이루어지지 않았다.(그림 18 a) 그러나 소성된 흡착제인 S-A-P는 분말 흡착제 ABA, 상용 흡착제인 Bayoxide와 유사한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다. ABA는 분말 형태로 실험 기간 내에 S-A-P와 Bayoxide와 다르게 end point에 도달하지 못하였고, 이는 분말형태의 흡착제로써 흡착력이 높은 것을 볼 수 있다. S-A-P의 경우에선 건조된 흡착제(A-A, A-A-P)에 비하여 더 빠른 kinetic으로 인해 As 제거가 향상된 것을 볼 수 있다. 컬럼 내 유입수와 흡착제의 접촉시간이 약 20분인 것을 감안하면, A-A와 A-A-P의 경우엔 흡착 속도가 S-A-P에 비해 현저히 낮은 것을 Adsorption kinetic 데이터로 확인할

수 있고 이로써 As 제거에 훨씬 긴 시간을 필요로 한다는 것을 알 수 있다. 먹는 물 수질 기준의 As은 10 ug/L이고, 본 실험에서는 해당 기준을 만족하는 breakthrough point를 설정하여 나타내었다.(그림 18 b) 따라서 해당 기준에 만족하는 3가지 흡착제의 BV은 S-A-P와 ABA가 약 200에서 나타났고, Bayoxide의 경우는 약 120이다. 이로써 ‘겔화-소성’의 과정이 상업적으로 사용되는 흡착제인 Bayoxide에 비해 약 1.6배 높은 BV을 가져, 적용성이 가능하며 As 제거에 효과적임을 나타낸다.

<표 11> 건조 및 소성 흡착제와 ABA, Bayoxide (상용화된 흡착제)의 adsorption column

Sample	A-A	A-A-P	S-A-P	ABA	Bayoxide
As Conc.	0.2 mg/L				
Column	1.5 cm diameter and 12 cm length				
Flow rate	0.2 ml/min				
Mass	3 g				
Bed volume	3.71 cm ³	5.48 cm ³	4.95 cm ³	4.42 cm ³	



<그림 18> 건조 및 소성 흡착제와 ABA, Bayoxide의 adsorption column

실험 : 3 g 흡착제와 0.2 mg/L As 용액을 이용하여 0.2 ml/min의 유량으로 진행

(3) 최종 흡착제 제작 최적비율 도출

- 펠렛형 흡착제 제조공정을 단순화하고 강도를 확보하며 비용을 저감하기 위해 접합제, 제작공정, 소성처리에 대해 연구를 수행하였고, 개선된 펠렛형 흡착제를 제작하였다. 개선된 흡착제의 As(비소)의 흡착특성을 분석하고자, 시간에 따른 흡착제의 흡착량으로 평형에 도달하는 최적의 시간을 도출하였고, 등온흡착 실험을 통해서 흡착제가 가지는 비소에 대한 최대 흡착량을 산출하였다. 펠렛형태 흡착제를 이용하여 컬럼 실험을 통해 흡착제의 과과점에 도달하는 시간을 산출하여 흡착제의 수명을 예측하였다. 또한 흡착 한계를 조사하였으며, 사용이 종료된 흡착제의 재사용여부를 확인하기 위해 탈착 및 재생 연구를 진행하였다. 흡착제의 다른 여러 중금속 흡착능을 확인하였고, As와 경쟁흡착을 가지는 음이온을 선정하여서 흡착제의 현장 적용성을 평가하였다.



<그림 19> 흡착제 연구개념 모식도

- 2차년도 연구를 바탕으로 실험조건과 소성시간 및 온도를 설정하여 흡착제 제작 및 연구를 진행하였다. 탈수된 알럼슬러지와 접합제로 점토광물인 벤토나이트를 선정하였고, 이를 토대로 펠렛흡착제를 제조하였다. 벤토나이트를 첨가하여 제조된 펠렛흡착제와 알럼슬러지 자체만을 펠렛형 흡착제로 제조하여 흡착성능과 강도를 비교하였다.

<표 12> 접합제(바인더) 문헌조사

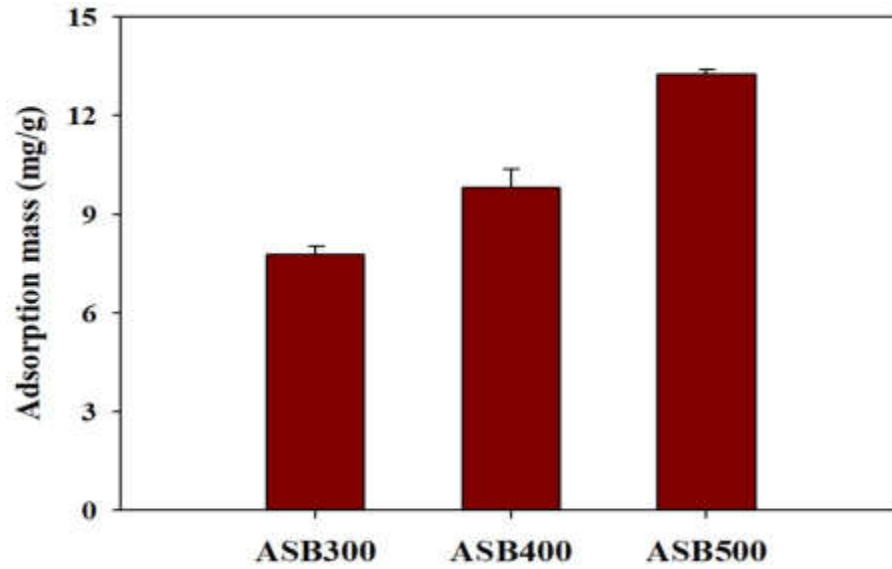
논문 제목	저널명	저자	접합제	요약
Influence of fineness of fly ash on the aggregate pelletization process	Cement&Concrete Composites	R. Manikandad, K. Ramamurthy	Bentonite	Fly ash에 Bentonite를 첨가하여 펠렛화
Characterization of porous silicon nitride ceramics using bentonite as binder and sintering additive	MATERIALS CHARACTERIZATION	Jiang, Guang-Peng et al.	Bentonite	비용 효율적인 무기결합제 벤토나이트의 우수한 기계적 특성
Effects of bentonite fiber formation in iron ore pelletization	INTERNATIONAL JOURNAL OF MINERAL PROCESSING	S.K. Kawatra, S.J. Ripke	Bentonite	철광석펠렛의 강도향상을 위해 Bentonite를 첨가하여 강도향상
Binding mechanisms in wet iron ore green pellets with a bentonite binder	POWDER TECHNOLOGY	S.P.E. Forsmo et al.	Bentonite	벤토나이트 첨가함량 증가로 철광석펠렛의 강도향상

- 소성조건은 이전 연구를 바탕으로 공기환경에서 진행하였고, 슬러지에 함유된 유기물을 제거함으로써 비소가 흡착될 수 있는 자리(흡착 사이트)를 증가시켰다. 소성은 3시간동안 300, 400, 500 °C에서 수행하였고, 각각의 흡착제의 흡착능을 비교하였다. 알룸슬러지펠렛은 AS (Alum Sludge), 벤토나이트펠렛은 ASB (Alum Sludge - Bentonite)로 명명하였다.
- 여러 조건에서 만들어진 흡착제의 흡착성능을 비교하기 위해서 회분식 흡착실험을 수행하였다, 5가 비소(As(V), Na₂HAsO₄ ·7H₂O) 500 mg/L용액 30 mL에 흡착제 1 g (고액비 33.3 g/L)으로 수행하였고, 8시간동안 30 rpm 속도로 end-over-end shaker 교반기를 이용하였으며, 실험후 여과지로 여과하였고, ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 여과액의 비소함량을 분석하였다.
- 성형한 펠렛흡착제를 소성시키는 온도에 따른 흡착성능을 알아보기 위해서 온도별 흡착성능을 평가하였다. 소성온도는 300, 400, 500°C로 선정하였다. 500°C 이상에서는 비결정질 알루미늄이 결정구조를 가지는 산화알루미늄구조를 형성하기 때문에 최대 온도를 500°C로 제한을 두었다(Jeon et al, 2018).
- 소성온도가 상승(300°C < 400°C < 500°C) 할수록 흡착능은 7.82, 9.81, 13.25 mg/g으로 증가하였다. 이는 슬러지 내 유기물이 제거되면서 흡착사이트가 생성이 되고 그에 따라 비소가 흡착할 수 있는 표면적이 증가하였기 때문이다. 하지만 500°C 소성조건에서 제작된 흡착제는 펠렛형태를 유지하지 못하였고 300, 400°C에서 펠렛의 형태와 모양을 유지하여 두 온도를 선정하였다. 300과 400°C에서 제작된 흡착제는 모양유지율이 큰 차이를 보이지 않았지만, 흡착능에서 큰 차이를 보였다. 이는 400°C에서 만들어진 흡착제가 슬러지 내 유기물을 더 많이 제거하여서 보다 많은 흡착사이트를 제공하였다고 때문으로 생각된다. 이렇게 소성 온도별로 제작된 흡착제의 흡착성능 및 모양유지율을 비교하였고, 이에 따라 소성온도는 400°C로 선정하였다.

- 펠렛구조를 유지하기 위한 접합제인 벤토나이트 함량에 따른 흡착능과 질량손실률을 비교하였다. 실험은 회분식 흡착실험과 동일한 실험조건으로 진행하였다. 여과한 펠렛만을 수거하여 펠렛의 질량을 측정하여 질량손실률을 환산하였다. 벤토나이트의 함량에 따른 흡착제의 흡착효율을 평가하였다. 소성온도는 400도로 선정하였고, 비소 흡착능 실험은 위와 같은 조건으로 진행하였다.
- 질량손실률은 벤토나이트를 각각 0.5와 1 wt%를 첨가하여 제작한 펠렛으로 평가하였다. 벤토나이트 함량이 증가할수록 흡착능은 11.42에서 10.49 mg/g로 감소하였다. 이는 벤토나이트함량이 증가하면서 비소가 흡착 할 수 있는 흡착사이트가 감소하는 것으로 볼 수 있다. 하지만 벤토나이트 함량 0.5%와 1%로 만들어진 흡착제는 모양유지율에서 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 벤토나이트를 첨가하지 않은 알럼슬러지펠렛과 비교하였을 때 실험 후 용액의 탁도에서 현저한 차이를 보였다. 벤토나이트 함량이 증가 할수록 탁도가 연해지는 것을 확인 할 수 있었다. 탁도는 펠렛이 부서지거나 미세 입자가 펠렛에서 용출되어 형성되기 때문에 벤토나이트의 첨가량이 증가할수록 흡착제의 강도가 증가하는 것을 간접적으로 볼 수 있었다.
- 여과 후 펠렛을 건조 하여 확인 하였을 때 알럼슬러지펠렛은 펠렛이 부서져 작은 입자들이 많이 생긴 반면에, 벤토나이트를 첨가한 펠렛은 작은 입자들이 생기지 않고 모양이 잘 유지되었다. 따라서 벤토나이트를 첨가하면 강도가 향상 되는 것을 육안으로 확인 할 수 있었다.
- 벤토나이트 함량에서는 0.5%와 1%가 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 최종적으로 벤토나이트를 0.5 wt%를 첨가하는 것으로 진행했다. 따라서 본 실험에서 흡착능과 모양유지율을 비교하였을 때 ASB0.5로 선정하였다.

<표 13> Air-based, 소성온도(300, 400, 500℃), 접합제 벤토나이트 1%에 따른 흡착제의 소성 전 후

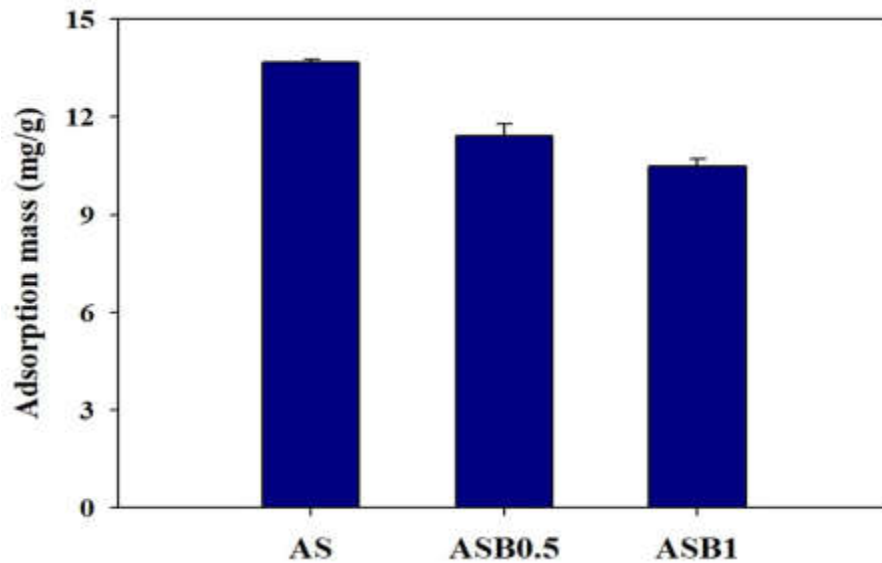
구분	300℃	400℃	500℃
소성 전			
소성 후			



<그림 20> Air-based, 소성온도(300, 400, 500℃), 접합제 벤토나이트 1% 조건에 따른 흡착제의 비소(As) 흡착능(mg/g)
 실험 : 500 mg/L As용액 30 mL을 이용해 1:30의 고액비로
 8시간동안 end-over-end shaker에서 30 rpm으로 교반

<표 14> Air-based, 400℃의 소성조건, 접합제 벤토나이트 함량에
 따른 비소 흡착 교반 실험 후 여과한 흡착제

구분	AS	ASB0.5	ASB1.0
여과전			
여과 후			
여과 후 흡착제			



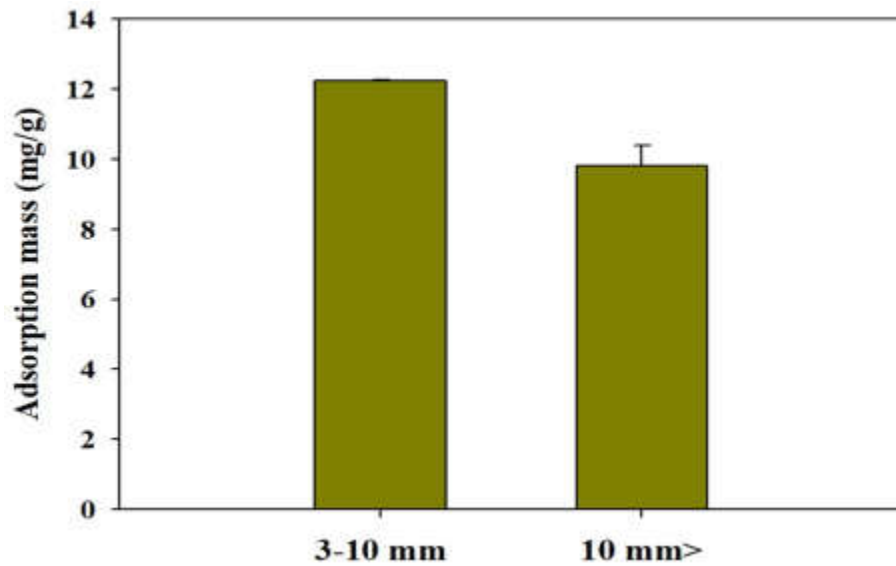
<그림 21> Air-based, 400,℃의 소성조건, 접합제 벤토나이트 함량에 따른 흡착제의 비소(As) 흡착능(mg/g)
 실험 : 500 mg/L As용액 30 mL을 이용해 1:30의 고액비로 8시간동안 end-over-end shaker로 30 rpm으로 교반.

(가) 흡착제 입경크기에 따른 비소(As) 흡착능(mg/g) 향상

- 흡착능은 흡착제의 입경에 크게 영향을 받는다. 일반적으로 입경이 작을수록 표면적은 증가하여 흡착능은 증가하는 반면 입경이 클수록 그 효율은 감소한다. 흡착제의 크기가 감소할 수록 동일한 부피에서 많은 양의 흡착제가 필요하고 흡착 할 수 있는 표면적이 증가하여, 흡착성능이 향상된다.(Yusof, et al. 2020)
- 앞서 최적비율에서 선정된 ASB0.5의 입경크기별 흡착성능을 평가하고자 흡착제의 입경크기별 흡착성능 실험을 진행하였다. 표 15에서 볼 수 있듯이 3~10 mm와 10 mm 이상의 흡착제 두 가지를 비교하였다. 실험은 이전 회분식흡착 실험과 동일한 조건에서 진행하였다.
- 그림 22에서 흡착제의 입경크기가 3 ~ 10 mm 일 경우 흡착성능은 12.14 mg/g, 10 mm 이상일 경우 9.84 mg/g으로 나타났다. 흡착제의 입경사이즈가 감소할수록 흡착성능이 눈에 띄게 향상되는 것을 확인하였다. 이는 동일한 흡착제의 질량에서 비소와 접촉 할 수 있는 기회가 입경크기가 작은 흡착제가 비소와 흡착 할 수 있는 기회가 더 많기 때문에 흡착 공정에서 더욱 유리하다는 것을 보여준다.
- 이를 바탕으로, 흡착제의 크기는 연구 목표인 3 ~ 10 mm 가 적합함을 알 수 있으며 추후 실험에서 흡착제의 입경크기를 3 ~ 10 mm로 제작하여 사용하는 것을 채택하였다.

<표 15> Air-based, 400℃, 접합제 벤토나이트 1%, 두 가지 입경사이즈의 흡착제 소성 전과 후

구분	3~10 mm	10 mm <
여과 전		
여과 후		



<그림 22> Air-based, 소성온도 400℃, 접합제 벤토나이트 1% 조건에 따른 흡착제의 비소(As) 흡착능(mg/g)

실험 : 500 mg/L As용액 30 mL을 이용해 1:30의 고액비로 8시간동안 end-over-end shaker로 30 rpm으로 교반

(나) 비소의 흡착 특성연구

① 기공분포도 특성

- 발행기관 : 한국세라믹기술원
- 시험방법 : KS L ISO 18757 (KS A 0094)
- 결과 : 흡착에 가장 주요한 역할을 하는 세공용적 및 세공 직경으로써, 2차년도 보다 월등히 향상되었음을 보여주고 있다.

시험분석항목		비표면적(m ² /g)	총세공용적(cm ³ /g)	평균세공직경(Å)
2차년도	Bead	13	0.02	61.0
	Pellet	7	0.03	150.0
	Block	404	0.21	20.7
3차년도	Bead	238	0.32	53.4

시험 성적서

한국세라믹기술원
우03851 경상남도 진주시 소호로 101(중부광동)
 (Tel:055-792-2757, Fax:055-792-2758)

성적서번호 : 2019-2141
 페이지 (1) / (총 1)



1. 의뢰자
 ○ 기관명/성명 : 연다산컨설팅 / 이태경
 ○ 주 소 : 경상북도 구미시 구미중앙로42길 5-66 (송정동)
 ○ 의뢰일자 : 2019년 06월 27일

2. 시험성적서의 용도 : 참고용

3. 시험 시료명/물질 : 흡착제

4. 시험기간 : 2019년 06월 27일 ~ 2019년 07월 15일

5. 시험방법 : KS L ISO 18757(KS A 0094)

6. 시험환경
 ○ 온도 : (21 ± 1) °C 습도 : (21 ± 1) % R.H.

7. 시험결과

시료명	시험분석항목	시험분석결과	시험분석방법	비고
흡착제	비표면적(m ² /g)	338	KS L ISO 18757 (KS A 0094)	
	총세공용적(cm ³ /g)	0.32		
	평균세공직경(Å)	53.4		

참고) 1. 가스흡착식 비표면적, 기공분포 측정기 (모델: Micromeritics ASAP3620) 를 이용하여,
 150°C (1hr)에서 1.333Pa(10mmHg)이하로 압력을 낮추고 탈기시킨 후 질소가스를 사용하여 측정
 2. 본 기공분포 실험에서는 Mesopore (17 ~ 2000 Å) 를 갖는 물질의 기공분포를 해석하는데 사용하는
 BJH 모델을 사용

확 인

시험자 : 배 사 명 

기술책임자 : 김 선 백 

2019 . 07 . 15



한국세라믹기술원

비고) 이 성적서는 저위자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과결과로서 성적 제출에 대한 중립 및 영감을 보장하지 않습니다.
 이 성적서는 정보, 편집, 광고 및 소용용도로 사용될 수 없으며, 인정용도 이외의 사용을 금지합니다.

발행번호 KT-QP-29-0210412019.10.11
한국세라믹기술원

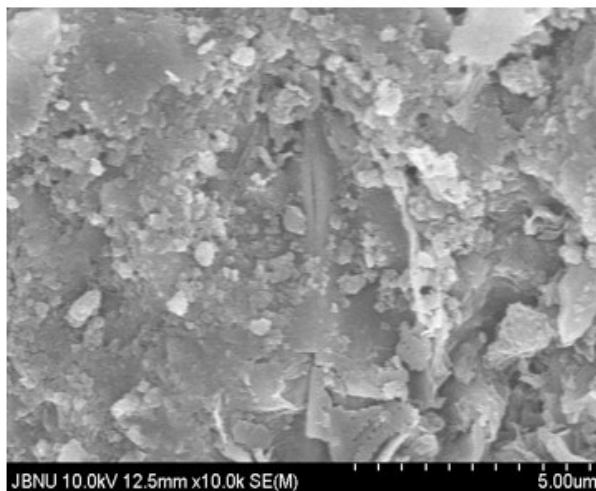
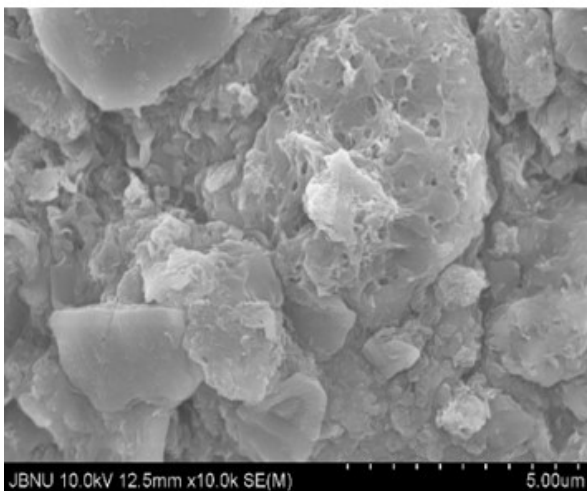
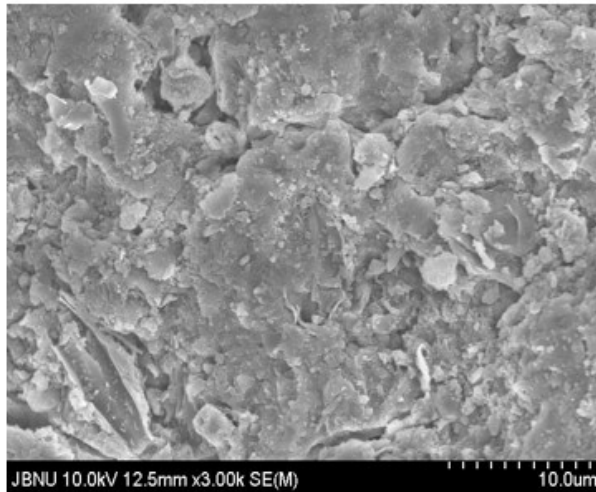
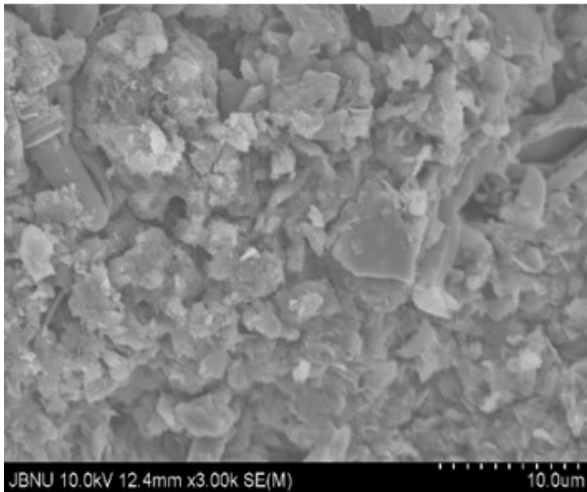
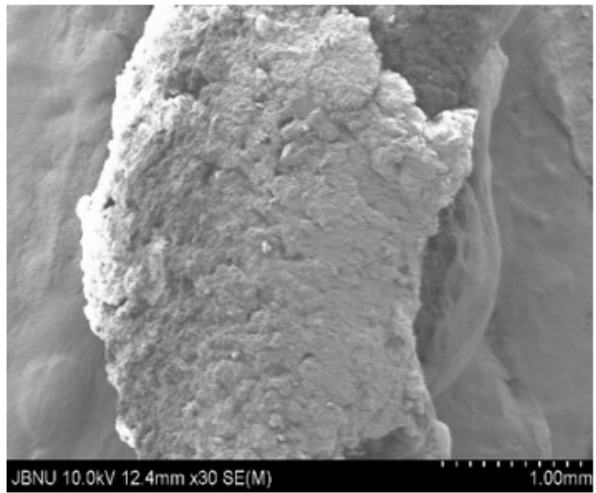
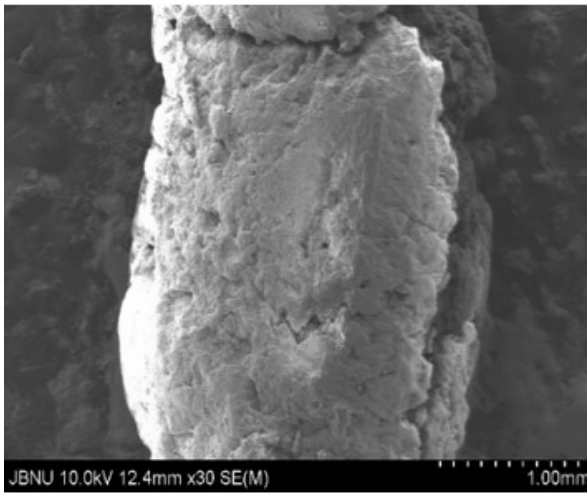
<그림 23> 물리적 특성 실험 (공인성적서)

② 흡착제 특성 조사

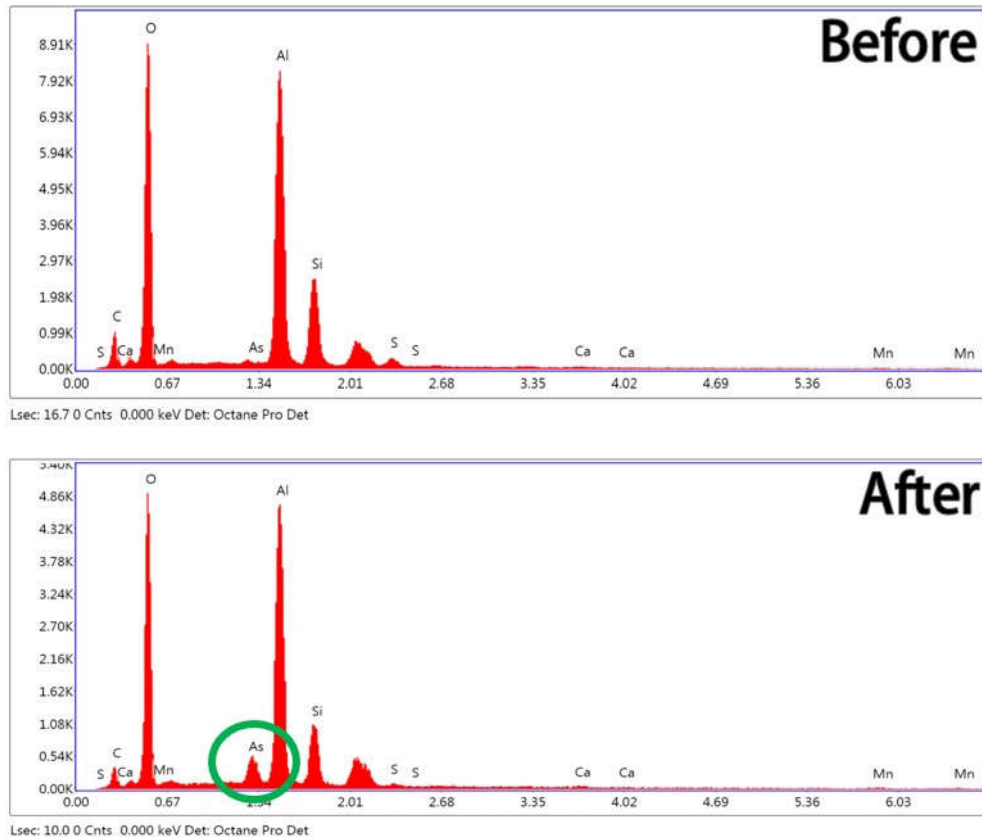
- 앞서 최적비율에서 선정된 공기조건, 400℃ 소성조건에 벤토나이트함량 0.5 wt%의 펠렛흡착제인 ASB0.5 흡착제의 물리적특성을 조사하였다. 흡착제의 표면과 구성원소를 정량분석하기 위 위하여 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope-Schottky type)과 FE-SEM EDS(Energy Dispersive Spectrometry) 분석을 진행하였으며, 흡착제의 surface area와 Pore size, Pore volume을 측정하기 위하여 BET(Brunauer-Emmett-Teller) 분석을 진행하였다.
- FE-SEM이미지와 FE-SEM EDS 분석결과는 그림 24 에 나타내었다. surface area 분석 결과 2차년도 연구개발흡착제인 S-A-P 500 (36.84 m²/g)에 비해 6배 이상 증가하였다. 이는 2차년도 흡착제에는 알지네이트 2% 와 PVA 1.5%를 접합체로 사용하였는데, 펠렛흡착제는 벤토나이트를 0.5%를 사용하였다. 2차년도 흡착제와 비교해서 더 적은양의 접합체가 첨가되었기 때문에 비표면적이 상당히 증가하였다. 흡착제를 소성시키는 과정에서 비드흡착제는 질소와 이산화탄소 조건에서 소성시켰지만 , 펠렛흡착제는 공기 조건에서 소성시켰다. 공기 조건에서 소성시키는 것은 무산소 조건 보다 더 많은 양의 탄소를 제거 더 많은 흡착사이트를 제공 할 수 있다는 것을 간접적으로 증명한다.
- FE-SEM과 EDS 분석을 통해서 흡착제의 표면 및 확대표면과 원소를 정량 분석하였다. Fe-SEM 이미지를 통하여 표면이 상당히 균질한 것이 확인되었다. 이는 Adsorption Isotherm을 통해서 1/n 상수값을 통해 알 수 있다. 흡착제의 내부가 상당히 비정질구조로 비소가 흡착 할 수 있는 사이트가 많고 미세 세공구조가 많음을 알 수 있다. 연구에 사용된 펠렛형흡착제는 알룸슬러지와 벤토나이트가 주원료이므로, Al과 Si가 주성분인 것을 알 수 있다. As Mapping 결과 Al과 유사한 것으로 확인되어, Al에 As가 흡착되었다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 FE-SEM EDS 분석으로 원소의 피크를 확인하고 정량하였는데, EDS 분석에서는 As의 피크가 나타나고 정량적으로 그 양이 증가하였고, 이를 바탕으로 흡착제에 As가 흡착되었음을 알 수 있다.

Before

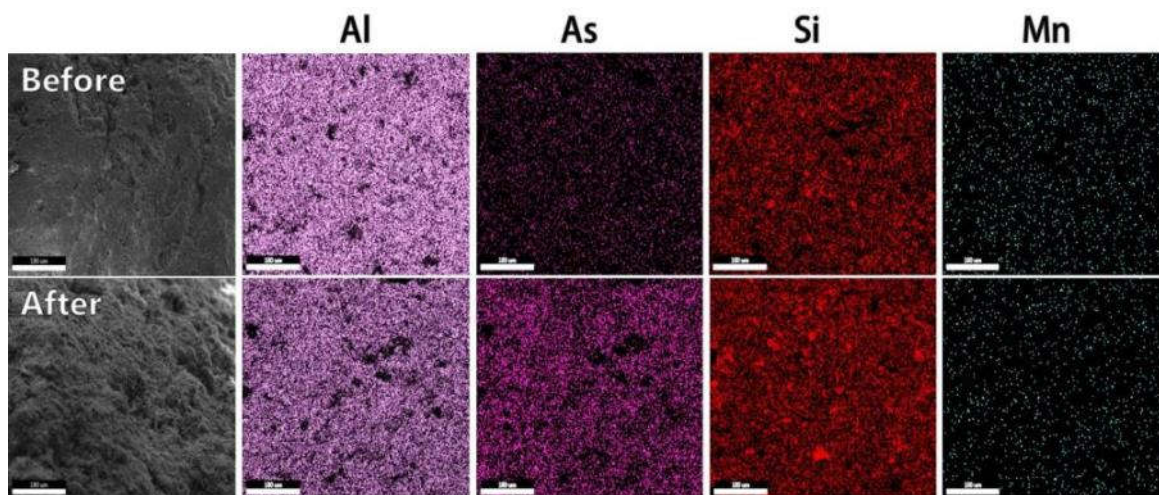
After



<그림 24> ASB의 흡착 전·후 FE-SEM 이미지 분석



<그림 25> ASB의 FE-SEM EDS 분석



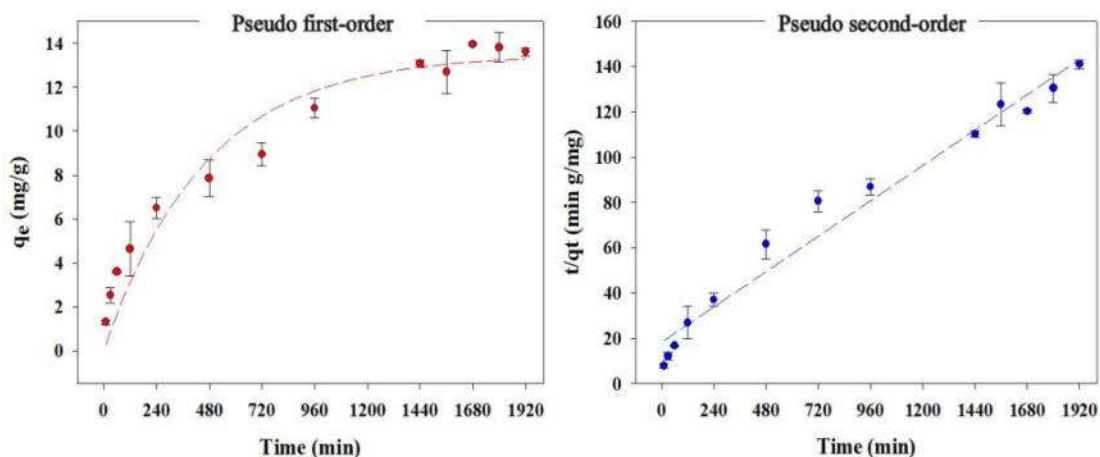
<그림 26> ASB의 흡착 전·후 FE-SEM Mapping 분석

③ 시간에 따른 As 흡착 특성 (Adsorption Kinetics)

- 최적비율 실험을 통해 선정된 ASB0.5 펠렛흡착제의 시간에 따른 흡착 속도와 흡착능력을 알아보기 위하여 Adsorption Kinetics 실험을 진행하였다. 실험은 5가 비소(As(V), $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 300 mg/L용액 20 mL에 흡착제 0.3 g (고액비 15 g/L)으로 수행하였고, 30 rpm속도로 end-over-end shaker 교반기를 이용하였으며, 일정시간 (10, 30, 60, 120, 240, 480, 960, 1,440, 1,560, 1,680, 1,800, 1,9

20분) 마다 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 여과지로 여과하였고, ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 여과액의 비소 농도를 분석하였다. Adsorption kinetics 실험결과는 Pseudo-first order, Pseudo-second order 모델을 적용하여 그림 27로 나타내었다.

- 펠렛흡착제(ASB0.5)의 경우 28시간 후에 평형에 도달하였고, 평형상태에서의 As 흡착량의 약 50%는 4시간 정도에서 도달하였다. 이전에 사용한 비드형 흡착제 (S-A-P), 분말형 흡착제 (ABA), 상용화 흡착제 (Bayoxide E33)들에 비해서 평형에 도달하는 시간은 다소 길어졌다. Adsorption kinetics test는 r^2 을 바탕으로 Pseudo second-order에 적합함을 보여주며, 이 모델은 화학적흡착을 기반으로 펠렛흡착제(ASB)가 공유 결합과 이온 교환으로 흡착반응이 일어난 것을 알 수 있다. 이전 연구와 상용화 흡착제 모두 Pseudo second-order에 적합하다. 흡착 속도는 ABA, Bayoxide E33, S-A-P, ASB 순서대로 빨랐으며, 흡착속도상수(K_2)를 바탕으로 흡착속도를 비교 할 수 있다. 흡착속도상수(K_2)는 ABA(0.10 1), Bayoxide E33(0.003), S-A-P(0.001), ASB(2.3×10^{-4})를 나타내었는데, 이는 흡착제의 Particle size와 상관 관계를 가지고 있다. ABA, Bayoxide E33, S-A-P, ASB의 Particle size는 각각 0.075~0.15, 0.3, 0.8~1, 3~10 mm이다. Particle size가 As를 흡착 할 수 있는 기회, 즉 표면적이 감소하기 때문에 흡착속도가 Particle size와 관련있다.



<그림 27> ASB의 Adsorption kinetics test

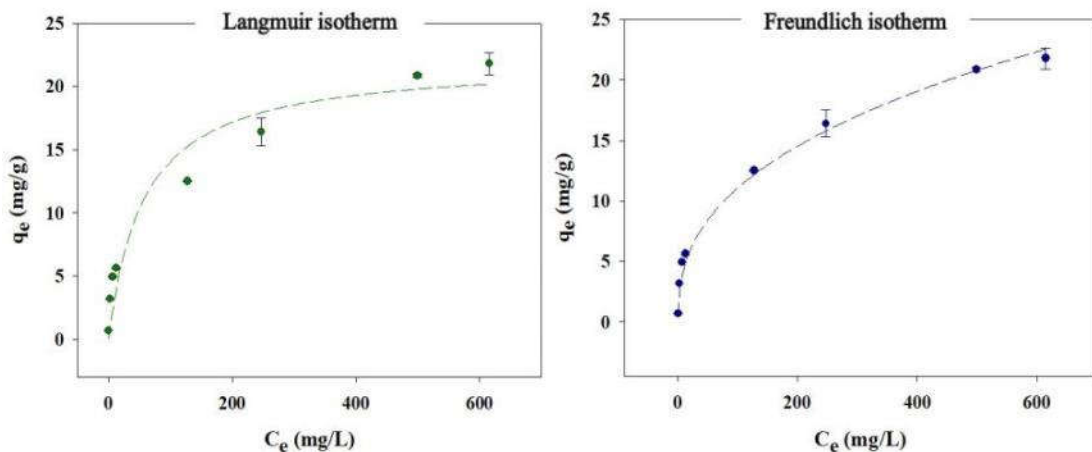
실험 : 5가 비소(As(V), $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 300mg/L 농도의
용액 20mL에 흡착제 0.3g (고액비 15g/L)

<표 16> ASB의 Adsorption kinetics의 parameters

	Pseudo-first order			Pseudo-second order		
Sample	q_e (mg/g)	k_1 (min^{-1})	r^2	q_e (mg/g)	k_2 (g/mg·min)	r^2
ASB	13.51	0.0022	0.93	15.36	0.00023	0.97

④ As 농도에 따른 As 흡착 특성 (Adsorption Isotherms)

- ASB흡착제의 최대흡착량과 흡착특성을 파악하기 위하여 Adsorption Isotherms 실험을 수행하였다. Langmuir, Freundlich 두 가지 모델을 사용하여 흡착제의 최대흡착량과 흡착특성을 파악하였다. Adsorption kinetics의 평형에 도달하는 시간(1,680분)을 바탕으로 Adsorption Isotherm 실험을 진행하였다. Adsorption Isotherms 실험은 5가 비소(As(V) , $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 10, 50, 80, 100, 300, 500, 800, 1,000 mg/L농도의 용액 20 mL에 흡착제 0.3 g (고액비 15 g/L)으로 수행하였고, 상온에서 30 rpm속도로 end-over-end shaker 교반기를 이용하였으며 시료를 여과지로 여과하였고, ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 여과액의 비소농도를 분석하였다.
- 그림 28에서 펠렛형 흡착제인 ASB는 r^2 을 바탕으로 Langmuir isotherm과 Freundlich isotherm에 모두 적합한 것으로 확인되었으며, Freundlich isotherm에 조금 더 적합한 것으로 확인되었다. 비드형 흡착제 S-A-P와 비교하였을 때 약간 낮은 흡착용량인 K_F 값을 보여주었다. 하지만 Langmuir isotherm의 경우 S-A-P보다 높은 흡착용인 $q_{\max}$ 를 보여주었다. 이것은 S-A-P보다 높은 비표면적과 추가적인 접합체(Alginate, PVA)가 첨가 되지 않아 비소가 흡착 할 수 있는 사이트를 더 많이 가질 수 있기 때문임을 알 수 있다. 또한 펠렛형 흡착제는 $1/n$ 값이 1이 넘지 않았으며, 이는 As가 표면에 균일하게 분포되면서 흡착되고, 화학적으로 흡착된 것을 의미한다. 그리고 $1/n$ 값이 0.3이하 일 경우에는 표면이 불균질한 것을 의미하는데, 그 이상의 값을 보여주므로 표면이 균질한 것을 확인할 수 있다.



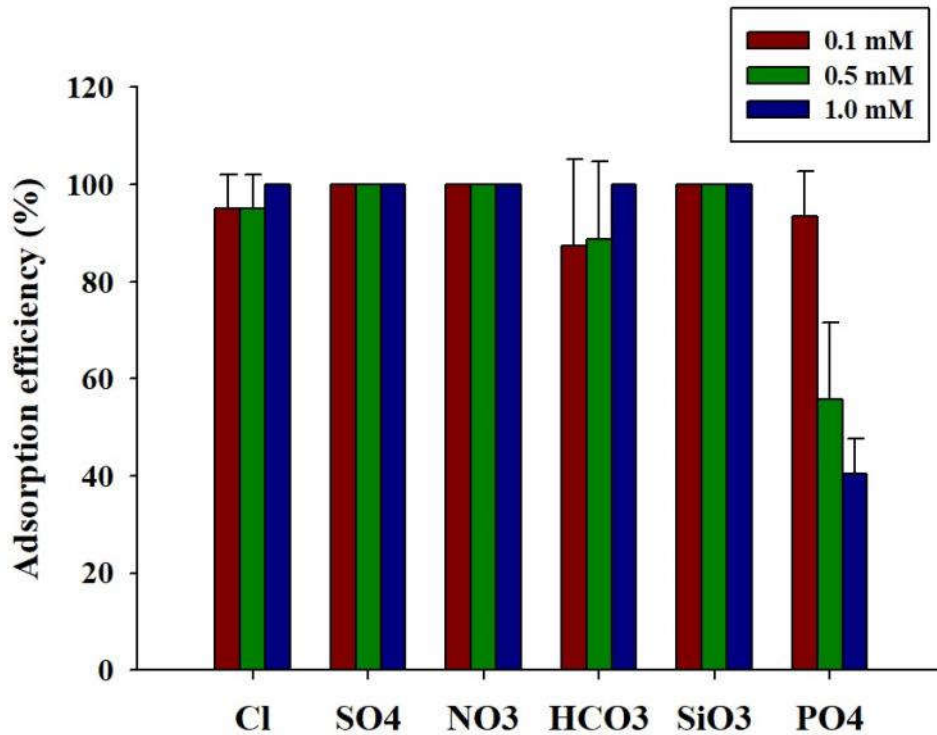
<그림 28> ASB의 Adsorption isotherms test
실험 : 5가 비소(As(V) , $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 농도별
용액 20 mL에 흡착제 0.3g (고액비 15 g/L)

<표 17> ASB의 Adsorption isotherms의 parameters

Sample	Langmuir Isotherm			Freundlich Isotherm		
	$q_{\max}$ (mg/g)	K_L (L/mg)	r^2	K_F	$1/n$	r^2
ASB	22.05	0.0022	0.97	1.83	0.39	0.99

⑤ 음이온과 As의 경쟁 흡착 연구

- 지하수에서 비소(As)와 경쟁흡착 가능성이 있는 음이온을 선정해서 As와 공존하는 환경에서의 흡착능을 알아보기 위하여 수행하였다. 해당 실험은 비소(As)를 포함한 지하수 내에서 많은 양을 포함하는 음이온 총 6개를 선정하였다. 비소 용액 0.1 mg/L과 염소(Cl^-), 황산염(SO_4^{2-}), 질산염(NO_3^-), 중탄산염(HCO_3^-), 규산염(SiO_3^{2-}), 인산염(PO_4^{3-}), 0.1, 0.5, 1.0 mM를 고액비 1:15 (흡착제 0.3g, 용액 20 mL), 30 rpm의 교반기로 480분에 대해 교반하여 여과액을 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다.
- 그림 29에서 인산염(PO_4^{3-})을 제외한 나머지 5개 음이온들은 비소 흡착에 큰 영향을 주지 않는 것을 확인하였다. 인산염(PO_4^{3-})의 경우 비소와 경쟁적으로 흡착을 한다고 알려져 있다. 인산염(PO_4^{3-})은 비소와 분자구조 및 화학적 특성이 매우 유사하기 때문에 경쟁흡착을 발생하며, 지하수 내 인산염(PO_4^{3-}) 농도가 높을 시에 비소를 흡착제거하는 것에 큰 저해효과를 가져 올 것이 예상된다. 그러나 지하수에 인산염의 농도가 실제로는 높지 않기 때문에 실제적인 흡착 저해는 크지 않을 것으로 생각된다.



<그림 29> ASB의 음이온에 대한 경쟁흡착량 테스트
 실험 : 5가 비소(As(V) $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.1 mg/L와
 경쟁이온 0.1, 0.5, 1.0mM의 흡착제 0.3g (고액비 15g/L)

⑥ Column adsorption

- 흡착공정에서의 흡착제의 현장 적용성과 수명을 예측 및 평가하기 위하여 연구실 규모의 컬럼에서 연속흐름식으로 흡착실험을 수행하였다. 실험은 0.1 mg/L의 As 용액을 직경 1.5 cm, 길이 24 cm 컬럼에 흡착제 10 g을 충전하여 0.2 mL/min 유속으로 진행하였다. 실험에는 총 네가지 흡착제를 선정하여 진행하였으며, 이전연구에서 사용한 분말형태흡착제(ABA)와 상용화흡착제(Bayoxide E33), 벤토나이트를 첨가 하지 않은 알럼슬러지 펠렛(Non-bentonite ASB)을 대조군으로 선정하였다. 비소 분석은 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 수행하였다.
- 먹는물 수질 기준에서의 As은 10 ug/L이고, 이를 토대로 컬럼에서의 처리수가 10 ug/L 이상으로 검출되는 점을 흡착제종말점으로 선정하였다. 그림 30를 참고하면 벤토나이트가 첨가되지 않은 알럼슬러지 펠렛(Non-bentonite ASB)은 다른 흡착제들과 비교하였을 때 비소를 흡착 제거하는 능력이 낮아 곧 바로 흡착제 수명의 종말점에 도달 한 것이 확인되었다. 따라서 해당 먹는물 수질기준에 만족하는 3가지 흡착제 베드볼륨(BV)은 ABA 456 cm³, Bayoxide E33 451 cm³, ASB 477 cm³로 나타났다.
- 종말점에서의 처리용량은 아래와 같이 산출하였다.

$$\text{종말점 처리용량} = \text{이전처리수(mL)} + (\text{유량(mL/min)}) \times \text{처리시간(min)}$$

- 각 흡착제들의 처리용량은 ABA 7,912.34 mL, Bayoxide E33 7,574.77 mL, ASB 8,014.73 mL이다.
- 구해진 처리용량과 종말점BV 이용하여서 흡착제들의 실제흡착량을 아래와 같이 산출하였다.

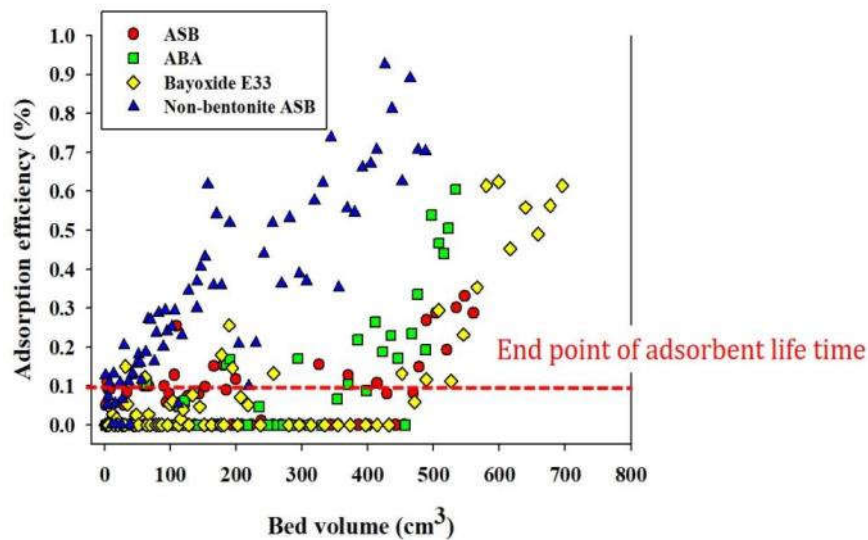
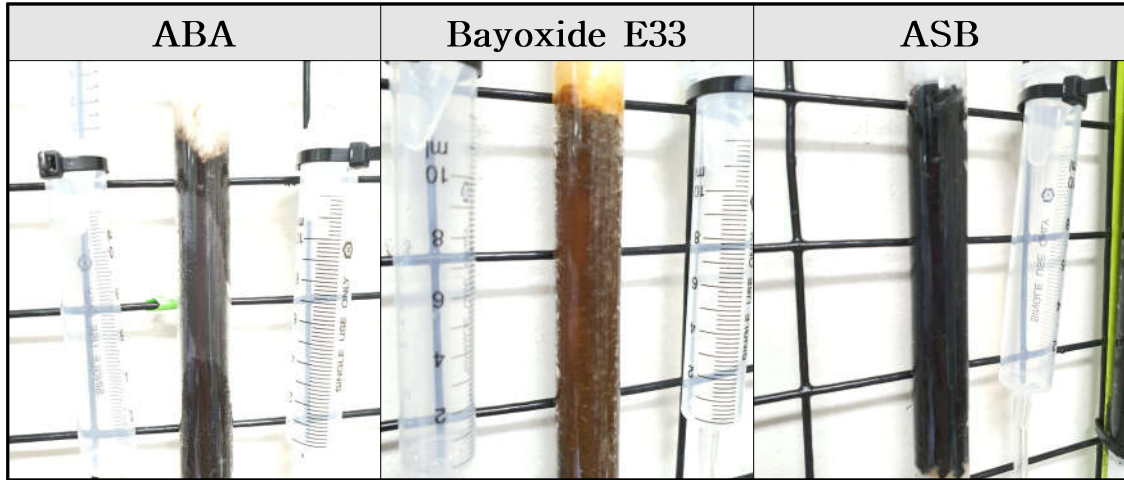
$$\text{실제흡착량(mg/kg)} = \text{종말점 BV(cm}^3\text{)} / \text{흡착제 질량(g)} \times \text{비소용액농도(mg/L)}$$

- 실제흡착량은 ABA 4,560 mg/kg, Bayoxide E33 4,510 mg/kg, ASB 4,770 mg/kg 으로 산출되었다. 이를 토대로 각 흡착제들의 흡착성과 수명은 ASB > ABA > Bayoxide E33 순서대로 우수함을 보여주었다.
- 이전 Adsorption kinetic과 Adsorption isotherm 실험에서 ASB는 ABA와 Bayoxide E33보다 흡착속도가 느리고, 흡착용량도 크지 않았다. 컬럼테스트를 진행한 결과에서 BV은 세 가지 흡착제가 흡착성과 수명이 상당히 비슷한 것으로 나타났다.
- 표 19에서 분말형 흡착제(ABA)와 상용화 흡착제(Bayoxide E33)는 실험 기간도 중, 채널링과 뭉침현상이 발생하여서 컬럼 내 As 용액이 흐르지 않고 막히거나 다른 컬럼들에 비해서 처리수가 적게 나오는 현상이 발생하였다. 이는 실제 흡착공정에서 흡착제를 충전 하였을 때 충분히 발생 할 수 있는 문제점이다. 하지만 ASB로 충전된 컬럼은 막힘 현상 없이 유속이 일정하게 흘렀으며 채널링 역시 발생하지 않았다. 결과적으로 이는 기존에 흡착공정에서의 채널링과 뭉침현상의 문제점이 발생하였다.
- 흡착공정에서 발생된 문제점을 해결하기 위한 역세척 공정 등의 문제점을 보완하기 위해서 펠렛형태로 흡착제를 성형을 하였으며 그 단점을 충분히 보완하였다. 따라서 ASB는 이전 분말형 흡착제의 단점인 채널링과 뭉침으로 인한 흡착공정에서의 막힘현상을 충분히 개선할 수 있고, 흡착제 수명과 성능 부분에서도 유사하고 As 제거에 효과적임을 나타낸다.

<표 18> ASB, ABA, Bayoxide E33의 adsorption column의 조건

Samples	ASB	ABA	Bayoxide E33	AS
As Conc.	0.1 mg/L			
Column	1.5 cm diameter and 24 cm length			
Flow rate	0.2 mL/min			
Mass	10g			
Bed volume	16.96 cm ³	16.69 cm ³	16.96 cm ³	16.96 cm ³

<표 19> ABA, Bayoxide E33, ASB의 column adsorption test



<그림 30> 분말형 흡착제(ABA), 상용화 흡착제(Bayoxide E33), 펠렛형 흡착제(ASB)의 Column adsorption test

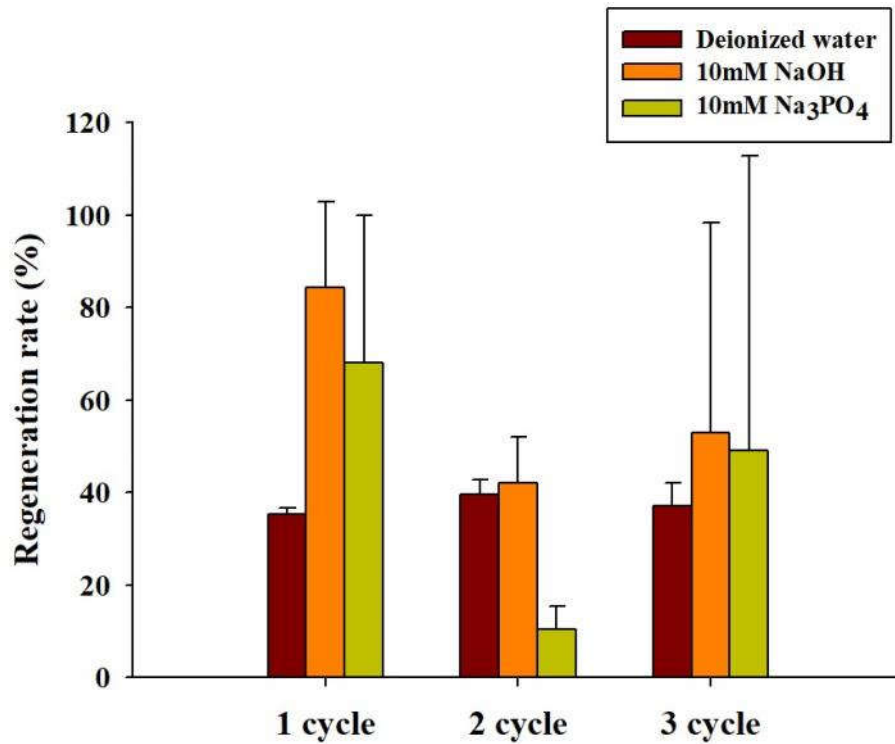
실험 : 10g의 흡착제와 0.1mg/L As 용액을 이용하여
0.2mL/min의 유량으로 진행

⑦ 흡착제 탈착 및 재사용 연구

- 흡착제의 생산비용 절감과 경제성을 향상시키기 위해서, 흡착제에 흡착된 비소를 탈착하고 흡착제는 재사용하는 연구를 수행하였다. 흡착 실험은 5가 비소(As(V) , $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 10 mg/L을 이용하였고, 탈착 실험은 증류수와 10 mM NaOH , Na_3PO_4 용액을 선정하였으며, 흡착제 0.3 g (고액비 15 g/L)으로 수행하였고, 30 rpm속도로 2시간동안 end-over-end shaker 교반기를 이용하였다. 탈착 이후 고액분리를 위하여 4,000 rpm에서 10분 동안 원심분리를 진행하였고, 재사용 이전에 남아있는 탈착용액이 흡착을 방해 할 수 있기 때문에 증류수로 3~4회

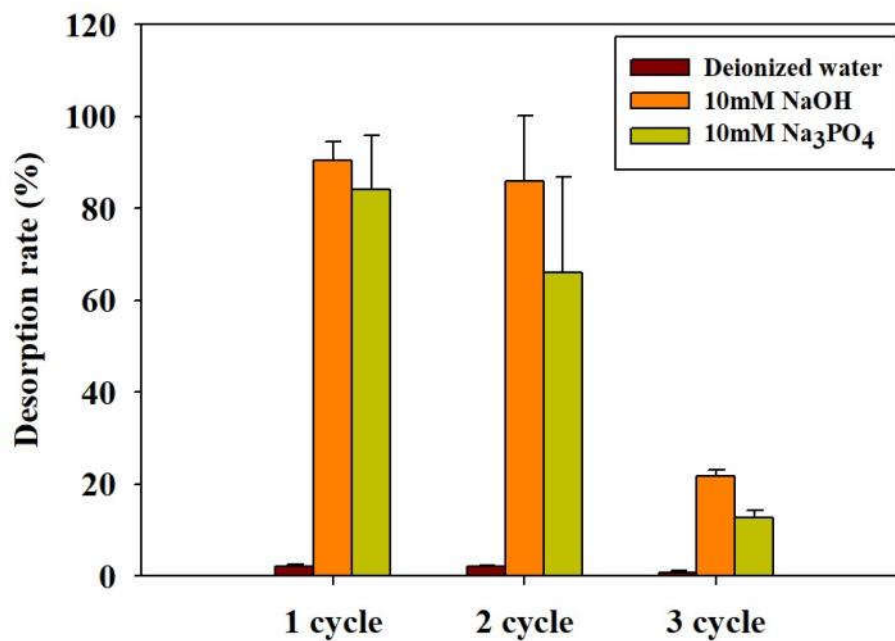
세척하였고, 모든 여과액은 ICP-OES (Agilent 7200, USA)로 분석하였다.

- 증류수로 탈착한 경우에는 그림 31에서 총 3회 동안 흡착능이 유지되었다. 하지만 그림 32에서는 비소가 탈착되지 않았다. 이것은 증류수가 비소를 탈착 할 수 있는 반응이 없다는 것을 보여 주는 것이다. ASB에 흡착된 비소가 탈착 되지 않았지만, 재사용 횟수마다 비소가 흡착이 되었는데 이는 아직까지 ASB에 흡착 할 수 있는 흡착 사이트가 남아있기 때문에 비소가 흡착되는 것으로 판단된다.
- 10 mM NaOH와 Na_3PO_4 는 증류수에 비교하였을 때 우수한 탈착성능을 보여주었다. 하지만 1회 재사용 이후 급격하게 재사용성이 감소하기 시작하였다. 이 두 가지 용액 중에서 NaOH가 Na_3PO_4 보다 재사용성과 탈착률이 더 우수하였다. NaOH가 더 강염기를 띄고 있을 뿐만 아니라, 인산염이 비소와 경쟁흡착을 하는 관계이기 때문에 증류수로 세척을 하여도 잔존하는 인산염으로 인해서 재사용성이 다소 감소하는 것으로 보인다.
- 그림 33에서 각 탈착용액에 관한 흡착제의 질량손실률을 표시하였다. 증류수의 경우 3회 사이클 동안 질량손실률이 거의 나타나지 않았다. 탈착률과 비교했을 때 증류수는 비소의 탈착이 거의 이루어지지 않았지만, 질량도 손실되지 않았으며, pH와 연관지을 수 있다. 강염기 NaOH의 경우 가장 많은 질량손실률을 보여주었다. 그와 동시에 높은 탈착률도 보여주었는데 이는 높은 pH에서 ASB의 내부에서 용출이 되고, ASB 구조가 조금씩 무너지면서 탈착이 이루어지는 것으로 보여진다. Na_3PO_4 역시 pH가 높기 때문에 ASB의 구조가 무너지고 그에 따라서 탈착이 이루어지는 것으로 보여진다.
- 재사용 및 탈착 실험결과, 흡착제의 재사용성은 사실상 힘들어 보인다. 비소의 탈착은 잘 이루어지는 것으로 보이지만, ASB의 내부구조가 무너지고 흡착제의 일부가 용출되는 것을 확인하였기 때문에 재사용도 어렵고, 흡착제로써 성능을 보여주지 못할 것으로 확인되어진다. 따라서 흡착제를 탈착을 통해 재사용하기 보다는 폐기하고 신규로 제작하는 것도 보다 합리적이라고 판단된다.



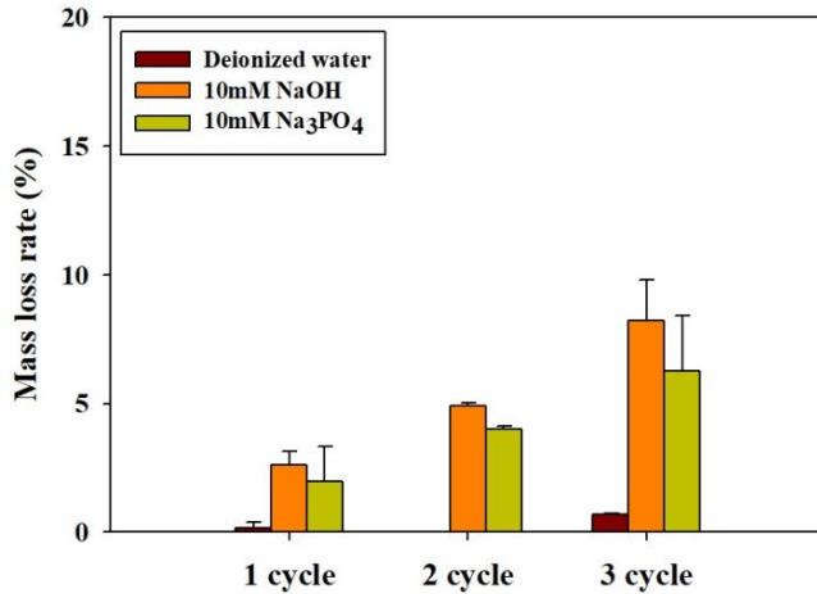
<그림 31> ASB의 재사용실험

실험 : 0.3 g 흡착제와 10 mg/L 농도 20 ml As용액을 이용하여
2시간 end-over-end shaker 교반



<그림 32> ASB의 탈착시험

실험 : 흡착실험 이후 As 용액을 여과하고 증류수로 3~4회 세척 후 동일한 고액비로
2시간동안 end-over-end shaker 교반, 4,000rpm 10동안 원심분리 후 상등액 분석



<그림 33> ASB의 질량손실률

실험 : 탈착 시험 이후 증류수로 3~4회 세척 후 105℃에서 4시간동안 건조 후 무게 측정

(다) 흡착제 성형소결 입경화를 산정

- 성형소결 방법으로는 원재료의 바인더 1%를 혼합하여 소성하여 Granule화 하였다. 원재료 1g 보정 중량인 0.1486g과 바인더 1g 보정 중량인 0.9179g의 1%인 0.0092g를 혼합 후 소성하여 생산된 흡착제는 0.1556g으로 측정되었다.
- 생산된 흡착제 무게와 원재료에 바인더를 첨가한 무게의 비율로써 약 98%으로 계산되었다. 즉, 성형소결에 있어 높은 생산성과 재료 손실이 적음을 알 수 있었다.

<표 20> 원재료, 바인더, 흡착제 건조 중량 측정 결과

구분	건조 전 중량	건조 후 중량	1g 보정 중량
단위	g		
원재료	1.036	0.154	0.1486
바인더	1.023	0.939	0.9179
흡착제	1.041	0.162	0.1556

<표 21> 성형소결화

구분	원재료	바인더	흡착제	성형소결
단위	g			%
측정	0.1486	0.0092	0.1556	98

(라) 국내외 정수시스템 기능 및 설치

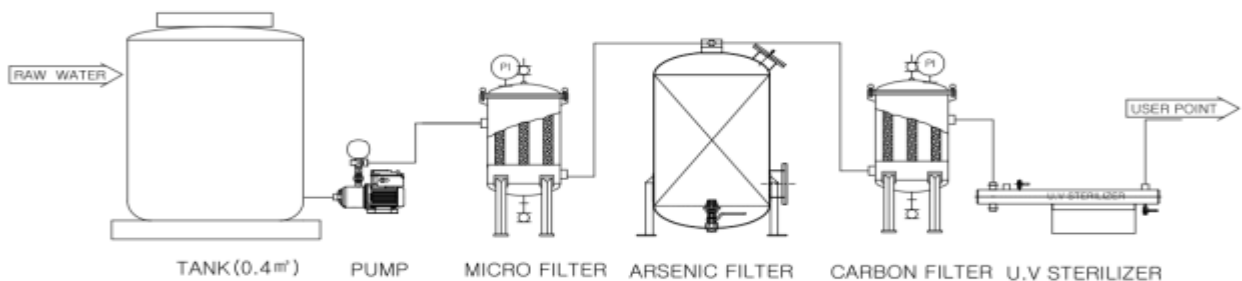
① 공정별 기능

<표 22> 국내외 정수시스템 기능

구분	처리항목	예상처리효율 (%)
Segment Filter	5 μ m 이상인 미립자, 탁도, 망간 등	90
Arsenic(개발된 흡착제) Filter	비소	95
Pre & Post-carbon Filter	유기물, 잔류염소, 맛 상승 등	90
Ultraviolet Filter	미생물 제거	99

② 국내정수시스템 일반사항

- 용도 : 비소 및 기타 오염물질 정수
- 규격 : 500 L/hr (4,000 L/day)
- 구입일시 : 2019년 09월 30일
- 비소정수 허용설계기준 : 10ppb
- 설치장소 : 대한민국 충청북도 옥천군 일원
- 구성 : 공급펌프, 세그먼트 필터, 비소흡착 필터, 포스트카본 필터, UV 필터, 저장탱크, 명판 등



<그림 34> 국내정수시스템 모식도(공정도)

<표 23> 국내정수시스템 세부사항

구분	사양
사이즈	SUS 304, 1,200mm(W) × 1,500mm(L) × 1,700(H)
공급펌프	1 m³/hr (인버터)
Segment Filter	SUS 304, 5 μ m, 5 EA, I VOLT
Arsenic Filter	SUS 304, 400(D) × 1,000(H) × 1EA
Post-carbon Filter	SUS 304, 5 μ m, 5 EA, I VOLT
저장탱크	PE, 0.4 m³
UV Filter	2.1 m³/hr, 40W



<그림 35> 제작



<그림 36> 외관 보호 스티커



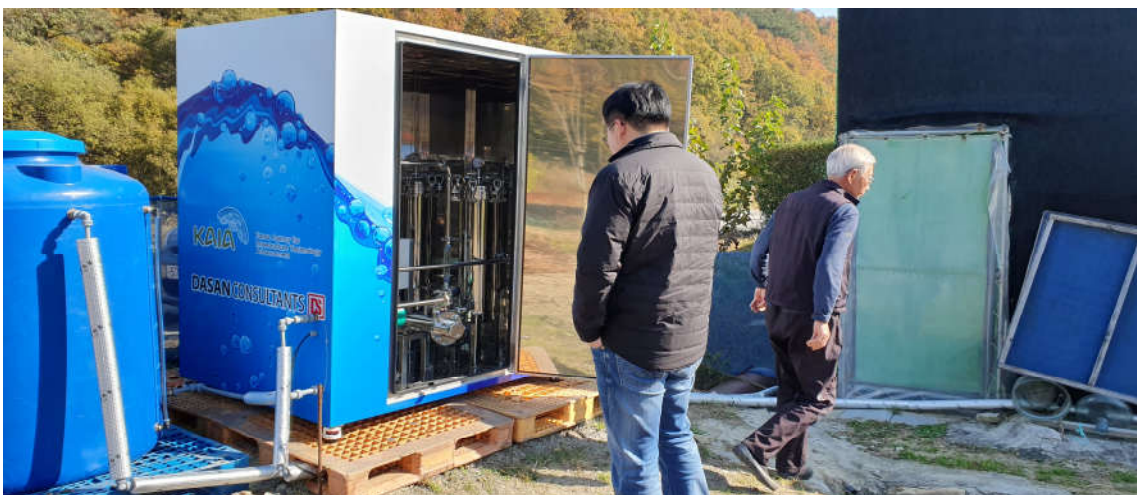
<그림 37> 하차



<그림 38> 부지 정리



<그림 39> 설치 전경



<그림 40> 내부 (1)



<그림 41> 내부 (2)



<그림 42> 흐름도 간판



<그림 43> 사사 현판



<그림 44> 국내정수시스템 사용

<표 24> 설치 후 현장 비소 모니터링 결과

항목	원수	처리수
Arsenic (mg/L)		
	0.01	Not detected



문서번호 제R19050015호
시행일자 2019년 05월 08일
발 신 한울생명과학(주)
담당자 전태환

제 목 수질검사성적서 교부
발 용 서울특별시 송파구 송이로30길 15, 2층
(문정동, 다산빌딩)
전해성 귀하

05800

수질검사 성적서

검 체 명	음용수 전항목검사(46항목)	검사목적	참고용	접수일	2019년 05월 02일
의뢰인	정화정	채수.봉인	김태욱	소 속	한울생명과학
채수장소	충청북도 옥천군 군서면 월전리 136-2	원수/점수	원수		

귀하께서 우리 연구원에 의뢰한 시료에 대한 검사결과입니다. (검사방법: 먹는물수질공정시험기준 및 수질오염공정시험기준)

□ 수질검사결과

NO	검사항목명	검사항준	검사결과	NO	검사항목명	검사항준	검사결과
1	일반세균	100CFU/ml 이하	200	24	디글로로메탄	0.02mg/L이하	불검출
2	총대장균군	불검출/100ml	불검출	25	벤젠	0.01mg/L이하	불검출
3	분원성대장균/대장균	불검출/100ml	불검출	26	톨루엔	0.7mg/L이하	불검출
4	납	0.01mg/L이하	불검출	27	에틸벤젠	0.3mg/L이하	불검출
5	불소	1.5mg/L이하	0.47	28	크실렌	0.5mg/L이하	불검출
6	비소	0.01mg/L이하	0.022	29	1,1-디클로로에틸렌	0.03mg/L이하	불검출
7	세레늄	0.01mg/L이하	불검출	30	사염화탄소	0.002mg/L이하	불검출
8	수은	0.001mg/L 이하	불검출	31	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003mg/L이하	불검출
9	시아나이드	0.01mg/L이하	불검출	32	1,4-다이옥산	0.05mg/L이하	불검출
10	크롬	0.05mg/L이하	불검출	33	경도	1,000mg/L이하	177
11	염소이온	250mg/L이하	11.8	34	과망간산칼륨소비량	10mg/L이하	0.9
12	암모니아성질소	0.5mg/L이하	불검출	35	냄새	수목근로 인한 냄새 이외의 냄새가 없음	없음
13	질산성질소	10mg/L이하	2.1	36	맛	수목근로 인한 맛 이외의 맛이 없음	없음
14	카드뮴	0.005mg/L이하	불검출	37	동	1mg/L이하	불검출
15	보론	1.0mg/L이하	불검출	38	색도	5도이하	1
16	페놀	0.005mg/L이하	불검출	39	세제(음이온계면활성제)	0.5mg/L이하	불검출
17	다이아지논	0.02mg/L이하	불검출	40	수소이온농도	5.8-8.5	7.3
18	파라티온	0.06mg/L이하	불검출	41	아연	3mg/L이하	0.036
19	페니트로티온	0.04mg/L이하	불검출	42	철	0.3mg/L이하	불검출
20	카바릴	0.07mg/L이하	불검출	43	망간	0.3mg/L이하	0.009
21	1,1,1-트리클로로에탄	0.1mg/L이하	불검출	44	탁도	1NTU이하	0.47
22	테트라클로로에틸렌	0.01mg/L이하	불검출	45	황산이온	200mg/L이하	19
23	트리클로로에틸렌	0.03mg/L이하	불검출	46	알루미늄	0.2mg/L이하	불검출
판 정		부적합					
수질기준초과항목		일반세균, 비소					



본 성적서는 검사목적 이외의 용도(광고, 홍보용)로 사용할 수 없습니다.

2019년 05월 08일

한울생명과학(주)



<그림 45> 국내정수시스템 지하수 수질 검사성적서 (최초)

시험 성적서

TEST REPORT

(주) 혜성환경 대표이사 : 장공래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2996

국가공인 먹는물 수질검사기관 36호

접수번호	LIW1911-0355	접수일자	2019.11.08
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설터트	검사목적/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지참시료	시료채취자	-
시료채취일시	2019.11.08	시료채취장소(시료명)	처리수
시료채취주소	죽전		

《 시험 결과 》

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	0	벤젠	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	톨루엔	0.7 mg/L 이하	0.001
분변성대장균군	불검출/100 mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크실렌	0.5 mg/L 이하	0.002
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시안	0.01 mg/L 이하	불검출	경도	1,000 mg/L 이하	224
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.8
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	불검출	냄새	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	0.2	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(동)	1 mg/L 이하	0.017
보론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
페놀	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지논	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.5
파라티온	0.06 mg/L 이하	불검출	아연	3 mg/L 이하	0.080
페니트로티온	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	143.0
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	철	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트라이클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	0.010
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.09
트라이클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	불검출
디클로로에탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	적합				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2019년 11월 18일



(주) 혜 성 환 경



비고 1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 46> 국내정수시스템 지하수 수질 검사성적서 (설치 후 원수)

시험 성적서

TEST REPORT

(주) 혜성환경 대표이사 : 장공래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2996

국가공인 먹는물 수질검사기관 36호

접수번호	LIW1911-0356	접수일자	2019.11.08
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설터트	검사목적/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지참시료	시료채취자	-
시료채취일시	2019.11.08	시료채취장소(시료명)	원수
시료채취주소	죽전		

《 시험 결과 》

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	340	벤젠	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	톨루엔	0.7 mg/L 이하	불검출
분변성대장균군	불검출/100 mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크실렌	0.5 mg/L 이하	불검출
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시안	0.01 mg/L 이하	불검출	경도	1,000 mg/L 이하	230
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.3
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	불검출	냄새	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	3.6	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(동)	1 mg/L 이하	0.026
보론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
페놀	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지논	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.6
파라티온	0.06 mg/L 이하	불검출	아연	3 mg/L 이하	0.520
페니트로티온	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	19.0
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	철	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트라이클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.21
트라이클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	24
디클로로에탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	부적합 (일반세균)				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2019년 11월 18일



(주) 혜 성 환 경

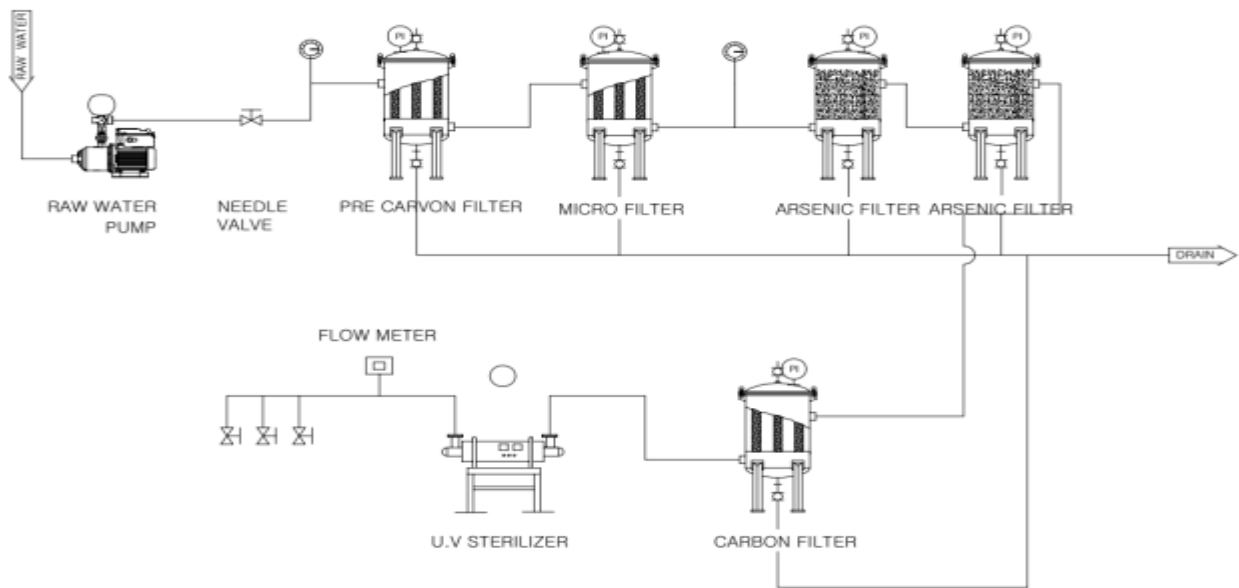


비고 1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 47> 국내정수시스템 지하수 수질 검사성적서 (설치 후 처리수)

③ 국외정수시스템 일반사항

- 용도 : 비소 및 기타 오염물질 정수
- 규격 : 1,000 L/hr (8,000 L/day)
- 구입일시 : 2019년 07월 12일
- 비소정수 허용설계기준 : 10ppb
- 설치장소 : Pakse city, Laos
- 구성 : 공급펌프, 세그먼트 필터, 프리카본 필터, 비소흡착 필터, 포스트카본 필터, UV 필터, 저장탱크, 전기안정화장치, 명판 등



<그림 48> 국외정수시스템 모식도(공정도)

<표 25> 국외정수시스템 세부사항

구 분	사 양
사이즈	SUS 304, 2,000mm(W) × 3,000mm(L) × 1,800(H)
재질	SUS 304
공급펌프	1 m ³ /hr (인버터)
Segment Filter	SUS 304, 5μm, 5 EA, I VOLT
Pre-carbon Filter	SUS 304, 5μm, 5 EA, I VOLT
Arsenic Filter	SUS 304, 600(D) × 1,000(H) × 2EA
Post-carbon Filter	SUS 304, 5μm, 5 EA, I VOLT
저장탱크	SUS 304, 1 m ³
UV Filter	2.1 m ³ /hr, 40W
전기안정화장치	1상 5KVA, IGBT 방식, 800W기준 60분 유지



<그림 49> 제작 (1)



<그림 50> 제작 (2)



<그림 51> 외관 보호 스티커



<그림 52> 포장



<그림 53> 상차



<그림 54> 컨테이너 밴딩



<그림 55> 수출 제품 실링 보안

USD 1,196.99
USD 1,196.99



수출신고필증(적재전, 갑지)

※ 처리기간 : 즉시

① 신고자 유담관세사무소 이재운		③ 신고번호 13788-19-080555X	④ 세관.과 021-10	⑦ 신고일자 2019-08-26	⑧ 신고구분 H 일반P/L신고	⑨ C/S구분 P
② 수출대행자 (주)다산컨설팅 (통관고유부호) 다산컨설팅-1-93-1-01-7 수 출 화 주 (주)다산컨설팅 (통관고유부호) 다산컨설팅-1-93-1-01-7 (주소) 경상북도 구미시 구미중앙로42길 5-66(송정동, 거승빌딩) (대표자) 이혜경 (소제지) 39271 (사업자등록번호) 135-81-11947			⑩ 거래구분 11 일반형태		⑪ 종류 A 일반수출	⑫ 결제방법 TT 단순송금방식
			⑬ 목적국 TH THAILND		⑭ 적재항 KRINC 인천항	⑮ 선박회사 (항공사)
			⑯ 선박명(항공편명)		⑰ 출항예정일자	⑱ 적재예정보세구역 02012014
			⑲ 운송형태 10 LC		⑳ 결사희망일 2019/08/26	
			㉑ 물품소재지 18624		경기 화성시 향남읍 발안로 499-68	
① 제 조 자 미상 (통관고유부호) 제조미상-9-99-9-00-0 제조장소 39271 산업단지부호 999			㉒ L/C번호		㉓ 물품상태 N	
④ 구 매 자 KHONS Y INTHAVONG (구매자부호) ZZZZZZZZ9999A			㉔ 사전임시개청통보여부 N		㉕ 반송 사유	
			㉖ 환급신청인 1 (1:수출대행자/수출화주, 2:제조자) 자동간이정액환급 NO			
● 품명 · 규격 (란 번호/총란수 : 001/001)						
㉗ 품 명 FILTERING OR PURIFYING MACHINERY			㉘ 상표명			
㉙ 거래품명 FILTERING OR PURIFYING MACHINERY						
㉚ 모델 · 규격			㉛ 성분	㉜ 수량(단위)	㉝ 단가(USD)	㉞ 금액(USD)
(NO.01) DASAN ARSENIC TREATMENT SYSTEM (DAT-SYSTEM)				1 (SET)	8,456.66	8,456.66
㉟ 세번부호 8421.21-9090	㊱ 순중량 2,000.0 (KG)	㊲ 수량 1 (U)	㊳ 신고가격(FOB)	\$8,242 W9,865,185		
㊴ 송품장부호 INV_DASAN_190603_	㊵ 수입신고번호	㊶ 원산지 KR---N	㊷ 포장갯수(종류)	1(GT)		
㊸ 수출요건확인 (발급서류명)						
㊹ 총중량 2,000.0 (KG)	㊺ 총포장갯수 1(GT)	㊻ 총신고가격 (FOB)	\$8,242 W 9,865,185			
㊼ 운임(W) 239,398	㊽ 보험료(W) 17,954	㊾ 결제금액	CIF-USD-8,456.66			
㊿ 수입화물 관리번호		㋀ 컨테이너번호	N			
※ 신고필증제출 INV NO. INV_DASAN_190603_DAT			㋁ 세관기재란 귀사는 관세환급대상 수출실적이 30일내에 관세환급을 신청하지 않은 업체로 추정됩니다. 통관세관 또는 관세청에 관세환급 가액인수를 구체적으로 확인하여 주시기 바랍니다. 통관대행 관세사는 수출입자가 관세환급제도를 이용할 수 있도록 이 정보를 안내해 주실 예정입니다.			
㋂ 운송(신고)인		㋃ 적재의무기한 2019/09/25	㋄ 담당자 공선숙	2019/08/26		
㋅ 기간 부터 까지						

발 행 번 호 : 2019854683318(2019.08.26)

Page : 1/1

(1) 수출신고수리일로부터 30일내에 적재하지 아니한 때에는 수출신고수리가 취소됨과 아울러 과태료가 부과될 수 있으므로 적재사실을 확인하시기 바랍니다.
(관세법 제251조, 제277조) 또한 휴대단말을 반출시에는 반드시 출국심사(무도, 초소, 공항) 세관공무원에게 제시하여 확인을 받으시기 바랍니다.
(2) 수출신고필증의 진위여부는 관세청 인터넷통관포탈에 조회하여 확인하시기 바랍니다.(<http://unipass.customs.go.kr>)



<그림 56> 수출신고필증

CONSIGNOR

DASAN CONSULTANTS
15, SONGI-RO 30-GIL, SONGPA-GU
SEOUL, KOREA, 05800
ATTN : JOONKYU PARK / TEL : +82-2-2222-4451



KR M75

FBL

ESSASEL19081857

NEGOTIABLE FIATA
MULTIMODAL TRANSPORT
BILL OF LADING



ISSUED SUBJECT TO UNCTAD/ICC RULES FOR
MULTIMODAL TRANSPORT DOCUMENTS(ICC PUBLICATION 481)

CONSIGNEE TO ORDER OF

KHONSU INTHAVONG
LAKH, PAKXE DISTRICT, CHAMPASAK PROVINCE,
LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
TEL : 020-9552-0053

NOTIFY ADDRESS

T.E.C. LOGISTICS CO.,LTD
116/48 SSP TOWER 2, 14 TH FLOOR
NA RANONG ROAD, KLONGTOEY,
BANGKOK 10110 THAILAND
TEL(662)240 4041-6, FAX(662)240 4047



EUNSAN SHIPPING & AIRCARGO CO., LTD.

PUSAN, KOREA

SEOUL, KOREA

TEL: (051) 441-9966

TEL: (02) 774-9991

FAX: (051) 441-9969

FAX: (02) 773-9969

BETTER FREIGHT & TRANSPORT CO., LTD.

116/89 SSP TOWER 2, 23RD FL.,
NA RANONG ROAD, KLONGTOEY
BANGKOK 10110 THAILAND

ATTN) YUPIN

TEL) 66-2-02-6729982

FAX) 66-2-7119110/6729710

ORIGINAL

	PLACE OF RECEIPT INCHEON, KOREA
OCEAN VESSEL NORDCLAIRE 058S	PORT OF LOADING INCHEON, KOREA
PORT OF DISCHARGE BANGKOK, THAILAND	PLACE OF DELIVERY BANGKOK, THAILAND

MARKS AND NUMBERS	NUMBER AND KIND OF PACKAGES	DESCRIPTION OF GOODS	GROSS WEIGHT	MEASUREMENT
	20'X1 1 SET	SHIPPER'S LOAD & COUNT SAID TO CONTAIN DASAN ARSENIC TREATMENT SYSTEM (DAT-SYSTEM)	2,000.00KGS	12.000CBM
LAOS VIA BANGKOK				
DASAN CONSULTANTS		CARGO IN-TRANSIT TO LAOS VIA BANGKOK		
### Container & Seal No ### TEMU0410084/KG287136				

LADEN ON BOARD
AUG.29.2019

CY/CY

FREIGHT PREPAID

SAY : ONE(20'X1) CONTAINER(S) ONLY.

ACCORDING TO THE DECLARATION OF THE CONSIGNOR

DECLARATION OF INTEREST OF THE CONSIGNOR
IN TIMELY DELIVERY(CLAUSE 6.2)

DECLARED VALUE FOR AD VALOREM RATE ACCORDING TO
THE DECLARATION OF THE CONSIGNOR(CLAUSE 7 AND 8)

THE GOODS AND INSTRUCTIONS ARE ACCEPTED AND DEALT WITH SUBJECT TO THE STANDARD CONDITIONS PRINTED OVERLEAF

TAKEN IN CHARGE IN APPARENT GOOD ORDER AND CONDITION, UNLESS OTHERWISE NOTED HEREIN, AT THE PLACE OF RECEIPT FOR TRANSPORT AND DELIVERY AS MENTIONED ABOVE.

ONE OF THESE MULTIMODAL TRANSPORT BILLS OF LADING MUST BE SURRENDERED DULY ENDORSED IN EXCHANGE FOR THE GOODS IN WITNESS WHEREOF THE
ORIGINAL MULTIMODAL TRANSPORT BILLS OF LADING ALL OF THIS TENOR AND DATE HAVE BEEN SIGNED IN THE NUMBER STATED BELOW, ONE OF WHICH BEING ACCOMPLISHED
THE OTHER(S) TO BE VOID.

FREIGHT AMOUNT PREPAID AS ARRANGED	FREIGHT PAYABLE AT SEOUL, KOREA	PLACE AND DATE OF ISSUE AUG.29.2019 SEOUL, KOREA
CARGO INSURANCE THROUGH THE UNDERSIGNED ☐ NOT COVERED ☐ COVERED ACCORDING TO ATTACHED POLICY	NUMBER OF ORIGINAL FBL'S THREE(3)	STAMP AND SIGNATURE
FOR DELIVERY OF GOODS PLEASE APPLY TO		EUNSAN SHIPPING & AIRCARGO CO. LTD. ACTING AS A CARRIER

<그림 57> OBL (Original Bill of Lading, 선하증권)



<그림 58> 하차



<그림 59> 설치 완료



<그림 60> 사사 현판



<그림 61> 국외정수시스템 사용 (1)



<그림 62> 국외정수시스템 사용 (2)

<표 26> 설치 후 현장 비소 모니터링 결과

항목	원수	처리수
Arsenic (mg/L)		
	0.10	Not detected

시험 성적서

TEST REPORT

[주] 혜성환경 대표이사 : 장공래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2996

국가공인 먹는물 수질검사기관 36호

접수번호	LIW2001-0038	접수일자	2020.01.06
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설터트	검사목적/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지참시료	시료채취자	-
시료채취일시	2020.01.06	시료채취장소(시료명)	G-ABA-원수
시료채취주소	라오스		

《 시험 결과 》

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	46000	벤젠	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	톨루엔	0.7 mg/L 이하	불검출
분원성대장균군	불검출/100 mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크실렌	0.5 mg/L 이하	불검출
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	0.038	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시아나이드	0.01 mg/L 이하	불검출	경도	1,000 mg/L 이하	10
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.2
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	0.02	냄새	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	4.2	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(동)	1 mg/L 이하	불검출
보론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
페놀	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지논	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.7
파라티온	0.06 mg/L 이하	불검출	아연	3 mg/L 이하	0.017
페니트로티온	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	8.3
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	철	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.52
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	불검출
디클로로에탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	부적합 (일반세균, 비소)				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2020년 01월 14일



(주) 혜 성 환 경



1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 63> 국외정수시스템 지하수 음용수 검사 (원수)

시험 성적서

TEST REPORT

[주] 혜성환경 대표이사 : 장공래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2996

국가공인 먹는물 수질검사기관 36호

접수번호	LIW2001-0039	접수일자	2020.01.06
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설터트	검사목적/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지참시료	시료채취자	-
시료채취일시	2020.01.06	시료채취장소(시료명)	G-ABA-처리수
시료채취주소	라오스		

《 시험 결과 》

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	260000	벤젠	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	톨루엔	0.7 mg/L 이하	불검출
분원성대장균군	불검출/100 mL	불검출	에틸벤젠	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크실렌	0.5 mg/L 이하	불검출
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시아나이드	0.01 mg/L 이하	불검출	경도	1,000 mg/L 이하	11
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.3
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	0.02	냄새	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	1.3	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(동)	1 mg/L 이하	불검출
보론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
페놀	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지논	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.4
파라티온	0.06 mg/L 이하	불검출	아연	3 mg/L 이하	0.009
페니트로티온	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	6.3
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	철	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	0.004
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.23
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	불검출
디클로로에탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	부적합 (일반세균)				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2020년 01월 14일



(주) 혜 성 환 경



1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 64> 국외정수시스템 지하수 음용수 검사 (처리수)

(마) 국가별 비소 기준

- 개발된 흡착제의 처리기준은 WHO(World Health Organization, 세계보건기구)의 먹는 물 허용 기준으로 목표하여 개발하였으며, 대한민국, 베트남, 캄보디아, 라오스 등 동남아시아 지역의 처리 기준에 모두 만족하여 사업화에 있어 문제가 없다.
- 주관기관 동남아시아 지사가 있는 국가에 따른 용수별 수질 및 배출허용 기준을 아래와 표와 같다.

<표 27> 동남아시아 지역 비소 수질 기준

국가/기관	용수	수원지 / 배출지	비소 기준 단위 : mg/L
대한민국	먹는 물 허용 기준	지하수	0.01
	농업용수 허용 기준	지하수	0.05
베트남	먹는 물 허용 기준	지하수	0.01
	농업용수 허용 기준	지표수	0.1
캄보디아	먹는 물 허용 기준	지하수	0.05
	배출허용기준	공공보호구역	0.1
		공공구역 및 하수관	1.0
라오스	먹는 물 허용 기준	지하수	0.05
방글라데시	먹는 물 허용 기준	지하수	0.05
WHO	먹는 물 허용 기준	지하수	0.01

(바) 정수시스템을 활용한 중금속 외 오염물질 처리방안

① 미립자

- Segment Filter를 이용하여 5 μ m 이상의 미립자를 제거한다.

② 미생물

- 사용 전 Ultraviolet Filter를 이용하여 미생물을 사멸시킨다.

③ 냄새, 맛, 잔류 염소, 유기물, 휘발성 유기 화합물(VOCs), 트리할로메탄(THMs) 등

- Pre-carbon, Post-carbon Filter를 이용하여 맛, 냄새, 잔류 염소, 유기물, 휘발성 유기 화합물, 트리할로메탄을 제거하고, 맛을 상승시킨다.

(사) 정수슬러지를 이용한 안전성 제시 및 폐기물 재활용 방안

① 정수슬러지를 이용한 안전성 제시

- 폐기물관리법 시행령 제7조의2(폐기물의 재활용 준수사항)에 의거한 원료 안전성을 검토하였다. (별표 4의2. 폐기물의 재활용 준수사항)
- 행정규칙 「폐기물 유해특성의 성질 및 해당 기준」 제2조(유해특성의 성질),

제3조(유해특성의 해당기준)에 의거한 폐기물 유해특성의 기준 분석은 아래와 같습니다. (별표 2. 폐기물 유해특성의 기준)

- 추가적으로 안전성 확보를 위해 생물독성시험 중 물벼룩 급성독성시험을 수행하였으며, 물벼룩 (*Daphnia magna*) 급성독성시험 결과 1,000mg/L의 시험농도에서 한계시험을 실시한 결과 48시간 경과시까지 유영저해가 관찰되지 않았다.
- 개발된 흡착제를 사용종료에도 지정폐기물 유해물질이 아래 그림과 같이 용출되지 않아 안전하다.

<표 28> 흡착제 유해특성 검사 결과

시험항목		단위	기준	결과
용출독성	기름성분	%	중량비 5% 이하	불검출
	납	mg/L	3.0 mg/L 이하	불검출
	카드뮴	mg/L	0.3 mg/L 이하	불검출
	구리	mg/L	3.0 mg/L 이하	0.007
	비소	mg/L	1.5 mg/L 이하	불검출
	6가크롬	mg/L	1.5 mg/L 이하	불검출
	수은	mg/L	0.005 mg/L 이하	불검출
	시안화합물	mg/L	1.0 mg/L 이하	불검출
	트리카로로에틸렌	mg/L	0.3 mg/L 이하	불검출
	테트라클로로에틸렌	mg/L	0.1 mg/L 이하	불검출
	유기인화합물	mg/L	1.0 mg/L 이하	불검출
자연발화성		-	공기접촉 5분 이내 발화	자연발화되지 않음
산화성		-	최대연소속도	200mm까지 불연소
인화성		-	100 mm/45sec 연소	5분 이내에 불연소
생물독성시험		-	-	48시간-EC ₅₀ 1,000mg/L 이상

시험성적서

성적서번호 : WA19-00011

7. 시험결과

1) 흡착제

시험항목	단위	시험방법	시험결과	비 고
기름성분-ES 06302.1a	%	(1)	불검출 (정량한계 0.1)	-
납-ES 06402.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.04)	-
카드뮴-ES 06405.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.004)	-
구리-ES 06401.2	mg/L	(1)	0.007	-
비소-ES 06403.2a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.050)	-
6가크롬-ES 06407.2	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.007)	-
수은-ES 06404.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
시안화합물-ES 06351.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.01)	-
트리클로로에틸렌-ES 06602.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.008)	-
테트라클로로에틸렌-ES 06602.1	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.002)	-
유기인화합물-ES 06501.1a	mg/L	(1)	불검출 (정량한계 0.0005)	-
자연발화성-ES 06806.1	-	(1)	자연발화되지 않음	-
산화성-ES 06805.1	-	(1)	200 mm까지 연소가 일어나지 않음	-
인화성-ES 06802.4	-	(1)	4분 이내에 연소가 일어나지 않음	-

- 유기인화합물 : 메틸디메탄, 다이아지논, 파라티온, 펜토에이트, 이피엔

- 상기 시험결과는 의뢰자가 채취하여 의뢰한 시료에 대한 결과임.

— 이 하 여 백 —

<그림 65> 흡착제 유해특성 검사 결과



TEST REPORT

우 58141 전라남도 화순군 화순읍 산단길 12-63

TEL (061)370-7700

FAX (061)370-7777

성적서번호 : TBW-000456

접 수 일 자 : 2017년 08월 21일

대 표 자 : 이해경

시험완료일자 : 2017년 09월 13일

업 체 명 : (주)다산컨설팅

주 소 : 서울특별시 송파구 송이로30길 15, 다산빌딩

시 료 명 : ABA 흡착제

시험 결과

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
물벼룩 급성독성시험 : 48 h - EC ₅₀	mg/L	-	>1000	OECD TG 202

-첨 부 : 최종보고서 (TBW-000456-2017)

* 용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Son Sanho

직성자 : 손산호
E-mail: sonsanho@ktr.or.kr

Hong Seung-guk

기술책임자 : 홍승국
Tel : 1577-0091(ARS ①-④)

2017년 09월 13일

KTR 한국화학융합시험연구원



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

<표 29> 지정폐기물 유해물질 검사

시험항목		단위	지정 폐기물 함유 유해물질기준	결과
용 출 독 성	납	mg/L	3.0 mg/L 이상	불검출
	구리	mg/L	3.0 mg/L 이상	0.057
	비소	mg/L	1.5 mg/L 이상	0.063
	수은	mg/L	0.005 mg/L 이상	불검출
	카드뮴	mg/L	0.3 mg/L 이상	불검출
	6가크롬	mg/L	1.5 mg/L 이상	불검출
	시안화합물	mg/L	1.0 mg/L 이상	불검출
	유기인화합물	mg/L	1.0 mg/L 이상	불검출
	트리클로로에틸렌	mg/L	0.3 mg/L 이상	불검출
	테트라클로로에틸렌	mg/L	0.1 mg/L 이상	불검출
	기름성분	mg/L	5.0 mg/L 이상	불검출

(HS WS 19-863)

		시 험 성 적 서		
의뢰자	서울시 송파구 송이로30길 15 (문정동, 다산빌딩), 다산컨설팅			
시료명	G-ABA 폐활성탄			
시험항목	납 외 10 항목			
시험의뢰일시	2019년 11월 08일	시험완료일시	2019년 11월 19일	
시험항목	지정폐기물함유 유해물질기준	시험결과	시험방법	비고
납 (mg/L)	3 이상	불검출	폐기물공정시험기준	
구리 (mg/L)	3 이상	0.057	"	
비소 (mg/L)	1.5 이상	0.063	"	
수은 (mg/L)	0.005 이상	불검출	"	
카드뮴 (mg/L)	0.3 이상	불검출	"	
6가크롬 (mg/L)	1.5 이상	불검출	"	
시아나화합물 (mg/L)	1 이상	불검출	"	
유기인화합물 (mg/L)	1 이상	불검출	"	
트리클로로에틸렌 (mg/L)	0.3 이상	불검출	"	
테트라클로로에틸렌 (mg/L)	0.1 이상	불검출	"	
기름성분 (%)	5 이상	0.1 이하	"	
		이 하 여 백		
분석기간	11/08 ~ 11/19	시험담당자	이수정	(인)
		기술책임자	천기안	(인)
상기 분석결과는 ㈜혜성환경의 동의 없이 분쟁해결에 사용될 수 없으며, 의뢰업체에서 제시한 시료 외에 시료전체의 결과를 보증하진 않습니다.				
의뢰하신 시료의 시험결과를 위와 같이 통지합니다.				
2019년 11월 19일				
상 호 : (주)혜성환경 소 재 지 : 경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길35(호계동) 연 락 처 : 031) 473-3413 대표자 성 명 : 장 공 레 (서명 또는 인)				

<그림 67> 사용 종료된 폐흡착제의 지정폐기물 유해물질 검사

② 폐기물 재활용 방안 (법률 검토 및 면허 등)

- 행정규칙 「유해특성을 확인해야하는 폐기물의 종류 및 발생업종에 관한 규정 고시」 제2조(유해특성의 확인대상 업종 및 폐기물 종류)에 의거한 발생 업종 검토 결과 원재료인 Alum sludge는 해당사항이 없음을 확인할 수 있었다. (별표 1. 유해특성을 확인해야할 폐기물의 종류와 발생업종)
- 폐기물관리법 시행규칙 제4조의2(폐기물의 종류 및 재활용 유형)에 대한 검토 결과는 아래와 같다.
- [별표 4의2] 폐기물의 재활용 유형별 세부분류에서 나타나 있는 재생이용할 수 있는 상태로 만들거나 재생이용하는 유형인 R-3, R-4 중 R-4인 직접 재생이용하는 유형에 포함되며, R-4-9(수처리제나 유기탄소원, 응집제 등 수질개선을 목적으로 하는 제품을 제조하는 유형, R-10인 제품 제조 등을 위한 중간가공폐기물을 만드는 유형에 포함된다.
- [별표 4의3] 폐기물의 종류별 재활용 가능 유형별 세부분류에서 나타나 있는 사업장일반폐기물 중 유기성 물질 함유 40% 이하로써, 51-02인 무기성 오니류 중 51-02-02인 정수처리오니이며, 재활용 유형은 R-4-2, R-7-1, R-7-2, R-7-3, R-7-6, R-10으로 분류된다.
- 또한, 재활용환경성평가를 실시 예정으로써, 재활용 기술 및 방법의 환경영향을 사전에 예측, 평가하여 안전한 재활용을 도모하고, 재활용 신기술의 시장진입을 쉽게 유도하기 위한 선진화된 제도이다.
- 평가유형은 매체접촉형 재활용과 비매체접촉형 재활용으로 구분되며, Alum sludge는 비매체접촉형 재활용에 포함된다.
- 폐기물관리법 제25조(폐기물처리업)에 의거한 폐기물처리업의 업종 구분과 영업 내용은 아래와 같다.

- ㉠ 폐기물 수집·운반업 : 폐기물을 수집하여 재활용 또는 처분 장소로 운반하거나 폐기물을 수출하기 위하여 수집·운반하는 영업
- ㉡ 폐기물 중간처분업 : 폐기물 중간처분시설을 갖추고 폐기물을 소각 처분, 기계적 처분, 화학적 처분, 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 중간처분할 수 있다고 인정하여 고시하는 방법으로 중간처분하는 영업
- ㉢ 폐기물 최종처분업 : 폐기물 최종처분시설을 갖추고 폐기물을 매립 등(해역 배출은 제외)의 방법으로 최종처분하는 영업
- ㉣ 폐기물 종합처분업 : 폐기물 중간처분시설 및 최종처분시설을 갖추고 폐기물의 중간처분과 최종처분을 함께 하는 영업
- ㉤ 폐기물 중간재활용업 : 폐기물 재활용시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 만드는 영업
- ㉥ 폐기물 최종재활용업 : 폐기물 재활용시설을 갖추고 중간가공 폐기물을 제13조의2에 따른 폐기물의 재활용 원칙 및 준수사항에 따라 재활용하는 영업
- ㉦ 폐기물 종합재활용업 : 폐기물 재활용시설을 갖추고 중간재활용업과 최종재활용업을 함께 하는 영업

- 여기서, 알럼슬러지를 활용한 흡착제 생산을 위해 폐기물 수집·운반업과 폐기물 최종재활용업이 필요하다.
- 폐기물처리업 등록을 위한 시설·장비·기술능력·자본금의 기준은 폐기물관리법 시행규칙 제17조(폐기물처리업의 허가)와 동법 시행규칙 별표 6과 같다.

(아) 수요처 발굴 컨설팅

- 수요처 발굴을 위해 진성 바이어를 발굴을 실시하였다.

① 『SMART VIET』社

- 업체명: SMART VIET (호치민 소재)
- 주요사업: 정수 여과 솔루션
- Website: <http://www.svetorezerv.ru>
- Tel.: (024) 6329 7119
- E-mail: lannt.smartviet@gmail.com
- SMART VIET사는 정수 처리 제품 수입 및 나노 기술 정수기, RO 기술을 개발하고, Aceon, Aquasana, cleantec, Crewelter, Haohsing, Runxin, Pentair, Martin 등과 같은 미국, 독일, 한국, 대만의 많은 유명 브랜드와 전략적 파트너쉽을 구축하였으며, 2017년 SMART VIET사는 호치민 시에서 열린 베트남 국제 리테일샵 및 프랜차이즈 전시회에 참가하여 Crewelter 전해 알칼리 이온화 장치를 고객들에게 소개하였다.



<그림 68> SMART VIET사 베트남 국제 리테일샵 및 프랜차이즈 전시회 사진

*자료 출처 : SMART VIET사 홈페이지

- SMART VIET사는 (주)다산컨설팅트가 보유한 기술에 대해 관심이 있는 것으로 바이어 발굴을 위한 사전 접촉 단계에서 확인되었다. 또한, (주)다산컨설팅트의 수질 정화 기술과 관련하여 추가적인 설명을 요청한 상황으로 이에 따라 유선 미팅을 제안하였으며, 추후 유선 또는 화상 미팅 진행 가능할 것으로 판단된다.

② 『HAMINCO』 社

- 업체명: HAMINCO (하노이 소재)
- 주요사업: 가정 및 산업용 수처리 장비 공급, 컨설팅 및 설치
- Website: www.haminco.com/gioi-thieu
- Tel.: (Mr.Hà) 0983552368
- E-mail: haminco368@gmail.com
- HAMINCO 사는 산업 및 민간 용수 필터 사업을 시작으로 현재 가정 및 산업용 수처리 장비와 수처리 컨설팅, 설치 사업을 수행하며, HAMINCO 사는 역삼투 기술을 이용하여 보일러, 산업 폐수, 제조 수 등에서 공급되는 물을 처리하며, 폐수처리를 위해 MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) 기술을 이용하는 등 다양한 수처리 기술을 개발 및 보유하며, 또한 폐수처리 산업과 관련해서 2017년 12월 싱가포르 소재 기업인 “HICLEAR”사와 기술 및 장비에 파트너쉽을 구축되어 있다.



<그림 69> HAMINCO-HICLEAR의 파트너 쉽 체결

*자료 출처 : HAMINCO 사 홈페이지

- HAMINCO 사는 (주)다산컨설팅트가 보유한 기술에 대해 관심이 있는 것으로 바이어 발굴을 위한 사전 접촉 단계에서 확인되었다. 또한, 사전 접촉 단계에서 (주)다산컨설팅트와의 추후 유선 미팅에 대하여 긍정적인 답변을 받음에 따라 추가 미팅 진행 가능할 것으로 판단된다.

③ 『THIEN AN』 社

- 업체명: THIEN AN (호치민 칸토 소재)
- 주요사업: 식수 필터, 급수 처리, 폐수처리
- Website: www.locnuocthienan.com
- Tel.: (Mr.Thám) 0919 444 636
- E-mail: thienancantho@gmail.com
- THIEN AN 사는 가정용 식수 필터, 지하수 및 지표수 처리, 폐수처리, 수영장 수처리, 재기 가스처리의 환경산업을 주로 하며, 수처리 분야의 다양한 기업과

협력을 통해 사업을 구축하였으며, THIEN AN 사는 칸토 도시 5개 구역에 코코넛 껍질 활성탄, Calgon USA 활성탄, 스웨덴의 Jacobi 활성탄, Norit Netherl end 활성탄을 제공하고 있다.

<표 30> THIEN AN 사의 칸토 도시 5개 구역 제공 활성탄 제품

			
코코넛 껍질 활성탄	Calgon USA 활성탄	스웨덴 Jacobi 활성탄	Norit Netherl end 활성탄

- 발굴을 위한 사전 접촉에서 (주)다산컨설팅트와의 유선 미팅에 대한 긍정적인 답변을 확인하였다.
- 사업화 희망기업 표 31와 같다. 이중 HAMINCO 기업과의 화상 미팅을 19년 8월 26일 (월) 11시경 실시하였으며, 다산컨설팅트의 기본적인 정보, 비소 흡착제를 이용한 정수시스템 관련 소개, 수출, 현지 판매/관리/기술 지원 등 기업간 서로의 정보를 공유하였다. 현지 기관과 지속협력할 업체 리스트 확보 및 우리사 베트남 법인지사를 활용할 예정입니다. 또한, 이후 화상 미팅에서 추가 질문을 받아 회신하였다.

<표 31> 사업화 희망기업 조사

NO	기업명	비즈니스 타입	사업분야	홈페이지
1	SMART VIET	수입업자/유통업자	• Picogram, Hidrotek, Pentair 등 여러업체의 수입 및 유통 • 나노 및 RO 정수 장비	http://www.svetorezerv.ru
2	HAMINCO	수입업자/유통업자	• 수처리 • RO정수 장비 • 정화 화학물질	http://www.hamincocom/gioi-thieu
3	THIEN AN (Thiên Ân)	수입업자/유통업자	• 가정용정수장비 • 수처리 시스템 • 산업용 초순수가공	http://locnuocthienan.com/

(자) 흡착제의 가격 경쟁력 제시

- 세계적으로 가장 상용화된 흡착제는 Bayoxide E33으로써, 1,000kg 당 25,000천 원으로 책정되어 있다.
- 개발된 흡착제의 판매단가는 1,000kg 당 15,000천원으로 산출되었으며, 상용화된 흡착제 보다 60% 저렴하여 가격 경쟁력을 가지고 있다.
- 개발된 흡착제의 판매단가 산출 조건과 산출 결과는 아래와 같다.

<표 32> 흡착제 판매단가 산출 조건

구 분	내 용
노무비	포함
재료비	포함
경비	포함
배송(운반)	상차도, 운반비 별도
포장형태	벌크
부가세	미포함

<표 33> 사용 장비에 따른 전력량 산정

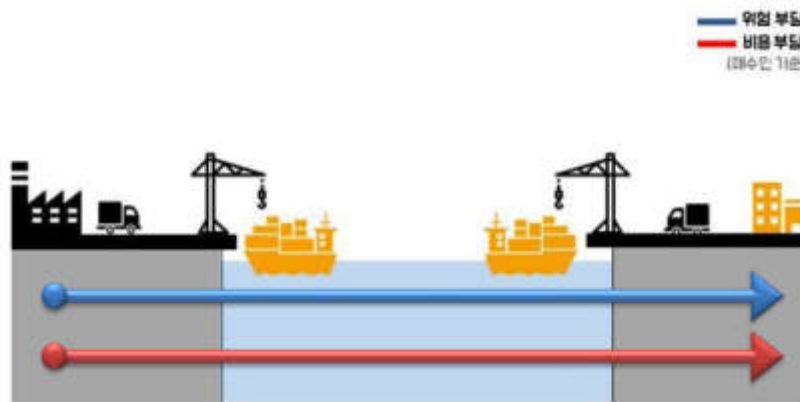
구 분	시간당 전력량 (kW)	사용시간 (hr)	소비 전력량 (kWh)
이송장치 (유입/배출)	10.0	2.0	20.0
배 합 기	1.9	2.0	3.8
성 형 기	15.0	6.0	90.0
소 성 기	80.0	5.0	400.0
배기시설	7.5	15.0	112.5
기타시설 2% (전구 등)	2.2	15.0	33.0
합 계	116.6	-	659.3 (약 660)

<표 34> 개발된 흡착제 판매단가 산출

구분	내용	단가	수량	금액
노무비	보통인부	130,264	1	130,264
	작업반장	159,003	1	159,003
	전기기능사(제조)	99,783	1	99,783
소 계				389,050
재료비	바인더	100,000	10	1,000,000
	잡재료비 (노무비+경비)×20%	2,339,690	1	2,339,690
소 계				3,339,690
경비	원재료 운반비	550,000	1	550,000
	스키로더	250,000	1	250,000
	백호	600,000	1	600,000
	전력비	90	660	59,400
	상차비	550,000	1	550,000
	시설 감가 (유지관리 및 이윤 포함)	9,500,000	1	9,500,000
소 계				11,309,400
합 계 (단위:원 / 십만단위 미만 단수정리)				15,000,000

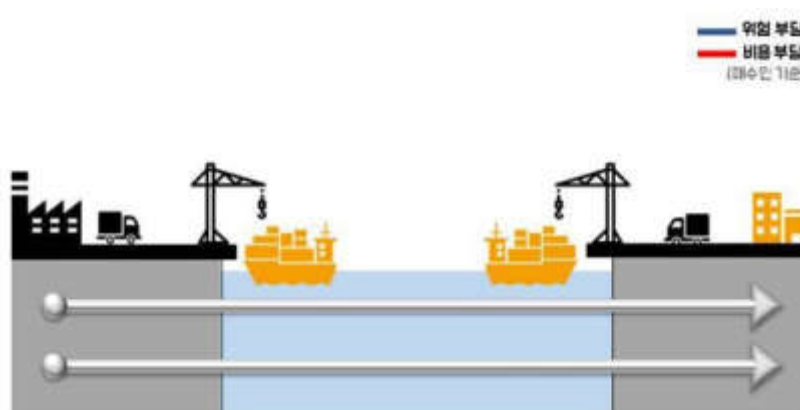
(차) 무역거래 조건 및 무역거래 조건에 따른 비용 리스크

- 공장인도조건(EXW, EX-Works)은 매도인이 국내(공장·창고 등)에서 계약물품을 인수 가능한 상태로 둘 때 매도인의 인도 의무를 이행하는 것으로 간주하는 조건이다. 특히 별도의 합의가 없는 한 매도인이 매수인이 제공한 운송수단에 계약물품을 적재하거나 수출물품을 통관할 책임은 없고 매수인이 매도인의 구매로부터 목적지까지 물품운송에 관련되는 모든 비용과 위험을 부담한다.



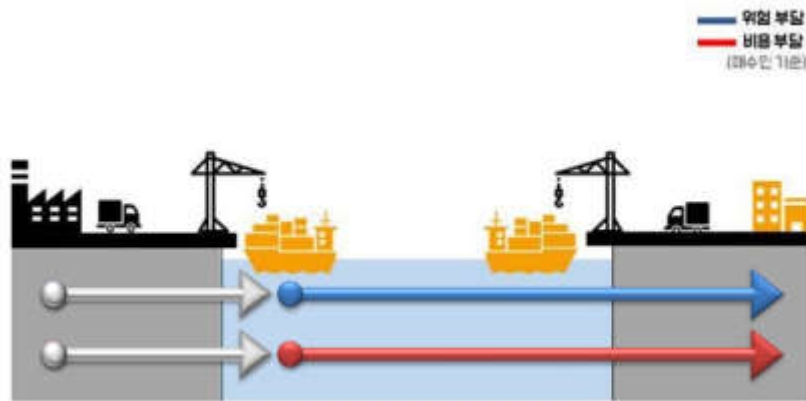
<그림 70> 무역거래 조건 : 공장인도조건 (EXW)

- 관세지급 반입인도조건(DDP, Delivered Duty Paid)은 물품이 수입국의 지정장소에서 매수인이 인수가능하게 될 때 매도인이 그의 의무를 완료한다. 매도인은 인도지점까지 관세, 조세 및 기타 물품 인도비용을 포함하여 모든 비용과 위험을 부담하여야 하며 수입통관도 하여야 한다. 동조건은 매도인이 직접 또는 간접적으로 수입허가를 취득하지 못할 경우에는 사용될 수 없다.



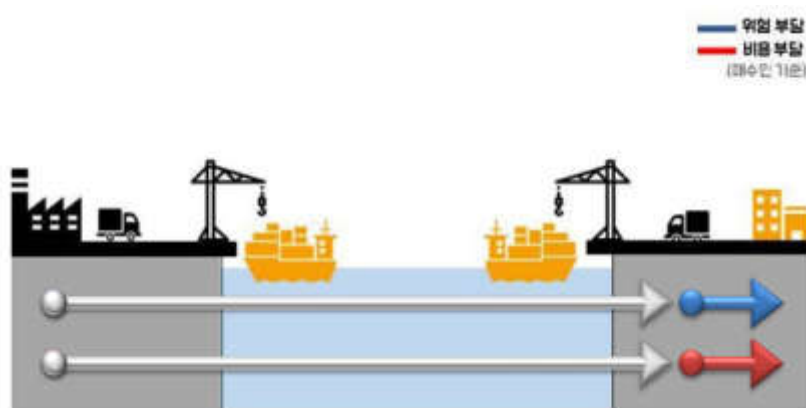
<그림 71> 무역거래 조건 : 관세지급 반입인도조건 (DDP)

- 본선인도조건(FOB, Free On Board)은 매도인이 약속한 화물을 매수인이 지정한 선박에 적재, 본선상에서 화물의 인도를 마칠 때까지의 일체의 비용과 위험을 부담한다. 그 이후에는 매수자의 책임이 된다.



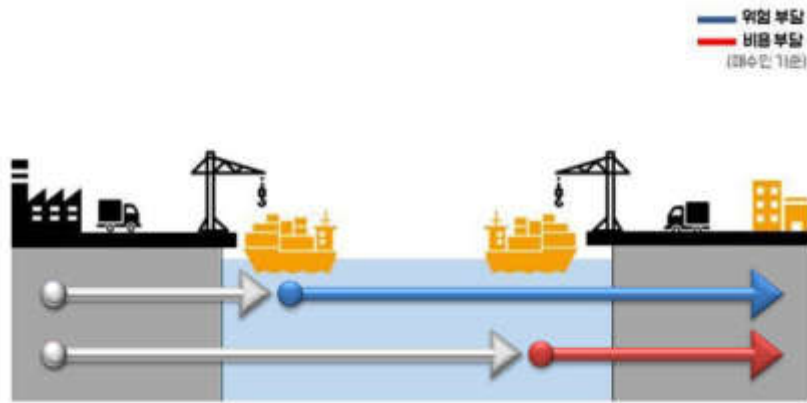
<그림 72> 무역거래 조건 : 본선인도조건 (FOB)

- 운임·보험료포함인도조건(CIF, Cost Insurance and Freight)는 매도자가 상품의 선적에서 목적지까지 원가격, 운임료, 보험료 일체를 부담할 것을 조건으로 한 무역계약이다. CIF 가격이란 수출입 상품의 운임·보험료를 포함한 가격, 즉 도착항까지의 인도가격을 말한다.



<그림 73> 무역거래 조건 : 운임·보험료포함인도조건 (CIF)

- 운임포함인도조건(CFR, Cost and Freight)은 매도인이 화물이 목적지에 인도될 때까지 운임을 지급하는 조건이다. 매도인이 화물을 선박에 선적하고 해상운송계약을 체결하여 운임비를 지불하지만, 화물에 대한 책임은 선적 때까지만 부담한다.



<그림 74> 무역거래 조건 : 운임포함인도조건 (CFR)

- 수출자(매도인)이 가장 리스크가 높은 DDP로 관세를 예상 비용을 산정하였다.

<표 35> 관세지급 반입인도조건(DDP) 관세 예상 비용 산정 (단위:천원)

계산근거	값
예상 물품가격	10,000
배송비	6,000
(물품가격 + 배송비) × 15% (부가세 10% + HS Code 관세 5%)	2,400
소계 (DDP Value)	18,400
DDP Value × 17% (부가세 10% + 관세 5% + 기타세금 2%)	3,128
DDP Value × 20% (부가세 10% + 관세 5% + 기타세금 5%)	3,680
최종 예상 관세 금액	3,128 ~ 3,680

(카) 개발된 흡착제의 강도증가 방안 제시

① 바인더

- 벤토나이트를 광물의 일종으로 몬모릴나이트가 주성분인 물질이다. 점토광물은 사면체층과 팔면체층이 다양한 비율로 교호하면서 여러 유형의 광물군이 만들어진다. 점토 광물은 작은 입자크기와 층간 때문에 표면적이 매우 크며, 표면은 흔히 전하를 띤다. 이러한 점토광물은 일정 수분함량이 첨가되면 강한 응집력과 점착성을 띤다. 이러한 특성으로 인하여 전차년도 흡착제 보다 내구성이 강한 흡착제를 개발하였다.

② 압축 강도 증가

- 효율적으로 대량생산을 위해 펠렛 형태의 흡착제를 생산하는데 있어, 최종 배출구 사이즈가 중요하다. 이로인해 3차년도 실험실에서 사용된 압출기 마지막 부분의 사이즈와 동일하게 펠렛 Die를 제작하여, 생산 결과 전차년도 흡착제 보다 내구성이 강한 흡착제를 생산하였다.



<그림 75> 펠렛 Die 축소

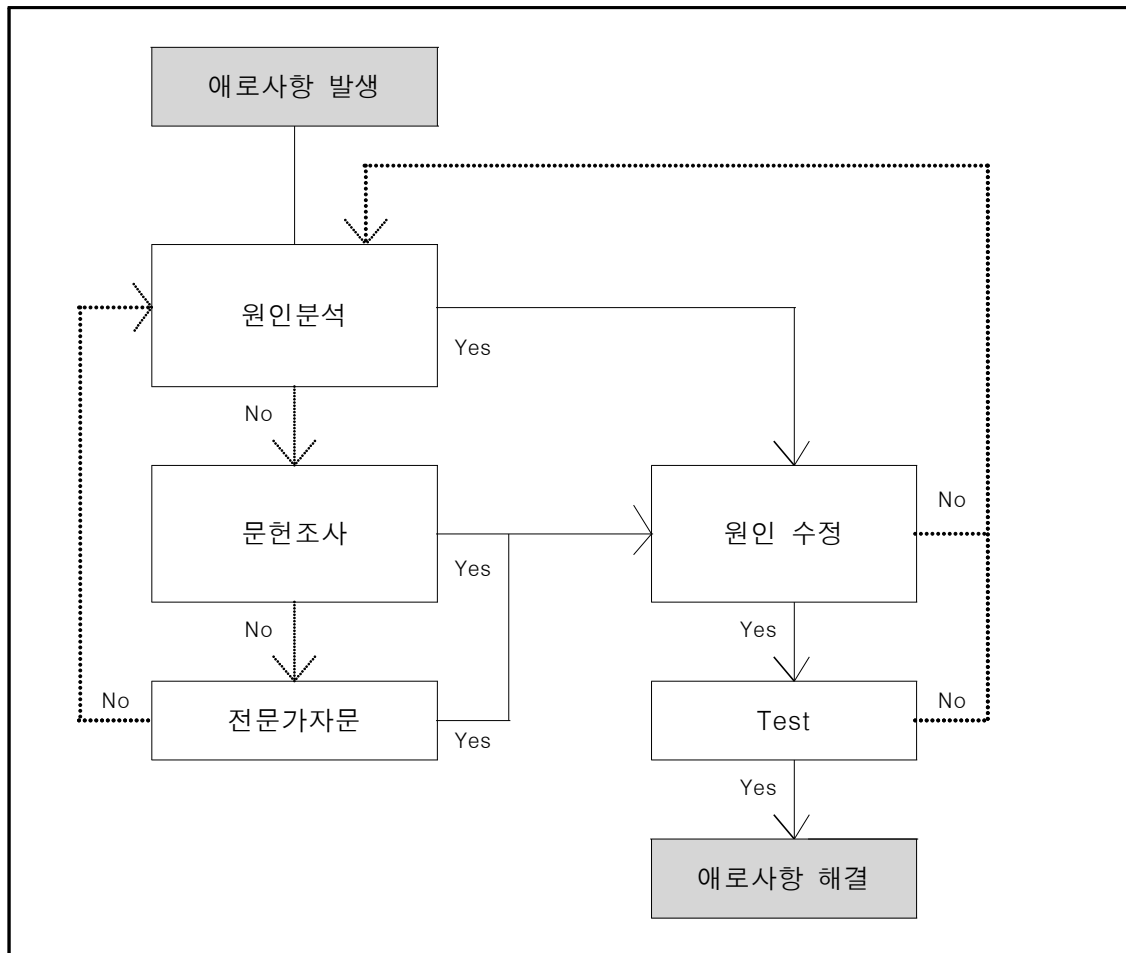
(4) 연구개발 추진 전략 및 방법

(가) 연차별 추진내용

연차	주요 연구활동	세부추진내용
1차년도 (’17.03~ '17.12)	• 문헌조사	- Granule화 선행연구 조사 - 흡착제 성형방법개발
	• 흡착제의 물리적 특성 평가	- 접합제에 따른 흡착능 평가 - 성형 방법에 따른 물리적 특성평가 - 성형 방법에 따른 흡착 특성 평가
2차년도 (’18.01~ 18.12)	• 흡착제의 As 흡착 특성 평가	- Column실험을 통한 파괴점 도출 - 흡착제의 수명예측 - 흡착제의 물리적 특성 변화 연구
	• 흡착제 대량제조 시설 구축	- 흡착제 대량 제조 및 성형시설 확보
	• 시제품제작 설계	- 국내 또는 국외에 실증화시설 설계
3차년도 (’19.01~ '19.12)	• 흡착제의 흡착능 및 수명 향상 연구	- 흡착능 향상 및 물리성 향상 연구 - 흡착제 재생방법 개발 - 흡착제의 최종처분 방법 개발
	• 시제품 제작	- 실증화시설 설치
	• 현장 성능시험	- 실증화시설 운전 및 성능평가 - 운전매뉴얼 확보
	• 사업화 준비	- 신기술인증 신청 (신제품 인증 신청 완료 / 평가중)

(나) 기술개발 애로사항 발생시 해결방법

- 애로사항이 발생하면 우선 원인분석이 필요하며 원인분석의 단계별로 문헌조사 및 전문가 자문하여 해결하였다.
- 발생한 원인을 수정하여 테스트한 후 애로사항이 해결됐는지 확인하였다.



(다) 특허 등 사업화를 위한 지식재산권 확보

- 흡착제의 성형방법 및 제조시설에 관련 특허를 국내외 출원 및 등록하여 지식재산권을 확보하였다.

<표 36> 사업화를 위한 특허 출원 및 등록 현황

No	특허명칭	출원/등록 번호	출원/등록 일
1	알루미늄 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제	제10-2037353호	19.10.22
2	알루미늄 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 원통형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 원통형 흡착제	제10-2037341호	19.10.22
3	오염수 처리용 세라믹 필터 및 이의 제조방법	제10-1876931호	18.07.04
4	비소 흡착용 표면 개질 활성탄 및 이의 제조방법	제10-1865208호	18.05.31
5	METHOD FOR PRODUCING GRANULAR ADSORBENT FOR REMOVING IONIC ALUM SLUDGE AND GRANULAR ADSORBENT PRODUCED THEREBY	1-2018-05949	18.12.26 (베트남)
6	SYSTEM FOR PRODUCING GRANULAR ADSORBENT FOR REMOVING IONIC POLLUTANTS USING ALUM SLUDGE	1-2018-05948	18.12.26 (베트남)
7	알루미늄 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조시스템	10-2018-0149096	18.11.28
8	알루미늄 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제	10-2018-0144330	18.11.21

- 흡착제 생산 방법 및 성능에 대한 학술지 게재(SCI(E))를 하였다.

<표 37> 사업화를 위한 학술지 게재 등록 현황

No	구분	논문명	학술지명
1	SCI(E)	Pellet adsorbent derived from molasses and dewatered alum sludge for arsenic removal	Journal of CO ₂ Utilization
2	SCI(E)	Enhanced adsorption of arsenic using calcined alginate bead containing alum sludge from water treatment facilities	Journal of Environmental Management
3	SCI(E)	Enhanced adsorption of arsenic onto alum sludge modified by calcination	Jouranal of Cleaner Production

- 위와 같이 특허 및 논문 등 지식재산권을 확보로 신기술(신제품) 인증을 신청하였다.

<표 38> 사업화를 위한 신제품 인증 신청 현황

No	구분	명칭	신청일
1	신제품	정수처리시설에서 발생된 슬러지를 재활용한 비소 제거 흡착제	19.12.16

(5) 연구개발 추진 체계

연구개발과제			
과제명	중금속 흡착제 개선을 통한 지하수 처리시스템 개발		
기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 16명
산 업 계	1	10	
대 학	1	6	
국공립(연)	-	-	
출 연 (연)	-	-	
기 타	-	-	
주 관 연 구 기 관		위 탁 연 구 기 관	
(주)다산컨설팅		전북대학교 산학협력단	
참 여 연 구 원		참 여 연 구 원	
주관연구책임자 박준규 외 9명		위탁연구책임자 백기태 외 5명	
담당연구개발내용		담당연구개발내용	
• 실증화시설 설치 및 성능평가 • 신기술 인증 신청		• 흡착제 수명 예측하여 흡착능 및 물리성 향상 연구 • 흡착제 재이용 방안 도출	
위탁기관 / 참여기업			
위탁기관 : 전북대학교 산학협력단 참여기업 : (주)다산컨설팅			

(가) 위탁연구 현황

구분	과 제 명	발주 기관	수행자 (수행 기관)	위탁 필요성	위탁 목표 및 내용	연구 기간	소요 금액 (천 원)
위탁 연구	ABA를 이용한 pellet형 흡착제 개발	(주)다산 컨설팅	백기태 (전북대학교 산학협력단)	개발된 흡착제의 성능향상	흡착제 흡착능 및 물리성 향상 연구 흡착제 재이용 방안	17.04 ~ 19.12 (33개월)	230,000

(6) 연구개발 추진 일정

구분	연구과제명 (연구수행기관)	핵심	성과목표/지표		세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	1차년도				2차년도				3차년도			
			단위	질적			1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
총괄							394				826				500			
주관 /위탁	중금속 흡착제 개선을 통한 지하수 처리시스템 개발 — 주관기관 (주)다산 컨설팅 / 위탁기관 전북대학교 산학협력단 —	A (흡착제 평가)	A-1	A-1-1	문헌 조사 (컨설팅 전문가 활용)	연구동향 보고서		100										
				A-1-2	흡착제 물리적 특성 평가	특허 출원 논문게재			120		150		120					
			A-2	A-2-1	흡착제의 As 특성 평가	특허출원 논문게재			174		190		150					
				A-3	A-3-1	흡착제의 흡착능 및 수명향상 연구	보고서									40		
		B (시제품 제작)	B-1	B-1-1	흡착제 제조시설 설치	시제품						451						
				B-2	B-2-1	실증화시설 설계	시제품							35				
				B-3	B-3-1	실증화시설 설치	시제품								150			
				B-4	B-4-1	실증화시설 운전	매뉴얼 작성									20		
		C (신기술 인증)	C-1	C-1-1	신기술 인증 신청	신제품 인증 신청											20	
		계 (백만원)							394				826				500	

나. 연구개발 성과

- 본 연구개발을 통해 국내특허 출원 4건, 국외특허 출원 2건, 등록 4건, 논문게재(SCI) 3건, 인력양성 7건, 신규고용 2건, 시제품제작 3건, 실증화 시설설계 2건, 신제품 인증 신청 1건으로 정량적 성과 달성하였다. 또한, 흡착제 물리적 평가 1건, 용출테스트 2건, 실증시설 처리수 테스트 2건, 기술동향조사 1건, 수요처 발굴 1건, 실증화시설 매뉴얼 1건을 통해 성능을 검증하여 정성적 성과를 달성하였다.

(1) 특허 성과 (국내출원 4건 / 국외출원 2건 / 국내등록 4건)

(가) 10-2017-0148092 (출원)

- 출원일자 : 2017년 11월 08일
- 출원번호 : 10-2017-0148092
- 발명의 명칭 : 알림 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 원통형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 원통형 흡착제

관 인 생 박
출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자	2017.11.08
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2017-0148092 (접수번호 1-1-2017-1108617-73)
출 원 인 명 칭	주식회사 다산컨설팅(1-1998-102259-6) 외 1명
대 리 인 명 칭	특허법인 천원(9-2009-100001-0)
발 명 의 명 칭	알림 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 원통형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 원통형 흡착제

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.

2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 6자리(기관코드)+ 접수번호

3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 특히 [특허고려번호 정보변경(과장), 경질 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허청(www.kipo.go.kr) 접속 > 민원서비스(다도모드) > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식

4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보장이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의결서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.

5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표 디자인은 6개월 이내
※ 외국특허상표청의 출원서류 개조로 우리나라에 우선권 주장할 시, 출원인이 파견계성태이면, 우선권로부터 16개월 이내에 외국특허상표청에 [전자특허출원서(PTO/ISA/99)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 마래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표출원 40-2010-0000000

7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.

8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

<그림 76> 특허출원 / 10-2017-0148092

(나) 10-2017-0147752 (출원)

- 출원일자 : 2017년 11월 08일
- 출원번호 : 10-2017-0147752
- 발명의 명칭 : 알럼 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제

관 민 생 광 출원 번호 통 지 서	
출원 일자	2017.11.08
특 기 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출원 번호	10-2017-0147752 (접수번호 1-1-2017-1106304-41)
출원인 명칭	전북대학교산학협력단(2-2003-044369-9) 외 1명
대리인 성명	특허법인 진원(9-2009-100001-0)
발명자 성명	강승희 박성민 박기태 이해경 박근규 유황룡 권해성
발명의 명칭	알럼 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제
특 허 청 장	
<< 안내 >>	
1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다. 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다. ※ 납부자번호 : 0111(가관코드) + 접수번호 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경청), 경청 신고서]를 제출하여 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. ※ 특허청(patent.go.kr) 검색 > 민원서비스(다운로드) > 특허법 시행규칙 별지 제1호 서식 4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보장이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다. 5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. ※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr/특허/마드리드/PCT/마드리드 ※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표-디자인은 6개월 이내 ※ 미국특허상표청의 선출발권 기점으로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출발에 마표제성태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 외국특허상표청에 [권지적교환허가서(PTO352/99)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다. 6. 본 출원서면을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다. ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000 7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다. 8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.	

<그림 77> 특허 출원 / 10-2017-0147752

(다) 10-2018-0144330 (출원)

- 출원일자 : 2018년 11월 21일
- 출원번호 : 10-2018-0144330
- 발명의 명칭 : 알럼 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제

관 인 생 탁	
출원 번호 통 지 서	
출 원 일 자	2018.11.21
특 기 사 항	상사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2018-0144330 (접수번호 1-1-2018-1160623-91)
출 원 인 명 칭	주식회사 다산컨설팅트(1-1998-102259-6) 외 1명
대 리 인 명 칭	특허법인 톨몬(9-2009-100001-0)
발 명 자 명 칭	박기태·강승희·최정환·이재경·박준규·윤지은·전태성
발 명 의 명 칭	알럼 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제
특 허 청 장	
<< 안내 >>	
1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다. 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동별납 납입명수증에 실명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다. 후 납부자번호 : 0131(가온코드) + 접수번호 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(공평), 결정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. ※ 특허청(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다소로트 > 특허법 시행규칙 별지 제3호 서식 4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정에 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다. 5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 파드런드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. ※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr > 특허·실용신안·PCT/마드리드 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내 ※ 미국특허상표청의 선출원용 기호로 우선(나중에 우선권주장출원 자, 선출원이 아공개성대이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환력가서(P10/GB/20)]를 제출하거나 우라나리예 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다. 6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 광범발명에 따라 처벌을 받을 수 있습니다. ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000 7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다. 8. 가타 심사 절차에 관한 사항은 동별납 안내서를 참조하시기 바랍니다.	

<그림 78> 특허 출원 / 10-2018-0144330

(라) 10-2018-0149096 (출원)

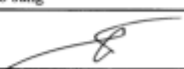
- 출원일자 : 2018년 11월 28일
- 출원번호 : 10-2018-0149096
- 발명의 명칭 : 알람 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조시스템

관 인 생 탁	
출 원 번 호 통 지 서	
출 원 일 자	2018.11.28
특 거 사 항	심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호	10-2018-0149096 (출원번호 1-1-2018-1186121-81)
출 원 인 명 칭	주식회사 다산컨설팅(1-1998-102259-6) 외 1명
대 리 인 성 명	박하남(9-2009-100001-0)
발 명 자 성 명	이태경 박준규 유지은 전혜성 박기태 강승화 최정훈
발 명 의 명 칭	알람 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조시스템
특 허 청 장	
<< 만 내 >>	
1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다. 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동별원 납입영수증과 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다. 후 납부자번호 : 0138(기관코드) + 접수번호 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경정), 장정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. 후 특허청(patent.go.kr) 검색 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별표 제4호 서식 4. 특허(실용신안등록)출원인 명세서 또는 도면의 보정에 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다. 5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. 후 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr/특허마음-PCT/마드리드 후 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내 후 미국특허심판원의 선출원을 기호로 우선권내에 우선권수정출원 시, 선출원이 야공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허심판원에 [전자적교환권서 A/P(PTO58/59)]를 제출하거나 우선권내에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다. 6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다. 후 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000 7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다. 8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동별원 안내서를 참조하시기 바랍니다.	

<그림 79> 특허 출원 / 10-2018-0149096

(마) 1-2018-05949 (국외 출원 / 대상국가 : 베트남)

- 출원일자 : 2018년 12월 26일
- 국내 출원번호 : 10-2018-0144330
- 국외 출원번호 : 1-2018-05949
- 발명의 명칭 : METHOD FOR PRODUCING GRANULAR ADSORBENT FOR REMOVING IONIC ALUM SLUDGE AND GRANULAR ADSORBENT PRODUCED THEREBY

TỜ KHAI ĐĂNG KÝ SÁNG CHẾ Kính gửi: Cục Sở hữu trí tuệ 386 Nguyễn Trãi, Hà Nội Chủ đơn dưới đây yêu cầu Cục Sở hữu trí tuệ xem xét đơn và cấp*: ☒ Bằng độc quyền sáng chế ☐ Bằng độc quyền giải pháp hữu ích Số hiệu nhận biết đơn: TB/1812/20-18/PT-VN		CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ NATIONAL OFFICE OF INTELLECTUAL PROPERTY (EXAMPTATION UNIT - HANOI BRANCH) NGÀY DATE 26-12-2018 SỐ ĐƠN APL.No. 1-2018-05949 
1a NGUỒN GỐC ĐƠN ☐ Đơn này được nộp trên cơ sở đơn PCT số: Ngày nộp đơn quốc tế: Công bố quốc tế số: ngày: Ngày chọn Việt Nam (nếu có): ☐ Có sửa đổi, bổ sung tại thời điểm vào pha quốc gia (thuyết minh nội dung sửa đổi khai tại trang bổ sung) ☐ Đơn tách: Đơn này được tách ra từ đơn số: Ngày nộp đơn: ☐ Đơn chuyển đổi: Đơn này được chuyển đổi từ đơn số: Ngày nộp đơn:		
1 TÊN SÁNG CHẾ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHẤT HẤP THỤ DẠNG HẠT ĐỂ LOẠI BỎ CHẤT Ô NHIỄM ION SỬ DỤNG BÙN CHỨA PHÈN VÀ CHẤT HẤP THỤ DẠNG HẠT SẢN XUẤT THEO PHƯƠNG PHÁP NÀY (METHOD FOR PRODUCING GRANULAR ADSORBENT FOR REMOVING IONIC POLLUTANTS USING ALUM SLUDGE AND GRANULAR ADSORBENT PRODUCED THEREBY)		PHÂN LOẠI SÁNG CHẾ QUỐC TẾ (IPC) C02F 3/10 C02F 3/06 C02F 1/32 C02F 3/00
2 CHỦ ĐƠN Tên đầy đủ: DASAN CONSULTANTS CO., LTD. Địa chỉ: 5-66, Gumijungang-ro 42-gil, Gumi-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea ☐ Chủ đơn đồng thời là tác giả sáng chế ☐ Ngoài chủ đơn khai tại mục này còn có những chủ đơn khác khai tại trang bổ sung		
3 ĐẠI DIỆN CỦA CHỦ ĐƠN ☐ là người đại diện theo pháp luật của chủ đơn ☒ là tổ chức dịch vụ đại diện sở hữu công nghiệp được uỷ quyền của chủ đơn ☐ là người khác được uỷ quyền của chủ đơn Tên đầy đủ: CÔNG TY TNHH TRÀ VÀ CỘNG SỰ (TRA & ASSOCIATES) Địa chỉ: 7 Văn Miếu - Hà Nội - Việt Nam Điện thoại: (+84-24-3747 3680) Fax: (+84-24-3747 3681) E-mail: traipr@hn.vnn.vn		Mã số: 48
4 TÁC GIẢ Tên đầy đủ: KANG, SEUNG HEE Quốc tịch: Hàn Quốc Địa chỉ: Apartment 106-302, 21, Taepyeong 2-gil, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Korea ☒ Ngoài tác giả khai tại mục này còn có những tác giả khác khai tại trang bổ sung		
5 CHỦ ĐƠN/ĐẠI DIỆN CỦA CHỦ ĐƠN KÝ TÊN 		

* Chú thích: Trong trang này và các trang sau, chủ đơn/đại diện của chủ đơn đánh dấu "X" vào ô vuông ☐ nếu các thông tin ghi sau các ô vuông là phù hợp.

<그림 80> 국외 특허 출원 / 1-2018-05949

(바) 1-2018-05948 (국외 출원 / 대상국가 : 베트남)

- 출원일자 : 2018년 12월 26일
- 국내 출원번호 : 10-2018-0149096
- 국외 출원번호 : 1-2018-05948
- 발명의 명칭 : SYSTEM FOR PRODUCING GRANULAR ADSORBENT FOR REMOVING IONIC POLLUTANTS USING ALUM SLUDGE

TỜ KHAI ĐĂNG KÝ SÁNG CHẾ Kính gửi: Cục Sở hữu trí tuệ 386 Nguyễn Trãi, Hà Nội Chủ đơn dưới đây yêu cầu Cục Sở hữu trí tuệ xem xét đơn và cấp*: ☒ Bằng độc quyền sáng chế ☐ Bằng độc quyền giải pháp hữu ích Số hiệu nhận biết đơn: TB/1812/20-17/PT-VN		CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL PROPERTY NGÀY DATE 26-12-2018 SỐ ĐƠN APL No. 1-2018-05948 	SC
1.2 NGUỒN GỐC ĐƠN ☐ Đơn này được nộp trên cơ sở đơn PCT số: Ngày nộp đơn quốc tế: Công bố quốc tế số: ngày: Ngày chọn Việt Nam (nếu có): ☐ Có sửa đổi, bổ sung tại thời điểm vào pha quốc gia (thuyết minh nội dung sửa đổi khai tại trang bổ sung) ☐ Đơn tách: Đơn này được tách ra từ đơn số: Ngày nộp đơn: ☐ Đơn chuyển đổi: Đơn này được chuyển đổi từ đơn số: Ngày nộp đơn:			
1 TÊN SÁNG CHẾ HỆ THỐNG SẢN XUẤT CHẤT HẤP THỤ DẠNG HẠT ĐỂ LOẠI BỎ CHẤT Ô NHIỄM ION SỮ DUNG BÚN CHỨA PHÈN (SYSTEM FOR PRODUCING GRANULAR ADSORBENT FOR REMOVING IONIC POLLUTANTS USING ALUM SLUDGE)		PHÂN LOẠI SÁNG CHẾ QUỐC TẾ (IPC) C02F 3/10 C02F 3/06 C02F 1/32 C02F 3/00	
2 CHỦ ĐƠN Tên đầy đủ: DASAN CONSULTANTS CO., LTD. Địa chỉ: 5-66, Gumijungang-ro 42-gil, Gumi-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea ☐ Chủ đơn đồng thời là tác giả sáng chế ☐ Ngoài chủ đơn khai tại mục này còn có những chủ đơn khác khai tại trang bổ sung			
3 ĐẠI DIỆN CỦA CHỦ ĐƠN ☐ là người đại diện theo pháp luật của chủ đơn ☒ là tổ chức dịch vụ đại diện sở hữu công nghiệp được uỷ quyền của chủ đơn ☐ là người khác được uỷ quyền của chủ đơn Tên đầy đủ: CÔNG TY TNHH TRÀ VÀ CỘNG SỰ (TRA & ASSOCIATES) Địa chỉ: 7 Văn Miếu - Hà Nội - Việt Nam Điện thoại: (+84-24-3747 3680) Fax: (+84-24-3747 3681) E-mail: traipr@hn.vnn.vn		Mã số: 48	
4 TÁC GIẢ Tên đầy đủ: LEE, HAE KYUONG Quốc tịch: Hàn Quốc Địa chỉ: Apartment 232-804, 135, Olympic-ro, Songpa-gu, Seoul, Korea ☒ Ngoài tác giả khai tại mục này còn có những tác giả khác khai tại trang bổ sung			
5 CHỦ ĐƠN/ĐẠI DIỆN CỦA CHỦ ĐƠN KÝ TÊN 			

* Chú thích: Trong trang này và các trang sau, chủ đơn/đại diện của chủ đơn đánh dấu "X" vào ô vuông ☐ nếu các thông tin ghi sau các ô vuông là phù hợp.

<그림 81> 국외 특허 출원 / 1-2018-05948

(사) 10-1865208 (등록)

- 등록일자 : 2018년 05월 31일
- 등록번호 : 10-1865208
- 발명의 명칭 : 비소 흡착제 표면 개질 활성탄 및 이의 제조방법



<그림 82> 특허 등록 / 10-1865208

(아) 10-1876931 (등록)

- 등록일자 : 2018년 07월 04일
- 등록번호 : 10-1876931
- 발명의 명칭 : 오염수 처리용 세라믹 필터 및 이의 제조방법



<그림 83> 특허 등록 / 10-1876931

(자) 10-2037341 (등록)

- 등록일자 : 2019년 10월 22일
- 등록번호 : 10-2037341
- 발명의 명칭 : 알럼 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 원통형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 원통형 흡착제



<그림 84> 특허 등록 / 10-2037341

(차) 10-2037353 (등록)

- 등록일자 : 2019년 10월 22일
- 등록번호 : 10-2037353
- 발명의 명칭 : 알럼 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제

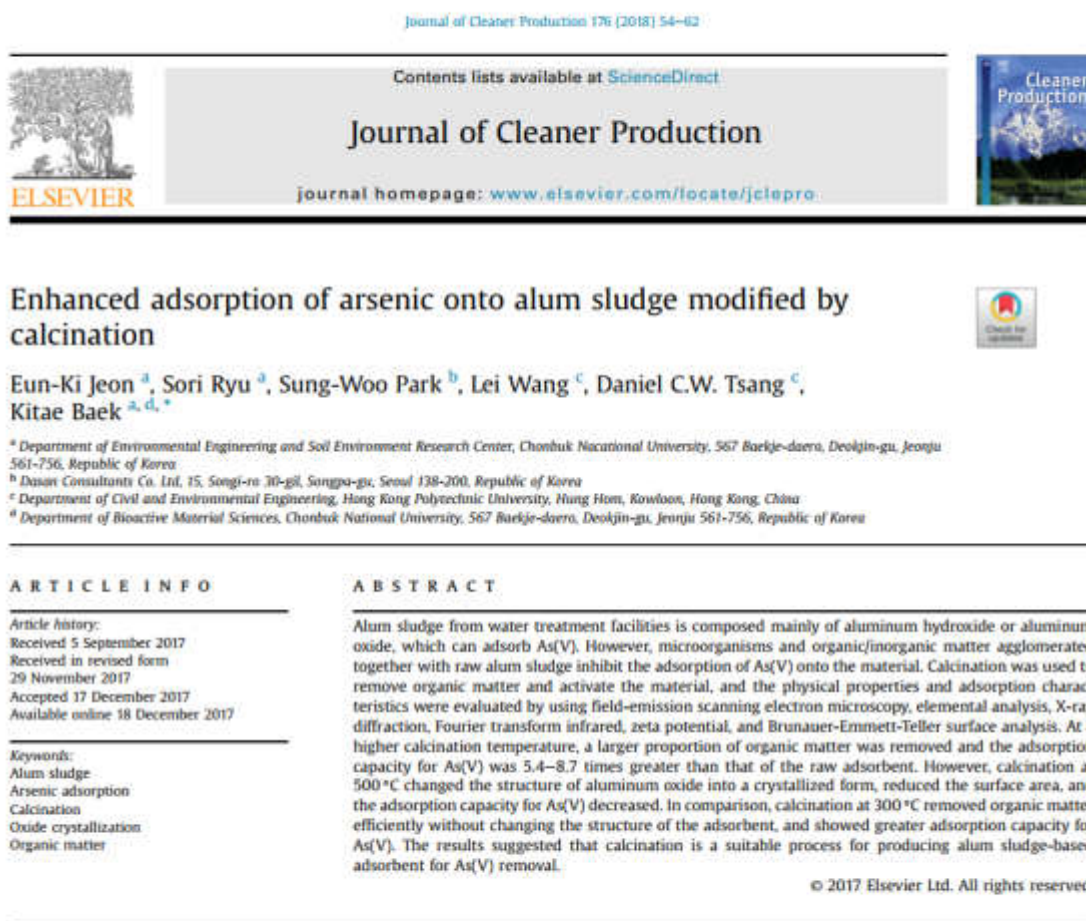


<그림 85> 특허 등록 / 10-2037353

(2) 논문게재 성과 (SCI 3건)

(가) Enhanced adsorption of arsenic onto alum sludge modified by calcination

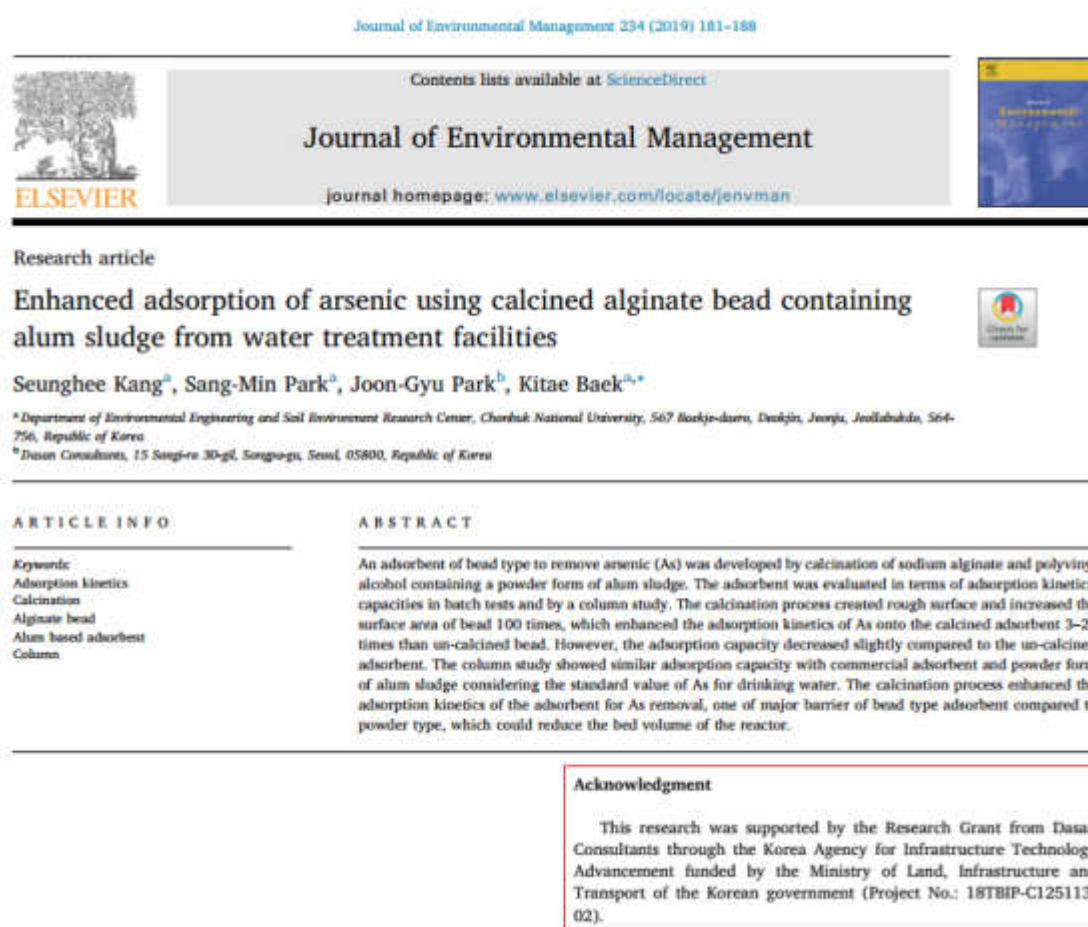
- 발행일자 : 2017년 12월 17일
- 학술단체 : Journal of Cleaner Production
- 서지정보 : Journal of Cleaner Production 176 (2018) 54~62
- Impact factor : 5.651 (2018년 기준)
- 핵심어 : Alum sludge, Arsenic adsorption, Calcination, Oxide crystallization, Organic matter



<그림 86> 논문게재 성과 (SCI) - 1

(나) Enhanced adsorption of arsenic using calcined alginate bead containing alum sludge from water treatment facilities

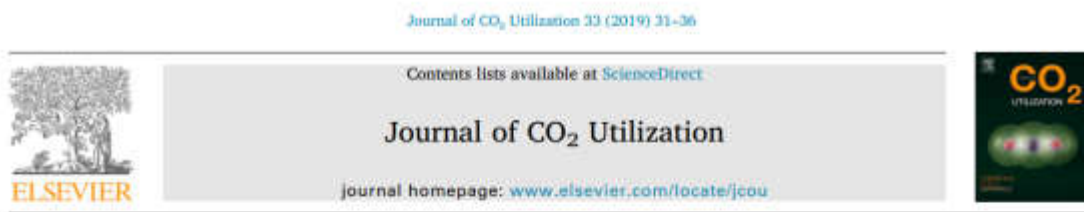
- 발행일자 : 2018년 12월 26일
- 학술단체 : Journal of Environmental Management
- 서지정보 : Journal of Environmental Management 234 (2019) 181~188
- Impact factor : 4.005 (2018년 기준)
- 핵심어 : Adsorption kinetics, Calcination, Alginate bead, Alum based adsorbent, Column



<그림 87> 논문게재 성과 (SCI) - 2

(다) Pellet adsorbent derived from molasses and dewatered alum sludge for arsenic removal

- 발행일자 : 2019년 5월 1일
- 학술단체 : Journal of CO₂ Utilization
- 서지정보 : Journal of CO₂ Utilization 33 (2019) 31~36
- Impact factor : 5.503 (2018년 기준)
- 핵심어 : Adsorption kinetics, Thermal treatment Combustion Pyrolysis, Carbonization



Pellet adsorbent derived from molasses and dewatered alum sludge for arsenic removal

Seunghee Kang^a, Jung-Hwan Choi^a, Joon-Gyu Park^b, Kitae Baek^{a,*}

^a Department of Environmental Engineering and Soil Environment Research Center, Chonbuk National University, 567 Baekje-daero, Deokjin, Jeonju, Jeollabuk-do, 564-756, Republic of Korea

^b Daean Consultants, 15 Songi-ro 30-gil, Songpa-gu, Seoul, 05800, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:
Adsorption kinetics
Thermal treatment
Combustion
Pyrolysis
Carbonization

ABSTRACT

Powder type of adsorbent has a huge surface area, but the powders are aggregated, which lowers the adsorption of arsenic(As) dramatically due to preferential flow in the adsorption bed. Pellet adsorbent to remove As was prepared to solve the problems of powder type adsorbent using dewatered alum sludge and molasses as a binder. The pellet was treated thermally under three different reaction media of air, N₂ and CO₂ to enhance the strength of pellet and to make pore structure. The air medium oxidizes the organic matter under oxygen, but the non-oxygen condition for N₂ and CO₂ carbonizes the organic matter. The adsorption characteristics, the pellet shape (i.e., the strength of the adsorbents) should be retained during the adsorption process, which is one of the major concerns for the pellet adsorbents. The shape retention was enhanced by the thermal treatment under the reaction medium of air, N₂ and CO₂. Besides the adsorption characteristics of As on the adsorbents were investigated in terms of adsorption kinetics, adsorption isotherms and surface charge of the adsorbents. The pellets thermally treated under air and CO₂ shows 2 times faster adsorption kinetics than the simply dried and N₂ medium within 10 min. The strength of pellets was enhanced by the thermal treatment under CO₂ compared to the air and N₂ medium due to the carbonization. As a result, the pellet adsorbents thermally treated under the CO₂ removed As from the aqueous phase with enhanced kinetics.

Acknowledgments

This research was supported by the Research Grant from Dasan Consultants through the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement funded by the Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Project No.: 18THIP-C125113-02), and partially supported by Korea Ministry of Environment(MOE) as Knowledge-based environmental service(Waste to energy) Human resource development Project(Project No.:YL-WE-18-002).

<그림 88> 논문게재 성과 (SCI) - 3

(3) 인력양성 (박사 2명 / 석사 5명)

No.	소속	성함	학위	취득연도	참여율	참여기간
1	전북대학교	박상민	박사 졸업	2018	30%	2017.04. ~ 2018.06.
2	전북대학교	전은기	박사 졸업	2018	20%	2017.04. ~ 2018.06.
3	전북대학교	김선희	석사 졸업	2018	20%	2017.04. ~ 2018.06.
4	전북대학교	강승희	석사 졸업	2019	30%	2017.04. ~ 2018.12.
5	전북대학교	김종국	석사 졸업	2019	30%	2017.04 ~ 2019.12.
6	전북대학교	김혜빈	석사 졸업	2019	20%	2017.04. ~ 2018.12.
7	전북대학교	양희원	석사 졸업	2019	20%	2017.04. ~ 2018.12.

제 2018 - 812182 호

학 위 수 여 증 명

성 명	박상민
생 년 월 일	1986년 6월 30일
대 학 원	대학원 박사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2015년 3월 2일
학위수여 년월일	2018년 8월 22일
학 위 명	공학박사
학 위 등 록 번 호	전북대 2017(박)0246

위의 사실을 증명합니다.

2018 년 11 월 14 일

전 북 대 학 교 총 장



*우) 54806 전북 전주시 백제대로 567 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2094
* 이 증명서는 자동발급가로 발급한 것입니다.

<그림 89> 인력양성 (1)

학 위 수 여 증 명

성 명	전은기
생 년 월 일	1987년 7월 2일
대 학 원	대학원 박사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2014년 9월 1일
학위수여 년월일	2018년 8월 22일
학 위 명	공학박사
학 위 등 록 번 호	전북대 2017(박)0248

위의 사실을 증명합니다.

2018 년 11 월 14 일

전 북 대 학 교 총 장

*무) 54896 전북·전주시 백제대로 567 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2094

* 이 증명서는 자동발급기로 발급한 것입니다.

학 위 수 여 증 명

성 명	김선희
생 년 월 일	1993년 2월 15일
대 학 원	대학원 석사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2016년 9월 1일
학위수여 년월일	2018년 8월 22일
학 위 명	공학석사
학 위 등 록 번 호	전북대 2017(석)0909

위의 사실을 증명합니다.

2018 년 11 월 14 일

전 북 대 학 교 총 장



- 우) 54896 전북 전주시 백제대로 567 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2094
- 이 증명서는 자동발급기로 발급한 것입니다.

제 2019 - B06992 호

학 위 수 여 증 명

성 명	강승희
생 년 월 일	1993년 11월 2일
대 학 원	대학원 석사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2017년 3월 2일
학위수여 년월일	2019년 2월 22일
학 위 명	공학석사
학 위 등 록 번 호	전북대 2018(석)0370

위의 사실을 증명합니다.

2019 년 5 월 30 일

전 북 대 학 교 총 장



- 우) 54896 전북·전주시 백제대로 567, 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2094.
- 이 증명서는 자동발급기로 발급한 것입니다.

<그림 92> 인력양성 (4)

제 2019 - 004466 호

학 위 수 여 증 명

성 명	김종국
생 년 월 일	1992년 7월 16일
대 학 원	대학원 석사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2017년 3월 2일
학위수여 년월일	2019년 2월 22일
학 위 명	공학석사
학 위 등 록 번 호	전북대 2018(석)0372

위의 사실을 증명합니다.

2019 년 5 월 30 일

전 북 대 학 교 총 장



*우) 54896 전북 전주시 덕제대로 567 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2004
* 이 증명서는 자동발급으로 발급한 것입니다.

<그림 93> 인력양성 (5)

제 2019 - D04837 호

학 위 수 여 증 명

성 명	김혜빈
생 년 월 일	1994년 5월 26일
대 학 원	대학원 석사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2017년 3월 2일
학위수여 년월일	2019년 2월 22일
학 위 영	공학석사
학 위 등 록 번 호	전북대 2018(석)0373

위의 사실을 증명합니다.

2019 년 3 월 5 일

전 북 대 학 교 총 장



•우) 54896 전북 전주시 벽재대로 567 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2094

• 이 증명서는 자동발급기로 발급한 것입니다.

<그림 94> 인력양성 (6)

제 2019 - 004465 호

학 위 수 여 증 명

성 명	양희원
생 년 월 일	1992년 6월 16일
대 학 원	대학원 석사과정
학 과	환경공학과
입 학 년 월 일	2017년 3월 2일
학위수여 년월일	2019년 2월 22일
학 위 명	공학석사
학 위 등 록 번 호	전북대 2018(석)0375

위의 사실을 증명합니다.

2019 년 5 월 30 일

전 북 대 학 교 총 장



•우} 54896 전북·전주시 백제대로 567 전북대학교 학사관리과 (063) 270-2094
• 아} 증명서는 자동발급기로 발급한 것입니다.

<그림 95> 인력양성 (7)

(4) 신규고용 (고용 2명)

다산 2019-1245 호

다산컨설팅
05800 서울특별시 송파구 송이로30길 15
Tel 02-2222-4005 Fax 02-539-1115 www.dasan93.co.kr



재직증명서

(계인생략)

주 소			
성 명	박완용	생년월일	1986년 01월 30일
재 직 기 간	2019년 05월 07일 부터 현재까지	직 위	주임
근 무 부 서	환경복원사업단		
용 도	재출용		

위의 기재사항이 사실과 다름없음을 증명합니다.

2019년 09월 16일

경상북도 구미시 구미중앙로 42길 5-66

주식회사 다산 컨설팅
대표이사 이 해 경



※ 확인자 인이 없으면 무효임

<그림 96> 신규고용 재직증명서 (1)

다산 2020-0107 호

다산컨설턴트 
05800 서울특별시 송파구 송어로30길 15
Tel 02-2222-4005 Fax 02-539-1115 www.dasan93.co.kr

재직증명서

(계인생략)

주 소			
성 명	유창우	생년월일	1992년 09월 14일
재 직 기 간	2019년 07월 15일 부터 현재까지	직 위	사원
근 무 부 서	환경연구실		
용 도	제출용		

위의 기재사항이 사실과 다름없음을 증명합니다.

2020년 01월 15일

경상북도 구미시 구미중앙로 42길 5-66

주식회사 다산 컨설턴트
대표이사 이 해 경



※ 확인자 인이 없으면 무효임

<그림 97> 신규고용 재직증명서 (2)

(5) 시제품제작 (시제품제작 3건)

(가) ABA를 사용한 과립형 흡착제 생산시설 (국내)

- 용도 : 흡착제 생산
- 규격 : 1,000 kg/day 이상
- 구입일시 : 2018년 12월 10일
- 소성온도 : 300℃ ~ 500℃
- 구성 : 저장호퍼, 컨베이어, 소성기, 분쇄기, 배합기, 성형기, 배기장치 등



<그림 98> 과립형 흡착제 양산시설 (시제품)

(나) 비소로 오염된 지하수 정수시스템 (총 2건 : 국내 1건 / 국외 1건)

① 국내정수시스템

- 용도 : 비소 및 기타 오염물질 정수
- 규격 : 500 L/hr (4,000 L/day)
- 구입일시 : 2019년 09월 30일
- 비소정수 허용설계기준 : 10ppb
- 설치장소 : 대한민국 충청북도 옥천군 일원
- 구성 : 공급펌프, 세그먼트 필터, 프리카본 필터, 비소흡착 필터, 포스트카본 필터, UV 필터, 저장탱크 등
- 상세내용 참조 : 그림 35 ~ 그림 44



<그림 99> 국내정수시스템 전경

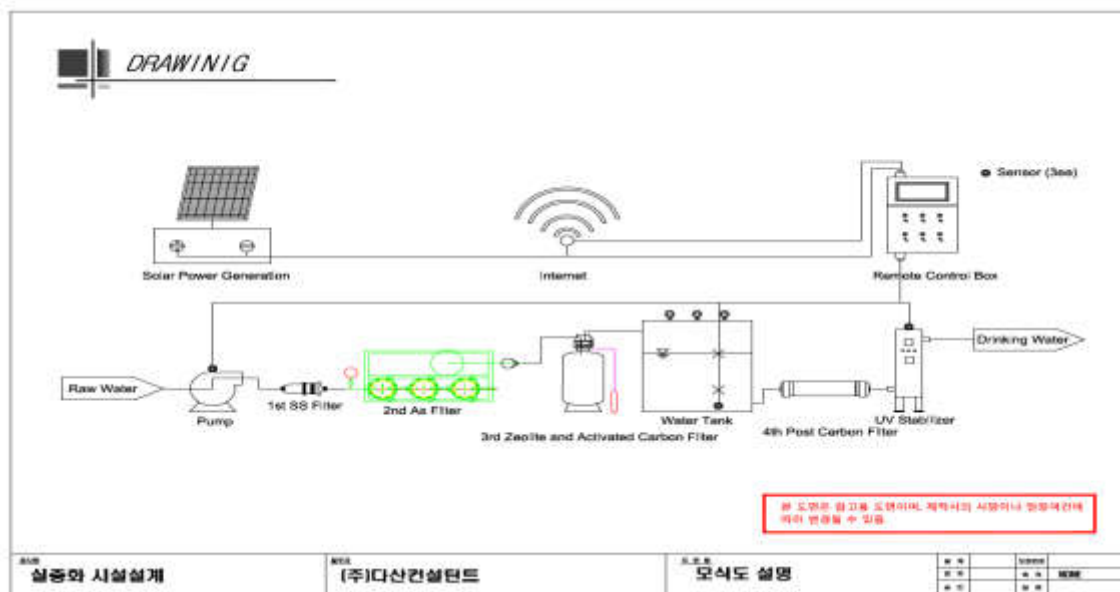
② 국외정수시스템

- 용도 : 비소 및 기타 오염물질 정수
- 규격 : 1,000 L/hr (8,000 L/day)
- 구입일시 : 2019년 07월 12일
- 비소정수 허용설계기준 : 10ppb
- 설치장소 : Pakse city, Laos
- 구성 : 공급펌프, 세그먼트 필터, 프리카본 필터, 비소흡착 필터, 포스트카본 필터, UV 필터, 저장탱크, 전기안정화장치 등
- 상세내용 참조 : 그림 49 ~ 그림 62

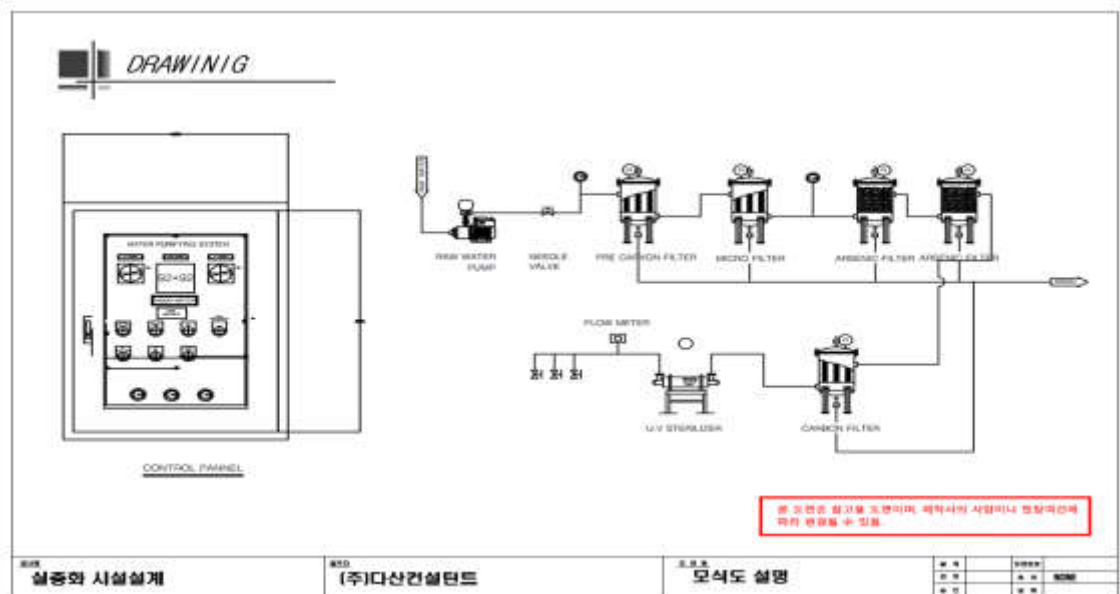


<그림 100> 국외정수시스템 전경

(6) 실증화 시설설계 (설계 2건)



실증화 시설설계



실증화 시설설계 수정 (보급될 현지 적용)

(7) 신기술 인증 신청

- 본 연구개발은 제품(흡착제)을 생산 방법 및 성능 향상으로써, 신기술 인증 신청을 신제품 인증 신청으로 변경하였다.
- 신청제품명은 정수처리시설에서 발생된 슬러지를 재활용한 비소 제거 흡착제로써, 제품명 G-ABA (Granular-Alum Based Adsorbent)로 신청하였다.

<표 39> 신기술 인증 현황

구 분	일 자	현 황
신청·접수	19.12.16	완 료
서면·면접심사	20.01.13	통 과
현장심사	20.02.17	준 비 중

신제품 인증 신청서

※ []에는 해당되는 곳에 표시를 합니다.

(일괄)

접수번호	접수일	처리기간
------	-----	------

90일

신청업체 개요	업체명 (주)다산컨설턴트		대표자 이 해 경	
	주 생산품 토목설계 및 감리, 흙착제		업종 설계, 감리, 개발, 공급	
	종업원 수	392 명	자본금	16,000 백만원
	매출액	556 억원	수출액	1,113 만\$
기업유형	[]대기업 []중견기업 [○]중소기업 []국공립(연) []정부출연(연) []대학		사업자등록번호 135-81-11947	
	주소	(본사) 경상북도 구미시 구미중앙로42길 5-66(송정동, 거승빌딩) (공장) 경기도 이천시 부발읍 수정리 4번지 일원		

신청제품	제품명 정수처리시설에서 발생한 슬러지를 재활용한 비소 제거 흙착제		모델명 G-ABA	
	개발기술내용 요약			
	국내 암반대수층, 국외 층적대수층 지하수 또는 지표수에 포함된 비소를 정화하여 사용목적에 적합한 수질기준을 만족하게 처리함으로써, 안전한 수자원을 확보할 수 있다.			
	매출액(전년도 실적, 해당 연도 계획) 0.05 억원		수출액(전년도 실적, 해당 연도 계획) - 만\$	
	동종업체 경쟁력		수요처 수처리업체	
	신기술성증명자료 특허, 연구논문			
국제표준화 지원 필요성 (○)				

업무담당자	소속 환경복원사업단	직위 과장	성명 전 해 성
	전화번호 02-2222-4457 (휴대전화) 010-9465-0618	전송 02-539-1115	전자우편 hsjeon@dasan93.co.kr

「산업기술혁신 촉진법」 제16조제3항, 같은 법 시행령 제18조의5제1항 및 같은 법 시행규칙 제2조의5제1항에 따라 위와 같이 신청합니다.

2019 년 12 월 16 일

신청인 업체명
대표자

(주)다산컨설턴트
이 해 경 (서명 또는 인)

한국산업기술진흥협회 귀하

제출서류	1. 「산업기술혁신 촉진법 시행규칙」 별지 제8호서식의 신청제품 설명서(세부 기재 내용은 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 바에 따라 작성합니다)	수수료
	2. 신기술성을 증명하는 자료로서 「산업기술혁신 촉진법 시행규칙」 제2조의5제1항제2호 각 목의 어느 하나에 해당하는 자료	
	3. 「산업표준화법」 제2조제3호에 따른 품질경영과 관련된 활동을 하고 있는지에 대한 설명자료 또는 국제표준화기구(ISO)의 인증서	없음
	4. 다른 법률에서 해당 제품에 대하여 사용 전 검사·검증 등을 필요로 하는 경우에는 그 절차를 거쳤음을 증명하는 자료	
평가기관 확인사항	사업자등록증	

행정정보 공동이용 동의서

본인은 이 건 업무처리와 관련하여 평가기관에 「전자정부법」 제36조제1항에 따른 행정정보의 공동이용을 통하여 위와 평가기관 확인사항을 확인하는 것에 동의합니다. *동의하지 아니하는 경우에는 신청인이 직접 사업자등록증 사본을 제출하여야 합니다.

신청인 이 해 경 (서명 또는 인)

717mm×907mm(배치지 97mm×118mm표1)

<그림 101> 신제품 인증 신청서

“함께하는 기술혁신, 스케일업 코리아”



한국산업기술진흥협회



수신자 (주)다산컨설턴트 대표이사

(경유)

제 목 2020년 제1회 신제품(NEP)인증 서류·면접심사 참석안내

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 2020년 제1회 신제품(NEP)인증 서류·면접심사가 개최되오니 심사에 참석하여 주시기 바랍니다.

가. 심사일시(심사추진 상황에 따라 변동될 수 있음)

일시 및 장소	인증평가위원회명	신청제품명
2020-01-13 14:25~15:15 산기협회관 2층 회의실	건설환경(1)(대기·폐기물·수질·토양(1))	정수처리시설에서 발생된 슬러지를 재활용한 비소 제거 흡착제

나. 심사방법: 발표 25분, 질의응답 25분

다. 준비사항

- 청렴서약서 원본(대표이사 직인) 1부
- 발표자료 인쇄물 10부(발표용 PPT파일은 USB에 담아서 반드시 지참)
- 접수시 누락된 증빙자료(해당 경우에 한함) 등 보완자료 10부

라. 향후일정

- 심사결과통보: 2020.2.27(목) (예정)

<주의사항>

1. 신청제품 발표는 신청기관 해당 직원으로 제품설명서상 핵심개발 인력에 포함된 분께서 발표하셔야 하며, 신청기관에 소속되어 있는 임직원만 참석가능 (발표자 1명 포함 총 4명까지 참석가능, 명함 등 재직 확인서류 및 신분증 지참)
2. 심사장소 내에서는 촬영 및 녹취를 할 수 없음
3. 원활한 심사진행을 위해 발표시작 30분 전까지 2층 라운지 도착요망
4. 심사결과 통보 후 심사위원 자질에 대한 문제는 제기할 수 없음

- 붙임 1. 청렴서약서 1부.
2. 신제품(NEP)인증 평가 의견서 1부.
3. 한국산업기술진흥협회 약도 1부, 끝.

한국산업기술진흥협회장



사원(의견있음) 유여름 단장 전결12/31 박종환

협조자

시행 시상인증단-1968 (2019.12.31) 접수 ()
우 06744 서울시 서초구 바우뚝로37길 37 산기협회관 / <http://www.koita.or.kr>
전화 02-3460-9188 전송 02-3460-9029 summer88@koita.or.kr / 공개
"Technology Innovation Network Hub"

<그림 102> 신제품(NEP) 인증 서류·면접심사 참석 공문 (서류 통과)



“함께하는 기술혁신, 스케일업 코리아”

한국산업기술진흥협회

수신자 (주)다산컨설턴트 대표이사
(경유)

제 목 2020년 제1회 신제품(NEP)인증 현장심사 개최안내

1. 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.
 2. 귀사의 신청제품에 대한 2020년 제1회 신제품(NEP)인증 현장심사가 진행될 예정이오니 심사에 만전을 기하여 주시기 바랍니다.
- 가. 심사개요

심사일시 및 장소	신청제품명	참석자
2020-02-17 13:00 경기 이천	정수처리시설에서 발생된 슬러지를 재활용한 비소 제거 흡착제	심사위원 5인, 간사 1인

나. 심사방법

- 발표 및 질의응답, 서류·면접심사 결과 및 추가 요청사항 확인
- 신청제품의 핵심기술 적용 상태, 제품성능 및 품질보증시스템 평가 등

다. 준비사항

- 신제품의 핵심부분 PPT 준비(발표 25분 내외)
- 신청서 및 제품설명서, 서류·면접심사 발표자료 등 제출자료 6부
- 현장심사 발표자료 6부, 심사위원 추가 요청사항 대응자료 6부
(시연 또는 성능시험 등이 필요한 경우 심사장소에서 이를 확인할 수 있도록 준비 요망)
- 신청제품 요약서 6부
- 품질보증시스템 평가를 위한 매뉴얼 등 관련서류 1부

<주의사항>

- 신청제품 발표는 신청기관 해당 직원으로 제품설명서상 핵심개발 인력에 포함된 담당자가 발표해야 하며, 심사장소 내에서는 촬영 및 녹취 불가

끝,

한국산업기술진흥협회장



주임 유여름 팀장 전광1/28 주범식

협조자

시행 인증심사팀-120 (2020.01.28) 접수 ()
우 06744 서울시 서초구 바우뎃로37길 37 산기협회관 / http://www.koita.or.kr
전화 02-3460-9188 전송 02-3460-9029 summer88@koita.or.kr / 공개
"Technology Innovation Network Hub"

<그림 103> 신제품(NEP) 인증 현장심사 개최 공문 (면접 통과)

(8) 기술동향조사 및 수요처 발굴

(가) 국내외 기술동향 조사

- 흡착제의 대륙별 수요, 생산, 부족량 수입, 수출을 살펴보면 북미, 유럽대륙의 경우 수요량 보다 생산량이 많은 것으로 나타나고 있으며, 시장 경쟁이 치열하다.
- 수출 위주의 생산 시스템이 정착되어 있어 진입장벽이 높은 것으로 보여진다.
- 반면, 아시아시장의 경우 수요량 대비 생산량이 못 미치고 있으므로 수입량이 지속적으로 증가하고 있는 추세이므로 아시아 시장을 중심으로 진입전략을 계획 해야된다.

<표 40> 국외 흡착제 수요량, 생산량, 부족량, 수입량, 수출량 조사

해당년도		2012	2013	2014	2015	2016	2017
아 시 아	수요량	716	768	828	843	922	965
	생산량	636	683	735	749	819	858
	부족량	80	85	93	94	103	107
	수입량	89	94	98	104	106	112
	수출량	9	9	5	10	3	5
북 아 메 리 카	수요량	654	689	728	760	800	849
	생산량	724	761	806	840	885	938
	부족량	(69)	(72)	(77)	(80)	(85)	(89)
	수입량	7	9	11	17	8	14
	수출량	76	81	88	97	93	103
유 럽	수요량	596	639	665	705	739	775
	생산량	699	748	779	825	867	908
	부족량	(103)	(109)	(115)	(121)	(127)	(133)
	수입량	8	6	9	14	11	10
	수출량	111	115	124	135	138	143

- 아시아 지역의 주요 기업별 흡착제 재료 생산량을 살펴보면 일본 기업인 ‘Mitsubishi Chemical’ 社は 2012년 85K Tons에서 2017년 105K Tons으로 생산량이 증가하였으며, 아시아 시장 점유율 중 가장 많은 비중을 차지한다.
- 한국 기업인 ‘LG Chemical’ 社は 2012년 74K Tons에서 2017년 101K Tons으로 생산량이 증가하였다.
- 아시아 지역의 흡착제 주요 증가율은 2017년 4.74%에서 2021년도 5.56%로 전체적인 수요는 증가 추세를 이룰 것으로 예상하고 있다.

<표 41> 아시아 지역 흡착제 수요 조사

해당년도	2017	2018	2019	2020	2021
수요 (K tons)	965	1,009	1,066	1,130	1,193
수요 증가율 (%)	4.74	4.54	5.67	5.99	5.56

(나) 수요처 발굴

- 사업화 희망기업 표 42와 같다. 이중 HAMINCO 기업과의 화상 미팅을 19년 8월 26일 (월) 11시경 실시하였으며, 다산컨설팅의 기본적인 정보, 비소 흡착제를 이용한 정수시스템 관련 소개, 수출, 현지 판매/관리/기술 지원 등 기업간 서로의 정보를 공유하였다. 현지 기관과 지속협력할 업체 리스트 확보 및 우리사 베트남 법인지사를 활용할 예정입니다. 또한, 이후 화상 미팅에서 추가 질문을 받아 회신하였다.

<표 42> 사업화 희망기업 조사

NO	기업명	비즈니스 타입	사업분야	홈페이지
1	SMART VIET	수입업자/유통업자	• Picogram, Hidrotek, Pentair 등 여러업체의 수입 및 유통 • 나노 및 RO 정수 장비	http://www.svetorezerv.ru
2	HAMINCO	수입업자/유통업자	• 수처리 • RO정수 장비 • 정화 화학물질	http://www.hamincocom/gioi-thieu
3	THIEN AN (Thiên Ân)	수입업자/유통업자	• 가정용정수장비 • 수처리 시스템 • 산업용 초순수가공	http://locnuocthienan.com/

(다) 정수시스템 운영 매뉴얼

- 국내 대용량 정수시스템 매뉴얼로써, 설치방법에서 폐기방법까지 나열하였으며, 매뉴얼 구성은 아래와 같습니다.
- 부록을 참고바랍니다.

비소로 오염된 지하수 처리시스템의 사용자 매뉴얼 다산컨설턴트 DASAN CONSULTANTS 	- 목 차 - 1. 제품의 특징 2. 안전을 위한 주의사항 3. 설치방법 4. 사용방법 5. 해당 필터의 기능 및 필터 교환시기 6. 제품규격 및 흐름도(모식도) 7. FAQ 8. 해당 특허 소개 및 상품 등록 9. 폐기방법
--	---

(9) 시험인증

(가) 흡착제 물리적 특성

- 발행기관 : 한국세라믹기술원
- 시험방법 : KS L ISO 18757 (KS A 0094)
- 결과 : 흡착에 가장 주요한 역할을 하는 세공용적 및 세공 직경으로써, 2차년도 보다 월등히 향상되었음을 보여주고 있다.

<표 43> 흡착제 기공분포도 검사 결과

시험분석항목		비표면적(m ² /g)	총세공용적(cm ³ /g)	평균세공직경(Å)
2차년도	Bead	13	0.02	61.0
	Pellet	7	0.03	150.0
	Block	404	0.21	20.7
3차년도	Bead	238	0.32	53.4

시험성적서

한국세라믹기술원
주50851 경안남도 권주시 소포로 101(중구동동)
Tel: 055-252-2752, Fax: 055-278-2728

성적서번호 : 2019-2141
페이지 (1) / 총 (1)



1. 의뢰자
 - 기관명/성명 : ㈜다산컨설팅 / 이해경
 - 주 소 : 경상북도 구미시 구미중앙로42길 5-66 (송정동)
 - 의뢰일자 : 2019년 06월 27일
2. 시험성적서의 용도 : 참고용
3. 시험 시료명/물질 : 흡착제
4. 시험기간 : 2019년 06월 27일 ~ 2019년 07월 15일
5. 시험방법 : KS L ISO 18757 (KS A 0094)
6. 시험환경
 - 온도 : (21 ± 1) ℃, 습도 : (21 ± 1) % RH
7. 시험결과

시료명	시험분석항목	시험분석결과	시험분석방법	비고
흡착제	비표면적(m ² /g)	238	KS L ISO 18757 (KS A 0094)	
	총세공용적(cm ³ /g)	0.32		
	평균세공직경(Å)	53.4		

참고) 1. 가스흡착의 지표인 비표면적, 기공용적, 측정기 : 도명, Micromeritics ASAP3420 1 을 사용하며, 150℃(1bar)에서 1.33EPa(10mmHg)이하로 압력을 내려서 탈기시킨 후, 질소기체를 사용하여 측정
2. 본 기공분포 실험에서는 Mesure (IT = 2000 Å)를 갖는 등분배 기공분포를 해석하는데 사용하는 BJH 모델을 사용

확 인

시험과 : 배 식 명 *배식명*

기술책임자 : 김 전 역 *김전역*

2019 . 07 . 15

한국세라믹기술원



비고) 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료량으로 시험한 결과결과로서 결과 재검사에 대한 품질 및 성능을 보장하지 않습니다.
이 성적서는 온도, 압력, 질소 및 표준물질로 사용될 수 없으며, 실험용도 이외의 사용을 금합니다.

발행번호 KET-09F-20-0204(2018.10.11) 한국세라믹기술원

<그림 104> 물리적 특성 실험

(나) 용출테스트

- 폐기물관리법 시행령 제7조의2(폐기물의 재활용 준수사항) 관련입니다.

<표 44> 흡착제 유해특성 검사 결과

시험항목		단위	기준	결과
용출 독성	기름성분	%	중량비 5% 이하	불검출
	납	mg/L	3.0 mg/L 이하	불검출
	카드뮴	mg/L	0.3 mg/L 이하	불검출
	구리	mg/L	3.0 mg/L 이하	0.007
	비소	mg/L	1.5 mg/L 이하	불검출
	6가크롬	mg/L	1.5 mg/L 이하	불검출
	수은	mg/L	0.005 mg/L 이하	불검출
	시안화합물	mg/L	1.0 mg/L 이하	불검출
	트리카로로에틸렌	mg/L	0.3 mg/L 이하	불검출
	테트라클로로에틸렌	mg/L	0.1 mg/L 이하	불검출
	유기인화합물	mg/L	1.0 mg/L 이하	불검출
자연발화성		-	공기접촉 5분 이내 발화	자연발화되지 않음
산화성		-	최대연소속도	200mm까지 불연소
인화성		-	100 mm/45sec 연소	5분 이내에 불연소

시험성적서

시험번호: 1011040011

시험일자: 2011.04.01

시험대상: 복사본 COPY

시험항목	단위	기준	결과
기름성분	%	중량비 5% 이하	불검출
납	mg/L	3.0 mg/L 이하	불검출
카드뮴	mg/L	0.3 mg/L 이하	불검출
구리	mg/L	3.0 mg/L 이하	0.007
비소	mg/L	1.5 mg/L 이하	불검출
6가크롬	mg/L	1.5 mg/L 이하	불검출
수은	mg/L	0.005 mg/L 이하	불검출
시안화합물	mg/L	1.0 mg/L 이하	불검출
트리카로로에틸렌	mg/L	0.3 mg/L 이하	불검출
테트라클로로에틸렌	mg/L	0.1 mg/L 이하	불검출
유기인화합물	mg/L	1.0 mg/L 이하	불검출
자연발화성	-	공기접촉 5분 이내 발화	자연발화되지 않음
산화성	-	최대연소속도	200mm까지 불연소
인화성	-	100 mm/45sec 연소	5분 이내에 불연소

복사본 COPY

<그림 105> 흡착제 유해특성 검사 결과

(다) 폐흡착제 용출시험

- 지정폐기물 함유 유해물질 검사를 실시하였다.
- 본 검사를 기준치 이하 일 때, 일반폐기물로 처리할 수 있다.

(HS WS 19-863)

시험 성적서

의뢰자

서울시 송파구 송이로30길 15 (문정동, 다산빌딩), 다산컨설팅

시료명

G-ABA 폐 활성탄

시험항목

납 외 10 항목

시험의뢰일시

2019년 11월 08일

시험완료일시

2019년 11월 19일

시험항목

지정폐기물함유
유해물질기준

시험결과

시험방법

비고

납

(mg/L)

3 이상

불검출

폐기물공정시험기준

구리

(mg/L)

3 이상

0.057

"

비소

(mg/L)

1.5 이상

0.063

"

수은

(mg/L)

0.005 이상

불검출

"

카드뮴

(mg/L)

0.3 이상

불검출

"

6가크롬

(mg/L)

1.5 이상

불검출

"

시아나화합물

(mg/L)

1 이상

불검출

"

유기인화합물

(mg/L)

1 이상

불검출

"

트리클로로에틸렌

(mg/L)

0.3 이상

불검출

"

테트라클로로에틸렌

(mg/L)

0.1 이상

불검출

"

기름성분

(%)

5 이상

0.1 이하

"

미 하 여 백

분석기간

11/08 ~ 11/19

시험담당자

이 수 정

(인)

기술책임자

전 기 안

(인)

상기 분석결과는 ㈜혜성환경의 동의 없이 분쟁해결에 사용될 수 없으며, 의뢰업체에서 제시한 시료 외에 시료전체의 결과를 보증하진 않습니다.

의뢰하신 시료의 시험결과를 위와 같이 통지합니다.

2019년 11월 19일

상 호 : (주)혜성환경

소 재 지 : 경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길35(호계동)

연 락 처 : 031) 473-3413

대표자 성 명 : 장 공 레 (서명 또는 인)

<그림 106> 사용 종료된 폐흡착제의 지정폐기물 유해물질 검사

(라) 처리수 수질검사

- 국내외정수시스템의 지하수 음용수 검사를 실시하였다.
- 국내정수시스템의 샘플 당시 비소가 출현하지 않아 비소 제거 효율은 볼 수 없으나, 일반 오염물질이 감소되었다.


한울생명과학(주)
환경부 국립유역환경청 지정 제1호 / 먹는물 수질검사기관
 국립농산물품질관리원 지정 제5호 / 검정기관
 주) 34025 대전광역시 유성구 대덕로 2로 187 미전테크노월드 2차 511호
 TEL. 042-626-4033 FAX. 042-626-4036

문서번호 제R19050015호

시험일자 2019년 05월 08일

발신 한울생명과학(주)

담당자 전태환

제 목 수질검사성적서 교부

발령 서울특별시 송파구 송이로30길 15, 2층
(문정동, 다산빌딩)
전해성 귀하

05800

수질검사 성적서

검 체 명	음용수-전환복합사(46항목)	검사목적	참고용	접수일	2019년 05월 02일
의뢰인	한화정	채수, 용인	김태욱	소 속	한울생명과학
채수장소	충청북도 옥천군 문서면 월전리 136-2			원수/중수	원수

귀하께서 우리 연구원에 의뢰한 시험에 대한 검사결과입니다. (검사방법: 먹는물수질공정시험기준 및 수질오염공정시험기준)

☐ 수질검사결과

NO	검사항목명	검사항목	검사결과	NO	검사항목명	검사항목	검사결과
1	일반세균	1000Pfu/ml 이하	200	24	다중항생제내성	0.02mp/L 이하	불검출
2	총대장균군	불검출/100ml	불검출	25	변형	0.01mp/L 이하	불검출
3	병원성대장균/대장균	불검출/100ml	불검출	26	황두균	0.7mp/L 이하	불검출
4	납	0.01mg/L 이하	불검출	27	해열성인	0.3mp/L 이하	불검출
5	불소	1.5mg/L 이하	0.47	28	크실렌	0.5mg/L 이하	불검출
6	비소	0.01mg/L 이하	0.002	29	1,1-디클로로에틸렌	0.003mg/L 이하	불검출
7	세균총	0.01mp/L 이하	불검출	30	사염화탄소	0.003mg/L 이하	불검출
8	수은	0.001mg/L 이하	불검출	31	1,2-디클로로-3-클로로프로판	0.003mg/L 이하	불검출
9	시안	0.01mg/L 이하	불검출	32	1,4-다이옥산	0.05mg/L 이하	불검출
10	크롬	0.05mg/L 이하	불검출	33	광도	1.000mg/L 이하	177
11	중수이온	250mg/L 이하	11.8	34	표준건선칼슘소비량	10mg/L 이하	0.9
12	염소나이트리트로	0.5mg/L 이하	불검출	35	납	수치오염 기준 이하	검출
13	질산성질소	10mg/L 이하	2.1	36	망	수치오염 기준 이하	검출
14	아드람	0.005mg/L 이하	불검출	37	동	1mg/L 이하	불검출
15	아르	1.0mg/L 이하	불검출	38	카드	3도 이하	1
16	페놀	0.005mg/L 이하	불검출	39	세제(음이온계면활성제)	0.5mg/L 이하	불검출
17	다이아징	0.02mg/L 이하	불검출	40	수소이온농도	5.0~8.5	7.3
18	파라타론	0.06mg/L 이하	불검출	41	아연	3mg/L 이하	0.036
19	탄나트모딘	0.04mg/L 이하	불검출	42	질	0.3mg/L 이하	불검출
20	카바릴	0.07mg/L 이하	불검출	43	알칼	0.2mg/L 이하	0.009
21	1,1,1-트리클로로에탄	0.1mg/L 이하	불검출	44	탁도	NTU 이하	0.47
22	디클로로메탄	0.01mg/L 이하	불검출	45	총산이온	200mg/L 이하	19
23	트리클로로에탄	0.03mg/L 이하	불검출	46	알루미늄	0.2mg/L 이하	불검출

관 정	부적합
수질기준초과항목	일반세균, 비소



본 성적서는 검사목적 이외의 용도(광고, 홍보용)로 사용할 수 없습니다.

2019년 05월 08일



한울생명과학(주)

<그림 107> 국내정수시스템 최초 수질 검사성적서 (비소 출현)

시험 성적서

TEST REPORT

(주) 해성환경 대표이사 : 장광래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2996

국가공인 먹는물 수질검사기관 38호

검수번호	LW1911-0356	검수일자	2019.11.08
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설파트	검사항목/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지점시료	시료채취자	-
시료채취일시	2019.11.08	시료채취장소(시료명)	원수
시료채취주소	죽천		

《 시험 결과 》

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	340	변형	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	플루벤	0.7 mg/L 이하	불검출
분원성대장균군	불검출/100 mL	불검출	에틸렌글	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크릴렌	0.5 mg/L 이하	불검출
붕소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시안	0.01 mg/L 이하	불검출	경도	1,000 mg/L 이하	230
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과양간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.3
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	불검출	냉재	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	3.6	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(총)	1 mg/L 이하	0.026
모론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
페놀	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지는	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 - 8.5	6.6
과산화수소	0.06 mg/L 이하	불검출	이온	3 mg/L 이하	0.520
폴리프로판	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	19.0
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	철	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트리클로로에틸렌	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.21
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	24
디클로로에틸렌	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	부적합 (일반세균)				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2019년 11월 18일



(주) 해성환경



1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로서 시험한 결과로서 전체 재물에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 108> 국내정수시스템 지하수 음용수 검사 (원수)

시험 성적서

TEST REPORT

(주) 해성환경 대표이사 : 장광래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀인로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2996

국가공인 먹는물 수질검사기관 38호

검수번호	LW1911-0355	검수일자	2019.11.08
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설파트	검사목적/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	자침시료	시료채취자	-
시료채취일시	2019.11.08	시료채취장소(시료명)	처리수
시료채취주소	죽전		

《 시험 결과 》

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	0	변질	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	플루벤	0.7 mg/L 이하	0.001
분원성대장균군	불검출/100 mL	불검출	에틸렌글	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크릴렌	0.5 mg/L 이하	0.002
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시안	0.01 mg/L 이하	불검출	경도	1,000 mg/L 이하	224
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과양간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.8
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	불검출	냉재	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	0.2	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(총)	1 mg/L 이하	0.017
모론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
페놀	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(음이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지는	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 - 8.5	6.5
과산화수소	0.06 mg/L 이하	불검출	이온	3 mg/L 이하	0.080
폴리프로판	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	143.0
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	철	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	0.010
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.09
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	불검출
디클로로에탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	적합				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2019년 11월 18일



(주) 해성환경



1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로서 시험한 결과로서 전체 재물에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 총보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 109> 국내정수시스템 지하수 음용수 검사 (처리수)

- 국외정수시스템의 원수 비소는 0.038 mg/L로 검출되었고, 개발된 흡착제로 인하여 비소가 불검출된 것을 볼 수 있다. 다만, 장거리 이동으로 인하여 일반세균이 검출되었다. 당일 분석하였을 때는 불검출 될 것으로 판단된다.

시험 성적서

TEST REPORT

(주) 혜성환경 대표이사: 장광래, 기술책임자: 조현근
 경기도 안양시 동안구 귀암로 79번길 35 (호계동)
 TEL: (031)473-3413-5 FAX: (031)472-2996 국가공인 먹는물 수질검사기관 36호

접수번호	LIW2001-0038	접수일자	2020.01.06
시료유형	지하수(공용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설단지	검사목적/시험구분	창고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지정시료	시료채취자	-
시료채취일시	2020.01.06	시료채취장소(시료명)	G-ABA-원수
시료채취주소	라오스		

< 시험 결과 >

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	48000	변형	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	불투명	0.7 mg/L 이하	불검출
분변성대장균군	불검출/100 mL	불검출	매일변형	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크릴렌	0.5 mg/L 이하	불검출
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	0.038	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
셀레늄	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디브로모-3-클로로프로판	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥산	0.05 mg/L 이하	불검출
시안	0.01 mg/L 이하	불검출	광도	1,000 mg/L 이하	10
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	표양간성칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.2
암모니아성질소	0.5 mg/L 이하	0.02	냉각	없음	없음
질산성질소	10 mg/L 이하	4.2	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(총)	1 mg/L 이하	불검출
보론(붕소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
피로	0.005 mg/L 이하	불검출	세균(총)배양(배양장제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지논	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 - 8.5	6.7
파라타론	0.06 mg/L 이하	불검출	이온	3 mg/L 이하	0.017
파니트로타론	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	8.3
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	총	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	양간	0.3 mg/L 이하	불검출
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.52
트리카클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	총산이온	200 mg/L 이하	불검출
디클로로메탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출

판 정 부적합 (일반세균, 비소)

* 불검출 : 검출한계 미만임.

2020년 01월 14일

(주) 혜 성 환 경

1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.

2. 이 성적서는 총포, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 110> 국외정수시스템 지하수 음용수 검사 (원수)

시험 성적서

TEST REPORT

(주)해성환경 대표이사 : 장광래, 기술책임자 : 조성근
경기도 안양시 동안구 귀암로 79번길 35 (호계동)
TEL : (031)473-3413-5 FAX : (031)472-2998

국가공인 먹는물 수질검사기관 제36호

검수번호	LIW2001-0039	검수일자	2020.01.06
시료유형	지하수(음용)	시험항목	일반세균 외 45개 항목
의뢰업체명	(주)다산건설인터	검사목적/시험구분	참고용 / 신규
원수/정수여부	-	허가/신고번호	-
시료채취방법	지창시료	시료채취자	-
시료채취일시	2020.01.06	시료채취장소(시료명)	G-ABA-처리수
시료채취주소	라오스		

< 시험 결과 >

분석 항목	수질 기준	시험 결과	분석 항목	수질 기준	시험 결과
일반세균	100 CFU/mL 이하	260000	벤젠	0.01 mg/L 이하	불검출
총대장균군	불검출/100 mL	불검출	톨루엔	0.7 mg/L 이하	불검출
분변성대장균군	불검출/100 mL	불검출	메틸벤젠	0.3 mg/L 이하	불검출
납	0.01 mg/L 이하	불검출	크실렌	0.5 mg/L 이하	불검출
불소	1.5 mg/L 이하	불검출	1,1-디클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출
비소	0.01 mg/L 이하	불검출	사염화탄소	0.002 mg/L 이하	불검출
불려능	0.01 mg/L 이하	불검출	1,2-디클로로-3-에톡시에탄	0.003 mg/L 이하	불검출
수은	0.001 mg/L 이하	불검출	1,4-다이옥신	0.05 mg/L 이하	불검출
시안	0.01 mg/L 이하	불검출	과산화수소	1,000 mg/L 이하	11
크롬	0.05 mg/L 이하	불검출	과망간산칼륨소비량	10 mg/L 이하	1.3
망가니즈이온	0.5 mg/L 이하	0.02	납	없음	없음
철산성철소	10 mg/L 이하	1.3	맛	없음	없음
카드뮴	0.005 mg/L 이하	불검출	구리(총)	1 mg/L 이하	불검출
보론(총소)	1.0 mg/L 이하	불검출	색도	5 도 이하	1
피롤	0.005 mg/L 이하	불검출	세제(유이온계면활성제)	0.5 mg/L 이하	불검출
다이아지논	0.02 mg/L 이하	불검출	수소이온농도	5.8 ~ 8.5	6.4
페라리온	0.06 mg/L 이하	불검출	이온	3 mg/L 이하	0.009
페니트로타민	0.04 mg/L 이하	불검출	염소이온	250 mg/L 이하	6.3
카바릴	0.07 mg/L 이하	불검출	불	0.3 mg/L 이하	불검출
1,1,1-트리클로로에탄	0.1 mg/L 이하	불검출	망간	0.3 mg/L 이하	0.004
테트라클로로에틸렌	0.01 mg/L 이하	불검출	탁도	1 NTU 이하	0.23
트리클로로에틸렌	0.03 mg/L 이하	불검출	황산이온	200 mg/L 이하	불검출
디클로로에탄	0.02 mg/L 이하	불검출	알루미늄	0.2 mg/L 이하	불검출
판 정	부적합 (일반세균)				

* 불검출 : 정량한계 미만임.

2020년 01월 14일

(주)해성환경



1. 이 성적서는 신청자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로서 현재 제출에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 총포, 선전, 광고 및 소송을 목적으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

<그림 111> 국외정수시스템 지하수 음용수 검사 (처리수)

(10) 기타 (사업화 홍보)

(가) 사업화 - 수출상담

수출상담 바이어 현황 (1)		
회사명	RPC	
상담자(직위)	Mr.Robert Pham (사장)	
주력사업/시장	물 유통사업/베트남	
상담내용	• 설계/제작/유지관리 전과정 지원 가능 여부 • 설치 부지 설계 관련 정보 요청 • 정수처리시스템에 의한 처리수 판매 • 흡착제 구입	
요청사항	• 흡착제 샘플 요청	
계약가능성	☐ Very High ☒ High ☐ Average ☐ Low	

수출상담 바이어 현황 (2)		
회사명	Kangaroo	
상담자(직위)	MSc. Nguyen Thi Lan Chi (선임연구원)	
주력사업/시장	정수기 제작/베트남	
상담내용	• 보유 비소흡착제 우수성 관심 • 최소 주문량 10,000대 요청함 • 처리량 20L/day • 처리수 기준 : 먹는물 기준	
요청사항	• 정수기 샘플 요청	
계약가능성	☐ Very High ☒ High ☐ Average ☐ Low	

수출상담 바이어 현황 (3)		
회사명	PECOM Group	없음. (사유 : 명함 재발행 중)
상담자(직위)	Tran Nam Trung (-)	
주력사업/시장	정수처리시스템 제작/베트남	
상담내용	• 설계된 시스템에 적용 가능 여부 • 3가비소처리 가능 여부 • 1일 3,300m³ 처리 (1년간 비소발생량 : 48 kg-As³⁺) • pH 조절 여부 (중성 제시)	
요청사항	• 흡착제 필요량 및 필터 탱크 사이즈	
계약가능성	☒ Very High ☐ High ☐ Average ☐ Low	

(나) 기술홍보

- 2018 ENTECH Vietnam 기술홍보

2018 ENTECH Vietnam 기술홍보



Comparison with other adsorbent

More economical than other adsorbent

	DASAN CONSULTANTS Adsorbent				Other Adsorbent*		
	VCC (Iron Coated Zeolite)	LDH (Layered Double Hydroxide)	ABA (Alum Based Adsorbent)	AA-PSO	Bayoxide E35	GFI (Granular Fertilizer Hydroxide)	Metcort G
Picture							
Structure	Iron Modified Zeolite	Biooxide	Alum hydroxide	Iron impregnated activated alumina	Ferri oxide	Ferri hydroxide	Titanium dioxide
BET Surface Area (m ² /g)	38	205	42	245	115	242	155
Bulk Density (g/ml)	1.1	1.1	1.1	0.75 (wet)	1.15 (wet)	1.15 (wet)	0.75 (dry)
Size (mm)	1-3	0.15	0.05-0.2	0.3-0.6	0.5-2	0.30-2	0.3-1
Cost (\$/kg)	850	1,250	1,120	2,154	5,633	7,940	10,362
Cost* (\$/kg)	915	58	73	475	908	1,658	2,623

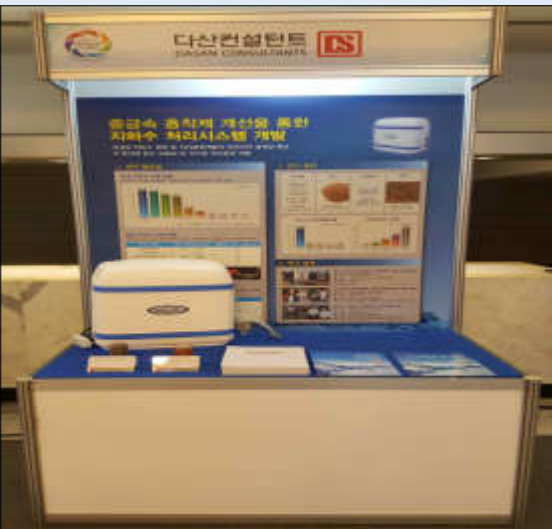
* US EPA report 2005 Adsorbent Treatment Technologies for Arsenic Removal
* Cost : Input concentration of Arsenic : 0.1mg/L, Capacity : 10mg/kg

DASAN CONSULTANTS

- 2017 창조혁신 엔지니어링 R&D 성과전시

2017 창조혁신 엔지니어링 R&D 성과전시



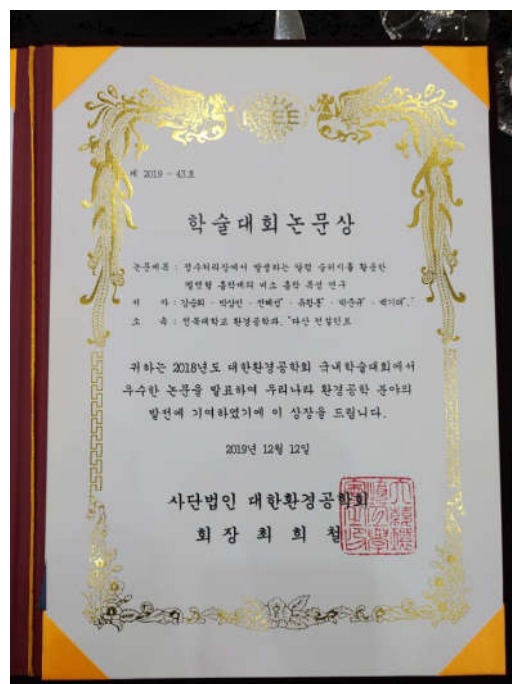


- 2018 녹색에너지 우수기업 대상 선정 (한국일보)



(다) 학술대회논문상 수상

- 대한환경공학회 학술대회논문상 수상



<그림 114> 학술대회논문상

(라) 학술발표

- BEEM(2018), Enhanced Adsorption of Arsenic using Calcined Alginate Bead with Alum Sludge from Water Treatment Facilities

2018 Bioresources Energy Environment and Materials Technology

- CLEAR(2018), Arsenic adsorbent derived molasses and dewatered alum sludge from water treatment facility

2018 Contaminated Land Ecological Assessment and Remediation

- Geotrop(2017), Development of bead-type arsenic adsorbent using alum-based sludge from water treatment system

Q26
Development of bead-type arsenic adsorbent using alum-based sludge from water treatment system
Seunghye Kang¹, Sang-Min Park¹, Joon-Gyu Park², Kitar Baek^{1*}

¹ Department of Environmental Engineering, Chonbuk National University, Jeon-Ju, Republic of Korea
² Daejeon Consultants, Seoul, Republic of Korea
* Corresponding author. Tel.: +82-63-270-2437, Fax: +82-63-270-2449, E-mail: kbaek@jhu.ac.kr

Abstract
Alum-based coagulant has been used to remove organic and suspended matters during water purification, and massive amounts of sludge have been generated during the process operation. The sludge requires additional cost to treat, which is one of the main factors to increase operating cost of water treatment facility. Studies on sludge reuse and recycle have been carried out to reduce the operating cost of the water treatment system. Recently, it has been reported that the sludge generated from water treatment system was used to treat As(V) and As(III), and based on this, alum based adsorbent (ABA) has been developed. However, ABA is a form of fine powder, which blocks the water flow in the adsorption bed. Therefore, a back washing system should be installed to prevent severe channeling periodically. To solve this problem, it needs to develop an adsorbent having a particle size of about 0.3~2.0 mm using ABA. Alginate beads are sufficient to control particle size, and has reported to remove As(III), As(V) and Cu(II) added zirconium oxide², also it could treat arsenic using ferric hydroxide³. Therefore, in this study, ABA was upgraded as forms of the bead to improve the applicability. ABA was mixed with binders at a proper ratio to prepare a form of bead, after then dried and calcined. Finally, a form of bead type ABA was obtained, and the average particle size was 1 mm. Even though the adsorption capacity was 40% of original ABA due to the decrease in the surface area, it removed As well with higher usability and applicability. Based on the result, the adsorbent prepared as a form of granule or bead could solve the channeling problem of powder type ABA, and could be used as an adsorbent to remove As.

Keywords: Adsorption; Adsorbent; Arsenic; ABA(Alum Based Adsorbent); Alginate bead

Acknowledgement
This research was supported by the Research Grant from Daejeon Consultants through the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of the Korean government (Project No.: 17TNP-C125113-01).

Reference
1. Kim, Young-Soo, et al. "Adsorption characteristics of As (III) and As (V) on alum sludge from water purification facilities." *Separation Science and Technology* 47.14-15 (2012): 2211-2217.

- 대한환경공학회(2017), 정수처리장에서 발생하는 알립 슬러지를 이용한 비드형 비소 흡착제 개발

정수처리장에서 발생하는 알립 슬러지를 이용한 비드형 비소 흡착제 개발
김성현¹, 박성민¹, 박준규², 백기태¹
한국대학교 환경공학부, *이전: 한신대학교

1. 서론
정수처리장에서는 정수 과정에서 유기물이나 부유물질을 제거하기 위해 Al 기반의 응집제를 사용하고 이로 인해 다량의 슬러지가 발생되고 있으며, 이들 슬러지는 처리 비용은 수천과 달리 응집제용의 주수 소량 뿐 아니라 이차적인 수처리 시스템의 비용을 절감하기 위해 슬러지를 중화하는 다양한 연구가 진행되어 왔다. 그 예로 슬러지로부터 APGs를 다량성 물질을 제거하여 폐기물 유독성 환경용 유기 화합물을 제거하는데 사용되었던¹ 또한 알립 슬러지로부터 기판의 트리아세틸아민을 흡착을 위한 bead-type 흡착제 제조 방법도 보고되었²다. 최근에는 정수처리장에서 발생하는 알립 슬러지를 이용하여 As(III) 및 As(V) 처리가 가능하다고 보고되고³ 이를 기반으로 ABA (Alum Based Adsorbent)가 개발되었다. 그러나 ABA는 미세 흡착제로 사용할 때, 분말 형태이기 때문에 공중에 유입 유무를 제한해야 하며 공간 활용을 용이하게 하는데 한계가 필요하기가 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 미소 흡착제인 제작된 분말형의 ABA를 알립슬러지를 이용하여 입자를 증가시켜 흡착제로서의 활용성을 높이고자 연구를 수행하였다.

2. 연구방법
2.1. 연구 재료
본 연구에서는 정수처리장에서 발생하는 알립 슬러지를 105°C로 24시간 건조시킨 후 굵이 100 mesh 이하로 분쇄 사용하며 200°C에서 24시간 소성 후 알립슬러지 Sodium Alginate를 이용하여 비드형으로 제작하였다. 알립 슬러지 및 ABA의 입자를 입자크기 최대 300 μm (Dry Fractionation) 실험 분리기를 이용하여 분리, 제작된 흡착제의 표면적을 측정하기 위해 BET (The Brunauer, Emmett, and Teller) 분석을 하였다.

2.2. 연구 방법
흡착제 제작은 10% ABA와 2% Alginate 용액을 함께 혼합물을 이용하여 0.2 M CaCl₂·2H₂O 및 NaCl·2H₂O에 각각 용해시켜서 48시간 동안 교반시켜주었고, 그 후 20°C에서 24시간과 40°C에서 3시간으로 교반을 두 가지로 나눠 건조시켜 완성하였다. 흡착용량을 평가하기 위해 50 mg/L As를 사용하여 1.00 g/L 30 mL로 1:300 (0.2 g 30 mL로 0.3시간 동안 교반하여 혼합)

	p-ABA-CaCl ₂	p-ABA-CaCl ₂	p-ABA-NaCl	p-ABA-NaCl
Metal	As			
Buffer	Sodium Alginate			
Gelling solution	0.1 M CaCl ₂ ·2H ₂ O		0.1 M NaCl·2H ₂ O	
Soaking	20°C for 24 hr		40°C for 24 hr	

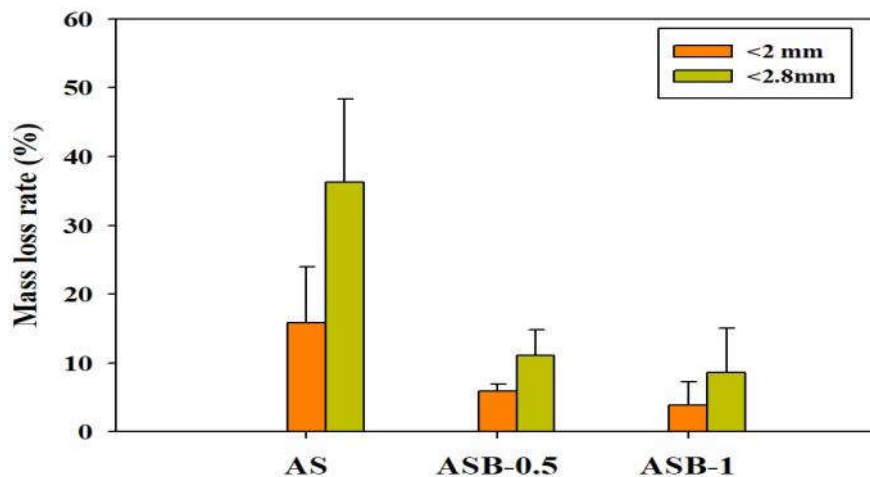
954 2017 대한환경공학회 국내학술대회

다. 연구결과

(1) 기술적 성과

(가) 흡착제

- 펠렛흡착제 제작시 제작도구는 압출기를 사용하였다. ASB는 점토광물인 벤토나이트(Bentonite)를 접합체로 사용하였다. 벤토나이트는 수분과 접촉시 단단하게 굳어 경화되는 성질을 가지고 있어, 여러산업에서 경화제 및 접합체로 상용되어지고 있으며, 정수처리장에서 응집보조제로서도 사용되고 있다. 또한 광물 이기에 소성과정에서 사라지거나 탄화되지 않아 흡착제 내에 접합체로 남아있다. 벤토나이트를 첨가하지 않은 펠렛흡착제와 첨가한 흡착제는 강도(질량손실률)에서 큰 차이를 보여줬다.



<그림 115> 벤토나이트를 첨가한 흡착제의 질량손실률
AS(Alum Sludge), ASB-0.5(Alum Sludge-Bentonite 0.5%),
ASB-1(Alum Sludge-Bentonite 1%)

- 벤토나이트를 첨가한 흡착제는 첨가하지 않은 흡착제에 비해 질량손실률이 크게 감소하였다. 흡착제의 최소크기 2.8~3.0mm 기준에서 질량손실률이 평균 36%에서 10%로 크게 감소하였다.
- ASB(22.05mg/g)의 흡착용량은 2차년도 개발한 SAP-500(15.15mg/g)과 Bayoxide (16.1mg/g)보다 높다.
- 개발된 흡착제는 세계적으로 상용화된 흡착제 보다 약 137% 흡착량을 개선하였다.
- ASB(238m²/g)의 비표면적은 Bayoxide(150m²/g) 보다 높다.
- 접합체를 벤토나이트로 사용함으로써, 흡착제가 파괴되지 않아 흡착제의 미립자 유출 및 유로 형성의 문제점을 해결하였다.

- 세계적으로 상용화된 흡착제는 3가비소를 보다 제거가 용이한 5가비소로 산화시켜 5가비소를 흡착 제거하였으나, 본 흡착제는 3가비소, 5가비소를 동시에 제거가 가능하다.

(나) 지식재산권

- 본 연구를 통해 지식재산권은 특허 출원 6건, 특허 등록 4건, 국외논문 3건, 기술동향/수요처 발굴 조사 보고서 2건, 정수시스템 운영매뉴얼 1건, 흡착제 생산 시설 및 정수시스템 설계 2건 등 기술적 성과를 얻었다.

(2) 경제적 성과

- 세계적으로 가장 상용화된 흡착제는 Bayoxide E33으로써, 1,000kg 당 25,000천원으로 책정되어 있다.
- 개발된 흡착제의 판매단가는 1,000kg 당 10,000천원으로 산출되었으며, 상용화된 흡착제 보다 60% 저렴하여 가격 경쟁력을 가지고 있다.
- 개발된 흡착제의 판매단가 산출을 위한 조건, 소비 전력량 및 산출 내역을 표 32, 33, 34에 나타내었다.

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표 달성도

최종 목표	- 유지관리 및 성능향상을 위하여 0.01~0.05mm의 ABA 입경크기를 해외흡착제의 입경인 0.3~2.0mm로 성형 소결하여 개선 - 지하수 또는 지표수에 포함된 다양한 오염물질 및 비소를 제거가 가능한 정수시스템 개발 - 국내 또는 국외 실증시설 운전을 통해 매뉴얼 확보 - 실증시설운전을 통한 신기술인증 신청			
구분	연구개발 목표	연구개발 내용	달성도 (%)	수행 기관
1차년도	흡착제의 물리적 특성 향상을 위한 성형 연구	- 접합제에 따른 흡착능 평가 연구 - 성형 방법에 따른 특성평가 - 기술동향조사 - 개발된 기술을 이용한 지식재산권 확보	100	(주)다산 컨설턴트 / 전북대학교 산학협력단
2차년도	개선 흡착제를 이용한 양산시설 시제품 제작	- 이천시 부지를 활용하여 제조 시설 구축 - 저전력을 사용하는 모듈화된 실증화시설 설계 - 국내외 흡착제 사업화 컨설팅 - 개발된 기술을 이용한 지식재산권 확보	100	(주)다산 컨설턴트
	성형흡착제의 As 흡착 특성 평가	- 기공분포도 확보 - 시간에 따른 As 흡착 특성 - As 농도에 따른 As 흡착 특성 - Column 실험을 통한 파괴점 도출	100	전북대학교 산학협력단
3차년도	실증화시설 제작/운영	- 국내외 실증화시설 제작/운전을 통해 know-how를 축적하여 용량별 기술 확보 - 실증화시설 운영 매뉴얼 확보	100	(주)다산 컨설턴트
	흡착제의 성능 및 수명 향상 연구	- 흡착제 특성 조사 (TGA, DTG, XRD, BET, SEM-EDS) - 시간에 따른 As 흡착 특성 - As 농도에 따른 As 흡착 특성 - 양이온 중금속 흡착 연구 - 음이온과 As의 경쟁 흡착 연구 - Column adsorption 연구 - 흡착제 탈착 및 재사용 연구	100	전북대학교 산학협력단
	신기술인증 신청	신기술 인증 방안 확보 (신제품 인증 신청)	100	(주)다산 컨설턴트

나. 관련분야 기여도

(1) 최종 성과목표 달성도

(가) 1차년도

연차	구분	성과목표	성과지표	목표치 (A)	가중치 (B)	실적치 (C)	목표달성도 (D=C/A)	지표점수 (D×B)	관련 페이지
1 차 년 도	질적 목표	과학적 성과	Granule화	75% 입자화	1	10	1	10	46
		과학적 성과	흡착제 물리적 특성	공인 성적서	1	10	1	10	120
		지표점수 합계		20					
	양적 목표	과학적 성과	국내외 학술지	게재	1	20	1	20	96
		기술적 성과	지식재산권	특허출원 건수	2	60	2	60	26, 87
		기술적 성과	기술 동향 조사	보고서	1	20	1	20	117
		지표점수 합계		100					

(나) 2차년도

연차	구분	성과목표	성과지표	목표치 (A)	가중치 (B)	실적치 (C)	목표달성도 (D=C/A)	지표점수 (D×B)	관련 페이지
2 차 년 도	질적 목표	과학적 성과	흡착제 안전성 검사	공인성적서 (비소용출 5%)	1	10	1	10	121, 122
		과학적 성과	처리수 수질검사	공인 성적서	1	10	1	10	124, 125 126, 127
		지표점수 합계		20					
	양적 목표	과학적 성과	국내외 학술지	게재	1	20	2	20	97, 98
		기술적 성과	지식재산권	특허출원 건수	2	40	4 (국내 2건) (국외 2건)	40	88, 89 90, 91
		기술적 성과	지식재산권	특허등록 건수	2	20	2	20	92, 93
		기술적 성과	시제품 설계	정수시스템 설계	1	10	2	10	112
		인프라 성과	시제품 설치	흡착제 양산시설 설치	1	10	1	10	109
		지표점수 합계		100					

(다) 3차년도

연차	구분	성과목표	성과지표	목표치 (A)	가중치 (B)	실적치 (C)	목표달성도 (D=C/A)	지표점수 (D×B)	관련 페이지
3 차 년 도	질적 목표	과학적 성과	흡착 평가 (Bayoxide)	기존흡착량 75% 유지	1	5	1	5	133
		기술적 성과	운영매뉴얼	운영매뉴얼 보고서	1	5	1	5	118
		기술적 성과	수요처 발굴	컨설팅 보고서	1	10	1	10	72
		지표점수 합계		20					
	양적 목표	기술적 성과	지식재산권	특허등록 건수	1	20	2	1	94 95
		기술적 성과	신기술 인증신청	신기술 인증신청서	1	10	1	1	10 87
		사회적 성과	신규고용	채직증명서	2	30	2	1	30 107
		사회적 성과	인력양성	졸업증명서	3	10	7	1	10 99
		인프라 성과	시제품 설치	정수시스템 설치	1	30	1	1	30 109
		지표점수 합계		100					

(라) 기타성과

구분	성과	내용	관련 페이지
사회적 성과	기술홍보 (수출상담)	다수의 베트남 업체 직원에게 기술홍보	128
사회적 성과	기술홍보 (포럼발표)	2018 ENTECH Vietnam 기술홍보	129
사회적 성과	기술홍보	2018 녹색에너지 우수기업 대상 선정 (한국일보)	130
과학적 성과	학술논문상 수상	대한환경공학회 학술논문상 수상	130
과학적 성과	학술발표	BEEM(2018), Enhanced Adsorption of Arsenic using Calcined Alginate Bead with Alum Sludge from Water Treatment Facilities	131
과학적 성과	학술발표	CLEAR(2018), Arsenic adsorbent derived molasses and dewatered alum sludge from water treatment facility	131
과학적 성과	학술발표	Geotrop(2017), Development of bead-type arsenic adsorbent using alum-based sludge from water treatment system	132
과학적 성과	학술발표	대한환경공학회(2017), 정수처리장에서 발생하는 알럼 슬러지를 이용한 비드형 비소 흡착제 개발	132

다. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 사업화 대상 기술

(1) 기술의 개요

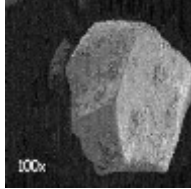
- 국내 암반대수층의 지하수 및 해외 지역의 지하수에 포함된 오염물질(As, 중금속, *E-coli* 등)을 정화하여 사용목적에 적합한 수질기준을 만족하는 처리공정개발
- 상용기술 대비 처리비의 경제성 확보
- 국내 및 해외 현지에 적용 가능한 맞춤형 모듈화를 통해 편리한 유지관리

(2) 기술의 우수성

(가) 흡착제 비용분석 및 상용화된 해외 흡착제와의 경제성 비교

- 유해중금속중 상대적으로 처리에 어려움이 있는 것으로 알려진 비소를 중심으로 비교함 현재 주관기관에서 보유하고 있는 흡착제의 비용을 분석함. 문헌조사된 해외여재 중 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 Bayoxide E33와 초기투입에 따른 흡착제의 단가와 최대흡착량 도달에 따른 교체비용을 산정하였다.
- 세계적으로 가장 상용화된 흡착제는 Bayoxide E33으로써, 1,000kg 당 25,000천원으로 책정되어 있다.
- 개발된 흡착제의 판매단가는 1,000kg 당 10,000천원으로 산출되었으며, 상용화된 흡착제 보다 60% 저렴하여 가격 경쟁력을 가지고 있다.
- 개발된 흡착제의 판매단가 산출을 위한 조건, 소비 전력량 및 산출 내역을 표 32, 33, 34에 나타내었다.
- 교체에 따른 흡착제 유지관리비용을 해외흡착제 산정기준인 “Adsorbent Treatment Technologies for Arsenic Removal, US EPA Report 2005”에서 제시했던 유입수 비소농도 0.1mg/L(5가 비소), 처리용량을 10m³/day 이라고 가정했을 때 Bayoxide E33와 같은 양의 흡착제를 적용하였을 경우의 각 흡착제의 최대흡착량에 도달하는 기간을 고려하여 산정하였다. 아래의 표에 결과를 요약하였다.

<표 45> 개발된 흡착제와 상용화된 해외흡착제 비교

구분	G-ABA [Granular-Alum Based Adsorbent]	해외흡착제			
		Bayoxide E33 (비교대상)	AA-FS50	GFH	Metsorb G
사진					
조성	Alum Hydroxide	Ferric Oxide	Iron impregnated activated alumina	Ferric hydroxide	Titanium dioxide
BET surface Area (m ² /g)	238	119	246	242	166
Bulk Density (g/ml)	0.5	0.5	0.75	1.19	0.78
Size (mm)	3.0~5.0	0.5~2.0	0.3~0.6	0.3~2.0	0.3~1.0
As 최대흡착량 (mg/여재kg)	22,050	16,100	2,210	5,452	7,036
사용기한 (일/여재kg)	25	18	2	6	8
조사단가 (원/여재kg)	15,000	25,000	3,400	8,000	1,6000
1년간 필요여재량 (kg)	14	20	148	60	46
1년간 유지관리비 (원/년)	210,000	500,000	503,200	480,000	736,000

* US EPA report, 2005, "Adsorbent Treatment Technologies for Arsenic Removal"

** 흡착조건 : pH 7.0~7.5, 20℃, 경쟁이온 없음.

*** 연간 흡착제 소요 비용, 유입수 비소농도 : 0.1mg/L(5가비소), 처리용량 : 10m³/day

(3) 기술의 독창성

(가) 해외흡착제와의 기술성 비교

- 국내외 지역의 지하수에 포함된 비소를 정화하여 사용목적에 적합한 수질 기준을 만족하는 처리공정 확립하였다.
- 최종제품과 상용화된 흡착제는 무게 대비 비소를 흡착하는 유사 성능 확보하였다.
- 최종제품(22.05 mg/g)의 최대흡착량은 상용화된 흡착제(16.10 mg/g) 보다 37% 향상되었다. 최종제품(238 m²/g)의 비표면적은 상용화된 흡착제(140 m²/g) 보다 70% 향상되었다.
- 비소를 포함한 지하수 또는 지표수에는 여러 음이온들이 공존하고 있어, 흡착하는데 있어 방해 요인이 된다. 그러나 개발된 흡착제는 경쟁 음이온과 비소를 포함한 수용액에서 개발된 흡착제의 흡착성능 결과 경쟁 음이온에 상관없이 높은 흡착성

능을 유지하며, 그 결과는 아래 그림과 같다. 실험 결과와 같이 여러 음이온에서도 비소를 타겟하여 제거가 가능하며, 단일 공정으로 비소를 효과적으로 흡착하여 제거할 수 있다.

- 폐기물공정시험기준에 의거하여, 사용 후 폐흡착제의 용출테스트인 지정폐기물 분석 결과 전항목 기준치 이하의 성능을 확보하였다.
- 3가비소, 5가비소를 동시에 처리 가능하다.

(4) 기술의 활용성

- 2018년 지하수조사연보에 따르면 2000년 이후 매년 지하수 이용량 및 시설수는 연평균 2.7% 증가하고 있으며, 2017년 일평균 지하수 이용량은 시설당 5.49m³이었으며 생활용은 4.51m³, 공업용은 34.66m³, 농업용은 5.99m³, 기타 20.61m³로 조사되었으며, 아래 표와 같다.

<표 46> 지하수개발·이용 현황 (지하수조사연보, 2018)

[단위 : 개소, 백만m³/년]

구분		생활용	공업용	농·어업용	기타	계
지하수 시설수	개소수	872,491	13,674	800,677	3,323	1,690,165
	비율(%)	51.6	0.8	47.4	0.2	100.0
지하수 이용량	년이용량	1,437	173	1,750	25	3,384
	비율(%)	42.5	4.1	51.7	0.7	100.0

- 증가되는 지하수 사용에 따라 비소 및 유해중금속의 제거 가능한 정수시스템의 수요가 높아 질 것으로 판단되었다.
- 지하수 기본계획 수질관리(17년~26년)는 자연발생 유해물질의 체계적 관리방안을 제시함으로써, 비소를 제어할 수 있는 기술이 필요하다.
- 동남아시아지역 베트남, 캄보디아, 라오스 등 가정용 및 마을우물을 정수시스템을 보급하여 흡착제를 지속적으로 활용이 가능하다.
- 폐광산에서 중금속으로 오염된 갭내수 및 터널공사 등으로 유출된 지하수의 정화 사업에 활용될 수 있다.

나. 기술 동향 분석

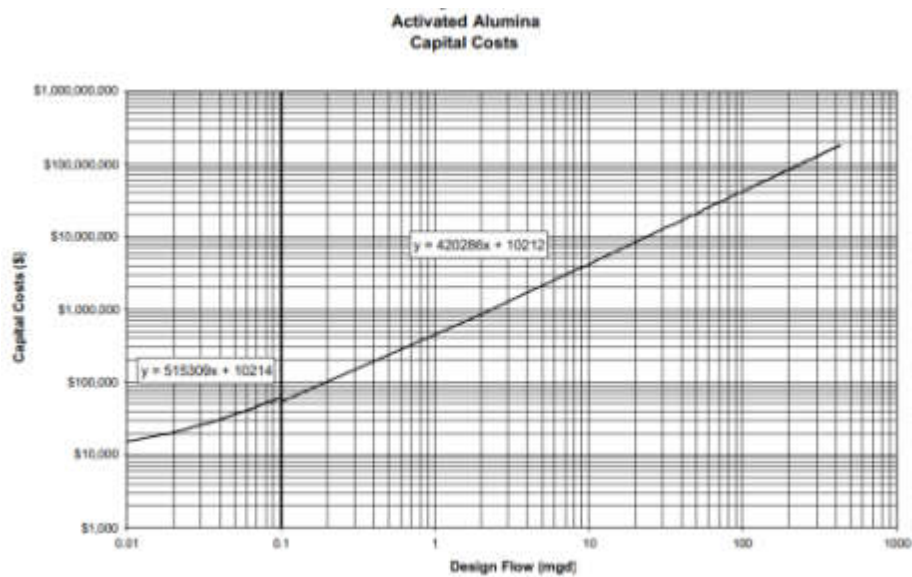
(1) 국내외 관련 분야의 기술 동향

(가) 연구개발의 국내·외 현황

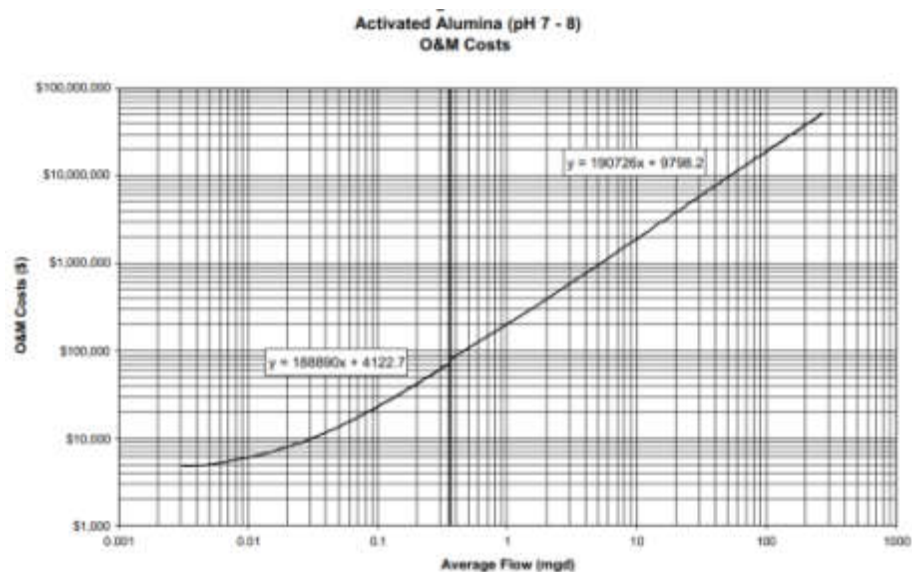
- 현재까지 비소처리를 위해 많은 기술들이 개발되어 왔으며, 미국 환경청(EPA)은 이온교환, 역삼투, modified 응집/여과, modified lime softening, 전기투석, 산화/미세여과, 흡착 기술들을 비소처리에 있어서의 Best Available Technology

(BAT)로써 정해놓고 있다. 침전처리기술의 경우 대규모 처리시설에서 비소오염 지하수를 효과적으로 처리하며, 소규모 비소 처리시설에서는 이온교환, 흡착 기술, 멤브레인을 사용하여 비소를 제거하는 것이 적합하다고 알려져 있다. 하지만, 상대적으로 설치비 및 운영비가 적고 지하수 수질에 많은 영향을 받지 않는 흡착제를 이용한 흡착처리기술이 최근 많이 적용되고 있다. (방선백 등, 2005)

- 아래 그림은 비소를 제거하기 위해 활성알루미나 흡착제를 이용하여, 유량에 따른 전처리, 후처리 시설, 흡착제 교체비 및 인건비 등을 고려하여 초기 투입비와 유지관리비로 나누워 나타낸 그래프이다.



<그림 116> 흡착(활성알루미나) 공정의 초기 투입비 산정 (EPA, 2000)



<그림 117> 흡착(활성알루미나) 공정의 유지관리비 산정 (EPA, 2000)

- 아래 표는 유량 50m³/day 기준으로 주요 공정별 초기 투입비 및 연간운영 보수비용을 제시하였다.

<표 47> 주요 공정의 설치 및 운영비용 (50 m³/day기준)

공정	비용 평가 (\$)			
	초기비용 (A)	연간운영& 보수비용 (B)	(A)+1년×(B)	(A)+10년×(B)
응집/침전	156,706	22,864	179,571	385,348
이온교환	24,098	6,010	30,108	84,197
흡착 (활성알루미나)	17,021	6,618	23,639	83,201
흡착 (Greensand)	15,645	8,171	23,817	97,358

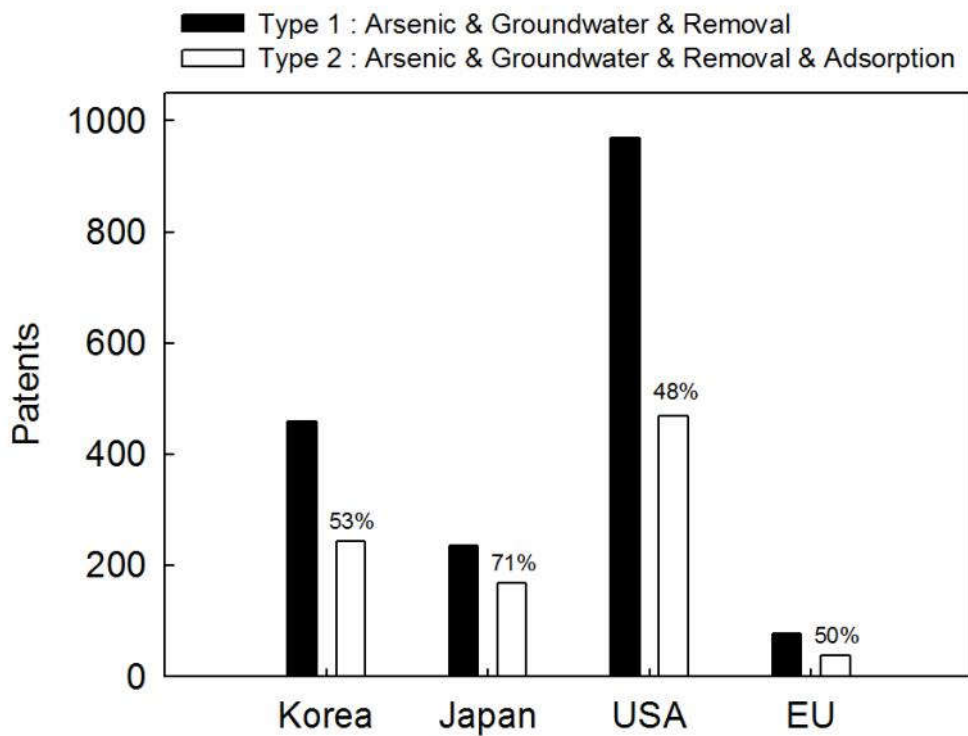
- 비소의 제거기술에 대한 동향을 알아보기 위해 아래 표와 같이 조건 검색식을 선정하여 국내·외 특허 및 논문 조사를 실시하였다.
- Type 1은 지하수 중의 비소 제거에 대한 연구 및 기술현황을 분석하기 위함이며, Type 2는 그 중 흡착방법을 이용한 비소의 제거에 대한 연구 및 기술현황을 분석하기 위해 선정되었다.

<표 48> 논문, 특허 현황조사 조건 검색식

구분	조건 검색식
Type 1	Arsenic & Groundwater & Removal
Type 2	Arsenic & Groundwater & Removal & Adsorption

< 논문검색 사이트 : ISI Web of Knowledge, 특허검색 사이트 : KIPRIS >

- <그림 118>에 따라 지하수 중의 비소 제거에 관한 특허들 중 흡착에 의한 제거 방법을 이용한 특허는 국가별로 대한민국, 일본, 미국, EU가 각각 53, 71, 48, 50 %의 높은 비율을 차지하고 있어 대부분의 비소 제거는 흡착이 주를 이루고 있다고 판단되었다.
- 흡착방법을 이용한 지하수 중의 비소 제거에 대한 연구가 전 세계적으로 많이 수행되었다.



<그림 118> 해외 특허 현황

(나) 해외 기술개발 동향

- <표 49>은 나라별로 개발된 주요 특허기술에 대하여 나타내었다.
- 해외에서도 비소로 오염된 지하수에 대하여 흡착제를 이용하여 제거하는 연구가 활발히 이루어져 많은 기술개발이 이루어지고 있으며 다른 기술보다 더 많은 부분을 차지한다.
- 하지만 3가비소의 처리나 Pilot 규모 이상의 연구가 부족한 실정이다.
- 대부분의 비소흡착은 철산화물이나 알루미늄 산화물 형태를 기반으로 하는 흡착제에 대해 연구가 진행되었다.

<표 49> 비소흡착에 관한 해외 특허 현황

국가	등록(공보)번호	내용
미국	07947183	Methods for removing contaminant trace species, especially arsenic, from water
	08361920	Methods and compositions for removal of arsenic and heavy metals from water
	07314569	Treatment of arsenic-contaminated water using akaganeite adsorption
	06790363	Method of treating arsenic-contaminated waters
유럽	00502460	System for treating contaminated groundwater
	00991595	Immobilization of inorganic arsenic species using iron
일본	(18326405)	Water purifying filter
	(14079015)	Filter for arsenic removal and purification method of water containing arsenic
	(11047763)	Method and apparatus for removing arsenic dissolved in water

- <표 50>와 같이 비소를 제거하기 위해 여러 흡착방법에 대하여 전 세계적으로 많은 연구가 활발히 이루어지고 있지만, 3가 비소 처리에 대한 연구는 5가 비소 처리에 대한 연구보다 부족한 실정이다.

<표 50> 비소 흡착에 관한 해외 논문

저널명	내용	저자
Journal of Hazardous Materials	Adsorption characteristics of As(V) on iron-coated zeolite	Kitae Baek et al.
	Superparamagnetic high-surface-area Fe ₃ O ₄ nanoparticles as adsorbents for arsenic removal	Bujnakova et al.
	Application of titanium dioxide in arsenic removal from water: A review	Guan et al.
	Removal of arsenic from water by supported nano zero-valent iron on activated carbon	Zhu et al.
	As(V) adsorption on maghemite nanoparticles	Tuutijarvi et al.
Water Research	Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents - A critical review	Mohan et al.
	Optimization of capacity and kinetics for a novel bio-based arsenic sorbent, TiO ₂ -impregnated chitosan bead	Miller et al.
	Adsorption of arsenic from a Nova Scotia groundwater onto water treatment residual solids	Gibbons et al.
	Kinetic and thermodynamic aspects of adsorption of arsenic onto granular ferric hydroxide (GFH)	Banerjee et al.
Environmental Science and Technology	Arsenic removal by iron-modified activated carbon	Chen et al.
	Arsenic(V) removal from groundwater using nano scale zero-valent iron as a colloidal reactive barrier material	Kanel et al.
	Preparation and evaluation of GAC-based iron containing adsorbents for arsenic removal	Gu et al.

- <표 50>의 주요논문을 살펴보면, 주로 흡착을 이용한 비소처리 논문이었으며, 특히 철산화물을 이용한 연구가 가장 활발하였다.

(다) 국내 기술개발 동향

- 비소 제거에 대한 연구를 위해 국내의 여러 연구그룹(광주과학기술원, 한국과학기술원, 지질자원연구원, 전북대학교)에서 기술들을 연구/개발하고 있다.

<표 51> 국내 연구 그룹별 연구동향 (계속)

연구그룹	내용		연구수준
광주과학기술원 (김경웅)	특허	• 지하수 정화용 반응 벽체의 형성방법 및 시스템(등록번호: 10-0176064) • 다공성 중금속 흡착제의 제조방법 및 다공성 중금속 흡착제를 이용한 오염수 처리방법(등록번호: 10-0872960)	Lab scale As(III) 처리
	논문	• Arsenic adsorption by Fe loaded on RH-MCM-41 synthesized from Rice Husk Silica (2012) • Removal of arsenate from water by adsorbents: a comparative case study (2011) • Arsenic removal by a colloidal iron oxide coated sand (2007)	
한국과학기술원	특허	• 산성광산배수를 이용한 철코팅 모래의 제조방법 및 이를 이용한 중금속 함유수 처리방법(등록번호: 10-0926736)	Lab scale
	논문	• 철 및 망간 산화물로 코팅된 입자활성탄을 이용한 수용액 중 3가 및 5가 비소의 제거 (2009) • Extraction behavior of As, Pb, and Zn from mine tailings with acid and base solutions (2009) • Removal of As(V) from aqueous system using steel-making by-product (2009) • Abiotic subsurface behaviors of As(V) with Fe(II) (2011)	
지질자원연구원	특허	• 전기선평발법을 이용한 비소 제거용 나노입자 및 이를 이용한 비소의 제거방법(등록번호: 10-1355173)	Lab scale As(III) 처리
	논문	• Contamination of groundwater by arsenic and other constituents in an industrial complex (2010) • Geochemical occurrences of arsenic and fluoride in bedrock groundwater: a case study in Geumsan Country, Korea (2012)	
기타	특허	• 오염지하수 정화용 반응물질 및 반응벽체(등록번호: 10-1139336) • 철 코팅된 모래의 제조방법 및 이 모래를 이용한 수 처리방법(등록번호: 10-0506172)	Lab scale
	논문	• 망간침착 활성탄의 다기능성을 이용한 3가 비소 및 페놀 제거 (2008) • 나노 크기 매킨나와트로(FeS)로 코팅된 규사를 이용한 아비산염의 흡착 (2012) • 철침착 입상활성탄(Fe-GAC)을 이용한 지하수 내 비소 제거기술 (2010)	

<표 52> 국내 연구 그룹별 연구동향

연구그룹	내용		연구수준
전북 대학교 (백기태)	특허	- 알루미늄 & 철 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 흡착제 및 이의 제조방법(등록번호: 10-1344235, 10-1344236) - 층상 이중 수산화물(LDH)을 이용한 비소 함유 원수의 수처리 방법(등록번호: 10-1185877) - 제철산업부산물에 의한 비소의 흡착 제거방법(등록번호: 10-0928066) - 비소 흡착제 표면 개질 활성탄 및 이의 제조방법(등록번호: 10-1865208) - 오염수 처리용 세라믹 필터 및 이의 제조방법(등록번호: 10-1876931) - 알루미늄 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 과립형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 과립형 흡착제(등록번호: 10-2037353) - 알루미늄 슬러지를 이용한 유해성 이온 제거용 원통형 흡착제의 제조방법 및 그에 의해 제조된 원통형 흡착제(등록번호: 10-2037341)	실증 테스트 완료
	논문	- Mn-Fe layered Double hydroxides for adsorption of As(III) and As(V) (2012) - Application of iron-coated zeolites (ICZ) for mine drainage treatment (2012) - Adsorption characteristics of As(III) and As(V) on alum sludge from water purification facilities (2012) - Adsorption of As(III), As(V), Cd(II), Cu(II), and Pb(II) from aqueous solution by natural muscovite (2010) - Adsorption characteristics of As(V) on iron-coated zeolite (2009) - Enhanced adsorption of arsenic onto alum sludge modified by calcination (2017) - Enhanced adsorption of arsenic using calcined alginate bead containing alum sludge from water treatment facilities (2018) - Pellet adsorbent derived from molasses and dewatered alum sludge for arsenic removal (2019)	

(2) 국내외 관련 분야의 기술 수준

(가) 기술현황

- 일반적으로 중금속 제거기술은 크게 물리화학적 공정과 생물학적 공정으로 나뉘며, 물리화학적 공정에는 멤브레인, 이온교환, 침전, 흡착 처리기술 등이 있다.
- 일반적으로 멤브레인, 이온교환, 흡착 처리기술은 소규모의 처리시설에 적용되고, 침전 처리기술은 대규모 처리시설에 적용되고 있다.
- 멤브레인 처리기술은 중금속이 선택적으로 멤브레인을 통과할 수 없도록 하여 지하수로부터 제거하는 기술이다.

- 침전처리기술은 중금속을 고형물로 만들어 지하수와 고형물을 분리하여 처리하는 기술이다.
- 이온교환처리기술은 중금속과 이온교환수지 사이에서 이온이 교환되는 기작을 이용해 처리하는 기술이다.
- 흡착처리기술은 흡착제를 이용해 지하수 내에 존재하는 중금속이 흡착제에 흡착 및 제거되는 기작을 이용한 기술이다.
- 특히 비소로 오염된 지하수 및 음용수의 제거는 주로 3가비소를 5가비소로 산화한 이후 5가비소의 제거를 통해 비소의 오염도를 줄이는 방향의 공법이 주로 적용되고 있다.
- 3가비소의 산화는 산화제로 사용될 수 있는 염소, 과망간산칼륨 등의 시약을 통해 산화하고 그 후 5가비소를 분리하는 기술을 통하여 제거한다.
- 각 공정은 침전제, 흡착제 등의 종류에 따른 효율 및 운영비용의 차이가 발생할 수 있으며, 공정에 따른 장·단점이 있다.
- 역삼투, 전기영동 등 공법의 경우 처리효율은 우수하나 운영비용이 높고 적용사례가 적어 검증이 되지 않은 단점이 있다.

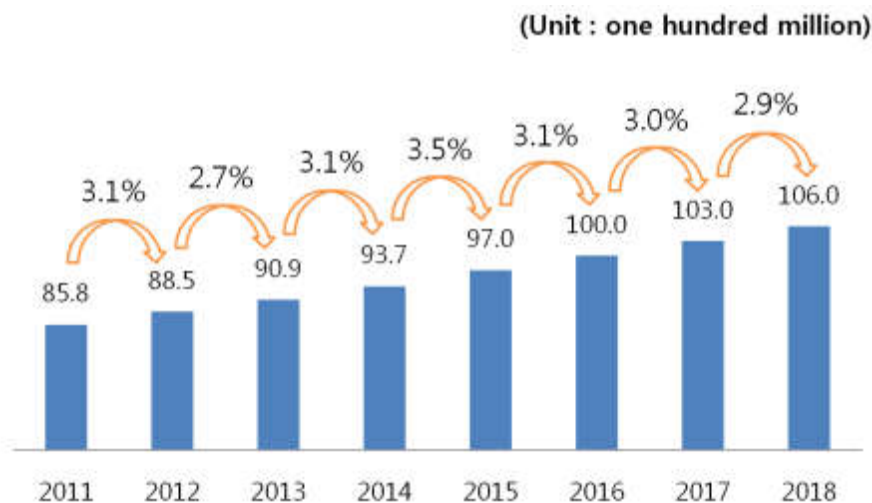
<표 53> 상용화된 비소처리기술 비교

Process		처리수질	제거효율	운영 비용	장점	단점
침전	Alum	$\leq 20\mu\text{g/l}$	20-90%	중간	가정에서 사용하기 적합하며 검증됨	높은 제거효율을 위한 산화제의 사용
	Iron	$\leq 20\mu\text{g/l}$	60-90%	중간	신뢰성이 있으며 검증됨	높은 제거효율을 위한 산화제의 사용
	Fe/Mn	$\leq 10\mu\text{g/l}$	80-90%	높음	신뢰성이 있으며 검증됨	화학품에 의한 pH에 따른 효율의 감소 및 산화제의 양에 의한 제거율의 변화가 큼
석회 연수법		$\leq 10\mu\text{g/l}$	80-90%	높음	신뢰성이 있으며 검증됨 부식 방지	황산염이 제거율에 영향을 미침 화학품의 사용으로 인한 재처리 필요
역삼투법		$\leq 2\mu\text{g/l}$	$\geq 90\%$	높음	탁도가 높고 염류가 높은 수질에 대하여 높은 수질로 처리 가능	설치 및 운영비용이 비싸고, 여과막의 내성에 대한 지속적인 모니터링 필요
전기 영동		$\leq 3\mu\text{g/l}$	$\geq 95\%$	높음	Pure quality water	비용, 산화제의 사용에 관한 검증 필요
이온 교환		$\leq 2\mu\text{g/l}$	$\geq 90\%$	높음	$2\mu\text{g/l}$ 이하의 수질로 처리 가능	황산염, 질산염, 불소, 셀레늄 이온등에 의해 제거율이 영향을 받음
흡착	Activated Alumina	$\leq 1\mu\text{g/l}$	$\geq 90\%$	낮음	신뢰성이 있으며 가정에서 사용하기 적합함 일반적으로 교체하기 간편하며 저렴함	오염농도 및 오염환경에 따른 제거율의 변화가 있을 수 있으며 알루미늄 표면에서 세균 번식 가능성이 있음
	Activated Carbon	$\leq 7\mu\text{g/l}$	30-90%	낮음	일반적으로 교체하기 간편하며 저렴함	탄소에서의 회분함량 및 중금속의 농도에 따른 제거율의 차이가 발생

<Mondal et al., 2006, Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water, Recent developments>

(3) 국내외 관련 분야의 시장 동향

- 물산업의 패러다임은 물부족 문제로 과거 상수도 중심에서 수자원 확보를 위한 통합 물관리 관점으로 전환되고 있다.
- 국내 수자원공사는 물순환체계 전 과정을 포괄하는 유역종합개발(이수, 치수, 생태환경), 상수도, 대체수원 등 포괄적 관점에서 물산업을 정의하였다.
- 2016년 기준 국내 물시장 규모는 100억 달러이며, 2018년 106억 달러 시장을 형성하여 연 3% 성장할 전망이다.
- 여기서, 운영시장은 약 50%를 차지하며, 매년 성장하는 추세이다.



<그림 119> 국내 물시장 현황 및 전망

- 도서·해안지역 지하수자원 확보 : 기후변화 등 수자원 여건변화와 광역 또는 지방 상수도 공급 사각지역 발생 등으로 인한 물부족 현상이 발생함에 따라 청정 수자원인 지하수에 대한 관심이 증가하고 있으며, 특히 도서·해안 지역은 해수 침입 등으로 안정적인 수원 확보와 환경복원을 위해 시스템화된 수자원 확보시설이 요구되는 실정이다.
- 유출지하수 이용 : 지하철·터널 등의 지하시설물 또는 대형 건축물에서 유출되는 지하수는 수량·수질 측면에서는 활용성이 높으나, 관련기술 미흡과 관심 부족으로 실질적인 활용은 저조한 실정이다.
- 수변지역 지하수 이용 : 수질 등의 문제로 취수원이 취약한 지역을 대상으로 간접 취수 방식인 강변여과수를 개발하여 지표수-지하수를 연계한 상수도 공급사업을 추진하고 있으며, 현재 한강, 낙동강에서 350,000m³/일 규모로 이용 또는 이용계획을 수립하였다.
- 농어촌 지하수 개발 : 1994년도부터 농특세를 재원으로 상수도 공급이 어렵고 수질이 오염된 농어촌지역에 암반관정을 개발하여 생활용수, 농업용수, 가공·세척 등 다목적 용수를 공급하고 있다. 또한 우물, 하천수, 마을상수도 이용마을에 농어촌 생활용수 공급을 위한 지하수 개발을 추진하였다.

- 먹는샘물 이용 : 우리나라 먹는 샘물은 1995년 “먹는물 관리법”이 제정되고, 공식적으로 국내 시판이 허용된 이후 지금까지 지속적으로 성장하였으며, 전세계 먹는 샘물 시장은 약 60조원으로 음료시장을 추월하였고, 주로 유럽 등 10개 국가에서 전체 소비의 70%를 차지하고 있으며 최근 동향에 따르면 아시아, 아프리카 등에서 소비가 증가하는 추세이다.

다. 사업화 목표

(1) 최종목표

- 유지관리 및 성능 향상을 위하여 0.01 ~ 0.05 mm의 ABA 입경크기를 해외흡착제의 입경인 0.3 ~ 2.0 mm로 성형 소결하여 개선
- 지하수 또는 지표수에 포함된 다양한 오염물질 및 비소를 제거가 가능한 대용량 정수시스템 개발
- 국내 또는 국외 실증시설 운전을 통해 매뉴얼 확보
- 실증시설운전을 통한 신기술인증 신청

(2) 단계별 소요시간

		기술의 경제적 수명 (2021년 ~ 2040 년 : 총 20 년)		
		매출 발생기간(= 기술의 경제적 수명) 2021년 ~ 2040년 (20 년)		
R&D과제 개발기간	양산준비 기 간	고속성장기	안정성장기	쇠퇴기
2017년 4월 ~ 2019년 12월 (2년 9개월)	2020년 1월 ~ 2020년 12월 (1년 0개월)	2021년 1월 ~ 2025년 12월 (5년 0개월)	2026년 1월 ~ 2035년 12월 (10년 0개월)	2036년 1월 ~ 2040년 12월 (5년 0개월)

① R&D과제 개발기간

- 세계적으로 상용화된 흡착제의 유사 성능을 가지며, 경제적인 흡착제를 개발

② 양산준비 기간

- 흡착제 원재료 수급 및 판매를 위해 관련 업종 등록 (20년 1월 ~ 20년 12월)
- 지속적인 국내외 수요처 발굴 (20년 6월 ~ 20년 12월)
- 신제품 인증으로 공공기관 의무구매를 촉진 (20년 6월 ~ 20년 12월)

③ 고속성장기

- 중앙행정기관, 지방자치단체, 공기업, 수처리업체 등에 신규판매 및 해외 상용화된 흡착제를 대체 (21년 1월 ~ 25년 12월)
- 동남아 지역 신규판매 및 상용화된 흡착제를 대체 (22년 1월 ~ 25년 12월)
- 판매된 수요처의 흡착제 성능 모니터링에 따른 재판매 (22년 1월 ~ 25년 12월)
- 수요 증대 및 흡착제 생산을 극대화하여 흡착제 생산 단가 감소시켜 경쟁력을 보다 확보 (25년 1월 ~ 25년 12월)
- 흡착제 수출 및 해외수요처 현지 제작 관련 타당성 조사 (25년 1월 ~ 25년 6월)
- 현지 제작 관련 타당성 확보시 현지 제작으로 경쟁력 확보 (25년 6월 ~ 25년 12월)

④ 안정성장기

- 중앙행정기관, 지방자치단체, 공기업, 수처리업체 등에 신규판매 및 해외 상용화된 흡착제를 대체 (26년 1월 ~ 35년 12월)
- 동남아 지역 신규판매 및 상용화된 흡착제를 대체 (26년 1월 ~ 35년 12월)
- 판매된 수요처의 흡착제 성능 모니터링에 따른 재판매 (26년 1월 ~ 35년 12월)

⑤ 쇠퇴기

- 국내외 높은 상수도 보급률과 정수기술의 발달로 흡착 기술 경쟁력 감소 (36년 1월 ~ 40년 12월)

라. 사업화 내용

(1) 판매 및 생산 계획

(가) 연도별 판매계획 (금액)

(단위 : 백만원)

연 도 별		2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
마을상수 정수시스템	국내	80	80	120	160	200
	국외	120	160	200	240	280
가정용 정수시스템	국내	10	20	30	40	50
	국외	40	60	100	140	200
흡착제	국내	150	300	450	600	750
	국외	750	1,125	1,500	1,875	2,250
합계		250	320	450	580	730

(나) 마을상수 정수시스템 생산 수량

(단위 : 대)

판매수량		2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
국내		2	2	3	4	5
국외		3	4	5	6	7
합계		5	6	8	10	12
성장률 (%)	국내	0	33	25	20	평균
	해외	25	20	17	14	19.3

(다) 가정용 정수시스템 생산 수량

(단위 : 대)

판매수량		2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
국내		50	100	150	200	250
국외		200	300	500	700	1,000
합계		250	400	650	800	1,250
성장률 (%)	국내	50	33	25	20	평균
	해외	33	40	29	30	32.5

(라) 흡착제 생산 수량

(단위 : ton)

판매수량		2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
국내		10	20	30	40	50
국외		50	75	100	125	150
합계		60	95	130	165	200
성장률 (%)	국내	50	33	25	20	평균
	해외	33	25	20	17	27.9

- 위 판매금액 중 유지관리비용 수익은 제외되었다(사용용도에 따라 다름).
- 추후 판매금액 수익 보다 유지관리비용 수익이 더 상승할 것으로 예상하였다.
- 한국광해관리공단에서 실시하는 폐·휴광산 중 광해방지사업에 필요한 광산의 폐광산폐수를 정화하는 대용량 정수시스템을 판매 할 계획이다.
- 한국국제협력단(KOICA)의 개발도상국에 먹는 물 지원 사업에 일환으로 포용적 비즈니스 프로그램(IFS, Inclusive Business Solution)을 지원하여 대용량 또는 가정용 정수시스템을 판매 할 계획이다.
- 한국도로공사 및 토목·건축 시공사에서 수행하는 도로, 철도 등 시공시 터널공사로 이로인하여 터널폐수가 발생한다. 이때 터널폐수를 정화하는데 정수시스템을 설계·시공에 반영할 수 있게 홍보하여 판매 할 계획이다.
- 국내외 수처리사에 미디어 매개체, 인터넷 등 홍보 및 국외지사를 통해 기술홍보하여 가정용 정수시스템을 판매 할 계획이다.
- 또한, 신제품 인증하여 공공기관 20% 의무구매 및 우선구매 대상으로 선정되어 위 판매 계획을 성실히 수행할 예정이다.

(2) 투자계획

(가) 비소처리 장치의 보급

임대료(천원/월)	300	350	400	450	500
투자회수기간(월)	67	58	50	45	40
회수금액(천원)	20,100	20,300	20,000	20,250	20,000



<그림 120> 비소처리 정수시스템 보급시 월임대료 발생시 투자금 회수기간

- 초기투자 비용을 20,000천원으로 산정했을 때의 결과이며 유지관리비용을 통한 수익으로 투자금액의 회수기간을 예상하였다.
- 위 금액은 비소처리장치의 제작, 설치, 유지관리, 흡착제 교체 등 모든 비용을 포함하였다.
- 월 임대료를 통한 수익으로 투자비용을 회수 하여 지속적으로 투자가 유지될 수 있도록 수익이 발생할 것으로 예상하였다.
- 한국국제협력단(KOICA, Korea International Cooperation Agency)에서 진행하는 ODA 사업을 지원하여 예산을 확보할 예정이다.
- 대한무역투자진흥공사(KOTRA, Korea Trade-Investment Promotion Agency)를 통해 세금, 관세 등의 비용을 절감하여 사업을 진행할 예정이다.
- 주관기관(실시계약 예상 기업)은 지속적으로 투자하여, 사업을 확대하고 지속적으로 유지관리 할 수 있는 예산을 확보할 예정이다.

(나) 비소처리 장치 처리량에 따른 단가

400,000원	1톤	2톤	3톤	4톤	5톤
L/Day	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000
L/month (25)	25,000	50,000	75,000	100,000	125,000
Won/L	18.0	8.0	5.3	4.0	3.2
20L/인	50	100	150	200	250
원/인-월	8,000	4,000	2,667	2,000	1,600

- 월 임대료 400,000원을 기준으로 했을 때 처리할 수 있는 양과 금액을 산정한 것이다.
- 처리량이 많을수록 리터당 금액이 낮아져 수익이 상승할 것으로 예상하였다.
- 1인 하루 사용량을 20L로 가정했을 때 2톤 기준 100명의 사람들이 월 4,000원의 저렴한 비용으로 정화된 물을 이용할 수 있고 각각의 현장 여건에 맞게 설계 및 단가를 적용하여 예상하였다.

(3) 사업화 전략

- R&D 사업을 통해 확보된 기술과 성과품을 사업화를 위하여 제품개발전략, 생산 및 마케팅 전략, 소요자금 조달 전략을 수립하여 진행하였다.
- 이를 위하여 1단계 기술분석, 2단계 시장분석, 3단계 재무 분석을 수행하였다.

구분	실행 전략	내용
사업화 전략	• R&D 및 제품개발 전략	• 기술개발 및 상용화 방향 • R&D 실행전략(주관 및 위탁개발 등) • 신규 및 보완 특허 확보 등 • 신제품 확보
	• 생산 및 마케팅 전략	• 생산, 판매계획 수립 • 시장진입 및 마케팅 전략 • 매출추정 및 기대수익 예상
	• 소요자금 조달 전략	• 소요자금 규모 산정 • 정책기관/투자기관 활용전략



(4) 사업화 모형 제시

(가) 수립 배경

- 국내외 실증화시설 운전결과 ABA의 파우더형태의 미세한 흡착제로 인하여 모듈제작과 유지관리의 문제점이 발생하였다.
- 파우더의 형태로 인해 모듈에 투입 시 공기가 섞이면서 밀도가 낮게 제작되는 문제점이 발생하며 모듈 교체의 어려움이 있다.
- 미세한 파우더형태로 인하여 모듈에서 유출가능성이 있어 충분한 유속이 유지되기 어려우며 막힘, 뭉침현상이 발생되어 역세공정이 필요한 단점이 있다.
- ABA의 보유 흡착제를 성형소결하여 모듈의 제작과 교체가 쉽고 운영상의 문제점을 보완할 필요가 있었다.
- ABA의 성형소결로 비소 및 양이온중금속(Pb, Cu, Cd, Zn)흡착이 가능한 ICZ와 혼합이 가능하여 폐광산 및 갯내수 처리에 사용이 가능하였다.
- 폐광산 및 광산폐수에 적용이 가능하여 사업영역확대 효과가 발생하였다.

(나) 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁요인

① 최종목표

- 유지관리 및 성능 향상을 위하여 0.01~0.05 mm의 ABA 입경크기를 해외흡착제의 입경인 0.3~2.0 mm로 성형 소결하여 개선
- 지하수 또는 지표수에 포함된 다양한 오염물질 및 비소를 제거가 가능한 대용량 정수시스템 개발

- 국내 또는 국외 실증시설 운전을 통해 매뉴얼 확보
- 실증시설운전을 통한 신기술인증 신청

② 최종제품의 제품경쟁력 수준

- 국내외 지역의 지하수에 포함된 비소를 정화하여 사용목적에 적합한 수질 기준을 만족하는 처리공정 확립하였다.
- 최종제품과 상용화된 흡착제는 무게 대비 비소를 흡착하는 유사 성능 확보하였다.
- 최종제품(22.05 mg/g)의 최대흡착량은 상용화된 흡착제(16.10 mg/g) 보다 37% 향상되었다. 최종제품(238 m²/g)의 비표면적은 상용화된 흡착제(140 m²/g) 보다 70% 향상되었다.
- 비소를 포함한 지하수 또는 지표수에 포함된 여러 경쟁음이온이 존재 여부와 상관없이 높은 흡착성능을 유지한다.
- 수질공정시험기준에 의거하여, 오염물질을 처리시 기준치 이하의 성능을 확보하였다.
- 폐기물공정시험기준에 의거하여, 사용 후 폐흡착제의 용출테스트인 지정폐기물 분석 결과 전항목 기준치 이하의 성능을 확보하였다.
- 3가비소, 5가비소를 동시에 처리 가능하다.

(다) 목표시장의 구조

① 베트남의 수자원현황

- 총 지표수의 63%가 중국, 태국, 미얀마, 라오스, 캄보디아 등 인접국으로부터 유입되고 있다. 그러나 이들 인접국 역시 산업화, 도시화의 과정을 겪고 있을 뿐 아니라 농업생산개발도 활발하게 이루어지고 있어 이로 인한 막대한 물 수요량을 충족시키기 위해 자국 내의 수원의 이용을 극대화하고 있으며, 향후 베트남으로 직접 유입되는 유량은 자국 내 수요를 충족시키지 못할 공산이 크다. 한 예로 메콩강의 경우 상류에 위치한 캄보디아가 건기 기준 1,200m³ ~ 1,500m³의 유량을 사용할 경우 메콩강 삼각주 지역은 물 부족 현상을 겪을 수밖에 없다.

<표 54> 베트남 주요도시의 수자원 지표

유역	수원지		총 유량		
	총 지역 (km ²)	베트남 총 면적대비 (%)	총 계 (m ³ , billion)	베트남에서의 총 발생량 (m ³ , billion)	베트남 대비 (%)
Ky Cung-Bang	11,220	94	8.9	7.3	82
Red river-Thai Binh	155,000	55	137	80.3	59
Ma-Chu	28,400	62	20.2	16.5	82
Ca	27,200	65	27.5	24.5	89
Thu Bon	10,350	100	17.9	17.9	100
Ba	13,900	100	13.8	13.8	100
Dong Nai	44,100	85	36.6	32.6	89
Mekong	795,000	8	508	55	11

*자료 : Environment Monitor 2003, World bank

② 베트남 정책 동향

- 대도시와 농어촌 등 지역에 따라 상수공급 및 하수처리 적용규정을 달리하고 있으며, 최근 경제발전에 따라 적용법 및 규정 등을 통일화하고 있는 추세이다.

③ 도시 상하수 정책

- 도시 물정책은 건설부 소관으로서 1998년 3월 도시 물 공급 개발방향을 제시하였다.
- 100% of urban population having access to safe water of 120~150L/capita/day by 2020
- Reform the sector including the financial policy
- Modernize technology and equipment and enhance human resource development
- Mobilize contributions from communities and all sectors of the economy
- 도시 하수처리정책으로 건설부는 1999년 3월 2020년까지 도시하수 및 하수도 개발 방향을 발표하고 지방교부금을 감축하는 방향으로 설계 중에 있다. 상수도세와 함께 하수도세를 도입하여 대도시를 제외하고 상수공급 및 하수처리 관리비용을 충당할 수 있는 방향으로 점진적으로 상향시키고 있다.

④ 상수공급 형태

- 베트남의 상수공급체계는 국가소유 WSC(Water Supply Company)에 의한 서비스를 제공하고 있으며 Small towns 및 Townlets의 물 공급 서비스에 의존하고 있다. 또한 가정 또는 마을 등의 자체조달과 지방 민간 물 공급업자를 통해 이루어지고 있다.

⑤ 예상수요

- 물 수요는 베트남이 산업화 도시화를 거치면서 사람들의 주거환경을 개선하기 위한 노력으로 인해서 꾸준히 증가하고 있었으며, 월드뱅크 및 ADB와 공동으로 연구한 수자원계획위원회의 연구에 따르면, 1990년 물소비량은 총 수자원량의 6%수준인 약 500억m³/year이었으나 2030년에는 870억m³/year까지 크게 증가할 것으로 전망하고 있다.

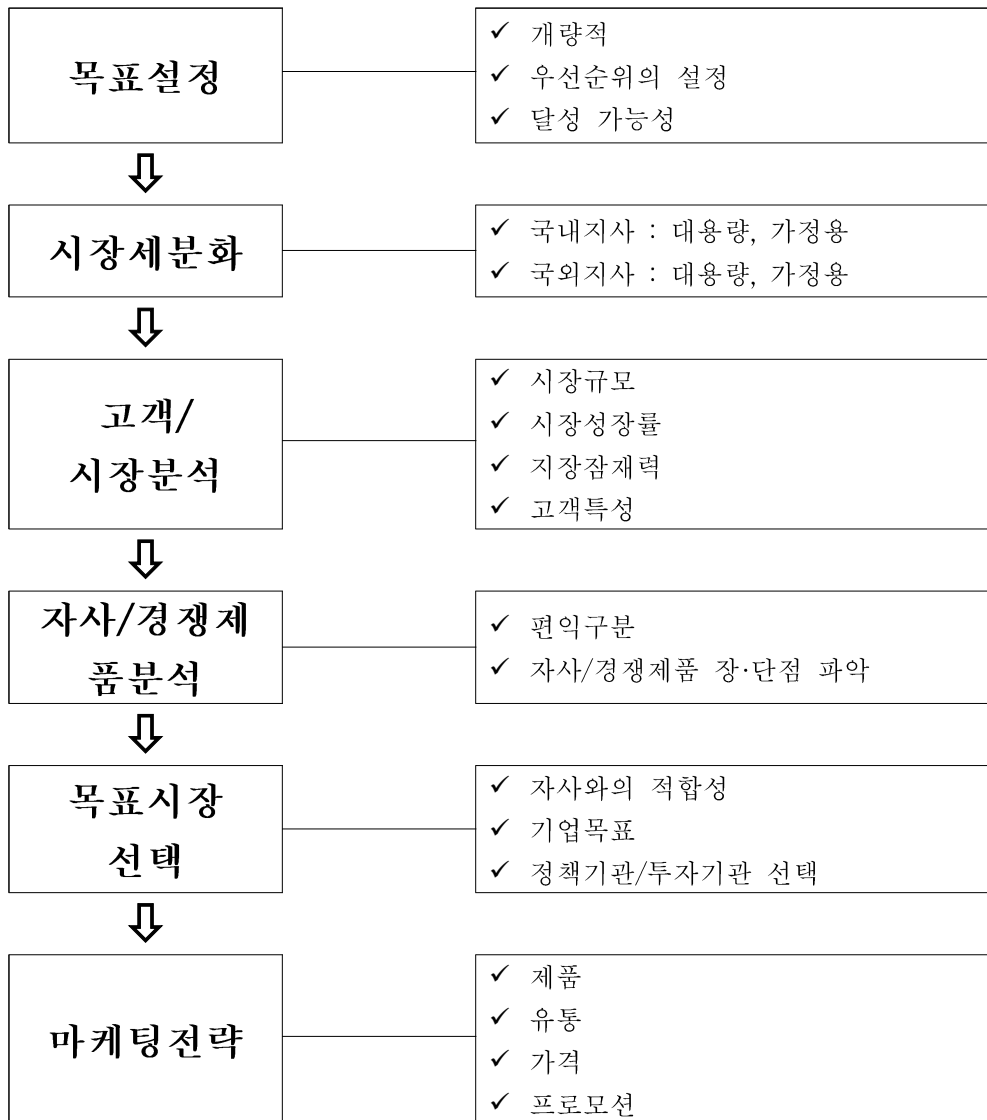
<표 55> 베트남 물 수요량 변화에 대한 추산

년도	1990년	2000년	2010년	2020년	2030년
물수요량(m ³ /year)	500억	650억	720억	800억	870억

*자료 : Vietnam Environment and Life 2004

- 물 소비량의 증가에 따른 상수도 보급이 원활히 이루어지지 않아 농어촌 지역에서는 지하수를 주요 생활용수로 사용하고 있어 안전한 식수공급이 시급한 상황이다. 따라서 본 적정기술의 개발을 통해 상수공급이 열악한 농어촌 지역에 비소를 포함한 오염물질을 처리할 수 있는 장치의 보급이 필요할 것으로 판단된다.

(라) 수익확보 전략



붙임. 참고문헌

<국내문헌>

1. 국토해양부, 2011, 수자원장기종합계획수자원장기종합계획, 국토해양부
2. 국토교통부, K water, 2018, 지하수조사연보
3. 국토해양부, 2017, 지하수 관리 기본계획 2017~2026
4. 다산컨설팅트, 2015, 비소처리 적정기술을 이용한 맞춤형 상수공급시스템 보급 시범사업
5. 다산컨설팅트, 2016, 비소 오염 지하수 정화기술 실증화
6. 방선백 외, 0가 금속 철을 이용한 5가 비소처리에 있어서 용존산소와 pH가 미치는 영향에 대한 연구
7. 산업통상자원부, 2016, 제3단계 광해방지기본계획
8. 안주성, 고경석, 전철민, 2007, 국내 지하수의 비소 산출양상 : 지하수 수질측정망 결과를 바탕으로, 대한지질학회, p. 72
9. 안주성, 고경석, 2008, 충남 금산군 일대 지하수내 비소의 지구화학적분포, 한국자원공학회 45권 5호, pp. 505~515
10. 안주성, 고경석, 2008, 충남 금산군 목소리 지역 지하수내 비소오염 현황
11. 정천성, 2009, 금산군 석회암지역에서 산출되는 고비소(As)지하수:능철석의 중요성, 군산대학교 대학원
12. 환경부, 2005, 폐금속광산 토양오염실태 개황조사(전남·북, 경기, 강원권) 최종보고서
13. 환경부, 2005, 폐금속광산 토양오염실태 개황조사(충·남북권) 최종보고서
14. 환경부, 2005, 폐금속광산 토양오염실태 개황조사(경남·북권) 최종보고서
15. 환경부, 2016, 비소 오염 지하수 정화기술 실증화
16. 한국과학기술기획평가원, 2013, 창조경제와 물 산업
17. 한국과학기술기획평가원, 2014, 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점
18. 한국수자원학회, 2013, 수자원정책 비전
19. 한국수출입은행, 2014, 국내 물산업의 해외진출 전략

<국외문헌>

1. Ahn, J. S., Ko, K. S., Lee, J. S., and Kim, J. Y., 2005, Characteristics of natural arsenic contamination in groundwater and its occurrence, Econ. Environ. Geol., Vol. 38, pp. 547~561
2. Bae, Junghyun, et al., 2013, Adsorption Performance of Basic Gas over Pellet-type Adsorbents Prepared from Water Treatment Sludge., Korean Chemical Engineering Research Vol.51(3), pp. 352~357
3. Bae, Junghyun, et al., 2014, Characteristics of pellet-type adsorbents prepared from water treatment sludge and their effect on trimethylamine removal., Korean Journal of Chemical Engineering Vol.31(4), pp. 624~629
4. Abernathy CO, Thomas DJ, Calderon RL, 2003, Health Effects and Risk Assessment of

Arsenic., Vol. 133, pp. 1536S~1538S

5. Choi, Jae-Woo, et al., 2011, Development of the Calcium Alginate Bead Immobilized with TiOSO₄ for the Efficient Removal of Phosphorous., Journal of Korean Society of Environmental Engineers, Vol. 33(3) pp. 162~166
6. Chunming SU et al., 2001, Arsenate and Arsenite Removal by Zerovalent Iron : Effects of Phosphate, Silicate, Carbonate, Borate, Sulfate, Chromate, Molybdate, and Nitrate, Relative to Chloride., ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 35, pp. 1487~1492
7. Cruz-Ortiz, Brenda Rogelina, et al., 2011, Immobilization of Thermomyces lanuginosus Lipase in PVA-alginate Beads., Journal of the Mexican Chemical Society, Vol. 55(3) pp. 176~180
8. D. M. Manohar et al., 2006, Adsorption performance of Al-pillared bentonite clay for the removal of cobalt(II) from aqueous phase., Applied Clay Science, Vol. 31, 194~206
9. Dixit, Suvasis, and Janet G. Hering., 2003, Comparison of arsenic (V) and arsenic (III) sorption onto iron oxide minerals: implications for arsenic mobility., Environmental science & technology, Vol. 37(18), pp. 4182~4189
10. G. Yang et al., 2015, Competitive adsorption of As(V) with co-existing ions on porous hematite in aqueous solutions., Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 3 pp. 1497~1503
11. Hoon Choi et al., 2010, Risk Assessment of Arsenic in Agricultural Products., Korean Journal of Environmental Agriculture, Vol. 29(3), 266~272
12. Hui, Bing, Yi Zhang, and Lin Ye., Preparation of PVA hydrogel beads and adsorption mechanism for advanced phosphate removal., Chemical Engineering Journal, Vol. 235, pp. 207~214
13. J. BEÖÖ et al., 2015, EVALUATION OF THE THERMAL RESISTANCE OF SELECTED BENTONITE BINDERS., MATERIALI IN TEHNOLOGIJE, Vol. 49, pp. 465~469
14. J-T Moon, K-j Kim, S-H Kim, C-S Jeong and G-S Hwang, 2008, Geochemical Investigation on Arsenic Contamination in the Alluvial Groundwater of Mankyeong River Watershed, Econ. Environ. Geol., Vol. 41(6), pp. 673~683
15. Jung, Heung-Joe., 2011, Adsorption Characteristics of Nickel, Zinc and Cadmium Ions using Alginate Bead., Journal of the Chosun Natural Science, Vol. 4(2) pp. 130~136
16. Kim, Phuong, Nguyen Thi., 2014, Layered double hydroxide - alginate/polyvinyl alcohol beads: fabrication and phosphate removal from aqueous solution., Environmental technology, Vol. 35(22), pp. 2829~2836
17. Kim, Goun, et al., 2014, Adsorption kinetic constants for basic odorant on pellet-type adsorbents recycled from water-treatment sludge., Applied Chemistry for Engineering, Vol. 25(2), pp. 167~173
18. Kong, M.H., Kim, Y., and Roh, Y., 2011, Geochemical and mineralogical characterization

- of arsenic contaminated soil at Chonam gold mine, Gwangyang., *Econ. Economic and Environmental Geology*, Vol. 44, pp. 203~215 (in Korean with English abstract)
19. Kwon, Oh-Hun, et al., 2016, Adsorption of As (III), As (V) and Cu (II) on zirconium oxide immobilized alginate beads in aqueous phase., *Chemosphere* Vol. 160, pp. 126~133
 20. Lalley, Jacob, et al., 2015, Phosphate removal using modified Bayoxide® E33 adsorption media., *Environmental Science: Water Research & Technology* Vol. 1(1), pp. 96~107
 21. Lv, Liang, et al., 2008, Phosphate removal and recovery with calcined layered double hydroxides as an adsorbent., *Phosphorus, Sulfur, and Silicon* Vol. 183(2-3), pp. 519~526
 22. M. Stachowicz et al., 2008, Multi-competitive interaction of As(III) and As(V) oxyanions with Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^{3-} , and CO_3^{2-} ions on goethite, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 320, pp. 400~414
 23. Mahmudur et al., 2009, Arsenic contamination in groundwater in the southeast Asia region, *Environ Geochem Health*, Vol. 31, pp. 9~21
 24. Marie Vahter, 2002, Mechanisms of arsenic biotransformation, *Toxicology*, pp. 211~217
 25. Ociński, Daniel, et al., 2016, Water treatment residuals containing iron and manganese oxides for arsenic removal from water - Characterization of physicochemical properties and adsorption studies., *Chemical Engineering Journal*, Vol. 294, pp. 210~221
 26. Ociński, Daniel, Irena Jacukowicz-Sobala, and Elżbieta Kociołek-Balawejder., 2016, Alginate beads containing water treatment residuals for arsenic removal from water—formation and adsorption studies., *Environmental Science and Pollution Research* Vol. 23(24), pp. 24527~24539
 27. O-N Bae, M-Y Lee, S-M Chung, J-H Ha, J-H Chung, 2006, Potential Risk to Human Health by Arsenic and Its Metabolite *J. Environ., Toxicol* Vol. 21, pp. 1~11
 28. Oremland RS, Stolz JF., 2003, The ecology of arsenic. *Science*, Vol. 300, pp. 939~944
 29. P. Chutia et al., 2009, Adsorption of As(V) on surfactant-modified natural zeolites., *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 162, pp. 204~211
 30. P. L. Smedley, D. G. Kinniburgh, 2002, A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters, *Applied Geochemistry*, Vol. 17, pp. 517~568
 31. Park, Nayoung, et al., 2013, Extrusion of Pellet-type Adsorbents Employed with Alum Sludge and H₂S Removal Performance., *Clean Technology*, Vol. 19(2), pp. 121~127
 32. R. Manikandan et al., Influence of fineness of fly ash on the aggregate pelletization process., *Cement & Concrete Composites* Vol. 29, pp. 456~464
 33. Ruta Ozola et al., 2019, FeOOH-modified clay sorbents for arsenic removal from aqueous solutions, *Environmental Technology & Innovation*, Vol. 13, pp. 364~372
 34. Ryu, So-Ri, et al., 2017, Adsorption of As (III) and As (V) in groundwater by Fe - Mn binary oxide-impregnated granular activated carbon (IMIGAC)., *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Vol. 72 pp. 62~69
 35. S. Komar Kawatra et al., 2002, Effects of bentonite fiber formation in iron ore

- pelletization., International journal of mineral processing, Vol. 65 pp. 141~149
36. S. C. Taylor-Lange et al., 2015, Calcined kaolinite-bentonite clay blends as supplementary cementitious materials, Applied Clay Science, Vol. 108, pp. 84~93
 37. Sarkar, Priyabrata, et al., 2010, Removal of arsenic from drinking water by ferric hydroxide microcapsule-loaded alginate beads in packed adsorption column., Journal of Environmental Science and Health, Part A 45(13) pp. 1750~1757
 38. Shin, Eun-Woo, et al. 2007, Adsorption Behavior of Pb^{2+} Ions on Alginate Beads and Capsules., Korean Chemical Engineering Research, Vol. 45(2), Vol. 166~171
 39. Takei, Takayuki, et al., 2011, Fabrication of poly (vinyl alcohol) hydrogel beads crosslinked using sodium sulfate for microorganism immobilization., Process Biochemistry, Vol. 46(2), pp. 566~571
 40. Tsair-Fuh Lin et al., 2001, Adsorption of Arsenite and Arsenate within Activated Alumina Grains: Equilibrium and Kinetics, Vol. 35(8), pp. 2049~2057
 41. T-C. Lee, N. Tanaka, Patricia W. Lamb, Tona M. Gilmer, J. C. Barrett, 1988, Induction of Gene Amplification by Arsenic, Science, Vol. 24, pp. 79~81
 42. US EPA, 2005, Adsorbent treatment technologies for arsenic removal
 43. X. Yin et al., 2012, Surface charge and wetting characteristics of layered silicate minerals., Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 179~182, pp. 43~50
 44. Xue, Yongjie, Haobo Hou, and Shujing Zhu., 2009, Characteristics and mechanisms of phosphate adsorption onto basic oxygen furnace slag., Journal of Hazardous Materials, Vol. 162(2), pp. 973~980
 45. Y.-h Xu et al., 2002, Adsorption and removal of arsenic(V) from drinking water by aluminum-loaded Shirasu-zeolite., Journal of Hazardous Materials, Vol. 92 pp. 275~287
 46. Yang, Y., et al., 2006, Characteristics and mechanisms of phosphate adsorption on dewatered alum sludge., Separation and Purification Technology, Vol. 51(2), pp. 193~200
 47. Yong, Dong-Hee, Min-Kyung Song, and Hye-Hyun Yoon., 2011, Effects of Sodium Alginate Concentration on Physical and Sensory Characteristics of Persimmon Calcium Alginate Beads., Korean journal of food and cookery science, Vol. 27(5), pp. 497~505
 48. Yun, U., Cho, B. W., and Sung, K. Y., 2004, Occurrence and species of arsenic in the groundwater of Ulsan area, Econ. Environ. Geol., Vol. 37, pp. 657~667
 49. Zhang, Gaosheng, et al., 2007, Preparation and evaluation of a novel Fe - Mn binary oxide adsorbent for effective arsenite removal., Water Research, Vol. 41(9), pp. 1921~1928

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화 지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.