

연구과제명	부산 환경산업체와 연계한 실내공기(감한공간) 질 향상 친환경 흡착제 개발		
연구기간	2023 년 3 월 ~ 2023 년 11 월( 9 개월)		
연구비	30,000 천원		
연구사업 구분	연구분야 및 세부연구분야( 해당사항 1군데 ■표)		
	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리
<input type="checkbox"/> 정책연구 <input type="checkbox"/> 조사연구 <input checked="" type="checkbox"/> 기술개발연구 <input type="checkbox"/> 산학연협력연구 (해당사항 1군데 ■표)	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 수질오염 <input type="checkbox"/> 수질모델 <input type="checkbox"/> 수질관리기타 <input type="checkbox"/> 기타
	자연환경분야	폐기물관리	대기관리
	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input checked="" type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리 <input type="checkbox"/> 기타
	토양지하수오염	기후변화대응분야	기타환경분야
	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염,지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 기타
연구의 목적 및 필요성	○ 연구 배경 및 필요성 - 닫힌 공간에서 희박농도(ppm)의 CO <sub>2</sub> 와 VOCs를 제거함으로 신규 가전 시장 진입이 필요함 (식당, 극장, 교실, 잠수함, 기차 등) - 대형 닫힌 공간의 CO <sub>2</sub> 와 VOCs 동시 제거 필요 - 빌 게이츠는 올해의 10대 혁신기술로 이산화탄소 포집기를 선정(MIT, 2019) - 국내의 경우 기후변화로 인한 미세먼지 문제 가속화 - 기존 CCS(CO <sub>2</sub> 포집 및 저장) 기술의 한계를 극복하고, 심각해지고 있는 미세먼지(VOCs) 문제에 동시에 대응할 수 있는 새로운 기술 개발이 요구됨		

연구의 목적 및  
필요성  
(계속)

자동차 환기 조건별 차내 공기질 변화		
환기 조건	미세 먼지 (PM2.5- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	이산화탄소 (ppm)
 전체 밀폐	35.6	2776
 외기 순환 모드	41.7	2640
 창문 열기	254.1	720

자료=교통안전공단

- 응급재난시스템 (방공호, 방사능오염), 화재, 전복사고의 응급재난시 새로운 호흡연장마스크 개발 등 재난 대응기술개발로 국민생활문제 해결 필요
- 지구 온도 상승 1.5도 미만으로 유지하기 위해서는 네거티브탄소배출 기술이 필요하며 대기 중 직접 이산화탄소 포집(Direct Air Capture, DAC) 기술은 옵션 중 하나
- 국내에 개발된 많은 아민계열 흡수제는 실내에서 사용하기에는 치명적으로 위험할 수 있음

○ 연구의 목적

- 닫힌 공간(식당, 극장, 교실, 잠수함, 선원실 등)에서 증가하는 저농도 CO2를(~2000ppm) 포집하는 흡착제 개발
- 공기중 이산화탄소 포집(~500ppm)이 가능한 폐플라스틱 유래 친환경 흡착제 개발 및 성능 검증

○ 국내외 선행연구 및 동향 기술

- 아주대학교, (주)평화엔지니어링, (주)수도프리미엄엔지니어링에서 “탄소중립형 도로 기술 개발”이라는 과제로 수행하면서 저농도 CO2 포집 기술 개발하였고, 도로에서 CO2 흡수 시서물 개발을 통해 인공나무를 이용한 1Nm3/min규모의 포집장치를 개발함.
- Lackner et al.이 DAC 필요성에 대해 언급한 후, 국내 소수의 대학에서 대기 중 400ppm CO2 처리를 목표로 흡착제(adsorbent) 관련 SCI급 논문 및 국내논문을 발표
- 아주대의 Park et al.이 제올라이트와 활성탄을 이용해 CO2 흡착 및 재생 실험 수행
- 서강대의 Datta et al.이 Microporous coppersilicate (SGU-29)를 이용하여 수분이 함유된 Gas stream (A80, A90)의 조건에서 CO2 흡착 수행
- 고려대의 Lee et al.은 Metal-Organic Framework(MOF) en-Mg2 (en = ethylenediamine)을 흡착제로 사용, CO2 흡착 성능은 4.57 mol/g (25 °C, 1 bar)

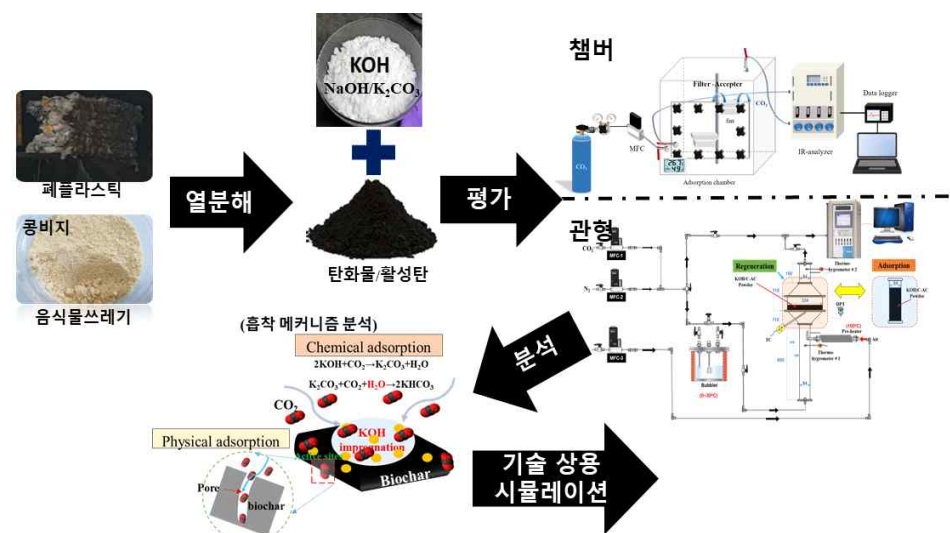
## 주요 연구내용

### ○ 연구 목표

- 폐플라스틱이나 음식쓰레기 열분해 후 남는 탄화물과 알칼리계 메탈을 사용하여 친환경 CO<sub>2</sub> 및 VOCs 흡착제 개발
- 만들어진 흡착제를 활용하여 CO<sub>2</sub> 및 VOCs 저감량 산정
- 향후 적용 가능한 공정 구성 (시뮬레이션)

### ○ 연구의 추진 전략 및 방법

- 폐플라스틱 또는 음식쓰레기 열분해를 통해 얻을 수 있는 탄화물 확보 및 물리적 성능 검증
- KOH 또는 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 또는 NaOH등 알칼리계 금속을 활용하여 흡착제 제조
- 실내공간을 모사한 닫힌 챔버 반응기와 공조시스템을 모사한 관형 반응기를 제작하여 개발된 흡착제 성능을 검증
- CO<sub>2</sub> 흡착 메커니즘을 파악하여 실내공기 질 향상에 적합한 지 검증을 통해 공정 제안



[그림 1] 실험 추진 전략 및 연구 내용

### ○ 주요 연구 내용

#### (폐플라스틱 또는 음식쓰레기 열분해를 통해 탄화물 확보)

- 폐플라스틱 또는 음식쓰레기 열분해 후 열분해유를 수거하고 남는 탄화물 수거
- 높은 수율과 넓은 표면적을 가지는 탄화물 확보하여 공업분석 및 원소분석을 통해 회분과 탄소함량을 파악하여 흡착제로의 역할이 가능한지 검토
- 필요시 화학적 또는 물리적 방법을 이용하여 활성탄 제조

주요 연구내용  
(계속)

**(K계열 알칼리 금속을 활용하여 흡착제 제조)**

- K계열 알칼리 금속은 1세대 CO<sub>2</sub> 포집 소재로 재생시 높은 열이 필요한 단점을 가지고 있어 2세대 소재인 아민류가 개발되어 옴
- 하지만 실내공기 질 향상을 위해 흡착제를 사용하려면 성능보다는 안전성이 중요하고 이에 인체에 안정적인 K계열 소재를 활용하여 개발
- 흡착제로 K계열 반응 메커니즘은 반드시 수분이 필요하고, 실내공기 중 수분과 지지체인 탄화물에서의 수분양을 다르게 하여 최적 CO<sub>2</sub> 흡착능을 얻는 조건을 확보하고자 함
- 개발된 흡착제는 실내공기 내 존재하는 TMA와 포름알데히드 제거 실험에도 적용하여 그 성능을 평가하고자 함

**(흡착제 성능평가 장치 2종에서 성능 검증)**

- 공기청정기는 갇힌 공간에 활용할 수 있고, 이를 모사하는 챔버 형태의 장치에서 CO<sub>2</sub>와 VOCs를 제거하는 실험을 수행하여 흡착 최적 조건을 얻음
- 흡착 조건으로는 공간 내 온도, 습도, 흡착제에 담지된 K계열 금속 등
- 연속적인 대기 순환이 되는 공조시스템을 구현한 관형 반응기를 이용하여 높은 유속조건에서의 CO<sub>2</sub>가 제거되는 실험을 수행하여 공간 내 온도, 습도 조건 이외 유체의 속도 등에 의한 결과를 도출하고자 함

**(CO<sub>2</sub> 및 VOCs 흡착 메커니즘 분석 및 공정 제안)**

- K계열은 CO<sub>2</sub>를 흡착하는데 있어 수분이 필요하고, 그 수분 양이 적절할 때 CO<sub>2</sub>를 최대로 처리할 수 있음
- CO<sub>2</sub>와 달리 VOCs는 주로 비표면적에 의해 결정이 되지만, 가스 성분에 따라 산성, 염기성으로 구분하여 흡착 성능 결과가 도출됨
- CO<sub>2</sub>와 VOCs의 흡착 메커니즘을 다양한 실험조건으로부터 얻고 이를 개선하여 시장에 공급 가능한 소재를 제안
- 흡착제의 성능 및 흡착 조건에 맞는 흡착 공정을 제안하여 향후 필요한 대책 연구 사업이나 기업에 관련 내용 제안

주요 연구내용 (계속)	<div>○ 연구결과의 기대 및 파급효과</div> <div><div>- 대형 CO2 배출원에 적용 가능한 CCS기술과 별개로 대기에서 CO2를 포집할 수 있어, 전 세계 연간 ~120톤 CO2를 제거 가능한 기술로 역할(NASEM Report, 2018.10)</div><div>- 가정용 공기청정기에 CO2와 VOCs가 동시 제거가 된다면 갇힌 공간인 식당, 선박, 잠수함, 차량, 교실 등 다양한 장소에 적용하면 초기 시장 제품으로 진출 가능</div><div>- 필터를 개발 공급하는 부산시 강서구내 중소기업체에 기술이전을 통해 대기업(eg. LG)에 경쟁력 있는 물품 공급 가능</div></div>						
연구성과 활용방안	<div>○ 연구성과 지표 및 목표</div> <div><table><tr><th>성과 지표 및 목표</th></tr><tr><td>1. K계열 금속이 담지된 흡착제 흡착능 &gt; 5wt.%</td></tr><tr><td>2. CO2 2000ppm 또는 500ppm 조건에서 50% 이상 제거 VOC (TMA 또는 포름알데하이드) 90% 이상 제거</td></tr><tr><td>3. SCIE 논문 1편 투고</td></tr></table></div> <div>○ 연구 성과 활용내용(계획)</div> <div><table><tr><th>활용내용(계획)</th></tr><tr><td><div><div>- 식당, 선박, 잠수함, 교실 등 갇힌 공간이 많은 장소에서 실내 공기정화장치 개발이 필요한 곳</div><div>- LG 공기청정기 등 필터 사업을 하는 중소기업체 (부산시 강서구에 위치한 (주)프리폴)</div><div>- 공조시스템을 통해서 공기정화(CO2 및 VOC) 사업</div></div></td></tr></table></div>	성과 지표 및 목표	1. K계열 금속이 담지된 흡착제 흡착능 > 5wt.%	2. CO2 2000ppm 또는 500ppm 조건에서 50% 이상 제거 VOC (TMA 또는 포름알데하이드) 90% 이상 제거	3. SCIE 논문 1편 투고	활용내용(계획)	<div><div>- 식당, 선박, 잠수함, 교실 등 갇힌 공간이 많은 장소에서 실내 공기정화장치 개발이 필요한 곳</div><div>- LG 공기청정기 등 필터 사업을 하는 중소기업체 (부산시 강서구에 위치한 (주)프리폴)</div><div>- 공조시스템을 통해서 공기정화(CO2 및 VOC) 사업</div></div>
성과 지표 및 목표							
1. K계열 금속이 담지된 흡착제 흡착능 > 5wt.%							
2. CO2 2000ppm 또는 500ppm 조건에서 50% 이상 제거 VOC (TMA 또는 포름알데하이드) 90% 이상 제거							
3. SCIE 논문 1편 투고							
활용내용(계획)							
<div><div>- 식당, 선박, 잠수함, 교실 등 갇힌 공간이 많은 장소에서 실내 공기정화장치 개발이 필요한 곳</div><div>- LG 공기청정기 등 필터 사업을 하는 중소기업체 (부산시 강서구에 위치한 (주)프리폴)</div><div>- 공조시스템을 통해서 공기정화(CO2 및 VOC) 사업</div></div>							