

# 2021년 제조분야 온실가스 미세먼지 동시저감 기술개발 RFP 리스트

## □ 과제 리스트 9개

구분	순서	지원 유형	기획 과제명
중대형 (통합형)	1	A-1	산업용 보일러 지능형 상시 제어와 열회수 극대화 기술개발
	2	A-2	반도체·디스플레이 공정 가스 배출저감을 위한 스마트 제어형 POU 스크러버 개발
	3	A-3	석유화학공정 휘발성유기화합물의 촉매연소와 동적 시뮬레이션 기반 공정효율 최적화 기술개발
	4	A-4	다종의 가스상 미세먼지 원인물질을 제거하는 일체형 촉매 개발
	5	A-5	예열연소 부하를 절감하는 배열회수 열에너지저장 시스템 개발
소형 (일반형)	6	B-1	소형 산업용 보일러 저공해 예혼합 연소 및 고효율 운전기술 개발
	7	B-2	공업로 내부 운전상태 상시 진단을 위한 실시간 모니터링 기술개발
	8	B-2	미세먼지 전구체 동시 저감용 가변적 Passive SCR 기술 개발
	9	B-3	냉난방기(GHP; Gas Heat Pump) 대기오염물질 동시저감 시스템 개발

관리번호	2021-청정생산-A-01-01	산업 기술 분류	중분류 I		중분류 II																															
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계 시스템		-																															
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																																			
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																																			
과제명	산업용 보일러 지능형 상시 제어와 열회수 극대화 기술개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 7단계)	품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부 호																														
			X	X	X	X	X	X	X	X																										
<b>1. 개념 및 정의</b>																																				
<p>○ 실시간 정밀진단-AI 지능형 상시운전제어 기반 산업용 보일러 친환경 고효율화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업용 보일러의 운전제어 지능화*를 통해 질소산화물, 미연 탄화수소의 생성을 상시 억제하면서, 동시에 열회수* 극대화를 통해 온실가스를 감축할 수 있는 융합 기술의 개발</li> </ul> <p>* 데이터 기반 가상센서 머신러닝 알고리즘을 통한 실시간 운전제어 지능화 및 잠열회수 증대를 통한 열회수율 극대화</p>																																				
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																																				
<p><input type="checkbox"/> 최종 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 변동 진단 - 예측 기반 지능형 친환경 초고효율 산업용 보일러 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 정밀 진단 및 성능 해석 기술 개발</li> <li>- 지능형 상시 최적 운전제어 기술 개발</li> <li>- 고효율 집적 잠열회수 열교환기 개발</li> <li>- 현장 실증 및 보일러 형식 별 적용 방안 확보</li> </ul> </li> </ul> <p>○ 정량적 목표</p>																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성목표</th> <th>국내최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>연소기 NOx 성능 변동성<sup>1)</sup></td> <td>%</td> <td>&lt; 10</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>화염 반응 진단 (활성 라디칼 측정) 정밀도<sup>2)</sup></td> <td>%</td> <td>&gt; 90</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>보일러 시스템 효율</td> <td>%</td> <td>&gt; 93</td> <td>90</td> <td>92 (벨기에, Bekaert)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>가상센서 오차율</td> <td>%</td> <td>&lt; 10</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>							핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1	연소기 NOx 성능 변동성 <sup>1)</sup>	%	< 10	-	-	2	화염 반응 진단 (활성 라디칼 측정) 정밀도 <sup>2)</sup>	%	> 90	-	-	3	보일러 시스템 효율	%	> 93	90	92 (벨기에, Bekaert)	4	가상센서 오차율	%	< 10	-	-
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																															
1	연소기 NOx 성능 변동성 <sup>1)</sup>	%	< 10	-	-																															
2	화염 반응 진단 (활성 라디칼 측정) 정밀도 <sup>2)</sup>	%	> 90	-	-																															
3	보일러 시스템 효율	%	> 93	90	92 (벨기에, Bekaert)																															
4	가상센서 오차율	%	< 10	-	-																															
<p>1) 시스템 열부하 변동 및 기동간, 외부환경 변동 포함 전 운전조건 포함</p> <p>2) 화염 내 연소반응 주 활성라디칼 농도 측정 기반 정밀 진단</p>																																				

□ 개발 내용

■ 1단계(3년) 지원범위

- 산업용 보일러 실시간 정밀 진단 기술개발
  - 보일러 내부 운전조건 및 외부 환경변화를 고려한 성능 진단
  - 레이저 기반 실시간 화염 반응 정밀 진단 및 센서 정보 연계 빅데이터화.
- 가상센서를 이용한 산업용 보일러 상시 최적화 기술개발
  - 머신러닝 알고리즘 기반 가상센서 구축
  - 효율/친환경적 지능형 운전제어 알고리즘 확보
- 보일러 내부 통합 해석 시뮬레이션 기술개발
  - 보일러 내부 연소해석 및 시뮬레이션
  - 연소가스 유동 및 열전달 해석
- 고효율 잠열회수 열교환 기술개발
  - 고효율 고집적 조립형 열교환기
  - 멤브레인 잠열회수 열교환기

■ 2단계(2년) 지원범위

- 지능형 운전제어 알고리즘 최적화 개발
  - 현장 운전 조건 가상센서 적용 및 알고리즘 최적화
  - 다양한 형식의 보일러 적용을 위한 해석 시뮬레이터 확보
- 보일러 연계 시스템 구축
  - H/W, S/W 간 보일러 연계 기술 확보
  - 운전 부하 변동 대응 잠열 회수 성능 유지
- 지능형 산업용 보일러 현장실증
  - 현장 실증 및 가상센서 성능 검증
  - 시뮬레이터 Validation 및 최적화
  - 성과 확산을 위한 보일러 형식 별 적용 방안 확보, 경제성 평가

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	레이저 기반 실시간 정밀 진단	7	실시간 정밀 진단 장치	현장 조건
2	지능형 운전제어 알고리즘	7	운전제어 S/W	현장 조건
3	보일러 내부 시뮬레이터	7	시뮬레이터 S/W	Pilot scale 테스트베드
4	잠열회수 열교환 성능	7	잠열회수 열교환기	현장 조건

### 3. 국내외 기술 동향

#### ○ 국내 기술 동향

- 4차 산업혁명의 발달로 제조업, 발전업 등을 중심으로 가상센서, 디지털 트윈 기반의 시스템 지능형 제어가 개발되고 있으나, 산업용 보일러 산업은 설비관리 모니터링, 배기가스 스마트 센서 등의 개발단계로 아직 본격적인 4차 산업혁명 기술 개발은 시도되지 못함
- 산업용 보일러 열교환 기술의 발전으로 현재 국내의 보일러 효율은 높은 수준(89~90%)이며, 잠열 회수율 증대를 통해 한계 극복이 필요함
- 국내 산업용 보일러 연소기 개발은 정출연(KITECH, KIER, KIMM 등) 및 산업계(S사, B사)를 중심으로 2000년 이후 20년간 약 30여개의 정부지원 과제가 진행되었으며, 현재 세계 최고수준\*의 연소기 원천기술 보유 중  
\* S사, B사 등 연소기/보일러 기업에서 NOx 배출량 최저 8~9ppm 수준의 연소기 제품 보유
- 환경규제 강화로 기동간 및 운전조건 변동에 대한 친환경 성능 유지 요구가 증대되고 있어, 시스템 최적 연계 및 진단, 제어 기술의 중요성이 강조되고 있음.

#### ○ 국외 기술 동향

- 발전 분야를 중심으로 GE의 Digital Twin 개념을 적용한 지능형 최적 운전 제어 기술 개발 추진 중
- 난측, 고변동성의 화염 실시간 분석과 환경 변동 영향 분석을 위한 TDLAS 개발로, 발전용 보일러 제어 및 엔진 개발 등을 중심으로 기술 적용 중
- GTI(미국)에서는 Super boiler Project를 통해 멤브레인을 이용한 산업용 보일러잠열 회수용 열교환기를 개발하고 실증 운전에 성공함

### 4. 지원 필요성

#### □ 기술적 지원 필요성

##### ○ 보일러 분야 환경규제 대응 시급

- 업계에서는 수치적 규제 강화를 중심으로 대응하고 있었으나, 최근 기동초기 및 저부하 조건에 대한 규제 예고로 관련 대응 기술이 시급히 요구되고 있음

##### ○ 한계 극복을 위한 융합 기술 적용 필요

- 4차 산업혁명 적응을 위한 AI, 비금속 소재 등 융합기술을 토대로 기존 한계 극복이 필요하며, 전통적 금속 기계장치 분야인 업계 특성 상 직접 개발은 어려워, 정부 및 학·연의 지원이 필요함.

#### □ 경제적 지원 필요성

##### ○ 국내 산업의 공통 설비

- 산업용 보일러는 모든 산업현장에 필수적인 공통설비로 에너지·환경 영향성이 크지만, 사용기한이 길어 변화가 적고 수익률이 낮아 자체 개발이 어려움.
- 질소산화물 등 배출 부담금 완화로 기업에 직접적 경제효과 유발이 가능함.

#### □ 정부/정책적 지원 필요성

##### ○ 그린 뉴딜 기술 적용 필요

- 열회수 효율 향상 및 친환경 기술은 온실가스, 미세먼지 저감 효과가 있으므로 그린 뉴딜 중 녹색산업 5대분야(청정 대기) 육성과 관련이 있음
- 신 기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축 및 미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성을 위한 제조업 분야의 온실가스와 미세먼지 감축 중요
- 제7차 산업기술혁신계획 “청정생산”
  - 미세먼지 감축 공정기술 개발 등 설계·공정·제품·서비스 친환경화
- 본 기술은 지능형 상시제어를 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

## 5. 활용방안 및 기대효과

### 활용방안

- 신규 보일러 직접 적용을 통한 지능형 고효율 저공해 보일러 보급 및 운용 중 보일러 일부 개장을 통한 적용으로 연료비 절감, 친환경 동시 달성에 활용
- 흡수식 냉난방기, 가정용 보일러, 기타 특수 연소시스템 등 유사분야 지능형 진단, 제어에 활용

### 기술적 기대효과

- 산업환경 분야 4차 산업혁명 기술 적용으로 융복합적 기술확산 기대
- 국내 기반이 약한 측정, 진단기술 분야 발전에 기여 가능

### 경제적 기대효과

- 국내 산업용 연소설비 약 50,000대 가동 중, 전세계 산업용 보일러 시장 6조원 규모 매년 5% 이상 성장 중으로 기반설비 유망기술 확보는 장기적 경제효과 유발 가능
- 그린 뉴딜 사업의 핵심 분야 중 하나로 국산 기술 확산 뿐아니라 연료비 절감, 환경비용 절감 등 2차 경제적 효과 유발 기대

### 기타 사회·문화적 측면의 기대효과 및 파급효과

- 보일러 분야 환경오염 기여에 관한 이미지 제고 및 청정산업화
- 전통적 보일러 분야 혁신 기술 적용을 통한 유사분야 기술혁신 유도

## 6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 5.5억원 이내(총 정부출연금 35억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-A-02-01	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II			
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계 시스템	-			
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음						
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D						
과제명	반도체·디스플레이 공정 가스 배출저감을 위한 스마트 제어형 POU 스크러버 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 7단계)		품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부호
				X X	X X	X X	X X X X
<b>1. 개념 및 정의</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지 사용량을 절감하면서 온실가스 물질인 N<sub>2</sub>O 및 NF<sub>3</sub>를 효과적으로 파괴할 수 있으며 NO<sub>x</sub>등의 미세먼지 배출이 적은 처리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 높은 분해 처리효율 및 에너지사용량 절감을 위한 연소기술과 분해과정 중 발생, 배출되는 NO<sub>x</sub> 및 산성가스를 흡수 처리하고 이를 재생하는 기술개발</li> <li>- 분해 처리 대상물과 배출물의 정밀 실시간 측정기술 개발 및 시스템 적용을 통한 Smart 제어기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 반도체 및 디스플레이 제조공정 중 CVD(Chemical Vapor Deposition)공정에서 GWP가 매우 높은 N<sub>2</sub>O(GWO 310), NF<sub>3</sub>(17,200) 온실가스들과 폭발성이 높은 SiH<sub>4</sub>가 사용되고 배출됨</li> <li>* 사용되는 공정가스를 안전하게 분해하기 위해 열원으로 LNG를 사용하여 열 소각하고 소각후 발생하는 HF, SiO<sub>2</sub>등의 부산물을 처리하는 시스템이 연소식 POU 스크러버임</li> <li>* 이들 공정가스의 처리 중 다량의 SiO<sub>2</sub>입자 및 미세먼지 전구체인 NO<sub>x</sub> 다량 발생</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>							
<b>2. 연구목표 및 내용</b>							
<input type="checkbox"/> 최종 목표							
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 반도체 및 디스플레이 공정 배출저감을 위한 스마트 제어형 POU 스크러버 개발 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지능형 통합 POU 스크러버 시스템 구축 및 실증</li> <li>- POU 스크러버용 고효율 저공해 초과엔탈피 연소기 개발</li> <li>- 고성능 산성가스(HF 등), NO<sub>x</sub> 흡수 처리 및 재생기술 개발</li> <li>- 실증 적용을 위한 정밀 광계측 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>							
<input type="checkbox"/> 정량적 목표							
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)		
1	처리용량	LPM	반도체 : 500 디스플레이 : 1,500	300 1,000	1,000 (영국, Edward)		
2	공정가스 처리효율 DRE	%	N <sub>2</sub> O : 80% NF <sub>3</sub> : 98% SiH <sub>4</sub> : 99%	N <sub>2</sub> O : 50% NF <sub>3</sub> : 95% SiH <sub>4</sub> : 99%	N <sub>2</sub> O : 80% NF <sub>3</sub> : 98% SiH <sub>4</sub> : 99%		

					(영국, Edward)
3	NOx 배출	ppm	반도체 : 15 디스플레이 : 100	반도체 : 20	반도체 : 20 디스플레이 : 150 (영국, Edward)
4	가스 측정오차율	%	≤ 3	≤ 5	≤ 5 (노르웨이, NEO monitors)
5	에너지(LNG) 사용량 <sup>1)</sup>	LPM	반도체: 35 디스플레이 :110	반도체 : 35 디스플레이 : 111	-
6	HF 배출량	ppm	≤2	≤5	≤5 (영국, Edward)

<sup>1)</sup> 대상가스 처리효율을 기존 대비 증가시키며 국내 최고 수준 유지

□ 개발 내용

■ 1단계(3년) 지원범위

- 지능형 통합 스크러버 시스템 구축
  - 대상 공정 상세 분석
  - 지능형 시스템 상세 설계
  - 세부기술 통합 PFD 및 P&ID 설계 및 시스템 제작
  - 실증 사이트 선정
    - \* N<sub>2</sub>O, NF<sub>3</sub>, SiH<sub>4</sub> 저감 및 처리용 스크러버
- POU 스크러버용 고효율 저공해 초과엔탈피 연소기 개발
  - 저공해 고효율 초과엔탈피 연소기 및 반응기 설계 및 제작
  - 운전 성능실험 및 성능평가
- 고성능 산성가스(HF 등), NO<sub>x</sub> 흡수 처리 및 재생기술 개발
  - 최적 NO<sub>x</sub> 직접 흡수제 및 재생시스템 개발
  - 처리 농도별 운전조건 도출
- 실증 적용을 위한 정밀 광계측 시스템 개발
  - TDLAS를 이용한 N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> 가스 정밀 실시간 측정기술 개발
  - 온도 및 농도별 실증 적용을 위한 측정 데이터베이스 확보

■ 2단계(2년) 지원범위

- 각 요소기술 시스템 연계 및 성능 최적화
  - 연소기, 습식처리장치(산성가스, NO<sub>x</sub>), 광계측 시스템 연계를 통한 통합스크러버시스템 성능 최적화
  - 대기오염원 저감을 위한 시스템 성능 확보
- 지능형 통합 스크러버 시스템 현장실증
  - 개발시스템 현장 실증 및 성능 검증
  - 스크러버, 연소기 등 조건별 데이터 베이스 구축

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	지능형 통합스크러버 설계기술	7	POU형 연소식 스크러버	현장기준
2	초과엔탈피연소기술	7		
3	NOx 흡수처리기술	7		
4	정밀광계측시스템	7		

3. 국내외 기술 동향

- 중소기업 중심의 국내 처리기술 개발하고 있으나 난분해성 온실가스의 처리효율 증가, 에너지사용량 절감, 배출기준 강화, 대용량화 등의 복합적인 기술 수요에 대응하기 어려움
  - 국가 주도 R&D 사업이 N<sub>2</sub>O 및 불화가스 처리 저감 분야에 꾸준히 진행되고 있으나 기술 주기가 매우 짧고 보수적인 현장 상황에 대응하기 어려워 난항을 겪고 있음
  - 최근 5년간 난분해성 온실가스의 분해처리를 위한 저감 기술개발이 국가연구개발을 통해 이루어졌으나 분해효율 증가와 미세먼지 전구체인 NOX 배출을 동시에 저감하기 위한 기술은 개발된 바 없음
  - 국내는 반도체 및 디스플레이 제조의 대기업 요구에 맞춰 중소기업을 중심으로 난분해성가스 (N<sub>2</sub>O, PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> 등의) 배출저감 기술 개발 진행
  - 중소기업 중심의 기술 개발로 인해 에너지 절감, 배출기준 강화, 대형화 등의 복합적인 기술 수요에 탄력적으로 대응하기 어려운 구조
  - 2021년 통합처리가 어려운 기존 생산라인에 설치된 소용량 처리설비(POU형)의 처리효율 증대를 위한 개선 진행 중이며, 특히 NOX 저감에 대한 요구 절실
  
- 정밀 광계측 시스템 및 지능형 통합운전 방법 개발
  - 정밀 실시간 측정 방식으로 레이저 측정기가 주목받고 있지만, 대부분 국외에서 수입
  - 현재 In-situ 측정기 대부분은 TDLAS 방식으로, 국내에는 발전소를 중심으로 수입하여 보급
  - 처리대상 및 배출가스의 실시간 계측을 통한 지능형 능동 제어 시스템은 POU 스크러버에는 보급이 전무함

4. 지원 필요성

□ 기술적 지원필요성

- 처리기술 적용 한계
  - 반도체 및 디스플레이 제조 공정 특성 때문에 촉매 피독 내구성 등의 문제로 N<sub>2</sub>O 분해처리를 위해 촉매 분해기술 적용이 어려운 실정
  - N<sub>2</sub>O 산화 처리 시 다량의 NO<sub>x</sub>가 발생하고 OLED 공정 상 유기물들이 배출되고 소각 처리 시 소량의 CO등 Unburned Hydrocarbon등이 함께 배출되어 이들을 동시에 처리할 수 있는 기술이 필요함



경제적 지원 필요성

○ 중소기업 중점 업종

- 반도체/디스플레이 생산은 대기업이지만, 대기환경처리는 중소기업 중심의 업종, 선진국 수준의 혁신적인 제품을 위해서는 산학연 연계 연구 지원이 필수적임.

정부/정책적 지원 필요성

○ 그린 뉴딜 기술 적용 필요

- 반도체/디스플레이 공정에서 발생하는 온실가스 와 미세먼지 저감 기술은 주력 제조업 녹색전환에 해당하여, 그린 뉴딜과 연관성이 높음

○ 본 기술은 스마트 제어형 통합 스크러버 시스템 개발을 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

**5. 활용방안 및 기대효과**

활용방안

- 국내외 반도체/디스플레이제조업에 적용하여 온실가스 및 미세먼지 배출저감에 활용
- 유사 공정인 태양광패널 제조업에도 확대 적용가능

기술적 기대효과

- 온실가스 미세먼지 공정가스 배출저감 스마트형 POU 스크러버 기술력 향상
- 실시간 모니터링과 POU 스크러버 기술 결합으로 4차 산업혁명 관련 기술 기대
- 국내 기술력 향상으로 국외시장 스크러버 기술 선도 가능

경제적 기대효과

- 반도체/디스플레이 제조업의 대기환경 배출부과금 저감
- 스마트형 POU 스크러버 국산화로 경제적 이익 및 신사업 창출
- 해당 기술의 전문가 인력 양성이 필수적이며, 이에 따른 고용창출 효과 예상

**6. 지원기간/예산/추진체계**

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 5.5억원 이내(총 정부출연금 35억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-A-03-01	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II																																	
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		화학공정	에너지/환경기계시스템																																	
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																																				
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																																				
과제명	<b>석유화학공정 휘발성유기화합물의 축매연소와 동적 시뮬레이션 기반 공정효율 최적화 기술개발</b> (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)		<b>품목코드 (HSK10)</b>	류	호	소호	통계부호																														
				X X	X X	X X	X X X X																														
<b>1. 개념 및 정의</b>																																					
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 석유화학공정에서 발생하는 VOCs를 축매연소를 통해 제거하며, 동시에 수반된 열의 효과적인 활용을 위해 동적시뮬레이션을 통한 공정최적화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>* 동적시뮬레이션을 통해 다양한 독립변수들의 영향에 따른 효율적인 운전제어 기술 개발하며, 효과적인 열을 활용함으로써 미세먼지와 온실가스 저감량을 산정함</li> </ul> </li> </ul>																																					
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																																					
<input type="checkbox"/> 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 석유화학공정에서 배출되는 휘발성유기화합물의 축매연소 공정 실증 및 수반된 열을 적용하여 동적시뮬레이션을 통한 공정최적화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 휘발성유기화합물 산화처리를 위한 저온용 축매연소 및 반응기 개발</li> <li>- 휘발성유기화합물 산화처리를 위한 파일럿 실증</li> <li>- 동적 공정모사를 위한 엔지니어링 자료 확보</li> <li>- 축매연소 공정에서 수반된 열을 활용한 상용플랜트 최적화를 위한 동적공정모사</li> </ul> </li> </ul>																																					
○ 정량적 목표																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성목표</th> <th>국내최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>축매연소 시동온도</td> <td>℃</td> <td>≤ 250</td> <td>250</td> <td>250 (독일/BASF)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>축매연소공정 공간속도</td> <td>h<sup>-1</sup></td> <td>≥ 10,000</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>VOCs 제거율<sup>1)</sup></td> <td>%</td> <td>≥ 90</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>축매연소공정 실증규모</td> <td>Nm<sup>3</sup>/h</td> <td>≥ 50</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>								핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1	축매연소 시동온도	℃	≤ 250	250	250 (독일/BASF)	2	축매연소공정 공간속도	h <sup>-1</sup>	≥ 10,000	-	-	3	VOCs 제거율 <sup>1)</sup>	%	≥ 90	-	-	4	축매연소공정 실증규모	Nm <sup>3</sup> /h	≥ 50	-	-
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																																
1	축매연소 시동온도	℃	≤ 250	250	250 (독일/BASF)																																
2	축매연소공정 공간속도	h <sup>-1</sup>	≥ 10,000	-	-																																
3	VOCs 제거율 <sup>1)</sup>	%	≥ 90	-	-																																
4	축매연소공정 실증규모	Nm <sup>3</sup> /h	≥ 50	-	-																																
<sup>1)</sup> VOCs 제거율은 공간속도 10,000 h <sup>-1</sup> 이상, 250℃ 이하에서 측정된 제거율																																					

□ 개발 내용

■ 1단계(3년) 지원범위

- 휘발성유기화합물 산화처리를 위한 저온용 연소촉매 및 반응기 개발
  - 저온에서 운전이 가능한 연소촉매 최적화 및 대량생산 기술 개발
  - 촉매연소 반응기 설계 및 운영기술 개발
- 휘발성유기화합물 산화처리를 위한 파일럿 구축
  - 50 Nm<sup>3</sup>/h급 이상의 휘발성유기화합물 연소용 실증설비 설계 및 구축
  - 상용공정과 연계를 통한 실증 테스트
  - 휘발성유기화합물 연소용 실증설비에 대한 동적모사 적용
- 동적 공정모사를 위한 엔지니어링 자료 확보
  - 동적 공정모사를 위한 휘발성유기화합물들의 열역학적 자료 구축
  - 상용플랜트의 공정설계를 위한 동적 공정모사 초안 작성

■ 2단계(2년) 지원범위

- 휘발성유기화합물 산화처리를 위한 파일럿 실증 운전 최적화
  - 50 Nm<sup>3</sup>/h급 이상의 휘발성유기화합물 연소용 실증설비의 운전최적화
  - 실증설비 운전 최적화 및 이의 결과를 통한 상용급 설계인자 도출
- 동적 공정모사를 위한 엔지니어링 자료 활용
  - 동적 공정모사를 통한 상용플랜트의 공정설계
- 촉매연소 공정에서 수반된 열을 활용한 상용플랜트 최적화를 위한 동적공정모사
  - 상용플랜트(수요기업)에 촉매연소 공정에서 수반된 열을 기존 화학공정에 활용하기 위한 동적 공정모사와 기존 상용공정에 적용시 발생하는 영향 분석을 통해 공정최적화
  - 상용급 최적화된 공정설계 자료 확보
  - 상용급 최적공정의 미세먼지 저감량 산정 및 경제성분석

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	연소용 저온촉매	7	시제품	현장 조건
2	촉매연소공정 실증	7	실증설비	Pilot scale test-bed
3	동적공정모사 시뮬레이터	7	시뮬레이터 S/W	현장 조건

3. 국내외 기술 동향

- 국내 기술 동향
  - 국내 VOC 처리기업은 T사, D사, K사, E사, D사 등이며, 국내 촉매개발 기업은 N사, H사, S사, O사 등임

- 일부 석유화학 사업장에서는 미세먼지 저감을 위해 휘발성유기화합물의 회수장치 구축이나 Flaring 후단에 RCO 또는 RTO 장치를 사용하고 있음
  - 휘발성유기화합물의 농도가 낮은 경우 에너지 소비량 절감 및 고효율을 위한 연구가 수행되었으나 국내 기술 수준이 낮아 사업화 필요
  - 휘발성유기화합물을 처리시 수반된 열의 활용에 대한 연구 사례는 전무함
- 국외 기술 동향
- 해외 VOC 처리기업은 Met Pro(미국), Durr(독일), Megatec, Hitach(일본), Anguil(미국), Munters(스웨덴) 등이고, 해외 촉매개발 기업은 BASF Catalyst(미국), Sachem(미국), Carbotech(독일) 등 존재
  - 휘발성유기화합물 처리를 위한 흡·탈착 소재와 공정기술 분야의 경우 고비표면적 활성탄 및 활성탄소 소재개발 및 상용화 단계
  - 휘발성유기화합물의 제거기술은 화학 산업이 우수한 독일 회사들의 원천기술이 우수하였으나, 공정기술 개발이 어렵지 않고 사업규모도 크지 않아 현재 휘발성유기화합물 제거기술에 대하여 미국은 MACT 규제기준에 의한 기술개발 유도, EU는 배출허용기준 또는 가이드라인 설정에 의한 달성 기술 개발 중으로 전 세계적으로 중소기업들이 기술 확보하여 사업 수행중
  - 에너지를 회수할 수 있는 방안으로 RTO, RCO등 회수/소각 방법을 이용한 에너지 재순환 방식을 활용한 기술개발에만 초점이 맞추어져 있어 생산된 에너지(주로, 열 교환에 의한 스팀생산)의 활용방안 부재

#### 4. 지원 필요성

##### □ 기술적 지원필요성

- RTO은 연소열을 95%이상 회수가 가능하고 운전비용이 저렴한 장점을 가지고 있지만, 미처리된 가스의 유출과 초기 투자비가 높은 단점이 있음
- 한편, 휘발성유기화합물의 효율적인 처리 및 수반된 열의 활용을 위해 촉매연소 공정이 우수하나, Pt계열의 귀금속 기반으로 제조되고 있어 귀금속 성분의 최소화를 통한 가격경쟁력 향상과 저온가동이 가능한 촉매연소 공정개발이 필요함

##### □ 경제적 지원필요성

- 기술개발을 통한 에너지 신산업 활성화와 중소기업 경쟁력 강화를 통한 고용창출 효과기대
- 촉매, 연소기 및 동적시물레이션 S/W 등에 대한 라이선스 확보를 통해 국내 및 글로벌 시장에 진입필요

##### □ 정부/정책적 지원필요성

- 그린 뉴딜 기술 적용 필요
  - VOCs 저감 기술개발은 온실가스, 미세먼지 저감 효과가 있으므로 그린 뉴딜 중 녹색산업 5대분야(청정 대기) 육성에 해당함
- 2018년 환경부에서는 “미세먼지 다량배출사업장 배출허용기준 최대 2배 강화”를 보도하였음
- 휘발성유기화합물(VOCs) 배출허용기준 적용 시설 확대와 석유제품 등 저장시설에 대한 누출 확인 제도 시행 및 지도·강화 (기존 도장·인쇄시설→석유·화학물질 저장·세정·

건조시설 추가("20.1월 시행))

- 본 기술은 휘발성유기화합물 산화처리를 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

## 5. 활용방안 및 기대효과

### □ 활용방안

- 정유사나 석유화학관련 산업에서 휘발성유기화합물을 생산, 저장, 이송 등을 수행하는 사업장에 적용이 가능함
- 도장·인쇄시설 및 석유·화학물질 저장·세정·건조시설 등 매우 다양하며, 국내시장 규모는 약 3~5조원으로 년 5% 이상 성장 중

### □ 기술적 기대효과

- 휘발성유기화합물의 촉매연소공정에서 처리함으로써 미세먼지전구체인 NO<sub>x</sub>가 발생하지 않음
- 촉매연소를 이용한 연소 후 폐열을 ORC(Organic Rankine Cycle)와 연계하여 전력 생산 가능
- 공정시뮬레이션을 통한 기존공정의 사전 영향 분석

### □ 경제적 기대효과

- 기존 석유화학공정의 열에너지 활용 공정최적화를 통한 공정의 효율 개선
- 신규 석유화학분야의 공정 구축시 동적모사를 통해 상세 설계 단계에서 설계변경 최소화, 비용절감 및 공정의 안정성 향상
- 에너지 신산업 활성화와 중소기업 경쟁력 강화를 통한 고용창출 효과 기대됨

## 6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 5.5억원 이내(총 정부출연금 35억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-A-04-01		산업 기술 분류	중분류 I		중분류 II																										
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품			에너지/환경기계 시스템		에너지·환경소재																										
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																															
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																															
과제명	다종의 가스상 미세먼지 원인물질을 제거하는 일체형 촉매 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)			품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부호																								
					X X	X X	X X	X X X X																								
<b>1. 개념 및 정의</b>																																
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가스상 오염물질 동시 저감용 일체형 복합촉매 제조를 통한 후처리 청정 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제조공정에서 배출되는 질소산화물, 암모니아, 일산화탄소 등 2차 생성 미세먼지의 주요 전구물질인 가스상 오염물질을 촉매의 산화/환원 반응을 이용한 저온용 일체형 복합 촉매로 저감하는 기술</li> </ul> </li> </ul>																																
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																																
<input type="checkbox"/> 최종 목표																																
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제철소 소결공정 배출 오염물질(NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>) 저감을 위한 일체형 복합촉매 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 배출오염물질 동시저감 촉매의 효율증대 및 활성온도 최적화 (&lt; 240°C)</li> <li>- 개발촉매 내구성 평가 및 현장 실증용 복합촉매 제조</li> </ul> </li> </ul>																																
<input type="checkbox"/> 정량적 목표																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성 목표</th> <th>국내 최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>질소산화물(NO<sub>x</sub>) 저감</td> <td>%</td> <td>≥ 90</td> <td rowspan="4">동시저감 촉매 개발 사례 전무</td> <td rowspan="4">- 3 in 1 동시저감 촉매 개발사례 없음 - CO 산화촉매 ≥ 99% (독일, BASF) - SCR 촉매 ≥ 90% (중국, Renmin 대학)</td> <td rowspan="4">동시 저감 (240°C)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>일산화탄소(CO) 저감</td> <td>%</td> <td>≥ 85</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td rowspan="2">암모니아 (NH<sub>3</sub>) 저감</td> <td>N<sub>2</sub> 산화 선택도</td> <td>≥ 50</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>NO<sub>x</sub> 산화율</td> <td>≤ 25</td> </tr> </tbody> </table>								핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성 목표	국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	비고	1	질소산화물(NO <sub>x</sub> ) 저감	%	≥ 90	동시저감 촉매 개발 사례 전무	- 3 in 1 동시저감 촉매 개발사례 없음 - CO 산화촉매 ≥ 99% (독일, BASF) - SCR 촉매 ≥ 90% (중국, Renmin 대학)	동시 저감 (240°C)	2	일산화탄소(CO) 저감	%	≥ 85	3	암모니아 (NH <sub>3</sub> ) 저감	N <sub>2</sub> 산화 선택도	≥ 50	4	NO <sub>x</sub> 산화율	≤ 25
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성 목표	국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	비고																										
1	질소산화물(NO <sub>x</sub> ) 저감	%	≥ 90	동시저감 촉매 개발 사례 전무	- 3 in 1 동시저감 촉매 개발사례 없음 - CO 산화촉매 ≥ 99% (독일, BASF) - SCR 촉매 ≥ 90% (중국, Renmin 대학)	동시 저감 (240°C)																										
2	일산화탄소(CO) 저감	%	≥ 85																													
3	암모니아 (NH <sub>3</sub> ) 저감	N <sub>2</sub> 산화 선택도	≥ 50																													
4		NO <sub>x</sub> 산화율	≤ 25																													
<input type="checkbox"/> 개발 내용																																
<b>■ 1단계(3년) 지원범위</b>																																
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 질소산화물 저감용 Selective Catalytic Reduction (SCR) 촉매 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- SCR 촉매 저온 활성화 및 질소산화물 저감 성능개선을 통한 N<sub>2</sub>O 생성 억제, NH<sub>3</sub> slip 최소화</li> <li>- 후처리 설비 유지비용 저감을 위한 촉매 반응 온도 조절</li> <li>- 촉매 부반응, 피독 억제 및 활성 증진 조성 확보</li> <li>- 저온용 촉매 조성 설계 및 고효율 고내구성 탈질촉매 제조기술 개발</li> </ul> </li> </ul>																																

- NO<sub>x</sub>-CO-NH<sub>3</sub> 동시저감 복합촉매 제조 기술 개발
  - 오염물질 간 Trade-off 영향성 파악
  - 촉매 조성·함량·결정구조·표면적·형태에 따른 효율 변화
  - 탈질설비 후단의 NH<sub>3</sub> slip 문제 해결이 가능한 NH<sub>3</sub> 산화기능 및 CO 산화기능의 복합촉매 개발 (환경규제 강화에 따른 환원제 사용량 증가 영향 고려)
  - 환원-산화 촉매간 부반응 발생 제어
  - 환원/산화 개발촉매의 scale-up 성형체 제조기술 확보

### ■ 2단계(2년) 지원범위

- NO<sub>x</sub>-CO-NH<sub>3</sub> 동시저감 복합촉매 scale-up 제조 기술 실증
  - 환원/산화 개발촉매의 scale-up 실험상 복합촉매 제조기술 최적화
  - 현장조건 대응 기계적 특성 및 내구성 증진방안 설계
  - 일체형 복합촉매 시스템 설계 및 제작
  - 복합촉매 최적 동시저감 온도범위 설정
- 배출업장내 현장실증 및 동시저감 기술 검증
  - 복합기능을 갖는 실증용 복합촉매 제조기술 확보
  - 오염물질별 동시저감 성능 확인
  - 온도, 수명 등 동시저감 최적 운영조건 확인
  - 촉매 내구성 평가 및 실증전후 활성 평가를 통한 수명 측정

### □ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	분말형 촉매 NO <sub>x</sub> /CO/NH <sub>3</sub> 저감 특성평가	5	분말형 촉매	VGB Guideline
2	1인치 형상촉매 MR 동시저감특성 평가	6	촉매 성형체	VGB Guideline
3	6인치 이상의 실험상 복합촉매 제조기술 확립	7	실험상 복합촉매	VGB Guideline
4	실증시험 <sup>1)</sup>	8	일체형 촉매 시제품	현장 조건

1) 실증현장 배기가스 및 온도 조건

### 3. 국내외 기술 동향

- 국내 기술 동향
  - 국내 대기오염물질 배출규제가 강화됨에 따라 굴뚝자동측정기기(TMS)를 장착한 모든 사업장의 굴뚝에서 배출되는 오염물질 7종(먼지, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, AHCl, HF, CO, NH<sub>3</sub>)의 측정결과를 실시간으로 공개하고 있으며, 오염물질 저감에 대한 관심이 증가하고 있음
  - SCR 탈질촉매에 대한 연구는 2000년대 초반 A사가 monolith 압출촉매를 최초로 국산화에 성공하였으며, 지속적인 연구개발로 2014년 Plate형 촉매 국산화와 2018년 Hexagonal형 적층형 촉매를 개발함에 따라 선진국과의 격차를 지속적으로 좁히고 있는 현황임
  - B사도 한국전력기술과의 연구개발을 통하여 2007년 corrugated형 촉매의 국산화에

성공하였으며, 현재 corrugated형 촉매와 Plate형 촉매 2종의 제조기술을 확보하고 있으며, C사는 monolith 압출촉매를 D사와 E사는 세라믹 담체와 금속담체에 촉매 물질을 코팅한 코팅촉매를 국산화하여 제조하고 있음

- 산화촉매는 디젤엔진 적용처를 중심으로 DOC (Diesel Oxidation Catalyst), ASC (Ammonia Slip Catalyst) 등이 개발되어 사용되고 있음. 비귀금속계 촉매 연구도 진행 중이지만 현재 주로 귀금속계 촉매가 사용됨에 따라 상용촉매로는 이동원으로 국한되어 사용되고 있으며 고정오염원에서의 적용사례는 전무함
- 국내 동시저감 관련 연구는 먼지, NO<sub>x</sub> 제거를 위한 고온 여과필터를 기반으로 다수의 연구 과제가 수행되었지만, 상용화되어 제품화된 사례는 없는 실정임

#### ○ 국외 기술 동향

- 미국, 일본, 유럽 등 선진국의 대기환경설비 시장은 이미 탈황, 탈질 및 입자상 물질들의 제거 기술이 확보되었고, 기술의 성숙 단계를 나타내며 최근 중국 기업이 높은 성장세를 보임
- 유럽의 경우, 주로 독일권역의 업체가 대다수 이며, Johnson Matthey (영국), IBIDEN Ceram GmbH (오스트리아) 등이 있고, 덴마크의 HALDOR TOPSE (덴마크)는 동시저감용 세라믹 필터를 개발하여 판매중이지만, 세라믹 필터는 단가, 작동 온도 및 취급시 어려움으로 인해 적용 시 많은 제약이 따름
- Johnson Matthey의 CRT 매연여과장치, BASF (독일, 구 Engelhard)의 DPX 등 산화 촉매가 개발되었지만 자동차용으로만 사용되고 있음

## 4. 지원 필요성

### □ 기술적 지원 필요성

- 제철소 소결로 배출오염물질로는 NO<sub>x</sub>, 다량의 CO (약 1% 내외), 미반응 NH<sub>3</sub> 등이 있음
  - 일산화탄소는 주로 산화촉매를 이용하여 CO<sub>2</sub>로 전환하여 포집함
  - 현재, 제철소 후처리공정설비 중 CO 제거설비는 존재하지 않음에 따라, 대기 중으로 방출하는 실정 (현, 일산화탄소 규제 배출시설에 제철소 미포함. 향후 규제 예상됨)
  - 일산화탄소/암모니아 산화 촉매는 주로, 이동원에서 적용되어 사용되어지고 있으며, 고정원으로서의 적용은 연구만 진행될 뿐 상용 사례가 전무함
- 대기오염물질 동시 저감용 일체형 복합촉매 개발
  - 대기오염물질 배출규제가 강화됨에 따라, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>와 같은 미세먼지 전구물질과 CO와 같은 맹독성 기체 저감 장치의 수요가 증가함
  - NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub> 저감 일체형 복합촉매는 기 보유하고 있는 기술을 응용·개발하여 동시저감 촉매를 만드는데 목적을 두고 있으며, 산-학-연 연계를 통해 기술 수준을 향상시켜 시제품 제작 및 성능평가, 실증화까지 진행할 예정으로, 개발될 경우 다양한 배출업종으로의 확장 적용이 가능함



경제적 지원 필요성

○ 중소기업 중점 업종

- 국내 대기오염물질 방지 설비 관련 업체는 9%의 중견·대기업이 80%에 가까운 매출 점유율을 가지며, 중소기업의 비중은 91%에 달하지만 업체당 평균 매출액이 30억원에 불과하여 전체적으로 영세한 수준을 나타내고 있음
- 전세계적으로 성장 가속 중인 세계대기오염물질 방지 설비 시장을 선점하기 위해, 국내외에서 관심을 모으고 있는 오염물질 동시저감 촉매 관련 원천 및 제조 기술 확보를 통한 세계시장 선점이 필수적임

정부/정책적 지원 필요성

○ 그린 뉴딜 기술 적용 필요

- 다종의 가스상 오염물질 제거를 위한 복합 촉매 개발은 온실가스, 미세먼지 저감 효과가 있으므로 그린 뉴딜 중 녹색산업 5대분야(청정 대기) 육성에 해당함

○ 제조분야 대기오염물질 배출 규제 강화

- 2020년 시행 대기오염물질 배출허용기준이 확정 공포됨에 따라, 배출 기준이 30% 이상 강화되며, 특정 대기유해물질 8종 기준이 신설되는 등 지속적으로 오염물질의 배출 기준이 강화되고 있음
- 국내 철강업계는 2차 생성 미세먼지의 전구물질인 오염물질을 다량 배출함에 따라, 미세먼지 주범으로 지목됨
- '22년까지 산업미세먼지 국내 배출량 35% 저감 필요 (질소산화물 100 ppm)
- '20년이후 대기오염 배출 사업장 NOx 배출 부과금 도입 (2,130원/kg)/제철업계 예상 부과금 연간 630억
- 질소산화물 배출부과금제도에 이어 논의 중인 온실가스 배출 부과금 도입에 대한 대응을 위해, CO 저감 촉매의 개발이 필수적임

- 본 기술은 다종의 가스상 오염물질 제거를 위한 복합 촉매 개발을 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

**5. 활용방안 및 기대효과**

활용방안

- 발전소, 시멘트 소결로, 제철소, 소각로, 소규모 사업장 등 고정오염원 및 대형선박, 해양플랜트 등으로의 적용처 확대

기술적 기대효과

- 촉매 물질 합성, 조성 설계 및 일체형 복합촉매 제조, 형상제어 등 환경촉매 제조 기반 기술 제공
- 중소형 사업장 및 다종 가스상 미세먼지 원인물질 배출 업장 후처리설비로의 확대 적용 및 기술 확산 가능
- 대기오염원 제어기술을 통한 대기질 개선 및 신성장동력 저탄소녹색성장 정책 부응

□ 경제적 기대효과

- 질소산화물 배출 부과금 신설에 따른 철강업계 부담 사회경제적 비용 절감 가능
- 저온 동시저감 촉매 개발을 통해 Re-heating 에너지 절감 및 설비 운전 유지비용 감소 효과
- 세계 대기오염 방지설비 시장은 '16년 67,420백만달러에서 '21년 86,833백만달러로 연 5.2% 성장 중으로, 일체형 촉매 제조 기술을 기반으로, 해외 수출기반 확보 및 역량 강화 기대

6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 5.5억원 이내(총 정부출연금 35억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-A-05-01	산업 기술 분류	중분류 I		중분류 II																																
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계 시스템		-																																
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																																				
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																																				
과제명	예열연소 부하를 절감하는 배열회수 열에너지저장 시스템 개발 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)		품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부 호																														
				X X	X X	X X	X X X X																														
<b>1. 개념 및 정의</b>																																					
<p>○ 열에너지저장 기술을 이용한 예열부하 감소와 이를 통한 배출물질 저감</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공정 및 환경설비 운전에서 기동 간 예열을 위한 연소설비 운용으로 인해 배출되는 온실가스와 미세먼지 원인물질의 동시 저감이 가능한 배열 회수열 저장·활용 기술 개발</li> <li>* 잠열물질을 이용한 고밀도 열에너지저장 시스템을 통하여 연소기반 시스템의 예열에 필요한 연소부하를 절감하고, 이를 통해 온실가스와 미세먼지 원인물질을 동시에 저감시키는 기술개발</li> </ul>																																					
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																																					
<input type="checkbox"/> 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공정 및 환경설비 예열연소 부하 절감을 위한 열에너지저장 시스템 기술개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 배열회수, 열에너지저장 및 활용을 위한 공정 해석 기술 개발</li> <li>- 중·고온 잠열물질을 이용한 열에너지저장 시스템 개발</li> <li>- 열에너지저장 시스템 최적운전을 위한 제어 알고리즘 개발</li> <li>- 연소 기반 시설의 현장적용을 통한 실증평가</li> </ul> </li> <li>○ 정량적 목표</li> </ul>																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성목표</th> <th>국내최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>열에너지저장 물질 잠열량</td> <td>J/g</td> <td>170 이상</td> <td>-</td> <td>178 (독일, DLR)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>열에너지저장 물질 잠열온도</td> <td>℃</td> <td>300 이상</td> <td>-</td> <td>306 (독일, DLR)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>열에너지저장 시스템 축열용량</td> <td>Mca 1</td> <td>1,300 이상</td> <td>-</td> <td>1,290 (독일, DLR)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>예열 NOx와 CO<sub>2</sub> 배출 절감율</td> <td>%</td> <td>10</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>								핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1	열에너지저장 물질 잠열량	J/g	170 이상	-	178 (독일, DLR)	2	열에너지저장 물질 잠열온도	℃	300 이상	-	306 (독일, DLR)	3	열에너지저장 시스템 축열용량	Mca 1	1,300 이상	-	1,290 (독일, DLR)	4	예열 NOx와 CO <sub>2</sub> 배출 절감율	%	10	-	-
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																																
1	열에너지저장 물질 잠열량	J/g	170 이상	-	178 (독일, DLR)																																
2	열에너지저장 물질 잠열온도	℃	300 이상	-	306 (독일, DLR)																																
3	열에너지저장 시스템 축열용량	Mca 1	1,300 이상	-	1,290 (독일, DLR)																																
4	예열 NOx와 CO <sub>2</sub> 배출 절감율	%	10	-	-																																

□ 개발 내용

■ 1단계(3년) 지원범위

- 공정, 환경설비 분석 및 회수열 활용 프로세스 정립
  - 공정분석 기반 배열회수 및 열에너지저장 구성도 수립
  - 열물질수지 분석을 통한 기동 간 열에너지저장 시스템 이용 예열프로세스 정립
- 열에너지저장을 위한 잠열물질 선정 및 평가
  - 중·고온용 잠열물질 개발
  - 잠열온도, 잠열량 성능 및 내구성 평가
- 공정 및 환경설비 연계 열에너지저장 장치 개발
  - 내부 열·유동 수치해석 기반 열전달 모델 확보
  - 장치 다단 구성(cascade system) 및 시스템 동특성 해석 및 평가
  - Lab. Scale 장치 및 Pilot scale 모듈 제작 평가
- 배열회수 열에너지저장 시스템 제어 알고리즘 개발
  - 시스템 축열·방열 운전 예측 및 열에너지저장 시스템 운영 방안 도출

■ 2단계(2년) 지원범위

- 실증규모 열에너지저장 시스템 설계 및 제작
  - 현장 적용을 위한 실증규모 열에너지저장시스템 설계
  - 열에너지저장시스템 제작 및 현장 설치
- 열에너지저장 시스템 최적제어 실증 연계 운전
  - 열에너지저장 시스템 알고리즘과 실증 설비 연계 운전
  - 현장 운전 조건에 따른 알고리즘 최적화 기술개발
- 통합 시스템 구성 및 현장실증
  - 예측모델 및 제어 알고리즘에 따른 실시간 데이터 수집 및 분석
  - 현장 적용 및 실증 평가를 통한 효과 검증

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

	핵심 기술요소	최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	열에너지저장 적용 동특성 해석 및 설계 기술	7	열물질수지 데이터 포함 공정설계도	현장 조건
2	열에너지저장 물질 및 모듈 기술	7	열에너지저장 장치	Pilot scale
3	최적운전 제어 알고리즘 기술	7	예측모델 및 제어알고리즘 S/W	현장 조건
4	열에너지저장 시스템 통합시스템 구축 및 성능평가	7	열에너지저장 시스템	현장 조건

### 3. 국내외 기술 동향

#### ○ 국내 기술 동향

- 환경규제 강화로 연소기반 시설의 기동 간 및 운전조건 변동에 대한 친환경 성능 유지 요구가 증대되고 있어, 시스템 최적 연계 및 진단, 제어 기술의 중요성이 강조되고 있음
- 국내 소각로의 경우, 재기동 시 예열에 과도한 LNG를 사용하고 있어 이에 대한 해결책이 필요하나 이를 위한 기술개발은 전무한 실정.
- 일부 소각로의 경우 스팀 저장탱크를 이용하여 공정 및 기동 간 열사용 균일화 제어를 시도하고 있으나, 스팀 저장탱크의 부피가 크고, 고압탱크 유지보수의 어려움으로 실용화에 한계를 보이고 있음
- 국내 열에너지저장 기술은 주로 수축열 시스템, 공조 관련 기술개발 분야에서 주요하게 진행되었으나, 산업용 중고온 축열시스템, 특히 잠열축열재를 이용한 단속·연속 운전을 통한 기동 간 운전시스템 개발 사례는 보고되지 않음

#### ○ 국외 기술 동향

- 발전소의 최적 운영 분야를 중심으로 열에너지저장 기술을 접목하는 기술개발이 추진 중
- 영국 Univ. Warwick에서 기존 석탄화력발전소의 출력증강을 위해 열에너지저장 기술을 이용하였고, 독일 DLR(German Aerospace Center)에서 복합화력 발전소 연계가 가능한 고온고압 열에너지저장 기술개발 및 실증테스트 진행 중
  - \* 영국 Univ. Warwick에서 기존 600 MW 용량의 석탄화력발전소에 잠열축열 기반 열에너지저장 시스템 적용 시 용량을 순간출력 최대 644.4 MW로 증강이 가능함을 보고함.
  - \* 독일 DLR에서 복합화력발전과 연계 가능한 1.5 MWh급 열에너지저장 시스템을 개발하여, 증기온도 300℃, 증기압력 21 bar 조건에서 실증테스트 진행 중.

### 4. 지원 필요성

#### □ 기술적 지원필요성

##### ○ 화석연료 연소기반 시설의 환경규제 대응 기술개발과 현장적용 시급

- 기동 시 보일러 수관, 후단 환경오염물질 처리설비 등의 최적성능을 위하여 필요한 운전온도에 도달할 때까지 많은 양의 예열용 화석연료를 사용하고 있음
- 강화되는 환경규제를 만족시키기 위해 소각 및 화석연료 연소 시설의 기동 간 예열 부하를 줄이고, 미세먼지와 온실가스를 동시에 저감할 수 있는 열에너지저장 시스템 기술개발과 현장적용 지원이 필요함

##### ○ 친환경에너지 전환 및 미활용 에너지 이용 분야의 핵심기술

- 공정상의 배열을 일정량 회수하여 기동 간 추가로 필요한 열원을 대체하는 기술로서, 에너지 전환 및 미활용 에너지 이용분야의 핵심 기술로 부각.
- 선진국 일부 국가에서 발전시설을 중심으로 실증평가를 진행하는 최신 기술이며, 산업용 공통기반기술로 개발된 사례가 없는 분야로서 기술 선도가 가능함.

#### □ 경제적 지원필요성

- 예열부하 절감을 통한 연료비, 배출물질 부담금 완화 및 열에너지저장 시스템 분야 신산업 창출

- 산업용 연소기반 시설의 예열부하 절감을 통해, 초기 기동 시 발생하는 연료비와 배출 물질 부담금 완화를 통해 적용 시설의 직접적 경제효과 기대
- : 기존 소각장 및 석탄화력발전소의 초기 기동 시 설비 예열을 위한 보조 연료비는 연간 2,200억원 이상으로, 본 기술 적용 시 연료비 절감 효과가 클 것으로 기대됨
- 공정 및 환경설비 최적운전이 가능한 중·고온 열에너지저장 시스템 개발을 통해 신규 설비 시장 창출이 가능함

정부/정책적 지원필요성

- 그린뉴딜 사업의 핵심 항목인 에너지 효율향상 기술에 밀접한 연관성이 있는 기술개발로 지원 필요
- 산업전반의 열효율 향상, 에너지 절감 및 열에너지저장 신산업 창출 필요.
- 열에너지저장 운영 알고리즘과 예측모델 개발을 통해 연소기반 시설의 열사용량 데이터 확보와 AI 운전모델 수립 가능.
- 본 기술은 예열연소 부하 절감을 위한 열에너지저장 시스템 개발을 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

**5. 활용방안 및 기대효과**

활용방안

- 기존 운용 중인 소각시설에 적용하여 효과 검증
- 중고온 열에너지저장 장치를 이용한 산업용 열부하 변동제어에 활용
- 최적제어 실증 연계 운전 데이터를 바탕으로 에너지 절감형 플랜트 설계에 활용
- 연소기반 공정 및 환경 설비 등 공통 적용 가능한 분야에 활용

기술적 기대효과

- 열에너지저장 시스템 실증적용을 통해 국제적 기술 우위 선점
- 예열부하 감소와 환경오염물질 저감을 달성하는 세계 최초 기술 확보

경제적 기대효과

- 잠열물질을 이용한 열에너지저장 분야의 시장규모는 약 7000억원이며, 연평균 약 17% 이상 성장 중인 신산업으로서, 핵심기술 확보에 따른 신산업 창출과 시장 확대 가능

기타 사회·문화적 측면의 기대효과 및 파급효과

- 온실가스 및 미세먼지 대표 배출시설의 환경오염 감소에 기여
- 미활용 에너지 분야의 핵심기술 확보를 통해 관련 분야 적용 확대

**6. 지원기간/예산/추진체계**

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 5.5억원 이내(총 정부출연금 35억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-B-01-01	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II																											
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계 시스템	-																											
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																														
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																														
과제명	소형 산업용 보일러 저공해 예혼합 연소 및 고효율 운전기술 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)	품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부호																									
			X X	X X	X X	X X X X																									
<b>1. 개념 및 정의</b>																															
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소형 산업용 보일러* 저공해 표면연소 및 최적 다관제어를 통한 효율 향상 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소형 산업용 보일러의 예혼합 표면연소를 통한 NOx, CO 발생을 최소화하고, 소형 집적화 및 다관제어를 통해 보일러 효율 향상이 가능한 기술개발</li> </ul> </li> </ul> <p>* 스팀 발생량 기준 3 ton/hr 이하 산업용 보일러</p>																															
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																															
<input type="checkbox"/> 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소형 산업용 보일러 표면연소기 및 최적 다관제어 운전기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소형 산업용 보일러 예혼합 표면연소 및 열회수율 향상</li> <li>- 보일러 소형 집적화</li> <li>- 다관제어 기반 시스템 효율 향상</li> <li>- 개발품 보급 성과 확산</li> </ul> </li> </ul>																															
○ 정량적 목표 1)																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성목표</th> <th>국내최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>저NOx 성능 2)</td> <td>ppm</td> <td>7 3)</td> <td>20</td> <td>8 (일본, Miura)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>보일러 집적화</td> <td>%</td> <td>40</td> <td>-</td> <td>40 (벨기에, Bekaert)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>최소부하율(TDR)</td> <td>-</td> <td>1:10 4) 1:20 5)</td> <td>1:5</td> <td>1:10 (일본, Miura)</td> </tr> </tbody> </table>								핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1	저NOx 성능 2)	ppm	7 3)	20	8 (일본, Miura)	2	보일러 집적화	%	40	-	40 (벨기에, Bekaert)	3	최소부하율(TDR)	-	1:10 4) 1:20 5)	1:5	1:10 (일본, Miura)
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																										
1	저NOx 성능 2)	ppm	7 3)	20	8 (일본, Miura)																										
2	보일러 집적화	%	40	-	40 (벨기에, Bekaert)																										
3	최소부하율(TDR)	-	1:10 4) 1:20 5)	1:5	1:10 (일본, Miura)																										
<p>1) 1단계 1t/h급 이하 보일러 대상, 2단계 1~3t/h급 보일러 대상</p> <p>2) 배기가스 CO 90ppm 이하 조건 유지 필수</p> <p>3) 배기가스 산소농도 4% 환산 기준</p> <p>4) 1단계 목표수치</p> <p>5) 2단계 목표수치</p>																															

□ 개발 내용

■ 1단계(3년) 지원범위

- 소형 산업용 보일러 최적 예혼합 연소 및 열회수 향상 기술 개발
  - 수치해석 기반 연소 반응 분석
  - 고체적 열부하 조건 예혼합 표면연소 최적화
  - 열교환기 모듈 조립형 구조 개발 및 열회수 효율 향상
- 보일러 소형 집적화 기술개발
  - 열유동 해석을 통한 열교환기 열설계, 구조설계
  - 전열효율 극대화로 보일러 콤팩트화
- 소형 보일러 고효율화 운전기술 개발
  - BLDC 모터, PWM 제어 등 연소 부하 제어 기술
  - TDR 향상 및 화염안정성 확보
- 소형 보일러 성능 실증
  - 개발 시스템 상용화 모델 구축 및 성능 최적화
  - 현장 실증 및 보급(2건 이상)

■ 2단계(2년) 지원범위

- 다관제어 기반 시스템 효율 향상
  - 소형 보일러 캐스케이드 시스템 다관제어
  - 다관제어를 이용한 TDR 향상
- 캐스케이드형 다관제어 보일러 성능 실증
  - 캐스케이드형 시스템 개발품 상용화 및 성능 최적화
  - 현장 실증 및 보급(2건 이상)

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	보일러 소형 집적화	8	조립형 열교환기	현장 조건
2	다관제어 최적운전	8	캐스케이스 시스템	현장 조건
3	저공해 표면연소	8	예혼합 표면연소기	현장 조건

3. 국내의 기술 동향

- 국내 기술 동향
  - 국내 산업용 보일러 시장의 약 50% 이상이 2ton/hr급 이하 소형 보일러로, 소형 보



일러 기술 개발 중요성이 커지고 있음.

- 산업용 보일러 연소기는 산업부 에너지기술개발사업 등 정부 지원 형태로 개발이 지원되었으며, 출연연을 중심으로 2000년대 여러 과제들이 수행되면서 최근에는 NOx 8~9ppm 이하의 제품들도 출시되고 있음.
- 저공해 산업용 연소기는 내/외부 재순환, 다단 연소 등 확산화염 및 부분예혼합 화염을 중심으로 개발되어 왔으나, 상대적으로 완전 예혼합 화염에 대한 기술 확보는 부족한 실정임.
- 최근 가정용보일러 대기업들이 캐스케이드 형태로 산업용 보일러 시장 진입을 시도 하고 있음.

○ 국외 기술 동향

- 소형 산업용 보일러 및 연소기는 Miura(일본), Bekaert(벨기에) 등이 기술력을 바탕으로 세계시장을 선도하고 있음.
- 공정자동화, 섹션화, 조립형 등에 초점을 맞춰 대형보다는 중, 소형 보일러의 대량 생산을 통한 원가절감과 Cascade 시스템 적용이 발달 중.
- 알루미늄 주조기술을 응용한 열교환기 기술은 유럽에서 일부 온수보일러에만 적용되어 있으나 많은 장점을 보유하고 있어, 확대 개발이 시도되고 있음.

#### 4. 지원 필요성

기술적 지원 필요성

○ 글로벌 선진 기술과의 격차 해소

- 소형 산업용 보일러는 저공해 성능, 공간 효율성, 가격, 유지관리 등 다양한 장점을 바탕으로 대용량까지 시장을 확대하고 있음.
- 시장에서의 경쟁을 위해서는 기술적 격차 해소가 필요하며, 예혼합 연소 및 고집적 열교환 등을 중심으로 기술지원이 필요함.

경제적 지원 필요성

○ 기술 강소기업 중점 업종

- 산업용 보일러 업계는 중견/중소기업 중심으로 과감한 기술투자나 연구인력 확보가 어려움. 선진국 수준의 혁신적인 제품을 위해서는 산학연 연계 연구 지원이 필수적임.

정부/정책적 지원 필요성

○ 그린 뉴딜 기술 적용 필요

- 소형 보일러 효율 향상 기술 개발은 온실가스, 미세먼지 저감 효과가 있으므로 그린 뉴딜 중 녹색산업 5대분야(청정 대기) 육성에 해당함

○ 신 기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축 및 미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성을 위한 제조업 분야의 온실가스과 미세먼지 감축 중요

○ 제7차 산업기술혁신계획 “청정생산”

- 미세먼지 감축 공정기술 개발 등 설계·공정·제품·서비스 친환경화

○ 수입 제품 점유율 확대 기초

- 일본 M사의 국내 진출 및 시장 잠식(30%)이 진행되고 있어, 기술력 극복을 위한 정부 지원이 필요함.

○ 본 기술은 소형 보일러 효율 향상 기술 개발을 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

## 5. 활용방안 및 기대효과

### 활용방안

- 증기보일러, 온수보일러 등 모든 산업용 보일러에 적용
- 가정용 보일러, 냉난방기, 급탕기 등 유사 분야에 확대 적용 기대

### 기술적 기대효과

- 열전달, 연소, 패키징, 제어 등 다분야 융합 시스템 응용기술 확보
- 예혼합 연소 분야 기술력 향상 및 적용 분야 확대
- 캐스케이스 다관제어 등 유망 시스템 운전기술 확보

### 경제적 기대효과

- 해외 제품 수입 대체 효과 유발
- 패키징, 이송이 유리하여 향후 수출 상품화 가능

## 6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 3억원 이내(총 정부출연금 15억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-B-02-01	산업 기술 분류	중분류 I		중분류 II																			
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계시스템		-																			
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																							
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																							
과제명	공업로 내부 운전상태 상시 진단을 위한 실시간 모니터링 기술개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 7단계)	품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부 호																		
			X X	X X	X X	X X X X																		
<b>1. 개념 및 정의</b>																								
<ul style="list-style-type: none"> <li>레이저 흡수분광법 기반의 공업로 내 온도 및 산소농도 실시간 정밀 모니터링 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>공업로 내 연소장에서 온도 및 산소농도 측정으로 연소 상태를 확인</li> <li>온실가스 및 미세먼지 전구물질 배출 연계성 확보</li> </ul> </li> </ul>																								
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																								
<input type="checkbox"/> 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>공업로 내 온도 및 산소농도의 실시간 정밀 측정을 위한 레이저흡수분광법 기반의 고정밀 모니터링 시스템 개발 및 실증 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>레이저 흡수분광법 기반의 측정 센서 모듈 개발 및 측정 정밀도 향상 기술 개발</li> <li>상시 모니터링을 위한 정열 시스템 구성 및 부속장치 개발</li> <li>현장 설비 적용을 위한 H/W 통합형 제어 시스템 구축 및 센서 헤드 설계 제작</li> <li>상용화 기술 최적화 개발 및 현장 실증</li> </ul> </li> </ul>																								
<input type="checkbox"/> 정량적 목표 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성목표</th> <th>국내최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>산소 농도 및 온도 측정 오차율</td> <td>%</td> <td>≤ 3</td> <td>5</td> <td>≤ 5 (노르웨이, NEO monitors)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>측정 응답 속도</td> <td>sec</td> <td>≤ 2</td> <td>5</td> <td>≤ 3 (노르웨이, NEO monitors)</td> </tr> </tbody> </table>							핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1	산소 농도 및 온도 측정 오차율	%	≤ 3	5	≤ 5 (노르웨이, NEO monitors)	2	측정 응답 속도	sec	≤ 2	5	≤ 3 (노르웨이, NEO monitors)
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																			
1	산소 농도 및 온도 측정 오차율	%	≤ 3	5	≤ 5 (노르웨이, NEO monitors)																			
2	측정 응답 속도	sec	≤ 2	5	≤ 3 (노르웨이, NEO monitors)																			
<input type="checkbox"/> 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li><b>1단계(3년) 지원범위</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>레이저 흡수분광법 기반의 측정 센서 모듈 개발 및 측정 정밀도 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>적정 파장 선별 및 광학 정밀 설계, 고온 및 농도에 따른 DB확보를 위한 기초 기술 개발</li> <li>광학적/전기적 노이즈 선별/제거 기술 개발</li> <li>신호 제어/분석 H/W, S/W 개발</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>																								

- 상시 모니터링을 위한 정열 시스템 구성 및 부속장치 개발
  - 진동, 빛 간섭 및 열변형 대응형 센서 유닛 구성안 설계 및 제작
  - 뒤틀림 조건에서의 센서 보정력 향상 기술 개발
- 현장 설비 적용을 위한 H/W 통합형 제어 시스템 구축 및 센서 헤드 설계 제작
  - 기초 하드웨어 통합형 Board type 제어 시스템 구축
  - 측정 현장 환경을 고려한 센서 헤드 설계 및 제작
  - 현장 실증(1~2건) 및 성능 DB 확보, 센서 보완 방안 확보

■ 2단계(2년) 지원범위

- 현장 상용화 기술 개발
  - 냉각, 방폭 등 현장 적용형 패키징 기술 개발
  - 통신 모듈 적용 기술 개발
  - 운전 상황의 실규모 공업로에서의 상용기술 최적화
- 상용화 센서 성능 현장 검증
  - 개선 모델 현장 실증(2건 이상)
  - 성능 및 내구성 검증 및 신뢰도 향상

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	산소 농도 및 온도 측정	7	레이저흡수분광법 시스템	현장조건

3. 국내외 기술 동향

- 국내 기술 동향
  - 국내 시장에서 발전 분야를 중심으로 해당기술의 보급이 확산되고 있으나, 모두 수입품이며 국내에서는 유통만 진행
  - TDLAS 방식 계측기는 시장초기 수준으로, 원천기술 미확보와 전문인력 및 자금력 부족으로 제품의 수입 의존도가 매우 큰 실정
  - 정출연(KITECH)을 중심으로 원천기술을 확보하여 선진 제품과 동등 이상의 성능이 보고되고 있으며, 현재 발전소 등을 중심으로 장기 실증연구 진행 중
  - 정밀 온도 및 산소 농도 측정을 위한 계측 시장은 초기 단계로, 향후 시장 확대 가능성이 높음
- 국외 기술 동향
  - 최근 선진국들의 광 투과 방식을 이용한 첨단 환경계측기들이 개발되어 일부 보급되고 있으며, 앞으로 그 수요가 증가할 것으로 예상
  - Stanford 대학의 연구 성과를 바탕으로 Zolo사(미국)가 TDLAS 상용화 제품을 개발하여 발전사에 설치 및 공급하였으며, 이후 Yokogawa사(일본), Neo monitor사(노르웨이) 등의 기업에서 상용화에 성공
  - 주문생산형 제품으로 시작하였으나 최근 시장확대 및 주문량 증가로 양산형을 개발하여 전 세계에 보급중

- 가변형 다이오드 레이저 분석기의 시장 성장률의 경우 North America, Europe, Asia Pacific, Rest of World를 통합하여 2014년에서 2021년까지 약 7년 동안 2배 이상의 시장 성장률을 예측함

#### 4. 지원 필요성

##### 기술적 지원필요성

- 에너지 효율 및 온실가스/미세먼지 전구물질 배출 저감에 기여
  - 열설비의 경우, 연속적인 실시간 계측 성능이 담보되어야 자동제어가 되며 에너지 고 효율 및 배기가스 저배출 실현이 가능하므로 기술개발 시급
- 국내 측정장비 원천/상용화 기술 확보
  - 국내 측정장비는 거의 수입으로 자체 기술 확보가 시급하며, 향후 기술적 확산이 가능한 측정분야 원천기술 개발이 필요함.

##### 경제적 지원필요성

- 고부가가치 기술 제품
  - 센서장치 특히 광학 제품은 기술난이도가 높아 접근이 어려운 특성 상 제품의 부가가치가 매우 높기 때문에 매출액 대비 수익률이 커서 원천기술의 경제적 효과가 큰 분야임.
- 수입 대체 효과
  - 해당 제품군(TDLAS)은 철강 대기업(P사, H사)을 중심으로 대체기술이 없는 특성으로 급격히 보급이 늘어나고 있으며, 석유화학, 발전업 등 빠른 확산 추세이나 모두 수입 제품이 유통되고 있어, 정부 지원 및 국산화가 시급함.

##### 정부/정책적 지원필요성

- 그린 뉴딜 기술 적용 필요
  - 연소장 상시제어를 통한 대기오염 물질 (온실가스/미세먼지) 생성의 원천적인 저감으로 그린 뉴딜과 직접적 연관성이 높음
- 제7차 산업기술혁신계획 “청정생산”
  - 미세먼지 감축 공정기술 개발 등 설계·공정·제품·서비스 친환경화 해당 주제임
- 본 기술은 연소장 상시제어를 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

#### 5. 활용방안 및 기대효과

##### 활용방안

- 공업로 4, 5종 사업장에 적용하여, 고온의 내부 온도 등 운전상태를 실시간으로 모니터링하여, 온실가스 저감형 운전 및 저공해 운전 제어에 활용
- 석유화학 분야 산소농도 등 공정상태 실시간 감시에 활용하여 안전성 확인 및 최적화 운전에 기여 가능하며, 유사한 방식으로 발전, 소각 등 활용 범위가 넓음.

##### 기술적 기대효과

- 비접촉식 레이저 흡수기법 적용 기술분야 선도 및 실시간 모니터링 기술 확립
  - 4차 산업혁명 기술의 기반이 되는 기술로 타 응용분야에 적용 가능

- 연소상태 분석을 통한 대기오염물질 (온실가스/미세먼지) 발생 최소화 (ex. NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>)
  - 실시간 고정밀 측정으로 즉각적인 연소상태 변화 가능

□ 경제적 기대효과

- 향상된 공업로 제어기술 확보로 국제 경쟁력 확대
- 연소시스템 내 온도 및 가스농도의 정확한 분석으로 에너지 효율 향상, 연료비 절감, 생산품질 향상
- 해외 수입이 아닌 국산 제품 사용으로 해외로의 자금 유출 차단
- 차세대 광학 기반 정밀 측정 기술의 상용화 개발 및 기술 중심의 전문기업 육성

□ 기타 사회·문화적 측면의 기대효과 및 파급효과

- 공업로 분야 환경오염 기여에 관한 이미지 제고
- 혁신 기술 적용을 통한 유사분야 기술혁신 유도

**6. 지원기간/예산/추진체계**

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 3억원 이내(총 정부출연금 15억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-B-02-02	산업 기술 분류	중분류 I		중분류 II																																
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계시스템		화학공정																																
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																																				
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																																				
과제명	미세먼지 전구체 동시 저감용 가변적 Passive SCR 기술 개발 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)		품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부호																														
				X X	X X	X X	X X X X																														
<b>1. 개념 및 정의</b>																																					
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미세먼지 발생 전구체인 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx) 저감 한계로 휘발성유기화합물(VOC) 및 암모니아등 환원제 저감 기술이 필요하나 VOC의 경우 소규모 사업장에서 사용량이 높아 관리가 어려움</li> <li>○ 일반적으로 VOC 발생 4~5종 사업장은 도장 및 인쇄시설로 건조시 NOx와 VOC 또는 미연소된 일산화탄소(CO)가 동시 발생하고, 이의 처리 설비로 흡착설비 위주로 운영하나 운영비가 높아 실효성이 낮음</li> <li>○ 소량 발생 사업장에서 낮은 운영비로 사용가능한 배가스 내 포함 환원제 이용 NOx 저감 촉매 기술 및 시스템 개발 필요</li> </ul>																																					
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																																					
<input type="checkbox"/> 최종 목표																																					
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 배출가스 내 포함된 환원제를 이용한 탈질 촉매 제조 기술 및 시스템 개발</li> <li>○ 현장 연계 평가를 통한 내구성 검증</li> </ul>																																					
<input type="checkbox"/> 정량적 목표																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성 목표</th> <th>국내 최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 탈질 효율<sup>1)</sup></td> <td>%</td> <td>≥80</td> <td>≥80 (H社)</td> <td>≥80 (독일, BASF)</td> </tr> <tr> <td>2 VOC 제거 효율<sup>1)</sup></td> <td>%</td> <td>≥95</td> <td>≥90 (E社)</td> <td>≥90 (영국, Johnson Matthey)</td> </tr> <tr> <td>3 운영비 저감 효율<sup>2)</sup></td> <td>%</td> <td>≥40</td> <td>≥40 (E社)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4 실증 평가<sup>3)</sup></td> <td>%</td> <td>≥70</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>5 내구성<sup>4)</sup></td> <td>-</td> <td>≥0.9</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>								핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성 목표	국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1 탈질 효율 <sup>1)</sup>	%	≥80	≥80 (H社)	≥80 (독일, BASF)	2 VOC 제거 효율 <sup>1)</sup>	%	≥95	≥90 (E社)	≥90 (영국, Johnson Matthey)	3 운영비 저감 효율 <sup>2)</sup>	%	≥40	≥40 (E社)	-	4 실증 평가 <sup>3)</sup>	%	≥70	-	-	5 내구성 <sup>4)</sup>	-	≥0.9	-	-
핵심 기술/제품 성능지표	단위	달성 목표	국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																																	
1 탈질 효율 <sup>1)</sup>	%	≥80	≥80 (H社)	≥80 (독일, BASF)																																	
2 VOC 제거 효율 <sup>1)</sup>	%	≥95	≥90 (E社)	≥90 (영국, Johnson Matthey)																																	
3 운영비 저감 효율 <sup>2)</sup>	%	≥40	≥40 (E社)	-																																	
4 실증 평가 <sup>3)</sup>	%	≥70	-	-																																	
5 내구성 <sup>4)</sup>	-	≥0.9	-	-																																	
<p>1) 적용대상 현장 배가스 조성 제안, 이의 모사가스 평가 기준: 공간속도 30,000/h 이상, 온도 500도 미만</p> <p>2) 추가 열원 및 환원제 적용 대비 운영비 저감 효율</p> <p>3) 오염원 발생 현장 배기가스 연계 50Nm<sup>3</sup>/h급 이상 평가NOx 제거 효율 (VOC 제거 효율 동시 만족 기준), 과제 제안시 실증 사이트 제안, 자가측정 데이터 및 연속 실측 자료 제시, 현장 2곳 이상 평가</p> <p>4) 소형시제품 및 실험상 시제품을 실적용처에 장착 1,000시간 운전 후 인출하여 신촉매 대비 촉매 활성도 저하 정도 측정 [촉매성능(1000시간 운전후)/촉매성능(초기), 1번 항목 평가 기준]</p>																																					

□ 개발 내용

■ 1단계(3년) 지원범위

- VOCs, NOx 동시 제거용 촉매 시스템 개발
  - VOCs 제어와 산화 발열을 이용한 배기가스 승온 및 SCR 작동을 위한 열수지 최적화 시스템 개발
  - 미산화된 VOCs를 SCR 환원제로 이용하는 HC-SCR용 촉매 개발

■ 2단계(2년) 지원범위

- 상용화 기술 개발 및 현장 실증
  - 현장 실증을 통한 장기 내구성 평가 및 Passive SCR 촉매 운영기술 개발
  - 촉매 대량 제조 기술 개발
  - 배가스 피독(Sulfur, Silane 등) 및 수분에 대한 저항성이 우수한 탈질촉매

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	Passive-SCR 촉매	7	성형된 촉매 시제품	VGB Guideline
2	2종 성분 동시제거 SCR 촉매 시스템	7	촉매 시스템	현장 연계 조건

3. 국내외 기술 동향

- 국내 기술 동향
  - '00년 중반~'10년 초반 연구 수준에서 Passive-SCR 기술 연구 활발하였으나 단독기술로 적용사례는 없음
  - 이동원에서 Passive-SCR과 CO/HC 동시 저감 촉매 적용중임.
- 국외 기술 동향: 오염 물질 동시저감 기술은 상용화가 여러사례 있으나, Passive 개념의 기술은 상용화 사례가 없으며, 성능도 낮음.
  - 덴)Haldor Topsoe社에선 PM/NOx/CO/VOC/Dioxin 동시 저감용 세라믹 필터가 TopFraxTM 기술명으로 상용화 중임
  - 미)Tri-Mer社에선 PM, SOx, NOx 동시 저감 세라믹 필터가 상용화중임.
  - 독)GEA社에선 고온 배가스용 세라믹 필터가 상용화중으로 THC, NOx, 먼지 동시 저감 가능함.

4. 지원 필요성

□ 기술적 지원필요성

- 소규모 배출 시설의 기술 확대
  - 일반적인 연소시설의 경우 연료의 불완전 연소로 인해 HC, CO, 알데하이드, 알콜류 등이 배기가스 내 존재하며, 상기 기술 개발 시 확대 적용 가능함
  - 중소 산업계의 미세먼지 전구물질 배출량 저감과 동시에 Passive개념 도입에 따른 암모니아성 환원제의 slip에 의한 2차 오염문제 해결 가능



- 추가적인 연소설비를 배제하여 미세먼지 저감기술 적용으로부터 발생할 수 있는 온실가스 발생 원천 차단
- 고난이도 기술 선점
  - 최근 중국의 환경기술 개발 수준이 높아짐에 따라 국내 환경기업의 중국, 동남아시아 진출에 어려움을 겪고 있음. 본 연구를 통해 고난이도 기술 확보로 기술 선점가능

□ 경제적 지원필요성

- 미세먼지 사각지대의 환경 기술 적용
  - 본 기술은 4,5종 사업장을 대표하는 자동차 공업사의 환경설비에 확대 가능하므로 적용 개소가 매우 많아 기술 실시 기업의 매출 증대
  - 시장규모 약 4,000억원(방지 시설 1억원(가정) \* 공업사 4,000개소 적용)
- 고난이도 기술 확보로 대규모 배출 시설의 기술 확대 가능하며, 국내 SCR 시장 (500~2,000억원/년) 확대시 수입 대체 효과있음

□ 정부/정책적 지원필요성

- 그린뉴딜 기술 적용 필요
  - 녹색산업 혁신 생태계 구축과 관련하여 녹색기술 경쟁력을 갖춘 유망 녹색기업 육성 및 온실가스·대기 오염물질을 적게 배출하는 친환경 제조공정 전환 촉진과 밀접함.
  - 4, 5종의 영세 업체를 대상으로 하므로 수요처에서 직접 개발이 어렵고, 기존 환경설비 제조사에서 개발하여도 영세 업장에 적용하기엔 제품 단가 경쟁력이 낮음
- 본 기술은 탈질 촉매 제조 기술 및 시스템 개발을 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

**5. 활용방안 및 기대효과**

□ 활용방안

- '20년 1월 1일부터 시행되는 VOC 관리 강화와 관련하여 4,5종 영세 사업장의 경우 관리 어려움 발생
- 국내 4,5종 사업장의 건조로 시설은 대부분 자동차 공업소가 보유하고 있으며, '19년 기준 4,200개 공업사가 등록되어 있음. VOC 제거 장치로 활성탄 설비 사용 중 이나 실효성 낮아 이의 대체 기술로 활용

□ 기술적 기대효과

- 배기가스 내 포함된 환원제 이용 SCR 기술은 전세계적으로 적용 사례가 없으며, 일부 저온에서 50% 미만의 전환율이 확보되었음이 보고됨. 뿐만 아니라 황에 대한 내구성이 취약해 적용하기 상용화가 매우 까다로운 기술임.
- 높은 활성을 갖는 고내구성 Passive-SCR 기술 확보시 원천기술 확보로 국내·외 기술 선점 가능함

□ 경제적 기대효과

- 본 기술은 4,5종 사업장을 대표하는 자동차 공업사의 환경설비에 확대 가능하므로 적용 개소가 매우 많아 기술 실시 기업의 매출 증대
- 시장규모 약 4000억(방지 시설 1억원(가정) \* 공업사 4,000개소 적용)

□ 기타 사회.문화적 측면의 기대효과 및 파급효과

- 4,5종 소규모 사업장에 운영 가능한 저가/저운영비 설비로 실효성 극대화 하여 NOx, VOC등의 발생량을 획기적으로 줄일 수 있음. 이는 미세먼지 생성 전구체 발생량 감소를 의미하므로 환경 개선 효과 및 국민건강 증진을 기대할 수 있음
- 추가 에너지원 사용량 감소 효과로 CO<sub>2</sub> 배출량 저감 효과가 있어 국가 CO<sub>2</sub> 감축 목표 조기달성에 기여할 수 있음.

6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 3억원 이내(총 정부출연금 15억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수

관리번호	2021-청정생산-B-03-01	산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II																																
과제유형	<input type="checkbox"/> 원천기술 <input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품		에너지/환경기계 시스템	에너지·환경소재																																
융합유형	<input type="checkbox"/> 산업고도화형 <input type="checkbox"/> 사회문제해결형 <input type="checkbox"/> 신산업창출형 <input checked="" type="checkbox"/> 해당없음																																			
해당여부	<input type="checkbox"/> IP R&D연계 <input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 디자인연계 <input type="checkbox"/> BI연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 글로벌협력형R&D <input type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 챌린지 트랙 <input type="checkbox"/> 복수형 R&D																																			
과제명	가스 냉난방기(GHP; Gas Heat Pump) 대기오염물질 동시저감 시스템 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)	품목코드 (HSK10)	류	호	소호	통계부 호																														
			X X	X X	X X	X X X X																														
<b>1. 개념 및 정의</b>																																				
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가스 냉난방기(GHP; Gas Heat Pump) 연소 개선 및 후처리 시스템을 통한 탄화수소, 미세먼지, 유해가스 등 대기오염물질 저감 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가스 냉난방기(GHP; Gas Heat Pump)의 엔진 최적 제어 운전을 통한 연소 개선 및 후처리 촉매 시스템을 활용한 온실가스(Hydrocarbons), 미세먼지 원인물질(NO, NH<sub>3</sub>), 유해가스(CO) 동시 저감 기술개발</li> </ul> </li> </ul>																																				
<b>2. 연구목표 및 내용</b>																																				
<input type="checkbox"/> 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온실가스 미세먼지 유해가스 동시저감 가스 냉난방기 (GHP; Gas Heat Pump) 후처리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- LNG 연소공정 개선을 통한 미반응 메탄(CH<sub>4</sub>) 배출량 저감</li> <li>- 대기오염물질 동시저감용 복합촉매 및 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>																																				
<input type="checkbox"/> 정량적 목표																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">핵심 기술/제품 성능지표</th> <th>단위</th> <th>달성목표</th> <th>국내 최고 수준</th> <th>세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>NOx</td> <td>ppm</td> <td>10</td> <td>없음</td> <td>NOx 90 ppm (일본, YANMAR)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CH<sub>4</sub></td> <td>ppm</td> <td>200</td> <td>없음</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>CO</td> <td>ppm</td> <td>100</td> <td>2800ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>NH<sub>3</sub></td> <td>ppm</td> <td>10</td> <td>없음</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)	1	NOx	ppm	10	없음	NOx 90 ppm (일본, YANMAR)	2	CH <sub>4</sub>	ppm	200	없음		3	CO	ppm	100	2800ppm		4	NH <sub>3</sub>	ppm	10	없음	
핵심 기술/제품 성능지표		단위	달성목표	국내 최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)																															
1	NOx	ppm	10	없음	NOx 90 ppm (일본, YANMAR)																															
2	CH <sub>4</sub>	ppm	200	없음																																
3	CO	ppm	100	2800ppm																																
4	NH <sub>3</sub>	ppm	10	없음																																
* 달성목표는 유럽의 Non-Road Mobile Machinery (NRMM) Stage-5 규제에 준함																																				
<input type="checkbox"/> 개발 내용 <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> 1단계(3년) 지원범위 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ LNG 엔진출력 개선 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 희박 연소에 따른 엔진출력 저하 보완</li> <li>- 공기와 연료 혼합을 위한 믹서 개선을 통한 충전효율 증대</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>																																				

- 흡기매니폴드 개선을 통한 충전효율 증대
- 밀러캡 개선을 통한 출력 증대
- 엔진 내구시험 (Full Speed / Full Load 1,000 hr)
- 대기오염물질 NO<sub>x</sub>/CO/NH<sub>3</sub> 저감용 복합촉매 개발
  - 질소산화물 저감용 SCR(Selective Catalytic Reduction) 촉매 성능 개선을 통한 미반응 암모니아 배출 억제
  - CO/NH<sub>3</sub> 동시저감용 촉매 및 SCR 촉매 소재기술 개발
  - 복합촉매 동시 적용 최적 반응 온도 설정 및 후처리 시스템 설계

■ 2단계(2년) 지원범위

- 엔진 및 복합촉매 동시적용 시스템 개발
  - GHP 부하연동 운전기술 확보
  - 엔진, 촉매, 후단 구조 연계 연동 시스템
  - 엔진, 복합촉매 시스템 제어 등 부하변동 대응 성능 확보
- GHP 설비 적용을 통한 성능 검증
  - GHP 현장 적용 및 장기 성능 검증
  - 오염물질별 동시저감 성능 확인
  - 실증설비 내 부하변동 운전 조건동시저감 성능 확인

□ TRL 핵심기술요소(CTE)

핵심 기술요소		최종단계	생산수준 또는 결과물	시험평가 환경
1	오염물질 저감 엔진 제어 성능시험	6	출력, 배가스	현장 조건
2	CO, NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> 저감 특성 평가	6	GHP 배가스 후처리 촉매	현장 조건
3	실증시험 <sup>1)</sup>	8	GHP 시스템 시제품	현장 조건

<sup>1)</sup> GHP 실증설비 운전 조건

3. 국내외 기술 동향

- 국내 기술 동향
  - GHP 제조사는 현재 국내에 A사, B사, C사 3개만 존재하며, A사를 제외하고 일본 제품을 일부 또는 전부를 수입하여 판매 중임
  - 국내 GHP 시장은 높은 효율과 낮은 전기의존도로 보급이 확산되고 있으나, 대기오염 물질 배출이 문제되고 있음
  - 국내 GHP 관련 대기오염 물질 배출허용기준은 CO 2,800 ppm이며, 질소산화물과 메탄은 관련 규제가 없음
  - GHP의 배기가스가 사회적인 이슈가 됨에 따라 삼원촉매를 적용한 배출가스 저감 기술개발이 추진되고 있음

○ 국외 기술 동향

- 일본은 '저 NO<sub>x</sub>, 저 CO<sub>2</sub> 소규모 연소기기 인정제도'를 통해 NO<sub>x</sub> 배출량이 적은 제품 정보를 소비자에게 제공하며, GHP 배출 질소산화물 기준을 100 ppm으로 규제함
- 산화촉매를 적용한 배출가스 저감 기술개발 (일본)

#### 4. 지원 필요성

기술적 지원 필요성

○ 배출가스 사각지대 해소

- 배출가스 사각지대로 방치되었던 신제품 및 사용 중 GHP 제품의 배출가스 문제 해결 및 규제 강화를 대응하기 위한 GHP 배출가스 저감 기술 확보가 필수적임

○ 국제 규제 대응

- 국제적 규제에 만족할 수 있는 GHP 개발을 위해 기술개발이 필요하며, 기술 확보시 해외 수출시장까지 확대가 가능함

경제적 지원 필요성

○ 중소기업 중점 업종

- GHP의 실외기 산업은 중소기업 중심으로 기술투자나 연구인력 확보가 어려움
- 선진국 수준의 혁신적인 제품을 위해서는 산학연 연계 연구 지원이 필수적임

정부/정책적 지원 필요성

○ 그린 뉴딜 기술 적용 필요

- GHP 연소 개선 및 후처리 시스템 기술 개발은 온실가스, 미세먼지 저감 효과가 있으므로 그린 뉴딜 중 녹색산업 5대분야(청정 대기) 육성에 해당함

○ 제품 인증 기준마련 필요

- 우리보다 GHP가 약 7배 많이 보급되어 있는 일본의 경우 GHP와 같은 소형제품은 '소규모 연소기기 인증제도'를 통해 NO<sub>x</sub> 배출량이 적은 제품정보를 소비자에게 제공하고 있어 NO<sub>x</sub>배출량이 적은 제품이 시장을 주도함
- GHP 신제품에 대한 인증기준을 마련하고 고효율 인증제품에 한해 가스냉방 보조금을 지원하여 질소산화물 배출농도 기준을 충족한 제품이 보급되는 효과가 발생

- 본 기술은 GHP 연소 개선 및 후처리 시스템 기술 개발을 통해 미세먼지를 저감하는 기술로 산업 미세먼지 감축 기술 중 제품·시스템 분야에 해당함

#### 5. 활용방안 및 기대효과

활용방안

- 분산전원용 가스엔진 열병합발전기로의 확대 적용이 가능하며, 가스엔진 공기압축기 등 산업 전반에 걸친 가스엔진으로의 활용이 가능

□ 기술적 기대효과

- 가스엔진을 적용하는 다른 사업군으로의 확대 적용 및 기술 확산 가능
- 세계 최고 수준의 환경규제치를 만족하여 국제적인 제품 경쟁력 확보

□ 경제적 기대효과

- GHP의 보급 확대는 가스산업 측면에서 불 때 계절별 에너지 수요 격차를 완화하게 되며 가스의 안정적인 수급이 확보됨으로써 가스요금을 인하하는 효과
- 전력산업 측면에서 동·하절기 전력 피크 문제를 해소하고 전력 예비율은 증가하게 되어 전력수급의 불안 해소, 발전소 건설비용 절감 및 송배전 설비의 효율적 운용 가능
- GHP 보급은 가스·전력 산업 간의 상호보완 역할을 통해 에너지이용의 합리화 정책에 부응

6. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 57개월 이내(1차년도 개발기간 : 9개월, 2~5차년도 각 12개월)
- 정부출연금 : '21년 3억원 이내(총 정부출연금 15억원 이내)
- 주관기관 : 제한 없음
- 기술료 징수여부 : 징수