

# 2017년도 연차보고서

Annual Report



# Contents

□ 발 간 사	3
□ 연 혁	4
□ 임 무	5
□ 조 직 도	6
□ 사업성과('16년~'17년)	7
○ 손익현황	7
○ 과제현황	8
○ 연구성과(특허,논문,보고서)	9
□ '17년 기술분야별 주요과제 연구실적	10
○ 신재생에너지 기술	11
○ 폐자원 에너지화 기술	13
○ 폐자원 재활용 기술	20
○ 대기오염방지 기술	30
○ R&D기반 Plant Eng. 기술	32
○ 소재원천 기술	42
○ 기계/부품생산 기술	54
※ 부록 1 : '17년도 특허출원 현황	
부록 2 : '17년도 특허등록 현황	
부록 3 : '17년도 대외수상 현황	

## 발간사

2017년 우리연구원은 대내외적인 정치·경제·사회적 변화와 불확실함 속에서 ‘수요자 중심의 실용적 연구’, ‘새로운 미래 성장동력의 확보’라는 중·장기적 연구원의 미션을 실현하기 위하여 핵심역량의 꾸준한 발전과 신기술의 지속적인 발굴/개발을 통한 새로운 융·복합 기술을 개발하고자 노력하여 왔습니다.

특히, 새로운 정부의 에너지 정책 기조로써 자리잡은 탈석탄·탈원전 정책으로 인하여 그동안 우리연구원의 주력 핵심기술이었던 에너지·환경분야의 일부 기술들과 대치되는 불리한 여건과 대외 R&D환경이 조성되었지만, 지난 4~5년 전부터 꾸준히 추진해 왔던 기술간, 부서간의 연구협업을 통한 기술 융·복합의 결실을 통해 새로운 연구아이템의 발굴과 더불어 연구원의 질적/양적 성장의 발판을 마련할 수 있게 되었습니다.

이러한 노력의 결과로 우리연구원은 2017년 38건의 정부과제와 11건의 기업용역과제를 신규 수주하게 되었고, 특히 국가연구개발사업 수주를 통한 연구재원 마련에 의존하지 않고 해외 우수기업과의 연구협력도 적극적으로 추진하게 되어 향후 2~3년간 안정적인 연구비 확보 뿐 아니라 연구원의 핵심기술역량을 대외적으로 발휘 할 수 있는 기반을 마련할 수 있게 되었습니다.

또한 내부적으로는 미래의 원천기술을 선점하기 위한 자구 노력의 일환으로 연구 인프라 구축을 위한 연구시설 확충 및 내부자체과제의 지원을 통한 선행기술 확보와 연구재투자를 적극적으로 추진하여 내실 있는 연구원으로 거듭 나아가고 있습니다.

본 2017년도 Annual Report는 이러한 우리연구원의 노력이 바탕이 되어 한해 동안 수행하였던 주요 연구활동을 요약/정리한 내용으로, 핵심기술을 지속적으로 발전시켜 미래 고부가가치를 창출하기 위한 우리연구원의 현재와 미래가 담겨져 있사오니 많은 격려와 관심을 당부 드립니다.

감사합니다.

2018년 4월  
고등기술연구원장

## 연혁

1992. 7. 7	설립(서울)
1994. 8.	아주대학교내 석탄가스화 복합발전시스템(IGCC) BSU 구축
1995. 11.	용인 연구센터 준공(연구원 이전)
1998. 7.	연구과제중심운영제도(PBS) 도입·운영
1999. 9.	국가지정연구실 지정(과학기술부, 플라즈마 등 2개 연구팀)
2000. 6.	국가지정연구실 지정(과학기술부, 가스화용융 등 4개 연구팀)
2000. 7.	창업보육센터 지정(중소기업청)
2001. 8.	국가지정연구실 지정(과학기술부, 정밀기술 등 2개 연구팀)
2002. 5.	정부R&D사업 인건비계상 연구기관 지정(과학기술부)
2003. 3.	정부R&D사업 인건비계상 연구기관 지정(산업자원부)
2004. 4.	ISO 9001:2000 품질경영시스템 인증 획득(공학 및 기술개발)
2006. 2.	중소기업지원 부품소재통합연구단 가입(산업자원부)
2007. 5.	정부R&D사업 간접경비 비율산출 연구기관 지정(과학기술부)
2009. 7.	청정석탄기술개발 MOU 체결 (지식경제부, POSCO, SK에너지 등)
2010. 6.	합성천연가스(SNG) 제조공정 BSU 구축
2010. 9.	폐자원 재활용 및 희유금속 회수 기술개발 착수
2011. 10.	천연가스(LNG) 제조공정 BSU 구축
2011. 2.	20톤/일급 IGCC Test-Bed 구축 착수(~2016년, 태안)
2012. 3.	신소재공정센터 신설(자원 Recycling)
2012. 11.	폐기물 가스화 용융시스템 Pilot Plant 구축
2014. 2.	IGCC BSU 아주대학교에서 본원으로 이전
2014. 7.	초임계 CO <sub>2</sub> 발전시스템 추진단 유치
2014. 7.	IAE Vision 2022 수립
2015. 5.	기술 융·복합 및 인사혁신 TFT 운영
2015. 6.	산업용 전략소재(TiCl <sub>4</sub> , TiO <sub>2</sub> ) 개발 착수
2016. 7.	석탄화력용 초임계 CO <sub>2</sub> 발전 Eng. Design 착수
2017. 8.	System Eng. 기반기술 및 풍력 발전시스템 관련 기술개발 착수



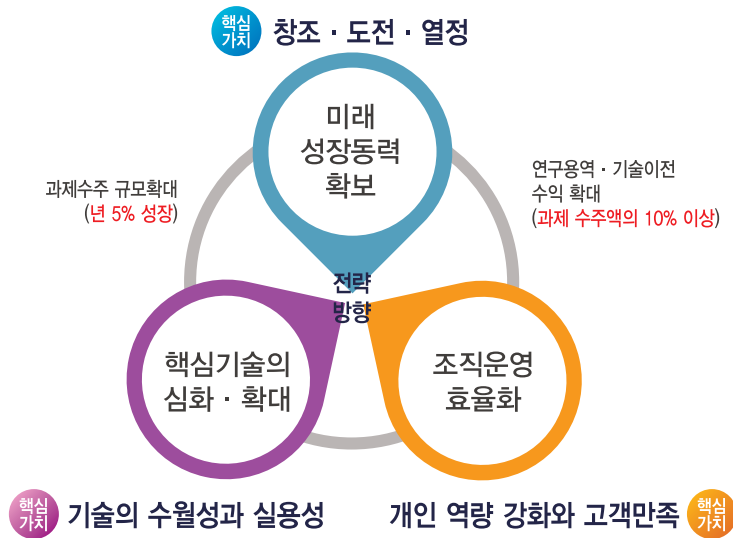
# 임무

## □ 비전

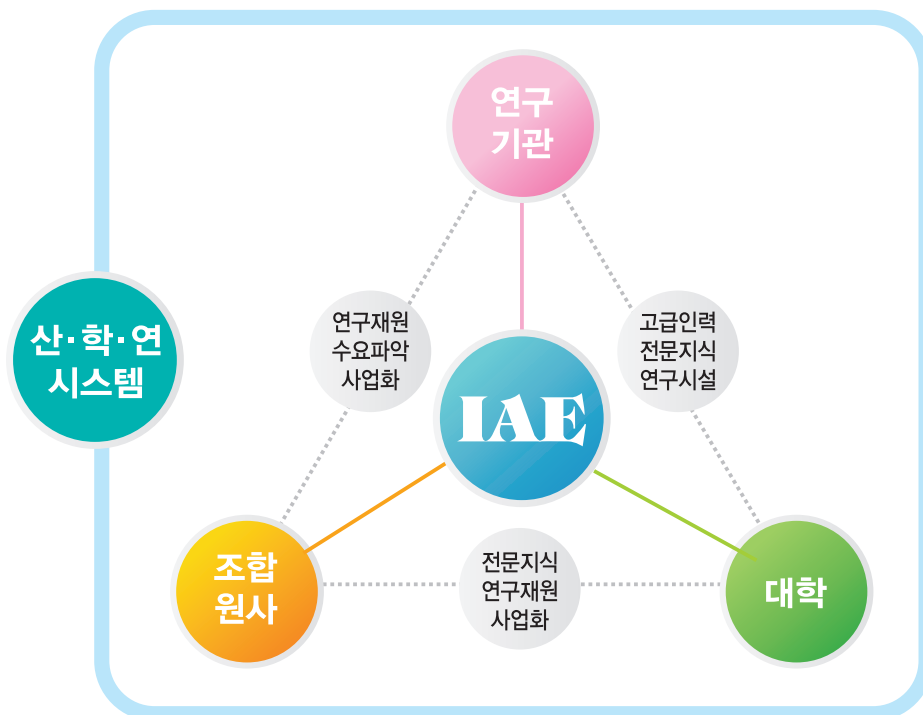
**발전전략**

**IAE Vision 2022**

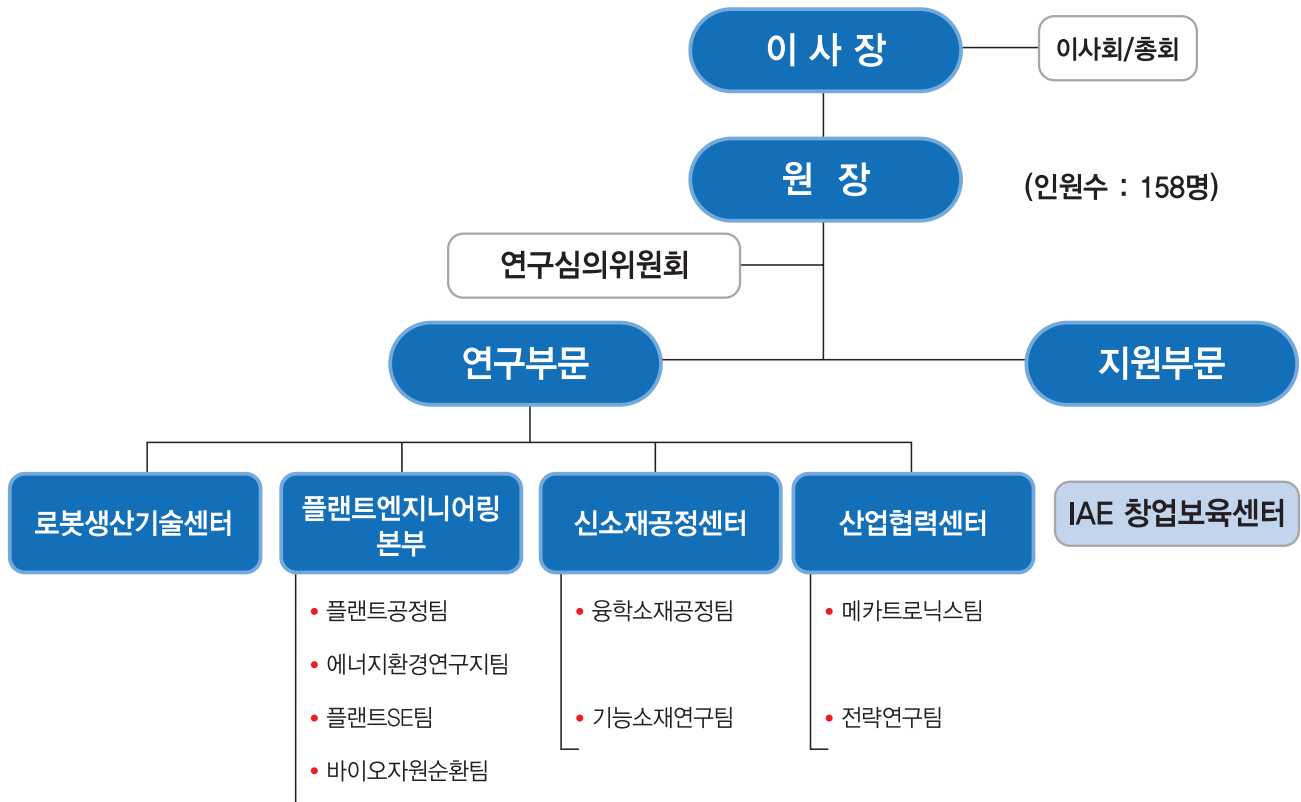
**기술의 창조와 융합, 실용적 가치 창출로  
고객과 함께 스스로 성장하는 연구기관**



## □ 산학연 협동모델



## 조직도



※ 인원현황 (2017. 12. 31 기준)

직급	학위	연구부문			지원부문	소계
		박사	석사	학사		
인원수 (명)	임원/연구위원	7	1		4	12
	수석/책임연구원	28	9	2	3	42
	선임연구원	22	34	5	2	63
	연구원	-	33	4	4	41
합 계		57	77	11	13	158

## 사업성과 손익현황

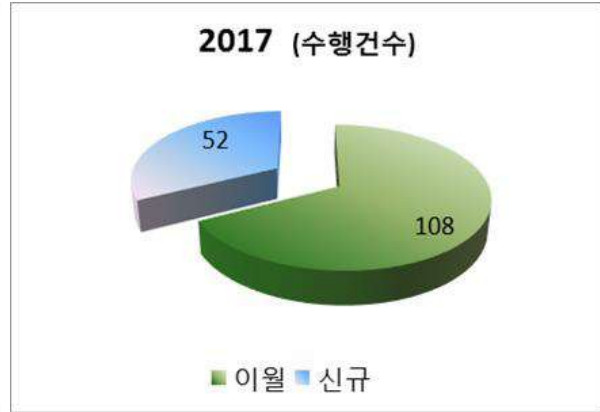
### □ 손익계산서 (2017. 12. 31 기준)

(단위:백만원)

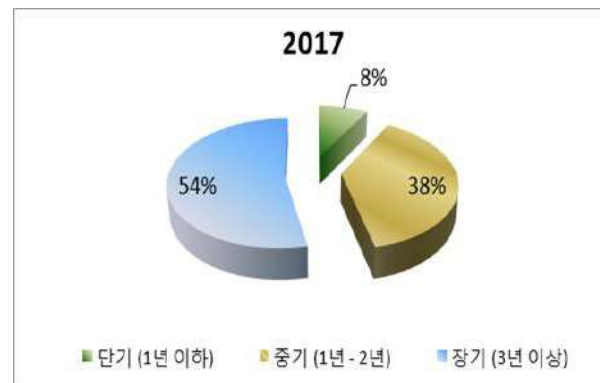
구 분			2016년도 (A)	2017년도 (B)	증감 (B-A)	
수익	연구부문	용역과제	1,518	2,425	907	
		정부과제	18,369	24,995	6,626	
		소계	19,887	27,420	7,533	
	지원부문	회비	60	50	-10	
		임대/행사	1,193	1,297	104	
		이자/기술료 등	270	280	10	
		소계	1,523	1,627	104	
	합계			21,410	29,047	7,637
	비용	연구부문	인건비(연구)	7,280	9,434	2,154
			직접비	8,435	12,920	4,485
간접비			3,060	3,834	774	
소계			18,775	26,188	7,413	
지원부문		지원인건비	993	1,225	232	
		임대/행사 직접비	502	411	-91	
		연구외 비용 등	642	707	65	
		소계	2,137	2,343	206	
합계			20,912	28,531	7,619	
운영이익			+498	+517	+19	

## 사업성과 과제현황

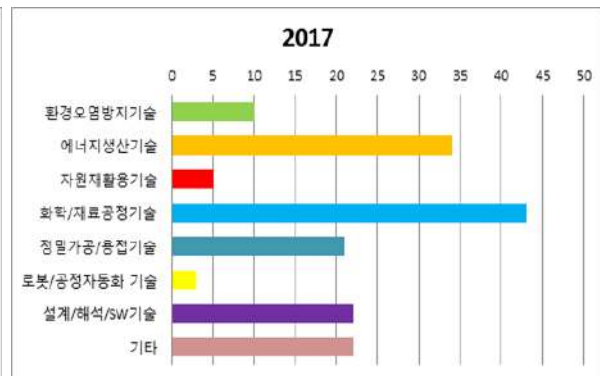
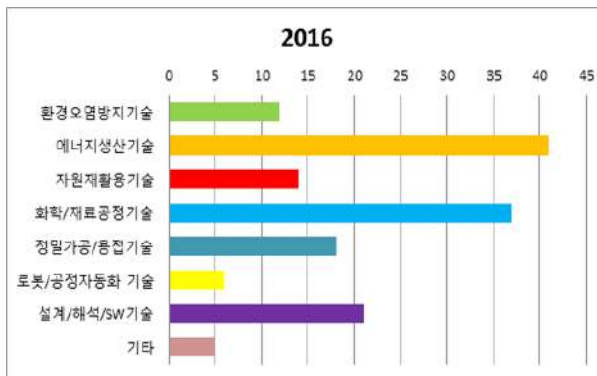
### □ 당해년도 수행 과제수 기준



### □ 총 연구수행 기간 기준 구성 비율



### □ 기술분야 (당해년도 과제 건수별)





## 사업성과 연구성과(특허, 논문, 보고서)

### □ 특허

2016년도 (건)			2017년도 (건)		
출원	등록	합계	출원	등록	합계
63	26	89	69	33	102

### □ 논문

구 분	2016년도 (건)	2017년도 (건)
SCI (E) 학술지	15	28
비SCI (E) 학술지 및 국내외 학술대회 등	426	526
합 계	441	554

### □ 기술보고서

구 분	2016년도 (건)	2017년도 (건)
TR (완료보고서/연구노트 등)	141	167
TM (중간/실험결과보고서 등)	148	137
TC (세미나/실험Data 등)	163	187
합 계	452	491

# 2017년도 기술분야별 주요과제 연구실적

기술분야	세부 기술	쪽
신재생에너지기술	석탄이용 수소 생산기술	11
폐자원 에너지화 기술	고형연료 생산 열분해 기술	13
	고형연료 생산 수열탄화 기술	16
폐자원 재활용 기술	공정부산물 내 유용자원 회수 습식기술	20
	공정부산물 내 유용자원 회수 건식기술	24
	IGCC 용융슬래그 활용 친환경 지오폴리머 콘크리트 생산기술	27
	폐제품으로부터 유용자원(Ni) 회수기술	28
	폐제품 해체/분리/선별 자동화시스템 기술	29
대기오염방지기술	미세먼지 / VOCs 제거기술	30
R&D기반 Plant Eng.기술	Plant 기본설계 및 Eng. 기술	32
	가스화 Plant 반응기 설계&Eng.기술	35
	가스화 Plant 핵심설비/핵심부품 설계&Eng. 기술	36
	Plant 형상관리기술	39
	Plant 안전훈련 및 협업지원 기술	40
소재원천기술	TiCl <sub>4</sub> /TiO <sub>2</sub> 고순도화 기술 및 분말제조 기술	42
	유무기 복합소재 응용기술	45
	세라믹 복합 코팅 소재기술	47
	기능성 소재용 나노 복합분말 합성기술	48
	활성탄 흡착소재의 비표면적 증대기술	52
	연료전지용 원천소재기술	53
기계/부품 생산기술	용접기술 적용 차량 경량화 부품 생산기술	54
	기계장치/부품 설계 및 해석기술	58

# 신재생에너지기술

# 석탄이용 수소생산기술

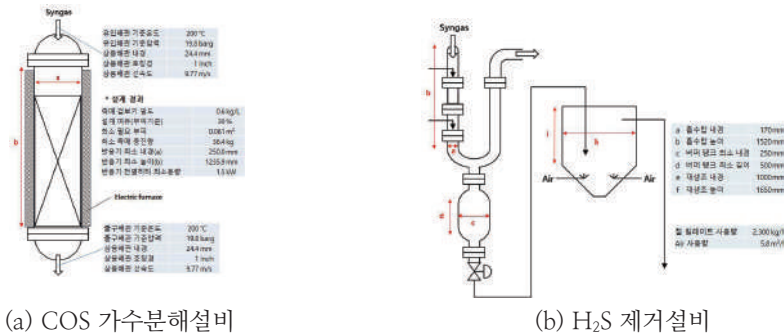
## ▶ IGFC 적용을 위한 석탄 합성가스 정제 및 전환기술 개발 ('16 ~'19)

### □ 연구목표

- 연료전지 연료용 100 Nm<sup>3</sup>/h 규모 석탄 합성가스 정제 및 전환기술 개발
- 석탄 합성가스 적용 100 kW급 PAFC 연계 성능 검증
- 석탄 IGCC 실증플랜트 slip-stream + 1 MW급 연료전지 연계 합성가스 정제 및 전환시스템 scale-up 개념설계

### □ 연구실적

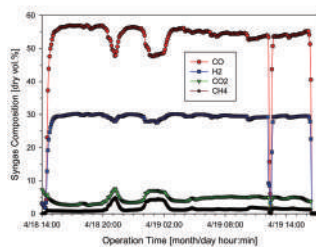
- 합성가스 정제/전환공정 설계/운전용 석탄 합성가스 특성파악 및 H<sub>2</sub>S/COS 제거공정 개념설계
- 미량성분 제거설비 및 열교환 설비 구축
- 20톤/일급 test-bed 석탄 합성가스 생산 운전시험



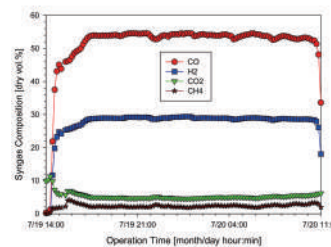
〈COS 가수분해설비 및 H<sub>2</sub>S 제거설비 개념설계 결과〉

### 〈Test-bed 석탄가스화기 운전조건〉

항 목	운전 조건	운전 조건	비고
대상탄	Indonesian KCH탄	Indonesian KCH탄	아역청탄
가스화기 운전압력	19.8~20.1 barg	19.8~20.1 barg	-
가스화기 운전온도	1,100~1,200℃	1,100~1,200℃	TE_3101A,B
미분탄 공급량	835 kg/h (average)	764.8 kg/h (average)	기류수송
산소(산화제) 공급량	330~345 Nm <sup>3</sup> /h	300~330 Nm <sup>3</sup> /h	-
미분탄 이송질소 공급량	60~80 Nm <sup>3</sup> /h	80~85 Nm <sup>3</sup> /h	-



(a) 2017년 4월



(b) 2017년 7월

〈Test-bed 합성가스 주요 조성 profile〉

### □ 정량성과 특허출원 2 건, 논문 9 건

### ▶ 바이오수소 생산 공정설계 패키지 개발 및 경제성 분석 ('15 ~'20)

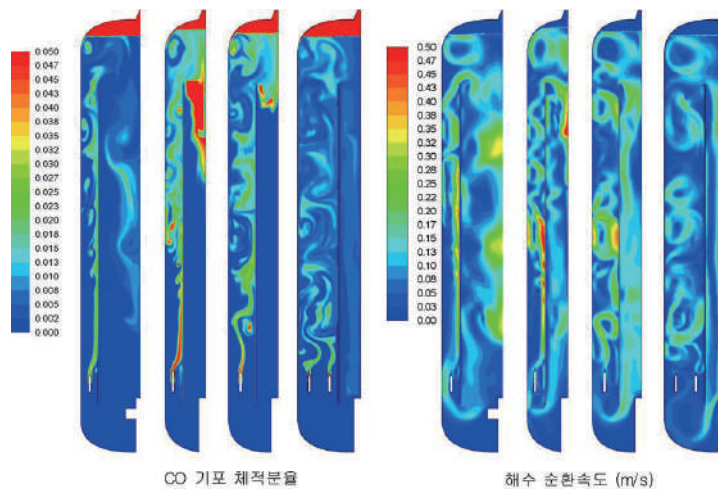
#### □ 연구목표

- 바이오수소 대량생산 프로세스 개발: 수소생산성 600 mmol/L/h 이상
- 실증급 바이오수소 제조 공정 설계 패키지 완성
- 500 Nm<sup>3</sup>/h 규모 데모플랜트 실증 : 플랜트 설계

#### □ 연구실적

- 서부발전 태안IGCC 발전 가스화에서 배출되는 합성가스 이용 바이오수소 제조공정 PFD 작성
- 바이오수소 반응기 형상 개념안 (2 종류) 도출
  - Type 1 ; Ring 형상의 분산판 구조로 가스를 공급하는 반응기 구조
  - Type 2 ; Multi-sparger 형상의 가스 공급하는 반응기 구조

Case	Case 0 (Original)	Case 1 (직경 1/2)	Case 2 (단면적유지)	Case 3
형상				
설명	최초 설계안 (상승, 하강 면적 동일)	직경 직경 1/2, 입구 플랜지 무시	상승부 단면적 동일	Draft tube 축소, CO 주입구 2개
반응기 직경 (mm)	400	200	317	400
Draft tube 직경(mm)	282	141	141	141
입구 높이 (mm)	29	37.5	32.9	18.1
입구 면적 (mm <sup>2</sup> )	49,062	49,062	49,062	59,489



〈 Type 1 반응기에 대한 전산해석 〉

#### □ 정량성과 특허출원 3 건, 논문 7건



## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고형연료 생산 열분해 기술

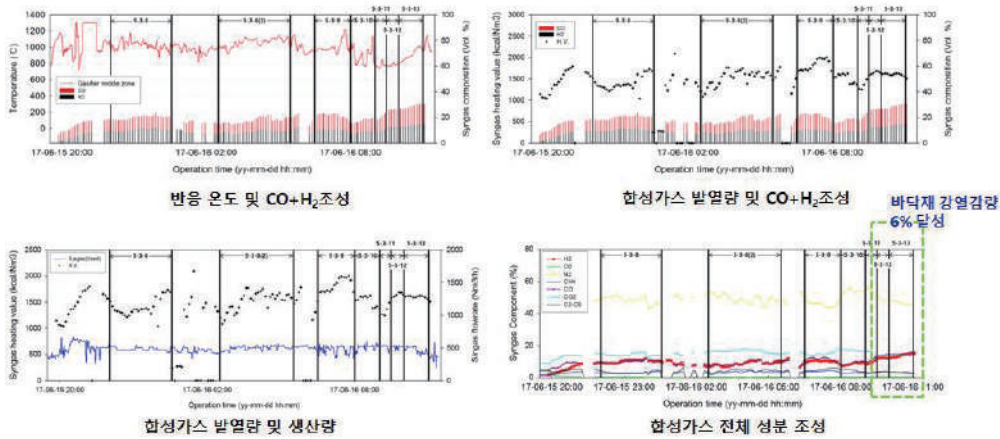
### ▶ 파일럿 가스화 실험데이터를 이용한 성능평가 및 최적 운전조건 도출 ('13 ~'18)

#### □ 연구목표

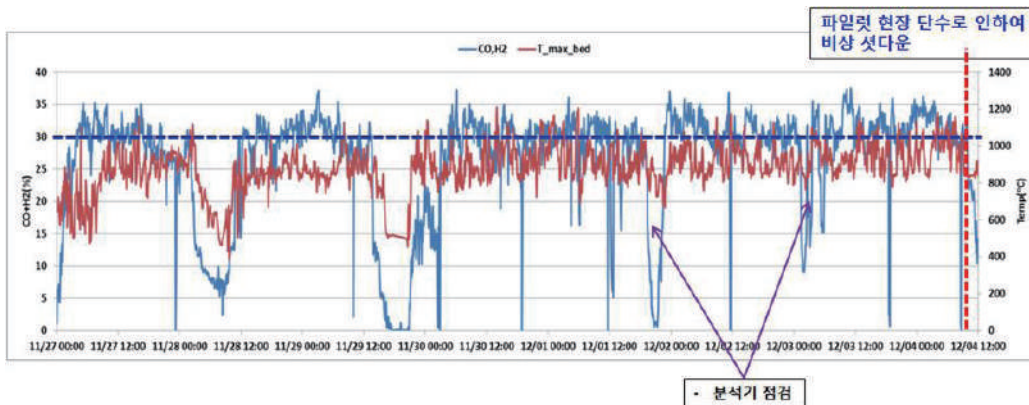
- 생활폐기물 유래 비성형 고형연료 8톤/일급 공기기반 가스화 발전 시스템 최적화 운전기술 확보를 통한 국내모델 개발.
  - 8톤/일급 가스화 Pilot Plant 연속운전(5일 이상)
  - 가스화 플랜트 운전조건 도출 및 성능평가

#### □ 연구실적

- 8톤/일급 Pilot Plant 설비 개선
- 8톤/일급 Pilot Plant의 혼합산화제(공기+산소, 공기+스팀, 공기+산소+스팀)의 가스화 성능평가( $CO+H_2 > 30\%$ ) 실험
- 8톤/일급 Pilot Plant의 최적 운전조건 도출 및 5일 이상 연속운전



<공기비, SRF 충진율, 산화제 분배율, 산소부하 변화에 따른 가스화 성능평가 실험>



<2017.11.27. - 12.4. 연속운전 자료>

#### □ 정량성과 특허출원 5 건(등록 1 건), 논문 7 건

## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고품연료 생산 열분해 기술

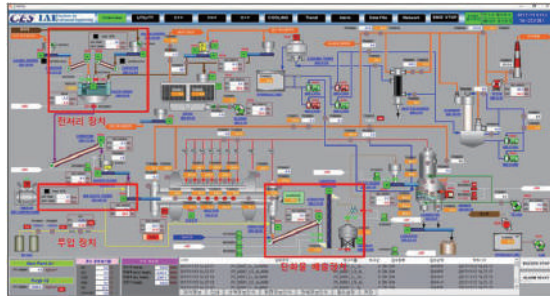
### ▶ 폐바이오매스 이용 발전용 고발열량 연료생산 기술 개발 ('14 ~'17)

#### □ 연구목표

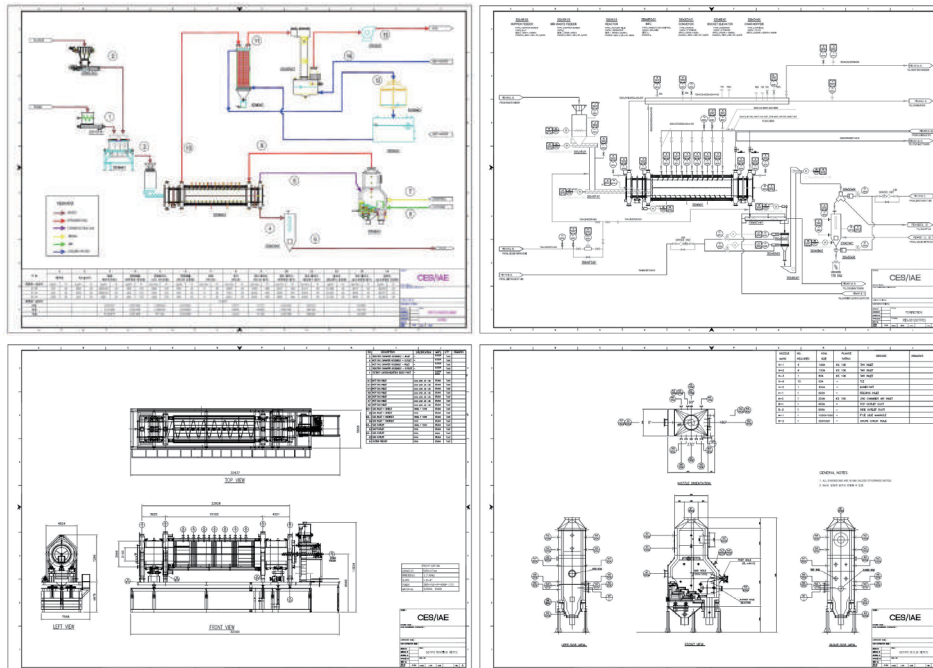
- Bench급 폐바이오매스 반탄화 특성평가 ( 폐바이오매스 종류별 )
- 10 톤/일급 폐바이오매스 열분해 고품연료 생산시스템 개발
- 50 톤/일급 기본설계 및 대상 폐바이오매스 운전결과 반영 경제성 분석

#### □ 연구실적

- Bench급(0.1톤/일) 반탄화 시스템 설비 개선 및 성능평가
- Pilot Plant(10톤/일) 반탄화 시스템 구축 및 운전 성능평가 (24H 연속운전)
- 50톤/일급 폐바이오매스 반탄화 시스템 기본설계(물질 및 열수지도, P&ID, 반탄화로, 연소로)



〈 Pilot Plant(10톤/일) 반탄화 시스템 전경 및 중앙제어실 HMI 화면〉



〈 50톤/일급 폐바이오매스 반탄화 시스템 〉

□ 정량성과 특허출원 5 건(등록 3 건), 논문 5 건(SCI(E) 1 건)

## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고품연료 생산 열분해 기술

### ▶ 저품위 혼합 폐기물의 연료화를 통한 열에너지 생산기술 개발 ('15 ~ '18)

#### □ 연구목표

- 5톤/일급 bio-drying 고품연료 연소보일러 시스템 개발
  - 연속 운전기술 개발 및 연소장치 바닥재 친환경 처리기술 개발
- 50톤/일급 고품연료 연소보일러 시스템 기본 설계

#### □ 연구실적

- 0.5톤/일급 bio-drying 고품연료 연소보일러 개선 및 성능평가
- 5톤/일급 bio-drying 고품연료 연소보일러 시스템 설계, 구축 및 성능평가
- 연소 바닥재 특성평가 및 실험실 규모 블록 생산 특성 실험



〈설비 전경〉



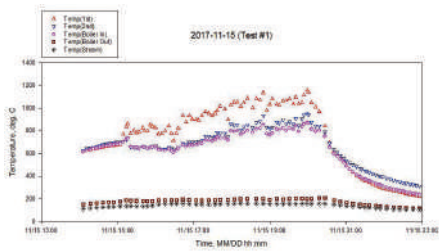
〈연소로〉

〈보일러〉

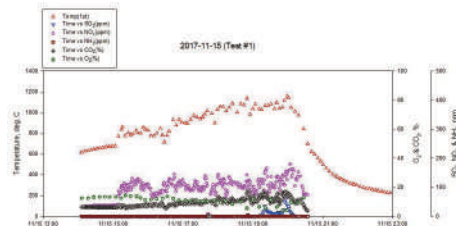


〈열교환기〉

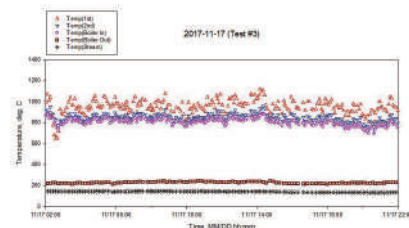
〈백필터〉



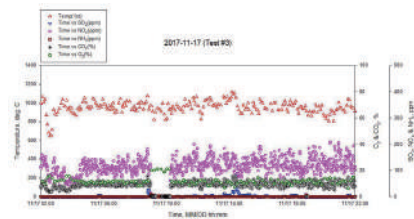
〈연소온도 - Test 5-1〉



〈연소가스 조성 - Test 5-1〉



〈연소온도 - Test 5-3〉



〈연소가스 조성 - Test 5-3〉

〈5톤/일 연소보일러 성능평가〉

□ 정량성과 특허출원 1건, 논문 4건



## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고품연료 생산 수열탄화 기술

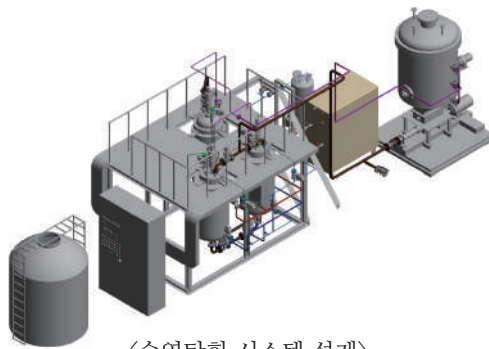
### ▶ 고상 혐기소화 연계 고발열량 고품연료 생산기술 개발 ('14 ~'18)

#### □ 연구목표

- 고상혐기소화조 연계 고열량 고품연료 생산기술 개발 (1톤/일급 수열탄화 플랜트 구축)
- 공동자원화 시설 기반 고열량 고품연료 생산기술 실증 (고형연료 발열량 4,000kcal/kg, 소비에너지 350lcal/kg 이하)

#### □ 연구실적

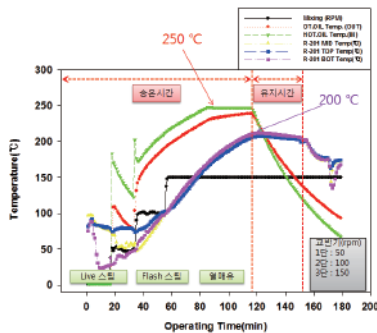
- 수열탄화 반응시스템 설계 및 현장 구축(수열탄화 반응 모니터링 및 자동운전 시스템 구축)
- 고상가축분뇨 에너지화 통합공정 설계 및 현장설치



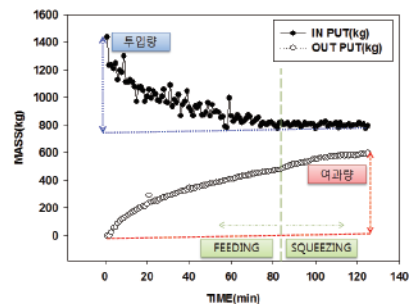
〈수열탄화 시스템 설계〉



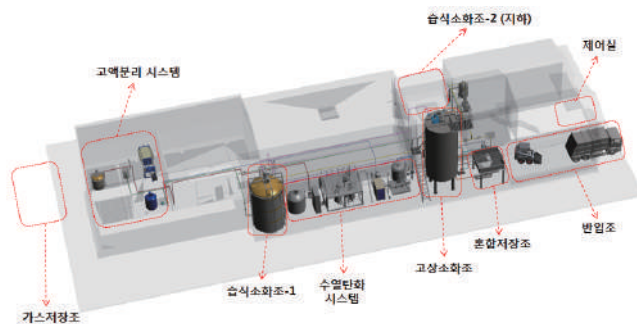
〈경기도 이천 설비면 현장구축〉



〈수열탄화 반응시스템 시운전 결과〉



〈고액분리 시스템 시운전 결과〉



〈고상 가축분뇨 에너지화 통합공정도〉

#### □ 정량성과 논문 5 건(SCI(E) 1 건)



## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고행연료 생산 수열탄화 기술

### ▶ 열병합 발전용 저에너지 소비형 슬러지 고행연료 생산기술 개발 ('15 ~'18 )

#### □ 연구목표

- 함수율 80%수준의 하수슬러지로부터 Energy ratio 1.4 수준 달성 가능한 수열탄화 기반 고행연료 생산 기술 개발
- 하수슬러지 처리규모 50톤/일급 수열탄화 기반 고행연료 생산 통합플랜트 실증

#### □ 연구실적

- 계절별 하수슬러지 특성 및 수열탄화 반응 특성평가
- 50톤/일급 실증플랜트 통합공정 상세설계 및 제작

〈월별 공촌 하수슬러지 수열탄화 고체생성물의 물리화학적 특성〉

HTC 고체생성물	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	
Proximate Analysis (dry basis) wt. %	Moisture	0	0	0	0.38	0.01	0	0.16	0.23	0.15	0.06	0.26	0.36	0.78	0.11	0.27	
	Volatile	57.13	59.15	53.51	45.82	50.70	52.67	57.22	60.00	64.16	65.84	68.46	62.99	58.54	59.52	61.31	53.32
	Fixed-C	16.34	14.26	12.74	12.05	10.39	16.47	12.85	12.03	12.41	13.18	13.43	13.60	12.09	11.89	13.04	10.97
Ultimate Analysis (dry basis) wt. %	Ash	26.52	26.60	33.76	42.13	38.52	30.89	29.96	27.80	23.21	20.82	18.05	23.14	29.01	27.80	25.54	35.44
	Carbon	44.19	42.80	41.30	35.74	38.07	42.07	40.70	42.37	47.49	47.42	49.81	44.10	42.30	44.10	42.50	36.90
	Hydrogen	5.60	5.60	5.60	4.85	4.95	4.89	5.16	5.53	6.24	6.10	6.56	5.80	5.50	5.90	5.60	5.00
	Oxygen	17.86	19.40	15.70	12.87	15.32	18.91	20.75	19.07	20.71	18.72	18.87	21.70	18.20	17.50	19.90	18.50
High Heating Value (dry basis) Kcal/kg	Nitrogen	6.06	5.90	4.20	3.41	4.60	5.85	5.87	5.82	5.68	6.39	6.72	5.60	4.60	4.60	5.90	4.20
	Sulphur	0.44	0.40	0.40	0.40	0.60	0.53	0.43	0.43	0.47	0	0	0.91	0.66	0.79	0.97	0.84
High Heating Value (dry basis) Kcal/kg	4,870	4,934	4,551	4,009	4,223.2	4,357.5	4,446.0	4,650.5	5,183.2	5,392.5	6,196.7	4,665.3	4,545.8	4,866.0	4,560.1	3,929.2	

50T/D 처리용량 수열탄화 통합공정 lay-out (3D)



〈수도권 매립지 현장 설치 및 '18년 3월 시운전〉

□ 정량성과 특허출원 1건, 논문 6건

## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고품연료 생산 수열탄화 기술

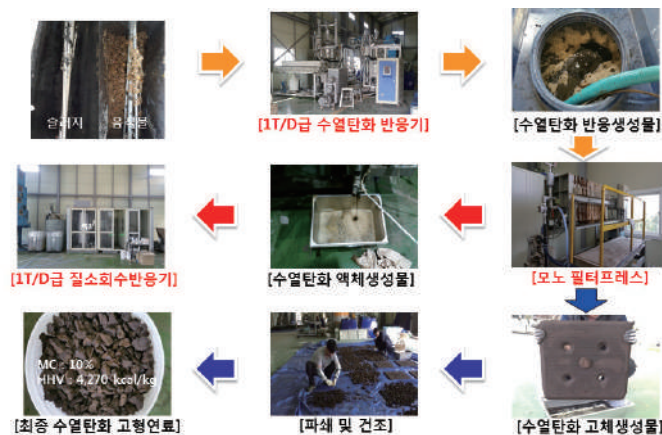
### ▶ 도시자원 순환형 복합플랜트 건설기술 ('17 ~'20)

#### □ 연구목표

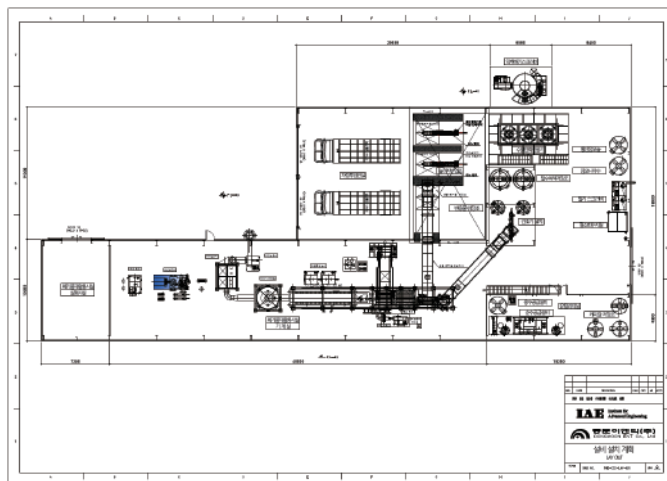
- 지속가능한 저탄소 미래도시 실현을 위하여 다양한 도시폐자원을 하나의 사이트에서 상호연계된 연료생산 및 에너지생산을 위한 복합플랜트 개발
- 도시폐자원 복합연료 열병합발전 고효율 기술 개발
- 열병합발전열 이용 유기성 폐자원 수열탄화 기반 복합연료 (고형연료 및 바이오메탄) 생산기술 개발

#### □ 연구실적

- 일산슬러지 모니터링 및 음식물류 폐기물 비교분석
- 1톤/일급 Demo Plant 실험 및 설계인자 도출
- 10톤/일급 수열탄화 반응기 설계 및 복합플랜트 상세설계



〈1ton/day급 수열탄화 실험 순서〉



〈Pilot 규모 복합플랜트 통합공정 lay-out(수도권 매립지 내 드림파크 CC 설치 예정)〉

#### □ 정량성과 특허출원 2건, 논문 8건(SCI(E) 2건)

## 폐자원 에너지화 기술 ▶ 고품연료 생산 수열탄화 기술

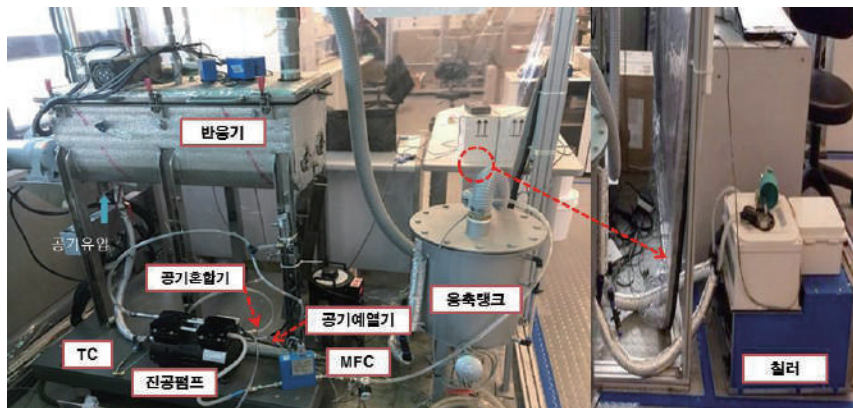
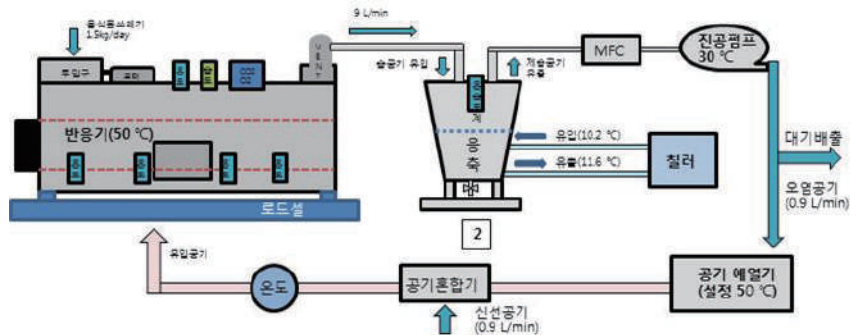
### ▶ 음식물 쓰레기 분해장치 개발 및 이 분해산물을 활용한 농업용 펠릿 생산기술 개발 ('16 ~'19)

#### □ 연구목표

- 유용 미생물 자원 도출 및 유용 미생물 제형화 생산 공정 확립
  - 내염성 및 효소활성 유효균주 확보 20건, 유용균주 75건/년 구축
  - 고농축( $\leq 10^{12}$  CFU/mL)액상 대량 배양시스템 구축
- 발효열 재이용 음식물쓰레기 분해소멸시스템 개발 및 실증(처리용량 100kg/일)
  - 무게감량 90%이상, 분해·소멸온도  $50 \pm 5^\circ\text{C}$ , pH 6~9, 염분농도 5.0%이하
- 음식물쓰레기 분해부산물을 활용한 이동형 펠릿 성형연료 생산시스템
  - 성형연료 생산능력 100~200kg/hr  
(펠릿연료 사양 : 직경 6~8mm, 길이 20~40mm, 내구성 95%, 열량 3,500kcal/kg)
  - 중대형 230kW(200,000kcal)급 펠릿 보일러 요소기술 개발

#### □ 연구실적

- 실험실 규모 습공기 제어 및 발효열 재이용 시스템 구축 및 운전특성 파악
- 음식물쓰레기 분해산물 펠릿연료 고품위화 및 연소특성 파악



〈습공기제어 및 발효열 재이용 시스템 구성도 및 장치사진〉

#### □ 정량성과 특허출원 1건(등록 1건), 논문 7건

## 폐자원 재활용 기술

## 공정부산물 내 유용자원 (Ag,Al,Ni,희토류) 회수 습식기술

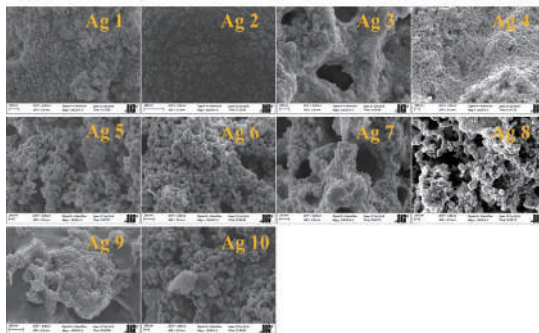
▶ 전극 공정부산물로부터 4N5급의 고순도 은 회수 및 100 나노급 은 분말 생산 기술 개발 ('15 ~'18)

### □ 연구목표

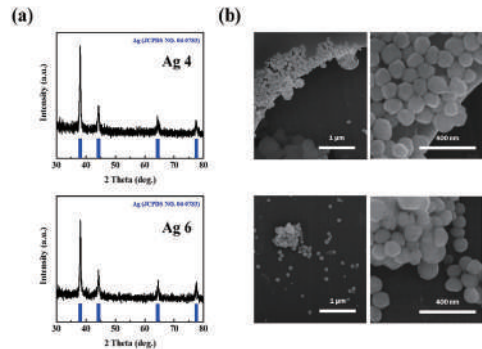
- 전극 공정부산물로부터 Ag 침출 및 선택적 Ag 분리, 정제 기술을 이용한 고순도 Ag 회수 및 나노 입자 제조기술 개발

### □ 연구실적

- 은 분리 및 고순도 은 나노분말로의 회수 기술 확보
  - 염화은 침전법을 통한 선택적 은 분리
  - 은 나노입자 합성법을 통한 은 고순도화

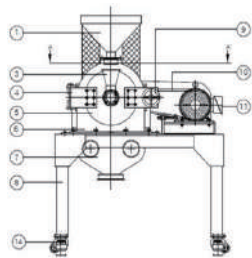


(a) Agent 합성조건에 따른 은 나노입자 FE-SEM 분석 결과

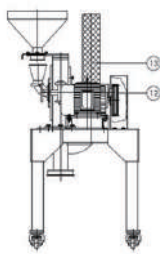


(b) 은 나노입자 합성에 따른 XRD, FE-SEM 분석 결과

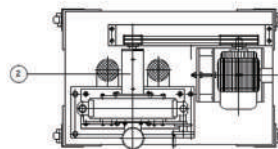
- 전처리 및 분리·회수 대량 침출장치 설계



(a) 정면도



(b) 측면도



(c) 평면도

NO.	DESCRIPTION
①	INLET HOPPER
②	MAIN BEARING HOUSING
③	INLET CHUTE
④	DOOR HINGE
⑤	DOOR
⑥	PIN MILL BODY
⑦	OUTLET CHUTE
⑧	BASE FRAME
⑨	DOOR CLAMP
⑩	BELT
⑪	MOTOR
⑫	PULLEY
⑬	BAG FILTER
⑭	CASTER

(d) 명칭

□ 정량성과 특허출원 1건, 논문 6건(SCI(E) 1건)



폐자원 재활용 기술

공정부산물 내 유용자원 (Ag,Al,Ni,희토류) 회수 습식기술

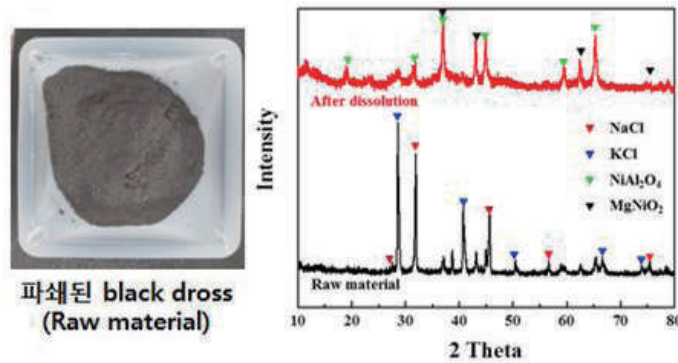
▶ 알루미늄 공정부산물로부터 고효율 금속회수 및 2차 부산물 소재화 기술 개발 ('16 ~'20)

□ 연구목표

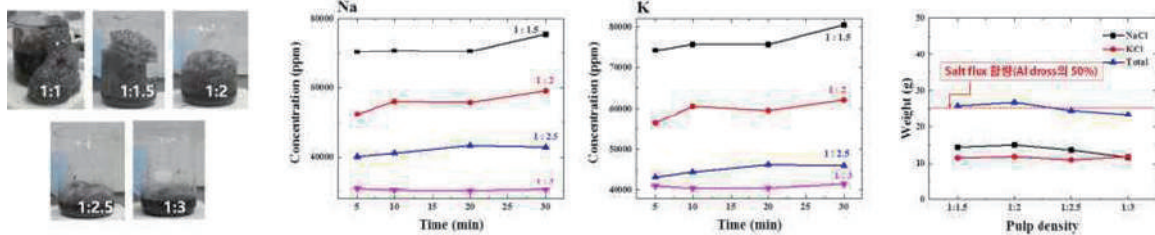
- 알루미늄 용해 부산물인 드로스로부터 알루미늄 금속 회수 기술 확보 및 300톤/월 규모의 Salt Ball 블랙 드로스 재자원화 실증화 플랜트 구축

□ 연구실적

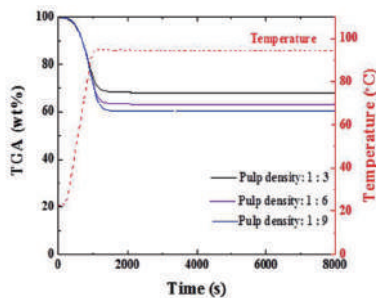
- Salt ball 블랙 드로스 특성 분석



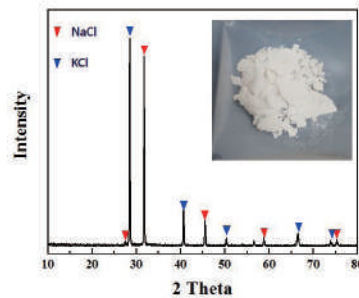
- Salt flux 회수를 위한 가수분해 연구



- Salt flux 회수를 위한 고액분리 연구



- 감압증류를 이용한 Salt flux 결정화 연구



□ 정량성과 논문 6건

## 폐자원 재활용 기술

## 공정부산물 내 유용자원 (Ag,Al,Ni,희토류) 회수 습식기술

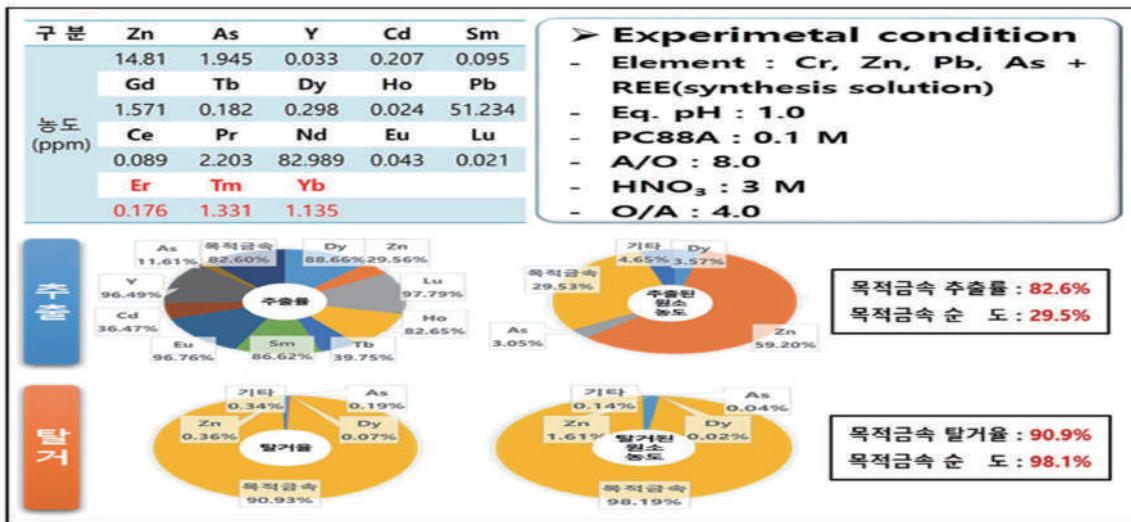
### ▶ 희토류 분리정제의 친환경공정 개발 및 비용절감을 위한 관리기술개발 ('15 ~'18)

#### □ 연구목표

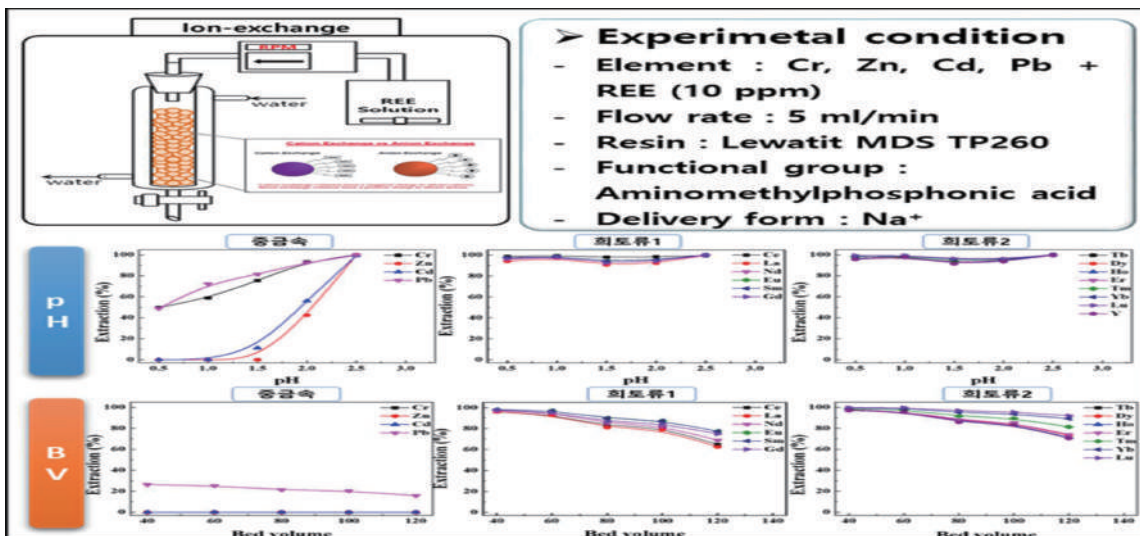
- 희토류 추출 폐수의 고효율 저비용 처리기술 실증화 및 폐수로부터 중희토류 회수 · 소재화

#### □ 연구실적

- 용매추출법을 이용한 목적금속 회수 및 순도 향상 연구



- 실험수 모사액을 이용한 이온교환법에 관한 연구



#### □ 정량성과 논문 3건

## 폐자원 재활용 기술

## 공정부산물 내 유용자원 (Ag,Al,Ni,희토류) 회수 습식기술

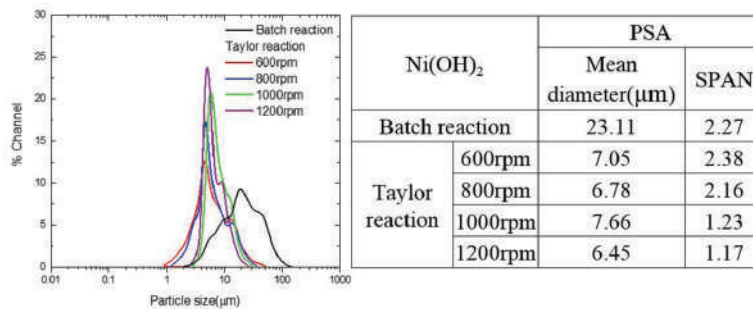
### ▶ 철-니켈 합금 에칭 구액의 재활용공정을 통한 니켈화합물 회수 및 소재화 기술 개발 ('16 ~'18)

#### □ 연구목표

- OLED 제조용 Invar 소재의 가공 공정 중 발생하는 에칭구액으로부터 친환경 니켈 소재 회수 기술 및 150nm급 Ni 나노분말 제조기술 개발

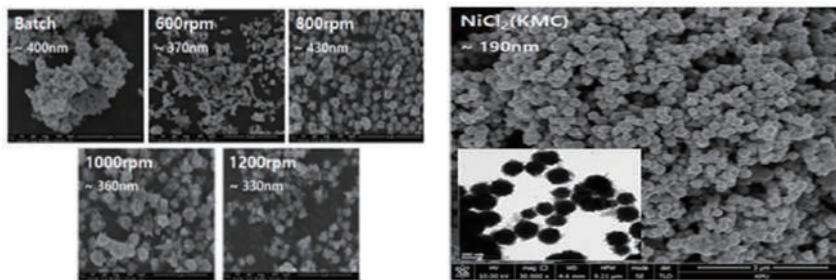
#### □ 연구실적

- 정제된 니켈염으로부터 소재화를 위한 전구체 요소 기술 개발



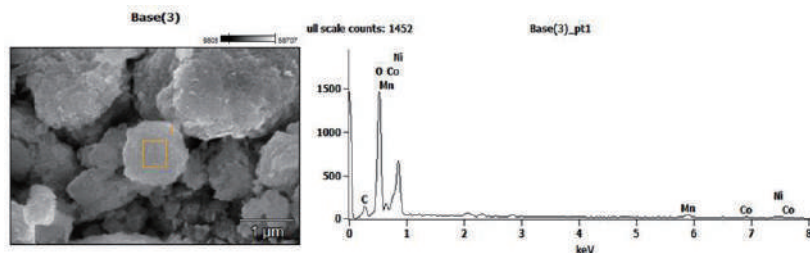
[합성방법에 따른 Ni(OH)<sub>2</sub> 분말의 특성 평가]

- 액상환원기술을 이용한 수율 99% 이상의 고순도 니켈 분말 제조



[공정변수에 따른 Ni 분말의 미세구조]

- 니켈 기반 이차전지용 양극 적용 전구체 기술 개발



[NCM 전구체의 SEM 및 EDS 분석]

#### □ 정량성과 논문 7건 (SCI(E) 1건)

## 폐자원 재활용 기술

## 공정부산물 내 유용자원(Ta,W,Ti) 회수 건식기술

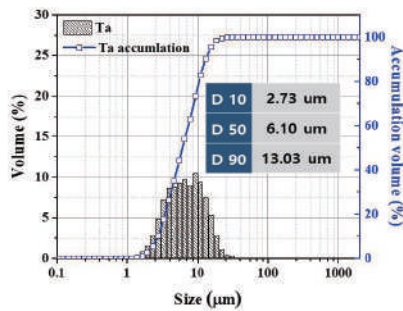
### ▶ 탄탈륨 금속스크랩으로부터 고부가가치 산업용 탄탈륨 소재 (4N급 이상) 상용화기술 개발 ('16 ~'18)

#### □ 연구목표

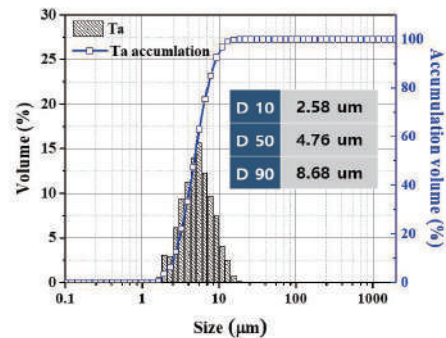
- 다양한 종류의 탄탈륨 금속 스크랩으로부터 친환경(무불산)공정을 이용한 탄탈륨 금속 회수 및 10 ton/년 규모의 4N 탄탈륨 분말 제조 상용화 플랜트 구축.

#### □ 연구실적

- 수소화 탄탈륨의 입도 제어 연구

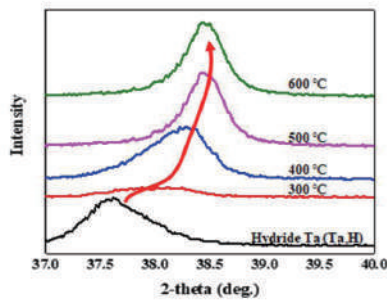


(a) 선삭스크랩의 분쇄 결과

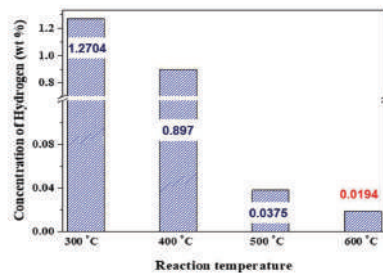


(b) 타겟 스크랩의 분쇄 결과

- 온도 및 시간변화에 따른 탈수소화 거동 변화



(c) 탈수소화 3시간



(d) 온도변화에 따른 수소농도

- 불순물 제거 연구

	분쇄 전	분쇄 후	산세 후
Zn	0.06 ppm	1.25 ppm	< 1 ppm
Fe	2 ppm	23 ppm	16 ppm
Cu	0.7 ppm	0.7 ppm	< 1 ppm
Al	27 ppm	83 ppm	45 ppm

#### □ 정량성과 특허출원 2건, 논문 6건(SCI(E) 1건)



## 폐자원 재활용 기술

## 공정부산물 내 유용자원(Ta,W,Ti) 회수 건식기술

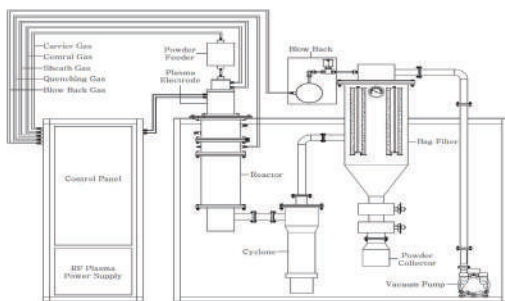
### ▶ 텅스텐 95%이상 폐자원으로부터 3N5급 고순도 텅스텐 분말 제조 상용플랜트 구축기술 개발 ('16 ~'18)

#### □ 연구목표

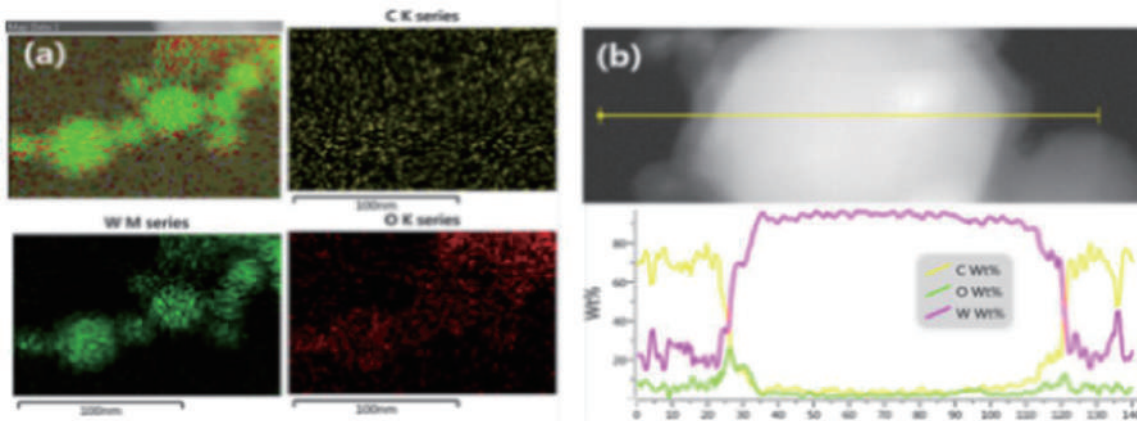
- 텅스텐 폐자원으로부터 고순도 텅스텐 회수, 소재화 및 상용화 플랜트 구축

#### □ 연구실적

- 플라즈마 이용 텅스텐 나노분말 제조 장치 구축



- 온도 및 시간변화에 따른 탈수소화 거동 변화



[원료로 W 분말, sheath gas로 Ar + H<sub>2</sub>를 이용하여 제조된 텅스텐 나노분말의 (a) 원소 맵핑 및 (b) EDS line profile 결과]

- 불순물 제거 연구

[열플라즈마법을 이용하여 합성한 W 나노 분말의 성분 분석 결과]

원료	W 분말	WO <sub>3</sub> 분말	APT 분말
W 순도	99.97%	99.98%	99.95%

#### □ 정량성과 논문 4건

## 폐자원 재활용 기술

## 공정부산물 내 유용자원(Ta,W,Ti) 회수 건식기술

### ▶ Cold Hearth 기반 저비용 고청정 Ti 합금 슬래브 제조 및 가공기술 개발 ('14 ~'19)

#### □ 연구목표

- New/Old scrap 의 산세 공정 기술 개발

#### □ 연구실적

- New scrap 전처리 공정 최적화 기술 개발



[Ti New scrap 의 침지 방식의 전처리 공정 사진]

- Old scrap 표면 불순물 최소화 전처리 공정 기술 확립

산세 후	산세 후	산세 후			
블라스팅 : 백운석	블라스팅 : 소다	블라스팅 : 드라이아이스			
백운석 블라스팅 (Carbon mg/kg)	산세 후 (Carbon mg/kg)	소다 블라스팅 (Carbon mg/kg)	산세 후 (Carbon mg/kg)	드라이아이스 블라스팅 (Carbon mg/kg)	산세 후 (Carbon mg/kg)
107.33	70.14	107.33	74.33	104.5	49.4

- 불순물 제거 연구

[열플라즈마법을 이용하여 합성한 W 나노 분말의 성분 분석 결과]

원료	W 분말	WO <sub>3</sub> 분말	APT 분말
W 순도	99.97%	99.98%	99.95%

#### □ 정량성과 논문 4건



## 폐자원 재활용 기술

# 석탄가스화 용융슬래그 활용 친환경 지오폐리머 콘크리트 생산기술

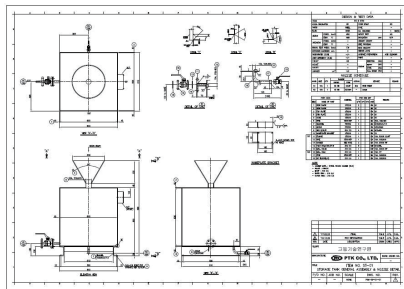
### ▶ 석탄가스화 용융슬래그를 활용한 친환경-저탄소배출형 지오폐리머 생산기술 개발 ('15 ~'18)

#### □ 연구목표

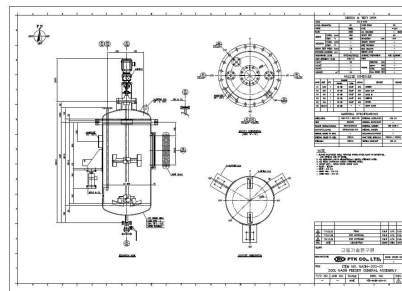
- 석탄가스화 용융슬래그를 이용한 친환경-저탄소배출형 고강도(압축강도 50 MPa 이상) 무기계 바인더인 지오폐리머 생산 공정 개발 및 석탄가스화 용융슬래그 처리 규모 0.5톤/일 pilot 설비 구축
- 친환경-저탄소배출형 지오폐리머를 사용하는 고부가가치 2차 시제품 1종 이상 제시(단열 패널, 흡음재 등)

#### □ 연구실적

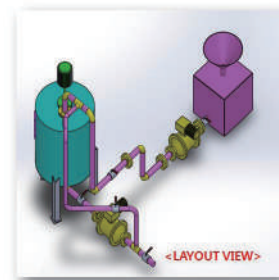
- 알칼리 활성화제 공급설비 및 혼합설비 설계 및 제작완료



(a) 공급호퍼 설계도면

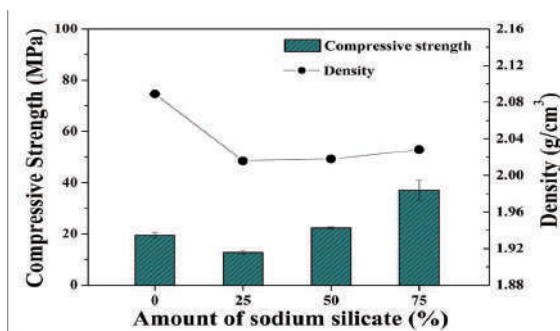


(b) 저장호퍼 설계도면

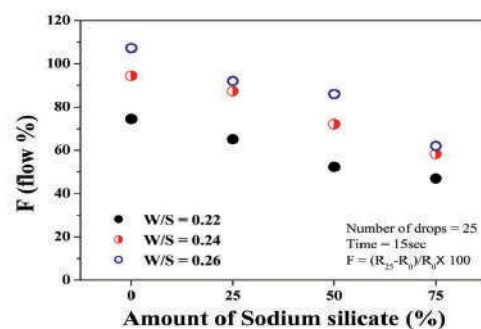


(c) 알칼리 활성화제 공급설비 Layout

- IGCC 가스화 용융슬래그를 이용한 지오폐리머 실험에서 압축강도를 증진시키기 위한 최적의 시험 조건을 찾기 위해 실험 진행



<물유리의 치환 양에 따른 압축강도, 비중의 변화>



<물유리의 치환 양에 따른 유동성 변화>

- 지오폐리머 활용 2차 제품 개발을 위한 연구 진행 및 상용화 가능성 확인.

#### □ 정량성과 특허출원 2건, 논문 8건

## 폐자원 재활용 기술

## 폐제품으로부터 유용자원(Ni) 회수기술

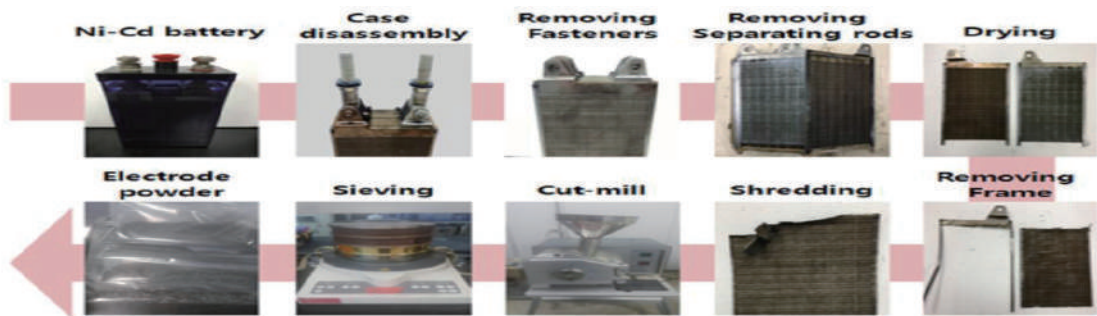
### ▶ 페니켈계전지로부터 고품위니켈분말(≥99.9%급)제조 기술개발('16 ~'19)

#### □ 연구목표

- 페니켈계전지 재활용을 위한 전처리 및 금속 회수 기술 확립 및 150nm급 Ni 나노분말 제조기술 개발

#### □ 연구실적

- 산업용 Ni-Cd 배터리 분리 및 해체 공정



[Ni-Cd 배터리 분리 및 해체 공정]

- 분쇄분말의 입도 분급 및 자력선별에 의한 전극소재 분리

표. 전극 분쇄분말의 입도별 성분분석 결과(Cut-mill 2mm screen)

입자크기	≥25mesh		≥50mesh		≥80mesh		<80mesh	
	wt%		wt%		wt%		wt%	
양극	분석항목	%	분석항목	%	분석항목	%	분석항목	%
	Ni	43.10	Ni	89.08	Ni	92.17	Ni	89.14
	Cd	-	Cd	1.66	Cd	2.04	Cd	2.64
	Fe	55.69	Fe	4.77	Fe	0.73	Fe	3.06
	wt%	43.5	wt%	8.4	wt%	11.9	wt%	34.2
음극	분석항목	%	분석항목	%	분석항목	%	분석항목	%
	Ni	3.91	Ni	1.49	Ni	0.74	Ni	1.15
	Cd	-	Cd	84.07	Cd	91.33	Cd	87.32
	Fe	94.97	Fe	14.15	Fe	7.64	Fe	11.43
	wt%	52.9	wt%	14.7	wt%	8.3	wt%	24.1

표. 습식자력선별장치를 이용한 자력선별 결과

양극 + 음극	자성		비자성	
	분석항목	%	분석항목	%
분사 노출 Off	Ni	24.58	Ni	49.88
	Cd	5.37	Cd	37.84
	Fe	69.38	Fe	3.94
	분석항목	%	분석항목	%
분사 노출 On	Ni	10.39	Ni	56.00
	Cd	4.44	Cd	38.60
	Fe	84.24	Fe	2.24
	분석항목	%	분석항목	%

#### □ 정량성과 논문 5건

## 폐자원 재활용 기술

## 폐제품 해체/분리/선별 자동화시스템 기술

### ▶ 페디스플레이 해체/선별 자동화 장치 및 LCD/LED 폐유리 무해화/재활용 상용시스템 개발 ('16 ~'21)

#### □ 연구목표

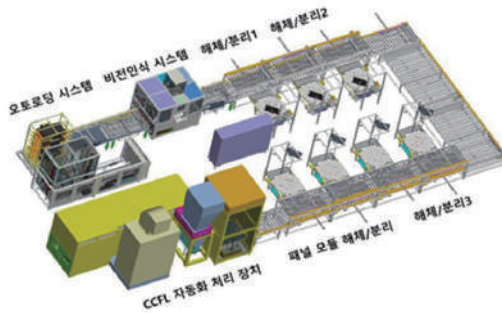
- 페디스플레이 해체/선별 자동화 시스템 상용기술 및 페디스플레이 유리로부터 유용자원회수/무해화 기술 개발

#### □ 연구실적

- 프로토타입 해체/선별 자동화 시스템을 이용한 시스템 운전 조건 확립

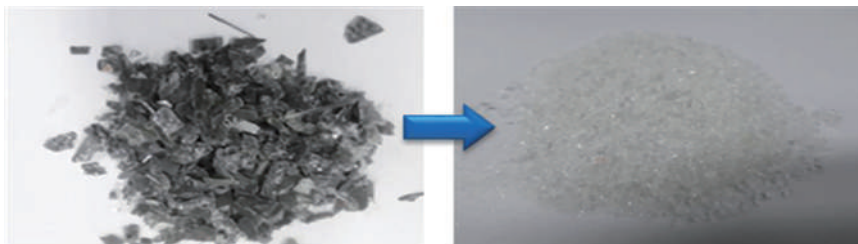
수정 공정	해체/분리1	해체/분리2	해체/분리3	패널모듈 해체	합계
	후면케이스	PCB B/ 철 프레임/ 전선/스피커	PCB A/ 앞면케이스/전 선/스피커/기타	패널/시트/ 철프레임/CCFL	
목표 tack time	105초	175초	150초	160초	590초
평균 tack time	52초	148초	152초	117초	564초
Tack time 비교	-53초	-27초	+2초	-43초	-26초

- 5,000 TPY급 페디스플레이 해체/선별 자동화 시스템 구축



[그림] 5,000 TPY급 페디스플레이 해체/선별 자동화 시스템

- 분쇄 기술에 따른 유리 분말 미분화 및 평가
  - Cut Mill을 이용하여 1차 파쇄 처리된 유리 파쇄물의 미분화 및 미세 불순물 제거를 위하여 Ball Milling법과 Oscillation Milling법을 이용하여 유리 분말을 분쇄 하는 실험을 진행함.
- 습식 기술을 이용한 필름 부착 유리 회수 기술 개발



[그림] 유리 파쇄물과 습식 공정을 통해 필름으로부터 분리/회수된 유리

#### □ 정량성과 특허출원 3건, 논문 19건(SCI(E) 3건)

## 대기오염 방지 기술 ▶ 미세먼지 / VOCs 제거기술

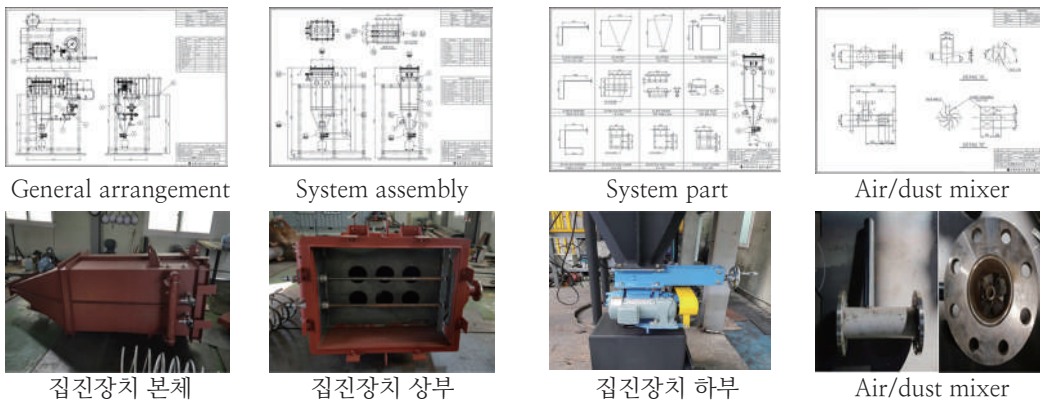
### ▶ 초미세먼지 및 중금속 동시제거용 $\phi 156 \times 3000\text{mm}$ 크기의 흡착식 하이브리드형 PTFE 멤브레인 필터 국산화 개발 ('16 ~ '19)

#### □ 연구목표

- 발전 및 연소시설 배출가스 중  $0.3 \mu\text{m}$  이상의 초미세먼지와 중금속을 동시에 제거할 수 있는  $\phi 156 \times L3000\text{mm}$  크기의 고효율 PTFE 멤브레인 필터 국산화 기술 개발

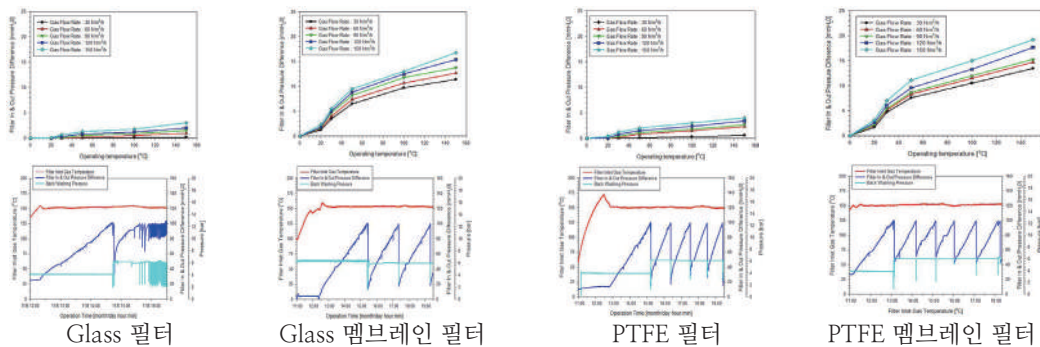
#### □ 연구실적

- Lab-scale 시험장치 이용 필터 시편 차압특성 시험
- Pilot 시험용 집진장치 설계/제작



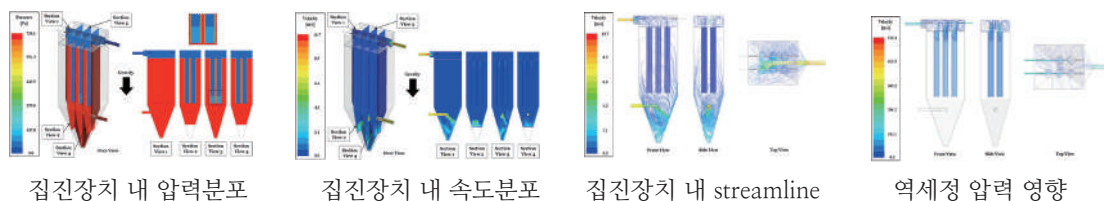
Pilot 시험용 집진장치 도면 및 제작품

- Pilot 시험용 집진장치 적용 필터 종류별 성능평가 시험



Pilot 시험용 집진장치 적용 필터 종류별 성능평가 시험 결과

- Pilot 시험용 집진장치 운전특성 전산해석



#### □ 정량성과 특허출원 1건, 논문 8건



# 대기오염 방지 기술 ▶ 미세먼지 / VOCs 제거기술

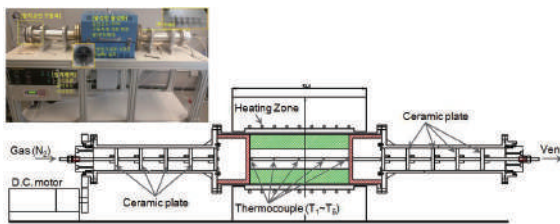
## ▶ 미세먼지 대응 휘발성 유기화합물 에너지화 친환경 공정기술 개발 ('16 ~'19)

### □ 연구목표

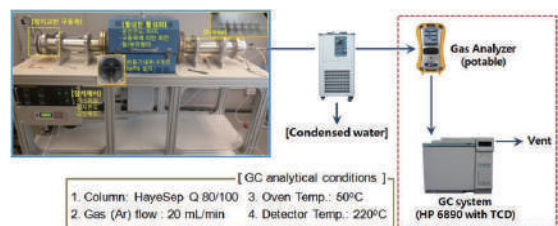
- 에너지기술개발사업으로 유기용제 사업장 발생 VOCs를 기존 단순 처리 개념에서 청정 에너지로 활용할 수 있는 통합공정 개발을 최종목표로 함.

### □ 연구실적

- VOCs 흡착소재 개발 - 고비표면적 활성탄 제조 조건 최적화

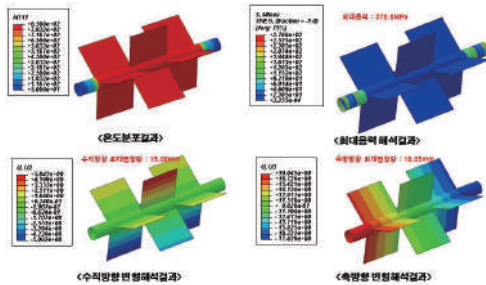


2 kg/batch급 Lab-규모 활성탄 표면개질장치 모식도

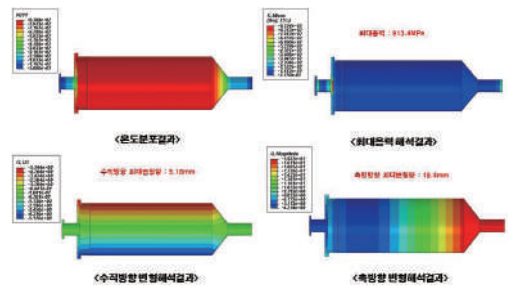


배출가스 모니터링 시스템

- 20 kg/batch급 활성화 pilot 시설 설계 및 제작

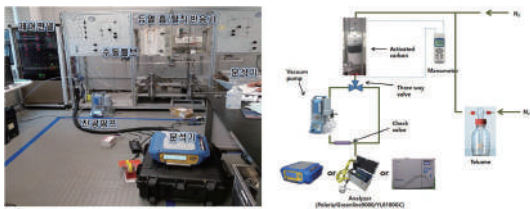


내부회전형 반응기 임펠러 열-구조해석



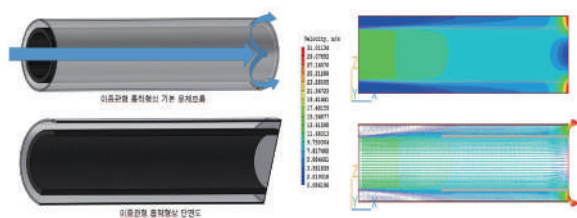
외부회전형 반응기 임펠러 열-구조해석

- 활성탄 VOCs 흡/탈착 특성평가



흡착제의 톨루엔 흡/탈착 테스트를 위한 장치 구성도

- 흡/탈착 모듈 설계



이중관형 유체흐름 개념 및 단면도(좌)와 입도, 높이에 따른 활성탄 필터 공기투과도 모델링 결과(우)

### □ 정량성과 특허출원 1건, 논문 13건

## R&D기반 Plant Eng.기술 ▶ Plant 기본설계 및 Eng. 기술

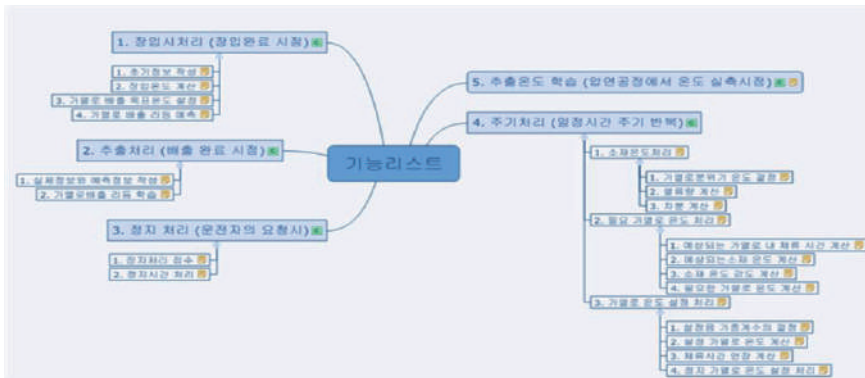
### ▶ 산소 연소용 공업로 기술 패키지화 개발 ('14 ~'18)

#### □ 연구목표

- 연속식 가열로의 실시간 예측 제어를 위한 열모델을 포함한 Level 2 제어 시스템 개발

#### □ 연구실적

- Level 2 제어시스템 제작 및 검증

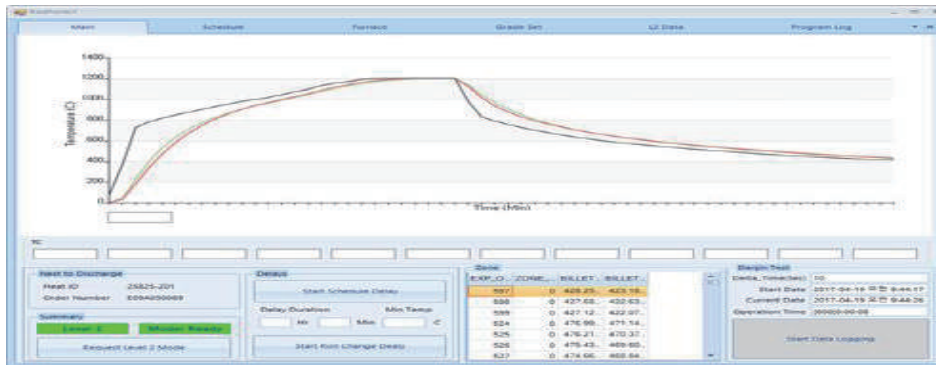


[Level 2 Tracking Module 기능적 요구사항]

- 정치식 가열로 대상 Level 2 제어시스템 시험 실시



[시험 대상 정치식 가열로]



[정치식 가열로 연동 Level 2 제어시스템 운전화면]

#### □ 정량성과 특허등록 1건, 논문 13건



## R&amp;D기반 Plant Eng.기술

## Plant 기본설계 및 Eng. 기술

## ▶ 산업폐열 이용 발전계통 설계를 위한 엔지니어링 기술 ('16 ~'19)

## □ 연구목표

- 에너지 고소비 산업의 폐열 회수 발전시스템 공정설계를 지원하는 엔지니어링 기술 및 시스템 개발

## □ 연구실적

- 경제성 분석 라이브러리 상세 설계
  - Total revenue requirement 알고리즘을 이용한 LCoE 모델 개발
  - “Calculate Levelized Cost of Electricity” 기능 상세 설계
  - 경제적 지표 변화 및 설계 변수 변화에 따른 전력단가의 민감도 평가 모델 개발
  - 경제적원자재 가격 변동에 따른 전력단가의 민감도 평가 모델 개발
  - 설비 가동률에 따른 전력단가의 민감도 평가 모델 개발
- 경제성 분석 단위 라이브러리 성능 검증
  - 총 시설 투자비 (Total Capital Investment; TCI), 균등화 전력단가 (Levelized Cost of Electricity; LCoE), 순현재가치 (Net Present Value; NPV), 내부 수익률 (Internal Return of Rate; IRR), 투자회수기간 (Payback Period; PP)의 5개 지표 계산 모듈의 정확도를 검증
- 통합 시스템 내 경제성 분석 라이브러리 성능 검증 환경 구축

## □ 정량성과 프로그램 등록 1건, 논문 4건

## R&D기반 Plant Eng.기술 ▶ Plant 기본설계 및 Eng. 기술

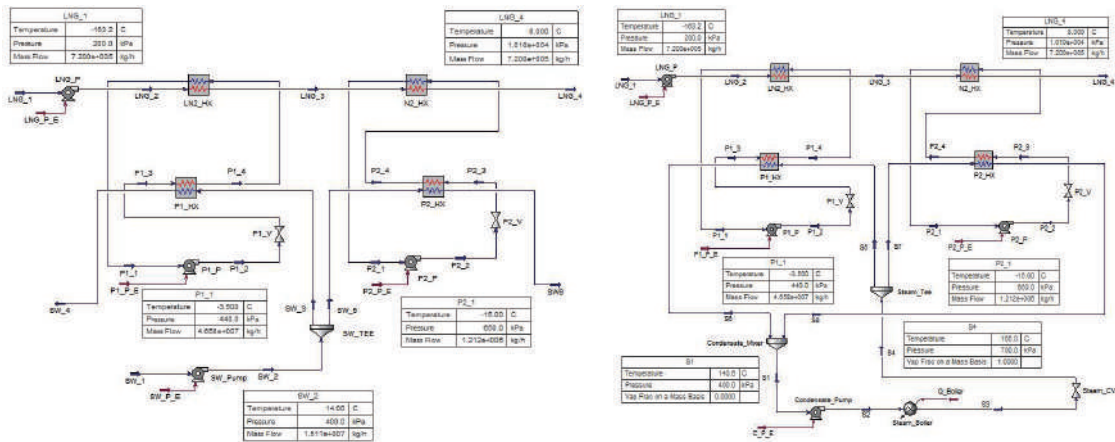
### ▶ 단납기 가스공급설비용 고효율 간접식 LNG 재기화 엔지니어링 기술 ('16~'19)

#### □ 연구목표

- 단납기 가스공급설비를 위한 고효율 간접식 LNG 재기화 시스템 설계 및 Pilot 제작 검증

#### □ 연구실적

- Open & Closed Type LNG 재기화 공정 기본 설계



〈간접식 LNG 재기화 공정 Open & Closed Type 정상상태 해석(Aspen HYSYS)〉

- 해석결과

		제1차 열원 종류	입, 출구 온도 변화	유량 (ton/h)
직접식	Open Type	해수	7	16,122
	Closed Type	스팀	21.4	212.9

		해수 열원 (kW)	해수 펌프 소비전력 (kW)	프로판 펌프 소비전력 (kW)	Total (kW)
직접식	Open Type	135,037	1,176		136,213
	Closed Type	126,541	1,102	12,106	139,749
간접식	Open Type	127,617	26	12,106	139,749
	Closed Type				

〈제1차 열원 유량 및 시간당 에너지 소비량〉

#### □ 정량성과 특허출원 4건, 논문 13건

# R&D기반 Plant Eng.기술 ▶ 가스화 Plant 반응기 설계 및 Eng.기술

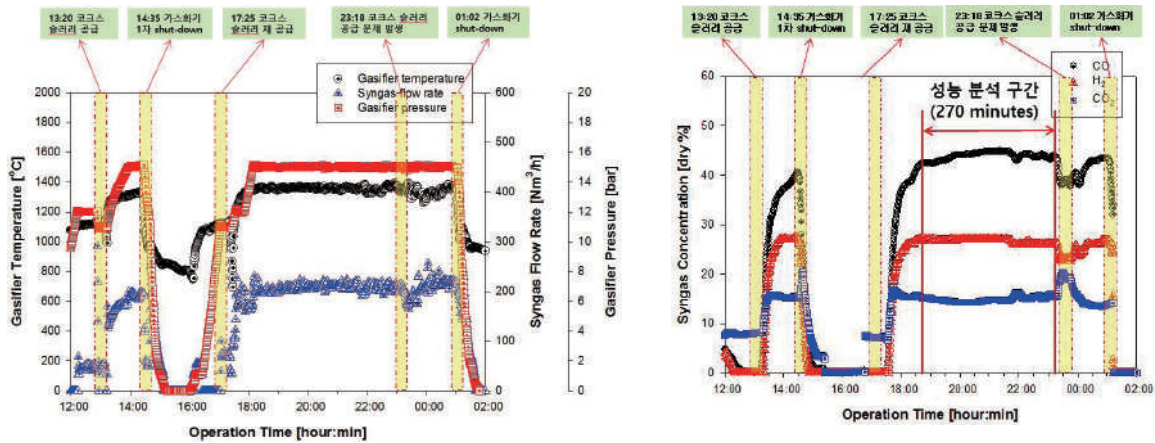
## ▶ 석탄슬러리를 이용한 습식가스화 기술개발 및 적용기술('14 ~'17)

### □ 연구목표

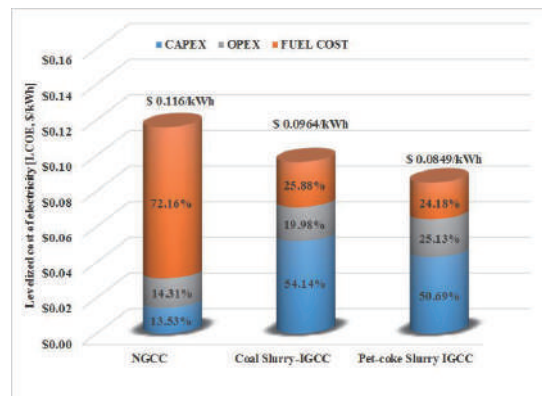
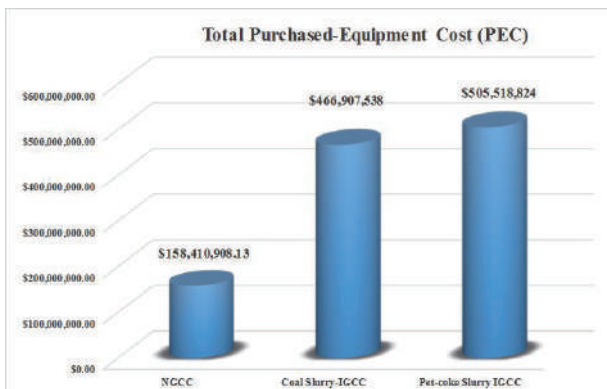
- 습식 슬러리 가스화 기술 개발
- 슬러리 공급/제조 시스템 구축 및 최적화
- 슬러리 가스화 IGCC 시스템의 사업화 모델 분석

### □ 연구실적

- 펫코크 슬러리 가스화 실험 및 성능 분석
- 슬러리 IGCC 플랜트 예비 경제성 분석 및 슬러리 IGCC 발전 플랜트의 경제적 타당성 평가
- 사업모델 제시



〈 4차 펫코크 슬러리 가스화 실험 시 가스화기 운전특성 〉



〈 각 공정별 전체 투자비 및 전력단가(LCOE) 비교 〉  
(LNG = 427.0\$/ton, 석탄 = 60 \$/ton, Pet-coke = 66 \$/ton)

### □ 정량성과 특허출원 1건, 논문 3건

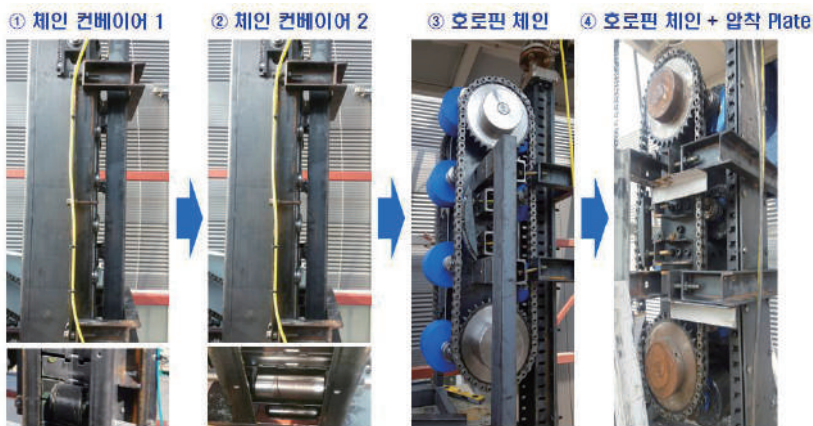
### ▶ 록퍼시스템 대체용 200kg/h 고압 분체연료 주입장치 핵심기술 개발 ('16~'19)

#### □ 연구목표

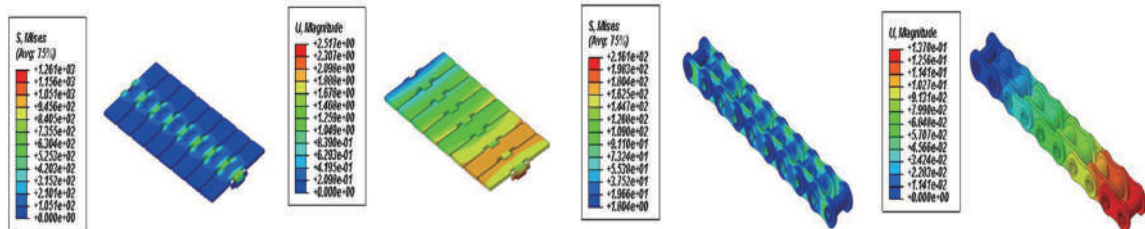
- 고압 조건으로 운전되는 공급호퍼에 미분탄 등과 같은 상압의 분체연료를 연속적으로 주입할 수 있는 주입장치 핵심기술 개발 및 이송시스템 최적화  
(용량 : 200 kg/h (4.8 톤/일), 운전압력 : max. 30 bar, 주입량 변화율 : 3%)

#### □ 연구실적

- 연속식 고압 분체연료 주입장치 설계안 도출 및 시작품 제작
- 구조해석 및 동력학해석을 통한 고압 분체연료 주입장치 개선
- 고압 분체연료 주입장치의 주입속도에 따른 분체연료 주입 성능 시험
- 고압 분체연료 주입장치 적용 시 경제성(발전원가) 비교 분석
- 고압 분체연료 주입장치 사업화 기반 확보를 위한 특허 분석
- 2017 산업기술 R&D대전 출품과제 선정 및 전시부스 운영



〈 연속식 고압 주입장치 시작품 개선 제작 모습 〉



체인 컨베이어 방식 해석결과

호로핀 체인 방식 해석결과

〈 고압 분체연료 주입장치 체인 개선 구조해석 결과 〉

□ 정량성과 특허출원 4 건, 논문 13건



R&D기반 Plant Eng.기술

가스화 Plant 핵심설비/핵심 부품 기술

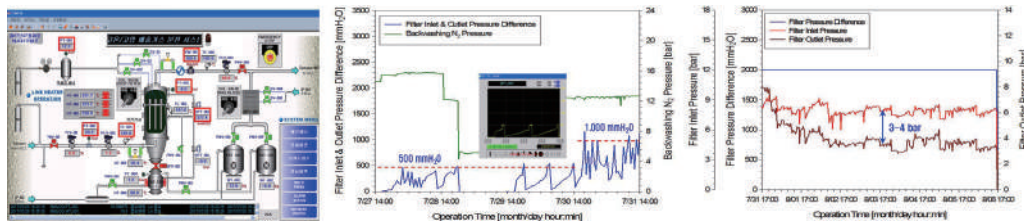
▶ 상용급 합성가스 제조공정 적용을 위한 내부식성 금속필터 국산화 ('14 ~'17)

□ 연구목표

- 5겹 압착/소결 금속필터에 세라믹 코팅을 통해 고온/고압 조건으로 운전되는 상용급 합성가스 제조 공정 생산 부식성 합성가스에 포함된 분진을 99.7% 이상 제거할 수 있는 내부식성 금속필터 국산화 기술 개발 및 실가스 적용 신뢰성 확보

□ 연구실적

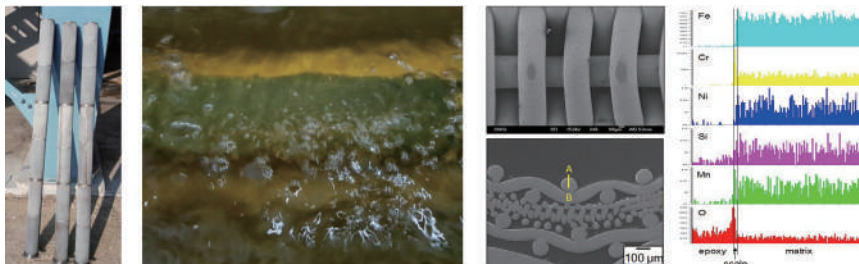
- IGCC 실증플랜트 slip-stream 연계용 집진장치 설계 및 제작
- IGCC 실증플랜트와 시험용 집진장치 연계 구축
- IGCC 실증플랜트 연계 내부식성 금속필터 성능 시험
- IGCC 실증플랜트 연계 연속운전시험 적용 내부식성 금속필터 분석
- 내부식성 금속필터에 대한 비즈니스 모델(BM) 컨설팅 수행



〈 시험용 집진장치 제어화면 및 IGCC 실증플랜트 연계 연속운전시험 결과 〉

횟수	측정일	측정위치		분진농도 (mg/Nm³)		분진제거효율
		입구	출구	입구	출구	
1	2017. 7. 27			1,156.36	4.68	99.60%
2	2017. 7. 29			1,432.21	3.12	99.78%
3	2017. 7. 30			3,671.69	7.35	99.80%
4	2017. 7. 31			6,794.81	6.23	99.91%
평균					5.35	99.77%

〈 집진장치 연속운전시험 중 분진농도 측정 결과 〉



〈 연속운전시험 적용 내부식성 금속필터의 bubble 시험 및 SEM-EDS 분석 결과 〉

□ 정량성과 특허출원 3 건(등록 3 건), 논문 9 건



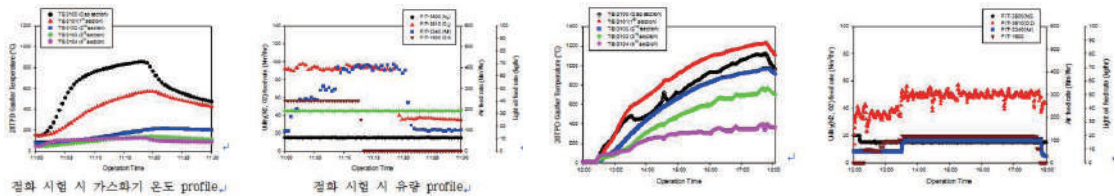
### ▶ IGCC 실증플랜트용 가스화기 기동버너 및 분체용 고압 메탈시트 볼밸브 국산화('16~'19)

#### □ 연구목적

- IGCC 실증플랜트 가스화기 기동시 사용되는 확산형 순산소 연소버너 어셈블리(버너 노즐 팁, 점화장치 등)에 대한 설계/제작 기술 개발
- IGCC 실증플랜트의 분체(미분탄, Fly Ash 등) 저장 및 이송 라인 등에 적용 가능한 분체용 고압 밸브의 설계/제작 기술 개발 (DN200이상, ANSI 600 Class급, 130°C 이상)

#### □ 연구실적

- IGCC Test Bed용 개발 기동버너의 시작품 성능 확인을 위한 가스화기 노즐 분사 및 점화 시험, 설계 개선
- IGCC Test Bed용 개발 고압 메탈시트 밸브에 대한 내구성시험 및 설계 개선
- 가스화기 연소실 내 열 및 물질 정산 프로그램 개발



점화 시험 시 가스화기 온도 profile

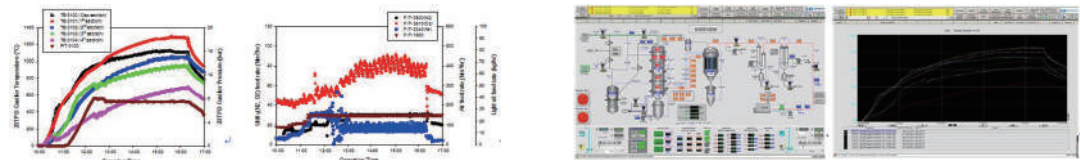
점화 시험 시 유량 profile

1차 기동 시험 결과

1차 기동 시험 결과

<점화 시험 결과>

<1차 기동 시험 결과>



2차 기동 시험 결과

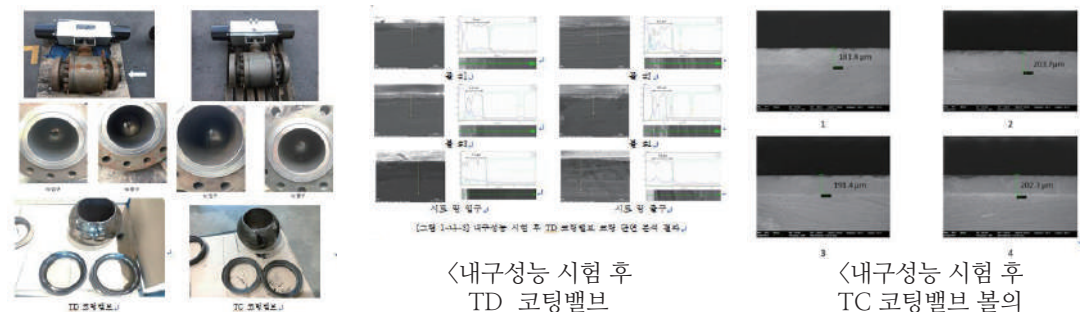
2차 기동 시험 결과

2차 기동 시험 시 운전 화면

2차 기동 시험 시 운전 화면

<2차 기동 시험 결과>

<2차 기동 시험 시 운전 화면>



시험 후 내부상태

<내구성 시험 후 TD 코팅밸브 코팅 단면 분석 결과>

시험 후 TC 코팅밸브 볼의 코팅 단면 분석 결과

□ 정량성과 특허출원 5건(등록 1건), 논문 7건

## ▶ 중소형 플랜트의 유지보수 엔지니어링 역량 강화를 위한 모델기반의 형상관리시스템 개발 ('16 ~ '20)

### □ 연구목표

- 중·소규모 플랜트에 적용 가능한 모델 기반 플랜트 형상관리 시스템 개발
- 중·소규모 실증용 플랜트 테스트베드를 구축하여 개발 기술 검증

### □ 연구실적

- 플랜트 기본설계단계 활동모델 개발
  - 플랜트 설계단계에서 산출물/정보가 어떤 활동(Activity)을 통해 생성되는지 정의할 수 있는 플랜트 설계단계 활동모델을 개발
  - 기본설계단계의 활동모델 개발을 위해, 다양한 플랜트의 기본설계 패키지(Basic Design Package)를 확보
  - 확보한 기본설계 패키지 간 비교를 통해 다양한 플랜트를 포괄하는 범용적인 기본설계 프로세스를 정의
  - 수집된 기본설계 패키지들로부터 정의된 기본설계 상/하위 프로세스 별 세부 정보요소(입력물, 산출물, 수행주체, 수행도구/방법)를 도출
  - 정의된 기본설계 프로세스 및 프로세스 별 세부 정보요소를 통합하여, 기본설계단계 활동모델을 개발
- 플랜트 상세설계단계 활동모델 개발
  - 앞서 정의한 플랜트 기본설계단계 활동모델 개발에 이어 상세설계단계의 활동모델을 개발
  - 상세설계단계 활동모델 개발을 위해, 다양한 플랜트의 상세설계 패키지(Detailed Design Package)를 확보함
  - 플랜트 기본설계단계 활동모델 개발과정과 유사하게 수집된 자료들로부터 상세설계 프로세스와 상세설계단계의 주요 정보요소를 도출하고, IDEF0 모델을 기반으로 상세설계단계 활동모델을 개발
- SysML 모델 기반 플랜트 통합모델 예시 개발
  - 그래픽 기반의 시스템 모델링 언어 표준인 SysML로 고등기술연구원이 내부적으로 보유하고 있는 파일럿 플랜트의 통합모델 예시를 개발
  - 플랜트 통합모델 예시를 개발함으로써 모델 기반의 형상관리 구현에 요구되는 모델의 개념을 정립

### □ 정량성과 프로그램 등록 3건, 논문 14건

### ▶ 햅틱기반 플랜트 안전훈련 플랫폼 구축 및 통합기술 개발 ('14 ~'19)

#### □ 연구목표

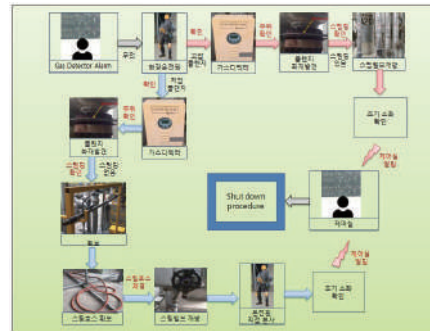
- 플랜트 안전훈련시스템 기술을 개발하여 플랜트 운영 현장 및 시설 안전성 확보 가능한 햅틱기반 핵심 및 응용 기술 개발

#### □ 연구실적

- 석유화학 대상 플랜트 선정 및 가상 모델 구축  
석유화학 플랜트 안전훈련의 시나리오 대상은 현대오일뱅크의 RDS 공정으로, 향후 훈련원의 안전훈련을 진행하기 위해 RDS 공정 현장을 최대한 유사하게 3D 모델링하였다.
- 석석유화학 플랜트 안전훈련 시나리오 개발  
사고 시나리오는 반응기 및 열교환기 플랜지에서의 leak로 인한 화재를 대상으로 하였다.



〈현대오일뱅크 RDS 공정 3D 모델〉



〈석유화학 플랜트 안전훈련 시나리오 시퀀스〉

- 플랜트 안전훈련 다중협업 플랫폼 설계



〈가스안전훈련원 다중협업 훈련수행 결과〉

#### □ 정량성과 특허출원 2건, 프로그램 등록 1건, 논문 6건

R&D기반 Plant Eng.기술 Plant 안전훈련 및 협업지원 기술

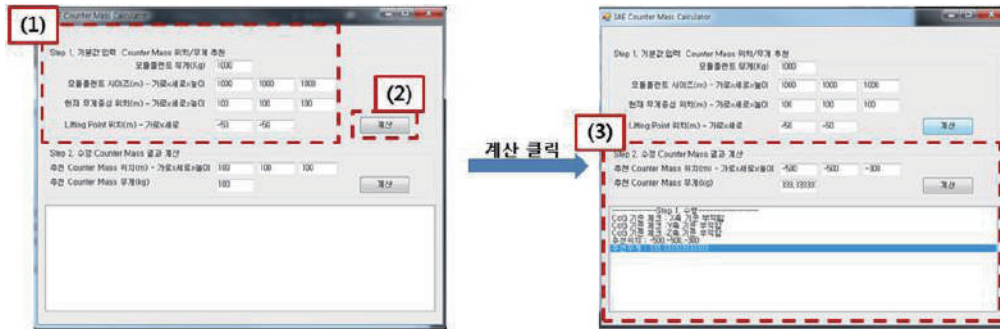
▶ 현업단위 모듈 Weight Balance 및 지지/보강재 설계 S/W 모듈 개발 ('15 ~'19)

□ 연구목표

- 플랜트 모듈의 육상 및 해양 운송과 시공 과정에서의 구조 안정성 확보를 위한 Weight Balance 및 지지/보강재 설계 S/W 모듈 개발

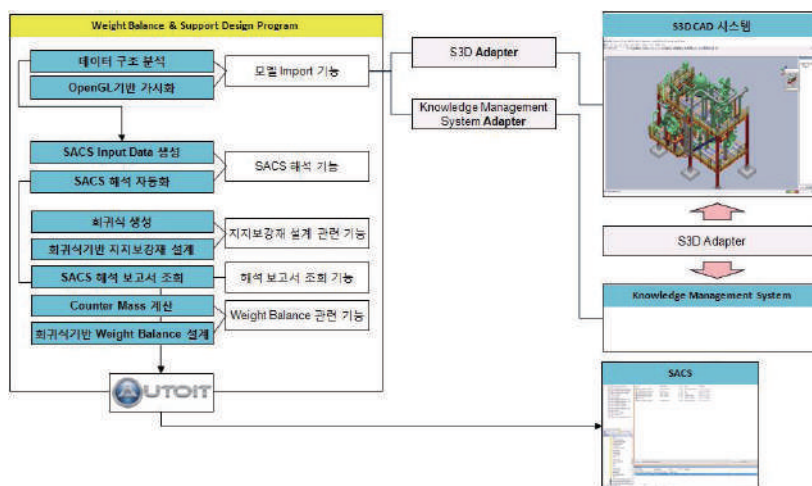
□ 연구실적

- 플랜트 모듈 Weight Balance 설계 S/W 모듈 개발
  - 카운터 매스를 활용함에 있어 가이드라인을 제공할 수 있도록 알고리즘을 개발하고, 개발된 알고리즘을 사용자가 손쉽게 활용할 수 있도록 소프트웨어를 구축하였다.



<플랜트 모듈 카운터 매스 설치 위치 및 무게 계산용 데이터 입력 및 계산 결과>

- 플랜트 모듈 지지보강재 설계 S/W 모듈 개발



<플랜트 모듈 지지보강재 설계 S/W 설계>

□ 정량성과 프로그램 등록 3건, 논문 4건



## 소재원천기술 ▶ $TiCl_4/TiO_2$ 고순도화 및 분말제조기술

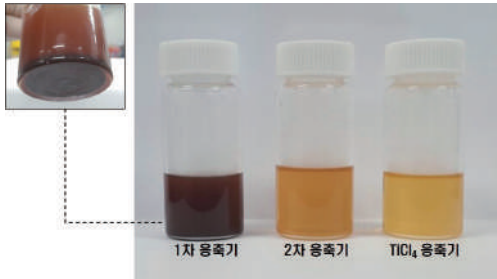
### ▶ 티클 4 제조 파일럿 플랜트 건설 및 운영기술 ('15~'20)

#### □ 연구목표

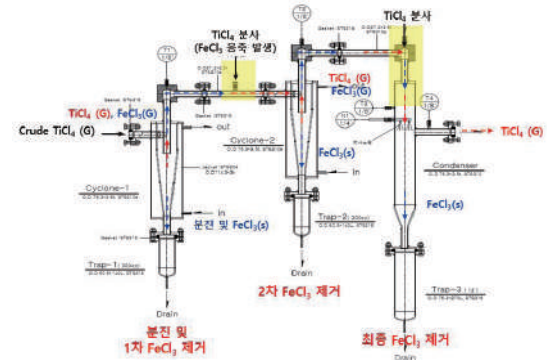
- 1,500 톤/년 규모의 티클4 제조 Demo plant 건설 및 운영기술 개발
- 고순도 티클4 이용 응용 제품 및 Fe 및 기타 공정부산물 제거 기술 개발

#### □ 연구실적

- Cyclone을 이용한 철계 부산물 포집 연구
- 철계부산물 제거를 위한 시스템설계 및 성능 평가



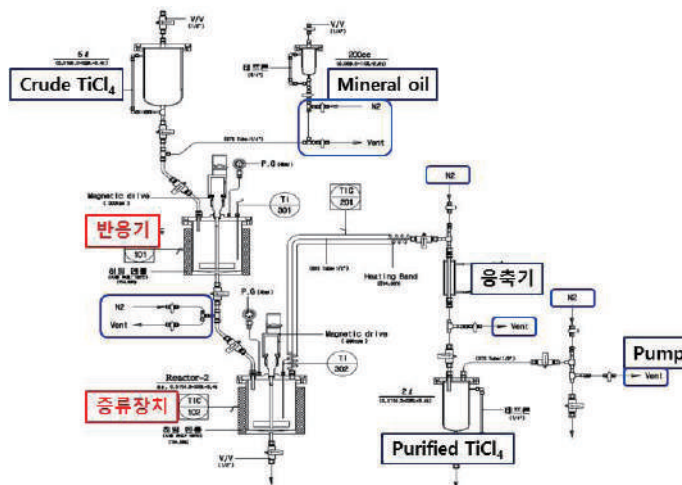
(a) 응축기 별 회수된  $TiCl_4$



(a) 철계 부산물 제거를 위한 시스템 설계도

- 온도 및 시간조건에 따른 바나듐 부산물 제거 연구
- Agent 종류에 따른 바나듐 제거율 비교

#### • BSU급 바나듐 제거 시스템 설계



#### □ 정량성과 논문 1건



## 소재원천기술 ▶ TiCl<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> 고순도화 및 분말제조기술

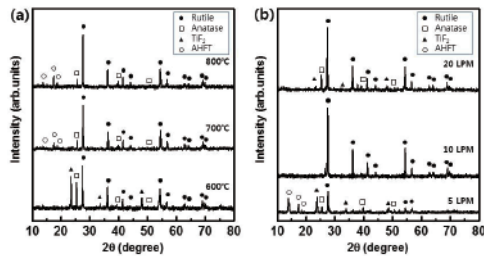
### ▶ 50% TiO<sub>2</sub> 함유 일메나이트로부터 백색 도료용 고품위 TiO<sub>2</sub> 분말 제조 기술 개발 ('15 ~'20)

#### □ 연구목표

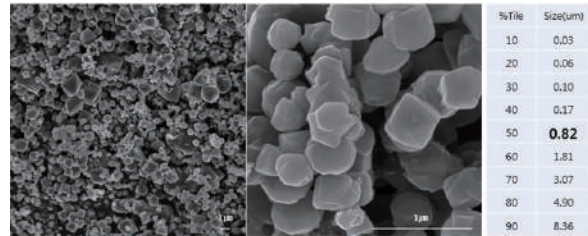
- 고순도 AHFT로부터 화학기상합성법을 이용한 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>) 제조 기술 개발
- 알루미나 및 실리카를 이용한 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>) 표면 코팅 기술 개발

#### □ 연구실적

- 화학기상합성법을 이용한 TiO<sub>2</sub> 합성 공정 개발

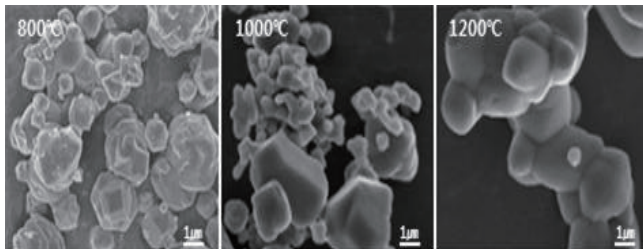


합성 조건에 따른 TiO<sub>2</sub> 분말의 XRD 패턴  
(a) 반응온도, (b) 공기 유량



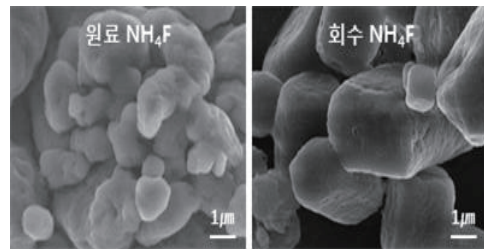
반응기 후단에서 회수한 TiO<sub>2</sub> 분말의 SEM 이미지와 입도 분포

- TiO<sub>2</sub>의 열처리 특성 평가



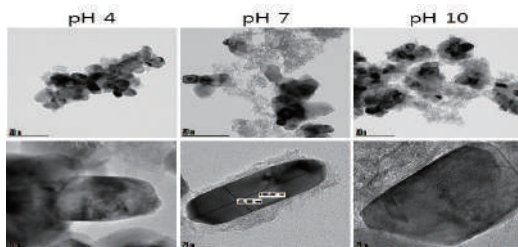
합성 TiO<sub>2</sub>와 열처리된 TiO<sub>2</sub>의 미세구조

- 불화암모늄(NH<sub>4</sub>F)의 회수 기술 개발



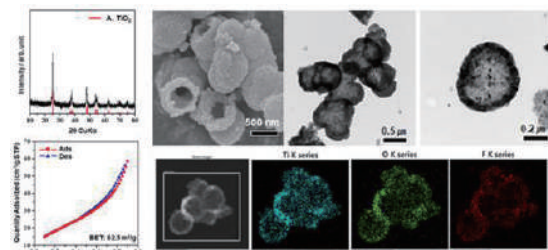
NH<sub>4</sub>F 원료 분말과 회수된 NH<sub>4</sub>F의 SEM 분석 결과

- TiO<sub>2</sub> 표면 알루미나(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)코팅기술 개발



용액 pH에 따른 코팅 분말 TEM 이미지

- TiO<sub>2</sub> hollow 구조체 제조 기술



TiO<sub>2</sub> hollow structure의 FE-SEM, HR-TEM 및 EDS-mapping 이미지

#### □ 정량성과 특허출원 1건, 논문 9건

## 소재원천기술 ▶ $TiCl_4/TiO_2$ 고순도화 및 분말제조기술

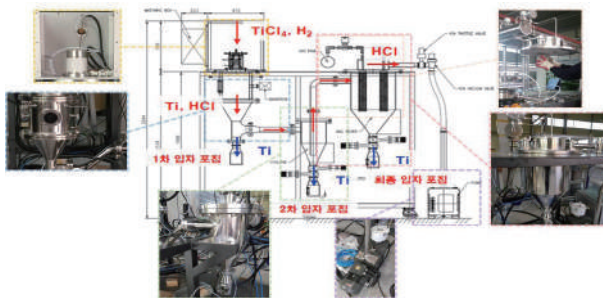
### ▶ Ti 입상금속 연속제조 기술개발 ('16 ~'21)

#### □ 연구목표

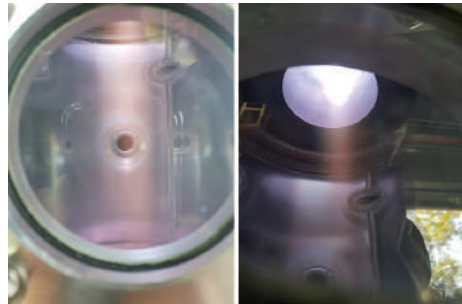
- 유동로를 이용한 Ti 입상금속 제조 원천기술 개발

#### □ 연구실적

- 10 kw급 RF 플라즈마 장치 제작

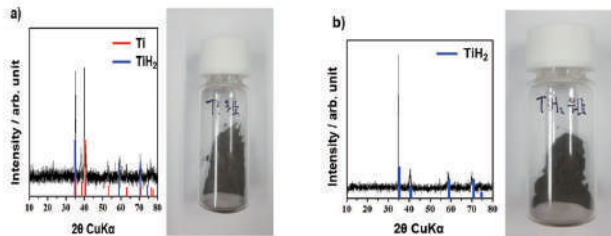


RF 플라즈마 장치 최종 설계 및 제작

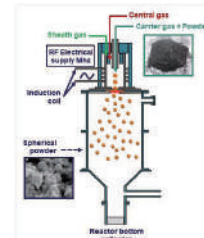


RF 플라즈마 장치로부터 형성된 플라즈마

- 열플라즈마를 이용한 Ti 분말 구형화

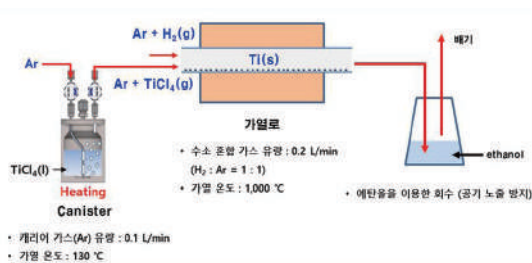


HDH법으로 제조된 원료 분말의 XRD 분석결과: a)Ti, b)TiH<sub>2</sub> 분말

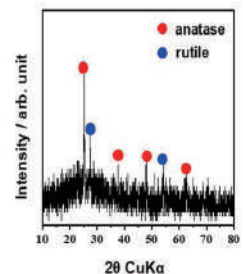
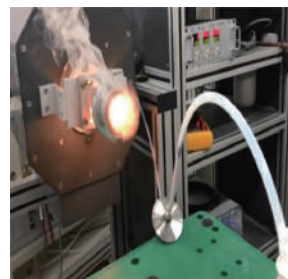


열플라즈마법을 이용한 Ti 구형화

- 가열로를 이용한 Ti seed 제조



lab-scale Ti seed 제조 장치의 모식도



Tube 가열로 내부 Ti seed의 발화(좌) 및 XRD 분석결과(우)

#### □ 정량성과 논문 3건

## 소재원천기술 유무기 복합소재 응용기술

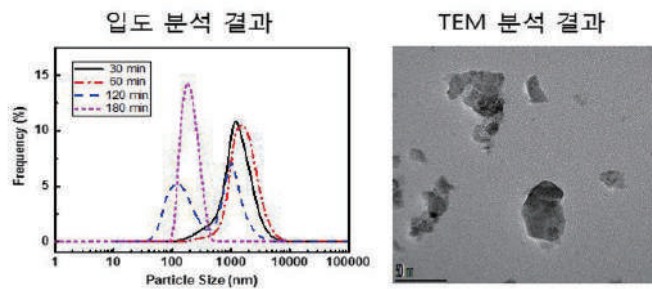
### ▶ 유무기 복합화 기술이 적용된 UV-Cut Dispersion과 고기능성 자외선 차단 화장품 개발 ('15 ~ '17)

#### □ 연구목표

- TiO<sub>2</sub> 표면 유·무기물 표면처리 기술 및 입도 제어 기술 개발

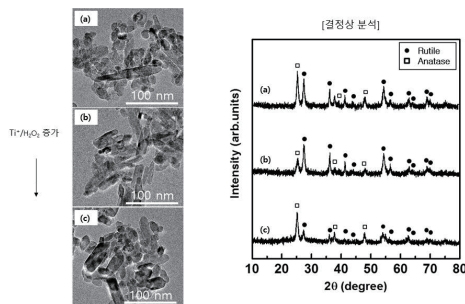
#### □ 연구실적

- TiO<sub>2</sub> 분말 입도 제어를 통한 자외선 차단 효과 향상 기술

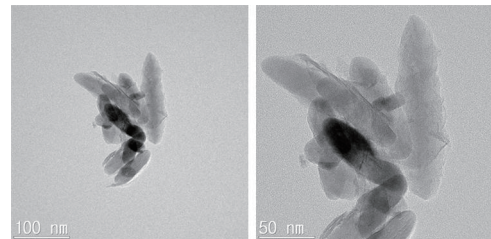


TiO<sub>2</sub> 분말 분쇄 시간에 따른 입도 분포 및 분쇄 TiO<sub>2</sub>형상

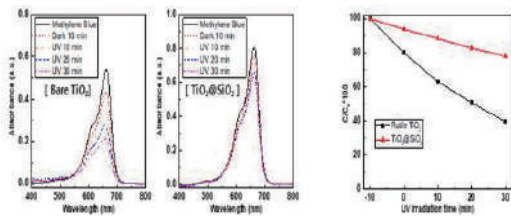
- 자외선 차단 특성 향상을 위한 TiO<sub>2</sub> 형상 제어 및 코팅 특성 최적화 기술 개발



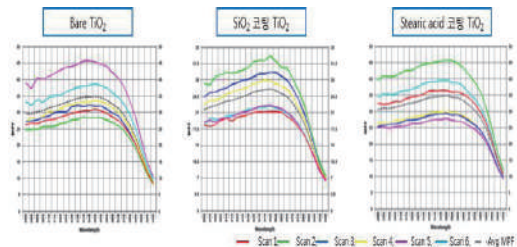
형상 제어 TiO<sub>2</sub> TEM 이미지 및 결정상 분석결과



습식법을 이용해 합성된 TiO<sub>2</sub> 형상 TEM 이미지



SiO<sub>2</sub> 코팅된 TiO<sub>2</sub> 분말과 코팅 전 TiO<sub>2</sub> 분말의 광촉매 활성



자외선 차단 특성 평가 결과

#### □ 정량성과 논문 7건



## 소재원천기술 유무기 복합소재 응용기술

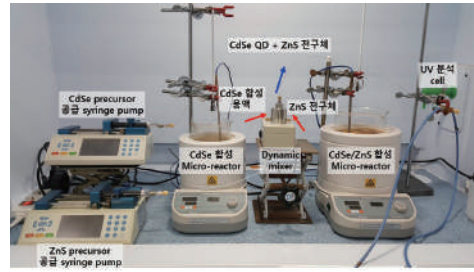
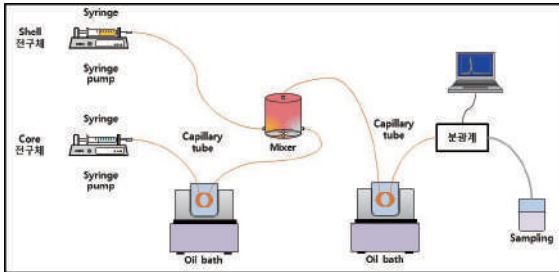
### ▶ 차세대 LED 조명용 고감성, 고기능성 유무기 복합 플라스틱 소재 개발 ('15 ~'18)

#### □ 연구목표

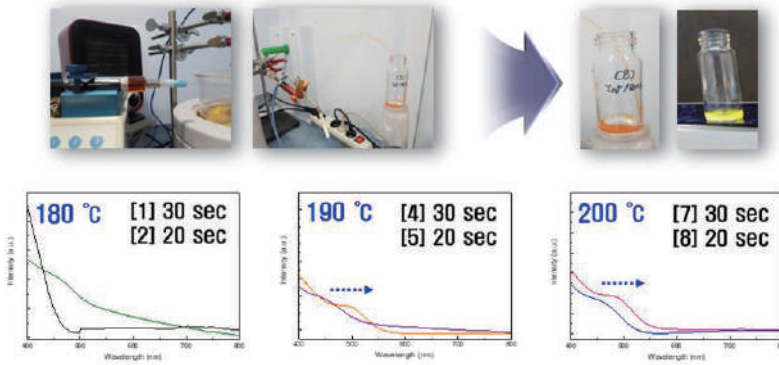
- 카드뮴계 및 비카드뮴계 양자점 양자효율 향상 및 최적화
- core/shell 양자점 대량 생산시스템 최적화 지원

#### □ 연구실적

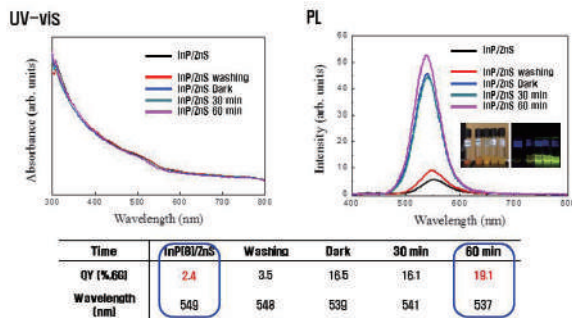
- two-step micro-reactor 연속 합성 시스템 개발



- Micro-reactor에 적용 가능한 비카드뮴계 양자점 전구체 및 합성법 개발



- InP/ZnS에 유기표면처리



#### □ 정량성과 논문 9건 (SCI(E) 2건)



## 소재원천기술 ▶ 세라믹 복합 코팅 소재기술

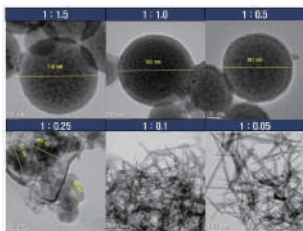
▶ 가시광 투과율 70 %, 적외선 차단율 90 % 급의 에너지 효율 향상을 위한  
윈도우용 칼코지나이드 기반 세라믹 복합 코팅소재 개발 ('16 ~'19)

### □ 연구목표

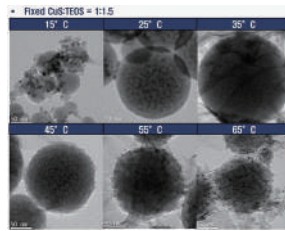
- 최적의 코팅 물질 선정 및 합성 공정 개발
- 공정 변수에 따른 코팅 두께 및 특성 변화 연구
- 코팅 두께 제어 기술 확립 및 공정 코팅 두께 최적화
- 대량 생산을 위한 연속 coating 기술 개발 및 시스템 설계, 제작
- 실시간 품질 모니터링 기술 개발 및 연속 coating 기술 최적화

### □ 연구실적

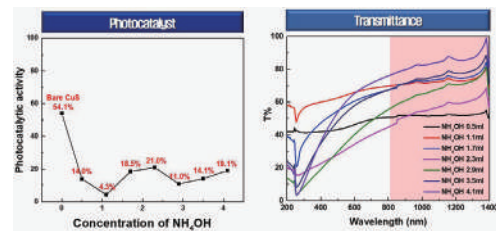
- 공정변수에 따른 coating 두께 및 특성 변화 유도



CuS:TEOS 비율에 따른 CuS@SiO<sub>2</sub>의 TEM 이미지

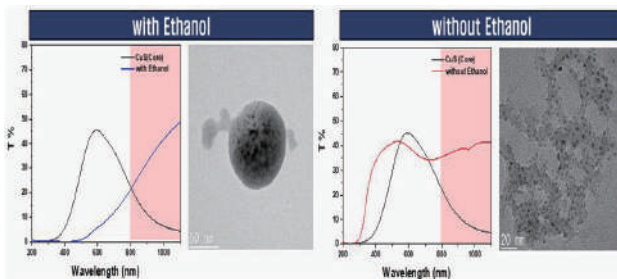


반응온도에 따른 CuS@SiO<sub>2</sub>의 TEM 이미지

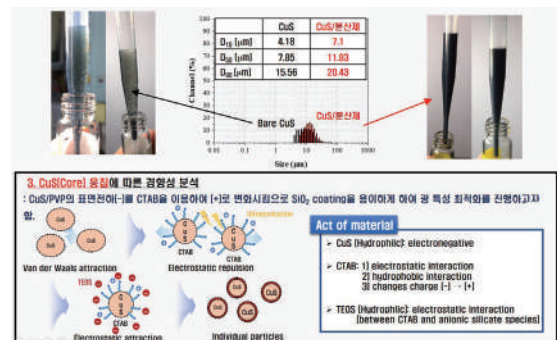


암모니아 첨가량에 따른 CuS@SiO<sub>2</sub>의 광촉매 및 투과도 분석

- 물리적 특성 평가에 따른 coating 두께 최적화



Ethanol 첨가 유무에 따른 CuS@SiO<sub>2</sub> 투과도 분석



분산제 첨가 유무에 따른 코팅처리 되지 않은 CuS의 입자입도분석

□ 정량성과 논문 6건 (SCI(E) 1건)

## 소재원천기술 ▶ 기능성 소재용 나노 복합분말 합성기술

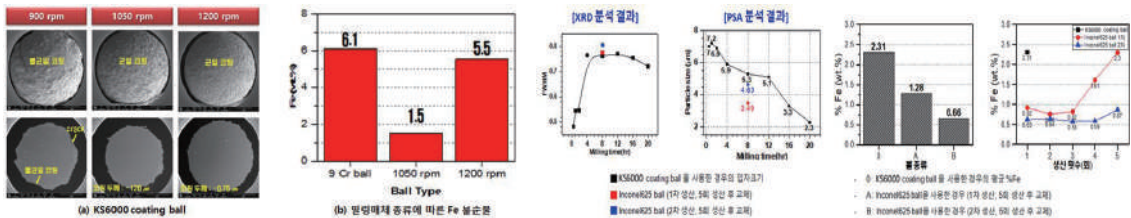
### ▶ 980°C적용 핵심방산 소재의 상용화를 위한 다성분계 나노산화물 분산강화형 초내열 합금 개발 ('13 ~'18)

#### □ 연구목표

- Pilot scale ODS 나노 분산 공정기술 최적화 (Ni계, Fe계 합금분말)
- Pilot scale용 ODS 나노 분산 상용화 부품 제작 지원
- 강화상이 분산된 합금 분말 특성 평가

#### □ 연구실적

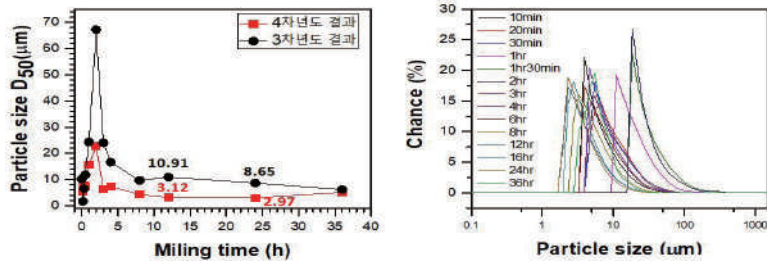
- ODS 혼합분말의 불순물 저감공정 최적화



코팅볼 형상(a) 및 밀링 후 Fe불순물 측정 결과(b)

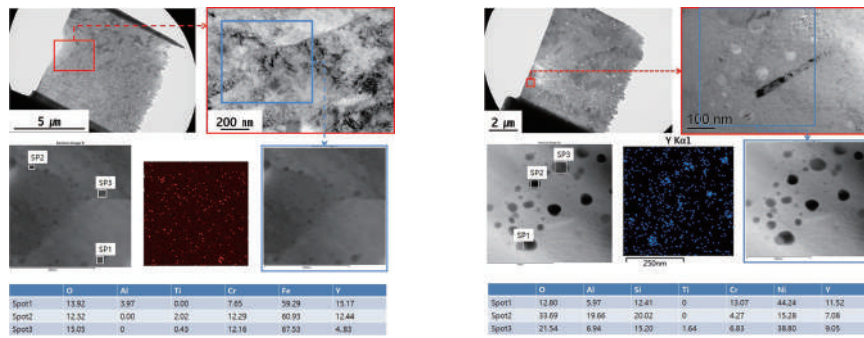
기계적합금화 후 XRD, PSA 분석결과(좌), 불 종류 및 생산횟수에 따른 Fe 함량 변화(우)

- ODS 혼합분말의 입도 제어공정 최적화



MA956 혼합분말에 대한 생산공정 및 밀링 시간에 따른 입도 (D50) 변화

- 강화상이 분산된 합금분말 특성평가 (분말 입도, 산화물 크기 및 체적분율)



MA956 압출재에 대한 TEM 분석결과

MA6000 압출재에 대한 TEM 분석결과

#### □ 정량성과 논문 12건 (SCI(E) 1건)

## 소재원천기술 ▶ 기능성 소재용 나노 복합분말 합성기술

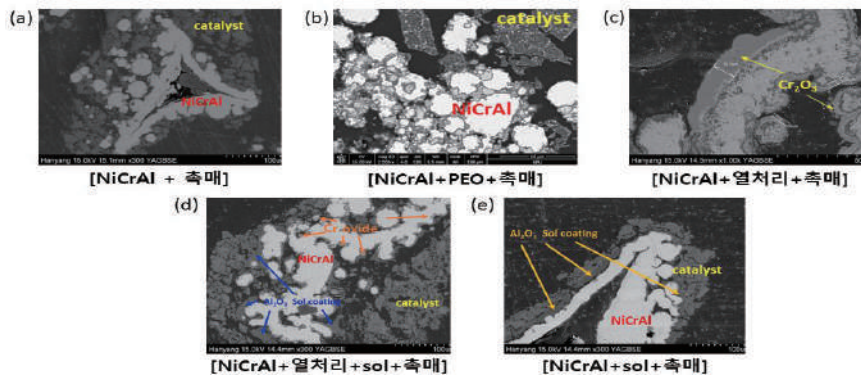
▶ 수소 제조용 표면적 3,000 / 이상의 에너지 저감형 다공성 금속 소재 개발금 개발 ('13~'19)

### □ 연구목표

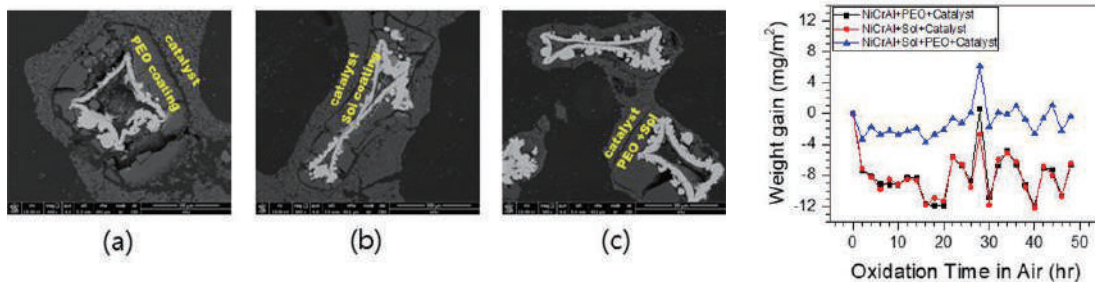
- 전해산화를 이용한 벌크형 대면적 다공성 금속 소재 코팅 기술 개발
- 벌크형 대면적 다공성 금속 소재 코팅의 고온 안정성 평가
- 벌크형 대면적 촉매 평가시스템 평가법 개발

### □ 연구실적

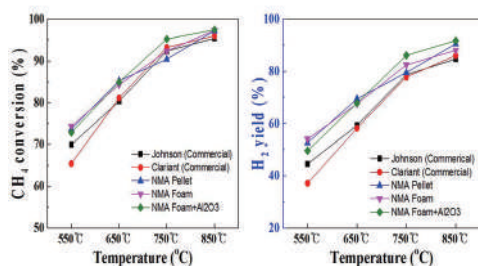
- 메탈폼의 복합 코팅 공정 변수 제어



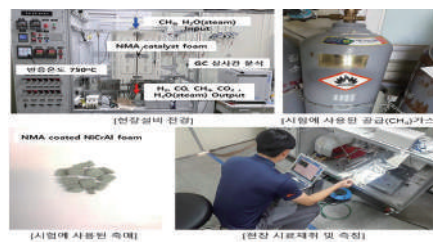
- 복합 코팅 공정에 따른 메탈폼과 코팅층의 접착성 평가



- 복합 코팅 공정에 따른 고온 안정성 평가



- 합 코팅 촉매의 성능 및 내구성 평가



### □ 정량성과 논문 6건



## 소재원천기술 ▶ 기능성 소재용 나노 복합분말 합성기술

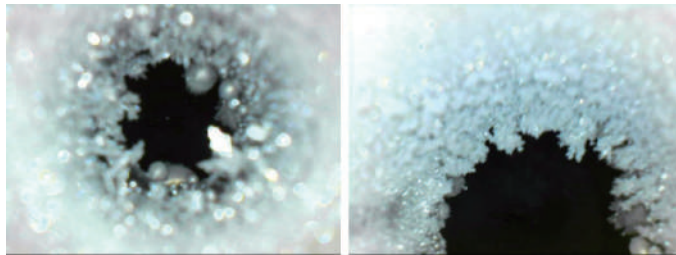
### ▶ 환원온도 950°C 이하에서 작동 가능한 Ceria계 멤브레인 제조 기술 및 에너지 소비량이 30% 개선된 마그네슘 제련 기술 ('15 ~'18)

#### □ 연구목표

- Mg의 에너지 소비량이 최대 30% 감소된 친환경 저온 제련 기술 개발(≤ 950°C)

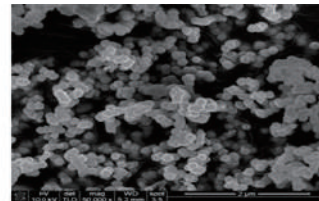
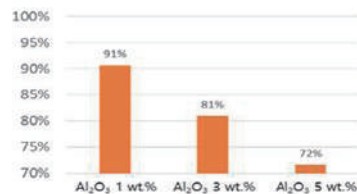
#### □ 연구실적

- ITM 환원 공정 기술 → 고효율 MgO 제련 기술 개발을 위한 ITM 환원 시스템을 이용해 GDC 멤브레인을 이용한 환원 공정 기술 개발



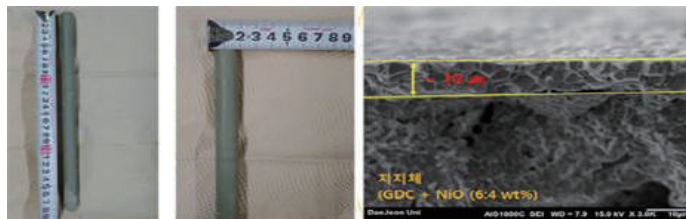
반응 종료 후 회수된 마그네슘 사진

- GDC/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 나노복합분말 합성 기술 → GDC의 낮은 기계적 물성을 보완하기 위해 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 추가해 소결 밀도 및 이온전도도 향상 기술 개발



(좌) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 함량에 따른 소결 밀도 (우) 합성된 분말의 미세구조 분석

- Tube형 지지체 개발 → Mg 제련을 위한 GDC 기반의 다공성 멤브레인을 제조하고, 이에 치밀막을 형성시켜, 기계적 성질 및 제련 효율을 향상 시키는 기술 개발



GDC 기반 다공성 멤브레인 튜브 및 치밀막 코팅 결과

#### □ 정량성과 특허출원 2건(해외 1건), 논문 3건 (SCI(E) 1건)



# 소재원천기술 ▶ 기능성 소재용 나노 복합분말 합성기술

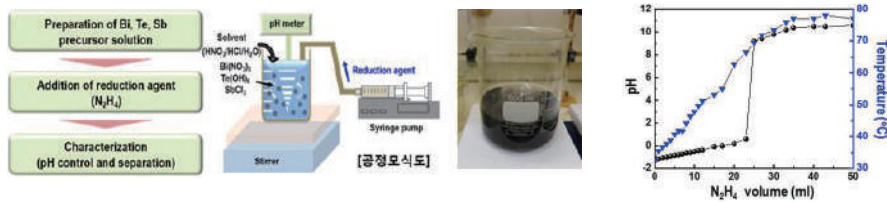
▶ 1.0kg/batch 규모급 평균 열전성능지수(ZT) 1.4 이상의 다결정 열전소재 및 이를 이용한 열전성능(Z) 3.4의 고효율 열전모듈 개발 ('16 ~'20)

## □ 연구목표

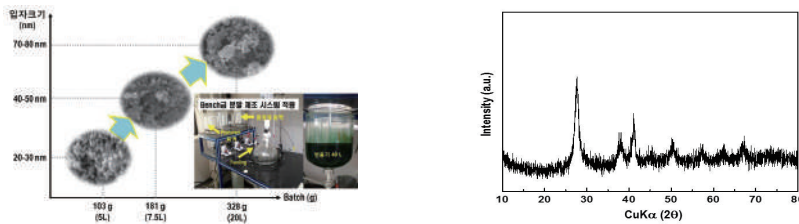
- Bench급 열전 분말 제조 기술
- 열전분말 압연가공 열처리 기초 공정 기술

## □ 연구실적

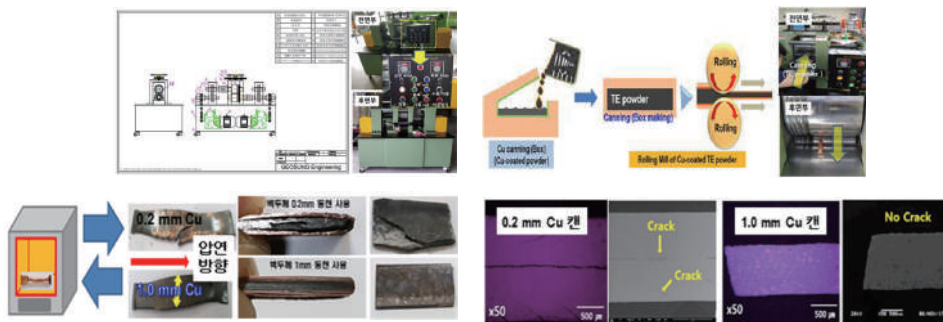
- 분말 입도 제어 기술



- Bench급 제조 공정 및 입자 크기에 따른 상관관계 해석



- 압연가공 열처리 기초 공정 기술



(단위 : Hv)

샘플	1회	2회	3회	4회	5회	평균
0.2 mm Cu 캔 압연 성형체	42.3	46.7	42.2	39.5	46.1	43.4
1.0 mm Cu 캔 압연 성형체	80.9	79.1	80.6	82.7	85.8	82.0

## □ 정량성과 논문 3건

## 소재원천기술 ▶ 활성화탄 흡착소재의 비표면적 증대기술

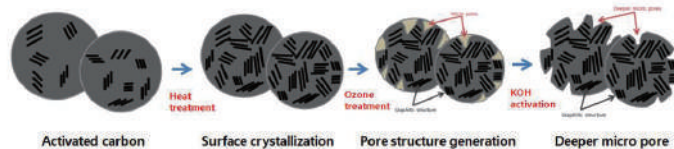
▶ 나노기공이 발달된 비표면적 2,200m<sup>2</sup>/g급 탄소계 흡착제를 적용하여 미국 LEV-3 규제 대응이 가능한 자동차유증기처리용 흡착소재 및 부품 개발 ('15~'18)

### □ 연구목표

- 양산화를 위한 scale-up 조건(1kg/batch)조건에서 흡착소재 개발
- 알칼리금속 회수기법 도출 및 회수장치 설계(안) 도출
- 흡착소재 양산화를 위한 30kg/batch급 통합공정(안) 도출

### □ 연구실적

- 활성화탄 표면관능기(carbonylic & carboxylic groups) 도입을 위한 표면처리조건 도출



고비표면적 활성화탄 제조를 위한 열처리된 표면처리 연계된 표면개질 모식도

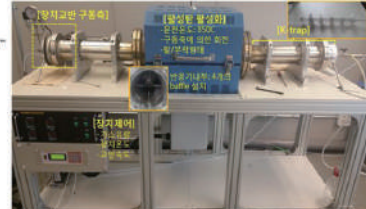
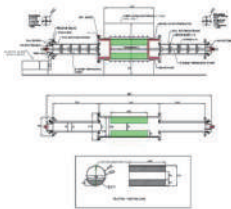
- Scale-up 조건(1kg/batch급 chemical activator)에서 표면개질조건 최적화

[1kg-AC 대상 KOH활성화에 metallic-K 생성량]				
구분	용량량 (g/mol)	연소 분배	투입/생성량 (kg)	회수 (mol)
KOH	56.1	2	3.00	53.5
K <sub>2</sub> O	94.2	1	2.52	26.7
Metallic-K	39.1	2	2.09	53.5

※ 투입된 KOH 전량이 metallic-K로 전이됨을 가림하여 산정

[K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 형성을 위한 CO <sub>2</sub> 요구량]				
용량량 (g/mol)	연소 분배	투입/생성량 (kg)	회수 (mol)	
CO <sub>2</sub>	44	1	1.18	26.7

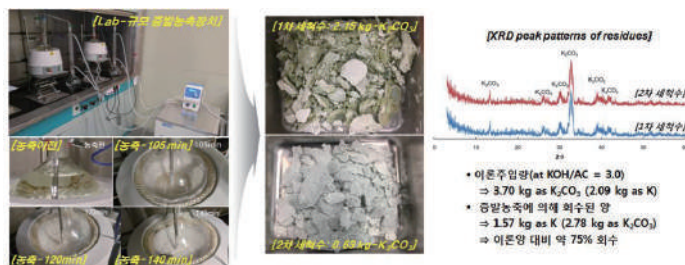
⇒ 1kg 활성화탄 활성의 후, 요구되는 용 CO<sub>2</sub> 양: 599%



활성화부산물 안정화를 위한 CO<sub>2</sub> 처리량 정량화

1차년도에 구축된 1kg/batch급 활성화탄 활성화장치

- 알칼리금속 회수를 위한 세척조건 도출
- 세척폐액 내 칼륨화합물 회수 및 재이용 평가



세척수 내 칼륨화합물 회수를 위한 증발농축 및 회수물 성분분석

- 30kg/batch급 고비표면적 활성화탄 제조설비 통합공정(안) 도출

### □ 정량성과 논문 6건

## 소재원천기술 ▶ 연료전지용 원천소재기술개발

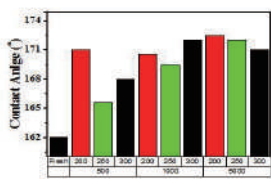
### ▶ 300mW/cm<sup>2</sup>급 알카라인 직접액체 연료전지용 MEA 원천 핵심기술개발 ('15~'18)

#### □ 연구목표

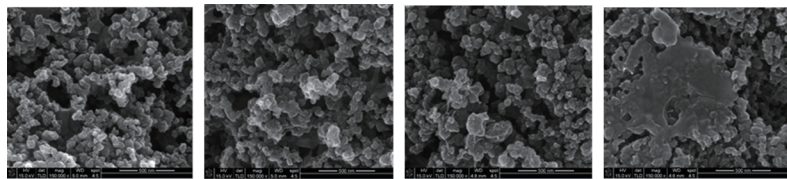
- 최대 전력밀도 300 mW/cm<sup>2</sup> 이상의 알카라인 직접 액체 연료전지 개발

#### □ 연구실적

- 가스확산 층의 PDMS 코팅 최적화 연구

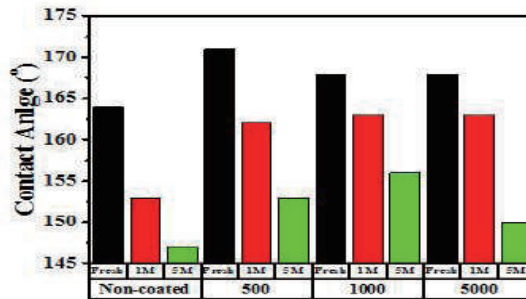


온도 및 점도 별 SGL 29BC의 MPL 및 Fiber side의 표면 접촉각

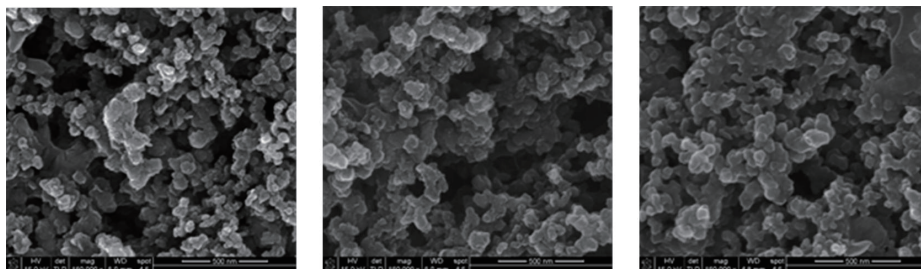


Non-treatment      200 °C      250 °C      300 °C

- 고 화학적 내구성 연료 확산층 개발



PDMS 코팅된 SGL 29BC 가스확산층의 표면 접촉각 측정에 따른 화학적 내구성 평가



200 °C      250 °C      300 °C

1000 CS 점도의 PDMS로 온도 조건별 코팅된 SGL 29BC에 5 M NaOH 수용액 내, 60 °C 조건하에 120시간 처리 후 관찰한 MPL side의 표면 SEM 이미지.

#### □ 정량성과 특허출원 1건, 논문 2건

## 기계/부품 생산기술

## 용접기술 적용 차량 경량화 부품 생산기술

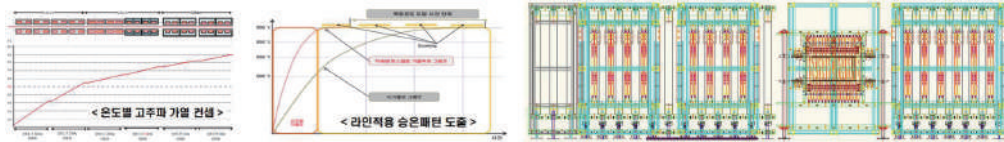
### ▶ 생산성 30% 향상을 위한 고주파 유도가열 이용 차세대 하이브리드 핫스탬핑 라인 개발 ('15 ~'18)

#### □ 연구목표

- 고주파 유도가열기의 다단을 증가시켜 현장 양산에서 사용할 수 있는 공정 변수 조건을 확보하고 산화피막 형성 가열 온(800℃) 및 승온 패턴 확보
- 양산형 고주파 핫스탬핑 라인을 위한 기초 전자기장 해석 및 설계 진행

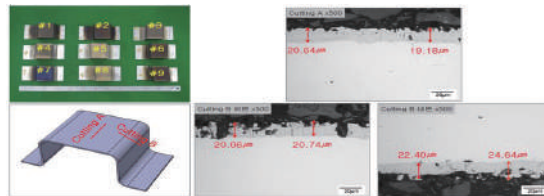
#### □ 연구실적

- 고주파 유도가열기의 다단을 증가시켜 현장 양산에서 사용할 수 있는 공정 변수 조건을 확보하고 산화피막 형성 가열 온(800℃) 및 승온 패턴 확보



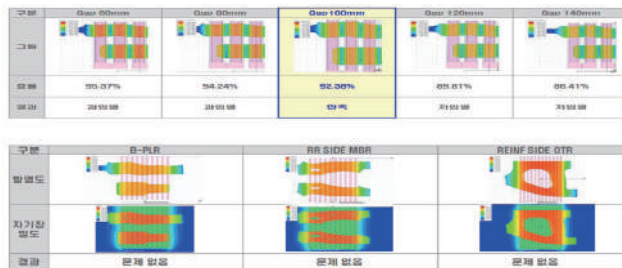
고주파 열처리 시험 결과 정리

- TEST BED에서 고주파 유도가열 이후 간단한 성형 시험을 통해 Al-Si 코팅층의 두께 검사를 진행하여 평가



고주파 열처리 후 단순 성형 시험 코팅층 두께 측정 결과

- 양산 현장에서의 핫스탬핑 조건과 유사하게 CCT 선도 확보
- 코일간 최적화 실시 한 결과 GAP 100mm 만족하는 결과를 산출



재설계 유도 코일에 대한 양산성 전자기장 해석 및 자기장 밀도

#### □ 정량성과 특허등록 1건, 논문 1건



## 기계/부품 생산기술

용접기술 적용 차량 경량화  
부품 생산기술▶ 핫스탬핑 차체 부품 개발을 위한 생산시간 단축 능동 냉각 제어 금형 개발  
('15~'17)

## □ 연구목표

- 핫스탬핑 부품품질 및 생산성 20% 향상 위한 금형 냉각기술 개발
  - 냉각성능이 30% 향상된 슬라이스 금형 설계 및 제조기술 개발
  - 성형압력 균일화를 위한 다이 분할 금형 설계 및 제조 기술 개발

## □ 연구실적

- 성형 및 냉각 해석을 동시에 진행할 수 있는 FSI 연동 해석 기법 개발
  - 1차년도 유동해석을 통해 슬라이스 금형의 냉각 성능이 기존 양산 금형에 비해 35%이상 냉각 성능이 좋은 것을 확인하였으며, 2차년도 측벽가압용 슬라이스 금형에 대한 성형 및 냉각 해석을 동시에 진행하기 위한 FSI 연동해석 기법을 개발하였음
- 냉각성능이 30% 향상된 슬라이스 금형 설계 및 제조기술 개발
  - 본 과제에서는 1차적으로 부품의 형상을 결정하는 형상 steel의 블록 단위의 금형을 더 잘게 나눈 슬라이스 금형으로 대체하면서 내부 냉각 유로의 자유도를 높였으며, CNC 가공을 통해 곡면의 가공성 좋게 하였음. 또한, 슬라이스된 금형의 냉각수 누설을 방지하기 위해 “실”형태의 줄 O-Ring 제품을 사용하여 Plate간의 내수밀성 확보함
- 성형압력 균일화를 위한 다이 분할 금형 설계 및 제조 기술 개발
  - 슬라이스 금형 제작을 통해 기본적인 냉각속도를 향상시켰으며, 측벽에 나타나는 문제점의 경우 기존 금형과 달리 측벽을 가압하여 일정한 품질의 핫스탬핑 부품을 제작할 수 있는 설계기술을 확보함
- 금형 내부 냉각수 유량 제어 시스템 개발 완료
  - 제어 프로그램의 경우 냉각수 제어를 위해서 금형 온도를 타겟으로 하였으며, 금형 온도 설정에 따라 Air V/V의 출력량이 달라져 냉각수의 유량을 제어할 수 있게 프로그램을 작성
- 핫스탬핑 부품 생산 현장 라인 적용 평가 완료
  - 현장 라인 적용성 평가를 실시하기 전 KTR에 의뢰하여 수밀성 시험을 진행하였으며, 이를 통해 “수밀성 내압 유지시험 결과 시험 전·후 압력누설 여부가 없음을 확인 할 수 있었다.”를 공인 인정 받음 (공인성적서 번호 : TBU000360(2017) 20171124140249)

## □ 정량성과 논문 1건

## 기계/부품 생산기술

## 용접기술 적용 차량 경량화 부품 생산기술

### ▶ 자동차 배기부품의 생산성 50% 향상이 가능한 고주파 유도가열 접합공정 개발 ('16 ~'18)

#### □ 연구목표

- 생산성을 혁신적으로 향상시키기 위한 배기계 부품의 고주파 유도 브레이징 공법 시스템 개발

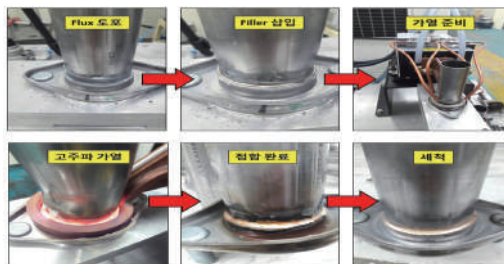
#### □ 연구실적

- 고주파 유도가열 브레이징 시스템 설계 및 제작
  - 고주파 브레이징 시스템 설계 및 제작, T/O 완료
  - 워킹코일 및 제어기 제작 설치 완료
  - T/O 완료 후 주관기관 이관



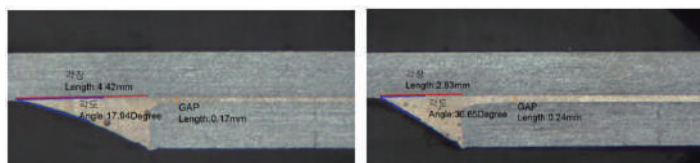
고주파 유도가열 브레이징 시스템 Integration

- 고주파 브레이징 공정 및 품질확보
  - 브레이징 공정변수별 물성평가 및 기계·금속학적 특성 DB화
  - 인장강도 모재 수준 강도 및 품질 확보(무결함)
  - 파이프 서브 제품의 브레이징 시스템 검증 완료



고주파 브레이징 작업공정도

- 접합부 정량적 품질 및 성능 만족
  - 공인시험기관의 품질 검사 결과 모든 사항 만족



브레이징 접합부 단면

## 기계/부품 생산기술

용접기술 적용 차량 경량화  
부품 생산기술▶ **고효율·고용착 용접공법을 활용한 차륜형전투차량 신형 엑슬럼 개발 ('15~'17)**

## □ 연구목표

- 고용착 용접공정을 활용한 저변형 고생산성 협개선 용접기술 개발
  - 차륜형전투차량 엑슬럼 용접부 최적 형상 설계
  - 차륜형전투차량 저입열 용접공정 개발을 위한 최적용접조건 확보
  - 차륜형전투차량 저입열 용접자동화 시스템 구축

## □ 연구실적

- 복차륜형전투차량 엑슬럼 용접부 최적 형상 설계
  - FEM 해석과 시험편 단위의 용접을 통하여 엑슬럼 용접이음부의 개선각 각도는 20° 로 선정함
- 차륜형전투차량 저입열 용접공정 개발을 위한 최적용접조건 확보
  - Taguchi 직교 배열 기법을 사용하여 용접전류, 토치각도, 용접속도 3가지 변수 중 용착 면적(용착량) 및 용접비드 형상에 가장 큰 영향을 미치는 주요 변수는 토치각도인 것을 확인하였음
- 고효율 용접적용 시 용접변형 저감을 위한 용접지그 및 용접절차서 개발
  - 엑슬럼 용접시 용접변형을 최소화시키기 위해 엑슬럼 전용 지그를 3차에 걸쳐 개발하여 현장에 적용하였으며, 엑슬럼 제작시 필요한 용접절차서인 WPS SAM-M-Z1Z1-1701 개발 완료함
- 금형 내부 냉각수 유량 제어 시스템 개발 완료
  - 제어 프로그램의 경우 냉각수 제어를 위해서 금형 온도를 타겟으로 하였으며, 금형 온도 설정에 따라 Air V/V의 출력량이 달려져 냉각수의 유량을 제어할 수 있게 프로그램을 작성
- 저입열 용접을 위한 용접시스템 설계 및 제작
  - 턴테이블과 로봇 티칭을 통해 엑슬럼 자동용접시스템을 구축하였으며, 공정 및 작업효율 향상을 통해 생산속도를 향상시킴과 동시에 제품의 피로수명을 향상시켰으며, 품질 또한 안정화시킴

## □ 정량성과 논문 2건 (SCI(E) 1건)

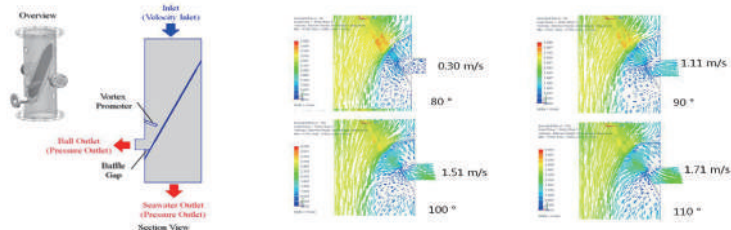
### ▶ 증기터빈 성능향상을 위한 세정율 60% 이상의 고효율 복수기 튜브 세정시스템 개발지원 ('15 ~'17)

#### □ 연구목표

- 고효율 복수기 튜브 세정 시스템 개발
- 볼 주기 순환율을 측정할 수 있는 BRMC 개발
- 세정율 60% 이상의 고효율 복수기 튜브 세정시스템 개발

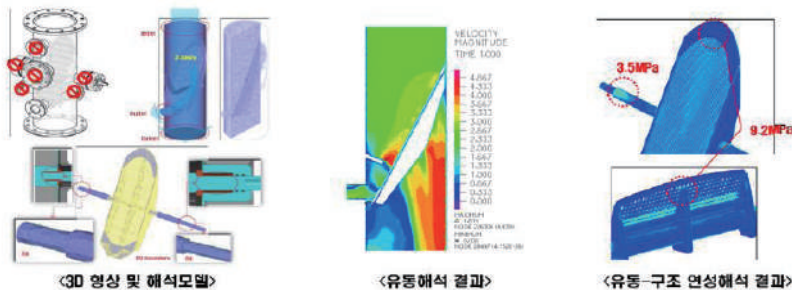
#### □ 연구실적

- 복수기 튜브 세정 시스템 특성 확보를 위한 볼 이동경로 및 볼 분산을 해석 기술 개발



복수기 튜브 세정 시스템 볼 분산을 해석 기술 개발

- 복수기 튜브 세정시스템 유동-구조 연성 해석기술 개발



복수기 튜브 세정시스템 유동-구조 연성 해석기술 개발

- Web 기반 모니터링 시스템 구현을 위한 무선 통신 시스템 설계, 제작



Web 기반 모니터링 시스템 구현을 위한 시스템 구성도

원격 모니터링 및 제어 프로그램

#### □ 정량성과 특허출원 1건, 논문 1건



# 기계/부품 생산기술 → 기계장치 / 부품 설계 및 해석 기술

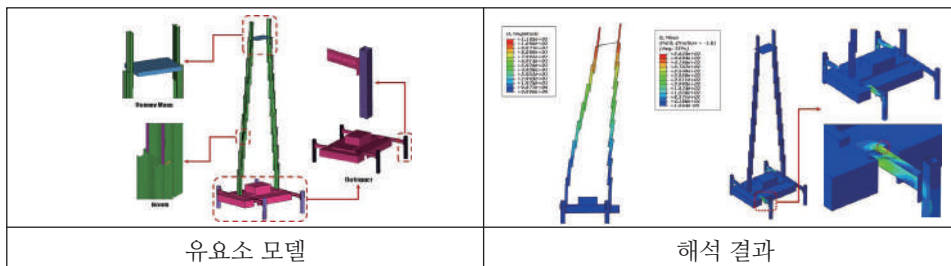
## ▶ 인명탐색 및 조명기능을 갖춘 긴급구난지원 소형차량 시스템 개발 ('15 ~'17)

### □ 연구목표

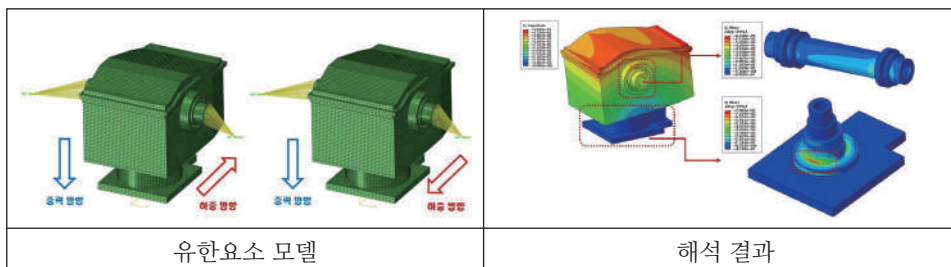
- 인명탐색 및 조명기능을 갖춘 긴급구난 지원 소형차량 시스템 개발

### □ 연구실적

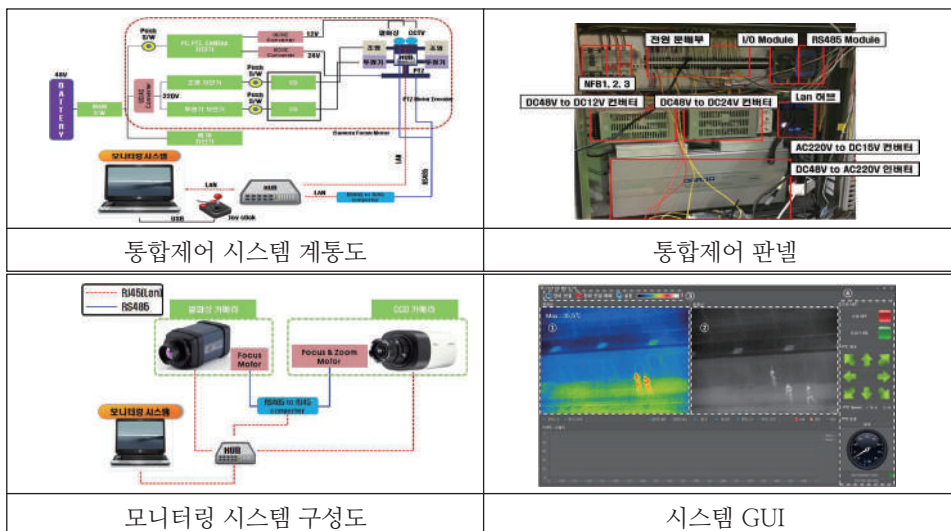
- 봄대 및 아웃트리거 풍하중 조건에 따른 구조적 안정성 해석



- 선회 및 틸팅 모듈에 대한 구조적 안정성 해석



- 인명탐색 시스템 개발



### □ 정량성과 특허등록 1건

## 기계/부품 생산기술

## 기계장치 / 부품 설계 및 해석 기술

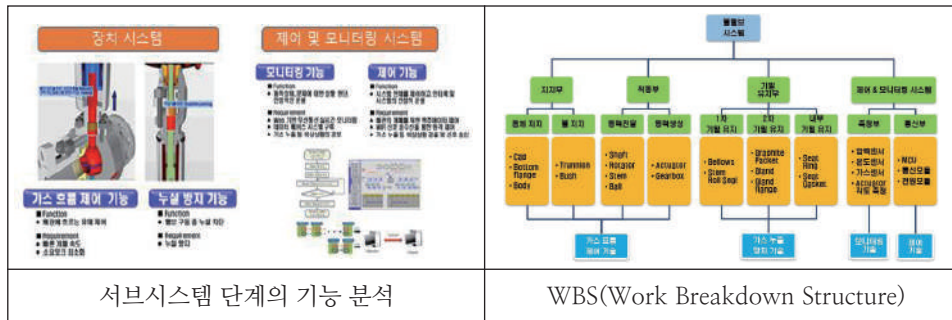
### ▶ IoT 기술결합의 원격제어 및 완전누설 차단 스마트 4인치 복합형 볼밸브 개발 ('16 ~'18)

#### □ 연구목적

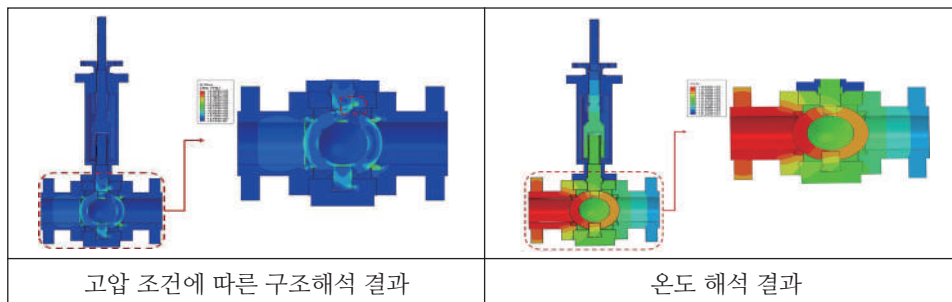
- 독성가스 등 밸브 가스누출에 의한 사고를 원천 차단할 수 있는 외부 누출이 없는 비회전 메커니즘 적용, IoT 가능한 센서 통합, 원격제어, 웹 인터페이스가 구비된 4인치 복합 볼 밸브 시스템 개발 및 관련 기술을 개발

#### □ 연구실적

- 시스템 요구 분석 및 기능분석



- 볼밸브 고압·고온 조건의 구조해석
  - Class VI(상온 99.3 bar, 고온 800°C) 등급에 대한 구조해석 수행 및 구조적 안정성 검토



- Web기반 공정 모니터링 제어기 설계



#### □ 정량성과 특허출원 2건

## 기계/부품 생산기술 → 기계장치 / 부품 설계 및 해석 기술

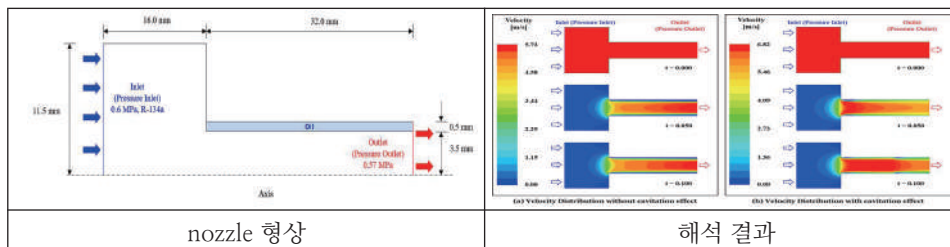
▶ 냉매를 이용한 세정율 98%이상의 성능을 갖는 냉매 회수 및 정제, 재생 시스템을 일체화한 시스템 에어컨 냉매 배관 세정기 개발 ('16 ~'18)

### □ 연구목표

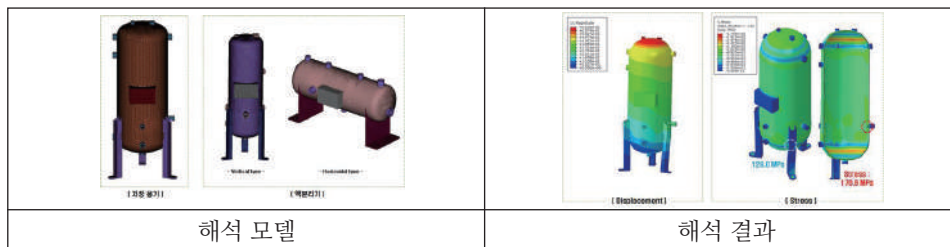
- 세정효율 98%, 냉매 회수율 97% 이상의 냉매를 세정제로 사용하는 IoT 기술 융합 냉매 회수, 정제, 재생 시스템을 일체화한 시스템 에어컨 냉매 배관 세정기 개발

### □ 연구실적

- 냉매 배관 세정기의 수치해석 모델 개발



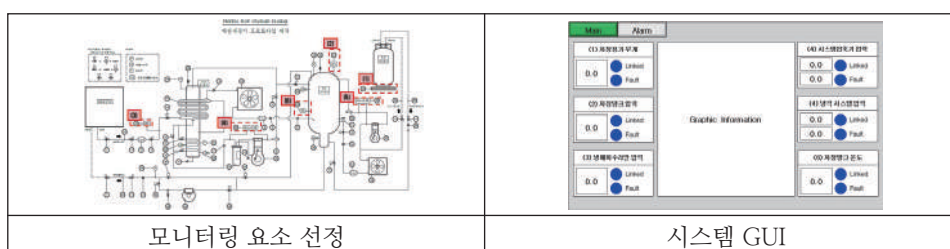
- 냉매 배관 세정기 부품단위 및 시스템 단위의 요건 만족을 위한 CAE해석



- 냉매 배관 세정 시스템의 안정적인 인터록 및 운영을 위한 제어기 설계



- 웹기반 공정 제어 및 모니터링 시스템 설계



### □ 정량성과 특허출원 2건

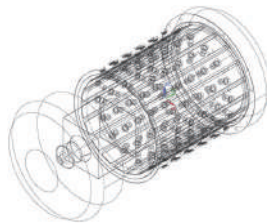
### ▶ 초정밀 금형 및 고속도공구강용 20bar 가압이 가능한 1톤 용량급 친환경 고온 진공열처리로 개발 ('14 ~'17)

#### □ 연구목표

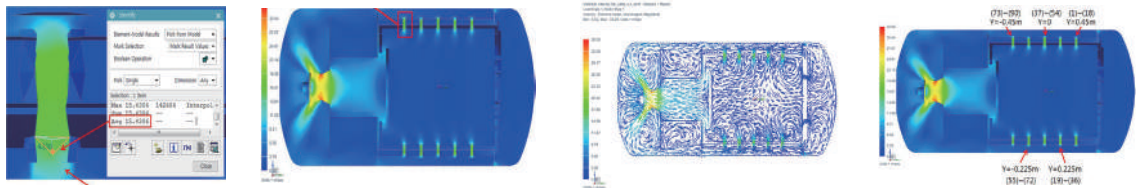
- 열간금형 유냉 (소입) 공정 해석
- 유냉부 개선사항 도출 및 최적화

#### □ 연구실적

- 1실형 열처리로 개선모델 CFD유한요소 해석



실형 열처리로 모델

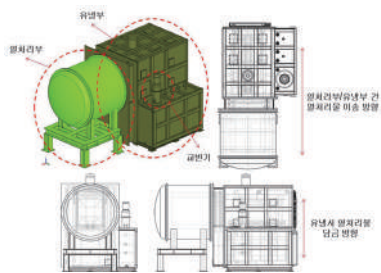


(a) 노즐 확대

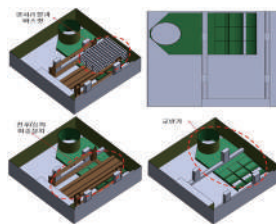
(b) 단면 속도 벡터

기존모델 속도 결과 및 노즐위치

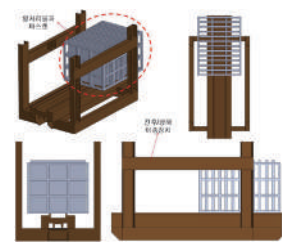
- 열간금형 유냉 (소입) 공정해석



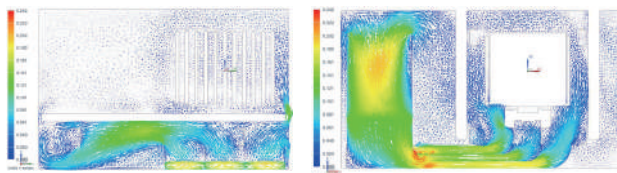
오일렌칭 다실형 열처리로



유냉부 CFD 해석 범위



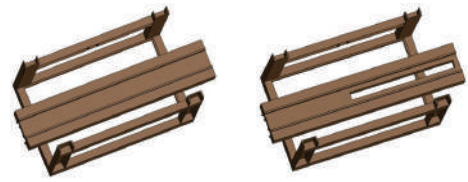
이송장치와 열처리물의 형상



(a) X-Plane

(b) Y-Plane

기존모델 속도 벡터



(a) 기존모델

(b) 개선모델

모델 개선 사항

#### □ 정량성과 논문 1건



기계/부품 생산기술 → 기계장치 / 부품 설계 및 해석 기술

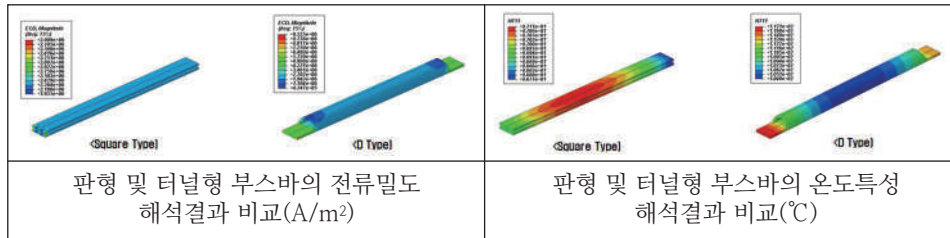
▶ 고방열 터널형 부스바(Bus Bar)를 활용한 고효율의 에너지 절감이 가능한 조밀형 스마트 배전시스템 개발 ('14 ~'17)

□ 연구목표

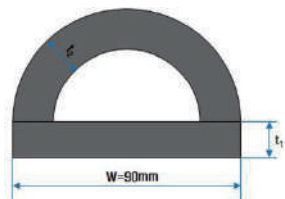
- 터널형 부스바 최적화 디자인 도출 및 방열성능평가

□ 연구실적

- 터널형 부스바의 전자기장해석 및 최적화 모델 제시
  - 판형 및 터널형 부스바 기본설계 전자기-열해석 결과 비교



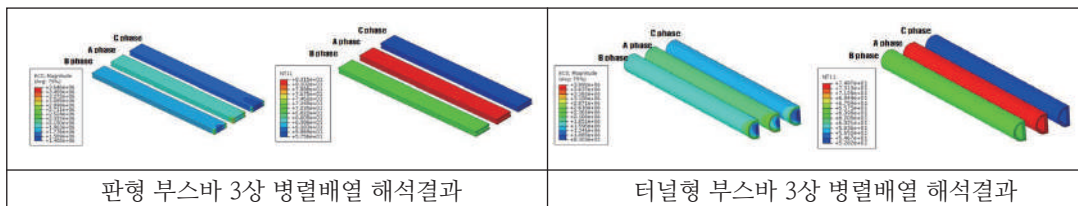
- 터널형 부스바 단면형상 Case study



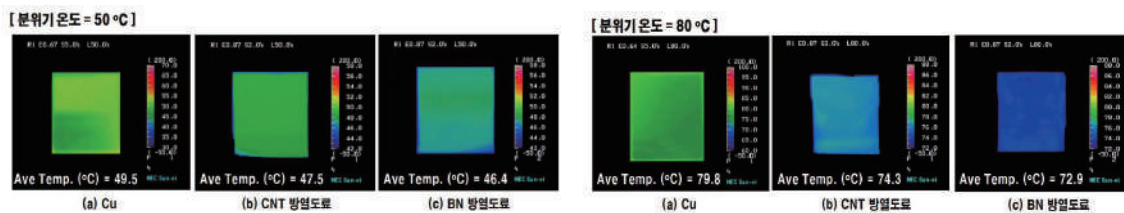
Case	1	2	3	4
t <sub>1</sub>	9.0mm	10.0mm	11.0mm	12.0mm
t <sub>2</sub>	7.65mm	6.89mm	6.15mm	5.42mm
Area	1,800mm <sup>2</sup>	1,800mm <sup>2</sup>	1,800mm <sup>2</sup>	1,800mm <sup>2</sup>

터널형 부스바 단면 형상에 대한 case별 두께

- 부스바 3상 병렬배열 전자기-열해석
  - 3상 병렬 배열 부스바 전자기장-열해석 결과



- 부스바 방열코팅 조건 도출 및 최적화 연구



□ 정량성과 논문 1건

## 기계/부품 생산기술

## 기계장치 / 부품 설계 및 해석 기술

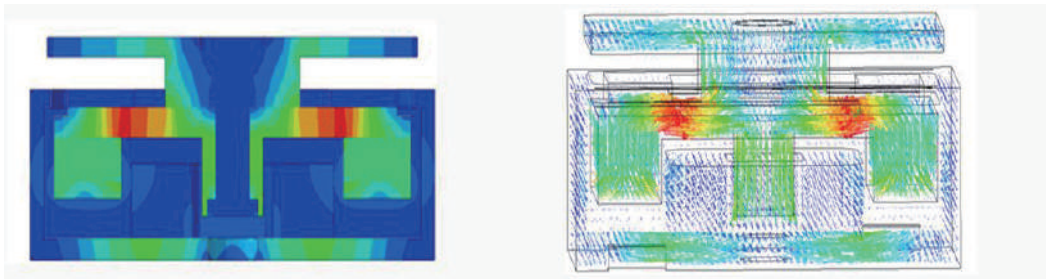
### ▶ 스마트 웨어러블 디바이스의 차세대 초소형 고성능 골전도 스피커 개발 ('14 ~'17)

#### □ 연구목표

- 스마트 웨어러블 디바이스 기기인 스마트 글라스 등에 적용 가능한 □L16.0mm X W8.0mm X T5.0mm의 초소형, 120dB 이상의 고성능 골전도 스피커 및 공정 기술 개발.

#### □ 연구실적

- Networking 및 Reliability 연계분석 개발 기술을 적용한 신뢰성 확보기술 개발

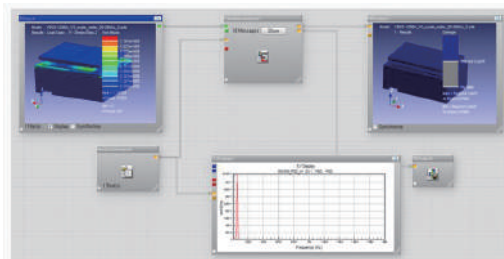


(좌) Magnetic Flux Density

(우) Magnetic Flux Density Vector

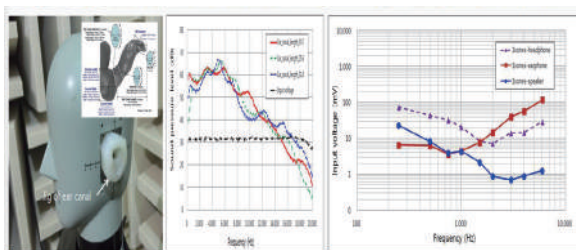
최적화 모델 전자기장 해석 결과

- 골전도 스피커 시스템 레벨의 진동 피로 해석

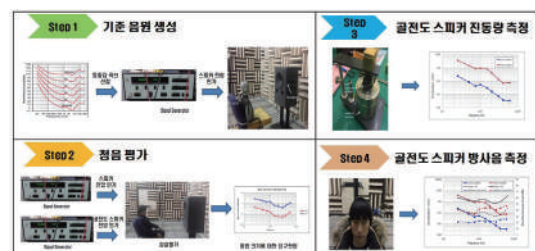


진동 피로 해석 결과

- 공진주파수에서의 수명예측 / 지지마운트 방법 변경에 대한 특성 변화 / 진동절연율 예측 해석
- 등가 음압 감성평가



외이도 열림 조건을 고려한 평가 수행



골전도 스피커 등가음원 측정 방법

#### □ 정량성과 논문 2건 (SCI(E) 2건)



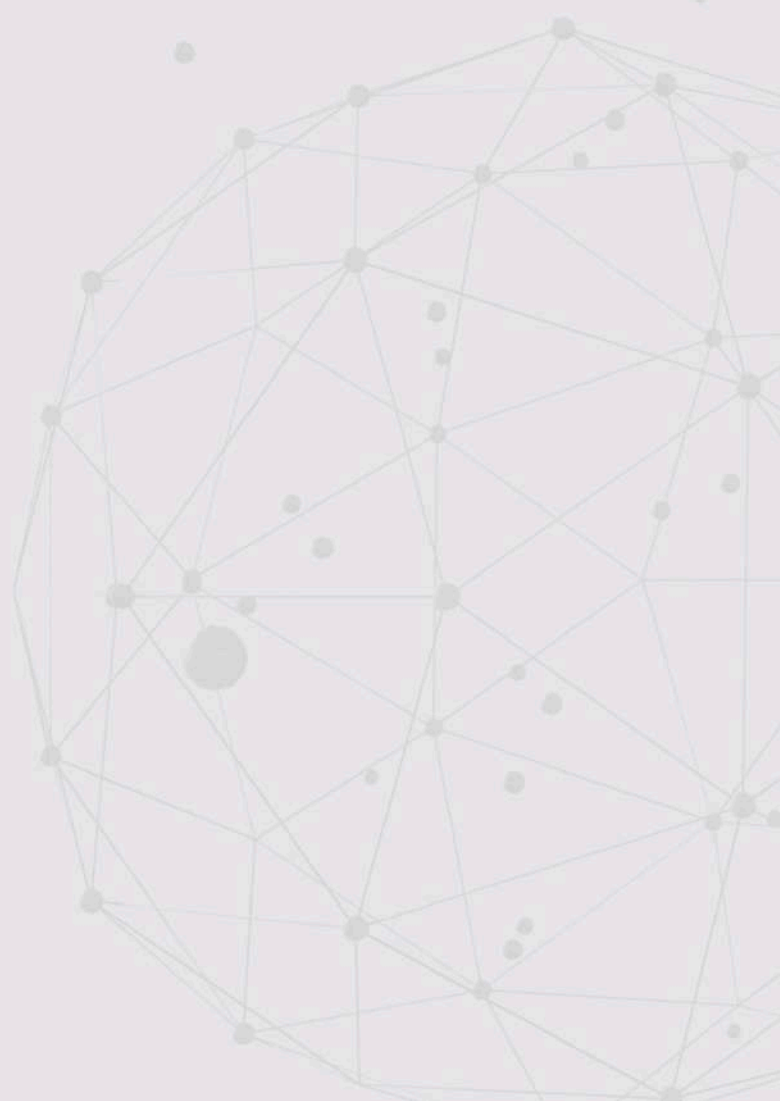
2017년도 연차보고서

## 부 록

부록 1 : '17년도 특허출원 현황

부록 2 : '17년도 특허등록 현황

부록 3 : '17년도 대외수상 현황



## 부록1 '17년도 특허출원 현황

순번	특허명	출원일자	출원번호
1	고압 필터프레스 장치 및 고압 필터프레스 장치를 이용한 탈수 방법	2017-02-03	10-2017-0015396
2	폐바이오매스 공급용 브리징 방지형 호퍼	2017-01-23	10-2017-0010219
3	일체형 볼 콜렉터 & 소터	2017-02-28	10-2017-0026503
4	원료 미립화가 가능한 버너	2017-06-08	10-2017-0071498
5	동 슬래그로부터 철을 회수하는 방법	2017-03-30	10-2017-0041063
6	CCFL 자동 재활용 처리 시스템	2017-02-27	10-2017-0025580
7	3차원 구리-몰리브덴 산화물의 제조방법 및 이를 포함하는 리튬이차전지	2017-02-27	10-2017-0025582
8	폐 LCD 유리의 재활용 방법 및 이의 응용	2017-02-27	10-2017-0025588
9	고압용기 내부의 입자상 오염물질 배출장치	2017-03-27	10-2017-0038257
10	반도체 폐가스 CF4 처리용 플라즈마 시스템	2017-04-06	10-2017-0044903
11	알루미늄-실리콘 합금의 표면처리방법	2017-03-30	10-2017-0040442
12	미세분진 포집 장치	2017-04-14	10-2017-0048305
13	광섬유로부터 게르마늄을 회수하는 방법	2017-05-11	10-2017-0058722
14	석탄 분쇄 및 건조 시스템	2017-04-28	10-2017-0054926
15	이산화탄소를 이용한 메탄 생산장치 및 메탄 생산방법	2017-05-19	10-2017-0062469
16	슬래그 분쇄 시스템용 입자 분리 장치	2017-04-28	10-2017-0054928
17	통합형 진공 소결로 포함하는 소결 시스템	2017-04-28	10-2017-0054927
18	수소 제조 장치 및 이를 이용하여 수소를 제조하는 방법	2017-05-11	10-2017-0058683
19	미생물에 의한 수소생산장치 및 이를 이용한 수소생산방법	2017-05-11	10-2017-0058680
20	폭발 부식성 분위기에서의 멀티시편 차압 및 부식특성 연속시험장치	2017-05-30	10-2017-0066600
21	물레방아형 회전기기 연계 습식 스크러버	2017-05-30	10-2017-0066599
22	이중층으로 코팅된 고밀도 세라믹 막 및 이의 제조방법	2017-07-12	10-2017-0088171
23	유수 분리 장치	2017-07-21	10-2017-0092974
24	대용량 구조촉매 제조를 위한 건식 코팅 방법 및 장치	2017-08-11	10-2017-0102459
25	역청원료의 열분해 시스템 및 열분해 방법	2017-08-31	10-2017-0110995
26	역청원료의 열분해 장치	2017-08-31	10-2017-0111011
27	역청원료의 열분해 장치	2017-08-31	10-2017-0111025
28	음식물폐기물 발효소멸 장치의 실시간 모니터링 및 자정 제어 시스템	2017-07-27	10-2017-0095326
29	고효율 초임계 이산화탄소 브레이튼 사이클	2017-08-10	10-2017-0101765
30	온실 환경 제어 시스템 및 방법	2017-08-28	10-2017-0108626
31	이산화티타늄 분말 제조 방법	2017-08-24	10-2017-0107424
32	탄탈륨 분말 제조 방법	2017-08-17	10-2017-0104133
33	고압호스 샤프트를 이용한 분체연료 연속 공급장치	2017-08-23	10-2017-0106859
34	응용 슬래그를 이용한 수처리용 다공성 여과재 조성물 및 이의 제조방법	2017-10-13	10-2017-0133257
35	고체 산화물 연료전지 스택의 후처리장치 및 후처리방법	2017-08-30	10-2017-0110126
36	연소장치가 내장된 모듈형 개질반응기	2017-08-30	10-2017-0110232



순번	특허명	출원일자	출원번호
37	전극 공정 부산물로부터 은을 회수하는 방법	2017-09-08	10-2017-0114868
38	하·폐수슬러지로부터 생성된 수열탄화 반응물 고품연료 제조 장치 및 방법	2017-08-28	10-2017-0108790
39	고압호스 및 고압롤러를 이용한 분체연료 연속 공급장치	2017-08-23	10-2017-0106857
40	이동형 해안 폐기물 고품연료 생산 시스템 및 해안 폐기물을 이용한 고품연료 생산방법	2017-08-31	10-2017-0111277
41	압착필터 장치	2017-09-04	10-2017-0112731
42	다단 연속식 오염가스 제거 장치	2017-09-04	10-2017-0112732
43	탄탈룸 분말 제조 방법	2017-08-17	10-2017-0104146
44	고압호스, 고압롤러, 할로우핀 체인을 이용한 분체연료 연속 공급장치	2017-08-23	10-2017-0106858
45	와이어 방전 가공용 전극선 및 그 제조 방법	2017-08-30	10-2017-0110053
46	반도체 폭발성가스 처리 장치	2017-09-29	10-2017-0126948
47	미세분진과 유해가스 동시 제거 필터시스템	2017-11-23	10-2017-0157120
48	셀링플레이트가 결합된 고압호스, 고압롤러, 할로우핀 체인을 이용한 분체연료 연속 공급장치	2017-09-20	10-2017-0121120
49	랙 앤드 피니언 타입의 볼 밸브 장치	2017-12-22	10-2017-0178296
50	볼 밸브 장치용 동력 전달 유닛 및 이를 포함하는 볼 밸브 장치	2017-12-22	10-2017-0178351
51	건식 개질 촉매 및 건식 개질 촉매의 제조 방법	2017-12-22	10-2017-0178112
52	맞춤형 가상현실공간 제공 시스템 및 방법	2017-10-18	10-2017-0135341
53	가상현실 환경에서 지식 기반 조업자의 안전훈련 시스템 및 방법	2017-10-19	10-2017-0135823
54	초절전 환원전극을 활용한 이산화염소 제조	2017-12-12	10-2017-0170470
55	분체 혼합기체용 유량조절 밸브	2017-11-29	10-2017-0161344
56	분체 밸브용 복합 성능시험 장치 및 운전방법	2017-11-28	10-2017-0160855
57	기어식 복합밸브	2017-11-28	10-2017-0160002
58	유기성폐기물 가용화 및 수열탄화와 질소화수 기술의 융합 장치 및 방법	2017-12-19	10-2017-0175153
59	폐기물 매립지를 이용한 바이오셀과 융합하여 유기성 폐기물을 자원화하는 시스템 및 그 방법	2017-12-04	10-2017-0165205
60	액체연료 미립화의 최적화 구조를 가지는 대용량 산소버너	2017-11-28	10-2017-0160922
61	고발열량의 합성천연가스 합성용 촉매 및 이를 이용한 합성천연가스의 제조방법	2017-12-27	10-2017-0181241
62	싱글프로브 초음파장비를 이용한 용접부 너겟 단면 및 입체 형상의 실시간 선형 판독 방법 및 장치	2017-12-29	10-2017-0183971
63	다중 초임계 이산화탄소 발전 사이클을 적용한 연료전지 복합 발전 시스템	2018-01-04	10-2018-0001342
64	로타리킬른 반탄화 장치 및 방법	2017-12-29	10-2017-0183899
65	개방형 액화가스 재기화 시스템 및 방법	2017-12-29	10-2017-0183900
66	폐쇄형 액화가스 재기화 시스템 및 방법	2017-12-29	10-2017-0183901
67	공기의 액화, 재기화 및 팽창 과정에 의한 에너지 저장과 발전 시스템 및 방법	2018-01-05	10-2018-0001519
68	공기 액화 시스템 및 방법	2018-01-05	10-2018-0001520
79	멀티 몰드를 구비한 금속 메쉬필터 성형장치	2017-05-08	10-2017-0057348

## 부록2 '17년도 특허등록 현황

순번	특허명	등록일자	등록번호
1	폐형광등 처리 시스템	2017-01-18	10-1699439
2	곡률반경을 갖는 디스크여과층과 처리수 유량제어 가능한 밸브기능을 갖춘 자동세척여과장치	2017-02-17	10-1709537
3	대구경 망원경용 고속 스티어링 미러의 회전 방지 장치	2017-02-21	10-1710406
4	폐유리의 필름 유리 분리 장치	2017-06-07	10-1746696
5	탄소분진 제거 기능을 가지는 착탈형 촉매필터	2017-07-31	10-1765159
6	제강슬래그를 이용한 타르 개질 방법 및 타르 개질 장치	2017-07-27	10-1764302
7	합성가스 정제 시스템 및 방법	2017-03-02	10-1713606
8	분진농도 측정용 회전식 분진함유가스 포집장치	2017-02-08	10-1706647
9	폐기물을 이용한 연료 저감형 합성가스 생산 시스템	2017-02-03	10-1705094
10	고효율 직접황회수 반응기	2017-04-28	10-1733447
11	플라즈마-촉매 복합 순환유동층 리포머	2017-05-31	10-1743954
12	노 냉각장치 및 냉각방법	2017-02-03	10-1705095
13	전동공구의 동적작용력 측정 장치 및 측정 방법	2017-08-31	10-1775366
14	음식물폐기물 발효소멸 장치의 실시간 모니터링 및 제어방법	2017-12-04	10-1807076
15	암모니아수 및 암모니아화합물 회수 장치 및 방법	2017-10-26	10-1792549
16	혼합 바이오매스를 이용한 반탄화물 제조장치	2017-07-24	10-1762898
17	반탄화물 제조장치	2017-12-14	10-1810027
18	폐유리 재활용을 위한 필름-유리 회수 플랜트의 필름-유리 전단분리기	2017-07-10	10-1758881
19	폐유리 재활용을 위한 필름-유리 회수 플랜트 및 그를 이용한 폐유리 처리 방법	2017-09-18	10-1781132
20	음식물 폐기물 발효소멸 장치의 공기 순환 시스템	2017-12-04	10-1807078
21	불용 케이블 재활용 방법 및 장치	2017-05-18	10-1739567
22	싸이클론형 연속식 필터장치	2017-03-24	10-1721674
23	잠수함용 외기독립추진 시스템 및 그 방법	2017-02-03	10-1705093
24	고효율 초임계 이산화탄소 발전 시스템 및 그 방법	2017-04-21	10-1731051
25	유체 내 불순물 제거 장치	2017-09-04	10-1776600
26	유기성폐기물의 수열탄화 시스템 및 수열탄화 방법	2017-08-24	10-1773151
27	3차원 힘 측정 매트	2017-12-15	10-1811326
28	간접식 로터리 킬른 반응기	2017-12-04	10-1807077
29	가연성 폐기물의 열분해 및 연소화로의 재 배출장치	2017-05-22	10-1740701
30	가연성 폐기물의 이송장치	2017-09-13	10-1779777
31	원자력발전소 격납건물 파손방지를 위한 습식여과배기시스템에 사용하는 피동형 스크러버 노즐	2017-10-16	10-1788555
32	이산화탄소를 이용한 메탄 생산장치 및 메탄 생산방법	2017-10-24	10-1791663
33	분체 밸브 장치	2017-05-23	10-1740927

## 부록3 '17년도 대외 수상 현황

### 1. 대외 공로 수상

<p>NAEK 2017 - 2020</p> <p>2025년, 대한민국을 이끌 100대 기술과 주역 이찬기 저원 생산 및 최수 기술</p> <p>세상을 움직이는 기술! 경이로운 경제 성장의 원동력은 엔지니어들의 노고와 열심이라 말할 수 있습니다.</p> <p>지속 가능한 대한민국의 새로운 가치는 기술혁신을 통해 미래를 준비하는 당신입니다. 불확실한 대변혁의 시대를 이끌어간 미래 100대 기술의 주역, 당신의 꿈이 실현될 때 기술한국의 새로운 역사가 펼쳐질 것입니다. 당신은 대한민국의 미래입니다.</p> <p>2017년 12월 19일 한국공학한림원 회장 권오경</p>	<p>대한민국과학기술부 제 23083 호</p> <p>표창장</p> <p>고등기술연구원 선임연구원 이재용</p> <p>귀하는 평소 맡은 바 직무에 정려하여 앞으로 특히 국토교통업무 발전에 기여한 공이 크므로 이에 표창합니다.</p> <p>2017년 12월 29일</p> <p>국토교통부장관 김현</p>	<p>한국에너지기후변화학회 Korean Society for Energy and Environment</p> <p>감사패</p> <p>정석우 고등기술연구원</p> <p>회 사장은 2017년부터 2018년까지 한국에너지기후변화학회의 총무이사로서 우리 학회의 발전에 이바지한 공이 큰 바, 그 노고에 대한 감사의 마음을 담아 이 패를 드립니다.</p> <p>2017년 5월 26일</p> <p>사단법인 한국에너지기후변화학회장 김 범 식</p>
<p>한국공학한림원 2025, 대한민국을 이끌 100대 기술과 주역 (이찬기 수석)</p>	<p>국토부장관 표창 (이재용 선임)</p>	<p>한국에너지기후변화학회 감사패 (정석우 연구위원)</p>

## 2. 우수 논문 발표상

			
<p>한국재료학회 추계학술대회 (송철한 연구원 외)</p>	<p>대한금속재료학회 춘계학술대회 (양재교 책임 외)</p>	<p>한국분말야금학회 추계학술대회 (신동운 연구원 외)</p>	<p>한국결정성장학회 춘계학술대회 (이덕희 선임 외)</p>
			
<p>한국자원리사이클학회 (윤진호 책임 외)</p>	<p>한국폐기물자원순환학회 (정철진 선임 외)</p>	<p>한국환경기술학회 춘계학술대회 (김대기 선임 외)</p>	
			
<p>한국폐기물자원순환학회 추계학술대회 (한성국 선임 외)</p>	<p>한국폐기물자원순환학회 추계학술대회 (정법목 연구원 외)</p>	<p>한국에너지기후변화학회 추계학술대회 (김진호 선임 외)</p>	<p>한국신재생에너지학회 (김수현 책임 외)</p>



			
<p>한국폐기물자원순환학회 추계학술대회 (김동주 연구원 외)</p>	<p>한국폐기물자원순환학회 추계학술대회 (이진욱 수석)</p>	<p>한국공업화학회 추계학술대회 (서민혜 선임 외)</p>	<p>한국산학기술학회 추계학술대회 (정석우 연구위원 외)</p>
			
<p>한국산학기술학회 추계학술대회 (변용수 선임 외)</p>	<p>한국열환경공학회 학회 추계학술대회 (황상연 선임 외)</p>	<p>한국시스템엔지니어링 학회 추계학술대회 (김준영 연구원 외)</p>	<p>한국시스템엔지니어링 학회 추계학술대회 (이태경 연구원 외)</p>
			
<p>한국정밀공학회 추계학술대회 (이원기 선임 외)</p>	<p>한국표면공학회 추계학술대회 (장대환 선임 외)</p>	<p>한국유화학학회 추계학술대회 (한기보 책임 외)</p>	<p>한국에너지기후변화학회 감사장 (정석우 연구위원)</p>



## **IAE** 고등기술연구원

경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175 - 28

Tel (031) 330 - 7148

Fax (031) 330 - 7111

[http:// www.iae.re.kr](http://www.iae.re.kr)