

한양대학교 에리카 수소에너지 전주기 핵심 소재 연구센터



센터장 김용신 교수
선정년도 2020년(육성사업 4년차)
중점기술 수소 전주기(생산/저장/활용/감지)
 용 촉매 소재
추진현황 19개 연구과제(기초 3, 응용 16) 수행,
 29개 기업 참여

T. 031-400-4681
E. yongshin@hanyang.ac.kr
A. 경기도 안산시 상록구 한양대로 55,
 제2과학기술관 B105호
H. hcmc.hanyang.ac.kr



01. 센터소개

- 설립배경** • 탄소중립 실현에 필요한 친환경 수소에너지를 구현할 수 있는 핵심 소재 분야의 기초/산학 협력 연구를 효율적으로 수행하고 수도권의 수소 생산 및 저장·운송에 관한 산업 기반이 취약하여 수소에너지 보급 활성화에 있어 한계점을 극복하기 위해 센터를 설립함
- 설립목적** • 수소에너지 전주기 핵심 소재 확보와 산·학·관 협력체계를 바탕으로 청정 수소경제 활성화를 도모하고, 연구 개발된 수소에너지 핵심 소재에 대한 지적재산권을 경기도 소재 기업에 기술이전 하여 사업화함으로써 신성장 수소에너지 비즈니스 창출을 통한 지역 경제 부흥을 실현하기 위함
- 연구분야** • 친환경 수전해 및 암모니아 기반 수소 추출용 촉매, 대용량 수소 저장/운송용 단열재 및 색변환 수소 감지 핵심 소재 개발

02. 연구목표 및 내용

- 연구 목표** • 친환경 수소경제 활성화를 선도하는 수소 핵심 소재 발굴
 • 신성장 수소에너지 산업에 필요한 전문 인력양성 및 기술지원

- 세부 과제 연구내용**
- 응용 1** 액체수소 운송 및 저장 탱크용 단열재 소재 개발
 - 경제성이 확보된 에어로겔 제조 공정을 기반으로 유/무기 복합시트를 이용한 액체수소 운송/저장 탱크용 단열재 소재 개발
- 응용 2** 암모니아 분해 기반 그린 수소 추출 기술 연구
 - 고순도 그린 수소 제조를 위한 암모니아 분해 촉매 및 수소 추출 공정기술 개발 및 실용화 검증

- 응용 3** 탄소 및 무기금속계 하이브리드 나노구조체 기반 수전해용 촉매소재 개발
 - 탄소/무기금속 기반의 나노구조체를 이용한 고성능 다기능성 OER/HER 전기화학 촉매 설계/개발
- 응용 4** 안전성 확보를 위한 수소 센싱 기술 개발
 - 고기능성 나노 입자 기반의 색변환 수소 감지 안료 및 이를 활용한 수소 감지 테이프 개발

03. 연구성과

과학적 성과	기술적 성과	경제적 성과	사회적 성과
SCIE 논문	특허출원	특허등록	인력양성
13.1편	13.4건	1건	박사 7명 석사 18명

04. 참여기업 (2023.07. ~ 2024.06.)

과제구분	과제명	교수명	참여기업명
응용	액체수소 운송 및 저장 탱크용 단열재 소재 개발	장광석	(주)익스툴
	암모니아 분해 기반 그린 수소 추출 기술 연구	민선준	(주)부흥산업사
	탄소 및 무기금속계 하이브리드 나노구조체 기반 수전해용 촉매소재 개발	이승현	(주)그랩실, 선우특수소재
	안전성 확보를 위한 수소 센싱 기술 개발	김용신	(주)인실리코, (주)센코

05. 기대효과

- 수소에너지 핵심 소재는 수소 생산/저장·운송/활용/안전관리 등 수소 산업 전주기에 걸쳐 효율을 극대화시키고 저렴하게 수소에너지를 활용 가능하도록 함
- 수소에너지는 미세먼지 및 온실가스 생성 염려가 없는 청정에너지로 활용이 가능하여, 경기도를 포함한 수도권의 환경 문제를 해결할 수 있는 좋은 방안임
- 친환경 수소에너지 핵심 소재는 빠른 탄소중립 실현을 위하여 중요하고, 수소경제 국가 경쟁력 향상을 도모할 수 있음

대표 우수성과

2022.07. - 2023.06.

그린수소 생산용 탄소기반 금속나노구조체 수전해 촉매 개발

연구배경 • 저비용, 저전압 사용을 위한 비백금계 전이금속 수전해용 촉매개발의 필요성이 대두되고 있음. 이를 위해 core-shell 구조를 가지는 탄소기반 금속 나노구조체를 가지는 새로운 수전해 촉매를 개발함

연구내용 • 개발기술 개요

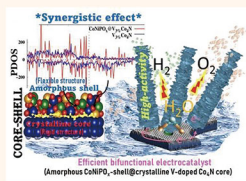
- 글로벌 이슈인 탄소중립 시대에서 수전해 기술 상용화에 큰 걸림돌이었던 값비싼 루테튬 및 백금 기반 전기화학 촉매를 대체할 수 있는 경제적이고 효율이 뛰어난 촉매 개발
- 바나듐(V)이 결합한 코발트-질화물(V-Co4N) 결정성 코어 위에 코발트-니켈-인산(Co-Ni-P)으로 구성된 비정질성 셸을 결합해 기존 촉매를 대체할 수 있는 3차원 구조의 촉매를 개발
- 개발된 촉매는 알칼리성 전해질에서 고비용 촉매인 상업용 백금·루테튬 촉매(1.55V)보다 훨씬 낮은 전극 전위(1.52V)를 요구해 보다 우수한 수전해 성능을 보임
- 더 높은 정확성을 갖는 컴퓨터 시뮬레이션 기술인 ‘Density Functional Theory(DFT)’를 활용, 지능정보 기술을 기반으로 합성된 구조체 내에서 일어나는 전자의 움직임을 잘 설명할 수 있는 방법론을 제시

기대효과 • 기술적 성과

- 관련 기술에 관한 특허 출원 완료
- 연구 결과는 국제 저명 학술지인 ‘ADVANCED SCIENCE’의 앞표지로 선정됨
- 언론에 연구결과가 홍보됨(투데이 에너지, 이데일리, 뉴시스 신문 등)

• 경제적 성과

- 고비용 촉매인 상업적인 촉매에서 저비용 고효율 촉매의 합성으로 산업에서의 경제성 확보
- 수년 내 수전해용 신규 소재 시장 개척 가능



[컴퓨터 시뮬레이션+실험연구를 통한 수소생성 촉매 개발]

대표성과 1

논문 “High-alkaline Water-splitting Activity of Mesoporous 3D Heterostructures: An amorphous-shell@crystalline-core Nano-assembly of Co-Ni-phosphate Ultrathin-nanosheets and V-defected Cobalt-nitride Nanowires” Adv. Sci. 2022, 2201311

대표성과 2

특허 코어-셸 구조의 수전해 촉매 및 그 제조방법 (10-2022-0128029)

우수사례 01

액체수소 운송 및 저장 탱크용 단열재 소재 개발

연구책임자	장광석 교수		연구 기간	2023.07.01. ~ 2026.06.30.	
참여기업	(주)익스톨				
재원 (단위:천원)	합계	경기도	주관기관	시·군	기업체
	648,000 (현물 180,000)	297,810	20,190	150,000	(현물 180,000)

연구개요

연구의 목적

- 에어로겔 기반 유·무기 복합 단열재 개발
- 단열재의 대형화 및 대량생산 공정 개발
- 저온 액화수소 비진공식 저장탱크로의 상용화

연구의 내용

- 열절단 이론분석 및 열전달 최소화를 위한 에어로겔 기공구조 설계
- 에어로겔 표면개질 기술 개발 및 표면처리에 따른 기공구조 최적화
- 에어로겔 기반 유/무기 복합시트의 개발 및 액화수소 저장탱크로의 적용

파급효과

기술적 효과

- 액화수소의 이동과 저장에서 경제성과 안전성을 부여하여, 액화수소 선박 구현 및 도심지 내에서 수소 활용을 촉진함으로써 수소경제 구현에 기여함

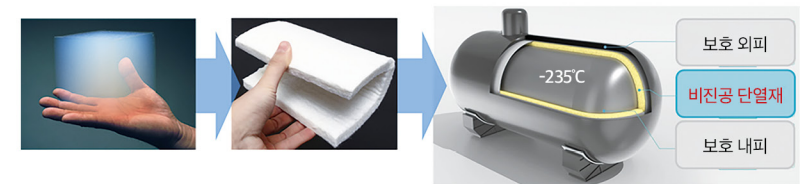
경제적 효과

- 비진공식 액화수소 단열재는 아직 상용화가 되지 않았으며, 미래 액화수소 대형선박에 필수적으로 필요하기 때문에 시장의 개척이 가능함

참여기업의 경제적 효과

- (주)익스톨은 GRRC 센터와의 공동 연구를 통하여 신규 액화수소 단열재를 미래 주력 사업으로 선정하고, 비진공식 대형 액화수소 단열소재의 사용화 및 사업화를 추진할 계획임

결과물



[액화수소 탱크의 비진공 단열재 모식도]

우수사례 02

암모니아 분해 기반 그린 수소 추출 기술 연구

연구책임자	민선준 교수		연구 기간	2023.07.01. ~ 2026.06.30.	
참여기업	(주)부흥산업사				
재원 (단위:천원)	합계	경기도	주관기관	시·군	기업체
	636,000 (현물 150,000)	316,620	19,380	150,000	(현물 150,000)

연구개요

연구의 목적

- 수소 추출을 위한 암모니아 분해 반응 고효율 촉매 검색
- 암모니아 분해 반응 촉매 발굴 및 최적화 반응 조건 확립
- 암모니아 분해 촉매 대량 생산 및 수소 추출 반응 표준화(> 순도 99% 이상)

연구의 내용

- 금속-무기/탄소 지지체 기반 촉매를 활용한 수소 생성 반응 검색 및 반응 조건 최적화
- 암모니아 분해 촉매 발굴과 촉매 합성법 최적화 및 암모니아 분해 촉매 반응 유효성 평가
- 암모니아 분해 최적 촉매의 대량 생산 연구 및 수소 생산 능력(전환율 및 순도) 평가

파급효과

기술적 효과

- 암모니아 분해를 통한 그린 수소 추출을 위한 신규 촉매 소재 개발과 고순도의 수소 분리 정제 기술력 증대

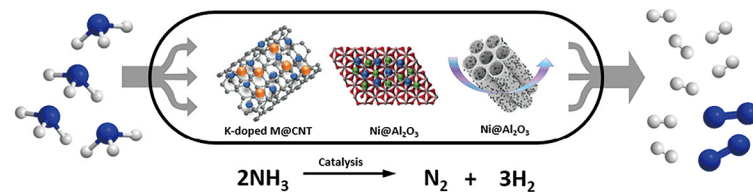
경제적 효과

- 암모니아 분해 수소 추출 촉매 소재의 고부가가치화 및 국내의 액상수소운반체 기반 시설의 인프라 구축과 해외 시장 수출을 통한 이윤 추구

참여기업의 경제적 효과

- (주)부흥산업사는 GRRC 센터에서 개발한 암모니아 분해 수소 추출 촉매 소재를 기술 이전받게 됨으로써 신규 수소 운송 기술을 기업의 차세대 주력 사업으로 추진할 계획임

결과물



[암모니아 분해 수소 추출 반응의 모식도]

우수사례 03

탄소 및 무기금속계 하이브리드 나노구조체 기반 수전해용 촉매소재 개발

연구책임자	이승현 교수		연구 기간	2023.07.01. ~ 2026.06.30.	
참여기업	선우특수소재, (주)그랩실				
재원 (단위:천원)	합계	경기도	주관기관	시·군	기업체
	624,000 (현물 195,000)	409,890	19,110	0	(현물 195,000)

연구개요

연구의 목적

- 탄소 및 무기금속계를 기반으로 한 고성능 다기능성 OER/HER 전기화학 촉매 설계, 개발
- 수소 생산 및 바이오매스 전환을 위한 무기금속계 기반 광전기화학 촉매개발
- 탄소소재와 발포제를 이용한 다공성 실리콘 전극 개발

연구의 내용

- N-도핑 탄소 기반 무기금속계 하이브리드 나노구조체 수전해용 촉매소재 평가
- 현 수전해에 사용되는 경제성과 효율성의 문제를 해결하기 위한 저비용 고효율 촉매개발
- 경질연체인 실리콘에 전도성을 부여하고 비표면적을 넓혀 폼 형태의 전극 개발

파급효과

기술적 효과

- 고성능 촉매소재 원천기술로 탄소중립 및 녹색성장의 주요 에너지원으로서의 수소 연료전지 자동차 및 수전해 설비와 같은 산업에 적용되는 기술임

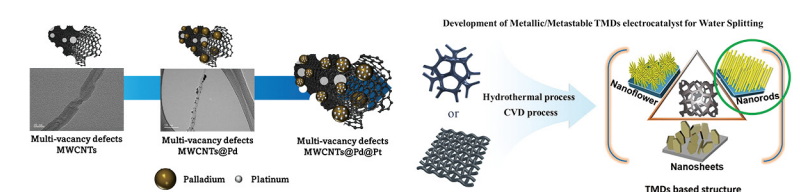
경제적 효과

- 수소 연료전지 소재 시장의 경쟁력을 확보함으로써 미래의 수소자동차 및 수전해 시스템 시장을 선도하고 국가 경제 발전에 도움이 될 것으로 보임

참여기업의 경제적 효과

- 전도성 발포제 및 탄소기반 고성능 촉매개발을 활용하여 내부의 기공을 조절하여 비표면적을 제어하여 탄소 구조체를 활용한 비교적 쉽고 효율적인 방법으로 전극 개발을 추진할 계획임

결과물



[탄소 기반 수전해용 촉매 구조체와 및 복합소재 개략도]

우수사례 04

안전성 확보를 위한 수소 센싱 기술 개발

연구책임자	김용신 교수		연구 기간	2023.07.01. ~ 2026.06.30.	
참여기업	(주)센코, (주)인실리코				
재원 (단위:천원)	합계	경기도	주관기관	시·군	기업체
	738,000 (현물 333,300)	324,000	24,000	150,000	(현물 333,300)

연구개요

연구의 목적

- 수소 누출에 따른 안전사고 예방을 위해서 육안으로 감지가 가능한 고감도 수소 감지 안료 (Pigment)를 이용한 색변환 센서 소재 및 센서를 개발하고자 함
- 색변환 센서는 기존에 연구 개발된 수소 센서(접촉연소식 또는 전기화학식)에 비하여 구조가 간단하고 전원 공급이 불필요하여 배관 연결 부위와 같은 부위에서의 수소 누출을 손쉽게 확인 가능함

연구의 내용

- 고성능 나노 입자 기반의 색변환 수소 감지 안료 핵심 소재 개발
- 색변환 안료를 이용한 수소 감지용 테이프 소자 개발
- 수소 감지 테이프 제작기술 고도화 및 실증화 테스트

파급효과

기술적 효과

- 부착형 수소 센서는 육안으로 수소의 존재를 확인하는 소자로 수소 누설을 보여주는 역할을 수행함으로써 일반인의 수소 이용 수용성을 증대시키는 효과를 가질 것임

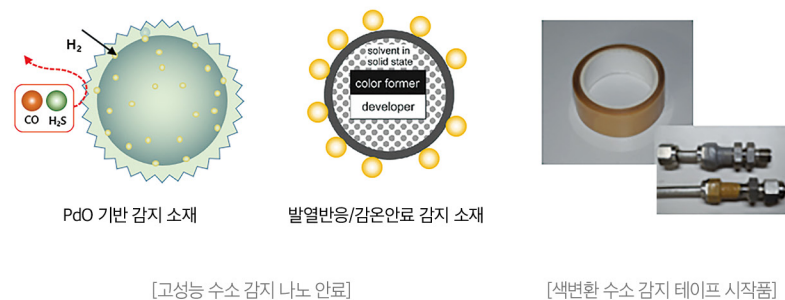
경제적 효과

- 육안 감지형 무전원 수소 센서를 개발함으로써 기존 센서로 관리하기 어려운 수소 안전 분야의 산업 경쟁력 및 관련 분야 매출 증대가 가능함

참여기업의 경제적 효과

- 참여기업 (주)인실리코에서 개발한 감온 안료를 이용한 색변환 센서를 확보함으로써 수소 안전에 대한 다양한 활용 분야 도출이 가능함

결과물



참여기업 01



사업분야 금속표면처리 약품

대표자 허옥한 **설립일** 1996. 04.

본사 경기도 안산시 단원구 엠티브이1로 43번길 27

공장 경기도 안산시 단원구 엠티브이1로 43번길 27

부설연구소 경기도 안산시 단원구 엠티브이1로 43번길 27

T. 031-492-1853~5 **F.** 031-492-1851 **H.** www.extolchem.com

담당자 하신우 상무 (shinwoo.ha@extolchem.com)

반도체 및 전자 부품 표면처리 약품의 국산화라는 기치 아래, 연구와 개발을 주력으로 하는 소재 기술 전문 기업이다. 다양한 연구개발 프로젝트 경험을 바탕으로 토털 솔루션을 적용하여 제품의 개발 단계부터 양산 적용까지 고객 만족을 최우선으로 제품 개발을 수행하고 있다.

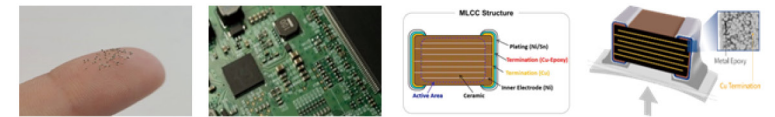
최근 신규 사업으로 세상에서 가장 가벼우며 뛰어난 단열성능을 가진 고체인 에어로겔(aerogel)을 이용한 건축용 단열 도료, 단열 보수재 등을 개발하여 판매하고 있고, 에어로겔 함침 기술 개발을 통해 건축용 에어로겔 블랭킷, 전기차 이차전지용 화재 확산방지막 등을 개발하고 있다.

주요 기술

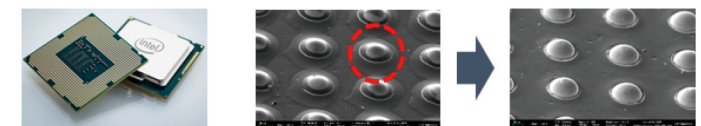
- 유기산석의 전기분해 제조법을 국내 최초로 개발(MLCC 외부 전극용 주석 도금액)
- 반도체 패키징 공정의 필수 소재인 Flux의 잔유물 제거를 위한 세정제 국산화
- 에어로겔의 표면처리 및 에어로겔 함침 기술

주요 생산 제품

MLCC 외부 전극용
주석도금액



반도체 패키징 공정
Flux 세정제



에어로겔을 이용한
단열 도료 및 보수재



도금약품 등

전처리제, 주석/은 범핑용 도금액, 주석 범핑용 도금액, PCB 동도금액, 무전해 주석 도금액, 무전해 니켈 도금액, 변색 방지제, 박리제, 등

참여기업 02

(주)부흥산업사



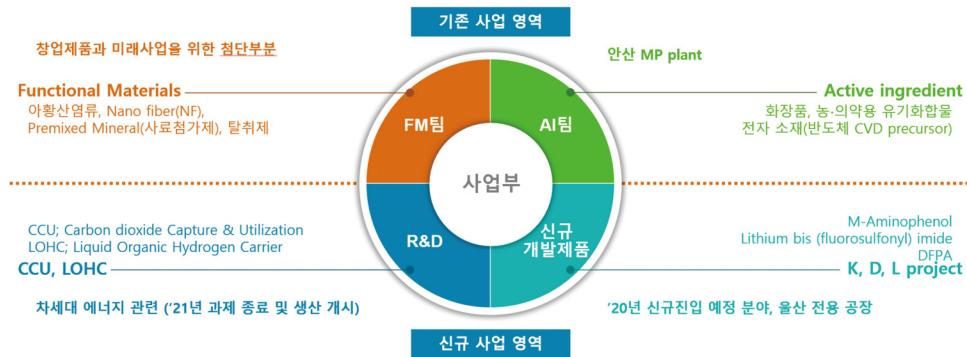
사업분야 기능성 화학소재

대표자 안경욱 설립일 1968. 05.

본사 경기도 안산시 단원구 산단로 68번길 11

T. 031-494-6016 F. 031-494-1029 H. www.poohung.co.kr

담당자 정흥기 선임 (hjjeong@poohung.co.kr)



주요 기술

- 세계최초의 NF(Nano fiber)는 10nm급 양산기술 확립으로 10년 내 1,000억 원 규모 성장 가능
- 사료첨가제(Premixed Mineral)는 폐기물에서 유가금속을 회수하는 친환경 사업
- 고난이도 유기 합성 및 반응 기술로 글로벌 다국적 기업과 파트너십을 유지하고 있으며 국제적인 품질관리 및 개발 역량을 확립하여 정밀화학 분야에 확고한 독자적인 위치 확보

주요 생산 제품

기능성 소재



Active ingredient



참여기업 03

선우특수소재



사업분야 고무, 실리콘 소재 가공 및 개발

대표자 최주형 설립일 2019. 08.

본사 경기도 시흥시 포도원로 116번길 25, 212

공장 경기도 시흥시 포도원로 116번길 25, 212

부설연구소 경기도 시흥시 포도원로 116번길 25, 212

T. 031-314-1653 F. 031-314-1174 H. www.sunwoosm.com / www.flecture.co.kr

담당자 박재우 이사 (sunwoosm@naver.comm)

선우특수소재는 Polymer Materials 전문 기업으로 국내에서 유일하게 형상제어용 실리콘 발포 제작기술을 보유하고 있으며, 전자제품, 건축, 생활소비재, 기계장치, 자동차 등 모든 전반적인 산업에 사용되는 부품을 개발, 생산, 판매하고 있다. 특히 실리콘 소재를 메인으로 다루고 있으며 고객의 세밀한 요구에도 끊임없이 대응하고 다. 또한 대학 및 연구소와 꾸준한 기술 개발을 통해 다양한 기능성 실리콘 소재 개발에도 노력하고 있다.

주요 기술

- 합성고무 소재 부품 제조
 - 실리콘, 우레탄 및 바이톤을 비롯한 NR, NBR, EPDM 등 범용 고무소재까지 다양한 고무소재를 취급하고 용도와 성능에 맞게 제작 공급하고 있습니다.
- 특수 사이즈 부품 및 시제품 제작
 - 아이디어를 구현하는 시제품 제작과 테스트를 통해 소량 특수부품 제작 및 실리콘 소비재 신제품 제작
- 압축성형, 압출성형을 이용한 패키징, 오리링, 가스켓, 호스, 발포압출 등 제품 및 중간재 가공

주요 생산 제품



소재부품 사업부

압축성형
압출성형
고무&플라스틱 자재 가공

소비재 사업부

시제품 테스트
소비재 제작 및 개발
(자체개발 브랜드 완구: Flecture)

참여기업 04

(주)그랩실



사업분야 이차전지 음극재, 도전재 등

대표자 허 훈 **설립일** 2019. 02.

본사 충남 아산시 배방읍 광장로 210, 202동 2층 C209-1호

공장 전남 목포시 대양로 26, 전남TP 입주기업동 201호

부설연구소 경기도 시흥시 서울대화로 59-21, 7층 714호

T. 041-415-0272 **F.** 041-415-0270 **H.** www.grapsil.com

담당자 홍요한 (yojung5038@grapsil.com)

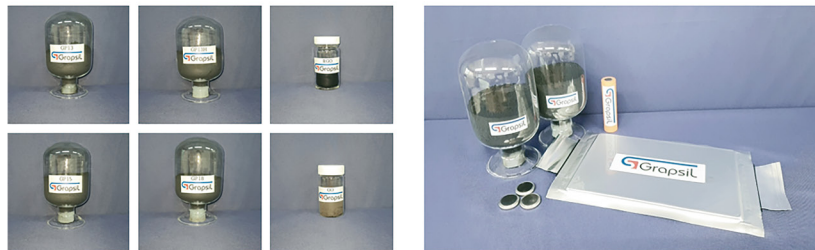
나노실리콘, 나노카본 복합재 제조기술을 기반으로 이차전지에 사용되는 고용량의 실리콘계 음극재와 그래핀, CNT 등의 에너지용 나노소재를 제조, 판매하는 소재부품 전문기업이다.

주요 기술

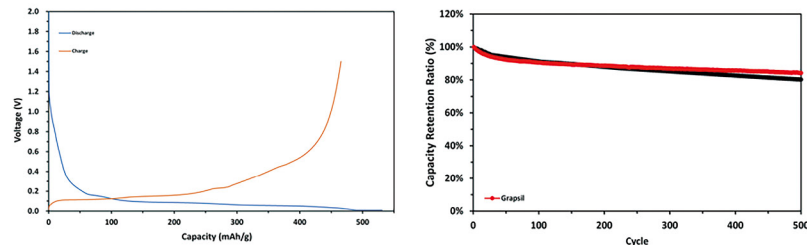
- 나노사이즈 실리콘 분쇄 제조 및 분산 기술
- 구상의 실리콘/탄소 복합 음극재 표면 코팅 기술
- Si/C Composite 제조 기술을 통한 고용량, 고안정성 음극재 제조 기술

주요 생산 제품

제품사진



평가



참여기업 05

(주)센코



사업분야 센서 및 관련 기기

대표자 하승철 **설립일** 2004. 11.

본사 경기도 오산시 외삼미로 15번길 73(외삼미동 485번지)

공장 경기도 오산시 외삼미로 15번길 73(외삼미동 485번지)

부설연구소 경기도 성남시 분당구 판교로 331(삼평동 690번지) 아람방송 303호

T. 031-493-0447 **F.** 031-492-0446 **H.** www.senko.co.kr

담당자 조하영 대리 (hyjo@senko.co.kr)

국내 유일의 전기화학식 가스 센서 기술을 보유하고 있으며, 이를 기반으로 다양한 센서와 센서 기반의 가스안전 기기, 환경 기기 그리고 IoT 기기를 자체 개발하여 생산 판매하고 있다. 가스 센서 및 관련 기기에 대한 국내 시장을 기술적으로 선도하고 있을 뿐 아니라 글로벌 시장에서도 기술력을 인정받아 지속적으로 시장을 확대하고 있는 기업으로 원천기술뿐 아니라 응용기술 모두 자체 개발 능력을 보유하고 있는 국내 유일의 기업이다.

주요 기술

- 정량적 가스 농도 감지가 가능한 전기화학식 가스 센서 기술
 - 전극 기술, 전해질 기술, 구조 설계 기술, 평가 기술, 신뢰성 기술, 구동회로 설계 기술, 공정기술을 포함
- 초소형 슬림 구조의 전기화학식 가스 센서 기술
 - 전극 기술, 전해질 기술, 구조 설계 기술을 포함
- 가스 센서 기반의 가스안전 기기, 환경 기기, IoT 기기 및 시스템의 설계, 제어 기술

주요 생산 제품

Device



Sensor & Transmitter



참여기업 06

(주)인실리코



사업분야 기능성 신소재, 정보화 솔루션 등

대표자 최승훈 **설립일** 2002. 11.

본사 경기도 안산시 단원구 산단로 112-19

T. 031-495-6932 **F.** 031-495-6632 **H.** www.insilico.co.kr

담당자 김민경 팀장 (mkkim@insilico.co.kr)

IT 및 소재 융합기술을 기반으로 하여, 고효율·저비용의 새로운 방법론으로 신물질 개발 및 정보화 솔루션을 제공하는 기업이다.

분자 모델링과 인공지능 기술을 통한 소재 설계부터 연구, 개발, 제조, 품질관리에 이르는 전 과정에서 통합적인 협업 체계를 구축하여 혁신적인 제품 개발을 수행하고 있다.

주요 기술

- 분자 설계, 실험계획법, 인공지능 기법 등을 이용한 저비용·고효율 신소재 설계
- 실험실 정보 관리, 규제 및 품질 관리, 제조 공정 정보 분석 및 관리 시스템 구축
- 기능성 소재를 마이크로 사이즈로 입자화한 캡슐 제조

주요 생산 제품



과학 분야 IT 솔루션 컨설팅

다쏘시스템 BIOVIA 기술 컨설팅
연구개발, 제조 공정, 품질 관리 솔루션



특수 기능성 신소재, 마이크로캡슐

다양한 기능성 캡슐 생산 판매
감온, 감광, 향, 향균, 방충 캡슐 등



인공지능·분자설계 컨설팅

인공지능·분자설계를 활용한 빠른 특성 예측
저비용·고효율의 연구개발 방향 제시



스마트 소재 기반 응용제품

인실리코 소재를 적용한 고객가치 제품
특수스티커, 감압필름 등