

희소금속산업기술센터 연구 장비 활용 안내

01

한국희소금속산업기술센터 홈페이지
(https://kiram.re.kr) 회원가입, 로그인

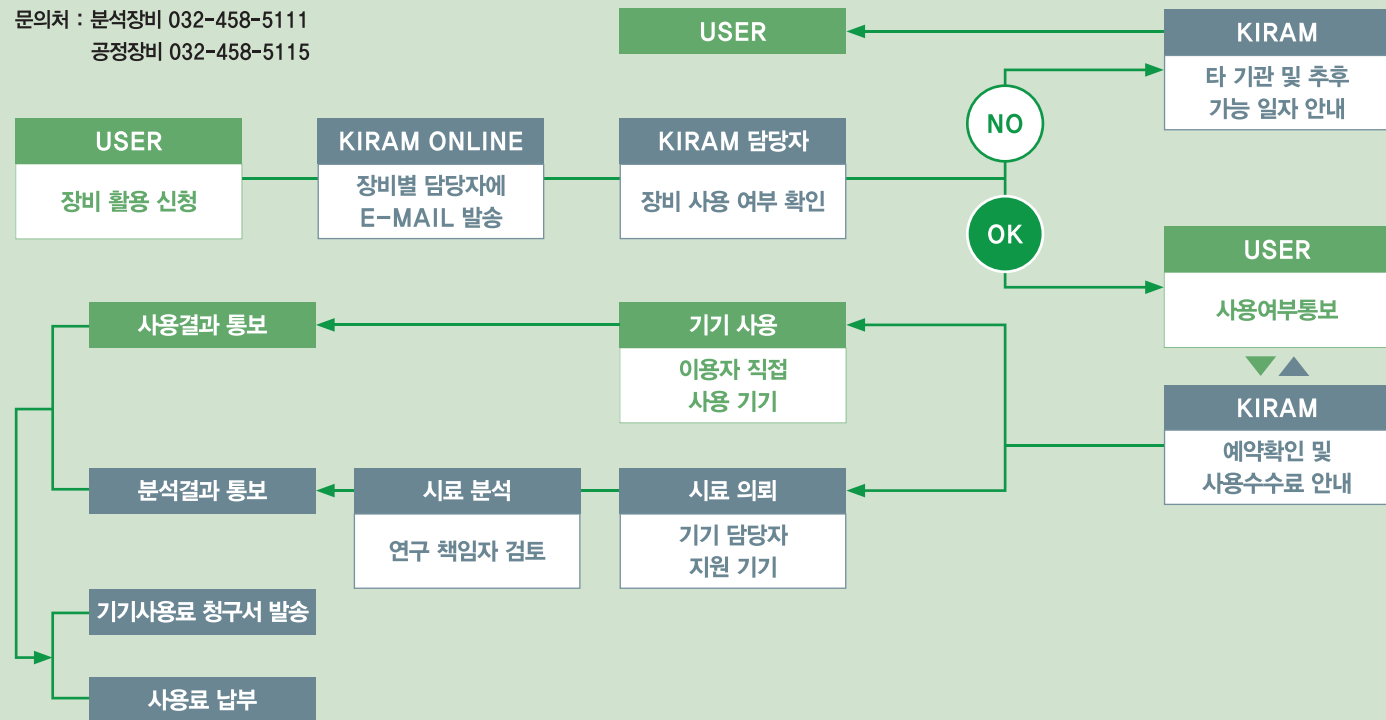
02

기업지원 탭의 장비 사용 확인 후
활용하고자 하는 장비 사양 등 확인

03

아래 절차로
장비 활용 신청

문의처 : 분석장비 032-458-5111
공정장비 032-458-5115



2019년도 장비 교육 프로그램 운영

운영 내용

교육일정 :
2019. 03. ~ 2019. 05, 금요일

교육장소 :
갯벌타워 9층 대회의실 및 실험실

교육대상 :
내/외부 연구원



교육 프로그램

구분	장비명	일시	용도
1	XRD	3월 22일 10:00 ~ 16:00	파우더 샘플, 미소결정 사이즈 측정, 마이크로 strain 분석, 잔류응력 분석, 결정구조 분석
2	마이크로 분말 입도분석기	3월 29일 13:00 ~ 17:00	금속 및 비금속 시료의 표면 향상 분석
3	Table SEM	4월 5일 10:00 ~ 16:00	금속 및 비금속 시료의 표면 향상 분석
4	고온 XRD	4월 12일 13:00 ~ 17:00	재료의 성분 분석 및 결정방위 해석
5	FE-SEM	4월 19일 10:00 ~ 16:00	온도 변화에 따른 결정구조 분석
6	EDS/EBSD	4월 26일 10:00 ~ 16:00	무기물질 중에 함유되어 있는 산소와 질소의 함량을 ppm단위까지 측정
7	C/S가스분석기	5월 3일 10:00 ~ 13:00	무기물질 중에 함유되어 있는 탄소와 황의 함량을 ppm단위까지 측정
8	N/O가스분석기	5월 3일 14:00 ~ 17:00	마이크로단위 분말시료의 입도사이즈 및 분포도 분석
9	TG-DTA/ DSC	5월 3일 14:00 ~ 17:00	재료의 물리적 변화(시료의 중량 증감) 측정 및 화학적 변화 측정
10	VSM	5월 10일 10:00 ~ 16:00	다양한 자성재료의 자기적 특성평가

2019 03

희망의 미소를 전달하는 소식지

한국희소금속산업기술센터

Newsletter



발행인 이성일 편집인 임경묵 발행일 2019. 3. 28 통권 37호

COVER NEWS

‘한-우즈벡 희소금속센터’ 협력으로 함께 가치를 만든다

우즈벡의 풍부한 자원과 한국의 기술이 만나,
또 다른 협력의 기회 모색

희소금속은 첨단 제품의 품질과 성능을 좌우하는 ‘산업의 비타민’이라 불린다. 하지만 우리나라는 희소금속 관련 수요의 대부분을 수입에 의존하고 있는 상황이다. 이를 위해 ‘희소금속의 산업 생태계 구축’은 무엇보다 시급한 과제로 부상하고 있다. 희소금속산업기술센터에서는 2016년부터 우즈베키스탄의 풍부한 자원을 활용하여 한국의 강점인 기술력을 바탕으로 경제 협력을 위한 논의를 추진 중에 있다. 지난 3월 3일부터 5일까지 진행된 제9차 한-우즈벡 무역경제공동위원회에서는 ‘한-우즈벡 희소금속센터’ 사업의 협력 방안과 향후 전망에 따른 다양한 분야의 협력 방안 논의가 이루어졌다. 중앙아시아 실크로드의 중심인 우즈베키스탄과는 이미 양국간 섬유, 자동차, 농기계 등 다양한 분야에서 활발하게 협력이 진행되고 있다.



성윤모 산업통상자원부 장관은 이번 기회를 통해 희소금속센터와 같이 우즈벡의 풍부한 자원과 한국의 기술을 활용한 산업 기술, 가스화학 등 에너지 분야 플랜트 건설, 한-우즈벡 FTA 공동 연구 등을 통한 안정적인 비즈니스 환경 조성 등으로 양국간 경제 협력을 보다 확대·강화할 것을 제안하였다. 본 회의에서 ‘한-우즈벡 희소금속센터’의 연내 개소로 텅스텐, 몰리브덴 등 희소금속을 활용하여 우즈베키스탄의 소재 산업 발전과 함께 한국기업들에게 안정적인 공급을 지원하는 방안을 논의하였다. 또한, ‘한-우즈벡 희소금속센터’의 4월 개소식을 개최할 수 있도록 우즈베키스탄 정부에 협조 당부를 하였으며, 개소식 이전까지 합의한 공간, 장비, IT시스템을 완비할 수 있도록 지원해 줄 것과 기술컨설팅에 우즈베키스탄 정부의 많은 관심을 요청하였다. 또한 치르치크에 위치한 ‘한-우즈벡 희소금속센터’ 신규 센터 리모델링 진도 점검을 진행하였다. 리모델링 공사는 초기 예상보다 지연되었으나 ‘19년 3월 말까지 완료를 목표로 진행되며, 알달락광업공사와 신규 센터 내 장비의 국산업 도입을 협의하였다.



▲ 지난 3월 우즈베키스탄에서 열린 제 9차 한-우즈벡 무역경제공동위원회.
희소금속산업기술센터 임경묵 센터장, 김범성 수석연구원

C O N T E N T S

01 COVER NEWS
‘한-우즈벡 희소금속센터’
협력으로 함께 가치를 만든다

02 BEST PARTNER
지속가능한 광산 개발
희소금속의 미래를 마련하다

03 INFORGRAPHIC
지속가능한 발전의 개념

04 RARE METAL MATERIALS
이차전지

06 MORE AND MORE
분석장비 2종, 공정장비 2종

08 VITAMIN PLUS
장비 활용 홍보 및
교육 프로그램 안내

KIRAM
Korea Institute for Rare Metals
한국희소금속산업기술센터



지속가능한 광산 개발 희소금속의 미래를 마련하다



▲ 신한대학교 에너지환경공학과 김선명 교수



20년 전까지만 해도 대부분 광산 개발은 국가기반산업으로 철광석, 구리 등 목적 광물 채굴을 일컬었다. 당시 희소금속은 부산물로 취급되었다. 그러나 반도체, 디스플레이 등 4차 산업혁명 이후에 필수 소재로 주목받게 되어 적은 매장량 때문에 개발과 비축에 각축이 벌어진 상황이다. 한국은 해외 광산에 집중하고 있는 실정이다. 이에 김선명 교수는 단순 채굴 뿐 아니라 환경과 지역 사회에 기여하는 ‘지속가능한 광산 개발’의 미래를 마련하고 있다.



광산 개발 미래의 청사진을 제시하다

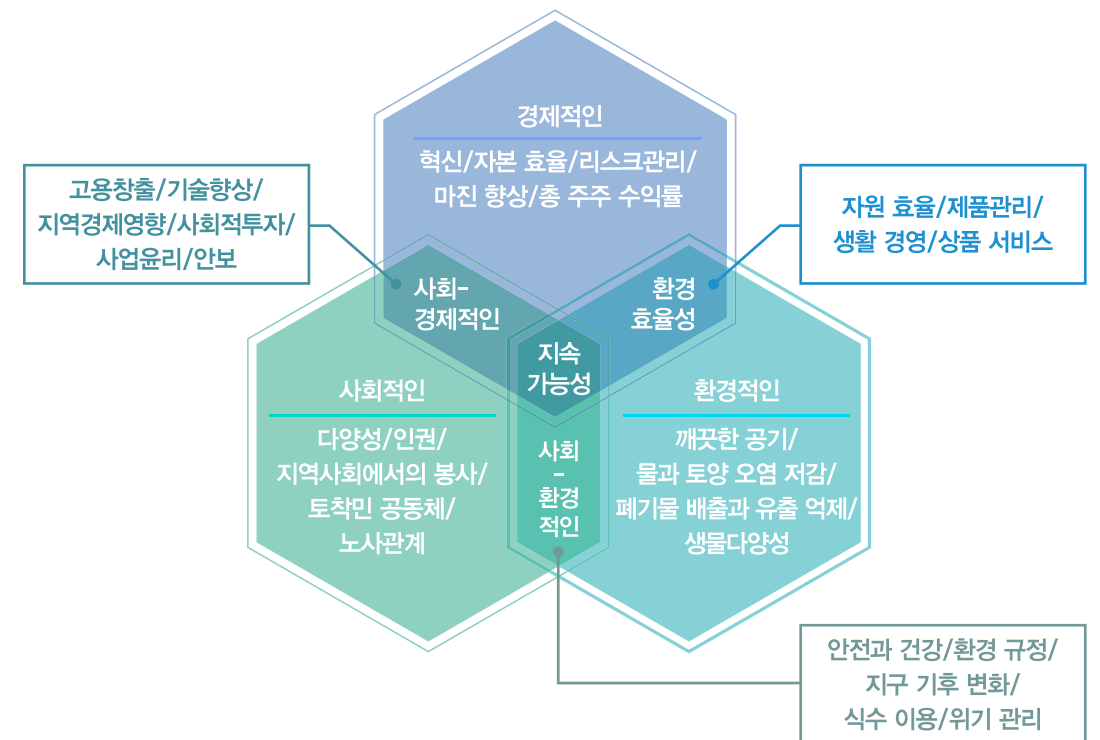
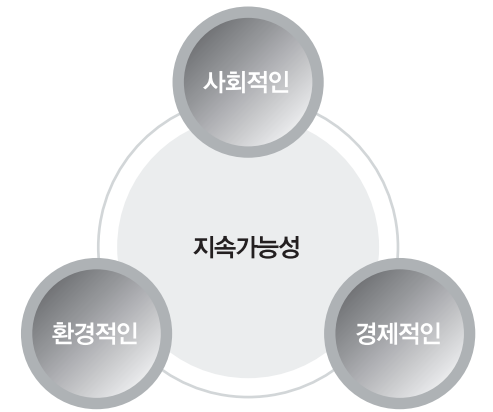
한국희소금속산업기술센터의 인프라 구축 사업 심사위원으로 참여하여 인연을 시작하게 된 김선명 교수는 자원 개발 전문가로 희소금속 탐사 기술 개발 관련 분야에서 조력자 역할을 하고 있다. 희소금속은 철광석, 구리, 아연 등 목적 광물의 채광 및 제련 과정에서 부산물로 얻어지는 것으로, 희소금속 자체를 개발하기는 자원 사업 특성상 힘든 경우가 많다. 특히 한국은 약 35종의 희소금속 중 티타늄, 인듐 등 일부를 제외하고 자급률이 0퍼센트에 가깝다. 따라서 한국희소금속산업기술센터를 중심으로 우즈베키스탄 등 희소금속 보유량이 많은 나라와 FTA, ODA 등을 맺어 희소금속을 확보하고 있다. 그러나 개발을 위해 탐사 과정에서 희소금속만을 찾는 것은 거의 불가능하기 때문에 원활한 수급을 위한 전략적 개발이 쉽지 않은 상황이다. 게다가 많은 희소금속이 개발도상국에 집중되어 있는 형태다. 이 국가들은 독재, 빈곤, 내전 등을 겪고 있다. 더불어 광산 개발은 필연적으로 환경 파괴를 동반한다. 희소금속은 각각 특별한 공정을 통해서 사용 가능한 형태로 정제된다. 이 과정에서 방사능 등 위험 화학 물질이 발생하기도 하고 폭발 등 물리적인 사고가 일어나기도 한다. 그러나 개발도상국들과 이 국가들을 활용하는 국가들은 당장의 이익을 위해 향후 환경 파괴 복구 등에 들어가는 사회적 비용을 고려하지 않고 있다. 이 같은 상황을 타계하기 위한 방법으로 김선명 교수는 ‘지속가능한 광산 개발’을 미래 광산 개발의 청사진으로 제시하고 있다.

지속가능한 광산 개발의 국내 현황

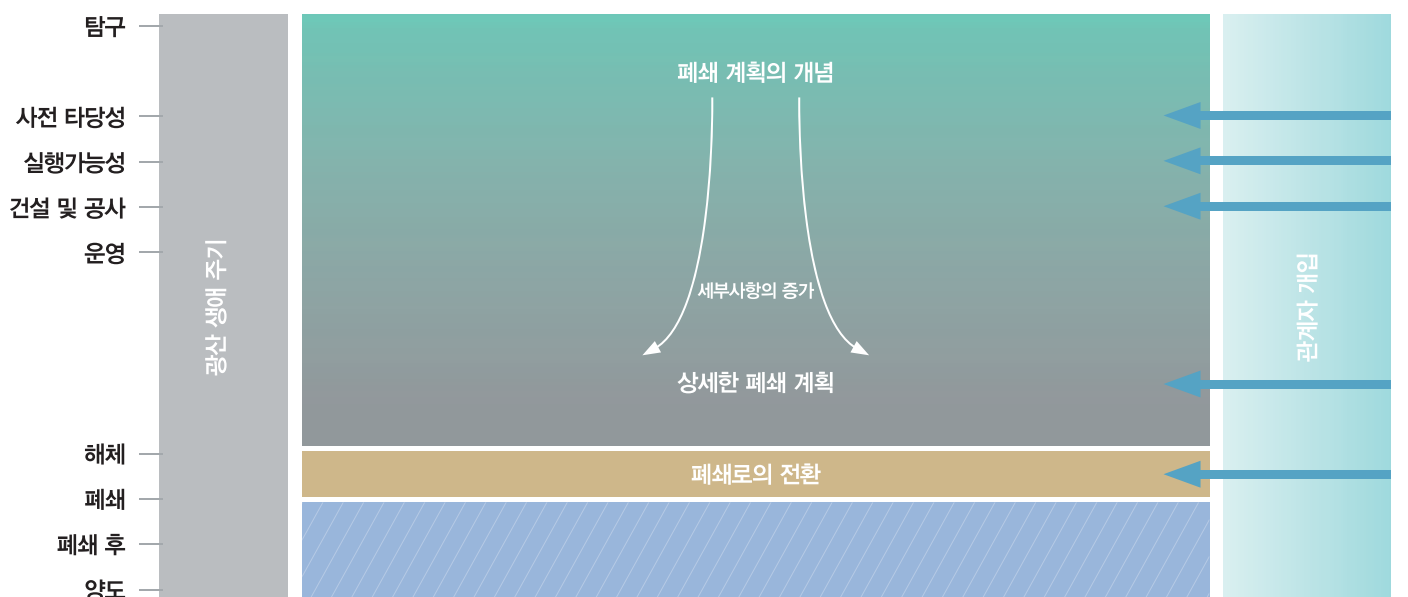
‘지속가능한 광산 개발’은 채굴로 광산 개발을 끝내는 것이 아니라 광산 보유 국가와의 환경 및 지역 사회 협력을 포함한다. 당장의 이익과 공급도 중요하지만, 광산 보유 국가 미래에 도움이 되는, 즉 기업과 사회 시스템을 함께 제공하는 것이 희소금속을 안정적으로 확보하고 전략적으로 사용하는 데 궁극적으로 도움이 된다는 뜻이다. 실제 일본의 경우 이와 같은 해외 광산 개발로 해외 기업 진출과 국가 이미지 상승까지 이루고 있다. 한국은 ‘지속가능한 광산 개발’의 기초를 다지기 위해 올해 상반기에 관련 정책을 만들 예정이다. 김선명 교수는 각국의 글로벌 광산 개발 기업들에 인력과 평가 기준을 양성하고 제안하는 등 법률 및 제도 개선 방향을 컨설팅하고 있다. 더불어 북한 내 희소금속이 유망하다는 의견들에 있어서는 실제적인 개발과 관련해 탐사 및 자원 처리 분야의 연구 과제가 기획되고 있다고 전했다. 위와 같은 종합적인 상황에서 한국희소금속산업기술센터 차원의 개발과 비축에 관한 정책 등의 연구와 도시 광산에서의 희소금속 재활용 기술 개발 및 모델 도출이 필요하다. 김선명 교수는 ‘지속가능한 광산 개발’이라는 주제에 맞추어 국내외에서 다양한 활동을 이어갈 예정이다. 이에 한국희소금속산업기술센터와 연계하여 희소금속의 개발과 비축에 밝은 전망이 있기를 기대한다.

지속가능한 발전의 개념

- 1987년 UN에서 발행한 ‘브룬트란트 보고서’는 오늘날 가장 널리 알려진 개념을 담고 있다.
“지속 가능한 발전은 미래 세대의 자연 편익을 해치지 않으며, 당대의 사회경제적 수요를 충족시킬 수 있는 발전”
- 2005년 UN 세계 정상 회의 결과 문서(The United Nations 2005 World Summit)에서는
“상호의존적이고 상호증진적인 지속 가능한 발전의 기둥”으로서 경제적 발전과 사회적 발전, 환경보호를 언급했다.



지속가능한 광산 개발의 개념



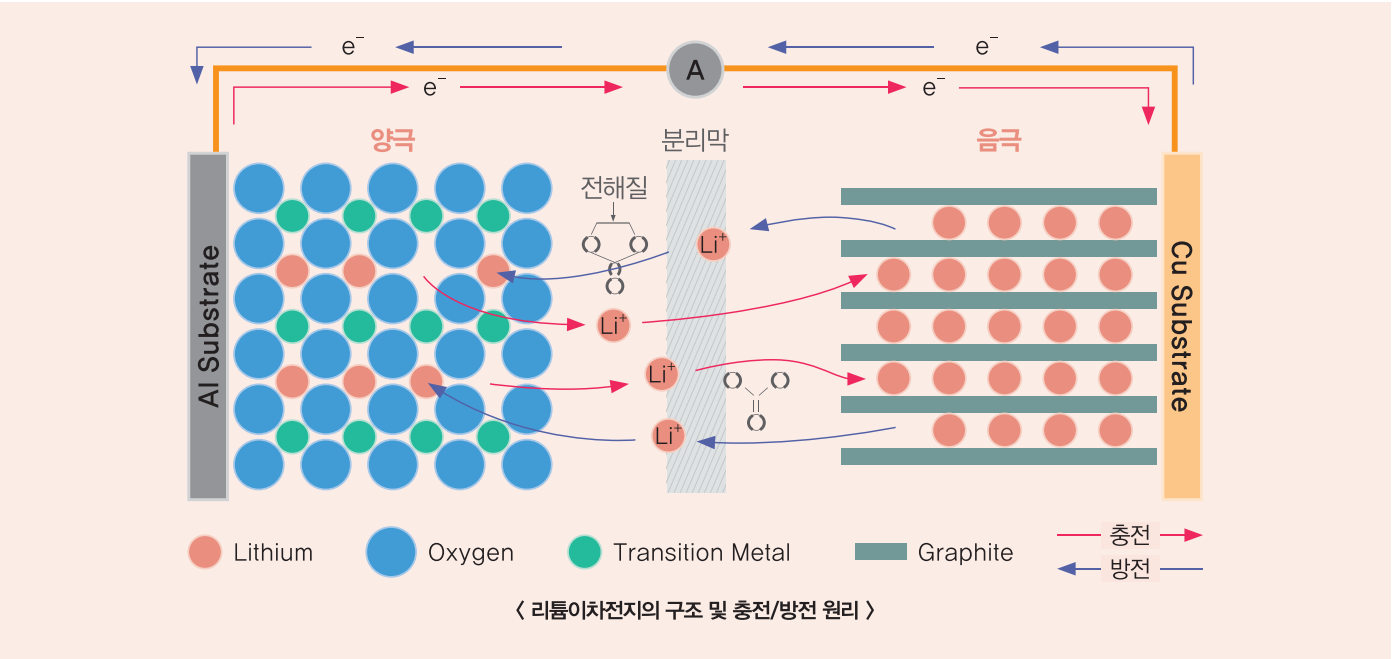
〈 지속가능한 발전에서의 광산 통·폐합 개념 〉

전자기술의 혁신을 주도하는 필수 소재인 이차전지

이차전지에서도 특히 리튬이차전지는 가벼우면서도 현재 알려진 전지들 중 가장 높은 에너지 밀도를 가져 전자기술의 혁신을 주도하고 있다.

최근 전기자동차 등 전지를 필요로 하는 기술이 각광 받으며 리튬이차전지의 관심도 함께 높아지고 있다.

희소금속 리튬을 필수로 하는 이차전지를 자세히 소개한다.



1800년 볼타전지의 발견 이후 전자기술은 두 번의 획기적인 진보가 있었다. 하나는 일차전지에서 이차전지로의 발전이고, 다른 하나는 3V급으로의 작동전압의 상승이다. 특히 리튬이온을 전극 및 전해질 내에서 사용하는 리튬이차전지는 경량이면서도 3.7V 이상의 높은 평균방전전압을 유지함으로써, 현재 알려진 전지들 중 가장 높은 에너지 밀도를 나타내어 전자기술의 혁신을 주도하는 대표적인 전지가 되었다.

이차전지기술의 발달에 따른 에너지밀도의 변화를 살펴보면, 최초의 이차전지인 납축전지의 경우 중량당 에너지밀도가 30Wh/kg, 부피당 에너지밀도는 100Wh/l를 넘지 못하였으나 리튬이차전지는 연평균 10%씩 에너지밀도가 꾸준히 증가하여, 현재 원통형을 기준으로 한 중량당 에너지밀도는 200Wh/kg, 부피당 에너지밀도는 600Wh/l에 이르고 있다. 이는 현재 리튬이차전지의 에너지밀도 수준이 중량을 기준으로 볼 때, 납축전지에 비해 약 다섯 배, Ni-MH에 비해 세 배 정도 향상된 것임을 알 수 있다.

이차전지의 일종인 Ni-MH 전지의 경우에도 낮은 작동전압과 에너지 밀도의 한계는 있지만 높은 안전성을 바탕으로 하이브리드 전기자동차

(hybrid electric vehicle, HEV)에 탑재되어 큰 각광을 받고 있다. 그러나 최근 플러그인 하이브리드 전기자동차(plug-in hybrid electric vehicle, PHEV) 및 전기자동차(electric vehicle, EV) 기술이 관심을 끌면서 성능의 한계를 드러내는 Ni-MH 전지보다는 고에너지 및 고출력특성을 동시에 갖는 리튬이차전지가 더 큰 주목을 받고 있다. 특히, 전기자동차용 이차전지는 충전시간이 짧고 경량이면서도 성능이 우수하여야 하므로, 향후 리튬이차전지를 중심으로 기술개발 경쟁이 치열할 것으로 예상되며, 현재의 한계를 극복할 수 있는 획기적이고도 지속적인 기술 진보가 기대된다.

전지의 양극과 음극에서 충전(charge)과 방전(discharge)을 반복적으로 수행할 수 있는 구조를 가져야 이차전지 특성을 가지게 된다. 이를 위해서는 전극 내에서의 이온의 삽입과 탈리가 용이하고, 이온의 삽입/탈리 과정 중 전극의 구조 안정성이 확보되어야 하며, 전해질은 이온의 전달을 용이하게 한다.

리튬이차전지는 일반적으로 전이금속산화물(transition metal oxide)을 양극소재로, 탄소를 음극소재로 사용하며, 전해질로 액체전해질을 사

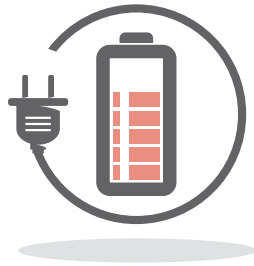
<리튬이차전지의 구성요소별 특징 및 예>

	구성요소	소재/특징	소재의 대표적 예
전극	양극활물질	전이금속산화물/전지의 용량결정	LiCoO ₂ , LiMn ₂ O ₄ , LiNiO ₂ , LiFePO ₄
	음극활물질	탄소,비탄소계 합금/양극과 가역반응	graphite, hard(soft) carbon, Li, Si, Sn, Li-alloy
	도전재	탄소/전자전도성	acetylene black
	바인더	고분자/결착성	PVdF, SBR/CMC
	집전체	필름/극판형성	Cu(-), Al(+)
전해질	분리막	고분자/양음극분리, 단락방지	PE, PP, PVdF
	리튬염	유무기 리튬화합물/이온전도	LiPF ₆ , LiBF ₄ , LiAsF ₆ , LiClO ₄ , LiCF ₃ SO ₃ , Li(CF ₃ SO ₂) ₂ N
	전해질용매	비수계유기용매/리튬염 용해	EC, PC, DMC, EMC
	첨가제	유기물/SEI 형성 및 조절, 과충전방지	VC, BP
기타	탭	금속/전극 단자	Al(+), Ni(-)
	외장재	셀 보호 및 밀폐	Mo-rich stainless steel, Al pouch
	안전소자	전지의 과충전/과방전 방지, 안전장치	safety vent, PTC device, PCM

용할 경우 이를 리튬이온전지(lithium-ion batteries, LiB)라 하고 고분자 전해질을 사용하면 리튬이온폴리머전지(lithium-ion polymer batteries, LiPB)라 부른다. 상용화된 리튬이차전지는 전지의 형태 및 구성요소의 소재에 따라 여러 가지로 분류될 수 있다. 전지의 구성요소는 위 표에 나타났다.대표적인 양극활물질인 LiCoO₂의 경우, 리튬이온전지의 충전 과정에서는 LiCoO₂의 리튬이온이 격자 밖으로 탈리되고 Co⁺³가 Co⁺⁴로 산화되면서 외부도선으로 전자를 방출한다. 반면에 방전 과정에서는 외부 도선을 통해서 전달받은 전자에 의해 Li_{1-x}CoO₂의 Co⁺⁴가 Co⁺³로 환원되고 리튬이온이 삽입된다. 따라서 자발적인 특성을 가지는 방전 과정에서 환원이 되는 Li_{1-x}CoO₂를 포함하는 것이 양극이 된다.

양극소재에서는 비용량이 높은 Mn-rich계 Silicate계 연구가 활발하며, 고용량을 얻기 위해 5V급 활물질이 개발되고 있으나 전해액의 산화반응으로 인하여 사이클 특성이 매우 나쁜 것이 문제이다. 이를 해결하는 방안으로 코어셸 구조가 도입되거나, 구조적으로 안전한 코팅 소재 개발이 필요하다.

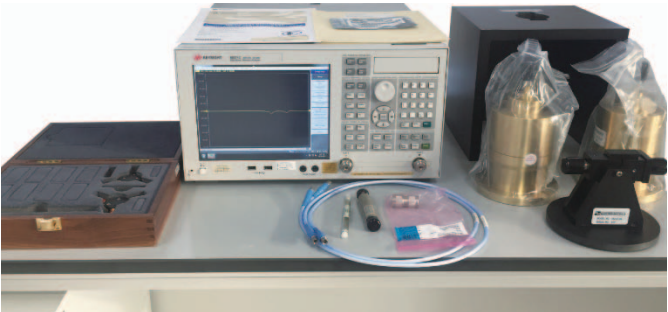
탄소 음극과 LiCoO₂ 양극으로 구성된 리튬이차전지의 산화 환원 반응 메커니즘을 설명하면 다음과 같다. 충전시에는 LiCoO₂에서 탈리된 리튬이온과 방출된 전자가 각각 전해질과 외부 도선을 통하여 음극으로 이동하여 탄소 내에서 다시 결합하게 된다. 이들 반응은 외부 전원공급 장치에 의해 공급된 전기에너지의 도움으로 일어나는 비자발적 반응이며, 양극활물질의 비자발적 산화반응에 해당한다. 고용량 음극소재로는 Si계와 Sn계 등의 금속계 또는 금속산화물계가 개발되어 왔으나, 이 물질들은 비용량이 높기는 하지만 충전과 방전과정 중에 부피 팽창과 수축이 반복되면서 사이클 특성이 현저하게 열화되는 단점이 있다. 최근에는 나노구조화, 비정질화 등을 통하여 해결하는 방법들이 시도되고 있다.



한국희소금속 산업기술센터

“ 분석장비

물리(7종)	입도분석기, 마이크로분말입도분석기, 비표면적분석기, 진동자테스터기, 비커스경도계, 표면조도측정기, 만능인장시험기
열물성(4종)	열전도도분석기, 고온열분석기, 시차주사열량계, 열기계분석기
조직(3종)	금속현미경, 원자현미경, 탁상형주사전자현미경, 주사전자현미경, 후방산란전자회절장치
성분(5종)	유도결합플라즈마, 가스크로마토그래프질량분석기, N/OH분석기, CS분석기, X선형광분석기, 휴대용 X선형광분석기
특수분석(10종)	광발광측정기, 자외선가시광선분광분석기, 직류자화특성측정장치, 전위차계, 비저항 탐사시스템, 유도분극탐사기, 팩트셰이지, 탐침위치장비, 반도체특성분석기, 전자파내성시험기
시험준비(8종)	자동연마기, 백금코팅기, 핫마운팅기, 회전증발기, 저속정밀절단장치, 고속정밀절단장치, 원심분리기, 고점도물질분산기



고점도물질분산기
Planetary Centrifugal Mixer

- | 사양 |
- 용량 : 최대 550ml
 - Time Setting Range : 10 Seconds ~ 30 Minutes
 - Mixing Mode : Revolution (400 to 1,000RPM) / Rotation (Approx. 1:1 Revolution to Rotation ratio)
 - Defoaming Mode : Revolution (400 to 2,000RPM) / Rotation (1:32 Revolution to Rotation ratio)
- | 용도 |
- 금속분말 함유 방열 paste 물질 제조
 - 접착제의 혼합 및 제조
 - 나노소재 분산, 세라믹소재 gel-casting용 슬러리 제조
 - 3D printing용 filament 조성 설계 및 제조

전자파내성시험기
EMI Shield Effectiveness Test System

- | 사양 |
- 차폐 측정 주파수 범위 : 30MHz~1.5GHz, 1.5GHz~10GHz
 - 차폐 측정 규격 : ASTM D4935
 - Network Analyzer 주파수 범위 : 100kHz~13.6GHz
 - Network Analyzer 다이내믹 레인지 : 100dB (Bandwidth 10Hz) 이상
- | 용도 |
- 희소금속 함유 소재의 전자파 차폐도 평가
 - 표준화된 크기 및 규격을 갖는 시편을 활용한 전자파 차폐도 평가 시스템
 - 소재의 투자율/유전율 물성 추출
 - 주파수에 대한 power의 전달 특성, 주파수 응답특성 측정

“ 공정장비

희토 자석(6종)	글로브박스, 건식파쇄장치, 습식나노파쇄장치, 스트립캐스터, 수소분사진공로, 기능성분말성형기
희토 형광체(1종)	형광체합성장비
희소금속 성형(3종)	열간가압소결로, 통전활성소결장치, 등방압분말성형장치
고용점/활성 금속(10종)	용융염전해정련장비, 자전연소고온합성기, 진공열처리로, 와이어제조장치, 고주파용해로, 유도용해장비, 진공유도로, 진공가압주조로, 전기로, 전자빔청정용용해장치
희소금속 분말(3종)	전기선폭발장치, 아토마이저2kg, 아토마이저20kg
희소금속 코팅(2종)	아크플라즈마증착기, 건식박막증착시스템
전처리(1종)	밴드쏘



◀ 3월 말 입고 예정
본 장비는 강원지역센터 소유 장비임

등방압분말성형장치
Isostatic Press

- | 사양 |
- 최대 압력 : 6000 bar
 - 내부 용기 : 80d * 300
- | 용도 |
- 금속 및 세라믹 분말의 성형
 - 고밀도 압분체 제조

전자빔청정용용해장치
Electron Beam Melting Equipment For Clean Metal Preparation

- | 사양 |
- Electron bombardment cathode self-accelerating type
 - 100 kW (10 ~ 30kV, 3.4A)
 - X-deflection Angle $\pm 45^\circ$
 - Y-deflection Angle $\pm 45^\circ$
 - Max. scanning width $\pm 250\text{mm}$ (Within max deflection angle, Crucible ~ Electron gun: 1000mm)
 - X,Y-Scaning Frequency 200Hz
- | 용도 |
- 희소금속 기반 고용점 소재의 고순도 용해 정련 및 고순도 합금 제조