



# 한국의 기술력, 우즈벡 자원이 만나 혁신 이룬다



2016년 '제8차 한-우즈벡 무역 공동위원회'에서 양국의 MOU가 체결된 이후 희소금속 분야 협력은 급물살을 타게 됐다. 이는 가시적인 성과로까지 이어져 지난 4월 우즈베키스탄에서는 한-우즈벡 희소금속센터가 성공적으로 출범할 수 있었다. 한-우즈벡 희소금속센터는 어떤 역할을 하게 될까? 지난 11월 한국을 방문한 알말릭광업공사 치르치크사업장 루지예프 생산부사와 한-우즈벡 희소금속센터 아비도프 센터장을 만나 이야기를 나눠보았다.



한-우즈벡 희소금속센터  
아비도프 센터장



알말릭광업공사 치르치크사업장  
루지예프 생산부사장

## 한-우즈벡 희소금속센터 '우즈벡 포스코' 알말릭광업공사 내 개소

인터뷰를 위해 한국희소금속산업기술센터(이하 희소금속센터)를 방문한 날, 희소금속센터에서는 우즈베키스탄 엔지니어들을 위한 기술 연수가 한창이었다. 알말릭광업공사 치르치크사업장 루지예프 생산부사와 한-우즈벡 희소금속센터 아비도프 센터장도 진지한 표정으로 연수에 임하고 있었다. 알말릭광업공사는 우즈베키스탄 최대의 철강산업 전문업체다. 지분의 90% 이상을 국가가 소유하고 있다는 점에서 과거 우리나라의 '포스코'와 흡사하다. 한-우즈벡 희소금속센터가 알말릭광업공사 치르치크 사무소에 소재하게 되었다는 것은 우즈베키스탄 정부가 한국과의 협업을 얼마나 중요하게 생각하는지 엿볼 수 있는 대목이다. 알말릭광업공사 치르치크사업장 루지예프 생산부사는 한-우즈벡 희소금속센터의 준비 단계부터 참여하며 공을 들여왔다.

“한국은 우즈베키스탄의 오랜 우방국이자 신뢰할 수 있는 국가입니다. 또한 짧은 시간 동안 급성장한, 배울 점이 많은 나라이이기도 해요. 여러 나라들과의 협업을 모색했지만 희소금속 분야 최고의 파트너는 한국이라고 판단했습니다.”

‘인사가 만사다’라는 말이 있다. 사업을 맡을 책임자를 찾는 것은 모든 일의 시작이 된다. 한-우즈벡 희소금속센터 센터장을 모집하던 시기, 수많은 사람들이 지원서를 냈다. 알말릭광업공사가 아비도프 센터장을 선택한 이유는 뭘까?

“한국과 우즈벡의 협업은 양국이 특히 신경 쓰는 중요한 사업입니다. 한국 유학생 출신인 아비도프 센터장은 한국에 대해 깊이 이해하고 있고, 희소금속 분야의 전문가입니다. 더욱이 아비도프 센터장은 젊어요. 양국의 미래를 이끌어갈 중요한 사업이라면 젊은 감각과 혁신적인 마인드를 함께 갖춘 사람이 책임자라고 생각했습니다.”

## 한-우즈벡 상호보완을 통한 시너지 창출

전 세계에 희소금속센터를 따로 마련한 국가는 단 2곳밖에 없다. 하나는 미국, 하나는 한국이다. 일반인들에게는 생소한 사실이지만, 미국 희소금속 관리기관은 한국 희소금속센터를 벤치마킹하여 신설됐다. 한국은 우수한 기술력을 지니고 있지만 희소금속 생산국은 아니다. 우즈베키스탄은 전 세계 광물자원 생산량 중 금 생산량 5위, 우라늄 생산량 10위, 몰리브덴 생산량 11위에 달하는 광물자원 강국이다. 반면 광물자원을 추출, 가공하여 부가 가치를 높일 수 있는 기술은 전 세계를 기준으로 봤을 때 상대적으로 부족한 상황이다. 한-우즈벡 희소금속센터 개소를 시작으로 본격적으로 이어질 양국의 협업은 상호보완적인 관계를 형성하며 시너지 효과를 창출할 전망이다.

“한국의 기술력과 우즈벡의 광물자원은 양국을 금속산업 강국으로 견인해줄 것입니다. 양국의 유기적인 협력은 또한 희소금속을 넘어 국가와 국가의 관계를 개선하고 신뢰를 더욱 공고히 해주겠죠. 꼭 희소금속 산업의 관점에서 보지 않더라도 고무적인 일입니다.”

아비도프 센터장은 한-우즈벡 희소금속센터가 양국의 희소금속 및 기술 교류 거점이자 우호적인 관계를 견인하는 상징적인 기관이라고 강조했다. 개소식을 거쳐 본격적으로 활동을 시작한 한-우즈벡 희소금속센터가 양국의 희소금속 산업현장에서 어떤 역할을 하게 될지, 그 귀추가 주목되고 있다.

# 한-우즈벡 희소금속센터 개요



### 주요 구성

- 연구동(3개층)  
– 연면적 2,500m<sup>2</sup>(757평 규모)

### 세부 시설

- 사무실
- 시편 준비실, 시약 보관실
- 공정실험실, 분석실
- 국제회의실 : 한국희소금속센터와 IT종합솔루션으로 연결

- 2016.09 '제8차 한-우즈벡 무역 공동위원회' 정부간 MOU 체결
- 2017.11 정부간 협약 실행을 위한 \*실무기관<sup>1)</sup> 3자간 MOU체결
- 2018.05 '한-우즈벡 희소금속센터 설립 지원단' 설치 및 운영
- 2018.2~12 발전전략, 공간전략, 장비전략 공동조사
- 2019.04 '한-우즈벡 희소금속센터' 개소식
- 2019.08 우즈벡 알말릭광업공사, 과학아카데미, 재료연구소 임원급 5명 국내 초청연수
- 2019.09 한-우즈벡 희소금속센터 현판식 및 고위급 연담
- 2019.11 알말릭광업공사 현장 엔지니어 20명 국내 초청연수
- 2019.12(예정) 한-우즈벡 희소금속센터 2차 국산장비 구축 계약

1) 한국생산기술연구원, 우즈벡 대외무역부, 알말릭광업공사

우즈베키스탄의 풍부한 자원과 한국의 고부가가치화 기술의 접목을 통해 양국 희소금속산업 발전을 위한 '한-우즈벡 희소금속센터' 설립

2018년부터 2022년까지 총 6년간  
120억원 규모로 사업 진행

고순도 고용점 희소금속 기술협력,  
희소금속 가공 및 분석장비 설치운영,  
기술직 및 석·박사급 인력 양성

한국생산기술연구원,  
알말릭광업공사 공동주관

알말릭광업공사 치르치크사업장 내 위치  
(우즈베키스탄 수도 타슈켄트 북동쪽 40km)

## 한-우즈벡 희소금속센터 국산장비 수출

국산장비 28종(시스템 1식, 장비 27종) 단계적 구축 결정

1차 수출

2차 수출



8종

20종



11.3억원

15억원 (사양협의 중)

## 우즈베키스탄 관련기관 개요

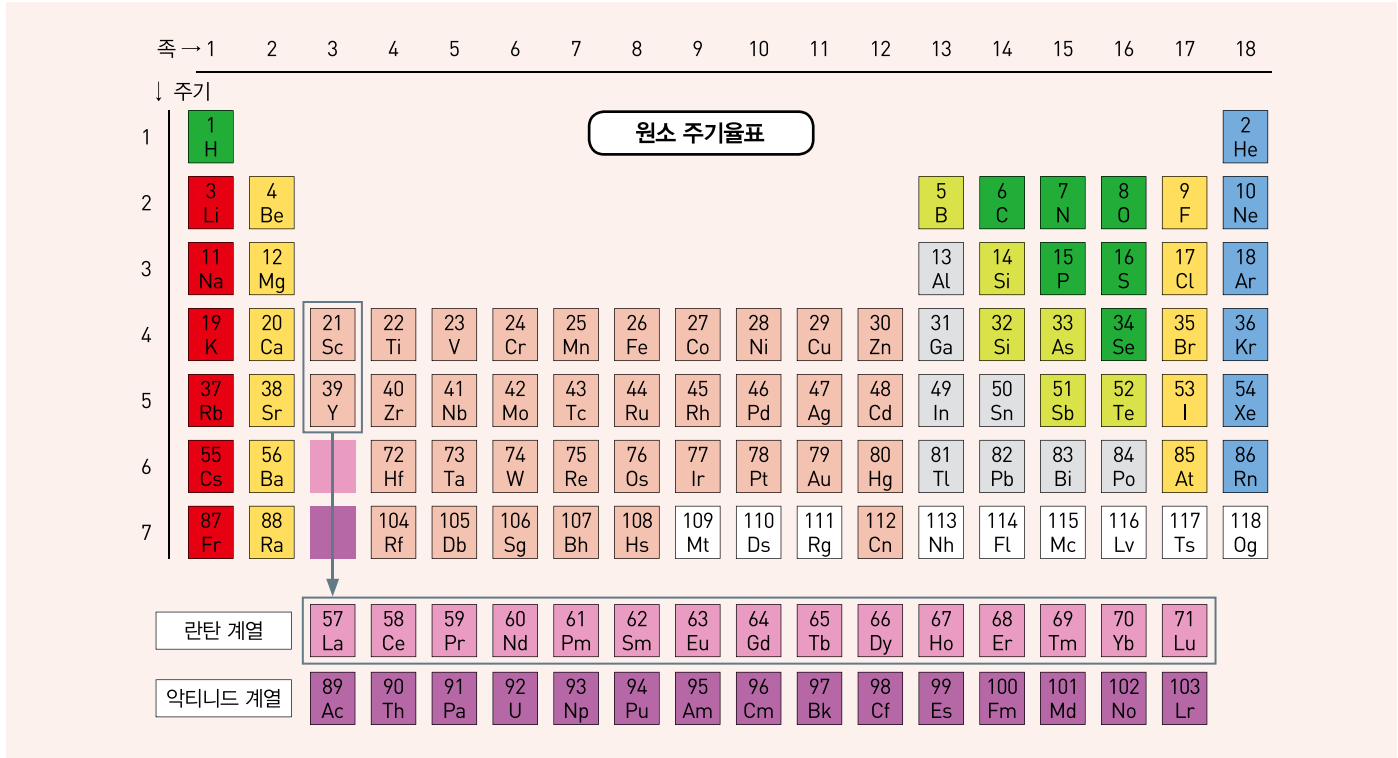
### 알말릭광업공사 본사

- 올말리크 소재(타슈켄트 남동쪽 65km)
- 광산 포함 850km<sup>2</sup> 규모
- 10,000여명의 임직원
- 2010년 기준, 전 세계 금 생산량 5위, 우라늄 생산량 10위, 몰리브덴 생산량 11위
- 구리 판재 및 봉재, 황산구리, 몰리브덴, 비스무트, 셀레늄, 텔루륨, 레늄, 황, 금, 은 등 다수 생산
- 구리제품 8,000톤, 시멘트 350,000톤 생산 가능
- 생산품의 70% 수출

### 알말릭광업공사 치르치크 사무소

- 치르치크 소재(타슈켄트 북동쪽 40km)
- 1.29km<sup>2</sup> 규모
- 833명의 임직원(기술직 19%)
- 몰리브덴 및 텅스텐 와이어, 바(bar), 압연 롤(roll) 및 분말제품 생산
- 몰리브덴 2,150톤, 텅스텐 1,270톤, 경질합금 650톤, 산업용 세라믹 500톤 생산 가능
- 생산품의 80% 수출

# 희토류 생산/부존 현황 및 산업 필요성



## 희토류의 개요

‘자연계에 매우 드물게 존재하는 금속원소’라는 의미로 희토류 금속 또는 단순히 영어 표기 Rare earth elements 의 줄임말인 REE 등의 이름으로 알려져 있는 희토류는 화학적 정의에 따라 원소 주기율표(Periodic table of elements)에서 원소번호 57번부터 71번까지의 란탄 계열(Lanthanides) 원소 15개와 함께 스칸듐(Sc) 및 이트륨(Y)을 포함하는 17개의 원소 그룹을 일컫는다.

실제로는 넓은 응용 분야를 가진 희토류 금속들은 2009년까지도 일반인들에게는 다소 생소한 존재였다. 하지만 2010년 중국과 일본 사이의 센카쿠/다오위다오 지역을 둘러싼 영유권 분쟁에서 중국은 대일 희토류 금수조치와 새로운 환경 법규 시행, 그리고 연간 50천톤 가량이던 희토류 수출쿼터를 약 40% 감소시킨 30천톤 수준으로 삭감시키는 등의 희토류 정책 변화에 따라 2011년 국제 희토류 가격이 최대 16배까지 치솟으며 국제사회에 위협이 된 사례가 있었다. 이후 희토류 가격의 상승폭은 곧 잦아들었으며 결국 10년 이상 시행되었던 희토류 수출쿼터제도도 수출관세는 2015년 철폐되었으나, 2019년 중국 정부는 미국의 대중 무역관세 인상과 중국 통신장비업체 화웨이에 대한 거래 제한 조치에 대응해 희토류 수출 제한을 검토하는 조짐을 보이며 사실상 세계시장에 독점적인 공급지위를 가지고 있는 희토류자원을 또다시 무기화할 가능성을 보이고 있다. 2010년부터 시작되어 “희토류 위기”라고 알려진 이 기간 동안 전 세계의 많은

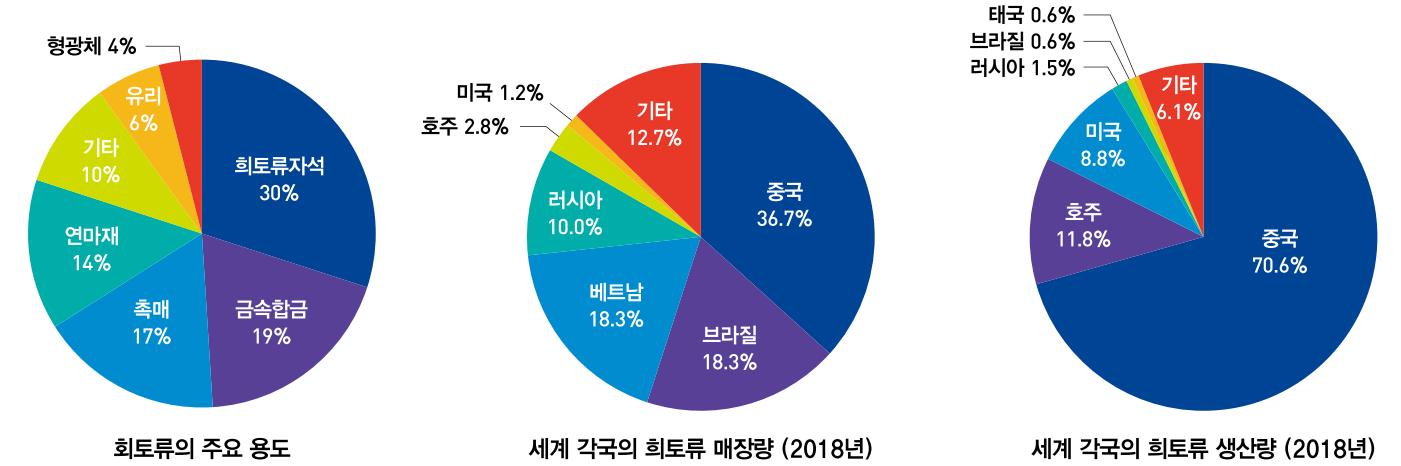
사람들이 이 독특한 원소 그룹이자 전략자원인 희토류의 중요성을 인식하게 되었다.

## 희토류 특성

희토류 원소들은 2개의 최외각전자를 가지고 화학적 특성이 서로 비슷하며, 중성자수가 다른 원소들에 비해 많기 때문에 강한 자성을 가지는 화학적 특성을 가진다. 최외각전자들은 산소와 쉽게 결합되어 산화물 형태를 이루고 있어 희토류 광물들은 자연 상태에서 안정하게 존재하기 때문에 희토류 원소를 추출해내고 분리하는 것이 매우 어렵다. 그러나 정제된 희토류 원소들은 전자전이가 쉽게 되고 열전도성이 우수하며 다른 원소들에 비해 전기적 성질, 자성, 발광 특성이 탁월하여 하드 디스크 드라이브, 스마트 폰, 디스플레이, 배터리 (가정용 및 자동차 용), 에너지 절약형 램프 및 레이저, 발전기용 영구 자석, 유리 연마제 등 오늘날 흔히 사용되는 첨단 기술에 필수적인 원소로써 미래 신산업의 핵심적 재료이다.

## 희토류의 주요 응용분야

희토류의 가장 큰 응용분야는 희토류 영구자석으로 전기자동차 한 대를 움직이는 데 필요한 영구자석에는 순수 희토류 원소가 약 1kg 정도 포함되어 있다. 영구자석의 합금조성은 네오디뮴-철-붕소(Nd-Fe-B)계 및 사마륨-코발트(Sm-Co)계가 주를 이루고, 가격이 저렴한 철계



자석에 비해 자기적 특성이 매우 우수하여 부품의 소형화와 경량화가 가능한 장점이 있다. 최근, 코발트(Co) 가격이 급격하게 증가하면서 사마륨-코발트(Sm-Co)계자석 보다 비교적 저렴한 철(Fe)을 사용하는 네오디뮴-철-붕소(Nd-Fe-B)계 자석이 더 널리 이용되고 있다. 이 밖에도 컴퓨터용 하드디스크, 풍력발전, MRI 등에 사용하는 영구자석의 제조에 희토류가 필수적으로 사용되고 있으며, 전세계 희토류 가격 상승에 가장 크게 기여한 응용분야이다. 네오디뮴(Nd)계 자석에는 네오디뮴(Nd) 뿐만 아니라 첨가물로 디스프로슘(Dy), 프라세오디뮴(Pr), 터븀(Tb) 등의 희토류가 사용되며, 특히 네오디뮴(Nd)과 디스프로슘(Dy)이 자기적 특성을 결정하는 중요한 원소이다. 최근 전기자동차의 시장 확대와 함께 필수 부품인 모터용 자석의 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이는 희토류 산업 확대와 가격변동에 가장 큰 영향을 주고 있다.

특정 희토류 원소는 에너지를 얻은 후 방출할 때 청색, 적색, 녹색과 같은 가시광선을 방출하는 특징을 가지는데 이러한 성질을 바탕으로 형광체 소재에 응용되고 있다. 기존의 컬러 TV 브라운관에는 1대당 약 0.5~1g 정도의 유로퐁(Eu)이 사용되었고, 유로퐁(Eu)을 비롯 가돌리늄(Gd), 세륨(Ce), Tm(툴륨), Tb(터븀) 등은 LCD 후방조명(Back light)의 핵심 부품인 냉음극형광램프(CCFL), LED 조명의 칩(Chip)에 사용되는 등 현대에 널리 사용되는 첨단 조명 장치 및 디스플레이 산업에 필수적인 원소이다.

이외에도 석유화학분야에서 유체분해용 촉매(Fluid Cracking Catalyst, FCC)로 루테튬(Lu), 네오디뮴(Nd), 사마륨(Sm) 등을 사용하고 있으며, 탄화수소 분해, 수소화 등을 위한 강력한 촉매로 사용되고 있다. 산화세륨(Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)은 자동차 배기가스 성분으로 유독한 일산화탄소(CO)를 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 산화시키는 촉매로 이용된다.

## 희토류자원의 현황

희토류는 다시 경희토류(LREEs: Light Rare Earth Elements)와 중희토류(HREEs: Heavy Rare Earth Elements)로 구분된다. 경희토류는 중희토류에 비해 부존량이 10배 가까이 많고 전 세계에 많이 분포되어 있으며 채굴이 비교적 쉽기 때문에, 보통 중희토류의 가격이 더 높은 편이다. 반면 무거운 중희토류는 현재 중국에서만 생산이 가능하다. 흥미로운 점은 경희토류 역시 중국에서 주로 생산되는데, 중국을 제외한 다른 나라의 경우 희토류 채굴을 위해 땅을

파야하지만 중국의 경우 희토류가 지표면에 분포되어 있어 채굴비용 측면에서 경제성이 없어 중국을 견제할 수 없는 점이다. 또한, 일부 희토류 부존 국가들과 달리 중국은 중희토류와 경희토류를 모두 풍부하게 보유하고 있다. 이처럼 중국이 가지는 희토류에 생산에 대한 독점적 지위는 희토류 금속의 편재성에 크게 기인한다. 중국은 세계 최대의 희토류 매장국으로 2018년 기준 약 44,000천톤(36.7%)에 달하는 매장량을 보유하고 있다. 그 뒤를 이어 브라질과 베트남이 각각 22,000천톤(18.3%)의 매장량을 보유하고 있으며, 러시아(12,000천톤, 10.0%), 인도(6,900천톤, 5.8%) 그리고 호주(3,400천톤, 2.8%)순으로 희토류 매장량을 보유하고 있다.

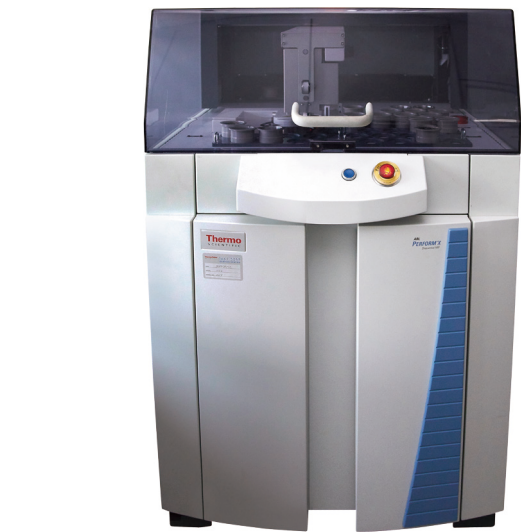
희토류 광물은 바스트나사이트(bastnasite), 모나자이트(monazite) 등이며, 희토류의 매장량은 적지 않으나 채굴 가능한 광산이 적고, 채광 후 원광으로부터 화합물을 제조하고 유독한 산성용액을 사용하여 수많은 단계를 거치는 분리정제 과정을 거쳐야 하는 기술적/환경적인 문제로 인해 주로 중국에서만 생산이 이루어지고 있다. 국내 서해안에도 매장되어 있으나 경제성이 없어 국내 생산은 전무한 상황이다. 이렇게 때문에 희토류는 대부분 중국에서 생산되며 생산량의 측면에서 보면 중국의 희토류 패권은 더욱 여실히 드러난다. 중국은 1992년 처음으로 최대 희토류 생산국가가 된 이래로 그 비중을 늘려 2008년에서 2015년까지 세계 희토류 수요량의 90%이상을 공급하였고 2018년을 기준으로 여전히 70% 이상을 공급하며 독보적인 위치를 지키고 있다.

희토류는 자동차 산업의 각종 핵심 부품뿐만 아니라, 촉매, 분말야금, 에너지, 합금 산업 등의 모든 산업에 걸쳐 다양한 용도에 적용되므로 현대산업의 바타민이라고 불리기도 한다. 세계 희토류 생산량의 90%를 중국이 장악하고 있는 현시점에서 중국 정부의 자원 무기화 정책 등 희토류 수급의 불안 요인에 대비한 장기적인 대책 마련이 시급하다.

최근 4차 산업혁명 및 미-중 무역 갈등, 일본의 수출규제 등으로 소재 및 자원관련 문제들이 이슈 되고 있다. 또한, 자원은 산업과 기술의 문제만이 아니라 국가와 사회 발전 및 인간의 삶의 질 향상에도 매우 중요하게 작용될 수 있다. 현 시점은 한국의 희토류 관련 산업 또한 미래를 위해서 산업의 특성을 이해하고 그 중요성을 면밀히 검토해야하는 중요한 시기이다. 희토류의 안정적인 공급 방안과 아울러 희소금속을 응용한 새로운 기술 개발을 통한 관련 산업발전에 정부, 산업계, 연구소 및 학계의 장기적인 관심과 노력이 필요하다.

# 한국희소금속산업기술센터

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <div> <div> </div> <div> </div> </div> <div>분석장비</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| <div> <div>물리(7종)</div> <div>열물성(4종)</div> <div>조직(6종)</div> <div>성분(7종)</div> <div>특수분석(13종)</div> <div>시편준비(7종)</div> </div> <div> <div>나노입도분석기, 마이크로 분말 입도분석기, 비표면적분석기, 진동자 테스트기, 비커스경도계, 표면조도측정기, 만능인장시험기</div> <div>열전도도 분석기, 고온열분석기, 시차주사열량계, 열기계분석기</div> <div>금속현미경, 원자현미경, 탁상형 주사전자현미경, 주사전자현미경/후방산란전자회절장치, X선 회절장치, GD-MS</div> <div>유도결합플라즈마, 가스크로마토그래프질량분석기, N/OH 분석기, <b>X선 형광분석기</b>, 휴대용 X-선 형광분석기, 수소저장능평가장치, <b>탄소황분석기</b></div> <div>광발광 측정기, 자외선 가시광선 분광분석기, 직류자화특성측정장치, 전위차계, 비저항 탐사 시스템, 유도분극탐사기, 팩트 세이지, 탐침위치장비, 반도체 특성 분석기, 플럭스메타, 전자파차폐도 평가시스템, 진공증착장치 , 소재구조 및 물성 모델링 시뮬레이션 시스템</div> <div>자동 연마기, 백금 코팅기, 핫마운팅기, 회전증발기, 저속정밀절단장치, 고속정밀절단장치, 원심분리기</div> </div> |  |



X선 형광분석기  
Wavelength dispersive X-Ray

- I 사양 I

○ 측정 원소 범위 : B-U

○ 측정 농도 범위 : ppm~100%

○ 출력 : 4kW

○ 최대 전류 : 170mA

○ 다양한 시료 측정 가능 : 고체, 분말, 액체
- I 용도 I

○ 형광 X선을 이용하여 금속재료의 정성, 정량분석 가능

탄소황분석기  
Carbon Sulfur deteminator

- I 사양 I

○ Furnace power: 18MHz, 2200W max(~2700℃)

○ 1회 측정 시료량 : 약 1 g

○ 측정범위

- C : 0.6ppm - 6.0% at 1g

- S : 0.6ppm - 6.0% at 1g
- I 용도 I

○ 다양한 재료의 탄소 및 황 함량 고정밀 분석

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <div> <div> </div> <div> </div> </div> <div>공정장비</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
| <div> <div>희토 자석(6종)</div> <div>형광체(1종)</div> <div>희소금속 성형(6종)</div> <div>고용점/활성 금속(10종)</div> <div>희소금속 분말(6종)</div> <div>희소금속 코팅(2종)</div> <div>전처리(2종)</div> </div> <div> <div>글로브 박스, 건식파쇄장치, 습식나노파쇄장치, 스트립 캐스터, 수소분사 진공로, 기능성 분말 성형기</div> <div>형광체합성분석장비</div> <div>열간가압소결로, 통전활성소결장치, 전기방사장치, 등방압 분말 성형장치, 고점도물질분산기, 전동식 열간 트윈롤 압연기</div> <div>용융염전해정련장비, 자전연소고온합성기, 진공열처리로, 와이어제조장치, 고주파용해로, 유도용해장비, 진공유도로, 진공가압주조로, 전기로, 전자빔 청정 용해 장치</div> <div>전기선폭발장치, 아토마이저 2kg급, 아토마이저 20kg급, <b>냉도가니 용해방식 가스 아토마이저</b>, 초임계수열합성기, <b>대용량 건식 희소금속 분말 합성기</b></div> <div>아크 플라즈마 증착기, 건식박막증착시스템</div> <div>밴드쏘, 고압산소열처리</div> </div> |  |



냉도가니 용해방식 가스 아토마이저  
Cold crucible melting gas atomizing system

- I 사양 I

○ 출력 : Max. 200kW

○ 진공 : Max. 10-3 torr

○ 용량 : Max. 2kg (Ti 기준)

○ 온도 : Max. 2,000℃
- I 용도 I

○ Cold Crucible 기반 무접촉 청정용해 및 가스분무 분말제조



대용량 건식 희소금속 분말 합성기  
30L Self-Propagation High Temperature

- I 사양 I

○ 시편크기 : Ø 200 x 300 H

○ 온도 : Max 2,500℃

○ 압력 : Max. 120 bar
- I 용도 I

○ 반응물질의 발열 반응열을 이용하는 소재 합성법