

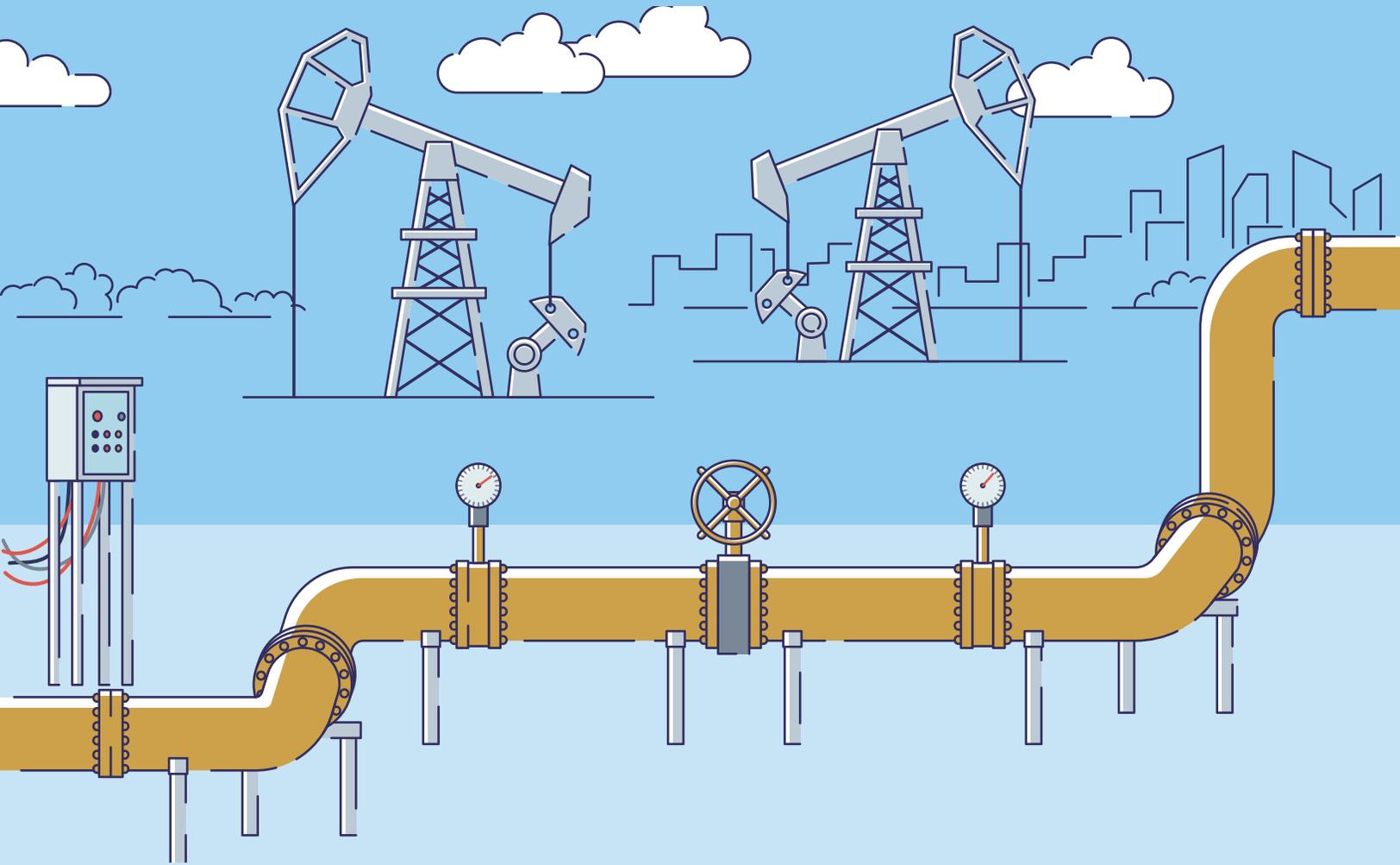
2022년 4/4분기

전기·에너지·자원산업 인적자원개발위원회

# 이슈리포트

## ISSUE REPORT

자원개발 산업 현황과  
대학인력 양성 방향



전기·에너지·자원산업  
인적자원개발위원회  
(대표기관 : 한국전기공사협회)





# 목 차



## I. 이슈리포트 개요

- 1. 이슈리포트 주제에 대한 분석 필요성 ..... 1

## II. 자원개발 산업 동향

- 1. 우리나라 해외자원개발 산업의 역사 ..... 2
- 2. 글로벌 자원 시장 전망 ..... 8

## III. 자원개발 분야 대학인력 양성 방안

- 1. 자원개발 산업의 육성 및 인력양성 필요성 ..... 10
- 2. 자원개발 대학 인력양성사업 현황(' 21~' 25) ..... 13
- 3. 미래 대학 인력양성사업 추진 방향 ..... 18

□ 비상업 목적으로 본 보고서에 있는 내용을 인용 또는 전재할 경우 내용의 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있으며, 보고서 내용에 대한 문의는 아래와 같이 하여 주시기 바랍니다.

▶ 전기.에너지.자원산업 인적자원개발위원회 사무국 (대표기관 : 한국전기공사협회)  
이현미 과장 (02-3219-0595, hmlee@keca.or.kr)

□ 본 이슈리포트는 해외자원개발협회 인력양성팀 정기준 팀장이 작성하였습니다.



## 요 약

- 우리 해외자원개발산업의 역사와 글로벌 시장 전망을 살펴보고, 미래 인력 양성 방안을 대학 지원사업에 중점을 두고 살펴보고자 함
- 우리 해외자원개발산업의 역사
  - (1970년대 : 태동기) 오일쇼크를 계기로 자원담당 부처 및 관련 기관 신설
  - (1980년대 : 사업 정체) 인니 서마두라 성공사업을 계기로 많은 기업이 해외 자원개발에 나섰으나 성과는 부진
  - (1990년대 : 외환위기) 저유가와 IMF 상황에서도 일부 성공사업 배출
  - (2000~2007 : 투자 재개) 자원가격 상승으로 정부주도의 정책지원과 투자 활성화
  - (2008~2014 : 자원 확보경쟁 격화) 자원가격 상승폭이 가파라지며 자원 수입국 간의 자원 확보 경쟁이 격화되었으며, 우리는 신규 투자 확대
  - (2014~2020 : 산업 침체) 셰일가스 중심의 자원가격 하락으로 사업 및 지원제도 축소
  - (2021~현재 : 자원안보 대두) COVID-19 회복에 따른 자원가격 상승과 수급 불안으로 자원안보의 중요성이 대두되고 있으며 우리 산업은 부진 회복 중
- 글로벌 시장은 4차 산업혁명에 따른 새로운 산업 성장과 에너지전환에 따라 핵심광물 수요가 증가하는 추세이며, 석유가스는 기후변화에 대한 대응 강화로 중요성이 감소하는데 반해 천연가스는 브릿지연료로서 중요성이 지속될 전망
- 우리는 자원개발 전문인력 확보를 위해 3가지 유형의 대학 지원사업 추진 중

대상	사업명 기간	주요 내용	총괄
학부	자원특화대학 '22.07~'25.02	특화대학(5개)*별 기술인력 양성(연 120명 배출) * ●원료광물 개발(3개) ●원료자원 지질조사(1개), ●에너지원료개발(1개)	교육부
대학원	자원개발 산학 협력 컨소시엄 '21.06~'25.12	컨소시엄별(3개)* 위한 연구 및 교육훈련 지원(연 30여명 배출) * ●데이터사이언스기반 석유가스 탐사, ●디지털 오일필드, ●스마트 마이닝	산업부
공통	자원개발 실무교육 '21.06~	산업계 현안을 반영한 단기교육(연 12개 과정, 600여명 수강)	산업부

- 자원개발의 중장기적 발전을 위한 인력양성 방향을 다음과 같이 제시함
  - 산업계 수요를 감안하여 핵심인재 양성 지속
  - 기존 전통기술 교육과 병행하여 스마트 마이닝 등 자원개발 분야 신기술 교육
  - 자원개발 분야의 적은 인력 수요를 감안하여 연관 산업 교육을 통한 자원개발 학과 학생의 진출 영역 확대 도모
  - 자원개발 분야에 진출할 의지가 있는 우수학생 집중 교육



# I. 이슈리포트 개요

## 1 이슈리포트 주제에 대한 분석 필요성

- 글로벌 자원시장은 지정학적 갈등 고조와 자원민족주의 심화에 따른 자원 무기화 및 자원 확보경쟁의 지속, AICBM 중심의 기술 경쟁 심화 등으로 인해 핵심광물(Critical minerals)\* 및 에너지를 둘러싸고 치열하게 경쟁 중
  - \* 리튬, 코발트, 니켈, 흑연, 희토류, 텅스텐, 백금족 등으로 이차전지, 신재생에너지 및 고효율 기기, 국방, 첨단산업 등에 필수적으로 활용
- 이에 반해 한국은 에너지의 97%, 광물자원의 90%를 해외에서 수입하여 해외 수급 불안정에 매우 취약한 여건을 갖추고 있음에도 불구하고,
  - 추진했던 사업의 실패와 부정적 인식 확산 등으로 기존 사업 축소, 신규 사업 중단, 정부 지원제도 축소 등으로 자원개발 사업 추진에 지속적으로 어려움을 겪는 중
- 하지만 최근 에너지전환과 4차 산업혁명에 따른 핵심 광물자원 중심 수요 증대 및 가격 급등, 자원민족주의 가속화에 따른 자원안보의 중요성 부각 등으로,
  - 해외 에너지·자원개발 추진에 대한 공감대가 형성됨에 따라 우리 자원개발 산업은 재도약의 기회를 맞이하고 있음
- 1990년대 외환위기 당시 해외자원개발 산업의 침체로 인력양성 기반은 흔들리게 되었으며 이는 2000년대 자원개발 활황기에 인력 부족을 야기함
  - 이는 이후 추진했던 사업의 성패에 영향을 미쳤음을 반추해 볼수 있으며,
  - 과거와 유사한 지금, 인력양성의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않은 상황
- 이에 그간 우리 해외자원개발 산업의 지나온 과정을 되짚어보고 미래 자원개발 산업의 성패를 판가름 지을 인력양성 방향을 제시하고자 함

## II. 자원개발 산업 동향

### 1 우리나라 해외자원개발 산업의 역사

#### □ (1970년대) 해외자원개발의 태동

- (제도 기반 마련) 중동 산유국의 원유가격 인상으로 인해 1974년 촉발된 1차 오일쇼크로 에너지·자원의 영향력을 체감한 우리나라는 이에 대응하기 위해 1978년 에너지자원 정책을 담당하는 동력자원부 신설
  - 이어, 1978년 국내 광산의 자금과 기술 지원 역할을 수행해왔던 대한광업진흥공사(現 한국광해광업공단)에 해외자원부를 신설하고 석유개발공사(現 한국석유공사) 설립
  - 해외자원개발 사업의 체계적 지원을 목적으로 하는 1979년 해외자원개발 촉진법(現 해외자원개발사업법) 제정 및 시행
- (해외자원개발의 시작) 우리나라의 해외자원개발은 1972년 원자력 발전을 시작한 한국전력이 우라늄의 안정적 공급을 위해 1977년 파라과이의 San Antonio 우라늄 광산에 지분(25%) 참여한 것이 최초
  - 이어 포항제철(現 포스코)도 원료탄 확보를 위해 미국 펜실베이니아주의 Tanoma 석탄광 개발에 투자

#### □ (1980년대) 해외자원개발 사업 정체

- (유전개발 시작) 1980년대 초, 민간사인 코데코 에너지가 인도네시아 서마두라 광구 탐사사업에 진출하여 3년간의 시추 끝에 유전을 발견하였으며, 생산한 42만 배럴을 1984년 국내 도입하는데 성공
  - 이어 1983년 유공(現 SK) 등 4개 기업 컨소시엄이 예멘의 마리브(Marib) 유전 탐사 사업에 참여(지분 24.5%)하였으며, 4억 배럴의 매장량 발견에 성공 후 20년 간 연 10만 배럴 생산(약 25%를 한국 측에 배당하여 국내 반입)
- (자원개발 사업 정체) 이후 우리 기업들은 제2의 마리브를 찾고자 공격적으로 투자하였으나, 투자한 20개 탐사사업 중 18개 사업이 실패하는 등 정체기 지속
- (성공불용자 도입) 1984년 실패한 사업에 대해 용자금 상환을 면제하는 성공 불용자 제도가 도입되었으며, 이후 본 제도는 자원개발 산업의 마중물로서 투자 유인책 역할을 성공적으로 수행

□ (1990년대) 본격적 해외자원개발 투자, 그러나 IMF 이후 급격 위축

- (장기 저유가 시대) 1990년 걸프전 종식 후 OPEC의 결속력 약화와 증산 경쟁으로 인한 공급 과잉으로 유가는 배럴당 27~32달러에서 17~22달러로 하락하였으며, 저유가는 1999년까지 지속
- (활발한 자원개발 투자) 국제 시장의 침체와는 달리 우리나라는 고도의 성장으로 확보된 자금력과 축적된 해외투자 경험을 통해 1980년대의 침체를 딛고 본격적으로 자원개발 투자에 나서기 시작
  - (석유가스) 리비아 Elephant 유전(현대종합상사, 석유공사 등)과 베트남 11-2 해상광구(석유공사 등)의 사업에 투자
    - \* 리비아 Elephant 유전 : 당시까지 한국이 참여한 사업 중 가장 큰 매장량 보유
    - 베트남 11-2 해상광구 : 우리나라가 석유가스 분야에서 최초로 탐사-개발-생산까지 완결
  - (광물) 1993년 대표적 유연탄 개발 성공사업인 인도네시아 파시르 유연탄광 생산 개시(1982년부터 탐사 시작)
- (외환위기에 따른 사업 철수) 활발히 추진되었던 자원개발 사업은 1997년 외환위기로 급격히 위축
  - 기업의 고강도 구조조정이 진행되면서 1997년부터 2002년까지 26개의 자원개발 사업 철수 또는 매각
  - 그러나 침체에도 불구하고 1998년 베트남 15-1 해상광구(석유공사, SK), 2000년 미얀마 A-1, A-3 해상 가스전(포스코인터내셔널, 가스공사) 등 우리나라의 대표적 성공사례로 손꼽히는 사업들 추진

□ (2000~2007년) 해외자원개발 투자 재개

- (신고유가 시대) 2000년 초반까지 배럴당 20달러를 유지하던 유가는 중국을 비롯한 BRICs 국가들의 성장에 따라 상승세로 전환됐고, 더불어 에너지 및 자원의 수요도 크게 증가하여 다른 자원들도 가격 상승
  - 수요 증가에도 불구하고 1990년대 장기간의 저유가에 따른 투자 정체로 공급력은 제자리에 머물며 자원가격 상승세 가속화

- (정부 선도의 자원개발) 자원가격의 상승에 대응하여 2000년대 중반 우리나라의 자원개발 정책도 '후방 지원'에서 '정부 선도'로 전환
  - 2000년대 중반 정부는 해외자원개발 확대를 위해 자원개발 펀드, 자원의외교 확대, 패키지형 자원개발 등 다양한 정책 방안을 강구
  - 자원개발에 있어 공기업(석유공사, 가스공사, 광해광업공단)의 역할 강화도 추진되었으며, 이에 따라 자원개발 투자 확대에 시동

< 2~3차 해외자원개발 기본계획(2004년, 2007년) >

구분	수립년도	목표	추진 방향
2차	2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 에너지원 자립능력을 획기적으로 제고</li> <li>- 국가간 자원확보 경쟁에 대응하는 해외자원개발 역량 확충</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외자원개발을 국가 과제로 설정</li> <li>· 다양한 투자재원의 확충</li> <li>· 민간의 해외자원개발 지원확대</li> <li>· 경쟁력있는 자원개발 전문기업의 육성</li> <li>· 에너지 및 광물자원분야 공기업 역량 강화</li> <li>· 종합적인 해외자원개발 지원 체계 구축</li> <li>- 차세대 에너지자원의 개발노력 강화</li> </ul>
3차	2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 에너지원 자립능력을 획기적으로 제고</li> <li>- 시스템화된 해외자원개발 추진</li> <li>· 해외자원개발 공기업을 국제수준의 자원개발 전문기업으로 육성</li> <li>· 기술, 인력, 자금 공급 시스템 혁신</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외자원개발을 국가적 아젠다로 지속 추진</li> <li>· 해외자원개발 역량결집을 위한 범정부적 체계 구축</li> <li>· 정상순방 등 전략적인 자원의외교 지속 전개</li> <li>· 투자자원 확보, 기술개발, 인력 양성 등 종합적인 자원개발지원시스템 혁신</li> <li>- 시스템화 진전상황을 감안하여 직접적인 자금지원에서 인프라 지원정책으로 전환</li> </ul>

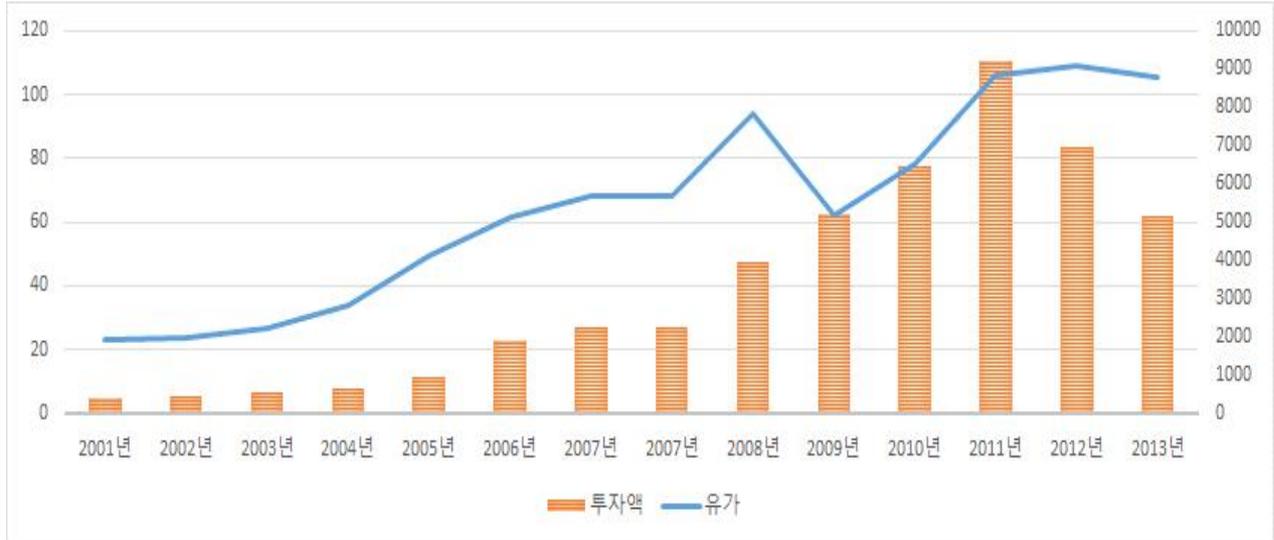
- 정부의 강력한 지원정책 추진으로 해외자원개발 투자는 2004년 7.7억 달러에서 2007년 27억 달러로 크게 증가
- 석유가스의 경우 러시아 서캄차카, 카자흐스탄 잠빌, 아제르바이잔 이남 광구, 나이지리아의 OPL 광구, 광물자원은 아프리카 마다가스카르 암바토비 니켈 광구 등 대형 광산에 투자

#### □ (2008~2013) 자원가격 최고조에 따른 자원확보 경쟁의 격화

- (자원 가격 급상승) 2000년대 초중반 자원가격의 상승이 2008년 급상승으로 이어져 자원시장의 거품 형성
  - 2007년 초반만 해도 배럴당 60달러대였던 유가는 2008년 3월 100달러, 7월 145달러까지 급상승
  - 철광석은 2008년 초 톤당 50달러대에서 2011년 2월에는 180달러대까지 상승, 동 역시 6,000달러대에서 10,000달러대로 상승 등 광물자원 가격도 급상승

- (자원 확보 경쟁 격화) 가격 상승에 따라 자원 수입국 간의 자원 확보 경쟁이 격화되었으며, 우리나라도 신규 투자를 급격히 확대

<외환위기 이후 해외 유전개발 투자액(백만US\$) 및 유가(US\$/배럴)>



□ (2014~2020) 거품 붕괴에 따른 기나긴 침체

- (자원 가격 급락) 중국 등 신흥경제국의 경제 성장 둔화와 함께 미국에서의 셰일 혁명에 따른 수급 불안으로 자원가격 급락
- 유가는 2014년 중반 40달러 대로 급락하였으며, 이후 등락이 있었으나 대체로 40~60달러 선 유지

< 두바이유 기준 유가(US\$/barrel) 변동 현황(2014~2020) / 출처 : Petronet >



- 2011년 1분기 기준 철광 가격은 톤당 180달러에서 2016년에는 40달러대, 니켈은 26,000달러에서 8,000달러대로, 동은 9,600달러에서 4,000달러 대로 하락

< 니켈 가격(US\$/ton) 변동 현황(2011~2020) 출처 : KOMIS >



- (자원개발 인식 악화) 자원개발 기업의 손실 및 채산성 악화, 2015년 초의 해외자원개발 국정조사 등으로 자원개발에 대한 인식도 크게 악화
  - 기업의 의사결정권자(CEO, 오너 등)들도 해외자원개발 사업을 부정적으로 여기기 시작하며 자원개발사업 중단 분위기 확산
- (자원개발 사업 축소) 수익성 악화와 부정적 인식으로 많은 기업이 해외자산 매각, 신규 사업 중단, 인력 구조조정 등 해외자원개발 사업 축소
  - 아울러, 자원개발 공기업의 신규사업 추진 중단으로 민간 기업의 사업 발굴 기회도 상실
  - \* 소규모의 사업을 추진을 하는 민간기업은 통상 공기업과의 동반진출(지분 참여)을 통해 해외 자원개발 사업 추진
- (지원제도 축소) 투자를 이끌어내는 마중물 역할을 하던 금융지원, 조세제도 등 지원 정책도 축소되어 기업의 해외자원개발사업 투자 의사 결정을 이끌어 낼 수 있는 설득력 약화
  - \* (조세제도) 조세특례제한법 폐지(제22조, 제104조의15 등)
  - (금융지원) 성공불용자 조건 상향('15년 이전 80% 이내 용자 → '17년 이후 투자금의 30% 이내 용자, 감면 범위 70%)

□ (2021~현재) 자원가격의 급상승과 자원안보 중요성 대두

- (자원 가격 급상승) COVID-19 회복 과정에서의 수급불균형 심화, 우크라이나 사태에 따른 공급망 차질, 디지털 전환과 에너지전환에 따른 핵심광물 수요 확대 등에 따라 자원 가격 급상승

- 2021년 초 배럴당 50달러 중반 대의 유가는 지속 상승하여 2022년 초에 100달러를 돌파하였으나, 달러 강세 등에 따라 2022년 9월 현재 80달러 대로 하락
- 러시아-우크라이나 사태에 따른 러시아 천연가스 공급 급감의 영향을 직접적으로 받는 천연가스의 경우 2021년 초 2달러/MMBTU 초반에서 2022년 8월 10달러 초반까지 상승 후, 2022년 9월 현재 6달러 중반대로 하락하는 등 급격히 변동 중
- 전기자동차와 신재생에너지의 배터리 원료광물인 리튬의 경우 2021년 초 톤 당 58달러 대에서 2022년 9월 현재 490달러까지 급격히 상승하는 등 4차산업의 핵심 광물 위주로 상승세
- **(자원안보의 중요성 대두)** COVID-19 회복 과정에서의 수급불균형 심화, 우크라이나 사태에 따른 천연가스 공급망 차질, 디지털 전환과 에너지전환에 따른 핵심광물의 수요 급증 등 자원시장의 불안정성으로 자원안보의 중요성 급상승
  - 2022년 8월 국회에서 “국가자원안보에 관한 특별법”을 발의하는 등 우리나라도 자원안보의 중요성을 인식하고, 이에 대한 범국가적인 대응책을 모색
- **(자원개발 산업 지속 부진)** 자원가격 급상승, 자원안보의 중요성 대두에도 불구하고 2014년 이후 붕괴되다시피 한 자원개발 산업의 축소 여파로 자원개발 산업의 부진 추세 지속
  - 최근 몇 년 간의 사업 철수와 이에 따른 인력 구조조정 등으로 기업의 사업 재개 등 자원개발 활성화에는 시간이 소요될 것으로 전망
- **(중장기적 측면에서 자원개발 회복 전망)** 단기적으로는 위축된 상태가 지속될 것이나, 자원개발 사업의 수익성 개선과 정부의 지원 확대, 원료광물 중심 수요 확대 등으로 중장기적 측면에서 자원개발 회복 전망
  - 新정부는 국정과제(No. 21)의 하나로 민간 중심의 해외자원 산업생태계 회복을 제시하는 등 향후 자원개발 산업에 대한 지원제도 회복도 검토될 것으로 보임

## 2 글로벌 자원 시장 전망

### □ 석유·가스

- 기후변화에 대한 세계적인 대응 강화 추세에 따라 장기적으로 석유의 중요성은 점차 감소할 것으로 전망되나, 천연가스의 중요성은 지속적으로 부각
- 선진국(OECD)의 수요는 감소 추세이나, 개발도상국(非OECD)의 수요 확대로 석유 수요량은 2040년까지 소폭 증가하고 전체 에너지원 수요 대비 석유의 점유율은 지속 하락할 것으로 전망

< 2019~2045 OECD 및 非 OECD 국가의 석유수요 전망 >

구분	수요량(mb/d)						성장률(%) 2019-2045
	2019	2025	2030	2035	2040	2045	
OECD	47.9	46.8	44.6	41.5	38.0	34.8	-13.1
非OECD	51.8	56.9	62.6	67.4	71.2	74.3	22.5
합계	99.7	103.7	107.2	108.9	109.2	109.1	9.4

\* 출처 : 2020 World Oil Outlook 2045, OPEC(석유수출국기구)

- 천연가스의 경우 주요 수요가 발전과 난방 등 가정용이며, 에너지 전환과정의 석탄소비 감소를 위한 브릿지 연료로서 수요량 및 점유율 지속 확대

< 2019~2045 원별 에너지 수요 전망 >

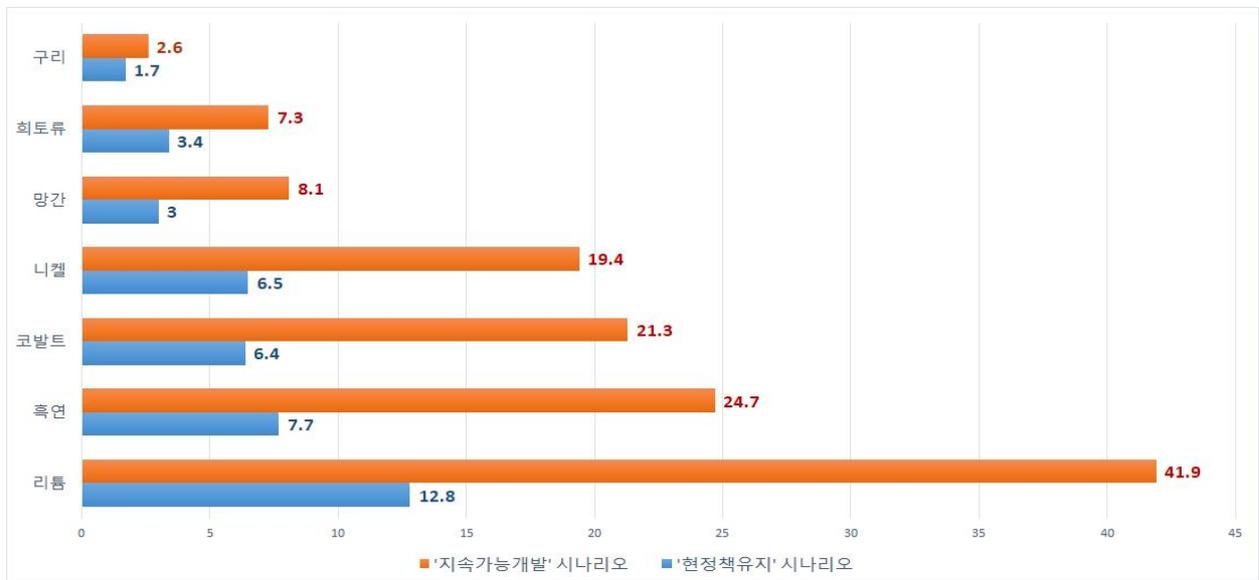
구분	수요량(mboe/d)						점유율(%)	
	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2019	2045
석유	91.0	94.4	97.7	99.3	99.7	99.5	31.5	27.5
석탄	77.1	75.1	75.1	74.3	72.8	71.0	26.7	19.7
가스	66.9	69.8	76.2	82.2	87.3	91.2	23.1	25.3
원자력	14.4	16.1	17.5	19.1	20.8	22.1	5.0	6.1
수소	7.3	8.1	8.8	9.5	10.2	10.5	2.5	2.9
바이오매스	26.4	28.9	31.0	32.9	34.6	35.5	9.1	9.8
기타 신재생에너지	6.0	10.6	15.5	20.8	26.8	31.4	2.1	8.7
<b>합계</b>	<b>289.1</b>	<b>303.0</b>	<b>321.9</b>	<b>338.1</b>	<b>352.3</b>	<b>361.3</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

\* 출처 : 2020 World Oil Outlook 2045, OPEC(석유수출국기구)

□ 광물자원

- 4차 산업혁명에 따른 새로운 산업 성장과 에너지전환에 따른 핵심광물 수요 증가로 광물자원 수요는 급격히 증가할 것으로 전망
  - 주요국의 新산업 육성(자율주행차량, 로봇 등)에 따른 소재 부품 확보, 글로벌 밸류체인(GVC) 구축 경쟁 등 4차 산업혁명에 필요한 원료광물 수요 현저히 증가
  - 국제에너지기구(IEA : International Energy Agency)는 지속가능전망 시나리오(Sustainable Development Scenario)에서 2020년 대비 2040년의 에너지전환용 광물 수요는 리튬 42배, 흑연 25배, 코발트 21배, 니켈 19배 등 성장
  - 동 보고서에서 現 정책을 유지하는 시나리오(Stated Policies Scenario)를 따라갈 경우 리튬 13배, 흑연 8배, 코발트 6배, 니켈 7배 성장

<에너지전환용 광물 수요 전망(2020년 대비 2040년) (단위 : 배)>



\* 출처 : IEA(The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions)

- 에너지전환용 광물의 수요 확대에 따라 광물개발도 에너지전환용 광물 중심으로 급격히 전환 전망
  - IEA는 현재 가장 큰 비중을 차지하는 석탄 생산 수익은 급감하는 반면 에너지 전환용 광물 수익은 급증

< 광물자원별 생산 수익 전망(2020~2040) (단위 : Billion US\$)>

구분	석탄	에너지전환용 광물									
		구리	리튬	니켈	코발트	흑연	망간	실리콘	희토류		
2020	431.0	41.7	35.4	0.9	2.8	0.6	0.7	0.0	0.9	0.4	
2030	294.0	160.9	79.4	18.1	35	9.1	14.5	0.2	2.1	2.5	
2040	175.0	263.6	112.3	50.3	58.3	15.7	21.2	0.3	2.3	3.2	

\* 출처 : IEA(The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions)

### III. 자원개발 분야 대학인력 양성 방안

#### 1 자원개발 산업의 육성 및 인력양성 필요성

- 에너지전환으로 기존 화석연료의 영향력 감소가 예상되나, 가까운 미래에는 여전히 높은 비중을 차지할 것으로 전망
  - 석유, 석탄, 가스 등 화석연료의 現 점유율은 2019년 기준 81.3%(2020 World Oil Outlook 2045, OPEC)이며, 2045년에는 72.5%로 하락할 것이나, 타 에너지원에 비해 여전히 높은 비중 차지
  - 반면 화석연료가 아닌 에너지원(신재생 및 원자력)의 비중은 2019년 18.7%에서 2045년 27.5%로 약 10% 증가
- 재생(태양광, 풍력), 수소에너지 등 에너지 전환 추세에 따라 에너지전환 관련 광물(리튬, 니켈 등)의 수요도 대폭 확대 전망

< 주요 그린에너지 관련 광물 >

분야	주요 부품	원료 광물
2차 전지(전기차, ESS)	전지 재료	리튬, 코발트
친환경 자동차	전기 모터	희토류(네오디뮴 등)
태양광 발전	태양전지 패널	갈륨, 텔루륨
풍력 발전	발전 모터	희토류(네오디뮴 등)
	터빈 블레이드	니켈
배기가스 저감	정화장치 촉매	백금족(백금 등)

\* 출처 : 그린에너지 시대의 새로운 자원 전쟁(LG경영연구원)

- 화석에너지의 필요성 지속, 에너지전환 관련 원료광물의 수요확대 등을 감안하면 자원 확보의 중요성은 점차 강조될 것
  - 자원안보 강화 측면에서 자원개발의 역할이 분명한 만큼 자원개발 역량을 유지하는 필수 과제
  - 향후 수요 확대가 전망되는 천연가스와 원료광물에 대한 적극적인 자원개발 필요
  - 그린에너지 원료광물의 수요의 확대가 예상되는 바 자원개발은 수익성 측면에서 좋은 비즈니스 모델이 될 것으로 보임

□ 그러나 원료자원 확보에 있어 큰 역할을 수행해야 할 자원개발산업은 2014년 자원가격의 급락 이후 급격한 축소로 그 역할을 수행하는데 한계에 봉착

- 2014년 이후 진행사업 수가 지속 감소하고 있으며, 2021년 신규로 신고한 해외자원개발사업 수는 불과 4건(석유가스 2건, 광물자원 2건)

<해외자원개발 사업 수 (단위 : 개) >

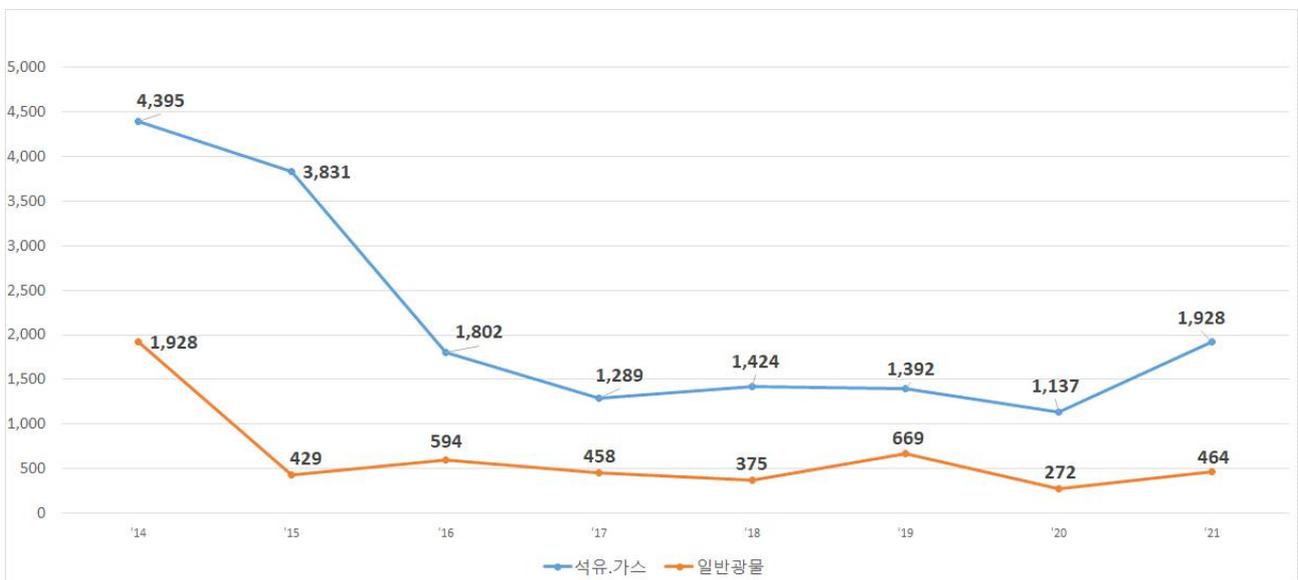
구분		'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21
석유가스	진행	201	193	182	166	141	131	122	119	118	110
	종료	158	174	190	210	237	249	258	264	268	278
	신규	18	8	5	4	2	2	0	3	3	2
광물자원	진행	331	343	345	334	335	322	316	308	301	291
	종료	159	165	174	191	198	216	228	239	248	260
	신규	33	18	11	6	8	5	6	3	2	2
합 계	진행	532	536	527	500	476	453	438	427	419	401
	종료	317	339	364	401	435	465	486	503	516	538
	신규	51	26	16	10	10	7	6	6	5	4

\* 출처 : e-나라지표(www.index.go.kr) 해외자원개발 현황

※ 신규사업 수 = (금년 종료사업수-전년 종료사업수) - (전년 진행사업수-금년 진행사업수)

- 투자액의 경우 2014년 6,323백만불(석유가스 4,395백 만불 + 광물자원 1,928백만불)에서 2020년 1,409백만불(석유가스 1,137백만불 + 광물자원 272백만불)로 감소하였으나, 2021년에는 2,392백만불(석유가스 1,928백만불 + 광물자원 464백만불)로 증가

<연도별 해외자원개발 투자액(단위 : 백만US\$) >



- 당면한 한계를 극복하고 기업의 자원개발 투자를 활성화시켜 미래산업에 필수적인 원료자원을 적극적으로 확보하기 위해서는 자원개발 산업의 복구 시급
  - 기업의 투자 심리 회복을 위해 축소된 금융지원제도\*와 세제지원제도\*\* 복구 필요
    - \* 해외자원개발 용자지원 제도 축소 :
      - ① (예산 축소/ 억원) 3,093('10년)→ 2,006('14년)→ 0('16년)→700('18년)→ 349('21년)
      - ② (용자 최대 지원을 축소 / '17년,) 80%→ 30%, (감면비율 축소) 100%→70%
    - \*\* 해외자원개발투자 세액공제 등 각종 조세특례 일몰 폐지('13~'16년)
  - 해외자원개발의 필요성에 대한 사회적 공감 확대 필요
    - 2014년 이후 악화된 인식으로 인하여 기업의 의사결정권자들이 자원개발 사업 투자를 부담스러워하는 현실도 산업의 위축에 큰 영향을 미치고 있어 자원개발에 대한 인식 개선 필요
  - 자원개발 공기업의 재무상황 악화로 위축 또는 중단된 공공부문에서의 자원개발 투자 검토 필요
    - 과거 많은 사업이 자원공기업 주도로 추진되고 민간기업이 참여하는 형태로 운영되었으나, 공기업의 재무상황 악화로 공기업 주도의 자원개발 모델 위축
    - 공기업의 재무 여건이 호전된다면 장기적으로 자원개발 투자 검토 필요
- 자원개발 산업의 회복에 직접적으로 영향을 미치지 않지만, 산업 회복 후 기업의 수요에 맞는 인력을 원활히 공급하기 위해서는 자원개발 인력양성 지원 필수
  - 1990년대 IMF 당시 갑작스런 해외자원개발 산업의 침체로 자원개발 관련 학과의 폐지 및 통폐합 등 인력양성 기반이 크게 흔들렸던 영향으로
    - 10년 후 자원개발 활황기 때 양적·질적 측면에서 인재를 확보하는데 큰 어려움을 겪었고, 이는 이후 추진했던 사업의 성패에 좋지 않은 영향을 미쳤음
  - 사업의 성공을 위해서는 기업의 요구에 충족하는 우수하고 충분한 수의 인력 공급 필요
    - 산업의 침체를 이유로 자원개발 부문의 인력양성을 지원하지 않는다면 IMF 당시와 같이 인력양성 기반이 크게 흔들릴 수밖에 없는 바, 인력양성의 플랫폼인 대학이 자생력을 갖출 때까지는 정부 주도의 지원 필요

## 2 자원개발 관련 대학 인력양성사업 현황('21~'25)

### 가. 과거 자원개발 인력양성 사업

#### □ 배경

- 1997년 IMF 이후 자원개발 산업의 침체와 더불어 대학의 자원개발 인력 양성사업 체계 붕괴
  - 외환위기로 인한 자금 압박으로 인해 기업이 자원개발 사업 축소·철회하고 신규 사업을 중단하여 자원개발 인력 수요 급감
  - 더불어 1990년대 중반 이후 도입된 학부제로 인하여 자원개발과 관련된 자원공학·지질학 관련 학과가 통합 및 축소\*
- \* 자원공학과 보유 대학 : (1980년대) 13개 대학 → (2006년) 5개
- 2000년대 중반 자원가격의 상승으로 인한 기업의 자원개발 투자 확대로 자원개발 인력수요는 증가하였으나, 붕괴된 자원개발 인력양성 체계로 인하여 양적·질적 측면\*에서 업계 니즈를 맞출 수가 없었음
- \* 자원개발 관련 배출인력이 크게 축소되었으며, 자원개발 관련학과를 졸업했더라도 전공 통폐합 및 학부제 도입으로 인해 자원개발 분야 외 학문(환경·토목 등)도 함께 교육받아 과거 졸업생에 비해 전문성 하락
- 정부는 2007년 제3차 해외자원개발 기본계획을 통해 적극적인 자원개발 사업추진 계획을 발표함과 동시에
  - 이를 추진하기 위해 필요한 인력의 확보방안으로 자원개발 교육인프라 구축에 중점을 둔 자원개발 특성화대학 선정 및 지원

#### □ 1단계 자원개발특성화대학 사업(2009.3.~2014.2)

- (목적) 붕괴된 자원개발 교육 인프라 구축, 전공 교육 개선, 우수 인력 산업계 공급
- (대상) 기존 자원공학과 8개대(강원, 동아, 부경, 전남, 조선, 서울, 한양, 한국해양) + 신설대학 2개대(세종, 인하) 지원
- (지원 내용) 우수학생 장학금 지원, 교육 인프라 개선(실험장비, 강의실, 현장실습 등), 교수인력 확충 등

- (성과) 교육 인프라 구축, 전공 교육 개선 등을 통해 자원개발 관련 학문을 충분히 수확한 우수 인력 산업계에 공급
- (교육 인프라 구축) 학부의 전공단위에서 자원공학과로 독립, 교수 인력 보강, 실험장비 구축 등
- (전공 교육의 질적 개선) 자원개발 필수 교과목(10개) 개설, 자원개발 교재 개발, 국내외 현장실습 및 인턴십 등
- (전공지식을 갖춘 인재 산업계 공급) 매년 100여명의 졸업생이 전공분야 취업

## □ 2단계 자원개발특성화대학 사업(2014.10.~2019.2)

- (목적) 1단계 사업을 통해 구축한 교육 인프라를 바탕으로 산·학 협력 연구 및 현장 중심의 실무 교육을 통해 인력의 전문성 제고
- (대상) 자원공학과 11개대(강원, 동아, 부경, 전남, 전북, 조선, 서울, 한양, 한국해양, 세종, 인하) + 지질학과 3개대(경북, 고려, 연세)
- (지원 내용) 산학 협력 연구, 현장 실습 및 멘토링, S/W교육, 교수진 확충 등
- (성과) 산학 협력 연구 및 현장 중심의 실무 역량 강화 교육을 통한 실무형 우수인재 산업계 공급
- (산학 협력 연구단 운영을 통하여 학술적 성과 도출) 논문 약 300편 등재 및 1,000여편 학회 발표, 특허 등록 및 출원 약 100건
- (현장 중심의 실무 역량 강화) 공동 학술대회 및 컨퍼런스 약 100회, 현장실습 및 S/W 교육 약 1,000회, 멘토링 약 1,300회 등
- (산·학 연구 및 현장 실무 교육을 받은 인력 산업계 공급) 매년 약 100여명의 졸업생이 전공분야 취업

## □ 한계

- 자원개발 관련 인재양성 인프라를 구축하고, 실무형 인재 양성 체계를 갖추었으나, 2014년 이후 자원개발이 다시 침체되어 그간 양성한 인력들이 취업에 어려움을 겪는 상황 발생(전공취업률 : '12년 : 53.7%→ '18년 : 26.7%)
- 산업계의 인력수요 급감에 따라 10년간의 인력양성사업으로 복구하였던 자원개발 인력양성 인프라 쇠퇴
- 자원개발 관련 학과와 연관학과와의 통폐합, 신입생들의 자원개발 관련학과 기피, 복수전공 등을 통한 인재 유출, 학생의 대학원 진학 감소 등에 따른 기반 위축 등이 복합적으로 작용하여 자원개발 교육여건 유지에 어려움 발생

## 나. 現 자원개발 인력양성 사업

### <추진 배경>

- ◆ 자원개발 산업의 침체에 따른 위축되고 있는 인력양성 기반을 유지하여 4차 산업혁명 및 에너지 전환 시대의 원료자원 확보에 필요한 전문인력의 공급 인프라 단절 방지
- ◆ IoT, 빅데이터 등 최근 자원개발 업계에서의 디지털 전환 추세에 대응하는 전문인력 양성 필요
- ◆ 자원개발 업계의 니즈를 반영하는 현장 실무형 인재의 지속 양성 필요

### □ 미래 핵심원료자원 확보를 위한 자원특화대학사업(학부생)

- (배경) 그간의 다양한 분야에 대한 백화점식 교육에서 나아가, 보다 세분화된 분야에서 전문성을 배양하고, 산업계가 요구하는 현장 직무 교육을 수행할 수 있는 자생력 갖춘 대학 육성 필요
- (사업개요) 전공지식, 현장 실무, 첨단기술지식을 갖춘 학부생을 육성하기 위해 석유·가스 및 광물자원개발 분야의 5개 특화대학을 선정하여 지원(3년)
- (기간) 2022.7. ~ 2025.2(2년 8개월)
- (대상) 자원개발분야 5개 특화대학의 학부생 과정
  - 핵심광물자원 인력양성(3개 대학)과 석유가스 등의 에너지원료 자원분야 인력양성(2개 대학) 운영 중

#### < 자원특화대학사업 참여대학 및 대학별 특화주제 >

분야	대학(학과)	대학별 특화주제
원료광물 개발	부경대(에너지자원공학과)	원료광물 개발 스마트 마이닝 특화대학사업단
	세종대(지구자원시스템공학과)	전략·핵심광물 개발과 지능정보 기술을 융합(SMART)한 전문인력 양성
	한국해양대(에너지자원공학전공)	원료광물 확보를 위한 스마트 자원재활용 공정 인력양성
원료자원 지질조사	연세대(지구시스템과학과)	종합해석능력을 갖춘 원료자원 지질조사 우수인력 양성 트랙
에너지원료 개발	한양대(자원환경공학과)	스마트기술을 활용한 친환경 에너지원료 개발

- (추진체계) 교육부와 산업부가 계획을 수립하고 해외자원개발협회가 사업 운영
  - 교육부 : 전체 사업기본계획 수립, 예·결산
  - 산업부 : 세부사업 시행계획 수립
  - 해외자원개발협회 : 대학 선정, 사업 운영, 점검, 평가 등

- (사업 내용) 학부생 실무 기초 역량 강화
  - 자원개발-AICBM의 융합을 주제로 하는 특화대학 선정
  - 특화 전공 개발, 특화 교육 및 산학 협력 프로그램 운영, 교육 인프라 구축 등

□ 자원개발 산학 협력 컨소시엄 사업(대학원)

- (배경) 산학연 협력을 통해 현장에서 필요한 첨단 융복합 기술 등을 연구하여 전문성을 강화할 수 있는 산업-대학원 연계 프로그램 필요
  - 산업계 수요 맞춤형 프로젝트 수행을 통해 현장 실무형 석·박사 양성 및 배출인력의 산업계 유입 촉진 필요
- (사업개요) 산업계 수요 맞춤형 석·박사급 인력 양성을 위해 석유·가스·광물 자원분야의 산학 협력 컨소시엄 3개 선정 및 운영 지원
- (기간) '21.6. ~ '25.12(약 5년)
- (대상) 3개 자원개발 산학 협력 컨소시엄 소속 대학원생(석·박사)
  - 핵심광물자원 관련 과제(1개 컨소시엄)와 석유가스 등의 에너지원료 자원분야 과제(2개 컨소시엄) 운영

< 자원개발 산학 협력 컨소시엄 사업 연구 과제 및 컨소시엄 구성 >

연구 과제	세부 연구 주제	컨소시엄 구성
스마트 마이닝	첨단기술을 활용한 광물자원 생산기술 연구	-(주관대학) 강원대(자원) -(참여대학) 서울대(자원), 부경대(자원), 해양대(자원), 전남대(자원) -(참여기업) 지질자원연구원, 대성엠디아이 -(협력기업) 광해광업공단
데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사	빅데이터 기반의 석유·가스 탐사기술 연구	-(주관대학) 연세대(지질) -(참여대학) 공주대(지질), 동아대(자원), 경북대(지질), 강원대(자원) -(참여기업) 지오레이다 -(협력기업) 석유공사
디지털 오일필드	천연가스 생산·가공을 위한 융복합 기술 연구	-(주관대학) 인하대(자원) -(참여대학) 서울대(자원), 한양대(자원), 해양대(자원), 조선대(자원) -(협력기업) 가스공사

- (사업내용) 연구과제에 대한 산학 협력 연구 및 교육을 통한 전문인력 양성
  - 컨소시엄별 산학 협력 연구 수행, 연구 관련 교육 프로그램 운영, 장비 등 인프라 구축 수행

□ 자원개발 실무교육 사업(학부, 대학원 공통)

- (배경) 기업이 필요로 하는 실무능력을 배양하고, 빠르게 변화하는 기술 동향을 학습할 수 있는 단기 교육과정 개발 운영 필요
  - 실무형 단기 교육과정은 단일 대학이 자체적으로 운영(교육 수요, 비용, 실무 전문가 섭외 등)하기에 한계 존재
- (사업 개요) 자원개발 투자·기술 분야 실무역량강화 교육(해외자원개발협회 운영)
  - 산업계 이슈와 학생 수요를 반영한 투자·기술 분야 반영
  - 해외자원개발협회의 통합 개최로 교육비용 절감, 인력양성사업 비참여 대학 학생에 대한 교육 기회 제공 등의 효과
  - 홍보 및 학생 모집은 네트워크를 보유한 협회가 수행하고, 교육과정 설계 및 운영은 분야별 전문성을 보유한 기관·단체 수행
- (대상) 자원개발 관련 학부 및 대학원생(자원공학, 지질학 등)
- (2022년 사업) 산업계 현안과 학생들의 교육 수요를 반영한 12개 프로그램 운영
  - 핵심광물자원 관련 교육(5건)과 석유가스 등의 에너지원료 자원분야 교육(7건) 공동 운영

< 2022년 자원개발 실무교육 운영 일정 >

수준	구분	시기(월)	내용
기초	기술	7	탄소 포집 및 활용 저장기술(CCUS)
		12	스마트마이닝 기술의 현황과 전망
		12	머신러닝을 통한 자원탐사
	투자	4	탄소중립에 따른 미래 석유·가스 E&P기술 시장
		5	수소자원 개발 현황과 미래
		11	석유·가스 개발 경제성평가
심화	기술	6	CCS 관련 기술 교육
		8	석유·가스 개발 전공자를 위한 야외조사
		8	광물자원개발 실무 심화교육
	투자	8	딥 러닝·빅데이터 교육
		11	석유·가스 개발 시장 현황과 향후 전망
		11	광물자원개발 COSD 심화 교육

### 3 미래 대학 인력양성사업 추진 방향

- 중·장기적 관점에서 산업계 수요를 감안하여 핵심인력 양성 지속
  - 인력수요는 당분간 현재의 감소세를 유지할 것으로 보이나,
  - 4차 산업혁명과 에너지전환에 따른 원료광물 중심의 자원개발산업 활성화가 전망되는 점, 자원안보의 중요성이 점차 커지는 점을 고려하면 인력수요는 중장기적으로 확대될 것으로 전망됨
  
- 자원개발에 필요한 전통적인 기술 교육과 더불어 신기술 분야 교육 병행 필요
  - AICBM\* 기술이 자원개발 분야에도 도입됨에 따라 스마트 마이닝 등 자원개발 관련 디지털 전환 기술이 여러 분야에 확산되는 추세
  - \* 4차 산업혁명의 핵심 신기술 인공지능(Artificial Intelligence), 사물인터넷(Internet of Things), 클라우드(Cloud), 빅데이터(Big Data), 모바일(Mobile)
  - 글로벌 시장에서 자원개발 선진국과 경쟁하기 위해서는 新기술분야 교육 강화 필요
  
- 현재 자원개발 업계의 적은 인력 수요를 감안하여 연관 산업 교육을 통한 자원 개발 학과 학생의 진출분야 확대 도모
  - 자원개발학과 재학생의 자원 관련 유관분야 진출 확대를 위해 전공지식 교육과 함께 자원개발 연관 분야\* 교육 병행
  - \* 화학 및 중공업 분야 설비, 회계 및 법·제도·계약, 수소 및 이차전지 등
  
- 재원 투입 대비 효율성을 감안하여 자원분야에 진출할 의지를 가진 우수 학생 집중 교육
  - 업계의 불황 지속으로 인한 인력수요가 위축된 상황을 감안하여 우수학생 선발을 통한 집중교육 방안 검토 필요

### <참고 문헌>

- 해외자원개발협회 10년사(해외자원개발협회)
- 해외자원개발기본계획(산업통상자원부)
- 한국석유공사 페트로넷([www.petronet.co.kr](http://www.petronet.co.kr))
- 한국광해광업공단 한국자원정보서비스([www.komis.or.kr](http://www.komis.or.kr))
- 2020 World Oil Outlook 2045(OPEC)
- The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions(IEA)
- 그린에너지 시대의 새로운 자원 전쟁(LG경영연구원)
- 자원개발 인력양성 계획(산업통상자원부)



전기·에너지·자원산업 인적자원개발위원회

# 이슈리포트

ISSUE REPORT



전기·에너지·자원산업  
**인적자원개발위원회**  
(대표기관 : 한국전기공사협회)

서울특별시 강서구 공항대로 58가길 8

☎ 02-3219-0594~7    🌐 [www.isckorea.or.kr](http://www.isckorea.or.kr)