

新세계를 개척하는 전략기술과 자원탐사 (우주, 육상, 해양)

황덕규 부연구위원(투자기획조정센터)

I. 논의 배경

■ 전 세계적으로 자원탐사에 대한 중요성이 과학기술, 에너지 확보 측면에서뿐만 아니라 국가 경제 및 안보 차원에서도 주목받는 추세

- 주요국들은 자원탐사를 통해 새로운 자원을 확보하고, 전략기술을 개발하여 미래 경제와 안보를 강화하고자 노력 중

※ 영국 핵심광물 전략('23), 미국 핵심광물안보파트너십('22), EU 핵심원자재법('23) 등

- 최근에는 새로운 자원의 발굴을 위한 노력*이 기술혁신을 촉진하는 등 국가 간 경쟁의 핵심 요소로 자리 잡고 있음

* 심해저 탐사(Deep Sea Minerals), 소행성 채굴(Asteroid Mining), 대체 자원 합성 물질 개발 등

- 우리나라도 안정적 자원 확보와 자원탐사 핵심기술 개발을 위해 다양한 전략*을 추진 중

* 자원개발 기본계획('20~'29), 제4차우주개발진흥기본계획 등



출처: 제4차우주개발진흥기본계획

〈그림 1〉 첨단 우주기술 확보 추진 '우주탐사' 로드맵

제171회 수요포럼 개최 개요

(일시/장소) 2024년 9월 25일(수) 14:00~15:40 / 한국과학기술기획평가원 국제회의실

(토론 좌장) 전승수 KISTEP 사업조정평가본부장

(발 표) 정지훈 KISTEP 센터장, 변중무 한양대학교 교수, 김병엽 한국지질자원연구원 본부장

■ 자원탐사의 가치와 영역, 의미와 목적은 학술, 경제, 사회적 측면에서 빠르게 변화하며 확대·발전되고 있음

- 우주 자원탐사는 달, 소행성 등에서 희귀 자원 확보 가능성을 열어주며, 이는 우주 관련 연구개발 활동의 핵심 동력으로 작용
 - ※ 미국(아르테미스 계획, '24), 중국(달탐사선 창어 6호, '24), EU(ESA, 유로피언 스페이스 리소스 이니셔티브, '25)
- 해양 자원탐사는 심해에 존재하는 광물 및 에너지 자원을 확보하는 데 중점을 두고 있으며, 이는 해양 개발의 새로운 장을 열고 있음
 - ※ 캐나다(Nautilus Minerals社, 심해광물 탐사, '22), 한국(지자연 탐해3호, '23)
- 육상 자원탐사는 기존 자원 고갈에 대비해 신기술을 적용하여 새로운 자원 매장지를 발굴하고, 친환경 기술로 지속 가능한 개발에 중점을 두고 있음
 - ※ 영국(자동화 광산, 저탄소 광물 탐사 등, '23), 캐나다(Goldspot Discoveries社, AI기반 광물탐사, '21)

■ 자원탐사와 관련된 전략기술 확보의 중요성은 더욱 확대될 전망

- 차세대 에너지와 자원 확보를 위한 기술이 발전하면서, 우주, 해양, 육상에서의 자원탐사 경쟁은 전 세계적으로 심화될 것으로 예상
 - ※ 우주 자원 : 희소 금속, 물 자원 등 우주에서의 자원 채굴 가능성이 새로운 산업을 창출
 - ※ 해양 자원 : 심해 광물, 석유 및 가스 등의 자원 확보를 위한 기술개발이 가속화
 - ※ 육상 자원 : 기후변화 대응 친환경 지속 가능한 광물 자원탐사 기술이 주목
- 우리나라의 핵심 산업인 반도체, 배터리 등의 분야에 전략적 자원의 안정적 공급과 개발·관리 효율성의 제고를 위한 탐사 기술 확보가 필요
 - ※ 반도체 : 희소 금속 자원 확보를 위한 자원탐사와 기술개발이 필수적이며, 국제적 협력과 투자가 필요
 - ※ 에너지 : 심해 및 육상에서의 새로운 에너지 자원 확보를 위한 탐사 기술이 중요해질 전망

■ 이와 같은 배경하에 제171회 KISTEP 수요포럼은 新세계를 개척하는 전략기술과 자원탐사(우주, 육상, 해양)를 주제로 관련 이슈와 현안에 대한 논의를 통해 자원 탐사 기술 발전을 모색하고, 기술 패권 경쟁이 치열한 글로벌 환경 속에서 우리나라의 향후 방향성을 탐색함

II. 현황 및 이슈

1. 우주 자원 탐사

- 우주 자원 탐사는 과거 정부 주도형 우주 개발(Old Space)에서, 민간 기업이 주도하는 뉴 스페이스(New Space) 시대로 변화하고 있음

- (전통적 목적) 태양계와 우주의 기원을 이해하는 연구를 통해 인류가 어디에서 왔는지, 우주가 어떻게 형성되었는지에 대한 해답을 찾고자 하는 활동이며, 천문학과 우주과학의 발전을 위한 필수 요소임
- (뉴 스페이스 시대의 목적) 우주에 분포하는 헬륨-3, 희토류, 금 등의 자원은 지구의 에너지 문제 등을 해결하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대되어 자원의 채굴과 상업적 활용을 통해 민간 기업들이 새로운 경제적 기회 창출을 모색하고 있음

※ 또한 우주 자원 탐사 및 채굴은 지구 자원의 고갈에 대비하는 중요한 대안이 될 것이며 장기적으로 인류는 지구를 떠나 달이나 화성에 거주할 수 있는 기지를 건설할 계획의 기반이 될 것으로 예상



출처: 171회 수요포럼 발표자료

〈그림 2〉 Old Space vs New Space

- 최근 희토류, 백금 등의 희귀자원이 달, 소행성에 존재할 가능성이 높은 것으로 확인됨에 따라 글로벌 우주자원탐사 경쟁이 더욱 심화될 것으로 예상
 - 미국의 아르테미스 프로그램의 경우 달을 전초기지로 하여 화성 유인 탐사로의 확장 및 심우주 탐사 계획을 포함하고 있으며, 다양한 국가와의 국제협력을 통해 추진 중
 - 유럽 우주국(ESA)의 경우 테라 노바 프로그램을 통해 지구저궤도에서의 상업활동 및 달표면 유인탐사, 화성 유인탐사를 목표로 추진 중

- 중국은 창어 계획을 통해 달 궤도 임무 및 달 표면 착륙, 샘플 회수 후 지구 귀환에 성공하였으며, 화성 궤도 비행 및 착륙에도 성공
- 일본은 소행성 탐사 및 시료 채취 후 지구 귀환에 성공하였으며, 인도의 경우에도 달 착륙 및 화성 궤도 임무를 성공적으로 수행
- 우리나라의 경우 다누리의 성공적인 달 궤도 임무 수행과 함께 우주항공청 개청에 힘입어 달 착륙, 화성 탐사 등 장기적인 우주탐사 계획 수립 중

한국형 달 궤도선 다누리		자료 : 한국항공우주연구원
목표	달 궤도선 개발역량과 우주탐사 관련 기반기술 확보 및 검증	
주관	과학기술정보통신부, 한국항공우주연구원	
발사일	2022년 8월	
임무기간	2023년 1~12월	
투입 예산	약 2367억원	
사업기간	2016년 1월 ~ 2023년 3월	
임무 내용	달 궤도 안착, 6개의 장비를 활용해 한국형 달 착륙선 및 미국 아르테미스 유인착륙선 후보지 검색 등	
총 중량	약 678kg	
연료 중량	260kg	
크기	1.78×2.09×2.24m	
임무 수명	약 1년	
운용궤도	달 궤도 100x100km, 경사각 90도	

출처: <https://www.fnnews.com/news/202212281821204541>

〈그림 3〉 한국형 달 궤도선 다누리 개요

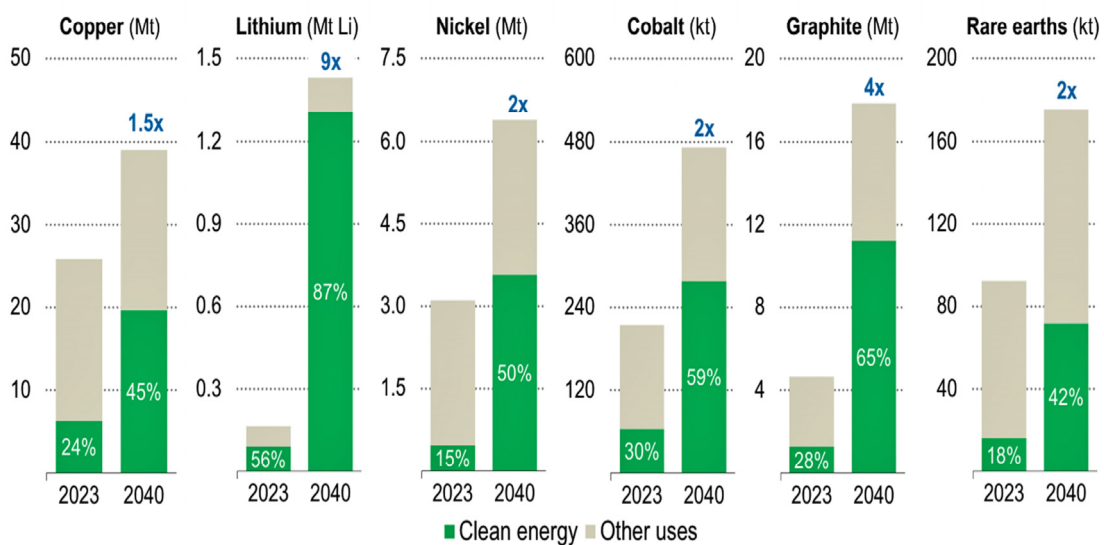
- 우주 자원의 활용은 에너지 및 비용, 유인 우주탐사 안전성 확보 등의 문제로 현지 자원 활용을 더욱 주목하고 있는 추세
 - 달 극지 얼음형태 물이 존재하는 것으로 추정되며, 이는 유인기지 운영을 위한 기본적인 생명유지, 식량생산, 방사선 보호, 각종 기계 장비의 열조정, 전기분해 후 수소와 산소를 로켓연료로 활용 가능
 - 현재까지의 화성 탐사는 주로 생명체 존재 여부 확인에 초점을 맞춰 왔지만, 화성에도 물, 산소, 금속 등 여러 자원이 존재하는 것으로 밝혀짐
 - 소행성에는 희소하고 가치 있는 광물 자원이 다량 존재하며, 특히 지구 근접 소행성은 비교적 낮은 비용으로 접근할 수 있어 민간 기업들로부터도 큰 관심

2. 육상 자원 탐사

■ 4차 산업혁명 시대와 함께 기후변화에 대응하기 위한 에너지 전환이 중요해짐에 따라 자원 관리 및 탐사 기술도 함께 주목을 받고 있음

- 신산업과 탄소중립 및 청정에너지 전환 및 선도를 위해서는 이를 위한 원료인 핵심 광물의 안정적인 공급이 필수
- 국제 에너지 기구(IEA)에 따르면 2040년까지 리튬 수요는 현재의 9배, 코발트와 니켈은 2배에서 4배 증가할 것으로 예상됨

Growth in demand for key critical minerals in the Net Zero Emissions by 2050 (NZE) Scenario



출처: <https://www.iea.org/>

〈그림 4〉 탄소중립 시나리오 中 핵심 광물 수요 시나리오

■ 세계 각국은 에너지 및 산업 창출을 위한 자원 확보 경쟁을 벌이고 있으며, 자원의 안정적인 공급망 확보를 위해 다각적인 노력을 기울이고 있음

- 미국은 핵심 광물을 “공급망이 취약하고 경제 및 국가안보에 필수적인 자원”으로 정의하고 있으며, 유럽, 호주 등의 국가도 비슷한 기준으로 핵심 광물을 관리하고 있음
- 우리나라도 수입의존도가 높으며 반도체와 배터리 등 전략 산업에 필요한 33가지¹⁾ 핵심 광물을 지정해 관리하고 있음

1) 리튬, 니켈, 코발트, 망간, 흑연, 희토류 5종, 니오븀, 구리, 알루미늄, 규소, 마그네슘, 몰리브덴, 바나듐, 백금족 2종, 주석, 타이타늄, 텅스텐, 안티모니, 비스무스, 크롬, 연, 아연, 갈륨, 인듐, 탄탈륨, 지르코늄, 스트론튬, 셀레늄, 희토류(네오디뮴, 디스프로슘, 터븀 세륨, 란탄), 백금족(백금, 팔라듐)

〈표 1〉 주요 핵심광물 수입현황

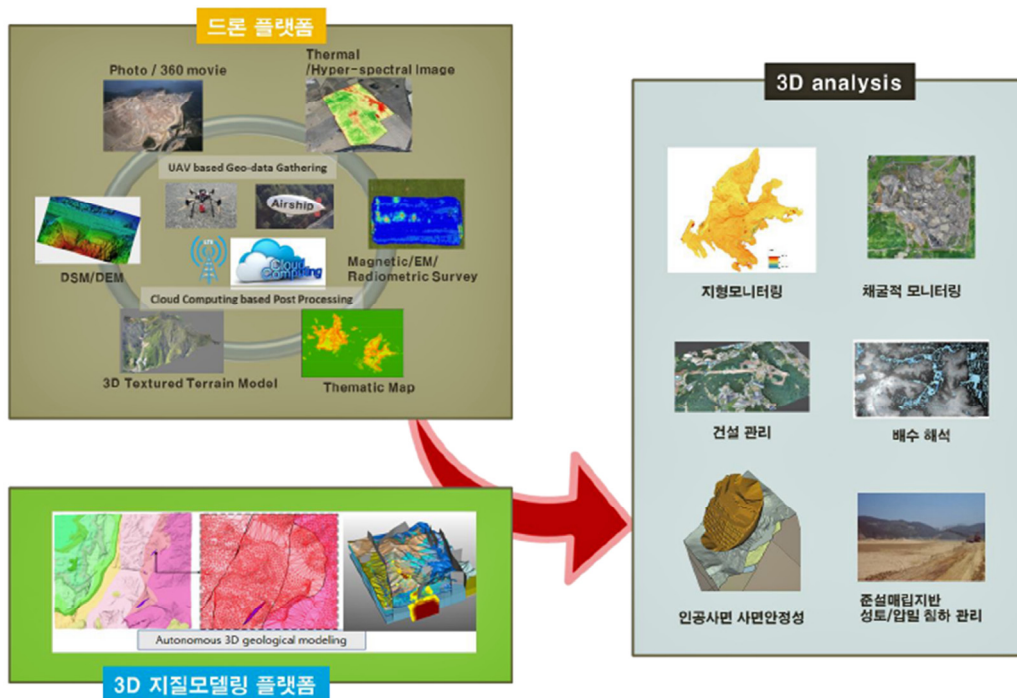
광종	수입량	수입액	수입의존도
리튬광	11만7798톤	54억1692만달러	100%
니켈광	265만3287톤	3억8243만달러	100%
코발트	12톤	9만5000달러	100%
동광	235만8818톤	65억7833만달러	100%
주석광	17톤	11만9000달러	100%
티타늄	6만7834톤	5556만달러	100%
몰리브덴	3만6001톤	7억9996만달러	97.90%
아연광	168만9576톤	23억5627만달러	99.50%
연광	56만2998톤	18억7432만달러	99.70%

출처: 한국광해광업공단(2022년)

■ 육상자원탐사 기술은 전통적인 방식*에 새로운 기술이 접목되어 발전하고 있으며 응용 분야도 다양해지고 있는 추세

* 항공탐사, 지구화학탐사, 지질광상조사, 지구물리탐사, 시추탐사 등

- 육상 자원탐사는 광물 자원의 위치를 더 정확하게 파악하고 비용과 시간을 절감하는 등 효율성을 극대화하기 위하여 인공지능과 드론, 증강현실 등의 기술을 도입하여 융합 발전하고 있음



출처: 171회 수요포럼 발표자료

〈그림 5〉 무인비행선/드론 기반 물리탐사

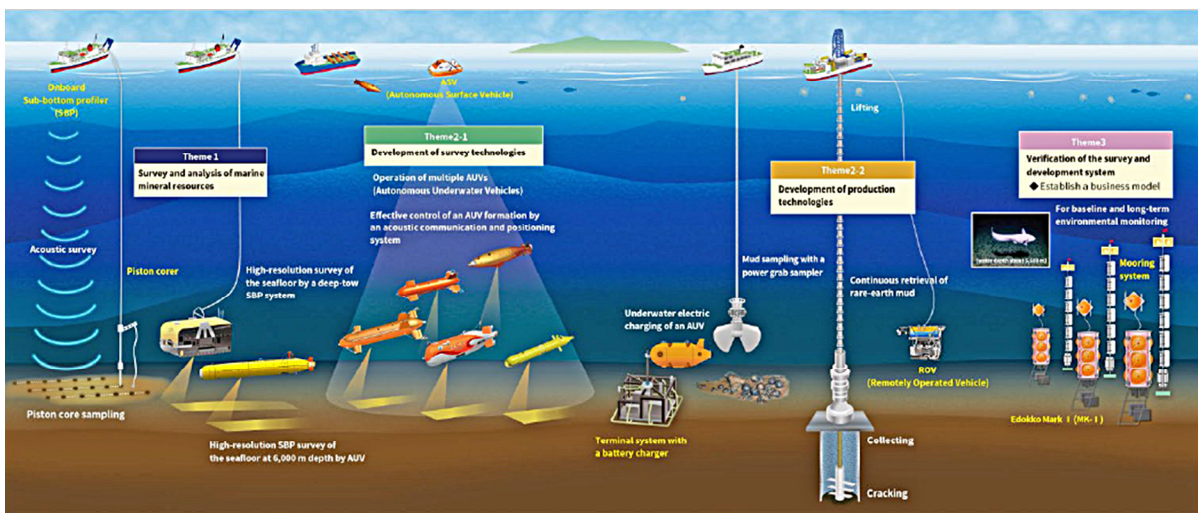
- 또한, 탐사 기술을 응용하여 사용후 핵연료의 처리 부지나 이산화탄소 지중 저장 부지 선정 및 모니터링에도 사용하는 등 활용처가 확대되고 있음

3. 해양 자원 탐사

■ 해양 자원 탐사는 지구상의 한정된 육상 자원이 고갈되면서 인류가 새로운 자원 확보를 위해 주목하는 분야

- 해양에는 육상보다 훨씬 많은 자원이 매장되어 있으며, 석유, 가스, 희토류, 망간단괴 등 고부가가치 자원이 풍부하여 국가 경제와 에너지 안보의 중요한 대안으로 부상 중
- 과거 해양 탐사는 단순한 수심 측정에 그쳤지만, 현대 해양 탐사는 첨단 기술을 통해 바다 밑의 지질 구조와 자원을 정확히 파악하는 방식으로 진화

※ 음향 탐사 장비, 위성 항법 시스템, 탄성파 탐사 같은 기술들은 해저의 자원 매장 상태를 3차원으로 시각화할 수 있게 만들어 탐사의 정확성과 효율성을 향상



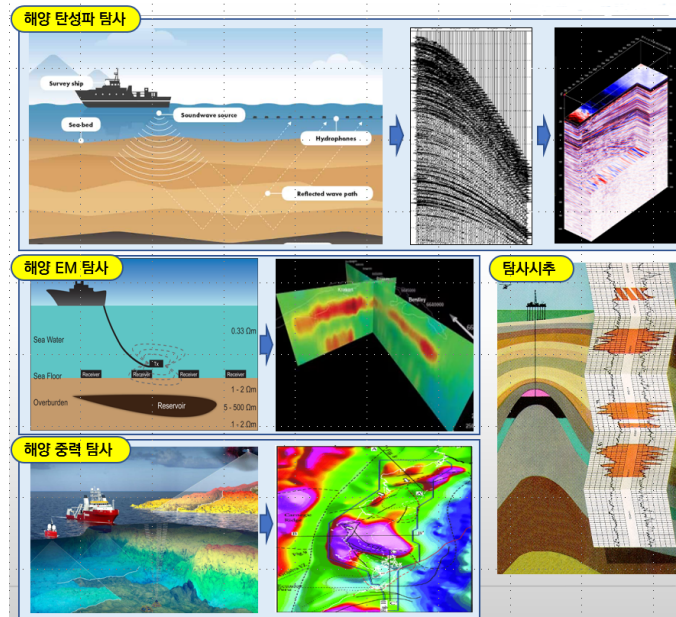
출처: 일본 JAMSTEC(2019년)

〈그림 6〉 해저 희토류 개발 단계

- 탐사의 주요 목표 중 하나는 해저 지질도 작성으로, 이는 해양 자원의 분포를 파악하고 국가의 해양 지배력을 증명하는 핵심 요소임

■ 해양에서의 석유와 가스 탐사는 고도의 기술을 필요로 하며, 탄성파 탐사를 통해 지하의 석유와 가스가 매장된 구조를 파악하고 이를 추적

- 해저 광물 탐사에서는 주로 석유 탐사에서 발전된 기술이 사용되며, 지구 물리 탐사와 무인 잠수정을 통해 해저 지질을 파악하고 자원을 직접 조사
- 이와 같은 탐사는 비용이 많이 들기 때문에, 탐사의 성공률을 높이기 위해 인공지능(AI)과 슈퍼컴퓨터를 통한 대규모 데이터 분석이 필수적
- 또한 AI 기술은 해저 탐사 데이터의 빈틈을 보완하고, 2D 데이터를 3D로 변환하는 등 탐사 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있음



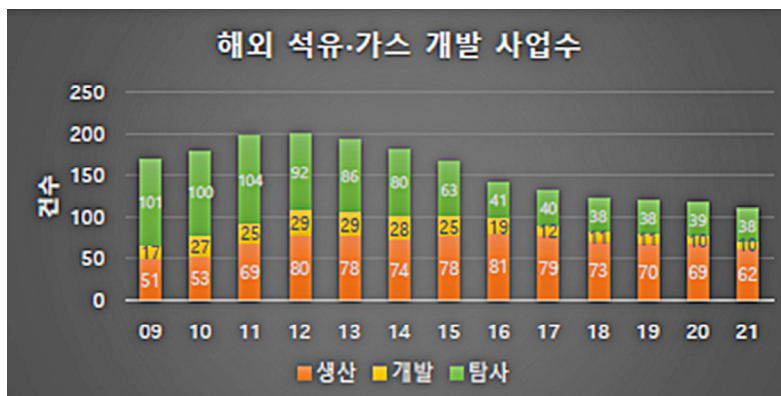
출처: 171회 수요포럼 발표자료

〈그림 7〉 석유탐사 기술

■ 세계 각국은 해양 자원 탐사와 그 기반이 되는 정책과 연구개발 활동에 대해 매우 적극적으로 추진하고 있음

- 일본은 자원 빈국임에도 불구하고, 일관된 투자와 연구개발로 자원 탐사 기술을 크게 발전시켰으며, 최근 자국 해역에서 대규모 희토류 매장지를 발견하여 이를 상업적으로 채굴하려는 계획을 추진
- 중국 또한 해양 자원 확보에 공격적으로 나서고 있으며, 해양 자원을 통해 글로벌 영향력을 확대하려는 전략을 펼치고 있음
- 우리나라 역시 해양 탐사에 대한 기술적 발전은 있었지만, 석유와 가스 탐사 분야에서 민간 기업의 해외 투자는 최근 몇 년간 크게 위축

※ 핵심 광물의 경우, 우리가 필요로 하는 핵심 자원의 상당 부분을 중국에 의존하고 있어, 이러한 자원 확보의 불안정성은 우리 경제와 산업에 큰 리스크가 되고 있음



출처: 171회 수요포럼 발표자료

〈그림 8〉 해외 석유·가스 개발 사업수

Ⅲ. 시사점 및 제언

■ 자원탐사의 중요성

- 기술 패권 경쟁이 심화되는 가운데, 자원탐사 기술은 단순히 자원을 확보하는 것을 넘어 경제적 가치와 국가 안보에 중요한 역할을 함
- 특히 핵심 광물 자원의 안정적인 공급은 첨단산업에서 필수적이며, 이를 위한 자원탐사와 기반이 되는 연구개발의 투자는 더욱 확대될 필요
- 국가의 경쟁력 나아가 생존과 연관된 자원탐사는 장기적인 관점, 그리고 지속적으로 연구개발과 투자가 필요
 - ※ 특히 우주 자원탐사는 고난이도의 기술개발과 오랜 시간이 요구되므로, 국민적 관심과 지지를 바탕으로 정부의 지속적인 지원이 필수

■ 기술 혁신과 지속 가능한 발전

- 극한 환경에서 수행하는 자원탐사는 지속 가능한 발전을 위해 핵심적인 요소로 기술혁신이 필수적으로 뒷받침되어야 함
- 따라서 전통적인 탐사 기술과 인공지능(AI), 자율주행, 드론, 데이터 분석 등과 같은 신기술의 발전·융합이 확장될 필요성이 있음
- 또한 자원탐사 과정에서 발생할 수 있는 환경 오염 문제를 해결하기 위해 친환경적 기술개발이 필수
 - ※ 특히 해양 자원 탐사는 생태계에 미치는 영향을 최소화해야 하며, 이를 위한 지속 가능한 기술개발이 필요

■ 정부와 민간, 국제 협력 강화

- 민간 기업은 자원탐사 및 채굴에 필요한 자금을 조달하고, 정부는 자원탐사에 필요한 규제 완화와 기술개발 지원을 통해 자원 확보 촉진 가능
- 국제협력을 통한 자원탐사 프로젝트에 적극적으로 참여하여 자원의 안정적인 공급망을 구축 필요
- 정부와 민간, 그리고 국제협력의 조화는 전 지구적인 자원 문제를 해결하는 열쇠가 될 것이며, 이를 통해 자원탐사와 확보를 위한 안정적이고 지속 가능한 시스템을 구축해야 할 것임
 - ※ 자원탐사는 국가 간 협력 없이는 성공하기 어려우므로 국제 협력과 공동 연구가 필수적이며, 다양한 국가 및 민간 기업과의 협력을 통해 성공 가능성을 높여야 함