

INSS 연구보고서 2019-15

2019 | INSS
Research
Report

북한 우리놈의 평화적 이용을 위한 평가와 관리 방안

오일석 · 조은정

INSS 연구보고서 2019-15
북한 우리놈의 평화적 이용을 위한 평가와 관리 방안 | 오일석 · 조은정

2019 | INSS
Research
Report

INSS 연구보고서 2019-15

북한 우리놈의 평화적 이용을 위한 평가와 관리 방안

오일석 nusl2006@inss.re.kr

조은정 ejrcho@inss.re.kr

INSS INSTITUTE FOR NATIONAL SECURITY STRATEGY
국가안보전략연구원

06295 서울시 강남구 언주로120 인스토피아 빌딩
Tel. 02-6191-1000 Fax.02-6191-1111 www.inss.re.kr



ISBN 979-11-89781-19-4
ISBN 979-11-89781-05-7 (19)

INSS
INSTITUTE FOR NATIONAL SECURITY STRATEGY
국가안보전략연구원

INSS INSTITUTE FOR NATIONAL SECURITY STRATEGY
국가안보전략연구원

2019 | INSS
Research
Report

INSS 연구보고서 2019-15

북한 우라늄의 평화적 이용을 위한 평가와 관리 방안

오일석 · 조은정

INSS INSTITUTE FOR NATIONAL SECURITY STRATEGY
국가안보전략연구원

**북한 우리놈의 평화적 이용을 위한
평가와 관리 방안**

발행처 사단법인 국가안보전략연구원
발행인 조동호
주소 06295 서울시 강남구 언주로 120 인스토피아 빌딩
전화 02-6191-1000 (Fax. 02-6191-1111)
홈페이지 <http://www.inss.re.kr>
인쇄일 2019년 12월
발행일 2019년 12월
편집 굿플러스커뮤니케이션즈(주)
ISBN 979-11-89781-19-4 (94340)
979-11-89781-05-7 (19)
가격 비매품

북한 우리놈의 평화적 이용을 위한 평가와 관리 방안

오일석 · 조은정

목차

국문초록	6
I. 서론	8
1. 문제의식	9
2. 연구 범위 및 방법	18
II. 북한 우라늄의 이용 현황과 평화적 이용 가능성	22
1. 북한의 우라늄 광산 현황	23
2. 북한 우라늄 광산의 평화적 이용의 선행조건	33
III. 국제 우라늄 평가와 관리 기준	40
1. UN 우라늄 평가 기준(UNFC to Uranium)	41
2. UN 지속가능한 광물자원 관리체계(UNRMS)	55

IV. 북한 우라늄 광산의 평가와 관리방안 모색	66
1. 북한 우라늄 광산에 대한 최적 관리체계 제안	67
2. 북한 우라늄 광산 지역의 대체 산업도시로의 전환	86
V. 결론	96
Appendix	102
Appendix 1: 국제 우라늄 이용 현황	103
Appendix 2: 북한 광물자원 개발 관련 투자 현황	111
Appendix 3: 북한 우라늄 광산의 개발과 해체	116
Abstract	142
참고문헌	144

국문초록

현재 북미회담에서 북한 비핵화와 경제협력은 별도의 트랙으로 논의되고 있다. 그러나 본 연구에서는 북한 비핵화와 경제협력을 동시에 만족시킬 수 있는 핵심적 사안 중 하나로 북한 우라늄 광산 관리를 제안한다. 북한 우라늄광산과 가장 관련한 담론으로 보이는 북한 비핵화와 북한 광물자원 개발 논의는 ‘안보’와 ‘경제’라는 확고한 프레임에 간혀 정책적 상상력을 펼칠 수 있는 여지를 허용하지 않은 채 편협하게 이루어지고 있다. 그러나 경제와 안보의 경계를 허물면 비핵화와 한반도 경제협력이 상생할 수 있는 방안을 모색할 수 있다. 북한 비핵화에서 우라늄 광산 관리가 중요한 것은 핵물질을 획득하지 못하면 핵기술과 핵개발 의지를 가지고 있다고 해도 소용이 없기 때문이다. 또한 핵무기 해체 후에도 미래 핵을 통제하기 위해서는 핵산업 및 우라늄 광산업 종사자들의 경제 유민화와 핵물질의 불법적 유출을 방지하는 방안 마련이 시급하다. 이를 위해 본 연구보고에서는 북한 우라늄 광산과 공동체에 대한 투명한 관리가 지속적으로 필요함을 주장한다. 유럽 석탄철강공동체가 자원의 평화적인 사용을 통해 경제 발전 동력을 찾아 전쟁의 소지는 줄이고 협력의 가능성을 높이는 정치적 묘수를 실현하였듯이, 북한 우라늄의 평화적 이용을 위한 투명하고 효율적인 관리는 북한의 사례에서도 공동체 붕괴를 막고, 비핵화를 완성할 수 있는 방안이 될 수 있을 것이라고 판단된다. 이를 위해 선행되어야 할 첫 번째 요건으로 객관적인 국제적 기준의 평가 및 관리 기준의 도입이 시급함

을 주장한다. 이 같은 문제의식 아래, 본 연구보고에서는 유엔의 지속가능한 개발 목표(UNSDGs)의 기준에 따라 만들어진 유엔자원 분류기준(UNFC)의 내용을 소개하고, 이의 북한 사례 적용 방안을 모색한다.

핵심어

북한 비핵화, 광물자원개발, 한반도 평화경제,
우라늄 광산, UNFC, UNSDGs

I

서론

1. 문제의식

2. 연구 범위 및 방법

1. 문제의식

본 연구 보고는 2018년부터 급물살을 탄 북한 비핵화 및 한반도 평화 프로세스 과정에서 드러난 다음과 같은 중요한 한계점을 공유하고 이를 극복하기 위한 방안을 강구하기 위해 구상되었다. 주요 한계는 다음과 같다. 첫째, 비핵화 범위와 정의의 엄밀성의 문제이다.¹ 학계와 정계에서 북한 비핵화 논의가 활발히 이루어지고 있지만, 그 논의가 북한의 핵무기 및 핵시설 해체에 집중되고 있을 뿐 북한 우라늄 광산의 관리에까지 미치지 못하고 있다. 둘째, 비핵화 및 평화프로세스 과정 진행에 있어 사고의 경직성 문제이다. 안보(비핵화)와 경제(경협)가 마치 서로 다른 단계의 발전 과정 혹은 완전히 별개의 영역인 것처럼 간주하는 선형적 발전 모델과 이분법적 구도에 갇혀 우리 스스로 정책적 운신의 폭을 좁히고 있다. 셋째, 비핵화 내용에 있어 주체성 문제이다. 현재 진행 중인 북한 비핵화 담론은 북미대화 개최여부에 촉각을 곤두세운 나머지, 북미의 이해관계 조율에만 관심이 집중되어 있고 정작 북한 비핵화에 걸린 한국의 이익은 충분히 논의되지 못하고 있다. 그 대표적인 사안이 바로 환경 문제, 북한과 공동 생활권에서 숨 쉬고 있는 한국인들의 안전 문제이다.

이 같은 문제점들을 보완하기 위한 방안의 시작점으로 본 연구는 북한 우라늄의 효율적인 관리 방안 마련에 주목한다. 특히 핵물질 통제와 관리야말로 완전하고 불가역적인 비핵화의 시작이자 끝이기 때문이다. 동시에 우라늄 광물의 관리는 경제 개발 및 환경 안전성 다시 말해, 효율적

1 북한 비핵화의 범위와 정의에 관한 문제점들에 대한 보다 자세한 논의는 다음 보고를 참조: 조은정, 김보미, 최용환, '포스트 하노이 비핵화 협상의 쟁점과 과제,' 『전략보고』, 국가안보전략연구원, 2019. 9.

인 북한의 우라늄 광산 관리 방법에 대한 고민은 북한 비핵화를 유인하는 동시에 심화시킬 정책의 단초를 마련해 줄 수 있다.

핵 비확산 방법으로 핵 야심국의 핵개발 의지를 꺾거나 핵개발 여건을 철저히 봉쇄하는 두 가지가 있는데 핵물질 통제는 대표적인 후자의 방법에 속한다. 핵물질을 획득하지 못하면 핵기술과 핵개발 의지를 가지고 있다고 해도 소용이 없기 때문에 최근에는 동기보다 환경 요인에 초점을 맞춘 핵 비확산 방안이 보다 적극적으로 연구되고 있다.² 특히 북한처럼 핵무기 완성단계에 있는 핵 야심국의 경우 이미 만들어진 핵무기(과거의 핵)는 해체한다고 해도 핵기술(미래의 핵)은 남는다. 이미 그 원리가 다 밝혀진 핵기술에 대한 접근을 차단하는 것도 어렵지만, 이미 획득한 핵기술을 철폐하는 것은 더욱 어렵다. 또한 북한의 핵 야욕을 통제하는 것은 불가능에 가깝다. 그렇다면, 남은 것은 핵물질의 효과적인 관리 뿐이다. 핵물질에 대한 엄격한 통제와 투명한 관리만이 북한의 핵개발을

실질적으로 저지할 수 있는 유일한 해결책이라는 결론에 도달하게 된다. 따라서 북한 비핵화는 북한 우라늄 광산의 투명하고 엄격한 관리 감독으로부터 시작되어 북한 우라늄 광산의 평화적 이용 방안 모색으로 마무리되어야 한다.

그렇다면 현재 북한 우라늄 자원 관리 방안에 대한 논의는 얼마나 진전되었는가? 한국에서 기존의 북한 광물 자원에 대한 논의는 경제성 문제에만 천착한 결과 석탄, 철광 등 수익성 높고 국내 수요가 높은 산업 자원에 관심이 집중되었다.³ 국제적 평가기준도 도입되지 않은 상태에서 그 경제성 또한 과장된 경향이 있다.⁴ 그러나 전문가들은 '품질'과 '채산성' 그리고 경제 제재 하에 놓여 있는 북한의 여건을 고려할 때 이러한 장밋빛 전망에 우려를 표시한다.⁵ 또한 북미 협상 내용에 따르면 북한의 원자력 이용이 허용될 수 있을지는 여전히 불투명하다. 그 결과 우라늄은 현재 비핵화 논의에서도 광산 관리 논의에서도 관심 밖 사안이 되었다.

이처럼 북한의 평화적인 우라늄 이용 논의에 대한 비우호적인 환경으

2 핵 비확산의 동기에 초점을 맞춘 연구: George H. Ouster, *The Politics of Nuclear Proliferation*, Baltimore, MD.: Johns Hopkins University Press, 1973; Etel Solingen, "The Political Economy of Nuclear Restraint," *International Security* 19(2), 1994, pp. 126-169; Mitchell Reiss, *Bridled Ambition: Why Countries Constrain Their Nuclear Capabilities*, Washington, D.C.: Woodrow Wilson Center Press, 1995; Scott D. Sagan, "Why Do States Build Nuclear Weapons? Three Models in Search of a Bomb," *International Security*, 21(3), 1996/97, pp. 54-86; T. V. Paul, *Power versus Prudence: Why Nations Forgo Nuclear Weapons*, Montreal: McGill-Queens University Press, 2000; Jacques E. .C. Hymans, *The Psychology of Nuclear Proliferation: Identity, Emotions, and Foreign Policy*, Cambridge: Cambridge University Press, 2006; Etel Solingen, *Nuclear Logics: Contrasting Paths in East Asia and the Middle East*, Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2007; 핵 비확산의 환경적 요인에 초점을 맞춘 연구: Panofsky, W. K. H., "Capability versus intent: the latent threat of nuclear proliferation" *The Bulletin of Atomic Scientists* (14 June 2007), <http://thebulletin.org/capability-versus-intent-latent-threat-nuclear-proliferation-0> (검색일: 2019. 9. 13.); Mitchell Reiss, *Without the Bomb: The Politics of Nuclear Nonproliferation*, New York: Columbia University Press, 1988; Matthew Kroenig, "Importing the Bomb: Sensitive Nuclear Assistance and Nuclear Proliferation," *Journal of Conflict Resolution* 53(2), 2009, pp. 161-180; Matthew Fuhrmann, "Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements," *International Security* 34(1), 2009, pp. 7-41.

3 이해정, '북한 자원 잠재적 가치 높다', 『통일경제』, 2호, 2011, pp. 30-31; 정우진, '북한 광물자원 개발·가공 분야의 투자잠재력' 『정책 이슈페이퍼』14-13, 에너지경제연구원, 2014.

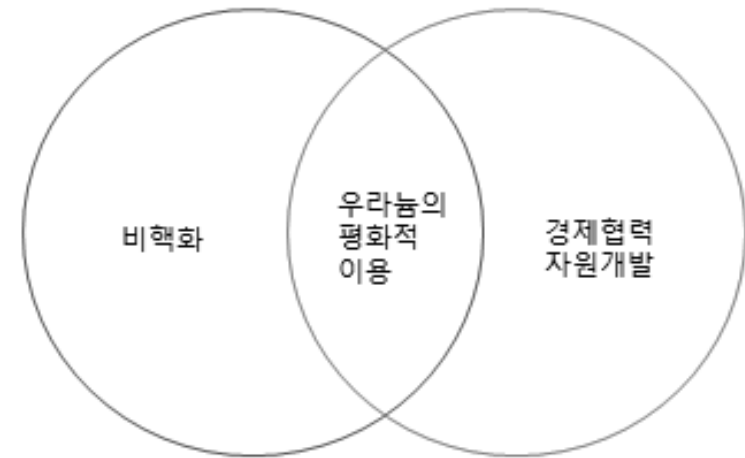
4 김유동 외 3인, '북한의 광물자원개발과 남북간 자원협력방안' 『자원환경지질』, 38(2), 2005, pp. 197-206; 임상철, '북한의 주요 지하자원과 남북교류 가능성' 『평화학연구』, 15(1) 2014, pp.111-128; 조계완, '북한 광물자원 어머니...땅 밑에 '삼성' 현대' 있다.' 『한겨레』(2018. 5. 2.), http://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/842906.html(검색일: 2019. 9. 21.).

5 북한의 광물 자원에 대해 현대경제연구원이 2011년 6894조원, 북한자원연구소가 2012년에는 1경원, 2014년에는 6500조원을, 광물자원공사는 2016년 기준 3200조원 등으로 추정치를 시기 별로 기관별로 달리하고 있다. 김영환, '북한 지하자원, 과장과 낭소를 넘어서서' 『SBS뉴스』 (2018. 6. 18.) https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1004807131(검색일: 2019. 9. 19.); 2018년 10월 2일 국회에서 열린 (북한광물자원개발포럼)에서 북한자원연구소 소장은 기존의 낙관적 추정을 뒤집어 매장량보다 더 중요한 것은 광물의 품질이므로 심도 있는 탐사 전까지 북한의 자원에 대한 선부른 낙관은 피해야 한다는 주장이 강조되었음. '북한지하자원: 양보다 '품질' 주목... '경제성' 때문' BBC Korea (2019. 1. 17.) <https://www.bbc.com/korean/news-46904045> (검색일: 2019. 9. 19.).

로 말미암아 현재 정책 논의에서 북한 비핵화와 경제협력을 별도의 트랙으로 구분하고 있다. 그러나 군수와 민수용으로 모두 쓰이는 우리놈의 평화적 관리 이용 방안은 비핵화와 경제협력을 상호 이익이 배치되는 관계로 보지 않고 동시에 추구할 수 있는 길을 열어줄 수 있다. 또한 북한 우리놈의 평화적 이용은 기존 관련 인력들을 원자력 산업으로 재배치함으로써 자연스럽게 북한의 핵전문가들과 핵무기 핵심기술의 유출 방지에도 기여할 수 있을 것이다. 유럽석탄철강공동체(ECSC)의 정수는 단순히 독일의 석탄과 철강 산업을 못 쓰게 통제할 것이 아니라 공동으로 생산, 소비하고 관리함으로써 독일이 주변국들과 상생할 수 있도록 이끌었다는 데 있다. 마찬가지로 북한 비핵화 성공과 남북 관계 상생을 모색하기 위해서는 북한의 우리놈 광산에 대한 평화적 이용 방법부터 거슬러 고민하는 역발상이 필요하다.

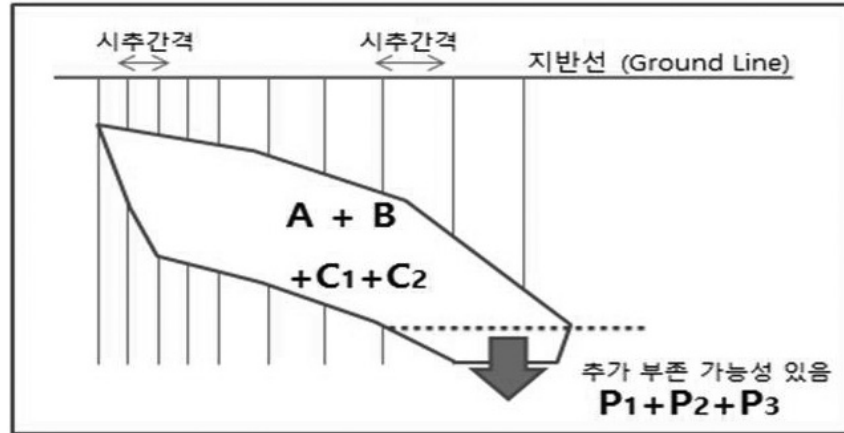
물론 유럽과 동아시아, 서독과 한국, 동독과 북한의 상황이 같지 않으므로 차이점을 고려하지 않은 채 ECSC의 사례를 한반도에 적용하는 것은 금물이다. 가령, 동아시아는 “두 개의 한국, 두 개의 중국, 그리고 비정상 국가 일본”까지 여전히 주권 국가 건설 경쟁 중이고 냉전 중이라는 점에서 유럽과는 다른 구조적인 한계에 놓여 있다. 또한, 북한은 핵무기를 비밀리에 개발해서는 이를 지렛대 삼아 주변국들에 위협을 일삼는가 하면 NPT체제도 무단이탈한 전력 때문에 비핵화 선언이 국제사회로부터 신뢰를 얻지 못하고 있다. 따라서 유럽 사례에서 보인 유연한 정책적 사고를 우리의 구조적, 상황적 차이점을 반영하여 한반도 모델로 발전시키는 것이 중요하다.

[그림 1] 북한 비핵화와 경제 발전의 교집합으로서 북한 우리놈 광산



북한의 비핵화와 한반도 평화 경제를 모색하는 데 공통분모인 북한 우리놈 광산의 평화적 이용이 선행되려면 국제적 평가 및 관리 기준의 적용이 시급하다. 북한에 국제적 자원분류 및 평가 기준을 적용하는 것이 중요한 것은 투자를 유치하는데 있어 가장 기본적인 지표가 될 것이기 때문이다. 지금까지 북한의 경제 발전 잠재력은 북한이 보유한 자원 개발 가능성에 의해 재단되었고 대부분 그 수치는 통일 비용을 상회하는 낙관적으로 제안되었다. 과거 사회주의 국가들과 마찬가지로 이러한 수치는 소비에트 방식에 따라 채산성이 부풀려졌을 가능성이 높다.

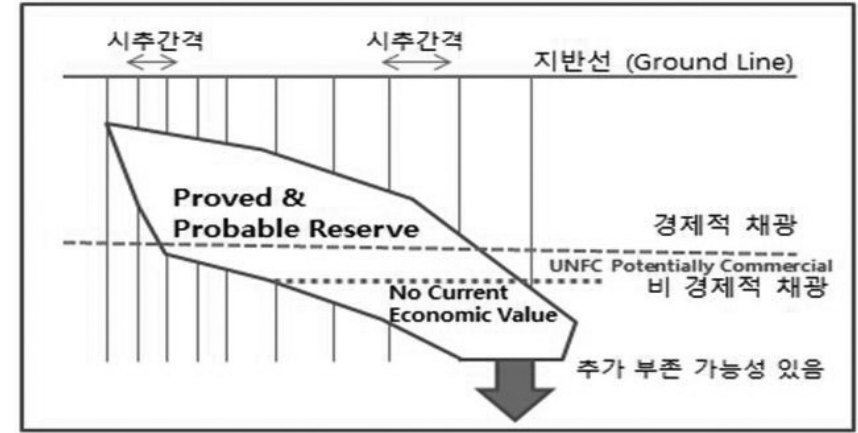
[그림 2] 소비에트 방식의 광물자원 채산성 평가



출처: 최중문, "UNFC.R 북한광산개발 관점에서", 통일연구원 간담회 발표자료, 2018. 5

독일 통일과정에서 당시 서독 정부는 자원과 매장량을 구별하지 않고 경제성 평가 등을 고려하지 않고 산출한 동독의 매장량 데이터만 믿고 광물자원 개발에 나아갔다가 낭패를 경험한 바 있다. 시장경제 질서 하에서 광물자원을 개발하는 경우 경제성과 인프라, 환경, 기술적 적용 가능성을 모두 만족하는 입증되고 개연성이 있는(Proved and Probable Reserve) 광구에 한정 한다(아래 그림 참조).

[그림 3] 시장경제 하에서 광물자원 채산성 평가



출처: 최중문, "UNFC.R 북한광산개발 관점에서", 통일연구원 간담회 발표자료, 2018. 5

마찬가지로 광물자원의 개발에 필요한 자본이나 정보 및 기술력이 열악한 북한의 사정을 고려할 때, 현재 북한 광물자원은 국제적 가치평가 및 관리 기준과 동떨어진 기준에 의해 탐사 및 측정되었을 가능성이 높다. 이 같은 동서간의 광물 평가 및 관리 기준의 격차를 좁히고자 2009년 유엔경제사회위원회(UN Economic and Social Council)는 객관적인 광물자원 매장량 분류체계로 유엔자원분류기준(UNFC: UN Framework Classification for Resources, 2009)을 마련하였다. 이후 UNFC는 시장경제로의 체제전환을 완수한 동유럽 국가들의 자원평가 기준으로 활용된 바 있다. 중국 또한 소비에트 방식의 자원 평가 체계에서 UNFC를 활용한 자국의 실정에 부합하는 새로운 기준을 정립하였다. 이러한 사실들로 미루어 볼 때, 북한 광물 자원에 대한 평가는 국제적 기준에 부합하는 방식으로 선행되지 않고는 이루어질 수 없다.

그렇다면 어떠한 국제적 기준을 따를 것인가? 첫째, 미래 변화를 반영하는 국제적 광물 자원 거버넌스 기준의 도입이 필요하다. 이른바 4차 산업혁명이라고 하는 빠른 기술혁신에 따라 국제사회는 이미 새로운 도전에 직면하고 있다. 인공지능이 내재된 무인 자율화와 같은 급격한 기술 혁신은 광업 분야에서 1) 대규모 실업과 2) (그로 인해 폐광된 지역의) 사회적, 경제적, 환경적 문제를 야기할 수 있다. 이는 미래 세대를 위한 개발을 모색함에 있어 기존 개발도상국이 사용한 개발 모델들이 반드시 효율적이라고 할 수 없음을 뜻한다. 따라서 북한이 현재 2차 산업 중심 국가에 머무르고 있다고 해서 4차 산업혁명 시대에 3차부터 단계를 밟아 나가야 한다는 모델은 비효율적으로 보인다. 다른 구 사회주의 국가들 역시 3차 산업혁명으로의 진입 없이 바로 4차 산업혁명으로 진입하는 전략을 취하고 있다. 그러므로 미래 사회에 대한 새로운 도전과 수용국의 특성이 유연하게 적용될 수 있는 기준이 북한에 도입될 필요가 있다.

둘째, 폐광 지역의 지속적 발전을 추진함에 있어 광부, 광산 운영자, 토지소유자 등 직접적인 이해당사자들 뿐만 아니라 미래 세대, 지역 문화, 공동체 구성원, 학계, 과학자 집단, 정치인처럼 간접적인 이해당사자들에 대한 고려를 포함하는 기준이 필요하다. UN의 “지속가능한 발전(SDG)” 이전에는, 경제적 이익만을 고려한 전통적 개발방식을 고집한 개발협력 사업들이 실패할 수밖에 없었다. 특히 토지소유자와 같은 직접적 이해당사자들은 전통적으로 광업지역 개발사업의 의사결정 과정에서 배제되어 온 바, 광업 지역 개선(restructuring) 및 재생(reconstruction) 사업에 협력하는 것을 꺼리는 경향을 보이고 있다. 이러한 실패를 반복하지 않기 위해서는, 향후 광업 지역 재생 프로그램을

시행함에 있어 지역의 요구와 수요에 대한 충분한 고려가 있어야 한다. 또한 기존의 전통적 개발 모델을 신봉하는 정책결정자들과 지속발전 모델의 시행을 원하는 시민단체 사이의 인식의 차이를 줄이는 것이 반드시 필요하다. 따라서 북한의 우리나라 광산 평가와 관리에 적용할 기준에는 기술 및 정치 시스템에 대한 혁신 또한 포함되어야 한다.

셋째, 북한에 적용할 기준은 지식기반(knowledge based) 접근법을 포함해야 한다. 대표적인 지식기반 접근법으로는 광부들의 기술 가운데 전환 가능한 기술을 발전시키거나 공동 모니터링을 제공하는 것이다. 광업 공동체 공동의 이익을 강화하기 위해 환경 및 사회적 비용과 이익에 대한 평가의 제공 역시 지식기반 접근법이 기여할 수 있는 중요한 부분이다. 이를 수행함에 있어 지역적 요구, 수요, 지식, 어려움, 공동체를 위해 가용할 수 있는 금융 및 정치적 지원 등 지역적 특성을 고려한 통합적 접근법(holistic approach)이 필요하다. 북한 우리나라 관리에 있어서 주목할 특성은 군수와 민수 용도의 이중용도 자원이라는 점이다. 따라서 향후 북한 광산지역의 사회통합이나 재생을 위해서는 경제적 측면뿐만 아니라 “지속 가능한 평화(SPD: Sustainable Peace Development)”의 자원으로 기여할 수 있는 방안 모색은 필수적이다.

2. 연구 범위 및 방법

이러한 문제의식 아래 본 연구는 유엔유럽위원회(UN Economic Commission for Europe : UNECE)에서 정립한 “UNFC의 우라늄에 대한 적용 지침(Guidelines for application of UNFC to uranium and thorium resources, 2015)을 바탕으로 북한에 대한 적용가능성을 모색하고자 한다. UN은 2015년 지속가능한 개발목표(SDGs: Sustainable Development Goals) Goal 7(에너지)에서 “인류 전체에 적정하고 신뢰 가능하며 지속가능한 현대식 에너지 서비스에 대한 접근 보장”을 강조한 바 있는데, 우라늄의 평화적 이용은 바로 UNSDGs Goal 7(에너지)에 부합한다. 현재 이 영역에서 세계은행(World Bank) 등 다자개발은행, UN 산하기구 및 UN 102개 국가들이 활동 중이다. 만일 북한 비핵화가 완료되고 대북 제재가 해제와 같은 상응조치가 이루어지려고 해도, 북한의 우라늄 자원도 정확한 탐사 없이는 UNSDGs 명목 아래 이루어지는 지원과 투자를 유치할 수 없다. 더욱 중요하게는, 앞서 강조하였듯이 북한의 우라늄 광산 관리는 비핵화의 시작이자 끝이므로 비핵화의 마무리를 위해서라도 국제적 평가 및 관리 기준의 도입과 적용은 필수적이다.

북한의 비핵화와 광물 자원 논의에서 공통적으로 간과되고 있는 사안은 “안전성”이다. 북한 핵 불능화도 중요하지만 해체된 핵무기와 핵시설이 주변 환경에 대한 오염을 최소화하는 방향으로 이루어지도록 하는 복원(remediation)에 대한 논의가 선행되어야 한다. 피폭의 위험을 최소화하고 피폭자와 오염지를 최대한 원상태로 복원시키려는 노력이야말로 궁극적인 북한 비핵화의 최종 목표가 되어야 한다. 북한 비핵

화는 현재 북미 협상에서 논의되고 있는 것처럼 단순히 핵시설의 철거(dismantling)에 그쳐서는 안 된다. 지역민들이 삶의 터전을 포기하지 않도록 궁극적으로 그 지역을 다시 자연에 가깝게 돌려놓는 제염 및 복원과정을 거친 해체(decommissioning)를 목표로 삼아야 한다. 이는 같은 생활권에 있는 한국인들에게도 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 중요한 사안이다. UNFC에서도 폐쇄된 광산 지역민들이 안전하고 자족적인 삶을 영위할 수 있도록 권고하고 있다. 따라서 우라늄 광산의 개발과 해체에 있어서 광산 노동자의 건강과 안전문제, 방사능 물질의 방호, 지표수 및 지하수의 관리, 우라늄 찌꺼기의 관리, 폐석 관리 등이 이 관리 체계에 포함되어야 한다. 이처럼 우라늄 광산업에 종사하거나 참여하였던 지역민들의 필요와 밀접한 관리체계를 수립하여 북한 우라늄 광산에 적용하는 것은 매우 중요하다. 한국 및 주변국들과 다음 단계의 공존공생이 가능해지려면, 북한 비핵화는 국가 안보뿐만 아니라 이 같은 인간 안보적 고려 아래 종합적인 구상 아래서 이루어져야 한다.

그 구체적인 구상의 일환으로 본 연구보고에서는 UN의 지속가능한 광물자원 관리체계에 주목하여, 이를 기반으로 북한 우라늄 광산에 대한 최적 관리체계 정립을 시도한다. 아울러 북한 우라늄 개발과 관리를 위하여 우리 정부가 취할 수 있는 정책적 지원 방안도 제안하고자 한다. 따라서 본 보고는 북한 우라늄의 평화적 이용의 범위를 민수적 용도로 국한한다. 아직 본격적인 연구가 시작되지 않은 관계로 본 연구에서는 UNECE, OECD, IAEA, 미국 에너지정보청(Energy Information Administration) 등에서 발행한 우라늄 자원 평가, 우라늄 관리, 우라늄 광산 개발의 실제, 우라늄 광산 해체 등에 관한 1차 자료를 주 참고 자료로 활용하였다. 이번 연구는 많은 한계에도 불구하고 북한 비핵화를

논함에 있어 지금까지 간과되어 온 우리늬 채굴과 정련 및 해체와 복원의 문제를 제시하고 UNFC 기준의 관리방안 적용 가능성을 최초로 개선하였다는 점에서 의의를 두고자 한다.

II

북한 우라늄의 이용 현황과 평화적 이용 가능성

1. 북한의 우라늄 광산 현황

2. 북한 우라늄 광산의 평화적 이용의 선행조건

1. 북한의 우라늄 광산 현황

가. 북한의 우라늄 매장량

객관적인 기준 부재와 낮은 기술력으로 말미암아 북한의 우라늄 매장량은 정확한 평가가 어려워 다양한 추정치가 난무하고 있다.⁶ 북한은 원광 기준 가채매장량은 약 4백ton-Ore이며 고품위(약 2만 ppm/0.26%)이라고 주장하는데 이는 약 8만 ton-U를 보유한 것으로 세계 10위 수준에 이른다.⁷ OECD와 한국 통일부가 공개한 자료에 따라 서방이 북한의 우라늄 매장량을 3~4백ton-Ore으로 추정하지만, 북한을 방문한 러시아 과학자를 인용한 분석에 따르면 4백50ton-Ore로 추산된다.⁸ 이와 달리 일반적으로 전문가들은 북한 우라늄광의 가채매장량은 약 20~30ton-Ore 수준으로, 고품위로 가정해도 약 5천ton-U에 불과할 것이라 추정하고 있다.⁹ 이처럼 북한의 우라늄 매장량과 품위는 객관적인 정보가 부족하여 연구자들에 따라 논쟁적이다.

6 조은정, 김보미, 최용환, '포스트 하노이 비핵화 협상의 쟁점과 과제,' 『전략보고』, 국가안보전략연구원, 2019. 9. Appendix 2.

7 한국원자력통제기술원, 『북핵총서 2018』, pp. 38-39. 우라늄 함량 기준(ton-U)과 원광 기준(ton-Ore)의 단위 간의 관계는 다음을 참조: 우라늄 함량 기준 (ton-U) = 원광 기준 (ton-Ore) x 우라늄 품위 (ppm을 백만으로 나눈 숫자)

8 David F. Von Hippel, 'Methods for Refining Estimates of Cumulative DPRK Uranium Production,' *Journal of Peace and Nuclear Disarmament*, 2019, pp. 1-31, p. 5.

9 Larry A. Nicksch, 'North Korea's Nuclear Weapons Program' in *CRS Issue Brief for Congress: North Korea's Nuclear Weapons Program*, Washington D.C.: United States Congressional Research Service; Edward Yoon, 'Status and Future of the North Korean Minerals Sector' *Nautilus Institute Special Report*, 2011, <http://nautilus.org/wp-content/uploads/2011/12/DPRK-Minerals-Sector-YOON.pdf> (검색일: 2019. 10. 1.).

북한의 플루토늄 보유량 역시 논쟁적이다. 2018년 기준 국방부는 약 50kg, 한국원자력통제기술원은 약 40kg으로 추정하고 있다.¹⁰ 북한은 2008년 약 38kg을 보유했다고 신고한 뒤, 2009년과 2016년 2번에 걸쳐 재처리를 거치면서 20kg을 추가로 확보한 것으로 추정된다. 그러나 5차례의 핵실험(1회당 2-3kg)을 실행하면서 15-20kg 정도의 플루토늄이 사용되었을 것으로 예상된다. 이 후 북한의 주장대로 추가적인 핵농축과 핵실험을 중단했다면, 40~50kg 사이의 플루토늄을 보유하고 있는 것으로 추정할 수 있다.¹¹ 한국원자력통제기술원(KINAC)에 의하면 북한은 연간 200kg-HEU의 무기화 가능한 고농축 우라늄(Highly Enriched Uranium, HEU)을 생산할 수 있는 능력을 보유하고 있으며, 2018년 말 기준 980kg-HEU를 보유하고 있는 것으로 알려지고 있다.¹² 이는 2007년부터 P2형 원심분리기를 1,000개씩 생산하고 가동률 100% 가정 아래 산출한 최대 추정치이다. 그러나 실제로는 수출통제나 경제제재 등으로 인한 원료 조달의 문제로 원심분리기 생산능력이나 가동률이 위의 가정보다 낮을 가능성이 매우 높다. 따라서 실제 보유량은 추정치보다 낮을 것으로 예상된다.¹³ 그럼에도 불구하고 이를 바탕으로 추정한 북한이 보유한 핵탄두 수는 각 기관 별로 상이하게 나타난다. 가령, SIPRI(2019)는 20-30개 사이, 조명균 전 통일부 장관(2018)은 20개에서 최대 60개, 미국 랜드(RAND) 연구소는 15-60개, 미국방정보국

10 국방부, 『국방백서 2018』, 2019, p. 25; 한국원자력통제기술원, 『북핵총서 2018』, 2019, pp. 39-40.

11 조은정, 김보미, 최용환, '포스트 하노이 비핵화 협상의 쟁점과 과제,' 『전략보고』, 국가안보전략연구원, 2019. 9. Appendix 2.

12 한국원자력통제기술원, 『북핵총서 2018』, p.41.

13 북한의 HEU 보유량 추정의 불확실성에 대해서는 한국원자력통제기술원, 『북핵총서 2018』, 2019, pp. 42-43.

(DIA)은 20개 정도로 추정된다고 밝힌 바 있다.¹⁴

나. 북한 우라늄 광산 개관

북한은 1992년 IAEA와 맺은 포괄적 안전조치 협정의 일환으로 평산과 박천 인근에 우라늄 광산 2개와 우라늄 정련소 2개를 신고하였다.¹⁵ 박천 우라늄 광산과 정련소는 매주 작은 시범운영을 위한 것으로 보이며, 특히 이 시설에 대한 위성사진 역시 변화가 없는 것으로 보아 이 지역이 수십 년 동안 운영되지 않았다고 짐작된다.

이에 반해, 평산 광산과 정련소는 최근 몇 년간 상당한 개선 과정을 거친 것으로 보인다.¹⁶ 그러나 인공위성을 통해 관측된 우라늄 찌꺼기 더미 증가와 열상 이미지에서 나타난 열량에 따르면, 평산 광산에서 활동량이 증가한 것으로 파악된다. 만일 용액채굴(heap leaching)이나 지하채굴이 아니라 노천채굴을 한다고 가정할 경우, 위성사진 판독을 통해 평산 우라늄 광산에서 우라늄 생산량을 추정할 수 있다. 위성사진 판독을 통한 북한 우라늄 생산 추정을 시도하지 않은 것은 아니나, 위성사진이 2D인 관계로 적재량 높이를 정확히 알기 어렵다는 점 때문에 최소값과 최대값의 간격이 넓어 실질적으로 유의미한 수치를 도출해내기 어렵다는

14 Stockholm International Peace Research Institute, "World Nuclear Forces," <https://www.sipri.org/yearbook/2019/06>; 조명균, "북한 핵무기 20-60개 보유 판단," 『연합뉴스』 (2018. 10. 1.); "북 핵탄두 15-60개...이스칸데르형 미사일 지속 증강," 『문화일보』 (2019. 7. 1.).

15 Jeffrey Lewis, "Satellite Imagery: North Korea Expanding Uranium Production," *The Diplomat*, (14. Aug. 2015), <https://thediplomat.com/2015/08/satellite-imagery-north-korea-expanding-uraniumproduction>, (검색일: 2019. 6. 21.).

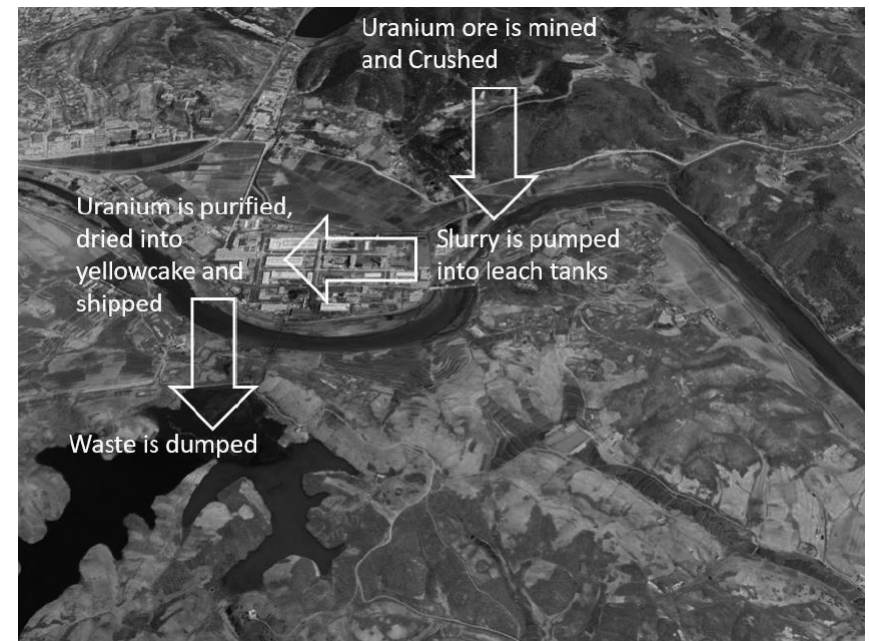
16 Ibid.

것이 중론이다.

평산 광산은 북한 최대 우라늄 산지로 알려져 있지만 우라늄 광석 등급은 미신고 사항으로, 우라늄 광석을 추출하는 데 사용되는 정확한 정련 공정을 정확히 알기란 어렵다. 1979년 작성된 헝가리 내부 보고서에 의하면 북한의 2개 우라늄 광산은 0.26%와 0.086%를 갖고 있다고 한다.¹⁷ 북한이 1979년부터 1992년 사이에 새로운 광산이나 정련소를 건설하지 않았다면 언급된 2개 광산은 평산과 박천일 가능성이 높다. 규모로 볼 때 평산이 0.26% 우라늄 광석 지대일 것으로 추정해 볼 수 있다. 그러나 여러 분석가들은 탈북자의 진술을 인용하여 이 광산에서 약 0.8%의 우라늄을 생산한다고 주장하고 있다.¹⁸ 평산의 생산량을 추정하기 위해 ESARDA 방정식을 사용하면 다음과 같은 결과가 나온다: 두 개의 CCD가 0.8%의 광석을 가공하면 연간 456 ton-U의 우라늄을 생산할 수 있는 것으로 추정되고, 네 개의 CCD를 사용하는 경우 연간 886 tU을 생산할 것으로 보인다. 만일 광석의 등급이 0.26%라면, 두 대의 CCD를 사용하는 경우 연간 273 ton-U로 추정되고 네 개의 CCD를 사용한다면 연간 529 tU를 생산할 것이다. 정확한 CCD의 수와 광석의 등급을 알 수 없기 때문에 추정 생산량을 파악하는데 있어 변동이 큰 것은 사실이다. 그러나 이 추정치에 의하면 북한 평산 우라늄 광산은 최소 연간 273ton-U에서 최대 886 ton-U를 연간 생산하는 것으로 추정할 수

있다. 한편 이 추정치는 평산의 CCD 크기가 전 세계 다른 유한 우라늄 광산의 CCD 평균 크기에 해당한다는 출발한다. 세계에서 가장 큰 우라늄 광산 가운데 하나는 CCD 6대에서 8대를 사용하는데, 평산 광산의 운영은 전 세계적으로 발견된 다른 것들만큼 규모가 크지 않기 때문에 CCD의 수가 2대에서 4대로 평균적이라는 가정하는 것이 논리적으로 타당하기 때문이다.¹⁹

[그림 4] 평산 광산



출처: Google Earth

17 "Telegram, Embassy of Hungary in North Korea to the Hungarian Foreign Ministry," February 17, 1979, as reprinted in Balazs Szalontai and Sergey Radchenko, "North Korea's Efforts to Acquire Nuclear Technology and Nuclear Weapons: Evidence from Russian and Hungarian Archives," *Cold War International History Project, Working Paper #53*, Woodrow Wilson International Center for Scholars, August 2006, p. 66, <https://digitalarchive.wilsoncenter.org/document/110133>.

18 P. V. Benkowski, "North Korean Hullabaloo," *Nukewatch Pathfinder*, Winter: 6, 2006-2007.

19 Melissa Hanham, and et.al, "Monitoring Uranium Mining and Milling in China and North Korea through Remote Sensing Imagery", *CNS Occasional Paper 40*, James Martin Center for Nonproliferation Studies(Oct. 2018), pp. 8-9.

[그림 5] 평산 광산 3D 조감도



출처: Google Earth

다. 기타 광산

북한이 박촌과 평산 우라늄 광산과 정련소를 신고하였지만 많은 전문가들은 북한이 우라늄 생산시설을 추가로 가동하고 있다는 의혹을 지속적으로 제기해 왔다. 예를 들어 “핵위협구상(Nuclear Threat Initiative)”에 따르면 우라늄 광산과 정련소로 의심되는 시설이 17개나 된다고 한다.²⁰ 한미연구원의 “북한 NBC 인프라 개요”에서는 우라늄 광

²⁰ “North Korea: Facilities,” Nuclear Threat Initiative, updated February 2013, <http://www.nti.org/learn/>

산으로 의심되는 13개의 장소를 나열하고 있다.²¹

그렇지만 위 의심되는 지역에 대한 인공위성 사진을 분석하면 박촌과 평산 이외에 구장, 순천 및 개성공단 인근 시설 등이 가장 유력한 우라늄 광산과 정련소로 추정된다.²² 이 광산지역들이 실제로 우라늄 광산인지 여부를 확인하는데 초점막 이미지가 활용될 수 있겠지만 공개적으로 이용할 수 있는 초점막 이미지는 하이페리온 EO-1 위성뿐이다. 이 위성은 30m의 공간 분해능만 갖추고 있어 다른 채굴 활동과 구별할수 있는 초점막 이미지를 제공할 수 있을지 명확하지 않다.

[countries/north-korea/facilities/](http://www.nti.org/gmap/nuclear_north_korea.html?/); “North Korea Facilities Map,” Nuclear Threat Initiative, n.d., http://www.nti.org/gmap/nuclear_north_korea.html?/.

²¹ Joseph Bermudez, Jr., “Overview of North Korea’s NBC Infrastructure,” U.S.-Korea Institute Johns Hopkins School of Advanced Studies, 2017, <https://www.38north.org/wp-content/uploads/pdf/NKIPBermudez-Overview-of-NBC-061417.pdf>, p. 26.

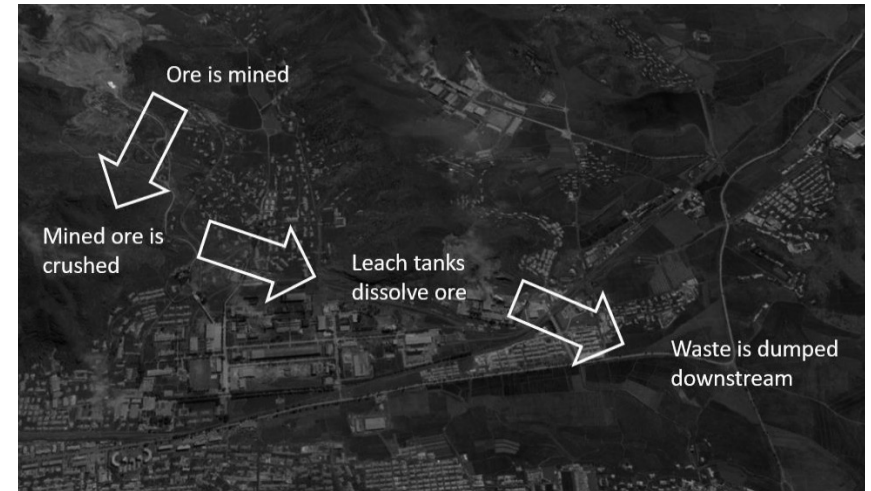
²² Melissa Hanham, and et al., *supra* note 18, p. 9.

[그림 6] 북한의 기타 우라늄 광산과 정련소

Facility	Location	Comment
April Industrial Enterprise	Pakchon	Milling
Cholsan	Cholsan	Mining
Hamhung	Hamhung	Mining
Hyesan	Hyesan	Mining
January Industrial Mine	Pyongsan	Mining
Kusong Processing Facility and Mine	Kusong	Reported as both a uranium processing facility and uranium mine
Maebong-san	Maebong-san	Mining
Namchon Joint Chemical Industrial Company	Pyongsan,	Milling
Sinpo	Sinpo	Mining
Songchon-up		Possibly related to the May 18 th Mine Complex
Sunchon	Sunchon	Milling
Unggi	Unggi	Mining
Wolbingson Uranium Mine	Kumchon	Mining

출처: 한미연구원

[그림 8] 구장 우라늄 광산 추정 지역



출처: Google Earth

[그림 7] 개성근처 우라늄 광산 추정 지역



출처: Google Earth

공개적으로 이용 가능한 초점상 이미지의 한계와 우라늄에 중점을 둔 데이터베이스가 없는바, 이 지역들을 우라늄 광산과 정련소라고 확실하게 단정할 수는 없다.²³

²³ Melissa Hanham, and et al., supra note 5, p. 10.

[그림 9] 순천 우리나라 광산 추정 지역



출처: Google Earth

2. 북한 우리나라 광산의 평화적 이용의 선행조건

가. 국제적 광물자원 평가기준의 도입

광물자원 기업의 가치는 광업권이나 탐사 개발권 내에 부존하고 있는 자원의 양에 따라 좌우된다. 그렇지만 부존자원이 많은 것으로 추정되는 지역에 대한 광업권이나 탐사개발권을 보유하고 있다 하더라도 실제 매장량을 정확하게 측정하는 것은 곤란하다. 2D 또는 3D 탄성파를 지표면과 해저에 투영하는 탐사 과정을 통해 광물자원의 매장량을 실제에 가깝게 예측하였다 하더라도 실제 채굴을 하는 경우 단단한 암반, 막대한 압력 등으로 인해 시추 비용이 증가하여 경제성이 없거나, 관련 인프라가 정비되지 않아 운송비용이 과대하거나, 광물자원에 불순물이 많거나 질이 좋지 않아 정제 과정에 상당한 비용이 소요되는 등 경제성이 없어 개발생산을 하지 못할 수도 있다.

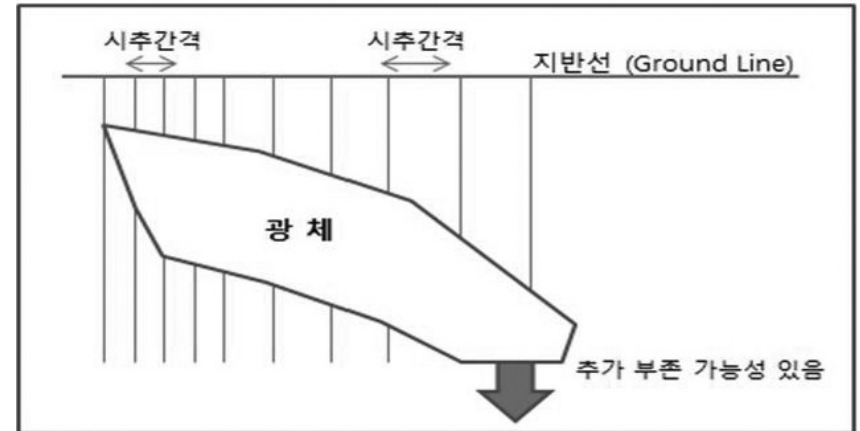
광물자원 기업들은 자신이 보유한 광구의 광물자원에 대한 경제성 평가를 근거로 유정이나 광산개발 프로젝트를 위한 자금을 지원받을 수 있다. 이 경우 금융기관들은 유정이나 광산개발로 인한 막대한 이익 창출을 기대하여 매우 싼 이자로 자금 지원을 할 것이다. 아울러 유망 광구에 대한 탐사개발권을 보유한 기업에 대해 증권 시장 등에서는 기업가치 상승을 예측하여 해당 기업의 주식 가치 또한 증대할 것이다. 또한 이러한 기업들은 탐사개발로 인한 장기간의 이익을 기대하여 새로운 사업에 투자하거나 다른 기업에 대한 인수합병을 시도할 것이다. 광물자원에 대한 탐사개발권을 부여한 자원보유국 정부의 입장에서는 자원 개발로 예상되는 막대하고 지속적인 이익으로 경제개발이나 복지 증진에 예산을

투입할 것을 기대하게 된다. 만일 평가기준이 미흡하여 실제 자원개발에 따른 이익이 그에 미치지 못한다면 국가 경제는 타격을 입을 것이다.

광물자원의 안정적 개발로 기업들이 수익을 창출하고 자원보유국들이 지속가능한 발전을 이룩하기 위해서는 광물자원에 대한 정확한 분류와 평가기준이 정립이 선행되어야 한다. 현재 광물자원은 자원보유국들이 각국의 편의에 맞는 평가기준을 정립하였다. 그러나 세계화와 정보화의 진행으로 광물자원과 관련한 시장도 세계적으로 통합되면서 국제적 기준의 평가기준 정립이 요구되었다. 광물자원에 대한 평가기준이 미흡한 경우 탐사개발권을 보유한 기업 가치에 대하여 제대로 된 정보를 제공하지 못하게 됨에 따라 과잉투자가 이루어지고 증권시장을 대표로 하는 금융시장이 혼란을 겪게 되었기 때문이다. 또한 평가기준이 미흡한 자원보유국에 투자한 자원개발 회사들이 자원보유국의 매장량 평가를 신뢰하고 개발생산에 나아갔다가 실패할 수도 있다.

이 같은 낭패를 미연에 방지하기 위해서는 다음과 같은 정밀한 탐사가 필요하다. 지하에 형성되어 있는 광물자원에 대해 탄성파를 쏜 다음 2D 나 3D 등으로 광체를 식별하고 일정한 간격을 두고 시추하여 광체에 대해 보다 상세한 지질학적 정보를 획득할 수 있다. 이렇게 획득한 지질학적 정보를 다각도로 분석함으로써 광체에 대한 지질학적 특성을 파악할 수 있다. 시추간격이 촘촘하고 유사한 광구에 대한 관련 데이터와 자료가 축적되어 있으며 개발 경험이 많을수록 지질학적 확실성을 담보할 수 있다.

[그림 10] 시추간격, 광체 및 지질학적 확실성



출처: 최종문, "UNFC.R 북한광산개발 관점에서", 통일연구원 간담회 발표자료, 2018. 5

그러나 지하에 광체가 형성되어 있다는 사실을 지질학적 확실성을 가지고 발견하였다 하더라도 실제 개발생산으로까지 나아갈 수 없다. 실제 개발 생산을 위해서는 해당 광구까지 인프라가 정비되어 있는지, 광산 개발을 하는 경우 환경파괴나 오염에 따른 문제는 없는지, 암반이 단단하거나 압력이 강하여 실제 채굴에는 문제가 없는지 및 국제시세와 개발 생산과 그로 인한 비용을 고려할 때 경제성이 있는지 등의 문제가 고려되어야 한다.

북한이 채택하고 있는 구)소비에트의 광물자원 평가방법론은 자원과 매장량의 개념을 구별하지 않고 있을 뿐만 아니라 지질학적으로 식별된 자원의 양에 국제시세를 곱하는 방식을 채택한 가치평가를 하고 있다. 즉, 인프라, 환경, 기술적 요인은 물론 경제성에 대한 평가가 전혀 고려되고 있지 않다. 대표적인 경우로 서독이 동독의 매장량 평가를 신뢰하

고 개발생산에 나아갔다가 곤란함을 경험한 것을 들 수 있다. 서독은 소비에트 방식에 따라 자원과 매장량을 구별하지 않고 경제성 평가를 시행한 동독의 매장량 산출을 신뢰하여 개발생산에 나아갔다가 낭패를 경험하였다.²⁴

이에 반해 시장경제에서 광물자원 개발은 경제성과 함께 인프라, 환경, 기술적 요인의 고려는 필수적이다. 이 같은 필요성에 따라 독일, 미국, 영국, 러시아, 중국 등은 국제연합경제사회위원회에서 국제적 광물자원 매장량 분류체계로 UNFC를 정립하였다. UNFC는 동유럽 체제전환 국가들의 자원평가 기준으로 활용되었으며, 중국은 UNFC를 활용하여 자국에 맞는 새로운 평가기준을 정립하였다.²⁵

북한도 다른 국가들과 마찬가지로 우리나라 자원 개발 협력을 구체적으로 추진하기 위해서는 북한 광물자원에 대한 경제성 평가, 광물자원 탐사개발 관련 계약 및 관련 법제 정비, 합작투자 방식의 결정 등 우선적으로 해결되어야 한다. 북한이 광물자원에 대한 안정적 개발로 지속가능한 발전을 이룩하고 이에 투자한 우리 기업들이 사업을 지속하고 이익을 향유하기 위해서는 북한 광물자원에 대한 정확한 분류와 평가기준이 정립되어야 한다. 또한 북한 광물자원 개발은 광산 지역 사회는 물론 동북아 평화정착과 관련된 문제인바 지속가능한 개발과 안정을 위해 광물자원에 대한 관리기준을 정립하고 적용할 필요가 있다.

24 최중문, 『북한 광물자원 평가와 개발환경』, 씨아이알(2017. 3. 2), 서문 iii.

25 최중문, 앞의 책, 서문 iv.

나. 국제적 관리기준의 도입

사회주의 체제를 근간으로 하고 있는 북한은 생산물에 대해 사회전체 성원 또는 집단의 공동소유를 원칙으로 하고 있다. 여기에 북한 헌법은 ‘나라의 모든 자연부원, 철도, 항공, 운수, 체신기관과 중요 공장, 기업소, 항만, 은행 등’은 국가만 소유할 수 있다고 규정하고 있다.²⁶ 또한 생산수단은 국가와 사회협동단체가 소유하는 것으로 규정하고 있다.²⁷ 여기서 사회협동단체소유는 근로자들의 집단적 소유를 말하며 나라 경제에 주도적 역할을 하지 않는 생산수단인 토지, 농기계, 배, 중소 공장, 기업소 등을 사회협동단체가 소유할 수 있다.²⁸

북한 지하자원법은 금속, 비금속, 가연성광물자원과 지열, 지하수, 광천자원을 지하자원으로 규정하고 있으며 국가만이 이를 소유할 수 있다고 정하고 있다.²⁹ 아울러 지하자원은 나라의 번영과 인민의 행복을 위한 재부이기 때문에³⁰ 기관, 기업소, 단체와 공민은 지하자원을 적극 보호하여야 하며³¹ 국가는 지하자원 탐사, 개발, 이용에 대한 사업체계를 세우고 이 부문에 대한 지도와 통제를 강화하도록 하고 있다.³²

이와 같이 북한은 국가 소유인 지하자원을 지하자원개발기관, 기업소,

26 조선민주주의인민공화국 사회주의헌법(2019. 8. 개정) 제21조.

27 조선민주주의인민공화국 사회주의헌법(2019. 8. 개정) 제20조.

28 조선민주주의인민공화국 사회주의헌법(2019. 8. 개정) 제22조.

29 조선민주주의인민공화국 지하자원법(2013. 2. 수정보충) 제2조.

30 조선민주주의인민공화국 지하자원법(2013. 2. 수정보충) 제5조.

31 조선민주주의인민공화국 지하자원법(2013. 2. 수정보충) 제6조.

32 조선민주주의인민공화국 지하자원법(2013. 2. 수정보충) 제7조.

단체 등이 국가와 사회협동단체가 소유한 생산 수단을 동원하여 탐사, 개발, 이용하여야 하는바 북한의 광업 관련 기업소, 광산, 탄광, 공장 등 광업 자산은 국유화되어 있다. 또한 북한 광업 관련 기업소, 광산, 탄광 등은 국유기업의 형태로 운영되고 있다.³³ 국유기업은 사회주의 소유권 제도에 기초하여 경제성과 수익성에 기초하지 않고 운영되었기 때문에 개혁개방에 따른 시장경제 체제 하에서 생존하기 위해서는 기업의 소유 형태에 관한 고려가 필요하다. 사회주의 체제하에서의 국유기업들은 낙후된 기술과 설비, 과도한 인력, 잘못된 선정된 입지 같은 구조적 문제점으로 인하여 시장경제 하에서는 경쟁력을 상실할 것이기 때문이다. 특히 북한의 광업 관련 국유기업이 시장경제 체제 하에서 부실기업으로 전락하거나 해체되는 경우 남북 경제협력이나 시장경제로의 전환을 추진함에 있어 상당한 사회·경제적 부담으로 작용할 것이다.

따라서 북한 우리나라의 평화적 이용을 위해서는 북한의 국유기업인 우리나라 광업소가 시장경제 체제하에서 운영되도록 하기 위한 선행조건을 충족시키도록 하여야 한다. 이를 위해서는 우선 앞에서 자세히 살펴본 바와 같이 북한 우리나라 광산에 대한 정확한 가치평가가 도입되어야 한다.

한편 북한의 회계제도는 사회주의에 따라 정부가 정하는 가격을 기준으로 이루어진다. 시장이 존재하지 않기 때문이다. 아울러 감가상각이라는 개념도 없다. 따라서 북한 우리나라 광산의 평화적 이용을 위해서는 광업 관련 국유기업 등에 적용할 국제기준에 부합하는 회계제도가 마련되

어야 한다. 이와 같은 회계기준을 기반으로 광업 관련 국유기업에 대한 자산평가를 시행하고 각종 회계장부를 작성·비치함으로써 기업에 대한 정확한 정보가 시장에서 공개될 수 있도록 하여야 한다.

북한의 경우 환경 문제에 대한 고려 없이 광업 관련 자산을 개발하였기 때문에 우리나라 광산의 평화적 이용을 실행하는 경우 환경오염으로 인한 불측의 비용을 지불하여야 하는 경우가 발생할 수 있다. 환경오염으로 인한 면책이나 보상의 제한이 제시되지 않는 한 북한 우리나라의 평화적 이용을 추진하는 것은 상당히 곤란하게 될 것이다. 또한 우리나라 개발 지역에 대한 환경복원과 지역사회 발전에 대하여도 전반적인 계획을 가지고 있어야 한다. 이를 위해서는 국제적 광물자원 관리기준을 참고하여 북한 우리나라 광산 개발 지역에 적합한 관리기준을 정립하고 실행하여야 한다.

이러한 선행요건이 충족된 경우 우리나라 광산의 국가안보적 측면을 고려하는 경우 특별법을 제정하여 국영기업의 형태로, 원자력 발전을 통한 우리나라의 평화적 이용을 우선하는 경우 북한과 우리기업 또는 북한과 외국인투자자 등의 합작기업의 형태로 운영되도록 하여야 할 것이다.

33 기업소는 경영단위로서의 성격을 말한다. 공장, 광산, 탄광 등은 생산을 조직·진행하는 생산단위로서의 성격을 말한다. 최종문, 『북한 광물자원 평가와 개발환경』, 씨아이알(2017. 3), 80쪽.

III

국제 우라늄 평가와 관리 기준

- 1. UN 우라늄 평가 기준(UNFC to Uranium)
- 2. UN 지속가능한 광물자원 관리체계(UNRMS)

1. UN 우라늄 평가 기준(UNFC to Uranium)

가. 거버넌스

(1) 평화적 이용

IAEA는 원자력 에너지의 평화적 이용과 관련하여 “원자력 에너지의 활용은 인간과 환경의 보호, 핵무기 비확산, 안보와 관련하여 유익하고 책임 있고 지속가능해야 한다.”는 원칙을 제시하고 있다.³⁴ 이에 따라 원자력 에너지를 이용함에 있어 원칙적으로 (a) 유익성, (b) 책임성, (c) 지속 가능성이 보장되도록 하여야 한다. IAEA는 위 평화적 이용 기본 원칙을 이행하기 위하여 에너지 생산에 있어 우라늄 자원의 분류와 유익한 활용에 적용되는 기준을 정립하였다.³⁵

우선 우라늄 자원의 개발에 있어 우라늄 생산 주기의 장기적 관리에 기여하는 최적 관행(best practice)을 도출하고 활용하여야 한다. 다음으로 핵연료(nuclear fuel) 주기의 활용과 관련한 모든 측면을 계획하고 개발하기 위해서 핵연료 자원의 가용성을 이해하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 우선 우라늄 매장량(deposits)에 대한 분류, 세계 우라늄 자원에 대한 정보 업데이트, 원자력 발전 성장과 관련한 우라늄 공급과 수요

34 International Atomic Energy Agency (IAEA), “Nuclear energy basic principles”. *IAEA Nuclear Energy Series No. NE-BP(2008)*, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1374_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).

35 International Atomic Energy Agency (IAEA), “Nuclear fuel cycle objectives”. *IAEA Nuclear Energy Series No. NF-O(2013)*, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1622_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).

분석 등에 대한 이해가 포함되어야 한다. 천연 우라늄 기술, 우라늄 생산 주기의 최적 관행, 위험과 혜택 등에 대한 정보를 배포하고 이해당사자와 대중을 참여하게 하여 논의하게 함으로써 투명성을 확보하여야 한다. 인간과 환경을 보호하기 위하여 효과적인 입법, 규제, 모니터링, 기술 조항을 우라늄 생산 주기 모든 단계에 걸쳐 개발하고 시행한다. 핵안보 조치(nuclear security measure)를 우라늄 생산 주기 모든 단계에 걸쳐 다루고 이행하여야 한다. 우라늄 채굴 및 정련(milling)에 관한 핵무기 비확산 요건과 절차는 IAEA 회원국의 추가 프로토콜에 따라 이행되어야 한다. 우라늄 공급에 관한 평가에는 장기 공급과 가용성에 대한 평가가 포함되어야 한다. 우라늄 회수 처리(recovery process)는 효율성, 효과성, 경제성을 확대하는 방식으로 발전시켜 나간다. 우라늄 생산 산업은 경험과 정보 교류를 통해 지속적인 개선하고 반영하여야 한다.

(2) 프로젝트 허가 및 운영

채굴 및 처리 프로젝트를 운영하기 위해서는 지속가능한 발전 기준에 따라 각종 정책, 법률 및 규제 관련 사항들이 고려되어야 한다.³⁶ 우선 정부의 안정성이 고려되어야 한다. 프로젝트의 허가 권한을 갖는 해당 정부가 쿠데타, 내란, 소요사태 등 정치적 위기상황에 직면해 있거나 중앙 정부와 지방정부의 마찰이 있는 경우와 같이 정부의 안정성이 확보되지 않는 경우 프로젝트의 안전성과 지속성을 담보할 수 없기 때문이다. 아

36 International Atomic Energy Agency (IAEA), "Establishment of Uranium Mining and Processing Operations in the Context of Sustainable Development". IAEA Nuclear Energy Series NF-T-1.1(2009), http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1401_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).

울러 모든 허가 요소에 대한 이해는 물론, 균형과 조율이 잘 되는 법무 및 엔지니어링 팀, 정부와 운영자(operator) 사이의 명확한 역할 분담, 정확한 일정에 기반한 일관되고 투명한 허가 전략이 필요하다. 이해당사자 참여, 광물자원 개발에 따라 정부가 얻는 수익으로서의 합리적인 로열티 체계, (광산 개발을 위한) 적절한 토지 계획 및 관련 입법, 광산 부지와 관련 토지의 대여나 임대를 허용하는 보완적인 채굴 법안 등이 정비되어야 한다.

광산개발에 따라 인구 이주가 심각한 사회 문제가 될 수 있는 경우 인구 밀집 지역의 토지 소유권 및 활용에 대한 공평한 해결이 모색되어야 한다. 연방, 주 또는 지방 정부 차원에서 천연방사성물질(Nationally-Occurring Radioactive Material: NORM) 산업과 방사선예방 및 환경 보호를 위하여 우라늄 채굴과 처리에 대한 적절한 규제가 정립되어야 한다. 원칙적으로 고용주, 계약자, 발주자, 감독자, 근로자 등 관련한 모든 당사자가 작업장 보건안전 위험을 파악하고 시정하는 책임을 공유하여 부담한다. 법률은 독립적으로 작업장 안전을 점검, 검토, 기록, 촉진하는 규제로서 시행되어야 한다.³⁷ 국제안전기준은 해당 국가가 환경 보호 등 국제법의 일반 원칙을 이행하는데 도움을 준다. 국제안전기준은 안전에 대한 신뢰감을 높이고 확보하며 국제 상거래와 무역을 촉진한다.³⁸ 운영에 있어 환경 규제는 프로젝트의 경제성과 개발 시점에 중대

37 OECD/NEA, "Managing Environmental and Health Impacts of Uranium Mining". Organisation for Economic Co-Operation and Development, <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7062-mehium.pdf> (검색일: 2019. 7. 26.).

38 European Atomic Energy Community(EURATOM), Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, International Maritime Organization, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, United

한 영향을 미친다. 광산 산업의 세계화는 우리나라와 토륨의 성공적인 회수(recovery)에 관한 규제의 통일성으로 이어지고 있다. 특히 환경 기준이나 규제의 경우 그러하다. 세계적으로 비슷한 환경 기준을 채택한다는 것은 객관적이고 통일성 있는 기준에 따르는 것이 국가의 발전과 국제 경쟁력을 제고할 뿐만 아니라 과학적 근거에 기반한 정책을 수행한다는 것을 의미한다.

(3) 지속가능성 및 환경보호를 위한 규제 체계 정비

규제를 통해 현재 진행 중인 (광산의 개발) 운영(operation)은 물론 폐광 이후 장기적 관점을 고려하여 환경과 지역 사회를 보호해야 한다. 이를 위해서는 환경 평가에 관한 규제(입법)이 필요하고 모든 이해당사자, 특히 광산 부지와 가까운 주민과 공동체가 광산 개발과 관련된 정책 등에 대해 의견을 제시하고 영향을 미칠 수 있도록 관련 입법을 정비해야 한다.

광산을 개발 또는 생산하고 있는 대부분의 기업들은 일반적으로 가장 엄격한 환경 통제를 예측하고 이에 대응하는 계획을 수립하고 있다. 지속가능성이 강조됨에 따라 환경 영향뿐만 아니라 사회적 영향에 대해서도 고려되고 있다. 이는 광산 개발과 관련하여 이해당사자 의견 수렴과 공공 검토 절차에 대한 규제의 도입 등을 통해 잘 드러나고 있다. 매장층 유형과 채굴 방법 등으로 대표되는 채굴과 정련의 여러 다른 상황으로

인하여 지속가능성 및 환경에 관한 규제를 도입하거나 시행함에 있어 그 상황에 적합한 다양한 수준 규제를 적용할 필요가 있다.

(4) 인적 자원 확보

정책과 규제를 집행하는 것도 필요하지만 광산 개발 및 생산과 관련한 기관(특히 환경 및 산업보건안전 기관)으로 하여금 전문 인력을 확보하도록 하고, 이들로 하여금 필요한 점검, 검토 등을 수행하도록 하여야 한다.

(5) 투명성과 유연성 확보

우리나라의 개발 및 생산 프로젝트의 수행과 관련된 거버넌스 체계의 투명성 확보는 중요하다. 투명성 요건은 정부와 산업계에 똑같이 적용된다. 투명성을 확보함으로써 지역 사회, 토지소유자, 시민단체 등 이해당사자들에게 지속가능성의 모든 측면이 승인과 운영 규제 과정에서 고려되었다는 신뢰감을 줄 수 있다. 정부가 규제를 정립함에 있어 투명성을 확보하지 못한다면, 정부가 업계와 공모한다고 이해당사자들의 그릇된 인식을 심어줄 수 있는 위험이 있다. 투명성을 확보함과 동시에, 정부는 경제 발전, 환경 보호, 사회적 편익 사이의 최적 균형을 찾기 위해 어느 정도의 유연성도 발휘하여야 한다.³⁹

Nations Environment Programme, World Health Organization (2006) Fundamental Safety Principles. Safety Standards Series No. SF-1, IAEA, Vienna, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1273_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).

39 International Atomic Energy Agency (IAEA) (2009), supra note 5.

(6) 국제적 보호조치(nuclear safeguards)의 실행

우라늄은 핵무기 개발에 사용될 수 있기 때문에, 우라늄 생산은 다른 광물 개발에는 적용되지 않는 추가적 제한을 받는다. 즉 우라늄의 국제 거래를 원하는 당사자들은 IAEA 안전보장조치(IAEA safeguards)에 동의해야 한다. 우라늄 채굴 및 정련 시설에 대한 안전보장조치는 추가 프로토콜(AP)의 이행에 따라 국가가 신고한 활동과 신고하지 않은 활동이 없음을 검증하는 것으로 구성되어 있다.⁴⁰ 원료물질이 “연료 가공(fuel fabrication)이나 동위원소 농축을(being isotopically enriched) 위한 적절한 조성 및 순도”에 도달하지 않는 경우에는, 추가 프로토콜이나 종합안전보장조치합의서(comprehensive safeguard agreement)에 따른 상세한 핵물질 신고(accountancy)가 요구되지 않는다.⁴¹ 추가 프로토콜에 따라 채굴 및 정련 시설에 대해 안전보장조치의 검증을 허용하는 것은 채굴 및 정련 운영 활동 모두가 IAEA 안전보장조치에 따른 요건에 부합한다는 점을 보장하는데 도움이 될 수 있다. 일부 국가의 경우 생산국과 수요국 사이의 양자 합의서가 필요하다. 안전보장조치 체계 하에서는 출납(accountability) 기록 검증을 위한 주기적 현장 시찰과 함께 국가 간 및 국가 내 시설 간 이전된 모든 우라늄의 출납 기록이 필요하다.

40 International Atomic Energy Agency (IAEA) (1997) “Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards”, INFCIRC/540. <https://www.iaea.org/publications/documents/infircs/model-protocol-additional-agreements-between-states-and> (검색일: 2019. 8. 20.).

41 International Atomic Energy Agency (IAEA) (1972) “The Structure and Content of Agreements between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons”, INFCIRC/153. <https://www.iaea.org/publications/documents/infircs/structure-and-content-agreements-between-agency-and-statesrequired> (검색일: 2019. 6. 21.).

나. 프로세스 관리와 의사결정

우라늄 채굴 및 처리 프로젝트를 지원하기 위한 일정과 의사결정 시점 접근법의 채택은 폐쇄, 해체, 부지 반납(즉 이전) 등 전체 프로젝트 수명 주기 동안 원활한 계획과 운영을 촉진할 수 있다. 이와 관련하여 UNFC-2009 기준, 지질학적 지식, 프로젝트 타당성, 프로젝트 수명의 주요 일정에 초점을 맞춘 사회경제적 실행가능성에 부합하여야 한다. 이는 철저한 수요 및 차이 분석이 수행되어야 성공할 수 있다. 차이 분석의 결과에 따라 역량 개발 및 자원 분배를 한 번에 전체 수명 주기를 모두 다루는 것보다 특정한 일정에 초점을 맞추어 진행하여야 한다. 특히 우라늄 채굴 및 정련 프로젝트의 설계, 허가, 운영의 수요에 대해 익숙하지 않은 국가의 경우 정부가 관리할 수 있는 정도에서 점진적으로 정책과 규제들을 강화하는 방향으로 나아가야 한다. 이러한 일정 중에서 중요한 역할을 하는 것이 타당성 조사이다. 일단 이를 통과하면, 선별한 통제 지점에서 의사결정자들이 효과적으로 채굴 및 정련 수명 주기의 전체 준비 상황을 모니터링하고 프로젝트 수명의 각 중요 통제 지점에서 필요한 의사결정 시점을 적용한다.

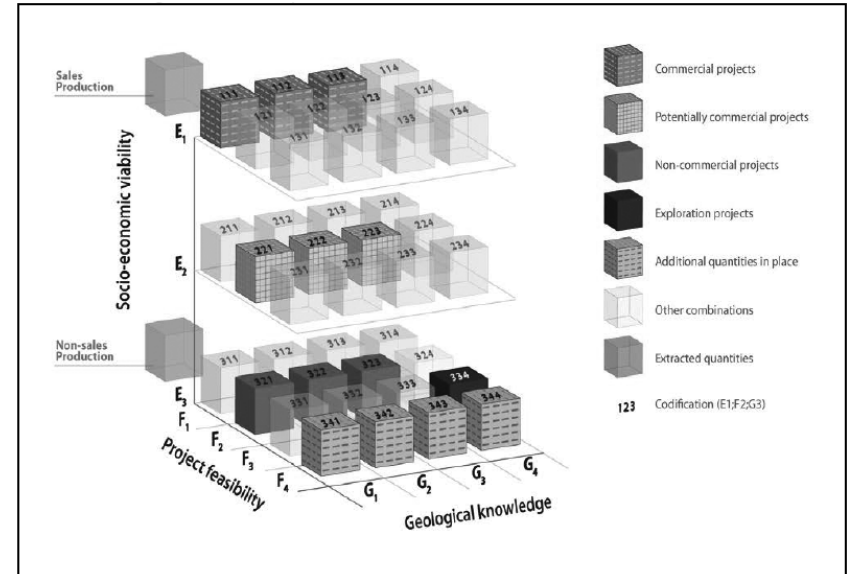
일정은 그 특성상 일반적이기 때문에 다양한 채굴 및 광물 처리 프로젝트에서 사용될 수 있는데, 이는 단순히 우라늄 분야만을 넘어 투자대비 수익이 넓게 나타날 수 있다는 점을 의미한다. 이를 이용하여 소규모 통제 지점에 집중하여 프로젝트 수명 주기에 걸쳐 유의미한 정성적 개선과 비용 절감을 가져올 수 있다. 이러한 방법의 특징은 수명 주기의 프로젝트 팀워크, 의사소통, 문서화에 있어 “하나 위/하나 아래” 접근법이다. 각 마일스톤에서 발주자나 이해당사자는 (a) 자신의 일정에 선행하는 일

정의 상대방(“하나 위”) 및 (b) 자신의 일정을 뒤따르는 상대방(“하나 아래”)에 대해 이해관계를 형성하고 밀접한 관계를 맺게 된다. 이와 같은 접근법을 통하여 프로젝트 수명 주기의 각 단계에 걸쳐 핵심 지식을 유지하고 프로젝트 유연성을 확보할 수 있다.

다. 경제성에 기초한 우라늄 분류

UNFC-2009는 아래 [그림 11]에서와 같이 E1, E2, E3를 경제성이 있어 실행 가능한 프로젝트로 정의하고 있다. “경제성이 있어 실행가능”이라는 표현은 경제(협의) 및 기타 관련 “시장 조건”을 포함하고 가격, 비용, 법률 및 재무 상태, 개발 프로젝트의 실행가능성에 직접적인 영향을 미치는 환경·사회·기타 비기술 요인을 고려하여 결정된다는 것에 주목하여야 한다. 개발 프로젝트나 채굴 활동을 통해 채굴할 수 있는 추정 매장량 분류에서, E축의 분류는 경제, 법률, 기타 비기술 요인 외에 상업적 실행가능성에 관련이 있을 수 있는 환경과 사회 문제를 포함하도록 명시하고 있다.

[그림 11] UNFC 광물자원 분류도



출처: UNFC to Uranium

특히, 프로젝트 전체 수명 주기에 걸쳐 추정 당시의 알려진 모든 환경이나 사회적 영향의 파악과 고려는 프로젝트의 평가에서 매우 중요한 부분이다. 환경이나 사회적 장애사항의 존재는 프로젝트가 진행되지 못하게 가로 막거나 기존 운영을 중단시키거나 종료시킬 수도 있다.

경제성 분류는 원자재 가격, 운영비, 법률·재무 상태, 환경 규제, 알려진 환경이나 사회 장애사항 등 프로젝트의 실행가능성에 직접 영향을 미치는 비기술적 문제를 모두 포함한다. 이러한 문제는 신규 프로젝트의 진행을 막거나(따라서 매장량은 E2나 E3로 분류), 기존 운영에 있어 채굴 활동의 중단이나 종료로 이어질 수 있다. 채굴 활동이 중단되었지만 “가까운 미래에 경제적 채굴과 판매에 대한 합리적인 전망”이 있는 경

우, 기술적으로 회수할 수 있는 잔여 매장량은 E1에서 E2로 재분류한다. “가까운 미래에 경제적 채굴과 판매에 대한 합리적인 전망”이 증명되지 않는 경우, 잔여 매장량은 E1에서 E3로 재분류한다.

E1-E3의 하위분류를 활용하여 프로젝트를 더 세밀하게 정의할 수 있다. 예를 들어, 우라늄 생산이 국가 프로그램 차원에서 진행되고 생산 비용이 시장 가격보다 높다고 가정할 때, E1.2 분류가 적용될 수 있다. 하지만 보고서에 이와 같은 구분을 하는 것은 의무 사항이 아니라 선택 사항이다.

UNFC-2009는 비상업 프로젝트, 탐사 프로젝트, 추가 매장량(비회수 매장량) 등을 기록하도록 하고 있다. 업계의 보고서에는 이러한 매장량을 포함시킬 필요가 없을 수 있지만, 정부 보고서나 국제에너지조사 등과 같은 이해당사자들에게는 필수적으로 요구되고 있다.

자원 추정과 분류에 있어 “효력발생일(effective date)”은 의무적으로 제공되어야 할 사항이다. ‘레드 북’에는 (a) 평가가 지난 5년 안에 진행되었는지, (b) 평가가 지난 5년 안에 부분적으로 진행되었는지, (c) 평가가 지난 5년 안에 진행되지 않았는지 여부를 보고하여야 한다. 우라늄의 경우 이를 향후 100년까지 하도록 명시하고 있다.

UNFC-2009 일반 규정서(원자재나 생산물 유형)는 “추정 매장량은 따로 사용, 이전, 처분할 수 있는 각 원자재나 유의한 생산물 유형에 따라 개별적으로 보고해야 한다.”라고 기술하고 있다(III.B.1.(b)). ‘레드 북’은 기타 경제성 있는 광물과의 공동생산물이나 부산물 관계를 보고하도록 하고 있다. 공동생산물의 경우, 해당 광물들을 표기하며 우라늄 비용 분류를 결정함에 있어 해당 광물들의 단위 가격을 나타내도록 한다. 인산염에서 우라늄을 부산물로 채굴하는 경우, 인산염 생산은 우라늄 채굴이

비슷한 분류에 배정되기 전 E1F1을 만족해야 한다.

UNFC-2009 일반 규정서 H는, E1, E2, E3 등 경제성 축에 따라 분류한 매장량의 구분은 “가까운 미래에 경제적 채굴과 판매에 대한 합리적인 전망”이라는 문구에 기반하고 있는데, “가까운 미래”라는 정의는 원자재에 따라 달라 질 수 있다. 이러한 점에서 우라늄에 대한 전망은 IAEA의 혁신원자로연료주기국제사업(INPRO)을 통해 확인할 수 있다. 동 사업에 따라 IAEA는 2050년까지의 우라늄 공급 분석을 통해 향후 50년 간의 우라늄 가용성을 살펴보고 있다. 한편, 여러 국가의 공식 제출 자료에 기반한 ‘레드 북’은 향후 25년 간 중기적 우라늄 수요와 공급을 살펴보고 있다. 이러한 자료에 기초하여 우라늄에 대한 가까운 미래를 전망하고 이를 고려하여 향후 그 경제성을 평가하여야 할 것이다.

라. 광산 운영에 대한 사회적 승인

21세기 들어서 운영에 대한 사회적 허가(SLO)라는 개념이 명확해지면서 채택하는 사례가 증가하고 있다.⁴² SLO는 문서의 형식은 갖추지 않지만 무형의 특성을 지니며, 여러 직/간접 이해당사자와 함께 프로젝트에 직접 영향을 받는 지역공동체의 승인을 받고 유지하는 광산에서의 채굴 및 처리 프로젝트가 거쳐야 하는 과정이다. 이러한 과정은 프로젝트 및 공동체마다 달리 진행된다. 하지만 성공적인 프로젝트 진행을 위해서는 광산 운영은 물론 지역공동체의 이해당사자들 사이에서 현실적이고 공

42 Mining Minerals and Sustainable Development (MMSD), Breaking New Ground - Mining, Minerals, and Sustainable Development, *The Report of the MMSD Project*, 454, 2002, p. 5, London, Earthscan Publications Ltd.

정한 이익 분배가 추구되어야 한다. 이러한 과정은 UNFC-2009에 따른 E축의 자원 진행과 나아가 프로젝트의 전반적 성공에 있어 매우 중요하다.

일단 합의되면 SLO는 자본지출(CAPEX) 투자와 사회자본(SOCSEX) 투자 간의 안정적인 관계를 나타내는 협상의 균형점을 식별하여야 한다.⁴³ 이러한 균형이 양당사자 모두에게 이익이 되도록 달성되는 경우, 프로젝트를 장기적으로 지속가능하게 한다. 따라서 처음부터 운영 기관과 발주자는 프로젝트를 지속가능하게 하기 위한 “공동체 배당금”에 대한 정의부터 프로젝트 수행을 위해 사회자본이 얼마나 필요한지 인지할 필요가 있다.⁴⁴ 신뢰할 수 있는 공동체 배당금은 진행 중인 프로젝트 용량의 중요 측정 지표로서 수명 주기 내내 이익을 제공하기 위한 것이다. 또한, 프로젝트 관련 공동체가 프로젝트가 종료되어도 지속가능성을 확보할 수 있는 수단 역할을 한다. 사회 자본은 공동체의 필요, 가용 기술, 문화 간의 관계가 기능하는 것이다.⁴⁵

사회 자본은 이들의 승인을 돈으로 매수하려 하면 사실상 훼손시킨다. 하지만 프로젝트는 사회 자본만으로 존속할 수 없다. 균형점을 유지하는 지속가능한 사업은 반드시 측정 가능한 프로젝트 수명 주기에 걸친 재무, 사회, 환경적 이점을 보여주어야 한다.⁴⁶

43 J. Nash, “Non-cooperative Games”, *Annals of Mathematics*, 54, 2005, pp. 286-295.

44 KPMG, *The Community Investment Dividend, Measuring the Value of Community Investment to Support Your Social Licence to Operate*, 2013.

45 G. H. Brundtland (ed.) *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford: Oxford University Press, 1985.

46 J. Elkington, “Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development”, *California Management Review* 36(2), 1994, pp. 90 - 100.

투자는 역량 개발, 인프라 개발, 장기적 공동체/운영 기관 파트너십에 기반한 사회자본의 확대와 자립성으로 이어져야 한다. 투자의 성공은 기술 이전이나 파급 효과 등의 성과로 나타날 수 있다. 투자는 국제적으로 공인된 보건안전 기준을 만족하는 결과로 나타나야 한다. 장기적으로 공동체와 운영 기관 간 이익의 공평한 분배에는 이해당사자의 변화하는 필요와 문화를 반영해야 한다.⁴⁷

마. 환경·사회적 영향 평가

환경/사회적 영향 평가(ESIA)의 개념은 어느 프로젝트에서나 계획 및 허가에서 수용되고 있으며 전 세계적으로 의무 사항이 되어가고 있다. ESIA의 중심에는 폐기물 예방이나 관리에 관한 정책이 있다[38]. 아울러 재사용, 재활용, 폐기물에서 에너지 회수 등도 포함되어 있다. 특히 점진적 복원은 물론 해체요건과 해체에 따른 재정적 지원, 우라늄 찌꺼기 관리 및 유지보수 계획 등도 반영되어야 한다. 효과적인 폐기물은 “폐기물 제로”를 비전으로 그 결과가 현세대에서 처리할 수 있는 것보다 미래 세대에 문제가 되지 않도록 하는 원칙을 충족하도록 한다. 폐기물 관리 계획은 사회적 승인을 구하는데 있어서 핵심이며 우라늄 광산 개발과 같은 장기 프로젝트가 경험할 수 있는 재정적 위험을 감소시키고 지역사회와 이해당사자의 반대 또한 감소시킬 수 있다.⁴⁸

47 W. E. Falck, J. Hilton, J., Schnell, H., & Tulsidas, H. (2015) Social licensing and Stakeholder Communication in Uranium Exploration and Mining. In *Uranium—Past and Future Challenges*, Springer International Publishing. pp. 87 - 94.

48 J. Hilton, B. Birky, M. Moussaid, “Comprehensive Extraction, a Key Requirement for Social Licensing

바. 방사선 방호

우라늄 광산 노동자의 방사선 피폭 위험을 최소화함은 물론 농오자 방사선 피폭에 따른 사회경제적 요인도 고려하여야 한다. 특히 노동자 개인의 피폭에 대한 절대 한계치를 설정하여야 한다. 아울러 방사선 피폭 예방을 위한 교육 훈련 조치를 정례적으로 실시하여야 한다.

사. 해체와 복원

우라늄 광산과 정련소에 대한 폐쇄, 해체, 복원은 우라늄 개발과 생산에 있어 매우 중요한 단계이므로 신중히 고려하여야 한다. 우라늄 광산 채굴은 해체(또는 철거) 이후 환경적 부작용을 지속적으로 발생시킬 가능성이 매우 크며 관련 사례도 많다. 우라늄 광산 개발의 초기 단계부터 폐기물 처분과 활용 제한, 안전한 해체와 환경 복원 등에 대한 장기적 계획을 통해 이에 철저히 대비하여야 한다.

우선, 방사성 폐기물에 대한 장기적 격납 계획은 필수적이다. 우라늄 광산 개발 관련 부지에 대한 환경 및 사회적 복원이 적절히 마무리 되어 정부에 이전될 수 있도록 하여야 한다. 오늘날 대부분 국가에서는 우라늄 광산 개발과 관련한 운영사가 특정 금융 상품(은행 보증, 채권, 신탁 기금 등)에 가입하여 해체와 복원을 위한 재정 보증을 프로젝트 시작 시 제공하도록 하고 있다. 이는 우라늄 광산 운영 회사가 갑자기 운영을 종료하거나 금융 위기를 겪는 경우, 복원과 이후 모니터링 및 향후 유지보

수에 대한 비용을 확보함으로써 국가가 이에 대한 비용을 부담하지 않도록 하기 위한 것이다. 우라늄 광산의 개발·생산과 관련된 상당한 이해 당사자들이 광산 채굴 종료와 해체 이후 우라늄 채굴이 환경과 사회경제에 미치는 영향에 대해 우려하고 있다. 우라늄 채굴 프로젝트의 지속가능성을 확보하기 위해 종합적인 수명 주기 관리 접근법이 필요하다.

2. UN 지속가능한 광물자원 관리체계(UNRMS)

가. 지속가능한 발전을 위한 자원관리

UN은 2015년에 2030년을 향한 지속가능한 개발목표(SDGs)를 발표하였다(2030년 의제). 이후 2015년 9월 193개국이 이를 채택함에 따라, 2016년 1월 1일 17건의 지속가능한 개발목표(SDGs)의 효력이 발휘되었다.⁴⁹ 2030년 의제는 인류와 지구에 있어 번영이 더욱 평등하게 공유되도록 하기 위하여 포용, 지속가능성, 회복성이 있는 미래가 구축되도록 세계가 공동으로 노력할 것을 요구하고 있다. 이와 관련하여 경제 성장, 사회 포용성, 환경 보호 등 3가지 요소를 조화시키는 것이 지속가능한 개발의 핵심 요소가 되었다.

2030년 의제의 중심에 있는 인류와 지구 번영의 3가지 핵심 축은 “모든 인류가 존엄성과 평등, 건강한 환경에서 자신의 잠재력을 실현”하도

of NORM Industries?” Conference Proceedings NORM 7, Beijing 2013.

49 UN, “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development” (2015) <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (검색일: 2019. 4. 11.).

록 하기 위한 것이다. 이는 “지구가 현재와 미래 세대의 필요를 감당할 수 있도록 소비와 생산, 천연 자원을 지속가능하게 관리하고, 기후변화에 대한 신속한 조치를 통해 지구를 보호한다.”는 목표로 이어진다. 그 결과 전 세계는 “모든 인류가 번영하고 보람찬 삶을 향유할 수 있도록 경제, 사회, 기술 발전이 자연과 조화되어 이루어지도록 하여야 한다.”는 개발에 관한 통합적 패러다임을 도출하였다.

2030년 의제에 따라 모든 지속가능한 개발목표를 달성하기 위해서는 광물자원에 대한 효율적 관리가 중요하다는 점이 명확하게 인정되고 있다. 광물자원에 대한 효율적 관리는 “경제, 사회, 환경 등 지속가능한 발전을 위한 3가지 요인과 통합적이고 불가분의 관계에 있으며 이 3가지 요인에 대하여 균형을 맞추는” 과정이라고 할 수 있다. 그러므로 이제 자원관리의 경제성은 John Nash가 균형 이론에서 말한 바와 같이 모든 관련 당사자가 승자가 되거나 모두가 패자가 되는 게임이 되었다.⁵⁰ 20세기 자원관리의 특징은 호황과 불황이 연속적으로 주기를 반복하였으며, 오염과 폐기물을 높은 비용으로 다음 세대에 전가시켜버린 부정적인 외부 효과를 수반한 시대였다.

국제자원패널(International Resource Panel : IRP)은 “세계자원 활용평가: 자원 효율성과 오염 감소에 대한 체계적 접근법(Assessing Global Resource Use: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction, 2017)” 보고서에서 20세기 자원관리에 대해 위와 같이 결론지었다. 나아가 이 보고서는 바이오매스, 화석연료, 비금속 광물 등 900억 톤의 자원이 2017년 사용되었다고 하였다. 그런데 이

50 M.. J. Osborne and A. Rubinstein., *A Course in Game Theory*, MA: MIT, 1994.

는 1970년에 사용한 자원량의 3배 규모이며 2050년⁵¹이 되면 자원 수요가 2017년도의 2배로 증가하여 연간 1800억 톤에 이를 것으로 전망하였다. 이러한 평가에 기반하여 동 보고서는 “단일 자원, 단일 경제 분야, 단일 환경 및 보건 영향에 초점을 두어서는 지속가능한 개발목표를 종합적으로 달성할 수 없다”고 하였다. 따라서 “채굴에서 최종 폐기물 처분까지, 자원의 흐름과 관련한 수명 주기의 각 단계에서 환경, 경제, 사회 등의 활용과 영향에 연계하는 체계적 접근법”이 요구된다고 하였다.

지속가능한 광물자원 관리 방법은 생산과 소비에 대한 SDGs 12를 중심으로, 에너지와 관련된 SDGs 7, 산업·혁신·인프라에 대한 SDGs 9, 도시와 인간 거주지의 포용성·안전성·회복성·지속가능성에 관한 SDGs 11, 기후 변화와 이에 따른 신속한 대응 조치와 관련된 SDGs 13 등이 직·간접적으로 연계되어 있다.

나. 자원관리를 위한 체계적 접근

지속가능한 자원관리에 대한 체계적 접근법⁵²은, 특정 국가나 기업의

51 2050년 자원 활용이 2배로 증가할 것으로 예상됨에 따라, 더 나은 천연자원 활용이 오염 없는 지구를 위해 필요, UN Environment, “With resource use expected to double by 2050, better natural resource use essential for a pollution-free planet”, 2017, <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/resource-use-expected-double-2050-better-natural-resource-use> (검색일: 2019. 4. 3.).

52 체계(system)는 메커니즘 또는 상호연계된 네트워크, 즉 복합적 전체의 구성 요소로 여러 부분이 함께 작동하는 것이다. 체계는 단순한 부분의 집합 그 이상으로, 적응성, 역동성, 목적 추구성, 자가보존성, 진화적 행동성을 보인다. 체계의 여러 상호작용은 정보의 흐름을 통해 작동한다. 정보는 여러 체계를 하나로 묶으며 운영 방식 결정에 커다란 역할을 한다. 체계적 접근법은 행동을 예측하고 바람직한 효과를 내기 위해 변경하는 것 외에 체계를 파악하고 이해하기 위한 체계적 사고에서 도출되는 것이다. Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems: A Primer*. Chelsea

지속가능한 개발 프로그램을 프로젝트 차원으로 연계하는 것과 같이, 정책들 사이의 통합을 긴밀하게 이행하고 있다. 이와 같은 정책들의 통합이 실현되는 경우, 자원에 대한 생명주기(life-cycle) 관리(자원 중심), 경제성 있는 자원의 발견 및 사회적 환경적 보상(가치 중심), 상품 중심의 패러다임으로부터의 탈피(서비스 또는 고객 중심), 전략적 필요성에 대한 점점(수급 안보와 중요성) 등의 요소를 가지고 근본적인 변화를 가져올 것으로 보인다.

위의 각 요소는 자원관리에 있어 직선형이 아닌 순환형 경제로의 전환에 기여할 것이다. 순환형 경제에서 모든 자원은 1차이건 2차이건 상관없이 “폐기물 제로(waste zero)”에 이르기까지 최대한도로 폐기물을 감소시키는 지점까지 모든 자원이 보유·활용되도록 하기 때문이다.

이와 같은 새로운 자원관리 모델 하에서, 경제적 수익과 영업 이익은 중요하지만, 주요 요인이 될 필요는 없다. 사회적 및 환경적 성과가 좋으면 수익은 뒤따를 것이기 때문이다. 이는 급진적인 관점이 아니며, 지난 세기 동안 상당수의 기업들이 경험한 것이다⁵³.

결국 이러한 순환형 자원관리 모델의 핵심은 종합적 자원 회수(Comprehensive resource recovery), 순환성(Circularity), 위해 제로 및 폐기물 제로(Zero harm and zero waste)로 식별될 수 있다. 여기서 종합적 자원 회수라 함은 광물자원 개발과 관련된 프로젝트의 수행에 있어 공동생산물, 부산물, 생태계 혜택 등과 같은 자원과 관련된

모든 가치를 회수함으로써 프로젝트가 수행되기 이전 상태로 회복시켜야 한다는 것을 말한다. 순환성은 감소(reduce), 재사용(reuse), 재활용(recycle) 요건이 설정한 범위 내에서 원재료가(raw material) 유지될 수 있도록 하는 모든 활동을 말한다. 위해 제로 및 폐기물 제로는 인류와 환경의 안정을 최대화하고 폐기물을 제거하기 위한 활동을 말한다.

자원 효율성, 순환성, 폐기물 최소화의 중요성에 관한 연구와 보고가 많이 수행되었지만, 이를 구체적으로 이행하기 위한 종합적 방법론에 대한 구성은 부족한 실정이다. 정책적 변환만으로는 충분하지 않으며 정책을 객관화하고 실제 실행할 수 있도록 연계하는 것이 필요하다.

지속가능한 개발의 목적은 프로젝트의 운영 수준에서도 이행될 수 있는 체계적 접근법을 명확하게 요구하고 있다. 상위 수준에서 정책목적을 이해하였다 하더라도, 프로젝트를 진행시키기 위한 메커니즘은 필요하다. 즉 자원관리를 운영이나 프로젝트 수준에서 6하 원칙에 따라 구체적으로 수행하기 위해서는 유연한 체계적 기본 틀이 필요하다. 즉, SDGs와 연계된 자원관리 기본 틀은 하향식 정책 지시를 상향식 프로젝트 이행으로 일관성 있게 연계하는바 지속가능한 발전의 이행을 위해 반드시 정립되어야 한다.

그 가운데 하나가 필수자원에 대한 안보, 접근성, 비용을 통합하여, 식량·에너지·물(FEW)을 통합적으로 관리하는 것이 2030년 의제 프레임 하의 지속가능한 자원관리의 기반이 된다. 다른 측면에서 보면, FEW 요건을 만족하는 것은 주요 천연자원 기반 그 자체를 제공하는 것이다. 지속가능한 자원관리는 FEW를 안정적으로 지원할 뿐만 아니라, 원자재 또한 FEW의 3가지 범주 내에 포함될 수 있다. 자원관리 방법은 FEW 영역의 복잡한 네트워크를 분석하고, 간극(미충족요구)을 파악하며, 의

Green Publishing.

53 J. C. Collins, and J. I. Porras, *Built To Last: Successful Habits of Visionary Companies*, Random House, 2005.

사결정자와 정책입안자가 이러한 간극을 메울 수 있도록 유도해야한다.

다. 사회, 환경, 경제적 이익 고려

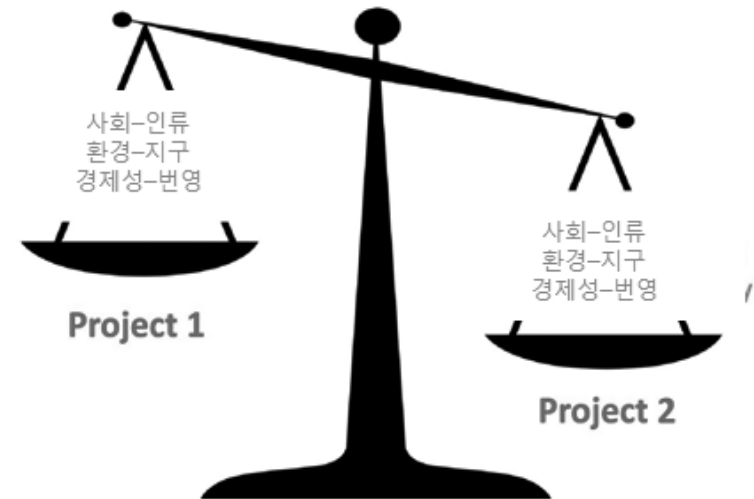
지속가능한 자원개발을 한분야나 경제의 한분야만 수행하는 경우는 극히 드물다. 보통 다양한 분야 사이의 복잡한 상호작용과 대규모의 여러 분야 팀이 협력을 통해 자원개발이 이루어지는 것이 보통이다. 2030년 의제 준수와 국가 또는 지역의 지속가능한 발전프로그램은 관련 규정을 모두 준수해야하고, 기업의 비즈니스 모델에 완전히 통합하고, 실제 프로젝트 이행의 복잡한 사항을 충분히 이해해야 한다.

이러한 복잡한 활동망은 불확실성을 다루는 방법에 대한 이해와 더불어 일관성 있고 정확한 데이터에 대한 지속적인 실시간 접근을 필요로 한다. 기존의 “이익우선” 동기에서 이로운 사회 및 환경성과를 목표로 하는 여러 조치로 인해 복잡성은 자연스럽게 증가할 수밖에 없다. 복잡성이 증가함에 따라 다양한 주체간의 데이터가 동기화 되지 않음에 따른 위험이 있을 수 있다. 정책입안자, 의사결정자, 프로젝트관계자들은 정보를 똑같이 갖고 있지 않기 때문에 같은 생각을 하고 있지 않은 경우가 자주 있다. 모든 층위의 주체는 개발에 대한 성숙도, 기회, 장벽과 더불어 활용할 수 있는 방안을 파악할 필요가 있다. 모든 방안에는 장단점은 물론 리스크와 난관이 있다. 프로젝트 수명주기 중 개발의 사회, 환경, 경제적 측면을 균형적으로 보고 이성적으로 판단하여 선택하거나 의사결정을 할 필요가 있다.

진행도는 단순히 활동에 시간을 기록하는 것이 아니다. 성과개선이 언제나 이루어져야 한다. 이를 위해, 미래의 더 나은 결정을 위해 프로젝트

의 성과를 분석하는 것이 필요하다. 현재의 프로젝트 이행과 그 지속적인 거버넌스는 상호 연계되어 있기 때문이다.

[그림 12] 사회, 환경, 경제적 수익에 따른 프로젝트 평가 저울



출처: UNRMS

자원개발 프로젝트에서 위와 같은 사항은 프로젝트관리의 모범사례일 뿐만 아니라 생산에 활용할 수 있는 자원량(매장량) 결정과 조치와도 연관된다. 비재생원자재인지 신재생에너지인지에 대한 기준과 필터링을 적용하고 시스템 전반에 걸쳐 성과를 예측해야한다. 바람직한 의사결정은 프로젝트 산출물, 성과, 영향에 대한 데이터, 정보, 지식에 기반한다. 바람직한 인류-지구-번영의 최종지점에서 프로젝트 선정과 설계로 역추적(역설계)하여, 프로젝트는 예측결과를 저울질하여 평가하고, 진행도는

실제성과에 기반하여 측정한다. 최대수익을 내는 프로젝트에 현재 초점을 두어야 하지만, 저울 반대편에 위치한 프로젝트 또한 관심을 두어, 프로젝트 제공 중 수익 간 균형이 이루어지도록 하여야 한다.

가능한 성과를 평가하는 것은 시장변동성, 정치적 불안정성, 자연재해 등 “알려지지 않은 변수”만이 아니라 생각 조차할 수 없는 “알 수 없는 변수” 때문에 매우 어렵다. 미래의 극심한 불확실성에 대해 바람직한 의사결정자나 프로젝트시행자의 접근법은 “알려지지 않은 변수”를 피하고 부정적 영향을 최소화 하는 것이지만, “알 수 없는 변수”에 노출되지 않도록 하거나 “알 수 없는 변수”가 발생하는 경우 유연하게 대처하는 것이다.

자원개발 프로젝트에 대한 자원조달에는 투자 준비도에 대한 독립적인 평가가 필요하다. 이는 가용한 정보명확성에 기반한다. 과학적 엄밀성이 투자대비 수익만을 이해하기 위해 필요한 것이 아니다. 오늘날에는 특히 사회 및 환경적 수익에 대해서도 궁금해 하는 투자자들이 늘어나고 있다. 향후스마트하고 유연한 자원조달은 데이터 및 정보에 더 엄격한 요건을 부과할 것이다. 따라서 일관성 있는 데이터, 정보, 지식을 갖추는 것이 프로젝트 진행을 위해 중요하다. 하지만 현재 프로젝트에 대한 일관성 있는 데이터, 정보, 지식은 대부분 필요할 때에만 구축할 뿐이다. 일관성 있는 데이터와 정보를 표준화하는 도구가 부족한 실정이다.

라. 4차 산업혁명과 자원관리

세계는 디지털 변혁을 하고 있다. 디지털 변혁은 사회의 모든 부분에 영향을 미치지만, 산업에 더 영향을 끼치기 때문에 4차 산업혁명이라고

도 불린다. 즉, 이러한 구조적 변혁은 정보와 지식을 사회의 모든 활동에 포함시키고 이러한 활동을 과거와는 다른 방식으로 특수화하는 것을 말한다. 스마트기기, 로봇, 인공지능은 전통적 특수성을 대체하고, 인간의 역량은 과거에는 보지 못한 특별한 수준의 일반화를 수행하도록 도전받고 있다. 과거에는 인간 활동에 있어 차별화 또는 특수화를 보여주기가 용이하였다. 오늘날 인간의 역량은 이와 같은 차별화나 특수화를 뛰어넘어 상호연계성, 연결성, 새로운 패턴을 보는 초특수화가 필요하다. 따라서 자원 개발과 관련하여 인간은 “배운 것을 잊고 다시 배우는” 새로운 자원가치체인(resource value chain)이 필요하다. “채굴”에서 새로운 경제자원으로 이행하는 무형자원의 등장은 역량, 의사소통, 물질을 서비스로 보는 것, 운영에 있어 건전한 사회적 허가를 확보하는 것 등을 특징으로 한다.

인공지능과 기계학습에 기반한 4차 산업혁명 혹은 산업 4.0은 자원개발 산업에 더 깊은 영향을 미칠 것이다. 분야 간 연계, 기술과 공정간 합성, 광범위한 혁신 등이 발생할 것이다. 비즈니스과정에 회복성과 건전성을 확보하는 일이 향후 많은 관심을 받을 것이다. 효과적인 주체는 앞서 살펴본 필수요건, 일관성 있는 데이터, 정보, 지식을 살펴봐야 할 것이다.

마. 광물자원 관리 핵심표지

이상적인 자원관리 체계는 개발 및 미개발 프로젝트를 모두 파악하고 산출물 운영과 생산에 대한 성숙도를 파악해야 한다. 또한 각 프로젝트의 사회, 환경, 경제적 실행가능성의 핵심속성을 파악할 수 있어야 한다. 이

와 같은 체계는 우리나라 광산 현장, 운영 회사, 국가, 지역 차원에서 프로젝트를 지속가능하게 한다. 이를 위하여 △핵심역량 및 능력, △프로젝트 이행, △난관 극복을 위한 혁신, △폐기물제로, △피해제로, △자원량 추정 및 예측, △문서화, △결과분석 등을 광물자원 관리를 위한 표지로 제시되어야 한다. 아울러 필요한 경우 이러한 표지를 정량화하거나 정성적으로 기술할 수 있어야 한다.

IV

북한 우라늄 광산의 평가와 관리방안 모색

1. 북한 우라늄 광산에 대한 최적 관리체계 제안
2. 북한 우라늄 광산 지역의 대체 산업도시로의 전환

1. 북한 우라늄 광산에 대한 최적 관리체계 제안

가. 북한 우라늄 개발과 관리를 위한 지원 방안

(1) 우라늄 개발을 위한 전제조건

자본주의 경제체제인 남한과 사회주의 국가인 북한이 우라늄 광산 개발 등 경제협력을 하기 위해서는 우선적으로 준비하여야 할 과제들이 있다. 북한은 축적된 내자가 부재하기 때문에 외자 유치를 통한 경제개발을 추진할 수밖에 없다. 따라서 북한이 남한을 포함하여 외국인투자를 통해 개혁개방과 남북협력에 성공하기 위해서는, 첫째 해외자본에 대한 투자 위협이 없는 환경의 정비가 전제되어야 한다. 사회주의 국가인 북한의 경우 생산수단과 자산이 국유이기 때문에 경제개발을 위해서는 국유자산에 대한 사유화를 통해 시장경제질서에 적응할 수 있는 민간 기업을 육성하고 외국인투자가 활성화될 수 있는 토대를 구축하여야 한다. 따라서 북한의 우라늄 광산 관련 국유 기업소, 공장 등을 주식회사나 유한회사 형태로 전환시켜야 한다.

둘째 북한의 우라늄 광산 관련 국유 기업소, 공장 등을 회사 형태로 전환하기 위해서는 이들 단체가 소유한 자산 가치에 대한 명확한 평가가 선행되어야 한다. 그런데 북한의 우라늄 광산 관련 국유 기업소, 공장 등은 사회주의 체제하에서 운영되었기 때문에 그 시장가치에 대한 평가를 수행하지 않았다. 그러므로 북한의 우라늄 광산 관련 국유 기업소, 공장 등이 소유한 자산에 대한 시장가치에 대한 평가가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 북한에 적용될 평가체계를 따로 마련하거나 우리 정부 혹은

국제적 평가기준과 연동하는 작업이 필요하다. 예를 들어 북한의 대표적인 자산인 광산이나 광업 관련 시설에 대한 시장가치가 선행되어야 이들을 주식회사나 유한회사로 전환하고 투자나 매각을 통해 지속적으로 운영하여 부가가치를 생산할 수 있을 것이다. 이에 대해서는 이미 앞에서 UNFC를 통해 살펴보았다.

셋째 우리나라 광산 관련 국유 기업소, 공장 등의 회계제도에 대한 정비가 필요하다. 북한은 시장이 존재하지 않기 때문에 사회주의에 따라 정부가 정하는 가격을 기준으로 회계제도가 결정되고, 감가상각이라는 개념도 없다. 따라서 북한 우리나라 광산의 평화적 이용을 위한 남북 경제협력과 외국인투자를 촉진하기 위해서는 북한 우리나라 관련 기업소나 공장 등에 대하여 국제기준에 부합하는 회계제도를 마련하고 적용하여야 한다. 이와 같은 회계기준을 기반으로 북한 우리나라 광산 관련 기업소나 공장에 대한 자산평가를 시행하고 각종 회계장부를 작성·비치함으로써 정확한 정보가 시장에서 공개될 수 있도록 하여야 한다.

한편 급격한 통일을 맞이하여 독일 정부가 신탁청과 같은 자산관리를 전담하는 특정 기관을 통해, 우리나라 광산 관련 기업소 또는 공장 등에 대해 가치평가나 회계제도 등을 정비함이 없이, 경제적 통합을 조속히 달성하려고 하는 경우 심각한 사회적 혼란을 야기하였다. 마찬가지로 한반도에서도 충분한 준비 없이는 남한 정부의 재정적 손실은 물론 북한 우리나라 광산 지역의 경제 기반을 해체하여 발전을 저해하고 경제적 불평등만을 가중시킬 수 있다는 점을 명시해야 한다.

특히 한반도는 독일과 달리 정치적 변수가 많다는 점을 염두에 두어야 한다. 첫째, 동아시아 차원에서 해결되지 않은 구조적 한계가 존재한다. 여전히 주권국가 건설기이고 냉전을 살고 있어 남북이 가까워질 때 주변

국들이 이를 현상변경으로 인식하고 지지하지 않을 가능성이 높다. 지지를 얻어내더라도 이를 계기로 중국과 일본이 주권회복의 기회로 삼는다면 동북아는 격변에 휩싸이게 될 수 있다. 둘째, 북한은 동독과 달리 핵무기를 보유한 데다 NPT체제를 탈퇴한 이력이 있다. 이는 기술의 문제가 아니라 신뢰의 문제이다. 국제사회의 신뢰를 회복하기 위해 북한이 과거와 현재의 핵에 대해 비핵화에 충실히 임하는 동안 한국은 미래 핵비확산을 위한 포괄적인 조치를 준비함으로써 계획을 국제사회와 공유하고 북한의 비핵화와 발전이 그들에게도 평화와 번영이 됨을 설득해야 한다.

그러므로 북한에 대해 단시간 동안의 정치적 통합이나 무리한 경제적 통합을 추진할 것이 아니라, 장기적인 안목을 기반으로 북한 우리나라 광산에 대한 자산 평가제도, 회계제도 등 북한 우리나라의 평화적 이용과 개발에 실질적으로 도움이 되는 제도와 법제를 정비할 수 있도록 충분한 숙고와 지원이 필요하다.

이와 같이 북한이 상당기간 동안 정치적 안정성을 유지하면서 시장경제와 부합하는 제도적 정비를 이루어갈 때 남북의 진정한 협력과 교류가 진행될 것이며, 정치적 위험성이 제거됨에 따라 외국인투자가 확대되어 북한이 세계 경제에 편입됨으로써 북한 우리나라의 평화적 이용이 실질적으로 가능할 것이다.

(2) 북한 우리나라 관리 기금의 신설과 운영

북한 우리나라 광산과 정련소에 대한 채굴, 개발, 해체, 복원 및 이전을 위해서는 상당한 자본을 필요로 한다. 특히 해체와 복원을 위하여 상당

수의 국가에서 재정보증을 요구할 만큼 막대한 자금이 소요되는 경우가 많다.

북한의 경우 비핵화에 따라 현재 가동 중인 우리나라 광산과 정련소를 해체하고 환경 복원과 지역 공동체의 사회적 복원을 지원하고 싶어도 막대한 자금 때문에 이를 수행하지 못하고 방치할 수도 있다. 그러므로 우선 「남북협력기금법」에 따른 남북협력기금을 북한 우리나라 광산과 정련소에 대한 관리에 사용하는 방법을 고려해 볼 수 있다.⁵⁴ 이 법은 통일부 장관으로 하여금 남북협력기금을 운영·관리하도록 하고 있다. 그렇지만 이 기금의 용도를 볼 때 북한 우리나라 관리에 이 기금을 사용하기 위해서는 동법에 대한 개정이 필요하다.⁵⁵ 그러므로 북한 우리나라에 대한 안정적 관리를 위해서는 북한 우리나라 관리 기금을 신설하고 이 기금을 통해 북한 우리나라 광산과 정련소 및 해당 지역사회에 대한 지원을 모색하도록 하여야 한다.

54 이 법은 「남북교류협력에 관한 법률」에 따른 남북 간의 상호교류와 협력을 지원하기 위하여 남북협력기금을 설치하고 남북협력기금의 운용과 관리에 필요한 사항을 정함을 목적으로 하고 있다.

55 남북협력기금법 제8조(기금의 용도) 기금은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 용도에 사용한다. <개정 2010.3.26.>

1. 남북한 주민의 남북 간 왕래에 필요한 비용의 전부 또는 일부의 지원
2. 문화·학술·체육 분야 협력사업에 필요한 자금의 전부 또는 일부의 지원
3. 교역 및 경제 분야 협력사업을 촉진하기 위한 보증 및 자금의 융자, 그 밖에 필요한 지원
4. 교역 및 경제 분야 협력사업 추진 중 대통령령으로 정하는 경영 외적인 사유로 인하여 발생하는 손실을 보상하기 위한 보험
5. 남북교류·협력을 촉진하기 위하여 환전 등 대금결제의 편의를 제공하거나 자금을 융자하는 금융기관에 대한 자금 지원 및 손실보전(損失補填)과 금융기관으로부터 대통령령으로 정하는 비지정통화(非指定通貨)의 인수
6. 그 밖에 민족의 신뢰와 민족공동체 회복에 이바지하는 남북교류·협력에 필요한 자금의 융자·지원 및 남북교류·협력을 증진하기 위한 사업의 지원
7. 차입금 및 「공공자금관리기금법」에 따른 공공자금관리기금으로부터의 예수금의 원리금 상환
8. 기금의 조성·운용 및 관리를 위한 경비의 지출

(3) 우리나라 광산 및 정련소 종사자 관리

우리나라 광산 및 정련소의 종사자 관리는 북한 우리나라 개발에 참여한 지질학자, 환경학자 및 전문가들이 남북 협력시대에 잘 적응하도록 함으로써 북한 우리나라 채굴 및 개발 관련 기술이 적성국가나 테러단체에 유출되지 않도록 하는 것을 말한다. 이와 관련하여 산업통상자원부를 중심으로 북한 우리나라 채굴 및 개발 관련 과학기술자와 전문가들이 한국지질자원연구원 등 국내 관련 연구기관과 협력하여 연구 활동을 수행할 수 있도록 지원하여야 한다. 교육부에서는 대학 및 산하 연구기관과 연계하여 우리나라 채굴, 개발, 해체, 복원 및 이전과 관련된 연구와 교육훈련이 이루어지도록 하여야 한다. 원자력안전위원회는 한국원자력통제기술원을 통하여 북한 우리나라의 채굴, 개발, 해체, 복원 및 이전 단계에서 핵연료의 이송과 재고에 관한 정보를 북한 당국이 공유하도록 하여야 한다.

(4) 기술지원 전문기관의 지정과 통제

북한 우리나라 광산과 정련소 등에 대한 관리는 지구물리학, 지질학 화학, 환경공학, 원자력공학 등 세부적이고 기술적인 사항들에 대한 심도 있는 이해가 요구되는 분야이다. 따라서 한국지질자원연구원으로 하여금 북한 우리나라 광산과 정련소의 개발과 해체에 필요한 기술적 지원을 수행하도록 전문기관으로 지정할 필요가 있다.

만일 우리 기업이나 기관이 북한 우리나라 광산이나 정련소 운영에 참여하는 경우 필요한 각종 인허가 사항과 관련된 기술적 내용을 한국지질자원연구원으로 하여금 개발하도록 할 필요가 있다. 북한 우리나라 광산이나

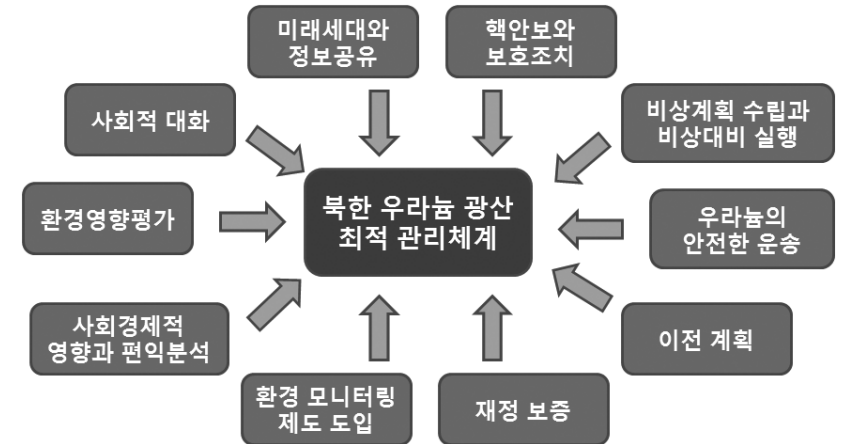
정련소 관련 사업에 참여하고자 하는 각 기업이나 단체는 한국지질자원 연구원으로부터 위 기술적 내용에 필요한 적합성에 대한 인증을 받도록 하여야 할 필요가 있다.

(5) 실행보고서의 작성과 국회 보고

북한 우라늄 광산과 정련소 관리는 국가안보는 물론 국제 전략 차원에서 매우 중요한 문제인 동시에 국민의 생명권과 안전권이 달린 헌법상의 문제이다. 이러한 이유에서 정부는 북한 비핵화 이후 남북경제 협력이 활성화되는 경우 매 분기마다 북한 우라늄 광산과 정련소의 운영 현황, 수명주기, 채굴된 우라늄의 양, 환경오염 실태와 대응, 해체 계획 등에 관한 실행보고서를 작성하여 국회의 관련 상임위원회에 보고하고 국회를 통해 공개되도록 하여야 한다.

나. 북한 우라늄 광산의 최적 관리 체계

[그림 13] 북한 우라늄 광산의 최적 관리체계



(1) 이해당사자의 참여를 위한 사회적 대화

남북 화해와 협력 시대에 북한 우라늄 광산의 개발이나 해체(폐광)를 성공적으로 수행하기 위해서는 우라늄 광산과 정련소에 대한 최적관리 체계를 구축하여야 한다. 이를 위해서는 먼저 우라늄 광산과 정련소의 이해당사자들과의 효과적인 사회적 대화 체계를 구축하고 유지하여야 한다.⁵⁶ 우라늄 개발, 생산, 해체 및 이전의 모든 과정에서 발생하는 문제

⁵⁶ OECD Nuclear Energy Agency, *Perceptions and Realities in Modern Uranium Mining-Extended*

에 대하여 이해당사자의 적극적인 참여를 보장하고 참여한 사항에 대하여는 문서화하여야 한다. 사회적 대화를 통하여 우리나라 광산과 정련소에 서 방출될 수 있는 방사능에 대한 보다 잘 규제하고 관리할 수 있다. 아울러 우리나라 광산 및 정련소의 방사능 유출에 대한 근거 없는 우려와 불신을 해소시킬 수 있다. 또한 우리나라 광산과 정련소에 대한 환경오염 규제는 지역 주민은 물론 일반 대중의 지지가 있어야 정당성을 확보할 수 있으므로 사회적 대화는 중요하다. 근거 없는 공포와 저항은 우리나라 광산과 정련소의 환경오염 방지 활동과 당국의 규제를 무력화시킬 것이다.

이와 같은 사회적 대화를 위하여 남북협력과 경제협력 시대에 남북 당국은 북한 우리나라 광산과 정련소에 대한 데이터와 정보를 투명하게 공개하여야 한다. 아울러 북한 우리나라 광산과 정련소에 대한 운영 재허가 또는 재개발을 결정하는 경우 허가 신청단계부터 사회적 대화를 위한 창구를 개설하여야 한다. 북한 우리나라 광산과 정련소의 해체를 결정하는 경우에도 환경오염 방지 대책, 환경복원, 해체비용, 지역 사회 발전 등을 위한 사회적 대화도 모색되어야 한다.

(2) 환경영향평가

비핵화가 진행되고 남북관계가 급속도로 발전하여 북한 우리나라 광산과 정련소에 대해 재개발 또는 해체를 결정하는 경우, 이는 해당 지역주민들의 보건과 안전은 물론 해당 지역 환경에 상당한 영향이 있으므로 환경영향평가(EIA)를 시행하여야 한다. 환경영향평가는 이러한 재개발 또

는 해체가 계획되어 시행되기 전에 환경에 대한 영향을 예측하고 최소화하기 위한 절차이다. 환경영향평가는 우리나라 광산이나 정련소의 운전자, 규제 기관 및 지역주민 등 이해당사자에게 재개발이나 해체에 따른 환경에 대한 영향력에 관한 정보를 제공하여 재개발이나 해체와 관련된 의사결정에 도움을 주기 위한 제도이다.⁵⁷ 즉 환경 요소를 의사결정에 통합하고, 제안된 재개발이나 해체의 잠재적인 환경 영향을 식별하며, 재개발이나 해체가 허가되고 시작되기 전에 불리한 환경 영향을 최소화하거나 피하는 방법을 설명하는 것이다.

(3) 사회경제적 영향과 편익 분석

북한 우리나라 광산과 정련소에 대해 재개발 또는 해체 결정은 현재 함경북도 평산 지역의 사회와 경제에 심각한 영향을 미칠 것이다. 따라서 위 재개발이나 해체가 평산 지역에 미칠 수 있는 사회 경제적 영향력과 편익을 분석하여야 한다. 우리나라 채굴과 정련의 재개로 해당 지역 경제는 어느 정도 활성화될 수 있지만 결국 우리나라 광산은 수명주기를 다하면 해체되기 때문에 해체 이후의 지역 발전 방안까지 고려되어야 한다.⁵⁸

남북협력으로 북한 우리나라 광산이나 정련소가 필요하지 않게 되거나 경제성이 없어 해체 결정을 하는 경우 위 지역은 심각한 사회적 경제적 혼란에 빠질 수도 있다. 왜냐하면 기본적으로 해당 지역은 우리나라 광산과 정련 사업에 기반한 도시이기 때문이다. 따라서 위 해체 결정을 하는

Summary (2014), p. 13.

57 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p. 14.

58 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p. 14.

경우에도 자원기반 도시 지역 발전 또는 재생 사업을 고려하여야 한다.

기본적으로 광산은 광산의 개발과 생산 과정에서 상당한 경제적 이익을 창출할 수 있는 기회를 제공하지만, 광산 운영이 종료되면 궁극적으로 지역 경제에 공백을 발생시킨다. 광산 운영에 따라 해당 지역에는 노동력 수요로 인하여 경제가 활력을 갖게 되지만 해체(폐광)되는 경우 해당 지역은 광물 개발로 인한 경제적 이익을 상실하게 된다. 따라서 남북 당국은 북한 우리나라 광산이나 정련소에 대한 재개발 혹은 해체 결정을 하는 경우 해당 자원기반 지역을 통상적인 산업 도시로 전환할 수 있는 도시발전계획이나 도시재생사업을 제시하여야 한다.

광산업은 자원공급망의 1차적 위치를 차지하는 세계 경제에 있어 주요한 산업이다. 우리나라를 비롯한 북한 광물자원의 개발과 생산은 북한에 대한 외국인직접투자를 증대시키고 북한 경제발전을 실현하는 동력을 제공하는 동시에 경제성장의 밑거름이 될 것이다. 우리나라 광산과 정련소의 운영은 해당 지역민과 북한 주민들의 고용을 창출하고 교육 훈련의 기회를 제공할 것이다. 또한 우리나라 광산과 정련소의 노동자들은 이 임금을 기반으로 소매업과 서비스업과 같은 제2차 산업의 발전에 기여함으로써 지역적이고 광범위한 경제에 활력을 불어넣을 것이다. 아울러 우리나라 등 광물자원의 개발을 위한 도로, 공항, 전기, 수자원과 같은 기반 시설의 정비도 우리나라 광산 지역에 대한 장기적인 개발로 이어져 공간경쟁력을 확보할 수 있도록 한다. 그러므로 우리나라 광산의 재개발이나 해체 결정으로 인하여 이러한 공간경쟁력을 상실하지 않도록 중장기적 지역발전 전략과 계획을 제공하여야 한다.

우리나라 등 지역 광물자원이 고갈되거나 운영의 경제성 악화로 광산이 폐광 또는 해체되는 경우 광물자원으로 인한 직접적인 경제적 이득은 끝

이 나고 훈련되고 경험이 풍부한 노동자들은 다른 일자리를 구해야 할 수도 있다. 광산이 운영되는 동안에도, 지역사회에 대한 부정적인 영향도 발생할 수 있다. 특히 지역의 전통적 생활양식의 붕괴, 노동자들의 유입에 의해 야기되는 사회적 긴장감, 광산업에 대한 지나친 의존성에 따른 부의 편중으로 인한 지역공동체의 분열 등 부정적인 영향이 발생할 수 있다.

따라서 우리나라 광산의 재개발이나 해체와 관련된 모든 사회경제적 측면에 대하여 그 결정 이전에 이해당사자들이 참여하여 신중하게 평가할 수 있도록 경제적 영향과 비용편익 분석에 관한 정보를 제공하여야 한다. 우리나라 채굴은 지역 주민들에게 중요한 사회경제적 이익을 제공할 수 있지만, 사회사회의 문제를 모두 해결할 수는 없으며 오히려 폐광이나 해체 이후 더 많은 사회경제적 비용이 소요될 수도 있기 때문이다.

(4) 우리나라 광산 및 정련소에 대한 환경 모니터링 제도 도입

북한 우리나라 광산이나 정련소를 재개발하는 경우 남북 당국은 해당 시설들이 설계한 대로 작동하여 환경에 미치는 영향을 최소화하고 있음을 입증하기 위한 환경 모니터링 프로그램을 도입하여야 한다. 이는 우리나라 광산 수명주기 전반에 걸친 생태계 영향력을 객관적으로 평가하고 보장하는 환경자료의 수집을 통해 개시된다.⁵⁹ 우리나라 광산과 정련소에 있어 각국은 처음에 환경문제를 전혀 고려하지 않았다. 광산과 정련소로 인한 환경오염 피해를 경험한 이후 각국은 1970년대부터 환경 모

59 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p. 15.

니터링 프로그램을 구축하여 광산 환경문제에 대응하고 있다. 이 프로그램은 우라늄 광산과 정련소에 대한 환경영향평가와 동 시설의 운영 허가 조건에 기재된 환경오염방지 목표와 요건을 설비의 실제 운용실태를 비교하는 것이다. 즉 당국이 정한 기준을 초과하여 운영되어 환경에 악영향을 미치는지 확인하고, 해체 후 복원 작업이 계획대로 수행되고 있는지 확인하기 위한 것이다. 남북 당국은 북한 우라늄 광산이나 정련소의 재개발이나 해체 결정을 하는 경우 환경모니터링에 따라 광산이 운영되었는지, 해체 후 복원 계획이 환경모니터링에 따라 진행되었는지를 반드시 확인하여야 한다.

환경 모니터링 제도는 우라늄 광산과 정련소가 준수하여야 할 필수적인 안전 및 환경 보호 기준으로서 기능하기 때문에, 기초 환경데이터의 수집은 이 프로그램을 설계하고 수행하는 데 있어 필수적인 첫 번째 단계다. 환경 데이터를 채굴 이전 데이터(기준선)와 비교할 수 있어야만 운영의 영향을 객관적으로 평가할 수 있기 때문이다. 따라서 현장에 중대한 물리적 장애 상황이 발생하기 전에, 광산에 대한 탐사 단계에서부터 기준 정보 수집을 시작하는 것이 중요하다. 환경 모니터링 프로그램은 대상 매개변수, 모니터링 스테이션의 위치 및 모니터링 활동의 빈도에 대하여 정기적으로 검토해야 한다. 환경 모니터링 프로그램 보고서는 당국(규제기관)에 제출되어야 하며, 일반인에게 반년 또는 연간 기준으로 일반인에게 공개되어야 한다. 현장 주변의 상류 및 하류 수질 모니터링은 강과 호수뿐만 아니라 인접한 모든 하천을 포함해야 하며 사계절은 물론 장마, 태풍 및 황사 등 특별한 기후조건에 대하여도 시행되어야 한다.

(5) 재정 보증

남북 관계가 발전하여 북한 우라늄 광산이나 정련소에 대해 우리 기업이나 외국기업이 투자하여 운영하는 경우 재정보증이 필요하다. 즉 북한 우라늄 광산이나 정련소에 대한 운영사업권을 허가받은 기업이 사업수행을 할 수 없거나 경제성 문제 등을 이유로 사업을 그만두는 경우에 대비하여 해체 및 복원과 관련된 비용을 충당하기 위한 재정보증이 반드시 선행되어야 한다.⁶⁰

필요한 재정 보증의 액수를 산정하려면 우라늄 광산에 대한 매장량과 복원비용을 포함한 장기 관리비용에 대한 평가를 실행하여야 한다. 우라늄 광산에 대한 매장량 평가는 사업의 경제성을 판단함은 물론 우라늄 광산 운영자가 재정 보증을 이행할 자금을 위 매장 우라늄의 상업화를 통해 확보할 수 있는지에 대한 평가가 가능하기 때문이다. 한편 대부분의 국가에서 우라늄 광산 개발에 대한 허가를 취득할 당시 광산 복원 계획을 요구하고 있으며 이 복원비용을 산정한 다음 재정 보증을 요구하고 있다.

우라늄 광산의 운영이 지속되는 기간 동안 주기적으로(예를 들어 3년 혹은 5년) 매장량과 복원비용을 포함한 장기 관리비용에 대한 재평가를 실시하여야 한다. 우라늄 광산 운영과 관련하여 불확실성이 발생하기 때문에 보다 합리적이고 정확한 비용 산정과 재정 보증액 산정을 위하여 필요하기 때문이다. 이와 같은 재산정은 복원에 필요한 원가와 이에 필요한 재정보증 액을 보다 정확하게 산정하도록 함으로써 우라늄 광산 운

⁶⁰ OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, pp. 15-16.

영자로 하여금 환경보호를 강화하여 복원비용을 최소화 할 수 있는 유인책이 되는 것으로 증명되었다. 또한 운영자로 하여금 광산 해체나 폐광에 있어 소요되는 상당한 비용을 합리적 운영을 통하여 지속적으로 절감하도록 하고 있다. 또한 해체나 폐광에 대비하여 운영자가 취한 조치들을 기록하고 관련 정보를 공개하도록 유인하는 효과도 있다.

(6) 이전 계획

북한 우라늄 광산과 정련소에 대한 운영이 종료되고 해체와 복원 작업이 마무리되는 경우 해당 토지나 부지를 북한 당국에 이전하여야 한다. 북한이 개혁개방 된 이후 우라늄 광산과 정련소에 대해 외국인투자나 우리 기업이 운영하는 경우 해체와 복원 이후 다시 북한 당국에 이전하는 요건을 명확히 정립하여야 한다.

일반적으로 운영자가 승인된 해체 및 복원 활동을 완료한 경우, 광산이나 정련소 현장은 ‘전환 단계 모니터링(transition-phase monitoring)’ 기간으로 진입하며, 이 기간 동안 운영자는 현장을 지속적으로 감시하고 유지해야 한다.⁶¹ 전환 단계 모니터링 기간 동안 정부 당국은 정기적인 검사를 수행하고 모니터링 결과를 검토하며, 운영자는 현장이 환경, 지역사회 및 공공 안전에 미칠 수 있는 모든 영향에 대해 전적으로 책임을 부담한다.

현장에서 해체 및 복원이 계획에 따라 이행되고 전환 단계 모니터링 기간 중에 예상한 안정성이 달성되는 경우, 운영자는 추가 감시 및 유지보

수 책임과 재정 보증을 유지해야 하는 의무의 해제를 신청할 수 있다.

이전과 관련하여 두 가지 유형의 기금이 필요할 수 있다. 하나는 모니터링 및 유지보수를 위한 기금과 두 번째는 예상치 못한 사건에 대응하기 위한 기금이다. 또한, 위 기금의 관리는 물론 위 모니터링과 유지보수 작업의 수행을 위하여 해체(폐광) 부지에 대한 공식적인 기록이 요구된다. 모니터링 및 유지보수 기금은 이러한 장기 활동에 대한 비용을 지불하도록 설계되었으며, 예상치 못한 사건 대응 기금은 홍수나 태풍과 같은 심각한 자연재해에 의한 피해에 대응하기 위한 것이다. 따라서 북한 우라늄 광산이나 정련소의 이전을 수행하기 위하여 남북협력기금 등을 이용하여 위 두 유형의 기금 수립을 지원하는 것을 고려할 필요가 있다.

(7) 우라늄의 안전한 운송

북한 우라늄의 평화적 이용이 진행되는 경우 남한 원자력발전소 또는 중국이나 대만 등의 관련 시설에서 이를 사용하고자 할 것이다. 이 경우 북한 우라늄의 안전한 운송이 담보되어야 한다. 북한 우라늄 광석 농축물(Uranium Ore Concentrates : UOC)의 안전한 운송은 우라늄 생산의 한 부분을 구성하기 때문이다. 그런데 북한의 열악한 도로, 철도, 교량 등 운송 인프라를 고려할 때 이는 우라늄의 안전한 운송이 담보되어야 북한 우라늄의 평화적 이용이 비로소 가능하게 된다. 아울러 중국의 원전 건설 증대로 북한 우라늄 수요의 증가가 예상되고 있으므로 우라늄의 안전한 운송은 더욱 중요한 문제가 되었다.

우라늄 광산과 정련소의 운영 중에는 우라늄 물질 뿐만 아니라 산, 알칼리, 연료, 폭발물 등 각종 위험물질의 운송이 필요하다. 도로, 철도 또

61 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p. 16.

는 항만을 통해 운송되는 우라늄과 위험물질은 국가 또는 지방 정부에 의해 규제된다. 단위 질량당 활동성이 낮기 때문에 우라늄 광석 농축물(UOC)은 위험이 낮은 것으로 간주되므로 적절한 경고문구와 라벨이 부착된 산업 패키지로 운송될 수 있다. 우라늄 광석 농축물(UOC)의 선적은 국제표준기구(International Organization for Standardization : ISO) 컨테이너에 적재된 재사용 가능한 봉인된 강철 드럼통 안에 넣어 실행되고 있다. 안전하고 효율적인 운송을 보장하기 위해, 드럼통의 디자인, 크기, 재료 및 라벨링, 뚜껑과 링에 대한 요구 사항 등이 업계 관행으로 규정되어 시행되고 있다. 우라늄 광석 농축물(UOC)은 주로 우라늄으로 구성되지만 질량당 방사능은 광석의 방사능에 훨씬 미치지 못한다. 이 경우 증금속에 의한 화학적 독성이 방사능 보다 우려되는 보건 상의 문제가 된다.

국제원자력기구(IAEA)는 방사성물질 안전운송에 관한 규정을 제공하고 있는데 이는 정부와 산업계에서 국제적으로 통용되는 표준이 되었다.⁶² 이 규정은 약 60개국에서 승인되었는데, 북한 당국이 우라늄 광산에 대한 개발이나 해체와 관련하여 방사성물질을 운송하고자 하는 경우 북한 당국도 이 규정을 승인하고 준수하여야 할 것이다.

(8) 비상계획의 수립과 비상대비 실행

우라늄 광산 현장은 우라늄 개발과 생산을 위해 위험한 물질을 사용하기 때문에 일상 업무의 일부분으로 비상계획을 수립하여 시행하는 것이

보통이다.⁶³ 여기에 방사능 위험 또한 고려되어야 하는바, 우라늄 광산과 정련소의 비상계획은 방사선 방호 프로그램을 포함하고 있다.

우라늄 광산에서의 비상대비(emergency preparedness)는 노천, 지하, 용액 등 우라늄 채굴의 방식에 따라 다를 수 있다. 그러나 우라늄 광산 운영으로 인하여 현장 밖으로 미치는 영향을 정확하게 예상하여 비상대비를 실행할 수는 없다. 다만 우라늄 찌꺼기 관리 시설로부터 유출의 경우 현장 밖으로의 오염을 방지하기 위한 비상대비는 실행할 수 있다.

비상대비 요건은 법제에 의하여 규정되어 있으므로 국가별로 다르다. 그렇지만 정부 당국과 사업자는 우라늄 광산이나 정련소 등에 대한 위협을 정기적으로 평가하도록 하는 것은 공통된다. 아울러 방사성 물질과 관련된 사건이 발생하는 경우 대중에게 관련 정보를 지속적으로 제공하도록 하고 있다.

이러한 비상대비 조치는 우라늄 광산이나 정련소에 대한 위협이 발생하는 경우 대중의 과도한 우려와 부적절한 대응을 감소시키고 우라늄 관련 정책의 투명성 결여에 대한 비판을 경감시킬 수 있다. 북한 우라늄 광산이나 정련소와 관련된 위협 평가를 정기적으로 시행하고 이를 포함한 위협 정보를 남북한이 공유하며 관련 정보를 투명하게 대중에게 제공하는 프로토콜을 구축하여야 한다.

(9) 핵안보(nuclear security)와 보호조치(safeguard)

핵물질에 대한 물리적 보호체제의 수립과 관리는 국가의 손에 달려 있

62 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p. 17.

63 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, pp. 17-18.

다.⁶⁴ 개별 국가는 입법 및 규제 틀을 정립하고, 관할 당국을 지정하며, 교육과 훈련을 제공하고, 책임을 설정하며, 위협 평가 등을 실행할 책임을 부담한다. 국제원자력기구(IAEA) 보호조치는 핵안보의 근거를 제공하는데, 관련 물질이 의도한 목적으로만 사용되는 것을 함으로써 불법적 행위 방지에 기여하기 때문이다. IAEA는 보호조치에 따라 대상국의 모든 소스(source) 및 특수 핵분열성 물질을 감시하고 검증한다. 추가 의정서에 따르면, 각국은 우라늄 채굴을 포함한 핵연료 주기 활동의 모든 사항을 포함한 필요한 정보를 IAEA에 제공하여야 한다.

따라서 북한 비핵화가 타결되어 북한이 핵비확산조약(NPT)에 재가입하는 경우 북한의 우라늄 광산과 정련소의 시설과 운영 현황은 물론 우라늄 채굴 현황에 대해 우선적으로 IAEA에 보고하여야 할 것이다.

핵안보 조치의 연장선에서 광산 운영자는 가능한 한 방사능 물질에 대한 무단 접근을 곤란하게 하는 조치를 취해야 한다. 즉 실현 가능한 위험 및 위협 시나리오를 기반으로 제한된 접근 영역을 구축하고, 무단 침입에 대한 탐지 시스템을 설치하며, 악의적인 행위에 대응하는 등의 조치를 실행하여야 한다.

우라늄 광산의 생산에 대한 체계적 관리는 우라늄 과대 생산이나 과소 생산을 방지하고, 내부자에 의한 도난이나 분실에 대한 탐지를 촉진하기

때문에 중요하다. 정립된 측정 수단과 기록 시스템을 사용하고, 자동화된 데이터 입력을 적용하며 및 명확하게 정의된 책임을 부담시키는 것은 효과적인 관리 시스템의 일부분이다. 한편 우라늄 광산의 운영에 있어 가장 취약한 부분은 핵물질의 운송으로 보인다. 우라늄 광산과 정련소에서 생산되는 우라늄광석농축물(UOC)은 비분열성 물질이므로 안전하지만 그 분실이나 도난 사고가 여전히 발생하고 있는바 우라늄광석농축물이 핵물질의 제조에 사용되지 않도록 북한 우라늄 광산과 정련소에 대한 체계적 관리체계 도입을 지원하여야 한다.

(10) 미래세대와의 정보공유

미래세대와의 정보공유는 우라늄 광산이나 정련소를 장기적 관리와 유지 프로그램으로 이전하여야 하는 운영자나 프로젝트 매니저에게 있어 매우 중요한 최종 과제이다.⁶⁵ 우라늄 채굴의 장기적 목표는 우라늄 광산이나 정련소가 해체(폐광)되고 복원되면 그 현장이 장기적으로 안정적이고 안전하게 유지될 수 있도록 하는 것이다. 이러한 장기적인 안전과 안정을 보장하기 위해, 미래의 세대에 대해 필요한 정보를 정확하게 이전할 필요가 있다. 우라늄 광산이나 정련소의 위치, 지질학적 특성, 채굴 및 정련 활동, 환경오염 위해 요소, 해체와 복원 과정 등에 대한 정보가 축적되고 관리되어야 한다.

북한 우라늄 광산가 정련소를 개발하거나 해체(폐광)하는 경우 그 운영 현황, 환경오염 위해요소, 해체 이유, 복원이 필요한 사항 및 복원 계획

64 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p. 18. 9·11테러 이후 핵안보와 보호조치는 외부 환경의 급격한 변화와 다양한 위협으로 인해 핵안전과 관련된 문제보다 더 복잡해지고 있다. 특히 범죄조직이 핵무기나 방사능 확산장치(radiological dispersion device, 일명 '더러운 폭탄(dirty bomb)')를 만들기 위해 핵물질을 입수하거나 핵 시설이나 핵물질 운송을 방해할 수 있기 때문이다. 우라늄 채굴과 관련하여, 안보적 관점에서 문제가 되는 것은 우라늄 광석 농축물(UOC)로 약 1개의 선적 컨테이너(25배럴) 또는 10t 운송되는 것은 '심각한 양'으로 간주된다. 심각한 양이라는 용어는 핵폭발 장치를 만드는 데 필요한 핵분열성 물질의 양을 의미한다. 다만 우라늄광석농축물(UOC)을 무기로 만들기 위해서는 상당한 전문지식과 제한된 처리시설에 대한 접근이 필요하다.

65 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, pp. 18-19.

등과 관련된 주요 문서와 설계도, 각종 데이터, 보고서 등을 안전한 장소에서 용이하게 접근하여 열람하고 이용할 수 있도록 지원하여야 한다. 아울러 해당 정보는 정부 기록관리물이나 공공저작물로서 관리되고 통제될 수 있도록 하여야 한다.

2. 북한 우라늄 광산 지역의 대체 산업도시로의 전환

가. 우라늄 광산 지역의 전환 필요성

평산 등 우라늄 광산 자원에 기반한 지역 또는 도시는 다른 지역에 비해, 낙후된 지역적 위치, 우라늄 산업에 편중된 경제구조로 인하여 다른 대체 산업이 발달할 수 없는 구조적 한계를 가지고 있다. 북한 우라늄 광산 개발 지역은, 우라늄의 평화적 이용이 진행된다 하더라도, 시장경제에 기초한 자산이나 가치 평가에 의하여 폐광이나 철거가 결정되는 경우 심각한 경제적, 사회적 위기에 봉착할 수 있다. 이 경우 해당 지역은 산업기반의 해체로 경제의 붕괴, 지역 공동체의 공동화가 가속화 되어 공간경쟁력(spatial competitiveness)을 상실하고 인구의 이탈이 더욱 촉진되어 경쟁력 상실이 가속화된다.

시장경제 체제 하에서 경쟁력을 상실한 북한의 우라늄 광산 지역 또는 도시의 경우 해당 산업이 지역에서 차지하는 비중이 상당히 높기 때문에 도시기능의 상실과 지역 기반의 붕괴 등이 지속적으로 발생할 수 있다. 이 경우 북한의 다른 지역은 물론 남북경협 자체의 문제로 발전할 수 있으므로 해당 지역에 대한 장기적인 발전 계획을 수립하고 산업도시로 전

환할 수 있는 관리 방안을 모색하여야 한다. 이와 같은 우라늄 광산 지역 또는 도시의 전환은 UNFC에서 제시한 “지속가능성 및 환경보호 규제 체계 정비”에 따라 폐광 이후 장기적 관점을 고려하여 지역 사회를 보호하는 차원에서 진행되어야 한다. 아울러 UNRMS가 제시한 바와 같이 사회, 환경 및 경제적 이익을 고려하여 진행되어야 한다.

북한의 우라늄 개발 지역인 평산 등과 같이 자원기반 도시⁶⁶는 지하자원을 원천으로 발전하고 있다. 이러한 지역 또는 도시들은 대개 광물, 석유 등 지하자원의 탐사와 개발에 기초하여 발전하였으므로 자원에 의존하는 단일 산업 구조를 형성하고 있다. 이들은 지하자원의 탐사, 시추, 개발, 채굴, 처리 등과 관련된 일련의 산업들로 구성된 특수한 도시 시스템을 구성하고 있다. 따라서 이들 도시의 경제력은 지하자원의 개발과 생산 및 가공 관련 산업에 편중되어 있다. 이들 도시의 기능 또한 지하자원 관련 제품과 제품 가공을 제공하기에 적합하게 발전하였다는 특징이 있다. 그런데 자원개발 산업의 특성상 자원이 고갈되는 경우 관련 산업은 운영을 지속할 수 없으므로 자원기반 산업과 도시의 발전은 지속가능하지 않다는 것이 문제이다.

자원기반 지역이나 도시는 도입, 성장, 성숙 및 감소의 네 가지 개발 단계를 경험한다.⁶⁷ 자원기반 도시들은 자원 개발의 감소가 이루어지는 경우 도시 발전이 정체되고 관련 산업이 도태되며 인구 유출로 도시 세수 불균형이 발생하여 파산에 이를 수밖에 없다. 자원이 고갈되면 이 도시

66 자원기반 도시의 자원 개발이 완료되어 인구 유출이 진행되는 경우 자원고갈 도시라고 한다.

67 Jinhuan Mao, "The Path Selections of the Resource-based Cities Transformation in China", *International Journal of Financial Research* Vol.5, No.2 (2014), p. 171.

들은 일원화된 산업구조, 높은 실업률, 심각하게 손상된 생태학적 환경, 사회적 안정의 곤란 등 해결하기 곤란한 수많은 문제에 직면하게 된다. 따라서 자원기반 도시는 자원의 저주가 발생하지 않도록 주의하여야 하고 자원이 개발되어 고갈되는 동안 도시의 지속 가능한 발전을 위한 산업 전환을 실현하여야 한다. 자원기반 도시의 산업 구조 전환을 달성하기 위해서는 도시 경제 개발을 가속화하고, 합리적이고 지속 가능한 자원 활용을 장려하며, 생태 환경을 보호하고, 사회 전반의 진보를 가속화하여야 한다. 이러한 목표를 염두에 두고, 평산 등 북한 우리나라 광산 지역이나 도시에 대한 개발과 전환 모색이 필요하다.

(1) 자원기반 도시개발의 특성

자원기반 산업에 의존하는 도시개발

자원기반 산업은 자원기반 도시의 선도적인 산업이다. 자원기반 도시에서는 도시의 모든 공간적 배치, 에너지와 전력, 도로, 교통, 통신, 보건 및 기타 인프라 건설과 주택, 학교, 병원 등 기반시설이 자원개발을 위하여 정립되고 운영되고 있다.⁶⁸ 자원기반 도시에서는, 산업, 기업 및 도시의 흥망성쇠가 자원 가격의 상승과 하락에 서로 의존하고 있다. 자원기반 산업은 자원기반 도시에 대한 경제 발전을 지배하는 힘의 원동력으로서 도시의 경제, GDP, 생산, 고용, 재정 수입의 원천이 된다.

68 *ibid.*, pp. 171-172.

산업구조의 단일화

자원기반 도시의 경제구조는 시추와 채굴 산업, 운송산업 및 원자재산업 등이 높은 비중을 차지하고 있다.⁶⁹ 이와 같은 자원개발 일변도의 산업 구조는 자원기반 도시에서 가장 중요한 특징이다. 이에 반해 제조 및 부품 산업은 발달하지 못하고 있으며 첨단 산업 또한 자원기반 도시에 위치하는 경우는 드물다. 다만 자원개발로 축적한 자금과 노동력이 풍부하다는 점에서 자원기반 도시 배후의 농림축산업은 상당히 발달하였으며 서비스 산업 또한 어느 정도 발전하고 있다.

환경오염

광업 특히 석탄산업, 정제 및 석유화학공업, 금속 가공, 철 및 비철금속, 기타 광산 운영과 관련된 사업들은 심각한 환경오염을 유발하는 경우가 대부분이다.⁷⁰ 따라서 자원기반 도시는 자연경관, 대기, 수질 등에 대한 심각한 환경적 영향을 받고 있다.

(2) 자원기반 도시의 전환 필요성

지속가능한 개발 목표의 달성

자원기반 도시의 지속 가능한 발전을 위해서는 산업구조의 변화 필요하다. 그런데 이러한 산업구조의 변화가 자원기반 도시가 계획하거나 설계하여 진행되고 있기 보다는 자원 고갈에 따른 사회 현상의 하나로 외

69 *ibid.*, p. 172.

70 *ibid.*

부적 수동적으로 불가피하게 강제되고 있다.⁷¹ 즉 자원고갈에 따라 자원 개발 산업의 쇠퇴로 지역 산업이 붕괴되고 있다. 비재생의 천연자원의 개발은 고갈로 인하여 도시의 발전을 곤란하게 하고 있다.

그러므로 자원기반 도시들은 선제적으로 자원고갈의 상황에 대비하여 적극적으로 산업전환과 도시 전환에 나아가야 한다. 지속 가능한 발전을 위하여 개발원칙을 정립하고 지속적으로 추진하여야 한다. 지속가능한 발전은 인간의 공통적인 권리로, 개발권은 미래 세대를 감안하여서라도 계속되어야 한다. 아울러 발전은 지속 가능한 방식으로 추진되어야 한다. 이를 실현하기 위해서는 단순히 투자를 늘리고 소비를 늘리는 방식에서 탈피하여 한다. 미래 세대가 감내할 수 있는 범위 내에서 자원을 소비하고 낭비되는 부분을 발견하여 차단하고 소비의 효율성을 극대화함으로써 지속 가능한 발전을 모색하여야 한다.

도시의 경쟁력 제고

도시의 발전은 유망하고 선도적인 첨단 산업을 유치하거나 육성하여 일자리를 풍부하게 함으로써 인구의 유입이 증가될 때 이루어질 수 있다. 자원기반 산업이 성숙하여 감소단계에 들어가면 자원기반 도시들 대부분이 호황에서 파멸로 진입하게 된다. 예전에 탄광이 활성화되었을 때 광산촌에서는 지나가는 개도 만원을 물고 다닌다는 속설이 있었으나 폐광을 경험한 지금 이들 도시는 활력을 잃고 경제 사정은 더욱 악화되고 있다.

자원기반 도시들이 원기를 회복하기 위해서는 도시 경제를 활성화하고

새로운 산업을 개발 또는 유치하여야 한다.⁷² 비재생 지하자원을 기반으로 성장한 자원기반 도시는 자원의 고갈로 공간 경쟁력을 상실할 가능성이 매우 크다. 결국 자원기반 도시의 경쟁력을 높이기 위해서는 전환기의 산업을 육성하여야 한다. 산업구조에 대한 근본적인 산업구조의 고도화를 통해서만이 도시의 경쟁력을 강화할 수 있다.

그렇지만 자원기반 도시는 대도시로부터 원거리에 위치하고 있고 사람들의 생활에 필요한 교통이나 통신망이 발달하지 않았으며 의료나 보건 시설 및 교육 시설도 미비하기 때문에 산업구조의 변경에 한계가 있다.

나. 북한 우리놈 기반 도시의 개발과 전환

(1) 도시 공간 구조개혁과 대체산업 육성

자원기반 도시를 전환하고자 하는 경우, 국토의 효율적이고 균형 있는 이용·개발과 보전이라는 헌법상의 원칙(헌법 제122조)에 기초하여 추진하여야 한다. 즉 남한과 북한의 지역 균형, 산업시설, 인프라, 인구 및 자연환경을 고려하여 북한의 자원기반 도시에 대한 발전 및 관리 대책을 수립하여야 한다. 이를 기초로 자원기반 도시의 공간적 배치 규모를 확립하고 공간경쟁력 확보를 위한 방안을 수립하여야 한다.

한편 자원기반 도시의 공간배치에 있어 기술적 측면과 경제적 측면 사이의 밀접한 관계성을 고려하여야 한다. 즉 4차 산업혁명 기술의 발전과 남북경협에 따른 변화를 모색하고 자원기반 도시의 실정에 부합하는 개

71 ibid.

72 ibid., p. 172.

발 방향을 모색하여야 한다. 아울러 기존 광산 종사자들이 자신들의 고유한 정체성을 간직한 채로 해당 지역에 정주하면서 미래세대를 지원할 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 광산을 대체할 새로운 산업의 육성과 이를 지원할 도시 공간에 대한 구조개혁이 수반되어야 한다. 따라서 남한의 폐광지역 지원 사업과 같은 보조금 일변도의 일률적인 개발보다는 웨일스의 가구공장과 같은 산림자원이 풍부한 광산 지역의 특성에 적합한 대체산업의 육성을 모색하여야 한다. 이와 관련하여 도시 기능을 유지하면서도 산업화를 진행하면서 주변 도시 연계 서비스업과 고랭지 농업 및 젓갈, 버섯 등과 같이 일정한 온도 유지에 있어 유리한 특산품 개발 등을 고려할 수 있다. 한편 도로, 철도 등 인프라가 정비되는 경우 광산의 특성을 이용한 데이터센터의 유치, 부품 소재 산업 등도 고려할 수 있다.

북한 자원기반 도시는 남한의 산업발전 과정을 참고하여 도시의 전환과 산업구조 조정을 실현하여야 한다. 특히 북한 개발과 관련하여 중국과의 관계나 남한과의 협력을 고려하여 산업구조를 조정하고, 환경오염 및 에너지 소비 등을 고려한 대체산업 육성정책을 수립하여야 한다. 남북경협이 정도 및 북한 경제발전의 수준을 고려하여 자원기반 도시의 산업 구조를 최적화하고, 새로운 경제 성장을 위한 지점으로 구축하여야 한다. 아울러 중국 자원기반 도시의 전환 방법과 과정을 고려하여 북한 실정에 적합한 전환 방법과 과정을 선택하여야 한다. 자원 개발과 처리에 중점을 둔 광업이 선도 산업인 산업구조에서 탈피하여 다양한 성장 동력을 육성함으로써 첨단 4차산업혁명 기술을 수용하고 적용하는 것이 아니라도 선도적인 3차 산업을 육성함으로써 핵심 산업의 다변화를 통해 도시 경제의 종합적인 지속 가능한 발전을 실현하여야 한다.

(2) 정책적 지원

북한 우리나라 생산 지역인 평산군은 우리나라 기반 도시로서 우리나라 광산과 정련소가 철거되는 경우 도시의 사회적 환경적 기능을 상실할 수 있다. 따라서 우리나라 고갈 도시인 평산시의 자생적 전환을 위해 우리나라 재개발이나 해체에 관한 결정의 초기단계에서부터 남북한 정부는 경제회복과 개발을 신속하게 추진하기 위해 특별우대정책을 제공할 필요가 있다. 아울러 남북한 정부는 사회질서를 정비하고, 생활수준의 상승을 지원하여야 한다. 이를 위해 법의 지배에 따라 규범을 제공하고 향상된 행정 서비스를 제공하여야 한다. 결국 우리나라 기반 도시인 평산군의 재생과 전환을 위해서는 남북한 정부가 청렴하고 효율적으로 기능하는 역량 있는 행정력을 제공하여야 한다.

이를 기초로 평산군의 재생과 전환을 위해 정부는 교통 시스템, 공공 공간, 토지 이용의 계획 등을 통해 기반시설을 제정비하여야 한다. 나아가 문화, 교육, 의료, 상업 및 주거 시설을 선진화함으로써 외국인 투자를 유치할 수 있는 유리한 투자환경을 제공할 필요가 있다.

(3) 남북한 정부의 협력과 사업수행

남한 정부는 북한 정권에 대한 재정정책과 산업정책, 투자정책의 지원을 통해 자원기반 도시의 전환을 지원하여야 한다. 자원기반 도시의 전환이 객관적인 법률에 따라 단기적으로는 산업구조의 전환이라는 목표를 달성하고 장기적으로는 국가의 균형발전과 이용이라는 국토개발의 대원칙 하에서 이루어질 수 있도록 지원하여야 한다.

아울러 남한 정부는 북한 당국과 북한 내부의 이해당사자는 물론 남한 및 국제사회의 참가자들이 협력하여 자원기반 도시의 전환을 원만하게 달성할 수 있도록 조정하여야 한다. 남북한 당국의 협력에 기초한 이러한 조정은 자원기반 도시의 전환을 보증하는 강력한 수단이 될 것이다. 무엇보다도 북한 자원기반 도시 주민들과 광산 종사자들의 적극적이고 주도적인 참여가 있어야 자원기반 도시의 전환은 성공할 수 있을 것이다.

북한 자원기반 도시를 전환하는 데에는 산업정책, 재정정책, 환경정책, 고용 및 사회보장정책, 그리고 산업구조 전환을 지원할 지역 개발과 투자 정책 등이 유기적으로 마련되어 시행되어야 한다. 아울러 대체산업의 개발, 폐광지원자금의 도입, 자원기반 도시 전환을 위한 특별 기금 설립 및 광산 종사자를 위한 사회보장기금 조성 등이 추진되어야 한다. 또한 자원기반 도시에 대한 재정 지원, 국고보조금의 증대, 광산 종사자 대체 업무지원을 위한 교육 프로그램의 수립과 보급이 이루어져야 한다.

자원기반 도시는 자원 개발 위주의 단편적 경제구조에서 전환하여 다른 도시들과의 연계를 통해 경제를 운영할 수 있도록 다양한 산업 유치와 새로운 산업 지원에 노력하여야 한다. 아울러 광산 종사자를 위한 사회보장 프로그램을 개발하고 지속가능성 지원을 모색하며 광산으로 인한 환경문제의 해결에도 유의하여야 한다. 이를 위해서는 민간경제를 발전시키고 중소기업의 발전을 독려하여야 한다. 정부 차원에서는 단기적으로 해당 도시에 대한 지원을 통한 사회적 환경적 안정을 지원하고 장기적으로는 국가의 균형발전과 이용이라는 틀에서 자원기반 도시에 대한 산업구조 정비와 대체산업 육성을 지원하여야 한다.

V

결론

지금까지 북한 비핵화의 시작과 끝으로서 북한 우라늄 광물 자원의 평가 및 폐광 후 관리의 중요성을 논의하였다. 또한 북한 우라늄 광물 자원에 대한 관리가 북한 비핵화와 한반도 평화 경제 실천이라는 두 가지 목표를 달성하는 데도 중요한 가교 역할을 할 수 있음을 소개하였다. 북한 우라늄 광물 자원의 평가와 관리를 위해서는 정확한 실태 조사가 선행되어야 하는데, 여기에는 두 가지 문제가 발견되었다.

첫째, 현재 북한의 광물 자원 평가는 개발 생산 과정과는 동떨어진 소비에트 방식을 따르고 있어 실제 채산 가능한 북한의 광물자원의 부존량이나 주변 여건을 가늠하기 어렵다. 광물자원 평가 선행이 중요한 것은 경제와 안보적 측면 모두에서 중요하다. 경제적 측면에서는 실제 개발 생산을 위해 해당 광구까지 인프라의 정비 여부, 개발시 환경파괴의 위험 여부, 국제시세와 개발비용 대비 효과 등을 미리 예상하고 대비할 수 있기 때문이다. 안보적 측면에서는 북한에서 채굴한 우라늄 양을 바탕으로 채굴량에 대한 정보를 바탕으로 북한의 고농축 핵물질의 보유량과 능력을 가늠할 수 있다. 또한 북한의 추가 핵 농축을 방지하기 위해서도 아직 채굴되지 않은 우라늄의 양을 면밀히 조사하는 것은 중요하다. 북한의 핵무기 보유 규모를 가늠할 수 없을 때 우라늄 채굴량은 대안적으로 중요한 지표를 제시해줄 것이기 때문이다. 따라서 경제적 목적이든 안보적 이유에서든 북한 상황에 대한 면밀한 진단을 위해 시장 경제 원리에 부합하면서도 우라늄 채광량에 대한 엄격한 관리와 투명한 평가를 동반한 평가 및 관리 기준 도입이 시급하다.

두 번째 문제점은 기존의 북한 비핵화와 북한 광물 자원 관리 논의들 모두 인간 안보적 고려가 부족하다는 점이다. 산업적 측면에서 채굴과 정련 과정에서 우라늄 광산 종사자들의 건강과 안전 문제에 대한 중요성

이 간과되어 왔다. 광산지역 거주민들에 대한 환경영향 평가는 관행적으로 무시되었다. 그 결과, 북한뿐만 아니라 세계적으로 우리나라 광산과 정련소에서 종사하는 광산 노동자들의 사망률과 질병 발병율이 높았다. 폐광된 이후에는 더욱 문제가 심각하다. 우선 환경오염 문제이다. 광산 운영 종료시 방제와 제염이 포함된 “복원” 과정을 거쳐야 하지만 복원에 대한 엄격한 기준이 마련되어 있지 않다. 광산의 해체 및 해체, 정련과정에서 발생하는 우리나라 찌꺼기 더미의 복원과 지하수 오염 방지를 위한 구체적인 안을 마련함으로써 북한 우리나라 광산 지역의 피해를 최소화해야 한다. 그렇지 않으면 공동체의 붕괴를 막을 수 없기 때문이다. 오염의 방제와 자급자족적 지역경제 개발의 실패로 인한 북한 광산 지역 공동체의 붕괴는 안보적으로도 지대한 영향을 미칠 수 있다.

인간 안보의 또 다른 측면은 경제 난민 발생으로 인한 사회통합 실패 가능성이다. 국가 전체가 하나의 핵 산업 단지라고 추정되는 만큼, 북한의 우리나라 채취와 일련의 가공업에 종사하는 인력은 상당한 규모일 것으로 추정된다. 그만큼 북한 우리나라 광산이 폐광되고 핵시설이 해체되어 북한의 핵 산업 종사자들이 떠나면 혼란 역시 클 것이다. 상대적으로 젊고 건강하고 이직이 가능한 고숙련 기술노동자들을 중심으로 이주가 시작되면, 지역에는 고령의 병약자나 적극적으로 경제활동에 참여할 수 없는 일부 여성과 어린이만 남게 될 것이다. 특히 북한이 핵개발 과정에서 방사능 피폭에 대한 대인 방호조치가 미흡했던 것으로 알려지면서 우리나라 광산을 중심으로 피폭자들이 방치되어 있을 가능성도 높아 보인다. 북한 우리나라 광산이 폐쇄되면 단순히 위협이 사라지는 것이 아니라 다른 종류의 안보 위협이 발생할 수 있다. 이처럼 광산 폐쇄 후 떠나는 사람들이나 남는 사람들 모두 심각한 경제·사회 안보적 위협에 노출되게 된다

는 사실로부터 앞서 소개한 UNFC의 지속가능성(sustainability)을 염두에 둔 인간과 환경의 조화로운 발전(development)의 추구는 중요하다. 군사 안보 측면에서도 미래의 핵 관리 측면에서 핵 산업 종사자들의 인력 관리는 필수적이다. 과거 미국의 년-누가 법으로 발의된 CTR 프로그램처럼 핵 산업 종사자들의 직종 전환을 위한 직업 훈련 프로그램 개발과 이를 지원할 기금 조성이 북한 비핵화의 일환으로 이루어지는 것이 반드시 필요하다. 따라서 사회 안전망의 구축 없는 북한의 우리나라 광산 폐쇄는 그 지역(local) 공동체에도 한국에도 최선책이라고 보기 어렵다. 폐쇄가 불가피하다면 적어도 방제와 방호 방안을 적극적으로 강구함으로써 안전성이 보장되어야 한다.

이처럼 경제와 안보, 국가안보와 인간안보가 뒤엉켜 있는 복잡한 사안을 해결하기 위한 시작은 바로 보편적인 기준의 도입과 적용임을 본 연구 보고에서는 설명하였다. 따라서 본 연구 보고에서는 그 기준의 하나로 본 연구 보고와 마찬가지로 경제성과 전략적 가치를, 안전성과 인간 중심적 지속가능한 개발 가능성을 강조하고 있는 UNFC 기준안을 소개하였다. 이를 토대로 본 연구 보고에서는 북한의 우리나라 광산이 폐쇄된 후 복원과 공동체의 유지를 위한 단기적 방안으로는 우리나라 채굴과 해체에 관한 규제와 최적관행을 수립하고, 장기적 방안으로 자원 기반 도시의 재건 방법을 제안하였다.

단기적으로 무인자율화와 만물 인터넷과 같은 기술 혁신을 통해 위험도가 높은 작업을 기계 노동으로 대체하는 한편, 숙련 노동자들은 시스템 관리와 환경 모니터 등 생산과 복원, 공동체 재건에 도움을 줄 수 있는 방향으로 재배치가 필요하다. 이 때, 광산 노동자와 운영자, 토지 소유자와 정책 결정자들 간의 이해관계 조율은 필수적이다. 실패를 피하

기 위해서는 지역적 요구와 수요, 지식을 포함한 가용 자원들, 전망과 한계에 대한 정확한 평가가 한데 어우러지도록 하는 사회적 노력과 정치적 수완이 필요하다.

장기적 방안으로 자원기반 도시들은 자원 개발의 감소가 이루어지는 경우 일원화된 산업구조로 말미암아 도시 발전이 정체되고 주변 산업이 도태되며 인구 유출로 도시 세수 불균형이 발생하여 파산에 이를 수밖에 없다. 거기다 높은 실업률, 심각하게 손상된 생태학적 환경, 사회적 안정의 곤란 등 해결하기 곤란한 수많은 문제들로 이른바 “자원의 저주”가 발생하게 된다. 이 같은 재난적 상황이 발생하기 전에 자원이 개발되는 동안 도시의 지속 가능한 발전을 위한 산업 전환을 실현하여야 한다. 자원기반 도시의 산업 구조 전환을 달성하기 위해서는 도시 경제 개발을 가속화하고, 합리적이고 지속 가능한 자원 활용을 장려하며, 생태 환경을 보호하고, 사회 전반의 진보를 가속화하여야 한다. 이러한 목표를 염두에 두고, 경제 변화에 대한 평가와 자원기반 도시의 성과도 고려하는 것이 필요하다.

궁극적으로 비핵화가 완성되고 남북한 평화와 번영의 시대가 도래하여 실제 남북 경제협력이 현실화되는 경우 남북한 정부에 있어 북한 개발이 정책의 우선순위를 차지할 것으로 보인다. 북한 개발을 추진함에 있어 부가가치가 가장 높은 북한 광물자원 개발은 가장 중요한 과제가 될 것이 분명하다. 더구나 북한 우리나라의 평화적 이용은 북한의 발전을 위한 에너지 공급을 제공함과 동시에 남북한은 물론 동북아 평화 정착을 가져오는 도구이므로 남북협력기금을 활용하여 최우선적으로 시행되어야 할 것으로 보인다. 이 같은 장·단기적 방안을 통해 북한 우리나라 광물과 지역 광산 공동체의 사회통합, 나아가 한반도의 지속 가능한 평화

(sustainable peace development)가 가능해지리라고 전망하며 결론을 맺는다.

Appendix

Appendix 1: 국제 우라늄 이용 현황

Appendix 2: 북한 광물자원 개발 관련 투자 현황

Appendix 3: 북한 우라늄 광산의 개발과 해체

Appendix 1: 국제 우라늄 이용 현황

가. 천연 우라늄의 이용

우라늄은 비교적 풍부한 방사능 중금속이다. 우라늄 채굴은 핵연료 주기의 첫 단계를 구성하며 군사 및 민간 용도로 사용된다. 모든 천연 우라늄의 중량을 기준으로 볼 때 약 99.28%가 우라늄-238이다. 이와는 반대로, 핵분열에 필요한 동위원소는 천연 우라늄의 0.7%에 불과한 우라늄-235로 채굴과 정련을 통해 추출한 뒤 농축을 통해 핵연료가 된다.

핵연료는 많은 양의 에너지를 방출한다. 일반적인 원자로에서 핵분열 연쇄반응은 '통제 하에' 관리되고 핵연료에 의해 생성된 열은 발전기를 구동하는 증기를 생산하는데 사용된다.

(1) 군사적 사용

우라늄은 농축 우라늄이나 플루토늄을 이용해 원자폭탄 개발에 군사적으로 사용되었다. 원자폭탄 개발을 위해서는 우라늄이 필요했던바 경제적으로 실행 가능한 광석의 채굴을 통해 우라늄을 획득하는 것이 선행되어야 했다.

역사적으로 볼 때, 가장 유명한 우라늄 광산 중 하나는 콩고 민주 공화국(DRC) 카탕가(Katanga) 지방에 있는 신콜로브웨(Shinkolobwe) 광산이다. 미국은 신콜로브웨의 우라늄 광산을 이용하여 맨해튼 프로젝트에 우라늄을 공급했다. 맨해튼 프로젝트는 제2차 세계대전 당시 사용된

최초의 원자폭탄의 건설을 위한 것이었다.⁷³

천연 우라늄은 농축 없이, 특정 유형의 원자로에 대한 핵연료를 제조하는 데 사용되어 왔다. 조사된 연료(irradiated fuel)에 축적된 (인공) 플루토늄은 핵분열 물질인 원자 폭탄의 제조를 위해 추출되어 재처리되었다. 다른 원자폭탄들은 천연 우라늄을 이용한 농축 우라늄으로 만들어졌다. 이 경우 우라늄-235는 핵분열 물질로, 그 비율이 일반적으로 천연 상태인 0.7%에서 80% 이상으로 농축되었다.

열화된 우라늄⁷⁴은 미사일 발사체의 도금과 철갑에도 사용되어 왔다. 이러한 발사체가 이라크 전쟁, 걸프전, 발칸반도에서 사용되었는데, 이때 군대는 물론 일반인들도 우라늄 오염에 노출되어 건강상 피해를 입었다는 보고가 있다.⁷⁵

(2) 민간 사용

우라늄은 원자로의 전기 생산에 사용되는 핵연료로 사용된다. 전 세계는 원자력발전을 위해 연간 약 7만 톤의 우라늄을 필요로 한다. 2012년 기준으로 우라늄의 약 86%가 광산에서 직접 공급되었다.⁷⁶

우라늄은 특정 산업에서도 활용되었다. 산업계에서는 먼저 우라늄이

자연 분해되어 생성된 라듐-226을 필요로 하여 사용하였다. 라듐-226은 암 치료와 산업 용도에 사용되었다. 그렇지만 최근 라듐-226은 폐기물로 남아 있다.

우라늄은 보석, 도자기, 유리를 위한 착색 색소에 사용된 바 있다. 19세기와 20세기 초반에 우라늄은 이러한 목적으로 널리 사용되었다.

우라늄은 매우 밀도가 높은 금속이기 때문에 항공기, 범선 켈트, 또는 방사선 차폐를 위한 생물학적 방호로서도 사용된다. 예를 들어, 방사성 물질을 운반하기 위한 컨테이너, 산업 방사선 촬영 장비에 대한 방사선 차폐 또는 의료 방사선 치료에 사용된다.

(3) 우라늄 사용 제품

원자력 산업에서 직접 사용되지 않는 일부 물질도 상당히 높은 농도의 우라늄을 포함하고 있는데, 이는 방사성 방호 목적에서 볼 때 무시할 수는 없다. 희토류 금속, 일부 유형의 인산염 비료, 지르콘이 풍부한 광물의 처리 등과 관련된 물질이 그 예다. 몇몇 종류의 석탄은 또한 상당히 높은 수준의 우라늄을 함유하고 있다. 이러한 물질은 자연발생적 방사성 물질(NORM)과 기술적으로 강화된 자연발생적 방사성물질(TENORM)로 불린다.

73 조은정, 『핵을 둘러싼 유럽-미국 관계에서 유라늄의 역할: 대항규범의 형성, 1945-57』 서울대학교 석사학위 논문, 2005.

74 열화되어 천연우라늄보다 핵분열성 물질인 아이소토프(isotope) 함유량이 낮은 상태가 된 것임

75 Chareyron, B., Živčić, L., Tkalec, T., Conde, M., "Uranium mining: Unveiling the impacts of the nuclear industry", *EJOLT Report* No. 15, 2014. 11, p.8.

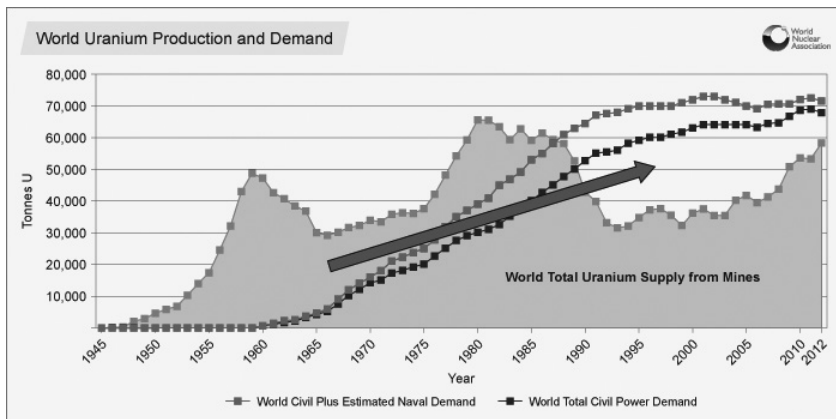
76 World Nuclear Association <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Mining-of-Uranium/World-Uranium-Mining-Production> (검색일: 2019. 7. 14.).

나. 세계 우라늄 생산과 수요

(1) 우라늄 생산

우라늄 광산에서 공급되는 세계 총 우라늄은 아래 그림에서 보는 바와 같이 우라늄에 대한 전체 수요를 감당하기에 아직 충분하지는 않다.

[그림 A-1-1] 세계 우라늄 생산과 수요



출처: World Nuclear Association

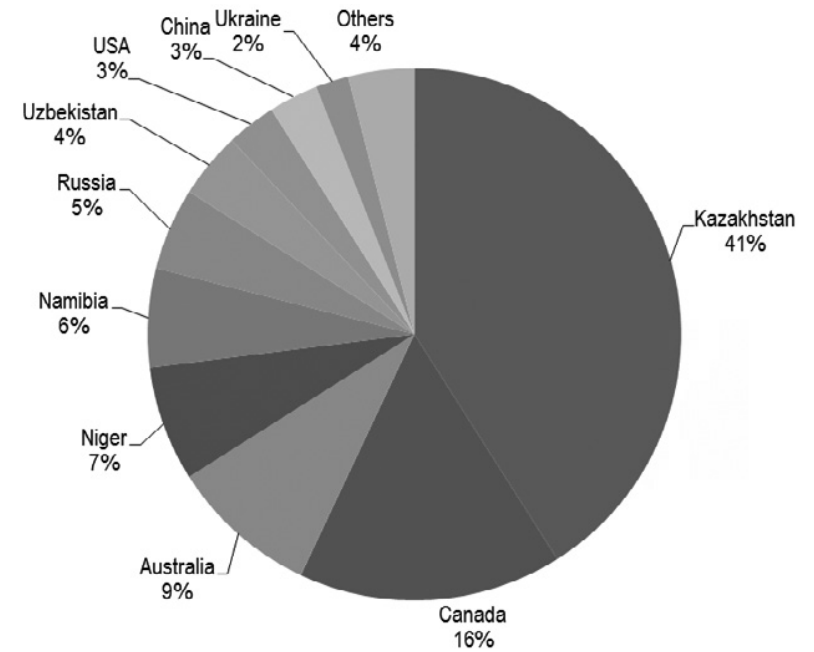
2010년을 기준으로 전세계 우라늄 소비량의 78%를 우라늄 광산으로부터 제공받았고, 민간 비축물량, 핵무기 철거, 재처리된 천연 및 농축 우라늄, 재농축된 열화된 우라늄 찌꺼기 등 2차 공급원으로부터 나머지 22%를 충당하였다. 차지했다.⁷⁷

77 M. Conde and G. Kallis, *The global uranium rush and its Africa frontier. Effects, reactions and social*

그러나 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전 사고는 우라늄 시장에 깊은 영향을 미쳤다. 일본에서 50개의 원자로가 해체되어 수요가 감소함은 물론 원자력 에너지와 관련된 위험이 강조되어 세계 전체적으로 각국이 미래 원자로 계획을 변경하였기 때문이다.

(2) 국가별 우라늄 생산 현황과 수요

[그림 A-1-2] 국가별 우라늄 생산 현황



출처: UNFC to Uranium

movements in Namibia, Global Environmental Change, 2012.

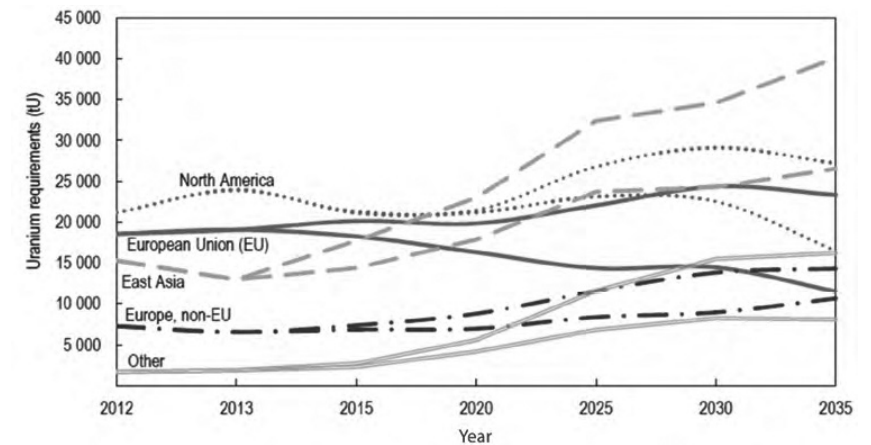
2014년을 기준으로 세계 21개국이 우라늄을 생산하고 있다.⁷⁸ 위 그림에서 보는 바와 같이 2014년에 세계적으로 56,215 ton-U의 우라늄이 생산되었는데 카자흐스탄이 23,127 ton-U를 생산하여 전체의 41%를, 캐나다가 9,134 ton-U를 생산하여 16%를, 호주가 5,001ton-U를 생산하여 9%를 차지하였다. 미국과 중국은 전 세계 생산의 3%를 각각 차지하였다.

2014년 상위 6개 생산국(카자흐스탄, 캐나다, 호주, 니제르, 나미비아, 러시아 연방)은 세계 생산의 84%를 차지했고 10개국, 카자흐스탄(41%), 캐나다(16%), 호주(9%), 니제르(7%), 나미비아(6%), 러시아 연방(5%), 우즈베키스탄(4%), 미국(3%), 우크라이나(2%)를 차지했다.

4차 산업혁명의 발전으로 안정적인 전력공급이 국가발전에 있어 핵심 과제를 차지하게 됨에 따라 원자력발전에 대한 수요는 후쿠시마 사태에도 불구하고 여전히 증가하고 있다. 원자력 발전의 필요성이 증가하여 신규 원전의 건설 증가 여부에 따라 2035년까지 우라늄 수요는 작게는 72,200 ton-U/yr에서 많게는 121,100 ton-U/yr까지 예상된다.

원자로 증설 계획에 따른 우라늄 수요 예상 현황(2035년까지)

[그림 A-1-3] 원자로 증설 계획에 따른 2035년까지의 우라늄 수요 예상 현황

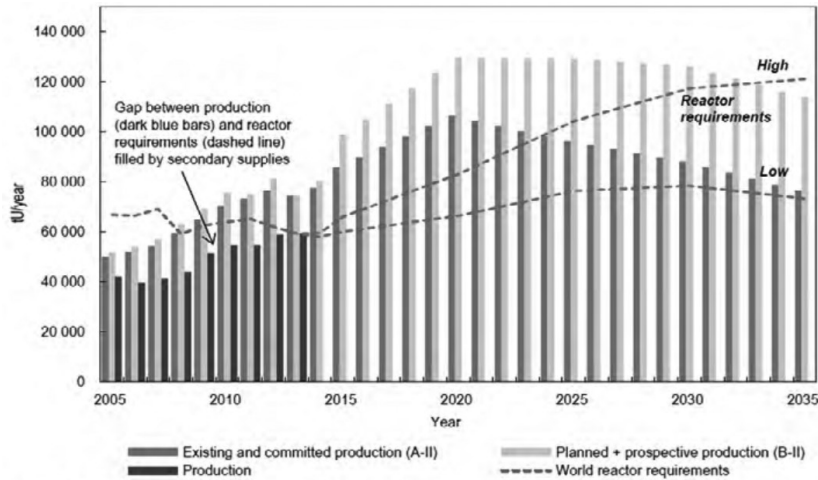


출처: UNFC to Uranium

한편 2035년까지 원자력 발전 수요 증대로 원자로 증설이 확대될 것으로 예상됨에 따라 생산 능력의 확대도 발생할 것으로 예상된다.

⁷⁸ UNECE, *Guidelines for Application of the United Nations Framework Classification for Resources(UNFC) to Uranium and Thorium Resources*, 2017, pp.5-7.

[그림 A-1-4] 원자로 증설 프로젝트 대비 2035년까지의 우라늄 예상 생산 능력



Source: Tables 1.26 and 2.4.
 * Includes all existing, committed, planned and prospective production centres supported by RAR and inferred resources recoverable at a cost of <USD 130/kgU.

출처: UNFC to Uranium

원자로 증설 프로젝트가 성공적으로 이행되더라도 우라늄 광산 개발의 확대로 2차 공급원의 도움 없이도 해당 수요를 충분히 충족시킬 것으로 기대된다. 특히 뒤에서 설명하는 우라늄 채굴 방법의 하나인 용액채굴이라는 새로운 방법의 등장은 우라늄 생산을 급격히 증가시켰다. 용액채굴은 현재 우라늄 생산을 지배하고 있는 채굴방법으로 카자흐스탄, 호주, 중국, 러시아 연방, 미국, 우즈베키스탄 등에서 활용되고 있다. 2014년을 기준으로 용액채굴이 세계 우라늄 생산량은 2014년 전체 생산량의 51%에 달하고 있다.

Appendix 2: 북한 광물자원 개발 관련 투자 현황

(1) 북한 광물자원 개발

비록 하노이 북미 회담이 빈손으로 끝났지만 대화의 모멘텀이 유지되고 있는 상황에서 북미 관계와 남북 관계의 진전이 가속화 될 경우 본격적인 남북 협력 사업의 추진으로 이루어질 것으로 전망된다. 물론 이를 위한 선행조건으로 북핵문제의 실질적 진전과 이에 따른 유엔 안보리의 제재 및 미국의 대북 제재가 완화되어야 한다.

남북 경협이 활성화 되는 경우 도로, 철도, 항만 등 인프라 투자가 우선 실시될 것으로 전망되는 가운데, 북한 광물자원 개발이 중점적으로 진행될 것으로 보인다. 북한에는 우리의 산업 발전에 필요한 철, 아연, 니켈 및 텅스텐과 몰리브덴, 희토류 등의 주요 광물이 매장되어 있는 것으로 파악되고 있다. 북한 부존 광물은 약 500여 종이며 이 중 경제성 있는 광종은 약 20여종 인 것으로 알려져 있다. 철광석을 예로 살펴볼 경우 국내 내수 50%를 북한으로부터 수입하는 경우 연간 115억 8000달러의 수입대체 효과가 있다는 분석도 있다.

(2) 남한의 투자현황

북한 광물자원 개발을 위한 남북협력은 대한광업진흥공사가 2001년 6월 북한의 민족경제협력연합회 초청으로 평양을 방문하여 북한의 광물

자원 개발에 관한 포괄적 합의를 제출하면서 시작되었다.⁷⁹ 이후 대한 광업진흥공사와 민족경제협력연합회는 강원도 평강군 압동에 있는 탄틸륨 광산을 시범적으로 공동 개발하기도 하였다. 그러나 이 사업에 대해 러시아 기술진들이 현지조사를 수행한 결과 경제성이 없다고 보고하자 투자자가 보류되었다. 대한광업진흥공사는 2003년 10월 우리 정부로부터 광업 분야에 대한 경제협력을 최초로 승인받아 2004년 황해남도 연안군 정촌리 소재의 흑연광산 개발에 착수하였다.

남북관계의 발전에 따라 남북은 2005년 10월 제10차 남북경제협력추진위원회 회담에서 '경공업 원자재 및 북한 지하자원개발협력'에 합의하였다. 이후 동 합의에 따른 후속조치로 남북은 북한 단천 지역의 광물자원개발에 합의하였다. 이에 따라 남북은 북한 단천 지역의 아연광산과 마그네사이트 광산 개발을 위한 현지조사를 3차례나 실시하였다.

〈표 A-2-1〉남한의 대북 광물자원 투자 실태

광물자원	업체	추진내역	비고
흑연	광업진흥공사	· 03. 7월 정촌흑연광산 개발 합의 · 06. 4월 정촌흑연광산 준공식 개최 · 06. 11월 시운전 시작 · 07년 하반기 시제품 생산 및 흑연제품 반입	510만 달러 투자
석재	태림산업	· 06. 9월 개성공단 인근에 화강석 가공 공장 준공, 석재 생산, 반입	295만 달러 투자
석탄/무연탄	POSCO	· 05년부터 북한산 무연탄(연 10만톤)반입계획, 철광석 개발 검토 · 06년 7.5만톤 반입 후 핵심협으로 중단	투자비 과다 등 사업성 결여로 철광산 개발 참여 유보
	광업진흥공사	· 05. 10월 평북 덕현 철광석광산 계약 체결	반입가능성이 낮아 사업중단
마그네사이트	조선내화	· 04. 9월 마그네사이크링카 교역 및 광산개발 협의	선불금 요구로 중단
	원진월드	· 04. 3월부터 룡양·대흥광산 투자 추진	광업진흥공사를 통해 북측과 공동 조사사업 추진
	태창자원	· 05. 6월 광산개발 합의	자금부족으로 중단
탄틸륨	성남전자공업	· 01. 6월 광산개발 합의	경제성문제로 중단

나아가 남북은 덕현 철광(평안북도 의주군), 중석 광산(황해북도 신평군), 무산 철광(함경북도 무산군)에 대한 투자협의를 모색한 바 있다. 한편 태림산업은 2006년 11월 남포 인근의 용강석산을 개발하여 상석 22

79 이 부분의 내용에 대해서는 정우진, 박지민, 『남북 광물자원협력 방안 연구』, 에너지경제연구원(2007)을 요약 정리하였다.

개와 화강암 100 톤을 반입한 바 있다.

(3) 단천 광산개발 프로젝트

우리 정부는 이미 지난 2006년 북한 단천 지역 3개 광산을 개발하기로 한 사업(검덕, 용한, 대흥)을 추진한 바 있다. 즉 남북은 2006년 6월 ‘남북 경공업 및 지하자원개발 협력에 관한 협의서’에 기초하여 마그네슘, 연, 아연의 개발·생산을 위해 30년의 중장기 전략을 가지고 추진한 것이다. 이후 2007년에 북한은 위 광산에 대한 지질도 등 자료를 제공하고 남북 공동조사단이 현지조사를 완료하였다.

이 사업과 관련하여 북한에서는 북한 노동당의 중앙당 경공업부가 관장한 바, 광산 지역에서는 해당 사업의 이익은 경공업부가 가져가고 자신들은 대가 없는 노력을 제공하였다는 불만이 높았다. 사업에 참가한 우리 측 관계자들은 북한 광물개발 관련 부서의 사람들이 현장 경험이 풍부하고 자부심이 대단하다고 하였다. 한편 우리 측 관계자들은 북한은 정보통신 인프라가 미흡하여 광산 관련 자료를 수기로 도면을 그려서 제출하는 등 자료 제공에 상당한 어려움이 있었다고 하였다. 당시 언론 보도와 달리 자료를 주지 않으려고 한 것이 아니라 기술적으로 자료 제공에 어려움이 있었던 것으로 보인다.

(4) 북한 광물자원 개발 사업의 구조적 특징

북한 광물자원 개발을 위해서는 우선 그 구조적 특징을 이해하여야 한다. 특히 최근 북한의 광산 개발권이 중국에 넘어갔다는 이야기가 있었

는데 이는 북한 광물자원 개발 구조에 대한 몰이해에서 비롯된 것으로 광산이 중국에 넘어간 경우는 없는 것으로 보인다. 다만 중국 자본이 북한의 광산 개발에 상당히 많이 참여하고 있는데 그 방식과 내용을 살펴볼 필요가 있다.

북한 군부 등은 광산 개발과 무역 거래권을 가지고 있는데 이는 예전 조선시대의 둔전 전통이 여전히 남아있기 때문인 것으로 보인다. 즉 광산개발권과 무역 거래권을 가지고 있는 군부 등은 무역이나 거래를 통해 이득을 창출한 다음 중앙정부에 일정 부분의 수수료를 지급하고 나머지 자금이나 현물을 가지고 부대를 운영한다. 여기에는 당연히 소속 부대원 등의 임금도 포함되어 있다.

그런데 북한 군부나 당의 특정 기관이 광산 개발과 무역 거래권을 가지고 있다하더라도 자금이 없기 때문에 중국의 지원을 받을 수밖에 없다. 예를 들어 당에서 먼저 특정 광산에 석탄을 채굴하여 그 가운데 10톤을 특정 발전소에 제공하고 나머지를 중국에 팔라고 지시하면, 이들 기관은 석탄을 채굴할 장비나 기술이 부족하기 때문에, 중국 기업에 장비는 물론 자기 부대 및 기관원의 생활에 필요한 쌀, 기름 등을 현물로 선투자하라고 하여 선투자를 받은 다음, 발전소에 제공하고 남은 석탄으로 그 선투자에 대해 현물로 결제하는 것이다. 중국 회사의 경우 선투자로 현금 가액의 70%를 투입하고 현물 100%를 확보하여 가져갈 수 있으므로 유리하기 때문에 이 방법을 선호하고 있다.

광업권이나 개발권을 가지고 있는 군부나 당기관의 경우 중국 회사의 투자를 현금으로 받으면 유리할 수 있지만 소속 노동자들에게 돈을 지급하면 북한법에 저촉되기 때문에 현물로 받을 수밖에 없는 구조이다. 이는 또한 현물과 현물거래이기 때문에 외환거래로 인한 비용발생또한 줄

일 수 있는 장점도 있다. 그런데 북한은 중국과도 회계기준이 다르기 때문에 현물 투자의 경우에 있어서 중국회사도 유의하고 있다. 그럼에도 불구하고 중국 회사가 거래에 나서는 것은 북한의 경우 김정은 정권에서 결정한 사항에 대하여 반드시 대금이나 현금을 지불한다는 신뢰가 있기 때문인 것으로 보인다. 북한의 광물자원 평가 기준도 다르고, 외환거래도 우리와 다르기 때문에 향후 북한 광물자원개발에 나서는 경우 유의할 필요가 있다.

Appendix 3: 북한 우라늄 광산의 개발과 해체

1. 우라늄 광산의 개발

가. 우라늄 채굴 방법

(1) 개요

우라늄은 노천채굴(open pit mining), 지하채굴(underground mine) 및 용액채광(in situ leaching)을 통해 채굴된다.⁸⁰⁾ 노천채굴은

80 이 부분의 내용은 Chareyron, B., Živčić, L., Tkalec, T., Conde, M., 앞의 보고서, pp.8-10을 참고하여 정리하였다.

81 원위치침출(in situ leaching : ISL)은 원위치회수(in situ recovery) 또는 용액채광(solution mining)이라고도 하며, 구리나 우라늄 같은 광물을 원위치에서 뚫은 시추공을 통해 회수하여 채광하는 공정을 말한다. 이하에서는 이해의 편의를 위하여 용액채광이라는 용어를 사용하고자 한다.

광체에 접근하기 위해 지표면을 걷어낸 후 광석을 직접 추출하는 것이다. 이것은 가장 흔하게 사용되는 방법으로 지표면 혹은 지표면 바로 아래에 우라늄 광체가 있는 경우 유리하다. 우라늄 광체가 지표면 깊은 곳에 있는 경우 폐석의 발생량도 늘어나기 때문에 운용 규모와 비용이 증가하게 된다. 지하채굴은 일반적으로 지하 깊은 곳에 우라늄 광맥이 상당한 규모로 형성되어 매장되어 있는 경우에 사용된다. 지하채굴은 가장 고비용이 소요되는 방식이며, 암석 추락과 지하 붕괴로 인한 위험이 가장 높다. 그렇지만 광석 대비 폐석 비율이 낮고 일부의 경우 폐석 발생이 없는 경우도 있다.

노천채굴이나 지하채굴 기법을 재래식 채굴 방법이라 한다. 재래식 채굴을 하는 경우, 우라늄이 함유된 암석을 채굴하고 채굴한 암석으로부터 우라늄을 추출하기 위한 처리를 진행하기 전에, 우라늄 농도를 측정하여 동 처리를 수행할 정도의 가치가 있는지를 측정하여야 한다. 우라늄 광산에서 채굴한 암석이나 물질은 우라늄 농도에 따라 ‘폐석’ 또는 ‘우라늄 광석’으로 구분된다. 폐석과 광석의 구분은 우라늄 광체에의 접근성, 우라늄 채굴에 사용되는 기술 및 우라늄의 현재 시장 가치에 따라 달라진다.

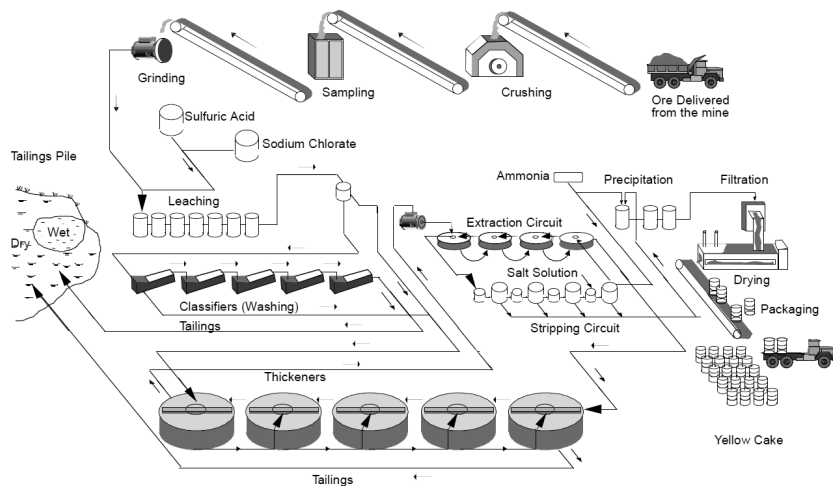
우라늄 광석을 채굴하여 분리한 후에, 광석에서 우라늄 원자를 추출하기 위해 광석을 분쇄하고 화학적 처리, 즉 ‘침출(leaching)’을 하게 된다. 노천이나 지하와 같은 재래식 우라늄 광석을 채굴한 다음, 광석 분쇄함으로써 더 많은 표면적을 만들어야 우라늄의 추출을 용이하게 할 수 있다. 이 과정은 대부분 광산 근처에서 이루어진다. 우라늄 광석을 원하는 입자 크기까지 분쇄한 다음 이 광석 입자에 물을 넣어 역류 디칸터(Counter-Current Decanter : CCD)에 넣어 걸쭉하게 슬러리

(Slurry)⁸²를 만든다. 이후 이 슬러리는 플로팅 탱크로 보내지는데 이곳에서 밀도에 의해 우라늄을 추출하고 불순물을 제거하기 위해 화학물질이 첨가된다. 이후 이 슬러리는 침출수 탱크(leach tank)로 이동한다. 침출수 탱크에는 우라늄을 용해시키기 위해 산이 첨가된다. 대부분의 우라늄 광석은 산성으로 침출되지만, 광석의 종류에 따라 알칼리성 침출이 사용되기도 한다. 그 다음 우라늄 찌꺼기는 따로 저수조(tailing pond)에 모아지고, 우라늄은 침전되어 건조되기 시작한다. 건조 후, “엘로우 케이크(yellow cake)”의 형태로, 우라늄은 포장되어 가공 시설로 운송된다.

(2) 재래식 채굴 : 노천 및 지하

재래식 채굴의 경우 광석을 분쇄하고, 연마하여, 침출시켜 우라늄 산화물을 용해하는 정련소가 광산 가까이에 있는 것이 보통이다. 침출에 사용되는 기법은 광석이 함유하는 우라늄 농도에 따라 다르다. 광석의 평균 우라늄 농도가 ‘높음’(예: 프랑스의 경우 0.1-1 % 사이)인 경우, 강도 높은 압착과 처리(동적 침출, dynamic lixiviation)에 의하여 95% 이상의 회수율을 보일 수 있다.

[그림 A-3-1] 우라늄 채굴 및 정련 과정



출처: Energy Information Agency

82 고체와 액체의 혼합물 또는 미세한 고체 입자가 액체 중에 현탁되어 있는 현탁액을 말함

[그림 A-3-2] 나이지리아 노천 우라늄광산



Source: AREVA

광석의 평균 우라늄 농도가 낮은 경우(예: 프랑스의 경우 0.03-0.06 % 사이) 침출은 정련소에서 수행되지 않고 퇴적 침출(heap leaching)을 통해 수행된다. 퇴적 침출을 정적 침출(static lixiviation)이라고도 한다. 퇴적 침출은 광석 더미에 침출제를 뿌리는 것을 수반한다. 침출제가 광석 더미를 통과함에 따라, 우라늄은 용액으로 수용된다. 이 수용액은 추가 처리를 위해 화학공장으로 운송된다. 퇴적 침출을 통해서도 광석에 함유된 우라늄의 60~80%를 회수하는 것이 보통이다.

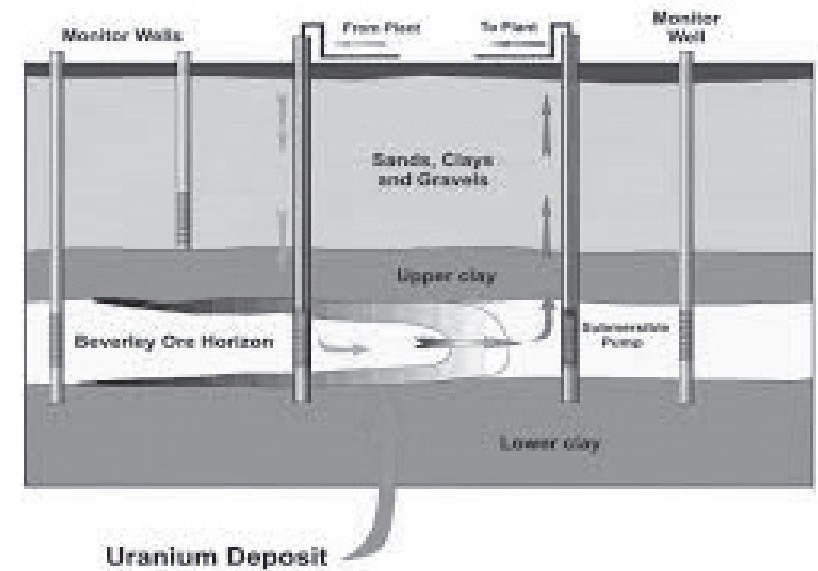
한편 퇴적 침출은 정련보다 훨씬 저렴하기 때문에 우라늄 함유량이 낮은 광석에서도 우라늄을 회수할 수 있다. 우라늄 채굴은 모두 침출을 수반하고 있으므로 침출에 의해 생성되는 폐기물(waste)인 '우라늄 찌꺼기(Uranium Tailing)'을 발생시킨다. 우라늄 찌꺼기의 잔류 방사능(residual radioactivity)은 광석에 대한 분쇄와 연마 등 초기 활동과 침출 과정의 효율성에 따라 달라진다(일반적으로 초기 활동의 약 70~80%)

(3) 용액채굴

우라늄 추출의 최신 방법은 인위적으로 만든 주입정(bore hole)을 통해 지하에 있는 광석 암반으로 침출액이 침투시켜 우라늄을 추출하는 용액채굴(ISL)이다. 이 침출액이 지하 암반에 함유된 우라늄을 용해시키면, 이 수용액을 지표면으로 끌어올려 화학 처리하여 우라늄을 추출하는 것이다. 이 방법은 노천광에 따른 문제점을 방지할 수 있지만 지하수를 오염시킬 수 있는 위험이 있다. 침출액으로 황산을 사용하는 것이 보통이지만, 일부 정련소에서는 광체의 화학적, 광물학적 특성에 따라 탄산

염을 침출액으로 사용하기도 한다.

[그림 A-3-3] 용액채굴(출처: World Nuclear Association)



4) 최근 상황

우라늄 채굴 방법은 시간이 지남에 따라 변화해 왔다. 1990년의 경우 지하광산을 통해 세계 우라늄의 55%를 생산하였다. 그렇지만 지하광산의 생산 비율은 1990년대 후반에 급격히 감소하였다가, 캐나다와 호주(Olympic Dam)에서 새로운 광산들이 문을 열면서 다시 증가하였다. 용액채광(ISL)의 비중도 꾸준히 증가하였는데, 이는 카자흐스탄에서 새

로이 생산에 들어간 광산들이 이 방법을 채택하고 있기 때문이다. 세계 원자력협회(WNA)에 따르면, 세계 우라늄 생산의 증가는 바로 이 채굴 방법이 도입된 결과라고 한다. 우라늄 생산에 사용된 방법과 비율은 다음 표에서 보는 바와 같다.

[그림 A-3-4] 우라늄 생산 방법(Source: World Nuclear Association)

Method	Tonnes U	%
Conventional underground (except Olympic Dam)*	16,324	27.9
Conventional open pit	11,906	20.4
In situ leach (ISL)	26,263	45.0
By-product *	3,851	6.6

침출된 이후 우라늄 광석은 이온 교환과정을 거쳐 고온에서 건조되어 핵연료(yellow cake) 분말(우라늄 농축분)로 변환된다. 이 핵연료는 트럭, 기차 또는 선박을 통해 다른 처리 시설로 운반되며, 정제(purified)·농축되어 우라늄-235(우라늄의 핵분열 동위원소)가 탄생하게 된다. 분쇄된 우라늄 광석을 다른 장소로 운반하여 위와 같은 처리과정을 실행할 수 있으므로 정련소가 우라늄 광산에 근접하여 운영될 필요는 없다.

나. 우라늄 개발 단계

우라늄 광산에 대한 탐사에 성공하여 경제성이 있는 것으로 판명되면

본격적인 우라늄 개발 생산에 돌입하게 된다.⁸³ 즉, 설계, 건설, 생산, 복원 및 이전 등 다섯 단계의 우라늄 광산 개발 수명주기가 시작되는 것이다.

설계(Design)는 발견에서 광물 생산에 이르기까지 광체를 개발하는 모든 측면을 다루며, 잠재적으로 중요한 모든 영향을 문서화하고, 규제 승인을 받고, 그에 상응하는 시정 조치를 개발하는 단계이다. 건설(construction)은 현장의 모든 물리적 활동을 포함하여 해당 지역 개발을 준비하고, 작업자와 자재를 현장에 동원하며, 상세설계에 의해 결정된 물리적 건설 작업을 수행한다. 이 단계에서는 생산 단계에 필요한 설비의 안전한 운영을 위한 토대를 마련하는 것이다. 생산(production)은 우라늄 광산 운영의 모든 측면을 포함하는데, 우라늄의 생산이 가장 중요한 목적이다. 복원(reclamation)은 광산 운영의 종료, 물리적 해체(decommissioning) 및 복원조치를 포함한다. 아울러, 광산이 설계 단계에서 예상한 대로 순조롭게 복원되고 있는지 확인하는 데 필요한 모니터링 및 감독을 포함하는 등 생산 종료 시점부터의 모든 활동을 포함한다. 이전(hand over)은 광산에 대한 통제가 광업회사에서 정부 당국으로 정식 이전되는 기간을 말한다. 복원 단계를 거쳤다고는 하지만 우라늄 광산이나 정련소 등과 같은 시설은 추가 복원이나 비용이 소요될 수 있으므로 이전 받은 당국은 상당한 위험을 부담하게 될 수도 있다. 따라서 이 시설들이 복원 등에 필요한 엄격한 요건이 필요하며 이들이 복원이나 환경기준에 적합하다는 사실을 장기적으로 증명하도록 요구할 필요가 있다(이를 제도적 통제라고도 함). 이전 기준을 정할 때, 정부는 장

83 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p.4.

기적인 보건, 안전, 환경보호 등에 대한 조치를 확실히 요구하여야 한다. 이를 위해서는 상당한 자금과 지속발전 가능한 전략이 필요하다. 이러한 측면에서 보았을 때 북한의 우라늄 광산에 대하여 남북경협이 활성화 되어 우리 정부나 기업이 인수하거나 관리하는 경우 복원에 따른 비용과 이전에 따라 보건, 안전 및 환경보호 관련 책임을 부담하게 될 수 있다. 따라서 북한 당국과 이를 수행함에 있어 상당한 주의가 요구되며 계약적으로는 Indemnity 혹은 Representative and Warranty 조항을 잘 규정할 필요가 있다.

2. 우라늄 광산과 정련소의 해체

가. 개관

앞에서 살펴본 바와 같이 우라늄 광석에서 우라늄을 추출하기 위해서는 산성이나 알칼리성(alkaline) 침출 방법을 사용하였다. 즉 초기에는 산성 침출을 보편적으로 사용하였다. 이후 환경적 이유로 산성보다는 알칼리성 침출법이 일반화되었다. 그러나 알칼리성 침출은 산성 침출보다 환경에 미치는 영향력이 적었지만, 우라늄 추출에 있어서는 효율성이 떨어졌다.

우라늄 채굴과 추출을 위한 모든 과정은 어떤 형태로든 폐기물을 생산한다. 일반적으로 우라늄 정련 과정에서 발생하는 폐기물의 양은 정련을 위해 투입된 광석의 공급량에 따라 달라진다. 아울러 정련기의 용량과 가동 시간 등도 영향을 미친다.

우라늄 채굴 과정이 진행되는 동안, 처리된 우라늄 광석의 액체 및 고체 폐기물은 우라늄 찌꺼기 더미로 보내진다. 1톤의 우라늄 광석에서 추출되는 우라늄의 양은 불과 몇 파운드에 불과하기 때문에 우라늄의 자연 분해 된 라듐의 비율이 높은 대부분의 물질은 결국 우라늄 찌꺼기로 모이게 된다.⁸⁴

나. 우라늄 광산 해체(폐광) 절차

해체(decommissioning)는 우라늄 광산의 다양한 활동을 포괄하는 개념이다. 전통적인 정련 과정에 따라 우라늄을 채굴하는 경우, 해체에는 정련소의 해체, 우라늄 찌꺼기 더미의 관리, 지하수 관리 및 우라늄 광산 전체의 복원과 해당 지역에 대한 장기적인 모니터링이 포함된다. 아울러 방사선 수준과 노동자의 건강과 안전에 관한 모니터링 및 일반 대중과 환경 보호를 위한 관련 기록 유지 활동도 포함된다. 방사선 오염 구역 및 장비에 대한 접근을 통제도 실시되어야 한다. 결과적으로, 해체는 상당한 시간과 막대한 비용이 소요되는 과정이다.

다. 오염방지와 해체

해체의 첫 단계는 오염방지와 해체에 있다. 우라늄 채굴에 사용되었던

84 북한의 우라늄 채굴은 앞에서 살펴본 바와 같이 아직까지 노천과 지하 등 재래식 채굴이 주를 이루고 있기 때문에 이 보고서에서는 전통적 채굴에 따른 해체를 중점적으로 살펴보기로 한다. 이하 이 부분의 주요 내용은 Energy Information Administration, *Decommissioning of U.S. Uranium Production Facilities*(February 1995), pp.13-20을 참고하여 정리하였다.

장비 및 건물에 대하여 분무, 증기세척 또는 기타 방법을 사용하여 세척하고 제염하는 정화가 우선적으로 실행되어야 한다. 한편 석면을 사용한 건물이 있는 경우 초기 단계에서부터 석면을 제거하여야 한다.

정화 단계에서 건물의 장비를 분리함에 있어서, 장비를 (a) 방사선 검사 및 오염 제거 이후 제한 없이 판매할 수 있는 장비, (b) 오염 가능성이 있지만 다른 우라늄 광산 개발과 운영에 잠재적으로 판매할 수 있는 장비 및 처분하여야 하는 장비로 구분할 수 있다. 일반적으로 장비들은 판매할 수 없다. 분리된 장비의 판매는 제한된 잠재적 시장, 판매자와 구매자에게 필요한 비용, 잠재적 부채 등을 고려할 때 의미가 없다. 판매할 수 있는 장비는 침출 용액에 오염되기 이전 과정인 광석의 분쇄(파쇄)나 연마(연삭)와 관련된 장비일 가능성이 높다.

오염된 먼지 입자 방지를 위해 건물 및 기초 구조물을 해체하기 이전에 벽과 천장을 세척이나 도장하여야 한다. 규모가 큰 장비와 건축자재는 절단하고, 파이프나 탱크 및 이와 유사한 구조물은 절단, 압착화 하여 취급이 용이하도록 하여야 한다.

이와 같은 장비나 설비 및 구조물의 파편들을 우라늄 찌꺼기 더미 근처의 매장지로 운반하거나 배치하여야 한다. 우라늄 찌꺼기 더미는 중장비를 지탱할 수 있을 정도로 충분히 건조되고 압축되어야 하므로, 수년 동안 정련 자재에 대한 처리를 진행하지 못할 수도 있다. 그러나 다른 우라늄 찌꺼기 더미를 이용하거나 특수 제작된 갱도(구덩이)와 같은 장소에서 처분이 가능할 수도 있다.

이후 정련소 지역에서 오염된 잔해와 토양을 제거하여야 한다. 식물 생태계의 복원을 위하여, 토지나 산림에 대한 절삭, 복토, 사용제한, 시비 및 식목 등이 필요하다. 장기 생존을 위하여 식목은 정련소 인근 지역의

자연 식생에 서식하는 것과 유사한 식물을 선택하여야 한다.

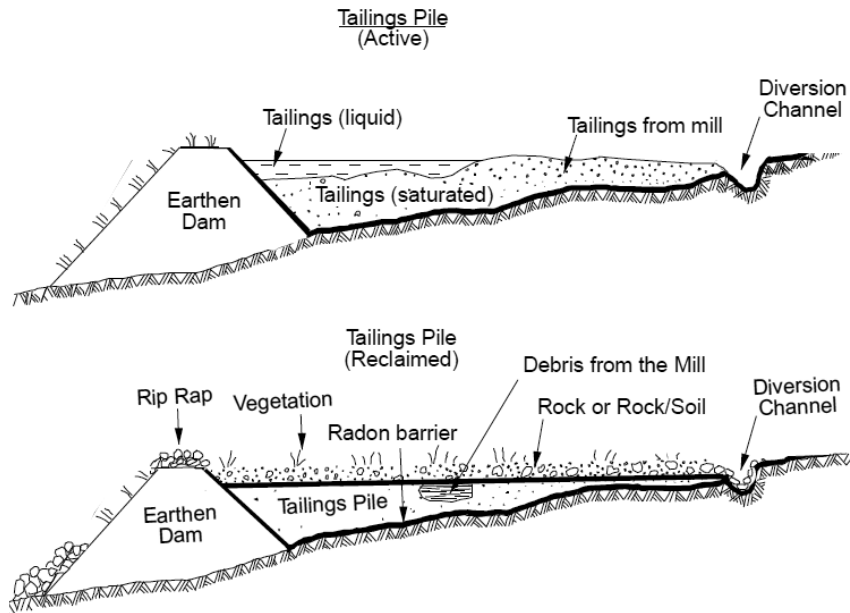
라. 우라늄 찌꺼기 더미 복원(Tailings Pile Reclamation)

침출 및 분쇄 공정으로부터 생성되는 정련 찌꺼기(mill tailing)는 모래 슬러리(slurries)와 “슬라임즈(slimes)”이라 불리는 점토 같은 입자로 구성된다. 찌꺼기 슬러리는 폐기하기 위해 우라늄 찌꺼기 더미로 운반된다. 일반적으로 우라늄 광산이나 정련소에는 우라늄 찌꺼기 더미와 증발 연못(evaporation pond)이 있다. 지하수 오염은 우라늄 찌꺼기 더미에서 발생한다. 더미의 입지와 설계에 따라 일부 현장에서는 지하수를 허용 가능한 수준으로 정화하기 위해 노력하고 있다.

우라늄 찌꺼기 더미의 복원(tailings pile reclamation)의 궁극적인 목적은 영구적인 관리를 위해 적절한 상태로 되돌리는 것이다. 우라늄 찌꺼기 복원은 감마선과 라돈이 격납 시설로부터 방출되지 않도록 하고, 복원 이후 지속적인 모니터링이나 유지관리 프로그램이 필요 없을 정도로 관리되는 것이다. 우라늄 찌꺼기의 매립과 복원은 다음 그림을 통해 자세히 알 수 있다. 우선 우라늄 찌꺼기 더미의 더미(piles)의 가장자리는 표면 유출로 인한 침식 위험을 최소화하기 위해 재형성되어야 한다. 이 작업은 우라늄 찌꺼기 더미의 높이를 재조정하거나, 더미 경계의 밑부분에 재료를 추가하면 된다. 더미 경사면과 가장자리는 라돈 유출 방지 장벽과 암석 또는 기타 점토나 실트 소재로 덮어 준다. 침식 방지를 위해, “사석(rip rap)”을 깔아준다. 라돈 유출 방지 장벽은 그 적합성을 검증하기 위해 라돈 확산 및 방출 특성뿐만 아니라 투과성 및 기타 물리적 특성에 대한 시험을 거쳐야 한다. 결과적으로 플라스틱과 불침투성

재료가 바람직하다.

[그림 A-3-5] 우라늄 채굴 및 정련 과정(출처: Energy Information Agency)



우라늄 찌꺼기 더미 복원 현장은 접근 제한을 위해 울타리를 쳐 두는 것이 좋다. 우라늄 찌꺼기 복원과 관련한 설계 및 시공이 예상대로 수행되었는지, 모든 표준이 충족되었는지, 현장에서 예상치 못한 변경이 발생하지는 않았는지 확인하기 위해 현장을 계속 모니터링하여야 한다. 미국의 경우 현장 복원이 완료되고 NRC가 승인할 때까지 이 복원 작업은 우라늄 광산 운영자(면허소지자)가 그 책임을 부담한다. 복원 작업이 완료되면, 현장에 대한 소유권과 현장의 장기 감시, 감독 및 유지관리에 대

한 책임은 에너지부 혹은 해당 주(州) 정부로 이전된다.

우라늄 찌꺼기 더미의 복원에 있어 라돈 장벽, 사석, 제방, 식목 및 기타 복원 구조물 등에 영향을 미치는 물리적 및 화학적 원인을 충분히 고려하여야 한다. 나아가 복원 지역에 영향을 미치는, 홍수, 태풍, 토네이도, 화재, 해충 등과 같은 자연 현상도 고려하여야 한다.

마. 지하수 복원

지하수 오염방지는 우라늄 광산과 정련소 해체의 핵심 과제 가운데 하나이다. 지하수 오염 방지를 위해 우선 추가적인 지하수 오염 생성을 제한하고 지하수의 광산과 정련소로의 이동을 차단하며, 처리와 재활용을 위하여 필요한 경우 지하수를 저수시설에 담아두는 것이다.

지하수 복원 프로세스는 다음과 같은 단계로 구성된다. 1) 지하수를 채취하고 그 수질을 검사하기 위해 현장 구역과 그 주변에 우물과 파이프 시스템을 설치한다. 2)우라늄 찌꺼기 더미의 밑부분과 같이 광산과 정련소로부터 배수가 발생하는 곳에 도랑과 배수구를 설치한다. 3)투입 및 저수 유정을 설치하여 지하수가 지형을 통과하여 현장 밖으로 이동하는 것을 방지한다. 4)광산과 정련소로 유입되는 지표수의 양을 차단함으로써 지하수 오염을 방지할 수 있다. 우라늄 찌꺼기 더미를 보호하기 위한 커버를 사용함으로써 지하수 오염 발생량을 줄이고 정화를 촉진시킬 수 있다. 5)우물이나 지하 개구부를 이용하여 지하수가 유입되는 것을 차단함으로써 지하수 오염을 감소시킬 수 있다. 6)오염된 지하수를 처리하기 위해서는 순차적인 증발 연못이 필요하다. 추가 오염을 최소화하기 위해 새로운 연못이 필요할 수도 있다. 연못의 증발을 가속화하기 위해 스프

레이 시스템을 설치할 수도 있다. 고형 폐기물은 우라늄 찌꺼기 더미 또는 최종 처리장소에서 폐기될 수 있다. 따라서 우라늄 광산이나 정련소 운영의 마지막 단계까지 최종 폐기 장소를 사용할 수 있어야 한다. 7) 지하수는 반드시 수거하여 검사하고, 기준에 부합할 때까지 필요한 조치를 취하여야 한다.

바. 해체 비용

우라늄 광산이나 정련소를 해체함에 있어 소요되는 비용은 크게 1)광산 해체 및 광산 지역 매립, 2) 우라늄 찌꺼기 더미의 복원, 3) 지하수 복원 및 4)간접비용(비상사태 대비, 간접비(overhead), 이익, 장기 감시 및 복원 지역에 대한 통제) 등으로 구분된다. 해체 비용의 상당 부분은 우라늄 찌꺼기 더미에 대한 복원 비용이 차지한다. 우라늄 찌꺼기 더미의 양은 보통 정련소 가동 시간에 비례하여 증가하며, 비용은 그에 따라 증가하는 경향이 있다. 따라서 일시적으로 가동된 정련소는 우라늄 찌꺼기를 덜 발생시키기 때문에 해체 비용이 절감된다.

이와 같이 우라늄 광산이나 정련소의 해체 비용은 막대하기 때문에 우라늄 개발 사업의 시작단계에서부터 각국은 해당 비용의 확보를 위한 재정 보증을 요구하고 있다. 그러나 해체 비용은 현장마다 상당히 다르기 때문에 재정 보증액을 산정하는 것은 쉬운 일이 아니다. 해체와 관련하여 “평균” 비용을 계산하거나 해석할 때는 주의를 기울여야 한다. 단순히 기존 해체 사례에서의 비용을 단순하게 평균하여 계산하거나 특정 사유를 근거로 가중하는 것은 정확한 비용의 산정을 곤란하게 할 수 있다. 예를 들어, 기존 현장의 톤당 우라늄 찌꺼기의 재활용 비용이 평균 0.97

달러라고 하여, 해체 대상 비용을 이와 같이 산정할 수는 없다. 미국 그랜트 정련소 부지의 경우 0.29달러에서 뉴멕시코의 L-Bar 정련소 부지의 경우에는 49.99달러가 소요되었기 때문이다. 현장의 지형, 지형, 지질, 인프라, 생태환경 등에 대한 보다 종합적이고 면밀한 조사의 기반 위에서 해체 비용이 산정되어야 할 것이다.

일반적으로 해체 비용이 가장 높은 곳은 가장 먼저 건설되고 운영 기간이 가장 장기인 정련소라고 할 수 있다. 이러한 정련소는 엄격한 환경 보호 조건하에서 새로 건설된 정련소 보다 더 많은 우라늄 찌꺼기를 생성·축적함은 물론 환경 규제가 상대적으로 느슨하게 운영되었기 때문이다. 해체 비용의 산정을 고려할 수 있도록 우라늄 광산과 정련소의 지형, 지형, 지질, 인프라, 생태환경 등에 관한 정보가 공시될 수 있도록 하여야 한다.

3. 우라늄 광산 개발과 해체에 관련된 주요 문제

북한 핵시설의 평화적 이용을 위해 원자력발전과 같은 민수용 이용을 실행하기 위하여 북한 우라늄 채굴을 지속하는 경우, 1)광산 노동자의 건강 및 안전, 2)방사능 물질 방호, 3)지표수 및 지하수의 관리, 4)우라늄 광산과 정련소에서 발생하는 우라늄 찌꺼기의 관리, 5)폐석 관리 등이 문제된다.⁸⁵

⁸⁵ OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p.6.

가. 광산 노동자의 건강 및 안전 문제

우라늄 채굴에 있어 우라늄 광산이나 정련소에 근무하였던 노동자나 종사자 등의 건강과 안전은 크게 고려되지 않았다. 특히 국가 주도의 핵 무기 개발을 위해 우라늄을 채굴하고 정련한 북한의 경우에는 우라늄 광산이나 정련소 노동자 및 관계인의 건강과 안전은 크게 고려되지 않은 것으로 보인다. 이들은 우라늄과 관련된 안전 교육을 제대로 받지 못하고 현장에 투입되거나 우라늄 광산이나 정련소의 위험한 환경에 대하여 인지하지 못하고 작업을 수행하는 것이 보통이다. 비단 북한뿐만 아니라 세계적으로 우라늄 개발의 초기 단계에서는 노동자의 건강과 안전에 대한 고려가 없어 부상과 사망률이 높았다.

그렇지만 현대의 우라늄 광산과 정련소에서의 노동자 건강과 안전의 문제는 우라늄 개발에 못지않은 중요한 이슈가 되고 있다. 따라서 북한 우라늄을 개발하는 경우, 광산과 정련소 등에서의 보건 및 안전 위험을 식별하고 시정하기 위하여 정부 당국은 물론 고용주, 계약자, 소유자, 감독자 및 근로자 등 모든 이해당사자가 노력하고 책임을 분담하여야 한다. 이를 위해 당국은 광산이나 정련소 운영자에 대하여 해당 지역의 안전에 대한 독립적 검사, 감사, 기록 등을 시행하도록 하여야 한다. 아울러 우라늄 광산이나 정련소 관계자에 대한 보건 및 안전을 위한 표준을 확립하고 훈련 프로그램을 실행하도록 하여야 한다. 남북 협력이 빠르게 이행되어 북한 우라늄에 대한 평화적 이용에 합의하는 경우 정부는 북한 당국과 협의하여 감사 및 집행권한을 가진 독립적 기관을 창설하여 우라늄 광산과 정련소의 노동자 안전에 관한 문제를 관할하도록 하여야 한다.

북한 우라늄 광산에 대한 광업권이나 개발권을 획득하여 운영하는 기업이나 기관은 안전한 작업장을 만들기 위해 매일 훈련을 시행하여야 한다. 노동자의 경우, 동료뿐만 아니라 자신의 건강과 안전을 보호하기 위해 합리적인 예방 조치를 취하고, 제공된 안전 장비를 효과적으로 사용하며, 현장 감독자와 협력하여야 한다. 아울러 노동자 등 이해당사자에게 내부 및 규제 당국에 안전 문제를 보고할 책임을 부담하도록 하여야 한다.

나. 방사능 물질 방호

(1) 우라늄 광산 및 정련소 관계자

노동자와 이해당사자 등에 대한 방사선 방호는 성공적인 우라늄 채굴의 핵심 요건이지만, 동일한 원칙을 적용할 수 없고 작업의 특성 및 현장 고유 요인에 따라 달라질 수 있다. 원자력과 핵무기의 경쟁 우위를 확보하기 위한 냉전 시기에는 우라늄 광산이나 정련소의 방사선 위험에 대해서는 거의 알려져 있지 않았으며, 방사선 방호 조치 또한 사실상 이루어지지 않았다. 어떤 대가를 치르더라도 우라늄 생산을 극대화하여 냉전에서 승리하여야 한다는 강력한 동기 부여로 인하여 열악한 작업 환경 하에서 방사능에 대한 심각한 노출 상황은 지속되고 은폐되었다. 광산이나 정련소에서 발생하는 먼지를 제어하지 못하거나 적절한 환기를 실행하지 못함으로 인하여 높은 수치의 방사성 물질인 라돈 노출이 발생하였다. 방사선 방호에 대한 실패로 인하여 상당한 피해자의 발생은 수술이나 역학 조사 등을 통해 우라늄 광산이나 정련소에서의 작업 수행에 있

어 방사선 노출 위험에 대한 인식으로 이어졌으며 방사선 방호 시스템을 강화하는 계기를 마련하였다.

북한 우라늄 광산이나 정련소에 대한 평화적 이용에 있어 작업상 피폭 수준에 대한 규제를 확립하고 피폭이 해당 수준 이상으로 발생하지 않도록 관리하여야 한다. 피폭 수준에 대한 규제와 감독으로 최근 각국의 우라늄 광산이나 정련소에서의 노출은 과거 피폭 수준보다 현저히 낮아졌다. 우라늄 농도가 높은 광석에 대한 채굴과 정련의 경우 노동자의 작업 시간을 제한하고, 방사선 물질의 활성화를 방지하기 위한 세척 시설을 정비하며, 노동자와 작업자에 대하여 광석의 우라늄 함량 비율에 대한 정보를 제공하는 등의 조치를 취하도록 하여야 한다. 우라늄 광산 및 정련소에서의 라돈 노출을 통제하기 위하여 라돈을 제거하기 위한 엔지니어링 설계와 프로세스를 정비하여야 한다. 또한 채굴 및 정련 과정에서 발생하는 방사성 가스에 대한 노출을 방지하기 위하여 광산 및 정련소에서의 방사선 가스에 대한 지속적인 감시와 제어는 물론 환기 시설을 정립하여야 한다. 이러한 북한의 우라늄 광산에 대하여 이러한 활동을 지원하는 경우, 우라늄 채굴 및 정련 과정에서 발생할 수 있는 라돈 노출이나 방사선 피폭의 위험을 천연 방사능 노출 정도의 수준까지 감소시킬 것이다.

(2) 광산 및 정련소 인근 주민 보호

2019년 8월 16일 미국의 자유아시아방송은 북한 평산의 우라늄 정련소를 촬영한 인공사진을 분석한 결과 이곳에서 나온 폐기물이 인근 예성

강을 통해 서해로 유입될 가능성이 있다고 보도하였다.⁸⁶ 이에 이 폐기물로 인한 방사능 피폭에 대한 우려가 제기되자 원자력안전위원회는 8월 23일 강화도 인근 6개 기점의 해수를 채취하고, 이와 비교 분석하기 위해 서해안 5개 지점 해수와 한강수 1개 지점을 채취해 우라늄(U-238) 농도를 비교한 결과 별다른 이상이 없다고 발표하였다.⁸⁷

우라늄 광산이나 정련소는 핵분열성물질이 생성되지 않아 방사능 부치가 매우 높은 오염 물질이 존재하기는 어렵지만 앞에서 살펴본 바와 같이 라돈⁸⁸이나 방사능 가스에 인근 지역 주민들이 노출될 가능성은 여전히 존재한다. 대기 중으로 방출되는 방사성 물질은 전체 인간 피폭의 매우 작은 부분(<1%)을 형성하며, 대부분의 국가에서는 우라늄 광산과 정련소에서 허가된 범위를 벗어난 방사성 물질을 방출하는 경우는 거의 없는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 향후 북한 우라늄 광산과 정련소에 대한 평화적 이용을 진행하는 경우 우라늄 및 기타 중금속 방출이 수용 가능한 수준으로 제한될 수 있도록 하여야 한다.

우라늄 광산이나 정련소가 제대로 해체되거나 복원되지 않은 상황에서 일반 대중이 동 현장에 접근할 수 있는 경우 방사능 피폭이 발생할 수도 있다. 라돈 방출 설비에 토양이나 물 보호막을 설치하여 복원함으로써

86 아시아경제(2019. 9. 3), "북 방사능 서해 유입?-바닷물 검사결과 이상 없음"
<http://www.asiae.co.kr/news/print.htm?idxno=2019090318145505380&udt=1> (검색일: 2019. 9. 7)

87 뉴스핌(2019. 9. 2), "원안위 북한 평산 우라늄공장 폐기물 서해 유입 특이사항 없다"
<http://www.newspim.com/news/preview> (검색일: 2019. 9. 7)

88 OECD Nuclear Energy Agency, 앞의 보고서, p.8. 라돈은 무색무취의 물질로서 규제를 초과하여 노출되는 경우 암발생률을 증가시킨다. 최근 우리 사회에서는 라돈 침대의 영향으로 라돈의 위험성에 대한 인식이 증대하였다. 우라늄 광산이나 정련소의 경우 라돈 수치가 높은 것으로 파악되었지만 동 시설에서 떨어진 지역의 경우 자연 수준의 수치를 보이는 것으로 조사되었다.

라돈 배출량을 상당히 줄일 수 있다. 우리나라 광산이나 정련소에 대한 구역 설정 및 토지 이용 통제 또는 경고 표시 등 적절한 복원 조치를 통해 폐광된 우리나라 광산이나 해체된 정련소에 대한 대중의 접근을 차단함으로써 대중의 방사능 노출을 방지할 수 있다.

북한 우리나라 광산이나 정련소에 대한 세심한 조사를 기반으로 동 시설에 대한 접근 통제를 실시하고, 우리나라 채굴이나 정련 과정에서 발생할 수 있는 방사능 물질에 대한 통제를 강화함으로써 해당 시설 인근의 주민을 보호하여야 한다.

(3) 지표수 및 지하수의 관리

북한 우리나라의 평화적 개발과 이용을 성공적으로 수행하기 위해서는 우리나라 채굴과 정련에 있어 수질 보호를 전반적으로 실행하여야 한다. 이를 위하여 정부와 북한 당국은 우리나라 광산이나 정련소의 운영자가 준수하여야 할 표준을 설정하고, 효과적인 규제 감독체계를 정립하며, 모니터링 프로그램을 개발하고 주민이 참여할 수 있는 장치를 수립하여야 한다. 우리나라 채굴 과정에서 지하수를 마주할 수도 있고 우리나라 정련 과정에서 지표수를 이용할 수도 있기 때문에 우리나라 광산이나 정련소의 운영은 수질오염을 유발할 수 있다. 우리나라 채굴과 정련을 건조한 지역에서 실시하는 경우, 이에 필요한 보충수나 공정수를 쉽게 구할 수 없으므로 상당한 거리에 있는 수원으로부터 광산이나 정련소로 물을 공급하여야 하는 부담이 있다. 이 경우, 강수량이 많은 계절을 택하여 중점적으로 채굴을 수행할 수 있을 것이다. 아무튼 우리나라 광산과 정련소를 운영함에 있어 지하수와 지표수에 대한 주기적 관리와 모니터링은 필수적이다.

우리나라 광산 개발의 초기에 지하수나 지표수에 대한 관리나 통제가 마련되지 않아 광산 지역의 수계, 저지대 및 하천에 대한 오염이 발생하였다. 지하수와 지표수 관리의 중요성이 대두되면서 1970년대 이후, 우리나라 광산이나 정련소의 물 방출을 위한 기준이 강화되었다. 우리나라에서의 수자원 관리는 인간은 물론 어류, 식물, 동물 등과 같은 환경 자원의 보호로 확장되었다.

한편 용액채굴(ISL)이 도입된 이후 지하수와 지표수에 대한 오염 위험은 더욱 증가되었다. 우리나라 추출량을 증가시키기 위해 보다 많은 산성 또는 알칼리성 용액(용융제)이 주입되어 광산 외부로 유출되었다. 이러한 용융제는 광산 주변의 대수층으로 유입되어 지하수 오염을 가속화시켰고 이로 인하여 양질의 음용수까지 오염되었다.

우리나라 광산이나 정련소로 유입되거나 동 시설에서 유출되는 지하수나 지표수의 환경오염을 차단하는 것은 비용과 시간이 많이 소요되는 작업이다. 우리나라 광산이나 정련소 운영자는 모든 오염된 물을 채취하여 오염도를 측정하고 다음 허용 가능한 기준에 부합하는 경우 지하수나 지표수 배출을 실행하여야 한다.

한편 용액채굴(ISL)은 앞에서 살펴본바와 같이 발전하고 있는 최신 우리나라 채굴방법이다. 용액채굴은 광산의 개발을 위한 자본 지출이 상대적으로 적고, 광범위한 저급 사암 퇴적물에서 채굴되기 때문에 경제성이 매우 높아 우리나라 생산을 지배하는 채굴 방법이 되었다.

용액채굴은 기존 노천채굴이나 지하채굴과는 달리 대량의 폐석이나 정련소의 우리나라 찌꺼기가 생산되지 않는다. 그렇지만 주입정을 시추하여 광석 암반으로 침출액이 침투시켜 우리나라를 추출하기 때문에 지하수나

지표수에 대한 오염 가능성이 크다. 따라서 용액채굴 광산을 운영하는 경우 저수지와 시설에 대한 수자원 균형 모델을 정립하여야 한다. 용액 채굴을 통해 우라늄을 추출하는 경우 침출액이 우라늄이 매장되어 있는 사암 퇴적물 이외의 지역으로 유출되지 않도록 위험 최소화 설계를 하여야 한다. 이를 위해서는 용액채굴 광산에서 사용하는 침출액의 특성과 우라늄 매장 지역의 지하 대수층과 지표수에 대한 이해가 선행되어야 한다. 용액채굴을 운영함에 있어 광산 개발 이후 지하수의 사용이 개발 이전 수준으로 회복할 수 없게 손상시켜서는 안 된다. 용액채굴을 함에 있어 채굴에 합의한 범위 이외의 지역에 있는 지하수를 끌어들여와 사용해서는 안 된다. 용액채굴과 관계없는 광산 내 혹은 광산 주위의 다른 대수층은 우라늄 추출에 의해 영향을 받지 않아야 한다.

(4) 우라늄 찌꺼기(tailing) 관리

우라늄 찌꺼기는 노천과 지하 채광 작업에서 채굴된 광석에서 우라늄을 추출한 후 남은 폐기물이다. 우라늄 광산과 정련소에서, 우라늄 찌꺼기는 장기적으로 관리되어야 하는 위험한 폐기물을 의미한다. 우라늄 찌꺼기 관리는 우라늄 찌꺼기 생산 및 배치와 관련된 화학적·물리적 프로세스와 우라늄 찌꺼기가 보관되는 시설에 대한 개발, 운영 및 해체(폐광)를 포괄한다. 앞에서 살펴본바와 같이 우라늄 광석으로부터 우라늄을 추출하는 것은 일반적으로 광석의 광물 성분에 따라 선택되는 산성(황산) 또는 알칼리성(이탄산) 침출에 의해 이루어진다. 이러한 추출 과정에서 중금속과 같이 환경 문제를 발생시키는 물질이 유출될 수 있다. 따라서 우라늄 찌꺼기에 붙어 있는 중금속, 라듐 혹은 우라늄과 같은 물질들이

빗물이나 지표수 혹은 지하수를 통해 우라늄 찌꺼기 적재장으로부터 유출되거나 유증되는 것을 방지하여야 한다.

우라늄 찌꺼기에는 라듐을 포함한 우라늄 계열의 다른 방사성 원소뿐만 아니라 일부 우라늄(추출이 100%에 도달하지 않기 때문)이 여전히 포함되어 있다. 우라늄 찌꺼기 표면에서 라듐이 부식되어 유출될 수 있다. 우라늄 찌꺼기에 남아 있는 방사능의 양은 가공을 위해 정련소에 들어온 우라늄 광석의 등급에 의해 좌우된다. 일반적으로 우라늄 광석에 함유된 전체 방사성 활동의 약 85%가 우라늄 찌꺼기에 축적된다. 토륨(thorium)-234와 프로토탭티니움(protoactinium)-234의 방사성 동위원소가 수개월 이내에 붕괴된 후, 찌꺼기에 축적된 방사성 활동은 광석의 약 75%로 감소하고 이 수준에서 10,000년 이상 안정적으로 유지된다.

우라늄 광석에 포함된 비소, 니켈 및 기타 중금속 뿐만 아니라 우라늄 추출(정련) 과정에서 생성된 화학 물질도 우라늄 찌꺼기에서 발견된다. 우라늄 찌꺼기 적재시설의 붕괴나 누출은 주변 환경 특히 지표면과 지하수에 심각한 오염을 야기할 수 있다. 우라늄 찌꺼기와 관련하여 가장 심각한 위험은 이러한 중금속 유출로부터 발생하고 있지만 방사성 원소의 누출 위험에 대한 인식보다는 낮은 것이 현실이다. 그렇지만 우라늄 찌꺼기들은 적절하게 관리된다면 안전하며, 일반인들이 우려하는 정도로 환경과 인간에게 악영향을 미치지 않는다.

우라늄 개발 초기에 각국 정부는 우라늄 찌꺼기에 대한 문제를 인식하지 못하여 그 관리에 대해 규제하지 않았다. 즉 우라늄 찌꺼기들이 물리적·화학적으로 적절하게 관리되거나 통제되지 않았다는 것이다. 따라서 우라늄 광산이나 정련소 운영자들은 우라늄 찌꺼기를 처리하기 편하

게 하천이나 호수와 같은 저지대에 방치하였다. 이는 심각한 환경오염을 야기할 수 있는바 오늘날에는 허용되지 않는다.

우라늄 광산과 정련소는 우라늄 찌꺼기의 운송에 대해 모니터링 체계를 구축하고 이를 추적 관리하며 우라늄 찌꺼기의 운송이 환경에 미치는 영향에 대한 장기적인 예측을 실행한다. 우라늄 광산과 정련소를 운영하는 기간 동안 축적된 환경오염 관련 데이터는 우라늄 찌꺼기의 이동에 따른 환경영향에 대한 장기적 예측의 타당성을 강화하고 있다. 우라늄 찌꺼기 보관시설의 설계를 개선하고, 우라늄 찌꺼기의 화학적, 물리적 특성을 식별하여 통제의 효율성을 더하는 등 우라늄 찌꺼기 관리도 발전하고 있다. 그 결과 우라늄 함량 순도가 매우 높은 광석으로부터 발생하는 우라늄 찌꺼기조차도 안전하게 관리되어 폐기되고 있다.

(5) 폐석 관리

폐석(Waste Rock)은 우라늄을 비롯한 광물을 노천 또는 지하에서 채굴하는 과정에서 함께 채굴된 상업적 가치가 없는 물질이다. 폐석은 환경 상 전혀 문제가 없을 수도 있지만 심각한 문제를 야기할 수도 있다. 기존에는 폐석의 화학적 구성 성분에 대한 고려 없이 폐석을 매립하거나 건축자재로 사용하였다. 그 결과, 전 세계 광산 지대에서 산성 배출수와 중금속 침출물이 생성되었다. 아울러 문제가 된 폐석이 광산 현장으로부터 유통되어 다른 곳에서 부적절하게 사용되기도 하였다.

현대의 선도적인 우라늄 광산이나 정련소에서는 폐석에 대한 특성을 식별하고 적극적으로 통제하여 환경 상 문제없는 폐석을 식별한 다음 도로나 하천 주변의 침식 방지를 위해 사용하고 있다. 환경에 부정적인 영

향을 미칠 가능성이 있는 광물을 함유한 폐석의 경우 따로 분리하여 적절하게 처리하고 있다. 황산염이나 탄산염을 함유하고 있는 폐석은 공기와 물에 노출될 경우 지하수나 지표수를 오염시킬 수 있다. 아울러 중금속을 함유하고 있는 폐석도 환경에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 우라늄 광산이나 정련소로부터 흘러내리는 산성화된 물(산성광산배수)을 방지하여 환경에 미치는 영향을 최소화하는 것은 광산이나 정련소 운영에 있어 공통적인 이슈이다. 여기에 우라늄 채굴은 방사성 원소의 존재에 대한 추가적인 우려가 있으므로, 광산이나 정련소의 폐석 관리에 있어서도 환경 내 방사성원소의 이동과 영향 또한 고려하여야 한다. 이러한 이유로 노천과 지하 갱도에서 발생하는 폐석에 대하여는 성분을 분석하여야 한다. 이를 위해 폐석에 대한 샘플링 및 실험실 테스트를 통해 산성 여부 및 중금속 등 위해물지의 침출 가능성을 식별하여야 한다. 우라늄 광산과 정련소 개발 계획을 수립하고 실행하는 과정의 초기부터 폐석이 환경에 미칠 잠재적 영향이 고려되어야 한다. 아울러 잠재적으로 문제가 될 수 있는 광석으로부터 환경에 위해하지 않는 폐석을 분리하는 기술적 관리적 전략도 포함되어야 한다.

Abstract

A Proposed Scheme for Assessing and Managing Uranium in North Korea for Peaceful Purposes

OH, IL-SEOK

CHO, EUNJEONG(EJR CHO)

(Institute for National Security Strategy)

Currently, North Korea's denuclearization and economic cooperation are being discussed as a separate track at the U.S.-North Korea talks. However, this study proposes management of North Korea's uranium mines as one of the key issues that can simultaneously satisfy the North's denuclearization and economic cooperation. The discussion of "North Korea's denuclearization" and development of North Korean mineral resources, seen as the most relevant discourse to the North's uranium mine, is being narrowly locked in a firm frame of "security" and "economy," allowing little room for policy imagination. But if the economic and security boundaries are torn down, it can seek ways to achieve denuclearization and economic cooperation on the Korean Peninsula. The management of uranium mines is important in North Korea's denuclearization because attempts for nuclear weapon development cannot succeed without the acquisition of nuclear materials. In addition, it is urgent to develop policy measures to

prevent the economic emigration of nuclear and uranium mining workers and the illegal leakage of nuclear materials in order to control future nuclear weapons even after the dismantlement of nuclear weapons. To this end, this research report argues that transparent management of North Korea's uranium mines and communities is continuously necessary. Just as the European Coal and Steel Community (ECSC) realized a political trick of reducing the risk of war and increasing the possibility of cooperation in search of economic development engines through peaceful use of resources, rather than the non-use, transparent and efficient management for the peaceful use of North Korean uranium could be a way to prevent the collapse of the community and complete denuclearization in the case of North Korea. It is urgent to introduce objective international standards of assessment and management as the first requirement to be preceded. Under such motivation, this research report introduces the contents of the United Nations Framework Classification for Resources(UNFC) created according to the standards of the United Nations Sustainable Development Goals (UNSDGs) and explores ways to apply them to North Korea.

Keywords

North Korea's Denuclearization, Resource Development, Korean Peace Economy, Uranium Mines, UNFC, UNSDGs

참고문헌

1. 국내문헌

- 국방부, 『국방백서 2018』, 2019.
- 김영윤, 『북한 광물자원 개발을 위한 남북 협력 방안 연구』, 통일연구원, 2005.
- 김영환, ‘북한 지하자원, 과장과 냉소를 넘어서서’ SBS뉴스 (2018. 6. 18.) https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1004807131 (검색일: 2019. 9. 19.).
- 김유동, 박홍수, 김성용, 이재호, ‘북한의 광물자원개발과 남북간 자원협력방안’ 『자원환경지질』, 38(2), 2005, pp. 197-206.
- 이해정, ‘북한 자원 잠재적 가치 높다’, 『통일경제』, 2호, 2011, pp. 30-31.
- 임상철, ‘북한의 주요 지하자원과 남북교류 가능성’ 『평화학연구』, 15(1), 2014, pp. 111-128.
- 정우진, ‘북한 광물자원 개발·가공 분야의 투자잠재력’ 『정책 이슈페이퍼』 14-13, 에너지경제연구원, 2014.
- 정우진, 박지민, 임을출, 최승환, 박언경, 『전략물자 수출통제 제도하의 북한 에너지산업 투자활성화 방안 연구』, 에너지경제연구원, 2008.
- 조계완, ‘북한 광물자원 어마어마...땅 밑에 ‘삼성·현대’ 있다.’ 한겨레 (2018. 5. 2.), http://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/842906.html(검색일: 2019. 9. 21.).
- 조은정, 『핵을 둘러싼 유럽-미국 관계에서 유라늄의 역할: 대항구범의 형성, 1945-57』 서울대학교 석사학위 논문, 2005.
- 조은정, 김보미, 최용환, ‘포스트 하노이 비핵화 협상의 쟁점과 과제.’ 전략보고, 국가안보전략연구원, 2019. 9.
- 조정규, 『북한의 광산지역 환경피해 분석과 복구비에 관한 탐색적 연구』, 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 2018.

- 최종문, 『북한 광물자원 평가와 개발환경』, 씨아이알, 2017.
- _____, “UNFC.R 북한광산개발 관점에서”, 통일연구원 간담회 발표자료, 2018.
- _____, ‘북한지하자원: 양보다 ‘품질’ 주목...‘경제성’ 때문’ BBC Korea (2019. 1. 17.), <https://www.bbc.com/korean/news-46904045> (검색일: 2019. 9. 19.).
- 한국원자력통제기술원, 『북핵총서 2018』, 2019.
- 조명균, “북한 핵무기 20-60개 보유 판단,” 연합뉴스, (2018. 10. 1.).
- “북 핵탄두 15-60개...이스칸데르형 미사일 지속 증강,” 『문화일보』 2019년 7월 1일.

2. 외국 문헌

- Benkowski, P. V. “North Korean Hullabaloo,” Nukewatch Pathfinder, Winter: 6, 2006-2007.
- Bermudez, Joseph Jr., “Overview of North Korea’s NBC Infrastructure,” U.S.-Korea Institute Johns Hopkins School of Advanced Studies, 2017, <https://www.38north.org/wp-content/uploads/pdf/NKIPBermudez-Overview-of-NBC-061417.pdf>(검색일: 2019. 5. 13.).
- Brundtland, G. H. (ed.) *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford: Oxford University Press, 1985.
- Chareyron, B. and et.al., “Uranium mining. Unveiling the impacts of the nuclear industry,” *EJOLT Report*, 15, 2014.
- Collins, J. C. and J. I. Porras, *Built to Last: Successful Habits of Visionary Companies*, Random House, 2005.
- Conde, M. and G. Kallis, “The global uranium rush and its Africa frontier: Effects, reactions and social movements in Namibia,” *Global Environmental Change*,

- 2012.
- Elkington, J., "Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development", *California Management Review* 36(2), 1994, pp. 90 - 100.
 - Energy Information Administration, "Decommissioning of U.S. Uranium Production Facilities", Feb. 1995.
 - Fuhrmann, M., "Spreading Temptation: Proliferation and Peaceful Nuclear Cooperation Agreements," *International Security* 34(1), 2009, pp. 7-41.
 - Hilton, J., B. Birky, and M. Moussaid, "Comprehensive Extraction, a Key Requirement for Social Licensing of NORM Industries?" Conference Proceedings NORM 7, Beijing 2013.
 - Hippel, D. F. Von, "Methods for Refining Estimates of Cumulative DPRK Uranium Production," *Journal of Peace and Nuclear Disarmament*, 2019, pp. 1-31.
 - Hanham, M. and et.al., "Monitoring Uranium Mining and Milling in China and North Korea through Remote Sensing Imagery", CNS OCCASIONAL PAPER #40, James Martin Center for Nonproliferation Studies, Oct. 2018.
 - Hymans, J. E. C., *The Psychology of Nuclear Proliferation: Identity, Emotions, and Foreign Policy*, Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
 - KPMG, "The Community Investment Dividend, Measuring the Value of Community Investment to Support Your Social Licence to Operate", 2013.
 - Kroenig, M., "Importing the Bomb: Sensitive Nuclear Assistance and Nuclear Proliferation," *Journal of Conflict Resolution*, 53(2), 2009, pp. 161-180.
 - International Atomic Energy Agency (IAEA), "The Structure and Content of Agreements between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons", INFCIRC/153, 1972, <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/structure-and-content-agreements-between-agency-and-statesrequired> (검색일: 2019. 6. 21.).
 - _____, "Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards", INFCIRC/540, 1997, <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs/model-protocol-additional-agreements-between-states-and> (검색일: 2019. 8. 20.).
 - _____, "Nuclear energy basic principles," IAEA Nuclear Energy Series No. NE-BP, 2008, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1374_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).
 - _____, "Establishment of Uranium Mining and Processing Operations in the Context of Sustainable Development," IAEA Nuclear Energy Series NF-T-1.1, 2009, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1401_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).
 - _____, "Nuclear fuel cycle objectives," IAEA Nuclear Energy Series No. NF-O, 2013, http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1622_web.pdf (검색일: 2019. 7. 26.).
 - Lewis, J. "Satellite Imagery: North Korea Expanding Uranium Production," *The Diplomat*, 14 Aug. 2015, <https://thediplomat.com/2015/08/satellite-imagery-north-korea-expanding-uraniumproduction> (검색일: 2019. 6. 21.).
 - Mao, Jinhuan, "The Path Selections of the Resource-based Cities Transformation in China", *International Journal of Financial Research*, 5(2), 2014, pp. 171-174.
 - Meadows, D. H., *Thinking in System: Primer*, Chelsea Green Publishing, 2008.
 - Mining Minerals and Sustainable Development (MMSD), "Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development," *The Report of the MMSD Project*, 454, 2002, London: Earthscan Publications.
 - Nash J., "Non-cooperative Games," *Annals of Mathematics*, 54, 2005, pp. 286-295.
 - Nixsch, L. A. "North Korea's Nuclear Weapons Program" in CRS Issue Brief for Congress: North Korea's Nuclear Weapons Program, Washington D.C.: United States Congressional Research Service.
 - OECD/NEA, "Managing Environmental and Health Impacts of Uranium Mining. Organisation for Economic Co-Operation and Development", <https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2014/7062-mehium.pdf> (검색일: 2019. 7. 26.).
 - _____, *Perceptions and Realities in Modern Uranium Mining-Extended Summary*, 2014.
 - Osborne, M. J. and A. Rubinstein, *A Course in Game Theory*, MA: MIT, 1994.
 - Ouster, G. H., *The Politics of Nuclear Proliferation*, Baltimore, MD.: Johns Hopkins University Press, 1973.
 - Panofsky, W. K. H. "Capability versus intent: the latent threat of nuclear prolifer-

- ation” The Bulletin of Atomic Scientists, 14 June, 2007 <http://thebulletin.org/capability-versus-intent-latent-threat-nuclear-proliferation-0> (검색일: 2019. 9. 13.).
- Paul, T. V., *Power versus Prudence: Why Nations Forgo Nuclear Weapons*, Montreal: McGill-Queens University Press, 2000.
 - Reiss, M., *Bridled Ambition: Why Countries Constrain Their Nuclear Capabilities*, Washington, D. C.: Woodrow Wilson Center Press, 1995.
 - _____, *Without the Bomb: The Politics of Nuclear Nonproliferation*, New York: Columbia University Press, 1988.
 - Sagan, S. D. “Why Do States Build Nuclear Weapons?: Three Models in Search of a Bomb,” *International Security* 21(3), 1996/97, pp. 54-86.
 - Solingen, E., “The Political Economy of Nuclear Restraint,” *International Security* 19(2) (1994), 126-169.
 - _____, *Nuclear Logics: Contrasting Paths in East Asia and the Middle East*, Princeton, N. J.: Princeton University Press, 2007.
 - Stockholm International Peace Research Institute(SIPRI), “World Nuclear Forces,” <https://www.sipri.org/yearbook/2019/06> (검색일: 2019. 9. 2.).
 - Szalontai, B. and S. Radchenko, “North Korea’s Efforts to Acquire Nuclear Technology and Nuclear Weapons: Evidence from Russian and Hungarian Archives,” Cold War International History Project, Working Paper #53, Woodrow Wilson International Center for Scholars, August 2006, <https://digitalarchive.wilsoncenter.org/document/110133> (검색일: 2019. 7. 1.).
 - UN, “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development”, 2015, <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld> (검색일: 2019. 4. 11.).
 - UNECE, “Guidelines for Application of the United Nations Framework Classification for Resources(UNFC) to Uranium and Thorium Resources”, 2017.
 - UNECE, “United Nations Resource Management System: Concept and Design”, 2019.
 - Yoon, E. “Status and Future of the North Korean Minerals Sector” Nautilus Institute Special Report, 2011, <http://nautilus.org/wp-content/uploads/2011/12/DPRK-Minerals-Sector-YOON.pdf> (검색일: 2019. 10. 1.).

오일석(吳一錫)

국가안보전략연구원 부연구위원. 고려대학교에서 법학박사 학위를 받았으며 관심 연구 분야는 사이버안보, 신기술과 법제, 에너지안보와 자원개발 법제, 입법론, 계약법과 불법행위법 등이다. 주요 저서와 논문으로는 『입법과정의 이론과 실제』(2016), “미국 정보기관 제로데이 취약성 대응 활동의 법정정책 시사점”(2019), “베트남 사법제도 개혁의 북한에 대한 시사점”(2019), “제4차 산업혁명 시대의 망 중립성에 관한 규범적 고찰”(2018), “가짜 뉴스에 대한 법적 고찰”(2018), “사이버 보안 정보공유의 법적 문제점과 입법적 해결방안에 대한 고찰”(2017), 통일 대비 북한 원유·가스 탐사개발 계약에 관한 법정정책 고찰(2015) 등이 있다.

조은정(趙恩廷)

국가안보전략연구원 부연구위원. 영국 University of Warwick 정치학 박사. 지속가능한 평화의 가능성을 지역통합의 차원과 구성주의적 시각에서 모색중이다. 관련 연구로 『창과 방패: 이란의 핵개발협력연대와 국제통제체제』(2018), 『북한과 국제정치』(2018, 공저), “South Korean Views on Japan’s Constitutional Reform under the Abe government”(2018, 공저), “Nation Branding for Survival in North Korea: The Arirang Festival and Nuclear Weapons Tests”(2017), 『조약으로 보는 유럽통합사』(2016, 공저), “국제 핵·미사일 통제체제의 ‘구조적 공백’과 북한의 핵·미사일 협력 네트워크”(2014), 『미국과 유럽연합의 관계: 역사와 쟁점』(2014, 공저), “EURATOM: Bridging ‘Rapprochement’ and ‘Radiance’ of France in the Post-War”(2013) 등이 있다.