

분석 자료

남·북 광물자원 개발기술의 실상과 미래

방경진

남·북 광물자원 개발기술의 실상과 미래

방경진 | 한국광물자원공사 남북자원협력실장 | kjbang@kores.or.kr

I. 머리말

북한의 광물자원 개발기술과 한국의 선진 광업기술을 비교·분석하여 북한 광물자원 개발 진출 시 적용 가능한 북한 광물자원 개발기술을 살펴보는 것은 의미 있는 일이다. 특히 정부의 3·28 드레스덴 구상은 북한 주민을 위한 인도적 지원과 북한경제 재건을 위한 인프라 건설지원 및 경제협력을 내용으로 하는데, 이 가운데 경제협력부문 중 하나가 바로 한국의 북한 광물자원 개발 추진이다. 그러나 한국은 북한 광물자원 개발 진출에 필요한 충분한 정보를 확보하지 못하고 있다. 그 이유는 북한이 광물자원 현황 및 개발 실태와 향후 계획에 대한 통계자료를 해외기업에 공개적으로 발표한 적이 없기 때문이다. 북한의 연간 광물자원 생산실적, 수출실적, 수입실적 등에 대해서는 인접국인 중국을 통해 간접적으로 확인되고 있다. 북한의 대표적 간행물인 『로동신문』조차도 광산에서 자주 발생하는 재해사고나 구체적인 생산실적에 대한 보도는 하지 않고 정치적 선전을 위한 전년 대비 증산실적만 보도하고 있다.

따라서 본고에서는 향후 남북관계 개선 시 북한 광물자원의 공동개발을 대비하는 측면에서 남북한의 광물자원 개발기술과 관련 산업을 비교·분석하였다. 필자는 미국의 지질조사연구소(USGS)에서 발표된 보고서와 국내에서 확보한 자료를 바탕으로 남북한의 광물자원(석탄, 금속, 비금속)과 개발기술부문을 집중적으로 다루었다. 본문에서 언급된 사업은 소요자금이 많이 필요한 사업이기 때문에 소요자금 산출과 조달 방법에 대해서는 다른 회계 전문가들의 몫으로 생각하고 논의에서 제외하였다.

II. 북한의 광물자원 개발기술 수준

1. 북한의 광물자원 생산 현황 및 수요

북한의 광물자원 생산 현황과 수요를 파악하여 남북 간의 북한 광물자원 개발기술 협상자료 및 향후 공동진출 계획에 대한 논의자료를 확보하고자 한다. 북한의 광물자원 생산 현황은 미국의 지질조사연구소(USGS)에서 매년 발표되고 있다. 그러나 수요에 대해서는 북한을 비롯해 관련 국가에서 발표한 바가 없어 필자는 북한의 광물자원 관련 산업 수요규모를 추측해 분석했다.

석탄의 수요는 79.7백만톤(화력발전소 17.3백만톤, 시멘트 4백만톤, 제철용 2.4백만톤, 민수용 15백만톤, 광산 3.5백만톤, 비료공장 1.5백만톤, 군수용 10백만톤, 농업용 5백만톤, 기타 5백만톤, 해외수출 16백만톤)이며, 철광석은 9백만톤(선철 5백만톤, 삼화철 3백만톤, 입철 1백만톤)이다. 아연은 세계평균소비량 1인당 1.8kg 소요되므로 4.3만톤, 연은 세계평균소비량 1인당 1.4kg 소요되므로 3.3만톤이다. 마그네사이트는 5백만톤(마그네시아크링커 252만톤의 2배 수요) 필요하며, 흑연은 4.3천톤(1인당 1.8kg 소요) 필요하다. 석회석은 21백만톤(시멘트 15.6백만톤, 제철·제강용 2.4백만톤, 석회비료나 비나일론 등 화학공업 1.5백만톤, 유리공업 0.6백만톤, 기타 1.5백만톤)이 필요할 것이다. 수요분석 결과 아연만 공급 과잉이며, 다른 광물은 남북한이 공동개발하여 보충해야 한다.

〈표 1〉 북한의 광물자원 생산 및 수요

광종	단위	생산량	수요량	과부족
석탄	백만톤	41	79.7	-38.7
철	백만톤	5.3	9	-3.7
아연	만톤	7	4.3	+2.7
연	만톤	1.3	3.3	-2
마그네사이트	백만톤	1.2	5	-3.8
흑연	만톤	3	4.3	-1.3
석회석	백만톤	12	21	-9

자료: 미국지질조사연구소, "2014 USGS: U.S. Geological Survey," MINERAL COMMODITY SUMMARIES, 2013.

2. 석탄

북한은 석탄광 개발에서 무연탄과 갈탄, 초무연탄(저품위 무연탄), 니탄(토탄) 등을 개발하고 있다. 북한 무연탄의 지질구조는 한국과 같은 시기에 생성되었다. 예를 들어 무연탄을 생산해 외국에 수출하고 있는 강동지역의 생성연대를 보면 평안계 사동통 및 고방산통, 중생대 대동계로, 한국의 삼척탄전 및 문경탄전과 동일하다.

북한은 석탄을 광물자원 중에서 북한의 보고라고 생각하여 매장량 확보 및 평가를 위한 탐사작업과 생산에 박차를 가하고 있다. 2013년 8월 22일 『로동신문』에 의하면 북한의 국가과학원 지질학연구소에서 “지리정보체계에 의한 무연탄 평가체제 확립”을 하였다고 발표했다. 주요 내용은 GIS(지리정보체계)로 북한의 무연탄 부존지역의 지질 상태에 대한 과학적 평가와 지질탐사 공정의 정보화를 실현하여 석탄 탐사의 과학화를 이룩하고, 기업소의 경영관리와 생산지휘를 현대화한다는 것 등이다.

석탄 생산은 1980년대 말 최대 4,330만톤을 생산하였다가 2010년에 2,500만톤, 2012년도에는 4,100만톤을 생산하였다. 2013년도 북한의 무연탄 중국 수출량은 중국 산둥성 일조철강 등에 제철용으로 수출된 것이 1,600만톤에 이른다. 생산이 활력을 되찾은 이유는 탄광의 침수 복구, 전력 생산 호조, 북한정부의 지역자생정책 등으로 일부 탄광이 활성화되었기 때문으로 보고 있다.

북한산 무연탄 판매단가는 일본 The TEX Report Ltd.의 일간지인 The Tex Report 2014년 6월 26일자에 의하면 베트남산보다 높다. 북한산 무연탄 회분은 20 이하, 고정탄소가 74%로 81달러/톤에 거래되고, 베트남산 무연탄은 회분 함량이 15~40%가 많아 68달러/톤으로 싸게 거래되고 있다. 북한 석탄광의 채탄은 후퇴식 봉락법, 수력채탄, 모래층전식 채광 등을 사용하며, 개발방법으로는 원통침하 수갱법, 중액선탄 등을 사용하고 있고 광산법 개발기술은 아래 <표 2>와 같다.

<표 2> 북한의 주요 석탄광별 개발기술

탄광명	구 분	소재지	기 술	비 고
2.8 청년지동	무연탄	평남 순천	후퇴식 봉락법 장척벨트컨베이어	1970년 생산 시작
령대탄광	무연탄	평남 은산	수력채탄	
룡등탄광	무연탄	평북 구장	심발발파	
안주탄전	갈탄	평남 안주	1948년 원통침하수갱 시추기 1,000m 보유	

탄광명	구 분	소재지	기 술	비 고
화풍	갈탄	평남 청남	중액선탄	
고건원	갈탄	함북 경원	모래충전식 채광 보갱 및 가스폭발·자연발화 방지	

자료: 한국광물자원공사, 『북한광물자원개발 현황』, 2011.

북한산 석탄은 발전소, 제철소, 시멘트 공장, 합성섬유, 비료산업 등 관련 산업에 공급되고 있다. 화력발전소에 주로 공급이 되고 있는데 함북 강안탄광과 고건원 탄광의 생산물은 청진화력 발전소에, 평남 2.8 직동탄광, 천성청년탄광, 룡동탄광, 서창탄광 등의 생산물은 평남 북창화력 발전소, 평양화력발전소 등에 각각 공급되고 있다.

김책제철소 제철·제강 산업에는 함북 경원갈탄과 명천갈탄에서, 황해제철소에는 순천지구 및 안주탄전에서, 성진제강소에는 명천, 경원, 고원 지구에서, 천리마제강소에는 개천, 태향, 안주, 강서 지구에서, 보산제철소에는 개천, 강동 지구 탄광에서 각각 공급하고 있다. 시멘트 공장에 공급하고 있는 석탄광은 2.8 청년직동탄광으로, 순천시멘트연합기업소를 대상으로 하고 있다. 특히 갈탄의 경우 저품위를 반역청탄으로 가공하는 기술이 연구되고 있으나, 적용성 여부는 좀 더 연구해 볼 필요가 있다. 발전소 및 제철소 이외에 기타 석탄 연관 산업은 한국이 중점적으로 살펴보아야 할 부분으로 아래 <표 3>과 같다.

<표 3> 석탄 관련 산업

광산명	관련 산업	구 분
천성청년탄광	메탄가스 공장 건설(1995년)	무연탄(평남)
령대탄광	성형탄 공장 건립(제철·제강용 및 내화물용)	무연탄(평남)
고원 및 12월16일 탄광	흥남비료(질소암모니아 요소비료, 유안비료)	무연탄(함남)
운곡탄광	2·8 비날론	무연탄(함남)
개천탄광	무연탄 가스 남흥청년화학기업소(평남 안주, 요소비료, 유안비료) 서부 지역 원유정제 공장인 봉화화학공장(평북 피혁)에서 원유 나프타 대신 본광산 가스 제공	무연탄(평남)
금야청년탄광(갈탄)	흥남비료(질소암모니아 요소비료, 유안비료)	갈탄(함남)
안주탄전(갈탄)	석탄지하가스 발전소(2000년) 공업적 성공 여부 불투명	갈탄(평남)
아오지	군용 질소암모늄 폭약제조 건류 메탈을 생산하여 2·8 비날론연합기업소에 공급	갈탄(함북)
초무연탄	V205 추출 원자력공업, 산화촉매제, 비료 제조	황남북
니탄	부식퇴비, 농업, 원예	양강도

자료: 한국광물자원공사, 『북한광물자원개발 현황』, 2011.

3. 금속

북한의 광물자원 개발은 금속광을 위주로 실시되어 왔다. 개발의 밑바탕을 마련한 시기는 일제 강점기로 거슬러 올라가야 한다. 예를 들어 북한의 제1광산인 무산철광산은 1937년 조업을 개시했고 홀동금광산은 탐사작업을 거쳐 1937년에 대대적 개발을 시작했다. 혜산동광산의 경우도 1930년에 개발을 시작했으며, 김덕연·아연 광산도 1937년 본격적으로 개발하기 시작했다. 장진몰리브덴광산은 1937년 광체를 발견하고 만년중석광산도 1940년 개발을 시작했다. 현재까지 개발이 이루어지고 있는 북한의 대표적인 광산은 일제 강점기부터 개발이 된 광산들이다.

개발기술은 채광의 경우 대규모 노천채광법, 슈링케이지, 중단채광법, 상향 계단식 채광법 등을 적용하고 있다. 채광 시 주의해야 할 사항은 cut off grade 이하의 광체를 함께 채굴하여 선광장의 급광 품위가 연도별로 불규칙하다는 것과 채광량이 불규칙하여 계획생산이 되지 못하고 있다는 점이다. 또한 폐석 혼입이 높아서 원가가 상승하고 품위 조절에 어려움이 있다. 특히 북한은 산악지대이므로 생산된 광석을 운반하는 데는 가공삭도 방법이 이용되어야 할 것이다.

선광에는 부유선광, 자력선광, 비중선광법을 적용한다. 광석 정광 품위는 국제적으로 통용되는 수준 이하로 생산하고 있다. 예를 들면 철광석의 경우도 중국에서 재마광하여 단체분리를 시킨 후 다시 자력선별을 통해 국제적으로 통용되는 품위로 향상시키고 있다. 동정정광의 경우도 마찬가지이다. 국제적 기준 정광 품위가 Cu 25~29%이나 북한이 중국에 수출하는 동정광 품위는 Cu 18% 이하로, 품위에 상응하는 가격으로 판매되고 있다. 금정광의 경우도 국내 은산금광의 경우를 보면 300g/t 금정광(석금)을 생산하여 판매하고 있으나 북한이 중국에 판매하고 있는 금정광(사금)은 고작 20g/t에 불과하다. 북한 광물자원 저품위 생산의 주된 이유는 전기 공급이 불완전해 연속작업이 이루어지지 못하고 또한 소모품이 부족해 계획생산이 어렵기 때문이다. 여기서 향후 북한의 광산개발에 대비하여 광종별로 국제적으로 통용되는 금속광 정광 품위를 알아보기로 하자. 동정광은 Cu 25~29%, 연정광 Pb 50%, 아연정광 Zn 50%, 철정광 Fe 56~65%, 몰리브덴 MoS₂ 90%, 망간 Mn 30%, 텅스텐 W₂O₃ 70%, 형석 CaF₂ 70%이다.

북한 광산의 금속광체는 대부분 복합광물로 이루어져 있다. 예를 들어 대표적인 광종 금광체는 은, 동, 창연, 구리 코발트, 리튬, 몰리브덴, 비스무트, 붕소, 연이 혼합되어 있다. 아연 광체는 은, 수은, 카드뮴, 코발트, 인디움, 게르마늄이, 티탄 광체는 금홍석, 지르콘,

모나즈, 인회석, 바나듐 등이 혼합되어 있어 적절한 선별기술이 요구된다. 특히 함남 단천 동대종합선광장은 북한의 대표적인 혼합광물 처리 선광장이나, 운영기술 부족 및 열악한 관리환경으로 인해 당초 목적인 대로 산물 생산이 되지 못하고 있다. 북한의 금속광종별 생산기술은 <표 4>와 같이 정리하였다.

<표 4> 북한 금속광별 개발기술 현황

광 산	광 종	기 술	비 고
출동	금, 은, 동, 창연	- 수천m 가공삭도 - 슈링케이지 - GyrotoryCrusher, Zig, Table, 부선	
상봉	금, 은, 구리, 코발트, 리튬, 몰리브덴, 비스무트, 붕소	- 노천(박토심도 3~4m), 갱내 - 부산물 분리기술 필요 - 동대종합선광장 유가금속 처리 미비	비스 동반 산출 붕소 공장 동대 종합선광장
성흥	금, 은, 동	- 상향계단식 채광법	
안원	금		국군 포로 수용
락산	금, 은	- 시금	
해산	동, 연·아연	- 중국 장백 배전망 10kv 전력 송전 - 정광 Cu 18%~Cu 20%	As 처리 동결심도 1.8m
강안	동, 몰리브덴, 금, 은	- 박토비 1:11	
무산	철, 금, 은	- 15만 대발파 채굴설비 대형화, 현대화 - 자선장 컴퓨터화 - 지질조사 1:2,000, 1:10,000 - 자력탐사, 자력영상화 프로그램 - 98km 대형 파이트 수송관(200만톤/년)	
주초	철, 희토류, 중석	- 북한은 최근에 개발 시작	
오룡	철, 금, 몰리브덴	- 습식 및 건식 자선시설 확보	
상봉	철, 금, 은, 아연, 연, 동, 몰리브덴, 중석, 리튬, 붕소	- 다금속 광물지대로 수반광물인 유가금속의 경제적 처리가 필요	
은률	철, 망간, 인	- 북한 제2위 철광산 - 광산산업 TV화 및 원격조종 관리 - 대형 장거리 벨트컨베이어 8km 구비 방조제공사 - 국가과학원 지질학연구소 CT 탐사 실시 - 갈철광 자화 처리 및 선광 기술(망간 함유)	
장송리	철, 티탄, 바나듐, 알루미늄, 칼리	- 저품위 철 Fe 15% 노천채광 - 중국 요녕성 서양그룹 투자 실패 2008 선광장 투자 완료 후 포기 (초기 투자계획, 5000만달러) 선광장, 전용 항만, 발전소(15천kw), 제련소	
검덕	연, 아연	- 슈링케이지, sub level stoping - 북대천 광미, 시약폐수 오염 - 유가금속 Ag, Hg, Cd, In, Ge, Cs 산출	
은파	연, 아연	- 유가금속 Cu, Ag, Cd, Co	
룡흥	몰리브덴	- 중국과 페로 몰리브덴 제련시설 확보	평양 인근에 위치하며 유가금속이 풍부

광 산	광 종	기 술	비 고
만년	중석, 동 망간	- 군수공업과 연관 - 대규모 광체 sub level stoping 소규모광 슈링케이지 - 비중선광, 부유선광, 자력선별	
부유	니켈	- 자료 부족	
알루미늄	하석, 명반석, 칼리장석	- 열대지방의 보크사이트에서 추출방법보다 생산원가가 2배 이상 높음	하석 ($\text{Na}_2 \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)
영삼	티탄	- 금홍석, 지르콘, 모나즈, 인회석, V2O5	순안, 대동, 태천, 원산
문천	바나듐	- 페로바나듐(고강도), 촉매제(황산제조)	문천, 벽성, 용진, 장승리
압동	탄탈륨	- 선풍시설 노후	강원 평강군
철산	희토류	- 모나자이트, 경희토류, 원소분리기술 불확실	평북 철산, 정주

자료 : 한국광물자원공사, 『북한광물자원개발 현황』, 2011.

제련의 경우는 대부분 일제 강점기에 건설한 것으로 인근의 철광산과 화력발전소에서 원료 및 전력을 공급받으며 군수산업 공작기계 부문과 연관되어 있다. 특히 제철산업은 코크스를 이용한 선철 생산과 코크스 조달이 어려워 북한 내 고품위 무연탄과 시멘트 석회석을 이용한 삼화철, 입철 등 저품위의 주체철을 생산하고 있다. 이러한 제철산업 역시 남북관계가 개선되면 한국의 포스코 및 현대 제철소와 같이 집약산업으로 발전시켜야 하는 부문이다.

비철금속 제련소는 대부분 80년대 이후 북한이 자체적으로 건립한 것으로 금속광석이나 제련중간산물, 제련폐설물 속에 들어 있는 금, 은과 같이 값이 나가는 유색금속인 유가금속을 회수하는 기술이 낙후되어 있다. 현재 북한 비철금속 제련소 현황을 보면 문평제련소만이 동, 연·아연, 알루미늄, 금, 은, 니켈, 주석, 안티몬, 카드뮴 등을 회수할 수 있는 시설이 있고 다른 제련소는 주광종만 제련하고 있는 실정이다. 이 부문 역시 동, 연·아연, 알루미늄, 페로망간, 페로니켈, 페로몰리, 탄화텅스텐 등에 대한 세계적인 제련기술을 가지고 있는 한국의 주요 진출 사업으로 분석된다.

(표 5) 북한 금속광 관련 제련소 기술 현황

(단위: 천톤)

구분	설립	동	연	아연	알루미늄	금(톤)	은(톤)	니켈	주석	안티몬	카드뮴	광산	발전소
문평	'38		35	110		0.6	40		0.12	0.1	0.45	검덕, 산곡	안변, 원산
단천	'85			100								검덕	허천 4호
문천	'04			65								검덕, 천남	안변, 원산
흥남	'27	4	12.5			0.08		1.5				검덕, 상농	장진, 부전
운흥	'82	25										해산, 운흥	허천, 삼수
평북	'83	20				1.0	20					흥동, 수안	수풍, 태천
해주	'82		35			0.01						은파, 낙연	수풍, 태천
9·21	'83		10	30		1.0						문평잔사	안변, 원산
북창 알루	'84				24							부산지, 공급	북창, 태천
7·27	'83					1.0	10					상농, 허천	장진, 부전
부산 알루												평강하석	북창, 순천
원산 금												통천, 고성	안변, 원산
기타			0.5			10.94							
계		49	93	305	24	14.63	70	1.5	0.12	0.1	0.45		

주: 80년대 북한이 설립한 제련소는 유기금속 추출시설 부족, 자료: 한국정책금융공사, 『북한의 산업 2010』, 2010.

최근 북한이 매장량이 풍부해 잠재력이 있다고 자부하고 있는 희토류는 대부분 모나자이트 형태로 산출되며 주요 부존지역은 평북의 철산, 정주 등이다. 북한이 발표한 매장량은 TREO 100% 기준으로 2천만톤이나, 북한의 매장량 산출기준으로 산출하였다고 판단되며 남북한 간 전문기술자의 조사가 필요한 사항이다. 특히 2013년 호주 SRE Minerals사가 북한 광산 희토류 개발사업에 진출하고자 탐사를 실시해 국제기준의 매장량 산출을 하겠다고 한 바 있다. 또한 북한은 1991년 희토류 원소 생산공장인 함흥화학합영공장에 중국 상하이 월롱화학유한공사로부터 기술과 공사를 턴키방식으로 무상제공 받은 바 있다. 북한이 희토류 원소 17개 모두를 분리 가능한지는 확인하지 못했다.

한국과 북한이 공동으로 개발할 주요 대상광종은 철, 연·아연, 동, 몰리브덴, 텅스텐, 희토류, 티타늄 등이다. 금속부문에 있어 자료 부족으로 충분히 검토가 되지 못한 광종은 니켈, 알루미늄, 망간, 크롬, 주석, 안티몬, 코발트, 탄탈륨 등으로 상기 광종은 북한 기술자와

향후 자료 공유 등 협의가 필요한 광종이다. 특히 알루미늄 제련은 보오크사이트보다 생산원가가 2배 이상 소요되는 하석을 대상으로 하고 있어 공동개발 대상 광종으로 부적절하다.

4. 비금속

북한은 마그네사이트, 인회석, 흑연, 석회석, 규사 광종을 개발하고 있다. 북한에서 비금속광산 개발은 금속광산 개발에 비해 비중이 매우 낮다. 채광작업은 전통적 방법인 노천채광을 실시하고 있으며 일부 갱내채광을 실시하고 있다.

비금속 개발은 한국을 비롯한 선진국은 다양한 고부가가치 제품을 만드는 수준이나 북한은 후진국형 가공 수준이다. 따라서 관련 산업을 집중적으로 개발하는 것이 매우 중요하다. 북한은 마그네사이트 및 흑연을 이용한 내화물산업, 인회석을 이용한 비료산업, 규사를 이용한 유리산업, 석회석을 이용한 시멘트산업과 비날론산업뿐이다. 세부적으로 마그네사이트으로는 경소, 중소, 전용 등을 만들어 내화물을 만들고, 인회석으로는 과인산비료(인회석+황산+석회석, 15일간 숙성)와 용성인비료(전기로법), 인안비료(질소+인복합비료로, 인성분이 과인산석회비료의 2~3배)를, 규사를 이용해서는 대안친선유리공장에서 판유리 등을 만들고 있다. 석회석의 비날론을 만들어 북한군 군복 및 인민복을 생산하고 있다. 따라서 비금속을 이용한 한국의 고부가가치 제품 기술의 접목이 매우 필요한 사항이다.

필자가 분석한 북한 비금속광종은 마그네사이트, 흑연, 인회석뿐이고 중정석, 석회석, 형석, 규석(사), 고령토, 활석, 장석, 화강암, 운모, 납석, 규조토 등은 자료가 부족하다. 부가적으로 한국에 비교적 풍부하게 매장되어 있는 활석과 납석은 역으로 북한에 공급하는 광종이 될 것이다.

〈표 6〉 북한 비금속광산 개발기술

광 산	광 종	기 술	비 고
정 촌	인상흑연	- 부선, 노천채광, F.C 5.53%	팽창흑연, 흑연종이
흥 산	인상흑연	- FC 6.4%	
대 흥	마그네사이트	- 노천 현대화 개발, 경소로, 중소로, 전용로	
룡 양	마그네사이트	- 갱내 현대화 개발, 경소로, 중소로, 전용로	희토류 및 연·이연 발견
동 압	인회석	- 지하 파쇄장	
쌍 룡	인회석	- 10만대 발파, 부선시약 맥석억제제, 농도 등	
풍 년	인회석	- 주체농법 개발	
미확인	백규석	- SiO2 99~99.9%, 5마이크론, 불순물 0.2~0.3 이하(Fe2O3 Al2O3 CaO)	

자료 : 한국광물자원공사, 『북한광물자원개발 현황』, 2011.

Ⅲ. 한국의 광물자원 개발 선진 기술

1. 국내 광산 광종별 생산 현황 및 수요

2013년도 기준으로 국내 광산물 생산 현황과 수입량 및 수요량을 알아봄으로써 향후 북한과의 광산물 공동개발에 대한 필요 광종과 개발 규모·방법 등을 파악할 수 있다. 국내 생산이 없으면서 수입하는 광종은 역청탄, 갈탄, 토탄, 동, 망간, 텅스텐, 니켈, 코발트, 크롬, 알루미늄, 희토류, 인광석, 인상흑연, 토상흑연, 형석, 중정석, 마그네사이트 등이며, 생산은 되나 부족하여 대부분 수입에 의존하는 광종은 무연탄, 금, 연, 아연, 철, 몰리브덴, 티타늄, 구사, 구조토 등이다.

〈표 7〉 2013년 한국의 광산물 생산 현황과 수입량 및 수요량

광종		품위	단위	수요	생산	수입
석탄	무연탄				1,814,989	8,482,428
	역청탄					118,025,129
	갈탄					1,463
	토탄					60,598
금	kg	kg	5,212	413	4,793	
동	Cu 25~29%	톤	1,697,672		1,685,584	
연	Pb 50%	톤	438,331	5,000	384,089	
아연	Zn 50%	톤	1,926,585	3,497	1,773,592	
철광	Fe 56~65%	톤	67,524,780	663,045	63,371,869	
몰리브덴	MoS2 90%	톤	23,214	853	22,256	
망간	Mn 30%	톤	1,441,916		1,438,916	
티타늄	각급	톤	400,666	229,723	129,565	
텅스텐	Wo3 70%	톤	589		12	
니켈		톤	1,783,832		1,783,832	
코발트		톤	2,063		2,063	
크롬	각급	톤	101		101	
알루미늄	각급	톤	411,876		411,876	
희토류		톤			2,231	

광종	품위	단위	수요	생산	수입
활석	각급	톤	161,184	2,808	151,490
납석	각급	톤	791,094	524,881	4,490
장석	각급	톤	538,728	343,241	6,277
고령토	각급	톤	2,426,121	1,780,910	389,404
규석	각급	톤	4,392,388	4,193,639	104,671
규사	각급	톤	1,840,067	747,381	1,007,237
규조토	각급	톤	69,115	34,000	35,115
인광석	각급	톤	448,657		448,657
인상흑연	각급	톤	12,260		12,260
토상흑연	각급	톤	6,442		6,442
형석	CaF2 70%	톤	96,669		91,669
중정석	각급	톤	43,720		43,720
마그네사이트	각급	톤	194,051		194,051

자료 : 한국지질자원연구원, 『2013년도 광업·광산물 통계연보』, 2014.

2. 석탄

석탄(무연탄)의 국내 채탄기술은 고생대 평안계 사동통을 대상으로 하고 있는 광산을 살펴보면 평균탄폭이 3m인 광체를 대상으로 sub level caving을 적용하고 있다. 이 채탄은 채준, 천공, 케이빙 순으로, 사용 기계는 장공천공기, 연층채준기, 체인콘베어들을 사용하고 굴진에는 사이드덤프로더, 공압식 2-boom Drill 등을 사용한다. 운반을 위해 사갱을 이용한 장척벨트콘베어를 설치했고 중앙집중감시시설을 설치해 갱내·외에 설치된 모든 기계, 전기시설물, 가스발생지역 측정 등을 집중 감시, 원격운전함으로써 인원 최소화, 효율적 장비 운영 등으로 능률을 극대화하고 있다. 이렇게 생산된 석탄은 민수용과 발전소용으로 사용하고 있다. 특히 한국의 석탄산업계가 축소됨에 따라 기존 광산 역시 장기적인 안목에서 폐광의 기로에 있으므로 현재까지의 석탄 개발기술이 사장될 위기에 처하고 있다. 따라서 하루 속히 남북한 공동개발이 이루어져 한국의 탄광 개발기술이 그대로 적용될 수 있기를 관련 업계에서는 기대하고 있다.

한국의 무연탄 관련 산업은 발전소, 민수용, 산업용 등으로 구분되며, 발전용은 동해화력, 서천화력, 영동화력 등에 사용하고 민수용은 가정용과 온실용, 산업용은 제철소 PCI 등에 사용하고 있다. 이들 각 산업에 필요한 2013년 기준 무연탄 수입은 8,482천톤이며, 국내 탄광에서 생산되는 무연탄량은 1,814천톤으로 향후 남북한 간 부족분 보충을 위해 공동개발이

필요한 부문이다. 기타 국내 에너지업체는 저품위 갈탄을 건류(열분해)시켜 반코크스 제품을 생산할 수 있는 UBC(Upgrade Brown Coal) 기술을 가지고 있다. 즉, 석탄의 품질이 낮아 이용률이 떨어지는 열량 4,600kcal/kg 이하의 저열량 석탄을 6,300kcal/kg 이상으로 업그레이드시키는 기술을 확보하고 있다는 것이다.

3. 금속

한국이 현재 개발하고 있는 금속광산은 국내 생산액 비중으로 1%에 불과하며 생산광산은 철광산, 몰리브덴, 연·아연, 티타늄 광산 등에 불과하다. 철광산은 스키르괴상 광체를 대상으로 채광법은 sub level stoping을 적용하고 무궤도 현대화시설 장비를 투입하여 개발하고 있다. 투입장비로는 점보드릴, 스케일러, 마인트럭(42톤), 그레이더, LHD, 장공천공기(40m), 안포자저 등이 있다. 광석 운반은 마인트럭과 수갱 스킵(4톤)으로 하고 채광심도가 깊어짐에 따라 별도의 수갱(직경 8m, 약 150만톤/년) 굴착공사를 실시하여 심부광체 개발에 대비하고 있다. 본 수갱굴착 공사는 1차 작업으로 RBM 시공으로 직경 3m 수갱을 먼저 굴착하고 8m로 확공하는 수갱굴착공법을 적용하고 있다. 선광은 자력선별(건식, 습식)을 하고 있다.

몰리브덴 광산은 석회암을 모암으로 상부는 스키르괴형 휘수연광상, 하부는 반암형 휘수연광상을 대상으로 sub level stoping 채광법을 적용하고 채광장비는 현대화 개발 시스템에 의한 점보드릴, 로우더, 덤프트럭 등을 보유하고 있다.

선광은 부유선광법을 적용하며 갱내에 시간당 200톤 규모의 파쇄장이 있다. 친환경 광산개발을 위해 비산분진 공정의 갱내화로 비산분진을 원천 차단하고, 부유선광 수처리시설로 폐수 무방류 시설을 확보하였다. 재해예방 활동 강화를 위해 중앙집중 감시시설인 CCTV 및 원격제어 전원공급 장치 등을 통한 윈스톱 제어 시스템을 구축하였다. 국내 제련시설은 동 제련, 연·아연 제련, 마그네슘 제련, 페로망간, 페로니켈, 페로몰리브덴, 황산니켈, 탄화텅스텐, 이산화티탄 등에서 대부분 소요 원료를 수입에 의존하고 있다.

〈표 8〉 국내 제련시설 현황

광 종	제련소	규모(천톤)	비 고
철	포스코	33,100	
	현대	8,000	3,000만톤 증설 계획
	소계	41,100	
동	LS-nikko	560	
	고려아연	20	
	소계	580	
연	고려아연	200	
아연	고려아연	450	
	영풍	300	
	소계	750	
마그네슘	포스코	10	'18년 100천톤 생산 계획
페로니켈	SNNC	30	
황산니켈	에너지켄	12	
페로망간	동부메탈	50	
	포스하이메탈	75	
	소계	125	
페로몰리브덴	광양합금철	6	
탄화텅스텐	대구텍		
이산화티탄	코스모화학		

자료: 한국지질자원연구원(2014).

4. 비금속

한국의 광업은 비금속이 대부분을 차지하며, 석회석, 규석, 고령토, 규사, 납석 등 5대 비금속광산의 생산액 점유비가 총 광산물 생산액의 88.2%를 점유한다. 이 중 석회석의 생산액 비중이 약 75%로 절대적 위치를 차지하여 국내 광업의 견인차 역할을 하고 있다. 한국의 광산기술은 환경친화적 광산개발을 위하여 대규모 무궤도 굴착으로 기계화 및 현대화 개발을 하고 있다. 또한 ICT(Information & Communication Technology) 기술을 이용한 광석 운반 시스템 구축, 안전 시스템 구축, 고품질 석회석 선광 시스템 구축, RBM(Raise Boring Machine)을 이용한 수갱굴착 등 일부 자동화 시스템을 구축하고 있으나 아직 로봇화 광산 개발기술은 상용화되지 못했다. 채광법은 sub level stoping 및 room and pillar를 적용하고 있다.

5대 광종별 용도를 분석해 보면 석회석은 파분쇄 및 소성을 하여 시멘트용, 중탄용(제지 및 플라스틱류), 화학용(생석회, 제철), 탈황용(발전소)등을 생산한다. 반면, 북한 석회석의 용도는 시멘트용 등 일부에만 사용하고 있어 한국의 중탄용 기술, 화학용 기술, 탈황용 기술들을 북한에 이용한다면 북한경제 발전에 많은 도움이 될 것으로 전망된다.

규석(사)는 시멘트용, 유리용, 주물용 등으로 생산되며 주로 시멘트용 부원료의 비중이 가장 크다. 고품질 규석은 중국으로부터 수입하고, 유리용 고품질은 호주, 베트남, 중국에서 수입한다. 북한은 몽금포 규사를 이용해 대한천선유리공장을 최근에 건립, 판유리를 만드는 수준이다. 이 분야 역시 한국의 고급 유리 제조기술 등을 북한에 전수하면 유리산업에 많은 발전을 가져올 수 있다.

고령토는 제지용, 타일용, 벽돌용, 도자기용 등으로 주로 생산되는데 품질저하 현상이 발생하여 고품질 고령토는 수입한다. 북한의 고령토 산업은 함북지역의 생기령 고령토를 이용하여 도자기를 만드는 수준에 불과하다. 따라서 북한에서 낙후되어 있는 제지용 기술, 고급 타일 등에 대한 기술 전파가 필요한 사항이다.

납석은 시멘트, 타일, 분체 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 주 용도는 시멘트, 타일용이며, 분체는 유리섬유 제조원료로 사용된다. 특히 납석은 북한지역에 부존이 부족한 것으로 파악되어 남북한 간 중점 교류대상 광종이다. 그 외 흑연을 이용한 신재생에너지 ESS(에너지저장장치) 관리 시스템 기술 등이 있다. 국내 일반광 및 관련 산업 분석 전문 연구원인 '자원산업연구원'에 의한 5대 비금속 광물에 대한 용도별 수요 전망은 <표 9>와 같다.

〈표 9〉 국내 5대 비금속 용도별 전망

구분	2014	2016	2018	2020	2024	증가율(%)	
석회석	시멘트	62,500	62,200	62,000	61,800	61,200	
	중탄	2,900	3,000	3,100	3,100	3,300	
	화학	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
	제철	13,500	14,000	14,500	14,500	14,500	
	탈황	1,500	2,100	2,600	2,700	2,800	
	기타	2,800	2,900	2,900	2,900	2,900	
	소계	86,200	87,200	88,100	88,000	87,700	0.17
규석(사)	시멘트	1,546	1,559	1,573	1,580	1,587	
	유리	600	600	600	600	600	
	주물	1,570	1,818	2,060	2,303	2,540	
	기타	540	593	651	715	785	
	소계	4,256	4,570	4,884	5,198	5,512	2.63
고령토	제지	111	102	97	94	87	
	타일	587	314	618	663	697	
	벽돌	548	578	594	639	679	
	도자기	135	140	146	151	156	
	내화	123	123	123	123	123	
	기타	318	330	334	354	370	
	소계	1,822	1,587	1,912	2,024	2,112	1.49
납석	시멘트	75	75	75	75	75	
	타일	76.3	74.8	74.9	75.4	76.1	
	분체	131	134	138	150	168	
	기타	39	39	39	39	39	
	소계	321.3	322.8	326.9	339.4	358.1	1.09

자료: 자원산업연구원, 「국내 주요 일반광의 개발 현황 및 관련 산업 연관효과 분석」, 2014.

5. 기타

한국에서는 Clean Mine 달성을 위하여 산성광산 배수처리기술, 토양오염 개량·복원 기술, 광물찌꺼기 유실방지기술, 산림복구기술, 지반안정기술, 소음·진동·먼지날림 방지기술 등의 기술을 확보하여 광산개발로 인해 국민건강생활에 미치는 피해요인을 분석, 제거·예방을 통해 지속 가능한 녹색생활권 보장 및 친환경적 광산개발을 도모하고 있다.

IV. 결론

본고에서는 남북한의 광물자원 개발기술과 관련 산업을 비교·고찰하여 남북한 간 관계 개선 시 북한 광물자원의 효율적 공동개발을 위해 대비하는 측면에서 살펴보았으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 북한 광물자원 개발에 있어 문제점 및 대책 등을 살펴보았다. 북한은 탐사부문에서 지금 및 탐사기술 부족으로 인해 현재까지 일제 강점기에 조사한 탐사자료를 근간으로 생산단계에서 광량확보 차원의 물리탐사, 화학탐사 및 시추탐사 등 소극적 탐사를 실시하고 있다. 그러나 한국은 인공위성 탐사를 제외한 항공자력 광역탐사를 비롯하여 지표정밀탐사, 시추탐사, 3D 탐사기술 등 폭넓은 탐사능력을 갖추고 있다. 특히 북한 광물자원 매장량 검토 시에는 최소가행품위 포함 여부 및 국제 산출기준 적용 등이 주요 분석요소가 될 것이다.

북한의 석탄광의 경우 광산 개발에 적용 가능한 개발법은 sub-level caving, 수력채탄, 충전식, 중액선탄, 원통침하 수갱굴착이다. 채탄장비 및 선탄시설이 노후되어 저급탄 생산이 불가피하다. 또한 북한은 주체공업을 활성화하기 위해 비료, 섬유, 원유정제 등의 사업을 진행하고 있다. 이러한 사업들은 향후 경제적인 측면에서 지속가능성 여부를 판단하기 위한 기술인자를 살펴봐야 할 것이다. 북한에는 갈탄이 비교적 풍부하게 매장되어 있으므로 지하석탄 가스화 부문의 기술은 연구대상이 될 것이다. 함북지역 갈탄의 경우 가스가 기준치 이상으로 발생되어 갱내 가스폭발 방지기술이 필요하다. 향후 북한의 석탄 생산은 수출 지향적인 생산보다는 발전소, 주민 연료용 등에 집중하여 산림을 복구하는 것이 급선무일 것이다. 초무연탄의 회분에 함유되어 있는 바나듐(V2O5)은 망간강의 제조, 산화촉매제 등에 활용되므로 효율적인 추출기술이 필요할 것이다.

금속광산의 경우 개발에 적용 가능한 개발법은 대규모 노천채광, 슈링케이지, sub-level stoping, 부유선광, 자력선광, 비중선광, 자력선광 등이 될 것이다. 생산 정광 품위가 국제거리 기준품위 보다 낮아 저품위 가격을 받고 거래되고 있다. 금과 은의 가격이 비슷한 유가금속이 많이 함유된 광석에 대한 선광 시설 및 기술이 부족하고, 대부분의 비철금속 제련시설 또한 유가금속에 대한 회수 시설 및 기술이 열악하다. 따라서 유가금속 제련기술에 대한 지원이 필요하다.

철광산과 관련된 제철시설도 주체철을 생산하기 위해 삼화철 및 입철을 생산하고 있는데,

이는 주원료인 코크스의 부족으로 인해 북한 생산 시멘트, 무연탄 및 석회석 등으로 선철을 생산하고자 비효율적인 주철 생산공법을 고수하고 있는 것이다. 공동개발을 할 경우 코크스 조달을 원활히 하여 고품위 선철을 생산해야 한다.

북한의 비금속 광산 및 관련 산업 기술은 기초적인 수준에 불과하다. 석회석의 경우 시멘트 원료 및 섬유 산업, 소석회비료 생산에 사용하고 인회석의 경우 인비료 및 인삼염 생산에 사용한다. 마그네사이트는 코크스 부족으로 경소(건축자재), 내화물 생산에 주력 사용하고 규사의 경우는 판유리, 병유리, 주물사 생산에, 흑연은 전극봉 및 내화벽돌 생산에 그치고 있다. 비금속의 경우는 광산 개발기술보다는 한국에서 발달한 고부가가치화 기술을 접합하여 남북한 간 공동개발에 중요한 역할을 해야 할 것이다.

둘째, 남북한 간 공동개발에 대한 방법과 대상 광종에 대해 살펴보았다. 북한의 광종은 지역별로 밀집되어 있어 이에 대한 지역별 접근이 필요하다. 북한 광산 투자방법은 합병·합작 법이 있으나 북한 단독으로 운영하는 합작기업 투자방식보다는 공동운영하는 합영기업 투자방식을 이용하는 것이 생산원가 및 투자자 자산 보호차원에서 유리할 것이다.

북한의 투자 유치 형태는 광산과 제련시설을 패키지로 투자 유치할 것으로 판단되는데 상기 제안이 있을 경우 북한에 난립한 제철, 제련 산업 역시 한국과 같이 (포항제철, 현대제철, LS-nikko, 고려아연) 집약적으로 진출할 필요가 있다. 또한 인프라 투자 및 제련시설 등에 대한 보수적 경제성 평가가 중요하다. 한국에서 현재까지 외국 광산 투자 실패의 주원인은 개발과정에서 당초 산정 시 예상하지 못했던 사항에 대해 추가 투자비가 거대하게 요구되어 경제성이 낮아져 투자사업 진행 중에 사업을 포기하는 경우가 많았기 때문이다.

따라서 북한 광산 투자 시에도 투자비를 산정하는 기술자는 모든 예상 투자항목 예측 및 보수적 투자액 산정을 실시하여 초기 투자비 범위 내에서 광산건설을 마칠 수 있도록 하는 것이 가장 중요하다. 투자과정에서 당초 예상하지 못하였던 투자비가 과대하게 늘어나면 IRR, NPV 등 경제지수가 급격히 하락하여, 경제성이 없어지면 PF 등 자금조달이 되지 않아 중국에는 사업을 포기하게 되는 것이다. 또한 북한 광산 인근에 대한 환경보호정책이 동반되어야 한다. 북한은 현재 광산을 개발하여 수출하는 데만 중점을 두고 있어 두만강, 압록강, 북대천, 대동강, 성천강 등 광산 인근에 대한 오염 방지책은 미미한 것으로 조사되고 있다. 이는 한반도의 자연보호를 위해서도 북한 광물자원 개발을 위해서는 반드시 Clean Mine 달성을 위해 산성광산 배수처리 기술, 토양오염 개량 등 광해 방지책이 동반되어야 할 것이다.

중점 진출대상 광종을 살펴보면 북한에 비교적 풍부하게 매장되어 있고 한국의 주 수입

광종인 철, 석탄, 연·아연, 동, 마그네사이트 등이 우선 대상이 되어야 하고 차후로는 희토류, 몰리브덴, 텅스텐, 티타늄, 바나듐, 탄탈륨, 니켈, 흑연, 인회석, 화강석, 대리석, 고령토, 석회석, 규석(사), 구조토 등이 대상이 될 것이다. 대상지역은 철(함북 무산), 석탄(평남 순천), 연·아연(함남 단천), 동(양강도 혜산), 마그네사이트(함남 단천), 희토류(평북 철산), 몰리브덴(함남 장진), 텅스텐(황북 신평), 티타늄(평북 태천), 바나듐(황해도 초무연탄), 탄탈륨(강원 평강), 니켈(함북 청진), 흑연(고품위 흑연이 매장된 양강도 김형권군), 인회석(함남 단천), 화강석(평남 룡강), 대리석(황북 평산), 석회석(황북 신원), 규사(황남 몽금포), 구조토(자강도 중강) 등 지역이다. 특히 화강석 및 대리석은 김일성우상화 조각, 비문, 개선문 등의 건립 재료이며 유럽 수출 등 외화벌이 수단으로 광산을 운영하고 있어 눈여겨볼 만한 부문이다.

또한 제철 및 제련 관련 산업도 철제철소, 동, 연·아연 제련소, 마그네시아 공장, 내화물 공장, 페로망간 공장, 마그네슘 공장, 페로니켈 공장, 페로몰리브덴, 페로니켈, 황산니켈, 탄화텅스텐, 이산화티탄, 인비료 공장 등이 주요 진출 사업이다. 그러나 알루미늄 공장은 제조원가가 보크사이트보다 2~3배 높은 하석을 주원료로 할 경우 경제성이 부족할 것이다. 북한에는 매장량이 부족하여 생산이 부진한 납석 및 활석은 반대로 한국에 풍부하게 부존되어 있어 북한경제 발전을 위해 한국이 북한으로 공급하여야 하는 광종이다.

참고문헌

- 자원산업연구원, 『국내 주요 일반광의 개발 현황 및 관련 산업 연관효과 분석』, 2014.
한국광물자원공사, 『북한 광물자원개발현황』, 2011.
한국정책금융공사, 『북한의 산업 2010』, 2010.
한국지질자원연구원, 『2013년도 광업·광산물 통계연보』, 2014.
미국지질조사연구소, “2014 USGS: U.S. Geological Survey,” *MINERAL COMMODITY SUMMARIES*, 2013.
『로동신문』, 2013. 8. 22.
Japan The TEX Report Ltd., *The Tex Report*, 2014. 6. 26.