

캐나다 희유 금속 자원 부존현황

Rare Metal Resources of Canada

김남훈

한국지질자원연구원 DMR융합연구단

캐나다는 거의 모든 광물 자원을 자체 수급할 수 있으며, 13개의 모든 주(Province)와 준주(Territory)에서 금속 및 산업 광물이 생산되고 있다(그림 1). 특히 알루미늄, 코발트, 다이아몬드, 인듐, 니켈, 백금족 금속 원소, 탄산칼슘, 그리고 우리나라의 채광량이 전세계 5위권 내에 속할만큼 풍부한 광물 자원을 보유하고 있다(Mobbs, 2014). 또한 전세계에서 가장 활발한 광업 국가로 약 3,000 여개의 자국 기업 및 200 여개의 외국 광산 회사들이 캐나다 광물 산업 현장에 참여하여, 현재 광채 탐사, 광산 개발, 그리고 채광 작업 등 수 천개의 프로젝트가 진행 중에 있다. 2012년 통계 자료에 따르면, 캐나다의 국내 총생산 중 광산 및 채석과 일차 금속 제조 분야는 실질 국내 총생산의 각각 1.3%와 0.9%를 차지한다.

이번 기술정보 보고에서는 캐나다에서 개발 및 보고된 광물 자원 중 희유금속 원소에 대한 것으로 보고할 주요 자료의 출처는 USGS에서 발간한 캐나다 광업 연감(2009-2013 Minerals Yearbook)과 캐나다 통계청에서 발췌한 것이다.

● 희유 금속 자원

희유 금속(rare metal, minor or trace metal)이란 지각 내 미량으로 산출하는 금속 원소를 말

하며 그 종류와 원소는 표 1에 정리하였다. 희유 금속은 학술적인 용어가 아니며 국가마다 차별적으로 분류해서 사용하고 있으며, 1920 년대에 구 소련연방(Union of Soviet Socialist Republics)에서 처음으로 사용하기 시작했다. 희유 금속이란 지각 내에 존재량이 적거나 추출이 어려운 금속 자원 중 현재 산업적 수요가 있고 향후 수요의 증가가 예상되는 금속 원소 또는 극소수의 국가에 매장량과 생산이 편재되어 있거나 특정국에서 전량을 수입함에 따른 공급에 위험성이 있는 금속 원소로 정의한다(한만갑 외, 2008). 이들 희유 금속에 속하는 원소들은 학술적 기준이 아닌 산업적 기준이어서 국가 혹은 시대에 따라 그 대상이 변화된다. 현재 한국은 56종의 원소를 희유 금속으로 정의하고 있으며, 미국과 일본은 각각 33 종과 31 종으로 구분하고 있다(한만갑 외, 2008). 제 4차 해외자원개발 기본계획(2010)에 따르면 희토류, 몰리브덴, 텅스텐, 크롬, 망간, 그리고 리튬의 수요는 매년 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 특히 신 산업 연계성이 높고 수요 급증이 예상되는 리튬과 희토류를 신전략광물로 선정하였고, 전략광물에 준하는 지원을 할 계획으로 있다. 리튬과 희토류는 2012년까지 급성장한 이후 각각 연간 25%와 8% 정도 성장할 것으로 예상되고 있다(표 2, 그림 1).

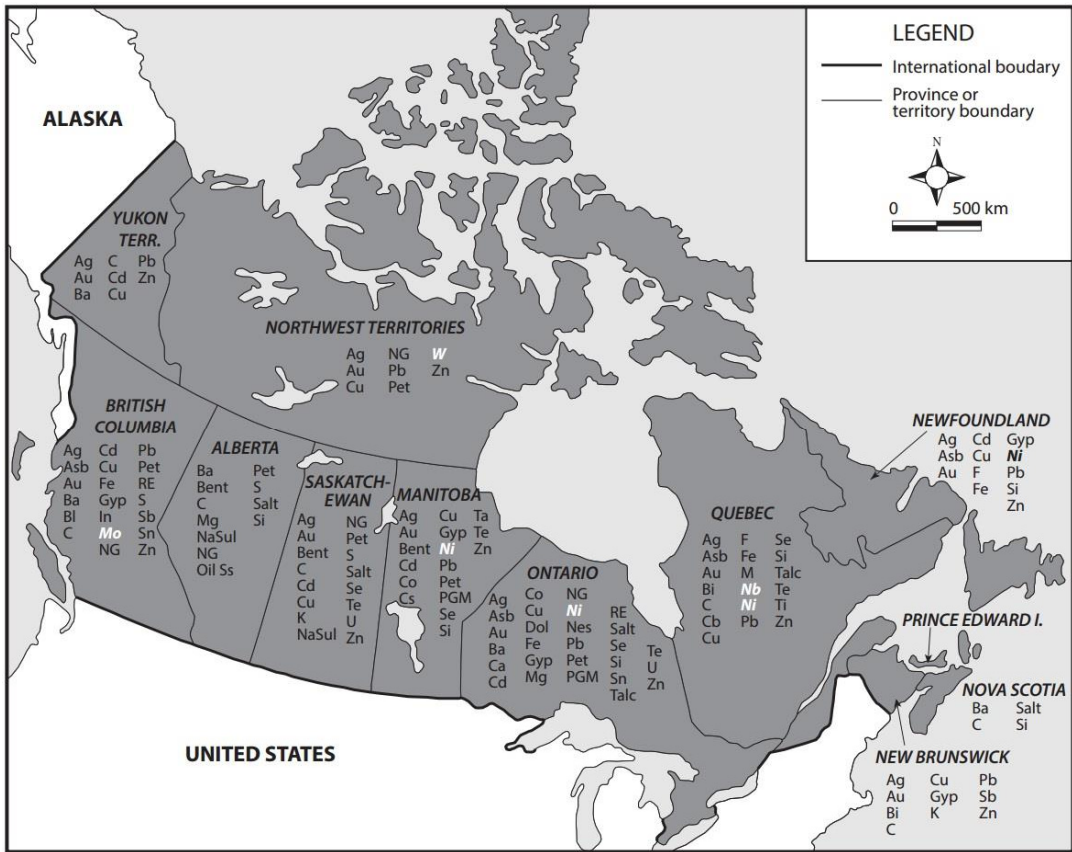


그림 1. 캐나다 지역별 주요 광물 자원 생산 현황 분포도.

표 1. 희유 금속 원소의 종류

	종류	원소	개수
희유금속	알칼리/알칼리토 금속	Li, Mg, Cs, Be, Sr, Ba	6
	반금속 원소	B, Ge, P, As, Sb, Bi, Se, Te, Sn, Si	10
	철족 원소	Co, Ni	2
	IIB~IIIB족원소	Ga, In, Tl, Cd	4
	고융점 금속	Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Re	11
	희토류 금속	Sc, Y, REE (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)	17
	백금족 원소	Ru, Rh, Os, Pd, Ir, Pt	6
합 계			56

표 2. 희유 금속 수요 전망(4차 해외자원개발 기본계획, 2010)

(단위: 천 톤)

구 분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	합계
리 톼	8	18	28	35	44	55	69	86	107	134	584
희 토 류	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	108
크 롬	442	473	506	541	579	619	663	709	759	812	6,103
망 간	903	966	1,034	1,106	1,183	1,266	1,355	1,455	1,551	1,660	12,479
몰리브덴	15	16	17	18	20	21	22	24	26	27	206
텅 스텐	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	52
합 계	1,379	1,485	1,598	1,714	1,841	1,977	2,127	2,293	2,463	2,655	19,532

희유 금속은 휴대폰, 전기차, 디스플레이 등 첨단산업의 필수 재료로 세계 수요는 증가하는 추세이나 희소성과 편재성으로 인한 가격 변동성이 극심한 자원이다. 또한 부존 지역이 편중되어 일부 국가(중국, 브라질, 호주, 남아공 등)의 생산 점유율이 50% 이상이며, 보유 국가의 자원민족주의, 환경 규제 강화 및 독과점 심화 등으로 인해 최근들어 원자재 가격 불안정성이 증가하는 추세이다. 이에 따라 공급 불안정성과 가격 변동성이 확대됨에 따라 국가간·기업간 확보 경쟁이 심화되고 있다. 이 보고서에서는 캐나다에서 현재 대규모로 생산하고 있으며 가행 중인 희유 금속 원소(Mo, Ni, Nb, W)에 대해서 보고한다.

● 광물 생산 및 부존 현황

캐나다에서 생산하는 주요 희유 금속인 몰리브덴, 니켈, 니오븀, 그리고 텅스텐에 대한 2009년부터 2013년도까지의 생산량과 2013년도의 생산 현황에 대해 각각 표 3과 4에 정리하였다.

몰리브덴

몰리브덴은 캐나다 남서쪽에 위치한 브리티

시 콜럼비아(British Columbia) 주에서 유일하게 생산된다(그림 1). 브리티시 콜럼비아 주에는 전역에 걸쳐 24개소의 금속 및 석탄 광산에서 채광이 이루어지고 있고, 다수의 공업용 광물 및 건설용 골재 사업이 운영 중이다. 몰리브덴의 광물 원자재는 2009년부터 2013년까지 연간 약 8,000 t, 2억 8,000만 달러에 달하는 물량이 꾸준히 생산되고 있으며 이는 세계 10위권에 해당한다(USGS, 2015; 표 3).

캐나다 최대의 몰리브덴 광물을 생산하는 곳은 Endako 광산으로 2013년에 총 5,200t을 생산하였다. 이 광산은 Prince George에서 남서쪽으로 약 160 km 떨어진 Fraser 호수에 인접한 지역에 위치하고 있다. Endako 저반은 초기의 엽리상 각섬석+흑운모 섬록암, 중기 각섬석+흑운모 섬록암, 그리고 후기의 화강섬록암 내지 문조화강암 구성되며 몰리브덴 광물은 후기 화강섬록암 내지 문조화강암 내에 주로 배태된다. 초기에는 이 광상이 백악기에 형성된 것으로 추정하였으나, 최근에 Re-Os molybenite 광물 연대측정을 통해 주라기 후기에 총 세 차례의 광화작용(~154 Ma, ~148-146 Ma, ~145 Ma)이 있었던 것으로 밝혀졌다(Villeneuve and Whalen, 2001). Endako Mine은 Thompson Creek

Metals Company Inc.가 75% 그리고 Sojitz Moly Resources Inc.가 25%의 지분으로 참여한 벤처 업체에 의해 운영되고 있다. 광석은 주로 Denak 동부와 서부, 그리고 Endako pit에서 채취된다. 이황화몰리브덴(molybdenum disulfide)을 정광으로 회수한 다음 최종적 산물인 삼산화 몰리브덴(molybdenum trioxide)을 생산한다. Sojitz 사는 현재의 광석 처리 능력이 31,000 t/d 인 것을 55,000 t/d 수준까지 확대하기 위해 시설을 확충하기로 결정했다. 연간 몰리브덴 원자재의 총생산량은 2012년까지 7,200 t/yr 정도로 증가될 것으로 기대하고 있다.

Kamloops 지역에 위치한 Highland Valley 구리 광산은 캐나다에서 가장 큰 노천 채광 광산으로 구리와 몰리브덴을 비롯하여 소량의 금과 은이 생산되고 있다. 이 광산은 트라이아스기 Guichon Creek 저반 내에 위치하고 있다. 이 저반은 가장자리에서 중심부로 가면서 석영 몬조나이트에서 섬록암으로 분화되며, 주요한 광화작용은 반암 동광형으로 최후기에 관입한 석영 몬조나이트와 연관되는 것으로 알려져 있다(Olade and Fletcher, 1976). 이 광산은 Teck Resources Ltd.와 Highmont Mining Co.가 각각 97.5%와 2.5%의 지분 참여로 구성한 Highland Valley Copper Partnership에서 개발 중에 있다. Highland Valley 광산의 몰리브덴 생산량은 2010년 이후로 연간 3,000 t 이상이며 현재까지 꾸준히 증가하고 있다(Mobbs, 2012; USGS, 2015). 이는 Highmont, Lomex, 그리고 Vally pits에서 채광되는 광석의 몰리브덴 함량이 높이고 있기 때문이다. Teck Resources Ltd.는 이 광구를 더욱 확대하고자 하고 있으며, 2025년까지 가행할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

Roca Mines Inc.가 100% 지분을 보유한 자회사인 FortyTwo Metal Inc.에서 운영하고 있는 Max Mine은 브리티시 컬럼비아 주의 남동쪽에 위치한 Revelstoke에서 남서쪽으로 약 60 km 떨어진 곳에 위치한다. Max Mine의 몰리브덴

광화작용은 화강섬록암에 배태된 반암형 몰리브덴 광상으로 백악기 후기 Trout Lake 화강섬록암과 성인적으로 연관되어 있다(Lawley et al., 2010). 이 광산에서는 2013년 1,800 t의 몰리브덴을 생산했다.

Gibraltar 구리-몰리브덴 광산은 브리티시 컬럼비아 중앙 남부에 위치하고 있으며, 캐나다에서 두 번째로 큰 노천 채광 광산으로 Taseko Mine Ltd.에서 운영하고 있다. 이 지역에는 북서방향으로 대상 분포하는 트라이아스기 Granite Mountain 저반이 산출하고 있다. Granite Mountain 저반은 크게 석영섬록암, 토날라이트, 그리고 우백질 토날라이트로 구성되며, 광화대는 석영섬록암과 인접한 토날라이트에서 유색광물의 함량이 높고 석영이 거의 나타나지 않는 부분에 주로 산출한다(Schiarizza, 2015). Taseko Mine Ltd.는 1999년에 이 광산의 광업권을 획득하여 2005년부터 가행해왔다. 2008년 2월에 46,000 t/d 용량의 분쇄 시설이 완공되었고 2 단계 시설 확충을 통해 55,000 t/d 규모의 광석 처분 시설이 2011년도에 완공되었다. 2013년에는 이 광산의 몰리브덴 생산량은 600 t이다.

Houston에서 남서쪽으로 123 km 떨어진 Huckleberry 광산은 Taitsa Lake에 위치하고 있다. 이 지역은 후기 백악기 Bulkley 관입 암체에 속하는 두 개의 반상 각섬석-흑운모-장석 화강섬록암 암주가 산출하고 있으며, 이들은 주라기 초기 Telkwa 층군에 속하는 화산쇄설성 안산암으로 구성된 Hazelton 층군을 관입하고 있다. 거의 모든 광화대는 이들 화산암과 인접한 반상 화강섬록암 내에 배태되어 있다(Ferbey et al., 2012). 이 광산은 Imperial Metal Corp.가 50% 그리고 Mitsubishi Materials Corp., Marubeni Corp., Dowa Metals & Mining Co. Ltd, 그리고 Furukawa Co. Ltd.로 구성된 콘소시엄이 50%의 지분을 보유한 Huckleberry Mines Ltd.에서 운용 중에 있으며 2013년의 몰리브덴 총 생산량은 40 t이다.

표 3. 캐나다 희유 금속 광물 생산 추이 변화(2009년~2013년) (modified after USGS, 2013)

Commodity	2009	2010	2011	2012	2013 ^o
METALS					
Molybdenum:					
Mine output, Mo content	8,721	8,648	8,674	8,954	7,955
Nickel:					
Mine output, Ni content	135,037	160,063	219,025	211,701	223,395
Refined	116,909	105,413	142,445	139,800	137,410
Niobium (columbium) and tantalum:					
Pyrochlore concentrate:					
Gross weight ^e	12,900	13,200	13,800	14,000	16,000
Nb content of ferroniobium	4,330	4,419	4,632	4,707	5,300
Tantalite concentrate:					
Gross weight ^e	110	-	40	80	40
Ta content(Ta ₂ O ₅)	30	-	10	20	10
Nb content	5	-	-	-	-
Tungsten, mine output, W content	1,964	420	2,368	2,194	2,128

^oEstimated, ^ePreliminary

니켈

캐나다에서 니켈이 생산되는 지역은 Manitoba, Ontario, Newfoundland and Labrador, 그리고 Quebec 주에서 생산되고 있다. 2013년 총 생산량은 292 t 이며 Ontario와 Newfoundland and Labrador 주의 생산량이 약 74%에 이른다(표 3). 니켈 광석은 약 200,000 t 이상 그리고 정제 니켈은 약 140,000 t 정도이며 2011년 이후로 비교적 일정한 연간생산량을 보이고 있다(표 3). 캐나다에 분포하는 모든 니켈 광상은 모두가 sulfide-type 광화대로 상당 부분이 Ontario 주의 Sudbury Basin에서 공급되고 있다. Vale Canada Ltd.와 Xstrata Nickel 두 회사에서 캐나다 니켈의 전체 생산량의 80%를 차지하고 있다. 2006년도에 Vale 사는 Worthington 지역에

있는 Totten 광산을 개발하기 위해 760만 달러를 투자하였다. 이 광산에서 생산되는 광물의 품위는 구리 2.07%, 니켈 1.47%, 코발트 0.04% 이고 매장량은 7.89 Mt으로 추정된다. 설계 용량은 2016년까지 2,200 t/d이며 예상 가행 기간은 20년이다.

Ontario 주에는 6개의 주요 니켈 광산이 있으며 캐나다 전체 니켈 생산량의 약 47%를 차지한다. Ontario 주의 최대 니켈 광산은 Sudbury 지역에 위치한다. 운석 충돌에 의해 생성된 충돌 분화구 내에 문상반암(granophre), 석영 반려암, 그리고 노라이트(norite)로 구성된 Sudbury 화성암 복합체가 산출되고 있으며 주 광화대는 이 복합체 아래에 놓인 각력암과 복합체 기저부에 발달하고 있다(Therriault et al., 2002;

표 4. 캐나다 희유 금속 광물 생산 현황 (modified after USGS, 2013)

Commodity	Major operating companies and major equity owners	Location of main facilities	Annual capacity (Metric tons)
Molybdenum	Highland Valley Copper Partnership (TeckResources Ltd., 97.5%, and Highmont Mining Co., 2.5%)	Highland Valley Copper Mine, Kamloops, British Columbia	3,600
	Huckleberry Mines Ltd. (Imperial Metals Corp., 50%, and a consortium composed of Mitsubishi Materials Corp., Marubeni Corp., Dowa Metals & Mining Co., Ltd., and Furukawa Co., Ltd., 50%)	Huckleberry Mine, 123 kilometers southwest of Houston, British Columbia	40
	FortyTwo Metals Inc. (Roca Mines Inc., 100%)	Max Mine, about 60 kilometers southeast of Revelstoke, British Columbia	1,800
	Taseko Mines Ltd.	Gibraltar Mine, British Columbia	600
	Joint venture of Thompson Creek Metals Company Inc., 75%, and Sojitz Moly Resources, Inc., 25%	Endako Mine, near Fraser Lake, about 160 kilometers northwest of Prince George, British Columbia	5,200
Nickel	Crowflight Minerals Inc.	Bucko Lake Mine, near Wabowden, Manitoba	2
	First Nickel Inc.	Lockerby Mine, Sudbury district, Ontario	2
	Liberty Mines Inc.	McWatters Mine, about 30 kilometers southeast of Timmins, Ontario, and the Redstone Mine, about 25 kilometers southeast of Timmins, Ontario	3
	Quadra FNX Mining Ltd.	Levack complex (includes the McCreedy West Mine and Morrison deposit), near Levack, Ontario	5
		Podolsky Mine, Ontario	1
	Vale Canada Ltd. (Vale S.A.)	Sudbury mines (includes the Coleman, Copper Cliff North, Copper Cliff South, Creighton, Ellen, Garson, Gertrude, Stobie and Totten Mines), Ontario	106
		Manitoba division (includes the Birchtree Mine and the Thompson Mine), Thompson, Manitoba	45
	Vale Newfoundland & Labrador Ltd. (Vale S.A.)	Voisey's Bay Mines (includes the Ovoid Mine), Newfoundland and Labrador	80
	Xstrata Nickel (Glencore Xstrata plc, 100%)	Raglan Mine in Ungava, Quebec	28
		Fraser Mine and Nickel Rim South Mine in the Sudbury district, Ontario	20
	Vale Canada Ltd. (Vale S.A.)	Smelter in Sudbury, Ontario	110 (Ni oxide).
		Smelter in Thompson, Manitoba	82 (Ni anode).
	Xstrata Nickel (Glencore Xstrata plc, 100%)	Sudbury smelter in Sudbury, Ontario	131 (Cu-Ni matte).
The Cobalt Refinery Company Inc. (Moa joint venture of General Nickel S.A., 50%, and Sherritt International Corp., 50%)	Refinery in Fort Saskatchewan, Alberta	35 (Ni briquets and powder); 4 (Co briquets and powder).	
Vale Canada Ltd. (Vale S.A.)	Refinery in Sudbury, Ontario	57 (Ni pellets and powder).	
	Refinery in Thompson, Manitoba	NA.	
Niobium (columbium)	IAMGOLD Corp.	Niobec Mine, Chicoutimi, Quebec	4,600 (Nb content).
Tungsten	North American Tungsten Corporation Ltd.	Cantung Mine, Northwest Territories	3,500.

Ames et al., 2008). Sudbury 광산 지구에는 the Coleman, Copper Cliff North, Copper Cliff South, Creighton, Ellen, Garson, Gertrude, Stobie and Totten 광산들이 분포하고 있다. 이 광산 지구는 Vale S.A.가 소유하고 있는 Vale Canada Ltd.에서 운영하고 있으며, 연간 총 생산량은 106 t으로 Onatrio 주 니켈 생산량의 약 77%를 차지하고 있다.

Newfoundland and Labrador 주의 Voisey's Bay 광산은 Vale Newfoundland & Labrador Ltd.에서 운영하고 있으며 2013년에 80 t을 생산하였다. Newfoundland & Labrador 동부 해안가에 위치한 Nain 지역은 시생대 Nain 편마암과 이를 Voisey's Bay 화성암이 관입하고 있다. 약 13억 년 전에 관입(Amelin et al., 1999; Lambert et al., 1999)한 것으로 알려져 있는 Voisey's Bay 화성암체는 크게 감람석 반력암과 트록톨라이트(troctolite)로 구성된다(Lambert et al., 1999). 광화대는 이 화성암체 기저부에 위치하고 암상형태로 관입하는 트록톨라이트에 주로 나타난다.

Manitoba 주 Thompson 시 근처에 위치한 Manitoba 지구에는 Birchtree와 Thompson 광산이 있다. 이 지역은 Thompson Nickel 벨트라 불리는 구조대로 대부분이 각섬암상 내지 백립암상의 변성작용을 경험한 고원생대 준편마암, 정편마암, 반상변정질 편마암으로 구성된다. 이 벨트 서쪽 가장자리에는 변성퇴적암과 변성화산암으로 구성된 원생대 초기 supracrustal 암석이 산출하며, 광화대는 이 변성화산암들을 주로 구성하는 염기성 내지 초염기성 화산암류에서 나타난다(Paktunc, 1984). 이 광산은 Vale Canada Ltd.에서 운영하고 있으며 2013년에 45 t을 채광하였다.

Quebec 주 Ungava에 위치한 Raglan 광산은 북부 Quebec의 원생대 Cape Smith 스러스트 벨트 내에 발달하고 있다. 이 습곡대의 남부는 준현지성(parautochthonous) 퇴적암들과 화산암류로 구성된 Povungnituk 층군과 Chukotat 층군이

분포하고 있다. Chukotat 층군은 코마티아이트질(komatiite) 내지 솔레아이트질(holleite)의 중앙 해령형 현무암으로 구성되며 광화대는 이 층군 내의 Raglan 층의 렌즈상 페리도타이트 내에 배태되어 있다(Seabrook et al. 2004). 이 광산은 Xstrata Nick 사에서 운영하는 것으로 2013년에 20 t의 광석을 채광하였다.

니오븀과 텅스텐

전세계에서 두 번째로 큰 니오븀 광산인 Niobec 광산은 세계에서 유일한 지하 채광 니오븀 광산으로 Quebec 주의 Saint-Honore 남서부에 위치한다. 이 광산은 신원생대 Saint-Honoré carbonatite 복합체의 남부에 위치하고 있다. 이 복합체는 타원형으로 대략 4 km 정도 지표에 노출되어 있으며 방해석 카보나타이트(calcite carbonatite), 백운석(dolomite) 카보나타이트, 그리고 철질 카보나타이트(ferrocarbonatite)로 구성된다. 이들 카보나타이트 복합체는 섬장암과 섬록암으로 둘러싸여 있고 대부분이 고생대의 석회암에 의해 덮혀있다. 카보나타이트 내 산재해서 나타나는 파이로클로어(pyrochlore)가 니오븀의 주 광석 광물로 존재하며 광화대는 지하 45~180 m 정도에서 나타난다. 2012년에 Niobec 광산에서 생산된 니오븀은 4,707 t으로 2011년(4,632 t)에 비해 증가되었다. 광체의 평균 니오븀 산화물(Nb₂O₅) 품위는 2011년(0.57%)에 비해 0.55%로 낮아졌지만 광석의 채광량은 전년도 대비 3% 증가하였다(2012년, 2,155,000 t; 2011년, 2,087,000 t). 광산의 확장에 대한 예비타당성 조사가 2012년도에 수행되었고, 그 결과로부터 현행의 무지지 채굴법(open stope mining method)보다는 광획 부락법(block caving mining method)이 효율적일 것과 더불어 10 Mt/yr 정도로 처리 시설의 용량 확충할 것을 제안하였다.

캐나다의 텅스텐은 대부분 Northwest 준주의 Flat River Valley에 위치하고 있는 Cantung

표 5. 캐나다 광물 자원개발 인허가 당국 및 관련 기관

인허가 당국	관련 기관
연방	천연자원부(Natural Resources Canada)
	원주민부·북부개발부(Aboriginal Affairs and Northern Development Canada)
주·준주	Alberta (Dept. of Energy)
	BC (Ministry of Energy, Mines and Natural Gas)
	Manitoba (Dept. of Innovation, Energy and Mines)
	New Brunswick (Ministry of Natural Resources)
	Newfoundland (Department of Natural Resources)
	Nova Scotia (Department of Natural Resources)
	Ontario (Ministry of Northern Development and Mines)
	Quebec (Ministry of Natural Resources and Wildlife of Quebec)
	PEI (Ministry of Finance, Energy and Municipal Affairs)
	Saskatchewan (Ministry of Energy and Resources)
	Yukon (Mining Recorder Office, Energy, Mines and Resources)
NWT (Department of Industry, Tourism and Investment)	

Mine에서 생산된다. 생산량은 전세계 금용위가 발생한 2010년의 420 t을 제외하면 2009년부터 2013년까지 약 2,000 t 내외로 꾸준히 생산하고 있다. 이 지역은 원생대에서 초기 캄브리아기의 하부로부터 lower argillite, Swiss Cheese limestone, Ore limestone, upper argillite, 그리고 dolomite로 이루어진 퇴적층을 백악기 몬조화강암으로 주로 이루어진 Tungsten suite가 관입하고 있다. 텅스텐 스카른 광화대는 주로 Swiss Cheese limestone과 dolomite 층에 발달하고 있으며 주요 광석 광물은 회중석(scheelite)이다. 2012년 North American Tungsten

Corporation Ltd.는 Cantung Mine에서 약 340,900 t의 광석을 채취하여 2,194 t의 텅스텐을 생산하였다. 또한 이들은 광체 확보를 위해 지표 및 지하 시추 탐사의 진행과 더불어 광미로부터 텅스텐을 회수하기 위한 프로젝트도 수행하고 있다.

● 정부의 광업 정책

캐나다의 광업권은 일부를 제외하고는 지방 정부에 권한이 부여되어 있어 각 지방 정부의 법령과 규정에 따라 허가 및 개발을 진행해야

표 6. 캐나다 광산 인허가 종류 및 외국인 참여 가능 여부

주/준주	Prospecting Licence	Mining Claims	Mining Leases
Alberta	탐사에 대한 라이선스 필요 없음	기간: 14년 기간연장: 불가능 면적: 16~9,216ha 비용: C\$625 최소평가비용: 첫 2년 \$5/ha, 다음 4년은 10/ha, 그 이후 \$15/ha	기간: 15년 기간연장: 가능 면적: 최소 2,304ha 연간임대료: \$3.50/ha 양도: 장관 동의하 가능
British Columbia	기간: 1년 기간연장: 가능 비용: \$500/claim	기간: 1년 기간연장: 가능 면적: 최대 25개까지의 전체 또는 일부의 광업설 비용 (연 \$0.40/ha) 최소 평가비용: 첫 1년 \$4/ha, 그 이후 연 \$8/ha	기간: 최대30년 기간연장: 가능 연간임대료: \$10.00/ha 양도: 가능
Manitoba	기간: 3~5년(지역에 따라 다름) 기간연장: 가능 비용: \$359/claim 최소탐사 비용: \$0.50~15/ha(지역에 따라 다름)	기간: 2년 기간연장: 가능 면적: 16~26ha 비용: \$14(조사지역), \$60(비조사지역) 최소 평가비용: 첫 10년 연 \$12.50/ha, 그 이후 연 \$25.00	기간: 21년 기간연장: 가능 연간임대료: \$10.50/ha, 최소 \$193 양도: 장관 동의하 가능 최소 사용비용: \$625/ha (최초 lease), \$1,250/ha(기간연장이후)
New Brunswick	기간: 매년 12월 31일에 말소 기간연장: 12개월 까지 연장 가능 비용: \$500/claim	기간: 1년 기간연장: 3년까지 가능 면적: 최대 256 claim 유닛 비용: \$10.00/claim 유닛 최소 평가비용: 연\$100~800/유닛(기간에 따라 다름)	기간: 20년 기간연장: 40년까지 가능 연간임대료: \$6.00/ha 양도: 장관 동의하 가능 최소 사용비용: 연\$60.00/ha
Newfoundland & Labrador	기간: 5년 기간연장: 가능 비용: \$60/claim	기간: 5년 기간연장: 15년까지 가능 면적: 최대 256의 연결된 claims 비용: \$60.00/claim 최소 평가비용: \$200~1200(기간과 지역에 따라 다름)	기간: 최대25년 기간연장: 10년이하의 프로젝트일 경우 가능 연간임대료: \$80.00/ha 양도: 장관 동의하 가능
Nova Scotia	비용: \$11.42	기간: 1년 기간연장: 가능 비용: \$5.71~182.85/claim (기간에따라다름) 최소 평가비용: 1~10년\$200/claim, 11~15년\$400/claim, 16년 이후 \$800/claim	기간: 20년 기간연장: 가능 연간임대료: \$120.90/claim
Ontario	기간: 5년 기간연장: 가능 비용: \$25.50/claim	기간: 제한없음 면적: 16~256ha 비용: \$20~61.20, claim 수에 따라 다름 최소 평가비용: 처음 1년은 없음, 그 이후에 16ha에 \$400씩 추가	기간: 21년 기간연장: 가능 연간임대료: \$3.00/ha 양도: 장관 동의하 가능
Quebec	기간: 5년 기간연장: 가능 비용: \$34.25/claim	기간: 2년 기간연장: 제한없음 면적: 25~100ha 비용: \$28.25~141.25, claim 수에 따라 다름	기간: 20년 기간연장: 가능(10년씩 3회) 연간임대료: \$45.50/ha 양도: 가능
Prince Edward Island	탐사에 대한 라이선스 필요 없음	기간: 1년 기간연장: 4년까지 가능 면적: 최대80claims 비용: \$5.00/claim 최소 평가비용: 없음	기간: 20년 기간연장: 가능 연간임대료: \$1.00/acre 양도: 장관 동의하 가능
Saskatchewan	탐사에 대한 라이선스 필요 없음	기간: 2년 기간연장: 가능 비용: 최소평가비용:	기간: 10년 기간연장: 가능 양도: 가능
Yukon	탐사에 대한 라이선스 필요 없음	기간: 기간연장: 면적: 비용:\$10.00/claim 최소 평가비용:	기간: 21년 기간연장: 가능 임대료: \$50.00 (51.65acres 이하), \$20.00 (51.65acres 이상일 경우 1acre 당) 양도: EMR 동의하 가능
Northwest Territories	기간: 1년 기간연장: 가능 비용: \$50/claim	기간: 3~5년(지역에 따라 다름) 기간연장: 가능 면적: 최대 1,045.10ha 비용: \$25+\$0.25/ha 최소 평가비용: \$0.25~1.00/ha(보유 기간에 따라 다름)	기간: 21년 기간연장: 가능 연간임대료: 첫 21년 \$1.00/acre, 그 이후 \$2.00/acre 양도: 가능

한다. 광물 자원개발에 관한 인허가 당국 및 관련기관은 표 5에 그리고 각 지방 정부의 인허가 종류 및 외국인 참여 가능 여부는 표 6에 정리하였다. 외국인에 의한 투자 상한 금액이 3천 690만불(WTO 국가, 매년 조정) 이하의 캐나다 기업 매입 시 캐나다 투자법(Investment Canada Act)에 의거 캐나다 산업부(Industry Canada)의 심사를 통해 해당 투자가 캐나다에 유익한지 여부를 확인한 후 승인한다. 광물자원개발 관련한 세금 및 비용을 살펴보면 다음과 같다. 우선 캐나다 연방정부 법인 소득세, 즉 모든 광업 소득에 대한 연방 정부에서 부과하는 세금은 2010년에 18.0%, 2011년 16.5%, 그리고 2012년에 15%였고 현재까지 15%로 유지되고 있고 주 정부의 법인 소득세는 Nova Scotia와 Prince Edward Island가 16.0%로 가장 높고 Alberta, Ontario, Saskatchewan 지역이 10.0%로 가장 낮다(표 7).

캐나다는 특별히 외국에 대한 우대정책은 없으나 자국의 경제성장과 발전을 위한 자원개발을 적극 권장하고 여러 측면에서 지원하고 있다. 광물자원개발의 지원은 연방정부의 에너지광물자원성과 각 주의 광업성 및 천연자원성에서 제공하며, 연방정부는 주로 세계우대료 지원하고 있다. 먼저 연방정부의 지원

내용은 크게 자본지출의 1. 세금공제, 2. 소득세 중 25% 공제, 3. 지질조사단 파견, 그리고 4. 보조금 지원으로 이루어진다. 내용을 살펴보면, 1. 신규 광업개발 및 탐사에 관련된 기계, 설비 및 구조물에 대한 자본지출 부분을 소득세에서 공제, 2. 공제대상에서 제외된 로열티와 광업세 보상을 위해 광업 회사의 소득세를 25% 공제, 3. 100개의 지질조사반을 파견하고 있으며, 채광, 선광, 제련 등에 대한 연구결과를 일반 광산업자에게 제공, 4. 광업개발과 관련된 도로시설, 환경정비를 위한 보조금을 지원하고 있으며, 특히 금, 석탄 개발 시는 대규모 보조금을 지원하고 있다. 주정부의 경우 주정부 주관으로 지질조사를 실시하고 민간업자에게 결과를 제공해주며 특수한 경우 채광비의 전액 혹은 일부를 보조하는 방식으로 지원이 이루어지고 있다.

캐나다 광업 활동은 세계상 두 단계로 구분된다. 1단계는 추출 및 처리 단계(extraction and processing)는 선광, 제련, 그리고 정련 과정을 일컫는 것으로 연방 정부 및 주별 법인세 하에서 특별 적용을 받는다. 하지만 2단계인 반가공 및 가공(semi-fraction and fabrication)은 일반 제조활동으로 간주되어 다른 산업과 동일한 세법 적용을 받는다. 마지막, 캐나다의 광산 개

표 7. 캐나다 주 정부 법인 소득세

지역	higher tax rate	지역	higher tax rate
Alberta	10.0%	Nunavut	12.0%
British Columbia	10.75%	Ontario	10.0%
Manitoba	12.0%	Quebec	11.90%
New Brunswick	11.01%	Prince Edward Island	16.0%
Newfoundland and Labrador	14.0%	Saskatchewan	10.0%
Northwest Territories	11.5%	Yukon	15.0%
Nova Scotia	16.0%		

발 및 투자에 있어 유의해야할 점을 과거 대법원 판례를 통해 살펴보면, 2014년 6월 British Columbia 주 지역 Tsilhqot'in 부족 원주민이 전통적으로 사냥 및 어업활동을 해온 토지에 대한 소유권(aboriginal title)을 인정하는 판결을 내린 바 있다. 대법원은 소유권이 부여된 토지에서 진행되는 개발사업은 반드시 해당 지역 원주민의 동의하에 이루어져야하며, 만일 이같은 동의를 얻지 못할 경우 연방정부 및 주정부는 개발 사업을 진행해야하는 공공의 필요가 있음이 반드시 증명되어야 한다고 선언한 바 있어 추후 이같은 지역의 개발 및 사업에 참여하기 위해서는 충분한 사전 조사가 필요할 것이다.

● 결론

희유 금속은 첨단 하이테크산업에서 폭넓게 사용되는 필수 원자재로 전세계적으로 수요가 지속적으로 증가하고 있는 반면 지역 편재와 자원민족주의에 따른 공급 불안이 가중되고 있다. 정부는 이를 해소하기 위해 과거부터 여러 차례의 안정적 공급 대책 및 확보 전략을 수립해왔다. 또한 제 4차 해외자원개발기본계획에서 우리 나라의 희유금속 수요는 2012년 이후부터 약 8~25% 정도의 수요가 증가할 것으로 예측한 바 있다. 이에 따라 정부는 제 5차 해외자원개발기본계획(2014)에서 희유금속 10개 광종(크롬, 몰리브덴, 안티모니, 티타늄, 텅스텐, 니오븀, 셀레늄, 희토류, 갈륨, 지르코늄)에 대한 비축량을 확보하기 위해 중남미, 호주, 인도네시아 등에 주요 광물 수급거점을 구축하는 한편 아프리카 등 신흥 미개척 지역 희유금속 개발사업의 진출을 확대하려는 계획을 수립한 바 있다.

캐나다는 다양한 희유 금속을 포함한 광물 자원을 보유 및 개발하고 있으며 세금공제, 소득세 중 25% 공제, 지질조사단 파견, 그리고 보

조금 지원 등과 같은 다양한 지원 프로그램을 운영하고 있다. 지역 편재와 자원민족주의 같은 불안정성을 해소하고 안정적인 광물 자원 공급을 위해서는 다양한 공급처의 확보가 필수적이라 할 수 있을 것이다. 이러한 측면에서 각종 인프라와 지원 프로그램을 운영하고 있는 캐나다는 우리 나라의 안정적인 자원 수급을 위한 적합한 국가로 생각된다.

● 사사

본 연구는 2015년 정부(미래창조과학부)의 지원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No.CRC-15-06-KIGAM)의 지원을 받아 수행되었습니다.

● 참고문헌

- 제4차 해외자원개발 기본계획(2010~2019) (2010) 지식경제부, p.67.
- 제5차 해외자원개발 기본계획(안) (2013~2022) (2014) 산업통상자원부, p.48.
- 한만갑, 최국선, 이재욱 (2008) 고순도 희유금속소재 제조기술의 특허 동향분석. 한국자원공학회지, 45, 208-218.
- Amelin, Y., Li, C., Naldrett, A.J., (1999) Geochronology of the Voisey's Bay complex, Labrador, Canada, by precise U-Pb dating of coexisting baddeleyite, zircon, and apatite. Lithos 47, 33-51.
- Ames, D.E., Davidson, A., Wodicka, N. (2008) Geology of the Giant Sudbury Polymetallic Mining Camp, Ontario, Canada. Economic Geology, 103, 1057-1077.
- Ferbey, T., Levson, V.M., Lett, R.E. (2012) Till geochemistry of the Huckleberry mine area, west-central British Columbia (NTS 093E/11). British Columbia Geological Survey, p. 52.
- Lambert, D.D., Foster, J.G., Frick, L.R., Li, C.,

- Naldrett, A.J. (1999) Re-Os isotopic systematics of the Voisey's Bay Ni-Cu-Co magmatic ore system, Labrador, Canada. *Lithos*, 47, 69-88.
- Lawley, C.J.M., Richard, J.P., Anderson, R.G., Creaser, R.A., Heaman, L.M. (2010) Geochronology and Geochemistry of the MAX Porphyry Mo Deposit and its Relationship to Pb-Zn-Ag Mineralization, Kootenay Arc, Southeastern British Columbia, Canada. *Economic Geology*, 105, 1113-1142.
- Mobbs, P.M. (2011) The Mineral Industry of Canada. U.S. Geological Survey 2009 Minerals yearbook, 5.1-5.20.
- Mobbs, P.M. (2012) The Mineral Industry of Canada. U.S. Geological Survey 2010 Minerals yearbook, 5.1-5.26.
- Mobbs, P.M. (2014) The Mineral Industry of Canada. U.S. Geological Survey 2012 Minerals yearbook, 5.1-5.19.
- Olade, M., Fletcher, K. (1976) Distribution of Sulphur, and sulphide-iron and copper in bedrock associated with porphyry copper deposits, Highland Valley, British Columbia. *Journal of Geochemical Exploration*, 5, 21-30.
- Paktunc, A.D. (1984) Petrogenesis of ultramafic and mafic rocks of the Thompson Nickel Belt, Manitoba, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 88, 348-353.
- Schiarizza, P. (2015) Geological setting of the Granite Mountain batholith, south-central British Columbia. In: *Geological Fieldwork 2014*, British Columbia Ministry of Energy and Mines, British Columbia Geological Survey, Paper 2015-1, 19-39.
- Seabrook, C.L., Prichard, H.M., Fisher, P.C. (2004) Platinum-group minerals in the Raglan Ni-Cu-(PGE) sulfide deposit, Cape Smith, Quebec, Canada. *The Canadian Mineralogist*, 42, 485-497.
- Therriault, A.M., Fowler, A.D., Grieve, R.A.F. (2002) The Sudbury Igneous Complex: A Differentiated Impact Melt Sheet. *Economic Geology*, 97, 1521-1540.
- USGS (2015) The Mineral Industry of Canada. U.S. Geological Survey 2015 Minerals yearbook, 5.1-5.17.
- Villeneuve, M., Whallen, J.B. (2001) The Endako Batholith: Episodic Plutonism Culminating in Formation of the Endako Porphyry Molybdenite Deposit, North-Central British Columbia. *Economic Geology*, 96, 171-196.