

## 호주 광물자원탐사와 전략분석

김성용<sup>1</sup>, 허철호<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 미래정책연구부, <sup>2</sup>한국지질자원연구원 광물자원연구본부 자원탐사개발연구센터  
<sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교 광물·지하수자원학과

## Analysis of Mineral Resource Exploration and Strategy in Australia

Seong-Yong Kim<sup>1</sup> and Chul-Ho Heo<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Geoscience and Technology Research Department, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

<sup>2</sup>Mineral Resources Development Research Center, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

<sup>3</sup>Department of Mineral and Groundwater Resources, University of Science and Technology(UST)

(Received: 12 June 2018 / Accepted: 2 July 2018)

Australia is the world's top gold, nickel, iron ore, lead, zinc and uranium, and is ranked in the top five in many other important minerals. Extension to existing resources will continue to support well-established local production. There are perceptions by some that Australia is a mature exploration destination where the easily won near-surface deposits were largely discovered many decades ago. In recent years, Australia faces increasing global competition for investment spending in all jurisdictions in which mineral exploration is encouraged. Many regional communities face the threat of losing their main economic driver as a number of long-term mines are reaching the end of their economic life. However, given the trend of increasing mineral demand due to the 4th industrial revolution, it is considered that Korea is also an opportunity to acquire global competitiveness of geoscience and mining technology by smart and digital mining, and by ICT-convergence technology R&D.

**Key words** : Australia, mineral exploration, deposits, global competition, ICT-convergence technology

호주는 금, 니켈, 철광석, 연, 아연 및 우라늄 매장량이 세계 1위를 차지하고 있으며, 다른 많은 주요광물 매장량에서도 세계 5위권이다. 호주의 현재 개발 중인 대부분의 광상은 수십년전에 발견이 용이했던 지표 천부에 배태된 광상이다. 최근 호주는 광물자원탐사에 대한 투자의 국제경쟁이 치열해지고 있으며, 많은 지역에서 그간 운영되었던 광산의 채산성이 악화되어, 지역경제를 견인할 주체를 상실하는 어려움에 직면하고 있다. 그러나 4차산업혁명에 따른 광물수요증가 추세를 감안할 때, 우리나라도 자원부국에서 스마트/디지털 광산개발 및 ICT 융합에 의한 탐사기술개발 확보로 자원기술 경쟁력을 갖출 기회라고 여겨진다.

**주요어** : 호주, 광물탐사, 광상, 글로벌 경쟁력, ICT 융합기술

### 1. 서 언

호주의 광물자원 부문은 호주의 지속적인 경제적 변

영에 핵심적인 역할을 하고 있으며, 국가 수출 수입을 대부분 차지하고 있고, 지역과 원주민 사회에 실질적인 직·간접 고용과 투자를 제공하며, 하류 및 서비스

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided original work is properly cited.

\*Corresponding author: [chheo@kigam.re.kr](mailto:chheo@kigam.re.kr)

산업을 지원하고 정부에 필수 세수를 담당한다. 2015~16 회계연도에 광업은 호주 GDP의 약 6%에 직접 기여했으며, 228,000명 이상을 고용하여 호주 수출수입의 약 50%를 창출하였다 (Geoscience Australia, 2017a). 우리나라는 국내에서 소비하고 있는 자원의 약 1/3을 호주에서 수입하고 있을 만큼 호주는 주요한 자원교역 상대국이다. 2015~16 회계연도에 광업 및 광산장비·기술·서비스 (METS, Mining Equipment, Technology and Services) 활동은 1,332억 호주달러이었다. 같은 기간에 간접 기여분은 1,306억 호주달러와 650,000개의 일자리 창출로 평가되고, 광물의 직·간접 기여도는 국가경제의 15%정도인 약 2,358억 호주달러와 전일제 일자리의 10%인 114만개 일자리이다 (Geoscience Australia, 2017a).

우리나라와 호주의 교역규모는 2017년도 기준으로 수출 약 199억 US달러, 수입 약 191억 US달러이며, 우리나라가 호주입장에서는 제4대 교역국이다 (KITA, 2018). 호주는 세계 광물 생산 선도국가 중 하나이다. 호주는 2014년 기준으로 전세계 리튬 생산량의 40% 이상, 보크사이트 생산량의 32%, 철광석 20% 이상, 알루미늄 19%, 산업용 다이아몬드 및 망간 18% 이상, 공업용 석류석 15% 이상, 연 15%, 니켈 10%, 금 9%, 동 약 5% 및 코발트 5% 정도를 생산하고 있다 (USGS, 2017; Bray, 2016a & 2016b; Brininstool,

2016; Corathers, 2016; George, 2016; Guberman, 2016; Jaskula, 2016; Kuck, 2016; Olson, 2016; Shedd, 2016).

국내 학술지에서의 호주 자원현황 및 자원기술에 대한 연구는 Kim(1972)의 호주 광업개관과 광물자원개요에 관한 논문이 처음으로 여겨진다. 그 이후 간간히 광물광상연구 주제가 게재되다가, 2000년대 초에는 호주 서부의 오토웨이(Otway) 지역을 대상으로 하는 이산화탄소 지중저장 관련 주제가 게재되고 있다. 전반적으로 호주 자원과 자원기술에 대한 관심은 지속되고 있으나, 국내 학술지에서의 언급이 간헐적이라고 할 수 있다. 이에 우리나라 소비 광물자원의 1/3 정도를 수입하는 호주의 최신 자원기술 위상과 수준분석을 통한 우리에게 필요한 미래유망기술 주제 도출 등을 위한 제언을 탐색할 필요가 있다.

## 2. 호주의 자원 부존 및 평가

2015년 기준 안티몬, 석탄, 갈탄, 금, 철광석, 티탄철석, 연, 리튬, 마그네사이트, 망간광석, 니오븀, 칼륨, 희토류, 금홍석, 은, 탄탈륨, 주석, 텅스텐, 우라늄 및 저어콘 등 20종 광물의 경제적 자원량(Economic Demonstrate Resources, EDR)은 증가하였고, 크롬, 동, 니켈, 몰리브덴, 오일셰일, 인산염 및 아연은 전년

Table 1. Australia's resources of major minerals at december 2016

Commodity	Unit	Australia (Economic Resources, EDR) (A)	World (Economic Resources 2015) (B)	% of World Resources (A/B)	World Ranking for Resources
Bauxite	Mt	6,005	28,000	22	2
Black Coal (Recoverable)	Mt	70,927	712,000	10	4
Brown Coal (Recoverable)	Mt	76,508	317,000	24	3
Copper	Mt Cu	87.78	720	12	3
Gold	t Au	9,830	57,000	17	1
Iron Ore	Mt	49,588	173,769	29	1
Lead	Mt Pb	35.09	88	40	1
Lithium	Kt Li	2,730	15,130	18	3
Magnesite	Mt MgCO <sub>3</sub>	320.48	8,500	4	5
Manganese Ore	Mt	219	1,790	13	4
Nickel	Mt Ni	18.5	78	24	1
Rare Earths	Mt	3.43	120	3	6
Silver	Kt Ag	89.29	570	16	2
Tin	Kt Sn	486	4,657	10	4
Tungsten	Kt W	391	3,484	12	2
Uranium	Kt U	1,270	3,472	29	1
Zinc	Mt Zn	63.5	220	28	1

☆Source : Australia's Identified Mineral Resources(Geoscience Australia (2017a).

☆Abbreviations : EDR = Economic Demonstrate Resources.

도와 비슷하였다. 다만, 보크사이트, 코발트, 다이아몬드, 바나듐의 4개 광종의 경제적 자원량은 감소하였다. 호주의 다이아몬드, 금, 철광석, 연, 니켈, 금홍석, 탄탈륨, 우라늄, 아연, 저어콘은 최대 매장량을 보유하고 있다. 호주의 안티몬, 석탄, 갈탄, 코발트, 동, 티탄철석, 리튬, 마그네사이트, 망간광석, 니오비움, 희토류, 은, 토륨, 주석, 텅스텐, 바나듐은 모두 세계 상위 5위권을

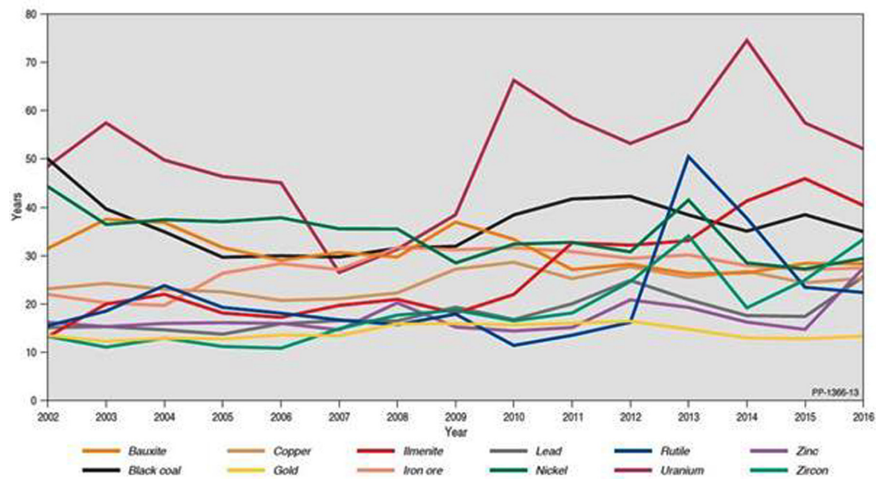
차지하고 있다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016) (Table 1).

많은 광산물 수급에서 매년 생산량 비율에서 큰 변동이 없이 지속하고 있다. 금은 2002년이래로 최근까지 큰 변동없이 매장 수명을 가지고 있는데, 정측(精測) 자원량(Measured Resources)이나 개측(概測)자원량 (Indicated Resources)에서 고갈되는 정도를 추가 신규

**Table 2.** Summary of projects in the investment pipeline (Unit: million Australian dollar)

	Publicly announced		Feasibility		Committed		Completed	
	No. of projects	Value	No. of projects	Value	No. of projects	Value	No. of projects	Value
Aluminium, Bauxite, Alumina	0	0	0	0	2	1,963	0	0
Coal	14	12,500–20,237+	33	54,787	5	8,693	5	1,569
Copper	3	750–1,747	6	1,376	4	1,991	0	0
Gold	2	0–498	8	2,364	6	1,340	4	448
Infrastructure	7	5,250–9,991	7	7,349	2	1,126	3	4,580
Iron ore	7	5,250–10,493+	16	23,536	3	966	2	11,038
Lead, Zinc, Silver	3	0–747	2	420	3	1,011	1	563
LNG, Gas, Petroleum	7	24,500–27,497+	12	60,749	11	106,167	6	64,965
Nickel	11	3,750–8,989	2	2,960	1	443	0	0
Uranium	2	250–499	4	1,915	0	0	0	0
Other Commodities	1	250–499	35	10,590	4	893	1	800
Total	57	52,500–81,197+	125	166,046	41	122,379	22	83,963

☆Source: Australian Government, Department of Industry, Innovation and Science (2017).



**Fig. 1.** Trends in reserve life for major commodities from 2002 to 2016(Geoscience Australia, 2017a).

광석으로 매장량 확보를 했다. 예측(豫測)자원량(Inferred Resources)은 정측 및 개측 자원량으로 나눠지며, 새로운 자원량이 탐사를 통해서 추가되었다. 일부 광산물(연-아연 등)의 변동은 생산 중단과 광산 폐쇄에 기인하는데, 개별 프로젝트의 성공 또는 실패에 따른 광석 매장량 증감이 있는 광산회사와 가격변동에 따라 생산량을 연동하는 광산회사에 따른 것이다. 연-아연은 일부 광산(Mount Isa 및 McArthur River 광산)의 생산량 감소로 매장 수명이 연장되었다 (Fig. 1).

### 2.1. 보크사이트

호주 보크사이트의 경제적 자원량은 2013년에 최고치인 6,464Mt으로부터 감소한 2016년 6,005Mt로 추정되었다. 호주는 기니 공화국 다음으로 세계 2위 매장량 보유국가이며, 뒤를 이어서 브라질, 베트남, 자메이카 및 인도네시아가 주요 매장량 보유 국가이다 (Table 1). 호주는 2016년에 세계 최대 보크사이트 생산국이었고, 알루미나는 두 번째 생산국이며 알루미늄은 6번째 생산국이었다. 호주의 알루미늄 산업은 퀸즐랜드의 케이프 요크(Cape York; 3,188Mt, 호주 경제적 자원량의 53%), 노던 테리토리의 고브(Gove; 188Mt, 3%) 및 서호주 퍼스(Perth)의 달링 산맥(Darling Range) 남동부의 많은 광상(2,588 Mt, 43%)이 뒷받침하고 있다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

호주의 알루미늄 산업은 채광, 정련, 제련 및 반가공이 고도로 집약된 분야이며 호주 국내 및 전 세계적으로도 경제적 중요성을 갖고 있다. 그러나 최근에 가공처리 비용에 따라 일부 작업이 불가능하게 되었으며, 2012년에 쿠리쿠리(Kurri Kurri) 알루미늄 제련소(뉴사우스 웨일즈)와 2014년에 포인트 헨리(Point Henry) 알루미늄 제련소(빅토리아 주)와 고브 알루미나 정련소(노던 테리토리)를 폐쇄하게 되었다. 반면, 중국 알루미나 정련소에 공급하기 위해 새로운 보크사이트 광산이 태즈마니아와 케이프 요크에서 최근 시작되었으며, 광석을 직접 선적하려는 방향으로 움직임이 있어왔다 (Geoscience Australia, 2016). 2016년에 전 세계 보크사이트 생산량의 감소는 말레이시아의 환경보전에 따른 채광금지로 인해 11%가 감소했다. 2016년 생산수준으로 감안할 때, 평균 보크사이트 광산 가행기간은 10년이고 자원수명은 41년이 될 수 있다. 가행중이거나 미개발 광상의 광석매장량을 고려한다면, 보크사이트 자원수명은 28년이고, 유보된 경제적 자원량(AEDR, Accessible Economic Demonstrated Resources)이 장기 잠재 공급관점으로 활용될 경우, 호주의 보크사

이트 자원은 70년 이상 지속될 수 있다 (Geoscience Australia, 2017a).

### 2.2. 석탄

호주 석탄의 2016년 경제적 자원량(EDR)은 2015년과 크게 다르지 않다. 대부분 퀸즐랜드(61%)와 뉴사우스 웨일즈(36%)에 부존하며, 채광 가능한 경제적 자원량의 34%는 보웬(Bowen, 퀸즐랜드), 29%는 시드니(뉴사우스 웨일즈) 분지에 각각 위치하고 있다. 이 분지는 생산량도 대부분 차지하고 있다. 주요 석탄자원은 퀸즐랜드의 수랏(Surat), 클라렌스(Clarence)-모레톤(Moreton) 및 갈릴리(Galilee) 분지와 뉴 사우스 웨일즈의 구네다(Gunnedah) 분지에서도 발견된다. 2015년 생산비율로 하면, 호주의 채광가능 경제적 석탄 매장량은 약 110년 이상을 생산할 수 있다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

석탄의 경제적 자원량은 2015년에는 34개 광상에서 증가했고 2016년도에는 26개 광상에서 증가했다. 소규모 광산 고갈에 따른 감소에 따라 2015년도 48개 광상 및 2016년도 39개 광상에서는 감소하였다. 2016년도 순수한 증가는 전년대비 2,617Mt 이지만, 6개 광상은 100 Mt 이상이 증가하였고, 2개 광상은 100 Mt 이상이 감소하였다. 경제적 자원량의 큰 규모 증가는 2015년도에는 사우스 부르트(South Burnett, Moreton Resources Ltd), 헌터 밸리 아퍼레이션(Hunter Valley Operations), 하일 크릭(Hail Creek, Rio Tinto Ltd) 및 레드힐(Red Hill, BHP Billiton Mitsubishi Alliance)이었으며, 2016년도에는 다르트브룩(Dartbrook, Australian Pacific Coal Ltd), 마운트 아더(Mount Arthur, BHP Billiton Ltd), 마운트 토리(Mount Thorley, Rio Tinto Ltd) 및 워크워스(Warkworth, Rio Tinto Ltd)에서 이뤄졌다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

2016년에 채굴가능한 예측 자원량(Inferred Resources)은 100 Mt 이상 증가한 6개 광상과 100 Mt 이상 감소한 3개 광상을 포함하여 3,149Mt (4%)가 증가하였다. 예측 자원량의 대부분은 보웬 분지(Bowen Basin)의 피크 다운스(Peak Downs) 및 피크 다운스 이스트(Peak Downs East), 그리고 수랏분지(Surat Basin)의 콜룸볼라(Columboola, Metro Mining Ltd)와 클리포드(Clifford, Stanmore Coal Ltd)에서 큰 증가를 보였다. 2015년에는 카즈풋(Kazput, 클리포드(Clifford), 맥켄지(Mackenzie, Moreton Resources Ltd), 미모사(Mimosa, Square Resources Pty Ltd) 및 마운트 로버트(Mount Robert, Rio Tinto Ltd)는 첫 번째 자원

량이 평가되었고, 사우스 부르넷(South Burnett)은 첫 번째 매장량이 평가되었다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

2015년까지 석탄 산업은 가격 하락 계속으로 어려움을 겪었다. 많은 석탄 기업들이 재정적 손실과 폐업, 감축 및 부동산 매각 등을 고려하거나 발표하였다. 최근의 어려움과 대체 에너지 기술의 선호도 증가에도 불구하고, 석탄은 계속 글로벌 전력생산에 중요한 역할을 할 것인데, 석탄이 공급하는 전 세계 전력량의 점유율은 감소하고 있지만 세계 석탄 협회(WCA, World Coal Association)는 개발도상국에서 발전량이 증가함에 따라 석탄 발전량이 절대적으로 증가 할 것으로 전망하고 있다. 수석 이코노미스트는 2016년 석탄 수요 및 가격이 다시 상승하며, 2017년 석탄의 수출 및 수입이 증가할 것으로 전망했다 (Geoscience Australia, 2016).

### 2.3. 갈탄

2015년의 호주지질조사소(Geoscience Australia)는 빅토리아 지질조사소(Geological Survey of Victoria)와 협력하여 호주 갈탄 자료를 평가하였다. 그 결과, 채굴 가능한 호주 갈탄의 경제적 자원량(EDR)은 2015년과 2016년이 동일한 76,508 Mt으로서 2014년 대비 73% 증가로 크게 상향되었다. 호주의 채굴 가능한 갈탄 경제적 자원량은 빅토리아 주에 위치한 라트로브 계곡(Latrobe Valley)에서 93%이상을 차지하고 있다. 호주는 채굴 가능한 갈탄 24%를 점유하며, 러시아(29%)에 이어서 세계 제2위를 차지하고 있다 (Table 1). 호주 다음으로 독일(11%), 미국(10%) 순이다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

2016년 동안, 호주의 갈탄 생산은 63.3Mt로 추정되며, 독일, 중국, 러시아, 미국에 이어 세계 5위를 차지했다 (Geoscience Australia, 2017a). 호주에서 채굴된 갈탄은 거의 대부분이 빅토리아 주의 인접한 발전소에서 연소되어 전기 생산에 사용된다. 2015년 및 2016년 채굴량 기준으로, 접근 가능한 자원 규모는 약 1,000년 이상의 생산 지원이 가능할 것이다. 2015년도에 빅토리아 주 남부 해안가의 앙글레시아(Anglesea) 갈탄 화력발전소 폐쇄와 헤이즐우드(Hazelwood) 발전소 폐쇄에 따라 갈탄 생산량도 감축되었다. 이제는 라트로브 계곡에서 운영하는 로이양(Loy Yang) 및 알론(Yallourn) 발전소만 남아있다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

### 2.4. 동

호주의 경제적 자원량(EDR)은 2014년(88.48Mt)으로부터 2015년(88.75 Mt)에 약간 증가하였다가, 2016년에 87.78Mt으로 약간 감소하였다. 호주의 동 경제적 자원량은 칠레(29%)에 이어 12%로서 세계 2위를 차지하고 있으며 (Table 1), 페루(11%), 멕시코(6%)가 뒤를 잇는다. 2015년의 경우, 서 호주는 호주 전체 동의 경제적 자원량의 68%를 차지하고 있는데, 주로 올림픽 댐(Olympic Dam) 광상이 56%를 점유하고, 연이어 뉴사우스 웨일즈와 퀸즐랜드가 각각 13%를 차지한다. 2015년도에 호주 광산은 971,000t의 동을 생산하였으며, 전년(966,000t) 대비 약간 증가하였다. 동 광석과 정광(1,916,000t) 및 정련 동(448,000t)은 수출 가치로 약 8.156억달러로서, 전년(9.048억불) 대비 감소하였다. 2015년도의 호주 동 탐사 지출은 전년(1.21억불) 대비 약 26% 감소하였다. 동 탐사의 대부분은 퀸즐랜드(40.5백만불; 33.5%)와 서호주(27.7백만불; 22.9%)에서 이뤄졌다(Geoscience Australia, 2017a & 2016).

2016년의 호주의 동 수준을 감안할 때, 운영 중인 광산의 평균 매장 기한은 잠재적으로 20년이며, 자원 수명은 73년이 될 수 있다. 유지관리, 개발 중인 광산과 미개발 광상을 고려하면, 동의 잠재적 매장 기한은 25년이고, AEDR(보유 경제적 자원량)이 장기 잠재적 공급 지표로 사용된다면, 호주의 동 자원은 90년 이상 지속할 것이다 (Geoscience Australia, 2017a).

### 2.5. 금

호주의 금 경제적 자원량은 2015년의 9,546t에서 284t(3%) 증가한 9,830t이 되었는데, 서호주 190t 증가, 퀸즐랜드 69t 증가, 뉴사우스 웨일즈 45t 증가가 있었다. 2015년에는 전년보다 약간 감소한 태즈마니아를 제외하고는, 여타 지역에서는 서 호주 (339t 증가)에서의 최대 증가와 함께 금 경제적 자원량이 증가하였다. 호주의 매장량산정위원회(JORC, Australian Joint Ore Reserves Committee) 기준 전체 금 매장량은 2015년 3,552t 및 2016년 3,826t으로서, 이중 2,750t은 130개 광산운영에 따른 것이다. JORC 기준 매장량은 경제적 금 자원량 의 39%이며 2014년과 비슷한 규모이다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

호주 금 예측 자원량은 2015년에 약 70t(2%) 정도 소폭 증가한 4,632t으로 나타났다. 가장 큰 증가는 뉴사우스 웨일즈(24t 증가) 이었고, 가장 큰 감소는 노던 테리토리(23t 감소) 였다. JORC 기준 금 자원량(경제

적 자원량(EDR) + 예측자원량)은 1979년 이후 대략 5%에서 20%까지 증가하였다. 2015년 총 JORC 기준 금 자원량은 504t 또는 4% 증가하여 14,178t이 되었다 (Geoscience Australia, 2016).

2016년도 호주 광산의 금 생산량은 288t으로 전년대비 10t(약 3.5%) 증가했다. 2016년도 금 생산량 증가는 뉴사우스 웨일즈 (6t 증가), 서 호주(4t 증가), 빅토리아 주(1톤 증가), 노던 테리토리주 (0.3t)에서 발생했고, 퀸즐랜드, 남 호주, 테즈마니아 지역은 금 생산량에서 약간의 감소가 있었다 (Geoscience Australia, 2017a).

미국지질조사소의 세계 금 자원량 규모는 최근 몇 년 동안 큰 변동이 없었으며, 러시아 8,000t 및 남아공 6,000t과 비교하여, 호주는 최근 전 세계 자원량의 약 17% 정도를 점유하고 있다. 세계 생산량은 연평균 45t (1.5% 증가)이 증가한 3,186t을 기록했고, 호주는 세계 생산량의 약 9%를 차지하고 있으며, 미국지질조사소의 국가별 생산량 추정치로는 호주의 금 생산량은 중국 (490t)에 이어 세계 2위를 지속하고 있다. 2015년도의 1차 및 2차 금 수입은 2014년 보다 약 6t이 증가한 83t이었다. 전체 정련 금은 302t으로 전년대비 2t이 감소하였다. 금 수출은 139.3억달러 가치에 해당하는 282t으로서 약 5t이 감소하였다 (Geoscience Australia, 2016).

미 달러 기준 2015년의 평균 금 가격은 2014년에 비해 온스당 96달러가 낮았다. 대체적으로 호주 달러 기준의 평균 금 가격은 2014년에 비해 온스당 약 128달러가 높았다. 2014년에 금 탐사 투자가 1.76억 달러까지 약 32% 정도 감소하였으나, 2015년에는 약 1억 달러까지 탐사 투자가 증가하였다 (Geoscience Australia, 2016). 주식시장은 어려움을 겪었고, 대부분 원자재에 대한 탐사 지출이 감소했지만, 2016년에는 금 탐사지출은 전년도 대비 1.417억 달러 증가한 6.176억 달러였다 (Geoscience Australia, 2017a).

2015년 생산활동은 서호주 지역에 집중되었다. 특히 보니 발레(Bonnie Vale, Focus Minerals Ltd) 및 군가 웨스트(Gunga West, Kidman Resources Ltd)에 신규 개발이 있다. 주요 광산은 1.02백만 온스 금의 달가랑가 프로젝트(Dalgaranga Project), 5십만 온스의 앤디 웰(Andy Well, Doray Minerals Ltd), 5.6백만 온스의 그루에레(Gruyere, Gold Road Resources Ltd)가 있다. 트로피카나(Tropicana)의 금생산은 광산 가동(AngloGold Ashanti Ltd) 2년만에 1백만 온스 정도였고, 버뱅크스(Burbanks, Kidman Resources Ltd)에서도 광산가동이 시작되었다 (Geoscience Australia, 2016).

## 2.6. 철

호주의 철광석 채광여건 주요 변화와 대규모 자철광 광상의 개발로 인해, 호주 지질조사소(GA)는 호주 철자원을 철광석과 함철 광석 등 2개로 구분하였다. 호주의 철광석 경제적 자원량(EDR)은 2015년도에 약 515억톤으로 약 5%가 감소하였으며 2016년도에는 또 다시 약 496억톤으로 4%가 감소하였다. 함철 광석의 EDR은 약 238억톤으로 전년도와 큰 변동이 없었다. 자철광 자원은 철광석 경제적 자원량의 36%를 차지하는 약 178억톤까지 16% 정도 감소하였다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016). 2016년의 철광석 전체 경제적 자원량의 하락은 자원 광상 상태 재평가와 특히 중요한 것은 철광석 시장가격의 변동으로 인한 개발 프로젝트의 탐사 중단에 따른 것이다. 서 호주는 호주 전체 경제적 자원량의 94% 비중을 차지하고 있으며, 대부분이 필바라(Pilbara) 지역에 있다. 호주는 전세계 철광석의 29% 정도를 차지하는 최대 경제적 자원량을 가지고 있고 (Table 1), 이어서 러시아(15%), 브라질(14%), 중국(12%) 순이다. 2016년에 호주는 23,532Mt의 대규모 철광 매장량을 보유하고, 그중 6,368Mt(27%)가 29개 가행광산에 해당된다. 이들 광산은 2016년에 858Mt 철광석을 생산했으며, 전년에 비해 6% 증가한 것이다. 서 호주는 이들의 99%(846Mt)을 생산하며, 나머지는 남 호주 및 테즈마니아의 소규모 광산에서 생산한다. 2016년 수준에서 평균 매장 수명은 잠재적으로 7년이고 자원 수명은 19년이 될 수 있다 (Geoscience Australia, 2017a). 2015년에 서 호주는 약 8억톤으로 호주 전체 철광석 생산량의 99%를 차지하였다. 2015년도에 호주의 철광 탐사 지출은 약 3.164억 달러로서, 2014년도 5.92억 달러에 비해 47%가 감소하였다. 2015년도의 철광석 탐사는 호주 전체 광물탐사의 22%를 차지했다 (Geoscience Australia, 2016).

## 2.7. 리튬

호주의 리튬 경제적 자원량(EDR)은 2015년 1.61백만톤에서 2016년 2.73백만톤으로 크게 증가하였다. 호주 리튬 경제적 자원량은 전 세계 전체의 18%를 점유하는 3위권으로서, 칠레, 중국 다음 순서이다 (Table 1). 호주 리튬의 경제적 자원량은 서 호주의 경암 페그마타이트 광상에 배태되어 있다. 그린부쉬(Greenbushes) 광상은 세계 최대의 고품위 리티아 휘석 광상으로서, 호주 전체 리튬 경제적 자원량의 50% 이내를 차지하며, 서 호주 일가론(Yilgarn) 지역의 마운트 카틀린(Mount Cattlin), 마운트 마리온(Mount Marion), 얼그레이(Earl Grey) 광상

이 있고, 필바라 지역의 2개의 필강구라(Pilgangoora) 광상에서도 리튬이 부존하고 있다. 2016년에 탈리슨 리튬 법인(Talison Lithium Pty Ltd)은 그린부쉬 광상의 생산을 2배로 하려는 4억달러 규모의 리튬을 공급하는 처리시설을 퍼스 남부의 퀴나나(Kwinana)에 건설 추진하였다(Geoscience Australia, 2017a & 2016).

## 2.8. 마그네사이트

마그네사이트의 호주 경제적 자원량은 2013년 3.18억톤, 2015년 3.2억 톤, 2016년 3.2억톤으로서 변동이 없었으며 전 세계 마그네사이트 자원량 83억톤의 약 4% 정도이다. 2015-16 회계연도의 퀸즐랜드 전체 마그네사이트 생산은 46.29만톤으로 전년보다 약 20만톤이 감소하였다. 호주의 마그네사이트는 진달리(Jindalee) 자원회사의 아더 리버(Arthur River) 광상과 아처(Archer) 탐사회사의 레이 크릭(Leigh Creek) 등이며, 마그네슘을 생산을 위한 것이다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

## 2.9. 망간

호주의 2016년도 망간 경제적 자원량은 전년도 2.329억톤에서 13백만톤 감소한 2.19억톤으로서 남아공, 우크라이나, 브라질에 이어 4번째를 차지하고 있다 (Table 1). 망간광의 호주 경제적 자원량은 모두 노던 테리토리와 서 호주 지역에서 산출한다. 호주의 망간광 생산은 2016년에 3.2백만톤이며, 중국, 남아공, 가봉에 이어 4위를 차지하고 있다. 망간 가격하락으로 인해, 호주의 망간광 광산 가동은 보류 및 유지상태로 전환되었다. 부투 크릭(Bootu Creek) 광상은 2015년 말에 가동 중단되었으며 우디우디(Woodie Woodie) 광산은 2016년에 잇달아 가동 중단되었고, 노던 테리토리의 그루트 에일란트(Groote Eylandt)에서 전부 생산되었다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

## 2.10. 몰리브덴

2016년의 호주 몰리브덴 경제적 자원량은 2015년도 19만톤에서 11% 증가한 21만톤이었는데, 퀸즐랜드 칼만(Kalman) 및 서 호주의 칼링기리(Calingiri) 광산의 신규 생산분이 반영된 것이다. 호주는 전세계 경제적 자원량의 1.5%이내인 7위이다 (Table 1). 호주의 대부분 경제적 자원량은 퀸즐랜드(66%), 빅토리아 (24%), 서 호주(5.7%), 노던 테리토리 (2.3%) 순이었다. 뉴사우스 웨일즈에도 몰리브덴 매장량이 있지만 호주 전체 경제적 자원량의 1% 미만이다 (Geoscience Australia, 2017a).

## 2.11. 니켈

2016년의 호주 니켈 경제적 자원량은 2015년 18.8백만톤에서 2016년 18.5백만톤으로 약간 감소하였으며, 2008년의 최고 26.4백만톤에서 하향세이다. 서 호주 니켈 광상은 황화물과 라테라이트 광상 등으로 구성되어 있으며, 호주 전체 경제적 자원량의 96%를 차지한다. 호주는 세계 니켈 자원량의 약 24%를 보유하며 세계 1위이며, 다음으로 브라질(13%), 러시아 (10%), 뉴 칼레도니아(9%)가 뒤를 잇는다(Table 1). 2016년 니켈 생산은 세계 5번째이며, 모두 서 호주에서 생산되었다. 2016년에 가동된 13개 니켈 광산 가동 외에, 분리정제 공정이 호주에서 지속되었다. 2015년의 경우, 니켈 광산 생산량은 23.5만톤이었고, 전년대비 4% 감소한 것이다. 지속된 낮은 니켈 가격 하락으로 가동 중단과 생산량 감축이 이어지고 있다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

## 2.12. 희토류(희토류 산화물(REO) 및 산화 이트륨( $Y_2O_3$ ))

2016년도 호주의 희토류 산화물(REO, Rare Earth Oxides) 경제적 자원량은 2015년도와 비슷한 3.43백만톤 정도로 평가된다. 이는 전 세계 1.3억톤 규모의 2.6% 정도이나, 중국은 전세계의 43%를 보유하며, 생산량의 83%이상을 차지한다. 다음으로 호주는 11%로 두 번째 생산국가이다 (Table 1). 호주의 경제적 자원량의 증가는 서 호주의 양기바나(Yangibana, Hastings Technology Metals Ltd)과 브라운스 레인지(Browns Range, Northern Minerals Ltd), 노던 테리토리의 놀란스 보레(Nolans Bore, Arafura Resources Ltd) 덕택이다. 라이나스 공사(Lynas Corporation Ltd)는 마운트 웰드(Mount Weld)에서 호주 유일의 희토류 광산을 지속 가동하며, 말레이시아의 LAMP(Lynas Advanced Materials Plant)에 희토류 정광을 공급하고 있다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

## 2.13. 주석

호주의 주석 경제적 자원량은 2015년에 43.4만톤에서 2016년에 48.6만톤으로 증가하였다. 호주 자원량은 중국, 인도네시아, 브라질에 이어 4번째를 차지한다 (Table 1). 호주의 주석 경제적 자원량은 태즈마니아의 레니슨벨(Renison Bell, 60%)과 클리블랜드(Cleveland, 9.5%) 광상이 있고, 뉴사우스 웨일즈 타롱가(Taronga, 9.5%) 광상이 있다. 호주 경제적 자원량의 분포는 서 호주 탄탈륨 광상의 부산물로 산출된 주석이 일부 있

지만, 태즈마니아에서 80.6%, 뉴사우스 웨일즈에서 9.4%, 퀸즐랜드에서 10% 분포한다. 호주 주석 생산량의 95% 이상은 태즈마니아의 레니슨벨 광산에서 차지한다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

#### 2.14. 텅스텐

호주의 텅스텐 경제적 자원량은 2015년 40.3만톤에서 39.1만톤으로 약간 감소하였는데, 이는 2개 광상에 대해 적용했던 JORC 2004 기준 자원량을 JORC 2012 기준 자원량으로 환산해서 적용했기 때문이다. 호주는 중국 다음으로 세계 자원량의 11%를 보유하고 있으며, 이어서 캐나다, 베트남, 러시아 순이다 (Table 1). 호주의 경제적 자원량의 거의 절반(48%)은 서호주의 오칼라간스(O'Callaghans) 다중금속 광상에 포함되어 있다. 호주 텅스텐의 경제적 자원량은 서 호주 53%, 태즈마니아 26%, 퀸즐랜드 18%, 노던 테리토리 2%, 뉴사우스 웨일즈 1%미만 순이다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

#### 2.15. 우라늄

미화 130달러 이하의 비용에서 생산될 수 있는 호주의 우라늄 확정 자원량(Reasonably Assured Resources)은 2016년말에 127만톤으로 평가되었으며, 전년 평가량과 비슷하다. 호주의 경제적 자원량은 세계 최대 규모인 29%이며, 다음으로 카자흐스탄(12%), 러시아(9%), 캐나다(8%), 니제르(7%)가 뒤를 잇고 있다 (Table 1). 호주는 2016년에 32.9만톤의 대규모 우라늄 광석을 보유하고 있으며, 이 중 82%인 27만톤은 3개 광산이 기여한 것이며, 남호주의 올림픽덤 및 4마일(Four Mile), 노던 테리토리의 레인저(Ranger) 광산에서 6.314천톤 U (7.446천톤  $U_3O_8$ )이 생산된 것이다. 호주는 2016년 생산 기준으로 운영중인 광산 수명은 잠재적으로 43년이고, 자원량은 약 152년이다. 현재의 생산을, 증가율 등을 감안할 때, 호주는 수십년 동안은 세계 최고 우라늄 생산국으로 남아 있을 것이다 (Geoscience Australia, 2017a & 2016).

#### 2.16. 기타 금속

2015년도 아연의 경제적 자원량은 전년도와 유사하게 62.6백만톤이었고, 연은 2014년도 34.7백만톤에서 35.3백만톤으로 조금 증가하였으며, 은의 경제적 자원량은 전년도 8.52만톤에서 8.87만톤으로 조금 증가하였다. 호주의 연·아연 모두의 경제적 자원량은 세계 최대 규모이며 아연 31%, 연 40%를 점유하고 있으며, 은은 페루

다음으로 15%를 차지하는 세계 2위 자원량을 보유하고 있다. 퀸즐랜드의 마운트 이사(Mount Isa) 지역이 호주 전체 경제 자원량에서 아연은 56%, 연은 59%, 은은 55%를 차지한다. 다음으로 노던 테리토리가 아연은 30%, 연은 25%, 은은 10%를 차지한다. 은의 주요 경제적 자원량은 뉴사우스 웨일즈(15%)와 남 호주(13%)에서도 부존한다. 2015년의 아연, 연, 은의 탐사 지출은 5,060만 달러로 2014년의 5,040만 달러보다 약간 증가했다. 연·아연, 은 탐사지출은 약 50.6백만달러로서 전년도와 유사하다 (Geoscience Australia, 2016).

### 3. 호주 광상 현황 및 관련 활동 고찰

#### 3.1. 호주 자원개발 역사

호주는 인류가 거주한 이래, 광물자원이 대륙 문화와 개발의 일부가 되었다. 광물자원은 원주민 유산의 집약체인 고대 암각화에서 물감으로 사용되었다. 광물 자원은 시드니만(Sydney Cove)에서 초기 유럽계 정착민에 의해 대량으로 생산되기 시작했다. 1788년에 첫 함대가 도착한지 10년만에 석탄은 뉴사우스 웨일즈의 뉴캐슬에서 발견되었고, 이후에 남부와 서부에서도 발견되었다. 이들 지역은 난방과 요리를 위한 연료를 제공했으며, 후에 뉴사우스 웨일즈의 신 식민지에서 증기기관차에 사용되었다. 호주에서 최초로 채굴된 금속은 1841년의 남 호주의 글렌 오스몬드의 연이었다. 신 식민지는 신속하게 농업 생산물을 수출하기 시작했으나, 1850년까지는 동 및 연의 수출이 호주 전체 양모와 밀 수출보다 많은 매출을 하였다 (Geoscience Australia, 2018).

1850년대의 골드러시는 식민지 호주의 광업을 전세계적으로 유명하게 만들었다. 최초로 발견된 금은 1823년에 뉴사우스 웨일즈의 피시 리버(Fish River) 인근의 구릉지 조사단이었던 제임스 맥브라이언(James McBrien)이라는 공무원에 의해서이다. 금 품위는 미흡하였고, 그의 기록은 잊혀졌다. 금의 또다른 흔적은 뉴사우스 웨일즈와 빅토리아 주에서 수십년 동안 발견되었다. 그 뒤 하그라브스(Hargraves)의 노력으로 첫 번째 골드러시가 시작되었고, 이어서 빅토리아 주에서 뒤따랐다. 이러한 소식으로 식민지 호주로의 이민이 시작되고 인구 증가와 함께 농업과 공업발전이 촉진되었다. 1850년대에 이르러, 호주는 전 세계 금의 약 40% 정도를 생산하였다 (Geoscience Australia, 2018).

1870년대 후반에 호주는 태즈마니아 비숍(Bischof) 산지에서 금속광의 발견과 함께 주석의 중요 생산국이



되었다. 19세기 후반에는 가장 큰 규모의 광산이 가행되었다. 퀸즐랜드 록햄프턴(Rockhampton) 부근의 마운트 모간(Mt. Morgan) 동-금광산, 뉴사우스 웨일즈의 브로큰힐(Broken Hill)의 은-연-아연 광산, 서호주의 쿨가디(Coolgardie) 및 칼구리(Kalgoorlie)의 금광산, 남호주의 아이언 knob(Iron Knob) 및 아이언 바론(Iron Baron)의 철광산이 있다 (Geoscience Australia, 2018).

20세기 초기에는 호주의 광업 활동은 광물생산 가격의 지속적인 상승에도 불구하고 침체되기 시작했다. 전 반부의 유일한 발견은 마운트 이사의 연, 아연, 동 광상이었으나 이들의 매장규모는 1950년대까지는 인식하지 못했다. 1960년대 초까지, 호주는 국내용 사용분의 철광석이 충분치 못하다고 인식하였으며, 철광석 수출통제가 해제되면서 필바라 철광지역 개발이 시작되었다. 광물자원국(현재, 호주지질조사소, GA)의 자원정보에 힘입어 탐사활동이 속도를 내게 되었다. 새로운 금속인 보크사이트, 니켈, 텅스텐, 금홍석, 우라늄, 석유 및 천연가스의 발견은 호주 광물자원에 대한 관심을 다시 일으켰다. 또한 다른 광물의 생산이 증가하였고, 호주는 일본과 유럽으로의 최대 광물 원자재 수출국이 되었다 (Geoscience Australia, 2018).

호주는 세계 최대의 광물자원 국가 중의 하나이다. 세계 최대 보크사이트 정련 국가이며 제1차 알루미늄의 4번째 생산국가이다. 보석광물과 산업용 다이아몬드, 연과 탄탈륨, 광물 모래, 티탄철석, 금홍석, 저어콘의 세계 최대 생산국가이다. 호주는 세계 5번째 석탄 생산 및 수출국이며, 2번째 아연 생산국이며, 세계 3번째 금, 철광석, 마강광 생산국이자 4번째 니켈 생산국이다. 그리고 세계 4번째 동 및 은 생산국이자, 세계 최대 저비용 우라늄 자원 최대 보유국이다. 호주는 또한 전 세계 자원부국 중에서 최대 잠재 국가이다 (Geoscience Australia, 2018).

호주는 수요증가에 따라 신규 광상은 발견되고 개발되었으나, 생산수요에 부합하고 오래된 광산을 대체하기 위해 광물산업은 더 많은 광상을 탐사하고 개발은 계속되었다. 광업활동이 이뤄진 지역이 단지 0.02%에 지나지 않을 때, 많은 호주인들은 광대한 지역이 광업에 기여한다고 믿어왔다. 호주인들은 높은 생활수준을 영위하고 있으며, 그 이유 중의 하나가 주요 무역국가라는 것이다. 호주의 광물산업은 호주 수출무역에서 가장 큰 기여를 하고 있다 (Geoscience Australia, 2018).

2014년도에 호주 광업에서의 외국자본의 직접투자(FDI, Foreign Direct Investment)는 328억 호주달러(미화 268억달러) 규모로서 호주 전체 FDI 유입액

575억 호주달러(미화 470억달러)의 57%를 차지한다. 이는 전년대비 FDI 순유입이 2.4% 증가한 것이며, 미국은 가장 큰 31% 유입이었는데, 전년대비 24.5%가 감소한 규모로 182억 호주달러(미화 149억달러)이었다. 2014년 호주의 2번째 투자국은 전년도에 비해 23.6%가 감소한 EU의 72.2억 호주달러였다. 다음으로 네덜란드, 캐나다, 홍콩, 일본, 싱가포르 등으로부터 국가 자본의 직접투자(FDI)가 있었다. 그러나 중국 투자는 파악되지 않았다 (USGS, 2017).

### 3.2. 호주정부의 자원정책 방향

호주의 토지소유권은 크게 두 가지 범주로 나뉜다. 전통적인 소유자들에 의한 보유토지분(토착 원주민과 토레스 해협 도서 주민들)과 공공토지 등이다. 광물자원은 보유 토지 또는 왕실소유 토지 내에 위치한 것과 관계없이 호주 정부 소유로 되어 있다. 이들 광물 채굴권은 각 주의 법률에 포함되어 있다. 호주의 주정부는 관할 내 광물부문 법적체계를 갖추고 광업권을 부여할 권한을 갖는다. 호주 수도권을 제외한 모든 주와 테리토리는 광물자원을 확인하고 광물산업을 설립했다. 그러나 주정부는 민간부문에 의해 수행된 광물의 상업적 탐사 또는 개발에 관여를 하지는 않는다. 연방정부와 주정부 또는 테리토리 정부는 지구과학적 데이터 수집 및 공유에 투자한다. 연방정부는 해저 광산운영 법규, 외국인 직접투자 가이드라인, 세계정책 등을 포함한 광물부문 전반에 관한 국가정책을 수립한다. 해저광물관리는 NOPTA(National Offshore Petroleum Titles Administrator)가 주관하고 있고, 환경 및 안전 문제는 NOPSEMA(National Offshore Petroleum Safety and Environmental Management Authority)가 관리하고 있다. 주정부와 테리토리는 해양과 연안지역에서 광물과 석유 소유권을 관리하며, 또한 광업운영을 규제하고 환경, 산업보전 및 안전법률 준수를 감독하고, 로열티를 징수하고, 호주 헌법에 의해 적용되지 않는 관련 법률과 규정에 따라 여타 광물을 감독한다 (USGS, 2017; Geoscience Australia, 2014).

### 3.3. 매장량 산정 기준(JORC Code) 제정 및 운영

호주는 광석매장량위원회(JORC, Australian Joint Ore Reserves Committee)를 통한 매장량 산정기준인 JORC Code를 제정하여 활용하고 있다. JORC는 1971년에 설립되었고 호주 광업 및 관련 전문기관의 후원을 받고 있으며, 호주광물위원회(Minerals Council of Australia, MCA), 호주 광업·야금협회(Australasian

Institute of Mining and Metallurgy, AusIMM), 호주 지구과학연구소(Australian Institute of Geoscientists, AIG) 대표자로 구성된다. 또한 호주 증권거래소(Australian Securities Exchange, ASX), 호주연방 금융서비스협회(Financial Services Institute of Australasia, FinSIA), 회계전문가 대표들도 포함된다 (JORC, 2018).

1960년대 후반 호주에서는 서호주의 소위 포세이돈(Poseidon) 니켈 붐과 파산과 관련하여 수용 불가능한 보고 관행에 대해 상당한 우려가 제기되었다. 그 결과로 인한 자체규제에 대한 도전과 기회에 따라, 호주 광업위원회(현재, 호주 광물위원회(MCA))가 이런 문제를 검증하기 위해 설립되었다. 호주 광업·야금협회(AusIMM)가 곧바로 참여하였고, 호주 매장량산정위원회(JORC)가 탄생하게 되었다. 1992년에는 호주지구과학연구소(AIG)가 3번째 모체가 되었고, 여타 호주증권거래소(ASX)와 호주증권협회(SIA)가 참여하였다. JORC는 1971년부터 상설위원회가 설립되어 현재에 이르고 있다. 1972년과 1989년 사이에 JORC에 의해 발간된 많은 보고서는 공개보고와 최근 JORC Code에 반영된 원칙을 점진적으로 향상했던 광석 매장량 분류에 관한 권고안이었다. 권고안은 단지 가이드라인의 위치였지만, 대부분의 호주 광업활동 및 탐사회사에 의해 점차적으로 채택되었다. JORC Code의 핵심개념인 「the Competent Person」는 JORC 제1차 간행물에서 소개되었다 (JORC, 2018).

1989년 2월, JORC는 첫 번째 버전의 JORC Code를 발표했다. 이전 문서들을 갱신하고 개선하며, 광석 매장량에 대한 선도자로서 공식적인 호주 광물자원의 개념을 정립하였는데, 이러한 1989년 발간물은 이전의 것보다 2가지 측면에서 상이하다. 이것은 즉시 호주증권거래소(ASX) 상장규정에 반영되었고, 상장기업에 적용되었으며, 연구소 기준으로 호주 광업·야금협회(AusIMM)에 의해 즉시 채택되어 회원사에 적용되었다. 이러한 조치를 통해, 개인과 회사가 이 기준을 따르고, 이 기준이 성공적으로 효력을 가지게 된 원동력이 되었다. 1992년에 호주지구과학연구소(AIG) Code로 채택되었고, 같은 해에 뉴질랜드증권거래소(NZX)가 상장규정에 반영하였다. JORC Code의 최신버전은 2012년 12월 20일에 게시되었다. JORC Code는 현재 호주에서 보편적으로 적용되고 있고, 최근에는 많은 메이저 국제 광업회사에 의해 내부보고 표준과 자체 보고문건 수립이나 수정과정 중에 미국, 캐나다, 남아공, 영국/유럽, 칠레, 페루 등 여러 국가에서 시범으로 활용하고 있다 (JORC, 2018).

JORC Code 목적은 호주의 광물자원과 광석 매장량에 관해 탐사결과 보고를 위한 최소한의 표준을 제공하며, 보고된 결과나 평가에 관한 균형있는 판단의 목적으로 위해, 투자자와 자문단 등이 합리적으로 요구하는 모든 정보를 포함하는 탐사결과에 대한 공시를 명확히 하고자 하는 것이다. 이런 사항들은 1) 호주에서 탐사결과, 광물 자원량 및 광석 매장량을 위한 최소한 기준 수립 및 조치, 2) 광물자원 또는 광석 매장량으로서 톤수(또는 부피) 및 품위(또는 품질) 추정치 분류 및 각기 다른 수준을 반영한 확정 또는 신뢰 가능 구분기준의 세분화 체계 정립, 3) Competent Person에 요구되는 자격과 경험 명시, 4) 탐사결과, 광물자원, 광석매장의 보고에 대한 Competent Person 및 회사 이사회의 책임 설정, 5) 탐사결과, 광물자원, 광석매장의 공개보고서 작성과정에서 필요한 Competent Person 등이 고려해야 하는 주요 기준 목록 제공 등이 있다 (JORC, 2018).

JORC(2012)에 의한 분류기준에서 사용된 자원량 및 매장량 분류 관련 용어는 광물자원(Mineral Resource), 예측자원(Inferred Mineral Resource), 개측광물자원(Indicated Mineral Resource), 정측자원(Measured Resource), 광석매장(Ore Reserve), 예상 광석매장(Probable Ore Reserve), 확정 광석매장(Proved Ore Reserve) 등이다 (Fig. 2).

광물자원(Mineral Resource)은 최종 경제적 추출을 위한 타당한 전망이 있는 형태, 품위(또는 품질), 그리고 양적으로 지각에서 경제적 관심의 고체 물질의 농집 또는 배태된 것이다. 시료 채취를 포함한 특정 지질학적 증거와 지식으로부터 광물자원의 입지, 양적, 품위, 연속성 및 여타 지질학적 특성은 규명, 평가 또는 해석된다. 광물자원은 지질학적 신뢰도의 수준에 따라 예측(Inferred), 개측(Indicated), 정측(Measured) 분류로 세분화된다 (Fig. 2)(JORC, 2012).

예측자원(Inferred Mineral Resource)은 제한된 지질학적 증거와 표본시료에 근거하여 양적 규모와 품위를 산정한 광물자원의 일부이다. 지질학적 증거는 적절하나 지질학적 연속성이나 품위 연속성 등은 분명치 않으나, 노두, 트렌치, 피트, 현지조사, 시추공 같은 현장에서의 적절한 조치를 통해 수집된 탐사, 표본추출 및 테스트 정보에 의한 것이다. 예측자원은 개측자원(Indicated Mineral Resource)에 적용된 것보다 더 낮은 수준의 신뢰도를 갖으며, 광석 매장량(Ore Reserve)으로 전환되지 않는다. 예측자원은 지속적인 탐사와 함께 대부분 개측자원으로 상향될 수 있다고개측자원

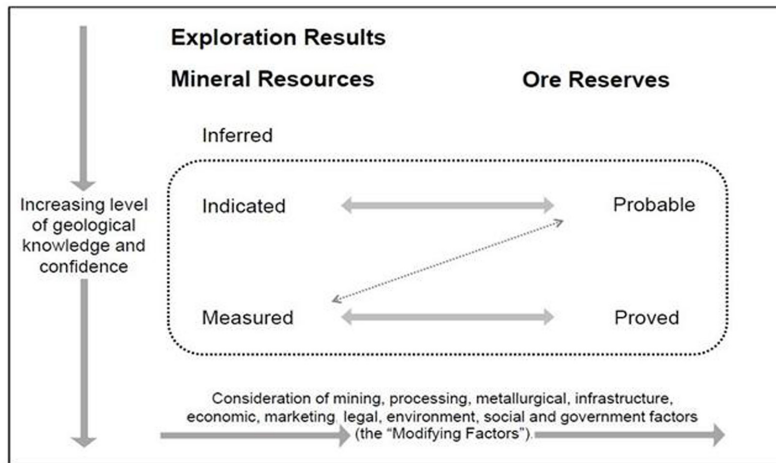


Fig. 2. General relationship between Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (JORC, 2012).

(Indicated Mineral Resource)에서 지질학적 증거는 노두, 트렌치, 피트, 현지조사 및 시추공 등의 현장에서의 적절한 조치를 통해 적합한 상세하고 신뢰할 수준의 탐사, 표본추출, 테스트로부터 얻어진 것이다. 그리고 이는 데이터와 표본 시료가 수집된 관측지점간의 지질학적 연속성과 품위 연속성을 추정하는데 충분하다. 개척자원은 정척 광물자원에 적용할 수 있는 것보다 낮은 수준의 신뢰성을 갖으며, 예상 광석 매장량으로 합리적으로 예상된다 (Fig. 2)(JORC, 2012).

정척 광물자원(Measured Mineral Resource)은 양적, 품위, 밀도, 형태, 물리적 특성이 세부광업계획 및 광상의 경제적 타당성에 대한 최종평가에 활용하는 수정요인(Modifying Factors)으로 적용이 가능한 충분한 신뢰도를 갖는 평가된 광물자원의 일부이다. 지질학적 증거는 노두, 트렌치, 피트, 현지조사 및 시추공 등 현장에서의 적합한 조치를 통해 얻어진 상세하고 신뢰 가능한 탐사, 표본추출 및 테스트를 거친 것이다. 이것은 데이터와 표본들이 수집된 관측지점에서의 지질학적 연속성과 품위 연속성을 확신하는데 충분하다. 정척광물자원은 개척광물자원이나 예상광물자원에 적용되는 것보다 더 높은 수준의 신뢰도를 갖는다. 이것은 확정된 광석매장량으로 전환될 수 있거나 특정상황에서는 예상광석매장량으로 전환될 수 있다 (Fig. 2)(JORC, 2012).

수정요인(Modifying Factors)은 광물자원을 광석매장으로 전환하는데 사용하는 고려사항이다. 이런 요인에는 채광, 정련, 제련, 인프라, 경제성, 시장성, 법적, 환경적, 사회적, 정부차원 요인 등에 국한되지 않는다

(Fig. 2)(JORC, 2012).

광석매장량(Ore Reserve)은 정척광물자원 및(또는) 개척광물자원의 경제성 있는 광물부분이다. 채굴되거나 분리/추출될 때 손실된 희석된 물질이나 허용량을 포함하며, 수정요인에 적용을 포함하는 사전타당성 평가나 타당성 수준에 의해 정의된다. 보고 당시에 이러한 연구는 추출분리가 합리적으로 타당한 지를 입증한다 (Fig. 2)(JORC, 2012).

예상 광석매장량(Probable Ore Reserve)은 개척광물자원, 어떤 경우에는 정척광물자원의 경제적 관점에서 채광가능한 부분이다. 예상 광석매장량에 적용되는 수정요인의 신뢰도는 확정 광석매장량에 적용되는 것보다 낮다. 확정 광석매장량(Proved Ore Reserve)은 정척된 광물자원의 경제적으로 채광가능한 부분이다. 확정 광석매장량은 수정요인에서 높은 확신을 담고 있다 (Fig. 2) (JORC, 2012).

JORC Code에서 특정용도 때문에 매장량(Reserve) 용어는 국가적 용어 정의에서는 사용되지 않았으며, 단지 가장 상위의 카테고리인 경제적 자원량 (EDR, Economic Demonstrated Resources)이 사용된 것이다. 기본적으로 EDR은 JORC Code의 확정매장량(Proved Reserves) 및 예상매장량(Probable Reserves)에 정척자원량(Measured Resources)과 개척자원량(Indicated Resources)을 합한 총칭이다. 이것은 장기간 채광 시에 이용 가능한 대상에 대한 합리적이고 객관적인 평가를 제공하려고 고려한 것이다. 호주지질조사소 수급 전문가에 의해 사용된 준경제적 자원량(Subeconomic Resources)을 포함한 광물자원평가의 거의 대부분은

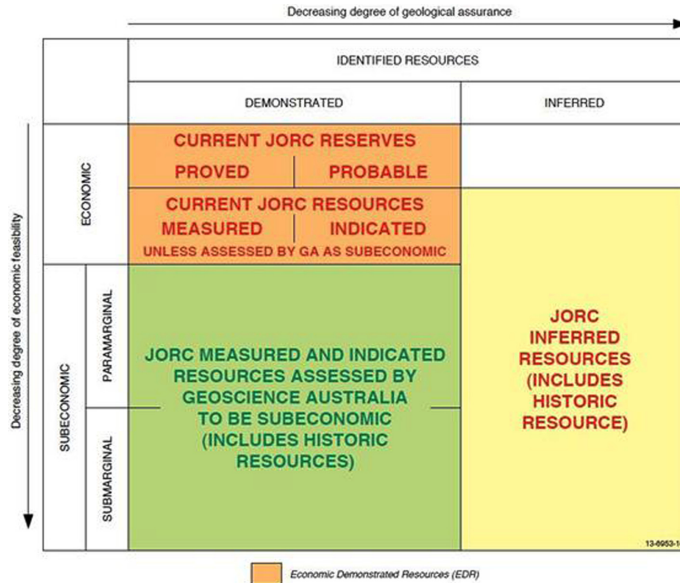


Fig. 3. Correlation of JORC Code mineral resource categories with Australia’s national mineral resource classification system (Geoscience Australia, 2014).

JORC Code를 따라 작성된 광업회사 발간물에서 유래하였다. 일반적인 자원량의 분류와 정의를 감안할 때, 광업회사로부터 호주 국가 광물자원 분류로의 전이는 매우 간단하다. EDR은 주로 JORC Code의 매장량과 자원량을 합한 개념이나, JORC Code 제정 이전의 매장량과 자원량 개념에서 비롯되었다. 광상이 정측된 자원이나 개측된 자원량을 가진 것으로 보고된 경우나 특별히 매장량이 보고되지 않는 경우에, 호주 지질조사소 전문가가 보고된 자원의 전부 또는 일부가 EDR에 포함되는지 또는 준 경제적 자원인지에 대한 전문적인 판단을 내린다. 준경제적 자원은 주로 예전의 광업회사 보고서에서 대부분 언급되나, 아직도 최근 평가에서도 나타난다. 이것은 JORC Code를 따르는 현재 광업회사 보고서에서도 자원의 비중에 포함하지만, 호주 지질조사소 전문가들에 의해 준경제적 자원으로 판단해왔다 (Fig. 3)(Geoscience Australia, 2014).

4. 호주 자원탐사전략 및 개발투자 분석

4.1. 호주 자원탐사전략

호주의 2017-2022 국가광물탐사전략에서 비전은 호주의 숨어있는 광물자원 확보를 통한 지속가능한 경제 미래 보장이며, 목표는 호주인의 이익을 위해, 광물탐



Fig. 4. 2017~2022 National Mineral Exploration Strategy of Australia (Geoscience Australia, 2017b).

사에서 지속적인 투자를 유도하고, 신규 탐사기회를 창출하며, 대규모 신규 광상을 발견하고, 호주 광물자원 산업의 지속성과 영속성을 보장하는 것이다 (Fig. 4)(Geoscience Australia, 2017b).

호주의 국가 광물탐사전략은 미탐사 지역의 잠재력을 활용하기 위한 기술적 혁신과 광물조사탐사를 위한 과학기술을 고려한다. 이 전략은 COAG(Council of Australian Governments) 에너지협회(Energy Council)의 승인아래에 연방정부 및 주정부/테리토리 지질조사소 관계자로 구성된 지구과학 실무그룹에 의해 실현될 것이다. 이 전략은 자원산업, 자원업계, 서비스부문과 협력 하에 추진될 것이며, 호주 탐사분야에 투자를 증진하는 프로그램을 포함하고 있으며, 광물탐사가 직면한 규제 또는 재정적 문제는 고려하지 않는다 (Geoscience Australia, 2017b).

실무그룹이 마련한 탐사전략은 투자장려(Encouraging investment), 역량강화(Harnessing our capability), 환경보호(Protecting the environment), 주민과 지역사회 지원(Supporting our people and communities)이다. 투자 장려는 광물탐사와 광업활동 투자에서 호주의 글로벌 기여를 위한 신규전략 및 모든 관할지역 내의 신기술을 포함한 기반기초(pre-competitive) 지구과학의 창출과 제공에 대한 정부지원금의 신규 기여를 통해서이며, 역량강화는 호주의 전 세계 광산장비·기술·서비스 선도 부문의 증진과 지속적인 개발뿐만 아니라 지표 아래의 더 나은 탐사를 하는데 필요한 응용 지구과학기술을 제공하는데 집중된 범기관 차원의 연구벤처를 통해서이고, 환경보호는 증거기반 의사결정과 탐사 지역 축소를 위한 확실한 기반기초 지구과학 데이터의 제공을 통해서이고, 주민과 지역사회 지원은 광물의 경제·사회적 혜택과 적절한 지구과학 정보의 폭넓은 참여와 투명한 소통에 의해서이다 (Fig. 4)(Geoscience Australia, 2017b).

첫 번째 전략인 투자장려는 2개의 상호 연관된 요소로 구성된다. 의사결정을 돕는 비경쟁 지구과학 및 갱신된 광물탐사 투자 유인계획이다. 최근 여러 호주 정부보고서는 탐사 활성화, 신규 기회 창출, 탐사 리스크 감소 및 산업투자 유도에 비경쟁 지구과학 정보의 엄청난 공공재에 의한 가치를 인지하고 있다. 호주 지질조사는 호주 대륙의 광활한 미탐사 지역에서 막대한 광물 잠재력을 확보하기 위해 필요한 비경쟁 지구과학 정보의 수집, 개발, 적용과 확산영역에서 세계선도 그룹이다. 1990년대 후반과 2000년대 초반에 서호주 지질조사소는 호주연방 지질조사소와 공동으로 서호주 사

막의 기반기초 데이터를 수집하였다. 이 데이터는 2012년 신규 탐사 추진을 구체화하였고, 6백만 온스 이상의 대규모 금광상 그루에레(Gruyere) 발견을 이끌었다. 수백만 달러를 들인 정부의 공동 조사는 75억달러 이상의 신규 부를 창출한 것이다. 지질조사소에 의해 관리된 기초기반 지구과학 정보와 디지털 제공시스템은 상당한 경쟁력 우위를 국가에 제공했다. 경쟁국가들의 최종 목적은 과거 호주가 이룬 성과를 모방하는 것이고 추월하는 것인데, 이는 호주의 국제적 위상을 위협하는 것이다. 호주 국내의 경쟁우위는 신규 및 혁신적인 수단과 정부투자 가치를 극대화하게 하는 의사결정 시스템 창출뿐만 아니라, 기반기초 데이터 생산에 다시 투입하는 투자에 의해 달성할 수 있다. 고성능 컴퓨팅의 사용을 강화하기 위해 빅데이터, 클라우드, 신규 가상 연구·탐사실험실의 구비가 필수적이다. 이 시스템은 효과적 탐사, 후속발견 및 새로운 부 창출로 전환하는데 기여할 것이다 (Geoscience Australia, 2017b).

탐사와 개발에의 투자를 유인하기 위해, 호주 광물협회(Australia Minerals)의 실무그룹은 호주정부, 주정부 및 노던 테리토리 정부의 노력을 조정하며 계획을 수립하고 있다. 또한, 국내외적으로 중요한 사안에 대해 공동으로 대처하며 비효율적인 수단을 제공한다. 상기 계획의 목적은 미탐사 지역에서 광물탐사투자를 우선적으로 시행함으로써 인해서 호주 경제전체를 활성화하는 것이다. 이를 위해 새로운 광물 시스템 개념을 도입하여, 신규 광물 부존지역을 설정하고 신규 수급까지 이어지는 궁극적으로 광물탐사 투자 결정을 유도하는 모든 시장부문을 대상으로 하고 있다. 이 계획은 주요 투자부문(주요 광업회사, 금융관계자 및 주니어 광물탐사회사)과 목표시장을 구체화 타겟팅한다. 호주를 매력적인 탐사 투자지역으로 만들게 하고, 호주 정부가 호주 광물탐사부문의 투자를 증진하도록 하는 일련의 지질학적·정책적 요인을 명확히 제시한다 (Geoscience Australia, 2017b).

두 번째 전략인 역량강화(Harnessing our capability)의 성공적인 추진은 과학과 이의 영향에 대한 효과적이고 집중된 소통 뿐만 아니라 모든 이해관계자들 간의 긴밀한 협력이 요구된다. 호주는 UNCOVER 이니셔티브를 통해 국가 광물탐사역량 강화에 탁월한 진척을 만들어왔다. UNCOVER 이니셔티브는 광물산업 및 지원단체, 지질조사소, 연구계의 전문가로 구성되었는데, 연구계는 대학과 CSIRO, METS(광산장비·기술·서비스) 부문과 관련 CRCs(협력연구센터, Cooperative

Research Centres)의 전문가를 포함하고 있다. UNCOVER는 산업계의 전략적 우선 수요 몫을 만들기 위해 커뮤니티를 구축했고, 주요 활동에는 새로운 지구과학 데이터 수집, 편집 및 확산, 새로운 연구, 신기술개발이 있다. 이런 활동은 호주에서 광물탐사 효율성을 위해 필요한 단계 변화를 하도록 하였다. 호주의 지구과학 연구계는 미발견 광물탐사의 어려운 도전과제를 해결하기 위해 필요한 혁신 역량을 갖고 있으며, 국가의 가장 영향력있는 분야로 지속적으로 자리 잡았고, 이런 우수성은 산업계와 정부연구자들에게 확산되었다. 대학, 호주 지구과학·지구정보연구자 통합정보 인프라(AuScope 인프라), CSIRO, CRCs 사이의 강력한 파트너십 구축이 전략의 성공에 필수적이다 (Geoscience Australia, 2017b).

세 번째 전략인 환경보호(Protecting the environment)는 이 전략의 기초기반 정보 수집 요소가 안전하고 환경 영향을 최소화하는 방법에서 수행되는 여러 분야 활동이 필요하다. 광물탐사에 사용되게 고안된 많은 기초기반 데이터들이 기존 정보를 구축하고 환경을 모니터링하는데 사용될 수 있다. 이러한 정보들은 시계열 위성 이미지, 디지털 고도모델, 지구물리적 데이터셋, 수치모델, 지화학 DB, 토양지하수 모델이 포함된다 (Geoscience Australia, 2017b).

네 번째 전략인 주민과 지역사회 지원(Supporting our people and communities)은 자원부문에서 파생된 경제적 이익 촉진으로 주민과 지역사회를 중장기적으로 지원하는 시책이다. 이 전략은 전략적 장기자원부문 계획에 따른 긍정적인 사회·경제적 배당뿐만 아니라, 호주에 관심이 있는 사업의 가치승수효과 강화에 의해 국가 자원부문의 다른 수혜에 대한 지역사회 인식과 이해를 또한 증진하게 하는 것이다 (Geoscience Australia, 2017b).

#### 4.2. 호주의 최신 자원개발투자 분석

2016년말 대비 2017년의 자원개발 확정 프로젝트는 동, 금, 니켈 및 기타 소규모 프로젝트 증가에 힘입어 41개로 5.1% 증가하였다. 1년 동안 탐사 지출 상승과 자원에너지 수급가격 상승에 따라, 타당성 검토단계로 상향된 프로젝트뿐만 아니라, 입안단계 프로젝트의 가치가 또한 증가하였다. 지난 몇 년 동안 현 자산의 상업적 경쟁력을 보장하기 위해 비용절감에 노력했지만, 2017년도는 재개발지역 확장과 신규 프로젝트에 대한 생산자의 관심이 증가하였고, 시장조건에 대해 새로운 낙관론이 보였다. 호주의 자원과 에너지 투자 전망은

2018년과 2019년에 감소할 것으로 예상되는 투자확정 프로젝트 가치와 함께 상대적으로 둔화될 것으로 예상되지만, 3개의 대규모 LNG 프로젝트(50억 호주달러 이상의 프로젝트)가 투자예정에 놓여있다 (Table 1) (Australian Government, 2017).

입안단계의 프로젝트는 일반적으로 개발초기 단계이며, 특정 자원을 개발하는데 상업적 측면에서 접근하기 위해 초기 타당성 조사를 일반적으로 수행한다. 이 단계의 목록에서 프로젝트를 포함하기 위해서는 프로젝트 스케줄, 계획된 산출물 또는 비용에 대한 예비정보가 접근 가능해야 한다. 최종 투자결정(final investment decision, FID)으로 진전이 지연되고, 대안 개발 옵션을 탐색중인 프로젝트는 장기간 기획기간을 반영하는 입안단계로 분류된다. 아직 초기계획단계에 있기 때문에 입안단계의 프로젝트는 엔지니어링 설계 또는 건설단계를 확정하지 못한다. 이러한 불확실성을 반영하기 위해, 프로젝트 비용은 메이저 프로젝트 목록에서 비용 밴드로 표시된다. 대부분의 경우에, 이것은 비슷한 건설 활동의 업계평균치를 사용하는 수석경제분석국(Office of the Chief Economist, OCE)에서 개발한 추정치에 근거한다 (Australian Government, 2017).

타당성 검토단계의 프로젝트는 초기 타당성 조사가 완료되고, 이 결과물이 추가개발을 지원하는 시기이다. 타당성 검토단계로 상향된 프로젝트는 초기 프로젝트 개념조사를 수행하고, 좀더 상세한 계획검토가 착수되며 이 검토는 전주기 엔지니어링 설계조사, 금융지원 타당성조사, 최종관점의 개발, 상업계획 및 환경조사(환경영향평가보고서의 원료지원)를 포함한다. 투자확정 단계로 상향하기 위한 기회가 있지만, 상업적 전망 평가가 미완이고 모든 규제 승인이 접수되지 않았기에 확정되지는 않는다. 타당성 단계의 프로젝트는 확정되지 않았고, 적절한 조건 하에서 가능한 단지 잠재적 투자일 뿐이다. 따라서 타당성 검토단계의 프로젝트 가치는 호주 자원 및 에너지부문의 자본투자 미래 전망을 위한 투자확정단계의 프로젝트와 직접 비교될 수 없다 (Australian Government, 2017).

투자 확정단계의 프로젝트는 모든 상업적, 공학적, 환경적 조사를 마쳤고, 필요한 정부 규제승인을 취득했고, 공사를 허가하는 프로젝트 재정투자를 완료한 것이다. 이러한 프로젝트는 소유자로부터 긍정적인 최종 투자결정(FID)을 받은 것으로 간주된다. 대부분의 경우, 이 단계의 프로젝트는 이미 착수되었고, 탐사와 설계 활동의 일부로서 일반적으로 사전작업이 진행된다. 투자확정단계의 프로젝트들은 일반적으로 비용산정, 스케



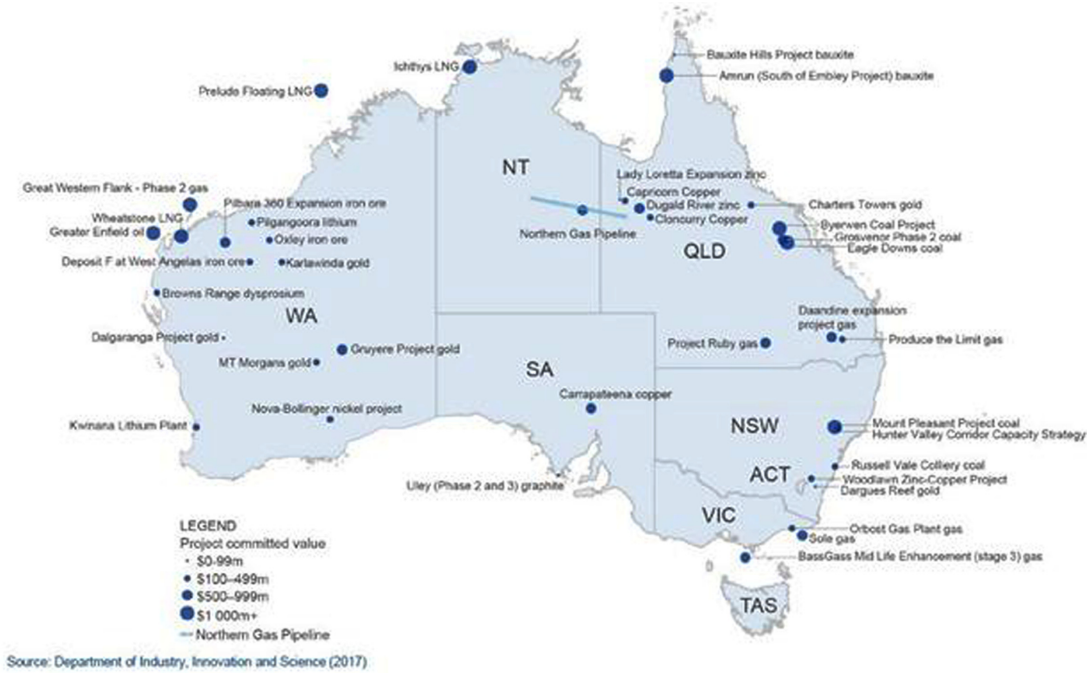


Fig. 5. Location of projects at the committed stage (Australian Government, 2017).

줄, 광산산출물이 정의되며, 이를 공개적으로 발표된다. 투자확정 단계의 대부분의 프로젝트는 최종적으로는 생산을 시작한다. 그 최종결정 이후(post-FID)임에도 불구하고 아직은 기술적·재정적 리스크는 상존하며, 연기, 범위 변경, 비용초과발생이 있으며, 상업적 경쟁력에 영향을 끼치고 취소 가능성으로도 갈수 있다.

원료단계의 프로젝트는 커미셔닝 활동이 실질적으로 완료되고, 상업수준의 본격 생산이 착수된다. 프로젝트는 준비활동이 실질적으로 완료되고 상업 수준의 전체 생산이 시작되면 완료 단계에 도달한 것이다. 많은 프로젝트가 서로 독자적일 수 있는 여러 단계와 범위 요소를 포함하고 있기에, 프로젝트가 완성단계에 도달했을 때 타이밍이 어려울 수도 있다 (Australian Government, 2017).

Fig. 5는 호주의 투자확정단계의 프로젝트 현황이다. 투자 확정된 프로젝트의 가치는 몇 프로젝트가 타당성이 줄었기에 감소하였다. 투자확정단계 프로젝트의 가치는 2017년 10월까지 1년 동안 1,940억 호주달러에서 1,220억 호주달러로 급격히 감소했다. 이는 대부분 타당성 단계에서 좌절된 프로젝트 숫자뿐만 아니라 완료된 대형 LNG 프로젝트들 상향이전이 반영된 것이다. 이들 프로젝트의 완료단계로 인한 감소는 가스, 석

유, 금 부문에서 일부의 최종투자결정에 의해 부분적으로 상쇄되었는데, Cooper Energy의 5.5억 호주달러의 빅토리아 연안의 Sole 가스 프로젝트와 APA의 2.5억 호주달러 Orbot 가스 플랜트 업그레이드가 포함된다. 신규 투자확정단계의 금 프로젝트는 서호주의 MT Morgans 프로젝트가 포함되며, 이외에 Dalgaranga, Dargues Reef, Kalawinda 프로젝트가 있다. 2개의 동프로젝트가 최종 승인 대상이었는데, 2019년에 가동예정인 남 호주의 Carrapateena 광산과 퀸즐랜드의 Mount Gordon 광산이다 (Fig. 5)(Australian Government, 2017).

### 5. 결론 및 시사점

호주는 주요광물자원 매장량이 세계 1위권인 자원부국이며 세계 최고의 기술선진국이다. 호주의 탐사 및 광업종사자는 세계적 수준으로서, 효율적인 생산과 공급시스템을 통해서 광체를 찾아서 변환하여 부를 축적하는 역사를 보유하고 있다. 호주의 국가 리스크는 매우 낮으며, 비즈니스를 지원하고 투자를 증진시키는 건전한 지배구조와 법적 구조를 가지고 있다. 호주의 광물자원기술개발 역량은 세계 선도그룹이며 신규 지식뿐만 아니라, 자원전문인력 양성에도 기여한다.

아시아 및 아프리카에서 계속되는 전 세계의 산업화와 인구 증가에 따라, 광물자원의 수요는 향후 10년 및 그 이상으로 증가할 전망이다, 호주에게는 많은 성장발전의 기회가 있을 것이다. 광산물 상승은 예상되며, 저비용·장기간 가행중인 광산의 비금속과 귀금속 뿐만 아니라, 첨단기술 산업과 관련된 전략금속(Critical and strategic metals) 수요도 증가할 것이다. 신규 광물 발견은 탐사가 더 고심도화되고 점점 광역화되기 때문에 갈수록 개발이 어렵고 고비용이 될 것이다. 미개발지역의 탐사작업은 호주에서 광물탐사 전문가들이 직면한 가장 중요한 기술적 도전과제이다. 이런 미지의 도전이 발견의 기회를 준다. 장기간 가행되고 있으며 수익성있는 광산은 호주 대륙 20%에서만 발견되었을 뿐이며, 대륙의 나머지 80%는 광대한 미탐사지역이거나 모래, 토양 및 자갈이 유망한 암석을 뒤덮은 평평한 평원으로 된 탐사가 거의 이뤄지지 않은 지역이다. 이 미탐사지역의 유망 암석들은 인프라가 구축된 광산지역보다는 광물 배태가 다소 미흡하다고 평가하는 것은 아니다. 호주는 여전히 탐사개발을 위한 기회가 많은 곳이다.

호주의 현재 경제적 번영은 수십년전의 대표적인 광산들 덕택에 이뤄졌으며, Mount Isa, Broken Hill, Kalgoorlie 광산을 포함한 상당수 광산은 현재 경제적 수명을 거의 다하고 있다. 기존 자원량의 확충은 인프라를 잘 갖춘 지역에서 생산량 증대를 지속할 것이다. 그러나 전반적인 이들 지역의 경제상황은 약세이다. 최근에 광물 탐사투자 리스크에 대한 의욕이 감소하였고, 상대적으로 리스크가 크지만 신규 발견을 위한 더 큰 잠재성을 갖는 미탐사 지역의 지출에서 광산 인근 탐사에 집중이 이를 나타나고 있다. 1990년대 초에 호주는 광물탐사 지출부문에서 세계 시장의 약 21%를 차지하였고, 10~15년후에 경제적 보상을 얻었다. 그러나 경쟁 가열 때문에 호주는 현재 전 세계 탐사지출의 12% 수준으로 감소하였다. 최근의 광상발견은 거의 없었는데, 2007~2016년까지 10년간 호주는 전 세계 광상 발견의 20~25% 정도를 달성했다. 그러나 신규 발견은 대부분 소규모이었고 인프라를 잘 갖춘 광산지역에서 품위가 낮은 탐사권역에서 이뤄졌다.

호주는 수십년전에 대규모로 발견된 지표부근 광상이 거의 고갈되는 탐사지역이라는 인식이 있다. 호주는 광물탐사를 장려하는 모든 관할구역에서 투자 지출에 글로벌 경쟁에 직면하고 있기에, 여러 가지 이니셔티브를 제시하고 있다(기초기반 데이터, 공동 시추, UNCOVER 이니셔티브, 투자자 포럼). 탐사전문가들은

현재 정부와 지역사회로부터 사회적 허가의 세밀한 검토에 직면해 있다. 결과적으로 토지 접근과 엄격한 규제에 부합하고 지역사회의 증가된 기대치를 준수하기 위한 소요기간이 길어져서 비용이 증가하였다. 노동과 같은 여타 비용은 타 저개발국가에 비해 호주를 고비용 대상으로 만들었다. 많은 지역사회는 오랫동안 가행된 광산이 경제적 수명을 다하게 만들어서, 주요 경제적 주체를 상실할 위험에 놓여있다. 이들 광산의 폐쇄는 지역사회에 막대한 영향뿐만 아니라, 정부 재정 손실도 초래할 것이다. 지역사회의 압박은 대체 소득원과 고용 보장 요구로서 정부에 가해질 것이다.

호주는 현재 가행광산의 채산성 저하에도 불구하고, 4차산업혁명에 의한 활발한 관련 제품 제조는 광물자원 수요를 지속적으로 증가시키며, 중요성을 더욱 부각시키고 있다. 현재 휘발유나 경유를 사용하는 차량에 사용되는 동의 경우를 예를 들면, 하이브리드 차량은 약 2배, 전기차는 약 4배 정도가 더 필요하다. 이러한 여건을 감안할 때, 우리나라도 자원부국에서 스마트/디지털 광산개발 및 ICT 융합에 의한 탐사기술개발 확보로 자원기술 경쟁력을 갖출 기회라고 여겨진다. 사물인터넷기술(IoT)과 인공지능(AI)을 활용한 자동화 및 무인화 등을 통해, 광산개발에서의 경제성, 생산성, 안전성 향상 등의 미래 지질자원 기술개발 수요가 예상된다. 아울러, 조사·탐사기술에서도 ICT 융합기술을 접목한 야외지질조사 S/W, 증강현실(AR) 기반 시추주상 시각화 및 분석 S/W 등의 개발 수요와 함께, 광체모델링, 품위관리 및 예측 분석기술 등 데이터 해석 기술 향상 수요 필요가 전망된다.

## 사 사

본 논문은 한국에너지기술기획평가원 수탁연구인 「국내 비금속광산에 대한 국제적인 매장량 평가기준 개발과 이를 이용한 경제성 평가 표준화기법 개발(17-4803)」의 재원으로 수행된 연구입니다.

## References

- Australian Government (2017) Resources and Energy Quarterly, Department of Industry, Innovation and Science, Office of the Chief Economist(December 2017), p.132. (<https://industry.gov.au/Office-of-the-Chief-Economist/Publications/ResourcesandEnergyQuarterlyDecember2017/index.htm>.)
- Bray, E.L. (2016a) Aluminum: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.22-23.



- Bray, E.L. (2016b) Bauxite and alumina: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.32-33.
- Brininstool, Mark (2016) Copper: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.54-55.
- Corathers, L.A. (2016) Manganese: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.106-107.
- George, M.W. (2016) Gold: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.72-73.
- Geoscience Australia (2018) Homepage(<http://www.ga.gov.au>)
- Geoscience Australia (2017a) Australia's Identified Mineral Resources 2016, GA PP-1368, p.47.([http://www.ga.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/58874](http://www.ga.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/58874))
- Geoscience Australia (2017b) National Mineral Exploration Strategy 2017-2022, Australia Minerals, GA PP-607, p.8.
- Geoscience Australia (2016) Australia's Identified Mineral Resources 2016, 100121 AIMR 2016 V2., p.16. (<http://www.ga.gov.au/scientific-topics/minerals>)
- Geoscience Australia (2014) Australia's Mineral Resource Assessment 2013, 78803\_AMRA\_2013, p.100. (<http://www.ga.gov.au/scientific-topics/minerals>)
- Guberman, D.E. (2016) Lead U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.96-97.
- Jaskula, B.W. (2016) Lithium: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.100-101.
- Joint Ore Reserves Committee(JORC)(2018), Homepage (<http://www.jorc.org>)
- Joint Ore Reserves Committee(JORC)(2012) Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC), The JORC Code 2012 Edition([http://www.jorc.org/docs/JORC\\_code\\_2012.pdf](http://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf)), p.44.
- Kim, W.J. (1972) Mining Industry and Mineral Resources of Australia, Jour. of Korea Institute of Mining Geology, v.5, p.39-76.
- KITA(Korea International Trade Association) (2018), International Trade Statistics (K-stat) (<http://stat.kita.net>)
- Kuck, P.H. (2016) Nickel: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.114-115.
- Olson, D.W. (2016) Diamond (industrial): U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.56-57.
- Shedd, K.B. (2016) Cobalt: U.S. Geological Survey Mineral Commodity Summaries 2016, p.52-53.
- U.S. Geological Survey (2017) Australia, 2014 Minerals Yearbook, p.27.