

몽골의 우라늄 광상 분석과 개발활동 평가

김유동 · 허철호* · 김성용

한국지질자원연구원

Evaluation on Development Activities of Uranium Deposits in Mongolia

You-Dong Kim, Chul-Ho Heo* and Seong-Yong Kim

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

1. 서 론

몽골은 일반적으로 광물자원이 풍부한 나라로서, 국가 전체의 수출규모에서 광물자원이 84%를 차지하고 있다. 몽골 정부는 최근에 광업법 개정을 완료하여 외자 도입 촉진을 유도하고 있으며, 동시에 광물자원 가격 상승으로 초과 이득세(Windfall Tax)의 도입을 확정하였다. 몽골에서 주요 비철금속 광산으로는 에르데넬트(Erdenet) 동 광산을 들 수 있는데, 동-몰리브덴을 생산하고 있다. 2006년부터는 중국이 투무르턴오보(Tumurtiin Ovoo) 아연광산을 개발, 생산하고 있으며, 캐나다의 Ivanhoe Mines사가 보유하고 있는 세계 최대 규모의 오유폴고이(Oyu-Tolgoi) 동광상 개발에 중국, 일본 등을 비롯한 많은 국가들이 많은 관심을 보이고 있다. 몽골의 우라늄 탐사는 제 2차 세계 대전 이후, 구 소련과 몽골이 공동 조사를 하면서 시작되었는데, 1966년 이후 본격적인 탐사를 실시하여, 약 100개의 광화지역(Deposits), 1,500개 이상의 산출지역(Occurrences)을 확인하였다. 몽골 동북부 지역의 도르노드(Dornod) 광상 일부가 1989년부터 노천채굴로 개발되기 시작했지만, 이 광산은 1998년에 우라늄 가격의 하락이나 지분을 보유하고 있는 회사의 재무 사정 등으로 인하여 그 후 개발이 중단되었다. 몽골의 우라늄 자원에 관해서는 지금까지 조사에서 충분한 가능성이 있는 것은 확인되고 있지만, 기존 조사에서 완전하게 조사된 지역이 적고, 우라늄 광상으로서 등록되어 있는 것은 6개소 뿐 이어서 향후 광화지역이 확인되고 있는 지역

을 중점적으로 조사하는 것이 중요하다. 현재, 러시아, 캐나다, 프랑스가 몽골 국내에서 탐사를 실시하고 있는 것 외에 카자흐스탄, 미국, 독일 등도 공동 탐사를 제안하고 있다. 몽골 정부는 우라늄 광산조사 및 개발 활동 등에 대해, 정부의 개입을 강화할 방침으로, 자원 에너지부(Ministry of Resources and Energy, 구 산업통상부)내에 우라늄 담당 부서(Working Group)를 설치하고, 우라늄의 정책·법률에 관한 검토를 실시하고 있다. 이런 조치에 능동적으로 대응하여 우리나라의 자원개발협력을 위한 몽골 진출에 활용하고자 그 간의 몽골에서의 우라늄광상과 그 개발 현황에 대해 고찰 하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 몽골의 우라늄 조사·탐사 평가

몽골의 우라늄 탐사는 제 2차 세계 대전 후, 다른 광물자원 탐사와 마찬가지로 구 소련의 지질학자들과 공동으로 시작되었는데, 몽골의 우라늄 탐사 역사는 다음과 같은 3단계에 걸쳐 실시되었다. 최초 단계는 1945년부터 1969년까지의 기간이다. 이 기간의 우라늄 탐사는 주로 일반적인 조사였으며, 구 소련의 지질성 관할의 동부(Siberia) 지질조사·탐사단에 의해 실시되었다. 이 기간 중에는 주로 몽골의 자연 방사능을 탐사했는데, 이러한 조사에서 대규모 우라늄 광상은 발견되지 않았지만, 우라늄 광화 징후가 많이 발견되었다. 이때 발견된 광화징후들은 퇴적작용 또는 열수 작

*Corresponding author: chheo@kigam.re.kr

용에 의해서 형성된 것으로 지금까지의 조사에서 밝혀지고 있다. 퇴적작용으로부터 형성되는 우라늄 광화 정후 지역은 동쪽 몽골에 있는 석탄 광산에서 다수 발견되고 있다. 제 2단계는 1971년부터 1991년까지의 기간이다. 이 기간에서는 몽골과 구소련 정부간에 체결된 협정을 기본으로, 공동 조사·탐사단이 조직되어 우라늄 조사·탐사를 실시했다. 이 기간 중에 몽골 전 국토의 약 27%(420,000 km²)를 차지하는 면적에 대하여 축척 1:25,000-1:50,000으로, 약 28%(450,000 km²)에 해당되는 면적은 축척 1:200,000로, 몽골알타이, 한카이산맥, 고비사막을 포함한 지역(224,000 km²)은 축척 1:1,000,000으로 감마-스펙트로메터 지도를 각각 작성하였다. 그러나 몽골과 중국의 국경 지역과 몽골 중앙부의 고지대 등 몽골 전역의 약 30%는 이 조사에서는 제외되었다. 제 3 단계는 1991년부터 현재에 이르기까지의 기간이다. 몽골이 시장 경제로 전환하면서 우라늄 조사·탐사는 한때 중단되었지만, 1993년부터 몽골은 이전에 실시한 우라늄 연구나 조사에 관한 정보나 보고서등을 수집하는 작업을 하였는데, 구체적으로 확인된 사암형의 광산에 관한 종합 정리 및 검토 작업을 하였으며, 울란바토르를 비롯하여 인구가 집중된 몽골의 대도시, 석탄 광산, 방사능이 높은 지역 등을 대상으로 여러 조사를 실시하고 있다. 또, 이 시기에 몽골이 민주화와 시장 경제로 전환함으로써 우라늄이나 방사성 물질의 조사에 관한 국제 교류가 활발해졌다. 국제 원자력기구와 같은 국제기관이 몽골에 조연이나 지원을 적극적으로 하게 된 시기이다. 1994년에 몽골 광물자원법이 제정되었으며, 국내외 기업이 다수 설립되어 탐광 조사를 하기 시작하였다. 당시 우라늄 탐사 활동을 하기 시작한 유일한 회사는 1995년에 몽골, 러시아, 미국이 공동으로 설립한 합작회사였다. 이 회사는 중앙 고비사막에 있는 하라트(Kharaat), 하이르한(Khairhan) 지역에서 조사를 집중적으로 하였다. 최근 정보에 의하면, 이 합작회사의 지분 70%를 Denison Mines사가 보유하고 있으며, 중앙 고비지역에서의 조사 활동을 현재도 하고 있는 것으로 알려졌다. 도르노드(Dornod)주에 발달하는 도르노드(Dornod)광상의 탐광권을 1997년에 “중앙 아시아 우라늄(Central Asia Uranium)”이라고 하는 몽골, 러시아, 미국의 합작회사가 획득했다. 미국 측의 참여 회사인 World Wide Minerals사를 캐나다의 Khan Resources사가 매수해, 현재 주식의 58%를 보유하고 있다. 러시아와 몽골은 주식의 21%를 각각 보유하고 있다. 또, 1997년에 제정된 지하자원법에 근거하여, 탐사권을 가진 다수의 외

국 기관·기업이 여러 종류의 지하 탐광 조사 활동을 실시하게 되었다. 그중 우라늄에 있어 탐사를 시작한 것이 몽골과 프랑스 간 합작 기업인 코제고비사인데, 사인산드(Sainsand) 동쪽 고비지역의 우라늄 광상 지대 등에 대한 탐광권을 취득하고, 탐광 조사를 개시했다. 그렇지만 당시 세계 광물자원의 가격 특히, 우라늄 가격이 큰 폭으로 하락하여 탐사 활동은 일시 중지했다. 이러한 현상은 1999년부터 2003년까지 계속 되었고, 2004년부터는 Adamas Mining사가 마라다이(Mardai)광상과 네멜(Nemer)광상 지역의 채굴권을, 또 Western Prospector사가 구반블라그(Gurvanbulag) 광상의 채굴권을 각각 취득하고, 우라늄 탐사 활동을 재개하기 시작하였다. 현재는 이러한 기업 외에 Jindal Stweel & Power사, Denison Mines사, East Asia Minerals사, Erdenet Gold사, Red Hill Energy사, Marubeni사, Century City International Holdings사, Chain Bright사, Solomon Resources사, Tooroibandis사, Uranium 308사, Polo Resources사, Kenco Mineral사 등의 기업들이 몽골에서 우라늄 탐사를 하고 있다. 2006년에 개정된 광업법에는 「전략적 광상(strategically important deposits)」에 관해서는 국가 예산에 의해 조사를 한 프로젝트에 대해서는 상한 50%, 그 이외에 대해서는 상한 34%까지 국가가 참여 할 수 있다고 정하고 있다(제 5조). 전략적 광상에 대해서는 「국가안전보장 상이나, 경제·사회 개발상 포텐셜이 있는 것」이라고 정의하고 있다(제 4조). 이미 전략적 광상으로서 오유틀고이(OyuTogoi) 동광상, 우라늄 광상으로는 도르노드(Dornod)광상, 그라반블라그(Gurvanbulag) 광상, 마라다이(Mardai) 광상을 포함한 15개 광상이, 또, 전략적 광상 후보로서 39개 광상이 발표되었다(Table 10, 11).

2.2. 몽골의 우라늄 매장량 평가

몽골 우라늄 조사 및 연구 자료에 의하면, 몽골에는 6개의 우라늄 광산(Mine), 100개소 이상의 광상(Deposit), 1,500개소 이상의 산출지(Occurrence)나 방사능 이상지(Anomaly)가 있는 것으로 확인되고 있다. 몽골의 동부, 동남부나 중앙부가 비교적 많이 연구되었다. IAEA(International Atomic Energy Agency)의 자료에 의하면, 몽골의 우라늄 광상은 사암형 2개 광상, 화산암형 4개 광상 등 6개의 광상이 보고된 바 있는데, Table 1에 몽골의 광상 유형별 매장량, 품위를 기술하였다.

2.3. 몽골의 우라늄 채굴 활동

구 소련과 몽골 정부간 협정에 의해 마르다이

Table 1. Reserves and grade according to the principal type of uranium deposits in Mongolia

Deposit Name	Deposit Type	Deposit Status	Original Resources(t, U)	Original Grade(%)
Dornod	Volcanic	Dormant	25,000-50,000	0.10-0.20
Gurvanbulag	Volcanic	Dormant	10,000-25,000	0.10-0.20
Kharaat	Sandstone	Dormant	10,000-25,000	0.03-0.05
Mardai	Volcanic	Dormant	1,000-2,500	0.10-0.20
Nars	Sandstone	Dormant	2,500-5,000	0.03-0.05
Nemer	Volcanic	Dormant	2,500-5,000	0.10-0.20

*Source: IAEA (2009)

(Mardai) 광상지역에 에르데스 (Erdes)공장을 건설했는데, 이 공장은 1989년부터 조업을 시작하였다. 추출한 우라늄은 철도로 러시아 치타주의 크라스노카멘스크 (Krasnokamensk)까지 옮겨 정제 했다. 그 후, 양국이 정치·경제적으로 과도기에 접어들고, 또 세계 우라늄 가격의 하락에 영향을 받아 1995년에 우라늄 채굴 작업은 중단하게 되었다. 당시의 채굴량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 공장이 가동 중단 후 2년간에 건물이나 도로 건설, 전력 공급 시스템 등을 정비할 계획이 었지만, 우라늄 가격이 회복되지 않아 1999년에 러시아 측은 모든 설비·기술 등을 몽골 측에 인도했다. 철도는 몽골 정부의 자산으로 귀속되어 몽골은 철도의 해체를 결정하고 모든 채굴 활동을 중단했다.

2.4. 몽골의 우라늄 광상 분포

몽골의 우라늄 광상은 성인적으로 화산암형과 사암형으로 크게 2대분되는데, 몽골의 우라늄 광상구는

Table 2. Results of mining of uranium in Mongolia

Year	Ore(tonnage)	Contents(%)	Uranium(kg)
1989	79.882	0.117	93.566
1990	91.154	0.098	89.253
1991	100.724	0.1	100.639
1992	98.209	0.118	105.225
1993	52.321	0.104	54.275
1994	63.378	0.114	72.114
1995	13.919	0.145	20.187
Total	499.587		535.259

*Source: Uranium Mongolia(2002)

다음과 같이 크게 4개의 광상구로 나뉜다(Fig. 1). 이들은 ①North Mongolian, ②Khentii-Daur, ③Argun Mongolia, ④Gobi Tamisag 등이다. 이중 경제성 있는 광상들은 몽골 북·동부지역의 도르노드(Dornod)지역의

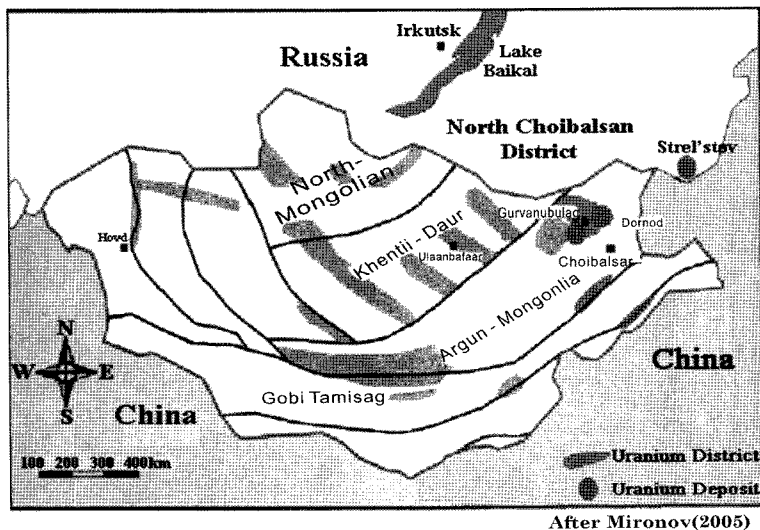


Fig. 1. Uranium districts and deposits in Mongolia.

취라기-백악기 화산성 퇴적암내에 발달하는 광상들과 몽골 남-중앙지역의 백악기의 사암내에 부존하는 광상들(Kharaat, Nars)인데, 주로 Argun-Mongolia 광상구 내에 발달하고 있다(Fig. 1). 도르노드(Dornod)지역에 배태되는 광상은 마라다이(Mardai, Mardaigol), 구반블라그(Gurvanbulag), 네메르(Nemer), 하보(Khavor) 등인데 광체들은 대부분 급경사의 열극충진형인 광상들이고, 층상의 평행으로 발달하는 광체가 드물다. 광석 광물로는 coffinite($USiO_4 \cdot x(OH)_{4x}$), pitchblende(UO_2)가 주로 산출되며, 풍화지역에서는 uranophane($Ca(UO_2)_2Si_2O_7 \cdot 6H_2O$), curite($Cu_2U_5O_{17} \cdot 4H_2O$) 등이 산출되고 있다(Fig. 2). 도르노드 지역의 대표적인 광상들의 매장량과 품위는 Table 3에서 보는 바와 같은데, 매장량은 0.05백만 톤에서 3.14백만 톤 정도이며, 품위는 0.13-0.22 % (U_3O_8)이다(Fig. 3). Argun Mongolia 광상구 외에 North Mon-golian 광상구 내에 Alag Ergene, Khentii-Daur 광상구 내에 Arshaan, Elst, Gobi Tamisag 광상구 내에 Shi-veevoo, Noyon 등의 산출지가 발견되고 있을 뿐이다.

몽골에 분포하는 주요 우라늄 광상과 그 개발 현황을 살펴보면 다음과 같다.

2.4.1. 도르노드(Dornod) 광상

위치. 이 광상은 몽골 수도 울란바토르에서 북동쪽

으로 약 800 km, 도르노드(Dornod)주 초이발산(Choybalsan, 주도)시에서 북서쪽으로 130 km 떨어진 곳에 위치하고 있다. 또한, 광상으로부터 북쪽으로 러시아 국경까지의 거리는 120 km, 중국의 국경까지는 130 km 이다.

광업권자. 광업권은 1997년 6월 12일에 Central Asia Uranium사가 취득하였는데, 이 회사 권익의 58%를 캐나다의 Khan Resource사가 보유하고 있고, 나머지의 권익은 몽골 정부와 러시아의 Priargunsky Mining사(러)가 각각 21%를 보유하고 있었는데, 2008년까지 몽골 정부와 Khan Resource사 사의 광업권을 둘러싼 알력이 계속되고 있다.

지질과 매장량. 도르노드(Dornod) 광상은 Mongolia-Priargun 우라늄 광상 지대의 북쪽 초이발산(North Choibalsan) 광상대의 도르노드 광상 지역에 위치한다. 도르노드 광상 지역은 지질 구조적으로 도르노드 지괴 구조의 화산암 대에 속해 있는데, 도르노드 광상 지역은 북동 및 북서 방향의 여러 단층들이 발달하고 있다. 이 광상은 러시아 학자들이 방사능 지도를 만드는 과정에 발견한 광상이다. 도르노드 광상 지역에는 원생대의 변성암, 하부 고생대의 화강암(우백질 화강암, 흑운모 화강암, 섬록암), 상부 고생대의 흑운모 화강암, 흑운모 각섬석 화강암, 도르노드 누층군의 화산암이 주로 분포하고 있다. 도르노드 누층군퇴적 화산암에 우

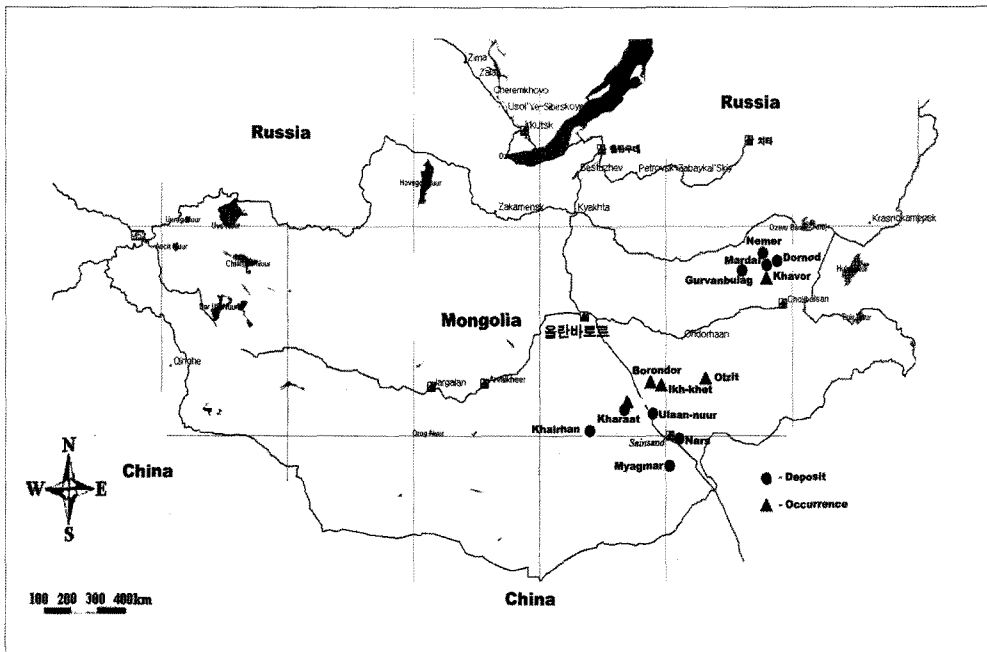


Fig. 2. Distribution map of principal uranium deposit in Mongolia.

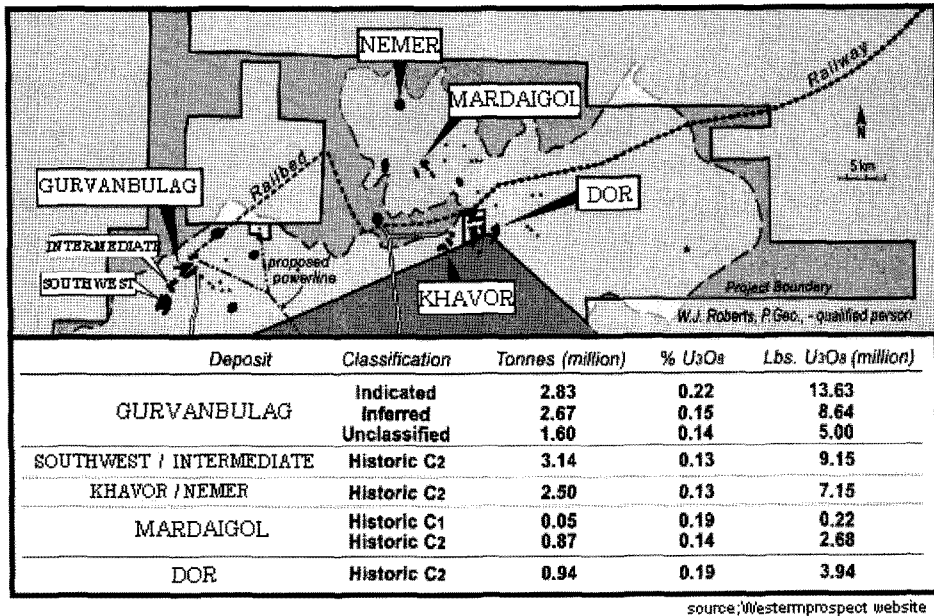


Fig. 3. Grades of the representative uranium deposits in Dornod area.

우라늄 광상이 배태되고 있다. 도르노드 광상 지역의 우라늄광상 기원은 화산암과 관계되는 우라늄 광화작용이며, 불소-몰리브덴-우라늄 유형의 광상이다. 광석광물로서 coffinite, uranophane 등의 산화 광물이 포함되어 있다. 또 몰리브덴이 소량 포함되어 있다. 도르노드 광상의 우라늄광화 작용은 30-700 m 깊이에 전부 13개 광체가 발견되고 있고, 그 중 5광체가 상세하게 조사되었다. 최대 규모의 제 7광체에 대해서는 In Situ Leaching으로 채굴하기 위해 부분적으로 준비가 이미 되어있다. 지표에 가장 가까운 제 2광체 일부는 1988년부터 1995년까지 노천굴로 채굴되었다. 러시아가 실시한 조사에 의하면 도르노드 광상의 우라늄 매장량을 Table 3에 보는 바와 같다. 또한, Khan Resources사의 시추조사 결과를 토대로, Scott Wilson Roscoe

Postle Assoc.Inc.(SWRPA)사가 제 7광체와 제 2광체의 자원량과 매장량을 Table 4 & 5와 같이 계산하였다.

개발 현황. Khan Resources사가 계획하고 있는 광상의 채굴 작업은 insitu leaching법이다. 우선 지표에서 가장 가까이 배태되고 있는 제 2 광체를 대상으로 노천채굴을 계획하고, 다음은 insitu leaching법으로 회수할 예정이다. 이 우라늄 추출법은 우라늄 광석을 황산으로 녹여 회수하는 방법이다. 비공식적으로 입수한 자료에 의하면 Khan Resources사가 실시한 PFS 결과, 광산 수명은 15.5년으로 잡고, 초기 자본투자를 283백만 불, 초기 투자로부터 자금 회수기간을 4.8년으로 했을 경우 824.7백만 불의 Net Cash Flow가 발생한다. 이 광산 개발의 IRR은 discount rate가 7.5%인 경우 37.1%, NPV는 363.1 백만 불로 계산하고 있다.

Table 3. Reserves of Dornod deposit by the estimation of Russian party

DORNOD DEPOSIT(Total)	Ore(kt)	U ₃ O ₈ (%)	U ₃ O ₈ (t)	¹⁾ Mongolian category	²⁾ Canadian category
³⁾ Balance C ₁	3,808.6	0.132	5,040.00	B	Indicated
⁴⁾ Off-balance C ₁	5,973.7	0.019	1,128.00	B	Indicated
Balance C ₂	1,202.4	0.122	1,469.00	C	Inferred
Balance P ₁	211.8	0.100	212.00	C	Probable

*Source: Web-westernprospect(2009)

¹⁾The reserve classification of Mongolian category is same as the CIS's classification

²⁾Canadian category is used the National Instrument NI 43-101 code.

³⁾Balance C₁ means commercially exploitable reserve of C₁ category.

⁴⁾Off-balance C₁ is opposite meaning of balance C₁.

discount rate를 10%, 15%, 20%로 했을 경우 NPV는 각각 287.6백만 불, 178.9백만 불, 108.6백만 불로 추정하고 있다. Khan Resources사에 따르면, 광상 주변의 탐광을 통해 매장량은 더욱 증가할 것으로 기대하고 있는데, 1988년부터 1996년까지 이 광산에서 생산된 광석의 양과 품위는 다음 Table 6과 같다.

2.4.2. 구반블라그(Gurvanbulag) 광상

위치. 몽골 동북부 도르노드(Dornod)주 바얀둔(Bayandun)군에 위치한다. 구반블라그(Gurvanbulag) 광상은 수도 울란바타르로부터 북동 쪽 560 km, 도르노드주의 주도인 초이발산시에서 북서 쪽으로 116 km, 러시아 국경에서 남쪽으로 120 km, 중국 국경으로부터 130 km 떨어진 곳에 위치한다. 도르노드 광상으로부터는 서쪽으로 25 km 떨어진 곳에 위치한다.

광업권자. 이 광상의 채굴권은 캐나다의 Western Prospector사의 자회사인 Western Prospector Mongolia사가 가지고 있다.

지질과 매장량. 구반블라그(Gurvanbulag) 광상은 Mongolia-Priargun 광상 지대의 북쪽 초이발산(North Choibalsan) 광상 지구에 위치한다. 도르노드 광상 지역은 도르노드 지괴 구조의 화산암대에 위치하고 있고, 구반블라그 광상은 도르노드 화산암대의 북측에 발달하는 우란(Ulaan) 지괴에 위치한다. 이 지괴에는 몇 개의 대 단층들이 발달하고 있다. 이러한 대규모의 구반블라그 단층에 발달하는 우라늄 이상대를 조사하던 중 이 광상을 발견했다. 이 광상은 러시아 지질학자들에 의해 1974년에 발견되어 1976년부터 1981년 까지 예비 조사가 이루어졌으며, 1981년부터 1987년 까지 자세한 탐사를 실시했다. Western Prospector사가 실시한

Table 4. Reserves of uranium in the 2nd and 7th ore body

Ore body	Classification	Reserves (mt)	U ₃ O ₈ (%)	U ₃ O ₈ (mlbs)
2nd	Indicated	10.95	0.065	15.7
7th	Indicated	14.36	0.154	48.6
Total	Indicated	25.31	0.219	64.3

*Source: Web-westernprospect(2009)

Table 5. Reserves of uranium in the 2nd and 7th ore body

Ore body	Classification	Reserves(mt)	U ₃ O ₈ (%)	U ₃ O ₈ (mlbs)
2nd	Inferred	6.94	0.067	10.2
7th	Inferred	11.28	0.156	38.9
Total	Inferred	18.22	0.223	49.1

*Source: Web-westernprospect(2009)

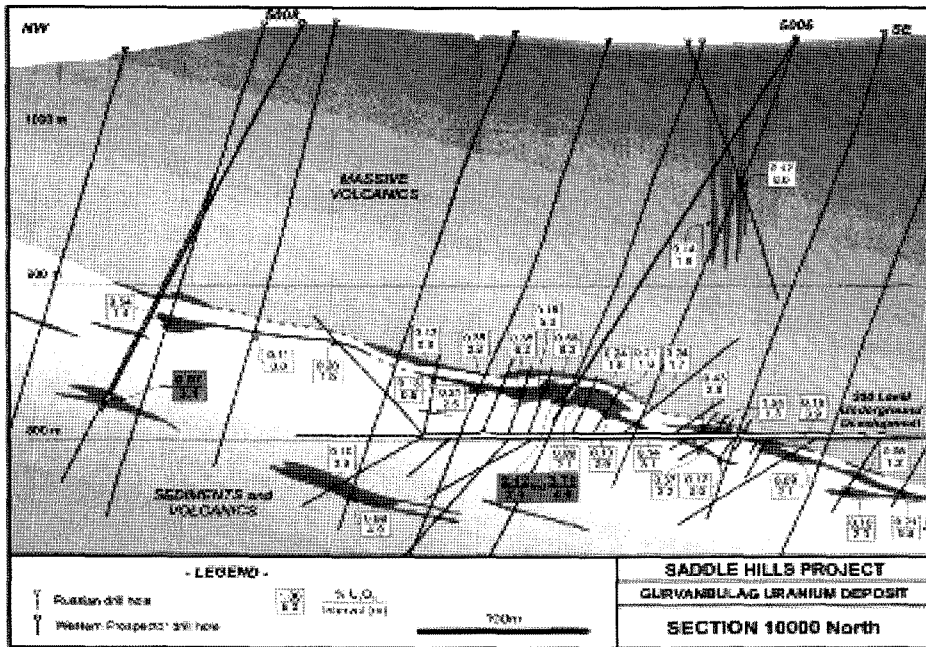
Table 6. Content of uranium and production results in Dornod mine

Year	Waste produced (tonnes)	Ore produced (tonnes)	Ore grade (%U)	Ore grade (%U ₃ O ₈)	Uranium recovered (lbs,U ₃ O ₈)	Uranium recovered (tU)
1988	6,128,000	117,400	0.090	0.106	253,000	97
1989	7,515,750	122,400	0.091	0.108	267,000	103
1990	3,864,250	75,000	0.100	0.118	163,000	63
1991	160,500	66,000	0.100	0.118	158,000	61
1992	222,500	100,000	0.104	0.123	248,000	95
1993	609,000	76,600	0.091	0.108	167,000	64
1994	824,750	150,500	0.104	0.123	374,000	144
1995-1996	Unknown	238,000	0.071	0.084	Ore stockpiled	-
Total		945,900	0.091	0.108	1,630,000	627

*Source: Web-westernprospect(2009)

2006년 탐사에서는 주로 러시아 측이 탐사하였던 자료를 확인하기 위한 시추 탐사가 실시되었는데, uranium 광체는 주로 괴상의 화산암체(Massive Volcanics)와 화산퇴적물(Sediments & volcanics) 사이의 경계에 주로 나타나고 있고, 하반(Footwall)쪽에 부화되고 있다(Fig. 4). 비공식적으로 입수한 러시아 이루쿠츠크의 지

화학연구 등에서 조사한 구반불라그(Gurvanbulag) 광상의 탐사 결과는 Table 7에 보는 바와 같다. 2007년 Western Prospector사의 발표에 따르면, PFS를 위해 사용한 매장량과 품위는 다음 Table 8과 같다. 2007년의 PFS에서 년 10%의 discount rate로 NPV는 241.5 백만 불, IRR은 35%였는데, 이는 2007년도 uranium



Source: Westernprospect website

Fig. 4. Development mode of Gurvanbulag ore body.

Table 7. Results of exploration in Gurvanbulag deposit by Russian party

Gurvanbulag deposit	Ore(kt)	U ₃ O ₈ (%)	U ₃ O ₈ (t)	Mongolian category	Canadian category
Balance C ₁	4,214.1	0.208	8,761.0	B	Indicated
Off-balance C ₂	15,971.4	0.023	3,703.0	B	Indicated
Balance C ₂	6,345.9	0.115	7,312.0	C	Inferred
Balance P ₁	2,925.0	0.104	3,000.0	C	Prognostic

*Source: Web-westernprospect(2009)

Table 8. Reserves and grade of Gurvanbulag deposit

	Hanging Wall		Footwall		Totals		
	Thousand Tonnes	U ₃ O ₈ , (%)	Thousand Tonnes	U ₃ O ₈ , (%)	Thousand Tonnes	U ₃ O ₈ , (%)	Thousand pounds U ₃ O ₈
Indicated Mineral Resources	570	0.19	2,260	0.22	2,830	0.22	13,633
Inferred Mineral Resources	700	0.13	1,970	0.15	2,670	0.15	8,642

*Source: Web-westernprospect(2009)

가격을 185 \$/kg(84 \$/lb, U_3O_8)으로 계산되었기 때문에 2009년 2월 약 48 \$/lb로 안정세를 보이고 있으므로 현재와는 많은 차이를 보일 수 있다. 2006년 한국지질자원연구원에서 수행한 “동북아 첨단소재 광물자원정보화 및 자원기술개발연구”사업의 일환으로 도르노드, 마라다이, 구반블라그 광산을 직접 방문하여 현지 조사를 하였다. Western Prospector사는 과거 러시아 지질학자들이 조사한 시추 결과를 확인하기 위하여 조사 당시 4개 공의 시추를 완료하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 시추공 5001호 공은 185.5-187.7 m(착맥 폭; 2.2 m)구간에서 착맥되었으며, 평균 품위는 U_3O_8 -0.21%였다. 시추공 5002호 공은 252.3-255.1 m(착맥 폭; 2.8 m)구간에서 착맥되었으며, 평균 품위는 U_3O_8 -0.29%였고, 252.9-255.1 m(착맥 폭; 2.2 m)구간은 평균 품위 U_3O_8 -0.35%를 나타내었다. 시추공 5003호 공은 310.2-317.0 m(착맥 폭; 6.8 m)구간에서 착맥되었으며, 평균 품위는 U_3O_8 -0.57%였고, 313.7-317.0 m(착맥 폭; 3.3 m)구간은 평균 품위 U_3O_8 -0.98%를 나타내었다. 시추공 5004호 공은 278.7-281.4 m(착맥 폭; 2.7 m)구간에서 착맥되었으며, 평균 품위는 U_3O_8 -0.12%를 나타내었다. 시추공 5005호 공은 55.0-57.0 m(착맥 폭; 2.0 m)구간에서 착맥되었으며, 평균 품위는 U_3O_8 -0.16%였고, 120.7-125.0 m(착맥 폭; 4.3 m)구간은 평균 품위 U_3O_8 -0.09%를 나타내었다. 시추공 5006호 공은 270.5-277.6 m(착맥 폭; 7.1 m)구간에서 착맥되었으며, 평균 품위는 U_3O_8 -2.12%였고, 270.5-274.5 m(착맥 폭; 4.0 m)구간은 평균 품위 U_3O_8 -3.71%를 나타내었다(표-10). 272.5-273.5 m(착맥 폭; 1.0 m)구간은 평균 품위 U_3O_8 -8.10%를 나타내었다(Table 9).

개발 현황. 이 광상 역시 insitu leaching과 노천 채굴로 개발할 예정이다. 노천 채굴시 우라늄 정광은 황산으로 녹여 정련하는 방법을 택할 계획이다.

Western Prospector Mongolia사는 구반블라그(Gurvanbulag)광상에 대해 2007년 상반기에 540백만 US \$를 투자하였으며, 채굴권을 획득한 후 전략 자원 채굴 허가를 위해 몽골 정부와 교섭하고 있으나 난항에 빠져있다.

아직 조사되어 있지 않은 광상의 일부 탐사를 계속할 시 매장량이 증가할 가능성이 충분히 있으며, 구반블라그 광상 중앙 광체에 대한 광산 수명은 10년으로 잡고 있다.

2.4.3. 마르다이(Mardai) 광상

위치. 마르다이(Mardai) 광상은 몽골 동부의 도르노

Table 9. Results of test drilling in Gurvanbulag area

No. Drill Hole	Interval of meeting veins(m)	Width of meeting veins(m)	Grade (U_3O_8 ,%)
5001	185.5-187.7	2.2	0.21
	252.3-255.1	2.8	0.29
5002	252.9-255.1	2.2	0.35
	310.2-317.0	6.8	0.57
5003	313.7-317.0	3.3	0.98
	278.7-281.4	2.7	0.12
5004	55.0-57.0	2.0	0.16
	120.7-125.0	4.3	0.09
5005	270.5-277.6	7.1	2.12
	270.5-274.5	4.0	3.71
5006	272.5-273.5	1.0	8.10

*Source: Unpublished field note(2006)

드주 다쉬발바르(Dashbalbar)군에 위치하고 있다. 몽골 수도 울란바토르에서 북동 쪽 575 km, 도르노드주 초이발산(Choibalsan)시에서 서쪽으로 130 km 떨어져 있다. 광상으로부터 북쪽 120 km에 러시아 국경, 130 km에 중국 국경이 있다. 마르다이 광상은 구반블라그(Gurvanbulag) 광상으로부터 북동 쪽 23 km, 도르노드 광상으로부터 북서 쪽 6 km 떨어진 곳에 위치하고 있다.

광업권자. 광업권은 Adamas mining사가 보유하고 있는데, 광업권자는 이 채굴권 지역을 대상으로 캐나다의 Western Prospector사와 탐광 계약을 맺어 현재 탐광권의 70%를 Western Prospector사가 나머지 30%는 Adamas mining 사가 보유하고 있다.

지질과 매장량. 구반블라그 광상, 도르노드 광상, 마르다이 광상 등은 Mongolia Priargun 광상 지대의 북초이발산(North Choibalsan)광화대의 도르노드(Dornod) 지역에 분포하고 있다. 도르노드 광상 지역은 도르노드 화산암 지괴대에 속하는 지역으로서 마르다이 우라늄 광상 지역에는 네메르(Nemer), 세벨(Tsever), 이레흐(Ireh)와 같은 산출지(Occurrence) 등이 포함되고 있다. 마라다이(Mardai) 광상은 물리 탐사와 시험 시추 조사 중 러시아 학자들에 의해 발견되었다. 이 광상의 광체는 북동, 북쪽 방향의 단층 교차점에 발달하고 있으며, 맥상이나 망상으로 나타나고 있는데, 광체는 주로 90m-420 m의 깊이에 발달하고 있다. 탐사 결과 마르다이 광상에는 몇 개의 우라늄 광화대가 있지만, 그 중 매장량의 33%를 차지하는 제 1광화대와 67%를 차지하는 제 2광화대가 상세하게 조사되었다. 마르다이 광

상의 광석은 불소-몰리브데늄-coffinite 타입의 우라늄 광상인데, 주요 우라늄 광물은 coffinite, uranophane 등이다. Western Prospector사가 실시한 탐광 조사의 결과, 마르다이 광상의 우라늄 매장량은 81만 9천톤 ($U_3O_8=0.098\%$)으로 발표하고 있다. 개발 현황. 이 광상 역시 insitu leaching과 노천 채굴로 개발할 예정이다. 우라늄 정광을 황산으로 녹이는 보통의 방법을 사용할 예정이다.

2.4.4. 하라트(Kharaat) 광상

위치. 하라트(Kharaat) 광상은 몽골 남부 돈고비(Dundgobi)주 바얀자르갈란(Bayanjargalan)군과 온도르실(Ondorshii)군 사이에 위치하는데, 수도 울란바토르에서 남쪽 271 km, 고비쑤뎀(Govisumber)주의 중심 도시 초이르(Choir)시로부터 남쪽 76 km, 울란바타르(Ulaanbaatar)-자민우드(ZamynUud) 철로에서 62 km 떨어진 곳에 위치한다.

광업권자. 광업권은 미, 러, 몽골의 합작회사가 가지고 있는데, 회사의 70% 지분을 미국의 Denison Mines 사가, 15%는 몽골정부, 15%는 러시아의 「게올로그라즈베즈카(Geolog Razvedka)」사가 각각 보유하고 있다.

지질 및 매장량. 하라트 광상은 1980년대에 몽골·구소련 합동 지질 조사 결과로 발견되었으며, 일대에 연장 150 km, 폭 10-20 km에 달하는 대규모 초이르 향사 구조를 발견하였다. 이 향사를 이루는 암석들로는 원생대 편마암, 석회암과 고생대의 화강암, 고생대 후기-중생대 초기의 산성 화산암, 중생대의 우백질 화강암과 화산암등이다. 이 광상은 석탄을 함유하는 준바얀(Zuunbayan) 누층군의 퇴적암내에 배태되는데, 이 층은 사층과 니층이 교호되고 있다. 우라늄 광상은 대부분이 고기 환경에서 광액이 흐르는 구조 환경에서 형성되었다고 볼 수 있다. 하라트 광상의 광체는 밴드상이나 렌즈상으로 나타나며, 하라트 계곡을 따라 깊이 40 m 정도에 발달하고 있다. 우라늄의 광화대는 회색, 혹은 적색의 산화된 암석층에 주로 관찰된다. 광석은 주로 uranophane과 소량의 coffinite로 지하수면 하부에 존재한다.

수문 지질학적으로 볼 때 초이르 분지는 광화된 후 용액을 유출되지 않는 단헌 분지로 보인다. 시험 시굴에서 다수의 광정이 나타나지만, 광석의 평균 함유량은 낮은 편이다. 하라트 광상의 평균 우라늄 함유량은 0.02-0.05% 사이이다. 하라트 우라늄 광상의 매장량은 2,500 톤으로 계산되고 있으나 초이르 향사에 대한 탐사를 계속하면, 우라늄의 매장량이 6,000 톤 까지 증가

할 가능성이 있다고 평가하고 있다.

채굴 조건. 이 광상은 사암형의 우라늄 광상이다. 채굴은 insitu leaching으로 실시할 계획이다.

2.4.5. 하이르한(Khairhan) 광상

위치. 하이르한(Khairhan) 광상은 몽골 남부 돈고비(Dundgobi)주 올지트(Olziit) 군에 위치한다. 이 광상은 수도 울란바토르에서 남쪽으로 315 km, 돈고비(Dundgobi)주의 중심인 만달고비(Mandalgovi)시에서 남동쪽 104 km, 울란바토르-자민우드(ZamynUud) 철도의 할아이라그(Khar Airag)역으로부터 182 km 떨어진 곳에 위치한다.

광업권자. 광업권은 역시 미·러시아·몽골의 합작회사가 가지고 있다.

지질 및 매장량. 하이르한 광상의 지질 구조는 하라트 광상과 유사하다. 하이르한 향사는 단헌 분지로서 기반암은 화강암으로 구성되어 있다. 하라트 광상과 같은 조립 퇴적암은 향사 경사의 끝 부분에 발달하며, 중심부는 호수와 늪성 기원의 석탄질층으로 구성되어 있다. 하이르한 우라늄 광상은 향사의 북서부의 사질이나 소량의 규질 퇴적물이 함유되는 진흙층과 갈탄을 함유하는 층에 발달하고 있다. 하이르한 우라늄 광상은 우라늄 함유량이 비교적 높은 편인데, 일부는 1% 가까이 함유되고 있으며, 평균 함량은 0.07-0.09%이다. 광화대 심도는 그렇게 깊지 않아, 120 m 정도 깊이에 발달하고 있다. 광상의 특징은 지하수면이 얇고, 광상이 지하수면 아래에 존재하기 때문에 환경 문제가 크게 대두되지 않을 것으로 생각된다. 하이르한 광상은 중앙부, 서부에 광체가 주로 발달되고 있으며, 우라늄 매장량은 6,200 톤으로 계산되고 있으나 탐사를 계속하면 매장량은 증가할 가능성이 있는 지질 조건이다.

채굴 조건. 이 광상은 사암형의 우라늄 광상이다. 채굴은 insitu leaching으로 회수 할 수 있다. 1998년부터 insitu leaching 소규모 실험을 실시하여 성공을 하였는데, 그 결과는 아래와 같다.

- 우라늄 정광 추출율; 61%
- 황산의 소비량; 22.5 kg/t
- 우라늄 정광 평균 농도; 74 mg/l

2.4.6. 나르스(Nars) 광상

위치. 나르스 광상은 몽골 남부 드르노고비주 오르곤(Orgon) 군에 위치한다. 이 광상은 울란바토르시로부터 남동 쪽 440 km, 드르노고비주의 산사인드사에서 북동 쪽 65 km, 울란바토르-자민우드(ZamynUud) 철도

의 산사인드역으로부터 65 km 떨어진 곳에 위치한다.

광업권자. 탐광권은 EAM(East Asia Minerals exploration)사, 바투사(Batu Mining Co. Ltd) 등이 보유하고 있다. 오르곤-1지역의 탐사권은 바투사(Batu Mining Co. Ltd)가 보유하고 있었으나 최근에는 탐광권을 자라야 홀딩사(Zaraya holdings Co. Ltd)로 이전한 것으로 알려졌다.

지질 및 매장량. 나르스 광상은 사인살드 계곡의 남부, 사인하드-우란-사인산드(Sainkhad-Ulaan-Sainshand) 배사의 동쪽에 위치한다. 이 광상은 1978 년에 구소련 지질학자들이 축척 1:100,000 의 지질도를 작성하는 과정 중 43,100 m에 달하는 시추 조사에 의해 발견된 광상이다. 나르스 광상은 호슈(Khoshuu)지역과 인겐(Ingen)지역에서 잘 조사되었다. 지질은 백악기의 사인산드 누층군의 퇴적암으로 주로 구성되어 있다. 호슈 지역의 우라늄 광화는 사인산드 누층군의 하부가 되는 회색 퇴적암층 층상의 산성대와 관계된다. 인겐지역의 우라늄 광화는 사인산드 누층군의 상부 사암과 관계되며, 이 사암은 변성되어 탄산염화 및 적철광화, 황철광화 등의 변질 작용을 받고 있다. 우라늄 광화작용은 층상 사암 내에 나타나고 있어 지상에서 우라늄을 용해하는 제련 방법으로 개발할 수 있다. 호슈지역과 인겐지역에 발달하는 나르스 광상 길이는 11 km에 달한다. 구소련의 지질 조사 기관이 실시한 탐사에서는 나르스 광상에서 인겐지역의 P₁급(예상광량)매장량은 1,000 톤(220만 lbs)으로 계산되었다. 광층의 층후는 3 m, 우라늄 품위(cut off grade)는 0.02%이다. 평균 함유량은 0.042%로 계산하면 광석 매장량은 240만 톤으로 추정하고 있으나 탐사를 계속하면 우라늄의 매장량은 증가될 가능성이 있다.

채굴 조건. 이 광상은 사암형의 우라늄 광상 타입이다. 광화 작용은 30 m-110 m의 층후를 보이는 사암과 역단층 지역에 주로 나타나고 있다. 이 때문에 지상에서 우라늄을 용해하는 제련 방법으로 채굴하는 것은 환경에 문제가 될 수 있을 것으로 생각된다.

2.4.7. 우란(Ulaan) 광상

위치. 우란 광상은 몽골 극동부 도르노드주 바얀둔(Bayandun)군에 위치한다. 이 광상은 울란바타르시에서 북동 쪽 580 km, 도르노드주의 중심인 초이발산시에서 북서 쪽 120 km, 러시아 국경에서 남쪽으로 120 km, 중국 국경에서 130 km 떨어진 곳에 위치한다.

우란 광상은 울란 연·아연광상과 같은 지역에 분포되는데, 구반블라그 광상으로부터 북동 쪽 7 km, 마르

다이 마을로부터 9 km 떨어진 곳에 위치한다.

광업권자. 광업권자는 100% 중국 측이 출자한 회사이다.

지질 및 매장량. 우란 광상과 도르노드 광상, 마르다이 광상은 Mongolia-Priargun 우라늄 광상 지대의 북쪽 초이바르산(North Choibalsan)지역 도르노드(Dornod) 광상 지역에 위치한다. 이 광상 지역은 화산암 대에 속해 있다. 지질 구조는 도르노드 광상 지역에 위치하는 다른 광상과 비슷하지만, 광화작용을 받은 암석은 도르노드 누층군의 유리질 오회암, 유문암등이다. 우라늄광화 작용은 연·아연 등 다금속 광화작용이 일어난 후에 북서와 남북 방향의 단층 내 화산암에서 확인되고 있다. 우란 광상에는 4개소의 광체가 알려져 있는데, 발달 심도는 30-40 m이다. 우라늄 광상은 불소-몰리브덴-우라늄 타입으로서 우란-coffinite가 주 함 우라늄 광물이며, 기타 우라늄 광물로는 소량의 uranophane과 autunite가 산출되고 있다.

우라늄 평균 함량은 0.11-0.119%이며, 우라늄 매장량은 270 톤으로 등록되어 있다.

채굴 조건. 이 광상은 갭내 채굴법과 노천굴 채굴법으로 개발할 계획이다. 그러나 우라늄 광석의 제련 방법에 대해서는 알려지지 않았다.

2.4.8. 마야그말(Myagmar) 광상

위치. 마야그말 광상은 다른 이름으로 둘란 울(Dulaan Uul)로도 불리우는 광상이다. 마야그말 광상은 몽골 남부 도르노고비주 우란바드라흐(Ulaanbadarah) 군에 위치한다. 이 광상은 울란바토르에서 남동 쪽 590 km, 도르노고비주 사인산드시에서 남쪽으로 82 km, 철로 준바얀(Zuunbayan)역에서 남동 쪽 37 km 떨어진 곳에 위치한다.

광업권자. 이 광상에는 채굴권은 없고, 탐광권만이 있다. 탐광권은 코제고비(Kojegobi Co. Ltd)사가 보유하고 있는데, 이 회사는 1996년에 설립된 회사로서 프랑스의 아레바(Areva Corp.)사가 70%, 몽골의 고비게오(Gobigeo Co.)사가 30% 출자한 회사이다.

지질 및 매장량. 마야그말 광상은 2002년부터 준바얀 우네그트(Zuunbayan Unegt) 향사를 대상으로 실시한 탐사 결과 발견한 광상인데, 코제고비사의 부사장 이름을 따 마야그말 광상으로 명명하였다. 이 광상은 지질 구조적으로 상부 백악기의 바얀시레(Bayanshiree) 누층군의 퇴적암에 배대되고 있어 퇴적암의 산화대에 광화 작용이 인지되고 있다. 현재까지 탐사가 완료되지 않았기 때문에 이 광상의 규모와 형태는 명확하게

Table 10. List of strategically important deposits in Mongolia

No	Name of Deposits	Type of Minerals	Location
1	Tavan Tolgoi	Hard Coal (Bituminous Coal)	Tsogttsetsii, Umnugobi
2	Nariin Sukhait	Coal	Gurvantes, Umnugobi
3	Baganuur	Brown Coal(Lignite)	Baganuur
4	Shivee Ovoo	Brown Coal(Lignite)	Shiveegobi, Gobi-Sumber
5	Mardai	Uranium	Dashbalbar, Dornod
6	Dornod	Uranium	Dashbalbar, Dornod
7	Gurvanbulag	Uranium	Dashbalbar, Dornod
8	Tomortei	Iron Ore	Khuder, Selenge
9	Oyu Tolgoi	Copper, Molybdenum	Khanbogd, Umnugobi
10	Tsagaan Suvarga	Copper, Molybdenum	Mandakh, Dornogobi
11	Erdenet	Copper, Molybdenum	Bayan-Undur Orkhon
12	Burenkhaan	Phosphorite	Alag- Erdene Khuvsgul
13	Boroo	Gold	Bayangol, Selenge
14	Tomortein Ovoo	Zinc, Lead	Sukhbaatar, Sukhbaatar
15	Asgat	Silver	Nogoonuur, Bayan-Ulgii

*Source: Unpublished field note(2006)

Table 11. List of strategically important substitute deposits in Mongolia

No	Name of Deposits	Type of Minerals	Location
1	Ulaan Ovoo	Coal	Tushig, Selenge
2	Ovdog Hudag	Coal	Bayanjargalan, Dundgobi
3	Bayanteeg	Coal	Nariinteel, Uvurkhangai
4	Nuurst Hotgor	Coal	
5	Har Tarvagatai	Coal	Umnugobi, Uvs
6	Aduunchuluun	Coal	Kherlen, Dornod
7	Tevshiin Gobi	Coal	Saintsagaan, Dundgobi
8	Talbulag	Coal	Baruun-Urt, Sukhbaatar
9	Chandgan Tal	Coal	Murun, Khuvsgul
10	Hootiin Hotgor	Coal	Bayanjargalan, Dundgobi
11	Hoot	Coal	Matad, Dornod
12	Nalaih	Coal	Nalaih, Ulaanbaatar
13	Alag Togoo	Coal	Dalanjargalan, Dornogobi
14	Zeegt	Coal	Chandmani, Gobi-Altai
15	Mogoin Gol	Coal	Tsetserleg, Khuvsgul
16	Saihan- Ovoo	Coal	Saikhan, Bulgan
17	Bargilt	Iron Ore	Darkhan, Khentii
18	Togrog Nuur	Coal	Bayan, Tuv
19	Naran Tolgoi	Gold	Jargalant, Tuv
20	Tavt	Gold	Teshig, Bulgan
21	Tomor Tolgoi	Iron Ore	Khongor, Darkhan-Uul

Table 11. Continued

No	Name of Deposits	Type of Minerals	Location
22	Bayan Davaa Group	Tin, Tungsten	Erdene, Tuv
23	Ulaan Uul	Tin, Tungsten	Ulaankhus, Bayan-Ulgii
24	Janchivlan Group	Tin, Tungsten	Erdene, Tuv
25	Tsagaan Davaa	Tin, Tungsten	Bayanchandmani, Tuv
26	Mongon Ondor	Silver	Umnudelger, Khentii
27	Hoh Adar	Copper, Zinc	Tolbo, Bayan- Ulgii
28	Shavriin Tsaram	Arizona Ruby	Tariat, Arkhangai
29	Shuden Uul	Rock-Salt	Davst, Uvs
30	Shiree Uul	Gypsum	Delgerkhangai, Dundgobi
31	Ovdog Hudag	Brown Coal (Lignite)	Undurshil, Dundgobi
32	Tsaidam Nuur	Brown Coal (Lignite)	Bayan, Tuv
33	Tsagaan Tsav	Zeolite	Saikhandulaan, Dornogobi
34	Makhan Uul	Phosphorite	Alag-Erdene, Khuvsgul
35	Ongilog Nuur	Phosphorite	Alag-Erdene, Khuvsgul
36	Lugjin Gol	Scarce Resources	Khatanbulag, Dornogobi
37	Khongor	Spar	Dalanjargal and Airag, Dornogobi
38	Ulaan	Zinc, Lead	Dashbalbar, Dornod
39	Tsav	Zinc, Lead	Choibalsan, Dornod

*Source: Unpublished field note(2006)

파악되지 않았다. 마야그발 광상의 우라늄 매장량은 현재 10,000 톤으로 추정되고 있지만, 탐사가 완료한 후 예나 추정 광량이 밝혀질 것으로 보인다.

채굴 조건. 이 광상 역시 사암형의 우라늄 광상이다. 광화 작용은 평균 층후 67m의 사암과 역암층 내에 발달하고 있으며, 단층들이 발달하고 있다. 이 때문에 우라늄을 용해하는 제련방법을 이용하기 위해서는 꼭 환경영향 평가 등이 실시되어야 한다.

3. 결론 및 시사점

첫째, 몽골의 우라늄 자원은 IAEA 자료에 의하면 세계 15위에 해당되는 약 62,000 톤에 달한다. 둘째, 몽골의 우라늄 광상구는 North Mongolian, Khentii-Daur, Argun Mongolia, Gobi Tamisagro 나뉘어 지며, 성인적으로 화산암형과 사암형으로 나타나는데, 주요 광상은 Argun Mongolia 광상구의 도르노드(Dornod)지역에 주로 분포되고 있다. 셋째, 몽골의 우라늄, 동과 같은 주요 전략자원은 개정된 광업법에 의하면, 「전략적 광상(strategically important deposits)」으로 규정하고 있다. 이러한 전략적 광상으로는 도르노드

(Dornod)광상을 포함하여 15개 광상, 전략적 광상 후보로 39개 광상이 선정된 바 있어, 한국기업이 몽골의 자원개발 진출 시 고려해야 할 사안이다(table 10, 11). 넷째, 몽골 우라늄 자원은 기존의 유망 광산에 대한 take-off 방식의 지분 참여나 유망 지역에 대한 탐사사업의 확대를 통하여 몽골의 우라늄 자원을 확보할 수 있을 것이며, 인근 러시아의 우라늄 정련시설에 대한 투자 방안도 검토함이 바람직 할 것이다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 지식경제부 출연사업인 “해의 광물자원 협력 및 기술정보 구축” 과제에서 지원되었습니다. 심사과정에서 미비점을 지적, 보완하여 주신 충남대학교 유봉철 박사님께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

International Atomic Energy Agency (2006) "World Distribution of Uranium Deposit"

UNITED NATIONS (1999) "Geology and Mineral Resources of Mongolia: Atlas of Mineral Resources of the ESCAP", p. 149-150.

Mineral Resources Authority of Mongolia, Distribution Map of Mineral Deposits and Occurrences in Mongolia, p. 281-425. (2002)

Ю.Б. МИРОНОВ (2003) УРАН МОНГОЛИИ, p. 81-98.

<Website>

<http://www.iaea.org/Publication>

<http://www.westernprospector.com/s/NewsRelease>

<http://www.khanresources.com>

2009년 3월 5일 원고접수, 2009년 4월 6일 게재승인