

## 미얀마의 광물자원 잠재성

허 철 호

한국지질자원연구원 광물자원연구본부 광물자원연구실

미얀마는 광물자원이 풍부한 나라이며 여러 광상과 광구가 세계적으로 잘 알려져 있다. Mawchi 광산은 과거 세계적으로 가장 큰 텅스텐 광산 중 하나였으며, 주석 광산으로서는 두 번째로 큰 광산이었다. Bawdwin 광산은 연과 은의 세계적인 광산이었다. 이 대규모 고품위의 연-아연은 광상은 대부분의 광상학 교과서에 자세히 기재되어 있다. Monywa 지역의 대규모 반암동 광상은 대량채굴이 가능하며 개발타당성평가가 완료되어 현재 생산중이며, 용매추출법과 전해채취법의 현대적인 기술을 이용해 전기동을 생산하는 합작법인이 운영되고 있다. Tagaung Taung 지역의 니켈 라테라이트 광상은 역시 세계적으로 널리 알려진 광상이다.

지질학적으로 미얀마는 6개의 지구조 단위로 구분된다(그림 1). Rakhine 해안평원은 신생대 퇴적분지로 방글라데시까지 연장되어 있다. Rakhine-Chin-Naga Hills는 길쭉한 습곡대로 대부분 플리쉬 퇴적물과 관련된 오피올라이트 층서로 구성되어 있다. 중부 벨트는 주로 신생대 퇴적물과 열곡으로 구성되어 있다. 중앙축을 따라 화산암들이 Popa, Shinmadaung, Monywa, Wuntho 육괴에 분포하고 있다. Kachin 고원지역의 지질은 잘 알려지지 않았지만 이 지역은 분화되지 않은 변성

암과 화성암으로 구성되어 있다. 오피올라이트 층서들도 역시 알려져 있다. Mogok 벨트는 미그마

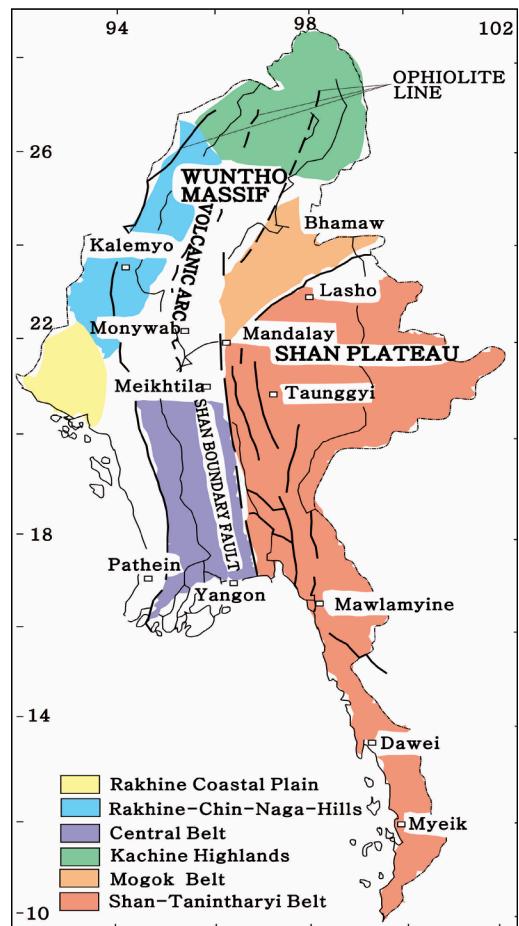


그림 1. 미얀마의 지구조 분류

타이트, 편마암, 탄산-규산염암, 알라스카이트로 구성된 변성암 지역이다. 이 벨트는 선캠브리아기의 변성퇴적암들과 경계를 이루고 있다. Shan-Tanintharyi 벨트는 Shan 대지와 Tanintharyi 반도 지역으로 이루어져 있다. 암석들은 주로 고생대 퇴적암으로 여러 시기의 화강암과 섬록암에 의해 관입을 받은 쇄설암과 탄산염암으로 구성되어 있다. 중생대 퇴적물은 선형 단층분지에 채워져 발견된다. 기반암은 고변성 변성암과 선캠브리아기 후기의 변성퇴적암들로 구성되어 있다. 서쪽으로는 이들 암석들은 Shan Boundary 단층에 의해 갑작스럽게 사라졌다.

Ba Than Haq (1970, 1981), Goosens (1978), Maung Thein (1991), Ko Ko Myint (1994)은 미안마의 광화대를 연구해왔으며 광화대를 지구조와 금속광상구와 대비시켜왔다. 그러나 본 기술정보는 광물자원 탐사의 대상으로 매력적인 이들 광화대의 경제적인 잠재성에 초점을 맞추고자 한다.

### ● 잠재적으로 중요한 광상

미안마에서 산출되는 광물들은 안티몬, 크롬, 니켈, 백금족, 동, 금, 연, 아연, 은, 주석, 텅스텐이다. 루비, 사파이어, 옥, 석탄, 석유와 기타 산업광

표 1. 미안마의 주요광상 및 광산현황

Deposit/Mine	Type	Notes
<b>Antimony</b>		
Lebyin	vein	Reserve: 75Kt@4-6%Sb surface mining
Loikaw	vein, pocket	Reserve: 260Kt@14-18%Sb
Mon State	vein	Resource: 138Kt@4-10%Sb
<b>Nickel</b>		
Mwe Taung	nikel laterite	Reserve: 10Mt@1.15%Ni Resource: 100Mt Exploration proposed
Tagaung Taung	nikel laterite	Reserve: 40Mt@2.15%Ni Feasibility study proposed
<b>Copper</b>		
Nankesan	stringer in ultramafic rock	Reserve: 180Kt@4%Cu, 0.3g/t Au Block open to bids for exploration
Monywa (Sabe Taung, Kyistaung)	porphyry	Reserve: 122Mt@0.5% Cu open pit, concentrator, SX/EW plant Joint-venture with Myanmar Ivanhoe Copper Co. 25kt cathode copper per year
Lepadaung Taung	porphyry	Reserve: 400Mt@1.49% Cu J.V. with Ivanhoe
<b>Gold</b>		
Kyaukpahto	epithermal veinlet in sandstone	Reserve: 4Mt@3g/t Au open pit, concentrator, 1500tpd pilot-scale CIP plant
Phayaung Taung	quartz-gold veinlet in quartzite	Reserve: 3Mt@4.8g/t Au open pit, small concentrator project proposed
<b>Lead-Zinc</b>		
Bawdwin	hydrothermal lode sulphide ore	Reserve: 3.7Mt@11% Pb+Zn underground, square-set mining concentrator, Pb smelter, refinery at Namtu 500tpd mail
Bawdwin	oxide ore	Reserve: 10Mt@9% Pb+Zn open-pit, concentrator at Bawdwin 500tpd. Project proposed
<b>Tin-Tungsten</b>		
Mawchi	vein	Reserve: 909Kt@1.4% Sn+W underground, concentrator
Heinda	alluvial	Reserve: 25Myd <sup>3</sup> @1.16 lbs/yd <sup>3</sup> cassiterite

@: Assay data

물들에 대해서는 여기서 언급하지 않지만 역시 이들도 미얀마에서 산출되는 광물들의 상당부분을 차지하고 있다. 지금까지 잘 알려지고 중요한 광상 및 광산은 표 1에 수록되어 있다.

**안티몬**

안티몬 광체는 30개 이상이 부존하는 것으로 알려져 있으며, 안티몬의 주요 광석광물은 주로 휘안석이다. 미얀마에서 안티몬 광상의 분포는 그림 2에 보여준다. 이들은 Shan-Taninthary 벨트에 주로 분포하며, 광상은 북쪽의 Namtu (Bawdwin)지

역에서 Mandalay Division, Kayah, Mon, Kayin 주를 통해 최남단에 Tanintharyi 권역까지 연장되어 있으며 약 1000km이상의 길이로 연장되어 있다. Shan주에서 휘안석은 북쪽에서는 고생대 후기 탄산염암에서 산출하나 남쪽에서는 Mergui통의 고생대 후기 쇠철성 퇴적물에서 산출한다. 안티몬은 역시 Bawdwin광산에서는 황화물 혼합광체로 그리고 Tanintharyi 권역에서는 철망간중석 맥과 연관되어 산출된다.

Shan주 남부에서는 Mong Hsnu근처의 Mong Sang 안티몬 광상이 잠재성이 있는 광상으로 사료된다. 이 곳은 과거 주민들이 소규모로 채굴하여 연간 약 1,000톤이상을 생산한 것으로 보고되었다 (Jones, 1921).

Mandalay 권역내 Meikhtila의 동쪽에 부존하고 있는 Lebyin에서는 휘안석맥은 연장 2km, 폭 150m로 북남 방향으로 부존하고 있다. 이 맥들은 후생적인 특징이 나타나지만 심하게 습곡을 받은 흑색셰일, 이암, 사암과 이들과 교호된 퇴적각력암으로 구성된 동일 암상에 국한된다는 의미에서 층상규제형으로 사료된다. 규화작용이 지배적인 것이 특징이다. Lebyin 광상은 주요 도로와 철도의 기반시설이 다른 지역으로 잘 연결되어 있다. 시추조사를 통해 4~6% 품위와 74,000톤의 안티몬 자원량이 산정되었다(UNDP/GSEB, 1979).

안티몬 광상은 Kayah주의 수도인 Loikaw주변에도 존재한다. Konsut(Loikaw 근처)의 휘안석은 약 15m 폭의 북서방향 규화대를 배태한 규암에서 포켓형태로 산출한다. 지표면에서 광화대는 약 2km 이상 추적할 수 있다. Loikaw근처 Peinchit의 안티몬 광상은 1975년에 미얀마지질조사광물탐사국(DGSE)에 의해 조사가 수행되었다. Loikaw 근처의 광상들은 14~18% 품위 260,000톤의 안티

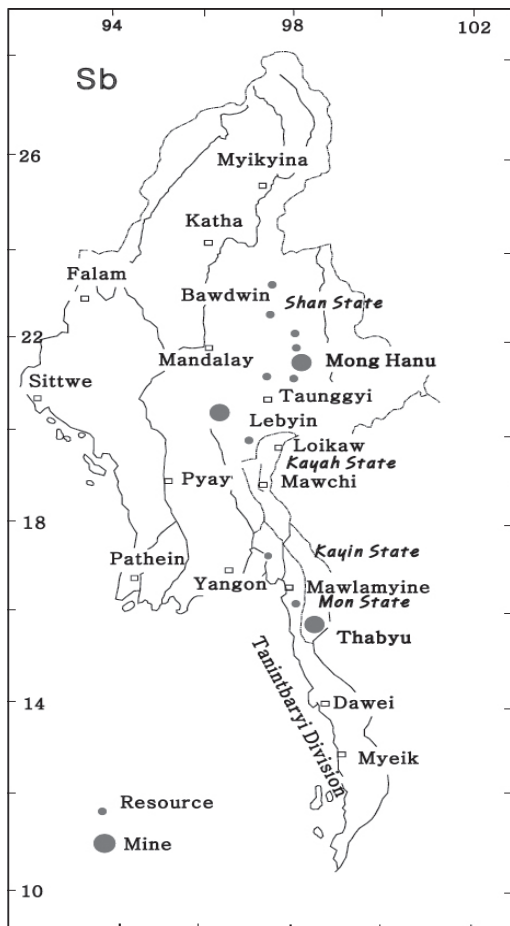


그림 2. 미얀마 Sb 광상 분포

몬이 부존하고 있는 것으로 알려져 있다(DGSE, 1989).

Mon 주에서는, 안티몬 광상은 Taungnyo 산맥(Mawlamyine의 남부)의 서쪽 경사면을 따라 남북 벨트로 100km이상에 걸쳐 분포하고 있다. Kyaikkami 지역(Mawlamyine의 남부)은 5~10% 품위와 22,000 톤의 안티몬이 매장되어 있다(Ngwe Thein, 1958). 기타 광상들은 4~6% 품위와 116,000톤의 안티몬이 매장되어 있다(Goosens, 1978).

지금까지 가장 잘 알려진 안티몬 광상은 미얀마와 태국 국경 근처 Kayin 주의 Thabyu에 부존하고 있으며 7개 이상의 맥들이 노출되어 있다. 가장 큰 맥은 폭이 6m 이상이며 주향방향으로 200m 연장되어 있다. 광체는 고품위로 보고되어 있다(Heron, 1921)

### 크롬, 니켈, 백금족

이 3개의 금속은 미얀마의 오피올라이트 층서와 관련된 뚜렷한 금속광상구를 형성하기 때문에 함께 기술한다(그림 3). 최서단의 오피올라이트대는 Pathein 남쪽에서부터 Naga Hills의 북쪽으로 1000km이상 확장되어 있다. 이것은 Chhibber (1934a)에 의해 기재된 주요 화성작용과 관련된 벨트들중 하나이다. 두번째 오피올라이트대는 Indawgyi 호수의 서쪽으로 놓여있으며 옥 광산 지역으로 확장되어진다. 세 번째 최동단의 오피올라이트대는 Tagaung Taung에 분포되어 있다. 그 남단은 Kachin 주의 Mytkyina 북쪽에 위치한 Kumon 산맥을 향해 북쪽으로 확장된다. 실질적으로, 마지막 두 개의 오피올라이트대는 북쪽으로 두갈래로 나뉘는 한 개의 오피올라이트대에 속하며 Hutchison (1975)에 의해 Mandalay라인으로 명

명되었다.

크롬철석 광상은 미얀마에서 넓게 분포되어 있으며 남북방향의 오피올라이트 방향과 연관되어 있다. 서쪽 오피올라이트대를 따라, 크롬철석광상은 Hinthada, Mindon, Thayetmyo, Sidoktaya-Ngapa, Mindat-Kanpetlet, Saw와 Mwetaung-Kalemyo에 잘 알려져 있다. Mwetaung에서는 적어도 40개의 크롬철석 광상이 오피올라이트 층서의 듀나이트층에 보고되었다. 크롬철석은 노듈상 광석은 드물며 대개 괴상 유형이다. 크롬산화물 함량과 크롬 : 철 비율은 각각 35~58%와 2.4~4.0이

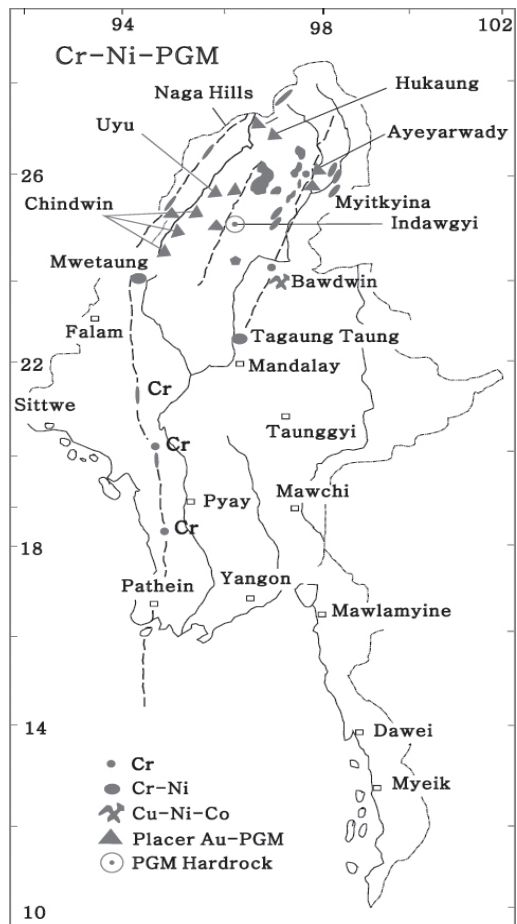


그림 3. 미얀마의 Cr, Ni, PGM 광상분포

다(Wanger, 1983).

다른 중요한 크롬철석 산출지는 Tagaung Taung 으로써 44개의 지표면 트렌치 탐사에 의해 확인되었다. 크롬철석의 분포는 Tagaung 육괴의 주변부를 따라 150m의 층후를 가지는 듀나이트 층의 주변부에 집중되어 있다. 크롬철석 광상은 괴상유형이며 야금품위는 높은 크롬산화물(42~58%)을 지시하고 크롬과 철의 비율은 3.0보다 크다. 지난 수 년동안, 높은 품위의 크롬철석 광체 20,000톤 이상이 영세적인 방법으로 채굴되었으며 일본으로 수출되었다.

미얀마에서, 두 개의 중요한 니켈 라테라이트 광상이 있다. 하나는 Chin Hills에 위치한 Mwetaung 이고 또 하나는 Mandalay 북부의 Tagaung Taung 에 있다. 광상들은 열대 지역의 초염기성암이 차별 풍화작용을 받아 형성되었다.

Mwetaung 초염기성 육괴는 대략적으로 60km<sup>2</sup> 면적을 차지하고 있다. 니켈 라테라이트는 남북방향의 구조를 따라 여러 광화대에서 부존한다. 그 곳들중 하나인 4번 광화대의 경우, 시추탐사에 의해 검증되었으며 그 결과 니켈 1.15%이상 품위로 10,000,000 톤의 자원량을 갖는 것으로 사료된다. 다른 중요한 지역은 4번째 광화대의 북쪽에 놓여 있으며 이 지역은 4.8km이상이 연장된 것으로 알려진 6번 광화대이다. 이 6번 광화대는 니켈 광체 1억톤의 잠재적 자원량을 갖고 있다(Ngaw Cin Pau, 1964).

Tagaung Taung 니켈 라테라이트는 Mandalay 북쪽 약 200km에 위치하고 있으며 Ayeyarwady강의 동쪽 강둑에 놓여있다. Tagaung Taung의 초염기성암은 타원형의 모양을 갖고 있으며, 약 95km<sup>2</sup> 면적을 차지하고 있다. Tagaung Taung 니켈 라테라이트의 수직 단면은 다음과 같이 분류된다: 상

부에서 하부로 관찰하면, 라테라이트 맨틀, 갈철석대, 부식암대, 모암순으로 되어 있다. 대규모 시추탐사를 통해 니켈 품위 2.15% 4천만톤의 추정 광량이 산정되었으며, 광체는 1.4%이상의 니켈 함량이 함유된 단면의 풍화대로 정의된다. 이들중 대부분은 부식암대에서 나타났다. 광상은 노천채굴로 가행하며 폐석대비 광석의 비율은 0.97이다. Tagaung Taung 광석의 화학적 특징들 때문에, 특히 마그네슘 함량이 높아서, 건식야금법이 니켈철을 만드는 합리적인 방법으로 추천된다(Meinhold 와 Than Htay, 1981).

Bawdwin지역에서, 니켈은 주요 연-아연 광화작용과 수반된 동-니켈-코발트 공생관계와 관련되어 있으며 광석은 Bawdwin 맥의 남부 광체인 하부편에 국한되어 있다(Soe Win, 1981). 니켈 광석은 Namtu 제련소로부터 부산물로서 생산되며 니켈은 전형적으로 35.5%의 품위를 갖는다.

백금족 금속들은 Innwa (Ava)産 백색 금속 버튼이 뱅갈 아시아 협회로 보내진 1831년부터 미얀마에서 산출되었다고 보고되고 있으며, 이는 백금을 포함하고 관련된 광물로 오스뮴과 이리듐도 함유되어 있다.

Chindwin 분지에서, 백금족 금속들은 제4기층 자갈의 금과 연관되어 있는데, 금과 백금족 금속의 비율은 1~10이다. 백금족 금속 입자는 백금-철 합금과 오스뮴-이리듐-루테튬 합금으로 알려졌다(Hagen et al, 1990).

Kachin 주內 Indawgyi 호수 남서쪽에서는, 자갈들은 고품위의 백금족 금속들을 함유하며 입자 크기는 3mm에 달하며, 근처에 근원암이 있음을 지시한다. 후속탐사를 한 결과 백금족의 기원은 염기성 및 초염기성 경암에서 유래하는 것으로 규명되었다(New Light of Myanmar News, 1995). 함백

금속금 사광상은 Ayeyarwady, Tanai 및 Uyu 강의 상부에 넓게 분포되어 있다.

동

약 50개 이상의 동 산출지가 동광물 벨트를 형성하는 3개의 중요 지구조구를 따라 분포되어 있다 (그림 4). Rakhine-Chin-Naga 산맥을 따라, 염기성/초염기성 암석들은 오피올라이트 사슬을 형성하며 이 사슬은 이들 산맥들과 중앙 벨트사이의 구조적 접촉부를 따라 1,000km 이상 연장되어 있다.

동 광화작용은 Rakhine-Chin-Naga 산맥들의 최

남단 Lemyethna 지역에 위치하고 있으며, 이 지역은 퇴적암을 모암으로 하는 층상규제형 광상이며 화산암-해수 경계에서 형성된 것으로 사료된다 (Ein-falt와 Than Htay, 1989). Chin 주 Kanpetlet 군 Ahpaw 마을에 부존하고 있는 동일한 오피올라이트대를 따라, 동황화물은 사문암내 광조, 망상맥, 광염상으로 산출한다. Bender (1983)는 Victoria산의 북북서 방향으로 약 15km 떨어진 Chin Hill내의 흑색셰일, 천매암, 화산쇄설암과 관련된 녹색편암 지역에 산점상의 철과 동황화물이 부존되어 있는 것을 기재했다. 이들 황화물 광화대는 8 km의 거리에 걸쳐 연장되어 있다고 알려져 있다.

동광화작용은 황동석과 자류철석이 염기성/초염기성암을 자르는 북남 단열대에 광조로 산출하는 Kachin 주의 Nankesan에 부존하는 동부 오피올라이트대에서 역시 발견된다. 시추작업을 통해 동품위 4% 자원량 180,000 톤임이 확인되었다. 또한, 이 광체에서는 톤당 0.3g의 금이 산출된다 (Tagaung Group, 1995). 동일한 벨트의 최남단 Tagaung Taung에서 동황화물과 산화물의 광조 및 소규모 렌즈들이 4km 벨트내 분산된 지역들에서 산출하는 녹색편암의 편리방향과 일치되어 발견된다 (Meinhold와 Than Htay, 1981).

화산호는 중앙벨트의 축을 형성한다. 화산호 내에서 화산성 동광상은 남쪽의 Popa산에서 시작하여 화산암이 Monywa 서쪽인 Sabetaung, Kysisintaung과 Lepadaung Taung에 부존하고 있는 반암동 광상의 모암인 Chindwin 하부를 지나 가고 있다. 본 광상의 종합적인 조사는 1973년에서 1975년까지 수행되었다 (OTCA, 1973, 1974, 1975). 채굴가능한 광체는 300m 이상 두께를 갖는 2차 부화대에서 발견된다. 채광 작업은 현재 제 1 광업공사와 미얀마 아이반호 동 주식회사의 합작

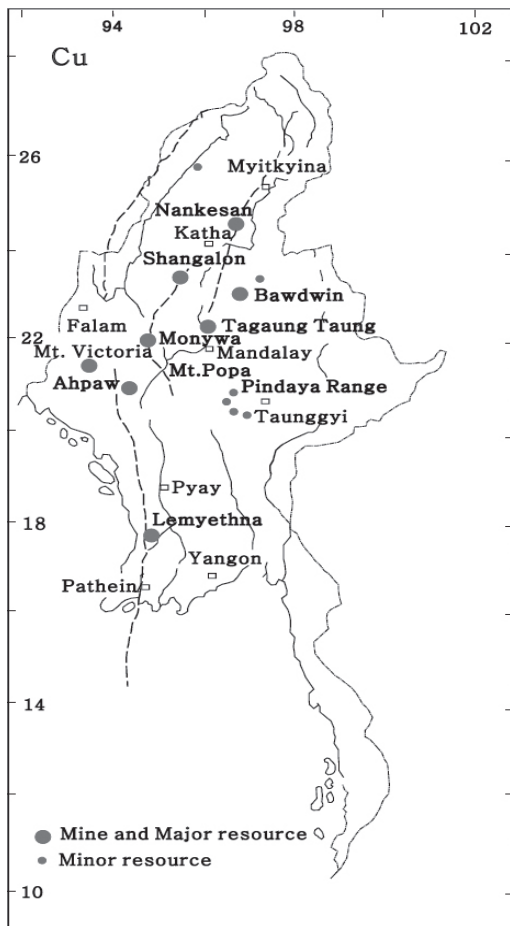


그림 4. 미얀마의 Cu 광상 분포



법인이 추진하고 있으며 매년 25,000톤의 전기동을 생산할 것이다. 최근에 Lepadaung Taung의 시추작업을 통해 동 0.492% 품위와 400M 톤의 매장량이 확인되었다(New Light of Myanmar News, 1997).

화산호는 다른 반암동 광상이 Shangalon 근처에서 발견된 Wuntho지역(Katha에서 남쪽 18km)에서 북쪽으로 계속된다. Mogok 벨트에서, 동은 다른 비철금속 황화물과 연관되어 있다. 가장 중요한 산출지는 Bawdwin 광산이다. 이 벨트내에서, 동광화작용은 Mogok시 Yesintaung에서 발견되며, 이곳에서 동은 다른 황화물과 연관되어 발견되고 화강암내 맥상으로도 산출된다(Soe Win, 1959).

동광화작용은 Kyaukme (Bawdwin의 남쪽)과 Kyaukse지역(Mandalay의 남쪽)의 선캠브리아기 변성퇴적암에서 산출하는 것으로 알려져 있다. Sha 고원에서, 석영 및 중정석맥의 동광물들은 Pindaya 산맥의 서측부인 오르도비스기 Wuybye층의 탄산염암내 층상규제 광체로 발견된다(Win Swe, 1978).

## 금

미얀마 정권은 Wuntho 북쪽 Meza강의 수원에서 금을 함유하는 황철석 부유물을 발견한 이후로 금이 채굴되어 왔다. 1896년에, 금의 기원을 추적하게 되었고 Kyaukpazat에서 광산이 곧 문을 열었다. 20세기의 처음 10년 동안, 금준설 작업은 북쪽에서 활발했으며 주로 Ayeyarwady 하상층서 채굴되었다(Clegg, 1944).

그때 이후로, 미얀마에서 금 탐사와 채굴에 대한 공백기간이 있었다. 문헌에서는 자주 Shan 주의 Mwedaw Hill에 위치한 Kyaukpazat과 Kachin

State의 몇몇 지역에서 소수의 맥상 금광상을 언급했다. Chindwin, Uyu, Hukawng 계곡의 사금광상에 관심이 집중되었다. 미얀마의 금에 대한 문헌은 Banbwegon에서 보난자의 뒤늦은 발견으로 증대되었으며, 현재의 Kyaukpahto 광산은 금에 대한 국가적 관심을 증폭시켰다. 그리고, 금탐사의 수준을 비약적으로 향상시켰다. 지질조사광물 탐사국(DGSE)에 의해 수행된 전국적 탐사로 방대한 양의 보고서가 출간되었으며 미얀마의 금에 대한 분야가 명확하게 정의되게 되었다.

미얀마에서 금광화작용은 편의상 3개 주요 그룹으로 나누었다(그림 5). Wuntho 육괴에서, 천열수 금-석영 맥들은 화산암과 제3기 후기의 화산암과 퇴적물에서 산출된다. 이 A 그룹은 Bamauk, Pinlebu, Wuntho, Kawlin과 Kanbalu의 금 산출지로 구성된다. 이 지역내에서, Kyaukpahto 광산은 미얀마의 현대 기술을 이용해 금만을 생산하는 광산이다. Kyaukpahto에서, 금은 산점상으로 북서방향의 향사축을 따라 산출하며 매우 규화되고 각력화된 사암내 석영으로 구성된 광조로 산출한다. 광체는 Wuntho 육괴의 남동 주변부에 부존하고 있다. Kyaukpahto 광산은 하루에 1,500톤을 채굴할 수 있으며 광석은 부유선별법을 사용하여 선광하며, 확정매장량은 금품위 3g/t에 4백만톤이다(Tin Thein와 Soe Win, 1992).

두번째 그룹 B는 금광화작용이 선캠브리아기의 Chaung Magyi통의 변성퇴적암에 배태된 Shan-Tanintharyi 벨트의 서부와 남부 연변부 및 Mogok통의 고기 고변성 변성암에 부존되어 있다. Thabeikkyin, Phayaung Taung, Kyaukse-Ye Yeman과 Pyinmmana의 금광상들은 이 그룹에 속한다. Phayaung Taung은 금광화작용이 Chaung Magyi통의 규암에서 발견되는 Madalay 40km 북

쪽에 있다. 본 광상은 저변성도 변성암 영역내에서 금의 재활성화를 수반한 층상규제 광체로 기재된다(Than Htay, 1991). 시추작업을 통해 금의 매장량은 3백만톤, 품위는 4.8g/t이다. 이 지역에서는 상당한 추가적인 탐사 잠재력이 있다.

그룹 C는 잘 알려져 있지 않으며 금 광화작용은 오피올라이트 층서의 화산암과 연관이 되어있다. 소규모 금은 Tagaung의 동쪽의 Lemyethna와 Hmaingdaing Taung의 동광화작용과 수반되어 있으며, 금은 화산암내 청회색 석영맥에서 산출된다. 부화된 금은 금광화작용이 반려암과 화산암의 접촉부에서 산출하는 Kachin주의 Hwegu 근처 Kyaukphyu Taung에서 발견되었다. Indawgyi 호 수지역과 Uyu와 Hukaung 계곡지역의 풍부한 사금광상은 이러한 유형의 산출지들이 아마도 역시 연관된 백금족에 대한 기원을 구성한다는 것을 지지하고 있다. 이 그룹에서의 모든 금산출지는 북부 및 서부 미얀마의 오피올라트대를 따라 부존하고 있다.

또다른 금산출지는 금광화작용이 화강암과 중생대 퇴적물간의 접촉부에서 산출하고 있는 동 황 화물과 연관되어 있는 Shan주 남부 Kalaw 근처의 Shweminbon에 있다(Thacpaw, 1968).

Myeik군도 남단부의 Russell섬에서는, 금석영 맥들은 Mergui통의 규암질 사암에서 산출하며 암석의 강한 규화작용과 황철석화작용이 수반되며(Ngwe Thein, 1958) 금광석의 자원량은 품위가 1.55g/t으로 4백만톤이다(DGSE, 1989).

미얀마내에는 잔류사광상과 층적광상 기원의 광역적인 사금광상이 부존하고 있다. 거의 모든 주요 수계와 지류들은 금의 보고이며 일부 경우 백금족도 해당된다. 주목할만한 광상은 Chindwin의 사광상으로 금이 제4기의 여러 단구에 부존하는 자

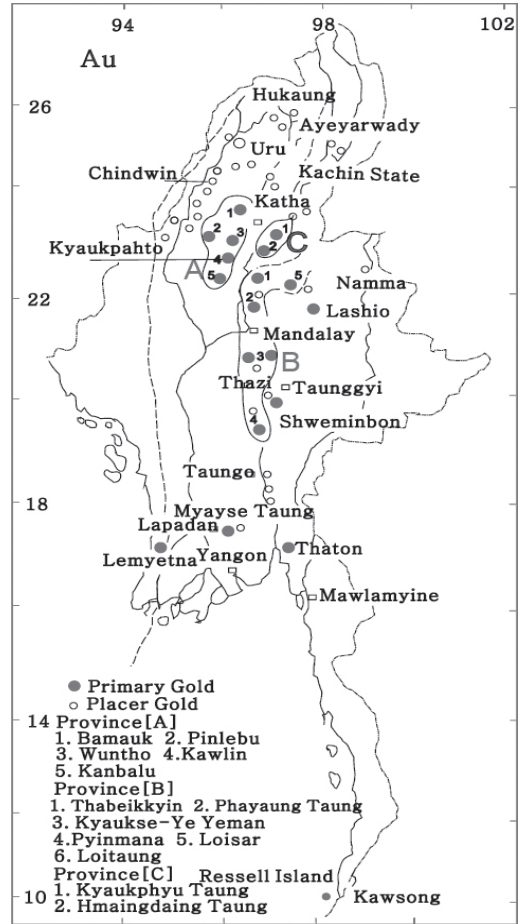


그림 5. 미얀마의 Au 광상 분포

갈에서 산출하며 Chindwin 계곡을 따라 200km이상 확장되어 있다(Soe Win, 1987). 다른 중요한 사금광상은 Hukawng, Uyu, Sittaung과 Thanlwin 계곡에서 발견된다.

#### 연-아연-은

미얀마에서 연-아연-은 광화작용은 100개 이상이 기록되어 있으며 거의 모든 이들 산출지는 미얀마의 동부에 국한되는데 Kachin 고원으로부터 북쪽의 Mogok 벨트, Shan-Taninthary 벨트를 통과해서 남단에 Myeik 군도까지 연장되어 있다(그림 6).



Bawdwin 광산은 가장 잘 알려져 있으며 관련 문헌도 풍부한 편이며 규모와 품위에서도 세계적으로 중요한 광상이다. Bawdwin 지역에서, 괴상의 고품위 연-아연은 광화작용은 캄브리아기의 Panyun층의 압축되고 전단받은 암석들이 북북서방향으로 거의 수직방향으로 놓인 지대에서 발견되었다. 주요 광체는 주향방향으로 800m, 맥폭은 평균 7~17m이고 최대 47m인 매우 인상적인 괴상의 황화물 광체이다. 이 광체는 광화후기의 단층작용으로 인해 여러 개의 광체로 나뉘었다 (Carpenter, 1964).

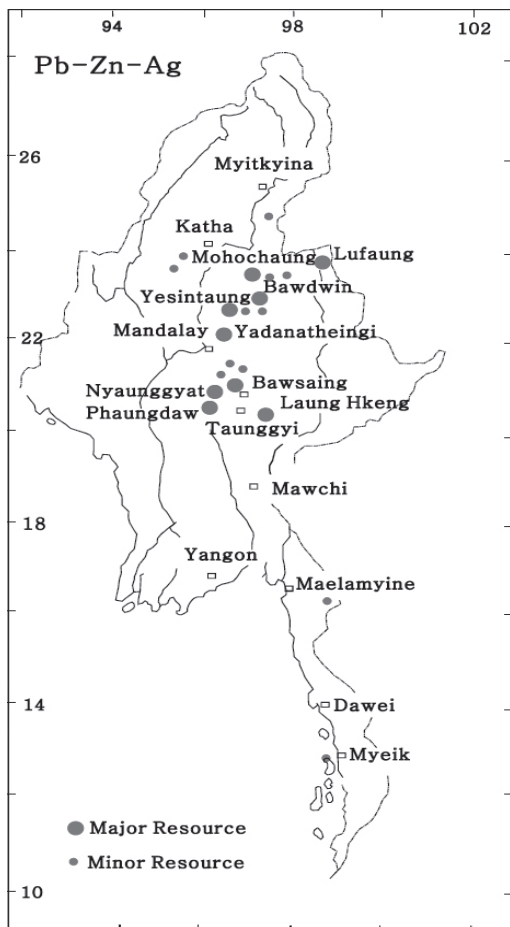


그림 6. 미얀마의 Pb, Zn, Ag 광상의 분포

Bawdwin 광산은 세기전환기 무렵 영국회사에 의해 거의 100년간 개발되었다. 그때 이후로 변화가 거의 없으며 아직도 비생산적인 채굴방식을 사용하고 있다. 매장량의 감소로 채굴은 open-cut방법을 이용해 지표면 부근의 산화물 광체에 집중하고 있다. Soe Win 등(1968)은 Bawdwin 광산에서 황화물 광석 복합체의 산화작용 과정을 연구했고 산화작용이 지표면 아래 약 70m 심도까지 변화한다고 결론 내렸다. 그리고, 산화물 광체 매장량은 재평가가 되었으며 Pb+Zn 9%, 천만톤으로 평가되었다. Bawdwin-Nanmtu 광산에서는 상당한 은을 함유하는 오래된 광미와 14% 아연을 함유하는 연제련 슬래그가 수백만톤 있다는 것이 특징적이다.

Mogok 벨트의 퇴적암을 모암으로 하는 연-아연은 광상은 Mandalay 북부로부터 Yadanatheingi 광산, Bawdwin 북쪽 Mohochaung을 통과해 중국과 경계 근처의 Lufang까지 연장되어 있는 벨트를 따라 200km의 Chaung Magyi통의 변성퇴적물의 층상규제 광체로 산출한다. Bawdwin과 같은 Mohochaung과 Lufang 광산은 수세기동안 채굴해왔으며 은을 추출한 후의 상당량의 슬래그가 남아있다.

탄산염 모암의 연벨트는 Mandalay 부근에서 Pindaya 산맥을 통해 Bawsaing 광산지역과 150km 이상 남쪽으로 뻗어있다. 미시시벨리 유형의 층상 광화작용의 지시자가 있는 것으로 사료된다 (Khin Zaw et al., 1984). 남단에는, 시추탐사를 통해 35% 아연을 함유하는 능아연석 23만톤이 부존된 Laung Hkeng이라는 아연이 풍부한 탄산염 광상이 있다(Srivastava과 Than Htay, 1957)

연 광화작용은 Phaungdaw 지역의 변성암과 Mogok지역 Yesintaung의 화강암에서 발달되며 이 광화작용은 Nyaunggyat의 관입체와 연관되어

있다. 이 모든 광상은 Shan-Tanintharyi 벨트의 서부 연변부와 Shan Boundary 단층대를 따라 확인된다.

섬아연석은 Mohochaung의 Bawdwin과 Mogok 벨트의 Lufaung 광장에서 방연석과 밀접하게 연관되어 있다. 비록 동일한 벨트내 Yadanatheingi의 광체는 낮은 아연값을 갖지만, 연/아연 비는 보통 2:1이다. 탄산염 모암의 연광상은 보통 낮은 아연 함량을 갖지만(Bawsaing 지역) 일부 광상에서는 연/아연비가 1:5로 아연이 지배적이고(Pyin Oo Lwin 북동쪽의 Loi Siang) Laung Hkeng의 아연 탄산염 광상은 35% 아연을 함유하며 연은 거의 없다.

연 광체는 거의 은을 수반한다. Bawdwin, Mohochang, Lufaung지역의 광석은 일반적으로 모든 연 화학분석에서 1온스의 은을 함유한다. 그러나, Yadanatheingi 광석은 훨씬 더 많은 은을 함유한다. 톤당 100온스보다 많은 양의 광석시료도 기록된 적이 있다. 주요 은광물은 함은 방연석, 은유석, 농홍은석에서 나타난다. 탄산염 모암의 연광상들은 퇴적암 모암의 광상보다 은함량이 적다. Shan Boundary 단층대를 따라 형성된 광상의 연광체는 은함유량이 적은 편이다.

**주석-텅스텐**

주석-텅스텐 광상은 미얀마에서 가장 중요한 광물자원 중에 하나이다. 미얀마의 주석-텅스텐 벨트는 Tanintharyi권역, Kayin, Mon, Kayah, Shan 주와 Pyinmana의 동쪽을 지나가는 남동아시아 반도의 3개 화강암대들중에서 가장 서쪽에 있는 벨트에서 산출하고 있다(그림 7). 주석-텅스텐 광상은 약 1200km에 걸쳐 분포되어 있으며 북쪽으로는 텅스텐이 우세하게 나타난다. 석석의 대부분은 층적광상으로 채굴되며 한편 텅스텐은 경암

맥상으로 채굴된다. 모암은 고생대의 Mergui통, Taungnyo 층군, Mawchi통의 쇄설성 퇴적암이다.

수 백개의 주석과 텅스텐광상은 이 벨트에서 나타난다. 이들 중에서, 다음과 같은 중요한 광상들이 기재된다. Mawchi 광상에서는, 사암, 세일, 석회암으로 구성된Mawchi통이 화강암에 의해 관입되어 있다. 주석과 텅스텐을 동반하는 석영맥들은 화강암과 석회암의 접촉부 근처에서 발견되며 반면에 일부 석영맥들은 짧은 거리에 걸쳐 석회암을 관통하고 있다. 이들 중, 1938년에 64개의 맥들이 개발되었으며 총 143,000 톤의 광석이 생산되었고

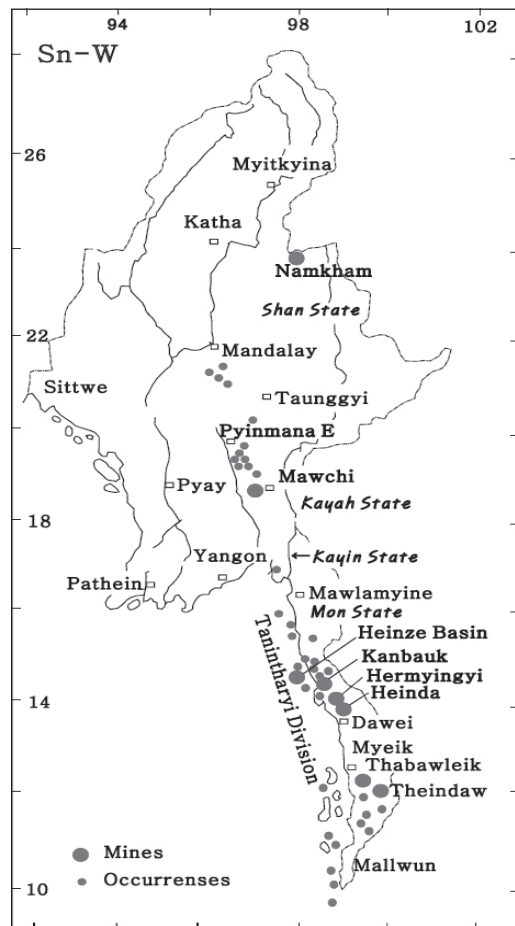


그림 7. 미얀마의 Sn, W 광상 분포

주석 32%와 WO<sub>3</sub> 34%를 함유하는 혼합된 석석/철망간중석 4,774톤도 생산되었다(Clegg, 1944). 1970년에 광석 매장량을 재평가한 결과 Sn+W품위 1.4%, 광석 909,000톤로 판명되었다.

Hermyingyi (Dawei)는 1.5m에 이르는 다양한 맥폭을 지닌 함철망간중석 석영맥들이 개발되었으나 나중에 충적 채광으로 전환된 또다른 광구이다. 본 광산은 석석, 철망간중석과 이들이 혼합된 정광을 생산한다. Heinze 분지에서는, 준설 작업은 전쟁전부터 수행되었으며 매년 900톤 이상의 석석을 생산한다. 국영 제2광업공사가 지금 준설기를 운영하고 있다. Heinda (Dawei)지역에서, 석석은 수업을 이용한 open-cut법을 사용해 충적층으로부터 채굴을 해왔다. 매장량은 입방야드당 1.16파운드의 석석을 함유한 2천5백만 입방야드로 추정된다. Myeik (Mergui)지역에서는, 충적성 석석이 넓게 분포되어 있다. 전쟁전 시기에, 가장 널리 알려져 있는 곳은 Thabawleik이며 이 지역은 주석 정광으로 매년 약 400톤이 준설에 의해 생산되었다. 현재 채굴하고 있는 충적 주석광산은 Yamon-Kazat, Maliwun과 Theidaw가 있다. Theidaw지역에서는, 이 주석정광에서 매년 다이아몬드가 산출된다. UNDP의 지원을 받아 Tanintharyi 해안지역의 연근해를 대상으로 1972년에 연안 주석 탐사 프로젝트가 시작되었다. 주석-텅스텐 광산의 군집이 Pyinmana 마을과 Shan 주 남부 지역의 경계부근에 존재한다. 이 지역의 광물자원의 잠재성은 1970년대에 일본조사팀에 의해 조사되었다(OTCA, 1972). 이 지역에서는 혼합된 정광이 생산된다. 충적 석석광상은 중국의 유난성과 경계부근에 있는 Shan주 북쪽 Namkham 부근에서 최근에 발견되었다. 그것은 지금까지 알려진 가장 북부에 부존하는 주석광상으로 북부권

역에서 주석광상의 잠재성을 지시하고 있다. 주석-텅스텐 벨트는 역시 희토류, 니오븀과 탄탈륨의 높은 부존 잠재성을 갖는 지역이기도 한다.

## ● 결론

미얀마는 광물자원이 풍부하고 안티모니, 크롬, 니켈, 백금족, 동, 금, 연, 아연, 은, 주석 및 텅스텐 광상들이 잠재적으로 중요하며 이들 광상들은 6개의 지체구조구내 금속광상구를 형성하고 있다. 과거 생산과 잠재성이 있는 광물이 많다는 관점에서 미얀마는 아시아 국가들중 상위 순위에 해당한다. 지난 수십년 동안 광물 생산은 극적으로 하락했지만 의심할 여지 없이 높은 수준의 광물 잠재력을 보여주고 있다. 이 기술정보는 광물탐사를 위한 매력적인 탐사적지 선정과 관계되는 높은 경제적 잠재력이 있는 광화대를 소개하고 있으며 상당한 규모와 품위를 가진 일부 개별 광상들도 소개하고 있어 개발과 광업투자를 위한 기회를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

## ● 사사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 “해외광물자원 탐사 및 부존 잠재성 평가(12-1121)” 과제에서 지원되었습니다.

## 참고문헌

- Ba Than Haq (1970) Metallogenic provinces of Burma. Presidential address to the Earth Sciences Division at the Burma Research (unpubl.).
- Ba Than Haq (1981) Metallogenic provinces and prospects of mineral exploration in Burma.

- Contributions to Burmese Geology. Dept. Geol. Surv. Mineral Explor., Ministry of Mines (unpubl.).
- Bender, F. (1983) Geology of Burma. Gerbruder Bomtraeger, Berlin, 293 p.
- Carpenter, R. H. (1964) The pertinent geologic features and exploration possibilities of the Bawdwin mine area, northern Shan State, Burma. United Nations Spec. Fund Project, Lead-Zinc Burma (unpubl.).
- Chhibber, H. L. (1934a) The Geology of Burma. MacMillan, London, 320 p.
- Chhibber, H. L. (1934b) The Mineral Resources of Burma. MacMillan, London, 320p.
- Clegg, E. L. G. (1944) The Mineral Deposits of Burma. Times of India Press, Bombay, 38 p.
- DGSE (1989) Mineral Deposits in States and Divisions, (Types and Reserves) Investigated by DGSE (in Myanmar). Tech. Rept. (unpubl.).
- ECAMS (1982-1988) Project Reports. BGR (unpubl.).
- Einfalt, H. C. and Than Htay (1989) Results of current exploration for copper mineralization, Lemyethna area, southern Arakan Yoma area. ECAMS, BGR (unpubl.). vol. 48, no. 3, 1998 Mineral Potential of Myanmar 217
- Gossens, P. J. (1978) Metallogenic Provinces of Burma: Their Definitions, Geologic Relationships and Extension into China, India and Thailand. 3rd Regional Conf. Geol. Mineral Resources of South East Asia, Bangkok, 431-478.
- Hagen, D., Weiser, Th. and Than Htay (1990) Platinum-group minerals in the Chindwin areas of northern Burma. Mineral. Petrol., 42, 265-286.
- Heron, A. M. (1921) The antimony deposits of Thabyu, Amherst district, Burma. Rec. Geol. Surv. India, 53, 34-43.
- Hutchison, C. S. (1975) Ophiolite in Southeast Asia. Geol. Soc. Amer. Bull., 86, 797-806.
- Jones, H. C. (1921) Notes on some antimony deposits of southern Shan State. Rec. Geol. Surv. India, 53, 44-50.
- Khin Zaw, Aung Pwa and Thet Aung Khin (1984) Lead-zinc mineralization at Theingon Mine, Bawsaing, southern Shan State, Burma. A Mississippi Valley-type deposit. Bull. Geol. Soc. Malaysia, No. 17, 283-306.
- Ko Ko Myint (1994) Mineral belts and epochs in Myanmar. Resource Geol., 44, 231-240.
- Maung Thein (1991) Mineral belts and epochs of Myanmar. A new synthesis. Georept. Univ. Yangon, 1, 1-10.
- Meinhold, K. D. and Than Htay (1981) Exploration of the nickel occurrence at Tagaung Taung, Burma. BGR/TSC rept. 1, part 1, (unpubl.).
- New Light of Myanmar News (1995) Endeavours of the Ministry of Mines, Sunday Supplement attached sheet (News Paper). 29th January and 3rd February.
- New Light of Myanmar News (1997) Mineral deposits in Myanmar that will enrich State funds (News Paper). 2nd September.
- Ngaw Cin Pau (1964) Mwetaung nickel deposit, Chin hills. Mineral Develop. Cooperation rept. (unpubl.).
- Ngwe Thein (1958) A report on the mineral resources of Amherst district with special reference to Antimony. Tech. rept. metal. geol., Union of Burma Applied Research Inst., 7-16 (unpubl.).
- OTCA (1972) Mineral Resources Development Project for Pyinmana East. Survey rept., 96 (unpubl.).
- OTCA (1973) Report on geology survey of Monywa area. Phase 1, vol. 1.
- OTCA (1974) Report on geology survey of Monywa area. Phase 2, vol. 2.
- OTCA (1975) Report on geology survey of Monywa area. Phase 3, vol. 3.

- Soe Win (1959) Report on the Yasintaung lead-zinc-copper sulphide deposit, north Kin, Mogok, Shwebo district. Tech. rept. metal. geol., UBARI, 73-75.
- Soe Win (1970) Copper-nickel-cobalt mineralization at Bawdwin mine. Union Burma Jour. Sci. Tech., 3, 411-423.
- Soe Win (1987): Platinum-group metals (PGM)-bearing gold placers of the Chindwin Basin. TSC-ECAMS project, 1-31 (unpubl.).
- Soe Win, Htay Lwin, Kyaw Aung and Than Sein (1968) Secondary mineralization at Bawdwin mine. Union Burma Jour. Sci. Tech., 1, 229-239.
- Srivastave, S. P. and Than Htay (1957) Final report on Loung Hkeng zinc exploration ending 31 Aug., 1957. MDC rept. (unpubl.).
- Thacpaw, C. (1968) Mineralization and paragenesis of ore minerals at Shweminbon. Union Burma Jour. Sci. Tech., 1, 33-44.
- Tagaung Group (1995) Nankesan copper deposit, Kachin State. Tagaung Group International Co. Ltd. Private rept. (unpubl.).
- Than Htay (1991) Report on Phayaung Taung gold deposit, Patheingyi Township, Mandalay Division, Myanmar. DGSE Rept. (unpubl.).
- Tin Aye (1970) Review of tin and tungsten deposits of Burma. Union Burma Jour. Sci. Tech., 3, 91-114.
- Tin Thein and Soe Win (1992) Kyaukpahto Gold Mine. Facts and Problems. Private rept. (unpubl.).
- UNDP/GSEB (1979) Technical Reports No. 6. United Nations, New York (unpubl.).
- Wagner, C. (1983) Chromite exploration at the southern Mwetaung and the Tagaung Taung. ECAMS Interim rept., Rangoon (unpubl.).
- Win Swe (1978) Progress report of the field mapping division. DGSE (unpubl.). Acronyms BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.