

# 世界の層状硫化物鉱床 (その2)

## カナダ楯状地の塊状硫化物鉱床

佐藤壮郎・兼平慶一郎

### カナダ楯状地の地質

北米大陸には 第1図に示すように ハドソン湾を中心にして先カンブリア代の岩石が広く分布している。

この地域をカナダ楯状地と呼んでいる。これらの地域は堆積岩 噴出岩および花崗岩を主とする貫入岩類からなるが 一般に広範囲の変成(造山)作用を受けているので 堆積作用や火山岩の噴出が行なわれた時代がどれ程古いかはよくわかっていない。

近年カナダ地質調査所で行なわれている K-Ar 法による年代測定の結果 カナダ楯状地には少なくとも三つの主要な造山運動の時期があったことがわかっている。約25億年前の Kenoran 造山運動 約17億年前の Hudsonian 造山運動 それに約10億年前の Grenville 造山運動である。カナダでは Kenoran 造山運動までの時期を始生代 (Archean) とし その後約6億年前のカンブリア紀の始まるまでの約18億年間を原生代 (Proterozoic) としている。

一方 主要な地質構造の方向性から カナダ楯状地は Superior, Slave, Churchill, Bear, Southern, Nain, Grenville の七つの構造区に分けられている。この区分は カナダ楯状地の地質構造区分として広く使われているが 必ずしも先カンブリア代における地史的な地質単元を意味しているわけではない。

塊状硫化物鉱床は おもに始生代の地層中に胚胎されている。上に述べた構造区のうち 始生代の地層が広く分布しているのは Superior, Slave の両区であり Churchill 区 Grenville 区 Nain 区にも部分的に分布している。

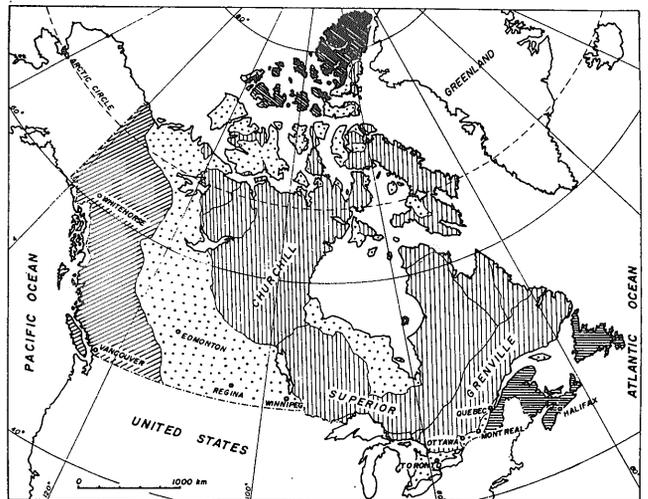
たくさんの鉱床の存在するオンタリオ州北部一ケベック州西部の地域では 始生代の地層は平均層厚 8,000m にもおよぶ厚い火山岩によって特徴づけられ 超塩基性岩から流紋岩におよぶいろいろな化学組成をもつ溶岩や火山砕屑岩からなる。これは一般に Keewatin 型火山岩類とよばれている。そのほとんどすべてはソレアイト-カルクアルカリ岩系に属するがごく一部にはアルカリ岩系に属する中～酸性の岩石も知られている。Keewatin 型の火山岩類を覆って Timiskaming 型と呼ばれる石英・長石質の砂岩 珪岩 泥岩などの堆積岩類が発

達している。これらはフレッシュ型の堆積物であり明瞭なタービダイトの特徴をもっている。部分的には Keewatin 型火山岩類を起源とするグレイワック砂岩礫岩の発達が見られる。Timiskaming 型堆積岩類の最大の厚さは10,000mに達するといわれる。なお以下の紹介において 安山岩 流紋岩など噴出岩名がでてくるが もちろんこの地域の岩石は 強弱の差はあれすべて変成作用をうけている。しかし 火山岩分布地帯は一般に変成の程度が弱く 原岩が容易に判別されることが多いので しばしば岩石は原岩名でよばれている。ここでもそれにしたがうことにする。

### 鉱床の分布と産状

#### Superior 区

カナダ楯状地で知られている塊状硫化物鉱床の多くは Superior 区に分布している。この構造区では おもに火山岩類が分布する地域と花崗岩類を主とする地域とがほぼ東西に延びた帯状をなして交互に分布している(第2図)。火山岩を主とするゾーン(volcanic belt)にはそれぞれ第2図に示すような名称がつけられており 塊状硫化物鉱床が最も濃集しているのは最南部の Abitibi-Wawa 帯である。この帯の中でもさらに鉱床が特に濃集している地域があり Noranda 地区 Matagami 地区



第1図 カナダの地質区 (Geological Survey of Canada, Map 1252A による) 凡例の後3者は古生代以降の造山帯である。図にはカナダ楯状地の構造区の境も示し 特に Superior 区 Churchill 区 Grenville 区の3構造区を明示してある。

Timmins 地区などは特に有名である。

**Noranda 地区 (第3図)**

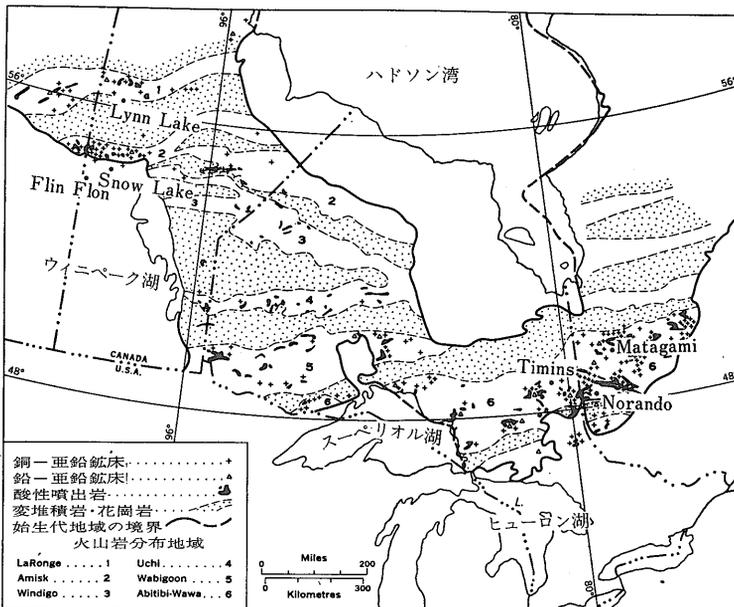
この地域での最も下位の地層は グレイワック砂岩や泥岩を原岩とする 千枚岩や雲母片岩であり Pontiac Group と呼ばれている (第3図に示した範囲には露出してない)。 岩相・層厚ともに変化に乏しく 安定した大陸棚斜面上の乱泥流堆積物と解釈されている。 層厚は 2,100~2,400m である。

鉱床が胚胎される地層は Blake River Group と呼ばれ 玄武岩から流紋岩にいたる溶岩と火山碎屑物からなる。 この層群は層序的には Pontiac Group の上位に位置するとされているが 両者の関係はよくわかっていない。 層厚は一般に 3,000~6,000mであるが この地区の東部では 15,000m に達する。 周辺の地域に比べて Noranda 地区では酸性岩類 特に流紋岩溶岩の比率が大きいが特徴である。 火山岩の化学組成は一般に層序的な下位から上位にかけて徐々に酸性になるが 上位の流紋岩もしばしば中~基性岩(おもに安山岩)と互層している。 SPENCE (1967) は おもに岩相上の特徴から流紋岩溶岩を5つのゾーンにわけた。 個々の流紋岩ゾーンは最大750mの厚さをもち 3ないし5の単位溶岩流からなっている。 流紋岩ゾーンの間には6~90mの厚さの枕状構造をもつ安山岩溶岩をはさむ。 流紋岩溶岩は この地区の中心部で最も厚く 現在 Fravrian 花崗岩体と Lake Dufault 花崗閃緑岩体が占めている部分に噴出中心があったと推定される。

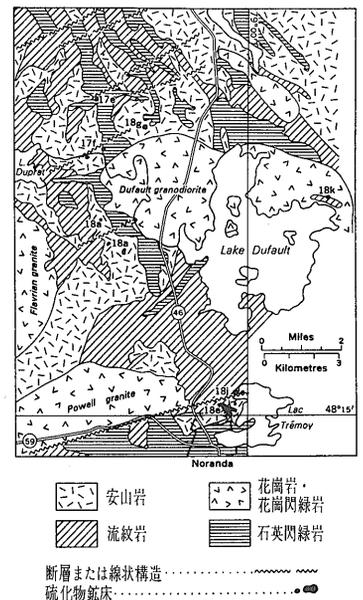
Blake River Group は 礫岩とグレイワック砂岩とからなる Cordillac Group (Timiskaming 型) に不整合に覆われている。 この Group には鉄鉱層も含まれている。 以上の岩層は Kenoran 造山運動の Synorogenic な花崗岩や斑れい岩に貫ぬかれている。 原生代には輝緑岩岩脈の活動があった。

この地域の塊状硫化物鉱床は いずれもLake Dufault 花崗閃緑岩体の周辺に分布している。 岩体西側の Vauze, Waite, Lake Dufault などの鉱床は 上述した5つの流紋岩ゾーンの3番目のゾーンの最上部に胚胎されている。 Amulet 鉱床付近では この流紋岩ゾーンは尖滅して 鉱床は下位の溶岩流の上部に胚胎している。 鉱床の上盤はいずれも安山岩溶岩 (Amulet andesite) に覆われている。 Lake Dufault 岩体南側には Horne, Quemont の大鉱床がある。 両鉱床ともに流紋岩質火山角礫岩中にあり 構造が複雑なこともあって層序的な位置ははっきりしていないが 花崗岩体西側の鉱床とほぼ同一層準にあると解釈されている (ROSCOE, 1965)。

**Waite 鉱床**は 1928年に採掘が始められ 1時休止したことがあるが1961年まで生産が続けられた。 この間の生産量は約300万トン(4.7% Cu, 3.1% Zn, 0.03oz/ton Au, 0.7oz/ton Ag) である。 鉱床は25のレンズ状鉱体からなるといわれ 鉱石には塊状鉱と鉱染状鉱の二種類がある。 塊状鉱は黄鉄鉱・閃亜鉛鉱を主とするものと磁硫鉄鉱・黄銅鉱・磁鉄鉱を主とするものがあり 300フィートレベルより上位の鉱体には前者が 下位の



第2図 スーペリアル原大陸 (Superior 区とその周辺) における代表的銅一亜鉛鉱床と 2 3の鉛一亜鉛産地 (DOUGLAS, 1970, p.166 の GOODWIN による図)



第3図 Noranda 地域の主要銅一亜鉛鉱床の分布 (DOUGLAS, 1970, p.191 の LANG による図) 鉱床名 17e Vauze 17t Waite 18a Amulet 18e Horne 18g Lak Dufault 18j Quemont 18k W.

鉱体には後者が多い(第4図)。しかし下位の鉱体も周辺部では黄鉄鉱・閃亜鉛鉱に富んでいる。微量鉱物としては方鉛鉱 自然銀 エレクトラム コサライト 自然金 カラペライトなどが認められている。

変質作用は珪化 絹雲母化 緑泥石化がみられ 変質帯はパイプ状をなして鉱体の下部に400m以上連続している。

**Amulet 鉱床** は 1930年から1962年までに約700万トン(4.8% Cu, 6.8% Zn, 0.038oz/ton Au, 1.68oz/ton Ag)の鉱石を出鉱した。1.5km×0.5kmの範囲に4つの鉱体あるいは鉱体群が知られている。鉱石の性質はWaite鉱床に酷似しているが興味あるのは“Upper A”と称する鉱体が他の鉱体の上盤を構成している Amulet andesite 中に胚胎していることである(第5図)。この鉱体の直下には“Lower A”鉱体があり 両者の間にはパイプ状の変質帯が連続している。

**Lake Dufault 鉱床** は 1964年から採掘が始められた新しい鉱床で 約240万トンの鉱量(4.0% Cu, 7.2% Zn, 2.2oz/ton Ag, 0.03oz/ton Au)があるとされている。鉱床は地表下約300mに位置する一大レンズ状鉱体とその下部の鉱染状鉱体からなる。レンズ状鉱体は長さ

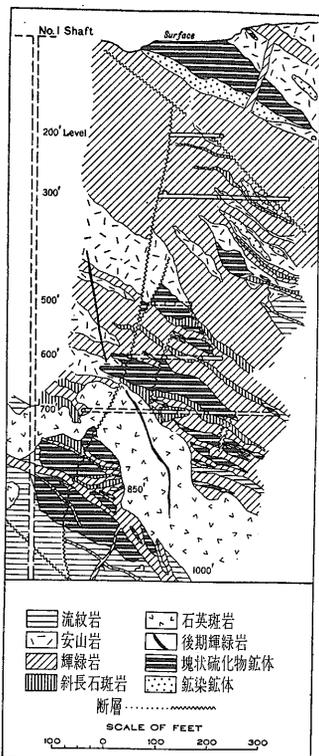
200m 幅20m 厚さ1.5~4.5mであり 鉱染状鉱体はその下部にパイプ状に発達する(第6図)。鉱体の上部は硫化鉱物のバンドを含むチャートに漸移する(PURDIE, 1967)。

レンズ状鉱体を構成する塊状鉱石の鉱物組成は 黄鉄鉱(30%) 閃亜鉛鉱(20%) 黄銅鉱(15%) 磁硫鉄鉱(11%) 磁鉄鉱(4%) 方鉛鉱(微量) 珪酸塩および炭酸塩鉱物(20%)であり 黄銅鉱は鉱体の下盤側に 閃亜鉛鉱と方鉛鉱は上盤側に多い傾向がある。

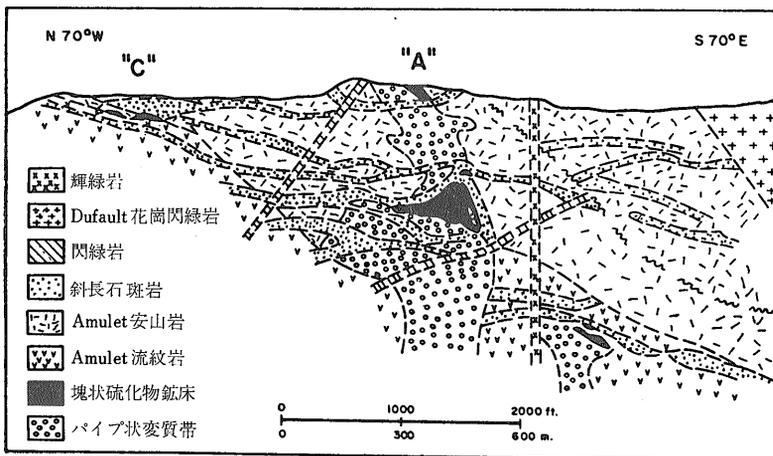
鉱染状鉱体は流紋岩中で黄銅鉱 磁硫鉄鉱 黄鉄鉱からなり 脈の幅と密度は下部にいくにしたがって減少する。閃亜鉛鉱は周辺部を除いては見出されない。

鉱染状鉱体の周辺およびその下部の流紋岩は 変質作用およびその後の変成作用により cordierite のスポットとその間をうめる黒雲母によって特徴づけられる岩石に変わっており“dalmandianite”と呼ばれている。また塊状鉱体の直下および“dalmandianite”の周辺部には磁鉄鉱とザクロ石からなる変質帯が分布しており“black chlorite”と呼ばれている。

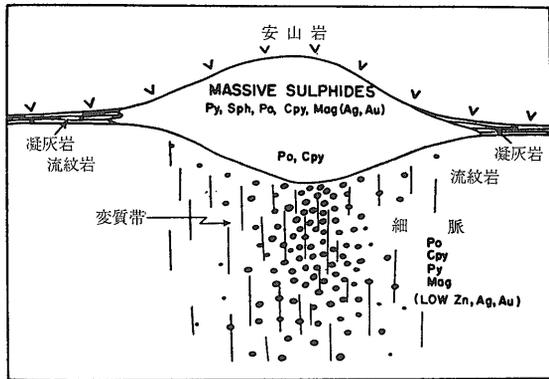
**Horne 鉱床** は Noranda 地区で最大の規模をもつ鉱床であり開発の歴史も最も古い。1927年から1966年までに約5,300万トン(銅量115万トン 金80万オンス)の鉱石を出鉱し 1967年現在約400万トン(2.47% Cu, 0.19 oz/ton Au)の鉱量があった。鉱床は流紋岩溶岩・火山砕屑岩中にあり 30以上の鉱体からなる。これらのうち“Lower H” “Upper H”と呼ばれる鉱体が最大であり 両方で5,000万トン以上の鉱量がある。鉱石の大部分は塊状鉱体であり 鉱体は層序的下位から黄鉄鉱帯(0.8% Cu, 0.27 oz/ton Au) 磁硫鉄鉱帯(0.9% Cu, 0.21 oz/ton Au) 黄銅鉱帯(7.9% Cu, 0.15 oz/ton Au)にわけられる。



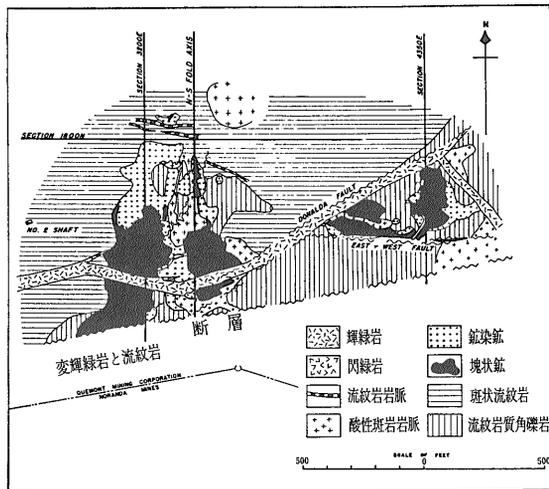
第4図 Waite 鉱床の N40°W 方向の断面図 (PRICE and BANCROFT, 1948)



第5図 Amulet-Dufault 地域の断面図 (GOODWIN et al., 1972)



第6図 Noranda 地域の鉱床模式図 特に Lake Dufault 鉱床で典型的にみられる (ROSCOE, 1965)



第7図 Qnemont 鉱床 320 Level 地質図 (TAYLOR, 1957)

Horne 鉱床の特徴の一つは “No. 5 ゾーン” と呼ばれる大規模な黄鉄鉱帯の存在である。このゾーンは流紋岩質の凝灰岩・角礫岩中に大小の黄鉄鉱塊と小脈が発達するもので おもに “Lower H” 鉱体の下位に広く分布している。黄鉄鉱塊は時に数 100 万トンの規模に達する。

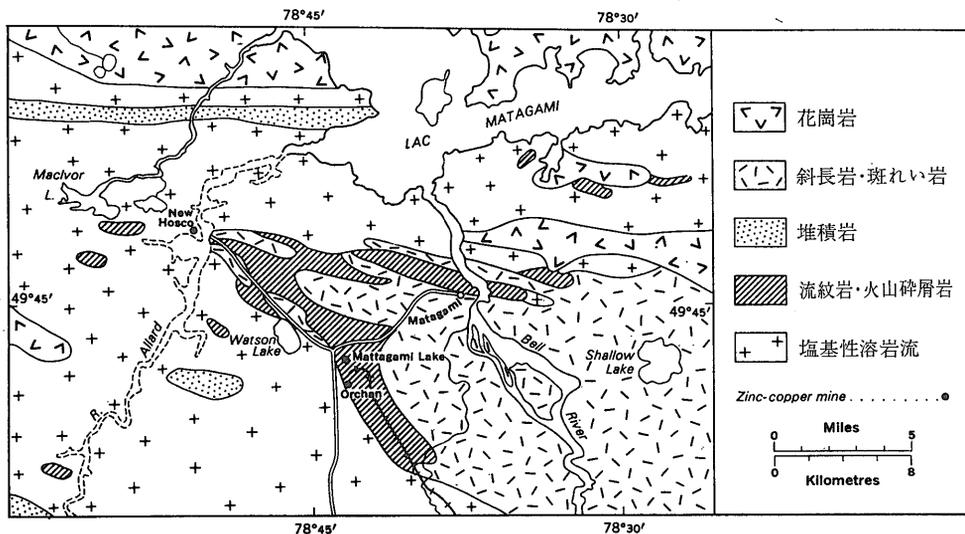
この鉱床のもう一つの特徴は 変質作用に珪化と絹雲母化が強いことで 特に上述した “No. 5 ゾーン” ではその発達が著しい。Horne 鉱床でフラックス鉱と呼ばれるのは 珪化の特に強い金・銅濃集部で 鉱体の上盤際と周辺部にみられる。なお 金鉱物としては自然金のほかに 多くのテルル化合物が見出されている。

最近発見された “No. 5” 鉱体は既知鉱体の北部にあり規模は大きい銅品位が低い。既知鉱体に比べて亜鉛の含有量が多く GUILMOR (1965) によれば 銅を主体とする既知鉱体より上位の層準に胚胎する。

Qnemont 鉱床は Horne 鉱床のすぐ北に位置する採掘・埋蔵量あわせて 1,000 万トン以上の銅・亜鉛鉱床である (出鉱品位 2.5% Zn, 1.5% Cu)。いくつかのレンズ状鉱体が流紋岩質角礫岩層の最上位に胚胎し 上盤側は斑状流紋岩に覆われている (第7図)。塊状鉱体の下盤側には鉱染状鉱体が発達し 上位から下位に向って黄鉄鉱・閃亜鉛鉱の量が減り 磁硫鉄鉱・黄銅鉱の量が増える。

**Matagami 地区**

Matagami 地区には玄武岩から流紋岩におよぶ火山岩類が広く露出している。地層はゆるい背斜構造をなし



第8図 Matagami 地域の地質と鉱床の分布 (DOUGLAS, 1970, p.193 中の LATULIPPE による図)

その軸部に斑れい岩—Anorthosite複合岩体 (Bell River Complex) が貫入している (第8図)。SHARPE (1965, 1968) は 火山岩類を下位の Watson Lake Group と上位の Wabasse Group とにわけた。Watson Lake Groupは変質流紋岩を主体とし 玄武岩～安山岩溶岩をはさむ。Wabasse Group は広範な拡がりを示す石英安山岩～安山岩溶岩を主体とする。両グループの間には“tuffite”と呼ばれる凝灰質あるいは泥質のチャート層が広く分布し 鍵層として使われている。“tuffite”層は厚さ数m以下であり しばしば層理に調和的な黄鉄鉱バンドを含むほか 磁鉄鉱や炭酸塩鉱物も時に見出される。SHARPE (1968) によれば “tuffite”層は塊状硫化物鉱床と密接な関係をもち Mattagami Lake, Orchan, New Hosco などのこの地区の主要な鉱床は いずれも “tuffite”層の直下 すなわち Watson Lake Group の最上部に胚胎されている。

**Mattagami Lake 鉱床**は 1963年に生産を開始した鉱床で 2,000万トン以上の鉱量 (0.69% Cu, 10.4% Zn, 0.01oz/ton, Au, 1.1oz/ton Ag) があるとされている。鉱床は Watson Lake Group 最上部の流紋岩溶岩中に含まれ 上盤側は厚さ約2mの “tuffite”に覆われ さらに “tuffite”は Wabasse Group の石英安山岩～安山岩に覆われている (第9図)。約1,900万トンの埋蔵量をもつ巨大な主鉱体と 200万トンの埋蔵量をもつ第2鉱体からなる。鉱石には “tuffite” 鉱 塊状閃亜鉛鉱—黄鉄鉱 塊状磁硫鉄鉱—黄鉄鉱—磁鉄鉱 鉱染状鉱の4種がある。鉱床の上部の “tuffite”層は 黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱に富み しばしば鉱石品位に達する。これらの硫化鉱物は 粘土鉱物やチャートとともに層理面に調和的なラミナをなすほか 特に閃亜鉛鉱は層理を切る小脈として産することが多い。“tuffite”鉱は下位

の塊状鉱に漸移する。塊状鉱体は 上盤側および周辺部の閃亜鉛鉱—黄鉄鉱と その層序的下位に発達する磁鉄鉱—磁硫鉄鉱—黄銅鉱とからなる。前者の中には 厚さ0.2～2cm で母岩の層理面に調和的な compositional banding が発達する (第10図)。脈石鉱物としては 石英 緑泥石 絹雲母と少量の炭酸塩鉱物がある。また鉱石中には “tuffite”の破片と思われるチャート質の角礫がしばしば見出される。

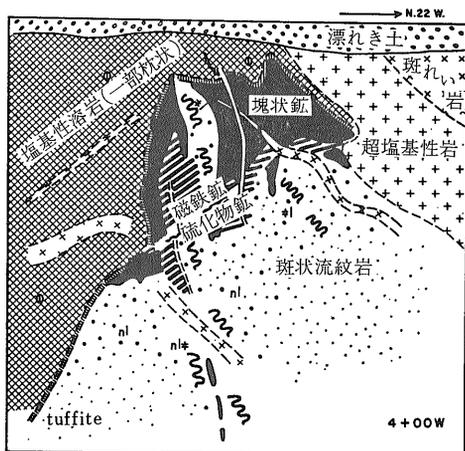
塊状鉱体下部の流紋岩質角礫岩は 強い珪化と緑泥石化とともに 小脈状・鉱染状の鉱化作用を受け鉱染状鉱といわれている。全体としてキノコ状の形態をして下部に向かって劣減する。鉱石鉱物の種類は塊状鉱体と同じであるが 黄銅鉱の量が多いことが特徴的である。

“tuffite”層以下の岩石は一般に変質を受けているが 上盤の Wabasse Group の岩石はほとんど変質を受けていない。緑泥石化作用は最も広範囲にわたっており 塊状鉱体の下部では特に強い。絹雲母は “tuffite” 塊状鉱体の上部に多量に含まれている。

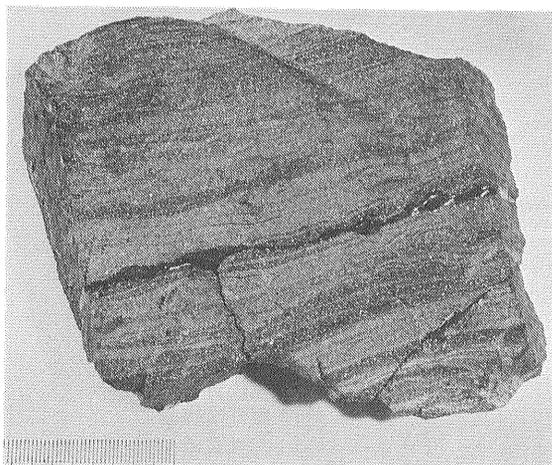
Matagami 地区の他の鉱床 Orchan 鉱床 (埋蔵量460万トン)・New Hosco 鉱床 (埋蔵量340万トン) などは Mattagami Lake 鉱床とよく似た性質を持っており Bell River Complex 北部の埋蔵量20～30万トンの小鉱床 (Radiore, Uranium, Garson Lake, Bell Channel など)を含めてほぼ同一層準に胚胎している。しかし “tuffite”層との関係は 必ずしも一定でなく New Hosco 鉱床や上述の小鉱床では鉱体の中や下部にも “tuffite”層が見出される。

**Timmins 地区**

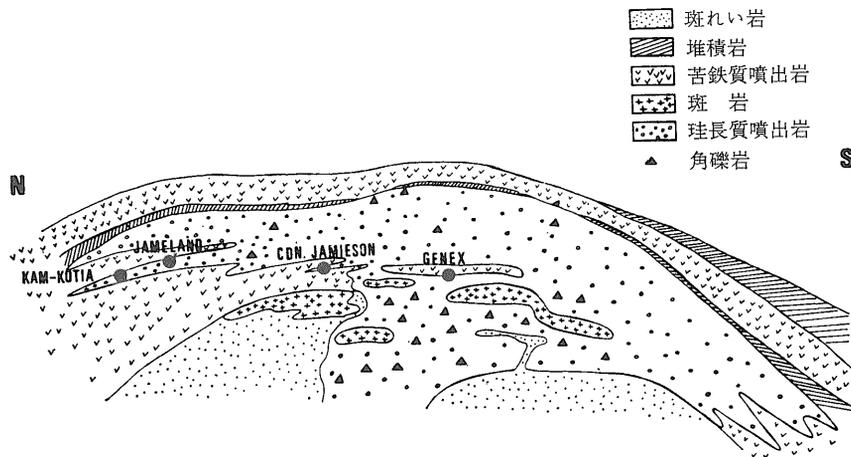
この地域にも他の地域と同様に Keewatin 型の火山岩が広く分布している。Timmins 西方の Kamiskotia 地



第9図 Mattagami Lake 鉱床の地質断面模式図 (SHARPE, 1965) 波形は片状部 黒点は硫化物の鉱染をあらわす



第10図 絹状構造を示す鉱石 (Mattagami Lake 鉱床) 白っぽい部分は黄鉄鉱—黄銅鉱の多い部分 黒っぽい部分は閃亜鉛鉱に富む部分



第11図  
Kamiskotia地域地質模式断面図  
(PYKE and MIDDLETON, 1971)

区には 流紋岩を主とする厚い火山累層が発達し Kam-kotia・Canadian・Jamieson・Genex などの塊状硫化物鉱床が この累層の翼部に胚胎されている(第11図)。火山累層中では下位から上位にかけて 火山岩の組成が塩基性から酸性に変化し 厚さ約30mの堆積岩層をはさんで 次のサイクルの塩基性溶岩に覆われている。前述した他の2地区と同様に 火山累層の発達する地域の中心部に斑れい岩が貫入している。

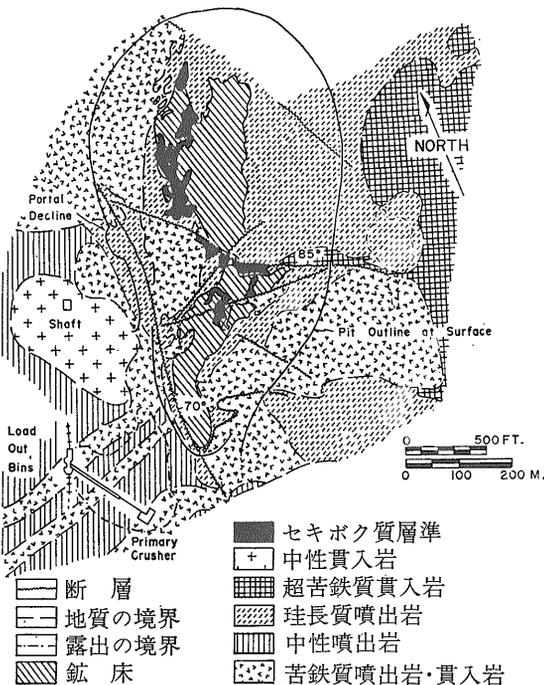
**Kam-Kotia** 鉱床は 隣接する Jameland 鉱床と合せて 1944年以来 500 万トン以上の鉱石 (1.73% Cu, 2.94%

Zn) を出鉱している。 鉱床は厚さ 120~150m の“ore horizon”中の多くのレンズ状鉱床からなる。 鉱体には亜鉛に富むものと銅に富むものがあり 一般には見かけの下位に亜鉛に富む鉱体が位置している。

Kam-Kotia 鉱床の約 1km 南東に位置する Jameland 鉱床もほぼ同様の性質を有し 層序的にも同じ層準に位置している。 両鉱床の間には鉱染状・塊状の黄鉄鉱化帯が連続している。

**Kidd Creek (Texas Gulf)** 鉱床は 1965年の開山以来 5年間で約1,000万トンの鉱石を出鉱した。 鉱床は流紋岩質の火山岩中に胚胎され 上盤側は玄武岩質の噴出岩で覆われている(第12図)。 鉱床付近には最大10%の炭素を含む“graphite horizon”と呼ばれる岩石が発達している。 この鉱床は他の塊状硫化物鉱床と比較して銀の品位が高く鉛もやや多いことが特徴的である。

第13図に Kidd Creek 鉱床の鉱石の顕微鏡写真を示す。この地域は一般に弱い変成作用しか受けておらず 鉱石にも原構造と思われるこまかい縞状構造や コロフォルム構造がしばしば保存されている。



第12図 Kidd Creek 鉱床の地質図 (PYKE et al., 1972)

**Churchill 区**

**Flin Flon-Snow Lake 地域の地質**

カナダ楯状地の中で 層状硫化物鉱床は群をなして分布しているが 一つの大きな群が ケベック州とオンタリオ州にまたがる すでに述べた Matagami-Noranda-Timmins 地域にあるとすると もう一つの群は マニトバ州から一部サスカチワン州にまたがる Flin Flon-Snow Lake 地域にある。 前者が カナダ楯状地の中の Superior 地質区の greenstone belt 中に存在するのに対し後者は Churchill 地質区の gneenstone belt 中にある、

第1表 Flin Flon-Snow Lake-Lynn Lake 地域の塊状硫化物鉱床の規模

		Size 10 <sup>4</sup> t	Grade	
			Cu %	Zn %
Flin Flon Area	Flin Flon	64.0	2.2	4.6
	Coronation	1.4	4.2	—
	Schist Lake	0.81	3.8	7.8
	Cuprus	0.51	3.2	6.4
	Birch Lake	0.28	6.2	—
	North Star	0.26	6.1	—
	Mandy	0.14	7.5	9.4
	Don Jon	0.09	3.1	—
	Snow Lake Area	Stall Lake	3.2	~5
Rod	0.30	7.1	2.9	
Osborne Lake	Osborne Lake	2.7	4.2	1.4
	Anderson Lake	1.8	3.8	—
	Chisel Lake	5.3	0.4	12
	Ghost Lake	0.26	1.4	12
	Dickstone	0.58	2.5	3.2
	Wim	1.0	3.0	—
Lynn Lake Area	Fox	13.0	—	—

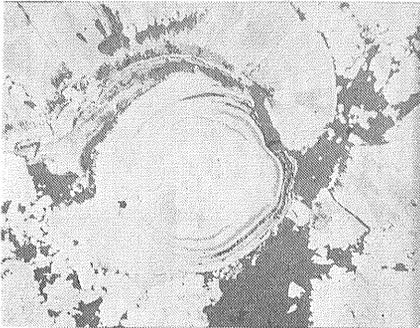
(WHITMORE, 1969; COATS et al., 1970; COATS et al., 1972)

マニトバ州における Superior 区と Churchill 区の境界は非常に明瞭で 岩石の年代のみならず 前者がE-W性 後者がN-S性で 構造的な方向性もちがっている。

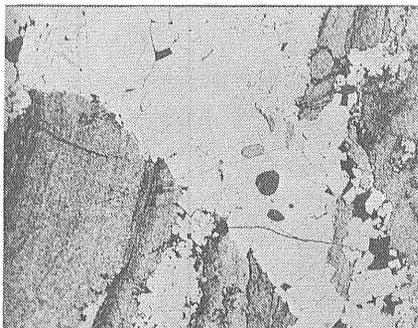
両地質区の間には 10~30km の幅をもって 高変成度の岩石が 断層で接して露出している。この部分は Pitwitonei 区ともよばれていて 地殻深部の岩石が構造的にもちあげられて顔をのぞかせているのだと考えられている (BELL, 1971; BOSTOCK, 1971)。

Flin Flon-Snow Lake 地域の greenstone belt は 幅約 50km 延長約 250km にわたって 東西にのびている。この greenstone belt の約 100km 北方に やや規模が小さいが もう一つの greenstone belt がある。その中心が Lynn Lake で ここでも Fox Lake 鉱床その他いくつかの層状硫化物鉱床が知られている。

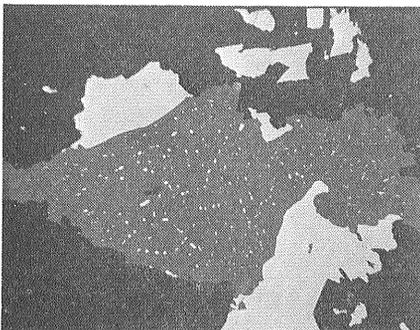
Flin Flon-Snow Lake greenstone belt の火山堆積岩層は Amisk Group とよばれ これはちょうど Noranda 地域における Keewatin type の火山堆積岩層に相当する。Amisk Group は 砂岩を主とする Missi Group に不整合におおわれている。さらに両者は ともに変形され変成され 花崗岩に貫入されている (STOCKWELL, 1960)。Amisk Group の基底は確められていないが露出している限りの厚さは 4,200~6,300m と推定されている。一般的に Amisk Group には塩基性~中性噴出岩類が多いが より後期になる程 より酸性になり また火山砕屑物が多くなる傾向がある (COATS et al., 1972)。これらはすべて海底火山活動の産物である。この地域の いわゆる層状硫化物鉱床の規模を第1表に示す。



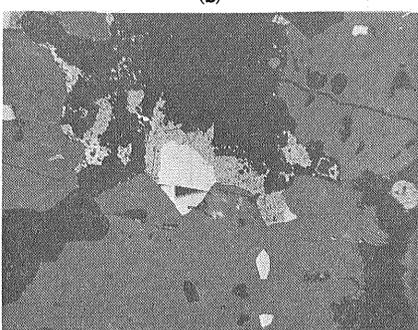
(a)



(b)



(c)



(d)

第13図  
Kidd Creek 鉱床の鉱石の顕微鏡写真

- (a) 黄鉄鉱のコロフォーム構造 (写真の横の長さ1.5mm)
- (b) 微細な織状構造を示す黄鉄鉱と再結晶した粗粒な黄鉄鉱(白色) (0.9mm)
- (c) 黄銅鉱(白色)と閃亜鉛鉱(暗灰色) 黄銅鉱のドットを含む) 再結晶鉱物と考えられる。(0.45mm)
- (d) 方鉛鉱(白色) 輝銀鉱(灰色) 閃亜鉛鉱(暗灰色) 黒色部は脈石 (0.45mm)

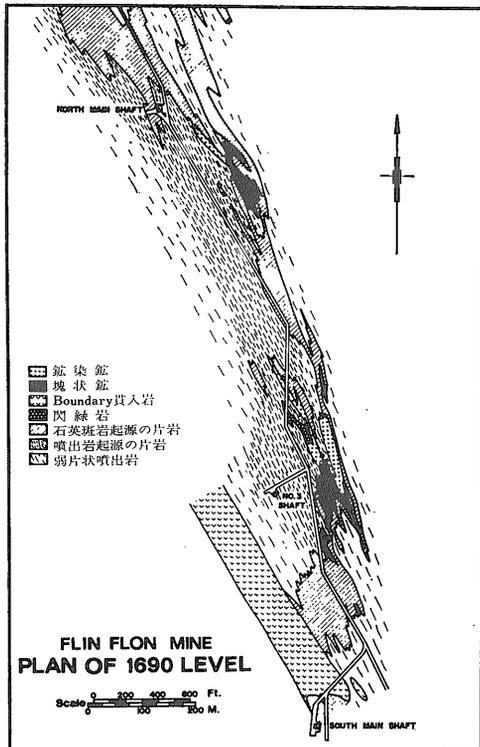
### Flin Flon 地域

**Flin Flon 鉱床** 鉱床は1914年に発見されたこの地域最大の鉱床である。1930年に生産を開始し その結果この地域はカナダにおける鉱業の一つの中心になった。1970年までに5,900万トン(2.2% Cu, 4.4% Zn)の鉱石が採掘された。始めは露天掘であったが 1942年に降坑内掘りに移り 現在は地下1,125mのレベルにまで達している。鉱床帯の走向・傾斜は N30°W 70°E で35°SEの方向に落している。鉱床帯の幅は150m 走向延長600m 落しの方向に1,500m以上続いている。鉱床帯の岩石はまわりの岩石よりも片状で しばしば“shear zone”とよばれている。鉱床帯の中に6つのレンズ状鉱体が 一見雁行配列のような形で存在する(第14図 第15図)。単位鉱体の規模は 水平断面で大体270m×20m 程度で 落しの方向に800m以上続いている。母岩は Amisk Group の火山岩類であるが 安山岩質の溶岩の中に“quartz porphyry flow”とよばれる より酸性な噴出岩がはさまれており 鉱体はこの岩石と密接に伴っている。これらの岩石は緑色片岩相に相当する変成作用をうけている。岩層は褶曲して傾いているが 復元してみると 塩基性火山岩の下に酸性火山岩があり ちょうどその両者の間に層状硫化物鉱床が存在する。

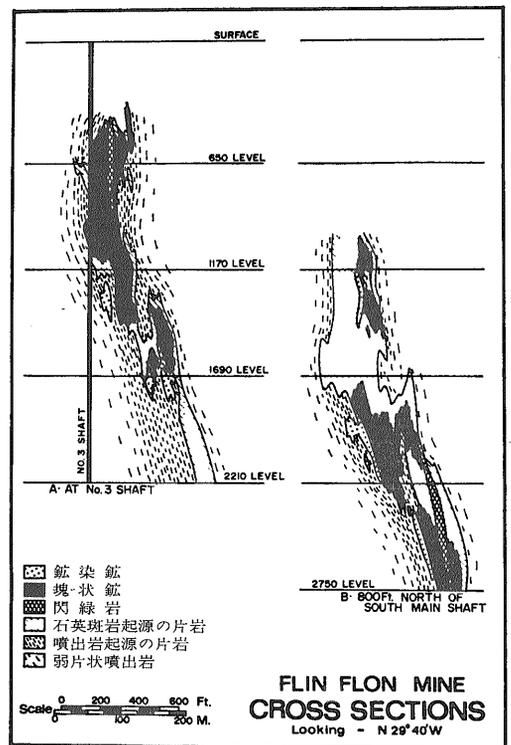
鉱石は塊状のものと鉱染状のものに分けられる。塊状鉱が全体の70%を占める。塊状鉱は主として黄鉄鉱 黄銅鉱 閃亜鉛鉱からなり 脈石は 石英 方解石 緑泥石などである。層準的に上盤の方へゆくにつれて閃亜鉛鉱含有量が多くなる傾向があり また縞状構造もより顕著になる。鉱染鉱は鉱体の下盤側につく傾向があり 鉱石鉱物は主に黄鉄鉱と黄銅鉱で 閃亜鉛鉱は少ない。6つの鉱体が区別されるといっても これらの鉱体は同一層準にあって 雁行配列しているようにみえるのは 褶曲による転移の結果と思われる。

Flin Flon 鉱床の南には Mandy 鉱床と Schist Lake 鉱床が相接して存在する。Mandy 鉱床はかつて高品位の銅鉱を産したことで有名である。SPURR(1923)はこの鉱石をみてその縞状構造は flow banding であると考え ore magma 説でその成因を論じた。

**Coronation 鉱床** この鉱床は Flin Flon の南南西約20km のところに位置する。Flin Flon と同様 Amisk Group の火山岩類中に存在する。この地域は角閃岩相に相当する変成作用をうけており 鉱石の様子は Flin Flon のものと大変ちがう。この地域にはまた少しはなれて Elexar Birch Lake などの鉱床もある。Coronation 鉱床は1953年に発見された。電探異常のところ



第14図 Flin Flon 鉱床 1690 Level 地質図 (Coats et al., 1972)



第15図 Flin Flon 鉱床地質断面図 (Coats et al., 1972)

第2表 Coronation 鉱床の鉱石鉱物 (KANEHIRA, 1969)

層状体	"高温" 鉱物			"低温" 鉱物	天水成鉱物
	鉱物	平衡組成	冷却分離		
層状体	黄鉄鉱	~Fe <sub>0.934</sub> S* in Po-Py Ass.	Cub ラメラ Po, Cp ドット Il ラメラ Hm ラメラ	黄鉄鉱	
	磁硫鉄鉱			白鉄鉱	
	黄銅鉱	~FeS 14%* in Sph-Po Ass.		磁硫鉄鉱	
	閃亜鉛鉱			黄銅鉱	
	硫砒鉄鉱	FessAss2S35 in Asp-Py Ass.		閃亜鉛鉱	
	磁鉄鉱	~M <sub>7</sub> U <sub>8</sub> in Mt-II Ass.			
	チタン鉄鉱	~Il <sub>01</sub> Hm <sub>0</sub> in Mt-II Ass.			
	自然金				
脈			黄銅鉱 四面銅鉱 黄鉄鉱	班銅鉱 銅 藍	

\* ARNOLD and FERRIS (1969) による。  
 Mt: 磁鉄鉱 Us: ウルボスピネル Il: チタン鉄鉱 Hm: 赤鉄鉱  
 Cub: キューパ鉱 Po: 磁硫鉄鉱 Py: 黄鉄鉱 Sph: 閃亜鉛鉱  
 Asp: 硫砒鉄鉱 Cp: 黄銅鉱  
 変成作用(角閃岩相)時の再結晶鉱物を"高温" 後退変成作用に伴うものおよび後期の鉱脈を形成しているものを"低温" 鉱物としてある。

へ試錐を下して発見された潜頭鉱床である。1960年から1965年まで採掘され 約140万トン(4.25% Cu)の鉱石を産出した。1960年から National Advisory Committee for Research in the Geological Sciences (Canada) の支援のもとに 1つの鉱床を徹底的に調べる目的で多くの研究者によって 共同研究が行われた。その結果は Symposium on the geology of Coronation mine, Saskatchewan (BYERS, 1969) として出版された。

鉱床は膨縮著しいが 最大幅 23m 走向延長 200m 深さ 350m に達している。母岩の foliation は N45°W 65°W で 線構造は南へ 60°で落している。鉱床はほぼ母岩の構造に調和して存在し 線構造方向にのびた形をしている。

母岩である Amisk Group の噴出岩類は角閃岩に変わっているが しばしば原岩の構造が残っていて 溶岩流 火山角礫岩などを区別することができる。鉱床のまわり 特にみかけの上盤側に 直閃石-堇青石岩が発達している。鉱床は変成岩の構造とは調和しているが 原岩の構造は切っているように見える(第16図)。

鉱石は60~90%の硫化鉱物を含む塊状鉱と 硫化鉱物の少い "stringer ore" とに分けられる。塊状鉱

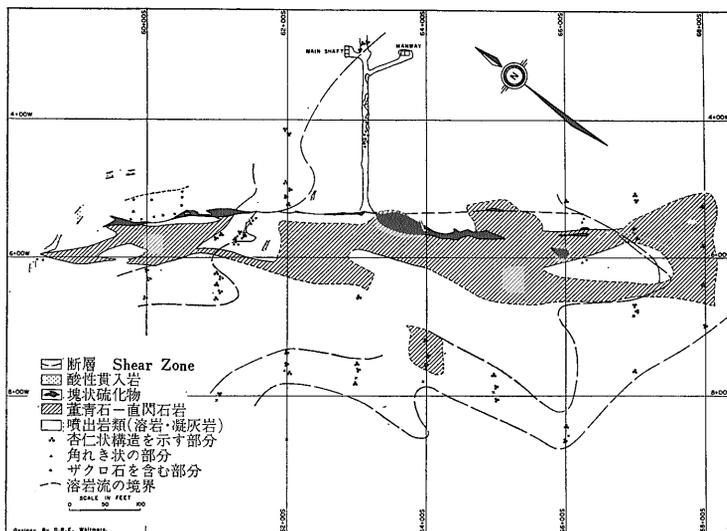
はさらに黄鉄質の鉱石と磁硫鉄質の鉱石とに分けられる。いずれの場合も硫化鉄鉱以外の金属鉱物のうち主要なものは黄銅鉱と閃亜鉛鉱である。Stringer ore には磁鉄鉱とチタン鉄鉱も普通に含まれている。鉱石鉱物をまとめて第2表に示す。脈石は石英 緑泥石 黒雲母 直閃石 堇青石などである。Gahnite (Zn スピネル) を含む鉱石もある。磁硫鉄鉱は ときにみごとな選択配列を示す (KANEHIRA, 1969)。

Snow Lake 地域の鉱床

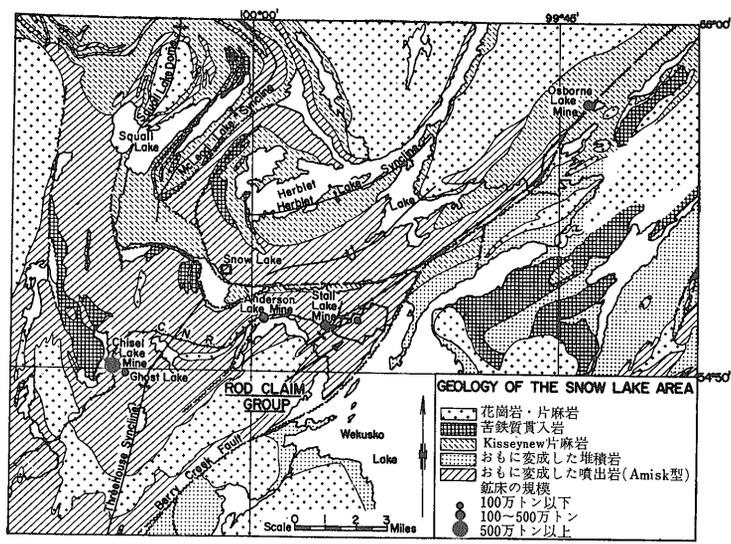
Snow Lake の町は Flin Flon から約 80km 東に位置する。この付近にもいくつかの塊状硫化物鉱床が知られているが 大きいものでも 500万トン程度の鉱床で一般に規模は大きくない。この地域の Amisk Group の火山堆積岩層は 褶曲して一つの大きな向斜構造をなしている(第17図)。いくつかの鉱床

がその両翼に分布するが 同一層準のものがどうか確かめられていない。この地域は角閃岩相に相当する変成作用を受けている。代表的な鉱床として Chisel Lake 鉱床と Rod 鉱床を紹介する。

Chisel Lake 鉱床 鉱床は1956年に発見され 1960年から採掘されている。既掘鉱量と埋蔵鉱量を合わせると約 500万トンでこの地域最大の鉱床である。銅品位は 0.5%以下と低いが 亜鉛を約12%含んでいる。1,000 t/day の割合で採掘されている。



第16図 Coronation 鉱床 450' Level 地質図 (WHITMORE, 1969)

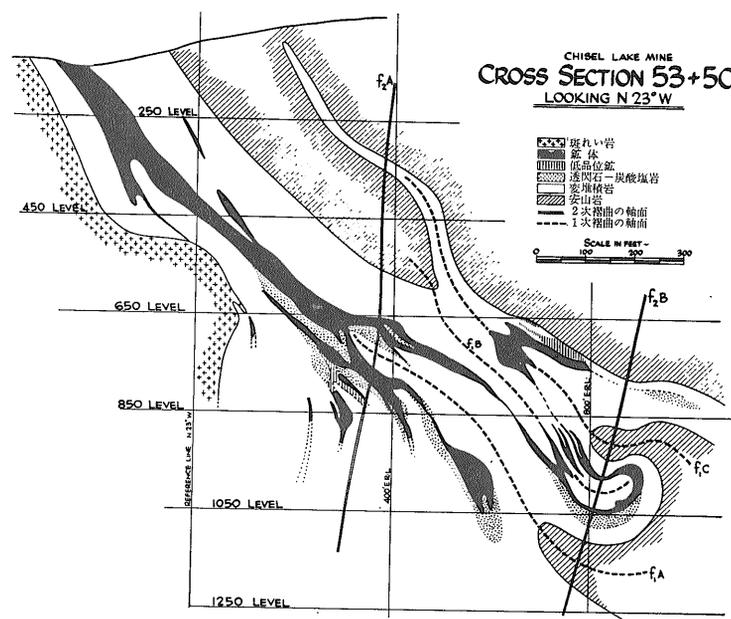


第17図 Snow Lake 地域の地質 (COATS et al., 1970)

鉱床は Amisk Group 中の堆積岩相の中に胚胎している。鉱床近傍の火山岩は安山岩質であるが この地域には酸性の火山岩も露出している。これらの堆積岩火山岩は 変成されて片麻岩 角閃岩に変わっている。実際鉱床の直接の母岩は 石英—十字石—白雲母—黒雲母—ザクロ石片麻岩である。斑れい岩が貫入しているが 鉱床自体もこの斑れい岩体に切られている。鉱体は複雑に枝分れしているようにみえるが もともと単純な形の層状鉱床が 褶曲の結果このような形になったと

である。

**Rod 鉱床** は 向斜をはさんで Chisel Lake 鉱床の反対側に位置している。堆積岩類の上に厚い噴出岩類のっている。噴出岩類は玄武岩質 安山岩質 流紋岩質のものにわたっているが 鉱床はこの中の酸性噴出岩類に伴っている。この酸性の岩石は しばしば “quartz porphyry” とよばれているが 再結晶で粗粒になった流紋岩質凝灰岩らしい。開発が進んでいないので鉱床の詳細はわからない。塊状鉱の主要構成鉱物は 磁硫鉄鉱 黄鉄鉱 閃亜鉛鉱 黄銅鉱で 若干の方鉛 鉱 硫砒鉄鉱 磁鉄鉱を伴う。



第18図 Chisel Lake 鉱床の地質断面図 (MARTIN, 1966)

**Lynn Lake greenstone belt の鉱床**

Flin Flon-Snow Lake greenstone belt の北約 70km のところにもう一つの greenstone belt がある。その中心が Lynn Lake である。この greenstone belt は 前者よりも規模は小さい。ここにも Fox (または Fox Lake) 鉱床 その他 2 3 の少なくともみかけ上は層状塊状硫化物型の鉱床が知られている。この地域の岩石は一般に角閃岩相にあたる変成作用をうけている。岩層の変形

も著しい。

**Fox 鉱床** この鉱床は Lynn Lake の西南西 43km のところに位置し 1961年に発見されたといわれる。1970年12月現在の鉱量は約1,300万トン(1.84% Cu, 2.70% Zn)である。

鉱床は同斜褶曲をした火山堆積岩起源の変成岩中に胚胎している。鉱床帯は大体幅 30m 走向延長 450m 850m 下部まで確認されている。この鉱床帯中に2つのレンズ状鉱体があり母岩の構造と調和した形で存在する。鉱床内で銅品位の高い部分と亜鉛品位の高い部分とがあるがその分布はあまり規則的ではない。鉱床帯には“変質帯”が発達しており鉱体を包んでいる。変質帯の鉱物は緑泥石 石英 白雲母 曹長石 黒雲母 角閃石 滑石などである。

この鉱床は熱水起源の復成鉱床が変成作用を受けたものであると説明されている(COATS et al., 1972)。磁鉄鉱は一般に鉱体の縁の部分に多く黄鉄鉱から変成作用によって変わったものと思われる。

#### 始生代の塊状硫化物鉱床の特徴

Superior 区 Churchill 区 Grenville 区などというカナダ楯状地のいわゆる構造区分は実際には K-Ar 年代区とでもいうべきもので一般には最後の変成作用・花崗岩貫入の年代による区分とすることができる。各構造区を構成している岩石の原岩 噴出岩や堆積岩の時代は必ずしも明らかではない。前節まで Superior 区と Churchill 区に分布する塊状硫化物鉱床について紹介したが最近の U-Pb 法などによる年代測定結果によると Churchill 区の少なくとも Superior 区に接する付近の原岩は Superior 区の岩石と同様 もともとは 2,400 m.y. よりも古い 始生代のものであるらしい。GOODWIN (1971) はマニトバ州やサスカチワン州をも含めてスーパーイオル原大陸とよびそこでの鉱床区の問題を論じている(第2図)。これにしたがえば上に述べたのはカナダ楯状地の始生代の塊状硫化物鉱床ということになる。

母岩も鉱床も多かれ少なかれ変形され変成されているがその効果をとりぞいで考えてみるとカナダ楯状地の塊状硫化物鉱床のおもな特徴はつぎのようになる。

- (1) 鉱床の近傍には塩基性から酸性にわたる噴出岩類が分布しているが 鉱床は特に流紋岩質ないし石英安山岩質の噴出岩・火山砕屑岩に伴っている。
- (2) 鉱床の主部は塊状鉱からなり層状ないしレンズ状で母岩と調和した形で存在する。ただししばしば塊状鉱体の下方には 鉱染鉱ないし網状脈からなる不調和な鉱体が

ある(第6図 第9図)。

- (3) 一般に主要鉱石鉱物は黄銅鉱 閃亜鉛鉱 黄鉄鉱である。層状鉱体の上部ほど閃亜鉛鉱が多くなる傾向がある。鉱染鉱は黄鉄鉱質で若干の黄銅鉱を伴う。

始生代の塊状硫化物鉱床はほとんど方鉛鉱を伴わないか 伴っていても量は少ない。また重晶石も一般には欠けている。この点ではわが国の新第三紀の黒鉱鉱床と著しくちがう。しかし酸性の海底噴出岩に伴うこと 鉱床は層状鉱体とその下方の網状脈の部分とからなること 方鉛鉱が少なく重晶石を欠く点を別にすれば 鉱床は上位ほど“黒鉱質”であることなどの点は黒鉱鉱床と少なくとも現象的には類似している。わが国の黒鉱鉱床の研究が広く世界に紹介されるようになってカナダの鉱床研究者も 始生代の鉱床と黒鉱鉱床との類似点あるいは相異点を問題にするようになってきた(SANGSTER, 1972)。

ところで 始生代の鉱床を考える場合には地殻の進化をも考慮しなければならないであろう。それなしには古い鉱床と新しい鉱床を単純に比較するわけにはいかないであろう。このことについては 仮に地殻の進化を考えるにしても 基本的には現在の地殻における過程と類似の過程が始生代にも働いていたとみる立場と現在の地殻とは全くちがった環境を考える立場とがあるようにみえる。たとえば WILSON et al. (1965) や FOLINSBEE et al. (1968) は 始生代の噴出岩類を分析して島弧の火山岩類との類似を述べており 始生代地殻の発達を島弧的なものとみていることが言外にうかがわれる。一方 CONDIE et al. (1969) は始生代のカルクアルカリ性噴出岩の性質から 始生代の地殻の厚さは現在とあまりちがわなかったと考え また D. C. GREEN et al. (1971) は一つの地域における各種火成岩の詳細な年代決定にもとづいて 始生代地殻の発達の場合にも 古生代以降と同様に 海底噴出岩類の活動から 花崗岩質底盤の形成にいたる造構輪廻があったと考えている。GOODWIN (1971) もスーパーイオル原大陸は“島弧”が結合して大陸に成長したものであるとみているようである。このような考えによると 始生代の塊状硫化物鉱床と新第三紀の黒鉱鉱床の比較も多少意味をもってくるように思われる。そして始生代鉱床に方鉛鉱が少ないことの原因の一部はマントル中での鉛の蓄積量がまだ少なかったことによるとし また重晶石の欠除は 古い海水の性質のちがいとして説明しうるかもしれない。

一方 始生代の greenstone belt の成因を現在の地殻における過程とは全くちがった過程に求める見方もある。たとえば D. H. GREEN (1972) の隕石衝突説などがそ

れである。この考えのもとになっていることの一つは始生代には一般の玄武岩質マグマとともに超塩基性マグマも噴出したらしい(VIJOEN et al., 1969; NESBITT, 1972; NALDRETT et al., 1968) という事実があることである。このようなマグマはその生成の場でマンツルの組成の60~80%が溶けないとできない。それには大変な熱源が必要で隕石の衝突でも考えた方がよいというわけである。もしそうだとすると greestone belt に分布する始生代の塊状硫化物鉱床の生成も何か非常にちがった過程を考えなければならないことになるであろう。しかしこのようなカタストロフィックなことを考えるにはさし当ってまだ資料が少なすぎるように思われる。ここでは始生代の本質にはこれ以上立ち入ることをやめて 次回はアパラチア山脈の鉱床をみてみることにしよう。

(筆者らは鉱床部・千葉大学)

#### 引用文献

- ARNOLD, R. G. and FERRIS, C. S. (1969): Compositions of pyrrhotite and sphalerite from the Coronation mine. *Geol. Surv. Canada*, Paper 68-5, 201-211.
- BELL, C. K. (1971): Boundary geology, Upper Nelson area, Manitoba and Northwestern Ontario. *Geol. Assoc. Can., Spec. Paper 9*, 11-39.
- BOSTOCK, H. H. (1971): Geological notes on Aquatuk River map-area, Ontario with emphasis on the Precambrian rocks. *Geol. Surv. Can.*, Paper 70-42.
- BYERS, A. R. ed. (1969): Symposium on the geology of Coronation mine, Saskatchewan. *Geol. Surv. Can.*, Paper 68-5.
- COATS, C. J. A., CLARK, L. A., BUCHAN, R. and BRUMMER, J. J. (1970): Geology of the copper-zinc deposits of Stall Lake Mines Ltd., Snow Lake area, Manitoba. *Econ. Geol.*, **65**, 970-984.
- COATS, C. J. A., QUIRKE, T. T. Jr., BELL, C. K., CRANSTONE, D. A. and CAMPBELL, F. H. A. (1972): Geology and mineral deposits of the Flin Flon, Lynn Lake and Thompson areas, Manitoba, and the Churchill-Superior front of the western Precambrian shield. 24th Intern. Geol. Congr., Excursions A31 & C31, Guidebook, pp. 96.
- CONDIE, K. C. and POTTS M. J. (1969): Calk-alkaline volcanism and the thickness of the early Precambrian crust. *Canadian Jour. Earth Sci.*, **6**, 1179-1184.
- DOUGLAS, R. J. W. ed. (1970): Geology and economic minerals of Canada. *Geol. Surv. Canada, Economic Geology Report No. 1*, pp. 838.
- FOLINSBEE, R. E., BAADSGAARD, H., CUMMING, G. L. and GREEN, D. C. (1968): A very ancient island arc. In the crust and upper mantle of the Pacific area. (L. KNOPOFF et al., eds.). *Amer. Geophys. Union, Geophys. Monogr.* No. 12, 441-448.
- GOODWIN, A. M. (1971): Metallogenic patterns and evolution of the Canadian shield. *Geol. Soc. Aust. Spec. Publs.* **3**, 157-174.
- GOODWIN, A. M., RIDLER, R. H. and ANNELLS, R. N. (1972): Precambrian volcanism of the Noranda-Kirkland Lake-Timmins, Michipicoten, and Mamainse Point areas, Quebec and Ontario. 24th Intern. Geol. Congr. (Montreal), Excursion Guidebook, A40-C40, pp. 93.
- GREEN, D. C. and BAADSGAARD, H. (1971): Temporal evolution and petrogenesis of a Archaean crustal segment at Yellowknife, N. W. T., Canada. *Jour. Petrol.*, **12**, 177-217.
- GREEN, D. H. (1972): Archaean greenstone belts may include terrestrial equivalents of lunar maria? *Earth Planet. Sci Letters*, **15**, 263-270.
- GUILMOR, P. (1965): The origin of the massive sulphide mineralization in the Noranda district, northwestern Quebec. *Geol. Assoc. Canada, Proc.*, **16**, 63-81.
- KANEHIRA, K. (1969): Sulphide ores from the Coronation mine. *Geol. Surv. Can.*, Paper 68-5, 79-135.
- MARTIN, P. L. (1966): Structural analysis of the Chisel Lake orebody. *Can. Min. Met. Bull.*, **59**, 630-636.
- NALDRETT, A. J. and MASON, G. D. (1968): Contrasting Archaean ultramafic igneous bodies in Dundonald and Clergue Townships, Ontario. *Canadian Jour. Earth Sci.*, **5**, 111-143.
- NESBITT, R. W. (1971): Skeletal crystals forms in the ultramafic rocks of the Yilgarn block, western Australia: evidence for an Archaean ultramafic liquid. *Geol. Soc. Aust. Spec. Publs.* **3**, 331-347.
- PRICE, P. and BANCROFT, W. L. (1948): Waite Amulet mine: Waite section. In *Structural geology of Canadian ore deposits*. *Geol. Div. Canadian Inst. Mining Metall.*, 757-763.
- PURDIE, J. J. (1967): Lake Dufault Mines Ltd. In *Can. Inst. Min. Met., Centennial Field Excursion Guidebook*, p. 52-57.
- PYE, E. G., LOVELL, H. L., BRIGHT, E. G., PETRUK, W. et al. (1972): Precambrian geology and mineral deposits of the Timagami, Cobalt, Kirkland Lake and Timmins region, Ontario. 24th Intern. Geol. Congr. (Montreal), Excursion Guidebook, A39-39b-C39., pp. 96.
- PYKE, D. R. and MIDDLETON, R. S. (1971): Distribution and characteristics of the sulphide ores of the Timmins area. *Can. Min. Met. Bull.*, **64** (710), 55-66.
- ROSCOE, S. M. (1965): Geochemical and isotopic studies, Noranda and Matagami areas. *Can. Min. Met. Bull.*, **58**, 965-971.
- SANGSTER, D. F. (1972): Precambrian volcanogenic massive sulphide deposits in Canada: a review. *Geol. Surv. Canada, Paper 72-22*, pp. 44.
- SHARPE, J. I. (1965): Summary of field relations of Matagami sulphide masses bearing on their deposition in time and space. *Can. Min. Met. Bull.*, **58**, 951-964.
- SHARPE, J. I. (1968): Geology and sulphide deposits of the Matagami area. *Que. Dept. Nat. Resources, Geol. Rept.* 137.
- SPENCE, C. D. (1967): The Noranda area.; In *Can. Inst. Min. Met., Cent. Field Excursion Guidebook*, 36-39.
- SPURR, J. E. (1923): The ore magma, a series of essays

