

# 世界の銅鉛床・銅鉛山

佐藤 壮 郎<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

鉱物資源の生産量や埋蔵量について、国別にどのような分布をしているかは例えば米国鉱山局(U. S. Bureau of Mines)の“Mineral Commodity Summaries”や我が国の「鉱業便覧」を見ればすぐに知ることができる。しかし鉱床タイプ別や鉱床の生成年代別に、どのタイプあるいはどの時代が重要なかを定量的に示した統計はほとんどない。

かつて筆者は、銅・鉛・亜鉛・鉄などについて、主要な鉱床タイプの重要度を示したことがある(第1表; 佐藤, 1979)。このとき使用した原データは、Baushau (1971) や Pelissonier (1972) などが総括した鉱山地域別の総金属量(累積生産量+埋蔵量)であり、生産量と埋蔵量の区別、あるいは生成時代別の詳しい解析はできなかった。

銅鉛床については Jacobsen (1975) が、1974年の生産量について鉱床タイプ別・生成年代別の解析を行なっている。参考のために彼の生成年代別の分布を第1図に示す。

最近筆者は、資源地質学会の依頼により「銅・鉛・亜鉛・金・銀資源の過去・現在・未来」と題す

る論文をまとめたが、その際自由経済圏の主要鉱床/鉱山の生産量と埋蔵量についてのデータを集積・整理して、鉱床タイプ別・生成年代別の量的分布を明らかにしようとした。上記論文ではページ制限のために充分書ききれなかった部分も多いので、ここでは特に銅鉛床に焦点をあててその資源的特徴を述べてみたいと思う。

## 2. 対象とした鉱床と鉱床タイプの分類

検討の対象としたのは自由世界の主要鉱山/鉱床で、原則として年間鉱石生産量15万トン以上あるいは埋蔵銅量10万トン以上のものである。ただし、多金属鉛床の場合は埋蔵量中の銅量が10万トン以下のものも含む。

上記のような基準にあてはまる鉛床/鉱山のうち、生産量および埋蔵量データを収集することができたのは800であった。これらの鉛床/鉱山の最近の年間平均銅生産量を集計すると約700万トンであり、これは1987-1990年の自由世界の年間銅生産量669万-722万トンとよく一致する。したがって、今回収録したデータが自由世界の主要銅鉛床のほぼすべて

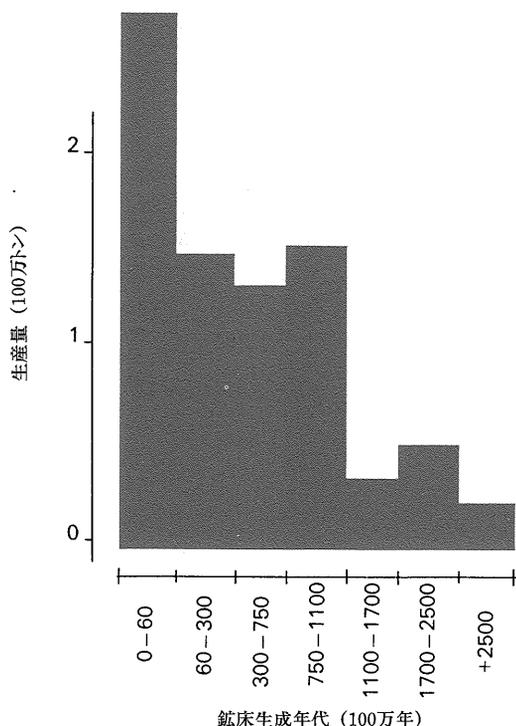
第1表 鉛床タイプ別の総資源量(推定埋蔵量+算出量)の割合(%) (佐藤, 1979)

| 鉛 床 型 式                       | Cu† | Pb† | Zn† | Fe | Ni <sup>1)</sup> | U† | 主要随伴金属 <sup>2)</sup> |
|-------------------------------|-----|-----|-----|----|------------------|----|----------------------|
| 火山性塊状硫化物鉛床<br>コマチアイトに伴う Ni 鉛床 | 11  | 6   | 22  |    | 27               |    | Au, Ag               |
| 層状貫入岩体中の Ni-Cu-Cr 鉛床          | 2   |     |     | 12 | 63               |    | Cr, Pt               |
| 縞状鉄鉛層 {アルゴマ型<br>{スベリオル型       |     |     |     | 48 |                  |    | Au                   |
| 礫岩型 U-Au 鉛床                   |     |     |     |    |                  | 36 | Au                   |
| 大陸地殻のリフト帯中の層状 Pb-Zn 鉛床        |     | 19  | 12  |    |                  |    | Ag                   |
| 砂岩・頁岩型銅鉛床                     | 27  |     |     |    |                  |    | Co                   |
| ミシシッピーバレー型、アルパイン型鉛床           |     | 33  | 32  |    |                  |    |                      |
| 斑岩型および関連鉛床                    | 53  | 7   | 8   |    |                  |    | Mo, Au               |
| 砂岩型ウラン鉛床                      |     |     |     |    |                  | 24 |                      |
| 計                             | 93  | 65  | 74  | 60 | 90               | 60 |                      |

† 共産圏を除く

1) ラテライト型鉛床を除く

2) 太字は埋蔵量+産出量が50%以上、細字は数%以上のもの



第1図 1974年の銅生産量の鉱床生成年代別分布(Jacobsen, 1975)

てを網羅していると思なしてよいと思われる。

これらの鉱床のそれぞれについて各種文献で生成年代を明らかにするとともに、鉱床タイプの分類を行なった。鉱床タイプの設定は、文献に乏しい鉱床でも容易に分類でき、かつ成因的にも意味のあるタイプ分けが望ましいが、この二つの条件を両立させることは必ずしも容易ではない。何度かの試行錯誤の後、結局以下に述べるような鉱床タイプによる分類を行なうことにした。結果的には、分類不能であった鉱床は全体の約2パーセントであった。ただし、成因的に議論のある鉱床については筆者の判断でタイプ分けしたのものもある。そのいくつかの事例については後述する。

**Orthomagmatic (OM: 正岩漿性)**: マグマ中の鉱物あるいは硫化物溶融体の分離・沈積によって濃集した鉱床。

**Porphyry copper (PC: ポーフイリー・クッパー型)**: 広義には成因的に密接に関連するスカルン型や鉱脈型を入れる場合もあるが、ここでは可能なかぎり区別する。

**Skarn (SK: スカルン型)**: 炭酸塩岩中の交代鉱床

で、いわゆるスカルン鉱物を随伴するもの。

**Hydrothermal (HT: 熱水性)**: ポーフイリー・クッパー型、ミシシッピー・バレー型など、他に規定したタイプ以外の熱水性鉱床。

**Epithermal (ET: 浅熱水性)**: 主として金・銀鉱床に適用する。ベースメタル鉱床の場合には熱水性と区分する明瞭な基準がない。

**Mississippi Valley type (MV: ミシシッピー・バレー型)**: 火成活動と直接の成因的關係が認められない炭酸塩岩中の比較的低温の交代鉱床で、アルパイン型、アイリッシュ型などを含む。火成活動との関連性が明瞭な場合には熱水性に区分する。銅を主鉱種とするミシシッピー・バレー型鉱床はない。

**Volcanic-hosted massive sulfide (VM: 火山性塊状硫化物)**: 火山岩中の塊状硫化物鉱床。可能なかぎり黒鉱型・ノランダ型・キプロス型・別子型(佐藤, 1979)を区別する。

**Sediment-hosted massive sulfide (SM: 堆積性塊状硫化物)**: 堆積岩中の塊状硫化物鉱床。

**Sedimentary-disseminated (SD: 堆積鉱染型)**: アフリカのクッパーベルト中の鉱床、クッファージンナーなどのほか、いわゆる赤色砂岩(Red bed)型鉱床を含む。

### 3. 世界の大鉱床

銅の生産量と埋蔵量について、世界の大鉱床を見てもみよう。第2表には年間生産量の10大鉱山を、

第2表 年間生産銅量(最近3~4年間の平均値)に関する10大鉱山

| 順位 | 鉱床名             | 国名      | タイプ | 年生産量(千トン) |
|----|-----------------|---------|-----|-----------|
| 1  | Chuquicamata    | チリ      | PC  | 660       |
| 2  | El Teniente     | チリ      | PC  | 350       |
| 3  | Morenci         | アメリカ    | PC  | 270       |
| 4  | Nchanga         | ザンビア    | SD  | 260       |
| 5  | San Manuel*     | アメリカ    | PC  | 250       |
| 6  | Bingham Canyon  | アメリカ    | PC  | 220       |
| 7  | Kamoto**        | ザイール    | SD  | 200       |
| 8  | Mt. Isa (Cu)    | オーストラリア | HT  | 180       |
| 9  | Highland Valley | カナダ     | PC  | 170       |
| 10 | Ertsberg        | インドネシア  | SK  | 140       |

\* Pinto Valley を含む。

\*\* Kambove を含む。

第3表 稼行中あるいは近い将来に生産開始が予定されている鉱床の確認埋蔵量に関するベスト20

| 順位  | 鉱床名                       | 国名      | タイプ | 埋蔵量<br>(100万トン) | 品位        |             |             | 含有銅量<br>(100万トン) | 文献                               |
|-----|---------------------------|---------|-----|-----------------|-----------|-------------|-------------|------------------|----------------------------------|
|     |                           |         |     |                 | Cu<br>(%) | Au<br>(g/t) | Ag<br>(g/t) |                  |                                  |
| 1.  | Chuquicamata              | チリ      | PC  | 2,999           | 0.89      |             |             | 26.7             | Mining Mag., Sep. '90            |
| 2.  | El Teniente               | チリ      | PC  | 2,080           | 1.12      |             |             | 23.3             | Mining Mag., Sep. '90            |
| 3.  | Escondida                 | チリ      | PC  | 662             | 2.12      |             |             | 14.0             | E & MJ, Jan. '89                 |
| 4.  | Olympic Dam               | オーストラリア | SD  | 450             | 2.5       | 0.6         | 6.0         | 11.3             | Mining Mag., Nov. '88            |
| 5.  | Los Bronces/<br>Disputada | チリ      | PC  | 1,320           | 0.81      |             |             | 10.7             | Mining Mag., Sep. '90            |
| 6.  | Grasberg                  | インドネシア  | PC  | 676             | 1.41      | 1.8         | 3.05        | 9.5              | Min. An. Rev., '92               |
| 7.  | Sar Cheshmeh              | イラン     | PC  | 800             | 1.15      | 0.27        | 3.9         | 9.2              | Min. An. Rev., '90               |
| 8.  | Cananea                   | メキシコ    | PC  | 1,180           | 0.66      |             |             | 7.8              | Min. An. Rev., '91               |
| 9.  | Andina/<br>Rio Blanco     | チリ      | PC  | 422             | 1.09      |             |             | 4.6              | Mining Mag., Sep. '90            |
| 10. | Bingham<br>Canyon         | アメリカ    | PC  | 650             | 0.704     | 0.48        | 3.3         | 4.6              | E & MJ, Aug. '89                 |
| 11. | Morenci                   | アメリカ    | PC  | 589             | 0.76      |             |             | 4.5              | E & MJ, Jan. '90                 |
| 12. | Nchanga                   | ザンビア    | SD  | 121             | 3.67      |             |             | 4.4              | ZCCM, An. Rep., '88              |
| 13. | La Caridad                | メキシコ    | PC  | 1,100           | 0.40      |             |             | 4.4              | Min. An. Rev., '90               |
| 14. | Mt. Isa (Cu)              | オーストラリア | HT  | 125             | 3.4       |             |             | 4.3              | Aust. Min. Ind. An.<br>Rev., '87 |
| 15. | Ray                       | アメリカ    | PC  | 599             | 0.70      |             |             | 4.2              | E & MJ, Jan. '90                 |
| 16. | Atlas                     | フィリピン   | PC  | 837             | 0.44      |             |             | 3.7              | Comp. An. Rep., '90              |
| 17. | Higland Valley            | カナダ     | PC  | 800             | 0.45      |             |             | 3.6              | Can. Min. J., June '89           |
| 18. | El Salvador               | チリ      | PC  | 405             | 0.88      |             |             | 3.6              | Mining Mag., Swp. '90            |
| 19. | Sudbury<br>(INCO)         | カナダ     | OM  | 382             | 0.88      |             |             | 3.4              | Min. Int. YB., '91               |
| 20. | Malanjkhand               | インド     | HT  | 244             | 1.3       |             |             | 3.2              | Min. J., June 16, 89             |

第4表 未開発鉱床の埋蔵量に関するベスト10

| 順位  | 鉱床名                | 国名   | タイプ | 埋蔵量<br>(100万トン) | 品位        |             |             | 含有銅量<br>(100万トン) | 文献                           |
|-----|--------------------|------|-----|-----------------|-----------|-------------|-------------|------------------|------------------------------|
|     |                    |      |     |                 | Cu<br>(%) | Au<br>(g/t) | Ag<br>(g/t) |                  |                              |
| 1.  | Los Pelambres      | チリ   | PC  | 3,300           | 0.63      |             |             | 20.8             | Mining Mag., Sep. '90        |
| 2.  | Salobo             | ブラジル | VM  | 1,800           | 1.1       | 0.35        |             | 19.8             | E & MJ, Jan. '89             |
| 3.  | Chuqui Norte       | チリ   | PC  | 2,278           | 0.69      |             |             | 15.7             | Mining Mag., Sep. '90        |
| 4.  | Cerro Colorado     | パナマ  | PC  | 1,380           | 0.78      | 0.08        | 5.1         | 10.8             | Inst. Min. Met., '84,<br>B39 |
| 5.  | El Abra            | チリ   | PC  | 1,122           | 0.63      |             |             | 7.1              | Mining Mag., Sep. '90        |
| 6.  | El Pachon          | チリ   | PC  | 650             | 0.65      |             |             | 4.2              | Mining Mag., Sep. '90        |
| 7.  | Michiquillay       | ペルー  | PC  | 570             | 0.72      |             |             | 4.1              | Copper ('77)                 |
| 8.  | Quebrada<br>Blanca | チリ   | PC  | 460             | 0.89      |             |             | 4.1              | E & MJ, July '89             |
| 9.  | Toromocho          | ペルー  | PC  | 600             | 0.68      |             |             | 4.1              | E & MJ, Jan. '89             |
| 10. | Candelaria         | チリ   | HT  | 350             | 1.14      | 0.25        |             | 4.0              | Mining Mag., Sep. '90        |

第3表には生産中および開発決定済みの鉱床の現時点での埋蔵量に関するベスト20を、第4表には未開発の10大鉱床をそれぞれ掲げてある。いずれも

鉱床タイプではポーフリー・銅型、国ではチリの鉱床が目立つ。

以下、主要鉱床、とくに日本ではあまりなじみが

ないと思われる鉱床について簡単に解説しよう。

### チリのポーフィリー・銅鉱床

チリからペルーに延びるアンデス山系には数多くのポーフィリー・銅鉱床が知られている(第2図)。その中で自他ともに認める世界最大の銅鉱山が Chuquicamata である。

Chuquicamata 鉱床は、アタカマ砂漠の北端にあり、その存在は古くからインディオに知られていた。近代的な銅の採掘は、鉱床上部の高品位鉱脈を対象に1879年から行なわれ、1915年には露天掘による大規模採掘が始まった。1915-1985年間の累積生産量は銅量にして1570万トンに及ぶ。これは日本最大の銅鉱山であった別子鉱山の282年間にわたる総生産量の約20倍である。

鉱床は厚い高品位酸化銅と二次富化銅を伴い、1915年時点の埋蔵量(7億トン)の品位は2.12%であったが、徐々に品位が下がり第3表に示されているように現在の埋蔵量品位(カットオフ0.4%)は0.89%である。

生産量・埋蔵量ともに第2位の El Teniente は1904年に本格的採掘が始められ、かつては Braden の名で知られていた。ポーフィリー・銅鉱山

にはめずらしい坑内掘りの鉱山である。採掘が深部に移るにつれ、最近では山はね事故が続発し生産量は下降気味である。

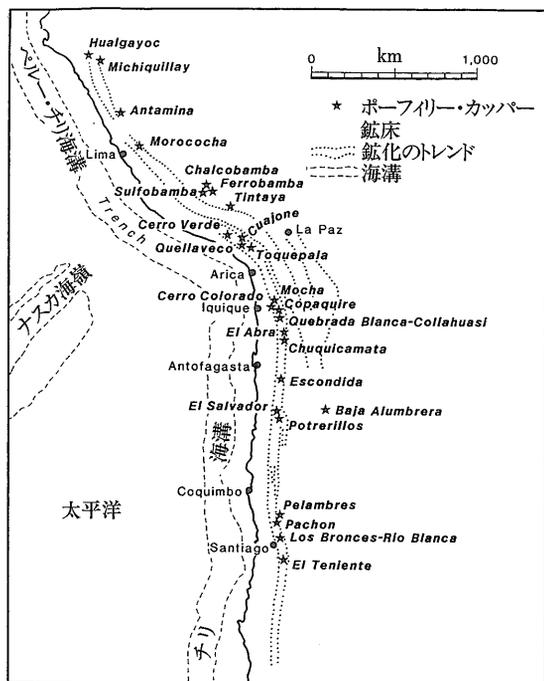
そのほか、最近チリで話題になっているポーフィリー・銅鉱床は Escondida である。Escondida 鉱床はアントファガスタの160 km 南東にあり、1981年3月にボーリングで発見された潜頭鉱床である。鉱床は第3図に示すように厚い二次富化帯をもち、この部分を対象に日産35,000トンの生産規模で開発計画を立てられ、1991年末に生産を開始した。第2表に掲げたのは二次富化帯を中心とした高品位部の可採銅量で、上記の生産規模で52年の寿命をもつ(第3図の予定ピット境界を見よ)。下位の初成銅化帯を含めた地質埋蔵量は18億トン(1.6%Cu : カットオフ品位0.7%)に達する(Brewis, 1990)。なお本鉱床の開発には日本企業も参加している。

このほかチリの未開発のポーフィリー・銅型の大鉱床には、Los Pelambres, Chuqui Norte, El Abra などがある(第4表参照)。

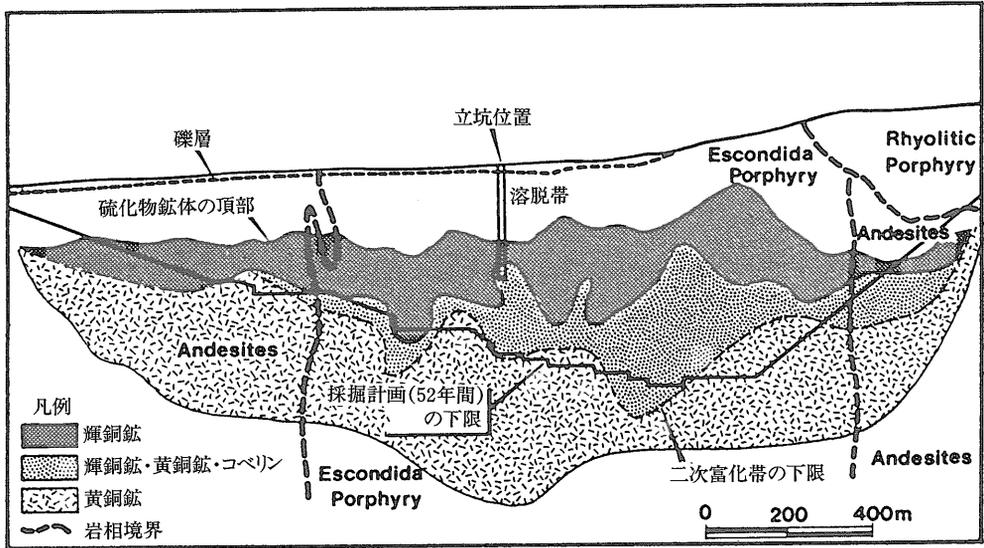
### その他のポーフィリー・銅鉱床

世界第2の産銅国であるアメリカでもポーフィリー・銅鉱床は依然健在である。Morenci, San Manuel など16の鉱床が稼行中であり、アメリカの銅生産量の96%を占めている。チリに比べるとアメリカの鉱床の品位は低い(第3表参照)。そのため1980年代初めには100万トン/年まで生産量が落ち込んだが、最近では150万トン/年に回復している。これはいろいろな合理化努力の結果であるが、とくに効率的な銅抽出法であるSX-EW法(Solvent extraction-Electrowinning)の採用の効果が大きい。1988年にはアメリカの銅生産量の25.5%(チリでは10%)がこの方法で回収された(Townsend and Severs, 1990)。SX-EW法を始めとするアメリカの合理化技術については、鈴木(1989)に要領よくまとめられているので参照されたい。

アジア太平洋地域で最近話題となったのはインドネシアのイリアン・ジャヤで1989年12月に生産を開始した Grasberg 鉱床である。有名な Ertsberg 鉱山地域内にあり、古くから低品位銅鉱体として知られていたが、1980年代中頃のボーリング調査で高品位の金を含む大ポーフィリー・銅鉱床で



第2図 アンデス山地におけるポーフィリー・銅鉱床の分布(Bernstein, 1990)



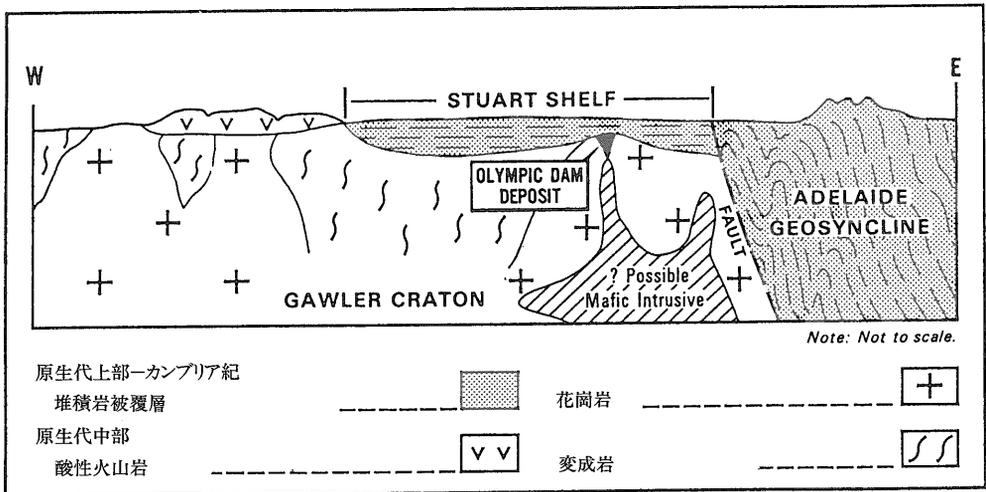
第3図 Escondida 鉱床の断面図(Brewis, 1990)

あることが確認された(Van Nort et al., 1991). 埋蔵量は1991年1月現在で3億5700万トンと発表されていたが、その後の探鉱により1991年末現在ではほぼ倍増している(第3表参照). 含有金量は1217トンに達し、世界最大の金鉱床でもある. なお Ertsberg 鉱床はスカルン型であり、両者の成因関係に興味もたれる.

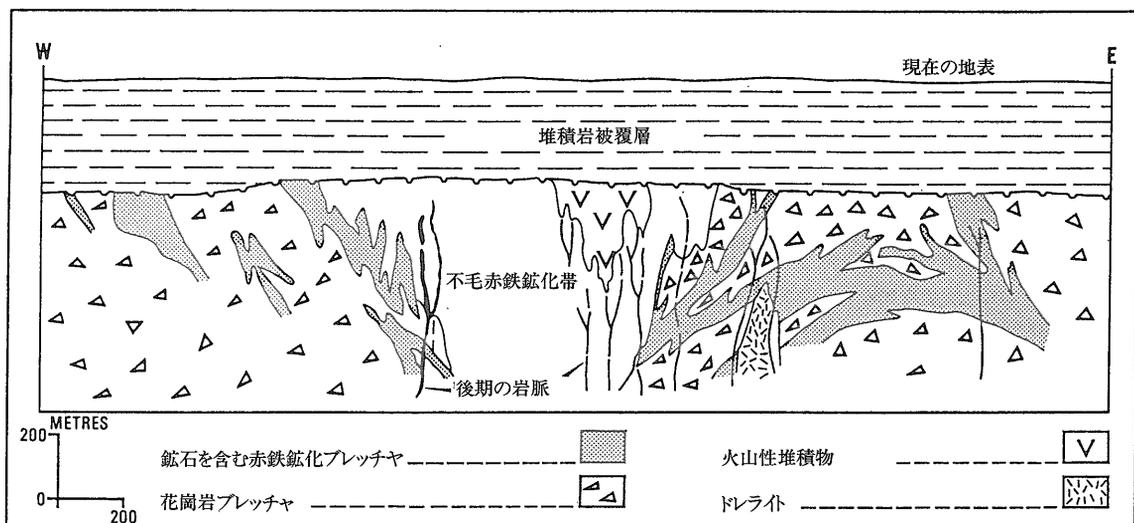
同様に金に富むポーフィリー・銅鉱床はフィリピンのルソン島でも最近発見されている. 古くからエナージャイト鉱床を採掘していた Lepanto 鉱山の南東1kmの地下深所(鉱床の上面が地表下650m)に存在が確認された Far South East 鉱床が

それである. 埋蔵量は1億5000万トン(0.8% Cu, 2 g/t Au)以上と発表されている(Min. Ann. Rev., 1992). ここでもエナージャイト鉱床との成因関係が議論されている(Garcia, Jr., 1991).

一方、パプア・ニューギニアの Bougainville 鉱山は、かつては世界最大級の金・銅鉱山であったが、地域住民の独立紛争に巻き込まれて1989年5月以来生産中止を余儀なくされている. 同鉱山の1987年の生産実績は金15トン・銀50トン・銅18万トンであり、約5億トン(0.42% Cu, 0.55 g/t Au)の可採鉱量を残していた. 生産再開のめどは立っておらず、恐らく永遠に放棄されるだろうと予想され



第4図 Olympic Dam 鉱床胚胎の場の地質環境(Selby, 1991)



第5図 Olympic Dam 鉍床の断面図 (Selby, 1991)

ている。

### Olympic Dam 鉍床

Olympic Dam 鉍床は、南オーストラリア州で1975年に発見され1988年に生産を開始した鉍床で、いくつかの点で非常に特異な鉍床である。また、アフリカの銅ベルトの鉍床の産状に基づいた探査理論によって発見に成功した潜頭鉍床として話題をよんだ (Selby, 1991)。

特異な点の第1は鉍床に濃集している元素の組み合わせで、経済的に回収できる銅・ウラン・金・銀のほかに5000 ppmにおよぶ希土類元素を含んでいる。

第2は鉍床の産状である。第4図に示すように、鉍床は厚い原生代後期-カンブリア紀の浅海堆積物に覆われているが、母岩は基盤の花崗岩の角礫化した部分である。角礫は花崗岩のほかに堆積岩源・火山岩源のものも含み、赤鉄鉱化を受けている。鉍染状-細脈状を示す鉍化部分は赤鉄鉱化の強い部分に一致し、一部に堆積起源を暗示する構造も見られるが、一般にその形態は複雑である (第5図)。

この鉍床の成因についてはさまざまな議論がある (例えば Roberts and Hudson, 1983; Orekes and Einaudi, 1990) が、ここでは堆積鉍染型 (SD) に分類した。

確認埋蔵量は第3表に示したが、推定資源量は20億トン (1.6% Cu, 0.6 kg/t U, 0.6 g/t Au, 3.5 g/t Ag) とされる巨大鉍床である (Kennedy, 1988)。

### Salobo 鉍床

Salobo 鉍床はブラジルのパラ州にある広大なカラジャス鉍山地域内にある。カラジャス鉍山地域には、膨大な鉄鉍床を始めマンガン・銅・金・ニッケル・アルミニウムなどの数多くの鉍床が濃集している (第6図)。Salobo 鉍床は、鉄鉍床地帯の北西60 kmの地点で1977年に発見された銅鉍床で、その埋蔵量はカットオフ0.8% Cuで4億7600万トン (1.31% Cu)、低品位鉍を含めた全資源量は12億トン (0.83% Cu) と発表されている。

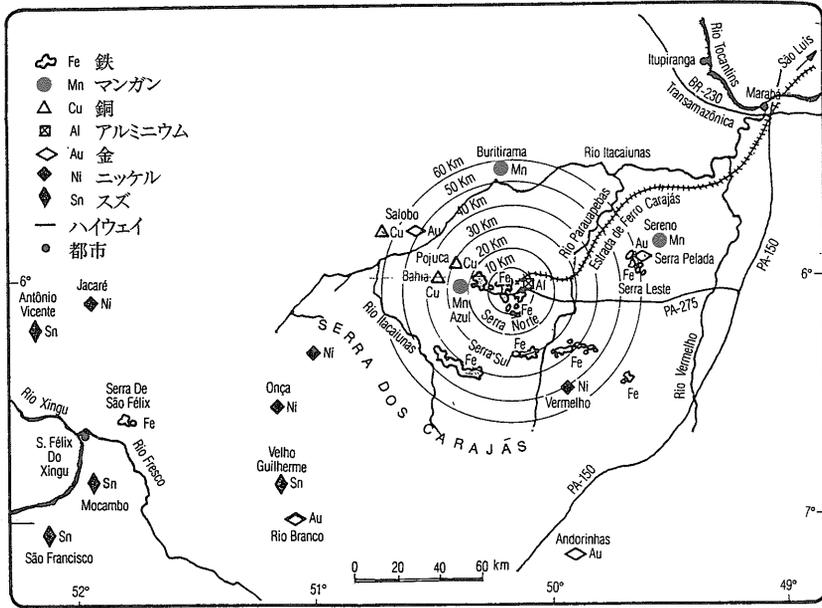
本鉍床の地質学的記載はまだほとんどないが、Daydon and Sassos (1985) および Andrade et al. (1991) によれば、鉍床は始生代末期あるいは原生代初期の変堆積岩・変火山岩を母岩とする層状鉍床である (第7図)。上盤側には特徴的に鉄鉍層を伴い、銅鉍床中にも多量の磁鉄鉍が含まれる。銅鉍物は輝銅鉍と斑銅鉍 (80~85%) を主とし黄銅鉍 (15~20%) は少ない。この鉍物組み合わせが二次富化の結果かどうかは不明である。

以上のように本鉍床の成因についてはまだ明らかではないが、本解析ではとりあえず火山性塊状硫化物鉍床 (ノランダ型) に分類してある。

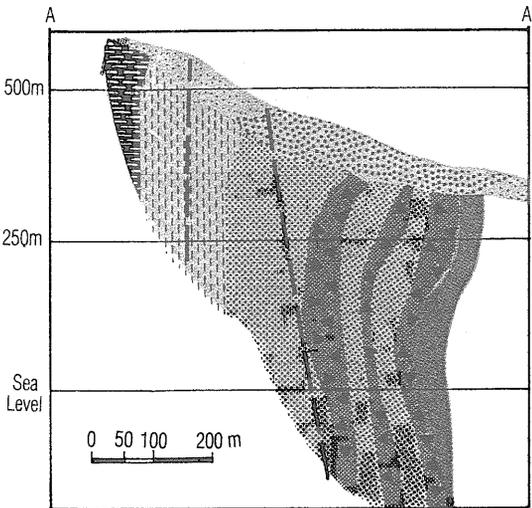
### Malanjkhand 鉍床

既開発鉍床の埋蔵量で20位にある Malanjkhand 鉍床は、一般にはあまりなじみがないと思われるので簡単に紹介しておく。

本鉍床はインドのビハール高原地帯にあり、パラ



第6図 カラジャス地域の鉱床分布(Dayton and Sassos, 1985)



凡例

- 片麻岩
- 不毛鉄鉱層
- 鉱化鉄鉱層 (<math><0.8\% \text{ Cu}</math>)
- 鉱化鉄鉱層 (><math>0.8\% \text{ Cu}</math>)
- 鉱化風化帯
- 不毛風化帯
- 断層

第7図 Salobo 鉱床の断面図(Dayton and Sassos, 1985)

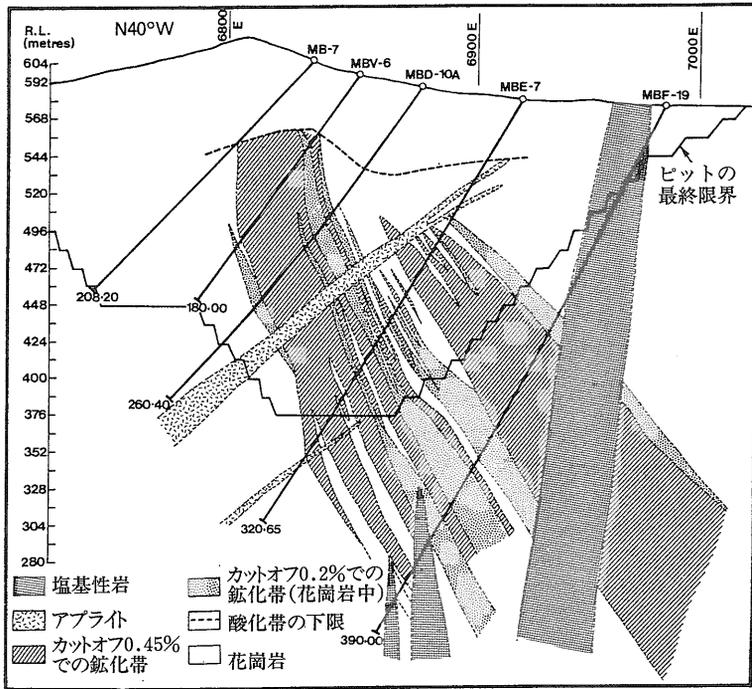
ガット市の北東90 km に位置している。周辺の地質は、始生代の花崗岩類とこれを不整合に覆うやはり始生代の変堆積岩類、およびこれらを切るアブラ

イト・塩基性岩脈からなる(Nandan et al., 1981)。鉱床は花崗岩中の破碎帯に沿う石英脈・珪化帯(原記載では quartz reef)で、走向延長は1.9 km におよぶ(第8図)。初成硫化鉱物は黄銅鉱・黄鉄鉱・輝水鉛鉱であり、本解析では熱水性鉱床に分類した。

#### 4. 鉱床タイプと生成時代

生産量と埋蔵量の鉱床タイプ別および生成時代別の分布を第5表と第9図にそれぞれ示してある。なお、ここで埋蔵量-Iとしたのは稼行鉱山あるいは開発決定済みの鉱床における確認埋蔵量(proved, probable, measured, indicated)などのカテゴリーに入る埋蔵量)であり、埋蔵量-IIとしたのは上記鉱山/鉱床中の推定埋蔵量(inferred, potential, additional)などと区分されている埋蔵量)と未開発鉱床中の全てのカテゴリーの埋蔵量を足したものである。したがって、埋蔵量-Iはごく近い将来の銅の供給源として期待できる埋蔵量、埋蔵量-IIはさらに将来の供給源として期待できる埋蔵量と見なすことができる。

鉱床タイプ別の分布では、生産量・埋蔵量ともにポーフィリー・銅が圧倒的な割合を示し、堆



第8図 Malanjkhanda銅床の断面図(Min. Mag., Nov. 1983, p.337)

積鉱染型と火山性塊状硫化物鉱床がそれに続く。以下、いくつかの注意すべき点を述べておく。

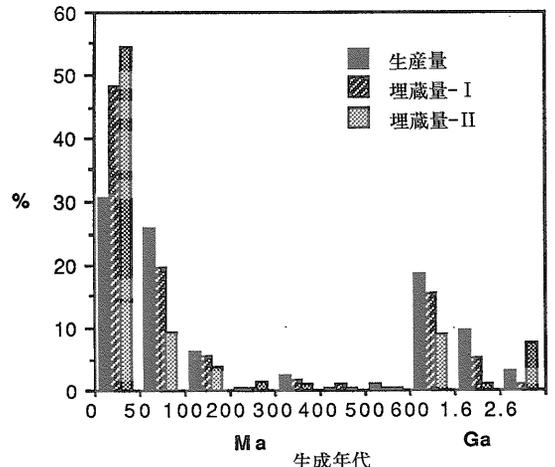
堆積鉱染型と熱水性の埋蔵量-I, -IIのパーセンテージは, Olympic Dam 銅床をどちらに分類するかによって大きく変わってくる。前述したように, Olympic Dam は確認埋蔵量 4 億5000万トン(2.5% Cu), 推定埋蔵量を含めると20億トン(1.6% Cu)の大鉱床であり, これは堆積鉱染型の埋蔵量-I, 埋蔵量-IIの約4割と9割弱をそれぞれ占めている。もしこの鉱床の成因が Oreskes and Einaudi (1990) の言うように熱水性であるならば, 埋蔵量-I, -II における堆積・鉱染型と熱水性の重要度は完全に逆

転する。これは鉱物資源における巨大鉱床の重要性を示す一例といえるだろう。

一方でザイルの銅ベルト中の埋蔵量については, 鉱床ごとの信頼すべきデータがないので第5表には含まれていない。もし Mineral Commodity Summaries (U. S. Bureau of Mines, 1990) のザイルの埋蔵量ベースの銅量3000万トンの全てを銅ベルト中のものとすれば, 第5表の堆積鉱染

第5表 銅の生産量・埋蔵量の鉱床タイプ別割合 (%)

| タイプ            | 生産量 | 埋蔵量-I | 埋蔵量-II |
|----------------|-----|-------|--------|
| ポーフィリー・銅型 (PC) | 53  | 71    | 74     |
| 堆積鉱染型 (SD)     | 11  | 12    | 8      |
| 火山性塊状硫化物 (VM)  | 9   | 5     | 11     |
| (黒鉱型)          | (4) | (3)   | (2)    |
| (ノランダ型)        | (4) | (1)   | (8)    |
| (キプロス/別子型)     | (2) | (0)   | (2)    |
| 熱水性 (HT)       | 7   | 5     | 3      |
| スカルン (SK)      | 3   | 2     | 0      |



第9図 銅の生産量・埋蔵量の鉱床生成年代別分布(埋蔵量のI, IIの区別については本文参照のこと)

型の埋蔵量計は約6割増加する。

火山性塊状硫化物鉱床のサブタイプでは、生産量・埋蔵量ともに黒鉱型・ノランダ型の割合が多い。ノランダ型で埋蔵量-IIのパーセンテージが高いのは、前述したSalobo鉱床の寄与が大きいためである。キプロス/別子型の埋蔵量-IIの大部分は、最近発見されたカナダBC州のWindy Craggy 鉱床(埋蔵量2億1000万トン; 1.66%Cu, 0.19 g/tAu, 3.48 g/tAg)が占める。

鉱床生成年代別の生産量・埋蔵量については、地質時代別の分布をすでに資源地質誌上に公表したので、第9図には絶対年代別の分布を示した。1億年前までは5000万年ごと、1億~6億年の間は1億年ごと、それより古いものは10億年ごとのパーセンテージで示してある。

生産量・埋蔵量ともに1億年より若い鉱床が全体の60パーセント前後を占める。これらのほとんど全てがポーフィリー・銅型である。0~5000万年の間をさらに細分すれば、0~1000万年と3000万~4000万年に二つのピークがある。前者にはチリのEl Teniente, Los Perambres, パプア・ニューギニアのほとんどの鉱床、フィリピンのDizon, Amacanなどが属し、後者にはBingham, Chuquicamata, Escondidaなどが属する。5000万~1億年の間には5000~6000万年に大きなピークがあり、米国のTyron, Morenci, Miami, Mission, メキシコのLa Caridad, Cananeaなどがこの時代の主要鉱床である。

生産量・埋蔵量のパーセンテージの高いもう一つの時代区分は6億~16億年である。この時代に属する鉱床では、アフリカの銅ベルトの諸鉱床とOlympic Damが主要なものである。次の16億~26億年にもMt. IsaやSudburyの大鉱床がある。

## 5. おわりに

小論でまとめたのは自由経済圏諸国の鉱床だけであり、現時点でデータ収集が不可能な旧・現統制経済圏の鉱床は含まれていない。その意味で、小論の題はいささか羊頭狗肉である。今後さらに旧共産圏の情報公開が進み、世界の鉱物資源の全体像が明らかになることを期待したい。

また、本解析で使用した個々の鉱床データには不完全なものが多々あり、とくに埋蔵量に関しては収集漏れが多い。読者諸氏のご批判・ご助言をお願いしたい。

## 文 献

- Andrade, W. O., Machesky, M. L. and Rose, A. W. (1991): Gold distribution and mobility in the surficial environment, Carajas Region, Brazil. *Jour. Geoch. Expl.*, **40**, 95-114.
- Baushau, C. (1971): Essai de typologie quantitative des gisements de plomb et de zinc avec la repartition de l'argent. *Geol. Appl. Chr. Mines, Sec. II*, **39**, no. 401-402.
- Bernstein, M. (1990): The geology of copper and gold ore deposits in Chile. *Min. Mag.*, Sep. 1990, 155-168.
- Brewis, T. (1990): Escondida. *Min. Mag.*, Sep. 1990, 173-180.
- Dayton, S. H. and Sassos, M. P. (1985): Carajas-new district, new mines and a big future. *E&MJ*, Nov. 1985, 25-31.
- Garcia, Jose S., Jr. (1991): Geology and mineralization characteristics of the Mankayan mineral district, Benguet, Philippines. *Geol. Surv. Jap. Rep.*, no. 277, 21-30.
- Jacobson, J. B. E. (1975): Copper deposits in time and space. *Minerals Sci. Engng.*, **7**, 337-371.
- Nandan, K. R. R., Rao, B. K. D. and Singhal, M. L. (1981): Exploration for copper lead and zinc ores in India. *Geol. Surv. India Bull.*, Ser. A, no. 47.
- Oreskes, N. and Einaudi, M. T. (1990): Origin of rare earth element-enriched hematite breccias at the Olympic Dam Cu-U-Au-Ag deposit, Roxby Downs, South Australia. *Econ. Geol.*, **85**, 1-28.
- Pelissonier, H. (1972): Les dimensions des gisements de cuivre du monde. *B. R. G. M. Mem.* no. 57.
- Roberts, D. E. and Hudson, G. R. T. (1983): The Olympic Dam copper-uranium-gold deposit, Roxby Downs, South Australia. *Econ. Geol.*, **78**, 799-837.
- 佐藤壮郎(1979): 地球の進化と鉱床の形成. 岩波講座, 地球科学, **14**, 101-130.
- 佐藤壮郎(印刷中): 銅・鉛・亜鉛・金・銀資源の過去・現在・未来. 資源地質特別号, **13**.
- 鈴木洋介(1989): アメリカの銅事情(3). ボナンザ(金属鉱業事業団), no. 168, 5-14.
- Selby, Jonathan (1991): Olympic Dam: a giant Australian ore deposit. *Geology Today*, Jan. -Feb. 1991, 24-27.
- Townsend, B. and Severs, K. J. (1990): The solvent extraction of copper—a perspective. *Min. Mag.*, Jan. 1990, 26-35.
- Van Nort, S. D., Atwood, G. W., Collison, D. C., Flint, D. C. and Potter, D. R. (1991): Geology and mineralization of the Grasberg porphyry copper-gold deposit, Irian Jaya, Indonesia. *Min. Eng.*, Mar. 1991, 300-303.

SATO Takeo (1992): Copper deposits and mines in the world.

〈受付: 1992年11月18日〉