

■シリーズ特集■

明日を支える資源(17)

世界の錫資源

World Tin Resources and Tin Mining Industries

菊池俊次*

Toshitsugu Kikuchi

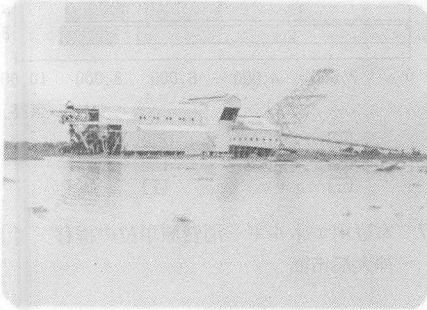
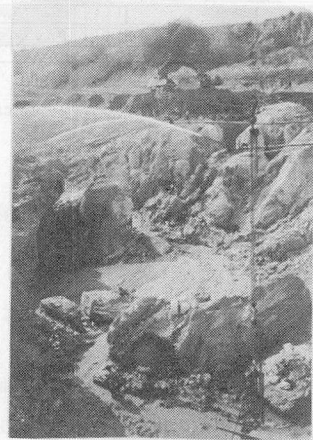


図-1 ドレッジによる錫の採掘(マレーシア)

図-2 水力モニターによる錫の採掘(マレーシア)
複雑な石灰岩の基盤が現われている

1. はじめに

紺碧の空と輝く太陽に向って伸びるヤシの木立、街道に沿う村々はどこも陽気で、人も家畜も時を忘れて自然の恵みに浸りきっていた。錫の採掘場には活気がみなぎり、大型のドレッジからは次々と精鉱が搬出され、中小鉱山でも水力モニターに、パロン精鉱の仕上げに人々は忙しかった。1975年、筆者が始めてマレーシア第1の産錫地帯 Kinta Valley を訪れた時の印象である。Perak州の州都 Ipoh の町も、遅くまで南国の夜を楽しむ人で賑っていた。

それから10年、1985年10月の錫取引に関するLME市場の閉鎖、実質的な市場の崩壊に端を發した錫価格の大暴落は、それまで安定した価格下で利益を享受してきた世界の錫鉱山を、またたく間に窮地に陥れることになった。低能率でコスト高の坑内掘の鉱山、中小鉱山の多くが閉山を余儀なくされた。

錫は青銅の成分として、有史以前から人類に利用されてきた金属の一つで、少なくとも後期青銅器時代(3,500~3,200 BC)には普通の金属として使用されていたと云われる。青銅器は世界のあらゆる古代文明に共通の文化で、中国でも殷王朝後期(1,400~1,100 BC)黄河流域に青銅器文化が栄えた。

*(社)日本鉱業会

〒107 東京都港区赤坂9-6-41

錫はこのように少なくとも18世紀末までは鉄、銅、鉛に次いで多く使用されてきた金属であるが、現在の消費量は他の非鉄金属に較べると少い。しかし今日でも殆んど全ての産業、生活の分野に使用されており、青銅器時代から宇宙時代に至るまで、息の長い有用な金属である。

錫の化学記号 Sn はラテン語のStannumに由来する。

2. 錫をとりまく経済環境

表1,3の地域別生産、消費量に見る通り、錫の生産国と消費国は極立った対比をなしている。すなわち生産国の殆んどは開発途上国に属し、先進消費国における錫の生産は限られている。自由世界では僅かに英国、ブラジル、南アフリカ、オーストラリアが生産、消費の両方に関与している程度である。したがって、その生産量の殆んどが輸出されるという、国際貿易上極めて重要な産品である。しかも開発途上の生産国にとっては、錫の輸出は国の財源の大きな部分をなすものである。故に錫価格の安定は政策上重要な要素であり、又これは消費国側にとっても望ましいことでもある。

2.1 ITC(International Tin Council, 国際錫会議)と錫危機(Tin Crisis)⁵⁾

錫はその価格が国際的に管理されてきた唯一の金属であった。ITCは1956年、生産国、消費国の双方が加盟して設立された国際機関で、長期的な見地から錫の需給バランスを安定させ、価格の極端な変動を防止することを主たる目的としている。具体的には、これまで6次に渉る国際錫協定(International Tin Agreement)を締結、緩衝在庫を有して、理事会で定めた錫価の価格帯に準拠して執行機関の緩衝在庫管理官(Buffer Stock Manager)が、LMEおよび極東の市場で錫を売買してきた。緩衝在庫のための所要資金は、加盟国の拠出金および銀行借入で賄ってきた。この他協定に基づいて、過剰供給を防止するために加盟国間の生産調整、輸出割当を実施してきた。

1985年10月24日、緩衝在庫管理官は、これまでITCの下限価格を維持するために市場で錫を買い支えてきた資金をついに使い果し、場外取引における大暴落を見た後、錫取引の全面停止をLMEに要請した。LMEの実行委員会は、混乱を回避するためにはこの要請を受入れ、市場を閉鎖する以外に方法がなかった。

錫市場の崩壊は、19世紀に創設された世界の非鉄金属の取引、価格形成の中心である由緒あるLME(London Metal Exchange)が、その存亡の危機にさらされる大事件であった。錫はLMEで取引される7品目の金属の1つであったが、市場は未だに閉鎖されたまま

である。

これまで安定した価格の形成、需給バランスの調整に寄与してきたこの緩衝在庫の管理が破綻をきたした原因は、高価格に支えられて非加盟のブラジル、中国その他諸国の生産が増大したこと、輸出割当、課税を逃れるためのタイ国などからの密輸が増えたこと、又米ドルの下落による資金負担の増大などが上げられよう。

マレーシアのKLTM(Kuala Lumpur Tin Market)市場は1986年2月に再開されたが、取引量は僅少であり、錫価格は以前の半値にとどまっている。錫危機前後の錫価格の推移を図-3に示す。

錫価格の大暴落により取引業者、銀行団の被った損失は甚大である。ITC、加盟国、ITCに債権を有する取引業者、銀行団の間で長期間にわたる折衝が行われ、一時は、新会社を設立して、これにITCの債務を継承させ、数年をかけてITCの巨大な錫の在庫を処分しようという救済策がまともにかけたが、これもインドネシアその他の諸国が所要資金の拠出に反対して実を結ばなかった。今なおこの問題は解決されず、複雑な訴訟問題に発展している。

2.2 ATPC(Association of Tin Producing Countries)

1983年に設立された錫生産国による国際機構で、生産国の適正な利潤を維持しつつ、消費国に対しては適正価格で安定供給を行うこと、国際的な協力関係を基

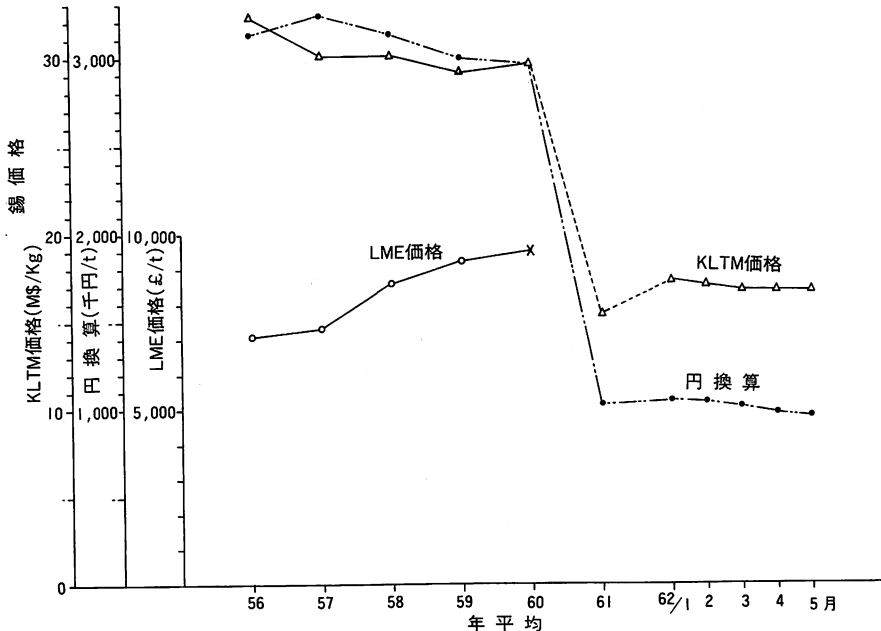


図-3 錫価格の推移

に錫産業の安定した成長を図ることを目的として、現在の加盟国はマレーシア他7ヶ国である。ITCとの関係については、これを補足し又支援するものとしているが、錫危機以降ITCの本来の機能が実質的に消滅した今日、ITCの自然な継承者と云えよう。1986年以来輸出規制を提唱しており、1987年3月以降1年間、輸出高の上限を96,000トンとする暫定協定に調印したが、ブラジル、中国など近年生産の伸長が著しい国が非加盟であること、加盟国の中にも反対があること、又価格次第では密輸が再開されることなど問題は多く前途は多難である。

2.3 米政府の戦略備蓄錫

米政府のGSA(General Service Administration)は取引業者への支払に備蓄錫を当てていたが、LME市場の崩壊以降は、錫価格の形成にあずかること、支払錫が増加することを懸念して、これを停止した。1986年には現金払をも含めた新しい方式で5,500トンを放出した。1987年も同程度の放出が見込まれている。一般放出については生産国側に対する米政府の配慮もあり、市場が改善されるまで実行されることはない模様である。1986年末の備蓄在庫量は183千トンである。

3. 錫の性質とその用途

表1に世界の錫地金消費量、表2に日本における用途別の錫の消費量を示す。

錫は比較的柔かい白色の延性に富む金属で、比重 $7.3\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (β 錫)、その特色ある性質から用途は広

範囲に及ぶ。低融点(232°C)、濡性の良さから容易に他金属と合金をつくり、又铸造性にも優れていることから、メッキ、各種合金、铸造品、接合材料に利用される。油膜の保持の良さは、広く軸受合金に応用されている。しかし単独で構造材として使用されることはない。電気的には、銅と比較すると常温では導電性は低い、絶対0度近くで超電導を示すこと、更に錫-ニオブ(Nb_3Sn)合金がすでに実用的な超電導材料として今後の用途拡大が期待される。化学的には完全に無毒であることから、食缶業界に古くから使われている。化合物としては、PVC安定剤としての近年の需要の伸長がめざましい。その他医薬、農薬、メッキ、プラスチック、セラミックス等用途は多岐にわたるが、特に有機錫化合物は将来の広い用途開発につながるものとして期待が大きい。

表2による用途の仕訳では、量的には未だ旧来のブリキ、ハンダが圧倒的な割合を占めている。しかし末端の利用業界別に見ると、食缶、輸送(自動車、航空機、船舶)、機械、電気・電子、建設、化学と各産業すべてに相当量が使用される。

4. 世界の錫鉱業

地殻に含有される錫は約2ppmと他の非鉄元素、銅鉛、亜鉛等に比し稀少である。したがって鉱床も例えば銅鉱床のような大規模なものはなく、稼行鉱山も銅、鉛、亜鉛鉱山と比較すると規模が小さい。

表3に世界の鉱山生産高の推移を地域別に示す。

表1 地域別錫地金消費量の推移⁹⁾(単位:千トン)

	1982	1983	1984	1985	1986		1982	1983	1984	1985	1986
Germany, F.R.	13.8	14.2	15.6	15.7	17.3	U.S.A.	46.3	45.5	49.4	51.5	50.1
United Kingdom	10.4	10.2	10.0	9.4	9.7	Brazil	4.9	4.3	4.3	4.6	6.0
France	8.2	7.6	7.8	6.9	7.9	Canada	3.7	4.1	4.1	3.9	4.0
Italy	4.2	4.1	4.4	5.0	5.7	その他アメリカ	5.6	5.9	6.2	5.1	5.3
Netherlands	5.4	5.0	4.9	4.5	4.9	アメリカ計	60.5	59.8	64.0	65.1	65.4
その他欧州	10.3	10.2	9.9	10.0	9.1	Australia	3.2	3.0	3.0	3.1	2.9
欧州計	52.3	51.3	52.6	51.5	54.6	その他オセアニア	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
South Africa	2.0	1.9	1.6	1.6	1.6	自由世界計	159.6	160.0	170.6	168.1	175.4
その他アフリカ	1.5	1.4	2.1	1.5	1.4	U.S.S.R.	27.0	29.0	30.0	30.0	
アフリカ計	3.5	3.3	3.7	3.1	3.0	China	12.5	13.0	14.0	11.0	
日本	28.7	30.4	33.3	31.6	33.0	その他共産圏	16.7	13.5	16.6	15.8	
South Korea	2.1	2.6	3.5	2.6	5.3	共産圏計	56.2	55.5	60.6	56.8	
その他アジア	9.1	9.4	10.4	11.0	11.1	世界計	215.8	215.5	231.2	224.9	
アジア計	39.9	42.4	47.2	45.2	49.4						

現在最大の産錫地帯は、北はビルマに端を發しマレー半島に沿ってタイ、マレーシア、インドネシアの Banka, Billiton島へと続く東南アジアの砂鉱床ベルト (1,600 km×200km)で、全世界の50%以上の錫を生産する。この鉱床地帯は更に中国に入り、有名な箇旧のある雲南省、広西壮族自治区、広東省、湖南省の産錫地帯に連る。

歴史的に古代から中世にかけて、世界有数の錫の生産地であった英国の Cornwall半島は、19世紀以降は東南アジア、オーストラリア、ボリビア等における錫の本格的な採掘によってその座を譲ったとは云え、今なお合理化と政府の援助によって生産を維持している。

ここ数年の躍進めざましい生産国は、表3に見る通りブラジルとペルーである。又カナダでも、Nova-Scotia州に新鉱山が操業を開始した。

4.1 錫鉱床とその成因

(1) 初生鉱床 (Primary Deposit, Lode Tin)

殆ど錫の産地は、花崗岩類と密接な関係を有している。錫は花崗岩類の貫入により、このマグマ溜りからの熱水作用によってもたらされたと一般に考えられている。錫はマグマ溜りから弗化物、塩化物として移動し、加水分解作用により SnO₂として沈澱、濃集したというのが定説である。しかし、地殻の花崗岩類の極く一部のものが錫を含有するだけで、世界中に広く分布する花崗岩の全てが錫産地を伴う訳ではない。鉱床の形態としては、地殻の割れ目を充填した鉱脈産地、不規則かつ小規模な割れ目に沿って形成された網状産地、および鉱染交代産地等がある。

表2 我国における錫の用途別消費量⁷⁾(単位:千トン)

	1974	1977	1980	1983	1986
はんだ	10.6	9.7	10.9	11.8	13.7
ブリキ	15.4	13.0	12.0	10.0	9.1
電線	0.7	0.9	1.4	1.6	1.6
伸銅	0.8	0.9	1.2	1.4	1.5
減摩合金	1.5	1.0	0.9	0.5	0.5
銅合金鋳物	0.9	0.3	0.3	0.2	0.2
めっき	0.3	0.2	0.2	0.9	0.9
塩ビ安定剤	1.4	1.6	1.6	2.0	2.1
その他	2.1	2.1	2.4	2.0	2.0
計	33.6	29.7	30.9	30.4	31.5

英国、ボリビアの産地は殆どが初生産地である。

(2) 2次産地 (Secondary Deposit, Alluvial Tin)

生産量の観点からは、初生産地よりもはるかに重要である。東南アジア、ブラジル、西オーストラリアの産錫地帯がこれに属する。

初生産地が風化を受けて、花崗岩の主成分である長石のアルカリ成分および金属硫化物が溶出、更に雨水の作用によって細かい粒子が洗い流され、物理的、化学的に安定な粗い重鉱物が残留、もしくは下流に移動して堆積したものである。原産地の位置、又はその近傍の傾斜地に堆積したもの(Residual, Eluvial Deposit)、更に遠く河川、溪谷に沿って堆積した漂砂産地 (Alluvial Deposit)に分類される。

(3) 錫産物

標本的には50種以上の錫産物が記載されているが、産地として経済的に利用される錫産物は、錫石(Cass-

表3 地域別産地生産高の推移⁹⁾ (精産含有錫量, 単位:千トン)

	1982	1983	1984	1985	1986
United Kingdom	4.2	4.1	5.0	5.0	5.0
その他欧州	0.9	0.7	0.7	1.0	0.5
欧州 計	5.1	4.8	5.7	6.0	5.5
South Africa	3.0	2.7	2.2	2.3	2.1
Zaire	2.2	2.1	2.4	3.0	1.9
その他アフリカ	5.2	4.8	4.9	3.8	2.9
アフリカ 計	10.4	9.6	9.5	9.1	6.4
Malaysia	52.3	41.4	41.3	36.9	29.1
Indonesia	33.8	26.6	23.2	22.4	28.0
Thailand	26.2	19.9	21.6	16.6	20.7
日本	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
その他アジア	2.2	2.2	2.5	2.2	1.6
生産国不明	9.9	16.6	11.4	11.0	16.8
アジア 計	124.9	107.3	100.5	89.6	96.7
Brazil	8.2	13.1	20.0	26.5	25.4
Bolivia	26.7	25.3	18.6	15.3	10.8
Peru	1.7	2.4	3.1	3.8	4.8
Canada	0.2	0.1	0.2	0.2	2.0
その他アメリカ	0.4	0.4	0.5	0.9	0.7
アメリカ 計	37.2	41.3	42.4	46.7	43.7
Australia	12.6	9.6	8.1	6.9	8.6
自由世界 計	190.2	172.6	166.2	158.3	160.9
China	16.0	17.0	17.5	18.0	
U. S. S. R.	16.0	17.0	17.0	16.0	
その他共産圏	2.4	3.5	4.2	4.5	
共産圏 計	34.4	37.5	38.7	38.5	
世界 計	224.6	210.1	204.9	196.8	

iterite, SnO₂)のみである。他には僅かに黄錫鉱(Stannite, Cu₂FeSnS₄)の稼行の例がある位である。錫石は正方晶系の透明な錐状結晶で、茶～黒褐色を呈する。比重6.8～7.1、モース硬度6～7で比較的硬いが脆い鉱物である。電気伝導度、帯磁率は純粋な鉱物では非常に低いが、鉄を多量に含むものは磁性を呈することもある。

錫石は化学的に安定で、常温では殆どどの溶液に侵されないが、簡便な錫石の判別法として、亜鉛板上で錫石試料に塩酸を注ぎ、錫石粒子の表面に還元された金属錫の薄膜が形成されるのを観察する方法がある。

錫石中の錫の理論含有率は78.6%である。

なお金属錫は天然には存在しない。

4.2 錫鉱床の採掘

初生鉱床の採掘法は他の鉱種と変るところはない。殆どが坑内掘で、立坑、斜坑あるいは水平坑道で開坑し、鉱床に到達した後、シュリンケージ法、充填採掘法、サブレベル法、又大規模にはブロック・ケービング法等で採掘される。鉱脈群は概して互いに平行に賦存するが、鉱脈の膨縮、品位の変動が大きいため、採掘に先立った探査によって常に鉱床の経済性を把握しておかなければならない。坑内掘の採掘原価は高いので、採掘する鉱石品位は最低1%Sn前後は必要である。

砂鉱床の採掘は、大部分がドレッジ(Dredge)あるいは水圧モニター方式による。数は少ないが露天掘機械採掘を採用する鉱山もある。

ドレッジは大型の浚渫採鉱船で、巨大なバケットですくい上げた鉱石を船上の選鉱設備で連続的に処理し、廃滓は船尾から採掘跡に投棄しながら進む。船内には修理工場も具備した巨大なプラントで、総重量6,000トン、水面下の採鉱深度50m、採掘量1,000 t/Hに達するものもある。陸上の平地では人工的な池をつくり操業するが、インドネシア、タイでは沖合地域に達する鉱床の採掘に海上ドレッジが稼働している。大資本を要するが、大量処理により操業コストは低い。採掘される鉱石の錫品位は0.01～0.02%である。

ドレッジに対して水力モニター(Hydraulic Monitor)による採掘は、傾斜地あるいは平地でも小規模の鉱床に適している。又ドレッジのバケットでは採掘できなかった。複雑な形状の基岩の凹部に濃集した、高品位の錫鉱を対象に稼行する鉱山もある。水力によって採掘した鉱石の輸送に使用する大型ポンプをグラベル・ポンプ(Gravel Pump)と呼ぶところから、こ

表4 マレーシアにおける操業形態別錫精鉱産出量
(Resources Management SDN. BHD. による)
(単位:トン)

	1984	1985	1986	1987()
グラベル・ポンプ/露天掘	31992	28213	17530	7756
ドレッジ	16875	15002	16049	6756
坑内掘	1163	1151	761	68
その他	4733	4599	4330	2161
計	54763	48695	38670	16741
精鉱含有錫量	41307	36884	29134	12560

種の鉱山をグラベル・ポンプ鉱山と称している。概して小資本、中小鉱山である。

表4にマレーシアにおける採掘法別の錫の生産高の推移を示す。錫危機の打撃が、とりわけ中小のグラベル・ポンプ鉱山、坑内掘の鉱山に及んでいることが判る。ちなみに錫価格の崩壊前の1985年10月には約400あったグラベル・ポンプの小鉱山が現在では半数の200余りに減少しているという。

4.3 錫の選鉱と副産物

坑内掘による粗鉱は、まず鉱石中に微細に分布した錫石を機械的に分離させるために粉碎を受ける。通常の粉碎と異なるところは、錫石は比較的脆い鉱物で、しかも主たる選別法が比重選鉱であることから、錫鉱物の過粉碎(Overgrind)をできるだけ避けるよう、粉碎、分級に特に留意しなければならない点である。

錫石は酸化鉱物であるから、硫化鉱物のような効率の良い浮遊選鉱が応用できず、他鉱物より比重の大なることを利用して、テーブル(Shaking Table)を主とする比重選鉱によって分離している。この選別法の難点は、微細粒子の回収率が悪いことで、20μ以下の粒子は回収が非常に困難となる。これに対して浮選法も英国、オーストラリア、南アフリカ等で行われているが、コストが高く未だ完成された技術とは云えない。初生鉱床の鉱石には、通常他の金属硫化物が共存しているので、これらは錫回収前の工程で精鉱として回収するか、不純物として除去する。錫精鉱の品位は30～60%Sn、実収率は50～70%程度である。

砂鉱床の錫は、すでに鉱床の生成過程で淘汰され、単体の粗い粒子の鉱物が残ったものなので、錫石そのものの選鉱は比較的容易である。ドレッジでは主としてジグ(Jig)による比重選鉱で、又グラベル・ポンプ鉱山では、マレー語ではパロン(Palong)と称するネコ流しで処理して粗精鉱(10～30%Sn)を得る。これは

更に陸上の精選工場に送られ、比重選鉱、磁力選鉱、静電気選鉱によって、最終錫精鉱(70~75%Sn)が他の重鉱物から分離される。実収率は90~95%に達する。

この砂鉱床は、錫石に随伴して希土類鉱物を含む副産物を産出する点でも重要である。これらの錫以外の重鉱物をアマン(Amang)と総称しているが、錫の精選工場における選別工程で、ていねいにそれぞれの鉱物に分離される。マレーシアにおける標準的な精選工場の系統図を図-4に示すが、更に複雑な工程を擁する工場では、ゼノタイム(Xenotime, YPO₄)、ストルベル石(Struverite)等も回収している。

表5にマレーシアにおける錫精選工場副産物の最近の生産高を示す。

なお砂鉱床中に賦存するニオブ、タンタルは錫製錬の鏝中にも残留し、鏝はこれらの重要な資源として輸出される。含有量には地域差があり、タイ国のもので

表5 マレーシアにおける錫精鉱精選工場からの副産物 (Resources Management SDN. BHD. による) (単位:トン)

	1984	1985	1986
Ilmenite	268490	314736	414941
Columbite	46	76	13207
Zircon	7993	11652	11303
Monazite	4980	5808	5959
Xenotime	384	1126	136
Rutile	66	134	58
Struverite	99	120	57

はTa₂O₅ 12%, マレーシア, ブラジルで3%程度という。

4.4 錫製錬

かつて錫製錬の中心は欧州であったが、現在では殆んど鉱石生産国で製錬も行われるようになった。

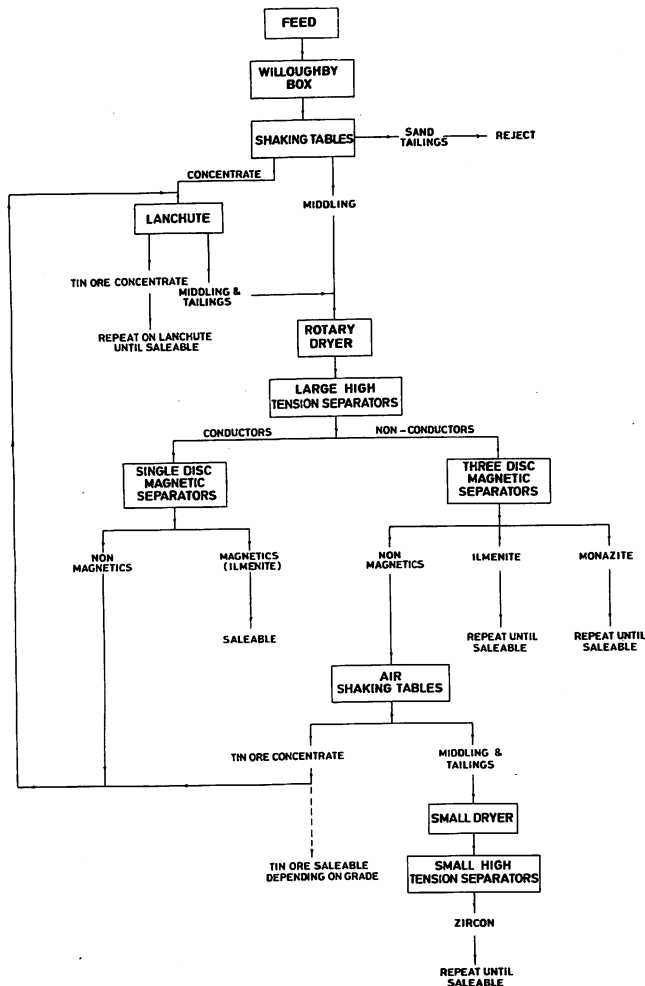


図-4 錫精選工場の系統図 (マレーシア) (Resources Management SDN. BHD. による)

錫石は高温下で容易に還元される。実際には、焙焼一浸出により不純物を除去した後、反射炉又は電気炉で、コークス、微粉炭等の還元剤、および石灰石、珪石等の溶剤と共に1,300~1,400°Cで処理され、粗錫が得られる。鋅中には珪酸分と結合した錫(10~25%Sn)が残るので、これを更に強い還元雰囲気中で再処理する。この時鋅中の鉄も同時に還元されて、ハードヘッド(Hard Head)と称するFe・Sn合金が得られ、これは前工程に繰返される。最終鋅中の錫の含有量は1%以下である。粗錫は更に錫と他の不純物との融点の差を利用した絞り吹き(Liquation)、又激しい攪拌によって不純物を酸化除去するポーリング(Poling, Boling)等の乾式工程によって精製される。不純物の多い原料に対しては、電気分解による精製も採用され、高純度の錫が得られる。

5. 我国の錫資源

生野、明延(兵庫県)、尾平(大分県)、見立(宮崎県)、錫山(鹿児島県)等の錫鉱山があったが、最後に残った我国最大の錫鉱山、明延も、円高と錫価暴落の波を受けて本年3月閉山した。同鉱山は明治以降本格的に開発され、同42年錫鉱の発見以来、我国第1の産錫量を誇っていた。鉱床は典型的なゼノサマル型、多金属鉱床の鉱脈群で、錫の他銅、鉛、亜鉛精鉱を産出した。これまでの総採掘量は17百万トンで、近年の粗鋅錫品位は0.3%、月間約50トンの産錫量であった。

選鉱場の180台のテーブルを中心とする錫の回収系統、長年にわたって蓄積された粉砕、分級、比重選鉱の技術は精緻を極め、これが閉山とともに消失するのはま

ことに惜しい。とりわけ昭和41年に同所で開発した、p-トリル・アルソン酸を主成分とする捕収剤による錫浮選は、まず同所の旧廃滓20万トンを処理して錫量700トンの回収に成功した後、更に昨年度までに比重選鉱では回収不可能な微粒錫1,100トンを採用するのに貢献した。又この浮選技術は、昭和43年から昭和53年まで10年間にわたって、豪州 Tasmania 島にある Renison 鉱山に技術輸出された。

6. 資源の再生、リサイクル

鉱石出の錫(Primary Tin)だけでなく、再生錫(Secondary Tin)も又重要な資源である。ハンダ、合金類のスクラップはそのまま再使用されるか、合金類の原料として直接リサイクルされるが、例えば製缶工程のスクラップのようにそのままでは再使用できないものは、製錬工程に供される。

再生錫の製錬工場の好例として、三菱金属・生野工場を紹介する。(図-5、図-6)同工場は国内唯一の錫製錬所として、明延鉱山の錫精鉱とともに国内の滓類を処理してきたが、同鉱山の閉山に伴い完全にスクラップ処理の製錬所に変身した。粗錫は同じ社内の直島製錬所で電解精製して、現在月当たり約50トンの電気錫を生産している。原料の内訳は、メッキ滓35t/月、有機滓8t/月、製錬副産物その他7t/月である。製品は極めて高純度で、Sn 99.99%(4N)以上、輸入の乾式精製錫(Sn 2N~3N程度)は使用できない電子材料向の特別な用途に供されている。

7. 新技術、新用途の開発^{7,8)}

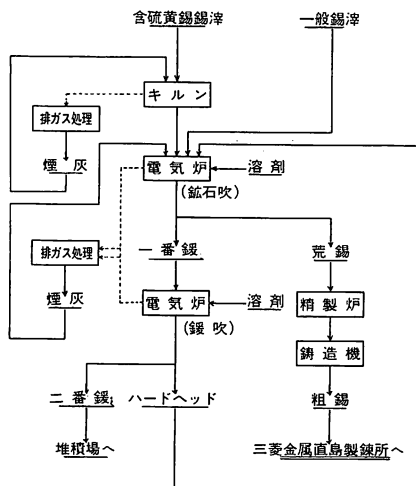


図-5 錫製錬系統図(三菱金属・生野工場)

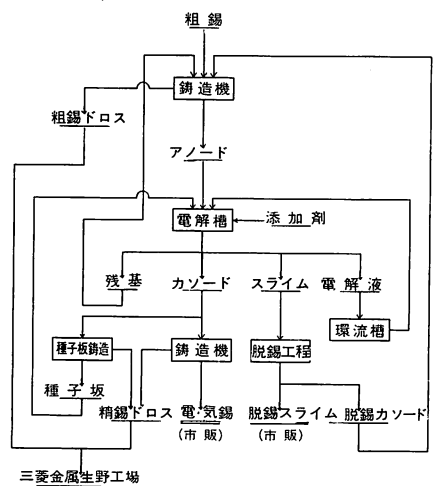


図-6 錫電解精製系統図(三菱金属・直島製錬所)

今後の生産技術の開発で特に望まれるのは、微粒子に対する選鉱技術の向上である。錫石が酸化鉱物であるという宿命はあるにしろ、現在の比重選鉱、浮選技術では未だ回収率も十分でなく、コストも高い。低コストで、しかも選鉱実収率が向上すれば、現在の手持鉱量の価値を高めるだけでなく、世界の鉱山の周辺に堆積されている膨大な量の過去の廃滓をも新たな資源として賦活させることができるのである。

錫の今後の用途で期待されるのは、すでに実用化されている超電導材料、ガラスへの応用、触媒としての利用、ガス・センサー材料、プラスチックの難燃剤、減煙剤等が上げられている。

なお錫の用途開発に係る国際的な研究機構として、国際錫研究会議の国際錫研究所(International Tin Research Institute)がある。日本には、日本錫センターが情報サービス、技術開発を目的として設置されている。

8. 今後の展望

世界の錫資源の埋蔵量については、最近の米国鉱山局の統計(1985年)³⁾によると3,060千トンとある。しかし、錫鉱床の大部分は資料の少ない開発途上国に存在しているので、先進諸国の大鉱山におけるような確実な探鉱結果と地質学的資料に基く確定、推定鉱量と比較するのは無理であろう。参考までに同じ鉱山局の1980年の統計によると、埋蔵量は10,000千トン、可能資源量が27,000千トンである。1985年の数字は、新しい資料によって大幅な見直しを行ったとしている。ちなみに3,060千トンの現在の埋蔵量のみを現在の生産水準200千トン/年で採掘するとしても、15年の寿命はある。実際には探鉱の成果によって、埋蔵量には年々新たな数字が加ってくることだろうし、生産技術の進歩、その他錫価格、生産コスト等の経済的要因によってもこの数字は変わってくる。当面、埋蔵量の点からも、鉱山、製錬の設備能力の点からも、錫に関しては十分な供給能力があると見て良い。

今後の需要予測については、年率1～2%の成長を予測する向きもあるが、実際には世界の錫の消費量は、1973年の270千トンを頂点として、1985年には225千トンまで落込んでいる。これは年率1.5%の減少である。しかし国別に見ると、先進諸国の落込に対して、開発途上国の消費量は着実に増大している。

最大の需要がある食糧業界では代替品の進出が顕著であり、又メッキ技術が進歩して、ブリキ単位量当り

の錫の使用量が減少している。今後の期待できる分野としては、電子工業、化学工業向の需要があるが、現在の低価格においても急速に需要が喚起される気配はない。

しかし代替品の出現も、あらゆる資源の総合的な利用という大乗の見地から捉えれば、人類にとってはむしろプラスになることも知れない。錫そのものに関しては、その特性を生かした新たな用途、需要が生じるであろうし、いずれにしても限られた資源の価値をいかに高め、有効に利用するかに人智が及ばねばならない。したがって生産国としても、価格の下落を増産で補うといった愚を重ねるのではなく、新しい用途開発を通して消費国と協調していくことが、長期的には自らを利することにつながる。

9. 結 び

ITCの近年の高価格政策は、結局、世界の非効率な錫鉱山の増産を促し、密輸を助長するだけの結果に終わった。市場の崩壊、大暴落後の錫価格は余りにも低すぎるが、過剰在庫が一掃されるまでは、各国ともこれに耐えなければならないであろう。

1970年代初頭、年産75,000トンの産錫を誇ったマレーシアの生産も30,000トン以下に落込んだ。世界の産錫国の地図も変わろうとしている。

本稿をまとめるに当たって、三菱金属・製錬部の猪刈正利氏、Resources Management SDN. BHD. のDato K. K. Lim氏には、貴重な意見と資料の提供をいただいた。紙面を借りて感謝申し上げる。

参 考 文 献

- 1) R. G. Taylor; *Geology of Tin Deposits*(1979), Elsevier Scientific Publishing Co.
- 2) P. A. Wright; *Extractive Metallurgy of Tin*(1982), Elsevier Scientific Publishing Co.
- 3) *Mineral Facts and Problems*(1985), U. S. Bureau of Mines, Bulletin 675.
- 4) *Mining Annual Review-1986*, Mining Journal, London.
- 5) *Tin-Trial of Errors*, Mining Magazine, June 1986.
- 6) 希少金属データブック(錫), 金属鉱業事業団
- 7) 信太郎夫編; 錫の利用技術, 日本錫センター
- 8) 信太郎夫ほか10名; (特集)錫-合金, 化合物への応用, 金属, Vol.57, No.7(1987), 8~28.
- 9) *World Metal Statistics*, World Bureau of Metal Statistics(London).