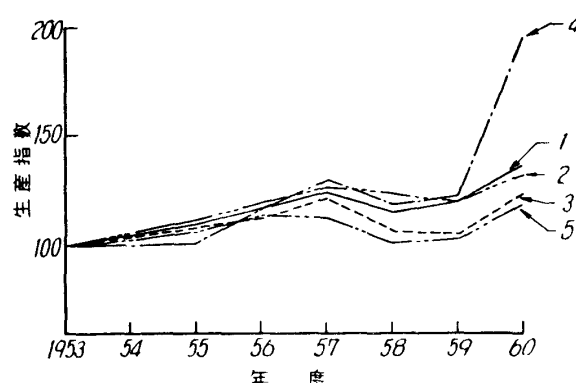


諸外国における選鉱の趨勢

和田正美*

1. 緒言^{1)~9)}

国際連合の統計によれば、世界の鉱業生産指数（燃料を含む）は第1図に示す如く1953年度のそれを100とした場合、1960年度は138で、特にラテンアメリカ（中・南アメリカおよびカリブ諸島）のそれは195で著しい上昇を示している。また欧州経済協力機構加盟国の卑金属鉱業（basic metal industries）の生産指数は第2図に示す如く1959年度148で、ノルウェー(192)、イタリア(184)、オーストラリア(175)、西ドイツ(160)、フランス(158)、オランダ(156)およびスウェーデン(153)の諸国が全体を上廻る上昇率を示している。これに対して、一次製品としての非鉄金属の自由諸国における見掛けの消費量は1958年度のそれを100とした場合、銅は105で、これを上廻る国は日本(143)、アメリカ(114)、西ドイツ(109)、イタリア(109)、カナダ(106)、同様に鉛は108に対して、日本(152)、インド(123)、西ドイツ(122)、ベルギー(114)、アメリカ(109)、亜鉛は106に対して、西ドイツ(119)、ベルギー(116)、日本(114)、イギリス(111)、カナダ(110)、アメリカ(108)、オーストラリア(108)、錫は110に対して、西ドイツ(172)、カナダ(129)、日本(121)、イタリア(118)、ベルギー(113)、オーストリア(111)の諸国が全体を上廻る上昇率を示している。



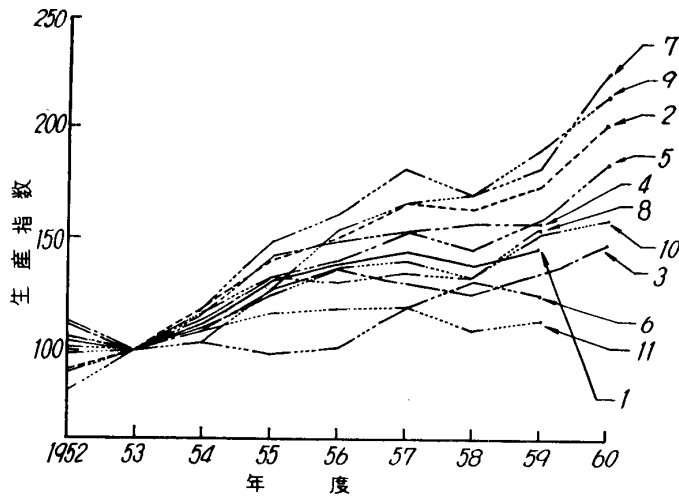
第1図 世界の金属鉱業生産指数 (1953=100)
1 自由世界, 2 ヨーロッパ, 3 北アメリカ,
4 ラテンアメリカ, 5 アジア (東アジアおよび
東南アジア)

第6回日本鉱業会東北支部・東北鉱山学会選鉱部会選鉱専門委員会にて講演 (1962. 5. 8.)

* 東北大学選鉱製錬研究所

- 1) Merrill, C. W., R. H. Mote and D. R. Irving: Minerals Yearbook 1959. Vol. 1 (1960).
- 2) Merrill, C. W., R. H. Mote and D. R. Irving: Minerals Yearbook 1960. Vol. 1 (1961).
- 3) Recent Developments in Mineral Dressing. The Institution of Mining and Metallurgy, London. (1953).
- 4) The Mining and Dressing of Low-Grade Ores in Europe. The Organization for European Economic Co-operation, Paris. (1955).
- 5) Low Grade Ores. A Survey of American Research Methods. The European Productivity Agency of the Organization for European Economic Co-operation, Paris. (1958).
- 6) Internationaler Kongress für Erzaufbereitung. Z. Erzbergbau u. Metallhüttenwes. 8, Beiheft (1955).
- 7) Progress in Mineral Dressing. Svenska Gruvföreningen and Jernkontoret. (1958).
- 8) International Mineral Processing Congress, 1960. The Institution of Mining and Metallurgy, London. (1960).
- 9) 和田正美: 浮選, No. 14 (1961), 1.

第3～10図は世界の金，銀，鉛，亜鉛，銅，アルミニウム，鉄および黄鉄鉱（硫黄含量）の生産額の推移を示す。



第2図 ヨーロッパ経済協力機構加盟国の卑金属鉱業生産指数 (1953 = 100)

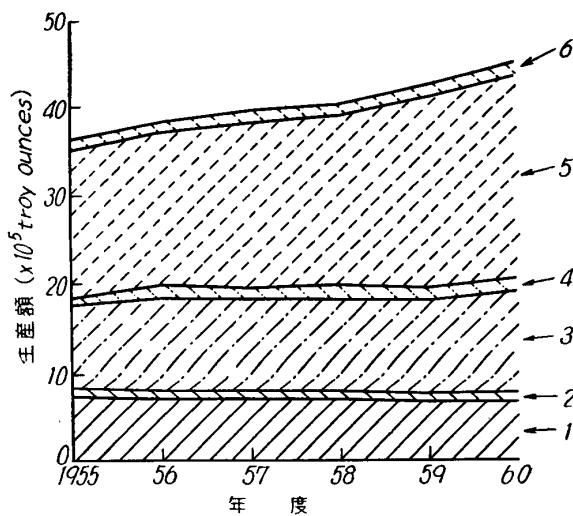
1 全加盟国, 2 オーストリア, 3 ベルギー・ルクセンブルグ, 4 フランス, 5 西ドイツ, 6 ギリシャ, 7 イタリア, 8 オランダ, 9 ノルウェー, 10 スウェーデン, 11 イギリス

一方世界市場における鉱産物の価格指数は1953年度を100とした場合、鉱産物全体、金属鉱石いずれも1960年度101で軟調である。鉱石の海上運賃も1958年度以降比較的低下で、1960年度92を示している。

以上の統計から、一般に金属の消費が増加し、これに伴って、生産が増大しているが、価格はほとんど上昇しておらず、鉱石の海上運賃も比較的低下であるといえる。このことは生産の増大に伴う原鉱品位の低下に対処するための選鉱製錬技術の改良ならびに利潤の低減を克服するための生産性の向上等が強く要請されることを意味している。一方鉱石の

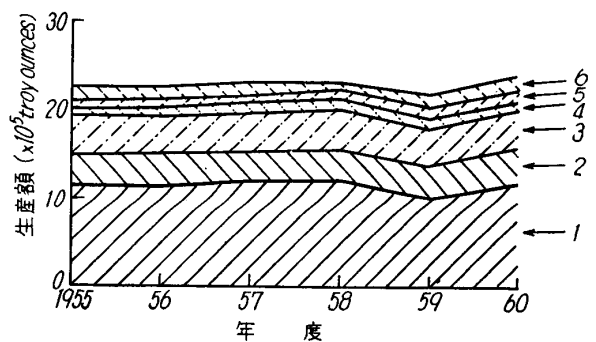
海上運賃が低下することは、わが国のように資源を広く海外に求めなければならない立場にある国や、未開発国で近代的な製錬設備を持たないために、鉱石を海外に輸出しなければならない国にとっては好都合であるといえる。しかしこの場合でも、鉱石の海上輸送量を減らすために原鉱石はできるだけ現地で選鉱し高品位の精鉱にする必要がある。

選鉱製錬技術面では益々低品位複雑鉱の経済的な処理を行う一方、宇宙開発その他日進月歩の近代工業の要請に答えるために高純度、高性能の金属や特殊用途の希少金属、非金属、耐火物等



第3図 世界の金生産額

1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ, 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲

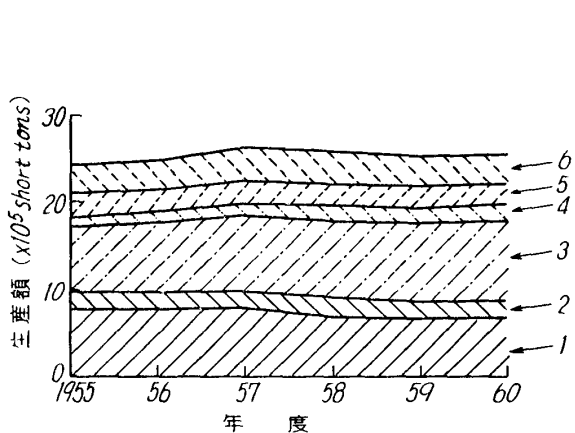


第4図 世界の銀生産額

1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ, 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲

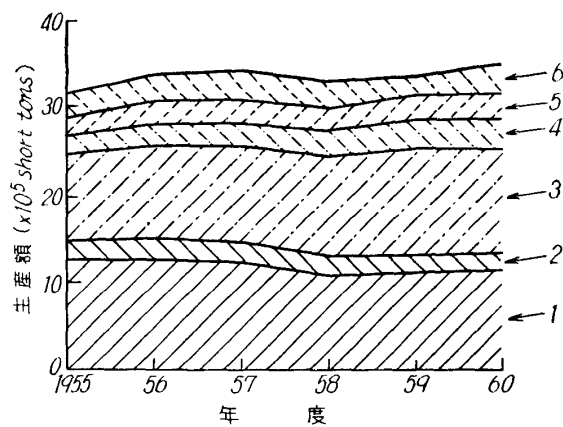
を生産する必要に迫られている。そのために従来から用いられている既成の技術では不十分な面が多く、各国において新技術の開発が行われるとともに各国間の技術的協力が戦後甚だしく活発

になつている。特に選鉱に関しては、1952年9月ロンドンにおいて最初の国際会議が開催され、ひきつづいて、パリーの欧州経済協力機構の中に低品位鉱の利用法の開発に関する国際協力を促



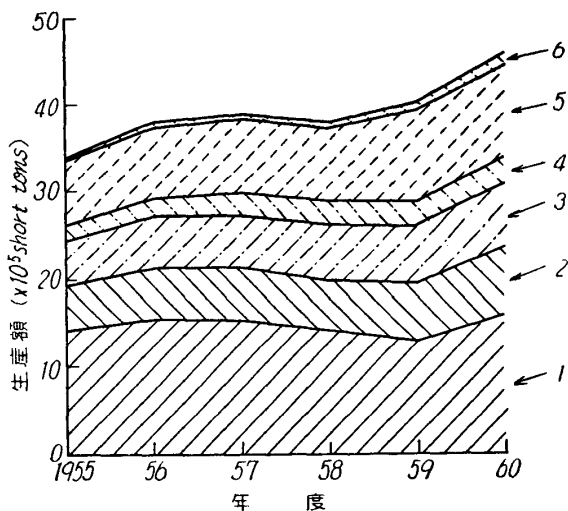
第5図 世界の鉛生産額

- 1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ,
- 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲



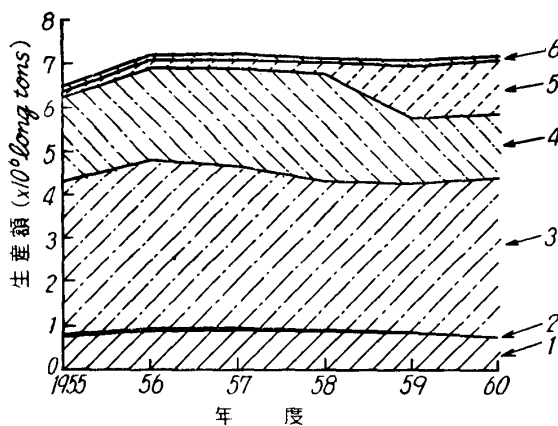
第6図 世界の亜鉛生産額

- 1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ,
- 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲



第7図 世界の銅生産額

- 1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ,
- 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲

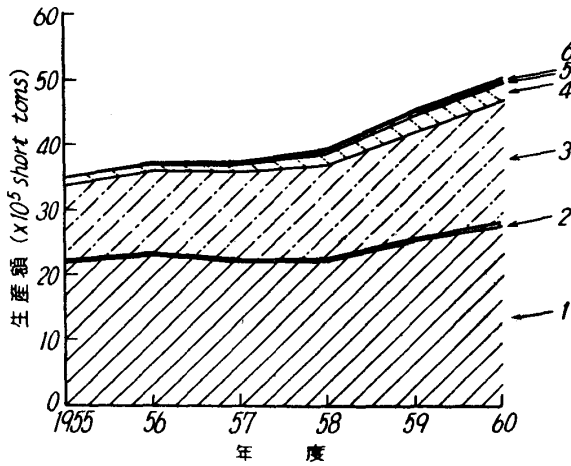


第8図 世界の黄鉄鉱生産額(硫黄含量)

- 1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ,
- 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲

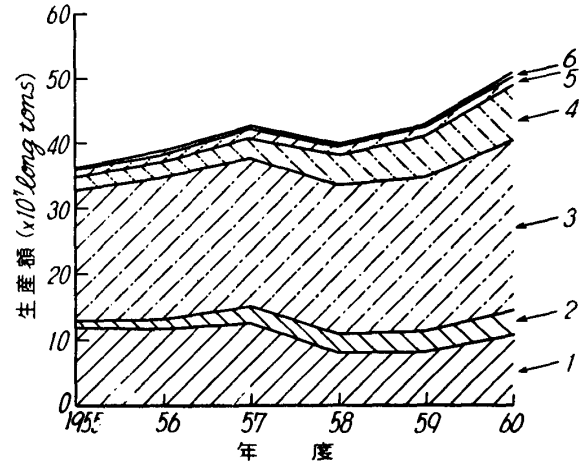
進するための実行委員会が組織され、1953年にヨーロッパに、1954年にアメリカおよびカナダに、選鉱の分野における発達の状況を視察し、また必要な協力関係を打ち樹てるために視察団が送られた。これらの視察旅行では、各国で討論会あるいは協議会が開かれ、このような会議を開催することが最も効果的な方法であることが確認された。その結果1953年9月にパリーで、1955年5月にゴスラー (Goslar) で、1957年9月にストックホルムで、1960年4月にロンドンで国際会議が開催され。また1963年春にはカンヌで、1964年秋にはニューヨークで同様な会議が開催されることが予定されている。これらの会議は回を重ねるごとに盛会となり、1960年ロンドンで開催された第5回の会議では、約40カ国の代表が参加し18カ国から論文が提出され、特にソ連から初めて多数の論文が発表され多大の成果を収めた。

以下ヨーロッパ、南・北アメリカ、オーストラリア、その他の諸国について、最近の選鉱の趨勢を概観することとする。



第9図 世界のアルミニウム生産額

1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ, 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲



第10図 世界の鉄生産額

1 北アメリカ, 2 南アメリカ, 3 ヨーロッパ, 4 アジア, 5 アフリカ, 6 大洋洲

2. ヨーロッパ諸国^{2),4)}

選鉱工場への粗鉱は鉱物組成および鉱物含量ができるだけ均一であることが望ましいが、採掘あるいは貯鉱によつて、この目的を達するには、貯鉱が長期に亘り易いために、化学処理その他の複雑な選鉱処理に鉱石が不適當となることを免がれえない。Boliden ではこのために、採掘粗鉱を区分し、あらかじめこれを分析して、鉱石の分析に適當した選鉱法をノモグラムによつて選ぶ方法をとつている。

普通の低品位鉱の選鉱費の内訳は、スウェーデンでは第1表に示す通り粗砕および粉碎費の合計が全経費の53.3%を占め、鉱石の組織が細くなれば、さらにこの比率は上昇するはずであり、

第1表 スウェーデンにおける普通の低品位鉱の選鉱費の内訳

操 作	選鉱費(%)
粗 砕	13.3
粉 砕	40.0
選 別	16.7
補 助 設 備	13.3
脱水および積卸	16.7
合 計	100.0

粉碎方法は選鉱成績に決定的影響を及ぼすことは間違いない。したがつて尾鉱を粗粒で分離し選鉱費を低減するとともにその建設材料としての商品価値を高めるため、低品位鉱の粗粒の重液選鉱および磁選が行われている。また、粉碎と組み合わせる効果的な分級法特に湿式サイクロンおよび弧状ふるいがオランダで開発され広く用いられている。

精選関係では比重選別、硫化鉱および酸化鉱の浮選、磁選等に重点が置かれている。これらの問題については、とくに目立つた発展はないが、浮選では

鉱物の結晶構造に適合した合成捕収剤を利用することがドイツで考えられている。ノルウェーでは戦前 Sydvaranger において鉄品位33%程度の鉱石が選鉱されていたが、今次大戦によつて完全に破壊され、戦後2,000万ドルの経費を投じて鉱山が再建され、塊成工場を含む選鉱工場が建設され、年間230万tの原鉱石を処理し100万tの鉄品位66%の精鉱が生産されている。またスウェーデンでは Malmberget の中央選鉱工場は長さ94.5m、高さ36.6m、幅30.5mで9系統からなり、7系統は磁鉄鉱、2系統は赤鉄鉱を処理するもので、磁鉄鉱系統は各々250t/hr、

赤鉄鉱系統は各々 200 t/hr の処理能力を有する。精鉱は合計 20,000 t の容量の 6 基の貯鉱舎に貯えられる。精鉱処理では安価な脱水法がスウェーデン、西ドイツ等で導入されている。スウェーデンではフラッシュロースティングによる黄鉄鉱焼滓の焼結法が開発され、**Malmberget** では大規模なペレット工場が建設されている。この工場に興味あることは 2 系統で粒度の異なる 2 種のペレットが生産されていることである。またこの工場では選鉱と製錬の結びつきがよく、今後の選鉱製錬技術の動向を示唆するものである。ペレットの方法は今後鉄精鉱のみでなく他の精鉱にも適用されるべきであると考えられている。

イギリスの **National Chemical Laboratory** では青化液から金を回収する場合に用いられる改良されたイオン交換樹脂を開発した。新しい樹脂は金の交換能力が大きく、チオシアン酸ナトリウムの水溶液から金の回収および溶離ができる。ソ連では鉄、銅、砒素、亜鉛および銀を含む酸性の青化液からイソアルミアルコールで金を抽出する方法を報告している。0.1 mole/l の硫酸と有機層対水層の比 1 : 5 の場合の抽出率は 98.5% である。

新しい工場では材料運搬法に多大の関心がはられ、特にスウェーデンのように労働力の不足している国では、できるだけ労力を節約するために運搬距離を短くするように工場設計が行われている。ヨーロッパ諸国でも尾鉱処理の問題は水質保全の立場から重大な問題となっており、尾鉱の処理法およびスライムの沈澱等についてパイロットプラント規模の試験が行われているが、根本的な対策はまだ立てられないように見受けられる。

Boliden や **Montmins** では、それぞれ硫化鉄およびタングステン鉄の処理法を開発するための現場に直結したパイロットプラントを持っているが、独立した研究機関も幾つかあり、それぞれ完備した試験研究設備を備えている。これらの研究機関で共通な点は設備がすべて戦後の新しい物であること。大学の研究機関でも基礎研究からある程度の工業化試験までが行われること。選鉱の研究分野が原鉱石の処理から製錬の予備処理までに行えるために、大学の研究機関でも製錬の予備処理関係の乾式あるいは湿式処理の設備を備えていること等である。またベルリン工科大学では選鉱研究室専属の工作工場を持ち、数名の機械工作工を抱え選鉱設備の試作研究もできるようになっている。

選鉱製錬の作業は経済的には、一貫したものと考えなければならぬものであるが、低品位鉄の処理においては、特にこの関係は密接でなければならない。タングステンの選鉱工場では黄鉄鉱あるいは硫化鉄を含む精鉱の焙焼が行われ、**Salzgitter**, **Rammersberg**, **Mechernich** 等ではいずれも選鉱と製錬が直結しており、これらの低品位あるいは複雑鉄の処理を可能にしている。1960年に著者がヨーロッパを訪問した際には、**Mechernich** は既に閉鎖していた。一般に、これらの国では与えられた鉱山から最高の利潤を上げるために必要な規模と操業年数で稼行することを目的としているように見受けられる。

選鉱工場に働く従業員の工数と鉱業全体のそれとの割合は1951年9月末現在フランスでは平均17%と報告されている。

選鉱工場に対する投資額はフランスでは従業員1人当たり \$4,700~\$5,700、イギリスでは \$5,150 (≒1,840) である。これらの数字がかなり高いのは高価な設備のあるものはごく少数の従業員で操業できるためである、たとえば重液選鉱の **Mobil Mill** は価格 \$60,000 で従業員3名で操業することができ、2 ft (0.61 m) の **Symons** コーンクラッシャーは価格 \$12,500 で従業員1名で操業することができる。

3. 南・北アメリカ諸国^{1)2)5)10)~15)}

選鉱技術は古くからヨーロッパに発達し、Minerals Separation Company Ltd. は1901年にロンドンに創立され、初期の浮選に関する特許は同社に帰属していたが、1922年にザンセートが発明されて以来、合衆国が選鉱技術分野の進歩の先頭に立つようになり、約30年間に種々の選鉱機および浮選剤が発明され、教育および研究の面でも多大の貢献をした。

合衆国鉱山局 (U. S. Bureau of Mines) の統計によれば、選鉱技術の進歩に連れて選鉱処理鉱と直送鉱との比は大きくなり、また原鉱の稼行品位が低下している。

第2表は1958年度の各種鉱産物の有用産物量および粗鉱量と有用産物量との比を示す。また第11図は銅鉱の平均銅品位と砂金の平均金品位、第12図は鉄鉱の平均鉄品位および選鉱比、第13図

第2表 合衆国における鉱産物の有用産物量および粗鉱量と有用産物量との比(1958年度)

鉱産物	有用産物量(%)	粗鉱量と有用産物量との比
銅	0.8	123.0
鉛	2.4	42.0
亜鉛	4.0	25.0
マンガン	33.0	3.0
螢石	37.0	2.7
クロム鉄鉱	40.0	2.5
珪藻土	53.0	1.9
重晶石	59.0	1.7
鉄鉱	63.0	1.6
真珠岩	77.0	1.3
ボーキサイト	83.0	1.2
軽石	83.0	1.2
板状珪藻土	100.0	1.0

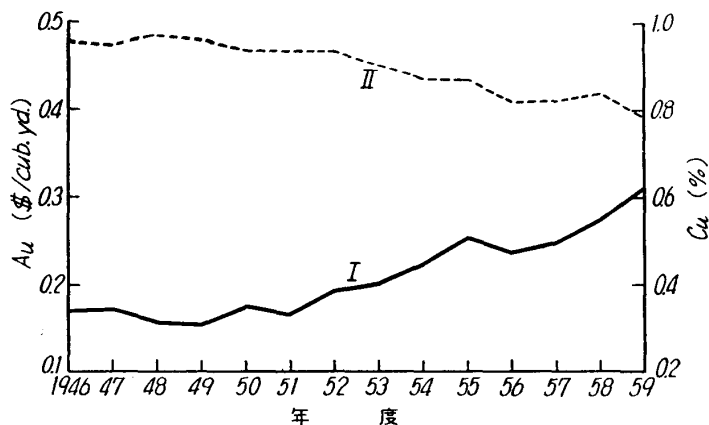
はウラン鉱の平均 U_3O_8 品位と燐鉱の平均 P_2O_5 品位、第14図は砂礫の生産量と選鉱率の推移を示す。銅鉱については選鉱処理鉱と直送鉱との比は1943年度 44:1 であったが、1949年度には 100:1 になり、原鉱の平均銅品位は 1939 年度の 1.29% に対して 1959年度は 0.78% に低下している。鉄鉱については、原鉱の平均鉄品位は 1936 年度 45.2% に対して 1958年度 32.3% に低下している。選鉱処理鉱と直送鉱との比は 1945~1948年度には平均して約 1:4 でまだかなり低いが、この比は今後タコナイトあるいはセミタコナイトが大規模に利用されるようになれば、かなり上昇するものと思われる。1940年度には選鉱処理鉱の 78.5% が簡単な洗浄法によつて、残りの 25.1% がシグ、重液選鉱、比重選鉱、浮選等のより進歩した

方法で処理されていたが、1950年度には、単純洗浄法によつて処理された鉱石の割合は 65.6% に低下し、より進歩した方法による割合は 34.4% となり、この割合は今後さらに上昇することが明らかである。Chicago および Pittsburg 地区の鉱石の枯渇により Lake Superior 地区の磁性タコナイトおよびセミタコナイトの開発が必然的に促進され、セミタコナイトについては、磁選—浮選併用法の適用が開発されている。

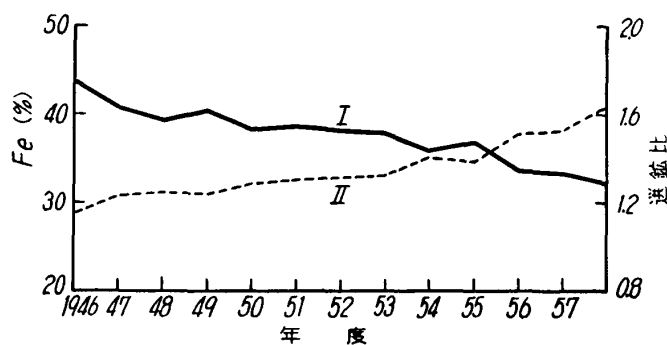
Missouri, Nevada, California 地方の低品位鉛亜鉛鉱の選鉱に関して鉱山局では多数の研究を行い、1,600 mesh 程度に粉碎しなければ単体分離できない極めて微細な、酸化した鉛鉱を

- 10) Non-ferrous Ore Dressing in the U. S. A. The Organization for European Economic Co-operation, Paris. (1953).
- 11) Van Antwerpen, F. J.: Mineral Engineering Techniques. American Institute of Chemical Engineers, New York. (1954).
- 12) Gallagher, A. E. J., W. A. Stickney, J. E. Shelton, and F. W. Wessel: U. S. Bur. of Mines, Rept. of Investigations, No. 5765 (1961).
- 13) Lightfoot, W. E.: State of California Department of Natural Resources, Special Report No. 12 (1951).
- 14) Mining Eng. 14, No. 2 (1962), 69.
- 15) Mining Eng. 12, No. 2 (1960), 132.

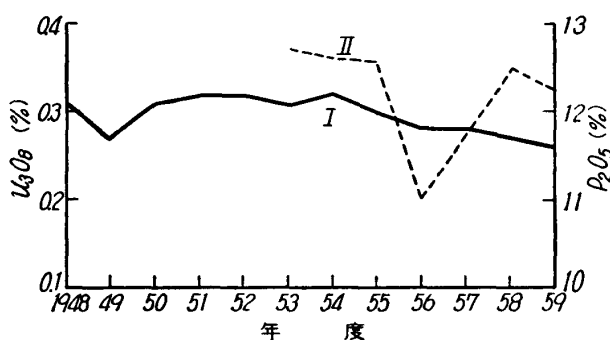
む鉱石の優先浮選にジチゾンを捕収剤として使用する浮選法を開発した。ジチソンは価格がかなり高く、鉱石の微粉碎に相当の経費を要するにもかかわらず、鉛実収率の向上によつて低品位鉱



第11図 合衆国における砂金の平均 Au 品位 (I) と銅鉱の平均 Cu 品位 (II)



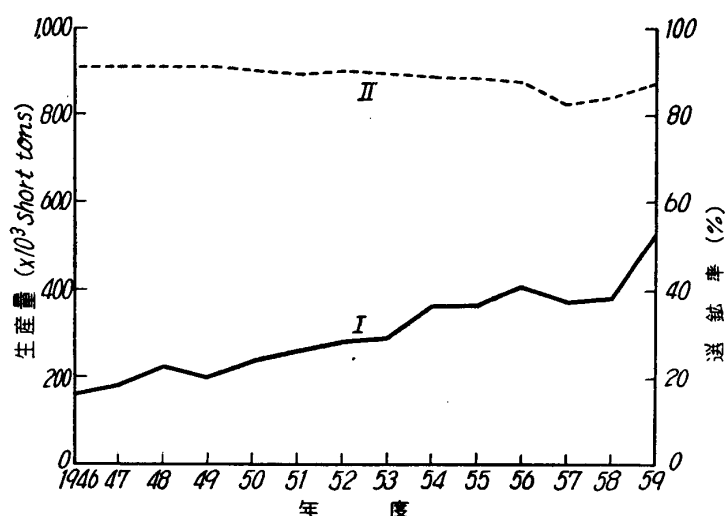
第12図 合衆国における鉄鉱の平均 Fe 品位 (I) と選鉱比 (II)



第13図 合衆国におけるウラン鉱の U₃O₈ 品位 (I) と燐灰石鉱の P₂O₅ 品位 (II)

の処理を可能にしている。モリブデン精鉱から金を回収するために青化法を利用する方法が Arizona で開発され、良好な回収成績を得ている。Montana では砒素を含む複雑鉱の浮選に、炭酸ナトリウム-亜硫酸ナトリウム鉱液中でアミルザンセートを用いて粗選し、粗選精鉱の精選に硫砒鉄鉱の抑制剤として過マンガン酸カリウムを使用する方法が開発された。最良の成績を得るためにはザンセートと KMnO₄ の添加量を微細に調節する必要がある。American Cyanamid

Co. では炭素を含む鉱石から、アルキルメルカプタン、ジアリルジチオ燐酸、ジアリルチオ尿



第14図 合衆国における砂礫の生産量 (I) と選鉱率 (II)

素、メルカプトチアゾール、アルキルフェノールなどの炭素の再沈澱作用を弱める試薬によつて青化法における採取率を良くする方法、および α -ヒドロキシニトリルを用いて貴金属を抽出する方法の特許を得ている。Dorr-Oliver で完成された弧状ふるいは 300° の広がりを持ち、 40μ の分離を可能にするもので、細粒の分離や向流洗浄への応用が期待されている。

選鉱工場の1960年度の年間平均稼働日数は288日、1日稼働人員は16,634人、各人の稼働時間は1交代 8 hr で、生産の増大に拘わらず、稼働工数は1951~1955年度の平均より7.5%減少している。これは工場の機械化と操業の自動化等による生産性の向上に原因するものと考えられる。選鉱工場に働く従業員の工数と鉱業全体のそれとの割合は1951年当時約15%と報告されており、ヨーロッパのそれと比べて大差はない。Tennessee Copper Co. の London 選鉱工場では、全従業員数57名(役員および従業員を含む)で 2,120 t/day 処理の工場を 24 hr 操業し銅精鉱 65 t、鉄精鉱 1,233 t、亜鉛精鉱 15 t を生産している。

南部諸州では労働賃金が安いために経済的理由から設備の近代化が進んでいない工場が見られる。一般的にアメリカの経営者は資本の大部分を設備に投資する傾向があるように見受けられる。したがつて建物は比較的小さく、小型で控え目に設計されている。時には、機械設備は十分な保護もなく露天に設備されており、通路、樋、出入道路等も一時的なものがある。建物の構造は鉄骨造りに波型鉄板、アルミニウム板あるいはアスベストセメント板張りで外観上よりもむしろ機能的に設計されている。窓および扉は普通金属製である。コンクリートは主として鉱舎に用いられ、木材はほとんど用いられていない。Magma Copper Co. (Arizona) では窓のない人工照明の工場が見られるが、人工照明は照度が一定しているため浮選剤の所要量の判定が容易である。多量の水を扱う工場では鋼材で組んだコンクリート製の床が用いられているが、普通は格子状鋼板が床、階段、通路などに用いられている。

これに反して機械類は余裕ある能力のものが設置され、予備部品も豊富に貯蔵され、ヨーロッパの工場と対照的な印象を与えている。しかし工場の建物の暖房には多量の燃料を必要とするので、燃料費が安価であることが先決条件であることに留意する必要がある。

保安については従業員個人に対する保護と訓練はよく行届いているが、全般的な保安施設につ

いてはヨーロッパほどには行届いていないように見受けられる。

自動制御および記録方式は給鉱，摩鉱，分級，重選，パルプ循環，試薬添加，pH 測定などに試みられているが，自動試料採取その他の面でも今後さらに進歩するものと考えられる。

選鉱工場建設地の選定に当つては，地形，拡張の余地，尾鉱処理などの条件について充分な考慮が払われているよう見受けられる。

材料運搬では容量 90 t までの大型貨車の使用，容量 45 t までのトラックの使用，積卸の機械化，バケットエレベーターおよびベルトコンベヤーの利用などが目立っている。Morenci 工場 (Arizona) ではボールミル用ボールの運搬に電磁石とトレーラーを用い，ゴムライニングをしたシュートからボールミルにボールを装入する方法を用いて，トラクター 2 台に女子 2 名を当て，1 日 2 hr 作業で 25~35 t のボールを取扱っている。

尾鉱処理については特記すべき事項はないが，尾鉱の坑内充填は合衆国では Montana, California, Idaho, Washington, South Dakota, Arizona の諸州で，カナダでは Ontario 州で，その他ペルー，キューバなどでも実施されている。

その他合衆国に特有なものとして，50 t/day 程度の能力をもつ小型の可搬式選鉱設備の利用と買鉱選鉱工場の存在がある。規格化された簡易組立式選鉱設備は大量生産に適し，小規模の鉱山に安価に提供できる可能性はあるが，多くの場合，鉱山の特殊事情に応じて多少の改変あるいはシクナーその他の補助設備の追加を必要とし，必ずしも簡便あるいは経済的であるとはいえない。買鉱選鉱工場には全部の鉱石を買鉱するものと自山鉱を処理するかたわら買鉱し，これを別系統で処理し，あるいは随時主系統で処理するものなどがある。また買鉱選鉱工場は製錬場に所属している場合もある。買鉱選鉱工場には普通完備した試料採取および分析設備を所有している。買鉱選鉱工場は低品位鉱の輸送に経費がかかることや長期間に亘つて相当量の生産を続けられる鉱山は自由に選鉱工場を建設できることなどの理由から，経営上に困難な問題を包蔵していることは明らかである。

合衆国における研究活動は大学における教育を目的とする場合を除いて，経済的に根拠のある専門分野の問題に限定されており，現場の技術者と研究者は職制上はつきり区別されている。10,000 t/day 以上の鉱石を処理する大工場では専任の研究者を持つているが，小工場を多数経営している会社では，各工場に一定期間研究者を派遣し，問題解決に当らせる方法をとつている。選鉱研究の分野での鉱山局所属の各研究所の業績は高く評価されるべきもので，大学と会社間の協力も非常によいが，これは大学と会社間の人事交流が好んで行われることによる処が大きいと思われる。また機械製造業者や試薬製造会社の研究協力も非常に大きい役割を果たしていることは見逃してはならない点である。ある試薬製造会社では浮選剤見本を大学の研究室に提供するにも特別の考慮を払い，試薬が使用されたか否かに拘らず年 2 回位の期間で定期的に全試薬を新品と交換するように心掛けている由である。

鉱山局の研究組織については，改革案が検討されているが，その要点は地方支所の数を 9 ヶ所から 5 ヶ所に減らし，研究活動の指導および管理を地方分権化すること，ヘリウムの生産，チタンおよびジルコニウムの製造，油母頁岩の乾溜試験等を中止し，液体燃料合成試験を小規模で継続することなどである。これらについては種々の意見があるが，長期の基礎研究の重要性を強調すべきであることについては異論のない処であろう。

カナダでは鉱工業調査局 (Department of Mines and Technical Surveys) は 5 部から成り，選鉱製錬課は鉱山部に属する。選鉱製錬課は物理化学および結晶化学，選鉱，生産冶金，化学冶金の 4 係と分光写真および鉱石顕微鏡学，化学分析の 2 係から成る。後者の 2 係はサービス実験室である。選鉱製錬課の構成員は 110 名で，その中 60 名が科学者で，Ph. D. の学位を有す

るものが12名ある。33名は技術員である。夏期は4～6ヶ月に亘つて学生の研究のために研究室が開放される。受入定員は39名で、その中33名は学部在學生である。研究は65%が応用研究で、問題は鉱石処理に関するもので、鉱石は十分な鉱量があり、開発の機会があることを保証されたものでなければならない。依頼者に提出された報告書の内容は1年間秘密に保たれ、その後は自由に入手できることになっている。これはその研究が政府予算によつて賄われているためで、依頼者が結果を独占したい場合には自己の経費で民間の研究機関に研究を委託する必要がある。研究の5%は現場操業の問題の解決に当てられ、20%は新しい処理方法の開発に、残りの10%は基礎研究に向けられる。研究の結果得られた特許は政府が権利を継承する。

すでに述べたように中・南アメリカにおける金属鉱物の生産指数は1959年度を境として急角度に上昇している。これに応じて各選鉱工場の増設あるいは新設が活発に行われている。選鉱工場の規模はかなり大きく Chile Exploration Co. の El Salvador 工場は 25,000 t/day, また Southern Peru Copper Co. の Toguepala 工場は 30,000 t/day の公称能力を持つている。これらの新選鉱工場では、摩鉱、分級回路に孤状ふるい、サイクロン、 γ 線濃度制御器などを備える傾向が見られる。Cerro de Pasco では一次ボールミルの前に孤状ふるいを置き 8 mesh 以下の細粒を除くことによつてボールミルの能力を10%向上させ、また方鉛鉱のスライム分を減少し鉛の実収率を改善することに成功している。Mauricio Hochschild Co. では 2,500 t/day の銅浸出工場の貴液から銅を回収するには、最初銅を塩化第二銅に変え、さらに不溶性の塩化第一銅に還元し、これを沷過したケーキに石灰とコークス粉を混和して団粒を作り、回転炉で還元し、極めて純度の高い金属銅を得る方法を用いている。

4. オーストラリアその他の諸国^{2),8),16),17)}

オーストラリアは1世紀以上に亘つて、多量の金を産出し、1960年度の生産額は 1,082,784 troy ounces で、世界第5位である。金銀鉱の製錬に関する多くの重要な発展はオーストラリアで始まったものである。

1960年度の鉛鉱の生産額(鉛含量)は 341,095 short tons で、世界第1位、亜鉛鉱の生産額(亜鉛含量)は325,468 short tons で世界第4位である。硫化鉱の浮選に関しても多くの重要な発展が1910年代に成し遂げられ、浮選法は Broken Hill から世界に広まったもので、1930年には非鉄金属鉱業会社の援助によつて Melbourne 大学に化学者の Dr. Wark を主班とする浮選の原理に関する研究班が組織され、1940年には現在の連邦科学・工業研究機構(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)によつて研究組織が引継がれ、20数年に亘つて活発な研究活動が行われ、多大の成果を収めた。本研究に従事した研究員および助手の総数は22名に上り、良く計画された基礎研究が学問的な知見を加え、工業的発展の原動力となり得ることを如実に示している。また1960年2月には Adelaide にオーストラリア鉱業開発研究所(Australian Mineral Development Laboratories)が開設された。この研究所は工業および政府機関に対する委託研究を行うもので、州、連邦政府および鉱業界から第1期の5ヶ年間の経費として年額 \approx 225,000 を支給されることになっている。鉱業界からの補助は最近設立されたオーストラリア鉱業研究協会(Australian Mineral Industries Research Association)から受けるもので、同協会はオーストラリア全体の広い分野の研究を援助するものである。

16) Dunkin, H. H. and M. R. Mekeown: Ore Dressing Methods in Australia and Adjacent Territories. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melpourne. (1953).

17) Sutherland, K. L. and I. W. Wark: Principles of Flotation. (1955).

1960年度のジルコニウム鉱の生産額（精鉱を含む）は 114,000 short tons で、自由諸国の第1位を占めている。ジルコニウムの選鉱には浮選・磁選・静電選併用法と磁選・静電選併用法の2種の系統が用いられているが、浮選は系統を複雑にし、小工場では経済的に不利である。しかし浮選を併用することによつて総合的の実収率を高めることができる。最近飽和脂肪酸の石けんを使用して海岸砂からジルコニウムを優先浮選する方法が開発されている。

1960年度のマラヤ連邦の錫生産額（鉱石中の含量）は 51,979 long tons で、世界第1位を占めている。錫鉱の選鉱の最近の傾向は大容量の湿式サイクロンの利用である。

5. 結 論

最近における各国の経済成長は特に著しく、市場競争が激烈であり、技術的の現状維持は許されない、従つて生産性および実収率の向上、経費の低減、新製品および優良製品の開発などが真剣に考慮されなければならない。

真の意味の“beneficiation”は技術によつて新しい資源を生み出すものでなければならない。実際合衆国では鉄鉱の新しい処理法によつて、鉄品位60%以上の鉄精鉱を年々 8,700万t 生み出そうとしている。

最近の新しい処理技術としては溶剤抽出、高温 高圧浸出、水素還元、塩化処理、重液サイクロン、イオン浮選、ウルトラ浮選、樹脂浮選その他が挙げられるが¹⁴⁾、beneficiation をさらに進めるためには、より高度の処理技術を発展させなければならない。このためには長期に亘る合理的に計画された基礎研究を国家的規模で実施する必要がある。今後は外国から既製の技術を導入する方法のみに頼ることは真に自国の産業を発展させる策とはならないことを認識すべきである。

処理費を低減する方法の一つとして大容量の機械を設備することが考えられるが、この方法は比較的小規模の工場では実施困難である。選鉱において他の工業と異なる特異な問題は取扱う原料が甚だしく不均質であり、また摩耗性が著しく高いことである。したがつて生産性の向上の主要な問題点は操業の自動化と耐摩耗性材料の開発にあるといえる。しかしながらこれらの問題の困難性のため各国ともまだ完全な解決を見るまでには到っていない。操業自動化の面では最近多少の進展を見せているが、耐摩耗性材料の面ではほとんど見るべきものはないようである。これらの問題は早急に解決を迫られているものであり、この方面の研究には電気工学者および金属材料工学者の真剣な協力が要望される。しかしこれらの人々は自己の研究分野の仕事に忙殺されているのが実状であり、十分な協力を得ることはなかなか困難であると考えられる。

したがつて著者は選鉱学の分野を原料工学（materials engineering）と加工工学（process engineering）の二つに分け、前者では原料処理の立場から選鉱学を取扱い、後者では処理方法および装置の立場から選鉱学を取扱うことにより、両々相待つて完全な選鉱学の分野を形成することを提唱するものである。原料工学の分野では特に化学および鉱物学等の素養が必要であり、加工工学の分野では特に金属材料学、金属加工学、機械工学および電気工学等の素養を必要とするものである。

われわれに与えられた資源は天恵であり、これを消費し尽せば再び回収することは不可能である。われわれは資源が枯渇して後に選鉱法を研究しても無意味である。今日われわれは目前にある資源を最高の収率で回収利用するために、即刻最良の選鉱法を開発する真剣な研究努力に精進することを互に心に誓い合うべきである。

本文を草するに当り、各種鉱産統計の作成に助力された山本泰二学士に深謝の意を表す。