

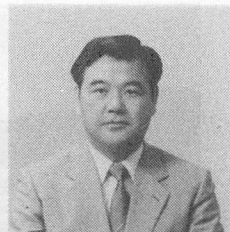
## ■ 論 説 ■

## 国際選鉱会議に参加して

On the XVth International Mineral Processing Congress

若 松 貴 英\*

Takahide Wakamatsu



## 1. 選鉱および国際選鉱会議

鉱石は地下から採掘されたままでは、工業の原材料や素材として有用に役立つことはできない。鉱石は各種の鉱物から成り立っており、その中には有用な鉱物もあれば、無価値な鉱物もある。まず、鉱石から有用鉱物を分離回収することが必要である。その為には、鉱石を細かく粉砕して、1粒子が1種類の鉱物のみから成るようにして、大きさ、色、光沢、比重、磁氣的性質、電氣的性質、表面の親水性などの性質の差異を利用して鉱物を分離回収している。このプロセスを選鉱と呼んでいる。実操業の選鉱プロセスには、粉砕、ふるい分け、分級、固/固分離、固/液分離(脱水)、濃縮、乾燥などの数多くの操作が含まれている。

選鉱法としての主なものは、鉱物表面の親水性の差異を利用した浮遊選鉱法(浮選法)、鉱物の電氣的性質を利用した静電選鉱法、鉱物の磁氣的性質の差異を利用した磁気選鉱法(磁選法)、鉱物の比重の差異を利用した比重選鉱法や重液選鉱法(重選法)などがある。選鉱技術の進歩により、これ迄利用できなかった低品位鉱や複雑鉱の処理が次第に資源化されることになり、資源の確保や埋蔵量の増加に著しく貢献することになる。

第2次大戦後、世界的に工業が発展し、金属の需要は年毎に増加して来た。一方、金属資源は次第に涸渇し低品位鉱や複雑鉱を対象とすることになり、一層の選鉱技術の進歩が望まれた。

1952年に英国の鉱山冶金学会(IMM: Institute of Mining and Metallurgy)がヨーロッパ諸国及び米国を中心にして、選鉱に関するシンポジウムが9月23~25日、ロンドンで開催された。これが、第1回の国際選鉱会議(I MPC: International Mineral Processing Congress)となり、その後、表1に示

表1 これまで開催された国際選鉱会議

回	年	場 所 (開 催 国)
1	1952	ロンドン (英国)
2	1953	パリ (フランス)
3	1955	ゴスラー (西ドイツ)
4	1957	ストックホルム (スウェーデン)
5	1960	ロンドン (英国)
6	1963	カンヌ (フランス)
7	1964	ニューヨーク (米国)
8	1968	レーニングランド (ソ連)
9	1970	プラハ (チェコスロバキア)
10	1973	ロンドン (英国)
11	1975	カリアリ (イタリア)
12	1977	サンパウロ (ブラジル)
13	1979	ワルシャワ (ポーランド)
14	1982	トロント (カナダ)
15	1985	カンヌ (フランス)

すように2~3年の間隔で開催されている。未だ日本を含めアジア諸国で開催されたことはない。日本が最初に代表を送り会議に参加したのは1957年ストックホルムで開催された第4回会議からである。

なお、この会議には石炭の選別・分離は含まれておらず、石炭に関しては、別に国際選炭会議(International Coal Preparation Congress)が定期的に開催されている。

## 2. 第15回国際選鉱会議

第15回国際選鉱会議は昭和60年(1985)6月2~9日の6日間、フランスのカンヌ市で開催された。カンヌ市は、コートダジュールと言われる南フランスのリゾート地域でニース市と共に中心となっている都市である。この地域は地中海に面し、年中暖かくサボテンややしの木など亜熱帯植物が良く育っており、美しい海岸線が見事である。

国際会議場は、5月の国際映画祭で有名な Palais des Festivals de Cannes が当てられた。この建物は新築されたばかりで、極めて近代的なものであった。

\* 京都大学工学部資源工学科教授

〒606 京都市左京区吉田本町



図-1 カンヌ市の港，国際会議場と海岸線



図-2 国際会議場となったPalais des Festivals de Cannes



図-3 国際会議場の屋上から見たカンヌ市の見事な海岸線

国際選鉱会議がフランスで開かれたのは、表1で示すように今回が3回目であり、カンヌ市で開かれたのは第6回国際選鉱会議に次いで今回は2回目であり、実に22年振であった。大会初日の受付にて配布された参加登録者数は表2に示すように52ヶ国、665人であったが、この数字は同伴者を含まず又当日参加も含まれていない数字である。大会関係者に聞くと最終的には約800人の参加者を得たと言っていた。

表2からわかるように、資源に関係する国際会議と言う事で、他の工学分野の国際会議と異なる点は、1国からの参加者数は少いが、参加国数が非常に多いと言う点である。又今回はフランスの影響力が未だ大な

表2 登録参加者数と参加国数

地域	国名	参加者	地域	国名	参加者
西欧	西ドイツ	64	アジア	中国	16
	スウェーデン	36		日本	10
	フィンランド	30		インド	2
	英国	30	ソ連 東欧	ソ連	16
	スペイン	21		ユーゴスラビア	11
	ベルギー	15		ブルガリア	9
	ノルウエー	13		チェコスロバキア	5
	ポルトガル	12		ギリシア	4
	イタリア	12		東ドイツ	2
	オランダ	10		ポーランド	1
	オーストリア	3	ルーマニア	1	
	スイス	3	中東	イスラエル	9
	デンマーク	2		トルコ	2
	ルクセンブルグ	1		イラン	1
		アイルランド	1	アフリカ	南ア連邦
	フランス	192	チュニジア		11
北米	アメリカ	37	モロッコ		10
	カナダ	18	ガボン		3
中南米	ブラジル	7	エジプト		2
	チリー	3	ジンバブエ		2
	ペルー	1	リベリア		2
	ドミニカ共和国	1	ザンビア		2
大洋州	オーストラリア	10	カメルーン		1
	ニューカレドニア	1	タンザニア		1
	マレーシア	1	ナンビア	1	
	インドネシア	1	アルゼリア	1	
参加国数52ヶ国，参加者 665人					

るアフリカ諸国からの参加国が多いことが目を引く所である。参加者数の点では、フランス国は開催国として大多数を占めているのは当然である。又西ドイツは隣国であり、西欧諸国はフランスに近いと言う点とこの国際会議のスタートが西欧中心にしてなされた点などの理由で参加者は常に多い。わが国からの参加者は筆者を含め10人(夫人を含めると12人)であった。なお又、中国のこの国際会議への参加は1977年サンパウロ(ブラジル)で行われた第12回大会からである。

主催者側の説明によると、この会議に提出希望の論文数は300件を超えたようである。できるだけ多くの論文を会議に提出可能にするために、発表形式は次の3種に分けられた。(1)著者が8分間程度発表後、討論を行う従来形式の本会議、(2)ラポーターにより一連の論文の内容説明後、討論を行う特別本会議、および(3)本会議でセッションリーグにより簡単な予備説明後、ポスター会場でのポスターセッション;である。従来形式の本会議には42件、特別本会議に30件、およびポスターセッションには73件、総計145件が採択された。なお、日本からの発表は4件であった。このような発表の形式は最近の国際会議の開催スタイルの一傾向であるが、国際選鉱会議ではこれが最初である。22年前、同じくカンヌ市で行われた第6回会議では、発表論文数はわずかに50件であった。この国際選鉱会議の公用語は第1回より英語、フランス語、ドイツ語、ロシア

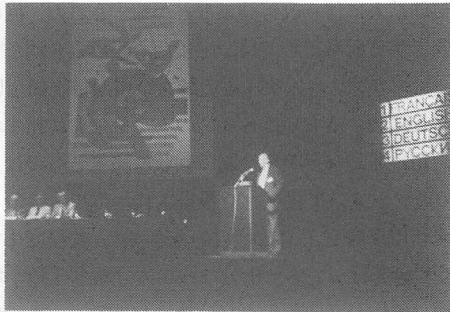


図-4 大会実行委員長J. Astier氏の挨拶

語の4ヶ国語であり、開催場所によりその自国語が公用語となる。本会議では4ヶ国語の同時通訳が行われた。

今回の会議の主テーマは「複雑鉱石の処理」である。大会は、開会式において実行委員長のJ. Astier氏の挨拶より始った。挨拶では、第15回会議がフランスで開催することが決定して以来の準備状況の説明、主テーマとして目下世界的な問題としている「複雑鉱石の処理」(Treatment of Complex ores)を取り上げ特別セッションを設けた事を強調、多数の発表を可能にするためポスターセッションの導入、見学会や展示会などの説明、又多数の参加者を迎えた事への感謝などが述べられた。

発表は本会議場とポスターセッション会場とに別れて、毎日開催された。各セッションのテーマは表3のようである。三つの特別セッションはいずれも複雑鉱石の処理に関する発表が生まれ、一般セッションには複雑鉱石の処理の中心となる技術である浮遊選鉱法とリーチング(浸出法)に関する発表が2セッションずつ生まれ、他に粉碎とモデリング及び制御が各1セッションずつ設けられた。ポスターセッションには、選鉱工程の各单位操作にわたる発表及びモデリングとプロセス制御に関する発表が行われた。

本会議の主テーマとなっている複雑鉱の処理を取扱った3つの特別セッションにて発表された論文題目を表4に掲載する。

特別セッションS-8は特に複雑燐鉱のみの処理が取上げられている。燐鉱は重要な無機肥料の原料である。アルゼリア、モロッコ、チュニジアなどの北アフリカ諸国やフランス、イタリ-その他地中海を取り巻く諸国は燐鉱の産出国である。また産出国と同時に消費国としての米国、ソ連、中国なども強い関心を有する鉱種である。1975年イタリ-のカリアリで開催された第11回会議においても会議期間中に燐鉱処理のRo-

表3 各セッションのテーマ

セッション	テ-マ
S-1, 一般	粉碎
-2, 特別	複雑鉱処理のプロセスとプラント
-3, 一般	浮遊選鉱法(基礎)
-4, 一般	浮遊選鉱法(操業と新開発)
-5, 一般	リーチング
-6, 特別	複雑鉱石の処理(技術問題)
-7, 一般	浸出液からの金属の回収
-8, 特別	複雑燐鉱石の処理(技術問題)
-9, 一般	モデリング
-10, 一般	プロセス・コントロール
ポスターセッション	
PS-1	複雑鉱石の鉱物特性評価法とその技術
-2	プロセスとプラント(新開発と経済面)
-3	粉碎, 比重選別および磁気選別
-4	浮遊選鉱
-5	湿式冶金処理
-6	モデリングとプロセス制御

表4 特別セッションにて発表された論文題目

番号	論文題目
2-1	マジャンベック鉱山における銅鉱の完全回収と浮選処理量の拡大に関する研究(ユーゴスラビア)
2-2	環境基準遵守下でのコストムクシャ鉱床からの複雑難処理鉄鉱石の処理(ソ連)
2-3	粘土質低品位マンガン鉱の処理技術開発に関する研究(ソ連)
2-4	シングルロード・カナダ社におけるオイルサンド処理法の改善について(カナダ)
2-5	含ニッケル磁硫鉄鉱精鉱に対する湿式冶金処理と浮選との組合せ法の実操業への応用(ソ連)
2-6	鉄, 稀土類元素, ニオブ, 弗素を含有する複雑鉱処理に対する新しい選鉱システムについて(中国)
2-7	TORCO 法処理尾鉱からの金の回収(西ドイツ)
2-8	ウイトウオーターズランドにおける選鉱廃石から金とウランの回収工程の最適化について(オーストラリア, 南ア連邦)
2-9	フィルター残渣中の可溶性金に対し活性炭添加後浮選する方法による回収(南ア連邦)
2-10	選鉱処理尾鉱から金, ウラン, 黄鉄鉱を回収する場合のテクノエコノミー・モデルの応用(南ア連邦)
2-11	鉱業におけるプロセスと装置の選択について(インド)

und Tableセミナーが特別に開かれ熱心な議論が行われたことがある。今回もこの問題の必要性が高かつ

6-1	選鉱工程にシステム・アプローチの必要性(カナダ)
6-2	微粒の複雑鉱浮過に対する連続式圧力浮過の応用—スケールアップ、プロセスと工場設計(西ドイツ)
6-3	選択的リーチングによる複雑鉱処理工程の最適化(フランス)
6-4	セロ・コロラド産銅—亜鉛混合精鉱から閃亜鉛鉱の分離について(スペイン)
6-5	リーチングおよび浮選による黒色片岩鉱の処理(フィンランド)
6-6	銅と鉛の鉱化を受けた砂岩から得た混合精鉱の分離工程の最適化について(ソ連)
6-7	複雑鉱の浮選において試験室テストからパイロットプラント・テストに至る問題点(フランス)
6-8	インドネシア・セベレス島ルマンガ鉱産複雑硫化鉱に対する硫酸化—浮選法の応用(日本、インドネシア)
6-9	複雑銅—ニッケル混合硫化精鉱の電解リーチング処理について(米国)
6-10	種々の組成から成る複雑鉱の処理技術の改善(ソ連)
6-11	スペイン産黄鉄鉱焼鉱より金、銀、銅および亜鉛の回収(スペイン)
6-12	混合精鉱の処理に対するノイエ・ゴドー法の適用(フランス)
8-1	磁性被膜を選択的に吸着させ、炭酸塩脈石より磷酸塩の分離回収(英国)
8-2	二段コンデショニングによる南フロリダ産複雑磷酸石の浮選処理(米国)
8-3	セネガル、タイパ地方の低品位選鉱尾鉱より磷酸を浮選処理する場合の重要因子について(フランス)
8-4	炭酸塩脈石およびシリカ脈石を含有する複雑磷酸石の処理(米国)
8-5	粘土質磷酸の凝集における沈積濃密化について(米国)
8-6	ウエンフ磷酸山におけるドロマイト質磷酸の処理および沃素の回収(中国)
8-7	紅海沿いのアブ・シエゲリア鉱山における複雑低品位焼灰土の処理(エジプト)

たものと思われる。発表論文には浮選に関する研究が多く、その中には炭酸塩脈石やシリカ分を順次浮選で除去し最後に磷酸塩精鉱を得る研究(8-4)、や浮選以外の発表で、磁鉄鉱微粒子を粗粒磷酸物に選択的に吸着させて磁性被膜を形成させ磁選法で磷酸物を回収する基礎研究(8-1)など興味ある報告があった。

特別セッションS-2とS-6は、未利用資源の各種複雑鉱石、選鉱廃石や尾鉱、選鉱工程中間産物の混合精鉱などからの有用成分の回収、や現在のプラント

の処理拡大に伴う改善結果などが報告された。回収の対象とする元素としては、主に金、銀の貴金属、ウラン、マンガン、ニッケル等の稀有金属、稀土類金属、鉄などに関するものはS-2のセッションに生まれ、銅、鉛、亜鉛などの卑金属の回収に関するものはS-6のセッションに組まれて報告された。

未利用複雑鉱石には数10 $\mu$ m~数 $\mu$ m程度まで細かく粉砕を行っても、十分なる単体分離(1粒子が1種類の鉱物から成るような分離)が得難く、さらに浮選法など物理的選別法のみによる分離回収が行い難いものが多い。したがって、S-2およびS-6のセッションでの報告には、化学処理のリーチング法(浸出法)と浮選法とを組合せた処理(2-3, 2-5, 6-3, 6-5, 6-8, 6-9)が目をついた。リーチング法はウランや金・銀の回収に以前から直接鉱石に対して適用されて来た方法である。実際操業へのリーチング法の応用は経済性が大きな決定要因となる。金の回収に対する報告では未利用の選鉱廃石からの回収であった。手法としてはリーチング(2-8)、湿式磁選(2-8)、活性炭吸着後に浮選(2-9)などを適用したものである。中国からは、鉄鉱およびニオブ、稀土類鉱物を含有する鉱石の浮選、選択凝集、磁選を組んだ選鉱法に関する報告がなされた。中国には包頭地区に世界最大の稀土類鉱物を含有する鉄鉱床が存在し、とくにその稀土類鉱物の分離回収が目下の研究課題となっている。稀土類鉱物の処理に関してはこの他別のセッションにも1, 2件発表されたが、今後、これに関する発表は増加するものと考えられる。

### 3. 会議に伴う展示会および見学会

これまで開催された国際選鉱会議の場合と同様に、展示会と見学会が開催された。

展示会は6月3日~8日の会議期間に、国際会議のポスターセッションが開かれた同じフロアで開催された。破碎、粉砕機やスクリーンなど粉体機械メーカー、比重選鉱機、浮選機、磁選機などを取扱う選鉱機メーカー、浮選剤、凝集剤、界面活性剤などを取扱う試薬メーカー、その他工業計測器メーカー、雑誌社、エンジニアリング会社、研究所など併せて36社がこれに参加し、製品等を出品・展示していた。フランス国内の会社が当然大部分を占めたが、その他英国、西ドイツ、フィンランド、スエーデン、米国、オーストラリア等の企業も見られた。

見学会については、会議前および会議後の工場見学

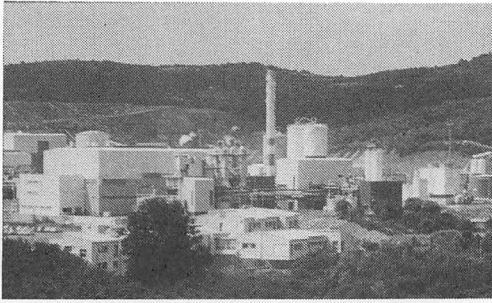


図-5 SIMO社 Lodeve事業所のウラン製錬工場

会が数コース計画された。又会議期間内では主として同伴者を対象とした観光小旅行も行われた。

会議前の工場見学会は、スペイン、ギリシャおよびモロッコの鉱山・選鉱工場・製錬所を見学する3コースが実施された。また、会議後の工場見学会は(1)南ピレネー地方(各種鉱石コース:鉄鉱, 亜鉛, 金, タングステン, およびタルク), (2)フランス中央部(研究所コース), および(3)フランス中央及び西部地方(湿式冶金コース:ボーキサイト, ウラン, および稀土類鉱物), のフランス国内を旅行するコースが実施された。

筆者は湿式冶金コースに参加し6月9日~15日の7日間Pechiney社 Gardanne工場のボーキサイトからのアルミニウム製錬, 次いでウラン鉱の採掘・選鉱・製錬を三ヶ所, すなわちSIMO社のLodeveおよびBessines事業所並びにCie Miniere Dong-Trieu社のLussac-Ies-Eglises事業所を見学, 最後にRhône-Poulenc社La Rochelle工場の稀土類鉱物の製錬を見学した。とくにフランスはウランの生産額は世界

第一位であり, 電力の65%は原子力発電に依存していると言われていた。したがってエネルギー資源としてウランの重要性は高く, 鉱業の分野でもウラン鉱業は大きな役割を果たしている。今回訪問した工場はいずれも工場が新しく計測や制御が十分なされ, 工場内が明るく良く整備されていた。日本では見る事のできない広大な場所でのヒープリーチング, 放射能検出粗粒選鉱機の導入, 固/液分離にベルトフィルター多用, 大規模な溶媒抽出プラントなど得る所が大であった。なお, フランスではウラン鉱には僅かながらモリブデンとか稀土類元素のジルコニウムが含有している。Lodeve事業所ではウランの回収工程でジルコニウムも回収していた。又, 稀土類鉱物の世界最大のRhône-Poulenc社の処理工場を見学することができ幸であった。

#### 4. おわりに

今回, フランスのカヌ市で開催された第15回国際選鉱会議に出席し, 又その後の工場見学旅行にも参加する機会に恵まれ, フランスはもとより各国の選鉱技術の現状を知り得ると同時に, 多くの新しい友人と知り合い, 又貴重な経験をした事は極めて有意義であった。会議最終日の閉会式の折, 次回の第16回国際選鉱会議の開催年度と場所が発表された。1988年にスウェーデンのストックホルムで開かれる。準備委員長はForssberg教授であり, 今からその参加を楽しみにしている所である。

