

泡は地球を救う!?

～省資源・省エネルギー型分離技術“浮選”～

京都府中小企業特別技術指導員の日下 英史氏(京都大学)に上記テーマで寄稿いただきました。

はじめに

近年、マイクロバブルあるいはナノバブルと称される微小な“泡(バブル)”を利用するテクノロジーが注目を集めている。単に攪拌や混相に応用されることにとどまらず、環境・資源、医療、漁業など様々な分野へ応用が可能であることが知られるにつれ、その重要性が益々増大する一途である。今回は特に、資源開発工学関連分野で泡にまつわる現象を長年にわたって利用してきた浮遊選鉱法、以後略して“浮選(ふせん)”について簡単に紹介する。

浮選の歴史

著者の専門分野である「資源開発工学」、その中でも特に、鉱石を有用鉱物と不用品(脈石)を相互分離する技術を取り扱う学問領域である「選鉱学(ミネラルプロセッシング)」において、この泡を利用した技術については「泡沫分離法」、「浮遊選鉱法」(flotation)などと称し、細かく砕かれた鉱石粒子同士を相互分離する方法として‘長年にわたって’発展してきた。

太古より油やピッチがある種特定の石(金属含有鉱物)を集めやすいということが経験的に知られており、後述の前近代の金属製錬に利用されてきたが、浮選として取得された近代的な特許は1860年に英国のW. Haynesによって泡の代わりに油を用いた多油浮選法(Oil flotation法)に遡る。その当時においては学問的興味の範囲にとどまり大きな発展を遂げることはなかったが、1900年代になって油の代わりに気泡を用いることにより処理量ならびに処理速度が飛躍的にアップしたことに伴ってこの浮選が爆発的に発展し、20世紀の資源開発を支えてきた。しかしながら、紀元前数千年前から鉄器、銅器あるいは青銅器等の発達が見られるように、その原料鉱石を選別する技術もまた太古から発展してきており、人類の金属製錬技術史の中でみると、浮選がその表舞台に登場してからまだ100年程度しか経っていない生まれたての技術であるとも言える。

浮選とは

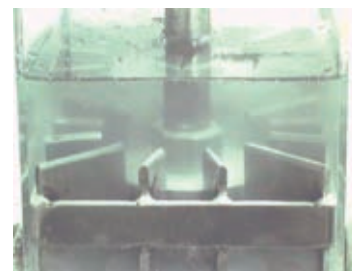
浮選とは簡単に記述すると「固体の水性懸濁液中に気泡を導入し、水と濡れにくい疎水性の固体粒子を泡に付着させて浮上分離する方法」(写真1 参照)と言える。簡単そうに聞こえるが、その根ざす学問領域は広大で、流体力学、コロイド・界面化学、無機・有機化学、化学工学・装置工学など、様々な学問領域の広範囲の知識を要し、時にはそれぞれの分野における最先端の理論と応用が取り入れられながら今日まで発展に及んでいる。



(a) 浮選開始前
黒い粒子が懸濁し不透明



(b) 同途中
空気導入し攪拌



(c) 同終了後
黒い粒子が除かれ透明

写真1. 浮選試験機の浮選セル内の様子(透明セルの横からの写真)

前述のように有用鉱物と脈石を相互分離する場合、有用成分のみ疎水性にする一方で脈石には作用しないで親水性を保持するというように、反応(吸着)の選択性の高い浮選剤の選定が重要な鍵を握っている。そういう観点から、試薬の鉱物粒子表面への反応性を論じる界面化学的なアプローチが浮選の研究や技術開発の主流を占めているのが現状である。ここで天然資源をベースに発展してきた浮選法を環境関連分野や資源リサイクル分野に適用する場合、処理する固体のほとん

どが人工物であるが故に、今まで選鉱学の分野で蓄積してきた学術的あるいは技術的データベースでは対応できない。これから新しい分野に浮選法を適用していくには、人工物質に有効な浮選剤の選定あるいは新規開発も今後の課題となってくると思われる。

ミリバブルからマイクロバブルへ

今まで述べてきた浮選法は、写真1で示したように機械攪拌式の浮選セルを用い、泡のサイズはmmオーダーである。しかし、処理する粒子が $10\mu\text{m}$ 程度以下になると粒子はmmの泡に付着しなくなる。微細粒子は気泡の周りにできる水の流れに乗ってしまい、泡との衝突確率が著しく低下するためである。詳細を省くが、この衝突確率を増大させる方法として、(1)粒子と泡のセル内での滞留時間を稼ぐよう縦長セルを利用すること、(2)泡そのものを μm オーダーに細かくすること、などがあげられる。(1)について、図1に概略を示すが、縦長のセルを装備したカラム(型)浮選として発展している。(2)については、マイクロバブル・フローテーションなどと称されて近年様々な分野で注目を集めている技術の一つである。選鉱学の分野においては、(1)と(2)の両方を同時に実現した「カラム浮選法」として、1960年代にその提唱と基礎実験が行われており、つまり、マイクロバブル・フローテーションの歴史は40年以上に渡ることになる。しかしながら、前述と同様に、鉱山における天然資源のデータベースに符合しない廃棄物などに浮選を適用していく場合、処理する固体の種類に応じた操作条件の最適化が未解明な所であり、また、時々刻々内容物が変化する排水・廃棄物に対して柔軟に対応できるような処理条件設定のための基礎試験にも時間を要することは言うまでもない。

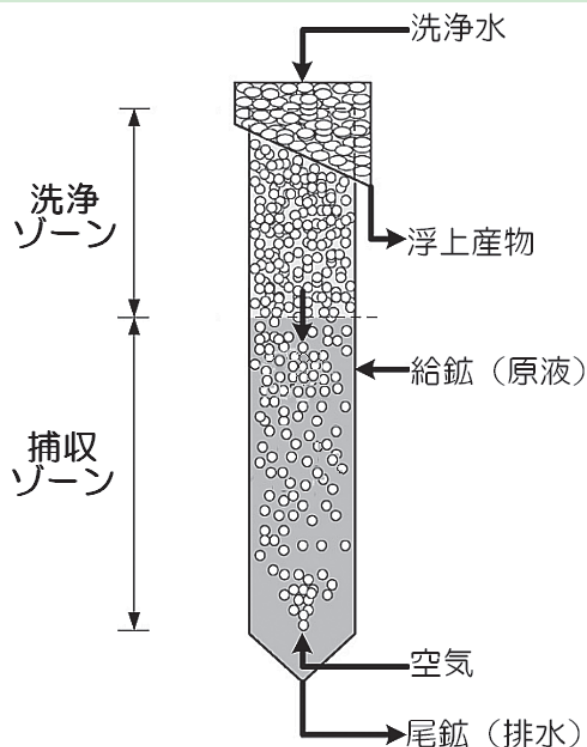


図1 カラム(型)浮選の概略図

最後に

近年の工学やエネルギー科学の分野においても「環境調和型」、「省資源・省エネルギー型」あるいは「Sustainable（持続可能な）」というようなキーワードで地球環境に優しいプロセス、材料、エネルギー等の開発が叫ばれ続けている。浮選は元々低品位の鉱床を経済的稼働ベースに乗せるために開発された技術であるが、試薬使用量(いわば資源)、動力エネルギーなどのコストを最大限切り詰めながら発展してきた経緯があり、すなわち、前述のキーワードをすべて兼ね備えている分離技術であるといえる。中間精製技術の一つであるとは言え、未利用資源の有効利用、粉末廃棄物の分別回収、各種排水の高度迅速処理など、資源あるいは環境関連分野へ今後益々展開されていけば、冒頭の標題が過言ではないと思っている。

日下 英史 氏 プロフィール

京都大学工学博士



所属 京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻 助教
 略歴 昭和61年3月 京都大学工学部資源工学科卒業
 平成3年3月 京都大学大学院工学研究科資源工学専攻博士後期課程研究指導認定退学
 平成3年4月 京都大学工学部資源工学科 助手
 平成6年3月 京都大学大学院工学研究科資源工学専攻博士後期課程修了(学位取得)
 平成8年5月 京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー応用科学専攻 助手
 平成19年4月 現職(国立大学法人発足に伴う職名変更)
 専門 資源開発工学、選鉱学、資源エネルギー学、分離工学、コロイド・界面化学、資源リサイクル工学
 主な所属学協会 環境資源工学会、資源・素材学会、廃棄物資源循環学会、日本化学会

【お問い合わせ先】

京都府中小企業技術センター
 応用技術課 表面・微細加工担当

TEL:075-315-8634 FAX:075-315-9497
 E-mail:ouyou@mtc.pref.kyoto.lg.jp