浮選槽内の攪拌効果と鉱粒の浮遊

林 大 輔 *

Conditions of Agitation and suspension of Ore Particles

Daisuke HAYASHI

The author employed difference-values of concentration of ore particles flowing between the measuring points within the cell as measuring unit indicating agitation effect of ore particles caused by the impeller in the flotator cell of Fahrenwald type. And by experimentally verifying the fact that the conditions of agitation (rpm of the impeller, nos. of blade, stabilizer, quantity of pulp and that of introduced air, etc.) are approximately correlative with the difference value of concentration of ore particles and that the value of concentration is easily measurable, the author adopted this verified fact as the stepping-stone datum of his next intended studies on its relation with the agitation effect of the flow patterns within the cell.

1. 緒 言

浮選槽内における鉱液の流動状態は三次元的な複雑な流れである上に、鉱粒と気泡の存在があつて、定量化するための測定が困難である上に、この流動状態に支配される鉱粒懸濁のための攪拌効果の尺度を何んで表現するかにも問題があつて、鉱液のフローパターンとその攪拌効果とを、実技状態の儘で、定量的に結びつけることは、相当至難なことと考えられるが、若し多少複雑な方法であつても、近似的にある程度の目安をつけられると云うことになると、浮選機の細部設計とその運転条件の選定に、多大の貢献ができる。

化学工学方面における、固形粒子の浮遊化についてのタンク内攪拌に対する諸報告¹⁾を調べても、以上のような要求を容易に満すに足るものは未だ見受けられないようである。

こう言つた見地から、適当なフローパタンの測定法を選定する前提の意味で、まず攪拌効果を表現する尺度の一つとして、もつともありふれているが、直接的であつて実技とよく関連すると考えられる、槽内要点間の鉱粒濃度の相違値を選び、小型の F.W. 型浮選機を使用して：フローパターンを支配すると考えられる、インペラーの回転数；その羽根数；スタビライザー；槽底攪拌用副羽根等の相違や有無が、鉱液量や吹込外気量の多少とも関係して、この濃度の相違値に、どの程度に影響して現出されるかを確かめて見ることにした。

2. 装置と方法

試験用浮選機：著者が気泡の微細化度の測定その他で

* 鹿児島大学工学部機械工学教室

手がけて、槽内のフローパターン**については、定性的ではあるが、一応の把握をしている第1図のような大略

第1図：装置と濃度の測点

寸法のものであり、槽底を段つき構造として、インペラ

**：円筒形槽のフローパターンとは相当に違っていることを昭和33年度日本鉱業会秋季講演会（札幌）で一部発表

一から吐出れた流れが槽壁にあたつて上下流²⁾を生じて、その下向き流れによつて、鉍粒を槽底へと送り込めないように務めてる点で、普通のものと相違しているものである。

このようにした理由は、普通の槽底構造とすると：粗粒抜き孔を図のように設けていても、インペラーの低速回転の場合には、鉍粒中の粗粒分や重比重分が、ともすると、運転時間の経過につれて槽底に濃集して、変則な浮揚をし、これによる濃度測定値の著しい変動が引起されるので、これを予防するためであり、この槽底には極大の粗粒分が集る外には、一般鉍粒の侵入は少くない。

スタビライザー：第2図のような寸法のものを、取外し自在として使用した。

第2図：スタビライザー

鉍粒：このものの選定が極めて重要であるが、多量を必要とする関係上特別のものを購入せず、ありあわせの廃泥でその粒度組成が第1表のようなものを使用し、濃

第1表 鉍石粒度

粒 度	百 分 率	備 考
+ 100 mesh	1.0	石英、青化製錬の
+ 150	10.2	廃泥
+ 200	16.0	比重～2.70—2.75
+ 325	18.0	
— 325	54.8	
	100.0	

(少量の粗粒子の混在は望ましくない)

度も余り濃くないようにして、測定 of 便宜な程度に調整した。

濃度測定：槽が小さいので、同一水準面上の違った測

点間の濃度差は僅少であつて、その差は測定誤差の範囲を出ないことを確めたので、比較測定 of 要点として、第1図のような①；②；③だけを選定し、これ等の測定にガラス管を挿入し、ゴム管を通じて鉍液を毎回 140cc 拔出し、沪過乾燥し固形分を計量し、濃度の相違による粘度差は殆んど認めないので無視した。

尚、鉍液の採取に先だつて、予め一定時間浮選機を運転し、サンド孔の流出量を加減すると共に、槽底からゴム管で粗粒分を棄て濃度値を各定量 of 鉍液量について5分毎に6回測定し、時間の経過が変数として入つてこないことを確めた。

3. 測定結果と論義

この測定法による結果は、一般に測値のばらつきが相当にあり、特に鉍液流量の多い場合に著しいが、①と②または①と③の間の濃度差が、逆になることは殆んどなく、②は①よりも、①は③よりも常に濃度が大であるので、測値のばらつきの原因は、一部の鉍粒の流込の変動、特に粗粒分の不均一な流れ込に基づくものと考えられるので、この偶然性による影響を制限するためには、同一条件による測定回数を高めるか、鉍粒試料の調整その他の工夫が必要となる。

以下に示す測値は各点について毎3回の平均であり、依然としてそのばらつきは著しいが、その示す傾向はほぼ確然としていて、濃度差と各変数との相関を一応覗える程度にはなつていたので、鉍粒試料の粒度調整その他の更に細かい工夫は後日に譲つた。

3・1 ①②の濃度差と回転数；鉍液量

横軸に流込み鉍液量 $q_p \text{ m}^3/\text{sec}$ を槽内容積 Q_c のフラクションとして、立軸に①；②点間の濃度差 (単位容積当りの重量差) を流込み鉍液の平均濃度のフラクション γ_d としてとると、第3図のような関係となつて：鉍液

第3図：①②間の濃度の相違と回転数、鉍液量 II

濃度が高まるにつれて濃度差が低くなり；鉍液量の多い程、高回転程 γ_d が小さく；同一鉍液量で γ_d と回転数

の関係を書き換えると第4図となり、高回転数程鉍液量による影響が少く、ある程度以上回転数を上げて、激しい偏流によつて槽内流動を荒げるだけで、 γ_d の低減

第4図：①②間の濃度の相違と回転数、鉍液量 II

には効果が薄くなる等の現象がよく示され；全体として γ_d を鉍液量 q_p/Q_c 、インペラー回転数 N 、鉍液量零の場合の攪拌力による γ_{do} 、鉍液濃度 $2\sigma d_{20}$ 等の関数として実験式的に取りまとめることができるが、著者の意図はフローパターンとの結びつけて、この現象を説明するにあるので、実験式的具体値は省略する。

3・2 スタビライザーの効用

この型の浮選槽内のフローパターンは、インペラーが比較的高速であり、角槽であり、邪魔板が入っている点で、円筒槽で邪魔板なしに、低速インペラーを使用する場合とは大分違つていて：インペラーから吐出した鉍液は邪魔板が特別になくても直接槽壁に衝突して変流する傾向が強く、これによつて顕著な上昇流を構成しているので、有効な攪拌作用の増大の一つの方法は、乱流拡散係数や乱れの変動速度の増加³⁾と共に、この定常的な上昇流によつて与えられる直接的な反重力作用⁴⁾による鉍粒の浮遊化力を極力増大させることにあるものとした方が、事実には則している。

スタビライザー（邪魔板；邪魔板）は色々な形で浮選機構造の中に組込まれ⁵⁾、その機能は、気泡の破碎とその鉍液中への混和の増進；液と気泡の静かな立上りの実現等⁶⁾とされているが、著者はこの外に：このものの設置によつて、インペラカーからの吐出鉍液のもつ切線速度を減速し、槽全面にわたる均一で荒れない上昇攪拌流へと変流する作用に、大きな期待をよせるものである。

こう言つた認識から、第2図の構造をもつたスタビライザーを利用して、 γ_d を測定して見ると、第5図のようになつて：スタビライザーのない場合に比較して、同一回転数で上下両層間の濃度差がより僅少となつていて、鉍粒の浮遊化作用が上昇流によつてより増進されて

第5図：①②間の濃度の相違とスタビライザーの効用
いることが実証される。

3・3 インペラーの羽根数

同型同大のインペラーであつても、羽根数の多少によつて、同量の鉍液；外気の混合流体に与えるポンプ的効率は相違するので⁶⁾、その結果として生ずる攪拌作用も違つてくる筈である。

同型同大で、羽根数が6枚と12枚のものについて、 γ_d を比較すると、第6図のようになつて：低鉍液量では羽根数の多い方に、高鉍液量では逆に羽根数の少い方において γ_d が減少し、インペラーの揚程曲線⁶⁾に示さ

第6図：①②間の濃度の相違とインペラーの羽根数

れるものと同一傾向を示し、ポンプ作用と攪拌効果とがよく相関している。

3・4 吹込外気量の影響

一定量の鉍液を扱うインペラーのポンプ作用は、吹込気量の増加と共に低下するので、インペラーから出て分散し、槽内を攪拌する気泡量が増加しても、総合した攪拌力は、必しも増加せず、却つて低下する場合もありうる。

違つた定量の取扱い鉍液で、吹込気量を変化して γ_d を確めて見ると、第7図のようになつて：鉍液量零の場合だけに気量の増加につれて、攪拌効果が強められた以

第7図：①②間の濃度の相違と吹込外気量

外には、格別の変化がなく、大体において著者の推察の通りになっている。

3・4 ①③の濃度差と回転数；鉍液量

既述の通り、この試験機の槽底構造は、第8図のような流相を示すものと考え、この流相に従って、インペラーからの吐出鉍液が、極大粗粒を除く以外には、直接槽

第8図：槽底のフローパターン

底へと流れ込まないことを期待して、採取する鉍液試料に時間変数の入らぬように務めたところの実験的な便宜構造であり、実技にこの儘のものが応用されるものではないが、小径や低回転のインペラーを使用して動力の節減を狙う場合には槽底の沈澱容積を極力低減し、上昇攪拌流の強化を計るのが常識であり、構造は違っても、第8図のような流相を利用する実技例は見受ける⁵⁾ので、参考として①③点間の濃度差を $\gamma d'$ として求めると、第

第9図：①③間の濃度の相違と回転数、鉍液量

9図のようになつて：低回転でもまだ槽底濃度の方が低く；攪拌用の副羽根をつける必要を認めない点で、利用価値を認める。

4. 結 言

既述の測定結果は総括して：鉍粒の形状；比重；粒度組成をよく選定し、サンド抜き孔の配置と抜き出しの液量を加減し、槽底構造を工夫すれば、循環式の浮選槽内でも、鉍粒の定常流れの状態が確保されて、パッチシステムにおける同程度の簡便度をもつて、攪拌効果の一つの尺度として、槽内要点間の鉍粒濃度差が利用でき、フローパターンの支配因子との相関関係が、よく推察される：ことを示したものであり；この相関関係を橋渡しとしてフローパターンを現はす諸元との結びつけを計ることは、この尺度が周知のものであり、実技になじみが深いただけそれだけ、利用価値が一応高いものとされるので、これと対応するフローパターンの測定法も、清水の場合のそれから間接に推量するものでなくて、実技に近い状態で、速度の分布や変動を直接に定量する方法であることが是非望ましいと言え、この要望にある程度応じられるものに、ラヂオ・アイソトープの利用法⁷⁾があると考え、目下実験中である。

尚以上の実験結果の——については、この目的が新しい現象の探求でなく、攪拌効果の尺度としての濃度の相違を吟味するにあるので、実験前の予想を覆す程のものではなく、多くは実技で定性的に理解されていることや著者の既に施行した槽内立上り気泡の破碎や併合生長の観察例⁶⁾からも裏づけされるものであり、単に定量計測された傾向曲線の中に数値的な関係例としての意義を認めるだけである。

実技の参考となると考える点を、蛇足として加えて見ると次の通りである。

1) インペラーの回転数を著しく上げて攪拌作用を増加して見ても、その攪拌作用を有効化する処置を加えな

い以上、鉬粒の浮遊化を尺度とした攪拌の効果は、それ程上らない。

2) インペラーを高回転とする程、鉬液量の多少が、鉬粒の浮遊化に係する度合は低くなる。

3) 当然のこととも言えるが、インペラーのポンプ作用の相違は、1) 2) の現象の激しくない範囲で、攪拌強度とよく関連している。

4) 実験の範囲程度では、吹込外気量の増大は、攪拌効果の増大となっていない。

5) スタビライザーを利用することは、上昇攪拌流の有効に利用することとなつて、鉬粒の浮遊化を増進する。

6) 第2図のような槽底構造では、低回転でも鉬粒の槽底への濃縮化を起さない。

謝 辞：実験助手として終始労苦を惜まなかつた本学研究補員東条東邦君に深謝する。

参 考 文 献

1) White, A.M. et al. : Ind. Eng. Chem., **24**, 1160 (1932), **25**, 1025 (1933)
Hixson, A. W., and A. H. Tenney : Trans. A.I.

C.E., **31**, 113 (1934)
Hirsekor, F. S. and S. A. Miller: Chem. Eng. Progr. **49**, 459 (1953)
大山, 遠藤 : 化学工学, **20**, 666 (昭和31)*
永田, 横山, 北村 : 化学工学, **17**, 95 (昭和28)
2) E. J. Prayor : An Introduction to Mineral Dressing, 500 (1955)
3) 山本, 河東 : 化学工学, **20**, 692 (昭和28)
4) 1) の * 印と同様
5) Philip Rabone : Flotation Plant Practice, 147 (1957)
Д. С. Ешельянов : Флотация Угля, 61 (1956)
6) 林 : 日本鉬業会誌, **73**, 24 (昭和32)
7) 合葉 : 化学工学, **20**, 280 (昭和31)
其他) 永田外 3 名 : 攪拌強度の表示法について, 化学工学, **15**, 59 (昭和26)
合葉 : 攪拌液のフローパターンと攪拌効果との関連について, 化学工学, **21**, 130 (昭和32)

経 理 状 況 報 告 (自昭和33年 1 月 1 日
至昭和33年 9 月 30 日)

収 入 の 部			支 出 の 部		
費 目	年 間 予 算	実 収 入	費 目	年 間 予 算	実 支 出
正 会 員 会 費	175,000 ^円	146,500 ^円	印 刷 費	80,000 ^円	19,590 ^円
賛 助 会 員 会 費	396,000	364,000	通 信 費	85,000	55,475
預金利子及雑収入	4,000	5,767	消 耗 品 費	25,000	11,078
会 誌 有 償 配 布	5,000	8,350	旅 費	140,000	64,455
前 年 度 繰 越 金	35,922	35,922	事 務 委 託 費	150,000	122,000
			会 議 費	85,000	30,565
			雑 費	13,422	2,000
			予 備 費	20,000	0
小 計	615,922	560,539	小 計	598,422	305,163
会 誌 広 告 料	448,500	165,500	会 誌 発 行 費	466,000	256,200
			小 計	1,064,422	561,363
			次 月 繰 越 金		164,676
合 計	1,064,422	726,039	合 計	1,064,422	726,039