

液体サイクロンに依る高濃度

スラリーの分級効果に就いて*

藤 井 一
中 村 宏
佐 古 久 和

§1. 緒 言

液体サイクロンは、微粒固体懸濁液の濃縮分級用に種々使用されて居るが、比較的原液濃度の低い場合の分離性能が優秀である為、各方面に於いて応用され発表されて居る。然し乍ら、高濃度液に於いての利用の研究が不充分であるので、原液濃度が20~55重量パーセント程度の液体サイクロンの性能に就いて検討する事とした。

高濃度液に於いては、濃縮用に使用した場合は、効率の良い回収は困難な為に、研究も不充分である。

各種の工業で、泥漿に含まれる濃厚懸濁粒子中の、粒度の大きなものが、不必要な場合が屢々ある。従来此等の分級に、篩、分級機、静定槽等が用いられて居たが、著者等はドルクロン型液体サイクロンを用い、水封式流量比調節法を採用して⁽¹⁾、分級の実験を行なった。液体サイクロンを使用する場合は、設置場所の面積をとらず、動力費の節減等の利益がある。

工場合理化の一環として、セメント工場の原料に、アンモニアソーダ法工場の石灰法苛性化により生ずる沈降性炭酸カルシウムを使用する事となった。此の炭酸カルシウムの粒度状態は測定した処、ほとんどセメント原料スラリーに近い状態を示して居る。しかし、その中に、石灰乳より混入する。不焼石、過焼石、コークス片、煉瓦片、及び炭酸カルシウム生成時に微細粒子が集った塊り等よりなる粗粒があるので、此れに分級をする事にした。

液体サイクロンに於ては、その50%分離粒径が、液体サイクロンの径、3吋、6吋では、夫々 11.94μ 、 25μ ~ 42μ となつて居り、9吋では、200メッシュ以下分離率、88.9%となつて居るので、6吋の液体サイクロンで充分であると考えられる。

液体サイクロンに依つて、懸濁液固体粒子中の、粗粒の分級の場合は、遠心力により、沈降速度が割合に

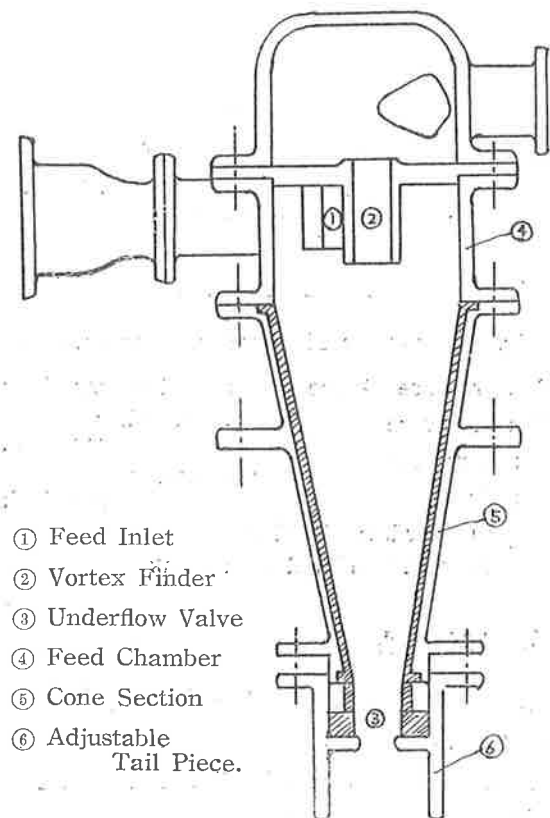
大きい為、導出口に、液が流出するのを防ぐ為に、導出管径を絞つて流量比を下げなければ有効な分級が出来ない場合がある。然るに小さな導出口として、泥漿排出孔になるときは、固体粒子の閉塞を起し易いので著者等は、水封式流量比調節法を採用した。

更に、導出口の閉塞の対策として、液体サイクロン内の泥漿の回転方向と同じ様になる様に切線方向に細孔を穿ち、水洗して完全に閉塞の恐れがなくなった。

§2. ドルクロン型液体サイクロンの構造

液体サイクロンは、導入胴部分及び上昇管は、特殊鋼に依つて作られて居る。他の部分は、すべて、鑄鉄よりなつて居て、円錐部分及びその下部は、すべて、ゴム内張りがされてある。構造は Fig. 1 の如し。

Fig. 1 Dorrclone.



* 化学機械協会、関西支部、姫路地方大会に於いて昭和30年11月発表した。

実験に使用したのは、内径6吋の液体サイクロンであり、導入口径2吋× $\frac{3}{8}$ 吋, 2吋× $\frac{1}{4}$ 吋, 2吋×1吋, 2吋×1 $\frac{1}{2}$ 吋, 溢流管径1吋, 1 $\frac{1}{8}$ 吋, 1 $\frac{1}{4}$ 吋, 2吋, 2 $\frac{1}{2}$ 吋, 導出管径1吋, 1 $\frac{1}{2}$ 吋, 1 $\frac{3}{4}$ 吋, 2吋となつて居る。

§ 3. 実験装置及び実験方法

実験装置としては、液体サイクロンを用いて水封式流量比調節法による操作を行う様に工夫して設備した。水封式流量比調節法とは、Fig. 2に示す様に、導出液出口と溢流液出口のパイプを、液にて封じるのである。その場合、導出液出口と、溢流液出口の水頭差 Δh , を付けて溢流液封面の高い場合を普通とする。

15馬力、34m水頭の渦巻ポンプにて泥漿を液体サイクロンに送入する。此の時の送入流量は、側流コックで調節する。導入圧は、液体サイクロン入口にて回転指針型圧力計にて測り、溢出液圧は、水銀U字管圧力計にて測る。

溢流液は、液封槽を通して計量槽に入る。

導出液は、液封槽を通して計量槽に入る。導入泥漿、溢流泥漿、導出泥漿を採取し、温度測定、固体含有量、粒度分布及び分析を行った。

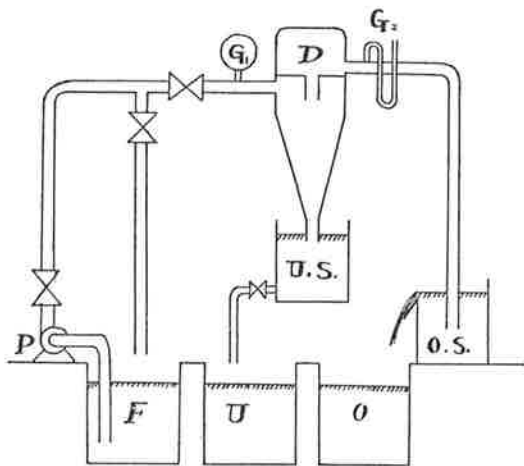


Fig. 2 Apparatus of Dorrclone Experiment.

- G₁ : Pressure Gauge
- G₂ : U. Gauge
- D : Dorrclone
- P : Pump
- U.S. : Underflow Liquid Seal Tank
- O.S. : Overflow Liquid Seal Tank
- F : Feed Slurry Tank
- U : Underflow Slurry Tank
- O : Overflow Slurry Tank

§ 4. 実験結果

実験結果を求めるには、実験条件が重大要素となる。此の実験の目的は、粗粒及び粗粒中に含まれる不純物を分級除去して、粒度のそろつた、比較的純良な泥漿を得る事にあるのである。

水封式流量比調節法を用いた分級の実験である為、導出管には、水分の出入が無い様に調節した。これにより、溢流泥漿の濃度が甚だしく薄くならない様に考慮した。

(1) 導入管径は、3種類の大きさのものを、面積の大きい方より順次測定した。若し、導入管径を小にした場合に不都合があつてはならないと思つて、溢流管径の最大のもの、2 $\frac{1}{2}$ 吋を取り付けて測定した。そして溢流管径を一定として、導入管径を変えて比較実験をした。

(2) 溢流管径は大きい直径のものより小さな径のものに順次測定した。実験結果を見る場合、感じる事であるが、処理流量を決定するのに、導入管径、溢流管径、導入圧力等が、此れを支配して居る事が判るが、導入管径溢流管径等がより液量に対して大きな影響を与えている事が判り、あまり小さな径の実験は行わなかつた。

(3) 導出管径は、後述の Δh が一定の場合には、径が小なる程液圧損失が大となるので、流出量が少なくても良い場合には小さくてもよいので1吋, 1.5吋, 1 $\frac{1}{8}$ 吋と変化せしめた。管径が大きい場合には、導出管より液が若干流出する。

(4) 導入圧力は、3~0.2kg/cm²の間で測定した。

(5) 導入泥漿濃度は20~55重量%固体のものを取扱つた。

(6) 導出液封面と溢流液封面との間の水頭差 Δh は、30~65cmの場合について測定した。

圧力損失

Table 1~2の如き結果を得た。導入圧と溢流圧との差の液体サイクロンの圧力損失と導入液量との関係を対数紙上に点綴した結果、Fig. 3に依ると $\Delta P/\gamma \propto Q_F^{1.8}$ (1)なる関係がある。

又同じく、圧力損失と導入管相当直径との関係は、 $\Delta P/\gamma \propto D_F^{-1.8}$ (2) となり、(Fig. 4) 上昇管径との関係は $\Delta P/\gamma \propto D_O^{-1.8}$ (3) となつた。(Fig. 5)

此等の結果より、 $\Delta P/\gamma = C Q_F^{1.8} / (D_F D_O)^{1.8}$... (4) なる関係の成立する事を知る。

但し、圧力損失頭	$\Delta P/\gamma$ [m]
入口管路の直径	D_F [m]
内筒の内径	D_O [m]
導入流量	Q_F [l/s]
流体比重	γ
係数	C

とする。

此の式は全く Dahlstrom 氏の実験式²⁾に一致するものである。係数Cの次元は L^{-0.4}である。

Table I

Press Drop $\Delta P/\gamma$ kg/cm ²	Mass of feed flow Q_F m ³ /Hr	Dia. of Vortex Finder D_o inch	Remark
0.52	15	2½	Feed Inlet 2" × ¾"
1.00	20	"	
2.00	30	"	
0.75	15	2	Under flow Valve 1" φ
1.35	20	"	
2.00	25	"	
1.10	15	1⅝	
2.00	20	"	
3.00	25	"	

Table 2

Pressure drop $\Delta P/\gamma$ kg/cm ²	Dia. of Feed inlet D_F mm	Mass. of Feed flow Q_F m ³ /Hr	Remark
0.5	35	20	Dia. of Vortex Finder 2½" φ
1.0	24.5	"	
1.5	20	"	
2.0	17	"	
0.5	44	25	Dia. of Under flow Valve 1" φ
1.0	30.5	"	
1.5	25	"	
2.0	21.5	"	
0.5	52	30	
1.0	36	"	
1.5	29.5	"	
2.0	26	"	

係数Cは、流入速度、スラリー濃度によって変る値である。

即ち、揺変性（チクソトロピック）泥漿で、乱流粘度が原因と考えられる。その一例を、Table 3 に示すと

Table 3

Press Drop kg/cm ²	Feed Velocity m/s	C
2	9.5	1.21 × 10 ⁻⁶
1.5	7.6	1.44 × 10 ⁻⁶
1	5.7	1.56 × 10 ⁻⁶

此の値の如く、流入速度が速いとCの値は小となる。又、Cの値は、密度が上る程は、増加せず、濃度が、20、30、40%と高くなれば、むしろCの値は減少する。すなわち、密度に比例した程は、粘度に変化がなかったからであろう。

圧力損失と係数の関係は $\Delta PaC^{-(2\sim 3.5)}$ 程度を、此の実験条件範囲で得られた。

水封式のCの値は、開放式のそれより小なる値を示す。又、円錐角が、鈍角になるとCの値は増加する。

分級粗粒比

S_F 及び、 S_U は、68μ, 88μ 以上の粒子の夫々導入

Fig. 3 Relation between rate of Feedflow and Pressure drop through the Dorrcclone.

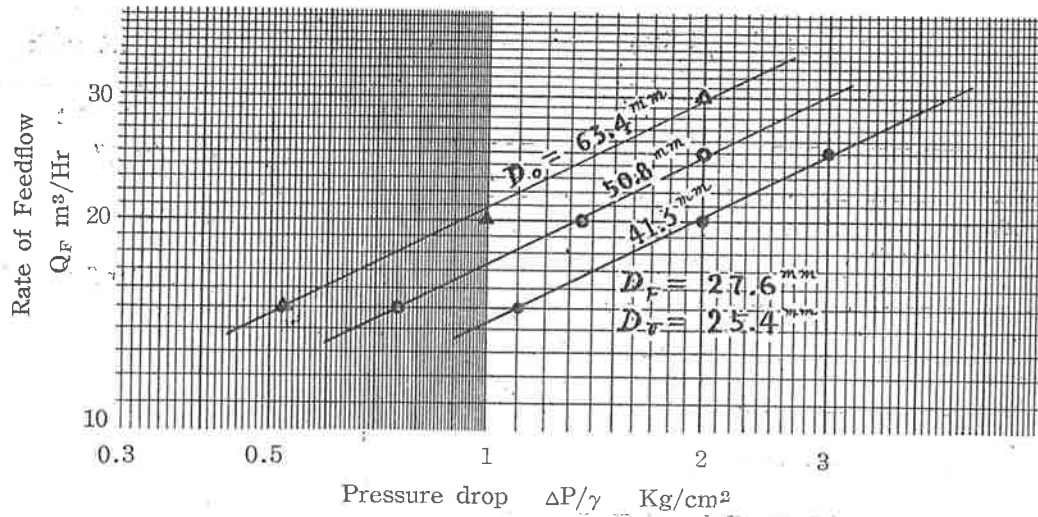


Fig. 4 Relation between Dia. of Feedinlet and Pressure drop.

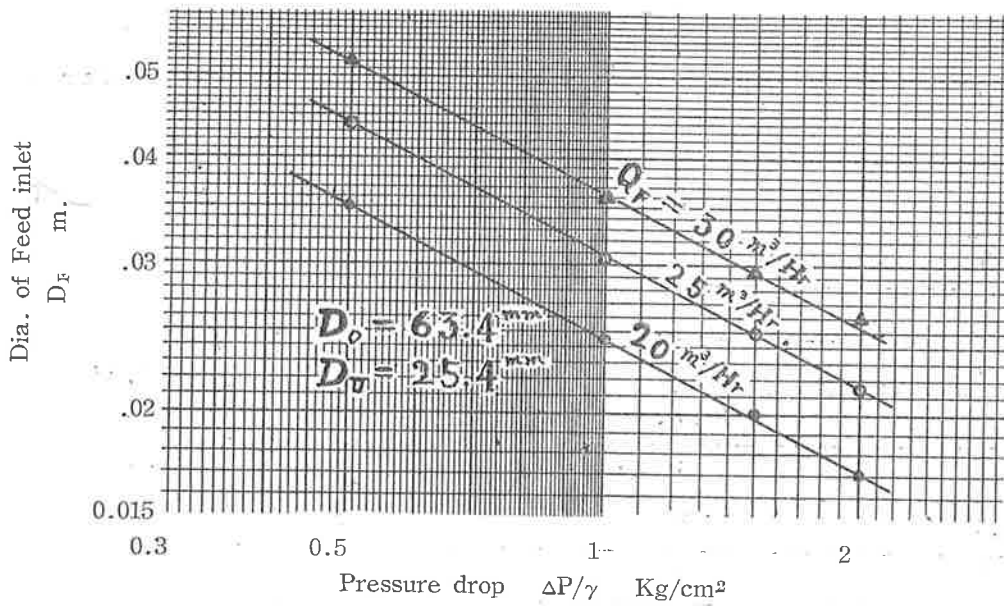
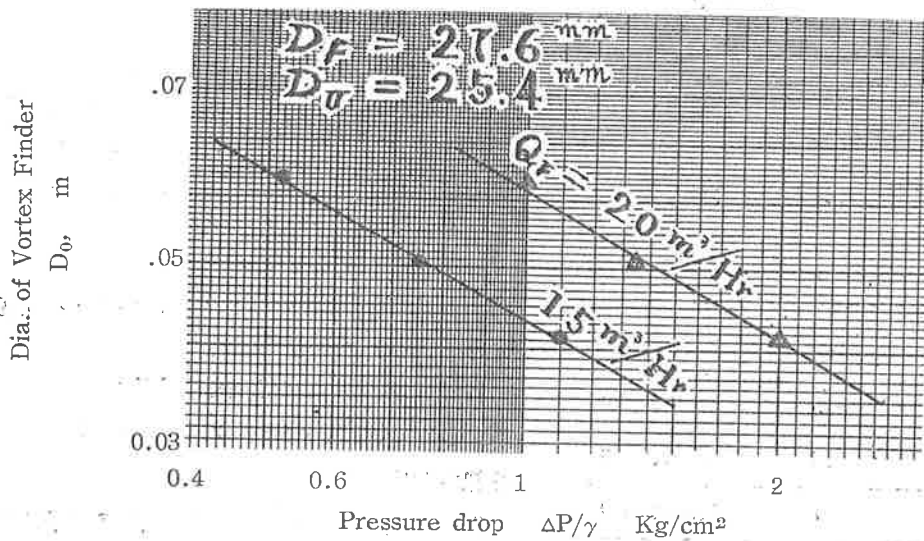


Fig. 5 Relation between Dia. of Vortex-Finder and Pressure drop.



液及び、導出液中の含有量 (%) である。これは、導入固体に対する割合にて示す。 ρ_s は粒子の比重、 ρ は液比重、 v は液体サイクロンへの導入速度、 D_0 は液体サイクロンの内筒径である。Kは乱流粘度を含む係数とする。

此の時、Fig. 6 に示す様な関係が成立して、

$$\frac{S_F}{S_U} = \left\{ \frac{K}{(\rho_s - \rho)v} \cdot \frac{D_0}{D_F} \right\}^{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

となる。

Fig. 6 に就いては、上方の線は S_F/S_U のより大きい場合であるが、此の線は、少し線が立って来る様な傾向がある。すなわち 1/2 乗より多い値らしく、下方の S_F/S_U が小なる場合は、線が寝て来て、1/2 乗より小なる値になる様である。

Fig. 6 Relation between S_F/S_U & $\{D_0/D_F(\rho_s - \rho)v\}^{1/2}$

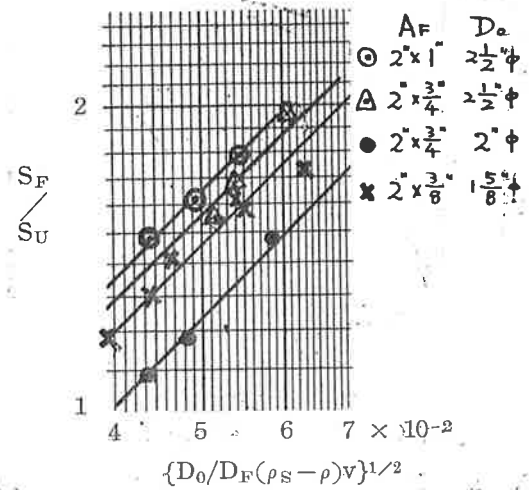


Table 4

Feed in let	Vortex Finder	S_F/S_U	$\{D_0/D_F(f_F - f_U)\}^{1/2} \times 10^{-1}$
2" x 1"	2 1/2" ϕ	1.78	5.45
"	"	1.63	4.95
"	"	1.49	4.47
2" x 3/4"	2 1/2" ϕ	1.96	6.07
"	"	1.67	5.40
"	"	1.52	5.20
2" x 3/8"	2" ϕ	1.49	5.86
"	"	1.17	4.85
"	"	1.09	4.41
2" x 3/8"	1 5/8" ϕ	1.71	6.30
"	"	1.60	5.41
"	"	1.59	5.54
"	"	1.41	4.68
"	"	1.30	4.48
"	"	1.18	4.05

分級率曲線

スラリー中の粒子の分級状態は、Fig. 7~8 の如くである。圧力が高く、導出管径、導入口径、内筒径の小さい程、曲線は粒径の小さい方にずれて居る。すなわち、分級率が良い。

曲線の鋭くなる為の条件は、圧力が高く、導入管径が小さく、内筒径も小さく、導出管径も小さい事であ

る。

図中の I と II は、導出管径が、II の方が大きいので曲線が右に偏っている。

I と III では、導入管径が III の方が大きいので甚だしく粒径の大きい方に偏って居る。如何に、導入速度が大きく影響するかを物語って居る事を知る。

IV と V によって内筒径の影響は、内筒径の大きい程、

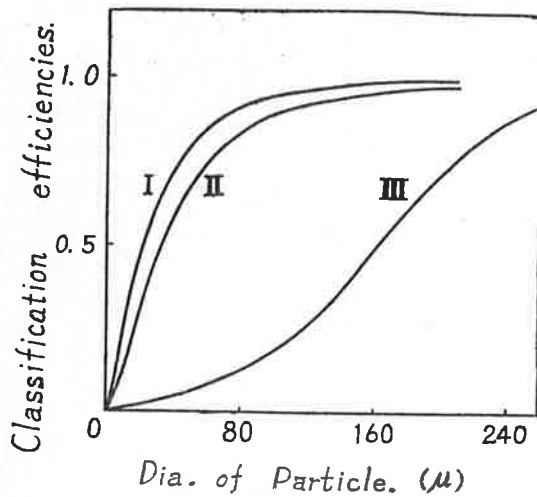


Fig. 7 Classification efficiencies.

	Press. Drop	Feedinlet Dia.	VortexFinder Dia.	Underflow Dia.
I	2kg/cm ²	27.6mm	63.4mm	25.4mm
II	2kg/cm ²	27.6mm	63.4mm	38.0mm
III	2kg/cm ²	43.5mm	63.4mm	25.4mm

曲線が右に偏って居る事を知る。此の曲線を見ても、その影響は、大して大きくない事を示して居る。

§5. 結 言

粗粒の除去の場合には、水封式流量比調節法は、水分を減少せしめる事なく操作が出来るので極めて良い方法である。

圧損失の式は Dahlstrom 氏の式と同じ様な形となったが、高濃度スラリーのため、式中の係数が操作状態によって異なる点に注意すべき事であり、それが変性泥漿に依ると考えられるのであって、今後この問題を解析する事が未だ残っていると思われる。粗粒の分級について考えたのであるが、6吋液体サイクロンの

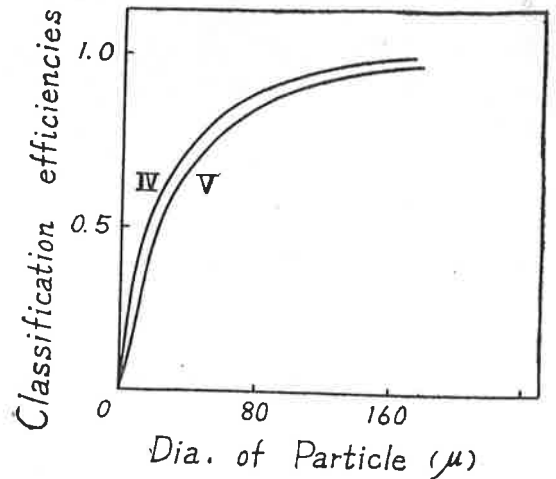


Fig. 8 Classification efficiencies.

	Press. Drop	Feedinlet Dia.	VortexFinder Dia.	Underflow Dia.
IV	1.8kg/cm ²	27.6mm	41.3mm	25.4mm
V	1.8kg/cm ²	27.6mm	63.4mm	25.4mm

みで調べたのであり、もっと広範囲に適用出来るかどうか今後の問題である。

尚、本実験に際して、今村部長、井沢室長、玉置室長、及び、長畑製造部第3課長の御懇篤なる御指導、御協力を賜わり、心からの感謝を捧げます。

更に、終始御協力下さった、製造部第3課現場各位に対して謝意を表します。

§6. 文 献

- 1) 化学工学, 昭29.42頁。
- 2) 化学機械技術, 第4集, 171頁 (1952)。
- 3) 化学工業, 3, 24 (1952)。

編 集 後 記

§ 石油化学, 高分子化学, 原子力利用と, 二十世紀の科学は大きな転換をしつつあるが、この変転は、過去も、未来も変る事なく、続けられて居る。

§ 「研究」ははこの変転の中に培われて行き、営々たる努力の年輪をへた血漿の上に形づくられて居る。苦しみもあり亦興味も

一しほと云うべきであろう。

§ 「研究報告」の編輯に手を染めたのは盛夏の8月と記憶して居るが、新春の今日「第1号」が結実した訳である。執筆各位は多忙の中を、相当の負担であつた事と思い、その労を謝し、今後の御協力を希う次第である。