

遠心分離

工場操作シリーズ NO. 12



化学工業社

81.171

485

12

工場操作シリーズ

遠心分離編

高

3.670

株式会社 化学工業社

別冊化学工業

工場操作（遠心分離編）

定 価 1,300円

送 料 100円

昭和43年5月15日 発 行

編集兼発行人 原 徹
印 刷 人 鈴 木 貞 三 郎
印 刷 所 公 和 印 刷 株 式 会 社

— 発 行 所 —

株式会社 化学工業社

東京都千代田区神田淡路町1~11

電 話 (253) 6 4 5 1 ~ 4

振 替 東 東 1 3 0 6 1

遠心分離編

目次

I	最近の遠心分離機の理論と動向	(1)	理化学研究所	井上 一郎 山口 賢治
II	遠心分離機の選定と設計要領	(10)	石川島播磨重工業(株)	東瀬 次郎
III	遠心分離機の型式			
	III-1 遠心沈降機	(28)		編集部
	III-2 遠心汙過機	(43)		編集部
IV	実際操作例			
	IV-1 クリームの分離	(54)	雪印乳業(株)	松浦 進
	IV-2 イーストの分離	(60)	オリエンタル酵母工業(株)	野瀬 芳夫
	IV-3 顔料とその応用加工製品に おける遠心分離機の応用	(67)	大日本インキ化学工業(株)	高木 邦彦 相沢 政男
	IV-4 砂糖結晶の分離	(72)	芝浦製糖(株)	原田 真祺
	IV-5 硫安の亜硫酸(無水)などの 一般粗結晶の脱水	(81)	昭和電工(株)	片桐 功夫
	IV-6 麦汁の清澄	(88)	サントリー(株)	板谷 和彦 国田 稔
	IV-7 果汁の精製	(94)	愛媛県青果農協連	新本 三郎
	IV-8 ペニシリンの分離	(101)	東洋醸造(株)	愛沢 実
	IV-9 洗毛・廃液より泥、ウール グリースの分離と除去	(108)	日本毛織(株)	福地 良二
	IV-10 隔膜ソーダ工業における 遠心分離機の利用	(115)	鶴見曹達(株)	池田 昭夫
	IV-11 鋳業における遠心分離	(123)	三菱鋳業(株)	瀬戸英太郎
	IV-12 血しょうの分離・分画	(129)	北里研究所	堀田 恭子
	IV-13 塩化ビニルの脱水技術	(134)	電気化学工業(株)	野村 精二
	(付) 遠心分離機関連データ	(144)		
	遠心分離機関係業者名簿	(152)		

I 最近の遠心分離機の理論と動向

1. はじめに

重力の代わりに遠心力を利用して行なう沈降、汙過、水切りをそれぞれ遠心沈降、遠心汙過、遠心脱水とよび、これらの分離操作を総称して遠心分離という。遠心力は重力と異なり、人為的にいかほどでも大にすることができ（ただし、装置材料や機構上の理由によって限度はあるが）、重力場におけるよりも非常に短い時間で分離を成就することができる。遠心分離は普通、固一液系、液一液系の分散混合物の分離に適用されているが、泡抜きなどのような気一液系の分離にも利用されることがある。特殊な例では、ガス状の六フッ化ウランを高遠心力場に供給し、その同位体ウラン235を分離、濃縮する目的に利用することが考えられている。この種の操作をガス遠心分離という。

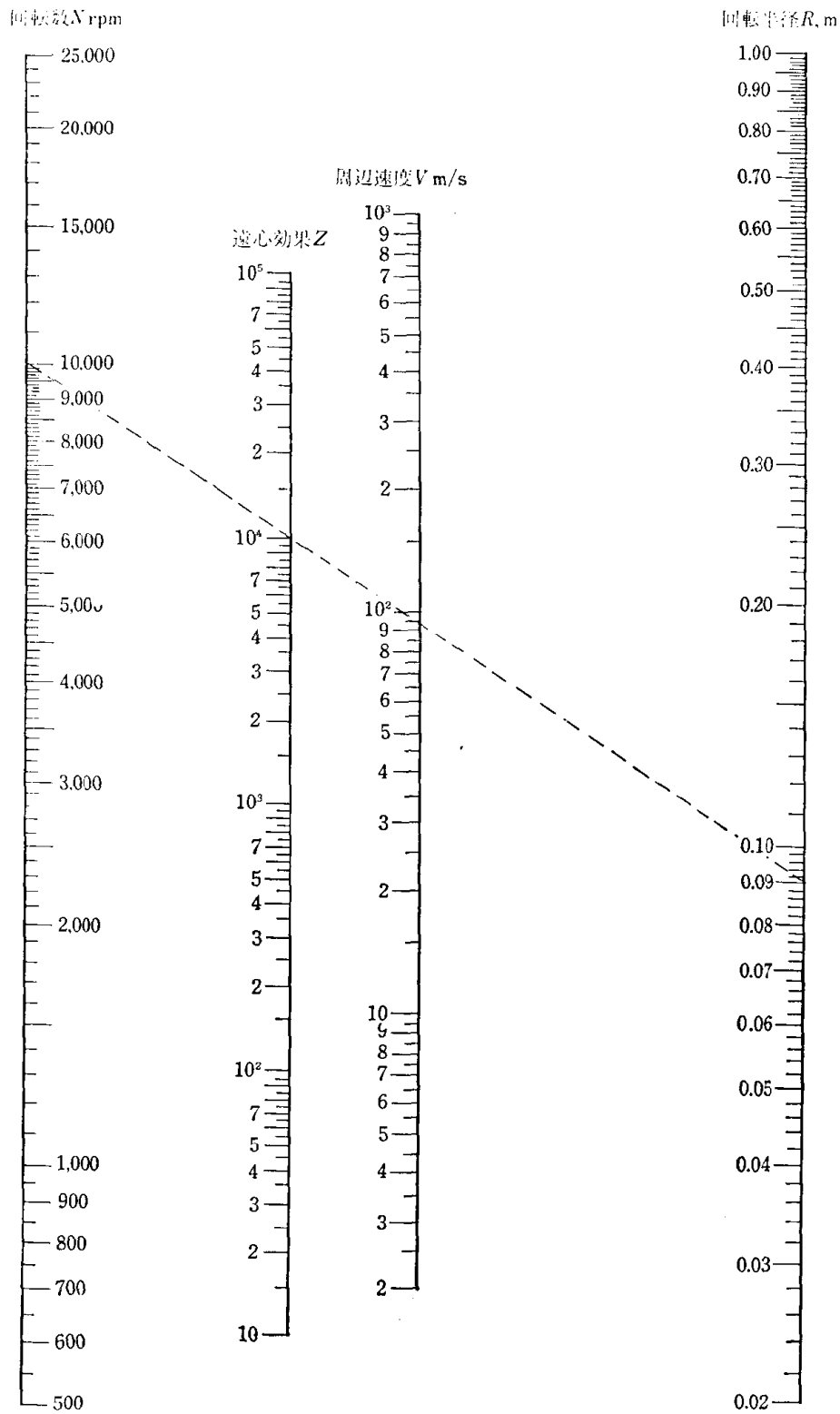
遠心分離を行なう装置を遠心分離機と総称し、またそれぞれの操作目的によって遠心沈降機、遠心汙過機、遠心脱水機などよんでいる。そのほか遠心傾瀉機とか遠心清澄機とかよばれる装置もあるが、機能的には遠心沈降機とみなすことができよう。重力場において用いられる同種の装置が沈降器、汙過器などのように“器”という接尾語を付けてよばれるのに対して、とくに“機”の字を用いるのは遠心分離機の主要部が等速回転運動する器、またはバスケットとその駆動機構とから成る“機械”であることを意味する。

遠心力を利用する分離あるいは分級器に液体サイクロンやセントリクロンなどがある。これらの装置では流体自身の旋回流を誘起し、遠心力を発生させ、浮遊している液体あるいは固体粒子を分離、分級する。それゆえ、特別な回転容器をもたないので遠心分離機とはよばない。遠心分離機の特長はあくまでもその主要部が等速回転しているところにある。

遠心分離機のうち、遠心沈降機は比較的微細な固体および液体粒子を、遠心汙過および脱水機は数mmまでの固体粒子をそれぞれの分散媒（液体）から分離する目的で利用される。とくに遠心脱水機は結晶や粉炭など比較的大きな固体粒子の脱液や繊維品の水切りに利用される。汙過と脱水との区別は必ずしも明確ではないが、ここでは次のように定義しておく。汙過とは粒子間隙がすべて液で充満した状態の汙滓すなわち湿潤汙滓を得るまでの操作をいい、脱水とはこの湿潤汙滓内の液の一部または大部分を除去する操作を意味する。

個々の遠心分離機の性能、特性について理論的に完全な説明を与えることは非常に困難で、不可能に近い。それは分離機内の流体の流れ、回転体の振動、固液の給排機構などが分離に与える影響の程度をあらかじめ予測することがほとんど不可能なことによる。したがって機種を選定や操作条件の決定には実験的な手段を欠くことは危険である。しかし、このような試験結果を利用して操作

設計やスケール・アップを行なう際に、従来では全く経験と勘とのみにたより、理論的な裏づけをもった取り扱いがほとんどなされていなかったように思われる。以下では、まず、このような場合に必要な連続遠心分離操作の基本的考え方について述べ、次いで、最近の遠心分離機の特長、機種



第1図 遠心効果の計算図表

選定上の問題などについてふれてみようと思う。

本論に入る前に、理論的などりあつかいの上でしばしば用いられる、遠心力の強さを表わす概念“遠心効果”について説明しておこう。遠心効果とは重力の倍数で表わした遠心力の大きさで、等速円運動している物体の回転半径を R [m]、角速度を ω [rad/sec] とすると、遠心効果 Z [-] は

$$Z = \frac{\text{遠心力場の加速度}}{\text{重力場の加速度}} = \frac{R\omega^2}{g} \quad (1)$$

で表わされる。工学的には、回転速度は1分間の回転回数で表わされることが多い。これを N [rpm] で表わすと、遠心効果 Z は

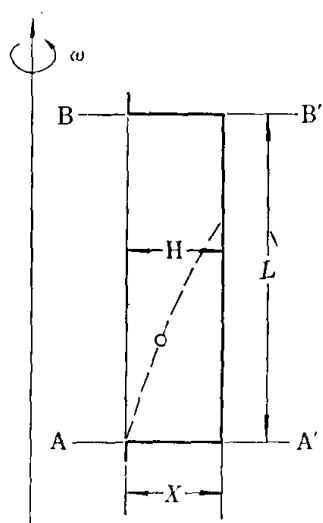
$$Z = \frac{R \cdot (2\pi N/60)^2}{g} = \frac{RN^2}{900} \quad (2)$$

で与えられる。第1図は R および N から遠心効果 Z を求めるための計算図表である。

以上のように、遠心効果は遠心力の大きさを表わす無次元数で、遠心分離機の性能を回転速度 N と回転体の半径 R との2変数で表示する代わりに用いられる。その物理的意味は、後述(4)式にも明らかなように、遠心効果が Z である遠心力場では粒子の沈降速度が重力場のその Z 倍になることを示している。また、汙滓あるいは粒子の堆積層内を流れる液の速度についてもほぼ同じことがいえる。ただし、流れの様子は変わらない(層流)として。このことから連続遠心沈降機の処理量は同じ装置、同じ原料ならばほぼその遠心効果に比例すること、また連続遠心脱水機についても同様であることが示される。なお、工業的に用いられている遠心分離機の遠心効果は100~50,000程度の範囲にある。

2. 遠心沈降機の考え方

遠心沈降機内での分離機構は、基本的には重力場での沈降とほぼ同じに考えることができる。簡単なモデル分離機として第2図のような遠心沈降機を考え、この装置で固体濃度の低い懸濁液を処



第2図 遠心沈降機の原理図

理する場合の粒子の運動を追ってみる。処理液が AA' 面から BB' 面に流れてゆく間に着目粒子は AB 面から $A'B'$ 面に向かって沈降していく。いま問題にしている大きさの粒子が除去されるためには、処理液が沈降機の長さ L だけ流れゆく間に、その粒子が H なる距離だけ沈降してくれることが必要である。

以上の必要条件を数式で表わすと、

$$\frac{H}{v_c} \leq \frac{L}{U} = \frac{V}{Q} \quad (3)$$

となる。ここで、 H は沈降しなければならない距離 [m]、 v_c は除去しようとしている粒子の平均沈降速度 [m/sec]、 L は沈降機の有効長さ [m]、 U は流れ方向の平均液流速 [m/sec]、 V は沈降機内の液で占められている部分の体積 [m³]、 Q は

処理液の流量 [m³/sec] をそれぞれ示す。

ここでは粒子の大きさが小さいと考えて、その沈降速度についてストークスの法則が適用できるとすると、遠心効果が Z なる遠心力場での沈降速度 v_c は同じ粒子が同じ液体中で示す重力場での終末速度 v_g [m/sec] のほぼ Z 倍に等しいとみなせるから、

$$v_c = Zv_g \quad (4)$$

とする。(3) および (4) 式から処理量 Q について、

$$Q \leq v_g \frac{ZV}{H}, \quad v_g \frac{ZV}{H} = Q_{\max} \quad (5)$$

なる関係が得られる。この式は、分離機の最大処理量 Q_{\max} が処理液と分散粒子との諸性質からきまる重力沈降速度 v_g および装置の寸法、操作条件からきまる因子 ZV/H の積に等しいことを示している。

装置の構造と操作条件とからきまる ZV/H は面積の次元をもっているので、これを遠心沈降面積とよび、 S [m²] なる記号で表わすことにする。また、実際の遠心沈降機では、機内での液の流速分布が一律でないこと、種々の原因による乱れ（流れの）が存在することなどの影響がある。これらは分離を悪くする方向に作用するので、目的の粒子を分離するためには理論的に求められる Q_{\max} よりも低い流量 Q で操業しなければならない。このような目的を達するための実際の処理流量 Q と Q_{\max} との比は分離機の性能のよしあしを意味する係数と考えられる。そこで、このような係数 η を導入し、上述の遠心降面積 S を用いると、(5)式は次のように書き改められる。

$$Q = \eta v_g \frac{ZV}{H} = \eta v_g S \quad (6)$$

以上の結果、分離機の処理能力は処理液の性質からきまる特性値 v_g 、装置の構造、操作条件からきまる因子 S および理論的な考え方からのずれを考慮し補正するための因子 η 、以上3つの積の形で示されることがわかる。この関係は試験結果を用いて装置のサイズや操作条件を決定する問題、すなわちスケール・アップの設計において強力な理論的支柱となる。

たとえば、同一の懸濁液を A, B 2つの装置で処理し、目的の粒子を除去する条件の間には次の関係が成立する。

$$\frac{Q_A}{\eta_A S_A} = \frac{Q_B}{\eta_B S_B} = v_g \quad (7)$$

ここで、添字 A, B は2つの装置についての値を意味する。 η_A, η_B の正確な値は既往のデータを整理して求めておくべきであるが、ブラウン運動をするような微細粒子や、こわれやすい凝集粒子を処理する場合を除いて、また、同型式の装置で、あまり広くない操作条件の範囲では

$$\eta_A \doteq \eta_B \quad (8)$$

とみなすことができる。このような場合には、同型式、小型の試験装置で目的の分離が得られるような条件、すなわち S_A, Q_A を求めておけば、目的の処理量 Q_B を得る同型式の実用装置は

$$\frac{Q_B}{Q_A} \cdot S_A \doteq S_B \quad (9)$$

として求めることができる。

また、同型式、相似な形状を有する遠心沈降機についてのスケール・アップはより簡単な関係で表わすことができる。A, B 2つの装置の代表寸法を X_A, X_B とすると、各装置の容積は X^3 に比例し、同じく遠心効果は XN^2 に比例するから、以上の諸関係を用いると、

$$\frac{Q_A}{X_A^3 N_A^2} = \frac{Q_B}{X_B^3 N_B^2} \quad (10)$$

なる関係が導かれる。(10)式はまた、同じ装置で回転速度を変えた場合の処理量の変化を知りたい場合にも用いることができる。

以上の説明からもわかるように、遠心沈降機の操作設計に関する実降問題はその分離性能を表わす因子 η の特性を実試験あるいは既往の結果を整理し、求めておくことで、設計計算の精度はその正確さによって決まるといっても過言ではない。

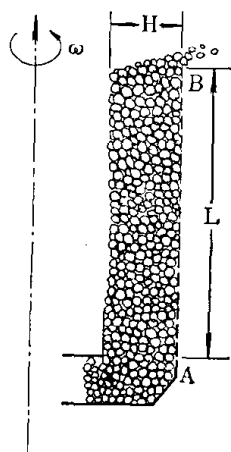
3. 遠心脱水機の考え方

遠心汙過は特別な装置（たとえばフィルバ型遠心汙過機など）の場合を除き、回分または自動回分操作として行なわれる。このような場合に問題になるのは汙滓の比抵抗で、遠心汙過操作では比抵抗 α [m/kg] が

$$\alpha \leq 10^{10} \text{ [m/kg]} \quad (11)$$

なる条件を満足する時にのみ有効である。遠心汙過の操作設計の問題は、汙過（給泥）、水洗、汙滓掻取りと繰り返す一連の操作サイクルをきめることであるが、これはここで主たる対象としてとり扱う連続遠心分離の問題とおもむきを異にするので省略させて頂く。

遠心脱水は遠心汙過の後にその付随操作として行なうことがしばしばであるが、この場合には回分操作である。遠心脱水はこのような回分操作としてではなく、むしろ大量の固体を連続処理する場合に有効かつ適している。そこで、簡単なモデルとして第3図のような連続遠心脱水機の場合を問題にしてみる。これは押し出し板（エッシャー・ウイス）型遠心脱水機の場合にそのまま適合する。この装置では、ぬれた粒子群が厚さ H [m] の堆積層をなし、AからBまでの長さ L の部分を進む間に液は半径方向に流れ、脱水が行なわれる。普通の遠心脱水機の操作条件では、その製品含液率 w [%] について次の関係を導びくことができる。



第3図 遠心脱水機の原理図

$$w - w_\infty = k \left(\frac{Z \rho g K}{\mu \varepsilon H} \cdot \frac{L}{U} \right)^{-m}, \quad \frac{L}{U} = \frac{V}{Q} \quad (12)$$

ここで、 k および m はいずれも無次元の実験定数 [-] で、処理する液および固体の種類、装置の型式によって異なる。 K は堆積粒子層の透過率 [m^2], U は層の移動速度 [m/sec], ε は層の空隙率 [-], μ は液の粘度 [kg/m-sec], ρ は液の密度 [kg/ m^3] を示す。また、 V は装置内の粒子の滞留体積 [m^3], Q は体積で表わした固体の供給速度 [m^3/sec], w_∞ はもし L/U が無限大の時に得られる仮想の含液率 [%] で、いわば平衡含液率に相当する値をそれぞれ示す。 w_∞ の値は理論的には遠心効果 Z によって

変わることが予想されるが、実際にはあまり大きく変わらないと考えてよい。(12)式の関係、意味は異なるが、(6)式と同じ形に直すと、

$$Q = \xi \cdot \frac{ZV}{H} \quad (13)$$

となる。ただし、 ξ は処理すべき固液の性質、装置の型式および所要製品含液率 w によってきまる係数 [m/sec] である。(13)式は同じ脱水機で同じ原料を処理し、同じ製品含液率 w を得る時の処理量と装置の他の諸変数との間の関係を示している。

(13)式の関係をもとにすると、同型式の2つの装置で、同じ製品含液率を得る条件の間には

$$\frac{Q_A}{(Z_A V_A / H_A)} = \frac{Q_B}{(Z_B V_B / H_B)} = \xi \quad (14)$$

が成立する。また、同型式、相似な2つの装置では、(10)式と同様の次式が成立する。

$$\frac{Q_A}{X_A^3 N_A^2} = \frac{Q_B}{X_B^3 N_B^2} \quad (15)$$

これらの関係を利用してスケール・アップを行なう仕方は遠心沈降機の場合と全く同じであるので省略する。なお、これらの諸関係式は理論的に導かれたもので、実際にはここで考慮しなかった偶然、不可測な諸因子によって脱水の度が促進されたり、減退されたりし、理論的な予測からずれることがある。このような因子として、固体の給排機構（押し出し板型では押し出し板の往復動、スクリー排出型のスクリーの作用、振動排出型の場合にはその振動など）やバスケットやスリットの構造（自動排出型ではスリットの切り方やバスケットの半頂角など）などが考えられる。時にはこれらの効果を積極的に採用している装置もある。このような影響によってある種の脱水機では、関係各変数についての指数が上述した値と異なる場合もありうる。

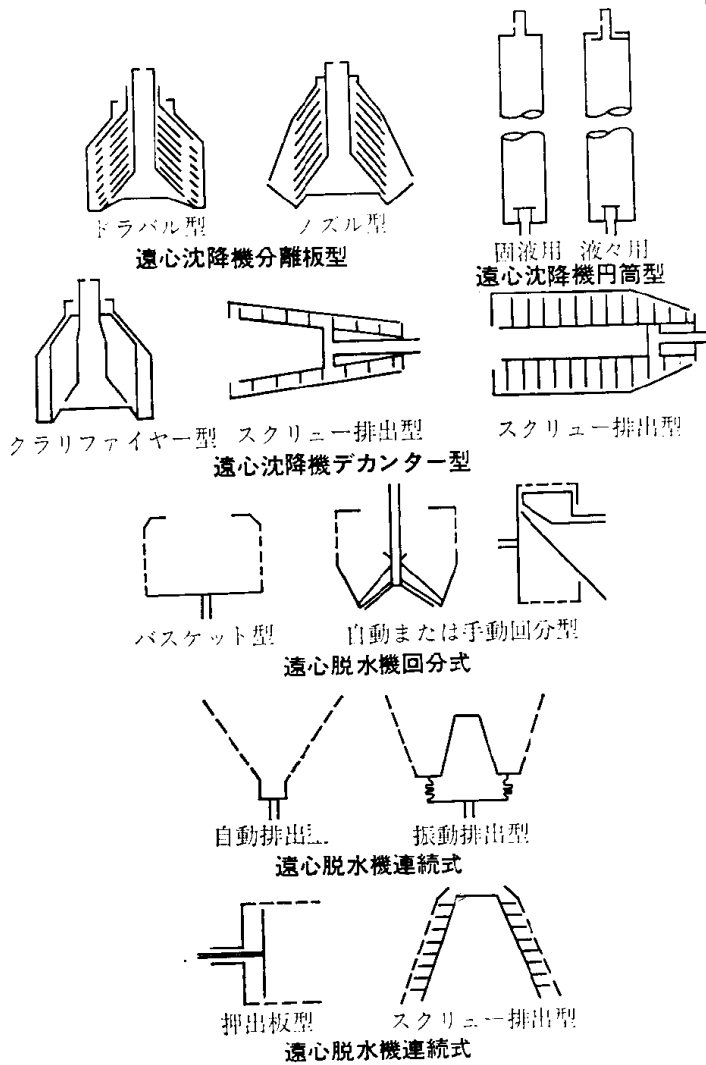
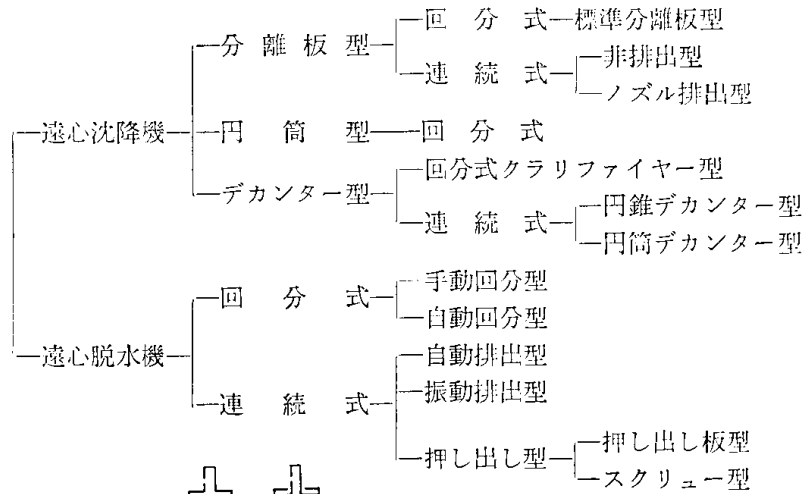
以上、連続式の遠心沈降機および遠心脱水機の例についてほぼ類似の関係が得られることを示したが、その考え方の基礎にはともに粒子の沈降あるいは液の流下についての層流の仮定がある。いずれにせよ、連続遠心分離機の考え方は液体あるいは固体の滞留時間と分離のための推進力の強さの問題としてとりあつかうことにある。実操作の設計やその条件の選択にあたってはあくまでもこのような考え方に基礎を置き、その他の関係因子についてはこの基本的な考え方からのずれを修正あるいは補正するという立場に立ってとり扱うことが望ましい。それによって分離に関係する多くの因子がより正確な表式として表わすことができ、勘から技術の形にまとめ上げることが可能となる。

3. 遠心分離装置の型式と最近の特長

遠心分離装置は分離機構から遠心沈降機と遠心汙過または脱水機とに大別され、構造的には第1表のように分類される。また、その構造を簡略化して示したのが第4図である。回転数によって分類すると、2,000rpm 以下のものを低速型、10,000rpm 以上のものを高速型とよんでいる。そのほか回転軸のたて、よこによって垂直型、水平型に分けることもある。

遠心沈降機は密度差を利用した分離法で、両者の差が3%程度までなら分離が容易であるが、固一

第1表 遠心分離機の分類



第4図 遠心分離機の代表例

液系を扱う場合に、固体の量が1[vol%]以上存在するときは回分式の装置は工業的に使用することがむずかしくなる。もちろん、固体粒子を排出する機構をもったものであれば問題はない。

分離板型は通称ドラバル型といって回転体内に多数の傘状をした分離板を重ね合わせ、分離板間の小さな間隙部分で沈降分離を行なうものである。遠心沈降面積は円筒型などより大きく、構造は複雑なため回転数は4,000~10,000[rpm]程度である。

標準分離板型は主に液-液系、低濃度の固-液系などに用いられる。他方、固体粒子を多く含むときは非排出型やノズル排出型などを使用して堆積粒子を外部に取り出すようにする。

円筒型はシャーププレス型とよばれ、液-液系や固-液系に用いられる遠心効果の大きい装置である。したがって回転数が10,000~20,000[rpm]程度に高いが、構造的に大きく作れないため遠心沈降面積は小さくなっている。だが構造がきわめて簡単な円筒になっている点は扱う者にとっては便利なことである。

デカンター型は密度差が大きく、固体粒子の濃度の高い固-液系に用いられ、とくにクラリファイヤー型は分離板型の分離板をとりのぞいたような構造で、回転体の内部に粒子が沈降堆積するよ

第2表 遠心分離機の適応性

適応性	型式	分離板型	円筒型	デカンター型	回分式	連続式
分級		○	○	○	×	×
清澄		○	○	○	×	×
沈殿濃縮		○	○	○	×	×
滷過, 脱水		×	×	○	○	○
液-液分離		○	○	×	×	×
乳濁液分離		○	○	×	×	×
遠心効果		700~10,000	10,000~60,000	500~2,000	500~2,000	500~2,000
所要動力 (IP)		~125	~3	~150	~40	~40
処理能力給液 (l/hr)		120~7,000	4~6,000	1,500~9,000		~24,000
製品固形物 (t/hr)		~9	—	~60	1~10	1~30
装置価格						
高		○	—	○	○	○
中		○	○	○	○	○
低		—	○	—	—	—

うになっている。この機械だけで処理液が清澄に分離されない場合には、分離板型や円筒型と併用して前処理に用いるとよい。

沈降した固体粒子を連続的にある程度脱水して取り出すものに円錐デカンター型と円筒デカンター型とがある。構造としては円錐状および円筒状の回転体の中に固体粒子をかきだす目的で回転体とわずかの差をもって回転するスクリー・コンベヤを設けてある。ときにはスクリー・コンベヤが入っているためスクリー・デカンターとよぶこともある。

遠心脱水機はその主要部の回転体は孔を多数もったバスケット構造をしており、処理液の供給の方法によって回分と連続に分れている。回分式では給液、水洗、脱水、固体排出、その他といった順序で操作がサイクリックに続けられることになる。

遠心効果として300~1,500程度の分離機が多く、固体粒子の大きさは結晶性で0.02~5[mm]程度のものの脱水が好都合で、供給時のスラリー濃度はほぼ10~70[wt%]の範囲にある。以上に示した遠心分離機の概要を適応面から整理したのが第2表である。

以上が遠心分離機の代表的な型式であるが、最近の改良には分離した液の飛沫同伴や分離液中への気泡の混入を防ぐとか、バスケットから飛び出した結晶がケーシングの壁で碎けるのを防ぐとかいった細かい点に気を配ったものが多い。とくに画期的な分離機構を意図したものではないが、振動排出型脱水機では低遠心効果にもかかわらず脱水の度合いが高いのは振動による脱水促進の効果とみられる。また、自動排出型のバスケットを回転軸に対しやや傾斜してとりつけた脱水機もあるが、これなどは慣性を利用した脱水促進法と考えられる。

遠心沈降を有効に利用しようとして、大きな粒子を回転する容器の周壁に堆積させ、液のみを回転の中心または容器の内側の壁を通して滷過する遠心滷過機もあるが、構造の複雑化と分解、組み立ての面倒さを考えると、実用的にはあまりよくふうとも思われない。また、周壁ではなく、回

転する容器の端板の部分を汙過面とする遠心汙過機もあるが、少量の固体を含む場合は別として大量処理には不向きであろう。フィルバ型遠心汙過機は特異な装置であるが構造上の不安と消費動力の点でまだ問題があるように思われる。

遠心分離機を選ぶにあたり、必要な条件としてまずたいせつなことは操作目的を十分に知っておくことである。たとえば、液をどの程度に清澄にするか、液—液分離でいずれを完全に分離するか、スラリをどの程度まで濃縮するか、粒子からの脱水の割合をどの程度にするか粒子の洗浄は必要か、固—液系の場合どこまで分級するか、ということなどを、あらかじめ知っておかねばならないのである。

つぎに処理液の性質である、たとえば液の組成、温度、密度、粒子の大きさやその分布、液の腐食性や引火性、人体に対する危険性などについても心得ておくべきであろう。

また処理能力についてはスケール・アップの考え方を念頭において、台数や操作方式を決めるべきで、そのためには必ず小規模の実験を行なってから工業的な規模へ移らねばならないであろう。とくに1つの機械だけに頼るようなことをせずに、総合的に2、3の型式の異なる機械を組み合わせ使用することなども積極的に考えるべきことであろう。

以上までに遠心分離機を選ぶ場合の準備しておくべき理論的な考え方と遠心分離機の型式に対する簡単な説明を行ってきた。現実の選び方はいずれも小規模のテストという経験的事実を経てはじめて確実なものとなり、カタログ的な意味のデータはあまり有効でないことをとくに強調しておきたい。

遠心分離機の機能や型式についてのほかに、選ぶ上に重要な事項として機械工学的な問題がある。たとえば、材料の腐食や摩耗、回転体のアンバランス、回転軸の破損、油圧系の故障や焼き付きなど、多くの機械的な故障や保安上の対策も考慮に入れておくべきであろう。

このような諸問題に対しては日本機械学会と化学工学協会の共催で行なわれた“化学機械の設計選定に関する講習会”で昭和36年6月に取り上げられているので、そのときのテキストを参考資料として一読することを希望する。

理化学研究所 井上一郎・山口賢治

Ⅱ 遠心分離機の選定と設計要領

1. は し が き

遠心分離は化学工業をはじめあらゆる産業の重要な操作の1つとして役割を果たしており、使用される遠心分離機の種類も非常に広範なものとなってきた。遠心分離機のある種のものには多目的に使用できるもの、あるいは一定の条件下ですぐれた性能を発揮するものなどがあるが一般には他の分離操作に比較して小型、高性能であるという特徴がある。したがって、分離操作を計画実施する場合には、目的にあった遠心分離機を選定することはもちろんであるが、遠心分離機の要求する条件を考慮して付属設備等の合理的な配慮もまた必要である。

遠心分離機の特長、用途については各メーカーのカタログ、文献等によって知ることができ、遠心分離機の選定要領、各プロセスのフローチャート等についても内外の技術者によって公表されており、本書においても個々の用途についての実施例が記載されているので、具体例についてはこれらをご参考していただくとして、本文では一般的な構造上、製品の要求度合等より考えられる選定要領と分離操作上の問題点について触れてみる。

ただし、本文に述べている内容はあくまで概要であって、まず遠心分離機の選定、分離操作上考慮を要する点についてのガイドである。具体的な問題は、メーカーとの詳細な検討、パイロットプラントおよび実際のプロセスにおける試験結果によって決定しなければならないことはいうまでもない。

2. 遠心分離機操作設計上の手順

まず順序として次の条件を考慮する。

2・1 遠心分離機に要求される性能の確認

当然のことであるが、まず要求性能を明確にしておくことが必要である。と同時に性能に対する許容度と絶対条件と希望条件の区別を明確にする。

個々の項目として考えられるものは、

- 分離液の清澄度の許容限度
- 乾燥固体の含水率の許容限度
- 結晶固体の破砕の許容限度
- 洗浄効果の限度
- 単位時間当たりの処理量

である。

2.2 分離操作前の原液の性状

遠心分離機の選定の場合には遠心分離性能に及ぼす諸条件を明確にすると同時に条件変化および条件変更の可能性、不純物等の含入度含率について検討することが必要である。

比重および比重差

固体の粒度，粒度分布，粒度変化の範囲

温度，許容温度，許容温度内の粘度

原液の各種材料に対する腐食性

爆発，毒性に対する考慮の要否

圧力を保持する必要度の有無

不純物の混入度合，許容範囲など

2.3 設置条件

設置場所は屋内か屋外か

振動，騒音に対する配慮が特に必要か

許容スペース

2.4 経済性

設備費と運転費

等であるが，現状における経済性と将来計画に対する見通しについても考慮して決める方がよい。

以上がまず分離装置を設計する場合の条件であり，これらのすべてを満足するものが得られれば理想であるが，遠心分離機に要求される性能と原液の性状によって制限される遠心分離機の性能が必ずしも合致しない場合が少なくない。したがって各形式の遠心分離機の組み合わせ，他の分離装置との併用，附属機器の適当な設計などが必要になってくる。

3. 遠心分離機と他の分離装置との比較

結果的に遠心分離機を選定する場合においても一応他の分離装置を併せ検討することが必要で，とくに新しく分離機を設置する場合には忘れてはならない。

分離装置の選定には，遠心分離機の処理対象物を液体-液体の分離，液体-固体の分離に区分して考えた方がよい。

3.1 液体-液体の分離

2液の分離に限定されることと，2液の比重差，混合状態，処理しなければならない量が基礎となる。

(1) 遠心分離機の使用できる範囲

2液に比重差があり，2液の混合状態が，遠心分離機で機械的に許容される範囲内の遠心力でごく小さい液滴になることが必要である。

単位当たりの処理量は，比重差にも関係するが比重差が 0.1g/cm^3 程度のもので $100\text{m}^3/\text{hr}$ 程度が実用の限界である。

(2) その他の分離装置

液体-液体の機械分離は重力を利用する以外適当な方法はない。重力を利用する場合の原液条件としては、2液の比重差が比較的大きく、混合状態がエマルジョンの状態でなく、原液に含まれる分離液の量がわずかであることが必要である。しかし重力分離槽で液-液分離を行なう場合には、据え付け面積が大きいばかりでなく、邪魔板などをとりつけて分離効率の向上を計ったとしても遠心分離機を使用する場合に比べると分離性能が低い。

実際のケースでは液体-液体のみの分離工程はきわめて少なく、一般に不純物が固体として混入する機会が多いので液体-液体-固体として検討するほうがよい。

3.2 液体-固液の分離

液体-固体分離の場合、液体の清澄度を目的とするか固体の乾燥度を目的とするかによって選定機種が異なってくる。また、不純物として固体を含む液体-液体-固体の分離も上記条件として異なった基礎の1つである。

液体-固体分離装置としては、スクリーン、重力沈降、重力汙過、フローテーション、真空汙過、圧力汙過、サイクロン、遠心沈降機、遠心汙過機などがあるがその概略をまとめて第1表に示す。

3.2.1 スクリーン

固体の分級または除去に使用されることが多く、実用的には200メッシュより大きい固体を取り扱う。

スクリーンによる分離は、設備費、運転費が比較的低廉であるが、分離性能が悪く、スクリーンの目詰まりや破損などが起きるので決定的な分離装置としては適当でないが主分離機の補助手段として使用される場合がある。

3.2.2 重力沈降装置

多量の毎液中に含まれる固体を濃縮する場合しばしば使用される方法である。固体の粒子が大きいかつ比重差が大きい時は比較的小形の装置で大量の処理が可能であるが、固体の粒子が小さくな

第1表 分離装置の性能比較

型 式	分 離 液 の 清 澄 度 合	分 離 固 体 の 乾 燥 度 合	洗 浄 効 果	固 体 の 破 碎 度 合	液-液-固の分離
ス ク リ ー ン	不良~やや良	不 良	可	良	—
重 力 沈 降	良~優秀	不 良	—	—	やや可
重 力 汙 過	良~優秀	可	優 良	優 秀	—
フ ロー テ ー シ ョ ン	不良~やや良	可	—	—	—
真 空 汙 過	優 良	可~良	優 良	優 秀	—
圧 力 汙 過	優良~優秀	可~良	良~優秀	優 秀	—
サ イ ク ロ ン	可~優良	不 良	—	可	—
遠 心 沈 降	可~優秀	不良~優良	—	可	可良~優秀
遠 心 汙 過	可~良	優 秀	やや良~優良	可~優良	—

- (注) 1. 欄内の—は特殊な場合を除いて適用しない。
 2. 順序はやや可—可—不良—やや良—良—優良, 優秀である。
 3. ~で範囲を示したものは処理物によって差がでることを示す。

ると装置が大形になる。

重力沈降装置として代表的なものはシックナーで分離固体の濃縮度を上げるためにレーキが使用される。

分離効率を向上させるためには微粒固体をフロックにする方法がしばしば採用されるが、分離工程を比較的静かな状態で行なうことが必要でフロックに空気が混入すると浮上してその除去に困る場合があるので注意することが必要である。

重力沈降装置は運転費が少なくすむ（ただし固体をフロックにするための薬剤費は除く）が据え付け面積が大きい欠点がある。

3・2・3 重力沝過装置

代表的なものはサンドベッドで上水道の清澄のように大量の液中に含まれる微粒子や不純物の除去に用いられる。沝過層の再生が大がかりとなるので固体の含有量がきわめて少ない場合に用いられる。

3・2・4 フローテーション

固体と液体の比重差が小さく、固体の粒子が $5\sim 30\mu$ 程度の大きさで、主として母液に含まれる不純物の除去に用いられる。フローテーションは微粒固体をフロック上にして浮遊させ分離する方法であり、分離した固体はスクリーンまたは重力沈降分離の場合と同様に含水率が高い。

3・2・5 真空沝過機

液体-固体の分離によく使用される方法で、清澄な分離液とかなり脱水された固体を得ることができる。

真空沝過機は微粒子より中程度の粒子範囲まで処理でき、繊維質や微粒子でケーキの形成のむずかしいものにはプレコートするとか、薬剤によってフロックを形成するなどの方法によって処理できる利点がある。

真空沝過機は固体と液体との比重差に無関係に処理できる利点があるが、遠心沝過機と比較した場合沝過抵抗の範囲が一気圧以内（通常は $4,000\sim 6,000\text{mm}$ 水柱）であるので、十分な脱水度を期待することはむずかしく、沝過層をできるだけうすくするために沝過面積を大きくすることが必要である。しかし、圧縮性の固体に対しては効果の大きいことがある。

真空沝過機には原液濃度を一定にする調整槽、真空ポンプ、圧縮機、分離槽等の付属設備が必要であり設備費が高く、また沝布の交換、薬剤の費用など運転費は必ずしもやすすくない場合がある。

真空沝過機にはドラムフィルター、ディスクフィルター、ベルトフィルターなどがあり、とくにベルトフィルターは粘着性のある固体の処理に適している。

3・2・6 圧沝機

原液中に含まれる固体含有量が微粒で比較的少く、清澄な分離液と十分脱水された固体を得たい場合に使用する。

圧沝機はバッチ式のものが多かったが、最近自動式のものができ、従来のように人手が不要になった。沝過圧力も20気圧にも達するようになり、沝過時間も適宜選定ができ、プレコートなどの採