

# フィルタドライヤの攪拌動力特性

## Characteristic of Power Consumption for FILTER-DRYER



(化)技術部  
平井 等  
Hitoshi Hirai

FILTER-DRYER can be provided good performance that is, each process of filtration, washing and drying of filter cake in a single closed vessel. So agitator of FILTER-DRYER has individual characteristic of power consumption in each process. Recently we have researched for this technology by operating the test facility, and have got some results about relationship between rotating shaft torque and filter cake conditions. This report describes about characteristic of power consumption for FILTER-DRYER.

### まえがき

フィルタドライヤ (第1図) はヌッチェ型沓過器に、展延、掻き取り、攪拌洗浄、攪拌乾燥の機能をもたせた設備である。晶析反応等で得られたスラリー状の処理液から母液を分離し、さらに不要な汚染物を洗浄除去したのち乾燥粉末として高精製の製品を得る。この過程でフィルタドライヤの攪拌翼はスラリー攪拌、湿潤粉体攪拌、乾燥粉体攪拌を行うので、その動力は各工程で異なった特性を示す。ここではフィルタドライヤの攪拌動力特性についての概説とテスト機による動力測定例を紹介する。

#### 1. 容器固定型混合機の動力特性

第2図に示すような内径D、処理流体高さHの円筒槽内に翼径d、翼幅b、回転数nの2枚パドル翼が運転されている場合を考える。この攪拌機の所要動力は次式で与えられる。

$$P_{gc} = N_p \rho n^3 d^5 \quad (1)$$

処理流体が液体のときは動力数  $N_p$  は次式で与えられる。

$$N_p \cong K_1 / Re + K_2 \quad (2)$$

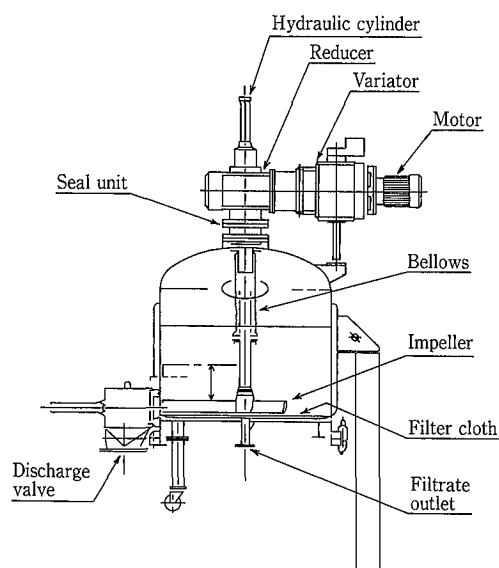
$$Re = d^2 n \rho / \mu \quad (3)$$

ここでPは攪拌所要動力、 $\rho$ は液密度、 $\mu$ は液粘度、 $g_c$ は重力換算係数、 $K_1$ 、 $K_2$ は装置形状によって決まる定数である。Re数は攪拌槽内の慣性力と粘性力の比を表しており、粘度の小さい液の攪拌では  $N_p$  と  $K_2$  がほぼ等しいと見なせるのでPは次式で表すことが出来る。

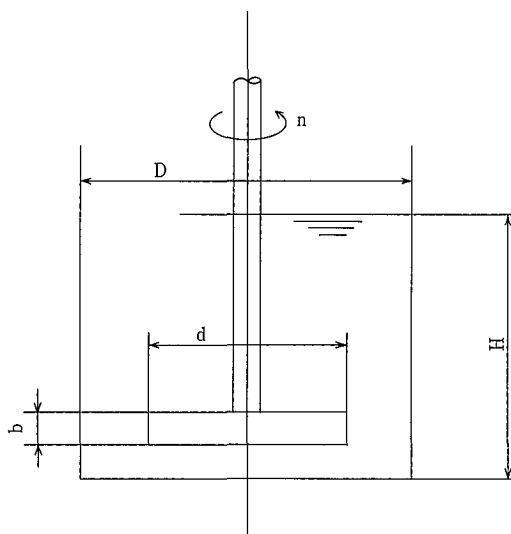
$$P_{gc} = K_2 \rho n^3 d^5 \quad (4)$$

粘度の大きい液の攪拌では  $N_p$  は  $K_1 / Re$  とほぼ等しいと見なせるのでPは次式で表すことが出来る。

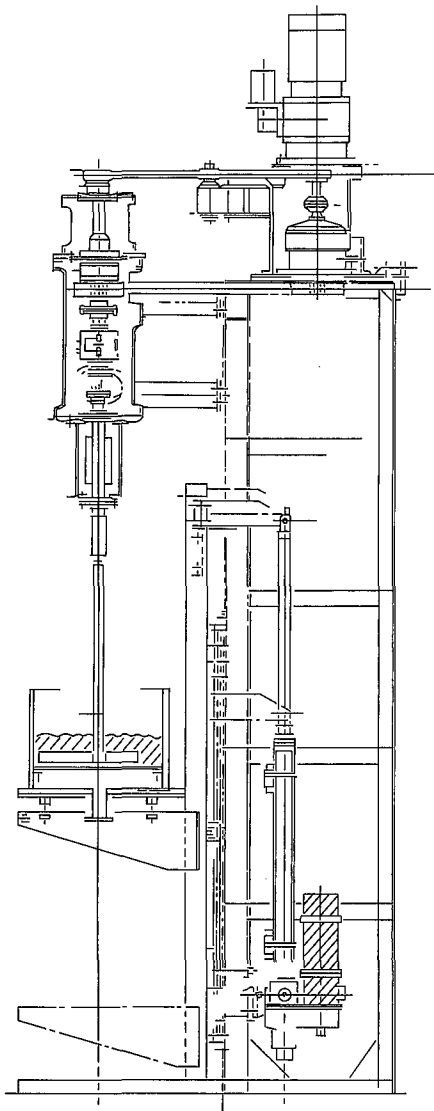
$$P_{gc} = K_1 \mu n^2 d^3 \quad (5)$$



第1図 フィルタドライヤ全体図  
Fig. 1 Cross section of Filter Dryer



第2図 モデル攪拌槽  
Fig. 2 Model agitated vessel



第3図 テスト設備  
Fig. 3 Test facility

(4)(5)式は縦型攪拌槽の所要動力式としてよく知られた式であり、詳しくは攪拌動力の成書を参照されたい。

一方、処理流体が乾燥粉体の場合動力数  $N_p$  は次式で与えられる。

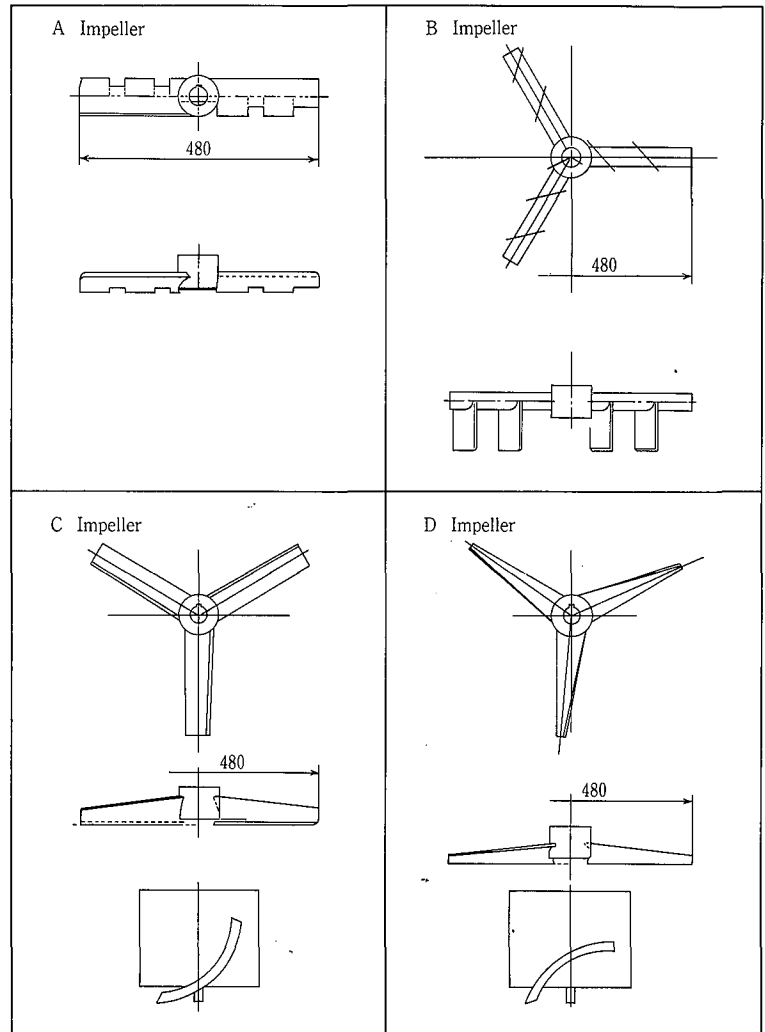
$$N_p \cong K_3 / Fr + K_4 \quad (6)$$

$$Fr = n^2 d^2 / g \phi H \quad (7)$$

ここでは  $\phi$  は粉体内部摩擦係数、 $g$  は重力加速度、 $K_3$ 、 $K_4$  は装置形状によって決まる定数である。 $Fr$  は攪拌槽内の慣性力と重力の比を表している。 $Fr$  が小さい系、すなわち攪拌機の回転数が小さいときには  $N_p$  は  $K_3 / Fr$  とほぼ等しいと見なせるので  $P$  は次式で表すことができる。

$$P_{gc} = K_3 \rho \phi g n d^3 H \quad (8)$$

(8)式は、例えば化学工学便覧改訂四版の容器固定型混合機



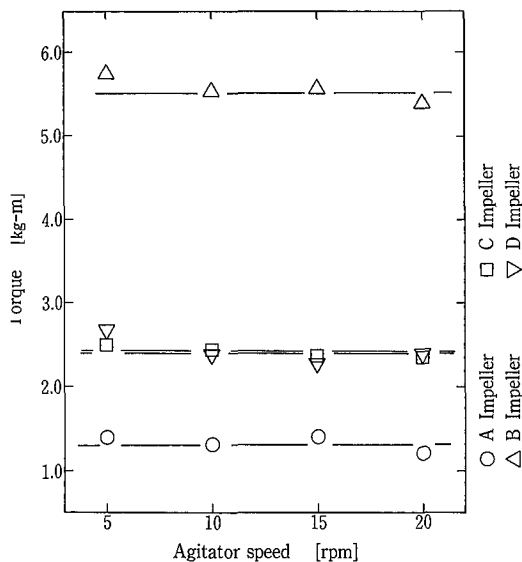
第4図 テスト攪拌翼  
Fig. 4 Test impeller

(粉体層の攪拌トルク) (18.83) 式と同値の式である。

フィルタドライヤでは、スラリーを受け入れた場合や溶剤で攪拌洗浄する場合には低粘度液の攪拌と見なせるため(4)式を応用して動力推算が可能である。また乾燥工程終了付近の粉体に対しては(8)式を適用出来る。しかしながら他の工程、すなわち沓過ケーキ層の展延、掻き取り、湿潤粉体の混合、乾燥等の工程では粘度、密度、内部摩擦係数等の簡単な物性のみで動力を推定することは出来ないため、テストによる情報もあわせて推定する必要がある。

## 2. フィルタドライヤテスト設備での攪拌トルク

第3図にテスト設備の概要を示す。沓過槽は内径500 mm、槽高400 mmで低部より100 mmの位置に沓布を取付、受け入れたスラリーは下部ノズルより減圧沓過出来る。この沓過槽本体がパワーシリンダにより昇降し、昇降速度は5~20 mm/分で調節出来る。攪拌翼は固定位置で回転し、攪拌軸上部にトルク検出軸が取付られており、歪計によってトルク測定が出来る。攪拌翼回転数は0~60RPMの範囲で可変速である。模擬粉体は(株)丸尾カルシウム製NO.A重炭(炭酸カルシウム：高密度1 400 KG/M<sup>3</sup>、内部摩擦係数



第5図 乾粉トルクと回転数の関係  
Fig. 5 Relationship between torque agitated dry powder and agitator speed

約1, 平均粒径300 μm) を用いた。

第4図にテストでもちいた攪拌翼の形状を示す。A翼は翼幅の小さい2枚傾斜翼、B翼は楕型の3枚翼であり、いずれも過去に使用実績をもつ攪拌翼と相似形状に製作したものである。C、D翼は新しい標準翼の候補翼である。

### 2. 1 乾燥粉体の攪拌トルク

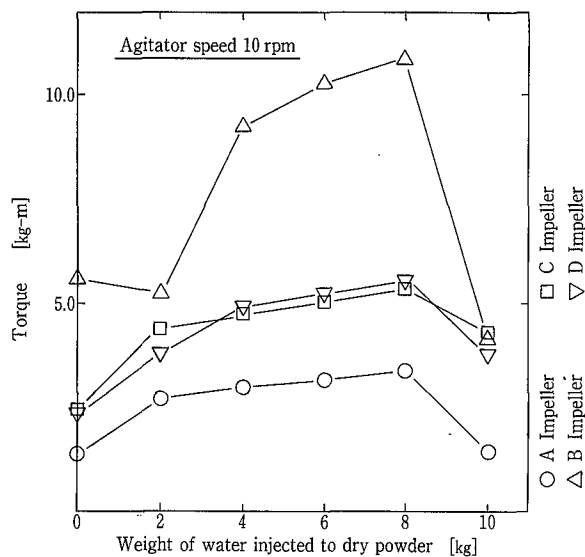
試料の炭酸カルシウムを30 kg 汚過テスト槽に供給した。この時に粉体高さは約100 mmであった。攪拌翼の底面と汚布との隙間は10 mmを最小距離とした。回転数は5~20RPMで測定した各翼の攪拌トルクを第5図に示す。乾燥粉体中での低速の攪拌ではトルクは回転数に依存せずほぼ一定であることが判った。したがって(8)式へのテスト結果を入れることにより、各翼の装置形状係数  $K_3$  を算出することが出来る。結果を次に示す。

A翼	$K_3=0.66$
B翼	$K_3=2.80$
C翼	$K_3=1.22$
D翼	$K_3=1.22$

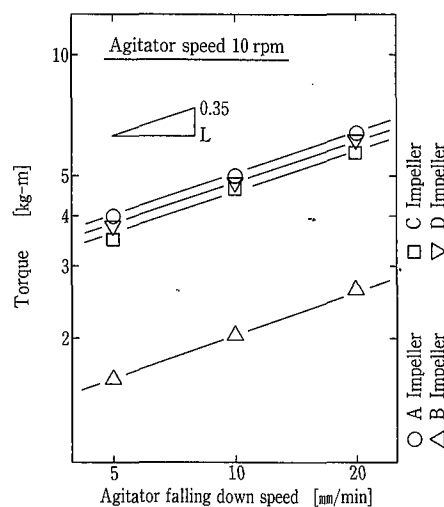
### 2. 2 湿潤粉体の攪拌トルク

試料の炭酸カルシウム30 kgを乾粉状態で攪拌しながら、継続的に2 kgずつの水を添加してゆき、各含液率に対するトルクを測定した。これはテスト機では乾燥出来ないため実装置とは逆に水分を加える方法でトルクを測定したものである。結果を第6図に示す。

一方、30 kgの試料を40 kgの水でスラリー状態をつくり減圧汚過によって汚過ケーキ層をつかったのち、汚過テスト槽を上昇(攪拌翼は回転しながら下降している状態と同じ)させる。ケーキ層を掻き取りながら攪拌翼が汚布と10 mmまで攪拌した。攪拌翼を最も下げたときに、各翼とも最大



第6図 湿潤粉体の攪拌トルク  
Fig. 6 Torque agitated wet powder



第7図 展延トルクと翼降下速度の関係  
Fig. 7 Relationship between smoothing torque and agitator falling down speed

トルクを示した。水を添加させたときの最大トルクは各翼とも30 kgの試料に8 kgの水を添加した場合(含水率21%)である。本テストでは各翼とも掻き取り終了時または含水率21%の湿潤粉体攪拌時に最大トルクを示すことが判った。 $f$ を最大トルクと乾粉トルクとの比と定義すると各翼の最大トルク、乾粉トルク、 $f$ の値は次に示す数値となった。

	最大トルク	乾粉トルク	$f$ 値
A翼	5.00 kg-m	1.30 kg-m	3.85
B翼	13.8 kg-m	5.52 kg-m	2.50
C翼	5.32 kg-m	2.41 kg-m	2.21
D翼	5.80 kg-m	2.42 kg-m	2.40

### 2.3 展延トルクとスラリー攪拌トルク

粉体試料30 kgをスラリー化したのち、減圧汙過した。ケーキ層表面に5~10 mm程度水層がある時点から展延操作をおこなった。汙過槽を上昇させケーキ上面から10~20 mm翼が降下するまで展延した。展延トルクと翼降下速度との関係を第7図に示す。本テスト範囲での展延トルクと翼降下速度とは次式で相関される。

$$\text{展延トルク} = (\text{翼降下速度})^{0.85} \quad (9)$$

スラリー攪拌時のトルクは本テスト範囲では最大トルクに対して小さい値となった。回転数が10RPMでの最大トルクとスラリー攪拌トルクとの比較を次に示す。

	スラリー攪拌トルク	最大トルク
A翼	1.50 kg-m	5.00 kg-m
B翼	2.20 kg-m	13.8 kg-m
C翼	1.40 kg-m	5.32 kg-m
D翼	1.50 kg-m	5.80 kg-m

低速回転のため沈降粒子が汙布面から浮き上がっていない状態でのトルクを示していると考えられる。さらに攪拌翼回転数を増加させると粒子は浮遊懸濁し攪拌トルクは減少する傾向にある。B翼での測定結果を次に示す。

回転数	10 RPM	30 RPM	60 RPM
攪拌トルク	2.2 kg-m	0.7 kg-m	0.2 kg-m

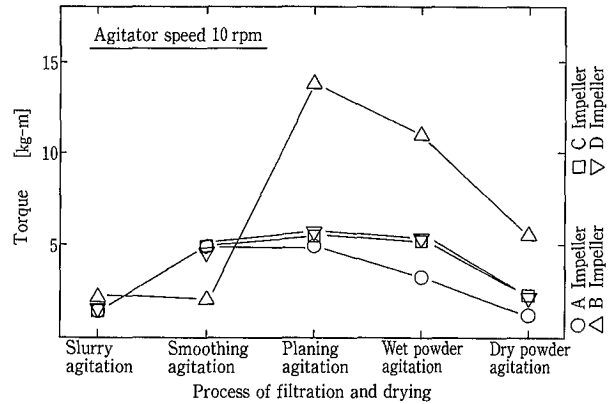
### 3. フィルタドライヤの動力推定

フィルタドライヤでの攪拌操作を攪拌トルクという視点から、スラリー攪拌、展延攪拌、掻き取り攪拌、乾燥（湿潤）攪拌、乾燥（乾粉）攪拌の5つの工程に分け、本テスト機を10RPM、翼降下速度10 mm/min.で運転したときの攪拌トルクをまとめて第8図に示す。掻き取りまたは湿潤粉体時にトルクは最大となっている。したがって商業機のフィルタドライヤの動力推定には次の2点を明らかにする必要があると考える。

- 1) 乾粉攪拌において用いた攪拌翼形式に対する形状係数
- 2) 用いた処理粉体の各操作最大トルクにたいする乾粉攪拌トルクの比

動力の推定手順を次に示す。

- ①処理粉体の乾粉での高密度 $\rho$ 、内部摩擦係数 $\phi$ を調査する。
- ②フィルタドライヤの形式（容量）を選定し、翼形状係数 $K_s$ 、攪拌翼径 $d$ 、回転数 $n$ 、及び乾粉仕込相当高さ $H$ を決定する。



第8図 フィルタドライヤ各工程の攪拌トルク  
Fig. 8 Agitated torque of filtration and drying

③乾粉での攪拌動力 $P$ を(8)式によって算出する。

$$P_{gc} = K_s \rho \phi g n d^3 H \quad (8)$$

④選定した翼の $f$ 値を用いて $P_{max}$ を算出する。

$$P_{max} = f \times P \quad (10)$$

⑤ $f$ 値は模擬粉体での値であるので実粉体での最大トルクを求めるためにはさらに安全係数 $S$ を考慮にいれる。減速機効率を $\eta$ 、モータ容量を $P_M$ とすると、 $P_M$ は次式で算出する。

$$P_M = S \times P_{max} / \eta$$

$S$ の値は非常に細かい微粉やスティッキな粉末を除けば1.5以下でよい。実粉によるトルク測定テストが可能であれば実粉による $P_{max}$ をテストで測定し(8)式でスケールアップする方法がよい。

### むすび

フィルタドライヤの攪拌トルクをテスト機による実測例を紹介するとともに容器固定型混合機の攪拌トルクについて概説した。このテスト結果及び粉体の攪拌流動状態を観察することによってC翼を新しい標準翼に採用することにした。含液率が変化する湿潤粉体の攪拌動力は一般化出来ずテストからの情報を使用して実装置の動力を推定せざるを得ない。公知の動力式とテストを組み合わせでの動力推定方法を提案することが出来た。粉体技術は経験が最優先の技術であるが一歩ずつ定量化を目指したい。

ここに紹介したフィルタドライヤの動力特性が顧客の汙過乾燥設備の計画の助けになることを期待している。