

## 横型攪拌槽内の懸濁液の攪拌所要動力

|                    |                                                                                   |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| その他（別言語等）<br>のタイトル | Power consumption required for agitation of slurry in a horizontal stirred vessel |
| 著者                 | 井戸川 清, 福田 隆至, 池田 光二, 安藤 公二                                                        |
| 雑誌名                | 室蘭工業大学研究報告. 理工編                                                                   |
| 巻                  | 10                                                                                |
| 号                  | 4                                                                                 |
| ページ                | 599-603                                                                           |
| 発行年                | 1982-11-30                                                                        |
| URL                | <a href="http://hdl.handle.net/10258/3740">http://hdl.handle.net/10258/3740</a>   |

# 横型攪拌槽内の懸濁液の攪拌所要動力

井戸川 清\*・福田 隆 至\*

池 田 光 二\*・安 藤 公 二

Power consumption required for agitation of  
slurry in a horizontal stirred vessel

Kiyoshi Idogawa\*, Takashi Fukuda\*, Koji Ikeda\*  
and Koji Ando

## Abstract

Power consumption required for agitation of the  $\text{CaCO}_3$  slurry in a horizontal stirred vessel was measured, and was compared with power consumption for gas-liquid system.

The values of power number were correlated with Froude number, using average density of the slurry. The relation was in good agreement with that for gas-liquid system. Viscosity of the slurry had little effect on that correlation.

## 1. 緒 言

アルカリ土類化合物の微粒子を懸濁した液状の反応剤を用いる排煙ガス中の脱硫あるいは脱硝プロセスなどで、横型攪拌式ガス吸収装置を適用する場合は懸濁液の攪拌動力を推定する必要がある。すなわち、ガスと懸濁液との有効な接触をはかり、液中の固体粒子の完全浮遊とその溶解を促進させる条件下での攪拌動力を推定することが操作設計に必要となる。これら懸濁液の流動状態は攪拌動力と密接に関連している。しかし、これまでに横型攪拌槽を用いた気液固系の攪拌動力については、ほとんど研究が行なわれていない<sup>1)</sup>。

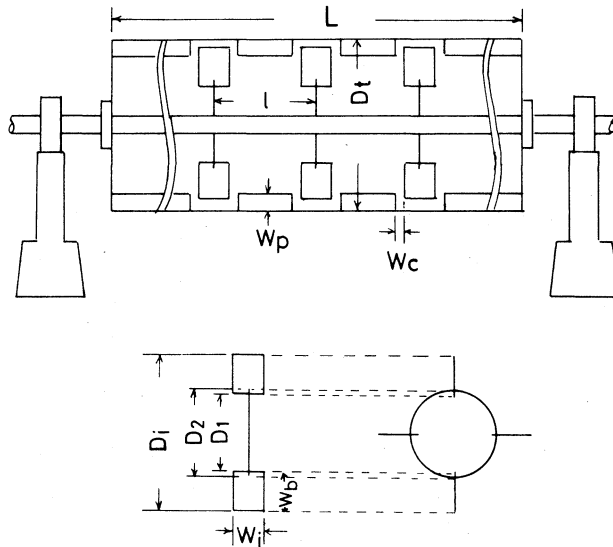
本実験では、炭酸カルシュームの粉末を水に分散させた懸濁液を用いて攪拌動力を測定し、気液系における動力との比較を行なった。

\* 北海道工業開発試験所

(Government Industrial Development Laboratory, Hokkaido, Sapporo, Japan)

## 2. 実験装置と方法

実験装置の概要を図-1に示す。用いた攪拌槽本体は槽径  $D_t=0.283\text{m}$ 、槽長と槽径の比  $L/D_t=2$ の透明アクリル樹脂製の円筒槽である。攪拌羽根は羽根直径  $D_i=0.255\text{m}$ の平羽根タービン型のもを用い、これを槽中央に一段、取付けた。槽内壁には邪魔板を設置している。攪拌羽根と邪魔板の寸法比を図-1に示したが、安藤ら<sup>2)</sup>の場合と同一とした。動力の測定には、ねじりばねのねじり角度を検出する方法およびトルク検出器を用いた。攪拌液としては、炭酸カルシュームの粉末を水に分散させた懸濁液を用いた。粉体粒子の粒径分布の測定は主としてふるい分け法や沈降法など<sup>5)</sup>により行なわれている。しかし、炭酸カルシューム粉末のような粉体は、湿気を帯ると凝集するので、その真の粒径分布を求めることはむずかしい。また、沈降法によっても水中微粒子の凝集はさげがたい。そこで真の粒径分布を求める方法としてコールターカウンタによる方法<sup>5)</sup>を採用した。用いたコールターカウンタはCoulter-Electronics社製ZB型である。懸濁液の粘度の測定には、東京計器製B-8M型(ロータ直径18mm)の回転粘度計を用いた。攪拌液の調製は、炭酸カルシューム粉末を水に懸濁させ、さらに、攪拌機を用いて30分から1時間攪拌して行なった。



|                         |                  |                  |
|-------------------------|------------------|------------------|
| $D_t = 0.283 \text{ m}$ | $D_i/D_t = 0.5$  | $W_p/D_t = 0.1$  |
| $L/D_t = 2 \sim 4$      | $D_2/D_t = 0.55$ | $W_b/D_i = 0.25$ |
| $D_i/D_t = 0.9$         | $W_c/D_t = 0.05$ | $W_i/D_i = 0.2$  |

図-1 実験装置

### 3. 実験結果と考察

使用した炭酸カルシウムおよび炭酸カルシウム懸濁液の性状を表-1に、また、炭酸カルシウムの個数基準の粒径分布を図-2に示した。固体粒子を懸垂させた高濃度の懸濁液は通常、擬塑性流動を示すとされているが<sup>3),4)</sup>、40wt%の炭酸カルシウム懸濁液においては、回転粘度計の回転速度を12rpmから60rpmに変化させてもその粘度に変化が認められなかった。図-3に動力数 $N_P$ と攪拌羽根基準のレイノルズ数 $N_{Re}$ の関係を示した。図示の結果から、 $N_P$ 対 $N_{Re}$ の関数に懸濁液の粘性による影響が現われており、動力数はレイノルズ数単独では相関されないことがわかる。固液系攪拌に関する通常の縦型攪拌槽においては、固体粒子濃度が比較的低く、粒子平均粒径が大きく、かつ、粒子の真比重が大きい場合、その動力は既往の液体攪拌に関する推定式に懸濁液の平均密度を用いることによって表わされる<sup>6)</sup>。そこで、気液系の横型攪拌槽の流動状態を規定するフルード数を用いて、図-3に図示の結果を、 $N_P$ 対 $N_{Fr}$ の関係として点綴し、図-4

表-1 炭酸カルシウムと懸濁液の性状

| Density of CaCO <sub>3</sub> powder: 2.72×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> |                                      |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Concentration of CaCO <sub>3</sub> slurry [w/v] %                           | Density at 20°C [kg/m <sup>3</sup> ] | Viscosity at 20°C [Pa·s] |
| 0                                                                           | 998                                  | 1.002×10 <sup>-3</sup>   |
| 5                                                                           | 1020                                 | 1.23×10 <sup>-3</sup>    |
| 10                                                                          | 1050                                 | 1.54×10 <sup>-3</sup>    |
| 20                                                                          | 1110                                 | 2.33×10 <sup>-3</sup>    |
| 40                                                                          | 1230                                 | 5.73×10 <sup>-3</sup>    |

に示した。なお、密度としては懸濁液の密度を用いた。同図から、 $N_P$ と $N_{Fr}$ の相関関係は良好であり、固体粒子を含まない場合のデータも含めて同一の線上に散乱している。槽内は気液固状の激しい攪乱状態となっており、レイノルズ数の影響は無視できる。著者ら<sup>2)</sup>は、高粘度液を用いた場合の攪拌動力を測定し、 $N_P$ 対 $N_{Fr}$ の関数に粘度の影響は現われないと報告しているが、本結果から、懸濁液を用いた場合にも同様の傾向が認められる。

本装置内には邪魔板を取付けていることから、高濃度の懸濁液を用いた場合、邪魔板近傍での固体粒子の偏在による攪拌動力の増加が予想されるが、図-4に図示の結果からはこのような傾向はほとんど認められない。換言

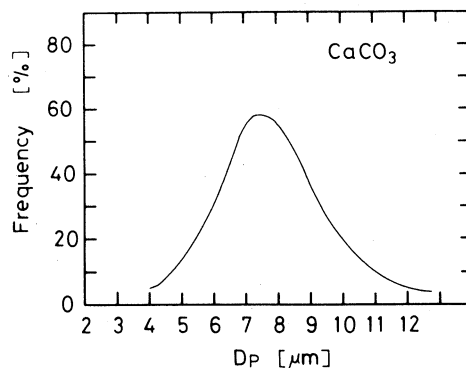
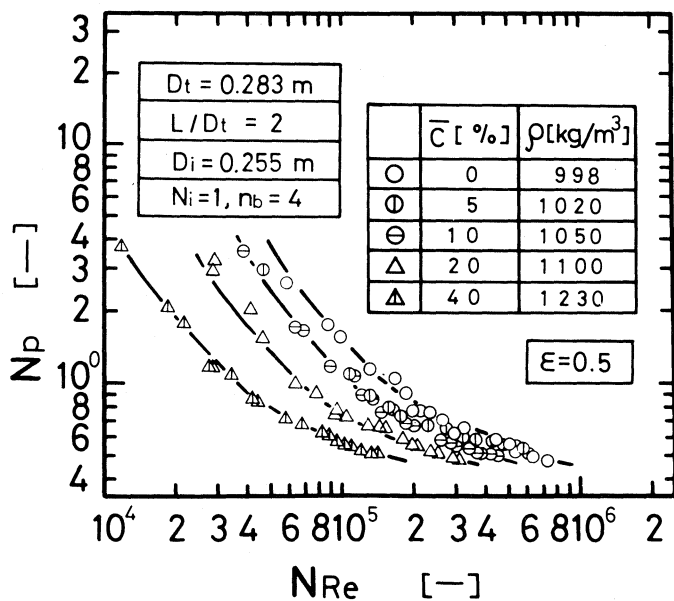
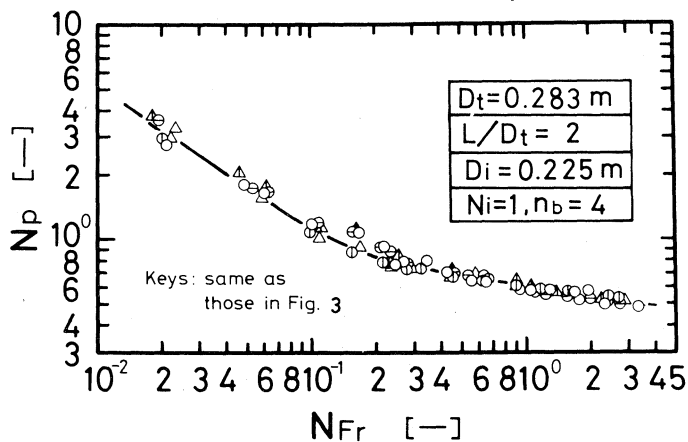


図-2 炭酸カルシウムの個数基準の粒径分布

図-3 懸濁液における  $N_p$  と  $N_{Re}$  との関係図-4 懸濁液における  $N_p$  と  $N_{Fr}$  との関係

すれば、攪拌液は均一に混合されており、攪拌目的の一つでもある粒子の完全浮遊化条件が低回転速度域においても満たされていることを示している。

#### 4. 結 言

横型攪拌槽を用いて、懸濁液の攪拌動力を測定した。その結果、懸濁液の平均密度を用いることによって、動力数はフルード数で相関され、気液系の場合とよく一致した。動力数とフルード数の関係に懸濁液の粘性の影響は認められず、レイノルズ数の影響は無視できる。

## 使用記号

|                                               |                                                          |                     |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|
| $C$ : 懸濁液中の炭酸カルシュームの濃度 [%]                    | $N_P$ : 動力数 ( $= P/\rho \cdot n^3 \cdot D_i^5$ )         | [-]                 |
| $D_i$ : 攪拌羽根直径 [m]                            | $N_{Re}$ : レイノルズ数 ( $= D_i^2 \cdot n \cdot \rho / \mu$ ) | [-]                 |
| $D_t$ : 攪拌槽直径 [m]                             | $n$ : 攪拌羽根回転速度                                           | [1/s]               |
| $D_P$ : 固体粒子の直径 [ $\mu\text{m}$ ]             | $P$ : 攪拌所要動力                                             | [W]                 |
| $g$ : 重力加速度 [ $\text{m/s}^2$ ]                | $\epsilon$ : 液量率                                         | [-]                 |
| $L$ : 槽長 [m]                                  | $\mu$ : 懸濁液および水の粘度                                       | [Pa.s]              |
| $N_{Fr}$ : フルード数 ( $\doteq D_i \cdot n^2/g$ ) | $\rho$ : 懸濁液および水の密度                                      | [ $\text{kg/m}^3$ ] |

## 参考文献

- 1) 安藤公二：化学装置，p. 19 (Feb, 1975)
- 2) 安藤公二・原 弘・遠藤一夫：化学工学，**35**，466 (1971)
- 3) Clark, B. : Trans. Instn. Chem. Engrs., **45**, 251 (1967)
- 4) 奥田 聡，“レオロジー”，p. 151, 丸善 (1959)
- 5) 粉体工学研究会編，“粉体粒度測定法”，第1版，養賢堂，(1964)
- 6) 永田進治・高石勝利・山口高正・上野治朗：化学工学協会第30年会講演要旨集，p. 177 (1965)