



## 磁気フィルタについて

吉 川 暲\*

### 1. まえがき

除じん装置としては、サイクロン、フィルタ、スクラバ、静電集じん機、音波集じん機など、考えられる除じん機構を応用したものとして一応出揃った感があり、またすでにそれぞれ一定の評価を得て、構造や材質を一部改善して、わずかな性能向上を追求している状態である。現在除じん機構の要素として取り上げるのに遅れているものに磁気がある。

近年、強磁性繊維の充てん層の外部に強い磁場をかけ、磁化された繊維の縁にできる非常に大きな磁気勾配により、ミクロンサイズの磁性微粒子を捕集する方法が考案され<sup>1)</sup>、懸濁液のろ過に実用化されている。磁気フィルタをガス中微粒子の除去に応用する場合<sup>2)</sup>、たとえば鉄鋼、鉄合金工業の排ガス処理として、静電除じん器は粉じんの導電率が高すぎて不向きであり、バグフィルタは炉の排気のように高温ガスの処理では爆発あるいは焼損のおそれがある。この場合磁気フィルタを用いれば永久磁石で発生可能な磁場強度で、かつ低い圧力損失で四三酸化鉄や金属鉄じんあい<sup>3)</sup>が捕集でき、高温にも耐える。さらにたい積粉じんは磁界をなくせば、パルスジェットや機械的振動により払い落とすことができ、簡単にフィルタの機能を再生して、連続運転が可能になる。ここでは磁気フィルタの除じん性能の解析と実験を行なったうち、その一部として、強磁性ワイヤが空気流れと同方向に配列された平行流型について簡単に紹介する。

### 2. 粒子捕集の原理

図-1に示すように、一様磁場  $H_0$  方向に吸引力、 $H_0$  と垂直な方向に反発力を受ける<sup>3)</sup>。磁気フィルタ内部の微粒子の運動方程式は、こ

のような磁気力、空気流れとの相対速度に比例する Stokes 力、粒子自体の慣性力のつり合いから求まる。

いま強磁性ワイヤと流れ  $U_0$  と磁場  $H_0$  の位置関係が図-2で与えられるようなフィルタを平行流型磁気フィルタ<sup>4)</sup>と称する。その構造は平板に磁性ワイヤが等間隔で張り付けられてお

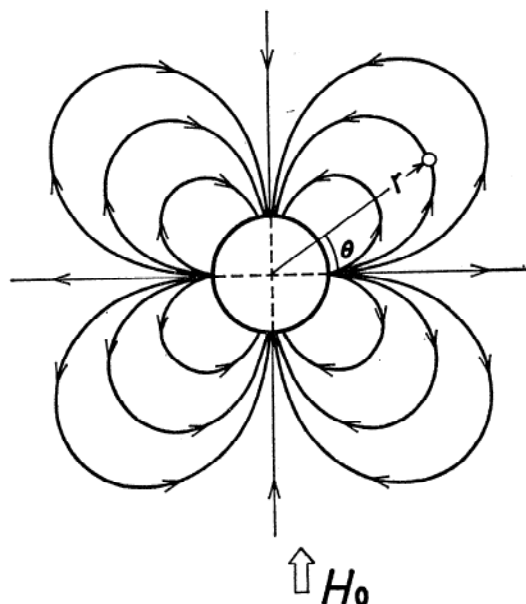


図-1 磁性微粒子に働く磁気力の方向

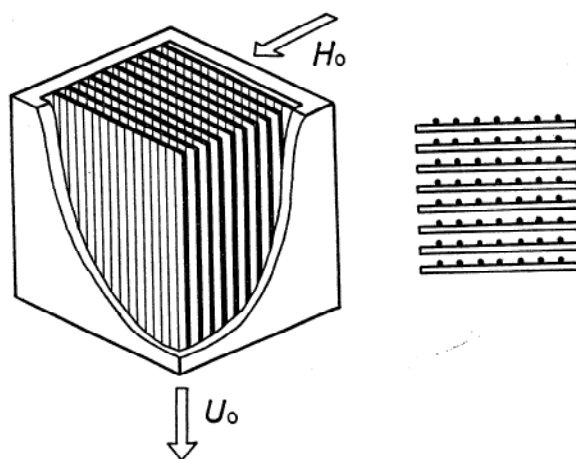


図-2 平行流型磁気フィルタ

\*吉川 暲 (Akira Yoshikawa), 大阪大学, 工学部 環境工学科, 教授, 工学博士, 環境工学

り、このような平板に挟まれた空間をワイヤ方向に含じん空気が流れる。平板間隔が小さく、平板がじゅうぶんに大きいとすれば、流速の比較的低い流れは完全に発達した層流になる。

粒子の運動方程式を数値積分によって解くと、図-3に示すような粒子軌跡が求まる。粒

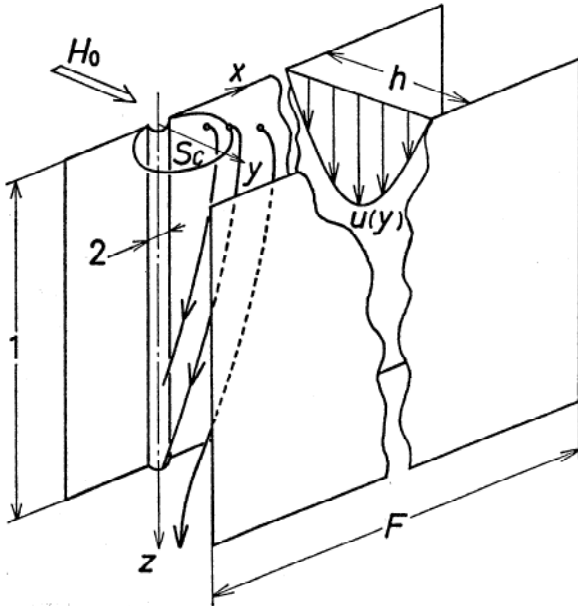


図-3 フィルタ内部における微粒子の運動

子に働く磁気力は、磁性ワイヤの中心からの距離の3乗に反比例するため、フィルタ入口部分で限界捕集断面  $Sc$  をよぎる粒子には、じゅうぶんな磁気力が働き、ワイヤ表面に沈着できるが、 $Sc$  の外部を通過する粒子は磁気的な吸引力の働きが弱いため、ワイヤ表面に到達しないうちに外部へ流れ去る。つまりフィルタの捕集率  $\eta$  は、限界捕集断面  $Sc$  をよぎる流量と、全流量の比で与えられる。

### 3. 実験結果

実験に使用したエアロゾル粒子（強磁性微粒子  $Fe_3O_4$ 、常磁性微粒子  $Ho_2O_3$ ）の粒子直径  $D$  の重量基準ひん度分布を図-4、図-5に示す。種々の寸法比をもつ平行流型磁気フィルタについて、重量基準の捕集率  $\eta$  の計算値と実験値を図-6、7、8に示す。また図-9には圧力損失の測定値を示す。

これらの図からみて計算値は実験値とかなりよく合うことがわかる。

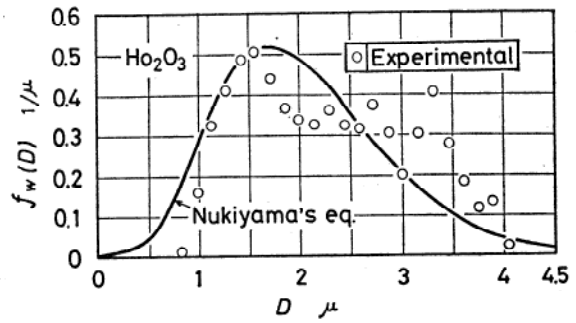


図-5 粒子直径の重量ひん度分布 ( $Ho_2O_3$ )

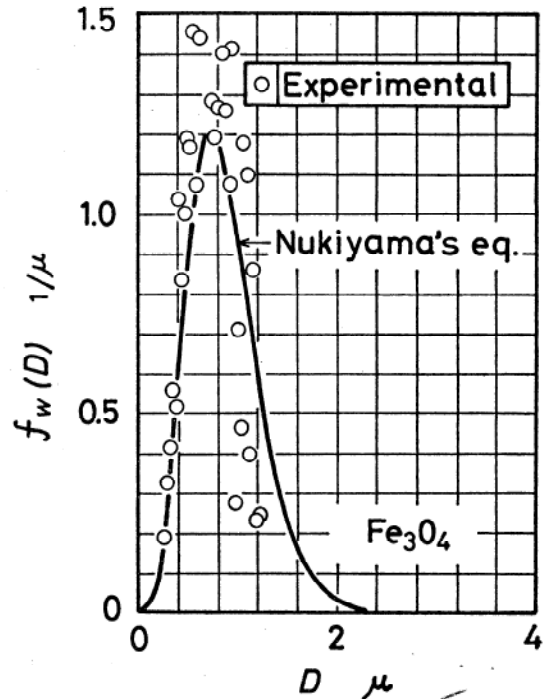


図-4 粒子直径のの重量ひん度分布 ( $Fe_3O_4$ )

いま一計算例として、直径  $100\mu$  の強磁性ワイヤからなる平行流型磁気フィルタについて、ワイヤ充てん率5%、フィルタ厚さ10cm、平板間隔1mmのときフィルタ内部の平均空気流速2m/s、外部磁場強度3kOeで作動させるとき、 $0.8\mu$  の直径をもつ  $Fe_3O_4$  粒子の期待できる捕集効率は99%以上であり、このときの圧力損失は20mmAq以下におさえることができる。

### 4. おわりに

誌面の制約もあり、ここでは磁気フィルタで空気中の強磁性あるいは常磁性微粒子を除去するときの性能を紹介するため、現在まで行なった研究の一端を述べるにとどめた。

将来実用の大型装置になれば、巨大な永久磁

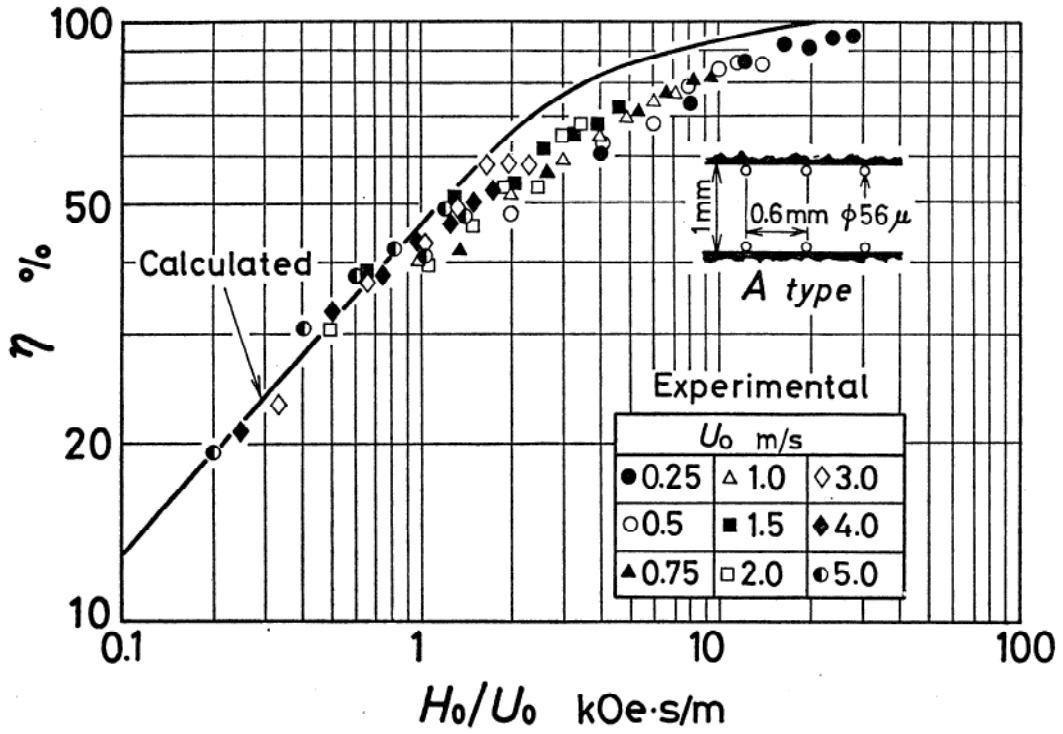


図-6  $Fe_3O_4$  に対する捕集率の計算値と実験値

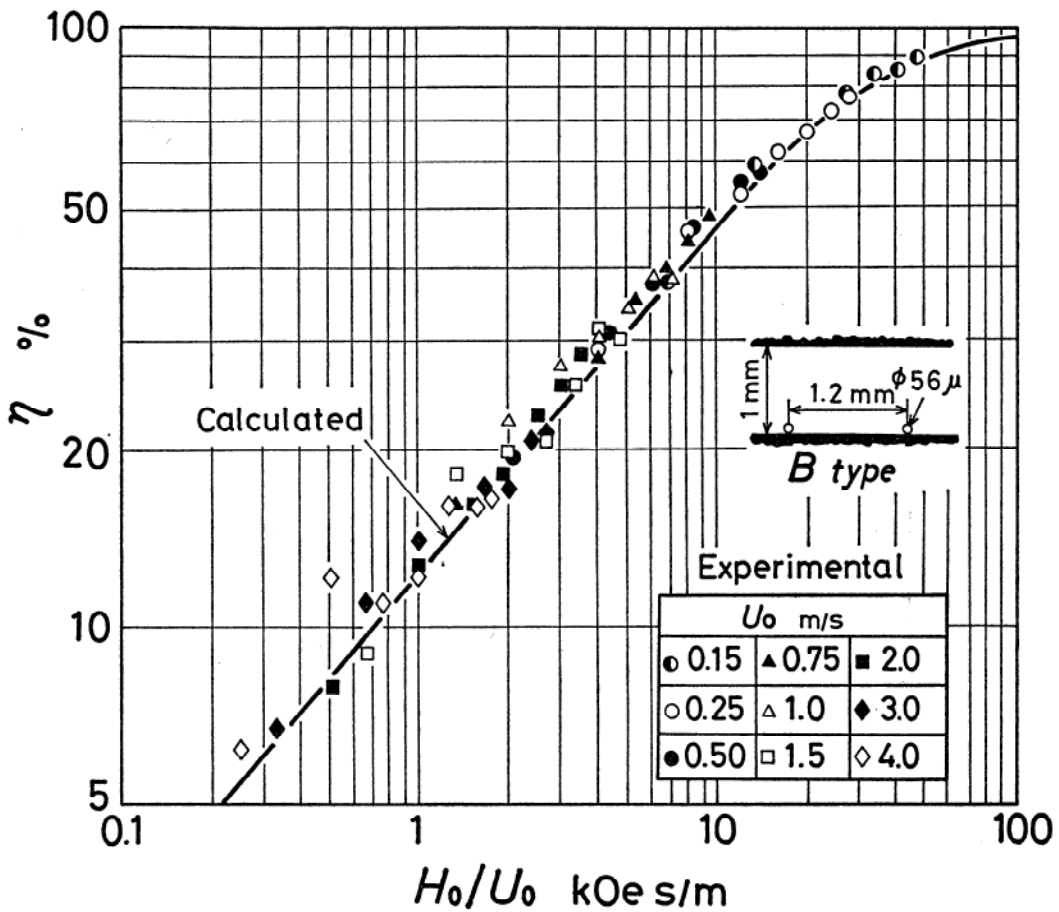


図-7  $Fe_3O_4$  に対する捕集率の計算値と実験値

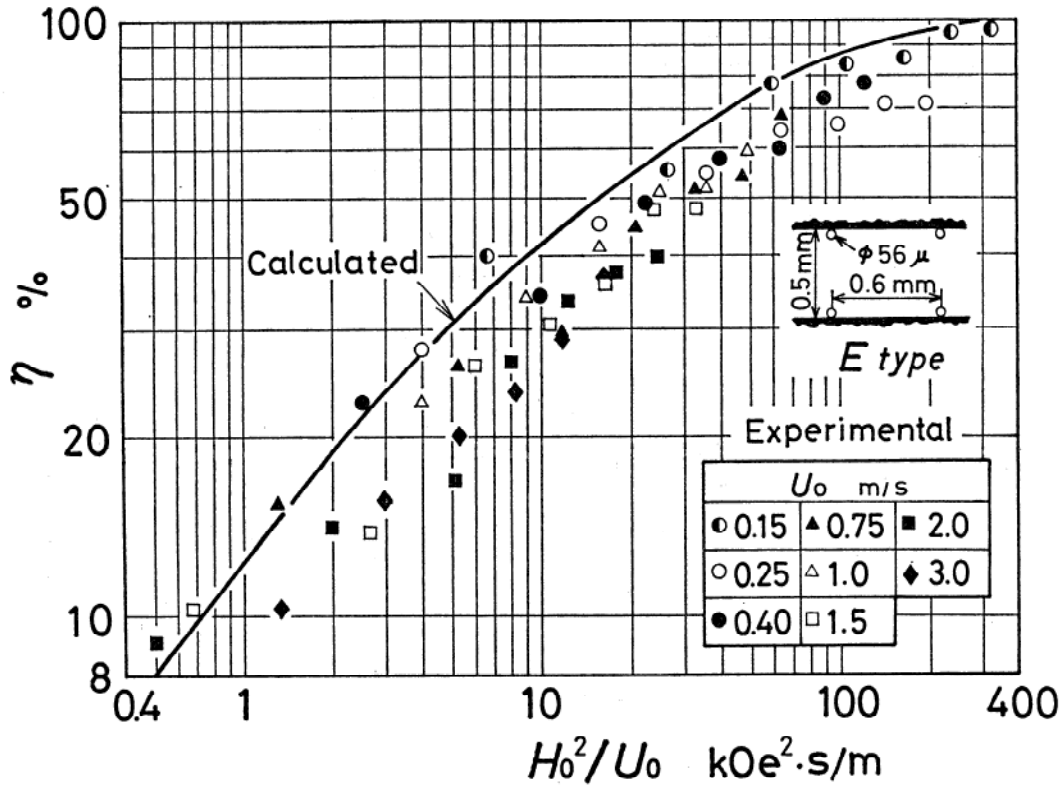


図-8 Ho<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に対する捕集率の計算値と実験値

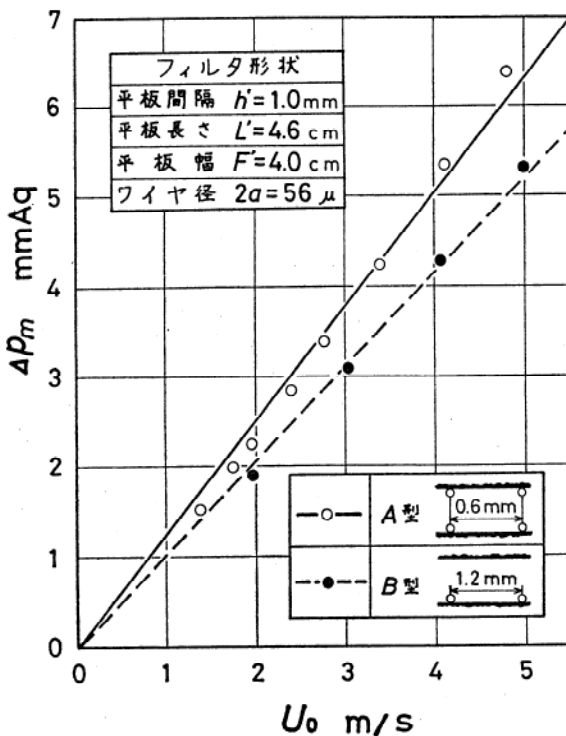


図-9 平行流型磁気フィルタの圧力損失

石、空心コイルにすればコイルの冷却あるいは進んで超電導の実現など、問題点も多いと思うが、帯磁性の重金属粉じんの除去など、公害防止に果たす役割を期待している。

参考文献

- 1) 岡本祥一, 関沢尚: 公害処理(水処理)と磁場応用, 応用物理, 43-2 (1974-2), 183~188.
- 2) 吉川暉ほか3名: 磁気フィルタによる空气中微粒子の除去その1, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集(昭-52), 9~12.
- 3) 近角聰信: 磁気(昭43), 263, 共立出版.
- 4) S. Uchiyama, S. Kondo, M. Takayasu and I. Eguchi; Performance of Parallel Stream Type Magnetic Filter for HGMS, IEEE Trans. Magn. Mag-12, No. 6. Nov., 1976), 895~897.