

並流型大こう配磁気フィルタの性能

栗延俊太郎* 内山 晋** 高安 真**

Performance of Parallel Stream Type High Gradient Magnetic Filter

Shuntaro Kurinobu, Susumu Uchiyama and Makoto Takayasu

ABSTRACT

Parallel stream type high gradient magnetic filter are manufactured for trial, and the performance of this filter is measured experimentary and compared with the theory. All of thin ferromagnetic wires in the filter are arranged in parallel to each other. The slurry containing either ferromagnetic magnetite particles of paramagnetic hematite particles flows parallel to the wires. The values of initial recovery are found to agree with the theory.

It is also investigated theoretically how the performance of the filter can be improved.

*電子電気工学科

**名古屋大学工学部電気工学教室

1. ま え が き

大こう配磁気分離 (High Gradient Magnetic Separation) 技術は、10年程前にアメリカで開発されたが、⁽¹⁾以下述べるような優れた特長を持つため現在の大きな社会問題である資源・エネルギー、公害問題とも呼応し、その研究が急速に進むと共に極めて初期の段階から工業化され、多方面で実用化された。その主な特徴は、⁽⁴⁾⁽⁵⁾

- (1) 強磁性粒子はもとより、常磁性粒子も捕獲・回収できる。
- (2) 処理速度が速い。砂ろ過装置の約 15 倍の処理速度を持つ。
- (3) 処理装置の敷地面積が狭い。砂ろ過装置の約 $\frac{1}{2}$ 、クラリファイヤーの $\frac{1}{20}$ である。
- (4) 処理費用が安い。

HGMS 技術は、カオリンの精製、⁽⁶⁾⁽⁷⁾製鉄所工業用水の処理、⁽⁸⁾⁽⁹⁾鉄鉱石の選鉱および品位向上などに実用化されているが、磁気捕集剤を利用した工業用水や上下水道水等の処理、⁽¹¹⁾⁽¹²⁾鉄以外の低品位鉄石の選鉱、⁽¹³⁾ガス中の鉄化合物の集塵等への応用に関する研究も数多く行なわれている。

このように現在非常に注目されている大こう配磁気分離技術の中心となる磁気フィルタに関して、最近多くの研究がなされているが、現在実用化されているスラリーの流れ方向が磁性線に直交している大こう配磁気フィルタ、⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾特に磁性細線をウール状に充てんした型のものでは理論と実験の差が大きく、⁽¹⁶⁾工業化のうえでこの原因を明らかにすることが必要である。

我々は先に新しい型の大こう配磁気フィルタ、すなわちスラリーの流れ方向と強磁性細線が平

行である並流型大こう配磁気フィルタ (以下並流型磁気フィルタ) を提案し、理論的解析を行った。⁽¹⁸⁾

今回、我々は理論に非常に近い条件で並流型磁気フィルタを製作し、実験結果を理論と比較すると共に従来用いられているフィルタの問題点を明らかにしようとした。すなわち占積率の異なる 3 種類の磁性線を平行に張った並流型磁気フィルタと、製作しやすく実用上重要である網を用いた並流型磁気フィルタを試作し、磁性線に磁性粒子が付着していない清浄な状態での回収率 (初期回収率) を、強磁性体のマグネタイト粒子と常磁性体のヘマタイト粒子を含んだスラリーに対して測定した。

得られた実験結果は、前論文の理論と実用上十分一致しており、理論が妥当なものであることが明らかにされた。さらにフィルタの大きさ、形を変えることなくその性能を向上させる方法について理論的に検討した。⁽¹⁸⁾

2. 並流型磁気フィルタの構造

本研究の中心となる並流型磁気フィルタの構造について述べる。並流型磁気フィルタでは強磁性細線は常にスラリーの流れ方向に平行で、かつ磁界に直交するように規則正しく配列される必要がある。しかし強磁性細線は強磁界中ではお互いに引き合い、その配列が乱されるので、図 1 のような構造の製作条件の異なる 4 種類のフィルタを製作した。

平行線並流型磁気フィルタ I は、3 cm (横) × 15 cm (縦) × 0.1 cm (厚さ) のプラスチック基板に半径 50 μ の強磁性細線を 0.51 mm の等間隔で規則正しく接着剤で張り付けたものを、フ

表 1. フィルタの製作条件

フィルタの名称	フィルタエレメントの構造	スペーサーの厚み d_1 (mm)	フィルタエレメントにはった磁性線間の長さ d_2 (mm)	占積率 F %
平行線並流型磁気フィルタ I	平行に磁性線を張ったプラスチック板	0.42	0.51	3.8
平行線並流型磁気フィルタ II	平行に磁性線を張ったプラスチック板	0.50	0.50	3.1
平行線並流型磁気フィルタ III	平行に磁性線を張ったプラスチック板	1.0	1.0	0.9
網並流型磁気フィルタ	網	0.46	0.50	3.4

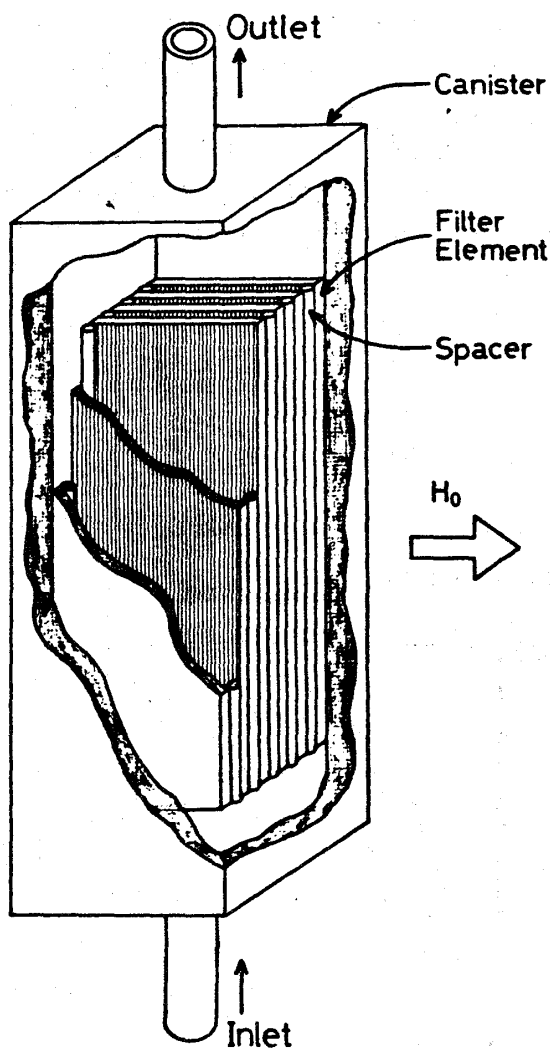


図1. 並流型磁気フィルタの構造

フィルタエレメントとした。このようにして作ったフィルタエレメントの両端にアルミニウム板で作った0.42 mm (厚さ) × 2 mm (幅) のスペーサーを張りつけ、6枚のフィルタエレメントを重ね合わせて、図1のようにキャニスタ内に平行に並べた。ただし両端のフィルタエレメントは、片面にしか磁性線が張られていない。表1に示されるように平行線並流型磁気フィルタⅡ、Ⅲは、平行線並流型磁気フィルタⅠと占積率Fが異なるだけで形状、製作条件は同じである。平行線並流型磁気フィルタⅠ、Ⅱ、Ⅲで用いた磁性線はSUS 430のステンレス細線であり、その半径方向の磁化特性は、振動試料型磁力計

で測定したところ約 $7 \times 10^5 \text{ A/m}$ の半径方向の磁界で飽和し、その飽和磁化 M_s は1.7 Tであった。

網並流型磁気フィルタは、半型 50μ のステンレス磁性線を用いた50メッシュの網を3 cm (横) × 12 cm (縦) の大きさに切り、これをフィルタエレメントとした。このフィルタエレメントの両端に0.46 mm (厚さ) × 2 mm (幅) のスペーサーを張り、6枚重ね合わせ平行線並流型磁気フィルタと同様に製作した。網に用いてある磁性線は約 $8 \times 10^5 \text{ A/m}$ の半径方向の磁界で飽和し、その飽和磁化は約1.9 Tであった。

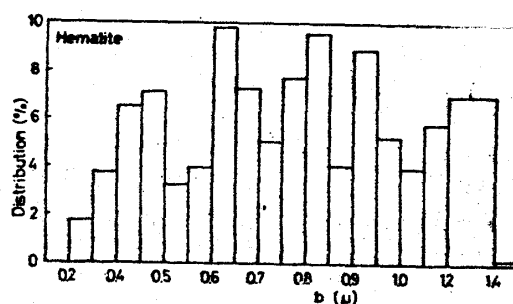


図2. フィルタ入口のスラリー中のヘマタイト粒子の粒度分布

以上4種類の並流型磁気フィルタの製作条件を表1にまとめて示す。これらの並流型磁気フィルタを図1の矢印の方向、すなわちフィルタエレメントと平行な方向に磁界が印加されるように、電磁石中に配置した。

3. 実験方法

スラリーとして、強磁性体のマグネタイト (Fe_3O_4)と常磁性体*のヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)の粒子を水に混ぜたものを用いた。ここでは理論と比較するために、磁性粒子の粒子径を均一にする必要がある。このため大きな粒子は沈澱させて除去し、小さな粒子は上澄み液を捨てることによって除去する方法をくり返し行うことによって、粒子径をそろえた。次にスラリー中の磁性粒子の粒度分布を粒子の沈降による光の透過量の変化を利用し測定した。⁽¹⁷⁾ 粒度分布を測定する装置は、豆ランプとフォトダイオー

*厳密には $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ は弱強磁性体であり、磁化特性はヒステリシスを示す。

ドを用いて製作した。図2にフィルタ入口のヘマタイト粒子に対して測定した結果を示す。従軸は重量パーセント、横軸は粒子半径 b であり、平均粒子径は 0.76μ であった。

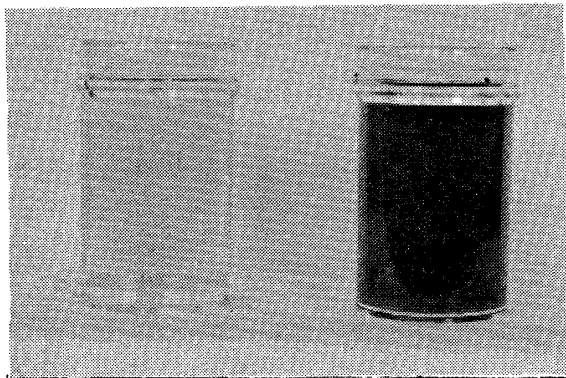


図3. フィルタ入口 (右) と出口 (左) のスラリーの写真

このスラリーをフィルタの下側の入口より流入し、入口の濃度 C_{in} と出口の濃度 C_{out} から次式により回収率 R を求めた。

$$R = (C_{in} - C_{out}) / C_{in} \times 100(\%) \quad (1)$$

スラリーをフィルタの下側の入口より流入したのは、フィルタ中に気泡が残って乱流を起こし、フィルタ作用を阻害するのを避けるためであると共に、水処理などのように固体と液体を分離する目的に大こう配磁気分離を利用する際には、重力が分離を助けることになるからである。

本実験では初期回収率を測定するのが目的であるためフィルタを十分洗浄した後、フィルタに流入した最初の 72 cc をケースに受け、その回収率を測定した。

またスラリー濃度は濁度計により測定した。濁度計はCdSセルと豆ランプを用いて製作し、CdSセルの抵抗の変化からスラリー濃度を求めるようにしたもので、その値は原子吸光法によりあらかじめ較正した。

以上述べたような方法で、4種類のフィルタについてスラリー流速 v_0 、フィルタ入口のスラリー濃度 N_{in} 、印加磁界 H_0 を変えて、初期回収率 R を測定した。

4. 実験結果

フィルタの性能を示す1つの例として、図3にヘマタイトのスラリーを平行線並流型磁気フィルタに流入した際の、フィルタ入口と出口のスラリーの写真を示す。スラリー濃度は 145 ppm 、 23 ppm で回収率は 84% である。スラリー流速は $0.004 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ で、磁界は $8 \times 10^5 \text{ A/m}$ である。

図4はマグネタイト粒子に対する回収率 R と磁界 H_0 の関係を、スラリー流速 v_0 をパラメータにして示したものである。使用したフィルタは平行線並流型磁気フィルタⅢである。マグネタイトのような強磁性粒子に対しては、並流型磁気フィルタは $1.5 \times 10^5 \text{ A/m}$ 程度の低磁界で高い回収率を示す。

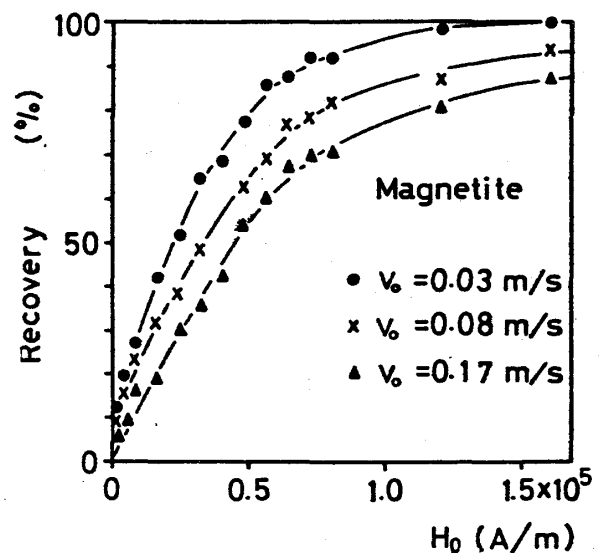
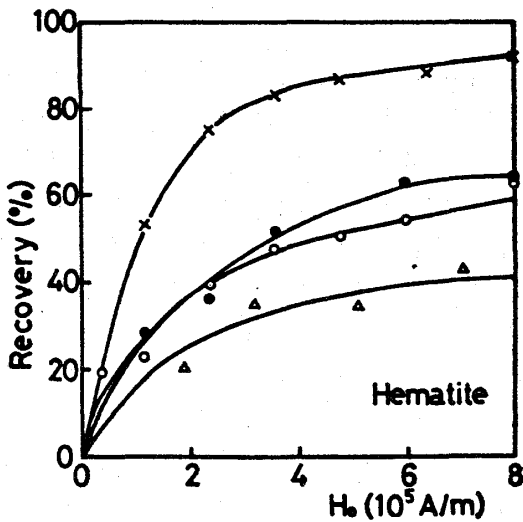


図4. マグネタイト粒子の回収率 R と磁界 H_0 の関係

図5はヘマタイト粒子を対象とした場合における回収率 R と磁界 H_0 の関係を示したものである。図中の4曲線はフィルタの種類、スラリー流速等の条件を変えて行った実験結果であり、それらの実験条件は図の下の表に示されている。ヘマタイトの場合、回収率は磁界と共に増加し $7 \times 10^5 \text{ A/m}$ の磁界でほぼ飽和に達する。

図6に磁界 H_0 を一定とした場合の、ヘマタイトの回収率 R と流速 v_0 の関係が示されている。○印は平行線並流型磁気フィルタⅡの結果で、×印は平行線並流型磁気フィルタⅢの結果であ



記号	フィルタの型	占積率F	流速 v_o
×	平行線並流型磁気フィルタ I	3.8%	0.007 m/sec
●	平行線並流型磁気フィルタ I	3.8%	0.023 m/sec
△	平行線並流型磁気フィルタ II	3.1%	0.140 m/sec
○	網並流型磁気フィルタ	3.4%	0.023 m/sec

図5. ヘマタイト粒子の回収率Rと磁界 H_0 の関係

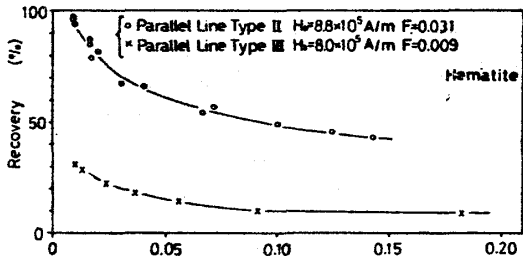


図6. ヘマタイト粒子の回収率Rとスラリー流速 v_o の関係

る。図から流速の低下と共に、回収率が增大するのが見られる。

図7は回収率Rとフィルタ入口のスラリー濃度 N_{in} の関係を示したものである。磁界 H_0 は 8×10^5 A/m一定で、●印は平行線並流型磁気フィルタIで流速 $v_o = 0.023$ m/secの場合、×印はあみ並流型磁気フィルタで流速 $v_o = 0.017$ m/secの場合である。共に回収率がスラリー濃度に依存しないことを示している。

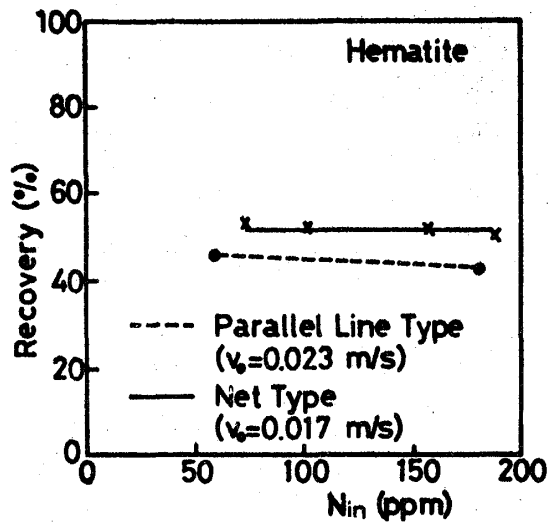


図7. ヘマタイト粒子の回収率Rとフィルタ入口のスラリー濃度 N_{in} の関係

5. 理論と実験の比較

以上述べた実験結果は、文献(18)の理論から期待される通りの変化を定性的には示す。すなわちスラリー流速 v_o の増加、磁界 H_0 の低下、占積率Fの低下と共に回収率Rは低下し、スラリー濃度 N_{in} に依存しない。定量的に比較するには、個々のフィルタに対し次式で与えられる比捕獲断面積 S_c^* を算出し、回収率Rとの関係を調べれば良い。

$$S_c^* = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{L v_m}{a v_o}} \quad (2)$$

ここで

$$v_m = \frac{2\chi_s M H_0 b^2}{9\eta a} \quad (H_0 > \frac{M}{2\mu_0}) \quad (3-a)$$

$$v_m = \frac{2\chi_s H_0^2 \mu_0 b^2}{9\eta a} \quad (H_0 \leq \frac{M}{2\mu_0}) \quad (3-b)$$

上式において v_m は磁気速度、Lはフィルタの長さで、電磁石の磁極径から0.1 m (10 cm)、aは磁性線の半径で 5×10^{-5} m (50 μ)、 η は流体の粘性係数で文献(19)より求めた値 1.2×10^{-3} kg/m \cdot sec (15 $^{\circ}$ C)を用いた。 v_o はスラリー流速、 H_0 は磁界、 μ_0 は真空の透磁率、Mは磁性細線の磁化、bと χ_s はそれぞれ磁性粒子の半径と比磁化率である。 S_c^* の算出に際し磁性細線の磁化Mは、磁性細線が飽和していない場合、式(3-b)から v_m を近似的に求めることが、本研究では、磁性細線の磁化曲

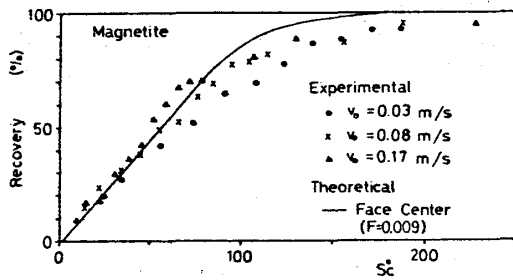


図8. マグネタイト粒子における比捕獲断面
積 S_c^* と回収率 R の関係

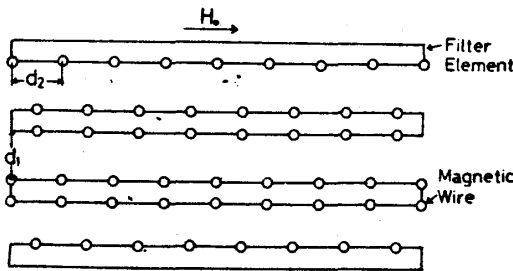


図9 磁性線の配置図

線を振動試料型磁力計で測定しているので、式(3-a)から v_m を算出するより正確な方法で行った。

磁性粒子の平均粒子径はマグネタイトについては顕微鏡で測定され、その結果 $b = 1.3 \times 10^{-6} m$ (1.3μ)なる値が得られた。マグネタイトの場合、粒子は互いに凝集して大きな粒子を形成するような傾向が見られたが、その正確な評価は困難であったので、このような凝集効果は無視できるものと仮定して孤立した粒子径を用いた。強磁性粒子の場合には、反磁界の効果が無視できなくなるので、比磁化率 χ_s の値として、バルクの値をそのまま用いることはできない。従って粒子の反磁界が無視できないとき式(3-a)は、磁性粒子による磁界の乱れを無視して $\chi_s H_0$ を M^*/μ_0 で置き換れば良く、磁気速度 v_m は、

$$v_m = \frac{2MM^*b^2}{9\eta a\mu_0} \quad (4)$$

と書ける。ここで粒子を球形で近似すると粒子の磁化 M^* は

$$M^* = M / (1 + \chi_s (H_0) / 3) \quad (5)$$

である。Mは反磁界のないときの磁化であり、 $\chi_s(H_0)$ は印加磁界Hが H_0 における磁化曲線上の点と原点を結んだ直線の傾きから決定され

る比磁化率である。このようにして計算した比捕獲断面積 S_c^* に対して、マグネタイトの回収率 R の実験結果をプロットしたものが図8である。図中の実線は前論文の第6図と同様の方法で計算した理論曲線で、図9に示す三角形形状に磁性線が配置していると仮定した。ここで d_1 はフィルタエレメント間のスペーサーの厚みであり、 d_2 はフィルタエレメントに張ってある磁性線間の長さである。従ってマグネタイトの実験に用いた平行線並流型磁気フィルタⅢでは、 $d_1 = 1 mm$ 、 $d_2 = 1 mm$ で $F = 0.009$ であり、磁性線は面心正方配置となる。図からわかるように比捕獲断面積の小さい場合は理論と実験の一致は良いが、比捕獲断面積が大きくなる70以上では、実験値の方が理論値より小さくなる。しかしその差は高々10%以内であり、ほぼ広い範囲にわたって良く一致しているといえよう。

次にヘマタイトの場合について述べる。ヘマタイト粒子の比磁化率 χ_s は 1.0×10^{-3} であった。ヘマタイト粒子では反磁界の影響が無視できるので、式(2)、式(3-a)から比捕獲断面積を算出する。ヘマタイト粒子の粒子径は、平行線並流型磁気フィルタⅡとⅢを用いた実験の場合、 $b = 0.9 \times 10^{-6} m$ (0.9μ)であったが、平行線並流型磁気フィルタⅠとあみ並流型磁気フィルタを用いた実験の場合には、 $b = 0.76 \times 10^{-6} m$ (0.76μ)であった。図10にヘマタイト粒子に対する回収率 R と比捕獲断面積 S_c^* の関係を示した。ここで○印は平行線並流型磁気フィルタⅠの場合、×印は平行線並流型Ⅲの場合である。図中の実線は理論曲線で、磁性線配置はフィルタⅢではマグネタイトの場合に用いたものと同じであり、磁気フィルタⅠでは $d_1 = 0.42 mm$ 、 $d_2 = 0.50 mm$ である三角形配置として計算したものである。なお磁性線配置が面心でない場合、($d_1 \neq d_2$)、回収率 R と比捕獲断面積 S_c^* の関係を計算するのは複雑なので、電算機を用いてシンプソン法により数値積分して、文献(18)の付録で示されるような S_c^* の値を計算し回収率を求めた。また比捕獲断面積は粒子半径に比例するが、粒子半径は分布を持っているので、比捕獲断面積と回収率の関係は単純でない。そこで図2のように粒度分布が測定してある場合には、種々の粒子半径に対する回

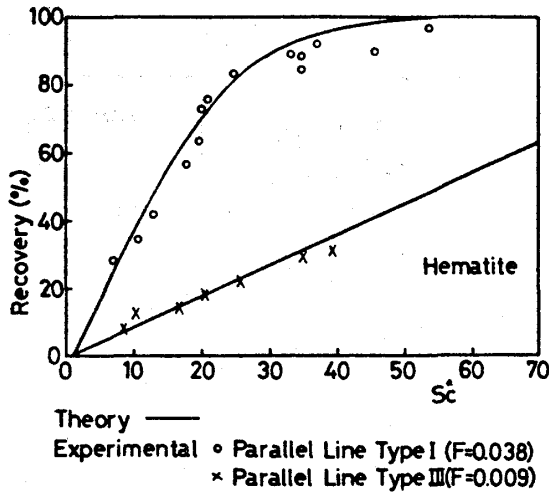


図 10. ヘマタイト粒子に対する比捕獲断面
積 S_c^* と回収率 R の関係

回収率を計算しておき、これに粒度分布を乗することで全体の回収率を算出する方法を用いると、その平均値 $0.76 \times 10^{-6} m$ より求めた回収率よりわずかに 2% 低い値となり、平均粒子径を用いても良いことがわかった。図 10 から理論と実験はほぼ一致していることがわかる。

他の並流型磁気フィルタとの関係を調べるため、種々の占積率 F を持つ磁気フィルタに対して実験値と理論値のずれ $R' = R(\text{Experiment}) - R(\text{Theory})$ を、比捕獲断面積 S_c^* に対してプロットしたのが図 11 である。○、●、×印は平行線並流型磁気フィルタ I、II、III の結果で、△印はあみ並流型磁気フィルタの結果である。この図から比捕獲断面積 S_c^* が 20 以下の場合、実験値と理論値の差 R' は $\pm 10\%$ の範囲にある。 S_c^* がそれ以上の場合、実験値の方が理論値より小さくその差は 10% 以下である。

以上述べたように、マグネタイトのような強磁性粒子であれ、ヘマタイトのような常磁性粒子であれ、磁気フィルタの実用的な範囲で理論と実験は、ほぼ満足に一致することがわかる。

6. 並流型磁気フィルタの性能向上

以上述べたように並流型磁気フィルタでは、初期回収率に関する実験と理論がほぼ一致することが明らかにされた。従って理論的にその特性が評価でき、フィルタは容易に設計される。ここでは実際のフィルタの設計方法ではなく、フィルタの大きさや形を変えずに、すなわち高

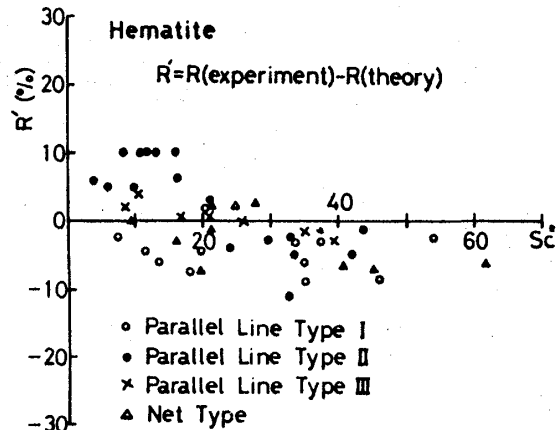


図 11. ヘマタイト粒子に対する回収率の実
験値と理論値の差 R' と比捕獲断面積
 S_c^* の関係

価な電磁石を変えることなく、できるだけ効率の良いフィルタを作るための方法について、理論的に検討した結果を示そう。

回収率を大きくするためには、第一に比捕獲断面積 S_c^* が大きい方がよい。式(2)、式(3-a)、式(3-b) から明らかなように、フィルタの大きさ、形を変えずに S_c^* を大きくするには、磁性線の半径 a が小さい方がよい。しかし、実際上 10μ 程度の細線を取り扱うことは容易でなく、フィルタの製作上限がある。

第二の方法として、前論文の第 7 図に示されているように、同じ S_c^* に対して磁性線のフィルタ中での配置により回収率が異なるので、回収率の最も良い磁性線配置について考察したが、この結果を 6.1 で述べる。

第三の手段として、フィルタをいくつかに分けて、その区切ったフィルタを直列に接続することにより、元の 1 個のフィルタより回収率が增加することを知ったので、この結果についても 6.2 で記述する。

6.1 磁性細線の最適配置

フィルタ中の磁性線の配置を変えることにより、同じ比捕獲断面積 S_c^* に対して回収率 R を増すことができる。 S_c^* を大きくした場合、回収率が S_c^* に比例して大きくなるのは、隣接磁性線の S_c^* と重なりを生じるためである。従ってこの重なりが最も少ない磁性線配列を求めることが問題となる。しかし、ここでは実際に製作が可能であるという条件を考慮して、す

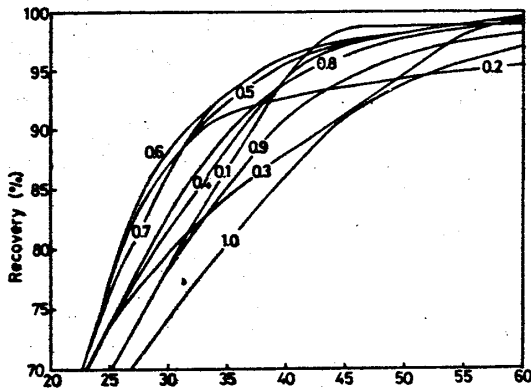


図 12. 回収率Rと比捕獲断面積 S_c^* の関係

なわちフィルタエレメント間のスペーサーの長さ d_1 とフィルタエレメントに張る磁性細線の間隔 d_2 を変えることによって、回収率を増加させる方法を検討した。

前節で述べたように並流型磁気フィルタでは磁性線の配置が三角形(図9参照)の場合、理論と実験の一致が良かったので、この配置に対して占積率を一定($F = 3.14\%$)として、 d_1/d_2 の値を変えたときの回収率Rと比捕獲断面積 S_c^* の関係を計算した結果を図12に示した。この図ではフィルタの実用化で問題になる回収率が70%以上の場合が示されており、 d_1/d_2 が0.6のときが最適の磁性線配置であることが明らかにされた。

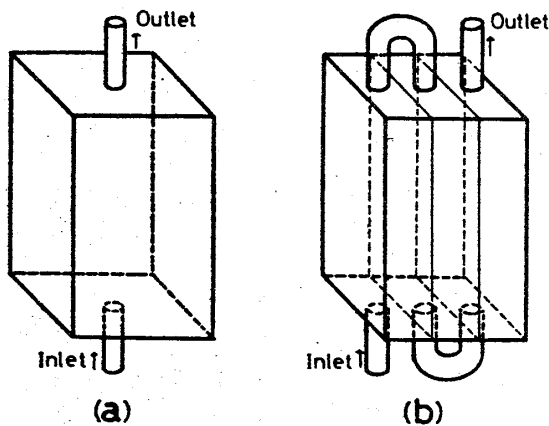


図 13. 元の1段フィルタと3段フィルタの図

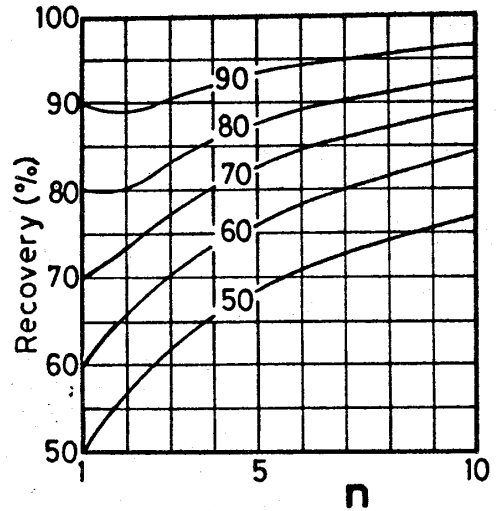


図 14. 多段フィルタの段数 n と回収率Rの関係

6.2 多段並流型磁気フィルタ

並流型磁気フィルタにおいて、フィルタの形、大きさを変えずに元の1個のフィルタを縦に区切って n 個のフィルタに分け、それを直列に接続し n 段フィルタにすると、フィルタの性能が向上することを以下に示す。

例として、図13に元の1個のフィルタ(a)とそれを縦方向、すなわちスラリーの流れ方向と平行に区切って3つに分け、それらを直列に接続した場合のフィルタ(b)を示す。いまフィルタを縦方向に n 個に区切り、それらを直列に接続した n 段フィルタを考えると、元の1個のフィルタと同量のスラリーを処理するためには、スラリーの流速を n 倍にする必要がある。従って n 段フィルタの区切ったフィルタ1個の比捕獲断面積を S_{cn}^* 、元のフィルタのそれを S_c^* とすると次の関係がある。

$$S_{cn}^* = S_c^* / \sqrt{n} \quad (6)$$

この S_{cn}^* を用いて算出した n 段フィルタの1個の回収率を R_n とし、全体の回収率を R' とすると、次の関係が得られる。

$$R' = [1 - (1 - R_n/100)^n] \times 100\% \quad (7)$$

図14に上述の方法で求めたフィルタの段数 n と回収率Rの計算例を示す。この計算は前節で求めた磁性線の最適配置であった $d_1/d_2 = 0.6$ の場合である。図14.で $n = 1$ は元の1段のフィルタの回収率であり、その値が60%

70%, 80%, 90%の場合について計算してある。ただし n はフィルタの構造から整数値しか取らない。図からフィルタの段数が多い程回収率が增加することがわかるが、このような効果は、比捕獲断面積がスラリー濃度に依存しないことと、式(6)で示されるように、流速が n 倍になっても比捕獲断面積は $1/\sqrt{n}$ 倍にしかならないためと考えられる。しかし、このためにはフィルタとフィルタを接続している部分で、スラリー中の磁性粒子を均一に混ぜる必要があり、この成否が実用上の鍵を握ることになる。実際にはフィルタを製作する場合、段数が増し流速が上がると付着した磁性粒子が流されたり、仕切り板の厚さも無視できなくなるので、余りフィルタの段数は多くできない。

以上の計算では、フィルタを縦方向に区切った場合を仮定したが、横方向すなわちスラリーの流れ方向と直角に区切って直列に接続する場合でも、フィルタの長さが $1/n$ になるので、比捕獲断面積は $1/\sqrt{n}$ となり縦に区切った場合と同じ効果が期待される。

7. む す び

従来慣用されて来た型の大こう配磁気フィルタでは、その性能は理論的に予測されるものより著しく低いのが普通であった。このことは、流体の流れの場の乱れが十分理論的に解明されていないこと、磁性線の配列が無秩序であること、磁界とは無関係な機械的フィルタ作用が働くことなどが原因であると考えられる。

本研究では、磁性線が流れの場にほとんど影響を与えないような、スラリーの流れ方向と磁性線が平行となる並流型磁気フィルタについて、磁性線が規則正しく配列され、かつこの配列が磁界によって乱されないなど理論で用いられた仮定を十分満たす理想に近い4種類のフィルタを試作して、初期回収率に関する実験を行い、実験と理論が十分と思われる程度に一致することを示した。

従って並流型磁気フィルタでは、その性能が理論的に評価できることから、スラリーの物理的性質を知って、これに最適なフィルタを容易に設計・製作できることが明らかにされた。

またフィルタエレメントに網を用いた並流型

磁気フィルタは、磁界と平行な磁性線があるにもかかわらず、平行線並流型磁気フィルタと同様な特性を示した。網並流型磁気フィルタは、平行線並流型磁気フィルタに比べフィルタエレメントの製作が非常に容易であり、フィルタエレメントにプラスチック基板を必要としないことから、同一の磁界空間に対して有効利用されるフィルタ空間が大きくなり、実用的フィルタとして有用であろう。

次にフィルタの形、大きさを変えることなく、フィルタの性能を向上させる方法を、理論的に検討した。第一はフィルタ中の磁性線の最適配置に関するものであり、第二はフィルタをスラリーの流れ方向に平行あるいは直角に区切って、直列に接続した多段フィルタに関する研究である。いずれの方法も有効であることが示された。

終りに、本研究は名古屋大学工学部技官熊沢正幸氏と共に行ったものであり、深く感謝します。実験の推進の御助力いただいた江口勇氏、矢野純一氏をはじめ大同特殊鋼株の諸氏に感謝の意を表します。

また御討論いただいた豊橋技術科学大学藤井壽崇教授、同大学西永頌教授、名古屋大学網島滋助手はじめ同大学内山研究室の各位に深謝します。

《参 考 文 献》

- (1) H. Kolm, J. A. Oberteuffer and D. Kelland :サイエンス, 6 (1976) 22
- (2) J. A. Oberteuffer :IEEE Trans. Magn., MAG-10 (1974) 223
- (3) 内山晋 :応用物理, 45 (1976) 152
- (4) 加藤洋一 :電気学会, 97 (1977) 851
- (5) 矢野純一, 江口勇 :電気四学会連合大会講演論文集 (1978) P 2-49
- (6) J. Iannicelli :IEEE Trans. Magn., MAG-12 (1976) 489
- (7) R. R. Oder :Pulp and Paper Canada, 75 (1974) T 366
- (8) J. R. Harland :IEEE Trans. Magn., MAG-12 (1976) 904
- (9) L. Petakis and P. F. Ahner :IEEE Trans. Magn., MAG-12 (1976) 489

- (10) D. L. Vives and L. J. Hirth : IEEE Trans. Magn., MGA-12 (1976) 490
- (11) 岡本祥一, 関沢尚 : 応用物理, 43 (1974) 183
- (12) Christopher de Latour and H. Kolm : IEEE Trans. Magn., MAG-11 (1975) 1590
- (13) S. Sakata, A. Yoshikawa and A. Tasaki : Japan. J. Appl. Phys., 15 (1976) 2017
- (14) J. H. P. Watson : J. Appl. Phys., 44 (1973) 4209
- (15) J. H. P. Watson : IEEE Trans. Magn., MAG-11 (1975) 1597
- (16) F. E. Luborsky and B. J. Drummond : IEEE Trans. Magn., MAG-11 (1975) 1696
- (17) 粉体工学研究会 : 粉体粒度測定法, 養賢堂 (1965)
- (18) 内山晋, 高安真, 栗延俊太郎 : 電気学会論文誌 97-B (1977) 459
- (19) 飯田修一他 : 物理定数表, 朝倉書店 (1973)