

日立 MY 形 電 磁 ブ レ ー キ

Hitachi MY Type Magnetic Brake

藤 沢 奎 二* 宮 道 信 夫*
Keiji Fujisawa Nobuo Miyamichi

要 旨

従来より各種のブレーキを製作してきたが、三相交流電源使用のモートルオーバハング形ディスクブレーキとして製作してきた“SYV”ブレーキに代わる新機種“MY”ブレーキ（形式MCS-SY）をシリーズ化した。開発目標としては、さらに高頻度（ひんど）の使用に耐え小形でブレーキトルクを適用モートル定格トルクの150%以上としたことである。このため構造、特性などにおいて従来のブレーキと種々の点で違っている。ここでは、開発の重点として特に考慮した電磁石部およびモールド材を中心に紹介する。

1. 緒 言

産業界全般の傾向がすべて省力化の方向に向かっている現在、従来は人手によっていた機械が急速に無人化自動化されつつある。このようなすう勢からその駆動源たるモートルは急速停止のための電磁ブレーキ付モートルへ、さらに高頻度始動停止の使用に耐えるものへとその要求はまさにとどまるところがない。したがってブレーキトルクは従来品の80%から150%へ、頻度は300回/時から600回/時へと大幅格上げを目標としている。

本文は上記の目標を達成した三相交流電磁石を利用した新形ディスクブレーキについて述べたものである。本ブレーキは高価なコーン形電磁石（SYVブレーキで使用）の代わりに安価なE形電磁石を使用したものである。コイルは高頻度に耐えうるようコア部にエポキシ系の樹脂によりモールドしている。またその構造は対向ギャップ短衝程方式にしてあるので動作速度はきわめて速く、しかも安定した動作ができる。

2. 構造とその動作

2.1 構 造

本ブレーキの構造は図1に示すとおりであり、機構は大別して制動部と電磁石部に分けられる。

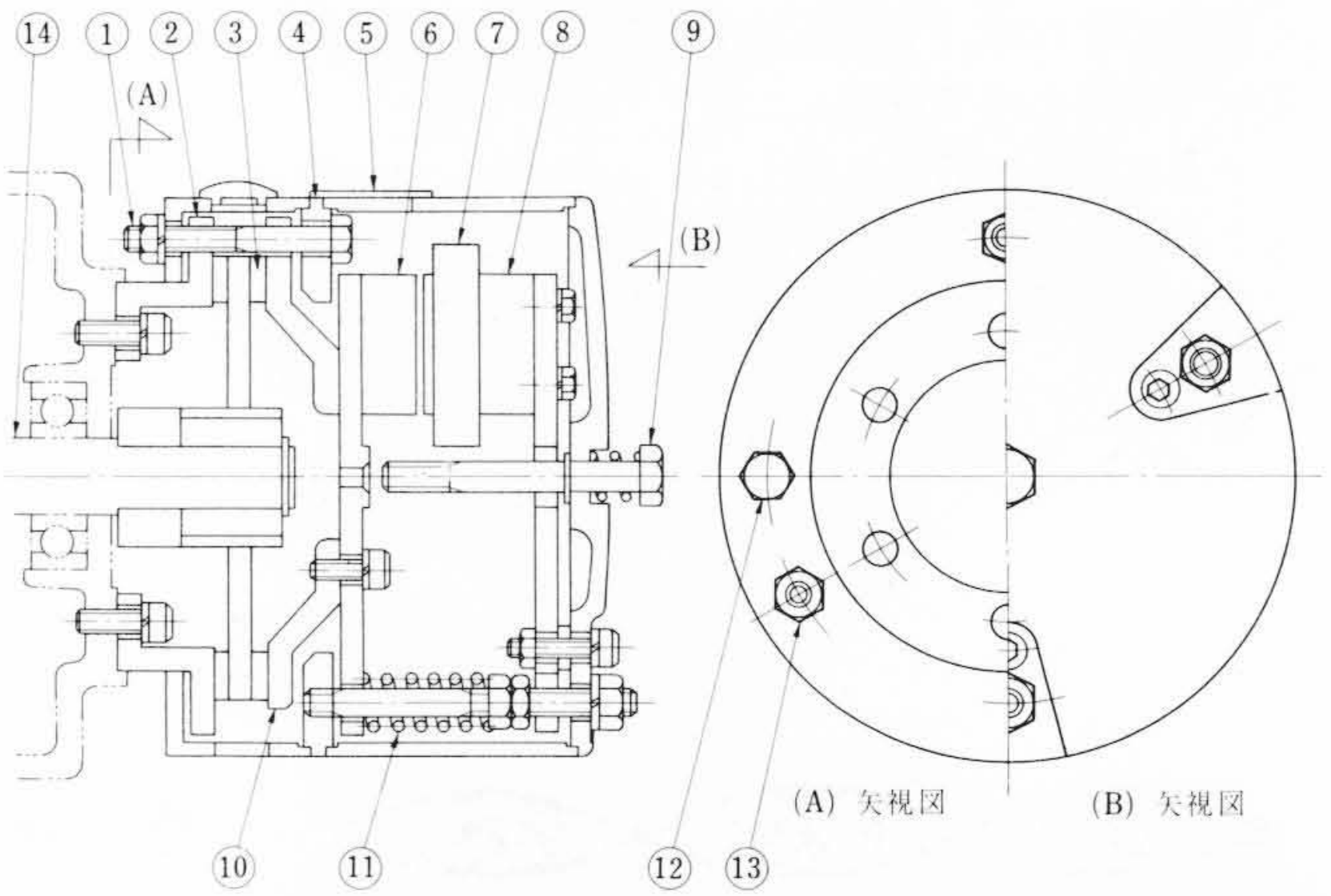
(1) 制 動 部

制動部はベース、摩擦板、スライドディスクおよび調整ボルトから成る。摩擦板には2枚のライニングが接着しており、それぞれベースとスライドディスクの摩擦面に対向している。モートル軸とのはめ合いにはスプライン構造のカラーを用いて、制動時にスプラインの歯にかかる面圧を小さくしている。調整ボルトは盲ぶたをはずすことにより外部から回すことができ、ライニングが所定量摩耗したとき簡単に調整できる（実用新案申請中）。

(2) 電 磁 石 部

電磁石部は可動コア、固定コアおよびブレーキばねから成る。可動コア、固定コアともに3個のコアが放射状に配置されている。コイル電線には自己融着性の耐熱形を用いており、耐熱性および各線どうしの接着性にすぐれ成形性に富んでいる。さらにコイルは後述の特殊配合のエポキシ樹脂により固定コアにモールドされており強い振動にも耐える。結線は特殊Y結線（実用新案申請中）であり騒音は小さい。ブレーキばねは3個所に分割されて配置されており、ばねの合力は常に中心にかかっている。

2.2 動 作



1	調整ボルト	6	可動コア	11	ブレーキばね
2	ベース	7	コイル	12	取付ボルト
3	摩擦板	8	固定コア	13	調整ナット
4	連結板	9	手動ゆるめボルト	14	モートル軸
5	盲ぶた	10	スライドディスク		

図1 MCS-SYブレーキ構造図

図1の構造例に従って説明する。

2.2.1 制 動 解 放

コイル⑦に三相交流電圧を印加すると固定コア⑧は電磁石となり可動コア⑥はブレーキばね⑪の力に打ち勝って図の右方向に吸引される。可動コアとスライドディスク⑩はボルト締めされており、可動コアが吸引されると摩擦板③を圧着していたスライドディスクも動き、摩擦板は解放される。

2.2.2 制 動

コイルに印加されていた電圧を取り去ると固定コアの吸引力はなくなり、ブレーキばね力によりスライドディスクは摩擦板をベース②に強く押しつけ両面のライニングの摩擦により所定の制動力を発生する。

2.2.3 調整ボルト

調整ボルトに対しベースのみねじ切りされており、他はから穴である。ベースは取付けモートルのエンドカバーにボルト締めされている。ライニングがある一定量だけ摩耗すると可動コアが連結板にあたり制動がかからなくなる。このとき、外部から調整ボルトを右回りに回転させると、ベースに対して連結板、ひいては電磁石部全体が摩擦側に進む。連結板と可動コア取付板のギャップが所定量に達するとボルトを止める。すなわちこのボルトは可動コアと固定コアのギャップをある限量以下に調整するものである。

* 日立製作所習志野工場

3. 分割形電磁石の開発

3.1 交流電磁石のうなり

交流電磁石では一般に次式に示すように吸引力が脈動してうなりを発生する。

単相の場合

$$P = \frac{B_m^2 \cdot A \times 10^6}{49.2} (1 - \cos 2\omega t) \dots\dots\dots(1)$$

三相の場合

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$
$$= \frac{B_m^2 \cdot A \times 10^6}{49.2} \{ (1 - \cos 2\omega t) + \{ 1 - \cos(2\omega t + \frac{4}{3}\pi) \} + \{ 1 - \cos(2\omega t - \frac{4}{3}\pi) \} \} = \frac{B_m^2 \cdot A \times 10^6}{49.2} \times 3 \dots\dots\dots(2)$$

ここに、P:吸引力(kg) Bm:磁束密度(wb/m²) A:極面積(m²)

(1)式において第2項は電源周波数の2倍で脈動する吸引力で、電磁石を振動させうなりを発生する。

三相の場合(2)式に示すように、脈動成分は互いに120度の位相差をもつから合力ではゼロになりうなりを生じない。しかし吸引力の最大値は三脚間を移動することになる。この移動速度は電源周波数の2倍であり、各脚ともそれぞれゼロ吸引時をもつことになる。したがって三相電磁石でも可動鉄心にかかる外力の作用点によってはうなりを伴いがちである。

3.2 分割形電磁石

ゼロ吸引力のない電磁石として今回新たに開発したのが図2に示す分割形電磁石である。各相を二つのコイルに分割し、それぞれを対称の位置に配したものである。この電磁石ではコイルの結線方法によって外側結線と内側結線に分かれる。

3.2.1 外側結線

磁束が相加わる方向を外側結線と名づける。そのときの磁束は図3(a)に示すとおりである。

互いのコイルの誘導を加味して吸引力を求めると、

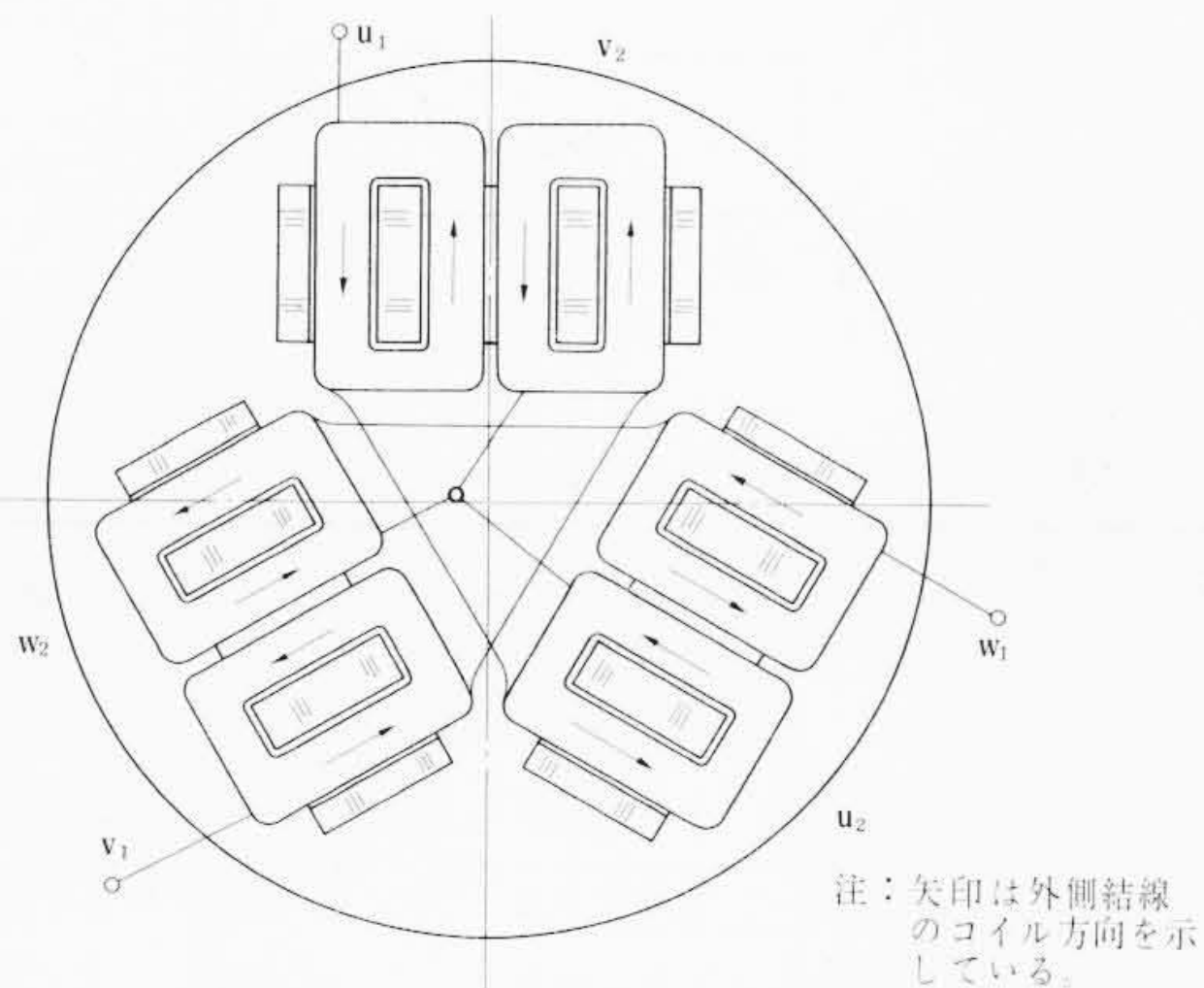


図2 コイル配線図

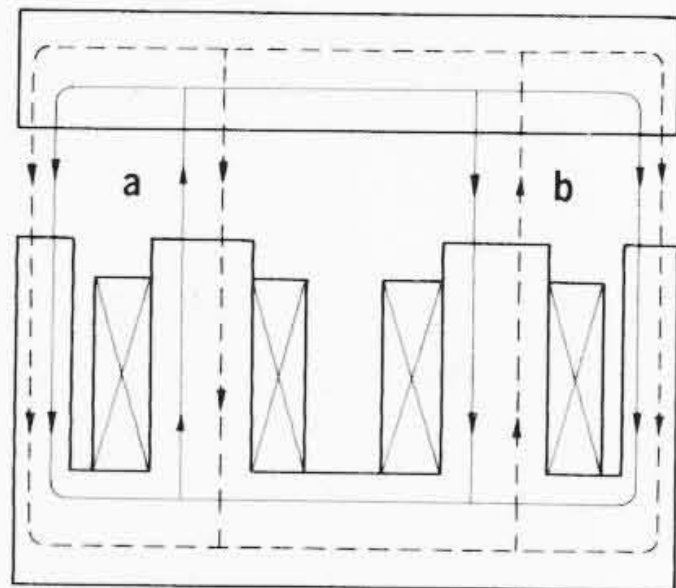


図3 (a) 外側結線

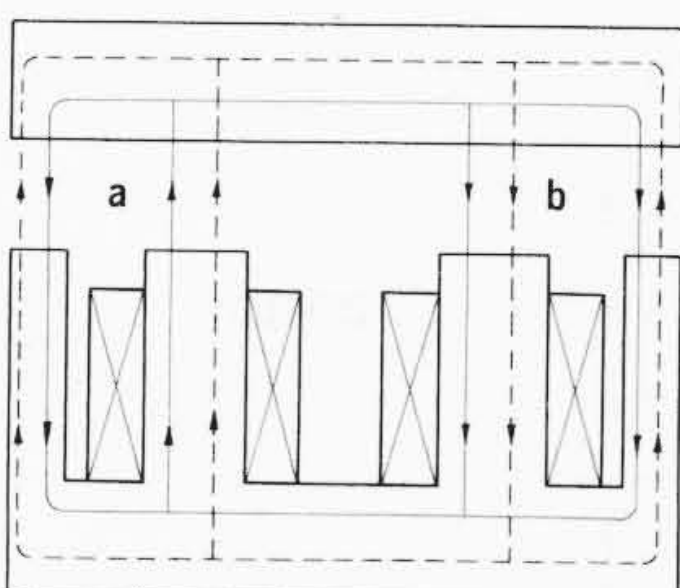


図3 (b) 内側結線

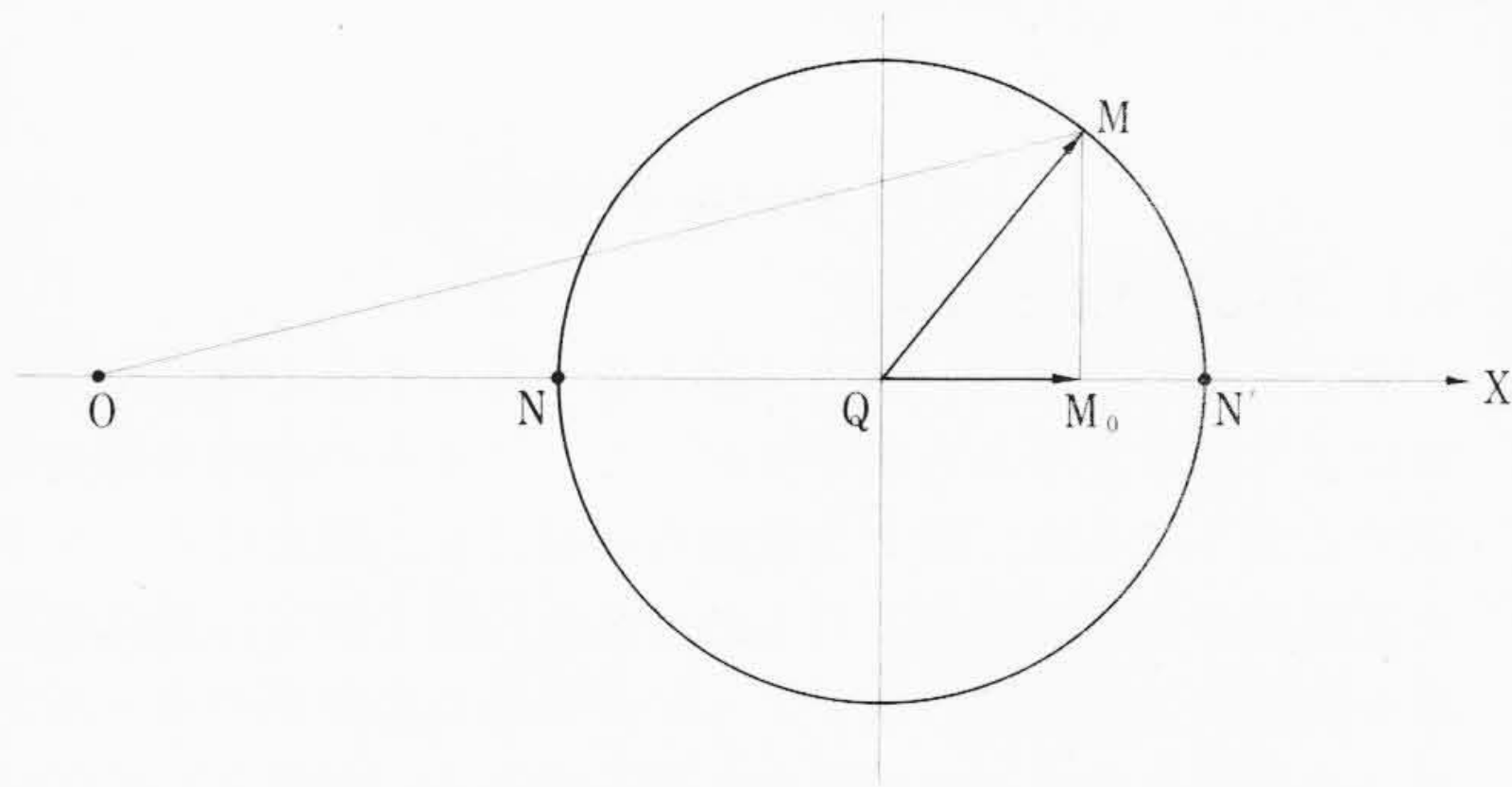


図4 吸引力ベクトル図

$$QO = \frac{\alpha}{B} \phi^2 m + \frac{\alpha}{(1-k)^2} \cdot \frac{\phi^2 m}{A} \quad QM = \alpha \phi^2 m \left(\frac{1}{2B} - \frac{1}{(1-k)^2 A} \right)$$

$$P = \frac{\alpha}{B} \phi^2 m + \frac{\alpha}{(1-k)^2} \cdot \frac{\phi^2 m}{A} + \left\{ \frac{\alpha}{2B} \phi^2 m - \frac{\alpha}{(1-k)^2} \cdot \frac{\phi^2 m}{A} \right\} \cos(2\omega t + 2\pi/3) \dots\dots\dots(3)$$

ここに、α:定数 φm:磁束 k:誘導係数

図4は上式の吸引力ベクトル図である。吸引力のベクトルはOMとなり、吸引力の瞬時値はOMのOX線上への斜影OM0となる。QMは吸引力の脈動分を表わすベクトルで、円QMとOXの交点NおよびN'がそれぞれ吸引力の最小最大を示すことになる。ゆえに外部からかかる力がONより小さいとうなりは発生しない。

第2、第3コアについても同様に計算され、電磁石全体の吸引力は次式となり脈動成分はない。

$$P = 3 \times \left\{ \frac{\alpha}{B} \phi^2 m + \frac{\alpha}{(1-k)^2} \cdot \frac{\phi^2 m}{A} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

3.2.2 内側結線

磁束が相減ずる方向を内側結線と名づける。そのときの磁束は図3(b)に示すとおりである。

互いのコイルの誘導を加味して吸引力を求めると、

$$P = \frac{\alpha}{B} \phi^2 m + \frac{3k}{(1-k)^2} \cdot \frac{\phi^2 m}{A} + \left(\frac{\alpha \phi^2 m}{2B} + \frac{3\alpha \phi^2 m}{(1-k)^2 A} \right) \cos(2\omega t + 2\pi/3) \dots\dots\dots(5)$$

吸引力ベクトル図は図3と同様にして求まる。電磁石全体の吸引力は次式となり脈動成分はない。

$$P = 3 \times \left\{ \frac{\alpha}{B} \phi^2 m + \frac{3\alpha}{(1-k)^2} \cdot \frac{\phi^2 m}{A} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

これら外側結線と内側結線を比較することにより、一つのコアにおける吸引力の最小値は外側結線のほうが大であり、一方、全体の吸引力は内側結線のほうが大である。電磁石としては脈動分の少ない外側結線のほうが良い。

一例としてMCS_{17L}-SYの電磁石吸引力特性を示すと図5になる。

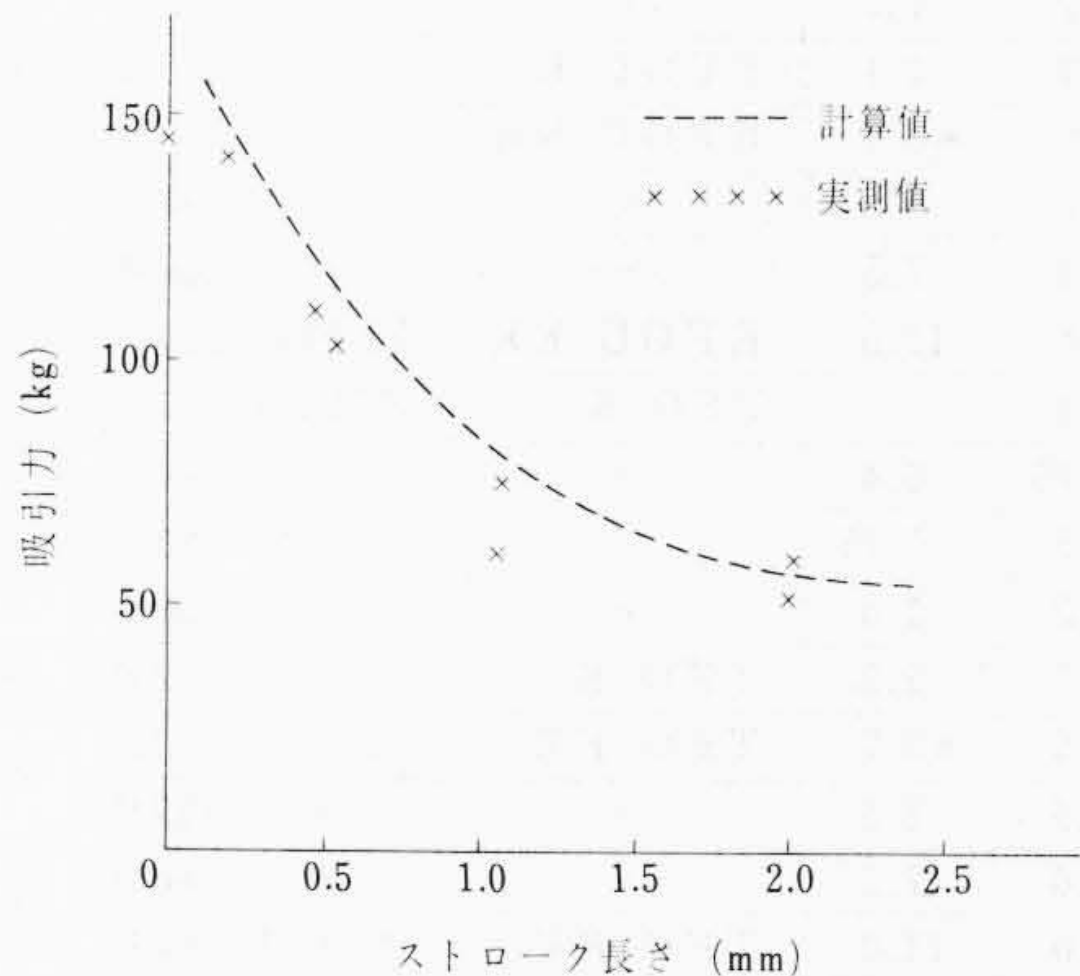


図5 吸引力特性

4. モールド材の開発

4.1 電磁石構造と問題点

本ブレーキでは強い振動に耐えるためコイルをコアにモールド材により固着させる方法を検討した。コイルの絶縁仕様は図6に示すとおりである。図7は電磁石の構造を、図8はモールドされた電磁石の全体図を示したものである。図7の×印部は肉厚の急激な変化およびコアの鋭いエッジがあるため従来のモールド材ではこの部分にクラックが発生し勝ちである。対策として①コアのエッジを削る②エッジにガラステープをはり熱緩衝部をつくる③ワニスを吹きつけて丸味をつけるなど考えられるが、いずれも作業性に問題がある。

したがって今回は特に耐機械的衝撃性、耐熱的衝撃性および作業性に注目してモールド材の改良を進めた。

4.2 特性試験と新モールド材

モールド製品の特性試験には特に規程もなく形状用途によりまちまちであるが、本ブレーキの使用を考えて衝撃試験および冷熱繰返し試験を行なってクラック発生の有無を調べた。

(a) 衝撃試験

傾斜衝撃試験機を用いて50G 3回、100G 3回の試験を行ないクラック発生の有無を確認した。

(b) 冷熱繰返し試験

加熱および冷却用に恒温そうを用いて図9に示すサイクルで試験した。10サイクル後クラック発生の有無を確認した。

表1は開発したモールド材およびその他のモールド材の試験結果の一部を示したものである。

5. MYブレーキ付モートルの一般仕様

表2は標準適用モートルにつけた場合の本ブレーキの一般仕様を示すものである。このほか、防塵(じん)形、屋外形および立形がシリーズ化されている。図10はブレーキ付モートルの外観である。

表1 モー ル ド 材

名称	一般アララルダイト	リポキシ F-900	シリコーンゴム	新モールド材
組 成	CY-205 石英粉末 硬化剤 可塑剤			CY-207 硬化剤 可塑剤 促進剤 充てん剤
結 果	離形時 クラック	引張り弱い コアとの接着力弱い	離形困難 コアとの接着力弱い	100G OK 冷熱 OK

表2 製 作 仕 様 表

構 造	出 力 (kW)		モ ー ト ル		ブ レ ー キ 形 式	静 止 最 大 制 動 ト ル ク (kg・m)	標 準 ト ル ク (モートル定格 トルク比)	制 動 ト ル ク 調 整 範 囲 (kg・m)	電 源	定 格
	4 極	6 極	形 式	わ く 番						
防 滴 形	0.75	0.4	EFOU-K	ZEFOY- 80	MCS ₁₄ -SY	0.77	150/180%	0.2～0.77	200/220V 50/60Hz	連 続
	1.5	0.75	"	" 90L	MCS ₁₇ -SY	2.3		1.0～2.3		
	2.2	1.5	"	" 100L	MCS ₂₂ -SY	3.8		2.6～3.8		
	3.7	2.1	EFOU-K	" 112M	MCS ₂₆ -SY	7.6		4.0～7.6		
	5.5	*3.7	EFOU-KK	" 132S	MCS ₃₂ -SY	15.4		8.0～15.4		
	7.5	5.5	"	" 132M						
	11.0	7.5	"	" 160M						
	15.0	11.0	EFOU-KK	ZEFOY-160L						
全 閉 外 扇 形	0.4	—	TFO-K	ZTFOY- 71	MCS ₁₄ -SY	0.77	150/180%	0.2～0.77	200/220V 50/60Hz	連 続
	0.75	0.4	"	" 80	MCS ₁₇ -SY	2.3		1.0～2.3		
	1.5	0.75	"	" 90L	MCS ₂₂ -SY	3.8		2.6～3.8		
	2.2	1.5	"	" 100L	MCS ₂₆ -SY	7.6		4.0～7.6		
	3.7	2.2	TFO-K	" 112M	MCS ₃₂ -SY	15.4		8.0～15.4		
	5.5	*3.7	TFO-KK	" 132S						
	7.5	5.5	"	" 132M						
	11.0	7.5	"	" 160M						
	15.0	11.0	TFO-KK	ZTFOY-160L						

注：*3.7kWは形式EFOU-K、TFO-K

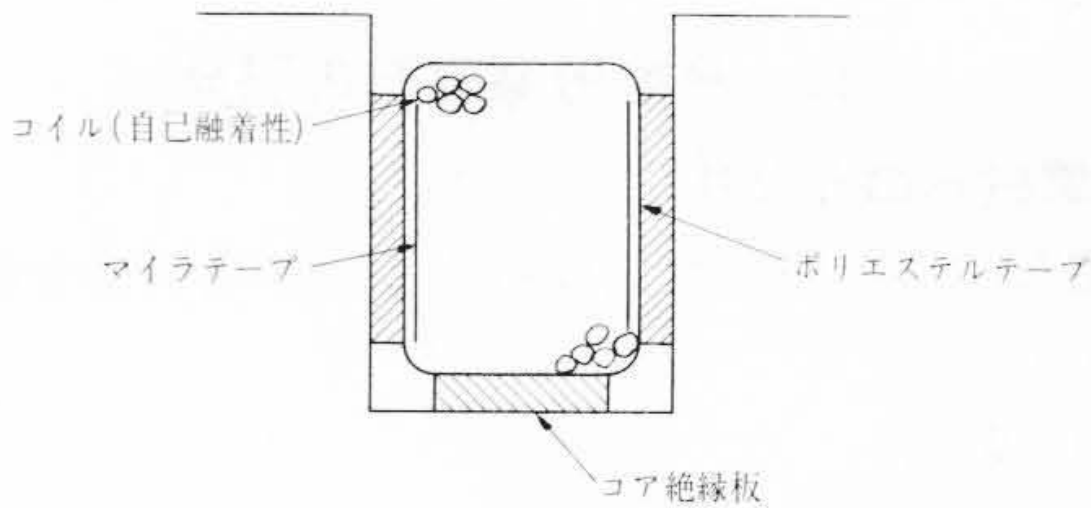


図6 コイル絶縁仕様

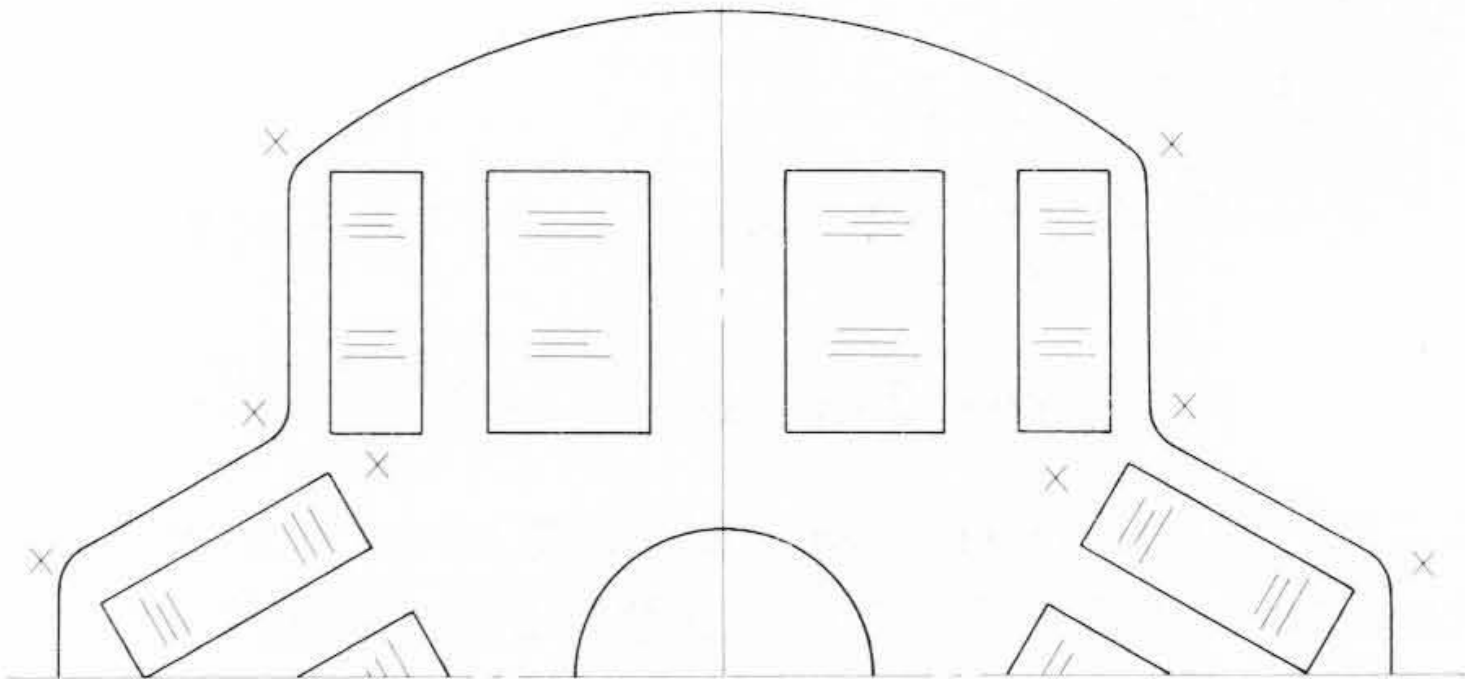


図7 電磁石モールド図

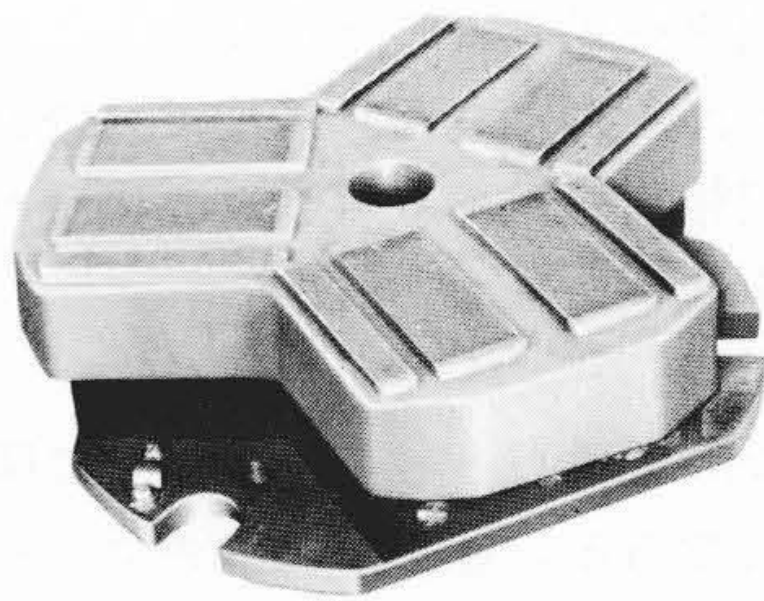


図8 モールド電磁石図

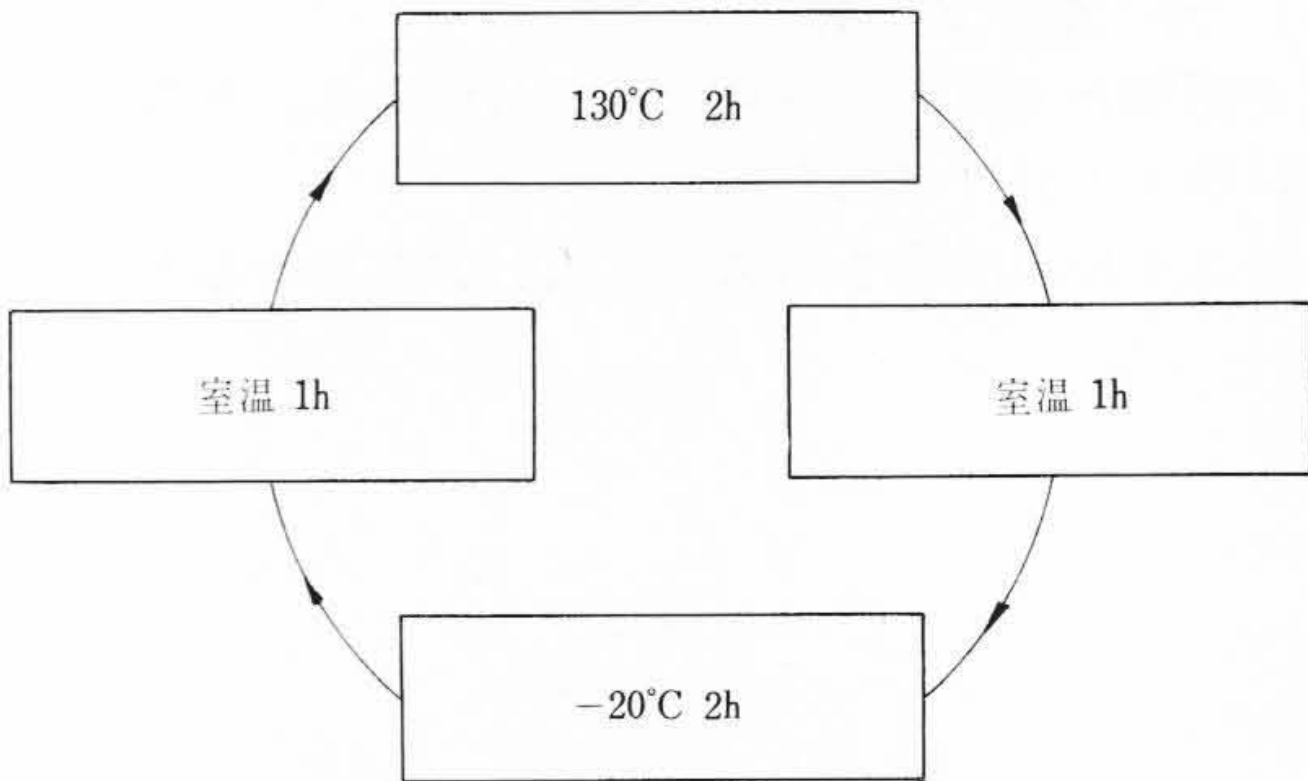


図9 冷熱試験

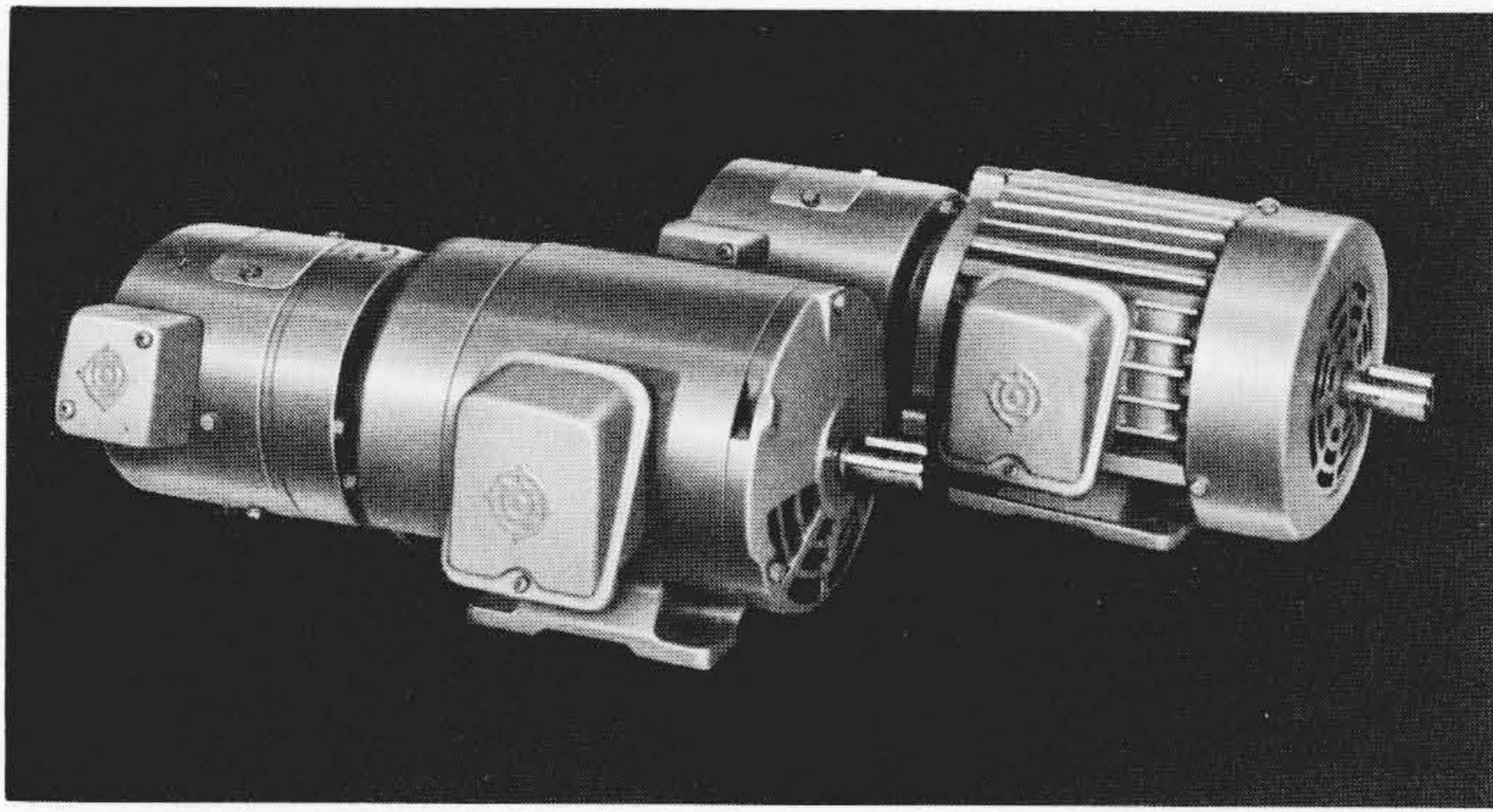


図10 MYブレーキ付モートル外観図

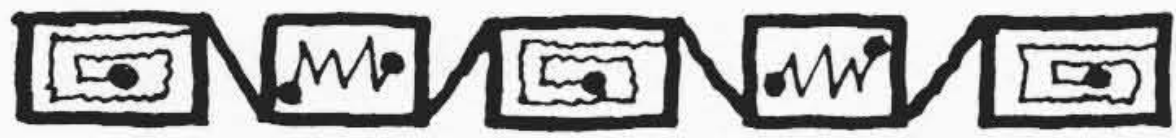
6. 結 言

以上、分割形電磁石の開発、新しいモールド材の開発および種類の機構的特長について述べた。本ブレーキの開発により簡単な構造で小形でしかもブレーキトルクの大きいシリーズを備えることができた。なお今後さらに製品の改良開発に努め、多種多様の需要に応じてゆきたい考えである。

終わりに本件について種々ご指導、ご協力いただいた日立製作所習志野工場の関係者各位に深謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 石黒, 坪島, 宮川: 交直マグネットの設計と応用(昭40年, オーム社)



特 許 の 紹 介



特 許 第 606117 号 (特 公 昭 43-7153 号)

金 子 克 弘・関 道 治・松 原 直

亜硫酸ガスの濃度検出方法

大気中または排ガス中の SO_2 濃度測定法として、従来は一般に試料気体を溶液中に吸収し、溶液のpH、電気伝導度、色などにより測定していたが、これらはいずれも操作が煩雑で装置も高価になるという欠点があった。

この発明は炭素系吸着剤の電気抵抗変化を利用して、きわめて容易に SO_2 濃度を測定するものである。

すなわち図1に示すように炭素系吸着剤1の両端に電気抵抗測定用電極2、2'を設け、試料ガス3を炭素系吸着剤1に接触させ吸着剤1の電気抵抗を測定する。このようにすると試料気体中に含まれる SO_2 は吸着剤1に吸着されて SO_3 になり、これに水分および気体中の O_2 が反応して H_2SO_4 を生成し、その結果、生成した H_2SO_4 が吸着剤1の抵抗の大きい部分の粒子間にはいつて吸着剤1の電気抵抗を低下させる。したがって、炭素系吸着剤1の電気抵抗の低下を測定すれば試料気体中の SO_2 濃度を測定することができる。

炭素系吸着剤の電気抵抗は、原料の種類のほか、製造条件によって種々な値をとるが、本発明は電気抵抗の異なる各種炭素系吸着剤を使用することができる。図2は製造条件の異なるヤシ殻活性炭に SO_2 10ppmを含む空気を流した場合の、活性炭の電気抵抗変化を測定したもので、吸着剤の電気抵抗が著しく異なっても、 SO_2 測定が可能であることを示している。

このように本発明はきわめて容易に SO_2 濃度を測定できるので、たとえば通常の空気清浄器に使用される活性炭フィルタの寿命を検知するなど、広い用途に応用することが可能である(森)。

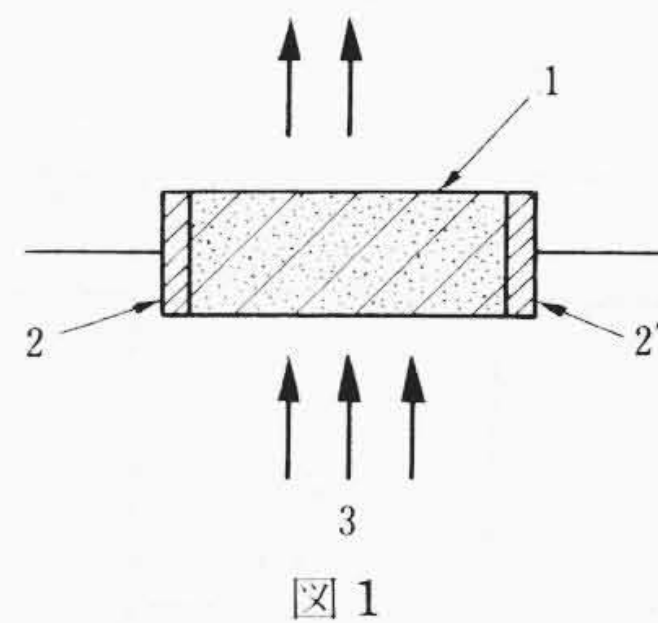


図1

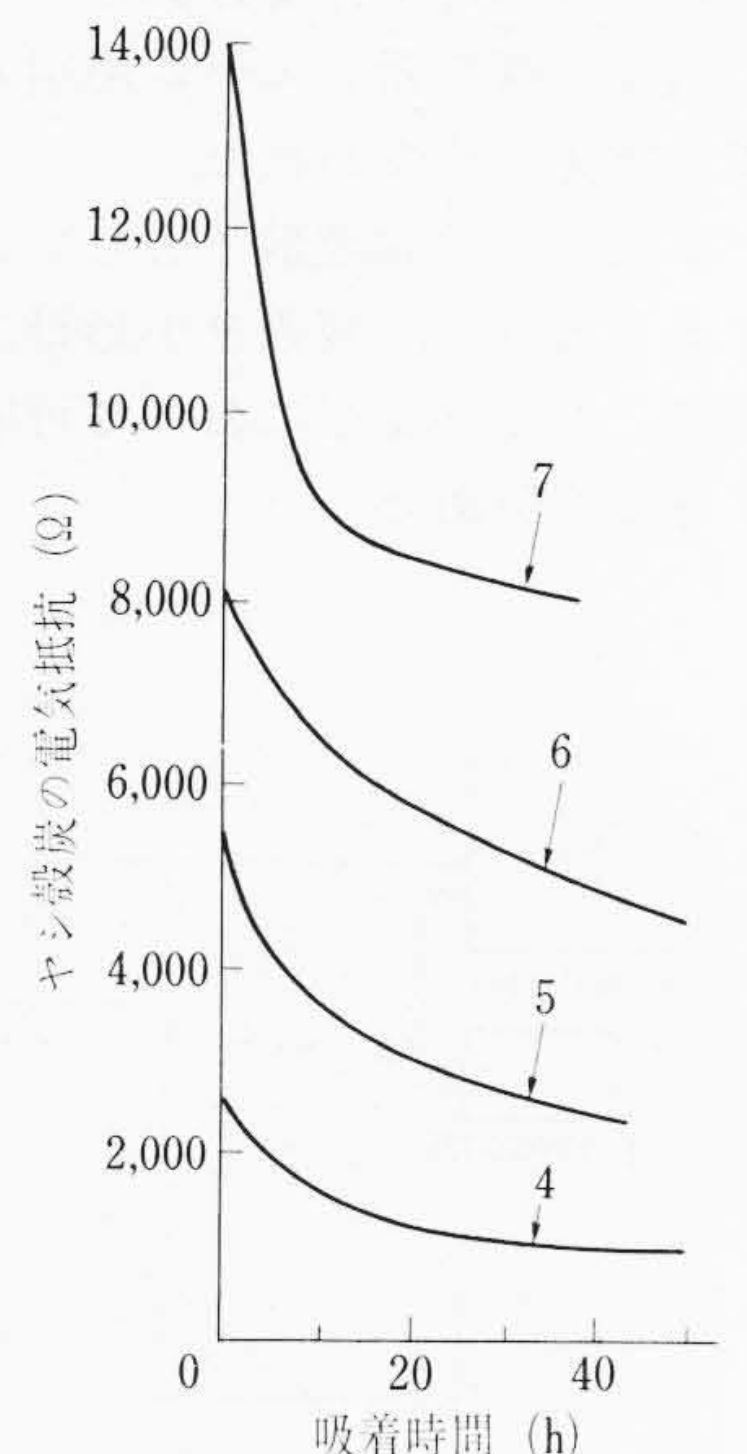


図2