

Ba フェライト磁石の応用

Applications of Ba Ferrite

小 柴 定 雄* 原 田 英 樹**
Sadao Koshiha Hideki Harada

内 容 梗 概

昭和34年春異方性 Ba フェライト磁石の量産が可能となり、以後従来より生産されている等方性 Ba フェライト磁石とともにその応用製品の開発を行ってきた。Ba フェライト磁石は H_c 1500 Oe 以上という特色ある磁性を示すので、扁平な磁石として応用できる。またパーミアンス係数の著しく小さい磁気回路に対しても有利な応用ができる。さらに比較的安価であるため家庭用電気品にも種々の面で新しい応用面がきざれつつある。

1. 緒 言

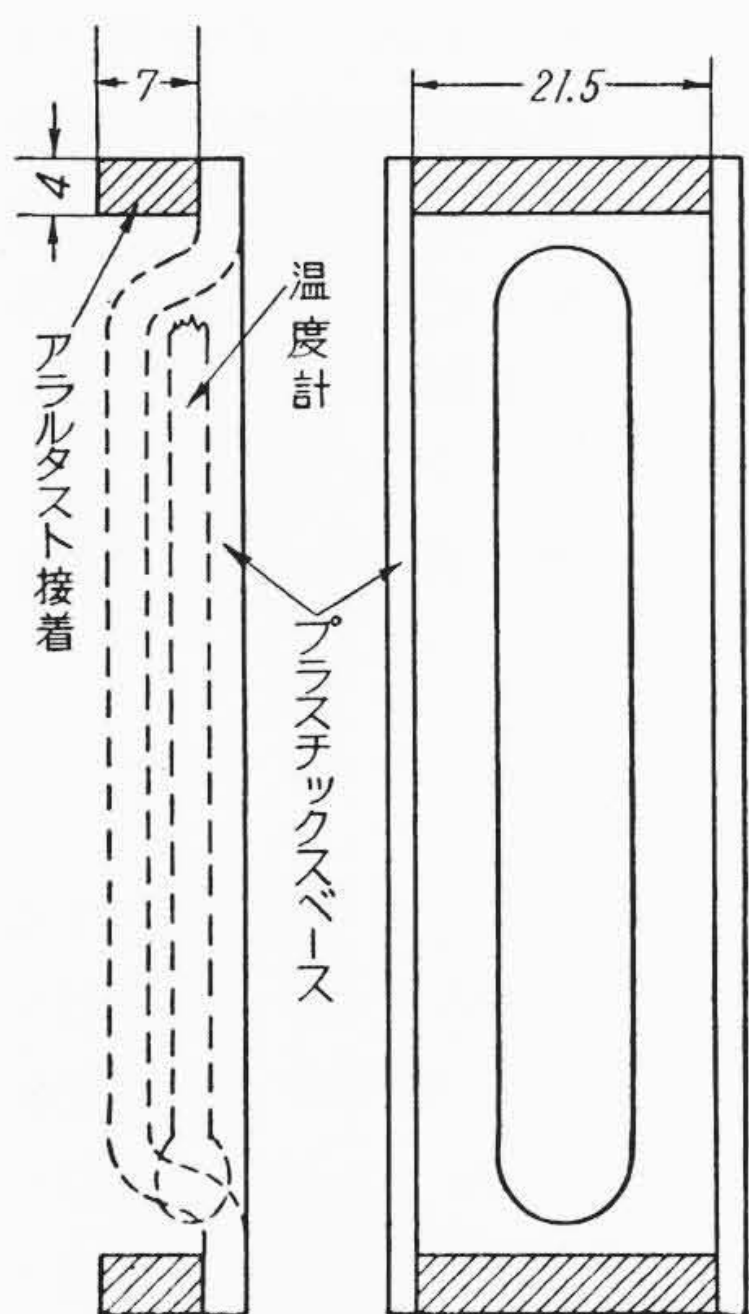
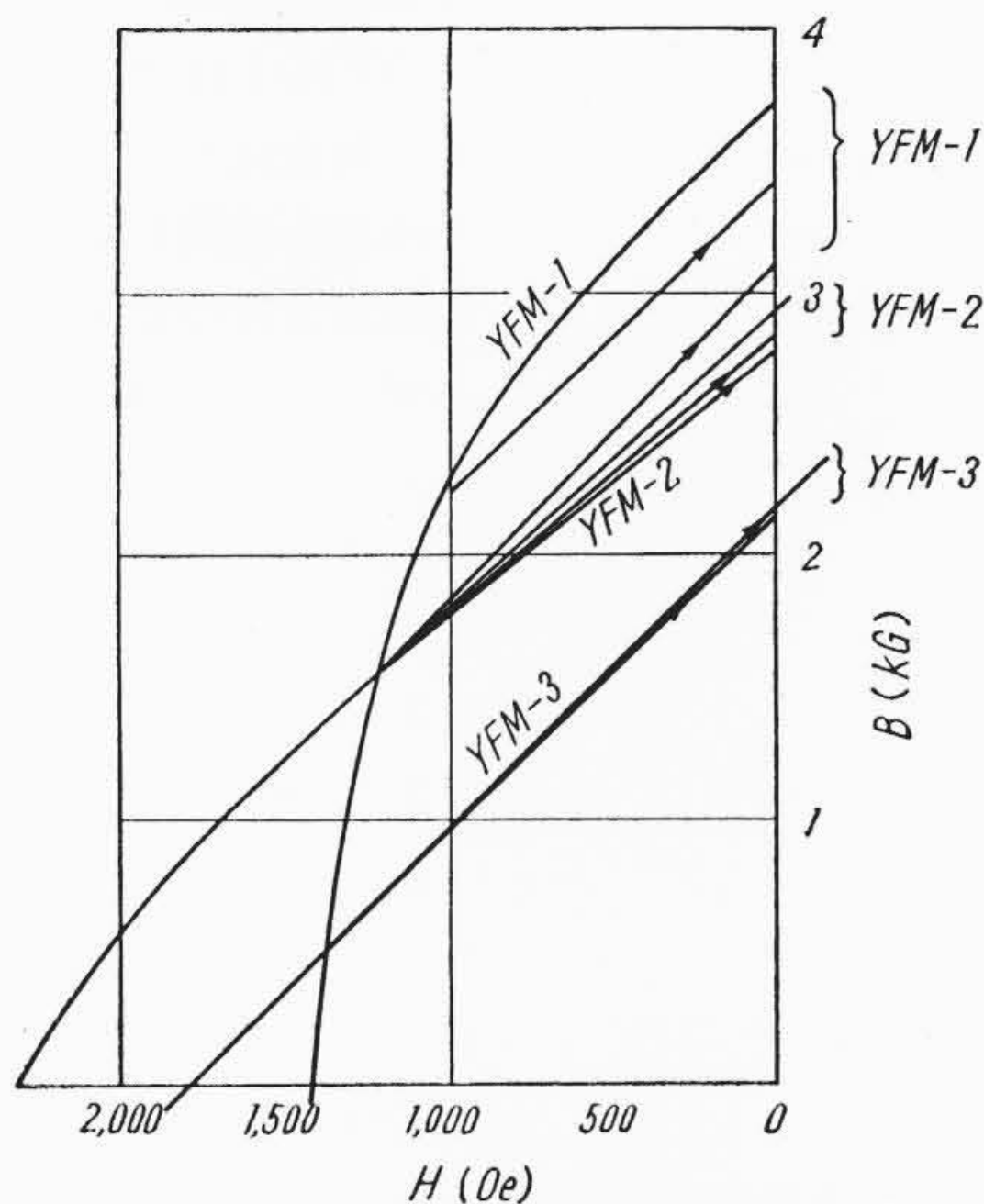
Ba フェライト磁石は原料が比較的安価なこと、 H_c 1,500 Oe 以上という特色ある磁性をもつこと、粉末冶金で製作されることなどの諸点から、数年来各社で強力に研究が進められている。とくに最近では異方性磁石の製造研究に主力がそそがれている。日立金属工業株式会社安来工場においては特殊な成分と、特に量産にむいた異方性磁石成形方法を考案し、その量産につとめている。この研究の基礎研究と得られた特性については昭和35年8月本誌に報告⁽¹⁾したが、今回はさらに数種の応用製品に関し詳述し、新製品の特色ある性能を諸賢の参考に供したい。

2. Ba フェライト磁石の応用製品

2.1 温度計、記録紙など保持用磁石

2.1.1 概 説

ほかの磁石に比較して小さいものも安価に製造できる Ba フェライト磁石は、従来高価なため利用されていなかった。鉄板に測定器具、家庭用品、事務用品などを保持する画鋲や文鎮の代りに用いられる。Ba フェライト磁石の画鋲は紙に穴があかず、文鎮も小さいわりに強力なものができ、便利な用途がひらけたといえよう。一例として冷蔵庫に温度計を固定せしめる磁石 (21.5×7×4) およびスチール黒板の画鋲用磁石 (20φ×5 t ほか) の特性を示

第1図 冷蔵庫温度計
固定用磁石取付方法

注： マイナーループは $H = -1,000$ Oe および $H = -1,200$ Oe より反転せしめて表示す。

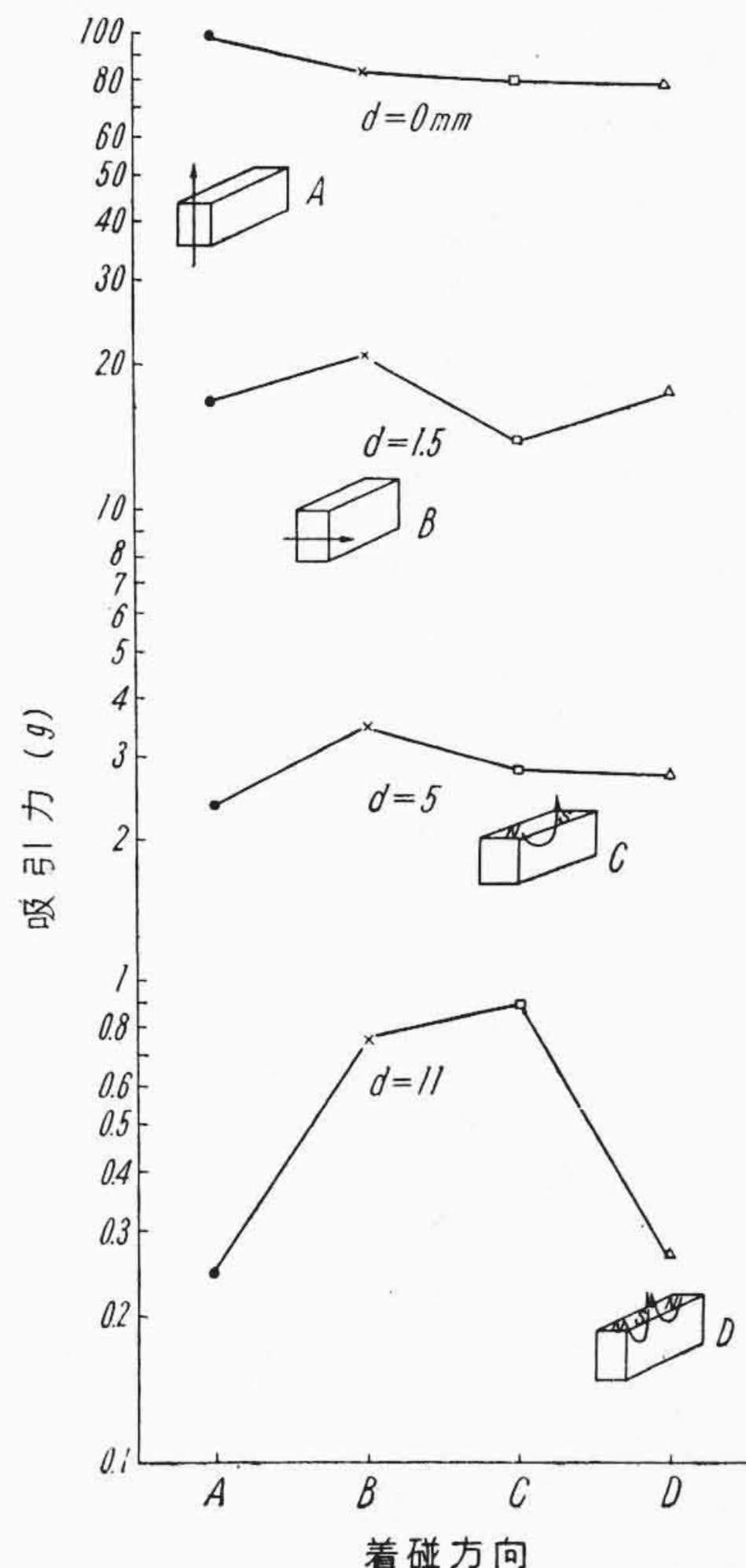
第2図 Ba フェライト磁石の減磁曲線

す。磁石の形状および取付方法を第1図に示す。

2.1.2 吸引力特性

この種の用途には第2図に示すとおり、減磁曲線が直線で、マイナーループがその減磁曲線にほぼそって変化する YFM-3 または YFM-2 が推奨される。鉄板への着脱によって作動点が変わしても着磁したままの磁束を示し、かつ H_c が高いので外部磁界に対しても抵抗高く、さらに作動点がずっとねた状態、たとえば紙を多量にはさんだ場合でも強い吸引力を示す。また吸引力特性は磁石の着磁方法によっても著しく変化する。着磁方法の良否は、材質の良否と同じく研究成果とアイデアの生かされる点である。

第3図に冷蔵庫温度計用 21.5×7×4 mm 磁石の着磁方法による吸引力の変化を示す。Aのように、7 mm 方向に着磁すると鉄板に密着した場合、もっとも強い吸引力を示すが、吸引板との距離が大きくなると急激にわるくなり、11 mm はなれた所ではもっとも悪い。しかるに C のように 4×21.5 mm の面に N, S 極がでるようにすると、鉄板より11 mm はなれた所ではもっとも強い吸引

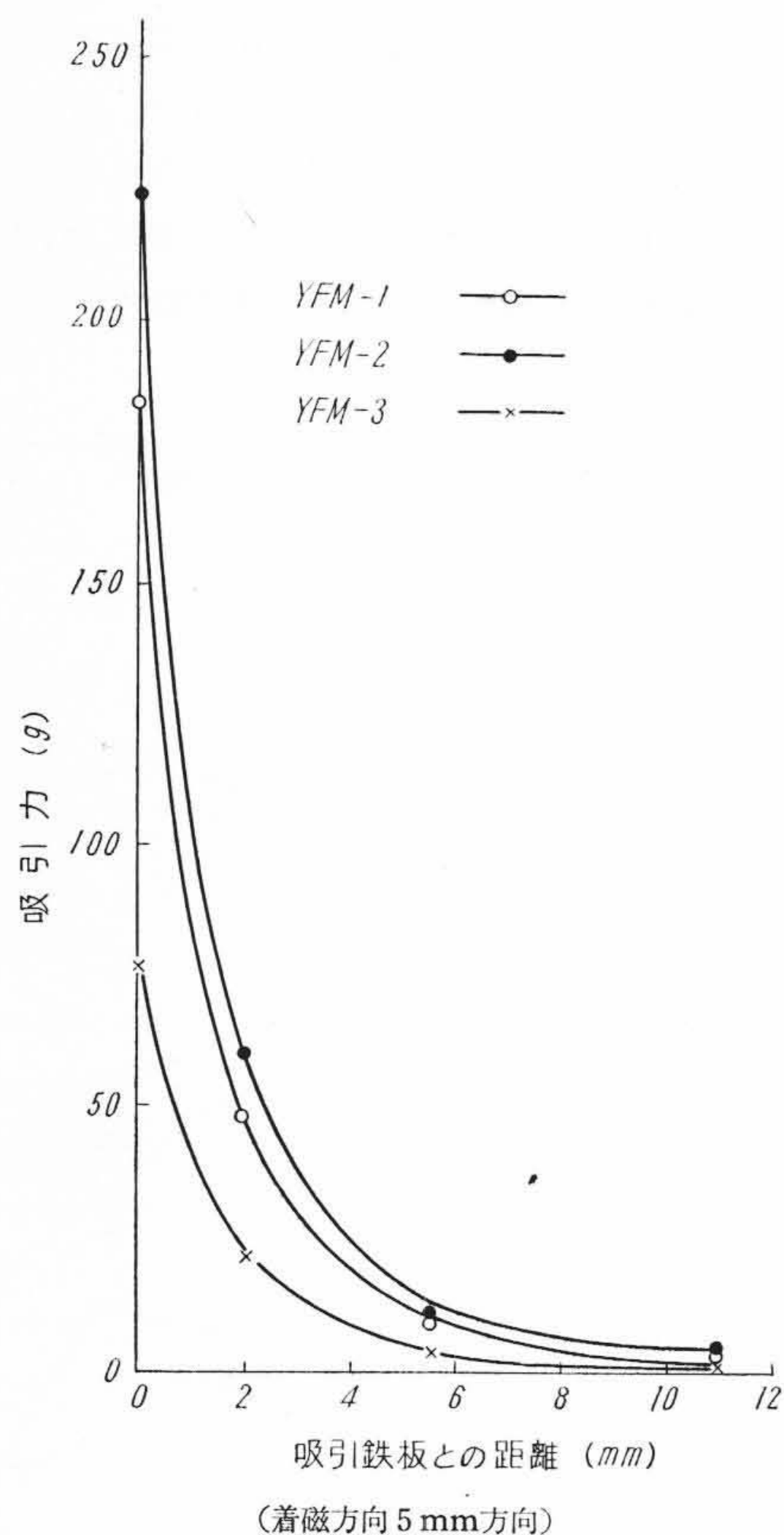
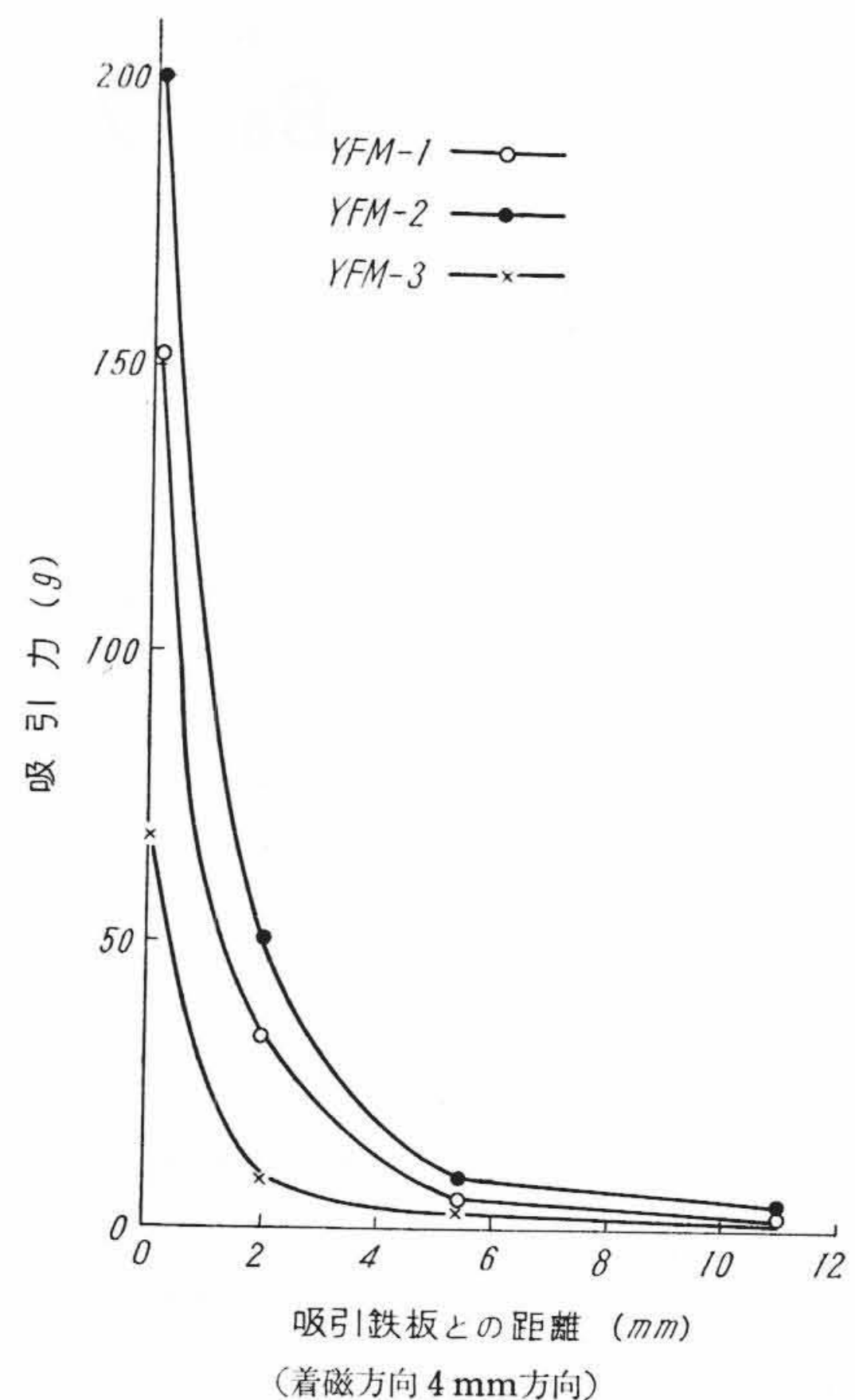
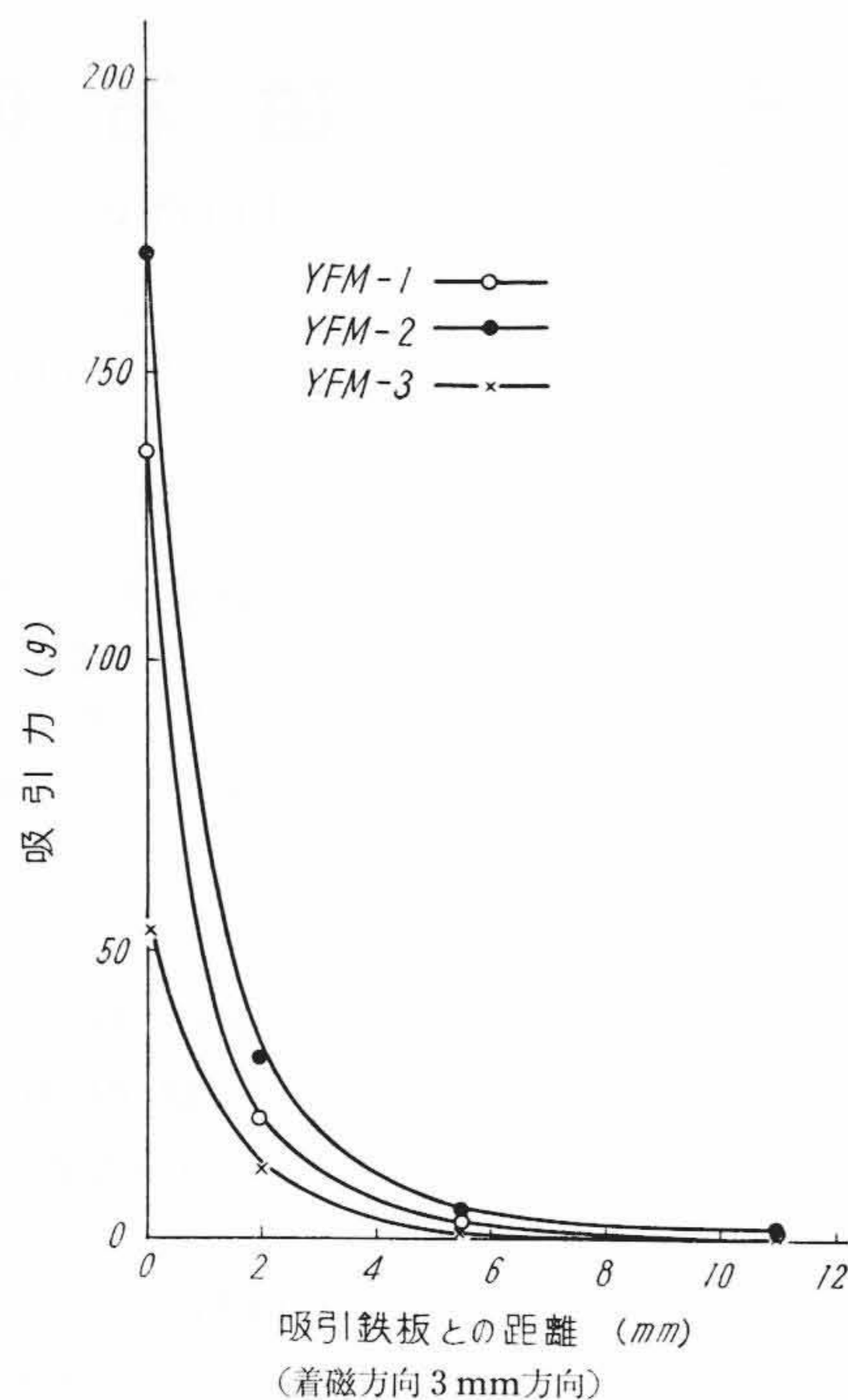
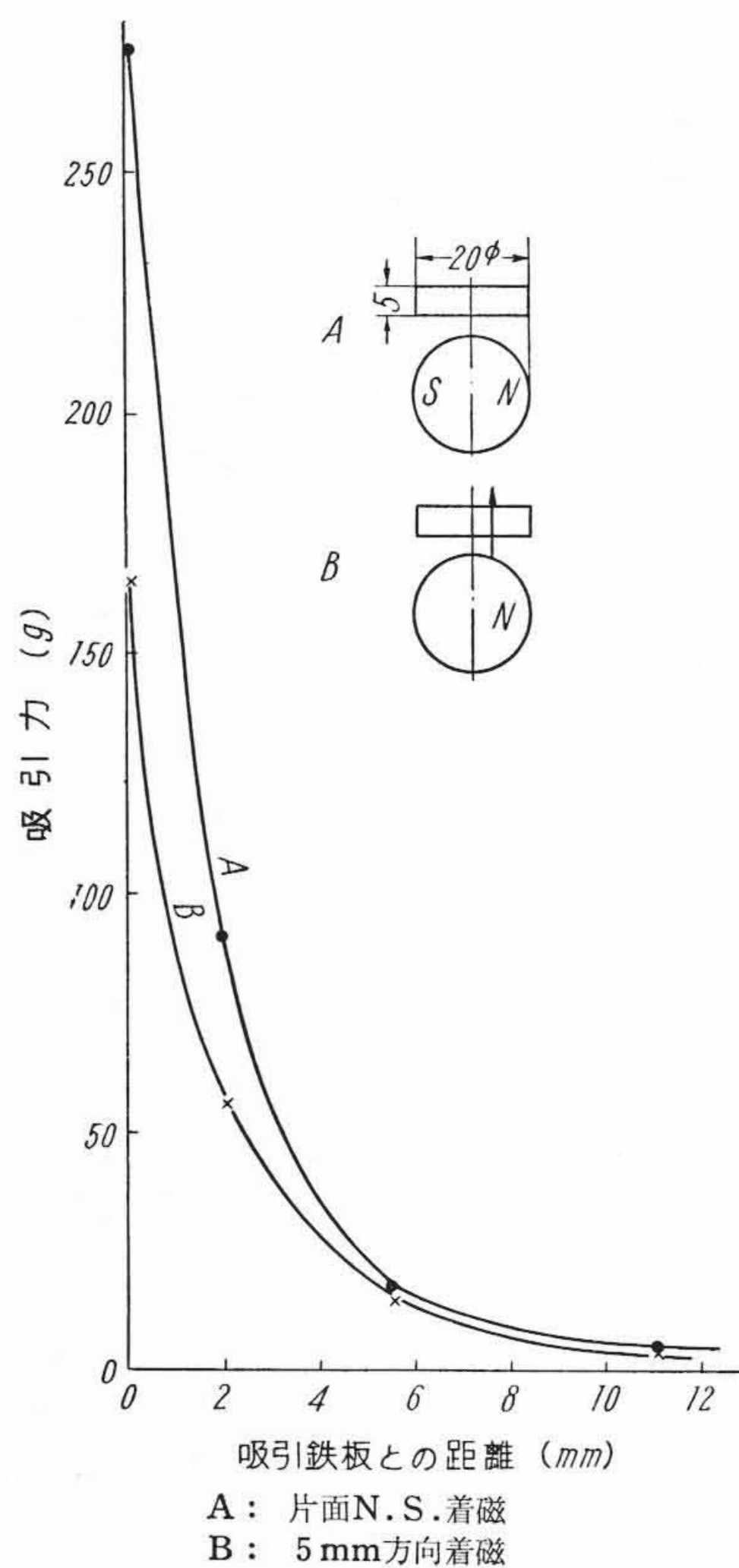


d : 吸引用鉄板と磁極面間距離 (mm)

第3図 冷蔵庫温度計用 21.5×7×4 mm
磁石着磁方法による吸引力の変化

* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

** 日立金属工業株式会社安来工場



力を示す。また数mmはなれた所ではBのように4 mm 方向に着磁するのがもっともよい。いま吸引力試験として5.15mmはなれて0.85 mg の純鉄板を吸引するかどうかで選別すると第1表に示すような結果となり、あきらかにB方向着磁が有利である。

スチール黑板用磁石としてYFM-3の20φ×5 t の吸引力特性を

第 1 表 21.5×7×4 mm 着磁方向による磁束の差

4 mm 方向着磁 (第 3 図B)			7 mm 方向着磁 (第 3 図A)		
吸引力試験	個 数	磁 束*	吸引力試験	個 数	磁 束
合 格	49	1,275	合 格	33	991
仮 採 用	—	1,203	仮 採 用	12	997
不 合 格	—	1,150	不 合 格	4	965
計 (平均)	49	1,270	計 (平均)	49	991

* 磁束の単位はマックスウェル

第 4 図に示す。このような円筒状で高さの低い磁石は、特に片面に N. S 極ができるように着磁するのが有利である。

YFM-1, YFM-2 および YFM-3 にて製作した 13mmφ の試料で厚さをかえたものの吸引力特性を第 5～7 図に示す。この種の用途でもっとも強力なものは異方性で Hc の高い YFM-2 であり等方性の YFM-3 の約 3 倍の吸引力を示す。異方性で Hc の小さい YFM-1 は YFM-3 の約 2 倍の吸引力を示すが、この材質の本来の用途はパーミアンス係数の大きい作動点であるから、十分その性能を発揮しないこの種用途には適しない。なお異方性磁石は結晶異方性の方向と磁力線の方向とを一致させるように着磁する必要があり、第 5～7 図の YFM-1 および YFM-2 は厚さ方向が異方性の方向であるため、着磁は厚さ方向に行い比較している。なおここに示した 9 種の磁石の作動点は第 3 表 および第 19 図に示してある。

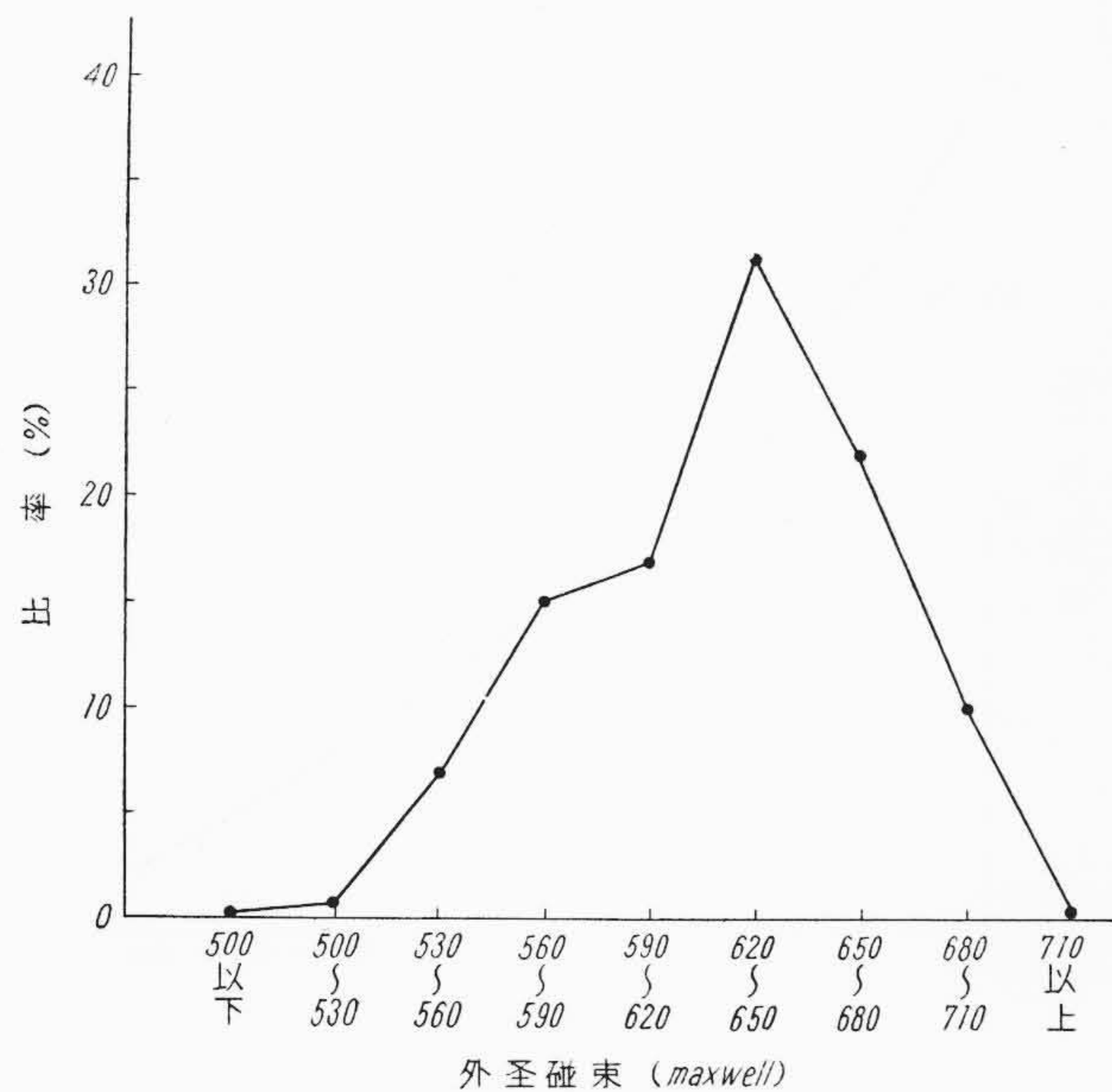
2.2 レシーバ用磁石

2.2.1 概 説

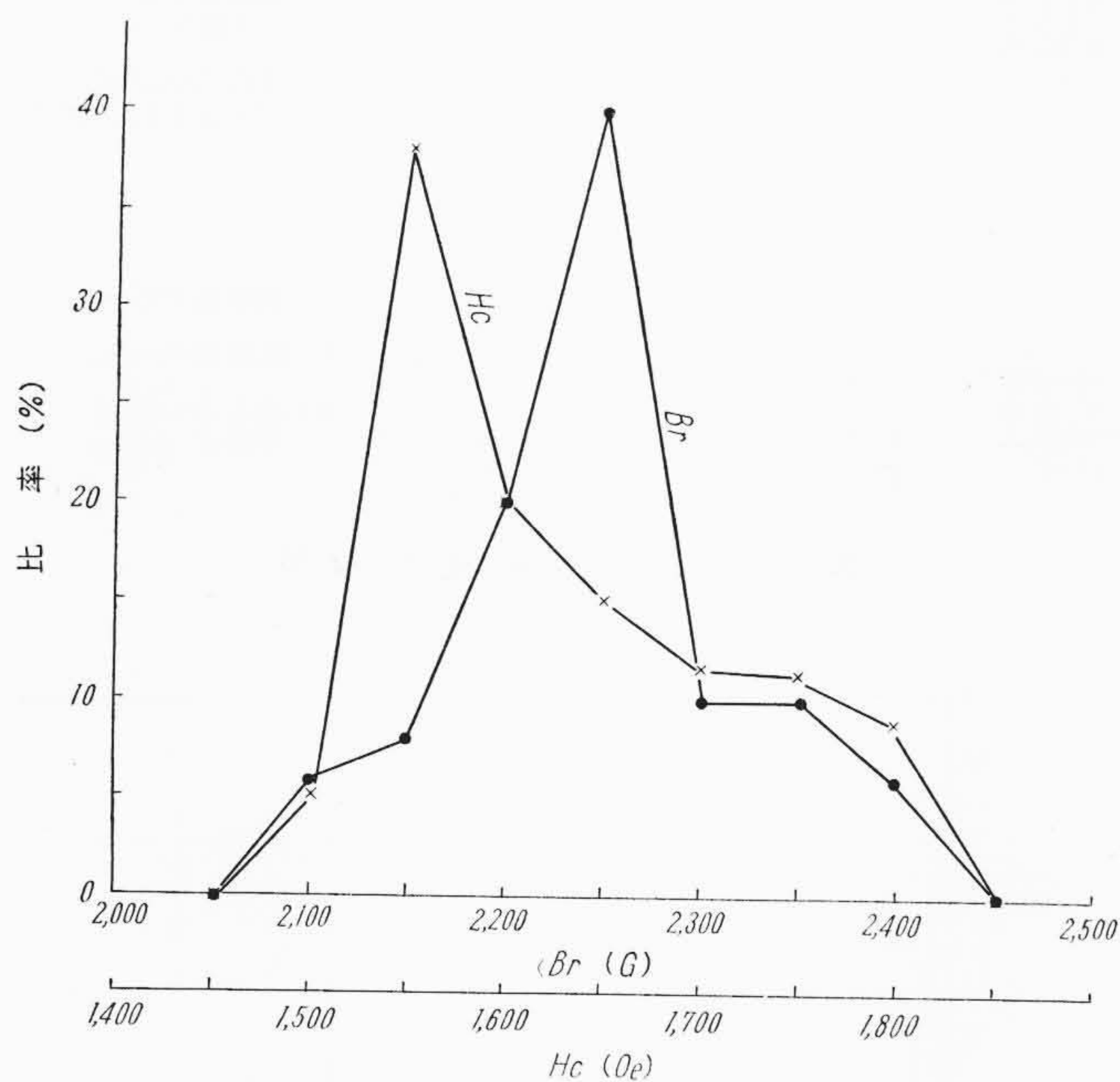
ポータブルラジオ、通信用そのほかにレシーバが使用されるが、その磁気回路は従来クリスタルまたは焼結アルニコ系磁石が用いられていた。しかし Ba フェライト磁石が小さいものも比較的安価なため、34 年下半期頃より全国的に Ba フェライト磁石への切替えが開始され、35 年 8 月現在、その需要量は 100 万個以上といわれている。磁石の構造は一般にリング状とし、内径に振動板を可動せしめるコイルを固定しているものが多い。

2.2.2 磁性および寸法のばらつき

レシーバ用磁石は内径が外径に比し大きく、かつ厚さも薄いも



第 8 図 レシーバ用磁石 $11.5\phi \times 7\phi \times 4t$ YFM-3 の外周全磁束の分布の一例



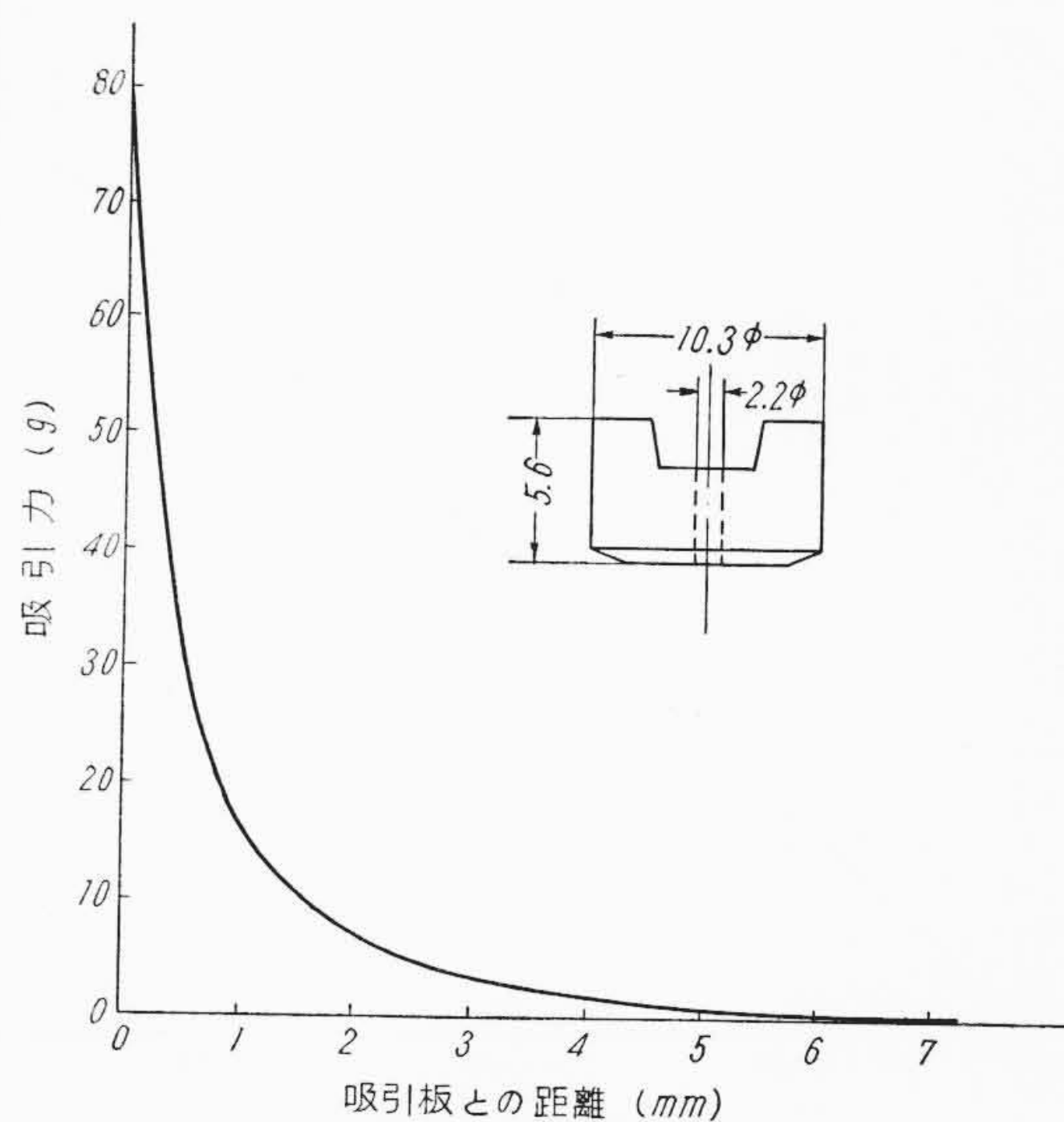
第 9 図 レシーバ用磁石 $11.5\phi \times 7\phi \times 4t$ YFM-3 の Br , Hc の分布の一例

のが多いので磁性および寸法のばらつきがほかの用途の円筒状または直方体のものより大きいのが普通である。しかし一般には寸法精度は成形加圧方向に $\pm 1 \sim 2\%$ 、直角方向に $\pm 0.5 \sim 1\%$ の許容量で生産される。磁性のばらつきは第 8~9 図に示すように $\pm 5 \sim 10\%$ 程度になっている。第 8 図の外周全磁束は真鍮製ホルダにサーチコイルをまき、着磁せる磁石の磁気中性点より引抜き測定せるもので、材質および寸法の変動を同時に含むのでばらつきは比較的大きい。第 9 図の Br および Hc の変動は材質そのものがばらつきを示すように、一つ一つ形状を測定し求められる。

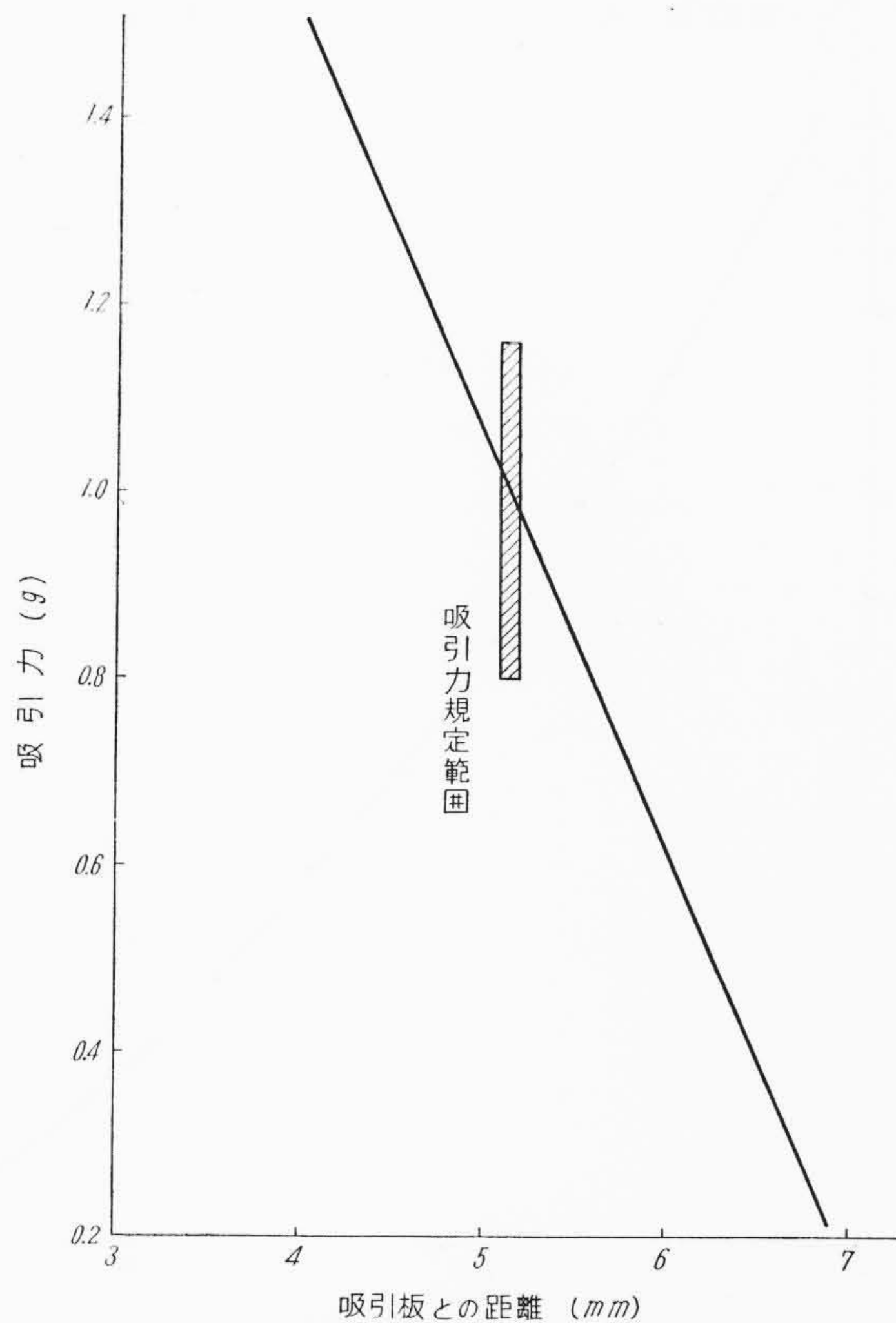
2.3 リレー用磁石

2.3.1 概 説

Ba フェライト磁石は吸引用鉄板、ヨーク、バネ、パイメタル、コ



第 10 図 過電流防止リレー用磁石の吸引力特性

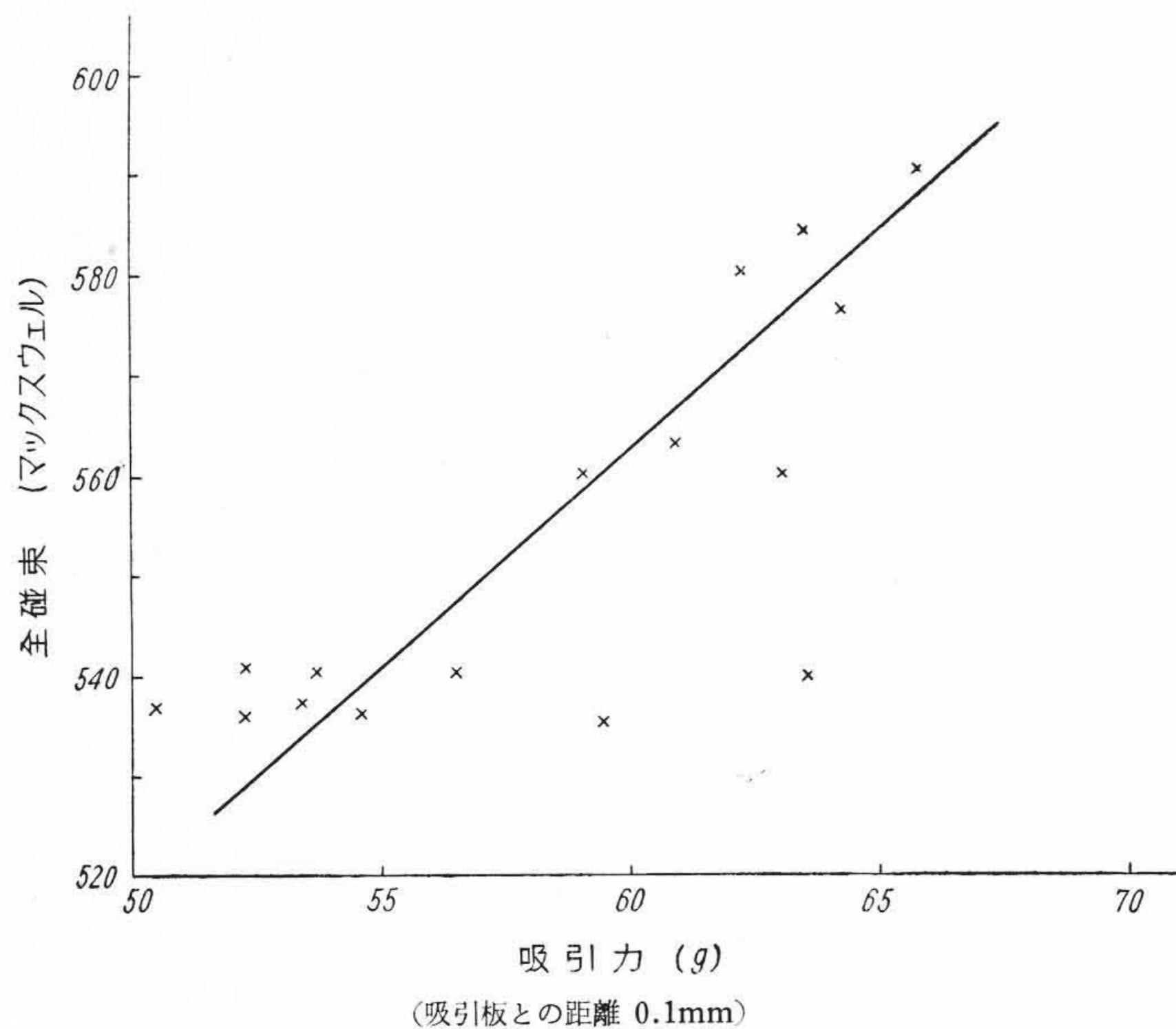


第 11 図 過電流防止リレー用磁石の吸引力特性、5 mm 付近の拡大図

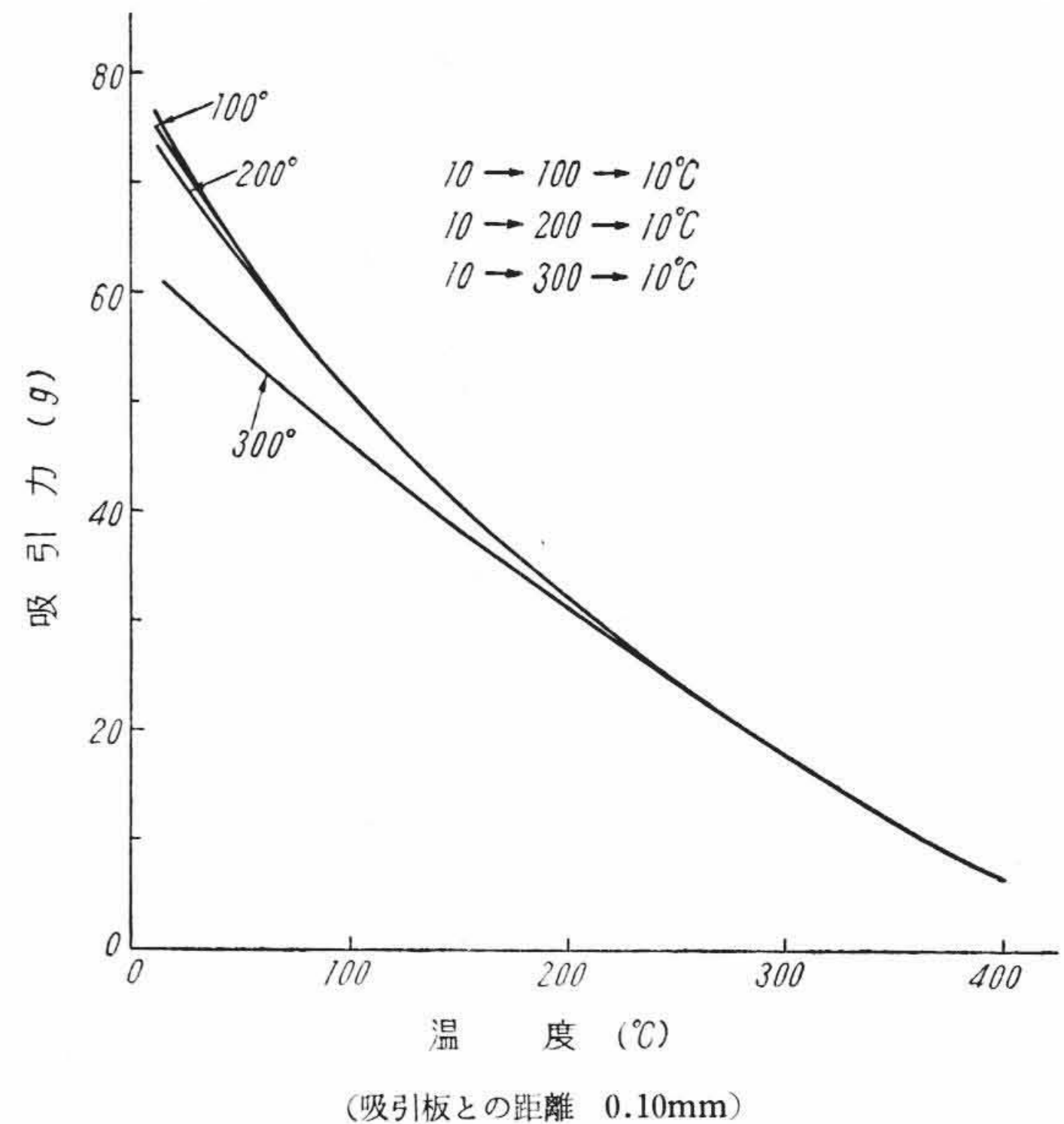
イルなどと組合わせて、有極リレー、過電流防止用リレー、マイクロリレーなどに応用されている。これらの用途に対して Ba フェライト磁石は、磁気回路の一部として、あるいは吸引力を利用したクラッチとして、また接点アークの消弧用として利用されている。今回は特にモータ過電流防止用リレーに利用されている YFM-3 $10.3\phi \times 2.2\phi \times 5.6t$ について述べる。

2.3.2 吸引力特性

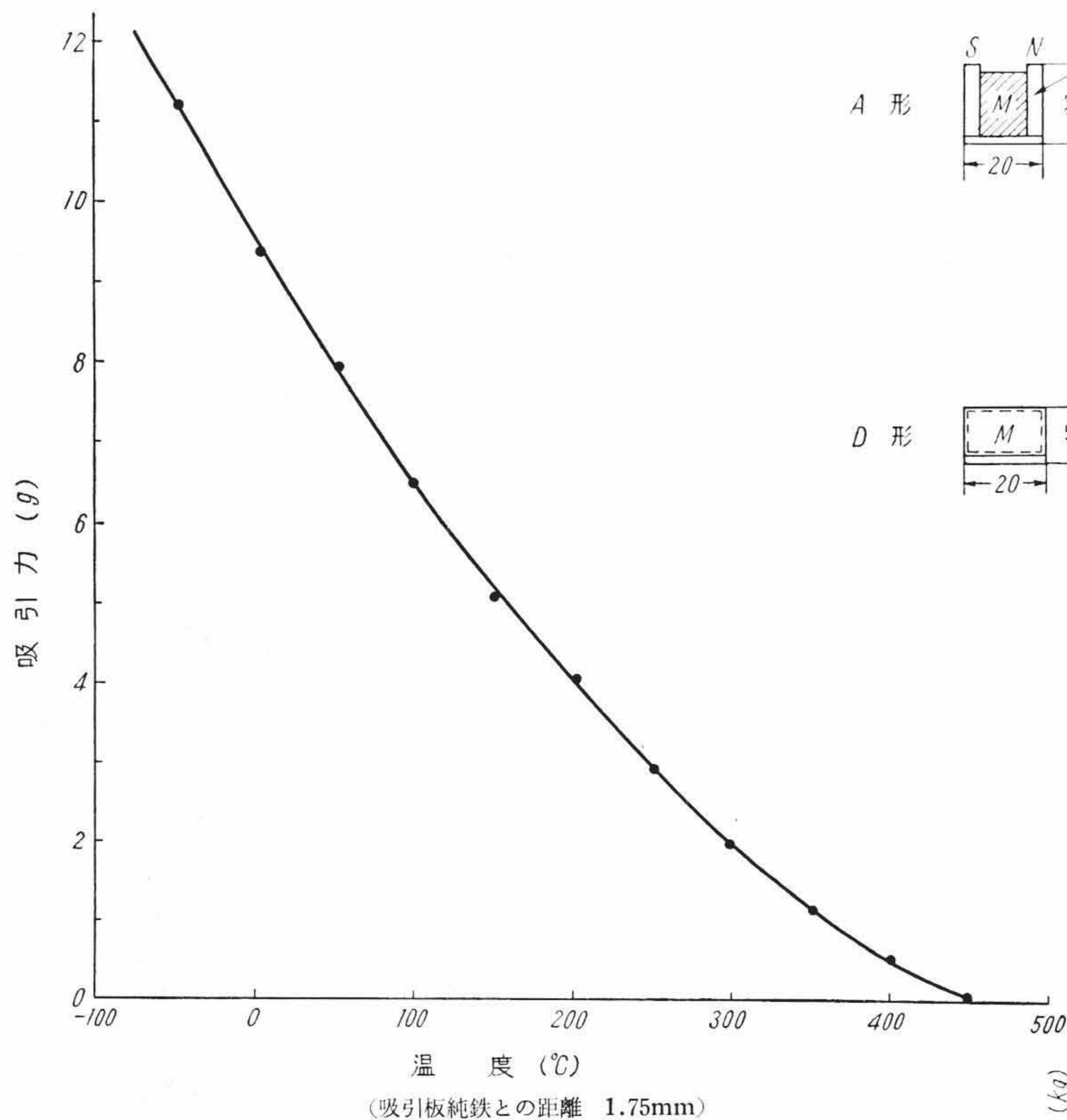
鉄板を吸引する力は第 10 図に示すとおり、鉄板との距離のほぼ 3 乗に反比例し減少する。この特性は極面積の大きいスチール黑板に用いる磁石の特性より顕著な三次曲線を示している。特に 5 mm 付近を拡大すると第 11 図に示すとおり、ほぼ直線となり、吸引力検査が可能となる。規定吸引力は図中に示したとおり 5.15 ± 0.05 mm はなれて 0.8~1.15 g である。



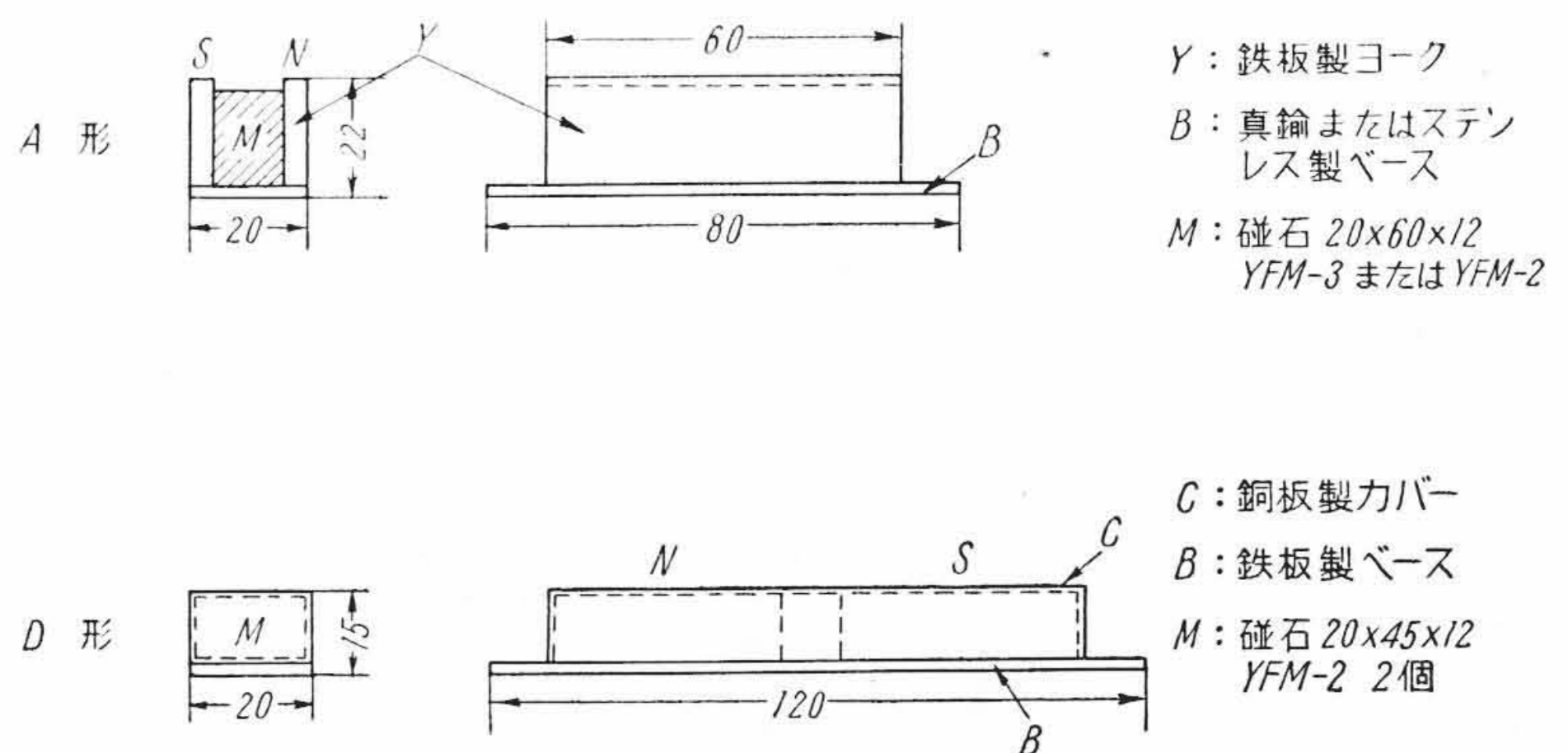
第12図 吸引力と全磁束の関係



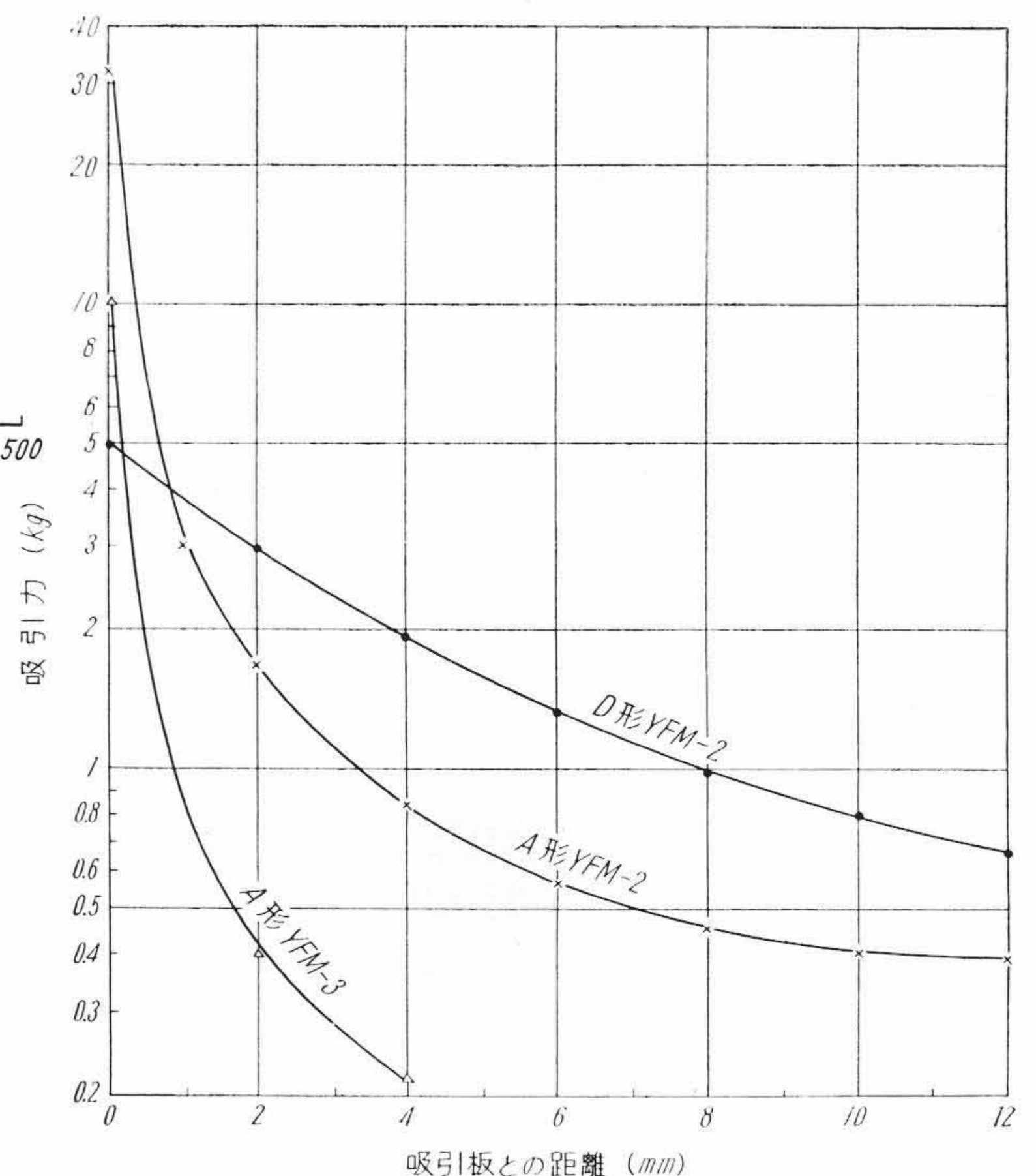
第14図 繰り返し加熱による吸引力の変化



第13図 過電流防止リレー用磁石の吸引力の温度特性



第15図 ドア用組磁石略図



第16図 ドア用組磁石の吸引力特性

吸引力と全磁束の関係を第12図に示す。磁束は極面と反対方向にも1～2割リークされており、その磁束は吸引力に有効には働かないが、吸引力と全磁束の関係は良好である。

吸引力の温度による変化を第13図に示す。吸引力は低い温度ほど高く、温度の上昇とともに低下し、450°Cで0となる。50°C付近の温度係数は0.295%/°Cである。

繰り返し加熱による吸引力の変化を第14図に示す。10～100°C間ではほとんど変化はみられないが、200°Cで約0.4%、300°Cで約20%の低下を示す。

2.4 ドア用組磁石

2.4.1 概 説

冷蔵庫、家具、配電盤などかぎを必要としないドアに組磁石を用

いれば、吸引力による密閉が可能となる。このうち、特色ある2種について構造および吸引特性を示す。

第3表 Ba フェライト 磁石 の パーミアンス係数と磁束

No.	形 状	着磁方向	寸 法 比	パーミアンス係数	Bd (G)	S (cm ²)	Φ (マックスウエル)	選別磁束 (マックスウエル)	図示せる種別
A	$\pm 0.3 \pm 0.3 \pm 0.3$ 21.5×7×4	4	X/Y=1.75 Z/Y=5.38	0.7	680~780	1.42~1.59	966~1,240	1,000	YFM-3
B	$\pm 0.3 \pm 0.3 \pm 0.3$ 21.5×7×4	7	X/Y=0.57 Z/Y=3.15	2.15	1,220~1,400	0.78~0.94	956~1,312	950	YFM-3
C	$\pm 0.3 \pm 0.3 \pm 0.3$ 21.5×7×4	4×21.5上 N.S	$l/D=0.65$	2.2	1,240~1,420	0.3~0.36	369~510	—	YFM-3
D	$\pm 0.2 \pm 0.2 \pm 0.05$ 23×14×6	6	X/Y=3.83 Z/Y=2.34	0.6	880~1,020	3.14~3.29	2,760~3,360	2,750	YFM-2
E	13φ×3 t	3	$l/D=0.23$	0.5	YFM-1 650 YFM-2 800 YFM-4 550	1.33	YFM-1 865 YFM-2 1,060 YFM-3 730	—	YFM-1,2,3
F	13φ×5 t	5	$l/D=0.37$	1.0	YFM-1 1,250 YFM-2 1,350 YFM-3 900	1.33	YFM-1 1,660 YFM-2 1,800 YFM-3 1,200	—	YFM-1,2,3

第2表 スピーカ用フェライト磁石標準形状

YM-1 (Alnico 5)	YFM-1	必要最低磁束 (マックスウエル)
ϕ t 25×20	ϕ ϕ 66×32×7	19,500
25×15	62×30×7	17,500
20×15	50×24×7	16,500
—	45×18×7	14,500
18×13	36×16.5×5	11,000
13.5×11	30×15.5×5	9,000

ボール径 13.49φ 高さ 5.3mm ギャップ 0.75mm

2.4.2 構造および吸引力特性

ドア用組磁石の概略構造を第15図に示す。またその吸引力特性を第16図に示す。A形は密着時の吸引力はYFM-3で10kg, YFM-2で30kgに近く、人力で容易にはなせないが、吸引板との間にわずかなギャップをおくと、吸引力は急激に低下し、1mmでYFMは0.7kg, YFM-2は3kgとなる。D形は広い磁極面を遠くはなしたもので、密着時の吸引力はわずか5kg以下で人の力で開閉するに適当な強さである。また1mmで4kg, 10mmはなれても0.8kgの吸引力を示す。冷蔵庫などの戸開の自動密閉に好都合と考えられる。

2.5 スピーカ用磁石

2.5.1 概 説

磁石材の需要の1/3はスピーカといわれているが、電装品用磁石と同じように、各社でBaフェライト磁石を用いた製品が検討されつつある。

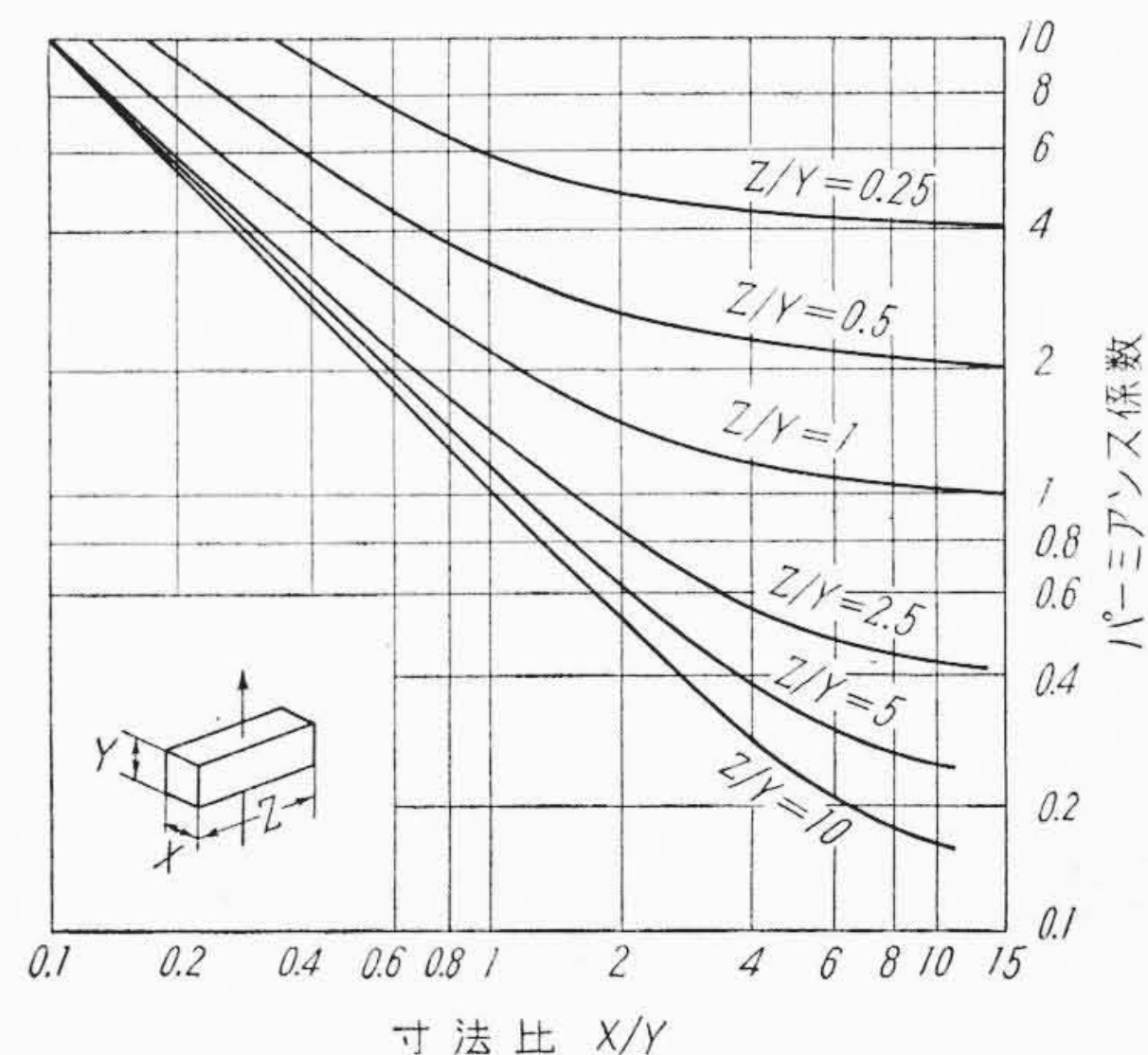
磁石は異方性でしかもエネルギー積の大きいYFM-1を必要とし、 $(BH)_{\max}$ を 3.0×10^6 以上程度を目標とする最高級品をあてている。

2.5.2 標準形状と磁性

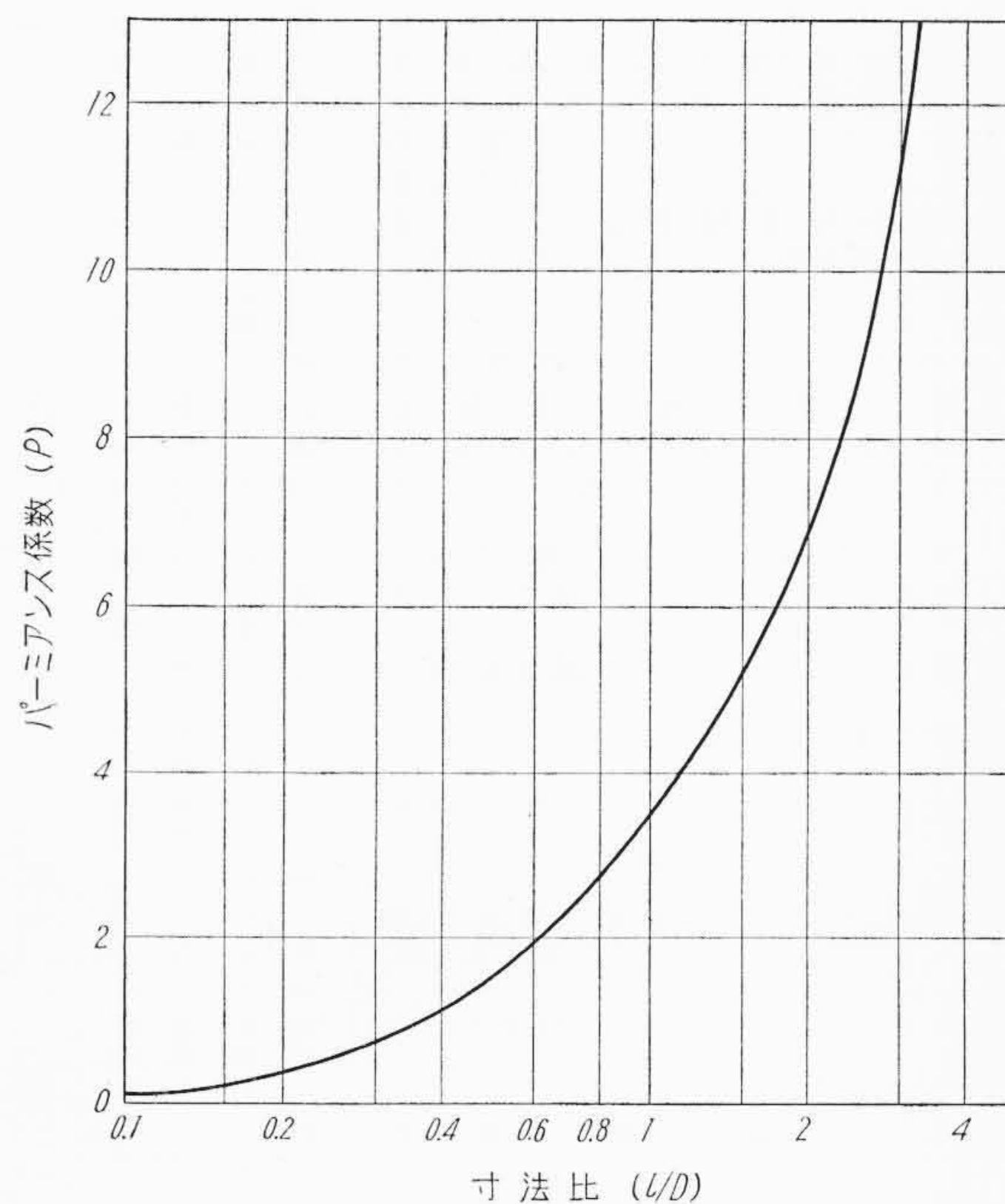
鋳造磁石を用いた従来のスピーカが必要とした磁束が得られるBaフェライト磁石の形状を種々検討し、第2表に示す標準形状が決定された。この方面の需要のいっそうの発展が期待される。

3. 磁力検査方式

磁石の磁気特性は閉磁路ヨークにより減磁曲線を求め、Br, Hc, $BH(\max)$ の測定を行うのが普通であるが、測定に多くの時間を必要とするために減磁曲線は研究用、抜取り検査または標準磁束決定のために測定する。量産品には需要家と協定せるヨーク、または可変しうるギャップをもつヨーク（磁束比較計）を付けるか、単体でその磁束を検討する。Baフェライト磁石の大半の用途は単体で用いられることが多く、またたとえヨークを用いて使われるとしてもHcが非常に大きいので、磁石単体の開放磁束で磁力を規格化することが可能となる。前項で記述した冷蔵庫用温度計固定磁石YFM-3 21.5

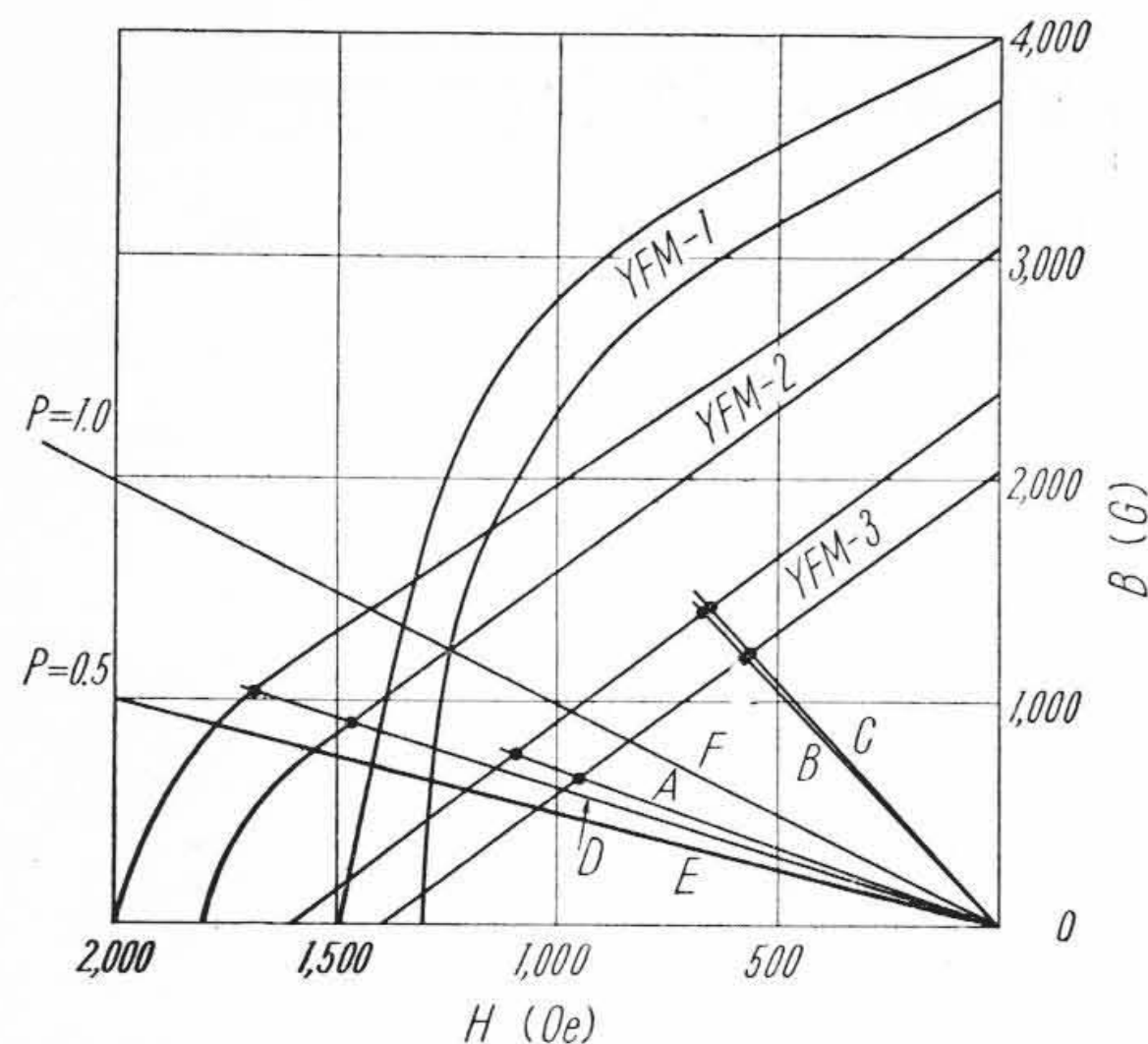


第17図 特に短かい角形磁石の寸法比とパーミアンス係数



第18図 特に短かい丸棒磁石のパーミアンス係数

×7×4mmの着磁による作動点と開放磁束の変化、およびYFM-2 23×14×6mmの作動点と開放磁束を第3表に示す。パーミアンス係数B/Hは直方体磁石の場合、第17図⁽²⁾を、円筒状磁石の場合を第18図⁽³⁾に示す。この図より得られたパーミアンス係数を第19図に作図し、減磁曲線下限の交点Ba₁と上限の交点Ba₂とを求め、寸法公差より定まる断面積の上限および下限を算出して、 $\Phi = Ba \times S$ を求めた。この理論計算値を参考とし、需要家と協議して製品の選



A: YFM-3 21.5×7×4 (4) B: YFM-3 21.5×7×4 (7)
 C: YFM-3 21.5×7×4 (4×21.5) D: YFM-2 23×14×6 (6)
 E: 13φ×3t p=0.5 (3) F: 13φ×5t p=1.0 (5)
 () 内は着磁方向

第 19 図 Ba フェライト磁石の減磁曲線と作動点

別磁束が決定される。なお寸法比の連続的に変化したスチール黒板用磁石13.0φ×3, 4, 5tの作動点および開放磁束も併記した。

4. 結 言

- (1) Ba フェライト磁石は Hc 1,500 Oe以上という特色ある磁性を示し粉末冶金の方法で、比較的安価に製造されるため、多くの新しい応用面をきずいた。
- (2) その用途として家庭用品、事務用品、レシーバ、スピーカ、そのほかの弱電用品が考えられ、着々実用化されている。
- (3) 特に寸法比の小さい磁石のパーミアンス係数を示し磁石作動点の設計例を示して、計算に便ならしめた。

参 考 文 献

- (1) 小柴, 原田: 日立評論 42, No. 8 907 (昭 35-8)
- (2) 三島: 最近の磁石とその応用 (昭 33-10, アグネ社)
- (3) 武井: フェライトの理論と応用 (昭 35-2, 丸善)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の実用新案

実用新案	名 称	氏 名	登録年月日	実用新案	名 称	氏 名	登録年月日
514235	直 流 機 電 機 子 線 輪	菅 野 政 雄	35. 6. 17	514260	絶縁抵抗および導体抵抗計用切替スイッチ	矢 内 博	35. 6. 17
514238	電 動 機 の 界 磁 制 御 装 置	宅 間 豊	"	514263	電 動 ポ ン プ	大 津 卓 郎	"
514239	電 動 機 の 界 磁 制 御 装 置	宅 間 豊	"	514266	真 空 バ ル ブ	菊 地 嘉 夫	"
514245	押 ボ タ ン 開 閉 器	角 田 勝 美	"	514758	防 振 形 電 動 機 の 接 地 装 置	萩 野 谷 忠 昭	"
514253	レオナード方式における電流制限装置	吉 岡 孝 幸	"	514760	複 動 弁 式 気 化 器	鈴木 彦 正一郎	"
514262	原子炉貫通部遮へい装置	吉 岡 孝 幸	"	514763	気 化 器	桜 井 正一郎	"
514264	原子炉制御棒または安全棒駆動装置	後 藤 新一郎	"	514764	気 化 器	佐 藤 清 雄	"
514775	カプラン水車運転監視装置	横 井 信 安	35. 6. 27	514765	複 動 弁 式 気 化 器	大 藤 満 雄	"
514267	油入変圧器冷却装置	横 井 信 安	35. 6. 17	514767	複 動 弁 式 気 化 器	大 藤 正一郎	"
514243	はめ込式蓋の開閉装置	森 川 愛 美	"	514768	複 動 弁 式 気 化 器	森 大 藤	"
514257	自 圧 接 手	山 本 道 郎	"	514769	複 動 弁 式 気 化 器	鈴 木 彦 正一郎	"
514261	車両前照灯の自在転換装置	岡 村 輝 雄	"	514772	複 動 弁 式 気 化 器	宮 武 恒 夫	"
514240	堅軸ポンプにおける水潤滑確認装置	藤 田 憲 次	"	514773	複 動 弁 式 気 化 器	桜 井 正一郎	"
514241	堅軸ポンプにおける水潤滑確認装置	藤 田 憲 次	"	514774	複 動 弁 式 気 化 器	桜 井 正一郎	"
514255	変 速 歯 車 切 替 装 置	藤 田 憲 次	"	514232	減 速 装 置	伊 藤 虎 男	"
514256	液圧ロータリバルブ操作装置	船 武 喜 三郎	"	514233	手 動 復 帰 形 熱 動 継 電 器	大 井 田 浩	"
514759	ハンドルレバ用ロックピン	木 山 健 三郎	"	514762	電 磁 開 閉 器	大 井 田 浩	"
514761	鍛造クレーンの過負荷防止装置	山 崎 昌 史	35. 6. 27	514766	電 氣 具 の 蓋	梅 山 克 巳	"
514770	モビールクレーンの外側支え装置	山 崎 昌 史	"	514776	烹 炊 器 具 の 蓋	益 田 真 三	"
514771	モビールクレーンの外側支え装置	松 原 為 治	"	514247	自動交換機の上昇回転スイッチ	田 島 喜 平	"
514246	熱交換器用バッフルプレート	大 明 谷 元 次	35. 6. 17	514249	ク ロ ス バ ス イ ッ チ の 保 持 棒	田 島 喜 平	"
514250	テーブル速度変換用安全装置	大 明 谷 元 次	"	514254	電 氣 的 ゲ ー ト 装 置	永 河 田 村 重	"
514252	空 気 圧 縮 機 制 御 装 置	松 石 岡 三 弘	"	514265	空 気 減 衰 式 防 振 脚	野 熊 湯 千 政	"
514757	堅フライス盤におけるスピンドルヘッド自動早逃げ装置	阿 忍 武 足 芳 貞	35. 6. 27	514777	交 流 感 動 継 電 器	田 島 喜 平	35. 6. 27
514234	気 化 器	鈴 木 彦 正一郎	35. 6. 17	514268	高 周 波 真 空 管 に お け る 同 調 装 置	山 田 宮 田 木	"
514236	気 化 器	川 井 勇 夫	"	514251	乾 式 整 流 器	竹 本 猛 夫	"
514237	気 化 器	川 井 勇 夫	"	514258	蛍 光 灯 ス タ ン ド	中 戸 川 孝 一	"
514244	圧力タンク自動空気補給器取付装置	大 津 卓 郎	"			下 杉 幹 雄	"
514248	洗 濯 機 回 転 翼 車	野 中 早 苗	"				
514259	遠 心 分 離 機	川 崎 光 彦	"				