

異方性珪素鋼帯を用いた電磁遮蔽ケーブル

Magnetic Shield Cables with Grain-oriented Silicon Steel Tape

萩原英二* 渡辺勇司**

内 容 梗 概

従来のパーマロイにかわつて異方性珪素鋼帯を取上げ、これをスパイラル状にして高温で水素焼鈍したのち、ケーブルに嵌合する方法によつて電磁遮蔽ケーブルを試作したところ、パーマロイを用いたものにくらべて数% (最高10%) 遮蔽効果がすぐれることが明らかにされた。また異方性珪素鋼帯の磁気的性質について調査した結果、鋼帯にわずかでも歪をあたえると μ (透磁率) は大巾に悪化するが、再焼鈍によつて大体元の値まで回復することがわかつた。さらに遮蔽係数から計算した磁性テープの μ の実効値は環状試料で測定した値より大巾に小さくなつてゐる。この原因を究明するため周波数による μ の変化、鋼帯の圧延方向に対する磁束の方向と μ との関係などについて実験を行ない、実効の μ が小さくなる原因と μ の実効値を大きくし遮蔽効果をよくする目安をうることができた。

〔I〕 緒 言

送配電線または交流電化電気鉄道よりの電磁誘導を軽減させる通信ケーブル (電磁遮蔽ケーブル) に用いられる磁性材料としてすでに開発されたものには純鉄、パーマロイなどがある⁽¹⁾⁽²⁾。筆者の一人はさきにこれらの磁性材料で電磁遮蔽を行なつたケーブルを試作し、純鉄テープが高誘導電圧に、パーマロイテープが低誘導電圧に適することを実証した⁽³⁾。

高誘導電圧でケーブルに重遮蔽が要求されるのは送配電線の事故などによつてケーブルに大きな故障電流の流れるのを防止する場合であるが、最近では電気鉄道における吸上変圧器⁽⁴⁾⁽⁵⁾の採用などによつてむしろ低誘導電圧における遮蔽が要求される場合が多い。低誘導電圧において遮蔽効果をよくするには弱磁界における μ (μ は透磁率をあらわす) が高いパーマロイを用いればよいが、高価な点に問題がある。ドイツにおいてはパーマロイにかわる材料として珪素鋼を用いて効果をあげてゐる⁽⁶⁾。

筆者らは弱磁界において μ が高くしかも安価な材料について研究を重ねた結果、圧延方向の μ が他方向の μ に比較して大きい異方性珪素鋼帯⁽⁶⁾を用いれば低誘導電圧における遮蔽効果をよくできる目安をえて、二、三のケーブルを試作した。異方性珪素鋼帯が遮蔽ケーブル用磁性材料に適している理由は鋼帯をケーブルに短いピッチで巻きつければ、誘導電流による磁束の方向を鋼帯の圧延方向にほぼ一致させることができ、 μ の大きい方向に磁束がとおり有利になるからである。一方磁性材料はケーブルに巻付けたりして外力を加えると、極端に性能が低下し、とくにこの傾向は μ の高い材料程顕著である。そこで今回はあらかじめケーブル外径にほぼひとしい鋼帯のスパイラル状テープを製造しておき、焼鈍後これをケ

ーブルに嵌合する方法⁽⁷⁾によつてケーブルの性能がどの程度向上するか検討した。

低誘導電圧における電磁遮蔽ケーブルの研究はようやく緒についたばかりで残された問題も多くあるが、とりあえず今迄の研究結果をとりまとめ参考に供したいと思う。

〔II〕 異方性珪素鋼帯の性質と歪による変化

(1) 異方性珪素鋼帯の諸性質

供試試料は厚さ 0.1 mm および 0.2 mm の異方性珪素鋼帯で巾は 30 mm である。これらは適当な冷圧延と高温水素焼鈍がほどこされたものである。

(A) 化学成分

供試試料の化学成分分析結果を第1表に示す。ただし炭素の分析は凝縮気化法によつた。

(B) 磁気特性

第1図は 0.1 mm 厚および 0.2 mm 厚の異方性珪素鋼帯 (以下単に鋼帯とよぶ)、および比較のため使用した 0.1 mm 厚 45% Ni パーマロイテープから採取した環状試験片の焼鈍前後における μ -H 曲線を示す (μ は透磁率、H は磁場の強さをあらわす)。ただし焼鈍条件は温度 800°C、3 時間の水素焼鈍であり、磁気測定は弾動検流計による逆転法である。

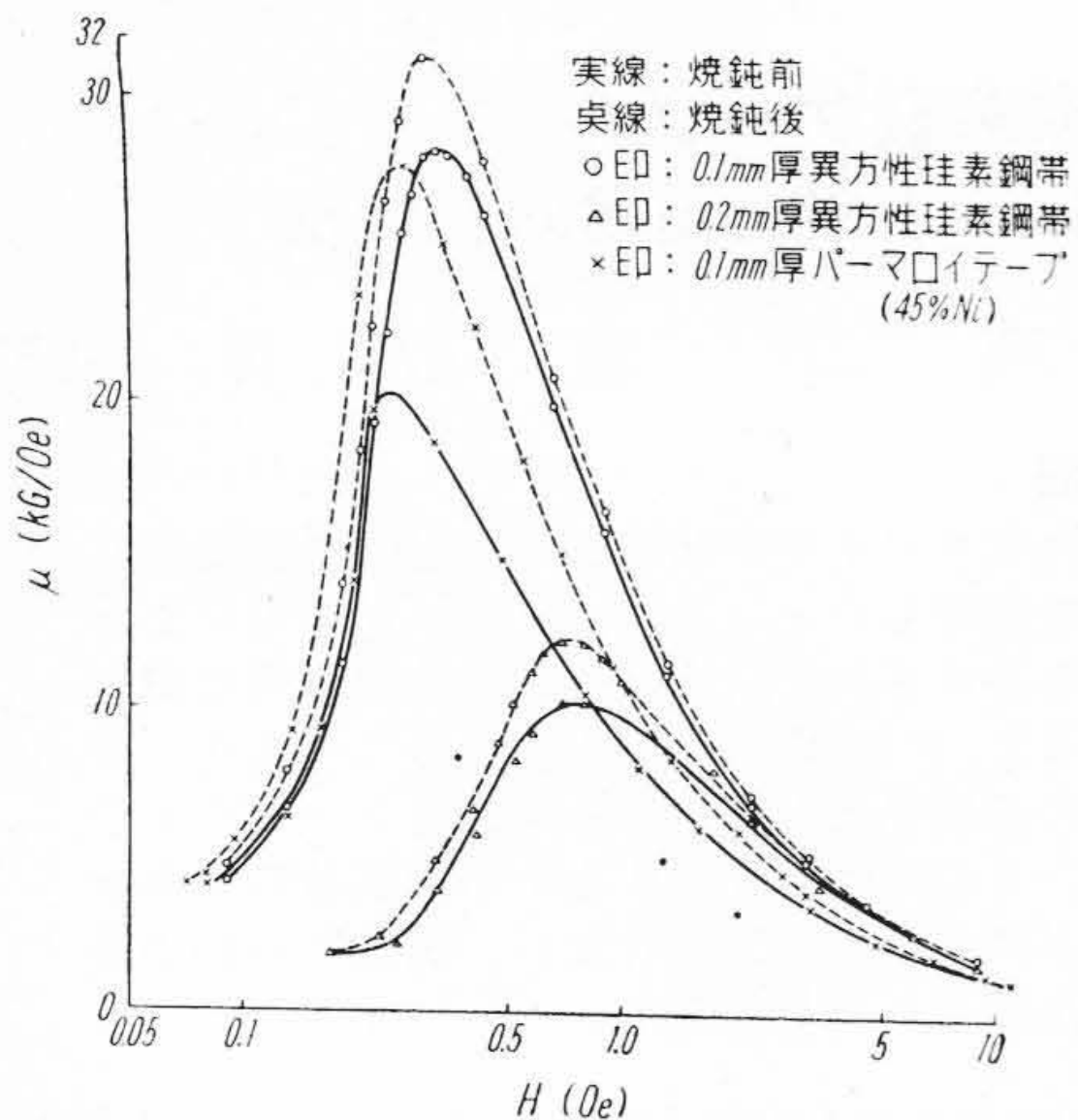
図の結果によると 0.1 mm 厚の鋼帯の方が 0.2 mm 厚のものより μ の値は大きくなつており、0.1 mm 厚の場合はほとんどパーマロイと同程度、あるいはそれ以上の μ の値になつてゐる。図の結果はいずれも鋼帯の圧延方向 (磁化容易の方向) について μ を測定した結果である。

第1表 供試異方性珪素鋼帯の化学成分
Table 1. Chemical Compositions of Grain-oriented Silicon Steel Sheets

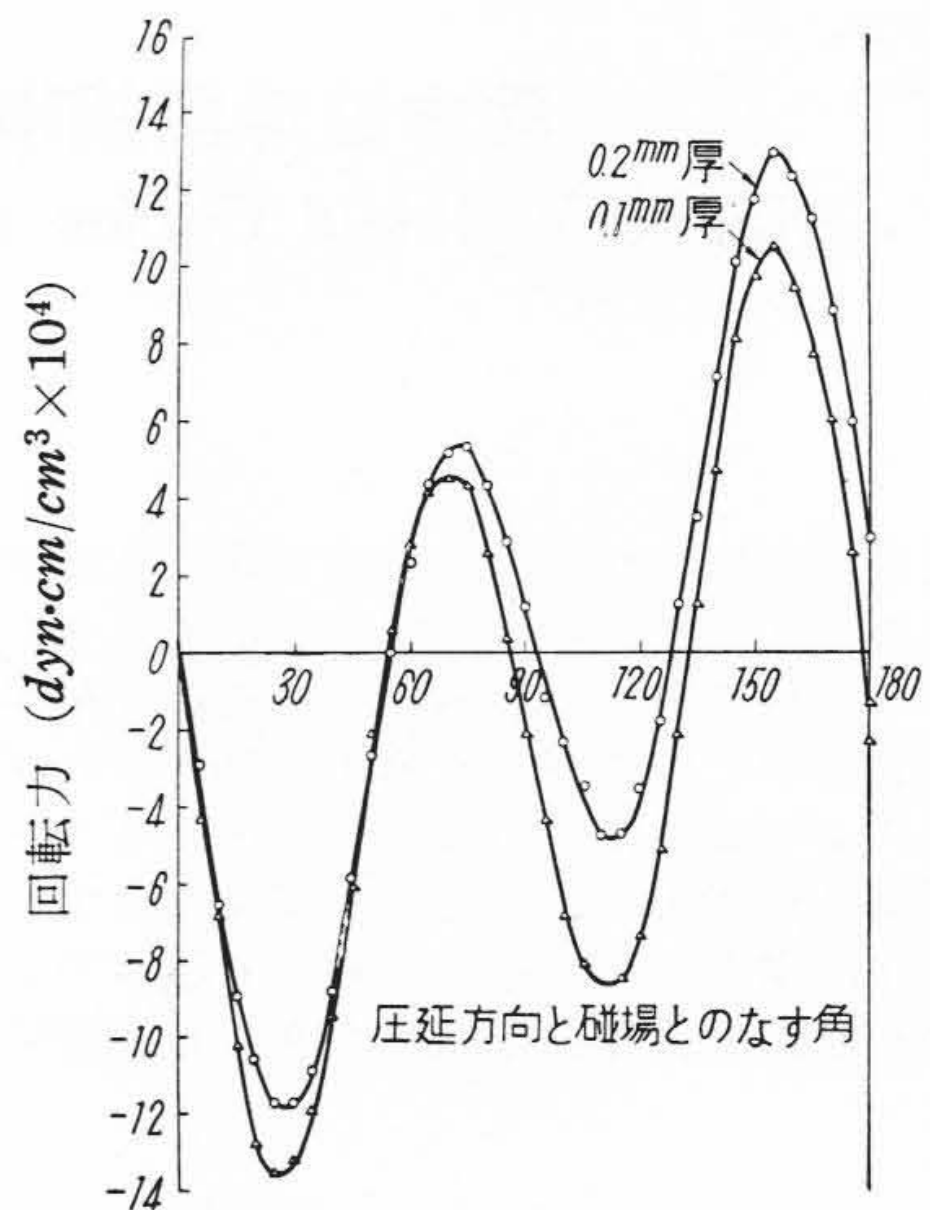
試料厚さ (mm)	T.C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.2	0.012	3.07	0.11	0.008	0.006	tr.	0.02	0.06
0.1	0.012	3.12	0.10	0.010	0.009	tr.	tr.	0.06

* 日立電線株式会社電線工場

** 日立製作所日立研究所



第1図 異方性珪素鋼帯およびパーマロイテープのμ-H曲線
Fig. 1. μ-H Curves of Grain-oriented Silicon Steel Sheets and Permalloy Tape



第2図 供試異方性珪素鋼帯の磁気トルク曲線
Fig. 2. Magnetic Torque Curves of Grain-oriented Silicon Steel Sheets.

実際には鋼帯をケーブルにあるピッチでまきつけるので圧延方向とある角度をなした方向のμが遮蔽係数に関係する。これらについては後で述べる。

(C) 磁気トルク曲線

0.1 mm 厚および 0.2mm 厚の鋼帯から採取した 19 mmφ の円板によつて測定した磁気トルク曲線の一例を第2図に示す。図によつて異方性が相当よく発達していることがわかる。

(D) 顕微鏡写真

供試試料の表面および断面の顕微鏡写真を第3図に示す。

(2) 異方性珪素鋼帯の歪による磁性変化および焼鈍効果

電磁遮蔽ケーブルを製造する場合、鋼帯をケーブルに直接巻きつけると鋼帯に相当大きな歪が加わり、磁性の劣化することが予想される。またスパイラルを嵌合する方法によつても若干の歪が加わることは避けられないので、あらかじめ歪による磁性の変化および焼鈍効果を調

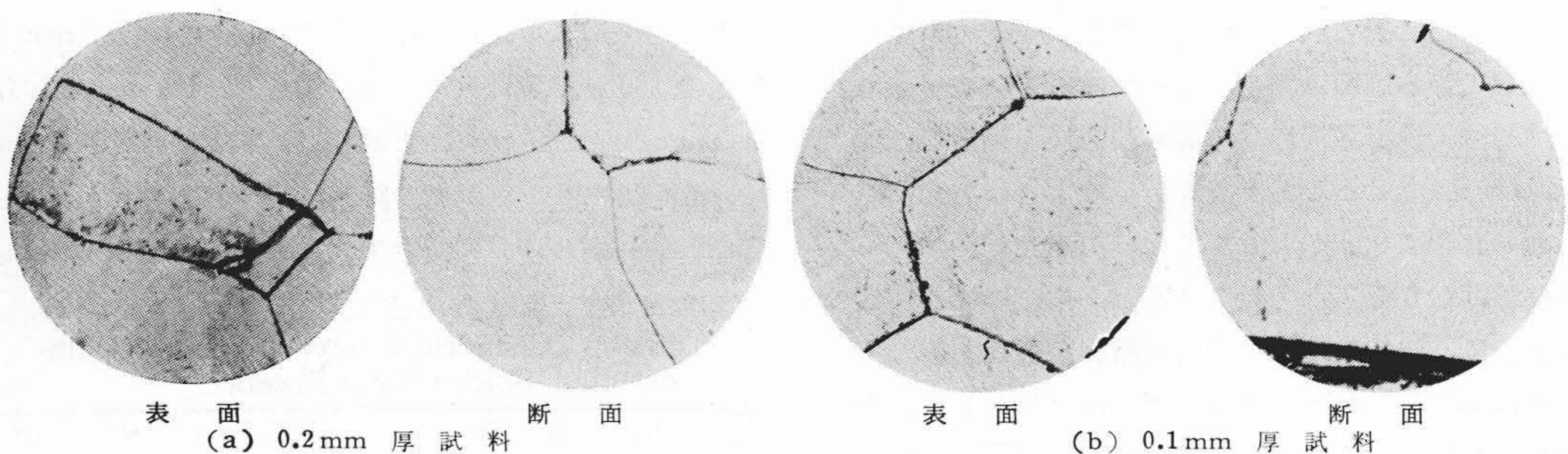
査した。

(A) 環状試験片の径を変えた場合の磁性変化

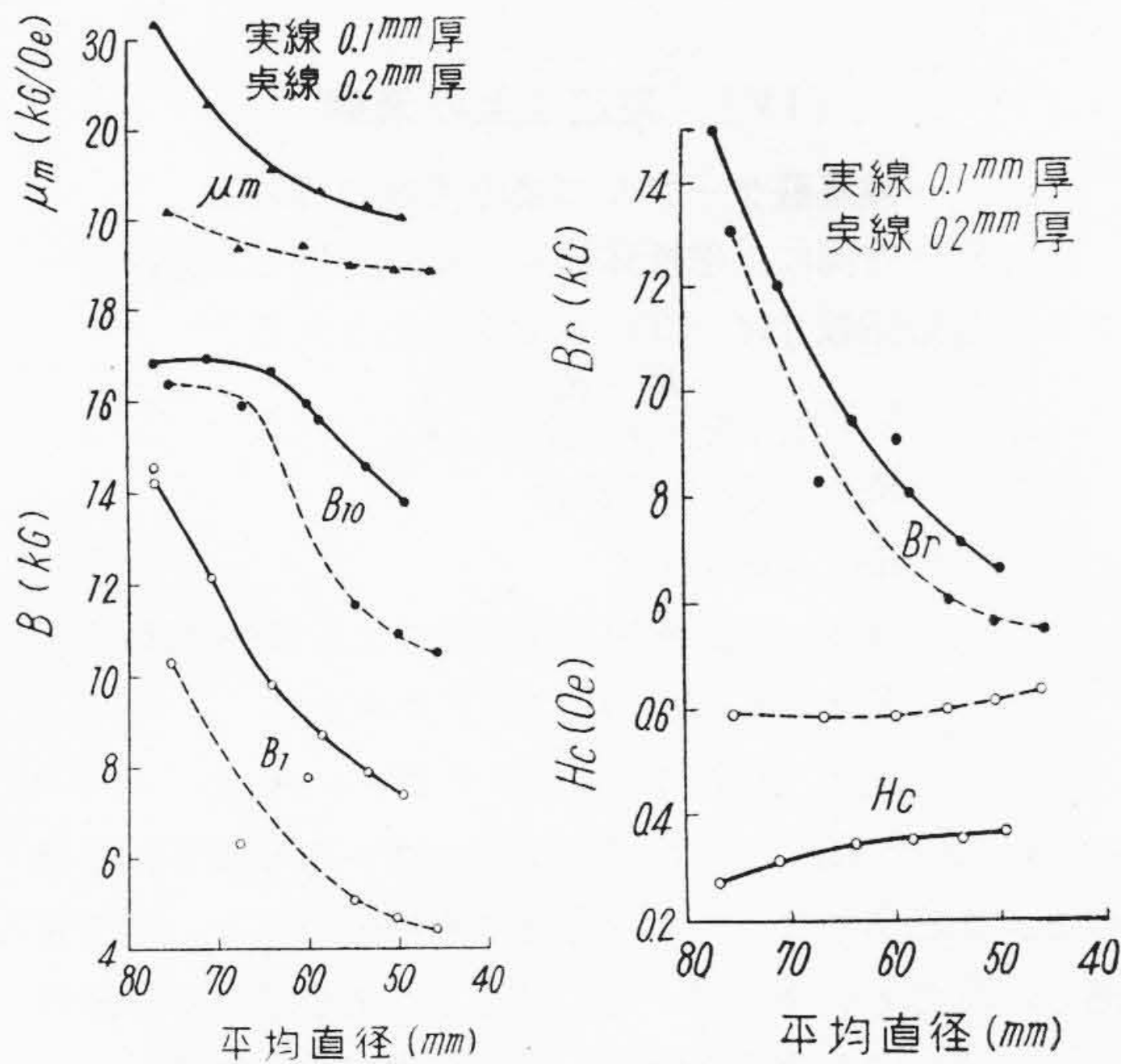
第1図の焼鈍後の異方性珪素鋼帯を内側より次第に小さな径のボビンに巻き縮めて試験片の内径および外径を小さくした場合の試験片の平均直径と磁性の関係を第4図に示す。各試験片の最終の径で 800°C, 3時間水素焼鈍すれば、磁性はほとんど変形させない場合の値まで回復する。反対に径を大きくしていった場合の磁性の変化も大体第4図とおなじように径が大きくなるにしたがつてμの値は小さくなる。

(B) 小さな径に巻きつけた場合の磁性変化

約 140 mm φ の鋼帯を同じ弯曲方向に径を変えて巻いた場合、およびこれらを 800°C, 3時間水素焼鈍した場合の磁性を第2表に示す。測定する場合試験片の肉厚が薄いので、測定用巻線などによつて歪が加わらないよう不銹鋼のケースに入れて測定した。140 mm φ 程度の径から 20~30 mm の径まで細く巻きつけてあるので、巻きつける径の差による変化はわずかになっている。こ



第3図 供試異方性珪素鋼帯の顕微鏡組織
Fig. 3. Microstructures of Grain-oriented Silicon Steel Sheets



第4図 異方性珪素鋼帯の径の変化による磁性の変化

Fig. 4. Effect of Core Diameter on Magnetic Properties of Grain-oriented Silicon Steel Sheets.

の場合も焼鈍によつて磁性はほとんど変形前まで回復している。

つぎに第2表の焼鈍後の試験片の径をわずか変化させた場合の磁性変化を第3表に示す。

第2表および第3表の結果から鋼帯を大きな径のものからケーブルに巻きつけると磁性は大巾に低下するが、再焼鈍によつて大体元の値まで回復すること、さらに径をわずか変えても相当磁性は悪くなるが、元の径に戻すとやや元の値に近くなることなどが明らかになった。したがつて鋼帯をスパイラルにして焼鈍してからケーブルに嵌合すればかなりの効果が期待できる。

(C) 径の変化による応力

第5図に示されるように、焼鈍された外径 $2R_0$ cm, 内径 $2R_i$ cm の試験片が内側から外径 $2r_i$ cm のボビンによつて巻取られる場合を考える。巻取られてゆく途中、鉄心の径 $2R'$ cm の部分が径 $2r'$ cm に巻取られたとすると、この部分に作用する応力 σ (kg/cm²) は

(1) 式によつてあらわされる。

$$\sigma = \frac{(R' - r') h E}{2 R' r'} \dots\dots\dots (1)$$

ここに E : 材料のヤング率 ($\cong 2.1 \times 10^6$ kg/cm²)

h : 材料の厚さ (cm)

また巻鉄心の各層間の空隙を無視すれば、 r' と R' のあいだには (2) 式の関係が成立する。

$$R' = \sqrt{r'^2 + R_i^2 - r_i^2} \dots\dots\dots (2)$$

したがつて (1) 式と (2) 式から巻取つた後の各層に作用する応力を計算することができる。弾性限をこえ

第2表 約 140 mm φ の異方性珪素鋼帯を各種径に巻いた場合および焼鈍した場合の磁性

Table 2. Magnetic Properties of Troidal Cores of Grain-oriented Silicon Steel Sheets Wound to Various Diameters from about 140 mm Diameter Core.

テ ー プ 厚 さ 0.1 mm						
処理	試験片の寸法 (平均直径) (mm)	磁束密度 (kG)		Hc (Oe)	Br (kG)	μ_m (kG/Oe)
		B ₁	B ₁₀			
巻きつけたまま	32.9	4.9	10.4	0.37	3.9	5.9
	28.0	4.6	10.0	0.39	3.7	5.4
	22.5	4.5	9.9	0.39	3.6	5.0
	21.2	4.5	9.8	0.39	3.6	4.9
800°C 3h 水素焼鈍	32.9	14.7	17.0	0.29	15.0	32.0
	28.0	14.5	16.7	0.30	14.8	30.0
	22.5	14.6	16.9	0.30	15.1	30.0
	21.2	14.1	16.6	0.31	14.5	27.5

テ ー プ 厚 さ 0.2 mm						
処理	試験片の寸法 (平均直径) (mm)	磁束密度 (kG)		Hc (Oe)	Br (kG)	μ_m (kG/Oe)
		B ₁	B ₁₀			
巻きつけたまま	32.7	3.6	9.1	0.50	3.5	3.8
	29.1	3.4	8.9	0.52	3.5	3.5
	23.0	3.3	8.8	0.53	3.3	3.4
	22.0	3.4	9.1	0.53	3.6	3.5
800°C 3h 水素焼鈍	32.7	9.8	16.2	0.51	11.2	10.5
	29.1	9.3	15.9	0.52	10.4	9.8
	23.0	9.7	16.2	0.52	11.1	10.2
	22.0	9.4	15.9	0.52	10.4	9.8

第3表 異方性珪素鋼帯鉄心のわずかな径の変化による磁性の変化

Table 3. Variation of Magnetic Properties of Troidal Cores of Grain-oriented Silicon Steel Sheets with Slight Change of Core Diameters

試料厚さ (mm)	試験片の径 (mm)	B ₁ (kG)	B ₁₀ (kG)	Hc (Oe)	Br (kG)	μ_m (kG/Oe)
0.2	外径 26.8, 内径 19.2 800°C, 3h 水素焼鈍	9.7	16.2	0.52	11.1	10.2
	外径 29.4, 内径 24.0	4.5	10.5	0.46	4.3	4.9
	外径 24.2, 内径 17.6	6.0	14.5	0.48	6.5	6.8
0.1	外径 26.0, 内径 19.0 800°C, 3h 水素焼鈍	14.6	16.9	0.30	15.1	30.0
	外径 30.0, 内径 24.0	7.1	13.5	0.35	6.1	9.1
	外径 25.5, 内径 18.3	10.3	16.8	0.36	9.9	16.8

た変形に対しては、曲げの降伏応力 (約 53kg/mm²) の応力が作用していると考えてよからう。一例として第4図の場合の応力を計算すれば、0.2 mm 厚の試験片では一番外側の層で 13.7 kg/mm², 径 40 mm φ よりも内側は降伏応力に達する。また 0.1 mm 厚の場合では一番外側の層で 5.8 kg/mm², 一番内側で 52 kg/mm² である。

〔III〕 試作遮蔽ケーブルの構造と遮蔽係数測定結果

(1) 遮蔽ケーブルの試作条件

(A) 試作遮蔽ケーブルの構造

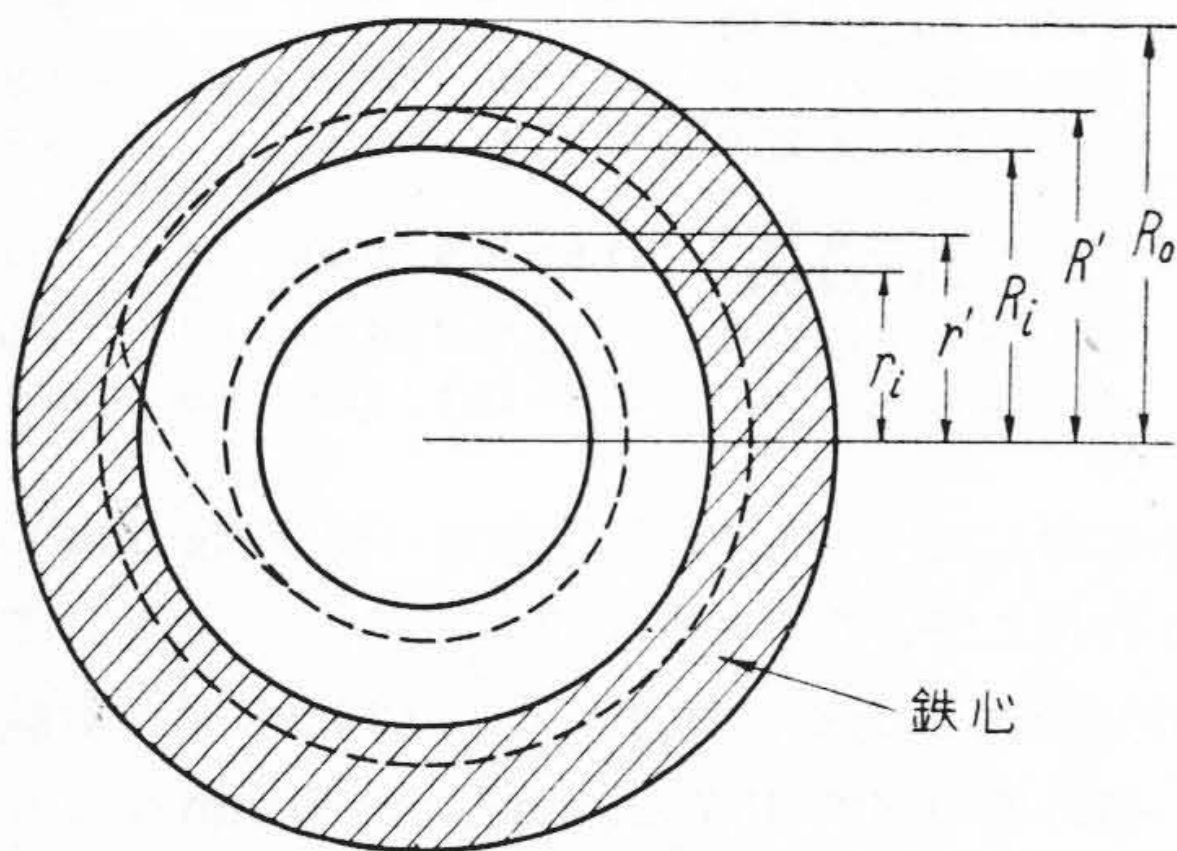
試作遮蔽ケーブルは発泡ポリエチレン絶縁重信鉛被ケーブルの上に異方性珪素鋼帯を巻付けまたは嵌合したものである。また比較試料として同一条件でパーマロイテープを巻付けたものも試作した。これらの試作ケーブルの構造を第4表に示す。

(B) 嵌合の方法⁽⁷⁾

今回の試作ケーブル製造のさいに行なつた嵌合の方法を第6図に示す。この方法によればスパイラル状にした鋼帯をボビンに巻き、これをケーブルに嵌合することによつてケーブルの条長に制約を受けることなく製造が可能である。

(2) 遮蔽係数測定結果

第4表の試作ケーブル5種類について測定した遮蔽係数を第7図に示す。遮蔽係数の意義測定の方法についてはすでに述べられている⁽³⁾⁽⁸⁾ので省略する。また測定結果には外部リアクタンス、接地抵抗は含まれていない。これらを考慮すれば最大10%程度遮蔽係数が変化する。第7図によると、異方性珪素鋼帯を用いたものは、パーマロイを用いたものよりかえつて特性がすぐれており、とくに鋼帯を嵌合させたものは普通の巻付法によるよりも数% (0.2mm厚テープの場合約10%) 遮蔽係数が小さくなつている。パーマロイを使用したものが鋼帯を用いたものよりかえつて悪い値を示している理由は、パーマロイの磁性が歪によつて鋼帯よりも大巾に変わるためと思われる。また0.2mm厚のテープを用いたものが0.1mm厚のものよりすぐれた特性を示しているのはテープの厚みの影響である。



第5図 環状試験片の径の巻縮め
Fig. 5. Reduction of Diameter of Circular Test Piece.

〔IV〕 測定結果の考察

(1) 一重遮蔽ケーブルの遮蔽係数の理論式

導電層を内側に、磁性体層を外側に配置した遮蔽ケーブルの遮蔽係数 η は(3)式であらわされる。⁽⁹⁾

$$\eta = \frac{R_0 + R_e}{R_0 + R_e + r + jX_i + jX_0} \dots\dots\dots (3)$$

ただし R_0 : 遮蔽層の抵抗

R_e : 接地抵抗

r : 遮蔽層内部の磁束による損失抵抗

X_i : 遮蔽層の内部リアクタンス

X_0 : 遮蔽層の外部リアクタンス

(3)式で R_0 および X_0 はケーブルの布設される条件で定まる値でケーブルの構造に直接関係がないので省略し、また r も R_0, X_i などにくらべて小さいので除外して(3)式を簡略化すると(4)式がえられる。

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{wL_i}{R_0}\right)^2}} \dots\dots\dots (4)$$

ただし $X_i = wL_i$

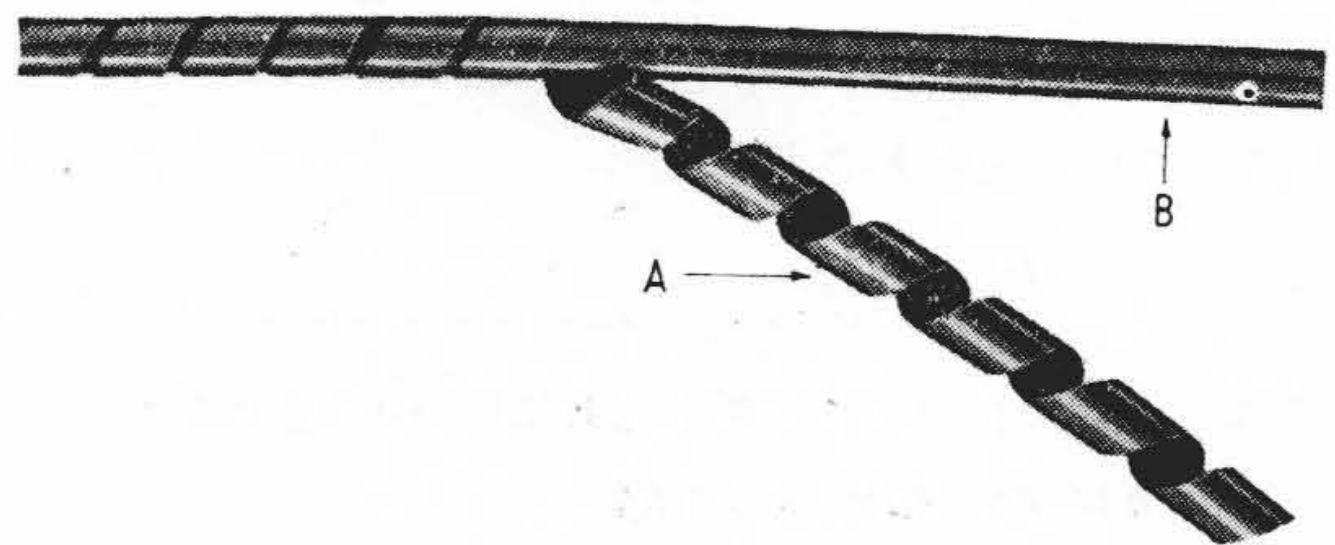
つぎに遮蔽層が一重の場合を考え、遮蔽層の平均半径を r cm, 導電層および磁性体層の厚さをそれぞれ t_1 cm, t_2 cm とすると、 $r \gg t_1, t_2$ の仮定をおくことによ

第4表 試作電磁遮蔽ケーブルの構造
Table 4. Construction of Trial Magnetic Shield Cables

番号	1	2	3	4	5	6
ケーブル心	1.3×14 対発泡ポリエチレン絶縁重信ケーブル					
鉛被	鉛被厚 1.88 mm 外径 23 mm					
磁性テープの種類	鋼帯	鋼帯	鋼帯	鋼帯	パーマロイ	パーマロイ
厚さ(mm)×枚	0.1×2	0.1×2	0.2×2	0.2×2	0.1×2	0.2×2
巻方向	右	右	右	右	右	右
保護方法	磁性テープの上に布テープを巻く					

注 (i) 鋼帯は異方性珪素鋼帯を示す。

(ii) 鋼帯およびパーマロイテープはケーブルに間隙巻した。



第6図 スパイラル状のテープを嵌合する方法
A: 異方性珪素鋼帯
B: ケーブル

Fig. 6. Method of Inserting Spiral-formed Tape
A: Grain-oriented Silicon Steel Tape
B: Cable

り (5) 式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} R_0 &= \frac{\rho}{2\pi r t_1} \quad \Omega/\text{cm} \\ L_i &= \frac{2\pi t^2}{r} \times 10^{-9} \text{ H/cm} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

ただし μ : 磁性体の実効透磁率
 ρ : 導電層の固有抵抗 ($\Omega\text{-cm}$)

(5) 式を (4) 式に代入すると (6) 式がえられる。
 (6) 式は一重遮蔽ケーブルの遮蔽係数の近似式となる。

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{4\pi w \mu t_1 t_2}{\rho}\right)^2 \times 10^{-18}}} \dots\dots\dots (6)$$

ただし t_1, t_2 : 導電層および磁性体層の厚み
 μ : 磁性体の実効透磁率
 ρ : 導電層の固有抵抗

(6) 式のなかで ρ, t_1, t_2, w はすべてケーブルの構造、測定条件によつてきまる値であるから、磁性材料の μ がわかればケーブルの η を求めることができるし、反対に η から μ を求めることもできる。ただしこの場合の μ は磁性材料そのものについて測定した μ ではなく遮蔽効果に実際に影響する μ の実効値である。

(2) 遮蔽係数より求めた磁性テープの実効透磁率

(A) 磁化曲線を求める方法

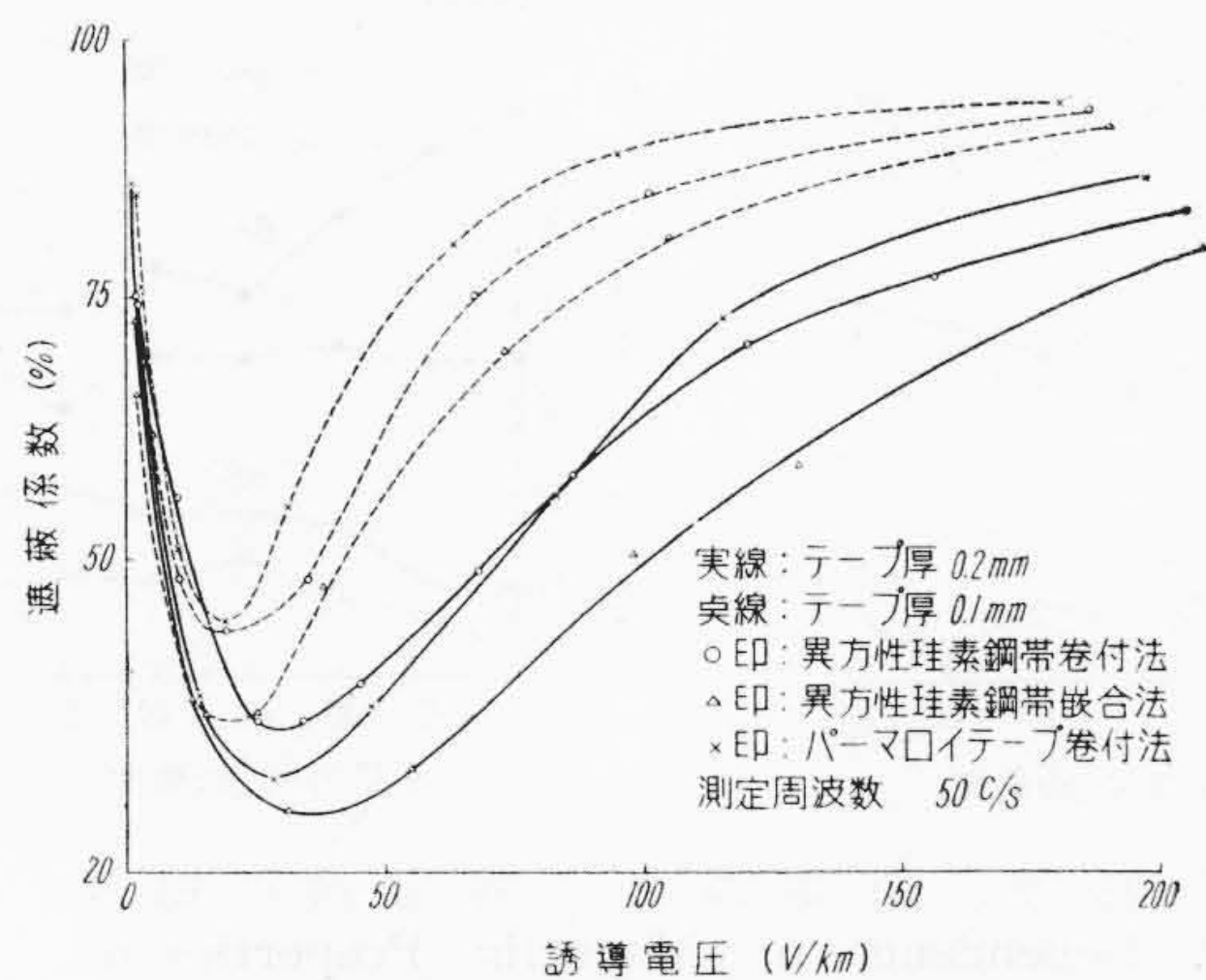
(6) 式によつて η から μ を求めることができるので、誘導電圧から磁場の強さ H を求めることができれば実効の μ - H 曲線の計算が可能となる。誘導電圧から H を求めるには誘導電圧を遮蔽層のインピーダンスで割つて誘導電流 I を求め、さらに (7) 式によつて H を計算する。

$$H = \frac{1}{10} \times \frac{2I}{r} \text{ (Oe)} \dots\dots\dots (7)$$

ただし r : ケーブルの半径 (cm)

I : 誘導電流 (A)

(B) 異方性珪素鋼帯の実効透磁率



第7図 遮蔽係数測定結果
 Fig. 7. Results of Shielding Factor

(6) 式および (7) 式により、第7図の結果から求めた実効の μ - H 曲線を第8図に示す。

(3) 磁性材料の透磁率と遮蔽係数より求めた実効透磁率の比較

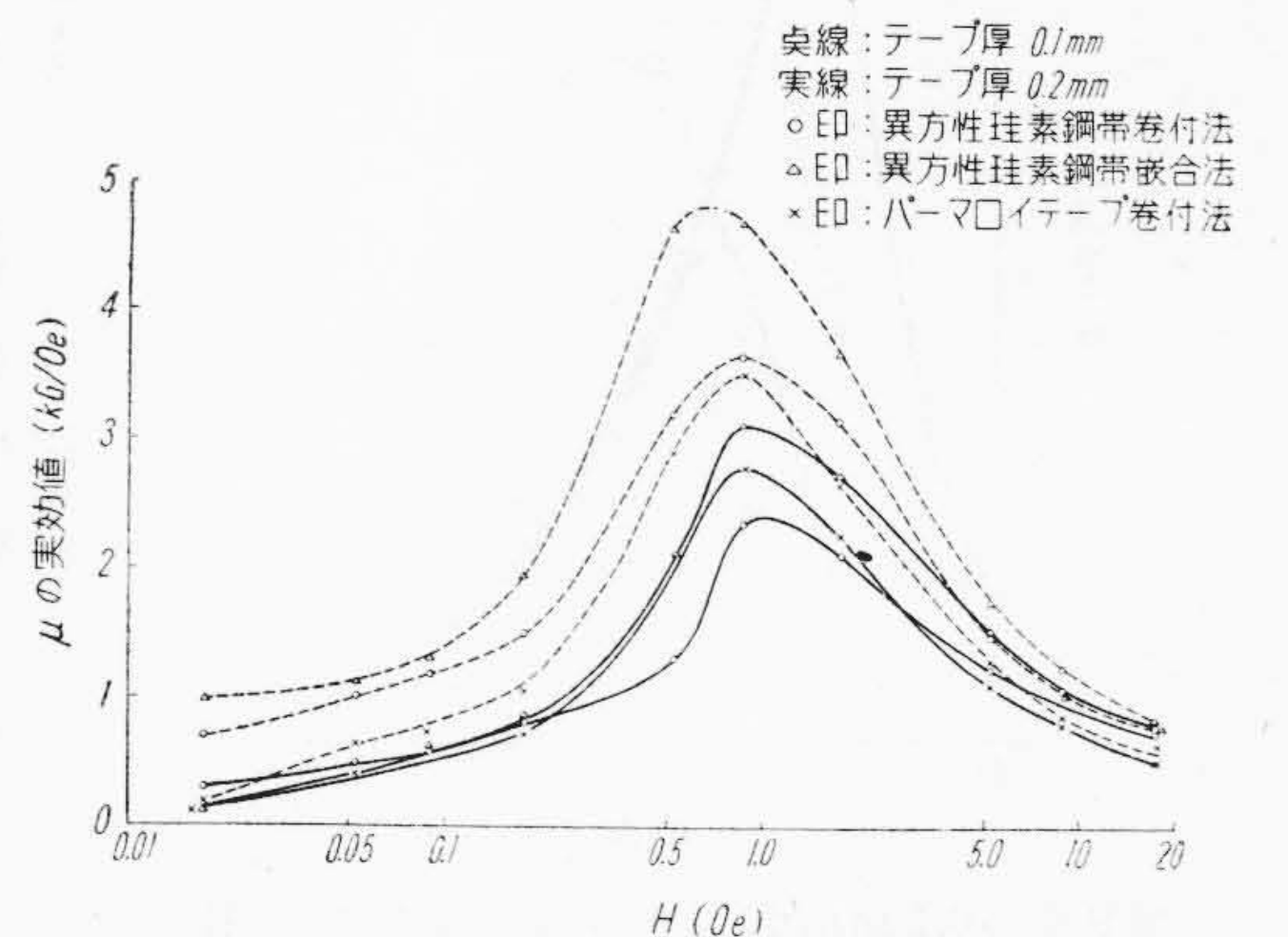
試作ケーブルの遮蔽係数から求めた μ の実効値 (第8図) と磁性テープのままで測定した μ の値 (第1図) を比較すると、 μ の実効値の方が大巾に小さくなつていくことがわかる。この原因には測定周波数の影響、磁束の方向と鋼帯の磁化容易方向との不一致、微小歪の影響、テープ間隙の影響などが考えられるので、各項目について考察を加える。

(A) 測定周波数の影響

鋼帯そのものの μ は直流で測定しているのに反し、 μ の実効値は交流 50 c/s で求めた値である。一般に周波数が高くなると、 μ の実効値は低下するといわれている。⁽⁵⁾ つぎに 0.1 mm 厚の鋼帯の環状試験片について測定した周波数と μ - H 曲線の関係を第9図に示す。図によると周波数が高くなるにつれて μ の値は小さくなり、しかも μ_{max} の点が H の大きい方に移動する傾向がみられる。

(B) 磁束の方向と鋼帯の特性

第1図の環状試験片の場合には圧延方向 (磁化容易方向) に μ を測定しているが、鋼帯は一定のピッチでケーブルに巻きつけられているので、圧延方向に対してある角度をなした方向の μ が遮蔽効果に関係する。そこで圧延方向に対する角度と μ の関係について実験を行なつた。実験方法はまず巾 110 mm の未焼鈍鋼帯から圧延方向との角度が 0, 15, 30, 45, 60, 75 および 90 度の7方向に 10×100 mm の試験片を採取する。試験片の長さを 100 mm としたのは長さを 90度方向の試験片の長さにあわせて、長さによる測定値の誤差をなくすため



第8図 遮蔽係数から求めた μ - H 曲線
 Fig. 8. μ - H Curves Calculated from Shielding Factor

ある。つぎにこれを非磁性不銹鋼ケースに外側より 1 枚 1 枚つきあわせながらはめ込み環状試料とした。これを 1,150°C で 2 時間水素焼鈍したのち、 μ -H 曲線を測定した。測定結果を第 10 図に示す。ただし測定値はすべて 2 点の平均になつている、測定結果によると圧延方向の μ がもつともよく、45 度がもつとも悪くなつている。したがつて鋼帯をケーブルに巻くピッチはなるべく短くした方がよいことになる。今回の試作ケーブルの場合、磁束の方向と圧延方向の間の角度は約 20 度になつており、第 10 図の結果からみると異方性が十分生かされていないことになる。鋼帯の巾をせまくし、現在より短いピッチでケーブルに巻けばさらにすぐれた効果がえられると思う。

(C) 微小歪の影響

嵌合の場合は直接巻きつける場合にくらべて歪は小さいが、この場合でもスパイラルのテープをひろげたり、締めつけたりするので多少の歪はのこる。第 3 表に示したようにテープにわずかな歪をあたえても μ はかなり変化する。これも μ の実効値を小さくしている一原因であろう。

(D) テープ間隙の影響

鋼帯をケーブルに巻きつけるとき、通常テープの間隙をあけて巻く方法を用いる。(6) 式の磁性体層の厚み t_2 は間隙巻されたテープを 1 枚のテープに換算して求めた値であり、実際には換算した厚みだけの効果は期待できない。

以上の 4 項目の中で (1) は測定上の問題であるが、(2), (3), (4) はいずれもケーブルの構造、製造法に関係したものである。これらの原因による μ の実効値の

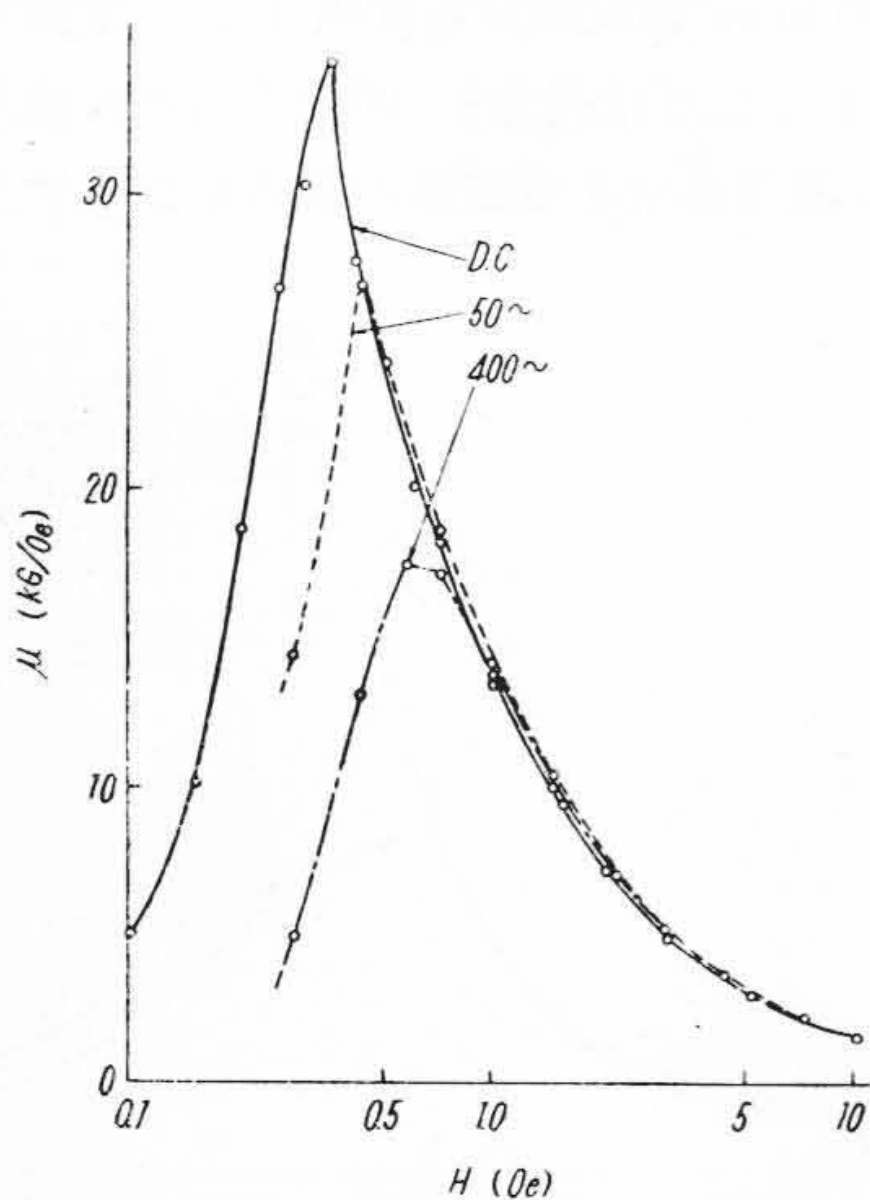
低下を完全に零にすることは現在のケーブル構造では不可能であるが、鋼帯の巾をせまくして短いピッチで巻けば μ をさらに大きくすることは可能である。第 1 図と第 8 図をくらべてもう一つわかることは、遮蔽係数 η が最小になる誘導電圧に対する磁場の強さ H は磁性テープそのものについて求めた μ_{max} の H とよく一致することである。よつて磁性テープの μ -H 曲線の形から遮蔽ケーブルの遮蔽係数が最小になる誘導電圧の値を容易に求めることができる。また第 8 図において厚さ 0.1 mm の場合の μ の実効値は 0.2 mm の場合より大きくなつており、これは第 1 図の傾向と一致する。このことからケーブルに巻きつけた後も、0.1 mm 厚のテープの方がすぐれた磁性を持ちつづけていることは明らかである。

〔V〕 結 言

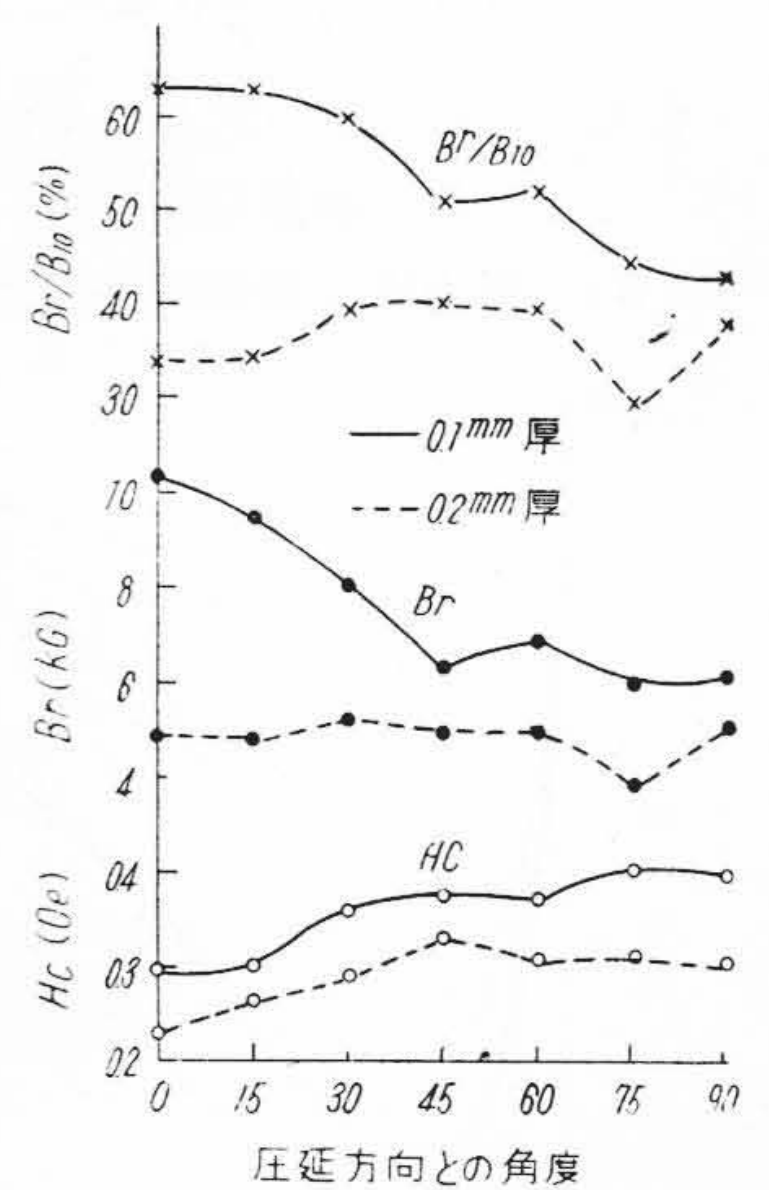
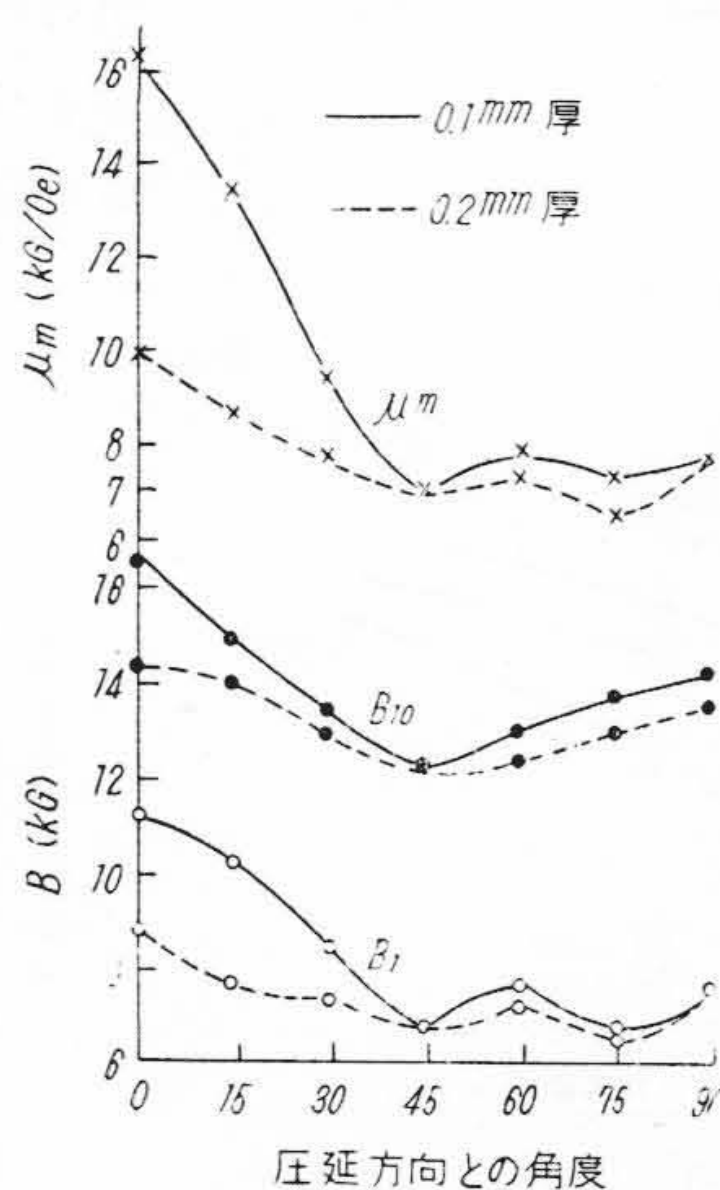
電磁遮蔽ケーブルに用いられる磁性材料として従来のパーマロイテープに代つて異方性珪素鋼帯をとりあげ、鋼帯の磁氣的性質と鋼帯をケーブルに嵌合法によつて巻きつけた遮蔽ケーブルの性能を調査した。結論を取まめると大略つぎのとおりである。

(1) 環状の鋼帯に歪をあたえると大巾に磁性が悪化するが、再焼鈍すると大体元の値にまで回復する。したがつて鋼帯をスパイラル状にして焼鈍を行なつてからケーブルに嵌合すれば μ の高いままで使用することができる。

(2) 圧延方向の μ が他方向の μ より大きい異方性珪素鋼帯は遮蔽ケーブル用磁性材料として好適である。このさい鋼帯の巾はなるべくせまく、またケーブルに巻き



第 9 図 0.1 mm 厚異方性珪素鋼帯の μ -H 曲線の周波数による変化
Fig. 9. Effect of Frequency on μ -H Curve of 0.1mm Thickness Grain-oriented Silicon Steel Sheet



第 10 図 異方性珪素鋼帯の各方向の磁性
Fig. 10. Dependence of Magnetic Properties of Grain-oriented Silicon Steel Sheets on Direction of Measurement in Sheets

つけるピッチはなるべく短い方がよい。

(3) 鋼帯をスパイラル嵌合法によつてケーブルに巻きつけた遮蔽ケーブルは普通の巻付法による場合より数% (最高10%) 遮蔽係数が小さく、すぐれた結果のえられることがわかつた。また異方性珪素鋼帯を用いたケーブルはパーマロイを用いたものとほとんど同程度、あるいはそれ以上の遮蔽効果を示すことがあきらかにされた。

(4) ケーブルの遮蔽係数から逆算した磁性材料の μ の実効値は環状試料で測定したものにくらべてかなり小さくなることが判明した。これは測定周波数の相違、磁束の方向と鋼帯の磁化容易方向との不一致、歪の影響などによると思われる。

以上のようにしてほぼ満足できる結果がえられたが、引続き鋼帯を巻くピッチと遮蔽係数の関係、周波数をかえた場合の遮蔽効果などについて追加実験を行なつていく。これらについてはまた別の機会に発表したい。

終りに本研究に終始御熱心な御指導を賜つた東京大学教授五弓博士、日立製作所日立研究所所長三浦博士、小野博士、日立電線株式会社電線工場水上課長、星主任、さらに測定などに御協力いただいた堀口、三浦、佐野の諸氏にふかく感謝する。

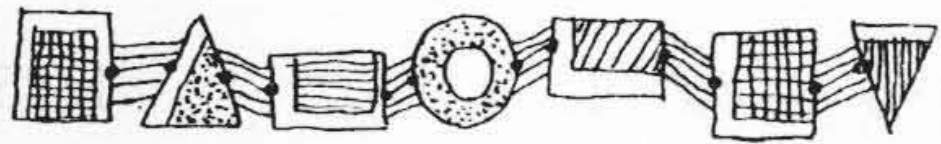
参 考 文 献

- (1) 君島：電気計算, 23, 55 (昭 30)
- (2) H. R. Moore: E. E., 53, No. 2 274 (1943)
- (3) 星, 萩原, 庄司, 堀口: 日立評論, 37, 1656 (昭 30)
- (4) 横山, 伊藤: 施設, 7, 62 (昭 30)
- (5) P. Simon: E. T. Z., A, 75, 814 (1954)
- (6) たとえば五弓, 阿部: 珪素鋼板 (昭30, コロナ社)
- (7) 五弓, 水上: 特許出願中
- (8) P. Simon, W. Wild: E. T. Z., A, 74, 560 (1953)
- (9) 誘導防止専門委員会: 誘導防止基準の解説 (昭 26, コロナ社)

日立製作所社員社外寄稿一覽

(昭和31年9月受付分)

寄稿先	題 目	執筆者所属	執 筆 者
火力発電技術協会 燃料および燃焼社 日本金属学会	低品位炭燃焼法に関する資料 日本炭の灰の熔融性 高合金工具鋼の熱処理(2報)高炭素高クロム鋼のサブゼロ処理	日立工場 日立工場 日立研究所	河原誠二 河原誠二 根本正
日本機械学会 工業技術社 工業調査会	特殊液体取扱用ポンプ 傘歯車連続研削盤の試作 トランスファマシンにおけるワークセッティングの方法と加工精度	亀有工場 川崎工場 川崎工場	寺田進 松本源次郎 中村昌夫 松倉寿一
日本科学技術連盟	ホールソートシステムの実例	戸塚工場	小野安正 宮田保之介
TWI研究会 電線と実験電波技術 電気学会 日本科学技術連盟 KK 日本機工新聞 オーム社 高分子学会 Institute of Radio Engineers Secretary Technical Program Committee American	TWI JM 補導員としての反省 日立テレビジョン用真空管 6BN8 6AW8 酸化物陰極分解ときにおける被覆層収縮の機構 白銑熔湯の成分管理にたいする一検討 安来バイト 繰返型アナログ計算機の応用 金属の接着 A New Diode Function Generator Linear Servomechanisms by a Graphical Method	戸塚工場 茂原工場 茂原工場 桑名工場 安来工場 中央研究所 中央研究所 中央研究所	野瀬昇雄 村田良雄 千秋英一 坂井直美 住田勇雄 三浦武雄 福村勉郎 三浦武雄 三浦武雄
オーム社 関西電気協会 製紙工業社	エレクトロメーターとその放射線計測への応用 生産施設雑考 キャレンダークロールについて	中央研究所 大阪営業所 清水工場部 ロール課	太組健児 岡本博 広田博次
家庭電気文化会	蛍光ランプのはなし	日立蛍光ランプKK	日野西義輝
製紙工業社	製紙工業における電気設備について	本社第二商 モートル課	細谷栄次郎
家庭電気文化会	蛍光ランプの色と選びかた	本社第三商 管球課	江川隣之介



1. 実用新案公告 昭 31-7452

2. 実用新案公告 昭 31-7451

3. 実用新案公告 昭 31-7454

栗田健太郎

複導体巻線

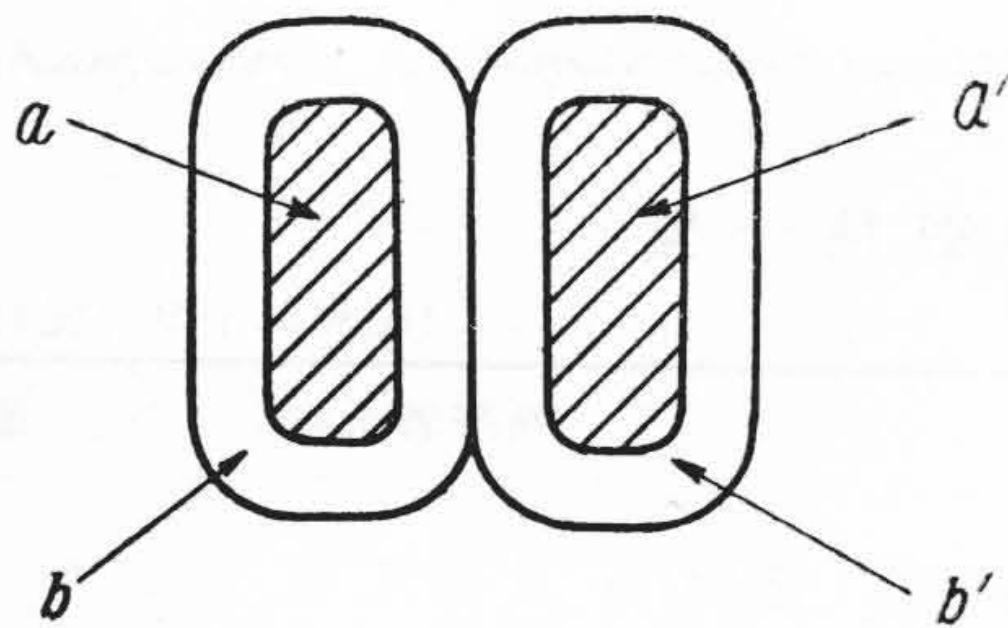
大電流容量の変圧器においてはその巻線導体の所要面積が大きいため渦流損が増加するので、これを避けるため従来は第1図に示すようにそれぞれの周囲に均等な厚さの絶縁層 b, b' が巻装された2個の導体 a および a' をたがいと並列して接続し、複導体を構成させるのが普通とされていたが、複導体 a, a' 間に要求される絶縁強度は導体の渦流を阻止する程度でたり、導体とたの隣接部、たとえば複導体をもつて変圧器用コイルを形成した際の層間に要求される絶縁強度に比し、はるかに少くて済むものである。

本案はこの点に着目し、全体の体積を少くした巻線の構造に関するもので、これにより電線の絶縁被覆資材が節減されるのみならず、変圧器全体の体積の縮小が可能

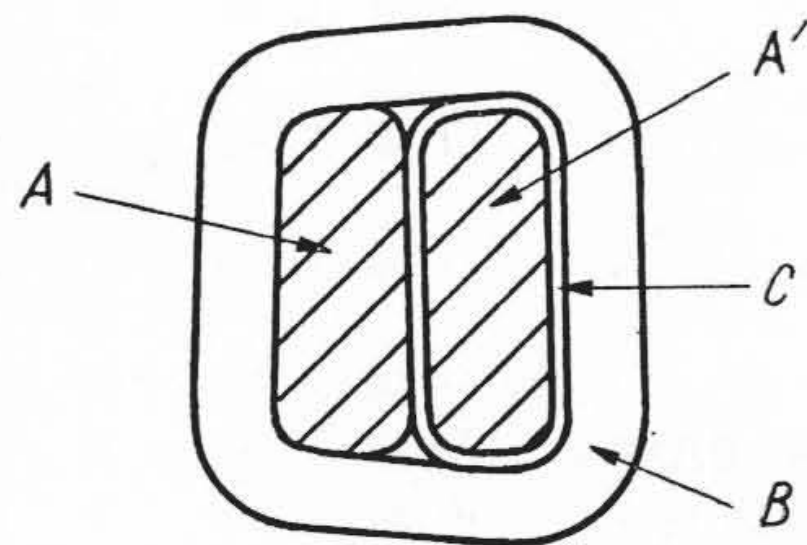
で原価の低減上きわめて有効である。

1. は第2図に示すように裸導体 A と絶縁紙、羽二重、綿布などによる薄い絶縁層 C で巻装された導体 A' を抱合わせ、一括してさらにこれに共通に絶縁紙による厚みの厚い絶縁層 B を巻装したものである。
2. は第3図に示すよう紙による薄い絶縁層 C で巻装された導体 A と摩擦に対する抵抗が少く紙よりも機械的に強い絶縁テープたとえば羽二重、綿布などのテープ D によつて巻装された導体 A' とを一括してその上に共通に絶縁紙による厚みの厚い絶縁層 B をほどこしたもので巻線製作時およびコイル成型時において両者の巻回半径の差異に起因する導体相互の移動圧接による絶縁物の損傷を防いでいる。
3. はその導体相互間の移動圧接が行われた場合テープの合わせ目が引掛かり合つてたがいに損傷されることのないようテープの巻き方法を第4図に示すよう相互反対としたものであり、このようにすることによつて薄い絶縁層 C, C' を両方とも紙テープをもちいることができ片方に羽二重、あるいは綿テープなどをもちいる必要がなくなる。

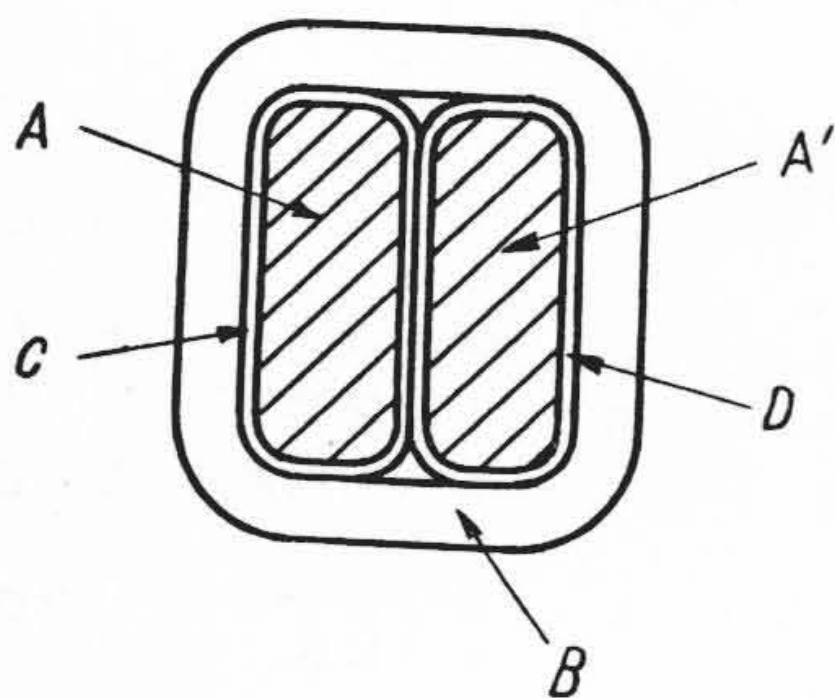
(長山)



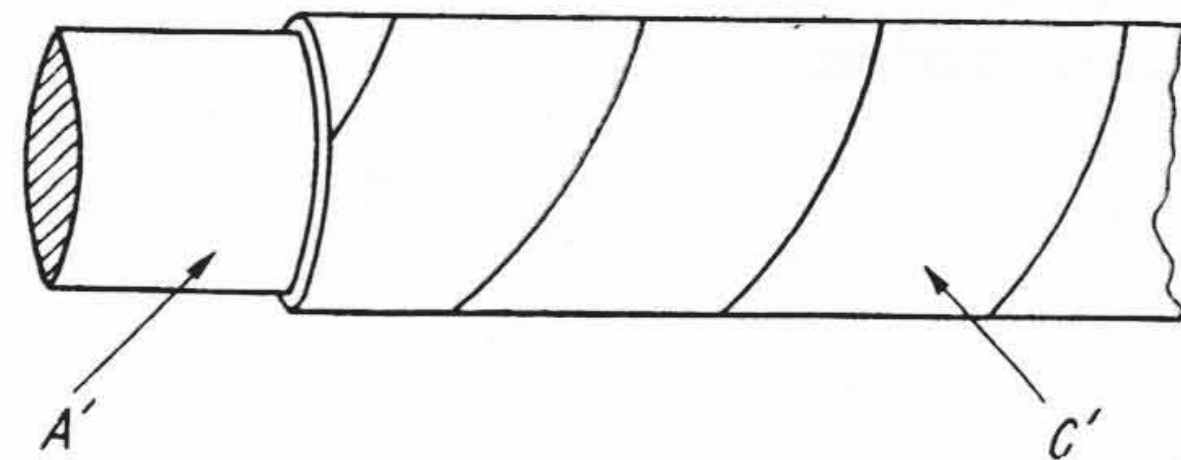
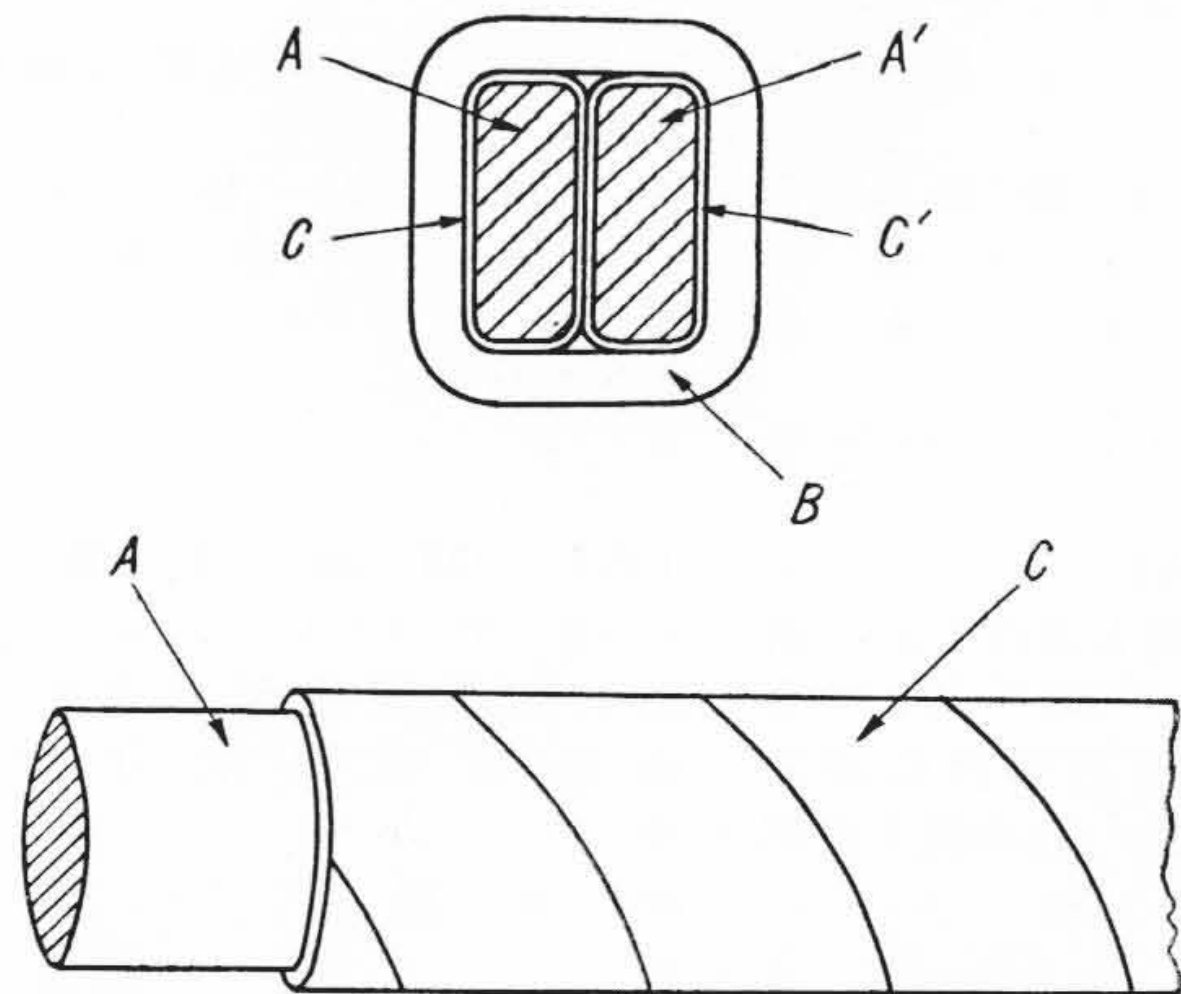
第1図 従来の複導体巻線



第2図 本案の複導体巻線
(実公昭 31-7452)



第3図 本案の複導体巻線
(実公昭 31-7451)



第4図 本案の複導体巻線
(実公昭 31-7454)