

極薄珪素鋼帯 および その応用製品



■ 極薄珪素鋼帯

珪素鋼帯は、電力、工業製品、家電などに広く用いられています。

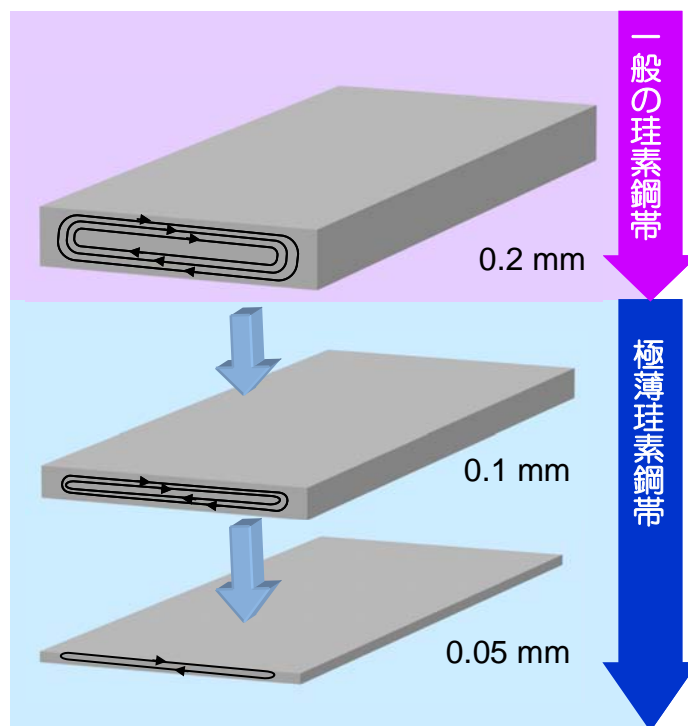
しかし、その多くは板厚0.2mm以上で、商用周波数帯向けです。

これに対して、高周波数用途で優れた性能を示すのが極薄珪素鋼帯です。

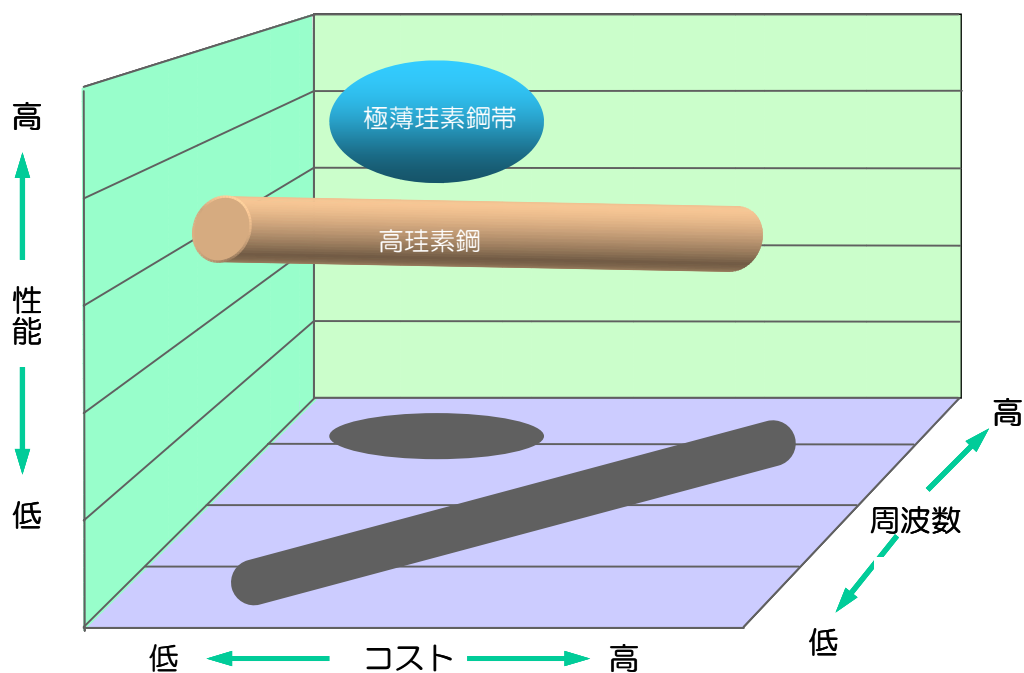
当社の極薄珪素鋼帯は、「世界トップの薄さ」まで板厚を薄くしたことにより、渦電流の発生によるエネルギーロスを極めて低く抑え、さらに優れた絶縁皮膜形成技術により積層効率を高めることができる材料です。

リアクトル、モーターなどの用途において、省エネ、小型・軽量化に貢献します。

極薄珪素鋼帯は、高周波用途において、コストと性能のバランスに優れた材料です。



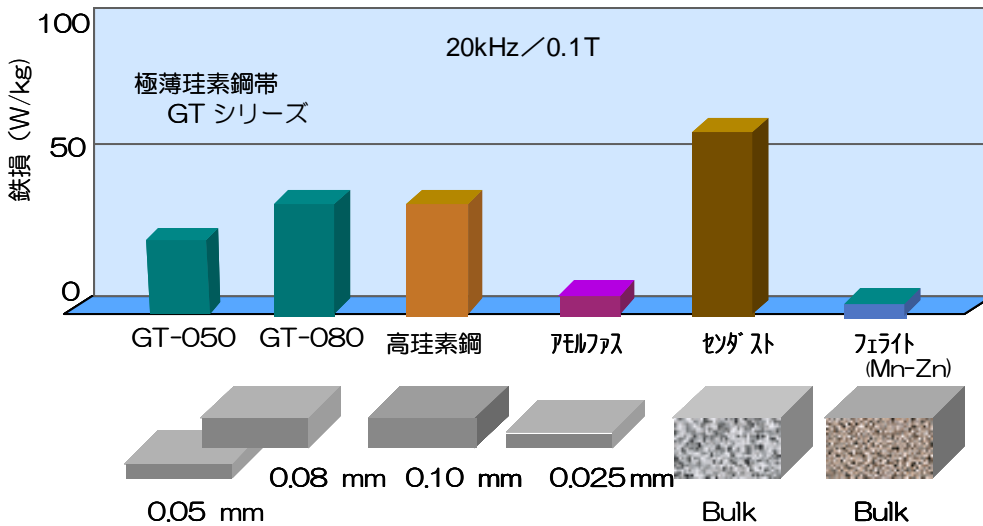
渦電流が少なく、極めて低い鉄損を実現します。



◆ 極薄珪素鋼帯は高周波域において優れたコストパフォーマンスを示す材料です。

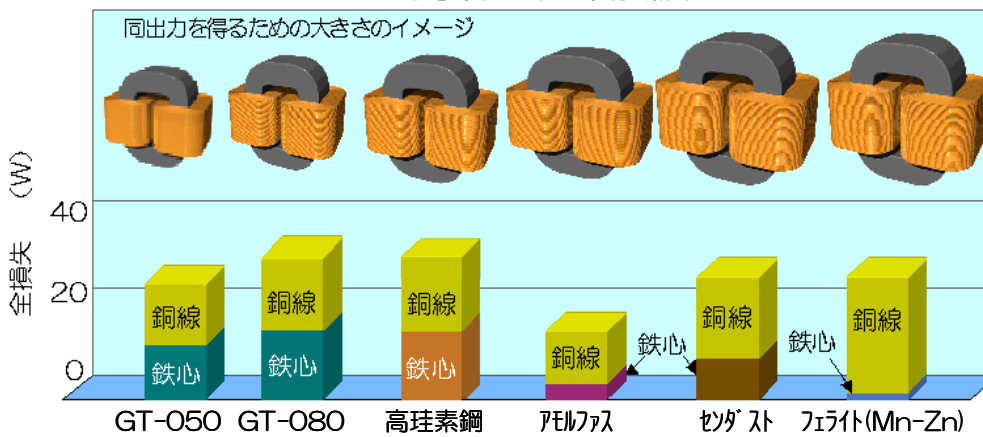
極薄珪素鋼帯のコストパフォーマンス

素材の特性だけで材料を選んでいませんか？

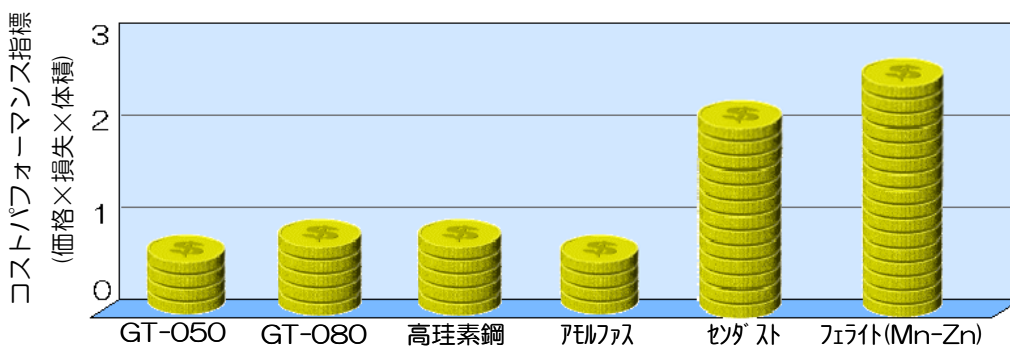


鉄損だけを比較すると、アモルファス、フェライトが優れた性能を示します。

4kVAリアクトルの設計例 (10頁参照)



部品の大きさ、銅線を含んだ全体の損失を考慮すると、評価は変わってきます。



さらに、コストを考慮すると、極薄珪素鋼の優位性が際立ってきます。

- ◆ 極薄珪素鋼帯は、部材になったときに、初めてその秘めた力を発揮します。
- ◆ 極薄珪素鋼帯は、小型軽量化・省エネ・コストダウンに大きく貢献します。

極薄珪素鋼帯の種類

表1 日金電磁工業の極薄珪素鋼帯シリーズ

種類	記号	板厚 mm	特長
GTシリーズ ※ 方向性極薄珪素鋼帯	GT-100	0.100	鋼帯の長手方向に磁気特性が揃っており、高周波数域で極めて低い鉄損を示し、高飽和磁束密度を有するため高周波リアクトル、高周波トランス、シールド等の鉄心に最適の材料です。
	GT-080	0.080	
	GT-050	0.050	
	GT-040	0.040	
STシリーズ 無方向性極薄珪素鋼帯	ST-150	0.150	GTシリーズとほぼ同等の性能を示し、磁気特性に方向性がないので、高速モーター、高周波リアクトル、シールド等の鉄心に最適の材料です。
	ST-100	0.100	
	ST-050	0.050	

注) ※印は新規開発品

極薄珪素鋼帯

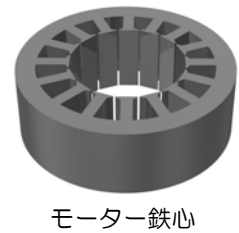


GTシリーズの適用例



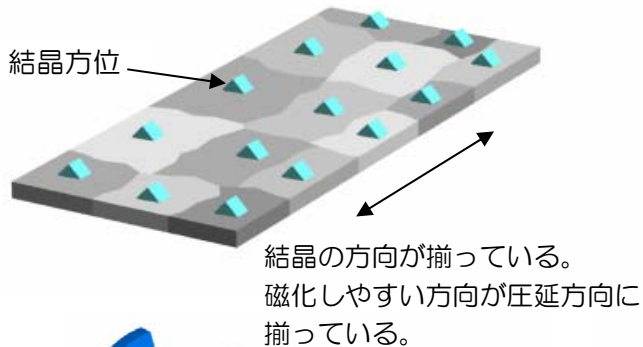
高周波リアクトル

STシリーズの適用例



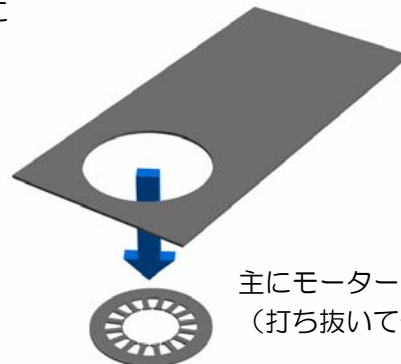
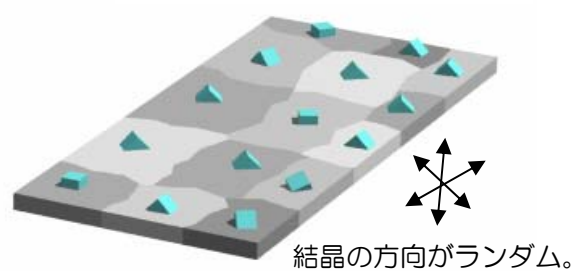
モーター鉄心

◆ 方向性極薄珪素鋼帯 GT シリーズ



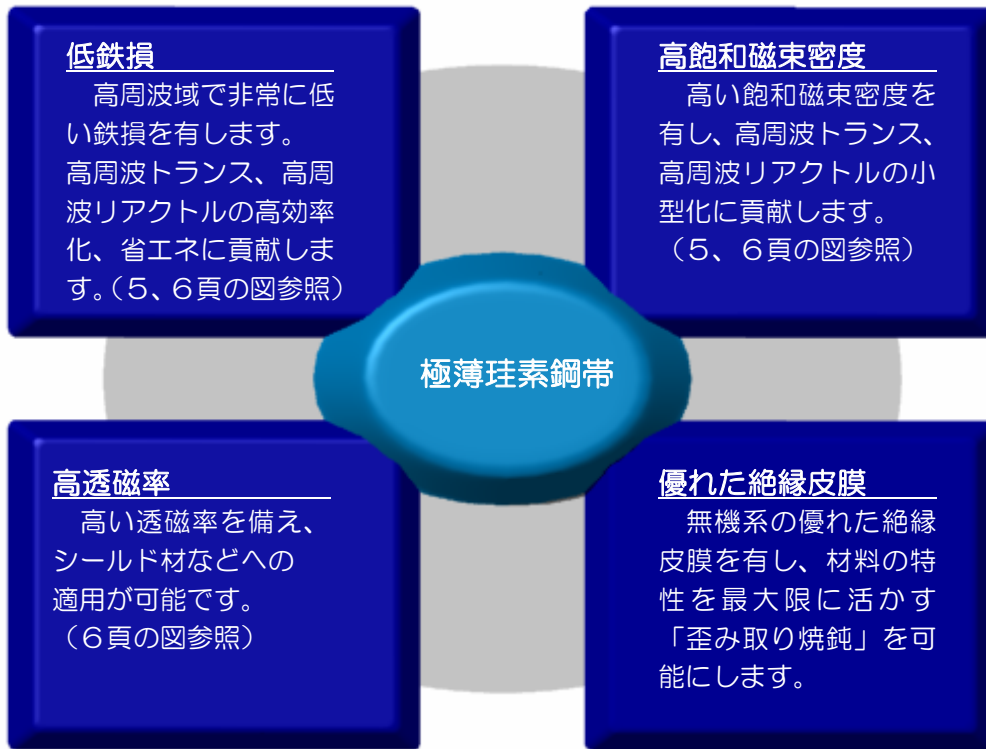
主に巻鉄心に使用。
(巻いて使用)

◆ 無方向性極薄珪素鋼帯 ST シリーズ



主にモーターに使用。
(打ち抜いて使用)

極薄珪素鋼帯の特長

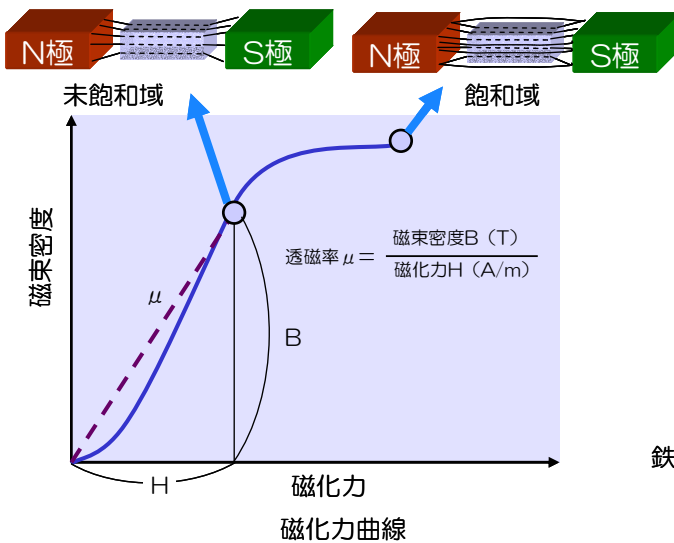


<参考> 磁性材料に望まれる性能

■ 高い磁束密度、高い透磁率

◆ 磁束密度B、透磁率 μ が大きいほど磁力が強い。

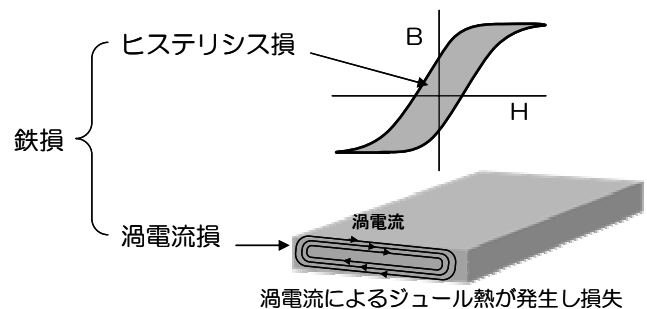
⇨ 小型・軽量化が図れます。



■ 低い鉄損

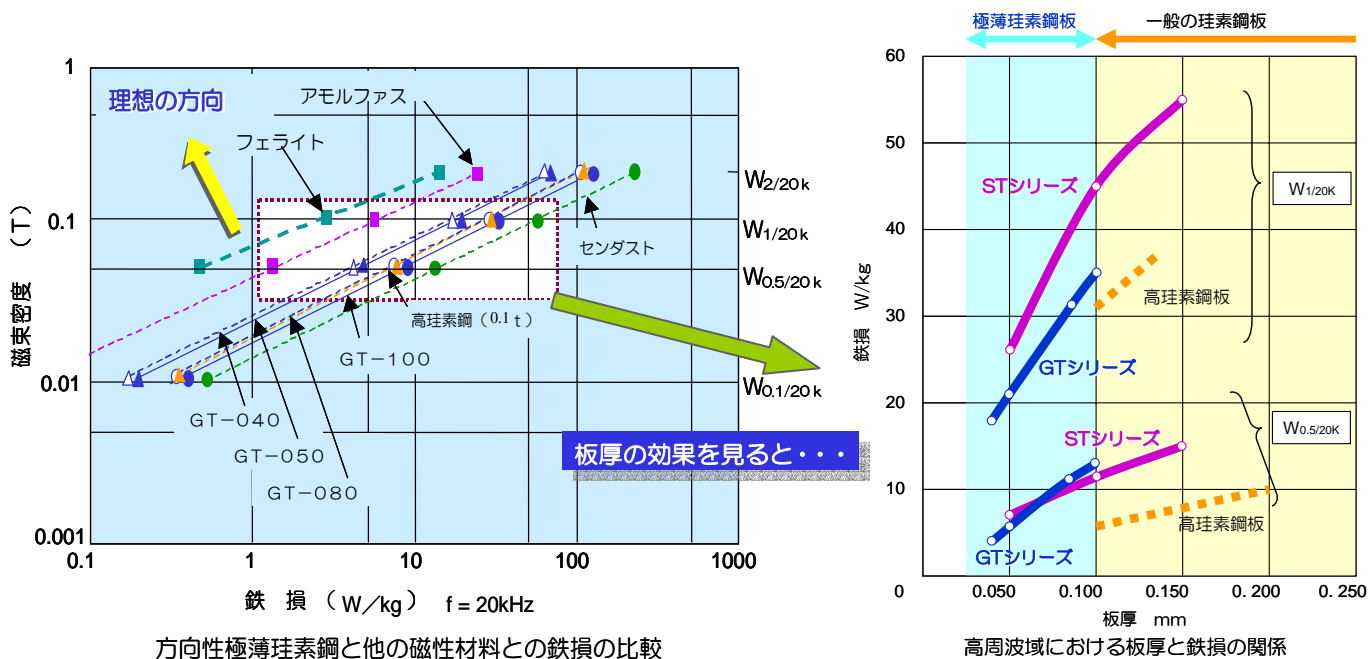
◆ 鉄損が小さいほど、エネルギーロスが少ない。

⇨ 省エネ、高効率化が図れる。



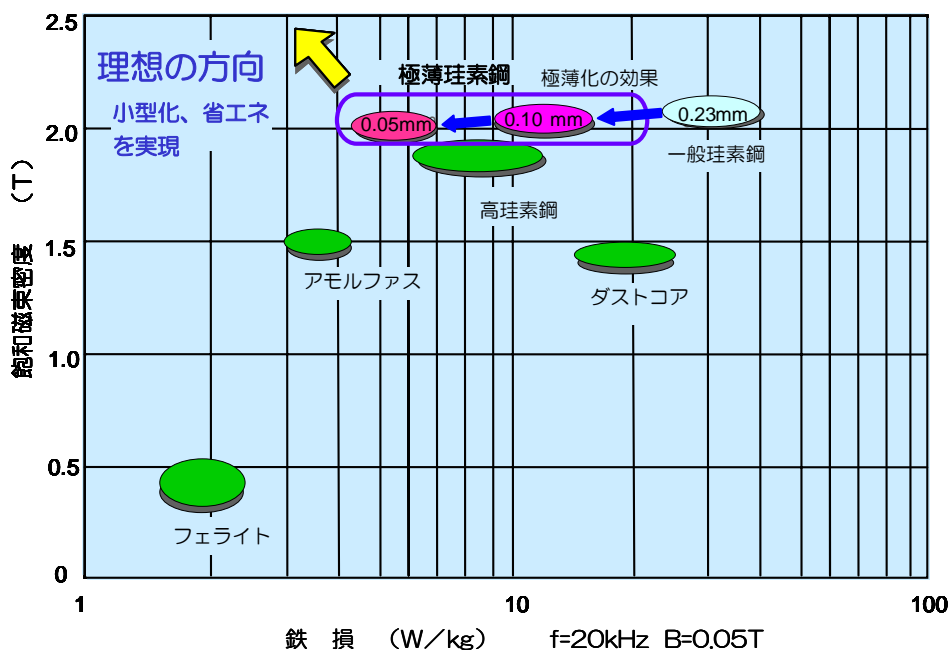
極薄珪素鋼帯の特性

極薄珪素鋼帯の高周波域での鉄損



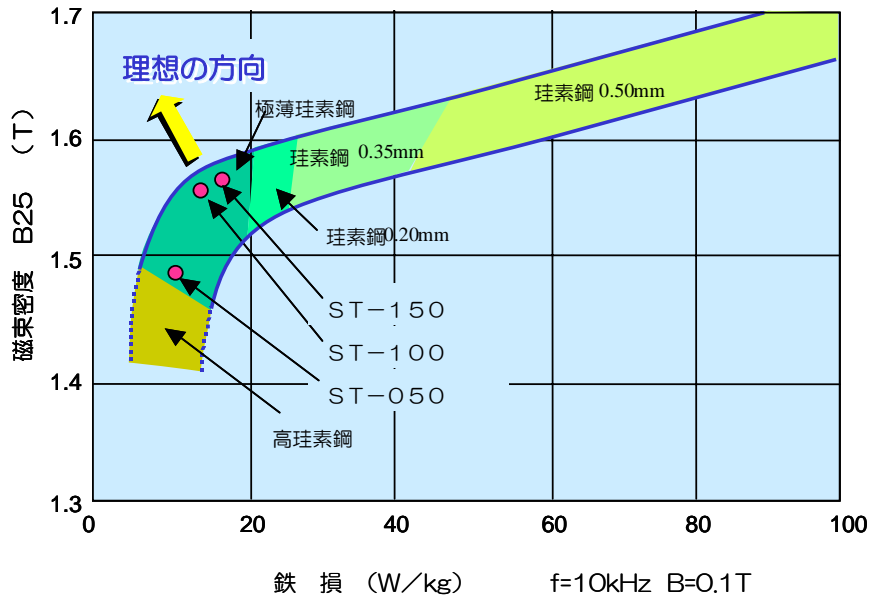
鉄損に及ぼす板厚の効果は大きく、極薄珪素鋼帯は高周波域で特段に低い鉄損を示し、高効率化、省エネに貢献します。

方向性極薄珪素鋼帯の飽和磁束密度



方向性極薄珪素鋼帯、高い飽和磁束密度を有し、小型化に貢献します。

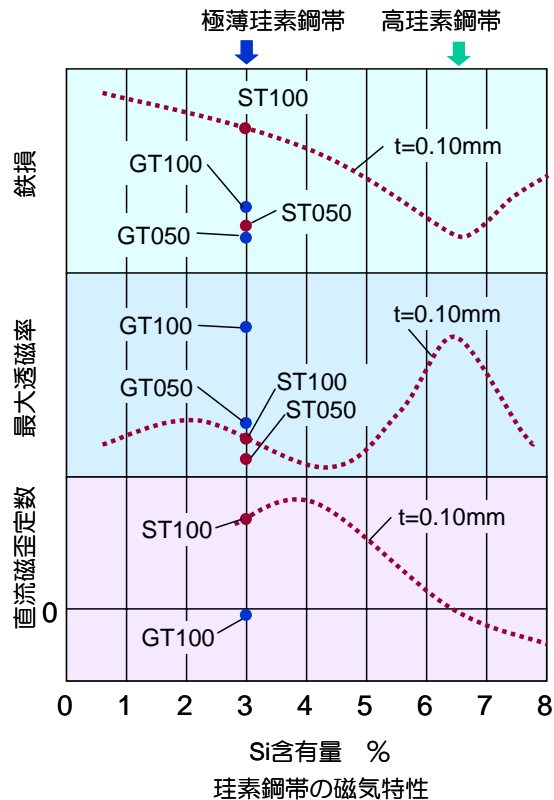
無方向性極薄珪素鋼帯の磁束密度



無方向性極薄珪素鋼と他の磁性材料との鉄損の比較

無方向性極薄珪素鋼帯は鉄損が低く、高い飽和磁束密度を有し、理想に近づいた材料と言えます。

珪素鋼の磁気特性比較



極薄珪素鋼帯は、必要な磁気特性に応じて最適な材料を選ぶことができます。

応用製品の設計

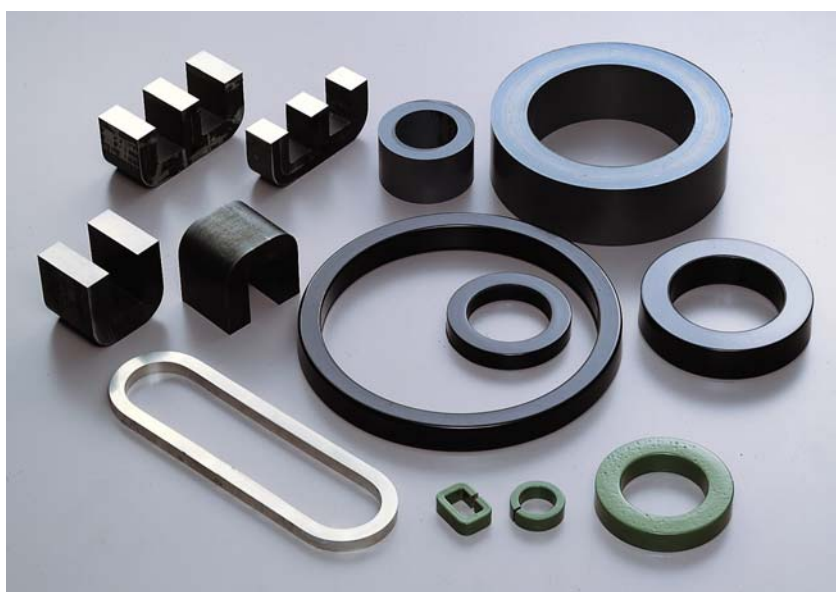
弊社は、極薄珪素鋼帯の販売とともに、方向性極薄珪素鋼帯を適用した巻鉄心ならびに応用機器製品の設計・製造・販売を行っております。

長年にわたり蓄積された技術力を活かして、お客様の要求にお応えする製品の設計・製造が可能です。弊社の巻鉄心は、小ロットへの対応が可能で、特に小ロット品において優れたコストパフォーマンスを示します。プレス打ち抜き品に比べて金型製作費が不要で、低コスト化が実現できます。

この他、蓄積された経験を活かして、お客様の適切な鉄心選びのご支援もいたします。

応用製品の例

各種巻鉄心、リアクトルなどを製作いたします。



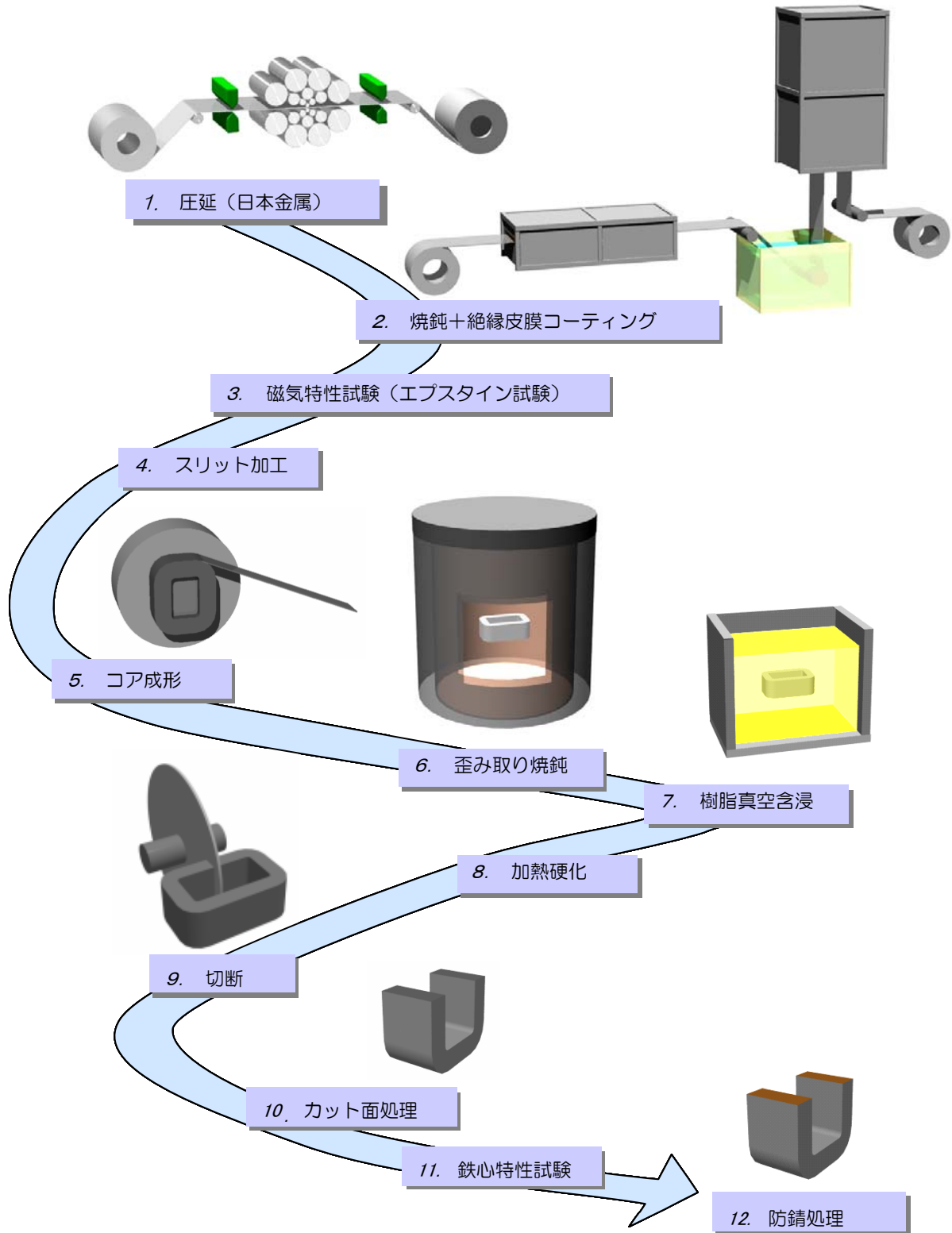
各種巻鉄心



各種応用製品

応用製品の製造工程

圧延から製品製作まで、厳しい品質管理のもと、極薄珪素鋼応用製品の製造を行っています。

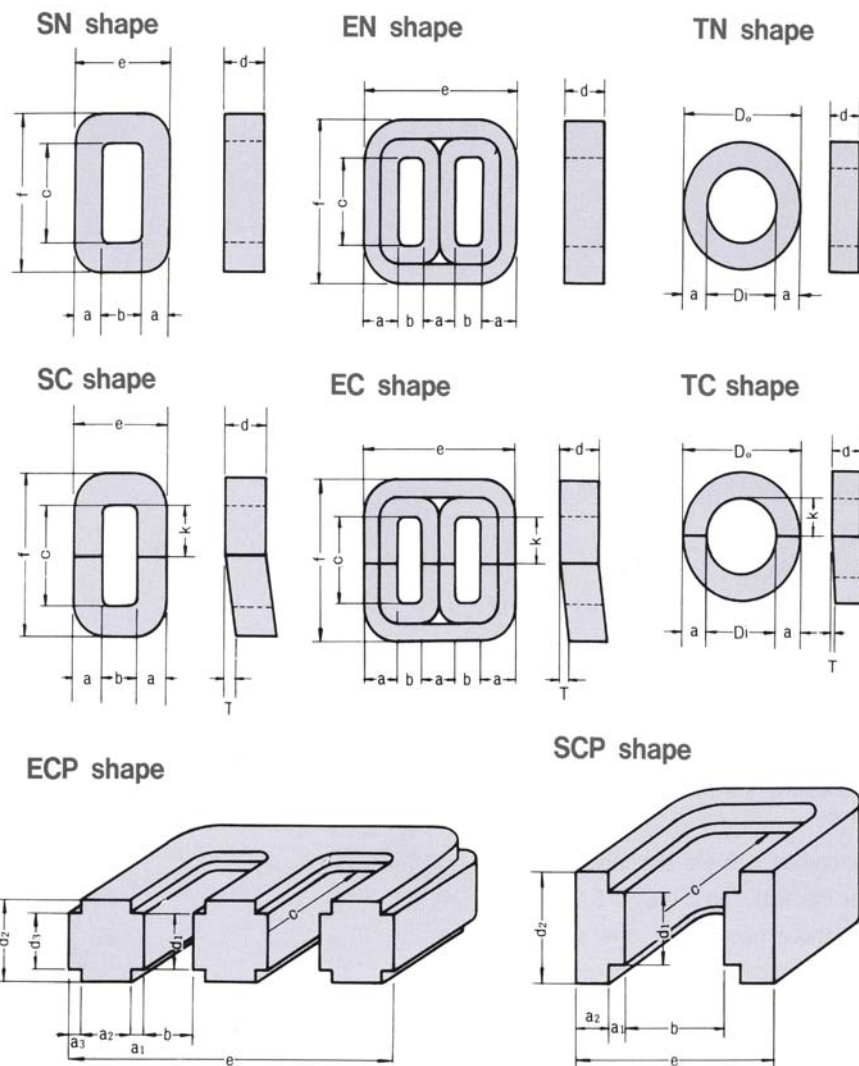
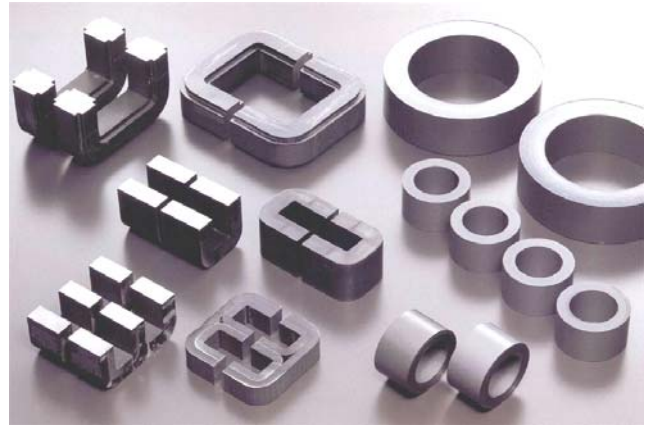


標準鉄心 CSシリーズ, SCシリーズ, ECシリーズ

お客様のご要望に応じた製造が可能です。下記 a, b, c, d, (e, f-R) をご指定ください。

表2 巻鉄心の寸法表示

形状	表示方法
SN	SN $a \times b \times c \times d (\times e \times f-R)$
EN	EN $a \times b \times c \times d (\times e \times f-R)$
TN	TN $a \times d \times Di (\times Do)$
SC	SC $a \times b \times c \times d (\times e \times f-R)$
EC	EC $a \times b \times c \times d (\times e \times f-R)$
TC	TC $a \times d \times Di (\times Do)$
ECP	ECP $a_1 \times b \times c \times d_2 (\times e \times f-R)$ $a_3 \quad d_3$
SCP	SCP $a_1 \times b \times c \times d_1 (\times e \times f-R)$ $a_2 \quad d_2$



設計例

弊社による太陽光発電用リアクトル（定格容量4kVA）の設計例です。

インダクタンス、定格電流、キャリア周波数、キャリア電流をご指定いただければ、最適リアクトルを設計することができます。

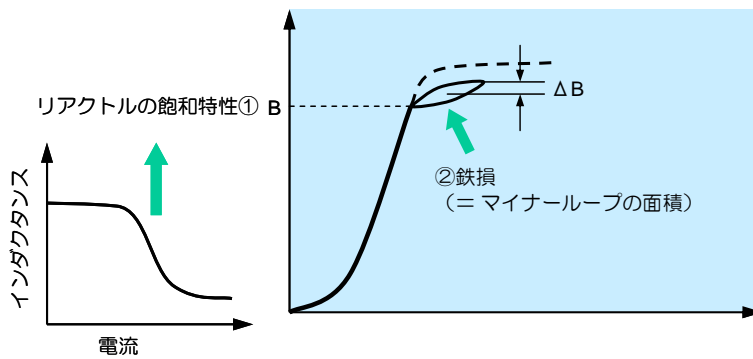
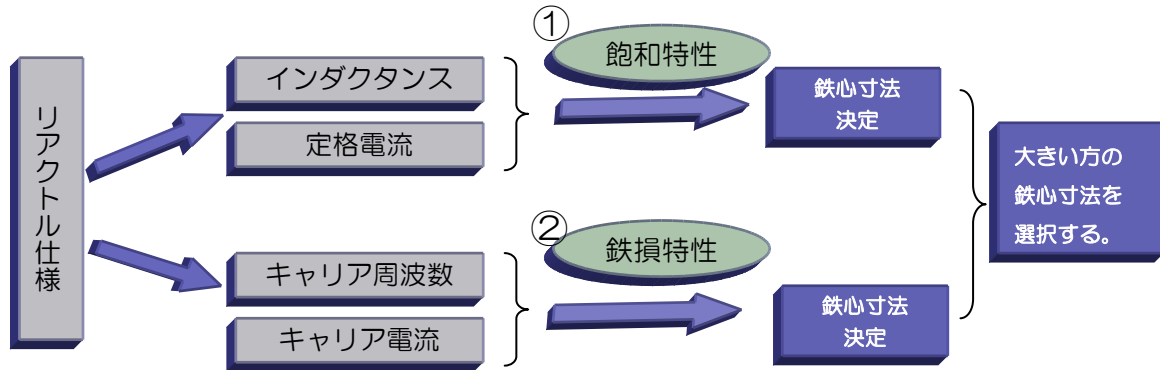


表3 各種磁性材によるリアクトル設計仕様比較

設計パラメータ	材質	GT-100	GT-080	GT-050	GT-040	高珪素鋼 0.1t	アルファス	ダストコア セツダ	フェライト Mn-Zn
電気仕様	インダクタンス(uH)	1000	←	←	←	←	←	←	←
	定格電流(A)	25	←	←	←	←	←	←	←
	周波数(kHz)	20	←	←	←	←	←	←	←
	キャリア電流(Ap-p)	5	←	←	←	←	←	←	←
	飽和特性(μH) at50A	≥600	←	←	←	←	←	←	←
	温度上昇値(K)	≤70	←	←	←	←	←	←	←
鉄心仕様	磁束密度B(T)	0.90	1.03	1.06	1.06	0.87	0.91	0.39	0.46
	鉄損(W)	19.1	14.4	11.5	9.2	14.8	3.2	5.7	1.1
	質量(kg)	1.27	1.11	0.96	0.92	1.23	1.27	2.27	1.10
	価格比 ※1	1.00	0.92	0.97	0.97	1.03	1.16	1.19	1.20
銅線仕様	直流抵抗(mΩ)	20.1	18.9	20.3	20.7	20.1	19.4	31.5	38.4
	銅損(W)	12.6	11.8	12.7	13.0	12.6	12.2	19.7	24.2
	質量(kg)	0.60	0.57	0.61	0.62	0.60	0.58	1.13	1.63
	価格比 ※1	1.00	0.95	1.02	1.03	1.00	0.97	1.88	2.72
機器仕様	合計質量(kg)	1.87	1.68	1.57	1.54	1.83	1.85	3.40	2.73
	全損失率(%) ※2	0.79	0.66	0.61	0.56	0.69	0.39	0.64	0.63
	①体積比 ※1	1.00	0.92	0.87	0.83	1.00	1.09	2.00	1.99
	②損失比 ※1	1.00	0.83	0.77	0.70	0.86	0.49	0.80	0.80
	③価格比 ※1	1.00	0.93	0.98	0.98	1.02	1.11	1.36	1.57
④コストパフォーマンス指標 ※3	1.00	0.71	0.65	0.57	0.88	0.59	2.18	2.49	

※1 各種の比率は、GT-100の設計値を1.00として算定。

※2 全損失率は、容量(4kVA)に対する全損失(鉄損+銅損)の比率として算定。

※3 コストパフォーマンス指標は、①×②×③として算定。(数値が小さいほどコストパフォーマンスが向上します)

極薄珪素鋼帯の寸法および公差

表4 極薄珪素鋼帯の寸法及び公差

記号	板厚		幅方向板厚 偏差(mm)	幅		コイル内径 (mm)
	寸法(mm)	公差(mm)		寸法(mm)	公差(mm)	
GT-100	0.10	+0.010 -0.015	0.010	MAX 300	±0.4	250
GT-050	0.05	+0.008 -0.010	0.010	MAX 300	±0.4	250
ST-150	0.15	±0.020	0.020	MAX 300	±0.4	250
ST-100	0.10	+0.010 -0.015	0.010	MAX 300	±0.4	250
ST-050	0.05	+0.008 -0.010	0.010	MAX 300	±0.4	250

極薄珪素鋼帯の磁気特性規格

表5 極薄珪素鋼帯の製品規格値

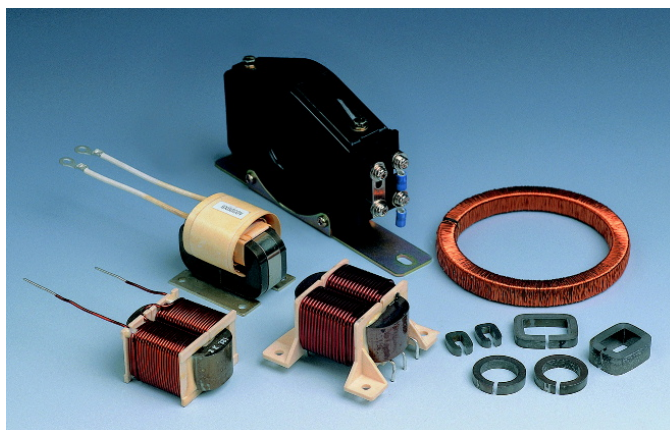
記号	鉄損 (W/kg)			磁束密度 (T)	
	$W_{10/400}$	$W_{15/400}$	$W_{10/1000}$	B_8	B_{50}
GT-100	—	≤15	—	≥1.7	—
GT-050	—	—	≤24	≥1.6	—
ST-150	≤14	—	—	—	≥1.6
ST-100	≤13	—	—	—	≥1.6
ST-050	—	—	—	—	≥1.5

(注 1) GT 材の測定試料は圧延方向 L を用い、歪取焼鈍後 JIS C 2550 により測定。

(注 2) ST 材の測定試料は圧延方向 L を半分、圧延と直角方向 C を半分ずつ用いて、剪断のまま、JIS C 2550 により測定。

(注 3) $W_{10/400}$ 、 $W_{15/400}$ 、 $W_{10/1000}$ はそれぞれ 1T/400Hz、1.5T/400Hz、1T/1000Hz における鉄損を示す。

(注 4) B_8 、 B_{50} はそれぞれ磁化力 800A/m、5000A/m における磁束密度を示す。



極薄珪素鋼帯の磁気特性例

表6 磁気的特性の一例（鉄損）

記号	鉄損 (W/kg)							
	W _{15/50}	W _{15/100}	W _{10/400}	W _{10/1000}	W _{5/2000}	W _{2/5000}	W _{1/10000}	W _{0.5/20000}
GT-100	1.2	3.0	6.1	21.3	18.0	15.2	10.4	13.0
GT-050	1.7	5.0	7.3	17.0	13.0	10.2	7.1	5.3
ST-150	2.3	—	11.6	39.4	30.0	21.5	17.2	14.2
ST-100	2.7	—	11.0	34.1	25.3	17.0	12.9	10.2
ST-050	6.1	—	25.4	65.8	40.8	21.4	11.6	6.7

表7 磁気的特性の一例（交流透磁率および直流磁束密度）

記号	交流透磁率 $\times 10^{-3}(\text{H/m})$					磁束密度(T)		
	$\mu_{10/400}$	$\mu_{10/1000}$	$\mu_{5/2000}$	$\mu_{1/10000}$	$\mu_{0.5/20000}$	B ₈	B ₂₅	B ₅₀
GT-100	20.4	16.2	9.6	2.8	1.2	1.82	—	—
GT-050	16.6	16.0	9.9	2.7	1.5	1.75	—	—
ST-150	9.61	8.17	5.57	1.70	1.15	—	1.56	1.66
ST-100	8.54	7.87	5.81	2.00	1.39	—	1.55	1.65
ST-050	3.13	3.11	2.65	1.00	0.93	—	1.47	1.58

(注 1) G T材磁気的特性 25cm I^o スライ試験 剪断・焼鈍後(L)

(注 2) S T材磁気的特性 25cm I^o スライ試験 剪断のまま(L+C)

表8 機械的・電気的特性の一例（機械的強度・硬度および固有抵抗）

記号	密度 (g/cm ³)	占積率 (%)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	硬度 (Hv)	固有抵抗 ($\mu\Omega\text{cm}$)
GT-100	7.65	93	420	9	202 *2	48
GT-050	7.65	90	387	11	179 *3	48
ST-150	7.65	94	496	15	205 *1	52
ST-100	7.65	93	476	13	198 *2	52
ST-050	7.65	90	487	12	182 *3	52

(注 1) 引張強さ及び伸びは圧延方向 L を測定。硬度測定条件 *1 Hv:0.5kg、*2 Hv:0.3kg、*3 Hv:0.1kg

表9 極薄珪素鋼帯と他磁性材料との磁気的・電気的特性比較の一例

材質	磁束密度 B ₈ (T)	直流最大透磁率 μ_m	鉄損 W _{1/20000} (W/kg)	固有抵抗 ($\mu\Omega\text{m}$)
GT-100	1.82	24,000	35	0.48
GT-080 ※	1.80	20,000	31	0.48
GT-050	1.75	14,000	21	0.48
GT-040 ※	1.70	10,000	18	0.48
ST-150	1.44	10,000	55	0.52
ST-100	1.42	7,000	44	0.52
ST-050	1.26	2,500	26	0.52
高珪素鋼(O.1t)	1.29	23,000	31	0.82
アモルファス	1.56	300,000	6	1.30
ナノ結晶軟磁性材	1.23	70,000	4	0.01
ダストコア(セグダスト)	0.65	150	62	>10000
フェライト(Mn-Zn)	0.45	3,500	3	>100000

(注) ※印は新規開発品

方向性極薄珪素鋼帯 (GT-100) の特性曲線

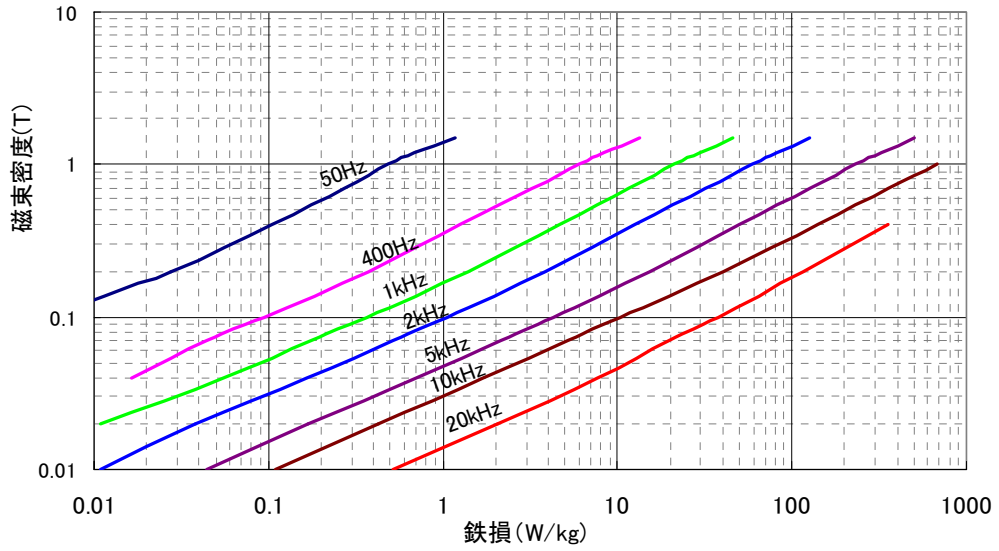


図 1 A 鉄損曲線

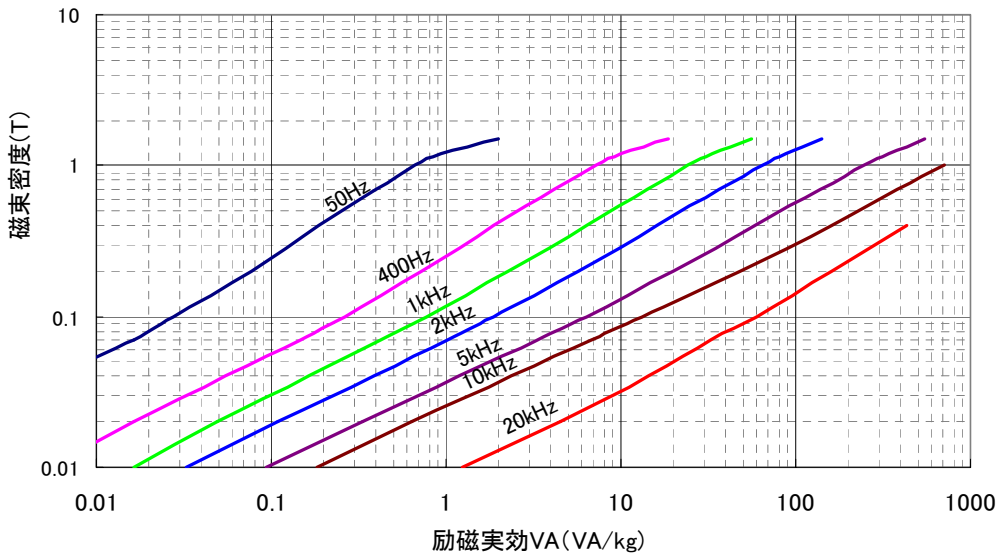


図 1 B 励磁実効VA曲線

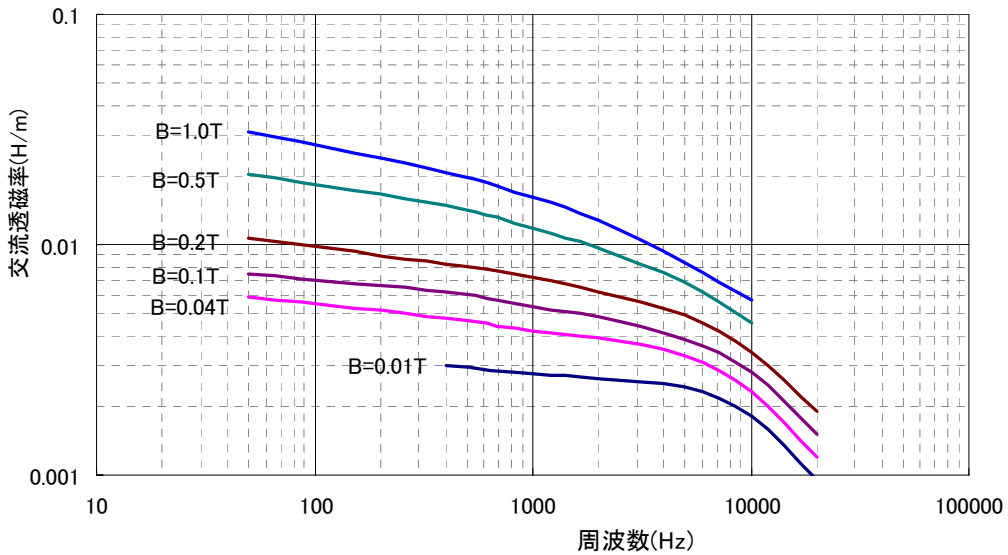


図 1 C 透磁率の周波数特性

方向性極薄珪素鋼帯 (GT-050) の特性曲線

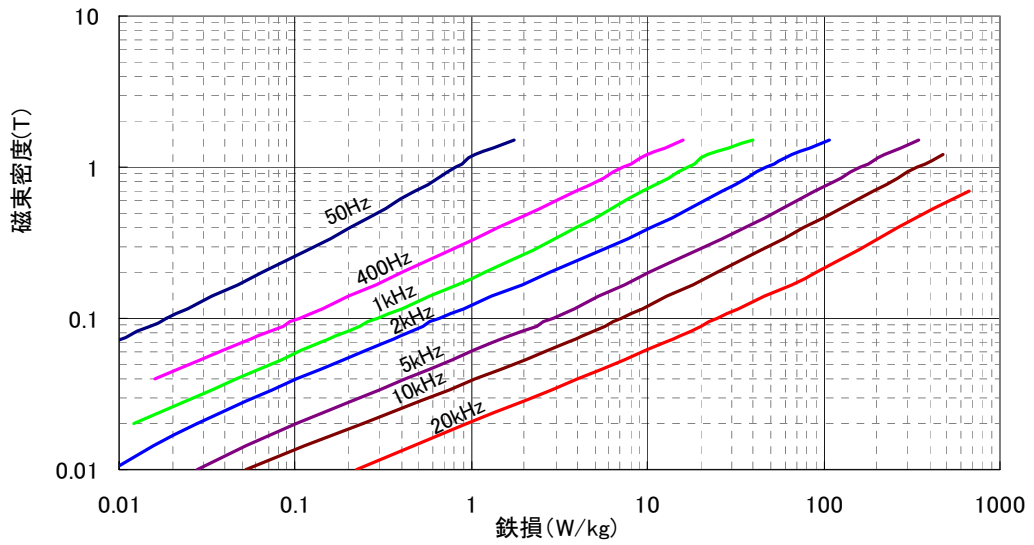


図 2 A 鉄損曲線

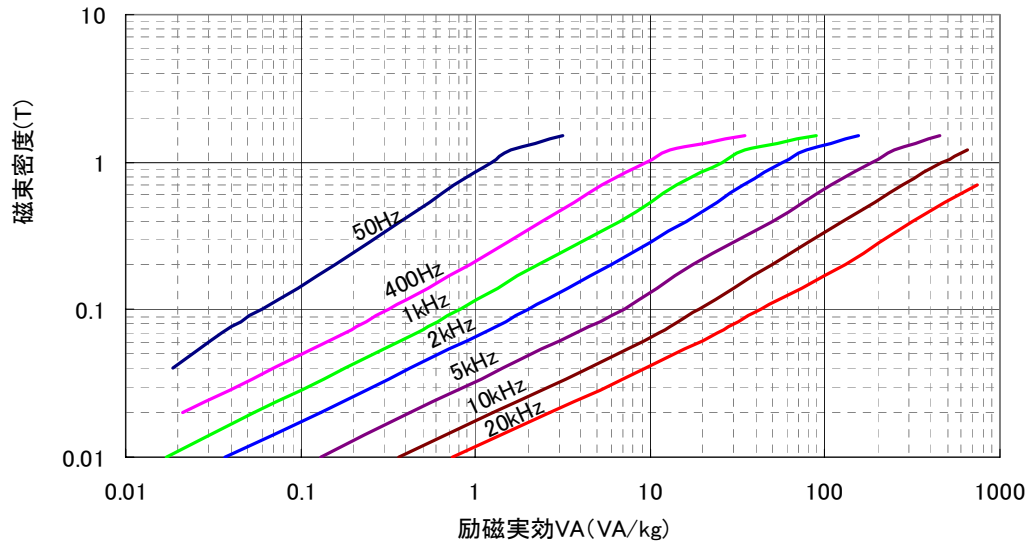


図 2 B 励磁実効VA曲線

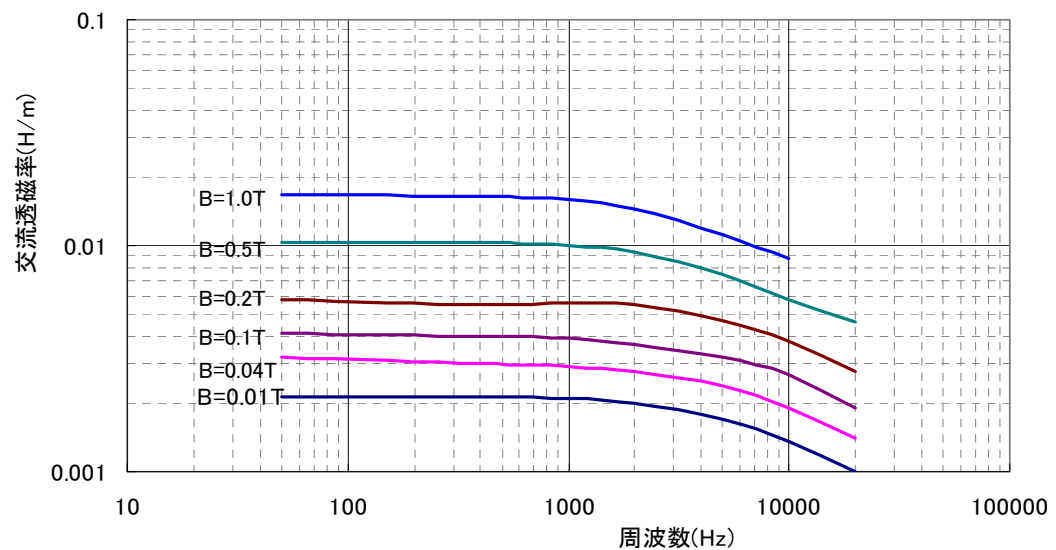


図 2 C 透磁率の周波数特性

無方向性極薄珪素鋼帯 (ST-150) の特性曲線

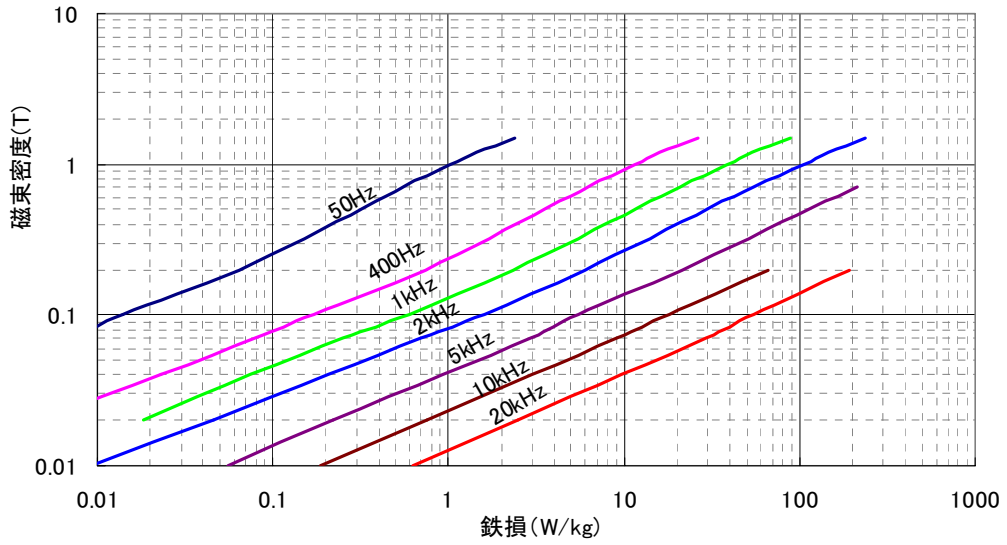


図 3A 鉄損曲線

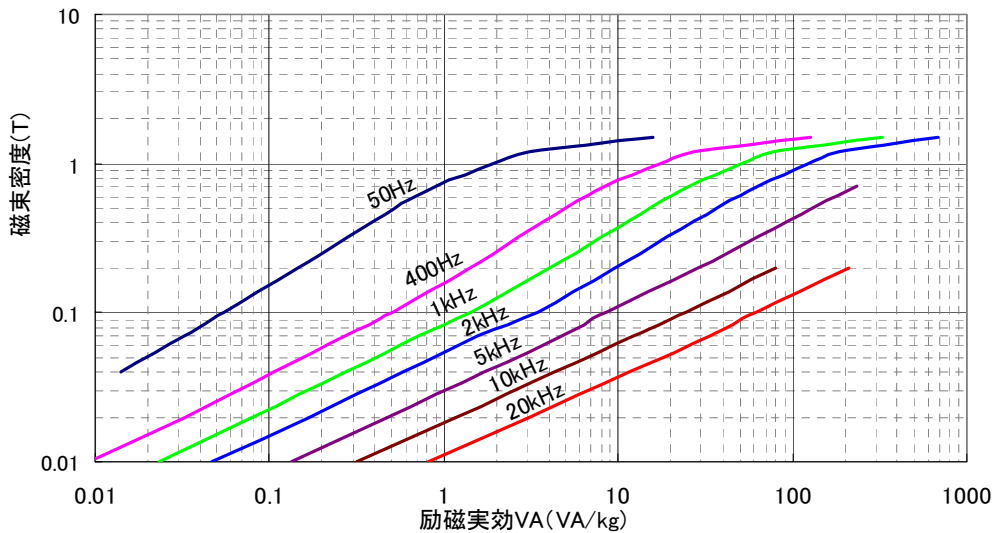


図 3B 励磁実効VA曲線

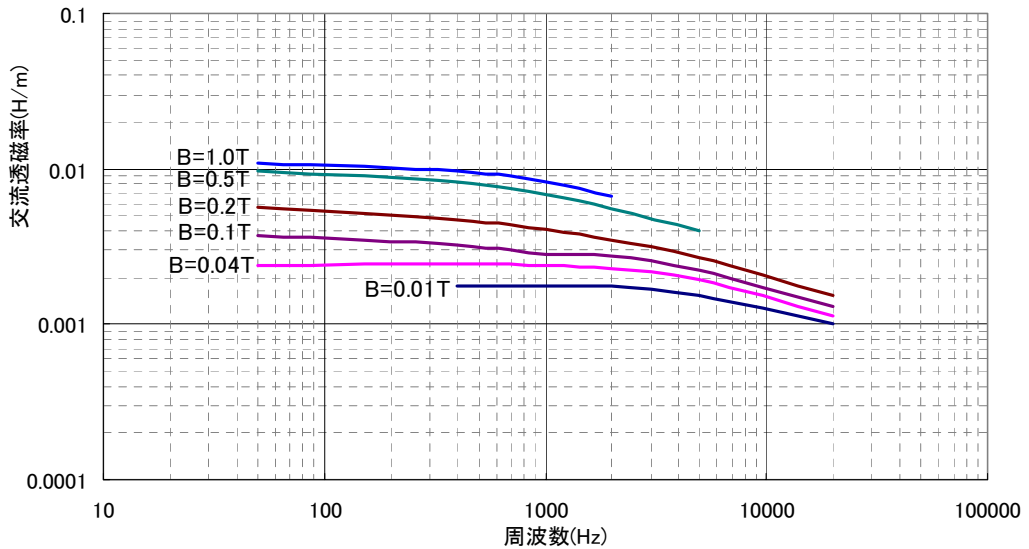


図 3C 透磁率の周波数特性

無方向性極薄珪素鋼帯 (ST-100) の特性曲線

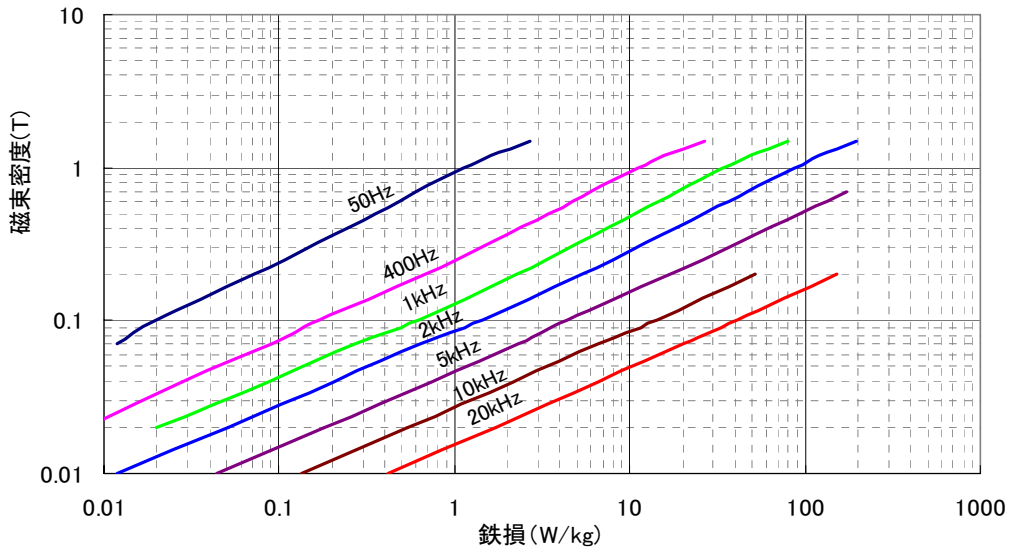


図 4A 鉄損曲線

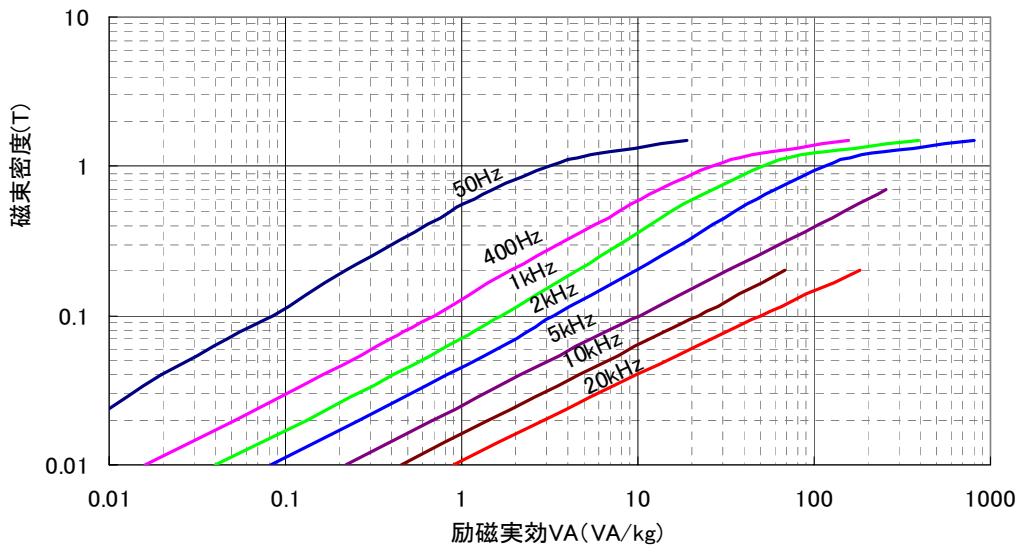


図 4B 励磁実効VA曲線

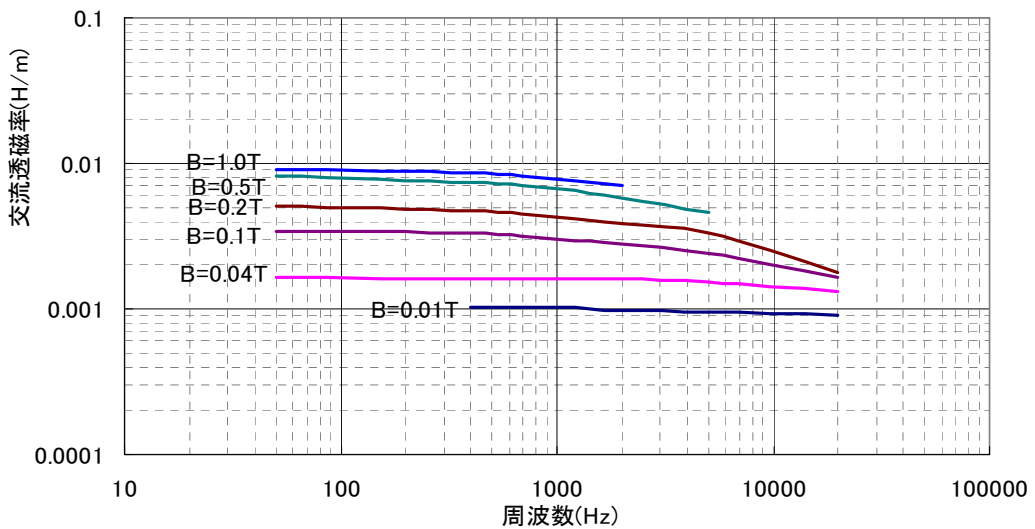


図 4C 透磁率の周波数特性

無方向性極薄珪素鋼帯 (ST-050) の特性曲線

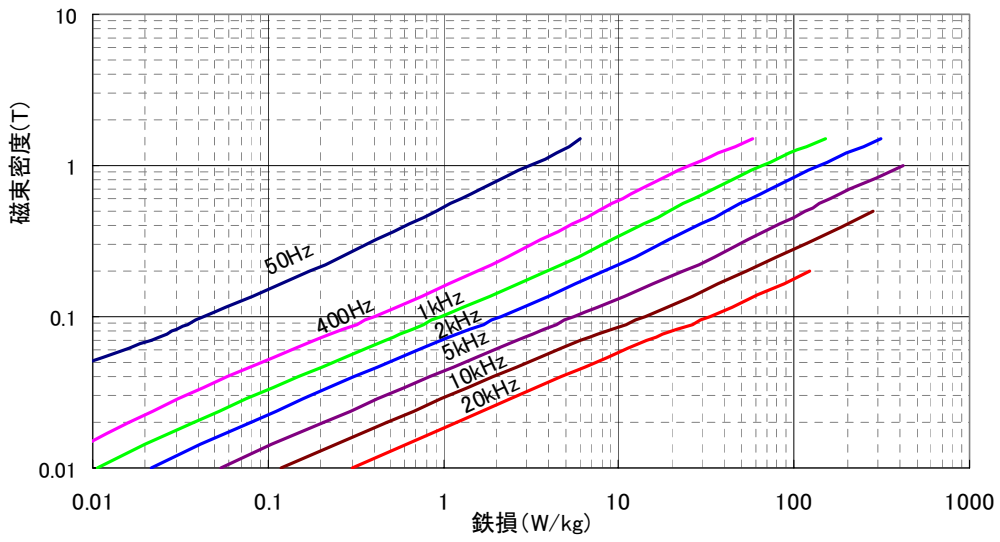


図 5 A 鉄損曲線

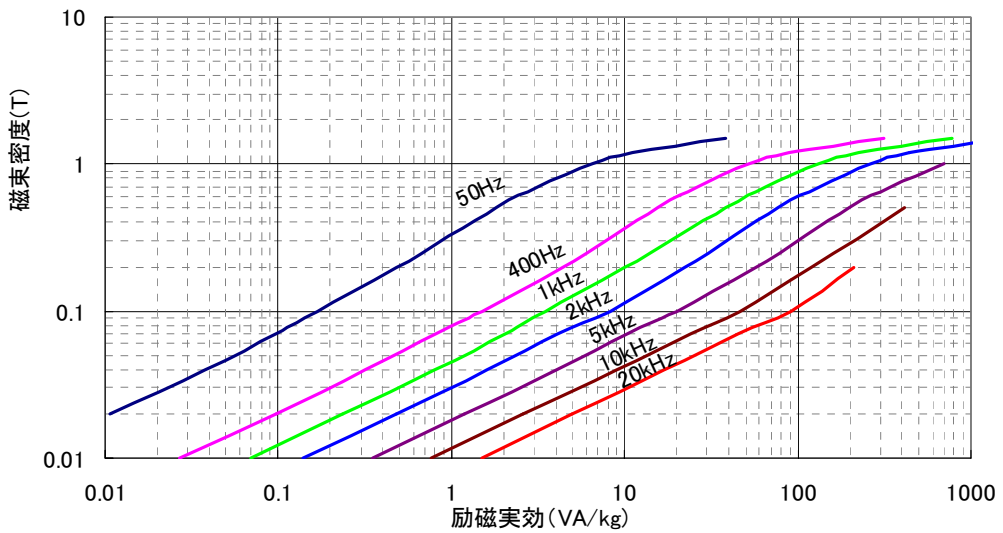


図 5 B 励磁実効VA曲線

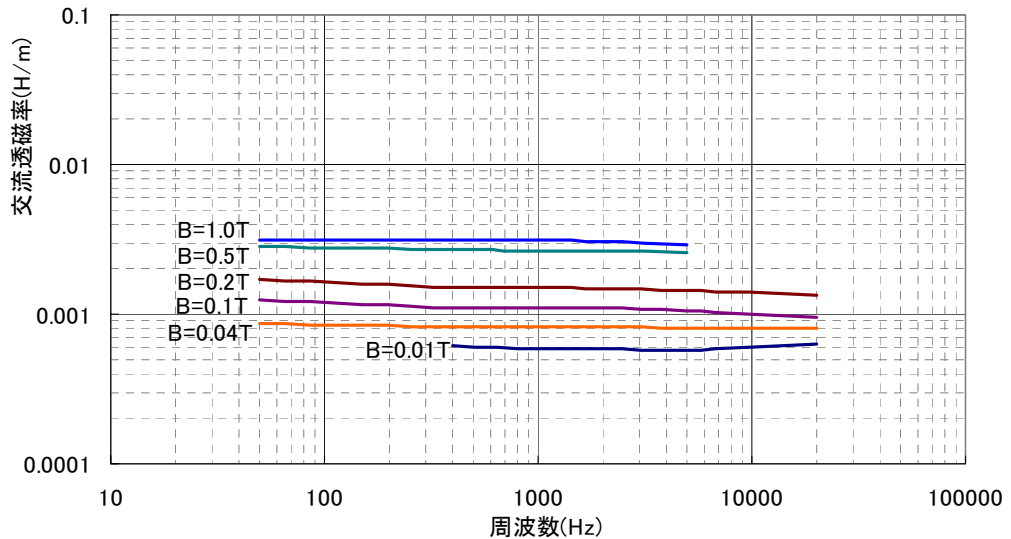


図 5 C 透磁率の周波数特性

絶縁皮膜

極薄珪素鋼帯の絶縁皮膜には次の特長があります。

1. 皮膜は無機質成分のため、熱的・化学的に安定です。
歪取焼鈍は非酸化性雰囲気中で 730～770℃で行いますが、800℃程度までの耐熱性があります。また変圧器油に浸される様なことはなく防錆力もあります。
2. 皮膜は鋼板に強固に密着しており、切断、打抜きの際、剥がれを生じません。
3. 皮膜が薄いため高い占積率を有しています。
4. 高い層間抵抗を有しています。

歪み取焼鈍

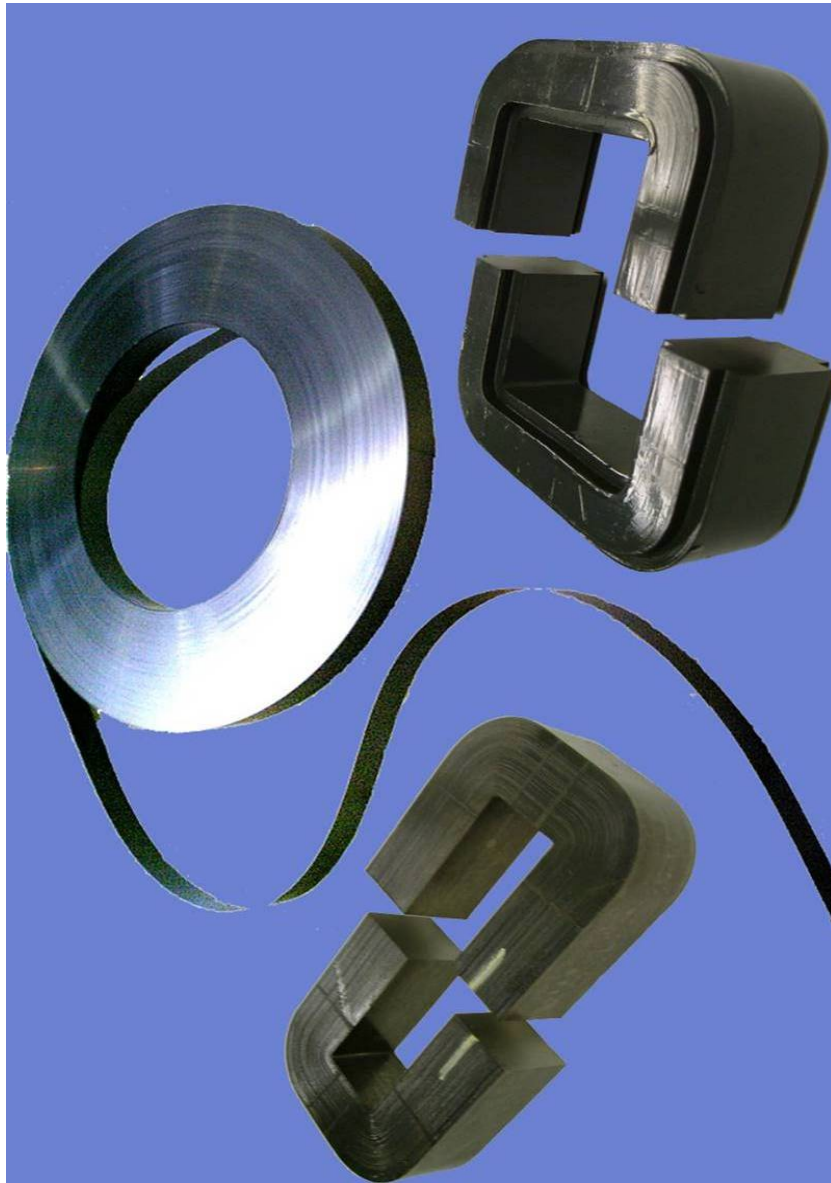
極薄珪素鋼帯は切断、打抜き、曲げ等の加工による機械的歪によって特性が変化しますので必要に応じて適当な歪取焼鈍を行って下さい。

以下歪取焼鈍を行う場合の一般的な注意事項を記します。

1. 焼鈍の雰囲気
通常的气体組成は高純度の窒素か、または水素 5～10%、窒素 90～95%の混合ガスで露点は 0℃以下を必要とします。
2. 炭素に注意
極薄珪素鋼帯は非常に低炭素鋼ですので焼鈍で容易に浸炭します。炉内のスペーサー、カバー類は低炭素鋼を使用して下さい。また、油、紙、布等は除去して下さい。
3. 被焼鈍物の積み方
積層された極薄珪素鋼帯を加熱する場合、断面の方向から加熱する方が熱伝導の上から有利です。また、熱放射、雰囲気の対流による伝熱を考慮して下さい。積み上げるベースに凹凸があると組立ての際に歪が入り特性が変化します。
4. 焼鈍温度および時間
焼鈍温度は 730～770℃、保持時間は 2～3 時間が適当です。冷却速度は 50～100℃/hr、被焼鈍物の温度が 350℃以下で炉から取り出せば良好な結果が得られます。

環境負荷物質

弊社の極薄珪素鋼帯は、RoHS指令対象の水銀及び水銀化合物、カドミウム及びカドミウム化合物、鉛及び鉛化合物、六価クロム化合物、PBB、PBDE類の含有量は、規制値(閾値)以下であり、意図的な添加及び製造工程での使用もございません。



 **日金電磁工業株式会社**

〒333-0834 埼玉県川口市大字安行領根岸 1308 番地 1

TEL : 048(283)1001 FAX : 048(283)1004

E-mail : info9@nikkindenjikogyo.co.jp

お客様へのご注意とお願い

(1)本資料に記載された技術資料は、規格値を除き何ら保証を意味するものではありません。

(2)本資料に記載された製品の使用目的・使用条件によっては、記載した記載した内容とは異なる特性を示すことがあり、これによって生じた損害につきましては責任を負いかねますのでご了承下さい。

(3)本資料に記載された技術資料は、予告なしに変更される場合がありますので、最新情報については、弊社・営業部にお問い合わせ下さい。

2008 年 5 月現在