

Li系フェライトメモリコアの磁気特性に及ぼす 粉体処理効果

Effect of Powder Treatment on Magnetic Properties
of Lithium Ferrite Cores

田嶋善造*
Zenzô Tajima

上原保彦*
Yasuhiko Uehara

小田原弘造*
Kôzô Odawara

要 旨

Li系フェライトメモリコアの製造過程中、特に仮焼後の粉碎効果が焼結性ならびに磁気特性に与える影響について検討した結果、次の結論を得た。(1) 同一密度の焼結体の結晶粒を比較すると、短時間粉碎のほうが、長時間粉碎よりも結晶粒は大きく、その分布はせまい。(2) メモリコアのパルス特性は、短時間粉碎のほうが比較的低い駆動磁場において最大角形を有し、長時間粉碎のほうが比較的高い駆動磁場において最大角形を有する。(3) この関係は磁気特性についても成り立つ。これは焼結とともに、焼結体の空孔 (pore) の大きさとその間隔が変化する過程が粉碎時間によって異なることに起因する。すなわち上記過程が抗磁力 H_c ならびにその分散 σ を決め、この両者が角形 R_s を定める。

1. 緒 言

最近、電子計算機などの情報処理装置の進歩は著しく、その記憶装置はますます大容量化、高速化しつつある。したがって、それらに使用されるフェライトメモリコアに対しても、高い性能、生産性ならびに信頼性が要求されている。現在、世の中で使用されているフェライトメモリコアは、その温度特性から、MnMg系フェライトで代表される一般的なものと、Li系フェライトで代表される広温度域のものがある。前者のMnMg系のフェライトメモリコアの動作範囲は温度補償を行なっても0~50℃が限度であろう。それゆえ、最近では、キュリー温度の高い後者のLi系のフェライトメモリコアが広温度域メモリコアとして広く使用されるようになってきている。

後者の広温度域メモリコアとしては、16ミルメモリコアHFC182、18ミルメモリコアHFC280、20ミルメモリコアHFC258、30ミルメモリコアHFC382などがあり、特性例を示したのが図1である。

一般に、フェライトメモリコアは粉末冶金的手法で製造されているため、粉体処理条件の選定が組成の選定とならんで最も重要である。粉体処理条件の中で特に製品の特性に影響を与えるのは、粉碎、仮焼の条件である。本論文では、特にLi系フェライトメモリコア製造過程中的仮焼後の粉碎条件が、焼結性、磁気特性などに及ぼす影響について調べ、若干の考察を加えてみた。

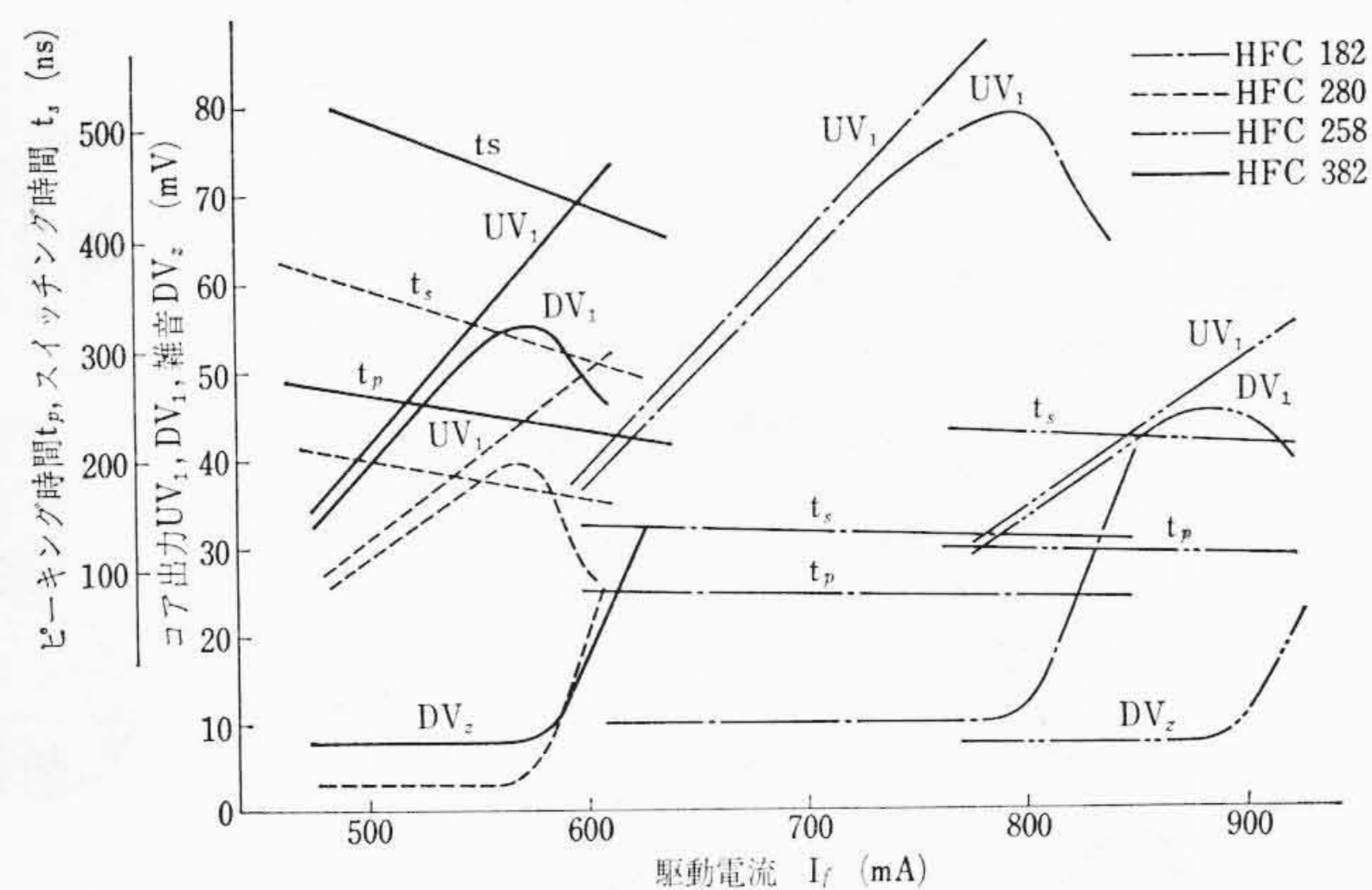
2. 実験方法

2.1 試 料

実験に使用したLi系フェライトは、原料粉末を湿式混合後、空气中で940℃で2時間仮焼し、その仮焼粉体を振動ボールミルにて1、5、20時間粉碎し、3種のフェライト粉体を得た。各フェライト粉体は、成形を行ないやすくするため結合剤としてPVA 2.0%を添加し、噴霧乾燥法によって造粒した。

焼結体密度の測定および結晶組織の観察用の試料としては、外径8φ、厚さ約4mmのペレット状の成形体を作成した。パルス特性、B-H特性測定用の試料としては、18ミルメモリコアと同じく、外径0.5φ、内径0.35φ、厚さ0.15mmのトロイダル成形体を作成した。成形体の密度はすべて3.0g/ccに統一した。この場合粉体の種類に関係なく成形圧は、ほぼ同一(約4t/cm²)であるので成形条件が焼結速度に及ぼす影響は無視できるものと考えられる。

* 日立製作所茂原工場



測定条件		(単位 ns)		
測定温度	25±1℃			
D. R. ($\equiv \frac{I_d}{I_f}$)	= 0.61			
品 種	t_r	t_w	t_f	
HFC182	30	120	30	
HFC280	100	500	100	
HFC258	50	500	50	
HFC382	100	800	100	

図1 広温度域Li系フェライトメモリコアの電流特性

2.2 焼 結

各成形体を白金メッシュポートにのせ、酸素気流中にて1,000~1,200℃の温度範囲で所定の時間加熱した。昇温、冷却速度は約70℃/minである。

2.3 測 定

粉体粒子は電子顕微鏡写真で観察した。焼結体の密度は、焼結体の寸法をマイクロメータで、重量を化学天秤(てんびん)で測定して求めた。焼結体の結晶組織は、焼結体の自由表面をレプリカ法電子顕微鏡写真にとって観察した。

メモリコアのパルス特性は、CTC社製の Programmed Pulse Generator を用いて、図2に示すブロックダイアグラムを組んで測定した。パルス列は図3に示したとおりで、ステップ6で無妨害出力 UV_1 を、ステップ4で妨害出力 DV_1 を、ステップ1で雑音出力 DV_2 を読み出した。図4はパルス波形に関する定義を示したものであるが、ここでは $t_r = t_f = 100$ ns, $t_w = 500$ ns, $I_d = 0.61 I_f$ の条件で測定を行なった。図5は出力波形を、図6は I_d , I_f を変えた場合の電流特性を示したものである。図6において、駆動電流 I_f を増加させていった場合、 DV_2 が急激に大きくなる限界電流 I_{fb} の90%を I_f^* と

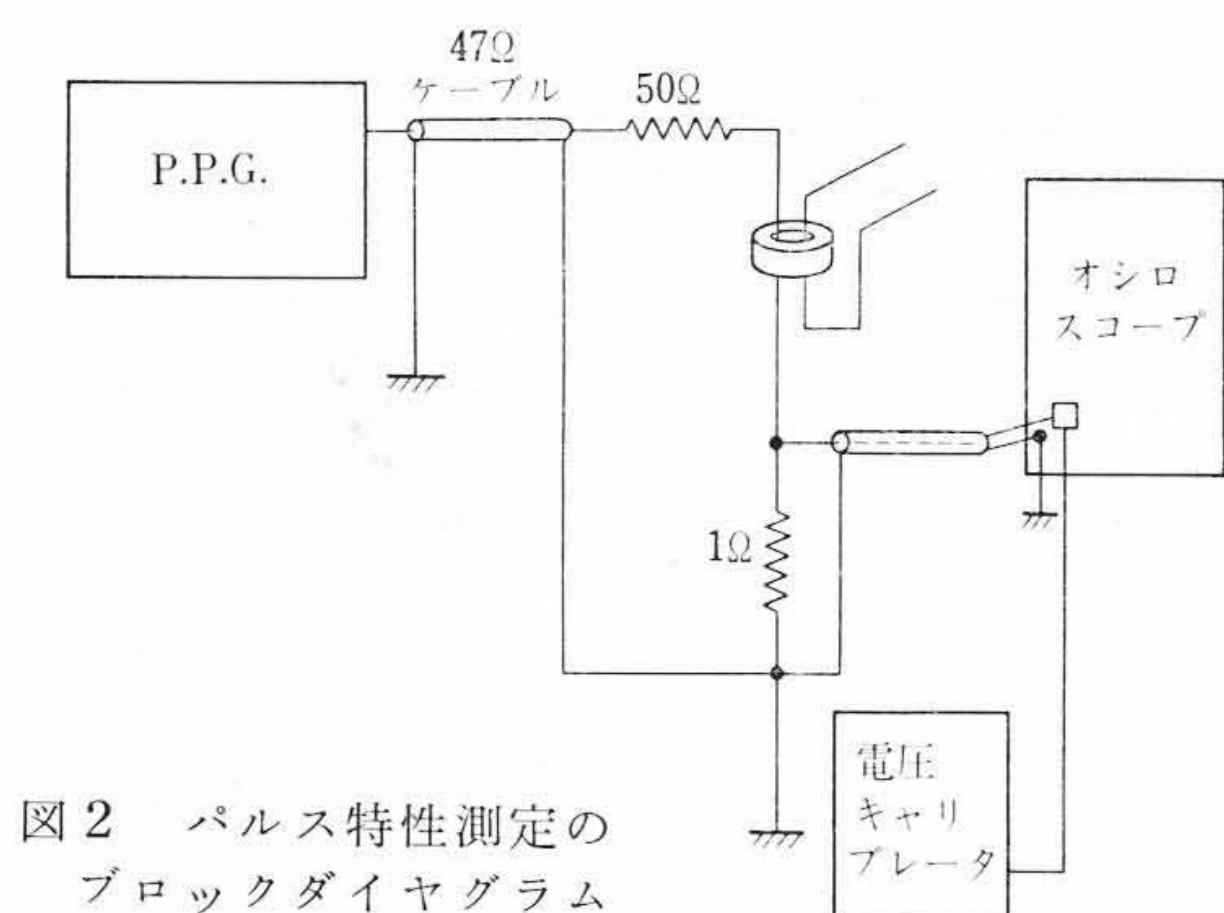


図2 パルス特性測定のプロックダイアグラム

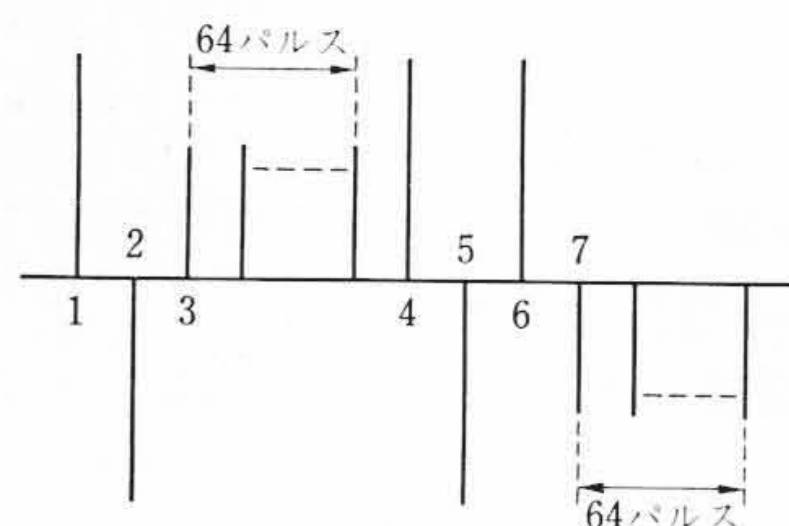


図3 パルスプログラム列

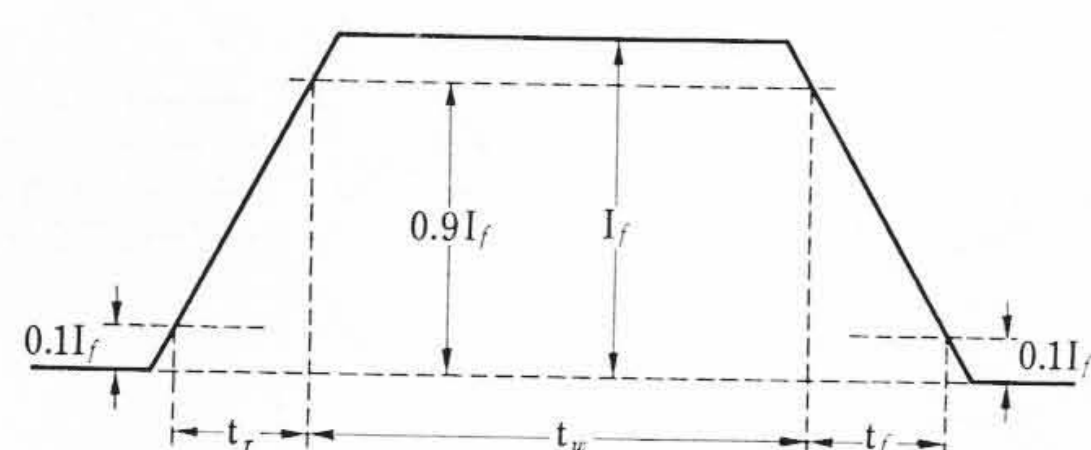


図4 パルス波形に関する定義

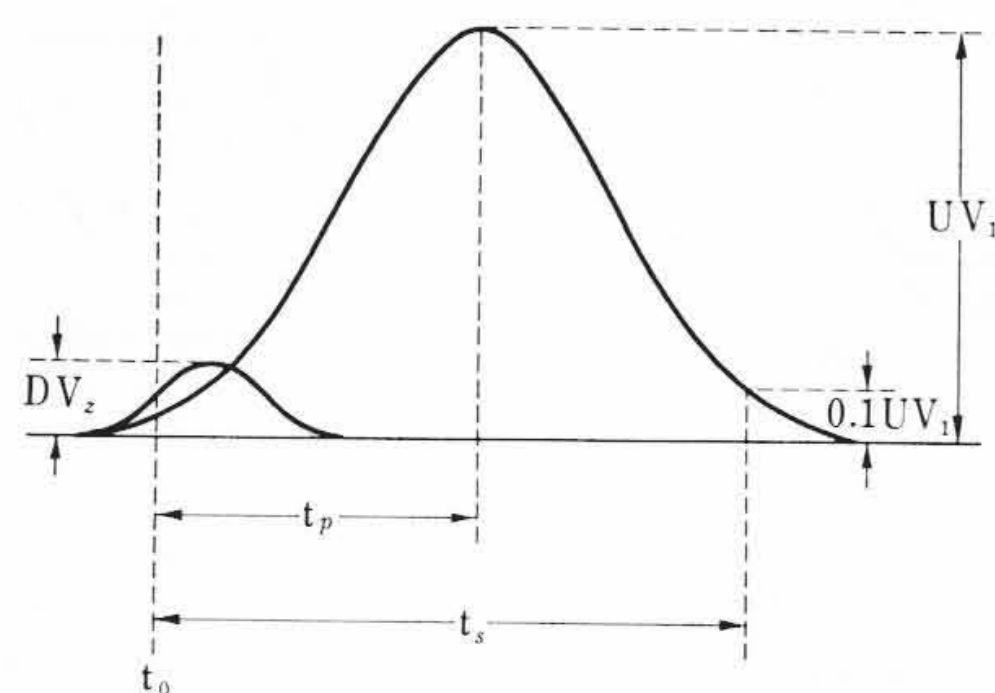


図5 出力波形

し、この電流を各メモリアの試験電流とした。

上記パルス特性の測定と並行してB—H特性を測定した。測定器としてはシグマ電気製の10 kHz B—H スコープを用い、測定に際しては一定温度の空気を試料に吹きつけて駆動線の発熱による温度上昇を防いだ。

3. 実験結果および検討

3.1 粉体特性

焼結に重要な影響を及ぼす粉体の性状としては、粒度と表面活性度の二つがある。粉碎という機械的操作によって粒度が小さくなり、表面活性度が変化し、それが焼結を含む固相反応に変化を及ぼすことはよく知られている⁽¹⁾。

図7は940°Cで2時間仮焼後、1, 5, 20時間粉碎して得られた粉体粒子の電子顕微鏡写真である。1時間粉碎した粉体では微粒子がほとんど生成していないが、20時間粉碎した粉体では微粒子が多量に生成している。これは振動ボールミルの粉碎が表面粉碎を通して行なわれていることを示している⁽²⁾。また20時間粉碎した粉体では粒子表面の粗度(roughness)が著しく増大している様子がよくわかる。これらの粉体の性状の違いは、焼結反応に大きな影響を及ぼすことが予想される。

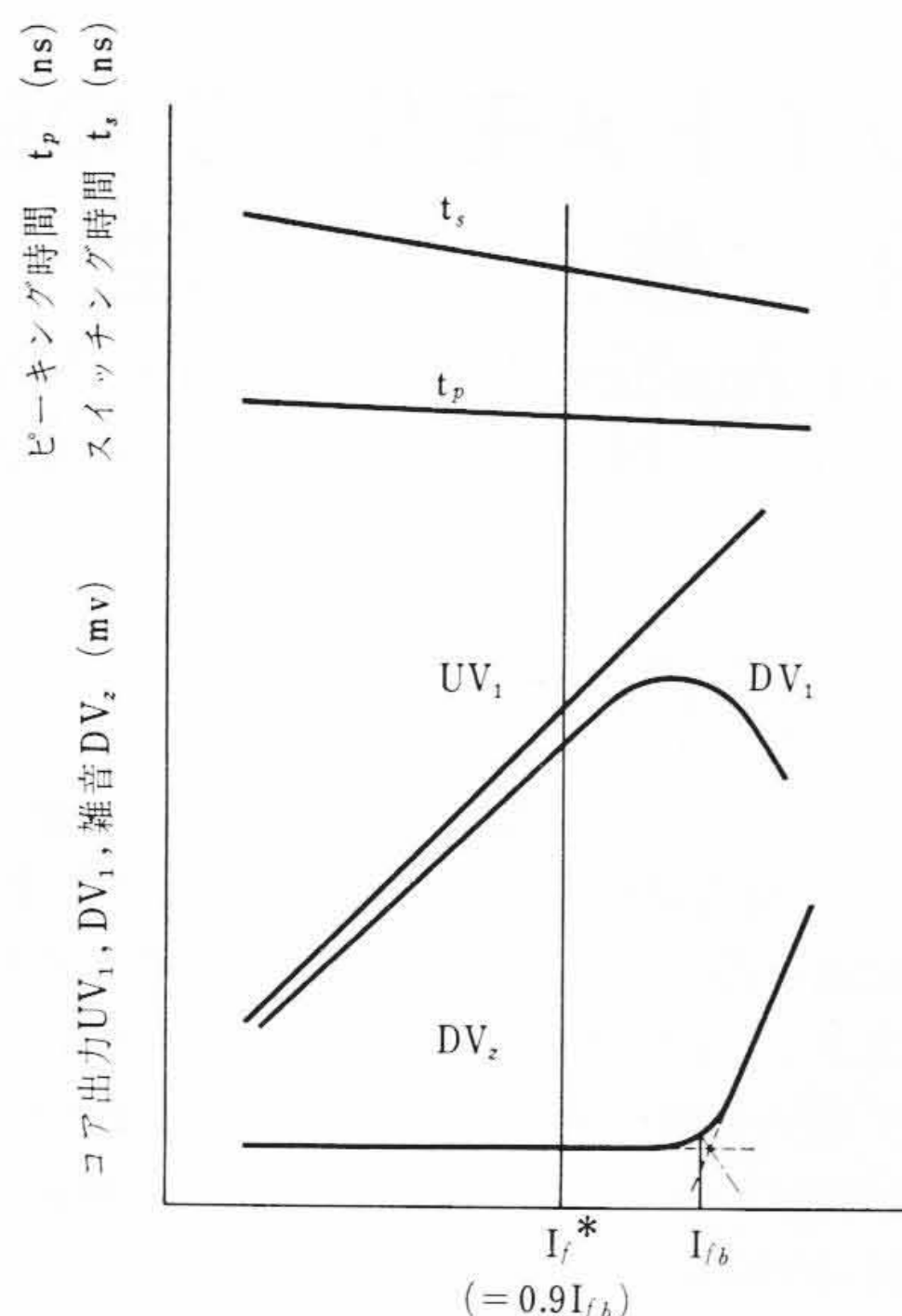
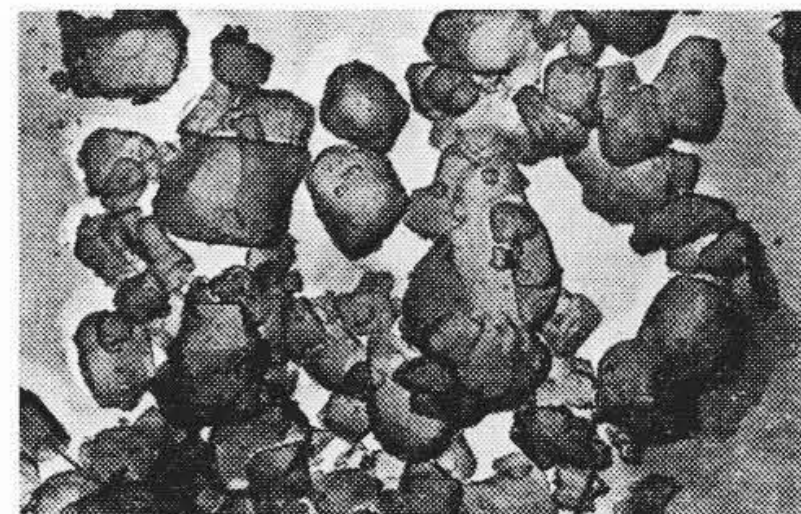
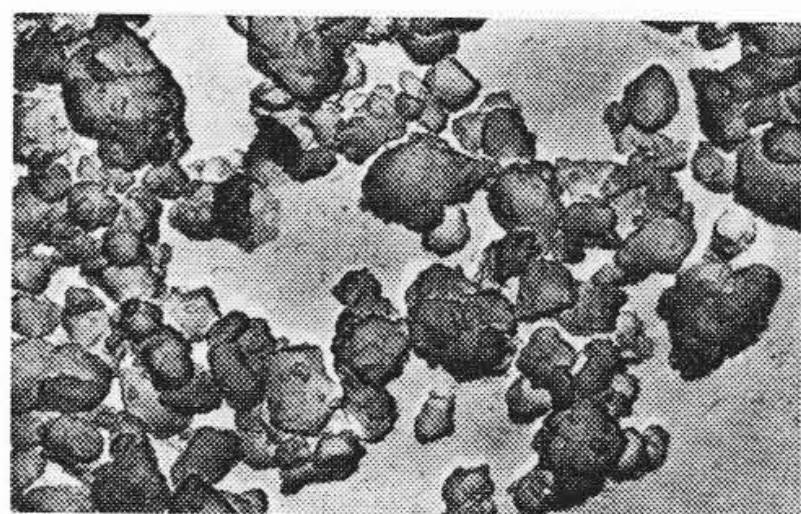


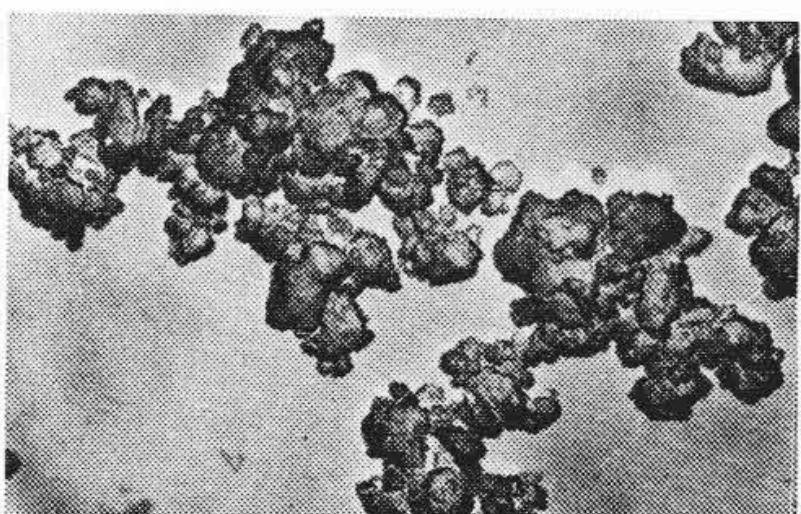
図6 電流特性



1 時間 粉 碎



5 時間 粉 碎



20 時間 粉 碎

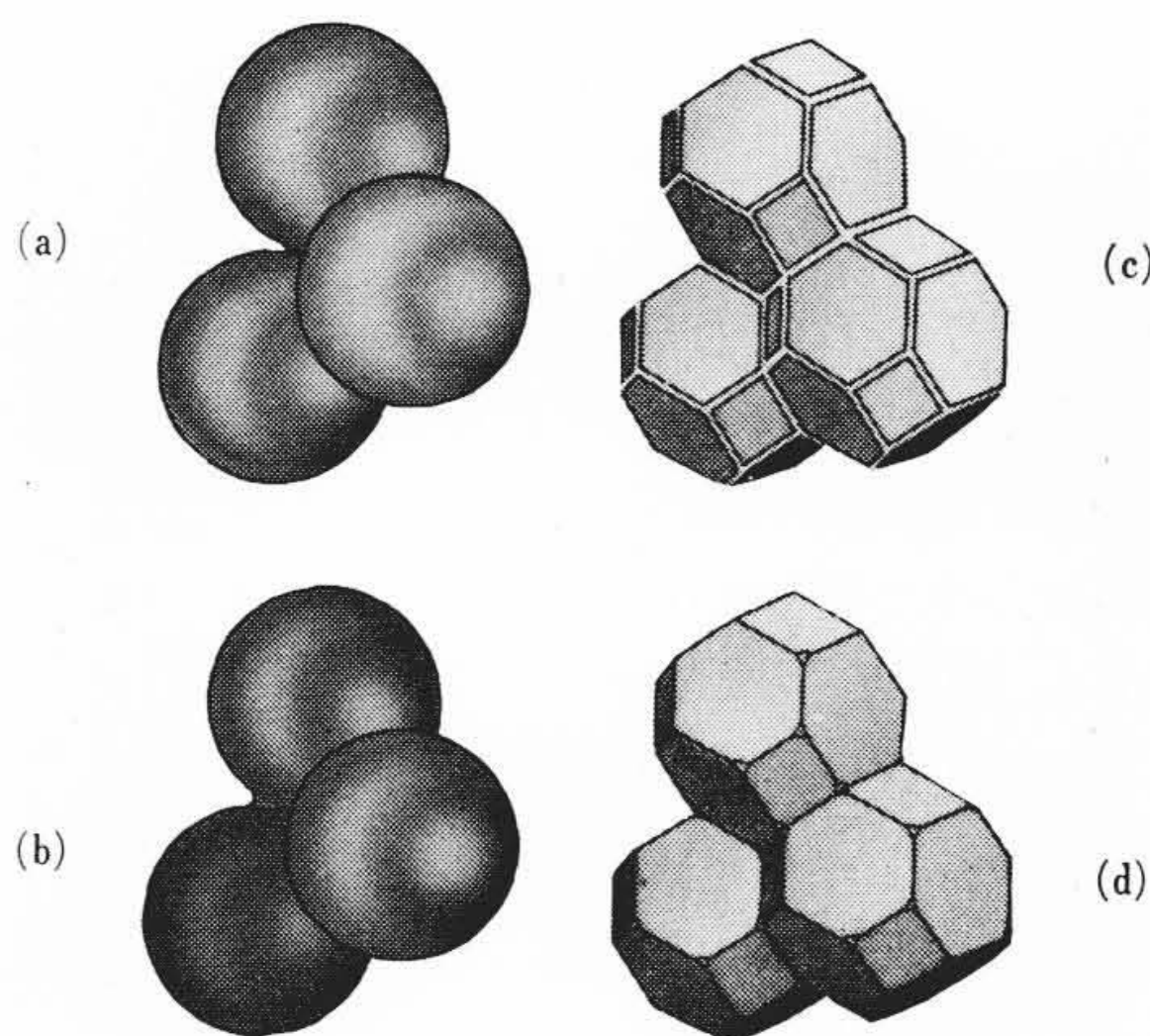
図7 粉体粒子の電子顕微鏡写真
($\times 10,000 \times \frac{1}{2}$)

図8 焼結過程における形態変化

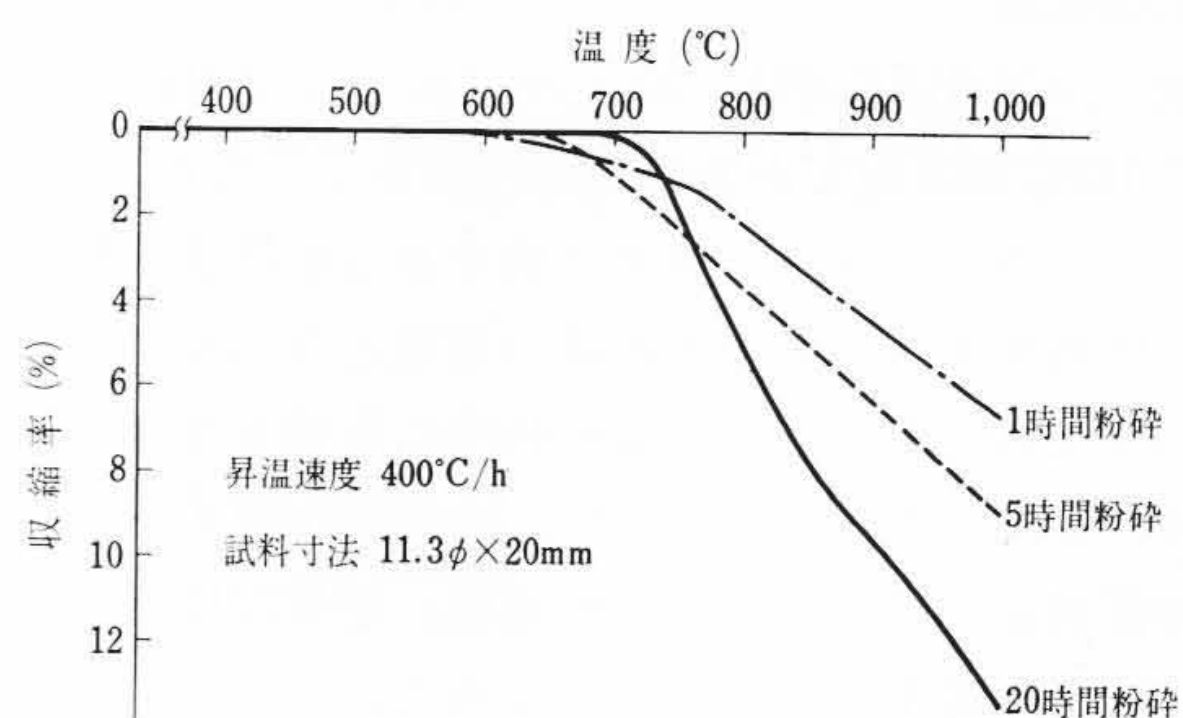


図9 粉碎時間を変えた試料の等速昇温による収縮

3.2 焼 結

焼結は現象的には粒子間げきの空孔(pore)の消滅過程として観察されるが、その過程は一般には3段階にわけて考えることができる⁽³⁾⁽⁴⁾。まず第1の初期段階では空孔は連続的に連なって存在し、焼結が進むと粒子接触点におけるネックが成長する(図8(b))。焼結体の大きな収縮と緻(ち)密化はこの段階で起こる。中間段階では粒子の成長も始まりかける。空孔は粒子間の稜(りょう)に沿って円筒状に連なり(図8(c))、これが単調に収縮し緻密化が進む。最終段階では結晶成長が起こるが、(i) 孤立した空孔が粒界の角に残る場合(図8(d))、(ii) 急速な成長のもとで空孔が粒子内にとり残される場合の二つがある。(i)では空孔は粒界を通して外界に逃げるため緻密化は比較的速く進むが、(ii)では空孔は結晶粒内を拡散する過程がはいるため緻密化は遅くなる。

このような焼結過程を調べるには、一般には、成形体の加熱に伴

う収縮率および密度の変化の測定と、得られた焼結体の結晶組織の観察とを併用することが有効な手段である。まず粉碎時間を変えた各試料の初期段階における焼結過程を調べてみた。実験は通常の熱膨張計の原理を用いた装置を自製し、その装置で成形棒の等速昇温による収縮率の変化を求めた。結果は図9に示すように、長時間粉碎の試料では、短時間粉碎の試料に比べて、焼結に伴う収縮開始温度が若干高温側にずれているが、高温側における収縮率は著しく大きい⁽⁵⁾。このような長時間粉碎の試料の高温側、すなわち焼結の中間段階および最終段階における著しい収縮は、焼結温度をパラメータとして焼結時間と焼結体密度との関係を求めた図10の結果にいうように現われている。すなわち図10は各試料につきペレット状の成形体を温度と時間を変えて焼結した場合の結果であるが、同一密度の焼結体を得るための焼結温度は20時間粉碎の試料は1時間粉碎の試料と比較して著しく低く、約100°Cの差が生じている。このことは、粉碎によって焼結が著しく促進されていることを示している。

緻密化の動力学から、焼結体密度 ρ と焼結時間 t とは

$$\rho = A \log t \quad (1)$$

ここに、 A ：定数

の関係で近似できる⁽⁶⁾。図10はこの関係をほぼ満足しているが、密度4.5 g/ccの近辺で直線にクニックが現われる。このクニックの現われる過程は、前述の焼結の最終段階における(i)(ii)に相当し、密度4.5 g/cc以下ではおもに(i)の過程で、密度4.5 g/cc以上ではおもに(ii)の過程で緻密化が進むことによるものと考察される。一方、後述のようにメモリコアとしてはほぼ満足なパルス特性が得られる焼結体の密度の領域としては、ほぼ4.1 g/ccから4.5 g/ccの範囲であることから、その領域における焼結体の結晶組織を調べてみた。1時間粉碎の試料から焼結条件を変えた三つの焼結体(図10のa, b, c)を、20時間粉碎の試料から焼結条件を変えた三つの焼結体(図10のd, e, f)を選び、それぞれの焼結体の自由表面の結晶組織をレプリカ法電子顕微鏡写真にとり、図11に示した。この写真から次の結論が得られた。(1)ほぼ同一の密度の焼結体で結晶粒の大きさを比較すると、1時間粉碎の試料のほうが20時間粉碎の試料よりも結晶粒は大きい。すなわち短時間粉碎の試料ほど同一密度の焼結体の結晶粒は大きい。(2)結晶粒の分布を比較すると、20時間粉碎の試料では微小結晶粒と巨大結晶粒の共存するいわゆる duplex structure が現われており、粒度分布は広いが、1時間粉碎の試料ではそれがなく分布は狭い。

このような結晶組織の差異はメモリコアのパルス特性に大きな差異をもたらすことが予想される。以下これについて述べる。

3.3 パルス特性

メモリコアのパルス特性の評価方法にはいろいろあるが、われわれがここで調べたいのは、粉碎時間の差がメモリコアのパルス特性にどのような影響を与えるかについてである。そのため、ほかの変動パラメータである測定条件およびメモリコアの寸法を規格化した評

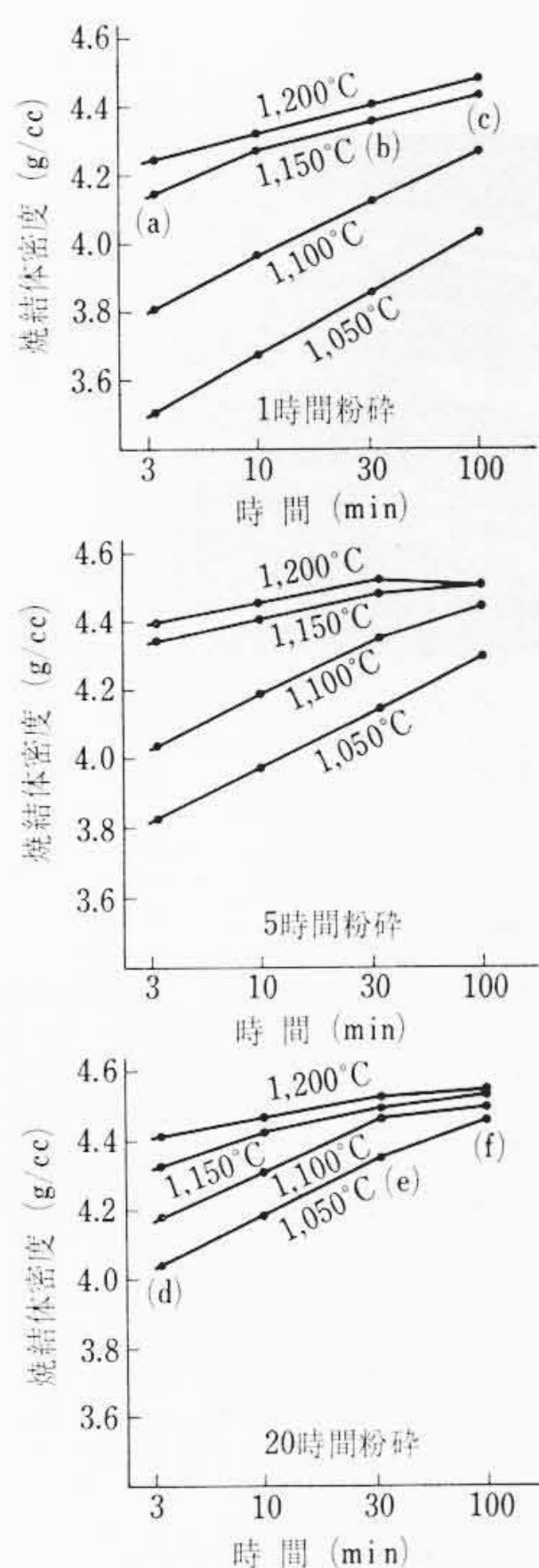


図10 粉碎時間を変えた試料の焼結時間と焼結体密度の関係

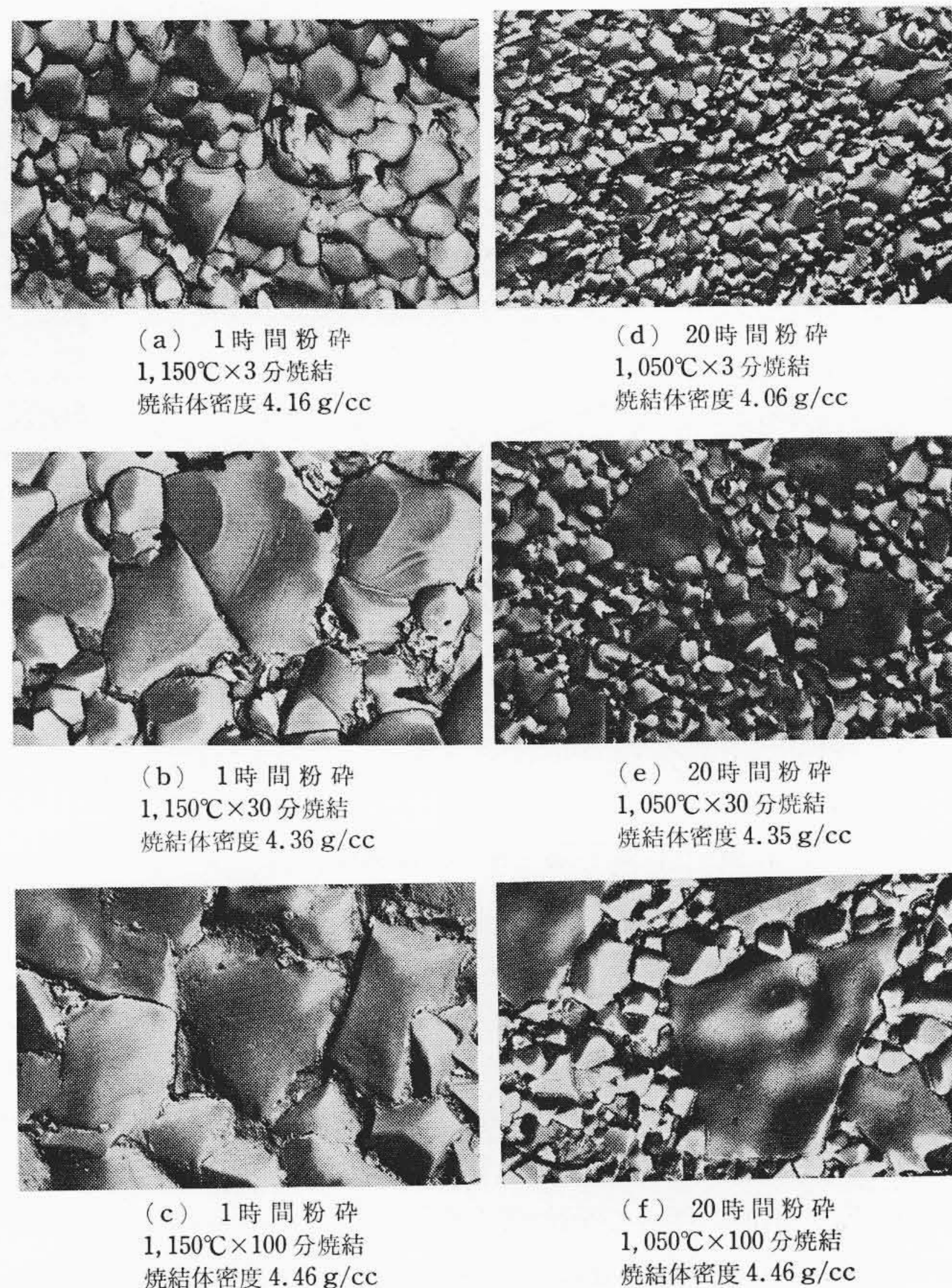


図11 焼結体自由表面の電子顕微鏡写真 ($\times 5,000$)

価方法をとる必要がある。そこで次のような評価方法を採用した。

メモリコアの内径を D_i とすると、試験電流 I_f^* が流れたときメモリコアに生ずる駆動磁場 H_m は

$$H_m = \frac{I_f^*}{\pi D_i} \quad (2)$$

で表わされる。それゆえ同一試験電流 I_f^* において、内径 D_i が大きいほどメモリコア内の駆動磁場 H_m は小さくなる。メモリコアの出力 UV_1 は駆動磁場 H_m の強さとコアの磁束に比例すると考えて良いが、若干の計算結果によれば、出力 UV_1 は次式で表わされる⁽⁷⁾。

$$\frac{UV_1}{r_i h} = F\left(\frac{I_f^*}{\pi D_i}, S_w, \rho\right) \quad (3)$$

ここに、 r_i ：コアの内半径 ($=1/2 D_i$) (mil)

h ：コアの厚さ (mil)

S_w ：スイッチング係数 ($\text{Oe} \cdot \mu\text{s}$)

ρ ：スイッチング抵抗 (Ω)

ここで S_w, ρ は材質に帰因する値である。それゆえ寸法についての効果を除くためには $\frac{UV_1}{r_i h}$ を $\frac{I_f^*}{\pi D_i}$ の関数として扱えばよい。駆動磁場 H_m に相当する $\frac{I_f^*}{\pi D_i}$ を以下 drive factor ($\equiv \text{D.F.}$) と略称する⁽⁷⁾。妨害出力 DV_z についても同様に扱うことができるが、 DV_z は測定の際の立上り時間 t_r にも依存し、次式で表わされる。

$$t_r \frac{DV_z}{r_i h} = G(\text{D.F.}, S_w, \rho) \quad (4)$$

このように、 $\frac{UV_1}{r_i h}$, $t_r \frac{DV_z}{r_i h}$ を D.F. の関数として扱えば、寸法、測定条件によらず、材質のみに帰因する特性評価が可能となる。D.F. を横軸に、 $\frac{UV_1}{r_i h}$, $t_r \frac{DV_z}{r_i h}$ を縦軸に描きたいいわゆる材質設計図⁽⁷⁾において、メモリコアとしては、所定の D.F. において出力 $\left(\frac{UV_1}{r_i h}\right)$ が大きく、雑音 $\left(t_r \frac{DV_z}{r_i h}\right)$ が小さく、すなわち出力対雑音比 S/N が大きいことが望まれる。

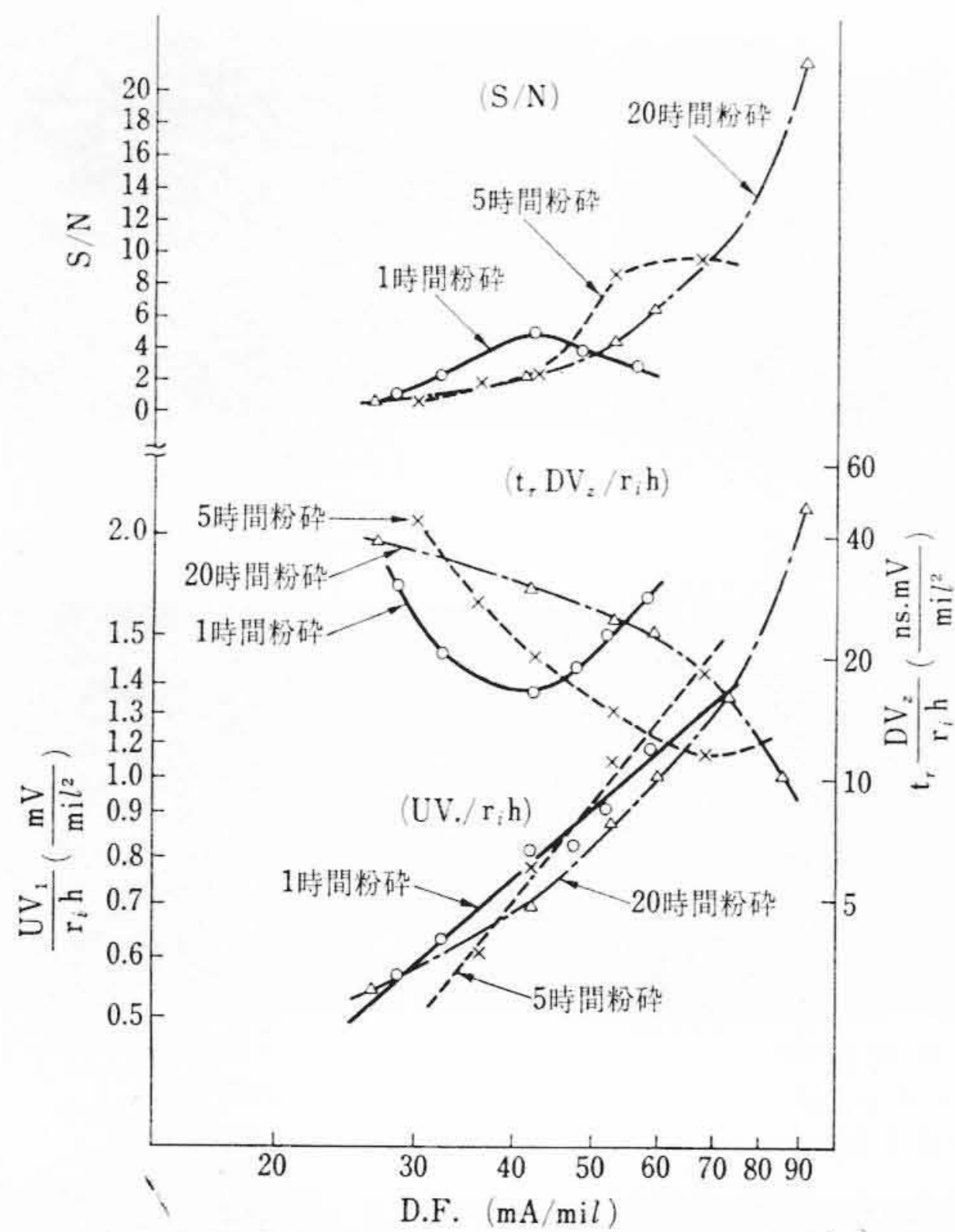


図12 粉碎時間をパラメータとした材質設計図

粉碎時間の異なった各試料につき焼結条件を変えて焼結し、得られたメモリコアについて材質設計図を作成した。図12がそれである。D.F.の増加に伴って全体的にS/Nの向上がみられることは当然であるが、特長的なことは、粉碎時間によりS/NはD.F.に対してそれぞれ最大値を有することである。すなわち1時間粉碎のメモリコアはD.F.が40 mA/mil付近でS/Nは最大となり、5時間粉碎のメモリコアはD.F.が70 mA/mil付近でS/Nは最大となる。20時間粉碎のメモリコアではさらに高いD.F.域でS/Nが最大値をとる傾向を示す。すなわち粉碎が進むとS/Nの最大値を与える駆動磁場(D.F.)が高いほうにずれていく。このような変化は、結晶組織から一応予想されることではあるが、それを次節において基本的な磁気特性を検討することによって考察を行なってみる。

3.4 磁気特性

メモリコアの駆動磁場 H_m をいろいろ変化させてB-H曲線を求めると、図13のようになる。ここでB-H曲線における最大磁束密度 B_m 、残留磁束密度 B_r 、抗磁力 H_c 、角形 R_s ($\equiv \frac{B - \frac{1}{2}H_m}{B_m}$) の定義を図14に示した。

前節でパルス特性を測定した各メモリコアについて、駆動磁場 H_m を6.3 Oeから18.9 Oeまで広範囲に変えてB-H特性を測定し、 H_c 、 B_m 、 R_s を求めた。図15は駆動磁場 H_m をパラメータとした場合の焼結温度と H_c 、 B_m 、 R_s の関係を示したものである。図15によれば、駆動磁場 H_m が大きい条件、すなわちB-H曲線においてメインループに近い状態で得られる H_c は、焼結温度が高くなるほど小さくなる。しかし、実用動作条件ではメモリコアはマイナーループを用いることが多く、その場合の H_c は焼結温度に対して最大値を持っていることがわかる。そして、ちょうど H_c が最大値を示す焼結温度近辺において R_s も最大値を示している。さらに興味深い事実、図15において最大 H_c ならびに最大 R_s を結ぶ点線によって示される軌跡は、粉碎時間によって変わっていることである。すなわち R_s については、20時間粉碎のメモリコアでは焼結温度が低く、 H_m が大きいほど R_s の最大値は大きい、1時間粉碎のメモリコアでは焼結温度が高く、 H_m が小さいほど R_s の最大値は大きい。このことは、S/Nの最大値を示すD.F.の値が粉碎時間によって異なってくるという前節で述べた結果とよく合致している。

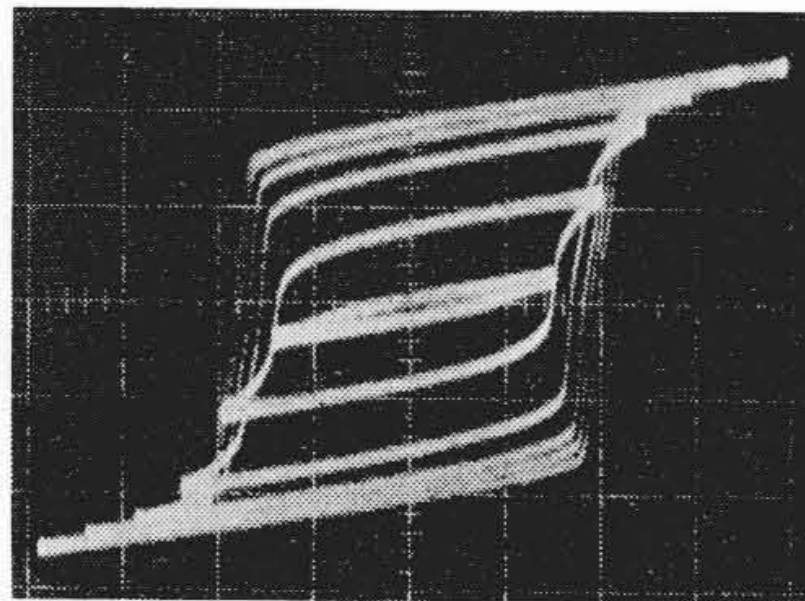


図13 駆動磁場を変化させた場合のB-H曲線

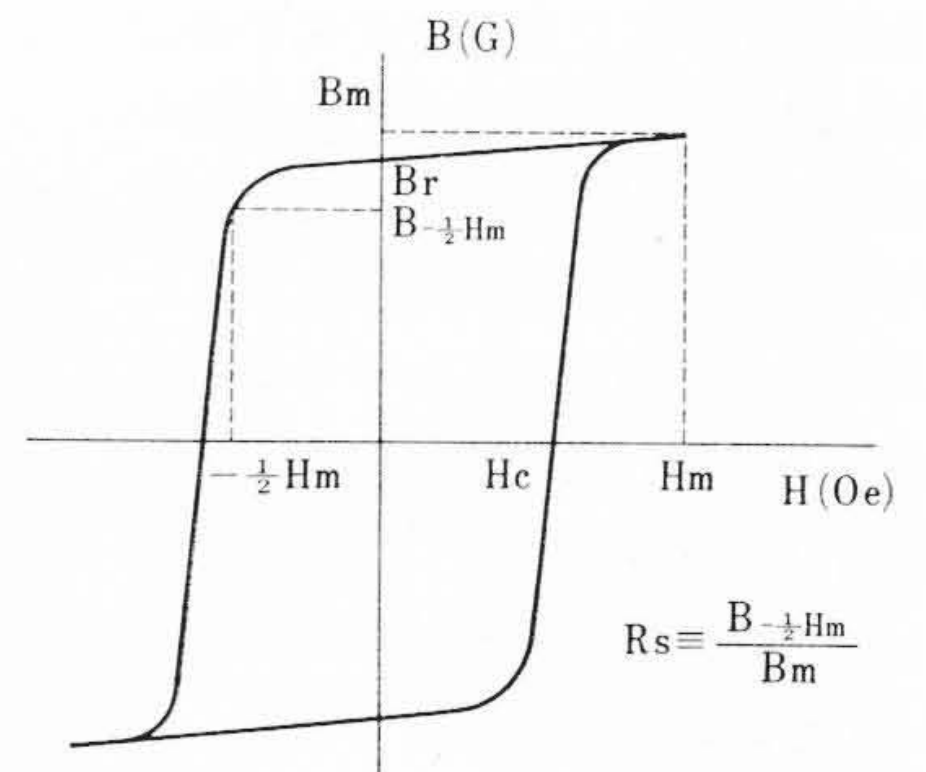
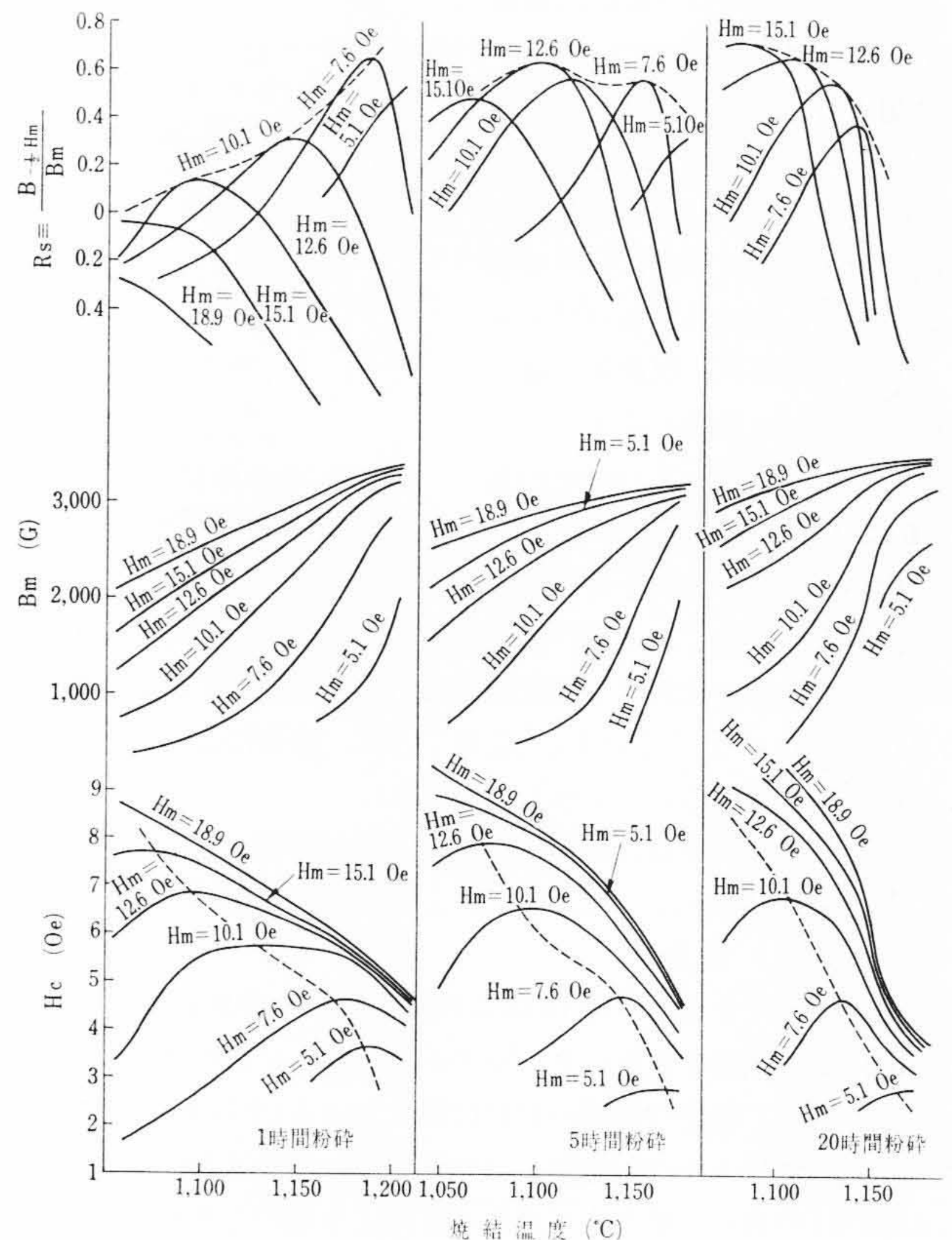


図14 B-H特性の定義

図15 駆動磁場 H_m をパラメータとした場合の焼結温度と H_c 、 B_m 、 R_s の関係

4. 考察

以上、Li系フェライトメモリコア製造工程における粉碎条件が、成形体の焼結性、焼結体の結晶組織、磁気特性などに及ぼす影響について述べたが、これらの関係について若干の考察を加える。

図15に示したように、マイナーループの抗磁力 H_c ならびに角形比 R_s がある焼結温度に対して最大値を示し、しかもその最大値の位置が粉碎条件によって異なるということから、 H_c の分散が粉碎条件ならびに焼結温度によって異なることが予想される。

ここで H_c および H_c の分散 σ について若干定量的に論ずるには、その要因として、① 磁気異方性、磁歪(じわい)、② 空孔、析出物、夾雑物(きょうざつぶつ)、転位、結晶粒界の効果、③ イオンの濃度こう配などを考える必要がある。そのほか、磁区間の相互作用およびメモリコア内での磁場の不均一による分散というやっかいな問題があるが、粉碎条件の効果を論ずる場合は上記要因中、主として②の空孔、析出物、夾雑物、転位、結晶粒界のみを考慮すればよい。

以下、マイナーループの H_c とその分散 σ の効果を調べるために、Li系フェライト多結晶体の磁化状態を考えてみる。Li系フェライト

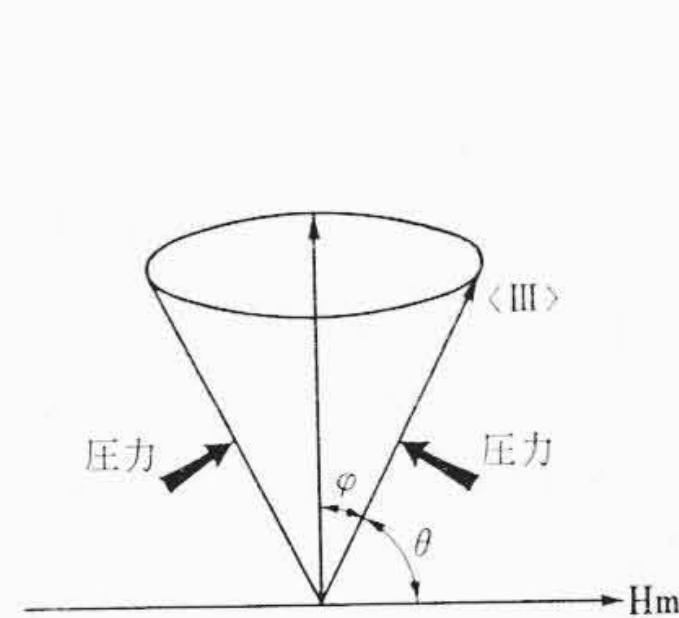
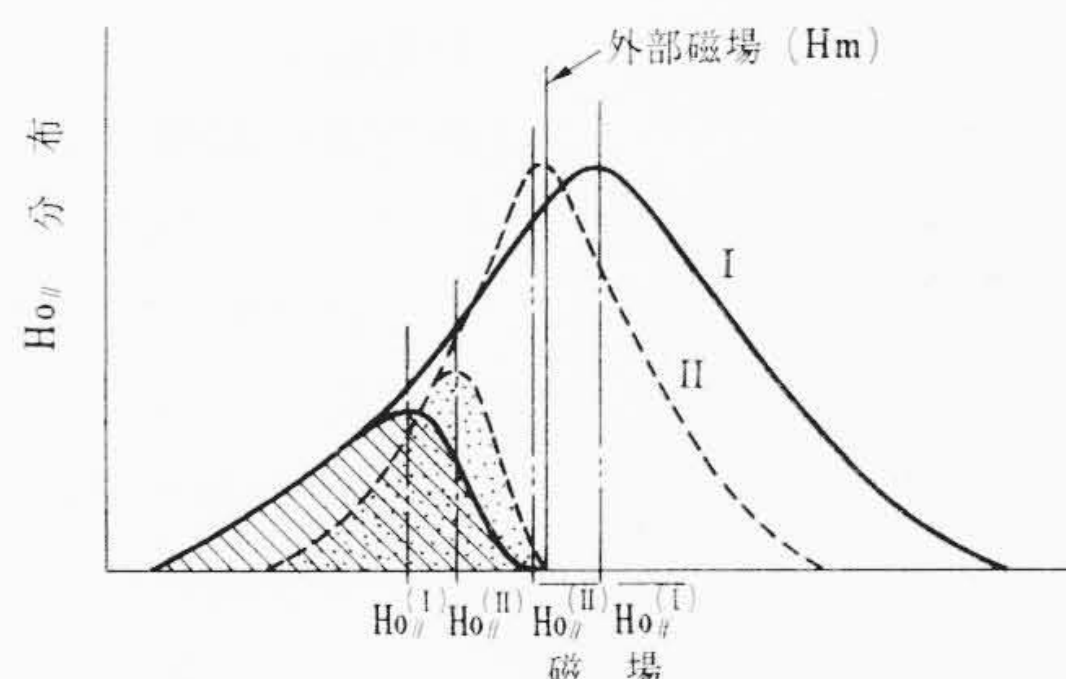
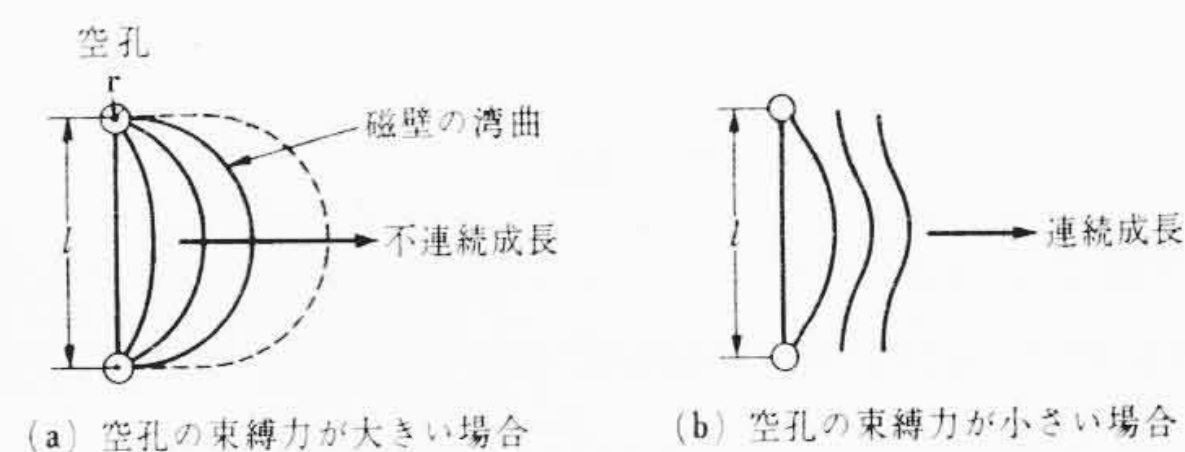
図16 駆動磁場 H_m とスイッチング限界の図図17 H_{oH} 分布とマイナーループの H_{oH} の関係

図18 磁壁成長の模式図

の磁化容易軸 $\langle 111 \rangle$ は多結晶では等方的に分布しているはずで、かつ $\langle 111 \rangle$ 方向のスイッチ限界磁場 H_{oH} の大きさはガウス分布に従うものとする。外部磁場 H_m と $\langle 111 \rangle$ 方向すなわち磁壁面のなす角を θ とするとスイッチするためには、

$$H_m \cos \theta - H_{oH} > 0 \quad (5)$$

でなければならない。したがって、スイッチする立体角は図16から、

$$1 - \left[\int_0^\varphi \sin \varphi d\varphi / \int_0^{\pi/2} \sin \varphi d\varphi \right] = \sin \theta \quad (6)$$

あるいは、

$$\left(1 - \frac{H_{oH}^2}{H_m^2} \right)^{1/2} \quad (7)$$

となる。ここで H_{oH} がガウス分布に従うため、マイナーループの H_{oH} 分布は、正規化しない形で表わすと、

$$f(H_m, H_{oH}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{(H_{oH} - \bar{H}_{oH})^2}{2\sigma^2} \right] \sqrt{1 - \frac{H_{oH}^2}{H_m^2}} \quad (8)$$

となり、図17では斜線部分で示される。これを模式的に述べると、図17のように低温焼結で(I)のような H_{oH} 分布をしている試料に対し、 H_m なる磁場を加えると、マイナーループは斜線部分がスイッチして H_{oH} 期待値として $H_{oH}(I)$ となる。いま問題にしている領域は、じゅうぶんな緻密化が完了する前の段階であるため、焼結温度を上げると $\bar{H}_{oH}$ の減少よりも急激に H_{oH} の分散 σ が減少する。そのため H_{oH} は(II)のような分布となり、マイナーループは図17の点印部分がスイッチして H_{oH} の期待値 $H_{oH}(II)$ は $H_{oH}(I)$ よりも大きくなる。逆にいえばマイナーループの H_c の焼結温度による変化は、まず H_{oH} の分散 σ が減少し、ついで H_{oH} の期待値の減少が支配的になる過程を示すものと考えられる。したがってマイナーループの H_c 最大点は H_{oH} の分散の急速な減少がほぼ終了したところに相当する。いいかえれば、この条件は H_{oH}/σ が最大になる条件とも等価で、ほぼ R_s の最大点とも一致している。

これらのことは、 H_c, R_s が密度依存量ではなく結晶組織依存量であることを示している。

本実験で使用した焼結体は図11の電子顕微鏡写真およびX線分析の結果から析出、夾雑物などは見出されなかったため、結晶組織による H_c, R_s などの差は焼結体中の空孔の大きさと分布などの差に起因すると考えてよさそうである。

一般に空孔が存在すると、その近くを磁壁が通過したほうが静磁エネルギーが小さくなる⁽⁸⁾。そしてわずかな空孔でも、それによる静磁エネルギーの減少は大きく、試料の外形とは無関係に内部の空孔の位置によって磁壁分布が決められてしまう場合が多いとされている⁽⁸⁾。このような空孔で分布が規定された磁壁に対して外部磁場が印加されると、磁場に比例した一種の圧力が磁壁に作用することになり、図18に示すように磁壁が湾曲する。この際、空孔の磁壁に対する束縛力が大きい場合を考えると、湾曲した磁壁の曲率半径 R が空孔間の距離 l の $1/2$ になってからあとは磁壁の膨張とともに R は大きくなり、ついには磁壁は不連続膨張を起こす。このスイッチ

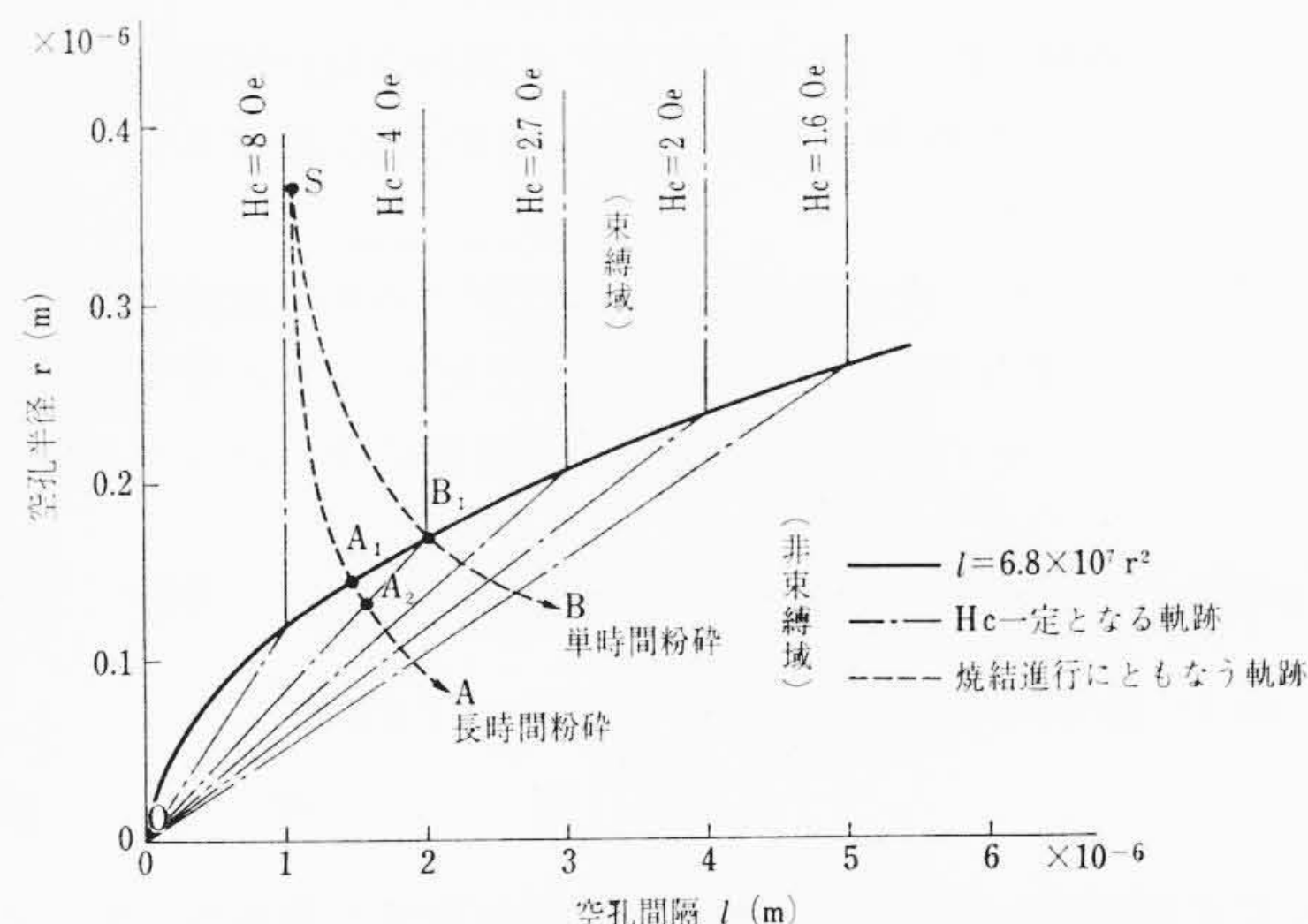


図19 磁気的にみた結晶空孔と磁気特性のモデル図

ング限界磁場 H_o は圧力と、磁壁の表面張力のつりあいから次式で表わされる⁽⁸⁾。

$$H_o \propto \frac{\sigma_w}{I_s l \cos \theta} \quad (9)$$

しかし、磁壁移動に対する束縛力が弱いときは、磁壁が空孔を離れやすく、このときは H_o は次式で示されるようになる⁽⁸⁾。

$$H_o \propto 1.5 \times 10^5 \frac{I_s r^2}{l^2 \cos \theta} \quad (10)$$

ただし、 σ_w は磁壁エネルギー、 I_s は飽和磁化、 r は空孔半径(m)、 l は空孔間距離(m)を示す。ここで両式の H_o を等しいとおくと、空孔間距離 l と空孔半径 r が次式の関係をもつ状態が存在する。

$$l \approx \frac{1.5 \times 10^5 I_s^2 \times r^2}{\sigma_w} \quad (11)$$

本実験で使用した試料の σ_w は約 $2 \times 10^{-4} \text{ J/m}^2$ 、 I_s は約 0.3 wb/m^2 であり、オーダエスティメーションのために上式に代入すると、

$$l = 6.8 \times 10^7 r^2 \quad (12)$$

となる。この l と r の関係は、これを境にして、 $l \leq 6.8 \times 10^7 r^2$ では磁壁が空孔で束縛されて磁壁は不連続膨張により成長する。この領域を束縛域ということにする。一方 $l \geq 6.8 \times 10^7 r^2$ では磁壁が空孔で強く束縛されておらず、磁壁はあまり湾曲せずに束縛からのがれる。これを非束縛域ということにする。これらの関係をモデル図で示したものが図19である。

図19において非束縛域の等 H_c 線は同時に等密度線にもなっており、 A_2 と B_1 の状態は密度が等しい。さらに図19のS点から短時間粉碎試料と長時間粉碎試料の焼結を開始すると、結晶の電子顕微鏡写真から明かなように同一密度の状態では前者のほうが結晶粒が大きい。したがって後者よりも空孔間隔 l は大きいと考えてよい。以上により長時間粉碎試料が焼結により、図19の l と r の関係が $SA_1 A_2 A$ のように変化するならば、短時間粉碎試料は焼結に伴い $SB_1 B$ のように変化するはずである。さらに図19を吟味すると焼結が進み、 $l = 6.8 \times 10^7 r^2$ で決まる $OA_1 B_1$ 状態を通り越すと H_c は急激に減少することがわかる。これは $OA_1 B_1$ 状態が最大角形の状態に対応していることを意味している。短時間粉碎試料では状態 B_1 が、

長時間粉碎試料では状態 A_1 が、それぞれ最大角形の状態に対応し、明らかに前者 (B_1) のほうが高密度のはずで、実験結果とよく一致している。

5. 結 言

Li系フェライトメモリコアの製造過程中、特に仮焼後の粉碎効果が焼結性ならびに磁気特性に与える影響について検討した結果、次の結論を得た。

- (1) 粉碎は表面粉碎で進行し、長時間粉碎の粉体では、微粒子の生成および粒子表面粗度の増大が著しい。
- (2) 長時間粉碎した粉体を成形した試料の焼結速度は、短時間粉碎した粉体を成形した試料の焼結速度よりもかなり速い。
- (3) 同一密度の焼結体の結晶粒を比較すると、短時間粉碎のほうが、長時間粉碎よりも結晶粒は大きく、その分布は狭い。
- (4) メモリコアのパルス特性は、短時間粉碎のほうが比較的低

い駆動磁場において最大角形を有し、長時間粉碎のほうが比較的高い駆動磁場において最大角形を有する。

- (5) (4) のパルス特性上の関係は、磁気特性についても成り立つ。これは焼結とともに、焼結体の空孔の大きさとその間隔が変化する過程が粉碎時間によって異なることに起因する。すなわち上記過程が抗磁力 H_c ならびにその分散 σ を決め、この両者が角形比 R_s を定める。

参 考 文 献

- (1) 久保：化学と工業，16，901 (1963)
- (2) 上原：粉体工学，6，[11] (1969)
- (3) R. L. Cable：J. Appl. Phys.，32，787 (1961)
- (4) 桐山，金丸：応物，34，297 (1965)
- (5) 上原，田嶋：第8回窯業基礎討論会講演要旨集 p. 163 (1969)
- (6) 久保ほか：粉体の理論と応用，689 (昭37 丸善)
- (7) 小田原，中島：電気通信学会電子回路部品・材料研究会資料，資料番号 CPM 67-25 (1967-08)
- (8) 近角，強磁性体の物理 (昭34 裳華房)



特許第417880号 (特公昭38-16195号)

原 子 炉 燃 料 棒

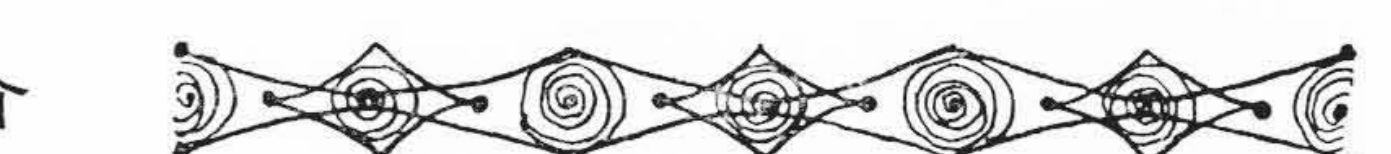
現在水冷却動力炉に用いられている燃料要素の構造は、図1に示すように数十本の燃料棒1を締付具2により束ねて構成している。

ところで、この締付具2の保持は燃料要素中央の燃料棒によってなされ、その取り付け部分はセグメントの連結プラグが利用されるが、セグメントをつないで燃料棒を構成するとペレットの配列状態は、中性子束の高い炉心中央部に核分裂生成ガス蓄積のための空間を作ることが必要になって、中性子束の局部的増加、炉心体積の増加など核設計上好ましくない現象を呈する。本発明はこれを解決するもので、原子炉炉心の不要な空間を可及的に小さく押えるようにしたものである。

図2はその実施態様を示すものであり、3および4はそれぞれ上下セグメント、5はペレット、6および7は連結プラグで、プラグ6孔にプラグの7突出部を嵌着(かんちゃく)することにより上下セグメントをつないで燃料棒とする。そして、プラグ7には連結部材の上下被覆管内空間を連通する貫通孔8を設ける。被覆管内に発生した核分裂生成ガスの外部漏えいを避けるためそれぞれの係合部には溶接9を施す。

このようにして燃料棒を構成することによって、下セグメントで発生した核分裂生成ガスは上セグメントの上部空間に蓄積されることになるから、下セグメントのために炉心中央に空間を設ける必要がなくなる。したがって、燃料棒全長を短くすることができるからひいては炉心体積の増加を防ぐとともに、中性子束の局部的増加を防ぐことにもなる。

(高田 幸)



山 内 一



図 1

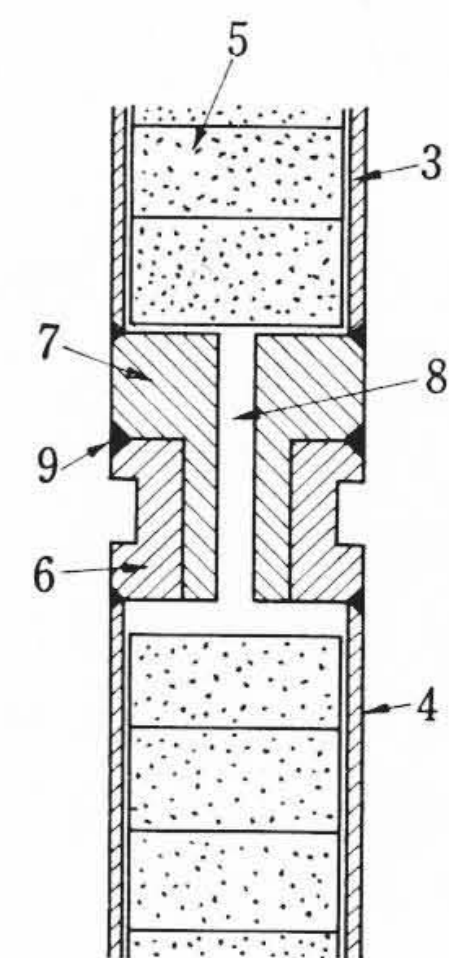


図 2

特許第534788号 (特公昭43-15113号)

可 動 画 像 表 示 装 置

三浦武雄・津田順司・岩田純蔵

従来、漫画映画を作成するには、一つの動作に対して接近した画を数多く手作業により描き、このようにして得られた多数の原図より作成されたフィルムを高速に動作させることによって、連続した画像を作成する方法が取られており、その方法は原始的で膨大な労力を必要とした。

この発明は漫画は一般に円・直線・放物線などの単純な特長部分の集合体であり、かつその中での風景とか人間とかの変化動作は、各図形の定数変更、座標変換などの操作をシーケンシャルに行なうことによって得られるものである点に着目してなされたものである。

図はその原理図を示すもので、この装置は基本図形発生装置、シーケンシャル制御装置、表示装置よりなる。基本図形発生装置は漫画の基本形を発生する部分で、たとえば積分器、加算器、ポテンシオメータなどのアナログ演算要素より成り、シーケンシャル制御装置は上記基本図形の変形、変更の制御を時間的にくぎって行なう部分で、たとえば、上記制御に必要な操作量を記憶するデジタルメモリと、これらの操作量を必要に応じて読出す機能と、それらの操作量を基本図形発生装置に送って制御する機能とより成るものであ

り、表示装置は出力される情報を表示する部分である。

この発明は、漫画映画のほかに、訓練用シミュレータの模擬視界装置、PR用提示装置など利用できる広い応用分野を持っている。(高崎)

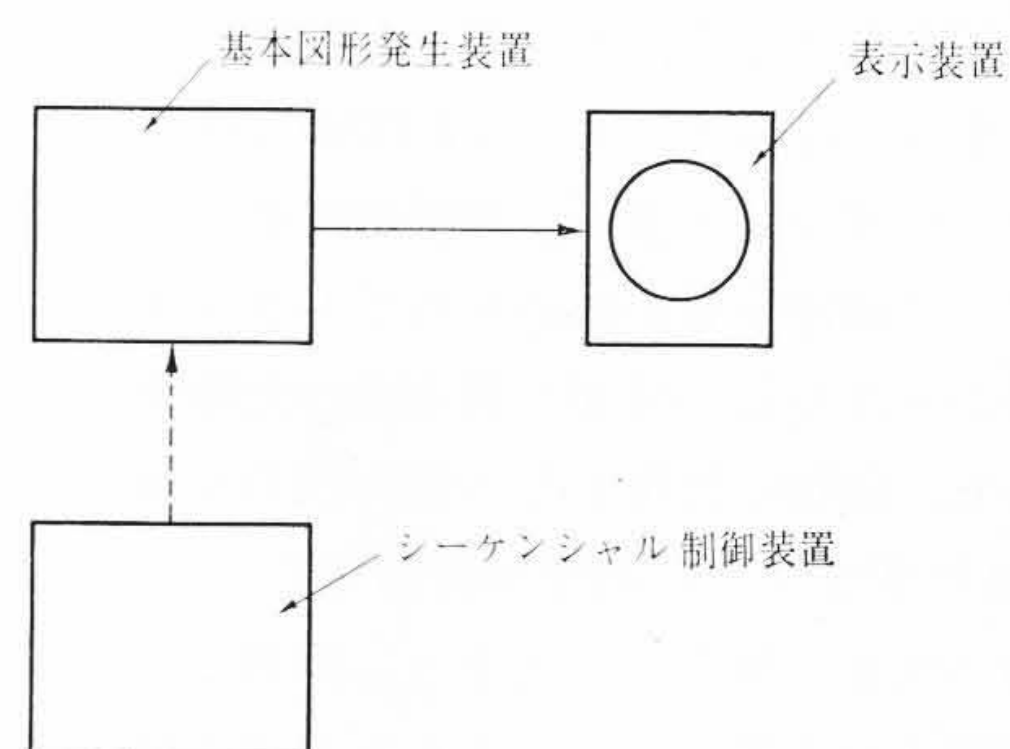


図 1