

1. まえがき

電磁継電器の最も単純な形として、磁性リードをガラス管に封入した、いわゆるリード継電器が広く使用されている。将来開発されるであろう空間分割形電子交換機にも、この種の開閉素子が使用される可能性がある。またリードスイッチを磁石と組合せて使用した種々の開閉装置（押ボタン、電鍵、その他）も、その封入接点であるがための高信頼性のため、ひろく使用されようとしている。そのため磁性材料のガラスへの封入の問題は重要な研究項目となる。従来電子管用あるいは半導体用の封入あるいは気密端子の問題として、いろいろ研究され、種々の論文も発表されており⁽¹⁾参考となる所も多い。しかし

- i) 封入金属が従来のものとは異なること、
- ii) 量産性が第一条件であり、自動機にかけられ、1円でも安くする必要がある。
- iii) 金属片は静止していることは少く、数億回は動くことを考える必要がある。
- iv) 封入容器内における現象が電子管関係とは全然異なるので、ガス圧、ガス種類が異り、封入時の酸化、還元作用が金属との組合せて色々異なる。

などのため従来とは相当異つた角度から封入の問題を検討する必要がある。リードスイッチの封入の問題についても既に2、3研究発表されているが⁽²⁾電子交換機の場合のように特殊な駆動方法をとる場合、従来のいわゆる52 alloyとは別の磁性材料を封入することも考える必要がある。すなわち例えばフェリードのように一般リードスイッチと半硬磁性材料を組合せて使用するかわりに、半硬磁性材料を直接封入した方が高能率となることも考えられ、これらについても検討しておく必要がある。このような材料を封入する上において考えなければならぬのは例えば

- i) 封入温度による磁性の劣化
- ii) 熱膨張係数
- iii) 接点処理
- iv) 材料表面の封入に対する難易さ（酸化、還元作用、gasの影響、表面状態など）
- v) 自動機にける難易さ、およびその方法
- vi) その他

などの点である。本資料はこの中ii)の熱膨張係数について、数種の磁性材料について測定した結果と、参考までに色々な関係材料のカタログ上の数値をとりまとめたものである。現在の所まだ、これらの検討の緒についたばかりで、ほんのわずかなデータであり、また結論的なものは求められていないが、種々の都合により、この段階で発表する。以後のデー

ターはまとまり次第順次に発表して行く予定である。熱膨脹以外の点、例えば gas についても従来のもの以外に新しい気体（例えば SF₆ など）も検討項目に入れるべきであり、封入容器についても、ガラスにこだわらず、例えばプラスチック系統のものについても検討すべきであるが、現段階では、将来の問題として提案しておくにとどめる。

なお本資料のデーターは、通研で測定したものではなく、東北金属工業株式会社より、製品のデーターとして出していただいたもの、および、通研より依頼して東芝、中研岸井博士に測定していただいたもののデーターである。最後に住友特殊金属株式会社の磁性材料関係カタログに記載されている熱膨脹関係データを参考までに借用させていただいた。

発表を、こころよく承諾された東北金属若生部長、お忙しい中を多数の試料について測定検討していただき、発表を承諾された東芝、中研岸井博士、カタログ引用に対し好意を示された、住友特殊金属吉見課長に感謝します。

2. 経 過

本測定の目的は、まえがきにも述べたように、種々の磁性材料をガラスに封入するときの要因の一つである熱膨脹係数について検討することである。従来の経験から、見かけ上の軸方向膨脹係数が一致していても（転移点なども含めて）、封入が良好にできるものと、あとで亀裂が生ずるものがあることがわかつている。封入に関する専門家の意見によれば（製造メーカー担当者および鷹木博士、岸井博士など）

- i) 方向性のあるものは不適で、膨脹係数が絶対値で $\pm 2 \times 10^{-7}$ 位の差に入つているものが望ましい。
- ii) 封入部が長ければ軸方向の膨脹係数が非常に影響するが、割合短い場合は径方向の方が影響大。
- iii) 常温で、ガラスに対し compressive になるようにした方がよい。
- iv) 酸化物は多すぎても少なすぎてもいけない。
- v) ガラスは膨脹係数が 130×10^{-7} まで位なら、つくることができる。
- vi) 磁気異方性があれば、熱膨脹係数にも方向性があることが考えられる。
- vii) 磁性材料は Reduction の値によつて磁性が当然異なるので、径方向の測定も実用に近い寸法で測定する必要がある。
- viii) 径 1 mm あるいはそれ以下のものであると測定はインターフェロメーターあるいは適当にバインドして測定し換算するのがよい。

以上の結果から、まず、径方向の熱膨張係数を知る必要が生じ、各種磁性材料および各種熱処理条件について試料をつくり、従来この種の測定経験の深い、東芝、中研、岸井博士に測定を依頼することになった。(通研にはこのような細線の径方向膨脹を測定する測定機なし)東芝通信機営業を通して依頼したところ、ところよく承諾され、今回その結果がほぼまとまったので、本資料としてとりまとめ報告する。

なおそれとは別に磁性材料メーカーにも製品の熱膨張係数をおききしていたので、その結果も一緒にして本資料とした。

3. 測定結果

測定方法は文献(3)による。軸方向は石英ガラス製示差膨脹計により測定された。測定結果を第1表および第1図に示す。

第1表によれば方向性については、例えば52 alloyと、リメンダでは大差がないようである。しかし実際封着に際しては相当の差が出る点、熱膨張以外の、封入に關係する要因を検討する必要がある。(共に2)項1)には適合していない)

封着試験による確認、磁気異方性との關係など面白い研究項目であるが、今回は熱膨張件数の測定まででとりまとめた。

第2図～第9図に東北金属の好意により測定された、リメンダの熱膨脹の一例を示す。勿論これらはすべて軸方向の値である。

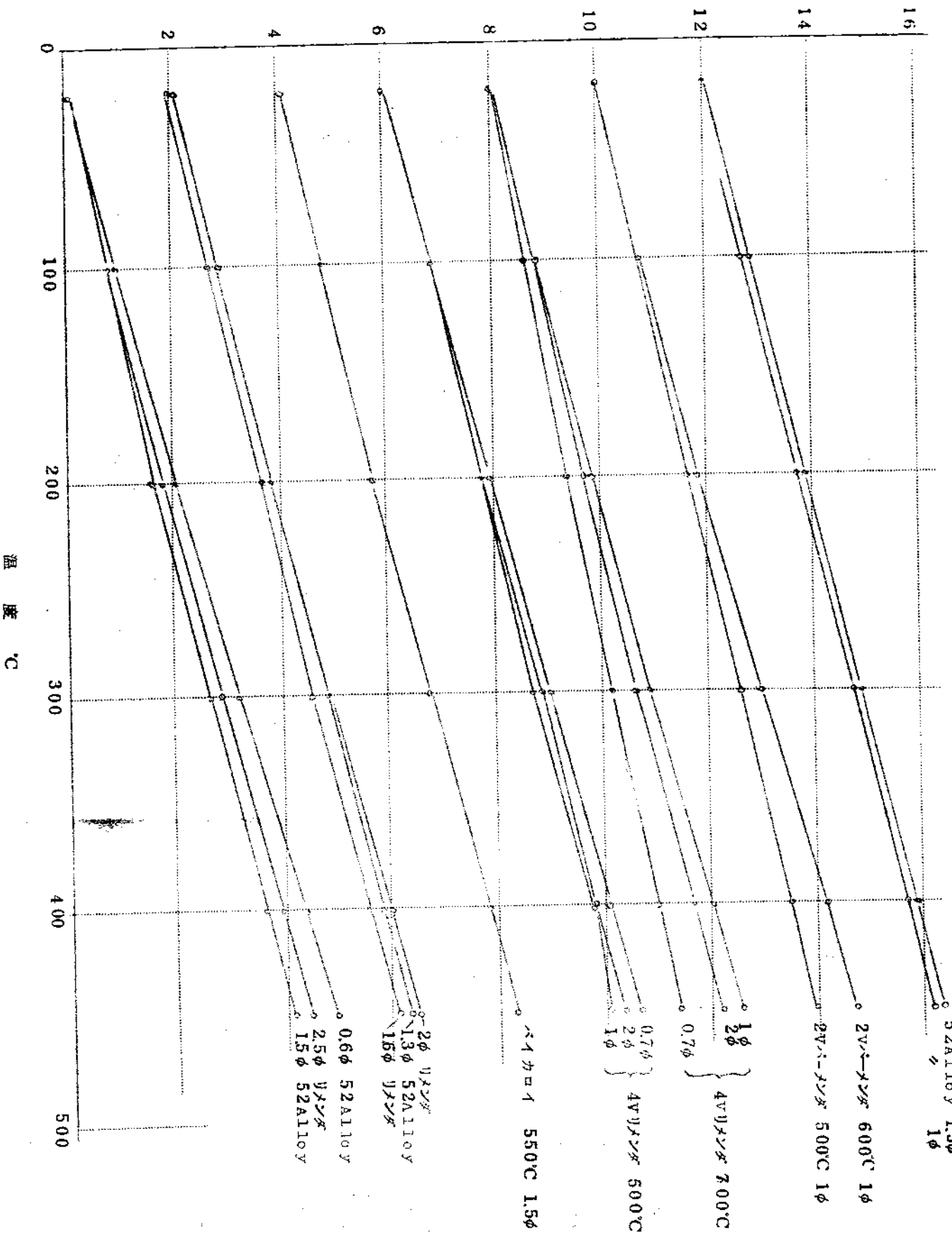
第2表は住友特殊金属の磁性材料關係カタログから熱膨脹關係値をとり出したものである。尙ここでは各測定値のバラツキなどについては述べていない点注意を要する。

第1表

メーカー	試料	半径方向	軸方向
		$\alpha_{20 \sim 420} (\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C})$	$\alpha_{100 \sim 800} (\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C})$
A	52 alloy 1.5φ	98	106
	同上 1φ	96	106
	2Vリメンダ 600°C 1φ	106	104
	同上 500°C 1φ	90	108
	4Vリメンダ 700°C 2φ	95	104
	同上 1φ	104	107
	同上 0.7φ	78	99
	4Vリメンダ 500°C 2φ	99	106
	同上 1φ	96	106
	同上 0.7φ	106	106
C	ペイカロイ 550MG 1.5φ	98	106
B	リメンダ 2.5φ	101	102
	同上 2φ	104	102
	同上 1.6φ	94	104
A	52 alloy 1.5φ	94	
	同上 1.3φ	100	
	同上 0.6φ	116	

×10⁻⁴

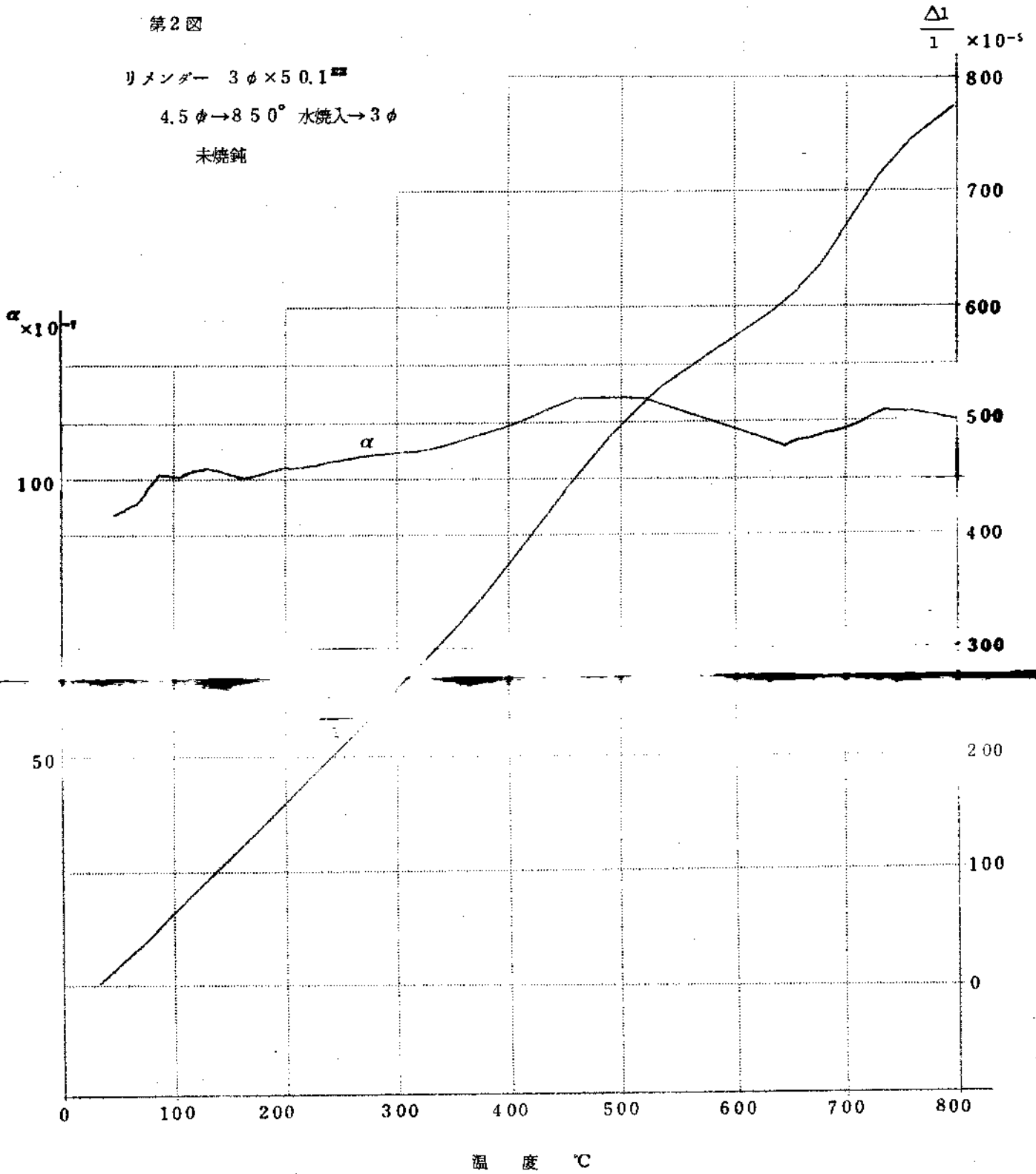
第1図



△

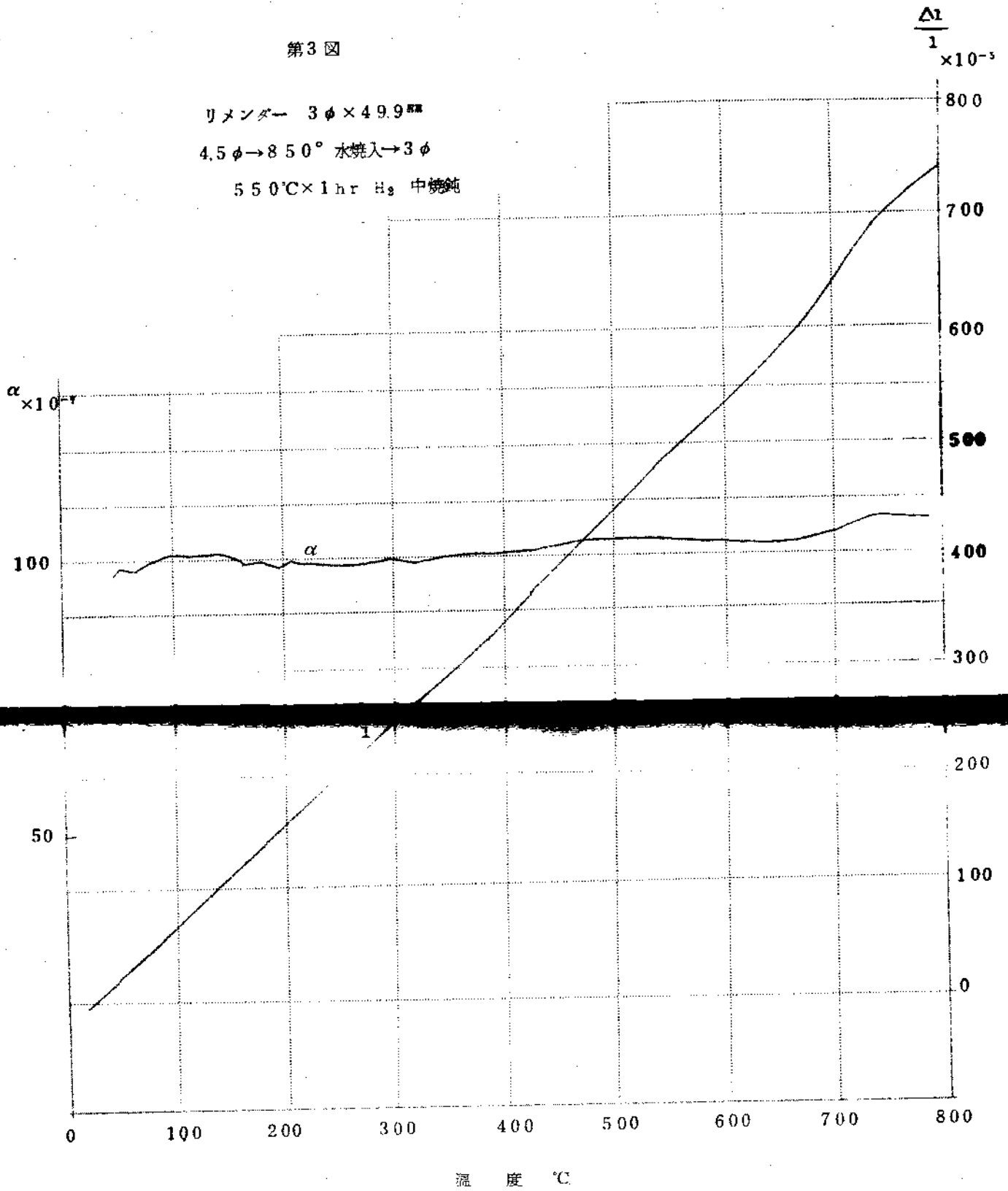
第2図

リメンダー 3φ×50.1^{mm}
4.5φ→850° 水焼入→3φ
未焼鈍



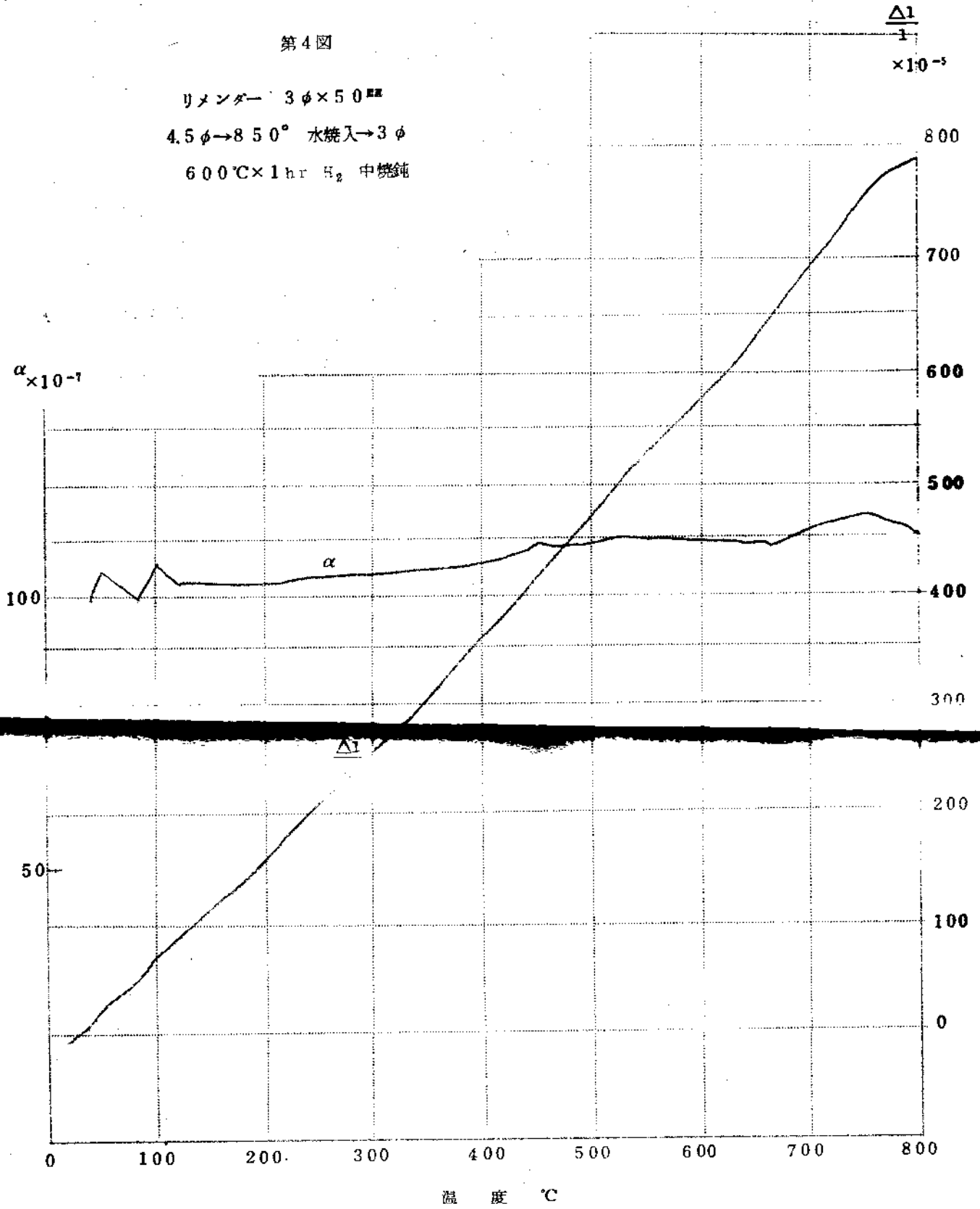
第3 図

リメンダー 3φ×49.9^{mm}
4.5φ→850° 水焼入→3φ
550°C×1hr H₂ 中焼鈍



第4図

リメンダー 3φ×50^{mm}
4.5φ→850° 水焼入→3φ
600°C×1hr H₂ 中焼鈍



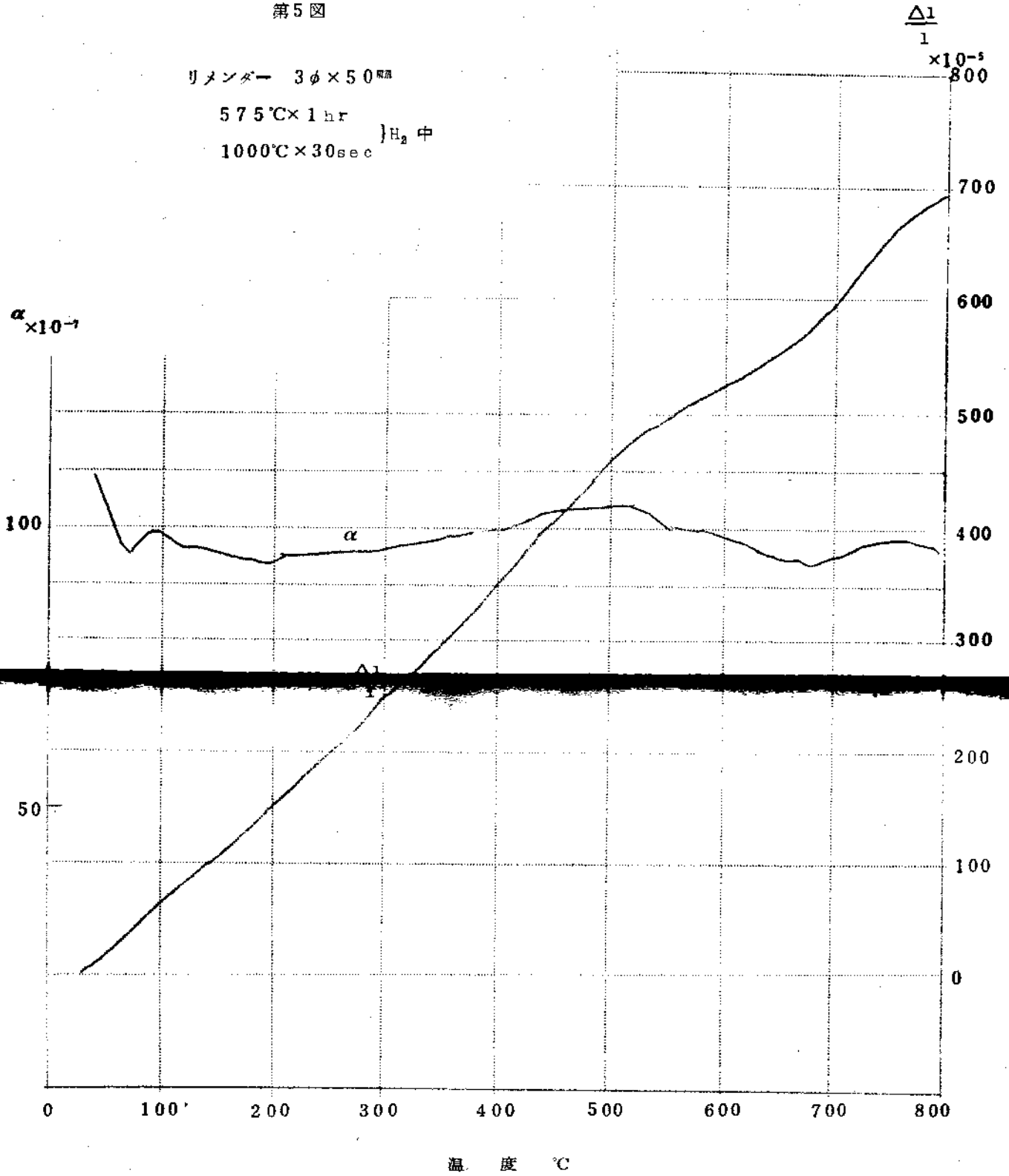
第5図

リメンダー 3φ×50mm

575°C×1hr

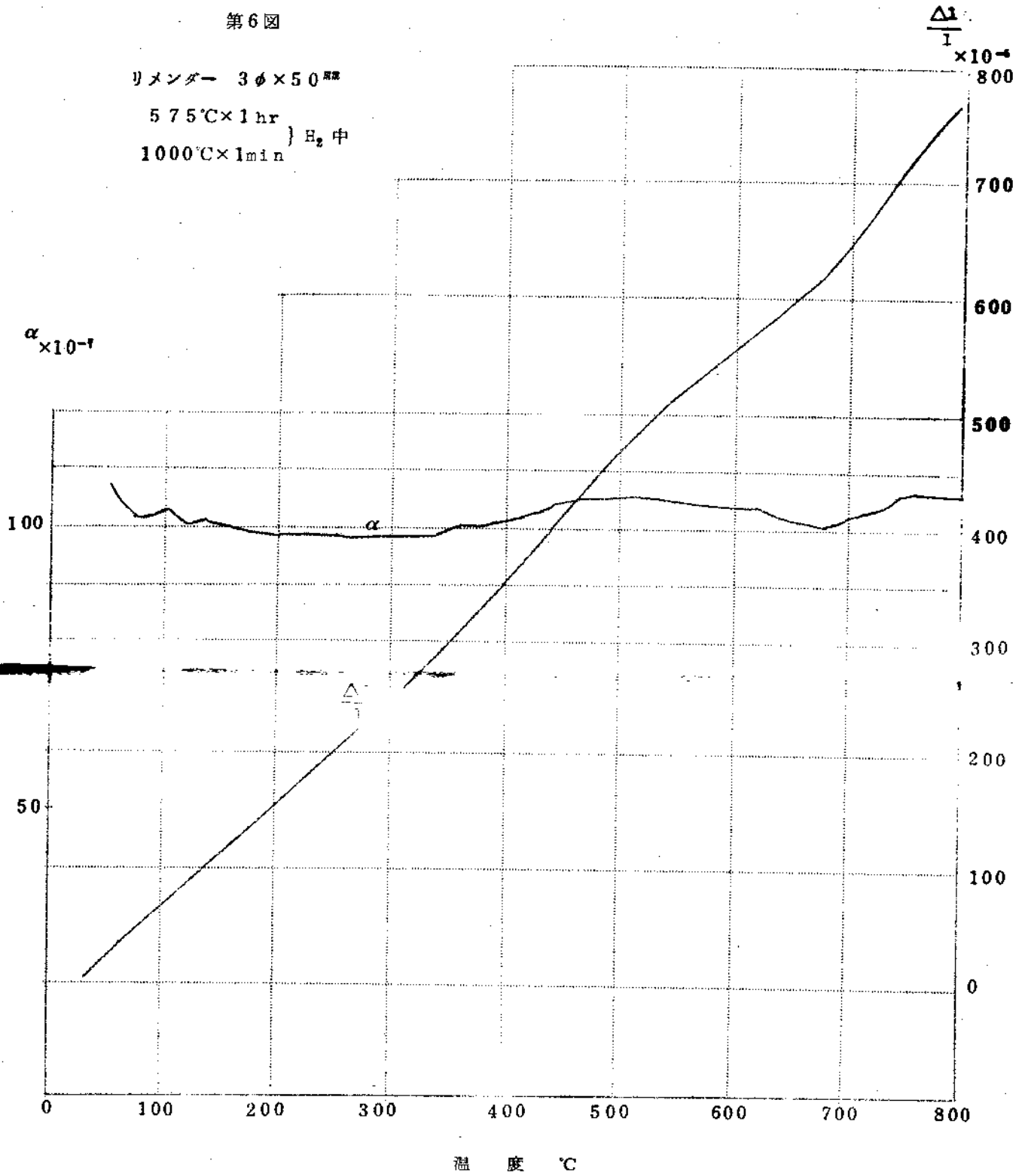
1000°C×30sec

H₂ 中



第6図

リメンダー 3φ×50^{mm}
575°C×1hr
1000°C×1min } H₂ 中

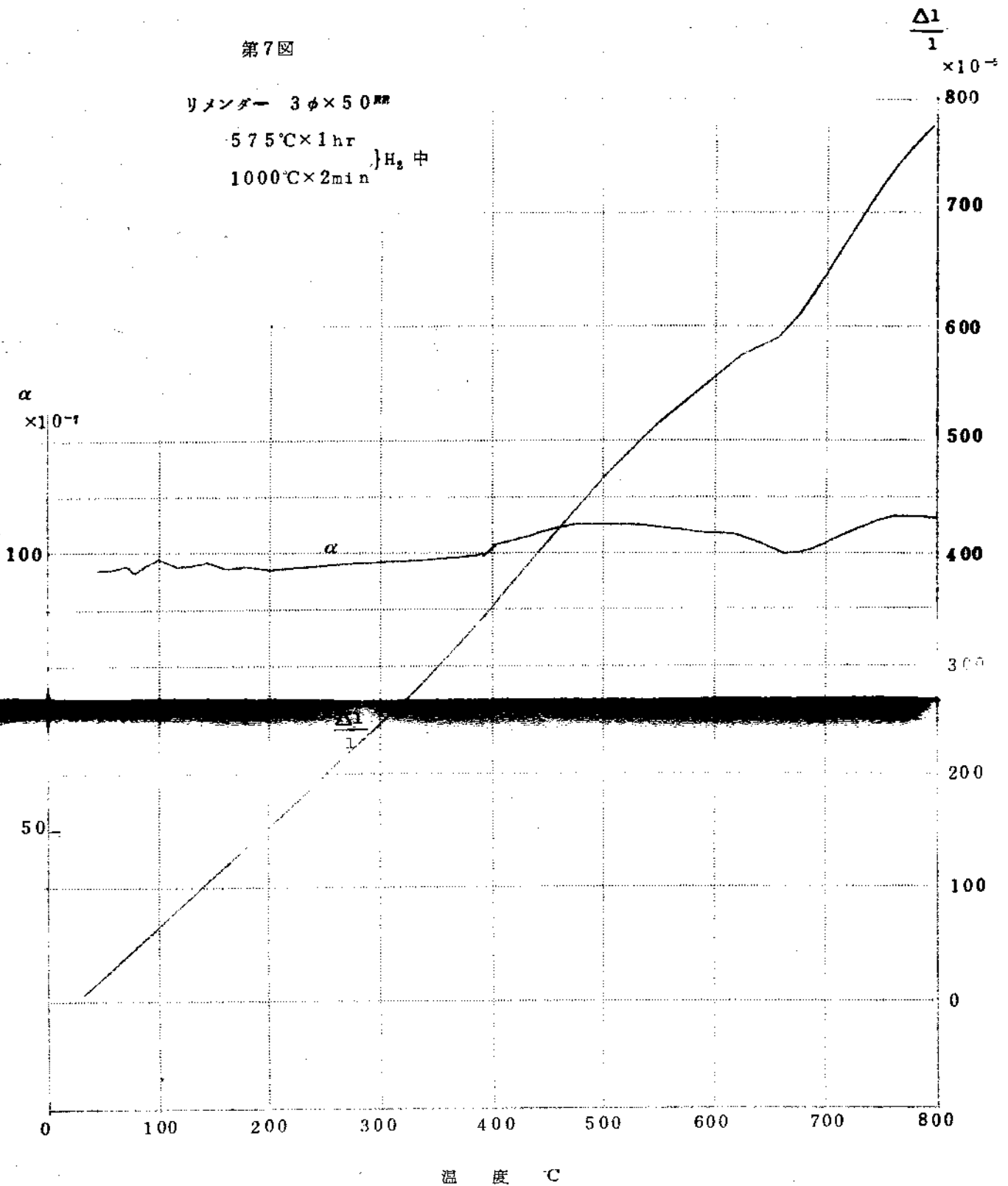


第7図

リメンダー 3φ×50^{mm}

575°C×1hr

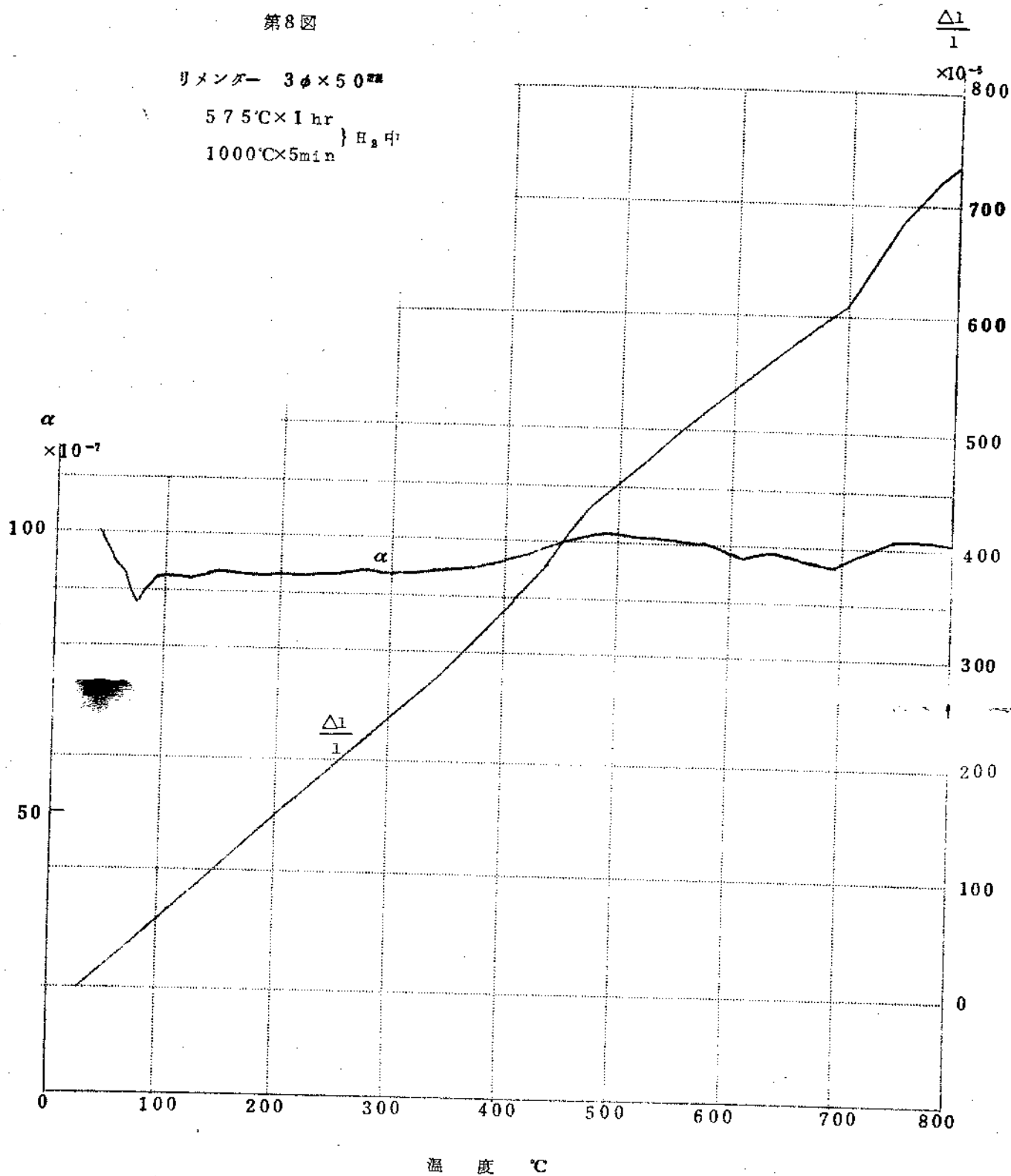
1000°C×2min } H₂ 中



第8図

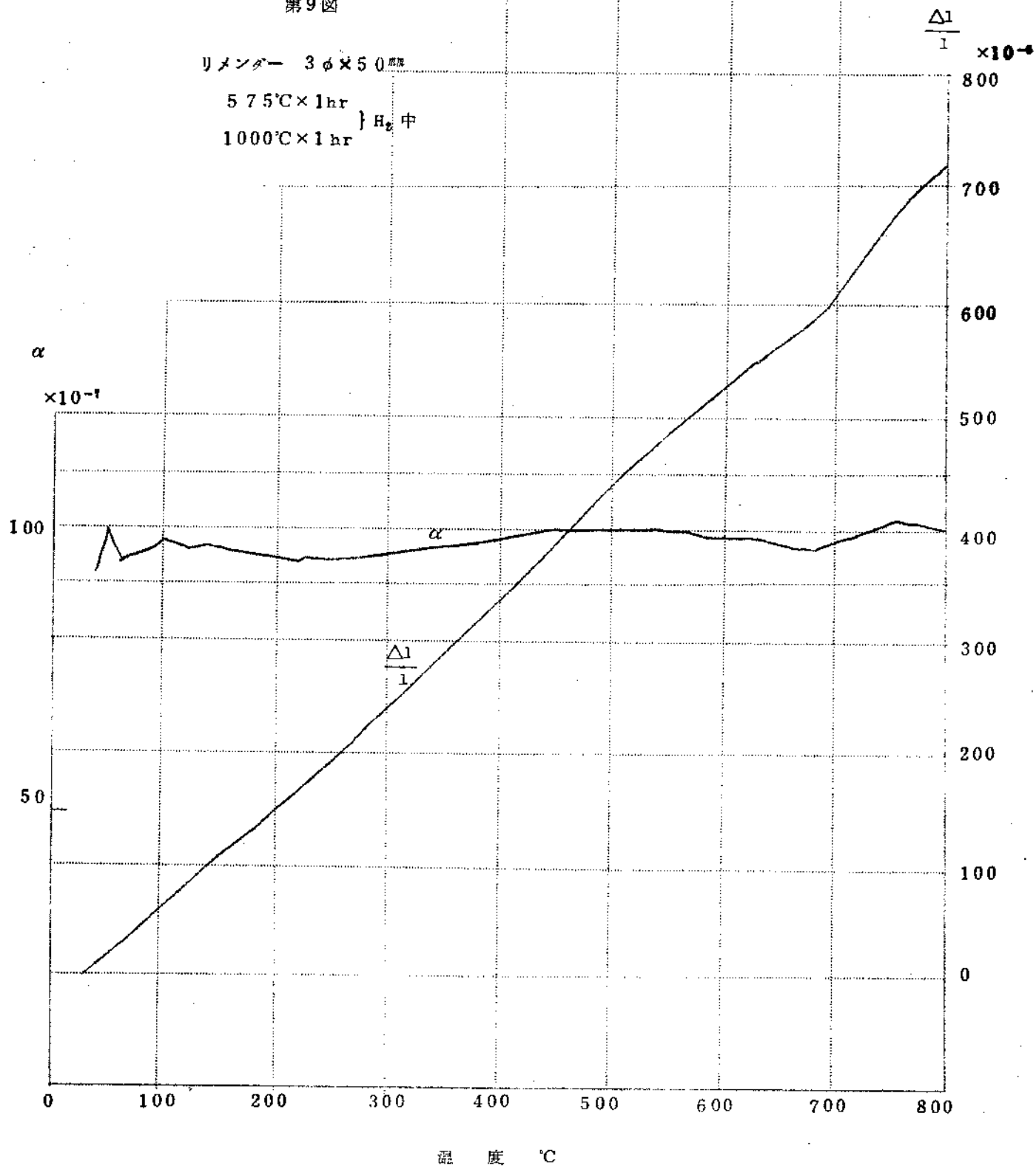
リメンダー 3φ×50mm

575°C×1hr
1000°C×5min } H₂中



第9図

リメンダー 3φ×50mm
575°C×1hr
1000°C×1hr } H₂ 中



第2表

磁 性 材 料		熱膨脹數($\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)	變移點 $^{\circ}\text{C}$
KV 合金 900 $^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ ↓ 1100 $^{\circ}\text{C}\times 15\text{min}$ (H_2) ↓ 徐冷	KV-1(29Ni-17Co-Fe)	44~49(30 $^{\circ}$ ~400 $^{\circ}$) 50~55(30 $^{\circ}$ ~450 $^{\circ}$)	420
	KV-2(29Ni-17Co-Fe)	45~51(30 $^{\circ}$ ~400 $^{\circ}$) 50~54(30 $^{\circ}$ ~450 $^{\circ}$)	430
	KV-3(29Ni-18Co-Fe)	49~54(30 $^{\circ}$ ~400 $^{\circ}$) 53~57(30 $^{\circ}$ ~450 $^{\circ}$)	435
	KV-4(32Ni-17Co-Fe)	68~72(30 $^{\circ}$ ~480 $^{\circ}$)	500
Ni-Cr-Fe 合金 900 $^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ (H_2) ↓ 徐冷	NRS-1(42Ni-6Cr-Fe)	70~78(30 $^{\circ}$ ~230 $^{\circ}$) 91~98(30 $^{\circ}$ ~380 $^{\circ}$)	300
	NRS-2(47Ni-5Cr-Fe)	87~95(30 $^{\circ}$ ~230 $^{\circ}$) 94~102(30 $^{\circ}$ ~380 $^{\circ}$)	380
Ni-Fe 合金 900 $^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ ↓ 1100 $^{\circ}\text{C}\times 15\text{min}$ (H_2) ↓ 徐冷	D(42Ni-Fe)	45~53(25 $^{\circ}$ ~325 $^{\circ}$) 75~85(25 $^{\circ}$ ~500 $^{\circ}$)	300
	NS-1(50~52Ni-Fe)	94~100(30 $^{\circ}$ ~380 $^{\circ}$)	520
	NS-2(50~52Ni-Fe)	99~103(30 $^{\circ}$ ~400 $^{\circ}$)	520
Cr-Fe 合金 900 $^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ (H_2) ↓ 徐冷	FR-25(23~30Cr-Fe)	105~115(30 $^{\circ}$ ~350 $^{\circ}$)	600
NKS 磁石	NKS-1	114	
	NKS-1B1	114	
	NKS-1DA	123	
	NKS-1DB	124	
	NKS-1F	114	
	NKS-3	113	
	NKS-5	112	
	NKS-5DG	112	
NKS-7	112		

第2表(つづき)

K S磁石	K S-1	106	
C S磁石	C S-1	139	
	C S-2	152	
	C S-3	121	
	C S-3A	121	
	F X D磁石	F X D-1	103

4. むすび

各種磁性材料の軸方向および径方向熱膨脹係数を測定した結果および各種データを取りまとめた。第1表でわかるように一般的に、径方向の膨脹が少いようであるが、これは磁性材料上に銅メッキあるいは銅薄板巻付けなど(その他の金属でもよい)をしてガラスと適合させることができる。しかしこのようないわゆるジュメット線的方法は、まえがきにも述べたようにリードスイッチの、量産性、低価格化に、はたして適合するかどうかは問題である。

最後に前記、東北金属、若生部長、東芝中研岸井博士、住友特殊金属吉見課長に感謝すると共に、封入に関しいろいろ御教授いただいている日本電気ガラス鷹木博士、E S-1(電子交換実験機)通話路試作分担としていろいろ御協議いただいている日本電気、篠原部長以下担当者の方々、通研側担当、機構部品研究室高村室長以下担当者の方々に謝意を表します。また日頃御指導いただいている、早坂所長、今川次長、増沢電話機研究室長および電子交換研究推進オー委員会およびオ二委員会の方々に感謝します。

本資料が新しい封入継電器検討上参考となれば幸いです。

文 献

(1) 例えは

鷹本：“ガラスと金属との気密封着に関する研究”通研，成果報告1333号 1959

池田：“ガラスと金属の封着の機構”窯協，72(2) (5) 1964

その他

岸井：“ガラスと金属との封着”工業材料 1962.12. P77

(2) 例えは

今井：“リードリレー用リードのガラス封着実験”通研，経過資料第1191号

1962年（非公開）

(3) 岸井：“ジュメット線の熱膨張”東芝レビュー 1957.3 P265