

安来製電磁軟鉄の磁性に就て

小柴定雄* 山中輝夫* 古川 巖* 西沼輝美*

The Magnetism of Yasugi Magnetic Power Iron

By Sadao Koshiba, Teruo Yamanaka, Iwao Furukawa

and Terumi Nishinuma

Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Magnetic power iron has been manufactured at many an iron foundry, but there has been seldom produced excellent product.

At Yasugi Works, using the materials of iron sand origin, research and trial manufacture of this kind of iron has been carried on aiming at the production of superior grade of product.

In the course of research it was found that the cold rolling had a decisive effect on the grade of magnetism of the magnetic power iron manufactured. Further, the size of crystal after re-crystallization obviously differs according to the rate of cold rolling. And the bigger and the more coarse is the size of crystal, the stronger magnetism can be afforded.

It may be added however that each material has its own size of crystal for the same strength of magnetism.

Also, given the same ratio of cold rolling, the plates of the same material give the different grades of magnetism if the final thickness is different.

Then, in order to obtain a good surface finishment with lower rate of cold rolling, several methods have been tried and the one considered most effective is to apply the cold rolling process at a temperature no lower than that of recrystallization. The annealing temperature after cold rolling should be 800 ~ 850°C, with holding time of 3.5~4 hours. For the cooling after annealing, the air cooling will fit the purpose.

Yasugi magnetic power iron of iron sand origin has almost uniform distribution of magnetism regardless the difference of melting furnace and of the part of the mother ingot from which the magnetic power iron is to be manufactured. It shows the B_1 of 10,000 gauss and the H_c of 0.7 Oersted, and both are comparatively free from aging with only 15% or less of deterioration

[I] 緒 言

通信機に広く使用されている電磁軟鉄は数社に於て製造されているが、磁気特性が不均一で中には著るしく悪

* 日立製作所安来工場

いものがあり、かつ時効によつて磁性が劣化する等欠点が少ない。安来工場は使用者の要望があつたので、砂鉄系材料を用いて電磁軟鉄の試作研究を行つた。その結果一応目的を達し量産を行つて好評を得ているので、他社製品と比較しながら研究の結果を報告する事にした。

[II] 試料及び実験方法

砂鉄系材料である鳥上白銑を 6 ton 弧光式電気炉にて酸化沸騰精錬により軟鋼を造り後高周波電気炉にて特殊な方法により鋼塊を熔製した。上記鋼塊は次の如き工程にて鍛に仕上げ実験試料を作製した。

鋼塊→鍛造→酸洗→疵取→熱間圧延→酸洗→冷間圧延
その化学成分は第 1 表に示した。

磁気の測定は外径 76 mm 内径 52 mm に切削した環状試料を用い弾動検流法によつた。

焼鈍は全て箱焼鈍を行つた。

[III] 実験結果及びその考察

(1) 冷間圧延率及び仕上厚さの影響

電磁軟鉄は表面仕上をなす為必ず冷間圧延（以下冷圧と略す。）を行わねばならず、かつ相当高率にする必要がある。冷間加工率が純鉄の再結晶後の結晶粒の大きさに著るしい影響を及ぼす事は周知の事であるが、磁性に就ての実験結果は極めて少い。よつて A 及び B 試料にて冷圧率の影響を求めた。その結果は第 1 図に示した。但し焼鈍温度は 850°C、保持時間は 3.5 時間である。明らかに冷圧率の高いもの程磁性が悪く、 B_1 1 エルステッドに於ける磁束密度 μ_m （最大導磁率）及び H_c （抗磁力）が略直線的に劣下する。この結果より冷圧率は低いもの程よいと思はれるが、表面仕上を良好にする為には寧ろ冷圧率は高いがよく 30% 以上にせねばならない。よつて次の如く冷圧の工程を二段に分け表面仕上を良好にしかつ冷圧率を低く出来るようにした。

中間冷圧 仕上冷圧

熱間圧延 → 中間焼鈍 → (仕上)焼鈍

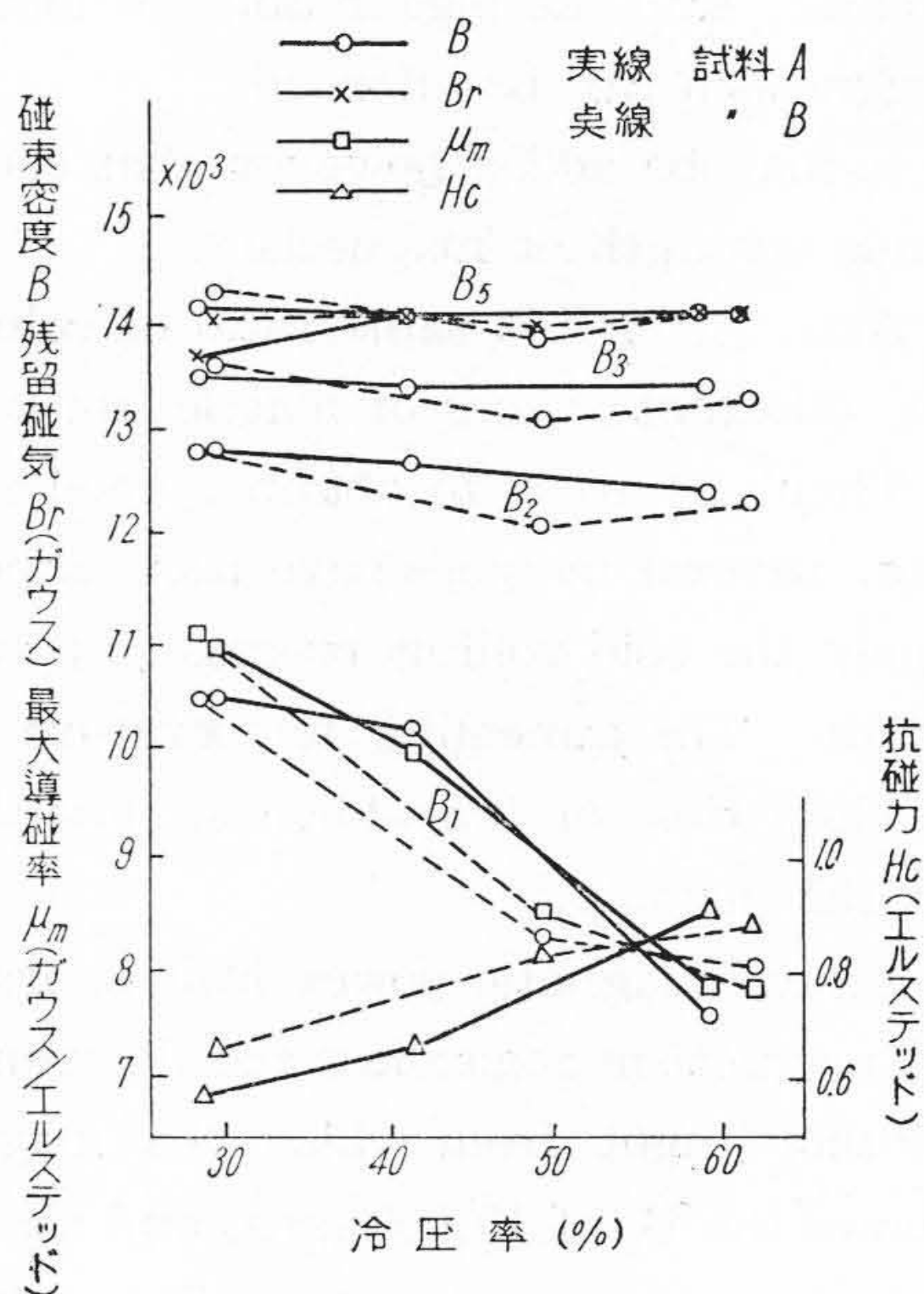
最終仕上厚さを C 試料にて約 2mm D 試料にて約 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm と一定にした際の仕上冷圧延の影響を第 2 図及び第 3 図に示した。但中間焼鈍温度は 650°C である。参考の為結晶粒度番号をも併記したが顕微鏡写真を示すと第 4 図～第 10 図である。仕上冷圧率の影響が明らかに認められ C 試料にては B_1 が 9,240～1,600 ガウス H_c が 0.73～1.37 エルステッド、D 試料にては B_1 が 10,890～3,650 ガウス H_c が 0.57～1.17 エルステッドと著るしい差異が生ずる。結晶粒は同一素材の場合は磁性の良好なもの程粗大であるが、素材が異なる場合には他の試料に就て調査した結果、結晶粒の大小によつて直ちに磁性の良否を推定する事は困難である。

次に D 試料の仕上厚さの影響を第 11 図に示した。冷圧率が約 15% に於ては余り厚さの影響がないが冷圧率が高くなると厚さの影響が顕著に現れ、厚いもの程磁性が良好である。冷圧を行わず熱間圧延のままの試料を旋盤で

第 1 表 試料の化学成分

Table 1. Chemical Composition of Test Material

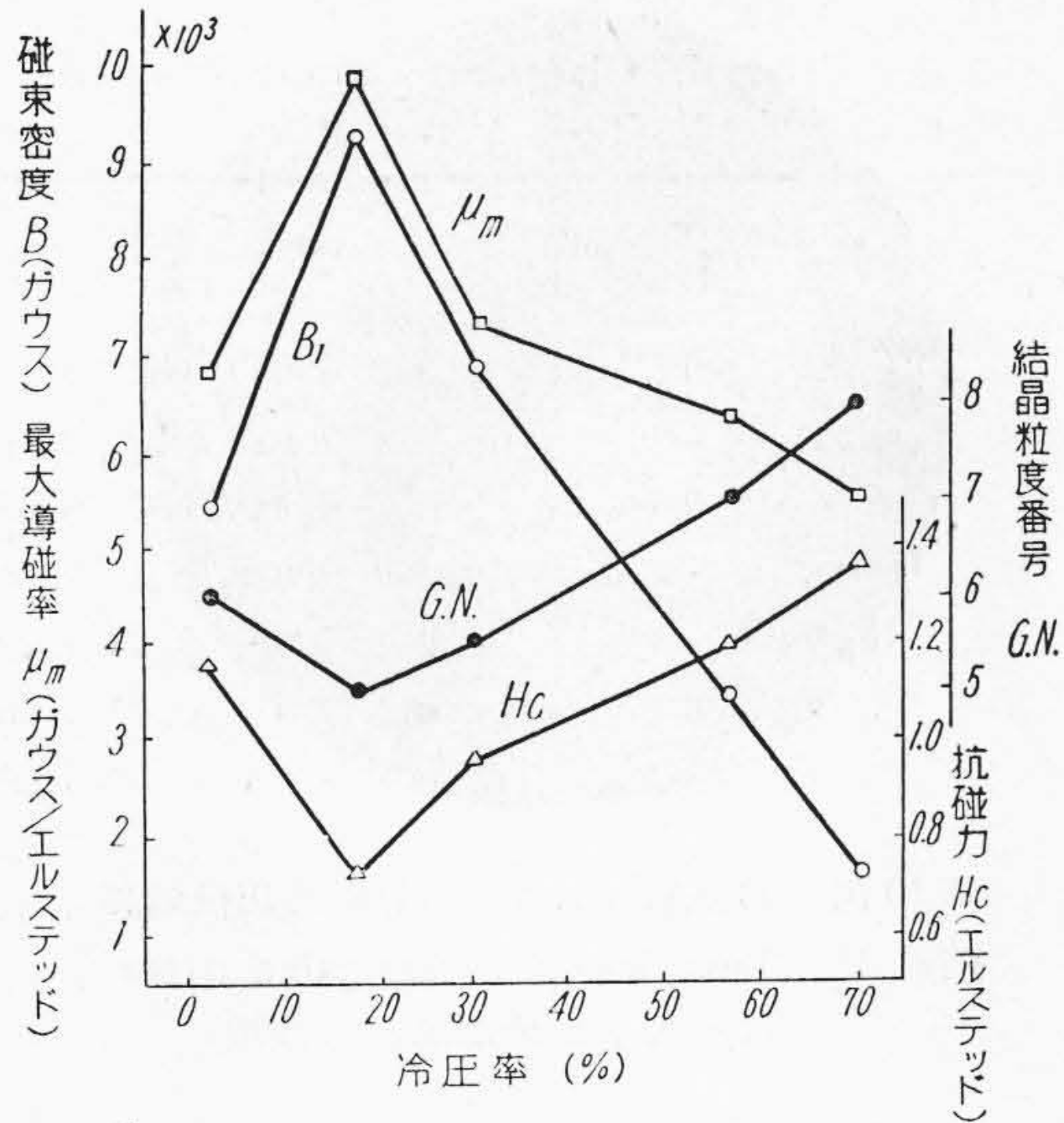
化学成分	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
試料							
A	0.027	0.08	0.09	0.012	0.020	Nil	0.10
B	0.017	0.07	0.09	0.012	0.020	Tr	0.10
C	0.019	0.09	0.02	0.017	0.018	Nil	0.085
D	0.020	0.14	0.01	0.009	0.020	Nil	0.059
E	0.01	0.18	0.03	0.014	0.010	0.27	0.19
F	0.02	0.08	0.04	0.012	0.018	0.07	0.56
G	0.02	0.03	0.022	0.008	0.020	0.03	0.09
H	0.03	0.16	0.026	0.011	0.058	0.01	0.13
I	0.03	0.06	0.001	0.020	0.026	Nil	0.09
J	0.02	0.15	0.02	0.011	0.021	Nil	0.07
NK 社 A	0.015	0.06	0.05	0.007		0.07	0.04
NK 社 B	0.03	0.08	0.001	0.014		0.05	0.02
NK 社 C	0.015	0.04	0.06	0.007		0.07	0.03
T 社	0.049		0.04	0.008			0.03
F 社 A	0.06		0.29	0.011			0.09
F 社 B	0.05	0.01	0.12	0.007		0.07	0.07
A 社	0.02	0.19	0.021	0.010			0.04
N S 社	0.02	0.12	0.011	0.005			0.02



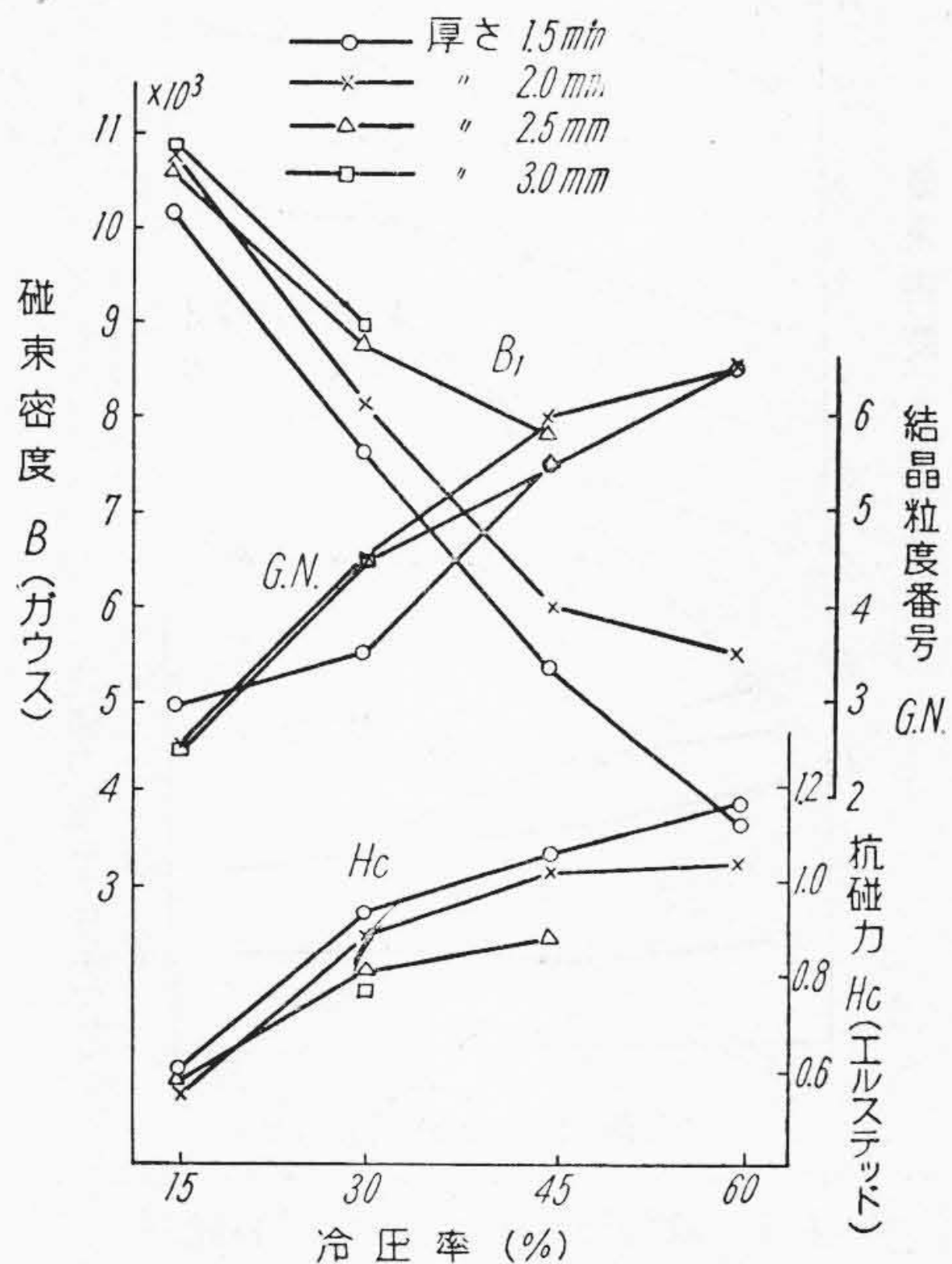
第 1 図 冷 圧 率 の 影 響

Fig. 1. Effect of Cold Rolling Ratio

削つて厚さを変えたものの磁性は第 12 図の如くで、寧ろ薄いものが良い傾向を示す。これは試料の厚さによつて焼鈍効果が異なる故と思はれる。従つて第 11 図の結果は計算上は同一冷圧率であつても試料の厚さにより応力の



第2図 冷圧率の影響 (C試料)
Fig. 2. Effect of Cold Rolling Ratio
(Test Piece C)

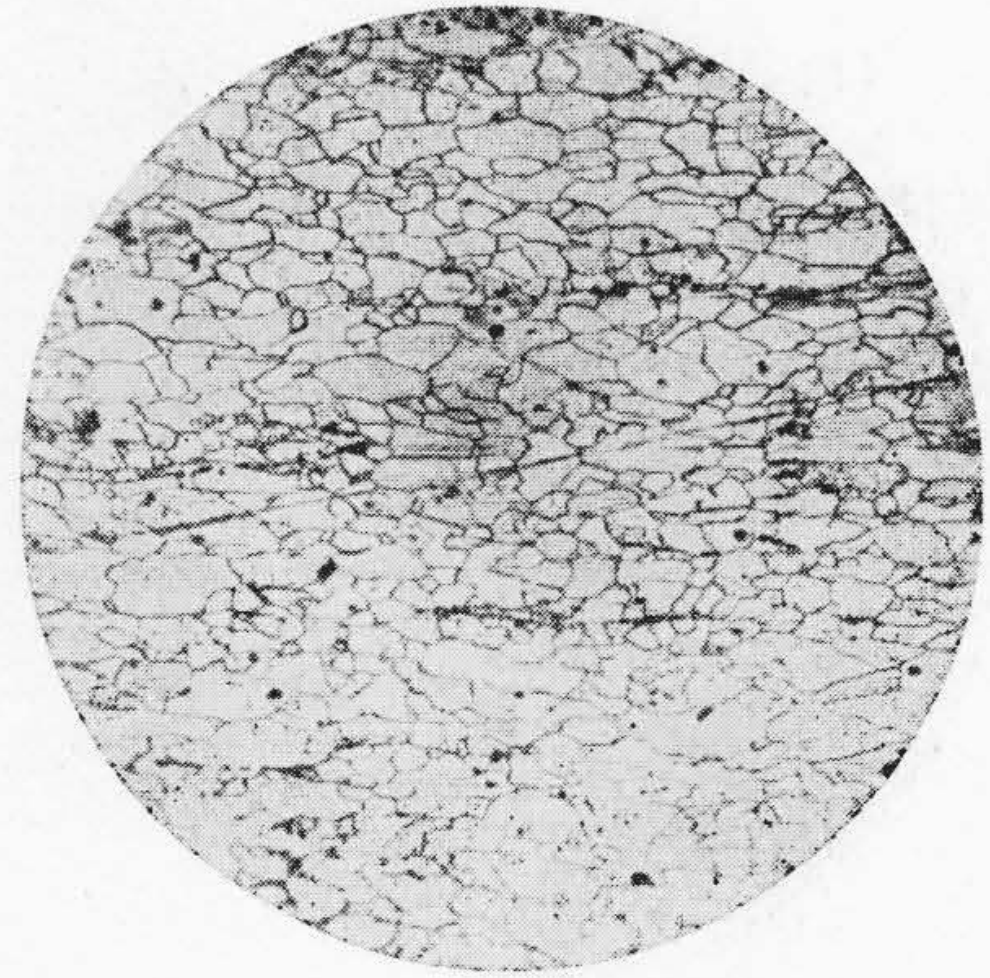


第3図 冷圧率の影響 (D試料)
Fig. 3. Effect of Cold Rolling Ratio
(Test Piece D)

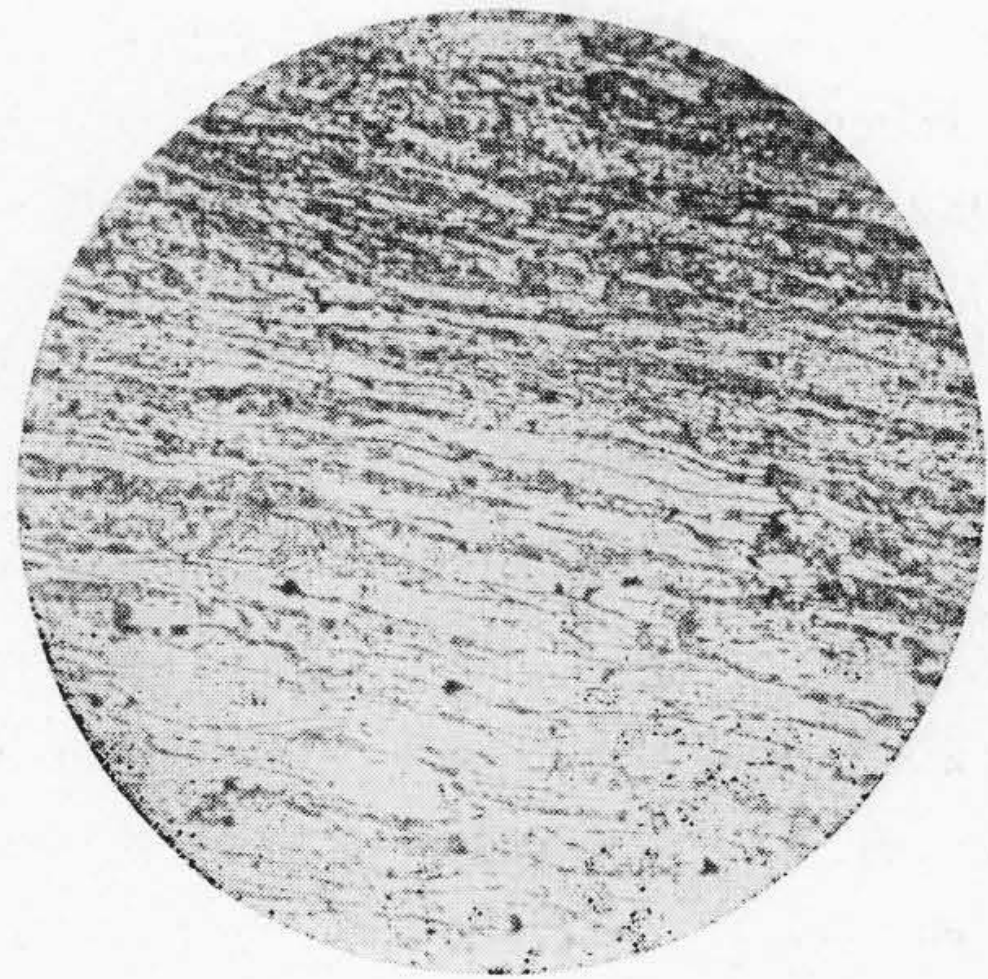
分布等が異り、実際上の冷圧効果が異なるのではないかと考えられる。

(2) 中間焼鈍温度の影響

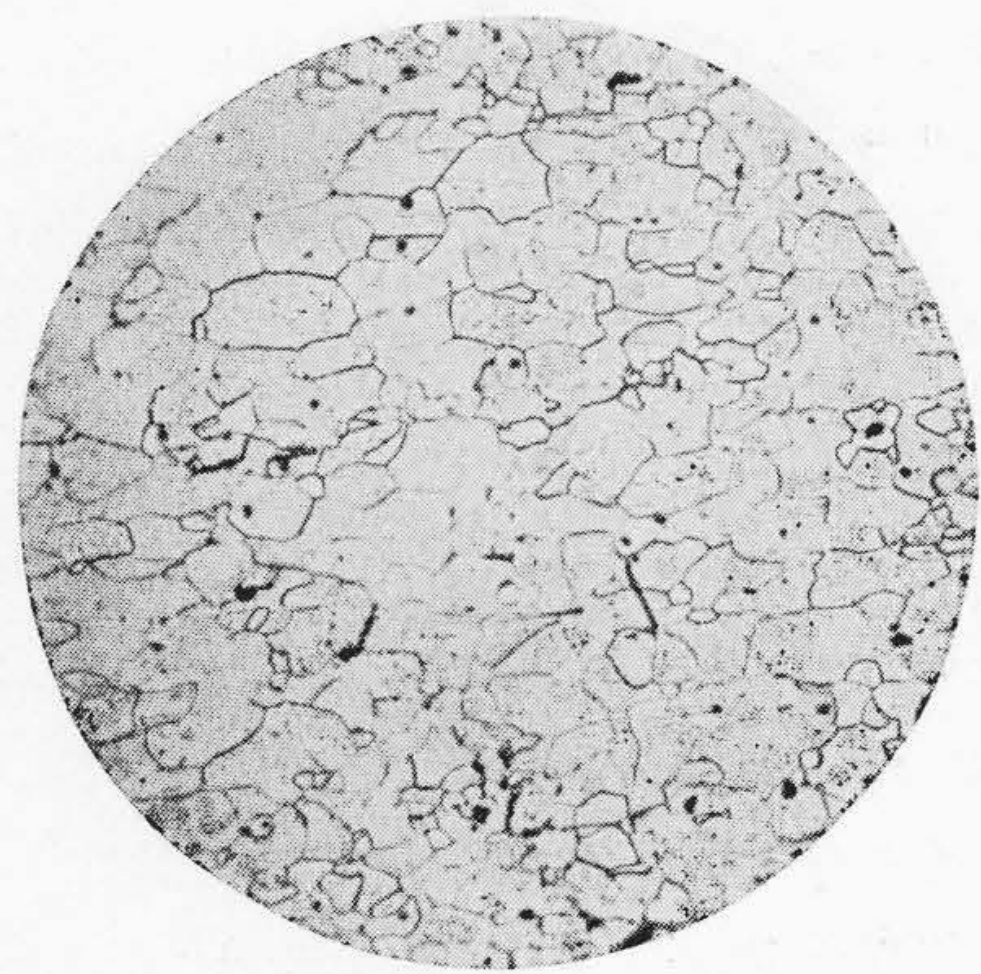
中間焼鈍は中間冷圧による有害な加工歪を除去するのが目的で、 A_3 変態点以上の温度にて行くと完全であるが、量産上は可及的に低い事が望ましい。E試料にて仕



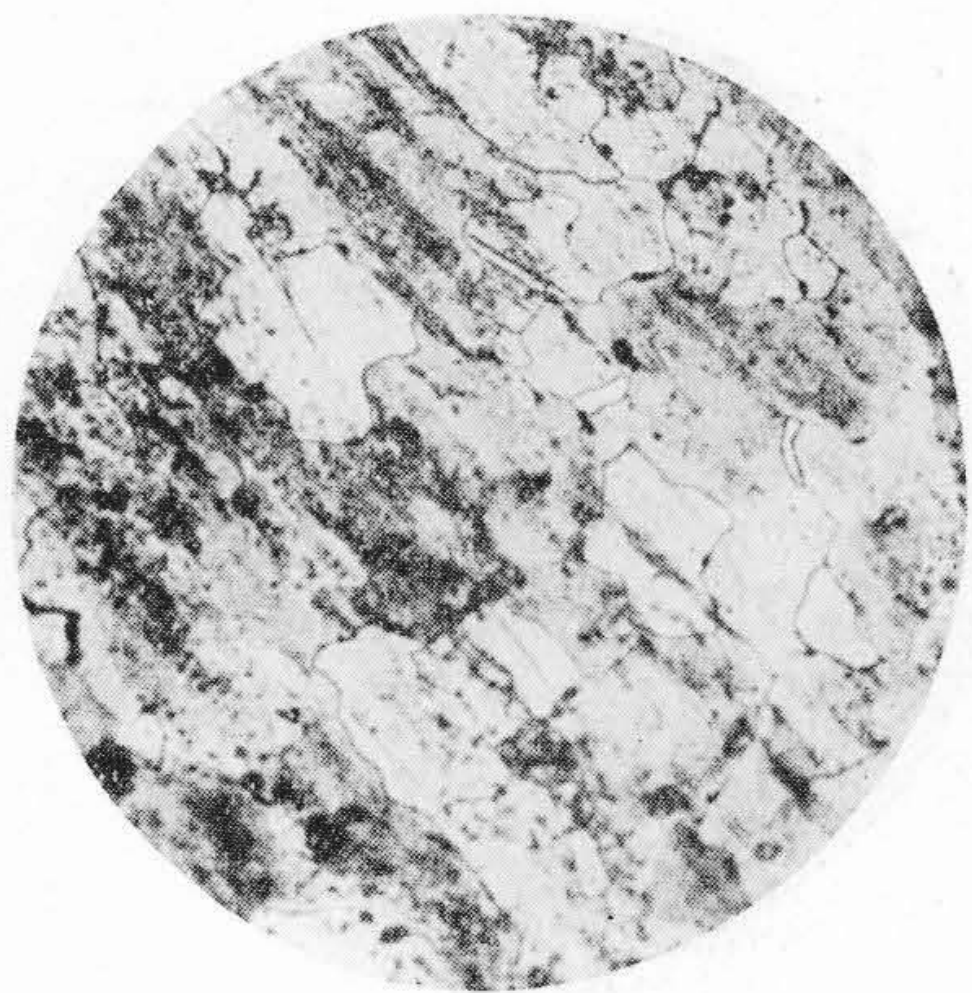
第4図 C試料 ($\times 100$) 中間焼鈍後17.5%冷圧のまま
Fig. 4. Test Piece C as Subjected to 17.5%
Cold Rolling after Intermediate
Annealing ($\times 100$)



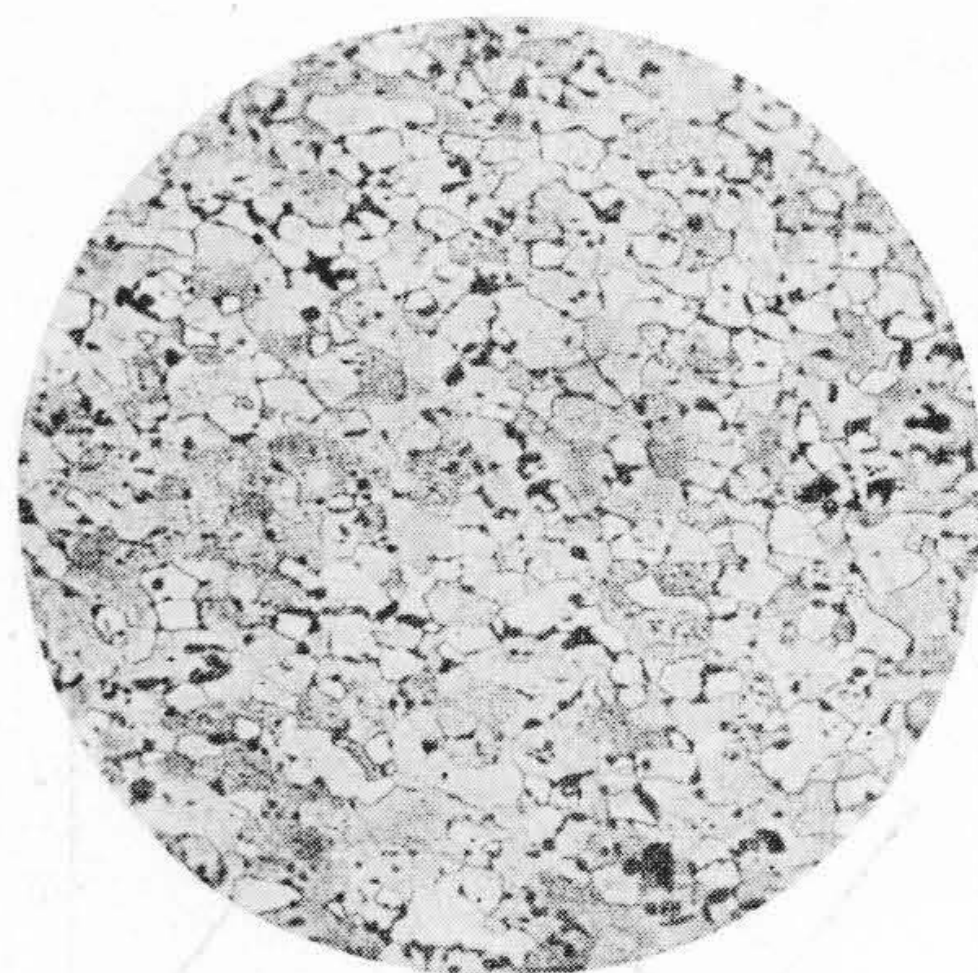
第5図 C試料 ($\times 100$) 中間焼鈍後71%冷圧のまま
Fig. 5. Test Piece C as Subjected to 71%
Cold Rolling after Intermediate
Annealing ($\times 100$)



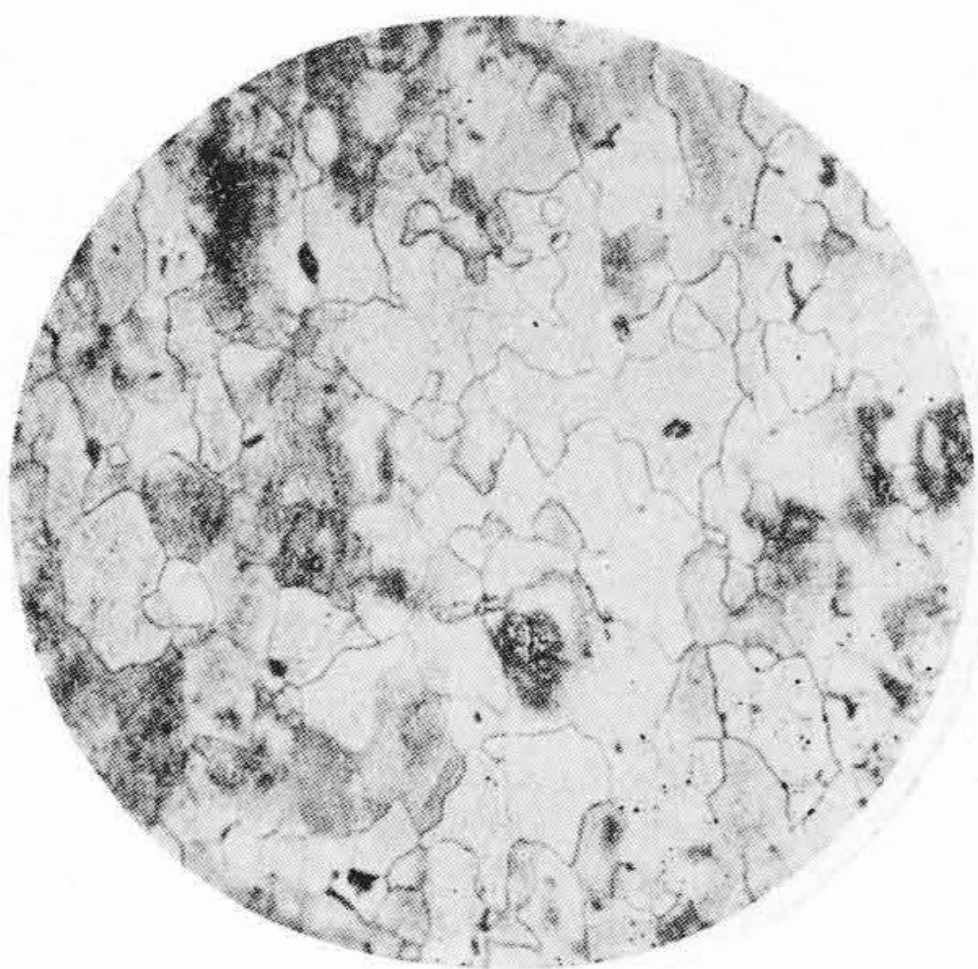
第6図 C試料 ($\times 100$) 2%冷圧後焼鈍
Fig. 6. Test Piece C Annealed after 2%
Cold Rolling ($\times 100$)



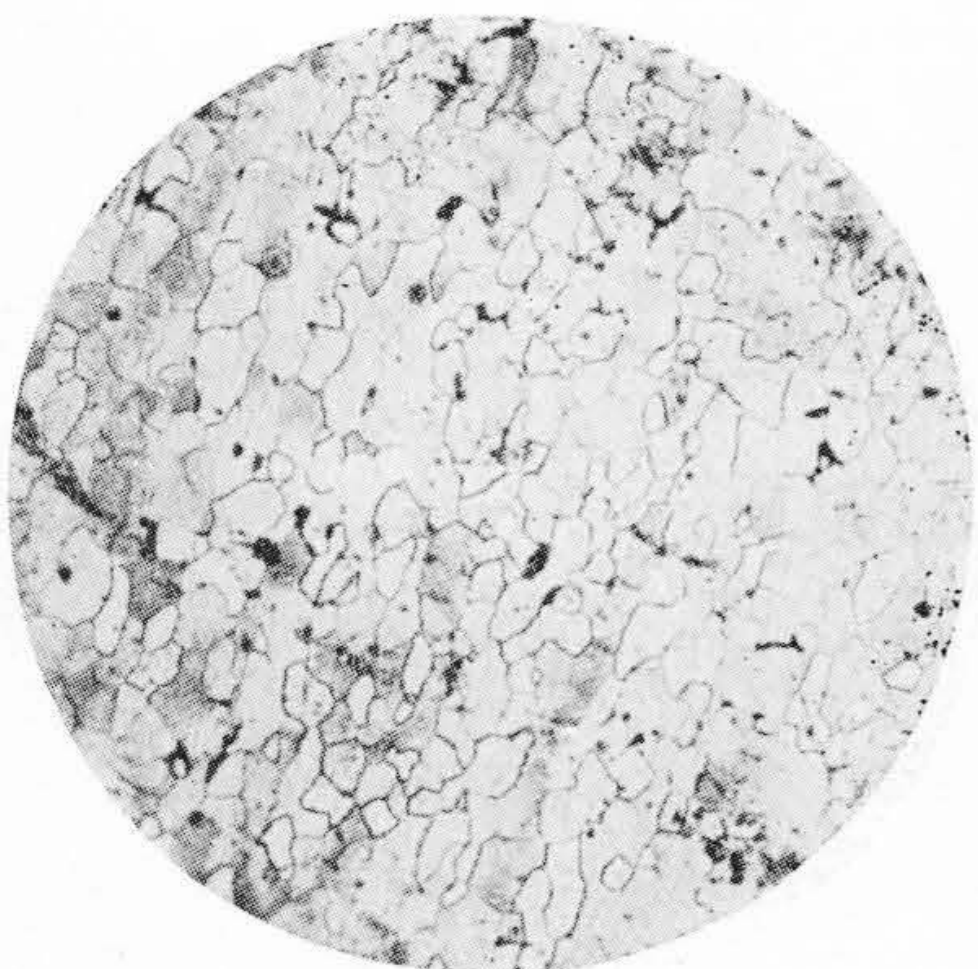
第7図 C試料 (×100) 17.5% 冷圧後焼鈍
Fig. 7. Test Piece C Annealed after
17.5% Cold Rolling (×100)



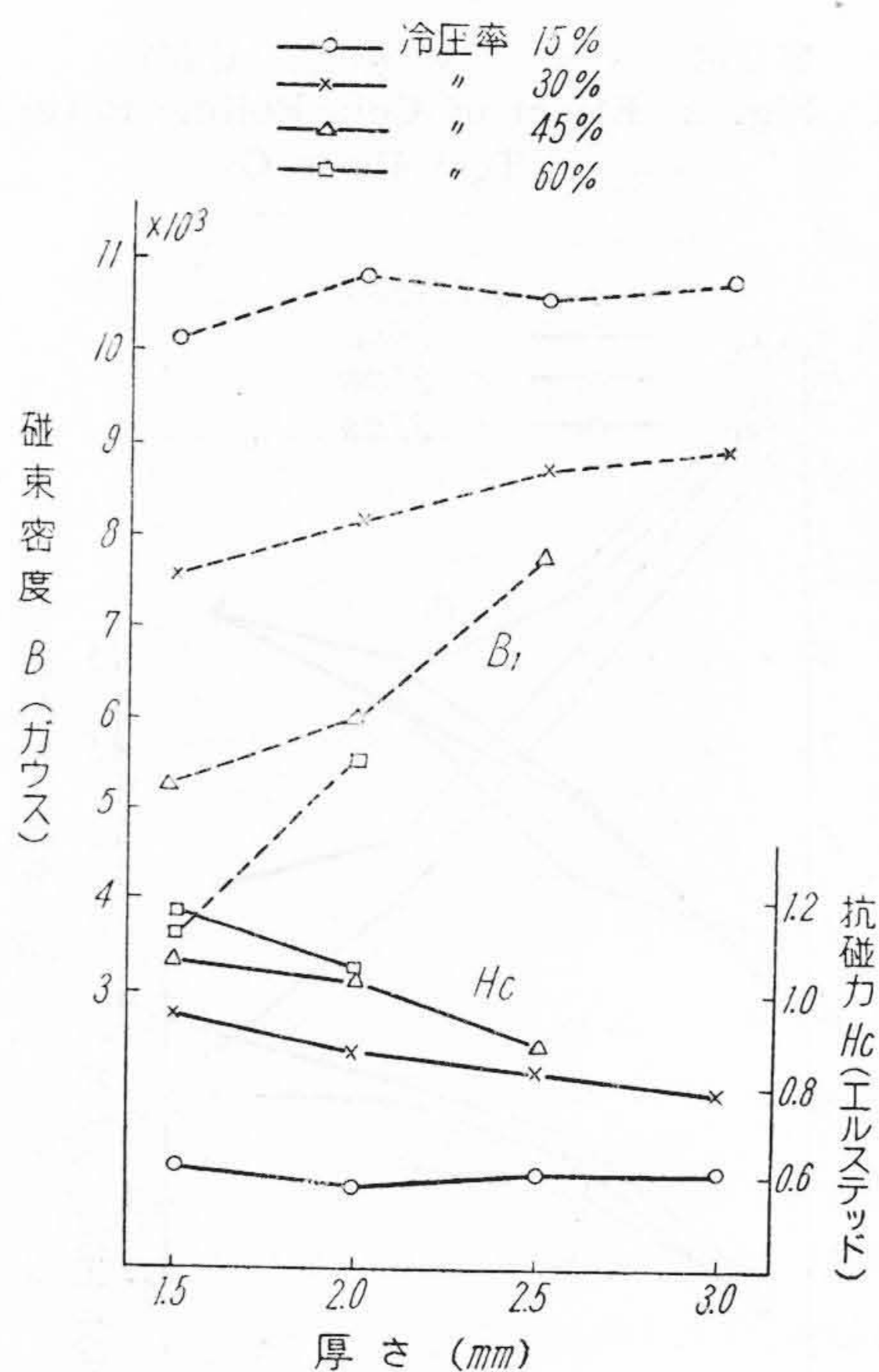
第10図 C試料 (×100) 71% 冷圧後焼鈍
Fig. 10. Test Piece C Annealed after
71% Cold Rolling (×100)



第8図 C試料 (×100) 30.5% 冷圧後焼鈍
Fig. 8. Test Piece C Annealed after
30.5% Cold Rolling (×100)



第9図 C試料 (×100) 57% 冷圧後焼鈍
Fig. 9. Test Piece C Annealed after
57% Cold Rolling (×100)

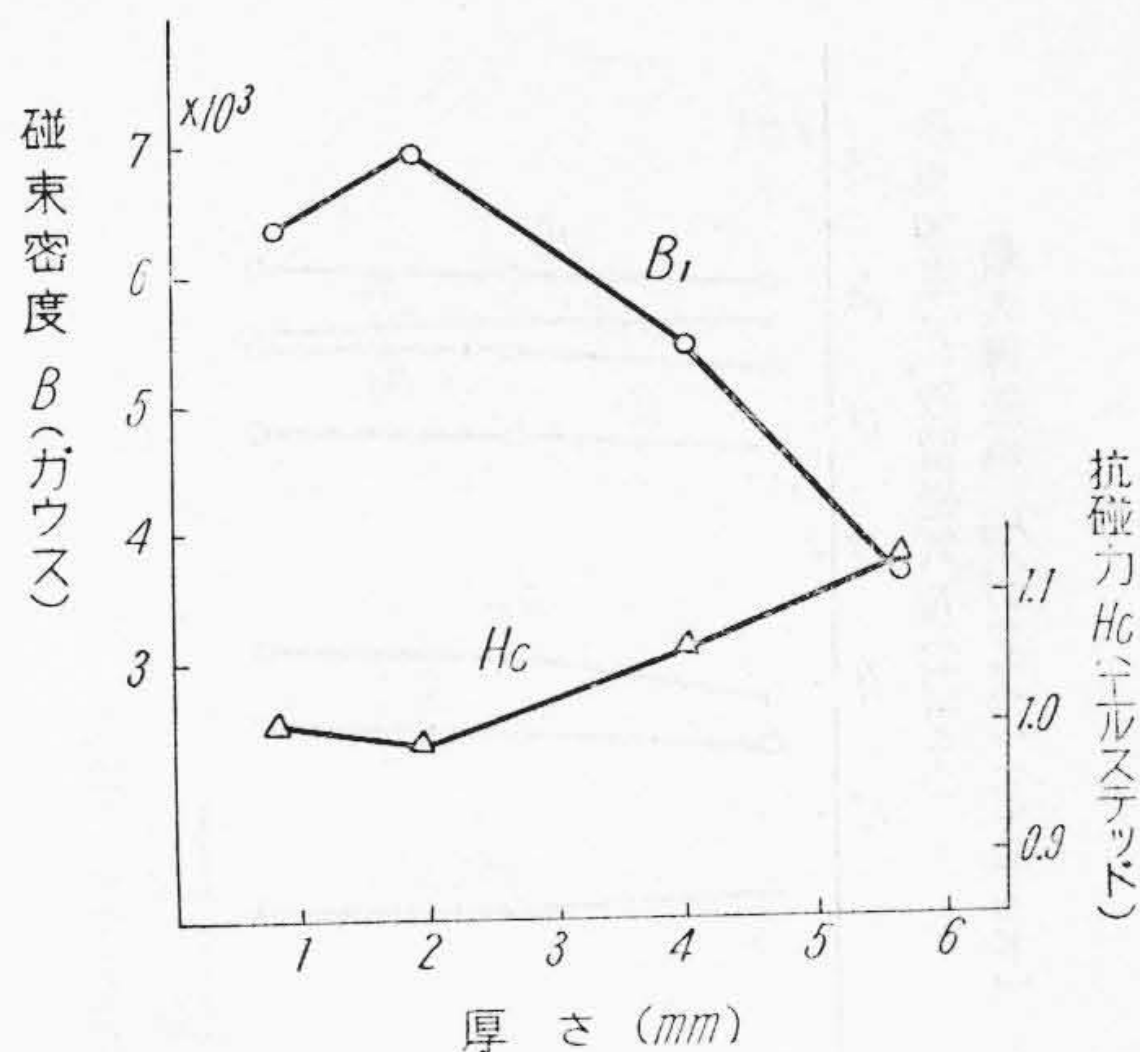


第11図 最終仕上厚さの影響 (D試料)
Fig. 11. Effect of Final Finishing
Thickness (Test Piece D)

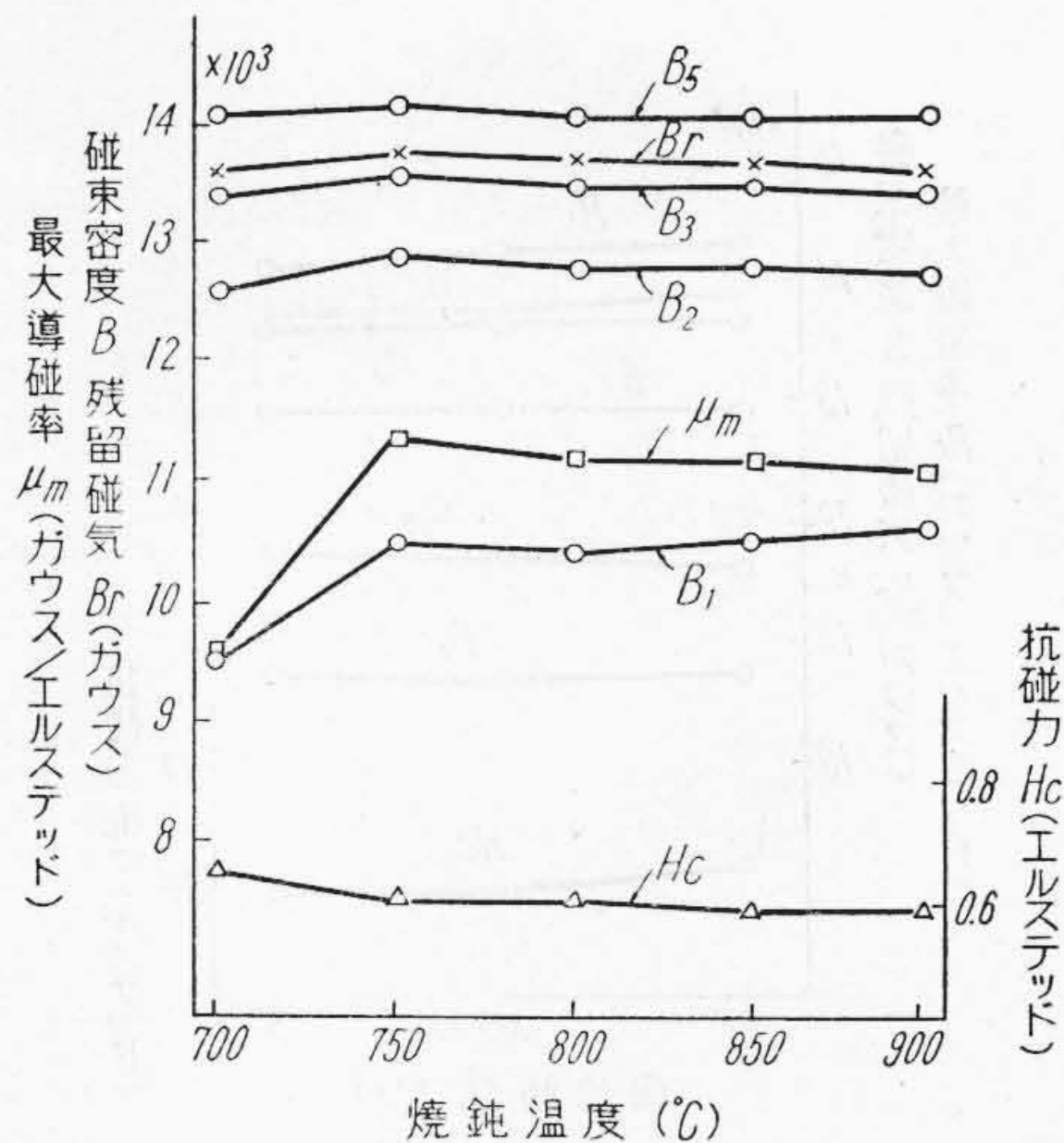
上冷圧率を約10%にした際の中間焼鈍温度の影響を第13図に示した。但中間焼鈍の保持時間は4時間とし、箱焼鈍を行つた。中間焼鈍温度の影響は殆どない。従つて中間焼鈍は実用上中間冷圧の再結晶温度以上であればよいものと思ふされ A_3 変態以上にする事は不必要である。

(3) 焼鈍方法の影響

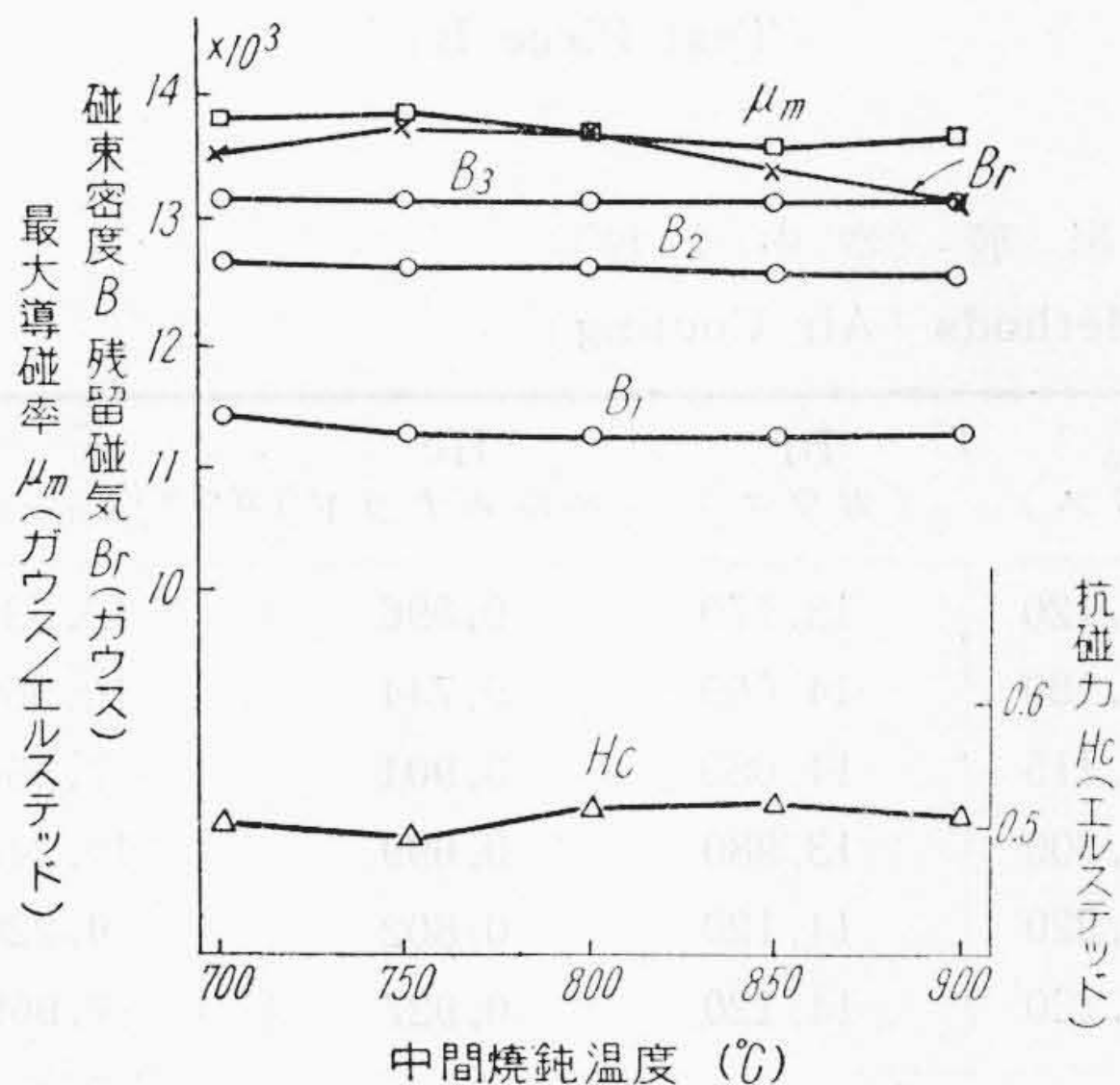
A及びB試料に就て冷圧率約30%の場合の焼鈍温度の



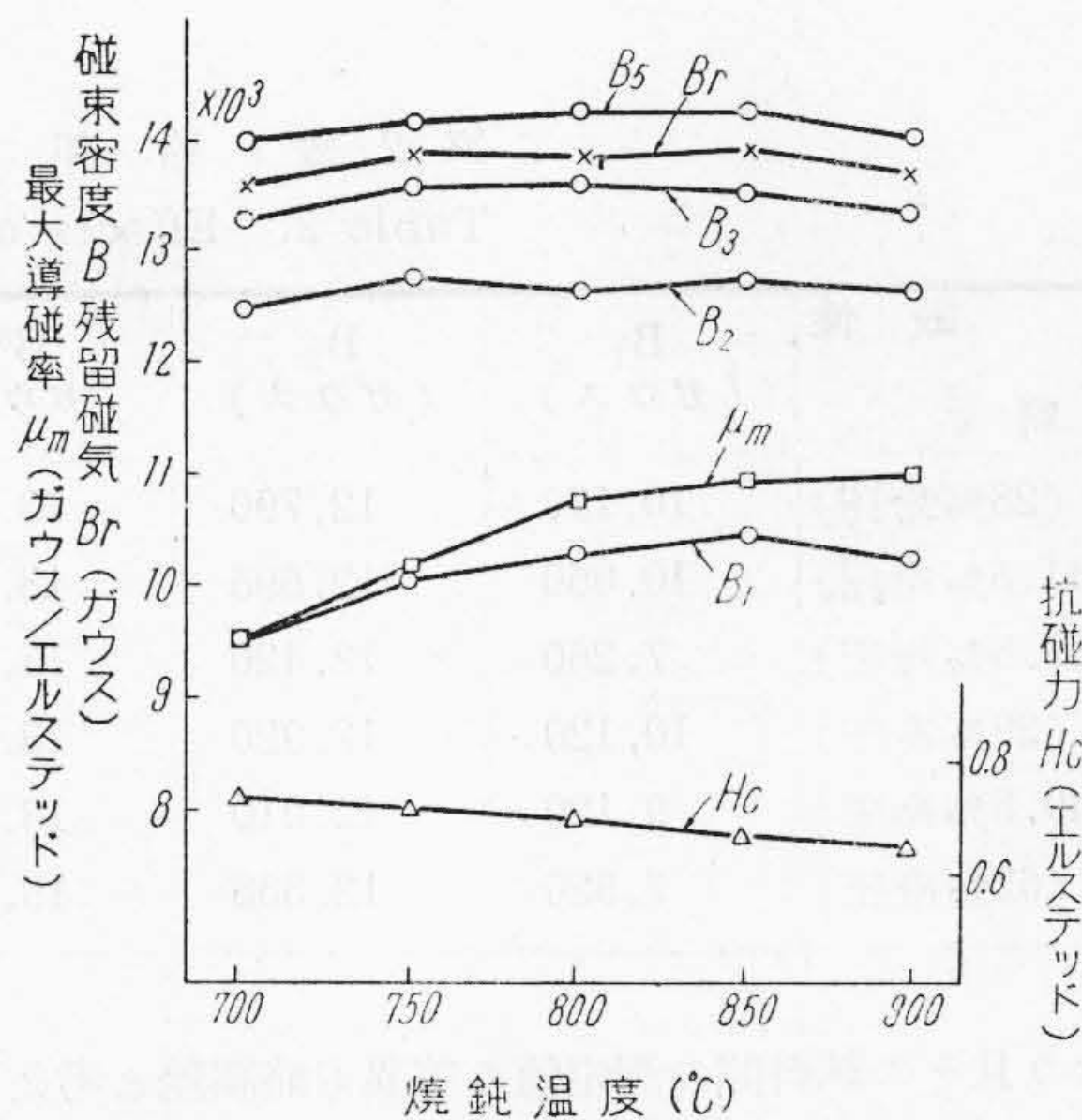
第12図 試料厚さの影響 (D試料)
Fig. 13. Effect of Thickness of Test Piece (Test Piece E)



第14図 焼鈍温度の影響 (A試料)
Fig. 14. Effect of Annealing Temperatures (Test Piece A)



第13図 中間焼鈍温度の影響 (D試料)
Fig. 13. Effect of Intermediate Annealing Temperature (Test Piece E)



第15図 焼鈍温度の影響 (B試料)
Fig. 15. Effect of Annealing Temperatures (Test Piece B)

影響を第14図及び第15図に示した。但各温度に於ける保持時間は3.5時間である。焼鈍温度が700°Cでは稍低い。A試料は750~900°Cにて、B試料は800~900°Cにて大差が無いが、焼鈍温度が高くなると酸化が多くなる故800~850°Cが適当なものと思ふ。冷圧率の異なる他の試料の結果も略同様である。

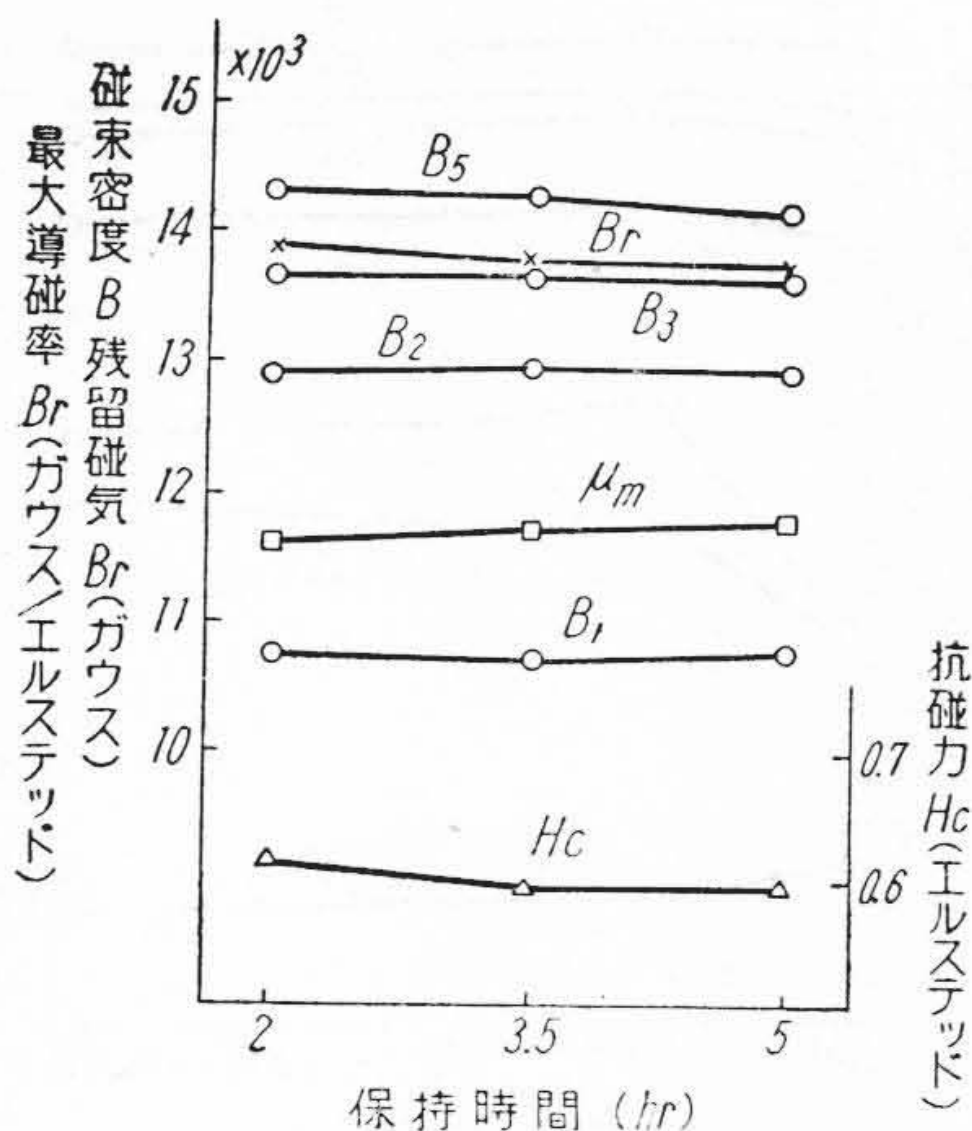
次に同試料にて焼鈍温度800°Cの場合の保持時間の影響を求めた。その結果は第16図及び第17図に示した。保持時間が2時間では稍短かく、3.5~5時間にて略同成績を示す故3.5~4時間の保持が適当なものと思ふ。

焼鈍後の冷却は普通炉中冷却を行つてゐるが、箱のまま炉中より取出し空中冷却をなし冷却方法の影響を求めた。その結果は第2表に示した。但約50°Cに達するに

炉中冷却は約15時間、空中冷却は約3時間を要した。空中冷却の場合、炉中冷却に比較して僅かに低い傾向が認められるが大差ない。冷却方法は後述の如く時効にも殆ど影響が無い故量産に於て3~4日間も要する程の炉中冷却は必要ないものと思ふ。

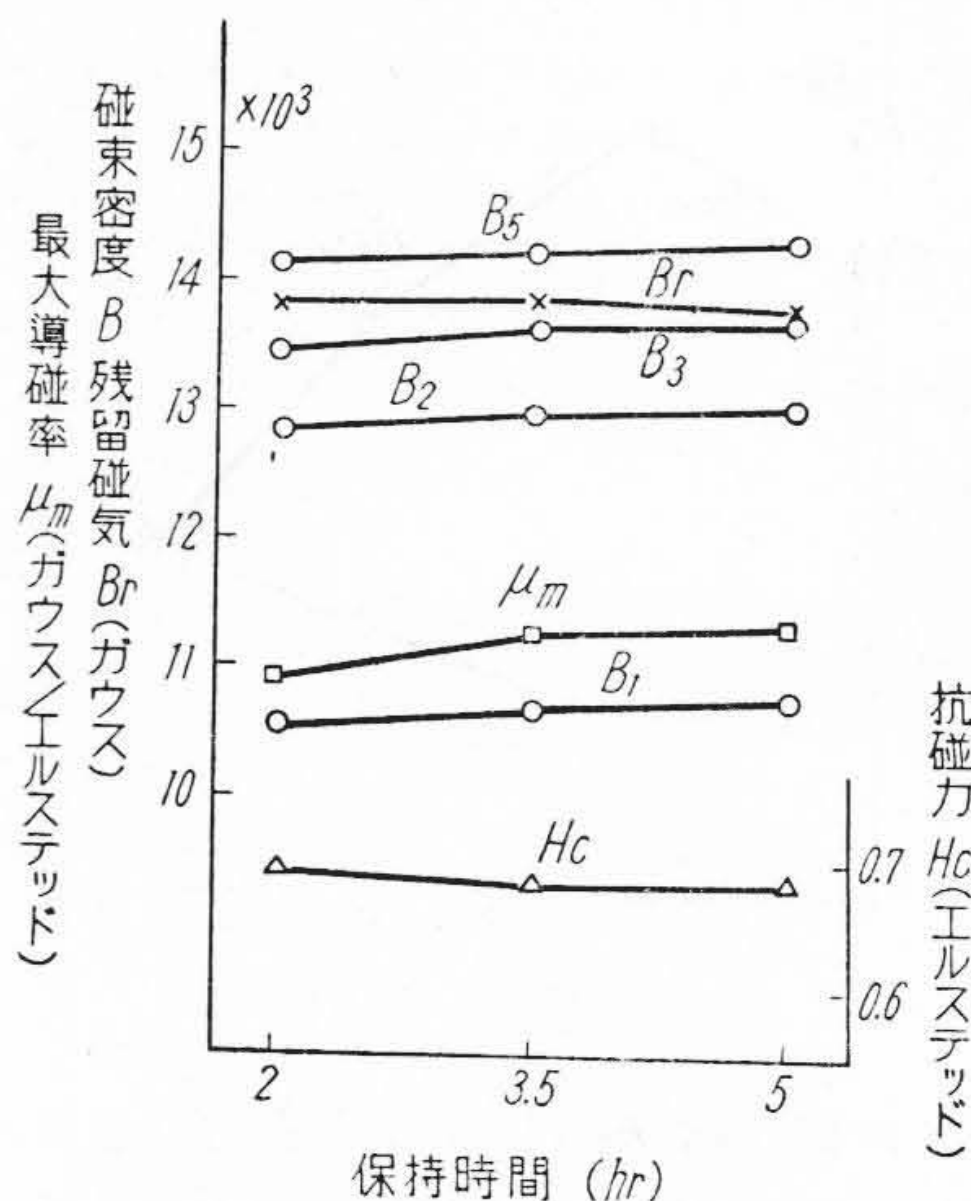
(4) 熔解別及び鋼塊の位置差の影響

量産品F~T試料の任意に選んだ鋼塊の頭部底部の各々にて製造した2.8mm厚さの鉄より各4箇の試料を採取し磁気測定を行つた。その結果は第3表の如くである。尙電磁軟鋼の臨時日本標準規格を第4表に示した。各試料のB₁H_c共に同規格第一種の数値を遙かに超し



第 16 図 保持時間の影響 (A 試料)

Fig. 16. Effect of Holding Time (Test Piece A)



第 17 図 保持時間の影響 (B 試料)

Fig. 17. Effect of Holding Time (Test Piece B)

第 2 表 冷却方法の影響 (空中冷却)

Table 2. Effects of Cooling Methods (Air Cooling)

磁性 試料	B ₁ (ガウス)	B ₂ (ガウス)	B ₃ (ガウス)	B ₅ (ガウス)	Br (ガウス)	Hc (エルステッド)	μ _m ガウス/エルステッド
A (28%冷圧)	10,190	12,790	13,610	14,120	13,770	0,596	10,530
// (41.5%冷圧)	10,050	12,595	13,450	14,180	14,065	0,744	10,060
// (59.5%冷圧)	7,260	12,420	13,415	14,115	14,080	0,904	7,550
B (29%冷圧)	10,120	12,920	13,710	14,300	13,980	0,699	10,240
// (49.5%冷圧)	9,120	12,010	13,470	14,220	14,120	0,802	9,220
// (62%冷圧)	7,520	12,355	13,380	14,120	14,120	0,927	7,960

ており且その試料間の測定値の差異も略誤差と考えられるので直観的にみて熔解別及び鋼塊の位置差による磁性の差異は殆んど無いものと思われされる。

(5) 他社製品の磁性

安来製品と同一条件にて焼鈍後測定した他社製品の磁性を第 5 表に示した。NK 社 B は B₁ が約 11,500 ガウス Hc が 0.6 エルステッドで極めて優秀であるが、NK 社 A 及び NK 社 C は第二種の性能に過ぎない。NS 社及び T 社製は第二種の性能である。E 社 B は稍良く第一種の性能であるが、E 社 A は極めて悪く第三種にも合格しない。安来製品は適当な加工法によれば第 3 表の如く何れも B₁ は約 10,000 ガウス Hc は約 0.7 エルステッドである。これ等各社製の磁性の差異の一因は冷圧法の不適もあるものと思われするが、バラツキの多い傾向があり後述の時効の多い事等より原材料の不適当等が考えられる。尙化学成分と磁性の関係は余り明確でない。

(6) 時 効

電磁軟鉄の磁性が使用中に劣化する事は最も有害で最近問題になつてゐる。よつて他社製品と比較しながら時効による磁性の劣下状況を調べた。先ず焼鈍後室温 (15~25°C) に約 7,000 時間 (292 日) 及び 4,500 時間 (187 日) 放置したもの、磁性の変化を第 6 表に示した。但 B₁ 及び Hc の劣下率とは

$$\left\{ \frac{\text{焼鈍のままの値} - \text{時効後の値}}{\text{焼鈍のままの値}} \right\} \times 100$$

である。安来製品の B₁ の劣下は 0.5~9.2% で Hc は殆ど劣下を示さない。NK 社 B は稍劣下が少いが、NK 社 A は悪い。A 社製が最も悪く、B₁ は 37.2% Hc は 19.1% の劣下を示す。

次に電気恒温槽で 100°C に加熱保持した場合の磁性の変化を第 18 図~第 26 図に、200 時間加熱保持後の劣下率を第 7 表に示した。T 社製は焼鈍のままの磁性が悪い

第3表 熔解別及び鋼塊位置差の影響
Table 3. Effect of Difference in Melting Batch and Position of Ingot

試料	磁性	頭 部		底 部	
		B_1 (ガウス)	Hc (エルステッド)	B_1 (ガウス)	Hc (エルステッド)
F		10,930	0.48	10,300	0.609
		10,830	0.475	10,300	0.608
		10,200	0.62	9,360	0.799
		10,890	0.545	9,300	0.787
G		10,350	0.682	10,460	0.684
		10,440	0.683	10,650	0.657
		10,520	0.645	10,200	0.672
		10,110	0.676	10,290	0.681
H		10,380	0.703	10,380	0.691
		10,450	0.702	10,100	0.726
		10,100	0.687	9,660	0.721
		10,200	0.685	9,950	0.728
I		10,600	0.668	10,530	0.702
		10,520	0.674	10,350	0.691
		10,040	0.677	10,050	0.712
		10,350	0.655	10,000	0.727
J		9,760	0.764	10,860	0.671
		10,520	0.747	11,390	0.63
		10,260	0.711	10,540	0.668
		9,620	0.741	10,300	0.666

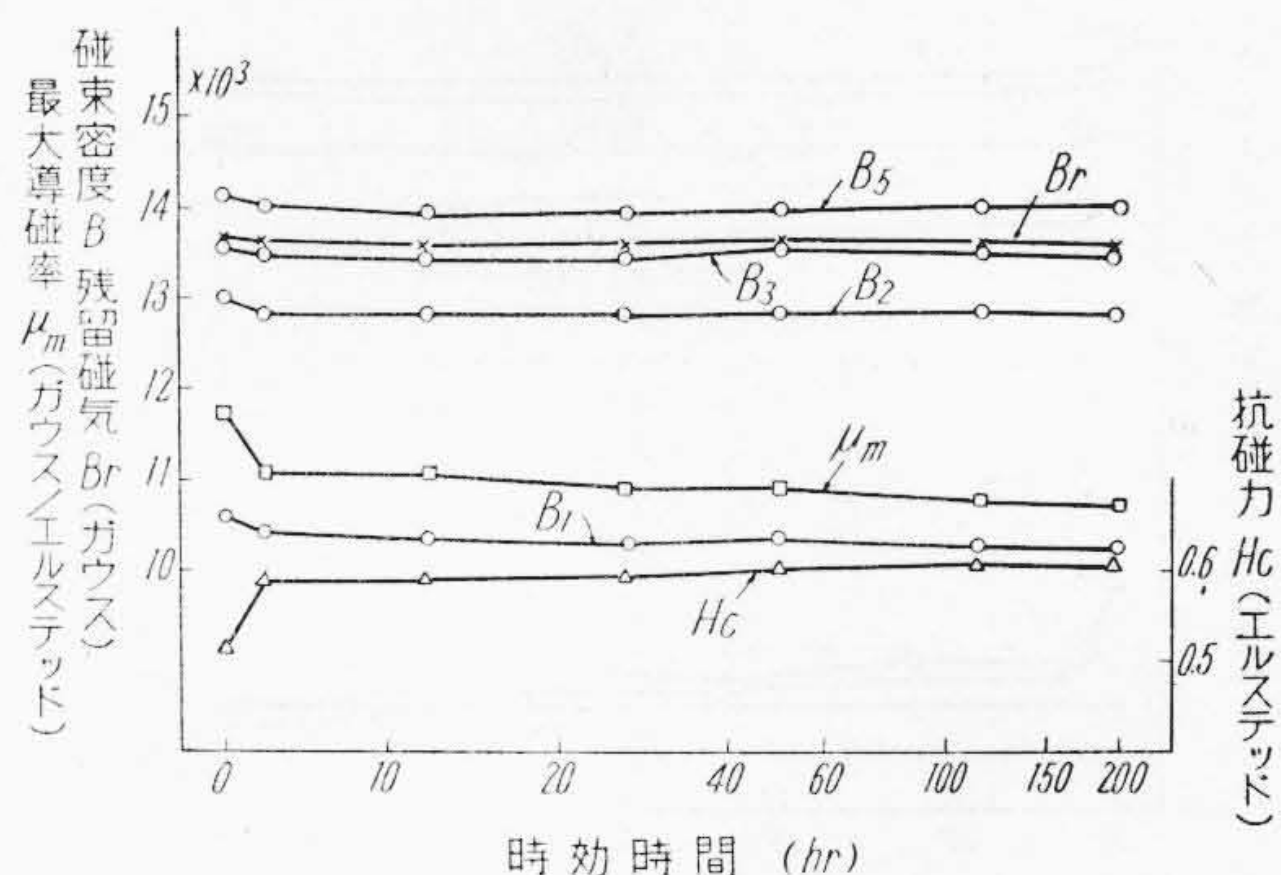
第4表 臨時日本標準規格
Table 4. Japan Standard Ratings (Provisional)

種 別	記 号	Hc (B=15,000 ガウスに於ける エルステッド)	磁 束 密 度 ガウス				
			B_1	B_2	B_3	B_5	B_{25}
第 一 種	M 1	<1.0	>5,000	>10,000	>12,000	>13,000	>15,000
第 二 種	M 2	<1.2	>2,000	>8,000	>11,000	>13,000	>15,000
第 三 種	M 3	<1.8	>1,500	>4,000	>8,000	>11,000	>15,000

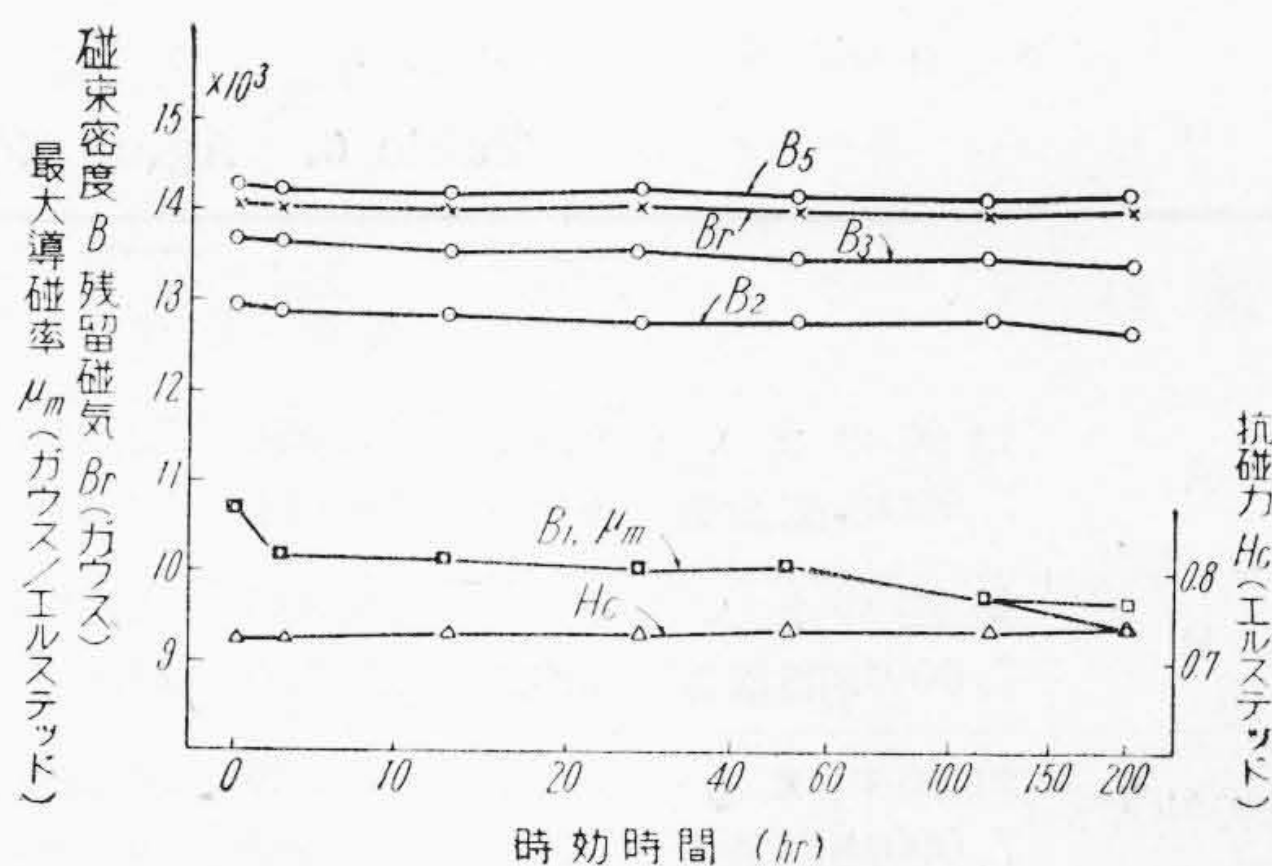
備考 $B_1, B_2 \dots$ は夫々磁化力 1, 2 $\dots$ エルステッドに於ける磁束密度

第5表 他社製品の磁性
Table 5. Magnetic of Some Products on the Market

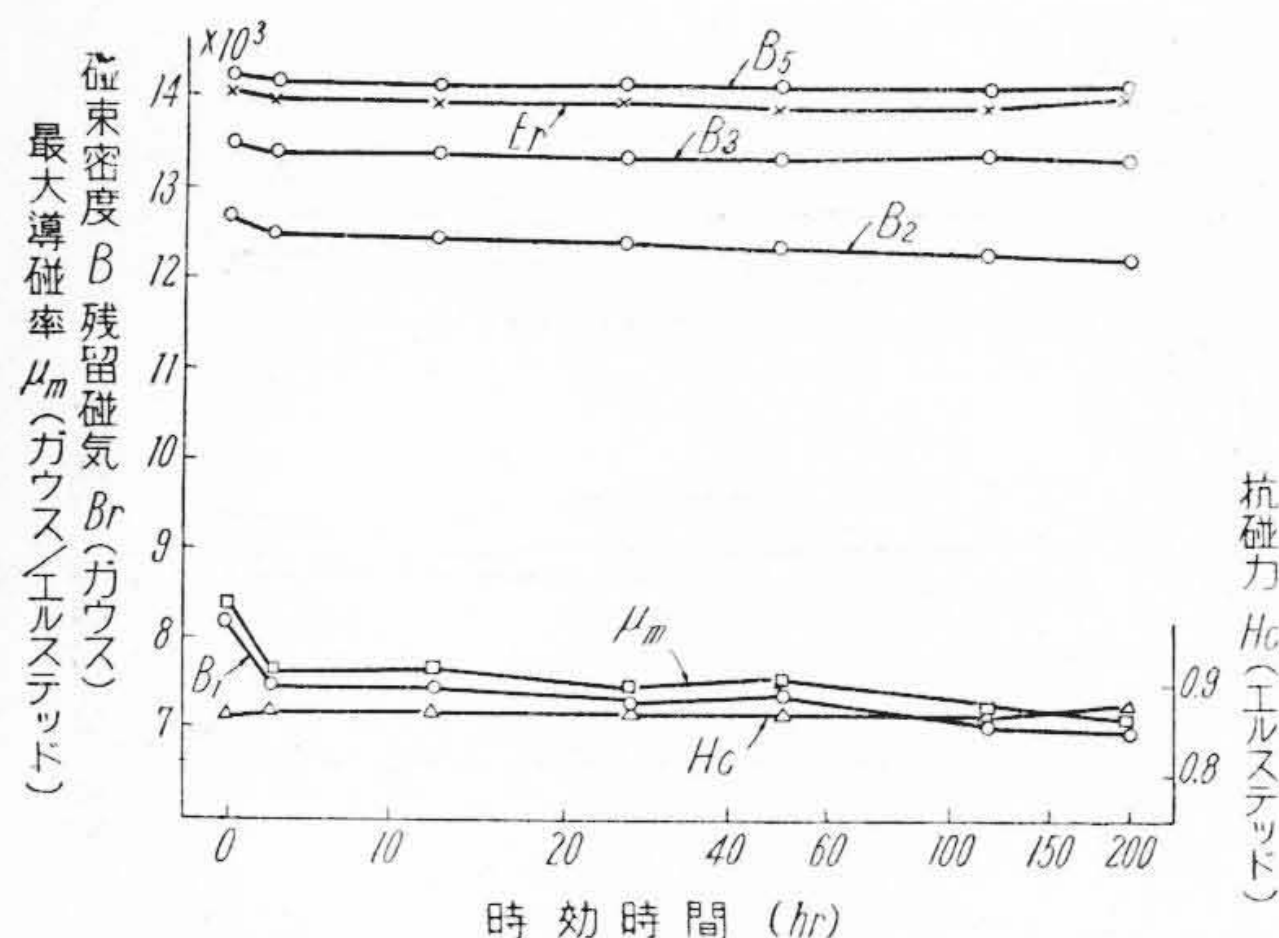
試料	磁性	B_1 (ガウス)	B_2 (ガウス)	B_3 (ガウス)	B_5 (ガウス)	Bv (ガウス)	Hc (エルステッド)	μ_m (ガウス/エルステッド)
NK 社 A		3,400	8,200	10,300	12,200	8,000	0.97	4,300
NK 社 B		11,480	12,990	13,520	14,000	13,830	0.588	12,200
NK 社 C		3,600	9,000	11,100	12,900	9,500	0.95	4,700
T 社		3,100	9,200	11,200	12,700	10,400	1.0	4,400
F 社 A		1,300	5,600	8,400	10,900	8,800	1.5	2,900
F 社 B		7,760	11,930	12,990	13,850	13,475	0.872	7,090
A 社		2,660	10,880	12,650	13,690	13,825	1.147	5,830
N S 社		4,360	11,960	13,100	14,120	14,345	1.102	6,470



第18図 試料 A-1 の時効
Fig. 18. Aging Effect of Test Piece A-1

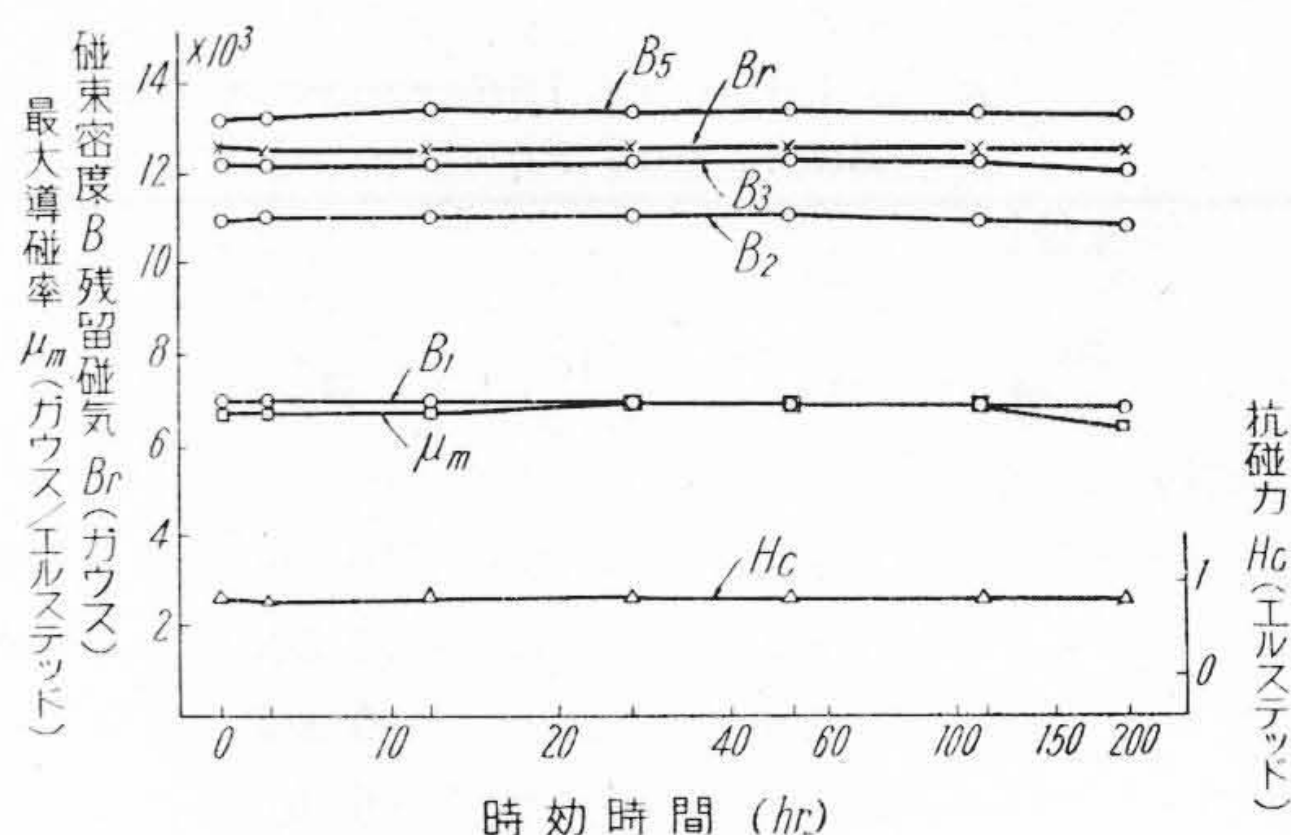


第19図 試料 A-2 の時効
Fig. 19. Aging Effect of Test Piece A-2



第 20 図 試料 A-3 の 時効

Fig. 20. Aging Effect of Test Piece A-3



第 21 図 試料 A-4 の 時効

Fig. 21. Aging Effect of Test Piece A-4

第 6 表 室温放置による時効

Table 6. Aging Effect of Cooling in Room Temperature

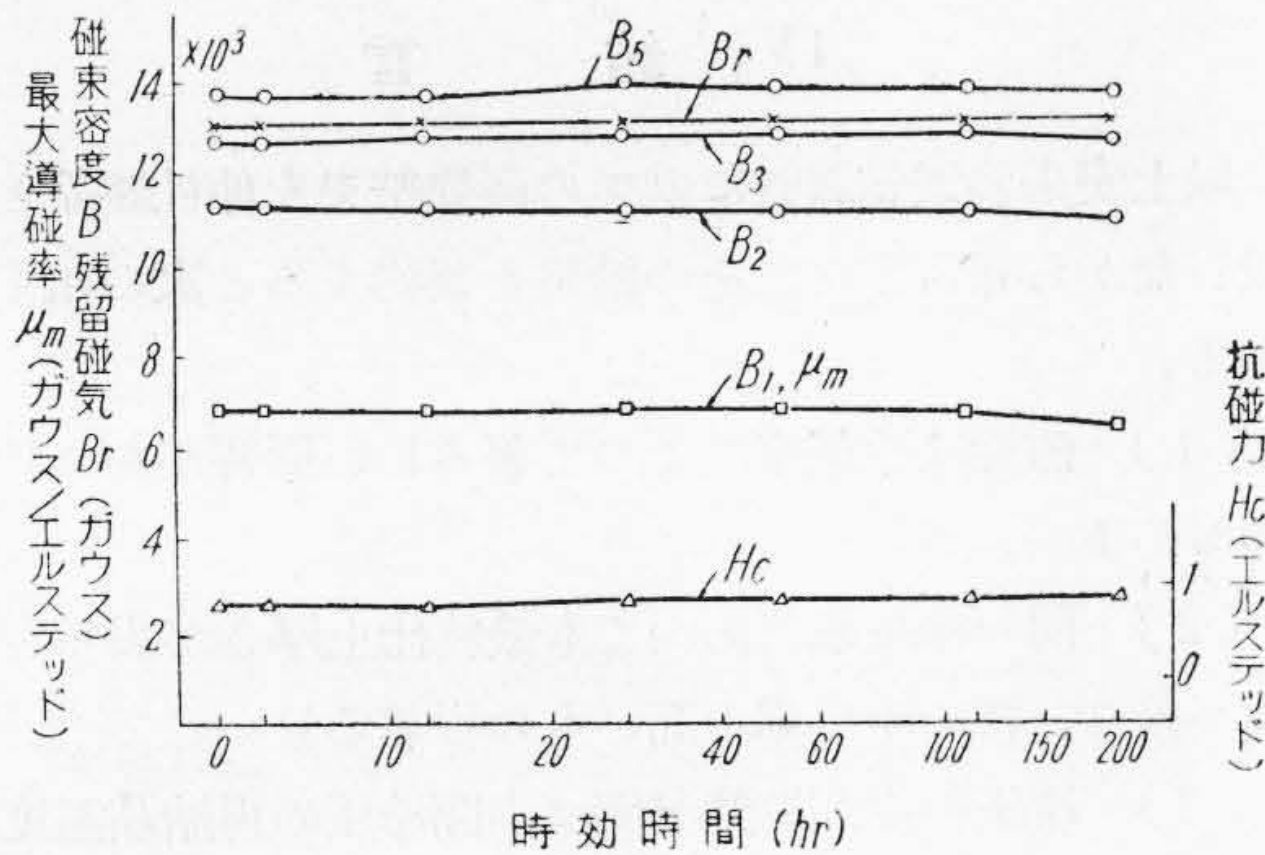
試料		B ₁	B ₂	B ₃	B ₅	Br	Hc	μ _m	劣下率 %	
		(ガウス)	(ガウス)	(ガウス)	(ガウス)	(ガウス)	(エルステッド)	(ガウス/エルステッド)	B ₁	Hc
A	焼鈍のまゝ	6,730	11,050	12,280	13,410	12,700	0.86	6,730		
	7,000時間放置	6,430	10,900	12,165	13,615	10,750	0.85	6,430	4.5	-1.2
B	焼鈍のまゝ	6,455	10,815	12,290	13,190	12,490	0.84	6,450		
	7,000時間放置	6,420	10,650	11,970	13,110	12,370	0.83	6,430	0.5	-1.2
NK社A	焼鈍のまゝ	3,350	8,220	10,340	12,200	8,740	0.97	4,250		
	7,000時間放置	2,705	7,590	9,750	12,085	6,380	1.09	3,790	19.3	12.5
A	焼鈍のまゝ	10,970	12,870	13,450	14,040	13,685	0.58	11,800		
	4,500時間放置	10,300	12,580	13,260	13,850	13,420	0.57	10,930	6.1	-1.7
B	焼鈍のまゝ	10,870	12,740	13,400	14,040	13,745	0.66	10,800		
	4,500時間放置	10,255	12,590	13,345	14,070	13,670	0.65	10,600	5.7	-1.5
B	焼鈍のまゝ	8,980	12,480	13,450	14,210	13,795	0.77	8,360		
	4,500時間放置	8,150	12,640	13,430	13,950	13,730	0.78	8,290	9.2	1.3
B	焼鈍のまゝ	9,780	11,460	12,070	12,770	12,470	0.63	10,250		
	4,500時間放置	9,210	12,285	11,950	12,700	13,170	0.62	9,880	6.9	-1.6
NK社B	焼鈍のまゝ	11,480	12,990	13,520	14,000	13,830	0.59	12,200		
	4,500時間放置	10,785	12,830	13,190	13,690	14,470	0.61	11,670	6.1	3.4
F社B	焼鈍のまゝ	7,760	11,930	12,990	13,850	13,475	0.81	7,090		
	4,500時間放置	6,440	11,690	12,515	13,680	13,330	0.86	6,520	17.0	6.2
NS社	焼鈍のまゝ	4,360	11,960	13,100	14,120	14,345	1.10	6,470		
	4,500時間放置	3,495	11,590	12,930	13,860	14,080	1.12	5,800	9.5	1.8
A社	焼鈍のまゝ	2,660	10,880	12,650	13,690	13,825	1.15	5,830		
	4,500時間放置	1,670	9,330	12,080	13,305	13,480	1.37	4,785	37.2	19.1

にも拘わらず B₁ は 85% Hc は 90% の劣下を示し最も悪い。NK 社製も相当劣下するが F 社製は少ない。安来製品の劣下は B₁ が 2~15% Hc が 0~16% で F 社製に較べて僅かに劣るが他のものより優秀である。尙 F 社製の磁性は著るしく悪い。

先に焼鈍後の冷却方法が磁性に殆ど影響のない事を確

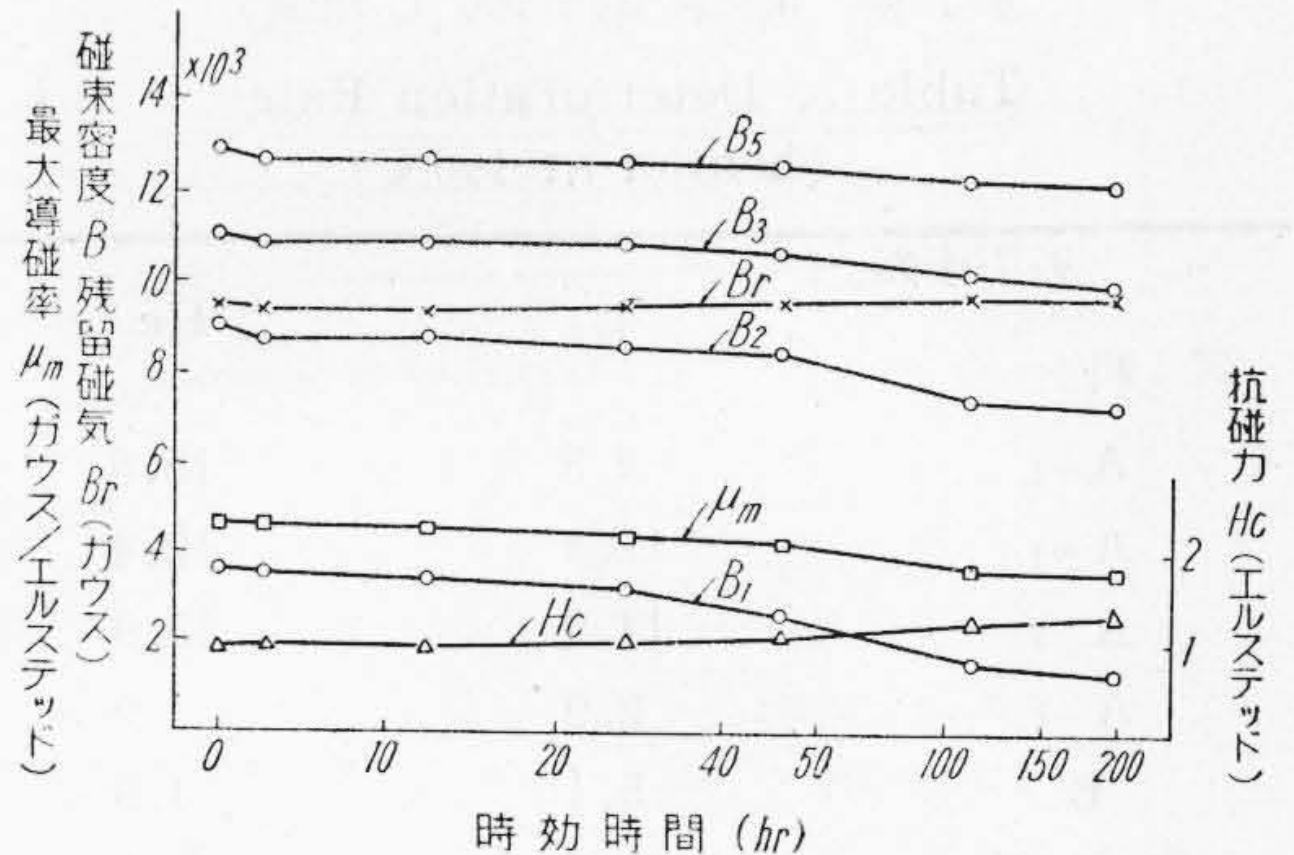
めたが、更に時効に及ぼす影響を求めた。その結果の一例を第 27 図に、劣下率を第 8 表に示した。B₁ の劣下は 7.8~13.5% Hc の劣下は 0.5~2% で炉中冷却のものと殆んど大差がない。

時効の原因は高温に於て固溶された C, P, N₂, S 等の不純物が通常の焼鈍によつては完全に析出されず低温に



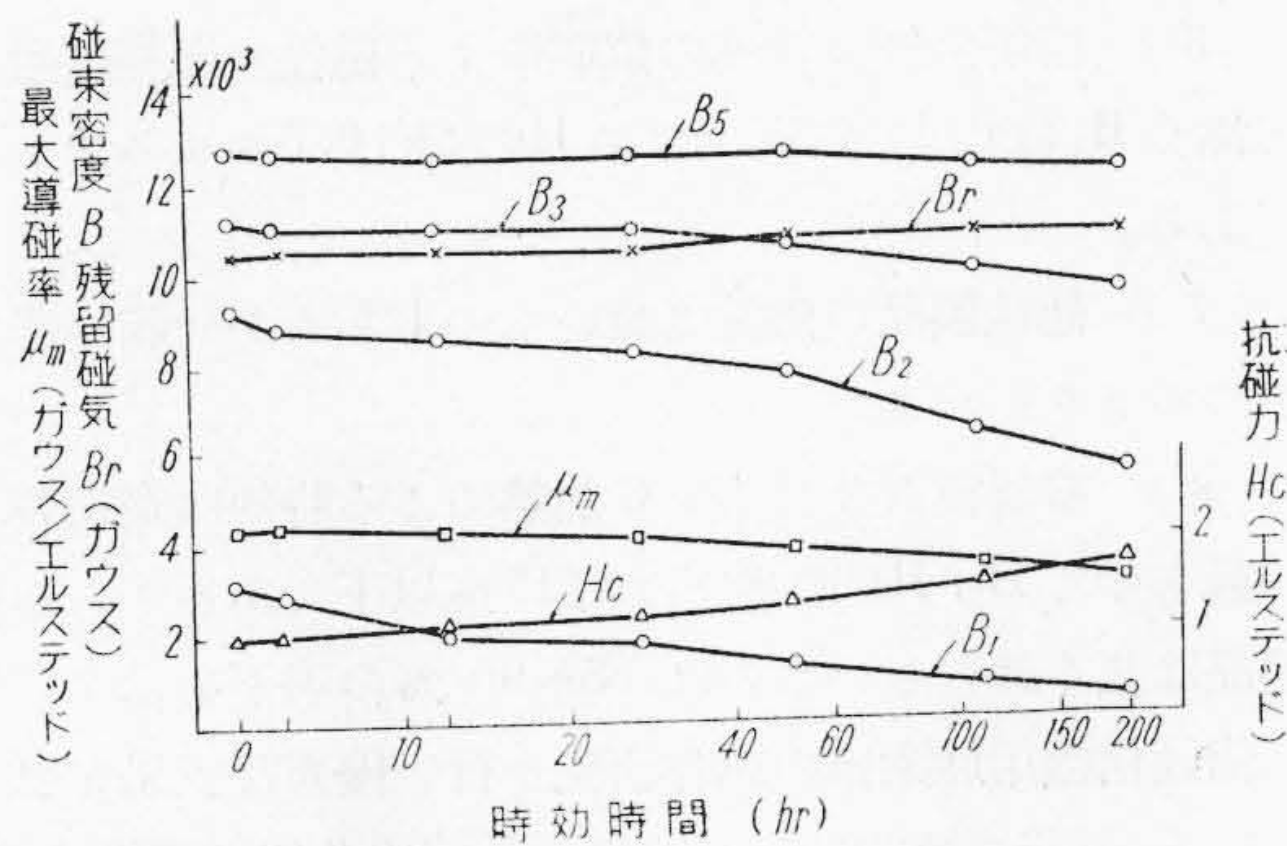
第 22 図 試料 B の時効

Fig. 22. Aging Effect of Test Piece B



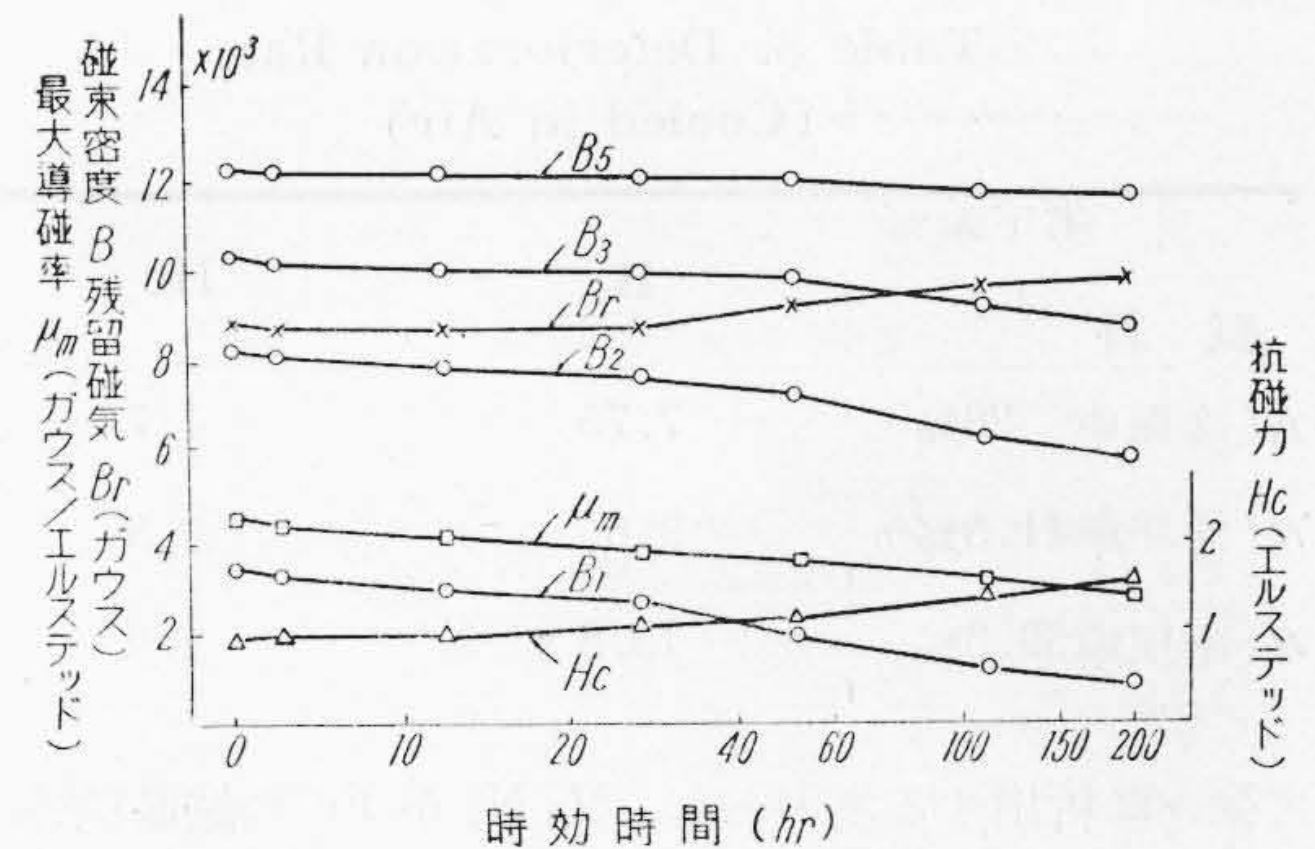
第 25 図 NK 社 A 製品の時効

Fig. 25. Aging Effect of NK Brand magnet (A)



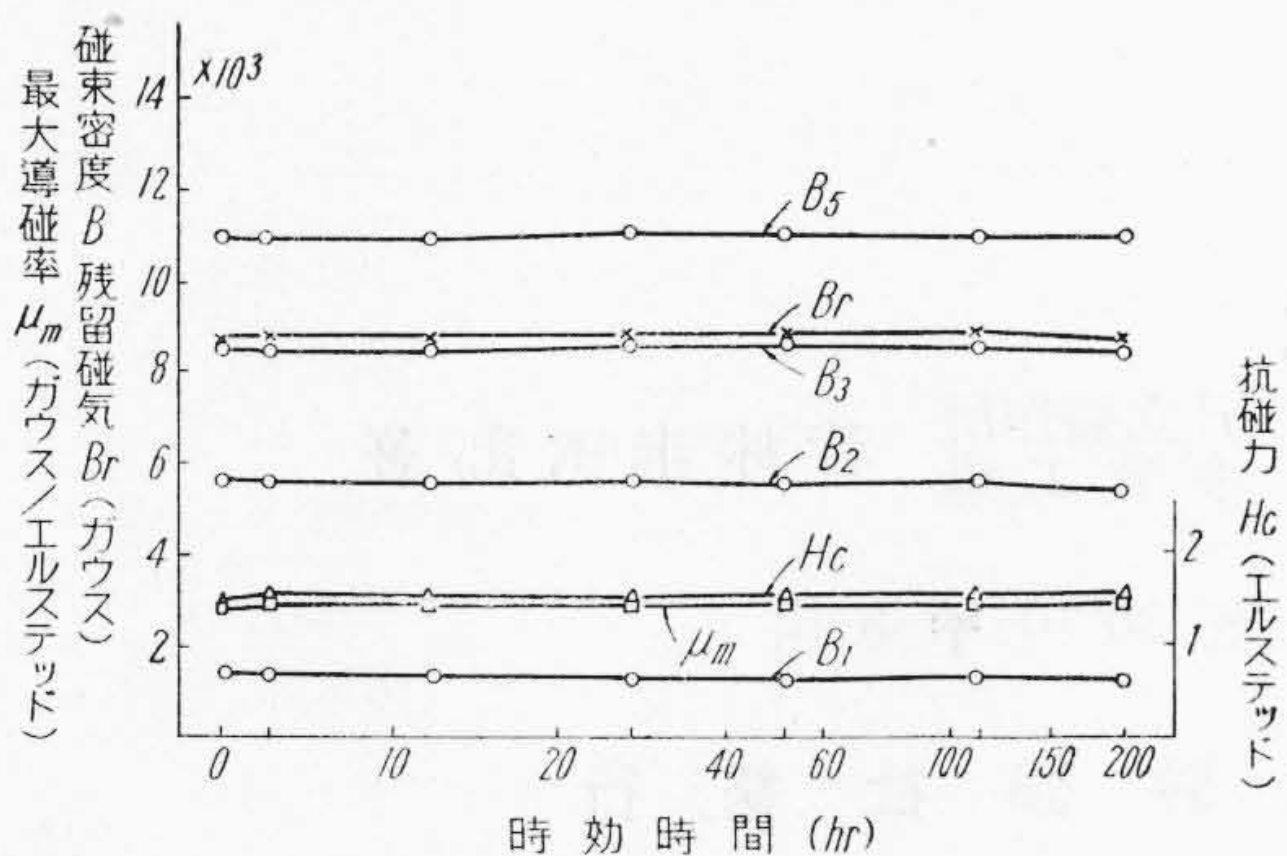
第 23 図 T 社製品の時効

Fig. 23. Aging Effect of T Brand Magnet



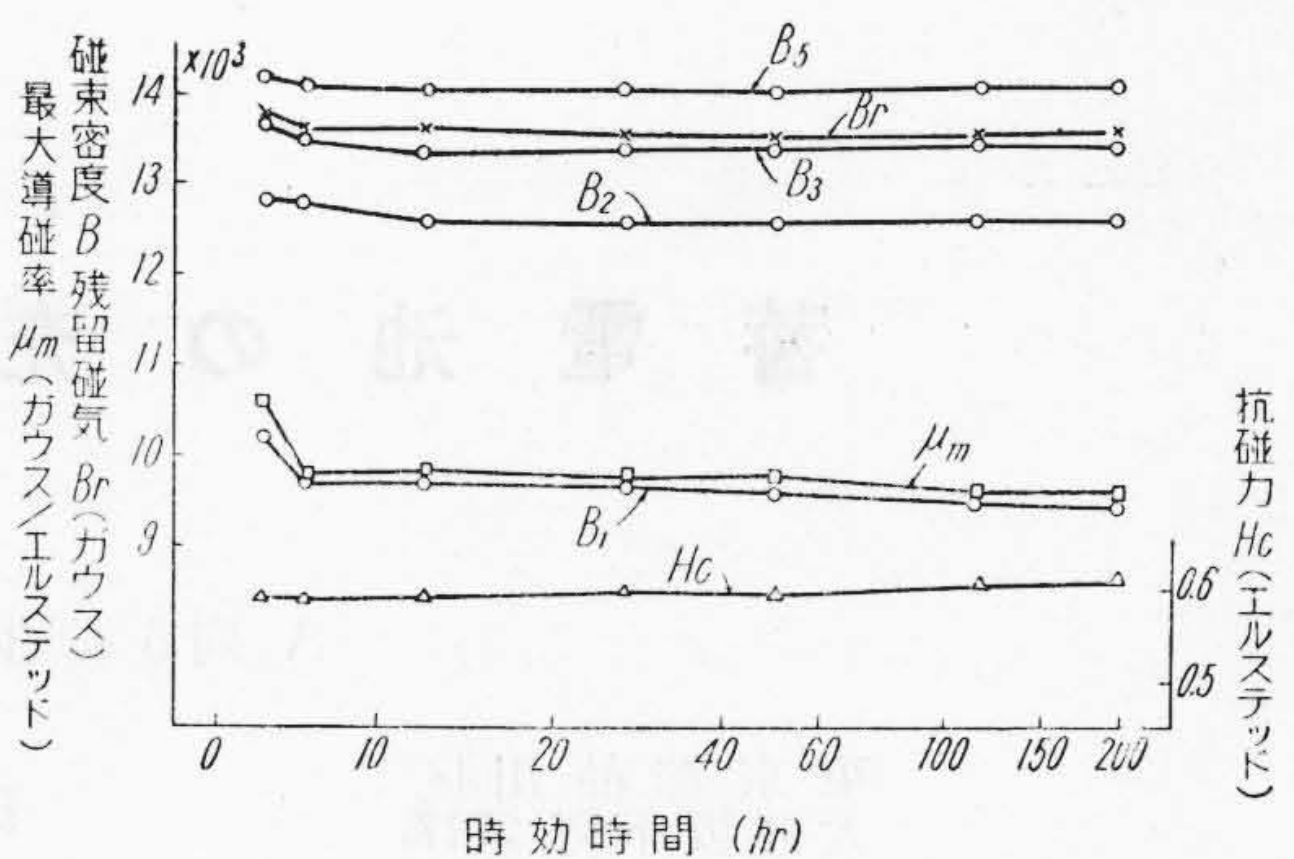
第 26 図 NK 社 B 製品の時効

Fig. 26. Aging Effect of NK Brand Magnet (B)



第 24 図 F 社 A 製品の時効

Fig. 24. Aging Effect of F Brand Magnet (A)



第 27 図 空中冷却の時効に及ぼす影響

Fig. 27. Effect of Air Cooling or Aging Effect

第 7 表 劣 下 率 (100°C 加熱)

Table 7. Deterioration Rate
(heated at 100°C)

劣下率% 試 料	B ₁	H _c
A-1	4.3	15.8
A-2	12.4	12.4
A-3	14.9	13.9
A-4	2.9	0
B	5.1	4.9
T 社	85.5	90.0
F 社 A	15.4	0
NK 社 A	76.5	53.7
NK 社 C	63.9	42.1

第 8 表 劣 下 率 (空中冷却)

Table 8. Deterioration Rate
(Cooled in Air)

劣下率% 試 料	B ₁	H _c
A(冷圧率 28%)	7.75	1.7
//(冷圧率41.5%)	9.6	0.5
//(冷圧率59.5%)	13.5	2.0

て徐々に析出する為⁽¹⁾とも、又 N₂ が Fe の結晶粒外に徐々に析出されるによる⁽²⁾とも云われている。又 S が FeS として存在し約 130°C に於て起す変態の為⁽⁸⁾とも云われる。何れが主原因かは、なお不明であるが不純物特に N₂ による事は推察出来る。砂鉄系材料は不純物特に N₂ が少い。それにより安来製品の時効が少いものと思考されるが 15% 以下の劣下は免れない。

[IV] 結 言

以上安来製電磁軟鉄に就ての研究結果を他社製品と比較しながら報告した。その結果を要約すると次の如くである。

(1) 磁性は冷圧率によつて著るしい影響があり 10~20% がよい。

(2) 同一冷圧率であつても最終仕上厚さが異ると磁性が異り、特に冷圧率の高いもの程著るしい。

(3) 冷圧の中間焼鈍温度は中間冷圧の再結晶温度以上であればよい。

(4) 同一素材の場合には磁性の良好なもの程結晶粒が粗大であるが、素材が異れば結晶粒の大小を以て直ちに磁性の良否は判定出来ない。

(5) 冷圧後の焼鈍温度は 800~850°C、保持時間は 3.5~4 時間が適当である。又冷却は空中冷却でよい。

(6) 熔解別或は鋼塊の位置による磁性の差異は殆んど無く B₁ は約 10,000 ガウス H_c は約 0.7 エルステッドである。

(7) 他社製品の磁性は良いものもあるが一般に悪くかつバラツキが多い。

(8) 室温放置及び 100°C 加熱による時効は安来製品が最も少く B₁, H_c の劣下は約 15% 以下であるが、他社製品は悪く甚だしいものは 85~90% の劣下を示す。

尚通信機用珪素鋼の試作研究を行い優秀な成果を収めている。最後に協力頂いた牧野氏外関係各位に深謝する。

参 考 文 献

- (1) F. Bitter: Introduction to Ferromagnetism. (1937)
- (2) W. Köster: Arch. Eisenhütt. III, 637 (1930)
- (3) 清水: 日本金属学会誌 5, 183 (昭16—)

蓄 電 池 の 充 電

日立製作所 多賀工場 若林圭次郎 著

A 列 5 判 34 頁 定価 30 円 8 円

東京都品川区
大井坂下町 2717

日立評論社 発行