

## 鋼の性質に及ぼす水鉛の影響

(大正十四年十月十八日日本鐵鋼協會第十週年紀念大會講演)

吉 川 晴 十

### 1. 緒 言

水鉛を鋼に配合することは久しき以前より實驗せられたるも其研究は概ね水鉛と鐵とを合金せしむる事によりて強度或は硬度の大なる鋼を得んとするに在りたり。従つて水鉛の配合量も多く價格も高くなると同時に鍛延作業等に於ても困難を感じたるを以て鋼の機械的性質に多少の好影響を與ふるものなる事は知られたるにも拘はらず廣く利用せらるゝに至らざりき。

大戦中獨逸砲身の優秀なるは水鉛を含有するに因るとの噂起り我國に於ても水鉛に對する研究盛んに起り一時水鉛鑛石の價格著しく騰貴したる事あり、戦後世界に於ける水鉛の需要は急に減少したりと雖も各種合金鋼の研究進むに従ひ水鉛も他の合金元素と同時に存在する場合の性質研究せられ殊にニッケルクロム鋼に於て恐るべき焼戻脆性が水鉛の少量を配合することによりて殆んど完全に除去せらるゝ事發見せられて以來水鉛鋼の價值漸く認めらるゝに至れり。

我海軍に於ても十數年前より水鉛鋼の研究を初めたれ共最初は主として高速度及物鋼にタングステンと共に配合して試験したるものにして之れは満足の結果を得ること能はざりき、大正4年砲身の侵蝕(erosion)を減少する目的を以て14匁砲内筒を試製したり、其豫備試験として坩堝鋼にて單なる Mo 鋼、Ni—Mo 鋼、Ni—Cr—Mo 鋼及び Ni—Cr—V—Mo 鋼を試製し材料試験を行ひ結局 Ni—Cr—Mo 鋼を選定し酸性爐にて炭素 0.33%、ニッケル 1.23%、クロム 0.15%、水鉛 1.07% の鋼塊を作り前記砲身の内筒となし實際發射試験を行ひたり。

此砲身の殘材より試験片を作り吳製鋼部考案の反覆急冷試験とて薄板狀試験片をアセチレンバーナーにて赤熱し急に之れを水中に入れて冷却する作業を繰返し表面に燒割の生ずる迄の回数を測り其回数多きもの程砲身として侵蝕を起し難しと云ふところを知る試験を行ひたるに該 Ni—Cr—Mo 鋼は普通の Ni—Cr 砲身鋼に比し約 60% 劣ることを知り尙ビエーユ(Vieille)氏法による侵蝕試験を行ひたるに Ni—Cr—Mo 鋼は Ni—Cr 砲身鋼に比し約 1% 劣れる結果を表はせり、又 10% 稀硫酸中及び海水中にて腐蝕試験を行ひたるに Ni—Cr—Mo 鋼は Ni—Cr 鋼より硫酸中に於て約 60% 海水中に於て約 4% 劣りたる成績を得たり、即ち此時の試験に於ては Ni—Cr—Mo 鋼は各種の試験に於て普通の Ni—Cr 砲身鋼に比し一般に劣りたる成績を表はしたり、只前者は 砲身全體として均等にてサルファープリントの如きも甚だ美事なるものなりき。

海軍に於ては砲身のみならず各種材料に就きて水鉛を配合したるものを試験したるも充分満足なる結果を得ざる場合ありたると一つは水鉛の産額多からず従つて價格も不廉なるを以て多量の鋼に配合

する事とならば忽ち水鉛の蒐集に苦しむ事となる懸念ありたる爲め連続使用する迄には至らざりき。

然るに水鉛は前述の如く他の合金鋼に少量加ふることによりて焼戻脆性を防止する效力あるのみならず鋼の弾性限度を高め不純物特に硫化満俺の析出を少なくし分析に現はるゝ硫黄の量を減じ材質を均等ならしめ又硬度高き場合に於て衝撃抗力を比較的大ならしむる等の利益あるを以て斯くの如き性質を要求する場合には水鉛を適當に配合して優秀の成績を挙げ得べく此點に於て水鉛鋼は今後益々研究を要すべきものならんと思はる以下之れ等の影響に關し特に作りたる試験材及び實用材料に就きての實驗結果を述ぶべし。

## 2' 水鉛は鋼塊の析出 (Segregation) を減ず

普通に用ゐらるゝニッケルクローム鋼に水鉛を 0.1, 0.3, 0.6, 及び 1.0% 含む如き鋼を製造し之れと同一方法に於て作りたる水鉛を含まざる鋼と比較したり。

試験鋼の製造方法は坩堝爐に依り粘土坩堝を用ゐる吳製鋼部にて精鋼材と稱する鹽基性平爐にて不純物を除きたる低炭素鋼の削屑と瑞典銑鐵、ニッケル、フェロクローム及びフェロモリブデンを配合熔解し出爐 10 分前に少量のフェロマンガースとアルミニウムとを投入せり、鋼塊は 50 疋 1 本宛にして注型後焼鈍し中央より切斷してサルファープリントを取り然る後之れを鍛鍊して材料試験用試験片を作れり。

試験鋼の分析結果次の如し

第 1 表 試験鋼の分析成分

鋼 番 號	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %	Cr %	Mo %
No. 1	.32	.09	.41	.006	.015	3.38	.79	.0
No. 2	.34	.08	.43	.008	.008	3.33	.78	.13
No. 3	.31	.11	.38	.007	.005	3.36	.78	.24
No. 4	.29	.09	.35	.010	.005	3.34	.78	.50
No. 5	.31	.11	.44	.011	.005	3.25	.78	.86

中央の縦斷面に於て取りたるサルファープリントを寫眞第 1 に掲ぐ之れによりて不純物析出の程度を検するに水鉛を含有せざる鋼番號 No. 1 は析出最も多く水鉛の増すに従ひ漸次析出の減ずるを見る但し水鉛 0.86% を含有する鋼番號 No. 5 は再び析出多し、此事實は同様の試験を繰返して得たる結果及び更に多量の水鉛を加へたる場合の實驗結果とによりて確實なるものと認め得。寫眞第 2 は即ち水鉛 2.78% を含む坩堝鋼と純炭素鋼、バナヂウム鋼及びタングステン鋼との析出比較試験の爲めに作りたるサルファープリントにして此程度の水鉛鋼は析出の程度純炭素鋼と略々同様なり、尤も前記の如く 1.07% の水鉛を含むもののサルファープリントが美事なりし點より見て 1% 附近に於ては勿論水鉛の效力消失するものには非ざる事を知る、即ち析出減少の爲めとしては水鉛 0.5% を加ふれば充分にして且 1% 以上に増加する事は却つて析出防止の作用を減ずるものなり、少量の水鉛が大鋼塊の飛白ゴーストを減少する實例として更に平爐製 8 噸ニッケルクローム鋼塊を四角に鍛鍊したるものゝ中

央横断面のサルファープリントの寫眞第3に掲ぐ該圖Aは水鉛を含まざるものBは水鉛0.2%を含有するものなりAに於ては鋼塊の周邊に近く飛白ゴーストあれどもBに於ては中央に少しく存在するのみにて周圍には殆んど飛白ゴーストと認むべきものなし。

飛白ゴーストは大鋼塊より製造する鍛鍊物殊に鋼塊の中央部迄使用する曲肱軸、砲尾環等の如き鍛鍊物に於ては最も忌む所にして此部分に割疵の發生することあり。縱令割れずとも見苦しき斑線を現はし實用上支障の有無に拘はらず屢々問題となる所にして出來得る限り飛白ゴーストを除かん事に製鋼技術者は苦心しつゝあるを以て0.2%以内位の水鉛にて之れを著しく減少し得る事は斯くの如き鍛鍊物製造の場合には注意すべき事項なりと云はざるべからず。

以上は折出現象の内飛白ゴースト (Speck ghost) に就きて述べたるものなれ共折出の一種にて大鋼塊製造者に取りて困難なる問題となり居る、角隅ゴースト (Corner ghost) も亦水鉛によりて防ぐことを得る傾向あり角隅ゴーストは其發生の原因未だ確定せざるを以て水鉛が如何にして之れを防止し得るかも従つて未だ確言し得ざる所なれども吳工廠製鋼部に於て今迄製造したる水鉛鋼々塊は一個も角隅ゴーストを發生したるもの無し。

### 3. 硫黄含有量を減少す

水鉛を加へたる鋼は其分析結果に於て硫黄量著しく減少するを見る、第1表の試験鋼に於ても装入材料は殆んど相等しく製造法も全く同一なるに拘はらず其硫黄含有量は水鉛を含まざるものに於ては0.015%、水鉛0.13%のものは0.008%其他水鉛多きものは全部0.005%となり居るを見る。

坩堝鋼のみならず平爐鋼に於ても之れと同様の事實あり第2表に其例を掲ぐ

第2表 平爐製水鉛鋼の硫黄量

鋼種	Mo %	S %	同時代のMoを含まざる鋼のS.%(大約)
Ni—Cr—Mo	.41	.008	.015
"	.67	.008	.015
"	.65	.010	.015
"	.45	.008	.015
"	.65	.003	.016
"	.76	.004	.018
"	1.06	.005	.018
"	.82	.002	—
"	.23	.010	.022

水鉛は熔鋼作業中に於て消失すること少なきを以て硫黄が水鉛と化合して鋼滓中に去るものと思はれず、上記硫黄分析結果は鹽酸を加へて硫化水素を發生せむる普通の法に依りたるものなるを以て水鉛を含有する鋼中に含まるゝ硫黄は一部分此方法にて硫化水素とならざる如き状態となり居るものなるやも知れず、斯くの如き状態に在る硫黄は硫化滿俺等として存在する硫黄と異なり凝集することも少なく従つてサルファープリントに於ても著しき班點として現はれざるものならんかと思はる。

### 4. 弾性限を高め衝擊坑力を増す

第一表の試験鋼を鍛延し牽引試験及衝撃試験片を作り各種熱処理の後材料試験を行ひ水鉛の影響を調査せり。

先づ熱膨脹測定法によりて變態點の變化を調べたるに其結果第1圖及第2圖に示す如くにして Ac 點は變化なく Ar 點は爐中緩冷の場合に於ても水鉛多きもの程降下著し即ち水鉛はクロシュームの如く自硬性を與ふるものにして焼入に對しては作業を容易ならしむる影響あり次に水鉛を加へたる爲めに熱處理に對し鋭敏になるや否やを見る爲め 800°C. 850°C. 900°C. 950°C. 及び 1000°C にて 30 分間加熱し油中冷却の後何れも 650°C にて 1 時間焼戻し油中冷却を行ひたるものに就き牽引試験、衝撃及び硬度試験を施行したる結果第3表の如し鋼番號 No4 は試料の關係上牽引試験を行はず。

第 3 表

熱處理	鋼番號	彈性根 kg/m.m	破斷界 kg/m m <sup>2</sup>	延 伸 %	斷面收縮 %	ブリネ ル硬度	衝 擊 値 呎听(平均)
800°C × 30 分油中 650°C × 60 " 油中	No. 1	77.0	82.4	25.0	60.9	255	78.5 79.6 (79.0)
	No. 2	77.3	85.9	23.3	64.0	260	74.7 72.8 (73.8)
	No. 3	80.4	91.0	24.7	63.4	285	60.5 63.2 (61.9)
	No. 4	—	—	—	—	—	62.4 65.0 (63.7)
	No. 5	87.0	98.3	20.4	58.6	302	50.6 51.8 (51.2)
850°C × 30分油中 650°C × 60分油中	No. 1	67.9	82.5	25.9	64.0	251	67.3 68.0 (67.7)
	No. 2	73.0	83.6	24.9	64.0	255	67.9 68.2 (68.1)
	No. 3	80.4	90.1	24.1	58.6	285	64.0 66.6 (65.2)
	No. 4	—	—	—	—	—	67.5 64.8 (66.2)
	No. 5	81.7	98.3	22.7	61.4	302	53.0 52.4 (52.7)
900°C × 30分油中 650°C × 60分油中	No. 1	69.7	81.7	26.0	65.7	255	77.9 69.8 (73.9)
	No. 2	69.8	84.4	25.8	61.8	257	68.5 69.0 (68.8)
	No. 3	76.5	88.2	23.4	64.0	272	71.1 68.2 (69.7)
	No. 4	—	—	—	—	—	68.0 69.4 (68.7)
	No. 5	82.1	98.1	21.3	55.2	302	55.7 55.3 (55.5)
950°C × 3分油中 650°C × 60" 油中	No. 1	74.2	84.8	25.5	64.9	259	67.8 72.0 (69.9)
	No. 2	76.3	86.4	26.2	64.9	269	68.1 68.9 (68.5)
	No. 3	82.2	91.8	21.7	60.5	285	61.0 62.7 (61.9)
	No. 4	—	—	—	—	—	60.5 62.3 (61.4)

1000°C × 30分油中 650°C × 60分油中	No. 5	91.7	102.3	20.7	56.7	315	49.4 46.8 (48.1)
	No. 1	72.1	85.0	25.3	63.1	255	67.8 70.2 (69.0)
	No. 2	75.1	87.3	25.0	65.3	269	70.4 66.9 (68.7)
	No. 3	80.5	93.8	23.1	61.8	285	63.0 62.5 (62.8)
	No. 4	—	—	—	—	—	63.2 64.8 (64.0)
	No. 5	92.2	103.2	20.5	56.2	321	52.4 50.5 (51.5)

第3表の成績を圖表として第三圖乃至第8圖に再掲す

之れに依りて見れば焼入温度變更の爲めに性質の變化を起すことは水鉛を加へたる爲めに多くなる事も無く又少なくなることもなし即ち水鉛を加へたる爲めに特に焼入温度に注意せざるべからずと云ふ不便なし。

本試験に於ける弾性限の破斷界に對する比は水鉛を含まざるものと含むものによりて著しき差を認めざれども他の實用材料の場合に於ける經驗によれば水鉛を含むものは弾性限比較的高し第9圖はニッケルクローム鋼と0.59%の水鉛を含むニッケル、クローム、モリブデナム鋼との變形量の比較圖にして英國海軍にて近年採用せられたる弾性限定測定法即ち試験片の標點の位置に線を引き置き規格の荷重を加へて後荷重を去り再び標點間原長の線を引き其線が2本に見えぬ程度なるべしと云ふ規程の方法に依る弾性限(永久變形量約  $\frac{25''}{12500}$  の位置)はニッケルクローム鋼に於ては 50.1 kg/mm<sup>2</sup> 水鉛含有のものに於ては 57.0 kg/mm<sup>2</sup> なるを示す即ち弾性限の増加は 14% なり而して此試験片の破斷界は夫れ々々 83.8kg/mm<sup>2</sup> 及び 87.9 kg/mm<sup>2</sup> なるを以て破斷界の増加は僅かに 4.9% にて弾性限の方比較的增加度大なるを知る尙此試験片の延伸度は共に 100 耗に付 12.5% のものなり。

次に 850°C にて30分加熱し油中焼入の後其儘及び 100°C より 700°C迄各種温度にて1時間焼戻したるもの、硬度及び衝擊試験を行ひたるに第4表の結果を得たり。

第 4 表

熱處理	鋼番號	ブリネル硬度	衝擊値 呎呎(平均)	熱處理	鋼番號	ブリネル硬度	衝擊値 呎呎(平均)
850°C × 30分 油中 焼入の儘	No. 1	514	21.2 20.0 (20.6)	850°C × 30分 油中 400°C × 60分 油中	No. 2	444	24.3 25.7 (25.0)
	No. 2	477	23.8 19.9 (21.9)		No. 3	514	22.4 23.4 (22.9)
	No. 3	514	25.0 17.3 (21.2)		No. 4	477	25.0 20.0 (22.5)
	No. 4	477	21.8 20.5 (21.2)		No. 5	514	
	No. 5	514	22.7 23.5 (23.1)		No. 1	555	21.5 22.0 (21.8)
		No. 1	514	23.6 20.2 (21.9)	No. 2	514	23.0 23.2 (23.2)

850°C × 30分 油 中	No. 3	514	20.0 19.3 (19.7)
	150°C × 60分 油 中	No. 4	496 21.3 25.0 (24.7)
		No. 5	601
850°C × 30分 油 中	No. 1	500	23.0 23.6 (23.3)
	No. 2	514	23.5 22.4 (23.0)
	200°C × 60分 油 中	No. 3	503
No. 4		534	25.4 24.7 (25.1)
850°C × 30分 油 中	No. 5	514	
	No. 1	485	18.5 20.2 (19.4)
		No. 2	485
250°C × 60分 油 中	No. 3	477	20.4 20.8 (20.6)
	No. 4	477	22.7 24.2 (23.5)
	No. 5	492	
850°C × 30分 油 中	No. 1	444	22.0 19.5 (20.8)
	No. 2	444	33.2 18.6 (23.5)
	300°C × 60分 油 中	No. 3	464
No. 4		429	23.5 22.4 (23.0)
850°C × 30分 油 中	No. 5	477	
	No. 1	415	20.2 19.1 (19.7)
		No. 2	415
350°C × 60分 油 中	No. 3	354	20.0 18.4 (19.2)
	No. 4	426	22.7 20.3 (21.5)
	No. 5	409	
850°C × 30分 油 中	No. 1	415	27.5 27.6 (27.6)
	No. 2	444	25.2 26.0 (29.6)
	400°C × 60分 油 中	No. 3	426
No. 4		444	25.7 23.6 (24.7)

850°C × 30分 油 中	No. 5	477		
	No. 1	368	25.0 26.5 (25.8)	
		No. 2	415	25.2 26.7 (26.0)
	450°C × 60分 油 中	No. 3	388	23.8 27.0 (25.4)
		No. 4	415	23.4 23.5 (23.5)
No. 5	444	22.0 18.6 (20.3)		
850°C × 30分 油 中	No. 1	306	40.2 41.7 (41.0)	
	No. 2	363	36.0 37.0 (36.5)	
	No. 3	388	28.9 31.0 (30.0)	
		No. 4	415	29.8 27.2 (28.5)
	No. 5	444	22.0 20.6 (21.3)	
850°C × 30分 油 中	No. 1	309	50.3 50.2 (50.3)	
	No. 2	341	47.8 48.0 (47.9)	
	No. 3	363	45.2 38.1 (41.7)	
		No. 4	398	34.3 34.8 (34.6)
	No. 5	432	26.5 24.0 (25.3)	
850°C × 30分 油 中	No. 1	272	58.7 58.9 (58.8)	
	No. 2	285	65.5 65.2 (65.4)	
	No. 3	321	51.8 58.0 (51.9)	
		No. 4	337	49.8 50.0 (49.3)
	No. 5	388	34.7 34.9 (34.8)	
850°C × 30分 油 中	No. 1	269	66.7 71.4 (69.1)	
	No. 2	263	71.5 75.8 (73.7)	
	No. 3	269	66.0 69.4 (67.7)	
		No. 4	302	61.2 60.0 (60.6)
	No. 5	317	53.6 53.8 (53.7)	
No. 1	269	44.0 42.7 (43.4)		

850°C × 30分 油 中	No. 2	269	62.8 (65.4)	No. 4	269	64.0 (68.6)
			68.0			73.2
700°C × 60分 油 中	No. 3	269	52.9 (53.3)	No. 5	300	48.2 (48.5)
			54.5			48.7

上表の硬度を圖表として第10圖に掲ぐ、之れによりて見れば焼戻温度に對し硬度變化の影響は水鉛を加ふることによりて決して鋭敏とならざるのみならず 400°C 乃至 550°C 附近に於て水鉛を含むもの程却つて硬度の變化少なく従つて破斷界も變化少なきを推知すべく水鉛を加ふことは焼戻作業を容易ならしむるものと云ふを得べし。

次に又硬度と衝撃抗力との關係を圖表として示せば第11圖を得、此成績は多數實驗の平均値ならざるを以て一定の曲線を得ざれども大體の傾向は同じ硬度に於て水鉛を含まざるものは衝撃値最も少なく水鉛多きもの程衝撃値大なり、例へば硬度 300 に於て鋼番號 No. 1 は衝撃値 50 附近なるに鋼番號 No. 2 其他は約 60 なり、而して此場合には其差の著しき區域は硬度 300 乃至 400 附近なれ共これは炭素其他の元素の含有量によりて變化あるもの、如く或種の鋼に於ては之れに水鉛を加ふれば硬度 500 以上の焼入状態に於て衝撃抗力を増加す。故に強度大なる上に靱性大なる事を要する如き場合に適當なる分析成分に水鉛を配合することは研究の價値あるものなり。

### 5. 焼戻脆性を生ぜず

水鉛を加へたる鋼は如何なる製法及熱處理に於ても焼戻脆性を起さざることは本誌第10年第11號第10頁に掲載の通りにして其後 Greaves 氏の研究に於て磷の含有量多き鋼に於ても水鉛を加ふれば焼戻脆性を減少し得即ち水鉛は積極的に焼戻脆性を減少する作用あるものなる事發表せられ斯くの如き作用を有する元素は未だ他に發見せられざるを以て焼戻の際急冷する作業即ち水鈍し或は油鈍し作業を厭ふ如き鋼材には水鉛を配合するが最も適當の策なりとせらるゝに至れり、水鈍し或は油鈍し作業を受けたる鋼は一般に荷重によりて永く變形を起し易くエクステンソメーターを以て測定する時は 30 乃至 45 kg/mm<sup>2</sup> 位にて既に測り得べき永久變形を生ずれども焼戻後徐冷する時は 60 kg/mm<sup>2</sup> 位にて初めて、永久變形量を測定し得るに至る即ち眞の意味に於ける彈性限度を著しく増加し尙荷重を増すに従ひて前者は益々永久變形量を増大すれども後者は其量少なく縱令降伏點は同様なりとするも其點に至る迄の永久變形量少なく之れは材料として良好の性質なり、然るに焼戻後徐冷すれば焼戻脆性を帯ぶる恐れあるを以て普通のニツケルクローム鋼は此作業を行ふことを得ず、而して水鉛を加ふれば焼戻脆性を防ぐことを得るを以て焼戻後徐冷することを得べく従つて眞の彈性限を上昇することを得る理なり故に彈性限度に近き實用應力を加へ且極めて少量の永久變形をも許されざる如き材料に於ては水鉛を加へて上記の如き焼戻方法を施すを以て適當の處理なりとす。

### 6. 材質均等となる

水鉛を含む鋼は前述の如く不純物の析出を減少し飛白ゴースト及び角隅ゴーストを防ぐを以て化學的に材質均等となる外に焼入作業容易となり材料の端と内部とに於ける強度の不同を少なからしむ。

一般に長大なる鋼材にては端にて取りたる試験片の成績と端より少しく内部に入りたる個所にて取りたる試験片の成績と端より少しく内部に入りたる個所にて取りたる試験片の成績との間にかんりの相違あり、其一例を挙げれば第12圖に示すが如く僅かに13m/m内に入りたる個所にて弾性限、破断力共 $2.5 \text{ kg/mm}^2$ 減少し居るを見る、然るに水鉛を含む同大の鋼材にて試験したる結果は50 m/m内に入りたる所にて弾性限 $1.6 \text{ kg/mm}^2$  破断界 $1.7 \text{ kg/mm}^2$  減じたるのみなり。

上の如く長大の鋼材に於ては試験片の成績が完全に鋼材の成績を代表せざるのみならず析出の爲め材料均等ならざるを以て實物の強度は試験片の成績より計算によりて算出したるものとは著しく相異なるを免かれず、然るに水鉛鋼は材質均等なるを以て試験片の成績より計算したるものは直ちに實物に應用することを得べく此點に於て材料の信頼し得る程度大なりと云ふを得べし。

材質均等となることは長大なる鍛錬物には重要な條件なれども殊に自己緊縮法 (Autofrettage) を施す砲身材料の如きは一部分に弱き點あれば完全なる作業を施すことを得ざるを以て斯かる場合に少量の水鉛を配合して材質の均等を計ることは有意義のことなるべし。

### 7. 反覆屈曲試験の成績は改善せられず

吳海軍工廠製鋼部々員宇留野技師考案の反覆屈曲試験機にて水鉛を含むニッケルクローム鋼と之れを含まざるものとを比較試験したるに第5表の如き成績を得たり。

第 5 表

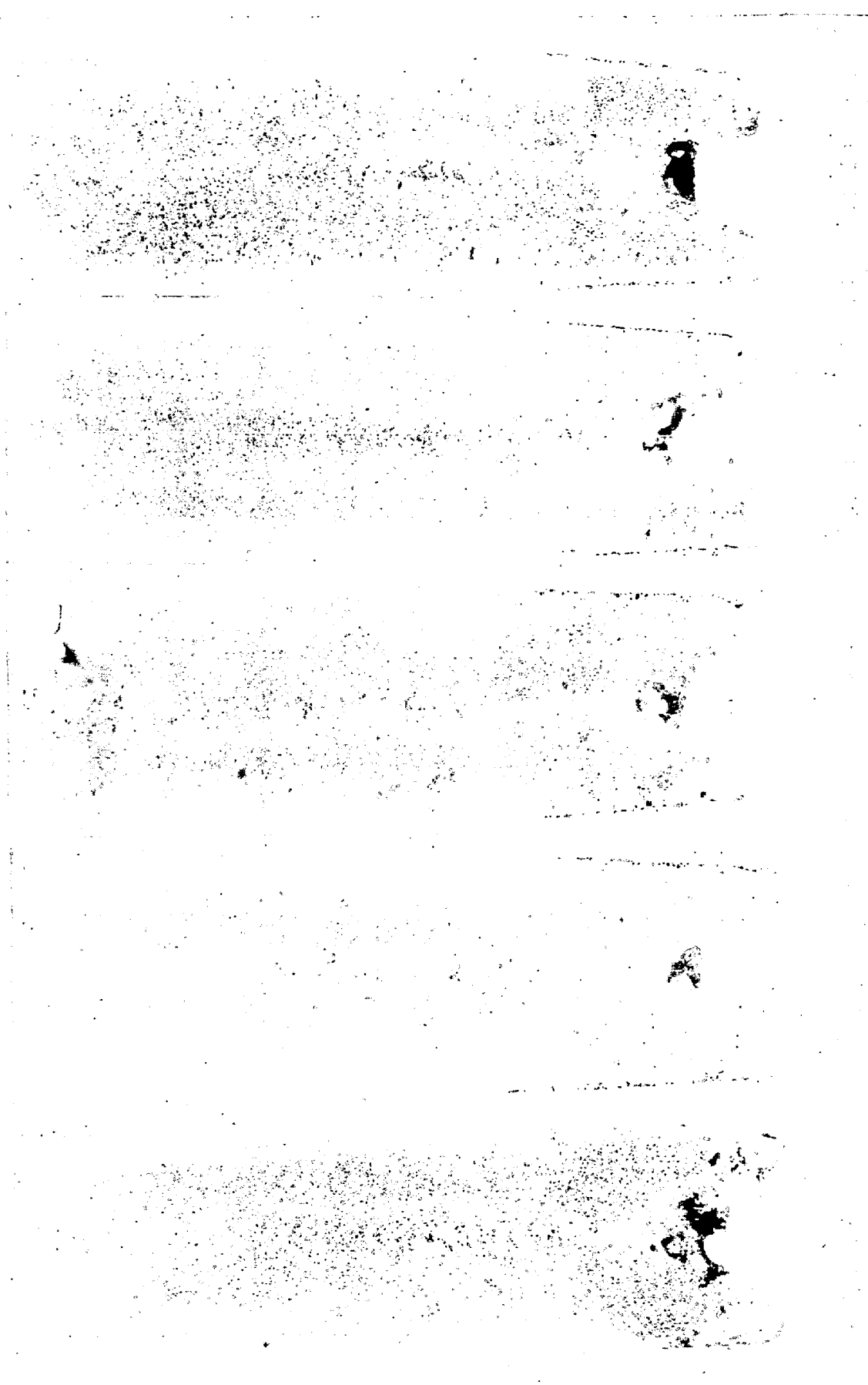
鋼 種	試料符號	ブリネル硬度	衝撃値(呎呎)	反覆屈曲回数	記 事
Ni-Cr- 鋼	A	321	10.9	607	硬度衝撃値及反覆屈曲回数ハ多數試験片ノ平均成績ナリ、AトBトハ同一材料ニテ熱處理ヲ異ニス
	B	265	40.3	569	
	C	267	47.0	618	
	D	279	36.1	663	
	E	235	35.0	686	
Ni-Cr-m.o鋼	F	311	33.3	498	
	G	315	36.3	556	
	G	303	31.0	613	
	H	302	41.0	578	

一般に強度大なるものは反覆屈曲回数も大なるを普通とすれども此場合に水鉛を含むものが反覆屈曲回数少なきは何故なるかを考察するに水鉛を含むものは多くの場合顯微鏡検査に於て黒色班點の多數存在するを見る此班點は寫眞第4に示す如くにして其性質が何物なるや未だ判明せざれども注塑作業中より存在したりしものゝ如く此物が反覆應力を受くる際惡影響を及ぼすものには非ずやと察せらる故に大なる反覆屈曲回数を要求せらるゝ場合に水鉛を加ふることは特に效結果あるものに非ず。

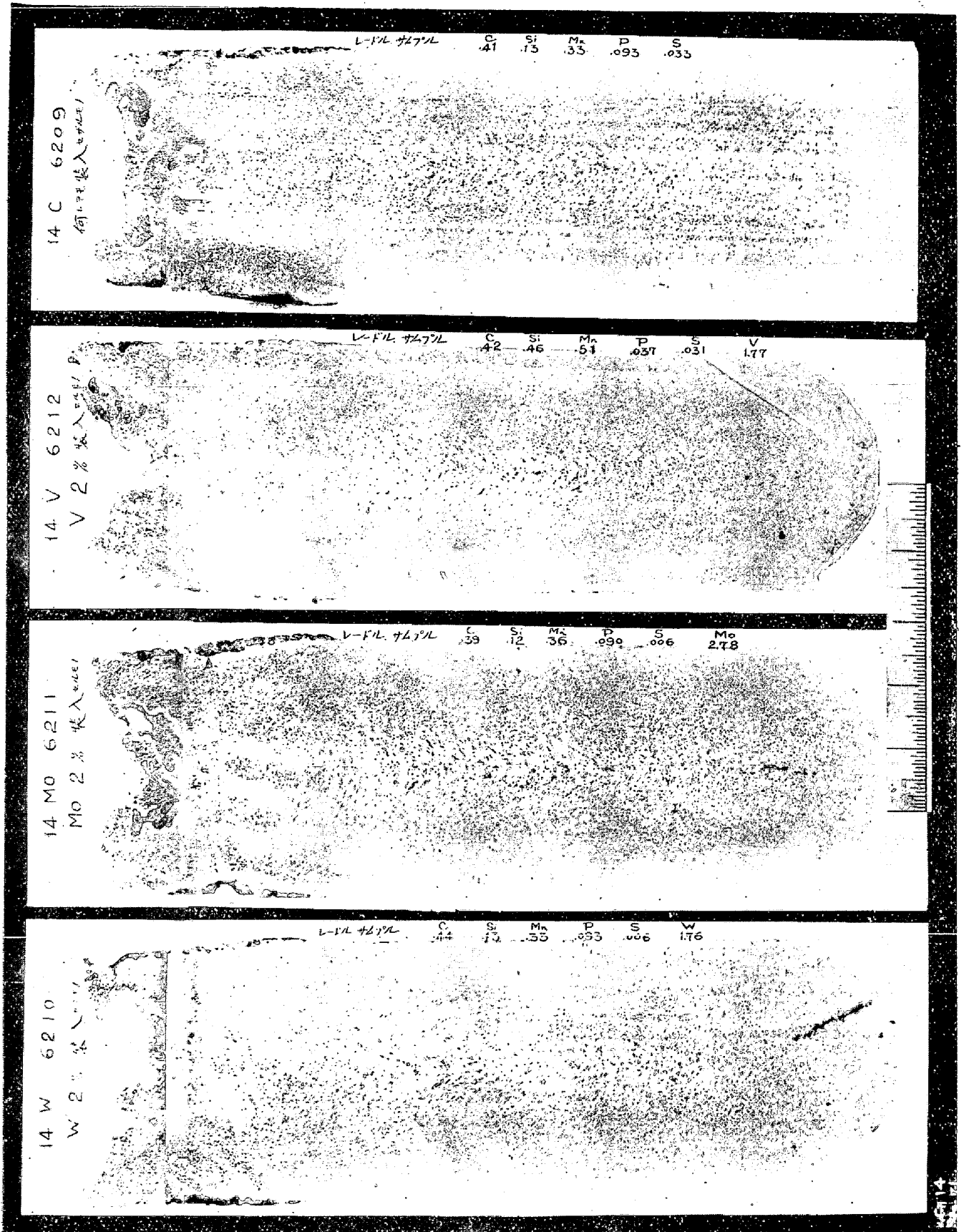


鋼番號 No. 1      鋼番號 No. 2      鋼番號 No. 3      鋼番號 No. 4      鋼番號 No. 5

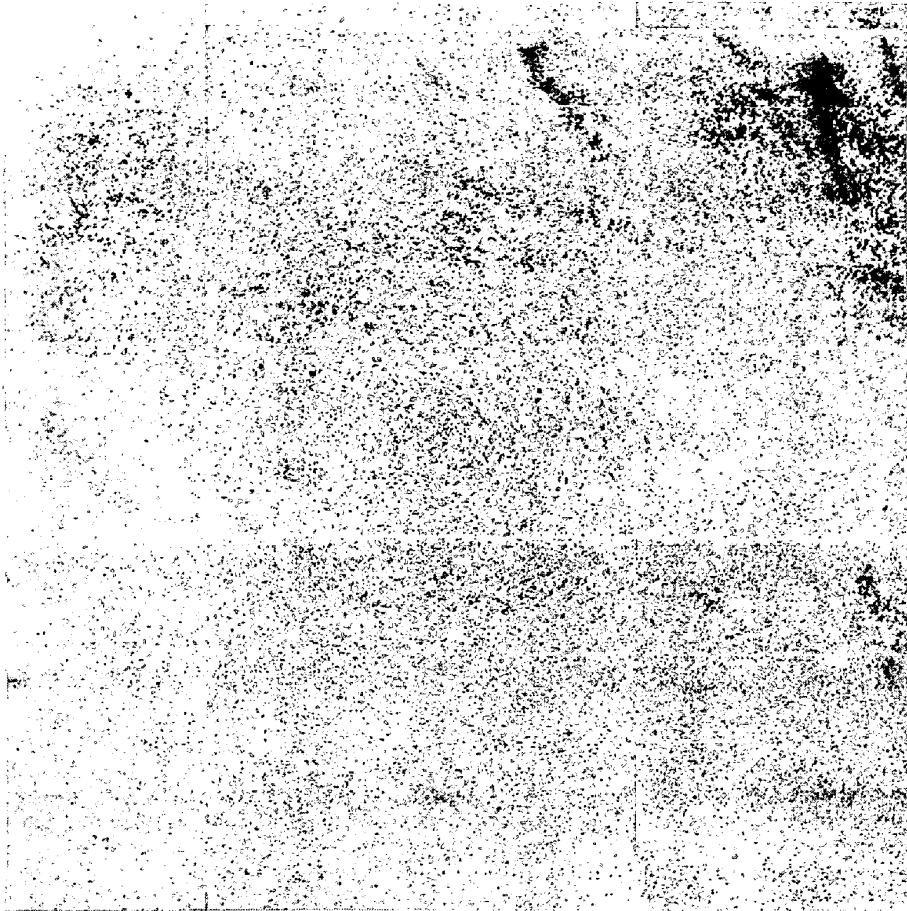
第一圖      甘燭鋼塊      サルファーブリ      約二分一：格寫



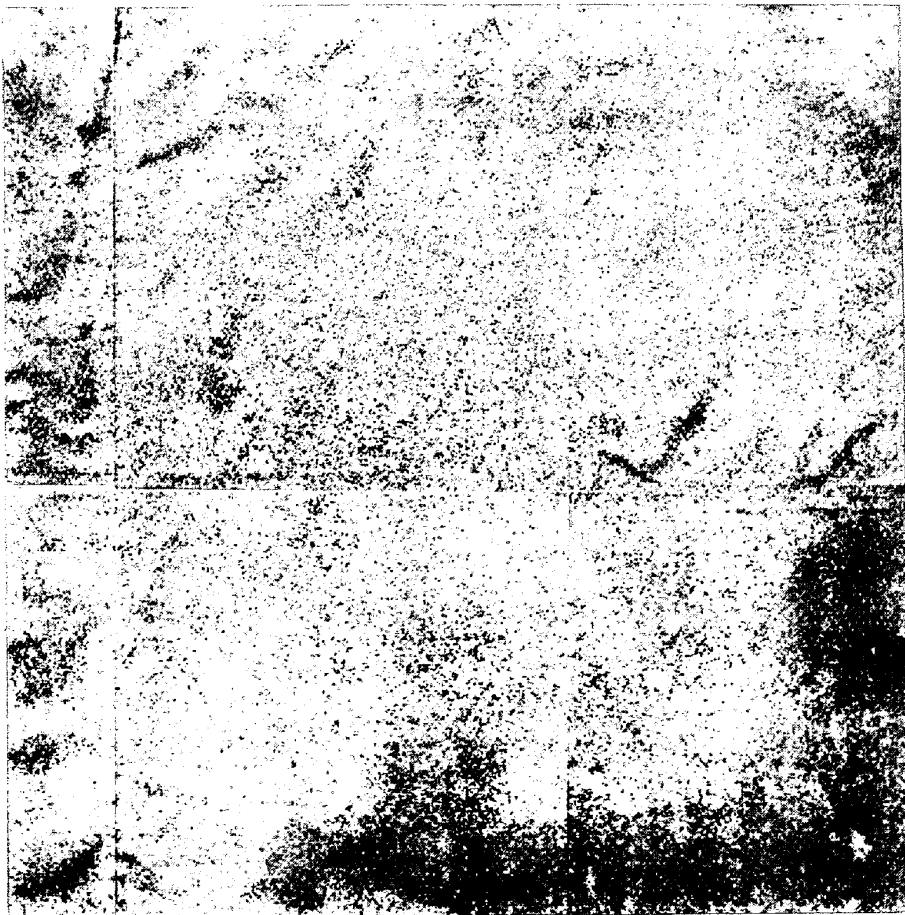
寫真 第 1



A



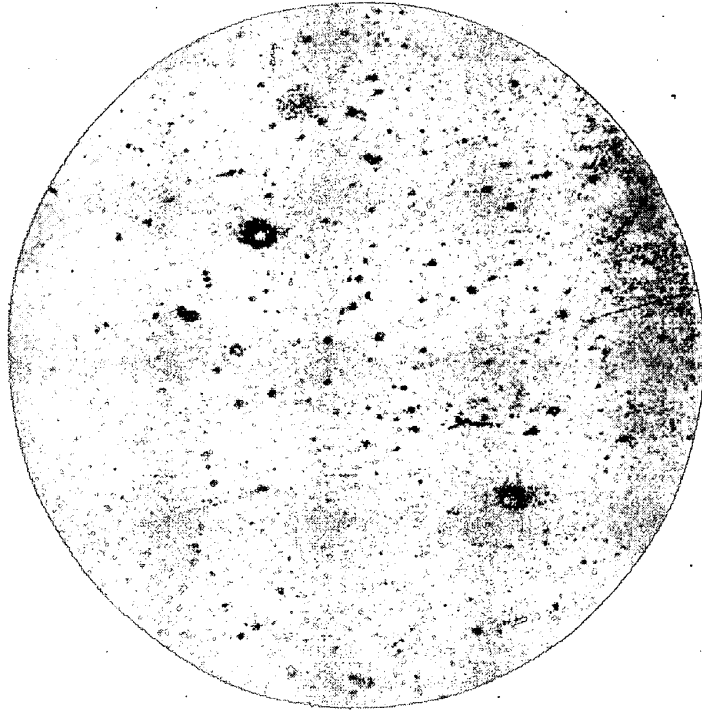
B



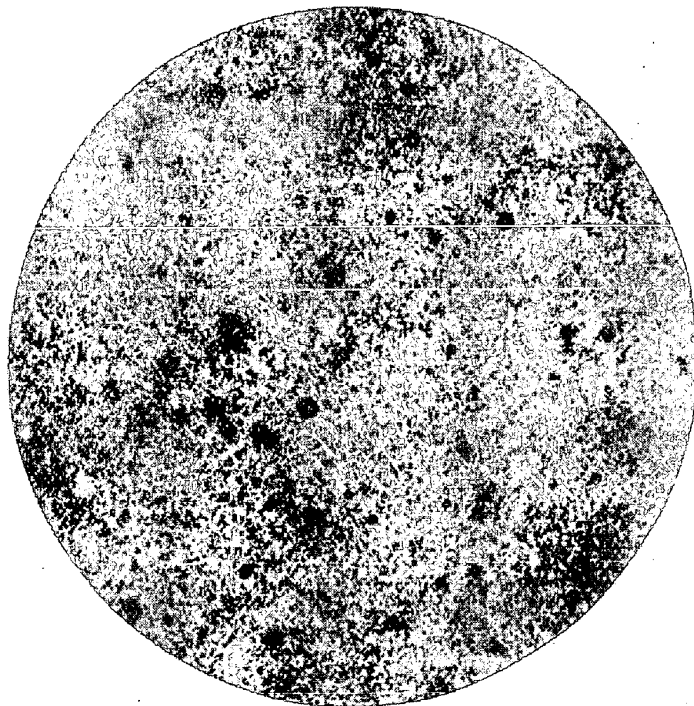
寫 眞 第 3

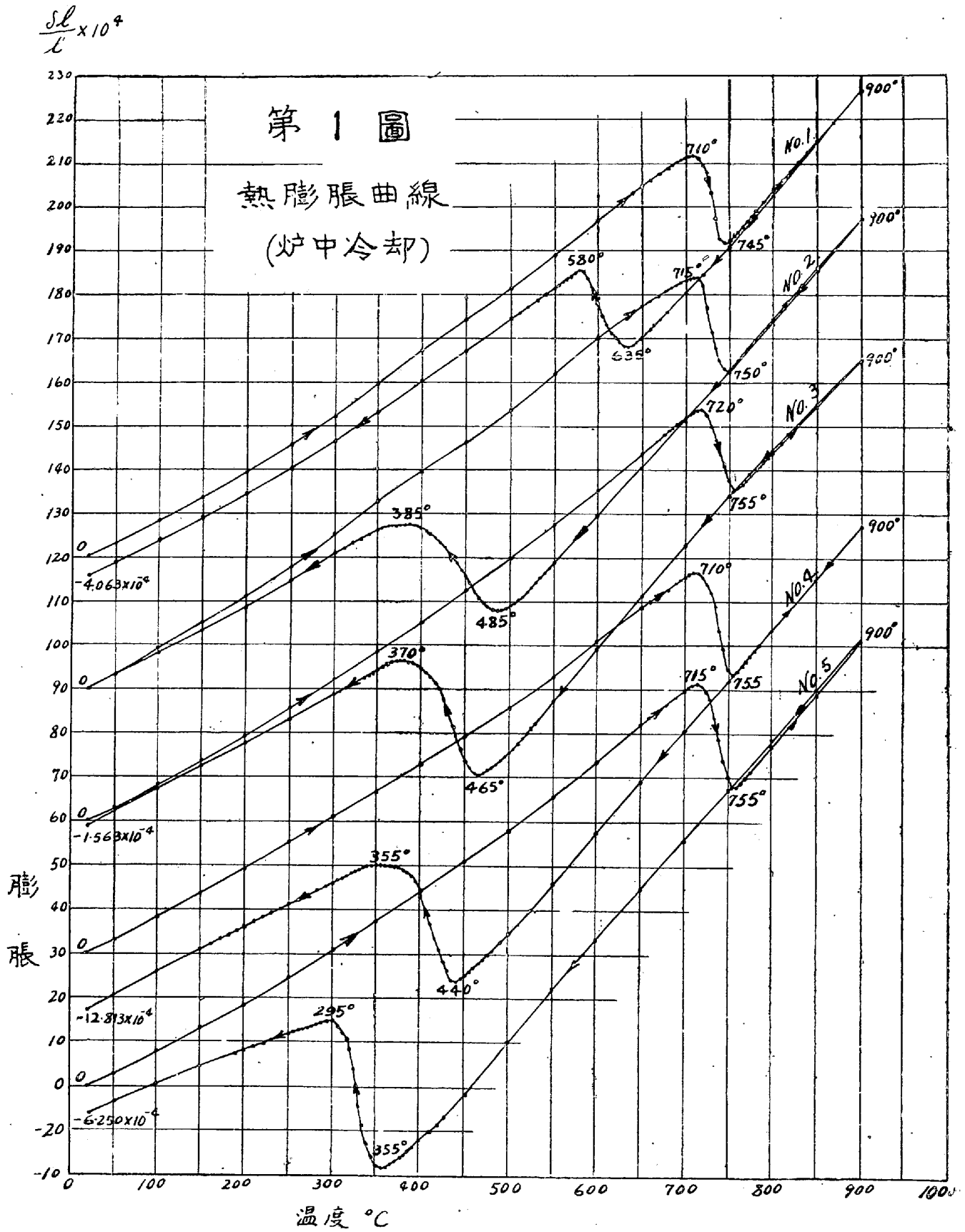
寫 真 第 4

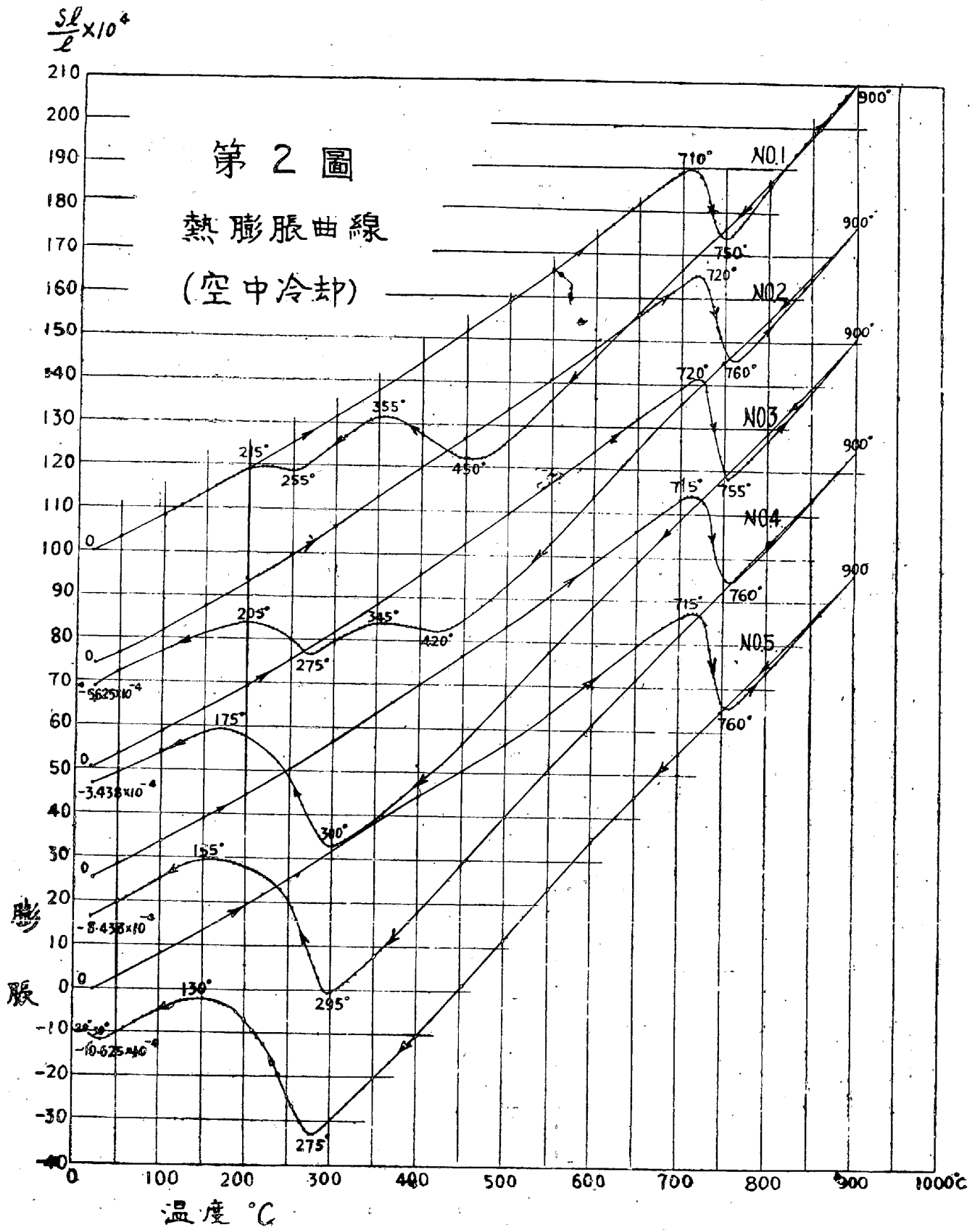
A

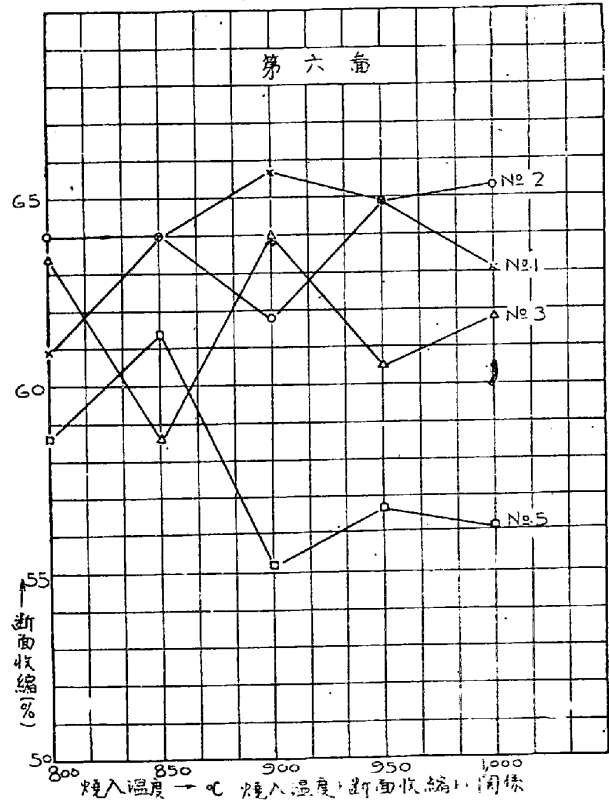
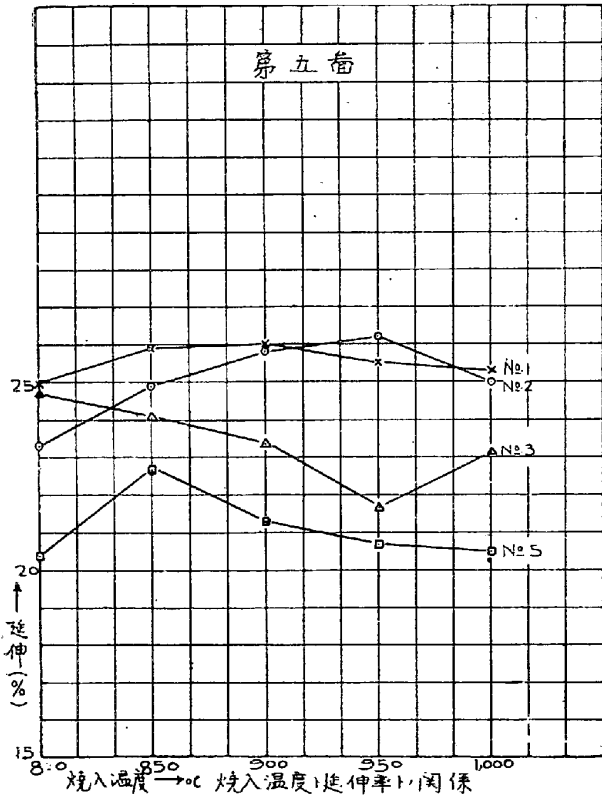
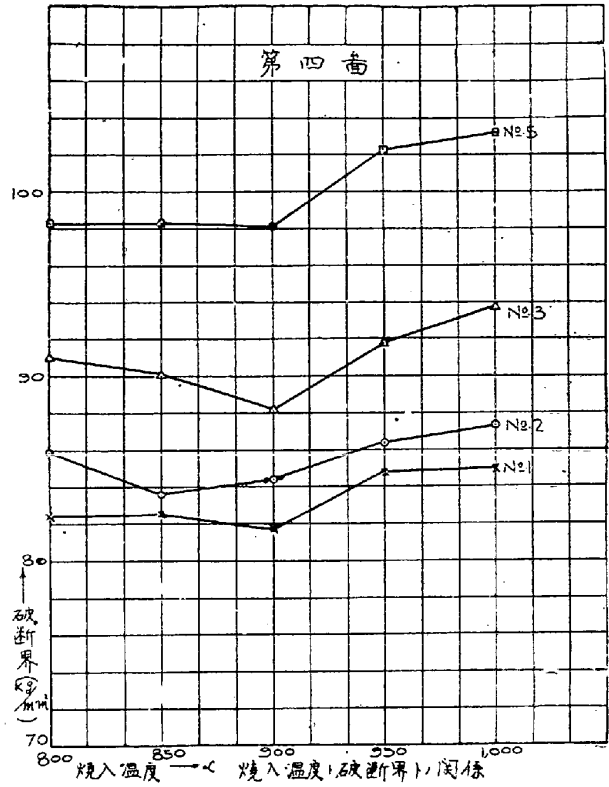
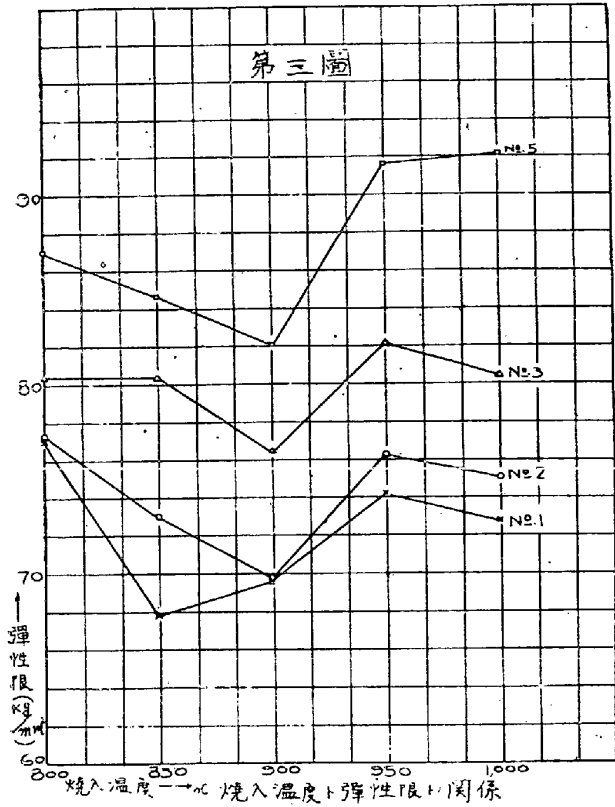


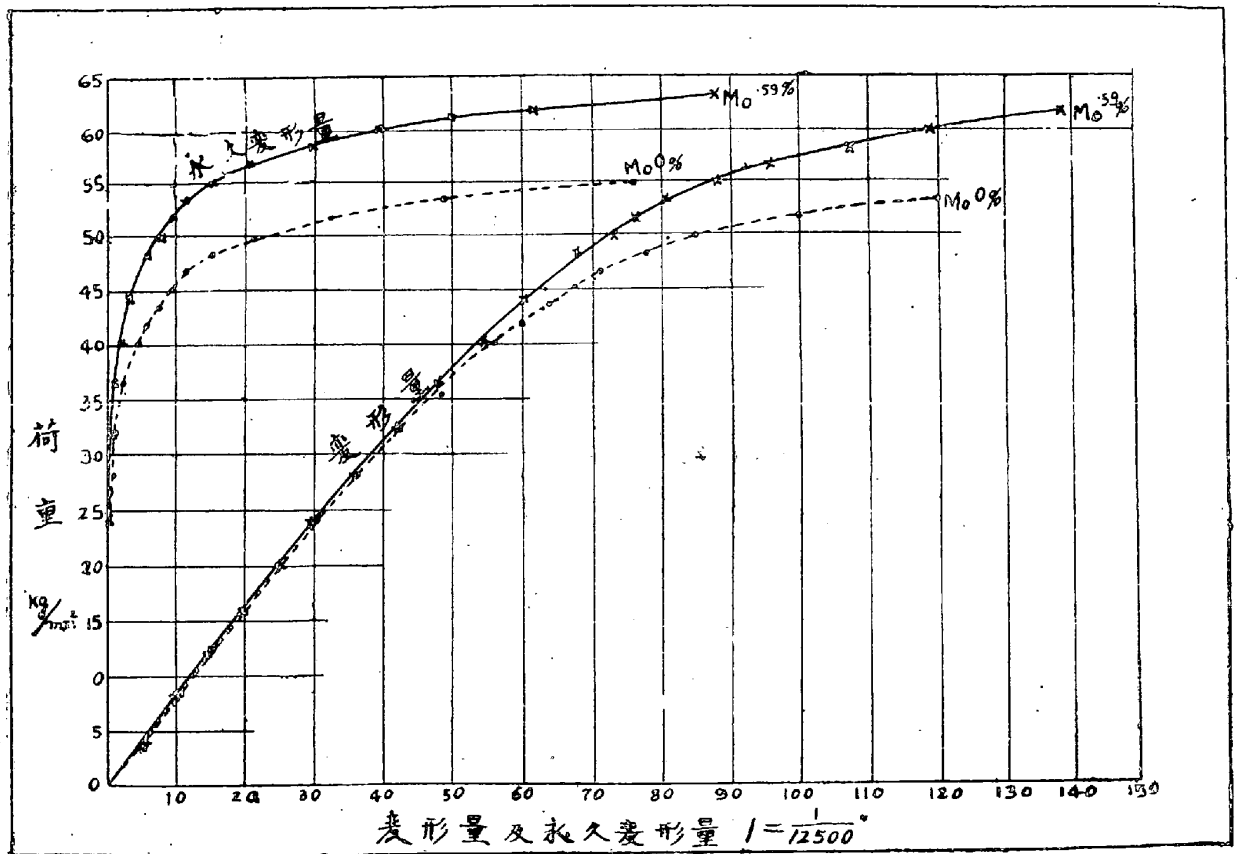
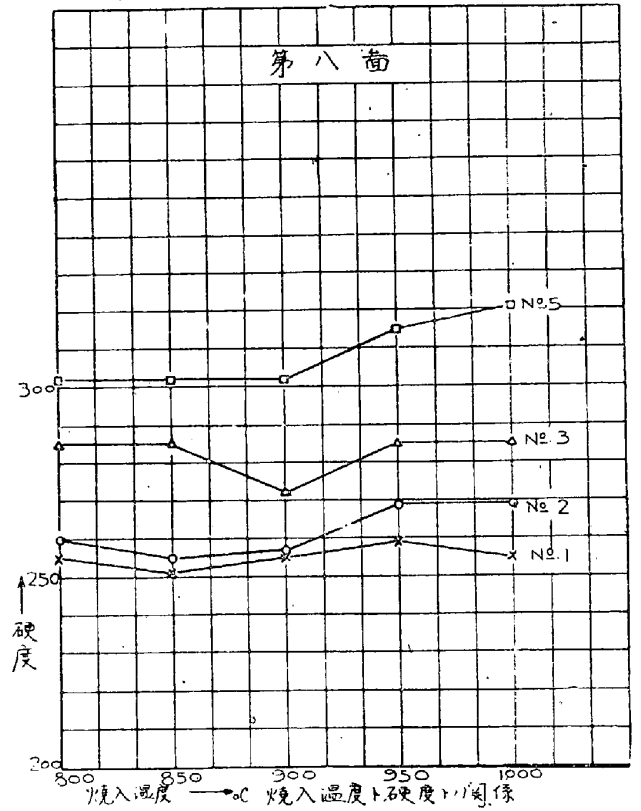
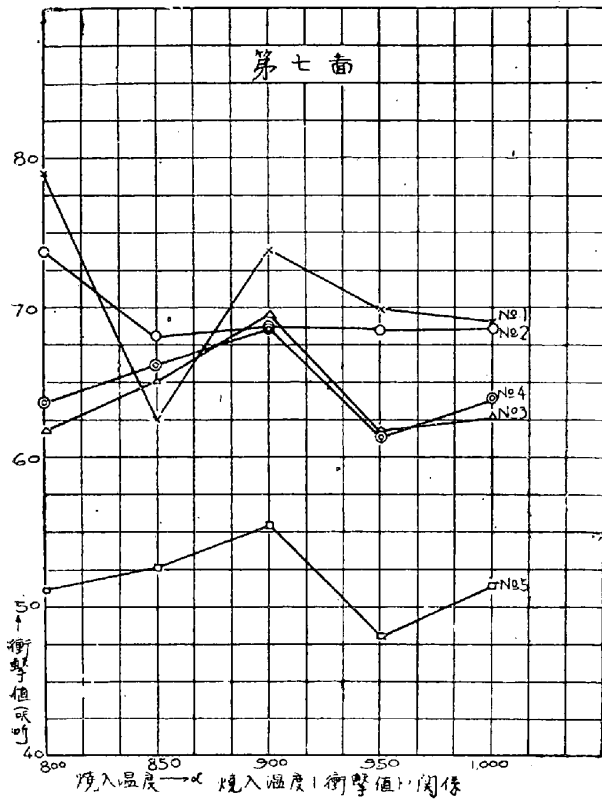
B











第七圖



