

# 高炭素クロムモリブデン鋳鋼の機械的性質

## Mechanical Properties of High Carbon Cr-Mo Cast Steel

伊藤和夫\* 栗原幹雄\* 宮崎安男\*

### 内 容 梗 概

圧延用ロールとして用いられる高炭素クロムモリブデン鋳鋼の熱処理と機械的性質ならびに組織との関係を、炭素量が 1.22~2.40% の範囲の 1% クロム, 0.3% モリブデン鋳鋼の試験片について調べて次の結果をえた。

(1) 炭素量が増すに従って引張強さ, 伸び, 衝撃値は減じ硬さは増す。拡散, 焼準後球状化焼鈍したものと, 単に球状化焼鈍のみを行つた試験片の機械的性質は大差ない。炭素が増せば遊離セメンタイト量は増すが, 基地のパーライトの球状化に対する前記の熱処理法と炭素量の影響はあきらかでない。

(2) 炭素量 1.7% 前後の試験片では拡散後の冷却法と焼準処理の差は機械的性質, 組織に対してあきらかでないが, その後の球状化焼鈍の保持時間と温度が機械的性質に影響する。

### 〔I〕 緒 言

各種の鋼材圧延用特殊鋳鋼ロールには従来炭素 1%, クロム 1%, モリブデン 0.3% の高炭素クロムモリブデン鋳鋼が使用されているが<sup>(1)(2)(3)</sup>, 近時軌条, 線材, 帯鋼, 鋼片などの粗ロールや, 大型型鋼, 軌条用中間ロール, 鋼片仕上ロールなどの一部に対しさらに圧延時の肌荒れ少く, 熱間高荷重下で安定した硬度を保ち, しかも耐磨耗性のあるロールが要求されるようになった。この要求を満足させるためには炭素量をあげてセメンタイト量を増し, 基地のパーライトを球状化して強靱性を持たせる必要がある<sup>(4)</sup>, 炭素量が 2.4% までの高炭素クロムモリブデン鋳鋼の諸性質をしらべて, 2C ロールといわれるこの種ロールの製造上の諸問題を究明するためにこの試験を行つた。

まづキールブロック型試験片によつて炭素量と機械的性質ならびに組織との関係をしらべ, ついで炭素量 1.7% の試験片について熱処理法と機械的性質, 組織との関係を調べた。

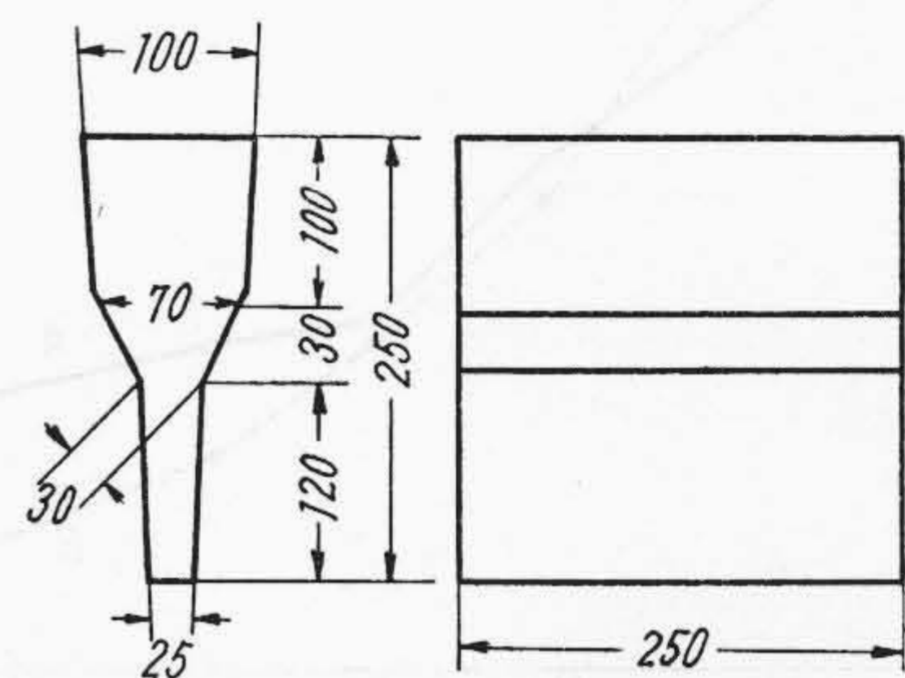
### 〔II〕 試験片の熔製方法と試験方法

試験片は塩基性エルー式 500 kg 弧光炉により熔製した。鋳型は焙型を用いた。試験片粗材の寸法は第 1 図に示すごとくである。この粗材を熱処理した後 JIS 4 号引張試験片 4 本, シャルピー 3 号衝撃試験片 4 本を製作した。引張試験はアムスラー型 50 t 引張試験機を, 硬度試験は 3 t ブリネル硬度計を, 衝撃試験はシャルピー 10 m·kg 試験機を用いて行つた。

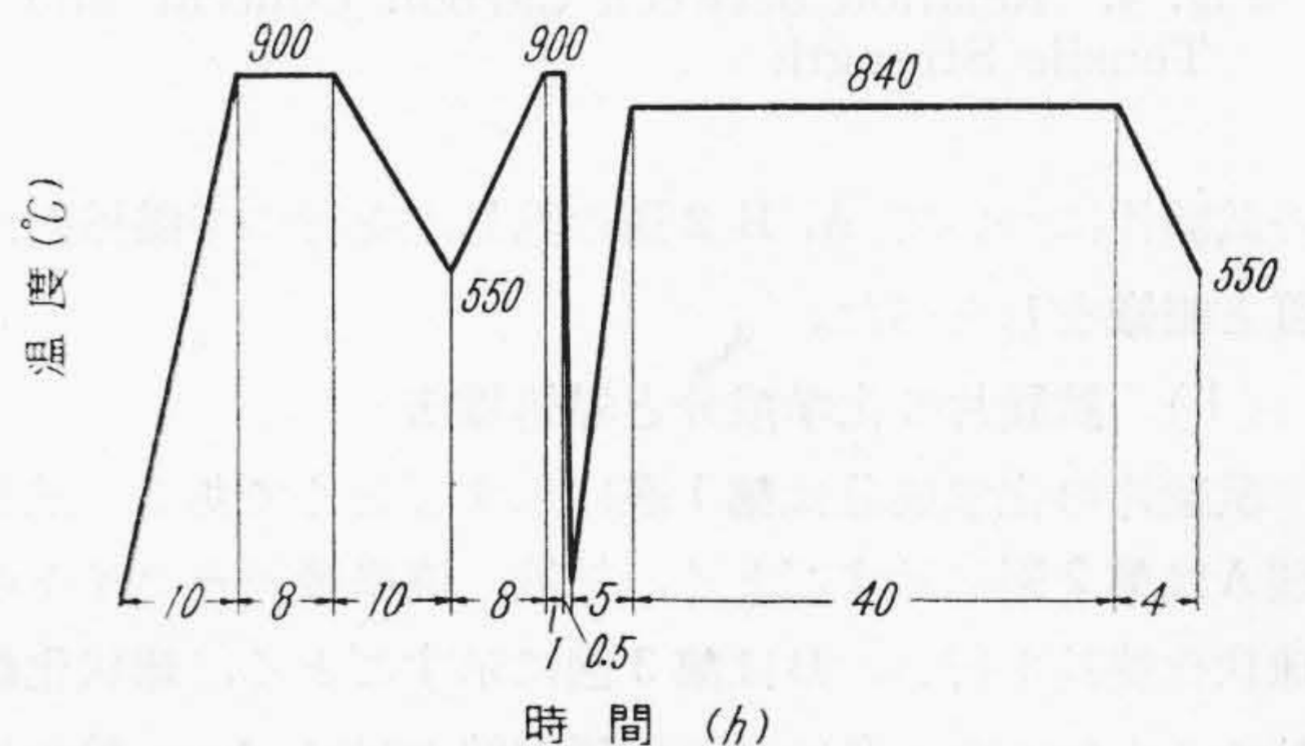
### 〔III〕 第 1 回 試 験

まづ 2C ロールとして考えられる 1% クロム, 0.3% モリブデン鋳鋼で炭素量が 1.22~2.40% の範囲の 7 種類

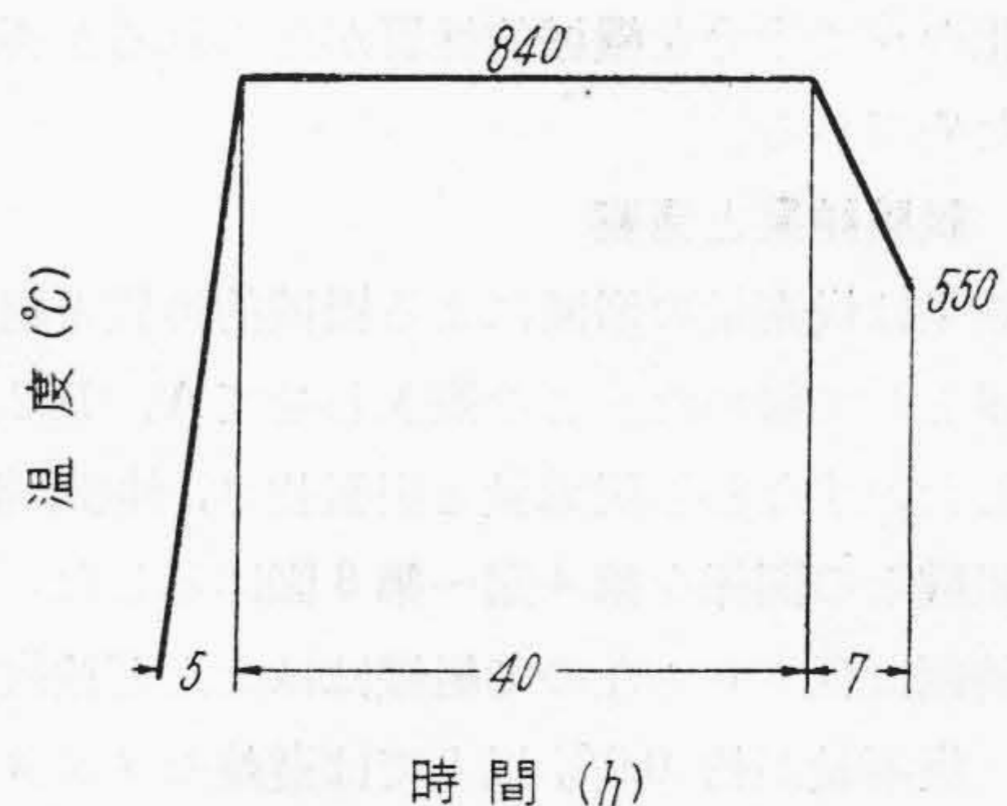
\* 日立金属工業株式会社戸畑工場



第 1 図 試験片粗材の寸法  
Fig. 1. Dimensions of Test Piece



第 2 図 熱 処 理 A  
Fig. 2. Heat Treatment A

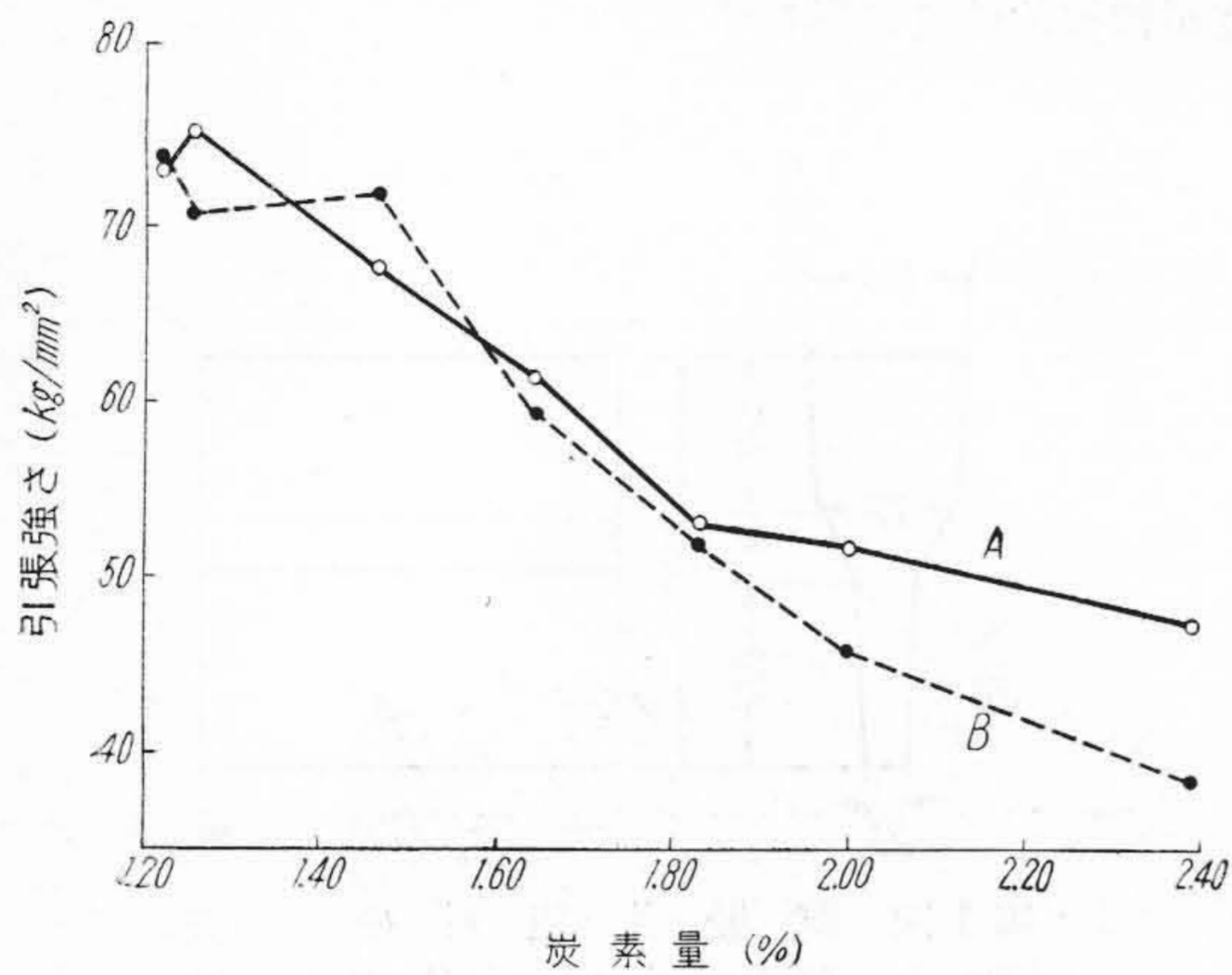


第 3 図 熱 処 理 B  
Fig. 3. Heat Treatment B



第1表 試験片の化学成分(%)  
Table 1. Chemical Composition of Test Piece (%)

溶解番号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
D 1	1.25	0.46	0.69	0.132	0.014	1.06	0.28	1.02	0.12
D 2	1.47	0.94	0.71	0.132	0.017	1.04	0.25		
D 3	2.00	0.43	0.69	0.154	0.019	1.02	0.26		
D 4	1.22	0.30	0.90	0.054	0.032	0.81	0.29		
D 5	1.83	0.66	0.91	0.063	0.038	0.83	0.29		
D 6	2.40	0.50	0.94	0.064	0.042	0.88	0.32		
D 7	1.65	0.45	0.91	0.044	0.024	0.87	0.32		



第4図 炭素量と引張強さとの関係  
Fig. 4. Relation between Carbon Content and Tensile Strength

の試験片について A, B 2 通の熱処理を行つて機械的性質と組織をしらべた。

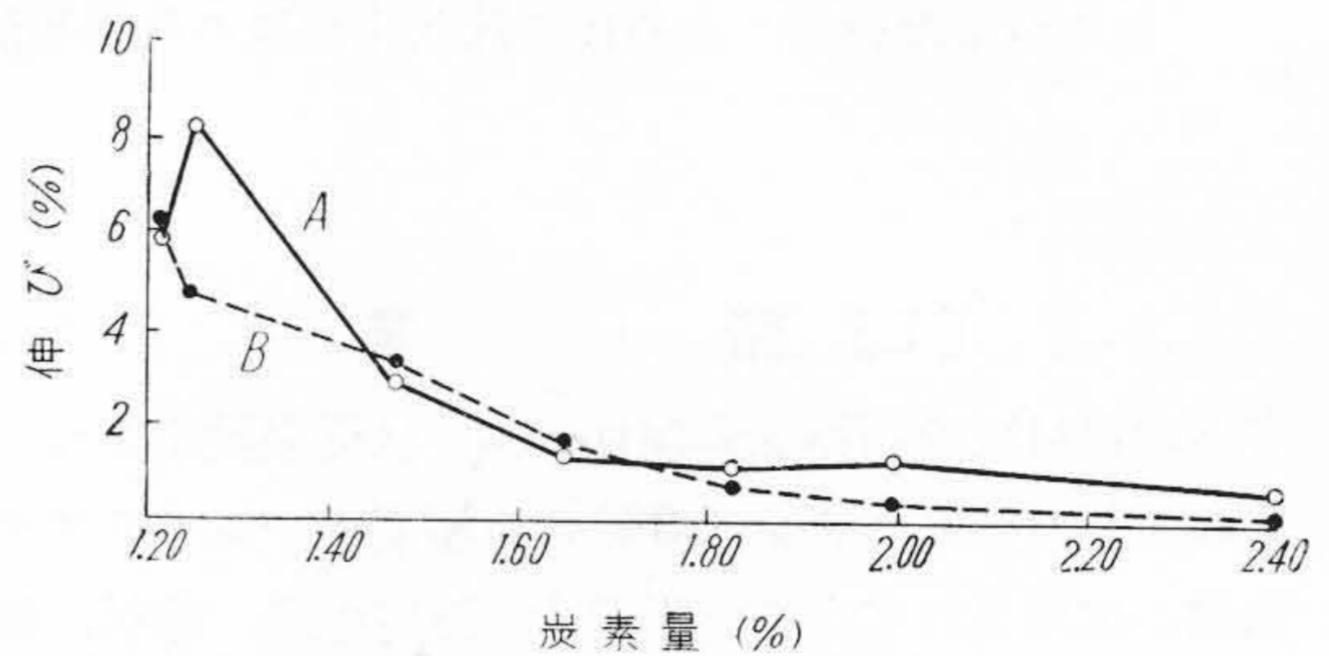
(1) 試験片の化学成分と熱処理法

試験片の化学成分は第1表に示すごとくである。熱処理Aは第2図に示すごとく、拡散、焼準後パーライトの球状化焼鈍を行い、Bは第3図に示すごとく、球状化焼鈍のみを行つた。Bはこの鋼種が製造時に Acm 線で析出したセメンタイトが散在するためにAのごとき拡散、焼準の効果が期待できないから、単に基地のパーライトの球状化のみで十分な機械的性質がえられるか否かをしらべるためである。

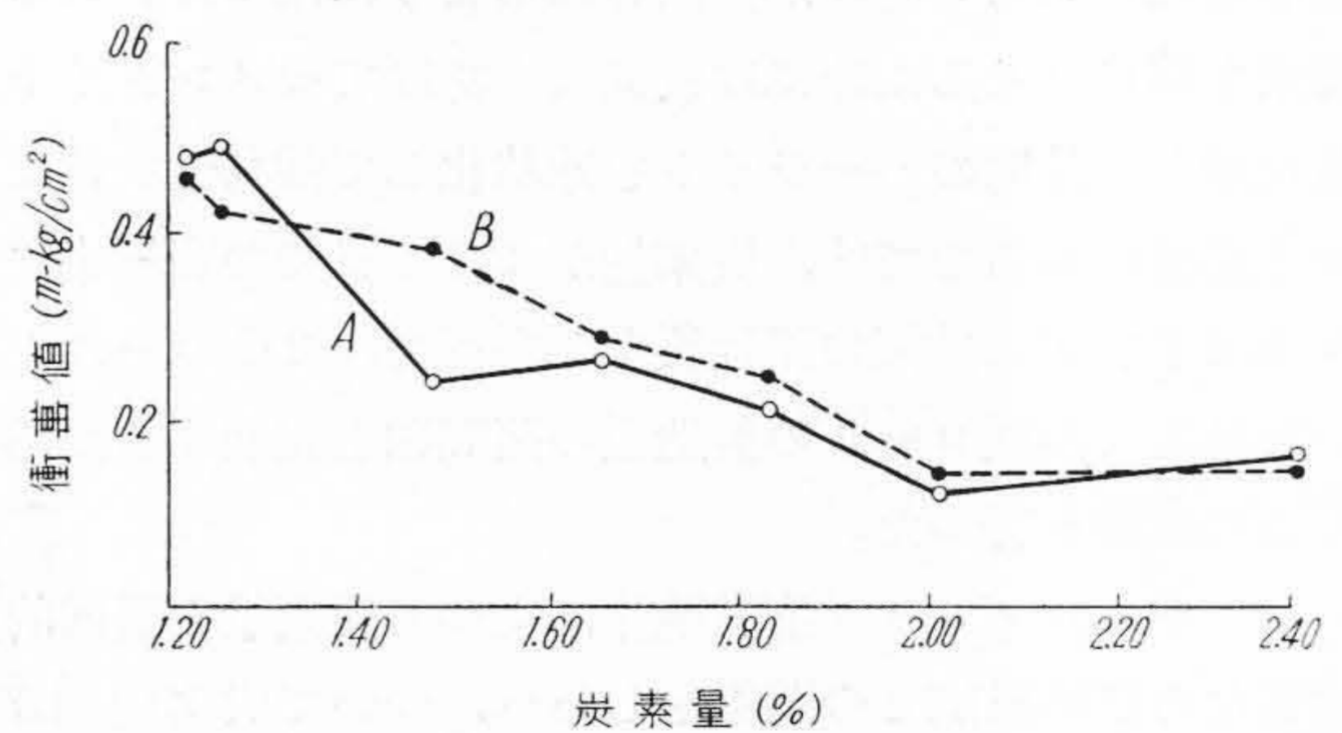
(2) 試験結果と考察

試験結果は炭素量の増減による機械的性質と組織の変化を主眼として纏めた。この際あわせてA, B 2 法の差も検討した。すなわち炭素量と引張強さ、伸び、衝撃値、硬さ、組織との関係を第4図～第8図に示した。

この鋼種は低クロムなので組織はほとんど鉄炭素系と類似で、炭素量が約 0.9% 以上では遊離セメンタイトがあらわれ、炭素量の増加とともにその量を増すため、文献<sup>(5)(6)</sup>に示されたごとく引張強さ、伸び、衝撃値は低下



第5図 炭素量と伸びとの関係  
Fig. 5. Relation between Carbon Content and Elongation



第6図 炭素量と衝撃値との関係  
Fig. 6. Relation between Carbon Content and Impact Value

し硬さは増す。写真からも遊離セメンタイトの増加はあきらかであるが、基地のパーライトの球状化についてはあきらかな差が認められない。

またA, B 2 法の差が機械的性質と組織上であきらかでないことから、A法のごとき慎重な熱処理は効果が少いことがわかつた。すなわち硬くて脆弱な片状の遊離セメンタイトはこの種の熱処理によつては小片状に分割することが困難である。また基地の球状化に対しても特に効果的と考えられない。

〔IV〕 第2回試験

今回は拡散焼鈍後の冷却法と焼準の影響を炭素量 1.80% の試験片について試験した。

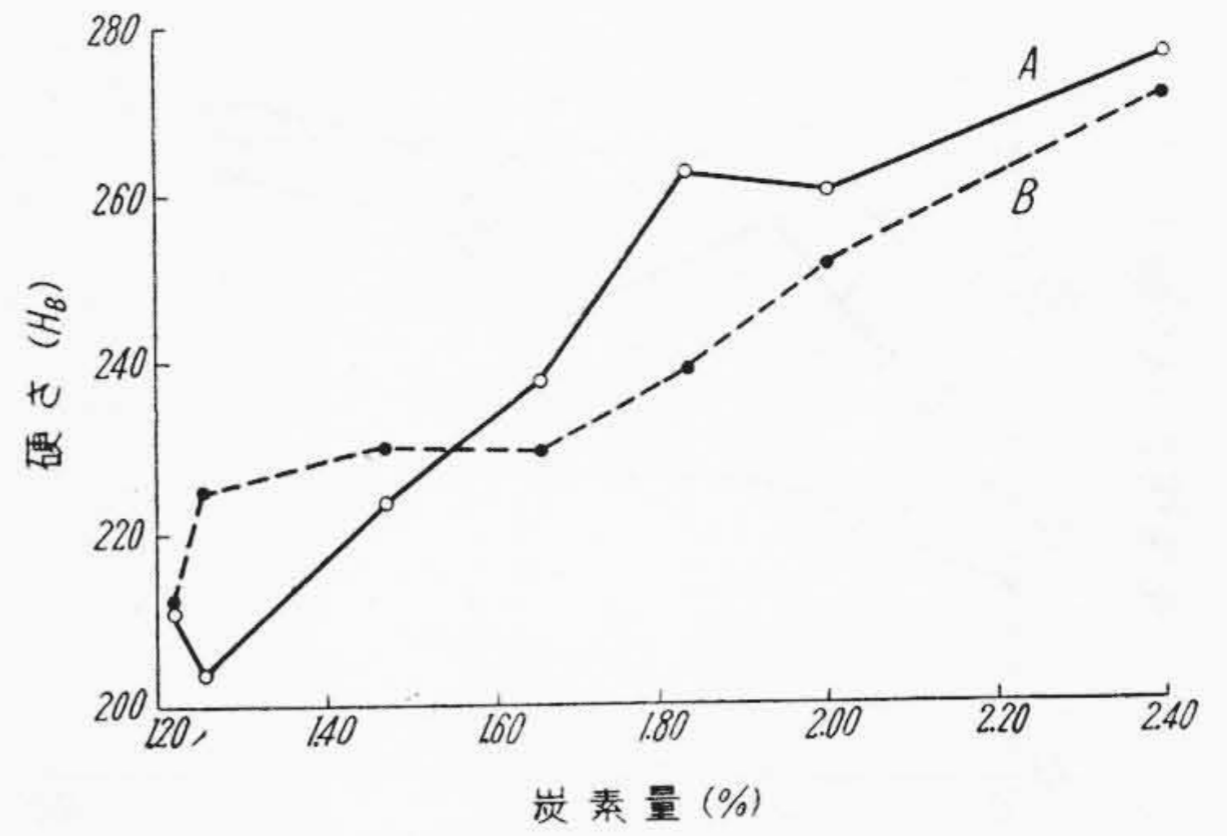


(1) 試験片の化学成分と熱処理法

前回と同要領で熔製した試験片の化学成分を第2表に示した。また熱処理法は第9図～第11図に示したごとくC, D, Eの3通りを行つた。これらはいずれも前回より50°C拡散温度を高めたCは拡散後空冷, Dは炉冷, Eは焼準処理してこれらが爾後の球状化焼鈍におよぼす影響と, 球状化焼鈍の保持時間の影響をあわせてしらべるためである。試験方法も前回と同様に行つた。

(2) 試験結果と考察

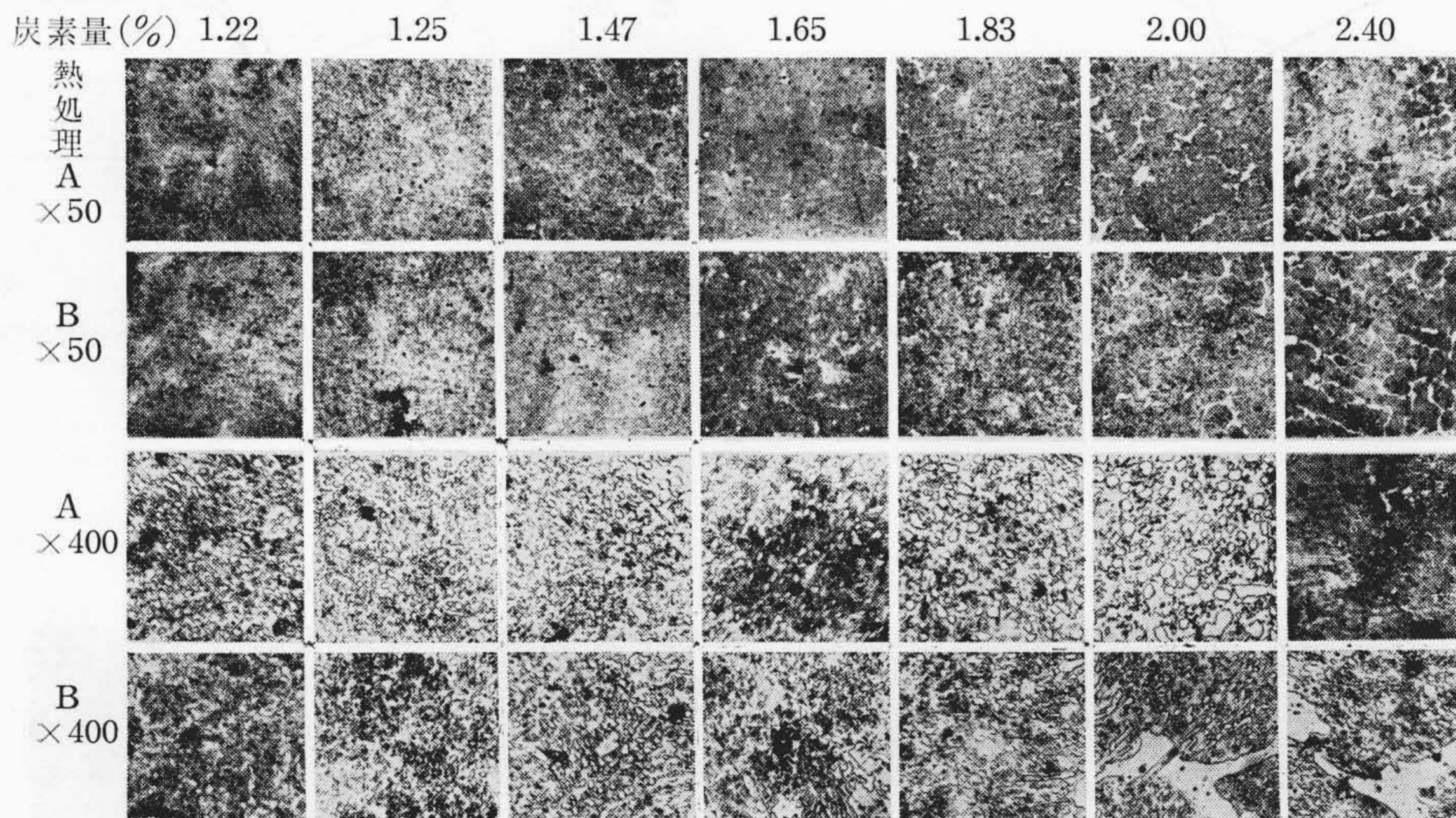
熱処理と引張強さ, 伸び, 衝撃値, 硬さとの関係をそれぞれ第12図～第15図に示した。また組織を第16図, 第17図に示した。



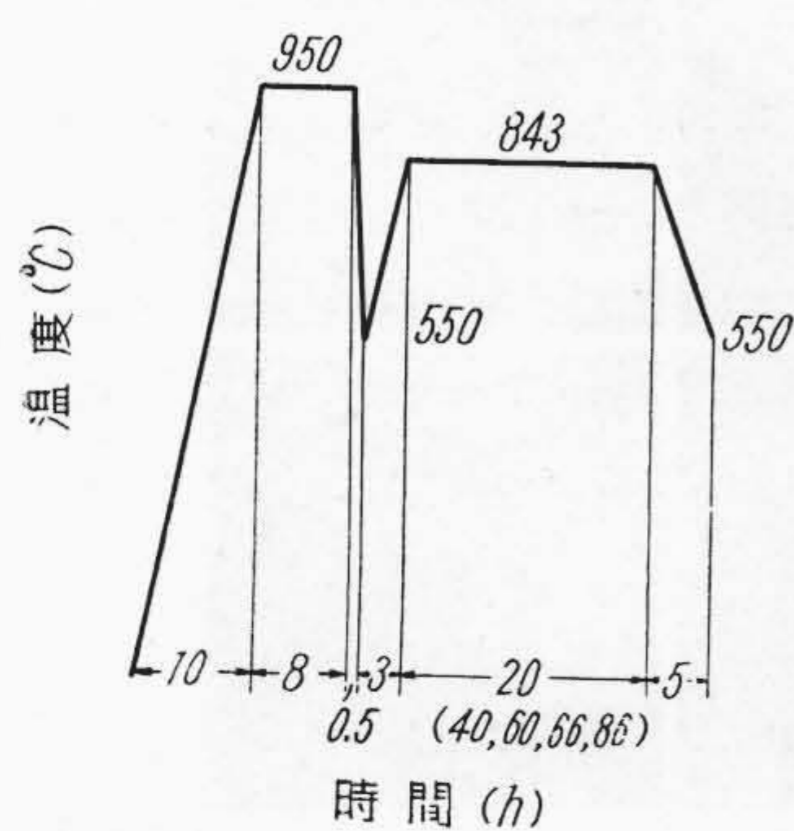
第7図 炭素量と硬さとの関係  
Fig. 7. Relation between Carbon Content and Hardness

第2表 試験片の化学成分 (%) Table 2. Chemical Composition of Test Piece (%)

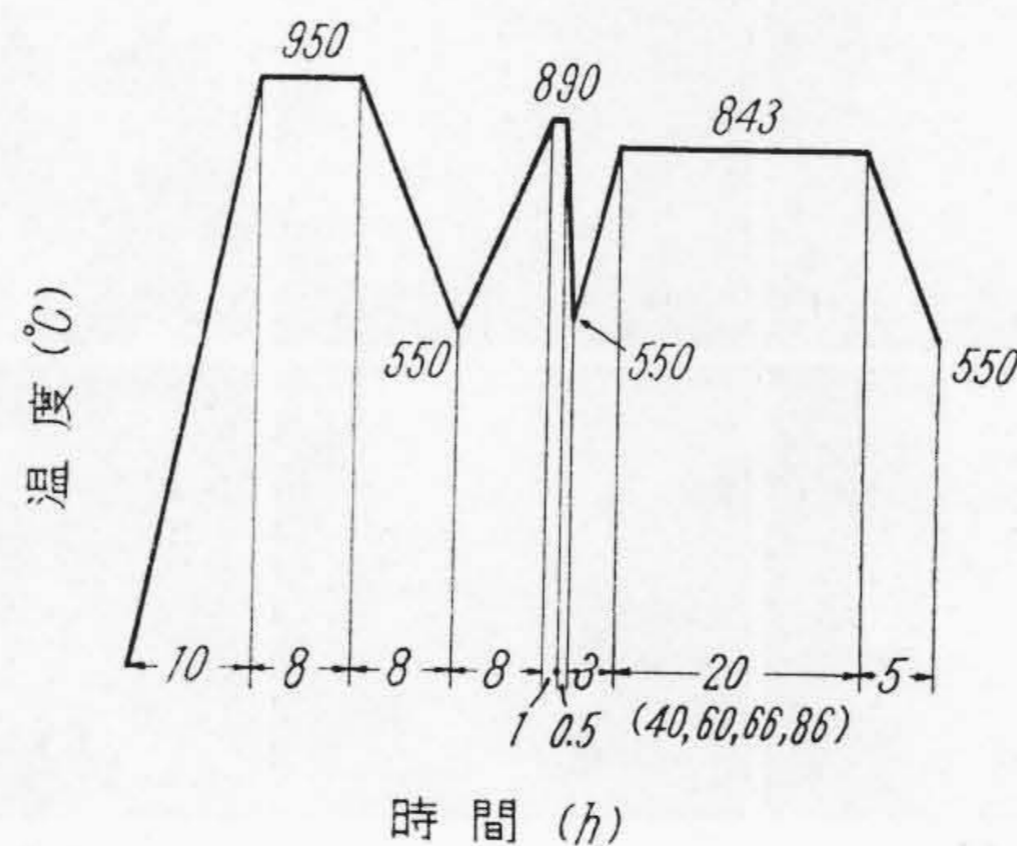
熔解番号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
D 8	1.80	0.58	0.76	0.080	0.021	0.90	0.25



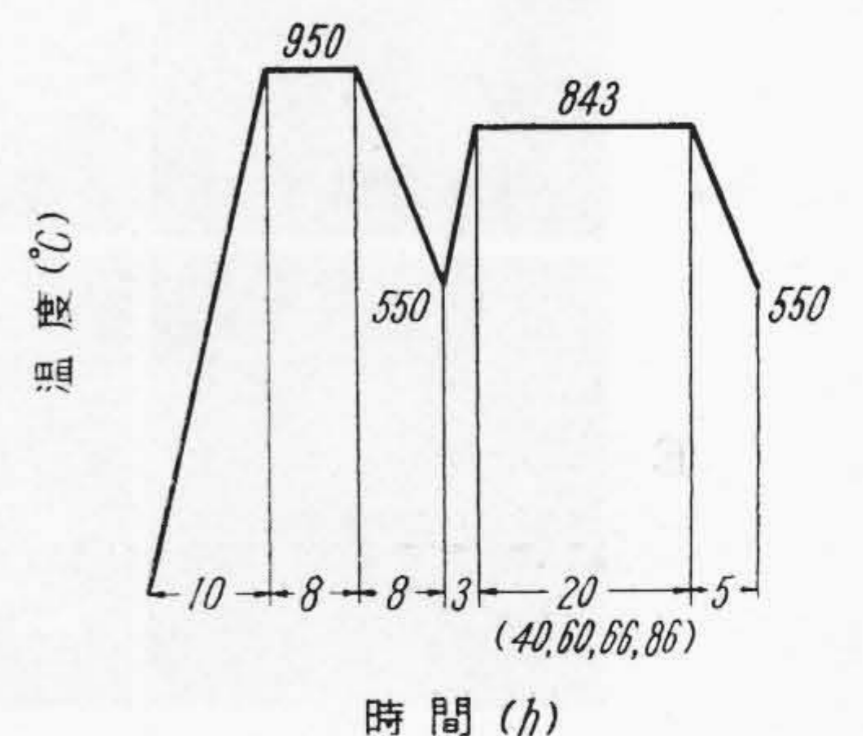
第8図 炭素量と顕微鏡組織との関係 ×50, ×400 (2/5 縮写)  
Fig. 8. Relation between Carbon Content and Microstructure ×50, ×400 (2/5)



第9図 熱処理 C  
Fig. 9. Heat Treatment C

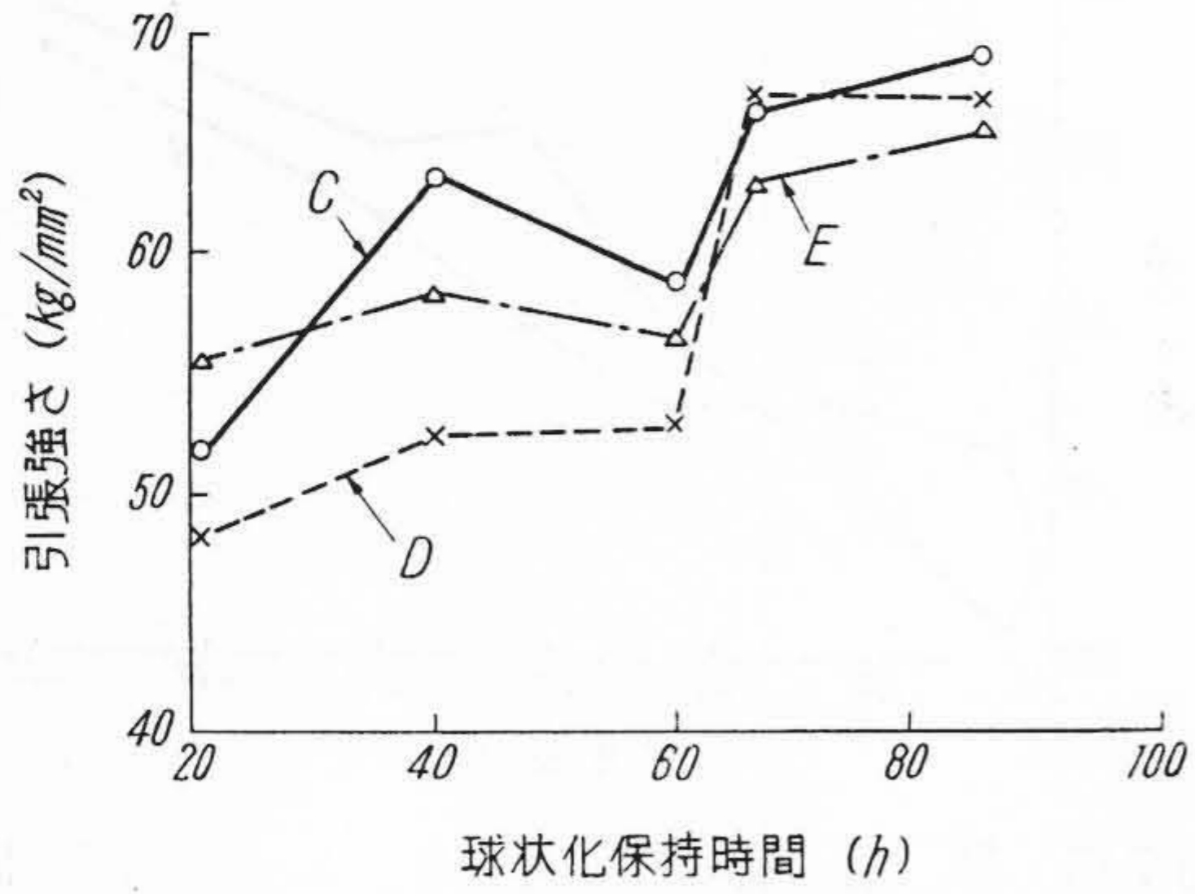


第10図 熱処理 D  
Fig. 10. Heat Treatment D

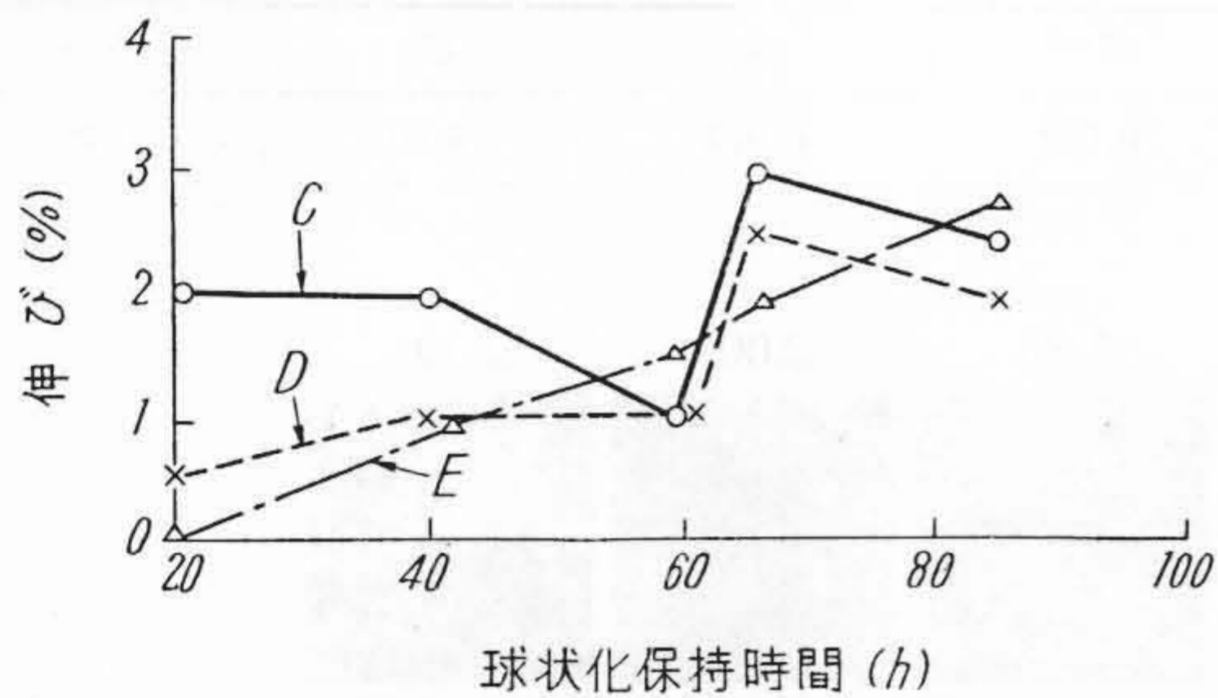


第11図 熱処理 E  
Fig. 11. Heat Treatment E

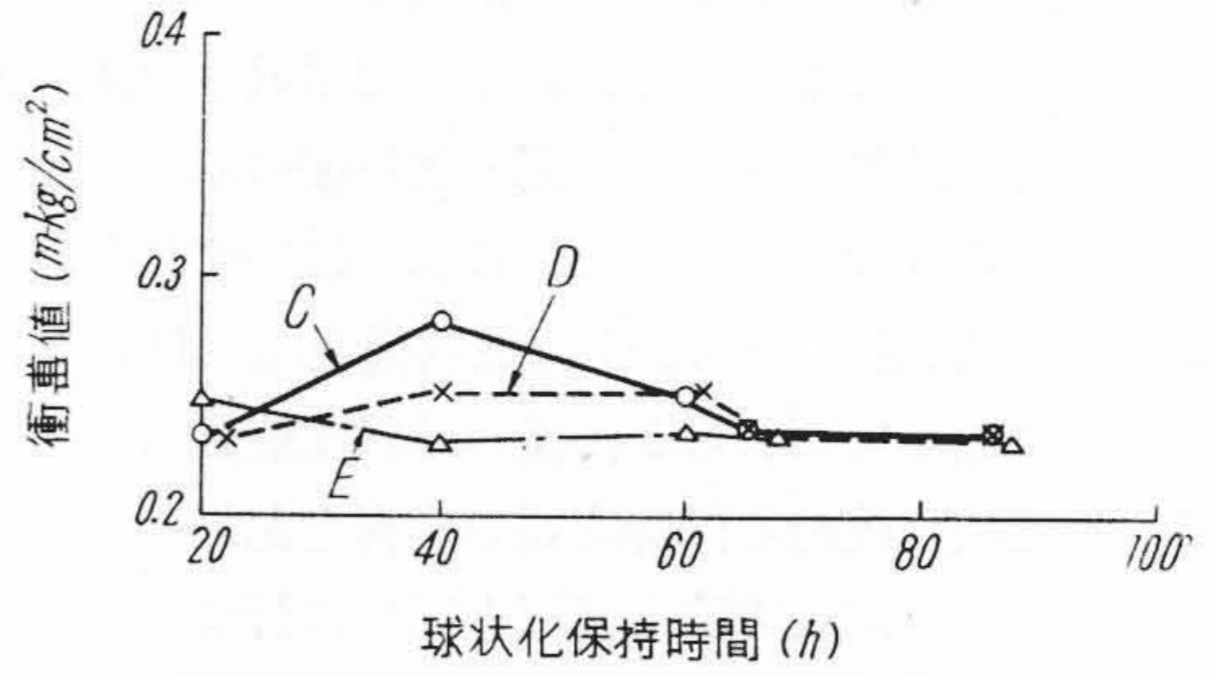




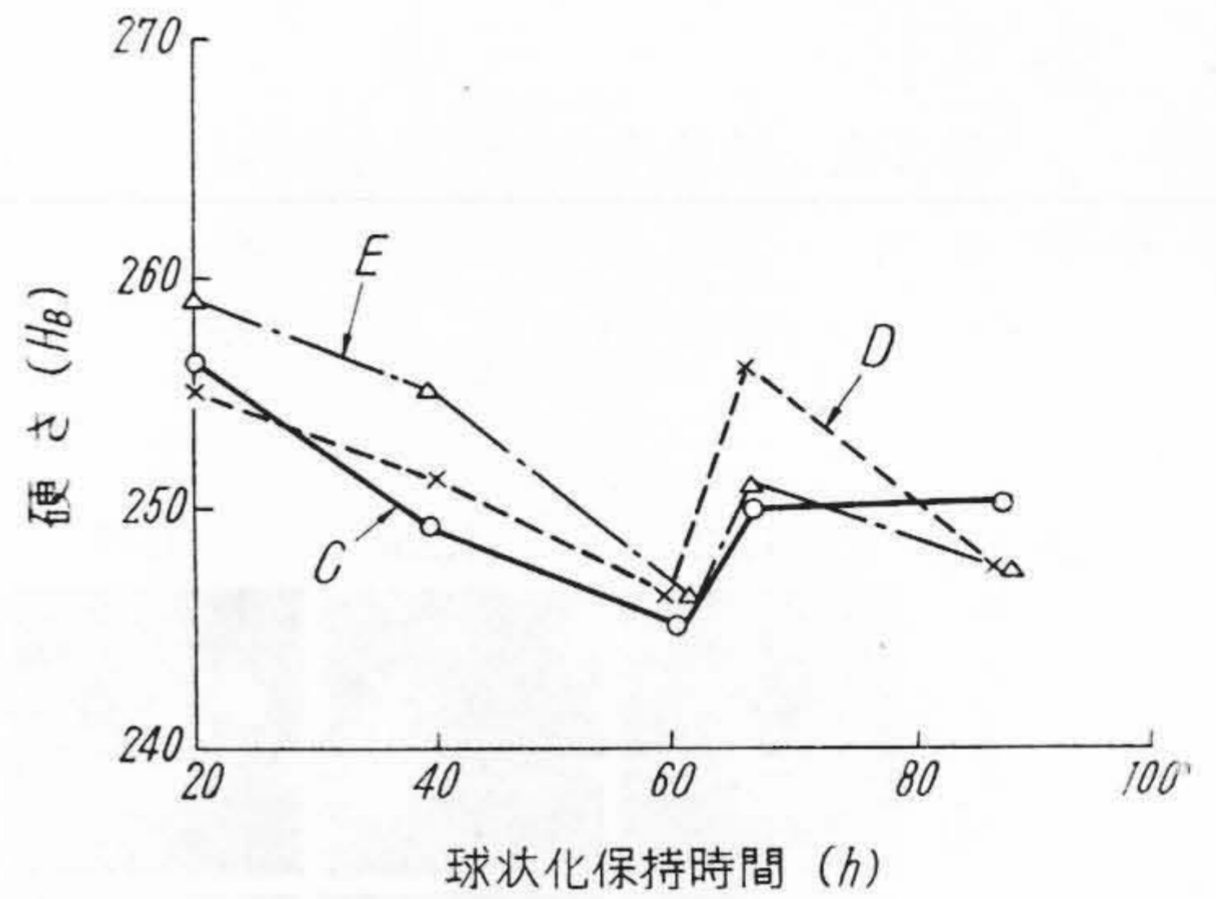
第12図 熱処理と引張強さとの関係  
Fig. 12. Relation between Heat Treatment and Tensile Strength



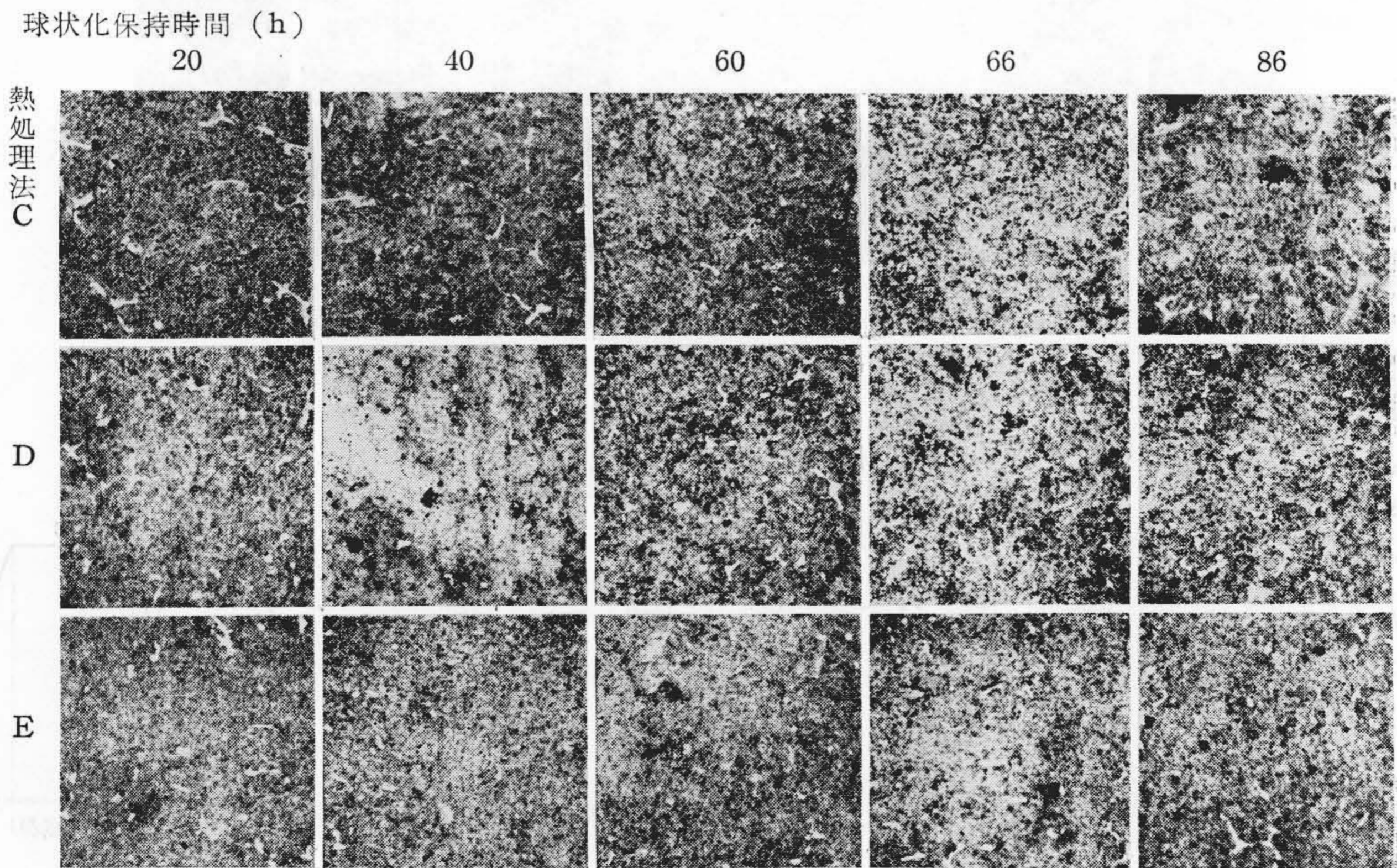
第14図 熱処理と衝撃値との関係  
Fig. 14. Relation between Heat Treatment and Impact Value



第13図 熱処理と伸びとの関係  
Fig. 13. Relation between Heat Treatment and Elongation

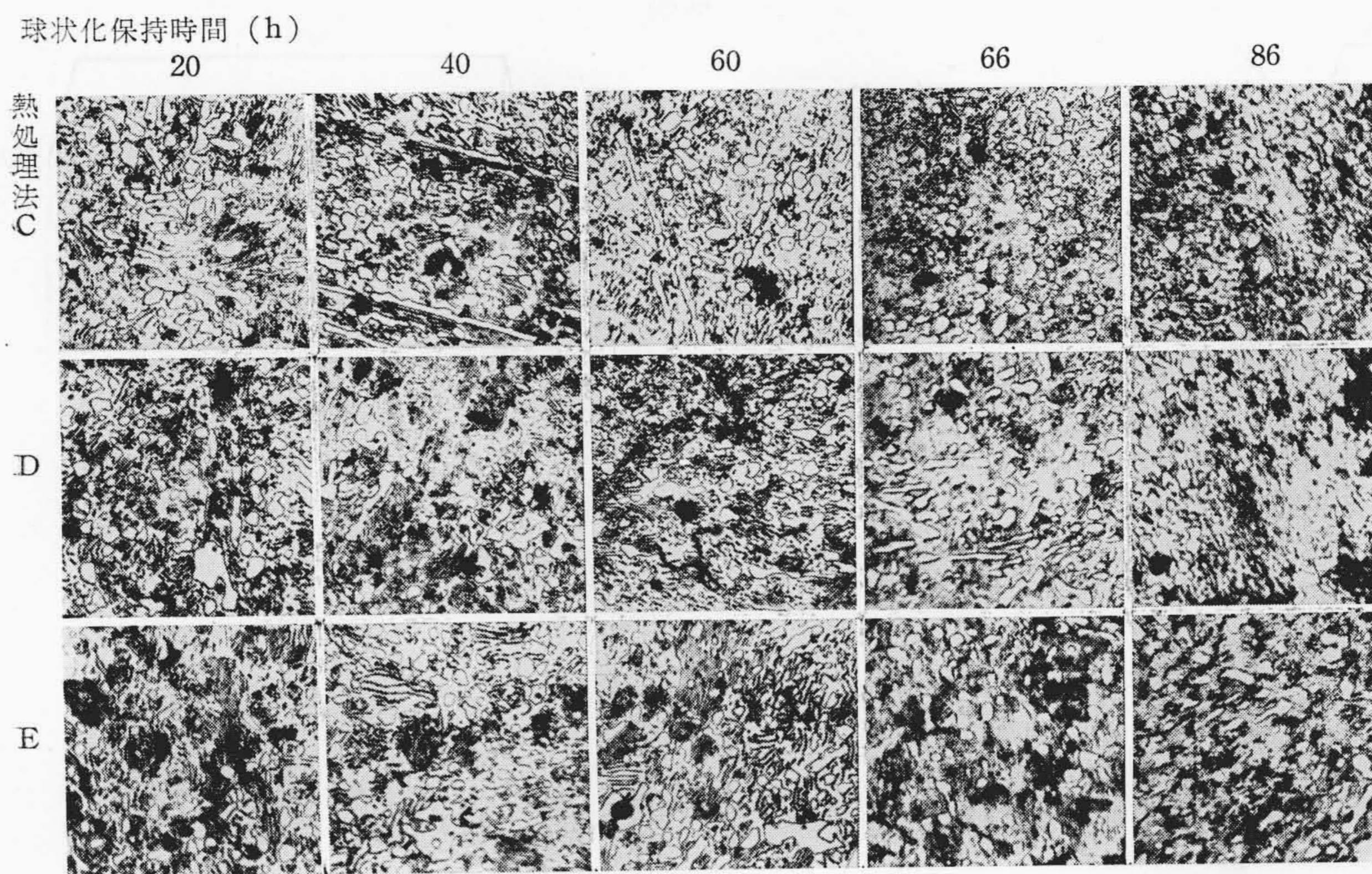


第15図 熱処理と硬さとの関係  
Fig. 15. Relation between Heat Treatment and Hardness



第16図 熱処理と顕微鏡組織との関係 ×50 (3/5縮写)  
Fig. 16. Relation between Heat Treatment and Microstructure ×50 (3/5)





第17図 熱処理と顕微鏡組織との関係 ×400 (3/5縮写)  
Fig. 17. Relation between Heat Treatment and Microstructure ×400 (3/5)

第3表 試験片の化学成分 %  
Table 3. Chemical Composition of Test Piece %

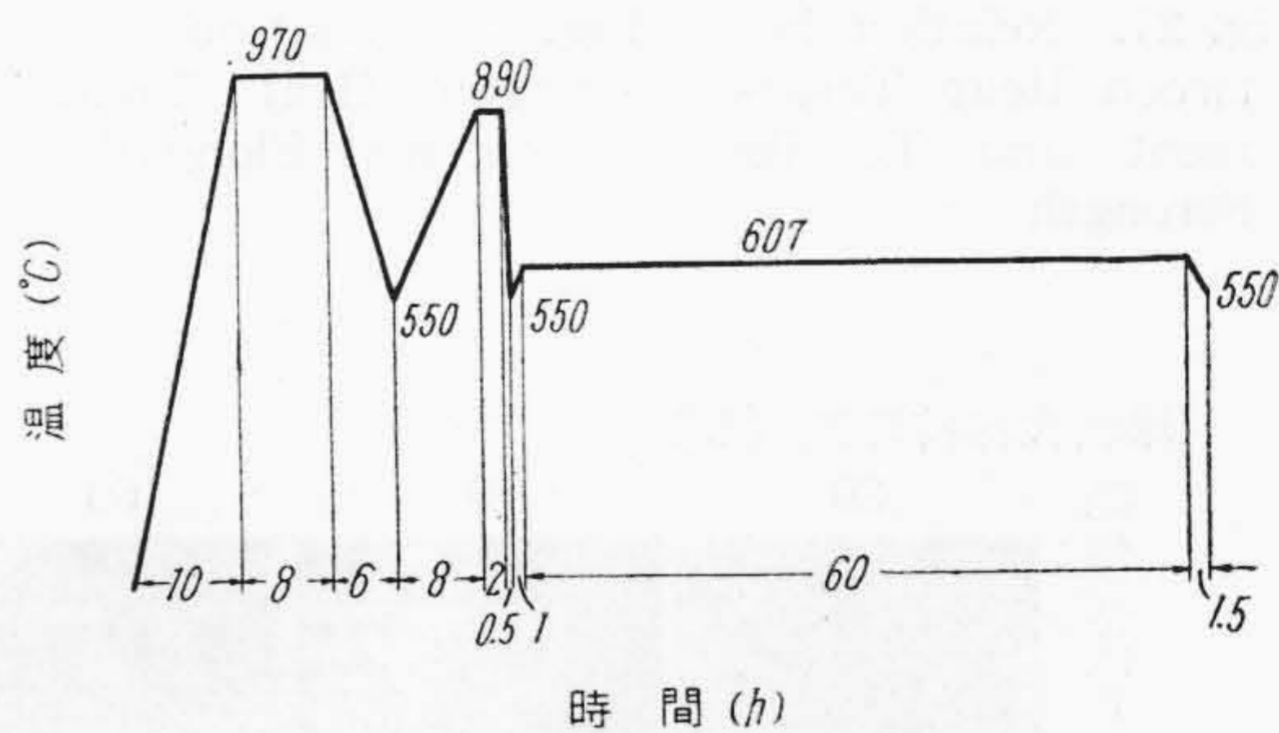
熔解番号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
D 9	1.76	0.46	0.60	0.083	0.036	1.00	0.29

まづ機械的性質には空冷したものがやゝすぐれているようであるが、C、D、E 3法の差が認められない。しかし球状化時間によつては影響される。これは基地の球状化の進行と幾分かの遊離セメンタイトの球状化によるものである。すなわち引張強さ、伸びは球状化の進行とともに増し硬さは減じている。衝撃値は伸びの増加にかかわらず増さないのは、このような脆い材質には測定法が適切でないためと考えられる。

熱処理と組織との関係では遊離セメンタイトの形状、分布は3法のいずれもほとんど同様で、炉冷、空冷、焼準の影響が認められないのは前回で述べたごとく、遊離セメンタイトが安定で、その形状と分布がこの程度の熱処理によりかええないためである。しかし基地は球状化処理により変化し、特に球状化焼鈍の時間の長短が、機械的性質にいちじるしく影響していると考えられる。Eの焼準による結晶粒の微細化の効果が認められないのは、この鋼種の拡散の困難性を示している。

### 〔V〕 第3回試験

今回は拡散、焼準後球状化を 843°C と 607°C の2通りかえたのと、球状化処理のみを行つた3種について試



第18図 熱処理 F  
Fig. 18. Heat Treatment F

験して前回の確認を行つた。

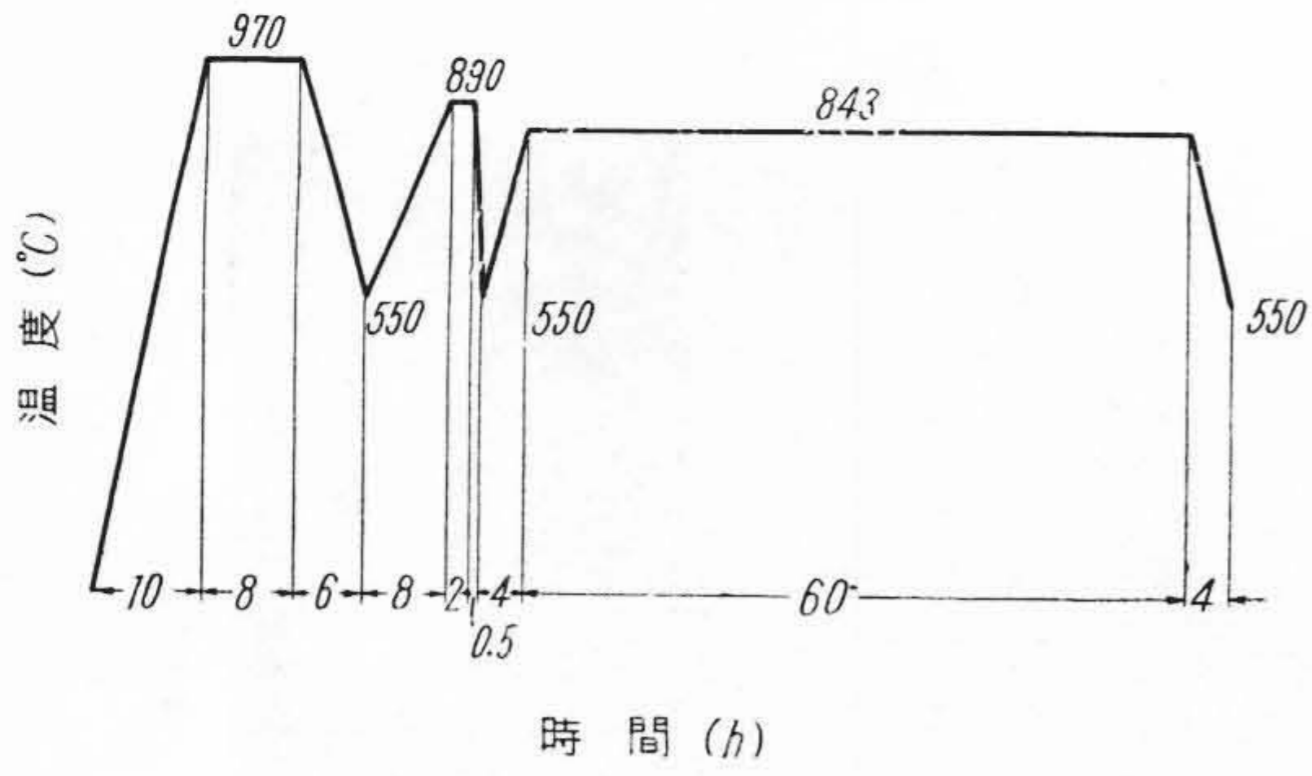
#### (1) 試験片の化学成分と熱処理法

試験片の化学成分は第3表に示すごとくである。また熱処理は第18図～第20図に示すごとくで、試験方法は前回と同様に行つた。

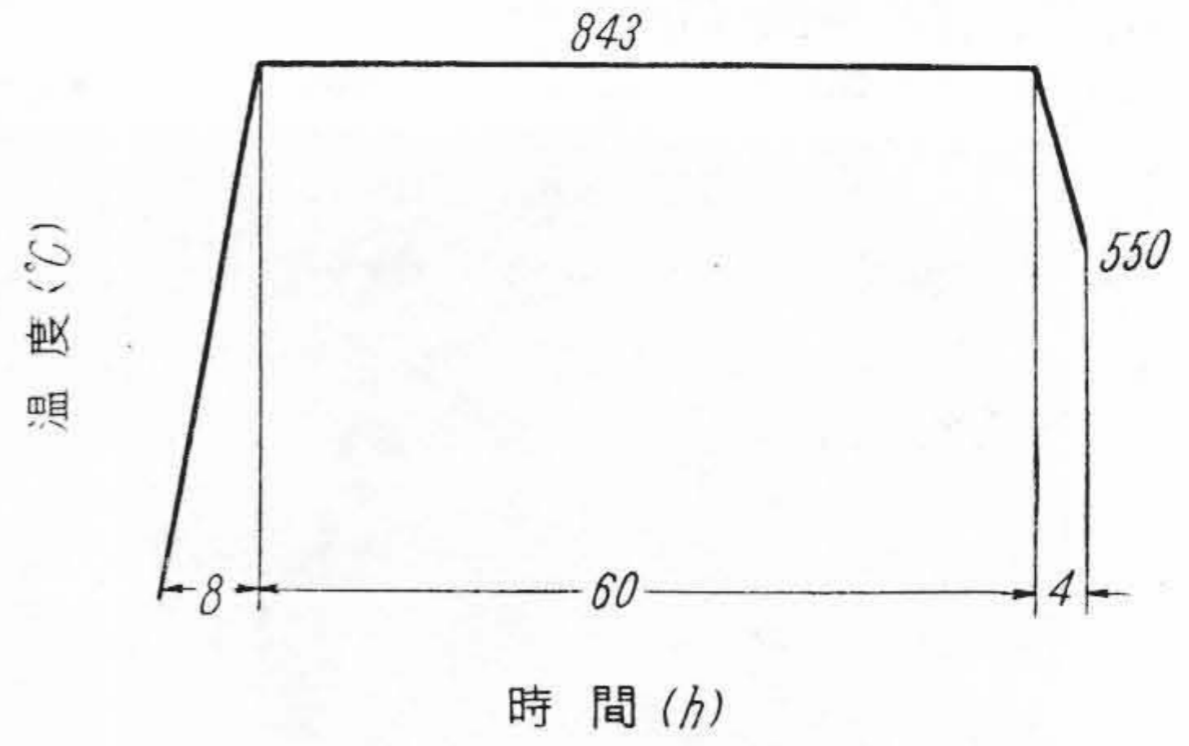
#### (2) 試験結果と考察

熱処理と機械的性質との関係を第21図～第24図に組織を第25図に示した。まづF、Gは遊離セメンタイトの形状と分布がことなつている。これよりGの843°Cの球状化焼鈍は遊離セメンタイトの球状化も多少促進させるこ

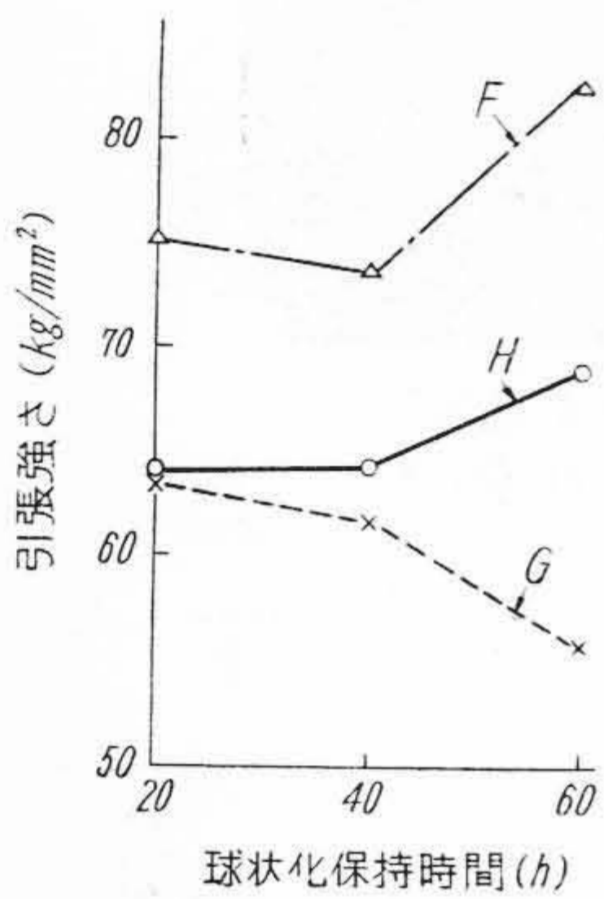




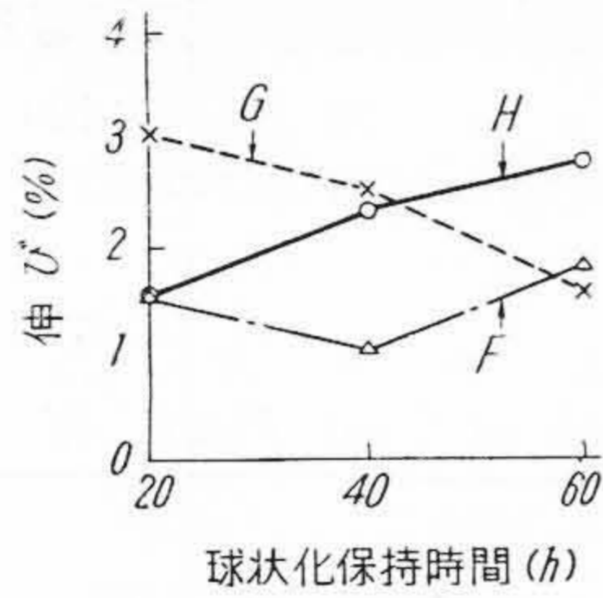
第19図 熱処理 G  
Fig. 19. Heat Treatment G



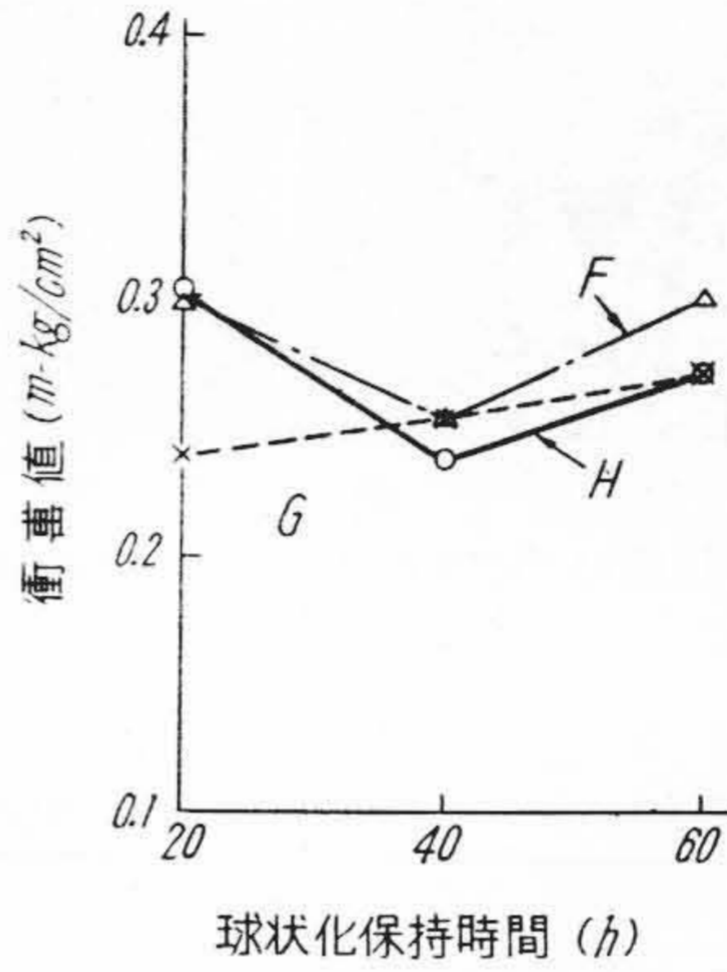
第20図 熱処理 H  
Fig. 20. Heat Treatment H



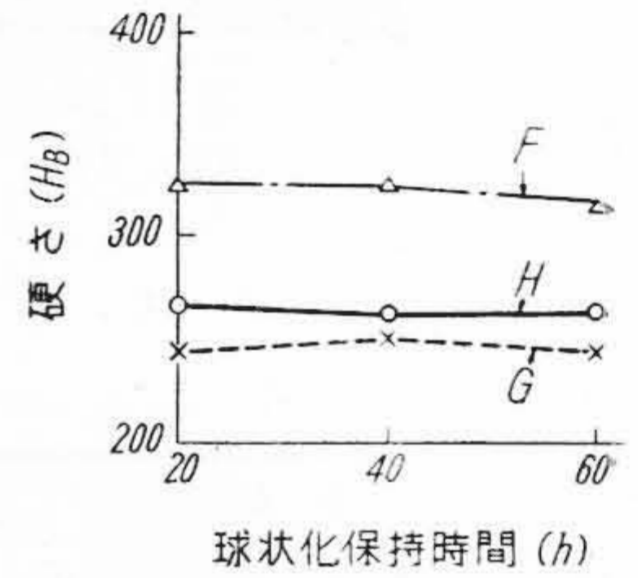
第21図 熱処理と引張強さとの関係  
Fig. 21. Relation between Heat Treatment and Tensile Strength



第22図 熱処理と伸びとの関係  
Fig. 22. Relation between Heat Treatment and Elongation

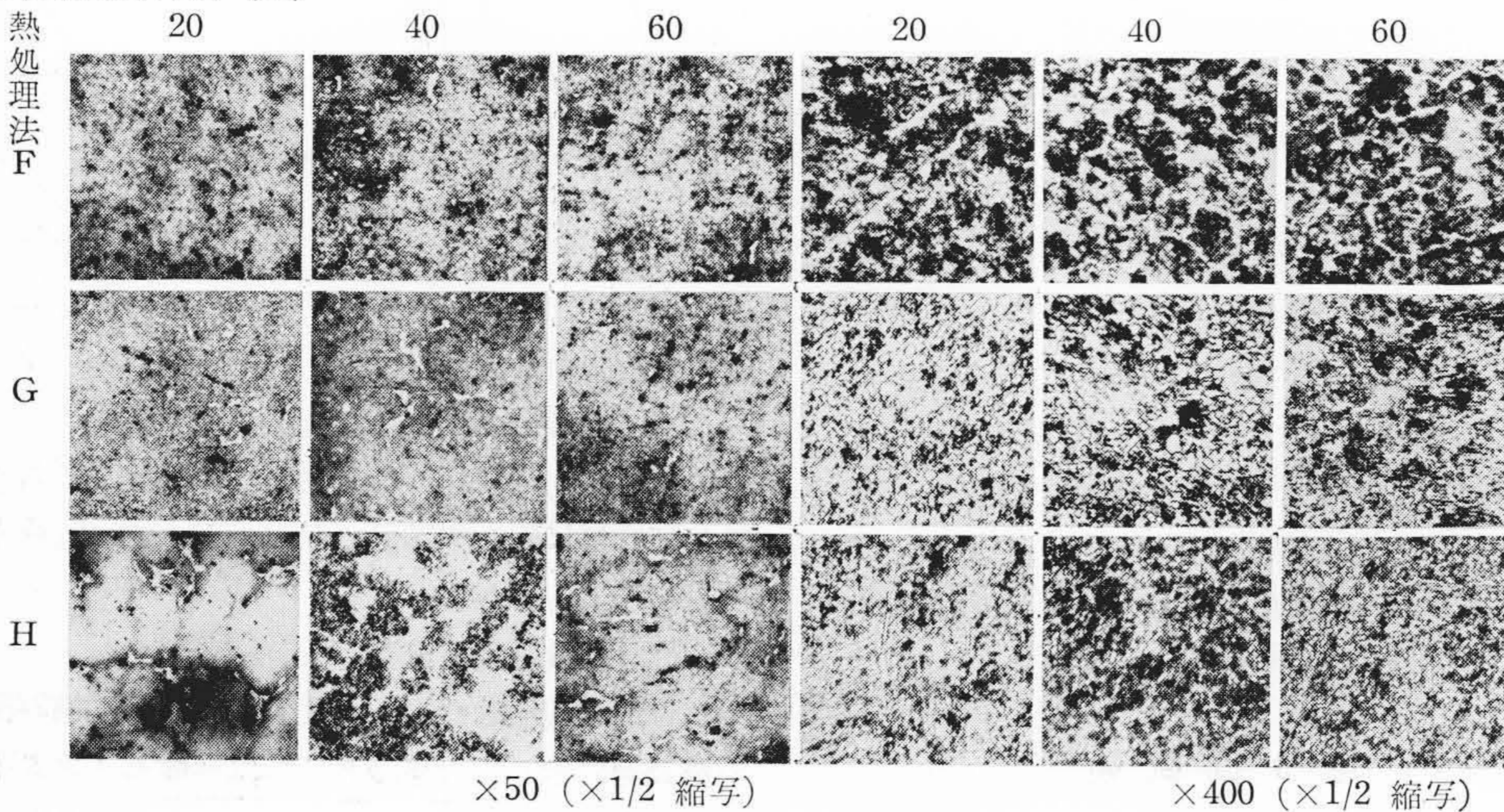


第23図 熱処理と衝撃値との関係  
Fig. 23. Relation between Heat Treatment and Impact Value



第24図 熱処理と硬さとの関係  
Fig. 24. Relation between Heat Treatment and Hardness

球状化保持時間 (h)



第25図 熱処理と顕微鏡組織との関係  
Fig. 25. Relation between Heat Treatment and Microstructure



とが確認できた。よつて米国で行われている 843°C の焼鈍は遊離セメントタイトとパーライトの球状化を目的としたものであることが想像される。つぎに G と H をくらべた結果拡散、焼準を行つた G 法は球状化がはじめはおくられるが、ある時間以上では両法の差はほとんど認められなかつた。

機械的性質は 607°C で焼鈍したものが、硬さと引張強さが高い外は顕著な熱処理法の差と保持時間の影響が認められなかつた。これは球状化の進行に対し球状化保持温度の影響がもつとも大きいことを示している。このことは組織からも推定できる。今回では前回程球状化保持時間の影響が明瞭にあらわれないのは試験片の偏析などによるばらつきのためと考えられる。

〔VI〕 結 言

これらの試験結果を総括すればつぎのごとくである。

(1) 高炭素クロムモリブデン鋼の炭素量 1.22~2.40% の範囲では引張強さ、伸び、衝撃値は炭素量にしたがつて減じ硬さは増す。拡散焼準後球状化焼鈍したものと球状化焼鈍のみを行つたものとの機械的性質は大差ない。組織では遊離セメントタイト量は増すが、基地の球状化には熱処理と炭素量の影響はあきらかでない。

(2) 炭素量 1.7% 内外のクロムモリブデン鋼は拡散焼鈍後の冷却法と焼準の影響は機械的性質、組織に対してはあきらかでないが、球状化焼鈍の保持時間と保持温度は機械的性質に影響する。

終りに臨み本研究の指導を賜つた日立金属工業株式会社戸畑工場宮下工場長、金田部長ならびに塩谷課長に対して厚く感謝の意を表するとともに、本実験の進行に協力された研究係松尾、小南両君に感謝するしだいである。

参 考 文 献

- (1) A. S. M.: Metals Handbook 1185 (1939)
- (2) S. R. Robinson: Foundry 188 (1950-12)
- (3) 鉄鋼協会: 鉄鋼便覧 368, 417, 478 (昭 29)
- (4) F. H. Allison, C. E. Peterson: Iron and Steel Engineer, 68 (1954-12)
- (5) Sisco: Alloy of Iron and Carbon II 75 (1937)
- (6) Bullens: Steel and its Heat Treatment III 5 (1949)

# 工具材料 上下

日立金属工業株式会社  
冶金研究所長・工博

小柴定雄著

上巻 主要内容

- ◎ 工具材料の種類と性質
- ◎ 工具材料の製造法
- ◎ 工具材料の熱処理と選択方法
- ◎ 炭素工具鋼
- ◎ 刃物鋼
- ◎ 特殊工具鋼
- ◎ ダイス鋼(I)
- 文献 索引

A5判 二八四頁 定価六五〇円

下巻 主要内容

- ◎ ダイス鋼(II)
- ◎ 高速度鋼
- ◎ 作業工具用鋼
- ◎ 工具用鑄造合金
- ◎ 時効硬化合金
- ◎ 焼結硬質工具合金
- ◎ 工具用鋼材及び製品の諸欠陥とその対策
- ◎ 工具材料の試験検査法
- 附 表 文献 索引

A5判 二五六頁 定価六五〇円

東京

## 丸善

日本橋