

特殊青銅の高温度に於ける性質に就いて

吉田 秀俊* 上田 博**

Properties of Special Aluminium Bronze at High Temperatures

By Hidetoshi Yoshida and Hiroshi Ueda
Kameari Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This is a report relating of the writers' experiments on Mn bronze, special Al bronze, and phosphor-bronze to study their mechanical characteristics and microscopic structures at high temperatures and thermal expansion. The writers conducted the above study primally for the purpose of determining practical range of high temperatures for each of these metals. Hitherto, inspite of the fact that in so many of Hitachi's machines operated for the jobs carying high temperatures are employed these special bronzes, their high temperature characteristics have not been precisely defined by any metallurgist, and this lack of fundamental research in characteristics of material has often hampered the engineers to braild a machine on a proper design.

〔I〕 緒 言

現在日立製作所で使用している特殊青銅としては Mn 青銅、特殊 Al 青銅及び磷青銅等がある。これらの材料は高温で使用されるポンプ及び諸機械に屢々用いられている。しかしこれら材料の高温度に於ける性質に就いての文献は極めて少く、各材料の高温性質を把握するには不十分である。これがために Mn 青銅、特殊 Al 青銅及び磷青銅の 3 種類の材料に就いて高温度に於ける諸性質を測定した。その結果より各材質別に実用的に使用可能な温度範囲を規定した。実験は各材料に就いて高温度に於ける機械的性質、高温顕微鏡組織及び熱膨張試験を行つた。

〔II〕 高温度に於ける機械的性質

現在高温で使用される諸機械の材料として屢々用いられている Mn 青銅、特殊 Al 青銅及び磷青銅の高温度に於ける機械的性質を把握するために、各材料に就いて高温引張り試験、衝撃試験及び硬度試験を行つた。各実

験に用いた試験片は、何れも砂型に鑄造したものを加工して使用した。第 1 表(次頁参照)に試験片の分析結果を示す。

尚各種の材料に就いて高温試験を行つた文献は比較的少いが、調査した範囲内のものを集録し、その結果を検討するとともに、実験結果と比較検討を行つた。

(1) 引張り試験

松村式 30 ton 万能試験機を使用した。試験片の加熱には第 1 図(次頁参照)に示す如き装置を用いた。

試験片は何れの材料も JIS の 4 号試験片に準じて砂型鑄造を行い、文献⁽¹⁾により第 2 図(次頁参照)の如く加工して実験に供した。

試験片の保温時間は何れも 1 時間とし、保温中第 1 図に示す A 部、B 部の温度差は $\pm 3^{\circ}\text{C}$ となる如く調整して行つた。

次に文献より集録した黄銅類及び青銅類の代表的な材質の高温度に於ける性質と実験結果を示す。

(A) 文献の集録

文献⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾等より集録して、第 2 表(次頁参照)に示すが如き成分の合金の高温度に於ける引張り試験結果を

* ** 日立製作所亀有工場

第 1 表 試 験 片 の 分 析 結 果

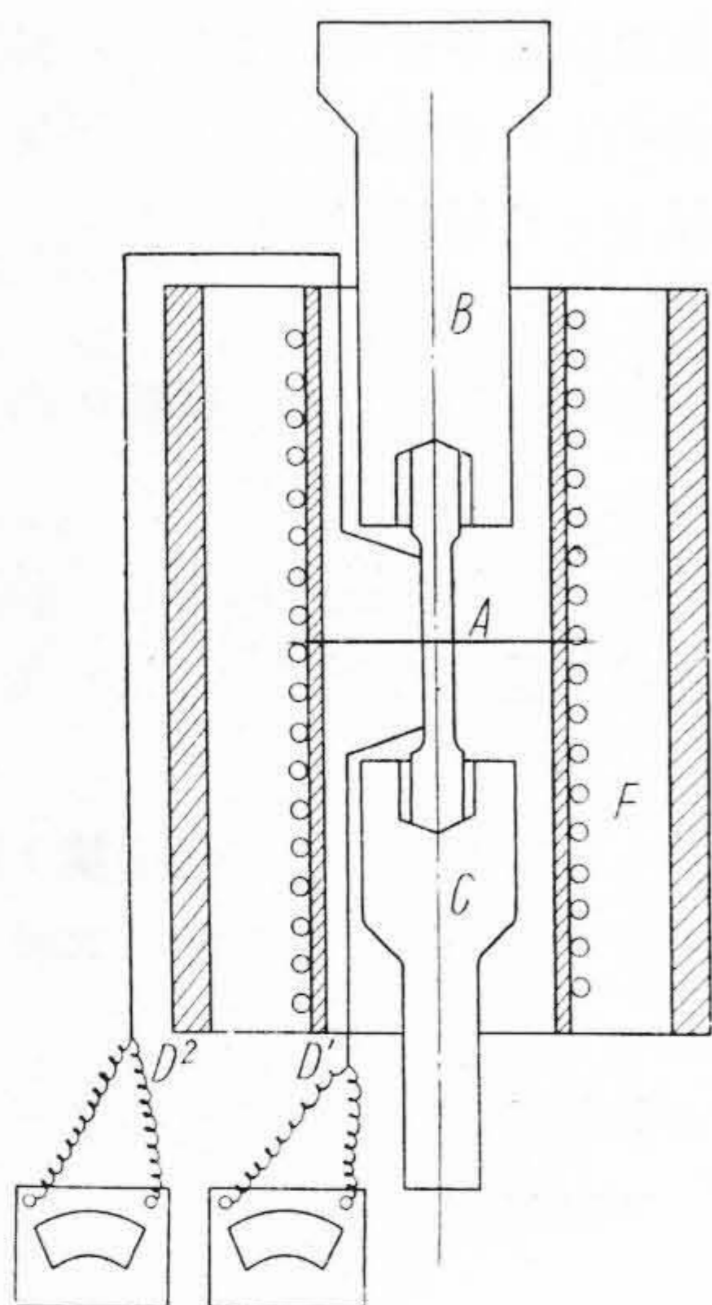
Table 1. Chemical Composition of Test Pieces (%)

材 質		成 分 (%)							
		Cu	Zn	Al	Mn	Fe	Ni	Sn	P
Mn 青 銅	規格範囲	52.0±3.0	40.0±2.0	1.0~1.5	4.0~5.0	1.0~1.5	—	—	—
	分析結果	54.62	38.57	0.98	4.42	1.59	—	—	—
特殊 Al 青銅	規格範囲	残 り	—	10~10.5	1.0~2.0	4.0~5.0	1.0~1.5	—	—
	分析結果	82.90	—	10.12	1.67	4.25	1.06	—	—
磷 青 銅	規格範囲	残 り	—	—	—	—	—	10~13	0.05~0.3
	分析結果	89.56	—	—	—	—	—	9.77	0.13

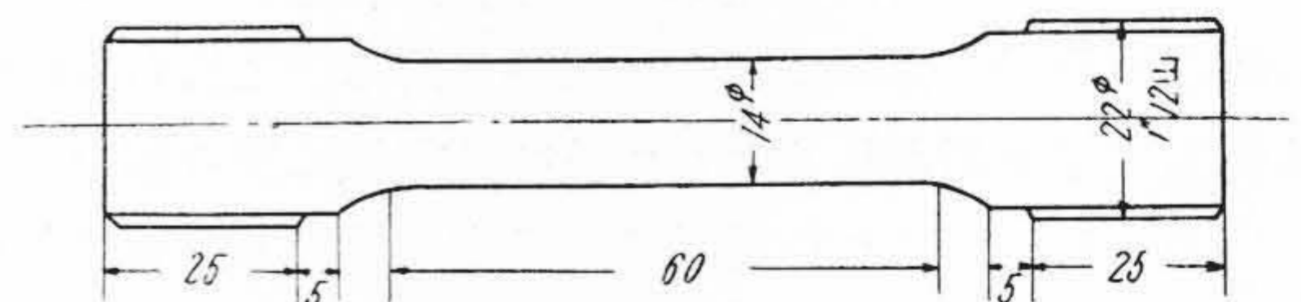
第 2 表 各 種 銅 合 金 成 分 表

Table 2. Chemical Composition of Copper-Alloys

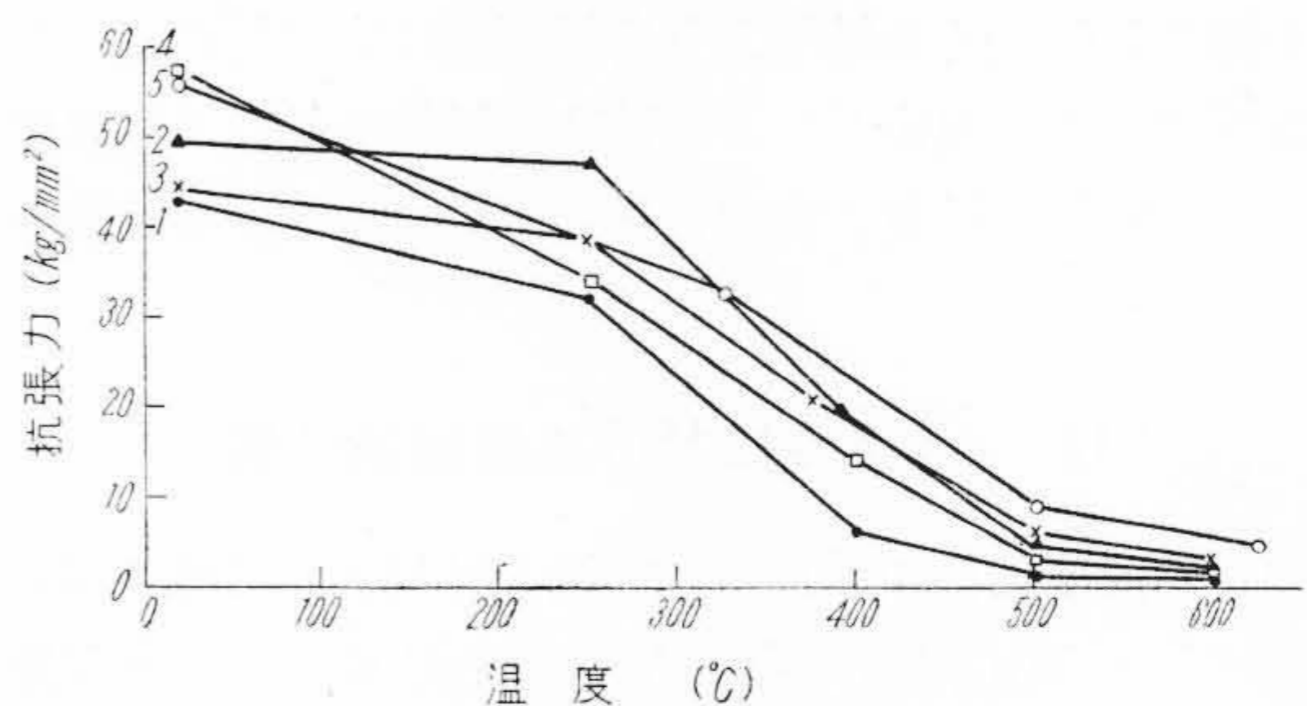
材 質		成 分 (%)								試験片の状態	集 録 文 献	
		Cu	Sn	Al	Si	Ni	Pb	Fe	Zn			他
黄 銅 類	No. 1	60.14	0.75	—	—	—	0.01	0.02	39.08	—	焼 鈍	(1)(7)
	2	70.52	1.27	—	—	—	0.01	0.02	28.18	—	冷間加工 35%	(1)(7)
	3	70.95	—	—	—	—	1.11	0.02	29.92	—	冷間加工 10%	(1)(7)
	4	80.12	—	—	—	—	0.01	0.02	19.85	—	冷間加工 25%	(1)(7)
	5	79.00	—	2.52	—	—	0.01	0.02	18.45	—	冷間加工 45%	(1)(7)
青 銅 類	No. 1	残 り	—	—	0.5	0.75	—	—	—	—	熱 処 理 後	(2)
	2	残 り	—	—	—	—	—	—	—	—	鑄造後熱処理	(2)
	3	残 り	—	—	—	—	—	—	Be 0.4	Cr 0.5	鑄造後熱処理	(2)
	4	残 り	—	1.5	—	6.	—	—	—	Co 2.6	熱 処 理	(2)
	5	残 り	10.0	—	—	—	—	—	2.	—	鑄造のまゝ	(2)
	6	残 り	11.	—	—	7.	—	—	—	—	鑄造のまゝ	(2)
	7	残 り	10.	—	—	—	—	—	—	—	焼 鈍	(2)
	8	残 り	—	10.	—	—	—	—	—	—	冷 間 加 工	(2)



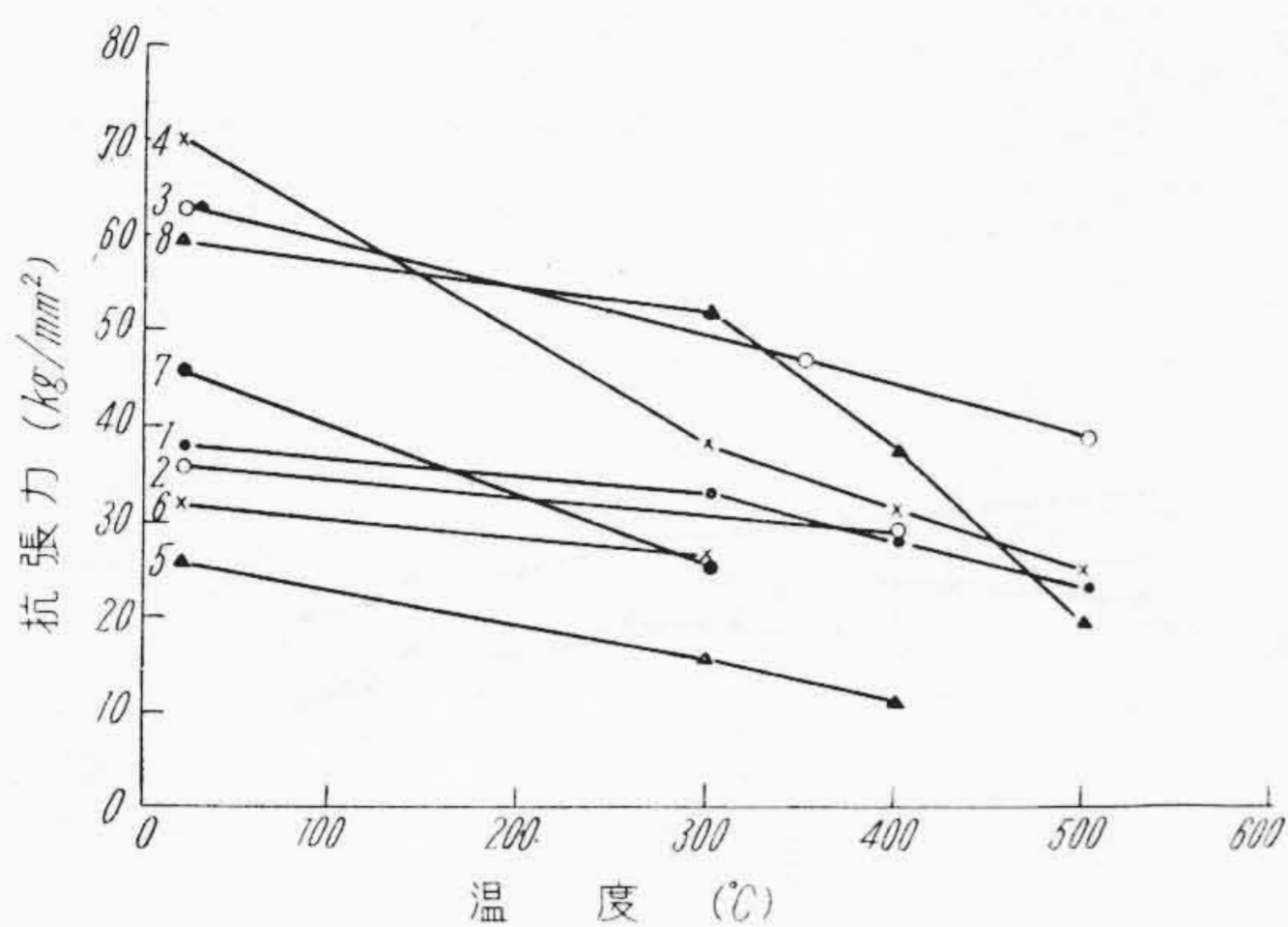
第 1 図 引 張 り 試 験 片、加 熱 装 置
Fig. 1. Apparatus Heating of Tension-Test Piece



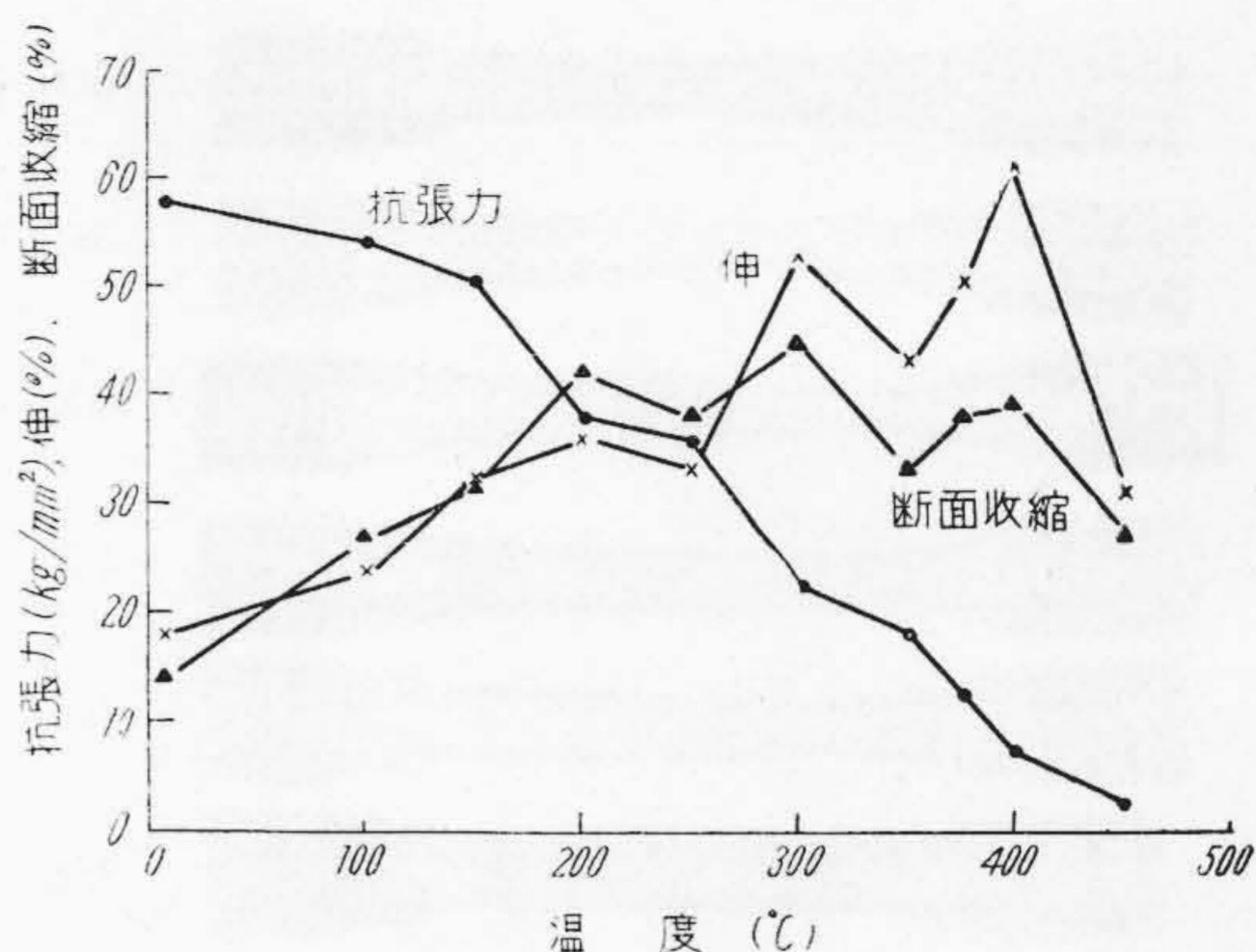
第 2 図 引 張 り 試 験 片
Fig. 2. Test Piece of Tensile Strength



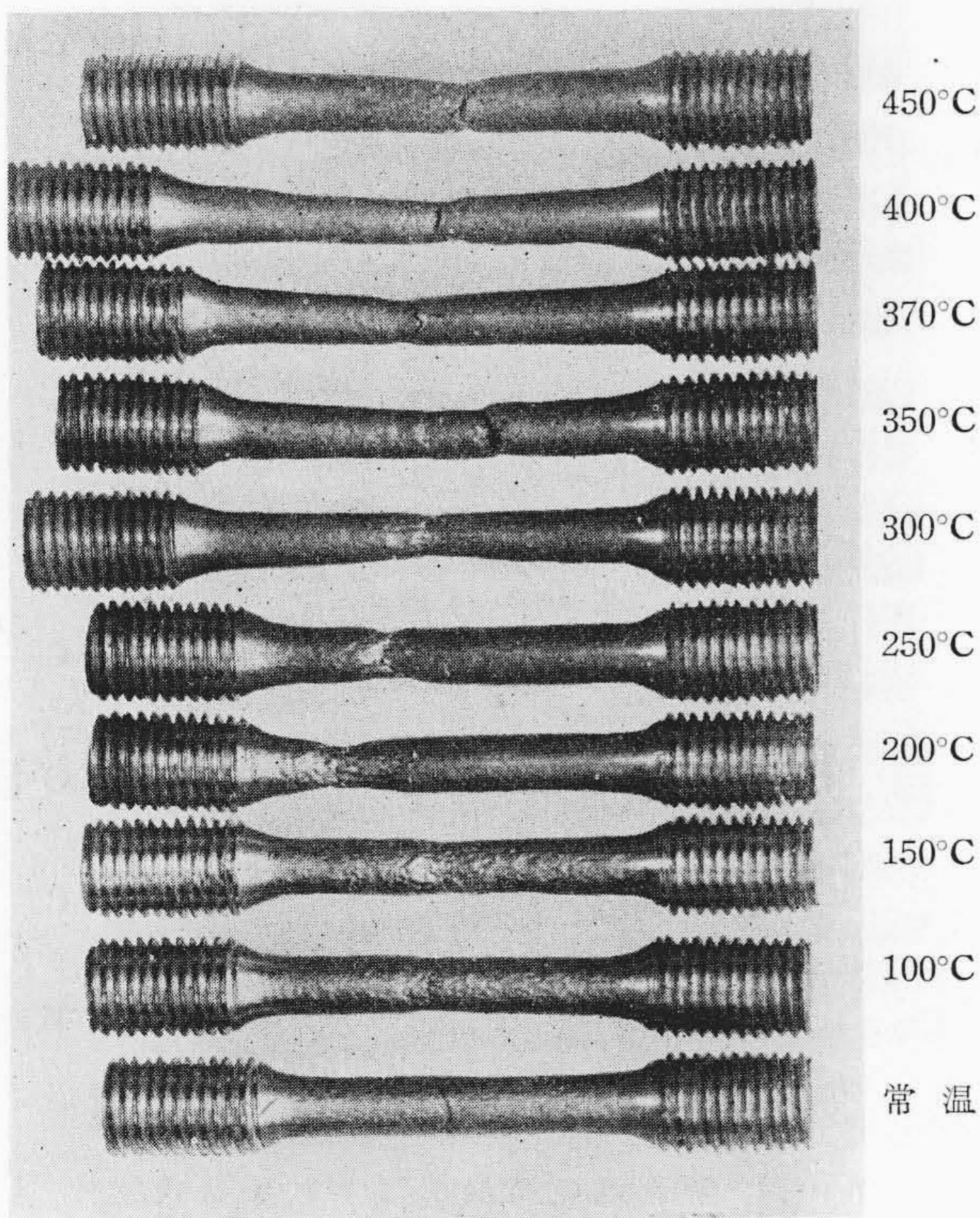
第 3 図 各 種 黄 銅 の 高 温 引 張 り 強 さ
Fig. 3. Tensile Strength of Brass at High Temperature



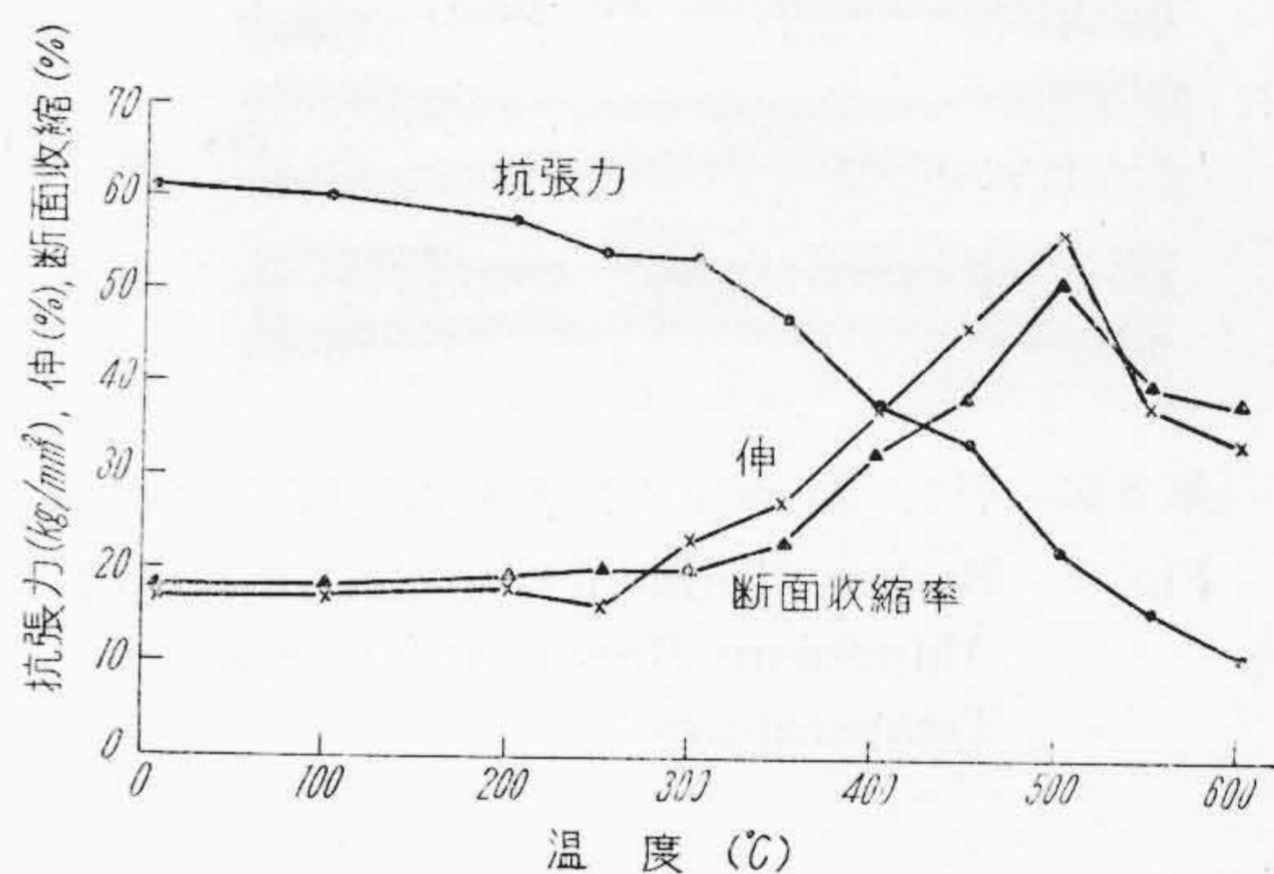
第4図 各種青銅の高温引張り強さ
Fig. 4. Tensile Strength of Bronze at High Temperature



第5図 Mn 青銅の高温性質
Fig. 5. Properties of Manganese Bronze at High Temperature



第6図 Mn 青銅の高温引張り破断状況
Fig. 6. Broken Tension-Test Specimens of Manganese Bronze at Various Temperatures



第7図 特殊 Al 青銅の高温性質
Fig. 7. Properties of Aluminium Bronze at High Temperature

b. 特殊 Al 青銅

測定した温度は常温より 600°C 迄である。その結果を第7図に、破断後の状況を第8図(次頁参照)に示す。

c. 磷青銅

測定した温度は常温より 400°C 迄である。その結果を第9図(次頁参照)に、破断後の状況を第10図に示す。

d. 結果

以上の如く文献に示された結果及び実験結果より次のことが云われる。

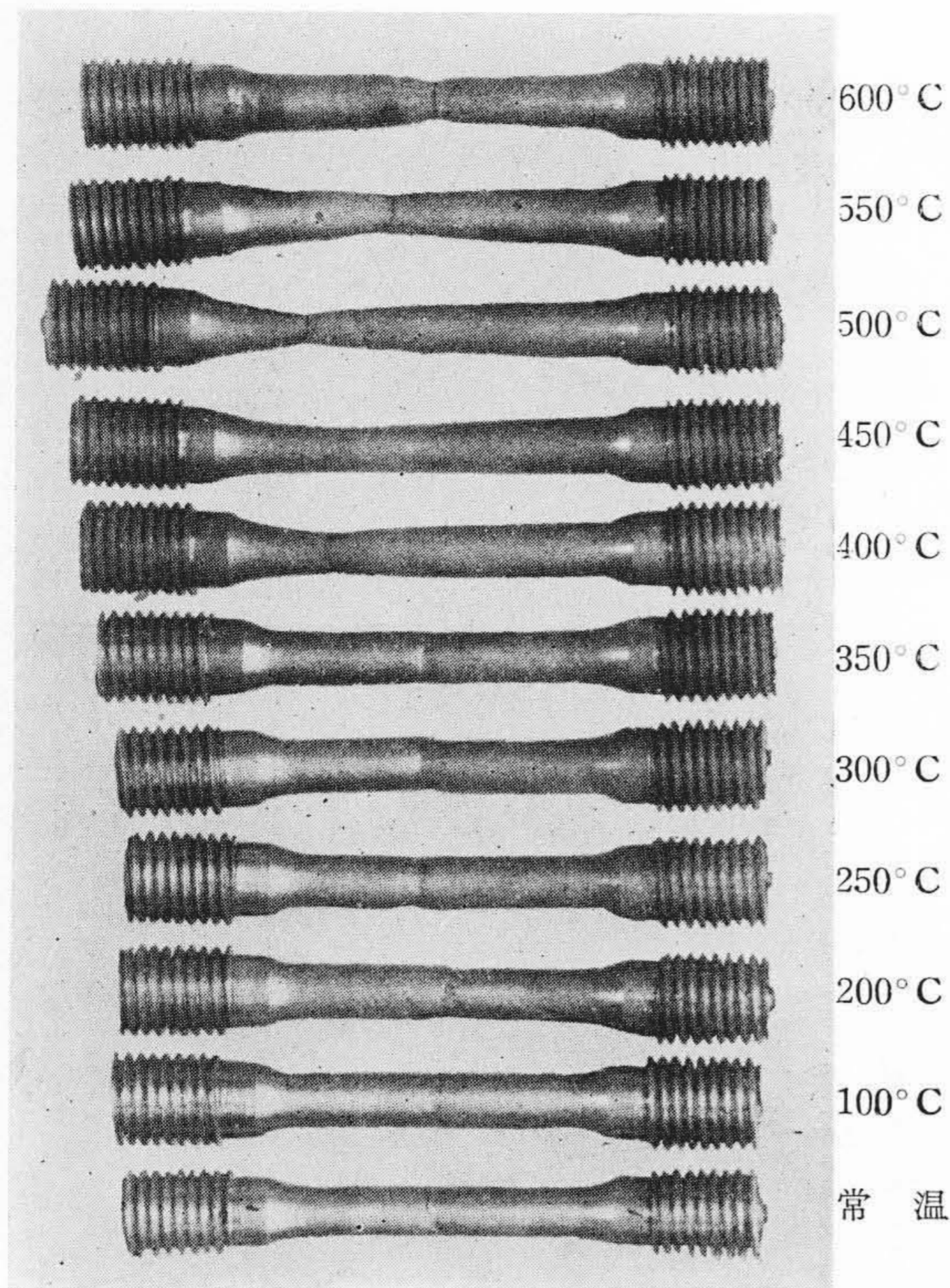
i) 引張り強さは黄銅類及び青銅類を通じて二つの傾向が現われている。即ち温度が上昇するに従つて漸次減少するものと、特定の温度迄は漸次減少し、その後は急激に減少するものがある。前者は青銅類に多く、後者は黄銅類に多い。実験の結果は Mn 青銅及び特殊 Al 青銅は後者に属し、磷青銅は前者に属している。

第3図、第4図に示す。

(B) 実験結果

a. Mn 青銅

測定した温度は常温より 450°C 迄である。その結果を第5図に、破断後の状況を第6図に示す。



第 8 図 特殊 Al 青銅の高温引張り破断状況
Fig. 8. Broken Tension-Test Specimens of Aluminium Bronze at Various Temperatures

ii) 延伸率も引張り試験の結果と同様に、二つの傾向が現われている。即ち Mn 青銅及び特殊 Al 青銅の如く温度が上昇するに伴つて増加するものと、磷青銅の如く温度が上昇するに従つて漸次減少するものがある。

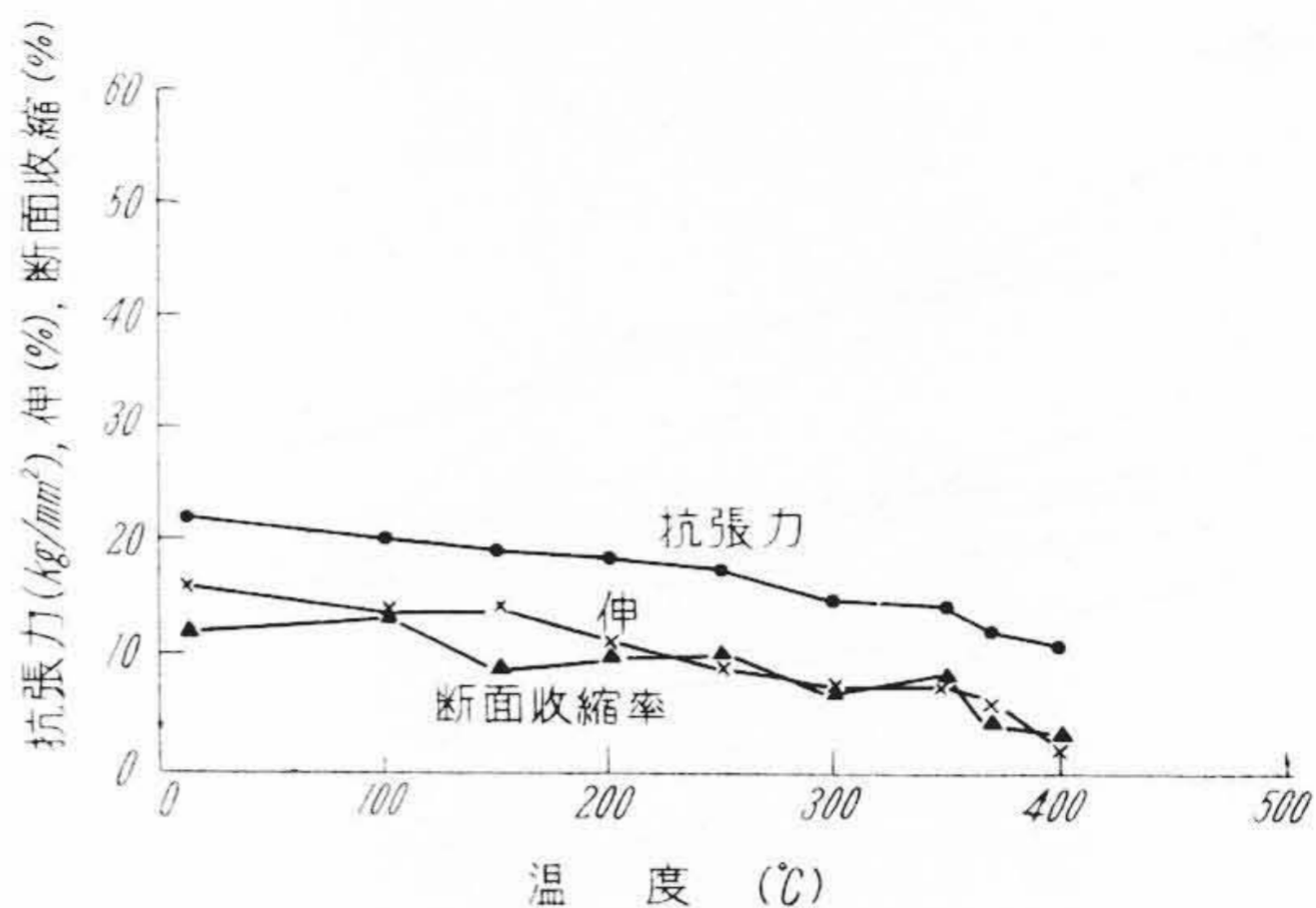
iii) 断面収縮に就いては余り文献に示されていながつたが実験の結果より考察すると、延伸率と同様な結果が現われるものと考え。即ち Mn 青銅及び特殊 Al 青銅は温度の上昇に伴つて増加し、磷青銅は減少する。

(2) 衝 撃 試 験

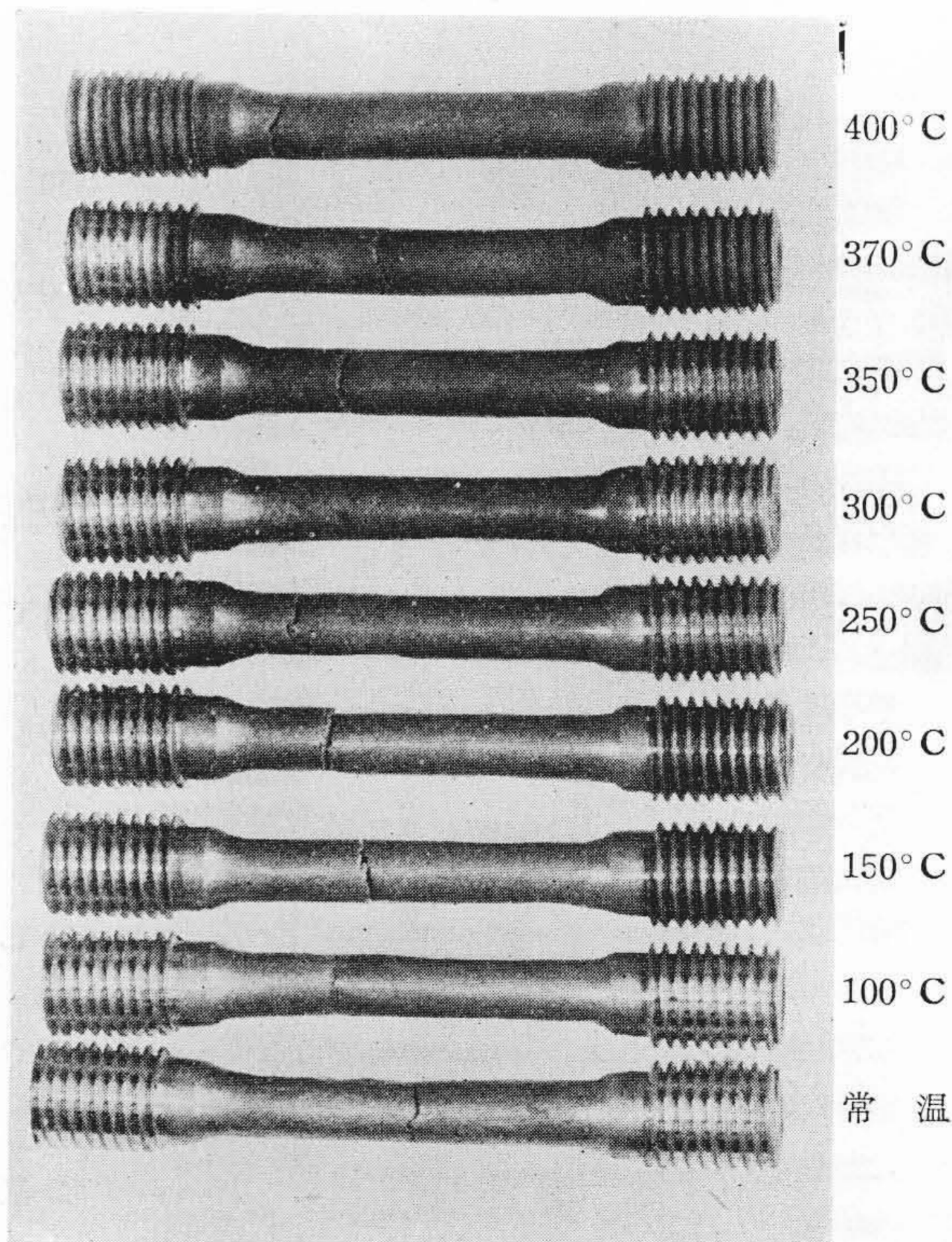
試験装置はシャルピー衝撃試験機を用いた。試験片の加熱はマッフル炉中で行い、保温時間は何れの材質も 1 時間とし、炉内より抽出し衝撃試験する迄の時間は何れも 3 秒以内とした。試験片は何れも 100 mm × 100 mm × 15 mm の板を砂型で鑄造して、これより JIS に準じて加工したものを使用した。第 11 図にその結果を示し、破断面の状況を第 12 図～第 14 図に示す。

文献がほとんど見当たらないため、実験結果のみより考察すると次のことがいわれる。

i) 何れの材料も特定の温度に達すると高温脆性を起す。これがためにある温度以上になると衝撃値は急激に

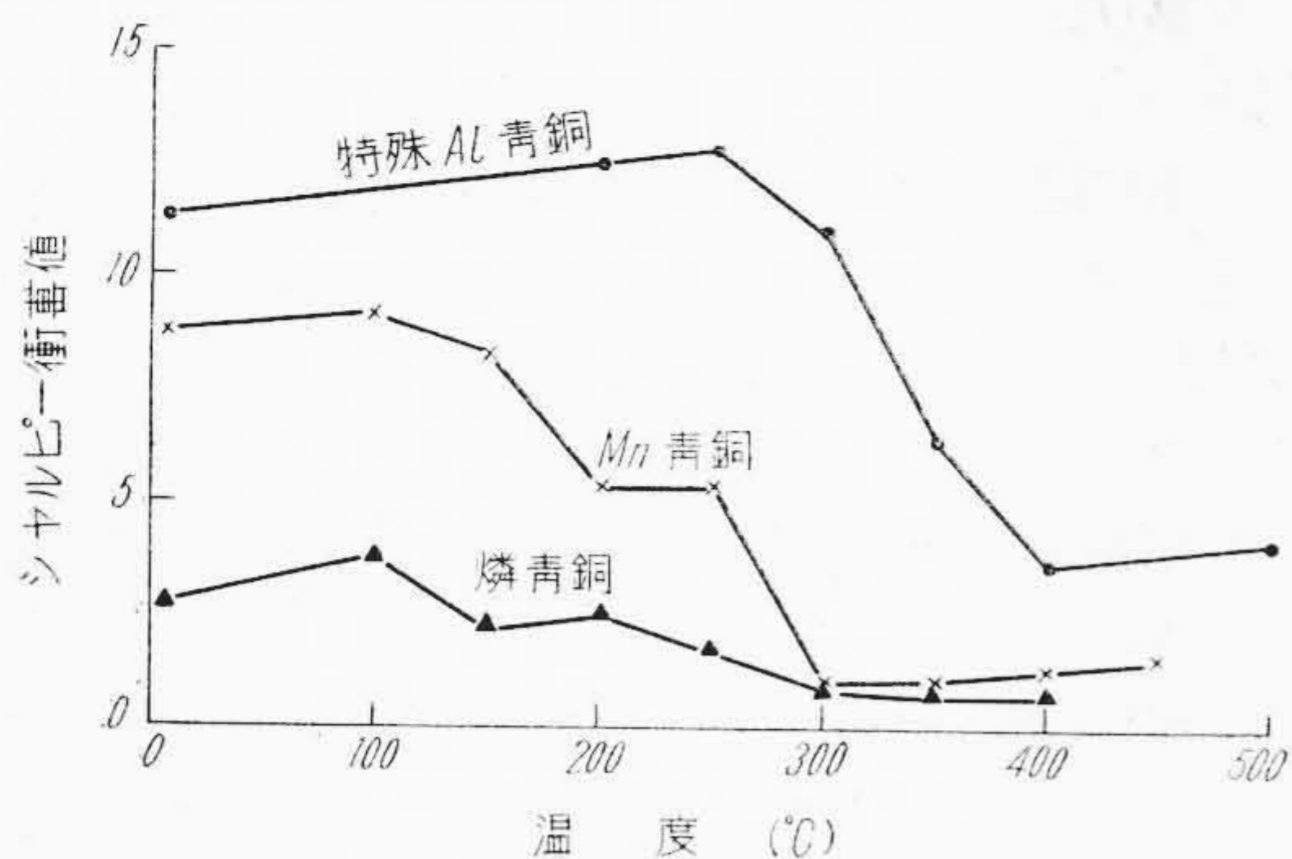


第 9 図 磷 青 銅 の 高 温 性 質
Fig. 9. Properties of Phosphorus Bronze at High Temperatures



第 10 図 磷 青 銅 の 高 温 引 張 り 破 断 状 況
Fig. 10. Broken Tension-Test Specimens of Phosphorus Bronze at Various Temperatures

減少する。即ち第 12 図に示す Mn 青銅の破断面で判る如く、常温より 150°C までは完全なる粘性破面を呈し、30°C 以上になると完全な脆性破面を呈している。これがため衝撃値は 150°C 以上で稍減少し、300°C より急激に減少している。同様に第 14 図に示した磷青銅も 300°C ~ 350°C より高温脆性を起し脆性破面となり衝撃



第11図 特殊青銅の高温衝撃試験結果
Fig. 11. Results of Impact Tests of Special Bronze at High Temperatures

値は急激に減少する。第13図に示す特殊 Al 青銅は、結晶が微細なために倍率を少し大きくしたが破断面の変化は肉眼ではよく判らない。しかし後記の如く鑄造時の不安定な組織が高温になるに従つて平衡状態に戻る変化即ち $\alpha + \beta$ の一部が $\alpha + \delta$ に変化する。このために生じた

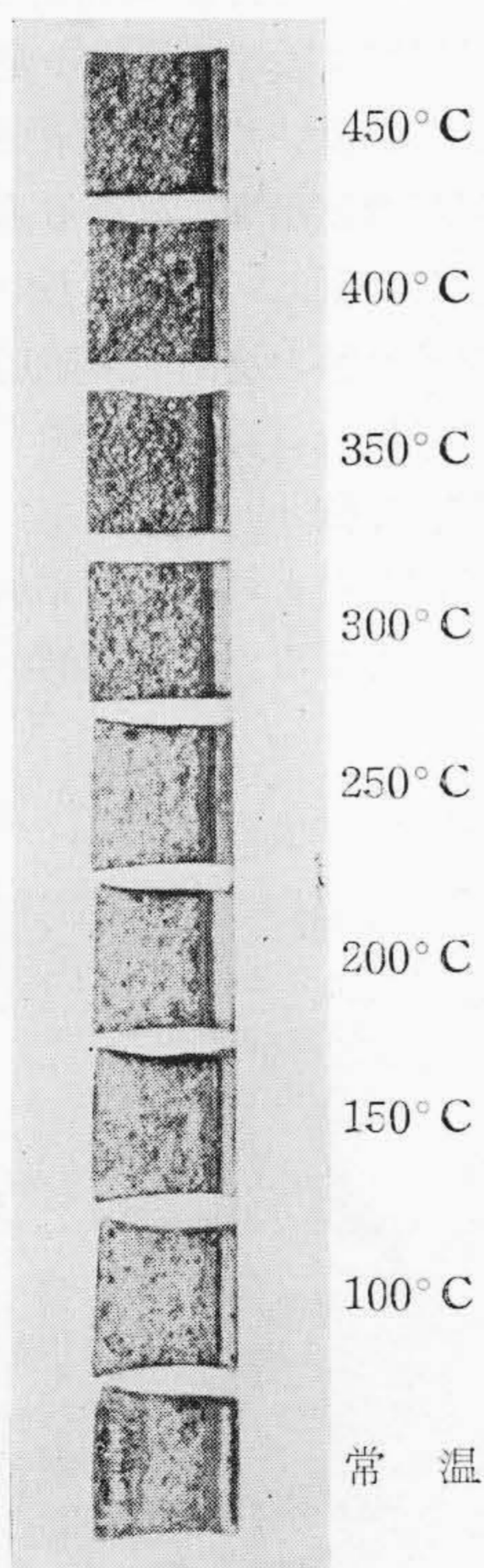
δ により脆性を起したものと考えられる。

ii) 試験したこれら3種類の材質に於て、衝撃値は特殊 Al 青銅が最もよい値を示した。しかし 300°C 以上の温度では急激な減少を示している。次に Mn 青銅がよい値を示しているが、200°C 以上の温度では稍急激な減少を示している。磷青銅は最も低い値を示しているが、温度の上昇に伴い急激な減少は示さずに漸次減少する傾向がある。

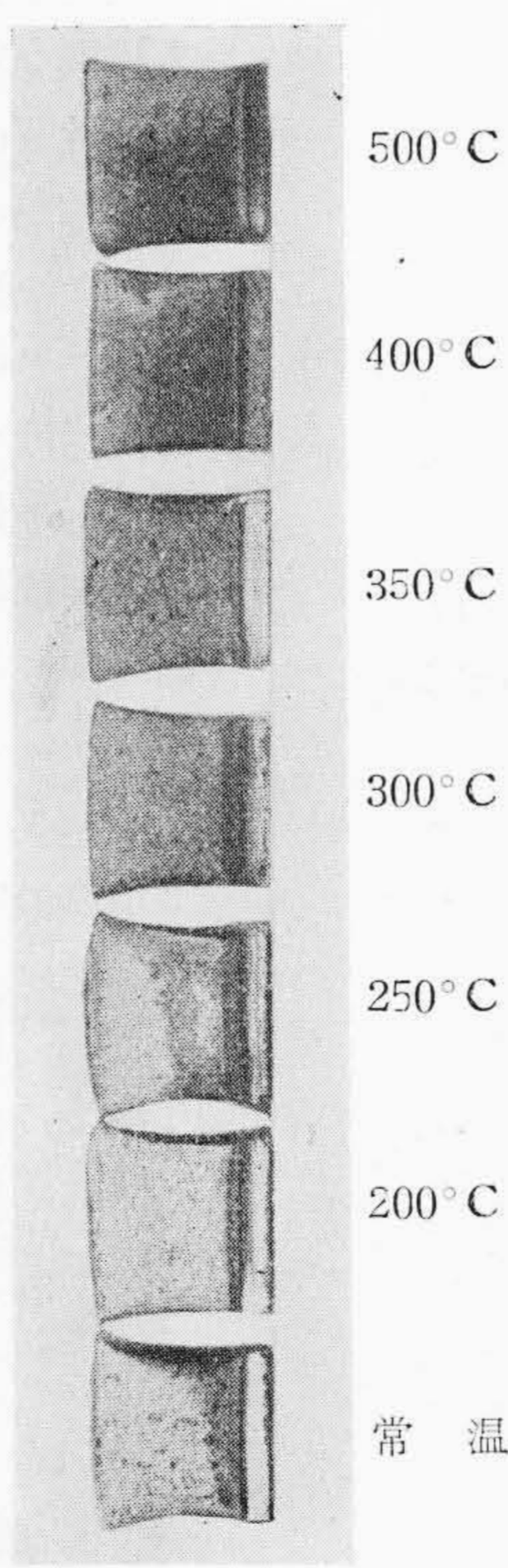
(3) 硬度試験

試験装置はビッカース硬度計に準じて第15図(次頁参照)に示す如き装置を製作して用いた。試験方法は各材料ともそれぞれの温度に1時間保温後、第16図(次頁参照)に示す如き位置の硬度を測定しその平均値を硬度数とした。試験片は前記衝撃試験片と同一鑄物より加工して第16図に示す如きブロックを作り実験に供した。

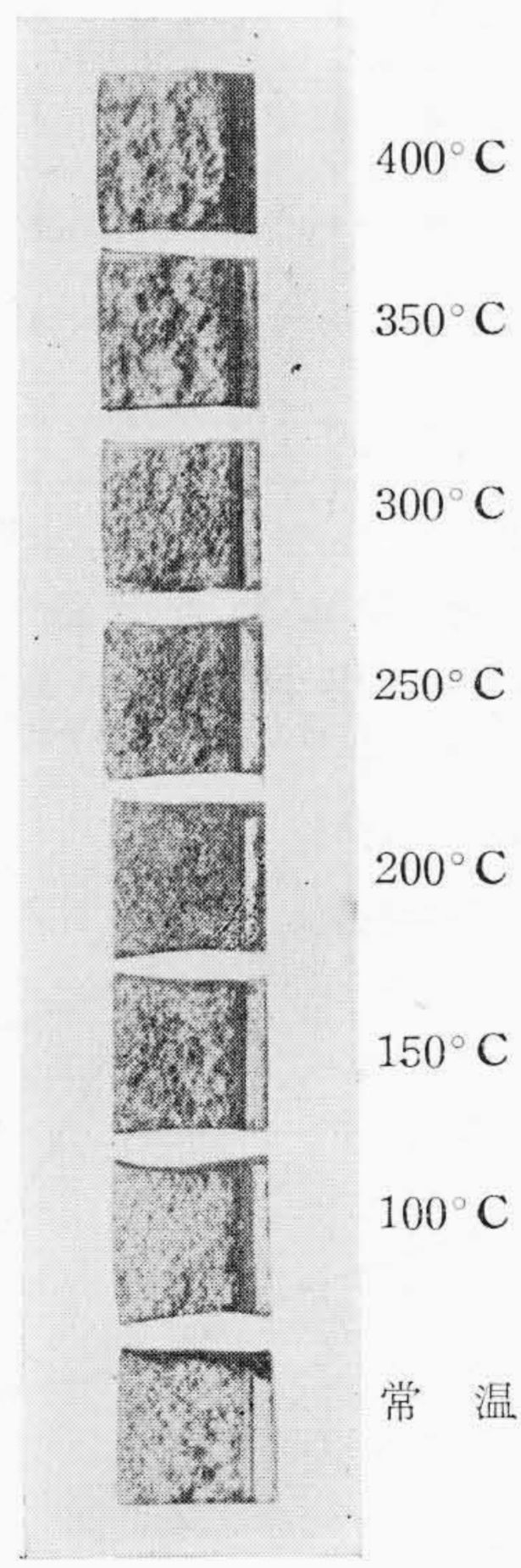
測定結果をビッカース硬度値で表わすために、予めロックウエルBスケール及びビッカース硬度計並びに本実験装置で、それぞれの材料の常温に於ける硬度を測定して実験値の補正值を決定した。かくして行つた硬度測定



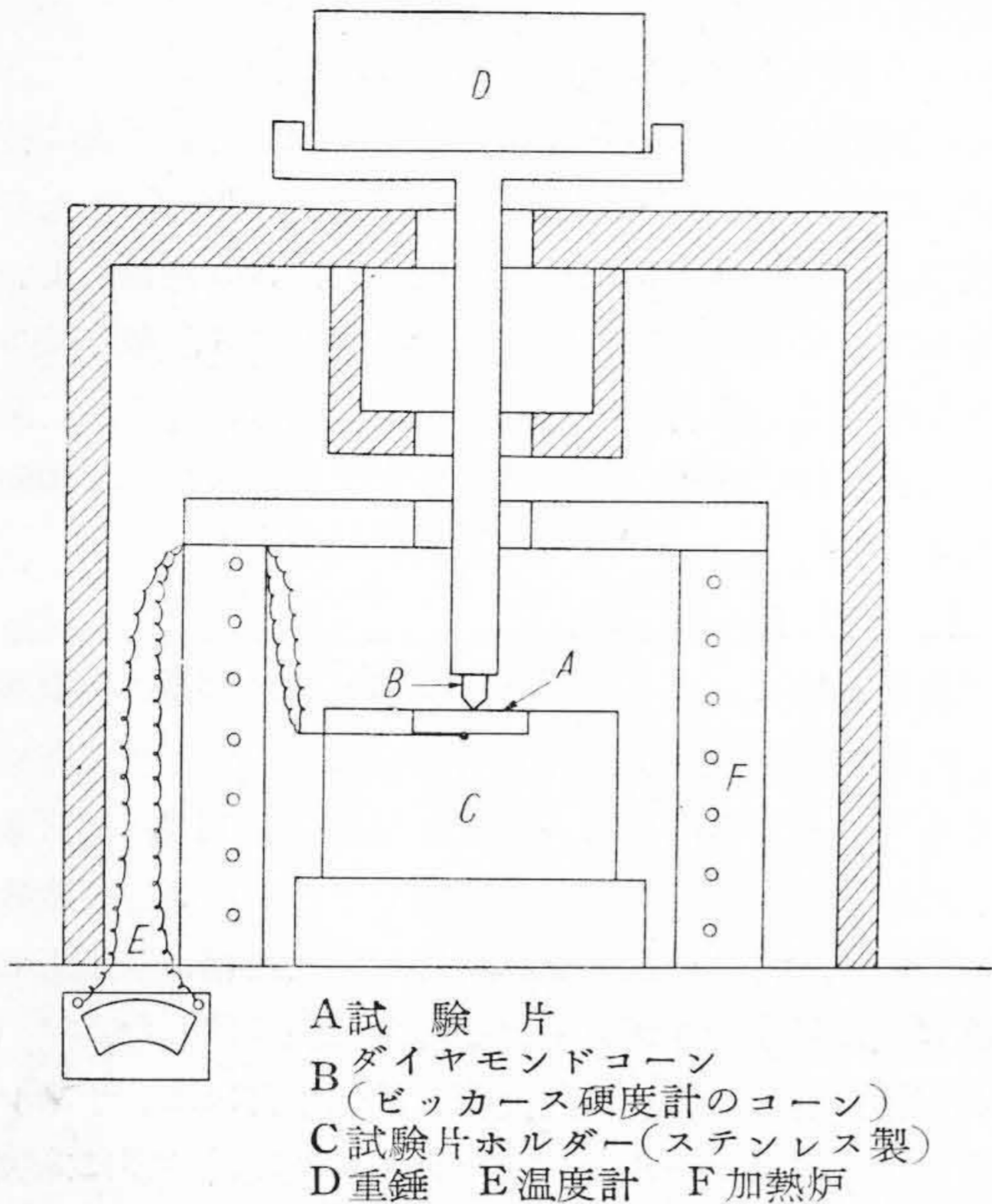
第12図 Mn 青銅の高温衝撃破断面
Fig. 12. Fractures of Impact Test Specimens of Manganese Bronze at Various Temperatures



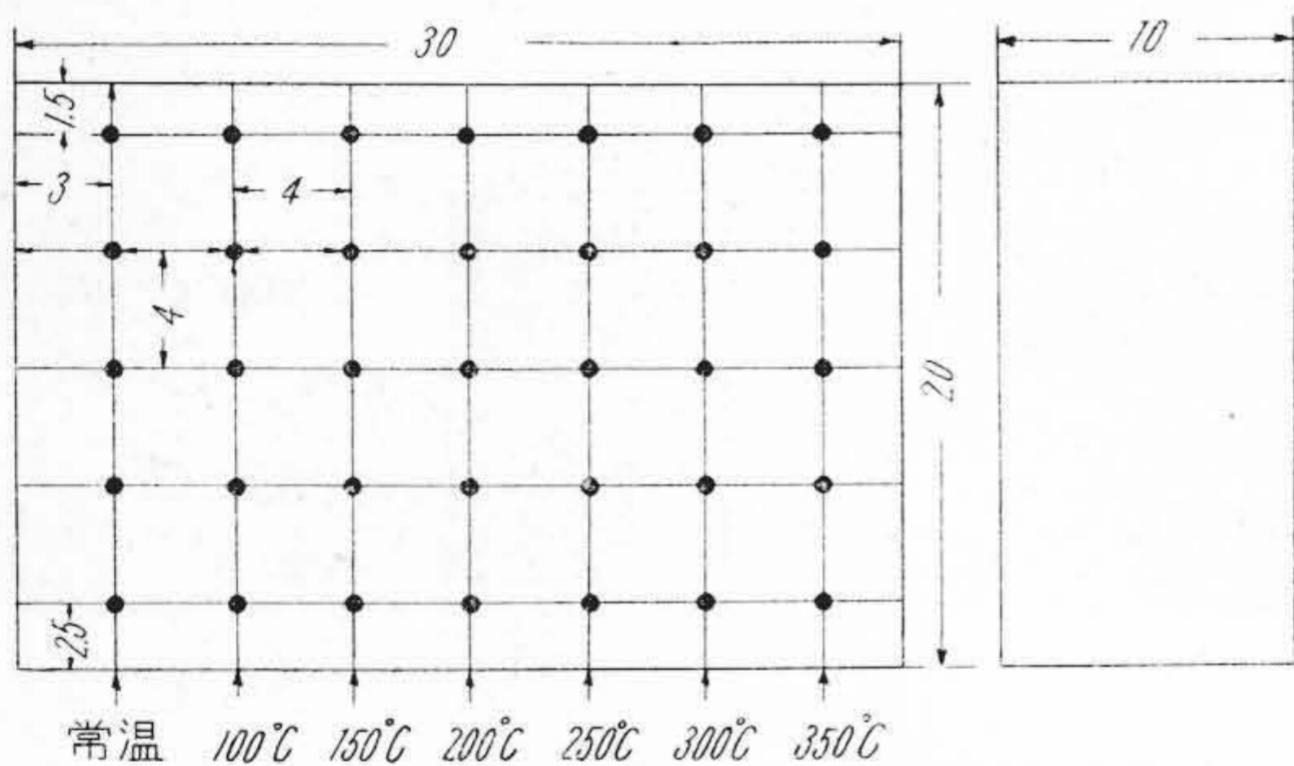
第13図 特殊 Al 青銅の高温衝撃破断面
Fig. 13. Fractures of Impact-Test Specimens of Aluminium Bronze at Various Temperatures



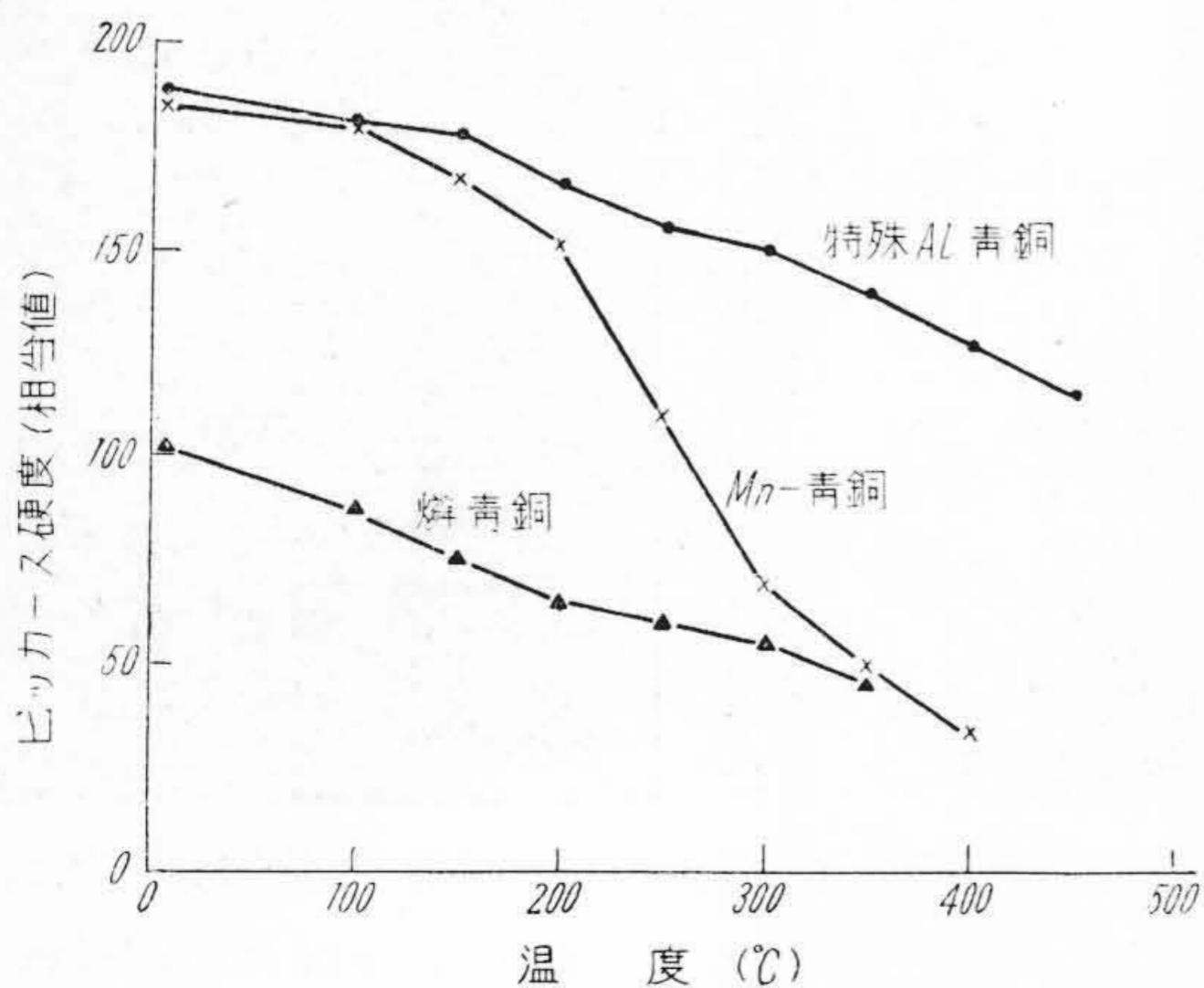
第14図 磷青銅の高温衝撃破断面
Fig. 14. Fractures of Impact-Test Specimens of Phosphorous Bronze at Various Temperatures



第 15 図 高 温 硬 度 測 定 装 置
 Fig. 15. Hardness-Tester at High Temperature



第 16 図 硬 度 測 定 試 験 片 及 び 測 定 位 置
 Fig. 16. The Dimension and Measuring Positions of Hardness Test Piece



第 17 図 特殊青銅の高温硬度測定結果
 Fig. 17. Hardness of Special Bronze at High Temperature

結果を第17図に示す。

以上の結果より考察すると次のことがいわれる。

i) 第17図で判る如く、何れの材料も温度が上昇するとともに硬度は低下する。その傾向は温度の上昇に伴って漸次低下するものと、特定の温度迄は漸次低下しそれ以上の温度になると急激に低下するものとの二つがある。即ち特殊 Al 青銅及び磷青銅は前者に属し、Mn 青銅は後者に属する。

ii) 硬度試験の結果を前記引張り試験の結果と較べてみると判る如く、各材料ともに硬度低下の傾向は、引張り強さの低下する傾向と全く同様であることが注目される。

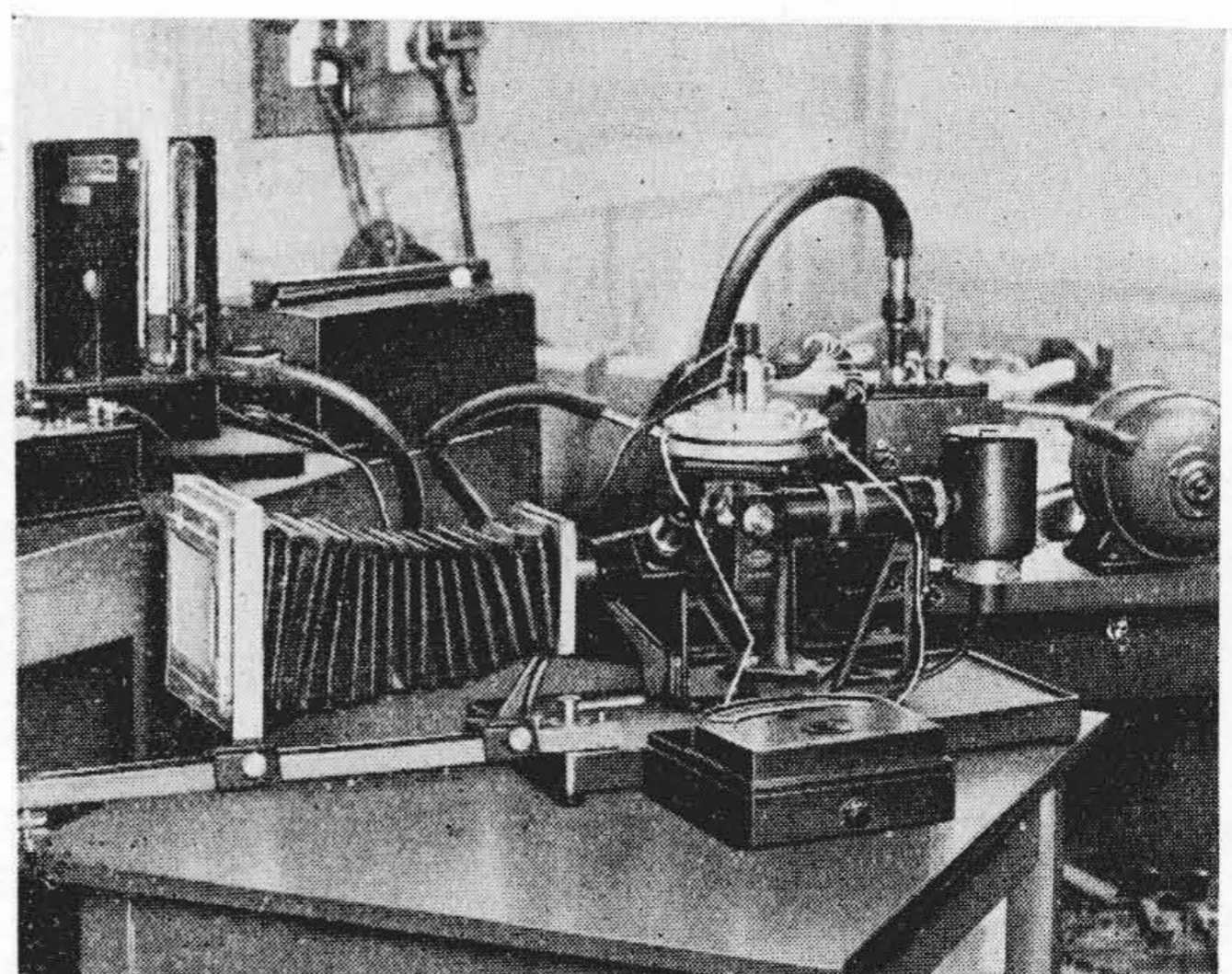
iii) これら 3 種類の材料では特殊 Al 青銅が最もよい結果を得た。即ち硬度が高く、加熱による硬度変化も少い。次に Mn 青銅であるが、200°C 以上に加熱すると急激に硬度の変化が起り、350°C では磷青銅と差はなくなる。磷青銅は硬度は低いが温度が上昇しても急激に低下することはない。

〔III〕 高温度に於ける顕微鏡組織

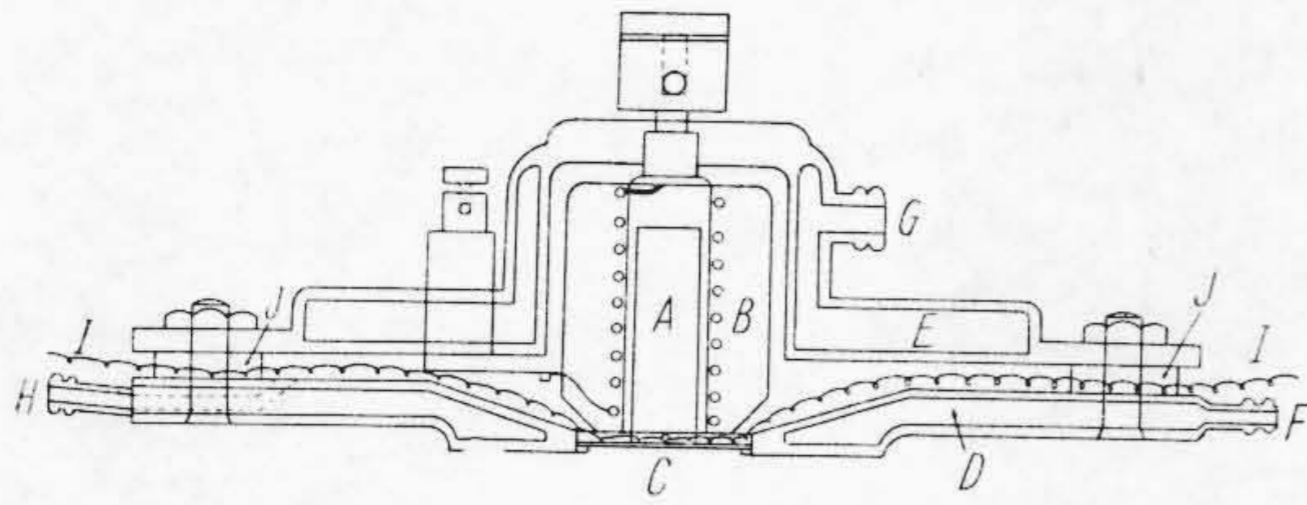
前記諸実験に供した 3 種類の特殊青銅の高温度に於ける組織を検鏡した。即ち各温度に於ける組織の変化が機械的性質に如何に影響するかについて、前記諸実験と同一の加熱条件のもとで各材料の諸温度に於ける組織を検鏡した。装置は第18図及び第19図に示す如きもので、オリンパスの横型顕微鏡にライツ製の高温顕微鏡用加熱部を取付けて使用した。その結果を材質別に示す。

(1) Mn 青銅の高温組織

試料は前記機械試験で使用したのと同じである。検鏡温度は常温より 500°C 迄である。その結果を第20図に示す。



第 18 図 高 温 顕 微 鏡 組 織 検 鏡 装 置
 Fig. 18. High Temperature Microscope



- A 試験片 E 上側ジャケット I 白金-白金ロジウム
- B 加熱炉 F 給水口 サーマカップル
- C 石英硝子板 G 出水口 J ゴムパツキン
- D 下側ジャケット H 吸気口

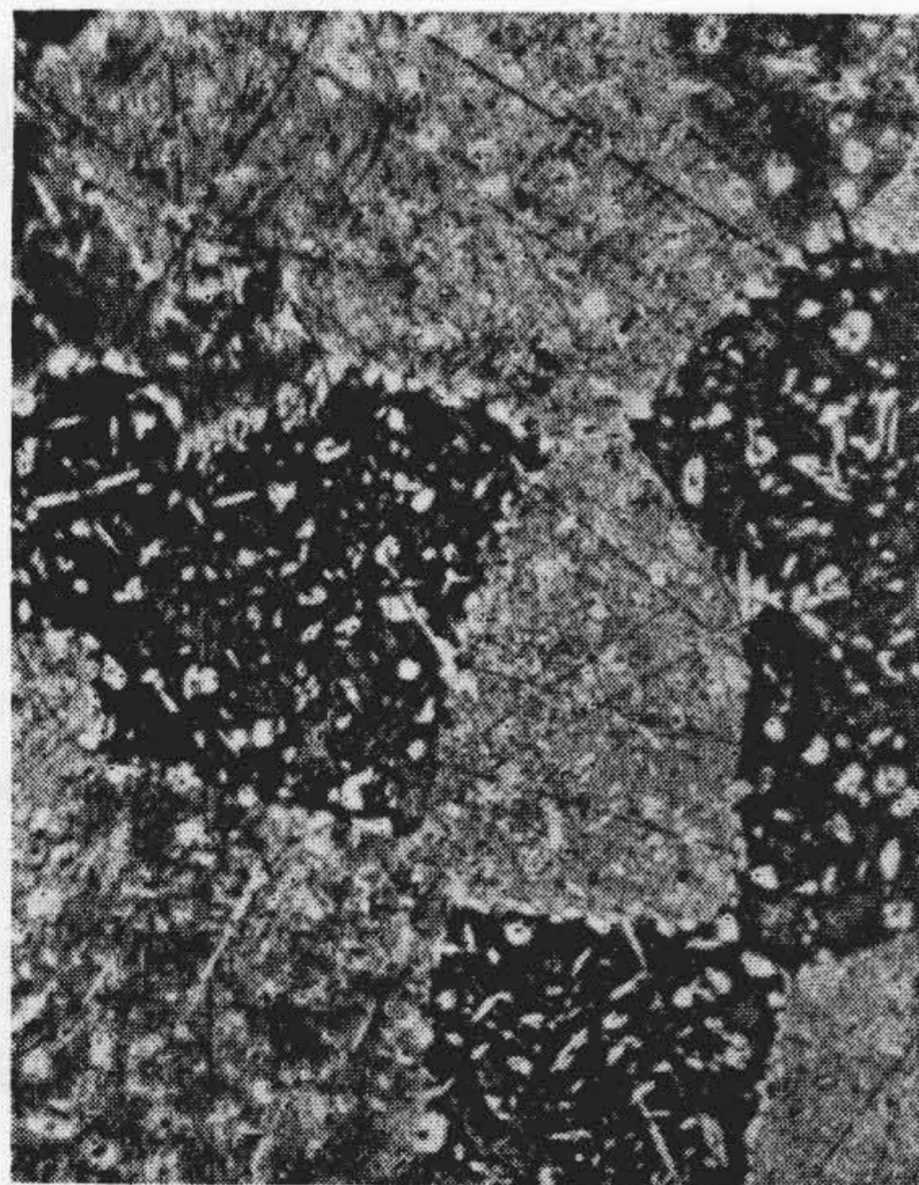
第19図 ライツ製高温顕微鏡検鏡装置
Fig. 19. Heating Apparatus of High Temperature Microscope Manufactured by Leitze

本合金の成分は亜鉛量に換算して 48% である。従つて常温に於ける組織は、第20図(常温)に示す如く一般に呼称されているβ鋳鉛と同じ組織をしている。然し結晶粒内に多種の折出物が存在する。これは Cu-Fe の包晶、並びに固溶しなかつた Fe, Al, Mn 等の一部が折出したものと考えられる。これが加熱されて 300°C にな

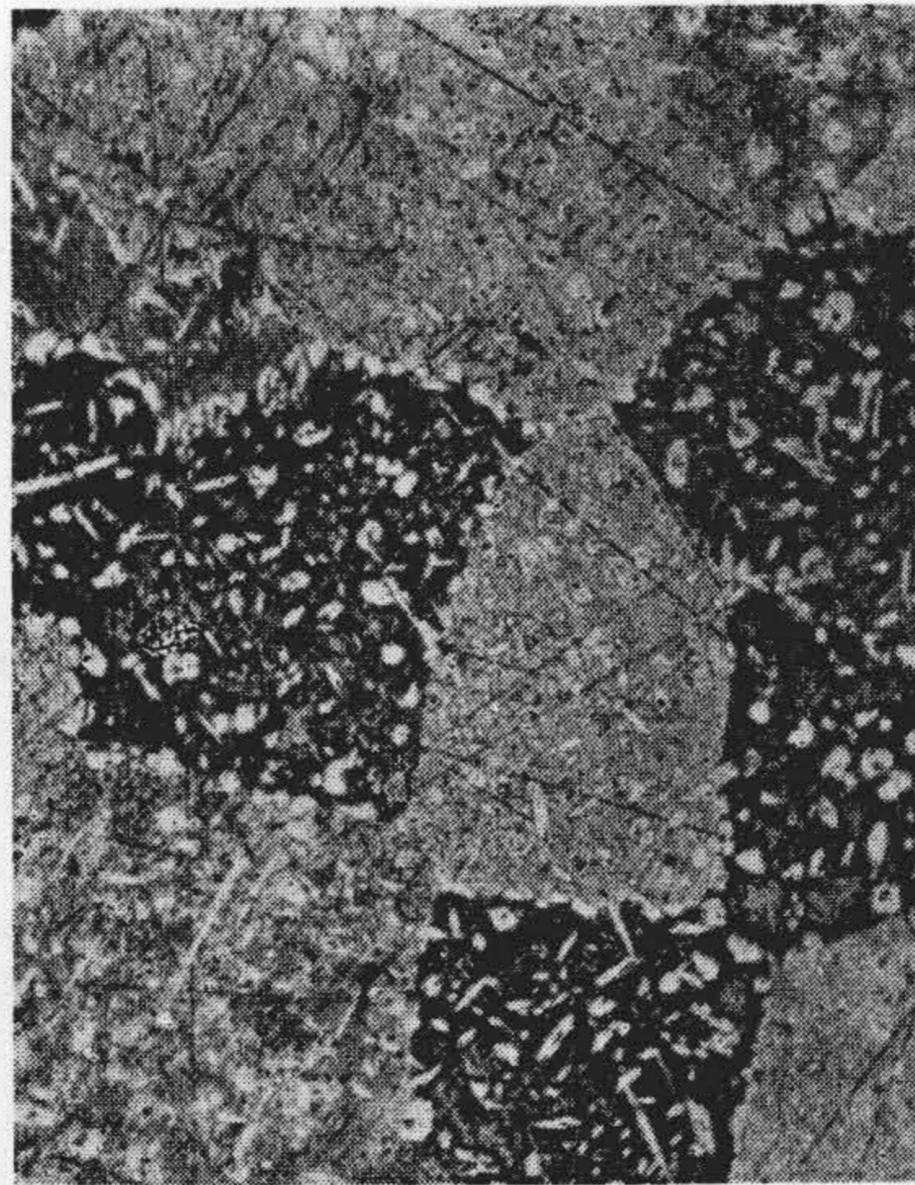
第3表 特殊 Al 青銅の分析結果

Table 3. Chemical Analysis of Special Aluminium Bronze

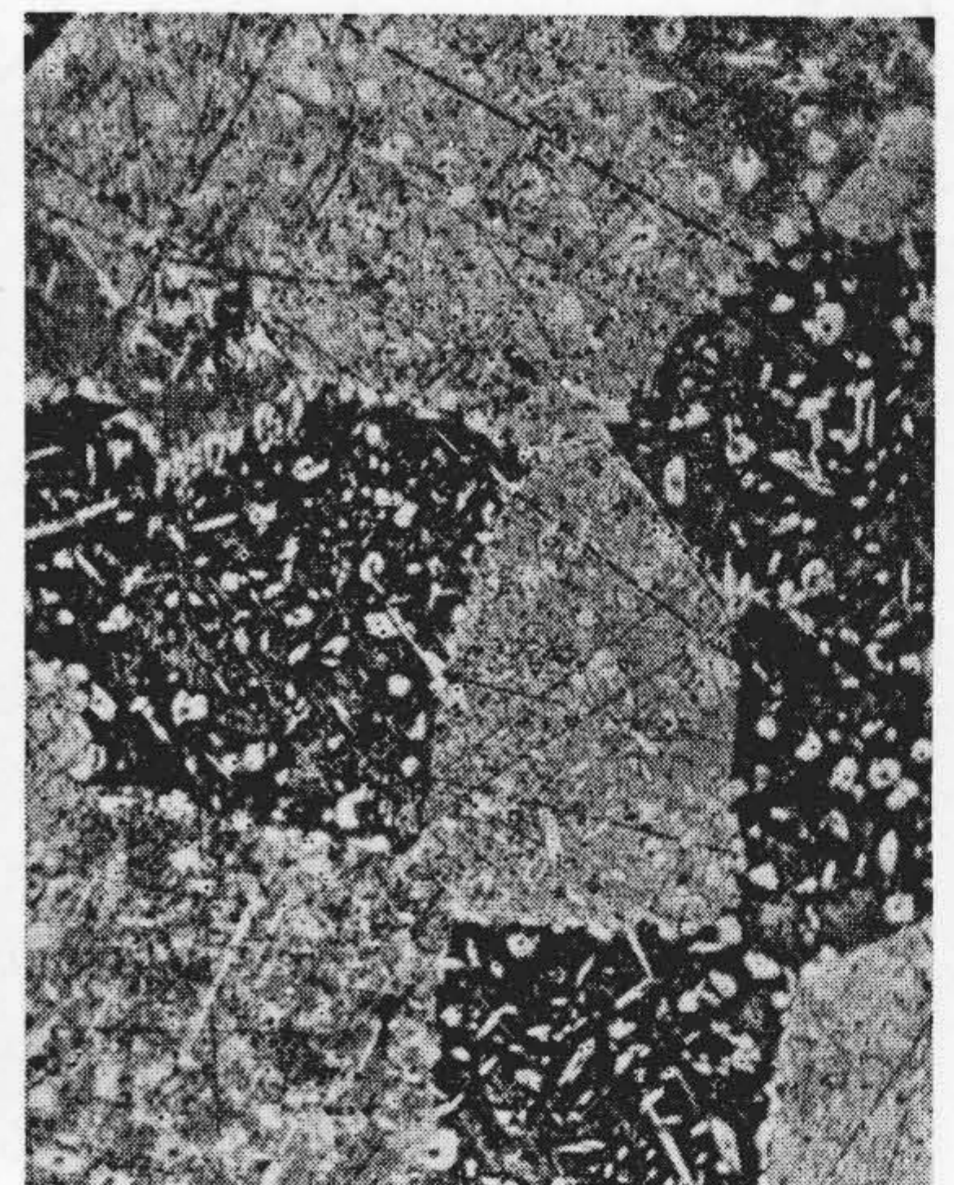
成分	Cu	Al	Fe	Mn	Ni	他
%	83.67	9.55	4.12	1.43	0.92	0.31



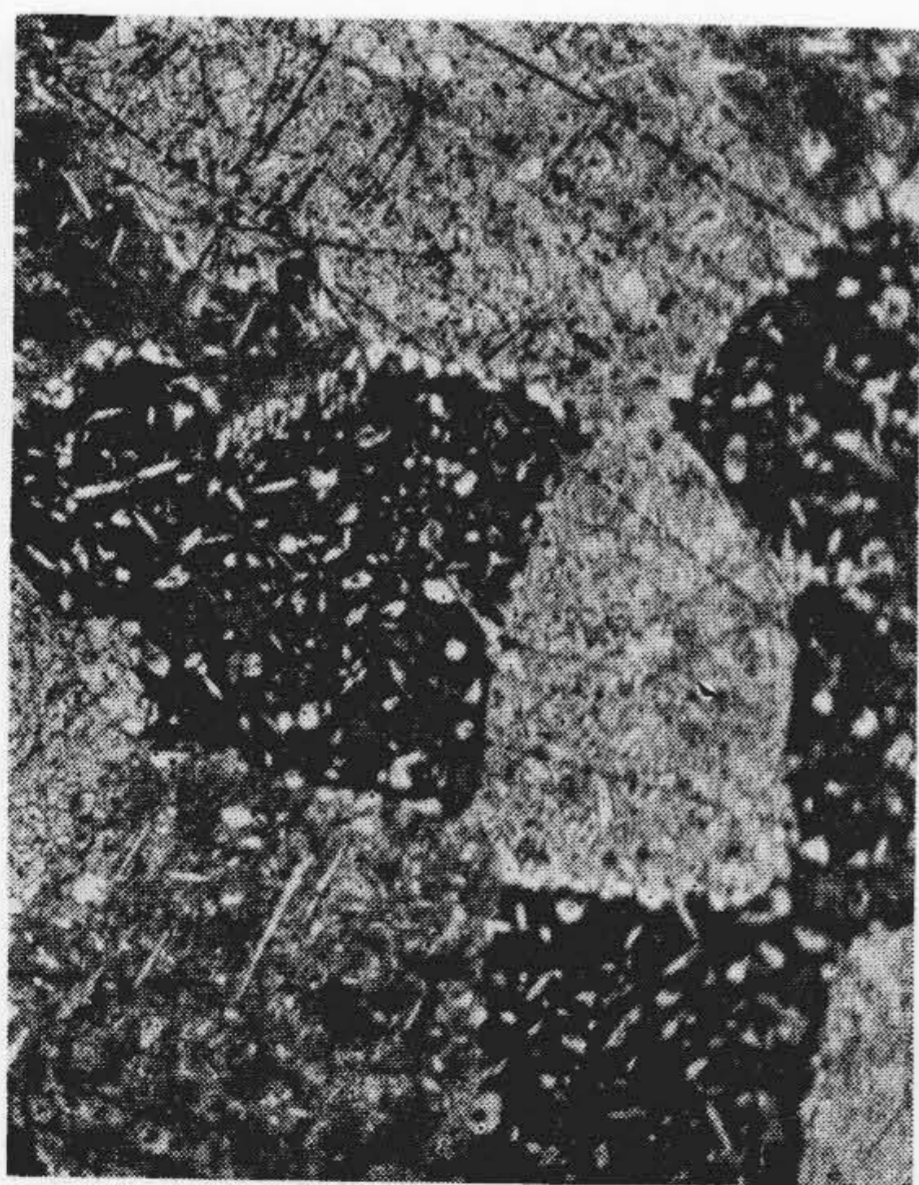
常温 ×80



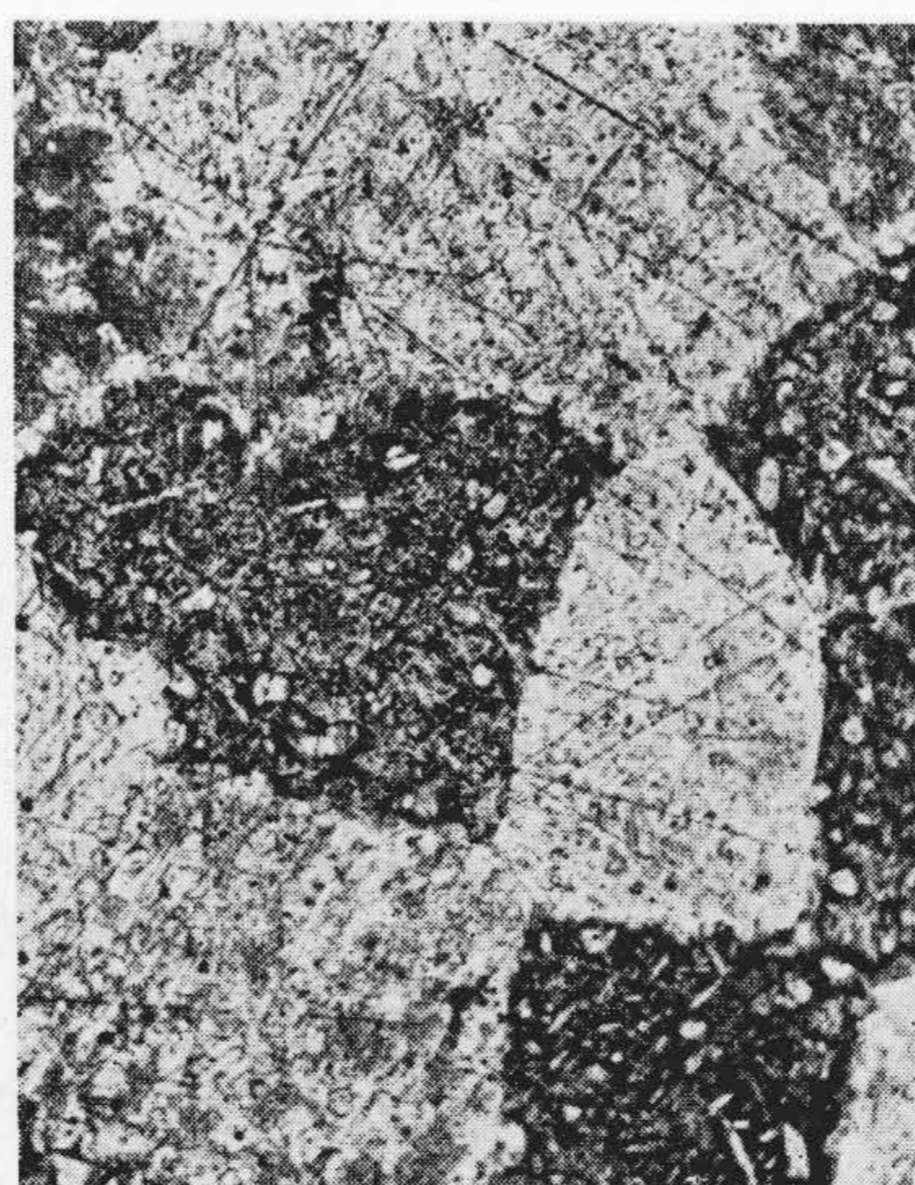
100°C ×80



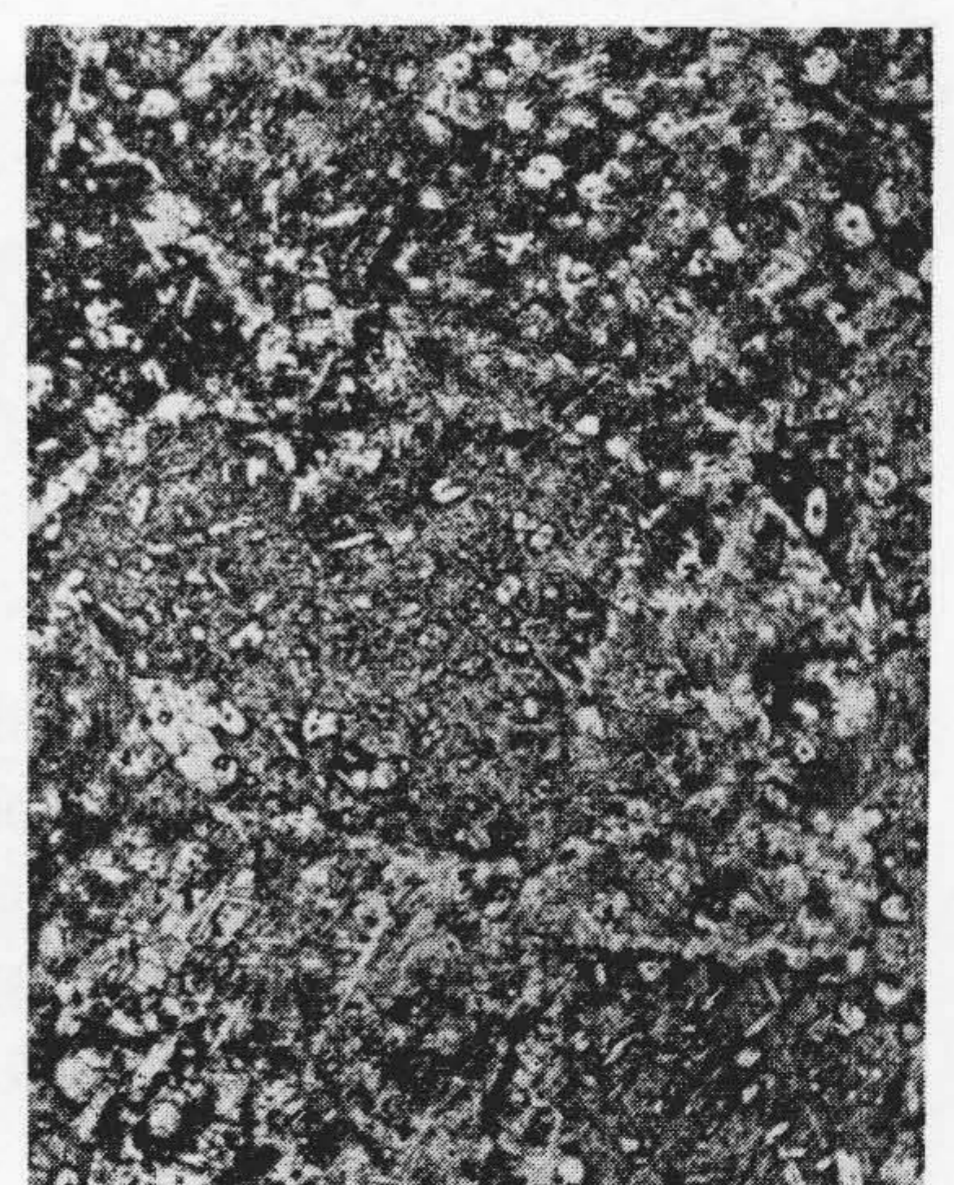
200°C ×80



300°C ×80

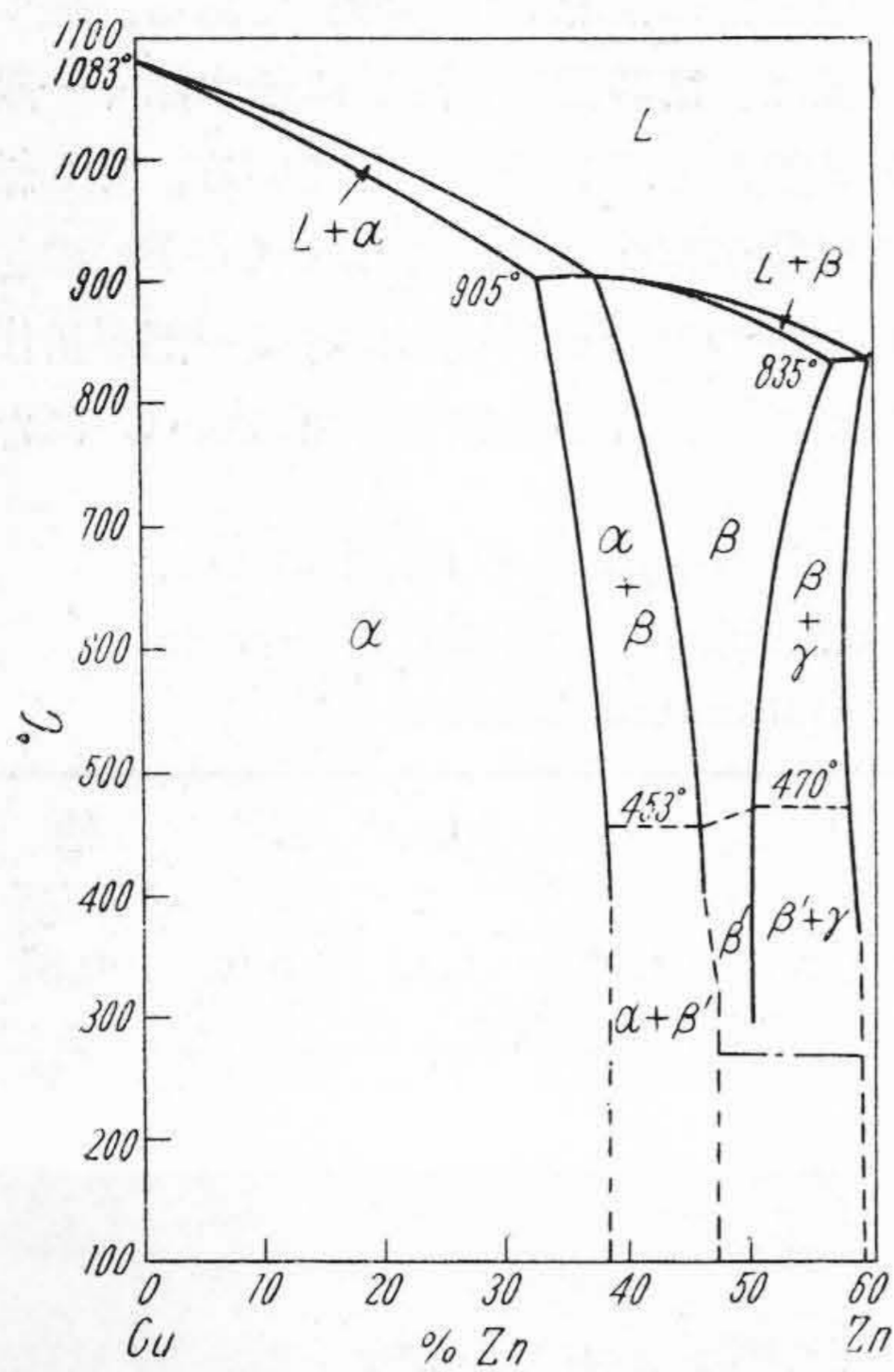


400°C ×80



500°C ×80

第20図 Mn 青銅の高温組織
Fig. 20. Microstructure of Manganese Bronze at High Temperature



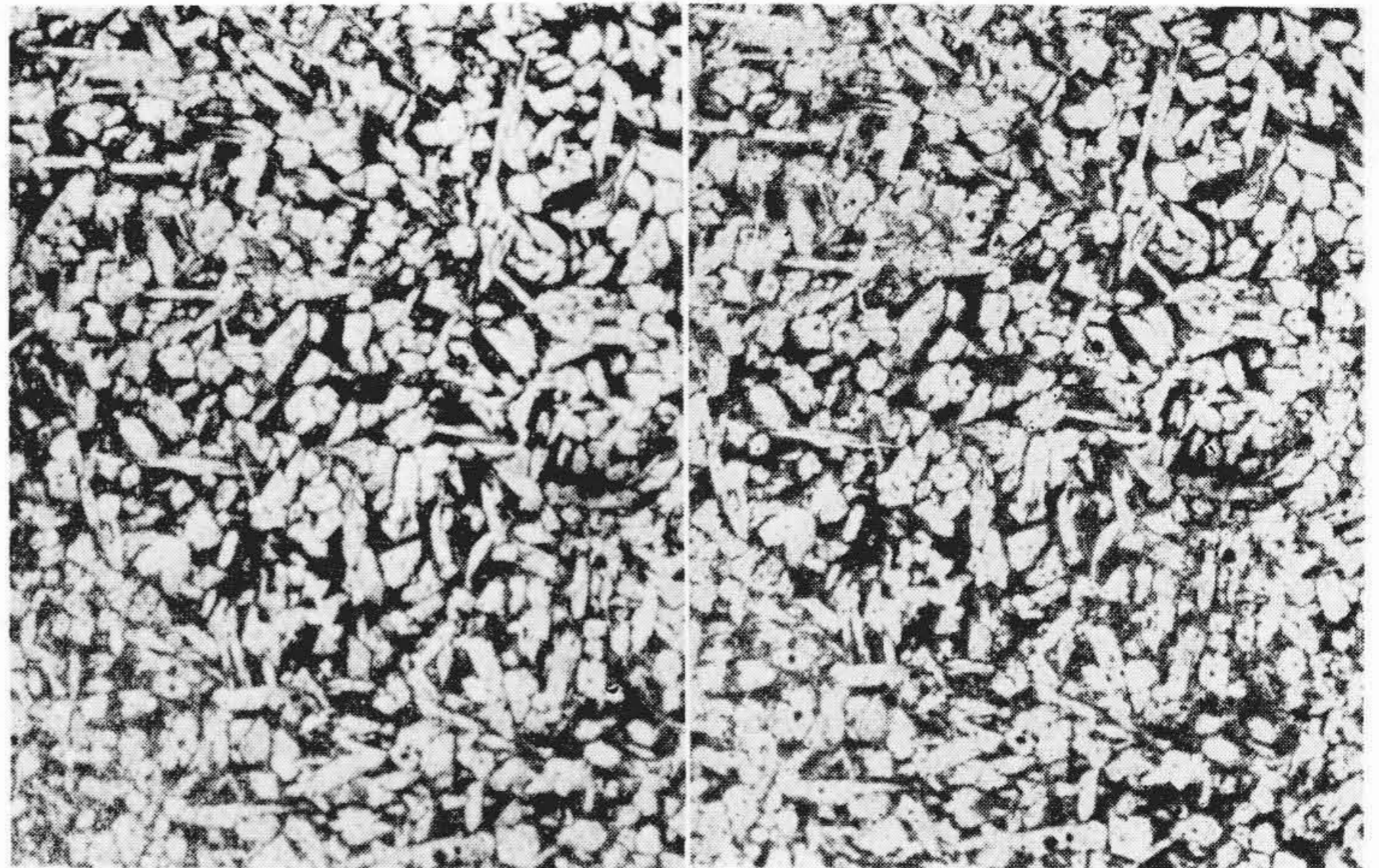
第 21 図 Cu-Zn 系 状 態 図
Fig. 21. The Copper-Zinc Equilibrium Diagram

ると、結晶粒界及び析出物の一部に変化が起る。この現象は鑄造時に於ける組織の不安定な状態が温度の上昇に伴つて、第 21 図の状態図に示す平衡状態に戻る変化が始つたものと考えられる。即ち 400°C の組織を見ると判る如く、変態点以下の温度に於て、結晶粒内の組織が変化していることから確認出来る。500°C の組織は、453°C~470°C の変態点を通じてのために $\beta' \rightarrow \beta$ なる同素変態を起すと、 β' もに結晶粒中の析出物も大きな変化を起している。こゝに於て始めて安定した組織となつたものと考えられる。

(2) 特殊 Al 青銅の高温組織

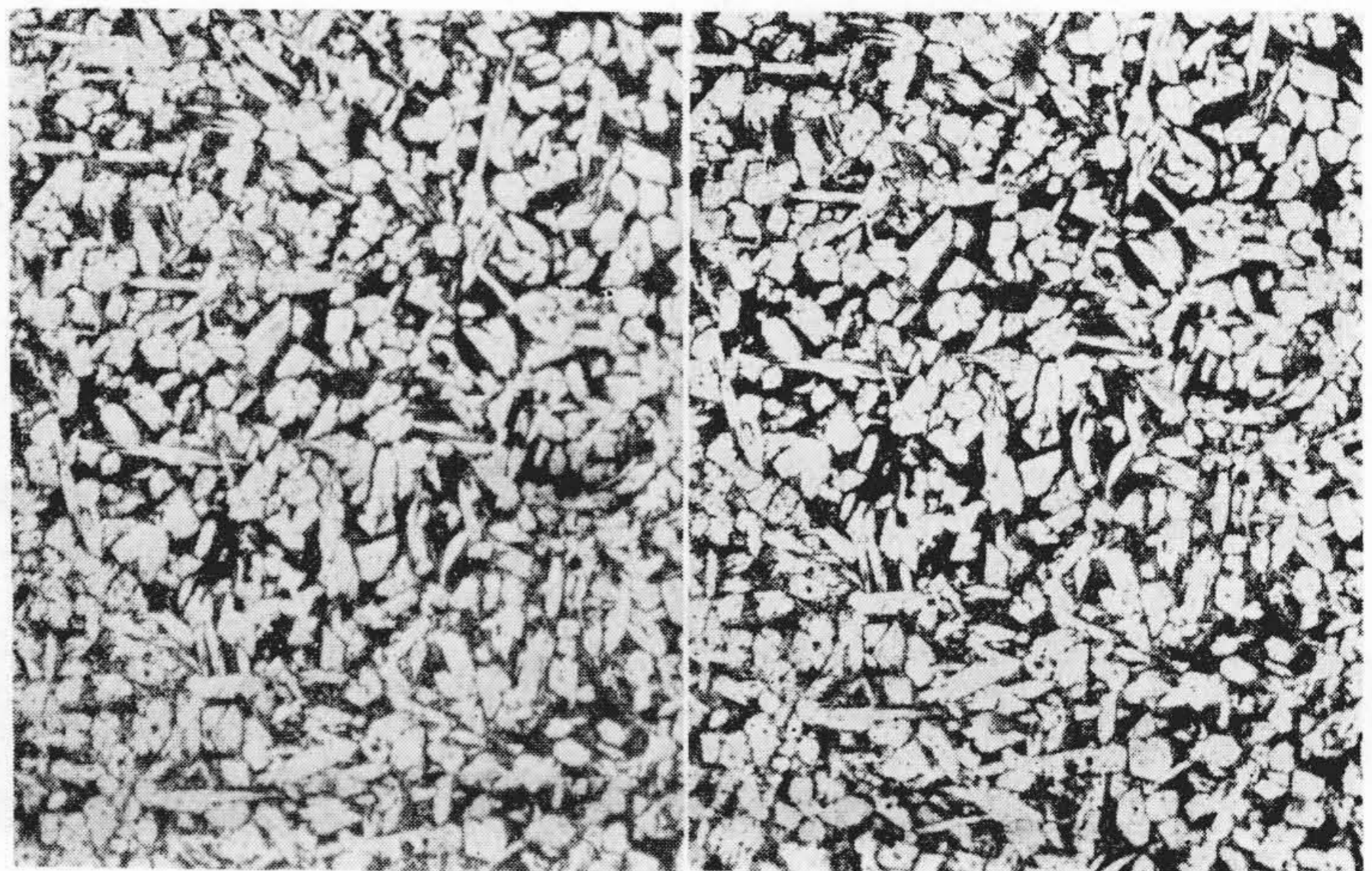
試料は実験の都合で機械試験で使したものと同じものが使用出来ず、新に鑄造したものをを使用した。第 3 表にその分析結果を示す。検鏡温度は常温より 650°C までである。その結果を第 22 図に示す。

第 22 図で判る如く、本合金の常温に於ける組織は $\alpha + \beta$ である。これを加熱すると 400°C 迄はほとんど組織の変化は認められないが、500°C になる



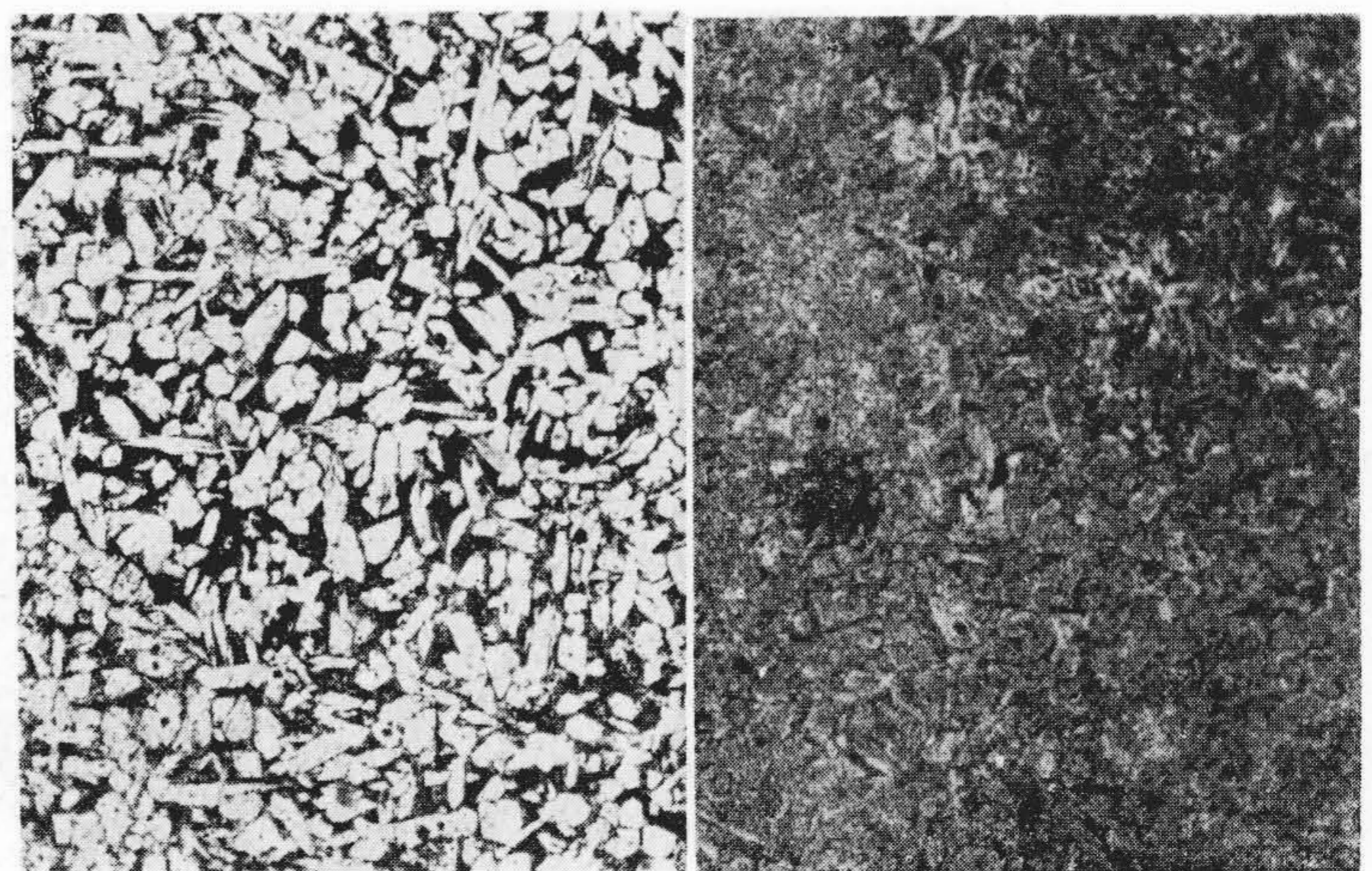
常 温 ×80

200°C ×80



300°C ×80

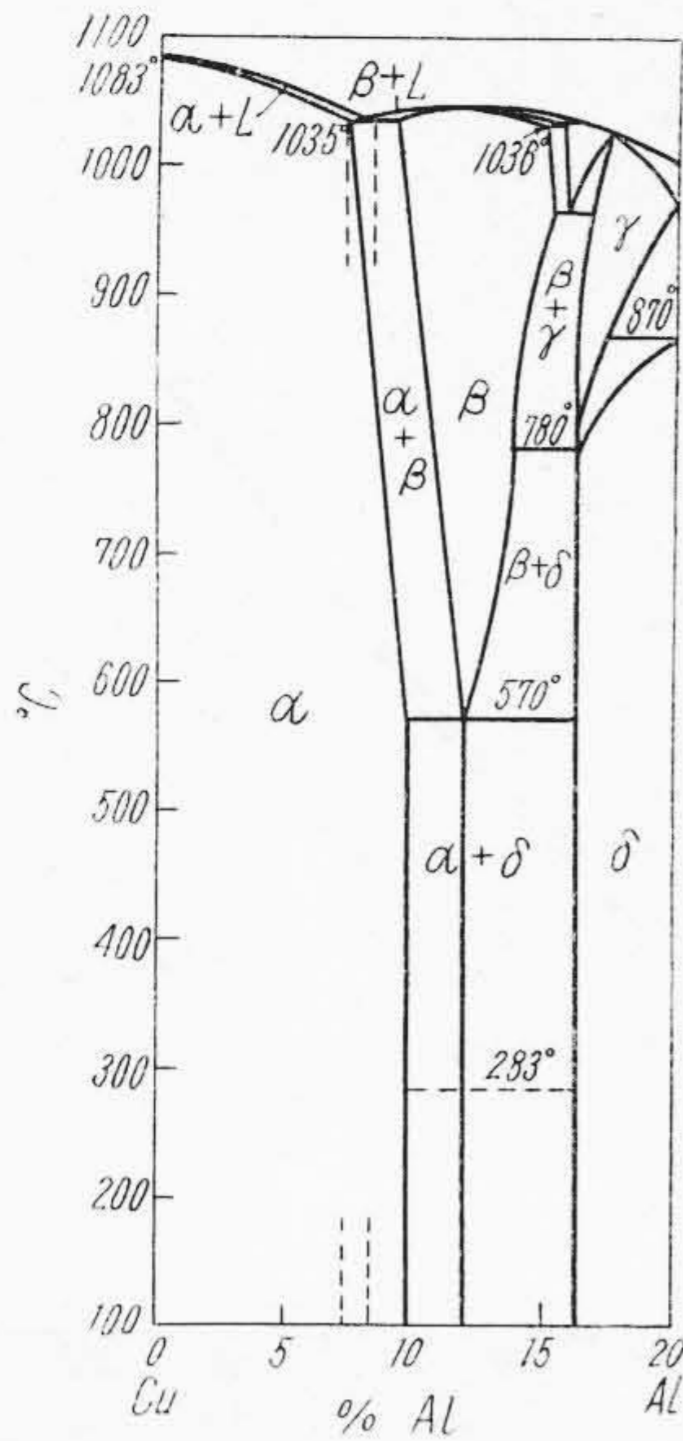
400°C ×80



500°C ×80

650°C ×80

第 22 図 特 殊 Al 青 銅 の 高 温 組 織
Fig. 22. Microstructure of Aluminium Bronze at High Temperature

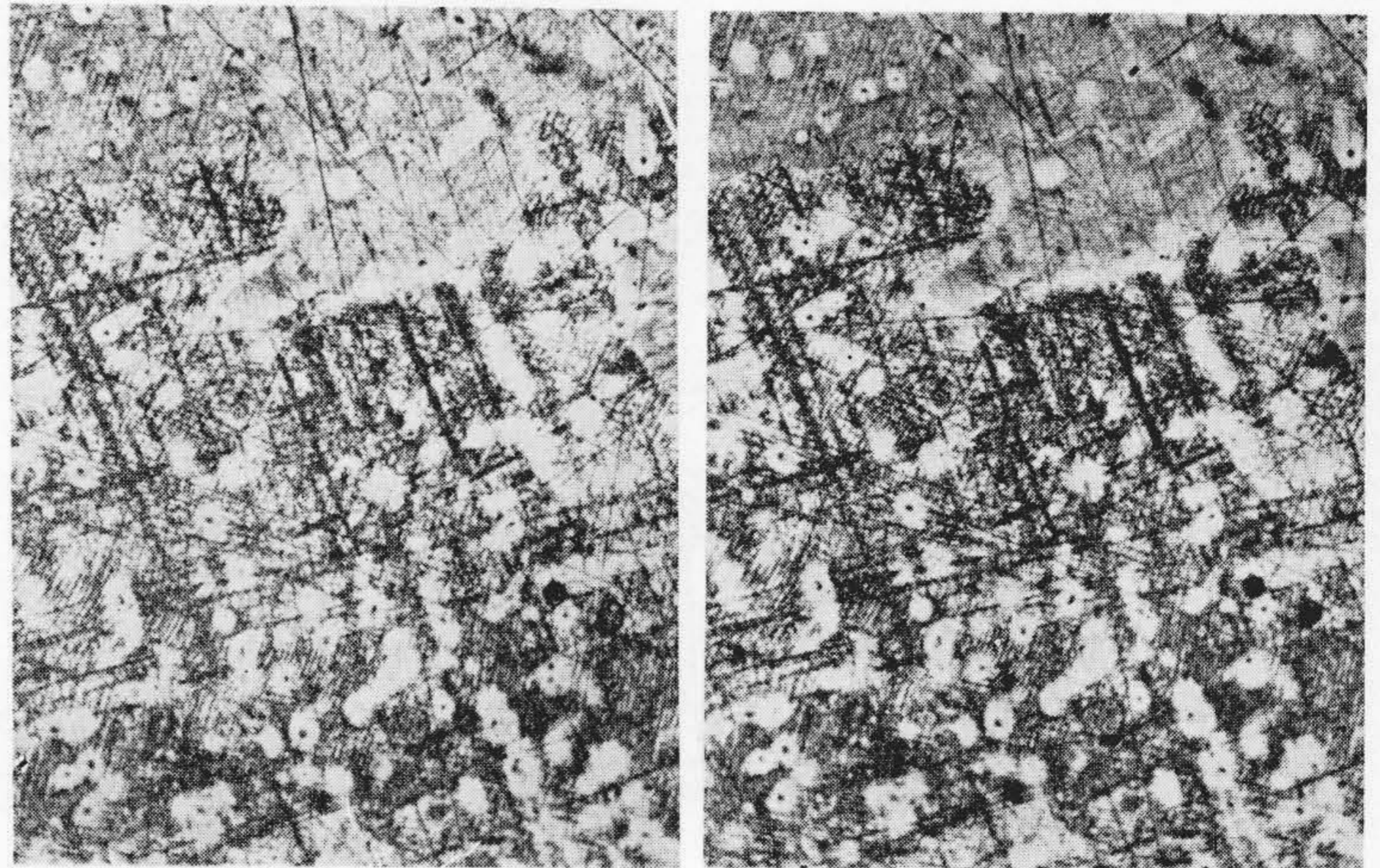


第23図 Cu-Al系状態図
Fig. 23. The Copper-Aluminium Equilibrium Diagram

と始めて変化することが判る。この現象は铸造時に急冷されるために、 $\alpha+\beta$ が $\alpha+\delta$ に変態することが出来ないでそのまま常温に持ち来たされた不安定な組織から、第23図の状態図に示す平衡状態に戻る変化が始つたものである。即ち $\alpha+\beta$ が $280\sim 570^\circ\text{C}$ で保温される時に起る $\alpha+\delta$ への変態であろうと考える。更に 650°C に達すると全く異つた組織となる。これは 570°C の変態を完了したために安定な平衡状態に達したものと考える。写真で明らか如く全面的に組織が変化しているが、これは変態を起すことにより腐蝕面に変化が起り不明確になつたものと考え。この組織の変化を衝撃値の結果と関連して考察すると、衝撃値が 350°C 以上になると急激に低下していることは、 350°C 附近より δ の折出が始つたことを示している。本実験結果では $400\sim 500^\circ\text{C}$ の間で δ の折出を認めしたが、これは検鏡面が石英板上に密着しているために起る温度差が原因していることが明らかとなつた。

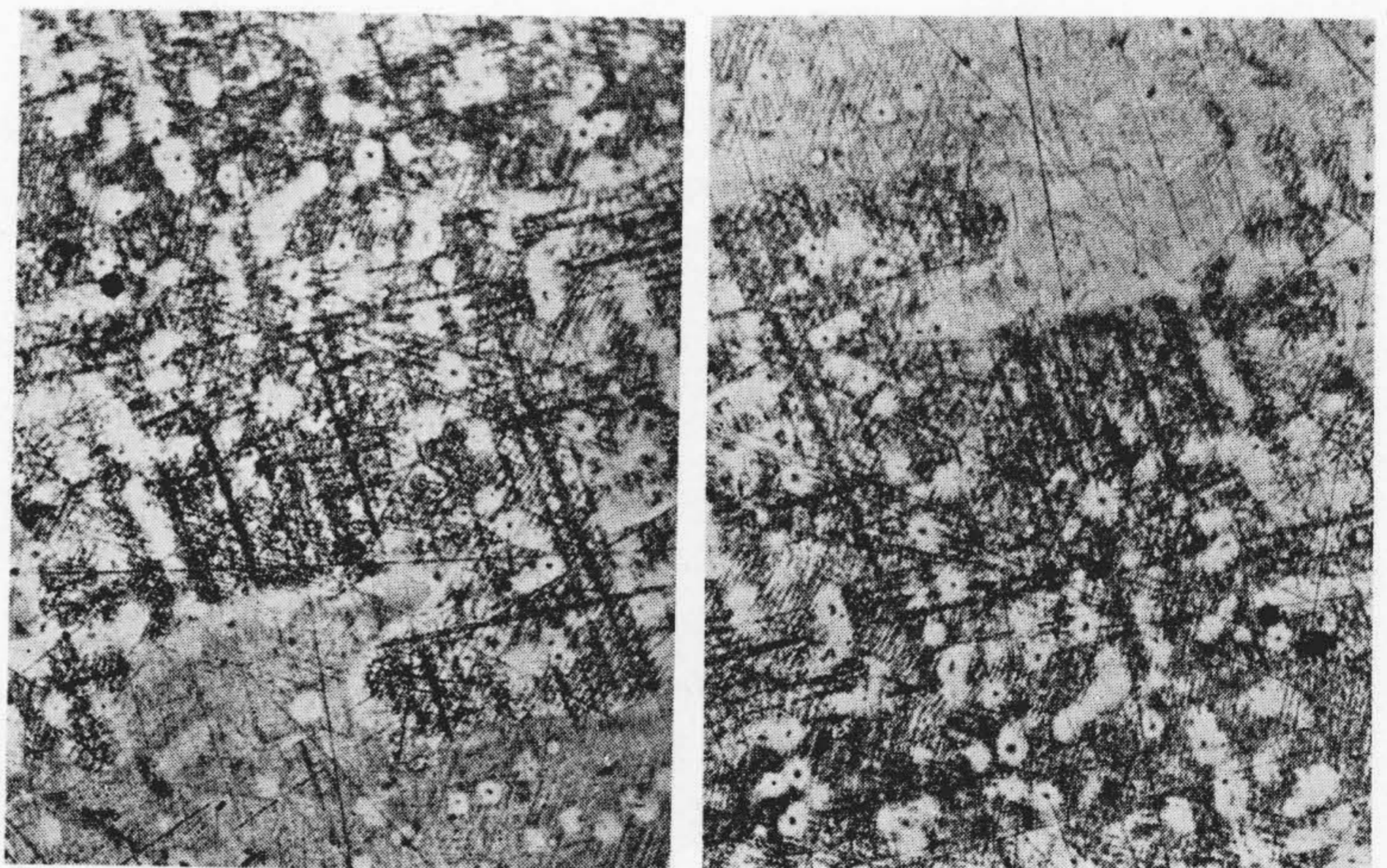
(3) 燐青銅の高温組織

試料は前記高温機械試験で使用した



常温 ×80

100°C ×80



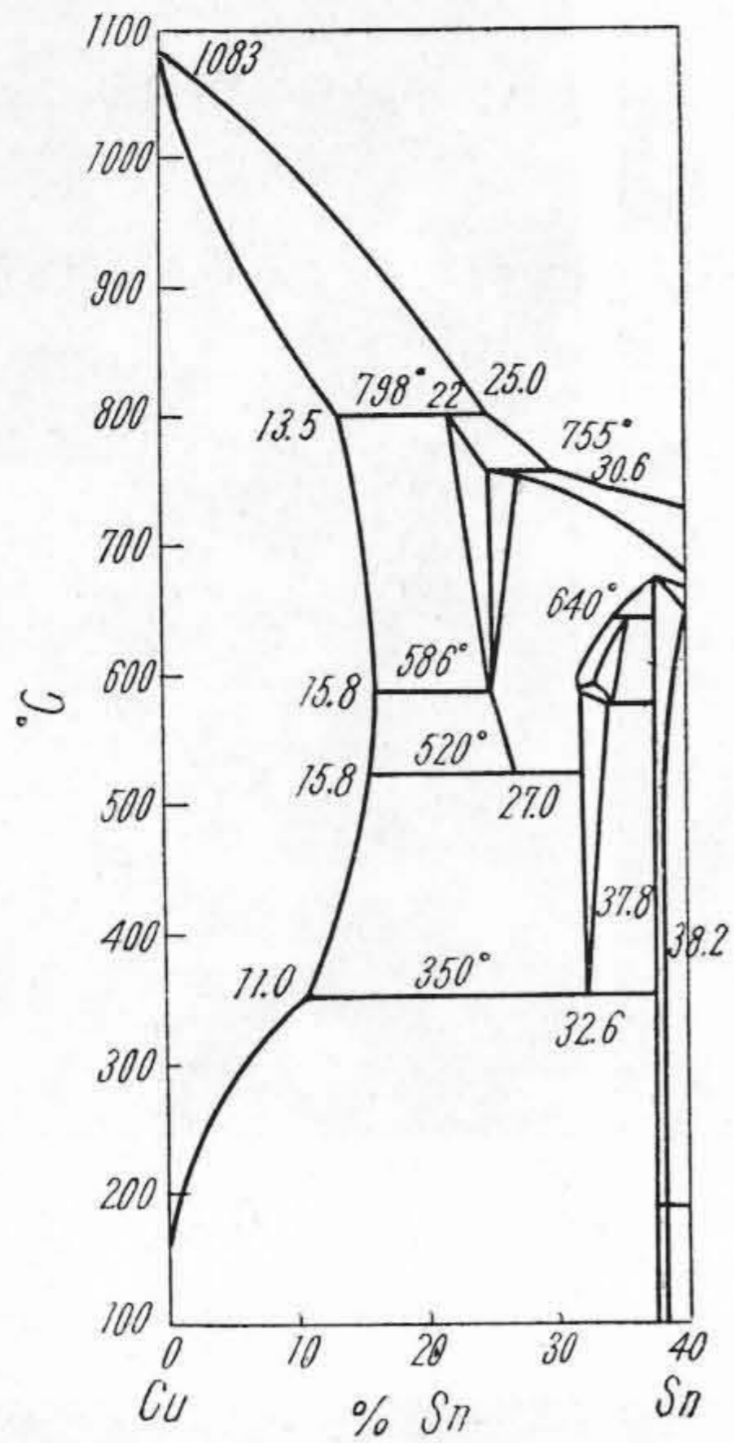
200°C ×80

300°C ×80



400°C ×80

第24図 燐青銅の高温組織
Fig. 24. Microstructure of Phosphorus Bronze at High Temperature



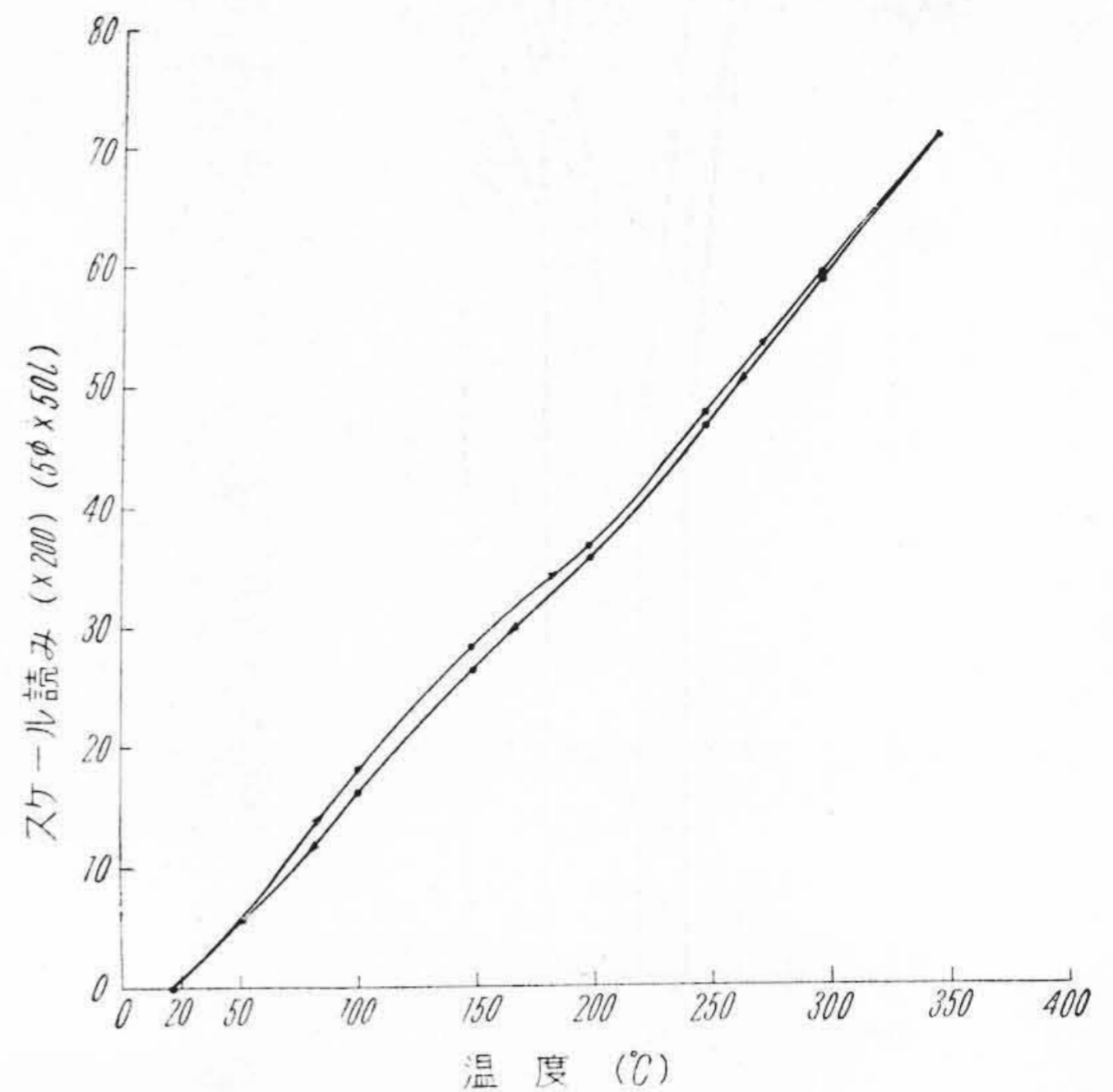
第 25 図 Cu-Sn 系 状 態 図
Fig. 25. The Copper-Tin Equilibrium Diagram

ものと同一である。検鏡温度は常温より 400°C 迄である。その結果を第 24 図に示す。

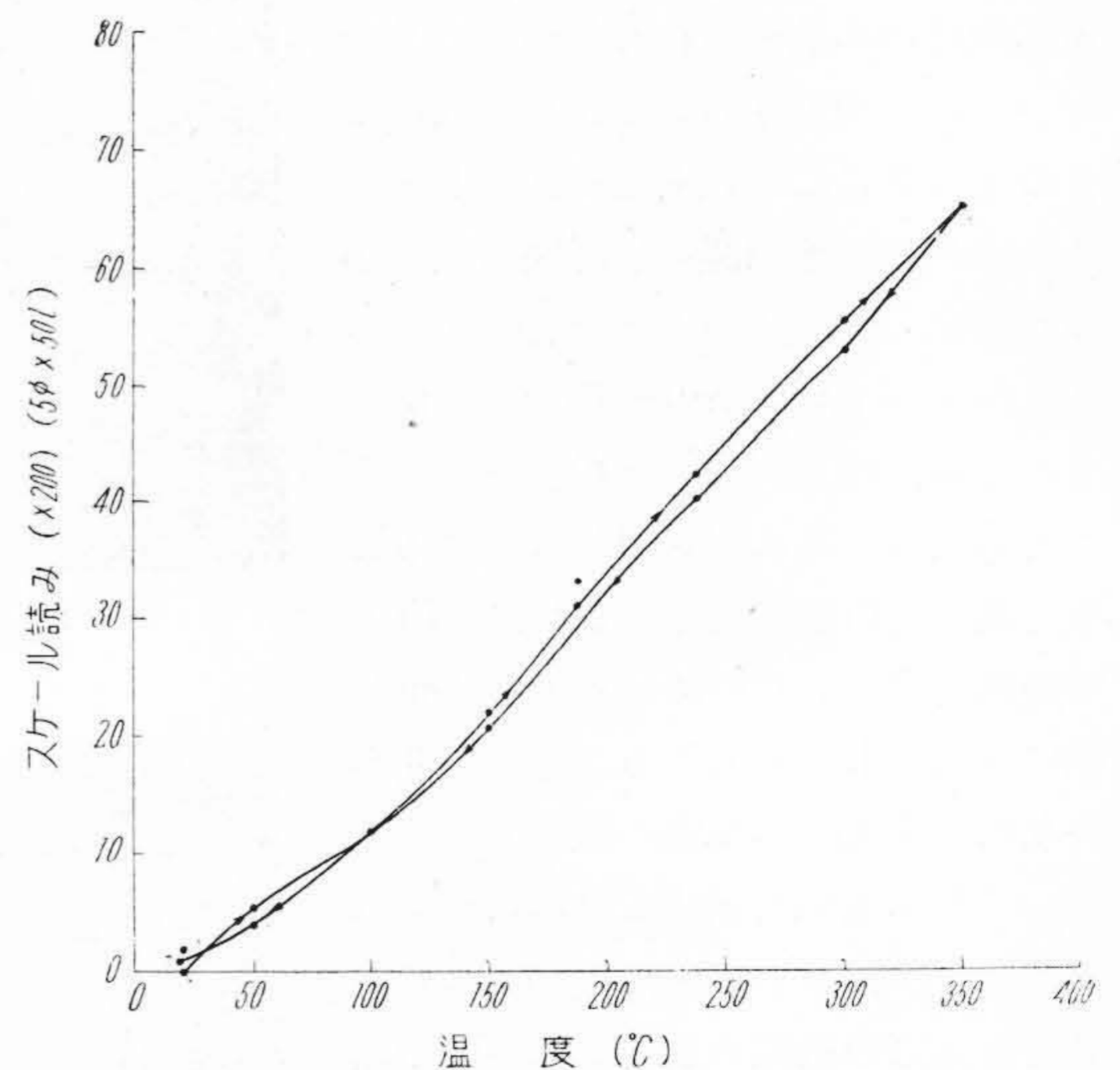
第 24 図で判る如く、本合金の常温に於ける組織は $\alpha + \delta$ である。これを 400°C 迄加熱したが第 24 図に示す如く組織の変化は認められない。これは δ 相の分解には長時間を要すること、及び検鏡温度が低かつたためである。しかし機械的性質が変化していることから考察するに、鑄造時の不安定な組織から温度の上昇するに伴つて平衡状態に戻る変化は、当然起つている筈である。従つてそれぞれの温度に 1 時間保温後試験片を冷却した後、検鏡したところ、温度が上昇するに従つて δ 相が小さくなり、 α 相と δ 相の境界が明瞭になつてくる。これにより温度の上昇に伴う平衡状態に戻る変化は起ることが判つた。しかしその変化は徐々に進行するために機械的性質に与える影響も急激な変化を起さないものとする。

第 4 表 特殊青銅の熱膨脹測定結果
Table 4. Thermal Expansion of Special Bronzes

材 質	熱 膨 張 率 ($\times 10^{-6}$)			
	20°C ~ 100°C	20°C ~ 200°C	20°C ~ 300°C	20°C ~ 350°C
Mn 青 銅	20.0	20.0	20.9	21.1
特殊 Al 青銅	17.5	18.0	19.5	19.7
磷 青 銅	17.5	17.9	18.3	19.3



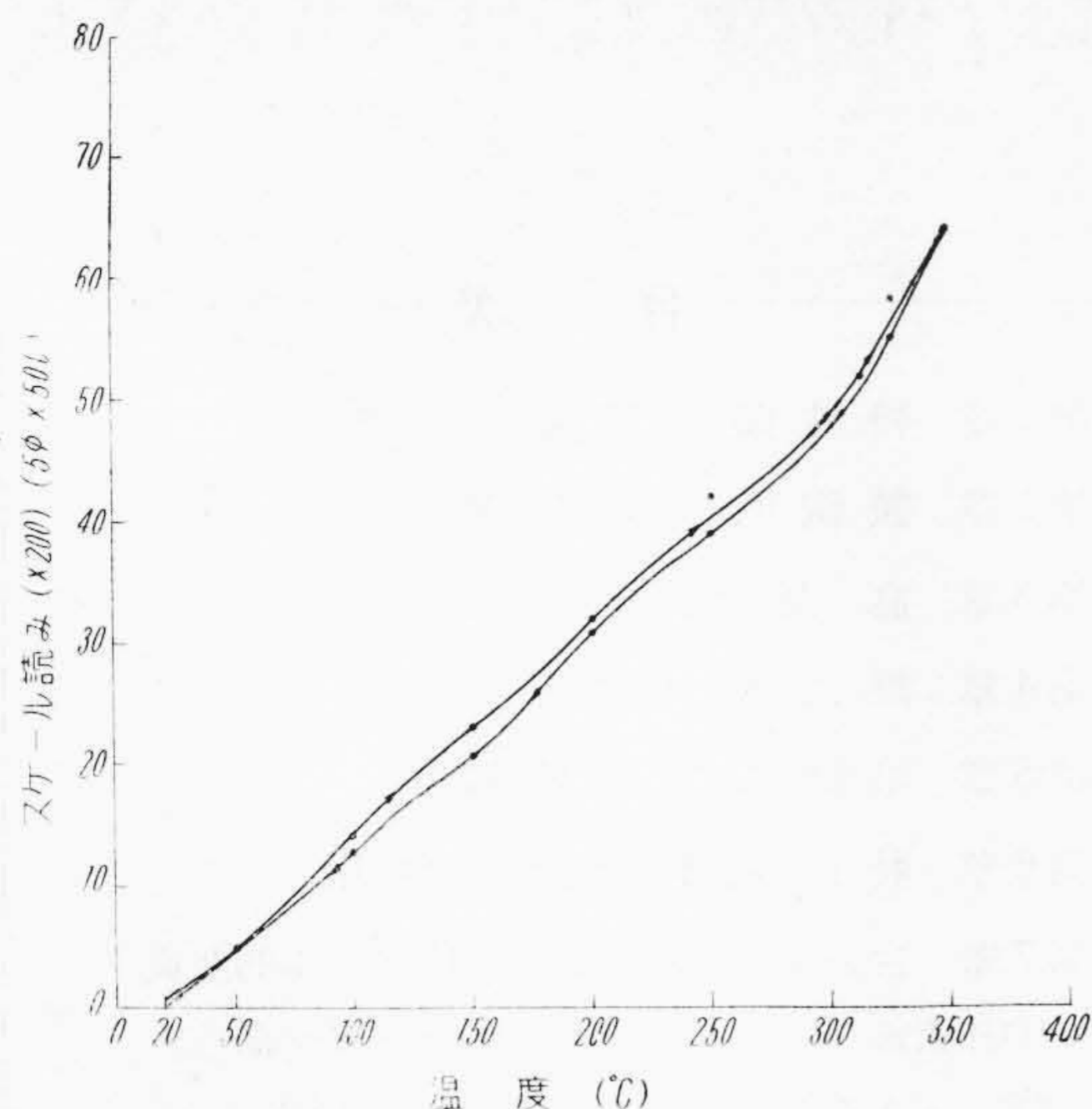
第 26 図 Mn 青銅の熱膨脹測定結果
Fig. 26. Thermal Expansion Curve for Manganese Bronze



第 27 図 特殊 Al 青銅の熱膨脹測定結果
Fig. 27. Thermal Expansion Curve for Aluminium Bronze

〔IV〕 熱 膨 脹 試 験

高温度に於ける寸法の変化を把握するために、それぞれの材質に就いて熱膨脹試験を行つた。試験装置は本多式熱膨脹計を使用した。第 4 表及び第 26 図～第 28 図にその結果を示す。



第28図 磷青銅の熱膨脹測定結果
Fig. 28. Thermal Expansion Curve for Phosphorus Bronze

以上の結果より判る如く、各材質の熱膨脹係数は種々の文献に述べられている結果と同様である。本実験に於ては更に、一度加熱されたものが冷却後原形に戻るか否か、又繰返し加熱した場合には寸法変化が起るかどうかを測定した。その結果によると各材料とも加熱による寸法変化はこの程度の温度までは熱膨脹のみを考慮すればよいと考える。

〔V〕 結 言

本実験結果及び文献に示された結果より、特殊青銅及び特殊黄銅の高温性質に就いては一般的に次のことがいわれる。

i) 高温度に於ける引張り強さは何れの材料も温度が上昇するに伴つて低下する。しかしその低下する傾向は二つに分類される。即ち青銅類は一般的に徐々に低下し、黄銅類は特定の温度に達すると急激に低下する。

ii) 高温性質中引張り強さと、硬度の変化は各材料ともに全く同様な傾向を示す。即ち青銅類は温度の上昇に伴い硬度は徐々に減少し、黄銅類は特定の温度迄は徐々に減少するがその後は急激に減少する。従つて今後の実験に於ては硬度を測定することにより、引張り強さを推定することが出来るものと考えられる。

iii) 高温組織を鏡した結果より考察すると、鑄造時の不安定な組織から平衡状態に戻る変化が起る温度に達すると、機械的性質は急激に低下する。特に直接的な関連を示すのは衝撃値である。即ちこの温度に達すると破面は粘性破面より脆性破面に変化する。

以上は実験結果及び文献に示された一般的結論であるが、Mn 青銅、特殊 Al 青銅及び磷青銅に就いては次のことがいわれる。

i) Mn 青銅の高温度に於ける機械的性質は、常温より 150°C 迄は余り大きな変化は見られないが、200°C 以上になると急激に低下する。従つて高温材料としての実用的な範囲は 150°C が限界である。

ii) 特殊 Al 青銅の高温度に於ける機械的性質は、常温より 300°C 迄は余り大きな変化は見られないが、400°C 以上になると急激に低下する。従つて高温材料としての実用的な範囲は 300°C が限界である。

iii) 磷青銅の高温度に於ける機械的性質は、温度の上昇に伴つて徐々に低下するが、常温に於ける引張り強さは 20~25 kg/mm² であり、これを前二者と較べると極度に劣る。従つて高温材料としては使用すべきではないと考える。

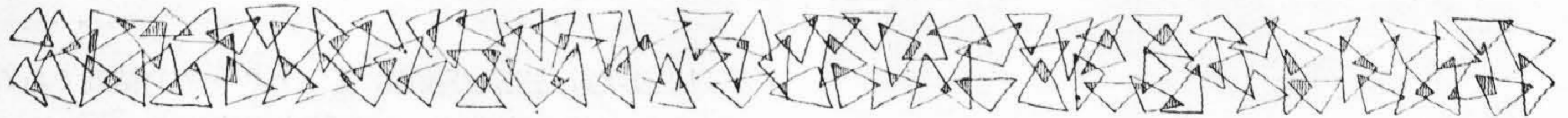
以上の結果を総合すると、高温で用いられるポンプ及び諸機械の材料として用いられる銅合金に就いては、次の如く使用温度により分類される。即ち使用温度が 150°C 以下の場合には、特殊 Al 青銅及び Mn 青銅が適し、機械的性質の劣る磷青銅は使用すべきでない。又使用温度が 200~250°C に達する場合の材料としては、特殊 Al 青銅が適当であり、Mn 青銅は使用すべきでない。

前記諸実験結果より高温で用いられる銅合金材料としては、特殊 Al 青銅が適していることが確認された。しかし従来より本材料は銅合金類の中では最も鑄造性が悪く、複雑な形状の部品を鑄造することは極めて困難とされていたが、日立製作所に於て種々鑄造方法を研究した結果、ポンプ等の如く複雑な形状の製品を鑄造することが可能となり、現在種々の方面に於て広範囲に利用されている。

本研究は日立製作所亀有工場第一鑄造課割石課長の指導により行つたものであるが、進行するに当り始終御指導を賜つた村上先生、日立製作所中央研究所の南波博士、並びに御協力を得た亀有工場研究課西山主任を始め諸氏に厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) Symposium on Effect of Temperature on Metals. (1931)
- (2) Metal, Progress July (1937)
- (3) 田辺: 金属学大系 Vol. 5 (1941)
- (4) 朝戸: 機械学会誌 38 (1930)
- (5) 後藤: 合金学 (銅及び銅合金)
- (6) 吉田、須藤: 特殊 Al 青銅の研究 有研報 120 (1951)
- (7) 学振: 金属材料 (昭 15 年)
- (8) 関村、上田: 特殊青銅の研究 有研報 133 (1951)



特 殊 鋼

日立製作所冶金研究所長

工学博士

小 柴 定 雄 著

新 刊 (昭和 27 年 11 月 20 日発行)

B 5 判 317 頁 定 価 850 円

東北大学名誉教授 村上武次郎博士 序文より

著者小柴博士は篤学の士である。初め東北大学金属材料研究所に於て数年間、後日、日立製作所冶金研究所に転じて約20年専ら特殊鋼の研究に従事し、理論及び実際に亘り広汎なる研究をなし、新製品の発明並びに処理加工の改善に多大の業績を挙げられた。又それらの結果は多数の研究報告として学会その他に発表せられ、今や同博士は特殊鋼に関しては理論と実際に精通せる新進気鋭の学者として斯界に重きをなしている。

本書はこの著書がその研究結果と実地の経験に基づき広く内外の文献を整理統合し理論と実際の両方面に亘り、必要な事項を網羅し、明快に記述せられたもので、特殊鋼を知らんとする諸士に対し絶好の指導書、参考書であると信ずる。(以下略)

日立製作所中央研究所長 菊田多利男博士 序文より

小柴定雄博士は熱心なる研究努力家であり、稀に見る篤学の士でもある。さきに同氏の十数年の研究の結果を取纏め「高速度鋼」なる書を著述せられ世の賞讃を博した。本書は前著「高速度鋼」とは姉妹篇とも申すべきもので、それに関連せる文献を適度に蒐集せられている。従つて特殊鋼の製造者、需要家に対し参考となるのみならず、航空機、自動車其の他機械器具の設計者には最も参考となるものと思う。(以下略)

目 次

第1章 特殊鋼の定義	
第2章 製鋼原料と精錬	
第3章 高温加工	
第4章 熱処理一般	
第5章 冷間加工と焼鈍	
第6章 特殊元素の一般作用	
第7章 合金元素別による特殊鋼の基本的性質	
①珪素鋼	②マンガン鋼
③ニッケル鋼	④クロム鋼
⑤タンゲステン鋼	⑥モリブデン鋼
⑦バナヂウム鋼	⑧コバルト鋼
⑨アルミニウム鋼	⑩銅 鋼
⑪チタニウム鋼	⑫硼 素 鋼
⑬窒素を含む鋼	⑭ジルコニウム鋼
第8章 実用特殊鋼の種類、熱処理及び性質	
①肌焼鋼(滲炭鋼)	②窒化 鋼
③強靱 鋼	④工具 鋼
⑤ダイス鋼	⑥高速度鋼
⑦刃物 鋼	⑧不 銹 鋼
⑨耐熱鋼と耐熱材料	⑩軸 受 鋼
⑪荒条鋼とゼンマイ鋼	⑫鍛造型用鋼
⑬耐磨耗鋼	⑭快 削 鋼
⑮磁石鋼と磁石合金	⑯電気鉄心板材料
第9章 特殊合金材料	
①工具用鑄造合金	②時効硬化合金
③焼結硬質合金	④不 変 鋼
⑤高導磁率合金	
第10章 鋼塊及び鋼材の欠陥	
第11章 鋼材の試験検査法	
附 表 1~9	
(硬度数比較表及び SAE, AISI 成分規格表等)	

発行所

東京都千代田区丸の内1の4(新丸ビル)
振替東京 71824

日 立 評 論 社

発売所

東京都中央区日本橋通2の6
振替東京 109981

丸 善 株 式 会 社