

鐵

と

鋼

第八年第六號

大正十一年六月二十五日發行

鐵、炭素、タングステン三元系合金の状態圖に就て

小澤重明

十 状態圖

十一 結論

此研究は東北帝國大學附屬鐵鋼研究所で所長本多光太郎先生の御指導の下に行つたものであります。そして "On the Constitutional Diagram of the Iron-Carbon-Tungsten System" と云ふ題目で發表されることになつて居ますが、茲にそれを邦文にして載せることに致しました。抑も此の三元系合金の状態圖は今日迄には組織的研究が發表されて居りませぬ。此研究も或は未だ完全と迄は行かないかも知れませぬ。然し是から研究される方々の手掛ともなれば幸とする所であります。先輩諸彦の御批判を御願ひ致します。

目次

- 前編 鐵、タングステン系
- 一 緒論
- 二 凝固溫度
- 三 A₂ 及び A₃ 變態
- 四 顯微鏡試驗
- 五 狀態圖
- 後編 鐵、炭素、タングステン系
- 六 緒論
- 七 磁氣分析
- 八 顯微鏡試驗
- 九 热分析

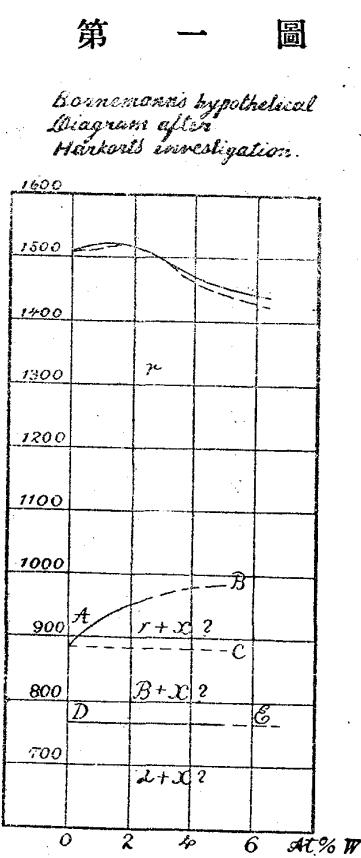
前編 鐵、タングステン系 一、緒論

鐵、炭素、タングステン三元系の状態圖を研究するに先づつて未だ完成されて居らぬ鐵、タングステン二元系合金に就て研究した。已に本多教授及村上博士が顯微鏡試驗を以て此合金の研究をなし假定状態圖を發表して居られる。(東北大學理科報告第六卷二六四頁)

ハーコート氏(H. Harkort, Metallurgie, Heft 18, 19, 20, 1907) はタングステン含有量二二%以下 の合金に就て其の凝固溫度並に A₂ 及 A₃ 變態溫度を測定して居る。此研究によると凝固溫度は非常に不規則であるが一般の傾向として第一圖に示す様にタングステン五%迄は上昇し夫より以上にタングステンを増すと降下する。A₃ 變態はタングステンを増すと段々と

只研究結果を擧げたのみで、状態圖に就ては言及して居ないが、 A_2 変態には何等の變化も及ぼさない。ハーコート氏は

それでボルネマン氏(Bornemann, Metallurgie, 1812, 384)は此結果を用ひて第壹圖に示す様な狀態圖を想像して居る。圖に於て A B 及 D E はハーロート氏の研究結果であつて A C は想像の線である。ボルネマン氏の説によると A B 線は或る鐵タンゲステン化合物_xの溶解曲線であつて A₁ 変態ではない。然し著者の實驗の結果から見ると此狀態圖は正しくない。



四

ことが分かる。

私の實驗に用ひた試料は庖丁鐵と金屬タンゲスチン粉（品位九九%）で作つたものである（使用した庖丁鐵は次の成分を有する。）

炭素(%)	硅素(%)	満俺(%)	磷(%)	硫黄(%)
○、○五四	○、一八八	○、〇一五	○、〇六五	○、〇〇八
金屬タンクスチーン粉は棒狀に壓搾して之を熔解せる庖丁鐵				
中に投じて約タンクスチーン四〇%の合金を作つた。次の實驗				
に用ひた合金は高タンクスチーン合金を除いては總て此の材料				

二、凝 固 溫 度

此二元系合金の結晶の始點及終點(Liquidus and Solidus)は熱分析に依つて定めた。實驗に用ひた合金の重量は約三〇瓦宛で小さいクリプトル抵抗爐で溶かした。熔解坩堝は低タンゲステン合金にはS.M.型(ニ保含製)を、高タングステン合金にはマグネシャ坩堝を用ひた。溫度は白金及白金ロヂウム熱電對を以て測定し冷却曲線を求むる際の冷却速度は千五百度附近で毎秒約一度であつた。冷却曲線によつて求めた變異點は第一表に示す通りである。尙代表的曲線は第一圖にあげた。

番號	タンクス	ン含有量.	初期結晶		二次結晶	持続時間	摘要
			溫度	度			
一	一、九四	〇%〇〇	一、五一四	一、五二〇	一、五二〇	一、五度	一
二	三、八五	七、二九	一、五二三	一、五〇二	一、五〇二	一、五度	二
三	五、七七	一、〇三	一、五二七	一、五一〇	一、五一〇	一、五度	三
四	一、四、四二	一、九、二三	一、五一七	一、五一七	一、五一七	一、五度	四
五	二、三、〇〇	二、六、八二	一、五一七	一、五一七	一、五一七	一、五度	五
六	三、三、六〇	三、八、〇〇	一、五〇六	一、五〇六	一、五〇六	一、五度	六
七	四、五、〇〇	四、五、〇〇	一、五一四	一、五一四	一、五一四	一、五度	七
八	五、〇〇	一、五〇三	一、五〇八	一、五〇八	一、五〇八	一、五度	八
九	一〇五	一〇五	一〇五	一〇五	一〇五	一〇五秒	九
十	六五	三〇	分析せず	分析せず	分析せず	分析せず	十
十一	六五	三〇	金属タンクステンを直接に使用す、分析せず	金属タンクステンを直接に使用す、分析せず	金属タンクステンを直接に使用す、分析せず	金属タンクステンを直接に使用す、分析せず	十一
十二	六五	三〇	過冷度二十四度	過冷度二十八度	過冷度二十二度	過冷度七度	十二
十三	六五	三〇					十三
十四	六五	三〇					十四
十五	六五	三〇					十五
十六	六五	三〇					十六
十七	六五	三〇					十七
十八	六五	三〇					十八
十九	六五	三〇					十九
二十	六五	三〇					二十
二十一	六五	三〇					二十一
二十二	六五	三〇					二十二
二十三	六五	三〇					二十三
二十四	六五	三〇					二十四
二十五	六五	三〇					二十五
二十六	六五	三〇					二十六
二十七	六五	三〇					二十七
二十八	六五	三〇					二十八
二十九	六五	三〇					二十九
三十	六五	三〇					三十
三十一	六五	三〇					三十一
三十二	六五	三〇					三十二
三十三	六五	三〇					三十三
三十四	六五	三〇					三十四

高タンクスチーン合金に就てリーヴ、ノースラップ會社製の

オプチカルパイロメーターを用ひて冷却曲線を求めて見た。

曲線は可成り不規則で大なる信用は置けないが次の結果を得た。

タンクスチーン含有量 初期結晶温度 二次結晶温度

四五%

一、六五〇

一、五一五

五〇

一、四七〇

一、五〇五

六〇

一、六六五

一、五〇五

六五

一、五〇五

此の四合金のタンクスチーン含有量は合金を作る際の計算量であつて分析の結果ではない。

III、 A_2 及 A_3 變態

A_3 變態を測る爲に最初示差熱分析法(Differential thermal analysis)を用ひて見たが餘りに熱の出入が少ないので正確に其の點を定めることができなかつたが熱膨脹を測定して初めて A_3 變態の様子を知ることができた。熱膨脹測定の装置は鐵鋼研究所で常に用ひて居るもので(東北大學理科報告、第六卷、二〇三頁)測定は總べて真空中で行つた。試料は徑五粂長さ拾糰の棒で鐵型に鑄て作つた。

熱膨脹測定によつて求めた A_3 變態の溫度は次の様である。

測定曲線は第三圖に示した。

タンクスチーン含有量

A_3 變態の始點

〇・〇〇

〇・七七

一・九〇

九〇〇

九三〇

九五〇

三・六〇
四・六四

九八五
一、〇〇〇度(A_{C_3})

此結果から次の結論が得られる。即ちハーコート氏の研究と同じくタンクスチーンの含有量が増すに従て A_3 變態は上昇す。然し變態の大きさは段々と減少する。

A_2 變態は示差熱分析法及磁氣分析法によつて定めた。其の結果は七九〇度なる A_2 變態はタンクスチーン含有量によつて大きな影響を受けなかつた。茲に A_2 變態として夫々加熱及冷却中に於ける變態の終點及始點を取つた。此結果はハーコート氏の結果とよく一致して居る。

IV、顯微鏡試験

鐵タンクスチーン合金の顯微鏡組織は本多教授及村上博士(東北大學理科報告、第六卷二六四頁)によつて已によく研究されて居る。其の結果によると鐵及タンクスチーンの間には Fe_3W なる唯一の化合物が存在するのみである。著者の研究所に於ても同じ結果を得た。

寫眞第一は七・一九%のタンクスチーンを含む合金の組織である。寫眞圖に見る如く只多面體の境界線が見えるばかりである。即ちタンクスチードは全部固溶體としてフェライト中に溶け込んで居る。タンクスチードの小粒が散在して居る組織を示す。此タンクスチードは冷却の際固溶體から析出したものである。寫眞第二は三八%のタンクスチーンを含む合金の組織

て針状をして居るタングスタイドの初期結晶が見られる。他の部分には固溶體から析出したタングスタイドの小粒が見られる。

タングステン五五%を含んで居る合金は明かに二層に分れて居る。上層にはタングスタイドの初期結晶が見られるし、下層にはタングスタイドに圍繞された新らしい違つたものが見える（寫真第三）。此新らしく現はれた成分は相當に軟かいし又タングステンが増すに従て増加すると云ふ點から本多教授及村上博士は金屬タングステンであると結論されて居る。此組織から見ると金屬タングステンが初期結晶として融液から析出して下底に沈み之れが低い温度で尚存在して居る融液と反応してタングスタイドを作つたものである。

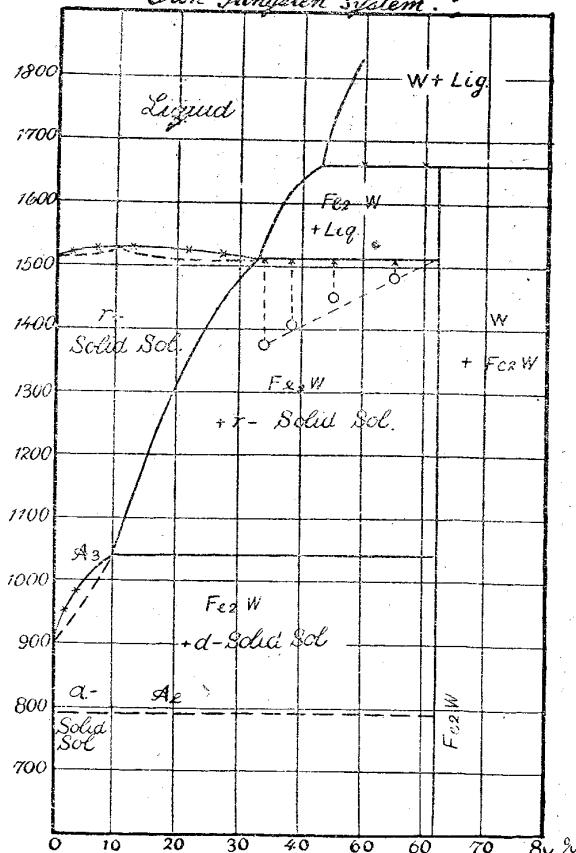
顯微鏡試験の結果から次の結論が得られる。即ち鐵は常温でタングスタイドとして九%のタングステンを溶解する。之よりもタングステンが増加するとタングスタイドが粒状をして固溶體中に現はれる。タングスタイドの初期結晶はタングステン三三%と四三%の間の合金に見られる之以上のタングステンを含む合金では初期結晶は金屬タングステンである。示した様に凝固點は可成り過冷される。

五、狀態圖

前記研究の結果第四圖に示す様な鐵タングステン系の狀態圖が得られる。鐵の凝固點に及ぼすタングステンの影響はハコート氏の實驗の結果の様に大きくなかつた。第一表に示した様に凝固點は可成り過冷される。

第 四 圖

Institutional Diagram of Iron-Tungsten System.



タングステン約拾%迄は凝固點は少し上つてそれから段々に下る。二三%タングステンを含む融液は一、五一〇度の一定温度で結晶する。又金屬タングステンの初期結晶と融液と反

常温に於けるタンクスチーンの溶解度は9%よりも低い。此結果を證明する爲に著者はタンクスチーン6%の純粹な鐵タンクスチーン合金を千二百度から二百度迄四十五時間を費して冷却した。然し顯微鏡で遊離タンクスチードの痕跡も認めるとが、できなかつた。ポルトバン氏の掲げて居る寫真で針状をなす物質はフルトグレン氏の所謂分解したオーステナイト("Met-allographic Study on Tungsten Steel")であるらしい。何とならばタンクスチーン5%、炭素0.11%のタンクスチーン鋼を千百度から普通の速度で冷却してピクリン酸曹達で腐蝕するとポルトバン氏の寫真に似た組織が現はれる。夫故に此狀態圖には常温に於ける溶解度は9%とした。A₂變態はタンクスチーンによりて影響を受けないから七九〇度に於ける水平線を以て現はした。此變態は相の變化ではないから點線で示した(東北大學理科報告、第六卷二二三頁)。

前記の結果は定性的意味では本多教授及村上博士の研究の結果と一致して居る。

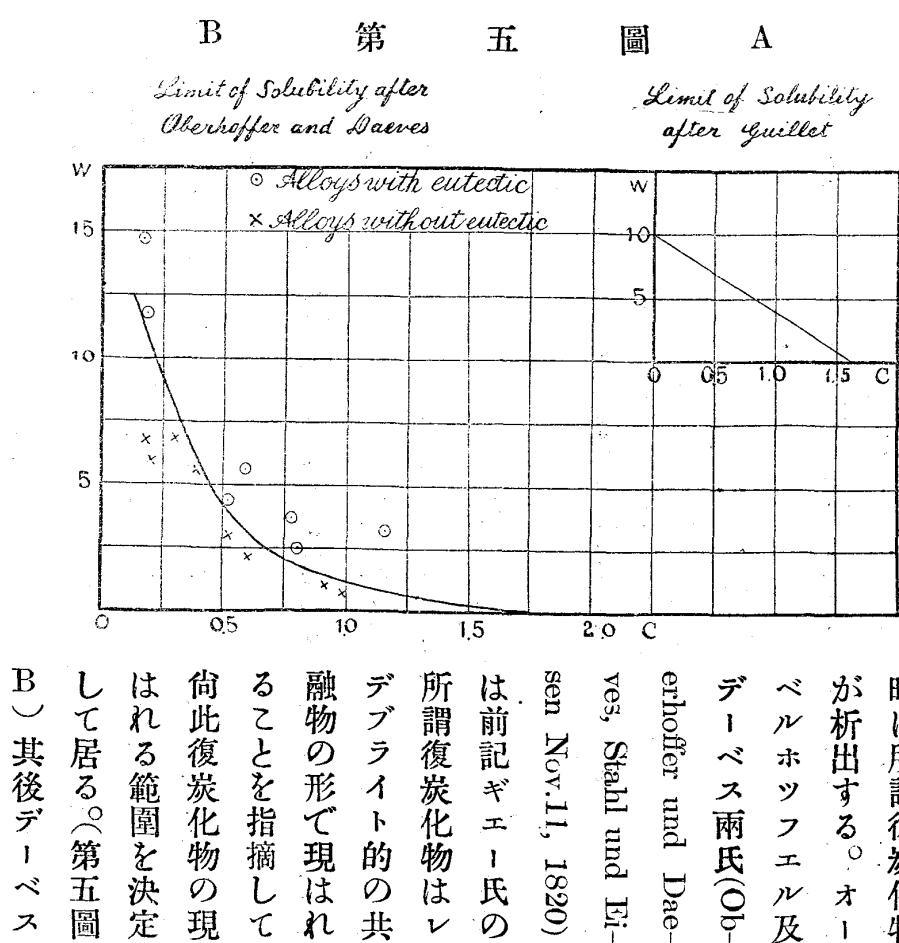
後編 鐵、炭素、タンクスチーン系

六、緒論

タンクスチーン鋼に關する研究は澤山發表されてあるが今日迄鐵、炭素、タンクスチーン三元系の狀態圖の組織的に研究されたものはない。

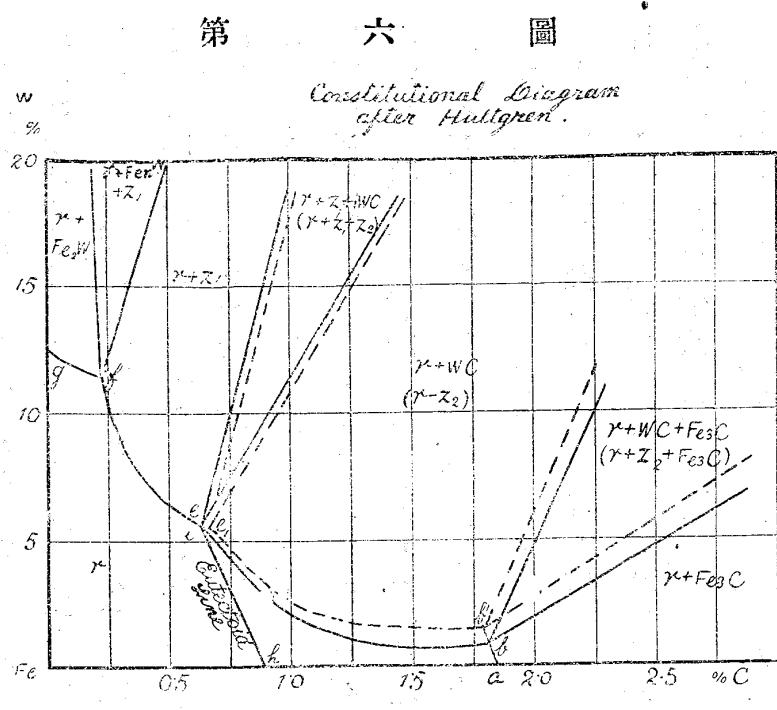
ギュール(Guillet, Rev. de Mét., 1904, 263)は顯微鏡試験

鐵、炭素、タンクスチーン三元系合金の狀態圖に就て



で第五圖 A に示す有名な狀態圖を作つて居る。圖に於て直線で現はれた限界を越して炭素又はタンクスチーンの量を増す時は所謂復炭化物が析出する。オーベルホツフエル及デーベス兩氏(Oberhoffer und Daevs, Stahl und Eisen Nov. 11, 1820)は前記ギュール氏の所謂復炭化物はレーブライト的の共融物の形で現はれることを指摘して尙此復炭化物の現はれる範圍を決定して居る。(第五圖 B) 其後デーベス氏(Daevs, Stahl und Eisen, Sept. 3, 1921)が本多教授及村上博士發見の腐蝕剤たる赤血鹽のアルカリ性溶液を使用して前に發表せる第五圖 B の溶解の限界線は今少しタンクスチーン及炭素の少ない方向に移るぐるものであると云つて居る。それは赤血鹽の腐蝕度は前の研究に用ひた沸騰せるピクリン酸曹

達よりは強いからである。



フルトグレン氏 (Hultgren, "Metallographic Study on Tungsten Steel) は近年非常に綿密な顯微鏡試験の結果第六圖の如き狀態圖を作つた。氏の研究によると次の化合物の存在を認めて居る。(1) Fe_nW —— 炭素含有量少なき場合に存在す。(2) $\text{Fe}_2\text{W}_2\text{C}$ (氏の記號によれば N^-) —— 炭素含有量中位の場合に安定である。(3) FeWC (氏の記號によれば Z^-) —— 準安定

定なる復炭化物にして高溫にて安定なる

WC とオース
テナイトに分
解する。尙氏
は普通のセメ
ンタイトは或

量の WC を
溶解すると考
へて居る。又
W₃C なる化
合物が炭素タ
ングステン系
にのみ存在し

に於て曲線 ab , ef , fg は想像的のもので只 be 線のみが彼の研究の結果出來たのである。圖中の點線は準安定なる Z を含める系の狀態圖を示す。 hi 線は氏の研究から求めた擬共融成分の移動を示して居る。

前記の結果は皆顯微鏡試験の結果であつて熱分析法で研究したものでな。Boehler, Abstract, Rev. de Mét., Sept. 1904) は炭素・〇・六六——一・一六% タングステン〇・四六——一六・八四% を含有する十四種のタングステン鋼に就て凝固點を測定してタングステンは鐵の凝固點を下げると結論して居る。

著者の研究は今尙不明なる鐵、炭素、タングステンの三元系合金の狀態圖を熱分析等にて決定せんとするにある。實驗に用ひた合金を作る材料は庖丁鐵、金屬タングステン粉（品位九九%）フェロタンクスステン、及白銑鐵である。材料の分析結果は次の通りである。

七 磁氣分析

高炭素及高タンゲステン合金中に含まる、成分を見出す爲に磁氣分析を用ひた。試料は長さ七粍徑五粍の圓棒で鐵製の鑄型に鑄て作つた。磁氣分析は鐵鋼研究所で常に用ひられて居る磁氣分析に依つて得た、代表的曲線は第七圖に示す通り

尙同圖には比較に便ならしむる爲タングステンを含まない銑鐵(炭素二・五%)の磁氣冷却曲線を附した。

各試料は鑄ばなしのまゝのものを約五百五十度まで熱し次に九百度まで熱して各の場合に磁氣冷却曲線を求めた。第一の冷却曲線を見るにセメンタイト變態と違ふ新らしい變態が現はれて居る。此變態はセメンタイトの夫れよりも低く例へば百二十度附近に見られる。そしてタングステン含有量が増加するに従て段々と此變態點が降下する。試料を約九百度に熱すると第二の冷却曲線に見る様にセメンタイト變態が二百度から二百三十度の間に現はれる。

之等の觀測から次の結論が得られる。即ちセメンタイトは或る物質を溶解する。此爲に變態點が下るのである。そして此セメンタイトと或物質の固溶體は九百度附近で分解し始める。尙又タングステンの含有量を増すと固溶體の變態點が低下する所から見るに溶かされて居る物質はタングステン含有量の多い物質であると推定することができる。フルトグレン氏はセメンタイトはタングステンを炭化タングステン(WC)の形で溶かして居ると考へた方が事實に近いと思はれる。

八 顯微鏡試験

顯微鏡試験用として四十箇以上の試料を作つてタングステン鋼中の化合物の存在や共融物の出る範圍等を決定した。

寫真第四はタングステン三四・八一%、炭素一・三八%の合

金を赤血鹽のアルカリ性溶液で腐蝕した組織を示す。此組織は角張れる大きな結晶と共融的部より成る。前者はセメントタイトを溶解したタングスタイド(Fe_3W)の初期結晶と考へられる。何となれば鐵タングステン合金中のタングスタイドの初期結晶は針狀であるが之に炭素が入ると段々に變化して角張つた結晶となる。タングステン三〇・一一%、炭素〇・五%を含む鋼のタングスタイドの初期結晶は寫真第五の如く尙針狀をなして居る。此少量の炭素を含める鋼のタングスタイドの初期結晶と鐵タングスタイドとは赤血鹽に對する腐蝕效果で區別することができる。即ち前者は後者よりも腐蝕される度が大である。フルトグレン氏は前記角張れる初期結晶は Z_2 なる復炭化物($FeWC$)であると推定して居るが著者は此の結晶は一定の成分の化合物ではなくてセメンタイトを溶かしたタングスタイドであると思ふ。今タングステン三六・一九%、炭素二・一一%を含む鋼を千度に五時間熱すると初期結晶は一部硬い白色の物質に變化する(寫真第六)此物質はフルトグレン氏の研究によるとWCである。然るに炭素の少ない例へばタングステン三〇・一一%、炭素〇・五一%の鋼では同じ處理を行つても變化しない。若し之が一定の化合物であれば斯かる相違は起らない筈である。

タングステン並に炭素の高い合金を融液から冷却したものを見るに WCの結晶がオーステナイトに圍まれて下底に沈澱して居る。之より推すに初期結晶はセメンタイトを溶かした

タンクスайдであつたが高溫で WC と Fe とに分解したものと考へられる。

顯微鏡にて純粹なセメンタイトとタンクスайдを溶かしたセメンタイトと區別することは出來なかつた。フルトグレン氏は區別されたと云つて居る。今此セメンタイトを高溫で長く熱するとセメンタイトから WC が出るのが見られる。

斯く磁氣分析と顯微鏡試験から WC が出るのが見られる。イドとは或濃度まで互に溶け合つて此二つの飽和固溶體が二元共融物を作ることが推定される。

勿論オーステナイトはセメンタイトもタンクスайдも或濃度まで溶かす。冷却の際之等の化合物が互に徐々に作用して WC を析出すると考へられる。

寫真第四に見られる共融物の成分は明かにタンクスайдとオーステナイトである。此場合タンクスайдの結晶能がオーステナイトの夫れよりも大であるからタンクスайдが樹枝狀結晶をなして現はれる。

寫真第七に於ては大部分の面積はオーステナイトでオーステナイトとタンクスайдの二元共融物が其の結晶粒の境に現はれて居る。

寫真第八はタンクスайдとオーステナイトの二元共融物とタンクスайд、オーステナイト及セメンタイトの三元共融物とが現はれて居る。タンクステン約一五%の合金で炭素を段々と増して行くと三元共融物が増加する。三元共融物中

のセメンタイトは他の二つのものよりも結晶能が大であるから針狀に結晶して居る。

寫真第九はタンクステン二・〇%、炭素三・八%の合金に於けるレデブライト組織を示して居る。此レデブライト中のセメンタイトが恰も鐵炭素合金中の初期結晶の如く針狀をして居る。寫真第十は三元共融物がオーステナイト及セメントの二元共融物に圍まれて居る。寫真第十一では大部分は三元共融物である。

タンクスайд及セメンタイトの二元共融物の存在は顯微鏡的には確かめられなかつた。

共融物の現はるゝ部分と現はれない部分との境界即ち凝固點以下に於ける溶解の限界線も顯微鏡で定めた。其の結果は第十圖の曲線 C E F である。之は前記オーベルホツフエル及デーベス兩氏の圖に似て居る。此の曲線の一方の端は鐵タングステン系側とタンクステン三三%の所で交はる。第十二圖はタンクステン二二・四一%、炭素〇・五七%の鋼に於てオーステナイト中からタンクスайдの小粒の析出せるを示す。常温に於けるタンクスайдのオーステナイト中に溶解する限界は第十圖の曲線 G E である。

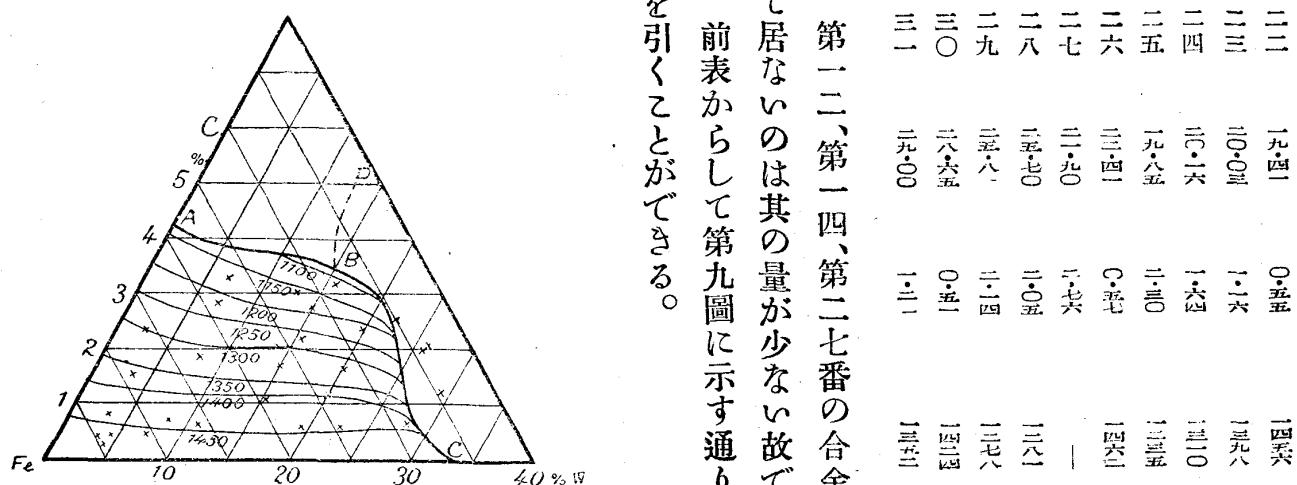
著者の顯微鏡試験ではフルトグレン氏の所謂 Z₄複炭化物 (Fe_3WC) は認めることが出来なかつた。

熱分析に用ひた合金は約三〇瓦宛で S M 管(三保舎製)に入

九 熱 分 析

れて小さいクリプトル抵抗爐で熔解した。温度は前篇の場合と同様ルシャテリー式熱電對で測つた。冷却曲線に現はれた變異點は第二表に示す通りである。尙曲線の代表的のものは

第ノ圖に指しナ



第九圖

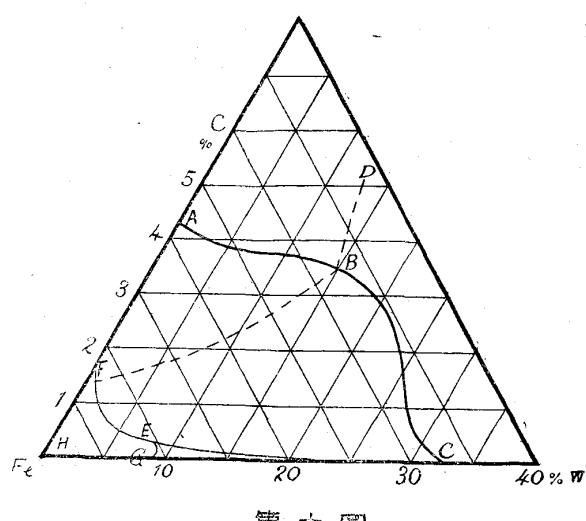
十 狀態圖

前記研究結果より

三元系合金の状態図を

決定する事が出来
る。セメントタイトを溶
解して居るタンクスタ

イドもタンクスタイル
を溶かせるセメンタイ
トも共に容易に分解す
るから茲で求めた次の



第十圖

狀態圖は寧ろ準平衡圖と稱すべきものである。

第拾圖は共融線、共融結晶の現はれる限界線及タングスティードの常溫に於ける溶解限界線を平面圖として表はしたものである。A

BCHの範圍では初期

結晶はオーステナイト

でABDの範圍ではタングスティードを溶解せるセメンタイト、DBCの範圍ではセメンタイトを溶解せるタングスティードである。曲線CFFは共融物の存在する限界でABはオーステナイト及セメンタイトの一元共融線、CBはオーステンイト及タングスティードの二元共融線の移動を示す。尚BDはセメンタイト及タングスティードの一元共融の想像線である。Bは三元共融點を示す、其の成分はタングスチン一五%、炭素三・六%、鐵八一・四%であつて其の凝固點は千六十五度である。GEは常溫に於けるタングスティードの溶解限界線を示す。

第十一圖a,bは熱分析及顯微鏡的研究によりて求めた鐵、タングステン系側に平行なる斷面を示す。此斷面上の點は炭

素量は略一定でタングステン含有量の違つた諸種合金の結晶の始點及終點を表はす。

第十二圖a,b,c,dは鐵、炭素系側に平行なる斷面を示す。即ちタングステンの量は略一定で炭素の含有量の違つた合金の初期結晶、二元共融點及三元共融點を示す。

之等の曲線から狀態圖中にオーステナイトの初期結晶と二元共融物のみありて二元共融物の存在せぬ合金の成分を大體推定することができる。此點の軌跡は第十圖中にて點線にて示してある。

十一 結論

此實驗の結果は次の數項に總括することができる。

(一) 鐵、タングステン系合金の狀態圖を決定した。ハーコート氏の研究の如く鐵、タングステン合金の凝固點はタングステンの少量の間は餘り大なる變化を生じない。

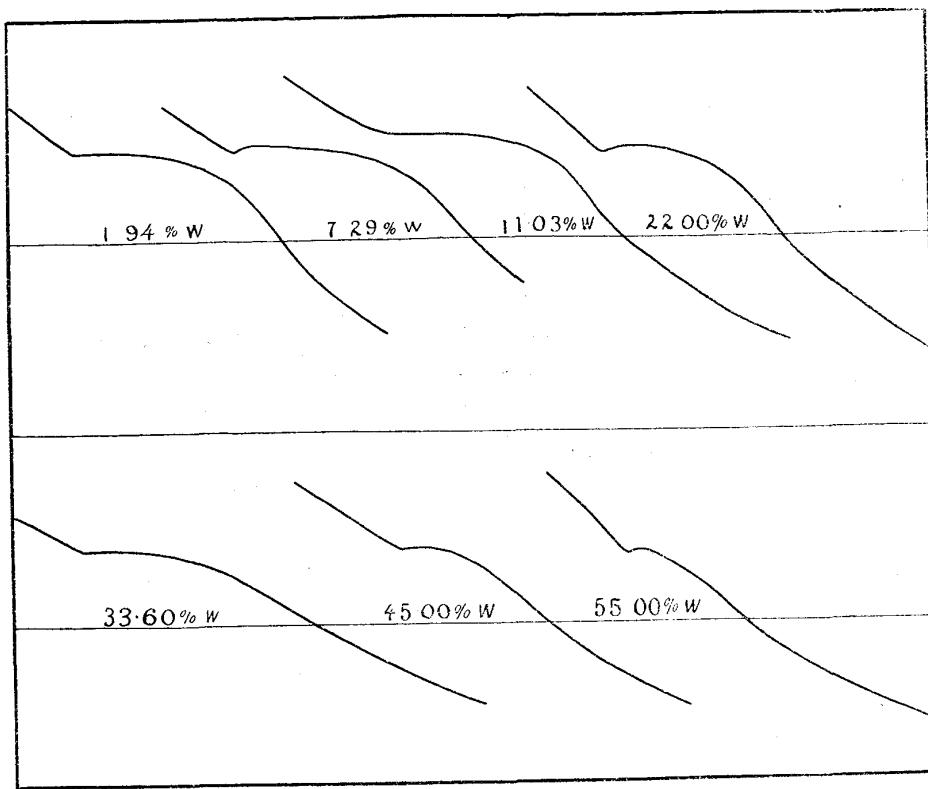
(二) 高溫に於ける熱膨脹の測定で A_3 變態點はタングステンが増すに從て上昇するが其の大さは段々と減することを知つた。

(三) 七百九十度なる A_3 變態はタングステンの增加によつて殆ど變化を受けない。

(四) 顯微鏡組織は本多教授及村上博士の研究結果と一致した。鐵、タングステンの間には Fe_3W なる一つの化合物が存在するのみである。

(五) 鐵、炭素、タングステン三元系合金の狀態圖を熱分析

第二圖



磁氣分析並に顯微鏡試験によりて定めた。

(六) 磁氣分析及顯微鏡試験によりて次のことが解つた。即ちセメンタイトとタンゲスチードは互に或る濃度まで溶解する。そして炭素並にタンゲスチーンの共に多い合金では此固溶體が分解して炭化タンゲスチーン(WC)を析出する。

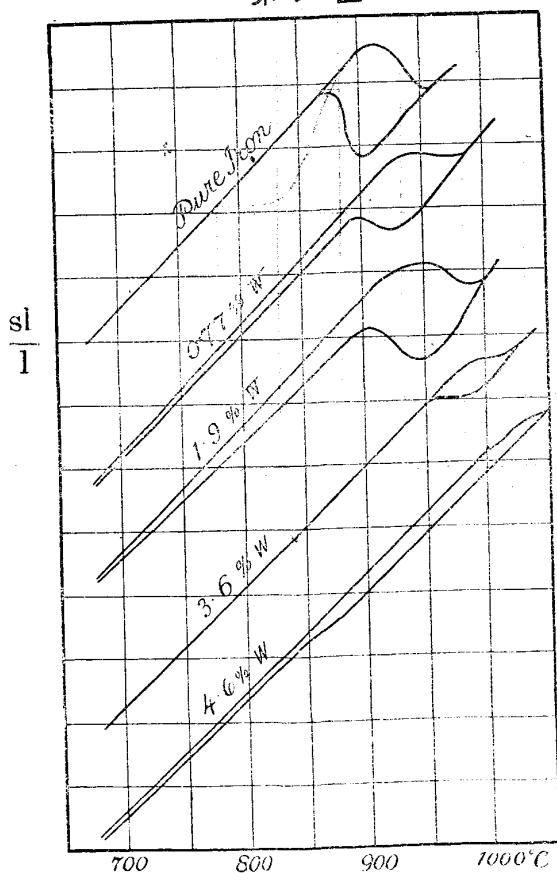
(七) 三元共融點が定められた。即ち其の溫度は千六十五度

で其の成分はタンゲスチーン一五%、炭素三・六%、鐵八一・四%である。

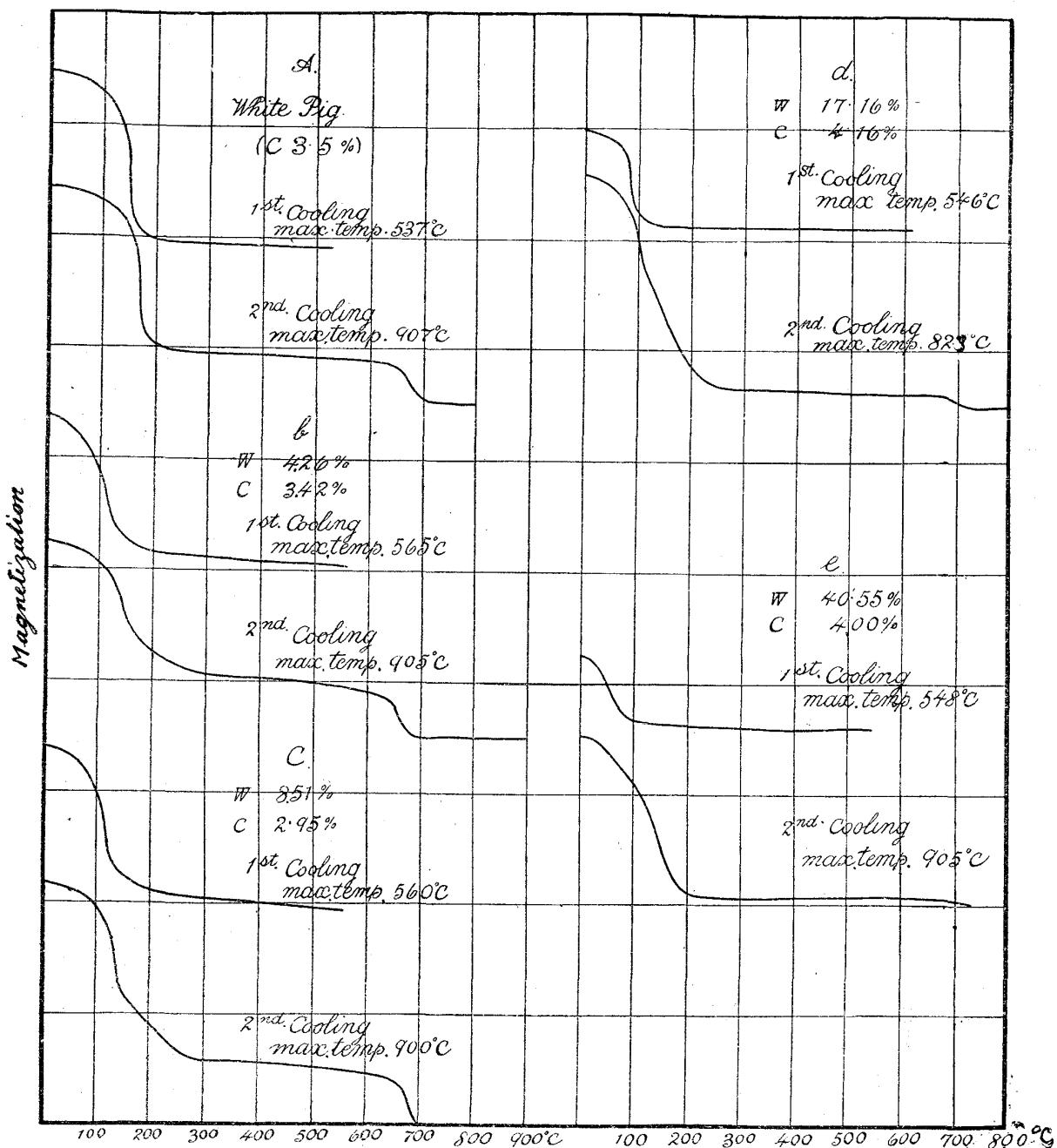
(八) オーステナイト、セメンタイト及オーステナイト、タンゲスチードの二種の二元共融物の存在することが認められた。之等が前記三元共融點に於て合致する。

終りに此研究は全然本多先生の御指導に依つて出來上つたことを附記して厚く感謝の意を表する。尙又實驗に際して種々助言を與へられた鐵鋼研究所の石原博士及物理實驗測定に助力されたる永澤、新居、山本の諸君に感謝する。(完)

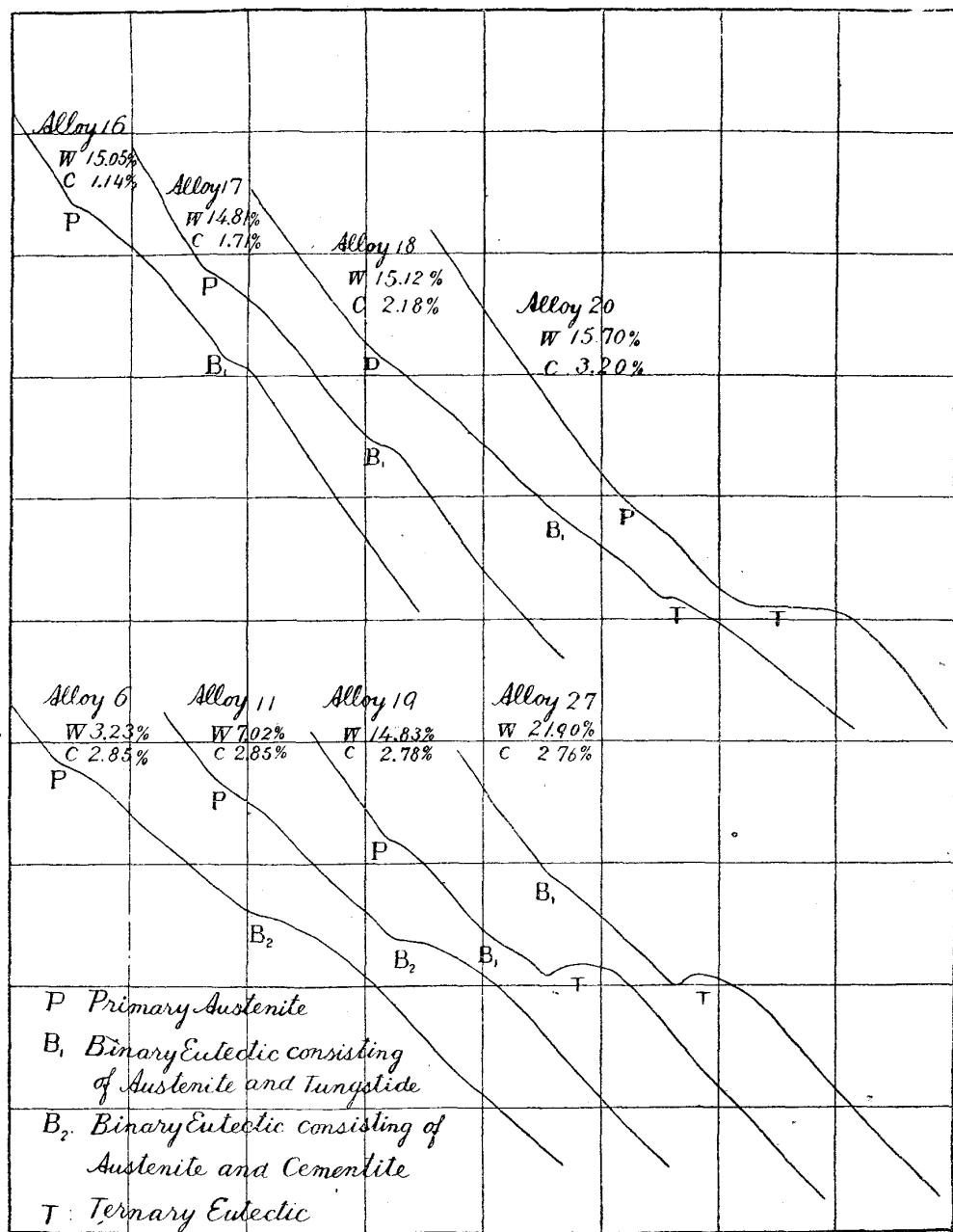
第三圖



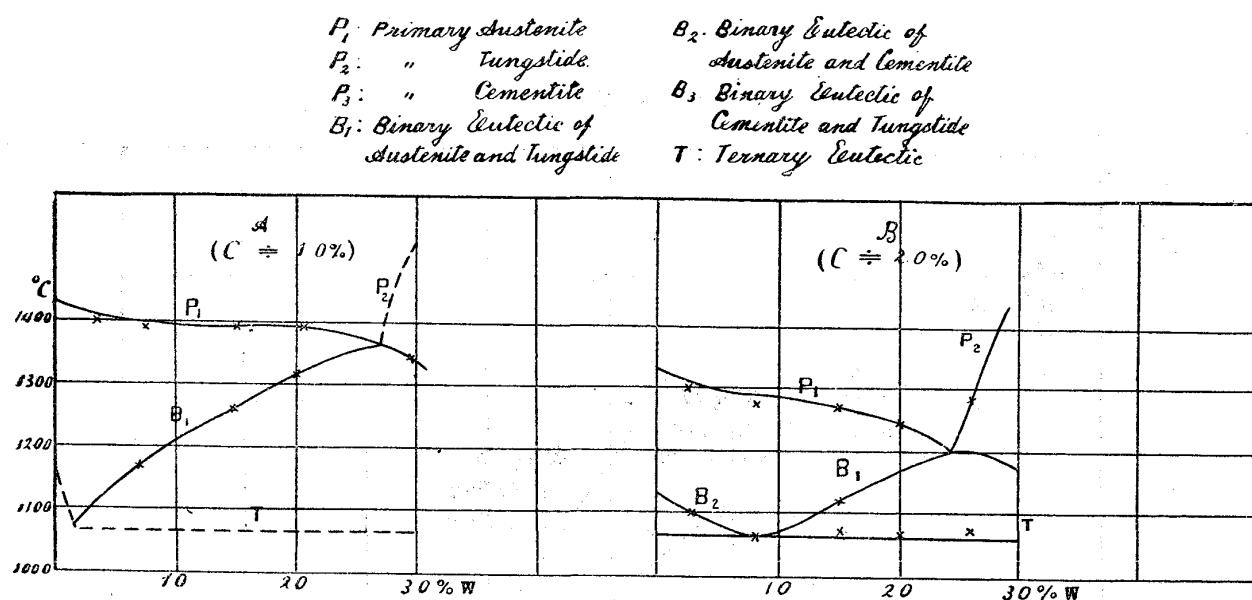
第七圖



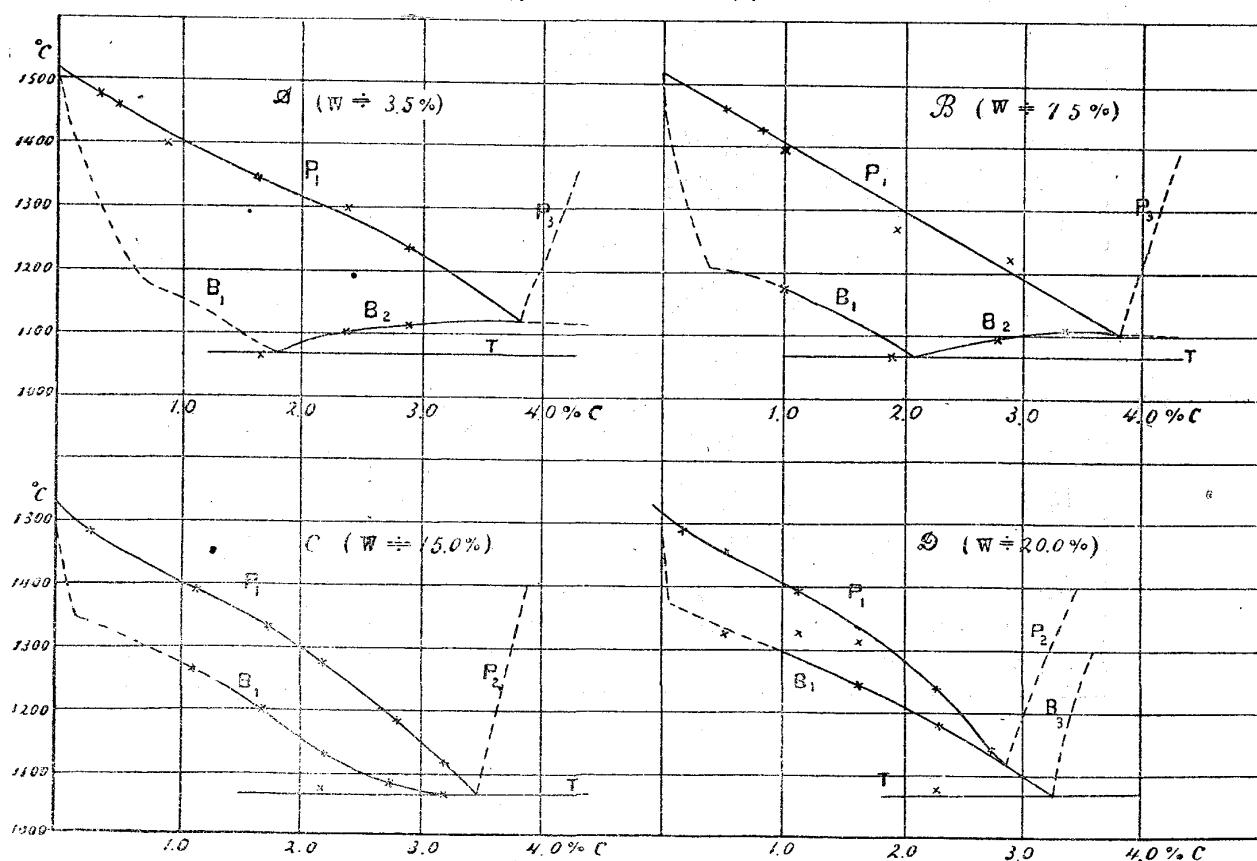
第八圖

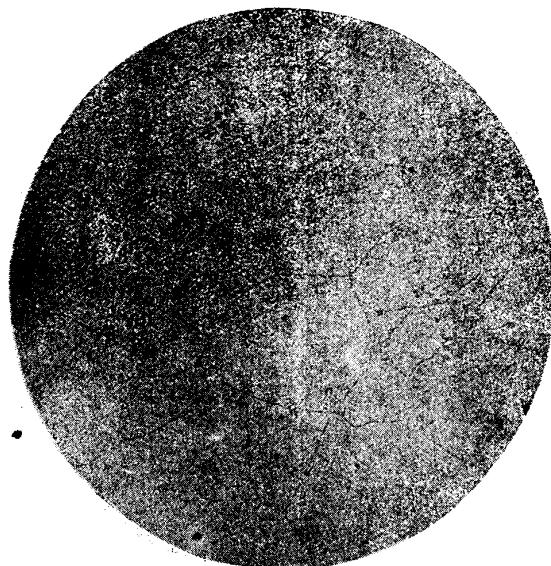


第一圖

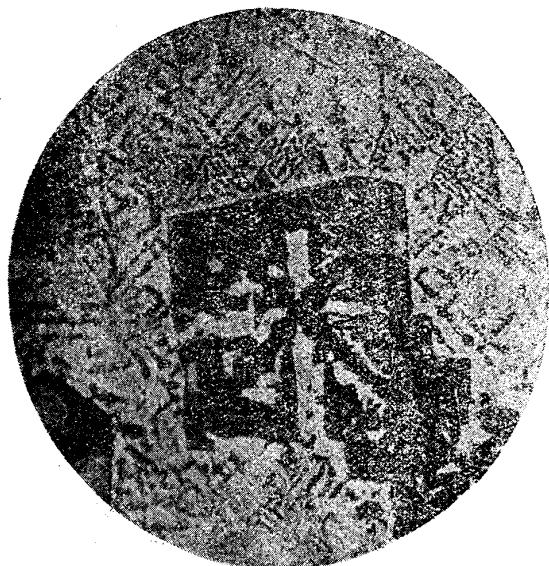


第十二圖





寫眞第一 七、二九%錫、ビクリン酸を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



寫眞第四 三四、八一%錫、三八%炭素
赤血鹽を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



寫眞第二 三八、〇〇%錫、ビクリン酸を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



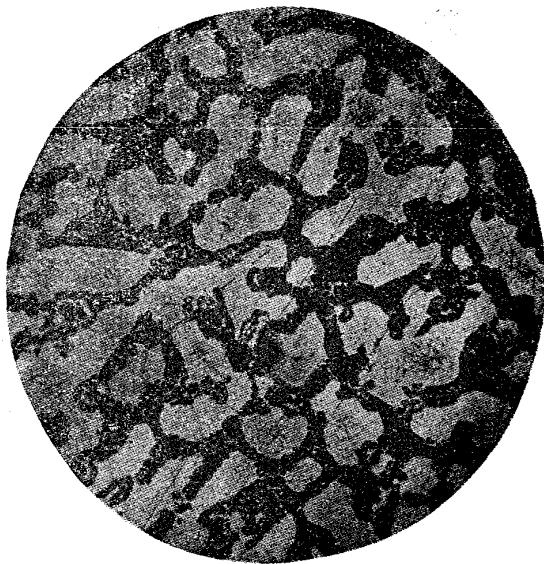
寫眞第五 三〇、二二%錫、〇・五一%炭素
赤血鹽を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



寫眞第三 五五、〇〇%錫、ビクリン酸を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



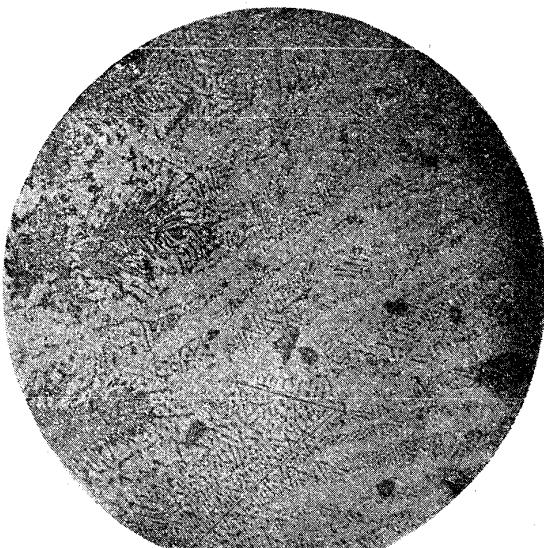
寫眞第六 三六、一九%錫、二、二一%炭素、
攝氏一、〇〇度にて五時間焼鍊し、
赤血鹽を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



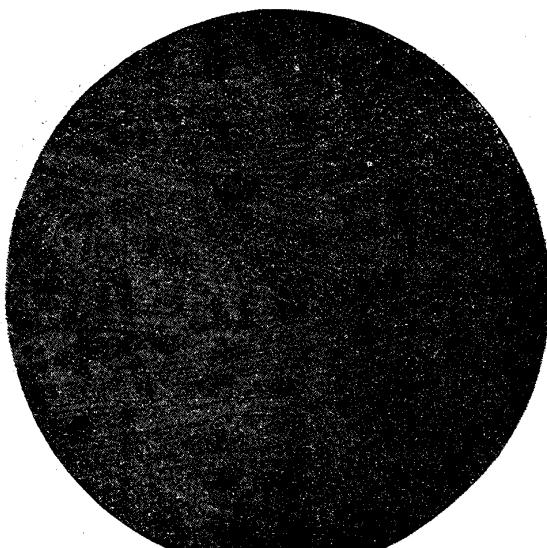
寫眞第七 二二、四一%錫、〇、五七%炭素赤血鹽を以て腐蝕せるもの、八〇倍



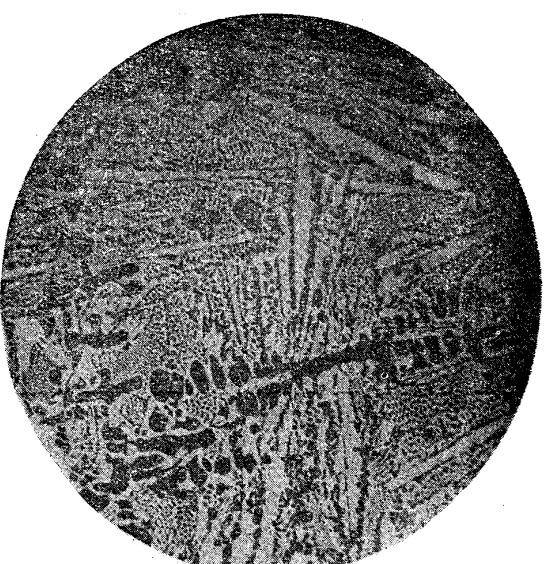
寫眞第十 七、五%錫、三、八%炭素、ピクリン酸を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



寫眞第八 二一、九%錫 二、七%炭素赤血鹽を以て腐蝕せるもの、一二〇倍



寫眞第十一 一五、七%錫、三、二二%炭素、ピクリン酸を以て腐蝕せるもの、八〇倍



寫眞第九 二、〇%錫、三、八%炭素、ピクリン酸を以て腐蝕せるもの、八〇倍



寫眞第十二 二二、四一%錫〇、五七%炭素、赤血鹽を以て腐蝕せる者、八〇倍