

# 鐵 と 鋼 第七年 第二號

大正十年二月二十五日發行

## 銅鋼に就いて

城 谷 陸 造

### 一 銅鐵合金並に銅鋼發達の経路

銅鋼に關する歴史を見るに古くは古代ローマ人の指輪として使用せる事有り、西歴千七百八十年 S. Rinnan は鐵と銅とを五と一との割合に配合して合金を造り硬度大にして而も強靱なる性質を有する物を得たり、Faraday and Stodart (Phil. trans. 1862. P. 266) は銅二%の銅鋼を熔製して善良なる金屬を得たり、Eggert (Wagner's Jahresbericht. 1862. P. 9) は銅〇.五%は低級炭素鋼又は鍊鐵にては僅かに red short を起す傾向ありとするも比較的炭素高き鋼に於ては何等影響する處無き事を主張す。

Longmaid (1821) は鐵一噸に就き銅二.五封度乃至一〇封度の割合に加入して異常なる硬度を有する合金を發見す、Mushet (1835) は銅五%銅鋼は甚大なる硬度を有するも鍛鍊し此れに角を附する事甚た困難にして此れが銅塊の破面は結晶良く發達し未だ銅の遊離せるを認むるに至らず、而して一〇%の銅塊は外見上五%のものと大差なきも放射狀の結晶の明瞭なるものなり、質は堅く脆弱にして破面に銅の遊離析出せるものを認む銅二〇%の銅塊は成分一樣ならず底部は頂部よりも鋼に富み銅赤色を呈し結晶粒規則正しく現出す、銅二五%の物は既に破面に銅の條痕又は塊狀を爲す物介在す、自銑に於ては銅の遊離する事鋼に比して著しく早く銅五%にして既に遊離するを見る、尙第一號銑に銅五%を加入する時は銅塊の底部に遊離せる銅の斑點散在する物有り、銅一〇%の物は肉眼的

2  
に其の存在を示し二〇%に至れば遊離せる銅は小球塊状を呈して破面に現出する事を發見せり、要するに氏は銅は鐵と合金を造り得る能力を有するも直接炭素と何等反應する事なしと主張せり。

Karsten (Percy's "Metallurgy of iron and steel") は銅は鋼及銑と僅量に於て固溶體を形成する事を唱ふ、Howe ("Metallurgy of steel" P. 368) は銅鐵合金に就ては多くの望みを有せずして本合金は red short にして blow hole を造り易く造塊至難なりと。

H. Baerman ("Treatise on the Metallurgy of iron" P. 49) は鋼と鐵とは總へてのパーセントに亘りて合金を造り得る事は疑問なりと。

Edwin. I. Ball and Arthur Wingham (Jour. of iron and steel instit. No. 1, 1899 P. 123) 軟鋼に於ては四・四%の銅は好く合金を造り銅七・一四%炭素〇・七一%の銅鋼も破面に銅の遊離せるを認めず、Henri Schneider (Engineering and mining Jour. Vol 50. P. 40. Oct 1890) は溶銑爐にて銑鐵銅及コークスを交互に操入し溶解して一つの合金を造りしに抗張力彈性共に大にして而も可鍛性有る物を得たり。

W. H. Green wood ("Metallurgy of iron" Vol I.P. 77) は鐵と銅とを直接合金せしむる事は甚だ困難なるも鐵及銅を連続的に還元せしむる事に依りて合金せしむる事を得ると。

I. A. Phillips and H. Baerman ("Elements of Metallurgy" 1891 P. 142) は一般に銅と鐵とは第三の金屬加入に依りて合金と成るを妨げらる、James Riley (Jour. of iron and steel instit. No 1. 1890 P. 123) は銅と鐵とは顯微鏡的に合金を作らすして銅は研磨面の全部に亘りて散布するも此れにアルミニウムを加入する時は好く合金を作り得るなり。

F. Lywood garrison (Jour. of Franklin instit. Aug. 1891) は銅五%の銅鋼は完全に合金するも一〇%の物は銅の過剰を來す。

W. Lipin (Jour. of iron steel institute 1900 No. 11) は Swedish charcoal iron に銅を加入する時は流動性を増

すも結晶性發達し性幾分脆弱となる銅四・九%を含有するものは一平方時に就き十九噸乃至二十二噸の抗張力を有し炭素をして遊離狀にし銅の加入は金質をして善良ならしめすとすも事更に怖るゝ必要なしと云ふに在り、尙鋼に於ては炭素の増加するに従ひて銅の鐵と固溶體を成す量は減少して遂に三%に至る、而して此れを加工するに hot working を行ふ時には罅裂を生し易し。

Dr. Edwin T. Ball and Arthur Wingham (Jour. of iron and steel institute 1889, No. I.P. 123) は坩堝熔解法にて試料を熔解し鋼塊に造形する事なく坩堝内にて冷却せしめ此れより  $1 \times \frac{1}{16} \times \frac{1}{16}$  の試験片を造り抗張力試験を行ひたるに次の結果を得たり。

鋼番號	炭素%	抗張力(噸)「平方吋」
一	〇・一三三	二九・〇
二	〇・一〇二	一八・三
三	〇・二二七	三六・六
四	〇・三六三	四七・六
五	〇・七一一	五六・〇
六	四・一〇〇	四三・二
六	四・四四〇	三四・三

一般に銅は red short を起し易きも一定量以下なれば差支なく No. 4 も冷間にて鍛鍊し得るなりと、Mr. H. H. Campbell ("On the manufacture and property of structural steel" P. 276) は鋼に銅の〇・二五%迄含有せらるゝも何等影響する處なく却つて此れが靱性を増す。

試験片の厚さ(吋)	銅 %	破斷界	封度(平方吋)	彈性界	封度(平方吋)	延伸 %	收縮面積 %	elastic ratio						
6/16	〇・一〇	六二・三七六	四四・一五二	二七・五二	五六・三〇	七二・九	七二・七	七二・七						
									〇・三五	六〇・二八三	四三・八四一	二七・八八	五九・〇一	七二・七
3/8	〇・三五	五九・六三〇	四三・四七八	二九・〇二	五七・八六	七二・九								

Prof. T. O. Arnold (Jour. of iron and steel institute 1894 No. I.P. 107) は銅鋼と滿俺鋼との比較研究を行ひ

て次の結果を得たり。

品名	弾性界 封度(平方吋)	抗張力 封度(平方吋)	延伸 %	收縮面積 %	炭素 %	滿 %	鋼 %
滿 僱 鋼	二二・七二	三二・一六	三五・〇〇	六五・〇〇	〇・一〇	一二・九	—
銅	三〇・八〇	三四・八〇	三〇・五〇	六二・二〇	〇・一〇	—	一・八一
鐵	一四・三九	二一・七七	四七・〇〇	七五・五〇	〇・〇四	—	—

滿僱鋼及銅鋼の機械的性質には類似の點多く或る程度迄は相平行し一般に銅は滿僱よりも弾性界を増すの作用大なり、Mr. T. W. Hogg (Jour. of society of chemical industry Vol 12, P. 236, Jour. of iron and steel instit. 1893 No. 1, P. 388) は鋼塊内の分凝に於て銅は炭素、磷等に比して著しく少しと。

部分	炭素%	硫黃%	磷%	銅%
鋼塊内部	〇・二五	〇・一五〇	〇・二〇〇	〇・〇五二
鋼塊外部	〇・二五	〇・〇三六	〇・〇四二	〇・〇五二

Mr. Albert Ladd Colby (Iron Age. No. 301899 P. 1, Jour. of iron and steel institute 1900 No. 1 P. 413) は Steel shaft, Gun, Tube, Boiler, Ship plate, Bessemer steel rail 等に於て含有せらるる銅は或る一定量迄は鋼の性質を害する事なく多くの實驗結果より其の一定量とは〇・五六%と断定す、例へば銅〇・五五三%、炭素〇・三九%、滿僱〇・七〇〇%、珪素〇・一八二%、磷〇・〇五七%、硫黃〇・〇五五%なる gun steel の機械的試験は抗張力一平方吋に就き二九・二五噸、弾性界一平方吋に一七・一六噸、伸ひ三一・一二%、面積の縮み五一・九二%を示し又銅〇・五六五%、炭素〇・二五%、滿僱〇・六四%、珪素〇・一四九%、磷〇・〇四七%、硫黃〇・三四%の crank shaft steel は抗張力每平方吋に三五・一一噸、弾性界一平方吋に二〇・六四噸、伸ひ二四・九二%、縮み四四・六七%の數字を現し、銅〇・五七五%、炭素〇・一三八%の平爐鋼は好く熔接し得ると、而して boiler の fire box plate 及構造鋼に對して銅含有量を〇・〇五%乃至〇・一〇〇%以下たる事の制限を設くるの必要なき事を力説せり。

Mr. W. Lipin (Jour. of iron and steel institute 1900 No. II, P. 551) は坩堝熔解法にて Colby 氏の研究を續行



して銅の有効範圍を擴げ銅〇六%を以て極限とせり而して又銅三%の銅鋼は壓延加工甚た容易にして銅四・七%に至りて Red shortness を起し七%乃至一〇%の物は鏈打に依つて罅裂を生す其の實驗結果の一部を見るに

	Original iron	Cuprous steel
炭素 %	〇・一〇〇	〇・一三〇
滿庵 %	〇・一四〇	〇・三〇〇
珪素 %	〇・〇九〇	〇・一四〇
硫黃 %	〇・〇三四	〇・〇〇九
磷 %	〇・〇二三	〇・〇二三
銅 %	nil	三・二〇〇
抗張力(噸)「平方吋」	二六	四六・五〇〇
彈性界(噸)「平方吋」	—	三八・一七〇
伸ひ %	二七・八〇〇	一三・三〇〇

にして銅の加入によりて大なる抗張力を獲得せり尙炭素の増加する時は銅の加入の安全度を降下せしめ炭素含有量〇・四三%なる鋼に於ては銅の安全なる加入量は二%にして此れより多量になれば Red shortness を起す銅一%の物は工具鋼として使用し得ると稱す Mr. A. Rufus (Jour. of iron and steel instit 1900 No. II) は銅〇・四%の鋼は更に Red shortness を起す事なく熔接を行ふには〇・三%を越す可からすと。

J. E. Stead (Jour. of iron and steel instit. 1901 No II) は從來の諸學者の得たる結果の一致せざるか如く見ゆるは金屬合金なる考への一定せざる處にあるとし此の點に關して氏の意見は顯微鏡的分析の程度にて満足す可しと云ふに有り即ち金屬合金とは互々に熔け合ひ冷却して固體となりたる物にして單に熱又は壓力に依りて分離し能はず熔融状態に於ても油と水との如とく層を爲して分離する事なき物を云ふ更に此れを區別して true alloy, perfect alloy, imperfect alloy と爲す事を得 true alloy と

6  
 は單體と化合物例へは鐵と滿俺の炭化物、鐵と硫化物等の如く金屬と金屬、又は金屬と非金屬との合金にして白銑鐵、鼠銑鐵の如きは是れなり、perfect alloy とは固態の状態に於て齊一なる組織（顯微鏡的に）を有する物にして次の條件を有する物也、一、成分金屬の一つか一定の化合物なる事、二、成分金屬か一樣の結晶なる事、從つて共晶態は嚴密なる意味に於ては一樣ならざるも一つの合成成分と認む。  
 imperfect alloy とは熔融状態より凝固する場合に成分の一つ又は二つか初期晶として分離結晶せる物なり、茲に合金の成分とは必ずしも原素又は化合物を指すに非ずして顯微鏡的に分離せる物の意なり、氏は斯の如き考への下に實驗結果を判定せり、實驗に用ひたる銅及鐵は次の如き不純物を含ませる物なり。

銅 九九七三%、酸素 〇〇六%、鉛 〇〇四四%、亞鉛 〇〇一三%、アンチモン 〇〇六〇七%、金 〇〇〇四%、銀 〇〇二%、砒素 〇〇五%、ビスマス 〇〇〇四%、ニッケル 〇〇四七%、鐵 〇〇一四%、又鐵は鐵九九五四二%、炭素 〇〇三五%、珪素 〇〇〇八%、硫黃 〇〇三六%、磷 〇〇四二%、銅 〇〇二%、にして此等を相熔融し合金を造り顯微鏡並に化學分析の結果を綜合するに

一、銅と鐵とに Direct melting に依りて總ての割合にて合金を造り得べく而して酸素及珪素浸入し易し。

二、合金全部を三つに區別し得、即ち

A 類	鐵	..... 痕	跡	—— 二・七三%
	銅	.....		九七・二%
B 類	鐵	.....		二・七三—— 九二%
	銅	.....		九七・二—— 八%
C 類	鐵	.....		九二・〇—— 一〇〇%
	銅	.....		八—— 〇%

A 類、單一組織をなし顯微鏡的に純銅の如し而して鐵の増加するに従つて硬度を増し磁性大とな

る Perfect alloy にして銅と鐵との等質結晶を爲す。

B 類、鐵の二、七三%を超過すると鐵に富める初期晶を分離し一〇%に至りて結晶形を變して樹枝狀又は八面體結晶となり九〇%にて全部に亘る。

破面は常に銅色にして銅の含有量に依りて大差なく九〇%の物は銅は僅かに粒の間に介在するも破面は全部銅色を呈す而して結晶粒其の物も中心部は主として鐵にして外部に至るに従ひて銅に富む。

C 類、此の合金は肉眼的にも又顯微鏡的にも破断面は銅色を呈する事なく Heat tinting にて研磨面の青黄色になるに至りて留むる時は結晶粒は一樣に着色せずして酸化は結晶粒界より始まり漸時内部に向つて進む此れ熔融點高き鐵の先づ凝固し始め其れより銅の増加するに従ひて凝固點は下降し遂に銅八%に至る其れ以上は結晶粒の界に分離析出す此の結晶粒は Poore's Boon の混晶體と稱する物に相當す。

銅鐵合金に炭素の及ぼす影響に就きて前記 Mushet の實驗の正確なるを保證せり、即ち銅か鐵と合金を造るに炭素には全く獨立にして何等の觸媒作用を受くる事なし而して炭素一%の炭素鋼は銅七%迄を固溶體として含有し其れ以上になれば銅の小球塊を析出し鋼塊の底部に於ては殊に多し銅二五%の銅鋼に於ては鋼塊の底部は一〇%の鐵を含有する銅の分凝し固溶體並に樹枝狀結晶より成り頂部にては小球塊を成す銅七%炭素〇・九三%の銅鋼を加熱着色するに初期晶は其の外境に銅を析出し第二次晶たる Pearlite の粒は含有せる銅の量によりて種々着色す沃素及硝酸に依りて腐蝕するも同様なる組織を呈す又如何に緩慢に冷却するも Pearlite 内の Cementite の薄き板狀を認め得ずして恰も固溶體の如き状態に在り尙次の數條にて概括せり。

一、鐵と合金を作り得る銅の量は珪素三%を含有せる Grey hematite にて七・五%炭素一%の鋼にて

一五%にして銅の過剰量は單に機械的に球狀をなして散在し凝固する事早き時程多量に生し緩慢なる時は少し。

二、鑄鐵に於ては銅は炭素の状態化合及遊離に影響する處なし。

三、銅鋼に於て銅はパーライトの發生を妨くるも長時間軟過する時には分離する炭化物の量は炭素鋼と異なる處なし。

四、鑄鐵に銅の加入する時は單に強力を増加するのみなり。

J. E. Stead, F. H. Wigham (Journal, iron and steel instt. 1901) は銅一二七%は硫黄〇〇六三%滿俺〇四五%と同じ作用を及ぼす而して銅は炭素の少き時よりも多き時其の加工性を害する事甚しく其の状態に酷似する物あり Wire drawing に於て高級炭素の時は殊に鋼の質を害するなり Pierre Brevil (Journal, iron and steel instt. 1901) は J. E. Stead の研究を進めて大略次の結果に到達せり。

一、銅鋼の實用上有效なるは銅四%迄の物にして四%を越ゆる時は壓延困難となる。

二、銅塊の状態にては銅は含有炭素量の少なる程硬化作用著るしく起る。

三、銅は  $Ar_3$  及  $Ar_2$  轉移點を降下せしめ  $Ar_2$  を著しく強むれとも此の點を五百五十度以下に遞減する事なし。

四、含有せらるる銅の大なる程壓延に依つて擴張力増加し炭素の少き程顯著なり。

五、軟過に依つて性質の特長を變化せしむる事なきも軟過せざる物との間には測定の差大にして自ら分類なし得るなり。

六、銅鋼はニッケル鋼と擴張力を等しくす。

七、各種機械試験の結果もニッケル鋼に比して遜色なし。

## 二、熔解法

製鋼原料として、使用せるものは次の如き化學成分を有するものなり。

品名	炭素%	珪素%	燐%	硫黄%	満鉄%	銅%
一、庖丁鐵	〇・〇五	〇・〇四七	〇・〇四〇	〇・〇一〇	〇・二五	痕跡
二、玉鋼	一・三四	〇・〇五四	〇・〇二三	〇・〇〇二	〇・六一	〃
三、鐵道管材	〇・一一	〇・〇二三	〇・〇一〇	〇・〇四一	〇・四一	〇・三六
四、海軍管材	〇・一九	〇・〇一四	〇・〇二一	〇・〇六一	〇・四二三	〇・三〇
五、造船厚板	〇・二六	—	〇・〇三三	〇・〇二四	〇・六九	—
六、極軟丸	〇・一一	—	〇・〇一〇	〇・〇三八	〇・四四	—
七、造船山形	〇・二三	—	〇・〇二六	〇・〇三六	〇・五六	—
品名	銅%	満鉄%	鉛%	亜鉛%	鐵%	錫及アンチモン%
電氣銅	九九・八〇	痕跡	痕跡	痕跡	〇・一一	〇・〇八

本試験は始め銅鐵合金並に銅鋼の組織を檢查する目的なりしか故に試料も一〇瓦乃至一〇〇瓦のものにて充分なりしを以て試料熔製に於ても次の如き方法を探りたり。

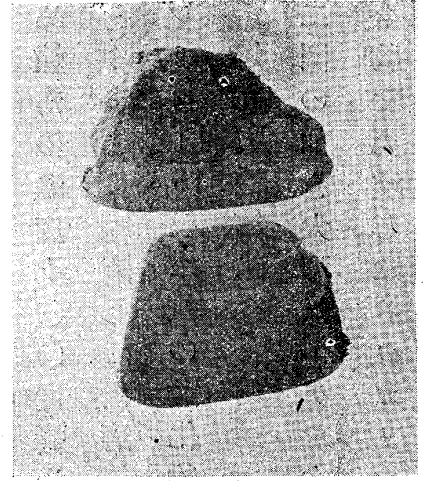
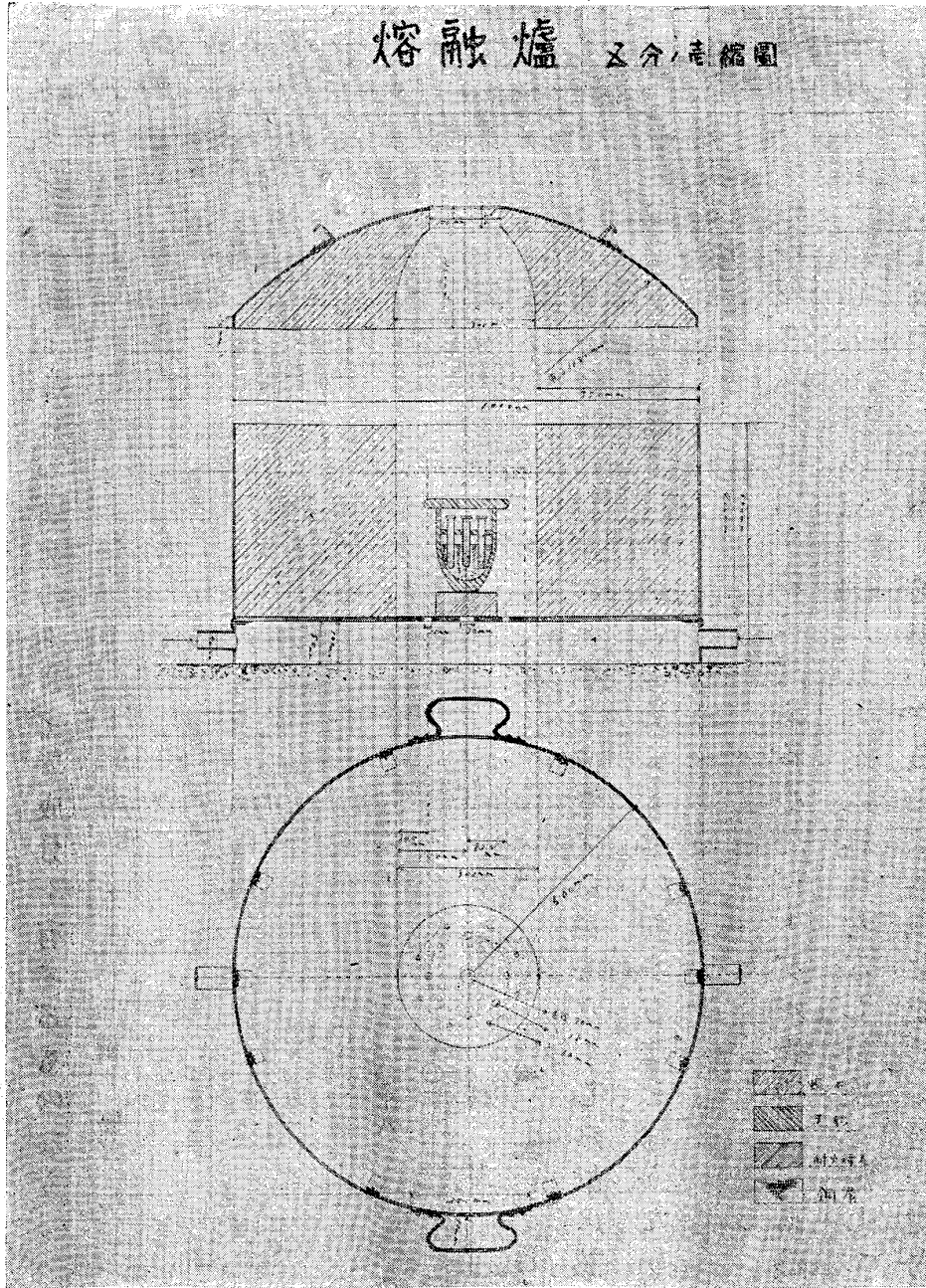
溶解方法第一

普通耐火材料の耐火度を試験するに用ふる小型ゼーゲル式爐にて高熱を得、炭素の浸入を防ぐ爲めにマグネシヤ坩堝に所要の配合物(二百瓦)を入れ蓋をなし目塗を施して瓦斯の浸入を防ぐ爐に點火し送風を行ひて高熱とし熔融す熔融したる後は送風を止めて暫時爐内に放置し坩堝内にて凝固せしめ爐内の温度七〇〇度攝氏……八〇〇度に降下したる時爐外に出し試料を坩堝より取り出し此れを中央より縦斷して研磨檢鏡す、第一圖は此れか縦斷面の寫真圖なり、此の方法にて熔融せし物にはシリケート及び銅の酸化物浸入する物多し低級炭素の銅鋼は此の方法にて熔製す。

溶解方法第二

第二圖の如き大型ゼーゲル式爐に十五番黒鉛坩堝を入れ此れに銅の旋盤屑を満し其の内に所要の配合物を充填したるカオリン製のチューブを挿入し蓋をなして目塗を施し黒鉛坩堝にも蓋を設

圖 二 第



鐵と鋼 第七年 第二號

けて熔融せしむ然る時は坩堝内の銅屑先つ熔融して内部温度を一様にす尙高熱を與ふるときは鋼は過熔融の状態となる此處に於てカオリンチューブ内の原料は各々一様に熔融す可し而して其れか配合熔融の程度は時々黒鉛坩堝の蓋を除き銅屑の火色を観る事に依りて充分窺知する事を得熔融せは暫時爐内に放置し坩堝を取出して自然放冷せしめ全く冷却したる後

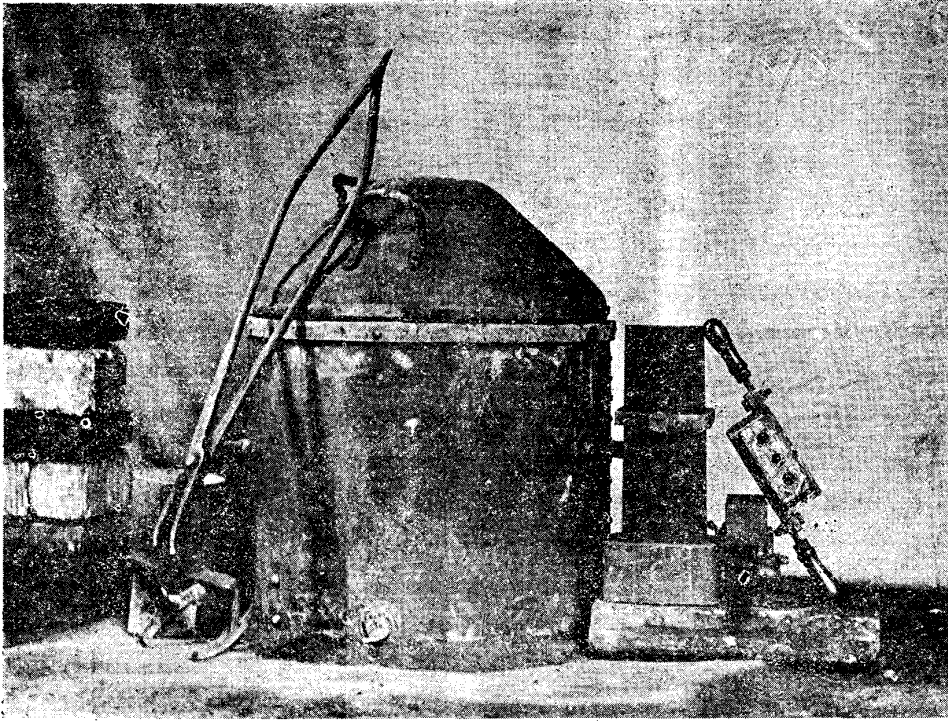
チューブを破りて試料を出し此れを中央より縦斷して檢鏡す、第三圖は此れか斷面なり。

熔融方法第三

ホスキンス式電氣爐に黒鉛坩堝五番に三疋つゝ熔融せり途中事情の爲め中止せるか故に充分の試験材料を作る能はさりき實驗番號三八及ひ三九は此の方法にて熔



圖 四 第



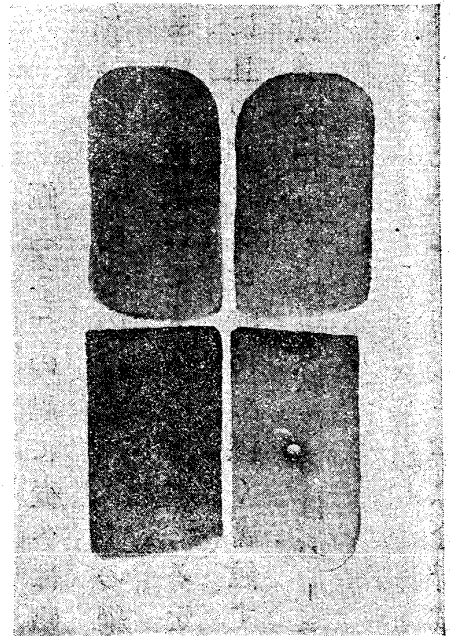
銅鋼に就いて

融せる物なり。

熔融方法第四

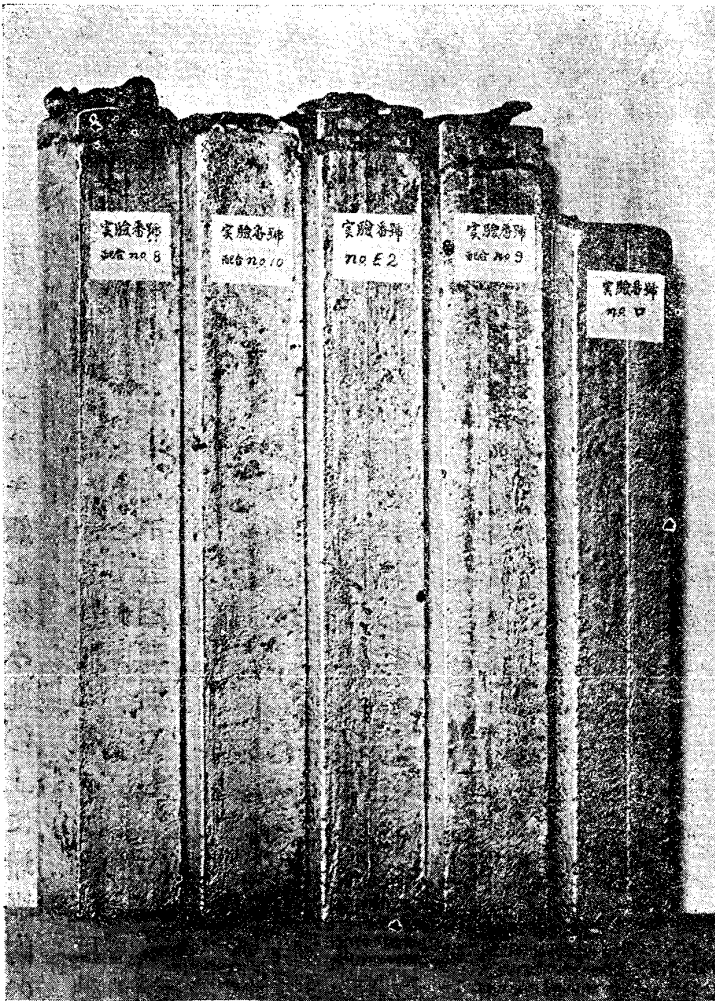
研究の範圍を擴張して機械的性質、元素の分布状態及諸種物理的性質をも顯微鏡組織と平行して行ふ爲めに前記熔融第二

圖 三 第



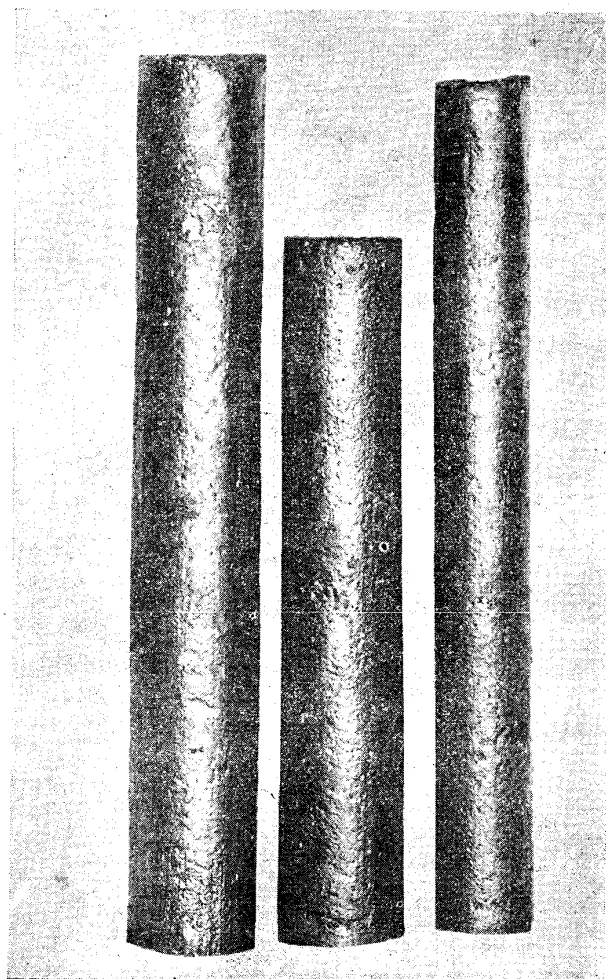
第五圖ノ一

の大型ゼ  
 グル爐にて  
 黒鉛坩堝十  
 五番に耐火  
 粘土を裏附  
 けし十底の  
 原料を熔融



し第四圖の如き金型にて造塊す鑄造方法は湯口と Ingot case 間にブリキ板を狭み此の上に坩堝内の熔湯を流し込む然る時は暫時湯は湯口に止まりスラグ等の表面に浮ひ上る、少時の後ブリキ板は熱せられ遂に熔けて穴を開け湯は一時にドット金型の内に流入するなり、第五圖は斯くして得たる鋼塊の外観なり。

第五圖ノ二



### 三、銅鐵合金


原料として庖丁鐵及び電氣銅の削屑を配合し熔融方法第一に依りて熔製す熔製せる小塊にては含有炭素量一定せず多きは〇・一五%を含むものあるも此の部類に加入せり。

第一表は其の概要にして銅五・一二%のものはフェライトの着色明瞭にして五・九〇%のものはデルター状態を成す銅 (Stead) の説に従へは鐵二・七三%を含む固熔態なり)の球狀に分離せるもを認め(實驗 VIII)銅一〇・九%のものはデルターの網目を成して出て其の周周のフェライトは着色す(實驗 XI)此のものは肉眼にても銅の遊離せるを容易に認め得るなり銅一三・〇八%に至りてはデルターの析出鮮に且つピクリン酸にて深く腐蝕する時は結晶粒に依りて著しく着色の度を異にせるものを現出す(實驗 XIII)黒く纖維狀なるはパーライトなり。

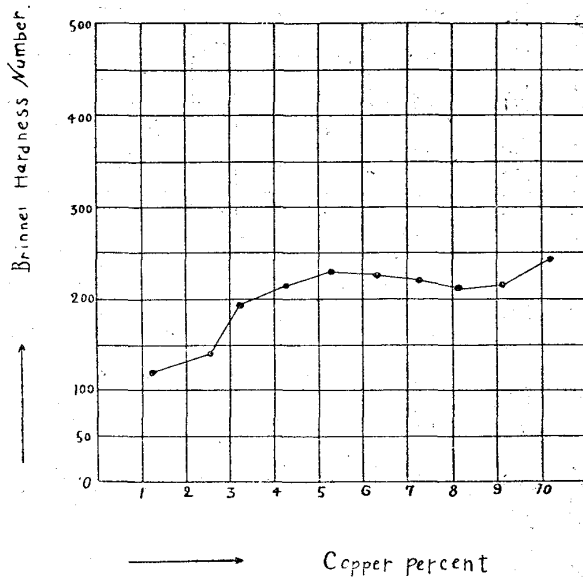
### 四、銅鋼の組織と硬度

熔融方法第二に依りて熔製し出來たる試料は中央より此れを縦斷し一半は分析試料とし他半に



て硬度試験、顯微鏡組織並ひに元素の分布を檢鏡せり小鋼塊の組織は頂部底部共に大體一樣なり此れが概要は第二表の如し銅の三五%頃迄は普通炭素鋼と大差なきも鋼鋼にて特に著しきはパーライトは總て美麗にして粒狀又はソリビテックとなりてセメントタイトの粒狀に分離せんとする傾向を有し、(實驗 XX) フェーライトは直線狀又は纖維狀にして結晶粒は  狀に發達す。(實驗 XVI) 及び XVII) 銅四五パーセント以上に及へはフェーライトの處々に着色せる部分を認め其の多くは細

第六圖

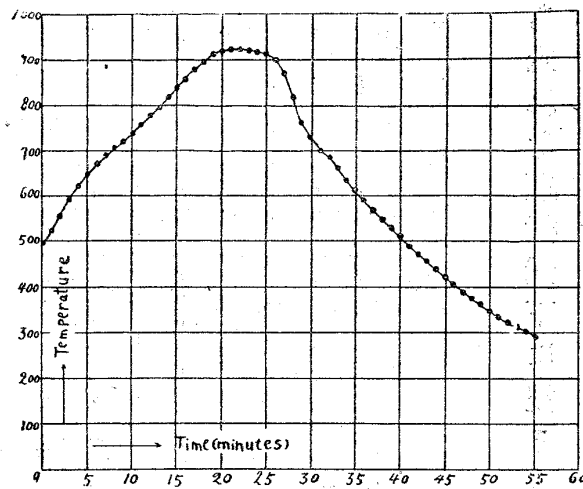


目狀をなす、(實驗 XXXI) 及び XXXII) 而してセメントタイトのパーライトより分離せるものあり含有銅の増すに従ひて多く同時に銅の球狀のものを析出す、(實驗 XXXV) (實驗 XXXVIII) 及び XXXIX) は熔融第三法に依りて造りしものにして炭素高く銅の分離せる量又甚た多量にパーライトは多く粒狀をなせり而して鋼塊の斷面に著しき分凝有るを見たり。硬度試験は Brinell hardness Machine 及び Shore's scleroscope に依りて行ふ前者の硬度と含有銅の關係は第六圖に示す如し。

觀是に銅含有五乃至六%附近に於て其の硬度最も大なり即ち此れを顯微鏡下に觀るも未だフェーライトの着色し軟きデルターの遊離するに至らずセメントタイトの粒狀可成分離せるを以て堅硬なる質たるを豫想するに難からず然るに銅含有量此の域を越さんかセメントタイトの析出は之を伴ふと雖も柔軟なるデルターの析出著しきか爲め却つて硬度の減殺を來すへし茲に行へる試験其の數甚た少くして充分なる正確度を期し難しと云へとも組織との關係は充分認め得るなり。

金質調整を計らんか爲めニクロム線を抵抗とせるヘラウス式電氣爐にて全部を一度攝氏九百度より軟過す爐の Heating rate 及び Cooling rate は第七圖の如し。

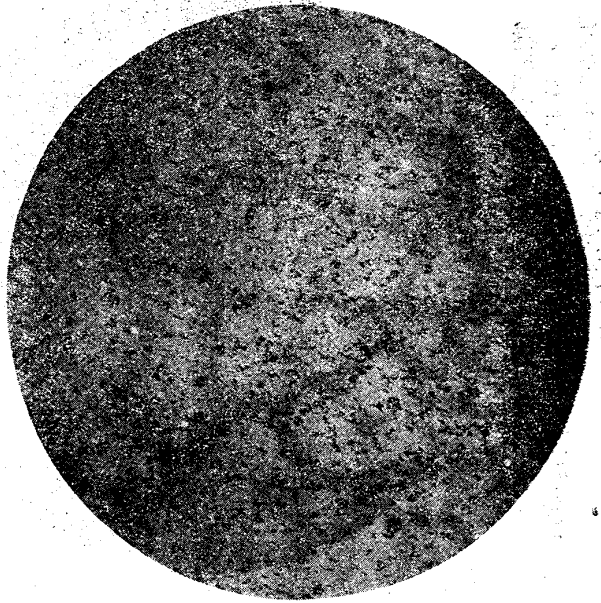
第七圖



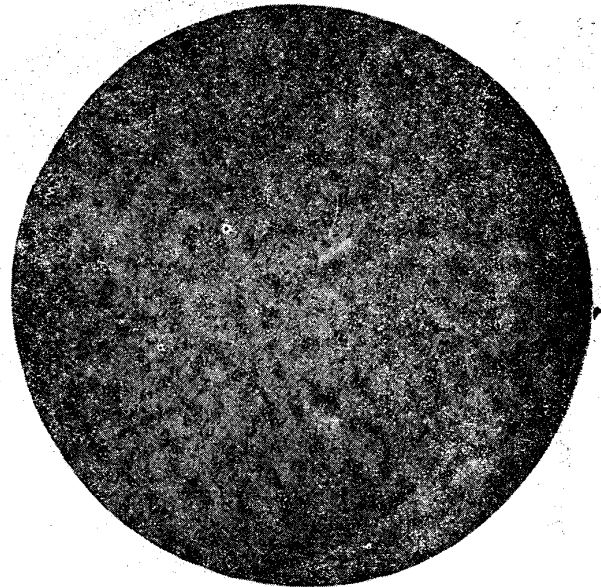
第三表は此れか概要を示すものにして軟過組織に於ては一般にパーライト小さく好く一樣に分布す而して何れも粒状組織にしてセメントタイトを分離せんとす(實驗 XLIII) 銅四%迄は普通炭素鋼の組織と大差なし四五%に至りてパーライト、フェライトの遊離せる粒多量となる(實驗 LVIII) 尙銅の増す時は着色せる部分内にデルター状態の銅粒状となりて遊離するものを生し(實驗 LIX) 遂に粒状は相連りて網目をなす(實驗 LXI)

#### 六、健淬組織

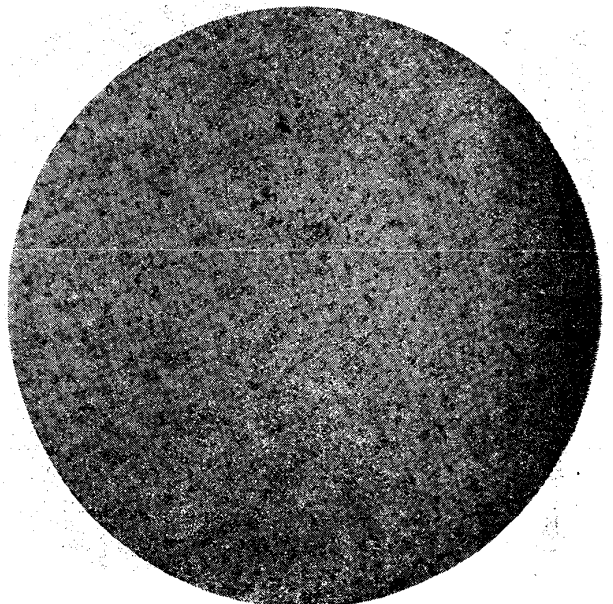
健淬は前記ヘラウス式電氣爐を直立せしめ其の内に試料を針金にて吊し直下に器を置き此れに適宜油、水、氷等を入れ試料の所要温度に達したる時吊せる針金を断ちて器中に落し攪拌健淬す、健淬温度は銅鐵平衡圖の轉移點を考量し撰ひたるものにして攝氏八百度より健淬せるものは Martensite 及び trochantite を生し銅の増す程 Martensite 多量となる(實驗 LXV, LXVI, LXVII) 又攝氏千百度半熔融状態より凝固し終る點に於いて水中に健淬せるものは Martensite の針状著しく發達せるものを見る(實驗 LXVI) 銅の含有量多くしてデルター状態の銅の網目状に遊離せるものを健淬するときはデルターはネットウオークより互に相凝集して粒状又は其れに近き形となる(實驗 LXXXIV) 尙ほ焼き入れ組織は高温度に於ける鋼の状態を決定するものにして金質研



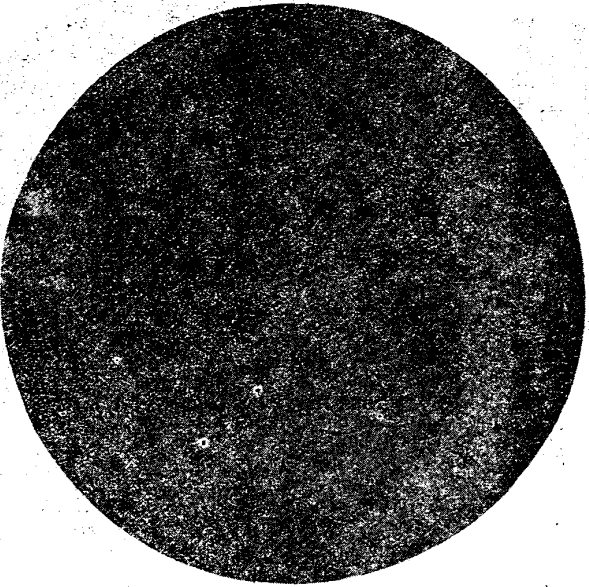
實驗番號 IX  
(150 倍) 銅 7.340 炭素 0.278



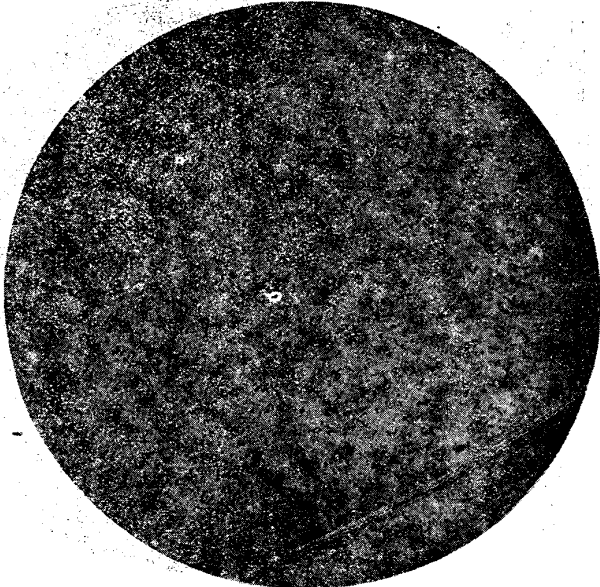
實驗番號 LVIII  
(150 倍) 銅 5.220 炭素 0.235



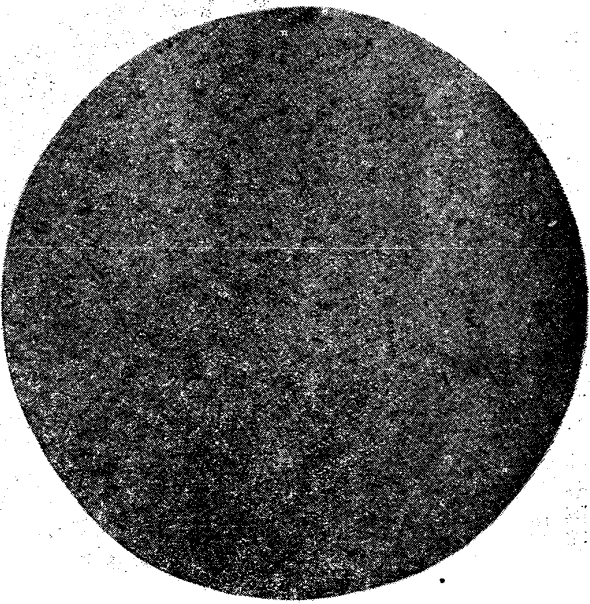
實驗番號 LVI  
(150 倍) 銅 3.280 炭素 0.213



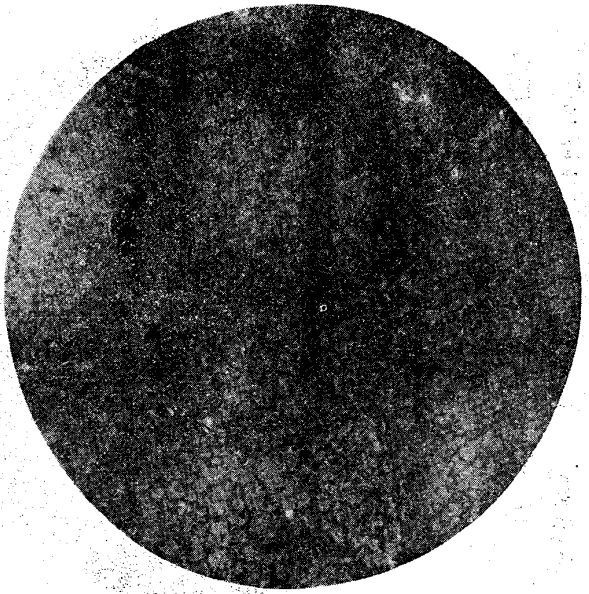
實驗番號 LXI  
(150 倍) 銅 8.110 炭素 0.220



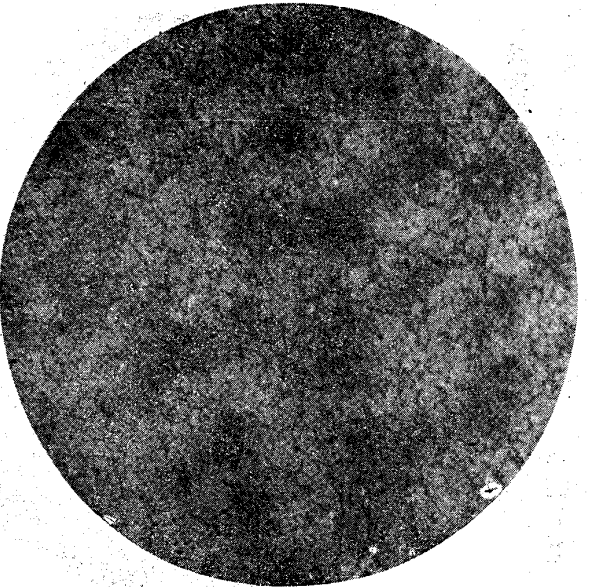
實驗番號 LIX  
(150 倍) 銅 6.310 炭素 0.240



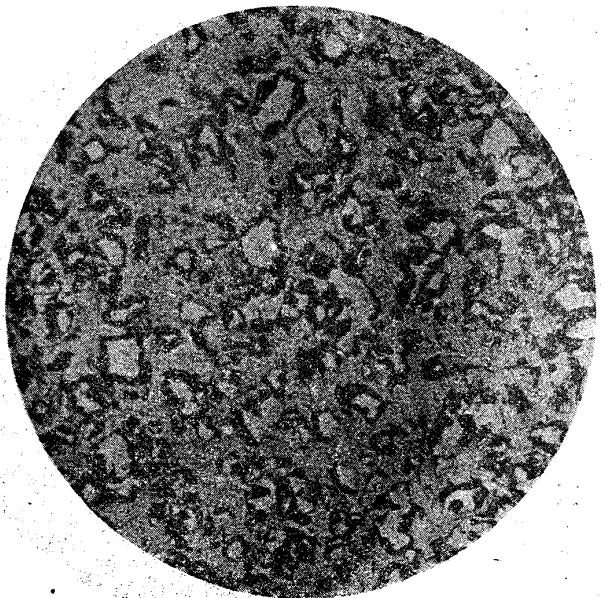
實驗番號 LVII  
(150 倍) 銅 4.250 炭素 0.300



實驗番號 LXXIII  
(300 倍) 熔融番號 35  
銅 8.110 炭素 0.220  
900°C = 五分鐘保チ水中健淬



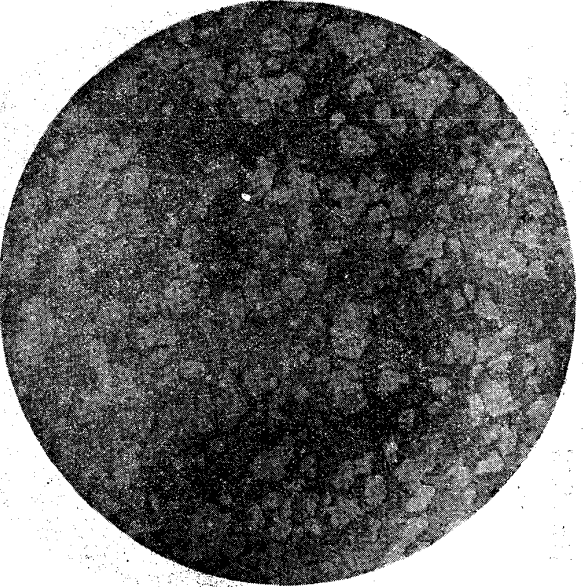
實驗番號 LXXI  
(300 倍) 熔融番號 33  
銅 6.310 炭素 0.240  
900°C = 五分鐘保チ水中健淬



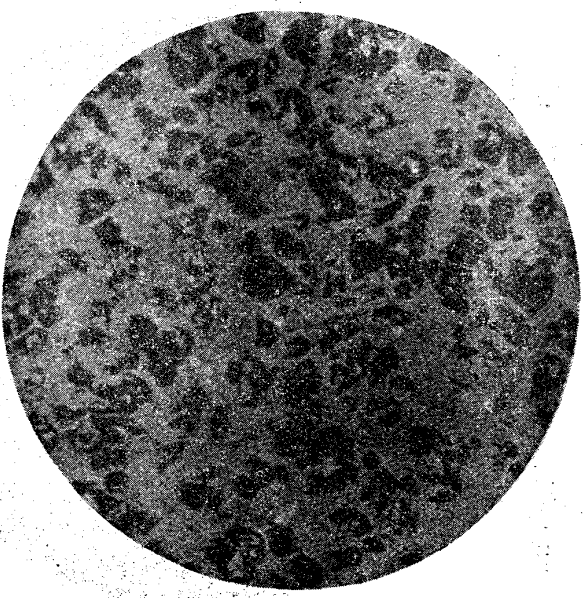
實驗番號 LXXIX  
(300 倍) 熔融番號 29  
銅 2.800 炭素 0.250  
800°C = 200°C 迄ヲ三十分 = 下テ 水中健淬



實驗番號 LXXIV  
(300 倍) 熔融番號 36  
銅 9.020 炭素 0.311  
1000°C = 五分鐘保チ水中健淬

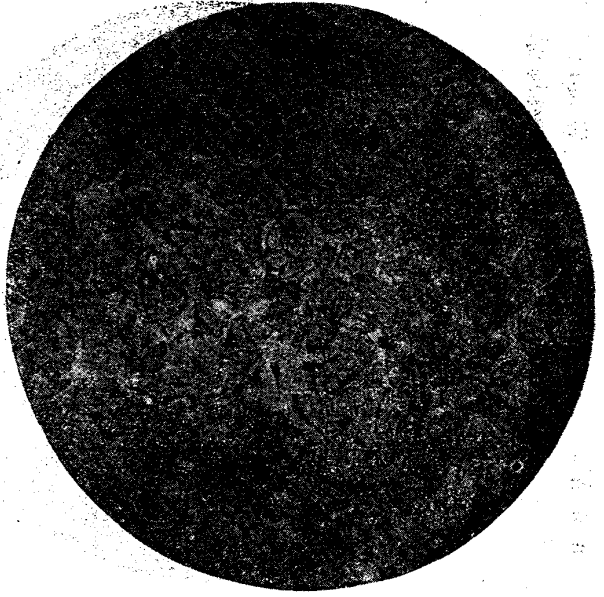


實驗番號 LXXII  
(300 倍) 熔融番號 34  
銅 2.340 炭素 0.278  
700°C = 五分鐘保チ水中健淬

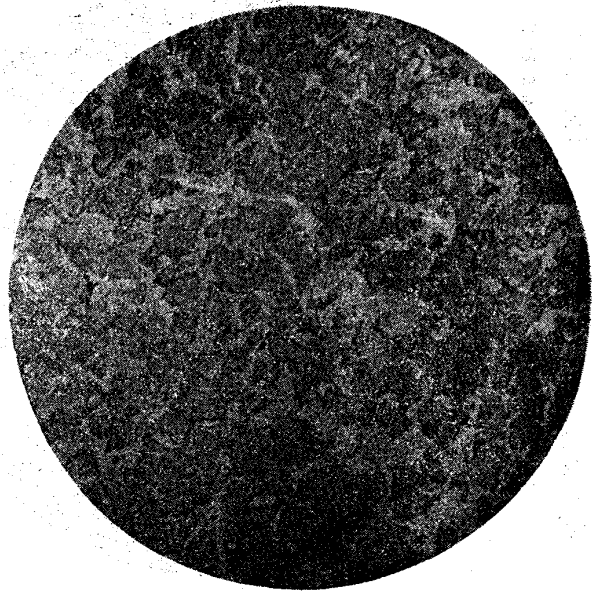


實驗番號 LXX  
(300 倍) 熔融番號 28  
銅 2.600 炭素 0.250  
800°C = 五分鐘保チ水中健淬

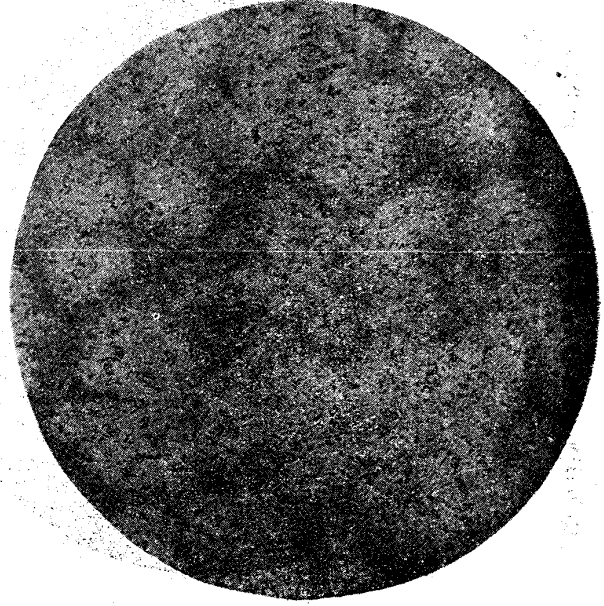




實驗番號 LXXVII  
(310 倍) 熔融番號 22  
銅 1.660 炭素 0.2910  
800°C = 五分鐘保チ水中健滓



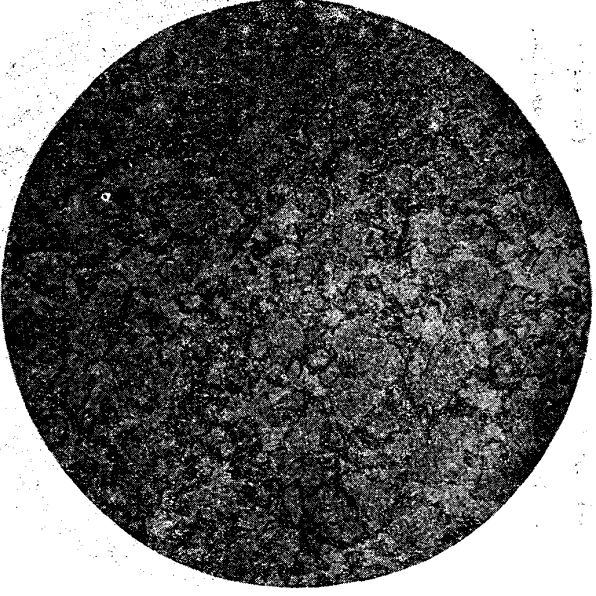
實驗番號 LXV  
(300 倍) 熔融番號 17  
銅 1.200 炭素 0.2229  
800°C = 五分鐘保チ水中健滓



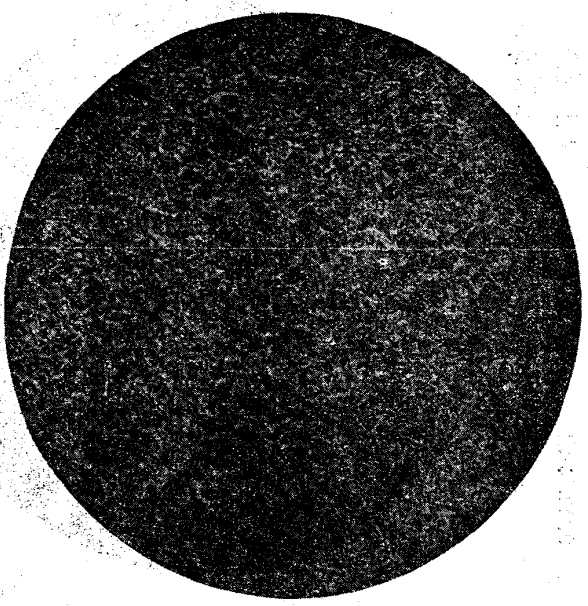
實驗番號 L XIII  
(150 倍) 熔融番號 32  
銅 10.11 炭素 0.200



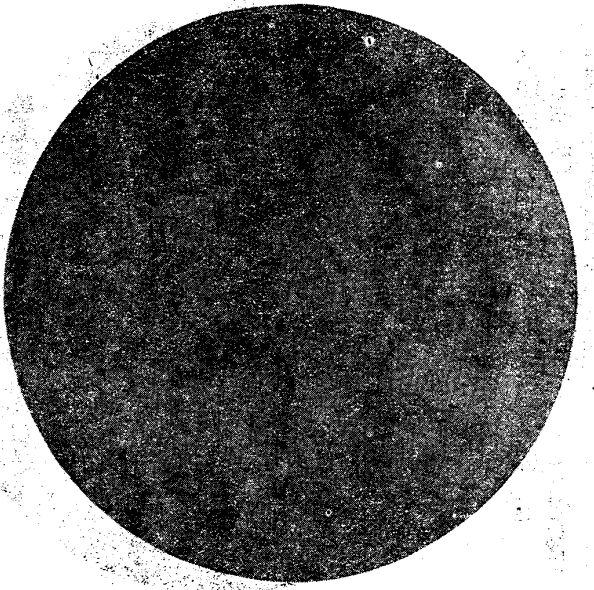
實驗番號 XLVIII  
(300 倍) 熔融番號 20  
銅 1.400 炭素 0.320  
1100°C = 十分間保チ水中健滓



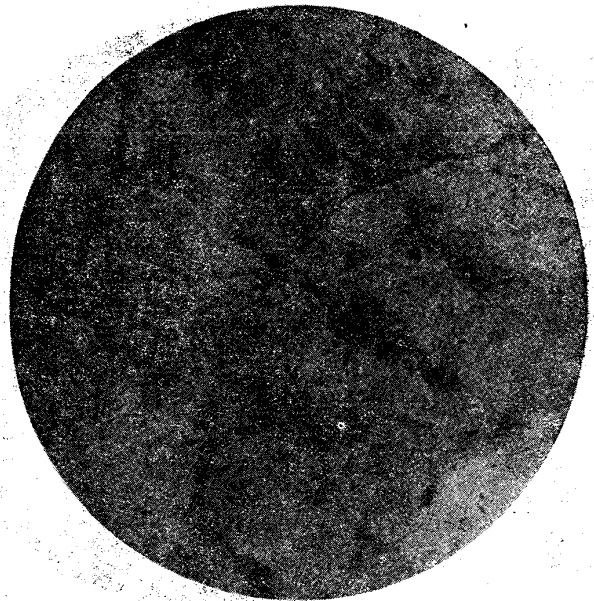
實驗番號 LXVI  
(300 倍) 熔融番號 21  
銅 1.410 炭素 0.280  
800°C = 五分鐘保チ水中健滓



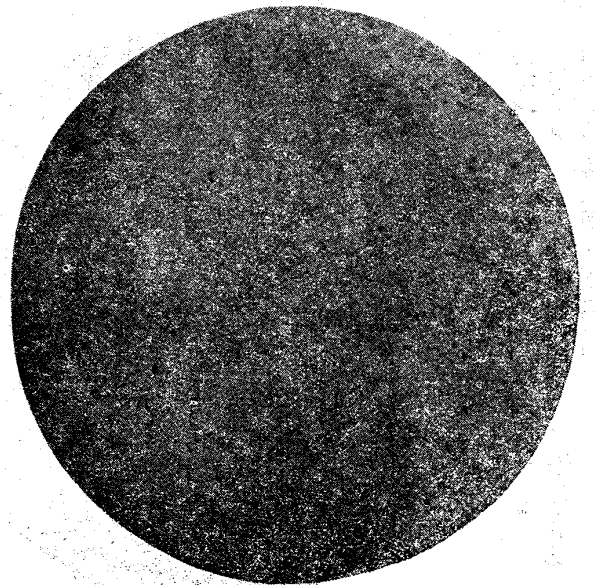
實驗番號 LXIV  
(300 倍) 熔融番號 14  
銅 0.608 炭素 0.200  
800°C = 五分鐘保チ水中健滓



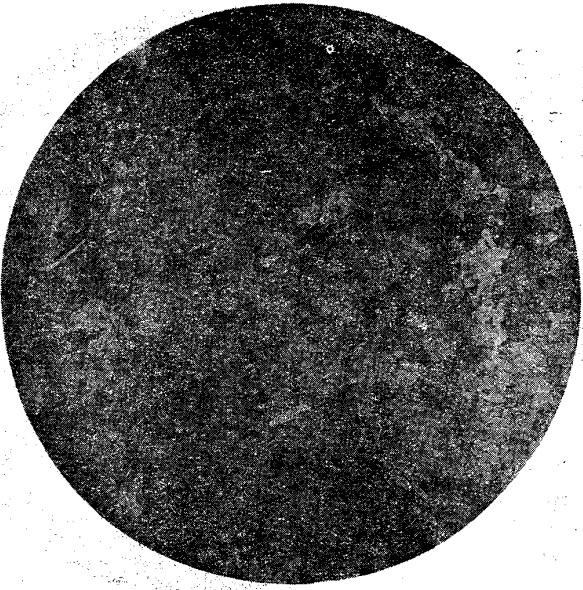
實驗番號 XII  
(150 倍) 熔融番號 12  
銅 12.20 炭素 0.11



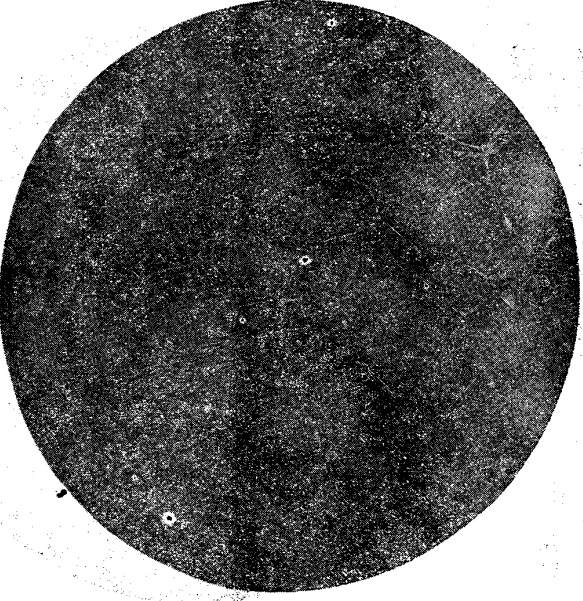
實驗番號 VI  
(150 倍) 熔融番號 6  
銅 5.120 炭素 0.090



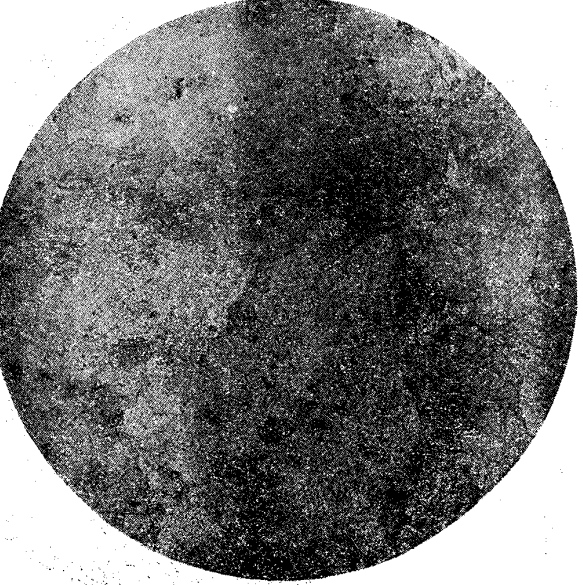
實驗番號 II  
(150 倍) 熔融番號 2  
銅 0.820 炭素 0.090



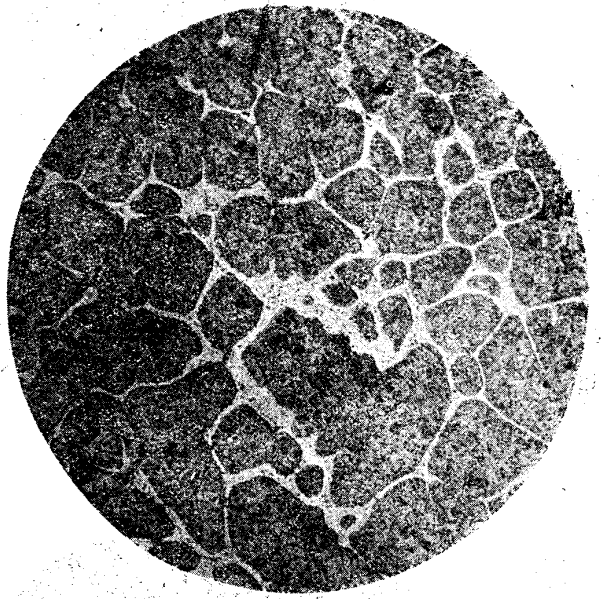
實驗番號 XIII  
(150 倍) 熔融番號 13  
銅 13.08 炭素 0.09



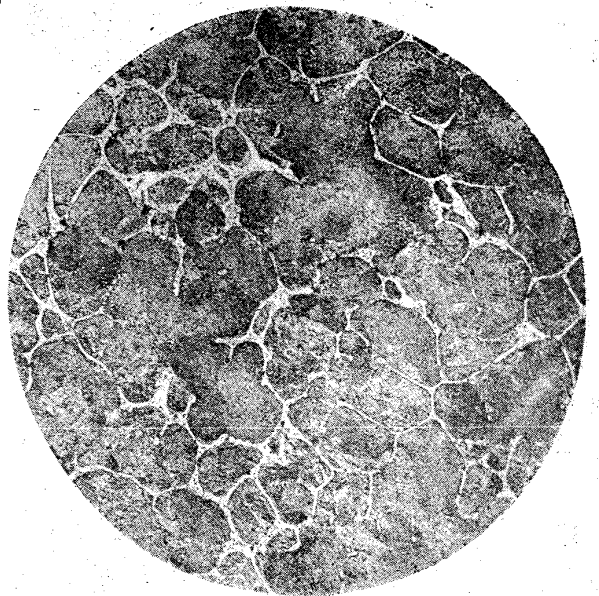
實驗番號 XI  
(150 倍) 熔融番號 11  
銅 10.90 炭素 0.08



實驗番號 III  
(150 倍) 熔融番號 3  
銅 1.092 炭素 0.070



實驗番號 XXXIX 熔融番號 39  
銅 10.200 炭素 0.700

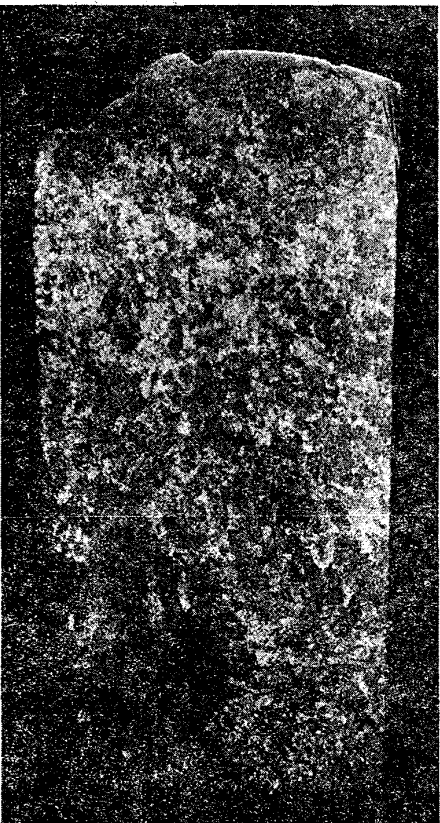


實驗番號 XXXVIII 熔融番號 38  
銅 9.420 炭素 0.780



底

實驗番號第三十九ト同一試料ノ破面全體ヲニ・五倍大ノ腐蝕面チリ



頂

頂

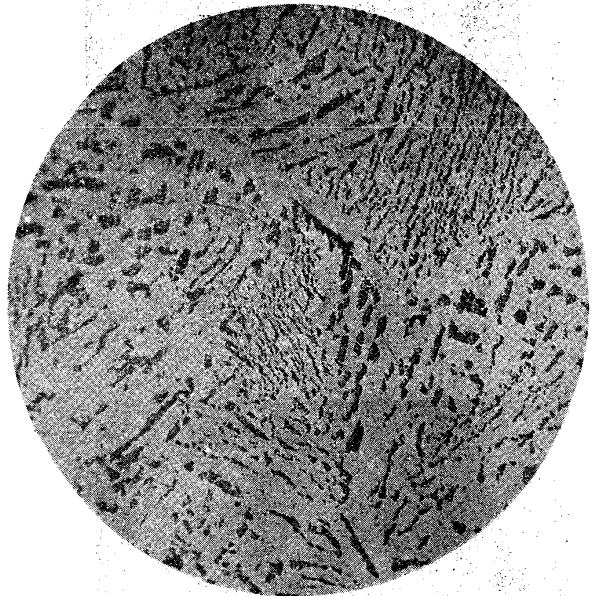
底

實驗番號第三十八ト同一試料ニシテニ・五倍大ノ腐蝕面チリ

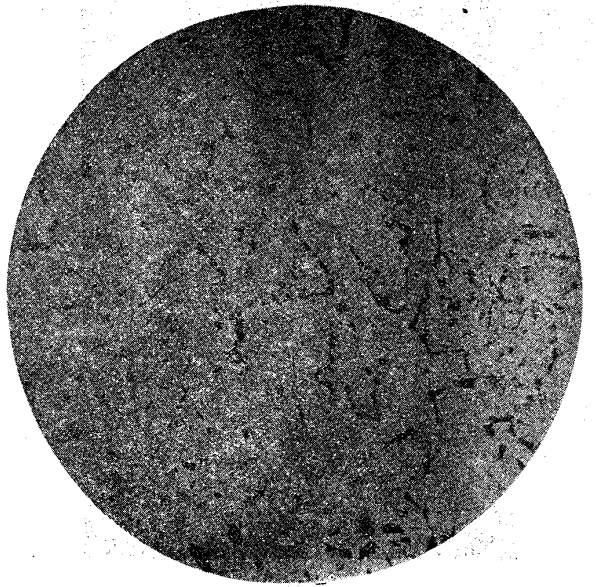




實驗番號 XX  
(150 倍) 熔融番號 20  
銅 1.409 炭素 0.320



實驗番號 XVII  
(150 倍) 熔融番號 17  
銅 1.220 炭素 0.229



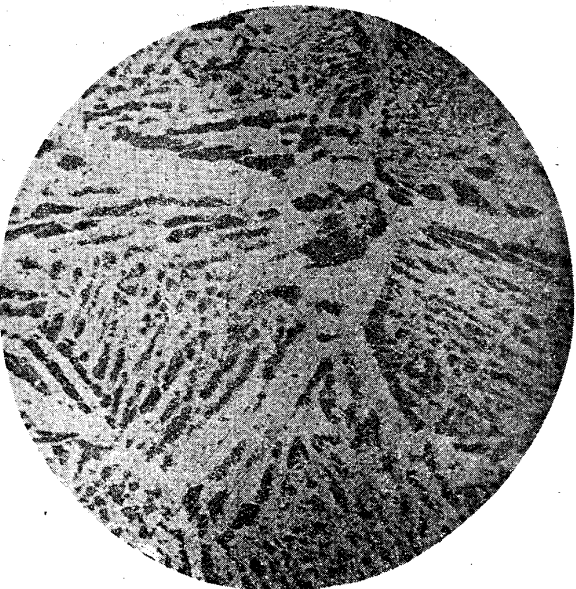
實驗番號 XIV  
(150 倍) 熔融番號 14  
銅 0.608 炭素 0.20 硅素 0.056  
磷 0.22 磷 0.015 硫黃 0.023



實驗番號 XXII  
(150 倍) 熔融番號 22  
銅 1.660 炭素 0.290

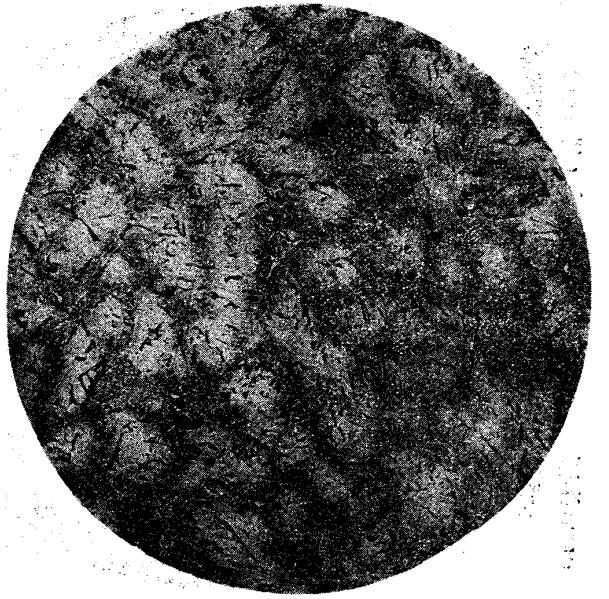


實驗番號 XVIII  
(150 倍) 熔融番號 18  
銅 1.243 炭素 0.321 硅素 0.064  
磷 0.19 磷 0.017 硫黃 0.035

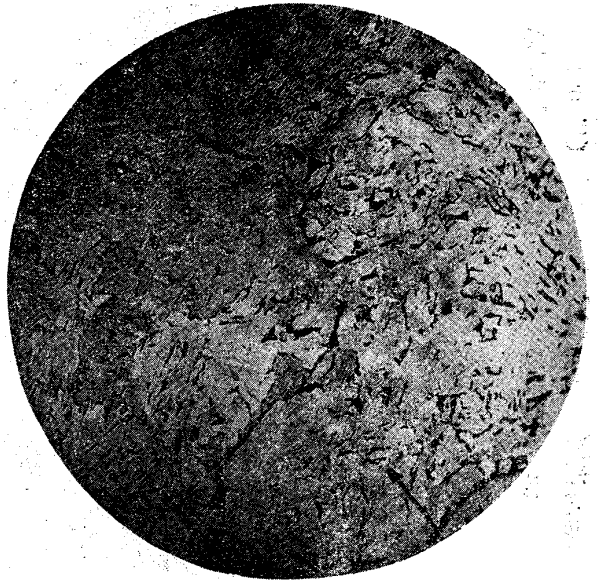


實驗番號 XVI  
(150 倍) 熔融番號 16  
銅 1.040 炭素 0.090 硅素 0.032  
磷 0.027 磷 0.017 硫黃 0.027

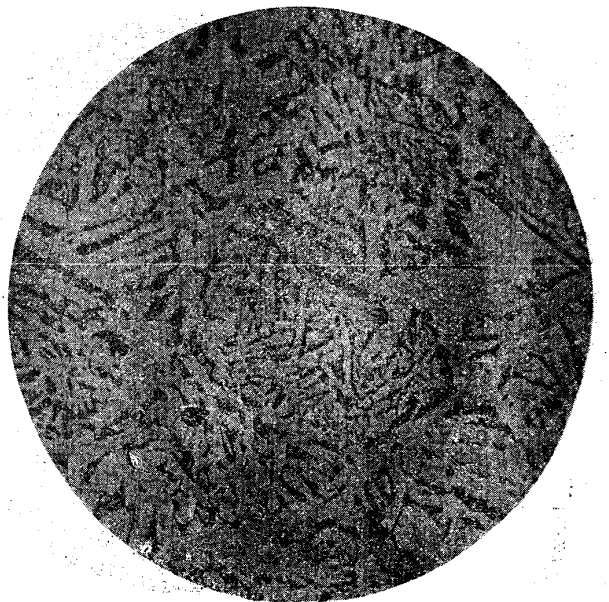




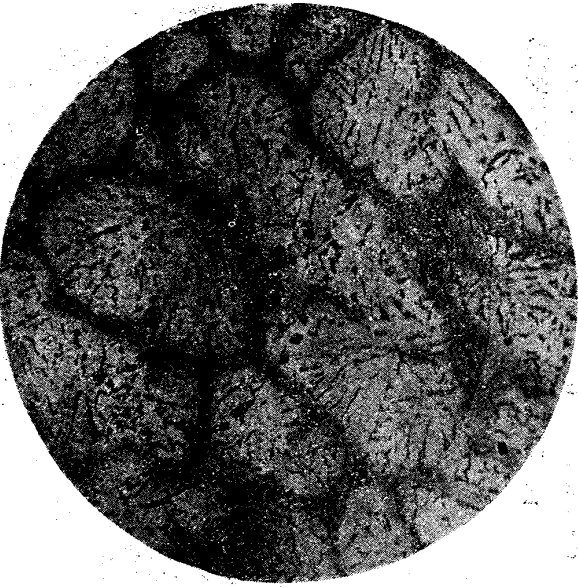
實驗番號 XXXV  
(150 倍) 熔融番號 35  
銅 9.110 炭素 0.220



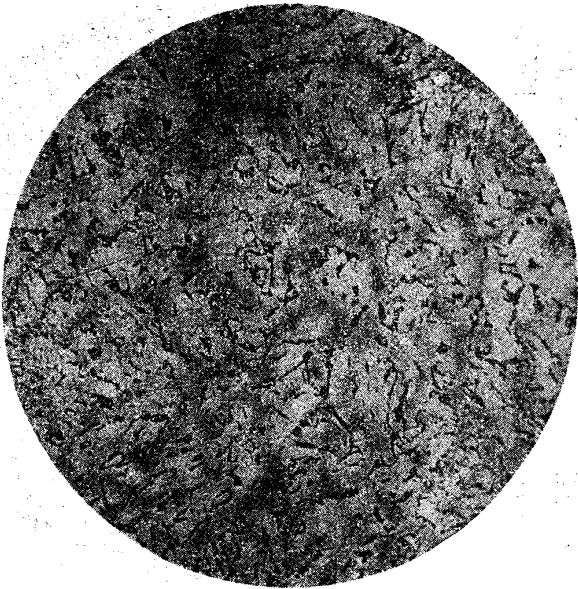
實驗番號 XXXII  
(150 倍) 熔融番號 32  
銅 5.230 炭素 0.235



實驗番號 XXVIII  
(150 倍) 熔融番號 28  
銅 2.600 炭素 0.250



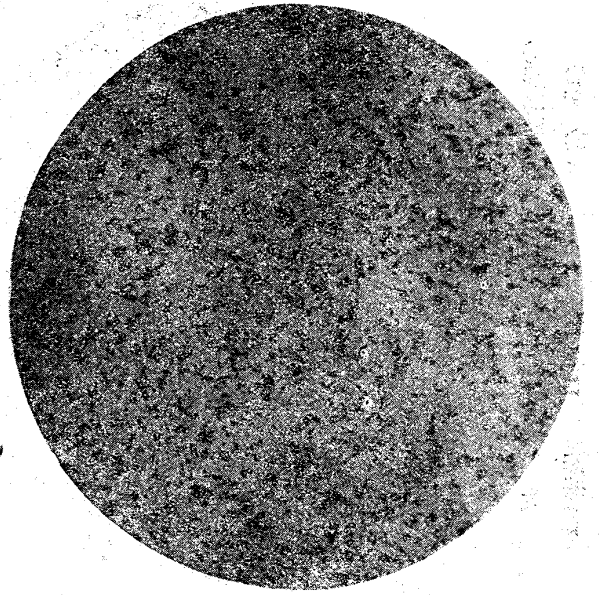
實驗番號 XXXVII  
(150 倍) 熔融番號 47  
銅 10.11 炭素 0.20



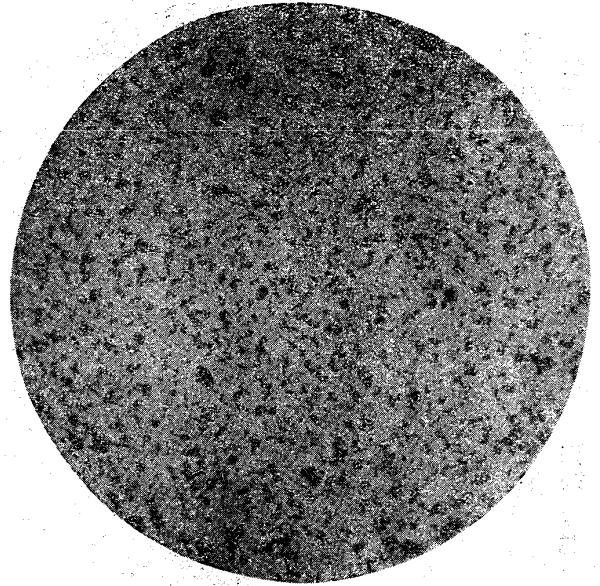
實驗番號 XXXIII  
(150 倍) 熔融番號 33  
銅 6.310 炭素 0.240



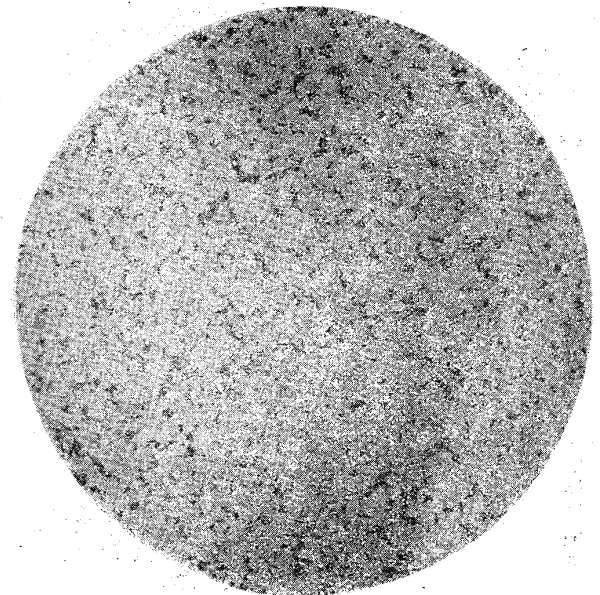
實驗番號 XXIX  
(150 倍) 熔融番號 29  
銅 2.800 炭素 0.250



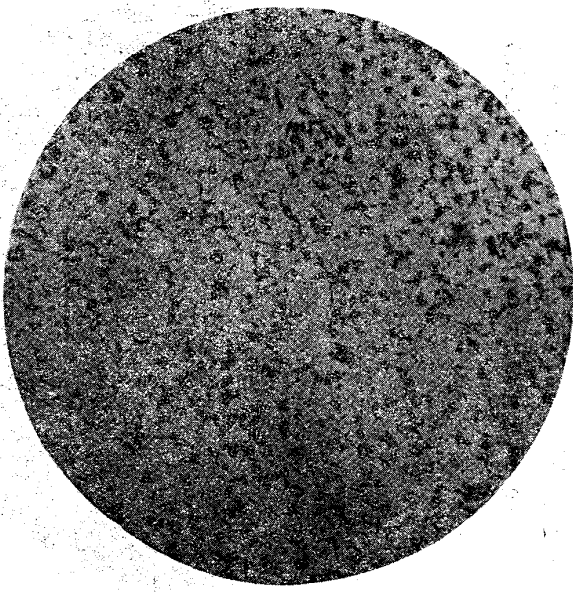
實驗番號 I  
(150 倍) 熔融番號 24  
銅 1.800 炭素 0.220



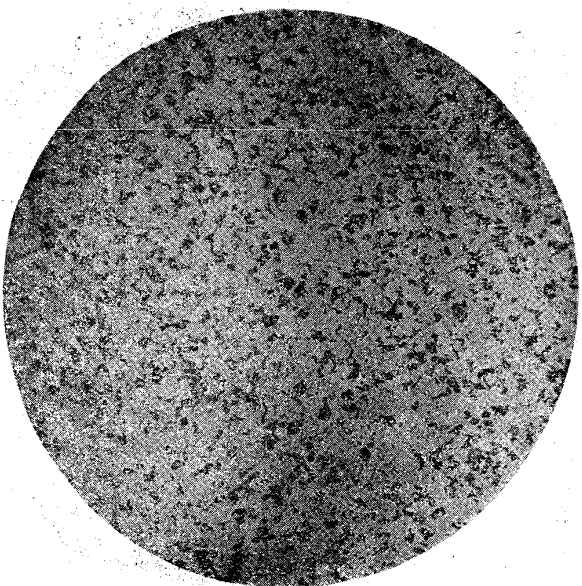
實驗番號 XI VI  
(150 倍) 熔融番號 20  
銅 1.400 炭素 0.320



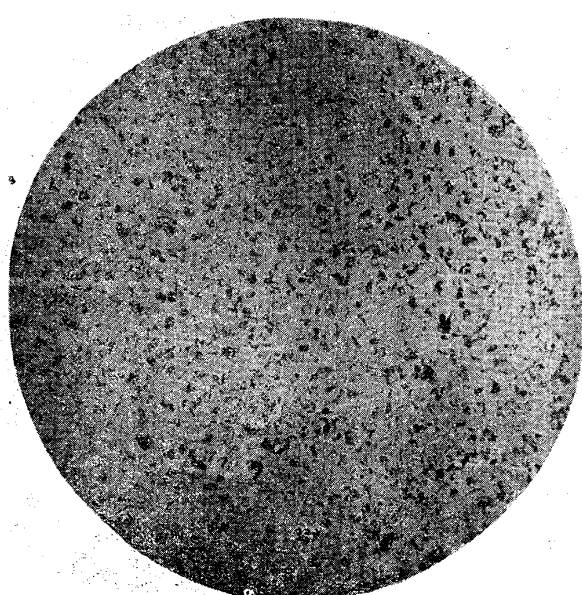
實驗番號 XI  
(150 倍) 熔融番號 14  
銅 0.608 炭素 0.200



實驗番號 LI I  
(150 倍) 熔融番號 26  
銅 2.400 炭素 0.240



實驗番號 XI V III  
(150 倍) 熔融番號 22  
銅 1.660 炭素 0.290



實驗番號 XI III  
(150 倍) 熔融番號 17  
銅 1.22 炭素 0.229

究の重要な位置を有するものなり之れに關する研究は目下進行中なり。

七、結 章

以上顯微鏡的組織並ひに硬度試験より

一、組織は一般に普通炭素鋼に比して著しく美麗にして且つ鮮明なり。

二、パーライトは總へて粒狀をなし進んで粒狀セメントに分離せんとす殊に軟過組織に於て甚たし而して銅の増加する程遊離せるセメントを増す。

三、銅塊の儘のものは結晶粒甚た大にして常に百二十度の角をなす而して整調(九〇〇度攝氏)より軟過せるものに於ては組織少なり。

四、銅四%迄は一樣に良く溶解し得るも此れ以上となれば結晶粒の縁に沿ひ處々に着色し銅に富める部分を生ず六乃至八%以上に及ぶ時は着色せるフェーライト中にS状態をなす銅の粒狀或は纖維狀となりて現はる。

五、硬度は炭素含有量〇・二乃至〇・三、銅六%に於て最も大なり。

六、炭素の増加するに従ひてS狀銅の遊離するもの多し。

(於八幡製鐵所研究所)

第一表 銅鐵合金

實驗 番號	熔融 番號	熔融 方法	銅	炭素	珪素	滿侖	磷	硫	黃	顯微鏡組織	備考
一	一	第一に依る	〇・六〇	〇・〇五	—	—	—	—	—	全部固溶體より成り結晶粒整然たり粒狀の酸化銅を含む	腐蝕は先づ硝酸に依つてし然る後一%ピクリン酸を用ふる
二	二	同上	〇・八二	〇・〇九	—	—	—	—	—	固溶體内に小なる纖維狀のパーライト介在す結晶甚だ不規則にして且つ大なり	粒(結晶)肉眼的大なり
三	三	同上	一・〇九七	〇・〇七	—	—	—	—	—	結晶粒の不規則に着色せるは銅を含む程度の異なるか爲めなり	腐蝕面は肉眼的に銅色を帯ぶ

第二表 銅鐵の組織と硬度

實驗 番號	熔融 番號	銅	炭素	珪素	滿俺	磷	硫黃	硬 度	顯 微 鏡 的 狀 態	備 考
一五	一五	0.974	0.258	—	—	—	—	—	固熔體内にパーライトありて粒狀を呈しセメントは直線狀にして其の方面にパーライトを俱ふ	熔融方法第二に依つて熔製したるものなり腐蝕は硝酸及ピクリン酸を用ふ
一四	一四	0.628	0.200	0.056	0.210	0.018	0.033	—	パーライトは多く粒狀を呈し組織甚だ大なり	同 上
一三	一三	同上	1.308	0.092	—	—	—	—	濃色なる部分は固熔體の銅に富める所なり	腐蝕液としてピクリン酸4%のアルコール溶液を用ふ
一二	一二	同上	1.220	0.111	—	—	—	—	濃色なる部分にして中に飽和狀態を越ゆるものあり	同 上
一一	一一	同上	1.090	0.033	—	—	—	—	固熔體内にパーライトを認むパーライトは纖維狀にして多く結晶粒の間に發達す中央ネットウオークは銅に富めるものなり	同 上
八	八	同上	1.590	0.18	—	—	—	—	不規則なる濃色部並にパーライト點狀なるもの散在す而して粒狀のセメントイト多く分離す	同 上
七	七	同上	1.515	0.16	—	—	—	—	組織は全部粒狀をなし境に至るに従ひて次第に銅分に富み終りに組織に依りて境せらる(δは鐵二七%を含む固熔體)	同 上
六	六	同上	1.512	0.09	—	—	—	—	δはネットを離れて粒狀に分離せんとする傾向ありパーライトは多く相連続する粒狀セメントイトを分離す	同 上
五	五	同上	1.352	0.11	0.031	0.042	0.043	—	深き腐蝕に依り濃淡鮮かにδの粒狀に分離せるもの多し	同 上
一七	一七	1.310	0.333	—	—	—	—	—	結晶粒甚だ大にしてパーライトの粒狀を含みY字形に境せらる	同 上
一八	一八	1.264	0.331	0.034	0.120	0.017	0.014	—	結晶粒甚だ大にしてパーライトは多くソルビテックをなし各結晶粒はY字形に境せられ是れ一般銅特有の性質なりセメントイトの粒狀又多し	同 上
一九	一九	1.266	0.330	0.033	0.110	0.018	0.018	—	研磨面は特有の光澤を有すパーライトは直線狀にして粒狀のパーライトを俱ふ	同 上
二〇	二〇	1.200	0.310	—	—	—	—	—	同 上	同 上







第四表

健淬と硬度並ひに組織に及す影響

實驗番號	熔融番號	冷却方法	最高温度 <sup>0</sup>	硬 度	顯 微 鏡 組 織	備 考
五九	三三	"	"	"	同	上
六〇	三四	"	"	"	同	上
六一	三五	"	"	"	同	上
六二	三六	"	"	"	同	上
六三	三七	"	"	"	同	上
六四	一四	最高温度にて五分間保ち直ちに水中に健淬す	八〇〇	一七・八	未だマルテンサイトを生ずるに至らずソルビテイツクパーライト多しフェライト、ネットウオークをなす温度の観測多少誤差ある見込み	加熱は軟過試験に用ひたるヘラウス式電氣爐にて行ふ腐蝕液は硝酸及びピクリン酸を用ふ
六五	一七	同	"	一九・一	マルテンサイト及ひツルースサイトを生ず	同
六六	二一	同	"	二四・二	同	同
六七	二二	同	"	二〇・四	マルテンサイトの量前者よりも多し	同
六八	二〇	最高温度にて十分間保ち直ちに水中に健淬す	一一〇〇	三〇・二	全部甚だ長き針状のマルテンサイトより成る	同
六九	二九	八百度より七百度迄を三〇分間に下け七百度より水中に健淬す	八〇〇	一六・三	マルテンサイト及ひツルースサイト相半す	同
七〇	二八	最高温度に五間分保ち直ちに水中に健淬す	七〇〇	一二・二	ツルースサイト多くマルテンサイト少し	同
七一	三三	同	九〇〇	二〇・二		同
七二	三四	同	七〇〇	一六・三		同
七三	三五	同	九〇〇	一八・〇		同
七四	三六	同	一〇〇〇	二九・〇	δの鋼目状なりしものは健淬に依りて互に相凝集して粒状又は塊状を呈す	同

セメンタイトの粒状をなすものとの粒状をなすものは常に相伴ふて出る傾向あり  
 の粒状相連りてネット状をなすものあり  
 フェライトの着色部内には状銅のネットウオークとなりて生ずパーライトは粒状なり  
 セメンタイトとδは共に全部粒状なり

(腐蝕液は硝酸を用ひ淺く行ふ)