

# 銑鐵の微粒斑點破面に就て

田 熊 龜 三

## I 緒 言

棒銑（生子）の破面を検する時上半部は二號銑程度の良破面を有し、下半部は甚しき微粒破面よりなるものあり。斯る微粒破面は時として上部に現れ或は内部に伏在することあれども何れも良破面部との境界判然し、容易に識別し得るものにして本稿に於ては此等を一般に斑點と總稱す。此の微粒斑點は濱住博士の所謂黑色破面（金屬の研究第一卷第三號）と酷似すれども其の出現様式に於て全く別種のものなり。又嘗て此種の問題が The Foundry (April 1, 1922) 誌上に Close and Open Grain in Same Metal として掲げられ、次で同誌五月號に Explain Freak Structure として二三の解説を提示されたる事あり。其の機構に關する説明は各異れども何れも其原因を二度注ぎに歸したり、然れども同誌編者が實情に合せざるものとして不同意を述べて居るが如く本稿の斑點に於ても此の假説の適切ならざることは實際上明なり。著者は此の外に此種の文献を發見せず。

此の斑點は銑鐵の破面による等級決定上重要な地位を占め、他方に於ては斯る銑鐵を以て鑄物を造る時其の製品の組織も同様に不均一となるべき事を豫期せしめ或は斑點部は甚しく成分不良なるが如き觀あるを以て鑄造業者に危惧の念を懷かしむる虞あるが故に經濟的に重大なる問題なるのみならず、其成生の原因を明にする事は熔鑄爐操業上必要にして學術的にも興味ある問題なり。以下著者が三菱兼二浦製鐵所熔鑄爐鑄床に於て行ひたる實驗結果及總括を述べて大方の御叱正を請はんとす。

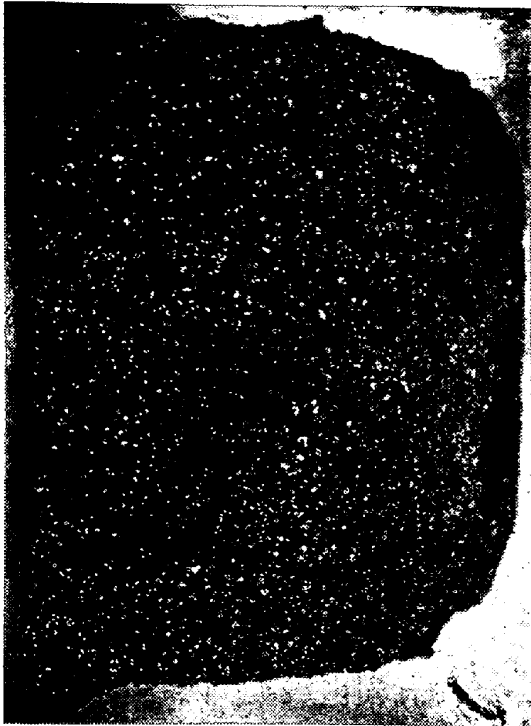
## II 微粒斑點破面の特性

### 1. 銑鐵の破面

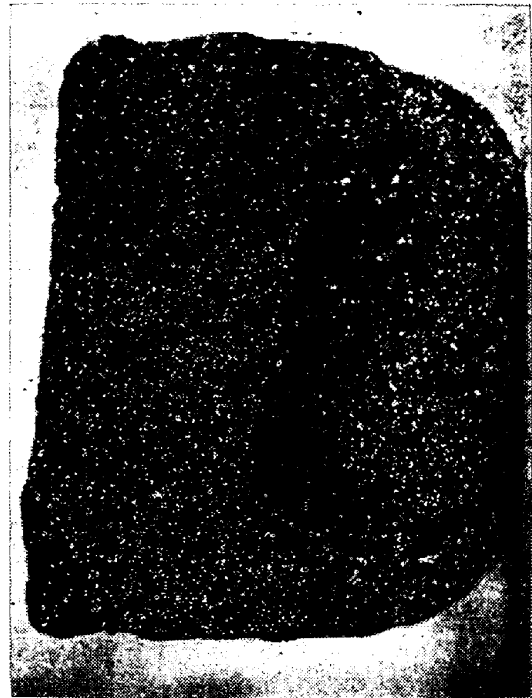
金屬破斷面の粗密な結晶粒の大小を示すものなれども鼠銑に於ては然らず、鼠銑は結晶粒の間に多量の黒鉛炭素を包含するを以て破斷する時は一部分は結晶粒の特定弱線に沿ふて龜裂を生ずべしと雖も大部は黒鉛片に沿ふて破斷するが故に破面に現はるる粒は鐵本來の結晶粒に非ずして黒鉛片の大小を示すものなり。故に鼠銑の破面の良否は黒鉛片の大小、多少及其の分布形狀に關す、即大なる黒鉛片の適量を存する時は良破面を示し、黒鉛少量にして小片なる時は不良破面となる、又彎曲黒鉛片存する時は破面粒は不正形を呈し棒狀黒鉛存する時は恰も鐵の結晶粒の如き正形粒を示す。微粒斑點を有する銑鐵に於ても同様の事實を認め得べく斑點の明瞭なるもの程黒鉛の形狀及分布に著しき相違を示す。

此の破面の良否を支配する黒鉛は本多、村上兩博士の研究に依れば Cementite 並に鐵—硅素の複炭化物に對する瓦斯の接觸作用に基く分解によりて生ずるものにして凝固後高温度に永く保たるゝ程よく達發す。内部斑點の生ずる部分は他の銑鐵に於ては最も大なる破面粒を生ずる位置に該當す。斑點

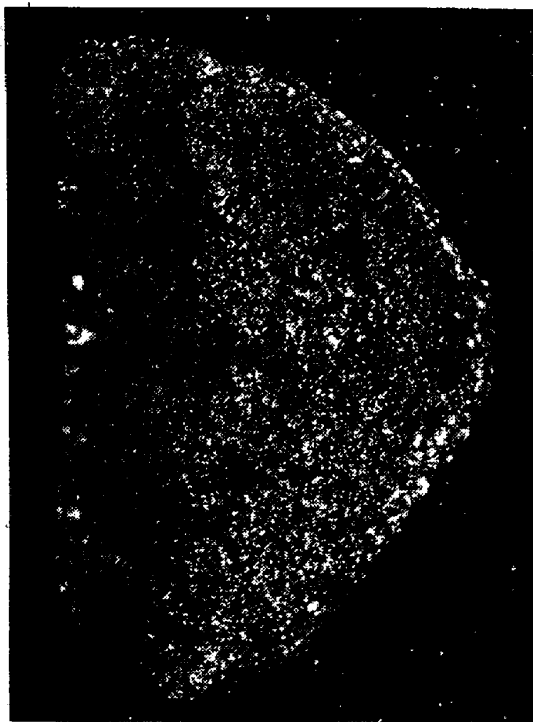
寫眞 2.  $\frac{3}{4} \times$



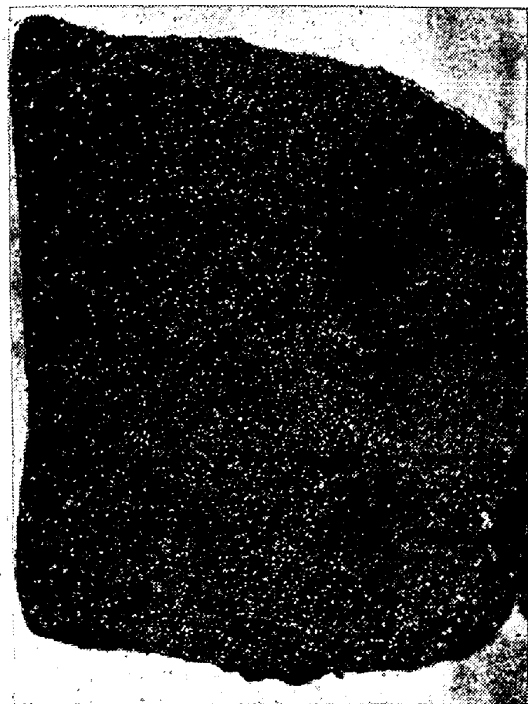
寫眞 4.  $\frac{3}{4} \times$



寫眞 1.  $\frac{3}{4} \times$



寫眞 3.  $\frac{3}{4} \times$



の原因の解説困難なるは是れが爲なり。

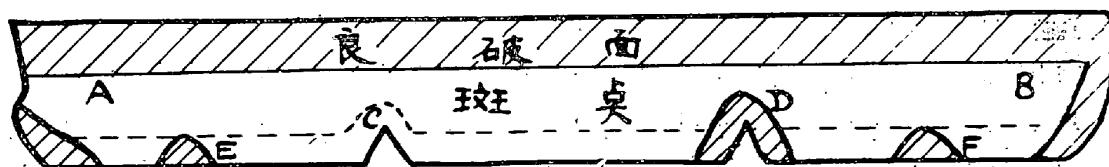
## 2. 斑點の種類

大別すれば上部斑點及内部斑點となる、上部斑點は寫眞イに示すが如く表面近く現はるるものにして必ず多數の大なる瓦斯孔を有す。此の斑點は爐況不良なる時生ずる不良銑に限りて存するものにして其原因は一般によく了解せらるる所なるを以て本稿に省略し専ら内部斑點に就て論ずることとなしたり。

内部斑點は寫眞に示すが如く一號銑の最も大なる破面粒の存する部分に指頭大となりて稀に點在するもの、寫眞3の如く下半部一面に微粒よりなる底部大班點及此れに類するものにして寫眞4の如く周圍は良破面にて包まれて存するもの等あり。寫眞3の底部斑點は最も多く發見せらるるものなれども仔細に檢する時は最下部には多少大なる破面粒を認め得べく寫眞4の斑點が一層下部迄擴りたるものなり此の外小斑點が全断面に分布するもの又は中央に良破面を有し其上下に斑點を有するもの或は斑點中に良破面粒の不規則に喰ひ込みたるもの等有れども何れも上部斑點又は内部斑點の特殊のものなり。

## 3. 斑點の現れ方

一號銑に存する指頭大の斑點は局部的のものなれども他のものは生子の全長に亙つて連続して現れ、同時に出銑したる生子は殆ど全部同種の斑點を有す。然れども寫眞の如き斑點は寫眞に示せる種類の斑點を有する銑鐵中に稀に混在し而も多くの場合局部的なり。此種の斑點銑の中央縦断面に就て見るに下圖の如く上部良破面との境界線A Bは略水平に走り殆ど貫通す。斑點の下部にも同様境界線



EF を認むれども多くは境界不明瞭にして只下底に至るに従つて僅に粗粒となるのみなり。

C點を破斷する時は大なる斑點を有すれどもD點に於ては下段にも良破面を存し斑點狭小となり或は全く消失すること尠からず、然れども切込點D以外の部分を破斷する時は殆ど必ずC點と同様の斑點を示すものにして此の下段の良破面はD, E, F 點の如く局部的に獨立して存すること多し。又C及D點に斑點を示さざる生子に就て其中間部を破斷する時意外にも連続的の大班點を有するもの尠からず。此等の事實はA B 線の位置に關するものにしてA B 線が著しく低下する時はC及D、切込部に斑點を示さず、又砂型が傾斜して作らるゝ時はC點に斑點現はるゝもD點に現れざることも有り得べし、尙此の問題は枕(湯路)に近き部分と遠き部分とは凝固速度を異にする關係にもよるべし。

一般に二號銑操業をなせる熔鑄爐に於て漸次爐熱を低下せしむる時は先づ下底部に小斑點を生じ漸次斑點擴大すれども或程度迄達すれば却て斑點中に不規則に粗粒を點綴し漸次増大して斑點消失す。此の後に生ずる良破面は不正形粒よりなる。尙爐熱を下ぐる時は逆に上部に微粒部を生じ遂に著しき

上部斑點を生ずるに至る、此際一層爐熱を下ぐる時は上部斑點は全面に擴大して濱住博士の所謂黒色破面（金屬の研究第一卷第三號）となるのみならず上表面は白鉄となり終には全断面白鉄となる。此の時爐況の恢復を計る時は略前述の變化を逆行す。

#### 4. 化 學 成 分

斑點は高爐操業と關係を有するが如く化學成分と密接なる關係を有す。上部斑點は爐況不良時に生ずるものなるを以て一般に硅素低く硫黄高き場合に生ず、下底部に存する斑點は硅素 1.5—2.0%，硫黄 0.03—0.05%の場合に最も多し。著明なる内部斑點（寫眞3及4に屬するもの）を有する鉄鐵に就て良破面部と斑點部との成分を比較せば次の如し。

試料番號		T.C	G.C	C.C	Si	S	P	Mn
1	斑點部	3.728	3.112	0.616	1.56	0.035	0.126	1.380
	良破面部	3.903	3.404	0.499	1.54	0.041	0.130	1.380
2	斑點部	3.788	3.235	0.553	1.92	0.032	0.130	1.566
	良破面部	4.000	3.259	0.741	1.91	0.042	0.139	1.566
3	斑點部	3.655	3.136	0.559	2.10	0.034	0.126	1.798
	良破面部	3.741	3.185	0.556	2.10	0.032	0.126	1.740
4	斑點部	3.690	3.122	0.568	1.79	0.031	0.118	1.537
	良破面部	3.818	3.267	0.551	1.80	0.035	0.124	1.566
5	斑點部	3.665	3.041	0.624	1.79	0.030	0.244	1.595
	良破面部	3.919	3.128	0.791	1.79	0.034	0.240	1.595
6	斑點部	3.660	3.128	0.532	1.81	0.034	0.122	1.624
	良破面部	3.938	3.191	0.747	1.82	0.034	0.126	1.595
7	斑點部	3.741	3.095	0.646	1.71	0.042	0.120	1.508
	良破面部	3.777	3.191	0.586	1.71	0.044	0.124	1.566
8	斑點部	3.829	3.095	0.734	1.81	0.039	0.128	1.450
	良破面部	4.000	3.218	0.782	1.80	0.040	0.128	1.470

上表に於て斑點部は良破面部に比して全炭素及黒鉛炭素の含有率約 0.2%内外低きを認むる以外著しき相違を發見せず。各試料に於る斑點部の炭素略同量なるは注意すべき事なり。一般には斑點部は良破面部に比して硫黄含有率高かるべしと想像せらるれども事實は却て此れに反す。此の事實を確むる爲め更に10種の試料に就て試験したるに同様の結果を得たり即次の如し。

試料	S %		試料	S %	
	良破面部	斑點部		良破面部	斑點部
1	0.052	0.050	6	0.083	0.073
2	0.053	0.044	7	0.039	0.045
3	0.049	0.048	8	0.066	0.034
4	0.071	0.053	9	0.071	0.068
5	0.082	0.062	10	0.052	0.040

#### 5. 内 部 組 織

下底部に存する一般的斑點部を檢鏡するに極めて微細なる黒鉛片彎曲密生して存し共晶的分布を示

鉛せども寫眞 9 上段の良破面部に於ては長大なる棒状黒鉛片のみ稍粗く存して寫眞破面の相違は全く黒鉛片の形狀及分布に由來する事を示せり。斑點の直上部に於る黒鉛片は最も長大にして其間に共晶的黒鉛分布を存せざれども上表面近くに至れば長大なる黒鉛片の間に共晶的微小黒鉛群を介在するのみならず局部的に共晶的黒鉛のみよりなる微小斑點の散在する事を認む。一號銑に存する小斑點も全く同様の趣を呈せり。

斑點の上部境界線附近並に斑點の下部にありては黒鉛片は稍長大となれども何れも共晶的分布を示す(寫眞 8 及 10)、但し最下底部及斑點部に不規則に喰ひ込みたる良破面部には上部と同様なる長大黒鉛片を存す、此等の長大なる棒状黒鉛は大部分 Kish Graphite ならんと考へらる。此等の共晶的黒鉛分布及 Kish Graphite の存否並に分析表の示す如く斑點部の黒鉛化の良破面部に比して劣らざることは斑點の成因上重大なる事實なりとす。

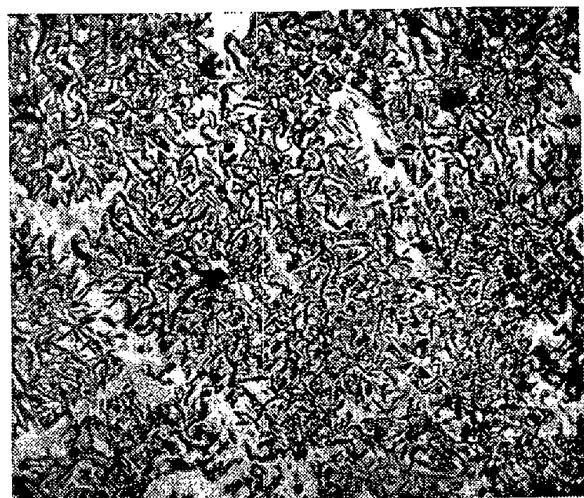
寫眞 7. ×50



寫眞 8. ×50



良破面部  
寫眞 9. ×50



斑點の上部境界線附近  
寫眞 10. ×50



斑點の中心部

斑點の下部

### III 斑點の成因

本章に於ては専ら普通に現はるゝ下底部に存する斑點に就て考究し、然る後特殊のものに論及すべ

し。

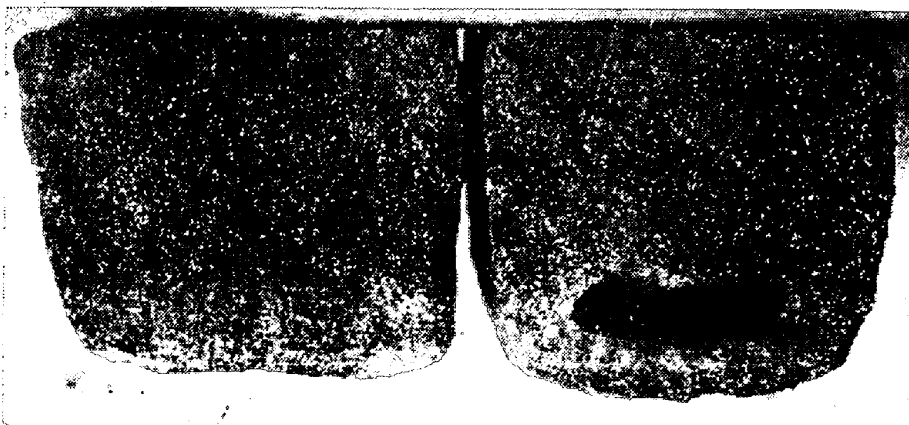
### 1. 成因として提議さるる諸説

本研究の遂行に當りて一見合理的なるが如く考へらるる諸説を提示せば次の如し。

- (A) 二段注ぎ 最初少量の熔銑が型に入りて急に凝固したる後残部が注入せらるる爲め生ず。
- (B) 型砂の水分による急冷によりて生ず。
- (C) 内部壓力 外殼の凝固收縮するに従つて内部に壓力を及ぼし黒鉛片の發達を阻止す。
- (D) 瓦斯含有率 最後迄永く熔體として存する部分は瓦斯の大部分を逸して黒鉛發達せず。
- (E) 金型的影響 外殼部が凝固冷却する時は内部の熔體は恰も金型に注ぎ込まれたると同様の影響を受けて急凝固する爲め斑點となる。
- (F) 冷却速度 凝固の初期に於ては内部は外部に比して高温なれども常溫に至れば内外同一となるを以て内部は或時期に於て急冷されざる可らず、此の急冷の時期が黒鉛化期に相當すべし。
- (G) 悪成分の析出 硫黄又は酸化物の如き黒鉛化に不利なる成分の析出による。

實際操業を觀察する時は(A)及(B)は特例にして一般推論に非ることを知り得べし、特に斑點部は最後に凝固するものにして凝固中適時に生子を破斷する時は寫眞5の如く恰も斑點に相當する部分の流出する事によりて證明せらる。(C)及(D)説は斑點部のみをとりて坩堝にて再熔解するも依然として微粒となる事によりて其の誤れる事を知り得べし。(E)説を確むる爲め凝固の途中生子を破斷して熔體を流出せしめ略斑點相當大の空洞を作り直に同時出銑の湯溜に存する熔銑を注入して冷却したる後破斷して檢するに鑄込みたる部分の外周は僅に微粒となれども其中心部は漸次良破面となりて實際の斑點と甚しく状態を異にす。

寫眞 5.  $\times \frac{1}{2}$

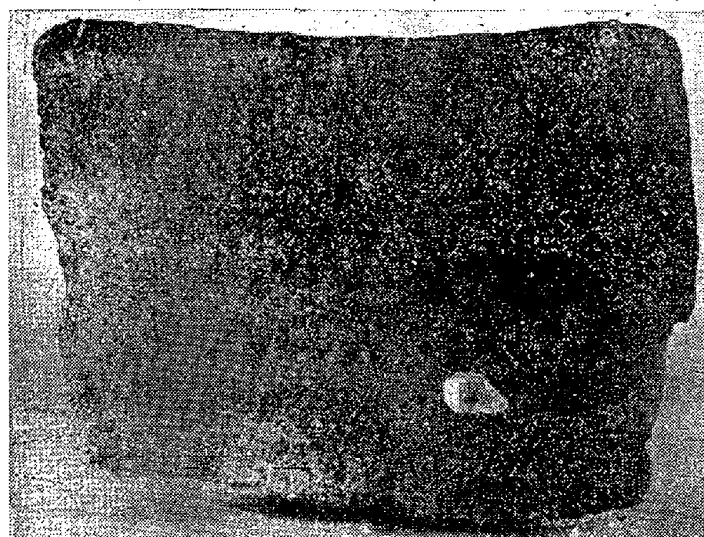


(F)説は最後に凝固する部分は他の部分の凝固潜熱の補給を受けざるが故に外殼部に比して黒鉛化期を比較的急冷さるる事は起り得べしと雖も最後に凝固する部分の下部に於る或部分は上部の或部分と同様又は一層緩冷せらるる筈なるにも

拘らず常に微粒破面よりなるは冷却速度以外に重大なる原因の存する事を示すものなり。然れども冷却速度は破面と密接なる關係を有するものなるを以て數回測定を行ひたり、其方法は鑄床に於る實際の砂型中斑點を豫期する部分と其上部とに石英管を挿入し二組の Le Chatelier 式 Pyrometer を使用して冷却曲線を取りたる。其の内重要なものを示せば附圖の如し。測定の結果は著しき差を示さず。

但し茲に注意すべきは斑點部に挿入したる石英管の周圍に寫眞 6 に示すが如く約 10 耗の厚みに良破

寫眞 6.  $\times \frac{3}{4}$



面を生ずる事なり。従つて曲線に示したる冷却速度は斑點部の眞冷却速度とは稱し難きも大略斑點部の冷却速度に近似のものにして斑點部は硅素 1.7—2.0 % の銑鐵をして斯の如き微粒破面たらしむる程急冷さるるものとは考ふる能はず。(G)説は最も普通に考へらるる所なれども斑點部の黒鉛化率は良破面部に劣らざるを以て黒鉛の成生を阻止する悪成分の影響には非ること明なり。化學成分の示す如く斑點部は却て硫黄少き傾向あるのみならず、酸化物に就ても濕式法によりて分析した

れども何れも極めて微量にして始と差を認めず。

斯く考究し來る時は此等の諸説は何れも實情に適せず。尙此等の諸説にして最も不利なる明瞭なる斑點部には Kish Graphite の痕跡をも示さざること並に斑點の境界判然たることなり。上記の諸説を以てすれば破面の變化は何れも漸次に起らざる可らず。又一般的成分より見るも良破面部より推論するも單に上記の諸説に基くものとせば斑點部にも的當量の Kish Graphite を存せざる可らず。試

寫眞 11.  $\times 50$



に厚さ 1 吋の金型に此種の熔銑を以て直径 1 吋の圓棒を鑄込みて急冷する時、外周約 5 耗は白銑となり中心部も甚しく微粒となる場合に於ても必ず寫眞 11 の如く Kish Graphite を示す。

## 2. 共融體の析出

翻つて斑點を組織上より考ふるに斯の如き異常なる黒鉛分布は黒鉛となるべき元の Cementite の微細なること並に其の集合發達に充分なる時間を與へられざりしによる事明なり、或一定の冷却速度に於ては大粒 cementite は大なる黒鉛片となり、小粒 Cementite

は小黑鉛片となるべし。但し極めて緩冷却を行ひて小片黒鉛の集合發達に充分なる時間を與ふる時は或程度迄は成長すべしと雖も一定の限度あり。

極めて微細なる Cementite は其の晶出する時機を急冷すること即急凝固を行ふか又は共融晶によりてのみ得らる。斑點部は冷却速度の測定によりて明なるが如く共融溫度に永く保たるものにして第一次 Cementite は充分發達すべき時間を有するを以て第一の考は實情に適せざること明なり。銑鐵の共

融晶は Cementite 及飽和 Silico-Austenite の粒状共晶なるを以て、生ずる黒鉛片は粒状 Austenite を圍繞して彎曲し、相當緩冷するも第一次 Cementite の化晶によりて生ずる Kish Graphite の如く長大片となること能はず。茲に於て若し斑點部に共融體が析出集積するものと考えれば實際斑點に見るが如き微粒破面を生ずべきことなるべし。

尙上述の斑點が共融體の析出と離る可らざる關係を有することは次の如き事實によりても知り得べし。

1. 斑點を生ずる鉄鐵は僅に hyper eutectic に相當する組成を有す、即大部分共融體よりなる。
2. 斑點部は最後に凝固し長時間共融溫度に保たる。
3. 斑點部は良破面部に比して炭素の含有率低く何れも共融成分に相當す。
4. 斑點部は共晶的黒鉛分布を示す。
5. 良破面部は長大なる Kish Graphite を存すれども斑點部は然らず。

此等の事實は何れも斑點が共晶析出によりて生ずることを裏書きするものにして、此の假説に對して斑點上部境界線の明瞭なる事、並に凝固中の生子を破斷して、最後迄融體として残り其儘凝固せば斑點となるべき部分を砂上に流出して急冷する時常に良破面を示すことは有力なる反證なるが如く考へらるれども、其成生の機構を考ふる時は却て此説明に有利なるのみならず此の假説によりてのみ説明しうる現象なり。

又此の假説によれば一號鉄に存する小斑點は共晶の局部的析出によるものにして、寫眞 4 に示したる種類の斑點は其の下部が成分又は熔鉄の溫度の關係上比較的急に凝固する爲め共晶中に相當量の Kish Graphite を包含するか、又は鑄型の局部的急冷作用によりて同様の現象が局部的に生ずるものと解しうべし。

### 3. 斑點成生の機構

斑點が共融體の析出に基くものとするれば其の成生の機構は次の如く考ふるを得べし。

今此種の熔鉄を以て砂型に生子を鑄込む時熔鉄は 1,300°C 位の高温にあるを以て型に接する部分と雖も極めて薄き表皮の外は暫時凝固せず。而して上面の空氣の冷却影響は砂に比して甚大なるを以て遂次上表面より凝固し始む。然る時は共融體に相當する部分は漸次下方に押し込まれると同時に第一次 Cementite は漸次結晶成長し且つ黒鉛化して大なる Kish Graphite となりて上表面に向つて浮き上るべし。而して上部は溫度の降下と Kish Graphite の増加とによりて流動性を減じ其儘凝固す。従つて凝固速度の最急なる上表面より下方に至るに従つて漸次 Kish Graphite の量増加すべしと雖も或點に至れば上部よりの共融體の析出と自己の有せし Kish Graphite を浮き上らしめたる結果全く共融體のみとなるべし。次に下底部の狀況を考ふるに表面の如く急ならざれども砂型の爲に冷却されて遂次下部より凝固す。凝固速度急なる時は Kish Graphite の一部は其儘閉ぢ込まれるれども緩徐に凝固する時は Kish Graphite はよく共融體を通じて浮き上り上部の Kish Graphite と合すべし。



斯の如くして最後迄熔融状に残存する部分は全部共融體のみとなるを以て凝固して ledeburite となり、生ずる黒鉛は微細片となりて共晶的分布をなす。其の直上部は多量の Kish Graphite を包含して良破面となり緩冷の度大なる程其の境界は明瞭となるべし。

凝固後の冷却速度は比較的緩徐なるが故に共晶 Cementite より生ずる黒鉛も或程度迄は集合發達すべしと雖も Kish Graphite の如く長大となること能はず。然るに上部に於る Kish Graphite の間に存する共晶は其の凝固に際して放出する瓦斯が既に存在する Kise Graphite の周圍に集りて逐次晶出する Cementite を分解して合併するが故に黒鉛片は益々發達して長大となり殆ど共晶黒鉛の痕跡を止めず。然ればも上表面近く凝固速度の急にして而も Kish Graphite の比較的僅少なる部分にありては共晶黒鉛を介在するのみならず微細なる斑點を散在す。

斑點成生の機構を斯の如く考ふる時は斑點に伴ふ總ての現象を容易に解説する事を得。即斑點の直上部が最も良破面にして斑點部と判然たる境界を有すること並に斑點の下部は極めて緩冷せらるるにも拘らず比較的急冷せらるる上表面に近き部分の如く良破面とならざる理由等自ら明瞭なり。斑點相當部の熔融中是れを砂上に流出して急冷するも尙良破面を呈するは斑點の上部境界線附近も尙熔融状にある爲に Kish Graphite の一部分を流出して急に凝固するが故なり。又冷却速度の測定に際して斑點部に挿入せる石英管の周圍に良破面を生ずるは Kish Graphite が石英管の周圍に附着すること並に管の周圍は比較的急冷さるるが故に Kish Graphite を浮き上らしめざるが爲なり。斑點の位置の變動及大小は熔銑の溫度、成分並に冷却速度に關連して同様に解説することを得べし。

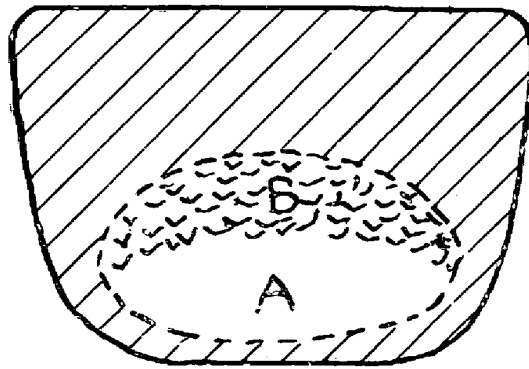
上記の機構を確むる爲め次の如き實驗を行ひたり。生子の鑄込後約12分を経て恰も斑點相當部の尙熔融状にある事を確めたる上、是れを水槽中に投じて急冷し其の破面を検するに次の略圖の如く點線以外の部分は既に略普通破面を呈すれども點線圈内は一様に健淬鋼の如き色澤及微粒よりなり其の上半部には多量の大片黒鉛を散點す。此の大なる黒鉛片は Kish にして明に著者の推定せる機構の正しきことを示す。尙生子を水中に投ずる時機早き時は斑點部中に稍多量の Kish Graphite の大片が群をなして散點す、此等の Kish は緩冷する時は當然浮き上るべきものなり。

#### 4. 銑鐵の成分と斑點

斑點の成因を前述の如く考ふる時は一・二號銑及平爐銑に斑點の生ぜざる理由は容易に推論することを得。兼二浦製鐵所に於る各種銑の大體成分は次の如し。

	C	Si	S	P	Mn
一號銑	3.8—4.1	2.5—3.5	0.02 以下	0.1—0.3	0.8—1.5
二號銑	"	1.8—2.5	0.04 "	"	"
三號銑	3.6—4.0	1.3—2.0	0.03—0.08	"	"
平爐銑	3.3—3.6	1.0—1.5	0.05 以下	"	"

硫黄含有率の破面に及ぼす影響は大なるを以て三號銑に於ては硫黄少きものを取りて、炭素及硅素の割合を考ふるに一・二號銑は硅素及炭素高く、平爐銑は最も低し。三號銑は此の中間に位して炭素4%



寫眞 A

寫眞 B



×5  
A-Bの境界



×50  
B部

に及ぶことあれども斯る時は一般に硅素低し。

鐵及炭素よりなる純鑄鐵に於ては共融晶の炭素含有率は 4.3% なり、而して硅素は共融晶の炭素含有率を低下するものにして本多、村上兩博士並に Petersen 氏の研究によれば、硅素比較的少き鑄鐵にありては硅素 1% に就き炭素約、0.3—0.4% を直線的に低下せしむる事を示せり。假りに 0.3% をとる時は次の如く

	C	Si	共融晶の炭素含有率		C	Si	共融晶の炭素含有率
一號鉄	3.8—4.1	2.5—3.5	3.55—3.25	三號鉄	3.6—4.0	1.3—2.0	3.91—3.71
二號鉄	3.8—4.1	1.8—2.5	3.76—3.55	平爐鉄	3.3—3.6	1.0—1.5	4.00—3.85

一號鉄にありては共融晶に對して約 0.5%、二號鉄にありては約 0.4%、三號鉄は約 0.2% 内外の炭素の過剰を有するにも拘らず平爐鉄は却て 0.4% 内外の不足を生ず。此れ即斑點が主として三號鉄に生ずる主なる原因なり。

即ち二號鉄にありては熔鉄が鑄型に入る時既に多量の第一次 Cementite を晶出して泥狀なとり各

部分殆ど同時に凝固し始まるが故に共融體の析出を生ぜず、従つて大斑點を現出せず。斯る生子を凝固の途中に於て破斷する時はざくざくに碎け更に凝固の進みたる時は各部分殆ど一樣の硬さを有するのみならず中心部に殘存する少量の融體も容易に流出せず多量の Kish Graphite の輝くを見る。此れに反して三號銑は凝固遅けれども其の凝固し始むるや外殼は急に硬くなり内部は永く熔融狀に保たれるが故に破斷する時は容易に流出す。平爐銑は略三號銑に準ずれども Austenite が初晶として晶出することは成分より明にして Kish を存せざるが故に一樣なる微粒破面となれども下底部は緩冷と共融體析出の爲め上部に比して多少良破面となる。

斯の如く Kish Graphite の量によりて斑點が左右せらるるのみならず普通生子の破面は主として Kish Graphite の量及大小によることは鑄床作業に於て明に認めらるる所なり。前述せる斑點銑の分析表に於て良破面部は斑點部に比して僅に炭素約 0.2% を多く含有するに過ぎざれども此の 0.2% の hyper eutectic Carbon は約 3.0% の第一次 Cementite として晶出し其の化晶によりて生ずる Kish Graphite は更に共晶黒鉛をも容易に合併して一層黒鉛の發達に便する事を考ふれば其の破面に及ぼす影響の大なることを首肯しうべし。

黒鉛の發達に關する著者の實驗事實は濱住博士の所謂渦狀黒鉛の破究（金屬の研究第一卷第三號）

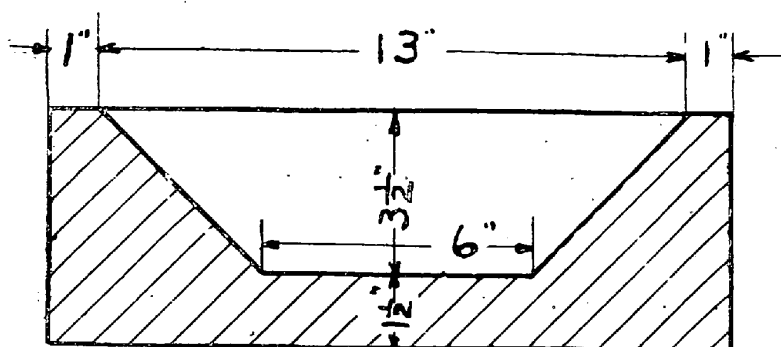
事實と稍趣を異にすれども同博士も述べられたるが如く滿俺其他の成分の影響並に總ての鑄造條件を異にする當然の結果なるべし。

### 5. 斑點の防止

敘上の如く斑點成生の機構を假定することによりて斑點を防止する爲め二種の手段あるべし。一は成分の變更にして他は冷却速度の調節なり。成分の變更は實際上困難なり。冷却速度に關しては二方法あり、即積極的に各部分を同時に凝固せしむるか消極的に極めて緩冷を行ひて生じたる斑點部の黒鉛を發達せしむるかなり。此の點に關して次の如き實驗を行ひたり。即積極的方法として

(1) 凝固の初期に注水して急凝固せしむる時は大斑點は防止し得れども全破面を稍不良ならしむるのみならず全面に小斑點分布す。

(2) 下の略圖（横斷面）の如き金型を使用する時は斑點は狹小となれども同時に金型に接する部分に



微粒の層を生じ恰も中心部及下部に二段の斑點を生じたるが如くなれり。

(3) 鑄型の小なるものは一般に斑點少く丹尺型（幅 $1\frac{1}{2}$ 深4"）に於ては中心部に極めて小なる斑點を存す。

消極的手段としては熔銑の型入り後

砂を以て被ひ又は溶鑄滓を以て作れる約 200°C の生子型に注入して緩冷せしむる時は斑點部は多少良

破面となれども一層明瞭なる境界を生ず。又斑點銑を電氣爐にて 1,100—1,130°C に30分間焼鈍し爐内にて緩冷するも殆ど破面に變化を生ぜず。

是れによりて見るも實際操業上、斑點を絶體に防止することは困難なれども鑄型を適度に小にする事は最も簡單にして有効なり。

#### IV 斑點銑の鑄物の破面に及ぼす影響

上部斑點を有する銑鐵は元來成分不良なる爲め生ずるものなるを以て Cupola にて再熔解する時は硅素の減少及硫黃の増加によりて一層不良鑄物を生ずること云ふ迄もなし。内部斑點銑は不良成分の影響に非るを以て例へ斷面の大半微粒斑點となるとも再熔解によりて直に白銑となるが如き虞れは無けれども若し鑄物に對して生子と同様に組織の不均一を生ずるとせば甚望ましからざる事なり。此點に關して數回實驗を行ひたり。

斑點銑を瓦斯爐内にて坩堝熔解を行ふ時は同種の斑點を有する鑄物を生ず、又斑點銑を良破面部及斑點部に二分して別々に坩堝熔解を行ふも同様の結果を得たり、然るに斑點銑を Cupola にて再熔解するに鑄型の大小（生子型より 1 吋角型）に拘らず少しも斑點を生ぜず、恰も高爐操業中爐熱低下したる時内部斑點銑と上部斑點銑との中間に生ずる無斑點銑と同様の破面を示し原料銑に於るが如き正形粒を存せず。

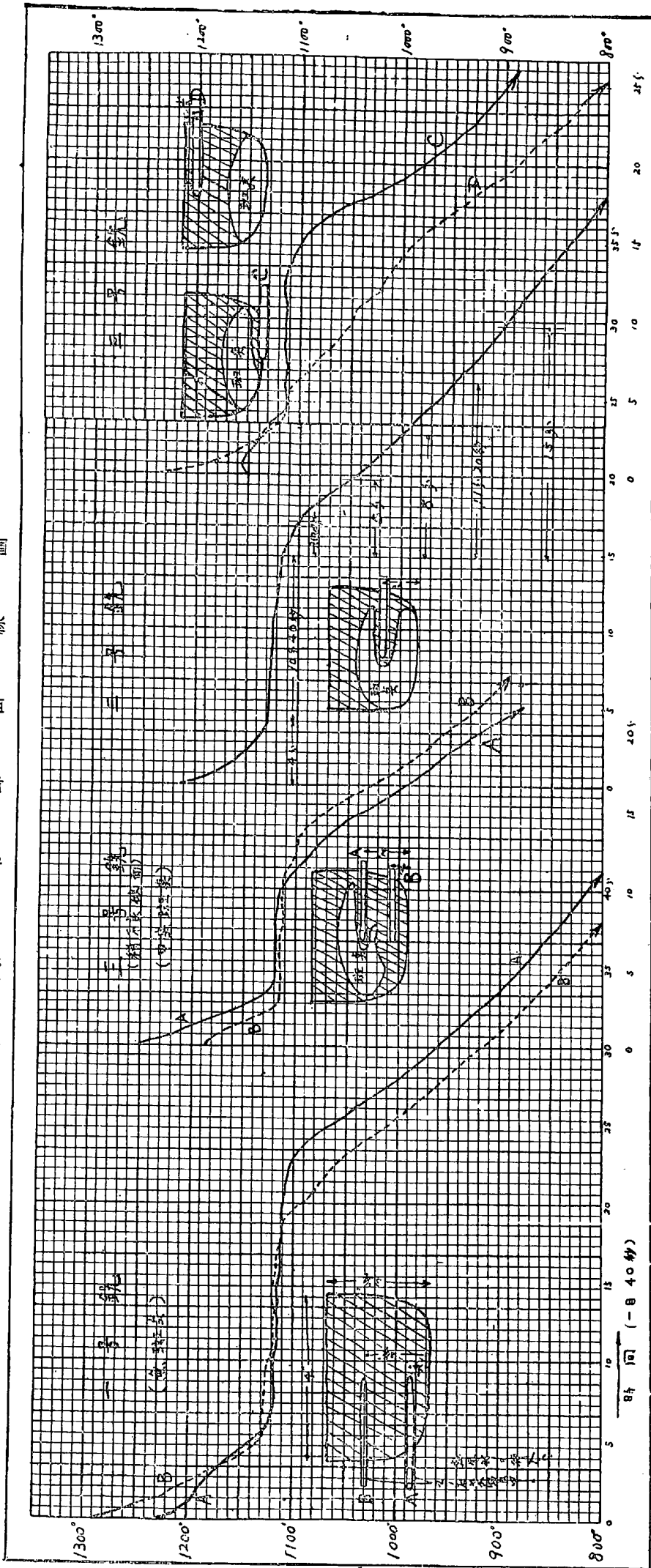
此等の事實は坩堝熔解は成分の變化少きが故に斑點を再現し、Cupola に於ては成分の變化大なるが故に一層程度の低き成分の鑄物を生じて斑點消失するものと考へらる。故に斑點銑單味を以て鑄物を造る時一般作業の如く Cupola 熔解によれば組織の不均一を生ずる虞なし。却て一層高級銑を使用する時製品の成分が恰も斑點銑と同様となるが如き事實が偶發せば斑點を有する鑄物を生ずべし。然れども一般に鑄物の炭素含有率は、強さを大ならしむる爲 3.0—3.5% 内外に限定せらるるを以て斑點を有する鑄物を生ずるが如きは稀有の事なるべし。

#### V 總 括

斑點銑に就て其特性を調査し、成生の原因並に機構を考察して次の如き總括を得たり。

1. 斑點に上部斑點と内部斑點の二種あり、上部斑點は著しき不良銑に存し白銑となる前程として現れ内部斑點は主として三號銑に存す。其の最も普通なる下底部に現はるるものは一號銑に存する指頭大の斑點と同一種のものにして仔細に檢する時は其下段にも多少の良破面部を有す。
2. 内部斑點は共融體の析出に基くものにして不良成分の析出による惡質部には非ず。炭素及硅素の關係量に於て共融成分より僅に高炭素即硅素 1.5—2.0% に於て炭素 3.8% 内外の時生ず。
3. 内部斑點成生の機構は共融體の析出と Kish Graphite の浮き上る爲に起るものと推定せらる。
4. 斑點は硅素及炭素の量によりて生ずるものなるを以て實際操業上絶體に防止することは困難れども鑄型を適度に小となすことは有効なり。
5. 内部斑點銑は實際使用上鑄物に何等の惡影響を及ぼさず。

(附圖) 冷却曲線圖



備考 熱電器のゴールドジャンクションは空室中に露出せしめたるを以て  
曲線は十度乃至二十度低き温度を示す  
A 及び B は同時に測定し C 及び D は別々に測定す

6. 鑄物作業に於ては硅素と同時に炭素を吟味して共融成分を標準とする時は流動性よく、破面緻密にして而も仕上加工容易なる良質鑄物を得べし。

本研究は現場に於る實際操業本位に行ひたるものなるを以て學術的に見る時は實驗不備の點多く、理論的考察上缺ぐる所多し。特に斑點の上部、良破面部の斑點部に比して稍磷及硫黄含有率高き傾向を有すること並に鑄物工場に於る亞共晶成分の鑄物の破面と生子の破面との關係を實驗的に解説する機會を得ざりしは著者の最も遺憾とする所なり。

終りに臨みて終始研究上の指導を賜りたる東北大學濱住博士及九州大學金子博士並に實驗上多大の便宜を與へられたる高爐係員諸氏に厚く感謝の意を表す。

(大正十四年九月十日 三菱兼二浦製鐵所研究室に於て)