

内外を含有する程度のものより乃至珪酸分 1.0% 内外を有するに過ぎざるスポンジ鐵原料として最も好適なる高品位の精鑛を得る事は比較的容易である。吾人は大孤山貧鐵鑛の如き粗悪なる鑛石に對し本方法の如き濕式法の應用を試みざれば精鑛の品位をして鐵分 63% 以上珪酸 10% 以下の如きを望む事は殆ど絶対に近きまでに困難の事と考へる。

(6) 精鑛中の一成分として磷分が著しく低下する事も本方法の特徴の一つである。即ち原鑛中の磷分に對し其の 50~90% は溶解抽出せられ所謂低磷精鑛となる。

(7) 本方法の不利とする點は高價なる苛性曹達を使用する事である、従つて本方法の工業上の應用に對し苛性曹達を如何にして安價に製造すべきか、換言すれば之が原料たる曹達灰を出來得る限り安價に手に入れる事を考究すべきである。

(8), (7) の理由に従つて鑛石處理より生ずる廢液より浸出に必要な苛性曹達の回收を最も有利的にはからねばならぬ吾人は此の目的に對し研究を遂げて居ないが四つの

方法を指摘しておいた。

(9) 本方法に依る廢液よりアルカリ回收と同時に得らるる副産物に就て之が充分利用の途あるべき事を指摘した。此の副産物を他に利用する事は又本方法應用上經濟的見地からも肝要の事である。

以上濕式選鑛の眼目に就て吾人の實驗室に於て得たる諸項目を説述したが吾人の使用したるオートクレーブは固定式小形のものであり今後は振動式或は廻轉式のオートクレーブを用ひて實驗を重ね更に有利なる結論を得んと期待して居る。之等の點に關し尙特に廢液よりアルカリの回收に對し各位の御指導を與へられん事を切望する。

終りに臨み本研究遂行に當り鑛石試料を提供せられ尙有益なる種々のデータを示されたる昭和製鋼所當局の好意を感謝し又研究室に於ける實驗を擔當し努力せられたる助手野口重時君の助力を謝する次第である。

本研究に當り帝國學士院研究補助を受けたるに對し茲に感謝の意を表す。

## 鎔鑛爐にて低炭素銑製造法考察

(日本鐵鋼協會第 12 回講演大會講演)

谷 口 公 平\*

### SOME CONSIDERATIONS ON THE MANUFACTURE OF LOW CARBON PIG IRON WITH BLAST FURNACE.

By Kôhei Taniguchi.

**SYNOPSIS:**—Recently, it has been accomplished to manufacture low silicon pig iron for basic open hearth furnace by blast furnace in Japan. And so the next important problem on this line is turned to reduce further its carbon content as possible, because in our country, for want of steel scrap, the open hearth furnace works in future have to be operated mainly with pig iron and ore for their materials, and it is necessary to reduce carbon content of molten pig iron—the chief materials of the above operation—as low as possible.

At the beginning of this study the author discussed on the equilibrium relation between iron and carbon at high temperature as in blast furnace; and then explained theoretically in details on the course of carbon absorption into iron during the charge traveled from top to bottom of the furnace with many data; and also stated on the influence of other elements upon the absorption of carbon into iron. Then the author studied closely on melting zone of blast furnace to find that the so-called concentrated melting method should be adopted for blast furnace operation in future, that is the total thickness of melting zone should be kept possibly thin but width and thickness of the highest temperature oxidized part in it must be enlarged and brought below in hearth as possible. And when the combustion in furnace is rationalized by the further study of tuyres, and also adequate forehearth is established, this problem will be solved to a certain extent.

Finally the author explains that he has now constructing a large experimental blast furnace for this object, and soon will begin the study with it to solve this interesting and important problem.

\* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所

I. 緒言

我が國では銻鑛爐での低珪素銻製造を困難視されて居たが、近來之は解決せられ、其の製造は續行せられてゐる。之に次ぎ起るのは銻鑛爐で低炭素銻を製造する問題であつて本報は夫についての考察である。最近當所の銻鑛爐銻の炭素量は平均4%を越え、珪素量の低下と正に反對になつてゐる。之を使用する製鋼側の意見としては、我國の屑鐵不足から、將來の平爐製鋼作業は銻鐵と鑛石を用ふる所謂銻鐵鑛石法に據らねばならぬ。従つて主要原料たる銻銻の炭素含有量を低下せしむるは重要なことであつて、之に依り製鋼時間を短縮し、使用鑛石量を減じ、爐床及び爐壁の損傷を救ひ得て其の利益莫大であるから、銻鑛爐側に於ける低炭素銻の製造を熱望されてゐる。然らば銻鑛爐側で銻銻中の炭素を何處迄下げれば宜しいか？ 之に就いて製鋼實地家の意見としては、大體軟鋼を造る際には平爐内で裝入物が全く熔解終了した時炭素量が0.6%位なければならぬ、若し原料として銻銻のみを用ひる時は、爐内で更に熱を上げ他の不純物を除く時間を考へると原料たる銻銻中の炭素量は2%位が理想である。硬鋼を造る際には平爐内の熔解終了時の炭素量が1.0%位が宜しいから、前と同じ意味で銻銻中の炭素量は2.5%位が理想であるから、結局銻鑛爐で造る銻鐵の炭素量は2~2.5%が最適當で、之以下に下げる必要なく、又何れの場合にも平爐へ運ばれる銻銻の温度は可及的高いことを希望されてゐる。而して銻鐵鑛石法を行ふ所では、銻銻が平爐へ行く前に、豫備精鍊混銻爐 (Active mixer) で豫備精鍊を行ふか、この爐内に約5時間の精鍊で其の諸成分は次の如く變化する。

Table with 7 columns: Element (C, Si, Mn, P, S, Cu), Refining stage (精鍊前%, 精鍊後%).

即ち炭素は割合に低下せず、珪素、マンガン、磷が著しく下り、硫黄は變化なく、銅は寧ろ幾分増加する。さればマンガンの如きは、製鋼に此の Active mixer を通すものなら、銻鑛爐で強いて之を高めるのは無駄である。又若し銻鑛爐で炭素量が3%迄

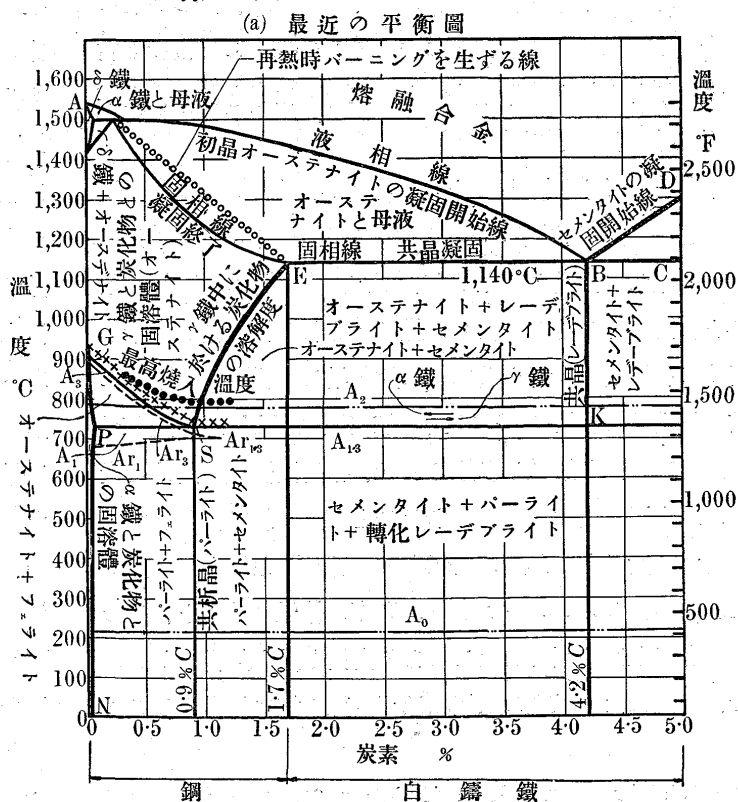
も下り、珪素量は現状1%以下を維持し、且磷量も相當低下し得るとし、而も其の熔銻の温度が相當高ければ、此の Active mixer は全く廢止して宜しいと云ふ事になる。斯る條件で銻鑛爐に於て實際に銻鐵の炭素量を1%低下せしめ得たとき、平爐製鋼上得られる利益の數値の如きは實際所期低炭素銻の製せられたる際に自ら明なるべきである。

以上に依り銻鑛爐で低炭素銻を製造する目的低下の程度及び其の重要性が解かつたから、以下項を追ひ之が研究について詳細に述べよう。

II. 高温に於ける鐵-炭素平衡論

本題に入るに際し先づ銻鑛爐内の如き高温に於て、鐵中に炭素はどの位溶け込み得るかを充分検討する必要がある。但し銻鑛爐内に於ては單に鐵と炭素のみでなく、同時に數種の元素が存在し、殊に酸素その他の瓦斯の影響もあつて爐内の變化は頗る複雑であるが、此處には其の重要な基礎となる此の兩者のみに就いて考へることとする。夫

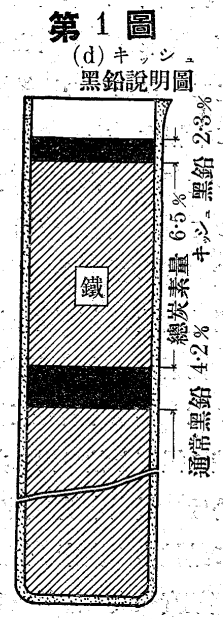
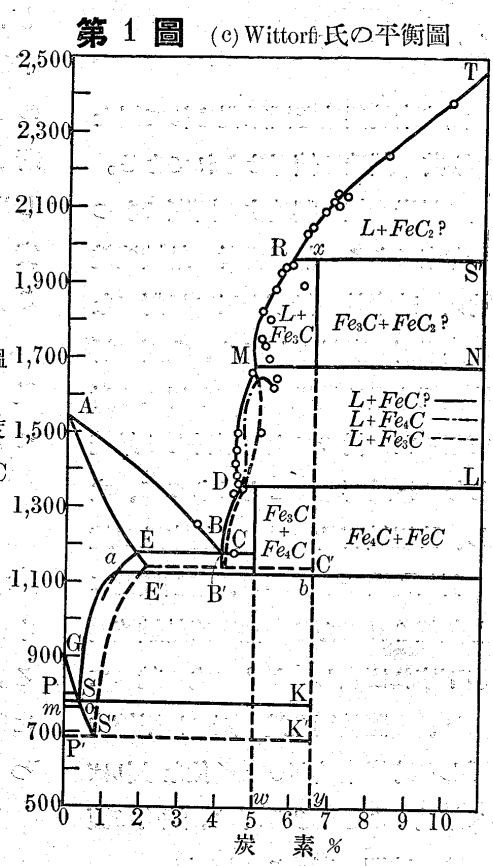
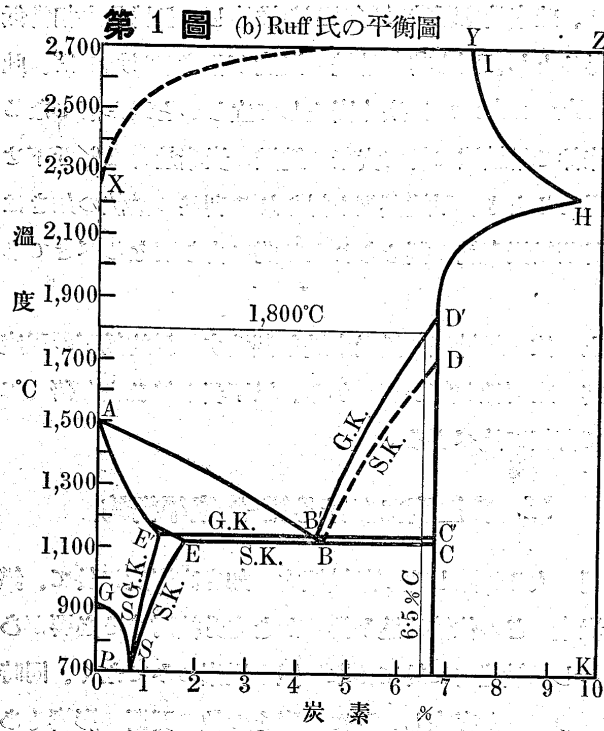
第1圖 鐵-炭素平衡圖



には先づ鐵-炭素の平衡状態圖を調べるのが一番正確で且早道である。其の最も能く研究され<sup>2)</sup>且つ最近纏められた

2) E. Heyn u. E. Wetzel: Die Theorie der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen. 1924.

1) 河村 聰: 鐵と鋼 大正12年1月 p. 76
中田義算: 鐵と鋼 昭和5年11月 p. 1220
平川良彦: 製鐵研究 No. 123 昭和7年4月 p. 331
" No. 124 昭和7年6月 p. 391



ものを挙げると第1圖(a)<sup>3)</sup>の如くであるが、惜しい事には炭素が5%附近迄の研究に止まる、夫以上の所は少し古い書物<sup>4)</sup>であるが簡単なものが一二有るに過ぎない、之が同圖(b)(c)である。

今初めの(a)圖を見ると、太く書いた左方のNPG線で示される如く、鐵は固體でα鐵の間は僅か0.08%以下の炭素しか固溶し得ないが、更に温度が昇つてγ鐵になると、同じく太く書いたSE線で示される様に稍々炭素を固溶し、温度の上昇と共にその量を増し1,140°C即ちE點で最大1.7%迄の炭素を固溶し得、之以上に温度が昇ればその一部が熔融し初めるので、結局固體鐵に於ける炭素の最大固溶度は1.7%であることが知られる。但し之は勿論固溶度であるから、之以上に吸収し得ないと云ふ譯ではないが、セメンテーションの多くの結果を見ると、この固溶度以上に炭素を吸収してゐる實例が殆ど見當らないので、普通には之以上の吸炭は餘程困難の様に見做される。

次に全部溶解し充分飽和する迄炭素を吸つた場合は即ち右方の太く書いたBD線であるが、この(a)圖では遺憾にも先がないので、止むなく之を次の(b)圖に譲る。そのB'D'(黒鉛の溶解度)又はBD(セメントタイトの溶解度)線に相當し、この線が高温度に於ける熔融鐵中への炭素の溶解度を現はすことになり、此の邊の委しい研究は未だ不充分で、次の(c)圖に於ても多少相異があるが、只この間の概念を得るには之でも充分と思はれる。今(b)圖に據つて考へれば、その溶解度は温度と共に著しく上昇し2,200°C附近に於て實に10%近くの炭素を溶かすこととなり、假に鑄鐵爐内の最高温度部の附近が1,800°Cになるものとすれば、同圖の細線で示す様にその飽和炭素量は6.5%であるから、鑄鐵爐に於て炭素は一時熔鐵中に6.5%迄吸はれ得ることを示し、如何に爐内の温度が鉄中の炭素量に關係するか明らかである。併し爐内で一時様様に多量の炭素を吸収しても、更に之が緩冷されればD'B'線に沿つて含炭量が減り、一度吸収した炭素を所謂キッシュグラファイトとして吐出しつゝ冷却し1,140°Cで4.2%となり此處で全く凝固する。このキッシュグラファイトは初め熔鉄中の成分としてその中に溶け込んでゐたのであるが、温度降下と共に熔鉄中の炭素溶解度の減じるに連れ、その餘分のもの丈が之より分離し、而も比重の頗る軽い爲分離する

<sup>3)</sup> Metal Progress. 1930 September, p. 81.  
<sup>4)</sup> Sauveur: The Metallography and Heat Treatment of Iron and Steel 1920 p.449, 450.  
 最近向山幹夫氏は電氣製鉄に關係してこの問題を取扱はれ(鐵と鋼、昭和7年10月 p. 1062)又一實驗を行はれた(鐵と鋼、昭和8年8月 p. 632)

と共に浮び上つて熔銑とは無關係になり、残つた熔鐵は凝固時の飽和炭素量 4.2% となる。之に對し凝固後引き続き發生した黒鉛炭素は、既に周圍が固體の爲輕くても浮び上れず、その儘固體鐵中に含まれて銑鐵中の黒鉛となるものである。故に大體に於てキッシュ黒鉛は熔銑から發生したものの普通の黒鉛は凝固後發生したものに考へれば宜しいので、(多少の異論は此處に關係が少ないので省く)之を解り易く書くと第1圖(d)の如く、今 1,800°C の炭素に飽和した熔銑を坩堝に取れば、その全炭素量は 0.5% で、之が次第に緩冷却して遂に凝固した後は圖の如く、その中の 2.3% は熔融狀態時に黒鉛として浮上り、所謂キッシュ黒鉛として分離し、坩堝を倒にすれば剝落して了ひ、残りの 4.2% の炭素は凝固後鐵中に成分として含まれるのである。

但し以上は純理論で、この状態圖は平衡の状態を示すものであるから各温度に無限の時間保つた場合を現はすもので、實際にはかかることは殆どあり難く、銻鑛爐内で一度多量に炭素を吸へば、後の自然冷却に於て之を平衡線迄完全に追出しつゝ進むことは六ヶ敷しい。又實際に於てはこの鐵と炭素以外他の成分も相當ある爲、湯の温度が下つて凝固點に近付くと、湯の粘性が急に増加して、假令熔銑中からキッシュ黒鉛が分離し浮上らうとしても、途中で懸滯するものあつて全部が表面迄浮上れず、遂にその若干は鐵中に含まれ、普通の黒鉛と同様に分析値に出ることになる。この理論から推せば特に高炭素の熔銑に於ては、同一取鍋

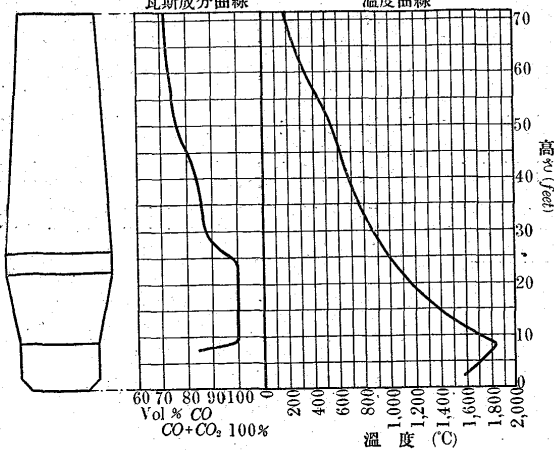
にし、普通にはその温度の高い程、銑鐵中に餘分に炭素の吸収されることが明らかとなつた。

### III. 銻鑛爐にて鐵中に炭素の這入る道程

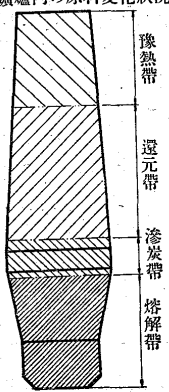
先づ銻鑛爐の上より下迄の温度分布と瓦斯特に  $CO, CO_2$  の分布状態の一例<sup>6)</sup> を示すと第 2 圖の如し。之等は爐内のどの邊の位置で測定したのか判然しないが、その温度分布状況より見て、比較的外周に近い羽口線上を上下に測定したものと想はれる。この圖に依れば、温度は爐口が 200°C シャフトの下部が 1,000°C 爐腹の下部が 1,100°C 朝顔の下部が 1,650°C 羽口面が 1,800°C で、爐床 (Cruible) では再び 1,500°C 位に降下し、瓦斯は爐腹以下朝顔の下部迄は  $CO$  のみで  $CO_2$  が殆ど無く完全なる還元帶なることを示し、羽口の所では  $CO_2$  を著しく増加し、酸化帶なることを現はしてゐる。更に之に對照し一般に能く知られたことであるが銻鑛爐内の熱的化學的變化の経路を簡單に示すと第 3 圖の如くで、上部より順次豫熱帶、還元帶、滲炭帶、熔解帶の四帶に大別される。勿論爐内に於てはかく判然とは分れず連続的に變化し、又原料の種類や大きさの相異により之等の各層が相當入り亂れてはゐるが或一つの原料に就いて考へれば、普通は皆この行程を経て熔解するのである。

次に爐内に於ける温度分布と、諸成分の變化の實例を示すと<sup>6)</sup> 第 4 圖 (a) (b) の如くで、之は 300 瓩爐で Kinney

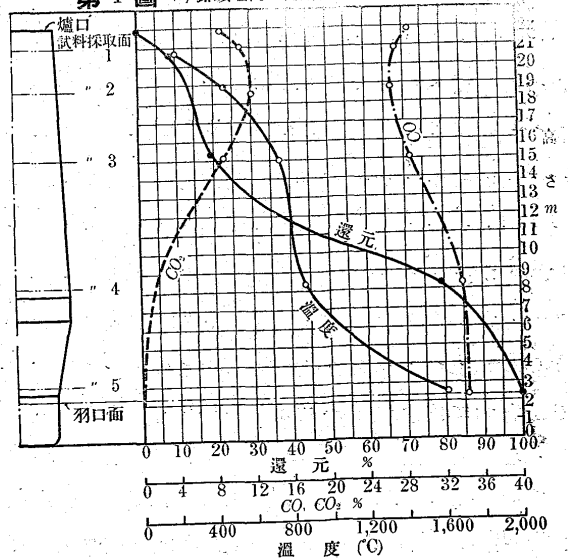
第 2 圖 銻鑛爐内の瓦斯及び温度分布  
瓦斯成分曲線 温度曲線



第 3 圖 銻鑛爐内の原料變化狀況



第 4 圖 (a) 銻鑛爐内の瓦斯及び温度分布

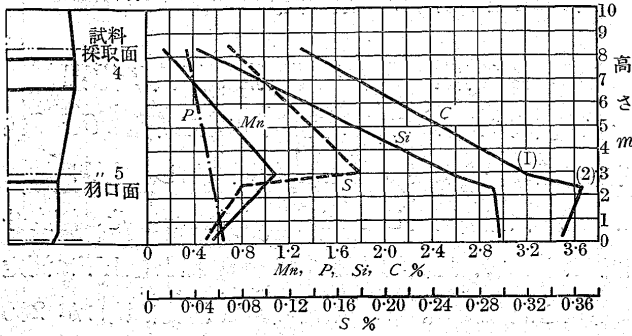


から採つた試料でもその上部から採つたものは、下部のものより、常に少し宛炭素量が高いのは之を實證するものである。

以上に依り銻鑛爐内の温度と炭素吸収量との關係を詳か

<sup>5)</sup> Clements: Blast Furnace Practice. Vol. 1, 1929 p. 123.  
<sup>6)</sup> Diepschlag: Der Hochofen. 1930 S. 225. [S.P. Kinney: Techn. Paper. 397 Bur. Mines. 1926]

第4圖 (b) 爐腹から爐底迄の化學成分變化



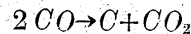
氏の研究した結果である。先づその上下の温度分布は (a) 圖の如くで、測定場所は爐の上部から下部迄數個所で、爐の内壁と中心部との間の平均温度と記されてゐる。之を前掲の第2圖と比較すると、稍々相異してゐるが、之は鑄鐵爐内部の温度分布等が、その操業法に據つても相當の相異を來し、又同一爐内でもその場所により頗る不均等なるに因るものと解される。次にこの温度曲線と次の (b) の化學成分の變化を對照し、先づその炭素に就いて調べれば、鐵はシャフトの下部の温度が  $900^{\circ}\text{C}$  の所で既に  $1.4\%$  の炭素を含み爾後 (b) 圖の如く直線的に増加して爐腹の下部  $1,00^{\circ}\text{C}$  附近で  $1.9\%$  を含む。之は前掲第1圖 (a) の状態圖から推せば固體で鐵が固溶し得る最大限以上となるが該報告に依れば、分析試料は爐壁に穴を、開けて其處から吹出した試料を採つたとの事であるから、必しもこの温度曲線の示す所と一致せず。又實驗では、分析試料はシャフトの下部なる試料採取面4と朝顔の下部なる試料採取面5で採り、その間を單に便宜上直線で結び着けたものであるから、之が果して實際に當嵌るか否かは疑問である。それにしても鑄鐵爐内では如何に盛んに滲炭作用が行はれるかを想像するに難くない。

更に降下すればその炭素量を増し、朝顔部を約  $\frac{1}{2}$  下つた  $1,140^{\circ}\text{C}$  (鐵-炭素共晶温度) 附近では、既に炭素  $2.35\%$  に相當するので、略々爐の之以下の所からは既に鐵の一部が熔融し初めたものと解され、それより約  $1.5\text{m}$  下つた、 $1,350^{\circ}\text{C}$  の所では炭素  $2.9\%$  となり、状態圖により之以下はその殆ど全量が熔融状態になつたことが窺はれる。更に下つて朝顔の最下部  $1,550^{\circ}\text{C}$  附近では  $3.4\%$  となり、之より急増して羽口面  $1,600^{\circ}\text{C}$  の所では  $3.7\%$  となるが、羽口面以下では面白いことに却つて減少してゐる。

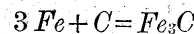
以上は所謂データであるが、斯る變化を生じた理論をも吟味しその機構を調べて見よう。但し鑄鐵爐内の化學反

應に就いては、東京帝大依博士が從來の諸説を綜合し更に研究され、極めて有益な報告<sup>7)</sup>を出されてゐる。

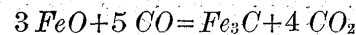
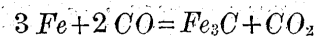
諸前記の結果に就き先づ爐内の上部から考へるに、鑄石は固體で還元され引續き滲炭されるが、この時の炭素の來所を調べると、還元の終つた鑄石即ち海綿鐵 (Spongy iron) と骸炭とは、何れも相當の大きさの固體で接觸する面が少ないから、この塊状の骸炭から海綿鐵の中へ直接這入る炭素の量は餘程少ないものと思はれる。然らばこの大部分の炭素は果して何處から來るのか、之は爐内を上昇した瓦斯の



なる反應で生じた沈積炭素から這入ると考へられる。之は發生機の炭素とも見做されて、非常に活潑に還元作用を呈するもので、實驗の例を見ると  $750^{\circ}\text{C}$  でその還元作用は  $\text{CO}$  瓦斯の  $10$  倍あるとの證明<sup>8)</sup>があり、之が更に進んで滲炭の働をもして



となる、更に爐の下部へ下ると、未だこの微塵炭とならぬ  $\text{CO}$  瓦斯が海綿鐵又は  $\text{FeO}$  に働いて



となり、結局滲炭作用は還元作用の進行と見られる。之に就いて面白い事は、キウボラでセミステイルを作る際鋼屑を多量に混するが、以前は之に就き鋼屑は爐内の高熱部に達し先づ固體で滲炭して鑄鐵となり、その爲溶解點が降下し容易にキウボラの様な比較的低い爐熱でも熔ける様になると説明された。最近では鋼屑はその儘熔け、熔解後初めて炭素を吸収するものと考へられる様になり<sup>9)</sup>、我國でも試験のために、キウボラでセミステイルを造る際、多量の鋼屑を装入し、操業途中で吹止め爐を倒し、その上部より順次試料を採つて調べた結果、鋼屑は固體の状態では

7) 依國一: 鐵と鋼 昭和6年1月 p. 1

8) Bone, Reeve and Saunders: Jr. of Ir. & St. Institute. 1 1930

9) Champion: Metal Industry 1924 p. 35.

Vulcan: " " p. 403.

Stead: Foundry Trade Jr. 1925 p. 306.

Field: " " " " p. 309.

Klingenstein: " " " " p. 487.

Hurst: " " 1927 p. 231.

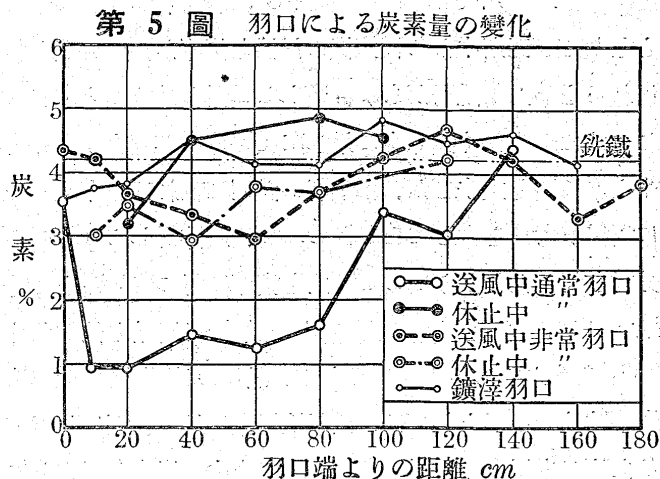
Mackenzie: Foundry 1928 p. 15.

堀切政康: 鐵と鋼、昭和4年12月 p. 1099.

平岡正哉: " " " " p. 1191.

殆ど炭素を吸収せず、熔解してから始めて炭素を一時に吸収することが明かとなつた<sup>10)</sup>。自分も數回キッポラで試みその正しい事を認めた。然るに銻鑛爐に於ては、固體時に於ても猶相當滲炭するものと考へ<sup>11)</sup>られるので、その相異は後者が前者に比して操業時間長く、又その Atmosphere が相當異なる爲と解され、銻鑛爐では強い還元帯でも相當長くこの期間に保たれるので、非常に炭素の這入り易い状態にあるものと見られる。

次に原料が更に降下すると鑛石は何れも軟化して粘りのある状態 (Sticky condition) になるが、之は勿論未還元の鑛石のみに限らず、この時迄に既に還元し盡した海綿鐵でも同様である。而して銻鑛爐には塊鑛と粉鑛とを共に装入するから、粉鑛は早く還元し滲炭し更に溶解して可成り上部から雨滴状となり、未だ熔け初めない塊鑛と骸炭層との間を流下し初め、而もこの雨滴は熔融状で且つ小滴であるからその表面積が頗る大きく、赤熱骸炭と能く接觸し又骸炭面の多孔質な爲素通りせず之に捕はれて降下に暇がなくなり、その間で大に炭素を吸収する。この状態は前掲第4圖 (b) の炭素の曲線からも容易に想像されるが、又自分でも實際キウボラで鐵を熔かし、その爐腹に穴を開けて覗きその滴下状態を親しく見ることが出来た。而て下へ降る程この熔融鐵の量を増し、遂には殆ど全量の鐵が皆熔けて益々炭素を増し 3.7% 迄にもなつて然る後羽口前に落下する、斯く銻鑛爐では装入物が羽口面に來る迄に多量の炭素を鐵中に吸収して銑鐵になることが<sup>12)</sup>明かとなつた。次に羽口より降下すれば、熔銑は随分厚い灼熱骸炭層中を通過するにも拘らず、この圖の様に幾分炭素を減じてゐる、之は衝風に據つてベッサライジング (Bessemerizing) 作用を受け、酸化帯で炭素が相當燃えたものと考へるのが穩當と想はれる。之に関する委しいデータとしては第5圖<sup>13)</sup>で、500 吨銻鑛爐内の非常羽口、通常羽口、鑛滓羽口の3箇所で爐の内壁から中心迄 20 cm 毎に試料を採つて調査研究した結果は、斯様に非常羽口に於て既に炭素が 4% もあつたものが、通常羽口に於て實に 1% 以下に低下し、而

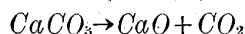


於ては外部に近い所でも再び 4% 附近となり、結局出銑が 4.2% となつてゐる實例からも容易に理解し得られるし、又 Bansen<sup>14)</sup> も爐床内径 5,400 mm のトーマス銑を製出する銻鑛爐に就いて試験を行つて同様の結果を出してゐる猶爐床に於てはその中心部に澤山の赤熱骸炭が存在し、その下部はルーズになり、骸炭は只爐床の熔銑中に浮<sup>15)</sup>んでゐるか、或はその骸炭が上から連続して爐底に迄達してゐるものと想像されてゐるが、後者の場合に於ては勿論、假令前者の場合でも、その浮遊骸炭層が鑛滓の層を貫いて下部の熔融鐵に接觸して居れば、その温度に於ける飽和點迄其の炭素が鐵中に頗る活潑に這入り得るので、爐底の温度が高き程銑鐵中の炭素も増加するのは止むを得ないことである。

以上に依り鐵中に炭素の這入る道程を究め、結局鐵への加炭は、固體時に於ける滲炭と、熔融滴下時に於ける吸炭と、爐床に溜つてゐる際の吸炭の三者に分けられ、その中でも後の二者が特に著しいことを知り得た。

猶この外に炭素吸収に關係する次の様な二三の面白い事柄が知られた。

(A) 鑛滓の影響 鑛滓が滲炭作用を助けるとのことで、銻鑛爐内に装入された石灰石が約 800°C で分解し



になる事は能く知られた所であるが、この鑛滓に行つた CaO が Reducing atmosphere で高温に保たれると、爐内の CO が之に働いて

<sup>14)</sup> Bansen: Archiv Eisenhüttenwesen Heft 4, Oct. 1929 S. 241.

<sup>15)</sup> 平川博士は製鐵研究第 123 號 (昭和 7 年 4 月 p. 331) 及び第 124 號 (昭和 7 年 6 月 p. 391) で更に進んで朝顔部の爐内に装入物の一大アーチの出來ることを主唱されて居る。

<sup>10)</sup> 松浦春吉: 鐵と鋼 昭和 4 年 12 月 p. 1178.

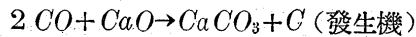
<sup>11)</sup> Johnson: Principles Operation and Products of the Blast Furnace 1918 p. 17.

Kinney: Technical Paper 397. Bur. of Mines. 1926. Michel: St. u. E. 1927 S. 696.

<sup>12)</sup> Wüst も St. u. E. 1928 S. 1273. で同様の事を論じてゐる。

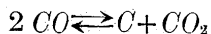
<sup>13)</sup> A. Mund, J. Stoecker, W. Eilender: St. u. E. 1931 S. 1449.

も衝風の及ばぬ中心部は餘り低下せず、更に鑛滓羽口部に



となり  $CO$  瓦斯中から發生機の活潑な炭素が出て滲炭が行はれるといふ新説<sup>16)</sup>がある。若しこの説が成立つとすればこの式の示す如く鑛滓中に果して  $CaCO_3$  が存在するや否やとの疑問を生ずるが、主唱者の説明に依れば、今迄一般に斯様な考へを有してゐなかつた爲、鑛滓對して  $CO_2$  の分析を行つた例がないので、之を實際に行つて見ると、普通  $CaO$  の含有量が 30% 以上の鑛滓には、殆ど例外なく  $CO_2$  を含んでゐるとの事である。猶この鹽基性鑛滓が滲炭を助ける證據としては、電氣爐操業に於て、鋼に加炭するために木炭或は骸炭を直接加へても中々炭素が這入りにくい、その鋼滓を鹽基性にするると容易に炭素が這入る事實や、又從來も鐵又は鋼のセメンテーションに際し、滲炭劑として炭素のみを使用するより、之に Carbonate を混じて使用する方が滲炭速度が遙かに大となる事實からも認められるといふ。若しこの新説が正しいとすれば、當所の銑鐵が近來殊に高炭素になつた一つの原因として、その鑛滓が一層鹽基性になつたことも考へられるであらう。又最近向山幹夫氏は<sup>17)</sup>電氣爐銑製造に就いて、その溫度と熔滓組成（特に珪酸の濃度即ち酸性度）と熔銑の組成（特に炭素と珪素との濃度）との間に生ずる關係を研究發表されてゐるが、銑鑛爐にも亦參考になると思ふ。

(B) 爐高及び風壓の影響 爐高が高いと衝風の壓力を増し、熔解帶の幅を廣めて、炭素吸収量を増<sup>18)</sup>し、又他面



の式に就いて瓦斯體の體積收縮を促すので反應は右方へ<sup>19)</sup>進み、活潑な發生機の炭素を生じて鐵中に餘計炭素が這入り易くなると云はれ、又粉鑛を使ふ場合も全く之と同様の結果と見られる。

(C) 骸炭の性質その他 固定炭素多く灰分の少ない骸炭は、之を銑鑛爐に用ひた際加炭作用大きく、又硬いものに比し柔かい骸炭は加炭作用が大きい。この外爐床に出來た  $CN$  が上昇するに連れ分解して滲炭を助けることも言はれる。

#### IV. 炭素の増減に對する他成分の影響

之は固體鐵に對するもの即ち所謂セメンテーションと、

熔融鐵に對するものとに分けられるが、前者に對するものとして (a)  $Mn, Cr, W, Mo \dots \dots$  等の炭化物を作るものは、之を促進して鐵中の炭素を高くし (b)  $Ni, Ti, Si, Al \dots \dots$  等の鐵と固溶體を作るものは、之を妨げて鐵中に炭素を中々増加せしめないと言はれてゐる。何れにしても固體鐵に這入る炭素の量は比較的僅かであるから餘り深く探索するに及ばない。之に反し後者の熔融鐵に對するものは重要で、之を調べるには先づその平衡狀態圖を見るのが簡單な一法である。

珪素 先づ珪素に就いては  $Fe-C-Si$  系の三元狀態圖に據つてその共晶點の變化を見ると面白い。單なる  $Fe-C$  のみの關係では既に第 1 圖に示した様に、その共晶點 B は炭素 4.2% であるから、銑鑛爐で低珪素銑を吹く場合の炭素量は普通この附近となるが、之に珪素が這入れればこの B 點が段々左へ來て而もその溫度が高くなる。例へば珪素 2% では炭素 3.6% で共晶が出來、而もその溫度は前の B より 10°C 位高くなる。従つて銑鑛爐で珪素の高い鑄物銑を造れば炭素の下るのは當然でこの炭素と珪素との關係に就き Wüst ü Petersen は次の實驗式を與へてゐる。

$$C = 4.26 - Si/3.6$$

マンガ  $Fe-C-Mn$  系三元狀態圖は最近段々委しく研究されて來たが、高溫度の熔融狀態に於けるものに未知の點多く、チルドロールの研究に就いて自分の試みた結果に據るとマンガンの高いものは高溫度の熔融狀態で非常に澤山の炭素を吸ひ、凝固の際之を相當吐出すといふ面白い現象を呈する。即ち  $Mn$  が高いと勢ひ炭素の高くなるのは免れ難い所で、マンガン鐵に炭素の高いのを見ても明らかであり、又當所の銑鑛爐實地作業の結果も之に準じてゐる。

燐及び硫黃 何れも鐵中の炭素量を下げるが、ロールに對する自分の實驗に依ると殊に硫黃が著しい。鑄鐵の試料に思ひ切り硫黃を附加して熔解すると、鑄鐵が自然に鋼になつて了ふ程である。

銅 銅は炭素の増減に影響が少ない。Forsythe の書物にはこの關係を次の様に表はしてゐる

$$\text{Total } C = 4.5 - 0.25 Si - 0.3 P + 0.03 Mn$$

之には硫黃が無いが入れれば  $[-1.0 S]$  位になり、銅は殆ど關係がないから省略さるべきであらう。

以上の事柄を充分考へて現在當所の銑鐵の成分を検討すると、その珪素、硫黃が頗る低く、マンガンは製鋼者側の希望で態々之を高くし、而も鑛滓は強鹽基性で、且湯の溫

<sup>16)</sup> 平岡正哉：鐵と鋼 昭和 4 年 12 月 p. 1203

<sup>17)</sup> 向山幹夫：鐵と鋼 昭和 7 年 10 月 p. 1063.

<sup>18)</sup> 堀切政康：鐵と鋼 昭和 4 年 12 月 p. 1099.

<sup>19)</sup> 平岡正哉： " " p. 1191.

度が高いから、その條件は悉く炭素の高くなるのに都合良くなつてゐることが明らかとなる。

斯くして他成分の影響に據つても銑鐵中の全炭素量は多少變化され得ることが明らかになつたが、現在銑鐵爐で造られてゐる銑鐵は、皆それぞれ色々の理由があつてかゝる成分のものになつてゐるので、今勝手に之を大きく動かすわけには行かない。従つて他成分の増減による炭素の加減は鑄物銑と平爐銑といふ様に大きく分ければ兎に角、同じ製鋼用銑に於ては、さう無闇に變へられぬから、之に對し餘り期待を掛けることは出來ず、只参考に知つて置く程度ではなからうかと思ふ。

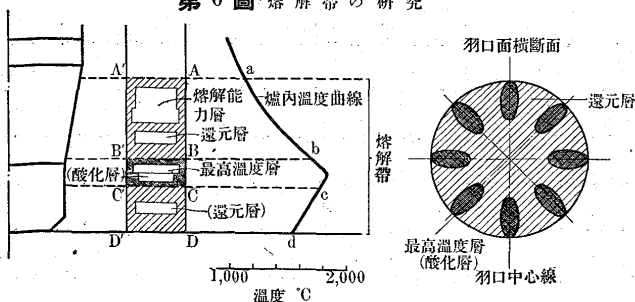
### V. 低炭素銑製造方針

(1) 操業法の改良(熔解帯の研究と原料整理) 以前銑鐵爐は巨大なる怪物で、技術者は只之に引連られ、只管その御機嫌を損じない様に苦心してゐるに過ぎない様に見えてゐた。現今では先づその熔解帯の研究から目鼻がつかかけ逆に之を支配して自分の思ふ様に向はせることが出来る様に進んで來つゝある。又一方キウボラに於ても、多くの人々の努力に依り、大いに研究進歩し、數年前とは隔世の感がある。依つて筆者は之等を参照し、今炭素吸収の問題を中心として、少しくこの熔解帯に就いて考へを述べよう。筆者の言ふ熔解帯とは『銑鐵爐内で原料が熔解し初め、熔解し終り、更に滴下して爐床に溜る迄の廣い範圍』をさし之を圖示すれば第6圖の如くである。この域を通過する鐵の炭素吸収に對しては、その温度とAtmosphereと、熔解

が普通である。斯くすると鐵は熔ける時に還元層で行はれる爲酸化せず良い地金が出來、その代り炭素を多量に吸つた上、更に鐵以外の諸元素を還元して、鐵中に *Si*、*Mn* 等を多量に含み、此處で立派な銑鐵になつて(第4圖(b)及び第5圖参照)了ふ。次に酸化層に落ちると、此處で猛烈に酸化過熱されるが、然しこの時は既に熔鐵は銑鐵になつてゐるので、所謂 Bessemerizing 作用を起して炭素、珪素、マンガンが燃えて減少する。第1圖の平衡状態圖で熔融鐵に對する炭素の溶解度が、温度の上昇に連れて急増すると示されたのは、専ら鐵と炭素のみの場合の事柄であつたが、之に酸素が加はつてゐる場合には又大いに趣が變り改めて *Fe-C-O* 三元系の検討に待たねばならない。而して銑鐵爐では第1圖の鐵-炭素状態圖は専らその還元層に當嵌り、酸化層に於ては正にその反對で、平爐や轉爐と同様温度の高い程炭素は急速に減少するのである。従つて銑鐵爐内部の温度を高くする程炭素を餘計に吸ふから、低炭素銑製造は到底駄目だと一概に斷定して了ふのは少しく早計で、之でも Bessemerizing を良くやらせれば、温度の高い程炭素も珪素も共に良く下るのである。その高い温度の湯をその儘爐床に落すと、爐床は還元層で而も多量の白熱骸炭の溜つてゐる爲、再び盛んに炭素を吸収し、今迄の折角の苦心が全く水の泡となつて了ふから、次に是非共に對して充分の對策を講じねばならぬ事となる。之に就いては改めて後に委しく論ずることとし、以下暫らく羽口の所迄の事を考へ、その間の加炭作用を論じて見よう。

偕溯つて第3圖及び第6圖を見ると、低炭素銑製造の目的に對しては、その滲炭帯は全く不要で、鑄石の還元が済んだら直ぐ之を熔解能力層に送つて早く溶かすのが理想である。この爲一方では Heavy charge をして還元帯を長くし、下からは急に多量の熱を與へる様にすれば良く、又次の熔解能力層で餘り長く時間をかけると盛んに炭素を吸ふから、是非共この厚味を可及的狭くし且 Rapid working をする様工夫を要する。之には原料鑄石が何れも揃つて還元し、又揃つて熔解する様にせねばならぬので、その爲原料の整理をやり Sizing を行つて鑄石及び骸炭の形を揃へ、又可及的同種の鑄石は同一銑鐵爐に用ひるべきで、粉鑄は當然適當に固めて用ふるのが宜しい。併し之は一面机上の理想であり、實際では原料の供給量やその成分の關係上、若干種類を共に使ふを要する場合が多く、又 Sizing をするには相當の設備と費用とを要し、且粉鑄を固めるに

第6圖 熔解帯の研究



状態の三者が重要な役割を演ずる。圖中 a b c d は第2圖に示した爐内の温度曲線、上部の AB A'B' は熔解能力層で Atmosphere は還元層、次の BC B'C' は最高温度層で Atmosphere は酸化層、それ以下の CD C'D' は再び還元層といふことになる。鐵原料の一部は先づ AA' 線で熔解を開始し BB' 迄行く間で總ての熔解を終了し、然る後この最高温度層で更に過熱され、次に爐床に落ちるの



は焼結或は團鑛法を行ふ設備と費用とを要するので、直接工場の經濟問題に關係し、低炭素銑製造には良いことは解り切つてゐても、之を今直ぐ實行し得るや否や疑問で、之等に就いては更に現場の人々の實地研究に待たねばならぬ所である。

斯くして熔解能力層を可及的狭く爲し得たらば、次は最高温度層の酸化層で、充分炭素、珪素等を燃焼せしめることで、この層の温度を高めること、その水平の方向の擴がり、上下の方向の厚味とを増加せしめることが必要となる。この爲には送風量を或程度迄増加するのも宜しい様に思はれる。この點はキウボラでセミステイルを造る際に言はれる所と同様であり、又この酸化層の生成狀況、言ひ換えれば羽口面に於ける燃焼狀況には、猶、不明の點多く、將來之を研究し、爐内にて合理的に最も有効に燃焼し得る様改良すれば、當に低炭素銑製造の問題のみならず銑鑛爐に於ても著しく生産能力を増加するであらう。

猶羽口層で Bessemerizing を盛んにやらせると、鐵が酸化して  $FeO$  が出來、之が  $C$ ,  $Si$ ,  $Mn$  を燃焼せしめる丈でない。最近獨逸の實例<sup>20)</sup>に依ると、約 20% にも近い酸化鐵が残る様であるが、之等は更に爐床に落ち、鐵中の珪素、又は爐床の白熱骸炭によつて還元されるから、その少量は大して差支へない。然し餘り度を過すと爐況が悪くなり操業し難くなる。結局操業法の改良としては、爐内の酸化層の擴がり、厚味を増して而も熔解帶全體の厚味は成る可く減じ、且之を可及的爐の下部に持ち來らしめる、所謂集中熔解法を行ふことが最も大切となり、之を行ひ易からしめる様種々の工夫が必要となるのである。

次は銑鑛爐に使用する骸炭の量と性質の問題で、先づその量に就ては、骸炭の役目としては加熱と還元の兩者があり、之を果す爲、現在使用してゐる丈の大量が果して必要なりや大いに疑はしい所がある。或計算に依れば、骸炭の使用量は現在の 1/2 位で充分で、後の 1/2 は爐況の悪化した際の Safety factor の様にも思はれるが、銑鑛爐の操業法が進歩し、段々故障を減少すれば、この Factor も漸次減少すべきが當然である。キウボラの操業に於ても、單に骸炭量さへ過量にして置けばそれで安心して良い湯が出來る譯では決してなく、それぞれ適量があり、殊に低炭素セミステイルの製造には、過量の骸炭使用は禁物である

ことから一考を促すべきである。今この炭表の點のみから考へれば、爐内の所要熱量は、爐頂から裝入する骸炭の Safety factor を準備するよりも、羽口からの熱風の量及び温度等で補つた方が良い事になり、羽口から微粉炭、重油及び其の他の燃料を吹込むことも充分考へる價值を生ずる。微粉炭使用に就いては、既にキウボラに於て燃料節約の目的から、之を補助燃料として使用する試験が行はれ、初の中は燃焼狀況が不明の爲好結果を得られなかつた數年後漸く成功した。その實績に關しては Bardenheuer<sup>21)</sup> が詳細報告し、相當の燃料を節約し經濟的效果を擧げてゐるし、又重油使用に就いては更に古くから同じく之を補助燃料として使用<sup>22)</sup>し、燃料節約の目的を達したことが報じられてゐる。又骸炭の性質に就いては、我國の様に粘結性の少ない石炭より作る骸炭に對しては、特にその硬いのを第一に希望するが、次にその Reactivity (反應率) に就いても、成る可く大なるを可とする説(米國・獨逸)と、反對に小なるを可とする説(英國)とある。銑鑛爐内の狀況を察するに、裝入された骸炭は可及的途中で變化なく羽口上部に來て一時にその效果を發揮するのが理想である。羽口から這入つた衝風は僅々數秒以内で爐内を通過してあの高い爐頂に達するので、爐内の瓦斯の上昇速度は頗る大である、而して鑛石の還元は、爐内で之等鑛石と同じ位置にある骸炭より發生した瓦斯には餘り據らず、専ら下部羽口附近より急激に上昇した瓦斯によるものと考へられるから比較的低い温度で反應率の大なる骸炭を用ふる必要はないこととなる。この反應率は、骸炭の種類により、比較的低い温度でこそ大小相當の差があるが、 $1,000\sim 1,600^{\circ}C$  の様な高温では何れも略々同様となることが知られ<sup>23)</sup>、爐内で有効に働く瓦斯は高温の羽口附近で出來るのであるから、その發生には何れの種類も同じこととなり、只反應率の小なるものの方が爐頂より羽口面に降下する間の途中の損失が少なく、又鐵に對する滲炭作用も少なく、萬事好都合の様に思はれる。之等は銑鑛爐及び骸炭爐關係者の一考を要する所であらう。

(2) 骸炭の被覆 上來比較的普通の改良法を述べて來たが、次には稍々思ひ切つた方法に就いて述べよう。その一つは骸炭の被覆法で、銑鑛爐内で最も能く鐵中に炭素の這入る熔解能力層を原料が通過する際、滴下する熔融鐵と骸

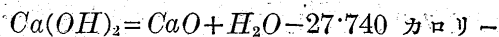
<sup>20)</sup> A. Mund, J. Stoecker, W. Eilender: St. u. E. 1931 S. 1460. Zahlentafel 5.

<sup>21)</sup> Bardenheuer: Giesserei-Zeitung. 1927 S. 451.

<sup>22)</sup> Bethold: St. u. E. 1921 S. 393, 1544.

<sup>23)</sup> H. Broche ü H. Nedelmann: St. u. E. 1933 S. 144.

炭とが直接接觸するのを極力妨げ様とする工夫である。之は面白い結果を得られはせぬかと豫想し、先づ石灰乳を以て骸炭を被覆する實驗を行つた。之はキウボラでセミステールを造る際の新考案で、獨逸で發表され Corsalli<sup>24)</sup> 法と稱され、頗る面白い思ひ付である。最近の報告に依れば<sup>25)</sup>、ベルリンの或鑄物工場で數年來實施されたこの方法に據り、キウボラで連続的に炭素 1% 附近の低炭素銑否寧る鋼に近いものを得たと稱されてゐる。而し之等は單なる結果の報告のみで委しい記載がない、蓋し之は燒石灰を水に溶かして Milk を作り、之を骸炭にかけたものと思はれる。筆者も之に就いて色々實驗した結果、石灰は常溫で骸炭の表面に眞白に能く附着し、加熱すると 450°C で



の反應を起し水分を出して CaO となり Porous になるがそれでも猶能く骸炭表面に着いて居る。更に溫度が昇ると、高溫で net work 状の多數の割れを生ずるが骸炭自身の燃焼及び瓦斯發生には餘り差支へなく思はれた。只惜しいことには更に溫度が上昇して 1,400°C 附近になると CaO が或は剝落し、或は骸炭表面の穴の中に吸込まれて表面を被覆する程度が著しく減ずるので、キウボラでは兎に角、銻鑛爐の如く高溫に而も長時間保たれるものは、之丈では到底見込少ない。更に大いに研究して常溫にて能く附着するは勿論、更に銻鑛爐内の如き高溫に長時間保つても容易に剝落しないものを得られねば、その効果を充分發揮することが出來ぬ様に思はれた。依つて筆者はこの研究を志し、被覆材として極めて廣い範圍に亙る各種の材料を配合し、幸にして相當有望のものを得、既に再三キウボラにも實施して研究しつゝあるので、遠からずその結果を發表し得るであらう。

(3) 前床の設置 之は専ら羽口面以下爐床 (Crucible) に於ける吸炭問題の解決法で、爐床は還元層の上に白熱骸炭が多量に存する爲、それから熔銑中に多量に炭素が這入り、折角苦心して羽口面迄は假に鐵中に炭素を餘り吸収せずに来得たとしても、最後のこの部に於て炭素が多量に吸収され、何にもならぬことゝなるので如何にかして爐床中でこの兩者が直接接觸しない様な方法を考へねばならない。それには先づ何か高溫度で鑛滓にも熔銑にも侵されぬ炭素以外の耐火物を見付け羽口か又は爐頂より、裝入物と

共に之を裝入し、爐床でこの白熱骸炭と置換し得れば大變都合が良いのであるが、差當りかゝる材料は容易に見付からぬので、取敢へず現在の狀態で工夫して見ねばならぬ。之に對し、先づ第一に白熱骸炭が爐床で熔融鐵の上に浮いてゐるものとすれば、骸炭は見掛の比重 1 内外で、之の積まれた時は相互の間隙は約 50% あるから、骸炭堆積山全體として見た比重は略々 0.5 になり、之に對し鑛滓の比重は 2.5 附近、熔融銑鐵は 6.8 附近で、之から計算すると、鑛滓は自分の厚味の 3~4 倍の厚味の骸炭山をその中に支へて浮べることが出來、従つてこの融滓層を相當厚くすればこの目的を達し得られる。第二に、若し爐床で骸炭が上から下迄連続して爐底に達してゐるとすればこの方法は全く無効で、此處に初めて前床設置の問題が眞面目に考へられるのである。後の實驗結果からも知られる様に、白熱骸炭と熔鐵と直接接觸した際は、僅か十數分で鋼が高炭鑄鐵に化する程、熔鐵は頗る速かに炭素を吸収するものであるから假に銻鑛爐で出銑時間の間隔を現在の 4 時間から 3 時間に早めたとしても、その結果は殆んど差異なく、熔鐵は何れも炭素に飽和して了ふであらう。

この前床は最近キウボラでも色々研究され、油加熱その他種々の工夫を施したのものもあるが、爐内の壓力頗る高く又形の著しく大きい銻鑛爐に附けるものは、キウボラの如く簡單には行かず、今後大いに練らねばならぬが、今一寸想像すると、出銑口より close した樋を通じて前床に導き、他方銻鑛爐へ行く送風の支管を作つて油と共に衝風を前床に導き、前床内の壓力と銻鑛爐内の壓力とを略々平均せしめ、熔銑は高さの差で自然前床に流下する様にすれば、或は實行し得るかとも思はれる。若しかゝる機構とすれば、銻鑛爐の爐床は淺く前方へ急傾斜せしめ、羽口の熱を充分利かして高熱の湯を前床に送る様にするかが宜しかるべく、又或工夫を施した取鍋を前床の代りにすることも便利かも知れない。斯くすれば結局製鋼工場の豫備精鍊混銑爐を銻鑛爐の前に持つて來た様な形となり、改めてこの兩者の利害得失を詳細に検討して見ねばならぬことゝなるが、色々點を考へるとこの前床の方が有利にも思はれる。又銻鑛爐で砂鐵精鍊を行ふ場合には、從來の經驗ではチタン分増加の爲爐底が上つて長く續けて操業し得なかつたが若しこの前床を 2 個宛作つて交代にその爐底を修繕すれば厄介な砂鐵の問題も一度に解決して了ふと云ふ面白い副産物も考へられる。

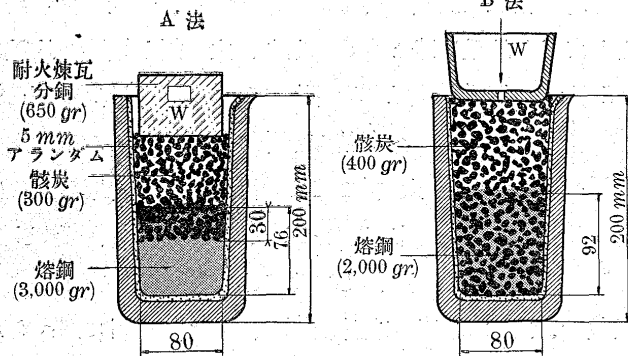
<sup>24)</sup> Giesserei-Zeitung 1926 S. 203.

<sup>25)</sup> Gilles: Foundry Trade Jr. 1931 S. 144.

### VI. 實驗結果及び試驗用小形鑄 鑪實驗方針

熔融鐵と白熱骸炭との直接接觸が、如何に大なる吸炭作

第7圖 與炭試驗



第1表 與炭試驗結果 A法

時間	化學成分%				
	C	Si	Mn	P	S
1550°C					
原試料	0.11	0.026	0.49	0.018	0.045
15分	1.84	0.079	0.45	0.029	0.053
30	1.84	0.150	0.52	0.025	0.052
45	1.65	0.108	0.52	0.028	0.047
1時	1.83	0.192	0.54	0.027	0.045
2	1.88	0.240	0.54	0.027	0.049
3	1.81	0.520	0.52	0.027	0.054
4	1.97	0.440	0.50	0.027	0.047
5	1.73	0.540	0.54	0.030	0.052

1650°C

時間	化學成分%				
	C	Si	Mn	P	S
原試料	0.11	0.026	0.49	0.018	0.045
15分	1.99	0.160	0.47	0.026	0.052
30	2.93	0.400	0.54	0.025	0.059
1時	3.95	0.650	0.40	0.021	0.058
2	4.49	0.930	0.39	0.019	0.060
4	4.15	1.330	0.41	0.024	0.053

第1表 B法

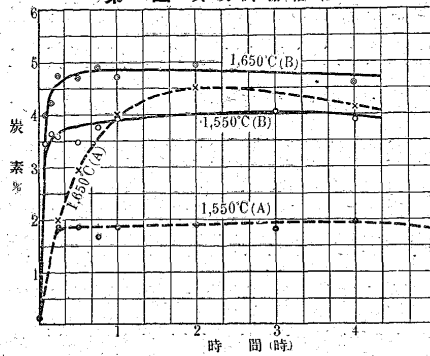
1550°C

時間	化學成分%				
	C	Si	Mn	P	S
原試料	0.11	0.026	0.49	0.018	0.045
5分	3.34	0.160	0.57	0.026	0.052
10	3.62	0.100	0.48	0.025	0.043
15	3.57	0.170	0.49	0.025	0.055
30	3.46	0.230	0.49	0.026	0.053
45	3.75	0.360	0.53	0.025	0.059
1分	3.90	0.500	0.44	0.026	0.052
3	4.04	0.710	0.44	0.036	0.060
4	3.89	0.790	0.44	0.034	0.062

1650°C

時間	化學成分%				
	C	Si	Mn	P	S
原試料	0.11	0.026	0.49	0.018	0.045
5分	3.98	0.400	0.40	0.019	0.047
10	4.22	0.380	0.34	0.022	0.050
15	4.77	0.470	0.27	0.023	0.044
30	4.70	0.740	0.29	0.020	0.054
45	4.89	0.730	0.49	0.020	0.058
1時	4.73	0.920	0.32	0.025	0.046
2	4.96	1.290	0.30	0.023	0.046
4	4.60	2.260	0.31	0.021	0.060

第8圖 與炭試驗結果



用あるかその程度を知るために次の小實驗を行つた。その結果は第7圖第1表及び第8圖の如くで、第7圖は實驗方法を示した。先づA法で

は圖の如く、アランダムで5mmの厚味に完全に裏付けした黒鉛坩堝の中へ3kgの鋼を入れ、之をタンマン電氣爐で溶かして1,550°Cに保つて置き、之に豫め他の爐で赤熱しておいた300gの骸炭(20mm<sup>2</sup>の篩下14mm<sup>2</sup>の篩上の大きさ)を入れ、その上に更に950gの重さのアランダムの煉瓦を圖の如く分銅として載せ、前記骸炭の下部を熔融鋼中に押込み、この状態で段々と時間を経過せしめ一定の時間に取出し、その熔融鐵を金型に流して急冷せしめて分析試料とした。之は丁度彼の鑄鑪の爐床で、白熱骸炭が熔銑の上に浮かんで、その下部が少し熔銑中に這入つてゐる状態に相當する。その結果は第1表A法の1,550°Cの實驗に示す如く、初め炭素0.11%の鋼であつたものが僅々15分で1.84%となり、以後殆ど變化なく一定となつた。次に熔融鋼の溫度を1,650°Cとし、前と同様の實驗を行つた結果は同表に示す如く、時間と共に著しく炭素を吸ひ1時間で3.95%、2時間で4.49%にも達した。

次に第7圖B法では、前と同様の坩堝を用ひ、今度は鑄鑪の爐底迄骸炭が上から連続して存在する場合を考へ、初めに坩堝中に骸炭を充填し、之をタンマン電氣爐で1,550°Cに上げ、その上に分銅を兼ね底に穴を開けたWなる小坩堝を置き、別の爐で鋼を溶かし、之をWを通してその穴から主坩堝中に注入し、圖の如く湯を一定の厚味に底に溜め、一定時間この溫度に保つて後取出し、熔鋼を流して分析試料とした。その結果は第1表B法の1,550°Cの實驗に示す如く、A法の場合より吸炭更に著しく、僅々5分間で炭素3.34%、1時間で3.90%に達し、以後略々飽和して一定となつた。又1,650°Cの場合は同表に示す如く、その吸炭作用が更に激しくなつてゐる。此等の結果を纏めて圖示したのが第8圖で、之により保持時間と吸炭進行との關係を瞭然と示される。何れも餘り長時間に互つたものが、却つて炭素を減少する傾を示してゐるのは、第1表で知られる様に、試料中に骸炭から來たと思はれる珪

素の量を増した爲である。

猶銻鑛爐の諸問題に對し、筆者は取敢へず之と縁の最も近いキウボラを用ひて研究を進めて來たが、更に進んで上司の御命令で、昨年春項より試験用銻鑛爐の設計建設に着手した。之は研究用としてはその規模頗る大きく、費用も亦甚大なので、初めに當り能くその目的を吟味し、又實驗の便宜を充分考慮して歩を進めた。鐵中に炭素の這入るのは主に爐内の温度と、時間と Atmosphere の Function であるから、試験の際特に之等の狀況が能く實際と符合し得る様工夫し、強ひてその外觀を銻鑛爐に似せることなく丁度銻鑛爐の中心部に、上から下迄長いパイプを突き通して、その内容物を採取した様な狀況を作ることを目的とした。依つてその形を略々 Cylinder とし、(但し裝入物の懸滯を防ぐために、内面は下部程少し宛開く様煉瓦積を注意す) その温度勾配及び裝入物の降下は爐の下部の絞り方により自由に加減出来る様にした。爐體は高さ 4,500mm 内徑 360mm で、その測面には多數の孔を開け、此處から爐内各部の温度壓力等を測り、又瓦斯、内容物の試料を採取し、爐の中央より以下の部分は熱の放散を防ぐ爲二重とし、必要に應じて普通の爐體の外側を更に瓦斯で加熱し得る様にした。又試験後は爐を仆し、爐體を縦に觀音開きにしてその儘内情を調査し得られる様に組立て、別に製風爐 2 基と高壓送風機とを供へ、萬事銻鑛爐同様實驗出来る様にした。

本装置の圖面其の他の詳細は實驗結果の報告時に譲ることとし、唯此處には低炭素銑製造研究用として、相當大規模の試験銻鑛爐の製作された事を報ずるに止める。

## VII. 結 論

多くの文献を調べ、又銻鑛爐操業狀況を見、且斯界の先輩權威者の御意見を伺ひ、之等を綜合すると、銻鑛爐で低

炭素銑を製造する事は非常に難事であり、同じ問題を昔の人々も随分試みたが悉く失敗して今日に及んでゐる様である。併し我國の製鋼法が銑鐵鑛石法に改められつゝある現在に於ては、吾人として如何にしてもこの問題を解決する様努力せねばならぬ。之には平凡なる研究をしても中々成功は覺束なく、思ひ切り飛躍的の大研究を行ふ必要がある恩師東京帝大俵名譽教授も、本問題は假令單なる研究報告書を幾何出しても、それは實際の解決とは別問題であると迄極言され、筆者も亦本問題は丁度彼の Bessemer の轉爐法や、浮遊選鑛法が生れ出た時の様に、從來豫想もされなかつた革期的の面白い方法が見付からねば、徹底的解決は中々六ヶ敷しいのではないかと思つてゐる。

而して本文述べ來つた事を總括すれば、銻鑛爐で低炭素銑を製造するには、爐の形、操業法、其の他各方面に一大改良を必要とする。要は集中熔解法を行ひ、爐内熔解帶の厚味を全體として成る可く狭くすると同時に、而もその中の最高温度帶即ち酸化帶の擴がり厚味は成る可く之を増加する様工夫し、且之等を可及的爐の下部に持ち來らしむることが必要である。之に對しては將來是非共刃口の徹底的研究を行ひ、爐内の燃焼を合理化し、益々 Heavy charge Rapid working を進め、之に加ふるに目下研究中の骸炭の被覆法が完成し、高温の爐内でも容易に剝落しないもの等が出来、更に適當なる前床が設けられる様にでもなれば、之等相俟つて初めて本問題の解決も相當可能性を生ずることと思ふ。

本研究は當所銑鐵部長兼研究所第一研究室監事鶴濤新五氏の御指導の下に開始せられたもので、本文はその御校閲を仰いだ。又平爐關係の事に就いては、畏友當所第二製鋼課技師蜂谷茂雄氏に見て戴いた。此處に併せて深く感謝の意を表す。