

## 本邦製銑鎔鑛爐の形狀に就て

(東京帝國大學工學部、鐵冶金實驗室報告第八)

甲 藤 新

東京帝國大學に於ては、本年度より鐵冶金學專修學生に對して、設計及計畫なる新課目を設け、而して一通り各種の製鐵、製鋼爐を設計する練習を爲すことにした。

元來此種の設計をするには、總ての冶金爐の場合と同様に、何等理論的に計算して之を求むると云ふのでなく、實地に工場に於て多年の經驗より、割り出した數字を基礎として適當なる計畫をなすもので、今日の學問の發達せる程度に於ては他に致し方の無いことである、夫て茲に製銑鎔鑛爐の設計をなすに當つて、西洋の爐に關しては色々の人が種々の數字を掲げて居る。

露西亞の Pavloff 獨逸の Ledebur, Simmerbach や Osann 米の Stevenson, Johnson や又は Forlyse 等の與へられたものは、今日一般に參考とするものであるが本邦は別に本邦に特殊なる狀況がある、製鐵原料中の骸炭に致しても外國にては骸炭が良いが本邦にては貧弱なる種類である、性質も脆弱であるし灰分も二十%に及ばんとして居る、鑛石にしても本邦の各所に於て各々異なりたものを使用して居る、例令ば八幡にては最も取扱ひ易い大冶鑛石を重に用ゆるに反し、釜石にては還元し難い磁鐵鑛を處理する、北海道輪西や、朝鮮兼二浦にては、還元し易いけれど粉狀になり勝な、而して水分の極めて多い鐵鑛を利用すると思ふと、滿洲鞍山に於ては極めて鐵分の少なき、而して珪酸分の多きものを製鍊する有様である、斯く一國內にて多様の種類を用ゐなくてはならぬことは外國に於て其例が鮮いのである。

以上の次第であるから本邦鎔鑛爐を設計するに當りては、又特別なる考慮を要することゝ思はれる、恰も好し此際に當りて製鐵所技師工學士長谷川熊彦氏は研究會記事第五十號に於て本邦鎔鑛爐の形狀を調査せられて其比較表を掲げられ、又其特異なる點を詳しく述べられた、我實驗室に於て之を參考として甚大なる利便を受けた、此機を利用して同氏に篤く感謝する、從來進んで此等本邦鎔鑛爐の特徴とする所を調査して進んで之を外國の例に對照して前記諸氏の與へられて居る如く爐設計の場合に於て直に之を應用し得る様に致したいと思ひ、二三の數字を得んが爲めに本邦内重要な製鐵所の方々に照會して御面倒をお願いした所が早速に夫々返答を賜つたので夫等をも參考に供して以上の目的に副はんとしたものが本論文である、之を短時日に成し遂げたる甲藤君の大なる努力を多とする、

最初考へた時には本邦鎔鑛爐に於ては外國の例に比して共通に異なつた點がある、即ち惡質骸炭である、從て何か共通に變つた點がありはせぬかと思つた、又他には本邦内各製鐵所に依りて鑛石の種類が違ふから夫々夫に對する數字がありはせぬかと思ふた、併し本論文の結果を見ると未だ鎔鑛爐の數が少なく、而して同一個所でも色々違つた設計をする傾のある爲めであると思ふが餘り目に立つ様な數字は見付らないのである、將來此點が果して如何に落ち着くべきかは今後の製鉄業の發達に俟たねばならぬことである。

本論文にて殊に注意すべきことは骸炭の質の關係上本邦鎔鑛爐は大概ね其高さの低きことゝ今一つは夫にも拘はらず銑鐵噸當りに對する爐形の大なる傾きのあることゝ此事實は特に爐底部に於て明である、即ち羽口の總面積は相當なる大さを採りてあり、又骸炭の炭素分は少なさに係はらず湯溜面に於ける骸炭燃焼率が西洋の夫に比して著しく小なる事實がある、之は使用する衝風の壓が一般に低き爲であるとは思はれるが、今一段の工風を爲して衝風の爐内に於

ける分配状況を改良して爐の効率を増進するか、又は湯溜の徑を小にして建設費を省き兼ねて同一目的を達することが必要と思はれる。(倭國一識)

鎔鑛爐形狀の適否は鎔鑛爐操業に對して密接な關係を有するものであつて鎔鑛爐設計に關しては昔から多くの學者實地家によつて種々の材料を與へられてゐるが今私は倭教授の指導を受けて製鐵研究會記事第五十號所載の長谷川熊彦氏論文中に掲げられた本邦鎔鑛爐比較表を本として本邦鎔鑛爐の形狀を吟味して見た。

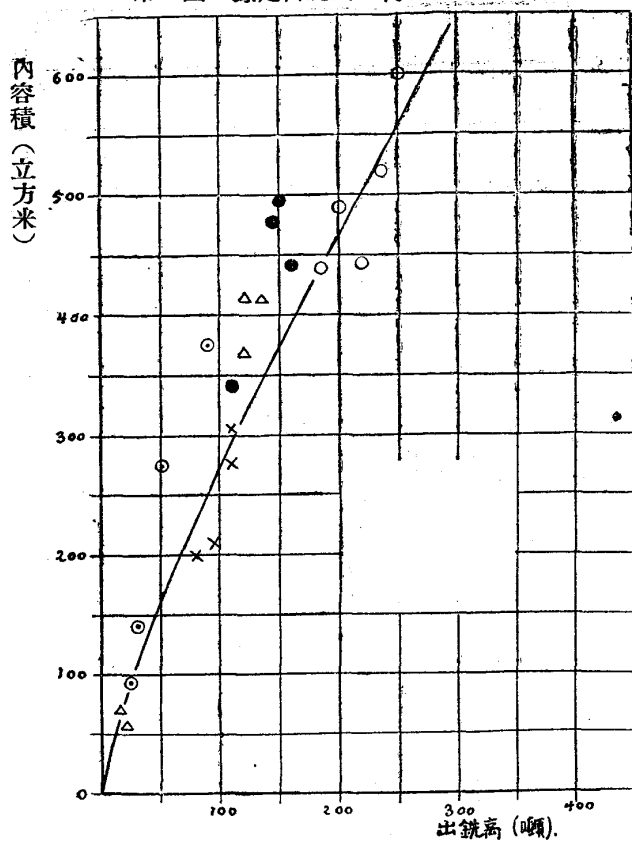
鎔鑛爐設計に當つて基本となるものは一晝夜の出銑高である、現今本邦鎔鑛爐の一晝夜出銑高は15噸乃至270噸に亘つてゐて30噸以下の小さい爐も少くないが、然し之等は戦争當時製鐵業隆盛時代の遺物であつて、現在の狀態に於て有利な操業を營むためには100噸以上の爐でなくては、困難だと云はれてゐる。

鎔鑛爐の出銑高はその内容積と密接な關係を有するものである、本邦鎔鑛爐の内容積は30乃至600 立方米に亘つてゐて、その主なるものは300 乃至500 立方米の間にある。

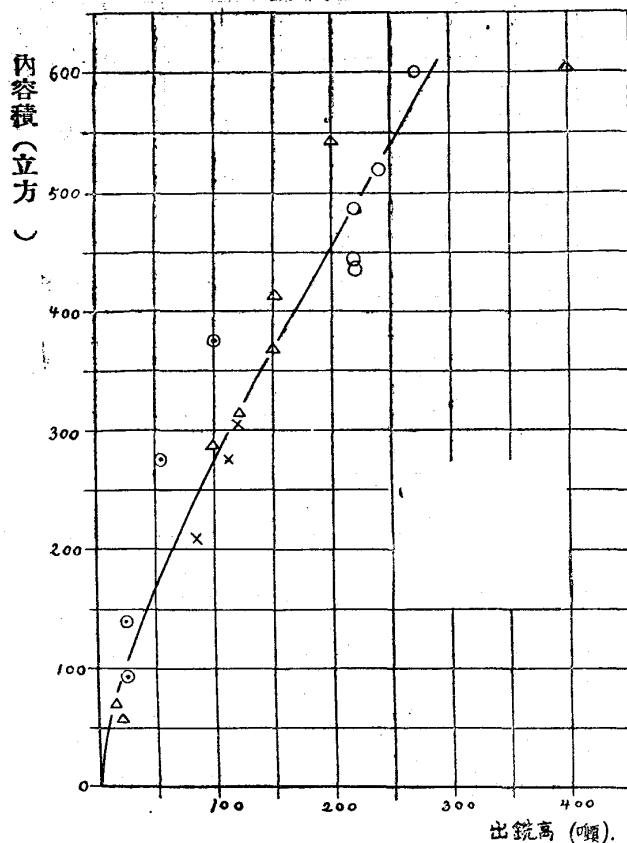
### (1) 出銑高と内容積

鎔鑛爐操業の發達と共に漸次大なる能力の爐を要する様になつて來た、從て爐の内容積も増加して來て本邦鎔鑛爐の出銑高と内容積との關係は第一圖及第二圖曲線によつて示される、之によれば100 噸爐に對しては約300 立方米の内容積を要するが300 噸爐に對しては500 立方米でよいことになる、即ち内容積が大きくなるに從て益々出銑高を増加することが出来る筈であるけれども出銑高を増す目的を以て無暗に内容積を大きくすることは出来ないのである、爐が大きくなると共に強壓にて多量の風を送る必要があるために多大の送風費用を要することになり、或は爐高が増すために之に耐ゆるだけの良質な骸炭を得ることが困難となる、尙又一般に爐が大きくなるに從て建設費、

第一圖 豫定出銑高と内容積との關係



第二圖 實際出銑高と内容積關係



●八幡舊銑鑄鐵爐 ○八幡最近銑鑄鐵爐 ×輪西銑鑄鐵爐 ◎釜石銑鑄鐵爐 △其他銑鑄鐵爐

維持費、操業費が嵩んで来るから、ある制限以上に爐を大きくすることは不利益となるのである。歐米の例で見ると内容積 600 立方米以上の爐は敢て稀ではないけれども本邦の脆弱の骸炭を以てしては爐高の點で制限せられて 600 立方米を極限とすると云はれてゐる。

内容積と一晝夜出銑高の比即ち銑鐵噸當り内容積は銑石骸炭の性質、銑鐵の種類、操業状態等によりて一概に云ふ事は出来ないが一般に

(1) 銑石の品位よき場合

(2) 銑石の還元し易きか、銑鐵中に珪素満俺

含有量少き場合

(3) 強壓の風を用ひて操業する場合

(4) 骸炭良質にして消費量少き場合

(5) 爐の能力大きな場合

等には比較的小さな値をとるとが出来、本邦銑鑄鐵爐の銑鐵噸當り内容積と出銑高との關係は第三圖、第四圖に示す通りである、その中釜石銑鑄鐵爐が著しく大きな値をとつてゐるのは銑石の還元し難くして骸炭消費量大なる爲で、

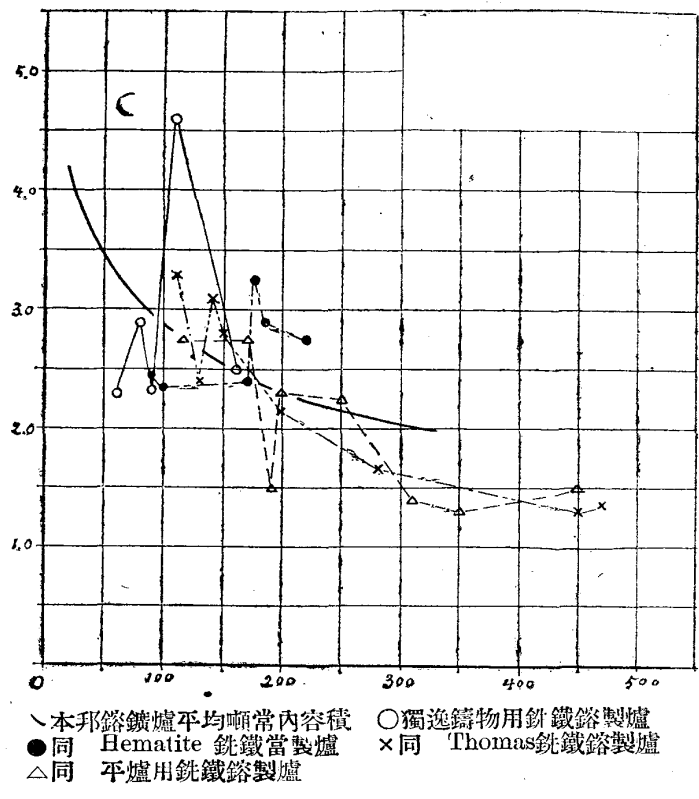


又 Pavloff 46 (Iron & Coal Trade Review 1909) に次の例を舉げてゐる。

第二表 銑鐵、噸當り鑄鑄爐内容積 (Pavloff 第二表より換算)

| 地方            | 鑄石種額   | 銑鐵種類 | 爐能力(噸)  | 噸當り内容積(立方丈) |
|---------------|--------|------|---------|-------------|
| Cleveland     | 鑄石     | 鑄鐵   | 一〇〇—一五〇 | 三・四〇—二・八三   |
| Minette       | 褐鐵     | 鑄鐵   | 一五〇—二〇〇 | 三・〇三—二・九七   |
| 同             | 同      | 鑄鐵   | 二〇〇—三〇〇 | 一・九八—一・八五   |
| Alabama       | 赤鐵鑄褐鐵鑄 | 鑄鐵   | 一五〇—二二五 | 一・八八—一・五〇   |
| 同             | 同      | 鑄鐵   | 三五〇     | 一・六一        |
| Krivoi Rog,   | 赤鐵鑄    | 鑄鐵   | 二五〇—三五〇 | 一・六一—一・四七   |
| Lake Superior | 赤鐵鑄    | 鑄鐵   | 三五〇—五〇〇 | 一・二三        |

第五圖 本邦鑄鑄爐と獨逸鑄鑄爐とに於ける出銑高と銑鐵噸當り内容積との關係比較



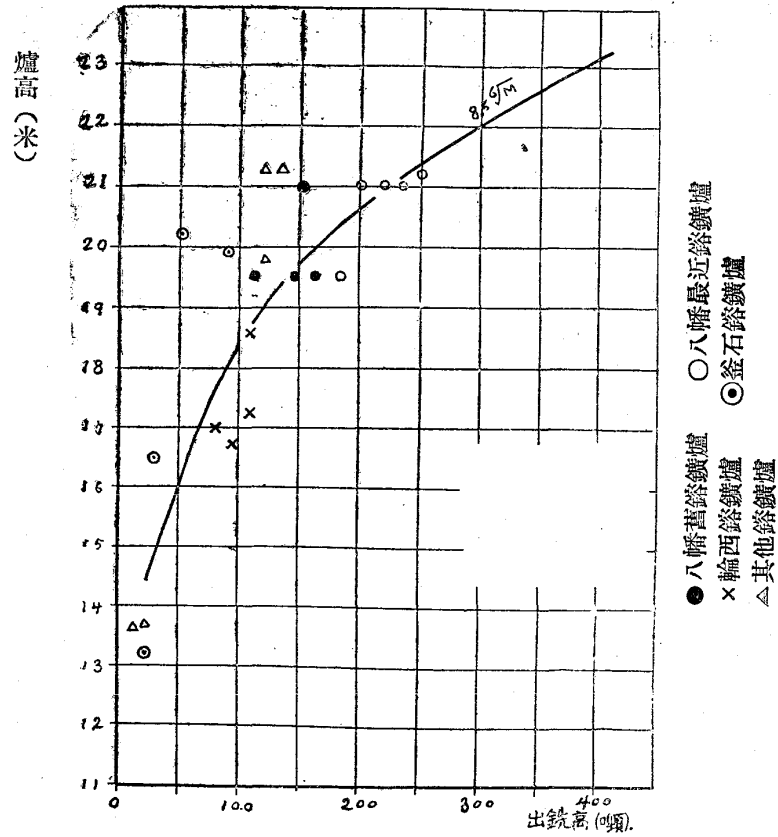
本邦製銑鑄爐の形狀に就て

本邦鑄鑄爐の噸當り内容積を之等に比較して見ると亞米利加の爐には及ばないけれども歐洲の爐には敢て遜色ありとも思はれない、Simmerbach の與へた材料によつて比較して見ると、第五圖に示す様に本邦鑄鑄爐の成績が獨逸鑄鑄爐の略平均曲線に近い位置を占めてゐることがわかるのである。

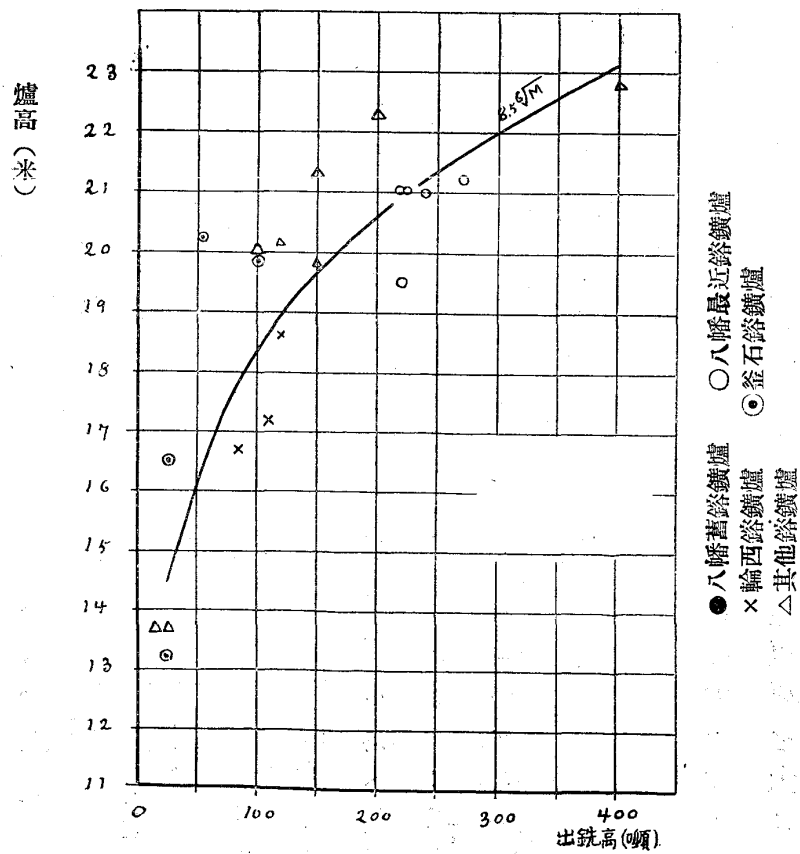
(2) 爐高及爐腹徑

既に述べた様に出銑高と共に内容積は大となる、而して内容積を大きくするには爐高及爐腹徑を大きくしなければならぬ、即ち本邦鑄鑄爐の爐高及爐腹徑と爐の出銑高或は内容積との間には一定の關係が成立する、それは第六圖乃至第十一圖に示す通りである。

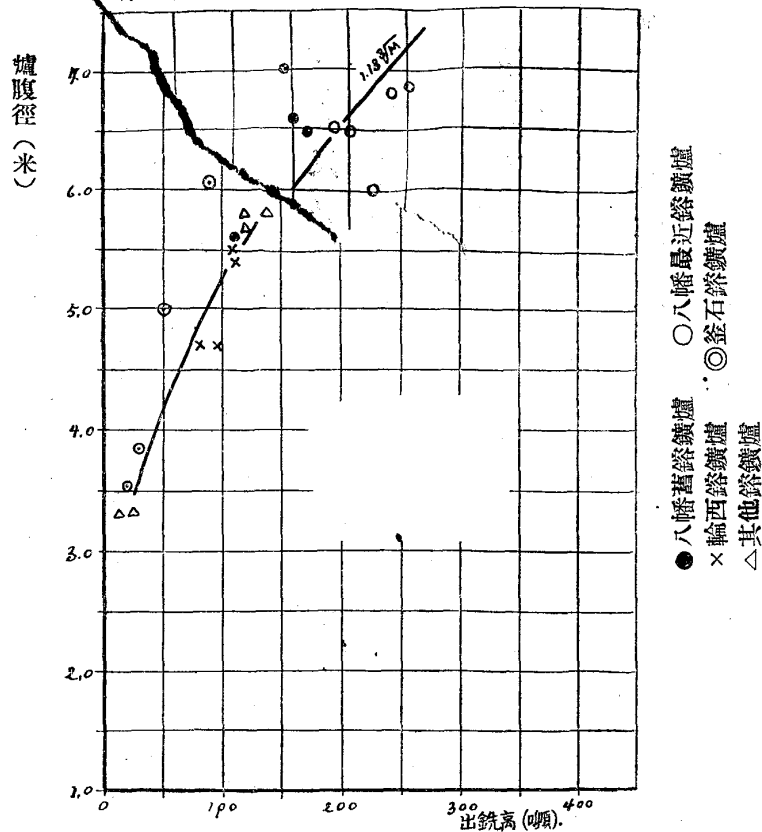
第六圖 豫定出銑高と爐高との關係



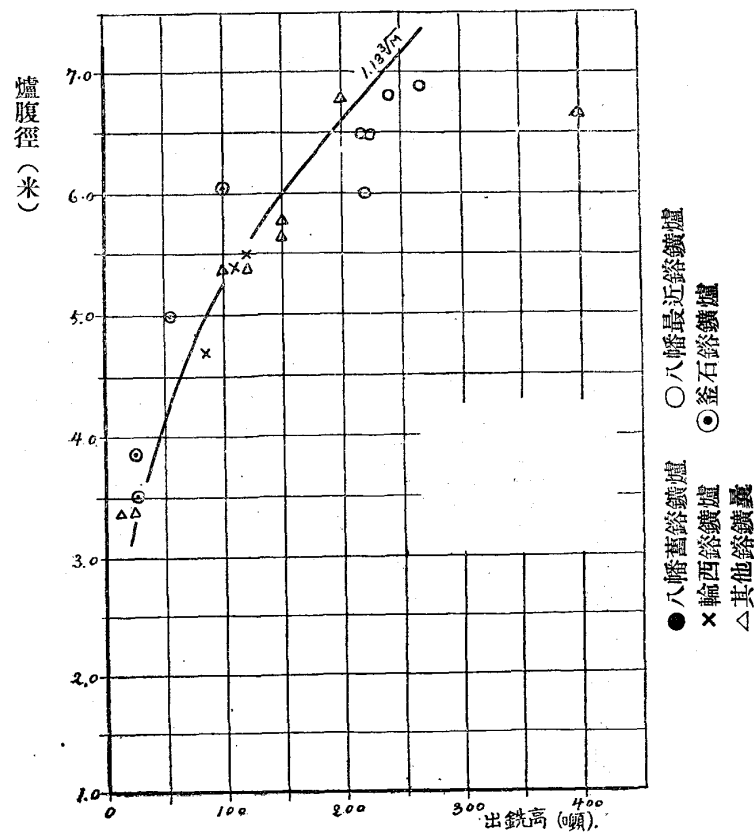
第七圖 實際出銑高と爐高との關係



第八圖 豫定出銑高の爐腹徑との關係



第九圖 實際出銑高と爐腹徑との關係



こゝで爐の高さを云ふ場合に有効高さ、爐高、全高の意味を明にする要がある、此等三つは種々混同して用ひられてゐるが有効高さといふのは爐底から装入線迄をいひ、爐高といふのは爐底より爐口迄、全高といふのは爐底から装入床迄をさすのが本來の意味であらうと思はれる。

本邦では普通爐の高さを云ふ場合には爐底より爐口迄の高さ即ち爐高をさしてゐる様である。

本邦製銑銑鐵爐の形狀に就て



44 爐の高さが使用する骸炭の性質によつて制限せらるゝことは既に述べた通りである。Pavloff 及 Simmerbach は骸炭の種類によつて爐の最大有効高さが次の様に制限せらるゝと云つてゐる。

第三表 骸炭種類と最大有効高さとの關係 (Pavloff)

地 方

最大有効高さ(米)

Over Silesia 及南露西亞の軟骸炭を用ふる場合

一八・三—一九・八

歐洲普通骸炭及南露西亞の最良骸炭

二一・四—二三・〇

Westphalia Cleveland 及亞米利加の良骸炭

二四・四—二六・〇

Cleveland, Pennsylvania, Durham 及 Connellsville 骸炭

二七・四—二九・〇

第四表 骸炭種類と最大有効高さとの關係 (Simmerbach)

地 方

最大有効高さ(米)

Silesia 及 South Russia

一九・〇—二三・五

Rheinland 及 Westphalia

二五・五—二九・五

Lothringen 及 Cleveland

二四・〇—三〇・〇

United States

二七・〇

Stevenson (Design & Equipment of Blast Furnace). は一晝夜出銑高と全高及爐腹徑との關係を次の式にて計算することが出来ること云ふてゐる。

$M$  = 一晝夜出銑高(噸)

$H$  = 爐の全高 (呎)

$B$  = 爐腹徑 (呎)

$$H = 12.5 \sqrt{\frac{M}{B}}$$

$$B = 2.85 \sqrt{\frac{M}{N}}$$

$$\frac{B^2 \times H}{100} = M.$$

一例を示せば

第五表 出銑高と全高及爐腹徑との關係 (Stevenson.)

| 出銑高 | 全高  | 爐腹徑  |
|-----|-----|------|
| 七二噸 | 五〇呎 | 一二呎  |
| 九三  | 五五  | 一三   |
| 一一八 | 六〇  | 一四   |
| 一二七 | 六五  | 一五   |
| 二一六 | 七五  | 一七   |
| 二六〇 | 八〇  | 一八   |
| 三六〇 | 九〇  | 二〇   |
| 四八〇 | 一〇〇 | 二二   |
|     |     | 六七〇  |
|     |     | 三〇五  |
|     |     | 二七四  |
|     |     | 二四四  |
|     |     | 一九八  |
|     |     | 一八三  |
|     |     | 一六八  |
|     |     | 一五三米 |
|     |     | 三六六米 |
|     |     | 四二六  |
|     |     | 四五七  |
|     |     | 五一八  |
|     |     | 五四九  |
|     |     | 六二〇  |
|     |     | 六七〇  |

然し乍ら是等の數字は外國の良質な骸炭を用ふる場合に適用出来るので、一般の爐にあてはめることは不可能である、本邦に於ては骸炭の性質上丈高き鎔鑛爐の建設は頗る困難とせられてゐたが漸次骸炭性質の改良と共に高さをまして來て最近には爐高二二米以上のものを建つるに至つた、然し之に裝入床迄の距離約三米を見積つても最大爐高は二五米にすぎないので外國の例に比べると尙著しく低いことを知るのである、Stevensonの例にならつて本邦鎔鑛爐の出銑高と其爐高及爐腹徑の間の關係式を求めると第六乃至第九圖に示す様に略

$$M = \text{出銑高(噸)}$$

本邦製銑鑛爐の形狀に就て

$H$  = 爐高 (米)  
 $B$  = 爐腹徑 (米)  
 $H = 8.5 \sqrt[3]{\frac{V}{M}}$   
 $B = 1.13 \sqrt[3]{\frac{V}{M}}$   
 $\frac{B \times H}{9.6} = \sqrt[3]{\frac{V}{M}}$   
 にてあらはすことが出来る。  
 Pavloff は又

$V$  = 内容積 (立方尺)  
 $H$  = 全高 (尺)  
 $D$  = 爐腹徑 (尺)  
 $K$  = 係數  
 としたときに

$$V = KD^3H$$

にてあらはされ  $K$  は略 〇・四九なる値をとると云つてゐる、實際設計をなすに當り内容積から爐の高さ及爐腹徑を導き出すには全高をとるよりも爐高をとつた方が便利で、從て  $K$  は異つた値をとつて來る、試に本邦鎔鑛爐に就て  $H$  を爐高にとつた場合の  $K$  の値を求めて見ると次の様になる。

第六表 本邦鎔鑛爐の  $K$  の値

別 別  $K$

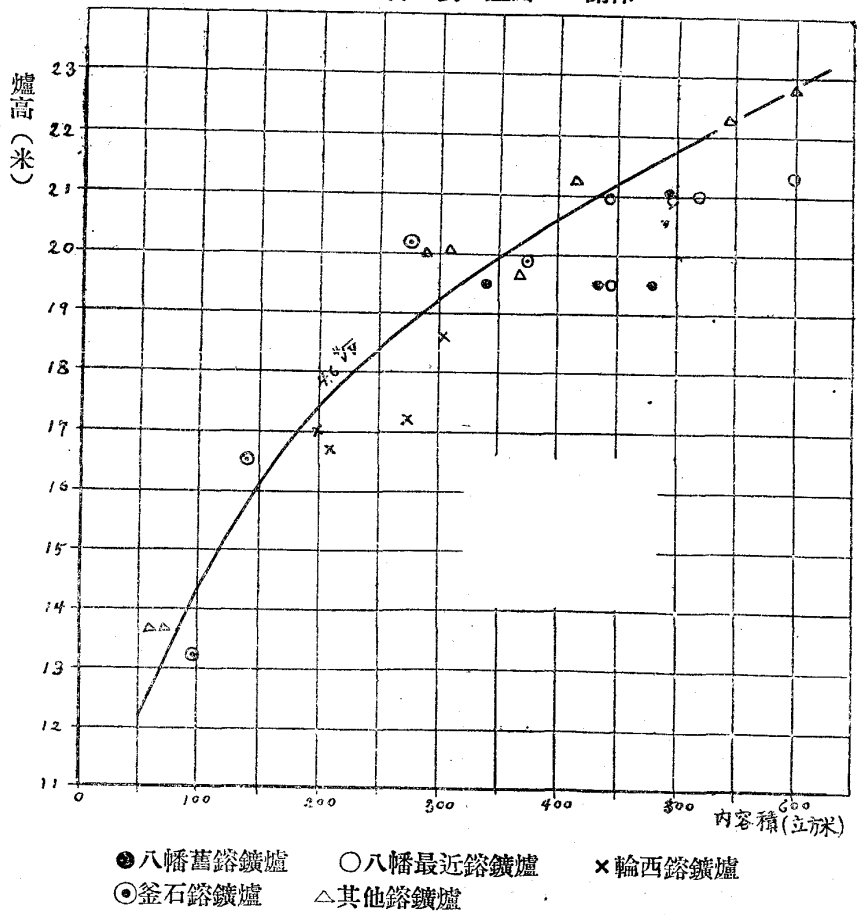
八幡 第一高爐

〇・五九〇

第二高爐

〇・五三五

第十圖 内容積と爐高との關係



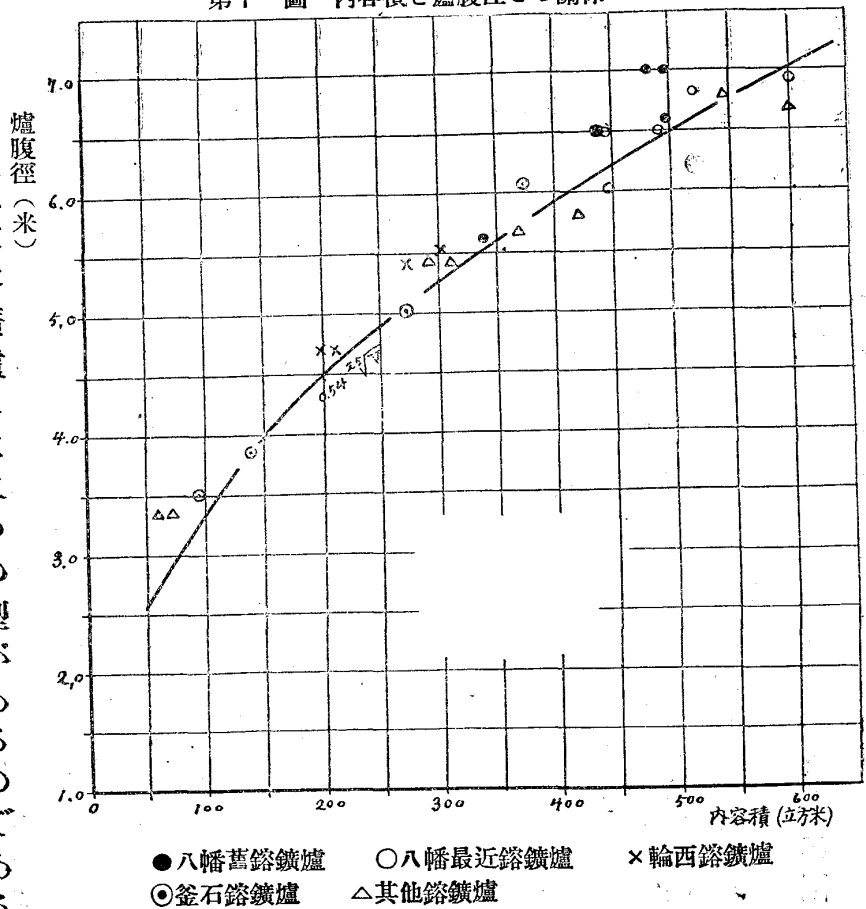
平均 ○五五五に當つてゐる。

次に爐の高さと爐腹徑との比について考へて見る、元來鎔鑛爐には二つの型があるのである、即ち獨逸流の爐は概して高さ低く徑は太いが米國流の爐は丈長くして徑か細い、爐の全高と爐腹徑との比を Hute には二・六乃至三・八と示してゐるのは前者の爐に適當した値で Pavloff が同じ比を四・〇乃至四・四と云つてゐるのは後者に相當した値である、更に爐高と爐腹徑との比を Simmerbach の擧げた獨逸鎔鑛爐の表によつて調べて見ると三五基の中三五以上のものは十基にすぎないので總平均數は三・二五に當つてゐるが中田義算氏報告(大冶鋼鐵廠技師)によつて最近米國鎔鑛爐二一基について見るといづれも三・六以上の値を有し總平均は三・九九に當つてゐる。

本邦製銑鎔鑛爐の形狀に就て

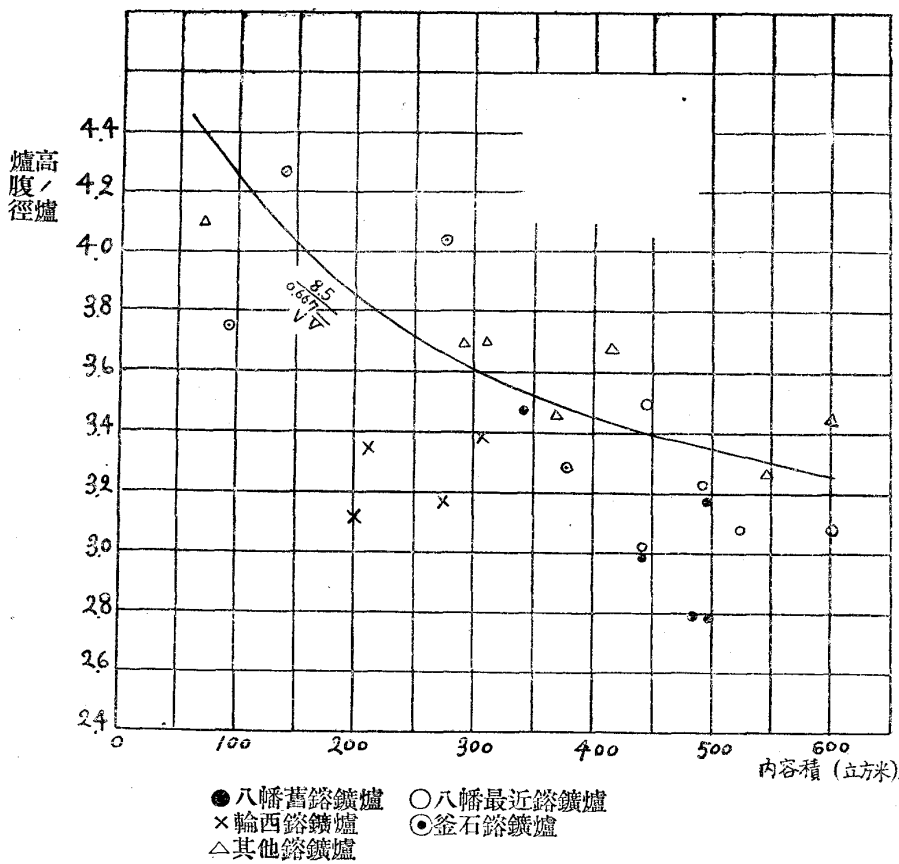
|            |      |      |
|------------|------|------|
| 輪西         | 第三高爐 | ○五五二 |
|            | 第四高爐 | ○五三五 |
|            | 第五高爐 | ○五九三 |
|            | 第一高爐 | ○五七〇 |
|            | 第二高爐 | ○五五二 |
| 釜石         | 第三高爐 | ○五四四 |
|            | 第八高爐 | ○五一五 |
| 東洋製鐵       | 第四高爐 | ○五六八 |
| 本溪湖        | 第二高爐 | ○五二六 |
| 兼二浦第一及第二高爐 |      | ○五八二 |
| 鞍山站第一及第二高爐 |      | ○五二八 |
| 大冶         |      | ○五八五 |

第十一圖 内容積と爐腹徑との關係



本邦の鑄鑛爐に就て見ると八幡の爐は獨逸流で最初に建てた爐は骸炭の關係上爐高を低くしたために此比は僅に二・八にすぎなかつたが近來爐高を割合に高くとることが出來て現今の爐は三・一乃至三・二に増加してゐる、釜石の爐は英米流でいづれも四・〇以上の値をとつてゐるが最近建てた第八高爐は爐高を却て減したために三・三に下つて來て、明に兩者の型が接近して來た傾向を語つてゐる、鞍山站の爐は大體三・二に近い値を有してゐるが兼二浦本溪湖等の爐は大抵三・七なる値をもつてゐる、然るに輪西及東洋製鐵の爐は共に三・五なる値を保つので丁度その中間に當つてゐる。

第十二圖 内容積と高爐との關係



然るに今内容積と爐高及爐腹徑との關係が第十及第十一圖曲線によつてあらはされるとすると

$$V = \text{内容積 (立方米)}$$

$$H = \text{爐高 (米)}$$

$$D = \text{爐腹徑 (米)}$$

$$H = 4.6 \sqrt[4]{V}$$

$$D = 0.54 \sqrt[2.5]{V}$$

$$\frac{D}{H} = \frac{0.54 \sqrt[2.5]{V}}{4.6 \sqrt[4]{V}} = \frac{0.35}{8.5} \sqrt[4]{V}$$

となつて爐高と爐腹徑との比は内容積 $V$ の函數となるのである、各鑄鑛爐に就きて $H$ 、 $D$ を計算し上の式によつて求めたものと共に圖に示すと第十二圖が得られる。

### (3) 湯溜徑湯溜高及燃燒率

Pavloff は羽口水準に於ける湯溜斷面積は一定時間に送り込む空氣の量に比例するものと云つてゐる。即ち

$A =$  湯溜斷面積

$q =$  一晝夜に湯溜單位斷面積に送り込む空氣量

$Q =$  一晝夜に送り込む空氣量

とすれば

$$A \times q = Q$$

てあらはすことが出来る、然るに空氣量  $Q$  は又一晝夜に裝入する骸炭量に比例する筈であるから

$C =$  一晝夜に湯溜單位斷面積に燃燒する骸炭量

$C =$  一晝夜に裝入する骸炭量

とすれば

$$A \times C = Q$$

となり。は骸炭燃燒率と稱し爐の能力に應し略々定つた値を持つべきことが考へられる。が一定の値をとるとすれば

$$A = \frac{1}{C} Q = kC$$

となり

$$d = \text{湯溜徑}$$

とすれば

$$\frac{\pi}{4} d^2 = kC$$

本邦製銑銑爐の形狀に就て

$$d = \frac{K \sqrt{C}}{C}$$

にてあらはすことが出来るのである、Pavloff は骸炭鎔鑛爐に對しCを噸、dを米にてあらはしたときに係數K及骸炭燃燒率を次の如く與へてゐる。

第七表 係數K及骸炭燃燒率 (Pavloff 第四表より換算)

| 出 銑 高   | K           | 燃燒率<br>噸<br>平方米 |
|---------|-------------|-----------------|
| 一五〇 噸以下 | 〇・二八二—〇・二六〇 | 一六・二—一八・八       |
| 一五〇—二五〇 | 〇・二六〇—〇・二四〇 | 一八・八—二二・三       |
| 二五〇—四五〇 | 〇・二四〇—〇・二二一 | 二二・三—二六・一       |
| 五〇〇     | 〇・二一〇〇      | 三二・〇、           |

而して鑛石の品位惡き場合、銑鐵中に硅素滿俺含有量多き場合及鑛石還元し難き場合等には低き方の値をとり、反對の場合には高き方の値をとると云ふてゐる、Simmerbach の表により燃燒率を計算し Pavloff の燃燒率と共に圖示すと第十三圖の様になつて Pavloff の値か略々獨逸鎔鑛爐の値の平均値に當つてゐることを知るのである然し乍らこの場合には硅素滿俺含有量の大なる鑄物銑やHematite銑の方が却つて燃燒率が高くなつて Pavloff の考とは反對の結果を生じてゐる、元來燃燒率は湯溜斷面積と骸炭の使用率によつて定まるもので

c = 燃燒率

P = 晝夜出銑高

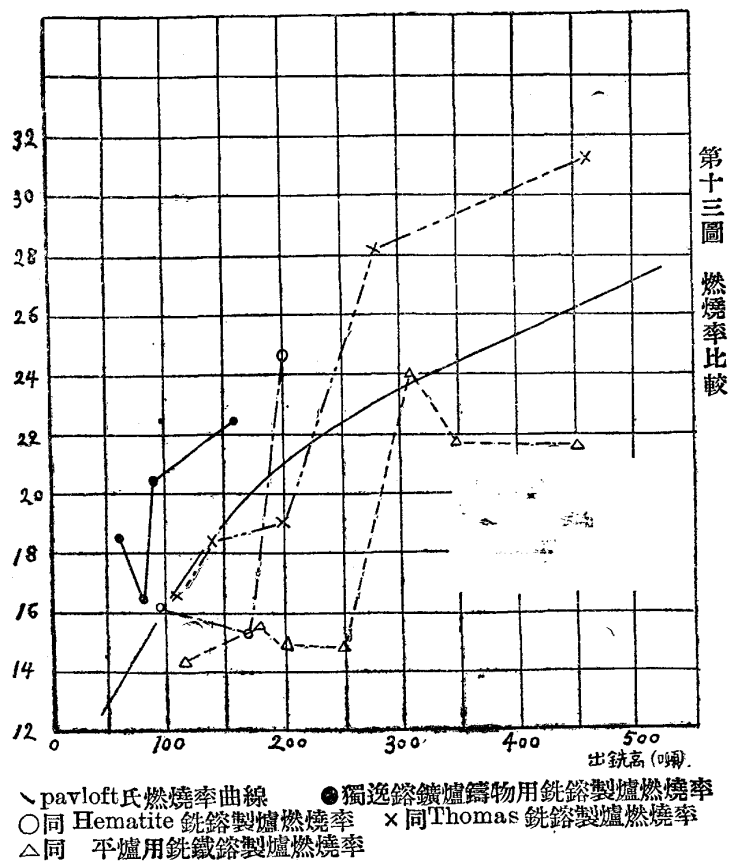
C = 骸炭使用率

A = 湯溜面積

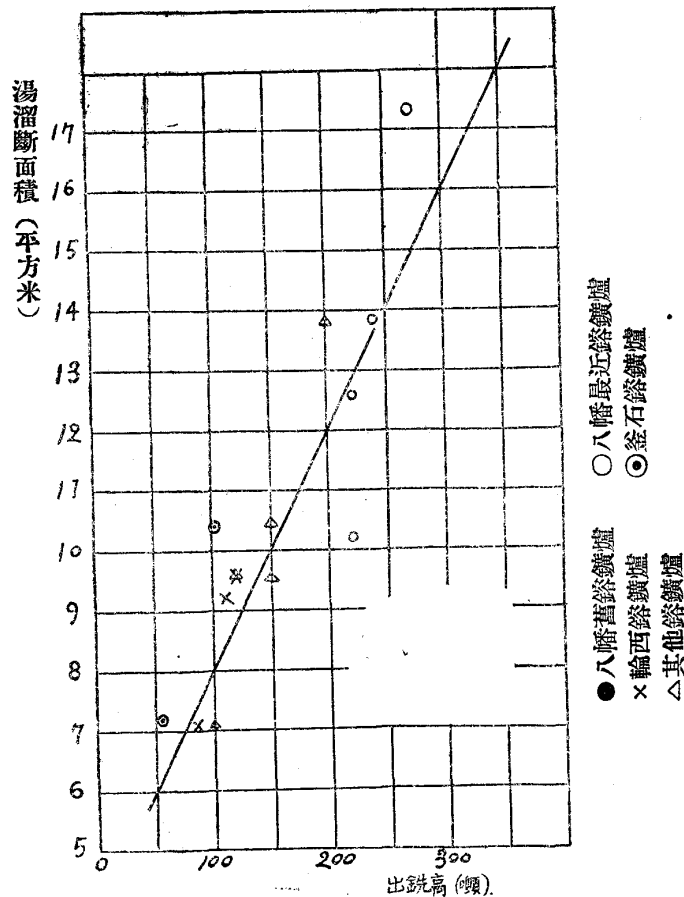
としたときに

にてあらはされる、而して銑鐵の種類一定せる場合にははCは略定數と見ることが出来るから。はPの増すと共に増加しAの増すと共に減少する、而して實際第十四圖に示す様に出銑高が二倍になつても湯溜斷面積は二倍になるものでないから。はPの増加と共に漸次大きな値をとるのである。次に銑鐵の種類異なる場合を考ふると銑鐵中に硅素滿俺含有量大なる程Cが増して来る、而して湯溜斷面積は Simmerlach の例によると第十五圖に示す様に鑄物用銑鐵及び Hematite 銑鐵の方が他に比して著るしく小さい、従つて燃燒率が却て大きくなつて来るので之は Pavloff の云ふたこと、反對の結果を示してゐる、即ち Pavloff は爐を設計する際に高熱銑鐵に對しては

$$C \propto \frac{P \times C}{A}$$

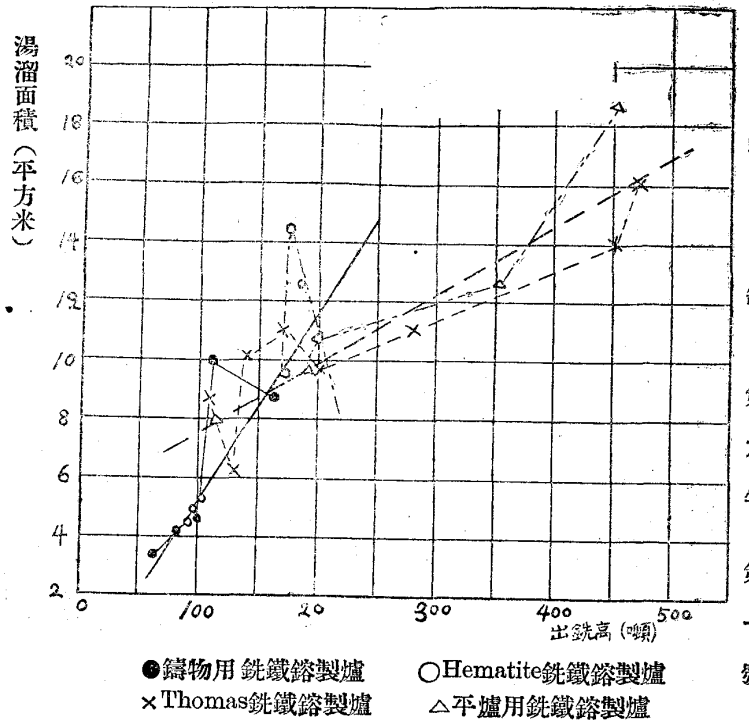


第十四圖 豫定出銑高ト湯溜斷面積との關係





第十五圖 獨逸鑄鐵爐に於ける出銑高と湯溜面積との關係



鑄鐵爐 South Works No. 4 に關する一九一四年記錄(Hermann A. Brasser: Modern American Blast Furnace Practice)

によつて計算して見ると燃燒率はずつと減して來て四七〇噸の出銑高に對し一平方米につき僅に一八乃至一八五噸にしか當つて居らない。

さて本邦鑄鐵爐に就て最近得た材料から燃燒率を計算して見ると次の様な數が得られた。

第八表 本邦鑄鐵爐燃燒率

| 爐別    | 出銑高(噸) | 骸炭使用率                                                 | 燃燒率  |
|-------|--------|-------------------------------------------------------|------|
| 八幡 第一 | 二一八    | 〇・九八<br><small>八幡にては骸炭中の水分を十八%にし之を控除した數をとつて居る</small> | 一七・〇 |
| 八幡 第二 | 二二五    | 一〇・六                                                  | 一九・〇 |
| 八幡 第二 | 二一五    | 〇・九七                                                  | 二〇・五 |

$$A = \frac{P \times C}{C}$$

に於てCを低くとり湯溜面積を大きくしなければならぬと云ふてゐるが Simmerbach の例から考へて見ると、この場合にはCが大きい値をとるから必ずしもCを低くとる必要がないのみならず、却てCに大きな値を與へてAを小さくしなければならぬのではないかと思はれる。

又 Forllyse は (Blast furnace and Manufacture of Pig

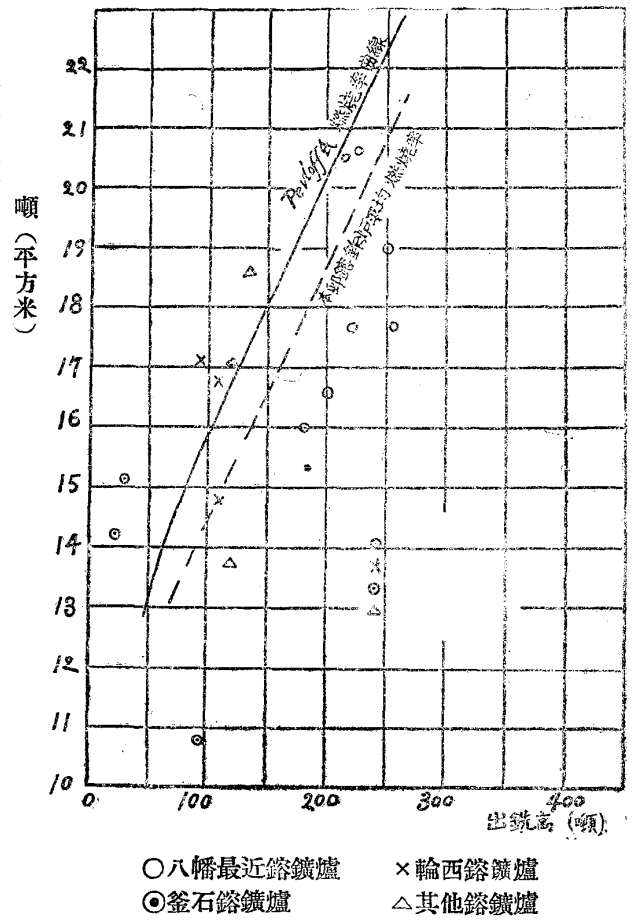
Iron) 亞米利加の鑄鐵爐の平均燃燒率は一平方呎につき六千封度、即ち一平方米につき二八八噸に當るといつて居る、然るに現今の亞米利加

|      |       |     |     |     |
|------|-------|-----|-----|-----|
| 八幡   | 第三    | 一八〇 | 一二二 | 一六〇 |
| 八幡   | 第四    | 二五〇 | 一〇五 | 一八九 |
| 八幡   | 第五    | 二〇〇 | 一二五 | 一六六 |
| 八幡   | 第五    | 二五六 | 一二〇 | 一七七 |
| 輪西   | 第一    | 九三  | 一二九 | 一七〇 |
| 輪西   | 第二    | 一一二 | 一二一 | 一四九 |
| 輪西   | 第三    | 一一〇 | 一三二 | 一五一 |
| 釜石   | 第一及第二 | 二八  | 一四  | 一五一 |
| 釜石   | 第三    | 五〇  | 一三  | 九〇  |
| 釜石   | 第四    | 二三  | 一六  | 一四二 |
| 釜石   | 第八    | 九〇  | 一二五 | 一〇八 |
| 山陽製鐵 | 第一    | 一五  | 一八  | 一五九 |
| 山陽製鐵 | 第二    | 二〇  | 一八  | 二一二 |
| 東洋製鐵 | 第四    | 一二〇 | 一二  | 一三八 |
| 兼二浦  | 第一    | 一三三 | 一三五 | 一八七 |
| 兼二浦  | 第二    | 一二〇 | 一三七 | 一七一 |

第十六圖は是等の値とPavloffの數字と比較したるもので之によれば本邦鎔鑛爐の燃燒率はPavloffの與へたものよりも稍低い値をとつて殆ど之と平行してゐると見ることが出来る、換言すれば出銑高に比し割合に大きな湯溜面積を有することになるのである。

而して湯溜面積を漸次大きくする傾向のあることは八幡第五高爐が特別に低い値をとつてゐる

第十六圖 燃燒率と實際出銑高との關係



羽口間の距離によつて調節する、而して湯溜徑を大にする利益を述べると

- (1) 羽口數を増すことが出來、多量の風を送ることが出来る。
  - (2) 鐵滓廣く擴がり降下するために鐵の歩留よし。
  - (3) 鑛滓及銑鐵を多量に爐床に蓄藏することが出來て幅射傳導による熱の損失少くなる。
  - (4) 瓦斯廣く擴がりて上昇するために還元作用均一に行はる。
- といふのである。

湯溜直徑に關して Osann (Lehrbuch der Eisenhüttenkunde) は次の様に示してゐる。

第九表 出銑高と湯溜及湯溜高さ (Osann)

| 出 銑 高 (噸) | 直 徑 (米) | 高 さ (米) |
|-----------|---------|---------|
| 四〇—六〇     | 二・〇—二・五 | 一・五     |
| 六一—一五〇    | 二・五—三・五 | 二・〇     |

のを見てもわかる。

湯溜面積を大にすることの利益は種々  
の人によりて述べられてゐるが Sinnerbach  
によれば昔は主として製造する銑鐵の種  
類によつて湯溜徑を定めた、即ち硅素含有  
量高き銑鐵を造る場合には爐床を小にし、  
反對に硅素含有量低き銑鐵を造る場合に  
は爐床を廣くした、然るに現今は鎔鑪の  
出銑量によつて定めるので硅素含有量は

一五一一—三五〇  
三五一一—六〇〇

三五—四〇  
四〇—四七

二・五  
三・一迄

又 Stevenson は

$d = \text{湯溜直径(呎)}$

$M = \text{出銑高(噸)}$

としたときに

$$d = 1.80 \times \sqrt[3]{M}$$

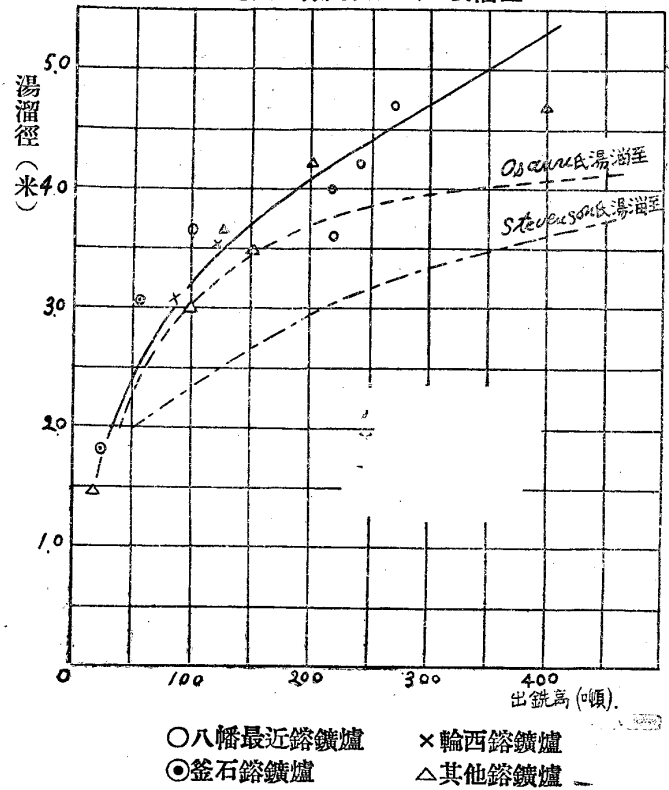
にてあらはされ出銑高と湯溜徑及高さの關係は

第十表 出銑高と湯溜徑及高さ (Stevenson)

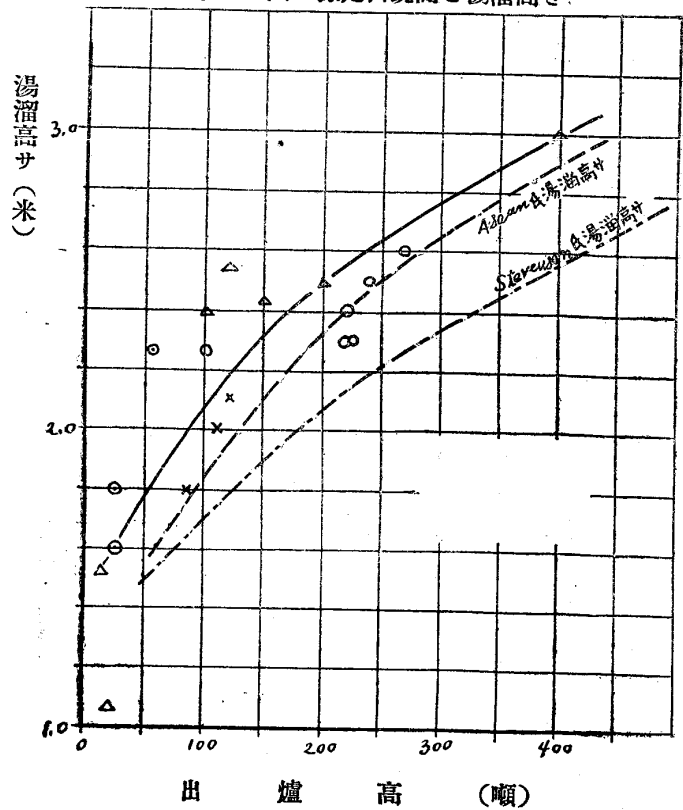
| 出銑高(噸) | 直 徑       | 高 々       |
|--------|-----------|-----------|
| 七二     | 七〇 呎二・一三米 | 五〇 呎一・五二米 |
| 九三     | 七五 二・二八   | 五五 一・六八   |
| 一一八    | 八〇 二・四四   | 六〇 一・八三   |
| 一二七    | 八五 二・五九   | 六五 一・九八   |
| 二一六    | 一〇〇 三・〇五  | 七〇 二・一三   |
| 二六〇    | 一〇五 三・二〇  | 七五 二・二八   |
| 三六〇    | 一一五 三・五一  | 八〇 二・四四   |
| 四八〇    | 一二五 三・八一  | 九〇 二・七四   |

にて示されるといふ是等を本邦鋳鑄爐の實例に比較すると第十七第十八圖に見る様に著しく小さい感じがする。

第十七圖 豫定出銑高ト湯溜徑



第十八圖 豫定出銑高と湯溜高さ



Pavloff によると  $D$  を爐腹徑  $d_2$  を湯溜徑としたとき  $D/d_2$  を米國の爐にては  $1.35 - 1.50$  ( $d_2/D$   $0.74 - 0.67$ ) 歐洲にては  $1.66 - 2.00$  ( $d_2/D$   $0.61 - 0.5$ ) にとつてゐる、Forthyse は爐腹と湯溜との斷面積の比を  $2.25$  に與へてゐるが之によれば  $D/d_2$   $1.41 - 1.58$  ( $d_2/D$   $0.71 - 0.63$ ) となつて米國の爐に相當し、Ledebur は  $D/d_2$   $1.61 - 2.00$  ( $d_2/D$   $0.62 - 0.5$ ) とあり Stevenson の例に  $D/d_2$   $1.75 - 1.70$  ( $d_2/D$   $0.59 - 0.57$ ) とあるのはいづれも歐洲の爐に適當した値である、俵博士は米國の爐では  $d_2/D$   $0.7$  なる値をとり、其他の爐は  $0.6$  が最大となると云はれてゐるが中田氏の報告によれば最近の米國鑄鐵爐二十一基の平均が  $0.79$  に當り  $0.8$  以上のものが大半を占めてゐるし、Simmerbach の例によると獨逸鑄鐵爐三十五基の平均が  $0.54$  に當り  $0.6$  以上のものは僅に七基にすぎない。

本邦の爐に就て見ても湯溜徑は次第に大きくなつて來てゐる、八幡では  $0.5$  から初つて第五高爐

では〇・六八に達し、釜石では〇・四から初つて最近の第八高爐は〇・六に増加してゐる、現在の爐はいづれも〇・六乃至〇・六五なる範圍にあつて丁度歐洲の爐と亞米利加の爐との中間に位してゐるが漸次米國流の急速操業法に傾くに從て益々其値を大きくせんとする傾向が見える。

Pavloff 及 Forthys は骸炭燃焼率によつて湯溜面積を定めた後に一定の出銑高に對して要する湯溜内容積から湯溜の高さを出してゐる、而して一晝夜出銑高一噸に付て湯溜容積は Pavloff によれば銑鐵の種類によつて異なるのである。

第十一表 一晝夜出銑高一噸に對する湯溜内容積 (Pavloff)

銑 鐵 種 類

内容積(立方米)

鹽基性轉爐用及平爐用銑鐵

〇・〇八—〇・〇九

酸性轉爐用銑鐵

〇・〇九—〇・一〇

鑄物用銑鐵及高熱へマタイト銑

〇・一〇—〇・一二

但し Pavloff の湯溜と稱するのは爐底から羽口中心線迄を意味するので普通に云ふ湯溜高さは尙それに一呎乃至二呎を加へなくてはならないから一般に湯溜内容積を計算するはもう少し大きい値をとる必要があるのである。

更に Simmerbach の例を見ると

第十二表 一晝夜出銑高一噸に對する湯溜内容積 (Simmerbach)

| 銑鐵種類    | 爐底より羽口中心線迄容積(立方米)  | 湯溜容積(立方米)          |
|---------|--------------------|--------------------|
| 鑄物用銑鐵   | 〇・〇四九—〇・一六六(〇・〇九六) | 〇・〇七〇—〇・一八九(〇・一一六) |
| へマタイト銑鐵 | 〇・〇八三—〇・一七〇(〇・一二八) | 〇・〇九六—〇・二三〇(〇・一五九) |
| トーマス銑鐵  | 〇・〇六二—〇・一五五(〇・一〇二) | 〇・〇六二—〇・一九五(〇・一一七) |

## 平爐用銑鐵

〇・〇七七—〇・一二八(〇・一〇七)

〇・〇九八—〇・一四八(〇・一二四)

Pavloff が一番大きな値を與へてゐる鑄物用銑鐵が却て一番小さい値をとつてゐる、又上の表を見て知らるゝ様に銑鐵の種類即ち硅素含有量と湯溜容積との間に一定の關係があるといふことも云へまいと思ふ。

Forthyse は又一般に出銑高一噸に對し五立方呎(〇・一四二立方米)の湯溜容積を與へるといふ、さて本邦の例を見ると

第十三表 本邦鎔鑛爐一晝夜豫定出銑高一噸に對する湯溜容積

| 爐別   | 爐底より羽口中心線迄容積(立方米)  | 湯溜容積(立方米)          |
|------|--------------------|--------------------|
| 八幡   | 〇・〇八八—〇・一四八(〇・一二二) | 〇・一〇六—〇・一六七(〇・一三七) |
| 輪西   | 〇・一三五—〇・一四九(〇・一四二) | 〇・一五二—〇・一六六(〇・一六一) |
| 釜石   | 〇・一〇四—〇・一九七(〇・一四五) | 〇・一六六—〇・二九八(〇・二一二) |
| 東洋製鐵 | 〇・一三八              | 〇・一七〇              |
| 本溪湖  | 〇・一五五              | 〇・二〇四              |
| 兼二浦  | 〇・一三一              | 〇・一五六              |
| 鞍山站  | 〇・一五三              | 〇・一七三              |

概して外國のものよりも大きいが元來鎔鑛爐の内容積に比しても出銑高のあまり多くない釜石其他の例に於てかゝる數字が出て來るものも已むを得ないことかもしれない。

Sinnerbach の例によると湯溜内容積を第十二表に示す様に與へてゐるが第十五圖に見るが如く高熱銑鐵に對しては湯溜面積を著しく小さくするため湯溜の高さが高くなる、湯溜高さNと湯溜直徑との比を求めて見ると

第十四表 湯溜高さとの比 (Simmerbach)

## 銑鐵種類

 $N/d_s$ 

## 鑄物用銑鐵

ヘマタイト銑鐵

トーマス銑鐵

## 平爐用銑鐵

|           |         |
|-----------|---------|
| 一〇〇〇—〇四七三 | (〇・八二〇) |
| 〇九五〇—〇五五八 | (〇・八〇〇) |
| 〇八〇三—〇四〇四 | (〇・六二二) |
| 〇七八五—〇五五〇 | (〇・六一六) |

即ち銑鐵中硅素含有量の低き程湯溜の構造淺く廣くなつてゐることを知るのである、 $N/d_s$ の比は更に又鑄鐵爐の型によつてちがふので英吉利の爐は比較的大きい値をとつてゐる、釜石の爐は何れも一以上で大に鑄物用銑鐵鑄鐵爐の面目を發揮してゐたが新しい爐は〇・六二に減じてしまつた、Steven-son の例によると〇・七〇乃至〇・八〇の間で兼二浦、本溪湖等の爐も大體に於てこの範圍にある、亞米利加では極端に低くとることが行はれて最近の爐は何れも〇・五五に當つてゐる、獨逸の爐は第十四表に於ける様に略その中間に位してゐて、八幡輪西の爐は何れも〇・五五乃至〇・六四に當るのである。湯溜高さ  $N$  と爐高  $H$  との比は  $Liedebur$  によると  $\frac{1}{10}$  乃至  $\frac{1}{5}$  (〇・一〇—〇・一一五) となつてゐるが、本邦の爐はいづれも〇・一一乃至〇・一二の間にあつて丁度それに相當してゐる。

## (4) 朝顔角と朝顔高さ

朝顔角と朝顔の高さは鑄鐵爐中最も大切な部分で、設計に當つては大に苦心を要するのである、朝顔角が傾斜しすぎたり朝顔の高さが高すぎたりするときは裝入物がこゝに引かゝりて懸滯を起し易き缺點があるし、又爐床内に發生した瓦斯が急に膨脹するために瓦斯の温度が下り易く從て裝入物を豫熱すること少き傾がある、之に反し朝顔を短くし傾斜を急にするとときは懸滯を起す機會を少くし、裝入物を迅速に且均一に降下せしむることが出来るけれども、一方銑鐵中に硅素滿俺を多量に



還元せしむるのに適しない、要するに銑鐵の種類と鑛石の性質とに應して適當に角度と高さとを定めることが必要である。

Ledebur は朝顔角度を約七五度に保たしめると稱し Osann は七五度乃至七六度 Forlyse は七〇度乃至八〇度平均七五度を適當とすると述べてゐる、又 Pavloff 及 Simmerbach によると次の様になる。

第十五表 朝顔角度

Pavloff

普通の場合

鑛石還元困難なるか或は銑鐵中硅素滿俺含有量大なる場合

鑛石還元容易なるか或は銑鐵中硅素滿俺含有量少き場合

Simmerbach

鑄物用銑鐵

ヘマタイト銑鐵

トーマス銑鐵

平爐用銑鐵

Pavloff の說に従へば銑鐵中硅素滿俺含有量大なる程朝顔角を大きくとつてゐるが Simmerbach の例によれば硅素多き鑄物用銑鐵及 Hematite 銑鐵に對して却て小さい角を與へてゐる、元來朝顔部は鎔鑛爐中熱度最も高き部分であつて裝入物の鎔解は主として行はれるのであるからこの部分の熱度高き程又裝入物がこの部分に滯溜する時間長き程銑鐵中に還元せらるゝ硅素滿俺の量が多くなるのは當然である、從て角度は第二の問題で裝入物がこの部分を通過するに要する時間と此部分の溫度とが主要な問題となつて來る。

七五度

七八度

七二度

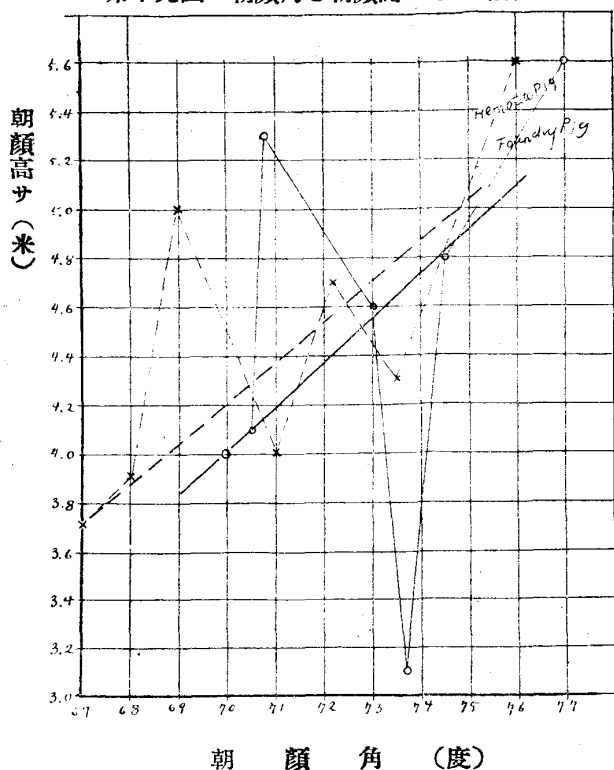
七〇度乃至七七度平均七三度半

六七度乃至七六度平均七一度

七一度乃至七六度半平均七四度半

七〇度半乃至七七度平均七六度

第十九圖 朝顔角と朝顔高さとの關係



本邦製銑銻鑛爐の形狀に就て

元來朝顔の高さは湯溜徑と爐腹徑との比 $\frac{r}{D}$ と朝顔角とによつて定まるもので $\frac{r}{D}$ が一定なる場合と朝顔角一定なる場合と二つに分つて考へて見ると、今 $\frac{r}{D}$ が一定せる場合には角の大なる程朝顔高さが高くなる、從て其部分を通過するに要する時間が長くなるので Pavloff はかゝる意味で硅素滿俺含有量多き銑鐵を吹く場合に角を大きくとつたのだと思はれる、然し又朝顔角がある程度以上に傾斜すると朝顔高さは低くなるが同時に、湯溜徑を割合に小にして爐底部の熱を上げると云ふことも考へられる。Simmerbach の例を見ると同じ種類の銑鐵(鑄物用銑及 Hematite 銑)を吹く爐に對し朝顔角の非常に小さいものがあるのはかゝる意味ではあるまいか、即ち硅素滿俺含有量多き銑鐵を鑄製するには朝顔角をずつと大きくして朝顔の高さを高くするか、或は朝顔の高さを高くしない代りに、角をずつと小さくとつて比較的湯溜の徑を小にして熱を上げる方法をとるのである。

Simmerbach の例によつて鑄物用銑鐵と Hematite 銑鐵を吹製する銑鑛爐の朝顔角と朝顔高さとの關係を示すと第十九圖の様になつて、角の大きくなる程高さが高くなつてゐることがよくわかると思ふ。反對に硅素滿俺含有量少い銑鐵を鑄製する場合には朝顔角を中庸に保つて朝顔高さをあまり高くしない様にしなければならぬ。

更に又朝顔角一定した場合に $\frac{r}{D}$ について考へて見ると $\frac{r}{D}$ の値が小さい程朝顔の高さが高くなるのは明である、今 Simmerbach の表によつて $\frac{r}{D}$ を計算して見ると次の様な値が得られたのである。

第十六表 銑鐵種類と $d_2/D$  (Simmerbach)

| 銑鐵種類    | $d_2/D$   | 平均值   |
|---------|-----------|-------|
| 鑄物用銑鐵   | 〇・四〇—〇・六一 | 〇・四七六 |
| ヘマタイト銑鐵 | 〇・四四—〇・六三 | 〇・五一〇 |
| トーマス銑鐵  | 〇・四五—〇・七三 | 〇・五六六 |
| 平爐用銑鐵   | 〇・五三—〇・七三 | 〇・五九六 |

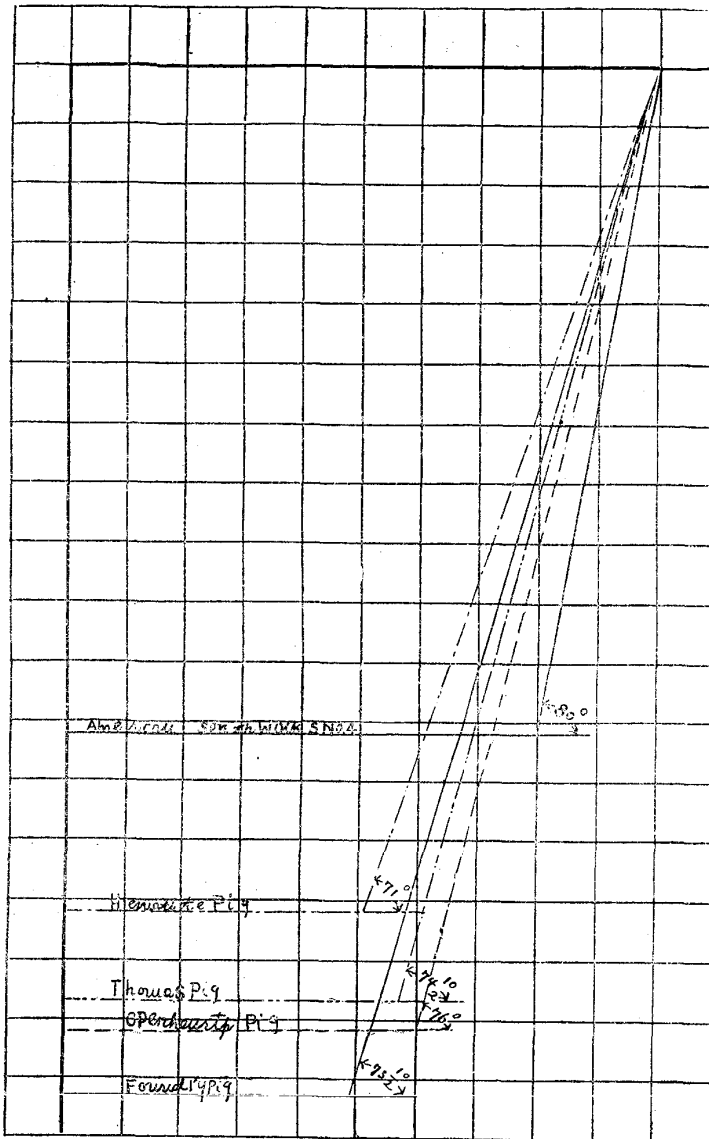
即ち角度を無視した場合には明に鑄物用銑鐵か一番朝顔高さ高く、平爐用銑鐵か一番高さ低いことを知るのである。

Simmerbach の例について朝顔角及 $d_2/D$ の比を同時に考へて見ると次の様になる。

第十七表 銑鐵種類と朝顔角

| 銑鐵種類    | 朝顔角                      | $d_2/D$ |
|---------|--------------------------|---------|
| 鑄物用銑鐵   | 73 $\frac{1}{2}^{\circ}$ | 0.476   |
| ヘマタイト銑鐵 | 71 $^{\circ}$            | 0.510   |
| トーマス銑鐵  | 74 $\frac{1}{2}^{\circ}$ | 0.566   |
| 平爐用銑鐵   | 76 $^{\circ}$            | 0.596   |

第二十圖 朝顔角と朝顔高との関係



石を取扱ふ場合には Pavloff の考へた様に硅素満俺含有量多き銑鐵を吹く場合と同様に差支へなか

この關係を圖に示すと第二十圖に示す様に銑鐵種類、朝顔角、朝顔高さとの間に面白い關係が見出されるのである、還元し難き鑄

らうと思はれる。

米國の爐は還元し易き鑛石を用ひ硅素滿俺低き銑鐵を吹く場合にも朝顔角を著しく大きく、約八〇度にとつてゐるが、同時に $\frac{H}{D}$ を〇・八内外にとつてゐるから第二十圖に於て見る様に朝顔の高さは到つて低く、之に強壓の風を通して急速操業法を施すのであるから角度の大きいにもかゝはらず硅素滿俺の少い銑鐵が得らるのである之は殆ど米國の鎔鑛爐操業法の特徴と云つて差支へない。

米國の鎔鑛爐の發達については面白い現象が認められる、昔操業法の發達しなかつた時代には朝顔の高さは非常に高く、從て角度頗る大であつた、其後骸炭の改良と操業法の發達とによつて爐熱を狭い範圍に集中させる主義をとつて朝顔の高さは漸次低くなり從て角度も段々減少して來た、更に又近年急速操業法を行ふに至つて角度を再び大きくする必要に迫られ、從て幾分高さを増してゐる、その關係は次の表より明である (Johnsons: Principle, Operation & Product of Blast Furnace)

第十八表 米國鎔鑛爐の變還

| 年代    | 爐高(呎—吋) | 爐腹徑呎—吋 | 朝顔角(度)  | 朝顔高さ呎—吋 |
|-------|---------|--------|---------|---------|
| 一八八二年 | 八〇      | 二三     | 七九      | 三一—九    |
| 一八八九年 | 八〇—三    | 二二     | 七四—三分の二 | 二二      |
| 一八九四年 | 八九      | 二〇     | 七五      | 一五      |
| 一九〇〇年 | 八八—三    | 二二     | 七二—二分の一 | 一四—四    |
| 一九〇二年 | 八八—三    | 二二     | 七五      | 一三—九    |
| 一九〇六年 | 九二—九    | 二二     | 七七      | 一四—九    |
| 一九〇九年 | 九〇      | 二二     | 七八—二分の一 | 一四      |
| 一九一一年 | 九四      | 二一—三   | 七八      | 一一—七    |

本邦の爐でもかゝる傾向は認められるので八幡第一及第二高爐について見るに

第十九表 本邦鎔鑛爐の變遷

| 建設年代       | 内容積(立方米) | 朝顔角(度) | 朝顔高(米) |
|------------|----------|--------|--------|
| 第一高爐 一八九九年 | 四九五      | 七五     | 五・六〇   |
| 一九〇四年      | 四八〇      | 七三     | 五・六〇   |
| 一九一〇年      | 四四〇      | 七二     | 四・四〇   |
| 一九一六年      | 四四五      | 七五     | 三・七三   |
| 第二高爐 一九〇五年 | 三四〇      | 七三     | 四・七〇   |
| 一九一一年      | 四四〇      | 七一     | 四・二〇   |
| 一九一九年      | —        | 七五     | —      |

即ち最初七五度であつたものが、漸次減少して七一度に達し、更に現今の爐は七五度に恢復してゐるが、朝顔高さは以前のものに比べると著しく低い、釜石の爐に就ても同様の現象が見受けらるゝ。

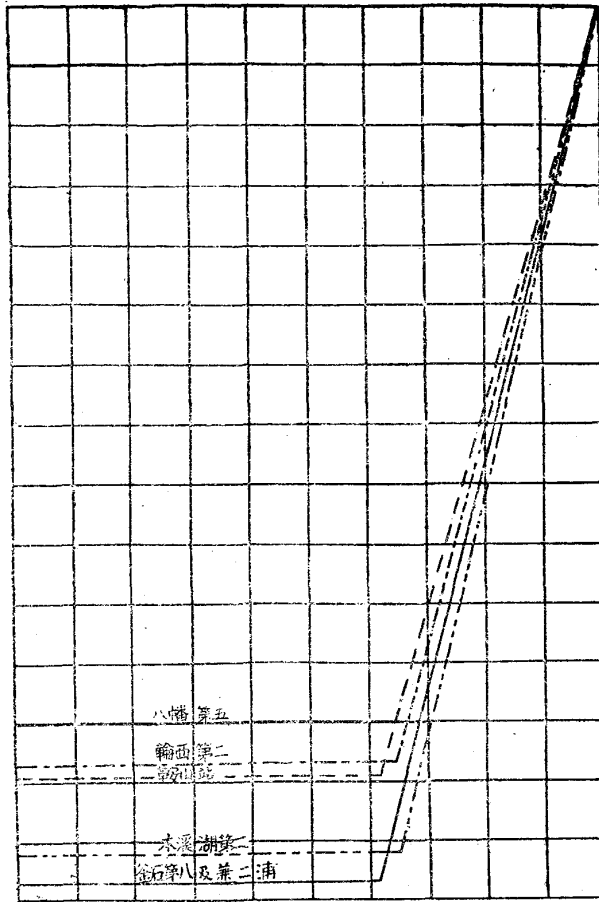
第二十表 本邦鎔鑛爐朝顔角と $\frac{d}{D}$

| 爐別    | 朝顔角(度) | $\frac{d}{D}$ |
|-------|--------|---------------|
| 八幡 第五 | 七五     | 〇・六八          |
| 輪西 第三 | 七四     | 〇・六四          |
| 釜石 第八 | 七五     | 〇・六〇六         |
| 東洋製鐵  | 七五・五   | 〇・六四          |

|       |     |       |
|-------|-----|-------|
| 本溪湖第二 | 七六  | 〇・六五  |
| 兼二浦   | 七五  | 〇・六〇四 |
| 鞍山站   | 七三五 | 〇・六一七 |

であつて大體に於てLedebur其他の唱ふる七五度を保つてゐる、輪西の爐が七四度なる小さい角を有する理由は取扱ふ鑛石が粗鬆な且つ還元容易な沼鐵鑛であるから熔解する際に容積の減する率が

第二十一圖 本邦銑鑛爐朝顔角及朝顔高さの關係



大きいの見込んで傾斜を緩にしたと解釋せらるゝが鞍山站で七三度半なる低い値を與へたのは如何なる理由に基いたのか判斷に困むのである。亞米利加流の急速操業法を行はない限りは七五度が色々の點から云つて最も都合のよいものであると考へられる。

角度と $P/D$ との關係は第二十一圖に明である。

朝顔高さ与其他の部分の關係に就てOsannは朝顔高さ $P$ と爐腹徑 $D$ との比を〇・六乃至一・〇にとると云つてゐる Simmerbach の表から勘定して見ると

第二十一表  $P/D$  及  $P/H$  (Simmerbach)

銑鐵種類

$P/D$

$P/H$

鑄物用銑鐵

一・一〇—〇・七六(〇・八七)

〇・三九—〇・二三(〇・三〇)

本邦製銑鑛爐の形狀に就て

ヘマタイト銑鐵

一・〇七—〇・五三(〇・七〇)

〇・三五—〇・二八(〇・二四)

トーマス銑鐵

〇・九七—〇・五九(〇・七四)

〇・三六—〇・二八(〇・二五)

平爐用銑鐵

〇・九五—〇・五四(〇・六九)

〇・三五—〇・二四(〇・二三)

即ち硅素多き銑鐵を吹く爐に對し割合に $\mu$ を大きくとつてゐることが之によつてもよくわかるのである。

本邦の鎔鑛爐は既に述べた様に朝顔角か略一定してゐるから鑛石と銑鐵との關係を朝顔の高さのみによつて了解することが出来ると思ふ

第二十二表 本邦鎔鑛爐に於ける P/D 及 P/H

| 爐 別    | 朝顔高さ(米) | P/D   | P/H   |
|--------|---------|-------|-------|
| 八幡第五   | 四・一〇〇   | 〇・五九五 | 〇・一九三 |
| 輪西第三   | 三・五〇〇   | 〇・六三五 | 〇・一八八 |
| 釜石第八   | 四・五三〇   | 〇・七五〇 | 〇・二二八 |
| 東洋製鐵第四 | 三・九五〇   | 〇・六九三 | 〇・一九九 |
| 本溪湖第二  | 四・三〇〇   | 〇・七九六 | 〇・二一四 |
| 兼二浦    | 四・四五〇   | 〇・七七〇 | 〇・二〇九 |
| 鞍山站    | 四・三〇〇   | 〇・六三二 | 〇・一九三 |

即ち最も還元困難と稱せらるゝ釜石鑛石を取扱ふ爐は朝顔高さ最も高く比較的容易に還元せらるる沼鐵鑛を處理する輪西の爐は其高さ最も低い。

Ledebur 及 We ling は爐底から爐腹迄の高さが爐高の丁度三分の一に當る様になると云つてゐる、Pavloff は之に對し近世の爐では四・七分の一に達するものもあると述べてゐる俵博士の講義中には

三分の一乃至五分の一とあるが Simmerbach の實例を見ると〇・二六乃至〇・四八に亘つてゐるから余は寧ろ二分の一乃至四分の一と云ひたす。

第二十三表  $h_z/H$  (Simmerbach)

| 銑鐵種類   | $h_z/H$   | 平均    |
|--------|-----------|-------|
| 鑄物用銑   | 〇・三〇—〇・四七 | 〇・四〇五 |
| ヘマタイト銑 | 〇・二六—〇・四五 | 〇・三五五 |
| トーマス銑  | 〇・二七—〇・四五 | 〇・三六一 |
| 平爐用銑   | 〇・二八—〇・四八 | 〇・三六七 |

本邦の鎔鑛爐は長谷川氏の表示された通り〇・三〇乃至〇・三七の間にある。(未完)