

# 鐵 と 鋼 第十五年 第九號

昭和四年九月二十五日發行

## 論 說

### 鎔 鑪 の 研 究

(昭和4年3月29日日本鐵鋼協會第13回通常總會に於て講演)

平 川 良 彦

#### 目 次

第壹章	實際操業に於ける鎔鑪の研究
I	緒 論
II	ローガンク即ち生鑪降りの原因
III	ローガンクと鎔鑪操業法
IV	ローガンクと鎔鑪装入法
V	ローガンクと鎔鑪原料
VI	ローガンクと羽口の破損
VII	ローガンクと鎔鑪の内形

VIII	結 論
第二章	研究室に於ける鎔鑪の研究
I	鎔鑪原料の瓦斯に依る還元状態
II	鎔鑪原料の熱に依る軟化状態
III	鎔鑪内に於ける装入物の分布状態 並に降下状態
IV	鎔鑪内に於ける鎔解層の状態
V	結 論

#### 第壹章 實際操業に於ける鎔鑪の研究

##### I 緒 論

鎔鑪の操業は御承知の通り何處でも主として經驗と想像とで仕事をやつて居るので、具體的に説明する事が非常に困難である、其で今迄鎔鑪操業を具體的に説明してゐる文獻は殆んど無いと言ふてもよい位である。製鐵所に於て鎔鑪の故障と言ふと主としてローガンク即ち生鑪降りより起るのであつて、勿論原料にも依るのであるが、ローガンクは急速操業即ち出銑量を增加するほど其傾向が多くなるのである。私の入所當時の頃、即ち大正の初年頃迄はローガンクの故障が非常に多く、同一鎔鑪で多い場合はローガンクの爲め急激に爐底が冷へ、通常羽口よりの通風困難となり、1ヶ月の間に2回も非常羽口を取り付けると言ふ有様で大變困まつて居たのである。否現時に於ても少し積極的に操業をやり出銑量を增加すると、局部的に輕きローガンクは時々刻々に起るので此のローガンクが一寸でも起るとすぐ爐は冷へ、銑中の硫黃などは急激に増加して、期を失すると爐底が固まり大變な事になるのである。其でローガンクのコントロールと言ふ事が鎔鑪操業の殆んど全體であると言ふても過言では無い、私は大正2年の夏鎔鑪操業研究の爲め獨逸に參いる事になり、其際今は故人で居らせらるゝ當時の顧問野呂博士並に當時の銑鐵部長服部博士の御二方より、鎔鑪操業は勿論である

が、ローガンクとコンモンブラストに付き特に研究する様にとの御命令を受けて参つたのである。私は或るヒントからしてローガンクの直接原因と思はるゝメルチングゾーン即ち鎔解層に就て或る見解を有つ様になつて居たのである。其で在獨中研究場所として指定されし其頃獨逸第2の大工場として有名なりしグーテホッフヌングスヒエツテに参り、同所の銑鐵部長シェリング氏に私の見解即ちメルチングゾーンはアーチ形を成し、其から以下或るゾーン迄は殆んどホーロースペースと言へば語弊があるが鎔解層の上部とは比較にならない様なルーズな状態であつて、送風量により語をかへて言へば熱量の上下に依り、朝顔間に於て其位置を移動するものであると言ふ事を話した所が、非常に共鳴されて私の爲め特に研究指導者として、ドクトルインヂニヤ、ウエーハイム氏竝にデプロマインヂニヤ、マイベルヒ氏を撰定され、コンモンブラストは既に急速操業には不適當である事が確められて居たので滿11ヶ月間同所に於て専らローガンクの研究をやつたのである。歸朝の際シュリング氏より是非ローガンクの研究を續ける様にとの勧めであつたから、爾來ローガンクの研究と同時に如何にすれば私の所謂メルチングゾーンの強さを増し得るかと言ふ事に就て十數年來否今日迄も尙ほ其研究を續けて居るのである。如何なる事からヒントを得て上述の見解を持つ様になつたかと言ふと、大正の初年頃迄製鐵所に於ける鎔鑛爐の出銑後には必ず羽口のゾーンの風通しを良くする意味で、羽口のピーピングホール即ち覗き穴から徑1吋の金棒を突き込み、各羽口を突いて廻るのが習慣であつた。私は其頃研究員であつて職工同様に働くと言ふ事が規定であつたから、職工の人と一所に毎日出銑後必ず羽口を金棒にて突く事をやつたのである。爐況の良い時は金棒は何の苦も無く奥迄つるつる這入り引き出しても殆んど何も附着して來る様な事はなかつたので、羽口のゾーンは中心迄非常にルーズな状態である事を知つたばかりで無く、ピーピングホールから覗くと骸炭は衝風の爲め旋回運動をやつて居る様に見へる時があり、殊にローガンクの時鑛滓の色の変化する状態等から考へ、羽口のゾーンはどうしても非常にルーズな状態でなければならぬと言ふ考へからヒントを得た様な次第である。グーテホッフヌングスヒエツテの鎔鑛爐操業を見るに、羽口のピーピングホール即ち覗き穴は徑僅かに3mm位で金棒等は無論突き込み不可能なるのみならず、出銑後金棒にて羽口のゾーンを突く様な事は決して無かつたので、製鐵所に於ても出銑後金棒にて羽口のゾーンを突くのは無意味であると考へ全廢したわけである。前に述べし私の見解も確むる爲めに實際の鎔鑛爐操業に就て研究して來た結果、操業上重大なる次記15ヶ條の事實を知る事が出來た。

(1) 爐況順調なる時即ちノルマルの時羽口の覗き穴より金棒を突き込むと中心迄容易に這入り引き出しても鑛滓などは少しも附着して來ない。送風時に於ても又休風時に於ても全く同様なる事。

(2) 爐況順調なる時即ちノルマルの時羽口のバルブを局部的に數日間又は數拾日間締め置いても尙ほ他の羽口と同様金棒は中心迄容易に突き込み得る事。

(3) 局部的又は全體的ローガンクが起り爐内冷へ氣味又は冷へたる時は決して金棒は羽口より突き込み得ざる事。

(4) 爐況順調なる時即ちノルマルの時休風しても羽口内に鎔銑、鎔滓等流出の恐れ無きも、若し局部的又は全體的にローガングが起り居る時風壓を下げるか又は休風すると直に鎔銑、鎔滓等が羽口内に流出し、甚しい場合にはデューゼンストツク迄も逆流して来る事。

(5) 羽口を通過する風速が或る速度以上に達する時は羽口尖端の骸炭は旋回運動をやり風速を減ずると旋回運動全く止む事。

(6) 爐内冷へ氣味の時羽口から覗くと局部的に時々又は連続的に生鑛の降るのを認め、遂には羽口尖端は生鑛又は骸炭にて埋まり旋回運動全く止む事。

(7) 抽出鑛滓の色に激變ある事。

(8) 出銑時に於ても装入物の降下速度竝に其上部表面の形には全く變化無き事。

(9) 出銑時に鎔銑、鎔滓等の抽出完結後は出銑口より非常な勢にて熱風の噴出につれ骸炭のみ噴出する事。

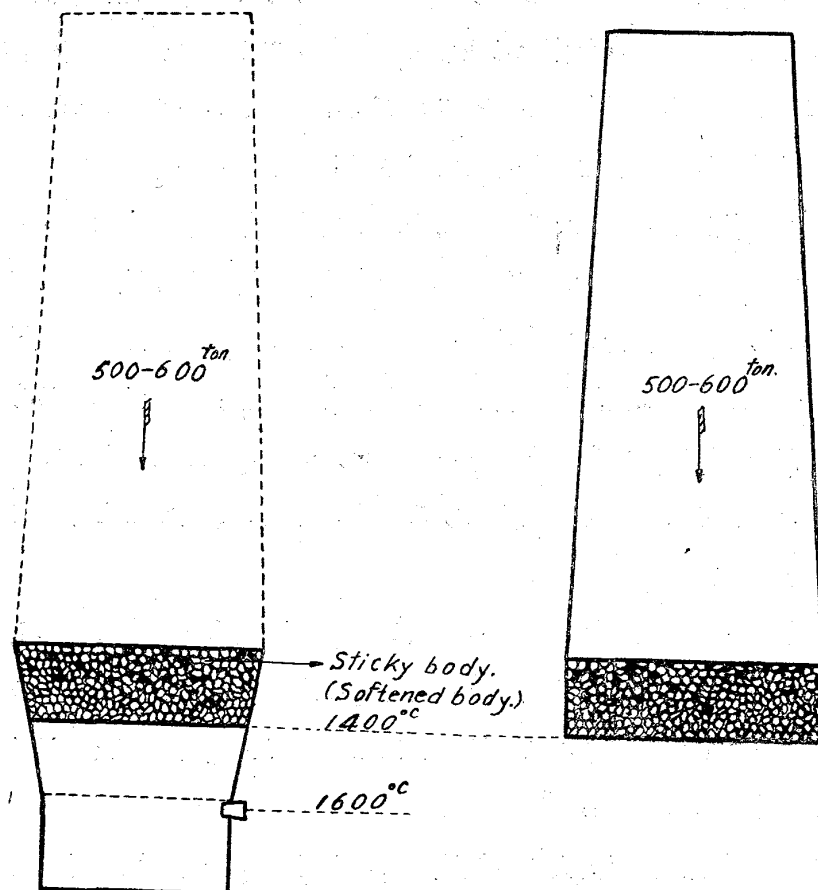
(10) 衝風の溫度を上げると直に鎔銑の溫度高くなる事。

(11) 送風量を減ずると直に爐熱高くなる事。

(12) ローガングは局部的に起る事多くして遂には爐頂の一局部面凹没する事。

(13) ローガングの爲め爐内冷へたる場合上部羽口のみを使用し送風量を減ずるとローガングは止

第 1 圖 鎔解層構成考察圖



み直に爐熱高くなる事。

(14) 輕きハンギングの場合送風量を減ずれば直にハンギング止む事。

(15) 烈しきハンギングの場合上部羽口を使用し送風量を減ずれば直にハンギング止む事。

以上述べし事實から押してノルマル状態に於ける鎔鑛爐内の鎔解層は前述の通りアーチ形を成し鎔銑、鑛滓上には唯白熱状態の骸炭のみ存在し送風量即ち語を代へて言へば熱量に依り朝顔部に於て其位置を移動するものであると斷言する事が出来る。

私の所謂鎔解層は如何にして構成せらるゝものであるかと言ふと第1圖に示せる通り今迄の研究か

ら押して私は鎔鑛爐内に於ける装入物はあまり密度に變化なき一つのピラー即ち柱であると考へて居るので此ピラーの下部より漸次收縮軟化され骸炭と共に コングロメレートフォームを形成しつゝ自己荷重で朝顔と言ふ一つのパターン（鑄形）にプレツスインされ装入物の軟化より起るスチツキーネスと荷重より起る骸炭のセリとにより装入物全體は朝顔部に支へられ羽口上部にて攝氏 1,400 度位のゾーン以下は直にメルトダウンして鎔解層はアーチ形を形成しつゝ鎔鑛爐装入物の降下は全く朝顔部に於て装入物が熱に依り收縮軟化され其デフォーメーションより起るものであると確信して居るので今迄の考へ方と全く異なつて居るのである。其で此考へを基礎として實際鎔鑛爐操業に就て私が十數年間否今日迄も尙ほ續けて居る研究を之から述べる積りである。

## II ローガング即ち生鑛降りの原因

私の考へではローガングは朝顔間に生ずる、私の所謂アーチ形鎔解層上のスチツキーボデー即ち粘結體と名づけて居るが或る粘ばるゾーンがあつて其部分が爐内熱の低下によりスチツキーネスを失ひ脆弱となり局部的に又全體的にブリークダウンしてルーズな道が出来充分豫熱還元等をやらざる生鑛石がハース即ち湯溜内に連續落下して起るものであると考へて居る、然らばローガングを防ぐには如何にすれば良いかと言ふと私の考へでは何等かの方法で爐底に餘分な熱を與へて爐内鎔解層下部を常に高熱ならしめ、装入物を軟化せしめて完全なるスチツキーボデーを形ち造りつゝ操業せなければならぬと考へて居る、若し装入物の降下時間が餘り短くなると私の所謂スチツキーボデーの成生が不充分となり、ローガングを起す様になるのである。其でトラベリングタイムにはローカルコンディションにより其局限がある、目下世界の鎔鑛爐操業に於て報告されて居る通り、白銑の場合に 8 時間位は好成績の方で、其他の銑に於ては 9 時間位に局限されて居る様である。尤も昨年秋着のスタールウントアイゼンを見ると獨逸の鎔鑛爐にて白銑の場合特種な原料例へば回轉式燒結爐からの燒結鑛を多量に使用して居る處では 7 時間にも達して居ると報告して居る。そう言ふ理けであるが實際鎔鑛爐操業に經驗を有せない人は往々送風量さへ多く送れば出銑量は何百噸でも自由に増加する事が出来るものゝ様に考へて居る方もある様であるが、私の考へでは現在のローカルコンディション即ち主として原料の點より製鐵所の鎔鑛爐でトラベリングタイムを 8 時間位迄にする事は不可能ではないかと考へて居る。

尤も第 4 鎔鑛爐は第 2 表並に第 14 表に示せる通り好況の場合には 1 日の出銑量 420 噸にも達しトラベリングタイムは 9 時間位になるのであるから第 4 鎔鑛爐の順調な場合には歐米の最も良い成績の鎔鑛爐に接近して來て居るのである。トラベリングタイムは貧鑛なればなるほど、又骸炭の灰分が多ければ多いほど同一出銑量に對しては速くなるのである。

第 1 表に示せる通り第 1 鎔鑛爐及第 2 鎔鑛爐は同形同大の鎔鑛爐であるが唯原料の差に依り同一出銑量に對し降下時間に非常の差があるのを見ても明かである。原料の點に於ても製鐵所のものは獨米

第 1 表

装入表

Number of Kind of Furnace. Raw Material.	I	II	IV	V	VI
上 坡 赤	3.600	4.400		3.300	1.300
桃 冲 赤	1.900	3.400	3.600		2.100
支 那 赤			.800		1.400
金 嶺 鎮 磁	.500			.500	
金 石 磁	1.000				
安 岳 赤				.400	
戴 寧 煤		3.100	3.400	2.900	2.900
平 爐 滓	1.000			.800	
鑛石合計	8.000	6.900	7.800	7.900	7.700
石灰石	1.250	2.510	2.780	1.050	2.105
滿 庵 滓					.300
骸 炭	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400

一回、装入量 = 對スル容積トシ鉄量

Furnace Number.	I	II	IV	V	VI
Dig iron Per Charge.	4.600	3.878	4.388	4.376	4.480
Volume of Charge.	13.408	14.2245	14.850	13.701	14.390
Number of charge for filling.	39.0	36.8	39.5	49.2	46.9

降下時間ト一日ノ鉄量

Travelling Times. Furnace Number.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	447	403	366	335	309	288	268	252	237	224	212	201
II	356	320	292	267	246	229	213	200	188	178	168	160
IV	425	380	347	318	293	273	255	239	225	212	201	191
V	529	476	431	397	366	340	317	298	280	264	250	238
VI	516	464	422	387	357	332	309	290	273	258	244	232

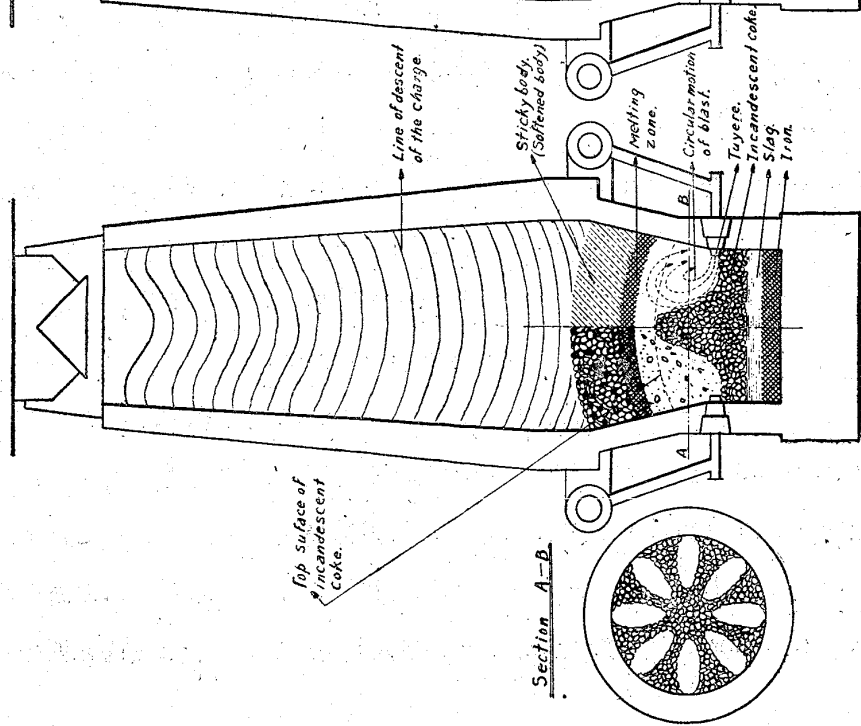
言へば語弊があるが、兎角メルチングゾーン以上に比し非常にルーズで羽口尖端並に其上部は衝風の爲めインカンデツセントコークが吹き上げられホーロースペース状を呈し、中央部には或る高さ迄インカンデツセントコークが在つて、其高さ竝に羽口尖端のインカンデツセントコークの吹き上げられて居るスペースの大小等は爐内熱の變化竝に送風量等により變化するのは勿論であつて、急速操業時に於ける送風中には、(a) 圖に示せる通り大部分のインカンデツセントコークは衝風の爲め吹き上げられて旋回運動をやり、メルチングゾーンに於けるスチツキーボーダーの下部面より装入物は鎔下し、骸炭は尙ほ固體狀にて降下しつゝ、燃焼し、爐底鑛滓面上に堆積せるインカンデツセントコーク間をペネレートして湯溜内に沈下するのである。實際鎔鑛爐の内部をテストするには金棒を突き込み突いて見るか又は休風して羽口を取り出して見るの外無く、羽口破損取換への際休風して見ると羽口面は必ず骸炭竝に粉骸炭のみにてフィルアツプされて居るのであるが、今日迄鎔鑛爐内は(b)圖に示せる通り鑛滓面上迄固體竝にペーシチー狀のものにてフィルアツプされて居る様に考へられ又想像されて装入物の全ロードが鑛滓面上に達して居る事になつて居るのであるが、私の研究では前述の通りであつて全く變つて居るのである。休風の場合羽口面が骸炭竝に粉骸炭でフィルアツプされて居るのは衝風の爲め旋回運動をやつて居る骸炭が休風と同時に羽口面に沈下堆積したものであると考へて居る、

のものに劣つて居るが殊に骸炭の灰分に於ては比較にならない位であつて例へば獨逸のルール地方に於ては骸炭の灰分は8.9%、米國のピツパーク地方に於ては10—12%位であるのに製鐵所のものは18%乃至22%位であるから獨米の約2倍乃至2倍半位になつて居るので骸炭の點から言ふても獨米ほどトラベリングタイムを短かくする事は出來ない理であるが、爐の内形をかへて送風機を改良する時は第4鎔鑛爐の實績より押しで獨米のものに接近し得ると考へて居る。

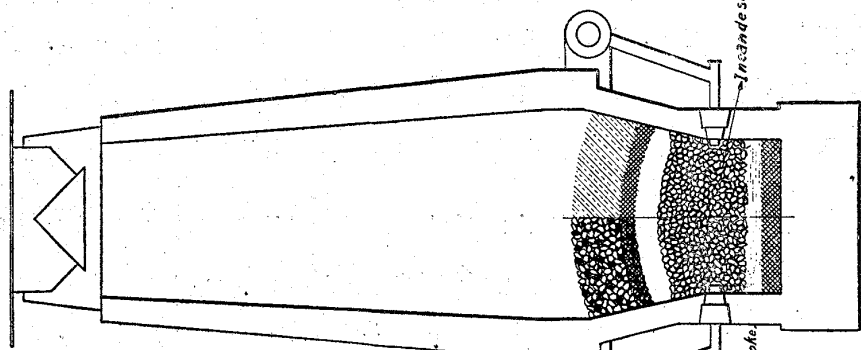
第2圖は前に述べし15ヶ條の事實を基礎として畫きしもので同圖に示せる通り爐内に於ける私の所謂メルチングゾーン即ち鎔解層は朝顔間に於てアーチ状を成し、鎔解層以下はホーロースペースと

第 2 圖 鑄 鐵 爐 内 の 圖

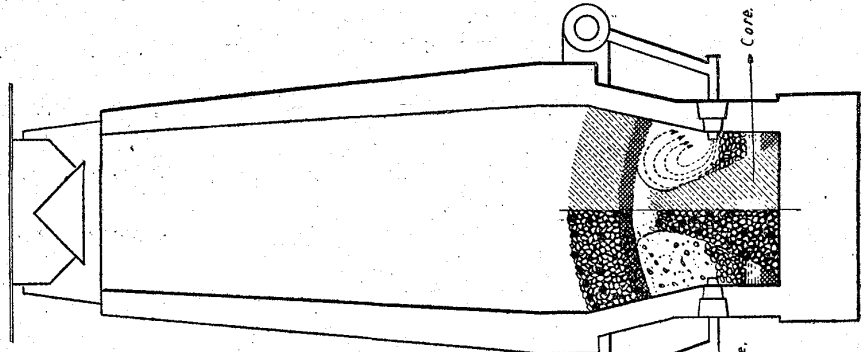
(a) 送風時の場合



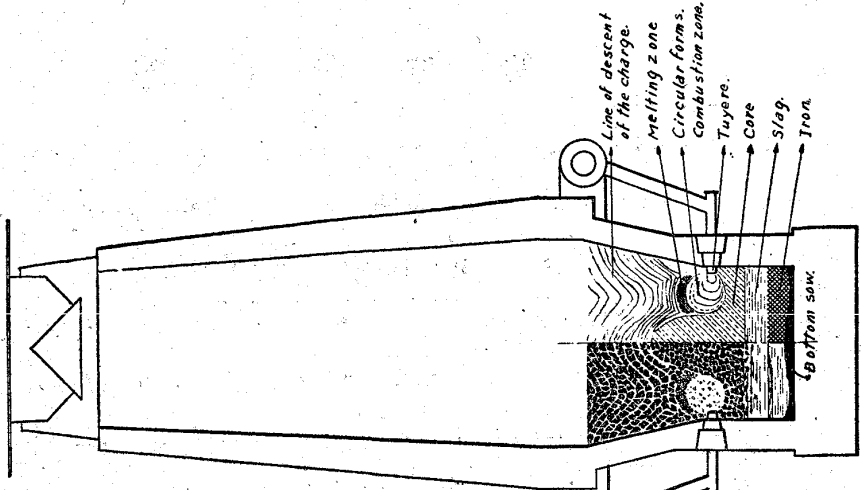
(b) 休風時の場合



(c) センターローラーガングの場合



(d)

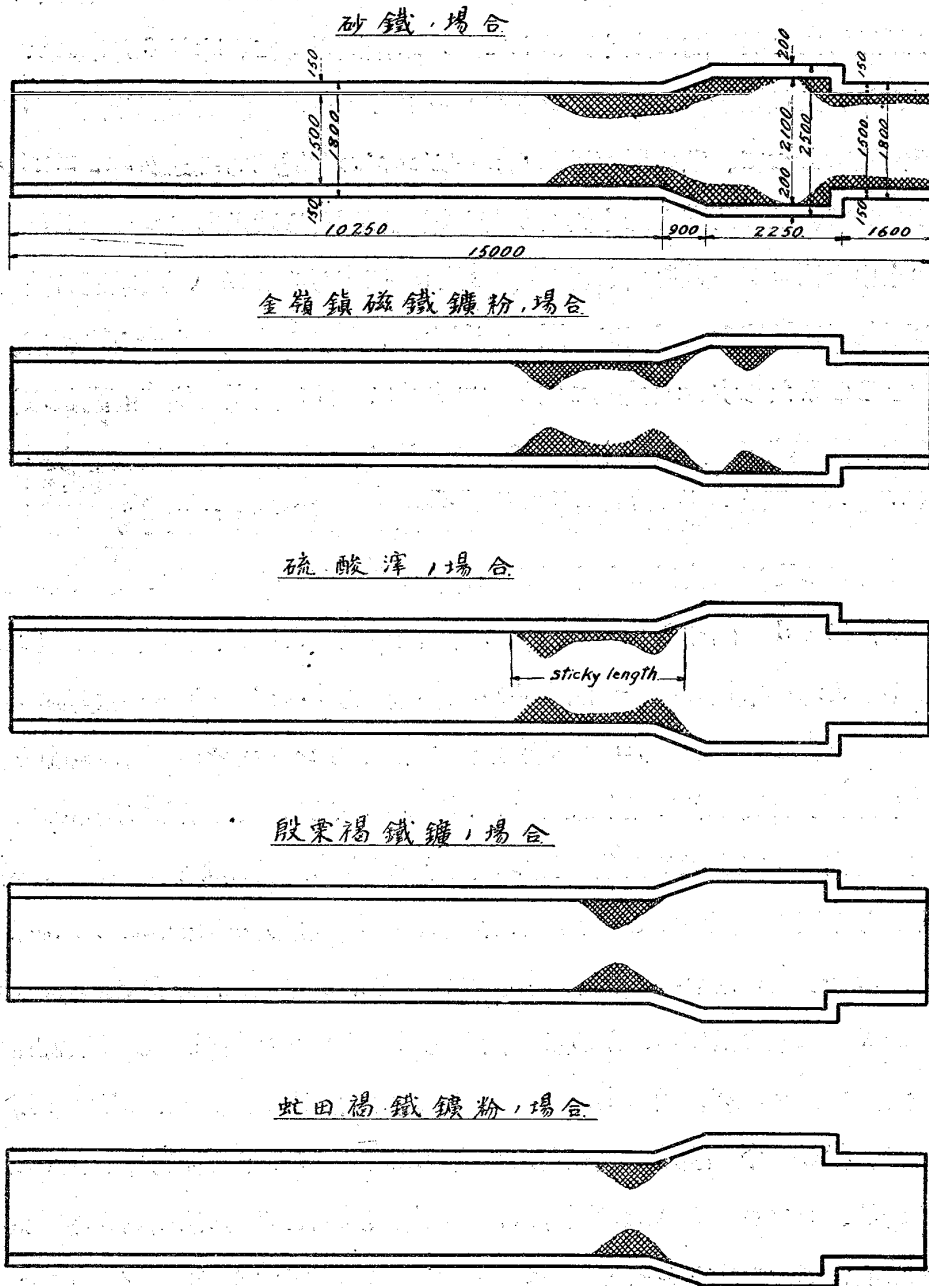


(according to Lemmings.)

即ち (b) 圖は休風時に於ける私の考へを示したわけである。(d) 圖は 1927 年即ち一昨年ドクトル インヂニヤ、レンニングス氏に依つて獨逸のアーヘン大學に提出されし論文の附圖であつて、今日迄考へられて居る鎔鑛爐内を具體的に良く表はして居る想像圖として、昨年 6 月頃のスタール、ウント、アイゼンに引用され、又最近着のコールアンドツレドビューにも載せて居る圖であるが、之は私の考へでは全く想像圖であつて、私の所謂局部的ローガングの一例即ちセンターローガングの場合に似て非なるものであつて、私の研究と全く異なり若し爐況順調なる時即ちノルマル状態の場合レンニングス氏の圖の如く中心はコア状を呈し、装入物の全ロードが其上にかゝり、唯羽口前方のみ球状に燃燒し、コアの下部面は鑛滓の全表面に接觸し、漸次鎔滓中に鎔け込むものとすれば、羽口より金棒の突込み不可能なるのみならず、唯風速に依り羽口尖端に於ける骸炭の旋回運動起る筈も無く、又出鉄時に於て装入物の降下速度急激に早くなるべき筈にして、鎔滓、鎔鉄の溫度等も一定なるべき筈なるも、斯る事は全々無いのであつて前に述べし 15 箇條の事實中其 1 箇條をも説明する事は出来無いのである。此等の事につきては尙ほ委しく述べ度いのであるが時間の都合で後日に譲る考へである。若しノルマルの場合に (d) 圖即ちレンニングス氏の圖の通りとすれば鎔鑛爐は決して作業する事は出来無いものであると考へて居る。(e) 圖は私の所謂局部的ローガングの一例即ちセンターローガングの場合を示せる圖であつて、中央部コア状を呈して居るもレンニングス氏の場合と異り、コアの下部は爐底迄達し、其表面は瓦斯にて還元されスポンヂアイアン状を呈して居るのである、如斯現象は回轉式燒結爐の研究に於ても起る現象であつて、斯る場合には羽口より金棒を突き込みハンマーにて打ち込んでも少しも這入ら無いのである。如斯場合は爐のセンターは一つのサポート状を呈し、其儘ノルマル状態とあまり變らない操業をやり得る事がある。殊に還元困難なる鑛石、即ち磁鐵鑛を多く使用する場合かゝる現象を呈する事がある。然し此場合はレンニングス氏の状態とは全く異なつて居るのである。其でレンニングス氏の場合即ち今迄の説を代表するレンニングス氏の考へ方は根本的に間違ひであつて、従つて今日迄鎔鑛爐操業は具體的に説明する事が出来ず、經驗のみ貴ばるゝ所以であると考へて居る、レンニングス氏の圖では日常の操業状態を説明する事不可能なるのみならず、歐米共最近特に著しき變化を來たしつゝある鎔鑛爐の内形等に就ても説明全く不可能であると考へて居る。

大正 11 年より今日迄續けて居る回轉式燒結爐の研究で第 3 圖に示せる通り装入物はメルトする迄の間に必ず軟化されペースチー状を呈し、粉鑛の種類によりスチツキーネスを異にし、然も鎔鑛爐水滓の混合量によりスチツキーレングスを自由に出来るばかりでなく、バーナーの突出及其の口徑の如何によりスチツキーネスの起る場所をも自由に出来るのである。私の研究して居る回轉式燒結爐は第 4 圖に示せる通り其形恰も鎔鑛爐を水平に近き位置に於て操業して居る様なものであつて、其の原料の點に於ても塊と粉との差こそあれ、鎔鑛爐の場合と殆んど同一であつて爐頂より粉鑛、紛骸、鎔鑛爐灰、水滓等を装入し、爐口よりは鎔鑛爐瓦斯竝に衝風を送つて居るであつて

第 3 圖 同轉式燒結爐內燒結物附着狀態之圖  
(熱量一定なる場合)

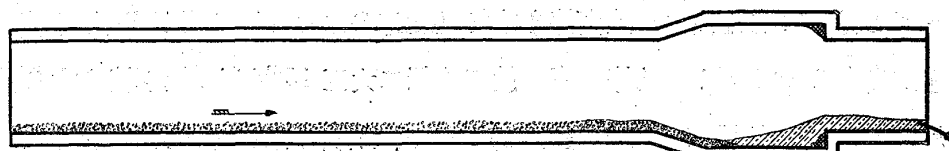


粉鑛は豫熱還元等をやり第 4 圖に示せる通り軟化しスチツキー状を呈して鎔解し、又徑 1 吋位の塊鑛を使用しても粉鑛と同一現象を呈するのであるから、鎔鑛爐内に於ても同様に豫熱還元等をやり、メルトする迄の間に軟化しペースチー状を呈してスチツキーネスの起る場所は必ず起る理けで、軟化されスチツキーネスの起る場所は前述の通り朝顔部に局限され、装入物の軟化より起るスチツキーネスと自己荷重に依る骸炭のセリとにより鎔解層はアーチ形を呈するのであつて、燒結爐に於ても第 4 圖に示せる通り爐口熱の状態により斯る現象を明かに見る事が出来る、唯鎔鑛爐の場合は軟化されし部分が漸次朝顔部にプレツスインされる事だけが變つて居る。鎔鑛爐内に於てスチツキーボヂー即ち粘結體の所は如何なる風になつて居るかと言ふに、私の考へでは装入物は粘結體の上部より軟化し其間に

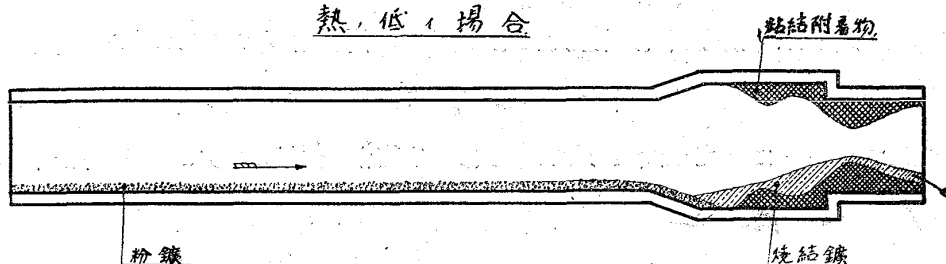


第 4 圖 回轉式燒結爐作業狀態圖

熱、高、場合



熱、低、場合



存在する骸炭はあまり變形せず唯インカンデッセント狀を成し、恰もコングロメレート狀を呈し、自己荷重に依り朝顔部に壓縮押入されアーチ形の鎔解層を形成し、軟化より起る收縮變形の爲め降下しつゝ装入物はコングロメレート狀の下部面より漸次鎔下し、骸炭は其儘降下しつゝ衝風にて燃焼し、發生瓦斯は上昇して、鎔解物は湯溜内の鎔滓面上に堆積せるインカンデッセンコーク間をペネレートして湯溜内に沈下し、比重の關係上鎔滓は上部に鎔銑は下部に分離し、鎔滓上の骸炭も漸次灰狀となりスラッグメーキングをやつて沈下するのであると考へて居る。湯溜内の鎔滓面上に堆積せる骸炭は其燃焼緩慢であるから鑛滓の流出時間を成るべく長くし、鑛滓羽口より絶へず衝風を吹き出す様にして操業し、衝風が成るべく良く爐底にまわる様にせなければならない、如斯すると鎔滓面上の骸炭は燃焼して爐底に熱が集注するから少々位いローガングが起つても中心にコアなどの出来る恐れがなくなる理けである。以上述べし鎔解層さへ丈夫に且つ完全にして操業する事が出来ればローガングは起らない理けで、鎔解層の状態を確むる事と、如何にすれば粘結體の下部即ち鎔解層の強さを増し得るかと言ふ事が鎔鑛爐操業の根本問題であると言ふ確信から今日迄拾數年間に亘り次の研究をやつて來て居るのである。

(1) 操業方法としては羽口の爐内突出を成るべく短かくし徑は大にして衝風の温度は成るべく高くし出来得るならば温度を一定して送風量にて爐熱を加減する事。

(2) 装入方法としては骸炭と鑛石とを別々に装入しコーンの下部と装入物の上部表面との距離を大ならしめ塊は中心に粉は爐壁に分布せしめ或る程度迄其層を厚くする事。

(3) 原料としては骸炭は成るべく堅きもの、鑛石は成るべく富鑛を使用し既成鑛滓の適量を混合装入する事。

(4) 鎔鑛爐の内形については朝顔を成るべく低くし朝顔の角度竝に湯溜の徑を成るべく大にする

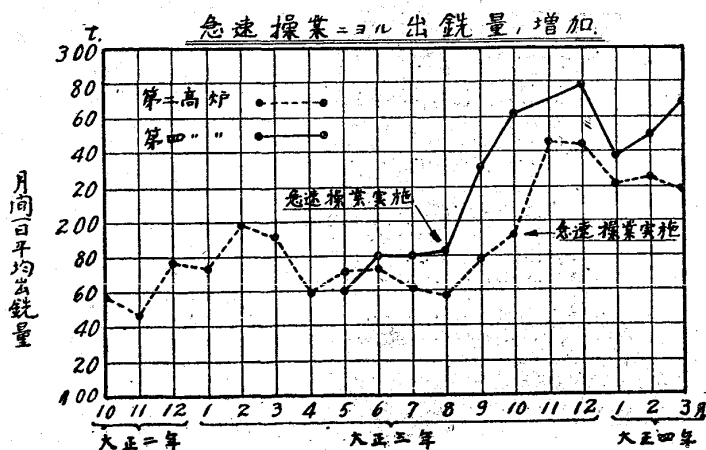
事。

鎔解層さへ丈夫にする事が出来るとローガングの傾向は少くなり、低熱にて操業する事が出来るから、骸炭をセーブし得るは勿論銑中の硅素等も或る程度迄自由に下げる事が出来、出銑量をも著しく増加せしむる事が出来るのである。此等の事に就ては既に大正15年末の鐵鋼協會大會後の銑鐵部會、昭和3年6月に於ける研究所水曜會並に銑鐵部の鐵心、鑛友の兩會等に於て述べたわけである。

### III ローガングと鎔鑛爐操業法

羽口の爐内突出を成るべく短かくし徑を大にして高熱の衝風を送り送風量にて爐熱を加減する時何故鎔解層が丈夫になりローガングが少くなるかと言ふに、私の所謂鎔解層上のスチッキーパーチーの下部即ち鎔解層をして朝顔間に於て低き位置に生ぜしむる事が出来るからである。如斯すると鎔解層は羽口のゾーン即ちヒートソースに接近して鎔解層の熱度を高め、鎔解層上の軟化を容易ならしめ、粘結體を丈夫に且つ完全ならしむる事が出来るのみならず、メルトダウンするスペースをも小ならしめ従つて爐底に熱のコンセントレーションを來たすからローガングの傾向が少くなるのである。第3圖に示せる通り焼結爐内に於て装入物の軟化より起るスチッキールングス即ち焼結物附着より起るリングの位置は、爐口に在る瓦斯バーナー及び衝風バーナーの長短並に其徑の大小により自由に變へる事が出来るのであるから、鎔鑛爐内に於ても又羽口の爐内突出並に徑の大小により装入物の軟化より起るスチッキーパーチーの下部面の位置即ち鎔解層を或る程度迄自由にする事が出来る理けである。大正の初年頃迄製鐵所に於ける鎔鑛爐操業がローガングの爲非常に困まつて居た事は前述の通りであつてどうしても急速操業をやる事は出来なかつたのである。第5表に示せる通り其當時羽口の徑は120mmで其中に100乃至110mmの銅製リングを入れ其爐内突出は250mm位が普通で衝風の溫度は400乃至500°C位、送風量は第1號送風機で回轉數28回以下即ち約400立方米位であつたので私は獨逸から歸るヤローカルコンディションとして無理であるとの説が多かつたにも不拘ローガングを少なくするにはどうしても衝風の溫度は出来るだけ高くし、羽口の徑は大にし、其爐内突出を成るべく

第 5 圖



少くして、私の所謂鎔解層を下げて操業せなければならぬと言ふ考へから、大正3年8月中旬より第4鎔鑛爐につき衝風の溫度を急に650乃至700°C位迄上げ、羽口の突出を漸次少くし150乃至120mm位迄にもして、其徑はリングを全く取除き極力送風量の増加に努めた結果非常に好結果で、第5號送風機で回轉數實に41回即ち1分

傾斜面より落せる粉鑄分布状態圖

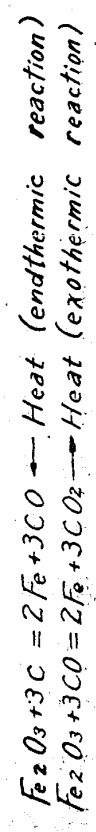
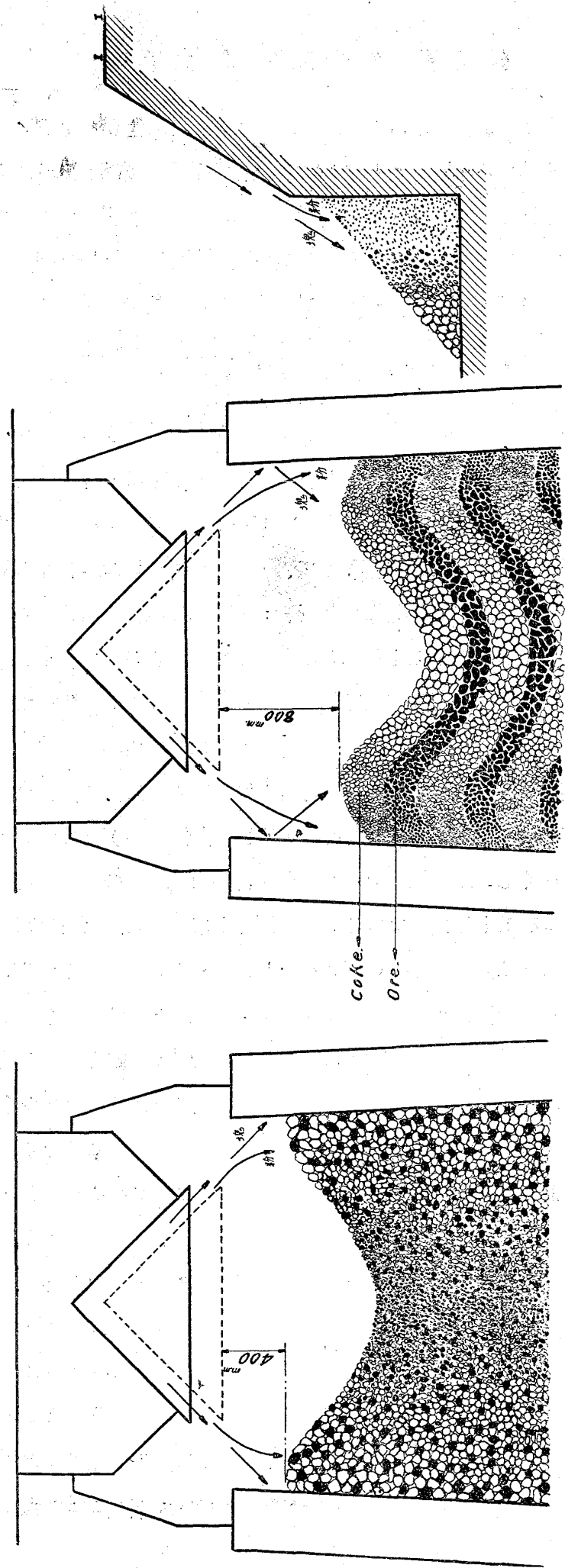
鑄鑄爐内に於ける装入物分布状態之圖

第 6 圖

(c)

(b)

(a)



間約 700 立方米位迄送風量を増加する事が出来たので、従つて出鉄量も 200 吨から餘り越へなかつたものが急に 300 吨にも達する事があると言ふ風で、第 5 表並に第 5 圖に示せる通り急速操業に多少なりとも成功する事が出来たのである。

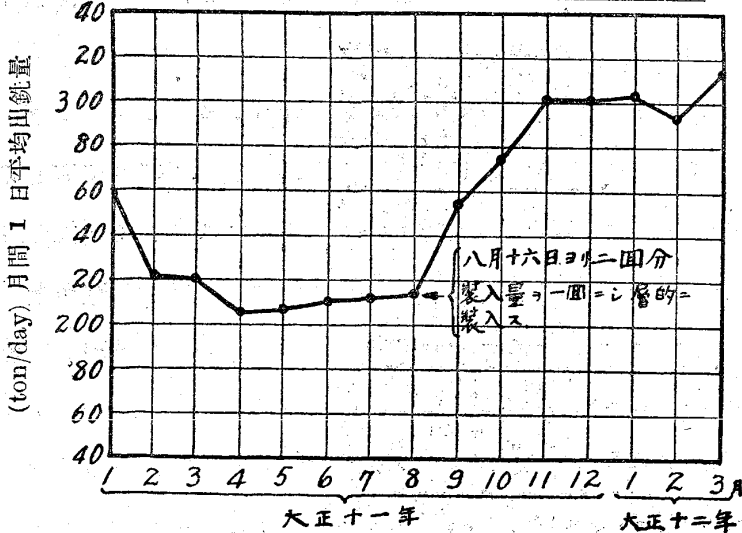
其で 2 ヶ月後れて第 2 銻鑛爐にも實施した結果は第 4 銻鑛爐の場合と全く同様にて第 5 表並に第 5 圖に示せる通り月間の 1 日平均出鉄量 160—170 吨のものが急に、230—240 吨にも達し非常な好結果を得たので、此時以來製鐵所に於ける銻鑛爐操業は劃時代的に一變したわけである。

### IV ローガンと銻鑛爐装入方法

第 6 圖に示せる通り回轉式燒結爐の原料即ち金嶺嶺磁鐵鑛の粉と塊との混合状のものをして (c) 圖に示せる通り原料落し場の傾斜面を落下せしめし際スピードの関係より落下の速度早き塊鑛は遠方に、落下の速度遅そき粉状のものは近き所に落下して、セルドレッシングが出来る事を知つたので、之からヒントを得て銻鑛爐の装入方法に應用した結果、コーンの下部面と装入物の上部表面との距離により塊と粉とを或る程度迄自由に分布せしめ得る事を知つたのである。製鐵所に於ける銻鑛爐の装入方法は、大正 11 年の 7 月迄は骸炭と鑛石類とはコーン上に交互に分布し、従つて (a) 圖に示せる通り骸炭と鑛石類とは混合状態にて爐内に装入され、塊は爐壁に粉は中心に分布されて居たのであるが、私の考へでは私の所謂銻解層を丈夫にするにはどうしても之と正反對で無ければならぬと言ふ考へから大正 11 年 8 月第 4 銻鑛爐より始め、同年末から各銻鑛爐共 (b) 圖に示せる通り鑛石と骸炭とは別々に装入し、其層を厚くし、装入鐘 (コーン) の下部面と装入物の上部表面との距離を大にして、粉を爐壁に塊を中心分布せしめたのである。層を厚くして骸炭と鑛石とを別々に装入し、粉を爐壁に塊を中心分布せしむると何故銻解層の強さを増し、ローガンを少くする事が出来るかと言ふと、層を厚くして骸炭と鑛石とを別々に装入すると骸炭と鑛石とのタツチする傾向を少くするから、第 6 圖化學式に示せる通り銻鑛爐の下部に於てダイレクトレダクション即ち熱を吸収するエンドサーミツクリアクション少くなり、之に反しインダイレクトレダクション即ち熱を出すエキソサーミツクアクション多くなり、銻解層に熱をコンセントレートし、私の所謂スチツキボデーの成生を完全ならしむる事が出来る。又塊を中心粉を爐壁に分布せしむる時は銻鑛爐瓦斯の爐壁を上昇す

第 7 圖

層的装入方法、出鉄量(第一銻鑛爐)



ふと、層を厚くして骸炭と鑛石とを別々に装入すると骸炭と鑛石とのタツチする傾向を少くするから、第 6 圖化學式に示せる通り銻鑛爐の下部に於てダイレクトレダクション即ち熱を吸収するエンドサーミツクリアクション少くなり、之に反しインダイレクトレダクション即ち熱を出すエキソサーミツクアクション多くなり、銻解層に熱をコンセントレートし、私の所謂スチツキボデーの成生

を完全ならしむる事が出来る。又塊を中心粉を爐壁に分布せしむる時は銻鑛爐瓦斯の爐壁を上昇す

る傾向を弱め、装入物の軟化状態を均一ならしむると同時に、鎔解層全体の強さを増し、ローガングの傾向を少なくする事が出来るのである。ローガングさへ起ら無ければ送風量を増加してトラベリングタイム即ち降下時間を短かくする事も出来る理けである。

前述の通り大正11年8月より第4鎔鑛爐に實施した結果非常に好結果であつて、第7圖竝に第7表に示せる通り月間1日平均出鉄量220—30噸のものが急に300噸以上の1日平均出鉄量に達したから爾來各鎔鑛爐に實施し好結果を得たのである。其で今日に至る迄此方法により装入して鎔鑛爐のスタビリチーを増加し、従つて急激なるローガングは殆んど其跡を絶つに至つたのである。

## V ローガングと鎔鑛爐原料

(1)既成鑛滓 既成鑛滓を混合装入すると何故鎔解層の強さを増しローガングの傾向を少なくする事が出来るかと言ふに、既成鑛滓は鎔鑛爐内を降下する場合還元等の化學的變化を受くる事殆んど無く唯豫熱され主として物理的變化をやり鎔解層の上部に来て初めて軟化を始め、スチツキーボデー即ち粘結體の厚さを増し、殊に平爐滓を混合装入する時は鎔鑛爐滓に比し其鎔解點高きが故に一層上述の傾向を増し、私の所謂鎔解層の強さを増すから、ローガングの傾向を少なくする事が出来るのである。即ち第3圖に示せる如く回轉式焼結爐内に於ては鑛石の種類によりスチツキーレングスを異にし、此スチツキーレングスは鎔鑛爐水滓の混合量により自由に出来るから、鎔鑛爐内に於ても同様既成鑛滓により爐内に於けるスチツキーボデーの厚さを増す事が出来る理けである。一昨年即ち昭和2年12月轉爐作業廢止以來各鎔鑛爐に平爐滓を混合装入した結果一層鎔鑛爐のスタビリチーを増して急速操業もやり易くなり、加ふるに何れも鹽基性平爐鉄を製造する様になつたから鉄中の燐を或る程度迄度外視する事が出来、各鎔鑛爐共装入する鑛石を殆んど均一にする事が出来たから、鑛滓の量を一定にする事が出来、従つて私の所謂鎔解層の強さを一定にする事が出来、益々好影響を受け冬季爐況順調なる時は1日の出鉄量實に2,000噸にも達する様になり、本年度(昭和3年度)の出鉄豫定高58萬噸のものが65萬噸以上にも達する様になつた次第である。

(2)鑛石 富鑛又は硅酸質にて還元し易き鑛石を使用する時何故鎔解層の強さを増しローガングの傾向を少なくする事が出来るかと言ふに、第1表に示せる通り富鑛を使用する時は同一出鉄量に對し鎔鑛爐を通過する時間即ち降下時間が長くなるから其還元も軟化も充分に行はれ、硅酸質にて還元し易き鑛石を使用する時は既成鑛滓を加へる場合と同様スチツキーボデーの厚さを増し、従つて鎔解層の強さを増すからローガングの傾向が少くなるのである。鞍山製鐵所に於てプアーオアーを使用して滿3ヶ年間研究した結果、日常の鎔鑛爐操業に於て眞黒な鎔滓は殆んど見た事が無く急激なローガングは1回も起らなかつたのを見ても明かである。之に反しハンギングの傾向は非常に多くなるので之はスチツキーボデーの厚さが厚くなり、鎔解層の強さが強くなり過ぎて、少しでも爐内が冷へるとスチツキーボデーとウォールとのフリクションが大きくなり、ハンギングを起すのである。斯る場合には

第 2 表

骸炭、灰分、劣銑量 (第四銼鑪爐)

内容積 497.5 立方米

月 日	昭和三年十二月					昭和四年一月					昭和四年二月				
	灰分	比重	気孔	潰裂	出銑量	灰分	比重	気孔	潰裂	出銑量	灰分	比重	気孔	潰裂	出銑量
1	22.85	1.73	46.41	88.92	353,000				87.84	338,000	21.75	1.75	47.84	86.94	381,000
2	20.09	1.67	38.61	88.98	365,000					372,000	21.42			87.27	386,000
3	19.44	1.64	47.18	89.28	373,000	21.99	1.70	37.05	87.90	403,000	21.72	1.76	46.85		430,000
4	21.99	1.78	45.04	86.52	370,000	21.72	1.57	39.63	89.35	408,000	24.04	1.74	45.08	86.78	410,000
5	21.79	1.74	47.40	86.16	373,000	22.59	1.64	36.55	87.27	380,000	21.35	1.70	44.68	89.97	388,000
6	19.87	1.71	44.55	85.66	380,000	21.61	1.61	50.81	88.59	395,000	21.76	1.75	45.31	86.77	382,000
7	19.89	1.66	42.34	89.37	380,000	23.27	1.78	49.16	87.61	389,000	21.80	1.68	46.31	87.83	385,000
8	22.53	1.69	41.23	89.01	414,000	22.23	1.73	43.98	87.10	225,000	22.86	1.60	49.71	87.90	318,000
9	21.20	1.62	49.58	85.66	312,000	21.55	1.73	47.11	89.47	301,000	18.93	1.66	43.29	90.74	401,000
10	20.29	1.77	43.27	80.46	395,000	22.29	1.69	49.27	90.63	337,000					398,000
11	20.87	1.86	40.63	86.96	385,000	21.71	1.69	39.20	88.11	367,000	20.82	1.74	43.04		352,000
12	22.64	1.77	46.72	86.15	389,000	22.39	1.74	39.71	90.61	391,000	22.72	1.70	42.53	89.01	333,000
13	20.56	1.76	48.96	89.86	371,000	21.26	1.63	46.41	88.68	377,000	22.46	1.70	42.09	86.71	365,000
14	22.17	1.65	47.17	86.96	389,000	23.56	1.62	38.53	89.03	382,000	23.28	1.77	45.74	86.50	348,000
15	21.28	1.71	46.90	88.25	361,000	21.90	1.59	34.21	87.50	365,000	22.56	1.67	47.68	89.62	378,000
16	22.43	1.72	43.78	87.63	353,000	21.13	1.77	37.25	86.88	385,000	21.78	1.58	42.28	87.04	333,000
17	21.29	1.76	43.42	88.30	364,000	21.66	1.72	37.78	87.64	335,000	21.77	1.70	45.39	86.72	395,000
18	21.12	1.75	36.88	88.77	405,000	21.93	1.53	39.50	89.34	418,000	21.54	1.73	44.18	89.23	342,000
19	20.33	1.77	34.80	88.98	376,000	21.56	1.62	32.44	86.06	377,000	22.45	1.70	46.11	85.93	375,000
20	22.15	1.76	45.03	86.61	325,000	21.51	1.69	45.70	87.28	411,000	21.53	1.61	38.33	88.66	345,000
21	22.39	1.73	47.28	87.20	384,000	20.65	1.54	31.69	89.34	444,000	21.60	1.67	41.02	86.33	349,000
22	23.92	1.65	41.29	86.77	373,000	20.34	1.65	49.74	86.03	421,000	19.71	1.64	42.61	86.43	359,000
23	23.30	1.77	51.75		345,000	21.06	1.72	56.65	87.82	332,000	18.95	1.67	49.05	88.78	386,000
24	22.13	1.68	41.94	89.68	352,000	21.18	1.76	42.84	85.50	389,000	18.37	1.68	55.37	88.45	373,000
25	22.42	1.72	46.50	87.51	377,000	20.80	1.74	51.63	86.61	408,000	18.64	1.78	44.43	86.11	385,000
26	21.80	1.75	48.70	87.77	370,000	22.20	1.62	38.42	88.78	424,000	17.97	1.64	46.23	88.61	395,000
27	21.08	1.76	45.82	87.62	404,000	22.46	1.72	45.23	89.64	332,000	18.32	1.70	44.15	85.71	370,000
28	23.14	1.70	54.88	88.39	374,000	21.68	1.70	42.34	87.90	371,000	18.89	1.63	54.31	89.47	346,000
29	21.02	1.53	33.15	88.30	401,000	22.28	1.67	43.70	86.06	358,000					
30	21.36	1.68	46.44	86.87	382,000	21.57	1.73	47.70	87.04	407,000					
31	21.05	1.69	53.40	87.15	417,000	23.30	1.77	49.26	88.05	393,000					
平均	21.56	1.71	44.87	87.50	374,581	21.84	1.68	42.86	87.99	374,355	21.07	1.69	45.54	87.74	371,679

送風量を減じて私の所謂鎔解層を下げて操業するか又は上下二段の羽口を同時に使用して羽口の層即ち熱源と鎔解層とを相接近せしめ爐熱を高めるとスチツキーボデーは良く軟化されウォールとのフリクションを減じて爐況をして直に回復せしむる事が出来るのである。其で鞍山製鐵所に於ては其當時平常の作業に於ても上下二段の羽口を同時に使用して非常な好結果を得たのである。

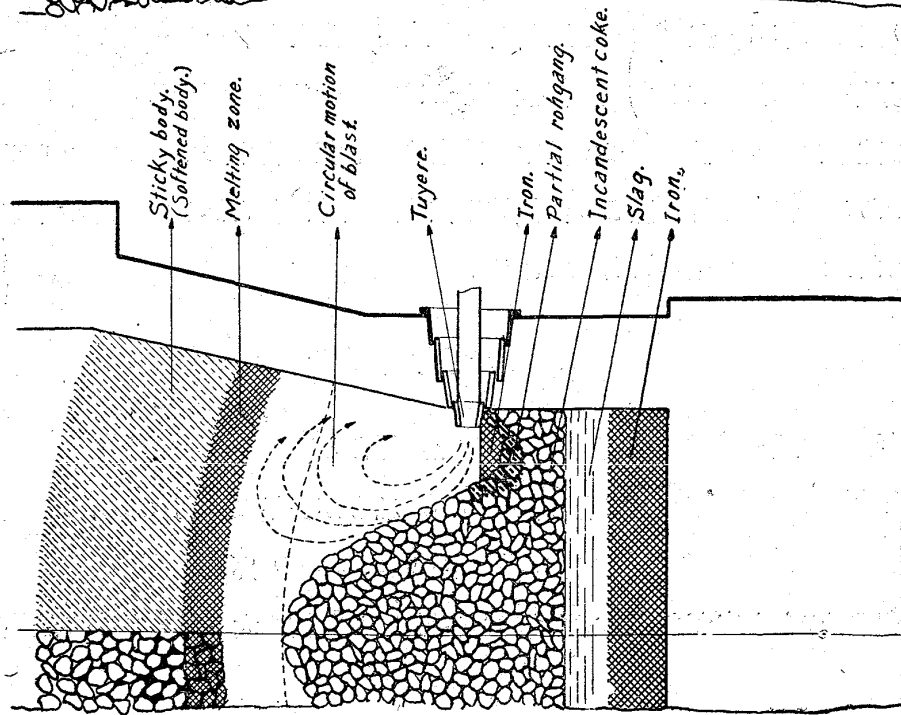
(3) 骸炭 骸炭の堅さを或る程度迄堅くする事、即ち私の所謂鎔解層の所迄物理的にあまり變化せない位迄堅くする事が何故鎔解層の強さを増し、ローガングの傾向を少なくする事が出来るかと言ふと、鎔解層は前述の通り骸炭と鑛石類即ち軟化物とによりコングロメレート状を形成し自己荷重により朝顔部に壓縮押入され鑛石類の軟化より起るスチツキーネスと骸炭のセリとによりアーチ形を呈して居るのであるから、鎔解層に於ける骸炭は相當の堅さと適度の大きさとを有し、或る程度迄相互間のフリクションが大きくなければならない理けである。之に反し骸炭の軟かな場合には爐内を降下する間に小さくなり鎔解層のあたりでは装入物の密度を非常に増加して、瓦斯の上昇を妨げ發熱不充分となり、従つて装入物の軟化より起るスチツキーネスを減じ、私の所謂鎔解層を脆弱ならしめてローガングを助長する理けである。既成鑛滓を混合装入し相當鎔解層の強さを増し居る場合、少しにても爐内が冷へるとハンギングが起るので、目下製鐵所の鎔鑛爐に於ては骸炭の灰分など、或る程度迄は殆んど問題で無く、然るに堅さの影響は非常に烈しくクラツングテストに於て 80 %以下のものを使用するとすぐローガングやハンギングの故障が起るのを見ても明かである。第 4 鎔鑛爐など第 2 表に示せる通り目下灰分平均 21 乃至 22 %位の骸炭を使つて月間 1 日平均出鉄量 370 吨以上にも達して居るのであるから日本の骸炭位の堅さではポロンチーなど殆んど問題にする必要は無く、唯堅さへ或る程度迄大なれば良いと考へて居る。然し骸炭中の灰分は鉄中の硅素に對しては非常な影響があるので米國に於ては 20 基の鎔鑛爐に就て研究の結果鉄中の硅素は全く骸炭灰中の硅酸量に支配されると結論されて居る位であり、又私の研究に於ても同一の鎔鑛爐に於ては勿論同形同大の鎔鑛爐に於ても第 9 表並に第 10 表に示せる通り鉄中の硅素は装入物中のトータルシリカに支配され第 2、第 1、兩鎔鑛爐は同形同大にして同一状態のもとに操業せるにも不拘装入物中のトータルシリカの量により鉄中の硅素は大差を生じ従つて鉄中の硅素は全く装入物中のトータルシリカによる事を知る事が出来たのである。其で此等の點より鎔鑛爐用骸炭の灰分は何とかして極力少くし鑛石類は成るべく富鑛を使用しなければならないと考へてゐる。

## VI ローガングと羽口の破損

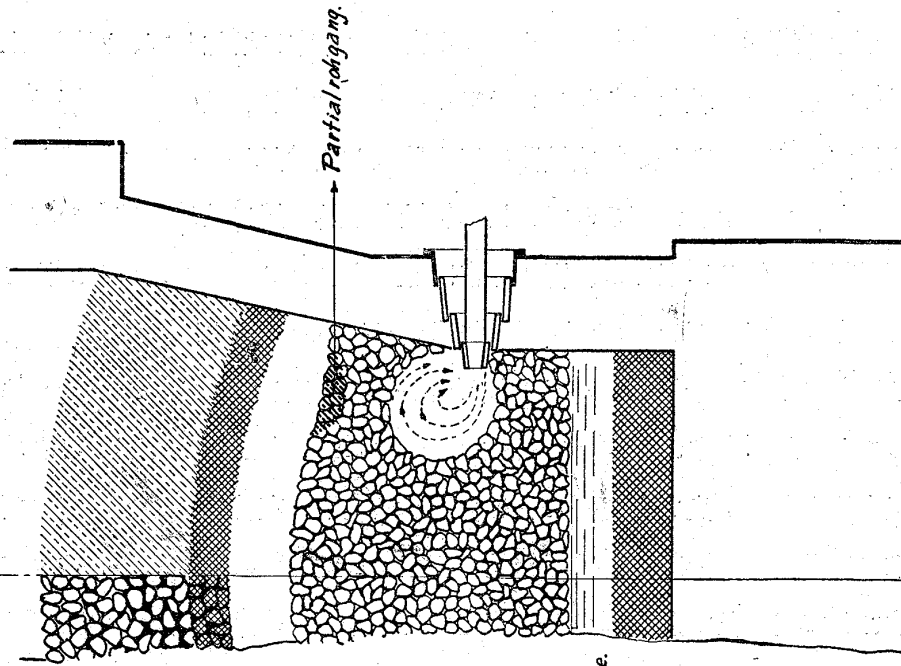
羽口の破損が鎔鑛爐操業上直接間接に非常な關係ある事は鎔鑛爐操業者の日常經驗する所であつて従つて歐米に於ても種々苦心して居る様である。私も亦多年の間羽口の研究を續けて居るので、羽口の破損状態を見ると尖端下部約 2 吋位の間に限られ、其 99 %位迄は破損の形狀一定にして即ち蟲でも食つた様にぽつんと穴があくのである。種々研究した結果大正 15 年末の鉄鐵部會に於て述べた通

第 8 圖 羽口附近に於ける銜鑪の圖

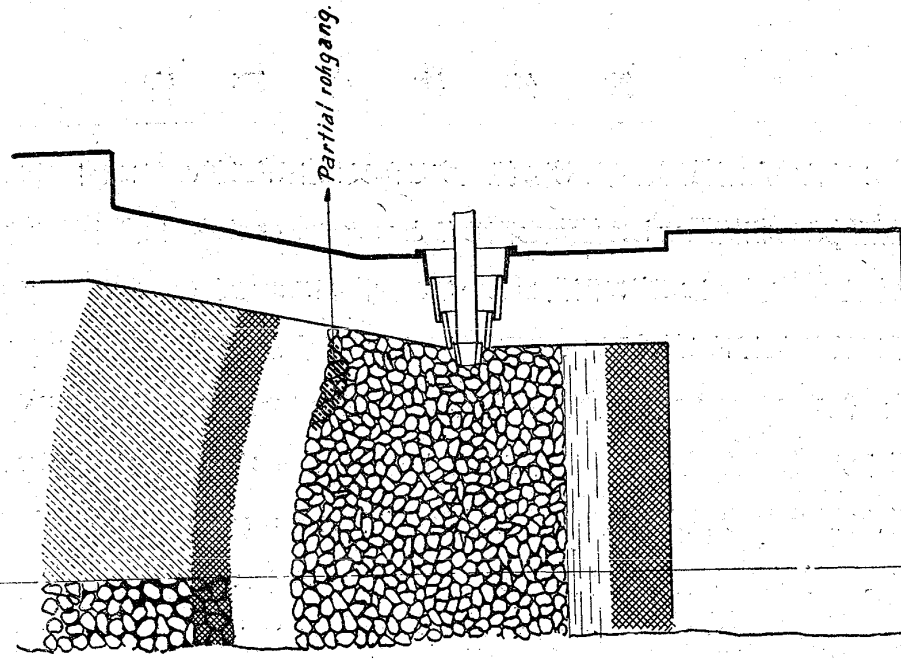
A. (風速速・場合)



B. (風速中位・場合)



C. (風速遅・場合)





第 3 表

鋳鑄爐羽口、風速 (昭和三年九月調)

爐別	風壓	温度	送風機	回轉數	一分間送風量	羽口全	羽口使用數	風速	備 考
I	550	560	四号	36	1100	130	4	108.5	九月十二日午前八時
II	500	560	T.B.	600	1005	130	8	105.2	
III	770	590	G.E.I	80	1440	130	10	180.9	
IV	710	570	II	34	1319	130	12	138.0	九月十二日午前八時
V	680	600	G.E.II	68	1389	130	10	174.5	九月十二日午前八時
VI	740	730	IV	30	1322	130	5	110.8	

り羽口破損の原因は羽口尖端のメタルに鋳鉄がタッチして局部的に其部分がシェーパーヒートされ、水の巡還して居る内壁にエアーバブル、スチームバブル等が附着し、其部分がクールされず直にメルトして起るのである。其で羽口製造用メタルにつき研究し、或るヒントからアルミニウムを使用した處、鑄造が非常に

困難で砂形にするとポーラスなものが出来て水壓に絶へず、金型を使用すると收縮率が鑄鐵などに比し2倍以上にも達するのでソリヂファイする時必ず破(クラック)れて如何にしても完全なものを製造する事が出来なかつたのであるが、種々研究した結果金型の鑄造に成功し、今では百發百中の状態でメルチングファーンエスも鋳鑄爐瓦斯を利用し、自己のウェーストヒートで瓦斯も空氣もプレヒートして使用する様に設計して居るので、羽口2個以上の鑄造に要するメタルを僅かに20分位で鋳解し得る有様で大變安價に出来、銅製の場合には工作費だけで1個につき32.3圓かかるのに、アルミニウム製のものは私考案の金型を使用すると3圓50錢もあれば充分である。鋳鑄爐に使用の結果は銅製のものよりかへつて耐久力の大きなる事が明かになり、重さは銅の3分の1以下であるから取り扱ひも至極便利である。其で目下製鐵所の鋳鑄爐は全部アルミニウム製羽口を使用して居るのである。メタルの研究が一段落ついたので、羽口破損の原因は全くローガングが間接原因であつて、直接原因は前述の通り鋳鉄のタッチに依る事が私の研究により明かになつて居るから、ローガングさへ防ぐ事が出来れば又例へローガングが起つても鋳鉄が羽口尖端のメタルにタッチせざる様にする事が出来れば羽口の破損は完全に防ぎ得る理けである。此考へを基礎として次の研究をやつて來て居るのである。即ち前にも話した通り急速操業とローガングはつきもので又急速操業と羽口の破損もつきものである事を日常の操業に於て確むる事が出来たから、従つて羽口の風速と羽口の破損とも密接な關係がある理けである。羽口尖端に於ける骸炭の旋廻運動は私の研究により全く羽口の風速により起るのであるから骸炭の旋廻運動と羽口の破損とも又密接な關係がある理けである。即ち第8圖Aに示せる通り急速操業の場合パーシャルローガングからの生鑄は直に羽口の層に停滯し軟化して其上に鋳鉄が溜まり羽口尖端のメタルにタッチするから直に破れるのである。其で根本問題としてはローガングを防ぐ事が先決問題で又例へローガングが起つても羽口の尖端に鋳鉄がタッチせない様にすれば良いと考へ昨年7月末より第3表に示せる通り第一、第二、兩鋳鑄爐に於て上下二段の羽口を使用し私の所謂鋳解層を羽口の層に接近せしめてローガングを防ぎ、加ふるに第8圖Cに示せる通り羽口の風速を減じて羽口尖端に於ける骸炭の旋廻運動をストップして操業する場合には、例へローガングが起つても生鑄が羽口の層迄降下する間に鑄下し羽口の尖端に鋳鉄のタッチする恐れは全く無くなる理けで、装入

物の降下状態はかへつて良くなり鞍山製鐵所在職中に研究せし通り同一風量にて装入回数を増加する事が出来、第 12 表に示せる通り羽口破損數 1 ヶ月間拾數個乃至數拾個を常として居た鎔鑛爐が其翌日からパイプ破損取換のものは別として羽口の破損全く止み爾來羽口の破損殆んど絶無と言ふても過言で無い位迄になり。第 6 鎔鑛爐にも試験し前者と同様好結果を得たのである。第 5 鎔鑛爐に於ては唯通常羽口のみを使用し其徑を大にし風速だけ減じて第 8 圖 B に示せる通り骸炭の旋廻運動尙ほ止まざるにも不拘ローガングよりの生鑛は一時骸炭上に支へられて鎔下するにより前同様に好結果を得る事が出来た。此事實は實際鎔鑛爐操業に於てソフトコークを使用し急速操業をやつて居る鎔鑛爐例へば製鐵所竝に鞍山製鐵所に於けるが如く羽口の破損數非常に多き場所に於ては實に貴重な発見であり、將來我が國の如く大體ソフトコークを使用して急速操業をやらねばならぬと言ふ様なローカルコンディションに於ては尙更である。前述の通り上下二段の羽口を使用するか又は通常羽口の数を増加するか徑を擴大して風速を或る程度迄減じ即ち羽口の尖端に於ける骸炭の旋廻運動をストップして操業すると羽口の破損を完全に防ぎ得ると言ふ事は鎔鑛爐操業上實に重大なる発見であると考へて居る。羽口の研究に就ては追つて詳細を公表する考へである。

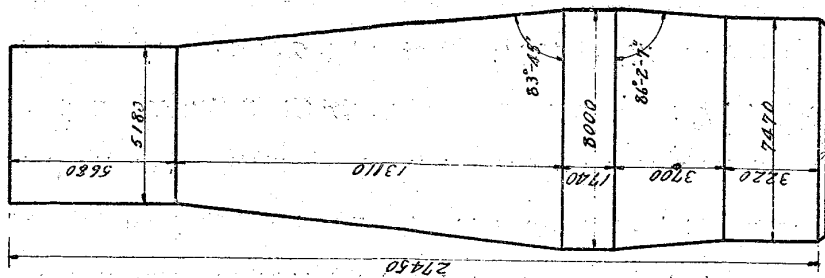
## VII ローガングと鎔鑛爐の内形

鎔鑛爐の内形に就てはボツシユハイトを短かくしボツシユアングル竝にハースエリヤを大にすれば何故鎔解層の強さを増しローガングの傾向が少くなるかと言ふと、前述の通り鎔解層は朝顔間に限られて生ずる理けであるから朝顔の高さが低くなればなるほど鎔解層は朝顔間に於て低い所に出来、羽口の層即ちヒートソースに接近する事になり熱のコンセントレーションを來たして鎔解層のアンダースurfaceは常に高熱に保たれる理けである。其で鎔解層の上部は軟化されスチツキーボデーは完全に出来、生鑛石のペネトレーションを防ぎ従つてローガングの傾向を少くする事が出来るのであるボツシユハイトが低くなりボツシユアングル一定なる場合には鎔解層のアンダースurfaceの面積が小さくなり爐内が少しでも冷へるとスチツキーボデーとウオールとのフリクション大となりハンギングを起し易くなる。如斯状態は製鐵所に於ける舊式の鎔鑛爐と新式の鎔鑛爐即ちボツシユアングルの大なる鎔鑛爐との操業状態に於て明かに見る事が出来る。第 4 圖に示せる通り焼結爐の操業に於ても爐内の熱度高い場合には焼結物はボツケツトより繩状を呈し相連続して爐口より落下するのであるが少し爐が冷へると直ちに焼結物はウオールとのフリクションを増し爐口の内壁にリング状を呈して附着するのを見ても明かである。鎔解層下部の面積が小さくなると急速操業の場合即ち送風量を増加すると鎔解層は上部に出来る様になるから鎔解層と羽口の層との距離大となりローガングを起し易くなる理けである。其で鎔解層下部の面積を大ならしむる爲めに朝顔の角度を大きくするのであつて、従つてハースエリヤは大きくなる理けである。朝顔の角度竝にハースエリヤを大きくすると同一出鉄量に對し鎔解層は益々羽口のゾーン即ちヒートソースに接近し鎔解層以下に熱のコンセントレーション

第九圖

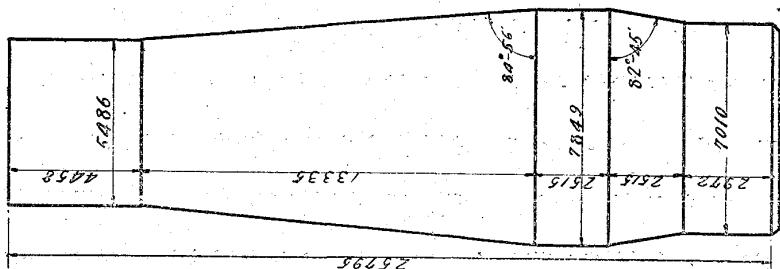
第九圖 最近熔鑄爐內形變化，趨勢

英國三三三號新鑄爐



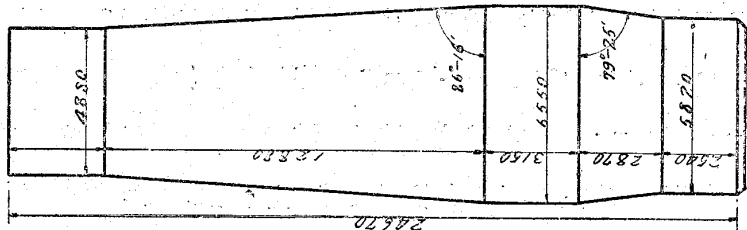
Vol. 1210 Cub. M.

英國三三三號第十號鑄爐



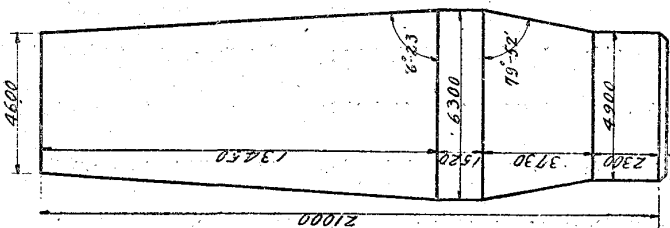
Vol. 930 Cub. M.

印度新鑄爐



Vol. 646 Cub. M.

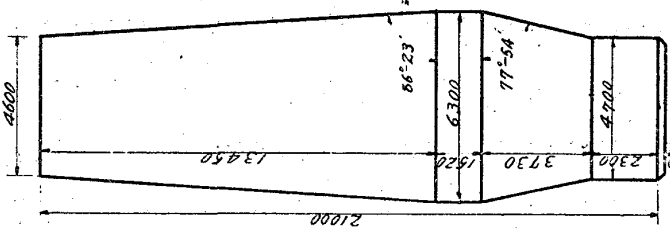
第一號鑄爐  
平底



Vol. 499 Cub. M.

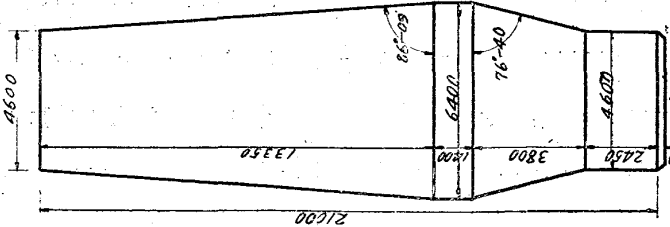
製鐵所鑄爐

第三號鑄爐  
錫和二元改造



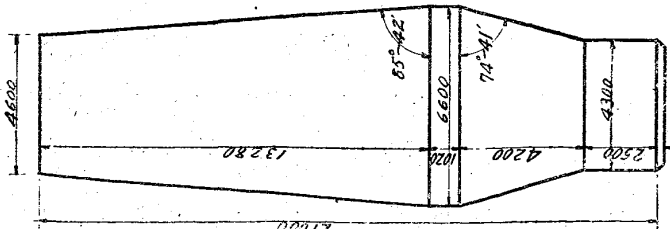
Vol. 493 Cub. M.

第四號鑄爐  
大正五年改造



Vol. 497 Cub. M.

第四號鑄爐  
大正十年改造



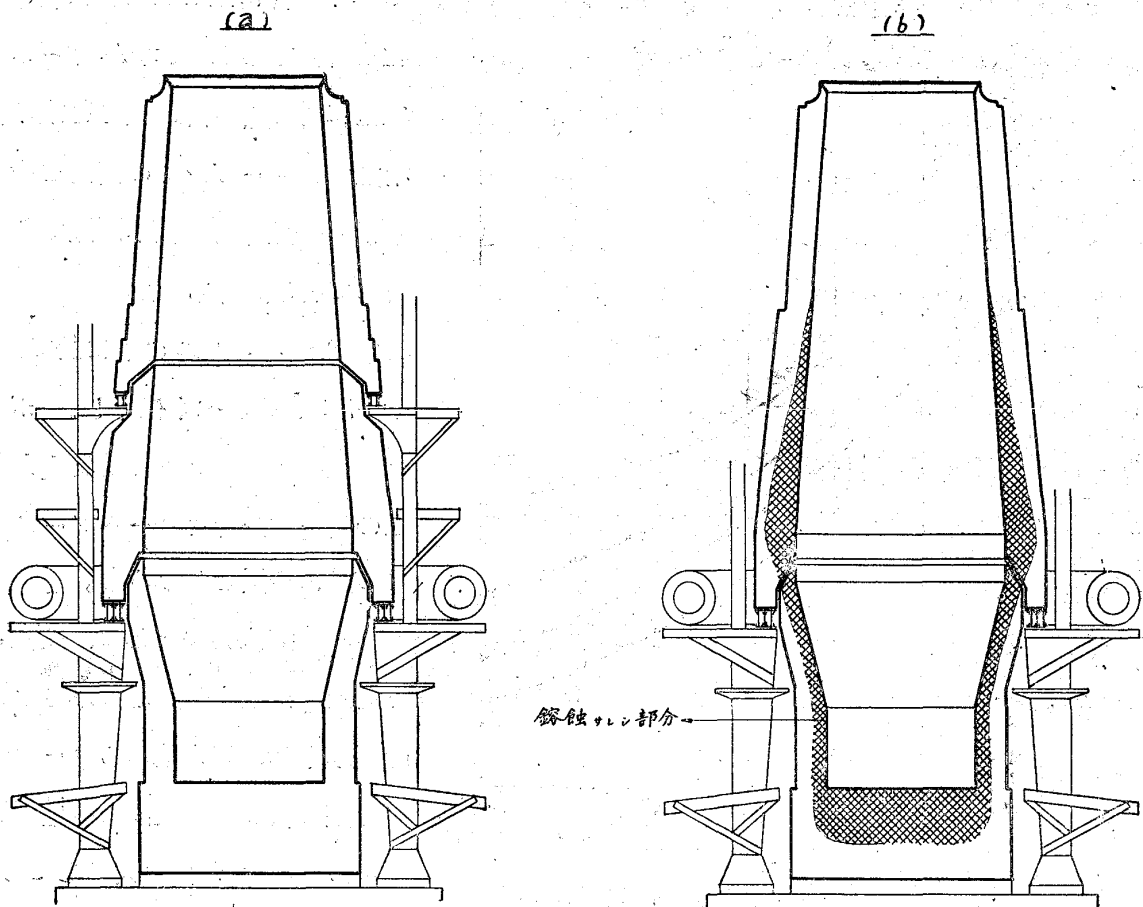
Vol. 501 Cub. M.

ンを來たし、骸炭をセーブする事が出来るばかりでなくトラベリングタイムを短かくする事が出来従つて急速操業もやり易くなるのである。殊に面白い事は第 13 表に示せる通り、ポツシユアングルを大きくすると銑中の珪素を下げ易くなる事である。銑中の珪素は前へに述べし通り装入物中のトータルシリカに依るのであるがトータルシリカが一定なるにも不拘珪素を非常に下げ易くなるのは低熱で操業し得るからばかりで無くハースエリヤが大きくなり銑解層が下部に出来るのであるからベセマーライジングの働きをもやり居るものと考へて居る。

第 9 圖は最近に於ける銑鑪プロフキルの大勢を示せるもので製鐵所に於ても漸次ポツシユハイトを低くしポツシユアングル、ハースエリヤを大ならしめて好結果を得て居るのであるから尙將來は一層上述の傾向を大ならしむる考へである。私のアーチ説に従へば日常の操業状態を具體的に説明し得るのみならず、近來歐米の銑鑪が著しくポツシユハイトを低くし、ポツシユアングル、ハースエリヤ等を大ならしむる理由なども前述の通り容易に説明する事が出来るのである。今日迄何故ポツシユハイトを低くし、ポツシユアングル、ハースエリヤ等を大きくするかと言ふ事に就ては文献が無い様である唯ローカルコンディションに依り試験の結果、骸炭のセーブが出来、出銑量を増加したと言ふまで、何等具體的説明を與へて居ないのであるが説明の出来ないのが當然であつて今迄の説ではどうしても説明する事が出来ないのである。獨逸などでも唯試験の結果良好なるを知り漸次米國式に向ひつゝある様である。前に述べしグーテホツフヌングスヒユツテに於ける私の研究指導者ドクトルウエーハイム氏は目下オランダの新設工場の技師長になつて居るそうであるが同氏などは獨逸即ち自國の技師から米國かぶれと非難される位迄米國式を採用して居るそうである。私も亦銑鑪プロフキルの點に於ては私のアーチ説より考へ確かに米國の方が獨逸より一步進んで居るものと考へて居る。

前述の通り銑鑪のプロフキル即ち内形が銑鑪操業上非常に重大なる事は明かでポツシユハイトポツシユアングル、ハースエリヤ等のみを變へて格段なる効果を上げて居るのである。然るに銑鑪の内形は操業中漸次變化して行き甚しい變化はシャフトの下部であつて、此部分は急に薄くなり諸外國に於てもクーリングボックス又はクーリングパイプ等を入れ種々苦心して居る様であるがどうしても防ぐ事は出来ないのである。銑鑪が古くなるとローガングやハンギングの故障が多くなつて操業困難になる事は何處の銑鑪に於ても経験する所であるが是は全く銑鑪プロフキルの變化によるものと考へて居る。銑鑪プロフキルの最も變化す場所は第 10 圖 B に示せる如くシャフトの下部であつて銑鑪の生命も全く之に支配されるのであるが詰る所銑鑪が古くなると内形はポツシユハイトが非常に高くなる事となり、従つて私の所謂銑解層は上部に出来易くなり、ローガングやハンギングの故障を増し、操業困難になるのである。爐熱の高い所即ち爐内下部は勿論であるが、爐熱の可なり低いシャフトの下部が何故他の部分より急激に薄くなるかと言ふ事に就ては殆んど文献が無い様であるが、私の考へでは何等かの原因で低熱にも不拘其部分が軟化され、装入物降下の摩擦に依つて薄くなるのではないかと考へ、數年前耐火煉瓦の規格調査委員會の一員として、銑鑪煉瓦の規格決定上

第 10 圖 爐 壁 の 浸 蝕 に 關 する 考 案 圖



其軟化度を加へる様呈案した事がある。

其後第 11 圖に示せる通り田所博士の研究によりシャモット煉瓦は荷重が大なればなるほど低熱で軟化する事が明かになつたので、私の疑問は氷解された理である。即ちシャフトの下部は自己荷重のみならず、装入物のフリクションからの荷重も加わり、爐壁が薄くなればなるほど單位面積に受ける荷重は大きくなるので、シャフトの下部は可なり低熱にも不拘軟化し、装入物の摩擦により薄くなるものと考へて居る。其で私は鎔鑛爐の内形をして成るべく長い間建設又は修繕當時の状態を保たしむるには、シャフトの下部が受ける荷重を成るべく少くする事が第 1 であると考へ、第 10 圖 (A) の如く將來はシャフトを二段に支へ、シャフトの下部が受ける荷重を成るべく減ずる様にしたいものと考へて居る。然らざればシャフトの上半部は成るべく薄くし、下半部は成るべく厚くして、シャフトの下部が受ける單位面積に對する荷重を出來得る限り少くする事が良いと考へ、第 1 鎔鑛爐から始め目下製鐵所に於ける鎔鑛爐は總べて之を實施して第 10 圖 (B) の如くして居るのである。

VIII 結 論

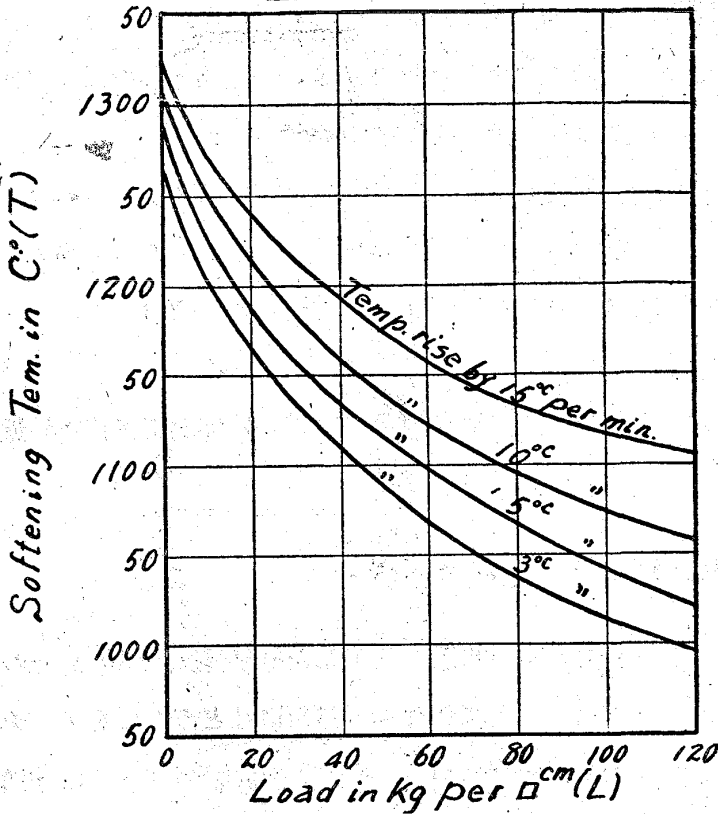
以上述べし通り私の考へでは今迄の研究により日常の操業に於ても又プロフェル等の點に於ても結

第 11 圖

シャモット煉瓦試験(田所博士研究)

加熱速度を一定に、荷重を變化せる

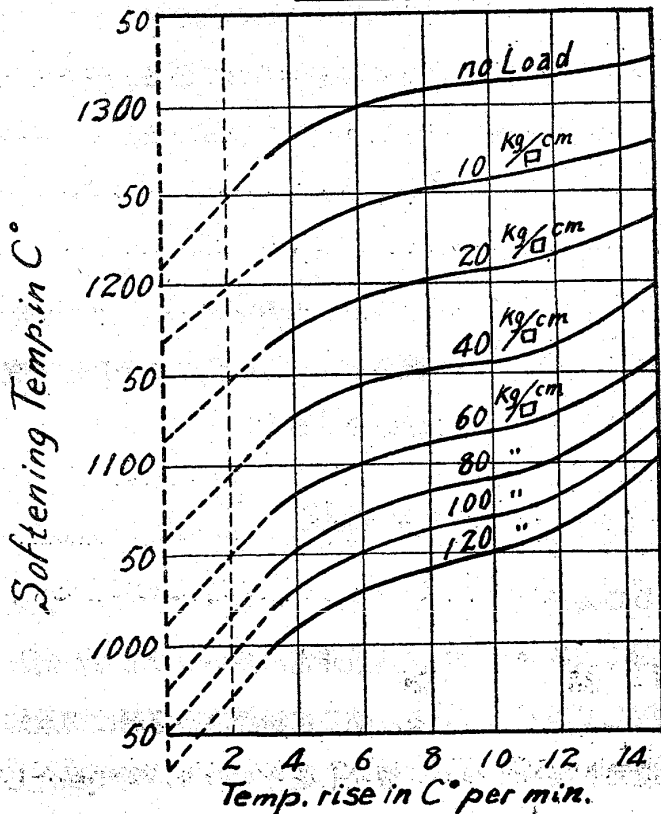
時の軟化温度との關係



シャモット煉瓦試験(田所博士研究)

荷重一定を、加熱速度と

軟化点の關係



局は私の所謂鎔解層を朝顔間に於て成るべく下部に生ぜしめ装入物の收縮軟化を容易ならしめ、スティッキーボデーを完全にして鎔解層の強さを或る程度迄増加し、ローガングの傾向を少くする事が鎔鑛爐操業の根本問題であると確信して居る。即ち

(1) プロファルの點に於てはボッシュアイトを成るべく低くし、ボッシュアングル、ハースエリヤ等を大ならしめ私の所謂鎔解層をヒートソース即ち羽口の層に接近せしむる事。

(2) 装入方法としては骸炭と鑛石とを別々に装入し、層の厚さを或る程度迄厚くし、装入鐘即ちコーンの下部面と装入物の上部表面との距離を大ならしめ(コーンの径を大にしてもよし)粉は爐壁に塊は中心に分布せしめ、朝顔部に於ける軟化状態を均一ならしめて鎔解層の強さを増加せしむる事。

(3) 装入物としては骸炭は成るべく堅きもの、鑛石は成るべく富鑛を使用し、既成鑛滓例へば平爐滓の適量を混合装入して鎔解層の強さを増加する事。

(4) 操業方法としては羽口の径を大にし、其爐内突出を成るべく少くし高熱の衝風を使用し、出來得るならば衝風の熱度は一定にして送風量だけで爐熱を加減し、爐況の許す限り送風量を増加してトラベリングタイムを極力短かくする事。

(5) 前に述べし 15 ケ條の事實より鎔解層の状態を明かにする事が出来、ハンギングの故障等も全く局部的ローガンクに基因し爐内が冷へて起る事を確むる事が出来たから、従つて今日迄具體的説明殆んど不可能なりと稱せらるゝ鎔鑛爐操業方法は、唯簡單に一つのプリンシプルに依つて操業する事が出来る様になつたのである。即ち日常の操業に於ては衝風の温度は一定にし、爐内の熱は唯送風量に依りて加減する事が出来、輕きローガンク、ハンギング等の場合は勿論例へ如何なる烈しきローガンクが起つても又如何なる烈しきハンギングが起つても結局は其程度により夫々送風量を一時減じて私の所謂鎔解層を朝顔の下部に生ぜしめ、羽口の層と鎔解層とを相接近せしむる方法に依り爐熱を高め、スチッキーボデーの軟化状態を完全ならしめて鎔解層を丈夫にすれば爐況は直に回復せしむる事が出来るのである。

附言。粉鑛燒結用回轉式燒結爐に於ける装入物の熱による軟化状態並に鎔解状態の研究が鎔鑛爐の研究上非常に役立て居るのである。

## 第貳章 研究室に於ける鎔鑛爐の研究

前章に述べし通り今日迄拾數年間に亘り鎔鑛爐の實際操業に就て研究した結果操業上 15 ケ條の重大なる事實を知る事が出来たのである。此等の事實から押して鎔鑛爐の鎔解層はどうしてもアーチ形を成して居るべき筈であつて此考へを基礎として實際の操業に就て研究して來た結果今日では鎔鑛爐内の諸現象並に鎔鑛爐内形の急激なる變化等を具體的に説明する事が出来るばかりでなく今日迄歐米に於ても尙ほ具體的説明殆んど不可能なりと稱せらるゝ鎔鑛爐操業方法は唯簡單に一つのプリンシプルに依り操業する事が出来る様になつたのである。即ち私の所謂アーチ形の鎔解層を羽口の層即ちヒートソースに接近せしむる方法に依つて爐内總ての故障を完全に防ぎ得るのである。然るに私のアーチ説は今日迄歐米に於て信ぜられて居る所の學説とは全々根定を異にして居るのである。私の考へでは實際操業に就て知る事が出来た 15 ケ條の事實と對照して今迄の考へ方は全く間違ひであつて其で日常の操業方法も、又鎔鑛爐内形の急激なる變化等も具體的説明が出来ないのであると考へて居るのであるから、尙ほ學術的にも研究して私のアーチ説を確め度いのが年來希望であつた處、幸に昭和 2 年より實際操業と關連して研究室に於て學術的に研究し得る機會を與へられたので今日迄研究して知る事が出来た事を極く簡單に主要な點だけを述べさせて頂き度いのである。

### I 鎔鑛爐原料の瓦斯に依る還元状態

先づ私は初めに鎔鑛爐原料の性質を確むる必要があると考へて瓦斯に依る還元試験の比較研究を始めたのである。今日迄鎔鑛爐原料に就き瓦斯に依る還元試験は其數非常に多いのであるが何れも基礎的研究であつて試量の重さを一定にして比較して居るのである。然るに鎔鑛爐の原料は御承知の通り鎔鑛爐に装入せらるゝ時、貧鑛も富鑛も又還元し易きものも、還元し難きものも一所に混合して装入

さるゝを普通として居るのであるから爐内の降下速度即ち鎔解層の處迄降る速度は何れの鑛石も同様であつて同一の層に於ける瓦斯の壓力、瓦斯の速度並に熱度等は一定である。其で私は試料の粒とボリュームとを一定にして還元の難易を比較せなければ鎔鑛爐操業の参考にはあまり役立たないと考へて爐内瓦斯の成分等も米國のビューロー・オフ・マイン等の研究からアツシユームして實際の鎔鑛爐内と成るべく同一状態の下に於て特に試料の粒とボリュームとを一定にして比較試験をやつたのである。そして面白い事を知る事が出来た。即ち硅酸の含有量多きもの語をかへて言へば貧鑛なればなるほど還元し難く、殊に硅酸の含有量多く硫黄分の多いものは低温度より却つて高温度の場合還元が悪しくなる事を知る事が出来た。實際操業に於ても貧鑛を使用する場合、殊に安岳鐵鑛の如くシリシヤスで硫黄の多いものを1割も使用すると急速操業が非常に困難になるのであるが此等の理由も明かになつた理けである。其他知り得た種々なる點から考へ鎔鑛爐原料即ち鑛石類は經濟の點から言ふても操業上から言ふても又低硅素鉄製造等の點から言ふてもどうしても富鑛でなければならぬものと考へて居る。

## II 鎔鑛爐原料の熱に依る軟化状態

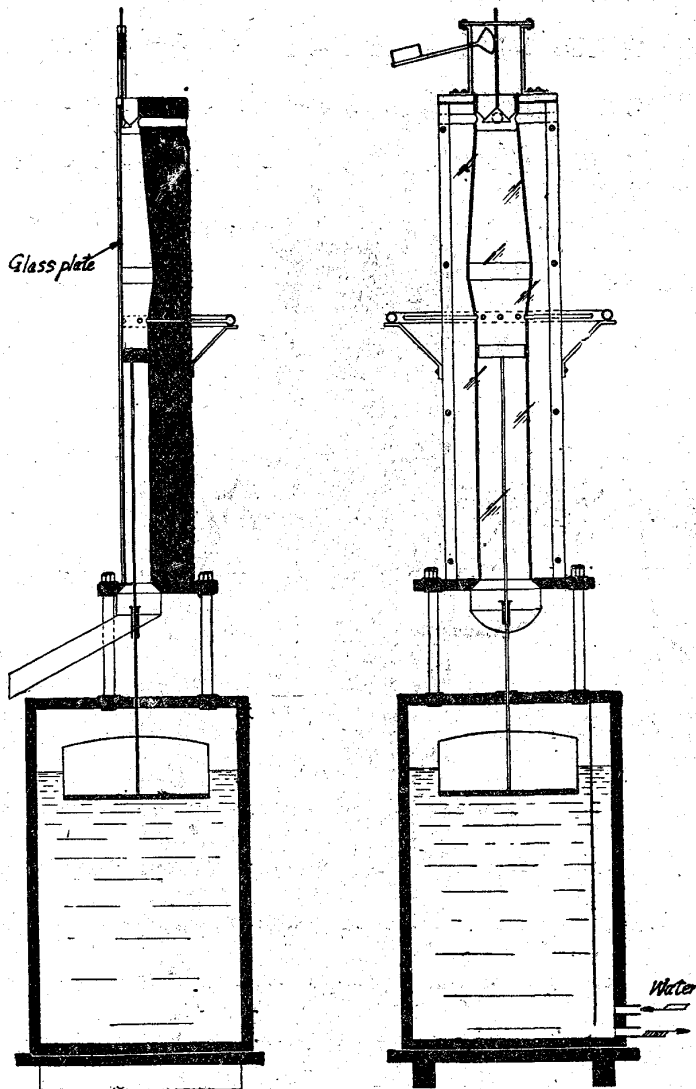
次に今日迄鎔鑛爐原料の熱に依る物理的變化に就ては殆んど文獻が無い様である。然るに前申上げた通り鎔鑛爐操業に於て装入物の物理的變化即ち收縮、軟化等が非常に重大である事は明かであるが今日迄装入物の軟化状態殊に一定ロード下即ち荷重下に於ける軟化状態の研究は絶無であると言ふても過言では無いのである。鎔鑛爐の下部に於ける装入物の軟化状態は所謂一定ロード下に於ける軟化状態である。其で大正 11 年から今日迄繼續して居る粉鑛焼結用の回轉式焼結爐の研究に於て装入物(鑛石類)の熱による軟化状態の大體を知る事が出来たけれども尙一層詳細に研究したい希望で研究室に於て研究させて頂いた結果非常に面白い事を知る事が出来た。即ち鎔鑛爐原料は骸炭を除き荷重が増せば増すほど低熱に依り收縮率を増加し著しく軟化状態を促進せしめ得る事を知る事が出来たのである。此事實は鎔鑛爐操業に於ては勿論、鎔鑛爐設計上實に重大なるファクターであると考へて居る即ち鎔鑛爐のプロフィールは朝顔を成るべく低くシヤフトはなるべく高くして朝顔の上表面に装入物の全ロードがかゝる様に設計して装入物の收縮、軟化を容易ならしむる事が理想的であると言ひ得る理けである。此研究に就ては委しく申上げ度い希望であるが時間の都合で後日に譲る考へである。

## III 鎔鑛爐内に於ける装入物の分布状態並に降下状態

今日迄鎔鑛爐に就ての研究は前も申上げし通り殆んど化學的研究に限られ装入物の爐内に於ける分布状態、降下状態、鎔解層等の學術的研究は殆んど絶無であつて唯装入鐘即ちコーンの大小に依る分布状態につき英人ターナー氏の一寸した研究があるばかりである。其で前章に申上げた實際操業上に於ける研究と相關連して極力鎔鑛爐内の眞想を確めたい希望で鎔鑛爐内に於ける装入物の分布状態、



第 12 圖 實 驗 裝 置 其 之 2



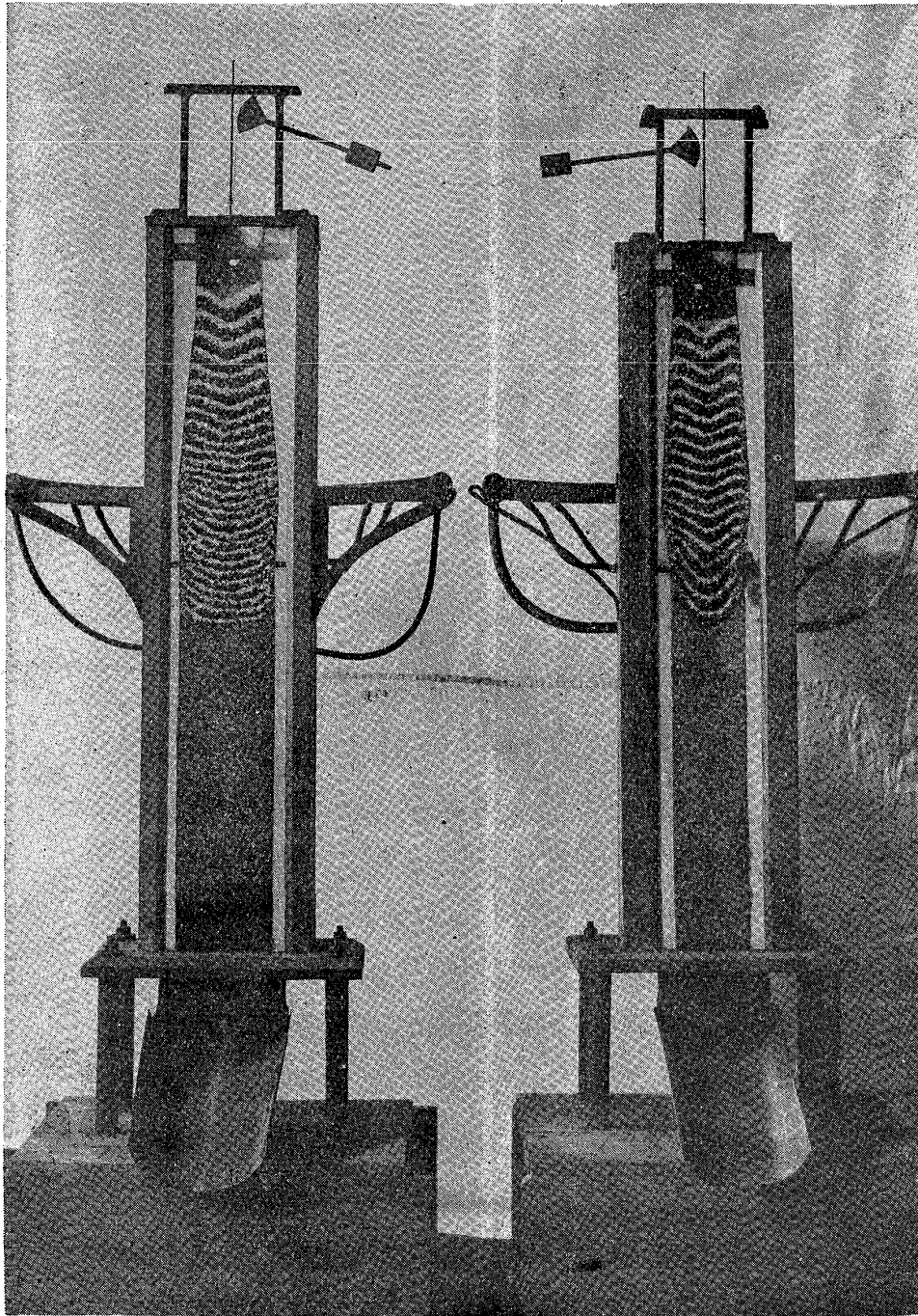
降下状態竝に銻解層の研究を開始した次第である。銻鑛爐の各部をプロポーショナルに設計し其断面圖を造り第 12 圖に示せる通りの實驗装置を用ひて先づ装入物の分布状態と降下状態とを試験した結果、分布状態に於てはコーンの下部と装入物の上部表面との距離に依り分布状態を或る程度迄自由にする事が出来、殊に面白い事は第 1 寫眞(B)に示せる通り装入物上部表面の形は装入物下部の降下速度とは殆んど無關係でシャフトの下部に於ては装入物の降下速度は殆んど同一で水平状態に降下し、第 1 章に述べた通り装入物は銻鑛爐内に於ては餘り密度に變化なき一つのピラーであると見る事が出来る理であつて、装入物はコーンザツク殊に朝顔の上部に来て初めて降下速度に差を生じ中央部の速度大となる事を知る事が出来た。之は今迄の銻鑛爐内形即ちポツシユアングル 80 度位迄の場合であるが最近銻鑛爐の内形は第 9 圖に示せる

通り下部は殆んどシリンダーフォームを取る傾向がある。第 1 寫眞 (A) は目下世界最大のポツシユアングル 86 度 2 分 7 秒を有する米國ピツバーグのジョンラフリン工場に於ける新設銻鑛爐の場合であるが、此内形のものに就て降下状態を試験して見ると第 1 寫眞 (A) に示せる通りシャフトの下部は全く水平状態に降下するのみならず朝顔間に於ても尙ほ装入物は殆んど水平状態に降下する事を知る事が出来た。其でポツシユアングル大なる銻鑛爐ほど私の所謂朝顔部に於ける スチッキーボデーの軟化状態を均一にする事が出来、従つて降下状態の點から考へても銻鑛爐操業上最も困まるローガングの故障を除き易く成る理けである。

#### IV 銻鑛爐内に於ける銻解層の状態

私の所謂銻解層は装入物の軟化状態より起る スチッキーネスと自己荷重より起る骸炭のセリとにより朝顔部に於てアチ形を構成する理けであるから粉鑛を堅める回轉式燒結爐に於ける装入物(鑛石類)の軟化状態竝に研究室に於ける装入物の軟化状態等の研究より考へて銻鑛爐内装入物の物理的變

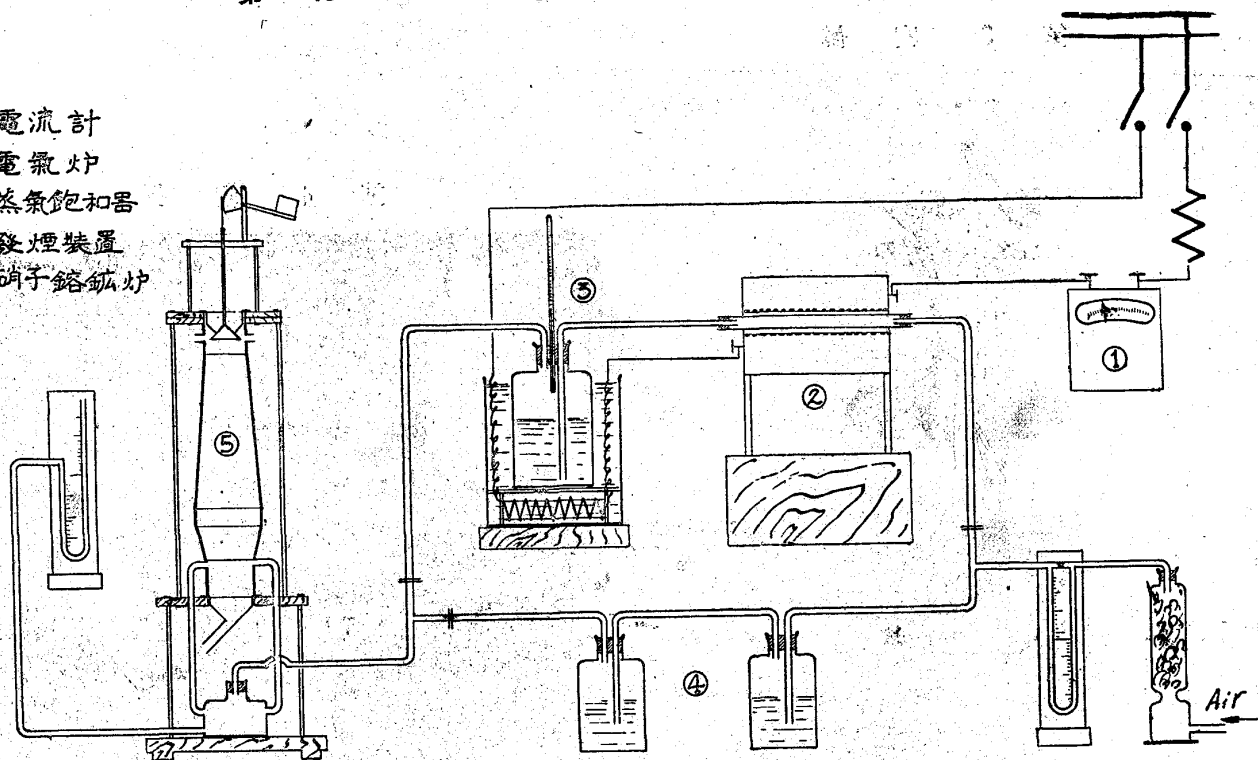
## 第 1 寫 眞

(A) 米國ジョンラフリン工場  
新設鑄鐵爐ポツシユアングル  $86^{\circ}27'$  の場合(B) 製鐵所第5鑄鐵爐  
改造豫定ポツシユアングル  $80^{\circ}18'$  の場合

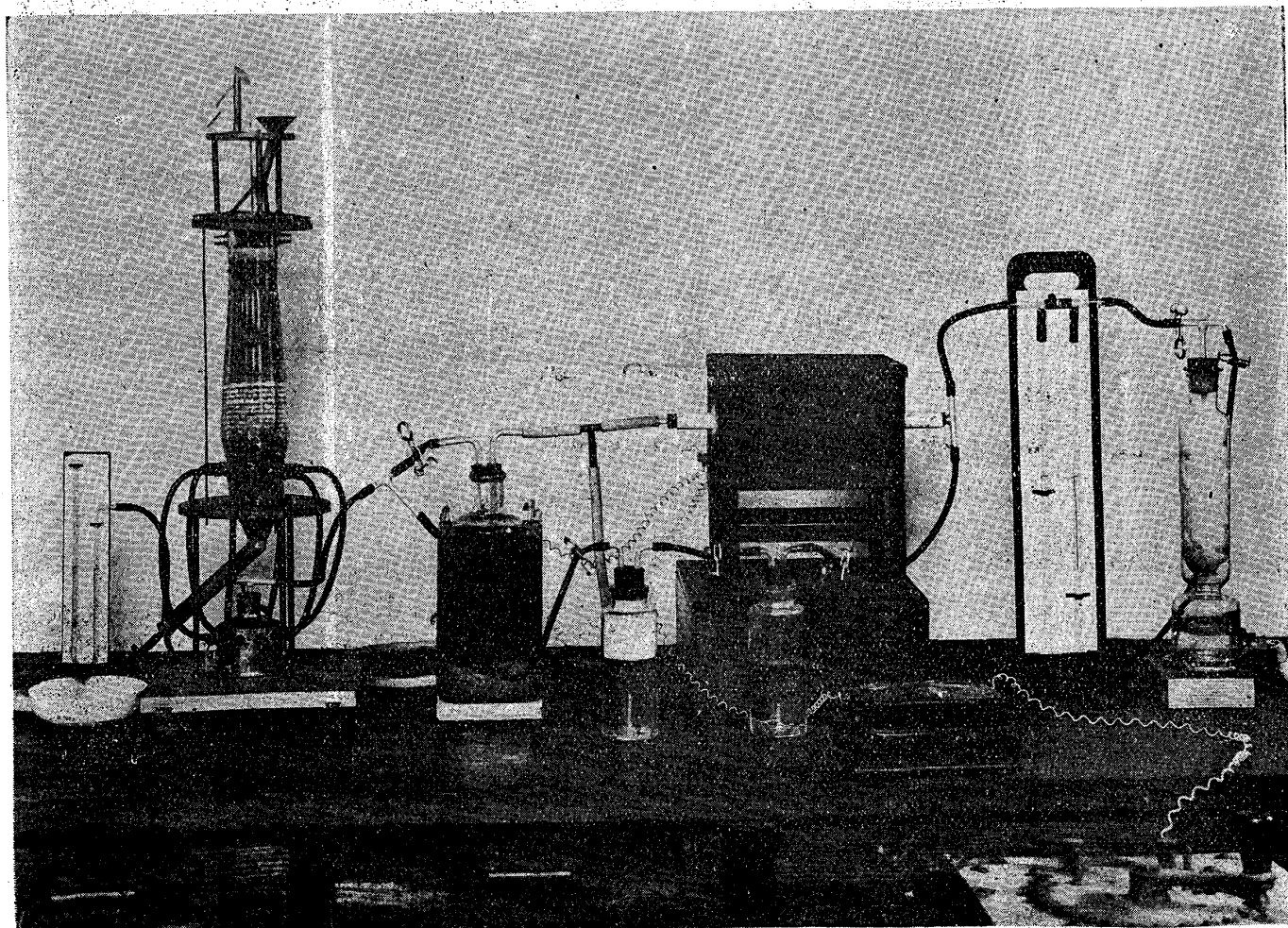
化と殆んど同一状態の物理的變化を起す原料を撰みて鑛石の一部と置きかへ第 13 圖に示せる通り現在操業して居る鑄鐵爐の各部をプロポーションナリーに設計して製造した硝子製鑄鐵爐を使用して原料の大きさ風壓、風速等も又プロポーションナリーに鑄鐵爐操業通りにし蒸汽で飽和された空気を送り、其水分にて鑛石類の軟化状態と近似な軟化状態を呈して鑄解する原料即ち鹽北カルシユームを使用して第 3 竝に第 4 寫眞に示せる通りアーチ形の鑄解層を生じて鑄解する事を知る事が出来、従つて私の

第 13 圖 實 驗 裝 置 其 之 1

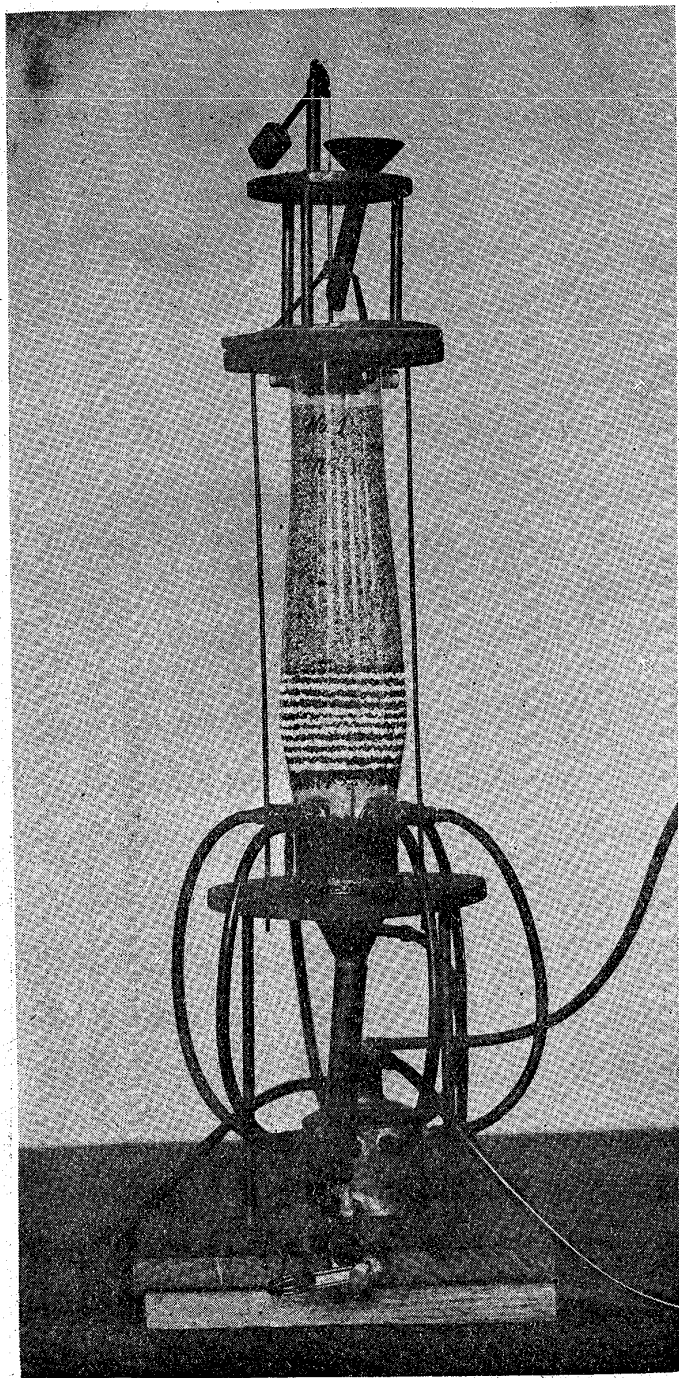
- ① 電流計
- ② 電氣炉
- ③ 蒸氣飽和器
- ④ 發煙裝置
- ⑤ 硝子鑄鉈炉



第 2 寫 真 實 驗 裝 置 全 部

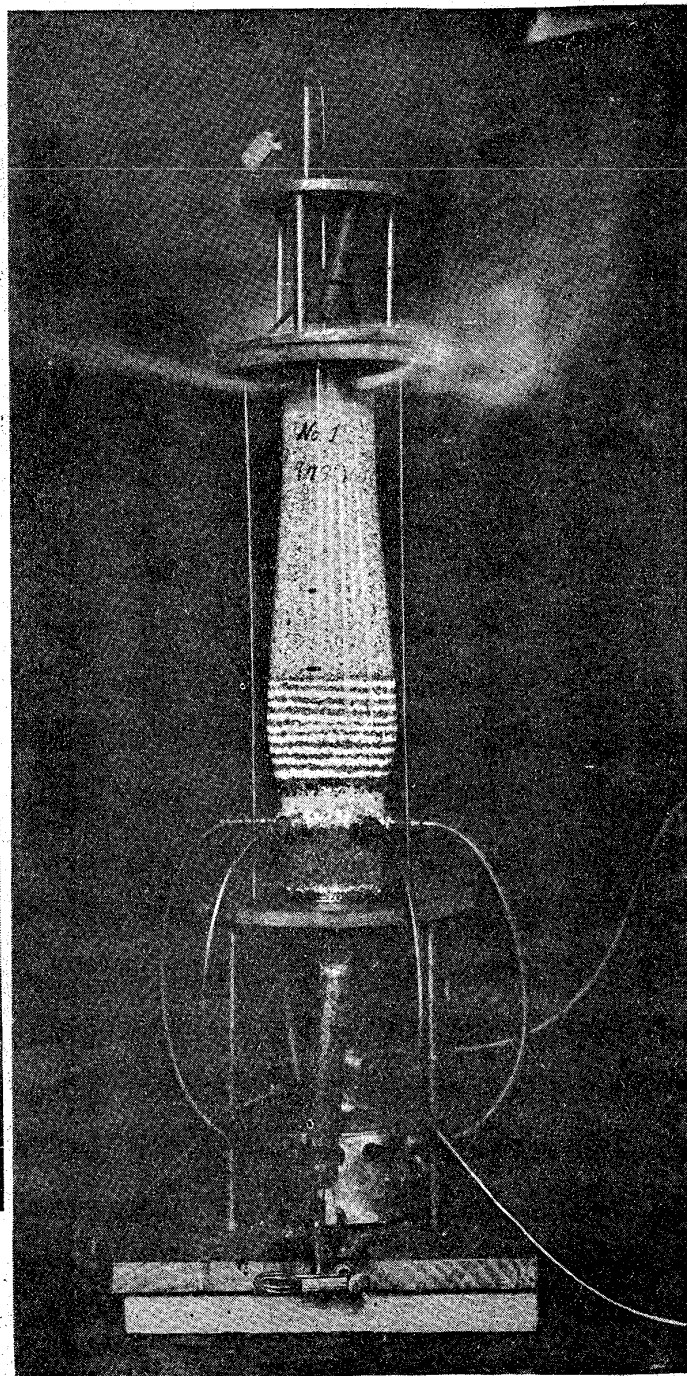


第 3 寫 眞



ホツシユアングル 80°  
蒸気にて飽和されし空氣を送りし場合

第 4 寫 眞



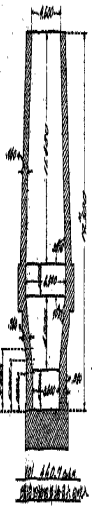
ホツシユアングル 80°  
蒸気にて飽和されし空氣と煙とを送りし場合

第二高爐操業成績表

大正三年度

第五表

Table with multiple columns for '第二高爐' (Second Blast Furnace) performance, including raw material input, gas output, and slag production.



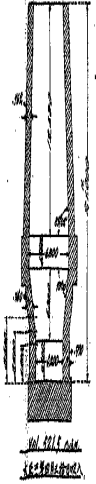
第四表 鑄鐵爐使用各種原料分析表 大正三年度

Table showing the chemical analysis of pig iron (鑄鐵) used in the blast furnace.

Table showing the chemical analysis of molten iron (溶化鐵) used in the blast furnace.

Table showing the chemical analysis of limestone (石灰) used in the blast furnace.

Table showing the chemical analysis of slag (灰) used in the blast furnace.



第四高爐操業成績表

大正三年度

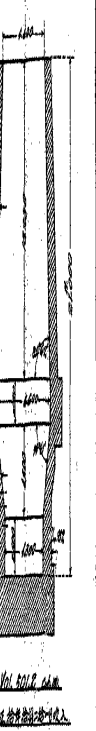
Table with multiple columns for '第四高爐' (Fourth Blast Furnace) performance, including raw material input, gas output, and slag production.

第四高爐操業成績表

大正拾一年度

第七表

Table with multiple columns for '第四高爐' (Fourth Blast Furnace) performance, including raw material input, gas output, and slag production.



第六表 鑄鐵爐使用各種原料分析表 大正拾一年度

Table showing the chemical analysis of pig iron (鑄鐵) used in the blast furnace.

Table showing the chemical analysis of molten iron (溶化鐵) used in the blast furnace.

Table showing the chemical analysis of limestone (石灰) used in the blast furnace.

Table showing the chemical analysis of slag (灰) used in the blast furnace.

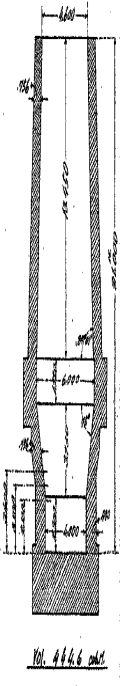
第八表 鑄鐵爐使用各種原料分析表 大正拾四年

Table with columns for material types (未炭, 炭, 石) and chemical elements (C, Si, Mn, P, S, Cu, Ni, Mo).

Table with columns for material types (未炭, 炭, 石) and chemical elements (C, Si, Mn, P, S, Cu).

Table with columns for material types (未炭, 炭, 石) and chemical elements (C, Si, Mn, P, S).

Table with columns for material types (未炭, 炭, 石) and chemical elements (C, Si, Mn, P, S).



第九表

第一高爐標業成績表 大正拾四年

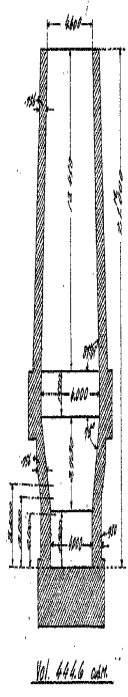
Main table for the first blast furnace, showing production metrics and material inputs.

Table showing detailed production metrics and material composition for the first blast furnace.

第十表

第二高爐標業成績表 大正拾四年

第一表 鑄鐵爐使用各種原料分析表 昭和二年



Main table for the second blast furnace, showing production metrics and material inputs.

Table showing detailed production metrics and material composition for the second blast furnace.

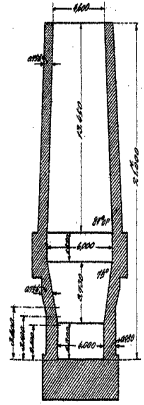
Table with columns for material types and chemical elements (C, Si, Mn, P, S, Cu, Ni, Mo).

Table with columns for material types and chemical elements (C, Si, Mn, P, S, Cu).

Table with columns for material types and chemical elements (C, Si, Mn, P, S).

Table with columns for material types and chemical elements (C, Si, Mn, P, S).

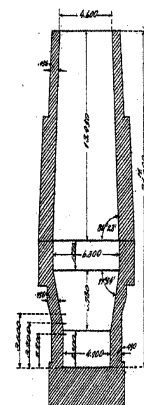
Table with columns for year, month, day, and various material input/output metrics for the second blast furnace.



Vol. 44.6.6 400馬 大高爐第一高爐

Table with columns for year, month, day, and detailed chemical composition and efficiency metrics for the second blast furnace.

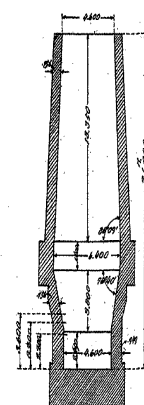
Table with columns for year, month, day, and various material input/output metrics for the third blast furnace.



Vol. 44.6.7 400馬 第三高爐第一高爐

Table with columns for year, month, day, and detailed chemical composition and efficiency metrics for the third blast furnace.

Table with columns for year, month, day, and various material input/output metrics for the fourth blast furnace.



Vol. 44.6.8 400馬 大高爐第二高爐

Table with columns for year, month, day, and detailed chemical composition and efficiency metrics for the fourth blast furnace.

アーチ説は一層確められた理けである。其で尙ほ今後各種の鎔鑛爐内形に就き分布状態、降下状態等の研究を進め鎔解層の方は製鐵所の鎔鑛爐内形に於ては勿論現今使用して居る世界各種の特徴を有する鎔鑛爐内形に就ても實驗の結果、鹽化カルシウムを使用する場合には前述の通り同様鎔解層はアーチ形を呈して鎔解する事を知る事が出来たから、尙ほ今後は熱に依り鎔鑛爐装入物の軟化状態と近似な軟化状態を呈して鎔解する原料例へばワックス、封蠟其他低熱により軟化して鎔解する原料等を使用して此研究を進める積りである。硝子製であるから分布状態、降下状態、鎔解層の状態、其他日常鎔鑛爐操業に現る、諸現象を眼で見る事が出来るので非常な興味を以て研究を續けて居るのであるから後日委しく發表する機会があると考へて居る。

## V 結 論

(1) 鎔鑛爐作業と關連して鎔鑛爐原料の瓦斯に依る還元比較試験の研究をやり硅酸の含有量多きもの語をかへて言へば貧鑛なればなるほど還元し難く殊に硅酸多く硫黄分多きものは低温度に於けるよりも却つて高温度の場合還元困難なる事を知る事が出来た。

(2) 鎔鑛爐作業と關連して鎔鑛爐原料の熱に依る物理的變化の研究をやり、荷重が増せば増すほど低熱に依り收縮率を増加し其軟化状態を促進せしめ得る事を知る事が出来た。

(3) 鎔鑛爐作業と關連して装入物の分布状態、降下状態の研究をやり分布状態に於ては装入鐘(コーン)の下部面と装入物上部表面との距離により其分布状態を或る程度迄自由にする事が出来、降下状態に於ては装入物上部表面の形は下部に於ける降下速度とは殆んど無關係にしてシャフトの下部に於ては殆んど水平状態に降下しコーレンザツク殊に朝顔の上部面より初めて降下速度に差を生じ、ボツシユアングルの小なものほど中央部の速度大なる事を知る事が出来た。

(4) 鎔鑛爐作業と關連して鎔解層の研究をやり硝子製鎔鑛爐を使用して装入物中鑛石の一部を鹽化カルシウムと置きかへ蒸氣にて飽和されし空気を送り鎔解層は朝顔間に於てアーチを呈して鎔解する事を知る事が出来た。

以上述べし通り今日私が鎔鑛爐作業上總べての點に於て確信を以て操業し得る様になつたのは全く先輩方の御指導の賜である事は勿論であるが特に今唯本會の會長をして居らつしやる服部博士が實際操業に就て慈父の如き御指導を給わり、又製鐵所顧問東大教授俵先生竝に私の恩師京大教授齋藤先生の御三方が機會ある毎に常に親しき御指導を給わり、最近に於ては野田技監閣下御赴任以來總べての點に御指導を給わると同時に實際作業と關連して研究室に於て學術的に研究の機會を與へられ御指導を頂きし御蔭であつて此席から誠に失禮ではあるが以上4名の御方に對し心から滿腔の謝意を表する次第である。