

昭和十一年二月二十五日發行

## 論 說

### 鎔鑛爐の壽命と操業法に就て

(日本鐵鋼協會第 13 回講演大會講演)

松本 與三郎

THE LIFE OF LINING AND THE MODE OF RUNNING OF THE BLAST FURNACE.

By Yosaburo Matsumoto.

**SYNOPSIS:**—Owing to the technical advances achieved by engineering both in the construction and operation of the blast furnace, there is recently a decided trend toward increased life of lining. The durability of linings of 23 stacks which were blown out, in our Country and Manchoukuo during the past 10 years, has been averaged to 5 years 7 months.

At the Kenjiho Iron and Steel Works, No. 1 and No. 2 blast furnaces, each rated at 150 ton capacity, were recently blown out after long continuous running of 13 years 6 months and 14 years 2 months respectively. During their Campaigns, the former produced about 758,000 tons and the latter about 790,000 tons of pig iron.

In the present paper the author treats of the factors influencing on the life of the lining, and the mode of the furnace working at the Kenjiho Works. In examining the blowing-out lines of the furnaces, he concludes it is mainly attributed to the operating condition inclined toward internal running that the Kenjiho furnaces worked on with torerable performance for so many years.

#### I. 緒 言

鎔鑛爐を改築するには多額の經費と時日を要し、時としては作業期間中に得たる利益の大半を失ふを以て、其壽命の長短は當事者の考慮すべき最も重大なる問題であるは言ふを俟たない。

最近鎔鑛爐の壽命は操業法の進歩と構造上の技術の發達に伴ひ次第に永くなりつゝある。昭和3年の A. I. M. E. の總會に於て J. P. Dovel<sup>1)</sup> は所謂 Permanent furnace と稱する永久的鎔鑛爐を紹介し、其あるものは 17 年間使用して尙完全であると發表してゐる。昭和9年倫敦に開かれた英國鐵鋼協會に於ける A. T. Green<sup>2)</sup> の報告によると、英國の5ヶ所の製鐵所に屬する6基の鎔鑛爐の平均壽命は5年8ヶ月になつてゐる。又我國及び滿洲國に於て過去 10 ヶ年間に吹卸された 23 基の鎔鑛爐(經濟的事情の爲めに吹卸されたものを除く)の平均壽命は約5年7ヶ月

になつてゐる。

兼二浦製鐵所に於ける第1鎔鑛爐は大正7年6月吹入以來 13 ヶ年半、又第2鎔鑛爐は同年8月吹入以來 14 年2ヶ月の長期間に亘り連續操業を爲し、前者は總出銑量75萬8,000 噸餘、後者は78萬9,000 噸餘を産出し昭和6年12月及び翌7年10月に夫々吹卸された。筆者は此の兩爐に就き吹卸後の内部状態を調査せる結果に基き、操業法が爐の壽命に及ぼす影響に就て聊か卑見を述べたいと思ふ。

#### II. 鎔鑛爐の壽命に関する要因

一般に鎔鑛爐の壽命を支配する原因は種々あるが其主要なるものとしては、次の諸項を列挙し得る。

##### A. 構造上の要因

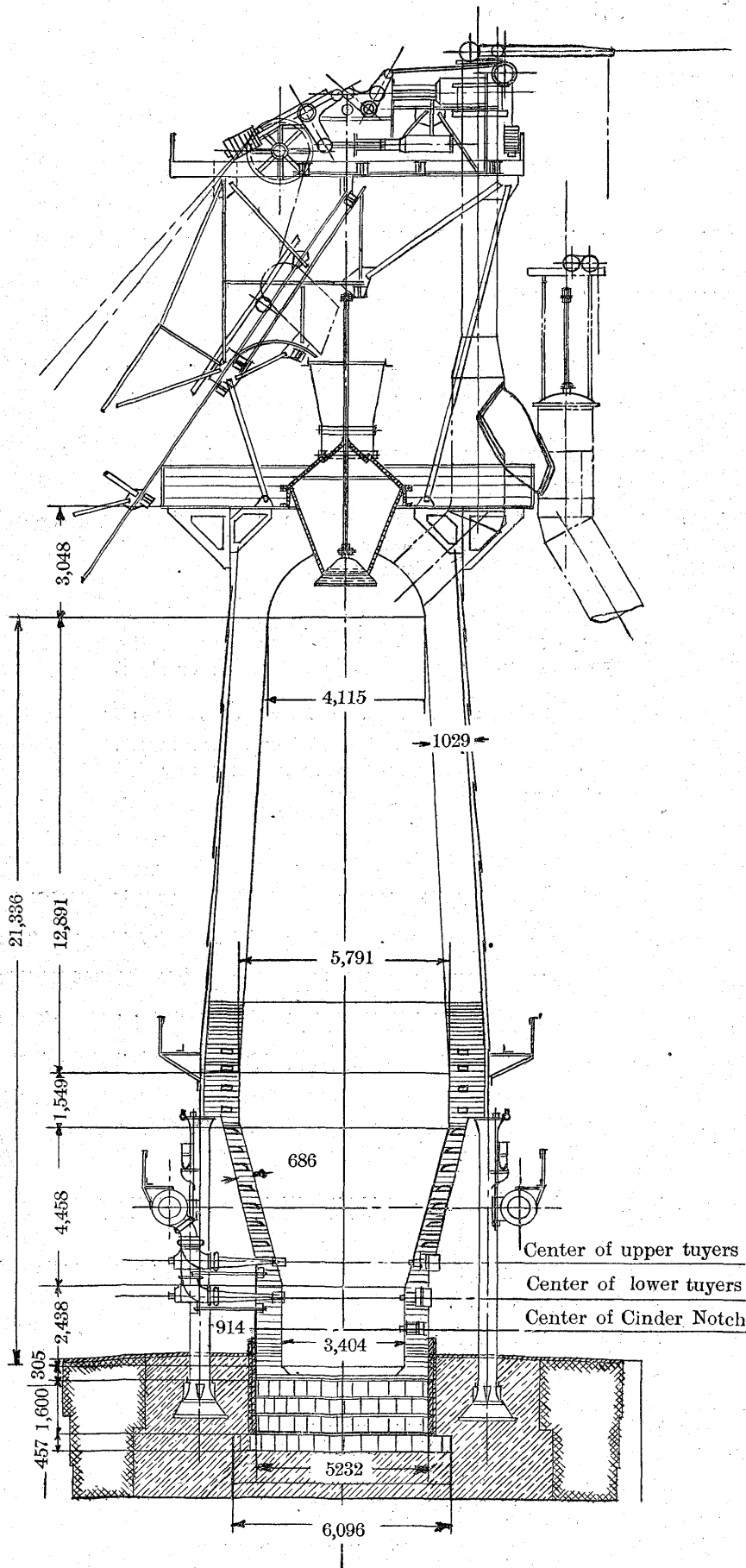
1. 爐のプロフィール
2. 耐火材料の物理的並化學的性質
3. 爐壁の厚さ及び其の冷却方法
4. 装入装置
5. 羽口の數、直徑及び爐内突出

<sup>1)</sup> J. P. Dovel. Iron and Steel Technology in 1928.

<sup>2)</sup> A. T. Green, Journal of Iron & Steel Institute. Vol. 129, No. 1, 1934.

第 1 圖 銻鑛爐縦断面圖

Section of Brastr Furnace  $\frac{1}{16}$ "



6. 瓦斯排出口の數及び其の位置

B. 操業上の要因

1. 各種原料の諸性質
2. 製品の種類
3. 鑛滓の成分
4. 装入方法
5. 操業の速さ：一送風量、送風温度及び壓力

其他爐況に關する要因は凡て爐の壽命に影響する。夫故に兼二浦の銻鑛爐の壽命を論ずるに當りては少くとも以上の各項に就き充分吟味する必要がある。

A. 構造上の要因

1. 爐のプロフィール 兼二浦の初代の第 1 及び第 2 銻鑛爐は共に同型の姉妹爐であつて、プロフィールは第 1 圖の通りで、今より約 20 年前出銻能力 150 噸として設計されたのである<sup>3)</sup>。

爐の各部寸法殊に朝顔の角度並高さ及び爐筒の角度等は直に爐況に影響し従つて爐の壽命に重大關係を有する。單に爐壁の侵蝕を防ぐ點より云へば、爐腹の徑は爐床徑に比し大なる程有利である。昔良質の耐火材料が発見せられず、又爐壁の冷却方法も發明せられない時代の爐が如上の條件を具備せるは爐壁保存上必然的要求の結果であると考へられる。然し朝顔の角度小にして其高さの高き程、又爐筒の角度は大なる程装入物の懸滯を惹起し易くなる。兼二浦に於て第 2 銻鑛爐の改築に當り、懸滯防止の爲め朝顔の角度  $75^\circ$  を  $79^\circ 24'$  に、高さ  $4,458\text{ mm}$  を  $3,658\text{ mm}$  とし爐筒角度  $86^\circ 16'$  を  $85^\circ 51'$  に改造せしが實際操業に當つては懸滯を完全に防止することが出来ない。此の結果より見れば懸滯に對してはプロフィールの前記程度の變更よりも原料及び操業法による影響の方が一層大であることが知られる。

2. 耐火材料の物理的並化學的性質 之

<sup>3)</sup> 河村 駿：鐵と鋼 11 年 8 號、大正 14 年

これは爐の壽命に直接重大なる關係を有するは明である。兼二浦の舊鑄鐵爐は爐底より約 12,800mm の高さまでは米國ハービソン會社製のシャモット煉瓦を用ひ、其他の部分は品川白煉瓦會社製を用ひてあつた。之等煉瓦の主要成分耐火度及び比重等は次の通りである。

	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	耐火度	比重
ハービソン會社製 (爐床及び朝顔用)	53.56	49.98	2.80	32強	1.97
同上 (シャフト用)	51.80	43.40	4.04	32	2.03
品川白煉瓦會社製 (シャフト用)	59.14	38.84	1.98	30	1.86

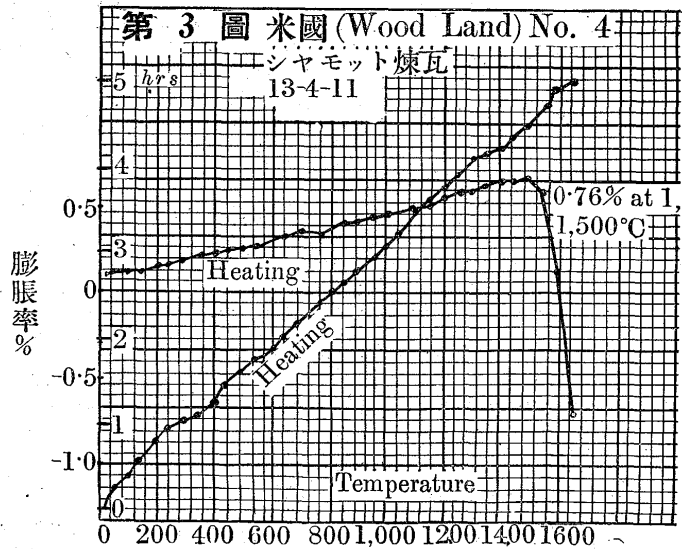
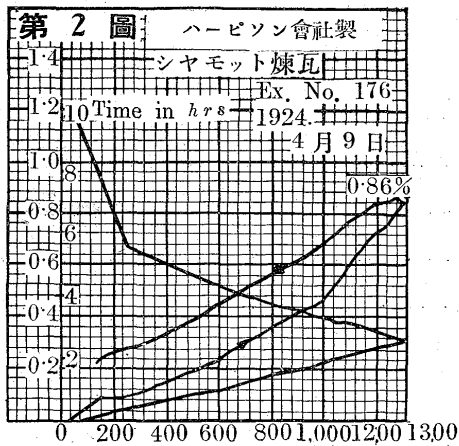
一般に SiO<sub>2</sub> の多きものは高熱で收縮する度は少ないが熱の急激なる變化に對し明け易く Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の多きものは鑄滓の侵蝕に對する抵抗大である。又珪酸鹽に非ざる Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を多量に含むものは析出炭素の作用により破壊され易いと云はれてゐる。

先年兼二浦にて使用せるハービソン會社製煉瓦に就き、八幡製鐵所にて膨脹率、氣孔率及び磨減度等を試験せる結

果は第2圖乃至第5圖に示せる通りである。

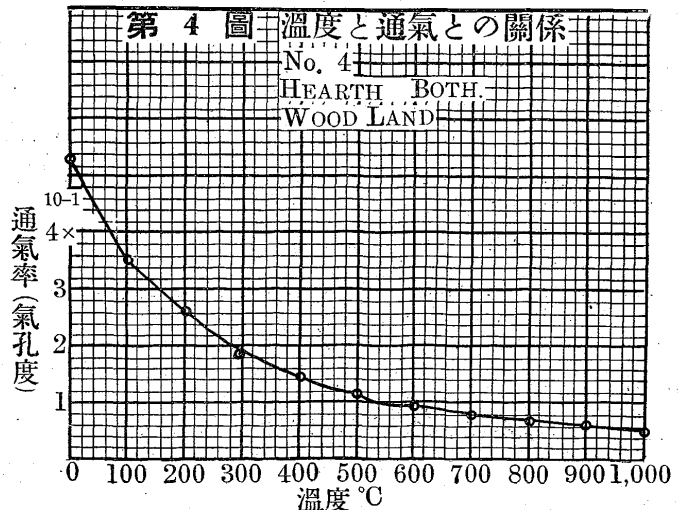
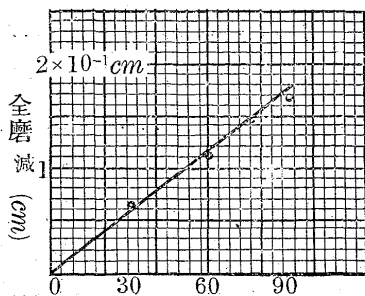
第2圖は 1,300°C迄の熱間に於ける膨脹を測定せるものにて 1,300°C に於ける膨脹率は 0.86% である。第3圖は 1,700°C迄の熱間に於ける膨脹状態を測定せるものにて、他のシャモット煉瓦と同様に 1,500°C 附近に至れば膨脹率は次第に減じ 1,600°C 以上に於ては却て收縮する。第4圖は熱間に於ける通氣率を測定せる結果にして、300~400°C より溫度に因る通氣率の變化割合は急に減少してゐる。通氣率は他の煉瓦に比し大で、質緻密でないことを示してゐる。第5圖は磨減度を測定せる結果で、磨擦に對する抵抗も餘り大でない。

以上の物理的性質の外、煉瓦の形狀、大き及びシャモット粒の大小も亦煉瓦の耐久力に關係する。兼二浦の煉瓦の大きは爐底には 457×229×114mm のものを用ひ、其他には 343×152×76mm 及び 229×152×76mm の米國標準型を使用してゐる。



第5圖 磨減度の測定

E.X.No. 55 No. 4  
No th Sep 1924  
δ = 磨減抵抗率 47794  
A = 磨擦面積 18 cm<sup>2</sup>  
N = 磨擦回数(1分間) 195 回  
T = 磨擦時間 1.5 時間  
W = 分銅 0.5 kg  
D = 磨減量 0.17 cm  
$$\delta = \frac{W \cdot N \cdot T}{A \cdot D} = 47794$$



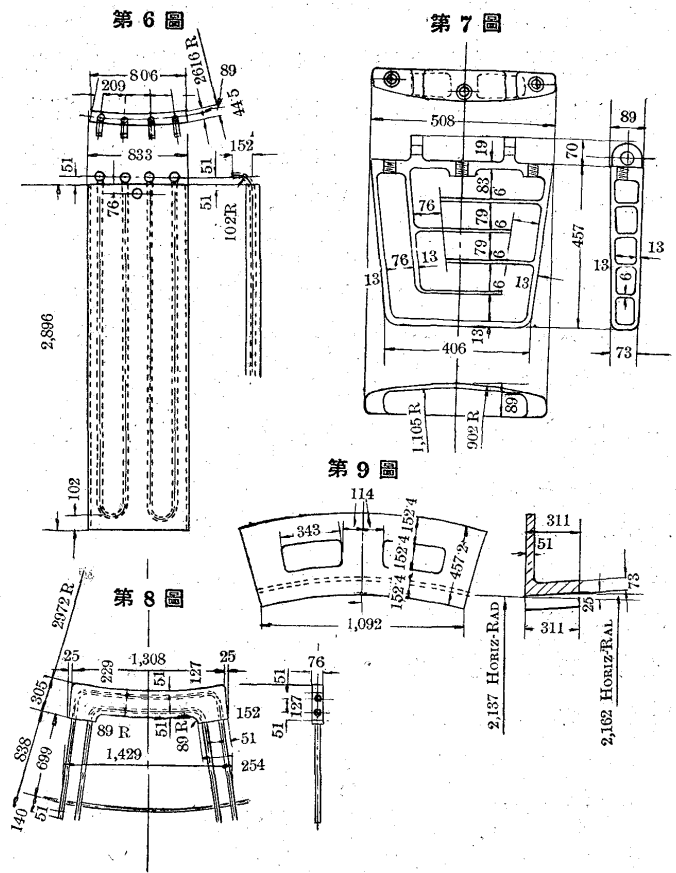
3. 爐壁の厚さ及び其冷却方法 爐壁の厚さは厚い程長く保つと云ふ觀念から、古は随分壁を厚くし 1,830mm 位の例もあつた。然し之れは徒に多くの建設費を要し、且つ局部的に侵蝕される結果プロフィールが不規則になるので 20 年程前には却て爐壁を 229~330mm 位に薄くし外部より特殊の冷却法により冷却する薄壁式 (Thin lining) が流行した。而し之れも現在では餘り廣く用ゐられてゐない。兼二浦の爐に於ては煉瓦積の厚さは次の通りになつてゐる。

湯溜部	朝顔部	爐腹部及び爐筒部
914mm	686mm	1,029mm

爐壁の冷却方法としては、爐底部には第 6 圖の如き内径 32mm のパイプを鑄込んだ、厚さ 89mm の鑄鐵製冷却板を用ひ、湯溜及び朝顔には第 7 圖の如き銅鑄物の冷却板を挿入してゐる。而して朝顔冷却板は垂直中心距離 467~545mm にして 9 段に合計 192 個を使用し、朝顔内側の全面積の約 9% を占めてゐる。朝顔を過度に冷却するは懸滯の因を爲すと云はれてゐる。冷却水の使用量は  $3.5m^3/min$  にて給水管には於ける壓力は  $0.50\sim 0.56kg/cm^2$  である。爐腹及び爐筒の下部は通常最損傷され易い箇所であるが、此の部分に第 8 圖の如き鑄鐵製冷却板を 4 段に 48 枚を挿入してある。Dovel<sup>4)</sup> の説によると、此の鑄鐵製冷却板は相當期間良好であるが、一旦破損すれば交換することが出来ないから却て最初より冷却板を使用せぬ場合よりも侵蝕が甚しくなる。夫故に此の部分には冷却板を用ゐず、爐壁の厚さを増すと同時に装入鐘を比較的大にし、装入物中の細小なる部分を爐壁に近く装入し、瓦斯が爐の中心部を多く通過する様に工夫した。而し之れも好結果を得なかつたので遂に砲金製の冷却板を使用し初めて目的を達したと述べてゐる。兼二浦の經驗では上記の如き鑄鐵製の冷却板を使用してあつたが、給水の壓力不十分なる爲め操業開始後 2 年程経て全部水を止めてしまつたが別に異状はなかつた。

爐壁煉瓦積外側は朝顔部に厚さ 25mm 幅 305mm の番胴を用ゐてある外、凡て厚さ 16~25mm の鋼板で包んである。又爐頂部は装入線以下 6m の所まで第 9 圖の如き鑄鐵製の保護金物 (Abrasion ring) を用ひ、装入物の衝擊による損傷を防いでゐる。

4. 装入装置 装入物の爐内分布に關して装入装置は最



も重大なる役割を有する。兼二浦に於ける捲揚方式は、スキップ式傾斜捲揚にて、爐頂の装入装置は舊爐にはケネディー式固定漏斗を採用してゐる。装入物を一様に分布する爲めには回轉漏斗の方が理論上効果的なるは勿論なれども實際には固定式にて漏斗の大きさが適當であれば効果に於て著しき差異あるを認めない。少くも 300 吨以下の鑄鐵爐に對しては固定漏斗でも充分であると考へる。

装入鐘は径 2,743mm 角度  $45^\circ$  にして装入線に於ける爐筒の径は 4,115mm であるから、装入鐘と爐壁との間隔は 686mm である。又装入鐘の降下せる位置より装入線迄の距離は 610mm である。

C. C. Furnas 及び T. L. Joseph<sup>5)</sup> は装入物の分布に關する實驗の結果次の如く述べてゐる。

1. 装入鐘と装入線との距離が大なる場合
2. 爐頂の徑に比し装入鐘の徑が大なる場合
3. 装入鐘の角度が小なる場合
4. 装入鐘の開きが小にして、降下の速さが緩徐なる場合

に於ては装入物中の比較的塊の大なる部分が爐の中央部に

<sup>4)</sup> J. P. Dovel, Iron and Steel Technology in 1928.

<sup>5)</sup> C. C. Furnas & T. L. Joseph, Iron & Steel Division, 1929, A. I. M. E. P. 98

集合する。

5. 羽口の數、直徑及び爐内突出 羽口の數は多き程瓦斯を一様に分布する爲めに好都合なれども、爐の構造は其の數を増すと共に困難になり、且つ操業上羽口に關する故障の機會が多くなるため自ら制限せられる。

羽口の直徑と衝風の爐内貫通度に関する見解が人々によりて相違して居ることは注目に値する J. E. Johnson<sup>6)</sup> は一定風量に對し羽口徑が小になる程、爐に入る衝風の速さは大となり、衝風は能く爐床の中心部にまで到達すると説明して居る。然るに J. Sarek<sup>7)</sup> は羽口の徑が小なれば爐に入る衝風の速さが増加すると同時に、羽口前面に於て骸炭と接觸する面積が小になるを以て燃焼帶は上方に擴大し爐壁附近に瓦斯に對する抵抗を減ずるが故に却て此の部分を通過する瓦斯流を増加すると述べてゐる。實際爐床には骸炭や鎔解中の装入物が充満して居る爲め衝風は決して直線的に進まず、且つ爐内の抵抗は瓦斯流自身の作用によりて局部的に變化を來すを以て衝風の爐内貫通度は必ずしも羽口の徑に反比例しない。寧ろ貫通度は羽口徑の問題よりも、爐床の溫度と装入物の分布に關係する。

羽口の爐内突出は大なる程、衝風を爐の中心部に貫通せしむるに適合するが、爐壁の附近は瓦斯流少なくなる爲め装入物の懸滯を起し易くなる。

兼二浦の舊爐では下部羽口8本、上部羽口4本を有し、普通下部羽口のみを使用してゐる。直徑は130mmにして爐内突出は229mmである。

6. 瓦斯排出口の數及び其の位置 瓦斯排出口の徑及び數に排出瓦斯の速度が過大に失せぬ様充分大であらねばならぬ。又其の位置の適否は爐内を上昇する瓦斯を偏流せしめ爐壁損傷の原因となる。

兼二浦の爐では瓦斯排出口の中心線は装入線より686mm上方の側壁に2ヶ所ありて、出銑口の中心線に對し夫々38°及び208°の位置を占め、其内徑は1,219mmである

## B. 操業上の要因

### 1. 各種原料の諸性質

(1) 原料鑛石 兼二浦にて使用せる鑛石は多種多様にし、操業の時代により異なるが主として兼二浦、銀龍、下聖、載寧、价川、天柱等の鮮内産褐鐵鑛で、創業當初は懸滯防止の爲め之れに安岳、桃沖等の赤鐵鑛を30%内外配合

合せしも近來は太平、又は象鼻山赤鐵鑛を10%内外配合し、或る場合には全く褐鐵鑛のみにて操業してゐる。

主要鑛石の代表的成分は次表の通りである。

第 1 表

	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	Mn	Cu	BaO	c.w.
兼二浦	52.14	7.88	2.46	0.11	0.36	0.012	0.058	1.68	0.008	0.230	11.56
銀龍	49.10	11.20	2.78	0.14	0.25	0.014	0.062	1.76	0.073	0.209	11.52
下聖	51.00	11.21	3.14	0.04	0.33	0.005	0.058	1.12	0.004	0.104	10.12
載寧	51.80	10.14	1.71	0.06	0.11	0.012	0.060	1.13	0.005	0.135	9.93
同2級	48.10	16.75	2.03	0.05	0.19	0.013	0.066	1.31	0.006	0.201	10.27
价川	50.60	10.36	2.71	0.07	0.36	0.018	0.092	1.37	0.010	0.029	11.29
天柱	56.70	4.66	1.80	0.13	0.40	0.231	0.062	0.09	0.019	tr	10.89
安岳	49.60	25.10	1.21	0.50	0.95	0.142	0.024	0.04	0.004	0.465	1.02
桃沖	55.86	15.65	0.95	0.80	0.42	0.004	0.022	0.10	0.004	—	1.90
太平	59.70	6.61	1.07	2.53	0.32	0.043	1.010	0.79	0.017	tr	1.28
象鼻山	58.60	8.22	1.80	0.08	0.13	0.035	0.046	0.07	0.007	tr	2.85

又鑛石の塊の大小、粉の混入割合は爐の操業に重大なる關係を有する。上記鑛石の篩別試験の一例を示せば次の通りである。

	12mm以下	12mm~125mm	125mm以上
兼二浦	11.4%	64.6%	24.0%
銀龍	14.2	76.3	9.5
下聖	15.6	72.1	12.3
載寧	12.0	79.6	8.4
价川	21.0	65.7	13.3
天柱	7.1	79.4	13.5
太平	9.0	79.9	11.1

(2) 骸炭 鑄鐵爐内に於て骸炭は燃焼に依て熱量を供給すると同時に還元性瓦斯を發生するのみならず、装入物の瓦斯通氣率 (Permeability) に對し重要な機能を有する。

鑛石、石灰石は爐内の高溫度に曝されると軟化し互に粘着して瓦斯の通路を妨げるが、良質の骸炭は羽口水準に降下する迄は殆ど變化しない。夫故に一定量の骸炭に對して鑛石、石灰石の量が大なる程装入物の通氣率は悪くなる。

換言すれば荷が重くなる程装入物は懸滯し易き状態になる 兼二浦に於ける骸炭の原料炭は最初は開平に鯉田、大寶無烟等を配合せしが、其後暫く開平單味となり、最近では開平の外に本溪湖、高島、崎戸、大瀬、大夕張等を配合してゐる。各種原料炭の配合割合及び灰分%は第2表に示す通りである。

(3) 石灰石 之れは兼二浦産のもののみを用ゐてゐる。SiO<sub>2</sub>が3~4%、MgOが6~7%含むのである。Dolomiticのものである。石灰石は其質に應じて破碎の程度を異にするべきで、餘り小さく砕く時は懸滯の原因となる。篩別試験の一例を示せば次の通りである。

25mm以下%	25mm~125mm%	125mm以上%
3.7	62.1	34.2

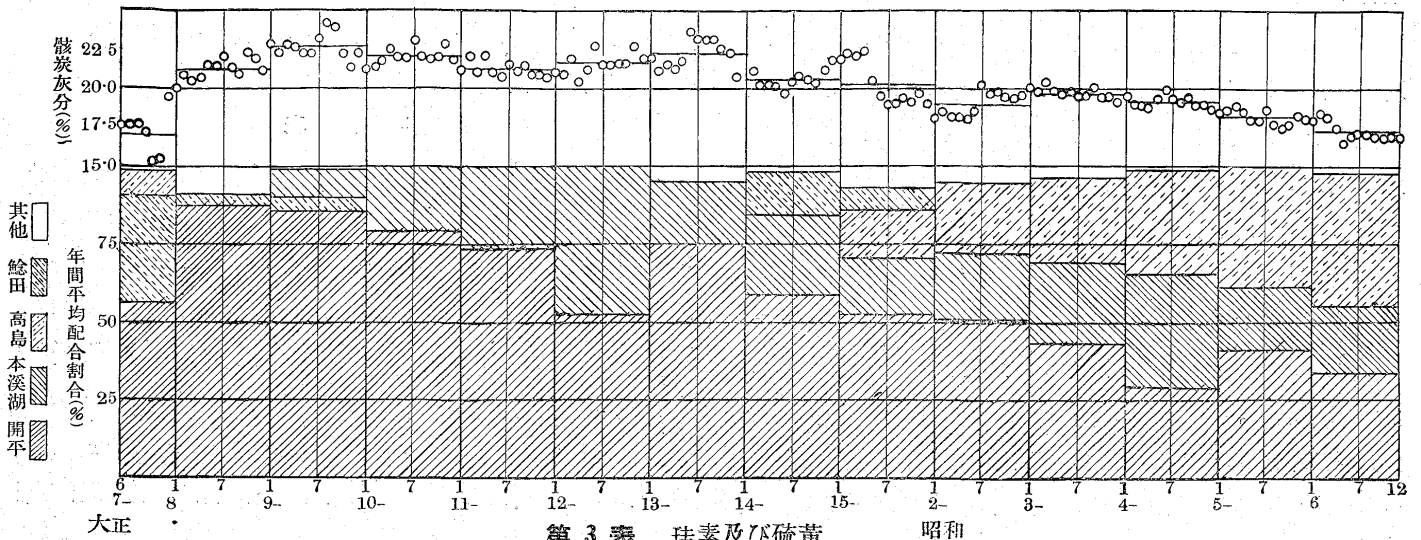
2. 製品の種類 製品の種類も亦爐の壽命に關係する。

鑄物銑を造る場合は鹽基性銑より爐壁を侵蝕されることが

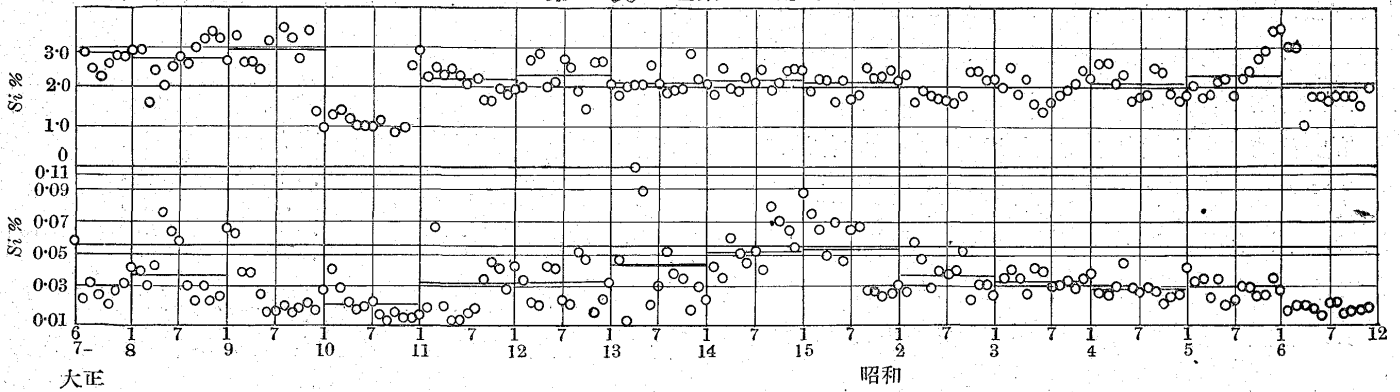
<sup>6)</sup> J. E. Johnson: Principles, Operation and Products of Blast Furnace, p. 104.

<sup>7)</sup> J. Sarek: Journal of Iron & Steel Institute, Vol. 122, 1930

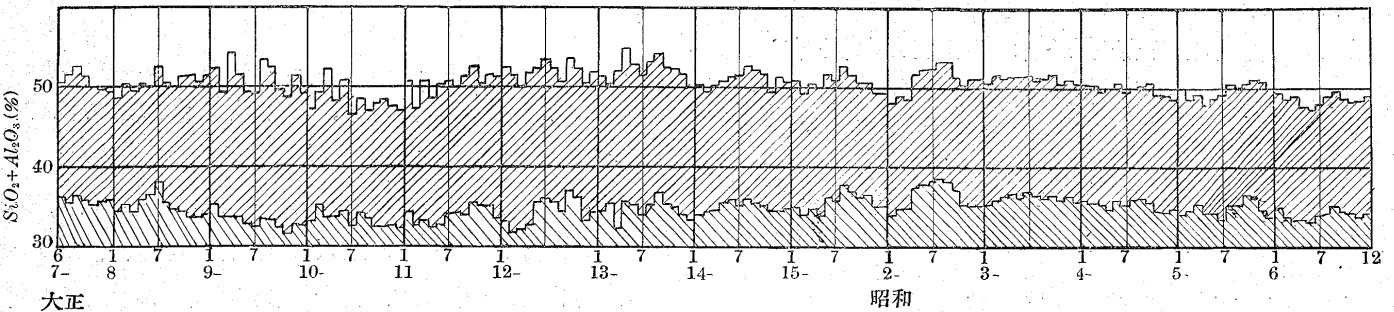
第2表 骸炭灰分及び原料炭配合割合



第3表 珪素及び硫黄



第4表 鑛滓中の珪酸及び礬土



多い。高珪素銑やマンガン銑を吹く場合は一層早く爐壁を損する。又或種の銑鐵より他種銑に屢々切り替へ操業する事は煉瓦積を早く損すると云はれてゐる。

兼二浦では創業当初は一號鑛物銑のみを目的として吹いてゐたが、大正9年12月より鹽基性銑又は三號鑛物銑を目標として操業してゐた。又鹽基性銑を永く吹くと爐壁に附着物を生じ爐況が悪くなるので時々銑種を變更してゐた。然し此程度の製品の種類による影響は餘り著しくない様である。第3表は第1鑛鑛爐の操業期間13ヶ年半の間に産出した銑鐵のSi及びSの各月平均分析である。

3. 鑛 滓 鑛滓の質及び量が爐況に影響し、率ゐて爐の壽命に關係することは周知の事柄である。爐床の冷えた

時に生ずる  $FeO$  を多量に含む所謂 Scouring slag は爐壁を著しく侵蝕する。一般に酸性鑛滓は鹽基性鑛滓よりも爐壁を侵蝕する事が大である。兼二浦の鑛滓には石灰石に  $MgO$  が多い關係上之を6~8%含むてゐる。而して鑛滓の成生量は多くの場合銑鐵に對し80%内外になつてゐる。鑛滓中の  $SiO_2$  及び  $Al_2O_3$  の合計量の各月平均は第4表の通りである。

4. 装入方法 爐内に於ける装入物の分布状態は装入方法に關係する所大である。前に述べた Furnas 及び Joseph の實驗によれば下記の場合に装入物中大塊の部分が多く爐の中央に集まる。

(1) 装入物を下げて操業する場合、即ち装入鐘と装入線

との距離が大なる場合。

- (2) 骸炭を鑛石より前に大装入鐘の上に装入する場合
- (3) 1回の装入量が比較的小なる場合
- (4) 鑛石と骸炭を混合して装入する場合

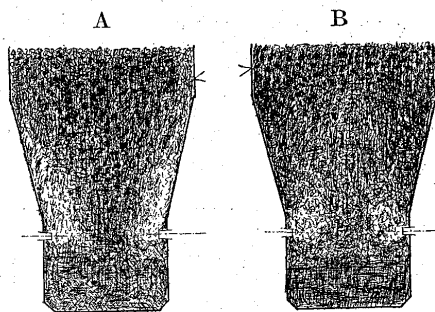
兼二浦に於ては1回の装入量は普通骸炭約 3,700 kg (乾量) を標準とし之れに鑛石約 8,000 kg 石灰石約 2,300 kg (何れも濕量) を配合してゐる。装入の順序は先づ上記標準量の骸炭を 3 skip に分ち捲揚げ、小鐘を経て大鐘に移し一度に爐内に装入す。次で鑛石 3 skip 石灰石 1 skip を順次捲揚げ前同様に之れを一度に爐内に落す。1回の装入量の占むる層の厚さは装入線附近に於て約 600 mm である

此の層の厚さは上記の2倍位まで變更したことがあるが、爐況には著しき影響を認めなかつた。

5. 操業の速さ 爐の壽命に對して操業の速さは最重大なる要因の一つである。急速に操業すれば其れに比例して發生する瓦斯量が増加する故、瓦斯流による爐壁の損傷は増大する。然し爐壁の損傷は操業の速さ自身の影響よりも寧ろ其れに依て誘發せらるゝ爐況の變化により影響を受けることが多い。夫故に急速操業の爐必ずしも短命でない。操業の速さは送風量、送風溫度及び壓力によりて支配せられる。

第 10 圖

(1) 送風量 一般に鑄鐵爐の爐況は絶えず外界の状況及び種々の操業條件に支配せられる。羽口より吹込まれたる熱風は羽

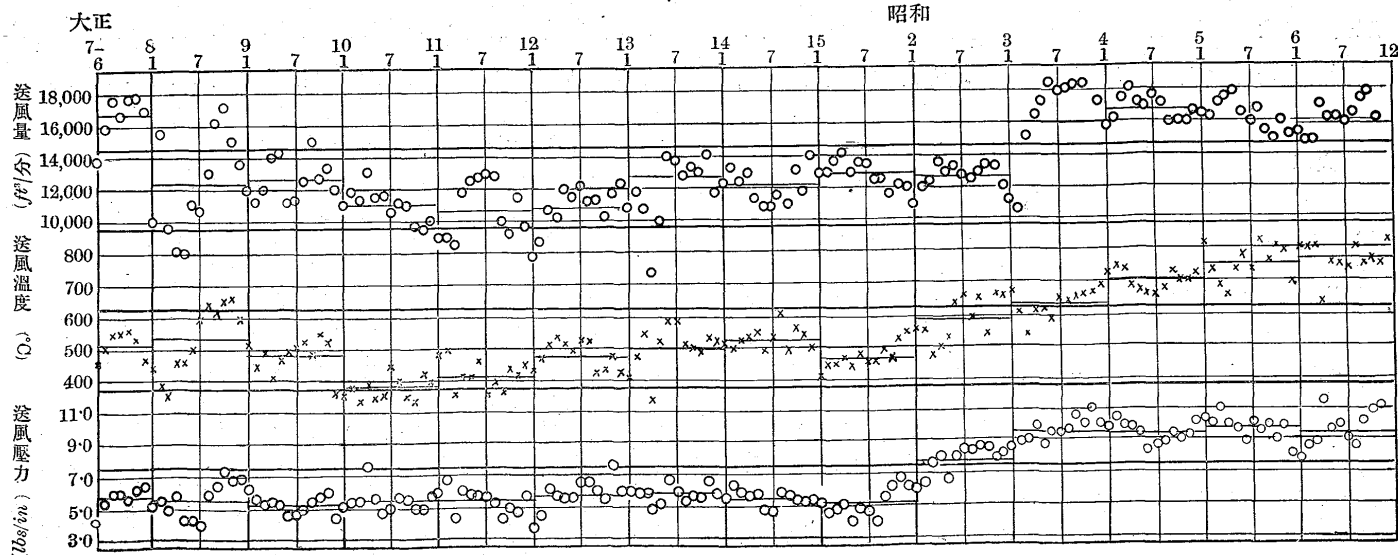


口の前面に於て白熱せる骸炭に作用し直に之れを燃焼せしめ、高熱の瓦斯となつて爐内の最も抵抗の少なき場所を選びて上昇する。夫故或場合は第 10 圖 A の如き状態に瓦斯が爐壁の附近を多く通過し、又或場合は B の如く爐の中央部を多く通過することあるは容易に想像し得る。J. Šárek<sup>9)</sup> は A の如き場合を外部的操業 (External running). B の如き場合を内部的操業 (Internal running) と稱してゐる。爐況が平衡状態にある場合他の條件を同一にして送風量を増加すれば、熔解速度が増加し爐内の最高溫度の中心は上方に移動し燃焼帯は擴大される。之れに依て朝顔に於て半熔融状態にある粘性性装入物は熔解し、其部分の抵抗が減ずるから瓦斯は多く爐周の部分を通過上昇し外部的操業の傾向を生ずる。之に反して送風量を減ずる時は爐の最高溫度の中心は羽口に近く下方に移動する。其結果爐壁附近は上昇する瓦斯に對して半熔融粘性性装入物の間を通過する道程長くなる爲め抵抗増加す。従つて瓦斯は爐の中央部を多く上昇し内部的操業の傾向を生ずる。以上は送風量に關する一般的の考へであるが實驗に於て瓦斯の通路は装入物の分布及び爐床溫度に一層多く影響せらるゝを以て、往々にして反對の現象を呈する事あるは吾人の日常經驗する所である。

F. Clements<sup>10)</sup> は操業の速さを比較するに、爐腹部の單位面積に對する1分間の送風量を以てし、之れを送風係數と稱してゐる。兼二浦第1鑄鐵爐の13ヶ年半の操業中の各月平均送風量は第5表の通りで、送風係數は15.56 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> になつてゐる。

<sup>9)</sup> J. Šárek : Journal of Iron & Steel Institute Vol.122.1930.  
<sup>10)</sup> F. Clements : Blast Furnace Practice, Vol. II, p. 143.

第 5 表 送風量、送風溫度及び壓力





(2) 送風温度 送風量と同様に送風温度も亦爐況に影響するは勿論である。送風温度を増加すれば骸炭の燃焼は促進せられる。此場合送風量が不變なれば燃焼帯は小範圍に局限せられ、爐内の最高温度の中心は下方に移動する。其結果爐壁附近は瓦斯に對する抵抗を増加し、瓦斯は爐の中央部を通過する。即ち内部的操業の傾向を生ずる。之れに反し送風温度を低下すれば前同様の理により瓦斯は爐の周邊を多く通過し外部的操業の傾向を生ずる。

兼二浦に於ては餘り高温の送風は装入物の懸滯を誘發し爐況を不規則ならしめる爲め、創業の初期には 600°C 以上の高温を避けてゐた。然るに最近に至り懸滯に對する處置に熟練するに従ひ骸炭の消費量を節約する爲め熱風爐にて供給し得る最高温度を使用してゐる。而して低珪素銑を吹く場合には鑛滓の鹽基度と Mn により Si 量を制御し送風温度は低下しない。茲に附言したきは銑鐵中の Si 制御の問題である。一般に Si を制御するには爐床温度及び鑛滓の成分によるが、此場合装入物中の Mn 及び P をも考慮に入れねばならぬ。元來鑛鑛爐を順調に操業するには爐床温度を常に其の臨界温度以上に保たねばならぬ。然して若し装入物中に Mn 及び P の酸化物が無ければ、爐床温度と鑛滓の成分に應じて一定量の Si が還元されて銑鐵中に入る。而し装入物中に Mn 及び P の酸化物が存在すれば之れを還元する爲めに其れに相當する熱量を要するから Mn 及び P より還元し難き Si は自ら還元を牽制される。夫故にトーマス銑は P を多くする程、又鹽基性銑は Mn を増す程 Si を低下し易くなる。第1鑛鑛爐の操業中の送風温度は第5表の通りである。

(3) 送風壓力 送風主管内に於ける送風壓力は他の條件が同一なれば、羽口斷面積の總數及び爐内装入物の抵抗の二要因によりて變化する。羽口面積を小にすることに依て風壓を高むることは、送風の速さを増し外部的操業の傾向

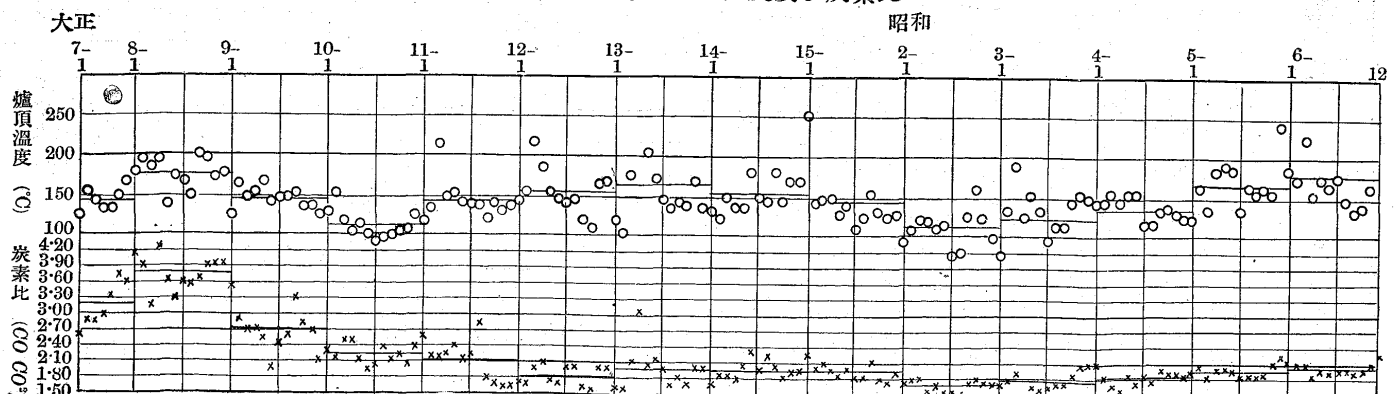
を生ぜしめるが、爐内抵抗の増加による風壓の上昇は、燃焼帯を局限し内部的操業の傾向を生ずる。兼二浦の操業状態では送風壓力は第5表の如く普通 0.32 kg/cm<sup>2</sup> ~ 0.84 kg/cm<sup>2</sup> であるが懸滯の場合は無論 1.05 kg/cm<sup>2</sup> 以上にも上る。

### III. 兼二浦に於ける操業狀況

鑛鑛爐の操業狀況は地方的條件により大に異なる。兼二浦に於ては前記の如く主要鑛石が還元し易き褐鐵鑛で、而かも送風温度は 800°C 内外の高温を使用し Turbo-blower を以て操業せる關係上内部的操業の傾向を有し懸滯が頻發する。即ち日常の爐況に於ては、瓦斯中より C の析出旺盛なる爲め次第に通風悪くなり、其れに應じて風壓上昇し装入物は懸滯状態になる。爐頂温度は第6表の如く一般に低く、排出瓦斯の炭素比 CO/CO<sub>2</sub> は概して小である。通風が著しく悪くなれば適時放風して急に風壓を低下すれば装入物は自己重量により概ね容易に落下する。棚落後は暫く通風良好であるが、やがて風壓は次第に高まり再び懸滯状態になる。然る時は又放風により棚落しをする。通常斯の如き状態が繰返へされてゐるのである。

以上の如き操業法は變則ではあるが、骸炭の消費量を節約し得ること及び爐の壽命を保持する點に於て有利である即ち装入物が懸滯状態にある間は爐床及び其附近に於ては鑛石の直接還元が少なく、且つ送風温度は高き故、比較的少量の骸炭を以て爐床温度を Critical temperature 以上に維持することが出来る。且つ爐筒の上部に於て瓦斯より析出せる C は棚落の際幾分は瓦斯と共に逸散するけれども一部は装入物と共に爐の深部に降下し骸炭の Solution を補足し、結局羽口水準に到達する炭素量を多くするから骸炭を節約し得る。又一方に於て内部的操業の結果として爐壁附近は瓦斯が多く通過せないから煉瓦積を侵蝕せられること少なく、且つ爐底部は次章に述ぶるが如く熔

第6表 爐頂温度及び炭素比





鉄中より析出せる黒鉛が爐壁周圍に堆積して之れを保護する状態を生ずるから、爐の壽命に對して頗る好都合な條件を齎らす。

- 然し此の操業法には次の如き缺點を伴ふことを免れない
- (1) 炭素析出が旺盛なる爲め爐壁煉瓦積内に C が沈積して其質を脆弱ならしめ却て爐壁を破壊する虞れがある。
  - (2) 棚落を反覆する間に懸滯が頑強になり落下し難くなるか、或は落下後片減を起し爐況不良に陥ることがある。
  - (3) 通風悪くなる爲め出銑量の減退を來す。

以上の内 (1) は種々研究報告が發表されてゐるが結局爐筒部の煉瓦を選択し質緻密にして特に鐵分の少なきものを使用すれば或程度まで防止する事が出来る。兼二浦の例では後述する如く爐筒煉瓦積内には随分多量の析出炭素が沈積してゐたが、操業中は之れが爲め爐の壽命に對し著しき缺陷を來さなかつた。(2) は之れを防止するには熟練と經驗に俟たなければならないが、原料就中骸炭の選擇を必要とする。(3) の出銑量の減退は或程度まで免れないが、實際には送風量に應じて裝入量を加減するから送風量の減少する割合には出銑量は減退しない。

之れを要するに内部的操業は懸滯を伴ふが相當の成績を以て經濟的に爐を永く操業することが出来る。

第7表は第1鑄鐵爐の13ヶ年半の操業の成績である。出銑量は正8年より14年頃迄は生産制限をしてゐた。全體を通じて1日平均出銑量は154 噸であるが、終りの

5ヶ年間の平均は198 噸になつてゐる。即ち爐床の1 $m^2$ に對して16,937 kg/24h 産出してゐる。又銑鐵1 噸に對し爐の有効容積は2.40 $m^3$ になつてゐる。

次に銑鐵噸當骸炭消費量は灰分、鑄石品位及び製品種類等に關するが、全體を通じ平均1.03 になつて居る。而して爐床の1 $m^2$ に對する骸炭の燃焼割合は17,445 kg/24h である。

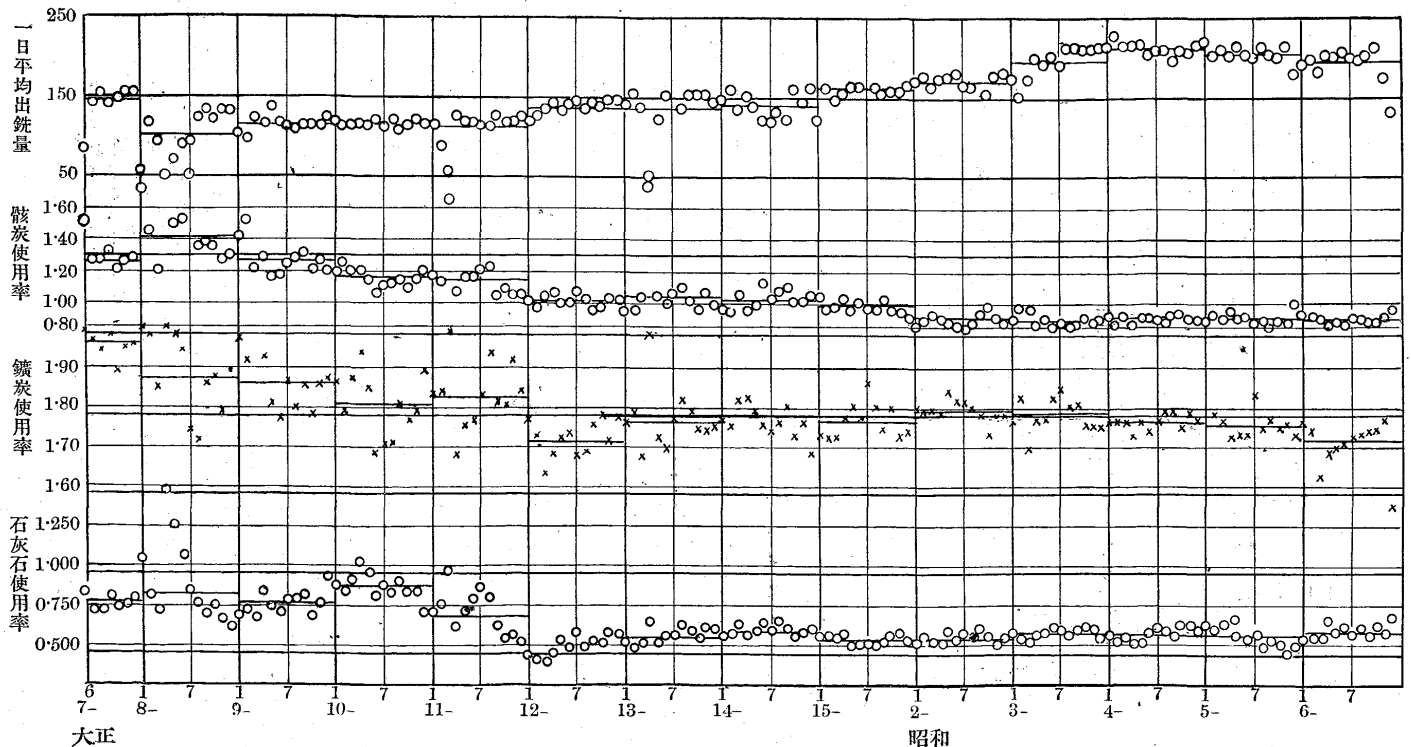
一般に鑄鐵爐煉瓦積1期間の成績を比較するに其の操業期間中に産出された出銑量を以てするが、之れは原料並に製品の種類及び爐の大きに關係するを以て寧ろ爐床の單位面積に對して處理された裝入物の全量を以て表すを妥當と考へる。此の標準によれば兼二浦の第1鑄鐵爐は爐床の1 $m^2$ に對し215,000 噸餘を、第2鑄鐵爐は220,000 噸餘を處理してゐる。参考の爲め Clements の著書にある5基の鑄鐵爐の例を挙げれば其の平均96,000 噸になつてゐる。

#### IV. 吹卸後のプロフィール

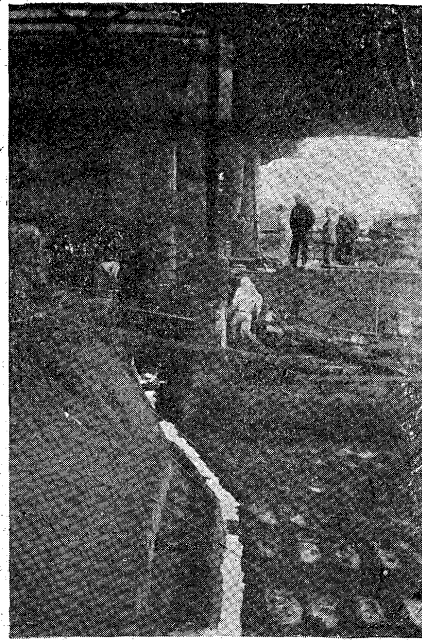
吹卸作業は兩爐共非常に順調に行はれ、裝入物は裝入線より第1鑄鐵爐は15.8m 第2鑄鐵爐は16.3m の所まで降下せしめ、爐底に残留せる熔銑は殆ど全部抽出する事が出来た。寫眞1は爐底に残留せる熔銑の抽出作業の實況である。吹卸裝入物の變更は次の如くであつた。

吹卸後は直に改築に着手する必要が無かつたから、普通

第7表 一日平均出銑量、骸炭、鑄石及び石灰石使用率



寫眞 1.



次の如くである。

装入線以下 5m 附近：一表面は厚さ 50~70mm 迄熔融してゐる。之れは吹卸の際高熱に曝された爲めによると考へらる。附着物の内部にある石灰石は僅に外面が焼成され、鑛石は半ば焙焼され龜裂を有する。

装入線以下 6m

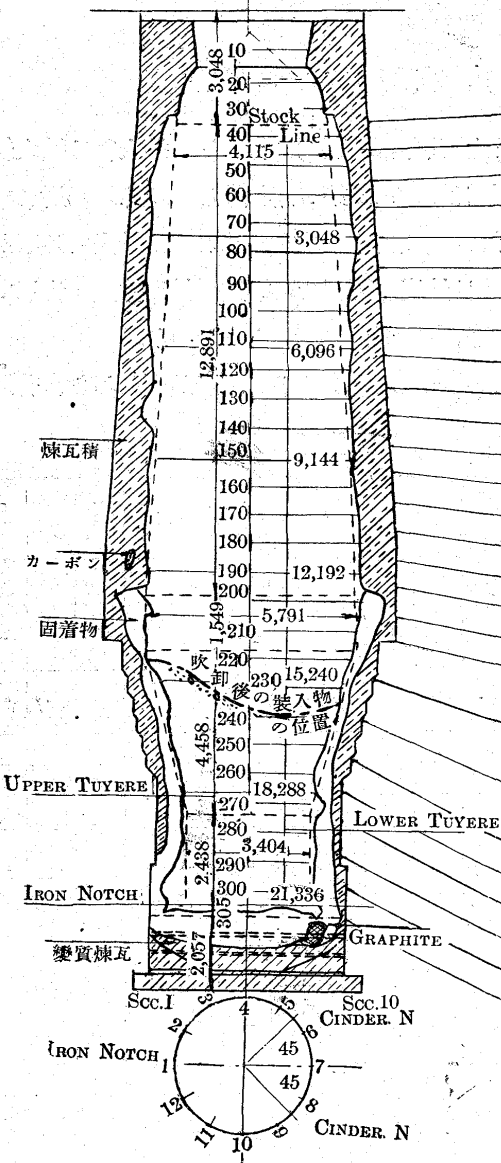
装入回数	鐵 滓	石灰石	粉石灰石	骸 炭	粉 骸 炭
	kg	kg	kg	kg	kg
3	7,000	1,071	—	3,825	—
2	—	—	—	—	3,825
10	—	5,000	3,000	—	—
3	—	—	8,000	—	—

行はれるが如き注水冷却を避け、最後の操業當時の原形を成るべく保存することに努め、徐々に放冷した。而して爐内の CO 瓦斯が消失するのを待ち吊足場によりプロフィールの變化を調査した。其の結果は第 11 圖の通りである。

第 1 鑛鑪は吹卸前爐況が悪かつたのを其儘吹卸したのであるが、吹卸後のプロフィールを見るに装入線より以下約 4m の所より朝顔の上部に至るまで爐壁一帯に装入物が附着し、明かに内部的操業が極端になり遂に Channel を形成せる事が認められる。爐壁附着物の状態を吟味するに

第 11 圖 B

第 2 高爐寸法測定箇所指示圖



爐壁厚さ測定寸法表

測定所 測定段数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	781.1	781.1	768.4	806.5	812.3		822.3	796.9	806.5	806.5	695.3	
44	685.8	711.2	660.4	711.2	736.6	762.0	762.0	749.3	723.9	723.9	660.4	660.4
54	482.6	482.6	508.0	533.4	571.5	542.2	584.2	558.8	558.8	584.2	558.8	508.0
64	558.8	419.1	533.4	558.8	508.0	520.7	609.6	609.6	609.6	622.3	622.3	520.7
74	584.2	584.2	568.8	584.2	635.0	647.7	660.4	584.2	584.2	596.9	584.2	609.4
84	558.8	584.2	609.6	609.6	558.8	558.8	584.2	584.2	627.7	635.0	571.5	635.0
94	635.0	647.7	342.9	647.7	711.2	660.4	647.7	673.1	850.9	863.6	660.4	609.6
104	736.6	812.8	774.7	711.2	723.9	749.3	723.9	749.3	863.6	914.4	889.0	800.1
114	889.0	914.4	787.4	787.4	838.2	889.0	889.0	812.8	889.0	914.4	889.0	787.4
124	965.2	990.6	965.2	914.4	952.5	965.2	995.2	914.4	1016.0	1016.0	927.1	939.8
134	698.5	685.8	889.0	914.4	965.2	965.2	990.6	965.2	1041.4	1016.0	965.2	939.8
144	965.2	990.6	1016.0	1016.0	990.6	965.2	990.6	965.2	1016.0	1016.0	977.9	965.2
154	965.2	965.2	838.2	609.6	889.0	977.9	1003.3	990.6	1066.8	1066.8	1028.7	965.2
164	990.6	1003.3	812.8	609.6	733.6	990.6	1003.3	939.8	990.6	1041.4	1016.0	990.6
174	990.6	1016.0	812.8	647.7	711.2	990.6	1003.3	914.4	977.9	1041.4	977.9	1016.0
184	1155.7	1092.2	899.0	762.0	800.1	1003.3	1028.7	1028.7	965.2	1041.4	990.6	1143.0
194	1270.0	952.5	914.4	787.4	762.0	914.4	1016.0	914.4	990.6	965.2	965.2	1016.0
204	558.8	406.4	406.4	355.6	355.6	406.4	406.4	381.0	381.0	355.6	355.6	558.8
214	660.4	685.8	609.6	685.8	685.8	685.8	685.8	685.8	660.4	660.4	711.2	711.2
227	533.4	584.2	533.4	508.0	533.4	508.8	533.4	457.2	533.4	584.2	558.8	428.6
241	508.0	533.4	533.4	381.0	508.0	558.8	508.0	533.4	558.8	482.6	533.4	533.4
254	482.6	431.8	406.4	482.6	482.6	457.2	482.6	482.6	482.6	482.6	508.0	482.6
cp 5	254.0	292.1	190.5	254.0	304.8	215.9	304.8	304.8	152.4	254.0	228.0	203.2
cp 3	228.6	228.8	203.2	228.6	228.6	228.6	203.2	228.6	228.6	228.6	203.2	203.2
cp 1	177.8	203.2	228.6	228.6	241.3	254.0	215.9	228.6	203.2	209.6	203.2	177.8
298	0	203.2	254.0	279.4	279.4	304.8	203.2	190.5	330.2	254.0	215.9	203.3
309	0	78.2	127	127	0	0	0	76.2	101.6	76.2	50.8	0

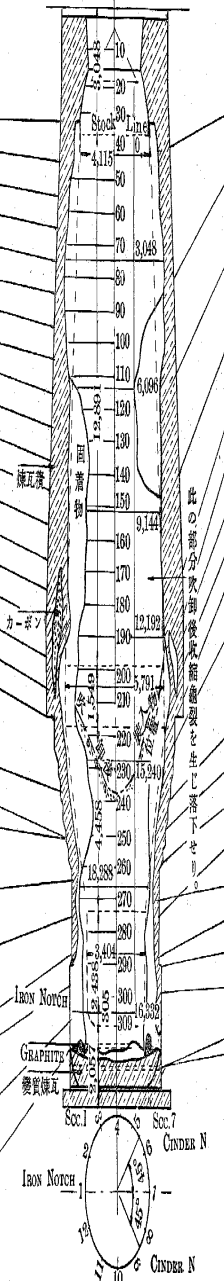
標準寸法測定表

第11圖 A

第1高爐寸法測定箇所指示圖

化學成分表

標準寸法	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
83	7112	7220	4064	7119	4064	7112	7112	7112	7112	7112	7112	7112
44	7112	6074	6066	6066	6791	7112	6791	6804	6804	6804	6804	6804
54	5080	6086	5838	4445	4570	5080	5715	4191	4191	4064	4318	5307
64	4899	4806	4572	4064	3807	3810	4064	4064	4064	4064	4064	4064
74	3810	4899	4064	4064	3807	4064	4064	4064	4064	4064	4064	4064
84	4806	4572	4064	4064	3810	4064	4064	4064	4064	4064	4064	4064
94	5080	4806	4572	4064	4064	4064	4064	4064	4064	4064	4064	4064
104	7112	6500	7360	7374	7747	7112	6885	7360	8366	6826	7020	8144
114	6500	3806	3806	3806	9071	9017	9946	9239	8936	6806	8128	9208
124	6066	6074	8779	10414	10063	6066	6066	8906	8128	4064	8236	6066
134	6066	6066	3810	10414	10287	6066	6066	10160	5888	2540	7360	6066
144	10160	10414	10287	10287	10160	6066	10160	10160	6066	2286	6260	10160
154	10414	10666	10541	10287	10160	10666	10160	5888	2286	4324	10666	
164	10287	10666	10666	6066	6066	10666	10287	10666	4572	2540	4572	10160
174	11308	12308	6066	6066	6066	10666	10666	6066	3048	3048	6066	8128
184	12308	12308	6066	6066	6066	10666	10666	6066	3048	3048	6066	8128
194	8128	8128	7020	7112	6885	6066	6066	6066	6066	6066	6066	10160
204	7020	6885	6066	6066	8128	6066	7360	6066	6066	6066	7020	6885
215	6885	8128	6885	6885	6885	6885	7360	7360	7360	7360	7360	6885
220	4064	4318	4064	4064	4318	3336	4064	4064	4064	4064	4318	4064
230	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
240	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
250	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
260	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
270	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
280	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
290	4064	4064	4318	4318	4318	4572	4318	4318	4064	4064	4064	4318
300	0	889	1050				5334	2082			2082	
310	0	763	1270	1324	2082	2540	2540	4572	2286		1524	782



試料採取箇所	BRICK AND OTHER MATERIAL																		備考
	LOC. (TON)	ESp. Gr.	ASp. Gr.	V. P.	W. P.	S. K.	C.	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ZnO	MnO	Total Fe	T. Fe	水に可溶性		
40 No. 10	2	2510	1886	33036	19403	31		343	5990	3500	130								
80 No. 10	2	2431	1844	34916	20689	39		349	5816	3522	130								
110 No. 10	1	2511	1721	33322	18655	31	100	370	5776	3518	144	0.30							
110 No. 4	2	2501	1844	33705	21335	31	0.15	345	5822	3740	143								
110 No. 2																		0.07	
140 No. 10	2	2502	1710	33244	18224	30	5.36	328	5500	3452	140								
140 No. 4	1	2574	1782	31344	17940	29	0.21	350	5706	3474	122	1.22							
140 No. 10	2	2710	1837	37053	22012	30	3.46	356	5938	3498	130								
170 No. 10	1	2733	1844	39335	24238	30	2.19	370	5838	3574	110	1.68							
170 No. 4	3	2764	1743	34335	19489	29	2.02	344	5294	3328	143	0.68							
180 No. 10	2	2600	2027	33789	11733	10	0.32	343	4386	3528	0.50	2.38	0.05						
180 No. 7	3	2513	1784	29020	16220	27	0.18	327	5543	3374	124							11.25	
180 No. 1	1	2754	2339	14319	6060	30	0.45	348	4570	3392	0.58	1.50	0.44						
200 No. 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
210 No. 1	2	2338	1728	31083	18494	27	0.17	334	4970	3500	160							7.10	
220 No. 10	1							45.54	135	12.56	3.01	0.40	0.04	1.36	15.91	0.50	0.0620		
220 No. 4	2	2372	1854	28471	11369	30	0.56	329	4067	3363	0.72	0.22						2.94	
Bush の平均								773	334	1094	148	1.18	0.06	6.14	39.14	0.93	0.273		
240 No. 10	2	2533	1837	33474	19117	30	0.37	313	4634	3526	0.60	2.20	0.71					2.40	
240 No. 7	2																		
240 No. 4	2	2311	1831	34713	13070	31		327	5345	4130	0.70								
260 No. 10	2	2417	1936	3143	11022	31		333	5333	4033	0.68								
275 No. 1	2	2422	1888	34303	12388	32		370	5200	4138	0.90								
上部取口の周								0.57	0.50	18.30	11.08	11.80	0.34	なし	5.91			5.45	
下部取口の周								0.35	2.43	25.70	12.10	14.10	0.70	なし	4.53			4.51	
280 No. 7	2	2422	1925	22306	11733	32		313	5230	4028	0.94	2.18							
280 No. 10	2	2457	1935	22453	11720	31	0.11	341	5038	4000	0.23	1.38							
B.5 洗滌後の平均		2.07	2.45	1.34	0.40	30			54.18	38.18	0.82	2.13						2.76	
B.5 洗滌前の平均		2.07	2.20	1.23	0.67	31			55.58	37.94	0.48	2.38						2.57	
STOCKLINE: 1								0.79	6.00	24.88	12.70	22.00	なし	1.43				12.61	
180 No. 2								4.06	1.43	20.58	12.70	22.00	なし	1.38				6.43	
180 No. 1								1.80										0.012	
180 No. 4								17.30	3.27	26.74	13.20	18.00	0.68	なし	6.13			0.45	

備考

注 水洗し取入したる試料は SiO<sub>2</sub>, ZnO, CaO, MnO 等の成分分析後の測定成分は試料を水洗したる後分析したるものなり

1) 洗滌の倍

2) 少量の MnO, FeO, ZnO を含む

3) 少量の FeO, ZnO を含む

4) 水洗

5) 水洗

6) 水洗

7) 水洗

8) 水洗

9) 水洗

10) 水洗

11) 水洗

12) 水洗

13) 水洗

14) 水洗

15) 水洗

16) 水洗

17) 水洗

18) 水洗

19) 水洗

20) 水洗

21) 水洗

22) 水洗

23) 水洗

24) 水洗

25) 水洗

26) 水洗

27) 水洗

28) 水洗

29) 水洗

30) 水洗

31) 水洗

32) 水洗

33) 水洗

34) 水洗

35) 水洗

36) 水洗

37) 水洗

38) 水洗

39) 水洗

40) 水洗

41) 水洗

42) 水洗

43) 水洗

44) 水洗

45) 水洗

46) 水洗

47) 水洗

48) 水洗

49) 水洗

50) 水洗

51) 水洗

52) 水洗

53) 水洗

54) 水洗

55) 水洗

56) 水洗

57) 水洗

58) 水洗

59) 水洗

60) 水洗

61) 水洗

62) 水洗

63) 水洗

64) 水洗

65) 水洗

66) 水洗

67) 水洗

68) 水洗

69) 水洗

70) 水洗

71) 水洗

72) 水洗

73) 水洗

74) 水洗

75) 水洗

76) 水洗

77) 水洗

78) 水洗

79) 水洗

80) 水洗

81) 水洗

82) 水洗

83) 水洗

84) 水洗

85) 水洗

86) 水洗

87) 水洗

88) 水洗

89) 水洗

90) 水洗

91) 水洗

92) 水洗

93) 水洗

94) 水洗

95) 水洗

96) 水洗

97) 水洗

98) 水洗

99) 水洗

100) 水洗

附近：一 附着物の内部にある石灰石は完全に焼成されてゐるが、鑛石は未だ熔融してゐない。爐壁に近き部分には多量の C が沈積してゐる。又骸炭の表面に鉛の附着せるものが見出された。

装入線以下 7m~8m：一 此附近は附着物最も厚く 1.3m に達し、二重に附着せる形跡がある。鑛石の表面は熔融し、石灰石は完全に焼成されてゐる。又所々に強鹽基性鑛滓の凝結せるものが見出される。之れに依て見るに操業中熔融帯が此の附近、即ち羽口水準より約 12m の高さまで達した事が知られる。

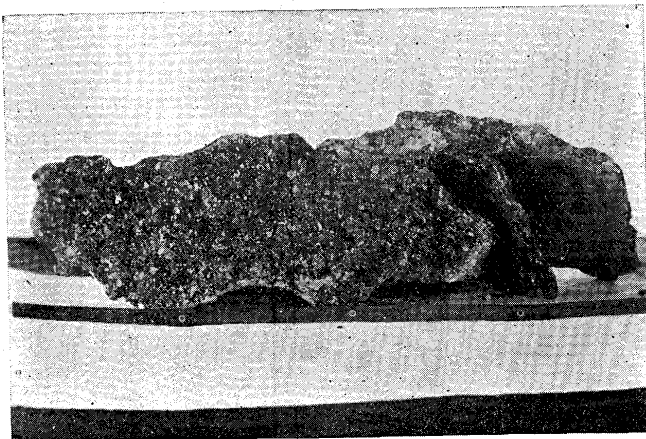
装入線以下 13m~15m：一 此附近では骸炭、石灰石、鑛石、銑鐵、鑛滓等の混合物が凝結し附着してゐる。朝顔冷却板の周圍には金屬亞鉛が見出される。

装入線以下 18m 附近：一 附着物は強鹽基性鑛滓と銑鐵及び骸炭の混合物である。上部羽口附近より採集せる銑鐵の分析は次の如くである。

C	Si	S	P	Mn	Cu
1.60	0.12	0.070	0.142	0.17	0.052

出銑口水準：一 爐壁の附着物は銑鐵、骸炭、鑛滓及び黒鉛等の混合物で下方に至るに従ひ次第に黒鉛が多くなる。而して最も特異とするは、出銑口水準より下方約 750mm の所より深さ 600mm, 厚さ 300mm 内外の黒鉛層が爐壁を完全に圍繞してゐたことである。之れは操業中懸滯、棚落を反覆する爲め爐床温度に急激なる變化を來す結果、熔銑中より析出せる黒鉛が堆積したるものと考へらる。

寫 眞 2.



寫眞 2 は其の黒鉛の一部である。

次に爐壁煉瓦積の状態を取調べた結果は、次記の通りである。

装入線以下 5m 迄：一 此附近までの爐壁は装入物の衝撃に依り爐周全體殆ど一様に磨滅してゐるが、煉瓦の質は化學的變化を餘り受けてゐない。

装入線以下 6m 附近：一 此邊から瓦斯より析出せる炭素が煉瓦の内部に侵透し、煉瓦は變質して灰色を呈してゐるが、尙ほ相當の強さを有してゐる。

装入線以下 7.5m~9m：一 此附近は析出炭素の侵透一層増加し煉瓦の組織は著しく破壊せられて脆弱となり指頭を以て容易に崩壊し得る程度のものもある。斯の如く質が脆弱になりたるは、吹卸後に於て風化作用を受けたる爲めに於て、操業中は相當の強さを有してゐたものと考へられる。

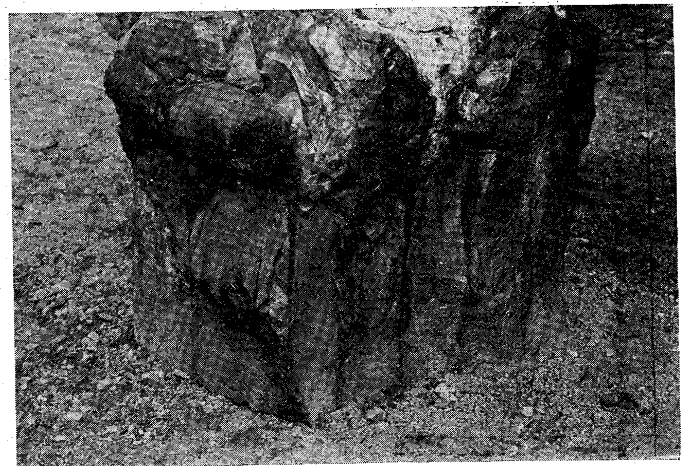
装入線以下 10.5m~13.5m：一 此附近の煉瓦積の一部のものは殆ど建設當時と同じ厚さを有し煉瓦も變質してゐない。蓋し操業開始當初に於て装入物が附着し爐壁を保護したる爲め、物理的にも化學的にも著しき變化を蒙らなかつたものと考へらる。又此附近には爐壁煉瓦積の間に炭素が沈積し、其厚き部分は 300mm に達してゐる。

朝顔部：一 冷却板にて完全に冷却されてゐた爲め、此の部分の爐壁は侵蝕、磨損或は變質の程度僅少である。

湯溜部：一 此附近は著しく侵蝕され殘存せる煉瓦積は僅に 225mm 位であるが、骸炭、鑛滓等の混合物が附着し相當安全な状態に保護されてゐる。

爐底部：一 爐底の大煉瓦は 2 段目まで熔失し、第 3 段は變質して上半は青色を帯び下半の比較的熱の低き部分は褐色を呈してゐる。目地には何れも鐵が侵入してゐる。第 4 段以下は何等變質を認めない。寫眞 3 は變質大煉瓦の一部にして、左方にある圓壩形のもの最後の熔銑を抽出する際殘留せる鐵塊にして爐底には之れ以外に鐵塊は存在せ

寫 眞 3.



なかつた。

變質煉瓦の成分、耐火度等は次の如くである。

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	TiO <sub>2</sub>	耐火度	見掛比重
淡綠色部	54.18	38.16	0.62	0.20	1.56	2.06	2.12	31	2.65
褐色部	55.58	37.94	0.46	0.16	0.09	2.59	2.38	30	2.63

第 11 圖 B は第 2 銻鑛爐の吹卸後のプロフィールである。此の爐は吹卸前約 1 週間、特殊の低炭素銑製造の實地試験をする爲め装入量を正規の約 60% に減じ、鑛滓を酸性にする爲め石灰石を Bases : ( $SiO_2 + Al_2O_3 = 30 : 70$ ) として配合し、操業したのであるが吹卸後の結果は圖の如く、爐壁の附着物は殆ど無く裏積煉瓦は比較的完全で、爐底部には第 1 銻鑛爐と同様に黒鉛が堆積して爐壁周圍を包んでゐて、尙充分操業に堪え得る状態であつた。

第 1 及び第 2 銻鑛爐のプロフィールは前記の如く全く同型で、操業法も殆ど同様にて、操業中には同様の爐況の變化があつた。夫故に爐況によりては第 2 の方も第 1 と同様の爐壁附着物が生じてゐた事は容易に想起し得る。之れに依て此種の爐壁附着物は適當の操業法によつて容易に除去し得ることが知られる。而して操業中の爐況及び吹卸後のプロフィールにより推定して、兩爐共内部的操業をしてゐたことは明瞭である。

## V. 結 論

兼二浦の銻鑛爐が前記の如く相當の成績を以て、長期間操業を繼續し得たことに就て其の原因を考察するに、構造上に於ては當時最も優秀なる米國の 500 吨級銻鑛爐に範り各部構造の堅牢なりしこと、爐床及び朝顔部の冷却装置の效果的なりしこと及び使用せる耐火煉瓦の優良なりしこと等を數へ得べしと雖も、主として操業上に於て内部的操業をなせることに基因するものと考へらる。

兼二浦に於ては褐鐵鑛を主原料とし、高熱操業をなせる爲め内部的操業となり、其の結果普通最も損傷され易き、爐筒下部に於ては爐壁に装入物が附着し却て煉瓦積を保護する状態を醸し、且つ爐底部に於ては熔銑より析出せる黒鉛が堆積し爐壁を掩蔽せる爲め爐底熔破の虞れなく、永く操業し得たのであると信ずる。

内部的操業は懸滞を伴ふが故に變則ではあるが、或程度迄は骸炭の消費量を節約し、爐の壽命に對し甚だ有利なる條件を齎らす。内部的操業が極端になれば装入物が厚く爐壁に附着し、所謂 Channel を生ずるが、此の場合は酸性配合の輕装入を施すことによりて充分除去し得る。

内部的操業は (1) 銻鑛爐瓦斯の用途少なき場合、例へば銻鑛爐のみ單獨に操業し、製鋼工場との連絡なき場合 (2) 原料骸炭が比較的高價なる場合 (3) 出銑量を餘り多くする必要な場合等には有利である。

内部的操業の誘因となるべき主なる要素を列擧すれば次の如くである。

1. 爐床壁に比し爐腹徑が過大なる場合
  2. 朝顔部を過度に冷却する場合
  3. 装入鐘の徑が爐頂徑に比し過大なる場合
  4. 装入鐘より装入線までの距離が大なる場合、即ち装入物を下げて操業する場合
  5. 装入鐘の角度小なる場合
  6. 羽口の爐内突出大なる場合
  7. 正規送風量に對し羽口徑が大なる場合
  8. 送風係數の小なる場合
  9. 送風溫度が過度に高き場合
  10. 褐鐵鑛の如き還元し易き鑛石を多量に配合する場合
- 之れを要するに装入物の分布及び爐床の溫度の變化は爐の操業を内部的或は外部的に誘導するを以て、之れ等を支配する諸原因は凡て爐の壽命に關する重大原因であると云ひ得る。

本稿を草するに當り銻鑛爐の操業に關しては兼二浦製鐵所技師田畑農夫氏、又吹卸後のプロフィールの調査に關しては同伊藤隆吉氏の勞に負ふ所大なり、茲に附記して深甚の謝意を表す。