

## 日鐵輪西仲町熔鑛爐調査概要 (I)

(昭和 23 年 10 月, 日本鐵鋼協會講演大會講演)

倭 國 一\* · 鈴木 淳 友\*

AN INVESTIGATION OF THE BLAST FURNACE OF  
WANISHI IRON WORKS (I)*Kunichi Tawara & Atutomo Suzuki*

## Synopsis :

A sub-committee had been set up in 54 sectional committee of Japan Science Promotion Society to investigate the variation of temperatures and other conditions in a blast furnace under normal conditions. In collaboration with the Japan Iron and Steel Company, actual experiments had been carried out twice at Wanishi Iron Works, once at March 1943, while next at December in the same year. The present report describes the results of the first investigation while the second one will be treated in second part of this report.

The charge of Wanishi blast furnace at that time composed principally of bog iron ores from Hokkaido and poor cokes rich in ash, so several times irregularities in operation had been happened. The efforts had been made to know the cause of those disturbances and some hints were obtained.

本文は昭和 23 年 10 月 30 日の大阪講演大會に於て講演したものの一部門である。その時には日本學術振興會第 54 小 (製鉄) 委員會のことを報告せんと考えて居たが、時間の關係もあり僅かに輪西仲町熔鑛爐調査の報告のみに留めた。然るに最近鶴野達二氏が同調査第 2 回目の概要を報告せられたから之を第 II 報として掲載し、私の報告は同調査第 1 回目の概要に留めることにし之を第 I 報とする。

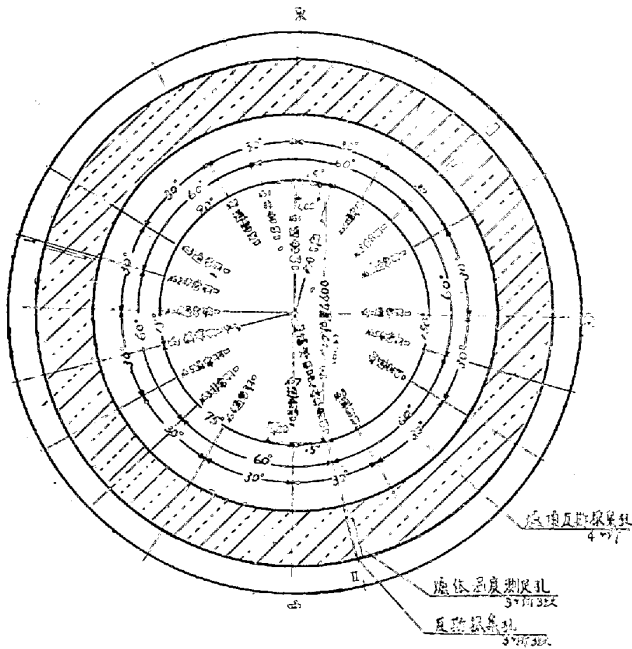
日本學術振興會第 54 小委員會は昭和 18 年 4 月 1 日より發足し既に 16 回の會議を重ねた。最初その主力を注いだのは熔鑛爐の作業實地調査であつた。戦時中殊に輪西製鐵所熔鑛爐にては世界に稀なる惡條件の下に稼業した。貧鑛で水分多き泥狀の沼鐵鑛、夫れに炭分の多い軟コークスが原料であつた。そこで進んで計測器を應用し熔鑛爐自體を調査研究し鉄鐵増産の助けをなさんとて本小委員會が出發したのである。

輪西熔鑛爐調査は日本製鐵株式會社の甚大なる援助の下に、同所仲町 700 壺の熔鑛爐で 2 回行つた。第 1 回は昭和 18 年 3 月委員會成立前に同所第 3 熔鑛爐を、第 2 回は同年 12 月に第 1 熔鑛爐に就てである。各々多數の方を動員し殊に全國中の大學より冶金専門の學生諸君に手傳つて貰ひ總員 60 名以上にも達した。爐内反應を調

ぶる爲爐各部の溫度、ガスの成分、他方に實地作業の狀況を記録し、製造した鉄鐵、鑛滓、煙塵等の成分などの相互關係を知らんと勉めた。而して計測の結果即ち計器の應用が如何に實地に反響すべきかを判定し、あわよくば爐内に生ずるスリップの事前豫告之が救済、羽口破損の早期發見などにあつた。此等調査中嚴重に守つたことは戦時中 1 塊でも鉄鐵を要する秋であるから、實地作業を少しでも妨げる様なことを避けるに勉めた。従つて研究の必要から作業法の變更を頼んだことはない。唯日常行つて居らるゝ實地を調査したのである。

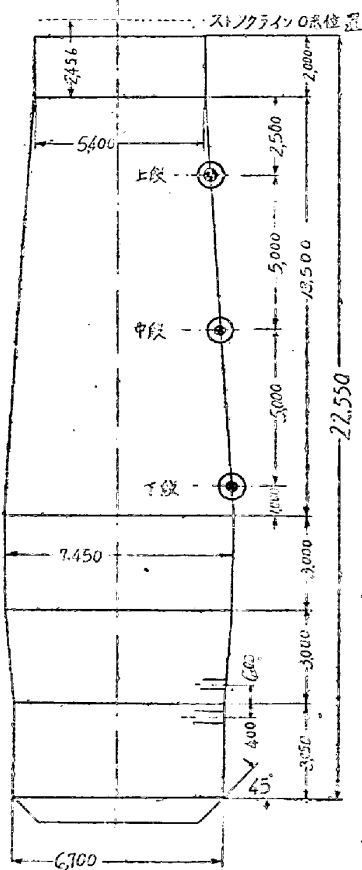
第 1 回の調査は仲町第 3 熔鑛爐公稱 700 壺爐に就て、3 月 24 日朝より同月 31 日朝迄之を行つた。先づ溫度測定及びガス分析定量をする採集個所は爐頂フリーダ根基幹部中央と爐胸部 9ヶ所は全周を 3 等分したる個所第 1 圖 I, II, III に示せる位置で、之を第 2 圖にある通り 3 段に設けた。上段はストックライン以下 4,956mm, 中段は尙 5,000mm 以下, 下段は更に 5,000mm 以下とし恰も爐腹上 1,000mm に當つて居る。ガス試料採集管は各溫度測定用孔と略ぼ 35mm を距て、差し込んであつた。高温計の熱電對はアロメル・クロメルを用い爐

\* 日本學術振興會第 54 小委員會委員長と幹事



第1圖 輪西仲町第參熔鐵爐  
爐壁溫度測定及瓦斯採集位置

輪西仲町第3高炉測定孔位置



第2圖

脚用徑 5mm, 爐項用徑 1.5mm 長さ 1200mm のものとし、保護管は太さ 24mm 肉厚 2mm のサンドビック製特殊鋼管 1200°C のものを使用した。爐壁などに挿入

せる深さは送風及び爐頂は管中央にその先端を眞直に置き保護管よりの熱傳導を防ぐ爲め露出部を石綿にて巻いた。上段以下のものは時期に依りその位置を色々に變じた。その様子は第1表に示した。

第1表 上 段

位置	現在壁厚 mm		外壁表面よりの熱電對の深さ mm											
	最初	mm	日 23	時 15	分 15	日 24	時 11	分 02	日 25	時 9	分 30	日 28	時 15	分 30
I	890	950	840			790			890			900		
II	900	950	850			800			900			1000		
III	910	950	860			810			910			1010		

中 段

位置	現在壁厚 mm		外壁表面よりの熱電對の深さ mm		
	最初	mm	日 26	時 16	分 0
I	930	930	1,040		930
II	960	960	1,040		960
III	980	980	1,040		980

下 段

位置	現在壁厚 mm		外壁表面よりの熱電對の深さ mm		
	最初	mm	日 26	時 16	分 15
I	1,130	852			990
II	1,170	852			1,030
III	1,170	852			1,030

冷接點として送風、中段及び下段のものは排水樋海水約 7°C 中に補償導線にて4ヶ所採った。上段の分は排水管に補償導線を巻きつけ冷接點とし、爐頂の分は水タンク中に採った。配線に就ては上段、中段及び下段のもの各線2本づつ取り、爐頂の分のみ共通線を採った、而して各配線の抵抗最大 3.5Ω, 最小 1.5Ω にしたが補償導線の長さによりその抵抗は増大する。使用した温度記録計は爐頂及び送風用 600°C, 上段用 1000°C, 中段及び下段用 800°C 内2個を約 1300°C 用に改造し用ゐた。銑鐵、鑄滓並に羽口温度は何れも光高温計にて測定し、その輻射能補正を 0.5, 0.7 並に 0.9 とした。

ガス試料は爐の内壁迄差込けたる外徑 50mm 内徑 40mm の鐵管より引き除塵器徑 200mm 高さ 370mm 内容約 120 リートルの箱を経て外徑 25mm 内徑 21mm の鐵管に依り爐底に導いた尙除塵器に水銀マノメータを取付けて爐壁内部の壓力を計つた。高温計の導線及びガス管は夫々爐床附近特に設けた計測室に導きて測温及び分析操作をしたもので、試料運搬の手数を省いた。斯く

して測温は晝夜を分たず 5~15 分間毎に 4222 回記録し、ガス成分分析は晝間は 30分間~3 時間毎に夜間は 3~5 時間を距て、CO<sub>2</sub>、CO、及び O<sub>2</sub> をオルザット装置で定量し間々 CH<sub>4</sub> をも検し其數 527 回に及んだ。又熱傳導度に依り H<sub>2</sub> 量を測定し其度數 237 回であつた。羽口の汚れなどの狀況は常に晝夜を分たず記録し、その温度を光高温計で測つた。羽口内突込寸法即ち爐蕊の大きさを常に測定記録し、他方爐項檢尺棒の動きの多少や、送風壓力及送風量をも同時に記録した。

當時輪西熔鑄爐の装入原料はコークスの灰分 20% 熱量 6440 カロリーのもの 6,500kg に對し鑛石 10,500~11,300kg で、その内譯俱知安鑛 33% 燒結鑛 24% 大冶鑛 14% 釜石鑛 11% その他德舜管、常呂などであつて外に平爐滓 800kg 石灰石 30% を加えて之を日々 50 回以上装入した。爐内に於ける装入物の降下度は檢尺棒の指示する寸度から見て 1 分間に平均 30~50mm であつた。

出銑量は日々 350~400 礎で、含有 Si 分は 1.4% で、S は 0.045% 以下で、銑鐵中の N<sub>2</sub> 量は 0.0081~0.0143% で、O<sub>2</sub> 量は 0.0104~0.0292% で概して夜中湯出したものに多い傾きがあつた。

鑛滓の鹽基度 CaO/SiO<sub>2</sub> は通常 1.25 を上下し此等と銑中の Si との関係、硫黃分との関係、Si と S との関係をも調べた。その外に爐胸上段各號に於ける log CO/CO<sub>2</sub> 對温度など調査した。

装入原料の鑛石、コークス、石灰石等の化學成分と其の重量割合、及び装入量を記録し、他方出來た銑及び滓の成分重量を知りて兩者間の相互關係を求めんと勉めた。煙塵の化學成分を知り、それとその量とに依り爐の調子を判斷することを目的で、降下管からガスを導き光電管にて測定せんと試みた。

熔鑄爐自體の振動で爐内の様子を知ることが出來ないかと、電氣試験所の内藤正氏は電氣的に、又地震研究所の岸上冬吉氏は地震計にて測定された。内藤氏は八幡洞岡第 4 熔鑄爐で測つたらべの運動する際に爐の振動が一番劇しくその振動 0.167mm であつた、それで輪西に於て此等現象を捕え他方作業の調査を進めて兩者の關係を知らんと試みた。

熱電對保護管を利用して電氣抵抗測定爐體內挿入棒とし、同一水準間又は各段間の電氣抵抗を測つた。専ら北辰電機製作所の波部勝氏の考案であり實驗である。中段プラットフォームの机の上に測定用ターミナルを作りラジオ用セットテスターを使用し、2 時間毎に正員を變更して各ターミナル間の抵抗を測定した抵抗最小目盛は 10

導線は 18 番線で 1.2mm 徑のものであつた。

第 1 回の調査にて得た結果を述べると次の通りである。爐胸同一水準に於て周囲を 3 等分せる 1 號 (3 番と 4 番羽口中央)、2 號 (7 番と 8 番羽口中央)、3 號 (11 番と 12 番羽口中央) に於けるその温度差の甚しいことは爐圓周全體に亘りて一樣に作業せぬ證據になる。爐胸上段に於て見るに一般に湯口に近い 3 號の温度高く而してその變動最も甚しい、30 分間に 1000°C から 600°C 迄下がつたこともある。1 號の温度最も低く 700°C 以下であるが、2、3 號のは大概ね 800°C 附近であつた。爐胸中段に於ては温度の變動少なく、あつても 100°C 以下である、1 號は 1000°C 上下を、2 號は 900°C 上下を、3 號は 1100°C を沿ふて示して居て同様各温度は圓周各部にて不均一を示して居る。爐頂ガスの温度は平常 250°C を上下すること 100°C 内外である。その上段に比して著しく低い、之は爐の中心部のガス温度極めて低きものあつて之が混ぜし爲出來したものと考えらる。之等は爐況割合に順調なる時であるが、一旦スリップなどの場合大異動を生ずる。29 日正午の大スリップの例を挙げると、その 5 時間より上段の温度漸次上昇して 1000°C 以上にもなる、殊に 3 號の温度は其上昇度甚しく中段 3 號の温度に近づくから爐内上中 2 段の間 5m 間には温度差がないことになる。之がスリップに際し一舉 600°C 下がる、併し中段の温度は僅かに 20~30°C の下降を示す位で餘り變らない。従つてスリップの基となる空洞は上中兩段の間に起つたものと考えられた、殊に出銑口に近き 3 號附近に此の爐の癖がある様に思える。

元來爐壁の温度が上下するのは何れの原因に依るか、爐内を上昇するガスの爲に熱せられ、他方に降下する装入物の爲に冷さるゝ、その何れが主要に働くかが問題である。上述せるスリップの前に上段温度先づ上がりしは明かに装入物の降下なく、爲に約 5m 下の中段の温度に近かづきしものと思われ一旦スリップあつて急に装入物の降下せし爲温度の急降下ありしも、之等は装入物の影響に依つて總てを説明し得ると思われる。此現象を捕捉して實際作業に應用した例がある。獨逸上部シレシャ<sup>2)</sup>の高爐にて最低装入水準(荷が最も下りた時)より 0.5m 以下の爐壁内側を 50mm 丈突出した高温計にて全周 3ヶ所に於て測定せしに、5 番羽口の上方に位するものが

- 1) 第 2 回調査の際に爐内部の温度を測りしに極めて低温度の局部の存在することが判つた(第 2 報参照)
- 2) Stahl und Eisen, Juli 16, 1936, S. 813.

同一水準面にある他の2つに比し 150~200°C 高く 800°C を示した。その位置を檢尺棒で見ても 5 番羽口の上は装入物の下りが悪い、そこで 5 番羽口の徑を大きくし反対側の羽口を小にして 5 番羽口の燃焼を盛にしたら、爐上部の温度は下がり同一間周の温度も揃うて燃料の消費も 14% も下がった。これ等は燃焼を盛にし上昇ガスを多くしたら温度が下つた即ち装入物の降下が盛になったことになる。一つの類例を示すに留まるもので、爐壁の 1 局部の温度が特に高いなどの場合には種々の考察をなしてその爐の弊に應じて處理せねばならぬと云ふてある。

爐内局部の温度の高低はその部に於ける上昇ガスの速度即ち量に依ると示せるものは、囊に述べたる装入鐘鉄の直下に當る中間區域に於て低温なるは装入物中の粉状のものが落下し堆積してガスの速度を遅くする爲とし、その局部のガスは CO<sub>2</sub> の量多きに拘らず鐵鐵の還元率も悪いと云ふてある<sup>3)</sup> 米國の S. P. Kinney その他は度々爐内の狀況を調べて、温度最も低きは装入鐘の直下で、そこではガスの上昇速度最も低く CO<sub>2</sub> も最高で 17% もある。爐中心部に於けるガスの速度最高で、温度高く又 CO<sub>2</sub> 量も最小と云ふてある<sup>4)</sup>。

以上述べた様に焙鐵爐内某局部の温度の高低は上昇ガスの速さ即ち量に伴ひ上り、逆に装入物の降下速さに依り下がる。今その何れかが主要に働かずに就て考を述べると、爐作業が順常なる時には装入物の状態及び装入方法、送風が各羽口に分配せらるゝ條件に伴ふてガス上昇の工合も、装入物降下の調子も能く平衡を保つて爐内温度分布を示すもので、その際は上昇ガスの速さに關聯を保つもので装入物が局部に於て急降下するに依るものとは思えない。併し一旦爐内の平衡を誤つて装入物の懸滯など惹起する時はその局部を冷す装入物が來らぬ爲め温度の上昇を認め、之が進んでスリップを生ぜし時は爐温急降下するもので、異變時に際しては装入物降下速度の如何が爐内局部の温度を支配するものとする。即ち爐作業を研究せんとする場合装入物の爐内分布如何とその降下速度とを深く調査せねばならぬ。

羽口の温度は 1600°C を上下すること 100°C 内外で

あるが、大スリップの跡 5 時間を経て 3 番羽口 1 號に近きものは平常通りだが、2 號に近き 7 番羽口のは 1450°C 迄、3 號に近き 11 番羽口の温度は 1350°C 迄下がつた併し 13 時の後には恢復した。

送風温度は 300°C 内外で、出鉄温度 1450°C 内外、出滓温度 1480°C で餘り變りはない。ガスの成分に就ては爐頂各號共に變動少なく CO<sub>2</sub> 10%、CO 28% 位で、スリップに際し CO<sub>2</sub> は下り CO は逆に上つて居る。爐胸部上段に於て各號のガスの成分の異動甚しく時に 10% を上下する、殊に 3 號に於て著しい。スリップ時に於ては各號共その變動烈しく CO<sub>2</sub> は 1% より 14% 迄、CO は 45.1% より 19% 迄に變ずる、概して CO<sub>2</sub> は上り氣味に CO は下り傾向を採る。中段及び下段の各號に於けるガスの成分の變動は少なく兩段共に略ぼ同様で CO<sub>2</sub> は 0.0% 多くて 1.4% 位で、CO は 35% を僅かに上下した。爐頂各號及び上段 2 號より採つたガス中の水素量は 0.7~4.7% に亘つた、その増減で焙鐵爐作業の調子が判る様にも思われる。

檢尺棒は大スリップの時には 5m 以上も下つた、その前に 20 時間も引續き平素より 1m 上つて居たが、他の場合では差したる豫測はなかつたこともある。

羽口孔よりの突込棒の長さや爐蕊の大きさを測つたのに依ると其の長さ通常 800~1,000mm であるが、その變動甚しく、即ち爐底部に於ける高温度を有する面積時に依り甚しく増減するを見る尖端部の長さの割合 15~30% であるも爐作業の増長と何等密接なる關係を見るに至らない。

爐内のガス壓は爐前送風壓 930~1100gr (大スリップ時に 830gr に下つたこともある) に對し 上段に於て 60~150gr、中段 220~340gr、下段 560~600gr 位で、風壓の上るに伴ふて上昇の氣味あるも著しき變りはない。

**結言** 焙鐵爐の日常作業に現わるゝ諸現象を捕え我國で今日施行し得べきあらゆる計器と手段にて實測し、その相互關係を知らんと勉めた。斯様の調査に依りて實地作業法を色々變更した場合即ち原料の前準備方法さては装入方式など又は各羽口の送风量と壓及び温度等を變じた場合に同一調査を行ふたなら、確かに爐の作業を明にし之が改善に役立つものとする。現に行ひたる各種調査中最も有效なりと思ふものを上げれば

1. 檢尺棒の調査嚴守。
2. 爐頂及び爐胸上部の爐温温度と CO<sub>2</sub> 量の調査を記録計にて測ること。

將來施行し度きことは、進んで諸外國にて行われた様

3) Journal of Iron and steel Institute, special Report 18, Reports upon Blast Furnace Field Tests, p. 34.

4) Blast Furnace and steel plant, April 1943 U. S. Bureau of Mines Techn. Paper, 1929, p. 442; 1930, p. 459.

に爐内部の温度及びガスの成分又はその壓等或は爐内部より試料を採集してその成分を知り得ば一層熔鐵爐内の反應狀況を知り得ると思ふ。第2回調査の際には出来る丈各種の記録計を備えて間斷なく計測し、凡ての現象を捕え勞少なく効多きものにし度いと考える。最初述べた

様に多數の人々の犠牲的努力に依る協力で出来た調査に拘らず効果の少なかつたこと眞に恥づべきである。終に記録を整理し種々操業因子の表など纏むるに盡力された報告者の一人故鈴木淳友君を偲ぶこと深いものがある。

(昭和24年5月寄稿)

## 電氣爐による鑄鐵熔解法に関する研究

(昭和23—10—30 於大阪第36回講演大會にて發表)

佐藤 忠雄\*・堀川 一男\*\*

### ON THE MELTING OF CAST IRON BY ELECTRIC ARC FURNACE

Tadao Sato & Kazuo Horikawa

Synopsis: The effect of furnace atmosphere on the melting of cast iron by electric arc furnace were investigated. Results obtained were as follows:—The main occurrence of defects of cast iron manufactured by electric arc furnace should be the oxidation of molten metal by the furnace atmosphere at the melting period of raw materials. Si in molten metal is most affected by the furnace atmosphere, because the molten metal is oxidized at relatively lower temperature. The content of FeO in molten slag on the molten metal at the melting period has no effect to the molten metal but the time of slag off and the composition of 2ndry slag shall be taken more attention, for the temperature of furnace is higher. The content of FeO in molten slag is lowest at  $\text{CaO}/\text{SiO}_2=1.2\sim 1.3$  on basic f<sup>l</sup>, and 0.4 on acid f<sup>l</sup>.

The effect of  $\text{H}_2$  is more obvious as far as the effect of oxide is negligible small.

#### I 緒 言

電氣爐鑄鐵が、キューボラ鑄鐵に較べて種々の缺陷を持つことは、既に廣く指摘されてゐる處であるが、其の原因は主として溶湯中に含有されてゐる酸素に因るものと考へられる。

キューボラ溶解に於ても酸素が溶湯の湯流れを悪くする事及び鑄鐵の黒鉛化を阻止する事は今日までに定説と成つてゐるが、曩に行つた實驗<sup>1)</sup>に於て、キューボラの湯の酸化は溶解帯の雰囲気酸が酸化性の場合に、地金の正に溶解せんとする時期に最も著しいと結論した。電氣爐鑄鐵に於ても同様に、地金の溶ける時期に、爐内雰囲気に依つて起る酸化が最も著しいものと考へる。その理由は、操業時間の大部分が溶解期で占められ又溶滓に因る脱酸は餘り期待出来ぬと言はれてゐるからである。

そこで著者等は鹽基性及び酸性兩操業に於いて溶解期に於ける爐内雰囲気と溶湯の性質との關係について實驗し、溶湯の酸化する時期とその機構を明かにして、電氣爐鑄鐵溶解法の基本的條件を明かにせんと試みた。

#### II 實 験 方 法

鹽基性電氣爐としてはドロマイト裏張の15t 爐を用ひ、酸性電氣爐としては硃砂50 黒鉛50の割合で混合搗固せる1/2t 爐を使用した。

操業方法は學振報告<sup>2)</sup>と大體同様で、原料としては鑄鐵スクラップ100%を用ひ、除滓を1回行つて白滓を狙つてゐる。

\* 運輸省鐵道技術研究所

\*\* 日本鋼管技術研究所