

## 技 術 資 料

### アメリカに於ける製鐵用耐火物の進歩

毛 利 定 男\*

私の渡米中の見聞は鹽基性煉瓦を主に行動したために以下の御報告の内容も鹽基性煉瓦を中心としたものになり勝ちと思いますがこの點御諒承を御願ひ致します。

#### I. 平爐に於ける鹽基性煉瓦

結論的に申し上げれば鹽基性平爐に於ては前後壁はクローム・マグネシヤ系又はマグネシヤ・クローム系の煉瓦で築造される事が常識となつております。爐の兩端を basic end にする事が多くなつて行く傾向がありますが大天井をも basic にする all basic 爐はまだそう多くなく試験時代であると思われました。米國の平爐用鹽基性煉瓦はクロームの多いものはクローム・マグネサイト煉瓦、マグネシヤの多いものがマグネサイト・クローム煉瓦と一般に稱せられ壁に使う場合は鐵板を挟んで築造される爐が普通であります。最近の傾向としましては焼かない煉瓦を鐵板で4面包んだ煉瓦が流行しており、General Refractories 社の Ritex Steelclad, Harbison-Walker 社のメタルケース煉瓦等は之に屬するものであります。歐州に於いては焼いた煉瓦 Radex E が主に使われているのに對し米國では焼かない煉瓦が増加しつつあるのは面白い對照であると思ひます。大天井に使われる珪石煉瓦の壽命は大體 200~300 回位の所が普通であると聞きました。私が見ました Steel Company of Canada の 180ton の平爐は私が見た時は大天井だけが珪石の吊天井で(この吊天井装置は鹽基性吊天井装置をその儘應用したもので又天井珪石煉瓦は吊天井用の特殊の形状のものであつた)あとの小天井、前後壁、兩端、床下の壁等は全部 basic であつて重油爐で、溶銑の hot charge 1日2回の出鋼で壁の煉瓦には全部各段に鐵板を挟んでおりました。裏壁沿いの天井に Radiation pyrometer を挿入して天井温度を測定する様になつておりました。迫受けには大きいスプリングを入れてアーチの Thermal stress を調節する様な設備が注目されました。Silica の場合と basic の場合の壽命の比は大體次の如くである様です：大天井は珪石の普通アーチを1とする

珪石1, 鹽基性2, 床下の壁は珪石1, 鹽基性3~4, 鐵滓室及び down slop は super duty fire brick を1とすると basic が2です。こゝではスラッグポケットにたまつたスラッグは除去し易くこれを集めて高爐に return しています。Silica でスラッグポケットを積むとこの様な事は出来ぬと云つていました。蓄熱室の外側は全部保温のモルタルを塗つてありました。案内して呉れました技師の曰くに、過去5年間 all basic の平爐を試験して來た。この爐は今は珪石の吊天井であるけれどもこの次からは再び basic の天井にする豫定だとのこと、basic の天井は initial cost が大であるけれども年間の出鋼量が多いから有利であると云つていました。

1949年の A.I.M.E 鐵鋼部門の平爐委員會議事録を見ますと同社の平爐主任 Moore 氏が當時の all basic 平爐の試験時代の記録を發表しております。夫れに依ると5回迄の記録は第1表の如くになつています。同氏の報告書を見ますと all basic 爐は珪石爐に比べて約 10~15% の増産になつていますが適當の正味費用は all basic の方がまだ少し高くなつています。天井の壽命が 550 回以上になれば鹽基性の方が適當り費用も經濟的になるだらうという結論を出しておりますが私が行きました昨年4月頃には既に第6回目の操業も終つて全鹽基性の方が有利であるという結論が出たらしい様子でした。

General Refractories 社の平爐方面擔當技師 M. A. Fay 氏が先年歐州に出張して歐州の Radex の全鹽基性平爐を視察し米國の全鹽基性平爐との比較の論文を同社副社長 R.P. Heuer 氏と連名のもとに 1950 年に發表<sup>2)</sup>しているのを見ますと歐州の全鹽基性平爐の操業成績の結論は

1. 天井の壽命は珪石煉瓦の 2~2.5 倍である。
2. 生産の増加は約 15% である。
3. 燃料の節約が 10~15% である。

米國の全鹽基性平爐は始めの2條件は満足しておるが第

\* 品川白煉瓦株式會社

第1表 Steel Company of Canada 社全鹽基性平爐稼働の生産と費用

天井 No.	全加熱回数	稼働間屯数	平均屯数 珪石平爐	噸差	鹽基性 珪石に 對する 超過%	t 當り費用増加 \$			t 當り費用減少 \$				t 當り正味費用 \$	
						天井	燃料	計	前後壁	媒溶劑	固定費	計	増加	減少
1	331	60,625	52,020	8,605	16.5	0.373	0.099	0.472	0	0.006	0.264	0.270	0.202	
2	381	69,353	60,024	9,329	15.5	0.282	0.091	0.373	0.030	0.006	0.220	0.256	0.117	
3	347	62,186	55,471	6,715	12.1	0.215	0.090	0.305	0.025	0.009	0.200	0.234	0.071	
4	479	86,700	78,238	8,462	10.8	0.126	0.080	0.206	0.025	0.006	0.180	0.211	0.005	
5	465	83,240	78,214	5,026	6.4	0.166	0.214	0.380	0	0.006	0.159	0.165	0.215	
6	117	21,098	17,569	3,529	20.0	尙稼働中								

3の條件を満たしていない、米國の鹽基性天井の平均壽命は珪石天井の2~3倍で全鹽基性平爐の生産増加は一般に12~16%である、然し燃料費は逆に約10%の増加を示していると述べております。

同氏等の主張する所に依りますと米國式の鹽基性天井の主なる特徴は天井の全煉瓦の適切な懸垂、眞のアーチをなす迫形、アーチの變形を豫防する外側からの突張り、横方向に膨脹繼ぎ目なく天井の縦方向に1%以下の膨脹代をとつてゐること、アーチの切線方向の運動を許すバネ式の迫受け及び天井の熱間修理用の設備等でありませぬ。

米國に於ける天井煉瓦は焼かないクローム・マグネシヤ系の鐵板で包んだものが多い。Radex E と米國製の焼成クローム・マグネシヤ煉瓦との品質比較表も同論文にのつていますが第2表の如くであります。

私が見ましたもう一つの平爐は Pennsylvania 州 Coatesville の Luckens Steel Co. の 135t の鹽基性平

爐で丁度とめた翌日見せて貰いました。此所は單獨平爐メーカーで厚板を製造し下注ぎで定盤押湯注入管等使用している所は日本の平爐工場とよく似ておりました。酸素を使用する重油燃焼爐で出鋼は1日3回にて相當苛酷な作業の如くに見受けられました。大天井は珪石の普通アーチで小天井、前後壁、兩端は鹽基性煉瓦を使用しておりました。壁は3枚に1枚の割りに鐵板を挟み外側に張り出して、その端をbackstayに熔接してあり、小天井は鹽基性の吊天井でした。この爐は前日に158回の使用の後火をとめたとの事でしたが、これは短い方で普通は天井煉瓦、壁煉瓦は180回迄使用できポート、床下壁は1500回位の壽命であると云つていました。私の見た時も吹出及び小天井は未だ充分使用出来る様見受けられました。丁度スラッグポケットを掃除しているのを見ましたが掻き出すスラッグはさらさらしてスケールの様なものでした。ギッターは全部シャモットでその上に附著しているスラッグも少く手を觸れるとさらさらとれる

第2表 種々な焼成クローム・マグネシヤ煉瓦の物理的及び化學的の性質

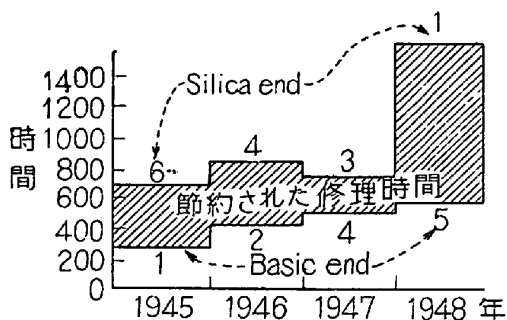
	Radex E	アメリカ製煉瓦					
		A	B	C	D	E	
化學分析 %	SiO <sub>2</sub>	3~7	5~7	5~7	5~7	5~7	5~7
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9~14	20~22	20~22	18~20	19~21	20~22
	FeO <sup>1)</sup>	8~12	10~13	9~12	9~12	12~14	9~12
	CaO	1~2	1~2	1~2	1~2	1~2	1~2
	MgO	37~43	33~35	33~36	43~45	38~42	34~37
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25~34	23~26	22~24	20~22	20~22	23~25
嵩比重 oz/in <sup>3</sup> (gr/cm <sup>3</sup> ) <sup>2)</sup>	1.72(2.96)	1.74(3.00)	1.74(3.00)	1.72(2.96)	1.73(2.98)	1.72(2.96)	
眞比重	3.85	3.83	3.85	3.83	3.80	3.84	
氣孔率 %	35	25	21	24	26	25	
冷間耐壓強度 Psi(kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2)</sup>	3000(256)	4000(282)	5000(352)	4000(282)	4500(316)	4500(316)	

1) 鐵分は凡て FeO としてある。

2) 括弧内の數字は C. G. S 系に換算した値

程度の付き方でした。面白いと思いましたが平爐装入口のドアで LAVINO 社製のクロームプラスチックをエアランマーでスタンプして、スチームで直ぐ乾燥させ180回無修理で使えるもので、これは非常に便利だと云つておりました。

次に basic end に関する参考資料として 1949 年 4 月の A. I. M. E 平爐委員會に提出されました。Middletown の Armco 會社の E. R. Westfall 氏の論文に記されている修理のために要する平爐休轉時間に関する basic end と silica end とに就ての比較を示す第 1 圖を御紹介します。圖上の 6, 1, 4 等の数字はその年に操業された各タイプの平爐の数を示しております。



第 1 圖 平爐 1 基當修理のため失われる時間の比較

尙同氏は“Middletown の Armco は 7 基の basic end 平爐を操業中であり 8 基目が計畫されており、それで工場が完成される。操業中の 7 基に就て云えば第 1 のものは 1944 年 10 月に第 7 基目は 1948 年 12 月に装置された。basic end 平爐の總加熱回数は 2850 回で現在操業中の最後のものは 200 回である。

我々の常に感じた事は正味も當り修理費用に就て basic end の平爐を silica end 平爐に比較する、より決定的な方法はその基礎を月間或は年間でなく 1 稼働或は 2 稼働にすべきだという事である。この方法は 1949 年に轉換された最初の basic end 装置 No. 7 に就いて同年爐底を改築された普通の silica end 平爐を對象として行われた。試験は 1948 年結論に達し No. 4 平爐を basic end に轉換させた。1948 年 11 月末に於て當り修理費用は No. 7 basic end の方が No. 4 silica end よりも \$0.181 廉かつた”と記しております。

この式の basic end にするには壁及び立上りの曲り角等をパネル式の壁及び吊天井にする必要があります。

## II. Zebra Arch

私はこの爐を見る機会がありませんでしたが General

Refractories 社での話を聞きますと 1950 年以後この方式を採用する平爐が増加して來ているようで、1950 年 7 月に 2 工場が採用したのが 1951 年 3 月には 55 工場から注文を貰つたと云つていました。

これは普通の齒車式天井の裏壁寄りの部分に珪石とクロームマグネサイト系の煉瓦を交互に縞馬式に巻く方法で、A 工場の平爐では 224 回の壽命が 284 回となつた (27% の増加)、B 工場の平爐では 211 回が 281 回 (33%) に延長できた、C 工場では珪石許りの時より 50~60 回壽命が長くなり、これは 25% の増加に當る。そして珪石許りの時は 6 ヶ月間に天井の patching を 35 回やつたが Zebra にしてから同期間に唯の 2 回の patching ですんだそうです。

この式のものは日本の平爐にも應用出來ますから興味あることゝ存じます。

## III. Mixer の爐材

最近の傾向を聞きましてのを要約しますと Mixer には普通 super duty fire brick か high fired blast furnace brick を使用している、そして目地は high  $Al_2O_3$  の mortar か sillimanite mortar が成績がよい。最近  $Al_2O_3$  70% の diaspore brick が、より成績がよく経済的である事が判明して來た、sillimanite 煉瓦もよい成績を出している處もあるが値段が高い。Mixer の化學的侵蝕が特にひどい處には unburned magnsite-chrome brick か unburned magnesite brick が成績がよいから、これからこの様な用途に鹽基性煉瓦が進出して行くだろう。鹽基性煉瓦は sillimanite に比して價格も安い。

以上の様な事情より推定しますと今後は Mixer の各 part によつて super duty fireclay brick, 珪石煉瓦, High  $Al_2O_3$  又は unburned basic brick が使い分けして行かれるのでないかと思われます。

Mixer 及び Hot metal car の目地材料の品質を相等重要視しているのが注目されます。

## IV. Nozzle Stopper 煉瓦

私が見學した前記二つの平爐工場の現場では何れも Stopper は黒鉛製のものを使用していました。nozzle は Hiram Swanks 會社の粘土質のものが一般に使用されているようです。歐州方面では Kunz 會社の粘土質のものが使用されているのに對照して興味あることゝ存じます。

本邦では粘土質、高アルミナ質 nozzle stopper が現

在使用されていますが鋼が大きくなり又出鋼温度が高くなつて行きますとトラブルを起す心配があります。又小さい鋼でも特殊鋼になりますと更に安全なものが要求されて來ました。

造塊作業の key point であるこの煉瓦に對しては本邦耐火煉瓦業者も眞剣に研究する必要を痛感しております。

## V. 珪石煉瓦

平爐の壁が basic になるにつれて天井の珪石煉瓦も品質向上の傾向にあります。私が見學した珪石煉瓦工場では  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を 0.5% 以下になる様にやつていました。 $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Alkali})$  の量を 0.5 以下にする super duty silica brick が市場に出て居り、この種のものでは  $\text{SiO}_2$  パーセントは 96~97% で、従つて ASTM 法による軟化點も攝氏に換算して 1670°C 以上の様であります。原料は本邦の珪石煉瓦原料とは根本的に異なる白色砂岩質のもので氣孔率は機械製のもので 22~26% 位の様です。

本邦の平爐天井用珪石煉瓦も最近は品質も向上してまいり  $\text{SiO}_2$  95% 前後に達してまいりました。氣孔度は漸次低下して 20% 以下となり 16~18% 位のもので出て參つて來たことは興味ある事と存じます。本邦の原料は赤白青白系でありますから鐵、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等の不純分を少くする限度も米國とは多少様子も異つていますから寧ろ粒度調整による氣孔度の低下によつて天井壽命の延長をはかる行き方になつております。

## VI. 結 び

以上斷片的にまとまりのつかない事を申し上げましたが米國の製鋼技術者の爐材に對する見方は各部分が壽命何回もつたという様な見方ではなく大修理から大修理迄の 1 campaign について出鋼がどれだけで t 當り爐修理費即ち煉瓦代、工賃代が幾何になつたかという數字の向上に就いて論ずるという傾向にある様です。

本邦に於いても製鋼現場の平爐の整備、計測、管理等の作業能率向上と煉瓦の品位改善と相俟つて逐次爐材使用の原單位も減つて參りましたが、今後は天井、壁、ギッター等の各部分の壽命がバランスのとれる様に我々の方でも協力して行かなければならないと感じています。

尙造塊用煉瓦に就いては良塊の歩留りの向上、砂噛みの防止等の點より湯の性質に合つた煉瓦の品質形狀を研究して行かなければならないと存じています。購入される方も造塊煉瓦は値段が安ければよいという考えを改めて戴いて各現場の湯の性質から考へて鋼塊を奇麗にするためにどの様な造塊煉瓦が適當であるか協同研究の立場で御協力願ひ度いと存じます。

### 文 献

- 1) A.I.M.E. National Open Hearth Committee. Proceedings v. 32 (1949) 177~178.
- 2) R. P. Heuer, M. A. Fay: Journal of Metals July, 1950.
- 3) (1) に同じ p.191.