

Fig. 2. Layout of castable gunning.

330mmの厚みを一度に吹付けたが、HSBCは、BC3000に比べ、アルミナセメントの配合率が高いため、セメント水和熱によるライニングの温度上昇が極めて大きく、このため水和水の一部が水蒸気となり、表面に上向の浅いクラックや小孔を作つて吹出し、一部は剝離脱落した。ライニングの温度上昇は吹付約3時間後より始まり、多量の散水により冷却したが温度上昇を抑え切れなかつた。この不良箇所はコンクリートブレイカーにて除去したが、吹付後8時間程度の時間経過にもかかわらず、極めて強固で作業は困難を極め、約3tの除去に12時間を要した。その後は330mmの厚みを3層に分け約100mmづつ3回に吹付けた。この場合も発熱は極めて大きく、養生水は流下して炉底に達する程度に散水しなければならなかつた。リバウンドロスの発生率は純所要量に対し34.6%にも達し、これの炉外搬出に多大の時間と労力を要した。吹付作業は19日7時に開始し24日19時に完了、132時間を要した。

(3) 乾燥、昇温 キャスタブル耐火物の特性である熱膨張率が0.2~0.3%に過ぎず、また膨張による目地切の心配のない一体構造である点を考え、乾燥工程を省略した。すなわち施工後足場を撤去し、養生水により被水した湯溜煉瓦表面を乾燥するため、約4時間の薪乾燥を行なつたのみで、直ちに填充、火入を行なつた。

#### VI. 考 察

(1) 材質 施工上問題となつた点は、HSBCにおいて硬化時の発熱が極めて大きく、このため多量の養生水を要し、さらにこれが下部の再使用煉瓦に悪影響をお

よぼすので、この点の改良が望まれる。

(2) 吹付作業 各作業別所要時間をTable 3に示す。

作業上最も支障をきたした点はガンの故障の続出である。表の吹付作業率は1台のみ稼動の場合も含むため、2台稼動を原則とすると、この値は30.7%となり、故障率は11.7%となる。また吹付時に発生するリバウンドロスの処置が問題で、これの排出は吹付中も並行して行なつたためこれに要した時間は約40時間にも達した。

(3) 能力、所要量 キャスタブル吹付能力は、全作業時間当りガン2台で1.11 t/hr、ガン1台吹付作業時間当り能力は、BC3000で1.78 t/hr、HSBCで1.93 t/hrとなつた。またライニング容積当り材料所要量は、リバウンドロスを含め、BC3000で3.06 t/m<sup>3</sup>、HSBCで2.72 t/m<sup>3</sup>であつた。

#### VII. 結 言

以上述べたごとく初めての試みであつたため、いろいろ問題はあつたが、従来のごとく煉瓦積を行なつた場合、築炉工事、炉体乾燥を含めて2~3カ月を要する改修期間が、キャストブル吹付工法の採用により2週間に完了し、高炉休止期間を大巾に短縮し得た。しかしながら、この工法採用の真の評価は今後の操業結果にまたなければならぬ。

#### 文 献

- 1) 安武正幸: 品川技報(1963)10, p. 8

### (36) 洞岡第1高炉使用後炉壁煉瓦およびモルタルの性状

(高炉用煉瓦の侵食に関する研究—Ⅳ)

八幡製鉄所、技術研究所

大庭 宏・杉田 清・平櫛 敬資  
○田中 正義・島田 康平

Properties of Used Bricks and Jointing Mortars of Kukioka No. 1 Blast Furnace Linings.

(Study of wearing mechanism of blast furnace linings—Ⅳ)

Hiroshi OHBA, Kiyoshi SUGITA,  
Keisuke HIRAGUSHI, Masayoshi TANAKA  
and Kohei SHIMADA.

#### I. 緒 言

高炉煉瓦の損耗機構に関する研究<sup>1)~3)</sup>の一環として、高炉吹止め時炉壁付着物の性状を前回<sup>3)</sup>報告したが、その後付着物と同一位置の残存煉瓦およびモルタルの性状調査を行なつた。高炉煉瓦の損耗に関する研究は多いが、モルタルに関する研究はほとんどなく、煉瓦と同等とみなされてきた。本報告は高炉吹止め時残存していたモルタルの性状からその損耗機構を推察するとともに、同一位置の煉瓦および付着物と比較検討して、その特徴を明らかにすることとした。

#### II. 試 料

対象とした高炉は当所洞岡第1高炉(第4次)で、フ

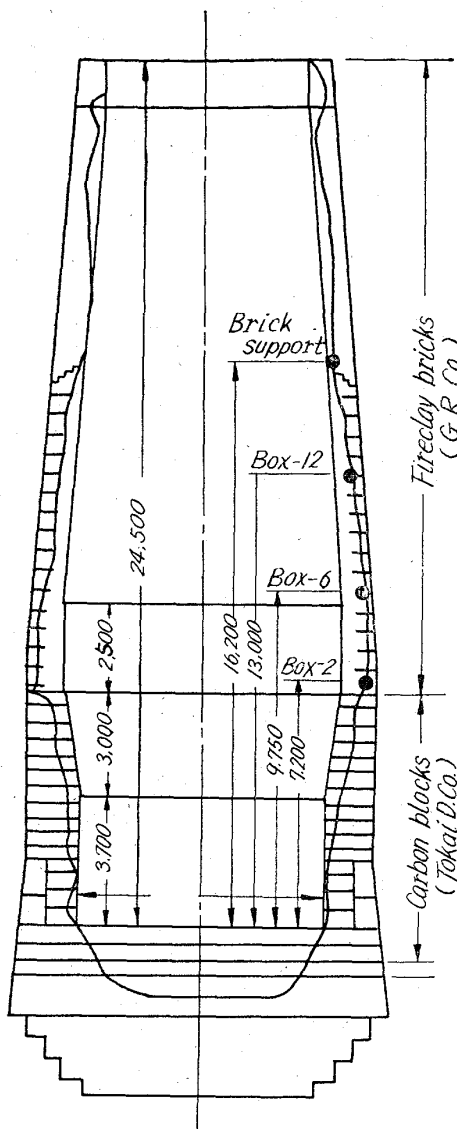


Fig. 1. Vertical section of lining in worn sate and positions of samples.

リースタンディング構造、朝顔部までカーボン煉瓦を使用しているのが特長である。昭和 30 年 6 月 11 日から昭和 37 年 6 月 30 日まで、217 万吨の出鉄を行なった。試料は前報<sup>3)</sup>の付着物調査と同一高炉の炉壁 4 箇所で、付着物採取位置と同一である (Fig. 1)。試料煉瓦およびモルタルの外観は煉瓦受金物近辺以外はいずれも強固で、モルタルは煉瓦によく接着していた。

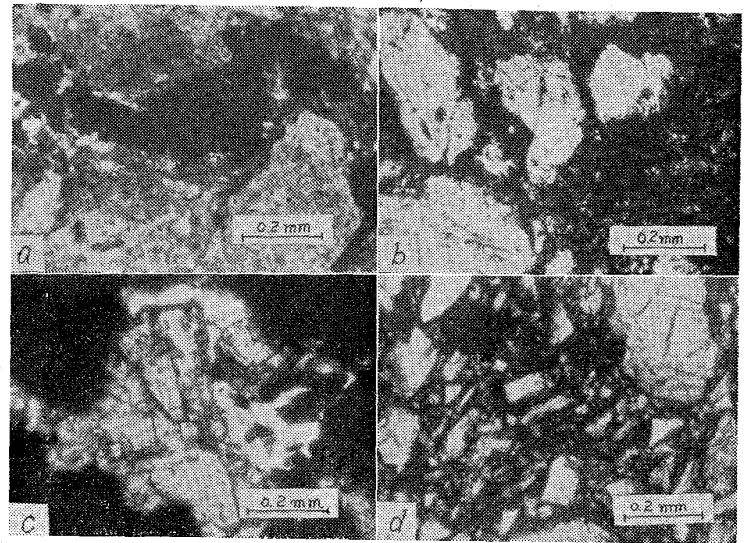
### III. 試験結果

残存煉瓦試料の大きい炉壁上部は稼働面と背後の 3 箇所、炉壁下部は 2 箇所について、主として化学分析、X 線回折および顕微鏡観察試験を行なった。以下紙面の都合上各試料とも稼働面の試験結果を表示した。

#### 1. 化学分析

耐火物の分析法にしたがつて、全分析を行なった (Table 1)。使用前に比べて、カーボン、アルカリ、酸化亜鉛の増加が大きく、酸化鉄および酸化鉛も若干増加しているが、その分布について次の特徴が認められる。

(1) 外来成分は煉瓦よりもモルタルに、また稼働面



a) Carbon deposit in clay mortar (Box-12)  
 b) Alkali and deposit in clay mortar (Box-12)  
 c) Zincite in clay mortar cracks (Near brick support)  
 d) High alumina mortar (Box-2)

Photo. 1. Microstructure of mortar specimens.

側ほど多い。

- (2) 酸化亜鉛は煉瓦受金物近辺のモルタルに著しく多い。
- (3) アルカリは煉瓦受金物近辺以外、炉壁中部、炉壁下部の全ての試料に多い。

モルタルは外来成分が多いため、耐火度は 1200°~1400°C に低下している。冷却 box-2 段近辺の高アルミナ質モルタルの耐火度は粘土質と同様に低下している。

#### 2. X 線回折

粉末法によつて鉱物成分を同定した (Table 2)。煉瓦試料は外来成分の比較的が多い冷却 box-12 段近辺を除けば外来成分により生成した鉱物はほとんどなく、使用前煉瓦の鉱物成分 (mullite および cristobalite) が残存しているが、モルタルでは kalsilite, zincite, willemitte, mullite は減少している。粘土質モルタルよりも高アルミナ質モルタルの方が使用前の成分が多く残存している。沈積カーボンの黒鉛化は mullite および quartz の特徴線と黒鉛の特徴線が重なるために確認できなかった。

#### 3. 顕微鏡観察

薄片を作成し透過光で観察した (Photo. 1)。煉瓦よりもモルタルの変質が著しい。外来成分の影響はまず CO ガス分解による糸状カーボンがモルタルのマトリックス部に沈積し、次いでマトリックス全面および骨材にまで発展する。アルカリの影響もカーボン沈積と同一位置で認められるが、マトリックス部ではカーボンによつて変化が覆われるため、稼働面近辺で骨材粒子の内部に変化が現われるときに観察される。アルカリは粘土のガラス化とともに微細な kalsilite (約 10 $\mu$ ) および leucite (約 10 $\mu$ ) を晶出させる。煉瓦受金物近辺では黄色柱状の zincite (約 200 $\mu$ ) がカーボン沈積によつて組織が変化したマトリックスの亀裂部分に析出している。冷却 box-2 段近辺に使用した高アルミナ質モルタル

Table 1. Chemical analysis of used bricks and mortars.

Item	S C	Brick					Mortar					
		Brick support	Box-12	Box-6	Box-2	Before use	Brick support	Box-12	Box-6	Box-2	Before use	
											Fire clay	High alumina
Chemical composition (%)												
Ig. Loss		0.78	3.89	4.24	4.46	0.08	8.86	9.34	19.30	12.37	11.58	3.61
SiO <sub>2</sub>		65.78	43.94	38.84	42.54	53.47	40.10	35.44	39.46	25.46	50.64	43.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		21.58	32.58	30.69	31.20	39.90	27.67	24.37	24.85	37.13	34.39	48.60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1.87	1.87	3.08	2.28	1.93	2.88	2.59	5.41	2.30	1.36	1.30
MnO		0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—
CaO		0.56	0.35	0.19	0.07	0.46	0.28	0.89	0.33	0.28	—	—
MgO		0.59	0.52	0.50	0.13	0.47	0.56	1.77	1.12	1.66	—	—
TiO <sub>2</sub>		2.35	1.95	1.78	2.13	2.48	1.55	1.64	1.24	1.17	1.15	0.80
Na <sub>2</sub> O		0.32	0.15	0.78	1.88	0.11	0.11	0.96	0.36	4.05	0.84	0.57
K <sub>2</sub> O		0.60	9.35	6.70	9.45	—	0.62	16.20	20.57	15.30	—	—
PbO		0.02	0.10	0.00	0.00	—	1.05	1.37	0.94	0.78	—	—
ZnO		0.24	0.78	2.08	0.07	—	16.61	tr.	tr.	1.34	—	—
C		0.49	3.23	4.19	3.82	—	5.30	6.86	15.78	9.68	—	—
CO <sub>2</sub>		0.10	0.10	0.18	0.54	—	—	—	—	—	—	—
S		—	—	—	—	—	0.04	0.10	0.13	0.45	—	—
Cu		0.00	0.00	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—	—
Total		94.89	94.48	88.91	94.20	98.90	105.63	101.53	129.49	111.97	99.96	98.08
Refractoriness (°C)		1710	1520	1580	1670	1740	1350	1280	1380	1260	1740	1790

S: Sample, C: Code

Table 2. X-Ray diffraction of used bricks and mortars.

Mineral	Sample Code	Brick				Mortar			
		Brick support	Box-12	Box-6	Box-2	Brick support	Box-12	Box-2	Box-2
Quartz (SiO <sub>2</sub> )						+		+	+
Mullite (3Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub> )		+		+	+				+
Cristobalite (SiO <sub>2</sub> )		+		+	+				+
Kalsilite (K <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub> )			+	+			+	+	+
Leucite (K <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4SiO <sub>2</sub> )			+					+	
Zincite (ZnO)						+			
Willemite (2ZnO·SiO <sub>2</sub> )						+			
Gahnite (ZnO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )						+			

+: Strong, ++: Medium, +: Weak

ルは外来成分の侵入にもかかわらず、比較的緻密な組織を呈している。

#### IV. 考 察

高炉煉瓦の損耗は一酸化炭素、アルカリ、亜鉛、が気相で煉瓦内部に侵入し、組織を破壊し、耐火性を低下させることが原因となっている<sup>3)</sup>。モルタルの場合もほぼ同一の機構によつて損耗されることが、今回の調査で判明したが、以下に煉瓦と対比して損耗の大きさ、および付着物の影響を考察した。

##### 1. カーボン沈積

カーボン沈積は高炉煉瓦損耗の主原因とみなされ、耐COガス試験によつて通常煉瓦は管理される。この試験では局部的なカーボンの析出で煉瓦試片が崩壊するが、今回の調査結果では、3~4%のカーボン沈積により煉瓦およびモルタルのシクロ組織は変化しても煉瓦の強度は使用前の2~3倍に増加し、モルタルも強固に接着していた。これはアルカリがカーボン沈積と同時に起きるため、カーボンの脆化作用がアルカリの焼結作用によつ

て補われ、強度低下にはいつていないものと思われるが、カーボン沈積は粒子破壊および組織変化により変形を起す可能性があるため、一酸化炭素の侵入の少なく、かつ沈積カーボンによつて影響をうけない材質の開発が望まれる。この点に関して外来成分の侵入にもかかわらず緻密で、骨材粒子の変化が少なかった高アルミナ質モルタルが注目される。モルタルは同位置の煉瓦に比べてカーボン沈積は3~4倍多く、かつ冷却box-6段近辺が炉内一酸化炭素濃度が最大のためカーボン沈積量が多い傾向がある (Fig. 2)。

##### 2. アルカリ反応

内張煉瓦のアルカリとカーボン量の間には高度の相関があることを前報<sup>3)</sup>で述べたが、モルタルについても同様な傾向があり、かつモルタルのアルカリ量は同位置の煉瓦の約2倍で、付着物と同程度の試料もある (Fig. 2)。アルカリは煉瓦およびモルタルのSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と反応して低融性のGlass, Leucite, Kalsiliteなどのアルミノ珪酸塩をアルカリ量に応じて生成し、組織の変化と

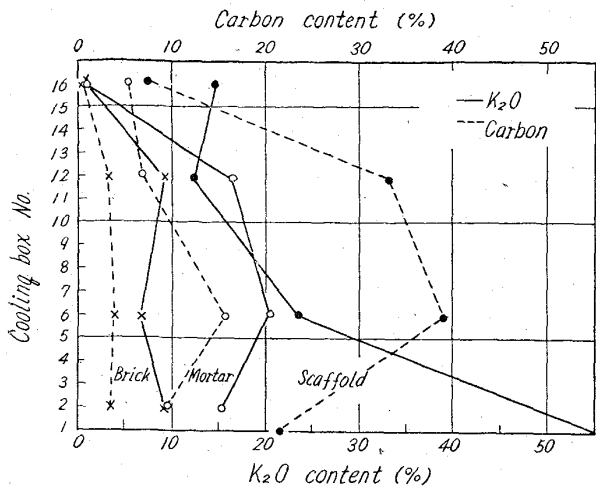


Fig. 2. Distribution of carbon and  $K_2O$  content.

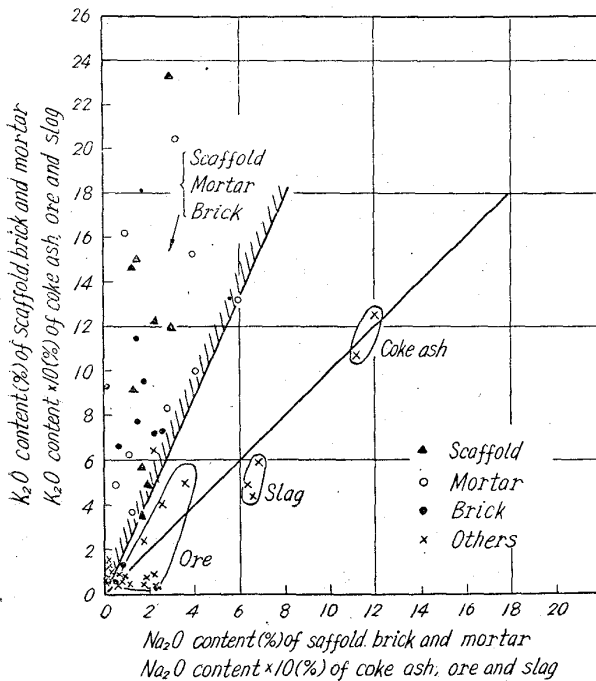


Fig. 3. Relation between  $K_2O$  and  $Na_2O$  content of blast furnace lining materials and raw materials.

耐火度低下をもたらす。モルタルは煉瓦より多孔質でアルカリ侵入を受け易いため、できるだけ薄目地が必要であるが、また材質的にもアルカリ反応の小さい材質を研究する必要がある。アルカリの起源は装入原料の不純物として含まれる  $Na_2O$  および  $K_2O$  であり、これらが可及的に低いことが望ましいが、とくに  $K_2O$  は炉内に選択的に残留する傾向があるので (Fig. 3),  $K_2O$  の低いものが望ましい。

3. 亜鉛の影響

亜鉛はアルカリと同様に装入原料、とくに焼結鉱の不純物として炉内にもたらされ、高炉下部で気化した Metallic Zn が冷所で凝縮酸化し  $ZnO$  として析出するが、析出の際の結晶成長圧によつて煉瓦が破壊作用を受

ける。アルカリは炉壁ライニング全面にその影響をおよぼすが、亜鉛は、煉瓦の亀裂、目地などの間隙に局部的に析出する傾向があり、今回の調査においても、煉瓦受金物近辺のモルタルに集中的に認められた。前報<sup>3)</sup>の付着物では炉壁下部に集中していたことから亜鉛は炉内を循環することが推察されるが、その際ライニングに間隙が発生すると侵入し、ライニングの変形をもたらすので、薄目地および煉瓦の耐スポーリング性が望まれる。

4. そのほか

カーボン、アルカリおよび亜鉛のほかに、炉材成分の  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  と反応性のある塩基性酸化物として、 $CaO$  および  $FeO$  がある。これら酸化物は炉壁上部の主成分であるが、この部分の温度は低く侵食反応は考えられない。高温の炉壁下部における付着物にはこれら成分は少なく、かつアルカリ、亜鉛のように蒸気圧は高くないので煉瓦内への侵入もない。

V. 結 言

洞岡第 1 高炉使用後煉瓦およびモルタルの性状調査により次の結論をえた。

1. モルタルの損耗機構は煉瓦と同一で、カーボン沈積アルカリおよび酸化亜鉛の侵入が稼働面からかなり深部まで認められた。
2. 高炉の同一位置から採用した煉瓦とモルタル試料の外来成分量を比較した結果、モルタルは煉瓦の 2~3 倍多かつた。
3. 炉壁下部の高アルミナ質モルタルの骨材の変質は少なく、組織は緻密であつた。高アルミナ質耐火物の高炉への利用について、今後検討する必要がある。
4. アルカリはアルミノ珪酸塩として存在していた。
5. カーボン沈積の黒鉛化は確認できなかった。

文 献

- 1) 大庭 宏他: 鉄と鋼, 48 (1962) 3, p. 290
- 2) 大庭 宏他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1207
- 3) 大庭 宏他: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1321

(37) 小倉第 1 高炉の改修ならびにその後の操業経過について

住友金属工業, 小倉製鉄所

古賀 強・綿井義雄・○矢部茂慶

Repairing of the Kokura No. 1 Blast Furnace and Its Operation Since Blowing-in.

Tsuyoshi KOGA, Yoshio WATAI and Shigeyoshi YABE.

I. 結 言

小倉 No.1 B.F は昭和 14 年に建設され今回で第 3 次改修を行なつた。第 2 次操業は昭和 31 年 4 月 28 日に吹入れされて以来、去る昭和 38 年 6 月 30 日まで 7 年 2 カ月、2619 日間であり、その間の総出鉄量は 1602088 t, 通算コークス比は 602kg/P.T. であつた。

今回の第 3 次改修にあつては、出鉄能力の増大を目的に炉内容積の増加をはかり、750 m<sup>3</sup> の高炉としたの