

(討1) 高炉炉底炭素煉瓦の効果について

八幡製鉄所

○白石芳雄，大庭 宏

1. 緒 言

炭素煉瓦の高炉への適用は、F. Burgerが解体高炉朝顔部炉壁にコークス、鉱石、スラグから成る煉瓦状附着物が生成して侵食を防止していることを発見し、シヤモットの代りに炭素煉瓦をライニングすることを提案したことに始まり¹⁾、戦前ドイツにおいて実用化され、第二次大戦後、英、米、日でも採用されてきた²⁾。当所は我国で最初に炭素煉瓦を高炉炉底に採用し、高炉操業の安定化に寄与してきたが、最近導入当初の高炉が改修されるに至り、炭素煉瓦の適用範囲、煉瓦材質等の適正化が問題となつてきた。当所においては現在まで6基の高炉しか解体していないが、これらの解体時の損耗状況から、炭素煉瓦の使用効果を考察し、今後の改善方法を検討したいと考える。

2. 八幡製鉄所における炭素炉底の変遷

昭和26年3月、洞岡第3高炉(3次)の炉底周辺に、続いて同年12月に東田第6高炉(5次)炉底に炭素煉瓦を適用して以来、当所の高炉はすべて炭素炉底となつている。導入当所は炭素煉瓦の国産化および築炉方法が問題となり、前者については東海電極社の研究により、続いて日本電極社および日本カーボン社の努力によつて外国製と同等製品が短期間のうちに開発された。後者については、炉底中央部のブロックを周辺

第1表 八幡製鉄所の高炉炉底段数

炉	高 炉		操 業				カ ー ボ ン			
	炉 代	容 量	火 入	火 止	期 間	出 鉄 量	朝 顔	炉 床	炉 底	
									周 辺	中 央
1	K. 1. (3)	500 ^t	^s 23. 7. 20	^s 27. 5. 31	年 月 5. 10	56 ^万	—	—	—	—
2	H. 5. (5)	400	24. 6. 15	31. 3. 7	6. 9	106	—	—	—	—
3	K. 2. (4)	700	25. 4. 20	31. 6. 22	6. 2	131	—	—	—	—
4	H. 4. (6)	350	25. 10. 16	30. 11. 29	5. 1	67	—	—	—	—
5	K. 3. (3)	1,000	26. 3. 10	30. 7. 30	4. 4	147	—	—	2段	—
6	H. 6. (5)	400	26. 12. 14	37. 7. 25	10. 7	213	—	—	2	1段
7	K. 4. (3)	1,000	27. 12. 1	36. 6. 30	8. 6	363	—	4段	2	2
8	H. 3. (7)	350	30. 4. 1	37. 5. 31	7. 1	149	—	5	2	2
9	K. 1. (4)	700	30. 6. 11	37. 6. 30	7. 0	217	10段	5	3	3
10	K. 3. (4)	1,000	30. 12. 5	40. 7. 31	9. 7	471	—	6	3	2
11	H. 4. (7)	400	31. 3. 10	40. 12. 25	9. 9	183	—	5	2	2
12	H. 5. (6)	400	31. 6. 27	(稼働中)	(10. 11)	—	—	5	3	2
13	K. 2. (5)	700	31. 10. 5	40. 1. 20	8. 3	318	—	5	3	2
14	T. 1. (1)	1,500	34. 9. 1	41. 7. 28	6. 10	557	—	5	3	3
15	T. 2. (1)	1,500	35. 10. 12	(稼働中)	(6. 7)	—	—	6	3	2
16	K. 4. (4)	1,000	36. 9. 30	"	(5. 8)	—	—	6	2	2
17	T. 3. (1)	2,000	37. 3. 22	"	(5. 2)	—	—	6	2	2
18	H. 1. (10)	1,000	37. 8. 1	"	(5. 7)	—	—	6	2	2
19	K. 1. (5)	900	39. 6. 1	"	(2. 11)	—	10段	6	2	2
20	H. 6. (6)	850	39. 9. 11	"	(2. 8)	—	—	5	2	2
21	K. 2. (6)	900	40. 4. 15	"	(2. 1)	—	—	6	2	2
22	S. 1. (1)	2,000	40. 6. 24	"	(1. 11)	—	—	8	2	2
23	K. 3. (5)	1,000	40. 12. 16	"	(1. 5)	—	—	7	2	2
24	T. 1. (2)	1,500	41. 11.	"	(0. 6)	—	—	8	2	2

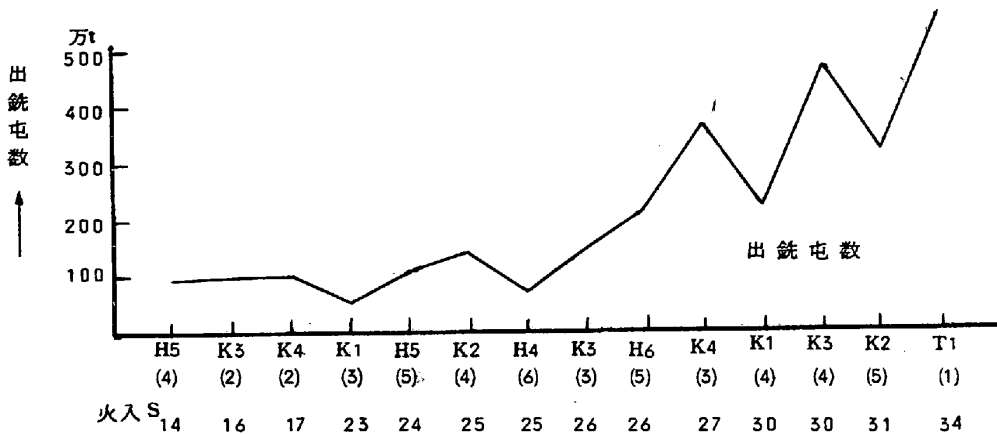
の炉壁煉瓦で押える煉瓦形状および築炉法が開発された。この方法は発明者（和田亀吉、白石芳雄）の名前から和白式と命名され、当所の全炭素炉底は導入以来現在まで本方式で築造されている³⁾。

炭素煉瓦の大きさは高さ500mm、巾430mm、長さ600mmが標準となり、炉底に2～3段、炉床に4～8段適用されてきた。歴代の高炉の炭素ブロック使用段数を第1表に示したが、最近では炉底2段、炉床6～8段が標準となつている。炉底2段、すなわち1m厚さは欧米の2～3mに比べると $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 厚さとなつている。当所は炉底3段を洞岡第1高炉（4次）と戸畑第1高炉（1次）の2回について試験的に使用したが、その結果は後述するように2段の場合と比べて優れているとは云えない状態であつた。

炉床への使用段数は増大しているが、炉床上部は下部よりも侵食の苛酷性は小さく、上部への拡大は必ずしも必要ではないと考える。朝顔部への適用は当所の場合、洞岡第1高炉（4次、5次）のみで、これはフリースタANDING構造で冷却が容易なためである。

3. 炭素炉底高炉の操業成績

高炉の出鉄量は戦前は炉一代100万t以下であつたが、炭素炉底の適用とともに200万t以上の出鉄が達成され、昭和36年洞岡第3高炉で363万t、昭和40年洞岡第3高炉で471万t、昭和41年戸畑第1高炉で557万tの出鉄が記録され、将来は1000万t以上の出鉄が目標とされている（第1図）。このような高出鉄量の高炉炉底として、従来の型式に問題がない訳ではなく、戸畑第1高炉の損耗プロフィールが示す如く（第2図）、従来炉底周辺の小さい損耗が拡大する傾向がある。



第1図 出鉄量の推移

4. 炉底損耗プロフィール

第二次大戦後当所においては14基の高炉を改修のために解体したが、そのうち昭和31年までの8基はシャモット炉底、昭和32年以降の6基は炭素炉底となつている。解体時の炉底部損耗プロフィールを一括して第2図に概略示したが、シャモットに比べて炭素炉底のプロフィールは次の特徴を有する。

- ① 炉底中央部の深い侵食がみられない。侵食は概して炭素煉瓦直下のシャモット層上部で止まつている。

- ② 解体時の炉底湯溜容積の拡大量は小さい。
- ③ 炉底周辺部の残存煉瓦厚さが炉床と同程度に厚い。
- ④ 炉床は下部の損耗が小さく、使用前に比べてほとんど損耗していない。
- ⑤ 炉床下部の残存煉瓦内に環状鉄が生成する場合がある。

以上が炭素炉底の一般的損耗傾向であるが、出鉄量557万tの戸畑1高炉の場合、炉床下部および炉底周辺が比較的大きく損耗し、損耗の大きい部分の残存煉瓦には亀裂が多く発生していた。高炉の大型化および高出鉄量に対応して炉壁ライニングの厚さおよび材質を変更する必要があるか否か今後の重要な課題で、大型高炉の解体調査結果の検討が必要である。高炉が大型化する場合、ライニングに対する侵食要因として、温度要因は小型炉の場合と変わらないが、ライニングの単位面積当りの侵食成分、例えば、アルカリ蒸気量、スラグ量、等は増大することを考慮すべきである。

炉底炭素煉瓦の損耗原因には酸化反応、加炭反応等の化学的侵食と磨耗、応力破壊等の物理的侵食が考えられるが、その他ブロックの浮上を考慮すべきである。当所はブロック浮上を和自式築炉構造によつて防止しているが、その効果は、第2図に示すとおり、炉底炭素煉瓦のうち1段を残す炉が3基あり、効果があつたのではないかと考える。ただし、大型高炉で高出鉄量の戸畑第1高炉では炉底3段が消失していることから、米国で行なわれている大型ビームブロックによるOne Joint, Keyed構造、欧州におけるシャモットと炭素のLayer by Layer築造法等も考慮して再検討する必要がある。

5. 結 論

日本で最初に炭素炉底を採用し、以後全高炉に炭素煉瓦を使用している八幡製鉄所の炉底構造、操業成績、および解体時の損耗プロフィールを紹介し、炭素炉底の効果について考察し次の結果をえた。

- ① 炭素炉底の導入は炭素煉瓦の国産化および築炉法が比較的短期間に開発された結果昭和26年に円滑に実施された。
- ② 炭素炉底の採用によつて炉1代100万t以上の出鉄が可能となり、中型炉で300～400万t、大型炉では500万t以上の高出鉄が達成された。
- ③ 損耗プロフィールによつて炭素炉底は炉床および炉底周辺の侵食が小さく、炉底についても中央部の侵食が炭素ブロック直下で止まつていることが判明した。
- ④ 大型高炉の高出鉄炉の場合には、炉底および炉床の侵食はかなり大きいので、築炉法、煉瓦材質の改善が望まれる。

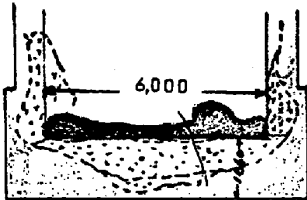
文 献

- 1) F. Burger, Stahlu. Eisen, 10, 112 (1890)
- 2) 大庭 宏, 平櫛敬資, 製鉄研究, 252 (1966)
- 3) 和田亀吉, 白石芳雄, 日本特許, 昭30—212215

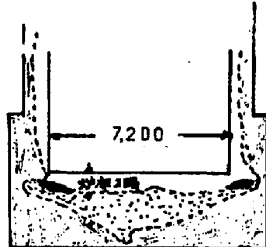
第2図 八幡製鉄所における高炉々底部の侵蝕状況



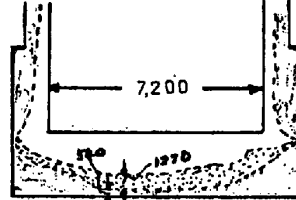
東田炉5 (4次)
S. 14. 5. 29
S. 20. 9. 7
944,475^t



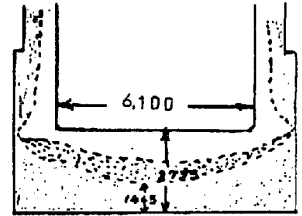
洞岡炉3 (2次)
S. 16. 1. 15
S. 20. 4. 1
985,290^t



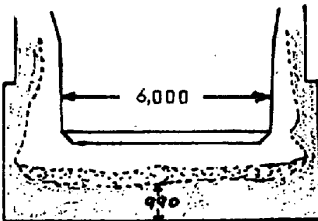
洞岡炉4 (2次)
S. 17. 1. 27
S. 24. 6. 20
830,362^t (538)
173,543 (575)



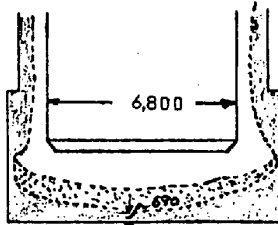
洞岡炉1 (3次)
S. 23. 7. 30
S. 27. 5. 21
560,652^t (400t)



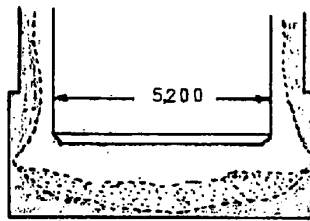
東田炉5 (5次)
S. 24. 6. 15
S. 31. 3. 7
1,066,179^t



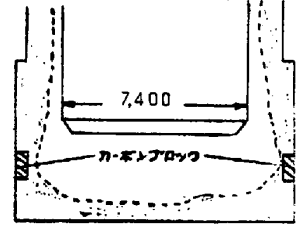
洞岡炉2 (4次)
S. 25. 4. 20
S. 31. 6. 22
1,393,183^t (617t)



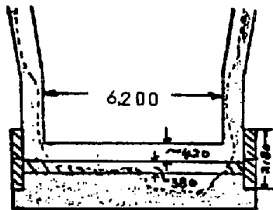
東田炉4 (6次)
S. 25. 10. 16
S. 30. 11. 19
679,950^t (364t)



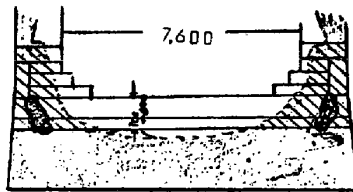
洞岡炉3 (3次)
S. 26. 3. 10
S. 30. 7. 30
1,476,851^t (920t)



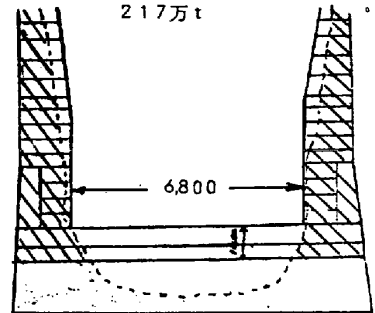
東田炉6 (5次)
S. 26. 12. 14
S. 37. 7. 25
213万^t



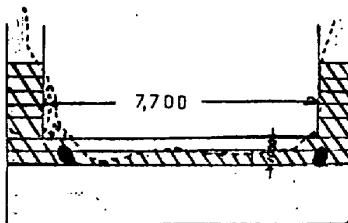
洞岡炉4 (3次)
S. 27. 12. 1
S. 36. 6. 30
363万^t



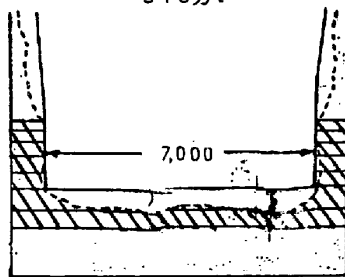
洞岡炉1 (4次)
S. 30. 6. 11
S. 37. 6. 30
217万^t



洞岡炉3 (4次)
S. 30. 12. 5
S. 40. 8. 31
472万^t



洞岡炉2 (5次)
S. 31. 10. 5
S. 40. 1. 20
318万^t



戸畑炉1 (1次)
S. 34. 9. 1
S. 41. 7. 28
557万^t

