

マルコナペレット高配合試験について

○長谷川友博*・根本秀太郎*・阪本 英一*

黒田 浩一*・中谷 源治*・中島 龍一*

Blast Furnace Operation Using Marcona Pellet up to 65% in Burden.

Tomohiro HASEGAWA, Hidetarō NEMOTO, Eichi SAKAMOTO,

Kōichi KURODA, Genji NAKATANI and Ryūichi NAKAJIMA

1. 緒 言

最近、わが国においても、高炉装入原料としてペレットが注目されつつあり、出銲量、コークス比については焼結鉄と同等ないしそれ以上の効果が期待されている。

当所においては、試験購入したマルコナペレット約20,000トンについて、S. 39. 3 下旬より約1ヶ月半にわたり第2高炉で焼結鉄と代替し、65%までの高配合試験を実施し、出銲量、燃料比におよぼす影響、高配合時における低高滓比の問題などについて調査した。当第2高炉は、炉床径5.4m、内容積516m³、羽口数10本の高炉で、酸素と重油の複合送風を行なっている。

2. マルコナペレットの性状

2.1 粒度組成

扇島本船受入時および高炉々前(3×3mmで篩分使用)粒度組成を Table 1 に示す。

2.2 化学分析

Table 2 に化学分析結果を示す。本ペレットは製造過程において、20lbs/t のベントナイトが添加されている。

2.3 タンブラー強度および還元後の強度

Table 3 に A.S.T.M. 法に準拠したタンブラー強度と学振法還元後の耐摩耗強度を示す。

3. 操 業 結 果

当試験では、焼結鉄とマルコナペレットの比較評価を目的とし、生鉄配合率を25%一定とし、焼結鉄をペレットと漸次置換え、65%までの高配合操業を実施した。鉄滓比は65%配合時で200kg/t程度に低下したが操業上支障は生じなかつた。操業結果をTable 4 に示す。

4. 考 察

4.1 出銲量

Fig. 1 に補正出銲量(酸素Si%補正)とペレット配合率の関係を示す。補正出銲量はペレットと焼結の代替によりほぼ直線的に上昇し、10%のペレット使用に対し約1%の出銲増が得られた。これはペレットの使用により燃料比が低下したことならびに通気性の改善により若干送風量が上昇したことによる。しかし、第2高炉の現状では送風機の最大能力で操業しているので、ペレット高配合によりP/Vが低下し通気性の改善が見られても増風できず、送風機に余裕のある際には更に出銲増が可能と思われる。

Table 1. Size distribution of Marcona pellets.

(mm)	+16	16~10	10~6	-6
Size distribution at Oogishima berth (%)	7.0	81.0	7.0	5.0
(mm)	25~10	10~5	5~3	-3
Size distribution at Tsurumi blast furnaces (%)	80.0	16.8	1.0	2.2

Table 2. Chemical analysis of Marcona pellets.

Chemical analysis	Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
%	66.94	1.01	2.20	0.43	0.36
Chemical analysis	MgO	Mn	P	S	Cu
%	0.87	0.13	0.02	0.04	0.02

Table 3. Tumbler index and abrasion strength after reduction.

Size (mm)	+10	10~5	5~2	2~0.5	-0.5	-5
Tumbler index (%)	81.6	12.7	0.6	0.04	5.1	5.7
Abrasion* strength after reduction (%)	81.1	4.3	0.5	0.4	13.7	14.6

* Pellets after reduction by Gakushin process are charged in Linder's apparatus, rotating 900 rev. at 23±r.p.m.. Size distribution of discharged pellets shows degree of abrasion strength after reduction.

4.2 燃料比

Fig. 2 に、補正燃料比(風熱、酸素、Si%補正)とペレット配合率の関係を示す。補正燃料比はペレット配合率の上昇に伴いほぼ直線的に低下し、ペレット10%配合につき、2.5kg/tの節減が得られた。ペレットと焼結鉄10%の代替により鉄滓比は10kg/t低下するので、

* 日本鋼管株式会社鶴見製鉄所

Table 4. Operational results.

Period		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
		3/21~3/26	3/27~3/28	3/29~3/30	3/31~4/5	4/6~4/10	4/11~4/14	4/15~4/17	4/18~4/21	4/22~4/26
Item										
Pellet ratio	%	0	11.0	20.3	32.8	41.3	49.6	55.3	59.4	65.1
Sinter ratio	%	58.2	66.5	56.8	45.5	35.9	24.8	18.1	14.6	11.2
Hot metal	t/day	703	712	719	716	717	726	747	735	749
Coke ratio	kg/t	521	514	507	508	502	507	510	504	493
Oil ratio	kg/t	52	54	51	50	56	50	47	53	59
Fuel ratio	kg/t	573	568	558	558	558	557	557	557	552
Blast volume	Nm ³ /min	640	637	631	633	639	642	649	649	650
Oxygen enrichment	%	2.61	2.68	2.59	2.48	1.88	3.35	3.56	3.54	2.26
Blast moisture	g/Nm ³	13.5	13.9	19.6	21.1	19.6	25.8	23.5	16.7	12.5
Blast pressure	g/Nm ³	995	1006	1014	1013	1002	999	970	952	967
Blast temperature	°C	908	909	865	897	872	849	890	892	876
Hot metal Si	%	0.76	0.89	0.92	0.77	0.80	0.82	0.76	0.64	0.76
Hot metal S	%	0.038	0.037	0.038	0.033	0.034	0.036	0.040	0.046	0.038
Slag volume	kg/t	270	265	257	248	235	220	217	213	204
Slag CaO/SiO ₂		1.20	1.21	1.27	1.24	1.24	1.23	1.22	1.20	1.26
Top gas CO	%	27.2	27.1	26.5	26.0	25.3	25.8	25.3	25.8	25.4
Top gas CO ₂	%	16.8	17.2	17.6	17.3	17.3	18.7	19.3	18.6	18.4
Top gas H ₂	%	3.4	3.5	3.6	3.8	3.3	3.3	3.1	3.6	3.5
Top gas temperature	°C	283	288	267	257	274	265	236	236	276
D.C. dust	kg/t	4.2	4.9	4.6	4.5	6.2	7.6	5.8	4.9	6.0
Iron flushing	kg/day	120	260	160	90	40	50	100	200	60
Hanging	N/day	0.2	0	0.5	0.1	0	0	0	0	0
Slip	N/day	0.5	0	0.5	0.4	1.0	0.5	2.0	0.5	1.5

Table 5. Material balance and heat balance.

Period		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		3/21~3/26	3/27~3/28	3/29~3/30	3/31~4/5	4/6~4/10	4/11~4/14	4/15~4/17	4/18~4/21	4/22~4/26
Item										
Combustion carbon	kg/t	345.2	339.5	334.5	345.0	343.3	345	348.8	349.1	330.1
Solution loss carbon	"	83.1	84.5	75.7	64.3	63.7	57.8	55.4	64.7	79.4
CO reduction ratio	%	63.9	63.7	66.1	69.3	69.6	72.1	73.4	70.0	65.6
H ₂ reduction ratio	"	7.94	8.04	9.41	8.91	12.52	13.35	12.51	9.07	9.07
Direct reduction ratio	"	28.2	28.3	24.5	21.8	17.9	14.6	14.1	20.9	25.4
H ₂ utilization	"	35.8	36.0	38.6	34.0	45.8	48.4	48.6	37.3	39.3
CO utilization	"	36.0	36.5	37.5	37.5	38.0	39.3	40.5	39.1	39.2
Combustion heat of C to CO at tuyeres	kcal/t	807,660	794,437	782,759	807,796	803,234	807,271	816,069	816,944	772,355
Reduction heat of ore by CO	"	41,250	41,291	42,844	42,624	42,898	44,613	45,401	43,593	40,753
Sensible heat of dry blast	"	414,910	407,359	383,400	412,141	408,920	375,979	395,024	396,659	388,550
Sensible heat of moisture	"	8,847	8,686	11,768	13,337	12,551	15,118	14,624	10,309	7,683
Sensible heat of burden	"	4,231	3,857	2,952	5,108	4,989	5,080	5,798	5,634	5,708
Sensible heat of oil	"	2,340	2,430	2,295	2,273	2,520	2,250	2,115	2,385	2,655
Formation heat of slag	"	39,200	35,560	34,440	35,420	32,900	31,360	31,500	30,380	29,260
Total input	"	1318,438	1293,619	1260,457	1318,698	1308,012	1281,670	1310,532	1305,904	1246,965
Sensible heat of top gas	"	188,447	189,616	173,985	170,672	184,108	171,803	152,949	153,786	179,884
Sensible heat of hot metal	"	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
Sensible heat of slag	"	120,400	109,220	105,780	108,790	101,050	96,320	96,750	93,310	89,870
Reduction heat of Mn, P, Si	"	56,610	62,963	64,045	56,713	58,594	58,653	55,608	47,418	55,864
Decomposition heat of lime	"	27,118	29,700	32,713	38,955	39,170	43,044	46,057	45,196	44,766
Decomposition heat of moisture	"	30,129	29,548	42,070	45,944	44,510	55,064	50,813	35,739	27,122
Decomposition heat of oil	"	22,880	23,760	22,440	22,220	24,640	22,000	20,680	23,320	25,960
Reduction heat of ore by H ₂	"	8,524	8,509	9,983	8,956	12,460	13,124	12,301	8,884	8,798
Evaporation heat of burden	"	23,178	22,548	22,332	22,817	22,332	22,919	23,218	22,535	23,728
Solution loss heat	"	269,330	273,920	245,213	208,394	206,454	187,288	179,524	209,714	260,508
Emission and others	"	271,822	243,833	241,896	335,224	314,695	311,456	372,632	306,600	230,465
Total output	"	1318,438	1293,619	1260,457	1318,698	1308,012	1281,670	1310,532	1305,904	1246,965

これによるコークス比の低下は $0.25 \text{ kg/kg} \times 10 \text{ kg} = 2.5 \text{ kg}$ となり、上記の 2.5 kg に対応する。一方、物質精算および熱精算上では、Table 5に示すように、ペレ

ット配合率の上昇に伴い、ソリューションロスカーボンが低下し、CO ガス利用率が上昇し、その結果、銑鉄トンあたりの所要熱量は低下している。

Table 6. \bar{X} , σ of Si and S content in hot metal.

Period		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Si (%)	\bar{X}	0.76	0.89	0.92	0.77	0.80	0.82	0.76	0.64	0.76
	σ	0.15	0.12	0.17	0.19	0.18	0.15	0.19	0.21	0.11
S (%)	\bar{X}	0.038	0.037	0.038	0.033	0.034	0.036	0.040	0.046	0.038
	σ	0.007	0.007	0.007	0.009	0.006	0.006	0.008	0.009	0.008

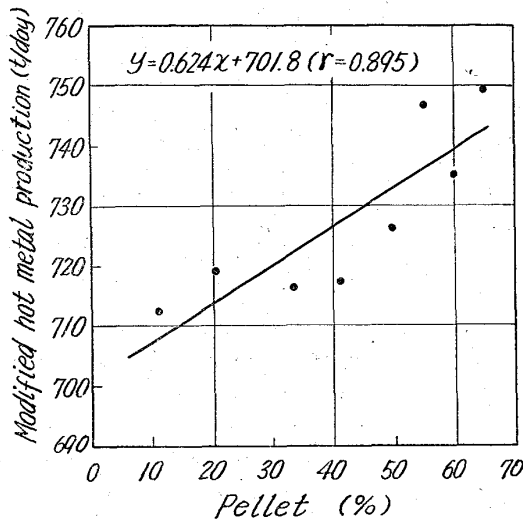


Fig. 1. Relation between modified hot metal production and pellet percent in burden.

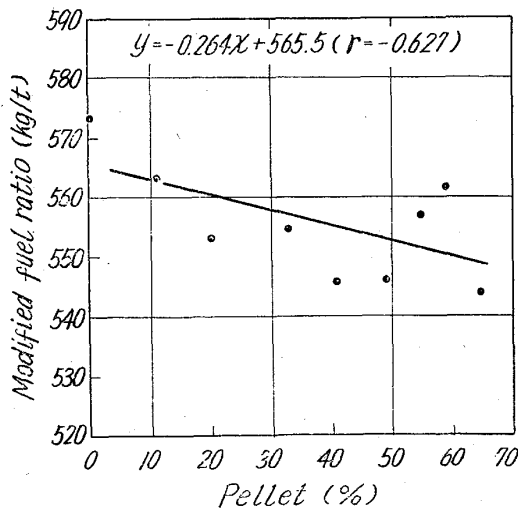


Fig. 2. Relation between modified fuel ratio and pellet percent in burden.

4.3 低鉄滓比の影響

低 SiO₂ のマルコナペレット高配合時においては、鉄滓比が大巾に低下するので、脱硫、鉄鉄成分の調整、その他実作業上の問題について検討した。

4.3.1 脱硫能力

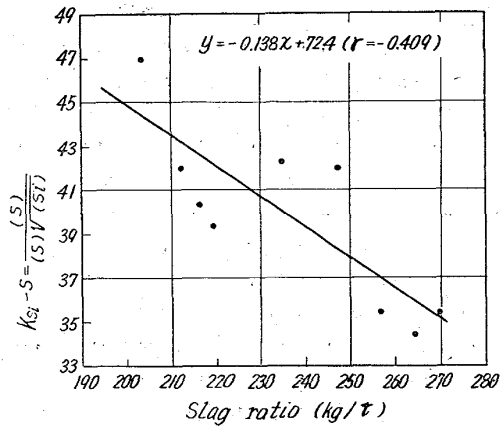


Fig. 3. Relation between desulphurization index and pellet percent in burden.

Fig. 3に鉄滓比と Oelsen の脱硫指数 K_{Si-S} の関係を示す。鉄滓比の低下に従い、鉄滓中S%が上昇し脱硫指数も上昇した。その結果、低鉄滓比においても塩基度を従来と同じく、 1.25 ± 0.05 の範囲で調整したが鉄中Sの上昇はみとめられなかった。

4.3.2 鉄鉄成分の変動

Table 6に、各操業期における鉄鉄成分 Si, S の平均値 \bar{X} 、標準偏差 σ を示す。低高滓比においても、 \bar{X} 、 σ は基準期と変わらず、成分調整上問題はなかった。

4.3.3 流銑量

Table 4に示すように、滓口流銑量は普通操業と変わらず、操業上問題はなかった。

5. 総 括

- (1) 鶴見第2高炉において、焼結鉄をマルコナペレットに置換え、65%までの高配合試験を実施した。
- (2) 出銑量は、ペレット10%の配合により約1%上昇し、燃料比は2.5kg/t低下した。前者はコークス比の低下および若干の送風量上昇によつて得られ、後者は焼結鉄と比較し鉄滓比の低下に見合うものである。しかし、現状では、送風機の最大能力の操業を行なつているので、増風可能な場合には、更に出銑増が期待される。
- (3) ペレット配合率65%時においては、鉄滓比は200kg/tに低下したが、脱硫、鉄鉄成分の変動、滓口流銑などにも問題がなく安定操業を維持し得た。