



ブラジルの木炭製鉄

谷口良一*・芹沢保文*²

Charcoal Ironmaking in Brazil

Ryoichi TANIGUCHI and Yasunori SERIZAWA

1. 緒 言

21世紀の大国といわれ、豊富な天然資源に恵まれたブラジルは、外資及び外国の技術援助に支えられ安定した成長を続けてきた。鉄鋼業界も例外ではなく、年平均10%を超える高成長を続け1980年には粗鋼生産量1534万tを達成、世界第10位の鉄鋼生産国となった。この生産量の急激な増加は第2次大戦後のコークス高炉の台頭によるところが大きい。しかしブラジルの鉄鋼業を語るのに木炭銑の存在を抜きにして語ることはできない。コークス高炉の急激な台頭があつたとはいえ、コークス高炉の銑鉄生産量が木炭高炉のそれを大幅に上回るようになったのは1976年以降であり、ごく最近のことにすぎない。今日でもなお木炭銑の生産量は全銑鉄生産量の35~40%と大きな分野を占めている。また、コークス高炉技術が容易にブラジルに受け入れられた陰には営々として積み重ねられてきた木炭高炉の技術があつたからにはかならない。今回、本誌への寄稿の機会を得たので、このブラジルの伝統的技術、木炭銑製鉄につき若干触れてみたい。

2. ブラジルの木炭製鉄の歴史

ブラジルの発見は比較的新しく、西暦1500年、ポルトガル人、ペドロ・アルバス・カブラルによつてなされた。以来、約3世紀半にわたりポルトガルの植民地としてもつばら金、銀、宝石類の供給地としての役割を果たしてきた。ブラジルにおける製鉄業の発祥は、これら貴金属の発掘用機器製作を目的としたものであつた。ことに発掘が盛んであつたミナス州では、同時に豊富な鉄資源、森林資源、水資源及び石灰石に恵まれ製鉄業発祥の好条件を備えていた。当時建設された炉は、カタロン式と呼ばれるいわゆる「たたら吹き炉」であり、その技術はポルトガルから導入されたものであつた。特にブラジルでは製鉄用原料としての石灰は埋蔵量少なく低品質であり、必然的に木炭を使用した製鉄法が発展することとな

つた。この製鉄所の建設も、一時植民地の独立国化を恐れたポルトガル政府から設置禁止令が出され(1785年)停滞した時期もあつたが、1822年正式にポルトガルから独立し、再び活況を呈することになった。この時期を前後し、ポルトガル人を中心とした、多数のヨーロッパ人が入植し、有形無形の技術を携えてきたため、ブラジルの製鉄技術は、この時期急激に進歩したといわれている。

その後1876年、フランス人技術者ヘンリー・ゴルセイスが、ブラジル国王ドン・ペドロ2世に招請され、当時のミナス州首府オーロプレットに、製鉄技術者の養成を目的としてオーロプレット鉱山大学を創設した。この大学が、ブラジルの冶金工学の中核として多数の優秀な技術者を世に送り出し、現在のブラジル鉄鋼界の礎を築いたといわれ、今日なお鉄鋼界の中核として後続する人材の育成を続けている。

ブラジルに建設された本格的な高炉の第1号はケイロス・ジュニア社(1888年創立)のNo.1BFといわれ、1891年に完成、初の出銑を行つている(Photo. 1)。炉内容積8m³、4t/dの出銑能力で、初めてブラジル国産の耐火煉瓦が使用されたといわれている。その後引き続き、1910年、同社にNo.2BFが建設され、稼動を開始



Photo. 1. The first blast furnace in Brazil—Designated as a National Memorial.

昭和57年5月20日受付 (Received May 20, 1982) (依頼解説)

* 川崎製鉄(株)水島製鉄所 (Mizushima Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Mizushimakawasakidori Kurashiki 712)

*² 川崎製鉄(株)本社 (在ブラジル) (Head Office, Kawasaki Steel Corp.)

した。これがブラジル初のアメリカ式、すなわち、鉄皮式溶鉱炉の出現であった。当時のブラジルは、鉄鋼生産量 4000 t/年 不足であり、既に世界全体の鉄鋼生産量は 5000 t に達していた。同年時点での高炉基数は 4 基のみで、他に約 100 基のカタロン炉が稼動していたといわれている。また、当時の鉄鋼製品の輸入量は年間約 30 万 t で、イギリスを中心としたヨーロッパ各国から海上輸送で、サンパウロ、リオデジャネイロ等、大都市へ多量に陸揚げされていた。このため、ブラジル内陸部に点在し陸上輸送に頼る中小鉄鋼メーカーは、いわゆる家内工業的生産規模にすぎず、外国の攻勢に立ち打ちできる状態ではなかった。ブラジル政府はこの状況を憂慮すると共に、第 1 次世界大戦 (1914~1918) を通じ、国力増強のため基幹産業である鉄鋼産業を育成する必要性を痛感し、1921 年ルクセンブルグの技術及び資金援助を得て国立木炭製鉄所、ベルゴミネイラ社を創設した。これがブラジルにおける初の本格的製鉄所となった。以後、政府の重化学工業振興策及び高度成長の波にのつて、ミナス州を中心に、中小民間木炭製鉄所が続々と建設された。さらに第 2 次世界大戦 (1939~1945) を境にして、1940 年 CSN, 1953 年 COSIPA, 1956 年 USIMINAS, と相次いでコークス銑をベースとする製鉄所の建設が始められた。現在更にアソミナス、ツパロン、メンデスジュニアー、等の近代大型製鉄所が、鋭意建設されつつある。

次に、木炭銑製鉄所にとって欠くことのできない木炭の原木であるユーカリについても触れておきたい。現在木炭高炉に使用されている木炭には、ミナス州を中心に自生するセラードと呼ばれる自然林から得られるものと、植林されたユーカリから得られるものの 2 種類がある。現在でも、なお自然林から得られるものの方が圧倒的に多いといわれているが、正確な量は把握されていない。植林が進められているユーカリはオーストラリアが原産国であり、1920 年、蒸気汽関車用燃料として初めて種子が輸入され、サンパウロ州、ヒオクラロ市に植樹された。気候、地質条件等が適していたため、ユーカリは順調に成育し、植木の範囲は徐々に拡大され、セルロー

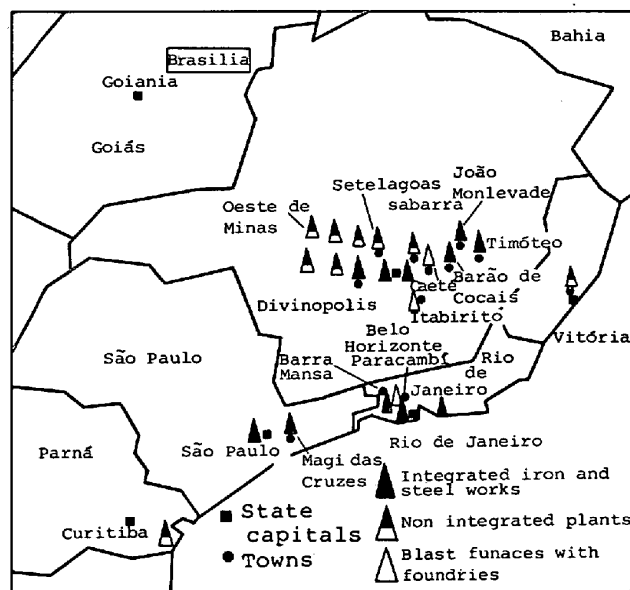


Fig. 1. Charcoal blast furnace plants in Brazil¹⁾.

ス用原料、煉瓦瀬戸物工場用燃料としても使用されるようになった。また、木炭としての品質の良さ、成育の早さ、保守の容易さ等が認識され、製鉄用木炭原料としても用いられるようになり、急激に植林範囲が拡大されることになった。

製鉄用木炭原料としてユーカリの植林が進められた裏には次のような無視できない状況もあつた。すなわち、しだいに自然林の伐採範囲が広がるにおよび、木炭の輸送距離がすでに 300~400 km は一般になつて、運送費の上昇が無視できなくなつたこと、輸送過程で木炭の破壊が進み、歩留りが低下してきたこと、安定した木炭の入荷が難しくなつたこと、更には自然保護法により自然林の伐採が制限されたこと等の状況が重なつたためである。なお、ブラジル政府は、自然保護法に加え、1966 年、法 5106, 1970 年、法 1134 により植林を義務づけるとともに、植林に対する税制優遇措置を定めており、この措置が植林を進める上で大きな役割を果たしている。

Table 1. Trend of production and consumption^{1)~4)}.

	1925	1930	1940	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Crude steel production × 10 ⁶ t	0.02	0.03	0.17	0.26	0.80	1.20	2.00	3.00	5.40	6.01	6.52	7.15	7.51	8.31	9.17	11.16	12.11	13.89	15.34
Apparent consumption of steel × 10 ⁶ t	—	—	—	—	22	—	40	45	58	—	—	—	—	82	—	—	—	—	123
Iron production × 10 ⁶ t total by coke by charcoal	0.03 — 0.03	0.035 — 0.035	0.15 — 0.15	0.26 — 0.26	0.73 0.38 0.35	1.10 0.60 0.50	1.90 0.80 1.10	2.30 1.40 0.90	4.21 2.33 1.88	5.56 2.50 2.06	5.30 2.76 2.54	5.54 2.83 2.71	5.85 2.69 3.16	7.05 3.42 3.63	8.17 4.14 4.03	9.38 5.54 3.84	10.04 6.20 3.84	11.71 7.28 4.43	12.68 7.74 4.94
Consumption of charcoal × 10 ³ m ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8 914	9 491	11 039	13 193	13 860	13 557	13 402	15 730	17 433
Numbers of charcoal B. F.	6	8	12	15	16	20	90	90	120	—	—	—	—	134	—	—	—	—	150 estimated

3. 木炭鉄の現状

CONSIDER (非鉄及び鉄鋼審議会)の指導の下に徐々に近代化が進められ、木炭鉄の生産量は年々確実な伸びを示しており、1980年度時点でもブラジル全鉄鉄生産量の約39%のシェアを占めている。このように量の面でも大きな分野を占めているが、製品々種を見た場合、CSNの軌条、型钢、棒鋼類の生産品を除いたいわゆる非鋼板製品、特殊鋼類はすべて木炭鉄企業によつて市場に供給されており、この面でも非常に重要な役割を担つ

ている。本章では木炭高炉の操業、設備の現状をコークス高炉との相違点を中心に解説し、さらに現在進められている技術開発等についても触れる。

3.1 木炭高炉

木炭高炉の特徴は、木炭の物理的強度の弱さから炉高が上げられず、低い点にある。木炭はコークスに比較し反応性が高いため、炉高を上げる必要がないことも一因である。木炭高炉は上記木炭強度の問題で大型化が難しく、有効炉内容積は40~300m³、生産量50~500t/d程度が普通である。炉体は鉄皮式、炉体冷却設備としては

Table 2. Production of rolled products by company³⁾.

Specification	(×1000t)				
	1977	1978	1979	1980	1981
1. ORDINARY FLAT ROLLED PRODUCT	4 460	5 524	6 564	7 171	5 729
☆1.1 Companhia Siderúrgica Nacional-CSN	1 036	1 621	1 727	1 684	1 423
☆1.2 Companhia Siderúrgica Paulista-COSIPA	1 136	1 656	2 268	2 520	2 104
☆1.3 Usinas Siderúrgica de Minas Gerais-USIMINAS	2 288	2 246	2 569	2 967	2 202
2. SPECIAL FLAT ROLLED PRODUCT	70	90	93	142	192
2.1 Companhia Aços Especiais Itabira-ACESITA	70	90	93	142	192
3. ORDINARY NON-FLAT ROLLED PRODUCT	3 524	3 781	4 110	4 654	4 174
3.1 CIMETAL Siderúrgia S. A.	51	55	60	99	66
3.2 Companhia Brasileira do Aço-CBA	23	25	56	45	32
3.3 Companhia Ferro e Aço de Vitória-COFAVI	129	130	154	157	156
3.4 Companhia Industrial ITAUNENSE	65	66	82	90	92
3.5 Companhia Mincira de Laminação	—	—	—	—	7
3.6 Companhia Paulista de Laminação-COPALAM	24	24	22	23	21
3.7 Companhia Siderúrgica BELGO-MINEIRA	678	693	656	737	704
3.8 Companhia Siderúrgica da Amazonia-SIDERAMA	—	—	—	6	9
3.9 Companhia Siderúrgica da Guanabara-COSIGUA	397	464	534	618	535
3.10 Companhia Siderúrgica de Alagoas-COMESA	16	16	16	27	24
3.11 Companhia Siderúrgica de Mogidas Cruzes-COSIM	136	127	143	129	82
☆3.12 Companhia Siderúrgica Nacional-CSN	217	187	223	268	212
3.13 Companhia Siderúrgica PAINS	155	162	162	188	188
3.14 COPALA-Indústrias Reunidas S. A.	6	6	6	11	11
3.15 DEDINI S. A. -Siderúrgica	110	113	128	132	151
3.16 Indústria ARTE-TÉCNICA S. A.	—	—	—	12	5
3.17 Laminação de Ferro S. A. -LAFERSA	28	30	24	31	25
3.18 Metalúrgica N. S. da Penha S. A. -METALPEN	—	—	23	41	39
3.19 MONTEPINO S. A. -Laminação de Ferro e Aço	28	31	25	36	21
3.20 Siderúrgica AÇONORTE S. A.	108	133	149	191	161
3.21 Siderúrgica BARRA MANSA S. A.	158	168	179	176	171
3.22 Siderúrgica COFERAZ S. A.	149	210	219	214	201
3.23 Siderúrgica FI-EL S. A.	50	71	82	95	94
3.24 Siderúrgica GUAÍRA S. A.	37	41	51	63	53
3.25 Siderúrgica HIME S. A.	49	52	53	47	43
3.26 Siderúrgica J. L. ALIPERTI S. A.	233	237	260	267	234
3.27 Siderúrgica Lençóis Paulista-SIDELPA	26	48	51	19	15
3.28 Siderúrgica RIOGRANDENSE S. A.	190	215	266	286	240
3.29 Siderúrgica SANTO AMARO S. A.	3	4	4	5	4
3.30 Siderúrgica SANTO STEFANO Ltda	15	13	13	14	13
3.31 Usina SANTA OLIMPIA	74	80	93	93	74
3.32 Usina Siderúrgica da Bahia S. A. -USIBA	142	148	165	251	232
3.33 Others	228	233	212	280	258
4. SPECIAL NON-FLAT ROLLED PRODUCT	746	791	890	1 031	896
4.1 Aços ANHANGUERA S. A.	168	178	226	240	186
4.2 Aços Finos PIRATINI S. A.	76	89	118	131	83
4.3 Aços VILLARES S. A.	36	37	40	39	35
4.4 Companhia Aços Especiais Itabira-ACESITA	146	161	166	240	211
4.5 ELETROMETAL Aços Finos S. A.	17	17	31	35	36
4.6 MANNESMANN S. A.	241	238	231	214	157
4.7 Siderúrgica N. S. APARECIDA S. A.	62	71	79	80	53
4.8 Villares Indústrias de Base S. A. -VIBASA	—	—	—	51	135
5. SEAMLESS TUBES	197	220	260	310	355
5.1 Companhia Siderúrgica de Mogidas Cruzes-COSIM	18	22	22	6	16
5.2 MANNESMANN S. A.	179	198	238	304	399
TOTAL	8 998	10 406	11 918	13 307	11 346

☆印: Coke iron, National steel works

☆印: Coke iron, National steel works

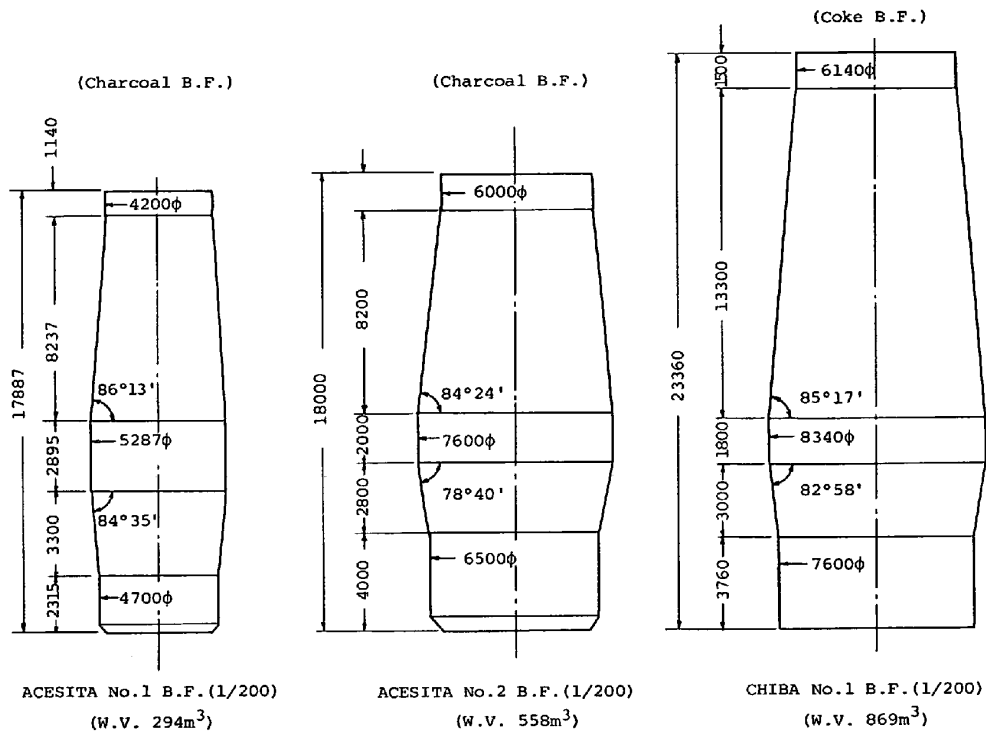


Fig. 2. Comparison of profil⁴⁾.

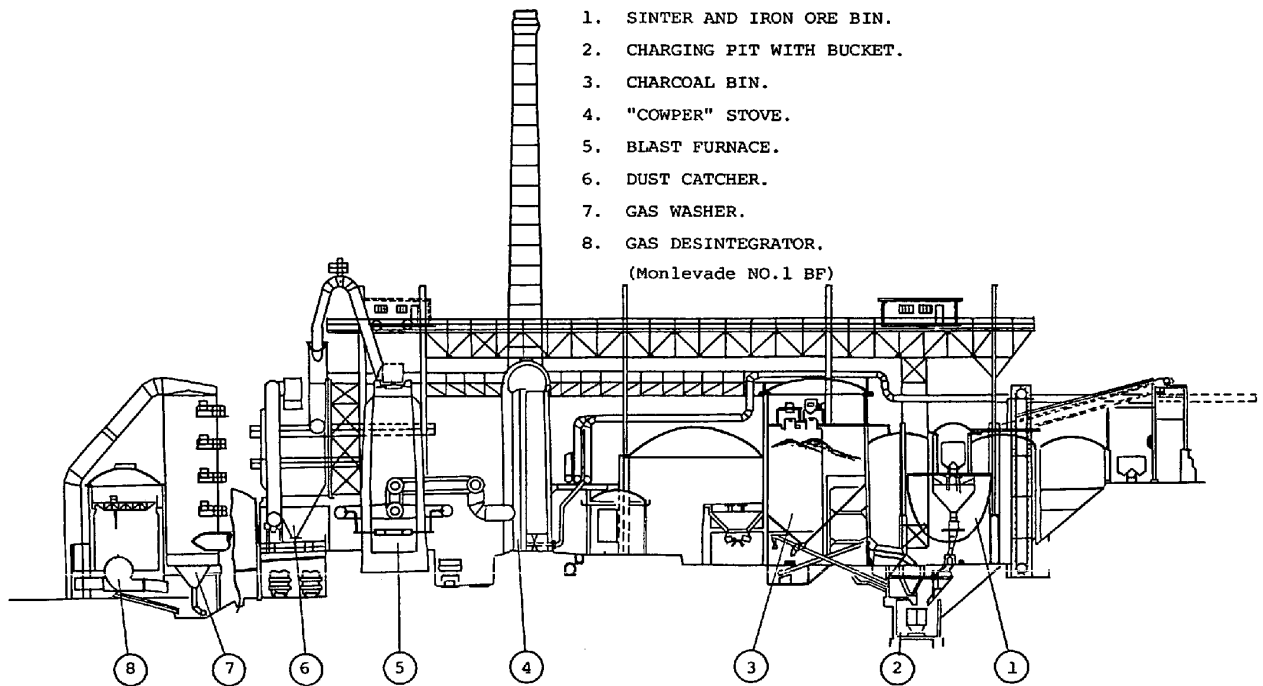


Fig. 3. Lay-out of the charcoal Blast Furnace²⁾.

散水設備を備えている程度で、近年建設された大型高炉を除いては炉体冷却箱等を使用している例は少ない。炉体レンガとしては 40~50% Al₂O₃ レンガが使用され、寿命は 3~6 年である。一方、最近生産性の向上、燃料比の低減等を目的として、高炉はしだいに大型化される傾向にある。ベルゴミネイラ、モンレバジ工場 No. 5

BF (406 m³)、アセジッタ No. 2BF (558 m³) がその例で、後者は木炭鉄高炉としては世界最大である。炉口部への固定温度計取り付けを始めとし、炉体計測設備の増強もあわせ行われている。

(1) 鉄鉄

木炭鉄の特徴は、[P], [S] 等の不純物が著しく低

Table 3. Chemical composition of iron and by-products (Monlevade, Cimetal).

	Iron	Slag	Flue dust
Fe ₂ O ₃ %	—	—	55.0~60.0
FeO %	—	1.0~2.0	15.0~20.0
Fe %	94.0~95.0 (93.0~94.0)	—	—
C %	4.0~4.3 (3.8~4.2)	—	15.0~20.0
Si %	0.2~0.6 (1.5~2.0)	—	—
Mn %	0.3~0.6 (0.4~1.0)	—	—
S %	0.012*	—	—
P %	0.20 Max (0.10 Max)	—	—
P ₂ O ₅ %	—	—	0.15~0.20
SiO ₂ %	—	36.0~40.0	1.0~2.5
CaO %	—	32.0~38.0	0.2~0.5
Al ₂ O ₃ %	—	10.0~15.0	1.2~1.5
MgO %	—	2.5~3.5	—
MnO %	—	1.5~3.5	0.1~0.2
K ₂ O %	—	3.0	0.44
Na ₂ O %	—	0.3	Trace

* Non oil injection=0kg/t, () Foundry iron (Cimetal)

Table 4. Properties of charcoal (Monlevade)⁶⁾.

	Charcoal	
	Lump	Fine
Moisture	7.3	9.6
Apparent density kg/m ³	249.0	279.6
Ash %	2.6	4.5
Volatile matter %	24.1	24.6
Fixed carbon %	73.2	70.8
Fixed carbon kg/m ³	168.8	178.8
Sulphur %	0.07~0.10	—
Calorific value %	7500	—
Strength kg/m ²	40	—
Composition of ash		
SiO ₂ %	9.87	16.62
Fe ₂ O ₃ %	6.35	5.56
MnO%	0.85	0.77
Al ₂ O ₃ %	1.09	2.67
CaO%	36.52	33.04
MgO%	4.78	3.79
P ₂ O ₅ %	3.04	1.79

い点にある。銑種は製鋼用銑、鋳物用銑に大別され Table 3 に示したような成分構成である。Pを0.10%以下にするには樹皮と粉の少ない木炭を使わねばならない。溶銑温度は、炉の大小、銑種により異なるが1250~1400°Cである。

(2) スラグ性状

木炭灰分は4%程度でありコークス灰分10~12%に比較し大幅に低い。また、木炭中[S]も、コークスの0.6%に対し0.07~0.10%と極度に低い。このため一般にスラグ比は90~150kg/t程度であり、脱硫に対し余り神経を使う必要がないためCaO/SiO₂=0.7~0.9の酸性操業を行つている。Table 3にスラグ性状の例を示した。なおAl₂O₃については使用銑石により差があり25~30%で操業を行つている例もある。排出されたスラグは鉄分回収後投棄されているが大型高炉の出現とあいまつて、水砕設備の検討も進められている。

(3) 高炉炉頂ガス

ガスカロリーは900~1100kcal/Nm³と高いが、製鋼、圧延設備を持たない工場では特に有効な利用方法が

Table 5. Operational results of ACESITA No. 2 B. F. (1979)⁴⁾.

	July	Aug	Sept
Production t/d	779	730	687
Charcoal rate kg/t	720	750	760
Blast volume Nm ³ /t	1353	1434	1468
Blast temp. °C	918	968	949
Blast press. kg/cm ²	1.50	1.63	1.72
Top gas press. kg/cm ²	1.00	1.09	1.14
Hot metal temp. °C	1388	1373	1379
Hot metal :			
C%	4.53	4.44	4.51
Si%	0.67	0.75	0.68
Mn%	0.51	0.50	0.47
Slag :			
(CaO)%	34.4	33.2	34.7
(SiO ₂)%	42.1	42.5	40.4
(Al ₂ O ₃)%	15.4	15.4	16.4
(MgO)%	5.7	5.5	5.4
(CaO)/(SiO ₂)	0.82	0.78	0.86
Top gas temp. °C	—	205	—
CO%	28	27	28
CO ₂ %	14	15	14
H ₂ %	3	4	4
Particle size of charcoal %			
9~32 mm	36	35	34
32~64 mm	50	50	50
64~100 mm	14	15	16
Moisture in charcoal %			
9~32 mm	8.5	8.9	7.7
32~64 mm	7.1	7.8	6.8
64~100 mm	5.9	6.8	6.1

Table 6. Top gas analysis²⁾.

	vol. (%)	
CO ₂	13.50	
CO	26.70	
H ₂	3.58	
CH ₄	2.03	
N ₂	54.19	

Table 7. Chemical composition of burden²⁾

	(%)									
	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	CaO	Mn	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Mn ₂ O ₃	
Raw ore	68.51	0.37	0.74	0.07	—	—	—	—	—	—
Sinter	60.83	4.00	2.05	0.09	5.14	0.68	FeO 10~12	—	—	—
Quartzite	—	90.53	0.98	—	—	—	7.42	0.15	0.12	—
Mn-ore	24.80	1.59	2.21	—	—	35.20	—	—	—	—
Limestone	—	1.36	MgO 0.16	—	54.38	—	—	—	—	—

なく、熱風炉燃焼用、種乾燥用等一部が回収され、大部分は大気中に放散されている。近年このガスの利用方法が検討されつつあり、一例としてアセジッタでは20t/hの銑石予備還元炉を設置し、ヘマタイトをウスタイトまで還元し高炉の燃料比を低減させることを検討しており、すでに実験が開始されている。

(4) 原料装入装置

小型高炉では1ベル1パケット方式またはスキップ方式が採用されている。捲揚能力の不足から銑石、木炭の混合装入を行つているのが一般的である。しかしながら近年建設されている高炉は2ベル、マッキー式で、スキップ装入方式を採用しているものが多くなつている。これは高圧操業、装入物分布制御、炉頂ガスの回収等を目

Table 8. Size distribution of charcoal²⁾.

	>76.20 mm	76.20~50.80 mm	50.80~31.75 mm	31.75~25.40 mm	25.40~15.87 mm	15.87~12.70 mm	12.70~9.52 mm	9.52~6.35 mm	<6.35 mm
Charcoal (%)	3.1	11.5	36.3	26.3	17.9	1.4	0.8	0.7	1.6

	>50.80	50.80~25.40	25.40~19.05	19.05~12.70	12.70~9.52	9.52~6.35	6.35~4.00	<4.00
Raw ore (%)	—	18.2	44.4	—	31.0	2.0	0.6	3.8
Sinter	5.4	13.3	8.4	14.5	16.1	30.6	10.2*	1.50*
Quartzite	9.1	6.8	—	5.6	1.9	6.0	11.7	58.9
Mn-ore	12.1	28.2	—	27.9	7.7	8.2	2.4	13.5
Limestone	—	81.0	10.9	2.0	1.8	1.9	0.4	2.0

* for sinter only 6.35~3.00 mm, <3.00mm

的としている。なお 1979 年 4 月稼動を開始したアセジッタ No. 2BF は、ブラジル初のベルレストップ高炉で装入もコンベアー方式であり、炉頂圧も最高 1.5 kg/cm² の能力を備えている。

(5) 高炉装入鉱石

一般に小型高炉の場合、100% ヘマタイト鉱で操業されている例が多い。鉱石は近郊の鉱山よりトラック、または貨車で輸送され、破碎、篩分け後使用されている。焼結設備を持つている工場もあるが、グリーンワルト方式の旧式設備がほとんどで、一般に焼結鉱使用割合は少ない。しかし最近微粉炭、微粉鉱の利用が叫ばれ、焼結設備の見直しが進められつつある。これは 1978 年 2 月、ベルゴミネイラ社が他社に先がけ 3 300 t/d の大型ドワイトロイド式焼結機を導入、自社発生粉炭を 100% 利用し、高炉への配合も 1~4 BF 70%、5 BF 100% と高配合率を維持し、良好な操業成績を上げているためで、ちなみに同社 5 BF の場合、スラグ比は 200 kg/t と高いが、木炭比は 500 kg/t と他社の高炉の 700 kg/t 内外の値に比較し著しく低く安定した操業を維持している。同社の場合 10 mm で篩分け、篩上を高炉用に、篩下を焼結鉱に使っている。配合量は 130 kg/t、戻り鉱は 150 t/d 程度である。

(6) 燃料吹き込み

石油節減のりから重油吹き込みを停止している高炉が多い。吹き込み方法、量等についてはヨークス高炉と大きく変わるところはない。ただし溶銑中 [S] の上昇を防止するためつばら低硫重油が用いられている。最近の注目すべき技術としては、ベルゴミネイラ社で実施している、木炭製造時の副産物タールの吹き込み及びアセジッタで実施している微粉木炭の吹き込みがある。前者は重油吹き込みとまったく同様の方法で、後者は粉塵爆発防止のため、粉碎機、貯炭槽に N₂ を使用、粒度を 80 ミクロン以下に調整し、圧搾空気による搬送及び吹き込みを実施している。

(7) 木炭

木炭中水分は釜出し時 4% 程度であるが、輸送保管過程で水分を吸収し、通常 7~9%、最高 30% に達する例もある。水分は 15% 以下であれば高炉々況に対する影

響は少ないが、それ以上になると、蒸発した水分の放出速度より蒸気発生速度の方が大きくなり、炉内で木炭が粉化するため炉の不調をひき起こす原因となる。水分管理の重要性が論議されているが、粉塵爆発防止のため、極力開放された状態で運送保管しようとするため、水分吸収は避けられない問題の 1 つとなつている。また、高炉への木炭装入は水分管理が十分にできないため、容量を基準にして行うのが一般的である。なお場内の木炭貯蔵量は平均 30 日分である。次に発生微粉であるが一般には輸送過程で 15~20%、場内発生 3% 程度といわれる。ただし木炭の強度、輸送方法などによつて大きく差がでる。この微粉炭はごく一部の工場を除き全て放棄されており、活用についての検討が進められている。現在までに実施に移された方法としては、焼結鉱用燃料（ベルゴミネイラ）、羽口からの吹き込み（アセジッタ）、ブリケットとして市販（ピランカーバ農大とヘナルド社の共同研究）、重油中へ微粉炭を 20% 混合してボイラー用燃料として使用（ブラジル石油公社）、ペレット焼成用補助燃料としての内装ないし粉炭燃焼（CVRD）等がある。

(8) 熱風炉

熱風炉としてはカウパー式、またはグレンドン式が用いられており、送風温度は前者の場合 600~800°C、後者の場合 450~600°C 程度である。近年燃料比低減のため、高温送風を指向する方向にあり、すでにベルゴミネイラ No. 5 BF、アセジッタ No. 2 BF の例に見るように、1 100°C の送風設備能力を持った熱風炉も出現している。今後ともこの傾向は続くものと思われる。

3.2 木炭の製造

(1) 伐採

植林されたユーカリは 6~7 年の周期で伐採される。従つて、植林地域は伐採周期に応じて 6~7 区画に分割され、毎年各 1 区画が伐採されてゆく。いつたん自給自足可能な植林を完了すれば、半永久的に木炭の自給が可能になる訳である。伐採されたユーカリは、新芽の発生を阻害せぬよう 15 日以内に搬出され、約 90 日乾燥されたのち木炭炉に装入される。ユーカリは伐採ごとに収穫量が減少するため、3 回伐採されたのち新苗に植え替えられる。従つて 18~21 年の周期で再植林が必要で

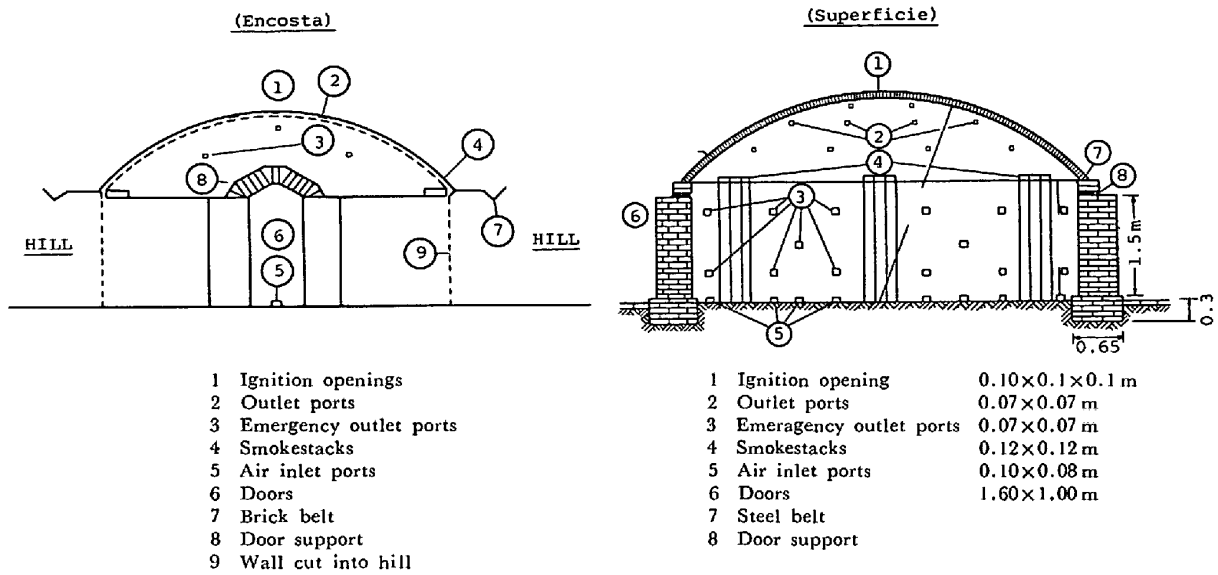


Fig. 4. Brick Beehive Kiln²⁾.

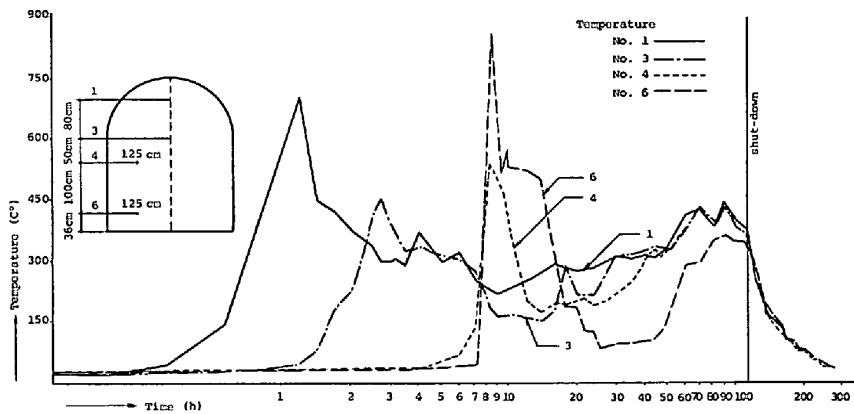


Fig. 5. Variation of temperature⁵⁾.

ある。収穫量は一般に 20~25 st†/ha/y といわれている。ちなみに自然林の場合は 10~15 st/ha/y である。なお、高炉用の木炭を製造するに適した木材は直径 20 cm 以下といわれ、細いもの程木炭の強度、密度が上がり良質な木炭が得られるといわれている。近年この伐採周期に関してもいろいろ研究がなされており、試験段階ではあるが、ユーカリの種類の選択、植林方法の改善等により、3~4年周期での伐採が実現されつつある。

(2) 木炭の製造

木炭の製造用炉としては、平地に作られる地表型 (Superficie) と山の斜面を利用して作られる斜面型 (Encosta) が一般的である。木材、木炭のハンドリング、焼成の調整の容易さ等から地表型の方がより普及している。炉は、いわゆる「赤れんが」と呼ばれる普通のれんがで作られ、粘土で目地詰めが行われる。煙突は6本が普通である。地表型の炉は、45~55 m³、直径 5 m、

斜面型は 20~30 m³、直径 4 m 程度の大きさで、1 炉団として 7~8 基の炉で構成されている。この 7~8 基の炉が、木材装入 1 日、焼成 6~8 日、釜出し 1 日の 1 サイクル 8~10 日の期間で操業され、炉ごとに日時をずらして操業されており、生産と作業の均一化が図られている。焼成時間の短縮は可能であるが、歩留りの低下、木炭強度の低下等の問題があり、上述程度の日数とするのが一般的である。木炭の生産量はユーカリ 1 t に対し約 370 kg、粉率 20% とすれば高炉用塊炭としては約 300 kg が得られることになる。次に最近進められている木炭製造炉の技術開発であるが、実施またはテスト段階にあるものとして、炉の大型化、炉を鉄皮構造とし可搬式とする、連続焼成炉等があげられる。いずれも効率化と副産物の回収を目的としたものである。前 2 者はすでに実用化されており、副産物として木炭タール等の回収を実施している。一方、既設の炉でも近年副産物の回収を目的として炉の煙突を 6 本から 1 本に減らす改造が進められており、全炉中約 30% がすでに 1 本煙突の炉に変更

† エステーリスの略記号 1m×1m×1m の箱に木材を一杯詰めた時の木材量を 1 st という。

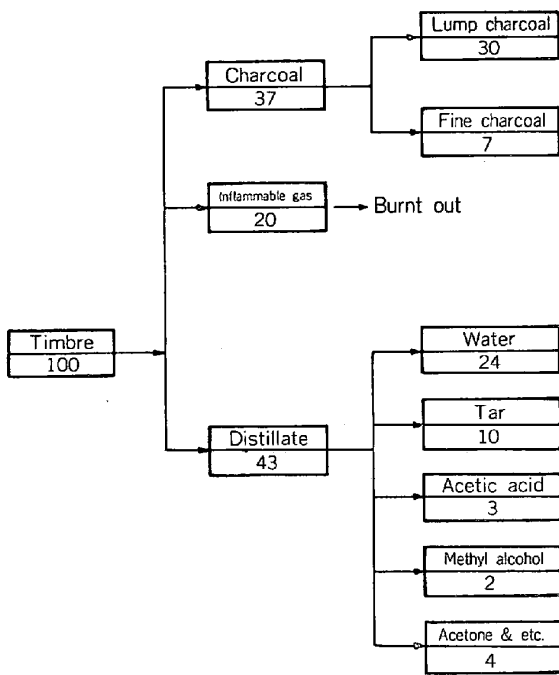


Fig. 6. Material flow for charcoal production.

されているといわれている。なおタール回収の実績としては、ベルゴミネイラ社が木炭 1 t の製造に対し 60 kg⁷⁾ を回収している旨報告している。

(3) 植林

自然保護の意味から政府は、法 5106, 1134 により、政令に従って植林を行う者は、所得税の 50% までを同事業に転用できる旨を定め植林を奨励しているが、国内の経済不調から必ずしも思惑どおりに進んでいないことも事実である。すなわち経営の苦しい中小企業にとって、植林への投資は、木材としての回収が 6~7 年後という先行投資であり、植林後の除虫、下刈り等保守費用を考えた場合、自然林から得られた木炭を購入した方がより有効とも言えるからである。植林統制機関 (IBDF) によれば上記法令に従って 1967~1980 年の間に製鉄業

Table 9. Plantation performance of wood submitting to Act No. 5 106 and 1 134⁹⁾.

	(×10 ³ ha)					
	Paper industry	Charcoal ironmaking	Plantation for timber	Fruit culture	Others	Total
1967	12.8	13.2	7.8	0.2	0.8	34.8
1968	53.3	22.7	22.7	2.1	2.2	102.9
1969	85.5	38.0	34.8	1.3	2.8	162.4
1970	107.8	60.4	47.4	1.8	4.6	222.0
1971	115.2	70.6	49.4	5.8	7.5	248.5
1972	129.4	87.2	64.7	12.4	10.7	304.4
1973	107.2	97.0	51.0	28.8	10.2	294.2
1974	111.6	114.4	53.0	36.9	8.3	324.4
1975	126.2	135.9	61.5	65.3	9.3	398.2
1976	127.2	179.6	67.4	84.5	10.5	469.2
1977	88.3	153.1	53.0	50.3	1.7	346.4
1978	125.1	162.7	81.3	39.8	2.2	411.7
1979	105.1	117.7	63.0	75.6	134.5	495.9
1980	90.3	115.0	60.0	59.3	111.0	435.6
Total	1 385.6	1 367.3	717.0	464.2	316.5	4 250.5

によつてなされた植林は 1 367 300 ha に及んでいる。ちなみに CONSIDER 及び木炭製鉄企業が目標としている年間 1 000 万 t 体制を考えた場合、ユーカリの収穫量 = 20 m³/ha/年, 2.2 m³ ユーカリ/1 m³ 木炭, 3.4 m³ 木炭/1 t 銑鉄, を仮定¹⁰⁾すると、ユーカリの植林周期を 20 年と考えた場合、木炭を自給自足でまかなうためには実に 374 万 ha を必要とすることになる。従つて木炭製鉄業界では現在、土地取得の困難さ、作業員獲得の難しさ等から植林及び収穫の効率化を図るため、従来 2 000~2 200 本/ha であつた植林本数を 4 000~5 000 本/ha に増やす方向で進んでいる。一方また、ユーカリ植林不適場所への他材の植林の研究も進められている。すなわちパイア地区では土中水分中塩分が高いこと、パラナ州、エスピリットサント州等では降雨量が不足していること等でユーカリ植林には適さぬため松材の植林が進められており更にはパパス椰子炭の研究等もあわせて行われている。

4. 木炭銑の将来

企業の振興拡大、雇用の拡大と一貫して強気な政策をとり続けたブラジル政府も原油価格の高騰、世界的経済不調の影響を受け、貿易収支の赤字 (78 年 10 億, 79 年 27 億, 80 年 28 億 US \$), 対外債務の増 (80 年末 538 億 US \$), 根強く進行するインフレ (78 年 40.8, 79 年 77.2, 80 年 110.2%) に対処せざるを得ず、1978 年 12 月の、クルゼイロの対米為替レート大幅切り下げ (30%) を皮切りに大掛かりな金融引き締め政策、数々の財政赤字削減措置を講じ、一方、輸出促進、輸入抑制策をおし進めてきた。この結果、外需の不振に加え内需も大幅に落ち込み、各企業とも減産体制への移行を余儀なくされることになつた。鉄鋼業界も例外ではなく 1981 年度は、粗鋼生産量 1 323 万 t と対前年度比 -14% の史上初的大幅減産を余儀なくされた。内外需の不振、収益の悪化は各企業の経営を悪化させ、倒産、賃金カット、人員整理等をひきおこし、各企業共存続のための厳しい体質改善をせまられている。しかしながら政府のこの引き締め政策は国内産業を犠牲にしながらかつて成果を上げ、81 年度の貿易収支は輸出 235 億ドル、輸入 233 億ドルと 77 年以降 4 年ぶりに 12 億ドルの黒字を計上した。国内インフレ上昇率も 95.2% と前年度にくらべ 15% の低下を示した。82 年以降も同様の政策がとられて行くものと予想される。一方政府の国内最重要政策の一つとして石油及び石油製品の節約が上げられている。貿易収支から見ても明らかのように、全輸入金額中、石油代金の占める割合は 80 年度 43.1% (99 億 US \$) 81 年度 46.2% (103 億 US \$) と非常に大きな部分を占めている。このため政府は石油の探査を進める一方、石油製品の節約、石油代替燃料としてのアルコール、国内炭、木材、木炭等国内自給可能な燃料の使用を

奨励, 研究開発にも力を入れている。これらの対策はエネルギーの多消費産業である鉄鋼業界にも当然波及し現在製鉄所の脱石油化, 省エネルギー化が強力に推進されつつある。

このような状況下にあつて, 燃料及び還元剤の自給可能な木炭銑製鉄所が改めて見直され, 脚光をあびつつある。減速経済へ移行した現在も政府の重化学工業重点策は変わらず鉄鋼公社 (SIDERBRAS) も強気の姿勢を崩していない。CONSIDER の長期生産計画によれば1990年には木炭銑の生産量は1025万tに達し, 同時に植林事業もすべての木炭が自給可能な体制にまで到達するものと予想している。1980~1990年の間の植林予定面積は, 1772000ha, このための投資金額は 1866×10^6 US \$⁹⁾と予想されている。外資導入が難しくなつた現在多少の下方修正はありうるとしても木炭銑生産量は確実に増加して行くものと予想される。しかしながら当面の差し迫つた問題として, 低迷する経済状況の中で, これら木炭銑企業がいかんして生きのびて行くかが重要な問題である。今後指向すべきは効率化であり, 生産性の向上であり, 省力省エネルギー化であり技術の革新であろう。そのためには旧態依然とした考朽設備を更改し, 近代化, 大型化して行く必要があり, かつ人材の育成を必要とする。資金調達が困難になつた今日これらの問題を解決して行くことは容易ではなくまた, 長時間を要するものと思われる。これらの問題の解決と企業存続のためには公民一体となつた近代化への努力が必要であり, 組織化されたきめの細かい統制, 指導及び資金援助が必要であろう。既述のとおりすでにブラジルの木炭銑業界は政府機関との密接なつながりのもとに技術開発の努力を続けており, また着実に成果を上げつつある。この意味では確実な歩みをしているものと考えられる。今

後エネルギー価格のパラソスの変動によつて早急の結論は下せぬが多少の企業淘汰はあり得るとしても木炭銑企業は直面する経済不調をのり切つて近代製鉄所への脱皮を完遂して行けるものと期待したい。そうすれば緑に囲まれた雄大な鉄鉄所, ブラジルの木炭銑企業の前途には洋々たるものがあると言えよう。

文 献

- 1) Fritz JAEGER: Stahl u. Eisen, 99 (1979) 19, p. 1062
- 2) Siderurgia Brasileira a Carvão Vegetal, ed. by Emilio WAINER, Abr. (1977) ABM, p. 23, 25, 54, 86, 104, 124, 149, 150, 223
- 3) Anuário Estatístico (1981) MIC/CONSIDER, p. 12, 13, 17, 44
- 4) Paulo Santos Assis and Raimundo Nonato Batista BRAGA: Metalurgia-ABM, 37 Out. (1981) 287, p. 565, 567, 568
- 5) Lupercio Tarcisio de OLIVEIRA and Mauro Rodrigues de ALMEIDA: Uso da madeira para fins energeticos, 1980, Serie Publicações Tecnicas No. 001 da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, p. 47
- 6) Aloisio Federman CAIXETA and Sergio Almeida JUNQUEIRA: Carga ideal e economia de energia em Altos Fornos da Campanhia Siderurgica Belgo Mineira-Divisão de Siderurgia, Reunião Aberta, Setembro 1979, COMIN, p. 5
- 7) Mario A. Ribeiro de OLIVEIRA: Aspectos Atuais e Evolução Tecnológica, CARVÃO VEGETAL SIDERURGICO, ibs-11 Abr. (1981) ibs, p. 5
- 8) Aloysio MARINS: GAZETA MERCANTIL 18 de Janeiro de 1982
- 9) Destinação de Materia Prima Proveniente de Reflorestamento com Incentivo Fiscal Período de 1967 A 1980 IBDF-SP
- 10) Carlos Alberto Padua AMARANTE: Metalurgia-ABM, 37 Ago. (1981) 285, p. 440