

# 鐵 と 鋼 第二十二年 第三號

昭和十一年三月二十五日發行

## 論 說

### 熱風爐の構造とその熱能率に就て

(日本鐵鋼協會第 14 回講演大會講演)

海 野 三 朗\*

ON THE HEAT EFFICIENCIES OF HOT STOVES.

By Saburo Umino.

SYNOPSIS:—Temperature distributions in Three-pass stove and two Cowper stoves of different design in details at Yawata Steel Works, firing gases and airs supplied to them were measured. From these results, heat efficiency of each hot stove was calculated, and firing gases were compared with the hot airs used to the blast furnaces. Moreover, actual amount of hot airs given to the furnaces and produced gases recorded by each gas-meter, real amounts of them measured by the method of Pitot-tube and true values of them calculated from ores and others are examined.

#### I 緒 言

#### II 結論概要

#### III 測定結果

- a. 溫度 b. 熱風爐内部溫度の熱的考察 c. 冷風に依りて得らるゝ熱量 d. 瓦斯の成分 e. 瓦斯量及び空氣量 f. 熱風爐内の通風速度

#### IV 熱 量

- a. 熱風爐に與へらるゝ熱量 b. 廢棄瓦斯の持去る熱量 c. 熱風が持去る熱量 d. 輻射及び傳導に依りて失はるゝ熱量 e. 熱風爐の熱平衡 f. 熱風爐の熱量配布

#### V 瓦斯量及び熱風量についての考察

- a. 熱風爐へ使用せらるゝ瓦斯量 b. 鑄鐵爐使用の熱風量 c. 實測値と送風量并に計算値との比較

### I. 緒 言

鑄鐵爐の各部門の研究に就きては既に數多の報告<sup>1)</sup> あれ

ども、その熱風爐の構造と熱能率)に關しては甚だ少なきの感あり。殊に構造の相違する二三の熱風爐につき實測よりしてその能率を論ぜるもの稀なり、著者が先の報告<sup>2)</sup>に於て熱風爐の熱能率を計算せるがその際の瓦斯量は計算値を採用せるものにして實測値にはあらずき。由て本報告に於ては相異なる構造の二三の熱風爐内の溫度並に瓦斯量空氣量を測定して切換時間の適當なる限度を求め、尙是等よりして夫れ等の熱能率を計算し且つ各高爐使用の瓦斯量及び空氣量を比較し、又實測値と送風量及び裝入物等より計算せる値とを比較追求せるものなり。茲に測定に供せられたる熱風爐は日鐵八幡製鐵所の第二高爐 第 1 號熱風爐、第四高爐 第 1 號熱風爐及び第五高爐 第 4 號熱風爐の 3 基にして、修繕後測定時迄の經過月數は第二高爐第 1 號熱風爐の 4 箇月、第四及び第五高爐附屬熱風爐の 74~77 箇月及び 20 箇月なりとす。

\* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所

1) R. A. Fiske, The Iron Age, 118 (1926), No. 20; Fritz Wiist, Stahl u. Eisen, 48 (1928), 16; 鶴瀨新五、鐵と鋼 14 (1928), 821; William Lenning, The Iron Age, Jan. (1929), 10; 平川良彦、鐵と鋼, 15 (1929), 737; G. E. Rose, Blast Furnace and Steel Plant, Feb. (1931); 山岡武、江口眞吉、鐵と鋼, 18 (1932), 1309, 平川良彦、製鐵研究, 113 (1930), 1; 湯川正夫、同前, 118 (1930), 202; 古野茂兵衛、同前, 118 (1930) 229; 西村溥、同前, 117 (1929), 211; 118 (1930), 7; Dinkler, Fou. Trad. Jou., May 3 (1934), 290.

### II. 結 論 概 要

(1) 二三の熱風爐内の溫度及び使用瓦斯量並に通風量

1) T. P. Colcough, Iron and Steel Ind., Dec., (1931), 98; W. G. Girling, Iron and Steel Ind., Dec., (1931), 95; Steel, Oct., (1934), 44.

2) 海野三朗、製鐵研究所研究報告, 11 (1930), No. 1; 製鐵研究, 119 (1931), 51.

を測定して夫れ等の熱能率を比較し且つ通風量と實測値及び計算値との關係を求めたり。

(2) 蓄熱室内部の溫度上昇割合は第二高爐熱風爐内は毎時  $51^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$  なるに第四高爐の場合にありては  $37^{\circ}$  なり。而して C 點は始めの 3 時間内は急激なる上昇を示すも C' は遙かに緩かなり。

(3) 蓄熱室内部の溫度降下は第四高爐の熱風爐内は急激に降下するも第二高爐内部 C 點の如きは容易に溫度降下せず。B 點も亦同様なり。

(4) 通風が得る熱量は蓄熱室内部の煉瓦積間の通過によりてその大部分の熱を回収す。

(5) 熱風の溫度高ければ銑鐵砲當りの骸炭消費量は減少す。此割合は溫度降下に從て大なり。

(6) 熱風爐使用の瓦斯量は第二、第四及び第五高爐の熱風爐に於ては毎時平均  $11,662, 8,064$  及び  $7,698\text{m}^3$  なり。

(7) 同上通風量は毎時平均  $34,185, 41,503$  及び  $41,328\text{m}^3$  又冷風量は  $5,906, 10,247$  及び  $6,422\text{m}^3$  なり。而して第二高爐第 1 號熱風爐の通風の速度は  $10.3\text{sec}/\text{m}$  より熱風出口の  $83\text{sec}/\text{m}$  となる。尙羽口に於ては  $344\text{sec}/\text{m}$  となる。

(8)  $1\text{m}^3$  の瓦斯は第二、第四及び第五高爐の熱風爐に於ては夫々空氣  $2.14, 1.81$  及び  $1.60\text{m}^3$  を加熱しつゝあり。されど同一熱量に對しては第二、第四及び第五は夫々  $1.52, 1.20$  及び  $1.00\text{m}^3$  の割合にて加熱せらるゝ事となる。

(9) 第五高爐附屬の熱風爐へ與ふる全熱量を 100% とすれば第二及び第四は夫々 86.2 及び 92.4% なり。

(10) 熱量及び廢棄瓦斯の持去る熱量は第二に於ては 3.64:1, 第四は 2.04:1, 第五は 1.7:1 の割合なり。

(11) 瓦斯通入時長ければ輻射及び傳導に依りて失ふ熱量は順次増加し通風時は順次減少するも此熱の放散は常に行はる。

(12) 瓦斯時對通風時の割合は第二、第四、第五高爐の熱風爐に於ては夫々 1.37, 2.84 及び 3.36 なり。

(13) 各熱風爐に與へられたる熱量を夫々 100% とすれば熱風の持去る熱量は第二、第四、第五の熱風爐に於ては夫々 68.7, 51.3 及び 50.5% なり。

(14) 廢棄瓦斯の持去る熱量は夫々 18.7, 31.3 及び 28.2% にして輻射その他に失ふ熱量は夫々 12.6, 17.4

及び 21.3% なり。

(15) 熱風爐使用の瓦斯量はその高爐が発生する瓦斯量に對して第二はその 44.3, 第四及び第五高爐の熱風爐は夫々 35.7 及び 36.9% なり。

(16) 高爐への装入物等より計算するに空氣量對發生瓦斯量は 1:1.3 となる。

(17) 計算上よりの瓦斯量對實測送風量よりの瓦斯量は 100:123% なり。

(18) 送風量を 100% とすれば實測値は平均として約その 91% に當る。

(19) 送風量の計算値を 100% とすれば平均として實測値及び送風量は夫々 123 及び 135% に當る。

### III. 測定結果

溫度測定には高溫の部に於ては光學高溫計に依り又熱風爐内の深所にありては白金及び白金ロヂウムの熱電對に依れり。測定の前後に於て補正を行へる事勿論なりとす。瓦斯量及び空氣量の測定にはピットトチューブに依れり。以下測定の結果につきて順次述べんとす。

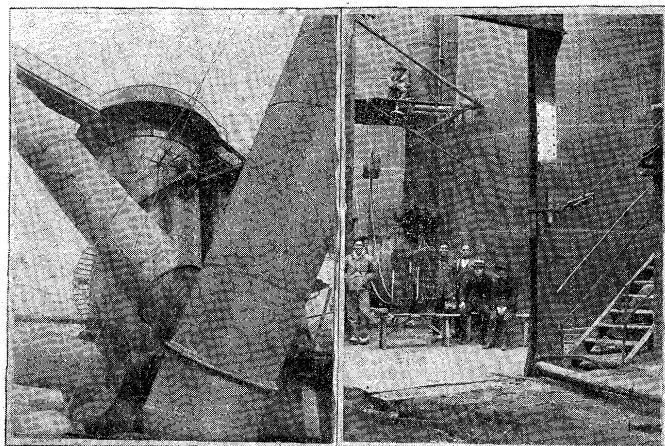
a 溫度 第 1~2 圖には溫度及び流量測定の状態を示し第 3~5 圖には熱風爐の斷面並に測定の位置を示せり。而して是等の位置に於ける溫度を時間と共に求めたる結果を第 1~3 表に示す事とせり。瓦斯通入時より送風時への變更時間は表中太き線を以て境界を示せり。此境界より以

第 1 圖

第 2 圖

第二鑄鐵爐第 1 號熱風爐溫  
度測定狀況

左同熱風爐流量測定狀況

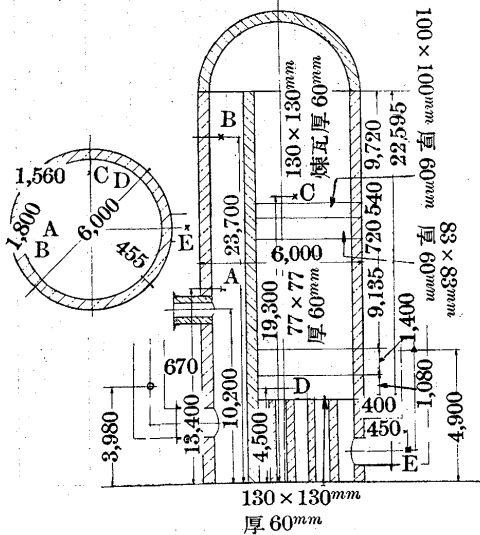


後の燃焼室の溫度は即ち熱風の溫度を示す事となる。

今是等の溫度と時間との關係を求むれば第 6~7 圖の如し、是等の曲線が示す如く瓦斯と空氣との交換時を境として曲線は著しくその傾斜を異にするを認めらる。尙第 1~

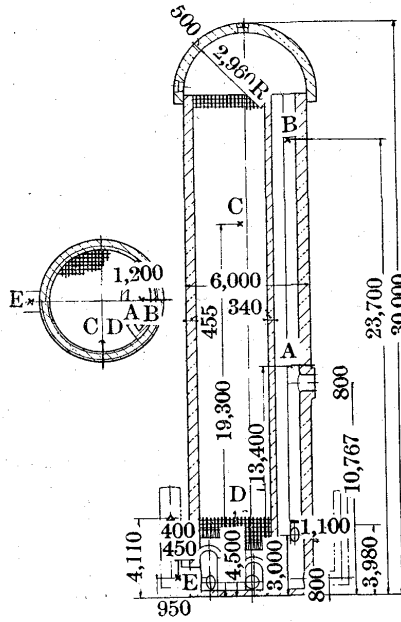
第3圖 第2 鑄鐵爐第1 號熱風爐

- × 溫度測定箇所
- 瓦斯流量測定箇所
- △ 送風流量測定箇所



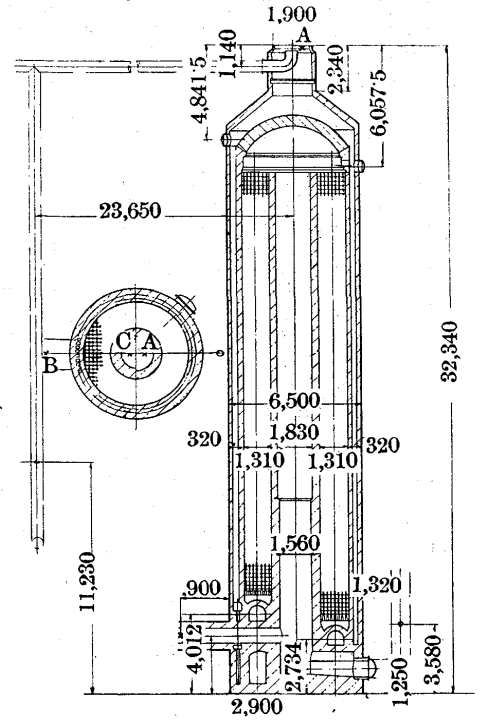
第4圖 第4 鑄鐵爐第1 號熱風爐

- × 溫度測定箇所
- 瓦斯流量測定箇所
- △ 送風流量測定箇所



第5圖 第5 鑄鐵爐第4 號熱風爐

- △ 送風流量測定箇所
- 瓦斯流量測定箇所
- × 溫度測定箇所



第1表 第二鑄鐵爐第1 號熱風爐溫度 (°C)

第1回目測定 昭和 8.12.21 第2回目測定 昭和 8.12.22 第3回目測定 昭和 8.12.24 第4回目測定 昭和 8.12.26

測定時刻	燃焼室	爐上部	爐中部	爐下部	廢氣	測定時刻	燃焼室	爐上部	爐中部	爐下部	廢氣	測定時刻	燃焼室	爐上部	爐中部	爐下部	廢氣	
午前 10.30	—	1,125	640	250	186	午前 10.30	—	863	—	129	168	午前 9.30	1,090	1,111	—	233	200	
11.30	—	1,065	670	280	209	11.30	—	1,117	—	239	180	9.30	1,080	1,131	—	250	209	
12.30	—	1,078	733	301	265	12.30	—	1,127	—	262	196	10.30	1,075	1,140	—	282	234	
午後 0.30	—	1,114	775	315	273	午後 0.30	—	1,093	—	281	217	10.30	1,083	1,154	—	297	246	
1.30	—	1,150	811	346	293	1.30	—	1,110	—	296	233	11.30	1,060	1,135	—	330	232	
2.30	—	1,145	843	359	314	2.30	1,100	1,132	—	318	250	11.30	1,083	1,152	—	340	276	
3.30	—	1,137	863	386	324	3.30	1,084	1,141	—	343	270	12.30	1,077	1,145	—	360	286	
4.30	—	1,145	880	409	327	4.30	—	1,135	—	361	283	午後 0.30	1,075	1,147	—	390	305	
5.30	—	1,156	892	424	358	5.30	—	1,140	—	343	270	0.30	1,100	1,161	—	405	320	
6.30	—	1,162	910	445	374	6.30	—	1,132	—	382	257	1.30	1,077	1,115	—	292	—	
7.30	1,120	1,156	925	464	384	7.30	—	1,141	—	404	310	2.30	1,068	1,095	—	202	—	
8.30	1,107	1,136	933	485	400	8.30	1,060	1,115	—	310	—	3.30	1,035	1,057	—	160	—	
9.30	1,078	1,140	945	488	415	9.30	1,010	1,046	—	234	—	4.30	1,008	1,025	—	128	—	
午後 0.30	1,057	1,067	930	393	—	午後 0.30	983	1,005	—	178	—	5.30	980	993	—	117	—	
1.30	—	1,037	978	885	320	1.30	941	967	—	136	—	6.30	930	946	—	97	—	
2.30	—	1,012	936	857	226	2.30	910	930	—	120	—	7.30	805	840	—	87	—	
3.30	—	985	905	810	180	3.30	878	893	—	109	—	8.30	772	808	—	85	—	
4.30	—	962	878	779	138	4.30	840	867	—	100	—	9.30	742	783	—	80	—	
5.30	—	942	855	754	126	5.30	825	840	—	95	—							
6.30	—	910	804	707	105													
7.30	—	880	779	668	99													
8.30	—	847	745	630	93													

2表に示す如く第二及び第四高爐附屬の熱風爐の爐中部の溫度の空氣通入後に於ける溫度降下を見るに、第二高爐の第1回目の測定に依れば毎時平均 70°C の降下なるに第四高爐に於ては平均每時 143°C の溫度降下にしてその降下割合は前者に倍す。瓦斯通入時間相當に長く且つ通風量

少なきにも拘らず此溫度降下の急激なるは、即ち熱風爐が第二の場合に比して保有熱量の小なるを意味す、従て熱の回収は第二の場合よりも少なくその熱能率の小なるは既に曲線よりしても想像せらるゝ所なり。第二高爐の熱風爐の廢棄瓦斯の溫度は 300°C を超過するもの少なきに第

第2表 第四鑄鐵爐第1號熱風爐溫度(°C)

第1回目測定 昭和7.11.24

第2回目測定 昭和8.1.28

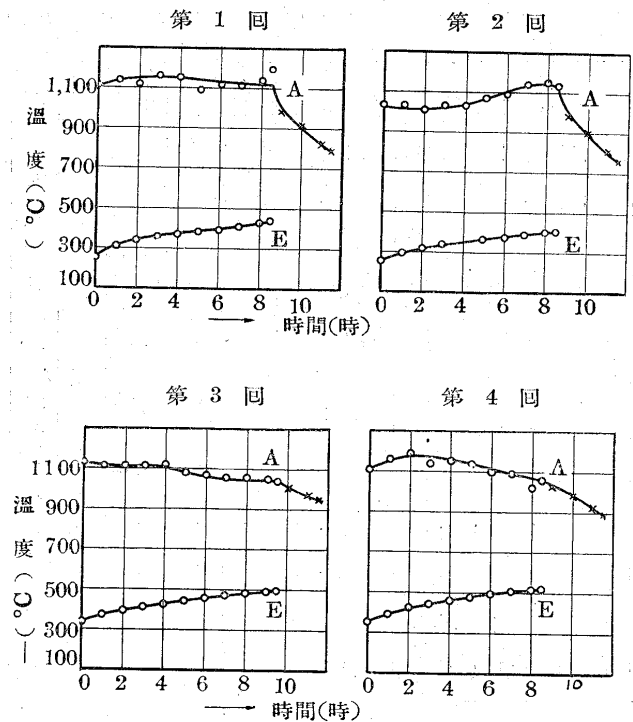
第3回目測定 昭和8.2.4

測定時刻	燃燒室	爐上部	爐中部	爐下部	廢氣	測定時刻	燃燒室	爐上部	爐中部	爐下部	廢氣	測定時刻	燃燒室	爐上部	爐中部	爐下部	廢氣
午前 10	1,064	1,057	724	348	344	午前 11. 45	1,077	1,053	701	351	349	午前 11	1,122	1,126	763	407	400
10. 30	1,111	1,097	750	363	370	午後 0. 15	1,055	1,034	730	371	362	11. 30	1,116	1,135	793	422	408
11	1,130	1,131	785	385	392	0. 45	1,120	1,122	749	388	374	12	1,129	1,139	821	443	430
11. 30	1,153	1,145	804	416	385	1. 15	1,142	1,162	771	405	392	午後 0. 30	1,130	1,140	849	460	431
12	1,153	1,160	822	452	422	1. 45	1,136	1,163	871	420	405	1	1,091	1,130	875	478	457
午後 0. 30	1,157	1,180	848	467	443	2. 15	1,113	1,131	833	439	421	1. 30	1,120	1,138	893	491	466
1	1,119	1,135	871	487	453	3. 15	1,148	1,159	872	465	428	2	1,105	1,116	911	509	478
1. 30	1,118	1,138	895	498	466	3. 45	1,143	1,153	887	475	442	3	1,088	1,107	958	548	508
2	1,158	1,171	915	512	483	4. 15	1,156	1,174	901	492	458	3. 30	1,137	1,172	969	557	531
2. 30	1,147	1,160	934	539	494	4. 45	1,155	1,178	914	502	468	4	1,155	1,194	985	577	532
3	1,166	1,176	953	544	502	5. 15	1,144	1,185	933	526	483	4. 30	1,128	1,178	1,000	587	540
3. 30	1,167	1,189	969	556	509	5. 45	1,155	1,203	942	535	448	5	1,152	1,190	1,011	598	554
4	1,109	1,139	981	565	523	6. 15	1,164	1,173	964	555	492	5. 30	1,103	1,144	1,030	621	555
4. 30	1,168	1,180	998	582	535	6. 45	1,161	1,179	982	566	508	6	1,068	1,116	1,044	629	560
5	1,057	1,168	1,013	592	546	7. 15	1,039	1,067	841	467	—	6. 30	915	977	1,049	653	577
5. 30	1,086	1,206	1,025	606	560	7. 45	989	1,006	769	361	—	7	1,051	1,030	1,053	667	580
6	1,188	1,212	1,028	609	563	8. 15	951	969	717	327	—	7. 30	1,007	1,010	888	518	—
6. 30	1,194	1,219	1,033	616	576	8. 45	904	905	657	276	—	8	961	956	793	401	—
7	1,165	1,184	1,036	622	590	9. 15	844	844	581	223	—	8. 30	925	910	720	336	—
7. 30	1,069	1,101	954	461	—	9. 45	800	780	527	184	—	9	863	855	644	286	—
8	1,034	1,049	884	347	—							9. 30	829	811	585	244	—
8. 30	996	1,003	834	291	—							10	789	760	537	216	—
9	951	967	786	255	—												
9. 30	931	928	739	228	—												
10	911	905	719	202	—												

第3表 第五鑄鐵爐第4號熱風爐溫度(°C)

測定時刻	第1回目測定 昭和8.10.25		第2回目測定 昭和8.10.27		第3回目測定 昭和8.10.30		第4回目測定 昭和8.11.1	
	焚口	廢氣	焚口	廢氣	焚口	廢氣	焚口	廢氣
午前 9. 30	1,115	277	1,035	255	1,130	339	1,110	354
10	1,140	297	1,065	286	1,120	360	1,120	375
10. 30	1,140	315	1,030	297	1,115	374	1,165	391
11	1,120	328	980	307	1,125	385	1,175	410
11. 30	1,120	339	1,010	320	1,120	396	1,190	424
12	1,165	350	1,030	331	1,120	407	1,190	435
午後 0. 30	1,135	358	1,035	340	1,115	415	1,140	445
1	1,152	360	1,030	348	1,125	417	1,150	455
1. 30	1,100	372	1,035	—	1,125	431	1,155	465
2	1,090	380	1,040	360	1,115	438	1,170	474
2. 30	1,100	386	1,070	367	1,080	444	1,140	480
3	1,120	392	1,100	371	1,060	454	1,060	487
3. 30	1,090	296	1,090	376	1,070	459	1,100	498
4	1,115	402	1,115	385	1,080	465	1,100	506
4. 30	1,110	412	1,140	392	1,060	471	1,090	509
5	1,140	423	1,150	399	1,050	480	1,070	510
5. 30	1,130	431	1,150	401	1,060	485	1,025	516
6	1,205	440	1,135	406	1,055	487	1,060	523
6. 30	熱風 985 957		熱風 980 942		1,050 1,040	492 449	熱風 1,034 1,009	
7								
7. 30	920		902		熱風 1,009		990	
8	880		852				961	
8. 30	832		807				925	
9	798		860				892	

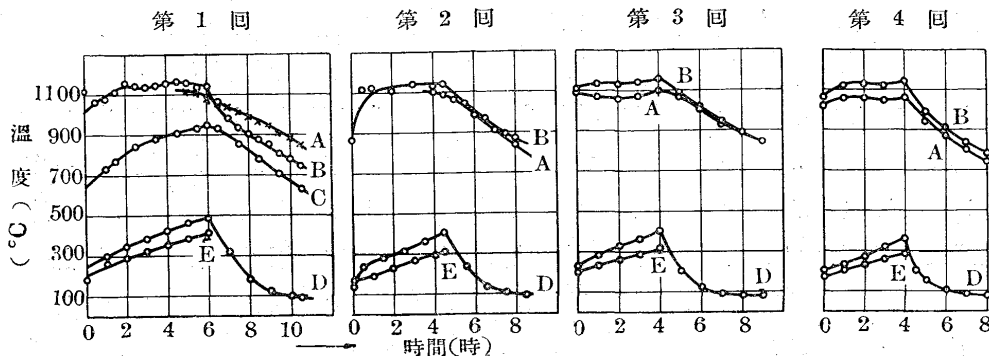
第7圖 熱風爐内の溫度と時間  
第2高爐第1號熱風爐



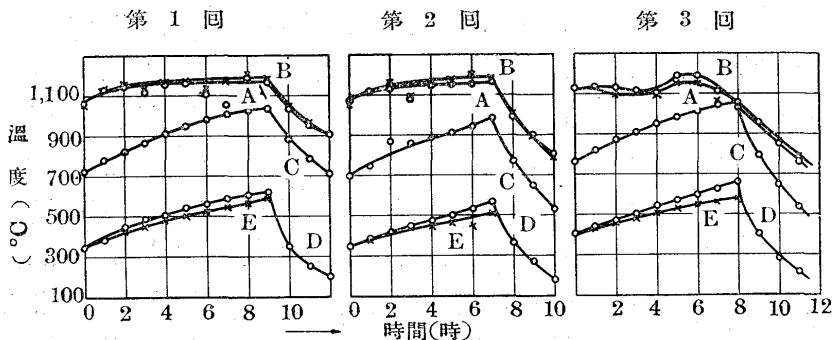
四高爐熱風爐の夫れは500~590°Cに至る。此點より考ふるも熱風爐の熱の回收に相當の差あるを思はしむ。同様の考察は第五高爐熱風爐の場合につきても行ふ事を得るは勿論なりとす。尙然燃燒室及び爐の上部に於ける溫度を見るに

何れの場合に於ても爐の上部は常に高溫を示す。而して第7表に示す如く廢棄瓦斯の分析に依れば尙餘分の酸素を殘留す。此點より考ふれば燃燒室に於けるよりも爐の上部に於ては完全燃燒行はれて高溫を示すは何れも瓦斯の流れの

第6圖 熱風爐内の温度と時間 第2 鋸鑛爐第1 號熱風爐



第4 鋸鑛爐第1 號熱風爐



急速なるが爲めなるべく、從て第二高爐附屬の熱風爐の A, B の温度差が第四の場合よりも大なるは瓦斯の流れの相當に大なるを示すものと考へらる。凡て高爐瓦斯の燃焼は空氣と瓦斯との適當なる渦動混合<sup>1)</sup>を迅速に行はしめ蓄熱室以前に於て完全燃焼し終るを要し、高温なる廢棄瓦斯をして可及的蓄熱空間を通過せしむる事必要なりとす。第6~7 圖に示す如く爐内温度の分布は燃焼室内に於ては甚しき變化を見ず、是に依れば Mac-coun<sup>2)</sup>の想定せる熱風爐内の温度分布は承認し難きものにして、且つ爐内の流線につきても今日より考ふれば吾人の到底信ずる事を得ざるものなりとす。

**b. 熱風爐内部温度の熱的考察** 熱風爐内部温度が瓦斯の燃焼又は通風に依りて如何に變化するかを見んが爲めに、各測定の位置の相互的距離を求め同時刻に於ける各點の温度を求むるに第8 圖の如し。茲に  $t$  は經過時間を示し而して瓦斯燃焼時を正とし通風時を負として示せり。是に依れば各部の温度上

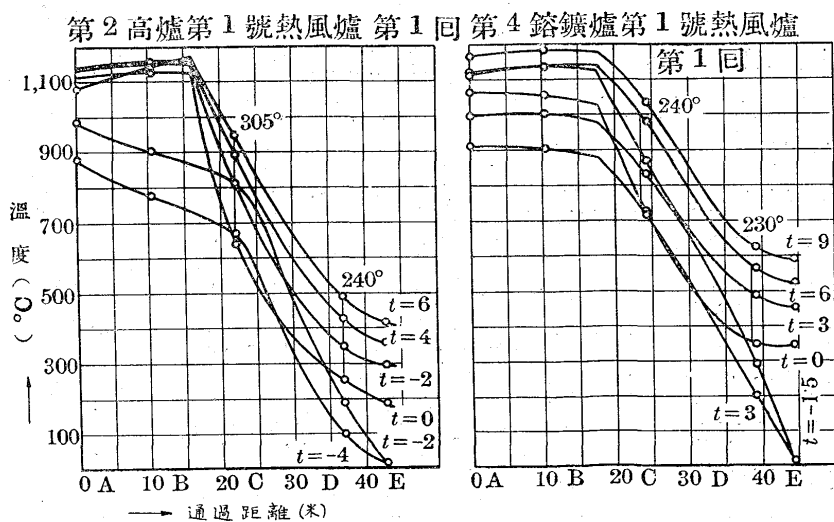
昇又は降下の模様を知り得可く熱風爐内煉瓦蓄熱室の内部 C 及び D に相當する位置の温度上昇を見るに第4 表の如き結果を得。茲に毎時の温度上昇割合として示せるは6 時間の平均値を採用せり

第4 表

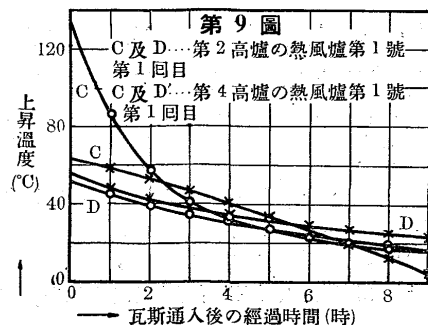
位置	第二高爐第1號熱風爐第1回(°C)	第四高爐第1號熱風爐第1回(°C)
C	51°	37°
D	40°	37°

是に依れば第二高爐附屬の熱風爐内の温度上昇は第四高爐の場合よりも大なり。之熱の吸收力大なるを示すものなり。次に此 C, D 點の瓦斯通入後毎時温度上昇割合を見るに第9 圖に示す如き4 本の曲線を得。是に依

第8 圖



も3~4 時間以下を最も有效なりとす即ち上昇割合の大なるは通風時に於ては逆に冷風に與ふる熱量大なるが故なり。又第四



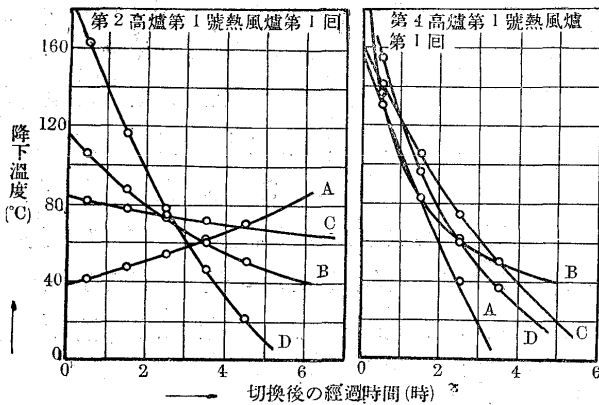
1) O. D. Lorenze, Blast Fur. and Steel Plant, June & July, (1933).

2) McCoun, Blast Furnace Advancement, given before The American Iron and Steel Inst., (1915).

高爐の熱風爐に於ては5.5時間の瓦斯通入時を以て長き限度と考へらる。何となれば5.5時間以後に於てはC' 點の溫度上昇はD' 點よりも小、即ちC' 點はD' 點に比して飽和に近づきつゝある事となり、その結果として益々廢棄瓦斯が持去る熱量を増加せしむる事となる。即ち現在の通入時間短縮して5.5時間以下とせば更にその熱能率を増加するに至るべし。斯くの如く瓦斯通入時間を縮少し同時に送風時間をも短縮して瓦斯對通風時間の割合を1に接近せしむる事必要なりと考へらる。此割合を短縮すればその熱能率を増加するの傾向あるは既にF. Clemento<sup>1)</sup>の報ぜる所なり。

次に通風の場合に於て切換後に於ける毎時の溫度降下を

第 10 圖



見るに第10圖の如し。第四高爐附屬の熱風爐に於ては何れも急激に溫度降下を示せども第二高爐の熱風爐に於てはC 曲線の示す如く容易に溫度降下せず、前者の急激なる降下は通風に依りて熱を奪出せらるゝ爲めに生じ、後者の緩なるは通風に依りて熱は奪出せらるゝも煉瓦の收吸せる熱相当多量なるが爲めに生ぜる結果に外ならず。従てA, B 曲線は第二高爐の場合に於てはその傾斜急ならず。即ち蓄熱室より多量の熱を吸収するが故に時間經過するも容易に溫度降下せざるを示すものなり。而してD 曲線は著しく傾斜大なるはその部の煉瓦は寸法その他の點に於て第四高爐の場合と同様なる結果を生ぜる現象なりと考へざるべからず。C 點の曲線の傾斜小なるは下部に至るに従ひて煉瓦の寸法小なるを以て此部は熱の吸収大なるべきなり。即ち送風の場合に於ては是等の曲線が可及的に傾斜の小なるを要するなり。此目的には煉瓦をして可及的に熱の吸収<sup>2)</sup>

を大ならしむる如く設計するを要す。即ちA. Schack<sup>1)</sup>の述べたる如く熱の傳播は加熱面に比例し、燃焼瓦斯の速度は限界存するも小なる程その効果大なるものなるが故に第二高爐の熱風爐の如く順次煉瓦の寸法を縮少せるは熱的效果に於て第四、第五の場合に優れる所以なると考へざるべからず。又Colcough<sup>2)</sup>に依ればBrassert式は煉瓦積を3段に分ちて煉瓦の厚さを減じ加熱面積を増加せるPfoser-Strack-Strum式及びKuehn式に優りその熱能率85%を得らると報ぜるが、Brassert式は填物に依りて更に加熱面積を増加し瓦斯の流れを緩かにして調節せるが故に、その熱能率の優れたるは當然なりと云ふべし。最近の熱風爐<sup>3)</sup>は多く蓄熱室を3段にし下部に至るに従ひ瓦斯通過孔を縮少して熱風爐3基にて操業する傾向を認めらる。燃焼瓦斯の清淨<sup>4)</sup>程度によりては蓄熱室に充填物を與ふる等更に蓄熱室の構造を改良し得べきは當然なり。尙熱風爐蓄熱室用煉瓦として使用せられたるものは殆んどシヤモット煉瓦にして、第二高爐の熱風爐使用の煉瓦積は第3圖に示せり。而して第四及び第五高爐附屬の熱風爐はその煉瓦の大きさ315×216×60mmにして、熱風爐内部の加熱面積は第二及び第四は各々5,380m<sup>2</sup>又第五は6,161m<sup>2</sup>なりと云ふ。而して使用せられたる煉瓦の全重量は第二及び第四は908t、第五の場合は962tなりと。

**C. 冷風に依りて得らるゝ熱量** 第8圖第二高爐第1號熱風爐の第1回目の測定の溫度曲線によりて示す如く、第3圖E 點より浸入する冷風は熱せられたる煉瓦蓄熱室を通過する事によりて順次高温に達す。蓄熱室内部に於ける瓦斯の通路は計算するに熱風爐の横斷面に對し何れも1m<sup>2</sup>につき約0.468m<sup>2</sup>の割合なり。此値はW. R. Brown<sup>5)</sup>が500t高爐の場合の熱風爐の通路として0.445を報ぜるが約5.2%の差なり。今通風に於ける通風の速度並に蓄熱室上部に至りて加熱せられたる熱風の速度を計算するに夫々約2.92Sec/m及び12.3Sec/mとなる。通風量は溫度上昇と共に膨脹するが故にその速度は當然増加すべきなり今同じ上の溫度曲線よりして冷風が夫々の位置に於て得ら

<sup>1)</sup> Blast Furnace Practice, 2 (1929), 374.

<sup>2)</sup> 田所芳秋、製鐵所研究所研究報告、第6卷(1926)、第6號

<sup>1)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. Oct. (1931), 193; Julius Stoecker Blast Furnace & Steel Plant, May (1930), 807.

<sup>2)</sup> Iron and Steel Ind., L. C.

<sup>3)</sup> W. R. Brown, Engineering, May, (1932), 557; Iron Coal Trade Rev. May, 6 (1932), 741.

<sup>4)</sup> 川上大輔、製鐵研究、123 (1931), 311. 鐵と鋼、18(1932) 1437.

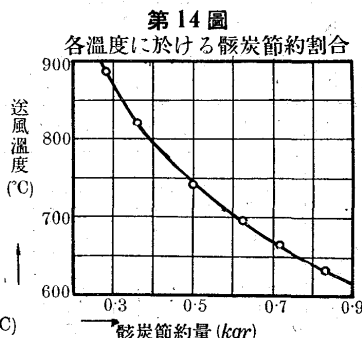
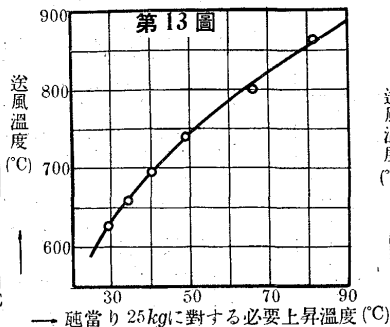
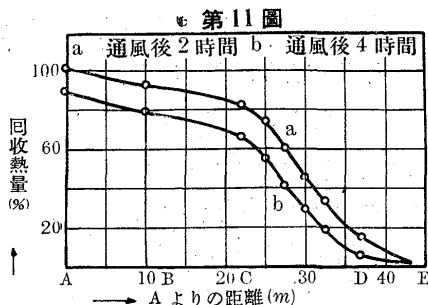
<sup>5)</sup> Engineering May, L. C.

る熱量を熱風の平均の熱量即ち 4.C よりして毎時  $11,740 \times 10^6 \text{ cal}$  なる事を知る。由て此熱量に對し%を示せば第5表の如く又此距離と回收熱量の%とを示せば

第5表 冷風が得る熱量

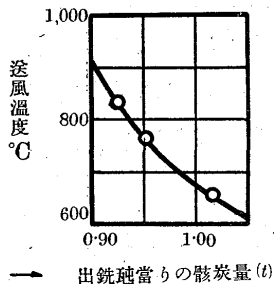
(第二高爐第1號熱風爐第1回目)

Aよりの距離(m)	37	32.5	30	27.5	25	22	10 (A)0
通風後2時間目(%)	14.3	33.6	46.0	60.7	74.3	82.5	93.4
通風後4時間目(%)	4.9	18.6	29.2	41.6	55.4	66.7	79.4



第12圖

第11圖の如し。是に依れば送風温度と消費骸炭量 DよりCに至る間に於て著し



き熱の回收ある事を知らるべく又 A B 間に於ては回收熱量は比較的少なし。是加熱面積の多少に依る當然の結果なるべし。

次に第二高爐に於て熱風の平均温度として採用しつゝある温度を第1回目の測定につきて求めて見んとす。冷風中に含まるゝ水蒸氣の熱量に及ぼす程度は若し分解等の變化はなきものとすればその差は冷風の場合に於て 1.1% 以下となる。由て此水蒸氣を考慮せずして計算せんとす。高爐へ毎時平均の送風量は第8表よりして  $47,370 \text{ m}^3$  なり、又毎時熱風爐通過後の熱風の有する熱量の平均値は  $12,320 \times 10^6$  カロリーなり。又  $47,370 \text{ m}^3$  中  $7,024 \text{ m}^3$  の冷風の有する熱量は  $17 \times 10^6$  カロリーなり。由て毎時高爐へ運ばるゝ全熱量は

$$(12,320 + 17) \times 10^6 = 12,337 \times 10^6 \text{ cal}$$

由てその際の熱風の平均温度を  $x^\circ$  とすれば次の等式を得

$$47,370 \times 1,293 \times 0.2461 \times x = 12,337 \times 10^6$$

$$\therefore x = 816^\circ$$

約  $816^\circ$  の熱風が高爐へ送入せられつゝある事を知る。然るに當日の送風の平均値は第6表に示す如く  $800^\circ\text{C}$  なるを以て可なり的一致を見る。是に依ればその差は2%にして熱風爐通過に依つて空氣中に含まれたる水分等の變化は

慮するの要なき事を知る。同様の計算に従へば各測定の際の熱風の温度を求めらるべきは當然にして、更に進みては第6~7圖よりして各熱風爐へ残存せる能力をも求むる事を得べし。次に測定當日の熱風よりして得られたる送風の實測平均温度を示せば第6表の如し。

是に依れば第二高爐の送風温度最も高く平均として  $831^\circ\text{C}$  を示し、次に第五高爐の  $764^\circ\text{C}$ 、第四高爐の  $657^\circ\text{C}$

の順となる。今第24表に示せる出銑噸當りの骸炭量と送風温度との關係を求むれば第12圖の如し。是に依れば送風温度の上昇は出銑噸當

考りの骸炭消費量を減少せしむる傾向を認めらる。今第12

第6表 送風の温度(實測値)

測定順	1	2	3	4	平均
第二高爐(°C)	800	827	843	853	831
第四高爐(°C)	700	610	660	—	657
第五高爐(°C)	713	701	830	812	764

圖の曲線につきて考ふるに噸當りの骸炭量は送風温度の函数なるが故に、送風温度につき出銑噸當り 25 kg の骸炭消費量を減ぜんが爲めに必要な送風の温度上昇を求め、此上昇温度と送風温度との關係を求むれば第13圖の如し。是に依れば送風温度  $750^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$  以下に於ては温度が骸炭消費量に及ぼす影響は大となる。即ち送風温度上昇すれば骸炭消費量は減少するもその減少割合は温度上昇と共に順次減少するの傾向を認めらる。尙此關係を明瞭ならしめんが爲めに噸當り 25 kg の節約に對する必要な上昇温度を  $t$  とし、温度  $1^\circ\text{C}$  の上昇によりて節約せらるゝ骸炭量  $\theta$  を各温度につきて求むれば  $\theta = 25/t$  は即ち任意の温度に於ての温度  $1^\circ\text{C}$  の上昇によりて出銑噸當りの節約骸炭量となる。此關係を第14圖に示せり。之に依れば先づ比較的低温に於ては送風温度の上昇によりての骸炭節約量は大きなるも、温度上昇と共にその節約割合は順次減少するを知る。是に依りて送風の温度が骸炭消費量に及ぼす程度を察知する事を得可し。

d 瓦斯の成分 熱風爐の燃焼瓦斯は毎回その使用途中に於て 1~2 時間毎に採集して分析し各々 3~4 回の平均値を求めたり。又廢棄瓦斯も同様 3~4 回の平均値を求めた

第7表 瓦斯の成分 (第二高爐第1號熱風爐)

瓦斯の別 測定年月日	燃 燒 瓦 斯				廢 棄 瓦 斯			
	8.12.21	8.12.22	8.12.24	8.12.26	8.12.21	8.12.22	8.12.24	8.12.26
成分	%	%	%	%	%	%	%	%
CO <sub>2</sub>	12.95	13.40	11.6	12.1	21.2	22.4	24.4	20.0
CO	27.35	27.35	28.4	27.8	—	—	—	—
H <sub>2</sub>	1.8	2.0	2.2	2.07	—	—	—	—
CH <sub>4</sub>	0.3	0.5	0.4	0.55	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O	0.6	0.6	0.6	0.6	—	—	—	—
N <sub>2</sub>	57.0	56.05	56.7	56.66	75.4	75.0	74.25	75.1
O <sub>2</sub>	—	0.1	0.1	0.2	3.4	2.6	1.35	4.9

(第四高爐第1號熱風爐)

瓦斯の別 測定年月日	燃 燒 瓦 斯			廢 棄 瓦 斯		
	7.11.24	8.1.28	8.2.4	7.11.24	8.1.28	8.2.4
成分	%	%	%	%	%	%
CO <sub>2</sub>	12.3	12.7	12.8	24.8	22.93	24.15
CO	28.9	28.0	27.13	—	—	—
H <sub>2</sub>	2.4	2.17	2.07	—	—	—
CH <sub>4</sub>	0.2	0.35	0.3	—	—	—
H <sub>2</sub> O	—	—	—	—	—	—
N <sub>2</sub>	56.3	56.73	57.59	75.2	75.14	75.85
O <sub>2</sub>	—	0.1	0.13	—	1.93	—

(第五高爐第4號熱風爐)

瓦斯の別 測定年月日	燃 燒 瓦 斯				廢 棄 瓦 斯			
	8.10.25	8.10.27	8.10.30	8.11.1	8.10.25	8.10.27	8.10.30	8.11.1
成分	%	%	%	%	%	%	%	%
CO <sub>2</sub>	12.23	12.77	12.57	13.53	21.7	20.87	20.7	22.23
CO	28.93	27.80	23.27	27.27	—	—	—	—
H <sub>2</sub>	2.37	2.39	2.73	2.73	—	—	—	—
CH <sub>4</sub>	0.07	0.0	—	0.17	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O	0.60	0.60	0.60	0.60	—	—	—	—
N <sub>2</sub>	56.70	56.34	55.70	55.57	75.1	74.93	74.6	74.37
O <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.13	0.13	3.2	4.20	4.7	3.40

るものにしてその結果を示せば第7表の如し。

廢棄瓦斯中に常に餘分の酸素存在するは相當過分の空氣の浸入せるを想像せしむ。過分の空氣の浸入は著しく燃焼瓦斯の溫度を低下<sup>1)</sup>せしめ、その熱能率を減少<sup>2)</sup>するに至るものなり。

e. 瓦斯量及び空氣量 流量測定は既に末藤氏、上本氏並に著者等<sup>3)</sup>の報せる所なるを以て本文に於ては實測せる瓦斯量及び空氣量の標準狀況下に換算せる結果を求め是等

第8表 瓦斯量及び空氣量の實測値 (毎時 m<sup>3</sup>)

測定年月日	第二高爐第1號熱風爐					第四高爐第1號熱風爐					第五高爐第4號熱風爐				
	8.12.21	8.12.22	8.12.24	8.12.26	平均	7.11.24	8.1.28	8.2.4	8.2.25	平均	8.10.25	8.10.27	8.10.30	8.11.1	平均
本管の瓦斯量	—	—	—	—	—	—	—	—	59,758	59,758	92,515	84,847	85,374	73,632	84,092
瓦斯量	10,324	10,976	12,556	12,793	11,662	7,434	7,440	8,356	9,025	8,064	7,894	6,994	8,621	7,282	7,698
空氣量	40,346	33,148	29,657	33,590	34,185	35,914	43,697	44,899	—	41,503	42,985	45,109	33,855	43,362	41,328
冷風量	7,024	6,705	5,777	4,117	5,906	9,686	11,703	9,351	—	10,247	5,917	8,155	5,916	5,700	6,422
熱風量	47,370	39,853	35,434	37,707	40,091	45,600	55,400	54,250	—	51,750	48,902	53,264	39,771	49,062	47,750

1) 白石幾次、製鐵研究 95(1926), 325.  
 2) O. D. Lorenze, Blast Furnace & Steel Plant, June & July (1933).  
 3) 末藤作次、製鐵研究 135(1934), 151; 上本保、鐵と鋼18(1932), 1460; 海野三朗、末藤作次、製鐵所研究所受付研究 No.12.19 (1930).

を第8表に示す事とせり。

茲に本管の瓦斯量として示せるは第3~6高爐迄の各熱風爐に送入せらるゝ平均の清淨全瓦斯量にして、瓦斯量及び通風量は各高爐附屬の1基の熱風爐に使用せらるゝ平均量なりとす。而して冷風量として示せるは熱風爐通過後溫度調節の爲めに熱風に添加せられつゝある冷風の平均値にして、又熱風量として示せるは通風量及び冷風量の和なりとす。各熱風爐が使用する瓦斯量に對する通風量の比を求めて比較せんに、各熱風量が使用する瓦斯及び通風量の全量は夫れ等の通入時間の平均値より求むる事を得、今それ等の計算値を示せば第9表の如し。

第9表 瓦斯量及び熱風量

熱風爐名	第二高爐第1號熱風爐	第四高爐第1號熱風爐	第五高爐第4號熱風爐	平均
瓦斯量(m <sup>3</sup> )	62,250	68,720	71,250	67,407
空氣量(m <sup>3</sup> )	133,400	124,509	113,700	123,869
瓦斯對空氣	1:2.14	1:1.81	1:1.60	1:1.84

此結果に依れば第二高爐附屬の熱風爐に於ては瓦斯1m<sup>3</sup>によりて空氣2.14m<sup>3</sup>を加熱し、第四及び第五の場合に於ては瓦斯1m<sup>3</sup>に對し夫々約1.81及び1.60m<sup>3</sup>の空氣を加熱しつゝある事となる。從て此點より考ふるも加熱能力は第二高爐の熱風爐を第一とし第四及び第五の熱風爐之に次ぐ。

f 熱風爐内の通風速度 第二高爐第1號熱風爐内の通風速度を求め各點に於ける速度を計算せんとす。第8表によれば毎時の平均通風量の平均値は34,185m<sup>3</sup>なり。從て58.3°Cの空氣の毎秒の流入量は

$$(34,185 \div 3,600) \times (1 + \frac{58.3}{273}) = 11.50 (m^3)$$

然るに通風口の直徑は1.2mなるが故に通風口に於ける速度は

$$11.50 \div \{\pi \times (0.6)^2\} = 10.3 (Sec/m)$$

毎秒10.3mの速度を以て流入しつゝある事を知る。又熱

風爐内部の横斷面積は

$$\pi \times (3 - 0.455)^2 = 20.45 (m^2)$$

又燃焼室の横斷面積は

$$\pi \times (\frac{0.90 + 0.78}{2})^2 = 2.21 (m^2)$$



而して 3.C により瓦斯の通過口には横斷面積  $1m^2$  に對し  $0.468m^2$  なるを以て蓄熱室斷面に於ける瓦斯の通路は

$$(20.45 - 2.21) \times 0.468 = 8.55 \quad (m^2)$$

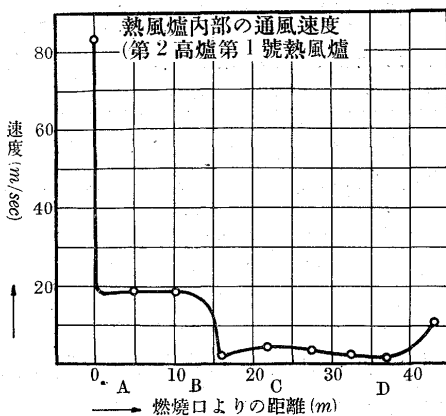
$8.55m^2$  となる。今第 8 圖に示せる第二高爐第 1 號熱風爐内部の通風後 2 時間目に於ける各點の溫度に従ひ、各點の速度を計算し溫度と距離とを集むれば第 10 表の如し。

第 10 表 熱風爐内各點の通風平均速度  
(第二高爐第 1 號熱風爐)

燃焼口より の距離(m)	0	5.0	10.3	16.0	22.0	27.5	32.5	37.0	43.0
溫度(°C)	919	912	905	870	813	615	365	190	58.3
空氣量( $m^3$ )	41.75	41.20	40.36	39.75	37.73	30.80	22.15	16.06	11.50
斷面積( $m^2$ )	0.50	2.21	2.21	18.24	8.55	8.55	8.55	8.55	1.132
速度(Sec/m)	83.0	18.64	18.46	2.18	4.42	3.60	2.59	1.88	10.3

此位置と速度との關係を示せば第 15 圖の如し。通風時間の長短に従ひ熱風の溫度は變化するが故に夫れに應じて

第 15 圖



速度は多少變化すべけんも第 15 圖よりして大體の變化の狀況を知る事を得べし。Maccoun<sup>1)</sup>の報ぜる値即ち蓄熱室上部に於ける速度 3 ~ 4 Sec/m に相近

し。尙此熱風の速度よりして第二高爐羽口の先端に於ける熱風の速度を計算せんに、羽口は直径 130 mm のもの 4 本 140 mm のもの 4 本合計 8 本を使用しつゝあり、今羽口の出口に於ける斷面積を求むるに

$$\text{羽口 8 本の先端の斷面積の和} = 0.114 m^2$$

又第 8 表よりして全送風量は毎時  $40,091 m^3$  なり。然るに平均の熱風溫度は第 6 表よりして  $831^\circ C$  なる事を知る。由て是よりして計算すれば羽口の先端に於ける熱風の速度は約  $344 \text{ Sec/m}$  となり熱風爐出口の速度の約 4 倍となる。第 15 圖の速度曲線よりしても分明する如く燃焼室内部に於ては比較的高溫なる以外に速度大なるが故に、此部分に於ては熱風が回收する熱量は蓄熱室内部に於けるよりも小なり。従て第 11 圖に示す如き A. C 間に於ては比較的緩やかなる回收熱量曲線を示す事となり、比較的熱風の溫度上昇は少なし。同様にして瓦斯通入時に於ても溫度分布は通

風の時と相似たるを以て廢瓦斯の爐内速度は大體に於て第 15 圖の如き曲線を示す事を想像せらるべし。

#### IV. 熱 量

熱風爐への熱の出入放散等を實測の結果より算出し熱風爐の熱量配布又従て夫れ等の熱能率を知らんとす。熱の出入放散に關して以下順次述べんとす。

a. 熱風爐に與へらるゝ熱量 第二高爐第 1 號熱風爐の昭和 8 年 12 月 21 日測定の際の使用瓦斯の成分は第 7 表より知らるゝを以て此瓦斯の比熱<sup>1)</sup>を求むれば第 11 表の如し。

第 11 表 燃焼瓦斯の成分と比熱

瓦斯の成分	%	$1m^3$ 中に於ける重量(g)	比熱	全熱量
$CO_2$	12.95	$129.5 \times 1.9768$ <sup>2)</sup> = 256.0	0.2214 <sup>3)</sup>	56.7
CO	27.35	$273.5 \times 1.2504$ <sup>3)</sup> = 342.0	0.243 <sup>4)</sup>	83.3
$H_2$	1.8	$18 \times 0.08987$ <sup>4)</sup> = 1.6	3.409 <sup>10)</sup>	5.5
$CH_4$	0.3	$3 \times 0.07168$ <sup>5)</sup> = 0.2	0.593 <sup>11)</sup>	1.2
$H_2O$	0.6	$6 \times 0.803$ <sup>6)</sup> = 4.8	0.487 <sup>12)</sup>	2.3
$N_2$	57.0	$570 \times 1.2567$ <sup>7)</sup> = 712.5	0.244 <sup>13)</sup>	174.0
		1,317.1		323.0

而して其發熱量は在來の恒數<sup>14)</sup>に由れば

$$CO \dots\dots 0.2735 \times 3062 = 837.4$$

$$H_2 \dots\dots 0.018 \times 2613 = 47.0$$

$$CH_4 \dots\dots 0.003 \times 8598 = 25.8$$

$$\text{合計} \dots\dots\dots 910.2 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

又第 7 表の廢棄瓦斯分析に由れば  $CO_2$  の量は  $1m^3$  中には  $0.212m^3$  を含有す。而して原瓦斯が完全燃焼して生ずべき  $CO_2$  の量は  $0.406m^3$  なるべきに依り廢棄瓦斯は原瓦斯  $1m^3$  に對して

$$0.406 / 0.212 = 1.915 \quad (m^3)$$

即ち  $1.915m^3$  となる。又廢瓦斯中 3.4% の酸素は原瓦斯に對しては

$$1.915 \times 3.4 = 6.51 \quad (\%)$$

$0.0651m^3$  となる。而して完全燃焼に必要な酸素量は  $0.15175m^3$  なるを以て空氣より得たる全酸素量は

1) 海野三郎、製鐵所研究所研究報告 Vol. 10 (1925), No. 3, 5.  
 2) Guye u. Pintzo., Mem. de Geneue, 35 (1908), 569.  
 3) Rayleigh, Proc. Roy. Soc., 62 (1898), 204.  
 4) Marley, Zeits. Phys. chem., 20 (1896), 271.  
 5) Bauwe u. Ferrot, Jou. Chem. Phys., 7 (1907), 370.  
 6) Thomas Bayley, A Pochet book for Chemists (1923), 204.  
 7) Gray, Jou. Chem. Soc., 87 (1905), 1607.  
 8) W. F. G. Swann, Phil. Trans., 210 (1910), 199.  
 9) E. Wiedemann, Pogg. Ann., 157 (1876), 1.  
 10) 11) 12) Regnault, Mem. de L' Acad., 26 (1862), 1.  
 13) W. G. Shilling, Phil. Mag., (7), 3 (1927), 273.  
 14) Richards Metallurgical calculation (1918), 47.

1) Blast Furnace Advancement, L. C, Blast Furnace Practice, Vol. 2 (1929), 372.

$$0.0651 + 0.1518 = 0.2169 \text{ (m}^3\text{)}$$

従て空氣量は

$$0.2169 / 0.208 = 1.043 \text{ (m}^3\text{)}$$

即ち原瓦斯 1m<sup>3</sup> に対して 1.043m<sup>3</sup> の空氣を混入しつゝあるを知る。外氣の溫度は 8°C なりしを以て 1m<sup>3</sup> 中に含有せらるゝ水蒸氣の量<sup>1)</sup> は約 8.27g なり。従てその容積は 10.3l となるが故に此水蒸氣を考ふれば空氣量は 1.053m<sup>3</sup> となる。由て熱風爐に與へらるゝ全熱量を考ふるに

燃焼瓦斯の溫度	.....25.5°C
瓦斯の比熱(定壓)	.....323
發熱量	.....910.2×10 <sup>3</sup>
使用瓦斯量	.....61,944m <sup>3</sup>

なるを以て 1 熱風爐に 6 時間の瓦斯燃焼に依りて與ふる全熱量は

$$\begin{aligned} \text{全熱量} &= 61,944 \times \{910.2 \times 10^3 + (323 \times 25.5)\} \\ &= 56,892.2 \times 10^6 \end{aligned}$$

又瓦斯燃焼に要する空氣量が熱風爐内に運ぶ熱量を考ふるに

空氣の溫度(°C)	.....8
空氣の重量(g)	.....1,293 <sup>2)</sup>
水蒸氣の重量(g)	.....804
空氣の比熱	.....0.2407 <sup>3)</sup>
水蒸氣の比熱	.....0.505 <sup>4)</sup>

なるを以て此熱量は

$$\begin{aligned} \text{空氣の保有熱量} &= 0.2407 \times 61,944 \times 1.043 \times 8 + 1,293 \\ &\quad + 0.505 \times 61,944 \times 0.01 \times 804 \\ &= 162.9 \times 10^6 \end{aligned}$$

従て空氣及び燃焼瓦斯に依りて熱風爐に與へらるゝ全熱量は

$$(56,892.2 + 162.9) \times 10^6 = 57,055.1 \times 10^6 \text{ カロリー}$$

同様の計算に従ひて熱風爐に與へられたる熱量を求むれば第 12 表の如し。

第 12 表 熱風爐に與へたる熱量(×10<sup>6</sup> cal)

測定順	第二高爐熱風爐	第四高爐熱風爐	第五高爐熱風爐
1	57,055	65,574	69,165
2	60,229	53,745	58,764
3	60,157	69,204	82,526
4	56,906	—	61,459
平均	58,587	62,841	67,979
割合(%)	86.2	92.4	100

是に依れば第二及び第四高爐の熱風爐は第五高爐附屬の熱風爐の 100% に対し夫々 86.2 及び 92.4 の熱量を與へられたる事となる。従て第 9 表に求めたる瓦斯量對熱風量の比は若し各熱風爐が同一熱量を與へられたる際は自から相違すべきなり。即ち同一熱量に對しては第 9 表の比は次の如くなる。

$$\text{第四高爐に於ては} \dots 1.81 \times 100 / 92.4 = 1.96$$

$$\text{又第二高爐に於ては} \dots 2.14 \times 100 / 86.2 = 2.48$$

即ち同一熱量に對しては第二高爐の熱風爐は 2.48m<sup>3</sup> 第四及び第五は夫々 1.96 及び 1.60m<sup>3</sup> の空氣を加熱する割合となる。然るに各熱風爐より流出する爐風の平均溫度は第 1~3 表に示す如く夫々 919°C, 916°C 及び 938°C なるを以て同一熱量に對し同溫度の熱風ならんにはその熱風の容積比は上述の値より多少相違すべきなり。由て熱風の溫度を考慮して是等の値を計算すれば第 13 表の如し。

第 13 表 同一熱量に依る加熱空氣量

熱風爐名	第二高爐熱風爐	第四高爐熱風爐	第五高爐熱風爐
加熱空氣量	1.52	1.20	1.00

此結果に依れば同一熱量を各熱風爐に與へたる際には同溫度の得らるゝ熱風の容積比は、第二高爐の熱風爐にありては 1.52, 第四及び第五にありては夫々 1.20 及び 1.00 の割合となる。従て加熱能力は第二第四及び第五の順となる。由て此加熱能力を基準として使用瓦斯量につきて經濟的計算を試みんとす。第二高爐第 1 號熱風爐に 1m<sup>3</sup> の瓦斯を供給する際に、全く同様の加熱効力を第五高爐第 4 號熱風爐に生ぜしむる爲めには 1.52m<sup>3</sup> の瓦斯を供給せざるべからず。第二高爐が一晝夜に使用する瓦斯量は測定當時は 3 基を使用しつゝありしが故に第 8 表よりして

$$11,662 \times 24 \times 2 = 559,776 \text{ (m}^3\text{)}$$

而して第二高爐と同じ空氣量を加熱せしめんが爲めには第五高爐第 4 號熱風爐の如き熱風爐が餘分に供給せられざるべからざる瓦斯量は

$$559,776 \times 0.52 = 291,084 \text{ (m}^3\text{)}$$

今 1m<sup>3</sup> の價を 1.5 厘とすれば 1 晝夜には

$$291,084 \times 0.0015 = 437 \text{ (圓)}$$

従て第 24 表の 407t の銑鐵に對しては賸當り

$$437 \div 407 = 1.074 \text{ (圓)}$$

約 1.074 圓に相當する餘分の燃料を第五高爐が使用せざるべからざる事となる。同様にして第四高爐に於ては出銑賸當り 0.71 圓餘に相當する餘分の燃料を使用しつゝある事となり、年間には第五及び第四は第二に比し約 159,200

1) Holborn u. Hennig, Ann. d. Phys., (4) 26 (1908), 833.  
 2) Guye, Kovacs, Wourtzal, Journ. chim. Phys., 10(1912), 332.  
 3) A. Eucken u. H. Werth, zs. anorg. chem. 134(1928), 161,  
 4) Partington and Shilling, Specific heat of gases, (1924)

及び 83,000 圓に相當する燃料を餘分に使用しつゝある計算となる。

**b. 廢棄瓦斯の持去る熱量** 同上熱風爐の同日同時刻に於ける廢棄瓦斯の成分よりして第 11 表の如くしてその 1 m<sup>3</sup> が保有する熱量を求むるに 333.4 Cal を得。又廢棄瓦斯に對して 1.915 m<sup>3</sup> なるを以てその平均溫度 317°C よりして廢棄瓦斯の持去る熱量は

$$\begin{aligned} \text{廢棄瓦斯の熱量} &= 333.4 \times 61,944 \times 1.915 \times 317 \\ &= 12,537 \times 10^6 \text{ cal} \end{aligned}$$

然るに燃燒瓦斯中には約 0.6% の水分を含み且つ供給空氣中には尙 1 m<sup>3</sup> につき約 8.27 g の水分を含有す。是等の水分が全部廢棄瓦斯の溫度と等しき水蒸氣に加熱せられたりと考ふればその熱量は

$$\begin{aligned} \text{水分の持去る熱量} &= 61,944 \times (1.043 \times 0.0103 + 0.006) \\ &\quad \times 804 \times 0.49 \times 317 = 129.5 \times 10^6 \text{ cal} \end{aligned}$$

從て廢棄瓦斯が水分を保有せる状態にて持去る全熱量は

$$(12,537 + 129.5) \times 10^6 = 12,666.5 \times 10^6 \text{ cal}$$

從て入熱に對しては

$$(12,666.5 \div 57,055) \times 100 = 22.1 (\%)$$

即ちその 22.1% に相當する熱量を持去る事となる。斯くして各熱風爐の毎回の測定につきても同様に計算する事を得べし。

**c. 熱風が持去る熱量** 同上熱風爐の熱風の平均溫度としては燃燒室内部の平均溫度 959°C をとり又送風の平均溫度は 58.3° なるを以て、熱風爐使用時間 4 時間中に熱風が持去れる熱量は次の如くして計算する事を得。毎時の熱風量は第 8 表に示す如く 40,346 m<sup>3</sup> なるが故に此内に含有せらるゝ水蒸氣は

$$40,346 \times 0.0103 = 416 \text{ (m}^3\text{)}$$

從て空氣量は

$$40,346 - 416 = 39,930 \text{ (m}^3\text{)}$$

故に水蒸氣の持去る熱量は

$$416 \times 4 \times (959 - 58) \times 804 \times 0.498^1) = 609 \times 10^6 \text{ cal}$$

又熱風の持去る熱量は

$$\begin{aligned} 39,930 \times 4 \times (959 - 58) \times 1,293 \times 0.2461^2) \\ = 46,350 \times 10^6 \text{ cal} \end{aligned}$$

故に水蒸氣を含める熱風の持去る全熱量は

$$(46,350 + 609) \times 10^6 = 46,959 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

<sup>1)</sup> L. Holborn u. F. Hennig, Ann. d. Phys.(4),23(1907)809.

<sup>2)</sup> J. R. Partington u. W. G. Shilling, Trans. Faraday Soc., 18 (1923), 386.

從て入熱は……………57,055 × 10<sup>6</sup> cal……………100%  
 なるが故に熱風は……………46,959 × 10<sup>6</sup> cal……………82.3%  
 廢棄瓦斯は……………12,666.5 × 10<sup>6</sup> cal……………22.1%

となる。同様の計算に従ひ各熱風爐の場合につき熱風及び廢棄瓦斯が持去る熱量を計算するに第 14 表の如し。

第 14 表 熱風及び廢棄瓦斯の持去る熱量(× 10<sup>6</sup> cal)

測定順	第二高爐第 1 號		第四高爐第 1 號		第五高爐第 4 號	
	熱風	廢棄瓦斯	熱風	廢棄瓦斯	熱風	廢棄瓦斯
1	46,959	12,667	32,300	17,939	33,800	16,657
2	31,850	9,479	36,400	14,676	35,550	14,262
3	38,200	9,168	32,800	17,082	19,700	24,639
4	31,000	9,313	—	—	36,980	18,468
平均	37,002	10,157	33,833	16,566	31,510	18,507
熱風對廢氣(%)	3.64	1	2.04	1	1.70	1

是に依れば廢棄瓦斯の熱量に對しては熱風が持去る熱量は第二高爐の場合最も大にして第四及び第五高爐の場合之に次ぐ。

**d. 輻射及び傳導に依りて失はるゝ熱量** 傳導に依る面積は輻射の部分に比して非常に小なるを以て盡く輻射の場合と見做し、第二高爐第 1 號熱風爐の第 1 回目の測定につきて細目を示せば次の如し。

爐壁の平均の厚さ……………50 cm

爐内の平均溫度としては爐の中部の溫度を採る。

全表面積……………553 m<sup>2</sup>

爐壁の熱傳導率<sup>1)</sup>の平均……………0.0024

爐壁表面の平均溫度……………60°C (實測)

先づ始めの 1 時間内に於ける輻射及び傳導によりて失はるゝ熱量は次の如くして求むる事を得、即ち

$$\begin{aligned} \frac{553 \times 10^4 \times (670 - 60) \times 0.0024 \times 3,600 \times 100}{50 \times 57,055 \times 10^6} \\ = 1.02 (\%) \end{aligned}$$

同様の計算に従ひ此熱風爐が毎時失ふ熱量を示せば第 15 表の如し。

第 15 表 輻射に依りて失はるゝ熱量(第二高爐第 1 號熱風爐)

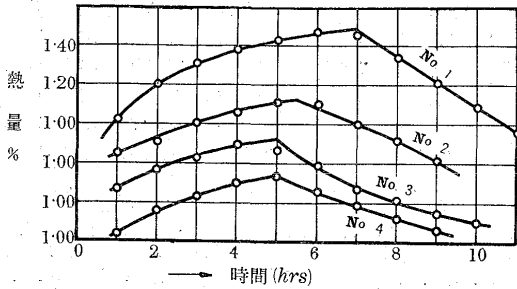
經過時間	測定年月日				平均(%)
	8. 12. 21	8. 12. 22	8. 12. 24	8. 12. 26	
1	1.02	1.05	1.07	1.04	—
2	1.20	1.11	1.17	1.16	—
3	1.31	1.21	1.23	1.23	—
4	1.38	1.26	1.30	1.30	—
5	1.43	1.32	1.27	1.34	—
6	1.47	1.32	1.19	1.26	—
7	1.46	1.20	1.07	1.19	—
8	1.34	1.12	1.01	1.12	—
9	1.21	1.02	0.95	1.06	—
10	1.09	—	0.90	—	—
11	0.96	—	—	—	—
總 和	13.87	10.59	11.14	10.70	11.58

<sup>1)</sup> 田所芳秋、製鐵所研究所研究報告、5(1925)、No. 1.

輻射及び傳導に依りて失はるゝ熱量は瓦斯通入時たとると通風時たとを問はず常に行はるゝものにして、第二高爐の場合にありては平均として供給熱量の約 11.58% となる。今時間と放出熱量の割合を第 16 圖に示せり。瓦斯燃

第 16 圖

第二高爐第 1 號熱風爐輻射及傳導



燒時に於ては時間と共に輻射及び傳導に依りて失はるゝ熱量は順次増加するも、通風時に到れば何れも急激に減少し曲線はその傾斜の方向を變ずるを認めらる。同様にして第四及び第五高爐附屬の熱風爐の場合につきて求むれば何れも相似たる熱の放出曲線を得らすべし。

e. 熱風爐の熱平衡 瓦斯の燃焼するに従ひ熱風爐に與へらるゝ熱量は全體としては順次増加すれども毎時與ふる熱量は時間と共に順次減少し、反對に輻射及び傳導又は廢棄瓦斯の持去る熱量等は時間と共に順次増加す。若し相當時間瓦斯を燃焼せしむるときは蓄熱室が吸収する熱量は漸次零に接近し、與へらるゝ熱量の全部は廢棄瓦斯及び輻射傳導等によりて消失するに至るべきなり。今第二及び第四高爐附屬の熱風爐の第 1 回目の測定につき上記の計算に従ひ毎時の熱平衡を求むるに第 16 表の如し。

第 16 表 熱風爐の熱平衡

爐名	第二高爐第 1 號熱風爐第 1 回目				第四高爐第 1 號熱風爐第 1 回目			
	入熱	廢氣	輻射其他	熱風	入熱	廢氣	輻射其他	熱風
時間	%	%	%	%	%	%	%	%
1	100	14.5	6.1	—	100	21.0	9.4	—
2	—	18.9	7.2	—	—	21.8	10.2	—
3	—	21.8	7.9	—	—	25.2	10.7	—
4	—	22.7	8.3	—	—	26.4	11.3	—
5	—	26.0	8.6	—	—	28.2	12.0	—
6	—	27.8	8.8	—	—	29.1	12.4	—
7	—	—	8.8	133.8	—	30.5	12.8	—
8	—	—	8.0	127.1	—	32.0	13.2	—
9	—	—	7.3	120.4	—	33.1	13.4	—
10	—	—	6.5	113.6	—	—	13.5	162.4
11	—	—	5.8	—	—	—	11.6	146.3
12	—	—	—	—	—	—	10.5	134.6
總和	600	131.7	83.3	494.9	900	247.3	141.0	443.3
百分率(%)	100	22.1	13.87	82.3	100	27.4	15.65	49.25

第二高爐に於ては入熱 100% に對し全放熱は

$$22.1 + 13.87 + 82.3 = 118.27 (\%)$$

又第四高爐に於ては

$$27.4 + 15.65 + 49.25 = 92.30 (\%)$$

の全放熱量の割合となる。是に依れば第二高爐の熱風爐に於ては夫れ

以前に爐内

に蓄積せら

れたる 18

3% の熱量

を回收し、

第四高爐の

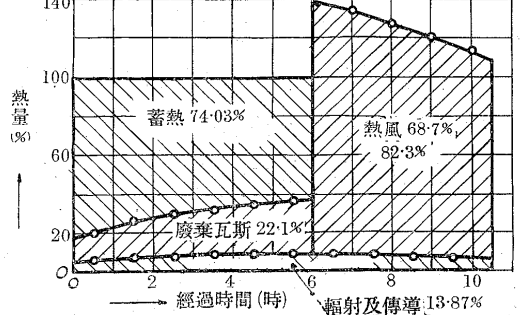
場合にあり

ては第 1 回

目の測定に於て約 7.7% の熱量を熱風爐内に残したる結果と考へざるべからず。第五高爐の場合につきても同上の如く求むる事を得べし。今上記の場合を時間に対して熱の

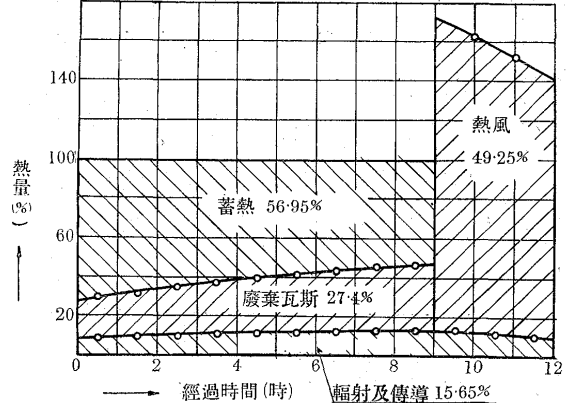
第 17 圖

第 2 高爐第 1 號熱風爐第 1 回目の熱量配布圖



第 18 圖

第 4 高爐第 1 號熱風爐第 1 回目の熱量配布圖



平衡狀況を示せば第 17~18 圖の如し。之に依れば時間と共に廢氣及び輻射等によりて失はるゝ熱量の順次増加の狀況を知る事を得て是よりしても燃焼時間の短縮は廢棄瓦斯による熱損失を減少せしむるものたる事を想像せしむ。

f. 熱風爐の熱量配布 以上述べたる如き計算に依りて

第 17 表 熱風爐の熱量配布(第二高爐第 1 號熱風爐)

測定年月	瓦斯通入時(分)	通風時(分)	瓦斯時通風時	入熱(%)	熱風(%)	廢氣(%)	輻射其他(%)	計合
8.12.21	360	240	1:50	100	82.3	22.1	13.87	118.3
" 22	350	210	1:67	"	53.0	15.8	10.59	79.4
" 24	295	270	1:09	"	63.5	15.2	11.14	89.8
" 26	277	215	1:29	"	54.5	16.4	10.70	81.6
平均	320	234	1:37	"	63.3	17.1	11.58	92.3

(第四高爐第 1 號熱風爐)

7.11.24	540	180	3:00	100	49.25	27.4	15.65	92.3
8.1.28	455	"	2:53	"	67.8	27.3	14.80	109.9
8.2.4	540	"	3:00	"	47.3	24.6	13.41	85.3
平均	512	"	2:84	"	54.8	26.4	14.62	95.8

(第五高爐第 4 號熱風爐)

8.10.25	540	180	3:00	100	48.9	24.0	18.40	91.3
8.10.27	"	"	"	"	60.5	24.3	19.38	104.2
8.10.30	600	120	5:00	"	23.9	29.8	18.10	71.8
8.11.1	540	180	3:00	"	60.2	30.0	25.21	115.4
平均	555	165	3:36	"	48.4	27.0	20.28	95.7

各操業間に於ける熱風爐への入熱及び放熱の總和を求め夫れ等の熱量配布を示せば第 17 表の如し。瓦斯通入時間と通風時間との割合をも併せて記入せる事とせり。

是に依れば第二高爐に於ては瓦斯通入時間の約 74% を利用せるに其他は 30~35% を利用せるに過ぎず。從て熱の回收の點より考ふれば第二高爐の瓦斯對通風時の値は斷然他の場合に比して小、即ち通風時は瓦斯通入時に對して最も長き事となる。此割合よりすれば第二高爐第 1 號熱風爐の如きは他の狀況を考慮せずば 2 基にて足り、第四高爐第 1 號熱風爐の如きは 3 基にて又第五高爐の場合に於ては 3 基以上を要すべき事を想像せらるべし。上表には瓦斯時對通風時を考へたるが逆に通風時對瓦斯時の割合を百分率にて求むれば自から熱風爐の必要數を知る事を得べし。尙上表熱風爐に與へられたる熱量の總和を百分率に換算して各々の平均の場合を示せば第 18 表の如し。

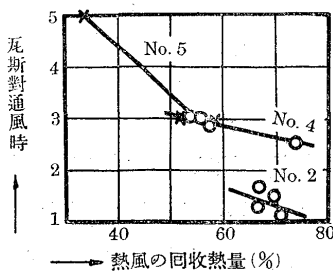
第 18 表 熱量配布比較

熱風爐名	通風時 瓦斯時 (%)	瓦斯時 通風時	熱風 (%)	廢氣 (%)	輻射 其他 (%)	合計
第二高爐第 1 號爐	73.9	1.37	68.7	18.7	12.6	100
第四高爐第 1 號爐	35.4	2.84	51.3	31.3	17.4	100
第五高爐第 4 號爐	29.7	3.36	50.5	28.2	21.3	100

第 17 表に示せる瓦斯燃燒時對通風時の値と熱風が持去る熱量を百分率に換算せる値との關係を求むるに第 19 回

第 19 圖

No. 2. 第二高爐熱風爐  
No. 4. 第四 " "  
No. 5. 第五 " "

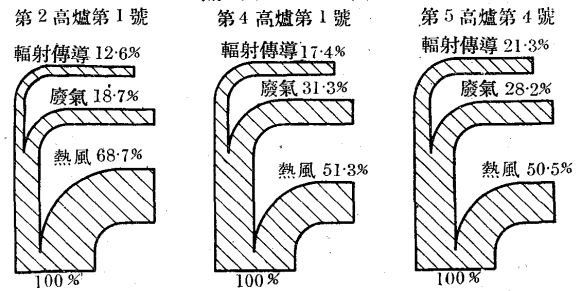


の如し。是に依れば瓦斯通入時の短縮はその能率を増加すべきを示し、又是等の直線よりして例へば 50% の熱風回收を得んには第二高爐に於ては瓦斯燃燒時は通風時の約 2 倍、第四高爐に於ては約 3 倍、第五高爐にあり

ては約 3.5 倍ならざるべからざる事となる。尙第 19 圖の各點の散在狀況よりしても第四及び第五高爐の場合には第二高爐の場合よりも瓦斯燃燒時長きにもかゝらず回收熱量の少なきを知る事を得べし。第 18 表を見るに第二高爐の熱風爐が輻射その他及び廢棄熱量共に少なく熱風の回收熱量の多きは、第四高爐附屬の熱風爐に比し外側に面せる燃燒室の爐壁の面積少なく且つ爐内蓄熱室の構造の相違に起因すと考へざるべからず。凡て熱風爐は加熱面積をして可及的大ならしむる如く設計せらるゝ事を要し、此爲めには

1) 河内、鐵と鋼 17(1932), 203.

第 20 圖  
熱風爐の熱量配布



使用煉瓦の寸法形状及び種類) に注意する事必要なるは既に述べたる所なり。1) 尙第 18 表の熱量配布を圖示すれば第 20 圖の如し。

### V. 瓦斯量及び熱風量についての考察

此項に於ては熱風爐に使用せられつゝある瓦斯量は鑄鐵爐の發生瓦斯量の幾割に相當するか、又高爐使用の熱風量從て發生瓦斯量との間には如何なる關係が存すべきか及び實測流量と送風量及び理論上の値との間の關係を追求せんとするにあり。實測當時の各高爐への裝入物狀況其他を示せば第 19 表の如し。

而して是等の裝入物等より出鉄時當りの空氣量並に瓦斯量を考ふるに、其算出方法は既に野田氏<sup>2)</sup>の述べたる所にして著者は同様の方法に依り是等の數値を計算して第 19 表の末尾に列記する事とせり。

a. 熱風爐に使用せらるゝ瓦斯量 第二高爐第 1 號熱風爐へ毎時使用せせらるゝ平均の瓦斯量は第 8 表に示す如く 11,662 m<sup>3</sup> なり。從て熱風爐の常時使用數は 3 基なるが本高爐に於ては當時 2 基なりしが故に一晝夜に第二高爐が使用する全瓦斯量は

$$11,662 \times 2 \times 24 = 559,776 \text{ (m}^3\text{)}$$

又毎時の送風量は

$$34,185 + 5,906 = 40,091 \text{ (m}^3\text{)}$$

而して第 19 表に示せる裝入物等による計算するに第 22 表に示す如くその發生瓦斯量は送風量の約 30% の増加となるが故に、此割合を適用すれば一晝夜に第二高爐が發生する全瓦斯量は

$$40,091 \times 1.30 \times 24 = 1,260,500 \text{ (m}^3\text{)}$$

從て高爐自身が使用する瓦斯量はその發生瓦斯量に對して

$$(559,776 \div 1,260,500) \times 100 = 44.3 \text{ (\%)}$$

同様の計算に依りて第四、第五高爐が使用しつつある瓦斯

1) 海野、製鐵所研究所研究報告 11 (1931) No. 1.

2) 野田辰市、製鐵研究 124 (1932), 425.

第 19 表 裝入物其他(第二高爐)

測定年月日	出 銑量 (t)	瓦 斯 灰 (%)	骸炭消費量 (t)	瓦斯灰中の炭素(%)	骸炭の固定炭素(%)	瓦斯灰中の全 CO <sub>2</sub> (%)	石 灰 石 (t)	石灰石中の全 CO <sub>2</sub> (%)	1m <sup>3</sup> 中の炭素の重量(kg)
8. 12. 21	326	3	0.962	9.87	79.15	2.59	0.4230	43.55	0.223
" " 22	332	"	0.877	"	"	"	0.3857	"	0.222
" " 24	312	"	0.905	"	"	"	0.3978	"	0.220
" " 26	266	"	0.960	"	"	"	0.4048	"	0.219
平 均	309	3	0.926	9.87	79.15	2.59	0.4028	43.55	0.221

(第 二 高 爐)						
測定年月日	銑鐵 1t に対する骸炭中の炭素量(t)	同石灰石中の炭素量 (t)	同瓦斯灰中の炭素量 (t)	銑鐵 1t 中の炭素量 (t)	銑鐵 1t に対する空氣量(m <sup>3</sup> )	銑鐵 1t に対する瓦斯量(m <sup>3</sup> )
8. 12. 21	0.76142	0.05029	0.00974	0.0445	2,531	3,397
" " 22	0.69415	0.04586	"	0.0394	2,320	3,112
" " 24	0.71631	0.04729	"	0.0436	2,408	3,228
" " 26	0.75984	0.04813	"	0.0425	2,585	3,458
平 均	0.73293	0.04789	0.00974	0.0425	2,461	3,299

(第 四 高 爐)									
測定年月日	出 銑量 (t)	瓦 斯 灰 (%)	骸炭消費量 (t)	瓦斯灰中の炭素(%)	骸炭の固定炭素(%)	瓦斯灰中の全 CO <sub>2</sub> (%)	石 灰 石 (t)	石灰石中の全 CO <sub>2</sub> (%)	1m <sup>3</sup> 中の炭素の重量(kg)
7. 11. 24	311	3	0.975	27.65	79.85	3.73	0.3240	43.55	0.2215
8. 1. 28	324	"	1.078	"	78.51	"	0.3560	"	"
" 2. 4	333	"	1.063	"	"	"	0.3315	"	"
平 均	323	3	1.039	27.65	78.62	3.73	0.3372	43.55	0.2215

(第 四 高 爐)						
測定年月日	銑鐵 1t に対する骸炭中の炭素量(t)	同石灰石中の炭素量 (t)	同瓦斯灰中の炭素量 (t)	銑鐵 1t 中の炭素量 (t)	銑鐵 1t に対する空氣量(m <sup>3</sup> )	銑鐵 1t に対する瓦斯量(m <sup>3</sup> )
7. 11. 24	0.77854	0.03842	0.00865	0.0410	2,723	3,464
8. 1. 28	0.84634	0.04228	"	"	2,973	3,788
" 2. 4	0.83456	0.03937	"	"	2,926	3,722
平 均	0.81981	0.04002	0.00865	0.0410	2,874	3,658

(第 五 高 爐)									
測定年月日	出 銑量 (t)	瓦 斯 灰 (%)	骸炭消費量 (t)	瓦斯灰中の炭素(%)	骸炭の固定炭素(%)	瓦斯灰中の全 CO <sub>2</sub> (%)	石 灰 石 (t)	石灰石中の全 CO <sub>2</sub> (%)	1m <sup>3</sup> 中の炭素の重量(kg)
8. 10. 25	436	3	0.986	31.77	79.64	2.59	0.4712	43.55	0.222
" " 27	450	"	0.856	"	"	"	0.4675	"	0.223
" " 30	295	"	0.896	"	"	"	0.4460	"	0.224
" 11. 1	307	"	1.007	"	"	"	0.5012	"	0.220
平 均	372	3	0.961	31.77	79.64	2.59	0.4715	43.55	0.222

(第 五 高 爐)						
測定年月日	銑鐵 1t に対する骸炭中の炭素量(t)	同石灰石中の炭素量 (t)	同瓦斯灰中の炭素量 (t)	銑鐵 1t 中の炭素量 (t)	銑鐵 1t に対する空氣量(m <sup>3</sup> )	銑鐵 1t に対する瓦斯量(m <sup>3</sup> )
8. 10. 25	0.78525	0.05602	0.00983	0.0422	2,751	3,555
" " 27	0.76136	0.05553	0.00974	0.04205	2,646	3,431
" " 30	0.71757	0.05303	"	0.0377	2,498	3,228
" 11. 1	0.80197	0.05959	"	0.0422	2,841	3,680
平 均	0.76654	0.05604	0.00976	0.04104	2,684	3,473

量を求めるに第 20 表の如し。

第 20 表 高爐の發生瓦斯量と其使用瓦斯量(毎日m<sup>3</sup>)

高 爐 名	第二高爐	第四高爐	第五高爐
發 生 瓦 斯 量	1260,500	1,627,000	1,501,300
同 上 比	1.00	1.29	1.19
使 用 瓦 斯 量	559,776	580,610	554,260
同 上 比	1.01	1.05	1.00
他工場及び其他へ發生瓦斯對使用瓦斯(%)	700,724	1046,390	947,040
	100:44.3	100:35.7	100:36.9

是に依れば第二高爐はその 44.3% の瓦斯を使用し第四及び第五は夫々 35.7 及び 36.9% の瓦斯を使用しつつある事となる。當所未藤技手<sup>1)</sup>が戸畑第三鎔高爐の場合につき實測せる結果に依れば、毎時 48,150m<sup>3</sup> 中その熱風爐へは 21,780m<sup>3</sup> の瓦斯を使用しつつありと報ぜるが故に此際

<sup>1)</sup> 製鐵研究、135 (1933), 151.

に於ては發生瓦斯量對使用瓦斯量の比は 100:45.3 の割合となる。尙各高爐の出銑噸當りに要する使用瓦斯量を考ふるに、第二高爐に於ける使用瓦斯量は 559,776m<sup>3</sup> にして出銑量は第 24 表より平均 309t なる事を知る。由て出銑噸當りの消費瓦斯量は、

$$559,776 \div 309 = 1,809 (m^3)$$

又出銑噸當りの發生瓦斯量は第 22 表及び第 24 表よりして

$$3,125 \times 1.3 = 4,063 (m^3)$$

同様の計算に従ひ各高爐につきて求むれば第 21 表の如し

第 21 表 出銑噸當りの發生及び使用瓦斯量(m<sup>3</sup>)

	使用瓦斯量	左同比	發生瓦斯量	左同比
第二高爐	1,809	1.33	4,060	1.10
第四高爐	1,820	1.33	5,050	1.37
第五高爐	1,361	1.00	3,695	1.00

此表を見るに第二及び第四高爐に於ては第五高爐の場合の約 1.33 倍の瓦斯量を使用しつつある事となる。従て消費瓦斯量の點よりすれば第五最も少なくその他は之に次ぐ然るに第 6 表の熱風爐は第二高爐の場合最も高く第五之に次ぐ。従て第 6 表に示す如く熱風温度高きに從ひ相當の骸炭節約を來しつつある事を想像せしむ。而して熱能率は第 18 表に示す如く第二高爐最も優れたるを知る。由て構造が假りに同一なりと考へ瓦斯量及び温度を如何に選定すればその能率を高め得べきかは更に攻究せらるべき問題にして後日更に報ずる所あるべし。

次に高爐への装入物等よりして銑鐵噸當りの空氣量並に瓦斯量を計算し、發生瓦斯量が供給瓦斯量の幾倍となるかを求むるに第 22 表の如し。

第 22 表 出銑噸當りの瓦斯及び空氣量(計算値)

高爐名	第二高爐	第四高爐	第五高爐	平均
空氣量	2,461 m <sup>3</sup>	2,874 m <sup>3</sup>	2,684 m <sup>3</sup>	2,673
瓦斯量	2,299 "	3,658 "	3,473 "	3,477
空氣量對瓦斯量	1:1.33 "	1:1.27 "	1:1.29 "	1:1.30

即ち装入物等より空氣量及び瓦斯量を算出する時は熱風に對して瓦斯の發生量は約 1.3 倍となる事を知る。尙實測送風量より此 1.3 倍となる瓦斯量を銑鐵噸當りにつきて求むれば第 23 表の如し。茲に計算値として示せるは装入物等よりして計算せる理論上の發生瓦斯量なりとす。

第 23 表 實測送風量よりして計算せる出銑噸當りの發生瓦斯量(m<sup>3</sup>)

高爐名	第二高爐		第四高爐		第五高爐		平均(%)
	實測送風量(m <sup>3</sup> )	發生瓦斯量(m <sup>3</sup> )	實測送風量(m <sup>3</sup> )	發生瓦斯量(m <sup>3</sup> )	實測送風量(m <sup>3</sup> )	發生瓦斯量(m <sup>3</sup> )	
1	3,487	4,535	3,735	4,855	2,688	3,500	—
2	2,883	3,752	3,754	4,880	2,840	3,692	—
3	2,728	3,550	4,150	5,400	3,160	4,115	—
4	3,400	4,423	—	—	2,684	3,490	—
平均	3,125	4,065	3,883	5,045	2,843	3,699	—
計算値	—	3,299	—	3,658	—	3,473	—
計算値對實測値(%)	—	100:123.2	—	100:137.9	—	100:106.5	100:122.5

是に依れば計算値よりも實測送風量よりの値は約 23% の増加となる。

b. 銑鑛爐使用の熱風 銑鑛爐使用の熱風量は其出銑噸當り何程なるかを實績より算出せんとす。先づ各高爐の測定當日の出銑量並に消費骸炭量の實績を示せば第 24 表の如し。瓦斯量及び空氣量の測定表第 8 表に於て空氣量及び冷風量の和は即ち毎時熱風爐 1 基によりて熱風として高爐へ送入せらるゝ所の量なるを以て、先づ第二高爐の 8 年 12 月 21 日の第 1 號熱風爐よりして高爐へ送入せらるゝ熱風量は毎時

$$40,346 + 7,024 = 47,370 \text{ (m}^3\text{)}$$

故に出銑噸當りの送風量は

$$47,370 \times 24 / 326 = 3,487 \text{ (m}^3\text{)}$$

第 24 表 出銑量及び骸炭量

高爐名	測定年月日	出銑量(t)	骸炭量(t)	出銑噸當り骸炭量	出銑噸當りの熱風量(m <sup>3</sup> )
第二高爐	8.12.21	326	313	0.960	3,487
	8.12.22	332	291	0.876	2,883
	8.12.24	312	282	0.903	2,728
	8.12.26	266	255	0.958	3,400
	平均	309	285	0.924	3,125
第四高爐	7.11.24	293	278	0.949	3,735
	8.1.28	354	249	0.985	3,754
	8.2.4	314	348	1.108	4,150
	平均	320	325	1.015	3,883
第五高爐	8.10.25	436	430	0.986	2,688
	8.10.27	450	430	0.957	2,840
	8.10.30	302	264	0.875	3,160
	8.11.1	439	430	0.982	2,684
	平均	407	388.5	0.950	2,843

同様の計算に從ひて各々の場合につきて求めたる結果を併せて上表末尾に列記する事とせり。是等の平均値を見るに第五高爐の 2,843 m<sup>3</sup>、第二高爐の 3,125 及び第四高爐の 3,883 m<sup>3</sup> となりその比は、第五:第二:第四=1:1.1:1.37 となる。即ち第四高爐は出銑噸當り最も多量の熱風を使用しつつある事となる。而して是等の數値は在來豫想せられたる値に相近し。而して未藤氏<sup>1)</sup>が戸畑第三高爐の實測値は 3,380 m<sup>3</sup> なりき。

c. 實測値と送風量並に計算値との比較 次に送風機關

の回轉數よりして毎時の送風量を求め出銑噸當りの送風量と實測値とを比較すれば第 25 表の如し。茲に測定順として示せるは測定年月日の順に依るものなり。

第 25 表に示す如き實測値と送風量との差は種々なる狀況によりて生ぜるものなるべく、平均として送風 100% に對し實測値は約 91% となる。

次に以上の實測値と装入物その他より理論的

第 25 表 送風量と實測値との比較(出銑噸當り)

測定順	第二高爐		第四高爐		第五高爐		實測送風量(m <sup>3</sup> )	實測送風量(m <sup>3</sup> )	實測送風量(m <sup>3</sup> )
	實測(m <sup>3</sup> )	送風(m <sup>3</sup> )	實測(m <sup>3</sup> )	送風(m <sup>3</sup> )	實測(m <sup>3</sup> )	送風(m <sup>3</sup> )			
1	3,487	3,340	147	3,735	3,966	-231	2,688	3,560	-872
2	2,883	3,012	-129	3,754	3,794	-40	2,840	3,480	-640
3	2,728	3,294	-566	4,150	4,476	-326	3,160	3,926	-766
4	3,400	3,430	-30	—	—	—	2,684	3,026	-342
平均	3,125	3,269	-144	3,883	4,079	-196	2,843	3,498	-655
(%)	95.6	100	-4.4	95.1	100	-4.9	81.3	100	-18.7

に算出せる空氣量とを比較すれば第 26 表の如し。

1) 未藤作次、製鐵研究、前掲

第 26 表 送風の實測値と計算値との比較(出銑毎當り  $m^3$ )

測定順	第二高爐		第四高爐			第五高爐			
	實測	計算	實測	計算	實測	計算	實測	計算	
1	3,487	2,531	956	3,735	2,723	1,012	2,688	2,751	- 63
2	2,881	2,320	563	3,754	2,973	781	2,840	2,646	194
3	2,728	2,408	320	4,150	2,926	1,224	3,160	2,498	662
4	3,400	2,585	815	—	—	—	2,684	2,841	-157
平均	3,125	2,461	664	3,883	2,874	1,009	2,843	2,684	159
(%)	127	100	27	135	100	35	106	100	6

是に依れば計算値は實測値に比して常に小にして計算値を 100% とすれば實測値は平均その 23% を増加せるを

知る。今送風量、實測値及び計算値の相互關係を百分率にて示せば第 27 表の如し。

第 27 表 送風量、實測値、計算値の關係

高爐名	第二高爐	第四高爐	第五高爐	平均
送風量(%)	133	142	130	135
實測値(%)	127	135	106	123
計算値(%)	100	100	100	100

是に依れば平均として實測値は計算値に比して約 23% 送風量は約 35% の増加となる。

## 釜石製鐵所 Burner 式平爐の構造及操業に就て

(日本鐵鋼協會第 15 回講演大會講演)

藤村 哲之\*

### ON THE PRACTICE & CONSTRUCTION OF THE BASIC OPEN HEARTH FURNACE WITH BURNER IN KAMAISHI.

By Tetsuyuki Hujimura.

**SYNOPSIS:**—During recent years our open hearth furnaces have been improved on their construction & practice. The total heat consumption per ton of small ingot is reduced to  $125 \times 10^4$  or  $105 \times 10^4$  calories; equivalent to 120~100kg of heavy oil. The Heat from the coke oven gas account for 70% of the total heat & the remain is fed with fuel tar. Our furnaces could work with liquid fuel only or gas & liquid fuel efficiently. The open hearth furnace efficiency depend on the several condition & factors, but the Size of checker chamber & chimney are considered of paramount importance for practice e.g. larger Size is better. The article describes our practical features & some investigation with many tables & figures.

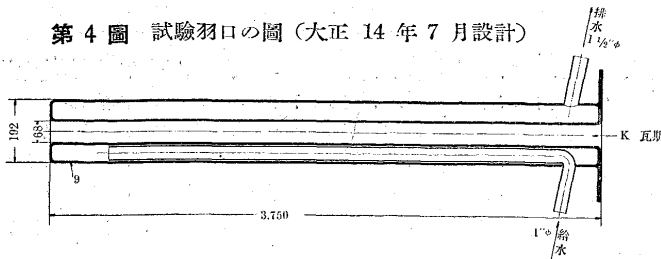
#### 緒 言

釜石製鐵所に於ける骸炭爐剩餘ガス(以下 K-gas と略稱す)利用の變遷は大體に於て 4 期に區分出来る、即ち

(1) 大正 13 年以前はボイラー、鑄物工場、分析所、煖房燃料等に利用し燃料の自給を計つた。

(2) 大正 13 年末頃よりボイラー燃料以外に發生爐ガスと瓦斯主管内で混合し製鋼燃料に試用せるに、混合の割合が一定し難く水素分の多いガス燃料に適應した構造でなか

第 4 圖 試験羽口の圖(大正 14 年 7 月設計)



つたから豫期した程經濟がとれなかつた。然し口径 68mm

\* 日本製鐵株式會社釜石製鐵所

の burner (第 4 圖の 1) を瓦斯噴出口内に挿入して試験をしたのが K-gas burner の嚆矢である。

(3) 昭和 2 年牧田會長殿が N. E. Skaredoff 氏の提案を採用し K-gas と Coal tar を併用する特種の平爐を築造せしめてから逐次ガス發生爐を廢止し從來の平爐も噴出口を改裝し全部 burner 式爐に改築し、次いで燒結工場、鋼塊加熱爐等にも配給し燃料自給の第一歩に入り現在に到つた。

(4) 昭和 11 年からは熔鑄爐ガスの一部と K-gas を混用し新設骸炭爐及鋼塊加熱爐に利用し、平爐及燒結工場等には單味の K-gas で供給する自給計畫の第 2 期に入る事になるのである。

斯の如く K-gas 利用の狀況が年々變つて曾ては 1 ヶ月 1,500t の producer coal を消費した製鋼工場が現在では一塊の石炭も使はず尙熔鑄爐ガス、coal tar 等を餘す所なく利用せんとしつゝある故昭和 9 年度では coke 原料炭鋼塊加熱爐炭、ボイラー、機關庫及煉瓦燒成窯燃料炭等を