



始



製鐵所研究所

# 研究報告

Vol. IX No. 4

壓延工場に於ける二三の加熱爐  
の熱能率に就て

技師 海野三朗  
理學博士

昭和四年十二月

製鐵所

福岡縣八幡市

(代謄寫)



14.5  
131

145-131



壓延工場に於ける二三の加熱爐の熱能率に就て目次

第 1 章 總 括..... 1

第 1 節 研究の要旨..... 1

第 2 節 結論概要..... 1

第 3 節 緒 言..... 2

第 2 章 第一大形工場加熱爐 (石炭)..... 3

第 1 節 測定状況..... 3

第 2 節 測定結果..... 4

第 3 節 加熱鋼片の持ち去る熱量..... 7

第 4 節 灰滓の持ち去る熱量..... 8

第 5 節 爐周より流出する熱量..... 9

第 6 節 燃料の配布..... 12

第 7 節 結 論..... 12

第 3 章 第二大形工場加熱爐 (混合瓦斯)..... 13

第 1 節 測定状況..... 13

第 2 節 測定結果..... 14

第 3 節 瓦 斯..... 19

    共(1) 使用瓦斯量..... 19      共(2) 加熱材適當り使用燃料..... 22

第 4 節 加熱鋼片の持ち去る熱量及び仕上溫度..... 23

第 5 節 爐周よりの流出熱量..... 25

第 6 節 蒸熱室の回收熱量及び全燃料の配布..... 27

第 7 節 結 論..... 28

第 4 章 第四型鋼工場加熱爐 (瓦斯)..... 30

第 1 節 測定状況と其結果..... 30

第 2 節 操業状況..... 34

第 3 節 消費燃料..... 37

第 4 節 瓦斯量と加熱噸數..... 38

第 5 節 熱 量..... 39

    共(1) 鋼片の持ち去る熱量..... 39      共(2) 爐壁よりの流出熱量..... 40

    共(3) 回收熱量..... 41      共(4) 廢棄瓦斯の持ち去る熱量..... 41

    共(5) 熱量配布..... 42

第 6 節 結 論..... 43

第 5 章 熱 經 濟..... 44

第 1 節 回收熱量..... 44

第 2 節 保 溫..... 45

第 3 節 瓦斯對空氣の割合と爐内溫度の分布..... 46

第 4 節 結 論..... 48

發行所寄贈本





# 壓延工場に於ける二三の加熱爐の熱能率に就て

技 術 博 士 海 野 三 朗

## 第 1 章 總 括

### 第 1 節 研究の要旨

壓延工場に於ける加熱爐の燃料として、石炭、混合瓦斯及び發生爐瓦斯を使用せる各爐の熱能率を比較し、夫れ等の熱的状況を考察し、各々の場合に於ける熱量の配布關係又爐内の瓦斯と空氣との割合による優劣を實測より論及し燃料の節約に資せんとするにあり。

### 第 2 節 結論概略

1. 第一大形工場加熱爐(石炭)、第二大形工場加熱爐(混合瓦斯)及び第四型鋼工場加熱爐(發生爐瓦斯)の各部の溫度を測定し、夫れ等の熱能率を比較せり。
2. 各加熱爐の熱能率及び熱量配布を示せば次の如し。

工 場 名	灰 滓 (%)	鋼 片 (%)	爐 周 其 他 (%)	廢 棄 瓦 斯 (%)	回 收 熱 量 (%)	適 當 り 石 炭 ( 匁 )	平 均 適 當 り の 石 炭 ( 匁 )
第一大形 ( 石 炭 )	1.04	35.51	16.10	47.35		100	100
第二大形 ( 混 合 瓦 斯 )		25.30	18.20	75.35	18.85	134	223
第四型鋼 ( 發 生 爐 瓦 斯 )		48.70	19.60	8.20	3.53	67	161

3. 第二大形工場加熱爐は直送材の爲め、又第四型鋼工場加熱爐は常晝動作業のみなりしが爲めに、連續使用瓦斯量を考慮すれば夫々適當り223、161匁の石炭消費量となり、連續作業の場合よりも甚しく其の熱能率は減少す。
4. 熱能率の點より考ふれば實作業中にありては、適當り67匁の第四型鋼を最大とし、100匁の第一大形、134匁の第二大形工場加熱爐の順なる。
5. 加熱應數を増加せしむるが爲めには瓦斯量の増加必要なるも(第33圖)、瓦斯量の石炭消費當量は第四型鋼の如きは加熱鋼片適當り65匁或は是以下にて充分なる事を知れり(第31表)。



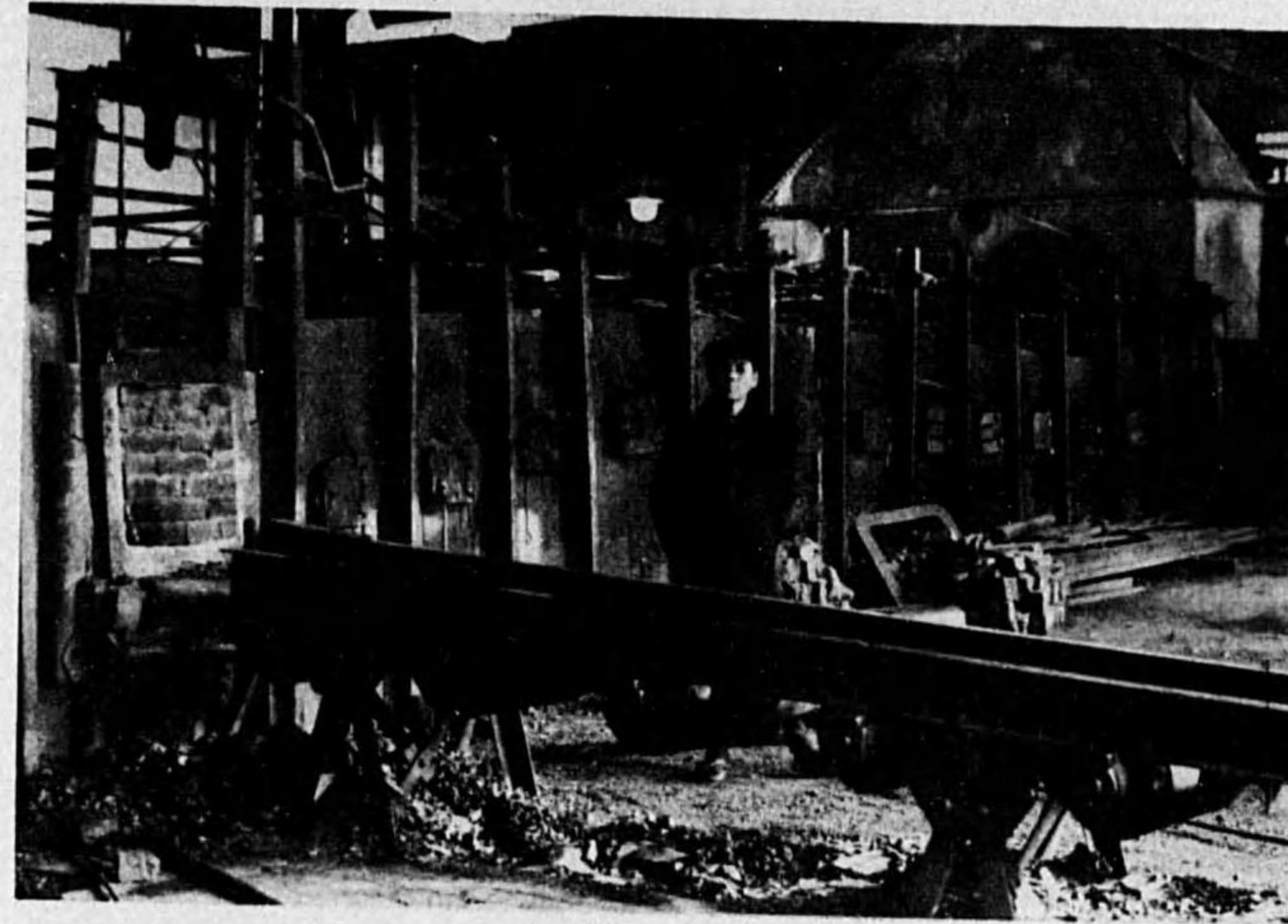
6. 瓦斯に對する空氣量の増加は爐内溫度を上昇せしむ、第四型鋼に於ては、瓦斯對空氣の比1:1.14よりは1:1.26は更に有効なる事を知れり(第32圖)。
7. 爐内に送入する空氣量増加すれば、使用瓦斯量比較的小にして足り、應當りの石炭當量は優に減少するを知る(第31表)。
8. 蓄熱室にて他へ漏洩する空氣量は約過半數量なる事を知る(第27表)。
9. 回收熱量の多きを以て其熱能率の優劣を決する事能はず、其材料に應じて最少の燃料を以て加熱作業を爲し得可く注意するを要す、(第一、第二、第四加熱爐熱量配布參照)
10. 加熱爐燃料としては石炭よりも瓦斯を使用せば、石炭當量に換算するも、優に熱經濟なる結果を得たり。
11. 爐壁よりの流出熱量は、適當なる保温材の使用によりて其の二分の一乃至四分の一に減少せしむる事を得(第37表)。
12. 各測定の結果に就きての結論は第2~5章の終りの結論を參照せられたし。

### 第3節 緒 言

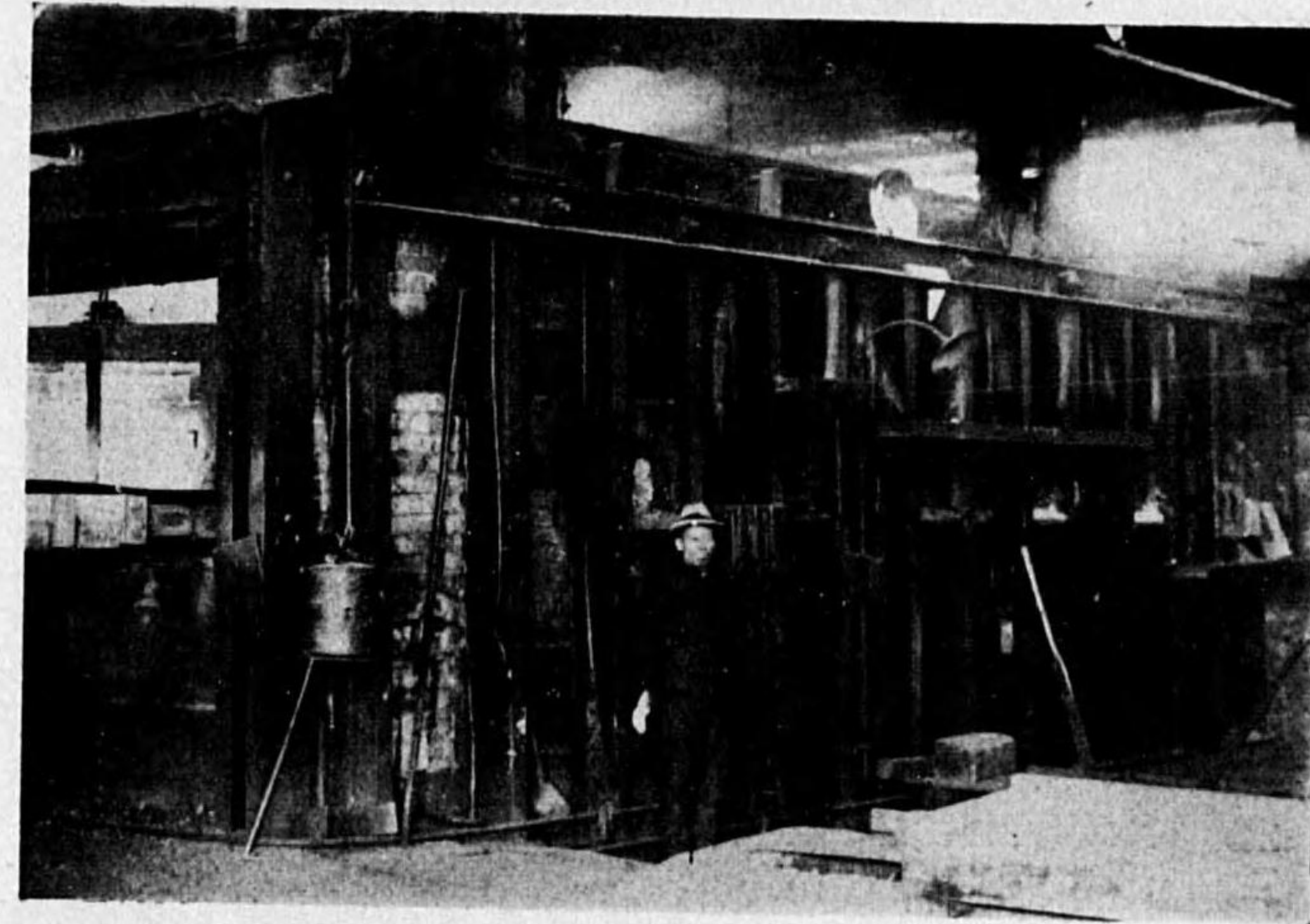
壓延工場に於ける加熱爐の熱能率に關しては既に報告せられたるもの多く、蓄熱室の構造及び其材料、保温材の使用法に其溫度等に就きても論ぜられつゝあり、されど最近に於ける熱恒數を用ひて各部に於ける熱量の配布、又從つて何れの部分に於ける熱の流出を防ぐ可きかに就ての數量的暗示を、其使用材料に從つて與ふるもの甚だ少なきの觀あり。爐の構造、使用燃料の種類に其の使用量に依り、又壓延せらる可き鋼片の形狀、大き並に作業狀況等に依りて、各々其の熱能率は相違するが故に一概には斷じ難きも著者は當所二三の加熱爐に就き其作業狀況より各部の溫度が時間と共に如何に變化するか、又如何なる溫度の分布なるかを測定し其の使用燃料を知りて各加熱爐に於ける熱量配布を算出し、熱の流出を防ぐ事に對する數量的暗示を與へ、連續使用に然らざる場合に於ける消費燃料の差を求め、又瓦斯對空氣の割合が爐内溫度に及ぼす結果を考究し、燃料節約に資せんことを企てたるものなり。

- (1) E. H. Koenig, Iron Trad. Rev., 30(1925), 249; R. J. Sarjant, Fuel in Sci. & Prac., 4(1925), 383.
- (2) W. P. Chandler, Year book of the Amer. Iron and Steel Inst., (1922), 395; R. J. Sarjant, Fuel in Sci. & Prac., 4 (1925), 232.
- (3) W. Kennedy, The Iron & Coal Trad. Rev., (1926), 9~16.
- (4) 海野, 製鐵所研究所研究報告 8 (1928), No. 6; 鐵と鋼 14 (1928), No. 9.

第 1 圖 第一大形工場加熱爐



第 9 圖 第二大形工場加熱爐





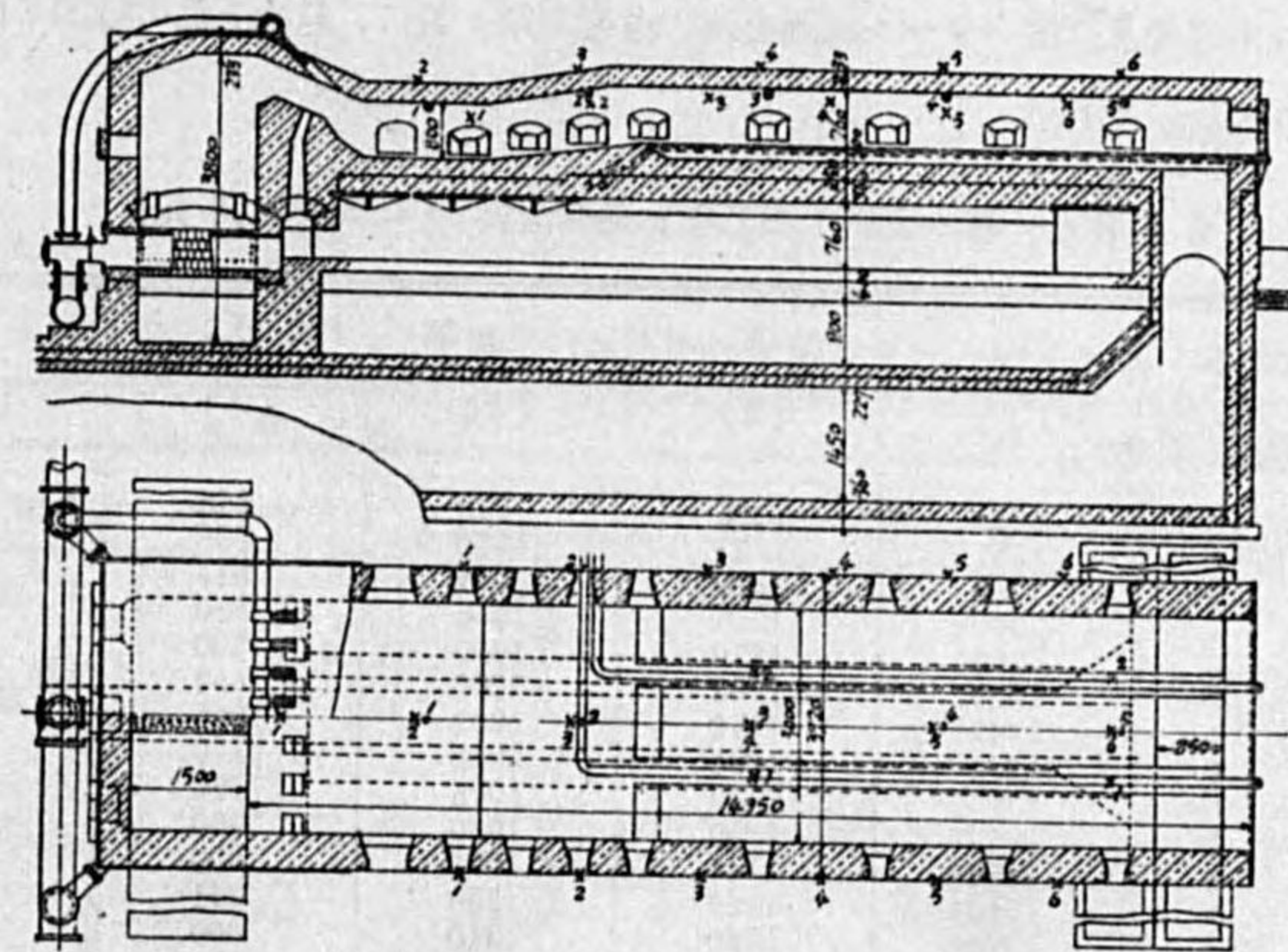
## 第 2 章 第一大形工場加熱爐(石炭)

### 第 1 節 測定状況

測定せる第二號加熱爐の外観及び構造の概略は第 1~2 圖の如し、第 2 圖中 1、2、3...  
.....等の諸點は其の測定位置を示せるものにして、爐内高温の部にありては爐頂に穿てる  
孔に耐火管を挿入し、光熱度計 (Holborn Kahlbaum, Pyropto) 又は熱電對により、爐外  
周の温度は特種の装置を施せる寒暖計を以て測定せり。

第 2 圖

第一大形工場第二號加熱爐温度測定位置 縮尺 1:50



昭和 3 年 9 月 25 日及び 10 月 8 日に加熱せる鋼片は軟  $1\frac{1}{2} \times 3$  材にして、其の大きさは  
約  $18 \times 17 \times 200$  種なり。燃料として使用せられし石炭は其の成分は第 1 表の如し。<sup>(1)</sup>

(1) 製鐵所分析課の報告による



第 1 表 使用石炭の分析表

品 名	水 分	揮 發 分	固 定 炭 素	灰 分	全 硫 黄	發 熱 量
二瀬高尾二坑塊炭	1.43	32.54	44.92	21.11	0.249	6008
同 上	1.51	33.25	48.53	16.71	2.221	6383
同 上 平 均				18.91		6196
潤 野 塊 炭	1.59	31.78	46.21	20.42	1.080	6109

第 2 節 測 定 結 果

新しくして爐内各部の温度が時間と共に如何に變化するかを測定せる結果を第2~3表に、加熱鋼材抽出直後及び第一ロール通過直後の温度を第4表に、又仕上迄の時間と温度との關係を第5表に示せり。

第 2 表 第一大形工場二號加熱爐温度 (3. 9. 25 測定)

測 定 時 刻	測 定 位 置	温 度 (攝 氏)					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
25日午前	10	1283	1125	970	843	690	
	11	1337	1173	970	898	753	
	12	1290	1090	924	811	676	
	午後	1	1310	1151	950	830	688
		2	1360	1210	1020	890	731
		3	1250	1153	1000	859	723
		4	1327	1170	1002	875	748
		5	1264	1095	940	840	711
		6	1222	1130	1005	870	749
		7	1346	1250	1080	960	848
		8	1260	1135	1005	900	765
		9	1240	1123	990	841	670
10	1295	1130	940	800	682		
11	1240	1100	940	838	701		
12	1327	1160	962	844	730		
26日午前	1	1335	1200	1030	921	790	
	2	1345	1221	1040	923	768	
	3	1332	1232	1020	868	714	
	4	1362	1240	1030	877	714	
	5	1240	1118	950	831	663	
	6	1321	1181	990	840	683	
	7	1171	1060	920	808	660	
	8	1310	1152	985	878	735	
	9	1325	1160	1000	901	749	
平均温度	1296	1157	986	864	723		

第 3 表 第一大形工場二號加熱爐温度 (3. 10. 8. 測定)

測 定 時 刻	測 定 位 置	温 度 (攝 氏)					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
8日午前	10	813	687	516	432	353	
	11	1061	1024	840	675	544	
	12	1155	1046	837	736	608	
	午後	1	1221	1125	990	824	692
		2	1060	990	855	765	643
		3	1250	1085	913	832	686
		4	1300	1170	1010	892	750
		5	1340	1230	1060	859	815
		6	1360	1240	1052	1015	856
		7	1371	1250	1050	955	794
		8	1375	1240	1045	928	756
		9	1385	1270	1100	961	794
10	1383	1285	1046	906	744		
11	1150	1085	945	840	708		
12	1317	1235	1071	955	812		
9日午前	1	1330	1300	1140	961	872	
	2	1340	1270	1130	1030	887	
	3	1360	1300	1159	1080	909	
	4	1350	1240	1093	1045	832	
	5	1386	1286	1118	956	794	
	6	1315	1280	1050	931	763	
	7	1258	1170	1025	911	783	
	8	1360	1270	1100	985	835	
	9	1383	1275	1114	1015	831	
平均温度	1276	1181	1011	900	753		

第 4 表 第一大形工場二號爐鋼材抽出直後及第一ロール通過直後の鋼材温度

(3. 9. 25. 測定)			(3. 10. 8. 測定)						
測 定 時 刻	抽 出 鋼 材 温 度	第 一 ロール通過直後の鋼材温度	測 定 時 刻	抽 出 鋼 材 温 度	第 一 ロール通過直後の鋼材温度				
25日午前	10	1205	1120	8日午前	10				
	11	1175	1105		11				
	12	1242	1127		12				
	午後	1	1180		1120	午後	1		
		2	1310		1191		2		
		3	1145		1052		3		
		4	1214		1120		4		
		5					5	1320	1180
		6	1321		1205		6	1293	1130
		7	1350		1200		7	1345	1200
		8					8	1340	1120
		9					9	1310	1200
10	1230	1060	10	1340	1140				
11	1260	1070	11						
12	1300	1120	12						
26日午前	1	1242	1143	9日午前	1				
	2	1340	1160		2	1334	1230		
	3	1375	1210		3	1270	1118		
	4	1290	1140		4	1300	1175		
	5	1203	1100		5	1325	1185		
	6	1304	1140		6	1270	1115		
	7	1270	1110		7	1300	1150		
	8	1232	1140		8	1320	1205		
	9	1247	1130		9	1322	1197		
平均温度	1259	1131	平均温度	1313	1168				



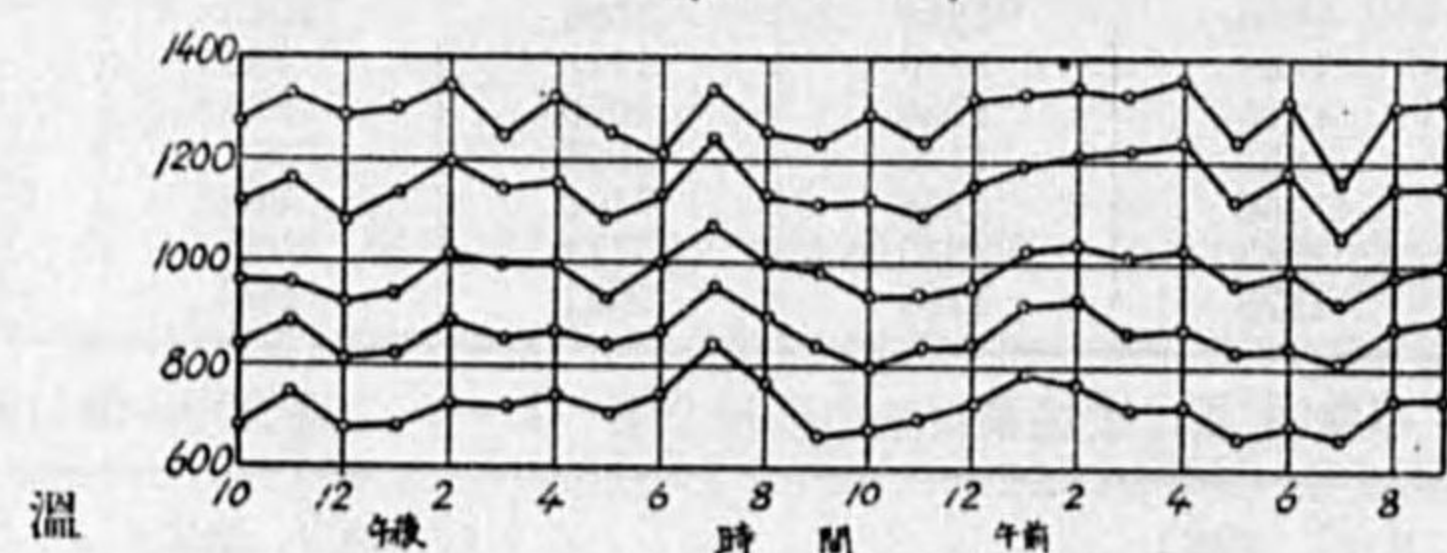
第 5 表 鋼片の温度と時間 (3. 10. 8. 測定)

抽出温度	時間(分)	第一ロール壓延時の温度	時間(分)	仕上ロール壓延時の温度
1365	1.15	1240	2.50	977
1345	46	1200	2.49	970
1350	30	1230	2.50	1050
1336	55	1170	2.10	1011
1335	50	1121	2.35	998
1340	51	1140	2.01	1000
1300	1.05	1150	2.55	970
1322	1.00	1127	2.05	990
平均 1322	59	1173	2.31	996

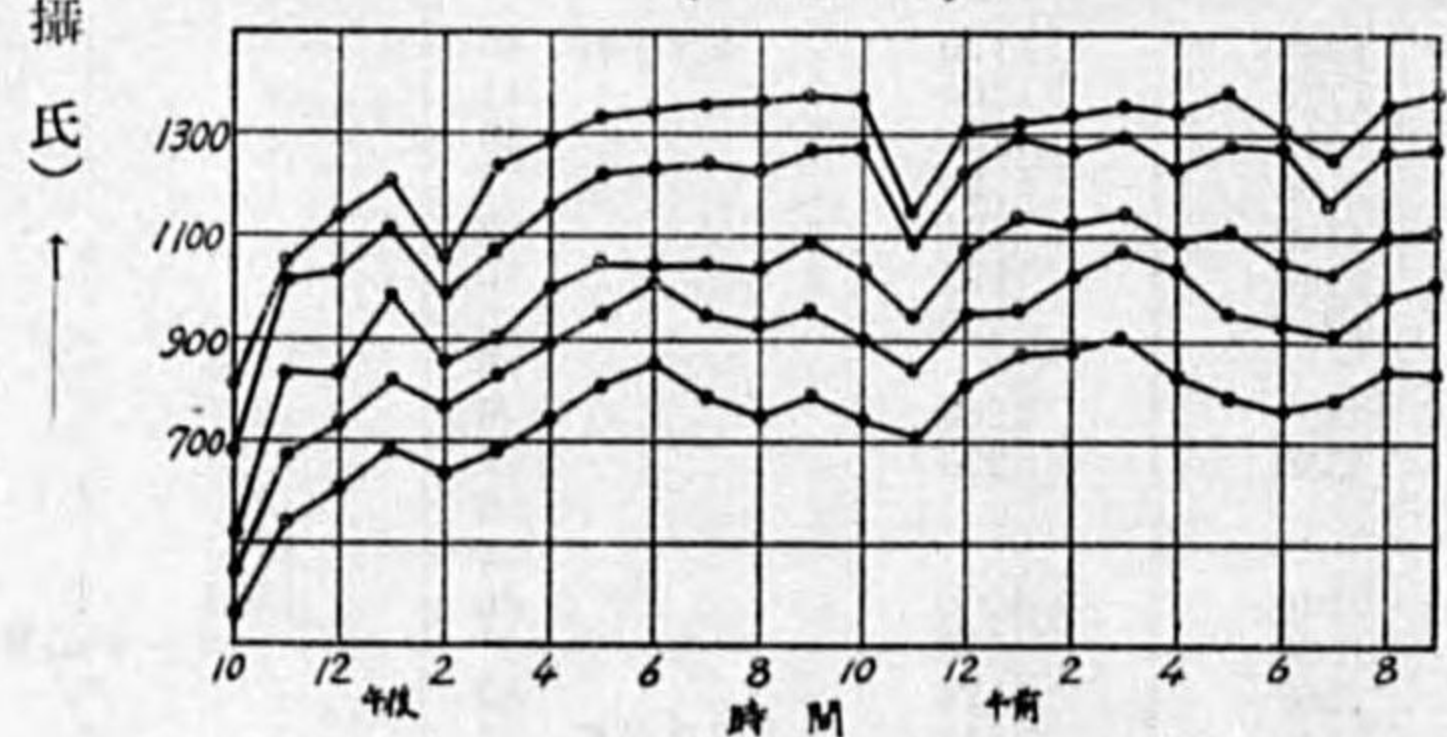
是等の關係を一層明瞭ならしめんが爲に爐内温度の變化を第 3 圖に示せり。

第 3 圖 第一大形工場第二號加熱爐内部の温度と時間

(3. 9. 25)



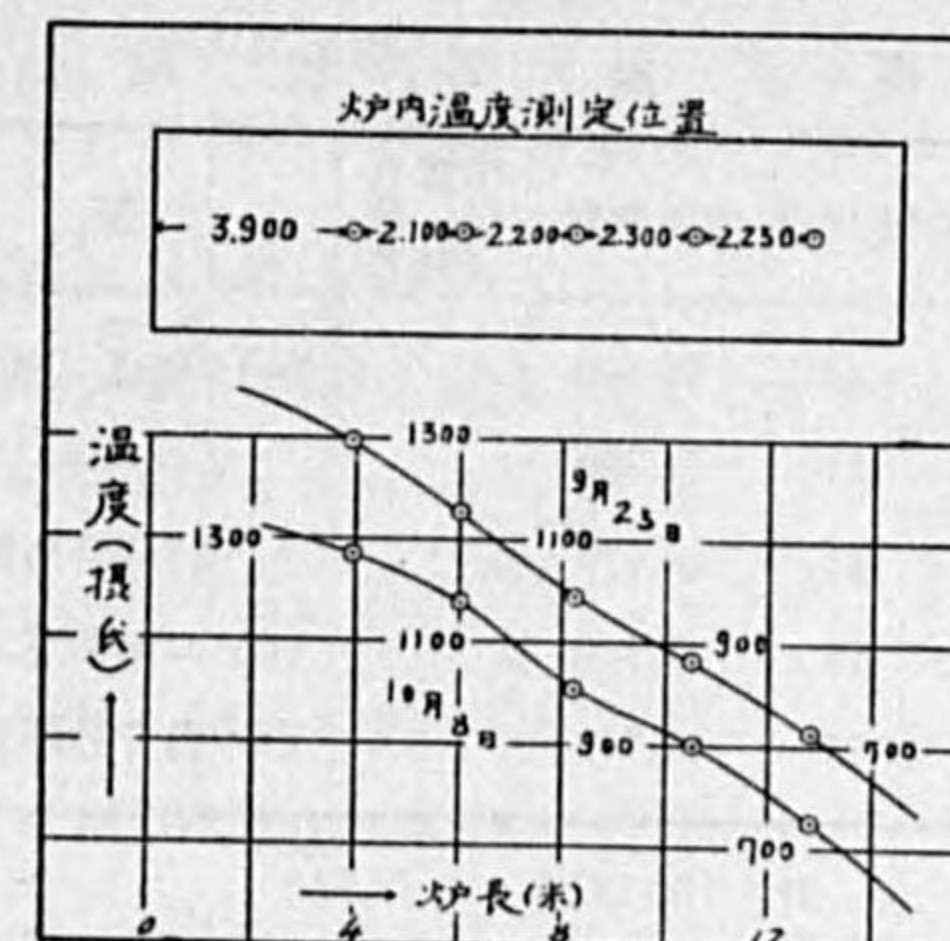
(3. 10. 8)



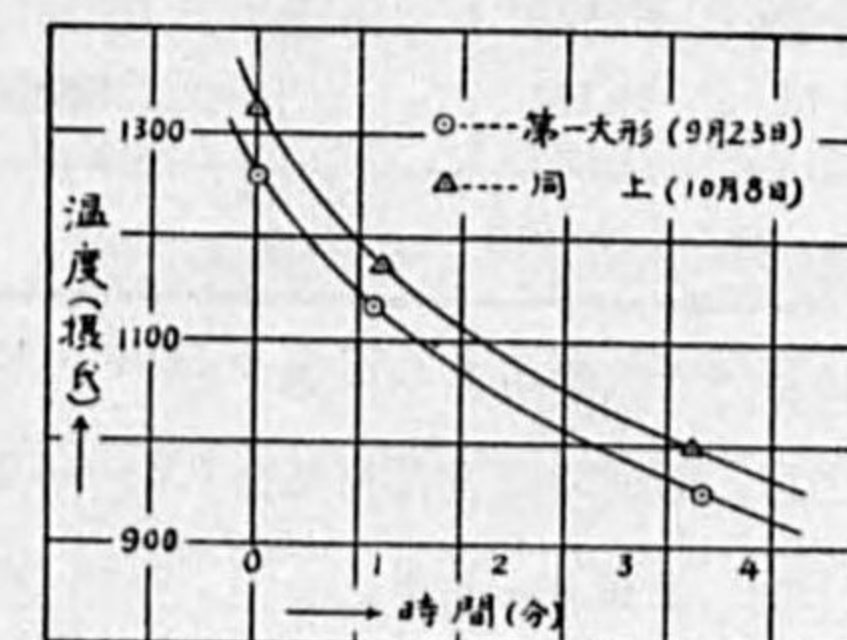
之によれば10月8日の測定結果に現はれし如く、爐が焚始めてより定常状態に達する迄には約8時間を要し、交代時に當りては何れの部分も100°乃至250°Cの温度降下あるを知る。

各部の温度の平均値を爐長に従ひて示せば第 4 圖の如し。

第 4 圖 第一大形工場二號爐(石炭)温度曲線



第 5 圖 鋼材抽出より仕上迄の温度と時間



是に依れば爐内最高温度は1300~1400°Cにして焚口より約8米の附近は比較的低温、爐尻に於ては何れも600°附近の温度を保てり。此の低温なる部分の存在は空気送入管より入る冷氣、爐の構造、燃焼程度の差等に依るなる可し。瓦斯の燃焼に對する注入空氣量と温度との關係は又注意を要す可し。

抽出後製品となる迄の時間に對する温度降下は第 5 圖に示せるが如し。此結果より考ふれば仕上温度の差は壓延加工の遅速より生ずるものとは認め難く、全く加熱温度即ち爐より抽出せらるゝ際の加熱材の温度のみに依る事を窺ふに足る可し。

### 第 3 節 加熱鋼片の持ち去る熱量

9月25~26日及び10月8~9日兩度の作業に於て、二號爐が加熱せる鋼材の噸數と其間に

(1) 田所及河内、製鐵研究 90 (1926), 1; 白石、製鐵研究 95 (1926), 325.



於ける石炭消費量は第6表の如し。

第6表 操業状況

月日番	加熱鋼材	員数(片)	抽出総数	消費石炭量(噸)	備 考
9 25 甲	平爐鋼片 <sup>#</sup> 30	50	32.760		(a) 30 <sup>#</sup> 「ロール」を <sup>△</sup> 4"×2.5"
" " 乙	同 上	21	14.100	(a)	「ロール」に組替の爲め2時15分 間材料抽出を中止せり
	△ 4"×2.5"	41	25.470		
" " 丙	同 上	77	41.340		(b) 二瀬高尾二坑塊炭なり
" 26 甲	同 上	35	17.620		(c) 自9月25日午前10時至26日午前10時
合 計			131.290	13.130 <sup>(b)</sup>	
10 8 乙	軟 <sup>(d)</sup> 5"×3"	71	36.830		(d) 自10月8日午前10時至9日午前10時
" " 丙	同 上	56	26.800		(e) 二瀬潤野塊炭なり
" " 甲	同 上	31	14.340		
合 計			77.970	7.80 <sup>(e)</sup>	

抽出鋼材の表面平均温度は第4~5表よりして夫々1259°、1318°Cなるを以て、夫れ等を抽出鋼材各部の平均温度とし、鋼材の炭素含有量を0.2~0.6%とすれば、其の單位質量が保有する熱量は夫々215、223<sup>(1)</sup> カロリーなり。

9月25日の作業にありて抽出鋼材<sup>(a)</sup>の石炭消費量は、

$$13.130 \div 131.290 = 0.100 \text{ (噸)}$$

なるを以て  $\{215 \div (6196 \times 0.100)\} \times 100 = 34.70\%$

又10月8日の作業にありては

$$7.80 \div 77.97 = 0.100 \text{ (噸)}$$

なるを以て  $\{223 \div (6169 \times 0.100)\} \times 100 = 36.15\%$

従て兩日の平均は

$$(34.70 + 36.15) \div 2 = 35.5\%$$

即ち全燃料の約35.5%の熱量を持ち去る事なる。

#### 第4節 灰滓の持ち去る熱量

(1) 海野, 製鐵所研究所研究報告 5(1925), No. 2; 金屬の研究 3(1926), 225; Sci. Rep., 15(1926), 331

消費石炭 13.13、7.80 噸より生ずる灰分は第1表よりして

$$13.13 \times \frac{18.91}{100} = 2.49 \text{ (噸)}$$

及び

$$7.80 \times \frac{20.42}{100} = 1.59 \text{ (噸)}$$

なり、而して灰滓の比熱を、鑛滓の夫れに殆んき相等しとすれば

$$335 \times 2.49 = 834.15 \text{ (カロリー)}$$

$$315 \times 1.59 = 500.85 \text{ (カロリー)}$$

故に  $\{500.85 \div (6169 \times 7.8)\} \times 100 = 1.04\%$

及び  $\{834.15 \div (6196 \times 13.13)\} \times 100 = 1.03\%$

即ち灰滓の持ち去る熱量は全燃料の約1.04%なる事を知る。

#### 第5節 爐周より流出する熱量

爐周の温度を測定せる結果は第7表の如し、各位置の平均温度を求め爐長に従ひて表はしたるものは第6圖にして、爐の横断面に於ける温度配布關係を第7圖に示せり。

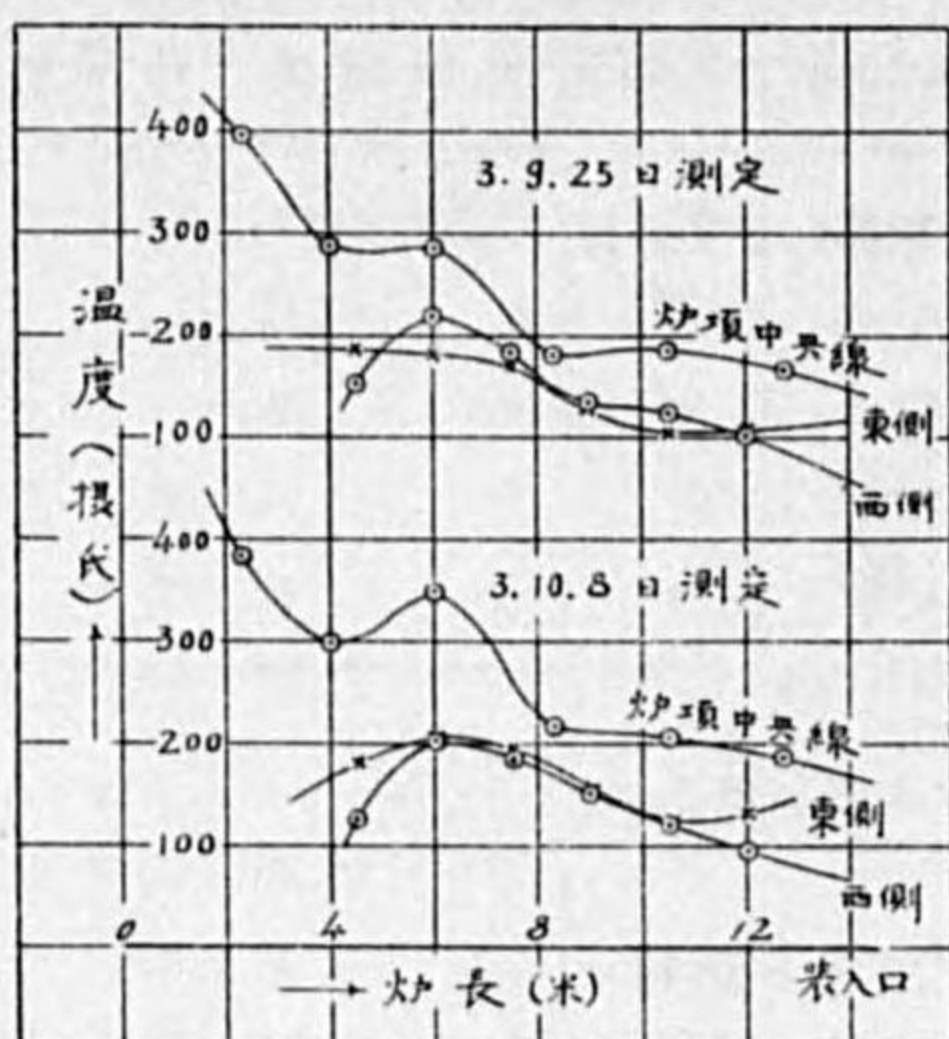
第7表 第一大形二號加熱爐々周温度

測定位置	測定日時	9月25日			26日			10月8日			9日			平均	
		午前10	午後3	8	午前1	6	10	平均	午前10	午後3	8	午前1	6		10
爐周温度(西)	1	160	156	149	150	143	149	151	38	72	115	123	109	146	123
	2	193	205	222	230	227	237	219	41	125	187	195	210	219	203
	3	162	161	180	195	184	193	182	41	128	170	174	201	196	185
	4	118	110	139	143	143	149	134	40	92	136	152	163	152	151
	5	104	105	118	141	141	131	123	38	69	104	115	125	125	117
	6	81	103	87	93	100	98	94	37	57	81	91	103	101	94
爐周温度(東)	1	160	206	131	195	198	220	185	50	108	175	193	145	208	180
	2	158	190	194	182	155	200	180	49	122	191	199	212	220	206
	3	154	222	163	155	153	179	171	48	139	187	184	187	208	12
	4	140	125	127	118	125	132	128	42	92	130	146	162	168	152
	5	104	101	100	98	106	108	103	40	68	102	113	128	132	119
	6	113	109	109	98	108	111	108	41	79	110	122	141	150	131
爐頂部温度	1	232	490	468	486	502	500	396	54	370	426	361	362	374	381
	2	250	303	287	285	290	305	287	65	204	283	298	302	301	296
	3	186	290	296	298	324	320	286	64	242	338	356	359	345	349
	4	149	202	204	209	216	210	182	63	136	196	217	230	225	217
	5	142	190	199	199	204	178	185	70	124	185	201	220	219	206
	6	116	176	173	179	187	184	169	64	111	170	179	200	198	187
爐頂(西)3併(東)	1	243	272	273	279	287	284	273	68	195	270	297	307	306	295
	2	230	285	281	280	285	291	275	67	203	283	303	312	313	303
爐頂(西)5併(東)	1	225	177	174	168	182	185	185	66	115	180	201	220	212	204
	2	228	169	127	143	140	152	168	64	104	164	177	195	197	183

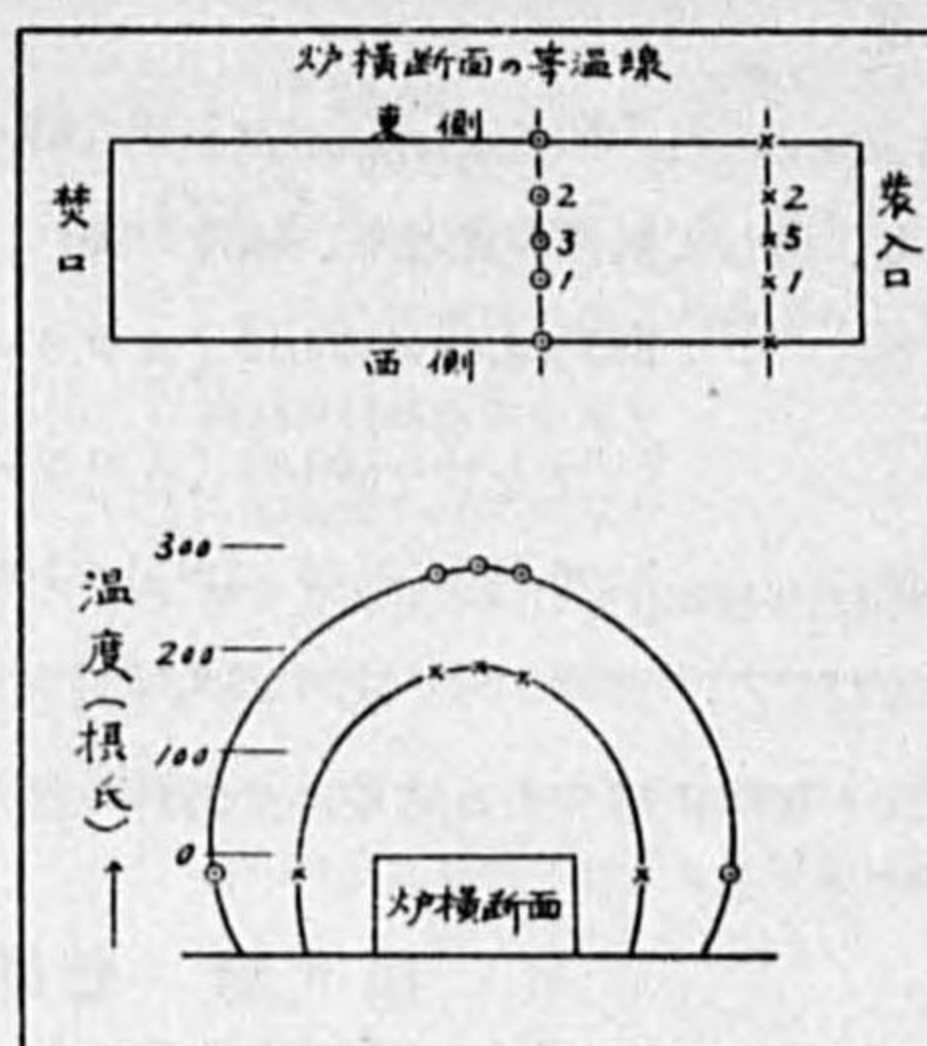
(1) 海野, 製鐵所研究所研究報告 7(1927), No. 8; 金屬の研究 5(1928), 236; Sci. Rep., 17(1928), 985.



第 6 圖  
第一大形工場二號爐外壁温度



第 7 圖  
第一大形工場二號爐



第 6 圖を見るに、爐の外壁の温度も亦第 4 圖に表はれし爐の中央内部の比較的低温なる部分に應じて低し。第 7 圖に示せる横断面上の温度分布を見るに爐の上部は最も高く兩側は至つて低し。

爐周より流出する熱量は次の條件によりて計算せり。即ち爐の各部に使用せられし耐火材料を第 8 表に示し、爐の各部の表面積、熱傳導率、内外に於ける温度の平均値を第 9 表に示せり。

第 8 表 築 爐 材 料

使用箇所	種類及び数量	種類	數量 (吨)
天井		硅石煉瓦	10
		石煉瓦	15
爐壁		硅石煉瓦	14
		石煉瓦	19
爐底		硅石煉瓦	6
		クローム煉瓦	37
合 計			105

第 9 表 各部の表面積と温度其他

各 部	表面積(平方米)	厚 さ (mm)	内部平均温度 (°C)	外部平均温度 (°C)	熱 傳 導 率 <sup>(1)</sup>
爐 頂	56.8	23.3	1100	250	$2.8 \times 10^{-3}$
爐 周	127.0	46.0	1100	150	$2.8 \times 10^{-3}$
底 部	56.8	44.0	1100	40	$2.7 \times 10^{-3}$

今爐頂部より流出する熱量を求むるに、之を P とすれば

$$P = \frac{2.8 \times 10^{-3} \times (1100 - 250) \times 56.8 \times 10^4}{23.3} = 58020 \text{ (カロリー)}$$

斯くして爐周及び底部よりの流出熱量を夫々 Q, R とすれば

$$Q = 73440, \quad R = 21112$$

従て全爐壁より單位時間に流出する熱量は

$$P + Q + R = 58020 + 73440 + 21112 = 152572 \text{ (カロリー)}$$

又單位時間に消費する石炭量を第 10 表より求むれば

第 10 表

月 別	石炭消費量(吨)	操 業 日 數	一日平均石炭消費量	備 考
昭和3年4月	355.29	26	13.67	} 一日の平均加熱噸數少し
5	359.58	25.5	14.10	
6	375.27	26	14.43	
7	312.66	25.5	12.27	
8	281.44	22	12.82	
9	212.18	18	11.79	
平均	316.12	22.9	13.26	

毎秒消費する石炭量は

$$13.26 \text{ 吨} \div 24 \times 60 \times 60 = 153.47 \text{ 瓦}$$

之が單位時間に於ける發熱量は

$$6133 \times 153.47 = 948920 \text{ (カロリー)}$$

故に爐周よりの流出熱量は使用燃料に對して

$$(152572 \div 948920) \times 100 = 16.10 \text{ (\%)}$$

(1) 田所 製鐵所研究所研究報告 1 (1921), 108.

(2) 第 1 表より



即ち 16.10% の熱の流出あるを知る。

### 第 6 節 使用燃料の配布

以上實測値より計算し來れる消費燃料の配布を列記するに第11表を得。

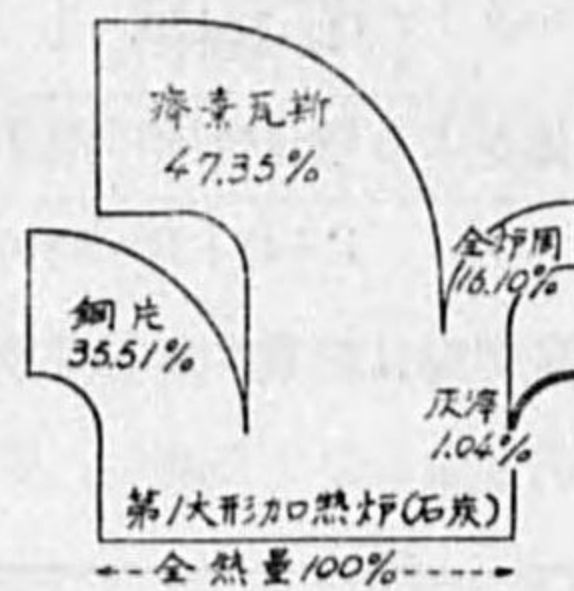
第 11 表

消費燃料	鋼片	灰滓	全爐周	廢棄瓦斯	合計
熱量の石炭當量(噸)	4.710	0.138	2.124	6.288	13.260
%	35.51	1.04	16.10	47.35	100

此使用燃料の百分率關係を第 8 圖に示す事せり。

廢棄瓦斯が持ち去る熱量 47.35% の如何に大なるかを知るに足らん。

第 8 圖 燃料配布圖



### 第 7 節 結 論

1. 石炭を使用する第一大形工場加熱爐の温度は最高 1300°C 内外、爐灰 650°C 内外なり(第 3~4 圖)。
2. 焚始めより爐内が定常状態に達する迄には約 8 時間を要し、交代時は約 200~300°C の温度降下あり(第 3 圖)。
3. 抽出鋼片の温度は平均 1259°~1822°C にして仕上温度は約 996°C なり(第 5 表)。
4. 仕上温度は全く爐内の加熱温度のみによりて左右せられ、加工時間は平均 3 分 30 秒にして此間の温度降下は殆んき凡て同一なり(第 5 圖)。
5. 爐周の温度は内部温度に従つて變化し(第 6 圖) 爐頂部は最も高く(第 7 圖) 約 400°C の最高を示せきも(第 7 表)、平均としての爐頂及び爐周は夫々約 250°C 及び 150°C なり(第 9 表)。
6. 全熱量を 100% とすれば鋼片、灰滓、爐周、廢棄瓦斯は夫々 35.51、1.04、16.10、47.35% の熱量を持ち去る事なる。(第 8 圖及び第 11 表)
7. 爐長は約 14 米にして焚口より 8 米附近は、内部温度は比較的低く(第 4 圖)、爐壁の

温度は又之に従つて低く、内部に於ける燃焼の状況を略推知する事を得可し(第 6 圖)。

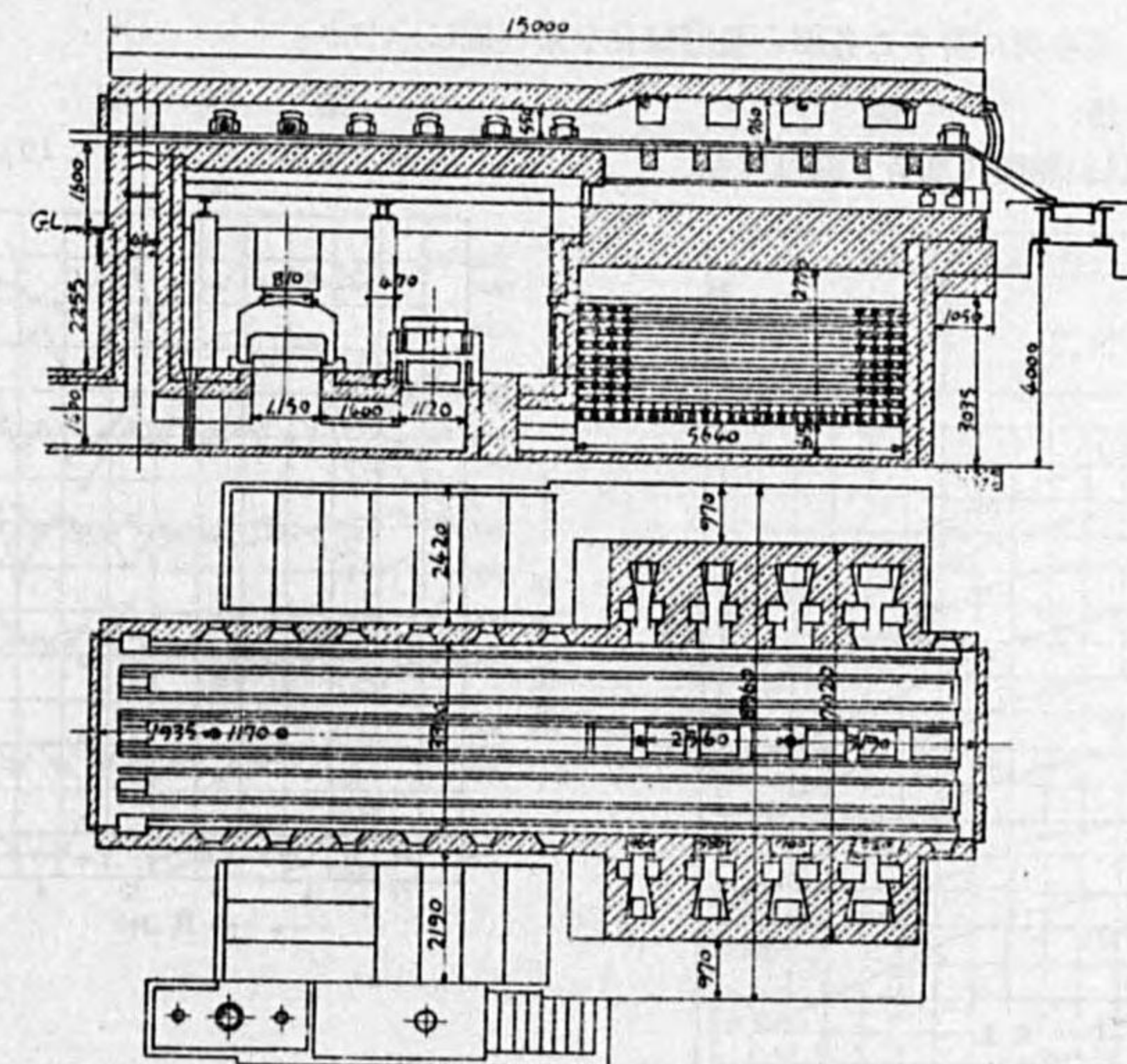
8. 加熱鋼片相當りの石炭量は 0.100 噸なり(第 6 表)。
9. 18×17×200 種なる各鋼材の爐内に保持せらるゝ平均の時間は 5 時間 2 分半にして、5 分 13 秒毎に爐外に抽出せられつゝある割合なり。

## 第 3 章 第二大形工場加熱爐(混合瓦斯)

### 第 1 節 測定状況

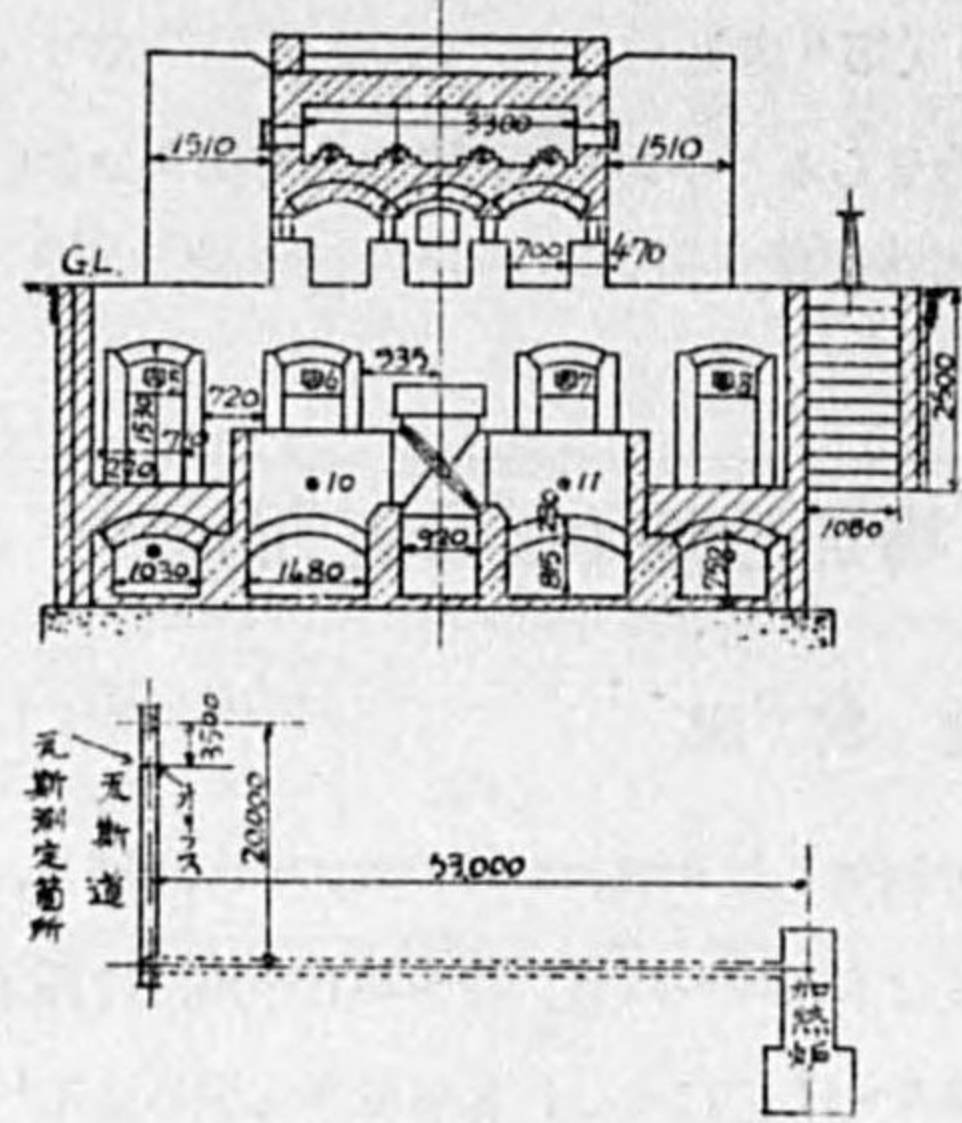
爐内温度は第 2 章に殆んき同様の方法を以て同年 5 月 4 日、6 月 7 日、9 日、13 日、14 日、19 日、20 日の 7 回に亘りて測定し、瓦斯量は 6 月 13~14 日、19~20 日の兩度に測定せり。爐の外觀構造の略圖及び測定位置を夫々第 9~11 圖に示し、瓦斯量測定装置は第 12 圖に掲げたり。

第 10 圖 構造の概略と測定位置

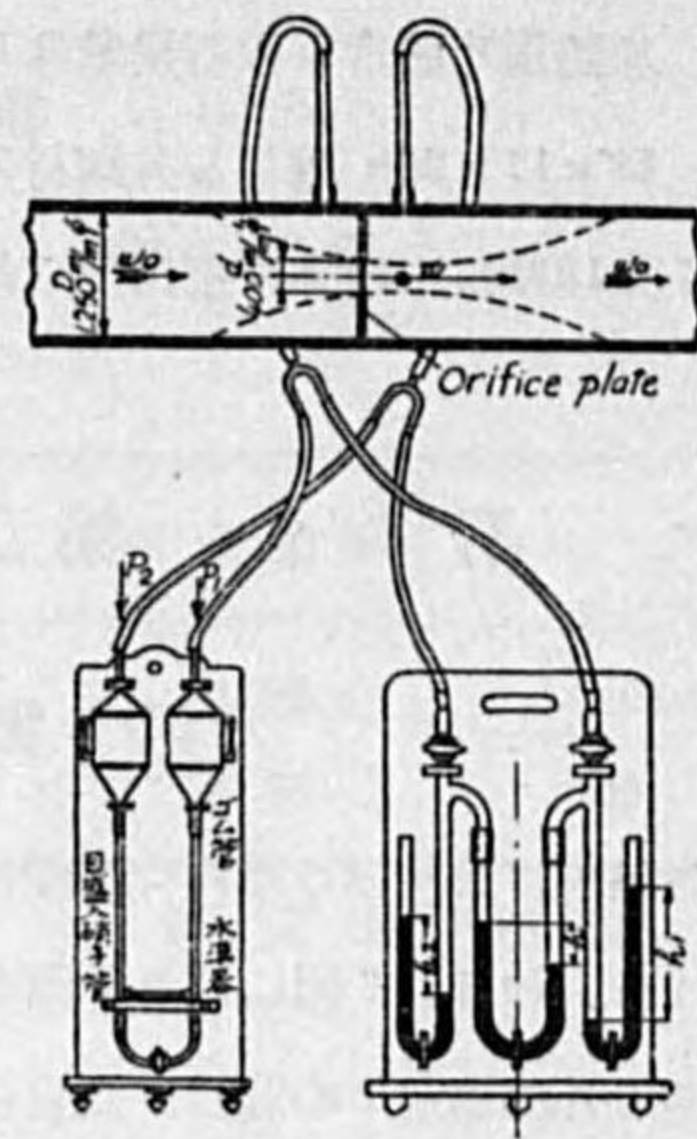




第 11 圖 測定位置



第 12 圖

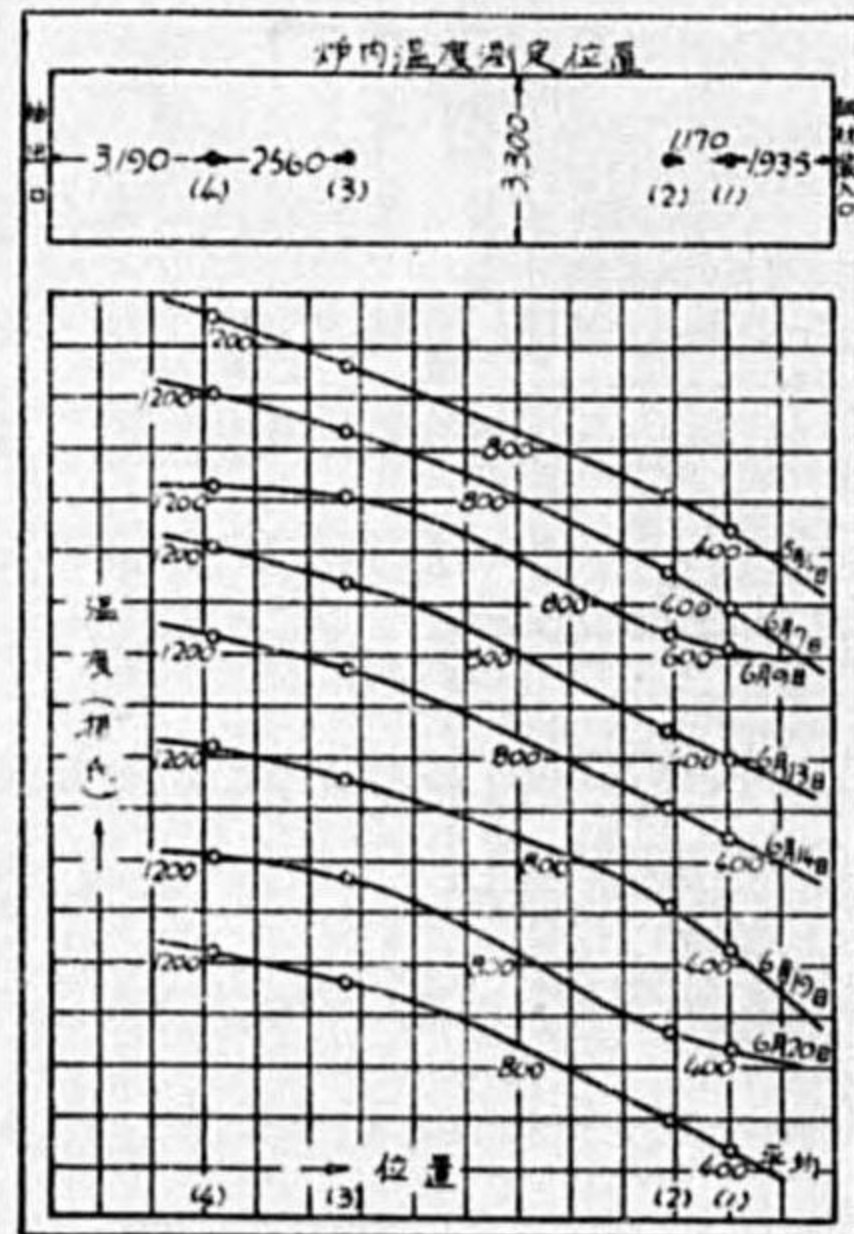


第 2 節 測定結果

斯くして行へる測定の結果を第 12~16 表に示せり、爐内各部の平均温度を爐長に従ひて第 13 圖に、又時間に対する各部の温度變化を第 14 圖に示せり。

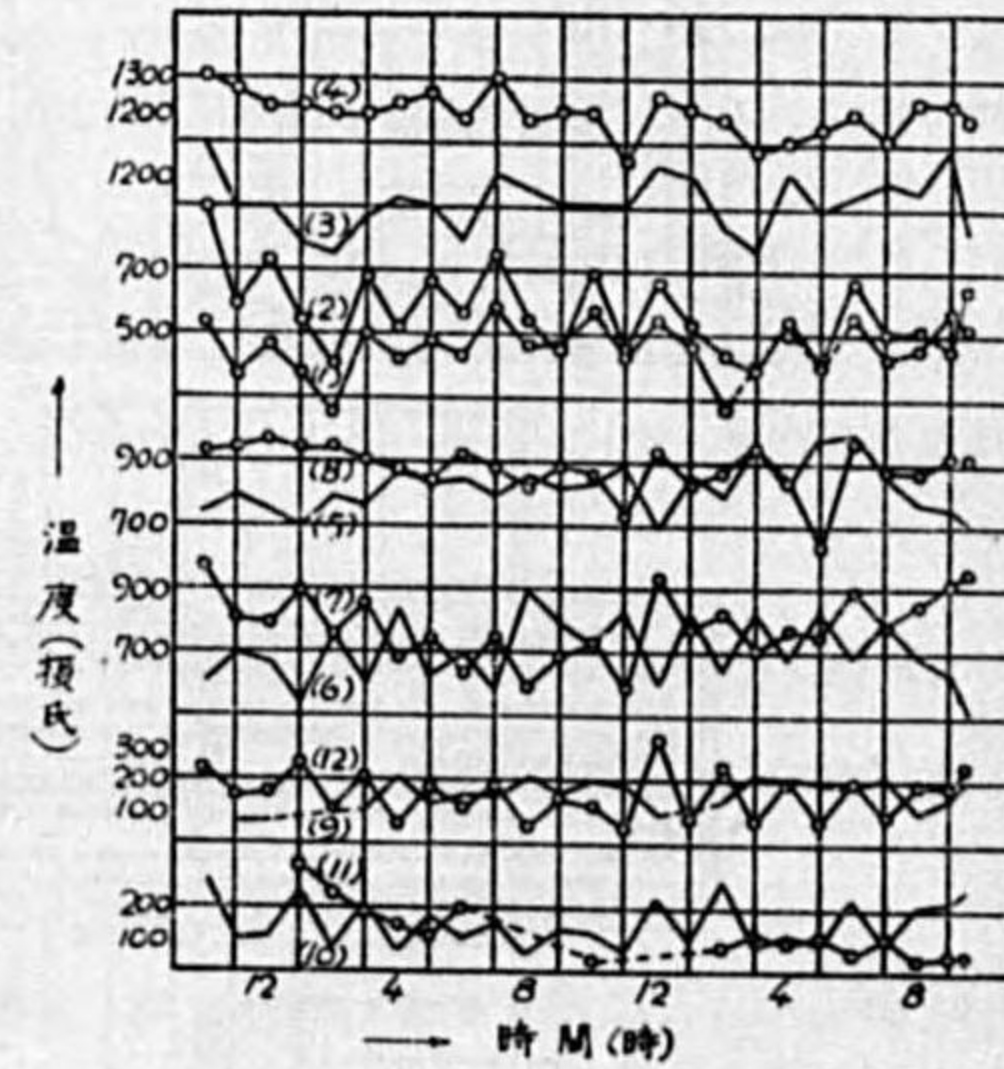
第 13 圖

第二大形工場加熱爐(瓦斯)温度曲線



第 14 圖

各部の温度と時間 (3.6.19)



第 12 表 第二大形工場加熱爐温度 (5月4日~5日測定)

位 置 測 定 時 刻	爐内温度 (°C)				瓦斯蓄熱室 温度 (°C)		空氣蓄熱室 温度 (°C)		瓦斯道温度 (°C)		空氣道温度 (°C)	
	(4)	(3)	(2)	(1)	(5)	(8)	(6)	(7)	(9)	(12)	(10)	(11)
4日午前 10.	1302	1193										
10.15			509	447	889	805	720	760	180	151	94	148
11.	1330	1175										
11.15			693	489	990	815	669	760	147	371	178	196
12.	1280	1113										
午後 0.10			683	502	989	810	691	771	127	286	147	132
1.	1354	1145	656	524	883	818	711	694	214	352	85	264
1.55			635	465	900	817	680	760	118	300	153	126
2.	1310	1127										
2.30			684	394	887	813	670	728	183	373	145	223
3.	1374	1140										
3.45			600	459	943	824	662	719	103	253	161	113
4.	1270	1042										
4.45			698	524	938	793	654	749	167	382	155	233
5.	1336	1146										
5.35			622	489	904	792	691	729	163	221	99	191
6.	1190	1040										
6.45			688	524	898	803	694	710	162	348	149	234
7.	1260	1132										
8.	1322	1152										
8.05			668	496	927	823	637	818	75	388	207	98
9.	1270	1020										
10.	1420	1177										
10.10			778	622	876	854	601	849	82	508	225	82
10.35			556	503	934	812	817	742	181	167	85	209
11.	1344	1162										
11.05			646	545	955	775	742	763	191	305	123	252
12.	1445	1240										
5日午前 0.30			640	508	955	833	673	859	94	292	168	109
0.47			652	487	896	821	622	862	119	370	153	136
1.	1300	1068										
1.08			565	451	930	832	713	862	112	228	159	126
1.27			752	600	907	870	666	902	138	436	186	156
2.	1340	1193										
2.11			516	481	891	834	750	882	110	225	149	167
2.35			782	590	906	872	693	898	159	304	175	144
3.	1420	1260										
3.30			669	511	832	926	682	949	75	344	245	74
3.50			618	444	866	890	703	923	150	376	169	147
4.	1380	1280										
4.45			606	474	906	852	650	923	84	306	172	91
5.	1320	1180										
5.15			595	448	866	862	653	879	163	405	165	157
6.	1440	1280	528	402	896	897	646	857	121	423	244	119
6.25			566	409	881	876	557	952	85	524	324	107
7.	1212	972										
7.22			526	418	928	883	657	935	85	278	209	90
8.	1240	830										
8.10			554	409	891	842	646	861	168	450	165	176
9.	1300	980	511	428	935	853	634	844	97	271	152	110
10.	1230	900	476	409	866	834	604	723	208	223	77	216
平 均	1313	1118	622	482	909	838	678	822	135	329	164	154



第 13 表 (6月7日測定)

位 置 測定時刻	爐内温度 (°C)				瓦斯蓄熱室 温度 (°C)		空氣蓄熱室 温度 (°C)		瓦斯道温度 (°C)		空氣道温度 (°C)	
	(4)	(3)	(2)	(1)	(5)	(8)	(6)	(7)	(9)	(12)	(10)	(11)
午前 9.30	1120	1080	525	374	945	936	826	976	187	133	107	203
10.	1200	1150	637	467	905	950	712	885	147	277	221	138
10.30	1260	1037	547	388	923	922	635	905	83	343	288	104
11.	1250	1152	645	429	882	963	592	965	79	373	317	78
11.30	1180	970	461	316	945	965	690	864	158	259	201	184
12.	1210	1080	517	355	924	940	601	899	89	289	302	105
午後 0.30	1272	1006	500	330	940	923	564	916	74	373	325	95
1.	1050	860	376	377	922	925	652	864	121	234	160	138
平 均	1213	1068	526	380	923	941	622	909	117	285	240	131

第 14 表 (6月9日測定)

位 置 測定時刻	爐内温度 (°C)				瓦斯蓄熱室 温度 (°C)		空氣蓄熱室 温度 (°C)		瓦斯道温度 (°C)		空氣道温度 (°C)	
	(4)	(3)	(2)	(1)	(5)	(8)	(6)	(7)	(9)	(12)	(10)	(11)
午前 9.30	1300	1100	678	618	919	946	692	770	172	342	189	94
10.	1280	1070	676	622	941	925	735	784	110	401	261	90
10.30	1300	1120	722	641	941	926	603	818	72	433	285	96
11.	1165	1157	617	508	995	939	890	777	228	135	124	463
11.30	1223	1242	778	612	946	976	743	832	159	413	232	614
12.	1260	1280	743	624	876	1000	646	946	82	473	314	642
午後 0.30	1245	1285	689	585	825	1005	651	982	72	474	309	582
1.	1210	1294	639	547	947	940	864	837	282	145	114	582
1.30	1280	1226	649	536	845	984	652	953	93	422	300	204
2.	1280	1290	629	513	875	983	553	967	73	424	315	137
2.30	1210	1260	565	481	915	949	837	908	189	172	142	157
平 均	1250	1211	682	628	911	961	707	870	138	349	244	333

第 15 表 (6月13日~14日測定)

位 置 測定時刻	爐内温度 (°C)				瓦斯蓄熱室 温度 (°C)		空氣蓄熱室 温度 (°C)		瓦斯道温度 (°C)		空氣道温度 (°C)	
	(4)	(3)	(2)	(1)	(5)	(8)	(6)	(7)	(9)	(12)	(10)	(11)
13日 午前 10.	1230	1110	572	410	873	983	746	924	185	140	149	138
10.30			658	480	750	995	631	1015	120	250	322	85
11.	1280	1220	548	398	707	957	608	985	80	250	337	76
11.30			495	376	923	1014	781	868	136	130	127	102
12.	1290	1240	609	441	856	987	731	925	186	154	159	139
午後 0.30			511	423	806	972	637	953	102	248	312	87
1.	1120	1090	519	411	883	872	864	852	172	117	123	137
1.30			474	415	852	946	736	908	141	205	266	88
2.	1210	1200	640	518	794	679	684	666	145	200	241	105
2.30			586	549	753	647	604	674	100	243	308	57
3.	1193	936	552	423	802	927	567	936	81	250	318	50
3.30			511	424	832	901	535	918	60	257	327	75
4.	1160	890	421	312	830	929	649	856	150	170	154	120
4.30			408	309	806	922	684	800	154	130	140	140
5.	1200	950	443	304	823	944	618	825	158	252	195	130
5.30			423	282	815	931	649	769	201	170	107	160
6.	1180	970	411	356	830	920	678	767	225	150	91	180
6.30			395	287	822	926	689	741	195	140	71	189
7.	1190	930	452	302	841	939	637	768	180	259	177	147
7.30			443	301	892	923	575	812	60	300	192	71
8.	1162	932	442	302	895	910	555	811	58	300	307	57
8.30			424	310	742	900	654	745	185	155	114	163
9.	1180	1060	459	380	962	901	740	713	241	80	74	203
9.30			579	524	889	918	631	851	131	291	240	127
10.	1300	1280	699	540	831	932	563	940	85	327	310	63
10.30			568	467	760	931	723	876	110	168	231	90
11.	1270	1140	557	449	848	943	707	799	193	157	96	152
11.30			584	478	760	916	829	749	230	90	71	170
12.	1290	1160	640	490	897	929	658	815	142	264	228	165
14日 午前 0.30			667	502	878	944	600	879	102	285	270	60
1.	1210	1100	531	429	897	907	691	789	202	190	140	120
1.30			558	442	804	910	811	700	162	140	61	175
2.	1325	1270	747	589	878	907	685	886	172	270	93	120
2.30			648	463	887	923	731	887	132	271	241	63
3.	1290	1128	651	469	897	907	601	848	82	271	235	50
3.30			551	419	879	913	690	754	202	150	96	140
4.	1268	1037	531	393	853	907	719	680	242	141	71	185
4.30			531	429	918	810	694	767	204	145	159	161
5.	1232	1150	661	517	789	910	602	832	101	285	231	45
5.30			701	565	861	801	554	909	81	313	262	38
6.	1220	1104	495	441	932	884	771	826	150	130	150	102
6.30			469	535	900	932	607	900	110	310	229	78
7.	1200	1280	564	469	828	805	903	767	192	62	91	139
7.30			715	592	825	885	721	822	180	228	150	118
8.	1304	1176	689	576	825	866	623	842	112	250	215	70
8.30			539	460	948	831	741	744	210	100	97	135
9.	1260	1040	510	427	887	900	781	689	208	141	64	160
9.30			642	536	841	862	664	781	148	221	172	84
10.	1254	1118	750	628	849	885	614	869	95	241	210	60
平 均	1239	1109	558	443	845	922	678	824	150	207	180	113



第 16 表 (6月19日~20日測定)

位 置 測 定 時 刻	爐内温度 (°C)				瓦斯蓄熱室 温度 (°C)		空氣蓄熱室 温度 (°C)		瓦斯道温度 (°C)		空氣道温度 (°C)	
	(4)	(3)	(2)	(1)	(5)	(8)	(6)	(7)	(9)	(12)	(10)	(11)
19日午前 9.30	1263	1276	742	504	814	891	707	913			164	209
10.	1310	1300	899	539	745	935	608	963			238	292
10.30			655	405	815	935	587	923			224	278
11.	1270	1100	587	371	786	946	700	806	74		148	98
11.30			572	366	786	960	625	725	74		120	58
12.	1220	1100	738	468	754	979	673	795	71		160	109
午後 0.30			820	559	684	963	573	931			261	262
1.	1225	990	549	380	698	943	530	900			255	257
1.30			473	363	771	903	804	824			147	155
2.	1193	952	408	245	798	947	749	755			110	68
2.30			682	455	787	929	691	819			144	141
3.	1192	1066	682	505	764	903	596	843	109		208	211
3.30			518	428	810	833	850	742	174		108	114
4.	1223	1123	518	420	864	875	837	682	207		61	58
4.30			655	456	822	862	739	694	179		132	100
5.	1260	1106	678	478	838	842	620	741	122		178	177
5.30			657	439	864	875	685	682	59		105	198
6.	1180	1000	570	428	845	932	695	632	159		114	108
6.30			559	423	804	890	715	604	209		105	58
7.	1310	1200	754	583	795	883	580	748	125		180	151
7.30			588	469	848	917	667	667	148		137	75
8.	1175	1160	544	468	859	822	392	584	211		50	57
8.30			756	613	822	865	703	730	208		177	161
9.	1202	1118	450	470	821	892	792	689	158		140	137
9.30			484	458	862	822	893	596	206		75	57
10.	1200	1118	699	576	837	863	723	724	198		121	120
10.30			479	442	840	819	892	682			112	107
11.	1040	1116	454	437	897	733	831	584	178		45	57
11.30			623	531	742	902	654	885	78		205	198
12.	1246	1238	662	545	692	931	599	934	88		335	238
20日午前 0.30			433	400	918	887	848	990			81	111
1.	1210	1210	537	461	859	839	830	773			80	95
1.30			579	472	810	878	660	877	158		207	222
2.	1180	1040	439	262	792	865	648	832	128		241	281
2.30			448	387	836	941	682	850	138		185	205
3.	1080	970	393	399	948	948	822	705	218		70	70
3.30			590	505	814	932	694	861	188		180	207
4.	1210	1220	549	514	819	834	686	774	208		200	117
4.30			676	534	699	966	582	961			245	286
5.	1150	1100	402	397	979	634	837	754			75	80
5.30			400	405	339	876	568	835	168		53	58
6.	1200	1140	672	560	799	963	693	902	180		200	237
6.30			507	473	776	904	676	902	129		212	238
7.	1117	1188	502	432	851	873	808	788	207		90	93
7.30			641	540	754	896	605	894	119		195	229
8.	1230	1150	518	454	766	874	693	857	99		186	213
8.30			460	457	847	822	878	771	187		79	94
9.	1230	1290	689	579	757	924	626	917	157		190	229
9.30	1180	1020	650	524	719	920	508	952	210		242	267
平 均	1218	1121	582	461	799	894	708	797			155	157

是に依れば爐内温度の平均値は瓦斯燃燒口附近が最も高く爐尻に至るに従ひて低下す、最高温度は大體に於て 1300°C 内外を示し爐尻は先づ 450°C 附近を考ふる事を得、第 14 圖の温度と時間との關係を見るに、時間に對する温度の變化は相當に烈しけれ共大體に於て其の平均値は一定なり、瓦斯及び空氣蓄熱室の温度の變化並に其の平均値は第 12~16 表によりて知られたし。

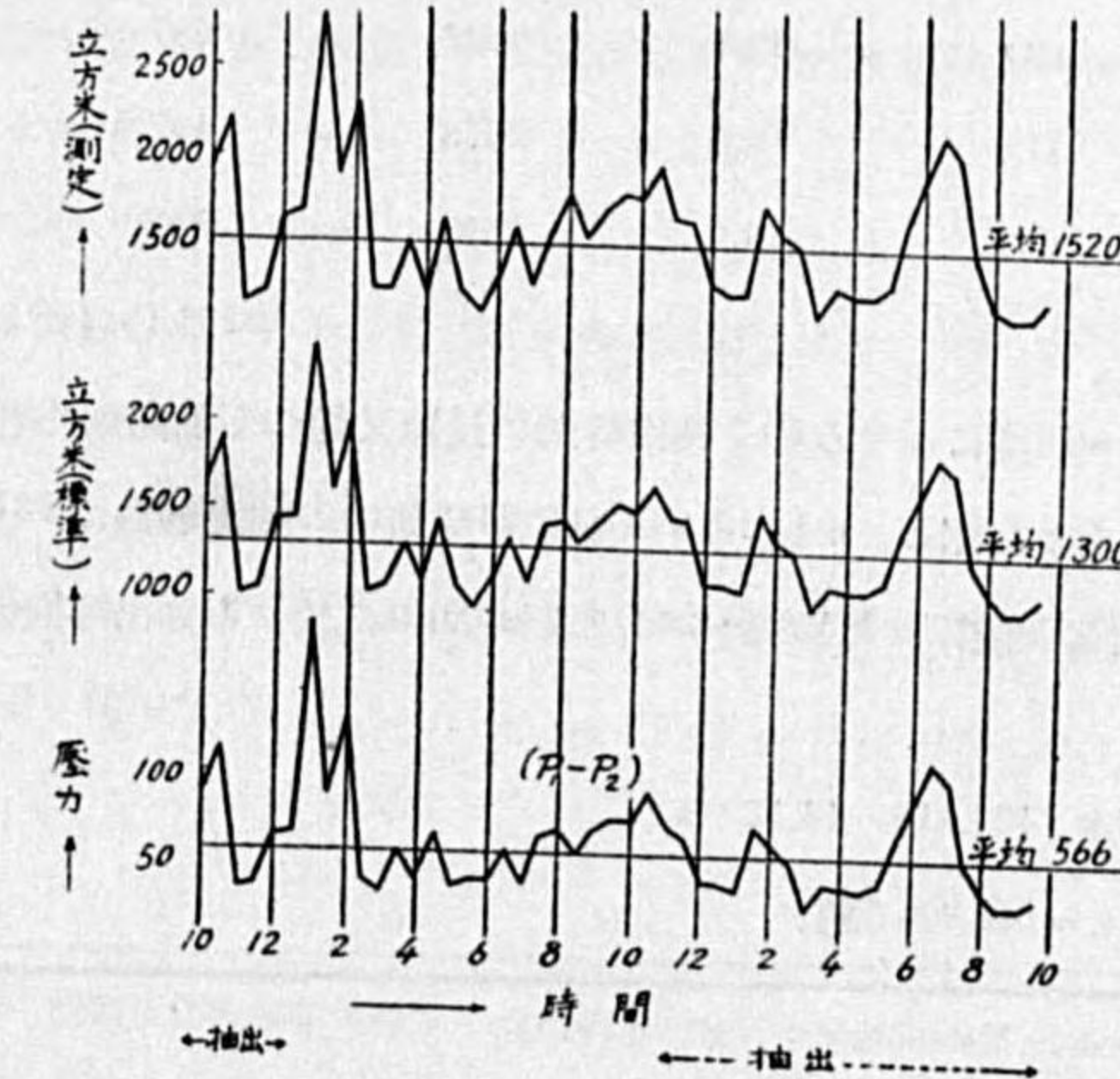
第 3 節 瓦 斯

其 1. 使用瓦斯量

第 12 圖に示せる測定裝置により第 11 圖の位置にオリフイス板を挿入し、其前後に於ける壓力差よりして約二晝夜に亘りて行へる測定結果を第 15~16 圖に示し其間に於ける加熱材抽出の時間をも併せて下部に記入せり。今平均の瓦斯量、温度、壓力を示せば次の如し。

測 定 月 日	測 定 状 況 (毎時立方米)	標 準 状 況 (毎時立方米)	測定位置の瓦斯の 温度 (°C)	測定位置の壓力 (kg)
6月13~14日	1520	1300	43	33
19~20日	2130	1880	38	31
平 均	1825	1590	41	32

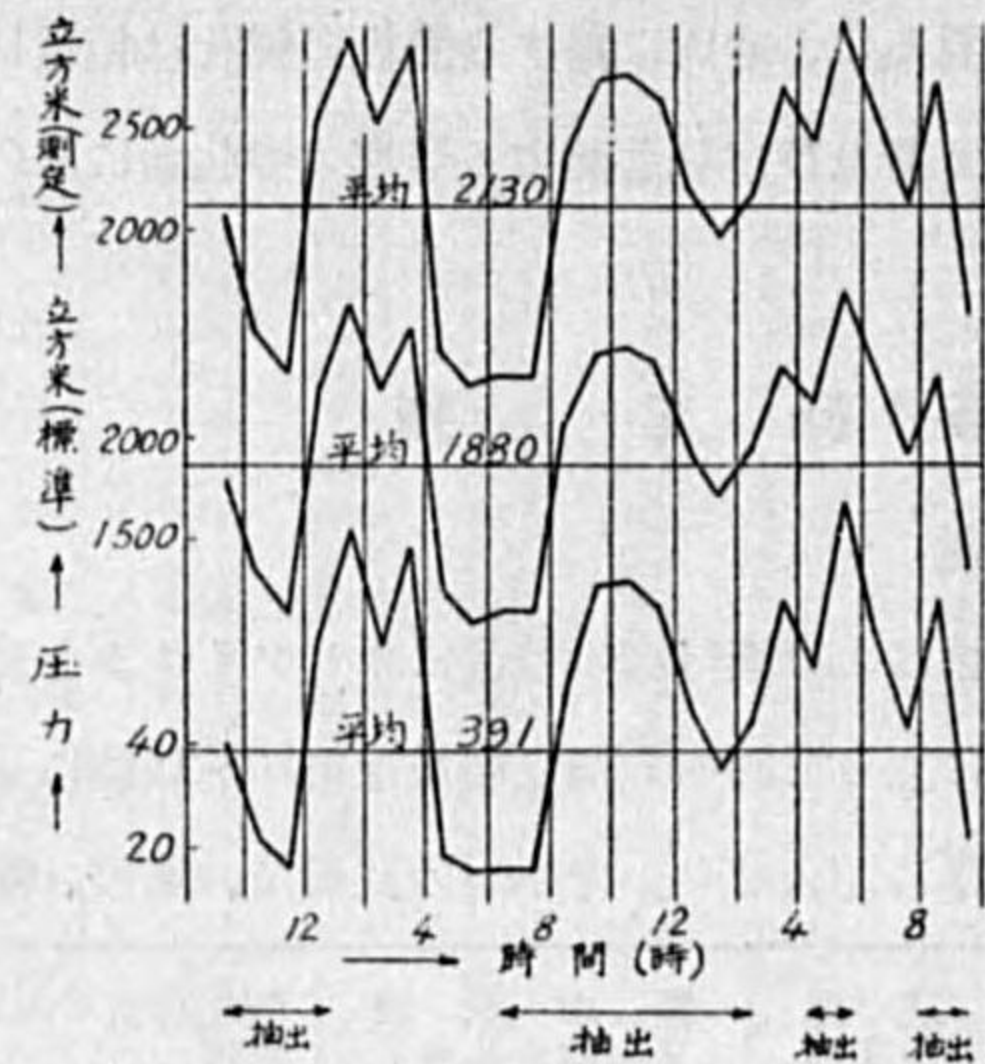
第 15 圖  
使用瓦斯量と時間 (3. 6. 13~14)





第 16 圖

使用瓦斯量と時間 (3.6.19~20)



瓦斯の組成は分析の平均結果 6.6(%)CO<sub>2</sub>、0.4(%)O<sub>2</sub>、1.6(%)C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>、22.4(%)CO、15.6(%)H<sub>2</sub>、9.8(%)CH<sub>4</sub>、43.6(%)N<sub>2</sub> なるを以て、此の1立方メートルの瓦斯が発生し得可き熱量は

vol. (%)	發熱量(カロリー)	
(C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub> )	1.6 × 14480~15387	= 231.6~246.2
CO	22.4 × 3062	= 687
H <sub>2</sub>	15.6 × 2613	= 407.5
CH <sub>4</sub>	9.8 × 8598	= 842.6
合計	2176.1 × 10 <sup>3</sup> カロリー	

一晝夜には第15~16圖に示せる如く抽出時間の長短又従つて加熱鋼片磚數の差によりて通入瓦斯量に相違あるを知る。6月13~14日の24時間中の抽出磚數は131.813磚にして抽出時間は12.9時間なり故に6月19日~20日の24時間中に於ける抽出時間は14.13時間なるを以て

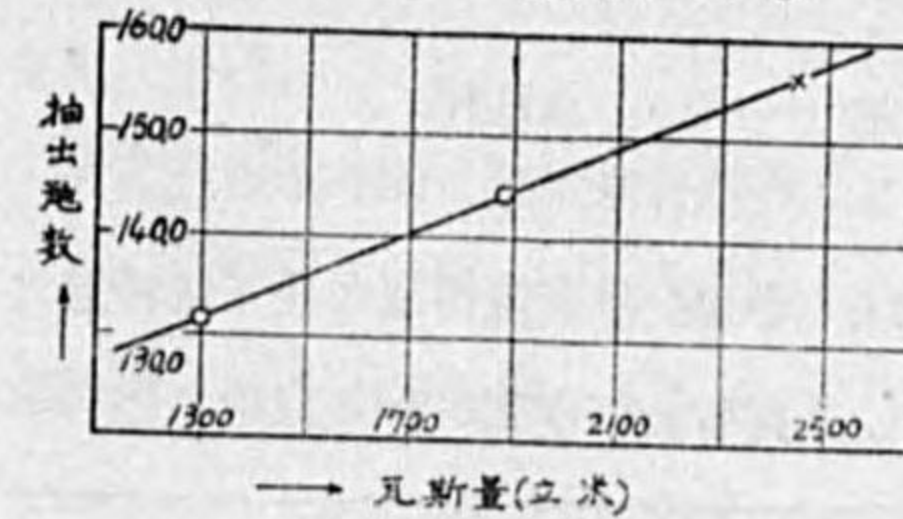
$$12.9 : 131.813 = 14.13 : x$$

$$x = 144.300 \text{ (磚)}$$

(1) Richards, Metallurgical cal., (1918).

抽出時間に比例せしめば144.300磚なる、依て此の磚數と瓦斯量との關係よりして平均1日の抽出磚數を下圖より求むるに、2440立方メートルなる、即ち次に述ぶる1日平均の抽出磚數156.416磚に對しては、平均毎時2440

第 16 圖 の 二  
瓦斯量と抽出磚數



立方メートルの混和瓦斯を使用しつゝありし事に相當す。由て一晝夜には

$$2440 \times 2176.1 \times 24 \times 10^3$$

$$= 127430 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

の熱量を加熱爐内に與へつゝある事なる、此の加熱爐使用の混合瓦斯は高爐並に散炭爐

よりなるものなるを以て其の熱量計算に當りては、如何なる石炭を見做すかによりて種々なる値を得可きなり、依て當所小形工場發生爐使用の石炭に換算すれば如何なる消費石炭當量を得るかを見んます。小形工場使用の石炭は二瀬、田川炭等にして其の發熱量は636<sup>0</sup>カロリー、1磚の發生瓦斯量は2900立方メートル、1立方メートルの發熱量は1246.53 × 10<sup>3</sup>カロリーなり、依て127430 × 10<sup>6</sup>カロリーは、1立方メートルの發熱量1246.53 × 10<sup>3</sup>カロリーなる41°Cの瓦斯幾立方メートルに相當するかを見るに

$$127430 \times 10^6 \div 1263 \times 10^3 = 100900 \text{ (立方メートル)}$$

$$100900 \div 24 = 4204 \text{ (立方メートル)}$$

即ち小形工場發生爐の瓦斯に換算すれば混合瓦斯2440立方メートルは4204立方メートルなり、消費石炭量に換算すれば

$$4204 \div 2900 = 1.450 \text{ (磚)}$$

毎時1.450磚を消費しつゝあり。従つて一晝夜には

$$1.450 \times 24 = 34.800 \text{ (磚)}$$

なる。

混合瓦斯の平均温度は41°Cなるも大体を知るが爲めに此の温度の補正を省略せり、瓦斯量の計算は次式を使用せり。

$$V = K \cdot f \sqrt{2g \frac{h}{r}}$$

(1) 海野 製鐵所研究所研究報告 8(1926), No. 6.



茲に V = 通過瓦斯量……………立米 / 秒  
 K = 流動係數…………… $\frac{d}{D} = 0.32$ に對し……………0.606  
 D = 輸送管の直徑……………米  
 d = オリフイス板の直徑……………米  
 g = 重力の加速度……………9.81米  
 h = オリフイス板によりて生ぜる壓力の差……………水柱耗  
 r = 測定瓦斯の重量……………噸 / 立米

瓦斯の壓力、溫度其他よりして其通過速度を求むるに、測定狀況の下に於て毎秒最大0.756米、最小0.243米其の平均速度は0.413米なり、又瓦斯及び空氣の比重<sup>(1)</sup>は次の如し。

種 類	標 準 狀 況	測 定 狀 況
混 合 瓦 斯	1.0660	0.933
空 氣	1.2927	

其(2). 加熱材噸當りの使用燃料

第二大形工場加熱爐にて加熱せる鋼片噸數の昭和3年4月~8月迄の數値を示せば次の如し。

月 別	3年4月	5月	6月	7月	8月	平 均
噸 數	4750.110	4181.350	3252.940	2557.940	3091.828	3566.833

一ヶ月の操業日數を26日とすれば1日の加熱噸數は

$$3566.833 \div 26 = 156.416 \text{ (噸)}$$

156.416噸となり、噸當りの石炭消費量は

$$34.800 \div 156.416 = 0.223 \text{ (噸)}$$

即ち223 噸なる。此の作業は直送材の爲め相當の時間毎に爐より加熱鋼片が抽出せられたるが故に消費石炭當量は比較的多量なるも、若し連續抽出せらるゝ作業ならんには既に著者の述べたるが如く加熱時間は遙かに短縮せらる可く従て其の消費石炭當量は優に減少すべきなり。

(1) Landolt-Börnstein (1923-1927).

(2) 海野, 鐵と鋼 14 (1928), 750; 製鐵所研究所研究報告 8 (1929), No. 9.

其(1)に述べたる如く爐内に送入せらるゝ混合瓦斯の換算によりて熱塊噸當りの消費石炭當量は變化す可く、若し此の熱量を以て直ちに石炭の發熱量に等しく考ふれば、即ち石炭が爐内にて完全燃焼するものとすれば、實際には噸當り128 噸の石炭當量を得可きも、小形工場加熱爐<sup>(1)</sup>の如く發生爐瓦斯を使用すませば、上記の如く223 噸の石炭當量を得るなり。

次に實作業時間と壓延鋼材噸數とよりして鋼材噸當り何程の石炭當量なるかを見んます、發生爐よりの瓦斯とすれば毎時の石炭消費當量は其(1)よりして1.450 噸なり、又實作業時間は平均14.5時間なるを以て、

$$\frac{1.450 \times 14.5}{156.416} = 0.134 \text{ (噸)}$$

即ち實作業中のみを考ふれば壓延鋼材噸當り134 噸なる。

#### 第 4 節 加熱鋼片の持ち去る熱量及び仕上溫度

鋼片が爐より抽出せらるゝ時の鋼片の溫度並に仕上迄の溫度變化及び經過時間を測定せる結果は第17表の如し。

第 17 表 抽出鋼片の溫度と時間 (3.10.4測定)

抽出鋼片の溫度(°C)	時 間(分・秒)	第一ロール壓延溫度(°C)	時 間(分・秒)	仕上溫度(°C)
1175	0.40	1120	2.50	1055
1173	0.40	1110	2.25	1050
1168	0.40	1080	2.30	1040
1180	0.40	1105	2.20	1055
1192	0.40	1110	2.25	1050
平均 1178	0.40	1105	2.30	1050

1178°Cに於ける1瓦の鋼が有する熱量は<sup>(2)</sup>205 カロリーなり。此の溫度に加熱せらるゝ爲に消費せらるゝ石炭當量は前節其(2)よりして

$$6360 \times 0.223 = 1418.28 \text{ (カロリー)}$$

従て加熱鋼片として持ち去る熱量は其の消費石炭當量に對して

(1) 海野, 前掲

(2) 海野, 前掲



$$(205 \div 1418.28) \times 100 = 14.45 (\%)$$

即ち 14.45% に相當す、去り乍ら若し連続作業の時間より考ふれば應當り 134 疋なるを以て加熱鋼片 1 瓦を得んが爲には

$$6360 \times 0.134 = 852.24 (\text{カロリー})$$

852 カロリー餘を要す、從て

$$(205 \div 852.24) \times 100 = 24.07 (\%)$$

即ち 24% の熱能率なるも直送材の爲めに間隔的に作業をなす結果其の熱能率は減じて 14.45% となれるを知る。次に爐内に供給せらるゝ熱量に對しては其の幾%の熱量を鋼片が持ち去るかを見るに

$$\frac{2440 \times 2176.1 \times 24 \times 10^3}{156.416 \times 10^6} = 814.74 (\text{カロリー})$$

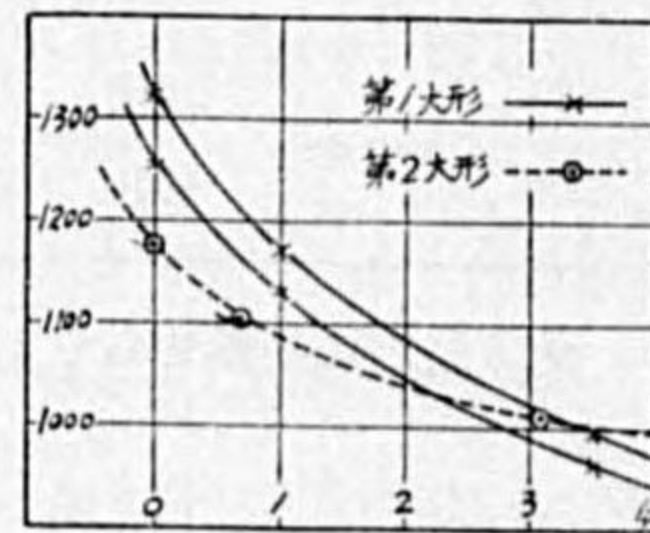
即ち加熱鋼片 1 瓦に對して爐内に於ては 814.74 カロリーの熱を要するが故に

$$(205 \div 814.74) \times 100 = 25.30 (\%)$$

供給熱量の 25.30% を加熱鋼片が持ち去る事なる。此の作業は直送材あるが爲めに斷續的に行はるゝ結果 14.45% の熱能率なるも是加熱爐の全能力に非ず、第 15~16 圖に示す使用瓦斯量と鋼材抽出時間との關係を「鋼片の加熱速度に就て」<sup>(1)</sup> 考慮する時は尙現狀に於ける瓦斯量を以て連續作業を行ひ得可く、斯くして全能力を發揮したらんには幾何の熱能率となるかを見るに、6 月 13 日及び 19 日に於ける抽出時間は 12~14 時間なるが故に、平均として 13.52 時間と考ふれば次の比例式を得、

第 17 圖

鋼材抽出より仕上迄の溫度降下



→ 抽出後経過時間(分)

ん、抽出鋼片が仕上せらるゝ迄に時間と共に如何なる溫度降下をなすかを第 17 圖に示し、

(1) 海野 前 掲

$$13.52 : 24 = 138.000 : x \quad x = 245 (\text{疋})$$

$$\therefore 156.416 : 14.45 = 245 : x \quad x = 22.64 (\%)$$

即ち優に 22.64% の熱能率を得らるゝ計算なる。

又供給熱量に對して考ふれば

$$156.416 : 25.30 = 245 : x \quad x = 39.64 (\%)$$

當工場加熱爐は設計者の記録によれば毎時 15 疋の鋼片を加熱し得るなりと、若し現狀に於て其能力を發揮せんが爲めには更に多量の瓦斯及び空氣を要するなら

第一大形工場の場合と比するに此の場合は高温なるも冷却速度は大なり、第二大形工場にありては比較的低温なるも冷却速度は小なり、是主として鋼片の大小によるものと考へらる。

第 5 節 爐周よりの流出熱量

爐周より流出する熱量を求めん爲に爐長及び第 18 圖に示せる位置につきて測定せる結果を第 18 表に示し、此の關係を表はしたるものは第 18~19 圖なりとす、第 19 圖によりて内部溫度又從て火焰の通路を推測するを得可し。築爐材と其數量とは第 19 表の如し。

第 18 表

加 熱 爐 (瓦斯) 西 側							
出口よりの距離 (米)	2.00	4.50	7.80	9.00	10.00	11.40	13.70
溫 度 (°C)	125	155	130	115	98	79	55

加 熱 爐 (瓦斯) 東 側							
出口よりの距離 (米)	3.20	5.40	7.70	8.90	11.30	13.00	14.20
溫 度 (°C)	93	93	76	80	70	48	40

爐 頂 中 央 線							
出口よりの距離 (米)	0.50	2.50	5.00	7.70	11.40	13.70	
溫 度 (°C)	215	173	172	153	115	111	

出口より 3 米の場所に於ける横断面							
外壁上の位置	1	2	3	4	5	6	7
溫 度 (°C)	136	139	144	178	146	138	112

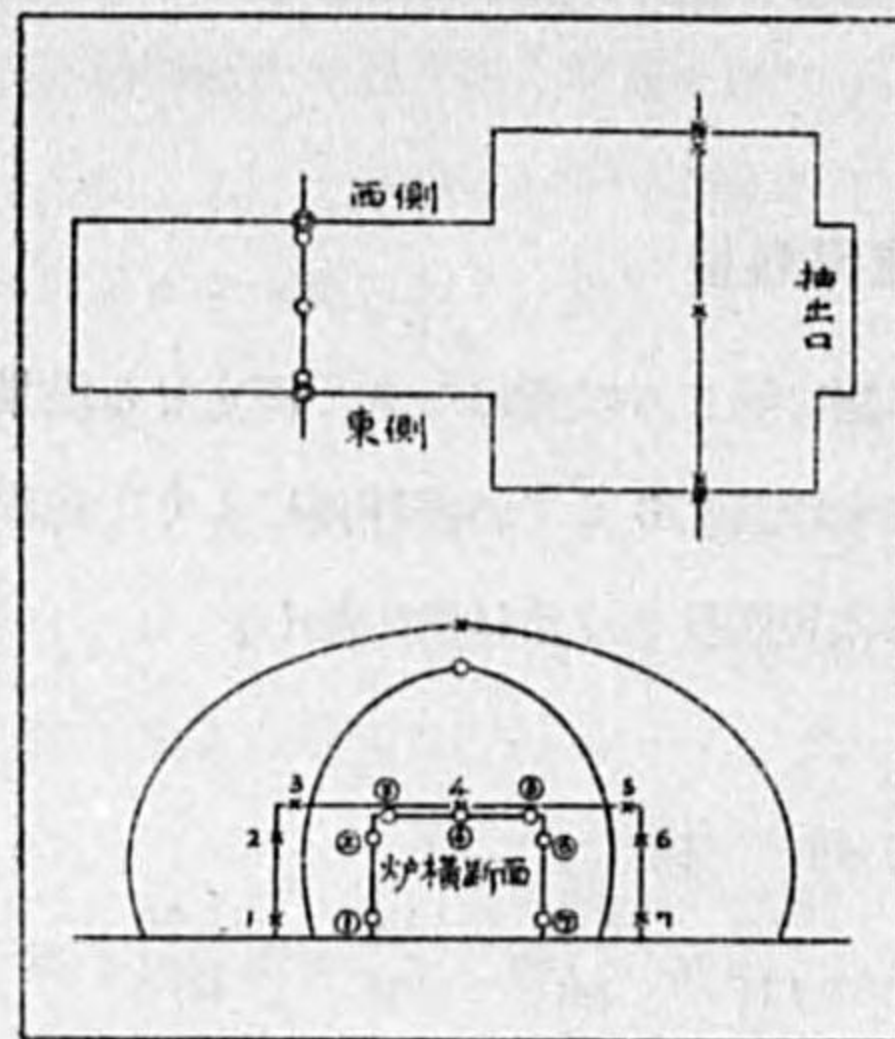
出口より 10.6 米の場所に於ける横断面							
外壁上の位置	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
溫 度 (°C)	58	66	123	146	121	67	60

第 19 表 第二大形工場加熱爐築爐材料

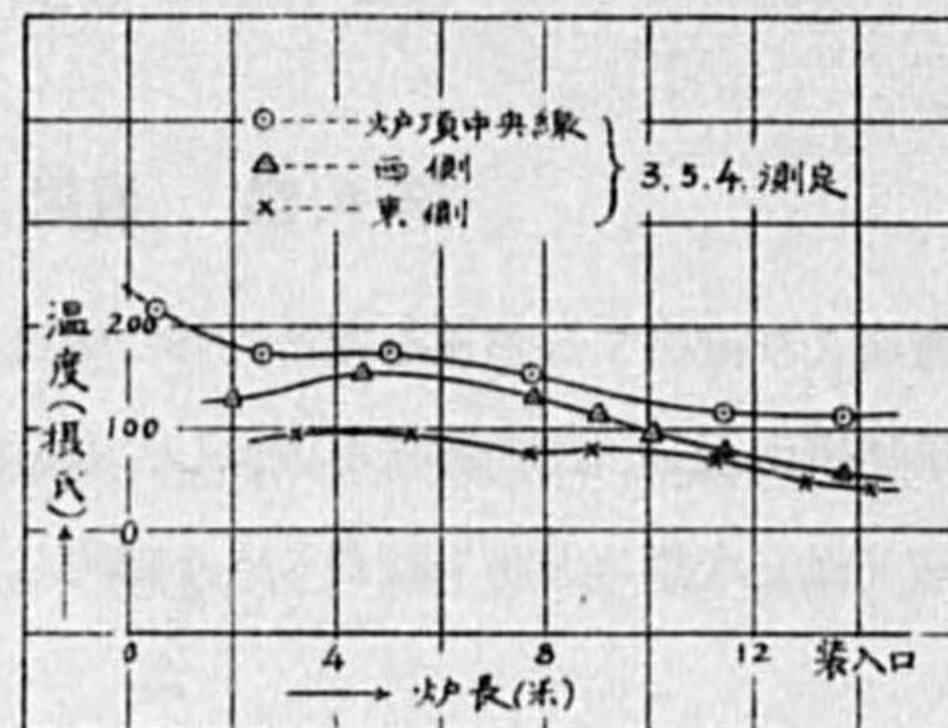
位 置	磁石煉瓦 (疋)	矽石煉瓦 (疋)	シヤモツト煉瓦 (疋)	クローム煉瓦 (疋)	耐火モルタル (噸)	赤煉瓦 (個數)	合 計
天 井			50		6		56
壁 數	35			7	5		47
蓄 熱 室	70	60		13	17		160
變更辨附近	140	160			36	30,000	336
							30,000ヶ
		50			6	10,000	56
							10,000ヶ
計	245	270	50	20	70	40,000	655
							40,000ヶ



第 18 圖  
第二大形加熱爐横断面ニ等温線



第 19 圖  
第二大形工場加熱爐(瓦斯)外壁温度



爐各部の表面積、熱傳導率及び内外に於ける平均の温度等を第20表に示せり。

第 20 表 各部の表面積と温度

各部	大小其他	表面積(平方米)	厚さ(寸)	熱傳導率	内部温度(°C)	外部温度(°C)
爐頂		60	38	$2.8 \times 10^{-3}$	1100	160
爐周		111	35	$2.7 \times 10^{-3}$	1100	120
爐底		60	108	$2.8 \times 10^{-3}$	1050	150
蓄熱室		183.6	20	$2.7 \times 10^{-3}$	800	60

是よりして單位時間に爐頂より流出する熱量 A は

$$A = \frac{2.8 \times 10^{-3} \times (1100 - 160) \times 60 \times 10^4}{38} = 41560 \text{ (カロリー)}$$

同様にして爐周、爐底、蓄熱室よりの分を夫々 B、C、D とすれば

$$B=86180, \quad C=14000, \quad D=126500$$

$$\therefore A+B+C+D=268240 \text{ (カロリー)}$$

單位時間に爐周及び蓄熱室よりの流出熱量は合計 268240 カロリーなり、又毎時爐内に

供給せらるゝ全熱量の單位時間に於ける値は

$$\frac{2440 \times 2176.1 \times 10^3}{60 \times 60} = 1474900 \text{ (カロリー)}$$

$$\therefore (268240 \div 1474900) \times 100 = 18.20 \text{ (\%)}$$

即ち爐内に供給せらるゝ全熱量の18.20%は爐周及び兩蓄熱室より流出する事となり、消費石炭當量に對して考ふれば單位時間には

$$\frac{1450 \times 6360 \times 10}{36} = 25617 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

$$\therefore (268240 \div 2561700) \times 100 = 10.45 \text{ (\%)}$$

10.45%に相當す。

### 第 6 節 蓄熱室によりて回収せらるゝ熱量及び全燃料の配布關係

瓦斯及空氣が蓄熱室を通過する事によりて幾何の熱量を回収しつゝあるかを見んます、通入空氣量は自然の通風なるを以て、爐内温度及び燃燒狀況よりして瓦斯量を殆んき等量なりと推考せん、瓦斯の組成よりして恒壓比熱を求むるに次の如し。

瓦斯の組成	容 積 (%)	一立方米中の重量 (瓦) <sup>(5)</sup>	恒壓比熱 (850°C) <sup>(1)</sup>	熱量(カロリー)
CO <sub>2</sub>	6.6	$66 \times 1.9768 = 130.5$	0.2355	33.6
O <sub>2</sub>	0.4	$4 \times 1.429 = 5.7$ <sup>(2)</sup>	0.2221 <sup>(3)</sup>	1.3
C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	1.6	$16 \times 1.2609 = 20.2$	0.3811 <sup>(4)</sup>	7.7
CO	22.4	$224 \times 1.2504 = 280.0$	0.2538	71.0
H <sub>2</sub>	15.6	$156 \times 0.08987 = 14.0$	3.539	49.4
CH <sub>4</sub>	9.8	$98 \times 0.7168 = 70.3$	1.020	71.8
N <sub>2</sub>	43.6	$436 \times 1.2507 = 545.0$	0.2538	138.3
合 計				370.3

蓄熱室の平均温度は第12~16表より、又裝入瓦斯の平均温度は41°Cなるを以て、1立方米の瓦斯が蓄熱室を通過して回収する熱量は

$$370.3 \times (800 - 41) = 281055 \text{ (カロリー)}$$

又空氣の比重は1.2927にして其の比熱は0.2558<sup>(6)</sup>カロリーなるを以て、1立方米の空氣の温度を1°C上昇せしむるが爲には330.7カロリーの熱を要す。従て1立方米の空氣が蓄熱室を通過して回収する熱量は、

- (1) Partington & Shilling, The Specific heats of gases, (1924), 208.
- (2) P. A. Guye, Chem. News, (1908)
- (3) L. Holborn u. L. Austin Berl. Sitzber. (1905), 175; Wiss. Abh. P-T. R. 4 (1905), 131.
- (4) Harold B. Dixon u. Gilbert Greenwood, Proc. Roy. Soc., (A) 105 (1924), 199
- (5) Landolt-Börnstein 前掲
- (6) L. Holborn u. F. Hennig, Ann. Phys., (4), 18 (1905), 739; 23 (1907), 809.



$$330.7 \times (800 - 20) = 257940 \text{ (カロリー)}$$

自然通風によるが故に使用瓦斯量と等量に見たるも、蓄熱室の構造上、今日迄の實測よりして其の50%が実際に爐内に送入せられ他は漏洩するものとす。第3章第四型鋼工場の場合を考慮する時は此の値を探る事最も適當なるが如し、依て空気が熱せられたる爲に爐内に送入する熱量は

$$257940 \div 2 = 128970 \text{ (カロリー)}$$

故に瓦斯及び空気が蓄熱室通過によりて與へらるゝ熱量は、供給瓦斯1立方メートルに對して

$$281055 + 128970 = 410025 \text{ (カロリー)}$$

$$\therefore (410025 \div 2176100) \times 100 = 18.85 \text{ (\%)} \quad \dots$$

18.85%なる、去り乍ら若し使用瓦斯を發生爐より得るものとすれば、即ち石炭消費當量よりする時は

$$(410025 \div 3827700) \times 100 = 10.74 \text{ (\%)} \quad \dots$$

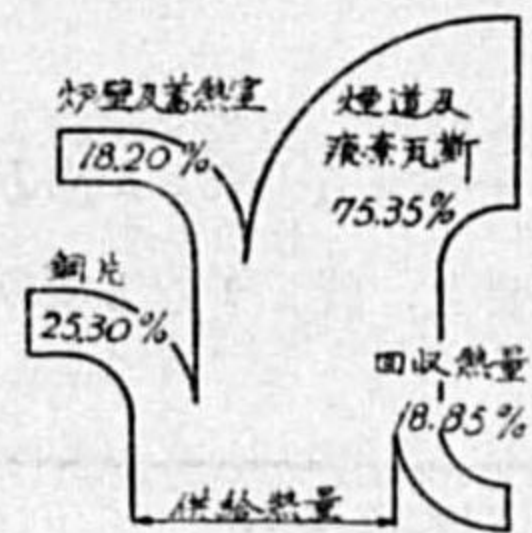
10.74%なる、以上兩様に計算せる結果を總合すれば第26表の如くなる。

第 26 表 熱 量 配 布

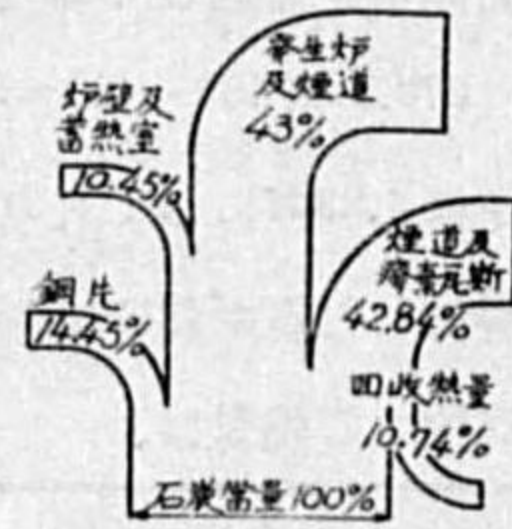
種 類	鋼 片	爐 壁 及 び 蓄 熱 室	蓄 熱 室 に よ る 回 收 熱 量	煙 道 及 び 廢 棄 瓦 斯	發 生 爐 及 び 煙 道
供給熱量に對する %	25.30	18.20	18.85	75.35	
消費石炭當量に對する %	14.45	10.45	10.74	42.84	43

供給熱量及び消費石炭當量に對する各%を夫々第 20~21 圖に示せり。

第 20 圖  
供給熱量に對する百分率



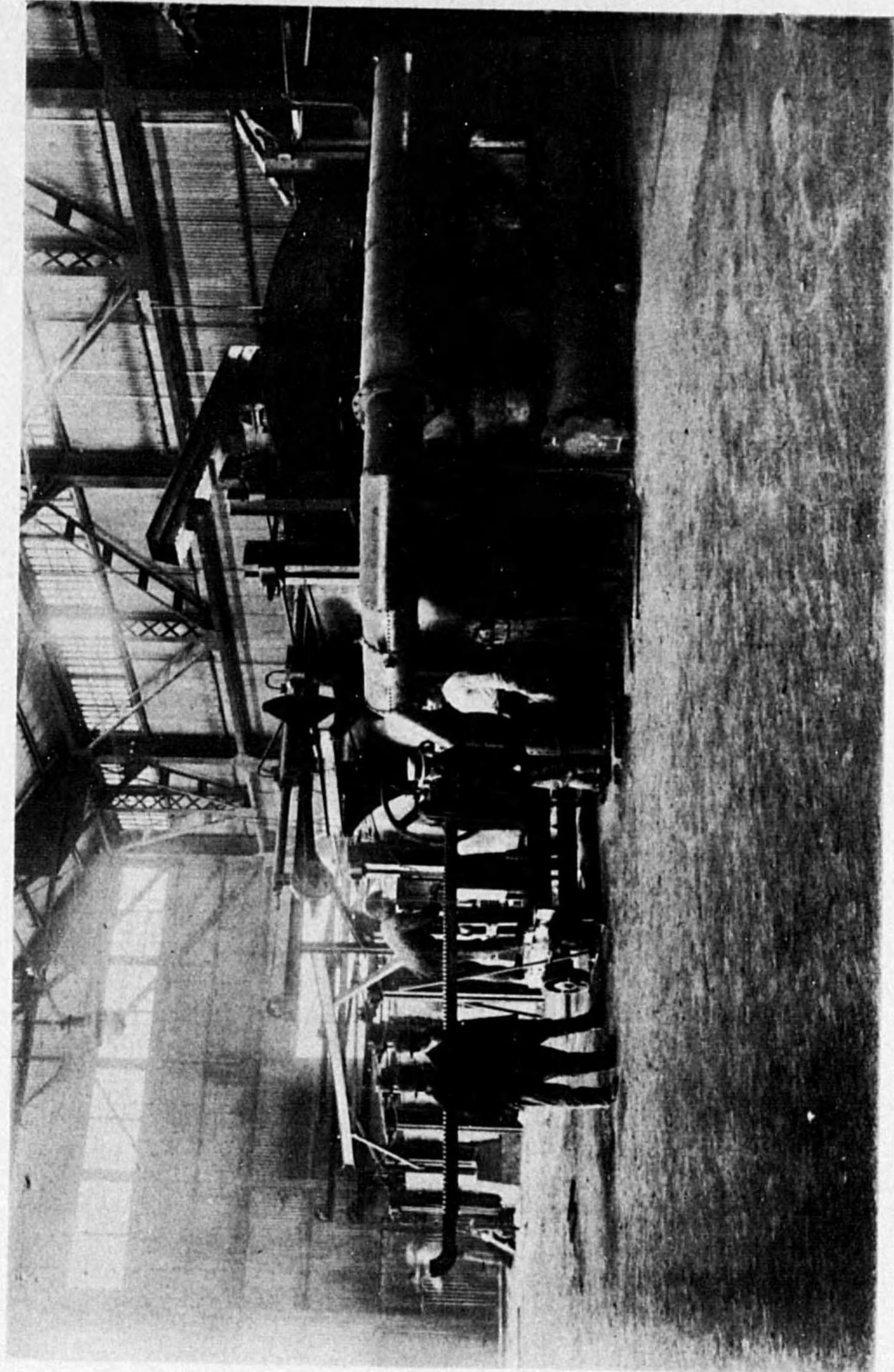
第 21 圖  
石炭當量に對する百分率



第 7 節 結 論

1. 測定當時に於ける毎時の使用瓦斯量は 1520~2130 立方メートル、平均 1590 立方メートルにし

第 22 圖 第四型鋼工場加熱爐





て温度及び水柱壓は夫々  $41^{\circ}\text{C}$ 、 $32$  耗なるも (15~16圖)、瓦斯對抽出噸數の平均より求むれば毎時の平均として  $2440$  立方メートルの瓦斯を使用しつゝあり。

2. 爐内部約  $14$  米にして焚口の最高は  $1220\sim 1320^{\circ}\text{C}$ 、又爐底は  $380\sim 680^{\circ}\text{C}$  に及ぶ(第13~14圖)。

3. 測定當時の毎時平均  $1590$  立方メートルの混合瓦斯を、二瀬、田川炭を使用する發生爐瓦斯に換算すれば毎時  $2776$  立方メートルとなり、其石炭當量は  $0.957$  噸なるも平均としては  $2440$  立方メートルなるが故に、 $4204$  立方メートルの發生爐瓦斯に相當し、 $1.450$  噸の石炭當量となる。

4. 混合瓦斯の測定状況及び標準状況下に於ける比重は夫々  $0.933$  及び  $1.0660$  にして、空氣は標準状況下に於て  $1.2927$  なり。

5. 加熱鋼片噸當り  $134$  疋なるも直送材の爲め瓦斯を通過しつゝ作業を行はざる時間存する爲め全体として考ふれば噸當り  $223$  疋となる。

6. 抽出鋼片の平均温度は  $1178^{\circ}\text{C}$  仕上温度は  $1050^{\circ}\text{C}$  此の間の時間は  $3$  分  $10$  秒にして  $128^{\circ}\text{C}$  の温度降下あり (第17表)。

7. 直送材なく連続使用の際は其熱能率  $22.64\%$  なるも、直送材あるが爲め  $14.45\%$  の熱能率なり。

8. 爐内に供給せらるゝ熱量に對しては直送材を考慮すれば  $25.30\%$  の熱能率となり、直送材なく連続使用すれば  $39.64\%$  の熱能率となる。

9. 爐壁の温度は爐頂部最も高く平均として  $160^{\circ}\text{C}$ 、爐周は  $120^{\circ}\text{C}$  内外 (第19圖) にして爐の形狀に従つて等温線は分布す (第18圖)。

10. 爐壁よりの流出熱量は爐内供給熱量の  $18.20\%$  にして消費石炭當量に對しては  $10.45\%$  となる (第20~21圖)。

11. 蓄熱室によりて回収せらるゝ熱量は供給熱量に對し  $18.85\%$  にして消費石炭當量に對しては  $10.74\%$  なり (第20~21圖)。

12. 煙道及び廢棄瓦斯が持ち去る熱量は供給熱量の約  $75.35\%$  なり。

13. 煙道及び廢棄瓦斯は消費石炭當量に對しては約  $42.84\%$  なり。

14. 加熱噸數と瓦斯量との關係は前圖に示せるものが果して最少の瓦斯量なるかは特に注意を要す可し、<sup>(1)</sup>

(1) 海野 製鐵所研究所研究報告 8 (1929), No. 9.

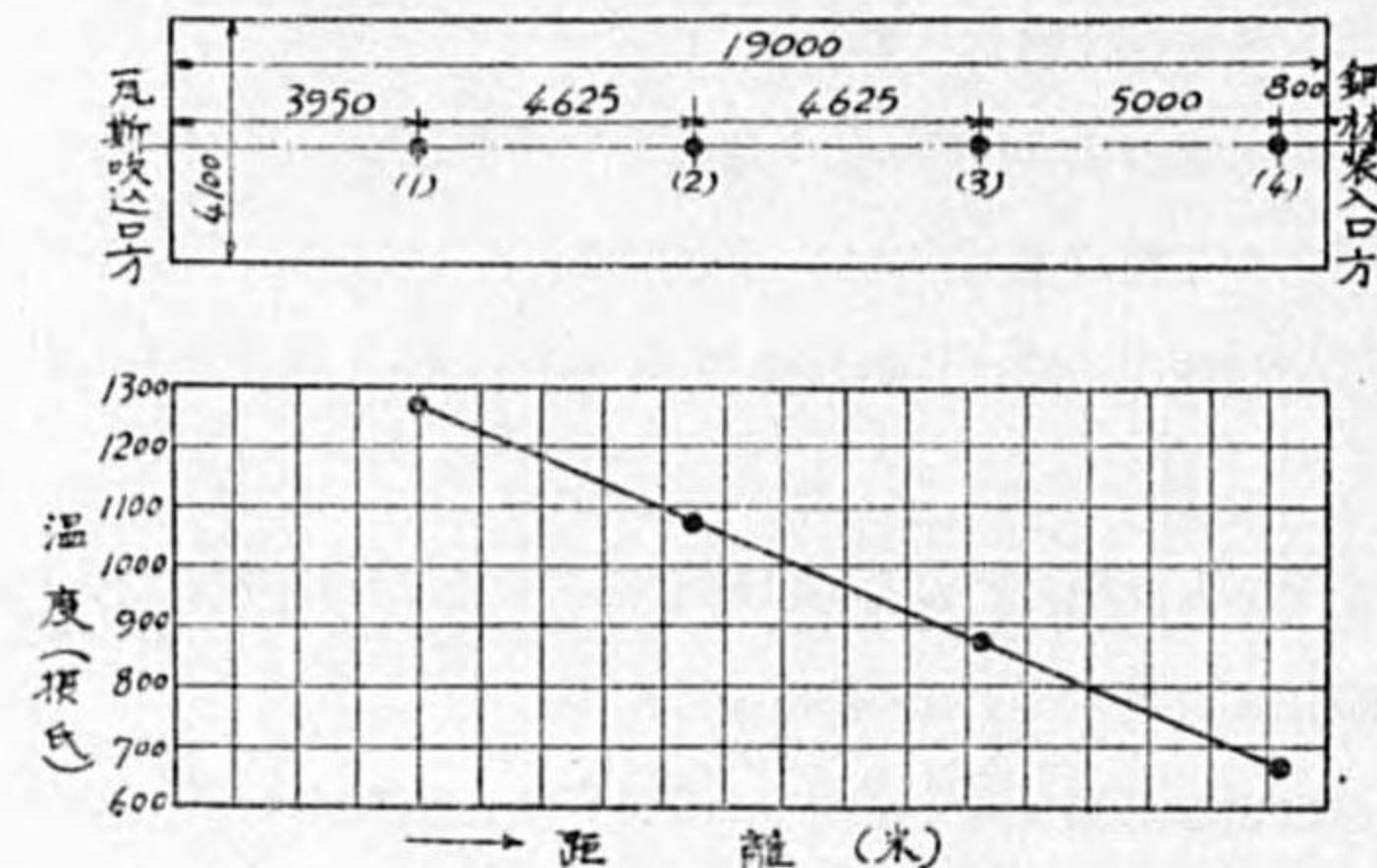


### 第 4 章 第四型鋼工場加熱爐 (瓦斯)

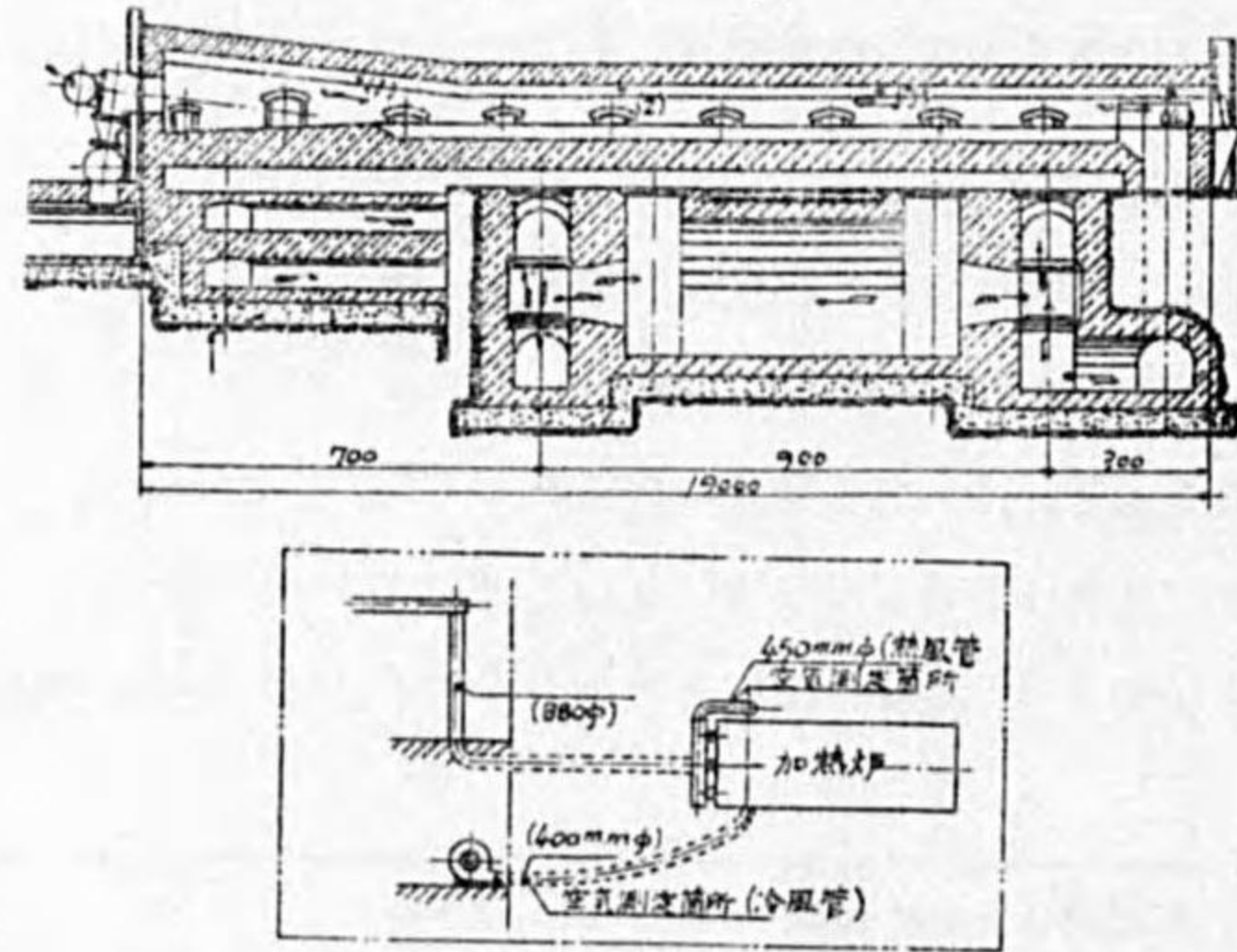
#### 第 1 節 測定状況と其の結果

昭和 4 年 2 月 26 日正午より 27 日午前 10 時迄及び 3 月 7 日午前 11 時半より同日午後 3 時迄  
 第 22 圖に示せる加熱爐に就き、爐内温度及び使用瓦斯量等を測定せり、温度及び瓦斯量の  
 測定は第二大形工場加熱爐の場合と全く同様なり、此の外熱風にありては蓄熱室を通過せ  
 る空氣が爐に送入せらるゝ直前に於て又廢棄瓦斯の温度は煙突直下より約 3 米の距離に在  
 るダンパーの所に於て行へり、尙送入せらるゝ空氣量中其の幾何が熱風となりて爐内に送

第 23 圖  
 西八幡工場第四型鋼工場加熱爐温度測定ヶ所並に平均温度曲線



第 24 圖



入せられつゝあるかをも併せて測定せり。爐の外観及び測定的位置を第 22~24 圖に示せ  
 り、而して空氣の温度を以て第 22 表に示せるは外氣の温度なりとす。

第 22 表

西八幡工場第四型鋼工場加熱爐並に煙道、熱風、瓦斯、空氣測定温度表  
 (平均温度は作業時間中測定せる温度のみをとりて平均せり) 測定日時(四年二月二十六日正午より  
 " 二十七日午前十時まで)

時 間	(1)	(2)	(3)	(4)	煙 道	熱 風	瓦 斯	空 氣
12	1275	1005	802	410	192	212	478	11
" 30	1286	1036	874	472	193	200	466	"
1	1282	1057	861	534	"	210	"	"
" 30	1288	1027	830	429	192	224	474	"
2	"	990	706	424	168	194	475	"
" 30	1297	1000	736	435	163	191	481	"
3	1293	977	785	487	174	181	462	"
" 30	1250	993	786	468	"	169	460	"
4	1262	942	744	418	183	158	464	"
" 30	1257	980	800	481	172	221	459	"
5	1115	860	686	364	128	141	313	"
" 30	916	772	610	421	85	122	"	"
6	907	753	600	409	"	130	"	"
7	770	710	550	367	"	"	"	"
8	820	720	527	337	"	"	"	"
9	"	780	671	431	151	185	238	"
10	975	855	723	511	165	184	243	"
11	1035	880	748	532	136	190	280	"
12	1054	917	747	517	137	187	220	10
1	1040	910	745	510	136	185	215	"
2	1050	965	767	517	"	187	220	"
3	1130	1000	821	587	167	200	227	9
4	1202	1080	909	666	195	199	235	"
5	1234	1115	980	750	193	205	288	"
6	1220	1090	943	715	"	218	259	"
7	1285	1150	984	759	"	210	261	"
" 30	1260	1142	985	695	211	200	272	"
8	1252	1150	886	667	240	237	296	"
" 30	1285	"	989	697	253	227	332	11
9	1230	1120	909	638	225	239	357	"
" 30	1250	1130	940	637	253	"	369	"
10	1260	1170	974	663	268	"	402	"
平均温度	1275	1073	880	668				

第 23 表

西八幡工場第四型鋼工場加熱爐温度測定表  
 測定日時(四年三月七日午前十一時半より  
 " 全 日 午後三時まで)

時 間	(1)	(2)	(3)	(4)	煙 道	熱 風	瓦 斯	空 氣
11.30	1196	878	665	360	178	186	424	12
12	1120	850	620	397	170	180	409	"
" 30	1200	890	660	405	181	172	408	"
1	1174	830	635	294	170	165	416	"
" 30	1220	900	658	354	174	160	434	"
2	1190	865	677	310	168	151	435	"
" 30	1205	900	710	460	181	144	524	"
3	1250	943	815	596	197	193	533	"
平均温度	1182	885	683	397	177	169	418	12



第 24 表 (外壁の温度)

爐	頂	爐壁南	爐壁北
1			
2	160	162	194
3		98	175
4		105	165
5		114	110
6	121	154	91
7		145	55
		130	60
			全平均
			129

第25表 (加熱鋼片の温度)

回数	爐出	第一ロール	仕上
	°C	°C	°C
1	1190	1165	1010
2	1180	1140	1030
3	1200	1160	1016
平均	1190	1155	1018

第 26 表

	(瓦斯分析)		
	CO <sub>2</sub>	O	CO
瓦斯	4.8	0.2	23.2
瘴氣	13.4	0.4	0.4

爐内及び其他の温度測定値を第22~25表に又爐の末端より採集せる瓦斯の分析表を使用前の分析と共に第26表に示し、尙空氣漏洩量を知らんが爲に3月7日の操業中に行へる測定の結果を第27表に示せり。

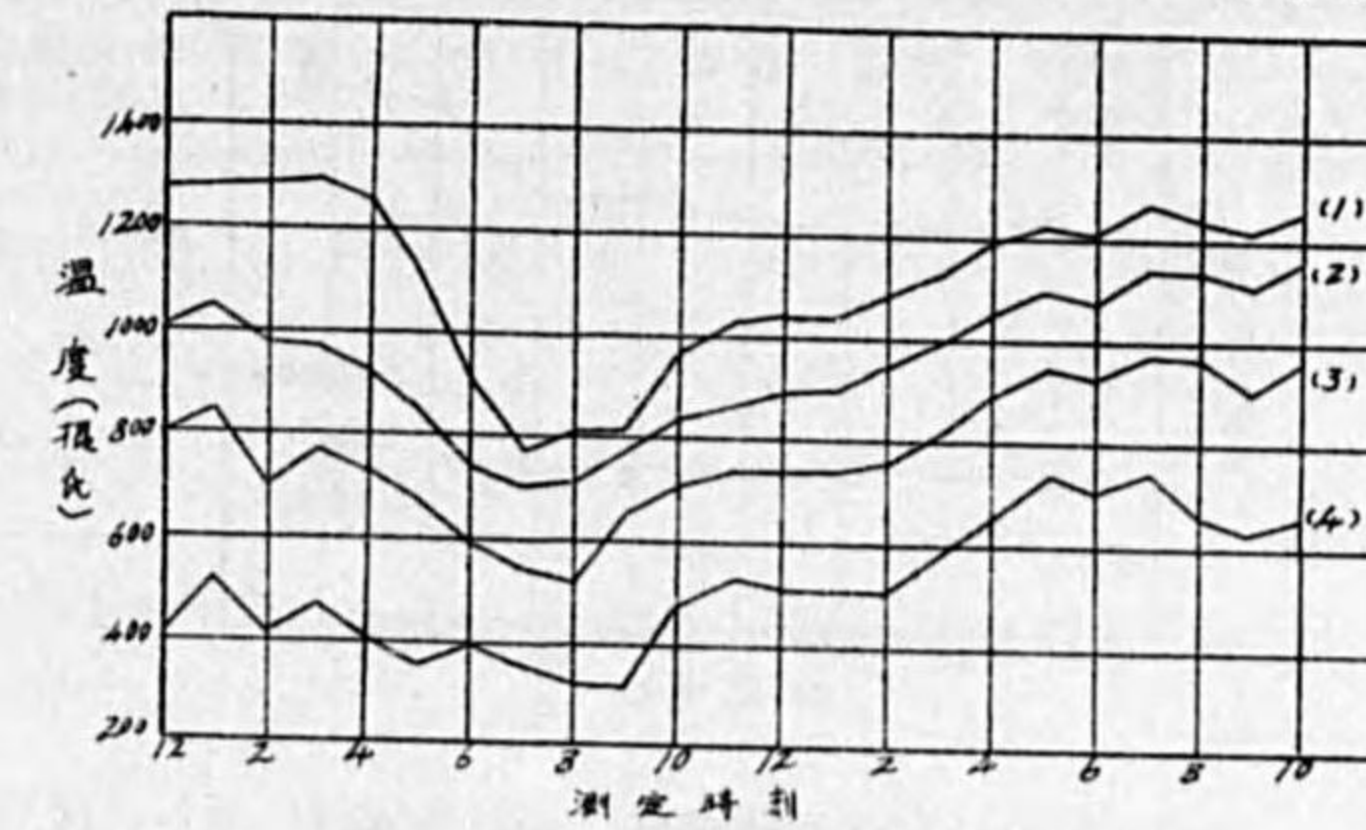
第 27 表 (空氣漏洩量)

種類	空氣量(常温)	%	内外の壓力差(水柱)
全送风量	4630 <sup>立米</sup>	100	10
熱風	2100	45.4	4
其差	2530	54.6	

即ち空氣の漏洩量は54.6%にして、其の過半量は他へ漏れつゝある事を知る。以上の結果を第25~28圖に示せり。爐内各部の平均温度と爐長との關係は第28圖に示せり。

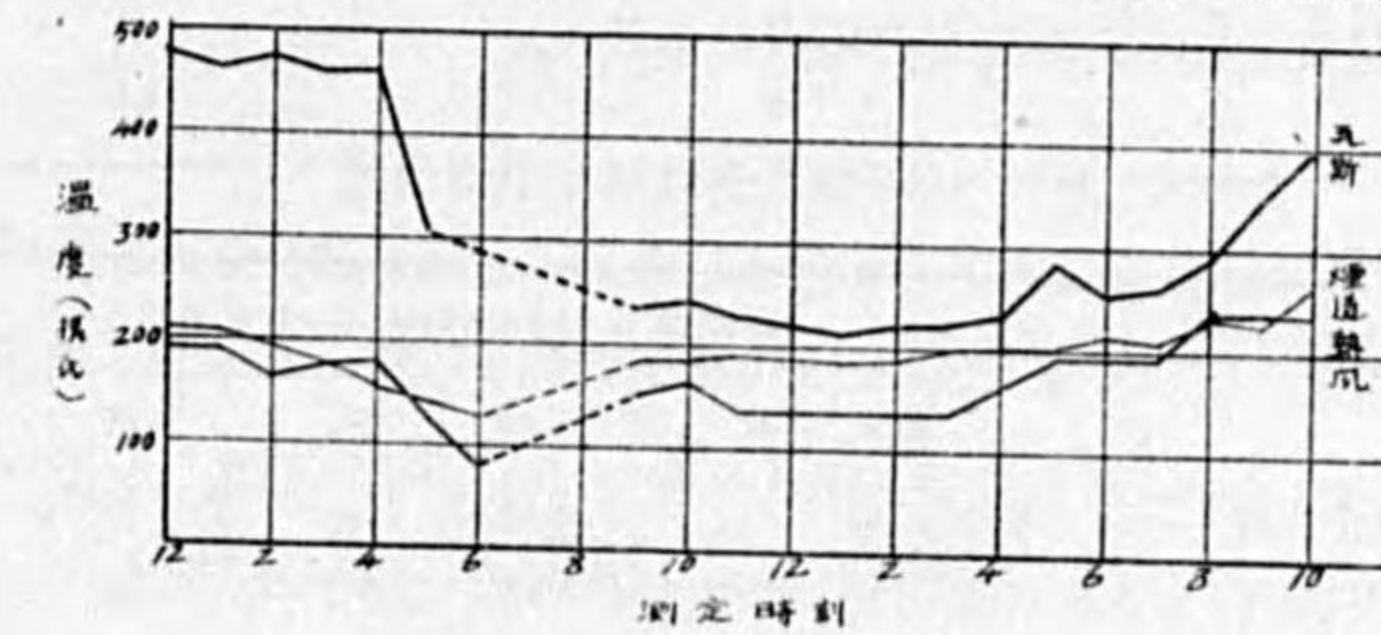
第25圖 西八幡工場第四型鋼工場加熱爐温度測定曲線

測定日時(四年二月廿六日正午より)  
" "廿七日前十時迄)



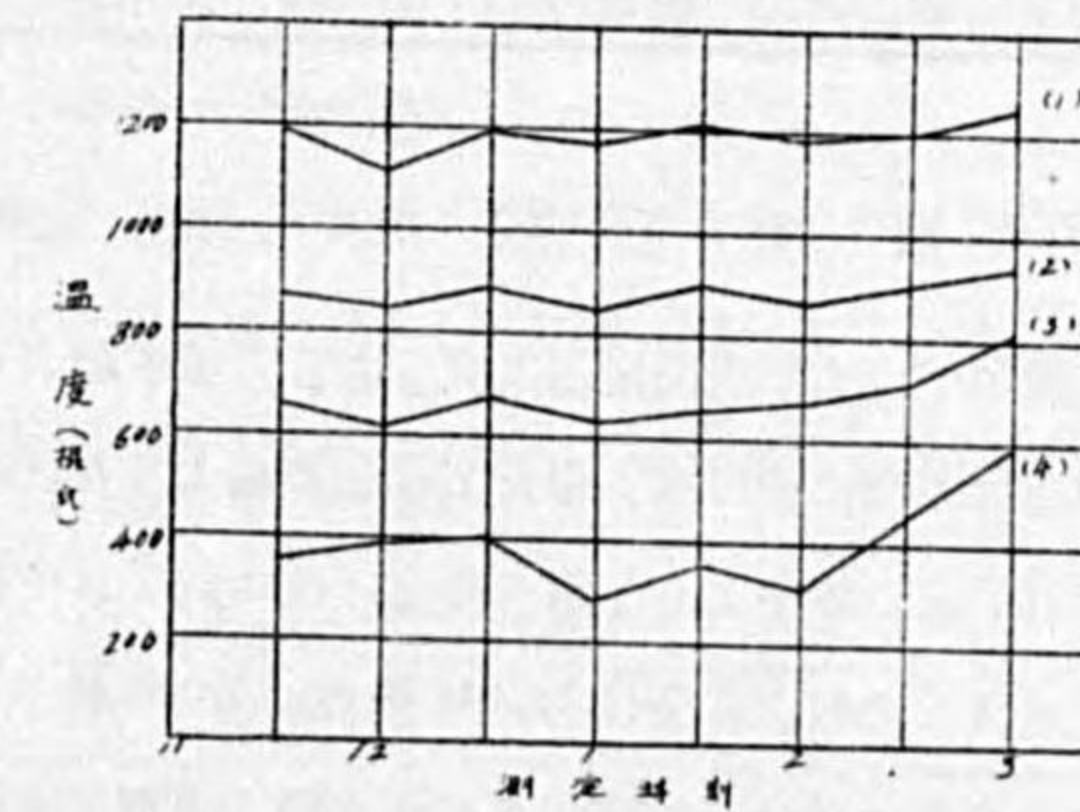
第26圖 西八幡工場第四型鋼工場加熱爐煙道、熱風、瓦斯、空氣温度測定曲線

測定日時(四年二月廿六日正午より)  
同 廿七日前十時迄)



第27圖 西八幡工場第四型鋼工場加熱爐温度測定曲線

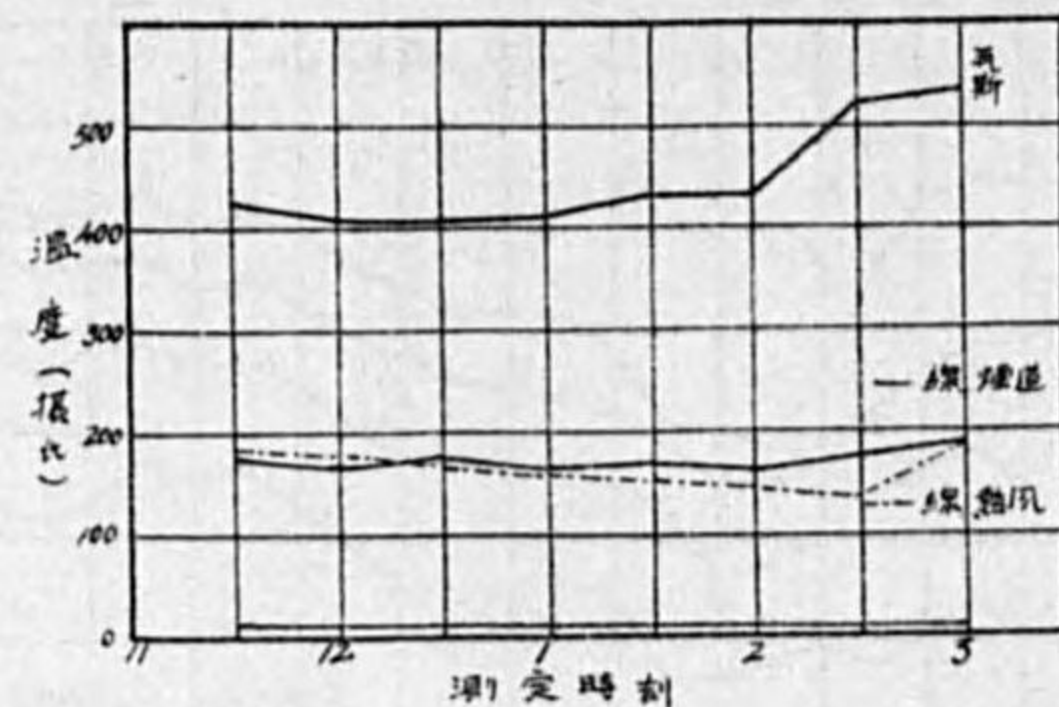
(四年三月七日午前十一時半より)  
同 日午後三時まで)





第28圖 西八幡工場第四型鋼工場加熱爐瓦斯、煙道、熱風、空氣溫度測定曲線

{四年三月七日午前十一時半より}  
午後三時まで



是等の結果に據りて爐内温度の分布は瓦斯燃燒口より排氣口に至るに従つて其の温度は降下し最高温度は 1350°C 附近なるを曲線の延長よりして推知する事を得可く(第28圖)、又午後4時以後は作業休止の爲めに瓦斯送入量減少する結果第25圖の如き温度降下を見る、使用瓦斯量及び空氣量並に平均温度を第28表に示せり。

第 28 表 瓦斯及び空氣量並平均温度

月 日	操業中(標準狀況、毎時立方米)				操業休止(標準狀況、毎時立方米)				比 瓦斯:空氣
	瓦 斯		空 氣		瓦 斯		空 氣		
	量	測定當時温度(°C)	量	測定當時温度(°C)	量	測定當時温度(°C)	量	測定當時温度(°C)	
2. 26	1680	300	1920	200	1330	239	1800	184	1: 1.14 及び 1: 1.35
2. 27	1630	464	2050						1: 1.26
平 均	1655	382	1985	200	1330	239	1800	184	1: 1.20 1: 1.35

第 2 節 操 業 状 況

發生爐使用の石炭は二瀬炭を主とし鯉田炭之に次ぐ而して發生爐よりの瓦斯は2月26日正午12時より27日午前10時迄の間に於ては、中板工場加熱爐1基及び第四型鋼の兩爐に送入せられたり。又3月7日午前11時半より午後3時迄の間に於ては中板工場の加熱爐2基及び第四型鋼の加熱爐に送入せられ、前者は 19,148 後者は 7,000 噸の石炭を消費せり。今第四型鋼工場加熱爐が實作業中に於ける毎時の瓦斯使用量を第28表よりして1655立方米と

すれば第四型鋼工場加熱爐の操業狀況は第29表の如くなる。

第 29 表 操 業 状 況

月 日	加熱鋼片の 大 小 (噸)	其 の 重 量 (噸)	毎 時 の 出 鋼 材 噸 數	瓦斯量(時/ 空氣量) / 立米	尠當り石炭 當 量 (噸)
2. 26	13×13 ×30 ×27	350~380	8.480	1680 1920	0.068
2. 27	同 上	同 上	8.600	1630 2050	0.065
3. 7	同 上	同 上	5.833		

又2月27日及び3月7日に於ける實作業中の温度測定結果の平均を第30表に就きてみるに、

第 30 表 平均温度°C

種 類 月 日	(1)	(4)	煙 道	熱 風	瓦 斯	空 氣
2. 27	1275	668	230	220	469	10
3. 7	1182	397	177	169	418	12

使用瓦斯量を測定せざりし3月7日にありては各部の温度は2月27日に於ける値よりも大体に於て低温なるを知る、通入瓦斯の温度の差は21°Cなるに(1)及び(4)に於ける兩日の温度の差は夫々に93及び271°Cなり、是通入瓦斯量の少き爲にして、即ち發生爐に於ける燃料消費の狀況に據るの外中板工場加熱爐の使用數に依りても、自ら影響せらるゝ結果なる可し。今中板工場に於ける操業中並に休止中に於ける使用瓦斯量は判明せざるを以て、兩工場操業中に於ける瓦斯量を考ふるに石炭1噸の發生瓦斯量<sup>(1)</sup>を2900立方米とすれば2月26日~27日に於ける操業中の第四型鋼工場加熱爐の消費石炭當量は第28表よりして毎時

$$1655 \div 2900 = 0.570 \text{ (噸)}$$

即ち0.570噸の消費量なる、從て2月26日正午より27日午前10時迄の間に於て幾何の燃料が中板工場の1基の燒鈍爐に送られたるかを考ふるに、先づ第25圖よりして22時間中12時間は保温して瓦斯を通入し残りの10時間は操業中に於けると同様の瓦斯通入状態なり、依て

$$0.570 \times 10 + \left( \frac{1330}{2900} \times 12 \right) = 11.196 \text{ (噸)}$$

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告 8 (1928), No. 6.



即ち中板工場へ使用せられたる燃料は

$$19.148 - 11.196 = 7.952 \text{ (噸)}$$

此間に於ける作業時間は前後8時間なるも、作業の前後に於ける瓦斯通入時を考慮するときは約10時間と見る事を得、依て作業中に於ける毎時の消費石炭量は

$$7.952 \div 10 = 0.795 \text{ (噸)}$$

故に使用瓦斯量は

$$0.795 \times 2900 = 2306 \text{ 立方米}$$

即ち中板工場に於ては焼鈍爐1基が作業中に使用する瓦斯量は、標準状況の下に於ては毎時約2306立方米なる可し、是よりして3月7日に於ける操業状況を見るに作業時間は3.5時間にして、其の間の消費石炭量は7噸なり、依て毎時

$$7 \div 3.5 = 2.000 \text{ (噸)}$$

2噸の割合なり、故に中板工場焼鈍爐2基の分を差引く時は

$$0.795 \times 2 = 1.590 \text{ (噸)}$$

$$2.000 - 1.590 = 0.410 \text{ (噸)}$$

即ち第四型鋼工場加熱爐毎時の消費石炭量は0.410噸なる、瓦斯量に換算すれば

$$2900 \times 0.410 = 1189 \text{ (立方米)}$$

1189立方米となり、從て第30表の如き各部の溫度差を生ぜしものなるべし。依て是より計算すれば第四型鋼工場加熱爐にありては、加熱鋼片噸當り

$$0.410 \div 5.833 = 0.070 \text{ (噸)}$$

70噸の石炭消費量となり第29表に示せる噸當り65~68噸と相似たる値を得。次で中板工場焼鈍爐が中板の焼鈍噸當り何程の石炭を消費しつゝあるかを算出せん。作業始めに消費する燃料を考慮せずして、單に作業中に於ける毎時の消費量のみを考ふるときは、前の計算によりて

$$7.952 \div 10 = 0.795 \text{ (噸)}$$

然るに同時間内に於ける抽出噸数は34.620噸なり、從て毎時

$$34.620 \div 8 = 4.328 \text{ (噸)}$$

を抽出しつゝある事なる、依つて焼鈍噸當り

$$0.795 \div 4.328 = 0.183 \text{ (噸)}$$

183 噸の石炭消費量なる、若し豫熱する爲に使用せらるゝ燃料をも考ふれば

$$7.952 \div 8 = 0.994 \text{ (噸)}$$

從て

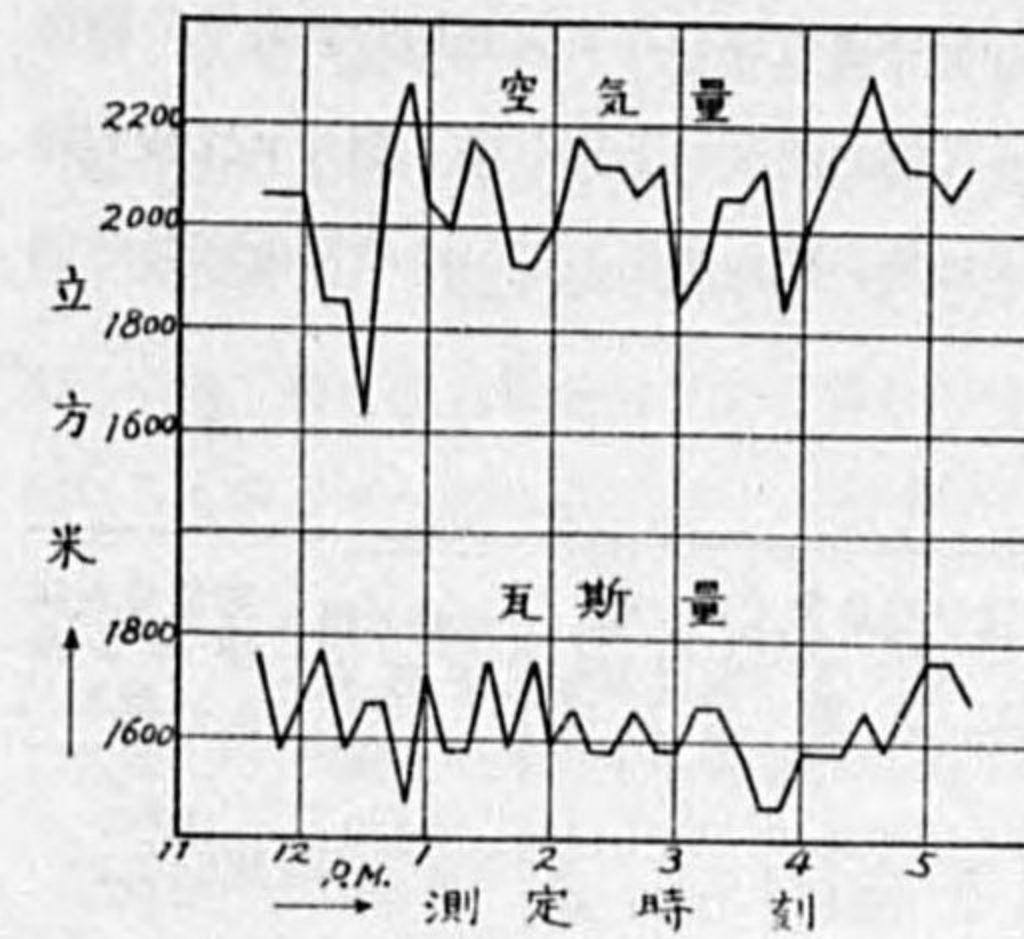
$$0.994 \div 4.328 = 0.230 \text{ (噸)}$$

燒鈍噸當り230 噸の石炭消費量なる、即ち中板工場焼鈍爐に於ては中板燒鈍噸當り183 噸の石炭消費量なり、作業前後に於ける瓦斯通入を考慮する時は噸當り230 噸の石炭消費量なる。

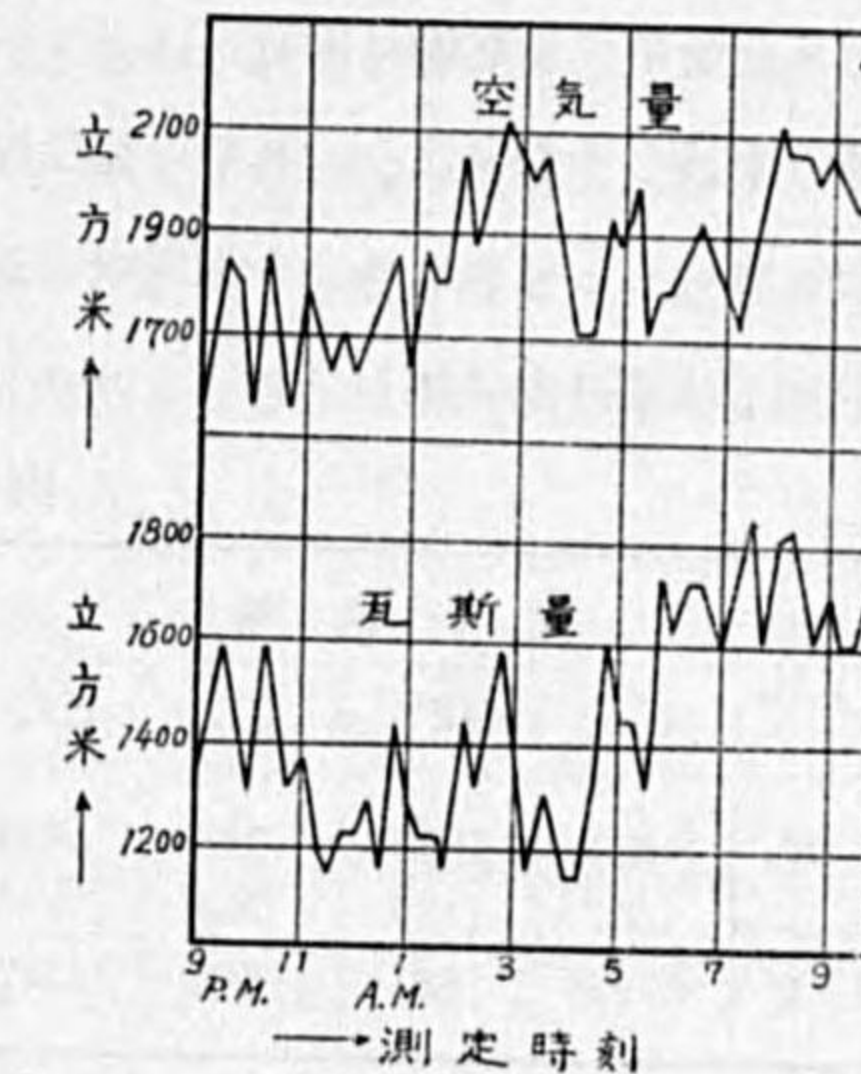
### 第3節 消費燃料

使用瓦斯量及び空氣量と時間との關係を標準状況に換算して第29~30圖に示せり。

第29圖 (4.2.26)



第30圖 (4.2.26)



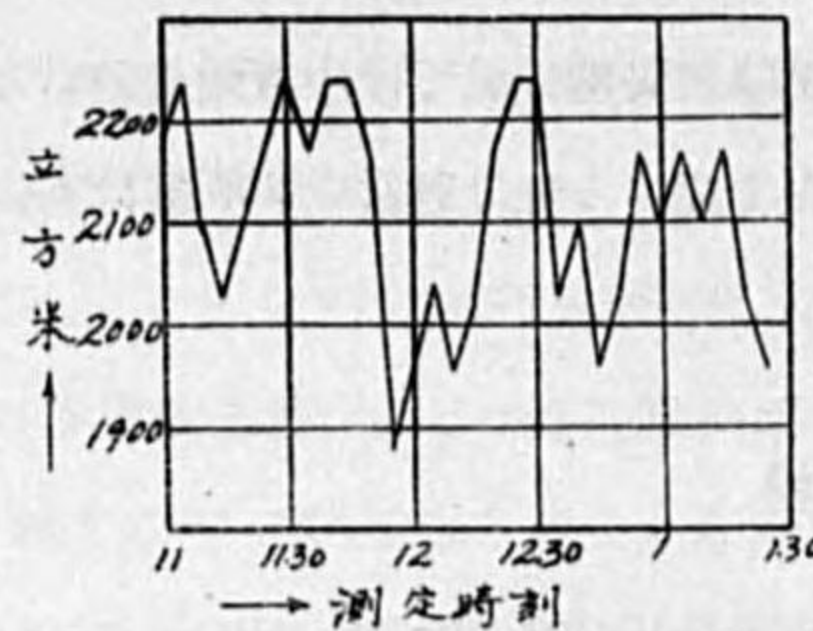
是によりて知らるゝ如く常晝勤務にありては作業前より一般に使用瓦斯量は多く、休止中は保温の爲めの瓦斯送入なるを以て、前者は平均毎時標準状況の下に於ては1655 立方米にして、後者は1330 立方米なり。從て消費石炭に換算すれば夫々0.570 及び0.458 噸なり。實作業のみを考ふれば第29表に示せる如く加熱鋼片噸當り65~68 噸なるも、休止中の消費燃料を換算すれば更に此の値は増加す、之は第25圖よりしても知らるゝ如く休止中の瓦斯通入時間は約12時間なり、依て

$$(0.570 + 0.458) \times 12 \div \left( \frac{8.480 + 8.600}{2} \right) \times 9 = 0.161 \text{ (噸)}$$



即ち作業休止中及び豫熱に使用する燃料を考慮する時は、聴當り 0.161 聴の石炭消費量となる、是によりて保温の爲に使用する燃料が製品聴當り如何に及ぼすかを知らる可く、

第 31 圖  
16°Cに換算せる空氣量 (4.3.7)



連続使用の場合を比較すれば聴當り

$$0.161 - 0.067 = 0.094 \text{ (聴)}$$

94 聴の石炭消費量の差ある事に相當す。使用瓦斯的完全分析を行はざりしを以て、其發熱量を確知し難きも使用前及び爐内に於ける大体の瓦斯分析は第26表によりて推せらる可し。第31圖は熱風を換算せる値を示すものなり。

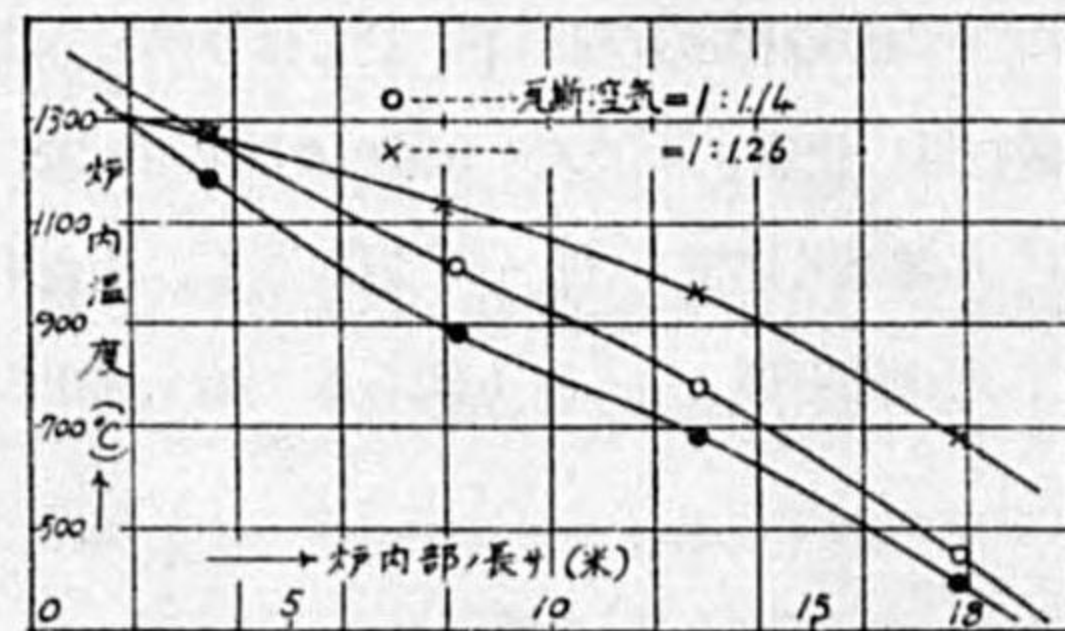
第 4 節 瓦斯量と加熱聴數

送入瓦斯量と加熱鋼材聴數とは必ずしも相平行す可きものに非ず、瓦斯對空氣量の關係に據る事甚しきものなり。瓦斯の完全燃焼によりて爐内溫度は上昇し従て鋼片は比較的迅速に加熱せらる可きなり、今作業中の瓦斯量、空氣量、爐内溫度及び毎時の壓延聴數の關係を示せば第31表の如し。

第 31 表

月 日	爐 内 温 度 (°C)				瓦斯及び空氣量 (立方米)			毎時の壓延聴數	聴當り石炭消費當量 (聴)
	(1)	(2)	(3)	(4)	瓦 斯	空 氣	瓦斯對空氣の比		
2. 26	1278	1011	792	456	1680	1920	1 : 1.14	8.480	0.068
2. 27	1261	1130	963	680	1630	2050	1 : 1.26	8.600	0.065
3. 7	1182	885	683	397	1189			5.833	0.070

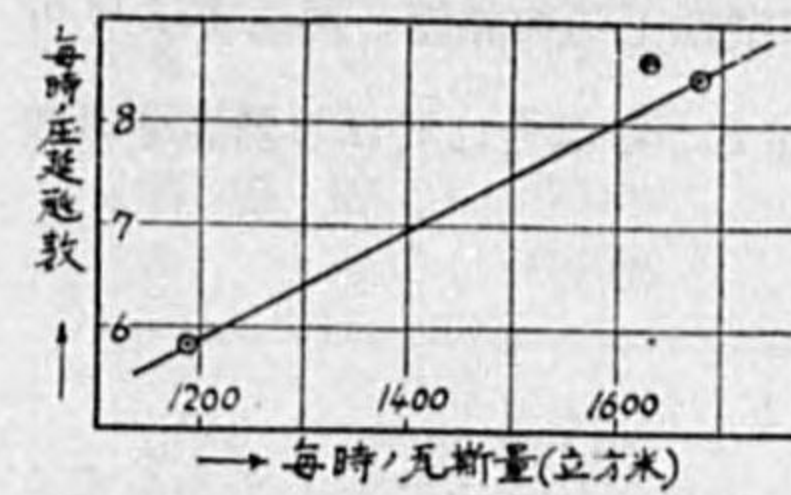
第 32 圖 爐内溫度分布



爐内各部の平均溫度を爐内部の長さに従ひて表はせるものは第32圖なり。是に依れば2月27日の平均瓦斯量は前日に比して少量なるにも不拘瓦斯對空氣量が 1 : 1.26 なるを以て爐内溫度は一般に高く、従て毎時の壓延聴數も亦増加を示し石炭消費當量は減じて

聴當り65聴を示せり。故に爐内溫度の分布状態よりして通入空氣量の過小なる場合を想像せらる可く、26日及び3月7日の爐内分布は27日の分を異にせり、即ち空氣量が過小なる爲夫れに應じて石炭消費當量が増加せし事を示し夫々68, 70 聴及び65聴の石炭量となり。毎時の壓延聴數を見るに瓦斯對空氣量に據りて相違すれども26日及び3月7日は溫度分布よりして大差なきものとし、使用瓦斯量と聴數との關係を求むるに第33圖の如し、

第 33 圖 壓延聴數と瓦斯量



3月7日は爐内溫度の分布よりして瓦斯量減少し、それが爲に壓延聴數の低下せしなる可く、壓延聴數の増加を招来せんが爲には次の條件の必要なる事を知る。

1. 第33圖に示せる如く壓延聴數増加すれば従て瓦斯量の増加を必要とす。

2. 同量の瓦斯にありては可及的空氣量を増加せしむる事必要なり。

第三小形工場の場合に見るに瓦斯對空氣の割合 1 : 1.89 なる際最も熱的には有効なり。以上の關係より考察する時は本爐に於ては壓延聴當り70聴以下なるを得可く、空氣量の増加によりて更に此聴數を低下する事を得可し。燃料の點より考ふれば本爐の作業は相當優れたるものと考へらる。

第 5 節 熱 量

其(1) 鋼片の持ち去る熱量

抽出加熱鋼片は第25表によるに平均として 1190°C なり、鋼片の炭素含有量は 0.17%、マンガン 0.45% なるを以て、加熱鋼片 1 瓦の持ち去る熱量は同溫度に於て 205 (1) カロリーなり、而して鋼片聴當りは第29表によりて平均 0.068 聴なり、今第1章第1表に示せる石炭の發熱量 6196 カロリーを採れば鋼片 1 瓦を所要溫度に加熱するに要する熱量は

$$6196 \times 0.068 = 421.3 \text{ (カロリー)}$$

故に鋼片 1 瓦が持ち去る熱量は消費燃料に對して何%に相當するかを見るに

$$205 \div 421.3 \times 100 = 48.70 \text{ (\%)}$$

即ち消費熱量の 48.70% を鋼片が持ち去る事なる、此の 48.70% は加熱爐が連続使用せられたる際に於ける熱能率に相當するものにして、第四型鋼工場の本測定の場合の如く

(1) 海野、同前



常晝動にありては更に保温、豫熱の爲の消費燃料を考慮せざる可からず、據て是等を考ふる時は第3節に於ける加熱鋼片聴當り 0.161 聴中の熱量の幾何が持ち去られつゝあるかを算出する要あらん、依て此の 161 聴を採用せば

$$6196 \times 0.161 = 997.56 \text{ (カロリー)}$$

997.56 カロリーによりて 205 カロリーを加熱鋼片が持ち去る事になるが故に

$$205 \div 997.56 \times 100 = 20.55 \text{ (\%)}$$

即ち保温、豫熱等の爲の消費石炭を計算する時は、第四型鋼工場加熱爐の熱能率は 48.70 %より遙かに減少して 20.55 %なる、連續使用するに然らざる場合に於ける熱能率の差は注目し得可し。

其(2) 爐壁より流出する熱量

爐の各部の大きさ並に第24表に於ける實測値其他よりして内外に於ける温度の平均を求めて第32表に示す事とせり。

第 32 表 各部の表面積と温度

各部	大きさ其他	表面積 (平方米)	厚さ (釐)	熱傳導率	内部温度(°C)	外部温度(°C)
爐頂		73.15	30.4	$2.7 \times 10^{-3}$	1050	140
爐周		114.35	35.0	$2.6 \times 10^{-3}$	1050	130
爐底		73.15	0.510	$2.7 \times 10^{-3}$	1050	150
蓄熱室		128.58	0.350	$2.6 \times 10^{-3}$	230	30

今各部より單位時間に流出する熱量を求むる一例として、爐頂部よりの場合に就きて計算せん。此の熱量を Q とすれば

$$Q = \frac{2.7 \times 10^{-3} \times (1050 - 140) \times 73.15 \times 10^4}{30.4} = 59120 \text{ (カロリー)}$$

同様にして爐周、爐底、蓄熱室よりは夫々 78150, 34853 及び 19103 カロリーの熱量の流出ある事を知る、從て單位時間に爐の各部より流出する熱量は

$$59120 + 78150 + 34853 + 19103 = 191226 \text{ (カロリー)}$$

又毎時作業中の平均消費石炭量は 0.570 聴なるを以て單位時間の消費量は

$$\frac{9169 \times 570 \times 10^3}{36 \times 10^2} = 976700 \text{ (カロリー)}$$

從て

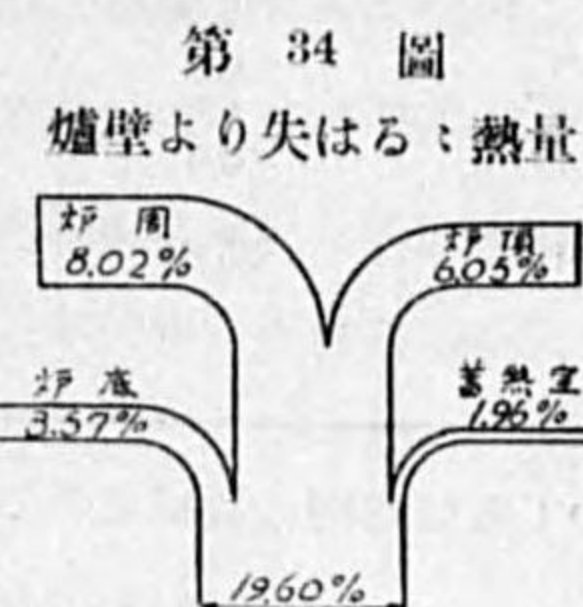
製鐵工場に於ける二三の加熱爐の熱能率に就て

$$191226 \div 976700 \times 100 = 19.60 \text{ (\%)}$$

即ち單位時間に爐壁より消失しつゝある全熱量は消費燃料の約 19.60 %に相當する事を知る。爐壁各部よりの消失熱量と全消費燃料との關係を第33表並に第34圖に示せり。

第33表 各部よりの消失熱量

各部	消失熱量 (カロリー)	消費燃料に對する %
爐頂	59120	6.05
爐周	78150	8.02
爐底	34853	3.57
蓄熱室	19103	1.96
合計	191226	19.60



其(3) 回收熱量

常溫に於ける空氣が蓄熱室通過によりて回收する全熱量を求めんとす、作業中に於ける平均の熱風温度は第22表よりして 210°C なり、依て單位時間に回收する全熱量 R は

$$R = \frac{1292.7 \times 1985 \times 0.2415 \times (210 - 10)}{3600} = 34430 \text{ (カロリー)}$$

故に全消費燃料に對しては

$$34430 \div 976700 \times 100 = 3.53 \text{ (\%)}$$

即ち蓄熱室が空氣を豫熱する事によりて回收する熱量は全消費燃料の約 3.53%に相當す

其(4) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量

廢棄瓦斯の煙道に於ける温度は第22表よりして知る事を得、作業中に於ける平均値として 200°C を採り常溫即ち 10°C迄の降下に對して幾何の熱量を含有するかを計算せん、第26表に示せる瓦斯の成分よりして廢棄瓦斯の標準狀況に於ける容積並に蓄熱室内部に於て空氣漏洩量の約半ばが直ちに廢棄瓦斯へ混入するものと思ふれば

$$1655 + 1985 + 1194 - 189 = 4645 \text{ (立方米)}$$

即ち毎時 4645 立方メートルの廢棄瓦斯を生ず、今廢棄瓦斯の比熱を求むるには其の完全分析を必要とすれども、其當時の分析の結果よりして大體の比熱を求むれば第34表の如し。

(1) Germann, Jour. Chim. Phys., 12 (1914), 66.

(2) L. Holborn u. M. Jakob, Zeitsch. V. D. I., 58 (1914), 1429; 61 (1917), 146.



第 34 表 廢棄瓦斯の比熱

成 分	%	1 立方米中にある重量 (瓦)	1 瓦 の 比 熱	1 立方米中に含ま れたるもの比熱
CO <sub>2</sub>	13.4	134×1.9768 <sup>(1)</sup>	0.2089 <sup>(5)</sup>	55.4
O <sub>2</sub>	0.4	4×1.4291 <sup>(2)</sup>	0.2179 <sup>(6)</sup>	1.25
CO	0.4	4×1.2504 <sup>(3)</sup>	0.2490 <sup>(7)</sup>	1.24
N <sub>2</sub>	85.8	858×1.2507 <sup>(4)</sup>	0.2501 <sup>(8)</sup>	268.5
合 計				326.4

従つて單位時間に放出せらるる廢棄瓦斯が常溫に比して含有する熱量 S は、

$$S = \frac{4645 \times 326.4 \times (200 - 10)}{3600} = 80020 \text{ (カロリー)}$$

故に消費石炭量に對しては

$$80020 \div 976700 \times 100 = 8.20 \text{ (\%)}$$

即ち廢棄瓦斯は消費石炭の約 8.20 % を持ち去る事なる。

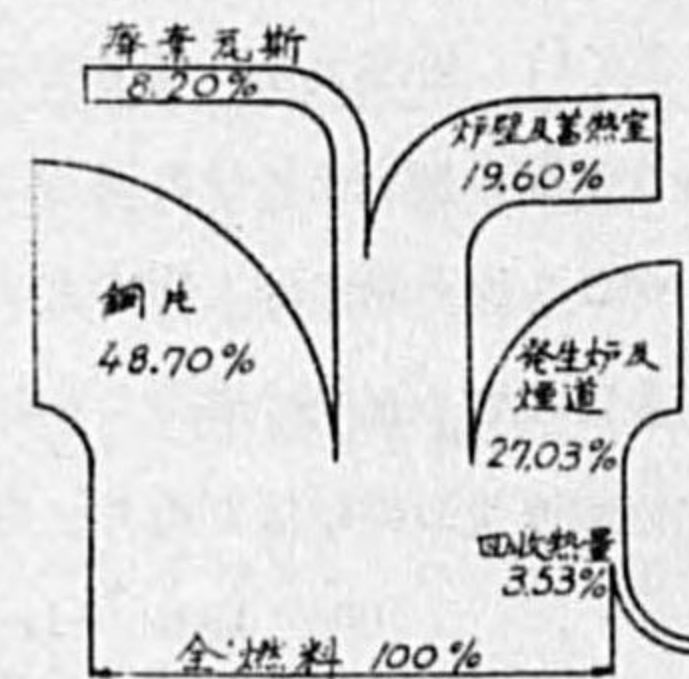
其(5) 作業中の熱量配布

以上各部に就きて行へる計算の結果を綜合すれば第35表の如し、鋼片其他へ消費せらるる熱量を回收熱量との差を 100 % より減ぜるもの、即ち 27.03 % は發生爐に於て瓦斯化せ

第35表 作業中の熱量配布

配 布 個 所	熱量 (カロ リー) 毎秒	消費燃料に對す る百分率 (%)
鋼 片	486300	20.55 48.70
爐壁及び蓄熱室	191226	19.60
廢 棄 瓦 斯	80020	8.20
回 收 熱 量	34430	3.53
發 生 爐 及 び 煙 道		27.03
合 計		100.00

第35圖 熱量配布圖



- (1) Guye u. Pinza. Mein. de Genève, 35 (1908), 569.
- (2) Gerwann. Jour. chim. phys., 12 (1914), 66.
- (3) Rayleigh. Proc. Roy. Soc., 62 (1898), 204
- (4) Gray. Jour. chem. Soc., 87 (1905), 1607.
- (5) Holborn & Austin. Berl. Sitzber., (1905), 175
- (6) Partington & Shillington. The specific heats of gases, (1924), 208.
- (7) 前 掲
- (8) 前 掲

る事の爲及び煙道に於て失はるる熱量の和なる可きなり、今是等の關係を圖示すれば第35圖の如し。

茲に鋼片加熱に要せらるる熱量 48.70 % は實作業中に於て、加熱鋼片 1 噸に要せらるる燃料より起算せるものなるが、常晝動なるが故に保温、豫熱に消費せらるる燃料をも考慮する時は、第 5 節其(1)に示せる如く全消費燃料に對して鋼片の持ち去る熱量は 20.55 % となり、遙かに其の熱能率は減少するを知る、従つて其の熱能率よりする時は連續作業が遙かに優れたるを思はしむ。

### 第 6 節 結 論

1. 送入空氣量は毎時 4630 立方米なるも熱風として爐内に送入せらるるは 2530 立方米にして約 54.6 % の漏洩あり (第27表)。
2. 爐内の長さ約 18 米にして最高 1270°~1200°C、爐尻に於ては 668°~400°C なり (第22~23表)。
3. 作業中の第四型鋼工場加熱爐使用瓦斯量は、中板工場の加熱爐 1 基なる際は、前者は毎時平均 1655 立方米、後者は 2306 立方米、其の消費石炭當量は夫々 0.570 及び 0.795 噸なり。
4. 第四型鋼 1 基、中板工場 2 基の場合に於ける作業中の毎時の瓦斯使用量は夫々 1189 及び 2306 立方米にして、其の石炭當量は夫々 0.410 及び 0.795 噸なり。
5. 前後三回に亘る測定によりて第四型鋼の作業中の噸當り石炭當量は夫々 68、65 及び 70 斤を得たり (第29表)、是瓦斯對空氣の比により又瓦斯量によれるものにて、適當なる瓦斯量と空氣量の送入増加を必要とする事を知れり (第28表及び第32圖)。
6. 中板工場加熱爐の噸當り石炭當量は 0.183 噸にして、豫熱等を考慮すれば 0.230 噸なる。
7. 常晝動なる爲に作業休止中の燃料を考ふれば、第四型鋼に於ては噸當り 0.161 噸の石炭消費當量なる (第25圖)。
8. 空氣量小ならば爐内の燃焼充分ならざる結果高温の部分短く、従つて其の能率悪く (第31表)、本測定の場合にありては瓦斯對空氣は 1 : 1.26 又他の場合にありては 1 : 1.89 迄増加せしめたる方、爐内の溫度分布は有効にして、従つて其の熱能率は増加す



(第32圖)。

9. 加熱噸數と瓦斯量は大体に於て正比例すれども、空氣量の増加によりて其の瓦斯量を相當減少せしむる事を得(第33圖)。

10. 作業中に於ては鋼片は石炭當量の約48.70%の熱量を持ち去り、休止中の燃料を考慮すれば20.55%なる。

11. 爐頂、爐周の平均温度は夫々140°, 130°Cにして、爐壁よりの流出熱量は19.60%、此の中爐頂最大にして8.02%なり(第32~33表及び第34圖)。

12. 蓄熱室の回收熱量は全消費燃料の約3.53%にして、廢棄瓦斯の持ち去る熱量は8.20%なり(第35表及び第35圖)。

13. 上述の計算によりて残れる27.03%は發生爐及び煙道にて失はるゝ熱量に相當す。

## 第5章 熱經濟

### 第1節 回收熱量

各章に於て求めたる如く廢棄瓦斯が持ち去る熱量は使用燃料の大部に及ぶを知る、依て是等の熱量を回收せんが爲に餘熱利用として廢棄瓦斯を汽罐に應用せるあり、又蓄熱室の豫熱によりて瓦斯及び空氣を豫熱して回收するあり。されど回收熱量の大きなるを以てのみ其能率を考ふる事能はざるは勿論にして燃料使用の點より考ふれば使用燃料が完全に爐内にて利用せられ回収す可き熱量なき事吾人の理想なれども、熱エネルギーの本性にして所要温度高温になるに従ひ、比較的高温なる廢棄瓦斯として流出する結果利用せられずして逃げ去る可き熱量は増加す可きなり、依て燃料節約の點より考ふれば回収し得可き熱量の少きを望まざる可からず、回收熱量多量なりと雖も若し消費燃料多からんには却て節約はならざるを以て注意せざる可からず。第1章の結論概略に述べし如く第二大形加熱爐にありては回收熱量18.85%なるに第四型鋼工場加熱爐は3.53%にして遙かに少なりと雖も後者にありては熱風量多く、爐内の瓦斯燃焼宜しき爲に壓延適當り65~68噸を示せり、是今日迄測定せる加熱爐中最優秀の熱能率なりとす。されど作業休止時間の延長は熱能率の低下を伴ふものにて、第四型鋼工場は常晝勤なるが故に其の作業の前後に於ける保温の爲に使用する燃料を考慮すれば實に適當り161噸なるが故に、連續作業をなす事は燃料

節約上必要なる事項なりとす。第二大形工場にありては適當り134噸なるも1晝夜につき考ふれば第四型鋼の9時間よりも長きが故に平均として223噸の消費石炭當量となりて第四型鋼の161噸よりも優に増加する事なる。]餘熱利用の一例としてNew YorkのE. H. Koenigが連續式加熱爐に豫熱汽罐を使用せる數種の場合につきて報ぜる結果を引用すれば第36表の如し。

第36表 Koenigの結果

No.	1	2	3	4	5	6
爐の熱能率(%)	15.0	17.7	41.5	33.6	31.2	24.3
餘熱利用によりて得たる(%)	22.4	20.1	5.2	12.0	12.5	35.3
石炭の發熱量(カロリー)	6667	6667	6667	6667	6667	6667
全熱能率(餘熱利用共%)	37.4	37.8	46.7	45.6	43.7	59.6

Koenigの結果は1925年の發表なるが故に直ちに以て比較し難きも第一、第二大形及び第四型鋼工場加熱爐の熱能率が餘熱汽罐によらずして夫々35.51、25.30、及び47.90%なるに對照せられ度し。

此外に尙餘熱回收法として鐵管を爐上又は爐床下に設けたるものあれども、空氣又は瓦斯が接す可き高温面いたつて少きが爲甚だ有効ならざるは既に著者が報ぜる所なり、空氣又は瓦斯が接す可き面積を可及的大ならしむる事は熱量回収として實に主要なる事項なりとす。

### 第2節 保温

爐周よりの流出熱量は第一大形工場加熱爐にありては16.10%、第二大形及び第四型鋼工場加熱爐にありては第20圖及び第33圖に示せる如く夫々18.20及び19.60%なり、是爐内の温度、爐壁煉瓦の種類による事勿論にして、夫れ等16.10、18.20、19.60%の熱量は、築爐材として保温煉瓦を適當に使用する事により幾何の流出熱量の低下を得らる可きかを考ふるに、本測定の際に於ける熱傳導率は何れも $2.6 \sim 2.8 \times 10^{-3}$ の間なり、然るに保温煉瓦にありては $1.0 \sim 1.8 \times 10^{-3}$ の間なるが故に、若し保温煉瓦を適當に使用すれば優に流出

(1) W. Kennedy, Jour. of Am. Cer. Soc., 9(1926), 114; 田所製鐵所研究所研究報告6(1926), No.6.



熱量をして二分の一乃至四分の一に減少し得可きなり、假に三分の一とするも夫々 5.4、6.07、6.5 %の流出熱量にて足り、従て 10.7、12.14、13.10 %の熱量は他へ利用し得る事となり、更に熱能率を増加し趣當りの消費石炭量は低下す可きなり、今 A. E. Hubbard<sup>(1)</sup>の計算を借り保温材使用させざる場合の一例として示さんにして第37表の如し。

第 37 表 絶縁体の有無の比較

種 類	爐壁の厚さ(種)	爐材の種類	流出熱量 (カロリー)	流出熱 量の比	爐内温度 (°C)
無絶縁の場合	67	耐火煉瓦	$22.176 \times 10^4$	3.46	1650
		赤煉瓦	$18.018 \times 10^4$	2.81	1370
絶縁の場合	67	耐火煉瓦	$8.064 \times 10^4$	1.26	1650
		保温煉瓦	$6.426 \times 10^4$	1	1370

即ち保温煉瓦使用の場合に於ては同一の爐内温度なるに流出熱量は二分の一乃至三分の一に減少せるを知らる可し、爐壁の厚さ及び保温材の使用法と温度との關係に就いては W. Kennedy<sup>(2)</sup>の發表せるあり、又蓄熱室の構造と材料等に就いては R. J. Sarjant<sup>(3)</sup>、W. P. Chandler<sup>(4)</sup>等の發表せるものあるが故に省略する事とせり。保温材使用によりて流出熱量を減少せる場合は爐内の温度に注意して燃料を加減し、是が爲に爐内温度の上昇の結果爐の使用期間を短縮せしめざる様努力する事肝要なりとす。

第 3 節 瓦斯對空氣の割合と爐内温度分布

瓦斯對空氣の完全燃焼の割合は其の瓦斯の成分に依りて定まるものにして多くの場合は 1:1.13 の割合に近しとするも、此の計算は瓦斯の成分、狀況等に依る事多く實測より推察する時は必ずしも然らざるが如し。第三小形工場加熱爐<sup>(6)</sup>にありては、爐内温度の分布は瓦斯對空氣が 1:1.66 より 1:1.89 なる割合に至るに従つて好況を呈せり、即ち空氣の割合が 1:1.89 に至る迄は瓦斯量に於ては更に變化なきも爐内各部の温度は何れも他の場合より高温にして且つ其の高温の部は長きを知れり。此の結果及び第四型鋼工場加熱爐の場

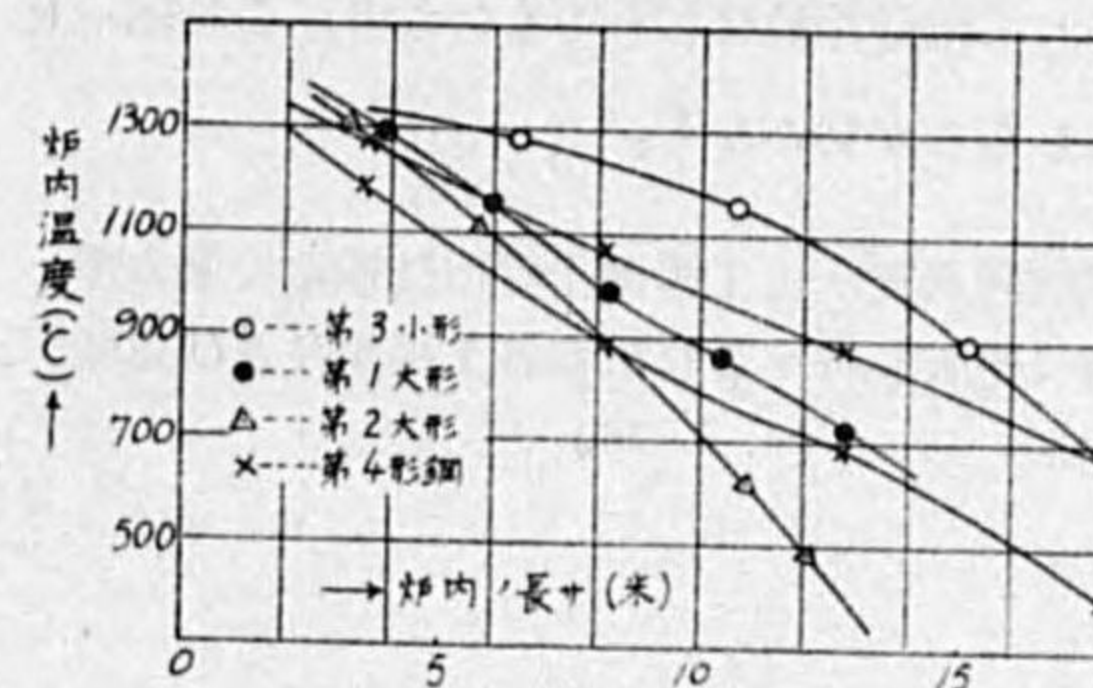
(1) Fuel Economist, 4 (1929), 209.  
 (2)~(4) 前 掲  
 (5) Richards, Metallurgical calculation (1918), 220.  
 (6) 海野, 製鐵所研究所研究報告 8 (1928), No. 6.

合に於ける瓦斯對空氣が 1:1.14 よりも 1:1.26 なる場合の爐内温度が優に高温にして爐内温度曲線が第 32 圖及び第 36 圖に見る如く特に灣曲する事より考ふれば、第一、第二大形、第四型鋼何れの場合にありても尙送入空氣量の過小なるを想像するに難からず、又第四型鋼工場爐内よりの廢棄瓦斯分析の結果を見るも尙可燃成分の殘存するを思はしむ、今各爐内の長きを記すれば、

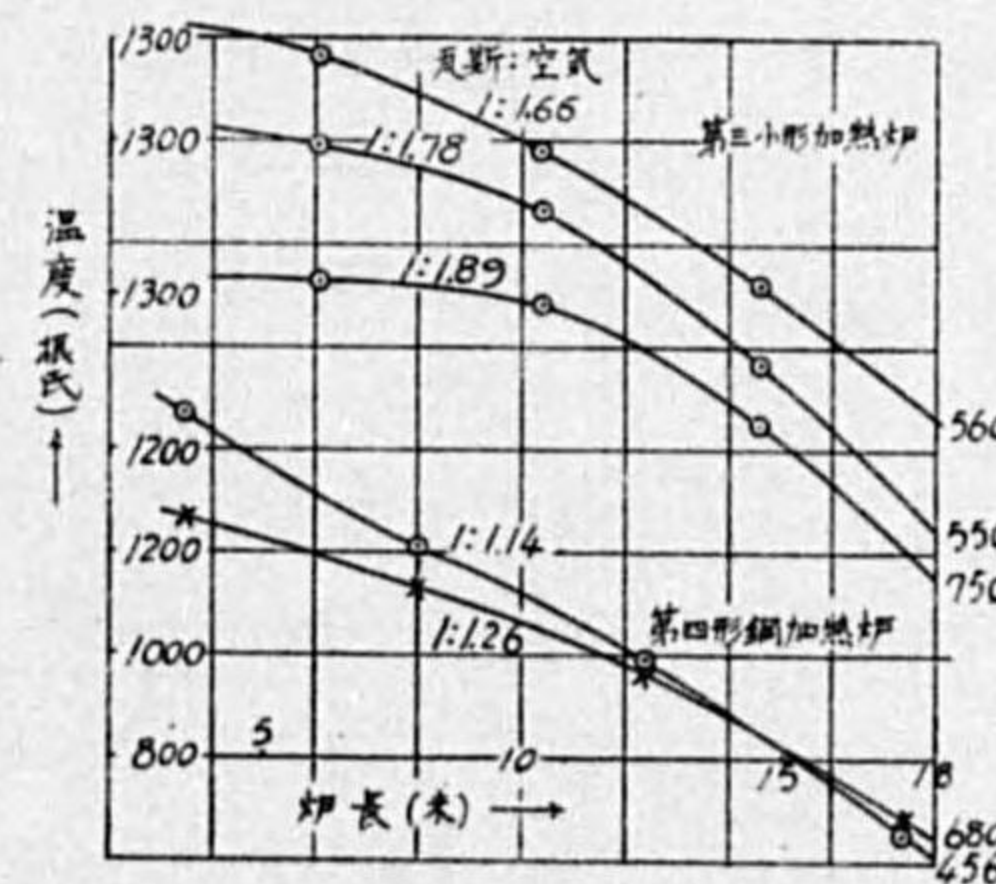
- 第三小形工場加熱爐内部の長さ = 18.3 米
- 第四型鋼 " = 18.1 "
- 第一大形 " = 14.1 "
- 第二大形 " = 14.1 "

此爐長に對して内部各所の温度分布の平均値を探りて示す事第 36 圖の如し、完全燃焼に近きは第三小形工場の加熱爐の如く、長きに對して高温の部比較的長く、他の空氣量の少

第 36 圖 各爐の爐内温度分布



第 37 圖 瓦斯對空氣量と爐内温度分布



きものは温度が直線的に近く降下する事は先の測定よりして推知する事を得、従て同量の瓦斯をして最も有効に發熱せしめんが爲には、強めて高温に豫熱せる空氣を多量に爐内に送入するにありとす、瓦斯對空氣量と温度との關係に就いては田所、河内兩氏の報告あるを以て省略する事とせし。瓦斯對空氣の比と爐内温度との實測値を第三小形工場加熱爐及び第四型鋼工場加熱爐の場合に就て第 37 圖に示せり、是によれば送入空氣量の増加により爐内同位置に於て優に 100°~200°C の高温を得らるゝ事を推知せらる可し、瓦斯對空氣量と爐内温度との關係は第三小形工場加熱爐の報告を参照せられ度し。



第 4 節 結 論

1. 回收熱量多きを以て直ちに熱能率優秀とはならず、爐内にて完全に燃焼し可及的多量の熱を爐内從て加熱鋼片に與ふる場合の熱能率を以て最優秀とす、從つて回收熱量は自然減少す可きなり。
2. 適當なる保温材の使用によりて爐壁よりの流出熱量をして其の  $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$  迄減少する事を得、從つて爐内溫度はそれだけ上昇するが故に此上昇溫度に留意し此減少せしめたる熱量に相當する燃料を回收す可く勉むる事必要なり。
3. 爐内に送入する空氣量を適當に増加する事必要にして瓦斯對空氣は 1 : 1.89 に至る迄空氣量の増加に從ひて爐内の溫度は全般に上昇する事を知れり (第36圖)。
4. 鋼片加熱に際しては可及的瓦斯量の通入を加減し最少の瓦斯量にて足らしむ可く注意するを要す。
5. 送入空氣量の適當なる増加は瓦斯量をして相當節約せしむるものなり。これ同一瓦斯量に於ても空氣量の増加は其燃焼を盛ならしむるが爲めなり。 )

本稿を終るに際し御指導を辱うしたる製鐵所研究所長工學博士野田技監並に動力部長岸原主事に對し深厚の謝意を表す、又種々便宜を興へられたる各工場主任及び末藤副研究員岡田、中畑兩副手に對し謝意を表す (4. 6. 28)



14.5  
13

終