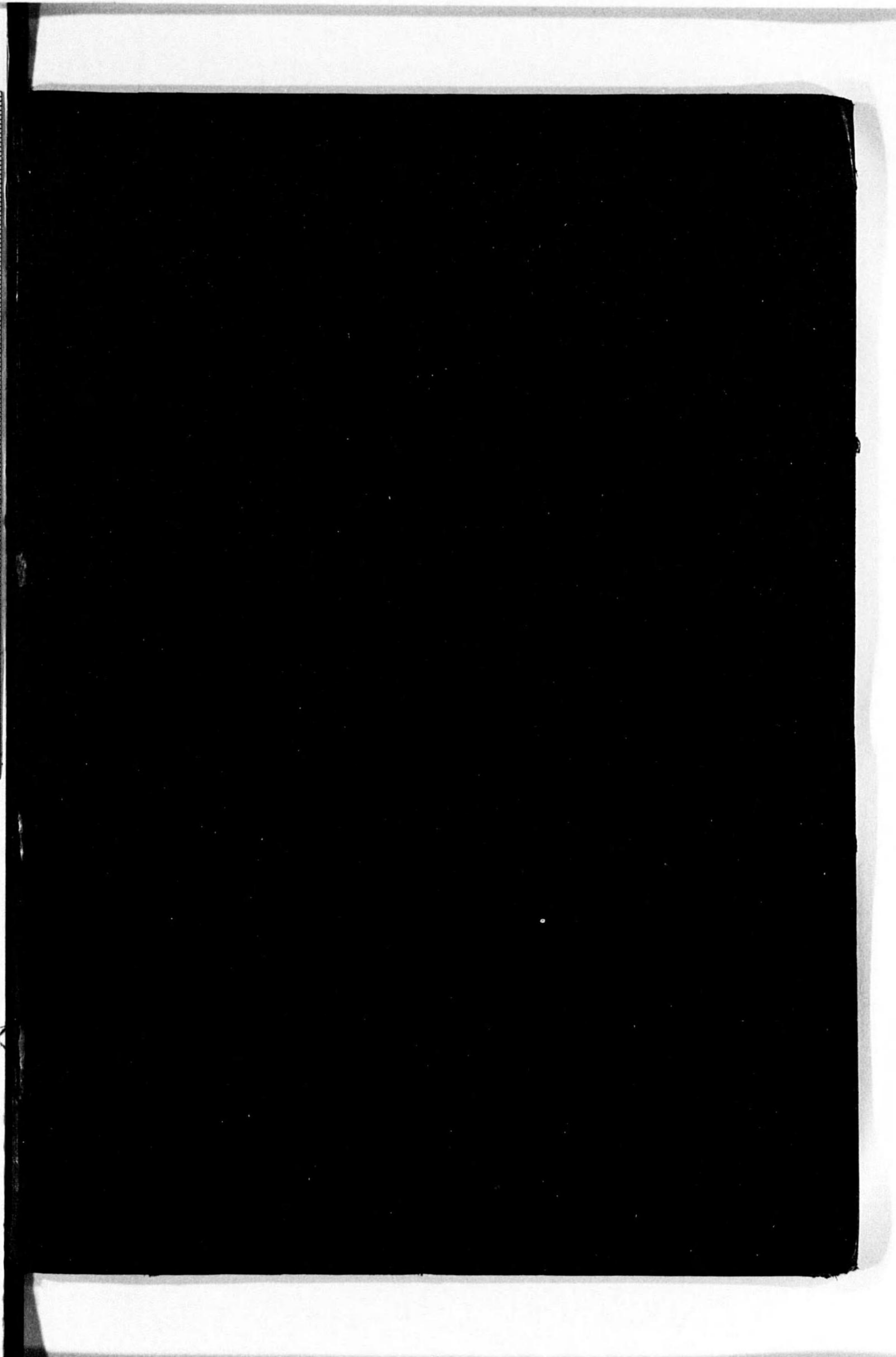
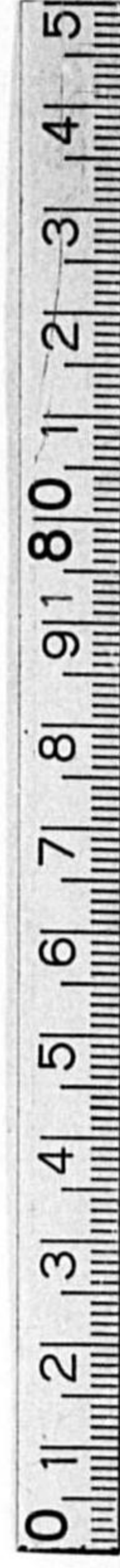




始



4.5
131

05



鎔鑛爐瓦斯の利用及び配付に就て

研究員 海野三朗
理學博士



代
謄
寫

昭和六年五月
製鐵所
福岡縣八幡市



銻鑛爐瓦斯の利用及び配布に就て

目 次

第 1 章 緒言及び結論.....	1
第 1 節 緒 言	
第 2 節 結 論	
第 2 章 測定状況.....	5
第 1 節 測定方法と其結果	
第 2 節 瓦斯量及び空気量の比	
第 3 章 瓦 斯.....	12
第 1 節 銻鑛爐瓦斯と假炭瓦斯	
第 2 節 混合瓦斯の成分と其發熱量	
(a) 第二中板工場加熱爐使用瓦斯	
(b) 第六分塊工場均熱爐使用瓦斯	
第 3 節 瓦 斯 量 と 空 氣 量	
第 4 節 送風量の不足より生ずる損失	
第 5 節 廢 棄 瓦 斯	
第 4 章 熱 量 及 び 燃 料.....	19
第 1 節 熱 量	
(a) 燃燒による爐内の熱量	
(b) 燃 燒 外 の 熱 量	
(c) 鋼片の持ち去る熱量	
(d) 爐壁よりの流出熱量	
(e) 熱 量 配 布	
第 2 節 燃 料	
(a) 鋼片尅當りの燃料	
(b) 鋼塊尅當りの燃料	
第 3 節 瓦 斯 量 と 燃 料 費	
(a) 第二中板工場加熱爐	
(b) 第六分塊工場均熱爐	
第 5 章 熱能率及び銻鑛爐瓦斯利用の比較.....	31
第 1 節 新型加熱爐と其能率	

第 2 節 新型加熱爐と其能率の批判

(a) 構 造

(b) 能 率

(1) 新型加熱爐の爐壁よりの流出熱量

(2) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量

(3) 流出熱量より見たる加熱送熱と瓦斯量

第 3 節 米國に於ける均熱爐其他の消費燃料

第 4 節 獨逸アウグスト、チッセン工場に於ける燃料配布狀況

第 5 節 鋸 鑄 爐 瓦 斯

(a) 本所鋸鑄爐瓦斯

(b) 戶畑鋸鑄爐瓦斯

第 6 節 彼我鋸鑄爐瓦斯利用の比較

第 7 節 出鉄 1 噸に對する彼我の廢炭量

第 8 節 鐵滓及び鋸鉄の持ち去る熱量

第 6 章 熱 風 爐.....50

第 1 節 熱 風 爐 の 熱 能 率

第 2 節 鋸鑄爐 1 基に對し熱風爐を 2 基とせる場合の熱量配布

第 3 節 熱風爐 2 基に適當なる保溫材使用の際の熱量配布

第 4 節 熱風爐内加熱面と使用時間

(a) 加熱面と能率

(b) 切換へ時間と能率

第 5 節 我が鋸鑄爐廢炭の節約

鋸鑄爐瓦斯の利用及び配布に就て



第 1 章 緒言及び結論

第 1 節 緒 言

鋸鑄爐瓦斯の用途は甚だ廣く其利用方法は千差萬別なり。著者は製鋼工場加熱爐へ利用する場合の一例として加熱爐の一種たる均熱爐を採り、又特種の加熱方法を必要とする中板工場加熱爐につき供給せられつゝある鋸鑄爐瓦斯量及び廢炭瓦斯量を測定し、爐内の溫度分布を知りて其燃燒狀況に實際の作業能率を追求し、兩瓦斯の使用割合につき又外國の製鋼工場に於ける最近の二三の熱能率及び鋸鑄爐、熱風爐使用の熱量關係を論じ併せて鋸鑄爐廢炭の配布狀況を比較せん企てたるものなり。

第 2 節 結 論

瓦 斯 及 び 溫 度

1. 第二中板工場加熱爐使用の混合瓦斯對空氣量の比は 1 : 1.68 なり。
2. 同上加熱爐内の最高溫度は 1360°C 前後にして鋼片裝入口は 550°C ~ 780°C なり (第 4 表、第 11 圖)。
3. 測定當時に於ける鋸鑄爐瓦斯及び廢炭瓦斯各々 1 立方メートルの完全燃燒には、乾燥空氣夫々 0.791, 4.32 立方メートルを要す (第 13 ~ 14 圖)。
4. 第二中板工場加熱爐の送風量は混合瓦斯の完全燃燒に必要な送風量の約 70% に相當す (第 11 表)。従つて混合瓦斯量を 100% とすれば燃燒するものは其 73.1% にして残り 26.9% は全く不能燃燒のまゝ排出せられつゝあり (第 15 ~ 16 圖)。

熱 量 及 び 燃 料

5. 同上加熱爐の如き特殊加熱方法に依るものに發熱量大なる混合瓦斯を使用し不完全燃燒によりて多量の瓦斯を排棄するは熱量の點より考察して甚だ不利なるを知る。

(1) F. Clements Blast Furnace Practice 3 (1929), 204.

6. 同上加熱爐に於て鋼片の持去る熱量は供給瓦斯量の 24.5%、又實際の發熱量に對しては 32.3%に相當し、其加熱能力は測定範圍に於ては爐内の實熱量に反比例す(第 15 表及び第 17 圖)。

7. 同上加熱爐の爐壁よりの流出熱量は爐内實熱量の 16.77%、供給熱量に對しては 12.47% (第 16 表)、又廢棄瓦斯及び酸化其他の爲めに失ふ熱量は使用瓦斯量の約 63% なり(第 18~19 圖)。

8. 同上加熱爐の鋼片噸當りの燃料は石炭 0.226 噸に相當し、第六分塊工場均熱爐の加熱噸當り石炭當量は 58 疋なり(第 20~21 表)。

9. 第六分塊工場の鋼塊噸當りの混合瓦斯代價は平均 44.2 錢なり。若し銻鋼注入後 40 分前後にして斷熱せる均熱爐内に保持すれば更に均熱燃料を要せざる事を知る。

10. 混合瓦斯は散炭瓦斯混入割合の増加に従つて噸當りの燃料費を増加す。第二中板工場にありては平均噸當り 1.745 圓の瓦斯を使用せるも(第 22 表、第 22 圖及び第 25 表)、現在の加熱操業には銻爐瓦斯毎時 3820 立方メートル及び送風量 3022 立方メートルにて充分にして、噸當りの燃料費は 77.5 錢にて足るを知れり(第 23 表)。

11. 第六分塊工場均熱爐の現在の加熱作業には銻爐瓦斯のみにて充分にして、此際に於ける燃料費は低下して噸當り 27.3 錢なる(第 25 表)。

二三の熱能率の批判

12. Blast Furnace and Steel Plant 7 月號(1930 年)記載の新型加熱爐は毎時の瓦斯使用量 2890 立方呎、壓延量は毎時 2.51~3.22 噸なりと報ぜり。此外所記の事項より算出すれば其熱能率は 82.0% なる。去り乍ら是其眞を報ぜるものに非ず、瓦斯の成分、鋼板の熱量よりして其能率は 31.65% 前後なるを知る。

13. 同上新型加熱爐の爐壁よりの流出熱量は消費燃料の約 23.35%、廢棄瓦斯の持去る熱量は 35% なり(第 26 表)。此外に酸化及び其他の損失として最少 10% を考慮するときは所記の如き燃料供給の場合に於ては毎時の加熱噸數は 1.073 噸なるべきなり(第 25 圖)。

14. Philadelphia の顧問技師 Charles W. E. Clarke の報ぜる所によれば、米國にありては均熱爐の消費石炭當量は 83.2 疋なりと、是を製鐵所第六分塊工場均熱爐の熱能率より換算すれば 27.01% なる。

銻 爐 炭

15. 1929 年の獨逸アウグスト、チツセン工場の銻爐内に於ける散炭消費量は供給散炭の 48.73%、熱風爐は 5.52% なり(第 26~27 圖及び第 29 表)。而して 48.7% の熱量は噸當り 3500×10^6 カロリーなり。

16. 同銻爐出鉄 1 噸に對する裝入散炭量は 0.998 噸にして、散炭 1 瓦の發熱量は 7198 カロリーとなり、發生瓦斯量は散炭 1 噸につき 3698 立方メートルなる。

17. 製鐵所本所銻爐の 1930 年 4 月~8 月迄の平均を見るに出鉄 1 噸に對し散炭 1.073 噸、散炭 1 瓦の發熱量は 6378 カロリーなり。而して銻爐よりの發生瓦斯量の 60.24% は利用せられ残り 39.76% は漏失量なる。

18. 本所銻爐内の消費熱量は出鉄噸當り 2884×10^6 カロリーにして、又散炭は供給散炭の 42.20% に相當す。残り 57.80% は瓦斯として發生しつゝあり。従つて其 57.80% 中 34.80% の瓦斯は利用せられ 23.00% は漏失量なる。此 23% の 1 箇月の散炭當量は 12143 噸餘に達す。

19. 同熱風爐使用瓦斯量は發生瓦斯量の 23.0%、供給散炭の 13.30% となり(第 29~30 圖)、利用瓦斯量を 100% とすれば全動力は 46.52%、熱風爐は 37.93%、製鋼及び加熱は 11.81% にして送風機は 4.22% なり(第 31 表及び第 31~32 圖)。

20. 1928 年 4 月に於ける戸畑銻爐の出鉄 1 噸に對する裝入散炭量は 1.023 噸にして、全發生瓦斯量の 25.9% は熱風爐へ、48.3% は瓦斯汽罐へ、残り 25.8% は漏失しつゝあり(第 33 圖及び第 33 表)。

21. 使用散炭の發熱量は彼にありては 7198、我にありては 6378 カロリーにして 1 : 0.887 の割合なるが、銻爐内の消費熱量の比は同量の出鉄に對し 1 : 1.085 なり。

22. 銻爐瓦斯の漏失量の散炭當量はチツセン、本所、戸畑 = 52, 247, 153 疋なり(第 36 表)。従つて出鉄 1 噸に對する爐内及び熱風爐内の消費散炭當量は本所と同一散炭と見做せばチツセン、本所、戸畑 = 550, 595, 584 疋なり。

23. 出鉄 1 噸に對しての裝入散炭量は本所と同一散炭と見做せる際に於てチツセン、本所、戸畑 = 1.014, 1.073, 1.023 噸にして、銻爐瓦斯の回收散炭當量は夫々 412, 231 及び 286 疋なり(第 36 表及び第 36 圖)。

24. 爐内及び熱風爐内の消費熱量の割合は供給散炭に對しチツセン、本所、戸畑 = 54.25, 55.50, 57.16% にして、出鉄 1 噸に對する消費熱量は夫々 3500×10^6 , 3794×10^6 及び

3738 × 10⁶ カロリーなり。

25. 爐内、熱風爐内及び漏失量を合すれば出鉄1噸に對し消費しつゝある散炭の割合はチツセン、本所、戸畑 = 59.39, 78.50, 72.08 % なるも、鋳鉄が持去る熱量は消費熱量に對し夫々 9.22, 8.51 及び 8.64 % の順となり、鑛滓が持去る熱量は夫々 8.22, 7.58 及び 7.70 % なる。従つて鑛解、輻射、傳導等によりて失ふ熱量は夫々 82.56, 83.91 及び 88.66 % なる (第 37 圖)。

26. 本所にありては鑛爐散炭の 85.41% は鑛解、輻射、傳導へ、3.59% は鋳鉄、3.20% は鑛滓が持去る事なる (第 38 圖)。

熱風爐

27. 本所熱風爐への供給熱量の配布を見るに熱風、廢棄瓦斯、輻射傳導へは夫々 55.15, 17.89, 26.96 % なり (第 40 圖)。

28. 鑛爐 1 基につき熱風爐 2 基を交互に使用する時は同上配布は夫々 65.8, 18.0 及び 16.2 % となり、使用散炭の 2.17% の節約、鑛爐 6 基に對しては毎月 7.329 × 10⁶ 立方メートルの瓦斯の節約なる計算なる (第 41~42 圖)。

29. 保温材料を適當に使用せる熱風爐 2 基を鑛爐 1 基に對して使用する時は、同上熱量の配布は夫々 78.23, 17.97 及び 3.80 % となり (第 43 圖)、實際に節約し得らるゝ瓦斯の散炭當量は鑛爐 6 基にて毎月 1150 噸なる。更に保温材の適當なる使用によりて毎月 2070 噸を節約し得らる (第 37 表)。

30. 熱風爐内煉瓦の表面は瓦斯通入後 2 時間にして最高温度に達し其後は更に上昇せず而して内部は徐々に上昇するのみなり。即ち表面より内部に至るに従ひて熱に對しては益々鈍感なる (第 44 圖)。

31. 煉瓦の表面が高温に達せる後に於ては其後の供給熱量は大部分廢棄瓦斯に持去られ極く少量の熱が内部煉瓦の温度を上昇せしむるに過ぎず、従つて熱風爐の熱能率を増加せしめんが爲めには煉瓦の表面積を可及的増加するの要あり (第 45~46 圖)。

32. Ilseder 工場に於ては熱風爐内に螺旋狀煉瓦を使用して 78.1 % の能率を挙げ、又 Cockerill 型熱風爐に於て

加熱時間 / 送風時間 = 1.05 及び 加熱時間 / 送風時間 = 0.77

にして實測せる際の熱能率は夫々 89.6 及び 90.8 % なりしと、當所の 56.15 % に比して大

なる差あり。

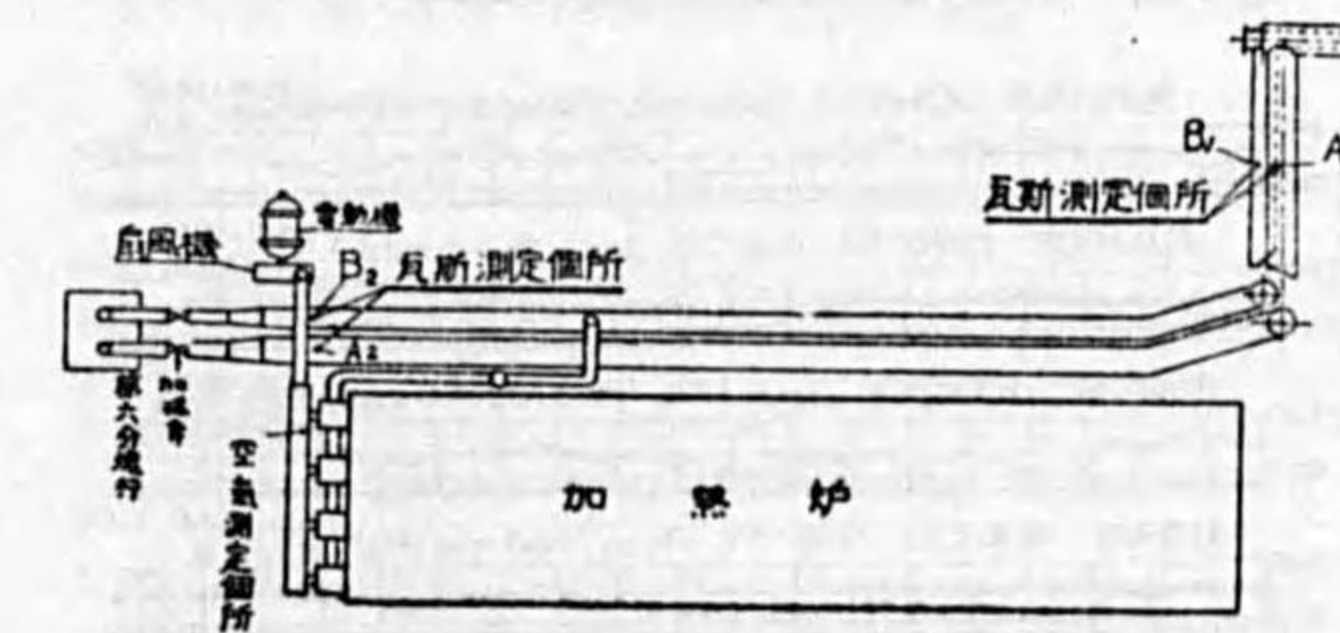
33. 本所に於て鑛爐 1 基につき熱風爐 2 基を使用し且つ漏失割合をチツセン工場の如く減少せしめて之を比較せば、爐内及び熱風爐内の散炭消費割合は彼の 54.25 % に對して 53.38 % となり、利用可能の熱量は 40.61 % に對して 41.53 % なる (第 38 表及第 47 圖) 而して若し出鉄噸當りの散炭量 1 噸ならば優に彼を凌駕する事を得可し。

第 2 章 測定状況

第 1 節 測定方法及び其結果⁽¹⁾

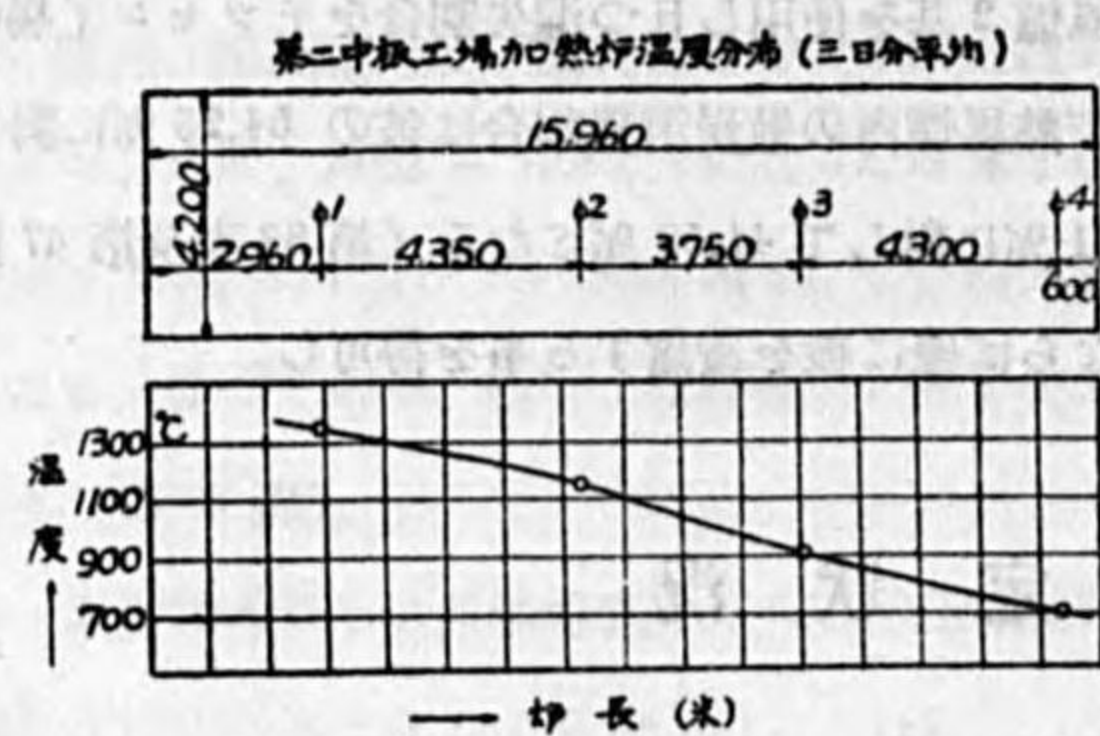
第二中板工場加熱爐及び第六分塊工場均熱爐につき昭和 5 年 6 月 7, 10, 11 日の 3 日間に亘り、午前 10 時より午後 4 時迄第 2 圖に示せる位置に於て瓦斯量、送風量及び夫等の温度を測定せり。瓦斯量の測定にはピットチューブ並に示差壓力計を使用し瓦斯の運動壓力、静止壓力、温度其他よりして通過瓦斯量を決定せり。流動定数は實測よりして 0.78 を採用せり。又温度測定には瓦斯の温度並に比較的低温の場所は保護管に挿入せるベースメタル熱電對を使用し、爐内高温の部にありてはホルボルン、カールバウム (Holborn Kahlbaum) の光熱度計を使用せり。夫れ等に低熱源の誤差並に指示計に補正を施せる事は勿論なり。又爐の外周の温度は特種の装置を施せる寒暖計を使用せり。爐の外観並に寸法の概略等を第 1~3 圖に示せり。

第 2 圖 第二中板工場瓦斯管配置圖



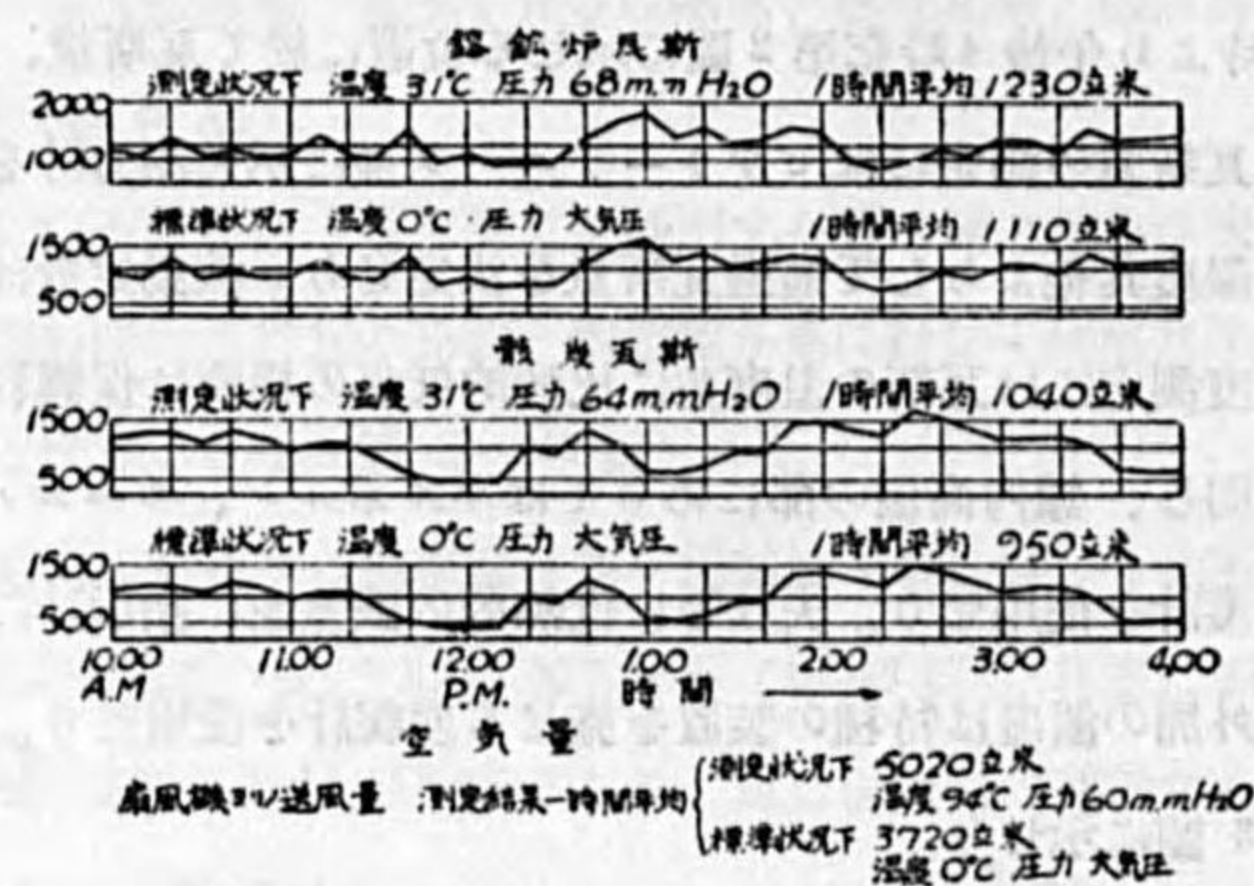
(1) 海野、末藤、製鐵所研究所受附研究、No. 12, 19 (1930) .

第 3 圖

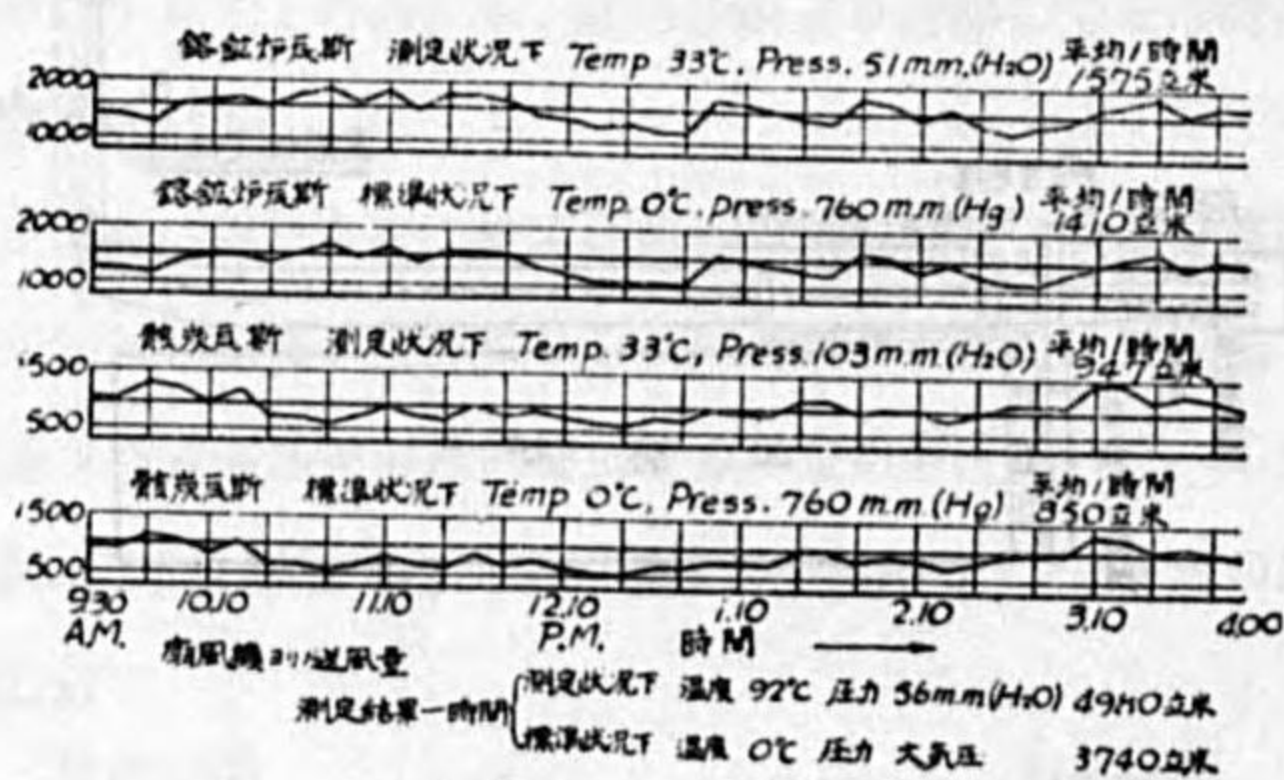


第 2 圖によりて知らるゝ如く瓦斯量の測定は同時に兩爐への量は A_1, B_1 點に於て、又第六分塊への量は A_2, B_2 點にて求めたり。供給瓦斯量が時間に對して如何に變化するかを第 4~9 圖に示せり。是によりて標準狀況下に於ける兩瓦斯量、空氣量並に夫等の溫度及び壓力を知らる可し。即ち同一瓦

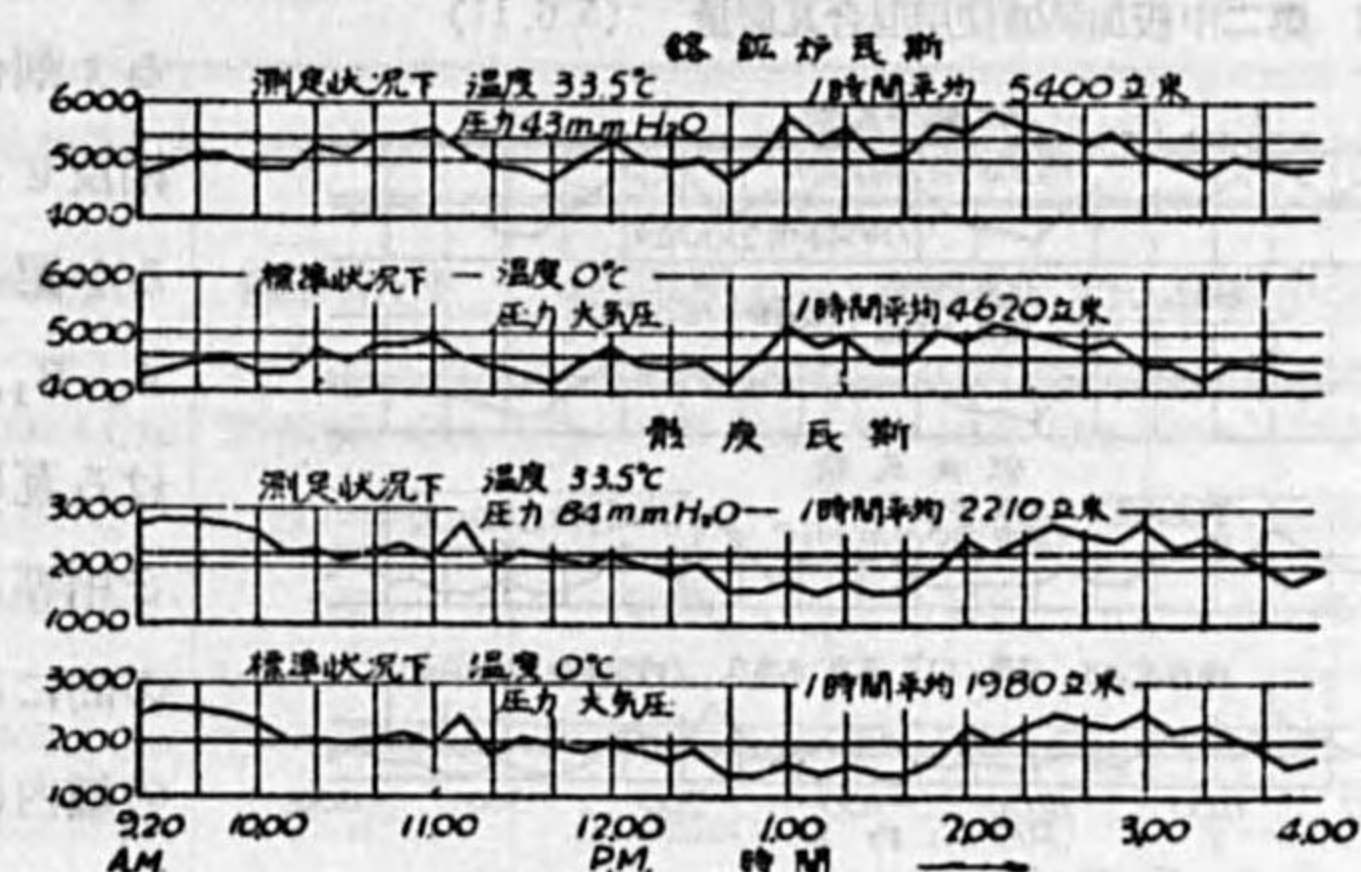
第 4 圖 第二中板加熱使用混合瓦斯量 (5.6.7)



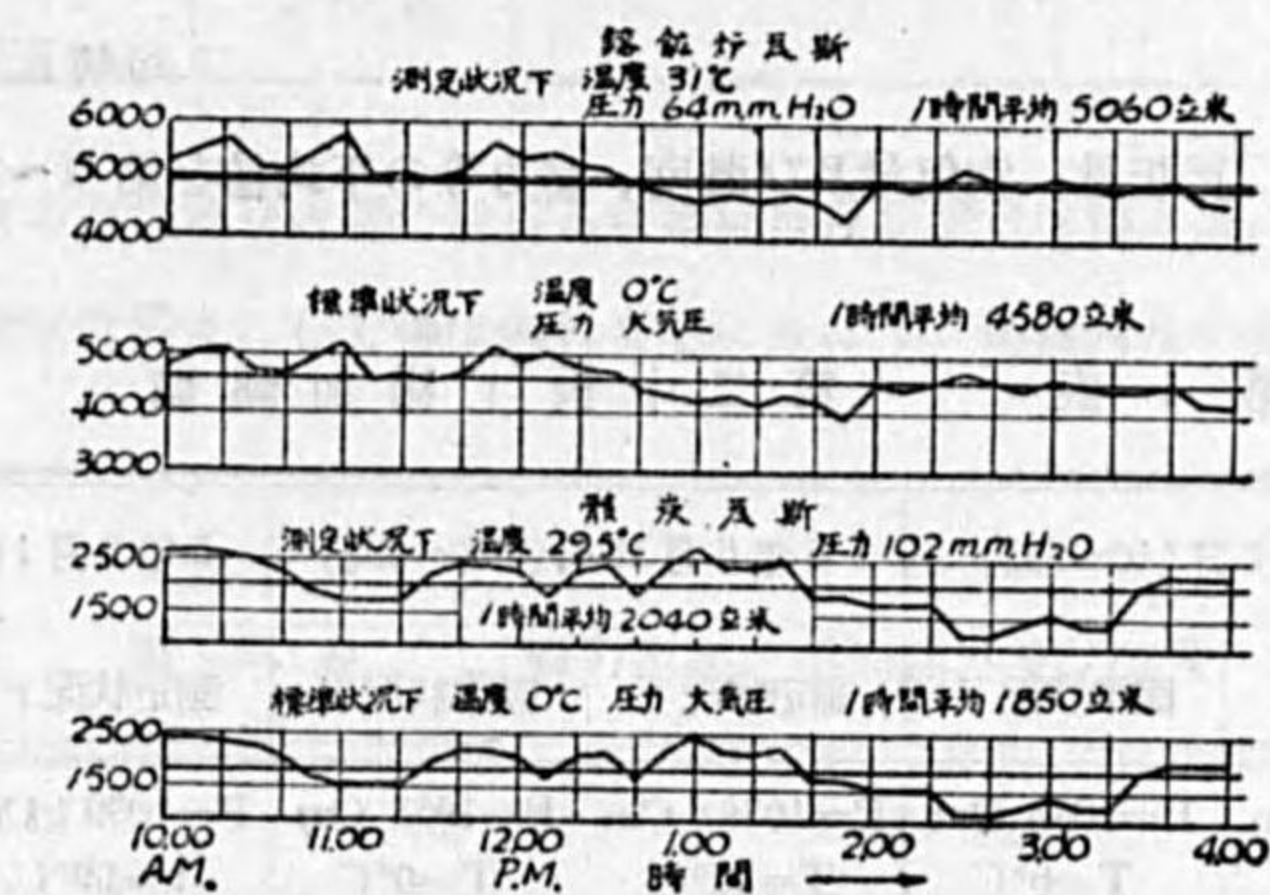
第 5 圖 第二中板工場加熱使用混合瓦斯量 (5.6.10)



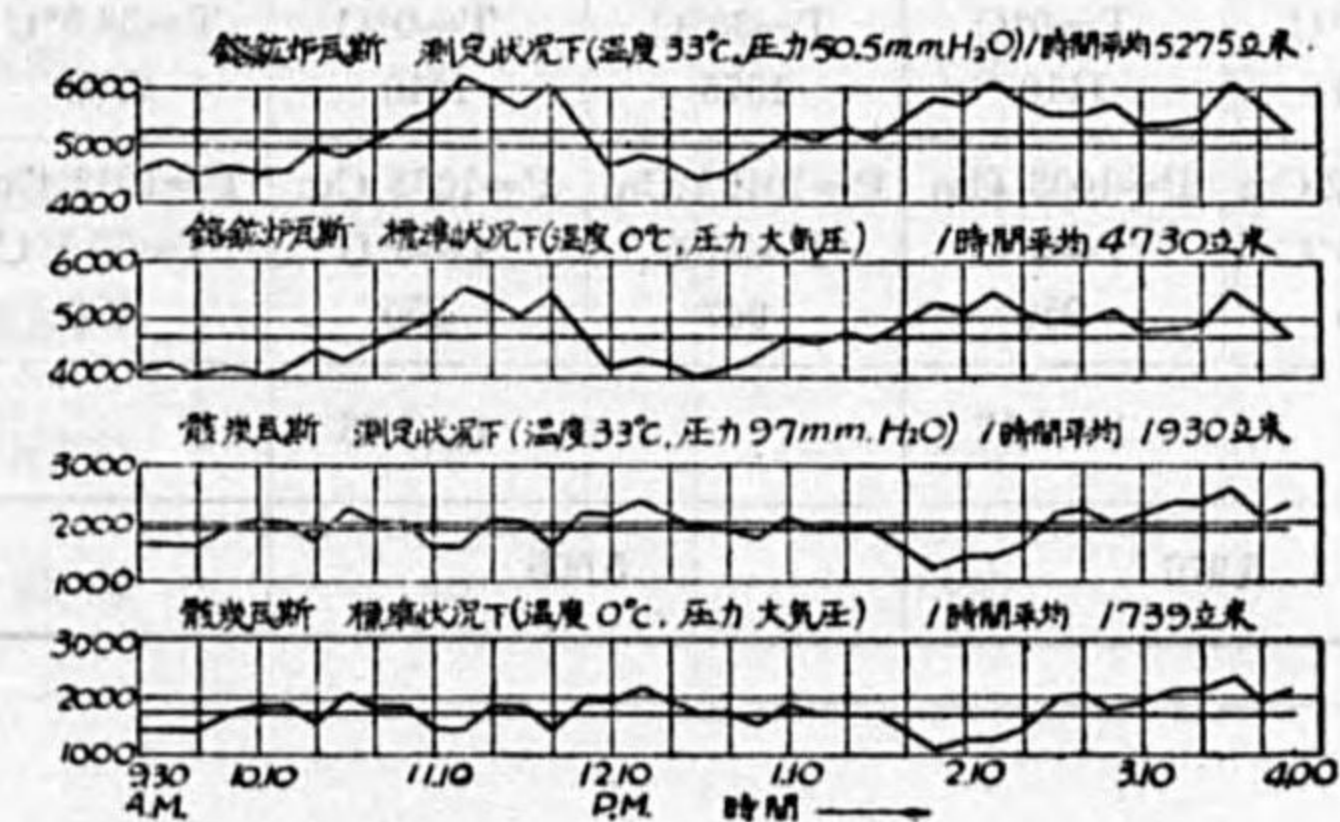
第 6 圖 第六分塊均熱爐使用混合瓦斯量 (5.6.11)



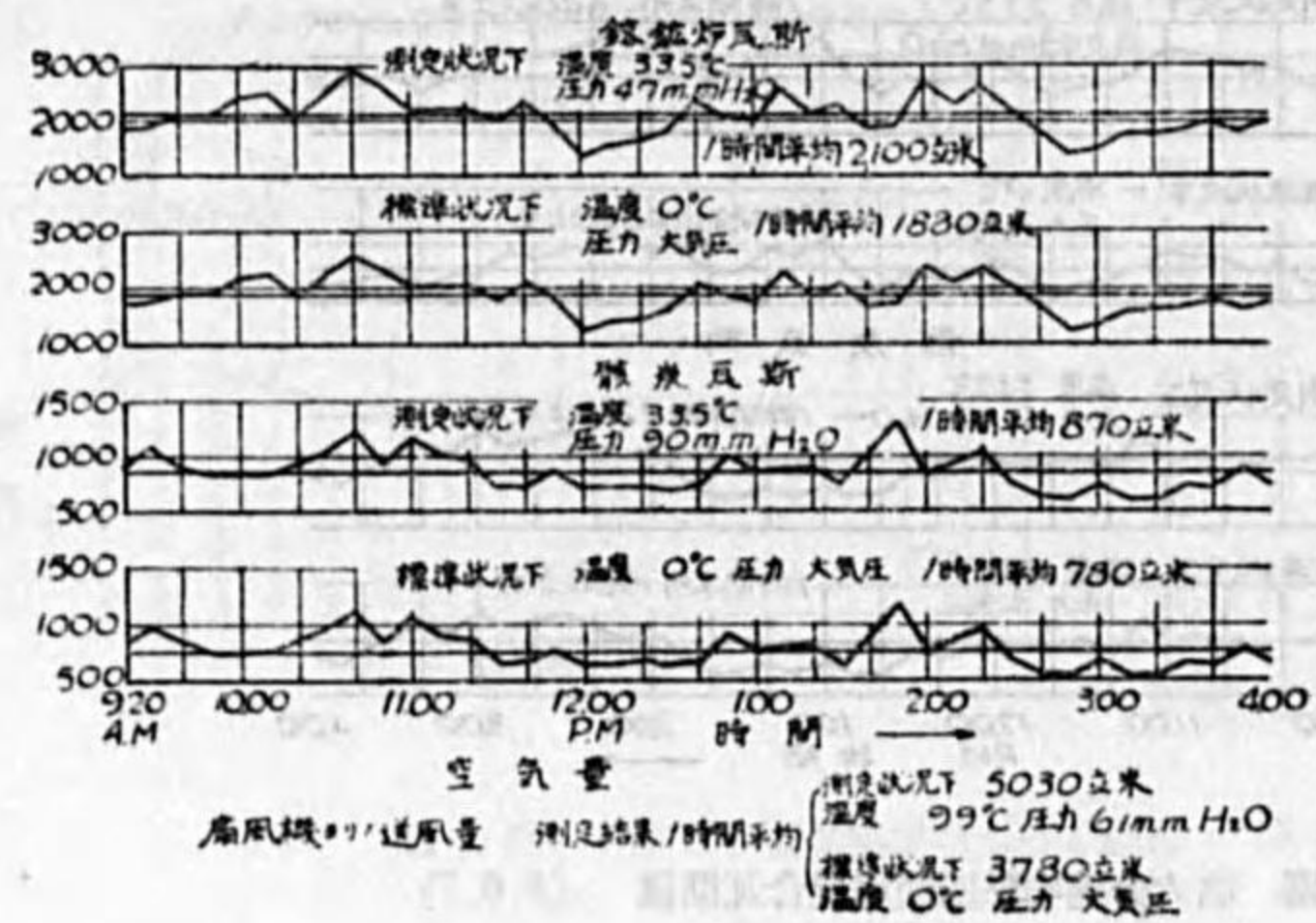
第 7 圖 第六分塊均熱爐使用混合瓦斯量 (5.6.7)



第 8 圖 第六分塊工場均熱爐使用混合瓦斯量 (5.6.10)



第9圖 第二中板加熱爐使用混合瓦斯量 (5.6.11)



新が兩工場に配給せらるゝ割合は大体に於て相反せる曲線状をなせるを認められ、A₁、A₂、B₁、B₂の位置に於ける瓦斯の温度は殆んど相等しく 29°~35°Cの間であり、又各瓦斯の爐内に供給せらるゝ量は作業の状況によりて標準状況の下に於て毎時正負 700 立方メートル

間を往來しつゝあり。瓦斯量、空氣量及び温度、壓力等の平均値を第 1~2 表に示せり。

第 1 表 第二中板工場加熱爐

測定年月日	5年6月7日(10~4時)		5年6月10日(9.30~4時)		5年6月11日(9.20~4時)	
	測定状況下	標準状況下	測定状況下	標準状況下	測定状況下	標準状況下
送風量 (毎時 立方米)	P=1039 Cm T=94°C 5020	P=1033 Cm T=0°C 3720	P=1038.6 Cm T=92°C 4980	P=1033 Cm T=0°C 3740	P=1039.1 Cm T=69°C 5030	P=1033 Cm T=0°C 3780
銑鐵爐瓦斯 (毎時 立方米)	P=1039.8 Cm T=31°C 1230	P=1033 Cm T=0°C 1110	P=1038.1 Cm T=33°C 1575	P=1033 Cm T=0°C 1410	P=1037.7 Cm T=33.5°C 2100	P=1033 Cm T=0°C 1880
假炭爐瓦斯 (毎時 立方米)	P=1043.2 Cm T=29.5°C 1040	P=1033 Cm T=0°C 950	P=1042.7 Cm T=33°C 947	P=1033 Cm T=0°C 850	P=1042 Cm T=33.5°C 870	P=1033 Cm T=0°C 780
假炭爐瓦斯對銑鐵爐瓦斯	1 : 1.17		1 : 1.66		1 : 2.41	
加熱送數 (毎時)	5.976		5.695		6.168	

第 2 表 第六分塊工場均熱爐

測定年月日	5年6月7日(10~4時)		5年6月10日(9.30~4時)		5年6月11日(9.20~4時)	
	測定状況下	標準状況下	測定状況下	標準状況下	測定状況下	標準状況下
銑鐵爐瓦斯 (毎時 立方米)	P=1039.4 Cm T=31°C 5060	P=1033 Cm T=0°C 4580	P=1038 Cm T=33°C 5275	P=1033 Cm T=0°C 4730	P=1037.3 Cm T=33.5°C 5400	P=1033 Cm T=0°C 4620
假炭爐瓦斯 (毎時 立方米)	P=1043.2 Cm T=29.5°C 2040	P=1033 Cm T=0°C 1850	P=1044 Cm T=33°C 1930	P=1033 Cm T=0°C 1740	P=1041 Cm T=33.5°C 2210	P=1033 Cm T=0°C 1980
兩瓦斯の比	1 : 2.48		1 : 2.73		1 : 2.84	

是等各供給管の内徑及び内部に於ける平均速度及び流量は第 3 表に示せり。之に依るに管内の速度は送風管最大にして他は何れも是に及ばず。尙爐内及び爐周の温度は第 4~5 表に示せり。

第 3 表 管の内徑、平均速度及び流量

管の種類	管の内徑(種)	平均速度(毎秒米)	毎時の流量(立方米)
A ₁ (銑鐵爐瓦斯)	70	4.96	6870
B ₁ (假炭爐瓦斯)	61	2.36	3012
A ₂ (銑鐵爐瓦斯)	69	3.89	5245
B ₂ (假炭爐瓦斯)	60	2.02	2060
中板工場行混合瓦斯管	60	2.54	2587
中板行送風管	40	13.93	5010

第 4 表 第二中板工場加熱爐の内温度

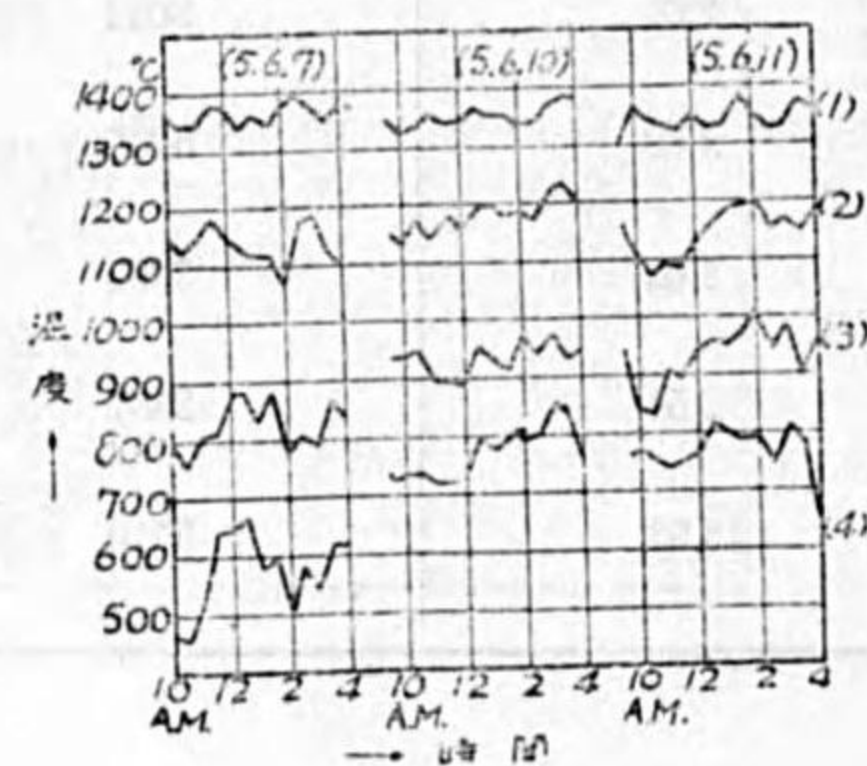
時 刻	5. 6. 7. 測 定				5. 6. 10. 測 定				5. 6. 11. 測 定			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
9. 30					1350	1162	940	727	1303	1165	957	765
10. 30	1360	1158	802	472	1322	1135	940	741	1360	1110	850	785
11. 30	1342	1125	753	462	1335	1178	955	742	1339	1076	840	763
12. 30	1345	1150	811	526	1358	1140	905	722	1335	1100	910	739
0. 30	1375	1185	811	646	1340	1178	900	723	1323	1087	900	753
1. 30	1376	1150	875	646	1345	1160	895	729	1352	1135	940	767
2. 30	1337	1130	893	669	1365	1197	960	792	1325	1155	960	814
3. 30	1367	1120	838	574	1356	1200	1060	881	1335	1183	957	809
4. 30	1342	1122	890	508	1350	1182	913	810	1382	1190	974	789
平均	1375	1070	785	622	1335	1185	975	797	1355	1205	1010	801
	1398	1070	810	479	1337	1174	940	806	1325	1156	948	749
	1270	1184	787	591	1370	1230	980	857	1330	1173	995	814
	1350	1128	873	546	1384	1234	937	849	1372	1150	905	795
	1380	1110	838	621	1380	1213	950	758	1360	1187	970	627

第 5 表 第二中板工場加熱爐の外周温度

位 置	(1)	(2)	(3)	(4)
天 井	210	155	120	75
東 側	148	134	67	48
西 側	149	130	75	40

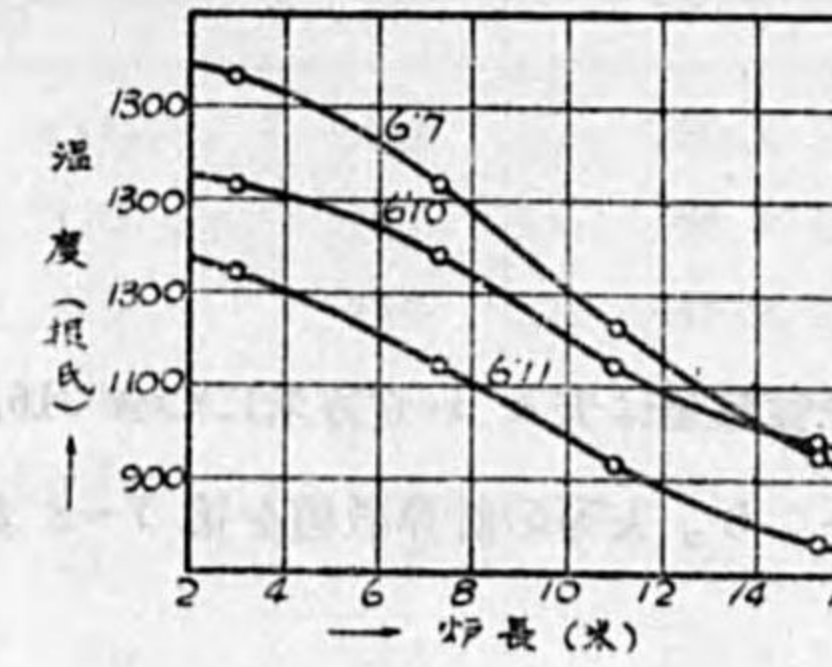
第 10 圖

第二中板工場加熱爐温度曲線

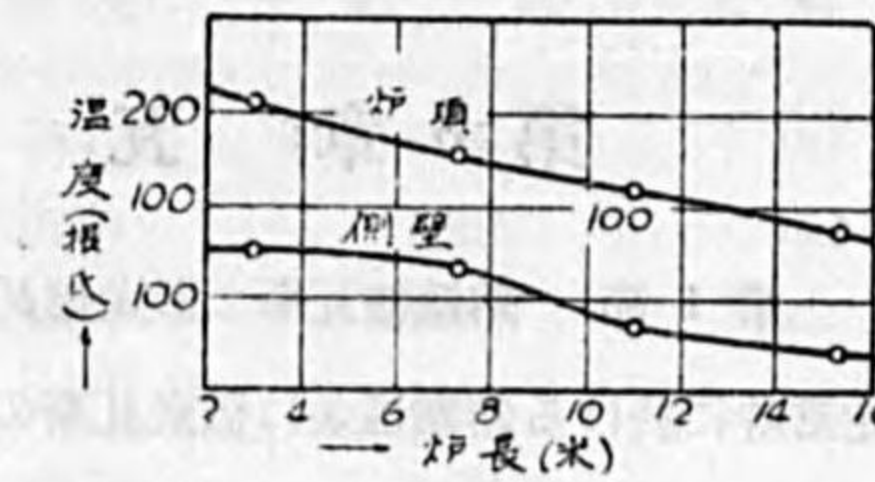


是等時間に對する温度の變化並に位置ミ温度ミの關係を第 10~12 圖に示せり。是に依れば瓦斯の燃燒口の温度は變化少なければも爐尻は甚しく 500°C より 800°C の間を上下せり。是 6 月 7 日の兩瓦斯の混合割合が散炭瓦斯比較的多く其割合に供給せられし空氣量少なきが爲め (第 1 表参照) 同日の温度分布に於て爐尻の廢棄瓦斯の温度の降下せるものミ考へらる。又爐頂は 200°C を超ゆるも側壁は 150°C 以下にあり。

第 11 圖 爐長と温度分布 (5. 6. 7~6. 11)



第 12 圖 爐 周 の 温 度



第 2 節 瓦斯量、空氣量の比

第二中板工場加熱爐第六分塊工場均熱爐に供給せられつゝある散炭爐瓦斯及び鉛鑛爐瓦斯の作業中に於ける割合を第 6 表に示せり。

第 6 表 散炭爐瓦斯並に鉛鑛爐瓦斯の分配比

測定月日	5年6月7日		6月10日		6月11日		平均	比
	鉛、瓦、	散、瓦、	鉛、瓦、	散、瓦、	鉛、瓦、	散、瓦、		
第二中板爐	1110	950	1410	850	1880	780	1467	860 1.71:1
第六分塊爐	4580	1850	4730	1740	4620	1980	4643	1857 2.50:1
計	5690	2800	6140	2590	6500	2760	6110	2717 2.25:1
第二中板對第六分塊	1:4.13	1:1.95	1:3.36	1:2.05	1:2.45	1:3.17	1:3.17	1:2.16

此表に示す如く兩爐に供給せる鉛鑛爐瓦斯量及び散炭爐瓦斯量の平均値は作業中毎時夫々 6110, 2717 立方メートルにして、鉛鑛爐瓦斯のみの第二中板工場對第六分塊工場の割合は

$$1467 : 4643 = 1 : 3.17$$

となり、後者は前者の 3 倍を超ゆ。又散炭爐瓦斯のみの兩者の割合は

$$860 : 1857 = 1 : 2.16$$

にして同じく 2.16 倍なり。而して第二中板工場使用空氣量の平均値は作業中毎時 3747 立方メートルなるが故に同工場に於ける三者の比は

$$\text{鉛鑛爐瓦斯} : \text{散炭爐瓦斯} : \text{送風量} = 1467 : 860 : 3747 = 1.71 : 1 : 4.35$$

の関係にあり。又第六分地工場均熱爐に於ける鉛鑛爐瓦斯對炭爐瓦斯は 2.50 : 1 の割合にあり。

第 3 章 瓦 斯

第 1 節 鉛鑛爐瓦斯と炭爐瓦斯

測定當時に於ける鉛鑛爐並に炭爐瓦斯の比熱及び發熱量は夫々 1 立方メートルにつき 316.4, 247.3 及び 997.82×10^3 , 4225.30×10^3 カロリーなり。夫等の計算數値を第 7~8 表に示せり。

第 7 表 鉛鑛爐瓦斯の成分と比熱

瓦斯の成分	%	1 立方メートルに於ける重量 (瓦)	比 熱	全 熱 量
CO ₂	8.0	$80.0 \times 1.9768^{(1)} = 158.14$	0.2214 ⁽⁷⁾	35.0
CO	29.0	$290 \times 1.2504^{(2)} = 362.62$	0.243 ⁽⁸⁾	88.2
H ₂	1.9	$19 \times 0.08987^{(3)} = 1.71$	3.409 ⁽⁹⁾	5.8
CH ₄	0.7	$7 \times 0.07168^{(4)} = 0.50$	0.593 ⁽¹⁰⁾	3.0
O ₂	0.4	$4 \times 1.4290^{(5)} = 5.72$	0.217 ⁽¹¹⁾	1.2
N ₂	60.0	$600 \times 1.2507^{(6)} = 750.42$	0.244 ⁽¹²⁾	183.2
合 計		1279.11		316.4

又其全發熱量は在來の恒數⁽¹³⁾によれば

$$\begin{aligned} \text{CO} & \dots\dots\dots 0.29 \times 3062 = 887.98 \\ \text{H}_2 & \dots\dots\dots 0.019 \times 2613 = 49.65 \\ \text{CH}_4 & \dots\dots\dots 0.007 \times 8598 = 60.19 \\ \text{合 計} & \dots\dots\dots = 997.82 \times 10^3 \text{ (カロリー)} \end{aligned}$$

(1) Guye u. Pintzo, Mem. de Geneve, 35 (1908), 569.
 (2) Rayleigh, Proc. Roy. Soc., 62 (1898), 201.
 (3) Marley, Zeits. Phys. ch., 20 (1896), 271.
 (4) Bauwe u. Perrot, Jou. Chem. Phys., 7 (1907), 370.
 (5) Germann, Jou. Chim. Phys., 12 (1914), 66.
 (6) Gray, Jou. Chem. Soc., 87 (1905), 1607.
 (7) W. F. G. Swann, Phil. Trans., 210 (1910), 199.
 (8) E. Wiedemann, Pogg. Ann., 157 (1876), 1.
 (9), (10), (12) Regnanlt, Mem. de L' Acad., 26 (1862), 1.
 (11) K. Sheel u. W. Heuse, Ann. d. Phys., 40 (1913), 492.
 (13) Richards Metallurgical Calculation (1918), 47.

第 8 表 炭爐瓦斯の成分と比熱

瓦斯の成分	%	1 立方メートルに於ける重量 (瓦)	比 熱	全 熱 量
CO ₂	3.8	$38 \times 1.9768 = 75.12$	0.2214	16.7
CO	8.6	$86 \times 1.2504 = 107.53$	0.243	26.1
H ₂	44.6	$446 \times 0.08987 = 40.08$	3.409	136.7
CH ₄	26.8	$268 \times 0.07168 = 19.21$	0.593	11.4
CnH _{2n}	3.4	$34 \times 1.2609^{(1)} = 42.87$	0.404 ⁽²⁾	17.3
O ₂	0.6	$6 \times 1.4290 = 8.57$	0.217	1.9
N ₂	13.2	$122 \times 1.2507 = 152.59$	0.244	37.2
合 計		445.97		247.3

又其全熱量は

$$\begin{aligned} \text{CO} & \dots\dots\dots 0.086 \times 3062 = 263.33 \\ \text{H}_2 & \dots\dots\dots 0.446 \times 2613 = 1165.40 \\ \text{CH}_4 & \dots\dots\dots 0.268 \times 8598 = 2304.26 \\ \text{CnH}_{2n} & \dots\dots\dots 0.034 \times 14480 = 492.32 \\ \text{合 計} & \dots\dots\dots 4225.31 \times 10^3 \text{ (カロリー)} \end{aligned}$$

是によれば

$$\begin{aligned} \text{鉛鑛爐瓦斯の比熱} : \text{炭爐瓦斯の比熱} & = \\ 316.4 : 247.3 & = 1.28 : 1 = F : 0.78? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鉛鑛爐瓦斯の發熱量} : \text{炭爐瓦斯の發熱量} & = \\ 997.82 \times 10^3 : 4225.31 \times 10^3 & = 0.236 : 1 = 1 : 4.23 \end{aligned}$$

即ち兩瓦斯の比熱は 1 : 0.782, 又發熱量は 1 : 4.23 の比なる事を知る。

第 2 節 混合瓦斯の成分と發熱量

(a) 第二中板工場加熱爐使用瓦斯

鉛鑛爐及び炭爐瓦斯の温度は實測によるに 29°~34°C なり。今兩者の混合直後更に化學的變化を起さざるものとするれば混合瓦斯の成分は第 9 表の如くなる。

(2) Stahrfress, Arch. sc. Phys. 28 (1908), 304.
 (3) Lussana, Cim. (3) 36 (1894), 5, 70, 130.

第 9 表 混合瓦斯の成分 (第二中板工場加熱爐)

月 日	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	H ₂ (%)	CH ₄ (%)	C ₂ H ₄ (%)	N ₂ (%)	銻、瓦 (立方米)	假、瓦 (立方米)	混、瓦 (立方米)
6. 7	6.07	0.49	19.60	21.59	12.74	1.57	37.94	1110	950	2060
6. 10	6.43	0.47	21.27	17.95	10.54	1.28	42.10	1410	850	2260
6. 11	6.77	0.46	23.08	14.41	8.35	0.99	45.94	1880	780	2660
平 均								1467	860	2327

兩瓦斯混合割合の變化によりて上表の如き成分の相違を見る、從つて其發熱量に於ても亦相當の差ある可きなり。今是等の發熱量を求むるに、

6 月 7 日

$$0.196 \times 3062 + 0.2159 \times 2613 + 0.1274 \times 8598 + 0.0157 \times 14480 = 2488 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

6 月 10 日

" " " " = 2211 × 10³ "

6 月 11 日

" " " " = 1944 × 10³ "

平 均

" " " " = 2214 × 10³ "

さなる。混入炭燼瓦斯量の割合増加によりて發熱量増加するは當然の結果なり。

(b) 第六分塊工場均熱爐使用瓦斯

兩瓦斯の温度は第二中板工場へのものと殆んど相等しく更に低下なきが如し。今第 9 表の如く其成分を算出して第 10 表に示せり。

第 10 表 混合瓦斯の成分 (第六分塊工場均熱爐)

月 日	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	H ₂ (%)	CH ₄ (%)	C ₂ H ₄ (%)	N ₂ (%)	銻、瓦 (立方米)	假、瓦 (立方米)	混、瓦 (立方米)
6. 7	6.78	0.45	23.11	14.18	8.22	0.98	46.28	4580	1850	6430
6. 10	6.90	0.45	23.52	13.38	7.73	0.92	47.10	4730	1740	6470
6. 11	6.73	0.46	22.87	14.73	8.53	1.02	45.66	4620	1980	6600
平 均	6.80	0.45	23.17	14.10	8.17	0.97	46.34	4643	1857	6500

從つて是等の各發熱量は

6 月 7 日

$$0.2311 \times 3062 + 0.1418 \times 2613 + 0.0822 \times 8598 + 0.0098 \times 14480 = 1927 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

6 月 10 日

" " " " = 1869 × 10³ "

6 月 11 日 " " " " = 1966 × 10³ (カロリー)

平 均 " " " " = 1921 × 10³ "

第二中板工場加熱爐に供給せらるゝ混合瓦斯は 2214 × 10³ カロリーなるに第六分塊工場均熱爐にありては 1921 × 10³ カロリーなり。是兩瓦斯混合の割合の相違によりて來るものなる事は言を俟たず。

第 3 節 瓦斯量と空氣量

第 1 表に示せる如く第二中板工場加熱爐にありては供給瓦斯量と空氣量は各日其割合を異にす。是等は果して瓦斯の完全燃焼に適當なる割合なるか否やを算出せん。今銻燼瓦斯の完全燃焼に必要な空氣量を求むるに、

CO に対して要せらるゝ酸素 $0.29 \times \frac{1}{2} = 0.145$

H₂ " $0.019 \times \frac{1}{2} = 0.0095$

CH₄ " $0.007 \times 2 = 0.014$

現存せる O₂ = 0.004

差引新たに要せらるゝ O₂ = 0.1645

從つて完全燃焼に必要な空氣量 $\frac{0.1645}{0.208} = 0.791$

即ち銻燼瓦斯 1 立方メートルを完全燃焼せしむる爲めに乾燥せる空氣 0.791 立方メートルを要する事を知る。同様にして炭燼瓦斯 1 立方メートルを完全燃焼せしむる爲めには其瓦斯の成分よりして

$$\frac{0.898}{0.208} = 4.320$$

即ち 4.32 立方メートルの乾燥空氣を要す。從つて 6 月 7 日の銻燼瓦斯及び炭燼瓦斯に対しては

$$1110 \times 0.791 + 950 \times 4.320 = 4982 \text{ (立方メートル)}$$

少なくとも 4982 立方メートルの空氣が必要にして、同様に 6 月 10 日、11 日にありては夫々 4485、4857 立方メートルを必要とす。今供給せられたる空氣量は是等の關係を示すに第 11 表の如し。

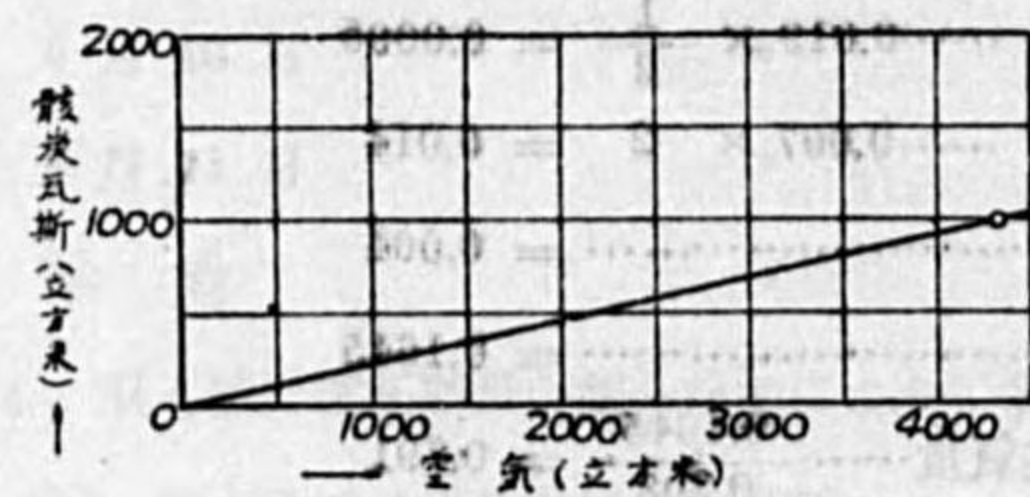
第 11 表 第二中板工場加熱爐の空氣量 (毎時標準狀況下)

測定月日	供給量	必要量	不足量	供給量對不足量
6. 7	3720	4982	1262	1 : 0.339
6. 10	3740	4784	1044	1 : 0.279
6. 11	3780	4844	1064	1 : 0.282
平 均	3747	4833	1123	1 : 0.300

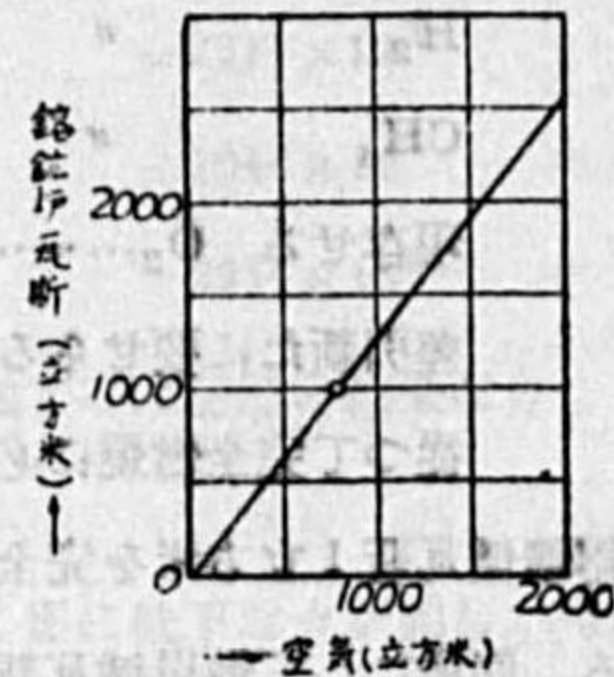
(1) Richards, Metallurgical Calculation (1918), 9.

即ち不足空気量は6月7日を最大とし11日、10日の順なる。此必要量は乾燥空気の際の計算なるが故に實測値の供給量は乾燥の場合にすれば是より以下の數値を示す可く、又既に著者の述べたる如く此必要量は静止の場合の値なるが故に供給瓦斯の流通速度に従つて上記の必要量よりも更に増加すべきなり。従つて此必要量は其最少限度を示せるものも考へらるべし。混合瓦斯の割合によりて必要なる空気量は變化す可きも、今の場合混合瓦斯をして完全燃焼なさしめん爲めには、先づ大体に於て現在供給せられつゝある空気量の80%以上を増加するの要ある可し。兩瓦斯を静止の状態に於て完全に燃焼せしむるに必要な乾燥せる空気量と瓦斯量との關係を第13~14圖に示せり。焦炭瓦斯の完全燃焼に必要な空気量は甚だ多量なるを思はしむ。

第13圖 焦炭瓦斯と空氣



第14圖 鑄鐵爐瓦斯と空氣



第11圖に示せる爐内温度の分布曲線を見るに6月7日の狀況は爐の中間より温度降下比較的大なり是供給瓦斯量に對しての送風量少く燃焼充分ならざるが爲めに發熱が局部に限られたるに、裝入鋼片の比較的多かりし結果なりを考ふる事を得べし。

第4節 送風量の不足より生ずる損失

前述せる如く鑄鐵爐瓦斯1110立方米、焦炭瓦斯950立方米を混合せる2060立方メートルの瓦斯が、静止状態に於て完全に燃焼するには4987.3立方メートルの乾燥空氣を要するに、實際の送風量は3720立方メートルにして毎時1268.3立方メートル不足せり。然らば此不足送風量の爲めに幾何の混合瓦斯が不能燃焼の状態にて加熱爐を通過しつゝあるか、又29°~34°Cの混合瓦斯が廢棄瓦斯として放出せらるゝ際に爐より何程の熱量を奪ひ去るかを6月7日第二中板の場合につきて算出せん。先づ3720立方メートルの空氣が完全に燃焼し得べき混合瓦斯量は

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、8(1928)、No.6. 同9(1929)、No.4.

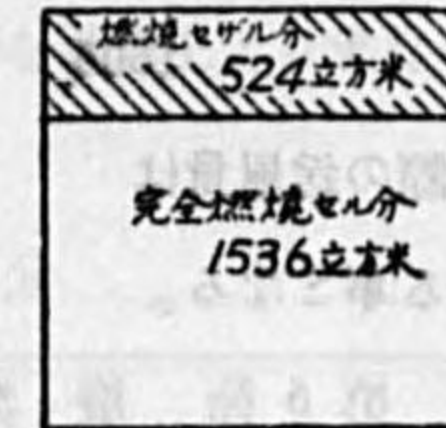
$$\frac{2060 \times 3720}{4987.3} = 1536 \text{ (立方メートル)}$$

従つて $2060 - 1536 = 524$ (立方メートル)

524立方メートルの混合瓦斯は燃焼せずに通過しつゝある事なる。今其割合を示せば第15圖の如し。

第15圖

次に此不能燃焼瓦斯が廢棄瓦斯として奪ひ去る熱量を算出せん。瓦斯の壓力は水柱6~6.8極なるを以て壓力の影響を省略し單に温度のみに着眼して計算すれば、混合瓦斯524立方メートル中には



鑄鐵爐瓦斯の量..... $524 \times \frac{1110}{2060} = 283$ (立方メートル)

焦炭瓦斯の量..... $524 \times \frac{950}{2060} = 231$ (立方メートル)

又廢棄瓦斯の温度は6月7日の分にありては爐内に於て528°Cなり、故に燃焼せずして鑄鐵爐瓦斯が持ち去る熱量Pは

$$P = 528 \times 283 \times 316.4 = 47.8 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又焦炭爐瓦斯Qは

$$Q = 528 \times 231 \times 247.3 = 30.2 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

故に此混合瓦斯が奪ひ去る全熱量は

$$P + Q = 77.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

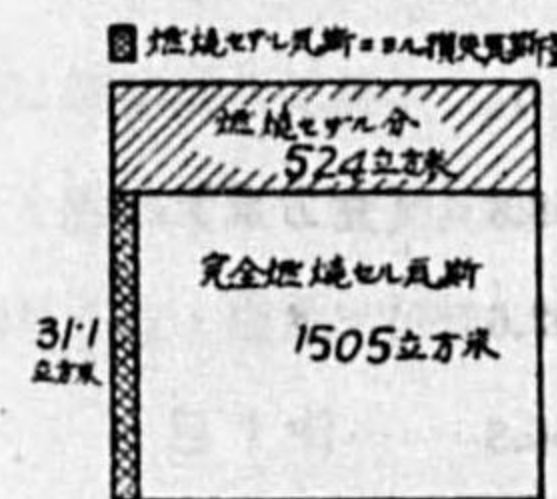
又此熱量は混合瓦斯幾何に該當するかを見るに

$$77.5 \times 10^6 \div 2.488 \times 10^6 = 31.1 \text{ (立方メートル)}$$

即ち31.1立方メートルに相當す。従つて毎時供給せる混合瓦斯量は2060立方メートルなるも送風量不足の爲めに

$$524 + 31.1 = 555.1 \text{ (立方メートル)}$$

第16圖 混合瓦斯の配布



合計555.1立方メートルの瓦斯は全く其働きをなさざる結果に等し。故に其効果は

$$2060 - 555.1 = 1505 \text{ (立方メートル)}$$

1505立方メートルの混合瓦斯を、送風量

$$3720 - 70 = 3650 \text{ (立方メートル)}$$

3650立方メートルなる場合の加熱狀況に等し。是等の關係を第16圖に示せり。従つて爐内に供給せらるゝ混合瓦斯を100%

ますれば眞に役立つ瓦斯量は

$$1505 \div 2060 \times 100 = 73.1 (\%)$$

73.1%にして残り 555 立方メートル即ち 26.9%は不能燃焼のまゝ廢棄瓦斯として排出せられたりあり。故に爐内有効の混合瓦斯量の代りに鉛燻爐瓦斯幾何を使用せば之と同等なる加熱効果を得らるべきかを求むるに、上述の計算によりて

$$\text{混合瓦斯量 (立方メートル)} \quad \text{鉛燻爐瓦斯量 (立方メートル)}$$

$$1505 \quad = (811 + 694 \times 4.23) = 3746$$

又此際の送風量は $3746 \times 0.791 = 2060$ (立方メートル)

にて足る事なる。

第 5 節 廢棄瓦斯

6月7日の中板工場加熱爐の場合につき廢棄瓦斯量及び其成分を算出せん。毎時の供給混合瓦斯量は 2060 立方メートル、送風量は 3720 立方メートルなるを以て是が燃焼によりて起る反應は



従つて燃焼によつて生ずる瓦斯の容積は

	CO ₂	H ₂ O	N ₂
COより	0.196		
H ₂		0.2159	
CH ₄	0.1274	0.2548	
C ₂ H ₄	0.0314	0.0314	
合計	0.3548	0.5021	2945 (立方メートル)

2060 立方メートルの混合瓦斯中 1536 立方メートルのみが完全に燃焼し残り 524 立方メートルは其儘廢棄瓦斯中に混入して排棄せらるゝが故に廢棄瓦斯の全容積は

	完全燃焼により	不能燃焼により
CO ₂	0.3548 × 1536 + 31.8 = 558.8 (立方メートル)	
CO		102.6 = 102.6 "
CH ₄		66.8 = 66.8 "
H ₂		113.0 = 113.0 "

$$C_2H_4 \dots \dots \dots \times 8.2 = 8.2 \text{ (立方メートル)}$$

$$H_2O \dots \dots \dots 0.5021 \times 1536 = 789.2 \text{ "}$$

$$N_2 \dots \dots \dots 3720 \times 0.792 + 199.0 = 3144.0 \text{ "}$$

$$\text{合計} \quad \quad \quad = 4782.6 \text{ "}$$

然るに 6月7日の實測温度は平均 528°Cなるを以て、同温度に於ける全廢棄瓦斯量は

$$V_{528} = 4782.6 \times \frac{801}{273} = 14050 \text{ (立方メートル)}$$

毎時 14050 立方メートルなる事を知る。此際に於ける廢棄瓦斯の成分を計算上より求むるに第 12 表の如し。

第 12 表 廢棄瓦斯の成分

成分	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	C ₂ H ₄	H ₂ O	N ₂	合計
%	12.22	2.15	1.40	2.36	0.17	16.30	65.40	100

第 4 章 熱量及び燃料

第 1 節 熱 量

(a) 燃焼による爐内の熱量

供給瓦斯量に對して必要なる空氣量は第 11 表に示せる如く夫々毎時 4982, 4784, 4844 立方メートルなるに、供給空氣量は夫々 3720, 3740, 3780 立方メートルなる爲め、是等の送風量によりて燃焼せらるゝ混合瓦斯量は

6月7日	x = $\frac{2060 \times 3720}{4982} = 1536$ (立方メートル)
6月10日	x = 1766 "
6月11日	x = 2077 "

故に供給混合瓦斯中 $2060 - 1536 = 524$ 立方メートル及び 494, 583 立方メートル

は全く燃焼せずに廢棄瓦斯と共に排出せられたりあり。従つて此の送風量によりて爐内に供給せらるゝ熱量は毎時

6月7日	1536 × 2488 × 10 ³ = 3821.6 × 10 ⁶ (カロリー)
6月10日	1766 × 2211 × 10 ³ = 3907 × 10 ⁶ "

6月11日.....2077 × 1944 × 10³ = 4035 × 10⁶ (カロリー)

是等の結果を総合すれば第13表の如し。

第13表 瓦斯の発生熱量(第二中板工場加熱爐)

測定月日	混合瓦斯量(立方米)	送風量(立方米)	送風量による燃焼混合瓦斯量	不能燃焼混合瓦斯量	燃焼による發生熱量(カロリー)
6. 7	2060	3720	1536	524	3821.6 × 10 ⁶
6. 10	2290	3740	1766	491	3907 × 10 ⁶
6. 11	2660	3780	2077	583	4035 × 10 ⁶
平均	2327	3747	1793	524	3921 × 10 ⁶

表中の不能燃焼混合瓦斯が爐内の熱を相當奪ひつゝある事は前述せるが如し。

(b) 燃焼外の熱量

混合瓦斯が燃焼して發生する熱量の外に其瓦斯及び空氣自体が保有する熱量あり。此空氣及び瓦斯が初めに保有する熱量を求むるに毎時

6月7日

$$94 \times 3720 \times 0.2406 + 31 \times 1110 \times 316.4 + 29.5 \times 950 \times 247.3 = 102.0 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

6月10日

$$82.8 \times 10^6 + 14.7 \times 10^6 + 6.9 \times 10^6 = 104.4 \times 10^6 \text{ "}$$

6月11日

$$90.0 \times 10^6 + 19.9 \times 10^6 + 6.5 \times 10^6 = 116.4 \times 10^6 \text{ "}$$

又前述せる不能燃焼瓦斯が持ち去る熱量は

鉛、瓦、 骸、瓦、

$$6月7日 \dots\dots 316.4 \times 283 \times 528 + 247.3 \times 231 \times 528 = 77.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$6月10日 \dots\dots 316.4 \times 308 \times 790 + 247.3 \times 186 \times 790 = 113.5 \times 10^6 \text{ "}$$

$$6月11日 \dots\dots 103.0 \times 10^6 + 32.6 \times 10^6 = 132.9 \times 10^6 \text{ "}$$

従つて6月7日の差引爐内に供給せられたる有効熱量は

$$(3821.6 + 102.0 - 77.5) \times 10^6 = 3846.1 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

同様の計算によりて熱量の増減を示せば第14表の如し。

第14表 毎時の熱量増減表(第二中板工場加熱爐)

測定月日	瓦斯の燃焼による熱量(カロリー)	瓦斯及び空氣が保有する熱量(カロリー)	不能燃焼瓦斯が持ち去る熱量(カロリー)	爐内有効熱量(カロリー)	不能燃焼瓦斯無き場合(カロリー)
6. 7	3821.6 × 10 ⁶	102.0 × 10 ⁶	77.5 × 10 ⁶	3846.1 × 10 ⁶	3923.6 × 10 ⁶
6. 10	3907 × 10 ⁶	104.4 × 10 ⁶	113.5 × 10 ⁶	3867.9 × 10 ⁶	4011.4 × 10 ⁶
6. 11	4035 × 10 ⁶	116.4 × 10 ⁶	132.9 × 10 ⁶	4018.5 × 10 ⁶	4151.4 × 10 ⁶
平均	3921.2 × 10 ⁶	107.6 × 10 ⁶	107.6 × 10 ⁶	3920.8 × 10 ⁶	4028.8 × 10 ⁶

即ち不能燃焼瓦斯無くんば前表末行の熱量なる可きも之が存在する爲めに其熱量は減じて平均毎時 3920.8 × 10⁶ カロリーを爐内に供給しつゝある事なる。従つて

$$3920.8 \times 10^6 \div 2214 \times 10^3 = 1770 \text{ (立方米)}$$

平均毎時 2327 立方メートルの混合瓦斯を使用してその効果は 1770 立方メートルを使用せる結果に等し。故にその損失は 2327 - 1770 = 557 (立方メートル)

此中鉛鐵爐瓦斯は第6表よりして

$$557 \times \frac{1.71}{2.71} = 351 \text{ (立方メートル)} \text{ 故に } 0.12 \times 351 = 42.1 \text{ (錢)}$$

又骸炭瓦斯は

$$557 \times \frac{1}{2.71} = 206 \text{ (立方メートル)} \text{ 故に } 1 \times 206 = 206 \text{ (錢)}$$

$$206 + 42.1 = 248.1 \text{ (錢)}$$

即ち毎時合計 2.48 圓に値する瓦斯を浪費しつゝある事なる。

(c) 鋼片の持ち去る熱量

第二中板工場に於ける壓延材料の大きさは平均 70 × 300 × 1000 珎、重量 160 珎、製品の厚さ 3.2 珎にして其成分は 0.13~0.30% 炭素、0.40~0.60% 珎なり。依て各測定中の平均毎時の壓延噸数を採りて鋼片の持ち去る熱量を算出せん。加熱鋼片の爐内に於ける最高温度は 1310°C 前後にして抽出後は其表面 1250°C を示す。由て鋼片の内外の平均温度⁽¹⁾として 1230°C を採用せんに、同温度に於ける平均比熱よりして其含有熱量は 213 カロリーなり。而して毎時の平均加熱噸数は第1表よりして 5.946 噸なるを以て

$$213 \times 5.946 \times 10^6 = 1265 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、5 (1925)、No. 2、No. 5; Sci. Rep. (1926)、331; (1926)、597. (1926)、121; 金屬の研究、3 (1926)、225、366.

故に単位時間については

$$1265 \times 10^6 \div 3600 = 351.5 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

351.5 × 10³ カロリーの熱を鋼片が持ち去る事なる。故に爐内に供給せられたる實發熱量に對しては

$$351.5 \div \frac{3920.8 \times 10^6}{36 \times 10^2} \times 100 = 32.3 \text{ (\%)}$$

32.3%に相當す。前述せる如く瓦斯の燃焼によりて生ぜる熱量は不能燃焼瓦斯によりて減少せらる。此減少せられたる残りの熱量に對しては如上の如くなるも、爐内に供給せられたる全瓦斯の發生可能の熱量に對しては

$$(8.515 \times 10^3) \div (1435 \times 10^3) \times 100 = 24.50 \text{ (\%)}$$

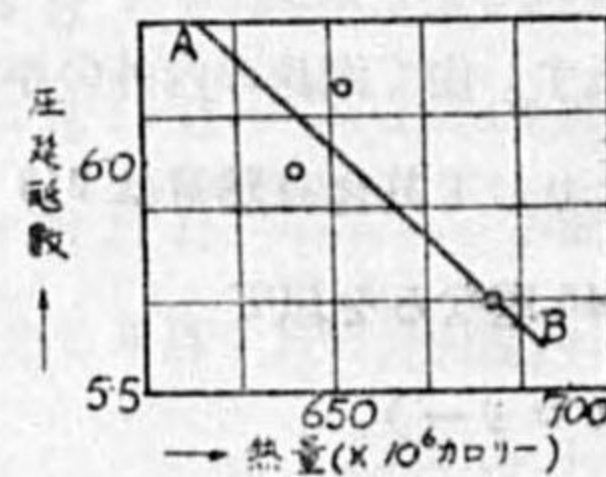
即ち爐内供給瓦斯量に對しては 24.5%を持ち去る事なる。

次に鋼片加熱に當り幾何の熱量が役立ちたるか、即ち適當の實際の熱量を示せば第15表の如し。

第 15 表 第二中板工場壓延適當の熱量と其熱能率

測定月日	毎時の壓延延數	爐内有効熱量 (カロリー)	壓延適當の熱量 (カロリー)	有効熱量に對する鋼片の熱能率(%)
6. 7	5,976	3846.1 × 10 ⁶	643.7 × 10 ⁶	33.1
6. 10	5,695	3897.9 × 10 ⁶	685.0 × 10 ⁶	31.1
6. 11	6,168	4018.5 × 10 ⁶	652.0 × 10 ⁶	32.7
平均	5,946	3920.8 × 10 ⁶	660.0 × 10 ⁶	32.3

第 17 圖 壓延延數と適當の熱量



此熱量と壓延延數との關係を示せば第17圖の如く先づ平均して A B 線を得、是によれば熱量と其熱能率は反比例し熱量の少なき場合に其能率は増せり。

(d) 爐壁よりの流出熱量

爐の各部の大きさに第 5 表及び第 12 圖に示せる爐壁温度の實測値よりして其平均を求めて第 16 表に掲げり。

第 16 表 爐の各部の大きき温度 (第二中板工場加熱爐)

各 部	表面積(平方米)	厚 さ (mm)	熱 傳 導 率	内部温度(°C)	外部温度(°C)
爐 頂 部	70.0	38	2.7 × 10 ⁻³	1130	150
爐 周	81.0	46	2.6 × 10 ⁻³	1130	100
爐 底	70.0	23	2.7 × 10 ⁻³	1130	70

爐頂部より単位時間に流出する熱量を P とすれば

$$P = \frac{2.7 \times 10^{-3} \times (1130 - 150) \times 70 \times 10^4}{38} = 48730 \text{ (カロリー)}$$

同様に爐周、爐底よりの熱量を Q, R とすれば

$$Q = \frac{2.6 \times 10^{-3} \times 1030 \times 81 \times 10^4}{46} = 47230 \text{ (カロリー)}$$

$$R = \frac{2.7 \times 10^{-3} \times 1060 \times 70 \times 10^4}{23} = 87000 \text{ (カロリー)}$$

故に

$$P + Q + R = 182960 \text{ (カロリー)}$$

又爐内にての發生熱量は単位時間につき 1090 × 10³ カロリーなるを以て、爐壁よりの流出熱量は其有効熱量に對して

$$182960 \div 1090000 \times 100 = 16.77 \text{ (\%)}$$

約 16.77% に相當す。尙又爐内に供給せられたる全瓦斯の發生可能の熱量に對しては、

$$(182.96 \times 10^3) \div (1435 \times 10^3) \times 100 = 12.74 \text{ (\%)}$$

12.74% に相當す。

(e) 熱 量 配 布

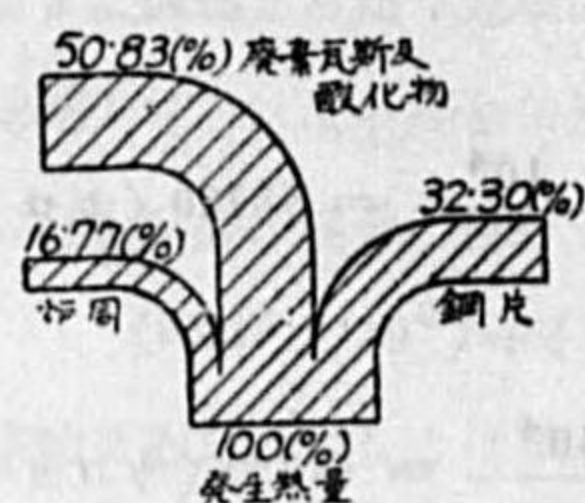
以上算出せる數値を總括して第 17 表に示せり。

第 17 表 熱量配布の割合 (第二中板工場加熱爐)

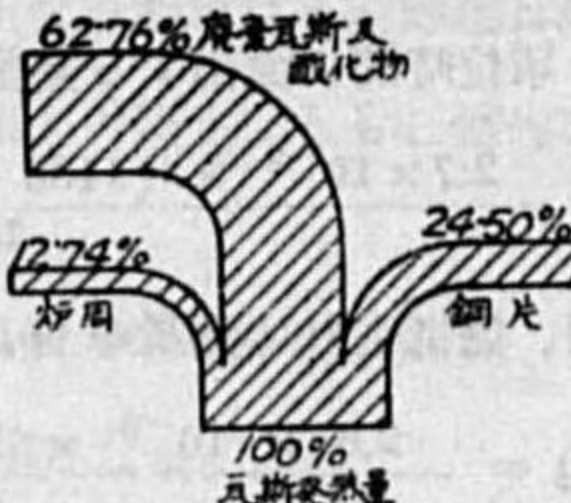
配 布 の 種 類	爐内の實熱量に對する %	使用瓦斯に對する %	毎時の實熱量 (カロリー)	毎時の消費熱量 (カロリー)
鋼片が持去る分	32.40	24.50	1265 × 10 ⁶	1265 × 10 ⁶
爐周より流出する分	16.77	12.74	658.7 × 10 ⁶	658.7 × 10 ⁶
廢棄瓦斯及び酸化としての分	50.83	62.76	1997.1 × 10 ⁶	3236 × 10 ⁶
合 計	100.00	100.00	3920.8 × 10 ⁶	5160 × 10 ⁶

上表中毎時の實熱量は實際爐内にての有効熱量の配布値を示せるものにして、毎時の消費熱量は不完全燃焼の爲めに廢棄瓦斯中に混在せる可燃瓦斯の熱量をも含めたるものなり。従つて鋼片及び爐周の奪ひ去る熱量値には更に變化なきを知るべし。是等配布割合を示せば第 18~19 圖の如し。

第 18 圖
熱量配布 (第二中板)



第 19 圖
瓦斯發熱量配布 (第二中板)



廢棄瓦斯及び酸化等に失はるゝ熱量の相當多量なるを思はしむ。

第 2 節 燃 料

(a) 鋼片 聽 當 り の 燃 料

加熱鋼片聽數、聽當りの混合瓦斯量及び空氣量の關係を示せば第 18 表の如し。

第 18 表 加熱聽數及び瓦斯量 (第二中板、加熱爐)

月 日	加熱聽數 (10~1時)	毎時の聽數	鋼片聽當り 鎔、瓦斯、 (立方米)	鋼片聽當り 酸、瓦斯、 (立方米)	兩瓦斯の和 (立方米)	空 氣 量 (立方米)
6. 7	35,860	5,976	186	159	345	623
6. 10	37,020	5,695	248	149	397	657
6. 11	41,120	6,168	305	127	432	613
平 均	38,000	5,946	246	145	391	631

以上の実績より見るに加熱鋼片聽當り鎔鐵爐及び骸炭爐瓦斯は平均夫々 246, 145 立方米合計 391 立方米的混合瓦斯を使用しつゝあり。今其平均値より加熱鋼片聽當りの熱量を求むるに

$$391 \times 2214 \times 10^3 + 391 \times 33 \times 291 + 631 \times 95 \times 0.2558 \times 1.2927 \times 10^3$$

(1) 兩瓦斯の比熱より算出せり。

(2) L. Hoiborn u. F. Hennig. Ann. Phys., (4), 18 (1905), 739; 23 (1907), 609.

$$= 865.67 \times 10^6 + 3.76 \times 10^6 + 19.82 \times 10^6 = 889.25 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

發生爐の場合を探りて其石炭當量を求むるに

$$889.25 \times 10^6 \div (1518 \times 2600 \times 10^3) = 0.226 \text{ (聽)}$$

即ち加熱鋼片 1 聽に對し爐内に供給せられつゝある瓦斯の石炭當量は 226 聽の平均値を得。又瓦斯及び空氣自身の有する熱量を除外し單に供給瓦斯の發生する熱量のみを考ふれば

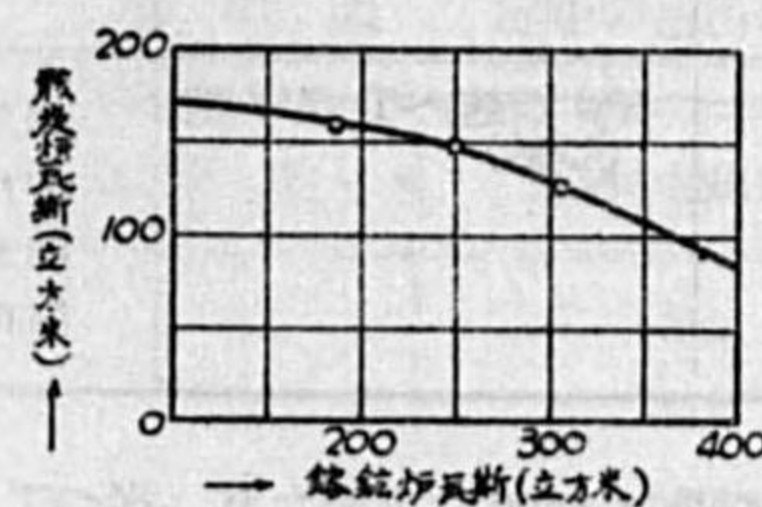
$$865.67 \times 10^6 \div (1518 \times 2600 \times 10^3) = 0.220 \text{ (聽)}$$

聽當り 220 聽の石炭當量なる。故に瓦斯及び空氣が比較的高温なる爲めに聽當り

$$226 - 220 = 6 \text{ (聽)}$$

6 聽の石炭の節約をなしつゝある事を知る。今第 18 表に示せる聽當りの兩瓦斯の混合割合を求むるに第 20 圖の如し。是によれば骸炭

第 20 圖
加熱鋼片聽當り兩瓦斯の割合



爐瓦斯のみを使用すこせば聽當り約 185 立方米即ち毎時約 1100 立方米を要す可く、又鎔鐵爐瓦斯のみなる場合は約 600 立方米即ち毎時 3600 立方米前後を要す可きを想像せしむ。即ち骸炭爐瓦斯を減少せしむれば比較的多量の鎔鐵爐瓦斯を必要とするなり。加熱鋼片 1 聽に對する供給

給熱量は瓦斯量及び其石炭當量の關係を求めて第 19 表に示せり。

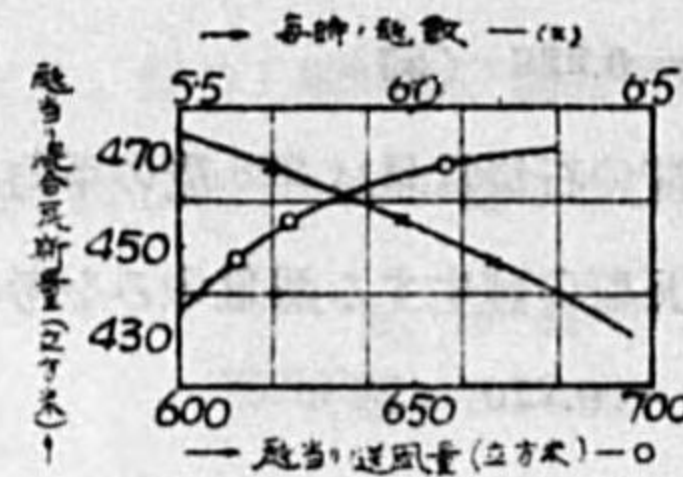
第 19 表 加熱鋼片 1 聽に對する熱量、瓦斯量及び石炭當量

月 日	毎時の聽數	1 聽に對する供給熱量 (カロリー)	加熱鋼片聽當りの石炭量 (聽)	鋼片聽當り瓦斯量 (立方米) (1944 × 10 ³)	鋼片聽當りの空氣量 (立方米)	瓦斯對空氣の比
6. 7	5,976	887.5 × 10 ⁶	225.8	456.0	623	1 : 1.32
6. 10	5,695	909.0 × 10 ⁶	231.1	467.5	657	1 : 1.41
6. 11	6,168	870.0 × 10 ⁶	221.1	447.5	613	1 : 1.37
平 均	5,946	888.8 × 10 ⁶	226.0	457.0	631	1 : 1.37

此表を通覽するに供給熱量の多き場合の加熱聽數は少なく反對の場合は却て増加せり。従つて此結果よりしても他の壓延工場の場合には加熱狀況の相違せるを想像せしむ。今混合瓦斯量と其毎時の加熱聽數及び送風量の關係を示せば第 21 圖の如し。瓦斯量又従つて

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、10 (1930)、No. 3.

第 21 圖 送風量、瓦斯量、毎時の聴数



發熱量の増加は壓延聴数を減少せしむる結果を示せり。此事實は即ち中板工場加熱爐の如き特殊加熱方法を採れるものにありては、燃燒熱量大なる散炭瓦斯の使用は必ずしも有効ならざる事を示せるもの云ひ得べし。

(b) 鋼塊聴當りの燃料

第六分塊工場均熱爐より抽出せる鋼塊の聴数を示せば第 20 表の如し。

第 20 表 均熱鋼塊聴數 (第六分塊工場)

月 日	作業時間	装 入 鋼 塊		抽出聴數	摘 要	毎時の抽出聴數
		熱 塊	冷 塊			
6. 7	9.5~4.0	321.0		321.0	S型 (3聴)~T (61) 型 (3.9聴)	49.3
6. 10	"	367.5	23.0	390.5	"	60.8
6. 11	"	335.0	15.0	350.0	"	53.8
平 均		341.2	19.0	353.8		54.6

第 3 章第 2 節 (b) よりして平均毎時の消費混合瓦斯量は 6500 立方米なり。従つて

$$6500 \div 54.6 = 119.0 \text{ (立方米)}$$

鋼塊聴當り 119 立方メートルの混合瓦斯を使用しつゝあるが故に

$$1921 \times 10^3 \times 119 = 228.6 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

の熱量を要しつゝある事を知る。今熱塊、冷塊装入割合の平均を求むるに 94.72% : 5.28% なり。熱塊の平均温度として 800°C を採れば此兩者が抽出せらるゝ迄に吸収す可き熱量は第 4 章第 1 節 (c) よりして聴當り

$$\left\{ (213 - 131.5) \times \frac{94.72}{100} + 213 \times \frac{5.28}{100} \right\} \times 10^6 = 88.45 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

となる。由て其熱能率は $88.45 \div 228.6 \times 100 = 38.70 \text{ (％)}$

38.7% となる。又此 228.6×10^6 カロリーの熱量は石炭幾何に相當するかを見るに、起算の條件によりて種々ならんも、第二製鋼工場所屬の瓦斯發生爐⁽¹⁾の有効熱量よりさなし、撫

(1) 海野、前掲、

順炭 1 聴の發生有効熱量を

$$1513 \times 2600 \times 10^3 \text{ カロリーを考ふれば } 228.6 \times 10^6 \text{ カロリーは}$$

$$228.6 \times 10^6 \div (1513 \times 2600 \times 10^3) = 0.058 \text{ (聴)}$$

即ち鋼塊聴當り 58 聴を要しつゝある事なる。

又鋼塊 1 聴に對し鉛鐵爐瓦斯及び散炭瓦斯各々何程を要しつゝあるかを見るに

$$\frac{119 \times 4643}{6500} = 85 \text{ 及び } \frac{119 \times 1857}{6500} = 34$$

鉛鐵爐瓦斯 85、散炭瓦斯 34 立方米なり。此瓦斯 1 立方メートルの値を夫々 1.2 厘及び 10 厘とすれば $1.2 \times 85 + 10 \times 34 = 44.2 \text{ (錢)}$

聴當りの燃料費は平均 44.2 錢となる。以上は其平均値を算出せるものなるが参考の爲めに毎時の抽出聴數、聴當りの混合瓦斯量及び石炭當量を求むるに第 21 表の如し。

第 21 表 毎時の抽出聴數と聴當りの燃料 (第六分塊、均熱爐)

測 定 月 日	毎時の抽出聴數	聴當りの混合瓦斯量 (立方米)	聴當りの石炭量 (聴)
6. 7	49.3	130.4	63.8
6. 10	60.8	106.4	50.6
6. 11	53.8	122.6	61.3
平 均	54.6	119.8	58.6

此表に示す如く聴當りの石炭量は 50.6~63.8 聴の間であり。作業狀況より考ふるに 6 月 7 日は冷塊の装入なきに聴當り 63.8 聴を要し、6 月 10 日は 23 聴の冷塊を装入せるにもかかわらず尙 50.6 聴の石炭にて足れり。相當高温に達せる後に於ける瓦斯の送入は温度の上昇には到つて効果少なく空氣量の如何によりては只其酸化を大ならしむるのみなるを以て瓦斯を適宜調節すべき事は既に著者⁽¹⁾が述べたる所なり。尙鑄型 O 51、O 62 にありては鉛鋼注入後 40 分内外にて型より抽出し、保温装置を施せる均熱爐内に装入すれば更に均熱の爲めに燃料を要せざる⁽²⁾を知れり。此測定結果より推す時は熱塊を装入しつゝありし雖も尙鉛鐵注入後平均約 2 時間半空中に放冷せる後、均熱爐に装入せる際に要する石炭量に等しきものを使用しつゝある事なる。

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、8 (1929) No. 9. 萬國工業會議論文、No. 4.

(2) 海野、同上、7 (1927)、No. 9.

第3節 瓦斯量と燃料費

(a) 第二中板工場加熱爐

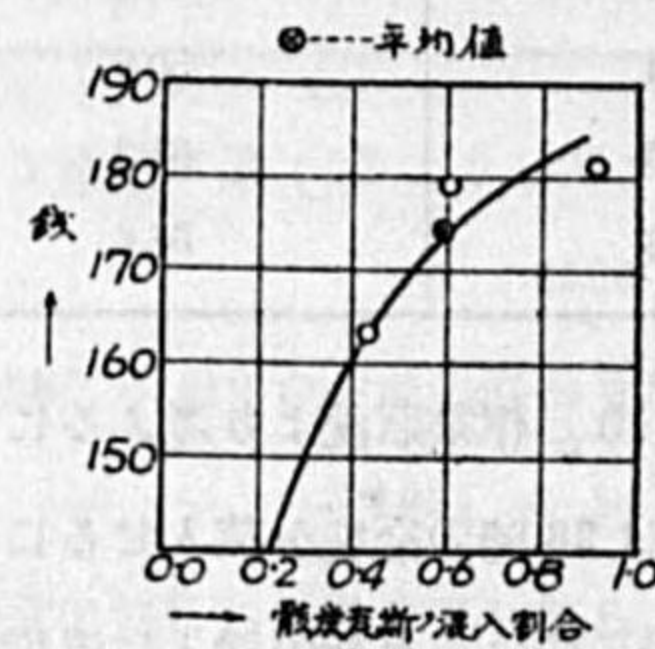
兩瓦斯の使用量より其燃料費を算出し瓦斯量と共に列記すれば第22表の如し。

第22表 瓦斯量と燃料費 (第二中板工場加熱爐)

測定月日	毎時の壓延噸數	鑄鐵爐瓦斯 (毎時立方米)	炭炭爐瓦斯 (毎時立方米)	鑄、瓦、: 炭、瓦、	混合瓦斯 (毎時立方米)	毎當りの燃料費 (圓)
6. 7	5.976	1110	950	1 : 0.856	2060	1.81
6. 10	5.695	1410	850	1 : 0.603	2260	1.79
6. 11	6.168	1880	780	1 : 0.415	2660	1.63
平均	5.946	1467	860	1 : 0.586	2327	1.745

是によりて明かなる如く鑄鐵爐瓦斯に対する炭炭爐瓦斯の割合の減少は、混合瓦斯量は増加すも燃料費は却て低下せり。即ち中板工場の如き加熱爐にありては鑄鐵爐瓦斯を

第22圖 炭炭爐瓦斯混入の割合と毎當り燃料費



多量に使用する事必要にして炭炭爐瓦斯の如きは不利なるを意味す。今兩瓦斯の割合と壓延噸當りの燃料費との關係を第22圖に示せり。是によれば鑄鐵爐瓦斯のみを使用すれば曲線の延長よりして平均壓延噸當り0.70~0.80圓の燃料費にて足るを知る。尙此事實を確かめんが爲めに次の事柄を考ふる事とせん。第14表によるに瓦斯の燃焼によりて發生する熱量は第1行の如く、又不完全燃焼の爲めに消費

せらるゝ熱量は第3行の如くなるが故に第1行の熱量は更に減少せらる可きなり。今空氣及び瓦斯の豫熱程度を在來の儘とし如上の必要熱量を發生すべき鑄鐵爐瓦斯及び空氣を算出するに、先づ6月7日の分にありては

$$(8821.6 - 77.5) \times 10^6 \div (0.998 \times 10^6) = 3750 \text{ (立方米)}$$

又第3章第3節よりして之を完全燃焼せしむるに要する空氣量は

$$3750 \times 0.791 = 2966.3 \text{ (立方米)}$$

従つて現在の送風量 3720 立方米より

$$3720 - 2966.3 = 753.7 \text{ (立方米)}$$

毎時 753.7 立方米を減少せしめて可なり。同様にして6月10日、6月11日の分につき算出し尙其噸當りの燃料費をも併記すれば第23表の如し。

第23表 全部鑄鐵爐瓦斯を使用せる場合 (第二中板、加熱爐)

測定月日	必要熱量 (毎時、 カロリー)	鑄鐵爐瓦斯 の必要量 (毎時立方米)	完全燃焼に必 要なる送風量 (毎時立方米)	噸當りの燃料費 (圓)	増加すべき鑄 鐵爐瓦斯量 (立方米)	減少可能な 送風量 (立方米)
6. 7	3744.1×10^6	3750	2966	0.773	1856	754
6. 10	3793.5×10^6	3800	3006	0.801	15.6	734
6. 11	3902.1×10^6	3910	3093	0.782	1213	687
平均	3813.2×10^6	3820	3022	0.775	1555	725

是に依れば加熱鋼片噸當り鑄鐵爐瓦斯は643 立方米にて足り、其燃料費は0.775圓にして實測による噸當り1.745圓の燃料費の4割餘にすぎず、而して送風量も亦毎時725 立方米を減じて可なる事を知る。

以上は熱量及び燃料費を算出せるものなるが果して鑄鐵爐瓦斯は所要の温度に加熱可能なるや、又鋼片に及ぼす酸化の程度如何を考ふるに、第4表及び第11圖に示せる如く現在爐内最高温度は1340°~1360°Cの間にあるに對し、鑄鐵爐瓦斯に100°C附近に豫熱せられたる空氣を送る時は、既に白石技師⁽¹⁾、平川技師⁽²⁾の報せる如く、其完全燃焼によりて上昇する温度は1880~1890°Cに達す。又酸化の現象は發熱從つて其温度及び供給剩餘空氣量に正比例すを考ふる事を得るが故に、鋼片酸化の程度も亦減少すべきなり。炭炭爐瓦斯の如き發熱量多く高温なる瓦斯を混用するは、燃料經濟上不利なるのみならず、第19表に示せる如く壓延噸數は爐内供給熱量に反比例せる結果を見るに至るべし。

(b) 第六分塊工場均熱爐

兩瓦斯の使用量より其燃料費を算出し瓦斯量と共に列記すれば第24表の如し。

(1) 白石、製鐵研究、96 (1927)、57.

(2) 平川、同、113 (1930)、1.

第 24 表 瓦斯量に應當りの燃料費 (第六分塊工場均熱爐)

測定月日	毎時の加熱延数	應當りの鎔、瓦、 (立方米)	應當りの假、瓦、 (立方米)	鎔、瓦、: 假、瓦、	應當りの混、瓦、 (立方米)	應當りの燃料費 (錢)
6. 7	49.3	92.8	37.6	1 : 0.403	130.4	48.7
6. 10	60.8	77.8	28.6	1 : 0.368	106.4	37.9
6. 11	53.8	86.0	36.6	1 : 0.427	122.6	46.9
平均	54.6	85.5	34.3	1 : 0.400	119.8	44.5

此表によりて明かなる如く毎時の抽出延数の増加は應當りの燃料費を低下し、又散炭瓦斯量の減少も其燃料費を減ぜり。均熱爐内に於ける鋼塊の温度は實測によるに 1200°C 前後にして 1300°C を超ゆるもの稀なり。従つて鎔鑛爐瓦斯の完全燃焼によりて 1380~1390°C の温度を得る事容易なるを以て、尙此の場合に於ても發熱量大にして高價なる散炭爐瓦斯の使用は不利なる事を知らるべし。

此均熱爐は送入空氣量判明せざるを以て實際の有効熱幾何なるかを知るを得ず、従つて第二中板の場合の如く正確に其鎔鑛爐瓦斯當量を算出し得ざれども、其發熱量よりして散炭瓦斯に相當する鎔鑛爐瓦斯量を求め大約其燃料費を算出して示せば第 25 表の如し。

第 25 表 全部鎔鑛爐瓦斯を使用する場合 (第六分塊、均熱爐)

毎時の延延数	現在使用の鎔、瓦、 (立方米)	假、瓦斯に相當する 鎔、瓦 (立方米)	應當りの鎔、瓦斯 (立方米)	應當りの燃料費 (錢)
49.3	92.8	159.5	252.3	30.1
60.8	77.8	121.3	199.1	23.9
53.8	86.0	145.4	231.4	27.8
平均 54.6	85.5	142.1	237.6	27.3

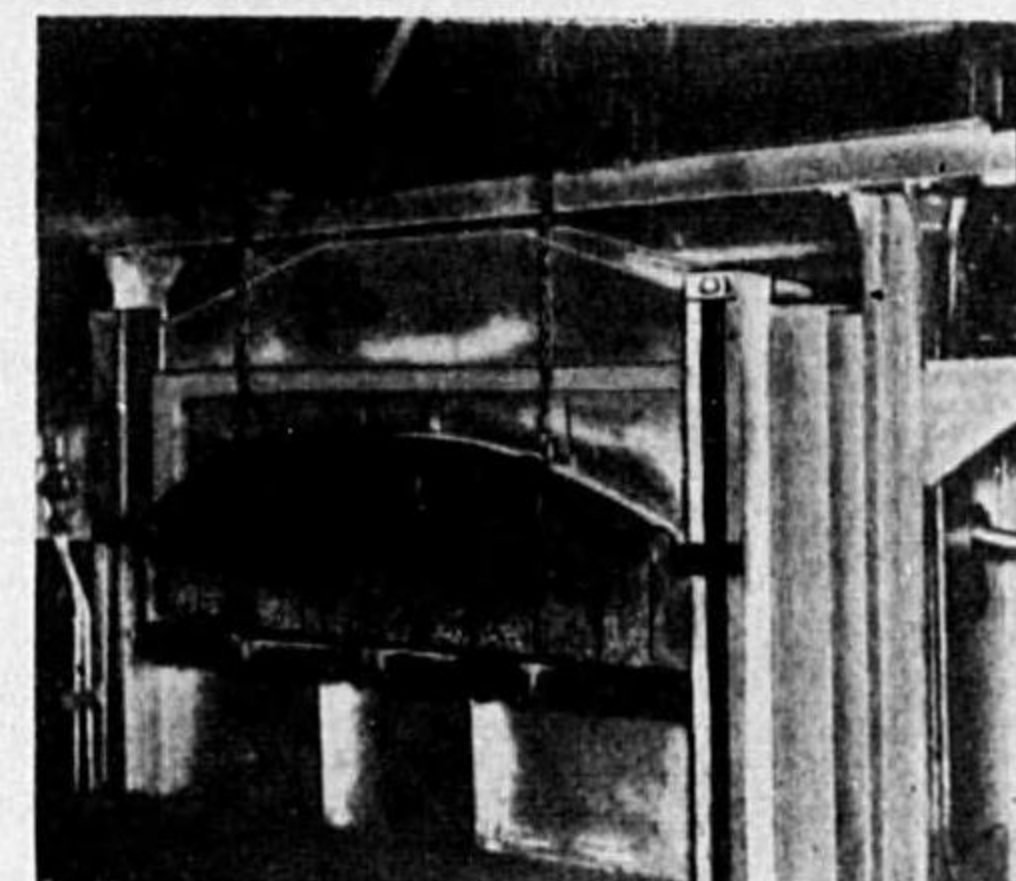
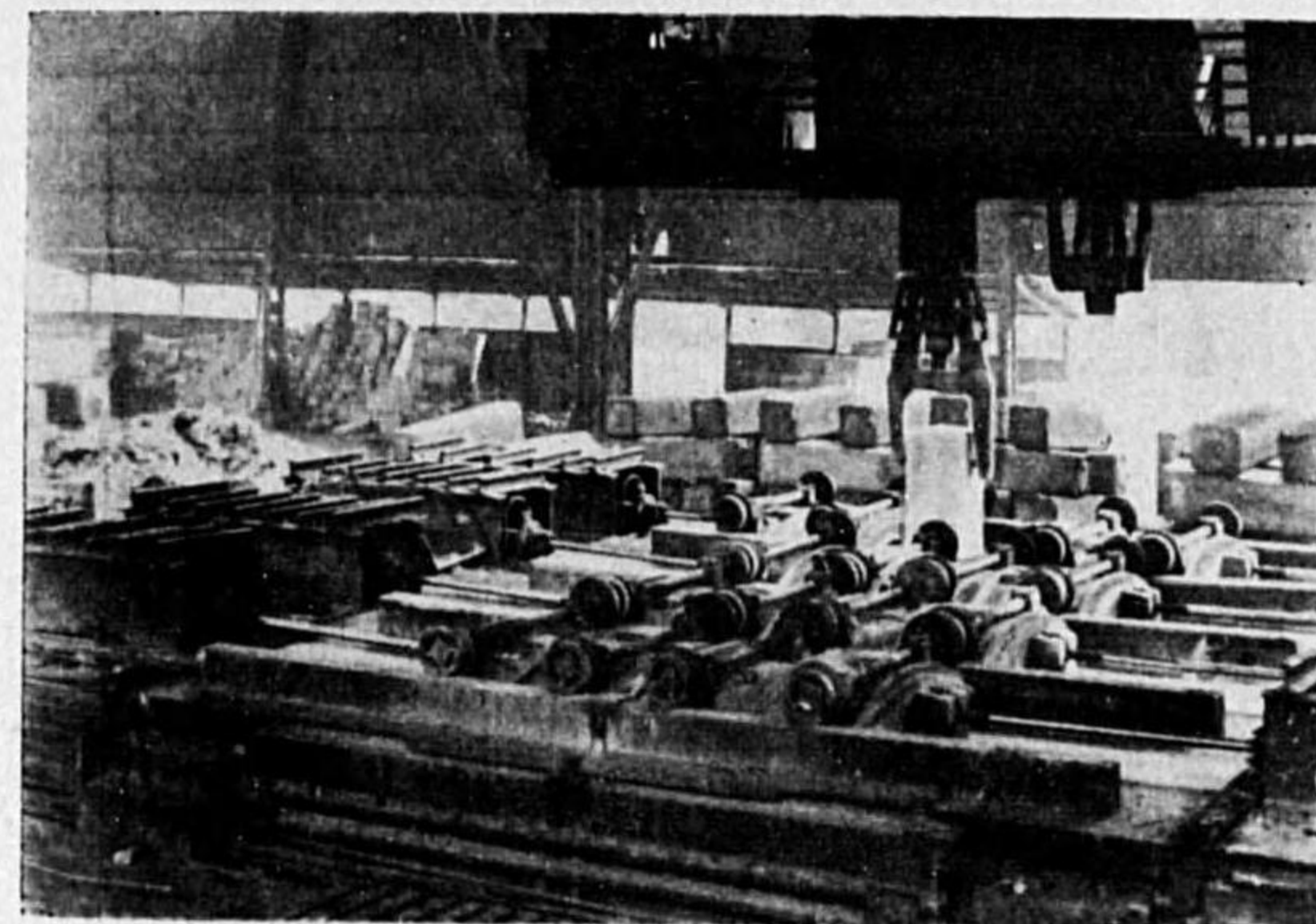
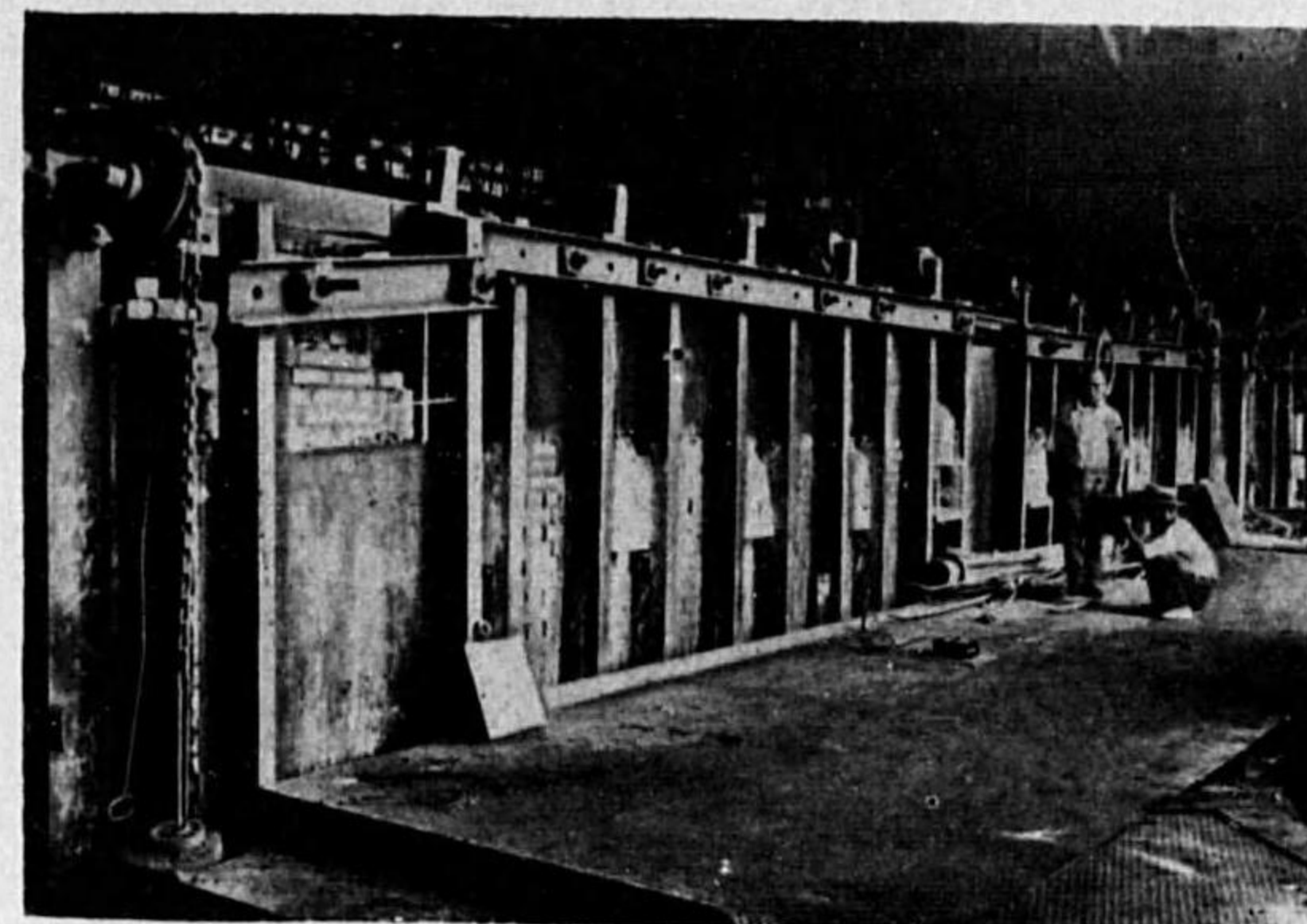
是に依れば加熱鋼塊應當り平均 237.6 立方メートルの鎔鑛爐瓦斯にて足り、又其の燃料費も減じて應當り平均 27.3 錢となり差引き

$$44.5 - 27.3 = 17.2 \text{ (錢)} \quad 17.2 \times 54.6 = 9.39 \text{ (圓)}$$

54.6 延の加熱に於て合計 9.39 圓を節約し得可し。尙送入空氣量も現在より減じて可なる事は第二中板加熱爐の計算よりして知らるべく、而して鋼塊の表面酸化の程度をも減じ得れば鎔鑛爐瓦斯の使用は二重の利益あるを知るべし。

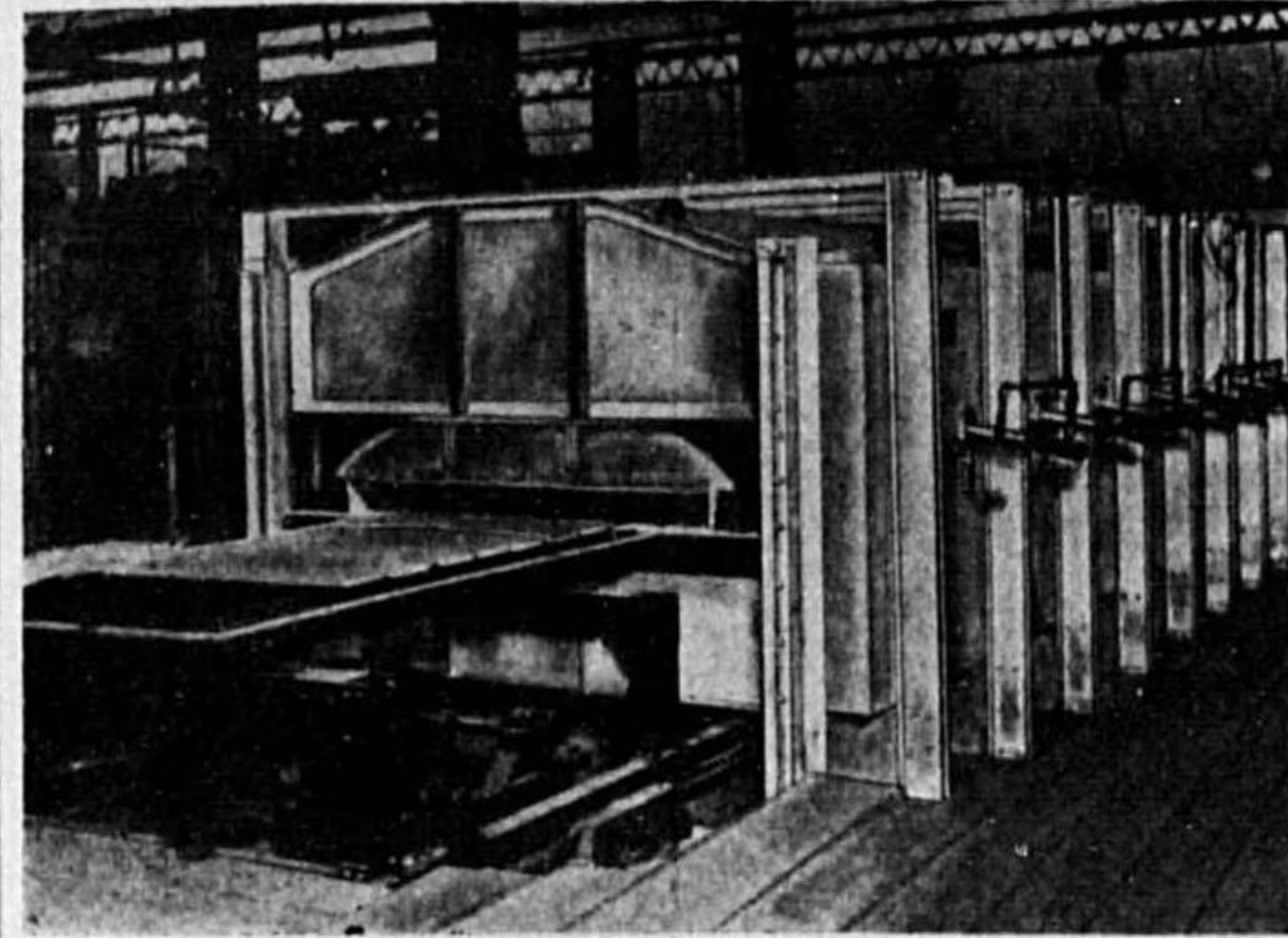
(1) 海野、製鐵研究、94 (1920)、229. 製鐵所研究所受付研究 80 (1926)、12月20日

第 1 圖
(上下)
第二六中分板塊工場加均熱爐



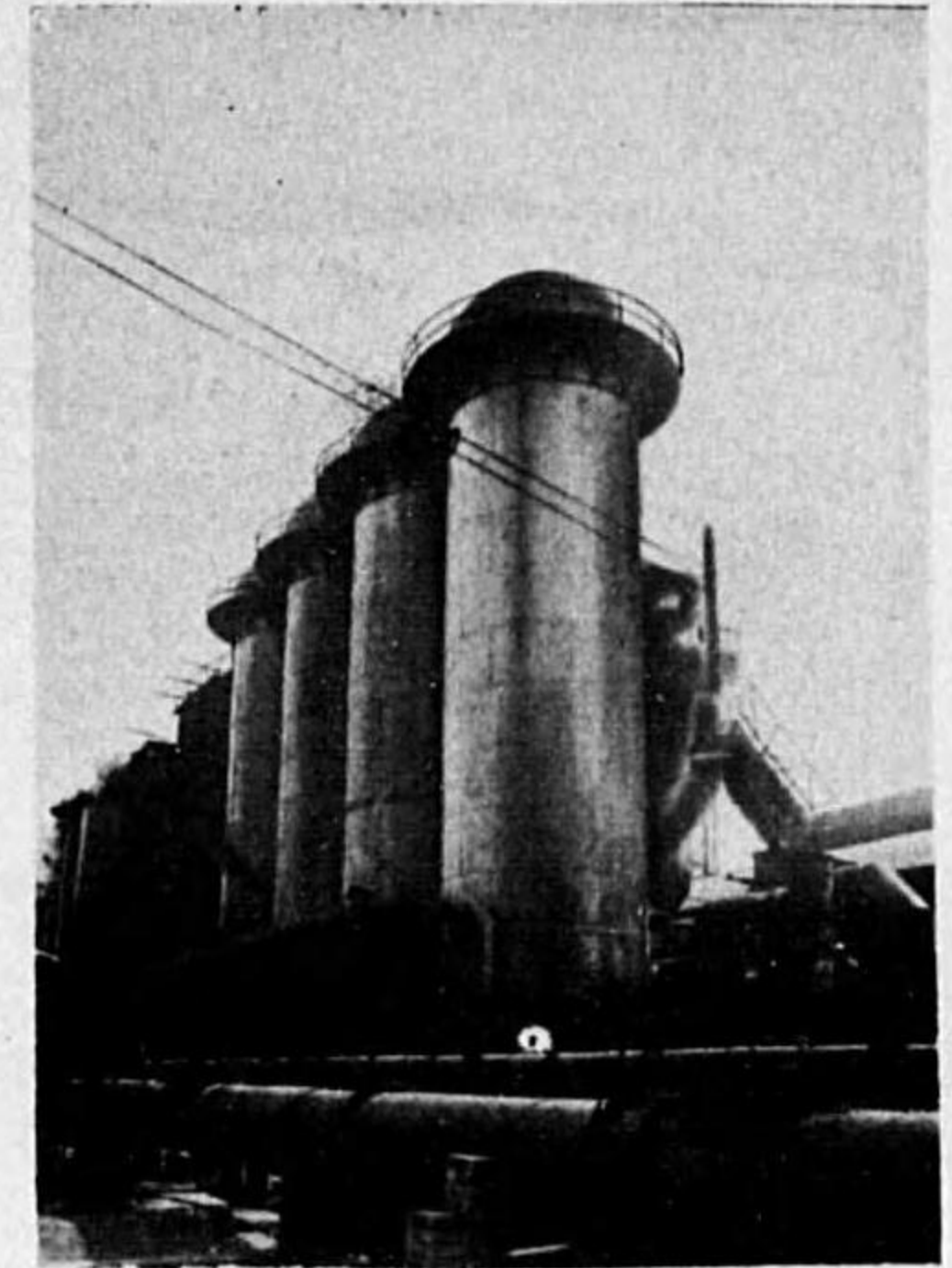
Discharge end of continuous pair furnace

第 24 圖

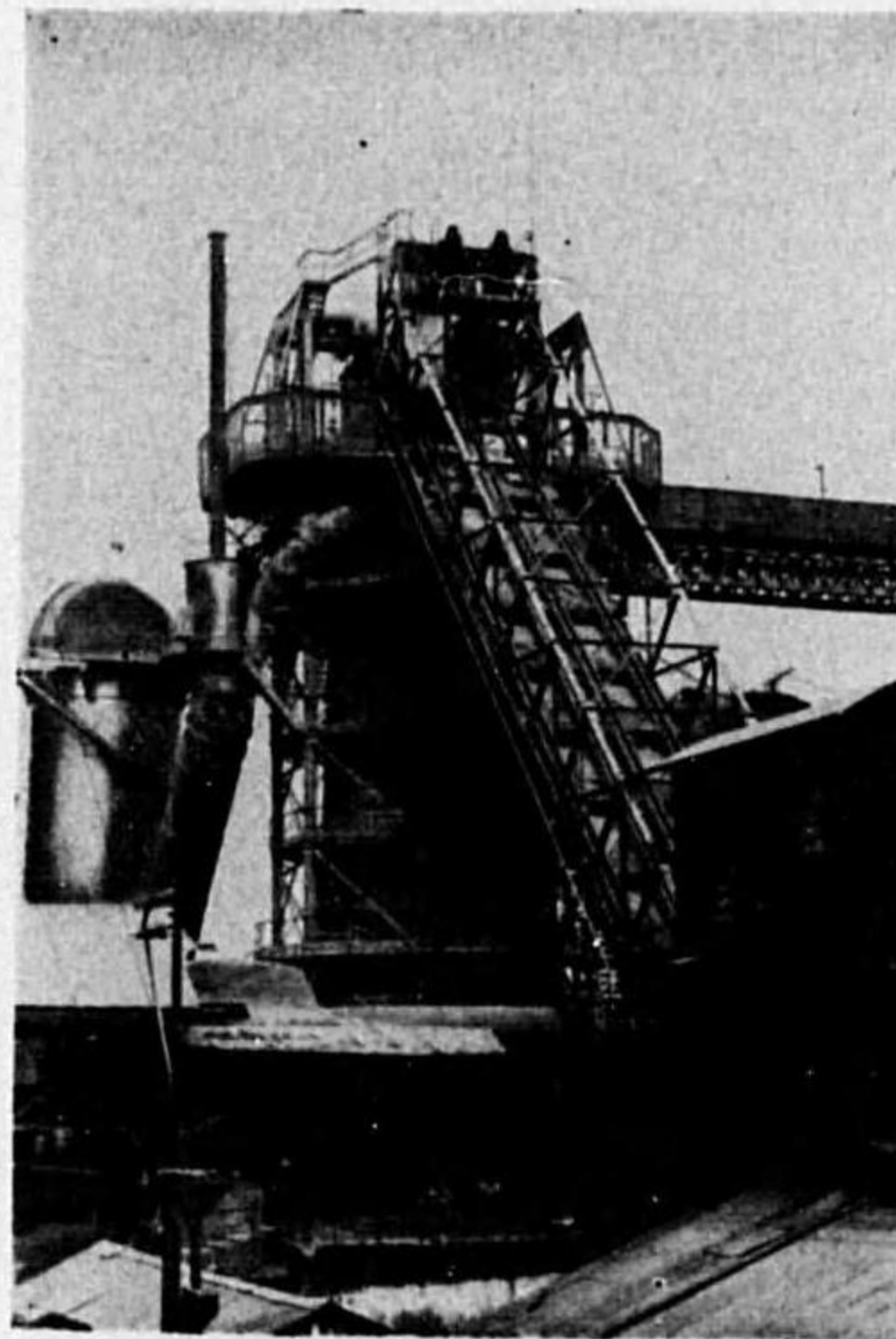


Charging end of McCann conveyor hearth furnace for heating pairs

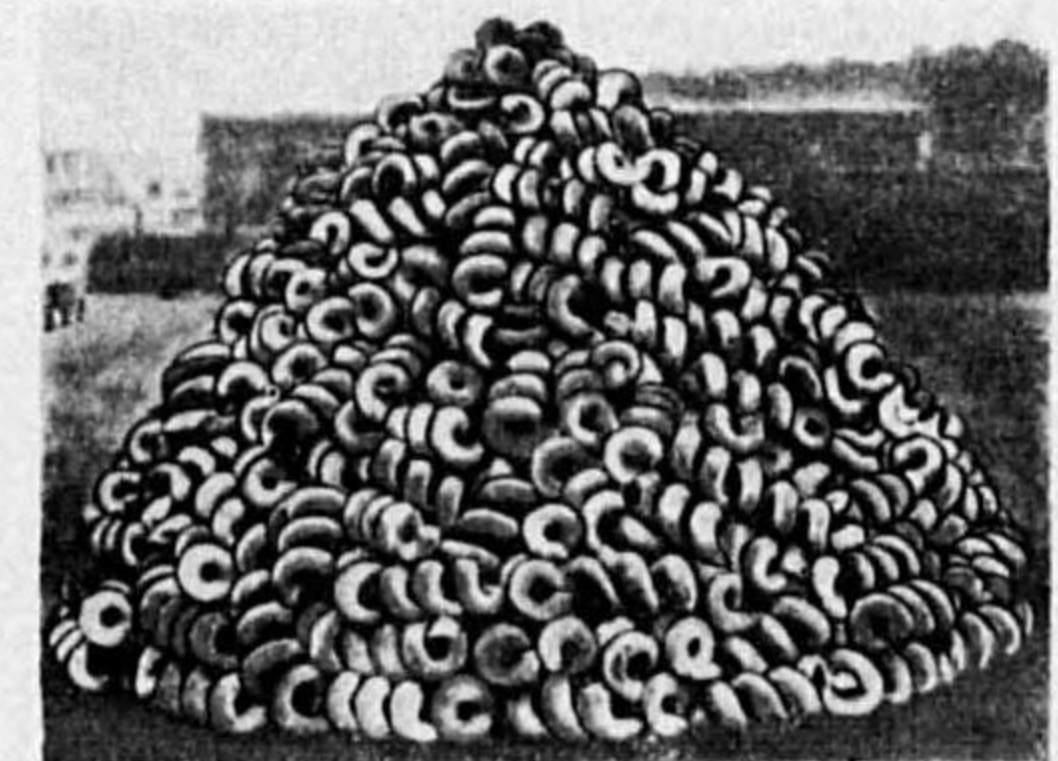
第 39 圖
本所第一鋅鑄爐熱風爐



第 28 圖
製鐵所第一鋅鑄爐



第 46 圖
熱風爐填充用螺旋狀煉瓦
(Hartmann)



第 5 章 熱能率及び鋸鑛爐瓦斯利用の比較

最近報ぜられたるアメリカ合衆國に於ける新型加熱爐の熱能率を論じ、又獨逸の工場に於ける鋸鑛爐瓦斯の利用状況を述べ併せて彼我鋸鑛爐炭の配布を比較せん。

第 1 節 新型加熱爐の熱能率

アメリカ合衆國オハイオ州マツシロンの Central Alloy Steel Corporation の燃料技師 T. J. Ess⁽¹⁾ は鋼板を重ねて加熱する新型の加熱爐即ち McCann conveyor hearth furnace につき其構造の概略を述べたり。第 23 圖は其爐の鋼片抽出口にして第 24 圖は鋼片を重ねて装入するの状況を示す。鋼片の装入はロールを使用して鋼片を軌道上に運ぶ如くし、クロム、ニッケルの合金材を用ひて爐内の運行を便にし、爐内鋼片の速度は Roller により簡単に調節可能ならしむ。爐内の長さは 25 呎 (7 米 625 耗) 爐の内幅は 6 呎 9 吋 (2 米 59 耗) 爐壁は 34.3 種の高品質優良なる粘土質耐火煉瓦と 6.35 種のマグネシヤ保温煉瓦及び 6.35 種の表装にて合計 47 種の厚みを有す。天井、爐底が温度に對し充分絶縁せられたる事は勿論にして、天井のアーチ形の高さは 96.2 種、鋼片台の高さは爐床上約 32 種にして瓦斯の循環を自由ならしむ。

瓦斯の燃焼は McKee high pressure gas injector burner 14 筒により第 24 圖に示せる如く爐の兩側より爐内上方に向け吹込む。其壓力は 1 平方吋につき 25 ポンド (1 平方種につき 1.76 氣壓) 迄調節可能ならしめたり。供給空氣量は瓦斯量と共に調節自由にして完全燃焼されたる廢氣は爐床下部より排出さる。

温度の調節は三點型自記々録計により、又鋼片の爐内運行は自動ローラーによるが故に人件費極めて小額にして足り、燃料は加熱鋼片 1 種につき Natural gas 1042 立方呎、其發熱量は 1.032×10^6 B. T. U. にして平均毎時の瓦斯使用量は 2890 立方呎、爐修繕に要する瓦斯量を包含するも鋼片種當り 1107 立方呎にて足る。又加熱能力は爐床 1 平方呎につき毎時 32.8 ポンドにして作業状況良好なる場合は 42 ポンドにも到達す。而してクロム、ニッケル合金は $760 \sim 927^{\circ}\text{C}$ に耐え得るものなり。

(1) T. J. Ess, Blast Furnace and Steel Plant, July (1930), 1137.

第 2 節 新型加熱爐其能率の批判

著者親しく實地見學せるに非ざるを以て詳細に亙りて知る得ず、去り乍ら記載事項に誤り無きものこそすれば甚だしき不合理を思はざる可からず。據て是より其構造及び能率につき一二の批判を試みます。

(a) 構 造

保温煉瓦を使用せる主旨、瓦斯をして完全燃焼せしむるも直接鋼片に當てざる點、又裝入口及び抽出口に熱絶縁装置を施せる等は更に異せざるも、抽出口に鋼板の蓋の外に更に金網を使用せるは注目すべき點ならんか。爐内部は金網を通じて其狀況を知らる可く又是によりて失ふ熱量を相當防ぎ事を得ればなり。而して自動的に鋼片を裝入し其速度を調節自由ならしむるこそ云ふ是構造上優れたる點なるべし。去り乍らバーナーを兩側等距離に全長に亙りて配置し、廢棄瓦斯は爐床下より逃げ去る如くせるも、Natural gas の完全燃焼には瓦斯の通過行程短かき故に廢棄瓦斯の温度は低くも 1000~1100°C ならざる可からず。熱經濟の點より考ふる時は此構造は策を得たるものこそ云ふを得ず、又爐の大きは斯くの如き加熱方法にありては其加熱能率を増加せしめんが爲めには餘りに小なり⁽¹⁾。二枚重ねの裝入は酸化面減少すべけんも其加熱速度は二枚の厚さの鋼片裝入に等しく、其能力は一枚を 2 回加熱する場合に遠く及ばざる理なり。是につきては著者が⁽²⁾「鋼片の加熱速度に就て」實驗的に既に證明せる所なり。廢棄瓦斯の熱量は可及的鋼片の加熱に利用可きものにして、其温度は高くも 500~600°C 附近に低下せしむるを要す。故に廢棄瓦斯通過行程の短きは缺點の大なるものなりとす。

Natural gas の如き發熱量大なる瓦斯を燃焼せしむる時は前述せる如く廢棄瓦斯は尙最低 1000~1100°C の高温にあるが故に、廢棄瓦斯の通路を延長し其餘熱を可及的回收する時は鋼片の加熱速度は正に倍加せらる可く、此點よりすれば全長に亙りてバーナーを等距離に配置せるは策を得たるものに非ざるは明かなる所にして、少く共バーナーを減じて抽出口に近く設け完全燃焼せる瓦斯を新たに裝入せらるる鋼片へ流通せしめざる可からず兩側にバーナーを設けし理由の一つは局部的加熱即ち不均一の加熱を避くる點にあらんも之は爐床の低下、軌道の位置及び上昇によりて充分に防ぎ得る事は、吾人の親しく實驗し

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、10 (1930), No. 4.
 (2) 海野、製鐵所研究所研究報告、8 (1929), No. 9. 萬國工業會議論文、No. 4.

つある所なり。若し又工場の狭きを以て理由せせんか、然らば完全に燃焼せる瓦斯をして極めて近く鋼片の上下を流通せしめ、裝入口より甚だしき餘分の空氣浸入を防止すべきものなり。要するに周囲の狀況千差萬別なるが故に時々所に從つて適合せる設計を必要とするも、此新型加熱爐は熱經濟上及び加熱能力上大なる缺陷ありせざるを得ず、以下細目に亙りて述べんす。

(b) 能 率

Natural gas なるを以て其發熱量は比較的大なり。今其 1 立方メートルの發熱量を S とすれば

$$S = (1.032 \times 10^6 \times 252) \div (1042 \div 35.317) = 8810 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

にして炭瓦斯の發熱量の約 2 倍以上なり。又應當りの熱量を求むるに 260×10^6 カロリーなるを以て之を當所第二製鋼所屬の瓦斯發生爐より發生せしむるものとし其石炭當量を求むるに、撫順炭 1 噸よりの發熱量は平均

$$1513 \times 2600 \times 10^3 = 3935 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

なるを以て上述の 260×10^6 カロリーは

$$(260 \times 10^6) \div (3935 \times 10^6) = 0.066 \text{ (噸)}$$

即ち Natural gas の熱量の石炭當量は應當り 66.2 噸なる。又鋼片 1 噸が實際に持ち去る熱量は供給瓦斯の發熱量の何%に相當するかを見るに、鋼片の最高温度を 1230°C とすれば其含有熱量よりして

$$213 \times 10^6 \div 260 \times 10^6 \times 100 = 82.0 \text{ (\%)}$$

82.0% の熱能率なる。果して所記の如くんば蒸氣汽罐の熱能率 68~72% を遙かに凌駕せり。加熱爐の熱能率は蒸氣汽罐のそれに遠く及ばざるものなるに、是果して眞實なるか疑ひ無かるべからず、依て著者は他の方面より是等の數値を算出して其眞偽を確かめんす。

(1) 新型加熱爐の爐壁よりの流出熱量

爐壁の厚さ 47 極にして内徑 7.625 × 2.59 米なり。今第 23~24 圖より其高さを 2.2 米とすれば爐を包む全面積は約 116 平方メートルなる。保温煉瓦の最上級のものにありても 700°C 前後に於ける熱傳導率⁽²⁾は 1.5×10^{-3} なり。然るに Natural gas の完全燃焼なるを以て爐内

(1) 海野、前掲
 (2) 田所、製鐵所研究所研究報告、6 (1926), No. 6.

最高の部は優に 1800°C を見ざる可からず。之を平均最低 1800°C を見做し外部の平均温度を 40°C とするも、此際単位時間に流出する熱量は之を R とすれば

$$R = \frac{(1800 - 40) \times 1.5 \times 10^{-3} \times 116 \times 10^4}{47} = 46700 \text{ (カロリー)}$$

又毎時の消費量は 2890 立方呎なるを以て

$$2890 \div 35.32 = 81.8 \text{ (立方呎)}$$

故に単位時間に爐内に供給せらるゝ熱量を S とすれば

$$S = \frac{81.8 \times 8810 \times 10^3}{36 \times 10^2} = 200180 \text{ (カロリー)}$$

従つて爐壁より失はるゝ熱量は其何%に相當するかを見るに

$$46700 \div 200180 \times 100 = 23.35 \text{ (\%)}$$

即ち最低限に見積るも尙供給熱量の 23.35% は爐壁より流出しつゝある事となる。

(2) 廢棄瓦斯が持ち去る熱量

1 立方呎の發熱量 8821 × 10³ カロリーなる Natural gas の成分を知るに由なきを以て是より稍發熱量低き次の成分の Natural gas⁽¹⁾ を採りて算出する事とせん。

成分	CH ₄	H ₂	C ₂ H ₄	CO ₂	CO	O ₂	N ₂	H ₂ S
%	94.16	1.42	0.30	0.27	0.55	0.32	2.80	0.18

此發熱量は計算の結果 8203.1 × 10³ カロリーとなる。此瓦斯が完全に燃焼せる際に發生する廢棄瓦斯の成分は

$$\begin{matrix} \text{CO}_2 & \text{H}_2\text{O} & \text{N}_2 \\ 0.9471 & + & 1.9052 & + & 7.235 & = & 10.0873 \end{matrix}$$

即ち供給瓦斯 1 に對し 9.135 倍の空氣を供給して 10.0873 倍の廢棄瓦斯を發生す可き計算となる。此廢棄瓦斯が何程の熱量を持ち去るべきかを求むるに、應當り 29.5 立方呎の瓦斯を消費するが故に標準状況の下に於ける廢棄瓦斯量は

$$29.5 \times 10.0873 = 297.6 \text{ (立方呎)}$$

應當り 1000~1100°C の廢棄瓦斯 297.6 立方呎を排出しつゝある事となる。此廢棄瓦斯成分の百分率及び 1 立方呎の比熱を求むるに第 26 表の如し。

(1) Richards, Metallurgical Calculation, (1918), 48.

第 26 表 廢棄瓦斯の成分及び比熱

成分	%	1 立方呎中に於ける重量 (瓦)	比熱	熱量
CO ₂	9.40	0.094 × 1977 = 185.8	0.2238	41.5
H ₂ O	18.80	0.188 × 258 = 48.5	0.4872 ⁽²⁾	23.6
N ₂	71.80	0.718 × 1251 = 900.0	0.2514	226.0
合計	100.00			291.1

由て 1050°C の廢棄瓦斯とすれば其 297.6 立方呎が保有する全熱量は

$$291.1 \times 297.6 \times 1050 = 90.963 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従つて廢棄瓦斯が持ち去る全熱量は供給熱量に對して

$$90.963 \div 260 \times 100 = 35.0 \text{ (\%)}$$

35% に相等する事となる。

(3) 流出熱量より見たる加熱噸數と瓦斯量

爐壁よりの流出熱量は 23.35%、廢棄瓦斯の持ち去る熱量は 35.0%、合計 58.35% を要するが故に、此新型加熱爐に於ては 41.65% の熱能率は熱能率としては其極限値にして是以上は到底得られざるものなり。然るに實際にありては此外に酸化熱及び空氣中に含まれたる水分其他の損失とて尙最少限度 10% を要すべきなり。今其最少限度の損失として 10% を採れば銅片が加熱せられて持ち去る熱量は供給熱量に對して

$$100 - (23.35 + 35.00 + 10.00) = 31.65 \text{ (\%)}$$

31.65% となる。

次に加熱噸數を考査せん毎時の供給熱量は

$$81.8 \times 8810 \times 10^3 = 721.31 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従つて銅片の持ち去る熱量は供給熱量の 31.65% なるが故に

$$721.31 \times 10^6 \times 0.3165 = 228.3 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

故に毎時の加熱噸數は

$$228.3 \div 213 = 1.073 \text{ (噸)}$$

即ち 1.073 噸となり、流出熱量の點より考ふるも所記の如き瓦斯の使用状況にては毎時

(1) M. Jakob, Zeitsch. Ver. d. Ing. 56 (1912), 1980.

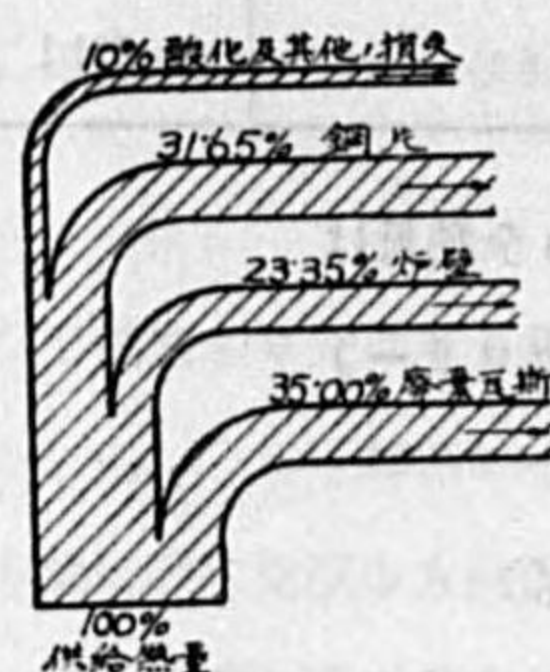
(2) Callender, Proc. Roy. Soc., A, 67 (1900), 266.

2,510~3,220 噸を加熱し得ざる理なり。所記の加熱能力に要する瓦斯量は

$$213 \times \frac{100}{81.65} \times 10^6 \times (2,510 \sim 3,220) = (1690 \sim 2168) \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

故に $(1690 \sim 2168) \times 10^6 \div 8810 \times 10^3 = 191.8 \sim 246.2 \text{ (立方米)}$

第 25 圖
新型加熱爐熱量配布



即ち 191.8~246.2 立方メートルの Natural gas を使用せざる可からざるなり。今計算上より得たる熱量配布を示せば第 25 圖の如し。

元來熱傳導率は其材質によりて既に一定せるものなるが故に無制限に其熱能率は増加す可きものに非ず。82% の能率とは何れの方面より考察するも正しき數値に非ざる事は明かなり。斯くの如き新型加熱爐にありては幾分其能率を増加せるものなる事は吾人も認むる所にして瓦斯を完全燃焼せしめて直接火焰を鋼片に接せしめざる

等は、在來の薄板加熱作業とは異なり其特長も云ひ得可きも、多量の高熱なる廢棄瓦斯を排出せしむるに於ては完全燃焼の意味甚だ薄弱なるを知る可し。

第 3 節 米國に於ける均熱爐其他の消費燃料

Philadelphia の顧問技師 Charles W. E. Clarke⁽¹⁾ の報せる結果を茲に引用して、製鐵所第六分塊工場均熱爐の場合を比較せん。彼が報せる最近の使用瓦斯の發熱量は第 27 表の如し。

第 27 表 使用瓦斯の發熱量 (米國)

使用箇所	B. T. U. (1立方呎)	カロリー (1立方メートル)
平 爐	130~300	$1157 \times 10^3 \sim 2674 \times 10^3$
均 熱 爐	90~130	$108 \times 10^3 \sim 1157 \times 10^3$
壓延工場加熱爐	130~325	$1157 \times 10^3 \sim 2897 \times 10^3$

上表均熱爐使用瓦斯の發熱量は當所第六分塊工場均熱爐使用の混合瓦斯の發熱量 1921×10^3 カロリーに比すれば遙かに低く、其平均値は鉛鐵爐瓦斯の發熱量 998×10^3 カロリー

(1) Blast Furnace & Steel Plant, June (1930), 961.

一に近し。是等の瓦斯を均熱爐に何程使用しつゝあるかを第 28 表に掲げたり。

第 28 表 使用瓦斯量 (米國)

使用箇所	B. T. U. (鋼塊均熱爐)	カロリー (鋼塊均熱爐)	石炭當量 (鋼塊均熱爐) 噸
平 爐	6×10^6	1513.0×10^6	383.3
均 熱 爐	1.3×10^6	327.9×10^6	83.2
壓延工場加熱爐	1.39×10^6	450.1×10^6	114.4

當所第六分塊工場に於ける混合瓦斯の平均均熱爐の消費熱量は前述せる如く 228.6×10^6 カロリーなるを以て、是より推す時は米國均熱爐の平均熱能率は

$$x = \frac{228.6 \times 387.70}{327.9} = 27.01 \text{ (\%)}$$

27.01% となり、全然冷塊を使用せる場合の結果に等しく、著者⁽¹⁾が發表せる事實及び W. Heiligenstaedt⁽²⁾ の述べたる冷却の損失を知らざるものゝ如し。然れ共天恵豊かなる米國の石炭の價は本邦の $\frac{2}{3} \sim \frac{1}{2}$ なるに特に留意すべきなり。

第 27 表に示せる瓦斯の發熱量が鉛鐵爐及び散炭爐瓦斯の混合割合によりて任意に變更し得可きは注目すべき事項なるべし。W. O. Buell⁽⁴⁾ も亦混合瓦斯の効率増進につきては適當なる配合を要すべきを高唱せり。彼が報せる鉛鐵爐及び散炭爐瓦斯の發熱量は夫々

$$\text{鉛鐵爐瓦斯} \dots\dots 80 \sim 95 \text{ B. T. U. (立方呎)} = (712.4 \sim 845.2) \times 10^3 \text{ カロリー (立方メートル)}$$

$$\text{散炭爐瓦斯} \dots\dots 500 \text{ B. T. U. (立方呎)} = 4450 \times 10^3 \text{ カロリー (立方メートル)}$$

にして本所鉛鐵爐瓦斯に比すれば 1 立方メートルにつき $(286 \sim 153) \times 10^3$ カロリー少なく、又散炭爐瓦斯は本所の分よりも $(4450 - 4225) \times 10^3 = 225 \times 10^3$ カロリー多し。是其散炭の成分及び裝入物、操業狀況の差より來る當然の結果なるべし。

第 4 節 獨逸アウグスト、チッセン工場に於ける燃料配布狀況

1929 年度に於けるアウグスト、チッセン工場⁽⁵⁾ (August Thyssen Works) の燃料配布狀況

(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、7 (1927), No. 9.
 (2) Archiv f. Eisen Huttenwesen 11 (1930), 709.
 (3) Power, Jan. 7 (1930), 43. (4) Steel, Aug. 7 (1930), 54.
 (5) Die Kraftwirtschaft auf deutschen Eisenhütten, 50 (1930), 857;
 The Iron and Coal Trades Review, Cxxi (1930), 220.

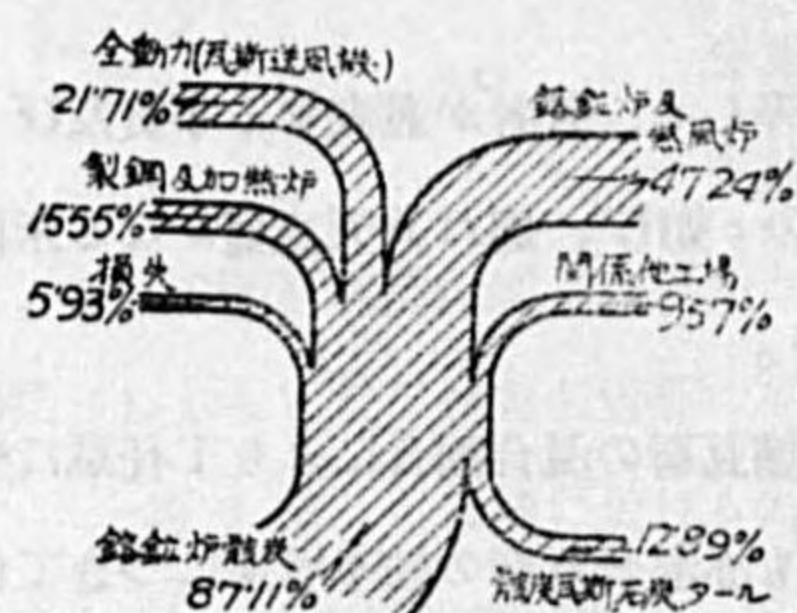
況を示せば第 29 表の如し。

第 29 表 鋸鑛爐散炭、散炭爐瓦斯、石炭其他よりの熱量配布

使用箇所	鋸鑛爐並に熱風爐	全動力(瓦斯送風機)を含む	製鋼及び加熱爐其他	關係の他工場	損失(日曬、祭日によるもの)	合計
%	47.24	21.71	15.55	9.57	5.93	100

以上各所への燃料は鋸鑛爐散炭及び散炭爐瓦斯、石炭、タール等にして、前者は 87.11% 後者は 12.89% なりと云ふ。此關係を第 26 圖に示せり。而して出鉄量は年間 300 日として

第 26 圖 August Thyssen Works. の燃料配布圖 (1929)



毎日平均 6027 噸又鉄鐵 1 噸に對して要する熱量は 3500×10^6 カロリーなり。由て此熱量の散炭當量、又鋸鑛爐散炭の 87.11% 及び出鉄 1 噸に對する裝入散炭量を算出し併せて其熱量を知らん。使用散炭の成分判明せざるを以て一般の獨逸鋸鑛爐散炭の平均成分

C 87.30% H₂ 0.56% O₂ 1.36%
 N₂ 0.96% S 0.74% 灰分 8.20%
 H₂O 0.88% 合計 100.00%

よりしての發熱量 1 瓦につき 7198⁽⁴⁾ カロリーを採用する事とせん。然すれば鉄鐵 1 噸に對する鋸鑛爐及び熱風爐にての消費散炭當量は

$$3500 \times 10^6 \div 7198 = 487.3 \text{ (噸)}$$

なる。故に毎日 6027 噸の出鉄に對しては

$$0.4873 \times 6027 = 2937 \text{ (噸)}$$

2937 噸を消費しつゝあり。但鉄鐵噸當り 3500×10^6 カロリーと云へるは鋸鑛爐内及び熱風爐内の消費熱量の合計と見做せるものなり。此 2937 噸の散炭が第 26 圖の 47.24% に相當するが故に、チツセン工場の全燃料の散炭當量は毎日

(1) 鋸鑛爐瓦斯、蒸氣、電氣及び塵埃空氣製造用として他工場へ送付するもの。
 (2) 前掲、
 (3) O. Simmersbach, Koks chemie, 3 (1930), 273.
 (4) 同 2 (1914), 266.

$$2937 \div 47.24 \times 100 = 6217.1 \text{ (噸)}$$

なり。而して其内鋸鑛爐散炭は 87.11% なるを以て

$$6217.1 \times 87.11 \div 100 = 5415.7 \text{ (噸)}$$

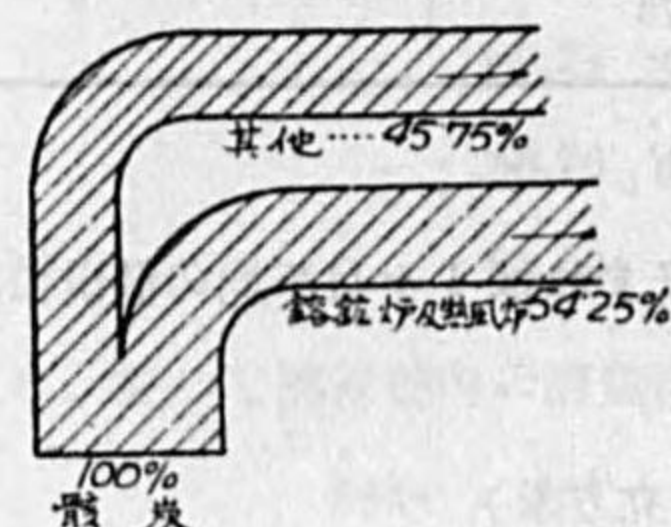
毎日 5415.7 噸を裝入しつゝあり。從つて出鉄噸當りの裝入散炭量を求むるに

$$5415.7 \div 6027 = 0.898 \text{ (噸)}$$

898 斤を得。其熱量は

$$7198 \times 898 \times 10^3 = 6463.8 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

第 27 圖 鋸鑛爐散炭の配布 (チツセン工場)



即ち出鉄噸當り爐内に供給しつゝある散炭の全熱量は 6463.8×10^6 カロリーとなる。而して爐内供給散炭の幾%が爐内及び熱風爐にて消費せられつゝあるかを見るに

$$2937 \div 5415.7 \times 100 = 54.25 \text{ (%)}$$

にして其残り 45.75% は其他へ利用せられつゝあり此關係を第 27 圖に示せり。

チツセン工場熱風爐内の消費瓦斯量は判明せざるを以て他工場⁽¹⁾ドルトムンデル、ユニオン (Dortmunder Union) の 21%、又デウスブルグ工場 (Duisburger Kupferhuffe) の 25% の平均として 23% を採り、散炭 1 噸よりの發生瓦斯量を 4170 立方メートルとして算出すれば出鉄噸當り

$$4170 \times 0.898 \times 23 \div 100 = 862 \text{ (立方メートル)}$$

862 立方メートルの瓦斯を熱風爐内に送附しつゝありて其發熱量の概算は

$$(7198 - 3500) \times 10^6 \times 23 \div 100 = 850 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

約 850×10^6 カロリーとなる。從つて鋸鑛爐内にての消費熱量は

$$3500 \times 10^6 - 850 \times 10^6 = 2650 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

出鉄噸當り 2650×10^6 カロリーとなる。

第 5 節 鋸鑛爐瓦斯

(a) 本所 鋸鑛爐瓦斯

八幡製鐵所に於ける 1930 年 4 月～8 月の出鉄量、散炭量及び利用瓦斯量を示せば第 30

(1) Stahl u. Eisen, 25 (1930), 864~866.

表の如し。而して本所第一鋸鑛爐の外観を第 28 圖に示せり。

第 30 表 出鉄、散炭、利用瓦斯量(本所)

昭和5年(月)	出鉄量(吨)	散炭量(吨)	利用瓦斯量(立方米)
4	53,525.220	58,886.240	74,334.868
5	50,394.890	54,499.200	75,756.971
6	47,302.800	49,853.440	69,619.116
7	46,938.080	50,619.520	66,618.982
8	47,952.040	50,132.320	76,898.189
平均	49,222.604	52,798.144	(44,896.103) 72,645.625
出鉄對散炭	1	1.073	

括弧内の數値は熱風爐使用瓦斯の1ヶ月平均値を示せり。

散炭1吨の發生瓦斯量を其成分よりして 3698 立方米とすれば1ヶ月平均の散炭による發生瓦斯量は

$$52,798.144 \times 3698 = 195.25 \times 10^6 \text{ (立方米)}$$

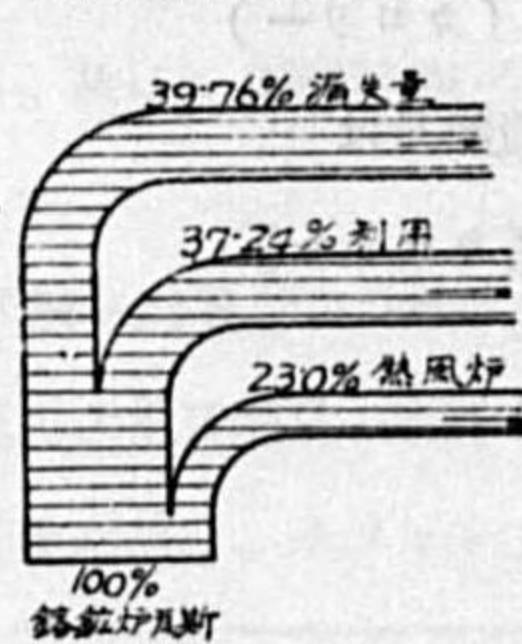
なり。而して利用瓦斯量は其幾%に相當するかを見るに

$$117,541.728 \div 195.25 \times 10^6 \times 100 = 60.24 \text{ (\%)}$$

即ち 60.24%にして、此内熱風爐へ

$$(44,896 \times 10^6) \div (195.25 \times 10^6) \times 100 = 23.0 \text{ (\%)}$$

第 29 圖
本所鋸鑛爐瓦斯の配布



を、其他へ 37.24%を利用せらる。而して殘餘の 39.76% は其漏失量なる。此關係を第 29 圖に示せり。

當所鋸鑛爐散炭の平均成分は⁽¹⁾

C 77.0% H₂ 0.6% O₂ 1.0% N₂ 0.7%
S 0.6% 灰分 18.1% H₂O 2.0% 合計 100.0%

なるを以て其發熱量は1瓦の散炭につき 6378 カロリーとなる。従つて鉄鑛1吨に對して爐内に投入せらるゝ散炭の全熱量は

$$6378 \times 1.073 \times 10^6 = 6844 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

(1) 伊能技師より

此際的全發生瓦斯の熱量は

$$3698 \times 1.073 \times 998 \times 10^3 = 3960 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従つて鉄鑛1吨に對し爐内にて消費せらるゝ其の熱量は

$$(6844 - 3960) \times 10^6 = 2884 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

チツセン工場の鋸鑛爐内にて鉄鑛1吨に對する熱量は 2650 × 10⁶ カロリーなるに、本所において 2884 × 10⁶ カロリーにして供給熱量に對しては

$$2884 \div 6844 \times 100 = 42.20 \text{ (\%)}$$

其 42.20%を消費す。従つて 57.80%は瓦斯として排出せらるゝ事なるが故に、鋸鑛爐散炭に對する利用瓦斯、漏失量及び熱風爐使用割合は夫々

$$60.24 \times 57.80 \div 100 = 34.80 \text{ (\%)}$$

$$89.76 \times 57.80 \div 100 = 23.00 \text{ (\%)}$$

及び

$$23.00 \times 57.80 \div 100 = 13.30 \text{ (\%)}$$

なる。従つて熱風爐内の消費熱量は出鉄1吨當り

$$6844 \times 10^6 \times 13.3 \div 100 = 910 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

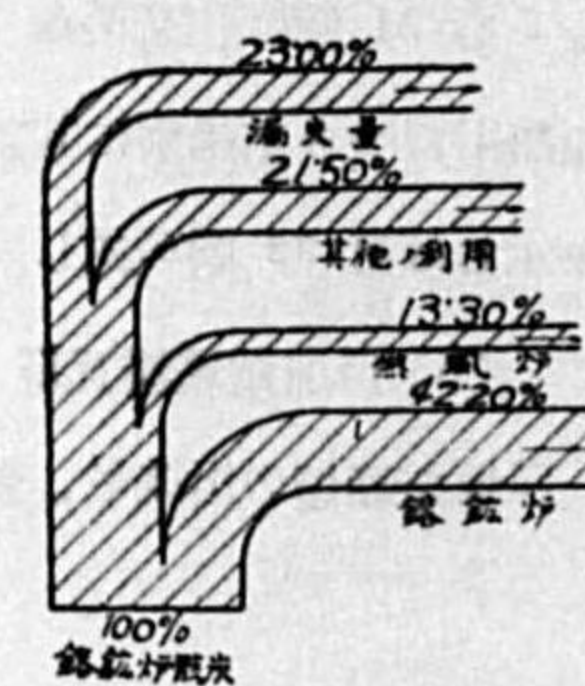
となり、チツセンに比すれば1吨當り 60 × 10⁶ カロリー多し。又1吨當り送入瓦斯量を求めるに

$$910 \times 10^6 \div 998 \times 10^3 = 912 \text{ (立方米)}$$

となり、チツセンとの差は

$$912 - 862 = 50 \text{ (立方米)}$$

第 30 圖
本所鋸鑛爐散炭配布



即ち1吨當り 50 立方米多く瓦斯を送入しつゝある事なる。本所鋸鑛爐散炭の配布割合は即ち

鋸鑛爐内.....42.20%

熱風爐.....13.30%

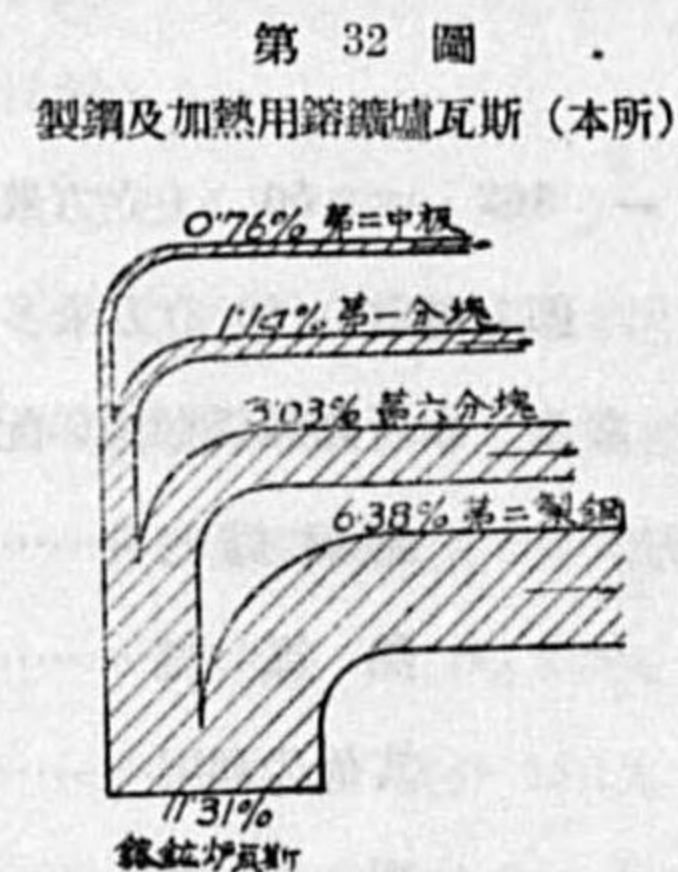
其他の利用.....21.50%

漏失量.....23.00%

にして此關係を第 30 圖に示せり。尙チツセン工場に於ける利用狀況を比較せんが爲めに利用瓦斯の配布を第 31 表に示せり。

第 31 表 本所鋸鐵爐利用瓦斯の配布(昭和5年4月~8月)

工場名	平均毎月利用瓦斯量 (立方米)	利用瓦斯に対する百分率 (%)	使用炭炭に対する百分率 (%)
第二製鋼工場	7,566,599	6.380	2.220
第二中板工場	906,666	0.760	0.264
第一分塊工場	1,355,520	1.140	0.397
第六分塊工場	3,590,275	3.030	1.054
釜見蒸餾工場	23,949	0.020	0.007
中央瓦斯汽罐	8,118,720	6.850	2.380
第一瓦斯汽罐	27,138,720	22.910	7.974
第二瓦斯汽罐	14,470,080	12.240	4.258
第一瓦斯送風機	1,750,173	1.480	0.515
第二瓦斯送風機	3,252,960	2.740	0.954
第一瓦斯發電所	5,366,945	4.520	1.572
熱風爐	44,896,103	37.926	13.200
湯沸暖房其他	4,406	0.004	0.001
合計	118,441,116	100.000	34.800



此結果に依れば熱風爐使用量最大にして第一、第二瓦斯汽罐之につぐ。此割合を大別して第 31 圖に、又製鋼及び加熱用につき工場別に其割合を示せば第 32 圖の如し。

(b) 戸畑鋸鐵爐瓦斯

戸畑鋸鐵爐の出鉄量、炭炭

(1) 量、瓦斯量を示せば第 32 表の如し。

(1) 末葉、製鐵所研究所受付研究、14 (1928)、5 月 25 日

第 32 表 出鉄量、炭炭量、瓦斯量(戸畑鋸鐵爐)

測定月日	鋸鐵名	出鉄量 (毎日、吨)	炭炭量 (毎日、吨)	測定瓦斯量 (毎時、立方米)	瓦斯汽罐用 (毎時、立方米)	熱風爐用 (毎時、立方米)
3. 4. 13	3 鋸鐵	316,910	318,080	64,300	49,500	14,900 ⁽¹⁾
	4 鋸鐵	225,370	246,400			
" " 14	3 鋸鐵	327,790	313,600	63,200	48,980	
	4 鋸鐵	222,530	237,440			
平均		273,150	278,880	63,750	47,130	25,320

瓦斯汽罐用瓦斯は不清淨瓦斯にして3年3月23~28日に亘り、熱風爐瓦斯は清淨瓦斯にして3年3月30日~4月7日に亘りて測定せるものなり。其時日は多少異なれども状況は殆んど相等しと考ふる事とせり。

出鉄1吨に対する炭炭量は

$$278.880 \div 273.150 = 1.023 \text{ (吨)}$$

又 3, 4 鋸鐵が毎時消費する炭炭量は合計

$$557.760 \div 24 = 23.240 \text{ (吨)}$$

炭炭1吨に対する瓦斯量を前の如く 3698 立方米とすれば

$$23.240 \times 3698 = 85942 \text{ (立方米)}$$

然るに測定の結果は毎時 63750 立方米なるを以て

$$85942 - 63750 = 22192 \text{ (立方米)}$$

即ち爐頂其他より失はるゝ瓦斯量は毎時 22192 立方米にして、全發生瓦斯量に對し

$$22192 \div 85942 \times 100 = 25.80 \text{ (\%)}$$

25.80%の漏失となる。従つて熱風爐、瓦斯汽罐への瓦斯量は

$$\text{瓦斯汽罐} = 63750 \times \frac{47130}{72450} = 41500 \text{ (立方米)}$$

$$\text{熱風爐} = 63750 \times \frac{25820}{72450} = 22250 \text{ (")}$$

にして、發生瓦斯量に對しては

$$\text{瓦斯汽罐} = 41500 \div 85942 \times 100 = 48.30 \text{ (\%)}$$

$$\text{熱風爐} = 22250 \div 85942 \times 100 = 25.90 \text{ (")}$$

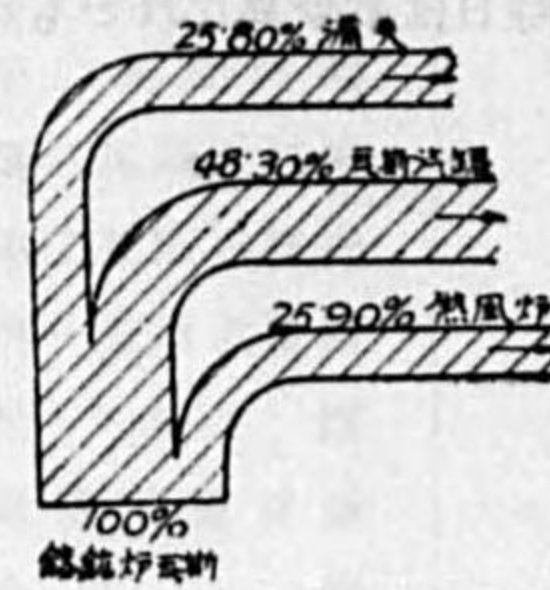
(1) (2) 第三及び第四鋸鐵爐所屬の熱風爐への使用瓦斯量なり。

こなる。従つて鑄鐵爐よりの發生瓦斯量の配布は第 33 表及び第 33 圖の如くなる。

第 33 表 戸畑鑄鐵爐瓦斯の配布 (8年8月~4月)

箇 所	全發生瓦斯量	損 失	瓦 斯 汽 罐	熱 風 爐
毎時、立方米	85942	22192	41500	22250
%	100	25.80	48.30	25.90

第 33 圖 戸畑鑄鐵爐瓦斯の配布 (昭和3年3月~4月)



又散炭の發熱量を本所散炭に等しとすれば鑄鐵爐内にて何程の熱量が消費せられつゝあるかを見るに、鉄鐵 1 噸に對する全發熱量は

$$6378 \times 1.023 \times 10^6 = 6525 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

而して鑄鐵爐瓦斯が持ち去る熱量は

$$998 \times 3698 \times 10^3 \times 1.023 = 3776 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従つて

$$(6525 - 3776) \times 10^6 = 2749 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

爐内にての消費熱量は出鉄 1 噸に對し 2749×10^6 カロリーなり。又其百分率を求むるに

$$2749 \div 6525 \times 100 = 42.20 \text{ (\%)}$$

こなる。即ち 57.80% が全發生の瓦斯量に相當するが故に供給せられし鑄鐵爐散炭に對する百分率は

損 失..... $57.80 \times 25.80 \div 100 = 14.92 \text{ (\%)}$

瓦斯汽罐..... $57.80 \times 48.30 \div 100 = 27.92 \text{ (\%)}$

熱 風 爐..... $57.80 \times 25.90 \div 100 = 14.96 \text{ (\%)}$

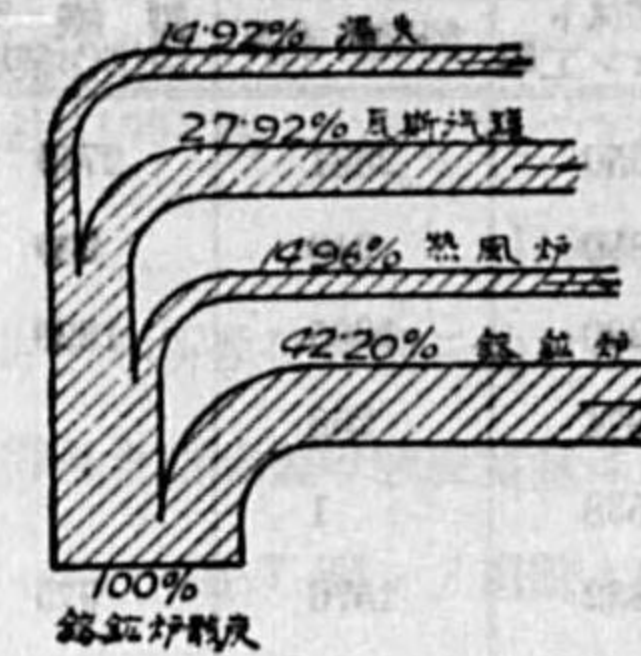
此關係及び熱量の配布を第 34 表並に第 34 圖に示せり。

第 34 表 配布熱量及び其百分率 (鉄鐵 1 噸につき)

配布箇所	散 炭	鑄 鐵 爐	瓦 斯 汽 罐	熱 風 爐	漏 失 量
$\times 10^6$ カロリー	6525	2749	1823	978	975
%	100	42.20	27.92	14.96	14.92

出鉄 1 噸に對する熱風爐の瓦斯消費量は

第 34 圖 戸畑鑄鐵爐散炭配布 (昭和3年3月~4月)



$$22250 \div \frac{588.800}{24} = 992.5 \text{ (立方米)}$$

チツセン工場に比するに

$$992.5 - 862 = 130.5 \text{ (立方米)}$$

130.5 立方米多し。又熱量を求むるに

$$992.5 \times 998 \times 10^3 = 990 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

故に爐内及び熱風爐内の消費熱量は應當り

$$2749 \times 10^6 + 989 \times 10^6 = 3738 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

にして、チツセン工場に比するに

$$3738 \times 10^6 - 3500 \times 10^6 = 238 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

應當り 238×10^6 カロリー多く消費し、其散炭當量は

$$238 \times 10^6 \div 6378 = 37.3 \text{ (噸)}$$

37.3 噸こなる。

第 6 節 彼我鑄鐵爐散炭利用の比較

アウグスト、チツセン工場に於ては散炭 87.11%、散炭瓦斯、石炭及びタール 12.89% を使用しつゝあり。本所鑄鐵爐の場合に比較せんには散炭 87.11% を 100% に換算するの要あり。彼にありては 1929 年度平均 1 日の出鉄量は 6027 噸、又本所にありては戸畑を除き 1930 年 4 月~8 月迄の平均 1 日の出鉄量は 1588 噸にして其比は 3.8 : 1 の割合なり。今石炭、散炭瓦斯其他よりの 12.89% は全然鑄鐵爐及び熱風爐以外の所に使用せられたるものこ考へ、87.11% を 100% に見做せば、鑄鐵爐及び熱風爐以外に於て使用せられたる量は第 27 圖に示せる如く 45.75% なり。然るに第 29 表に示せる如く此分は合計 52.76% 中に包含せらるゝものにして、鑄鐵爐散炭の 87.11% を 100% に見たる時は此 52.76% は

$$1 : x = 87.11 : 52.76; \quad x = 60.56$$

60.56% なる。即ち

$$60.56 - 45.75 = 14.81 \text{ (\%)}$$

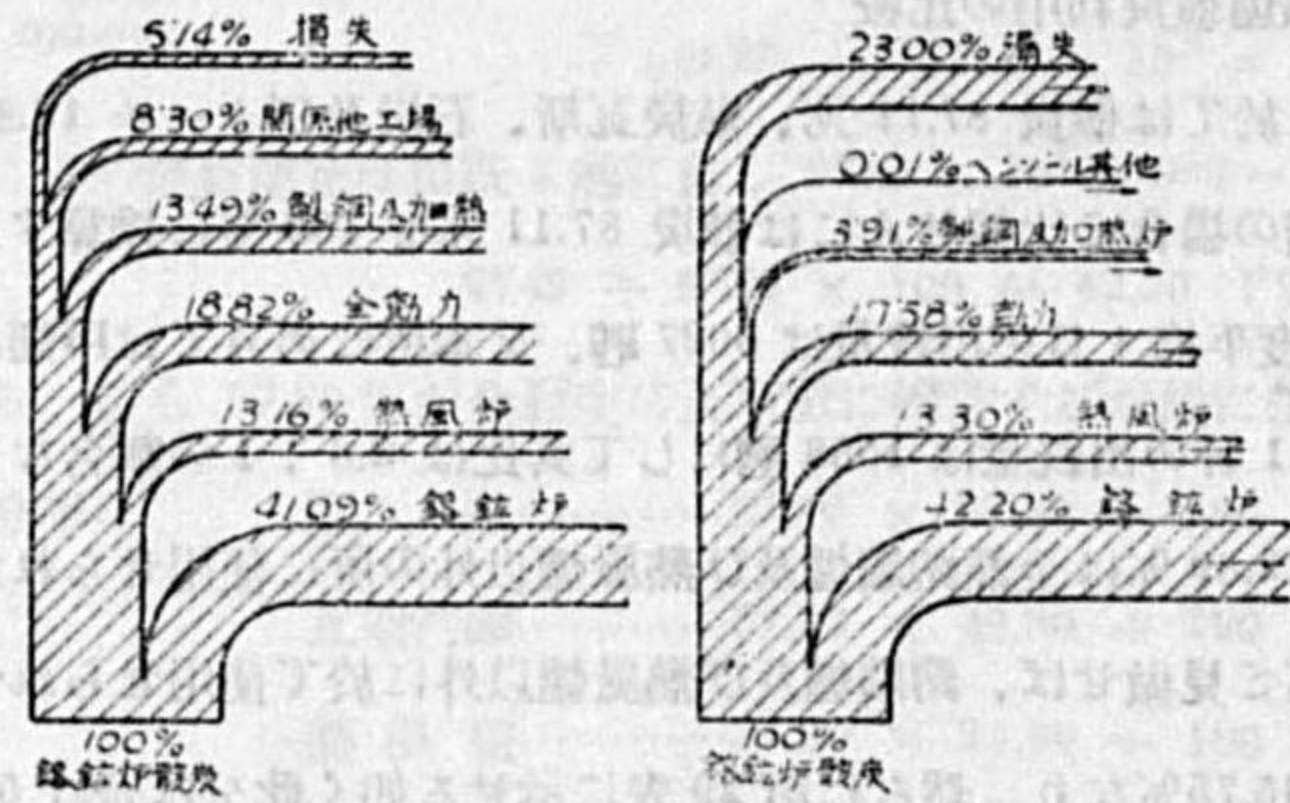
散炭瓦斯、石炭其他の 12.89% は 87.11% の散炭を 100% に見たる時には 14.81% に相當す。依て此 14.81% を比例配分して 60.56% に見たる際の各部分より控除する事によりて、鑄鐵爐散炭を 100% に見做せる際の其熱量、即ち散炭の配布を知る事を得。是等彼我の關係を示せば第 35 表の如し。

第 35 表 彼我鑄鐵爐散炭配布比較 (チツセン、本所)

配布箇所	鉄 1 匙に対する散炭配布割合 (%)			鉄 1 匙に対する熱量配布 (×10 ⁶ カロリー)		
	アウグスト チツセン工場	製鐵所本所	製鐵所 戸畑作業場	アウグスト チツセン工場	製鐵所本所	製鐵所 戸畑作業場
爐内の酸化及還元	41.09	42.20	42.20	2650	2884	2749
熱風爐	13.16	13.30	14.96	850	910	989
全動力(瓦斯送風機をも含む)	18.82	17.58	27.92	1220	1205	1820
製鋼及加熱等	13.49	8.91		874	268	
関係他工場	8.30	0.01		538	1	
損失	5.14	23.00	14.92	332	1576	973
合計	100.00	100.00	100.00	6464	6844	6525

此兩者の百分率を第 35 圖に示せり。

第 35 圖 鉄 1 匙に対する散炭の配布比較
August Thyssen Works. 製鐵所本所



本所の関係工場にして 0.01% を示せるは、ベンゾール工場及び湯沸、暖房其他を含むものなり。此比較を見るに鑄鐵爐内にての鑄石の酸化及び還元並に熱風爐使用割合は共に彼より多く、其他の利用割合は何れも少なし。又損失量は遙かに大にして彼の 5.14% に對し我にありては 23.00% ~

14.92% に及べり。又獨逸オーバーハウゼン工場にありては日曜祭日に失ふ損失は平日爐頂よりの損失との和は 3.5~8.0% にして其量は 1 箇月につき約 40,000,000 立方メートル云ふ。當所に比して其割合の如何に小なるかを知らる可し。當所の 14.92~23.00% の漏失量の和は 1 ヶ月幾何の散炭當量なるかを見るに、

$$30.6 \times 557.76 \times \frac{14.92}{100} + 52798.144 \times \frac{23}{100} = 14690.0 \text{ (噸)}$$

(1) Mathias Wenzl, The Iron & Coal Trades Review, Ang. 29 (1930), 297.

14690 噸なる。如何に漏洩量の多きかを知る可し、若しチツセン工場の如く損失量 5.14% 前後ならんか是より節約し得可き散炭當量は

$$1668 + 9425 = 11093 \text{ (噸)}$$

毎月 11093 噸なる。従つて出鉄 1 匙に對しては

$$11093 \div 66289.5 = 0.167 \text{ (噸)}$$

即ち本所及び戸畑に於ける漏洩量をチツセン工場の如く低下し得れば、是によりて節約し得可き鑄鐵爐の散炭當量は出鉄 1 匙に對し 167 匁なるは注目に値すべし。

第 7 節 出鉄 1 匙に對する彼我の散炭量

前節に述べたる如く出鉄 1 匙當りの散炭消費量中、爐内及び熱風爐内の消費割合は本所の分多けれども、若しアウグスト、チツセン工場に於ける散炭が本所の如き發熱量少なき散炭ならんには出鉄 1 匙當り何程を要す可きかを見るに、第 5 章第 4 節よりして彼の 1 匙當り散炭發熱量は 6468.8×10^6 カロリーなり。由て本所の散炭に換算すれば

$$6468.8 \times 10^6 \div 6378 = 1.014 \times 10^6 \text{ (瓦)}$$

即ち 1.014 噸の散炭を装入せざるべからず、従つて爐内及び熱風爐内消費熱量の散炭當量を求めて列記すれば

$$\text{チツセン工場} \dots\dots\dots 1.014 \times \frac{54.25}{100} = 0.550 \text{ (噸)}$$

$$\text{本 所} \dots\dots\dots 1.073 \times \frac{55.50}{100} = 0.595 \text{ "}$$

$$\text{戸畑作業場} \dots\dots\dots 1.023 \times \frac{57.16}{100} = 0.584 \text{ "}$$

なる。而して漏洩量の散炭當量は

$$\text{チツセン工場} \dots\dots\dots 1.014 \times \frac{5.14}{100} = 0.052 \text{ (噸)}$$

$$\text{本 所} \dots\dots\dots 1.073 \times \frac{23.00}{100} = 0.247 \text{ "}$$

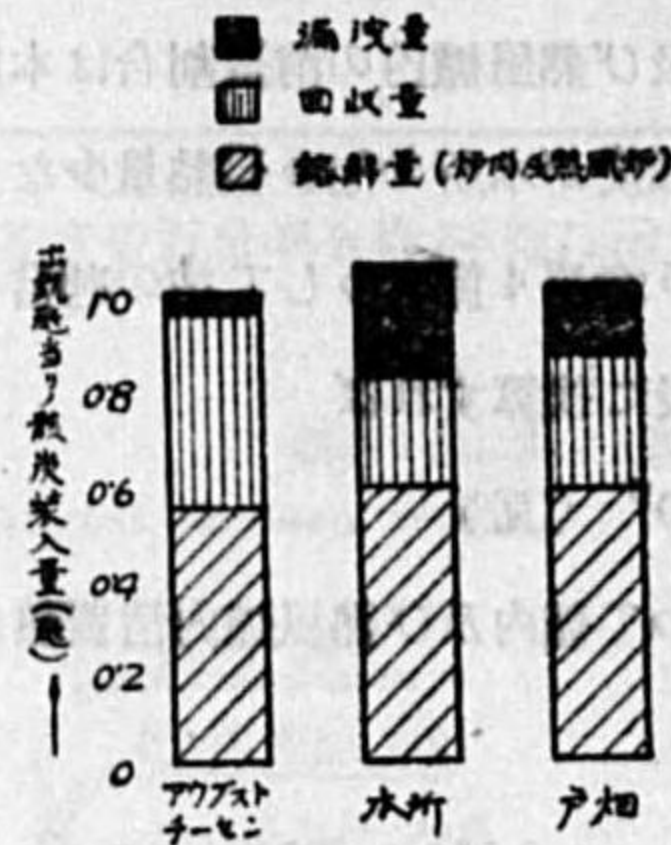
$$\text{戸畑作業場} \dots\dots\dots 1.023 \times \frac{14.92}{100} = 0.153 \text{ "}$$

なる。爐内及び熱風爐内の消費即ち鑄解に本所は獨逸の夫れよりも 1 匙當り 45 匁多く散炭を使用しつつある外に、尙鑄鐵爐瓦斯の漏洩量多き爲めに其漏洩瓦斯の散炭當量は 1 匙當り 195 匁多し。結局チツセン工場に於ては出鉄 1 匙當り 602 匁、本所は 842 匁、戸畑は 737 匁の散炭を消費しつつある事に相當す。此結果を第 36 表に示す事とせり。

第 36 表 出鉄適当りの散炭の配布 (チツセン、本所、戸畑)

工場名	溶解(爐内及熱風爐)	回収(動力其他へ利用せる分)	漏洩量(瓦斯として放出せるもの)	合計(送)
チツセン工場	0.550	0.412	0.052	1.014
本所	0.595	0.231	0.247	1.073
戸畑	0.584	0.286	0.153	1.023

第 36 圖 是に據ればチツセン工場に於ては本所よりも少出鉄適当りの散炭配布比較



是に據ればチツセン工場に於ては本所よりも少量の熱を使用して尙回収熱量は多く約我が 3~5 倍に達せり。此關係を第 36 圖に示せり。燃料消費の點に於て彼に及ばざるは元より散炭の良否に依るも熱風爐使用方法に於て又漏洩量の點に於て一般の考究を要す可し。

第 8 節 鑛滓及び鉛鉄の持ち去る熱量
爐内及び熱風爐内消費熱量を以て出鉄 1 噸に對する消費熱量を考ふれば

チツセン工場54.25 (%) 3500×10^6 (カロリー)
本所55.50 (%) 3794×10^6 "
戸畑57.16 (%) 3738×10^6 "

となり、又漏洩量を包含すれば供給熱量中出鉄適当り

チツセン工場59.39 (%)
本所78.50 (%)
戸畑72.08 (%)

の散炭を消費しつつある事なる。

次に鑛滓及び鉛鉄が持ち去る熱量を求むるに、鉛鉄の含有炭素量を 4.22~4.31 %とし其温度は實測よりして 1470°C を採れば鉛鉄 1 瓦の含有熱量は 322.5 カロリーとなる。依て

(1) 海野、製鐵研究、96 (1927)、23. (2) 海野、製鐵所研究所研究報告、6 (1926) No. 5; 製鐵研究、92 (1926)、121; Sci. Rep., (1927)、792; 金屬の研究、3 (1926)、366; 385

消費熱量の何%を鉛鉄が持ち去るかを見るに、

$$\begin{aligned} \text{チツセン工場} & \dots\dots\dots 322.5 \div 3500 \times 100 = 9.22 \% \\ \text{本所} & \dots\dots\dots 322.5 \div 3794 \times 100 = 8.51 \% \\ \text{戸畑} & \dots\dots\dots 322.5 \div 3738 \times 100 = 8.64 \% \end{aligned}$$

此點より見るもチツセン、戸畑、本所の順なる。

又鑛滓が持ち去る熱量は 1470°C 前後の鑛融状態に於ける鑛滓 1 瓦が含有する熱量は 411 カロリーなり。出鉄 1 噸に對する鑛滓量は約 70 %なるを以て夫れが持ち去る熱量は

$$411 \times \frac{70}{100} \times 10^6 = 287.7 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従つてチツセン工場も同様なりとすれば

$$\begin{aligned} \text{チツセン工場} & \dots\dots\dots 287.7 \div 3500 \times 100 = 8.22 \% \\ \text{本所} & \dots\dots\dots 287.7 \div 3794 \times 100 = 7.58 \% \\ \text{戸畑} & \dots\dots\dots 287.7 \div 3738 \times 100 = 7.70 \% \end{aligned}$$

故に爐内にての溶解、輻射、傳導等に失ふ熱量の割合は

$$\begin{aligned} \text{チツセン工場} & \quad 100 - (9.22 + 8.22) = 82.56 \% \\ \text{本所} & \quad 100 - (7.58 + 8.51) = 83.91 \% \\ \text{戸畑} & \quad 100 - (8.64 + 7.70) = 83.66 \% \end{aligned}$$

となり熱量の大部を占む。著者の推定によれば是等熱量中の 20~30 %は輻射及び傳導に依る熱損失なるべし。本所の分につき爐内及び熱風爐内消費熱量 100 %の配布を示せば第 37 圖の如し。又是を爐内装入散炭量に換算すれば

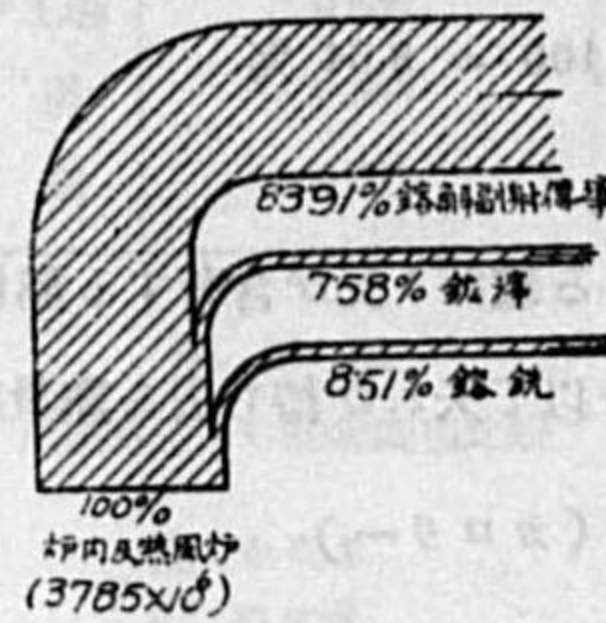
$$\begin{aligned} \text{鉛鉄 } 8.51 \% \text{ は} & \dots\dots\dots 8.51 \times 42.20 \div 100 = 3.59 \% \\ \text{鑛滓 } 7.58 \% \text{ は} & \dots\dots\dots 7.58 \times 42.20 \div 100 = 3.20 \% \\ \text{溶解及び輻射傳導への } 83.91 \% \text{ は} & \dots\dots\dots 83.91 \times 42.20 \div 100 = 35.41 \% \end{aligned}$$

由て本所鑛爐散炭配布を示せる第 38 圖は第 38 圖の如く表はす事を得。

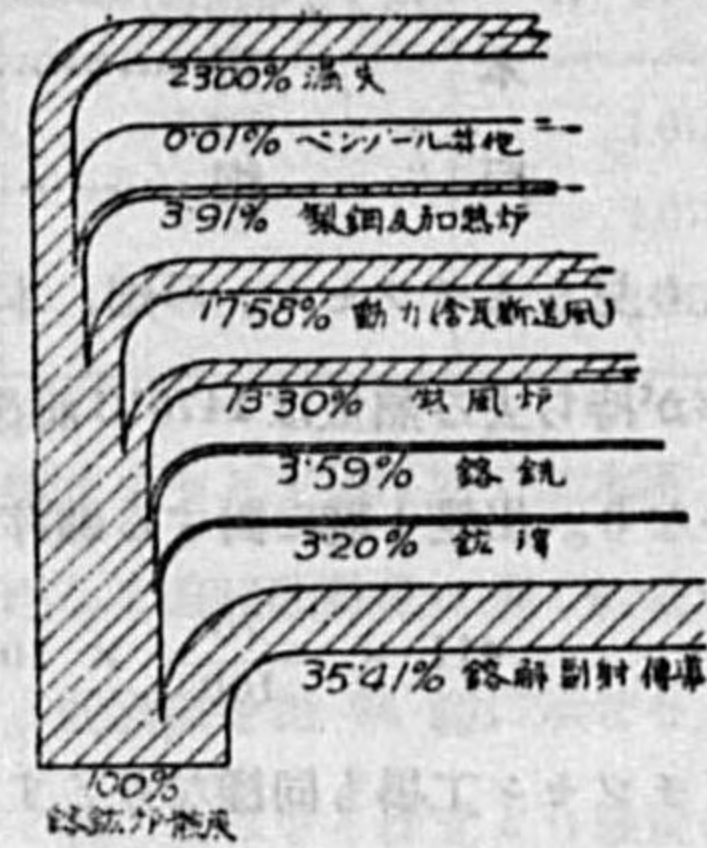
(1) 海野、製鐵所研究所研究報告、7 (1927)、No. 7; 金屬の研究、5 (1928)、236; Sci. Rep., 17 (1928)、985.

(2) 鉄鐵部、松浦技師より、

第 37 圖
爐内及熱風爐内消費熱量配布
(本所)



第 38 圖
本所鑄鐵爐製炭の配布



是によりても爐内消費熱量及び漏失量の如何に多量なるかを知るに足らん。
J. Stocker⁽¹⁾ は絶縁材料の使用によりて其能率の増加を述べたるが保温材の使用によりて漏失熱量を減少せしめ得べきは當然にして、Pragne Iron Works Company が採用しつゝある如き爐壁の薄き爐は輻射傳導によりての漏失熱量増加するが故に、燃料節約の點より考ふれば不利なるは言を俟たざる所なり。

第 6 章 熱 風 爐

第 1 節 熱 風 爐 の 熱 能 率

製鐵所本所に於ては鑄鐵爐 1 基に對し第 39 圖の如く 4 基の熱風爐を使用しつゝあるが故に、6 基に對しては 24 基の熱風爐なる。是等の 1 ヶ月の全使用瓦斯量は第 30 表に示せる如く 44.896×10^6 立方メートルなるを以て單位時間の供給熱量は

$$44.896 \times 10^6 \times 998 \times 10^3 \div (30.6 \times 24 \times 60^2) = 16947360 \text{ (カロリー)}$$

なり。之が放出熱量を求むるに 24 基の全熱風爐の表面積は、

$$\text{全面積 (平均)} = 642 \times 16 + 867 \times 8 = 17208 \text{ (平方メートル)}$$

$$\text{又熱風爐の平均の爐壁の厚さ} = \frac{44.5 \times 16 + 22.5 \times 8}{24} = 37.8 \text{ (釐)}$$

(1) Blast Furnace & Steel plant, May (1930), 807

(2) Jindrich Sarek; Czechoslovakia Iron and Steel Inst., 7 (1930), Sept.

熱風爐内の高温の部にありては $1000^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$ ならんも 37.8 釐の壁の内部は是より遙かに低きが故に、先づ平均として 500°C を採り、又外側の平均値として 80°C を採れば全熱風爐より單位時間に失ふ全熱量は之を P とすれば

$$P = \frac{17208 \times 10^4 \times (500 - 80) \times 2.4 \times 10^{-8}}{37.8} = 4.58 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

次に熱風爐通過の空氣が幾何の熱量を取り去るかを考ふるに、出鉄 1 噸に對して 3200⁽¹⁾ 立方メートルの熱風を要すれば 1 ヶ月の平均出鉄量よりして單位時間の出鉄量は

$$49222.604 \div (30.6 \times 24 \times 60^2) = 0.0186 \text{ (噸)}$$

故に單位時間の送風量は $0.0186 \times 3200 = 59.576$ (立方メートル)

熱風の温度は平均 500°C に保ちつゝあるを以て、1 立方メートルの空氣が 500°C に於て含有する全熱量は $0.2425^{(2)} \times 1293^{(3)} \times 500 = 156750$ (カロリー)

故に單位時間に熱風が爐より持ち去る熱量 Q は

$$Q = 156750 \times 59.576 = 9.339 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

次に熱風爐通過の廢棄瓦斯が持ち去る熱量を考ふるに當り先づ其廢棄瓦斯量を見るに

	CO ₂	H ₂ O	N ₂
CO ₂	0.08		
CO	0.29		
H ₂		0.019	
CH ₄	0.007	0.014	
air			0.627
合計	0.377	+ 0.083	+ 0.627 = 1.087

單位時間の熱風爐使用瓦斯量は

$$44.896 \times 10^6 \div (30.6 \times 24 \times 60^2) = 16.981 \text{ (立方メートル)}$$

又 CO₂, H₂O, N₂ の如上の廢棄瓦斯の含有する熱量は夫々 161, 3.9, 190.4 カロリー合計 355.3 カロリーなり。而して熱風爐よりの廢棄瓦斯の温度は $300^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ の間を往來しつゝあるが故に平均として 500°C を採れば、單位時間に廢棄瓦斯が持ち去る熱量 R は

(1) 獨逸アウグスト、チツセン工場にありては約 3600 立方メートルなるを以て當所製炭の場合につき求むれば約 3200 立方メートルとなる。

(2) Partington & Shilling, 前掲。

(3) Guye, Kovacs, Wourtsel, Jour. Chem. Phys., 10 (1912), 332; Germann, Journ. Chem. Phys., 12 (1914), 66.

$$E = 16.981 \times 1.087 \times 355.3 \times 500 = 3.12 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

由て供給熱量に対する割合を求むるに

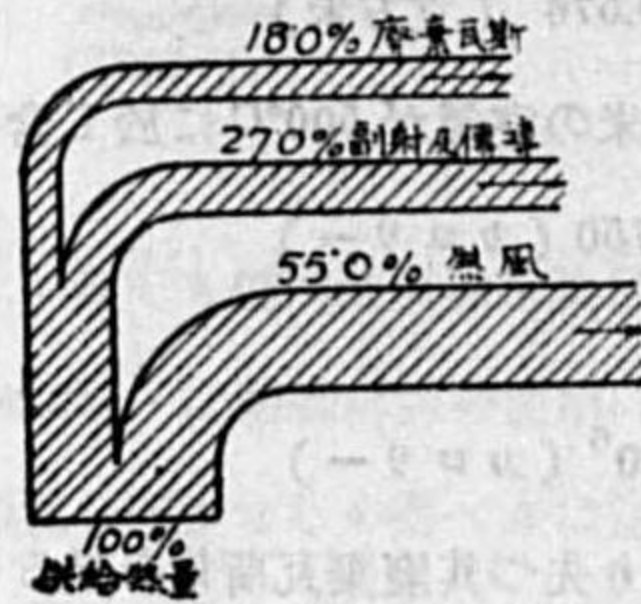
$$\text{熱風が持ち去る熱量} = 9.339 \div 16.947 \times 100 = 55.0 \%$$

$$\text{輻射及伝導により失ふ熱量} = 4.58 \div 16.947 \times 100 = 27.0 \%$$

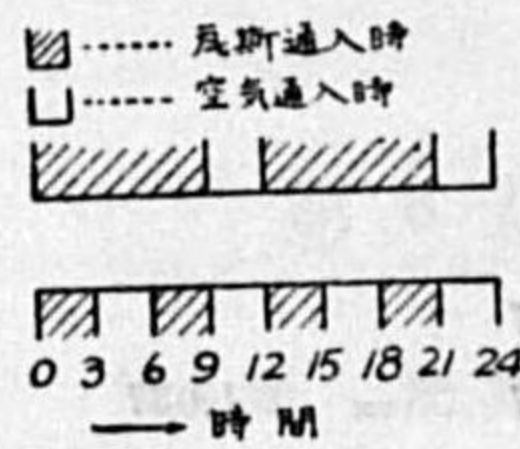
$$\text{廢棄瓦斯の持ち去る熱量} = 3.085 \div 16.947 \times 100 = 18.0 \%$$

$$\text{合 計} = 100.00 \%$$

第 40 圖
熱風爐使用熱量の配布 (本所)



第 41 圖



之をSとすれば

$$S = 4.58 \times 10^6 \times 2 \div 24 = 0.382 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又熱風爐 1 基より單位時間に空氣が持ち去る熱量 T は

$$T = 9.339 \times 10^6 \div 6 = 1.557 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

廢棄瓦斯が持ち去る熱量は供給瓦斯量を x 立方米とすれば

$$1.087 \times 345.3 \times 500 \times x \text{ (カロリー)}$$

なり。定常状態に達せる後に於ては爐内に供給せらるゝ熱量は空氣を熱するの外輻射、傳導によるもの及び廢棄瓦斯として持ち去る熱量に等しと考ふる事を得るが故に次の方程式を得。

$$998 \times 10^3 x = 1.087 \times 345.3 \times 500 x + 0.382 \times 10^6 + 1.557 \times 10^6$$

$$\therefore x = \frac{1.989}{0.819} = 2.368$$

即ち單位時間には 2.368 立方メートルの瓦斯送入を必要とするなり。従つて此際の供給熱量は

$$2.368 \times 998 \times 10^3 = 2.3615 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

即ち 9 時間瓦斯を通じつゝある場合は 1 基につき毎秒

$$16.981 \div 18 = 0.944 \text{ (立方メートル)}$$

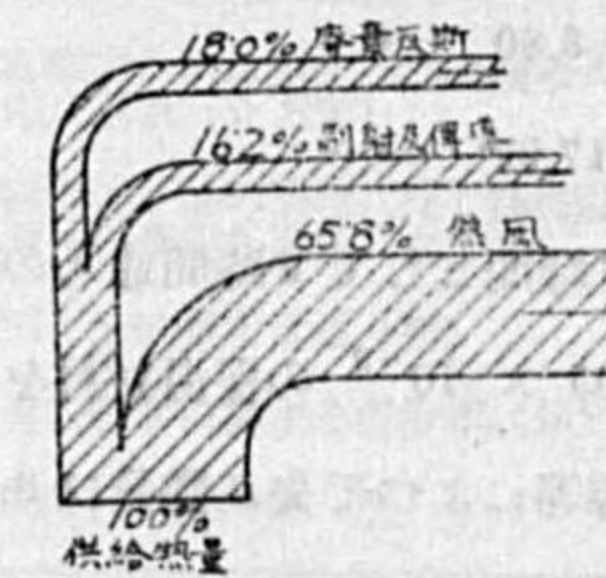
0.944 立方メートルを送入せるものが、瓦斯、空氣を交互に送入すれば毎秒 2.368 立方メートルの鋸鑛爐瓦斯の送入を必要とするも此際に於ては熱風爐は 2 基にして足る事となる。従つて其熱量の配布割合は

$$\text{熱風が持ち去る熱量} \dots\dots\dots 1.557 \div 2.362 \times 100 = 65.8 \text{ (\%)}$$

$$\text{輻射及び傳導} \dots\dots\dots 0.382 \div 2.362 \times 100 = 16.2 \text{ \text{ \"}}$$

$$\text{廢棄瓦斯} \dots\dots\dots 0.423 \div 2.362 \times 100 = 18.0 \text{ \text{ \"}}$$

第 42 圖
熱風爐 2 基の場合の熱量配布



こなるが故に、熱風爐が回収する熱量は増加し輻射及び傳導による熱の流出は減少するを知る。此關係を第 42 圖に示せり。又此際の瓦斯量は幾何の節約となるかを求めん。4 基の場合に 3 基が消費しつゝある瓦斯量は單位時間につき

$$16.981 \div 6 = 2.8301 \text{ (立方メートル)}$$

然るに 2 基とせる際は 2.368 立方メートルなるを以て

$$2.8301 - 2.368 = 0.462 \text{ (立方メートル)}$$

従つて鋸鑛爐 6 基に対する使用瓦斯 1 ヶ月につきては

$$0.462 \times 30.6 \times 24 \times 3600 \times 6 = 7,329,000 \text{ (立方メートル)}$$

$$\text{故に} \quad 7.329 \div 44.896 \times 100 = 16.34 \text{ (\%)}$$

即ち今現に熱風爐が消費しつゝある瓦斯量の 16.34% を節約し得て其燃料費は毎月約 7329 圓に相當す。従つて本所鋸鑛爐に於ては裝入骸炭の 13.30% が熱風爐に消費されつゝあるを以て

$$13.30 \times 16.34 \div 100 = 2.17 \text{ (\%)}$$

裝入骸炭の 2.17% を節約する事に相當するが故に 13.30% は減じて

13.30 - 2.17 = 11.13 (%) 11.13% となる。

第 3 節 熱風爐 2 基に適當なる保温材使用の際の熱量配布

熱風爐壁に保温煉瓦並に鑛滓綿を適當に使用せんか更に前述の 11.13% は減少すべし。今参考の爲めに算出せん。理學博士田所芳秋氏の保温煉瓦につき測定せる結果⁽¹⁾を引用せんに、熱傳導率は $0.9 \sim 1.0 \times 10^{-8}$ の間にあるもの少なからず。依て爐壁に鑛滓綿及び保温煉瓦を使用すれば第 6 章第 1 節の式 P は次の形をこる。之を P₁ とすれば

$$P_1 = \frac{17208 \times 10^4 \times (500 - 80) \times 0.95 \times 10^{-8}}{37.8 \times 24} = 75.75 \times 10^3 \text{ (カロリー)}$$

尙此際の供給瓦斯量を x 立方米とすれば前節の方程式は

$$998 \times 10^3 x = 1.037 \times 345.3 \times 500 x + 1.557 \times 10^6 + 0.076 \times 10^6$$

$$x = \frac{1.633}{0.819} = 1.995 \text{ (立方米)}$$

即ち單位時間の供給瓦斯量は減じて 1.995 立方米となり其熱量は

$$1.995 \times 998 \times 10^3 = 1.991 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

1.991 × 10⁶ カロリーとなる。従つて此際に於ける熱量配布は

熱風が持ち去る熱量……………1.557 ÷ 1.991 × 100 = 78.23 (%)

輻射及び傳導……………0.076 ÷ 1.991 × 100 = 3.80 %

廢棄瓦斯……………0.358 ÷ 1.991 × 100 = 17.97 %

熱風爐 4 基を 2 基に減じ瓦斯及び空氣の通入時間を交互に 3 時間と 9 時間通入の時と同温同量の熱風を得んが爲めには、熱風爐壁に熱傳導率 0.95×10^{-8} の保温材を使用せば、熱風爐の回收熱量は 78.23% に増加し、輻射及び傳導等によつて失ふ熱量は 3.80% に減少するを以て此際に於ける消費瓦斯量は

$$1.995 \times 6 \times 24 \times 60^3 \times 30.6 = 31.647 \times 10^6 \text{ (立方米)}$$

従つて $44.896 \times 10^6 - 31.647 \times 10^6 = 13.249 \times 10^6$ "

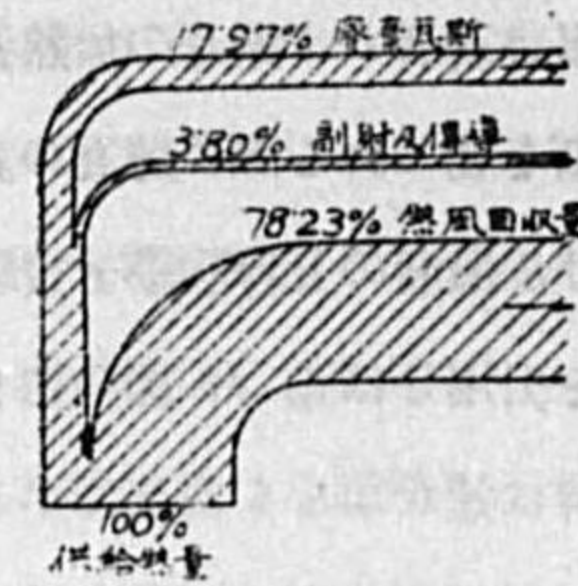
$$13.249 \div 44.896 \times 100 = 29.52 \text{ (%)}$$

現在の供給瓦斯量の約 29.52% を節約し得べく、而して其散炭當量を求むるに

$$\frac{13.249 \times 10^6 \times 998 \times 10^3}{6378} = 2070 \times 10^6 \text{ (瓦)}$$

(1) 製鐵所研究所研究報告, 6 (1926), No. 6.

第 43 圖 熱風爐 2 基とし保温材使用の場合



2070 噸となり、之を瓦斯として 1 立方米 1 厘に見積らば毎月約 13249 圓に相當す。保温材を使用し熱風爐 2 基とせる際の熱量配布を示せば第 43 圖の如し。

尙節約瓦斯量を鑛滓綿散炭に換算すれば

$$13.30 \times 29.52 \div 100 = 3.92 \text{ (%)}$$

故に $13.30 - 3.92 = 9.38 \text{ (%)}$

熱風爐使用瓦斯量は全装入散炭の 9.38% にて足る事となる。是等の場合を總括して第 37 表に示せり。

第 37 表 熱風爐 4 基、2 基、保温材使用の場合の熱量消費比較

	4 基中 3 基は瓦斯 1 基は送風の場合	2 基にして交互使用の場合	2 基にして保温材を使用せる場合
鑛滓綿 1 基に對する單位時間の熱風爐使用瓦斯量 (立方米)	2.830	2.386	1.995
同上 1 基に對しての熱風の送入熱量 (カロリー)	1.557×10^6	1.557×10^6	1.557×10^6
同上 1 基に對する廢棄瓦斯の熱量 (カロリー)	0.506×10^6	0.423×10^6	0.358×10^6
爐壁よりの流出熱量 (カロリー)	0.763×10^6	0.382×10^6	0.076×10^6
鑛滓綿 6 基に對する熱風爐の 1 ヶ月の使用瓦斯量 (立方米)	44.896×10^6	37.567×10^6	31.647×10^6
熱風爐 4 基の場合に比し鑛滓綿 6 基分の毎月の節約瓦斯量 (立方米)	0	7.329×10^6	13.249×10^6
同上節約散炭當量 (噸)	0	1150	2070
装入散炭に對する百分率 (%)	13.30	11.13	9.38
熱風爐の熱能率 (%)	55.15	65.8	78.23

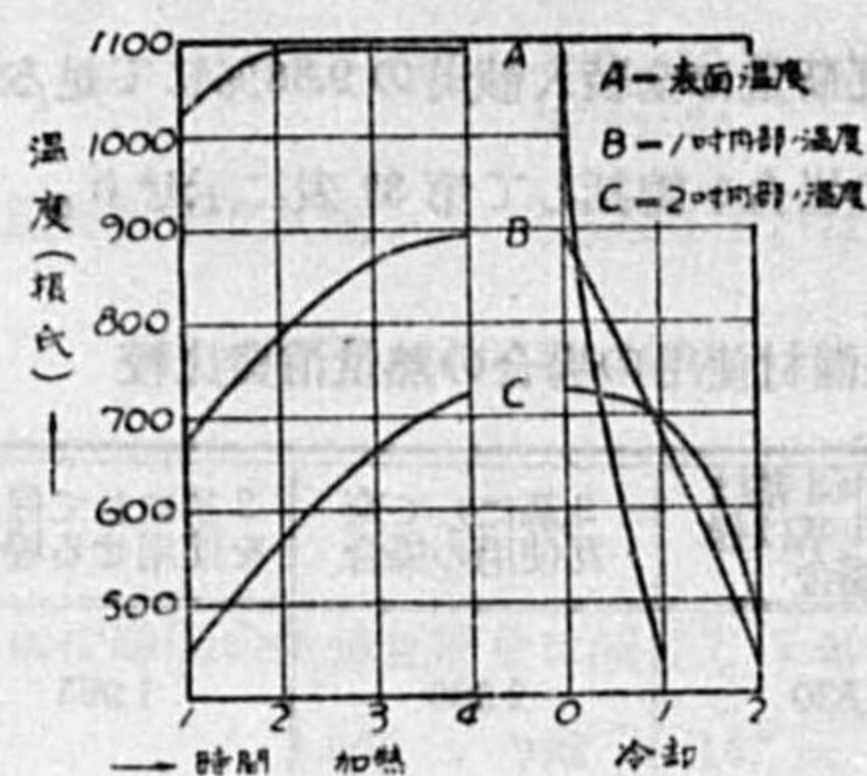
是に依りて明かなる如く鑛滓綿 1 基に對し熱風爐 4 基を使用するは、廢棄瓦斯及び爐壁よりの流出熱量を徒らに増加せしむる外更に其の效果無し。熱風爐を半減して瓦斯と空氣を 3 時間毎に交互に通ずる時は熱風爐の熱能率は 55.15% より 65.80% に増加し、更に保温材を爐壁に使用すれば其の能率は 78.23% に達す。故に熱風が爐内に供給する熱量には更に變化なく交互に使用し得らる。而して其節約瓦斯の散炭當量は 6 基の鑛滓綿につき 1 ヶ月 2070 噸となり、此節約瓦斯代は優に 13249 圓に及ぶ、之によれば熱風爐は鑛滓綿 1 基に對し 3 基、鑛滓綿 2 基、3 基に對しては夫々 5 基及び 7 基にて足るべきなり。

第4章 熱風爐内加熱面と使用時間

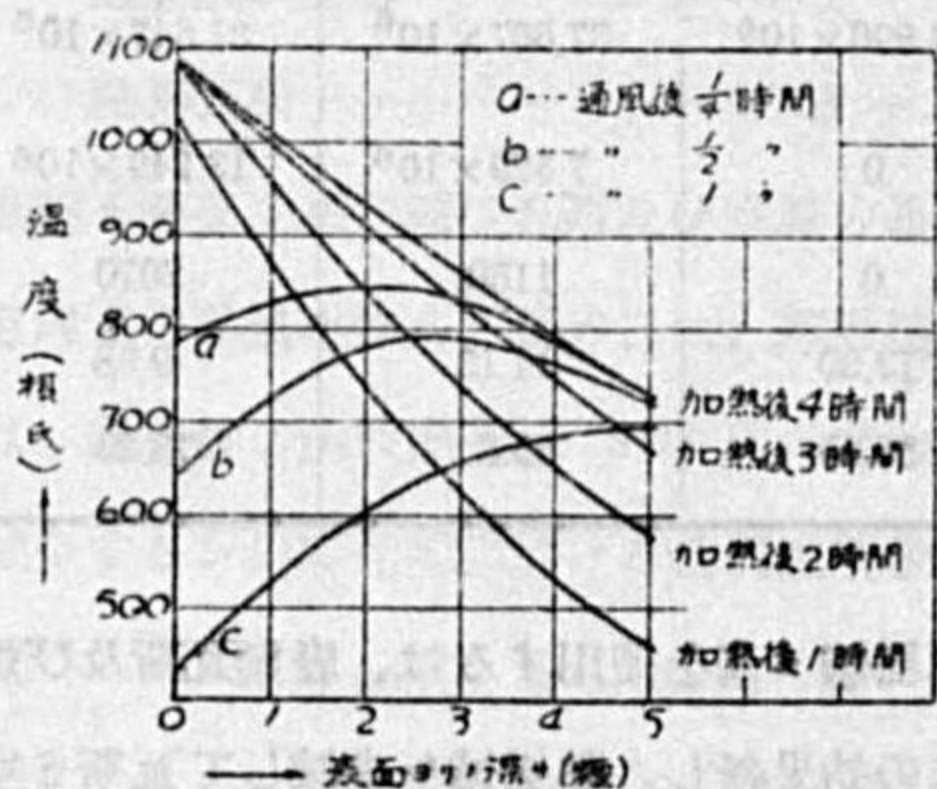
(a) 加熱面と能率

物体の加熱は其の温度の上昇するに従ひて益々困難なる事は著者が「鋼片の加熱速度に就て」既に述べたる所なり。F. Clements⁽¹⁾が一面に燃焼瓦斯を當てたる際に煉瓦の表面

第44圖 煉瓦の加熱及び冷却速度 (Clements)



第45圖 加熱及び通風冷却による煉瓦の温度



是によれば瓦斯及び空氣の切換へ時間は定常状態に達せる後に於ては、8時間よりも更に短縮せらるべきものなる事を知る。又冷却に際しては始めの1/2時間は最も急激に温度は下降し、其の後時間を経るに従ひ熱の放出は著しく減少するを見る。第44~45圖は單

(1) 製鐵所研究所研究報告、前掲。
(2) Blast Furnace Practice, 2 (1929), 334.

並に内部に於ける温度の上昇状態を實驗せるが其の結果を引用せば第44圖の如く、表面の温度上昇は速かなるも内部に至るに従ひて遅く、又送風によりての冷却速度を見るに表面最も速く内部に至るに従ひて緩かなり。即ち表面は熱の吸収、放散共に迅速なるも内部は甚だ遅緩なり。此遅緩なる部分を使用する事は熱量的にも亦時間的にも損失大なり。豫熱時間の延長は煉瓦の内部即ち熱に對して鈍感なる部分を使用する事に相當するが故に、熱風爐の熱能率を大ならしめんせば可及的煉瓦の表面積を大にし熱に對して敏感なる部分を利用せざるべからず。煉瓦の厚さ加熱及び冷却の状態を第45圖に示せり。是によれば加熱2時間後表面が一定の高温に到達せる後に於ては更に温度の上昇なく、其後の熱の大部分は廢棄瓦斯中に奪ひ去られ其中の僅少な熱が煉瓦の内部へ浸入するのみなり。

に熱の吸収及び放散の状況を示せるものなるが、一般には消費熱量の割合増加すれば従つて表面温度の上昇は急激となり、又送風量増加すれば其の温度の降下も亦急激なる。是を要するに熱の放出を迅速ならしめ且つ廢棄瓦斯及び輻射、傳導等に失ふ熱量を益々減少せしめんが爲めには、可及的加熱面を増大せしむるの外瓦斯及び空氣の切換へ時間を8時間よりも更に短縮せしむる必要あり。

加熱面増加の目的にてハルトマン(Dr. Hartmann)の考案せる螺旋狀の煉瓦あり。第46圖は其積重ねたる状態を示せるものなり。此螺旋狀煉瓦を使用せる Iseder 工場の熱風爐につき 1926年2月17~19日に亙りて行へる測定結果は

輻射及び傳導.....11.8% 廢棄瓦斯.....10.1% 能率.....78.1%

を示せり。以て其熱能率の大なるを知るべし、又 Julius Stoecker⁽¹⁾は熱風爐にバーナー及びプロペラー送風機を取付け、格子積の空處に適當なる煉瓦を充填して其熱能率を増加し經費を輕減せる實驗結果を報ぜるに見るも、現今熱風爐へ使用せらるる鋸鐵爐瓦斯をして僅少の經費により更に有効に働かしめ得可きを思はしむ。

(b) 切換へ時間と能率

第44~45圖に於て切換へ時間の短縮は送風の加熱に効果大なる事を述べたるが、熱に對して敏感なる煉瓦表面は冷却も亦速かなるべきにより其切換へ時間を短縮して未前に煉瓦の温度降下を防がざるべからざるは當然なる事なり。切換へ時間の割合が其能率に如何なる關係あるかを知らんが爲めに、Cousin⁽²⁾が Cockerill 形の熱風爐 (Seraing Works) につき 1923年に行へる結果を引用せんに、同熱風爐は

Table with technical specifications for Cockerill furnace: 外徑 6.75米, 全長 28米, Chequerwork Cockerill 式, 煉瓦の重量 (底) 26噸, (Outer lining) 394", (arch) 110", (shaft) 150".

(1) Blast Furnace & Steel Plant, May (1930), 807.
(2) Blast Furnace Practice, 前掲。

" (Chequerwork).....395 "

煉瓦の全重量.....1075 "

にして、彼が報ぜる実験の結果は次の如し。

$$\frac{\text{加熱時間}}{\text{送風時間}} = 1.05 \quad \text{させる場合は}$$

熱風爐の平均温度 997°C

廢棄瓦斯の平均温度 133°C

廢棄瓦斯の持ち去る熱量 7.5 %

輻射及び傳導による熱量 2.9 "

熱風爐の熱能率 89.6 "

又 $\frac{\text{加熱時間}}{\text{送風時間}} = 0.77 \quad \text{させる場合は}$

熱風爐の平均温度 920°C

廢棄瓦斯の平均温度 105°C

廢棄瓦斯の持ち去る熱量.....5.7%

輻射及び傳導による熱量.....4.0%

熱風爐の熱能率..... 90.3%

此 920°C の温度を得んが爲めには鉛礦爐發生瓦斯の約 24% を使用せるが、其後 920°C の高温を必要せざる結果 20% の瓦斯を使用しつゝあり。米國式の熱風爐にありては輻射及び傳導への損失熱量は 10% にして、送風時間對瓦斯通入時間はベルギー等の約 2 倍に相當せり。此損失熱量の差並に如上の能率の相違は明かに加熱時間の延長の然らしむる所にして、本所鉛礦爐の熱風爐の能率 55.15% に比して相當の差あるは特に注目す可き事なりと信ず。

第 5 節 我が鉛礦爐散炭の節約

以上論述せる所より考ふればチツセン工場の散炭利用に及ばざる事遠きも、熱風爐を 2 基に減じ且つ爐頂よりの漏失量 23% をチツセンの如く 5.14% に低下し、其節約瓦斯をして汽罐並に製鋼、加熱爐等へ利用せしめば彼我の比較は如何になるべきかを見んます。此熱風爐使用瓦斯量及び漏失量を減少せしむる事は蓋し不可能事に非ざるべし。

此際に於ては

漏失量よりの回収.....23.00 - 5.14 = 17.86 (%)

熱風爐よりの節約.....13.30 - 11.13 = 2.17 "

合 計..... = 20.03 "

依つてチツセン及び本所の鉛礦爐散炭の配布は第 38 表の如くなる。

第 38 表 熱風爐消費量、漏失量等を節約せるものにしての彼我の散炭配布比較

	出鉄産當りの散炭の配布率 (%)		出鉄産當りの散炭量 (匁)		
	チツセン工場	本 所	チツセン工場	本 所	本 所
爐内及び熱風爐	54.25	53.33	550	572	533
動力並に製鋼加熱等	40.61	41.53	412	446	415
漏 失	5.14	5.14	52	55	52
合 計	100.00	100.00	1014	1073	1000

之によれば爐内消費の割合は

$$54.25 - 53.33 = 0.92 (\%)$$

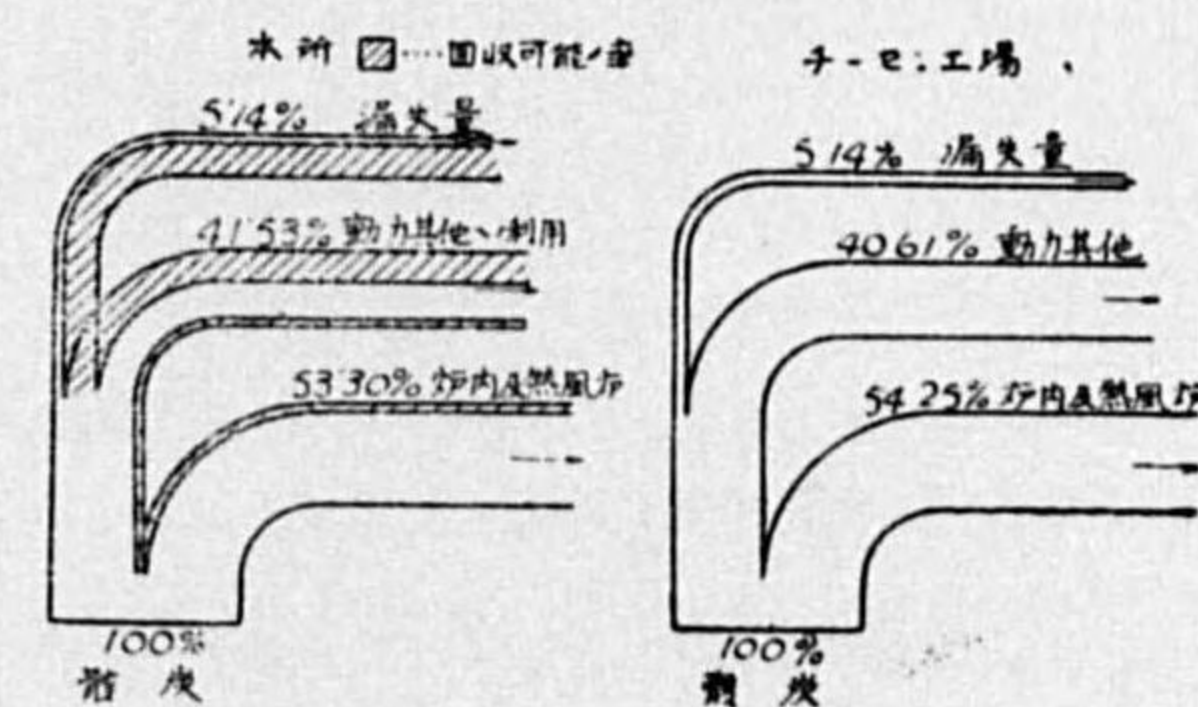
彼より 0.92% 少なけれども應當り裝入散炭量の多き爲めに 59 匁多く消費することとなる。作業方法の改良によりて出鉄産當り裝入散炭量 1 匁ならば上表末行の数値となり優に彼を凌駕する事を得べし。

斯くして回収せる熱量の散炭當量は應當り $446 - 231 = 215$ (匁)

従つて毎月 $0.215 \times 49222.6 = 10590$ (匁)

10590 匁を節約する事に相當す。

第 47 圖 鉛礦爐散炭の配布



上表散炭の配布關係を第 47 圖に示せり。熱風爐使用方法並に漏失熱を防ぐ事につき更に一層の注意を改良を要する事切なるものあるべし。

本稿を終るに當り御指導を辱ふしたる製鐵所技監工學博士野田研究所長並に動力部長岸原主事に對し深厚なる謝意を表し、併せて鑛鐵課長平川技師、松浦技師、白石技師及び送風課職員諸氏の御注意を御厚意を謝す。又瓦斯量及び溫度測定に従事せる副研究員末藤技師、岡田、中畑兩副手に對し厚く其勞を謝するものなり。

17.4	2.76	0.22	0.22	21.14	熱風爐の入口
2.17	0.44	0.14	0.14	10.04	熱風爐の出口
0.3	0.07	0.02	0.02	1.00	送風機
19.87	3.27	0.38	0.38	32.18	合計



終