



始



日鉄八幡製鉄所研究所

# 研究報告

Vol. XVI No. 4

鋼材工場に於ける熱經濟並に  
燒減りに就ての考察

八幡製鉄所技師 理學博士 海野三朗



昭和十二年四月

八幡製鉄所

福岡縣八幡市

(代  
謄  
寫)

鋼材工場に於ける熱經濟並に燒減りに  
就ての考察

目 次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 1 緒 言                                 | 1  |
| 2 結論概要                                | 1  |
| 3 流量及び温度                              | 4  |
| a. 瓦斯, 空氣及び温度                         | 4  |
| b. 瓦斯の成分                              | 12 |
| c. 燃燒に必要な空氣量                          | 13 |
| d. 廢瓦斯量                               | 14 |
| (a) 瓦斯成分より見たる廢瓦斯の計算   (b) 廢瓦斯成分と浸入空氣量 |    |
| e. 過剩空氣量と加熱能力                         | 19 |
| 4 熱 量                                 | 21 |
| a. 酸化に依る發熱量                           | 21 |
| b. 酸化鉄の熱量                             | 24 |
| c. 鋼片の持ち去る熱量                          | 26 |
| d. 加熱鋼片に就ての考察                         | 28 |
| e. 廢瓦斯の持ち去る熱量及び其の他の顯熱                 | 30 |
| f. 消費燃料の石炭當量                          | 34 |
| g. 熱量配布                               | 36 |
| (a) 炉内に與へらるゝ熱量   (b) 炉より放出する熱量        |    |
| (c) 第(6)工場加熱炉の場合                      |    |
| 5 燒 減 り                               | 39 |
| a. 鋼片の厚さの燒減り                          | 39 |
| b. 表面積の燒減り                            | 40 |
| c. 燒減りと温度                             | 43 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 6 焼減り其他に就て他工場との比較 | 44 |
| a. 鋼片の厚さニ加熱時間     | 44 |
| b. 加熱時間ニ焼減り       | 45 |
| c. 焼減りニ温度及び表面積    | 47 |

## 鋼材工場に於ける熱經濟並に 焼減りに就ての考察

技師 理學博士 海野三朗

### 1 緒言

著者は先きに鋼材工場に於ける熱經濟<sup>(1)</sup>に就て述べたるがその際は主として熱量に關して記述し鋼材の焼減り酸化等には及ばざりき。依て本稿に於ては更に鋼材の焼減りにつき論及し他工場の場合ニ比較研究し併せて流量及び熱量をも述べんことをものなり。

### 2 結論概要

#### (1) 流量及び温度

a 5 工場加熱炉の瓦斯は瓦斯メーターに依り、空氣はピットト法に依り、温度は光學高溫計に依りて測定を行へり。瓦斯量は毎時作業中は 1467~2372 立方米 又抽出鋼片の温度は 1208~1373°C に及べり。廢瓦斯の温度は 400~610°C なりき (第 1~7 表)。

b 發熱量は 1822~3718 カロリー又休止中の瓦斯發熱量は 936 カロリーなり (第 9 表)。

c 過剰空氣量大なる加熱炉に於ては炉の内側及び中央の炉尻の廢瓦斯の成分は相當の差あり、一般に炉の壁側に於ては中央炉尻に於けるよりも O<sub>2</sub> の量大なり (第 10 表)。

d 供給瓦斯の成分及び廢瓦斯分析の結果よりして過剰空氣量を算出せり、之に依れば相當多量の過剰空氣の入れる事を知れり。而して作業中に於ける毎時の平均廢瓦斯量は 6931 立方米なる事を知れり (第 12 表)。

e 過剰空氣量増加すれば毎時の加熱噸数は減少す、その割合は毎時 154 立方メートルの過剰空氣量を増す毎に毎時の加熱噸数は 1 噸宛減少する計算なる (第 16 圖)。

f 過剰空氣量毎時 9.1 立方メートルを増す毎に加熱鋼片噸當りの瓦斯量は  $1822 \times 10^3$  カロリーの瓦斯 1 立方メートルの増加を必要とし、過剰空氣 1 立方メートルを増す毎に噸當りの熱量は  $0.2 \times 10^6$  カロリーの増加を必要とす (第 17 圖)。

(1) 海野、鉄と鋼、22 (1936) 3 號 製鉄研究、149 (1936) 13

(2) 熱 量

- a 酸化鉄 1 瓦の發生に依り 997 カロリー又鉄 1 瓦が酸化鉄となる際は 1292 カロリーの熱を發生す。此鋼片 1 瓦を酸化鉄となす際の熱量は同じ鋼片 4.1 瓦が溶解状態にて含有する熱量に等し。
- b 第(1)工場加熱炉の加熱鋼片 1 瓦につき酸化鉄發生の熱量として 16.55 カロリーを得、此熱量は同鋼片 1 瓦が 147°C に於て含有する熱量に相等し。又抽出鋼片 1373°C に於て保有する熱量の約 8.97% に相當す。
- c 酸化鉄の比熱は鋼片の比熱より約 30% 大にして温度の上昇と共に増加し又その割合は温度と共に増加す、第(1)工場の場合に於ては抽出鋼片の持ち去る熱量の約 2.83% の熱量を酸化鉄が持ち去る事となる(第 18 圖)。
- d 第(1)工場加熱炉に於ては鋼片 1 噸が持ち去る熱量の約 8.97% の酸化鉄の發生ありて酸化鉄の持ち去る熱量は 2.83% なるが故に差引 6.14% の熱量を炉内に與ふる事となる。而して又炉内供給發熱量に對しては 4.65% に相當す。
- e 過剰空氣量の増加は鋼片の持ち去る熱量をして減少せしむ、その割合は平均して毎時 37.7 立方メートルの過剰空氣の増加は鋼片の含有熱量をして 1% 宛の低下を來す事となる。
- f 作業時間の長短は熱能率に甚だしく影響す。加熱噸数の増加は二重の利あり即ち噸数増せば此外に消費燃料の低下となる、その割合は加熱噸数 1 噸を増す毎に消費石炭當量は 0.09 噸の低下となる(第 23 圖)。
- g 過剰空氣毎時 35.7 立方メートルの増加は加熱鋼片噸當りの石炭當量を 1 噸宛増加する割合となる(第 24 圖)。
- h 作業時間約 5 時間の第(1)工場加熱炉に於ては鋼片、廢瓦斯及び輻射傳導等による放熱は夫々 37.74、25.36 及び 35.84% にして、作業時間 20 時間 30 分にして過剰空氣なき第(6)工場に於ける夫れ等は 77.60、11.32 及び 9.50% となる(第 25~26 圖)。

(3) 焼 減 り

- a 鋼片の厚さと炉内速度とは反比例す、厚さ増せば速度は反對に減少す(第 27 圖)。
- b 炉内焼減りの%は鋼片の厚さに無關係なるも壓延焼減りは鋼片の厚さ減ずれば反對にその%を増加す(第 28 圖)。
- c 壓延焼減りの毎時の重量は鋼片の厚さ減ずれば著しく増大す(第 29 圖)。

- d 炉内加熱表面積と焼減りとは相比例す、毎時炉内にて 1 平方メートルが生ずる焼減りは平均して約 2.25 噸なり、從て酸化鉄としては約 2.97 噸となる(第 30 圖)。
- e 炉内焼減りの%は炉内加熱表面積に無關係なるも壓延焼減りの%はその表面積増加と共に増す(第 31 圖)。
- f 噸當り表面積と加熱時間との相乘積と噸當りの焼減りの量との關係を見るに焼減りは  $\frac{st}{v}$  には無關係なり。而して此値は 11.23 噸となる(第 32 圖)。
- g 壓延焼減りは成品の表面積 1 平方メートルにつき約 0.277 噸となる。從て炉内焼減りとは  $2.97 : 0.277 = 11 : 1$  11 對 1 の割合なり。
- h 抽出鋼片の温度高ければ炉内焼減りは増加す、その割合は温度と共に急激に増せども、炉内及び壓延焼減りの合計と鋼片抽出温度との關係を求めれば略直線的にして 1 平方メートルにつき 59.7°C の上昇に依りて 1 噸の焼減り増加となる(第 34~35 圖)。而して温度 1°C の上昇に依りては毎時 1 平方メートルにつき 0.017 噸の焼減り増加となる割合なり。

(4) 焼減りその他につきて他工場との比較

- a 炉内加熱時間は彼にありては一般に同一厚さの鋼片につきて考ふれば短かし、即ち炉中保持の時間は我方長し。是抽出鋼片の加熱時間より來る。
- b 加熱時間を T、焼減りの量を X とすれば  $X = KT^2$  なる關係あり。時間増せば二乗の割合を以て X は増加す。加熱時間と焼減りの關係は彼我共に相似たり。彼にありては他の原因に依りて著しくズレたる二三の點を認む。茲に  $K = 6.15 \times 10^{-5}$  となる(第 37 圖)。
- c 焼減りの%と加熱時間を見るに我に於ては一般にその%高し(第 38 圖)。
- d 加熱時間が焼減りに及ぼす關係  $\frac{dX}{dT}$  を見るに  $\frac{dX}{dT}$  と時間とは直線的關係にあり、從て加熱時間短縮は焼減りを減少する重要な一要素なり(第 39 圖)。
- e 鋼片押出温度と單位面積の焼減りを見るに同温度に於ては彼は常に大なる焼減りを示す、而して夫等の焼減りが同一曲線上に來るもの少なきは温度以外に加熱時間等の統一なきか又は過剰空氣等より來れる結果を考へらる(第 40 圖)。
- f 噸當りに有する表面積とその表面積の焼減りとの關係を見るに此相乘積は一定なり。即ち鋼片大にして表面積小なる場合はその表面積の焼減りは大なり、是鋼片大ならば

加熱時間又従て長き結果なり。夫れ故に加熱作業に於ては可及的製品に近き厚さの鋼片を加熱する方二重の利ある事を知る。

### 3 流量及び温度

#### a 瓦斯、空気及び温度

各工場使用の瓦斯は高炉及び鼓炭瓦斯の混合にして夫れ等の瓦斯量は各工場に備付けられたる瓦斯メーターに依り、又空気量は炉内に送入せらるゝ空気管の中央に於てピットト法に依り又夫れ等の温度はその部に押入せる寒暖計に依りて測定を行へり、此結果を共に毎時の加熱噸數並に夫れ等の發熱量を計算して示せば第1表の如し。測定は11年2月中のものなり。

第1表 瓦斯量及び空気量(毎時立方米)

| 工場名    | 状況  | 瓦 斯 |       | 空 氣 |                              | 加熱噸數               | 發 熱 量<br>( $\times 10^3$ カロリー) | 適當りの發熱量<br>( $\times 10^6$ カロリー) |
|--------|-----|-----|-------|-----|------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|        |     | 種類  | 容積    | 容積  | 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |                    |                                |                                  |
| (1) 1基 | 作業中 | 混合  | 2070  | 15  | 11813                        | 10.3               | 1822                           | 246.8                            |
|        | 休止中 | 高炉  | 741.3 | 15  |                              |                    | 936                            |                                  |
| (2) 2基 | 作業中 | 混合  | 1467  |     | 5549                         | 14.7               | 3144                           | 412.4                            |
|        | 休止中 | 高炉  | 1476  |     | 2043                         |                    | 936                            |                                  |
| (4) 1基 | 作業中 | 混合  | 2372  |     | 4698                         | 11.6               | 1932                           | 470                              |
|        | 休止中 | 高炉  | 1795  |     | 2521                         |                    | 936                            |                                  |
| (5) 2基 | 作業中 | 混合  | 1768  |     | 8354                         | 26.9(1)<br>27.3(2) | 22.2                           | 3718                             |
|        |     |     |       |     |                              |                    |                                |                                  |
| (6) 2基 | 作業中 | 混合  | 1605  |     | 11264                        | 58.3(1)<br>13.8(2) | 25.2                           | 2843                             |
|        |     |     |       |     |                              |                    |                                |                                  |

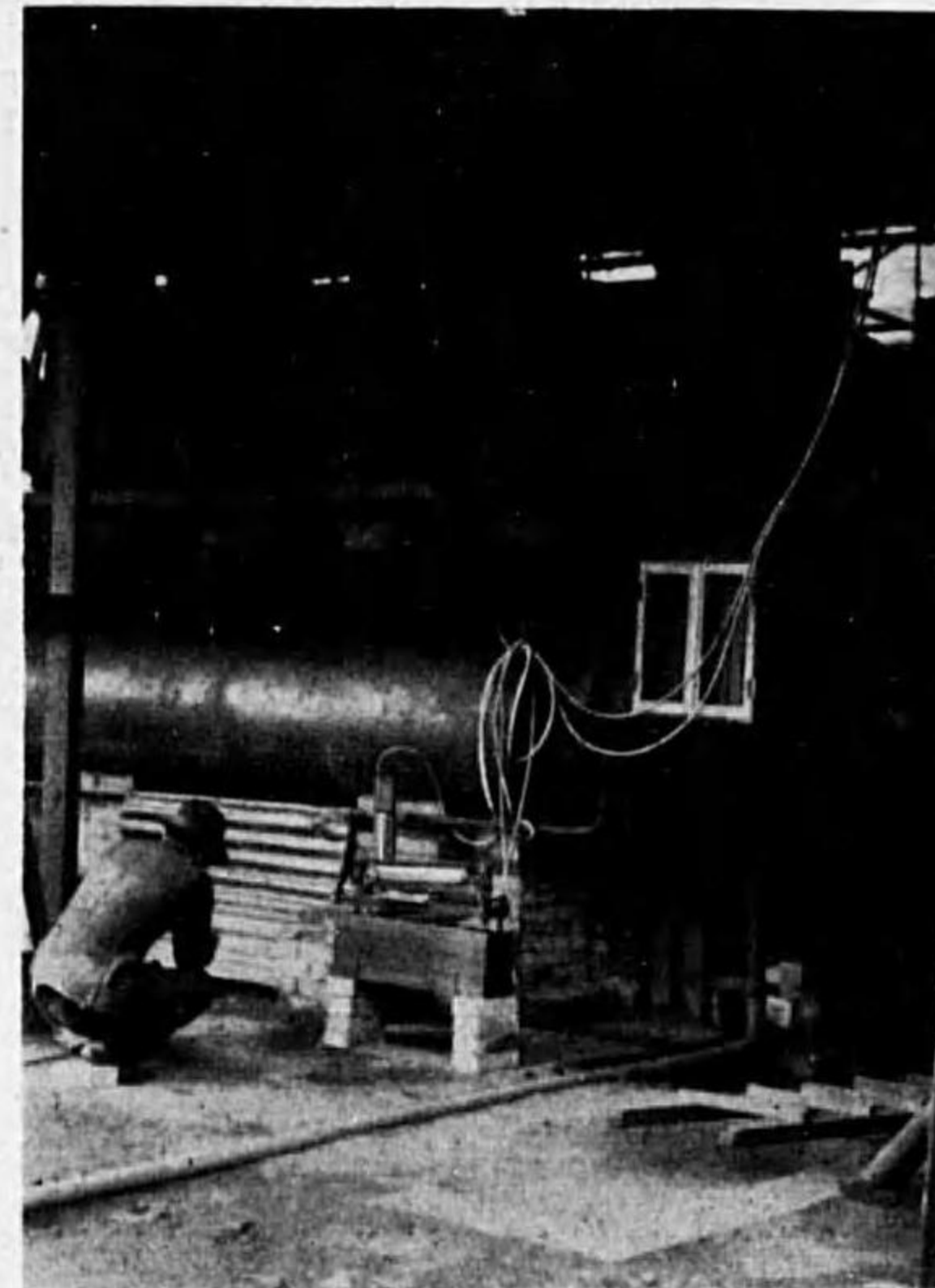
空気の温度中(1)(2)にあるは炉の番號を示すものなり。空気量の測定は拾數時間に亘りて行ひ又温度は30分毎に測定し同時に加熱材の温度をも測定せり。流量測定の場合を第(4)工場加熱炉の場合につき第1圖に、その温度測定状況を第2圖に又第(2)工場加熱炉の温度測定状況を第3~4圖に示す事せり。而してその測定の位置及び炉の略圖を第5~10圖に示しその測定結果を第2~6表に掲げたり。

作業中及び作業休止中に於ける炉内各部の温度が時間に依りて如何に變化するかを一目瞭然たらしむる爲めに時間と温度との關係を第11~15圖に示し、又作業中及び休止中の各部の温度の平均値を採り炉長に従つて示す事第5~10圖(曲線)の如し。又各部温度の平均、加熱材の平均温度及び炉尻の平均温度を第7表に示せり。

空気量の測定はピットト法に依れるも管の長さ及び太さの關係に於て此法を適用せるは適當ならざりしが如き結果を得たるを以て空気量は主として廢瓦斯分析の結果を信賴す

る事せり。

第1圖 第(4)工場加熱炉(瓦斯)



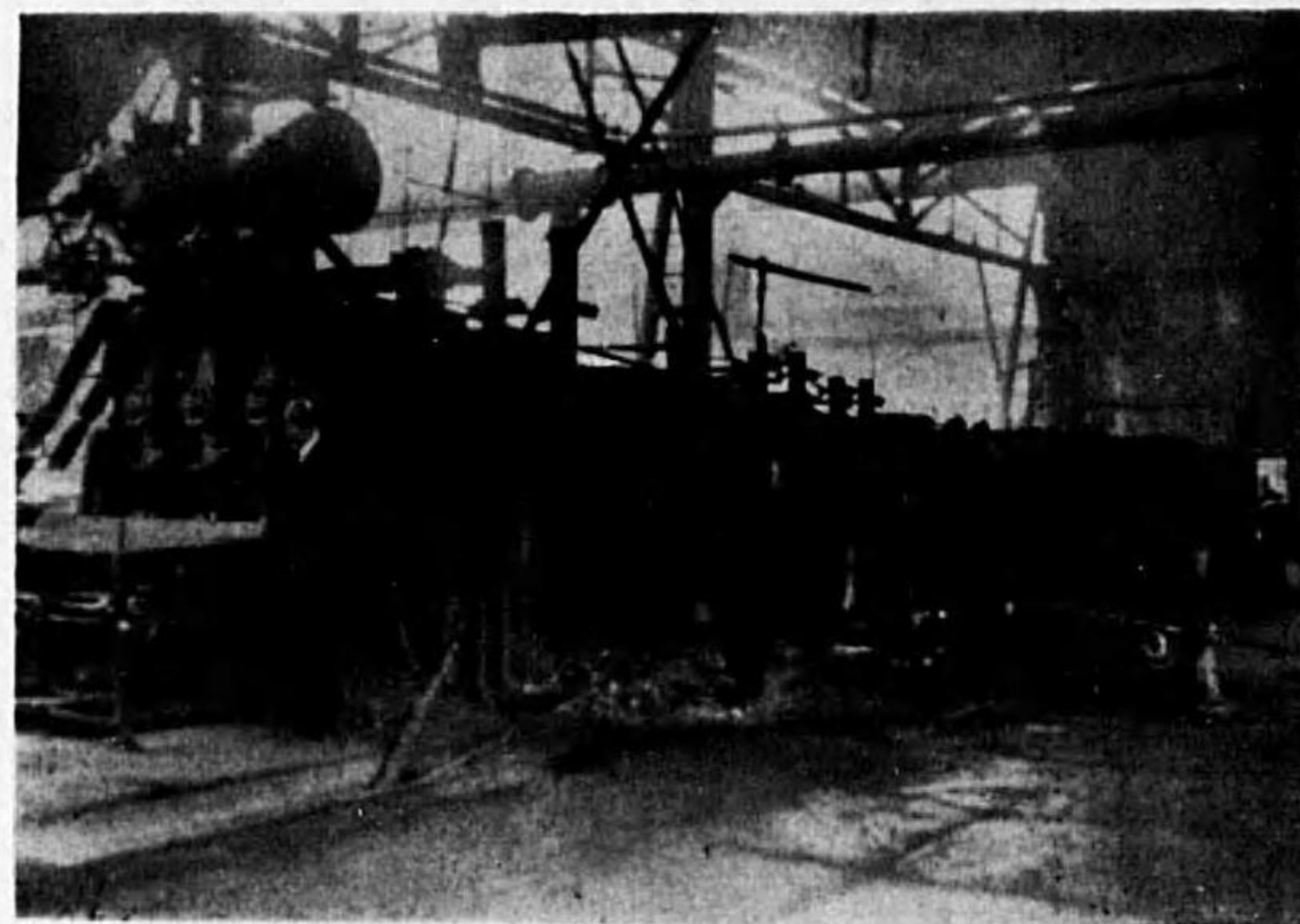
第2圖 第(4)工場加熱炉(温度)



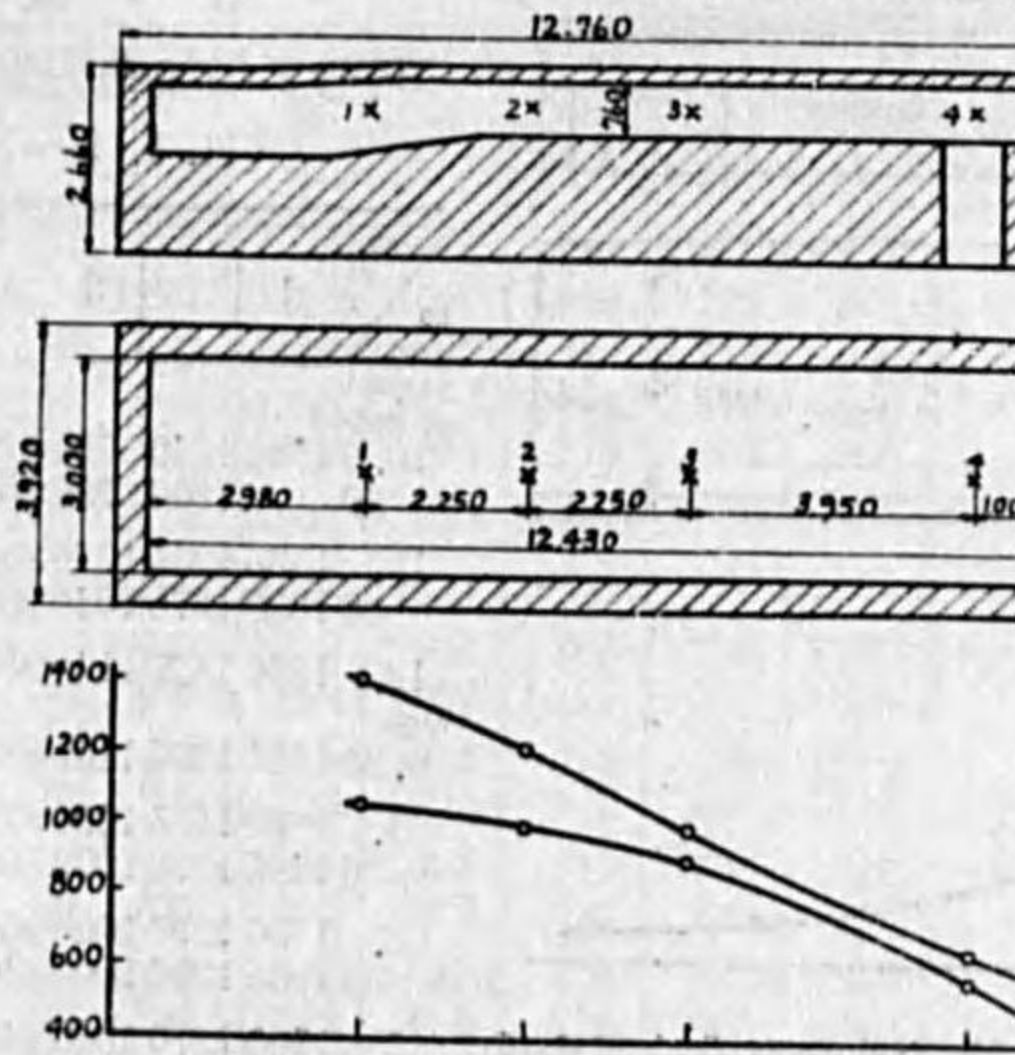
第 3 圖 第(2)工場加熱炉



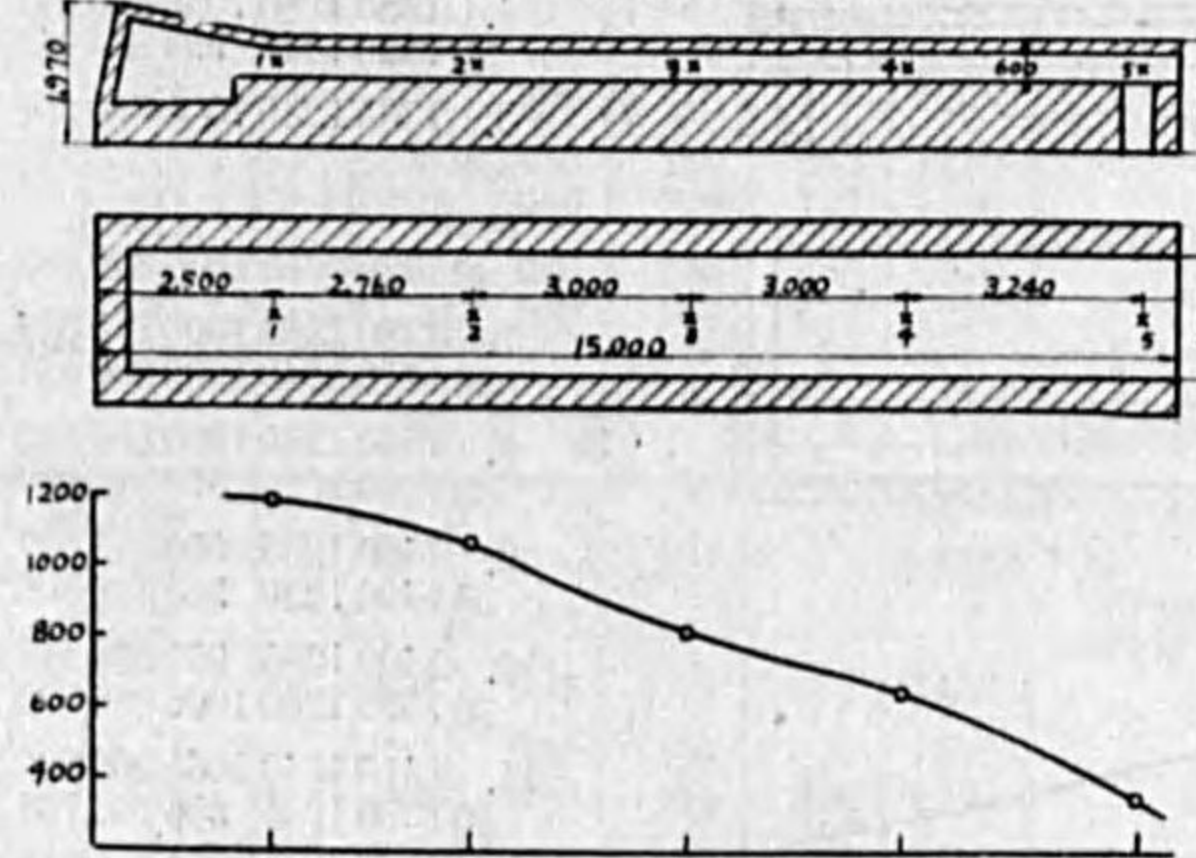
第 4 圖 第(2)工場加熱炉



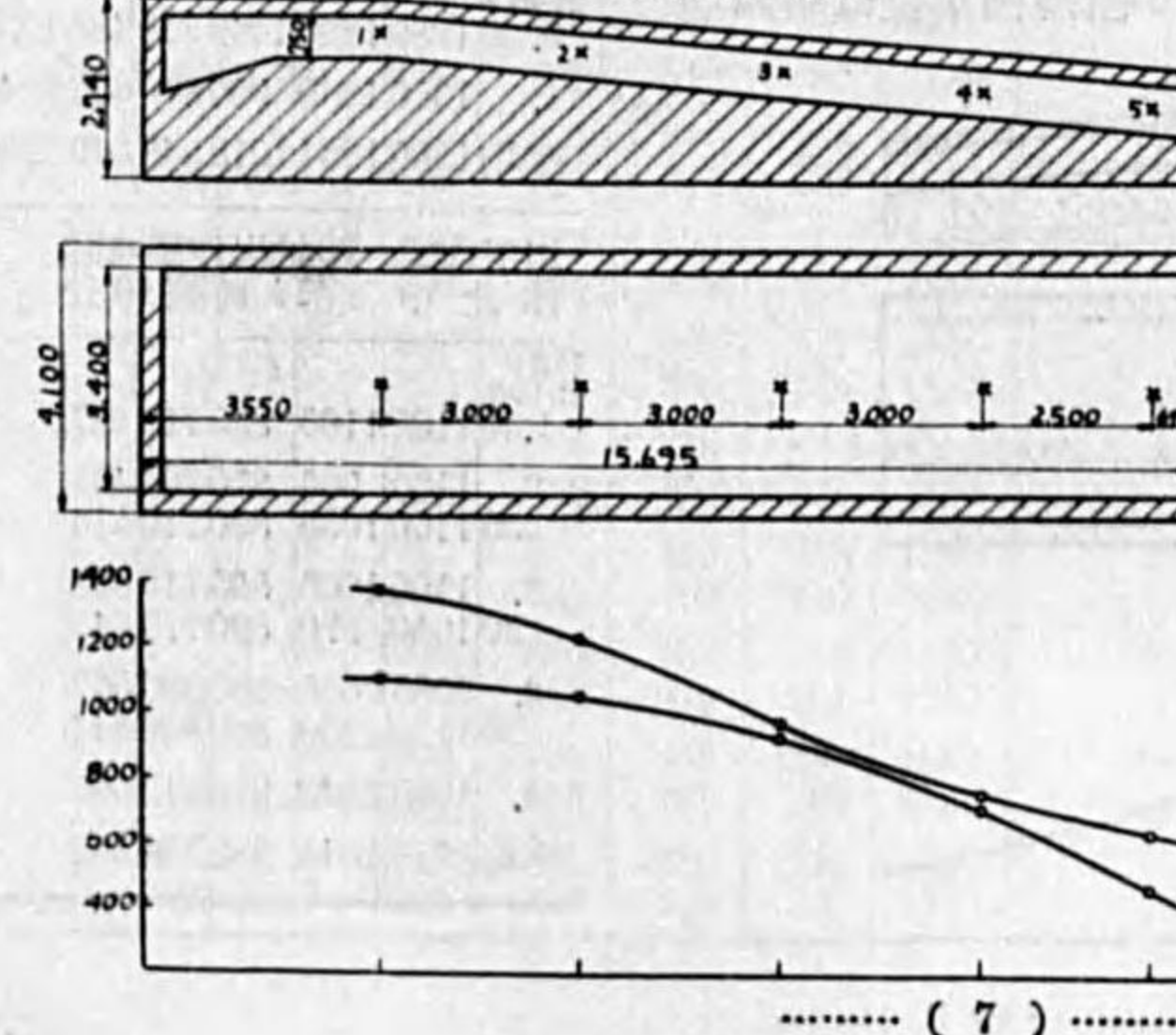
第 5 圖 第(1)工場 2 號加熱炉溫度測定位置略圖



第 6 圖 第(2)工場加熱炉略圖



第 7 圖 第(4)工場加熱炉略圖



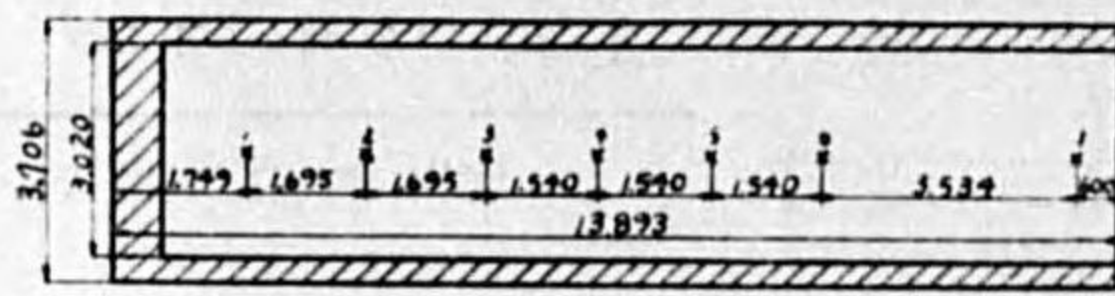
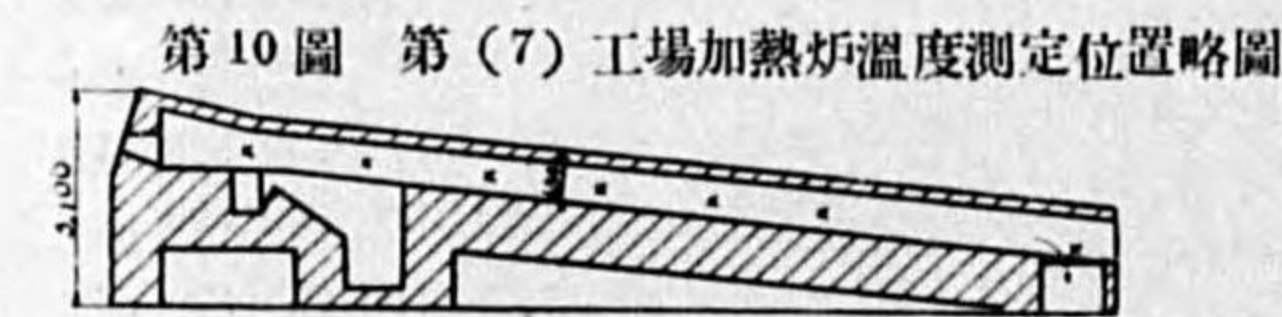
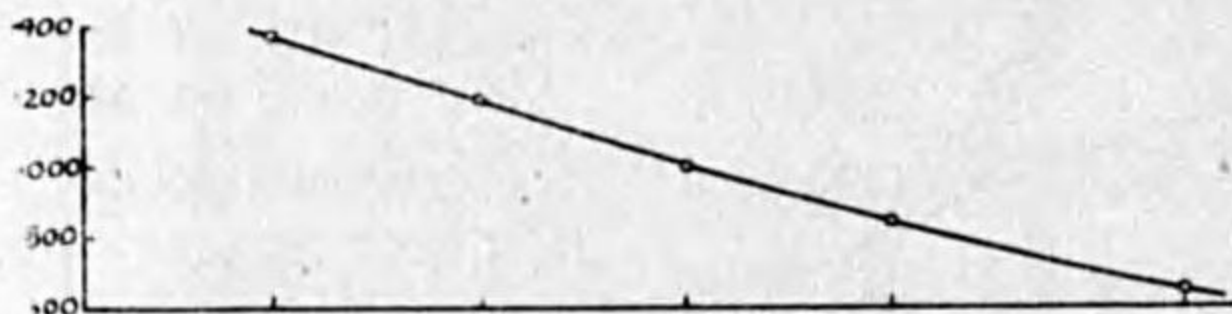
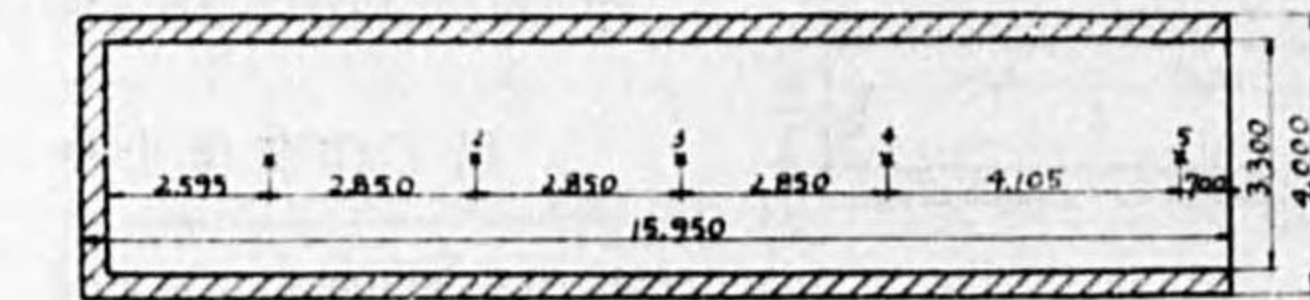
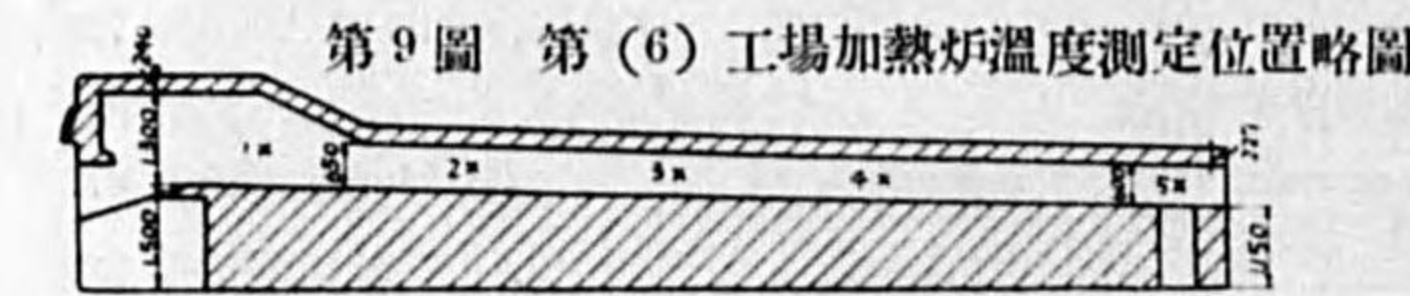
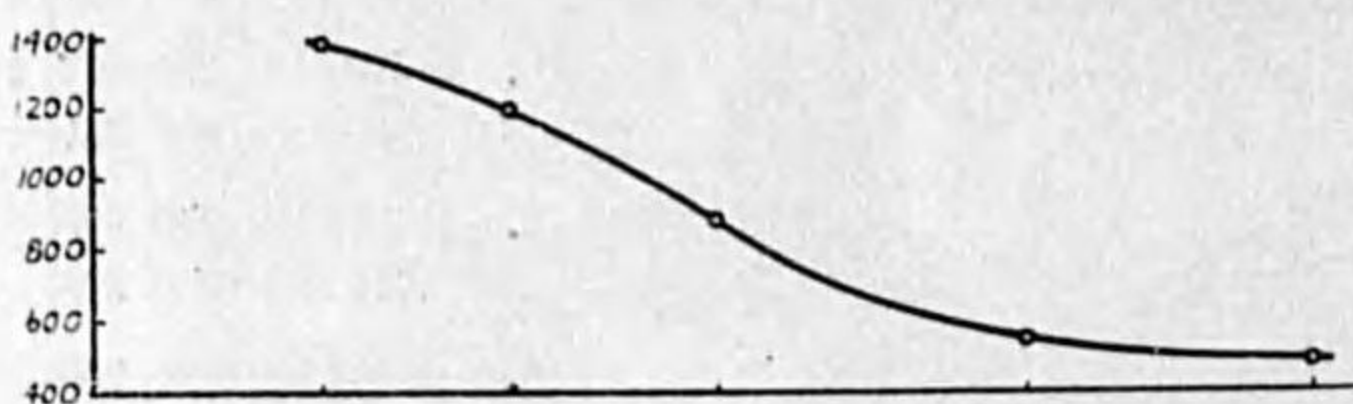
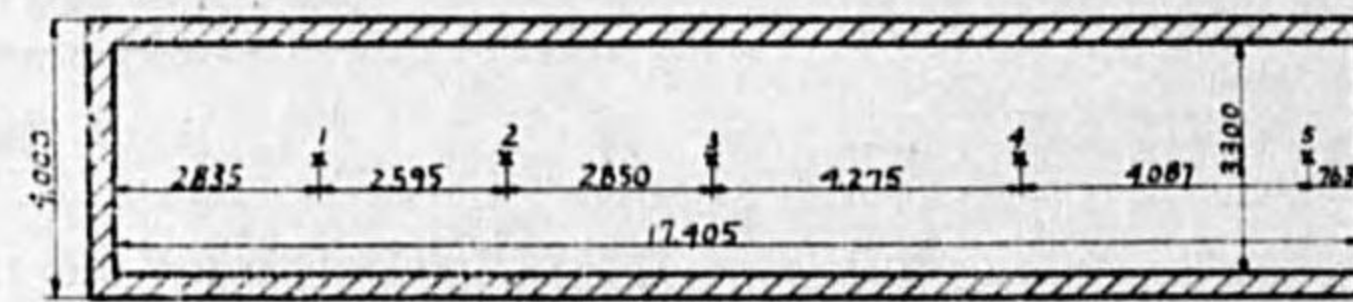
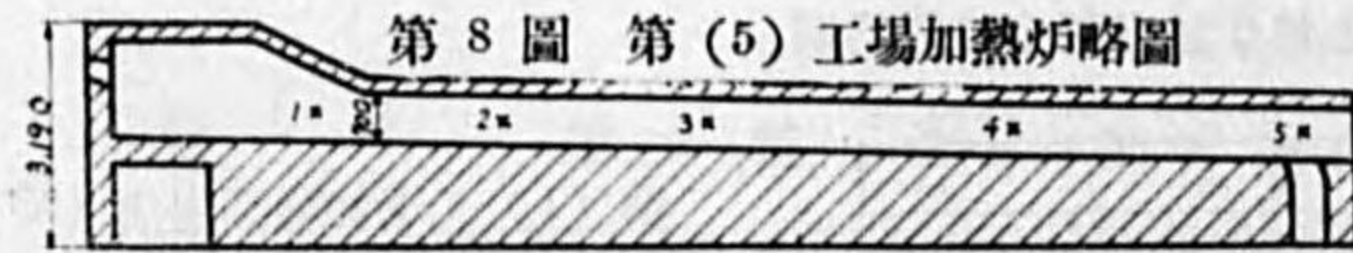
第 2 表  
第(1)工場加熱炉溫度(°C)  
(11. 2. 21 測定)

| 測定位置<br>時刻 | 1    | 2    | 3    | 4   | 加熱材  |
|------------|------|------|------|-----|------|
| 午前 9. 0    | 1400 | 1190 | 925  | 616 | 1315 |
| 30         | 1365 | 1160 | 955  | 558 | 1300 |
| 10.        | 1410 | 1220 | 985  | 574 | 1305 |
| 30         | 1380 | 1220 | 930  | 587 | 1275 |
| 11.        | 1400 | 1230 | 940  | 608 | 1280 |
| 30         | 1410 | 1150 | 935  | 638 |      |
| 12.        | 1435 | 1230 | 1020 | 750 |      |
| 午後 0. 30   | 1385 | 1260 | 1020 | 722 | 1320 |
| 1.         | 1380 | 1245 | 1050 | 659 | 1265 |
| 30         | 1435 | 1230 | 1065 | 677 |      |
| 2.         | 1390 | 1210 | 1085 | 737 |      |
| 平均         | 1399 | 1213 | 992  | 648 | 1294 |

以下作業休止中

|          |      |      |      |     |  |
|----------|------|------|------|-----|--|
| 午後 2. 30 | 1210 | 1135 | 1030 | 640 |  |
| 3.       | 1140 | 1100 | 970  | 586 |  |
| 30       | 1095 | 1010 | 960  | 524 |  |
| 4.       | 1060 | 990  | 905  | 457 |  |
| 30       | 970  | 960  | 880  |     |  |
| 5.       | 985  | 940  | 840  | 485 |  |
| 30       | 900  | 895  | 815  | 494 |  |
| 6.       | 985  | 940  | 830  | 614 |  |
| 30       | 1060 | 960  | 890  | 655 |  |
| 7.       | 1090 | 985  | 890  | 663 |  |
| 平均       | 1049 | 992  | 901  | 569 |  |

抽出作業時間 4 時間 57 分



第 3 表  
第(2)工場加熱炉温度(°C)  
(11. 2. 14~15 測定)

| 測定位置時刻                     | 1    | 2    | 3    | 4   | 5    | 加熱材  |
|----------------------------|------|------|------|-----|------|------|
| 14日午前 9時                   | 1013 | 1240 | 950  | 820 | 603  | 1240 |
| 30                         | 1260 | 985  | 850  | 529 | 1240 |      |
| 11. 10. 30                 | 1335 | 1255 | 1040 | 860 | 559  | 1210 |
| 30                         | 1330 | 1270 | 1045 | 900 | 589  | 1220 |
| 12. 0. 30                  | 1380 | 1320 | 1140 | 950 | 678  | 1240 |
| 午後 0. 30                   | 1360 | 1295 | 1100 | 880 | 610  | 1235 |
| 1. 30                      | 1380 | 1285 | 1090 | 870 | 601  | 1240 |
| 30                         | 1400 | 1275 | 1070 | 880 | 605  | 1230 |
| 2. 30                      | 1380 | 1290 | 1060 | 900 | 556  | 1250 |
| 30                         | 1365 | 1260 | 1000 | 840 | 561  |      |
| 3. 30                      | 1400 | 1270 | 1040 | 845 | 430  | 1250 |
| 30                         | 1400 | 1270 | 1045 | 890 | 486  | 1250 |
| 4. 30                      | 1385 | 1280 | 1030 | 850 | 471  | 1255 |
| 30                         | 1390 | 1245 | 995  | 805 | 441  | 1235 |
| 5. 30                      | 1385 | 1285 | 1005 | 830 | 469  | 1250 |
| 6. 30                      | 1420 | 1315 | 1050 | 890 | 592  | 1300 |
| 7. 30                      | 1380 | 1285 | 1000 | 775 | 524  | 1340 |
| 30                         | 1410 | 1240 | 1000 | 860 | 581  | 1270 |
| 8. 30                      | 1360 | 1200 | 1030 | 850 | 523  | 1250 |
| 30                         | 1390 | 1210 | 970  | 810 | 394  | 1260 |
| 9. 30                      | 1400 | 1235 | 990  | 815 | 527  | 1240 |
| 30                         | 1400 | 1230 | 935  | 810 | 506  | 1235 |
| 10. 30                     | 1400 | 1265 | 995  | 810 | 447  | 1240 |
| 30                         | 1385 | 1250 | 1000 | 880 | 625  | 1225 |
| 11. 30                     | 1415 | 1340 | 1065 | 900 | 622  | 1265 |
| 30                         | 1370 | 1235 | 950  | 760 | 731  | 1320 |
| 12. 0. 30                  | 1350 | 1200 | 935  | 755 | 510  | 1250 |
| 午後 0. 30                   | 1380 | 1290 | 1040 | 830 | 488  | 1230 |
| 1. 30                      | 1350 | 1260 | 990  | 870 | 652  | 1240 |
| 平均                         | 1380 | 1264 | 1018 | 848 | 549  | 1250 |
| 以下作業 抽出作業時間 14 時間 40 分 休止中 |      |      |      |     |      |      |
| 15日午前 9時                   | 1185 | 1105 | 880  | 718 | 337  |      |
| 2. 30                      | 1160 | 965  | 870  | 705 | 451  |      |
| 30                         | 1160 | 1085 | 890  | 710 | 514  |      |
| 3. 30                      | 1100 | 1060 | 890  | 715 | 667  |      |
| 30                         | 1050 | 970  | 890  | 775 | 543  |      |
| 4. 30                      | 1085 | 1050 | 905  | 790 | 567  |      |
| 30                         | 1130 | 1050 | 860  | 830 | 644  |      |
| 5. 30                      | 1085 | 1040 | 925  | 812 | 696  |      |
| 平均                         | 1119 | 1041 | 889  | 756 | 552  |      |

第 4 表 第(4)工場加熱炉温度(°C) (11. 2. 7~8. 測定)

| 測定位置時刻   | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   | 加熱材  | 測定位置時刻                    | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 加熱材  |
|----------|------|------|------|-----|-----|------|---------------------------|------|------|-----|-----|-----|------|
| 7日午前 9時  | 1390 | 1327 | 1115 | 821 | 762 | 1210 | 7日午後 9時                   | 1370 | 1200 | 930 | 752 | 683 |      |
| 10. 30   | 1370 | 1285 | 1090 | 858 | 729 | 1220 | 30                        | 1370 | 1225 | 970 | 760 | 631 | 1210 |
| 11. 30   | 1370 | 1255 | 1000 | 780 | 718 | 1230 | 10. 30                    | 1355 | 1195 | 935 | 726 | 628 | 1150 |
| 12. 30   | 1375 | 1200 | 950  | 701 | 715 | 1200 | 30                        | 1370 | 1170 | 965 | 750 | 564 | 1195 |
| 午後 0. 30 | 1340 | 1275 | 1015 | 804 | 790 | 1235 | 平均                        | 1370 | 1231 | 973 | 756 | 637 | 1219 |
| 1. 30    | 1380 | 1235 | 990  | 765 | 715 | 1275 | 以下作業休止中 抽出作業時間 14 時間 25 分 |      |      |     |     |     |      |
| 2. 30    | 1365 | 1245 | 1050 | 727 | 710 | 1230 | 7日午後 11時                  | 1180 | 1090 | 870 | 688 | 541 |      |
| 3. 30    | 1385 | 1245 | 945  | 710 | 700 | 1220 | 30                        | 1145 | 1080 | 860 | 649 | 522 |      |
| 4. 30    | 1365 | 1205 | 950  | 726 | 683 | 1225 | 12. 30                    | 1130 | 1080 | 870 | 667 | 521 |      |
| 5. 30    | 1390 | 1245 | 935  | 718 | 685 | 1210 | 8日午前 0. 30                | 1125 | 1065 | 900 | 681 | 418 |      |
| 6. 30    | 1380 | 1220 | 955  | 756 | 639 | 1230 | 1. 30                     | 1105 | 1053 | 900 | 691 | 428 |      |
| 7. 30    | 1390 | 1210 | 915  | 702 | 600 | 1225 | 30                        | 1100 | 1060 | 920 | 684 | 416 |      |
| 8. 30    | 1380 | 1210 | 930  | 712 | 667 | 1230 | 2. 30                     | 1095 | 1060 | 955 | 715 | 425 |      |
| 9. 30    | 1370 | 1230 | 990  | 776 | 667 | 1230 | 30                        | 1090 | 1045 | 950 | 724 | 434 |      |
| 10. 30   | 1360 | 1255 | 1010 | 780 | 662 | 1210 | 3. 30                     | 1080 | 1060 | 950 | 739 | 444 |      |
| 11. 30   | 1380 | 1230 | 950  | 770 | 727 | 1220 | 4. 30                     | 1060 | 1035 | 930 | 748 | 460 |      |
| 12. 30   | 1360 | 1230 | 930  | 786 | 685 | 1210 | 5. 30                     | 1045 | 1030 | 965 | 754 | 495 |      |
| 平均       | 1345 | 1175 | 900  | 765 | 679 | 1220 | 平均                        | 1099 | 1056 | 921 | 711 | 462 |      |

第 5 表 第(5)工場加熱炉温度(°C) (11. 2. 19~20. 測定)

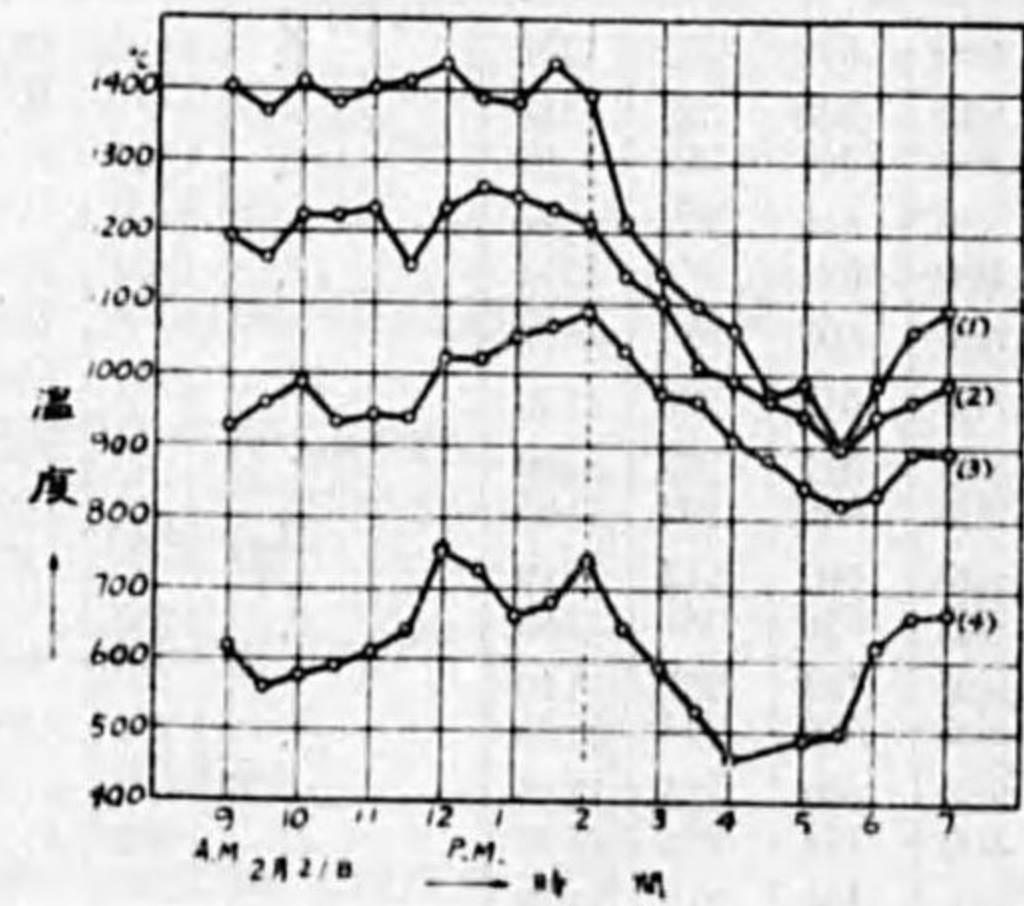
| 測定位置時刻           | 1    | 2    | 3   | 4   | 5   | 加熱材  | 測定位置時刻      | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   | 加熱材  |
|------------------|------|------|-----|-----|-----|------|-------------|------|------|------|-----|-----|------|
| 19日午前 9時         | 1365 | 1160 | 900 | 532 | 372 | 1170 | 19日午後 9時    | 1230 | 1030 | 900  | 521 | 263 | 1130 |
| 10. 30           | 1290 | 1085 | 850 | 500 | 381 | 1150 | 30          | 1240 | 1080 | 930  | 541 | 349 | 1140 |
| 11. 30           | 1320 | 1125 | 880 | 510 | 178 | 1150 | 10. 30      | 1340 | 1120 | 890  | 553 | 368 | 1120 |
| 12. 30           | 1345 | 1135 | 900 | 521 | 262 | 1175 | 30          | 1230 | 1130 | 920  | 562 | 374 | 1130 |
| 午後 0. 30         | 1300 | 1080 | 860 | 512 | 283 | 1130 | 11. 30      | 1260 | 1190 | 1000 | 598 | 475 | 1120 |
| 1. 30            | 1300 | 1075 | 855 | 511 | 268 | 1190 | 30          | 1350 | 1140 | 935  | 586 | 455 | 1170 |
| 2. 30            | 1405 | 1190 | 920 | 592 | 114 | 1210 | 12. 30      | 1340 | 1090 | 885  | 541 | 510 | 1140 |
| 3. 30            | 1245 | 1020 | 810 | 484 | 237 | 1140 | 20日午前 0. 30 | 1345 | 1075 | 870  | 498 | 488 | 1160 |
| 4. 30            | 1285 | 1075 | 835 | 493 | 234 | 1135 | 1. 30       | 1360 | 1175 | 910  | 515 | 500 | 1180 |
| 5. 30            | 1295 | 1055 | 810 | 486 | 213 | 1135 | 30          | 1340 | 1180 | 960  | 560 | 538 | 1160 |
| 6. 30            | 1280 | 1080 | 880 | 468 | 314 | 1140 | 2. 30       | 1350 | 1170 | 900  | 626 | 567 | 1150 |
| 7. 30            | 1245 | 1030 | 780 | 468 | 280 | 1115 | 30          | 1340 | 1065 | 840  | 602 | 598 | 1160 |
| 8. 30            | 1240 | 1040 | 835 | 485 | 213 | 1100 | 3. 30       | 1390 | 1200 | 885  | 553 | 488 |      |
| 平均               | 1250 | 1005 | 820 | 488 | 236 | 1100 | 30          | 1370 | 1150 | 885  | 561 | 514 | 1170 |
| 抽出作業時間 21 時間 5 分 |      |      |     |     |     |      |             |      |      |      |     |     |      |

第 6 表 第(6)工場加熱炉温度(°C) (11. 2. 26.~27. 測定)

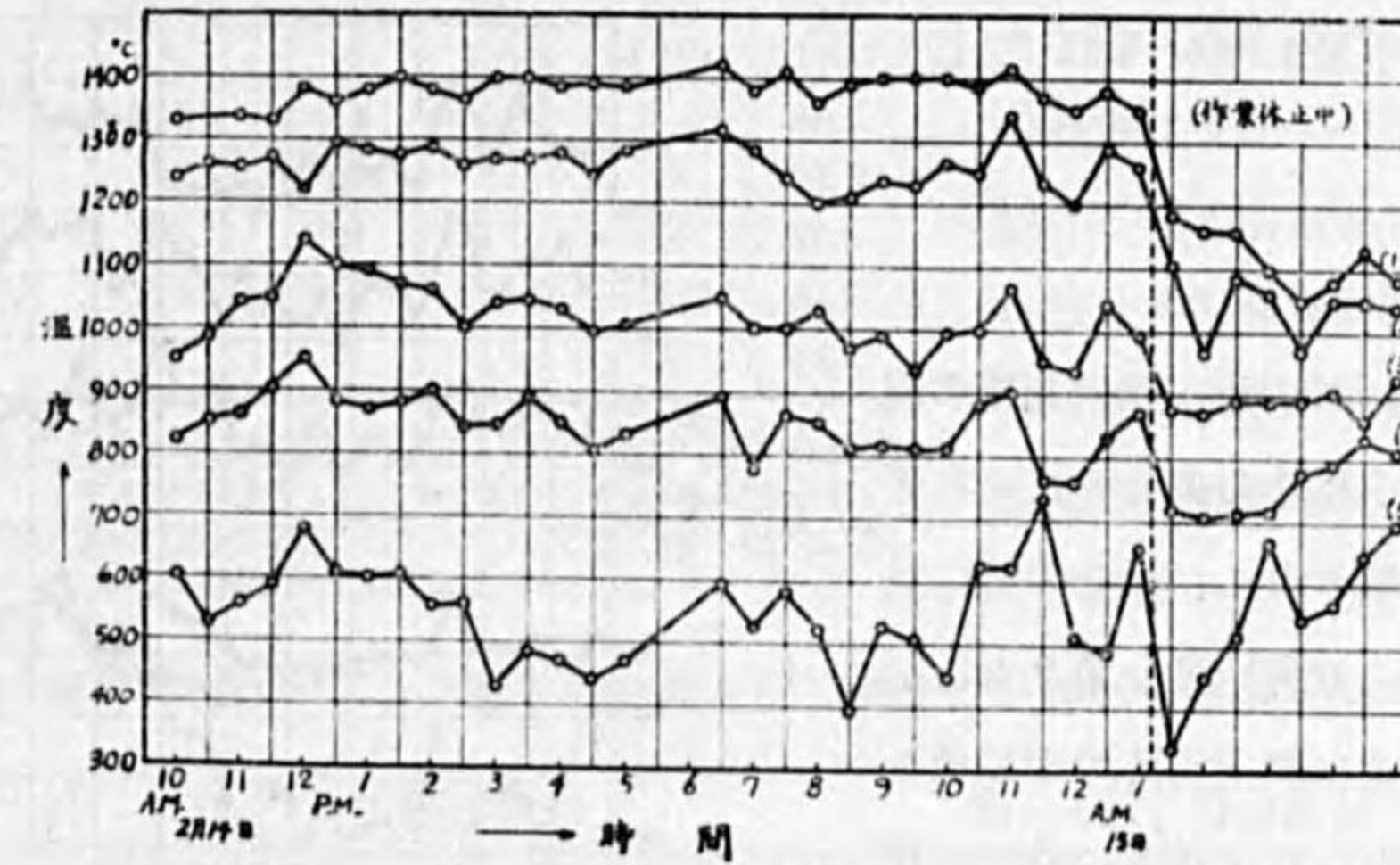
| 測定位置<br>時刻 | 今日       |      |      |      |     | 加熱材  | 測定位置<br>時刻 | 昨日          |      |      |      |     | 加熱材  |      |
|------------|----------|------|------|------|-----|------|------------|-------------|------|------|------|-----|------|------|
|            | 1        | 2    | 3    | 4    | 5   |      |            | 1           | 2    | 3    | 4    | 5   |      |      |
| 26日午前 時 分  | 9. 0     | 1360 | 1220 | 1020 | 875 | 899  | 1210       | 8. 0        | 1350 | 1065 | 920  | 785 | 772  | 1210 |
|            | 30       | 1395 | 1235 | 1000 | 880 | 772  | 1240       | 30          | 1370 | 1180 | 940  | 785 | 814  | 1230 |
| 10. 30     | 1385     | 1160 | 970  | 800  | 732 | 1200 | 9. 30      | 1370        | 1155 | 930  | 770  | 691 | 1225 |      |
|            | 30       | 1390 | 1185 | 985  | 830 | 689  | 1265       | 30          | 1395 | 1220 | 985  | 805 | 592  | 1230 |
| 11. 30     | 1340     | 1125 | 975  | 850  | 465 | 1220 | 10. 30     | 1380        | 1235 | 990  | 820  | 691 | 1250 |      |
|            | 30       | 1350 | 1155 | 985  | 835 | 484  | 1200       | 30          | 1400 | 1250 | 1005 | 800 | 671  |      |
| 12. 30     | 1380     | 1145 | 980  | 805  | 453 | 1230 | 11. 30     | 1400        | 1270 | 1080 | 890  | 671 | 1240 |      |
|            | 午後 0. 30 | 1390 | 1215 | 985  | 825 | 556  | 1230       | 30          | 1390 | 1250 | 1020 | 840 | 710  | 1240 |
| 1. 30      | 1400     | 1200 | 1055 | 900  | 489 | 1235 | 12. 30     | 1375        | 1120 | 940  | 800  | 684 | 1290 |      |
|            | 30       | 1415 | 1225 | 1000 | 840 | 444  | 1235       | 27日午前 0. 30 | 1400 | 1150 | 940  | 840 | 684  | 1290 |
| 2. 30      | 1380     | 1200 | 1005 | 785  | 471 | 1230 | 1. 30      | 1420        | 1250 | 1070 | 935  | 762 | 1305 |      |
|            | 30       | 1385 | 1175 | 915  | 855 | 475  | 1225       | 30          | 1430 | 1265 | 1100 | 810 | 696  | 1295 |
| 3. 30      | 1390     | 1190 | 1000 | 865  | 475 | 1220 | 2. 30      | 1350        | 1180 | 950  | 840  | 695 | 1270 |      |
|            | 30       | 1300 | 1120 | 940  | 860 | 493  | 1200       | 30          | 1400 | 1140 | 1035 | 830 | 782  |      |
| 4. 30      | 1310     | 1140 | 975  | 800  | 454 | 1210 | 3. 30      | 1385        | 1150 | 975  | 855  | 782 | 1260 |      |
|            | 30       | 1350 | 1165 | 1000 | 850 | 404  | 1230       | 30          | 1405 | 1165 | 1060 | 890 | 759  | 1275 |
| 5. 30      | 1395     | 1210 | 1050 | 950  | 529 | 1230 | 4. 30      | 1300        | 1165 | 1000 | 875  | 765 | 1200 |      |
|            | 30       | 1400 | 1195 | 1045 | 890 | 707  | 1230       | 30          | 1415 | 1220 | 1100 | 945 | 802  | 1275 |
| 6. 30      | 1375     | 1150 | 995  | 845  | 740 | 1205 | 5. 30      | 1360        | 1190 | 1060 | 840  | 735 | 1220 |      |
|            | 30       | 1395 | 1240 | 1015 | 840 | 690  | 1270       | 平均          | 1379 | 1187 | 999  | 843 | 650  | 1240 |
| 7. 30      | 1410     | 1235 | 1010 | 850  | 670 | 1275 |            |             |      |      |      |     |      |      |
|            | 30       | 1365 | 1150 | 940  | 775 | 781  | 1250       |             |      |      |      |     |      |      |

抽出作業時間 20 時間 30 分

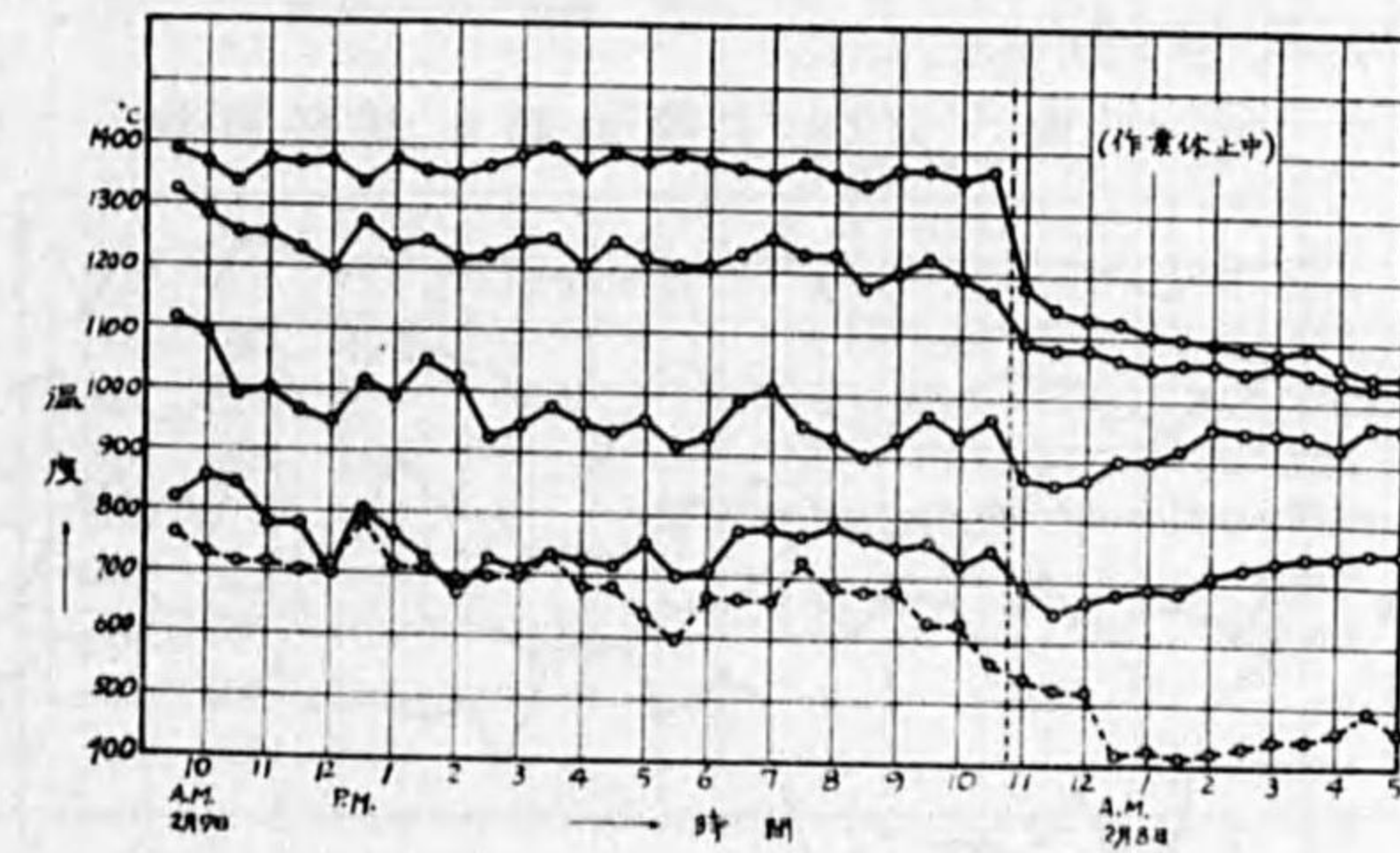
第 11 圖 第(1)工場加熱炉温度曲線



第 12 圖 第(2)工場加熱炉温度曲線



第 13 圖 第(4)工場加熱炉温度曲線



第 7 表 平均温度(°C)

| 測定位置<br>工場名 | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   | 炉 尻 | 加熱材抽出時 |
|-------------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|
| (1) 作業中     | 1399 | 1213 | 992  | 648 |     | 570 | 1373   |
| (1) 休止中     | 1040 | 992  | 901  | 569 |     | 460 |        |
| (2) 作業中     | 1380 | 1264 | 1018 | 848 | 549 | 490 | 1324   |
| (2) 休止中     | 1119 | 1041 | 889  | 756 | 552 |     |        |
| (4) 作業中     | 1370 | 1231 | 973  | 756 | 637 | 610 | 1290   |
| (4) 休止中     | 1099 | 1056 | 821  | 711 | 462 | 400 |        |
| (5) 作業中     | 1310 | 1096 | 867  | 520 | 352 | 490 | 1308   |
| (6) 作業中     | 1379 | 1187 | 999  | 843 | 650 | 610 | 1313   |

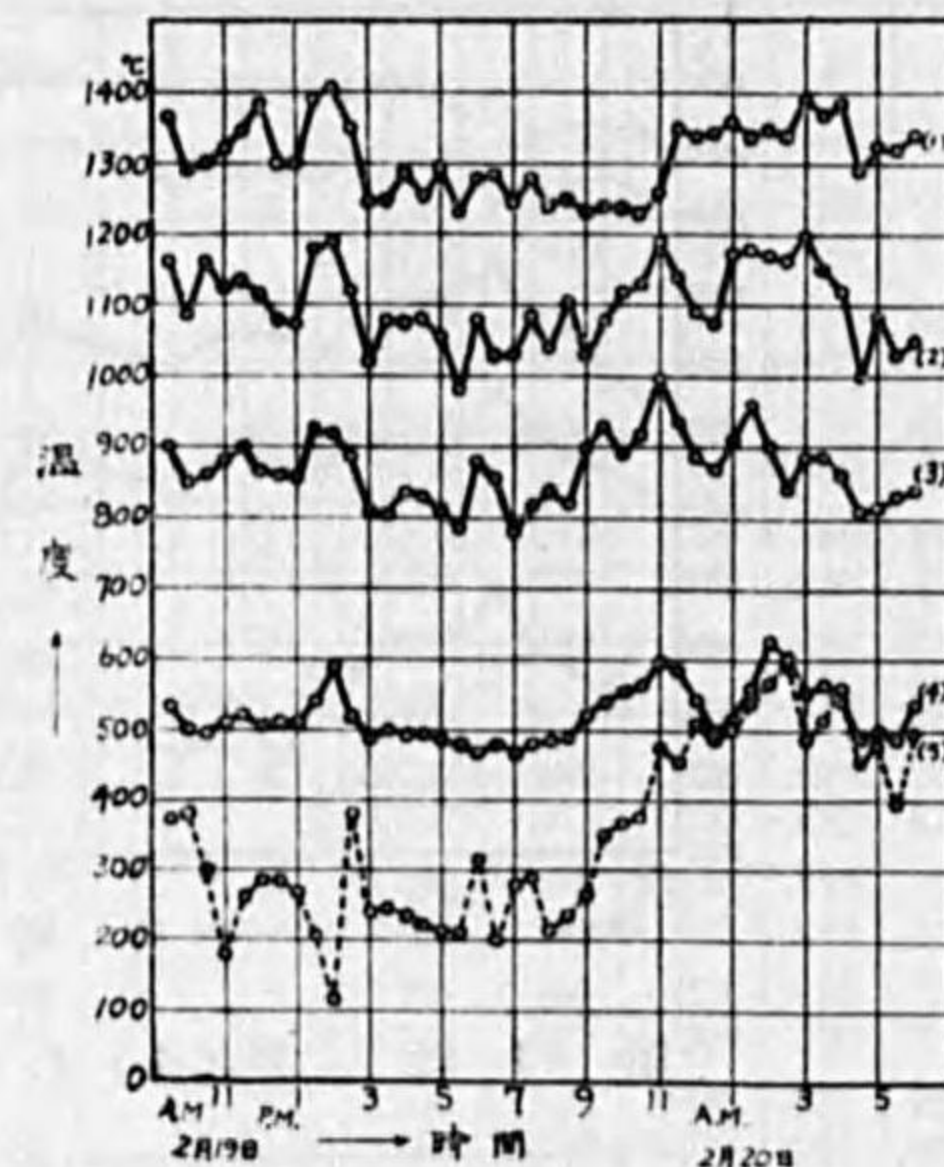


但し加熱材の温度として示せるものは実験の結果放射率を 0.51 として算出せり。

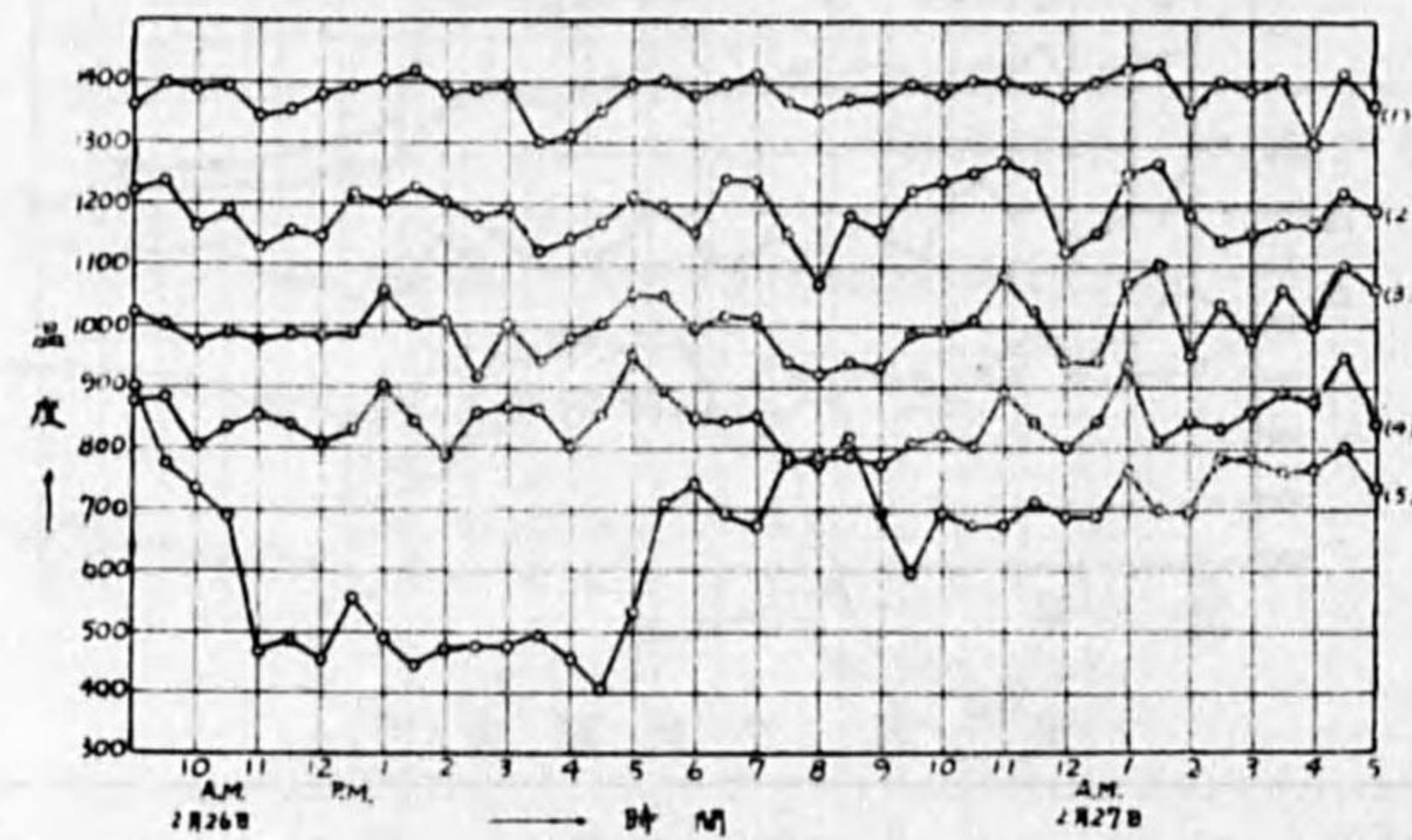
b 瓦斯の成分

供給瓦斯は高炉及び骸炭瓦斯の混合にして測定當時の成分並にそれ等の發熱量を第 8 表に、又その時に於ける廢瓦斯の分析結果を第 9 表に示せり。此結果は測定當時の平均値を求めたるものなるが炉尻に於ける炉の壁側及びその中央部に於ける各炉の分析を示せば第 10 表の如し。

第 14 圖 第 (5) 工場加熱炉温度曲線



第 15 圖 第 (6) 工場加熱炉温度曲線



第 8 表 使用瓦斯の成分 (混合瓦斯)

| 工場名 | 温度 (°C) | 気 壓 (%) | CO <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (%) | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (%) | CO (%) | CH <sub>4</sub> (%) | H <sub>2</sub> (%) | N <sub>2</sub> (%) | 發 熱 量 (×10 <sup>3</sup> カワリ) |
|-----|---------|---------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| (1) | 19      | 764.6   | 10.4                | 0.1                | 1.0                               | 23.0   | 7.9                 | 11.8               | 45.8               | 1822                         |
| (2) | 18      | 765.6   | 7.3                 | 0.7                | 3.1                               | 15.1   | 18.7                | 25.3               | 29.9               | 3144                         |
| (4) | 14.5    | 765.7   | 9.75                | 0.5                | 0.9                               | 22.1   | 9.2                 | 12.65              | 44.9               | 1932                         |
| (5) | 17.5    | 763.4   | 5.2                 | 1.4                | 3.7                               | 9.3    | 22.55               | 31.85              | 24.0               | 3718                         |
| (6) |         |         | 6.6                 | 0.5                | 2.6                               | 17.3   | 13.9                | 20.9               | 38.2               | 2843                         |

(1) 加熱材の放射率測定結果につきては更に報せんとす。

第 9 表 廢 瓦 斯 の 成 分

| 工場名  | 温 度 (°C) | 気 壓 (%) | CO <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (%) | CO (%) | N <sub>2</sub> (%) |
|------|----------|---------|---------------------|--------------------|--------|--------------------|
| (1)  | 19.0     | 764.6   | 19.4                | 0.2                | 0      | 80.4               |
| (2)a | 18       | 765.6   | 10.95               | 2.4                | 0.3    | 86.35              |
| (4)b | 14.5     | 765.7   | 13.6                | 6.4                | 0.5    | 79.5               |
| (5)c | 17.5     | 763.4   | 10.8                | 1.4                | 0.23   | 87.6               |
| (6)  |          |         | 13.8                | 0.8                | 1.2    | 84.2               |

a 使用混合瓦斯分析の直後に於ける第 1 號及び第 2 號炉の壁側に於ける各々 2 回の平均値を示し b は同じく使用瓦斯分析の直後炉の壁側に於ける分析値にして c は同様に第 1 號及び第 2 號炉の各々 2 回の平均値なりとす。

此表に於て平均値を見るに何れも炉壁に近き場所に於ては氣流の關係は見逃すべからざるも、總じて浸入空氣量の多くして中央部は CO の殘留する量多きを見れば、炉壁と中央部に於ける瓦斯の燃焼狀況を知るを得べく、是よりして炉内の温度分布

を考慮すれば鋼材の何れの部分が最も酸化鉄を生じ易きかを想像する事を得べし。

第 10 表 第 (2) 工場加熱炉

第 (4) 工場加熱炉

| 日 時         | CO <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (%) | CO (%) | N <sub>2</sub> (%) | 位 置  | 炉 名 | 日 時        | CO <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (%) | CO (%) | N <sub>2</sub> (%) | 位 置  |
|-------------|---------------------|--------------------|--------|--------------------|------|-----|------------|---------------------|--------------------|--------|--------------------|------|
| 2月14日 11:00 | 11.6                | 0.9                | 0.3    | 87.2               | 炉の壁側 | 1 號 | 2月7日 10:00 | 17.6                | 0.4                | 1.4    | 80.6               | 炉の壁側 |
| 2:15        | 11.6                | 1.4                | 0.4    | 86.6               | "    | "   | 2:30       | 13.6                | 6.4                | 0.5    | 79.5               | "    |
| 10:40       | 10.6                | 2.6                | 0.2    | 86.6               | "    | 2 號 | 8日 1:50    | 11.0                | 12.0               | 1.0    | 76.0               | "    |
| 2:40        | 10.0                | 4.7                | 0.3    | 85.0               | "    | "   | 4:50       | 16.0                | 8.4                | 2.6    | 73.0               | "    |
| 平均          | 10.95               | 2.4                | 0.3    | 86.35              |      |     | 平均         | 14.55               | 6.8                | 1.37   | 77.3               |      |
| 2月15日 2:50  | 23.7                | 0.6                | 2.2    | 73.5               | 炉の中央 | 1 號 | 7日 9:45    | 14.0                | 0.7                | 4.7    | 80.6               | 炉の中央 |
| 3:5         | 23.1                | 1.0                | 2.7    | 73.2               | "    | "   | 2:50       | 19.0                | 0.6                | 0.8    | 79.6               | "    |
| 4:25        | 25.0                | 0.6                | 2.0    | 72.4               | "    | "   | 8日 2:15    | 23.0                | 2.2                | 1.2    | 73.6               | "    |
| 4:35        | 25.2                | 0.7                | 2.1    | 72.0               | "    | "   | 5:5        | 21.4                | 4.1                | 0.9    | 73.6               | "    |
| 2:30        | 20.5                | 0.5                | 6.0    | 73.0               | "    | 2 號 | 平均         | 19.35               | 1.9                | 1.9    | 76.85              |      |
| 2:40        | 21.0                | 0.8                | 5.2    | 73.0               | "    | "   |            |                     |                    |        |                    |      |
| 4:10        | 22.1                | 0.5                | 5.0    | 72.4               | "    | "   |            |                     |                    |        |                    |      |
| 4:20        | 22.5                | 0.5                | 4.7    | 72.3               | "    | "   |            |                     |                    |        |                    |      |
| 平均          | 22.89               | 0.65               | 3.74   | 72.72              |      |     |            |                     |                    |        |                    |      |

第 (2) 及び第 (4) 工場加熱炉の炉尻に近く炉壁及びび中央部の瓦斯分析の結果を見るに前者に於ては廢瓦斯の成分は甚だしく相違す、是炉中瓦斯の流れ迅速にして且つ炉壁等よりの浸入空氣量の相當多量にして中心部と炉壁部を流るゝ瓦斯の成分は著しく相違するを示す。後者は此傾向あるも前者の如く甚だしからず、されど何れの場合に於ても炉の中心と側部との瓦斯成分に相當の差異あるが故に瓦斯流出口の位置及び廢瓦斯の通路につき相當の考慮をなすの要あるべし。

c 燃焼に必要な空氣量

第 (1) 工場加熱炉に於てその使用混合瓦斯が完全に燃焼する際に必要な空氣量を求むるに d (a) に示せる方程式に従つて計算すれば

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| CO に必要な O <sub>2</sub> は      | 0.23 × 1/2 = 0.115  |
| H <sub>2</sub>                | 0.118 × 1/2 = 0.059 |
| CH <sub>4</sub>               | 0.079 × 2 = 0.158   |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 0.01 × 3 = 0.030    |
| 合 計                           | = 0.362             |

然るに初めより存在する O<sub>2</sub> は 0.1 %なるを以て 0.001

完全燃焼に必要な O<sub>2</sub> の割合は 0.361

故に混合瓦斯 1 立方メートルに對して要する純空氣量は  $0.361 \times \frac{100}{21} = 1.720$

即ち完全燃焼するが爲めには混合瓦斯の約 1.72 倍の純空氣量を必要とする事を知る。又測定は 2 月中なりしを以てその平均の氣温を約 13°C とすれば 1 立方メートルの空氣中に含まる水分は 11.348<sup>(1)</sup> 瓦なり。從てその容積は

$$x = \frac{11.348 \times 22.4}{18} = 14.1$$

14.1 立なるが故に混合瓦斯中にも同様の水分を含有するものも考ふれば、供給純瓦斯は毎時 2041 立方メートルなるを以て完全燃焼に必要な水分を含める空氣量は

$$\frac{2041 \times 1.720}{(1 - 0.0141)} = 3562 \text{ (立方メートル)}$$

毎時 3562 立方メートルにて足る事となる。尙又毎時タール 1 罐の割合にて炉内に注入しつゝあるが故に後に述べる如く此タールの完全燃焼には約 198 立方メートルの空氣を必要とする。同様の計算に従ひ各工場加熱炉が完全燃焼に必要な純空氣量を求むるに第 11 表の如し。

第 11 表 瓦斯量及び空氣量 (毎時立方メートル)

| 工場名 | 瓦斯量<br>(水分を<br>含む) | 必要空氣量<br>(水分を<br>含む) | 瓦斯對<br>空氣 | 測 定<br>空氣量 | 其 差  |
|-----|--------------------|----------------------|-----------|------------|------|
| (1) | 2070               | 3562                 | 1:1.75    | 11813      | 8251 |
| (2) | 1467               | 4619                 | 1:3.15    | 5549       | 930  |
| (4) | 2372               | 4060                 | 1:1.715   | 4698       | 638  |
| (5) | 1768               | 6340                 | 1:3.59    | 8354       | 2014 |
| (6) | 1605               | 4150                 | 1:2.58    | 11264      | 7114 |

第 (1) 工場加熱炉に於ては混合瓦斯が完全燃焼するものとして計算せる

値と廢瓦斯分析の結果とは殆んど相近

き値を得。又第 (4) 工場加熱炉に於

ては廢瓦斯より考ふるべきは炉内には

空氣の供給過分なるを思はしむ。次に

廢瓦斯分析の結果よりして送入せらるゝ空氣以外に炉壁又は抽出口等より幾何の空氣が浸入しつゝあるかを算出せん。

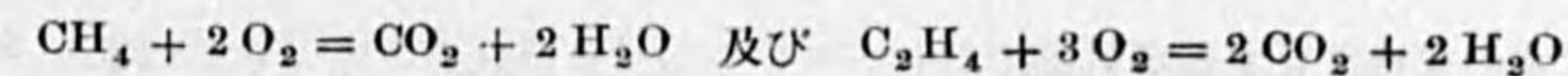
d 廢 瓦 斯 量

(a) 瓦斯成分より見たる廢瓦斯の計算

混合瓦斯が空氣の供給に依りて完全燃焼する時發生すべき廢瓦斯を求めん。混合瓦

(1) L. Holborn u. Schulz Ann. & Phys. 48 (1915), 1089.

斯が完全燃焼する際は次の反應に由る。



第 (1) 工場加熱炉に於ては毎時 2070 立方メートルの混合瓦斯中純瓦斯量は 2041 立方メートルにして此瓦斯は外に 29 立方メートルの水分を含有する事となる。今完全燃焼後に生ずべき CO<sub>2</sub> その他を求むるに

$$\text{CO}_2 \text{ ..... } 2041 \times (0.104 + 0.23 + 0.079 + 0.02) = 885$$

$$\text{N}_2 \text{ ..... } 2041 \times 0.458 + 2040 \times 1.72 \times \frac{79}{100} = 3711$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ ..... } 2041 \times (0.118 + 0.158 + 0.02) + 29 + 11813 \times 0.0141 = 800$$

第 (1) 工場加熱炉に於ては此外に毎時約 1 斗のタールを追加燃焼しつゝあるを以て此タールの燃焼に依りて發生すべき廢瓦斯を求むるの要あり。今タールの比重を 1.1655 とすればその重量は

$$18039 \times 1.1655 = 21025 \text{ (瓦)}$$

又その元素分析は

| C (%) | H (%) | N (%) | S (%) | O 及び灰分其他 (%) | H <sub>2</sub> O (%) | Cal, P                   |
|-------|-------|-------|-------|--------------|----------------------|--------------------------|
| 86.0  | 6.2   | 1.8   | 1.0   | 5.0          | 1.82                 | 8970(net)<br>9300(Gross) |

茲に示せる (%) は重要なを以て 1 斗のタール中に存在する各元素の重量は次の如くなる。

$$\text{C} \text{ ..... } 21025 \times 0.86 = 18100 \text{ (瓦)}$$

$$\text{H}_2 \text{ ..... } 21025 \times 0.062 = 1303 \text{ (瓦)}$$

$$\text{N}_2 \text{ ..... } 21025 \times 0.018 = 379 \text{ (瓦)}$$

$$\text{H}_2\text{O} \text{ ..... } 21025 \times 0.0182 = 383 \text{ (瓦)}$$

又タールが燃焼する際の反應は次の方程式に依らざるべからず。即ち



從て此反應に要せらるゝ酸素量は

$$12 : 32 = 18100 : x \therefore x = \frac{18100 \times 32}{12} = 48300$$

$$\text{又 } 4 : 32 = 1303 : x \therefore x = \frac{1303 \times 32}{4} = 10430$$

故に全酸素量は

$$48300 + 10430 = 58730 \text{ (瓦)}$$

(1) Richards Metallurgical Calculation. (2) H. M. Spier's Tech. Data of Fuel. 185 (1930). (3) 上本、製鉄所研究所自發研究、第 16 號 (1935).

又酸素 32 瓦が 22.4 立なるを以て是に相當する酸素の容積は

$$58730 \times \frac{0.0224}{32} = 41.1 \quad (\text{立方米})$$

故に上式の反應に要する空氣量は

$$41.1 \div 0.21 = 195 \quad (\text{立方米})$$

195 立方米なるが含有する水分を考ふれば

$$195 + 195 \times 0.0141 = 198 \quad (\text{立方米})$$

198 立方米なる。由てタールの完全燃焼によりて生ずべき廢瓦斯は

$$\text{CO}_2 \dots\dots\dots 44 : 0.0224 = (18100 + 48300) : x$$

$$\therefore x = 33.8 \quad (\text{立方米})$$

又 H<sub>2</sub>O は空氣より來る 3 立方米の外にタール中に含まれたる H<sub>2</sub>O 及び反應に依りて生ずるものあり、タールの成分よりしてその中に含まるゝ水分の重量は

$$21025 \times 0.0182 = 383 \quad (\text{瓦}) \quad \therefore \frac{383 \times 0.0224}{18} = 0.5 \quad (\text{立方米})$$

又反應に依りて生ずる H<sub>2</sub>O は

$$\frac{(1303 + 10430) \times 0.0224}{18} = 14.6 \quad (\text{立方米})$$

故に合計して

$$\text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots 3 + 14.6 + 0.5 = 18.1$$

又 N<sub>2</sub> としては

$$(195 - 41.1) + \frac{379 \times 0.0224}{28} = 154.2 \quad (\text{立方米})$$

故に第(1)工場加熱炉に於て混合瓦斯及び約1斗のタールが完全燃焼する際に發生すべき廢瓦斯及び夫等の量は次の如くなる。

|                        | 容 積                   | 割合(%)  |
|------------------------|-----------------------|--------|
| CO <sub>2</sub> .....  | 885 + 33.8 = 918.8    | 16.37  |
| N <sub>2</sub> .....   | 3711 + 154.2 = 3865.2 | 68.89  |
| O <sub>2</sub> .....   | 9.5                   | 0.17   |
| H <sub>2</sub> O ..... | 800 + 18.1 = 818.1    | 14.57  |
| 合計 .....               | = 5612.6              | 100.00 |

従て此場合に於ては

$$5612.6 \div 2070 = 2.71$$

廢瓦斯量は混合瓦斯量の約 2.71 倍なる。

(b) 廢瓦斯成分に浸入空氣量

..... (16) .....

第(1)工場加熱炉に於て混合瓦斯並にタールが燃焼する際の廢瓦斯分析表(第9表)を見るに CO<sub>2</sub> は 19.4 % を含む。然るに發生すべき CO<sub>2</sub> は前項(a)に述べたる如く毎時 918.8 立方米なり。依て廢瓦斯分析より考ふる時は乾燥せる廢瓦斯量は

$$(918.8 \div 19.4) \times 100 = 4726 \quad (\text{立方米})$$

4726 立方米ならざるべからず。又廢瓦斯分析の結果より考ふるに此際は H<sub>2</sub>O は考慮せざるが故に

$$918.8 + 3861.2 = 4780 \quad (\text{立方米})$$

4780 立方米となりその差 54 立方米にして約 1 % なる。由て此差より考ふる時は殆んご完全燃焼行はれ大體に於て計算値にして可なり的一致を見る事を得。但し此際は乾燥瓦斯にして計算せるものなるが實際に於ては(a)に示す如く約 818.1 立方米の水分を包含する事なる。乾燥瓦斯としては

$$\left( \frac{4726 + 4780}{2} \right) \div 2041 = 2.33$$

約 2.33 倍の廢瓦斯量なる。

以上第(1)工場加熱炉に於ては混合瓦斯の成分より算出せる廢瓦斯量と廢瓦斯成分よりの算出量に於ては殆んご相近き値を得たるが、第(2)工場加熱炉の場合に於ける如き相當の差異ある場合には如何に考慮すべきものなるかにつき實例によりて述べん。嚴密なる意味に於ては瓦斯分析は事實多少の差あるは止むを得ざる所なるが分析せられたる結果に準據して考ふる事せん。今第(2)工場加熱炉に於て供給せられつゝある混合瓦斯が炉内にて完全燃焼するものみすれば、毎時燃焼に依りて發生する CO<sub>2</sub> その他は次の如くして求むる事を得。供給せらるゝ毎時の混合瓦斯は 1467 立方米なるも水分を除去して考ふれば毎時 1446 立方米の乾燥せる混合瓦斯並に 21 立方米の水蒸氣なるが故に、始めより存在せる CO<sub>2</sub> 並に燃焼に依りて生ずる CO<sub>2</sub> 及び N<sub>2</sub> は次の如くなる。

$$\text{CO}_2 \dots\dots\dots 1446 \times (0.073 + 0.151 + 0.187 + 0.062) = 1446 \times 0.473 = 685$$

$$\text{N}_2 \dots\dots\dots 1446 \times 0.299 + 1446 \times \frac{79}{100} \times 3.15 = 1446 \times 2.789 = 4031$$

又廢瓦斯分析を見るに未だ CO の殘存を見る。されど若し此際完全燃焼するものみ考ふれば此時に生ずべき CO<sub>2</sub> は

$$10.95 + 0.3 = 11.25 \quad (\%)$$

11.25 % にして此 CO<sub>2</sub> は 685 立方米なるべきを以て廢瓦斯の毎時の量は

$$685 \div 0.1125 = 6084 \quad (\text{立方米})$$

6084 立方米ならざるべからず。又第(2)工場加熱炉の廢瓦斯の成分は第9表に示す如

..... (17) .....

く CO<sub>2</sub> の 10.95 % O<sub>2</sub> の 2.4 %、CO の 0.3 % 及び N<sub>2</sub> の 86.35 % よりなる。今完全燃焼するものみすれば此 0.3 % の CO をして CO<sub>2</sub> ならしむべき O<sub>2</sub> の量は 9 立方メートルなり、之に對する CO の量は 18 立方メートルなるべきなり。混合瓦斯を使用して前述せる廢瓦斯の成分なるために完全燃焼せしめたらん時の CO<sub>2</sub> なる爲めには

$$\text{CO}_2 \dots\dots\dots 667, \quad \text{CO} \dots\dots\dots 18, \quad \text{O}_2 \dots\dots\dots 9, \quad \text{合 計} \quad 694$$

694 立方メートルが CO<sub>2</sub> となりて 685 立方メートルの容積なるべきなり。又完全燃焼して更に空氣の浸入なくば發生すべき N<sub>2</sub> は 4031 立方メートルなり。由て此 CO<sub>2</sub> 及び N<sub>2</sub> を 6084 立方メートルより差引けば残り

$$6084 - (685 + 4031) = 1368 \text{ (立方メートル)}$$

1368 立方メートルなる。此内には瓦斯分析よりして明かなる如く更に H<sub>2</sub>O を含まざるべきものなるを以て此差は餘分の空氣の浸入より來れるものみ考へざるべからず、依て此 1368 立方メートルを O<sub>2</sub> 及び N<sub>2</sub> に分配すれば夫々

$$\text{O}_2 \dots\dots\dots 1368 \times \frac{21}{100} = 287 \text{ (立方メートル)} \quad \text{N}_2 \dots\dots\dots 1368 \times \frac{79}{100} = 1081 \text{ (立方メートル)}$$

從て此際の水蒸氣の量は

$$1368 \times 0.0141 = 19.3 \text{ (立方メートル)}$$

混合瓦斯より 21 立方メートルの H<sub>2</sub>O 及び完全燃焼せしむる爲めの送風よりして

$$1446 \times 3.15 \times 0.0141 = 64.3 \text{ (立方メートル)}$$

又反應によりて

$$1446 \times (0.253 + 0.374 + 0.062) = 1446 \times 0.689 = 997 \text{ (立方メートル)}$$

故に合計

$$21 + 64.3 + 997 + 19.3 = 1102 \text{ (立方メートル)}$$

1102 立方メートルの H<sub>2</sub>O なる。從て H<sub>2</sub>O を含有せる廢瓦斯量及び成分の割合は次の如くなる。

| 第(2)工場加熱炉の廢瓦斯          | 廢瓦斯量               | 割合(%)  |
|------------------------|--------------------|--------|
| CO <sub>2</sub> .....  | 667                | 9.25   |
| CO .....               | 18                 | 0.25   |
| O <sub>2</sub> .....   | 9 + 285 = 294      | 4.08   |
| N <sub>2</sub> .....   | 1081 + 4031 = 5112 | 71.10  |
| H <sub>2</sub> O ..... | 1102               | 15.32  |
| 合 計 .....              | 7193               | 100.00 |

實測空氣量は 5549 立方メートルにして第 11 表に依るに必要空氣量は 4619 立方メートルなり。然るに上述せる如く 1368 立方メートルの餘分の空氣あるが故に合計

$$(4619 + 1368) - 5549 = 438 \text{ (立方メートル)}$$

即ち實測値は 438 立方メートルの差存する事なる。

斯くの如くして供給瓦斯並に廢瓦斯の成分よりして廢瓦斯量並に夫れ等を構成する各成分を求めて示せば第 12 表の如し。

第 12 表 廢瓦斯の成分並にその割合(%)

| 工場名 | 量(立方メートル)及% | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | CO   | N <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O | 合 計    |
|-----|-------------|-----------------|----------------|------|----------------|------------------|--------|
| (1) | 毎時(立方メートル)  | 916.8           | 9.5            |      | 3861.2         | 702.1            | 5489.6 |
|     | %           | 16.70           | 0.17           |      | 70.35          | 12.78            | 100.00 |
| (2) | 毎時(立方メートル)  | 667             | 294            | 18   | 5112           | 1102             | 7193   |
|     | %           | 9.25            | 4.08           | 0.25 | 71.10          | 15.32            | 100.00 |
| (4) | 毎時(立方メートル)  | 967             | 396            | 35   | 5710           | 861              | 7969   |
|     | %           | 12.13           | 4.97           | 0.44 | 71.66          | 10.80            | 100.00 |
| (5) | 毎時(立方メートル)  | 759             | 184            | 16   | 6067           | 1498             | 8524   |
|     | %           | 8.90            | 2.16           | 0.19 | 71.19          | 17.56            | 100.00 |
| (6) | 毎時(立方メートル)  | 626             | 27             | 54   | 3838           | 933              | 5478   |
|     | %           | 11.44           | 0.49           | 0.99 | 70.04          | 17.04            | 100.00 |

e 過剩空氣量と加熱能力

炉内に供給せられつゝある混合瓦斯は今測定せる場合につきては炉中にて殆んき完全燃焼を爲しつゝある事を知れり。又廢瓦斯及び混合瓦斯の成分よりして炉内には幾何の空氣が供給せられつゝあるかをも計算に依りて知る事を得たり、第(1)工場加熱炉に於ては毎時 11813 立方メートルの空氣を送入しつゝあり測定値は示せざるも、完全燃焼に必要な空氣量は毎時 3562 立方メートルにして廢瓦斯分析等より計算すれば更に餘分の浸入空氣ありとも考ふる事を得ず、又第(2)工場加熱炉に於ては測定に依るに毎時 5549 立方メートルの空氣を送入すれども廢瓦斯の分析結果よりすれば毎時 5987 立方メートルの空氣が炉内に供給せられつゝあり、從て豫想せざる 5987 - 5549 = 438 立方メートルの餘分の浸入空氣量ある事なる。從て此餘分の空氣は抽出口及び炉壁等より浸入せるものなるべし。炉の構造その他に依りて相當の浸入空氣量あるを思はざるべからず。今完全燃焼に必要な空氣量及び廢瓦斯分析より供給せられたる空氣量を計算し毎時の加熱噸數と過剩空氣量とを示せば第 13 表の如し。過剩空氣量増加すれば炉内温度の上昇は鈍り加熱噸數の降下を來すべきは當然なりとす。

毎時の加熱噸數と過剩空氣量との關係は第 16 圖の如く過剩空氣量増加すれば加熱噸數

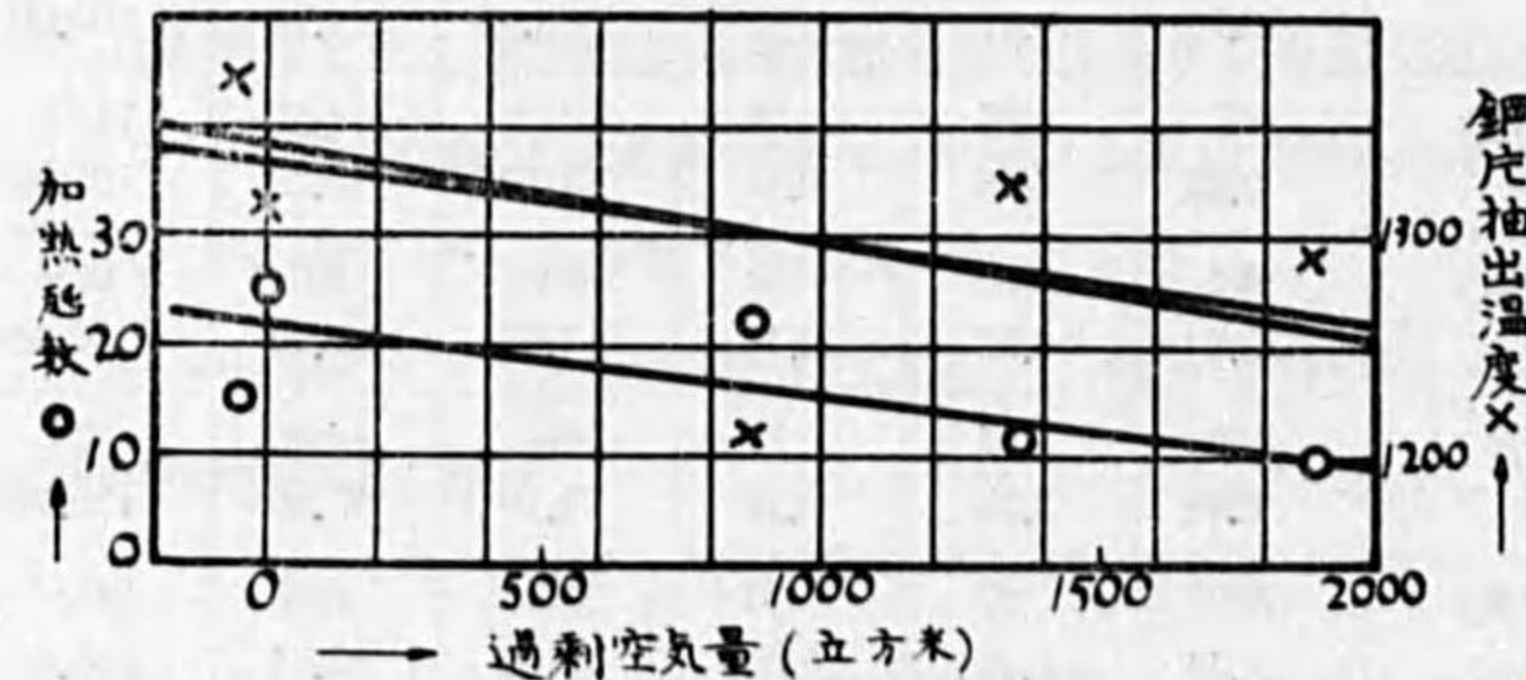
第 13 表 純空気量と加熱聴数 (毎時立方メートル)

| 工場名 | 必要空気量 (A) | 廢瓦斯よりの計算値 (B) | (B-A) | 加熱聴数 |
|-----|-----------|---------------|-------|------|
| (1) | 3512      | 3458          | -54   | 15.3 |
| (2) | 4555      | 5902          | 1347  | 11.2 |
| (4) | 3940      | 5826          | 1886  | 9.6  |
| (5) | 5920      | 6796          | 876   | 22.2 |
| (6) | 4110      | 4110          | 0     | 25.2 |

は減少の傾向を示す。又鋼片抽出温度と過剰空気量との関係は加熱聴数と夫れとを示す直線に殆んど平衡なるを認めらる。此平均直線の傾斜よりして幾何の過剰空気の浸入が加熱聴数を毎時何程減少せしむるかを求むるに

$$1850 \div 12 = 154 \text{ (立方メートル)}$$

第 16 圖 加熱聴数と過剰空気量 (毎時)



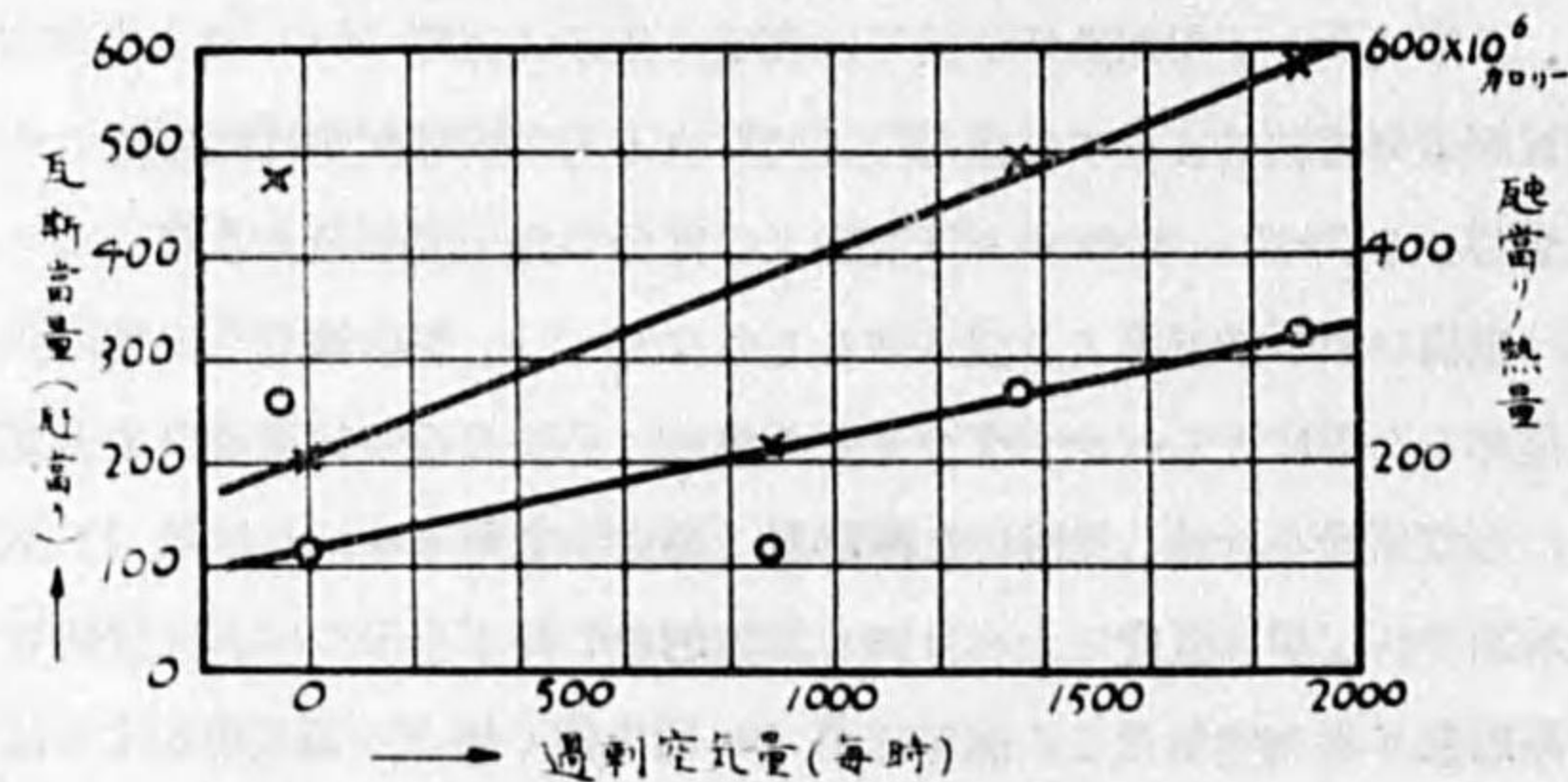
毎時 154 立方メートルの過剰空気の浸入に依り加熱聴数は毎時 1 聴の減少を來す事となる。従て加熱能力を發揮せんには過剰空気の浸入を防ぎ此爲めには時々廢瓦斯並

に供給瓦斯の分析を行ひ計算上より此事實を確むるの要あるべし。

過剰空気量増加すれば加熱能力は低下す。依てその割合を見んが爲めに此過剰空気量と第 15 表に示せる加熱鋼片聴當りの瓦斯當量及びその熱量との關係を示せば第 17 圖の如き 2 本の直線を得。是等の直線の傾斜よりして過剰空気量と瓦斯及び熱量の關係を求むるに

$$\frac{2000}{(334 - 114)} = 9.1 \text{ (立方メートル)} \quad \text{又} \quad \frac{605 - 205}{2000} = 0.2 \text{ (} \times 10^6 \text{ カロリー)}$$

第 17 圖 過剰空気量と瓦斯當量及熱量



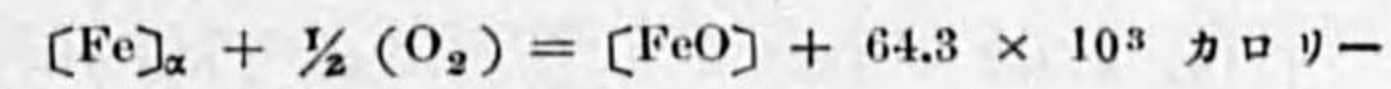
..... ( 20 ) .....

即ち過剰空気量毎時 9.1 立方メートルを増加する毎に加熱鋼片聴當りの瓦斯量は 1 立方メートルを増加し、又過剰空気 1 立方メートルを増す毎に聴當りの熱量は  $0.2 \times 10^6$  カロリーを増加せざるべからざる割合となる。炉内温度は多少の差あるも最高部は殆んど相似たる温度とすれば炉内温度を略一定に保たんが爲めには、浸入過分の空気量ある時は第 17 圖の如く聴當りに對して與ふる熱量は増加せざるべからざる事となる。

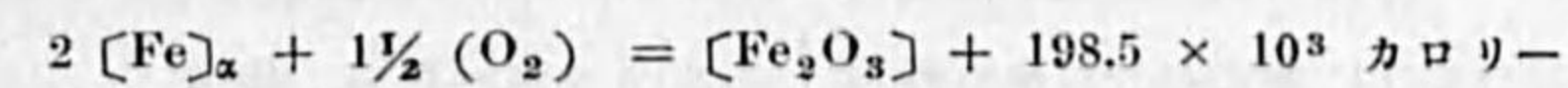
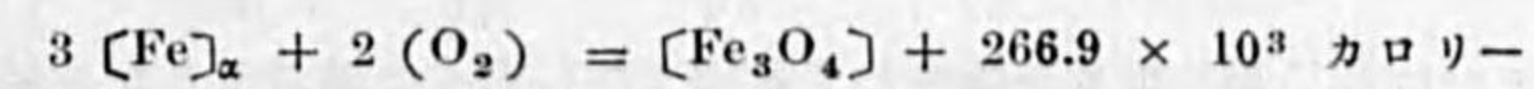
#### 4 熱 量

##### a 酸化に依る發熱量

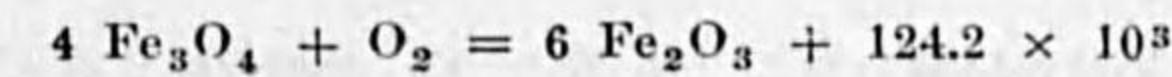
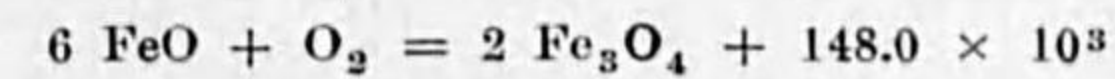
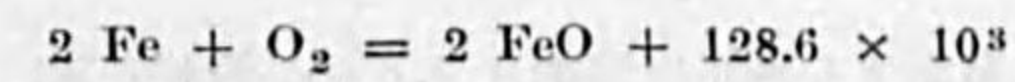
加熱炉内に於て生ずる燒減り即ち酸化に依りて如何程の熱量を發生す可きかを計算せんとする、在來の研究者によるに



又  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  及び  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  に於ては



従て次の等式を得



是等よりして FeO,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  及び  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の各 1 瓦が成生する際には夫々 895, 319 及び 130 カロリーの熱を發生す。今加熱炉内に生ずる燒減りは第 (1) 工場加熱炉にありては毎時 15.3 聴に對し合計 1.28 % なるが故に純 Fe の量は 196 匁となる。

加熱炉内に生ずるスケールの成分は在來の分析結果に依れば FeO,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  及び  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の割合は略 70, 25 及び 5 % の割合なる事を知れり。由て 1 瓦の FeO の成生につき發生する熱量は

$$\frac{64.3}{71.84} = 895 \text{ (カロリー)}$$

なるを以て FeO なる 1 瓦の Fe につきては

$$\frac{64.3}{55.84} = 1150 \text{ (カロリー)}$$

同様にして  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  なる Fe 1 瓦につきては

$$\frac{74}{55.84 \times 3} = 442 \text{ (カロリー)}$$

(1) W. A. Roth u. H. Zeumer, Arch. Eisenh.-Wesen 3, H. 5 (1929)

(2) (3) W. A. Roth, O. Doepke u. H. Zeumer, Arch. Eisenh.-Wesen 3, H. 5 (1929)

..... ( 21 ) .....

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の場合に於ては

$$\frac{20.7}{55.84 \times 2} = 186 \text{ (カロリー)}$$

従つて一般に酸化鉄 1 瓦の成生に際しては

$$895 \times \frac{70}{100} = 627 \text{ (カロリー)}$$

$$(895 + 319) \times \frac{25}{100} = 303 \text{ (カロリー)}$$

$$(895 + 319 + 130) \times \frac{5}{100} = 67 \text{ (カロリー)}$$

合 計 ..... = 997 (カロリー)

又 1 瓦の鉄が酸化して酸化鉄となる時は同様の計算によりて

$$1150 \times \frac{70}{100} = 805 \text{ (カロリー)}$$

$$(1150 + 442) \times \frac{25}{100} = 398 \text{ (カロリー)}$$

$$(1150 + 442 + 186) \times \frac{5}{100} = 89 \text{ (カロリー)}$$

合 計 ..... = 1292 (カロリー)

此 1292 カロリーは同じ鋼片幾瓦を溶融して液體となし得べき熱量なるかを見るに、常溫より融解せしむる迄に鋼片が含有する熱量は 316 カロリーなり。依て

$$1292 \div 316 = 4.1 \text{ (瓦)}$$

即ち鋼片 1 瓦が酸化鉄となる際發生する熱量は同鋼片 4.1 瓦が溶融状態に於て含有する熱量に相等し。

第 (1) 工場加熱炉に於ける焼減り即ち 196 瓦の Fe が酸化鉄となる際に發生すべき全熱量は同様にして

$$196 \times 1150 \times \frac{70}{100} = 157.7 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$196 \times (1150 + 442) \times \frac{25}{100} = 78.1 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$196 \times (1150 + 442 + 186) \times \frac{5}{100} = 17.4 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

合 計 ..... = 253.2 \times 10^6 (カロリー)

容積 15.3 吨にして表面積 28.7 平方メートルの鋼片が毎時酸化に依りて發生する全熱量は 253.2 \times 10^6 カロリーとなる。従て此熱量は鋼片幾何か融解の状態に於て含有する熱量に相等しきかを見るに

$$253.2 \times 10^6 \div 316 = 0.801 \times 10^6 \text{ (瓦)}$$

約 801 瓦の煉鋼が保持する熱量に相等し。196 瓦の Fe がスケールとなる際の發生熱量は 253.2 \times 10^6 カロリーなるを以て毎吨

(1) 海野、製鉄所研究所研究報告、13 (1934)、No. 2

$$253.2 \times 10^6 \div 15.3 = 16.55 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

16.55 \times 10^6 カロリーの發熱あり、作業中即ち前後約 5 時間中に生ずる酸化鉄の全量は

$$253.2 \times 10^6 \times 5 = 1266 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

即ち 1266 \times 10^6 カロリーとなる。今各炉の状況その他を示せば第 14 表の如し。

第 14 表 各 炉 の 状 況

| 工場名            | (1)                             | (2)                      | (3)  | (4)                             | (5)                             | (6)                                | (7)                             |
|----------------|---------------------------------|--------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 調査期日           | 11. 2. 21                       | 11. 2. 14                | 11. 2. 18  | 11. 2. 7                        | 11. 2. 19                       | 11. 2. 26                          | 11. 2. 14                       |
| 有効炉床(米)        | 11 \times 3                     | 13.5 \times 2            | 13.12 \times 2   | 12 \times 3.4                   | 16.1 \times 3.3                 | 14.6 \times 3.3                    | 11.734 \times 3.02              |
| バーナーの寸法と數      | m,m<br>180 \phi 4ヶ              | 150 \phi 3ヶ              | 150 \phi 3ヶ  | 180 \phi 4ヶ                     | 150 \phi 4ヶ                     | 130 \phi 4ヶ                        | 300 \phi 4ヶ                     |
| 鋼片の成分(%)       | C...0.20-0.26<br>Mn...0.49-0.50 | C...0.45<br>Mn...0.70    | C...0.19-0.21<br>Mn...0.40-0.47                          | C...0.26-0.28<br>Mn...0.37-0.53 | C...0.06-0.08<br>Mn...0.30-0.50 | C...0.08-0.10<br>Mn...0.30-1.30    | C...0.08-0.12<br>Mn...0.25-0.40 |
| 大 小 (%)        | 230 \times 210 \times 2500      | 120^2 \times 1240        | 100^2 \times 1430  | 100^2 \times 1430               | 130^2 \times 2550               | 96^2 \times (1000-1570)            | 96^2 \times 1175                |
| 單 重 (瓦)        | 900                             | 140                      | 100  | 100                             | 337                             | 70~110                             | 85                              |
| 裝入より抽出迄(分)     | 240                             | 186                      | 139  | 171                             | 240                             | 110                                | 135                             |
| 製品の種類と大 小 (%)  | 180 \times 75 \times 0.5        | 6 K \underline{\text{I}} | 16^2 \times (12/-0.7) \quad 9 \times 25 \times (12/-0.7) | 50^2 \square                    | 9 \textcircled{\text{O}}        | 40^2 \times 3 \underline{\text{L}} | 5.5 \textcircled{\text{O}}      |
| 實加熱熱數(A)       | 75,710                          | 163,840                  | 181,700  | 138,880                         | 468,930                         | 517,085                            | 416,500                         |
| 燒減率(炉内)%       | 1.21                            | 1.30                     | 0.89   | 1.09                            | 0.95                            | 1.21                               | 1.21                            |
| 同 (壓延)         | 0.07                            | 0.81                     | 1.65   | 1.64                            | 0.35                            | 2.44                               | 2.19                            |
| 燒 減 計 %        | 1.28                            | 2.11                     | 2.54   | 2.73                            | 1.30                            | 3.65                               | 3.40                            |
| 抽出時間(B)分       | 297                             | 880                      | 910  | 865                             | 1265                            | 1230                               | 1125                            |
| A/B (毎時)       | 15.3                            | 11.2                     | 12.0   | 9.6                             | 22.2                            | 25.2                               | 22.2                            |
| 鋼片 1 本の壓延時間(分) | 4'~0''                          | 1'~40''                  | 1'~0''   | 1'~30''                         | 1'~0''                          | 1'~0''<br>1'~20''                  | 1'~50''                         |

上述せる如く第 (1) 工場加熱炉に於ては鋼片 1 瓦につき酸化熱として 16.55 カロリーの熱を發生す。此熱量は鋼片 1 瓦が幾度に於て含有する熱量に等しきか即ち他に放射熱を考ふる事なければ鋼片 1 瓦を何度上昇せしむるに足る熱量なるかを見んます。炭素含有量

0.23 %なる時 200°C に於ては 22.8 カロリー又 100° に於ては 11.1 カロリーなるを以て

$$x = \frac{16.55 \times 200}{22.8} = 145 \text{ 又 } x = \frac{16.55 \times 100}{11.1} = 149$$

平均として 147° となる。即ち 147° に加熱せられたる鋼片の含有する熱量に等し。元來鋼片の酸化作用は普通加熱に當りては 300° 附近より目立ち 550° 附近よりは溫度の上昇と共に酸化は比較的急激に進行すべきなり。由て平均として 500° に於て此變化が一時に起るを考へたる時即ち鋼片 1 瓦につき生ずる酸化鉄による酸化熱によりて、此 500° より更に

(1) 海野、製鉄所研究所研究報告 5 (1925)、No. 2、理科報告、15 (1926)、331。

幾何の温度上昇可能なるかを見んます。如上の鋼片1瓦が<sup>(1)</sup>500°に於ける含有熱量は63.7  
 カロリーなるを以て酸化による發熱量との和は

$$63.7 + 16.55 = 80.25 \text{ (カロリー)}$$

又600°に於ける含有熱量は81.2 カロリーなるを以て

$$(81.2 - 63.7) : 100 = 16.55 : x \quad \therefore x = 95^\circ$$

即ち500°Cより約95°C上昇せしめ得べき事なる。去り乍ら實際に於ては相當の輻射其他  
 を考慮せざるべからざるは言を俟たざる所なり。加熱鋼片1噸當りの消費發熱量は第(1)  
 工場加熱炉に於ては $243 \times 10^6$  カロリーなるを以て酸化に依る發熱量の消費發熱量に對す  
 る割合は

$$(16.55 \div 243) \times 100 = 6.80 \text{ (\%)}$$

6.80%となり鋼片の各部が1373°の抽出温度にある時含有する熱量224.6 カロリーに比  
 すれば

$$(16.55 \div 224.6) \times 100 = 7.37 \text{ (\%)}$$

その7.37%に相當す。又毎平方米につきては

$$253.2 \times 10^6 \div 28.7 = 8.82 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$8.82 \times 10^6$  カロリーなる。此毎平方米毎時の發熱量は鋼片1噸を何度上昇せしめ得べ  
 き熱量なるかを見るに

$$\frac{8.82}{81.2 - 63.7} \times 100 = 50.3 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

500°より550.3°に上昇せるまきに於ける増加の熱量に相等しく約10%の温度上昇さ  
 なる。

b 酸化鉄の熱量

厚板工場加熱炉内に生ぜるスケールにつきてその各温度に於ける含有熱量を測定せり。そ  
 の平均結果を示せば第18圖の如し。茲に使用せるスケールは炉内にて發生せるそのま  
 の試料にして更に加熱せざる場合の含有熱量なり。酸化は時間に依りて順次進行する  
 結果時間と共にその比熱は増加す。茲に求めたる結果は炉内より抽出せられたる時即ち加  
 熱状況にある時の含有熱量に相當するものなり。是に依れば含有熱量は他の一般金屬と同  
 様温度と共に順次増加する事を知る。

第(1)工場加熱炉の場合に於ては適當り12.8 匁の鋼片に相當するスケールを生ず。  
 而してその際の平均温度は

(1) 海野、理科報告、前掲 (2) 此結果につきては更に後日述ぶる所あらんとす。

$$1294 + 79 = 1373 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

1373°にして此時のスケールの含有熱量は第18圖の延長より讀むに310 カロリーなり。

又12.8 匁の鋼片がスケールなる時の重量を考ふるにFeOに於ては

$$12.8 \times \frac{70}{100} = 8.96; \quad 55.84 : 8.96 = 71.84 : X_{\text{FeO}}$$

$$\therefore X_{\text{FeO}} = 11.54$$

同様にして  $X_{\text{Fe}_3\text{O}_4} = 4.42$ ,  $X_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0.92$ , 合計 = 16.88 (匁)

16.88 匁のスケールなる。由て適當りに生ずるスケールが持ち去る熱量は

$$16.88 \times 10^3 \times 310 = 5.23 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又15.3 匁の鋼片の持ち去る熱量は $2826 \times 10^6$  カロリーなるを以て1噸につき

$$2826 \times 10^6 \div 15.3 = 184.86 \times 10^6$$

從て加熱鋼片1噸の含有熱量に對しては

$$5.23 \div 184.86 \times 100 = 2.83 \text{ (\%)}$$

2.83%の含有熱量をスケールが持ち去る事なる。

加熱鋼片1噸當り1.28%の

焼減りに由りて生ずるスケール

は16.88 匁なるが純Feの量

は12.8 匁なり。此FeがFeO、

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  及び  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  なる際

に發生する全熱量は  $16.55 \times$

$10^6$  カロリーなるが故に加熱

鋼片1噸に對しては

$$16.55 \div 184.86 \times$$

$$100 = 8.97 \text{ (\%)}$$

その9%に相當する熱量を發

生しスケールにして2.83%

の熱量を持ち去るが故に差引き  $8.97 - 2.83 = 6.14\%$  の熱量を與ふる事なる。消費熱量

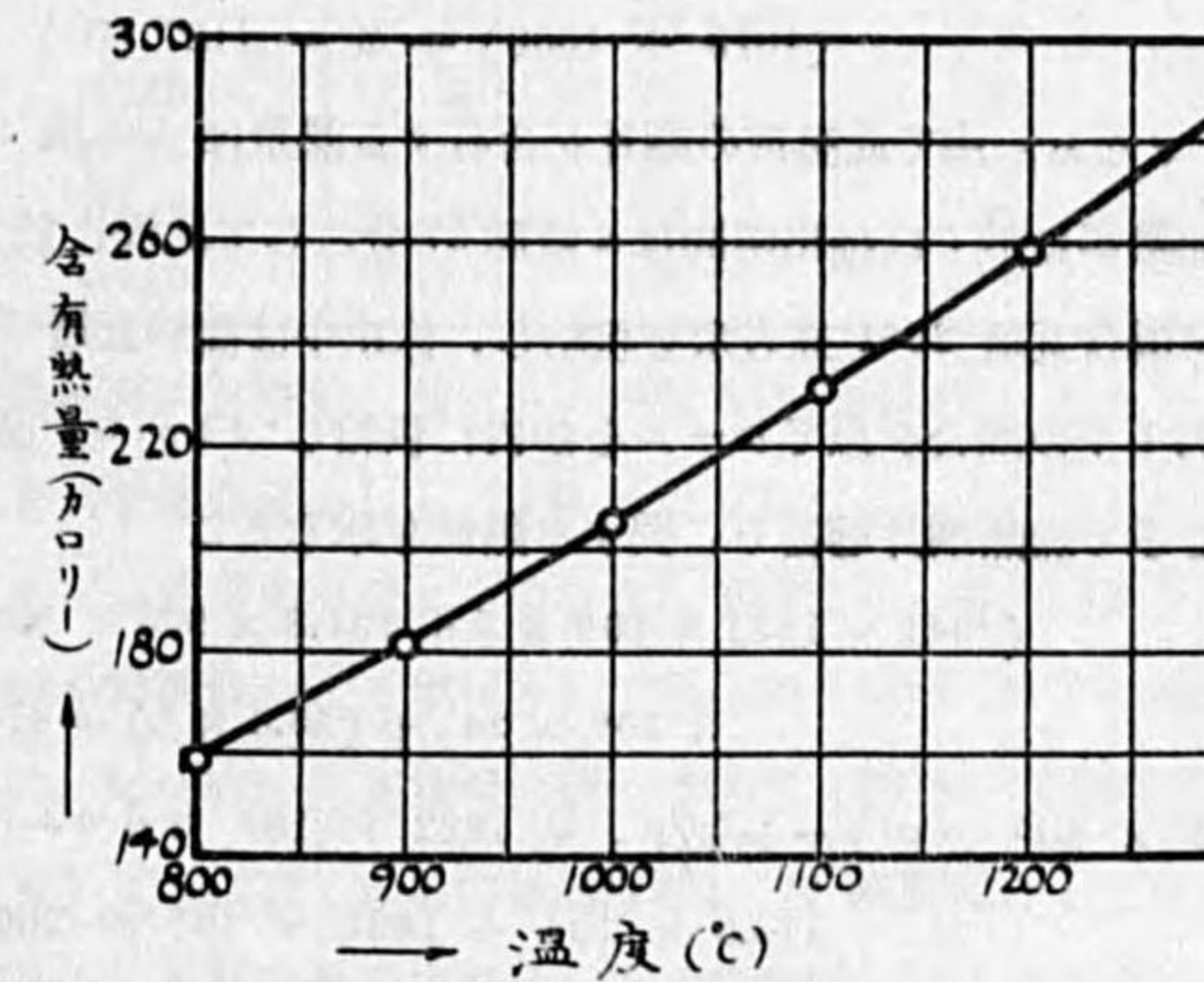
に對してスケールの持ち去る熱量は

$$5.23 \div 243 \times 100 = 2.15 \text{ (\%)}$$

2.15%に相當す。從て次の如く述ぶる事を得。

(1) エミツシビチー 0.51 より來る。

第18圖 スケールの含有熱量



— 温度 (°C)

|  |   |                |             |
|--|---|----------------|-------------|
| 酸化熱<br>(加熱鋼片1枚当り $16.55 \times 10^6$ カロリー)                 | { | 抽出鋼片の含有熱量に對しては | 8.97 % に相當し |
|  |   | 消費發熱量に對しては     | 6.80 % "    |
| 酸化鉄の含有熱量<br>(加熱鋼片1枚当り $5.23 \times 10^6$ カロリー)             | { | 抽出鋼片の含有熱量に對しては | 2.83 % "    |
|  |   | 消費發熱量に對しては     | 2.15 % "    |
| 酸化鉄の爲めに炉内に與ふる熱量<br>(差引)(加熱鋼片1枚当り $11.32 \times 10^6$ カロリー) | { | 抽出鋼片の含有熱量に對しては | 6.14 % "    |
|  |   | 消費發熱量に對しては     | 4.65 % に相當す |

C 鋼片の持ち去る熱量

炉内鋼片の酸化作用に依る發熱量、瓦斯及び空氣等の顯熱は瓦斯の消費熱量に對しては比較的小なるを以て是等を除き、單に供給瓦斯及びタールの如きより生ずる熱量中加熱鋼片が幾何の熱量を持ち去りつゝあるか、又各炉使用の瓦斯の成分等同一ならざるが故に是等を同一成分の瓦斯たらしめたる時には尠なり幾何の消費熱量及び瓦斯量なるべきかを算出せん。鋼片の各温度に於ける含有熱量は夫れ等の材質によりて一定なり。今第(1)工場に於ける抽出鋼片の温度は實測に依るに平均  $1373^{\circ}\text{C}$  なり。内部の平均温度を  $1000^{\circ}$  とすれば鋼片の温度は内外の平均として

$$(1373 + 1000) \div 2 = 1187 (^{\circ}\text{C})$$

$1187^{\circ}$  となる。由て此温度の鋼片が含有する熱量は  $185.96 \times 10^6$  カロリーなり。第(1)工場加熱炉に於ては抽出時間は4時間57分にして此間に於ては毎時  $1822 \times 10^3$  カロリーの純混合瓦斯 2041 立方メートルを供給し、休止中は高炉瓦斯 741.3 立方メートルを毎時使用し外に毎時約 1 斗の割合を以てタールを炉内に供給しつゝあり。依て是等の燃料が與ふる發熱量のみを求め加熱鋼片1枚当りに要する熱量を求むるに

$$(2041 \times 1822 \times 10^3 \times 5 + 741.3 \times 936 \times 10^3 \times 19 + 188.5 \times 10^6 \times 24) \div (15.3 \times 5) = 474.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$474.5 \times 10^6$  カロリーを要す。又  $1822 \times 10^3$  カロリーの混合瓦斯としては

$$474.5 \times 10^6 \div 1822 \times 10^3 = 260 \text{ (立方メートル)}$$

尠なり 260 立方メートルなる。從て單に炉内に供給せられたる燃料の發熱量と加熱鋼片が持ち去る熱量との關係を求むれば

$$(185.96 \times 10^6 \div 474.5 \times 10^6) \times 100 = 39.20 \text{ (\%)}$$

加熱鋼片は供給熱量の約 39.20 % を持ち去る事となる。又第(2)工場加熱炉に於ては抽

(1) 作業中に於ける混合瓦斯によりて發生する熱量を意味す。  
(2) 海野、製鉄研究所研究報告 8 (1934) No. 2; 理科報告、23 (1935) 666.

出時間は 14 時間 20 分にして此作業時に於ては毎時純瓦斯量 1446 立方メートルの混合瓦斯を供給し、残りの休止中に於ては高炉瓦斯毎時 1455 立方メートルを使用しつゝあるが故に是等よりして加熱鋼片1枚当りの熱量を求むるに

$$(1446 \times 3144 \times 10^3 \times 14\frac{2}{3} + 1455 \times 934 \times 9\frac{2}{3} \times 10^3) \div (11.2 \times 14\frac{2}{3}) = 489.6 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又是を發熱量  $1822 \times 10^3$  カロリーの混合瓦斯のみと考ふれば

$$489.6 \times 10^6 \div 1822 \times 10^3 = 268.7 \text{ (立方メートル)}$$

尠なり 268.7 立方メートルを使用しつゝある事となり加熱鋼片の持ち去る熱量は

$$(175.89 \times 10^6 \div 489.6 \times 10^6) \times 100 = 35.94 \text{ (\%)}$$

供給熱量に對して 35.94 % の熱量を持ち去る事となる。同様の計算に依りて各加熱鋼片の持ち去る熱量を求むれば第 15 表の如し。

第 15 表 鋼片の持ち去る熱量

| 工場名 | 純瓦斯<br>(作業中) | 發熱量<br>( $\times 10^3$ カロリー) | 加熱鋼片の含有熱<br>量 ( $\times 10^3$ カロリー) | 作業時間  | 瓦斯當量<br>( $1822 \times 10^3$ カロリー) | 尠當りの熱量<br>( $\times 10^6$ カロリー) | %     |
|-----|--------------|------------------------------|-------------------------------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|-------|
| (1) | 2041         | 1822                         | 184.86                              | 4.57  | 260                                | 475                             | 39.20 |
| (2) | 1446         | 3144                         | 175.89                              | 14.40 | 268.7                              | 490                             | 35.94 |
| (4) | 2339         | 1932                         | 173.79                              | 14.25 | 321                                | 585                             | 29.70 |
| (5) | 1743         | 3718                         | 161.96                              | 21.5  | 117                                | 212                             | 76.40 |
| (6) | 1582         | 2843                         | 178.48                              | 20.30 | 115                                | 209                             | 85.30 |
| 平均  | 1830         | 2692                         | 175.00                              | 15.7  | 216                                | 394                             | 53.31 |

是に依れば各加熱炉毎時の等熱量の瓦斯量、尠當りの熱量及び加熱鋼片の持ち去る熱量との間の關係を知る事を得。著者が熱能率をして  $74.5\%$  とらしむる事可能なるべきを既に發表せる所なるが、本稿に於ては此實地可能なる事を知るを得たり。第(2)及び第(4)工場に於ては共に抽出時間は 14 時間餘なるも第(4)工場に於ては第(2)工場に比して熱能率は低下しその差約  $6.24\%$  を示し、瓦斯量に於ては尠當り約 52 立方メートルの差あるを知る。又第(5)及び第(6)工場に於ては共に抽出時間は 20 時間餘にしてその鋼片の持ち去る熱量は  $8.9\%$  の差あり。瓦斯當量及び尠當りの消費熱量に於ては大差なきも抽出せらるゝ鋼片の加熱温度に約  $100^{\circ}$  以上の差あるを知る。等量の瓦斯を使用するものにして茲に温度の差相當大なるものあるは炉内に供給せらるゝ過剰空氣量等の大なる影響あるものも考へざるべからず。第 13 表に示せる毎時の過剰空氣量と第 15 表に示せる加熱鋼片の持ち去る熱量の % の關係を示せば、第 19 圖の如く平均として過剰空氣の増加は

(1) 海野、製鉄研究、149 (1936)、13.

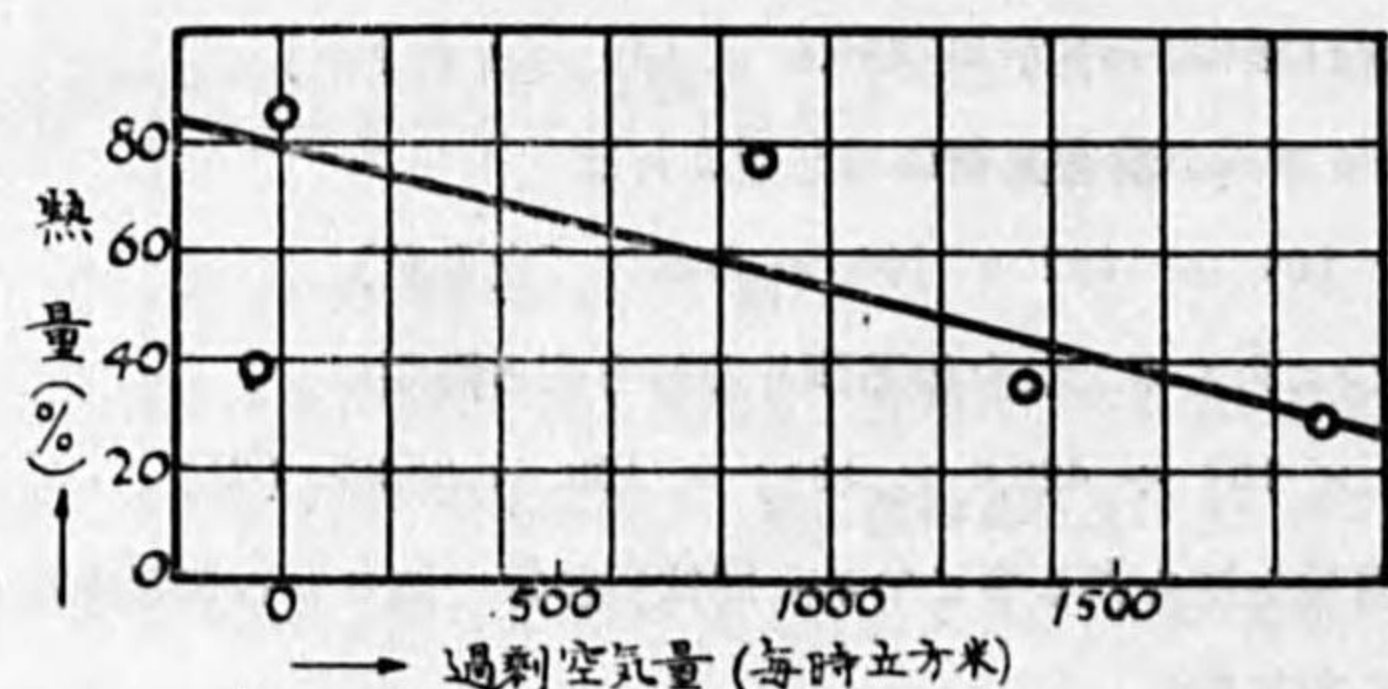


鋼片の持ち去る熱量を減少せしむ。此平均直線の傾斜よりしてその割合を求むるに、

$$\frac{2000}{(79-26)} = 37.7 \text{ (立方米)}$$

約 38 立方米の過分の空気浸入する毎にその熱能率をして 1% 宛低下せしむる事なる。

第 19 圖 過剰空気と鋼片の持ち去る熱量



d 加熱鋼片につ  
ての考察

加熱鋼片の持ち去る熱  
量と消費熱量との関係は  
作業時間の長短に依りて  
最も影響せらる。即ち作  
業時間長ければその能率  
は増加し短かければ減少

す。是炉が吸収する熱量即ち炉内を常温より一定温度に到達せしむるが爲めに相當の熱量を要するが故なり。炉内燃焼を考ふるに空気の供給は必要なるも過剰空気の浸入は却てその加熱効果を低下するの事實は既に述べたる所にして、浸入空気量の多少に依りて炉内温度を左右する事甚だしきものなり。今作業時間、過剰空気量及び應當りの消費熱量を集むれば第 16 表の如し。

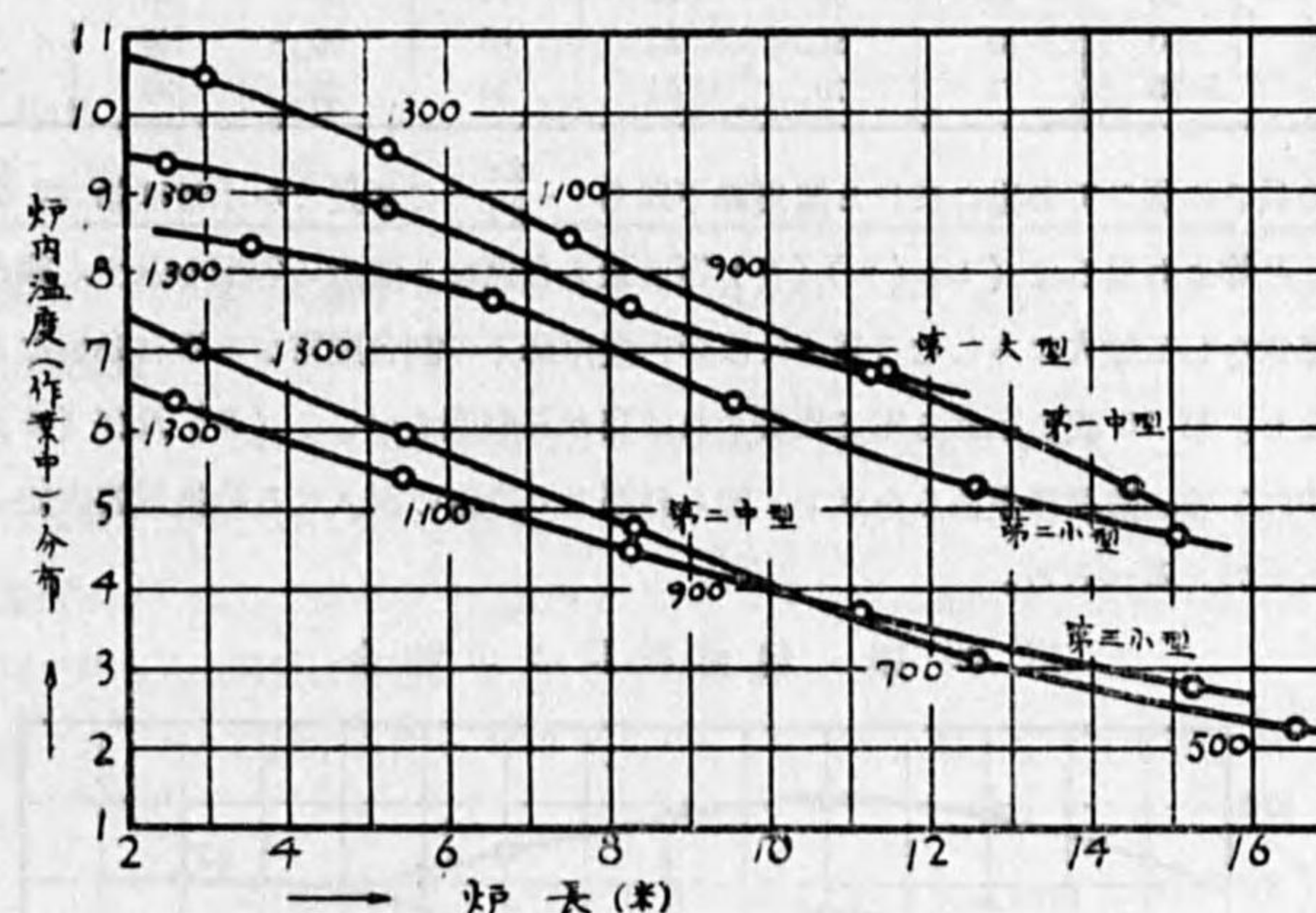
第 16 表 時間、過剰空気、鋼片の熱量等

| 工場名 | 作業時間   | 過剰空気<br>(毎時立方米) | 廢瓦斯量<br>(毎時立方米) | 温度 °C<br>(炉内 3 米) | 温度 °C<br>(炉内 12 米) | 應當りの熱量<br>( $\times 10^6$ kcal) | 鋼片の持ち去<br>る熱量 (%) |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|
| (1) | 4. 57  | -51             | 5189            | 1400              | 620                | 475                             | 39.20             |
| (2) | 14. 40 | 1347            | 7193            | 1370              | 790                | 490                             | 35.94             |
| (4) | 14. 25 | 1886            | 7969            | 1390              | 790                | 585                             | 29.70             |
| (5) | 21. 5  | 876             | 8524            | 1310              | 560                | 212                             | 76.40             |
| (6) | 20. 30 |                 | 5478            | 1350              | 760                | 209                             | 85.30             |

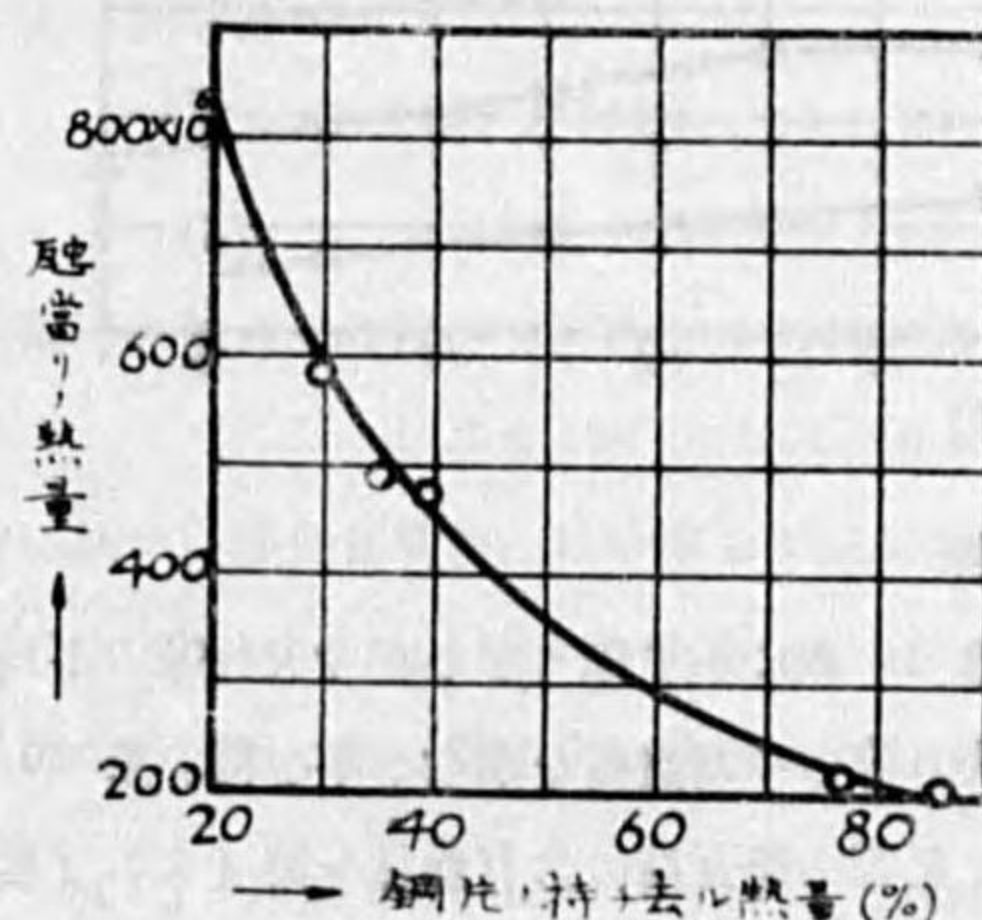
此表に示す如く作業時間の長短は直ちに鋼片の持ち去る熱量の%に影響す。即ち第(2)及び第(4)工場を見るに炉内温度に於ては大差なきも此%は相當の差あり。是兩者共炉内に於て完全燃焼は行はるゝ。雖も過剰空気量多き爲めに此方面に消費せらるゝ熱量多き結果なりと考へざるべからず。又同様にして作業時間 21 時間前後なる第(5)及び第(6)工場加熱炉を見るに過剰空気量多くしてその廢瓦斯量は増加し、又 12 米の炉内温度は既に 200° の差を生じ應當りの消費熱量は大差なきが如くなるも加熱鋼片の抽出温度低きが故に第(6)に比すれば 8.9%の減少を示す。即ち過剰空気の浸入は一般に炉内温度を降下せしめ鋼片應當りの消費熱量を増加しその熱能率を低下せしめ廢瓦斯量を増すのみにし

て炉の加熱能力を減少するものなるを以て特に注意を要すべき事なり。炉内温度が炉長によりて如何なる分布をなすつゝあるかを重ねて第 20 圖に又應當りの熱量と鋼片の持ち去る熱量との關係を第 21 圖に示せり。温度分布の狀況は第(1)及び第(6)工場加

第 20 圖 炉長と温度分布



第 21 圖 熱量と%



熱炉を以て最も自然なるものも考へらる。温度曲線の自然的降下を示すを以て可なり。炉壁その他より過分の空気浸入すれば温度降下曲線は異状を呈す。供給空気に依りて完全に近く燃焼せしめられ茲にて温度は最高に達し是より順次炉尻に從て降下を示すべきものなり。又第 21 圖に示せる各點を見るに抽出鋼片の持ち去る熱量は夫れ等の加熱温度は大同小異なるを以て殆んど同一曲線に相接近す。從て應當りに

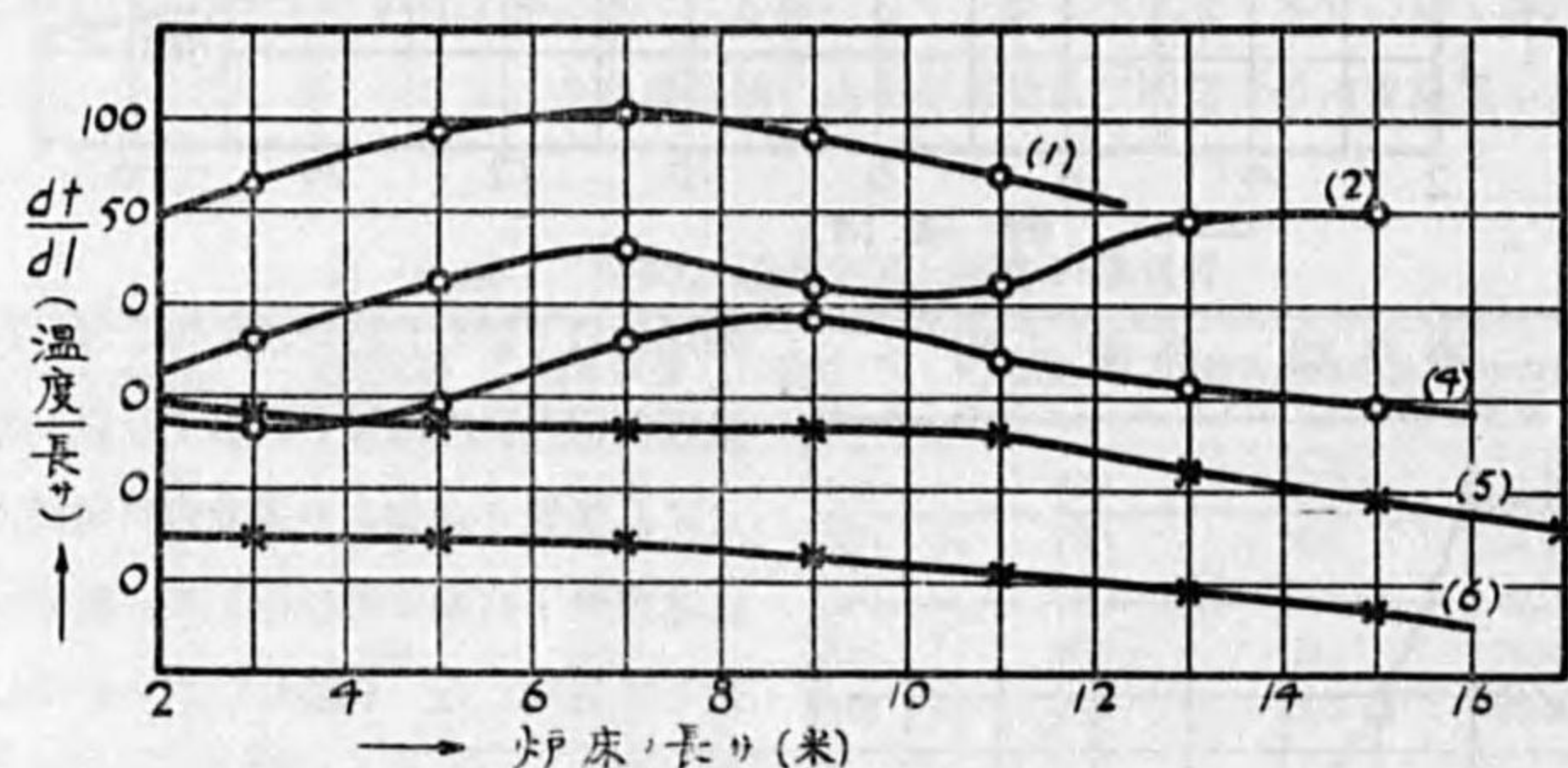
消費する熱量と鋼片の持ち去る熱量を%にて表はせる關係は同圖の如き二次曲線なるは當然なり。尙第 20 圖の曲線よりして炉内 1 米の距離に對して炉尻に向つての温度降下即ち長さに對する温度の變化  $\frac{dt}{dl}$  を求むるに第 17 表の如し。

第 17 表  $\frac{dt}{dl}$  (1 米毎の温度降下割合)

| 炉 長<br>(頭部より) | 3 米 | 5 米 | 7 米 | 9 米 | 11 米 | 13 米 | 15 米 | 17 米 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| (1)           | 65  | 93  | 104 | 90  | 70   |      |      |      |
| (2)           | 31  | 62  | 80  | 60  | 60   | 95   | 100  |      |
| (4)           | 33  | 45  | 80  | 92  | 70   | 55   | 45   |      |
| (5)           | 90  | 85  | 82  | 82  | 80   | 60   | 45   | 30   |
| (6)           | 75  | 73  | 70  | 64  | 55   | 46   | 35   |      |

各炉の長さに従ひて各點に於ける温度降下即ち  $\frac{dt}{dl}$  を炉長を示せば第 22 圖の如くなる。是等より見るに (1) (6) (5) 等は最も自然なる温度の勾配を示す。鋼片の持ち去る熱量をして最大ならしむる爲めには炉内温度降下の割合順當なる事は必要なる條件の一つなり。第 16 表に示せる % を比較すれば自から判明すべし。(2) 及び (4) の如きは途中にて急に温度降下あるを示す。即ち外部より冷風の浸入せる結果同圖の如き曲線を呈せるものと考えらる。

第 22 圖 温度對長さの割合



e 廢瓦斯の持ち去る熱量及び他の顯熱

炉尻より放出せらるる廢瓦斯量及び成分は第 12 表に示す如くなるが今夫れ等の平均温度を考ふるに炉長を平均の温度分布よりして夫れ等の平均温度を求むる事を得。第 20 圖より求めたる結果は既に第 7 表に示せり。由て是等の廢瓦斯の含有熱量を第 (1) 工場加熱炉の場合につきて計算せん。廢瓦斯の成分は第 12 表より知る事を得。比熱の計算を第 18 表に示せり。

(1) 海野、製鉄所研究所研究報告、10 (1930), No. 3.

第 18 表 瓦斯の比熱

| 成 分              | %     | 1 立方米中に於ける重量 (瓦)       | 比 熱                   | 熱 量   |
|------------------|-------|------------------------|-----------------------|-------|
| CO <sub>2</sub>  | 16.70 | 167.0 × 1.9768 = 330.7 | 0.2214 <sup>(5)</sup> | 73.3  |
| O <sub>2</sub>   | 0.17  | 1.7 × 1.4290 = 2.4     | 1.399 <sup>(6)</sup>  | 3.4   |
| N <sub>2</sub>   | 70.35 | 703.5 × 1.2507 = 880.0 | 0.244 <sup>(7)</sup>  | 214.8 |
| H <sub>2</sub> O | 12.78 | 127.8 × 0.8063 = 103.1 | 0.4871 <sup>(8)</sup> | 50.3  |
| 合 計              |       |                        |                       | 341.8 |

廢瓦斯 1 立方米の比熱は 341.8 カロリーなるを以て 570° に於て 5612.6 立方米が含有する全熱量は

$$341.8 \times 570 \times 5612.6 = 1093.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又混合瓦斯が毎時炉内に與ふる熱量は 3718.7 × 10<sup>6</sup> カロリーにして實測に依るに混合瓦斯の温度は 15° にして空氣の平均温度を 10.3° とすれば、瓦斯及び空氣の持ち入る熱量及び鋼塊が持ち入る熱量は幾何なるべきかを計算せん。

燃焼にあづかれる純空氣量は 3512 立方米にして夫れに加はるべき水分は 50 立方米なり。由て

$$3512 \times 1293 \times 0.24 \times 10.3 + 50 \times 806.3 \times 0.4871 \times 10.3 = (11.21 + 0.20) \times 10^6 = 11.41 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又混合瓦斯は

$$2041 \times 301.5 \times 15 + 29 \times 806.3 \times 0.4871 \times 15 = (9.23 + 0.17) \times 10^6 = 9.4 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又鋼塊の始めの温度を 10.3° とすれば毎時炉内に運ぶ熱量は

$$15.3 \times 10^6 \times 10.3 \times 0.11 = 17.34 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

故に鋼塊、混合瓦斯並に供給空氣が毎時炉内に與ふる全熱量は

$$(11.41 + 17.34 + 9.4) \times 10^6 = 38.15 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

從て炉内燃焼に依り發生する熱量との和は

- (1) Guye u. Pintzo., Mem. de Geneve, 35 (1908), 569.
- (2) Germann, Journ. Chim. Phys., 12 (1914), 66.
- (3) Gray, Journ. Chem. Soc., 87 (1905), 1607.
- (4) Dennis, Gas Analysis, (1925), 406.
- (5) W. F. C. Swan, Phil. Trans., 210 (1910), 199.
- (6) K. Scheel u. W. Heuse, Ann. & Phys., 40 (1913), 492.
- (7) Regnaults, Mem. de L' Acad., 26 (1862), 1.
- (8) Partington & Shilling, The specific Heats of Gases, (1924), 208.

$$(3718.7 + 38.15) \times 10^6 = 3756.85 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又鋼塊の酸化に依りて生ずる熱量は

$$16.55 \times 10^6 \times 15.3 = 253.3 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

尚此外にタールの注入に依りて発生する熱量は毎時

$$21.025 \times 8970 \times 10^3 = 188.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

なるを以て全熱量は

$$(3756.85 + 253.3 + 188.5) \times 10^6 = 4198.7 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従て廢瓦斯の持ち去る熱量は供給熱量に對しては

$$(1093.5 \div 4198.7) \times 100 = 26.0 \text{ (\%)}$$

又鋼塊の持ち去る熱量は

$$(2846 \div 4198.7) \times 100 = 67.60 \text{ (\%)}$$

是に依れば能率甚だ宜しきが如く見ゆるも前後の事情を考察すればその由て來る所以を知る事を得。第(1)工場加熱炉の鋼片抽出時間は作業の都合上4時間57分にして此間に於ては純混合瓦斯毎時2041立方メートルを使用し休止中は高炉瓦斯毎時741.3立方メートルを供給しつつあり。上記26.0及び67.60%は鋼片抽出時に於ける熱量配布にして此割合を以て連續作業は繼續せらるゝものに非ざるは自から明かなり。休止中に於ても鋼塊は高炉瓦斯その他の供給に依りて豫熱せられつつあるが故に毎時15.3噸の抽出可能なるものにて、休止中に於ける熱量供給を考慮するに非ざれば全體としての熱能率を述ぶる事はざるなり。由て作業中並に休止中に於ける熱量の供給を通算せん。す。

抽出時間外即ち休止中に於ける高炉瓦斯の持つ熱量及び燃焼に由る熱量を考へん。供給せられたる熔鑛炉瓦斯の成分を示せば第19表の如し。

第 19 表 熔鑛炉瓦斯の成分

| 年月日      | 温度(°C) | CO <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (%) | CO(%) | CH <sub>4</sub> (%) | H <sub>2</sub> (%) | N <sub>2</sub> (%) | cal/m <sup>3</sup> |
|----------|--------|---------------------|--------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 11.2.21. | 19.0   | 11.8                | 0.2                | 27.6  | 0.8                 | 1.1                | 58.5               | 936                |

従て此瓦斯の比熱は第18表の如くして求むる事を得。その結果を示せば第20表の如くなる。

故に毎時熔鑛炉瓦斯が持ち入る熱量は

$$(731.3 \times 318.8 \times 19 + 731.3 \times 936 \times 10^3 + 10 \times 806.3 \times 0.4871 \times 19) \times (24 - 5) = 13091 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

..... ( 32 ) .....

第 20 表 熔鑛炉瓦斯の比熱

| 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 <sub>2</sub> | 11.8 | 118 × 1.9768 = 232.5 | 0.2214 | 51.6  |
| CO              | 27.6 | 276 × 1.2504 = 345.5 | 0.243  | 84.1  |
| H <sub>2</sub>  | 1.1  | 11 × 0.08987 = 1.0   | 3.409  | 3.4   |
| CH <sub>4</sub> | 0.8  | 8 × 0.07168 = 0.57   | 0.593  | 0.3   |
| O <sub>2</sub>  | 0.2  | 2 × 1.4290 = 3.86    | 0.217  | 0.8   |
| N <sub>2</sub>  | 58.5 | 585 × 1.2507 = 731.0 | 0.244  | 178.6 |
| 合計              |      |                      |        | 318.8 |

又此熔鑛炉瓦斯を完全燃焼せしむるに必要な空氣量は前の如くにして

$$\text{CO に必要な } O_2 \text{ は } \dots\dots\dots 0.276 \times \frac{1}{2} = 0.138$$

$$H_2 \dots\dots\dots 0.011 \times \frac{1}{2} = 0.006$$

$$CH_4 \dots\dots\dots 0.008 \times 2 = 0.016$$

$$\text{合計 } \dots\dots\dots = 0.160$$

然るに始めより存在する O<sub>2</sub> は 0.2 %なるを以て .....

完全燃焼に必要な O<sub>2</sub> の割合は .....

故に熔鑛炉瓦斯 1 立方メートルに對して要する純空氣量は

$$0.158 \times \frac{100}{21} = 0.752$$

0.752 倍なる。由て休止時間 19 時間中に送入せらるゝ瓦斯に對しては

$$741.3 \times 19 \times 0.752 = 10592 \text{ (立方メートル)}$$

純空氣量 10592 立方メートルに是に伴ふて送入せらるゝ水分は

$$10592 \times 0.0141 = 149 \text{ (立方メートル)}$$

149 立方メートルなる、由て此空氣の溫度を 10.3° とすれば此空氣並に水分が持つ熱量は

$$10592 \times 1293 \times 0.24 \times 10.3 + 149 \times 806.3 \times 0.4871 \times 10.3 = 10.3 \times (3.287 + 0.060) \times 10^6 = 34.50 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従て作業休止中に炉内に與へらるゝ全熱量は

$$(13091 + 34.50 + 188.5 \times 19) \times 10^6 = 16707 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

次に作業休止中に於ける廢瓦斯の量を求めん。全瓦斯量は

$$741.3 \times 19 \times (1 - 0.0141) = 13886 \text{ (立方メートル)}$$

..... ( 33 ) .....

13886 立方米なるを以て

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 & \dots\dots\dots 13886 \times (0.118 + 0.276 + 0.008) = 5582 \\ \text{N}_2 & \dots\dots\dots 13886 \times (0.585 + 0.752 \times \frac{79}{100}) = 15999 \\ \text{H}_2\text{O} & \dots\dots\dots 10.4 \times 19 + 149 + 13886 \times (0.011 + 0.016) = 722 \\ \text{合 計} & \dots\dots\dots = 22303 \end{aligned}$$

尙此外タールの注入に依りて発生する廢瓦斯を加ふれば次の如くなる。

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 & \dots\dots\dots 5582 + 33.8 \times 19 = 6231 \dots\dots\dots 23.73 (\%) \\ \text{N}_2 & \dots\dots\dots 15999 + 154.2 \times 19 = 18933 \dots\dots\dots 72.20 (\%) \\ \text{H}_2\text{O} & \dots\dots\dots 722 + 18.1 \times 19 = 1066 \dots\dots\dots 4.07 (\%) \\ \text{合 計} & \dots\dots\dots = 26224 \dots\dots\dots 100.00 (\%) \end{aligned}$$

依て第 20 表の如くして此廢瓦斯の比熱を求むるにその 1 立方米につき 340.0 カロリーとなる。作業休止中に於ては廢瓦斯の炉底の温度は 460° なるを以て廢瓦斯が持ち去る熱量は

$$26224 \times 340 \times 460 = 4101 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

従て供給熱量に對し作業休止中に於ては廢瓦斯は

$$(4101 \div 16707) \times 100 = 24.52 (\%)$$

その 24.52 %の熱量を持ち去る事なる。

f 消費燃料の石炭當量

發生炉瓦斯を使用する時は石炭を瓦斯化する事の爲めに約 14~27 %の熱能率の低下ある事を知れり。今各加熱炉にて消費するある瓦斯の發熱量を求め又加熱總數及び鋼片總當りに消費する發熱量よりして、是等が若し石炭に換算せられたらんき總當り幾何の石炭當量なるべきかを求めて第 21 表に示す事せり。但此際は瓦斯及び空氣等の顯熱は考慮せず瓦斯の發熱量のみに依る事せり。

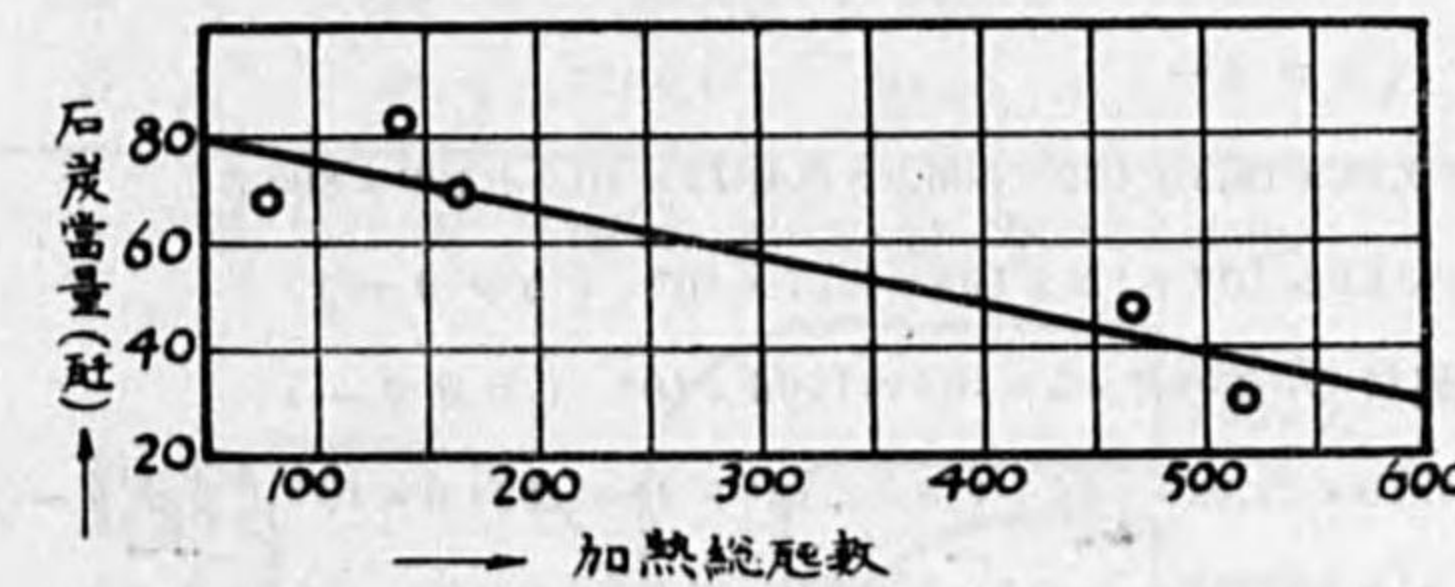
此際石炭の發熱量は 7000 カロリーにして計算せるものなり。此表を見るに作業時間の延長は甚しくその石炭當量の低下を來すを知る。休止時間長ければその間炉の温度降下を防ぐ爲めに消費されつゝある燃料は盡く加熱の熱量に追加せらるゝが故に、當然の結果として休止時間長ければ加熱に要する石炭當量は著しく増加す。連續作業に於ては加熱鋼片總當りの石炭當量は 30 疋前後なる事を得。由て鋼片の加熱速度を考慮し過熱時間なからしむる様注意せば更に石炭當量の低下を來す事を得ん。數年前の報告に比すれば正に

(1) 海野、製鉄所研究所研究報告 8 (1928) No. 6, 製鉄研究 105 (1928) 304, 同 106 (1929) 241. (2) 海野、製鉄所研究所研究報告 9 (1929) No. 4

第 21 表 加熱鋼片の石炭當量

| 工場名 | 全發熱量<br>( $\times 10^6$ カロリー) | 作業時間   | 總當りの發熱量<br>( $\times 10^6$ カロリー) | 加熱總總數   | 石炭當量(疋) | 過剰空氣量<br>(毎時立方米) |
|-----|-------------------------------|--------|----------------------------------|---------|---------|------------------|
| (1) | 36139                         | 4. 57  | 472                              | 75,710  | 67.4    | -54              |
| (2) | 80450                         | 14. 40 | 478                              | 163,840 | 68.3    | 1347             |
| (4) | 81360                         | 14. 25 | 584                              | 138,880 | 83.4    | 1886             |
| (5) | 15545                         | 21. 5  | 333                              | 468,930 | 47.5    | 876              |
| (6) | 10800                         | 20. 30 | 209                              | 517,085 | 30.1    | 0                |
| 平均  | 44859                         | 15. 0  | 415                              | 272,889 | 59.3    | 811              |

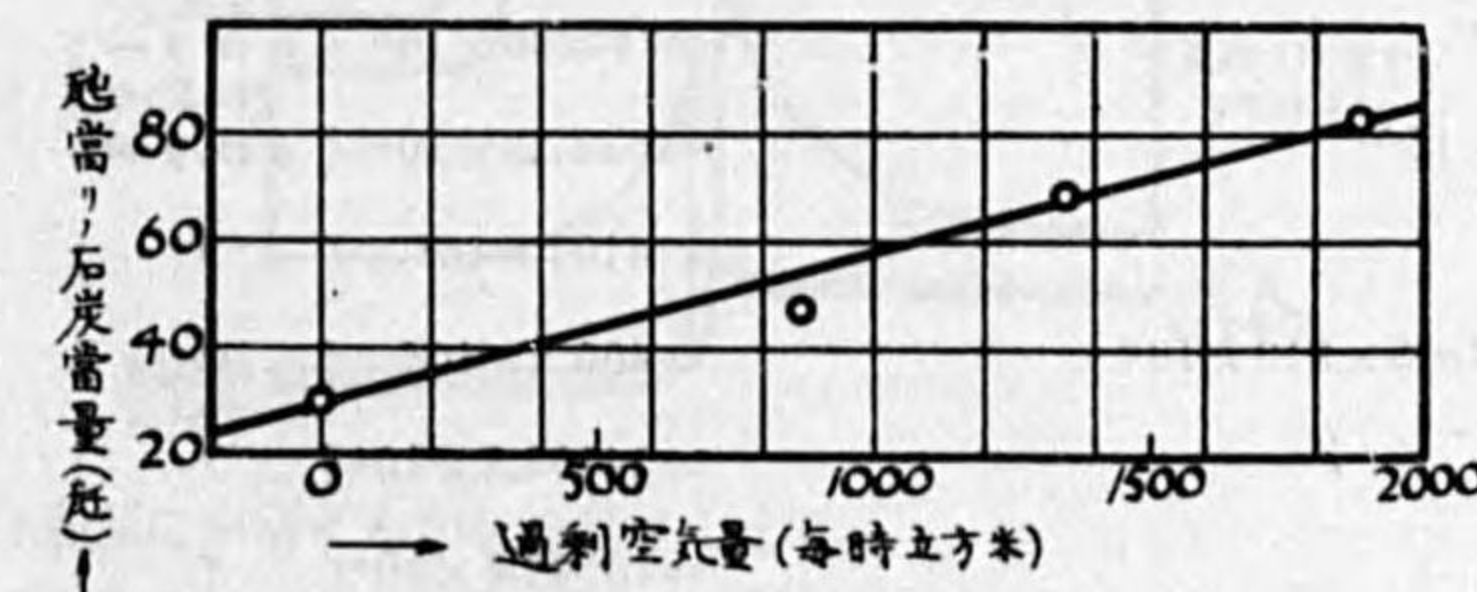
第 23 圖 加熱總數と石炭當量



隔世の發達を見る。今加熱總總數と加熱鋼片總當りの石炭當量の關係を求むれば第 23 圖の如く大體として平均直線を得。此平均値より考ふれば  $\frac{84-30}{600} = 0.09$  即ち

毎日の加熱總數 1 疋を増す毎に石炭當量は 0.09 疋の減少となる。即ち作業時間長くして加熱總數多ければ總當りの消費石炭當量は益々減少すべき道理なり。

第 24 圖 石炭當量と過剰空氣量



次に第 21 表に示せる加熱鋼片總當りの石炭當量と毎時の過剰空氣量の關係を求むれば第 24 圖の如し。茲に第 (1) 工場加熱炉の場合の點が著しく平均直線よりずれたるは作業時間が他の工場に比して甚だ短かき結果なり。此平均直線よりして

$$\frac{2000}{86-30} = 35.7 \text{ (立方米)}$$

過剰空氣毎時 35.7 立方米増加する毎に加熱鋼片總當りの石炭當量は 1 疋を増加する割合となる。従て 1000 立方メートルの過剰空氣あれば總當り 30 疋の石炭は増加して 58 疋となるが故に過剰空氣の浸入は特に留意すべきものなり。

g. 熱量配布

(a) 炉内に與へらるゝ熱量

第(1)工場加熱炉に於ては混合瓦斯毎時 2041 立方米水分 29 立方米及び空氣量 3512 及び水分 50 立方米なり。由て作業時約 5 時間中に炉内に運ばるゝ熱量は

$$\begin{aligned} \text{瓦斯} \dots (2041 \times 1822 \times 10^3 + 2041 \times 301.5 \times 15) \times 5 &= 18639.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)} \\ \text{空氣} \dots (3512 \times 1293 \times 0.24 \times 10.3 + 50 \times 806.3 \times 0.4871 \times 10.3 + 29 \times 806.3 \times 0.4871 \\ &\times 15) \times 5 = \{3512 \times 1293 \times 0.24 \times 10.3 + 806.3 \times 0.4871 \times (50 \times 10.3 + 29 \\ &\times 15)\} \times 5 = 57.9 \times 10^6 \text{ (カロリー)} \end{aligned}$$

又作業休止中に與へらるゝ熱量は

$$\begin{aligned} \text{瓦斯} \dots 731.3 \times 936 \times 10^3 + 731.3 \times 318.8 \times 19 + 10 \times 806.3 \times 0.4871 \times 19 \\ = 13091 \times 10^6 \text{ (カロリー)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{空氣} \dots 10592 \times 1293 \times 0.24 \times 10.3 + 149 \times 806.3 \times 0.4871 \times 10.3 + 199 \times 806.3 \\ \times 0.4871 \times 15 = 34.5 \times 10^6 + 1.2 \times 10^6 = 35.7 \times 10^6 \text{ (カロリー)} \end{aligned}$$

$$\text{酸化によりて發生する熱量} \dots 253.2 \times 5 \times 10^6 = 1266 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$\text{タールに依る熱量} \dots 8970 \times 21.025 \times 24 = 188.5 \times 10^6 \times 24 = 4524.0 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$\text{空氣} \dots 195 \times 1293 \times 0.24 \times 10.3 + 3 \times 806.3 \times 0.4871 \times 10.3 = 0.6 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$\text{鋼塊} \dots 15.3 \times 5 \times 10.3 \times 0.11 \times 10^6 = 86.7 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$\text{合計} \dots = 37701.4 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

(b) 炉より放出する熱量

$$\text{鋼塊} \dots 2846 \times 5 \times 10^6 = 14230 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$\text{廢瓦斯} \dots 1093.5 \times 5 \times 10^6 = 5467.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$\text{同上} \dots 4101 \times 10^6 = 4101 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

$$\text{酸化鉄} \dots 16.88 \times 15.3 \times 5 \times 310 \times 10^3 = 400.3 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

$$\text{合計} \dots = 24198.8 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

$$\text{從て輻射傳導等} \dots = 13502.6 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

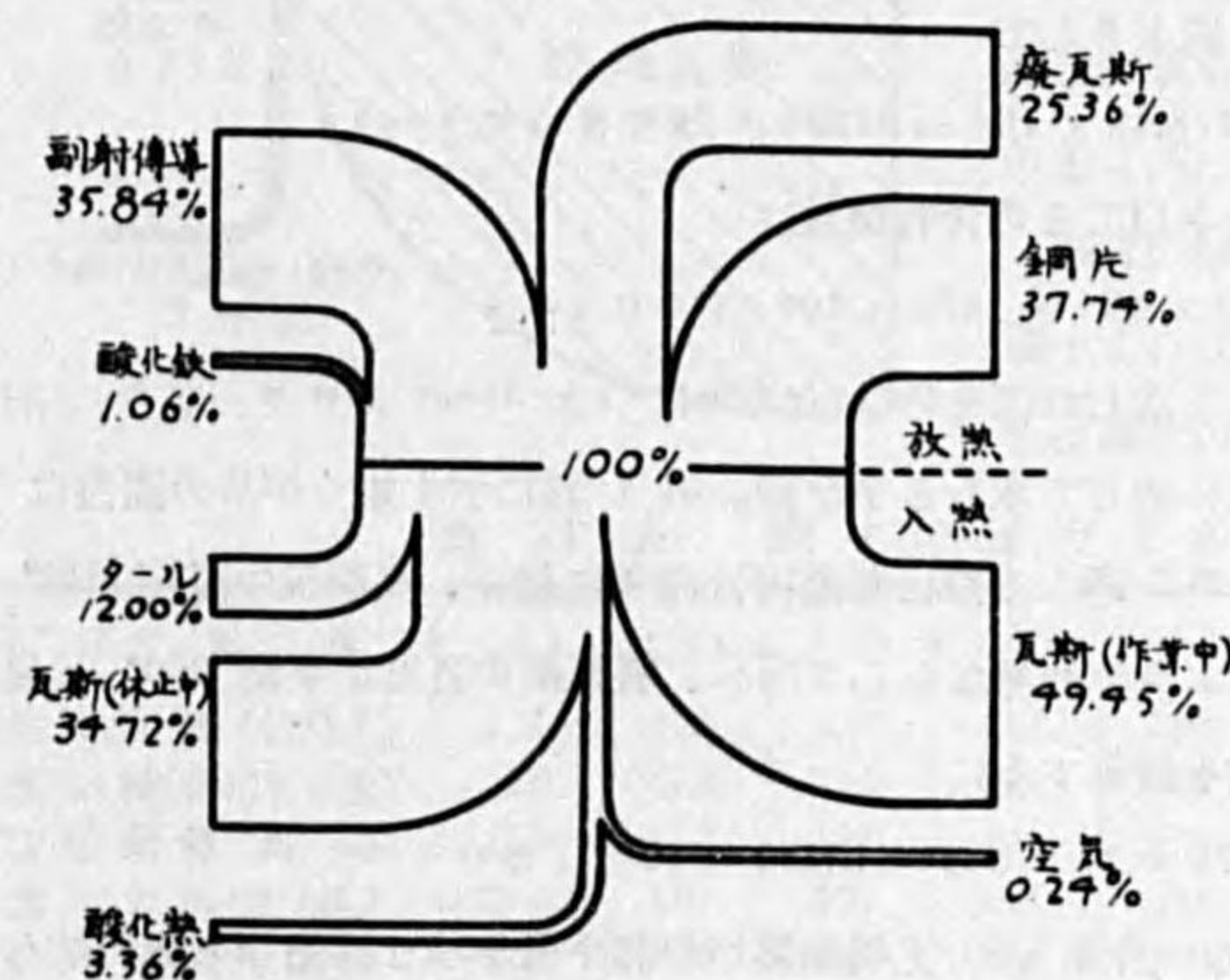
由て是等を總合して示せば第 22 表の如し。

豫熱時間は約 19 時間にして作業時間は約 5 時間なるを以て實際の鋼塊が持ち去る熱量は約 37.74 % となり輻射及び傳導に依る放熱割合は 35.84 % となれり。是等の熱の出入状況を圖示すれば第 25 圖の如し。

第 22 表 熱量配布(第(1)工場加熱炉)

| 熱 源       |                              | 入 熱   |         | 熱 源                          |        | 放 熱      |                              |
|-----------|------------------------------|-------|---------|------------------------------|--------|----------|------------------------------|
| 種 類       | 熱 量<br>( $\times 10^6$ カロリー) | %     | 種 類     | 熱 量<br>( $\times 10^6$ カロリー) | %      | 種 類      | 熱 量<br>( $\times 10^6$ カロリー) |
| 燃焼瓦斯(作業中) | 18639.5                      | 49.15 | 鋼 塊     | 14230                        | 37.74  | 廢瓦斯(作業中) | 5467.5                       |
| 空 氣( " )  | 57.9                         | 0.15  | 同 (休止中) | 4101                         | 10.87  | 酸 化 鉄    | 400.3                        |
| 燃焼瓦斯(休止中) | 13091                        | 34.72 | 輻 射 傳 導 | 13502.6                      | 35.84  | 合 計      | 24198.8                      |
| 空 氣( " )  | 35.7                         | 0.09  | 鋼 塊     | 86.7                         | 0.23   |          |                              |
| 酸 化 鉄     | 1266                         | 3.36  | 合 計     | 37701.4                      | 100.00 |          |                              |
| タール       | 4524                         | 12.00 |         |                              |        |          |                              |
| 同上に必要な空氣  | 0.6                          |       |         |                              |        |          |                              |

第 25 圖 熱の出入圖(第(1)工場)



(c) 第(6)工場加熱炉の場合

第 15 表に於て鋼片の持ち去る熱量として 85.3 % を示せるが此際は單に發熱量に對する値なりき。炉内に供給せらるゝ熱量は瓦斯發熱量の外に夫れの顯熱及び鋼片が常溫に於て保有する熱量、又酸化に依る發熱量等存するが故に實際に於て

は幾%に相當するかを計算せん。是を以て

混合瓦斯の完全燃焼に依る發熱量は

$$1582 \times 2843 \times 10^3 \times 24 = 107950 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又此混合瓦斯の顯熱及び水分の保有する熱量は

$$(1582 \times 340 \times 15 + 23 \times 806.3 \times 0.4871 \times 15) \times 24 = 193.6 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又完全燃焼に要する空氣並に水分の保有する熱量は

$$(4091 \times 1293 \times 0.24 \times 58.3 + 59 \times 806.3 \times 0.4871 \times 58.3) \times 24 = 1808.5 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又 517.085 吨の鋼片が常温に於て保有する熱量は

$$517.085 \times 0.11 \times 15 \times 10^6 = 853.2 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又炉内焼減りをして生ずる酸化鉄は

$$517.085 \times 0.0121 = 6.257 \text{ (吨)}$$

6.257 吨なるが故に酸化する事の爲めに發生する熱量は

$$6.257 \times \frac{70}{100} \times 1150 = 5037 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

$$6.257 \times \frac{25}{100} \times 1592 = 2490 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

$$6.257 \times \frac{5}{100} \times 1778 = 556.25 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

$$\text{合 計} = 8083.25 \times 10^6 \text{ ( " )}$$

從て炉内にて發生する熱量及び與へらるゝ熱量の總和は

$$(107950 + 193.6 + 1808.5 + 853.2 + 8083.25) \times 10^6 = 118888.6 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

鋼片の持ち去る熱量は第 15 表よりして

$$517.085 \times 178.48 \times 10^6 = 92290 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

酸化鉄の温度は 1313°C なるを以てその含有熱量は

$$6.257 \times 300 \times 10^6 = 1877 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

又廢瓦斯の比熱は前の如くして求むればその 1 立方メートルにつき 334.3 カロリーなり。由て

廢瓦斯が持ち去る熱量は計算に依りて求むる事を得。第 7 表に示す如く炉内温度は

610° なるが加熱噸数が毎時 25.2 噸なる際は此温度は高きに過ぎ、又炉内温度 610° なる

際は鋼片の加熱は作業以前よりの加熱なりしを考へ、廢瓦斯の温度を平均 300° に見做

し此際廢瓦斯の持ち去る熱量を計算するに

$$334.3 \times 5478 \times 24 \times 300 = 13430 \times 10^6 \text{ (カロリー)}$$

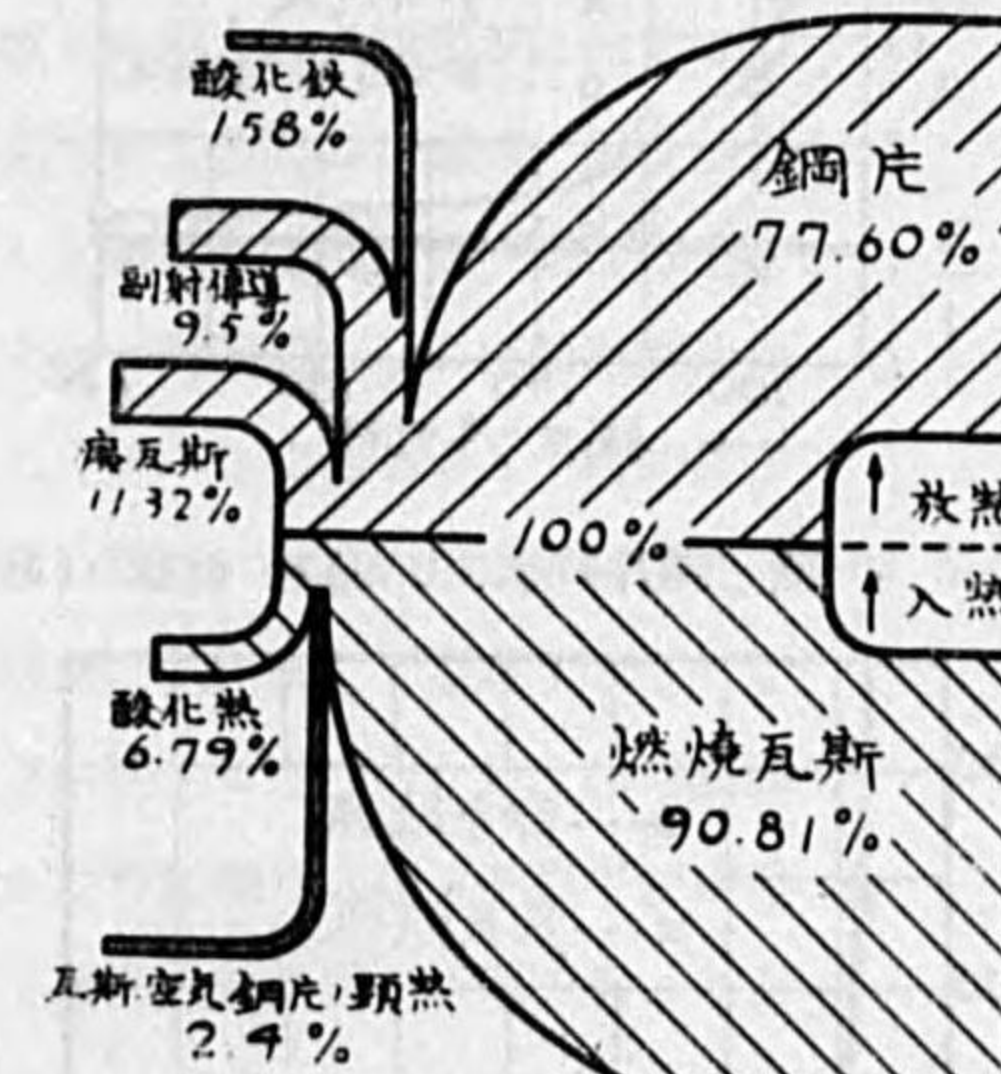
13430 × 10<sup>6</sup> カロリーとなる 今第 (6) 工場加熱炉の熱平衡を示せば第 23 表の如し。

第 23 表 第(6)工場加熱炉の熱平衡

| 熱 源       | 入                             | 熱        | 熱 源         | 放                            | 熱        |
|-----------|-------------------------------|----------|-------------|------------------------------|----------|
| 燃 燒 瓦 斯   | 107950 × 10 <sup>6</sup> カロリー | 90.81 %  | 加 熱 鋼 片     | 92290 × 10 <sup>6</sup> カロリー | 77.60 %  |
| 同 上 顯 熱   | 193.6 "                       | 0.16 "   | 酸 化 鉄 の 熱 量 | 1877 "                       | 1.58 "   |
| 空 氣 の 顯 熱 | 1808.5 "                      | 1.52 "   | 廢 瓦 斯       | 13430 "                      | 11.32 "  |
| 鋼 片 の 顯 熱 | 853.2 "                       | 0.72 "   | 輻 射 及 び 傳 導 | 11292 "                      | 9.50 "   |
| 酸 化 鉄     | 8083.3 "                      | 6.79 "   | 合 計         |                              | 100.00 " |
| 合 計       | 118888.6 "                    | 100.00 " |             |                              |          |

第 (7) 工場加熱炉に於てその實績よりして鋼片の持ち去る熱量は 74.5 %、廢瓦斯 18.7 %、輻射傳導による放熱は 6.8 % なる事可能たるを述べたるが、今第 (6) 工場加熱炉の場合に於ては 77.60 % なる熱能率を見る。輻射、廢瓦斯等より考察するに 77.60 % 前後は現今の状況に於ては先づ最高の能率を見るを得べし。此熱平衡を示せば第 26 圖の如し。

第 26 圖 第(6)工場加熱炉の熱平衡



5 燒 減 り

a 鋼片の厚さの燒減り

鋼片の厚さの加熱速度につきては著者が既に發表せる所にして加熱に際しては可及的鋼片の厚さを減ずるを以て最も有利なり。厚さ減れば二乗の速度にてその加熱時間は短縮せらるゝなり。今鋼片の炉中の速度を先に示せる燒減りその他と共に第 24 表を参照せり。

鋼片の厚さの炉中の速度並に燒減りを圖示すれば第 27~28 圖の如し。是に依れば鋼片の厚さ減れば炉中の速度は増

第 24 表 鋼片の速度その他

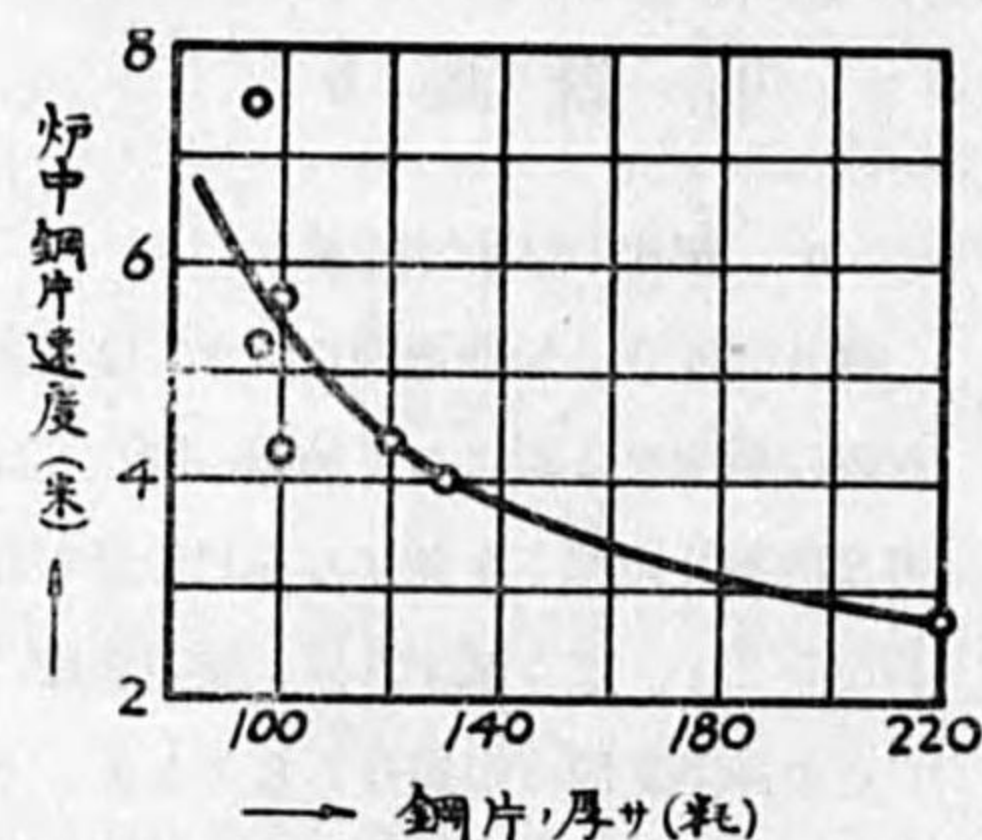
| 工 場 名         | (1)     | (2)  | (3)  | (4)  | (5)  | (6)   | (7)   | 平 均               |
|---------------|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------------------|
| 炉 中 速 度 (毎時米) | 2.75    | 4.35 | 5.67 | 4.22 | 4.03 | 7.48  | 5.21  | 4.82              |
| 表 面 積 (毎時平方米) | 39.0    | 49.9 | 71.0 | 56.8 | 89.8 | 143.5 | 122.8 |                   |
| 加 熱 噸 數 (毎 時) | 15.3    | 11.2 | 12.0 | 9.6  | 22.2 | 25.2  | 22.2  | 16.81             |
| 鋼 片 の 厚 さ (耗) | 230~210 | 120  | 100  | 100  | 130  | 96    | 96    |                   |
| 炉 内 燒 減 り (%) | 1.21    | 1.30 | 0.89 | 1.09 | 0.95 | 1.21  | 1.21  | 1.12 <sub>a</sub> |
| 壓 延 燒 減 り (%) | 0.07    | 0.81 | 1.65 | 1.64 | 0.35 | 2.44  | 2.19  |                   |
| 燒 減 り 合 計 (%) | 1.28    | 2.11 | 2.54 | 2.73 | 1.30 | 3.65  | 3.40  |                   |
| 炉 内 燒 減 り (噸) | 185     | 146  | 107  | 105  | 211  | 305   | 269   | 189               |
| 壓 延 燒 減 り (噸) | 11      | 91   | 198  | 157  | 78   | 615   | 486   |                   |
| 燒 減 り 合 計 (噸) | 196     | 237  | 305  | 262  | 289  | 920   | 755   |                   |

加し此曲線より分明する如く厚さの速度は厚さの加熱時間の場合の如く二乗の關係にあるを知らるべく著者の報告せる加熱速度の法則に洩れず、又その厚さ減れば燒減りの

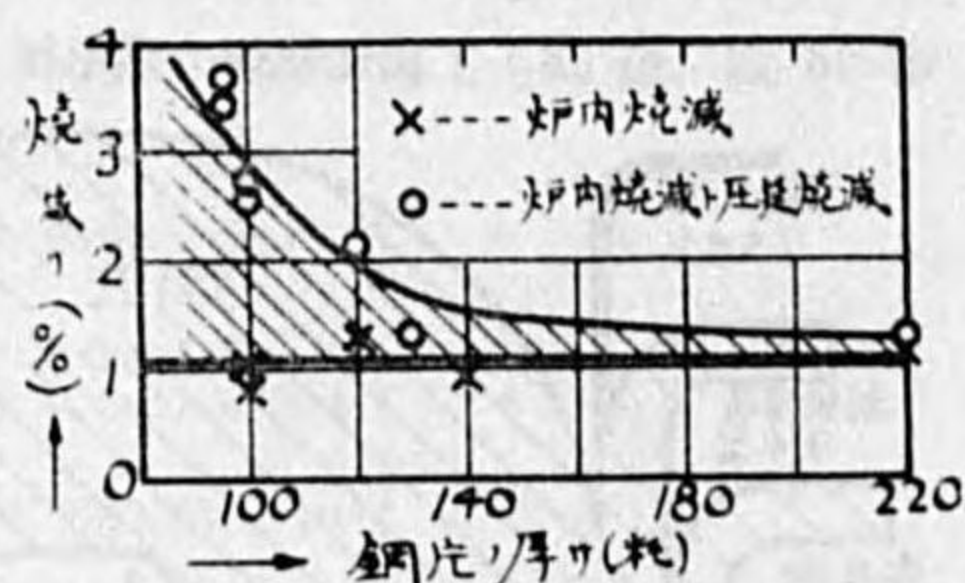
(1) 海野、製鉄研究、前掲。  
(2) 海野、製鉄研究所研究報告 8 (1929) No. 9. 萬國工業會議論文 (1929) No. 4.

全%は増加すれば其炉内焼減りの%は殆んど直線に近し。第 28 圖に於て兩曲線の間に挟まれたる距離に相當する%は即ち壓延中に於ける焼減りに相當す。炉内焼減りの%が殆んど直線に近き狀況を示すは鋼片の厚さ大なるものは其の加熱時間長きも容積に比して其の表面積小なるに、鋼片の厚さ小なるものは其の炉中時間短かきも容積に比して其の表面積大

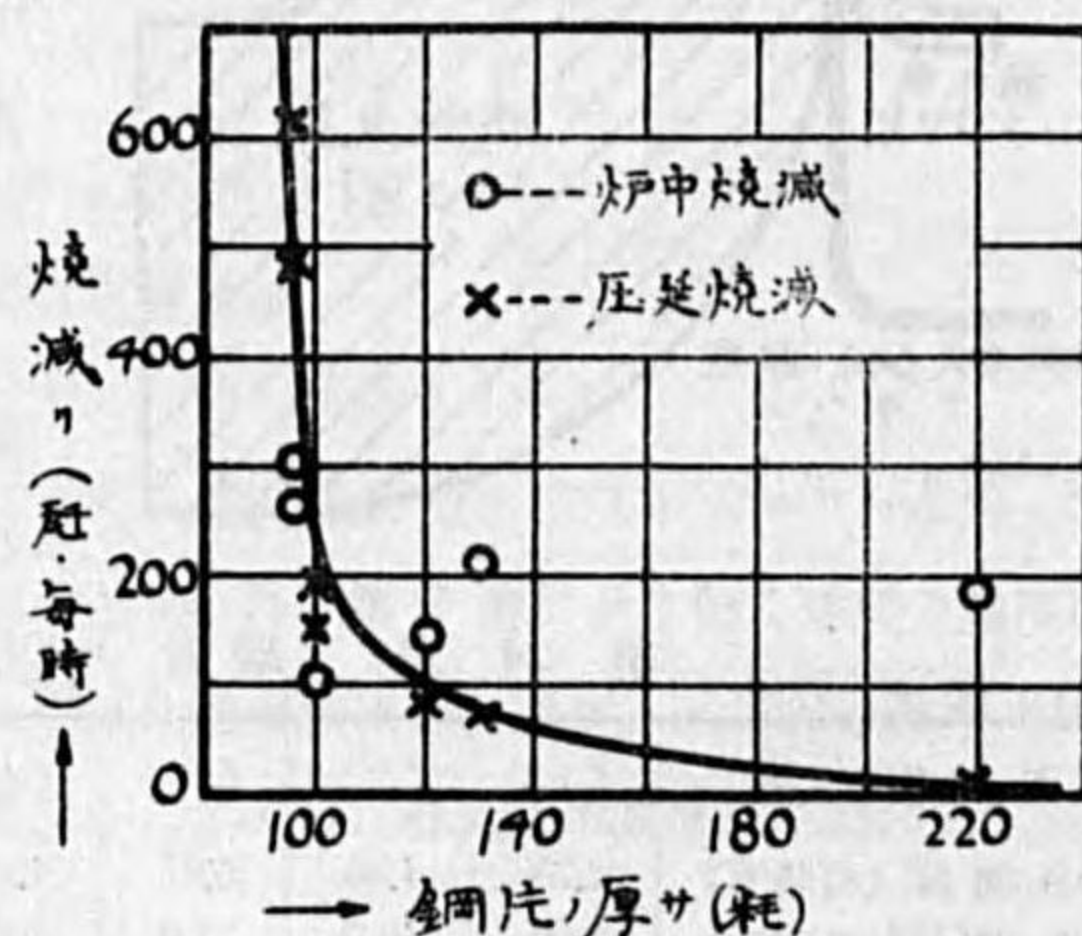
第 27 圖 鋼片の厚さニ炉内の速度



第 28 圖 鋼片の厚さニ焼減りの關係



第 29 圖 鋼片の厚さニ毎時の焼減り(匁)



なるに起因し是等兩者が均衡を保てる結果なりと考ふる事を得。炉内焼減りの%は殆んど相似たるものなるが其の焼減り量ニ壓延に依る焼減り量ニ鋼片の厚さを求むれば第 29 圖の如き曲線となり。厚さ減れば急激に壓延焼減りは増加す。即ち空中に於て空氣に晒さるゝ時間及び表面積の増加に依る現象と考へざるべからず。

b 表面積ニ焼減り

毎時の加熱表面積ニ炉内焼減りとの關係を示せば第 30 圖の如し。之に依れば炉内焼減りはその表面積に直線的に比例して増加する事を知る。此關係よりして毎時毎平方メートルが炉内にて生ずる焼減りの量を求むるに

$$\frac{315}{140} = 2.25 \text{ (匁)}$$

平均 2.25 匁の焼減りとなり酸化鉄としては 4.b によりて

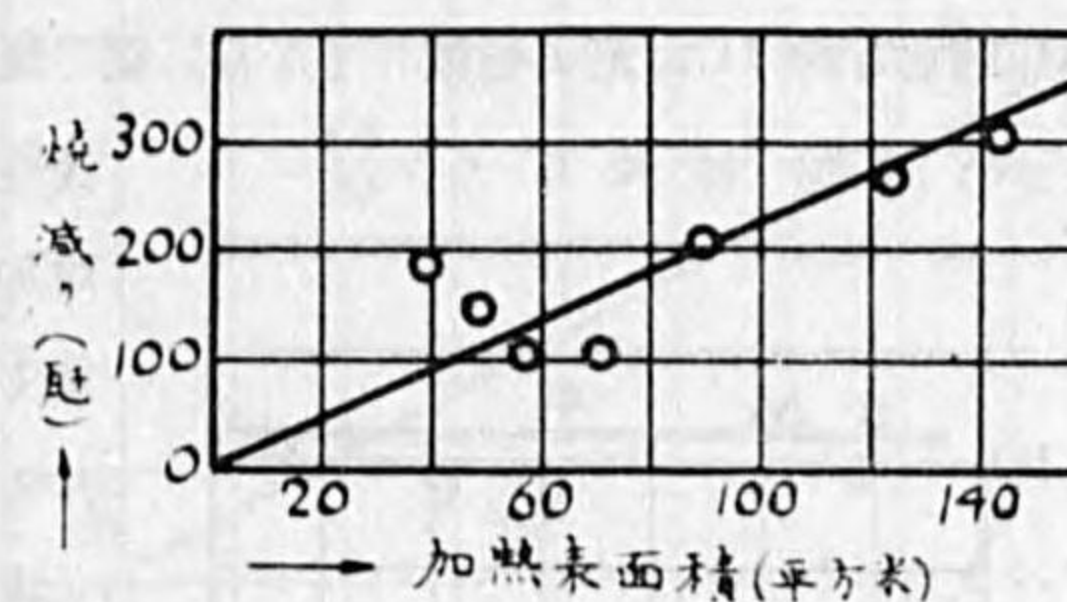
$$\frac{16.88 \times 2.25}{12.8} = 2.97 \text{ (匁)}$$

約 3 匁の酸化鉄を生ずる割合となる。此焼減りニ加熱表面積ニを示す關係に於て直線外

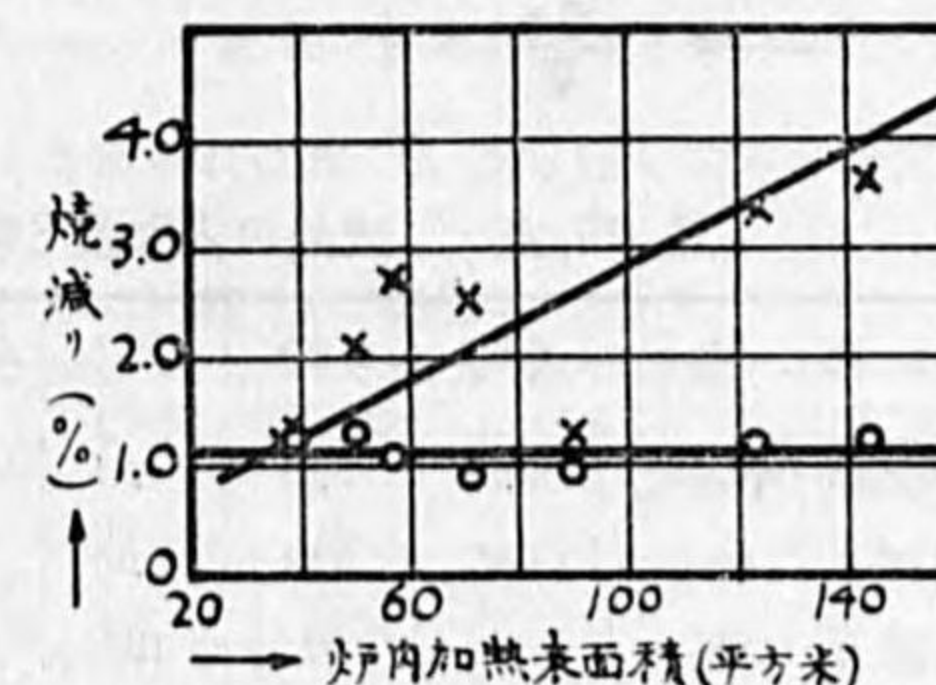
に逃れたる點は炉内燃焼の狀況、加熱溫度等に依りて生ぜる結果なるべし。

次に炉内加熱表面積ニ焼減りの割合を求むれば第 31 圖の如し。是に依れば焼減りの割合は表面積に殆んど無關係なるが如く夫れ等の平均として約 1.15 %を示す。元來炉内焼減りの割合は表面積零に於ては消失すべきものなるに第 31 圖に示す如く直線にして殆んど一定なる値を示すは、表面積小ならば加熱鋼片大にして炉中に保持せらるゝ時間長き爲めにして、酸化の現象は或程度迄は時間に正比例して進行するものなる事を明示するものなり。即ち表面積小ならば鋼片大なるを以て炉中保持の時間長く此長き時間の爲めに同

第 30 圖 毎時の表面積ニ焼減



第 31 圖 焼減りの割合ニ表面積

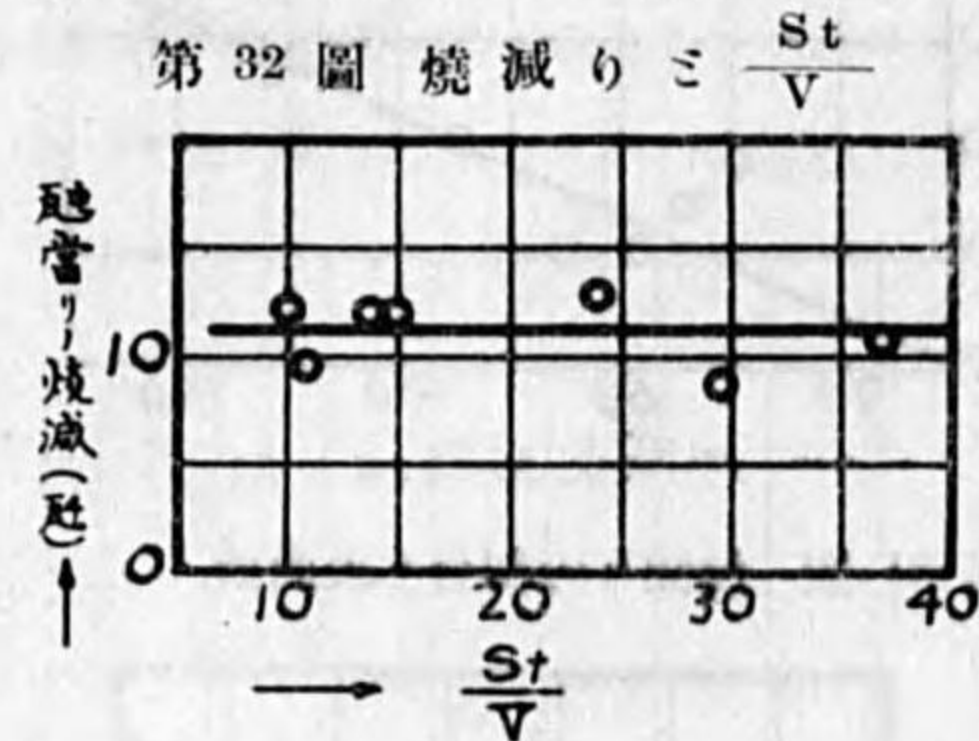


じ程度の焼減りを生ずるものも考へざるべからず。焼減りの合計を示せる關係は同圖面上に示せる如き傾斜をなす。即ち表面積の大なるものは壓延の焼減り大なるを示す。空中に晒さるゝ表面積増加せる必然の結果なりと考へざるべからず。尙上述せる炉内加熱表面積ニ焼減りとの關係を詳述せんに、鋼片一匁に於ける表面積ニ毎匁の加熱時間を求めて見ん。表面積を S, 匁数を V とせば  $\frac{S}{V}$  は匁當りの鋼片が炉内に晒す表面積となり。又各匁が炉内に保持せらるゝ時間を t とし此  $\frac{S}{V} \cdot t$  は匁當りの焼減りの重量を示せば第 25 表の如し。

第 25 表 焼減り  $\frac{St}{V}$

| 工場名                    | (1)  | (2)  | (3)   | (4)  | (5)   | (6)   | (7)   | 平均    |
|------------------------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{S}{V}$ (平方メートル) | 2.55 | 4.46 | 5.91  | 5.91 | 4.04  | 5.99  | 5.53  |       |
| t (分)                  | 3.92 | 5.36 | 5.0   | 6.25 | 2.7   | 2.38  | 2.7   |       |
| $\frac{St}{V}$         | 10.0 | 23.9 | 29.55 | 37.0 | 10.92 | 13.54 | 14.95 |       |
| 匁當りの焼減り(匁)             | 12.1 | 13.0 | 8.9   | 10.9 | 9.5   | 12.1  | 12.1  | 11.23 |

此關係を圖示すれば第 32 圖の如くなる。適當りの表面積とそれが炉内に晒さるゝ時間の相乗積はその焼減りに無關係なり。即ち加熱鋼片の大小に關せず焼減りは略一定にして加熱鋼片適當り約 11.23 疋の焼減りとなる。從て鋼片の小なるもの即ち厚さ小なれば加熱



速度大なるが故に厚さ小なる程加熱能力を増加し、此爲めに焼減りの量即ち割合は増加する事無きを知る。此點より考ふるも鋼片の厚さは可及的縮小するを得策す。

次に壓延作業中に於ける焼減り成品となれる後の表面積との關係を求むるに第 26 表の如し

第 26 表 成品の表面積と壓延焼減り(毎時)

| 工場名         | (1)  | (2)  | (3)  | (4)  | (5)  | (6)   | (7)   | 平均  |
|-------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-----|
| 成品の表面積(平方米) | 3.71 | 3.91 | 3.84 | 3.66 | 2.26 | 19.01 | 20.53 |     |
| 壓延焼減り(%)    | 0.07 | 0.81 | 1.65 | 1.64 | 0.35 | 2.44  | 2.19  |     |
| 同上焼減り(疋)    | 11   | 91   | 198  | 157  | 78   | 615   | 486   |     |
| 壓延時間(秒)     | 240  | 100  | 60   | 90   | 60   | 70    | 110   | 104 |

是に依れば成品の表面積増加するに従ひて壓延焼減りは漸次増加しその重量を増す。此表面積と壓延中の焼減りの重量を示せば第 33 圖の如くなる、此直線の傾斜よりして成品の表面積の平方米を増す毎に生ずる壓延中の焼減りを求むるに

$$\frac{555}{2000} = 0.277 \text{ (疋)}$$

約 0.277 疋となる。又毎時炉内に於ける 1 平方米より生ずる炉内焼減りは 5.6 に示す如く 2.97 疋なるを以て炉内及び壓延の焼減りの關係を求むるに

$$\text{炉内焼減り} : \text{壓延焼減り} = 2.97 : 0.277 = 10.71 : 1$$

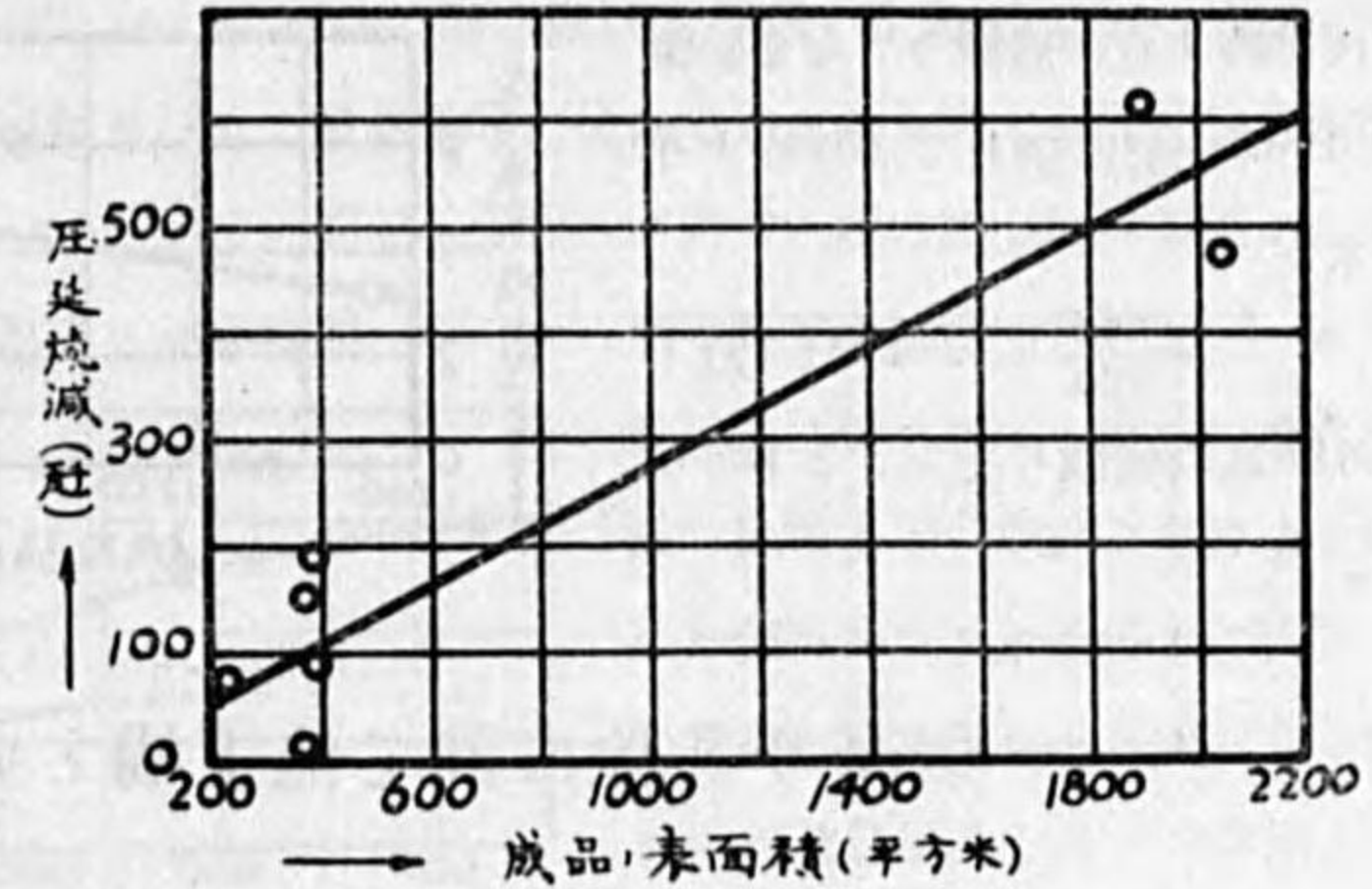
即ち 1 平方米を 1 時間炉中に晒すときの焼減り及び抽出より常温迄空中に毎時晒す場合に生ずる焼減りを比するに、炉中に於ては加熱鋼片の空中に於ける焼減りの約 11 倍となる。是に依れば炉中保持の時間を可及的短縮する方最も有利なるを知る。壓延焼減りはその壓延の時間には餘り影響せざるが如し、壓延は凡て相當高温に於て行はるゝが故に殆ん

述ぶるに止めたり。

第 33 圖 壓延焼減り成品の表面積

○ 焼減り温度

加熱炉内の温度高ければ從て鋼片の抽出温度は高く、温度高ければ又從て焼減りの量は増加すべきなり。今單位面積が毎時生ずる焼減りの量と各温度とを示せば第 27 表の如し。



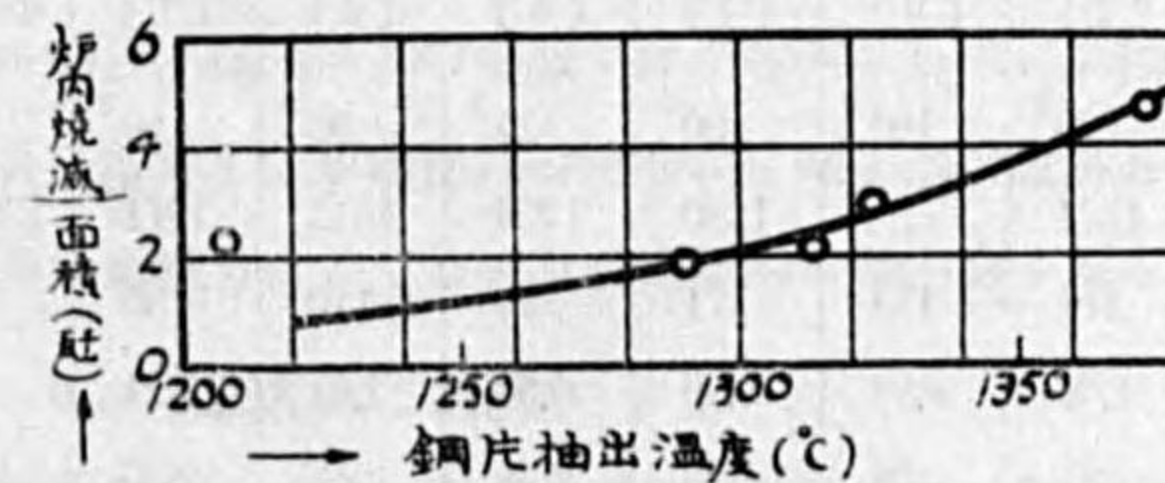
鋼片の炉内に於ける表面

積 1 平方米が毎時生ずべき焼減り温度を求むれば第 34 圖の如くなる。是に依れば加

第 27 表 焼減り温度(毎時)

| 工場名        | (1)  | (2)  | (3)  | (4)  | (5)  | (6)   | (7)   |
|------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 表面積(平方米)   | 39.0 | 49.9 | 71.0 | 56.8 | 89.8 | 143.5 | 122.8 |
| 炉内焼減り(疋)   | 185  | 146  | 107  | 105  | 211  | 305   | 269   |
| 壓延焼減り(疋)   | 11   | 91   | 198  | 157  | 78   | 615   | 486   |
| 炉焼/面積      | 4.73 | 2.93 | 1.51 | 1.85 | 2.35 | 2.12  | 2.19  |
| 壓延/成品の面積   | 0.03 | 0.23 | 0.52 | 0.44 | 0.35 | 0.32  | 0.24  |
| 全焼減り/面積    | 5.02 | 4.76 | 4.30 | 4.61 | 3.22 | 6.40  | 6.15  |
| 炉内最高温度(°C) | 1399 | 1380 |      | 1370 | 1310 | 1379  |       |
| 抽出温度(°C)   | 1373 | 1324 |      | 1290 | 1208 | 1313  |       |
| 炉内平均温度(°C) | 1011 | 1012 |      | 993  | 829  | 1012  |       |

第 34 圖 炉内焼減り鋼片の温度



熱鋼片の温度上昇と共に焼減りは増加するの傾向を認めらる。又全焼減り鋼片抽出温度との關係を求むるに第 35 圖の如し。此場合に於ても同様に温度高ければ總じて焼減りの全量は増加する傾向を

認めらる。その割合を求むるに

$$\frac{160}{5.74 - 3.68} = 59.7 \text{ (°C)}$$

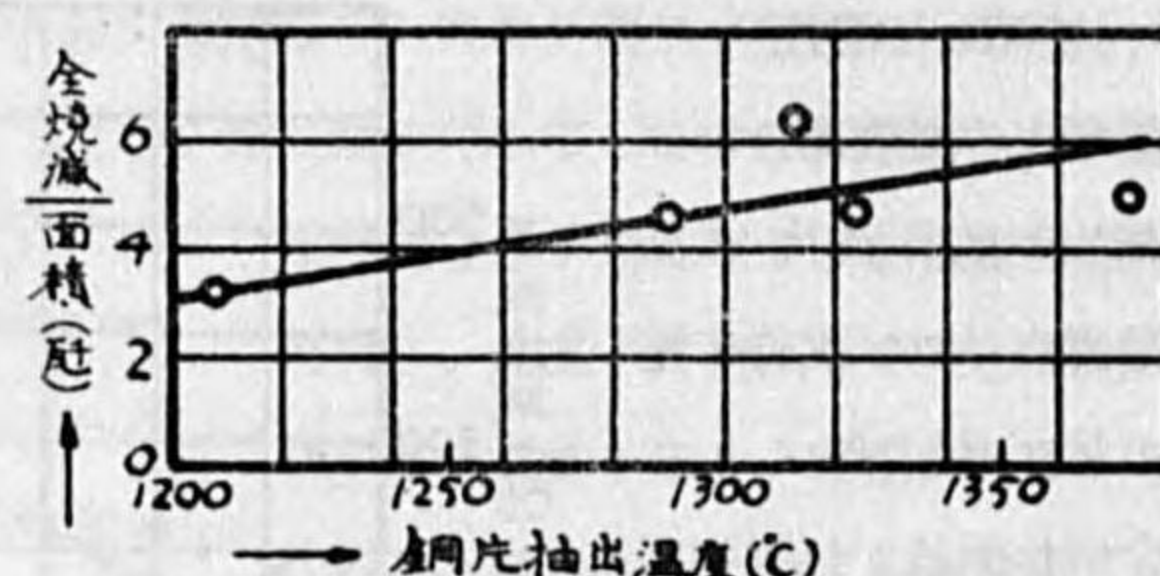


即ち1平方米が温度約60°上昇すれば毎時1疋の焼減りとなる。温度1°の上昇に依りては毎時1平方米が

$$\frac{2.68}{160} = 0.017 \text{ (疋)}$$

0.017疋の焼減りを生ずる事となる。

第35圖 全焼減り鋼片の温度



### 6 焼減り其他に就て他工場との比較

#### a 鋼片の厚さ加熱時間

Fritz Wesemann<sup>(1)</sup>が報ぜる結果中鋼片の厚さ、抽出温度、加熱時間その他以上述べられる各工場の場合を茲に集むれば第28表の如し。加熱時間は加熱せらるゝ鋼片の炉中に保持せらるゝ時間を云ふ。番號1~12は獨逸の工場にして(1)~(7)は我國の工場なり。

第28表 彼我の比較

| 番 號                        | 1       | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9       |
|----------------------------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|
| 厚 さ(耗)                     | 293×303 | 295 <sup>2</sup> | 185 <sup>2</sup> | 280 <sup>2</sup> | 250 <sup>2</sup> | 225 <sup>2</sup> | 163 <sup>2</sup> | 167 <sup>2</sup> | 180×158 |
| 抽出温度(°C)                   | 1300    | 1326             | 1248             | 1227             | 1309             | 1306             | 1298             | 1310             | 1240    |
| 加熱時間(分)                    | 470     | 438              | 334              | 347              | 285              | 246              | 138              | 200              | 128     |
| 焼 減 り(%)                   | 2.54    | 2.25             | 1.47             | 1.41             | 1.08             | 1.05             | 1.75             | 2.14             | 0.64    |
| 焼減り kg/m <sup>2</sup>      | 13.07   | 10.91            | 5.15             | 6.05             | 4.40             | 4.10             | 4.73             | 6.12             | 1.69    |
| m <sup>2</sup> /t (相當りの面積) | 1.90    | 2.07             | 2.86             | 2.35             | 2.47             | 2.46             | 3.69             | 3.59             | 3.73    |

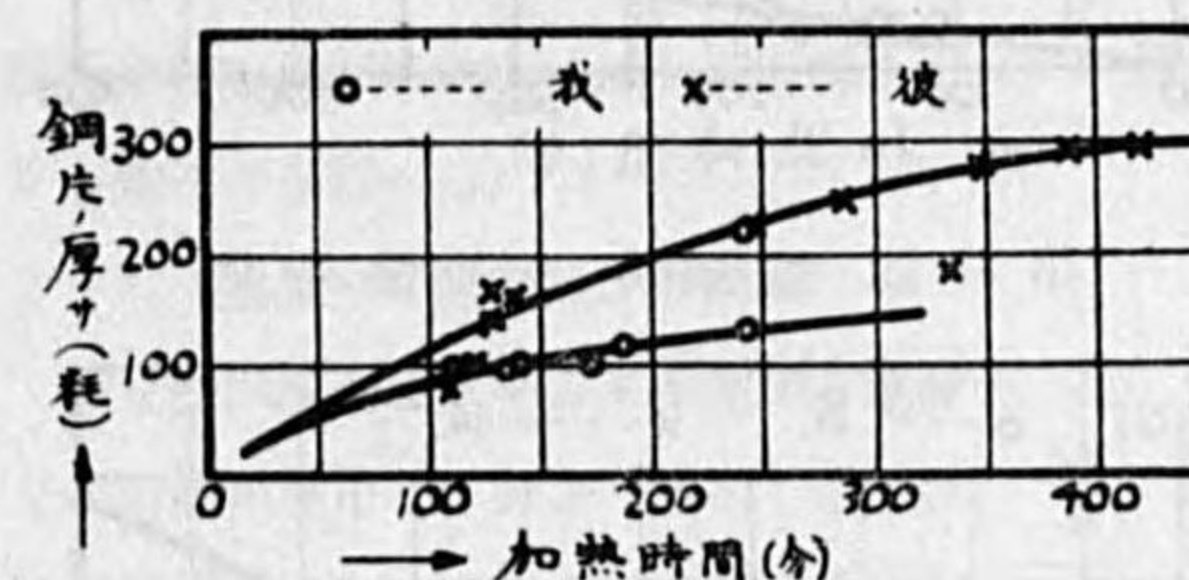
  

| 10               | 11               | 12              | 平均   | (1)     | (2)              | (3)              | (4)              | (5)              | (6)             | (7)                 | 平均   |
|------------------|------------------|-----------------|------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|------|
| 100 <sup>2</sup> | 134 <sup>2</sup> | 80 <sup>2</sup> |      | 230×210 | 120 <sup>2</sup> | 100 <sup>2</sup> | 100 <sup>2</sup> | 130 <sup>2</sup> | 96 <sup>2</sup> | 96 <sup>2</sup>     |      |
| 1250             | 1230             | 1180            | 1268 | 1373    | 1324             |                  | 1290             | 1208             | 1313            | 1271 <sup>(2)</sup> | 1302 |
| 120              | 128              | 110             |      | 240     | 186              | 139              | 171              | 240              | 110             | 135                 |      |
| 0.76             | 0.80             | 0.88            |      | 1.21    | 1.30             | 0.89             | 1.09             | 0.95             | 1.21            | 1.21                |      |
| 1.36             | 1.99             | 1.31            | 5.07 | 4.75    | 2.91             | 1.56             | 1.92             | 2.38             | 2.17            | 2.20                | 2.56 |
| 5.31             | 4.04             | 6.74            | 3.43 | 2.55    | 4.45             | 5.69             | 5.69             | 3.98             | 5.60            | 5.50                | 4.78 |

(1) Stahl u. Eisen, 55 (1935), 33. (2) 海野、製鉄研究 149 (1936) 13.

鋼片の厚さ加熱時間との關係は既に著者の報ぜる所にして鋼片の厚さを x, 加熱時間を t とすれば此 x と t との間には  $x^2 = kt$  なる關係の成立する事を知れり。茲に k なる定数は炉の構造、燃料の種類及びその發熱量等に依りて定まるものなり。今彼我の鋼片につき第28表によりて此 x と t との關係を求むれば第36圖の如く何れも明かに著

第36圖 鋼片の厚さ加熱時間



者の報ぜる法則に合致するを見る。是に依れば同一厚さの鋼片に於ては我工場に於けるものは一般に加熱時間長く加熱効果は彼等の平均値よりも低し、是適當の消費燃料及び鋼片の長さの相違より來る結果を考へざるべからず。消

費熱量は報告なきを以て比較する事を得ず、されど(1)の場合には第36圖の上部曲線上來り加熱効果の相當顯著なるを示す。是過剰の浸入空氣なく燃焼に依りての炉内の温度上昇を妨ぐるものなきがその主なる原因なるべし。一般に加熱時間の短縮せる結果は主として彼にありては加熱温度低きが故なりを考へらる。即ち我工場の加熱鋼片の温度は彼に比して一般に高く第28表に示す如く平均34°Cの高温にあり。加熱時間と温度上昇の割合は始めは時間に正比例して上昇するも相當高温に達すれば加熱時間増加すもその割合に温度は上昇せず。高温に於ける20~30°の温度上昇には相當長時間炉内に保たざるべからざるものなり。從て第36圖に示せる二次曲線は彼の下方に來る事當然なりを考へらる。(1)及び1の場合を見るに温度に於て67°の差あり。加熱時間その他は相似たるも焼減りに於ては1.21%及び1.05%となり温度高きに從てその焼減りは多し。されど温度高き割合には後に示す第40圖よりして分明する如く(1)の場合には焼減りは小なり。

(5)及び11の場合を見るに抽出温度は彼にありては多少高きも加熱時間は約半分なり。その割合には(5)の焼減りは左程大ならず、是抽出温度の影響大なるを思はしむ。一般に我にありては炉内保持の時間長く從て抽出温度高きが故に同じ大きさの鋼片にありては夫れ等の焼減りに於て彼よりも稍増加の傾向存するなり。

#### b. 加熱時間と焼減り

加熱温度その他を考慮せず單に加熱時間と單位面積の生ずる焼減り即ち1平方米につき加熱時間によりて生ずる焼減りを第28表より求むるに第37圖の如し。單位面積の生ず

(1) 海野、製鉄研究所研究報告 8 (1929) No. 9

る焼減りの量を X, 時間を T  
とすれば此關係は同圖よりし  
て明かに

$$X = K T^2$$

にて表はさる。即ち加熱時間  
の増加は焼減りをして二乗の  
割合を以て増加せしむるもの  
なる事を知る。彼に於ては曲  
線より著しく脱せる點あるを  
認め、是等は鋼片の大きさに比  
して比較的加熱時間長く爲めに  
過熱せられる結果なりと考  
へらる。その他は彼我共に殆  
んど同一線上に來れり。此實

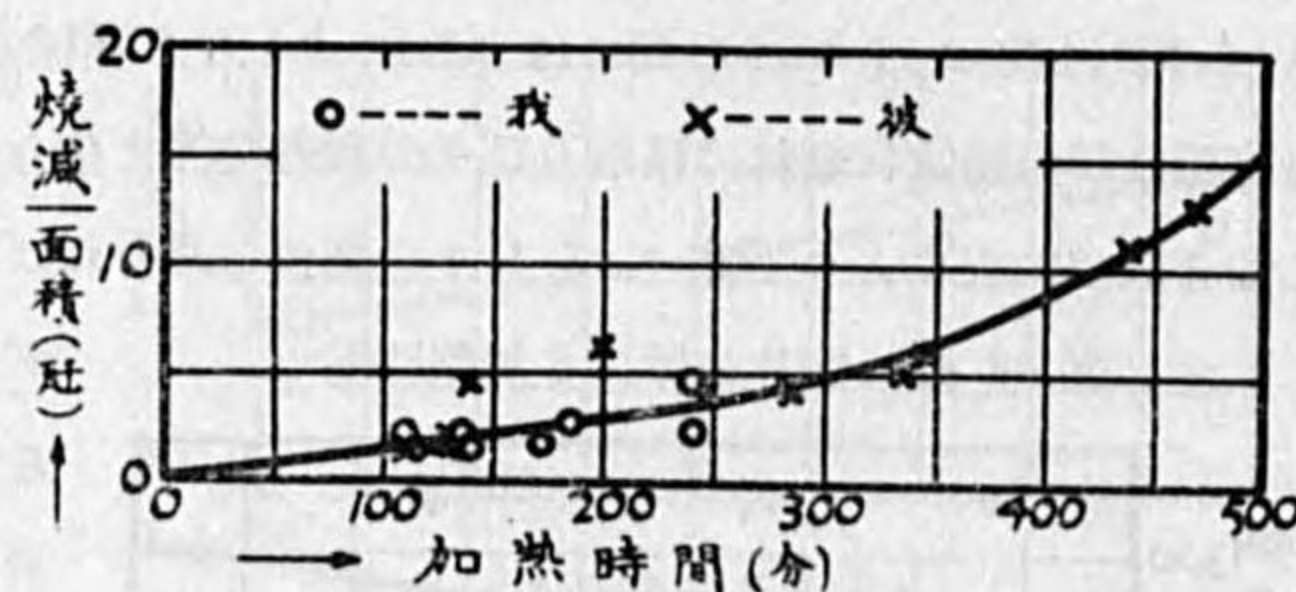
驗的曲線よりして上記の定數 K を求むるに約  $6.15 \times 10^{-5}$  なる。即ち

$$X = 6.15 \times 10^{-5} T^2$$

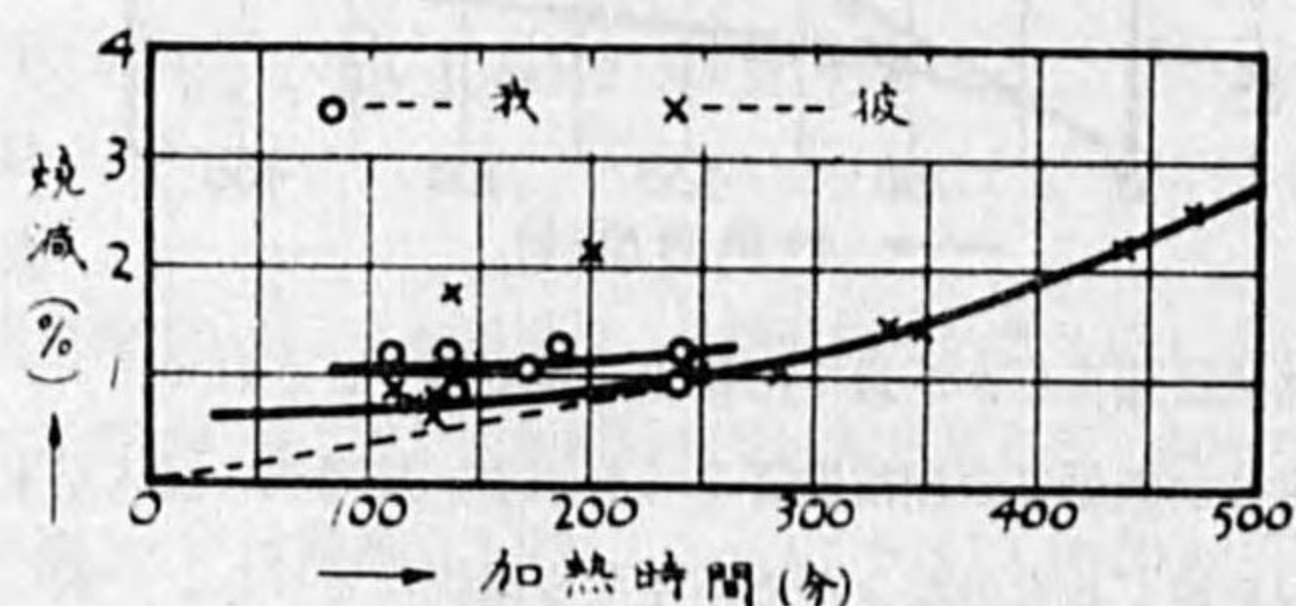
是よりして加熱時間を知れば逆に加熱表面積 1 平方メートルにつき焼減りに依りて失ふ重量を知り得。但此際の加熱時間は分にして重量は匁にして表はさるゝなり。加熱時間 150 分以下にありては上記の定數は多少増加す。是材料の大きさに比して加熱時間は一般に長き結果なりとす。

次に焼減りを % にて表はし加熱時間との關係を示せば第 38 圖の如くなり曲線の形は殆んど第 37 圖に似る。此結果を考ふるに焼減り加熱時間の關係を表はす曲線は共に零點を通過すべきものなるに事實は彼は 0.5 % 附近を我は 1 % 附近を加熱時間零に於て通過せんとする傾向を示せり。點線にて示す如き曲線上に來るべきものなれ共一般に加熱鋼片の小なる割合に加熱時間長きが故に上記の如き曲線状を呈するなり。又我が點が彼の上位にあるは彼より鋼片の重量小なる割合に表面積は大にして過熱時間長く且つ加熱温度比較的高き結果ならざるべからず。此點より考ふるに加熱時間 250 分以下の場合に於ては可及的材料を長くし過熱を避け加熱温度を低下せしむる事最も必要なるべし。總じて彼我共に過熱の傾向あるを認めらる。尙上式より判明する如く加熱時間の延長は焼減りを増加せしむるがその場合を見るに

第 37 圖 焼減り加熱時間



第 38 圖 焼減り加熱時間



$$\frac{dX}{dT} = 2kT$$

之より  $\frac{dX}{dT}$  即ち加熱時間増加するに  
従て焼減りが如何に増加するかを求むる  
に第 39 圖に示す如く時間の増加と共に  
その焼減りは直線的に増加す。之より加  
熱時間の増加が如何に焼減りに影響する  
かを知る事を得べし。

○ 焼減り温度及び表面積

鋼片抽出温度に 1 平方メートルが生ずる焼減りとの關係を第 28 表より求めて示せば第 40 圖の如し。我が 6 工場の結果は同一曲線上に來るも彼にありては曲線より外れたる點の甚だ多きを見る、而して同一温度に於ては常に彼の焼減りは大にして 1300°C に於ける我が 2.25 匁に對し

5.75 匁の焼減りを生ぜり。曲線より甚だしく上方に位置する點は焼減りの大なるものなり。即ち温度同一にして焼減りの大なるは炉中に晒されたる時間の餘りに長きと應當り表面積等に起因するものと考へらる。又第 28 表の加熱温度の平均値は彼は我より約 3°C 低きにかゝらず却て焼減りの多きは鋼片大にして加熱時間の比較的長きがその大なる原因ならざるかと考へらる。此際に於ても焼減りを X, 温度を t とすれば焼減り温度との關係は

$$X = kt^2$$

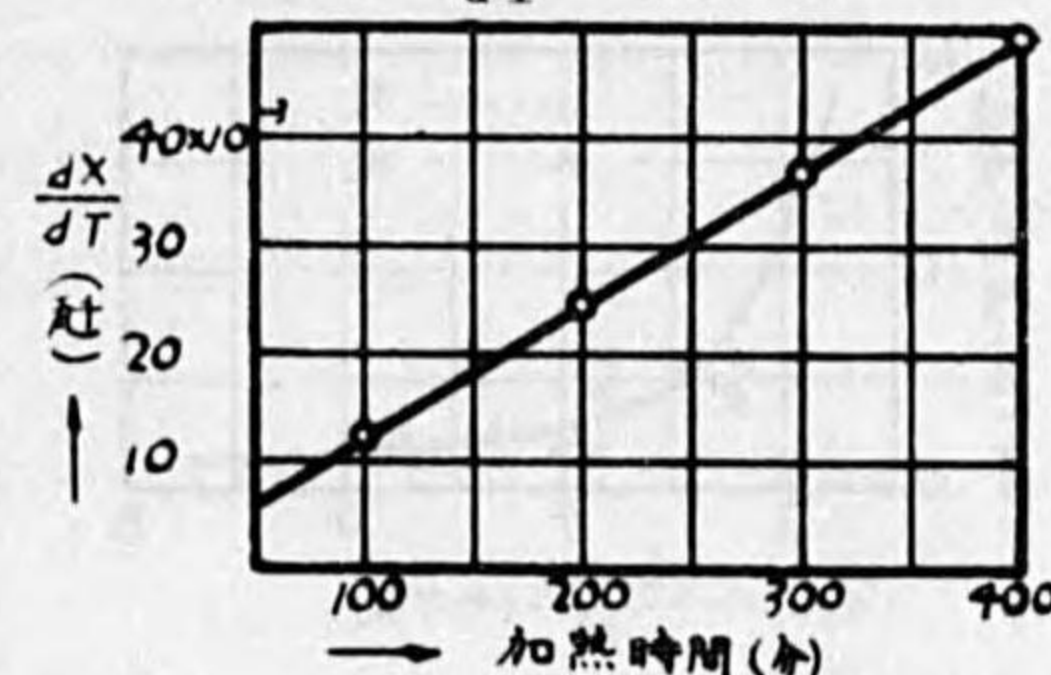
を以て表はさる。茲に k なる定數は加熱時間、應當り表面積その他燃料等に依りて定まるものなり。

次に此單位面積より失はるゝ焼減り應當り表面積との關係を追求せんに第 28 表よりして是等の關係を求むれば第 41 圖の如し。是に依れば應當りの表面積が増加すれば焼減りは順次減少し、又表面積が減少すれば即ち鋼片が増大すれば單位面積の焼減りは増加す。此關係は次の如き式を以て表はさる。

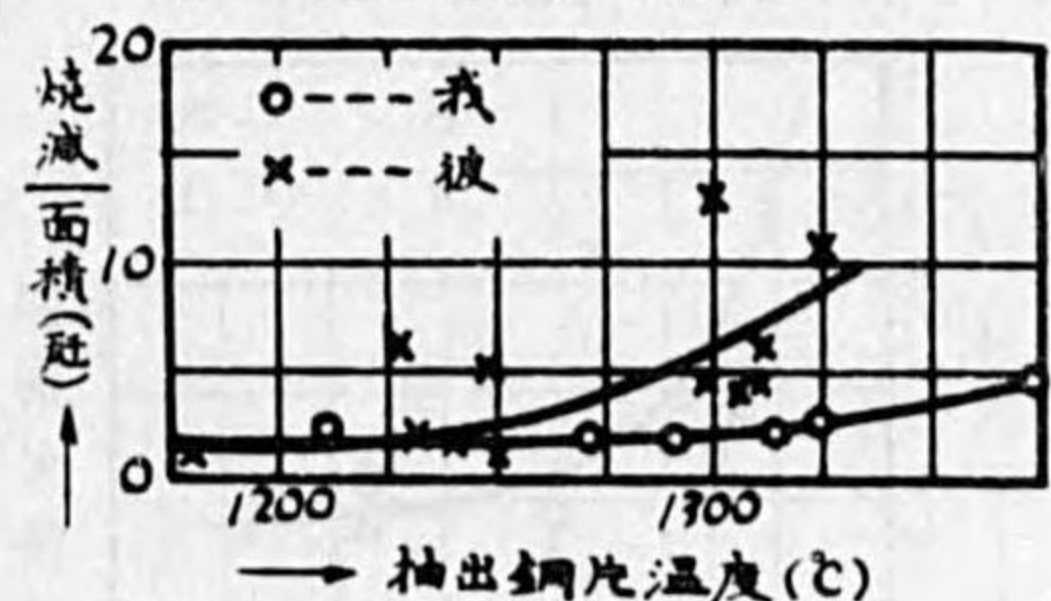
$$\frac{\text{燒 減}}{\text{面 積}} \cdot \frac{\text{面 積}}{\text{應}} = \text{定 數}$$

即ち双曲線的一方を以て表はさるゝ事なる。同圖上彼我の各點を見るに我に於ては曲線に甚だ接近せるに彼は可なり脱線を見る。加熱時間と鋼片の厚さは前述せる如く二乗

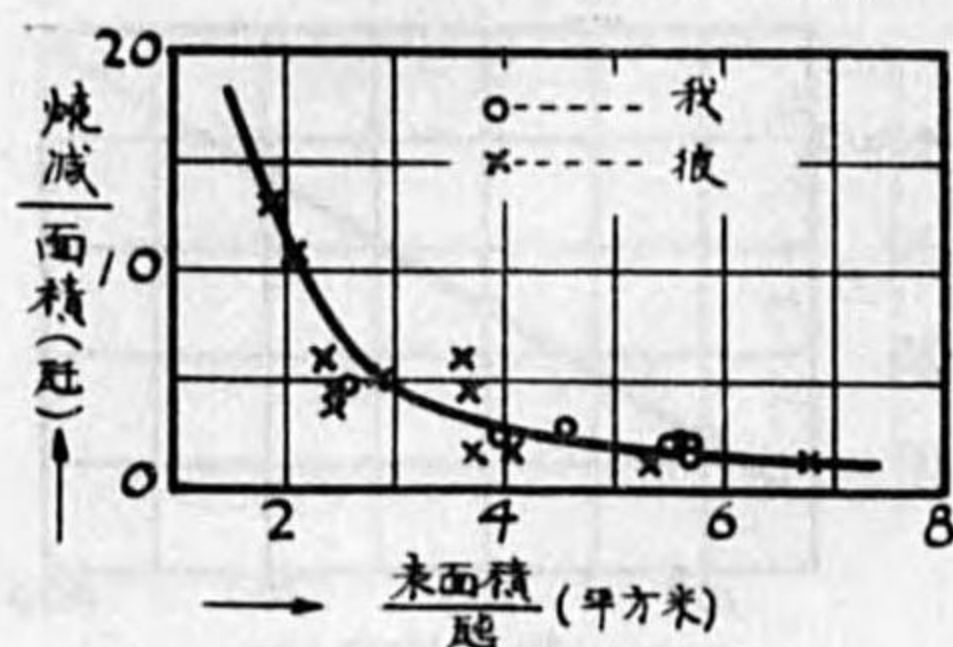
第 39 圖  $\frac{dX}{dT}$  加熱時間



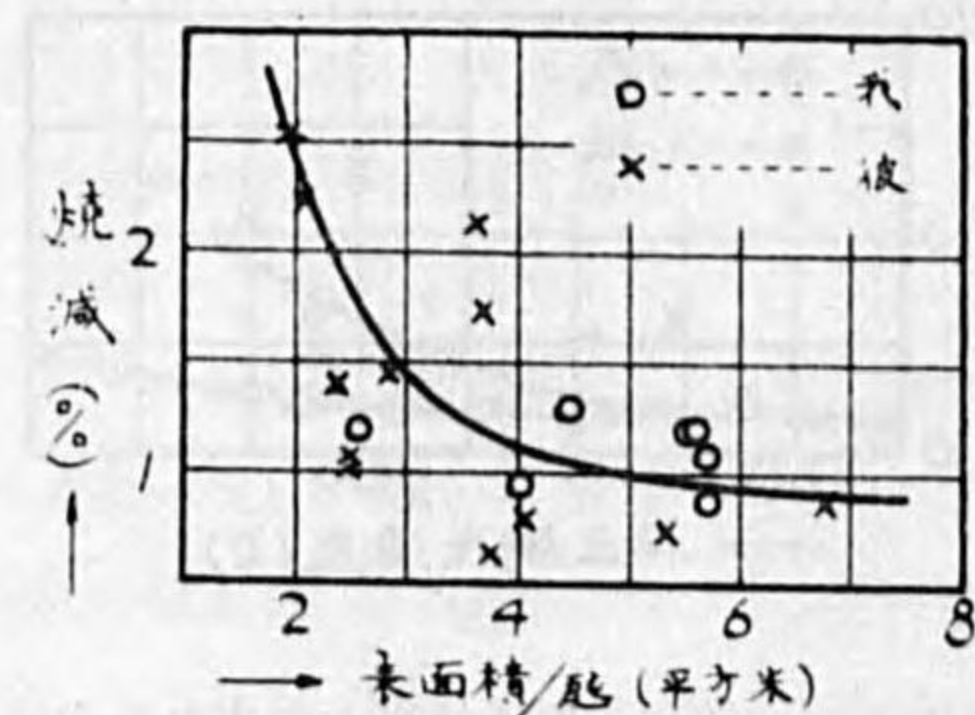
第 40 圖 焼減り温度



第 41 圖 聴當りの表面積と焼減



第 42 圖 聴當りの表面積と焼減 (%)



の焼減りは減少し反対の場合は聴當りの表面積は小なるも加熱時間の延長よりして生ずる焼減りは大なる事を知る。

の關係にあるを以て焼減りも亦二次曲線を以て表はさるゝ結果なるは當然なりとす。聴當りの表面積の大なるもの即ち鋼片薄ければ加熱時間は二乗の割合を以て減少するが故に同一表面よりの焼減りは急に減少するの道理なり。此曲線より外れる點の多きは鋼片の厚さ加熱時間との關係を究めず厚さに無關係に加熱を行ひつゝある證據をも云ひ得べし。即ち彼にありては適當なる加熱時間を採用せざる工場多きを示すものなり。

第 28 表に示せる焼減りの%と聴當りの表面積との關係を求むれば第 42 圖なる。是によれば聴當りの表面積増加すれば焼減りの%は減少す。此點より考ふるも鋼片加熱に際しては可及的厚さを減ずればそ

昭和十二年四月廿一日印刷  
昭和十二年四月廿八日發行

(非賣品)

編輯兼發行者 日本製鐵株式會社八幡製鐵所

福岡縣八幡市大字枝光八百十四番地ノ一

印刷者 日本製鐵株式會社八幡製鐵所 三 由 信 彦

福岡縣八幡市大字枝光二千五十一番地ノ四



AERONAUTICAL RESEARCH INSTITUTE,  
LIBRARY

Presented by

日本製鉄株式会社八幡製鐵所研究所

福岡縣八幡市

14.5-131



\*1200600208877\*

14.5  
31

終