

## 鎔鑛爐用骸炭の灰分と燃料價值との關係

(日本鐵鋼協會第五回講演大會講演)

帆 足 有 志 夫

ON THE VALUATION OF COKES USED IN IRON BLAST FURNACES.

BY USHIO HOASHI

For valuation of cokes, the author determined theoretically the influences of ash content upon the coke equivalent, which means the coke amount to get 100 kg. available carbon, and the flux quantity required. These relations were both represented in hyperbolic curves. Assuming the prices of standard coke, for example ashless coke, and limestone and its handling expenses, the cokes of various ash contents were valued from the above relations. The genuine price of coke thus found formed also a hyperbolic relation with ash content, but it was approximately considered to be a straight line within an actual range of practice. In the example treated here, the rise of coke's value was 40 sen per 1 % decrease of ash.

Now, the rise of price of cleaned coal due to ash decrease was calculated by Chapman's formula, and it differed according to the nature of coal.

Inspecting these two rises we are able to get the most economical range of coal washing. The author treated here a few examples on this point.

### I. 緒 言

近代、鎔鑛爐作業の發達と共に骸炭の問題も著く重要になつて來た。近代の鎔鑛爐の一般的趨勢として爐の生産能力は高まり燃料消費高も漸次低下しつゝある。而して骸炭の灰分と燃料價值との關係に就ては從來屢々論ぜられた所であるが、その多くは特定の骸炭であるか若くは灰分が小範圍に變化する場合のものに止まつて居る。著者は最近、内外の骸炭試料、數十種を手に入れたので、之等種々異なる成分の灰につき、之の分量と燃料價值との廣範圍に亘る關係を求め之を方程式によつて表す事を得た。此の關係式を用ふる事により鎔鑛爐用各種骸炭の價值を比較し、その灰分の減少に伴ふ燃料價值の上昇を求むる事が出来る。

即ち之に依て原料石炭の洗炭作業に於ける經濟的範圍を定め且つ骸炭價格の決定に重要な根據の一つを與へ得る事と信ずる。

### II. 骸炭當量の計算

骸炭當量とは Osann<sup>(1)</sup> の所謂 Wertziffer に相當するものであつて有效炭素量 100kg に對する骸炭量を云ふものである。(但し其計算方法は Osann のものに多少變更を加へた) 此に有效炭素量とは骸炭の固定炭素量より骸炭自身に消費せらるゝ損失の炭素量を減じたものである。

計算に對する假定

(1) 鑛滓に於る  $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{51}{49}$

(2) 添加すべき石灰石量は上記の比に相當するものゝ外に硫黄を CaS の形に變へる爲の CaO をも必要とする。

(3) 石灰石に就ては

有效鹽基物 50%

CO<sub>2</sub> 43%

鑛滓を形成する部分 57%

(4) 損失炭素量 Osann<sup>(2)</sup>によれば、

1 kg 鑛滓を熔解するに要する熱量 = 500 Cal

1 kg CO<sub>2</sub> を石灰石より發生せしむるに要する  
熱量 = 943 Cal.

周圍及び爐頂への熱損失 = 40% (所要熱量  
に對して)

爐内に於て 1 kg 炭素の燃焼による發熱量  
= 3,300 Cal. (但し CO への燃焼)

然る時は損失炭素量は次の如し。

1 kg 鑛滓に對して、 $\frac{500}{3,300} \times 1.4 = 0.21 \text{ kgC}$

1 kg CO<sub>2</sub> に對して、 $\frac{943}{3,300} \times 1.4 = 0.40 \text{ kgC}$

今、計算の一例を次に掲げる。

骸炭 100 kg につき

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{53 \cdot 21 + 29 \cdot 62}{100 \cdot 82} \times 15 \cdot 82 = 13 \cdot 00 \text{ kg}$

S = 0.41 kg

$\text{CaO} + \text{MgO} = \frac{4 \cdot 60 + 1 \cdot 61}{100 \cdot 82} \times 15 \cdot 82 = 0 \cdot 97 \text{ kg}$

所要鹽基物、

$13 \cdot 00 \times 51/49 = 13 \cdot 52$  (酸性物に對し)

$0 \cdot 41 \times 56/32 = 0 \cdot 72$  (硫黄に對し)

$13 \cdot 52 + 0 \cdot 72 = 14 \cdot 24$      $14 \cdot 24 - 0 \cdot 97 = 13 \cdot 27$

所要石灰石量 =  $13 \cdot 27 / 0 \cdot 5 = 26 \cdot 54 \text{ kg}$

石灰石中の CO<sub>2</sub> =  $26 \cdot 54 \times 0 \cdot 43 = 11 \cdot 40 \text{ kg}$

鑛滓量

灰より來るもの =  $13 \cdot 00 + 0 \cdot 41 + 0 \cdot 97 = 14 \cdot 38 \text{ kg}$

石灰石 " =  $26 \cdot 54 - 11 \cdot 40 = 15 \cdot 14 \text{ kg}$

鑛滓量合計 =  $14 \cdot 38 + 15 \cdot 14 = 29 \cdot 52 \text{ kg}$

損失炭素量

CO<sub>2</sub> 發生の爲 =  $0 \cdot 40 \times 11 \cdot 40 = 4 \cdot 56 \text{ kg}$

鑛滓熔解の爲 =  $0 \cdot 21 \times 29 \cdot 52 = 6 \cdot 20 \text{ kg}$

全損失炭素量 =  $4 \cdot 56 + 6 \cdot 20 = 10 \cdot 76 \text{ kg}$

故に 有效炭素量 =  $83 \cdot 09 - 10 \cdot 76 = 72 \cdot 33 \text{ kg}$

骸炭當量 =  $\frac{100}{72 \cdot 33} \times 100 = 138 \cdot 2 \text{ kg}$

第 1 表は本邦各種骸炭の當量を示し、第 2 表は外國骸炭に對するものである。

| 骸炭成分  |       |      | 灰の成分             |                                |                                |      |      |                               |                 |        |
|-------|-------|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------------------|-----------------|--------|
| FeC   | 灰     | S    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | 計      |
| 83.09 | 15.82 | 0.41 | 53.21            | 29.62                          | 8.76                           | 4.60 | 1.61 | 1.17                          | 1.85            | 100.82 |

### III. 骸炭當量の一般式

上記の如く計算して得たる骸炭當量と灰分との關係は次の如き双曲線の方程式を以て示すことが出来る。

$xy_c + ax + by_c + c = 0$

此の中  $x$  …… 灰分(%)

$y_c$  …… 骸炭當量(kg)

$a, b, c, \dots$  常數

$x=0$  の時の  $y_c$  は次の如くして求める。此の場合

には揮發分と硫黄とを除いたる残りは全部固定

炭素と考へて差支へがない。今全試料につき揮發分、硫黄、灰分の平均値を求むれば、

|      |      |       |
|------|------|-------|
| 揮發分  | 硫黄   | 灰分    |
| 1.16 | 0.74 | 16.11 |

灰分=0の場合に換算すれば、

|      |      |       |
|------|------|-------|
| 揮發分  | 硫黄   | 固定炭素  |
| 1.38 | 0.88 | 97.74 |

故に此の場合の骸炭當量 = 103.5 kg

此の  $x=0$  の時の條件を考慮に入れて  $a, b, c$  を定むれば、

$$a = -32.90; \quad b = -48.20; \quad c = 4990$$

即ち、

$$\left. \begin{aligned} xy_c - 32.90x - 48.20y_c + 4990 &= 0 \\ \text{又は } y_c &= \frac{4990 - 32.90x}{48.20 - x} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

第1圖に示す曲線は此の式より求めたるもので實際の値とよく一致することを知る。只外國骸炭中二三此の曲線より可なりに外れて居るが、之等は揮發分の特に高いものである。

#### IV. 石灰石所要量

石灰石所要量と灰分との關係も大體に於て次の如き双曲線を以て表すことが出来る。

$$xy_f + \alpha x + \beta y_f + \gamma = 0$$

此の中  $x \dots$  灰分(%)

$y_f \dots$  石灰石量 (骸炭 100 kg 當 kg)

$\alpha, \beta, \gamma \dots$  常數

$x=0$  の時の  $y_f$  は次の如くして定める。

前に  $x=0$  の時の硫黄量 = 0.88%

之に要する石灰石量 = 3.08 kg

此の  $x=0$  の時の條件を考慮に入れて  $\alpha, \beta, \gamma$  を定むれば、

$$\alpha = 76.50; \quad \beta = -69.30; \quad \gamma = 213.44$$

即ち

$$\left. \begin{aligned} xy_f + 76.50x - 69.30y_f + 213.44 &= 0 \\ \text{又は } y_f &= \frac{213.44 + 76.50x}{69.30 - x} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

第1圖石灰石量の曲線は上式から求めたもので一二の例外を除き實際値と可なりによく一致して居る

#### V. 燃料價値の計算

骸炭灰分の低下に伴ふ利益として一般に認められて居ることは次の5項である。

- a. 骸炭消費高の減少
- b. 石灰石所要量の低下
- c. 出銑量の増加並に銑の質の向上
- d. 勞力、運搬、處理費等の節約
- e. 爐の操業容易なること

a 及 b は以上求めた所の(1) (2)の式から決定することが出来る。c 及 e による利益は豊富なる統計によらざれば數字的に取扱ふことは困難である。又 d は各製鐵所の特殊の條件によつて支配せらるゝものである。

今、此に a, b 及 d に依て骸炭の燃料價値を比較することにする。

その爲に次の假定を採る。

|           |           |
|-----------|-----------|
| 無灰骸炭      | 20.00 円/噸 |
| 石灰石       | 1.70 "    |
| 石灰石運搬及碎鑛費 | 0.70 "    |

計算の結果は、第3表及び第2圖に示す。此の關

係を算式を以て表はせば次の如き双曲線となる。

$$\left. \begin{aligned} xp - 62.36x - 136p + 2710 &= 0 \\ \text{又は } p &= \frac{2710 - 62.36x}{136 - x} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

此の中  $x \dots$  灰分(%)

$p \dots$  骸炭の眞價値(円/噸)

然し乍ら、實際の場合には灰分が 5%以下になることは殆どない。故に實用上には第 2 圖點線を以て示す如く近似的に一つの直線と見ることが出来る。

即ち

$$p = 20.5 - 0.40x \dots\dots\dots (4)$$

故に

$$p_1 - p_2 = 0.40(x_2 - x_1) \dots\dots\dots (5)$$

即ち 灰分 1%の低下は 40 錢の價值上昇に相當する。

第 3 表

| 骸炭灰分 (%) | $y_c \times 10$ (kg) | $y_f \times 10$ (kg) | $y_c$ に相當する價格 (円/噸) | 石灰石費 (圓) | 石灰石處理費 (圓) | 骸炭眞價值 (円/噸) |
|----------|----------------------|----------------------|---------------------|----------|------------|-------------|
| 0        | 1035                 | 30.8                 | 20.00               | 0.05     | 0.02       | 19.93       |
| 5        | 1117                 | 92.7                 | 18.53               | 0.16     | 0.06       | 18.31       |
| 10       | 1220                 | 165.0                | 16.96               | 0.28     | 0.12       | 16.56       |
| 15       | 1355                 | 250.6                | 15.28               | 0.43     | 0.18       | 14.67       |
| 20       | 1537                 | 353.2                | 13.47               | 0.60     | 0.25       | 12.62       |
| 25       | 1795                 | 480.0                | 11.53               | 0.82     | 0.34       | 10.37       |

VI. Gill の實驗との比較

以上計算の結果を實例に就て検討することは最も必要であるが、本邦に於ては從來此種の實際的研究は、著者寡聞にして之を知らない。止むを得ず次の如き外國の例に就て比較することにした。

Gill は 2 つの試験を單獨に日を違へて 5 週間、均一灰分の骸炭を鑄鐵爐に裝入して次の結果を得た。(第 4 表及第 5 表)

第 4 表 (第 1 回)

|       | 骸炭平均灰分 (%) | 1 週間平均出銑量 (噸) | No. 3 級銑量 (噸) | No. 3 級銑百分率 (%) | 出銑増加 (%) | 骸炭量の減少 (kg/噸銑) |
|-------|------------|---------------|---------------|-----------------|----------|----------------|
| 第 1 期 | 12.15      | 3,360         | 213           | 6.34            | —        | —              |
| 第 2 期 | 9.76       | 3,880         | 136           | 3.51            | 15.4     | 50.5           |

第 5 表 (第 2 回)

|       | 骸炭灰分 (%) | 1 週間平均出銑量 (噸) | 出銑量増加 (%) | 骸炭量の減少 (kg/噸銑) |
|-------|----------|---------------|-----------|----------------|
| 第 1 期 | 12.5     | 965           | —         | —              |
| 第 2 期 | 8.75     | 1,210         | 25.25     | 88.0           |

即ち骸炭灰分 1%の減少に對し出銑量は 6.4~6.7%増加し骸炭消費高も銑噸當り 21.1 kg~23.5 kg を減少して居る。

此の實驗に於て骸炭消費高が不明であるが、何れも第 1 期に於る鑄鐵爐の骸炭比 (Coke ratio) を 1:1 と假定して計算値と比較すれば第 6 表及第 7 表を得る。

第 6 表

| 灰分 %  | 骸炭消費高 (kg) |       |
|-------|------------|-------|
|       | 實際値        | 計算値   |
| 12.15 | 1,000      | 1,000 |
| 9.76  | 948.7      | 953.0 |

第 7 表

| 灰分 % | 骸炭消費高 (kg) |       |
|------|------------|-------|
|      | 實際値        | 計算値   |
| 12.5 | 1,000      | 1,000 |
| 8.75 | 915.5      | 930.0 |

之に依て見る如く大體に於て計算値と近似することが解る。尙 Gill は灰分 3%の減少により銑噸當り 1 志 2.8 片(約 59 錢)を節約し得たと云つて居る。之は灰分 1%の減少につき約 20 錢となる。

H. Louis 教授は Gill の論文に對して他の種々の因子をも考慮したら恐らく銑噸當り 2 志 2.6 片(約 106 錢)を節約したであらうと云つて居る。之は灰分 1% 減に對して約 35 錢の節約となる。

此の實例に就て見る時は、前に求めたる骸炭當量の式が良く實際と合致するものと云ふことが出来る。

(4)  
VII. Thau の計算との比較

Thau の示したる例と上述諸式より求めたる計算値とを比較すれば第8表の如し。

即ち骸炭量と石灰石量に於ては Thau の示したる値と上述諸式に就て求めたる計算値とは極めて良好なる一致を示して居る。尙同氏の示したる灰分變化による經費の節約高は次の如し。但し作業費及び材料の特別費を骸炭噸當り 1,350 MK, 石灰石噸當り 300 MK と假定して居る (Chapmann は 1,200 MK=1 £ として次の如く換算した)。

即ち節約費は灰分 1%減毎に約 9 片となる。前は求めた様に灰分 1%低下に相當する骸炭の價値上昇 40 錢とは偶然に近似して居る。

第 8 表

| 骸炭灰分 (%) | 骸炭所要量 (銑噸當) |          | 骸炭に要する石灰石量      |                  |          |
|----------|-------------|----------|-----------------|------------------|----------|
|          | Thau 値 (kg) | 計算値 (kg) | 銑噸當 Thau 値 (kg) | 骸炭噸當 Thau 値 (kg) | 計算値 (kg) |
| 5.2      | 1,134       | 1,134    | 118             | 104.0            | 96.0     |
| 8.5      | 1,200       | 1,202    | 176             | 146.6            | 142.1    |
| 9.3      | 1,219       | 1,218    | 192             | 157.5            | 154.5    |
| 10.0     | 1,235       | 1,234    | 205             | 166.0            | 165.0    |

第 9 表

| 骸炭灰分 (%) | 節 約 費* (片) |     |      |      |
|----------|------------|-----|------|------|
|          | 骸 炭        | 石灰石 | 作業費  | 合 計  |
| 5.2      | —          | —   | —    | —    |
| 8.5      | 17.8       | 3.5 | 7.9  | 29.2 |
| 9.3      | 22.9       | 4.4 | 10.2 | 37.6 |
| 10.0     | 27.2       | 5.3 | 12.1 | 44.6 |

\*節約費とは各灰分の骸炭の代りに 5.2% 灰分のものを用ふる時の節約費を示す。

VIII. 洗炭作業の經濟的範圍

前述せる如く、標準骸炭及び石灰石の價格並に夫等の取扱費等の條件を知れば、灰分の減少に伴ふ燃料價値の上昇を求むることが出来る。故に之等總體の利益と灰分の減少による洗炭價格の上昇とを比較すれば自ら洗炭作業の經濟的範圍が定められる。

而して洗炭價格は各種石炭に就て異なるもので、今平均灰分  $x\%$  の原炭を水洗し理論的には  $a\%$  灰分の浮游分と  $b\%$  灰分の沈下分とに比重差を以て分離し得るものとする。此の場合、灰分  $(a+0.5)\%$  の洗炭、 $(b-3)\%$  の残滓とを得る時洗炭操作は完全に行はれたものと實際上假定すれば、次の如き Chapman (5) の公式を得る。

$$\begin{aligned} \text{洗炭操作による減炭量} &= \frac{100(x-a-0.5)}{(b-a-3.5)} \% \\ \text{洗炭噸當原炭量} &= \frac{1}{1 - \frac{x-a-0.5}{b-a-3.5}} = \frac{b-a-3.5}{b-x-3} \text{噸} \end{aligned}$$

故に 洗炭噸當價格

$$= \frac{(P+Q)(b-a-3.5)}{b-x-3} \dots (6)$$

此に  $P$  = 石炭の坑口價格(圓/噸)

$Q$  = 洗炭作業費(圓/噸)

$a$  = 浮游分の理論的灰分含量(%)

$b$  = 沈下分の " "

今  $P=5.00$  圓、 $Q=0.50$  圓と假定して洗炭作業の經濟的範圍を定むることとする。

(i) 英國ウエールス炭 此の石炭の平均比重分析試験の結果は第 10 表に依て示される。(此の分析は Chapman による)

第 10 表

| 比重      | 組成 (%) | 灰分 (%) | 浮游分累積灰分 (%) | 全沈下分灰 (%) |
|---------|--------|--------|-------------|-----------|
| 1.3 以下  | 48.2   | 2.64   | 2.64        | 29.51     |
| 1.3~1.4 | 19.1   | 7.33   | 3.97        | 42.47     |
| 1.4~1.5 | 10.4   | 15.68  | 5.54        | 54.92     |
| 1.5~1.6 | 4.0    | 28.25  | 6.65        | 60.80     |
| 1.6~1.8 | 8.5    | 43.50  | 10.19       | 76.56     |
| 1.8 以上  | 9.8    | 76.56  | 16.56       | —         |

以上の洗炭價格を求むれば第 11 表となる。骸

炭歩留を 70%と假定す。

第 11 表

| 洗炭灰分 (%) | 骸炭とし時の灰 (%) | 洗炭損失 (%) | 洗炭價格 (圓/噸) | 洗炭價格 (圓/骸炭噸) | 原炭との價格差 (圓/骸炭噸) |
|----------|-------------|----------|------------|--------------|-----------------|
| 3.1      | 4.4         | 57.4     | 12.90      | 18.45        | 11.30           |
| 4.5      | 6.4         | 34.5     | 8.40       | 12.00        | 4.85            |
| 6.0      | 8.6         | 22.9     | 7.14       | 10.20        | 3.05            |
| 7.2      | 10.3        | 18.7     | 6.77       | 9.67         | 2.52            |
| 10.7     | 15.3        | 9.3      | 6.07       | 8.68         | 1.53            |
| 16.56    | 23.7        | 0        | 5.00       | 7.15         | —               |

骸炭噸當り洗炭價格の上昇と燃料價值の上昇との關係を圖示すれば第 3 圖となる。此の曲線より知り得る如く上述の如き諸條件の下にありては骸炭の灰分 8~10% (即ち洗炭の灰分 5.6~7%) のものが最も利益の大なることが了解せられる。之即ち洗炭作業の經濟的範圍を示すものである。蓋し兩曲線間の價格差は洗炭作業に伴ふ正味の利益を意味するからである。此の場合の最大利益は骸炭噸當り約 3.00 圓となる。

以下、本邦にて使用する各種原料炭に就ては伊能氏の發表せる比重分析の結果に従て計算を行ふた。

(ii) 二瀬中央炭

(第 12 表)

| 比重試験   |             |           | 洗炭價格の計算   |             |          |            |                |               |
|--------|-------------|-----------|-----------|-------------|----------|------------|----------------|---------------|
| 組成 (%) | 浮游分累積灰分 (%) | 全沈下分灰 (%) | 洗炭中の灰 (%) | 骸炭とし時の灰 (%) | 洗炭損失 (%) | 洗炭價格 (圓/噸) | 骸炭噸當洗炭價格 (圓/噸) | 原炭との價格差 (圓/噸) |
| 67.0   | 5.0         | 27.1      | 5.5       | 7.9         | 36.6     | 8.67       | 12.40          | 5.25          |
| 79.0   | 5.8         | 36.8      | 6.3       | 9.0         | 21.9     | 7.05       | 10.07          | 2.92          |
| 87.0   | 7.2         | 46.5      | 7.7       | 11.0        | 12.9     | 6.32       | 9.03           | 1.88          |
| 100.0  | 12.3        | —         | 12.3      | 17.6        | 0        | 5.00       | 7.15           | 0             |

此の結果は第 4 圖に示す。即ち洗炭作業の最良範圍は骸炭灰分 9.6~10.8% (洗炭の灰分 6.7~7.6%) で最大利益は骸炭噸當り約 80 錢となる。

(iii) 高島炭

(第 13 表)

| 比重試験   |             |           | 洗炭價格の計算   |             |          |            |                |               |
|--------|-------------|-----------|-----------|-------------|----------|------------|----------------|---------------|
| 組成 (%) | 浮游分累積灰分 (%) | 全沈下分灰 (%) | 洗炭中の灰 (%) | 骸炭とし時の灰 (%) | 洗炭損失 (%) | 洗炭價格 (圓/噸) | 骸炭噸當洗炭價格 (圓/噸) | 原炭との價格差 (圓/噸) |
| 59.0   | 5.0         | 32.5      | 5.5       | 7.9         | 45.0     | 10.00      | 14.30          | 7.15          |
| 73.0   | 6.5         | 42.8      | 7.0       | 10.0        | 28.4     | 7.68       | 10.98          | 3.83          |
| 78.0   | 7.4         | 47.8      | 7.9       | 11.3        | 22.8     | 7.13       | 10.20          | 3.05          |
| 90.0   | 11.0        | 64.0      | 11.5      | 16.4        | 9.7      | 6.10       | 8.71           | 1.56          |
| 100    | 16.3        | —         | 16.3      | 23.3        | 0        | 5.00       | 7.15           | 0             |

此の結果は第 5 圖に示す。洗炭作業の最良範圍は骸炭灰分 11.5~12.8% (洗炭の灰分 8.0~9.0%) で最大利益は骸炭噸當り約 1.80 圓となる。

(iv) 松浦炭

(第 14 表)

| 比重試験   |             |           | 洗炭價格の計算   |             |          |            |                |               |
|--------|-------------|-----------|-----------|-------------|----------|------------|----------------|---------------|
| 組成 (%) | 浮游分累積灰分 (%) | 全沈下分灰 (%) | 洗炭中の灰 (%) | 骸炭とし時の灰 (%) | 洗炭損失 (%) | 洗炭價格 (圓/噸) | 骸炭噸當洗炭價格 (圓/噸) | 原炭との價格差 (圓/噸) |
| 17.0   | 5.2         | 29.3      | 5.7       | 8.15        | 94.6     | 102.00     | 145.50         | 138.35        |
| 47.0   | 9.4         | 39.2      | 9.9       | 14.1        | 58.2     | 13.16      | 18.80          | 11.65         |

|      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 63.5 | 12.2 | 47.8 | 12.7 | 18.2 | 38.9 | 9.00 | 12.86 | 5.71 |
| 85.0 | 18.6 | 62.7 | 19.1 | 27.3 | 15.0 | 6.47 | 9.25  | 2.10 |
| 100  | 25.2 | —    | 25.2 | 36.0 | 0    | 5.00 | 7.15  | 0    |

此の結果は第6圖に示す。洗炭作業の最良範圍は骸炭灰分 21~23% (洗炭灰分 14.7~16.1%) で最大利益は骸炭噸當り約 1.00 圓となる。

(v) 開平炭 (第 15 表)

| 比重試験   |          |          | 洗炭價格の計算   |               |          |            |                |               |  |
|--------|----------|----------|-----------|---------------|----------|------------|----------------|---------------|--|
| 組成 (%) | 浮游分積 (%) | 全沈下分 (%) | 洗炭中の灰 (%) | 骸炭とした時の灰分 (%) | 洗炭損失 (%) | 洗炭價格 (圓/噸) | 骸炭噸當洗炭價格 (圓/噸) | 原炭との價格差 (圓/噸) |  |
| 19.0   | 5.2      | 21.0     | 5.7       | 8.15          | 100      | —          | —              | —             |  |
| 44.0   | 7.0      | 26.6     | 7.5       | 10.7          | 65.2     | 15.80      | 22.60          | 15.45         |  |
| 59.0   | 8.6      | 31.5     | 9.1       | 13.0          | 45.8     | 10.15      | 14.50          | 7.35          |  |
| 67.5   | 9.8      | 35.0     | 10.3      | 14.7          | 35.5     | 8.53       | 12.18          | 5.03          |  |
| 78.0   | 12.0     | 39.3     | 12.5      | 17.9          | 23.1     | 7.15       | 10.20          | 3.05          |  |
| 100    | 18.0     | —        | 18.0      | 25.7          | 0        | 5.00       | 7.15           | 0             |  |

此の結果は第7圖に示す。即ち此の場合には洗炭作業による利益は得られないことになる。

(vi) 中央7開平3配合炭 (第 16 表)

| 比重試験   |          |          | 洗炭價格の計算   |               |          |            |                |               |  |
|--------|----------|----------|-----------|---------------|----------|------------|----------------|---------------|--|
| 組成 (%) | 浮游分積 (%) | 全沈下分 (%) | 洗炭中の灰 (%) | 骸炭とした時の灰分 (%) | 洗炭損失 (%) | 洗炭價格 (圓/噸) | 骸炭噸當洗炭價格 (圓/噸) | 原炭との價格差 (圓/噸) |  |
| 43.0   | 6.3      | 28.6     | 6.8       | 9.8           | 64.8     | 15.63      | 22.32          | 15.17         |  |
| 64.0   | 8.1      | 38.4     | 8.6       | 12.3          | 38.8     | 9.00       | 12.86          | 5.71          |  |
| 74.5   | 9.7      | 46.2     | 10.2      | 14.6          | 26.7     | 7.50       | 10.72          | 3.57          |  |
| 89.0   | 13.5     | 63.7     | 14.0      | 20.0          | 10.7     | 6.16       | 8.80           | 1.65          |  |
| 100    | 19.0     | —        | 19.0      | 27.2          | 0        | 5.00       | 7.15           | 0             |  |

此の結果は第8圖に示す。洗炭作業の最良範圍は骸炭灰分 15.4~18.0% (洗炭の灰分 10.8~12.6%) で最大利益は骸炭噸當り約 150 錢となる。

### IX 總 括

- i. 本邦及び外國產鑄鐵爐用各種骸炭に就て其の當量を計算し灰分との關係を双曲線方程式を以て表はした。
- ii. 骸炭自身に必要な石灰石量と灰分との關係式を決定した。之も一つの双曲線方程式となる。
- iii. 以上の諸結果を Gill の實驗及び Thau の計算と比較し夫々よく適合することを認めた。
- iv. 之等の關係式を用ふれば標準骸炭、石灰石の價格及び其の取扱費等を知りて骸炭の眞價格を求めることが出来る。之等の費用に相當の假定を行ふて定めたる眞價格の一例を示した。之によれば眞價格と灰分との關係は一つの直線を以て表はされ灰分 1%減に對し燃料價値の上昇は約 40 錢となる。
- v. Chapman の洗炭價格に關する公式を用ひて、灰分の減少に對する洗炭價格の上昇を求めた之に上述求めたる燃料價値の上昇とを比較して洗炭作業の經濟的範圍を決定することを述べた。その數例を示せば次の如し。

| 原料炭名             | 英國ウェルス炭 | 二瀬中央炭   | 高島炭     | 松浦炭        | 開平炭 | 中央7<br>開平3 | 配合 |
|------------------|---------|---------|---------|------------|-----|------------|----|
| 最も有利なる洗炭範圍(灰分%)  | 5.6~7.0 | 6.7~7.6 | 8.0~9.0 | 14.7~16.1  | —   | 10.8~12.6  |    |
| 洗炭に伴ふ最大利益(圓/骸炭噸) | 3.00    | 0.80    | 1.80    | 1.00<br>2) | —   | 1.50       |    |

X. 結 論

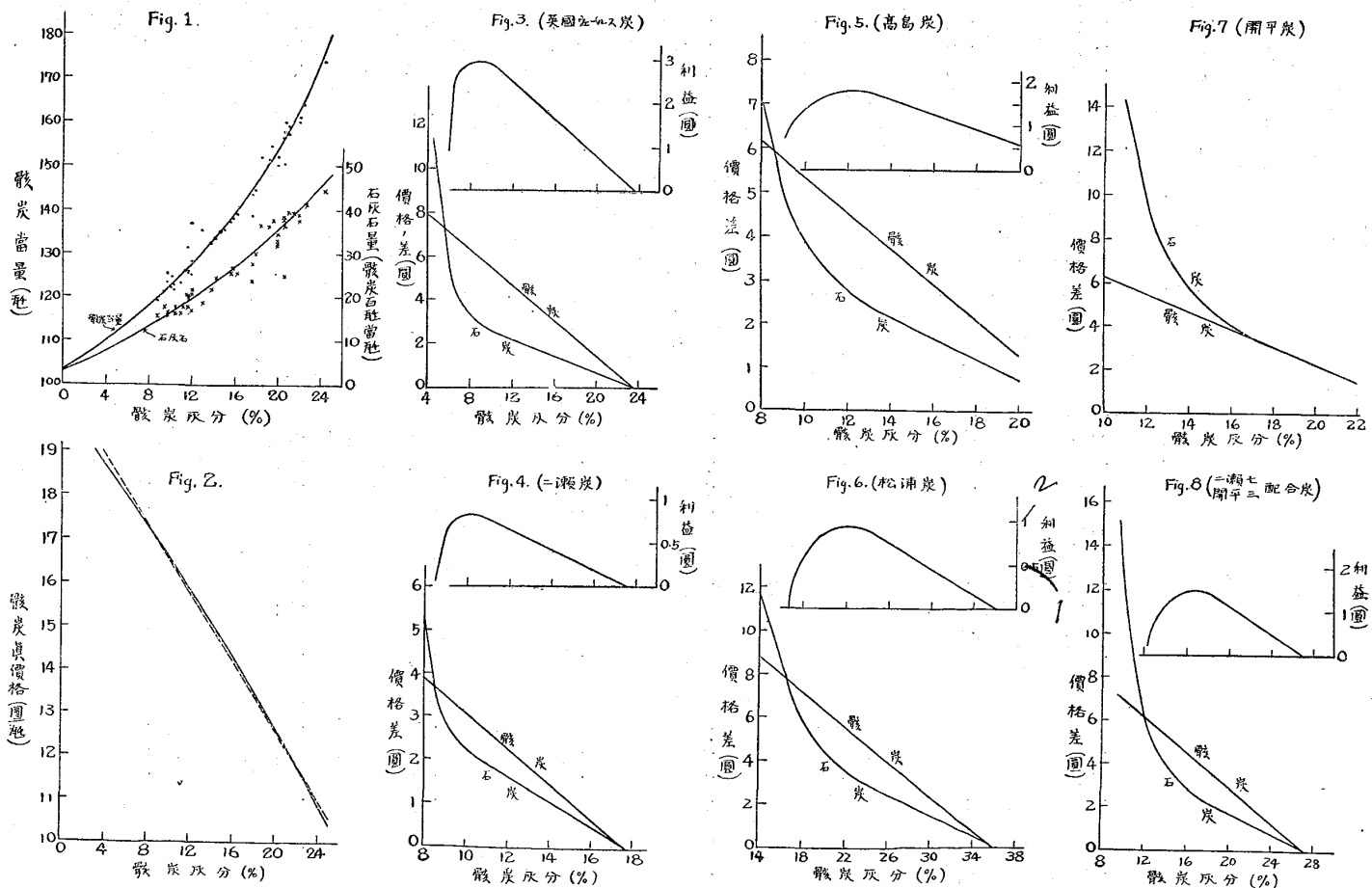
茲に論述したる骸炭評價の基準及び洗炭作業の經濟的範圍なるものは、總ての場合に實作業に即するものと云ふことは出来ないが骸炭製造者及びその消費者に對して一つの方針を與へ得るものと信ずる。但し以上の評價は主として消費者側より論じたもので骸炭製造者側より論じたものではない。製造者側より云へば副産物等のことも關係し色々複雑な問題となるであらう。又骸炭價值の決定に其の物理的性質が大きな因子の一つであることは論を俟たない所である。

終りに本文を草するに當り御懇篤なる御助言を辱ふしたる九州帝大、井上、井村兩先生に對して深厚の感謝を捧げ、且つ試料の蒐集を始め御親切なる御指導と發表の機を與へられた淺野小倉製鋼所未兼專務に對して滿腔の謝意を表する次第である。

參 照

- (1) Osann; Lehrbuch der Eisenhüttenkunde Bd. I. S. 105
- (2) 同 上

- (3) Gill; J. Iron and Steel Inst. 1927, Vol. II.
- (4) Thau; Stahl u. Eisen, 1922, Nr. 42, S. 1152
- (5) Chapman; The Cleaning of Coal.
- (6) 伊能、燃料協會誌大正 14 年 11 月





| 試料<br>番 號 | 骸 炭 の 成 分 (%) |       |       |      | 骸 炭 當   |                  |                  |                |
|-----------|---------------|-------|-------|------|---|------------------|------------------|----------------|
|           | 揮發分           | 固定炭素  | 灰     | 硫 黃  | SiO <sub>2</sub><br>+<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO+MgO<br>所 要 量 | CaO+MgO<br>含 有 量 | 石 炭 石<br>所 要 量 |
| 1         | 0.55          | 77.45 | 22.00 | 0.92 | 17.75   | 20.06            | 0.58             | 38.96          |
| 2         | 0.40          | 79.60 | 20.00 | 0.73 | 16.26   | 18.18            | 0.99             | 34.38          |
| 3         | 0.42          | 78.68 | 20.90 | 0.91 | 17.35   | 19.62            | 0.66             | 37.92          |
| 4         | 0.45          | 78.19 | 21.36 | 0.95 | 18.02   | 20.39            | 0.81             | 39.16          |
| 5         | 0.90          | 79.10 | 20.00 | 0.63 | 15.82   | 17.54            | 1.04             | 33.00          |
| 6         | 0.32          | 79.22 | 20.46 | 1.10 | 17.22   | 19.83            | 0.75             | 38.16          |
| 7         | 0.38          | 78.56 | 21.06 | 1.10 | 17.85   | 20.48            | 0.77             | 39.42          |
| 8         | 0.28          | 77.42 | 22.30 | 0.93 | 19.17   | 21.55            | 0.95             | 41.20          |
| 9         | 0.54          | 75.10 | 24.36 | 0.55 | 21.08   | 22.86            | 0.79             | 44.14          |
| 10        | 0.19          | 79.10 | 20.00 | 0.71 | 15.75   | 17.61            | 1.17             | 32.88          |
| 11        | 0.17          | 79.56 | 20.00 | 0.69 | 15.08   | 16.89            | 0.72             | 32.34          |
| 12        | 0.26          | 80.44 | 19.20 | 0.87 | 16.50   | 18.67            | 0.50             | 36.34          |
| 13        | 0.18          | 81.37 | 17.86 | 0.66 | 14.39   | 16.11            | 0.99             | 30.24          |
| 14        | 0.48          | 79.55 | 19.52 | 0.64 | 17.36   | 19.17            | 0.41             | 37.52          |
| 15        | 0.54          | 87.58 | 11.46 | 0.37 | 9.60  | 10.62            | 0.38             | 20.48          |
| 16        | 1.85          | 77.28 | 20.62 | 2.79 | 10.70   | 16.00            | 3.53             | 24.94          |
| 17        | 0.50          | 84.83 | 14.20 | 0.33 | 11.83   | 12.88            | 0.67             | 24.42          |
| 18        | 0.25          | 77.57 | 22.00 | 0.71 | 18.05   | 20.00            | 1.31             | 37.38          |
| 19        | 1.23          | 78.00 | 20.56 | 0.67 | 17.38   | 19.24            | 1.04             | 36.40          |
| 20        | 1.48          | 77.57 | 20.70 | 0.86 | 17.70   | 19.90            | 0.93             | 37.94          |
| 21        | 0.85          | 80.15 | 18.30 | 1.34 | 16.00   | 18.99            | 0.69             | 36.60          |
| 22        | 0.88          | 81.25 | 17.65 | 0.31 | 14.40   | 15.53            | 1.63             | 27.80          |
| 23        | 0.43          | 81.95 | 17.62 | 0.26 | 12.35   | 13.30            | 1.46             | 23.68          |
| 24        | 1.88          | 83.08 | 15.56 | 0.46 | 12.40   | 13.70            | 0.99             | 25.42          |
| 25        | 0.86          | 83.09 | 15.82 | 0.41 | 13.00   | 14.24            | 0.97             | 26.54          |
| 26        | 1.24          | 82.17 | 16.24 | 0.27 | 12.84   | 13.83            | 1.23             | 25.20          |

| 試料<br>番 號 | 骸 炭 の 成 分 (%) |       |       |      | 骸 炭 當   |                  |                  |                |
|-----------|---------------|-------|-------|------|---|------------------|------------------|----------------|
|           | 揮發分           | 固定炭素  | 灰     | 硫 黃  | SiO <sub>2</sub><br>+<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO+MgO<br>所 要 量 | CaO+MgO<br>含 有 量 | 石 灰 石<br>所 要 量 |
| F 1       | 1.27          | 83.73 | 14.60 | 0.71 | 11.11   | 12.80            | 0.80             | 24.00          |
| " 2       | 0.86          | 86.53 | 12.13 | 0.69 | 9.73  | 11.33            | 0.53             | 21.60          |
| " 3       | 3.26          | 86.28 | 9.70  | 0.54 | 7.43  | 8.68             | 0.55             | 16.26          |
| " 4       | 2.16          | 87.62 | 9.68  | 0.56 | 7.44  | 8.71             | 0.62             | 16.18          |
| " 5       | 3.84          | 83.98 | 11.65 | 0.83 | 8.74  | 10.53            | 0.67             | 19.72          |
| " 6       | 6.63          | 81.19 | 12.00 | 0.98 | 8.93  | 11.00            | 0.70             | 20.60          |
| " 7       | 1.17          | 87.35 | 11.20 | 0.44 | 8.25  | 9.34             | 0.52             | 17.64          |
| " 8       | 0.94          | 90.03 | 8.65  | 0.72 | 6.61  | 8.13             | 0.38             | 15.50          |
| " 9       | 0.87          | 89.45 | 9.27  | 1.10 | 6.94  | 9.15             | 0.37             | 17.56          |
| " 10      | 1.10          | 87.75 | 11.00 | 0.84 | 7.21  | 8.96             | 0.96             | 16.00          |
| " 11      | 4.63          | 81.31 | 13.02 | 0.80 | 8.58  | 10.32            | 1.10             | 18.44          |
| " 12      | 1.94          | 84.11 | 13.77 | 0.65 | 10.12   | 11.66            | 1.03             | 21.26          |
| " 13      | 0.55          | 87.55 | 11.67 | 0.58 | 9.27  | 10.65            | 0.54             | 20.22          |
| " 14      | 0.64          | 88.76 | 10.38 | 0.77 | 7.08  | 8.71             | 0.71             | 16.00          |
| " 15      | 1.12          | 88.33 | 10.37 | 0.65 | 7.63  | 9.07             | 0.39             | 17.36          |
| " 16      | 0.80          | 86.85 | 12.00 | 0.51 | 8.29  | 9.51             | 1.06             | 16.90          |
| " 17      | 1.35          | 86.85 | 11.68 | 0.47 | 8.49  | 9.65             | 0.80             | 17.70          |

表

| 量の計算 (骸炭 100 として) |       |       |       |                                   |                     |             |       | 骸炭<br>當量 |
|-------------------|-------|-------|-------|-----------------------------------|---------------------|-------------|-------|----------|
| CO <sub>2</sub>   | 鑛 滓 量 |       |       | CO <sub>2</sub> 發生<br>に要する<br>炭 素 | 鑛滓熔解<br>に要する<br>炭 素 | 損失炭素<br>合 計 | 有効炭素  |          |
|                   | 灰より   | 石灰石より | 合 計   |                                   |                     |             |       |          |
| 16.75             | 19.25 | 22.21 | 41.46 | 6.70                              | 8.70                | 15.40       | 62.05 | 161.0    |
| 14.78             | 17.98 | 19.60 | 37.58 | 5.91                              | 7.89                | 13.80       | 65.80 | 152.0    |
| 16.30             | 18.92 | 21.62 | 40.54 | 6.52                              | 8.50                | 15.02       | 63.66 | 157.2    |
| 16.84             | 19.78 | 22.32 | 42.10 | 6.74                              | 8.83                | 15.57       | 62.62 | 159.7    |
| 14.20             | 17.49 | 18.80 | 36.29 | 5.68                              | 7.62                | 13.30       | 65.80 | 152.0    |
| 16.42             | 19.07 | 21.74 | 40.81 | 6.57                              | 8.57                | 15.14       | 64.08 | 156.0    |
| 16.95             | 19.72 | 22.47 | 42.19 | 6.78                              | 8.85                | 15.63       | 62.93 | 159.0    |
| 17.73             | 21.05 | 23.47 | 44.52 | 7.09                              | 9.35                | 16.44       | 60.98 | 164.0    |
| 19.00             | 22.42 | 25.14 | 47.56 | 7.60                              | 9.98                | 17.58       | 57.52 | 173.8    |
| 14.14             | 17.63 | 18.74 | 36.37 | 5.66                              | 7.64                | 13.30       | 65.80 | 152.0    |
| 13.91             | 16.49 | 18.43 | 34.92 | 5.56                              | 7.33                | 12.89       | 66.67 | 150.0    |
| 15.62             | 17.87 | 20.72 | 38.59 | 6.25                              | 8.10                | 14.35       | 66.09 | 151.4    |
| 13.00             | 16.04 | 17.24 | 33.28 | 5.20                              | 6.98                | 12.18       | 69.19 | 144.6    |
| 16.13             | 18.41 | 21.39 | 39.80 | 6.45                              | 8.36                | 14.81       | 64.74 | 154.5    |
| 8.80              | 10.35 | 11.68 | 22.03 | 3.52                              | 4.62                | 8.14        | 79.44 | 126.0    |
| 10.7              | 17.02 | 14.22 | 31.24 | 4.29                              | 6.56                | 10.85       | 66.43 | 150.5    |
| 10.50             | 12.83 | 13.92 | 26.75 | 4.20                              | 5.62                | 9.82        | 75.01 | 133.3    |
| 16.08             | 20.07 | 21.30 | 41.37 | 6.43                              | 8.70                | 15.13       | 62.44 | 160.0    |
| 15.67             | 19.09 | 20.73 | 39.82 | 6.27                              | 8.36                | 14.63       | 63.37 | 157.8    |
| 16.30             | 19.49 | 21.64 | 41.13 | 6.52                              | 8.63                | 15.15       | 62.42 | 160.0    |
| 15.74             | 18.03 | 20.86 | 38.89 | 6.30                              | 8.17                | 14.47       | 65.63 | 152.2    |
| 11.95             | 16.34 | 15.85 | 32.19 | 4.78                              | 6.76                | 11.54       | 69.71 | 143.5    |
| 10.19             | 14.07 | 13.49 | 27.56 | 4.08                              | 5.78                | 9.86        | 72.09 | 138.8    |
| 10.93             | 13.85 | 14.49 | 28.34 | 4.37                              | 5.95                | 10.32       | 72.76 | 137.5    |
| 11.40             | 14.38 | 15.14 | 29.52 | 4.56                              | 6.20                | 10.76       | 72.33 | 138.2    |
| 10.85             | 14.34 | 14.35 | 28.69 | 4.34                              | 6.02                | 10.36       | 71.81 | 139.2    |

表

| 量の計算 (骸炭 100 として) |       |       |       |                                   |                     |             |       | 骸炭<br>當量 |
|-------------------|-------|-------|-------|-----------------------------------|---------------------|-------------|-------|----------|
| CO <sub>2</sub>   | 鑛 滓 量 |       |       | CO <sub>2</sub> 發生<br>に要する<br>炭 素 | 鑛滓熔解<br>に要する<br>炭 素 | 損失炭素<br>合 計 | 有効炭素  |          |
|                   | 灰より   | 石灰石より | 合 計   |                                   |                     |             |       |          |
| 10.32             | 12.62 | 13.68 | 26.30 | 4.13                              | 5.52                | 9.65        | 74.08 | 135.0    |
| 9.29              | 10.95 | 12.31 | 23.26 | 3.72                              | 4.88                | 8.60        | 77.93 | 128.3    |
| 6.99              | 8.52  | 9.27  | 17.79 | 2.80                              | 3.74                | 6.54        | 79.74 | 125.5    |
| 6.96              | 8.62  | 9.22  | 17.84 | 2.78                              | 3.75                | 6.53        | 81.09 | 123.3    |
| 8.48              | 10.24 | 11.24 | 21.48 | 3.39                              | 4.51                | 7.90        | 76.08 | 131.6    |
| 8.86              | 10.61 | 11.74 | 22.35 | 3.54                              | 4.69                | 8.23        | 72.96 | 137.0    |
| 7.59              | 9.21  | 10.05 | 19.26 | 3.04                              | 4.04                | 7.08        | 80.27 | 124.5    |
| 6.67              | 7.71  | 8.83  | 16.54 | 2.67                              | 3.47                | 6.14        | 83.89 | 119.2    |
| 7.55              | 8.41  | 10.01 | 18.42 | 3.02                              | 3.87                | 6.89        | 82.56 | 121.2    |
| 6.88              | 9.01  | 9.12  | 18.13 | 2.75                              | 3.81                | 6.56        | 81.19 | 123.2    |
| 7.93              | 10.48 | 10.51 | 20.99 | 3.17                              | 4.41                | 7.58        | 73.73 | 135.6    |
| 9.14              | 11.80 | 12.12 | 23.92 | 3.66                              | 5.02                | 8.68        | 75.43 | 132.6    |
| 8.69              | 10.39 | 11.53 | 21.92 | 3.48                              | 4.60                | 8.08        | 79.47 | 126.0    |
| 6.88              | 8.56  | 9.12  | 17.68 | 2.75                              | 3.71                | 6.46        | 82.30 | 121.5    |
| 7.46              | 8.67  | 9.90  | 18.57 | 2.98                              | 3.90                | 6.88        | 81.45 | 122.8    |
| 7.27              | 9.86  | 9.63  | 19.49 | 2.91                              | 4.09                | 7.00        | 79.85 | 125.0    |
| 7.61              | 9.76  | 10.09 | 19.85 | 3.04                              | 4.17                | 7.21        | 79.64 | 125.6    |