

製 鋼 と 燃 料 に 就 て

(日本鐵鑛協會第 20 回講演會大會講演 昭和 13 年 10 月)

海 野 三 朗*

ON THE STEEL MANUFACTURE AND THE CALORIFIC POWER OF FUEL.

Saburo Umino.

SYNOPSIS:—From the data of furnace practice of forty-two openhearth furnaces in each works, the relations between the furnace capacity, productive power and fuel value were traced out, and further the merits of using molten pig iron with scrap were studied. The conclusions are summarised below:—

(1) The productive power of steel increases as the capacity of open-hearth furnace and is almost independent to the variety of fuels or charges. If we take x and v as the productive power of steel per hour and the capacity of the furnace respectively, their relation can be represented by the following equations

$$\frac{x}{v} = K = 0.16$$

$$tv = K_1 \text{ (constant)}$$

where t is the refining time per ton of steel.

(2) The productive power of steel increases as the calorific power of fuel generated in the furnace in unit time and is independent of the variety of fuels.

(3) The refining time per ton of steel is inversely proportional to the calorific power of fuel in unit time. The refining time of cold charge is always longer than that of mixed charge with molten pig iron, when the same calorific power is generated in the furnace in unit time.

(4) The calorific power for refining about one ton of steel is reduced in an inverse ratio to the capacity of furnace.

(5) The more steel is produced per hour, the less fuel consumption per ton of steel is effected.

(6) The fuel consumption per ton of steel diminishes as the increase of furnace capacity, almost independently of charge.

(7) In the mean value, the use of molten pig iron for the charge saves 409.5×10^3 kilocalories per ton. This calorific value corresponds to 2.55 times the heat content in one ton of molten pig iron.

(8) The heat loss per ton of steel due to waste gas, radiation and conduction increases as the refining time, and consequently as the heat consumption per ton of steel, almost independently of the variety of charges or fuels, and diminished as the increase of furnace capacity.

(9) The heat loss due to the foregoing three causes diminishes linearly as the increase of steel production per hour, independent of the variety of charges.

(10) The total heat quantity contained in one of molten steel and its corresponding slag is almost always equal to 429×10^6 kilocalories and is independent of the furnace capacity, variety of fuels and the refining time, so that it will be seen, even from this point, that the shortening of refining time brings the saving of fuel consumption.

目 次

(I) 緒 言

(II) 結論概要

(III) 製鋼能力

- (1) 平爐の容量と製鋼能力 (2) 製鋼能力と燃料 (3) 製鋼時間と石炭當量 (4) 製鋼能力と t 當りの石炭量

(IV) 容量と燃料及び彼我の比較

- (1) 平爐の容量と t 當りの石炭當量 (2) 熔銑混入と製鋼時間及び燃料 (3) 熔銑混入の得失 (4) 彼我の比較
(a) 製鋼能力と燃料 (b) 燃料増加と製鋼能力 (c) 燃料

消費の平均値に付て

(5) 燃料の供給に就て

(V) 熱 損 失

- (1) 熱損失と容量及び製鋼時間 (2) 廢ガスと t 當りの石炭當量 (3) 輻射及び傳導と t 當りの石炭當量
(4) 製鋼能力と熱損失 (5) 爐の容量と輻射及び傳導熱 (6) 燃料配布

I 緒 言

平爐の熱能率に關しては既に著者¹⁾の報ざる所であり其* 日本製鐵株式會社八幡製鐵所 ¹⁾ 海野 製鐵所研究所研究報告 X (1931) No. 3

後も亦此熱的方面の研究は數々²⁾發表せられたが熱經濟³⁾上より更に進んで追求せるものは甚だ少い感がある。單に熱量を算出し其能率を比較しただけでは吾々作業に従事するものにとりては其得る所多しとする事は出来ない。熱經濟の目的は燃料を節約して安價に良品を生産するにあるは元より言を俟たない所である。著者は此見地に立ちて熱量の配布と容量との關係、又製鋼能力と燃料、製鋼時間及び熔銑混入の節約石炭當量等の間の密接且つ必然等關係を追求し更に熱的方面より觀察して我國の製鋼作業が諸外國のそれと如何なる差異あるかを比較論及せんと企てたものである。彼我の差異を知り是よりして築爐材及び構造、作業方法等の改良せらるゝに至らば著者の最も満足とする所である。

II 結論概要

(1) 毎時の製鋼能力は燃料の種類装入物等には殆んど關係なく平爐の容量と共に増し其割合は直線的である。著者の場合に於ては毎時の製鋼能力を x 、容量を V とすれば

$$x/V = K = 0.16$$

となつた。

(2) t 當りの製鋼時間を t とすれば t と容量との間には

$$tV = K, (\text{定數})$$

なる關係ありて燃料の種類及び装入物には餘り關せざる事を知た。

(3) 毎分の供給燃料の増加は其製鋼能力を増す。同一石炭當量の場合は冷銑屑鐵法よりも熔銑混入の場合が常に其能力が大である。

(4) 製鋼時間延長すれば t 當りの燃料は増加す。其の増加の割合は冷銑屑鐵法に於ては熔銑混入の場合よりも大である。即ち t 當りの石炭當量の同一増加量に對して t 當りの製鋼時間の延長する割合は冷銑屑鐵法は熔銑混入の場合よりも大である。

(5) 毎分の供給燃料を減ずるに従て t 當りの製鋼時間は増加の傾向がある。同一石炭當量なれば熔銑混入の場合は冷銑屑鐵法よりも常に其 t 當りの製鋼時間は短かい。

(6) 装入物の如何に關せず t 當りの燃料が増せば毎時の製鋼能力は減ずる。換言すれば製鋼能力を増大せしむれば

t 當りの燃料は減少する傾向が認められる。

(7) 装入物の如何に關せず爐の容量が増せば t 當りの燃料は減少する傾向がある。

(8) 熔銑を混入すれば毎分供給せらるゝ熱量の増加は製鋼 t 當りの石炭當量を減少せしめ t 當りの製鋼時間を短縮する。

(9) 爐の容量に關せず製鋼 t 當りの装入熔銑量が増加すれば平均として t 當りの石炭當量は減少する。

(10) 60 t 出鋼の際に於て出鋼 t 當りの熔銑量が増加すれば t 當りの製鋼時間は短縮する傾向が有る。従て此際毎時の製鋼能力は増加する。

(11) 爐の容量 40 t 以上となれば其容量に關せず t 當り 545 kg の熔銑を装入すれば冷銑屑鐵の場合に比し t 當り平均として 63 kg 即ち $409.5 \times 10^6 cal$ の燃料節約に相當し之は熔銑の保有熱量の約 2.55 倍に當る。

(12) 此際は全消費燃料の 30% 前後の節約となる而して出鋼 t 數と共に其%は順次増加の傾向が認められる。

(13) 同一容量の場合に於ける毎時の製鋼能力は日本は $x/V = 0.16$ 、獨は $x/V = 0.125$ 、米は $x/V = 0.03$ の順となる。米國は一般に其容量大なるも毎時の製鋼能力は最も小である。而して毎時の供給熱量は同容量の際に日本が最も多く次に獨、米の順となつて居る。

(14) 毎時の供給熱量が増せば其製鋼能力は増加する。獨逸の工場よりも毎時 1 t の製鋼能力を増す爲めには毎時 $09.2 \times 10^6 cal$ 即ち 141.5 の石炭當量の燃料増加を必要とする。

(15) 熔銑混入と否とに關せず又燃料の種類によらず t 當りの製鋼時間が増せば廢ガス及輻射傳導によりて失ふ熱損失は増加する傾向がある。製鋼時間が同一なるときは熔銑混入の場合は混入せざる時よりも其熱損失は大である。

(16) 廢ガス及輻射傳導による熱損失は爐の容量が増せば却て減少する。同一熱損失の場合には熔銑を混入すれば冷銑屑鐵法の場合よりも其容量が大であり又容量同一ならば熱損失は熔銑混入の場合がはるかに大である。

(17) 廢ガス及び輻射傳導による熱損失は製鋼 t 當りの熱量と共に増す。廢ガスの損失熱量は t 當りの熱量と共に殆んど直線的であるが輻射及び傳導による損失は t 當りの熱量と共に急激に増加する。而して t 當り 150 kg 以上は殊に其熱損失は増大する。

(18) 廢ガス及び輻射傳導による熱損失は装入物の如何に關せず毎時の製鋼能力が増すに従て直線的に減少する。

²⁾ K. Hübner, Archiv. für das Eisenh., June (1932) 591.
A. J. Ebner, Blast Furnace, Nov (1931) 1459;
矢野弘一, 石田孝造, 日本鐵鋼協會研究部會 (1938); 昭和製鋼所熱管理所報告 (1938),

³⁾ F. Wesemann, Stahl u. Eisen. 56 (1936) 677; 1074.

而して其減少する割合は廢ガスよりも輻射傳導による損失の方が大である。

(19) 爐の容量が増せば t 當りの輻射及び傳導による熱損失は減少する。其割合は熔銑混入の場合よりも冷銑屑鐵の場合がはるかに大である。

(20) $1t$ の熔鋼并に t 當りの鋼滓が持ち去る熱量は爐の大小装入物燃料の種類等に無關係にて約 $66 kg$ の石炭當量であり $429 \times 10^6 cal$ である。従て熔銑を混入すれば夫れが爐内に運べる熱量だけ廢ガス及び輻射傳導の熱損失量が增加する道理である。熱損失と製鋼 t 當りの熱量とを示

す關係に於て熔銑混入と冷銑屑鐵法の場合とは平行せる二直線となる。此差は即ち熔銑の含有熱量の影響である

III 製鋼能力

(1) 平爐の容量と製鋼能力 昭和 12 年 4 月同 13 年 4 月の兩度に鐵鋼協會の製鋼研究部會に各工場より提出せられた平爐の熱勘定表より製鋼能力及び t 當りの時間と平爐の容量等を第 1 表に掲げた工場番號の上に○印を附したるは熔銑を混入せるもの、又 r 印は燃料に重油を使用せることを示したものである。

第 1 表 製鋼能力と容量

工場番號	(1)°	(2)	(3)	(4)
型式	固定式	鹽基性ルツマン式	神鋼式鹽基性	鹽基性メルツ式
製鋼法	鹽基性銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法	冷銑屑鐵法
製鋼時間	8°25'	4°22'	4°55'	7°40'
t 當の製鋼時間(分)	0°8'10	0°10'50	0°7'37	0°18'40
容量(t)	62.4	25	40	25
燃料の種類	骸炭ガス及タール	發生爐ガス	發生爐ガス	發生爐ガス
製品の成分(%)	C 0.162, Si 0.16, Mn 0.35	C 0.05, Si 0.00, Mn 0.29, P 0.02, S 0.03, Cu 0.03	C 0.10, Si 0.11, Mn 0.25, P 0.018, S 0.022, Cu 0.15	C 0.26, Si 0.22, Mn 0.56, P 0.013, S 0.019, Cu 0.12
製鋼能力(毎時 t)	7.410	5.720	8.150	3.260

工場番號	(5)	(6)	(7)r	(8)
型式	鹽基性メルツ式	鹽基性メルツ式	鹽基性メルツ式	鹽基性メルツ式
製鋼法	銑鐵屑鐵法	屑鐵法	屑鐵法	銑鐵屑鐵法
製鋼時間	6°45'	—	6°40'	7°10'
t 當の製鋼時間(分)	0°11'56	(15.0)	0°5'72	0°10'7
容量(t)	35	27	70	40
燃料の種類	發生爐ガス	發生爐ガス	重油	發生爐ガス
製品の成分(%)	C 0.36, Si 0.28, Mn 0.73, P 0.018, S 0.022, Cu 0.05	C 0.11, Si 0.16, Mn 0.43, P 0.019, S 0.018, Cu 0.23	C 0.10, Si 0.12, Mn 0.45, P 0.025, S 0.025, Cu 0.09	C 0.69, Si 0.26, Mn 0.69, P 0.018, S 0.016, Cu 0.15
製鋼能力(毎時 t)	5.180	4.00	10.50	5.610

工場番號	(9)°	(10)°	(11)r	(12)°
型式	鹽基性固定式	傾注式鹽基性	固定式鹽基性	鹽基性
製鋼法	屑鐵法	鑛石法(豫備精鍊爐と平爐と合併法)	銑鐵屑鐵法	屑鐵法
製鋼時間	5°25'	7°0'	4°15'	—
t 當の製鋼時間(分)	0°6'13	0°3'32	0°9'10	(8.0)
容量(t)	53	100~120	28	50
燃料の種類	發生爐ガス	發生爐及骸炭ガス	重油	發生爐ガス
製品の成分(%)	C 0.20, Si 0, Mn 0.45, P 0.036, S 0.036, Cu 0.488	C 0.11, Si 0.004, Mn 0.44, P 0.015, S 0.032, Cu 0.010	C 0.15, Si —, Mn 0.38, P 0.017, S 0.032, Cu 0.18	C 0.24, Si 0.034, Mn 0.57, P 0.04, S 0.033, Cu 0.08
製鋼能力(毎時 t)	9.780	15.70	6.59	7.50

工場番 号	(13)	(14)	(15)	(16)
型 式	鹽基性シーメンス式	富士式メルツ型	鹽基性標準型	固定式鹽基性
製 鋼 法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法
製 鋼 時 間	—	—	5° 45'	5° 45'
<i>t</i> 當の製鋼時間(分)	(24'0)	(19'7)	0° 13'80	0° 13'80
容 量(<i>t</i>)	10	15	25	25
燃 料 の 種 類	發生爐ガス	發生爐ガス	發生爐ガス及タール	發生爐ガス
製 品 の 成 分(%)	C 0.19, Si —, Mn 0.61 P 0.013, S 0.032, Cu 0.13	C 0.20, Si 0.19, Mn 0.55 P 0.044, S 0.042, Cu 0.296	C 0.16, Si —, Mn 0.48 P 0.032, S 0.028, Cu 0.19	C 0.15, Si 0.005, Mn 0.35 P 0.015, S 0.019, Cu 0.10
製鋼能力(毎時 <i>t</i>)	2.50	3.045	4.350	4.350

工場番 号	(17)°	(18)°	(18)°	(20)°
型 式	傾注式鹽基性	—	鹽基性固定式	鹽基性固定式
製 鋼 法	銑鐵鑛石法	—	—	—
製 鋼 時 間	—	—	5° 38'	6° 23'
<i>t</i> 當の製鋼時間(分)	(2'8)	0° 5'66	0° 5'64	0° 6'40
容 量(<i>t</i>)	122	100	60	60
燃 料 の 種 類	高爐及骸炭ガス	—	發生爐及骸炭ガス	發生爐ガス
製 品 の 成 分(%)	C 0.17, Si 0.009, Mn 0.38 P 0.023, S 0.025, Cu 0.334	C 0.17, Mn 0.44	C 0.32, Mn 0.53	C 0.13, Mn 0.37
製鋼能力(毎時 <i>t</i>)	21.4	10.60	10.64	9.37

工場番 号	(21)°	(22)	(23)	(24)
型 式	鹽基性固定式	酸 性	富士式(メルツ式)	鹽 基 性
製 鋼 法	—	冷銑鐵屑法	鹽 基 性	屑 鐵 法
製 鋼 時 間	7° 25'	13° 10'	6° 10'	11° 40'
<i>t</i> 當の製鋼時間(分)	0° 7'41"	0° 5'26"	0° 18.7	0° 35
容 量(<i>t</i>)	60	15	19.8	20
燃 料 の 種 類	發生爐ガス	發生爐ガス	發生爐ガス	發生爐ガス
製 品 の 成 分(%)		C 0.31, Si 0.26, Mn 0.67 P 0.034, S 0.037, Cu 0.15	C 0.15, Si 0.151, Mn 0.43 P 0.045, S 0.031	C 0.08, Si 0.26, Mn 0.37 P 0.010, S 0.025, Cu 0.18
製鋼能力(毎時 <i>t</i>)	8.10	1.140	3.206	1.714

工場番 号	(25)	(26)	(27)	(28)
型 式	鹽基性普通型	鹽基性固定式	鹽基性固定式	メルツ式
製 鋼 法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法(コークス装入)	屑 鐵 法
製 鋼 時 間	8° 5'	5° 55'	7°	5° 50'
<i>t</i> 當の製鋼時間(分)	0° 23'9"	0° 14'2"	0° 14'	0° 14'
容 量(<i>t</i>)	22.17	25	30	25
燃 料 の 種 類	發生爐ガス	發生爐ガス	發生爐ガス	發生爐ガス
製 品 の 成 分(%)	C 0.08, Si tr, Mn 0.20 P 0.006, S 0.017, Cu 0.17	C 0.13, Si 0.21, Mn 0.40 P 0.037, S 0.045	C 0.15, Si 0.005, Mn 0.35, P 0.015, S 0.015, Cu 0.085	C 0.10, Si 0.186, Mn 0.42 P 0.045, S 0.032, Cu 0.148
製鋼能力(毎時 <i>t</i>)	2.510	4.225	4.280	4.280

工場番號	(29)r	(30)	(31)r	(32)
型式	鹽基性メルツ式	鹽基性メルツ式	鹽基性固定式	鹽基性神鋼式
製鋼法	屑鐵法	屑鐵法	銑鐵屑鐵法	銑鐵屑鐵法
製鋼時間	4° 50'	7° 20'	4° 20'	5° 15'
t當の製鋼時間(分)	0° 8'47'	0° 13'74	0° 5'78'	0° 6'06'
容量(t)	34.240	32	45	52
燃料の種類	重油	發生爐ガス	重油	發生爐ガス
製品の成分(%)	C 0.15, Si 0.14, Mn 0.49 P 0.056, S 0.035	C 0.32, Si 0.28, Mn 0.73 P 0.014, S 0.023, Cu 0.13	C 0.15, Si 0.19, Mn 0.42 P 0.022, S 0.023, Cu 0.23	C 0.10, Si 0.17, Mn 0.39 P 0.023, S 0.020, Cu 0.10
製鋼能力(毎時t)	7.08	4.375	10.37	9.90

工場番號	(33)°	(34)°	(35)°	(36)°
型式	鹽基性	鹽基性固定式	メルツ式	鹽基性固定式
製鋼法	屑鐵法	銑鐵屑鐵法	屑鐵法	屑鐵法
製鋼時間	7° 45'	6° 40'	4° 25'	6° 5'
t當の製鋼時間(分)	0° 7'75'	0° 5'97'	0° 4'27'	0° 6'1'
容量(t)	60	67	62	60
燃料の種類	發生爐ガス	散炭ガス及コールタール	發生爐ガス	發生爐ガス
製品の成分(%)	C 0.21, Si 0.01, Mn 0.60 P 0.032, S 0.048	C 0.13, Si 0.22, Mn 0.61 P 0.027, S 0.038	C 0.18, Mn 0.40	C 0.09, Si 0.020, Mn 0.26 P 0.071, S 0.033, Cu 0.25
製鋼能力(毎時t)	7.74	10.05	14.05	9.830

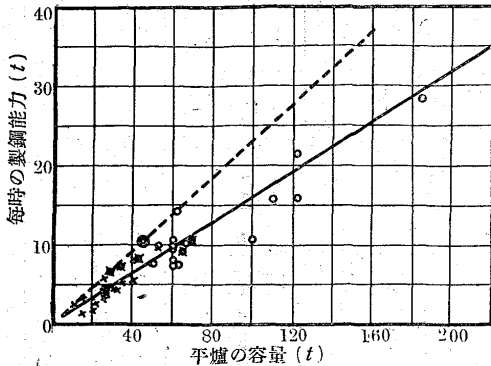
工場番號	(37)r	(38)°	(39)°	(40)
型式	鹽基性メルツ式	鹽基性傾注式	鹽基性傾注式	鹽基性メルツ式
製鋼法	銑鐵屑鐵法	鑛石法	鑛石法	冷銑屑鐵法
製鋼時間	7° 10'	7° 45'	6° 33'	7° 0'
t當の製鋼時間(分)	0° 6'62'	0° 3'80'	0° 2'12'	0° 15'84'
容量(t)	65	122	185	265
燃料の種類	重油	混合ガス	混合ガス	發生爐ガス
製品の成分(%)	C 0.10, Si 0.01, Mn 0.35 P 0.04, S 0.04	C 0.55, Mn 0.66	C 0.15, Si 0.091, Mn 0.46 P 0.075, S 0.049, Cu 0.025	C 0.52, Si 0.13, Mn 0.50 P 0.032, S 0.024, Cu 0.13
製鋼能力(毎時t)	9.07	15.8	28.30	3.79

工場番號	(41)r	(42)r
型式	鹽基性メルツ式	鹽基性重油バーナ式
製鋼法	屑鐵法	冷銑屑鐵法
製鋼時間	5° 5'	4° 50'
t當の製鋼時間(分)	0° 7'17'	0° 7'83'
容量(t)	42.5	37.06
燃料の種類	重油	重油
製品の成分(%)	C 0.12, Si 0.18, Mn 0.48 P 0.043, S 0.033	C 0.20, Si 0.02, Mn 0.45 P 0.04, S 0.04
製鋼能力(毎時t)	8.38	7.67

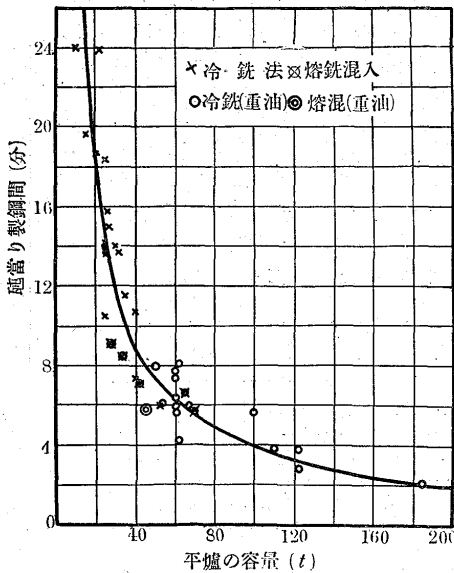
第1表中の平爐の容量と毎時の製鋼能力との關係を第1圖に示した。容量として示したのは凡て實際の生産能力にして其出鋼實積である。以下同じ第1圖によれば平爐の容量が増加すれば毎時の製鋼能力は直線的に増加する。操業法及び使用燃料の相違に依りて多少の變化はあるが平均して殆んど直線的である。點線はその最好調の場合にしてはは作業順調ならば到達し得べき結果である。今實線にて凡ての場合の平均値を求め此直線の傾斜からして兩者の關係を求むれば

$$\frac{\text{製鋼能力}}{\text{容量}} = \frac{32}{200} = \frac{1}{6.25} = \frac{0.16}{1}$$

第1圖 容量と出鋼t数(毎時)



第2圖 容量と製鋼時間



れば第1圖は

$$\frac{x}{V} = K$$

なる直線にて表はし得る。茲に K は定數である。又 t 當り製鋼時間を t とすれば

$$\frac{60}{x} = t$$

從て

$$\frac{60}{tV} = K$$

$$\therefore e \quad tV = \frac{60}{K} = K_1$$

即ち t 當りの製鋼時間 t と容量 V との關係を求むれば第2圖の如くなり、各點の平均曲線は t, V の直角座標に對する双曲線の一つとなる。從て逆に考ふれば第1圖に於ける x と V との關係は直線を以て表はし得るものである事が分かる。從て是等の關係からして次の如く述ぶる事が出来る。

(i) 毎時の製鋼能力は平爐の容量と共に直線的に其 t

數を増す。

(ii) 此平均直線よりして容量 $200t$ とならば毎時の製鋼能力は約 $32t$ となる可きである。

(iii) 重油使用爐に於ては他の燃料の場合よりも常に製鋼時間は短縮され毎時の製鋼能力も亦他の場合よりも平均大である。

(iv) $200t$ 爐に於ては平均噸當りの製鋼時間は約 1.9 分となる。

(v) 第1圖の點線よりして作業好調の場合は $140t$ 平爐に於て毎時 $32t$ を出鋼し得可き場合がある筈である。

外國の一例を茲に採り來て比較して見よう。カナダのハミルトン工場に於ける新設の $400t$ 爐に於て Charles Longenecker¹⁾ の報せる所に依れば平均として精鍊熔銑を $170t$ 其他屑鐵鑄型屑等を裝入して 11 時 38 分の製鋼時間を要し $371.2t$ の出鋼を得て居る。成品は普通の炭素鋼で $0.05 \sim 0.66\% C$ に及んで居る。此の場合に於ては t 當りの製鋼時間は 1.94 分であり、毎時の製鋼能力は約 $32t$ である。第1圖の結果から押せば毎時の能力は $59.3t$ となるべき道理であり、又 t 當りの製鋼時間は 1.02 分とならねばならぬに事實は其能力即ち製鋼時間に於て $200t$ 爐の場合と大差がない。從てハミルトン工場の如き熱量の使用方法では爐の容量が $400t$ であつても爐が大なりと云ふ効果が更に無いと云はざるを得ない。此際 t 當りの熱量は $732.5 \times 10^3 kcal$ であるから t 當りの石炭當量は約 $113kg$ となる。從て我國の結果より考ふるに爐の大なるを以て誇りと云へども更に其の大なる特徴を發揮して居ない事になつて居る。

(2) 製鋼能力と燃料 燃料の發熱量は數量的煩瑣を省くため發熱量 $6,500cal$ の石炭に換算して之を石炭當量と名付け比較に便ならしめた。又發生爐の熱能率は 63.5% ²⁾ $\sim 61.5\%$ ³⁾ であるが之も便宜上燃料の發熱量を直ちに石炭の熱量に換算する事とした、夫れ等を示せば第2表となる

毎分消費する石炭當量と毎時の製鋼能力との關係を求むれば第3圖となる。「 \times 」を以て示せる冷銑屑鐵法は點線を以て表し。又「 \circ 」は熔銑混入法にして燃料は發生爐ガスの場合を實線で表はし。「 \otimes 」は燃料に重油を使用せる冷銑屑鐵法を示し。「 \odot 」は重油を使用せる場合の熔銑混入を表はしたものである。冷銑屑鐵法の場合に於ては其燃料が發

¹⁾ B. F. & S. P. Dec. (1934) 1279.

²⁾ 燃料展覽會報告

³⁾ 海野, 製鐵所研究所研究報告 10 (1930) No. 3

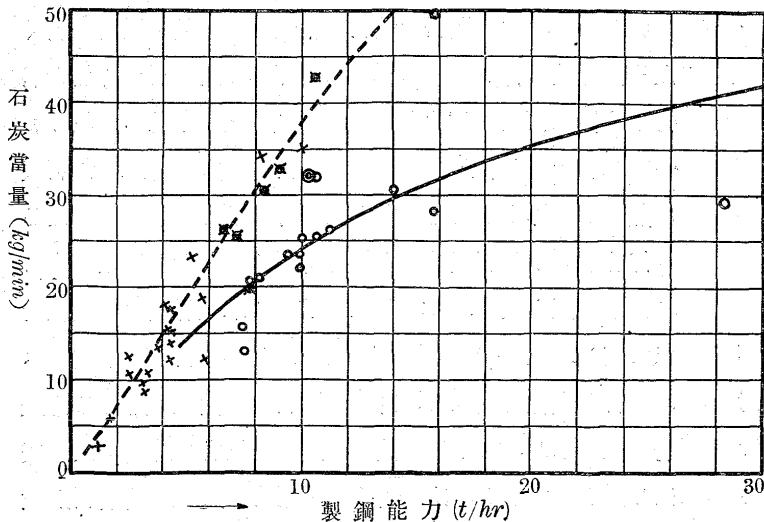
第 2 表

工場番 號	(1)°	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)r	(8)	(9)°	(10)°	(11)r	(12)°	(13)	(14)
製 鋼 時 間(t/min)	8.10	10.50	7.37	18.40	11.56	(15.0)	5.72	10.70	6.13	3.82	9.10	—	(24.0)	(19.7)
容 量(t)	62.4	25	40	25	35	27	70	40	53	110	28	50	10	15
熔 銑 の 石 炭 當 量(kg)	22.1	—	—	—	—	—	—	—	15.6	37.3	—	24	—	—
t 當 り の 石 炭 當 量(kg)	122	128	252	201	268	272	245	202	145	108	239	257	299	192
毎 分 の 石 炭 當 量(kg)	15.6	12.2	34.2	10.9	23.2	18.1	42.8	18.9	23.6	28.3	26.3	13.1	12.5	9.7
毎 時 の 製 鋼 能 力(t)	7.41	5.72	8.15	3.26	5.18	4.00	10.50	5.61	9.78	15.70	6.59	7.50	2.50	3.05
工場番 號	(15)	(16)	(18)°	(19)°	(20)°	(21)°	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)r
製 鋼 時 間(t/min)	13.80	13.80	5.66	5.64	6.40	7.41	52.6	18.7	35	23.9	14.2	14.0	14.0	8.47
容 量(t)	25	25	100	60	60	60	15	19.8	20	22.2	25	30	25	34.2
熔 銑 の 石 炭 當 量(kg)	—	—	27	42.5	25.8	18	—	—	—	—	—	—	—	—
t 當 り の 石 炭 當 量(kg)	228	211	190	183	151	158	156	164	211	258	219	171	247	216
毎 分 の 石 炭 當 量(kg)	1.65	15.3	25.5	32.4	23.6	21.3	2.96	8.8	6.0	10.8	15.4	12.2	17.6	25.5
毎 時 の 製 鋼 能 力(t)	4.35	4.35	10.60	10.64	9.37	8.10	1.14	3.21	1.71	2.51	4.23	4.28	4.28	7.08
工場番 號	(30)	(31)°r	(32)	(33)°	(34)°	(35)°	(36)°	(37)r	(38)°	(39)°	(40)	(41)r	(42)r	
製 鋼 時 間(t/min)	13.74	5.78	6.06	7.75	5.97	4.27	6.1	6.62	3.80	2.12	15.84	7.17	7.83	
容 量(t)	32	45	52	60	67	62	60	65	122	185	26.5	42.5	37.1	
熔 銑 の 石 炭 當 量(kg)	—	13.1	—	23.2	22.4	11.5	18.3	—	24.7	34.6	—	—	—	
t 當 り の 石 炭 當 量(kg)	194	187	212	160	151	131	134	219	189	62	216	219	155	
毎 分 の 石 炭 當 量(kg)	14.1	32.4	35.0	20.7	25.3	30.7	22.3	33.1	49.7	29.2	13.6	30.6	19.8	
毎 時 の 製 鋼 能 力(t)	4.38	10.37	9.90	7.74	10.05	14.05	9.83	9.07	15.80	28.30	3.79	8.38	7.67	

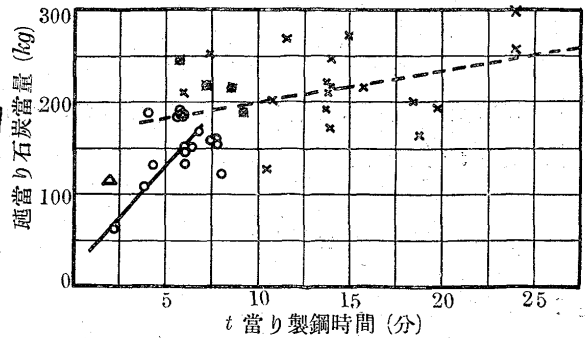
生爐ガスたると重油たるとに論なく殆んど同一なる點線にて表はされ其燃料の種類によりて更に異状を認めない。此結果よりして次の如く述ぶる事が出来る。本稿に於ては主として熱的方面の研究なる故に操業法を熔銑混入法と冷銑

屑鐵法との二つに分類し、冷銑屑鐵法と述ぶるは熔銑を混入せざる凡ての場合で熔銑混入方法とは熔銑を混入する場合を意味せしめた。在來の操業の分類法とは異なるが讀者之を諒せられたし。

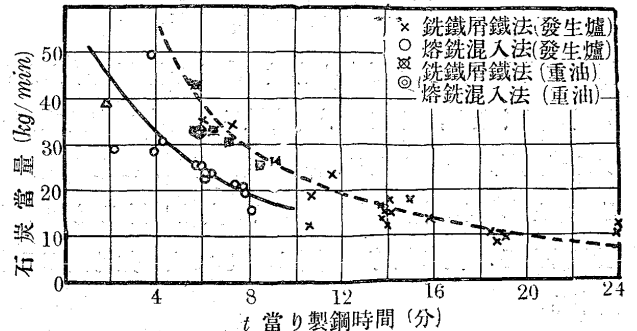
第 3 圖 燃料と製鋼能力



第 4 圖 t 當り石炭當量と製鋼時間



第 5 圖 石炭當量と製鋼時間



(i) 燃料即ち熱量の増加は其製鋼能力を増す。冷銑屑鐵法に於ては其燃料の發生爐ガス又は重油たるに論なく熱量が増せば其製鋼能力は殆んど直線的に増す、此直線よりして平均

$$\frac{\text{毎時の石炭當量}}{\text{製鋼能力}} = \frac{2 \cdot 266}{10} = 0 \cdot 227 (t)$$

即ち毎時 227 kg の石炭當量の熱量の供給増加は其製鋼能力に毎時 1t づつの増加を來たす事となる。

(ii) 熔銑混入法に於ては其熔銑の種類及び量によりて相當の差はあるが冷銑屑鐵法の如く其供給熱量が増せば従つて其の製鋼能力は増加する。此平均關係を曲線にて示した。供給熱量が同一なる時は熔銑を混入すれば其製鋼能力は一般に大であるが後に述べる如く熔銑の種類によつて甚しく相違する事實あり、又其混入割合によりて相當の差を生ずるは當然であるが今は夫れ等の大體の平均値として出鋼 t 當り熔銑量 515 kg なる場合に付きて求むる事にした。

(3) 製鋼時間と石炭當量 t 當りの石炭當量と製鋼時間との關係を求むれば第4圖の如き二つの直線を以て表はされる。熔銑混入の場合を實線で示し冷銑屑鐵法の場合は點線で示す事とした。是等の結果よりして次の如く述ぶる事が出来る。

(i) 熔銑混入、冷銑屑鐵法共に製鋼時間が延長すれば t 當りの石炭當量は増加する。

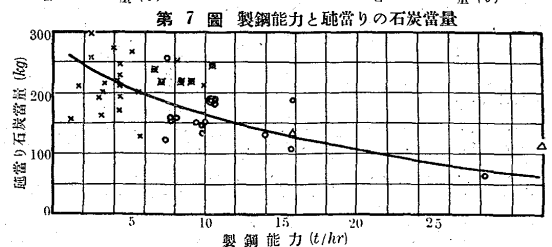
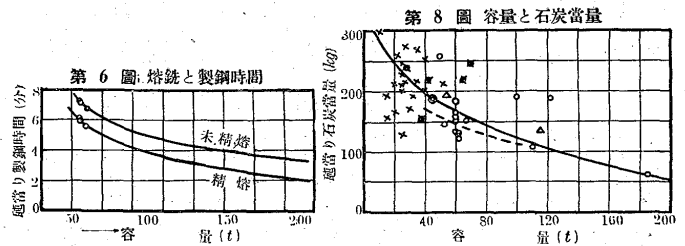
(ii) 熔銑混入の際は平均として t 當りの製鋼時間が 1 分増加する毎に t 當りの石炭當量は約 22.5 kg の増加となる。

(iii) 冷銑屑鐵法に於ては其燃料が發生爐ガスたと重油たとを問はず平均として t 當りの製鋼時間が 1 分延長する毎に約 35.3 kg の石炭當量の増加となる。従て熔銑混入の場合は冷銑屑鐵法よりも其製鋼時間をして可及的短縮せしむ可きである。換言すれば熔銑の保有熱量を可及的活用せしむる様にす可きである。次に毎分の石炭當量と t 當りの製鋼時間とを示せば第5圖の如くなる。冷銑屑鐵法に於ては燃料は發生爐ガスたと重油たとを問はず何れも同一曲線上に來る。此關係を點線の曲線で示した。又熔銑混入の場合は實線を以て其平均を示した。是等の曲線よりして次の如く述ぶる事が出来る。

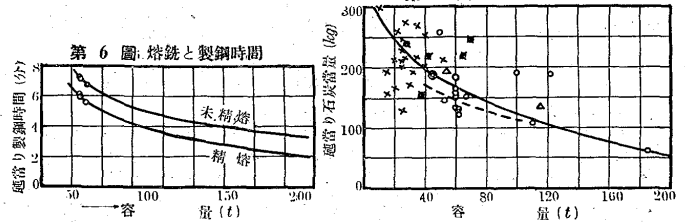
(i) 爐内に供給せらるゝ燃料の減少は何れの裝入法たるに論なく其製鋼時間を延長せしむる。冷銑屑鐵法に於ては發生爐ガスたと重油たとを問はず爐内供給熱量の増加は其製鋼時間を短縮する。此曲線よりして石炭當量が毎

分 20 kg 以下となれば徒らに其製鋼時間を延長するのみであつて製鋼時間を 8 分以下とするには毎分 30 kg 以上でなくてはならぬ事が判明する。

(ii) 冷銑屑鐵法は熔銑混入の場合よりも同一燃料では長き製鋼時間を要し又同一製鋼時間では多量の燃料を要する。Charles が報ぜるハミルトン工場の結果は 400t 爐に於て t 當りの製鋼時間は 1.94 分、又毎分の供給熱量は 39 kg の石炭當量となつて居る。之を(△)符號で第5圖上に示した。此場合は 45% の精鍊熔銑を使用してゐるのでかくの如き位置を占むるものと考へられる。又 t 當り 113 kg となるので同様の記號で第4圖上に示した。是によれば毎分の供給熱量は平均値に達せず従て t 當りの石炭當量は比較的多量になつて居る事が分かる。熔銑に於ては其精鍊程度に由りて製鋼時間に相當の差が有る事は既に著者¹⁾が實際作業及び實驗の結果よりして數量的に詳述した所であるが今一度茲に引用して参考に供する。第6圖は即ち夫である。是に依れば未精鍊熔銑、精鍊熔銑とに於てさへ製鋼時



第8圖 容量と石炭當量



間に相當の差が認められる。精鍊度が進めば製鋼時間は一層短縮せらるゝ事は勿論である。第3圖の熔銑使用の際に於て甚しく點のずれたる等此理由に由る所甚だ大なるものがある、先づ第6圖の結果に付て少しく數量的に述べれば 122t の平爐に於て未精鍊熔銑を混入せる時は t 當りの製鋼時間は 4.4 分を要するが精鍊熔銑を使用すれば 3.3 分となり其能力に於ては夫々 13.6 及び 18.2t となつて居る。又 185t 爐に於て未精鍊及び精鍊熔銑を混入する場合は夫々 3.5 分及び 2.2 分の製鋼時間となり其製鋼能力に於ては夫々 17.1 及び 27.3t となる。夫れ故熔銑は其精鍊程度によりて其時間又従て能力に於て相當の差がある事が知ら

¹⁾ 海野 製鐵所研究所研究報告 第10卷 第3號(1930)1.42.

れる。去り乍ら混銑爐にて精鍊を行ふ事は燃料の點より見て甚しく損であるが精鍊をせざる事よりは精鍊せる方が全體として製鋼能力を増す。此際混銑爐の代りに平爐内にての精鍊は最も有利で有る此得失に付ては既に著者¹⁾が報ぜる所である。第6圖よりするも精鍊熔銑の使用は約200t附近に於て其製鋼時間は約19分となり370t出鋼ならば更に此時間が短縮せられねばならぬ道理である。

(4) 製鋼能力と尠當りの石炭當量 毎分燃焼する燃焼の増加と製鋼能力とは冷銑屑鐵法に於ては其燃料の發生爐ガスたと重油たとを問はず常に比例して増加する事實は第3圖よりして知られたが、然らば其割合に製鋼能力に比例してt當りの石炭當量が増加するや否やを考ふるに第7圖に示す如く此關係は一つの曲線を以て表はす事が出来る此結果に據れば次の如く述ぶ事が出来る。

(i) 製鋼能力が増すに従て製鋼t當りの石炭當量は減少する。單位時間に於ける燃料は増加するがt當りとして考ふれば反對に減少する。

(ii) 冷銑屑鐵法に於て重油を使用すれば熔銑を混入して發生爐ガスを使用した場合と製鋼能力は同一でも前者は相當の燃料が必要である。重油の場合は曲線の上部に凡てが位し、熔銑混入の場合は多くは曲線の下部にある事實によりて知る事が出来る。重油の場合に比較的製鋼能力が大であるのは供給熱量が大なる結果であり又熔銑混入の場合に曲線の下部に位するは熔銑の含有熱が充分利用せられてない結果であると考へられる。

(iii) 冷銑屑鐵法に於て發生爐ガスを使用する場合は製鋼能力は大部分が6t以下であるが重油を使用すれば其能力は6~11tとなる。又熔銑混入の場合は其能力が6~29tの間にある。即ち製鋼能力を増すには冷銑屑鐵法にありては重油を使用するか又は熔銑を混入するにある。此際重油に限らず單位時間に相當の熱量を供給する事を得れば製鋼能力は増大する。夫れ故に蓄熱室の構造の改良は缺く可らざる重要事であらう。

A, J. Ebner¹⁾ は炭灰爐ガス使用の平爐に付き漸進的進歩の好例として獨逸ドルトムンド・フッシュ製鋼所に付き報じて居る。之によれば平爐は35t5基、150t1基で燃料はt當り9,300~10,400*ft*³ 其發熱量は1*ft*³に付き527*b.t.u.* 装入物は屑鐵75% 銑鐵25% で其内85%は熔銑を使用して居る。100t爐は實際には110~120tを

出し一晝夜に3.3回であると、依て是等を著者の數値に換算して見るに9,300~10,400*ft*³は平均9,850となるから製鋼t當りの石炭當量は

$$9.85 \times 0.252 \times 35.3 = 877 \times 10^6$$

$$877 \times 10^6 \div 6500 = 135 (kg)$$

又毎時の製鋼能力は

$$\frac{115 \times 3.3}{24} = 15.8 (t)$$

15.8tとなる。之を第7圖に(△)を以て示した。此工場に於ては熔銑を混入するが故に同圖上の平均曲線に近く位置する。又使用ガスの發熱量を見るに1*m*³につき

$$527 \times 0.252 \times 35.3 = 4,690 (cal)$$

4,690*cal*となり本邦のークスガスの平均よりも高い發熱量であつて此ガスに補助燃料としてタールを使用して居る又Charlesが報ぜるハミルトン工場の場合をも同様の記號にて第7圖に示した。

IV 容量と燃料及彼我の比較

(1) 平爐の容量とt當りの石炭當量 平爐の容量と製鋼t當りの石炭當量との關係を求むるに第8圖を得る。熔銑混入と冷銑屑鐵装入の場合の曲線は夫々相異なる筈であるが茲には此兩者の平均を實線で表はす事にして熔銑混入の場合は此實線より少し異なりて點線で表はさる可きであらう。此實線より考ふれば熔銑混入の場合でも冷銑屑鐵法でも又其燃料が發生爐ガスでも重油でも大局より見て次の如く述ぶ事が出来る。

(i) 平爐の容量が増せば製鋼t當りの石炭當量を減少せしむる。是は容量の増加が熔銑混入を伴ふ場合が多く之に反して平爐の容量が小ならば多くは熔銑混入を伴はず且つ其表面より輻射傳導等に依るt當りの熱損失が比較的少量なる結果である。

(ii) 冷銑屑鐵法 熔銑混入法の別なく同一容量に於ても作業の狀況によりてt當りの石炭當量に可なりの開きがある。冷銑屑鐵法に於ては平均として30tの場合に約125*kg*より270*kg*に至り、熔銑混入法に於ては60tの場合に120*kg*より250*kg*に及んで居るが是等の主なる原因は第3圖より夫れ等の點に相當する工場の毎分の消費燃料を見ればより分明しよう。即ち毎分供給せらるる石炭當量の多少により又後に述ぶる如く熔銑混入の時期の相異及び其他の狀況の相違等に依りて是等の差を生ずるのである。

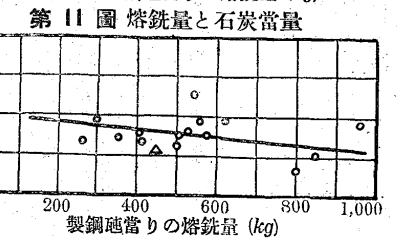
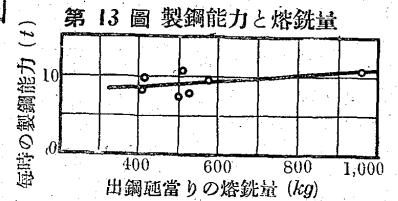
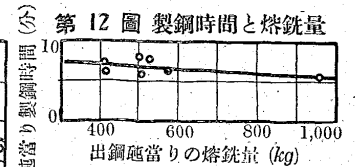
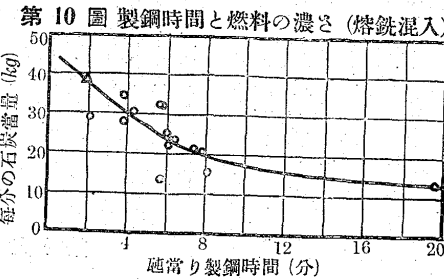
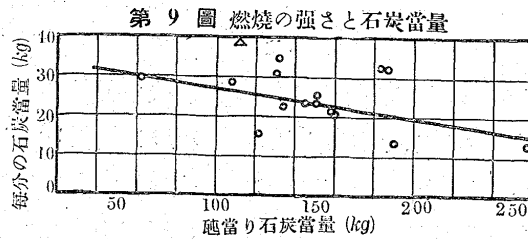
¹⁾ 海野 製鐵所研究所研究報告 前掲

²⁾ Blast Furnace, Nov. (1931) 1459.

是に據れば可及的多量の熱を供給する事が爐の熱能率又從て製鋼能力を増大する最大原因の一たる事は間違ない。Charles Longenöcker が報ぜるハミルトン製鋼工場に於ては 400t 爐に 45% の精鍊熔銑を用ひ乍ら t 當り 113kg の石炭當量であり從て燃燒加熱方法が容量の大なるに平行して行はれて居らぬ事が推定せらるゝ。即ち第8圖より推す時は容量 110t 爐に要する燃料を 400t 爐に用ひて居る事となる。從て毎時の製鋼能力は 32t であるから第1圖より見るに事實は 200t 爐の普通の製鋼能力に等しい。200t 爐ならば t 當りの消費石炭當量は 50~60kg で足る可きに 113kg を消費して居るのは製鋼能力の割合に過分の燃料を浪費して居る事が分かる。是は如何なる原因によるかを考ふるに熔銑混入に於て最も有效適切なる混入法を行て

居らないか、又爐の構造、火焰の通路等に於て其當を得て居ないか等の外に單位時間に供給する熱量が過少で有る結果であつて要するに熱の利用宜しきを得て居ないと云ふ事が推察せらるゝのである。單位時間の供給燃料が少ければ全製鋼量に對しては却て比較的多量の燃料を要すると云ふ事實は注意す可き事柄である。又 F. Wesemann¹⁾ が 7ヶ所の製鋼所に於て各々 5 回に互る實驗で爐の容量 50~60t、爐床の幅員 32~40m² 8~35% の銑鐵を含む裝入物、燃料としては混合ガスが用ひられたる際に熱消費 t 當り 1.1~1.4 × 10⁶ Kcal を報じて居るがこの平均値を石炭當量に換算すれば 169~215.5kg となり 55t の爐に於て平均 t 當り 193kg となつて居る由て此値を A. J. Ebner

のヘツジユ製鋼所の場合と共に(△)を以て第8圖上に併記した。Wesemann 及び Ebner の結果は平均曲線の上部に位し平均値に近い單位時間に於ける供給熱量が大ならば製鋼能力の増大する事實は重要な事であるから此爲めに



は蓄熱室は充分其効果を發揮する事が大切であり又温度の上昇は爐の使用回数を左右するから爐の各部に互る耐火煉瓦¹⁾の選定に付き考慮の必要あるは言を俟たない。

(2) 熔銑混入と製鋼時間及び燃料 熔銑の割合、爐の容量及び燃料等を集めて第3表に掲げた。熔銑混入の場合に於て毎分の石炭當量と製鋼 t 當りの石炭當量との關係を求むると第9圖の如くなる。即ち多量の熱を同一時間内に爐に送れば t 當りの石炭當量は減少する。其割合は平均して略正比例する事が分かる。燃料を節約して同一時間内に送入する熱量を減少せしむれば t 當りの石炭當量が却て増加する事を示してゐる。此事實は冷銑屑鐵法の場合と全く同様の傾向である。次に毎分の石炭當量と製鋼時間との關係

第3表 燃料,製鋼時間其他(熔銑混入)

工場番號	(1)°	(9)°	(10)°	(12)°	(18)°	(19)°	(20)°	(21)°	(31)°	(33)°	(34)°	(35)°	(36)°	(38)°	(39)°
石炭當量(t/kg)	122	145	108	257	190	183	151	158	187	160	151	131	134	132	62
t當りの製鋼時間(分)	8:10	6:13	3:32	(19:60)	5:66	5:64	6:40	7:41	5:78	7:75	5:97	4:27	6:1	3:80	2:12
毎時の製鋼能力(t)	7:410	9:780	15:70	7:50	10:60	10:64	9:37	8:10	10:40	7:75	10:06	14:05	9:85	15:78	23:28
石炭當量(min/kg)	15:6	23:6	28:3	13:1	13:8	32:4	23:6	21:3	32:4	20:7	25:3	30:7	22:3	34:8	29:2
容量(t)	62:4	53	110	50	100	60	60	60	45	60	67	62	60	122:3	185
t當りの熔銑量(kg)	500	353	847	541	619	958	574	408	298	526	506	262	413	558	800

¹⁾ Iron & Trade Rev. March 10 (1933)

¹⁾ 田所芳秋 製鐵所研究所研究報告11(1932) No.5; No.6
T. Swinden, Fou. Tra. Jon, 16 (1936), 48

を示せば第 10 圖の如く是に依れば同一時間内の燃料の消費を減ずれば製鋼時間は著しく延長する事が知られる。又熔銑量が増加すれば、 t 當りの石炭當量は第 11 圖に示せる如く順次減少するが之は熔銑が多量の熱量を含有するから當然の結果である。此平均直線よりずれたる點はその條件が各々相違するが爲めである。Charles の報せるハミルトン工場の場合を(Δ)を以て第 9~11 圖上に示した。是を見ると t 當りの燃料は平均直線下にある。之は第 10 圖に示す如く毎分の石炭當量が相當に多い結果である事が分る。次に製鋼時間と装入熔銑量との關係を 60 t 出鋼の場合のみに付きて求むれば第 12 圖の如くなり、深堀氏¹⁾及び Killing²⁾の場合と異なり其量に比例して製鋼時間は直線的に短縮する傾向を示して居る。此結果は熔銑装入に際しての當然の結果であつて直線的に短縮せざる場合ありとすれば夫れは熔解時間及び精鍊時間の相異より來れるものと考へねばならぬ。何となれば深堀氏の述べられたる如く熔銑装入の時期によりて熔解時間に相當の差を生じ又成品及び熔銑の成分の差異によりて其精鍊時間に差を生ず可きものであるからである。著者の場合に於ては熔銑量増加すれば製鋼時間は短縮する傾向が認められる。従て此結果として熔銑量が増加すれば製鋼能力は當然増加する事は第 13 圖に示す通りである。是は 1 回の熔銑法自體に付て述べたのであつて實際連続的に作業を行ふときに於てはスラッグの量又夫れに依る爐床に對する影響等其他装入に要する時間の長短等が有るから實際作業に於ては必ずしも常に斯くあるとは斷じられぬ事は勿論であるが大體の傾向を

知られたい。此點に付ては深堀氏が述べられたる所と全く同感である。

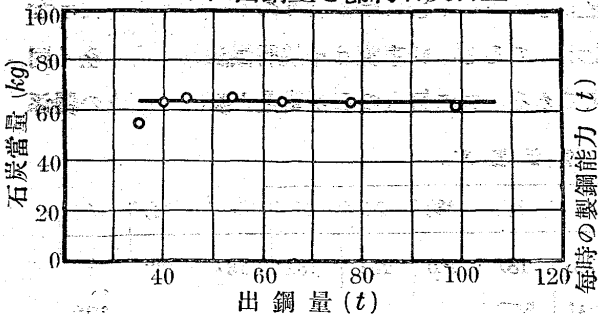
(3) 熔銑混入の得失 熔銑混入の場合は冷銑屑鐵法に比べて燃料經濟上如何なる得失があるかを實績上より計算して見よう、此點に付ては既に深堀氏が實驗の結果を發表して居られるがそれは 50 t 平爐のみに付てであり、且つ其得失に付數字的計算には及ばなかつた。著者は其容量が種々に變化したとき各工場の平均値として如何なる數値が表はれて來るかを數量的に求めたのである。先づ石炭當量の製鋼時間との關係を表はす第 5 圖を見るに冷銑屑鐵法と熔銑混入の場合とは明かに別箇の曲線である。是よりして t 當りの製鋼時間と毎分の石炭當量との關係を求め、又容量と製鋼時間との關係を示す第 2 圖よりして容量を求め夫れ等を第 4 表に集めた。此際熔銑混入の平均値を求むると出鋼 t 當り 545 kg の熔銑となる。此平均値は第 8 表に示してある。

第 4 表 熔銑混入法と冷銑屑鐵法との比較

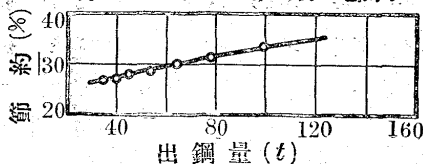
製鋼時間 (分)	t 當りの時間 (分)	容量 (t)	熔銑法の毎分の燃料 (kg)	冷銑屑鐵法の毎分の燃料 (kg)	熔銑法の t 當り (kg)	冷銑屑鐵法の t 當り (kg)	其差 (%)
350	10	35	18.0	23.5	180	235	55 26.8
360	9	40	18.8	25.8	163	232	63 27.1
360	8	45	20.2	28.4	162	227	65 27.8
378	7	54	22	31.3	154	219	65 28.7
384	6	64	24.4	35.0	147	210	63 30.0
390	5	78	27.8	40.4	139	202	63 31.1
396	4	99	31.5	47.0	126	188	62 33.5

是に依れば熔銑を混入すれば容量 40 t 以上は爐の大小にかかわらず含有熱量の利用價値は殆んど一定であるとする事が出来る。此關係を第 14 圖に示した。今出鋼 t 當り 545 kg の熔銑を混入すれば冷銑屑鐵法に比し出鋼 t 當り平

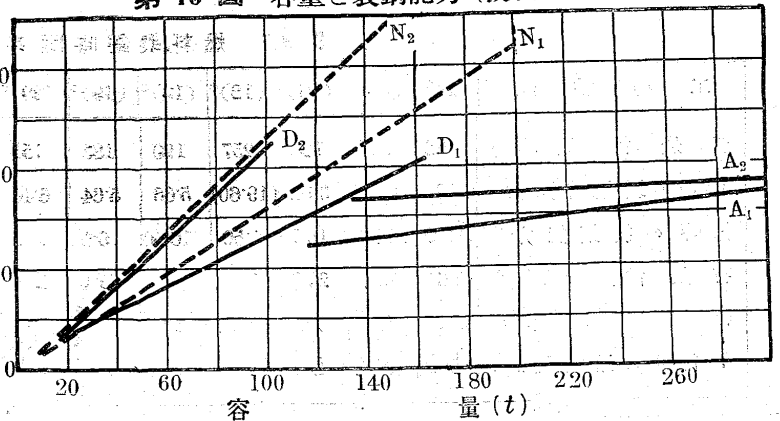
第 14 圖 出鋼量と節約石炭當量



第 15 圖 出鋼 t 數と節約



第 16 圖 容量と製鋼能力 (彼我の比較)



1) 深堀佐市 鐵と鋼 21(1936)543

2) Stahl u. Eisen(1929)1821.

均 63 kg の石炭當量の消費節約となる故に比熱量は

$$63 \times 6,500 \times 1,000 = 409 \times 10^6 \text{ cal}$$

然るに熔銑 545 kg は其含有炭素量を 3.5% とし平均温度を 1,400°C とすれば熔銑 1 gr に付き其含有熱量¹⁾は 294.11 cal である。従て出鋼 1 t に對し熔銑として爐内に運ぶ熱量は

$$294.11 \times 545 \times 1,000 = 160.4 \times 10^6 \text{ cal}$$

故に熔銑の含有熱量に對しては

$$409 \div 160.4 = 2.55$$

2.55 倍だけの燃料の節約に相當する。

是に依れば容量 40 t 以上の爐に於ては出鋼 t 當り 545 kg の熔銑を装入すれば夫れが含有する全熱量の約 2.55 倍に相當する燃料の節約が出来る。又熔銑の代りに冷銑屑鐵を用ひた時に比すれば t 當りの燃料に對し幾%の節約となるかを求めて第 4 表末行に示し容量と t 當り節約%との關係を第 15 圖に示した。是に依れば出鋼 t 數の増加即ち爐の容量が増すに従て節約せらるゝ熱量の場合は順次増加の傾向が認められる。此事實は容量が増せば t 當りの燃料は減少するに熔銑の保有する熱量は一定であるから當然の結果である。冷銑屑鐵量の約半分 545 kg の熔銑の混入は夫れが有する熱量の約 2.55 倍の燃料節約に相當する事が分たが然らば熔鋼の含有熱量の約 2.55 倍を與ふれば夫れで熔鋼となし得るかと云ふに事實は必ずしもそうではない。夫れは加熱に依りて熔銑に與へられたる熱量が其 1 kg に付き單に 294.11 Kcal であっても此 294.11 Kcal を與へるが爲めには其操業法によりては幾倍もの熱量を與へねばならぬ。夫れ故に爐内に熔銑を装入せる後に於て幾分でも其熔銑の温度を降下せしむれば其失た熱量の數倍の熱損失を來たす結果となる。由て熔銑を何時混入す可きが大切な問題となつて來る。即ち冷銑又は屑鐵が少なくとも装入熔銑の温度と等しくなつてからか又は夫れ以上の温度に到達した事を確めてから後に熔銑を混入する事が最も必要となつて來る。即ち冷銑屑鐵の温度が熔銑の温度に到達せざれば此僅少なる温度差が製鋼時間に甚しく影響を及ぼすもので有る。深堀氏は熔銑混入に付きての得失を實驗結果より述べられたるが不活帶の生ずる原因は装入せられたる熔銑の含有熱量が冷銑屑鐵等の爲めに奪はれて種々なる程度温度降下を來す理由によるのであつて冷銑屑鐵の温度に

熔銑の温度が等しいか又は冷銑屑鐵の温度が夫れ以上の温度に到達してから熔銑を混入すれば決して不活帶の生ずる様な事は起らない道理である。以上 2.55 倍なる數値は各作業の平均値から得たものであつて、作業の巧拙又その状況によりては異なる數値となるは自明の理である。

(4) 彼我の比較

(a) 製鋼能力と燃料 F. Wesemann はその報告中に於て装入量と毎時の生産高との關係を示し尙 Buell¹⁾ が報ぜる亞米利加國內に於ける實績を引用して比較し結論として生産高の増加は爐床の深さを増すにあるとし毎時の供給熱量には餘り重きを置いて居ない様であるが爐床の深さを増すと雖も供給熱量即ち反應を促進せしむ可き根元たる熱を除くとしては決して其生産を増すものに非ざる事は明かである。由て著者は F. Wesemann が報ぜる結果と我國に於ける製鋼工場の結果とを比較し更に Buell の結果とも比較して吟味し試みよう。著者の場合に於ては熔銑を混入すれば其餘が冷銑又は屑鐵たるとを問はず凡て熔銑混入法と名付け、其他の場合は凡て冷銑屑鐵法として論じて來た。Wesemann の場合に於て燃料と容量との關係を彼の第 7 圖に示した各點に付き平均を求むれば直線となる。此關係が直線となる可き事は著者が此報告の始めに述べた所に依りて明かである。依て第 1 圖に示した著者の平均直線と Wesemann 及び Buell の平均直線とを集めて第 16 圖に示し又毎時の熱量を算出して容量及び毎時の製鋼能力とを再び集めて第 5 表に示す事とした。第 16 圖中 N. D. A. は日本、獨逸、亞米利加の平均を示し N_z , D_z , A_z , は熔銑混入と否とに關せず最好調なる場合のみを結べる結果にして實績よりして到達可能を意味する直線である。而して夫々日本、獨逸及び亞米利加の順たること前の如くである。但し此際 Wesemann は溶解量を座標に採り著者は出鋼の實績を採た。是等を凡て容量と見做して比較する事とした。此の第 16 圖の直線からして次の事が分かる。

(i) 日本の工場は爐の容量に對する製鋼能力が最も大である。獨逸は是に次ぎ亞米利加は單に爐の容量のみ大であつて其製鋼能力に於ては遙かに我國の結果に及ばない。

(ii) 最好調なる場合の比に於ても我國の製鋼能力は最大で獨逸は我國のものに甚だ近い、亞米利加は其容量 300 t に及べども爐の容量より來る特徴は殆んど認めがたい。即

¹⁾ 海野 製鐵所研究所研究報告 13, (1934) No. 2, 理科報告 23 (1935) 665.

¹⁾ W. C. Buell, Steel, 1932, Vol. 91; Stahl u. Eisen. 53 (1933) 425, 1305, 606, 1360;

第 5 表 毎時の熱量其他

工場番號	(1)°	(9)°	(10)°	(12)°	(18)°	(19)°	(20)°	(21)°	(31)r	(33)°	(34)°	(35)°	(36)°	(38)°
容量(t)	624	53	110	50	100	60	60	60	45	60	67	62	60	122.3
毎時の熱量×10 ⁶ cal	692	10.20	14.9	9.7	14.9	17.5	10.85	16.0	13.56	10.30	11.20	14.3	11.3	13.5
毎時の製鋼能力(t)	7.41	9.78	15.70	7.50	10.60	10.64	9.37	8.10	10.40	7.75	10.06	14.05	9.85	15.78
工場番號	(39)°	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)r	(8)	(11)r	(13)	(14)	(15)	(16)	
容量(t)	185	25	40	25	35	27	70	40	28	10	15	25	25	
毎時の熱量×10 ⁶ cal	17.7	4.70	13.2	4.23	9.0	7.85	16.8	7.37	10.3	2.88	3.81	6.45	5.93	
毎時の製鋼能力(t)	28.28	5.72	8.15	3.26	5.18	4.00	10.50	5.61	6.59	2.50	3.05	4.35	4.35	
工場番號	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)r	(30)	(32)	(37)r	(40)	(41)r	(42)r
容量(t)	15	19.8	20	22.2	25	30	25	34.2	32	52	65	26.5	42.5	37.1
毎時の熱量×10 ⁶ cal	1.32	3.79	2.68	5.24	6.75	4.28	7.38	8.52	6.0	15.3	12.95	5.66	11.9	7.63
毎時の製鋼能力(t)	1.14	3.21	1.71	2.51	4.23	4.28	4.28	7.08	4.38	9.90	9.07	3.79	8.38	7.67

ち容量を大にしても其能力を増加し得ないと認めらる。以上の容量と其製鋼能力とを數字を以て比較して見よう。毎時の製鋼能力を x, 容量を V とすると

$$N_1 \dots \frac{\text{製鋼能力}}{\text{容量}} = \frac{32}{200} = \frac{x}{V} = K = 0.16$$

$$D_1 \dots = \frac{22.5}{180} = \frac{x}{V} = K = 0.125$$

$$A_1 \dots = \frac{16.6 - 12.2}{280 - 120} = \frac{4.4}{160} = K = 0.0275$$

$$N_1 : D_1 : A_1 = 0.16 : 0.125 : 0.0275 = 5.82 : 4.55 : 1 \approx 6 : 5 : 1$$

即ち日獨米は夫々 6:5:1 の割合である。

次に $N_2 \dots \dots \dots \frac{x}{V} = K = 0.231$

$$D_2 \dots \dots \dots \frac{x}{V} = K = 0.220$$

$$A_2 \dots \dots \dots \frac{x}{V} = K = 0.010$$

$$N_2 : D_2 : A_2 = 0.231 : 0.220 : 0.010 = 23 : 22 : 1$$

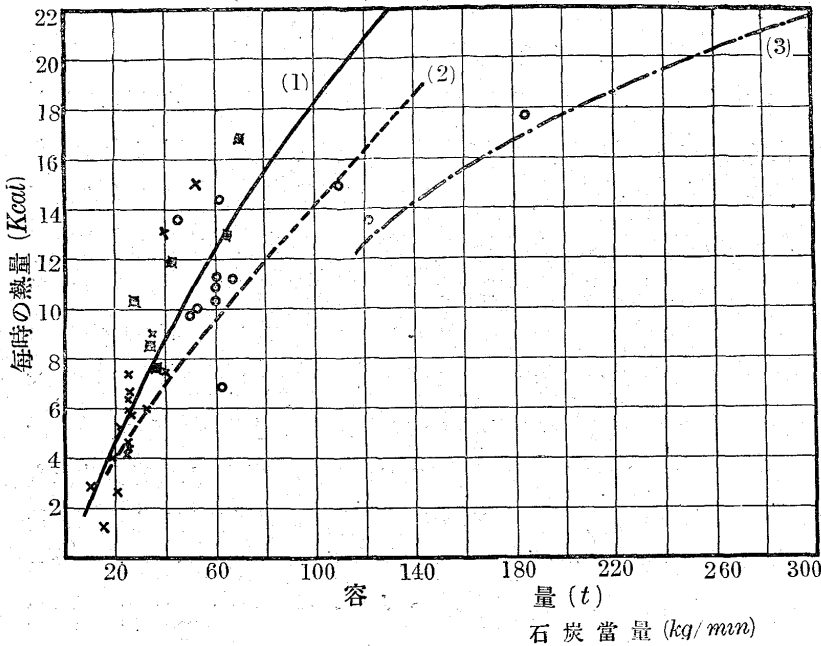
即ち 23:22:1 の割合になって居る、N₂, D₂, は共に各々 N₁, D₁, よりは大である。然るに A₂ は A₁ より遙かに小さい。即ち日獨共最好調なる場合は容量の増加と共に其製鋼能力は増して居るが亞米利加に於ては夫れと反對に容量が増すに従て其製鋼能力は逆に低下して居る事を示すものである。換言すれば亞米利加では容量の非常に大なる平爐を用ひて居るが單に大きいと云ふだけで容量の増加に従て操業法が拙いと云ふ結果になって居る。然らば N₁ 即ち我國が各國に比して最高能力を發揮して居るのは何に起因するかと云

ふに爐床の深さや操業の巧妙なる點もあらうが著者が既に此報告の各所に於て述べたる如く、供給熱量の濃度如何に依りて其製鋼時間は伸縮せられ製鋼能力は夫れに従て減増する事實よりして説明する事が出来る。第 17 圖は毎時の供給熱量と容量との關係を示したもので獨逸及び亞米利加の平均値を各々點線にて同圖上に示し比較に便ならしめた是に依れば N₁ に相當する (1) は其容量に比して最も多量の熱量を使用して居る。D₁ 及び A₁ に相當する (2) 及び (3) は容量の増加に對する毎時の熱量の増加割合が少ない従て爐の大なる割合に熱量は少ない。殊に (3) に於て此感を深くするのである。従て爐内の反應速度は小であるから製鋼能力は爐の容量と平行しないのである。此點に付ては Wesemann 及び Buell は其爐の構造や煙突の引き等に付てのみ論じ此熱量が製鋼能力に非常に影響する事には充分言及して居ないのは甚だ遺憾である。爐の容量と共に毎時の供給量は増加せねばならぬ。毎時の供給熱量が増加すれば製鋼時間は短縮せられ其上に容量が大となれば製鋼能力は更に増すので有る。夫れ故に、當りに換算すれば二重に熱量の節約となるので此事は特に注目に値する事である。

(b) 燃料増加と製鋼能力 第 16~17 圖よりして日獨兩國の製鋼能力及び供給熱量の差を求めて第 6 表に示した。

之に依れば同一容量に對する毎時の製鋼能力も亦平均毎時の消費熱量も共に我國の方が大である。是等の差を圖示すれば第 18 圖の如くなり毎時の供給熱量の増加に従て其

第17圖 容量と毎時の供給熱量



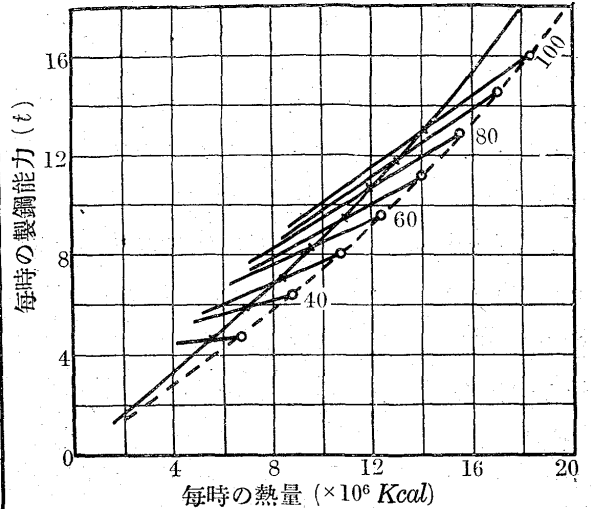
第6表 燃料と製鋼能力(日獨の比較)

容量(t)	供給熱量(日) ($\times 10^6$)	供給熱量(獨) ($\times 10^6$)	其差 ($\times 10^6$ K.c)	製鋼能力(日)	製鋼能力(獨)	其差
20	4.1	4.1	0	3.5	3.5	0
30	6.7	5.5	1.2	4.7	4.6	0.1
40	8.8	6.6	1.9	6.5	5.9	0.5
50	10.7	8.3	2.4	8.0	7.0	1.0
60	12.4	9.5	2.9	9.6	8.3	1.3
70	14.0	10.8	3.2	11.2	9.4	1.8
80	15.5	11.9	3.6	12.9	10.7	2.2
90	17.0	13.0	4.0	14.5	11.8	2.7
100	18.3	14.1	4.2	16.0	13.0	3.0

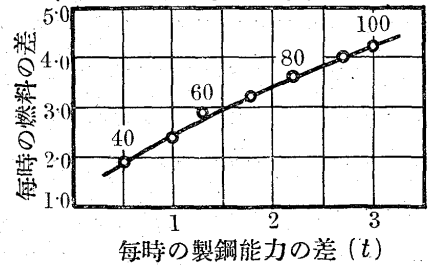
製鋼能力は増加してゐる。曲線上に附したる數字は其際の爐の容量を示したのである。今此平均を求むるに獨逸工場に比し毎時1tの製鋼能力を増す爲めには毎時約 0.92×10^6 Kcal即141.5kgの石炭當量の燃料増加を要求する事となる。此際蓄熱室の構造によりて熱の回収を大ならしむれば消費燃料の節約となるは言を俟たない。次に兩工場の毎時の供給熱量と製鋼能力との關係を第6表より求むれば第19圖の如き2本の曲線を得る日本の平均は(O)獨逸は(X)にて示し各曲線には數字を以て其容量を表はした同一容量の點を結べば圖の如き多くの直線を得る。是によれば同一容量の爐でも燃料を減すれば其能力は低下する事が知られる。此數多くの直線の傾斜からして次の事が分明する。即容量が増せば燃料の増減は直ちに其製鋼能力に影響を及ぼすもので其影響は容量と共に大になる。従て容量を増す場合に於ては其容量増加に従て毎時の消費燃料を増加する必要があるから蓄熱室の構造¹⁾の追求は又避け難き問題である。

¹⁾ K. Hubner, Archi, fur das Eisenhütten June (1932), 591
伊澤惣作 鐵と鋼 19 (1934) 特 67.

第19圖 製鋼能力と燃料



($\times 10^6$ Kcal) 第18圖



(c) 燃料消費の平均値に付て 第1圖より容量と能力との平均値を求め第2圖より容量と製鋼時間との平均を求め又第5圖よりして時間と消費燃料との平均値を求めて第7表に示した、是に依て40數ヶ所の各作業場の實績が是等平均値に對し如何なる位置に位するかを知る事が出来る。容量と適當の製鋼時間が同一になるときは裝入物によりて供給燃料に相當の差がある。換言すれば製鋼時間同一でも熔銑混入の場合は冷銑屑鐵法に比して消費燃料に相當の差がある事が知られる。

第7表 燃料, 能力, 容量の平均値

容量(t)	製鋼能力(t/h)	製鋼時間(t/min)	熔銑法 毎時の消費石炭當量(t)	冷材法 毎時の消費石炭當量(t)	熔銑法 毎時の消費熱量($\times 10^6$ cal)	冷材法 毎時の消費熱量($\times 10^6$ cal)	熔銑法 t當りの熱量($\times 10^6$ cal)	冷材法 t當りの熱量($\times 10^6$ cal)
50	8.0	7.4	1.260	1.860	8.19	12.10	1,020	1,510
60	9.5	6.4	1.410	2.190	9.16	14.24	960	1,490
70	11.2	5.6	1.560	2.520	10.15	16.38	910	1,460
80	12.7	4.9	1.710	2.860	11.11	17.30	880	1,360
100	15.9	3.9	1.900	3.290	12.35	21.40	780	1,340
120	19.0	3.3	2.070	—	13.46	—	710	—
140	22.2	2.8	2.240	—	14.56	—	660	—
160	25.4	2.4	2.380	—	15.43	—	610	—
180	28.6	2.1	2.480	—	16.12	—	560	—
200	31.8	1.9	2.550	—	16	—	520	—

「熔銑法」は熔銑混入法, 「冷材法」は冷銑屑鐵法とす。

以上は製鋼處當り 545kg の熔銑混入の場合平均値より算出したのであるが精鍊の程度に依りて燃料消費其他の點に於て相當の差の生じ來るは當然で茲には大體の平均値を示

すに止めた。

(5) 燃料供給に付て 以上論じ來れる所よりして考察すれば製鋼能力を増さんが爲めには必ず供給燃料を増さねばならぬ事が分かつたが燃料の増加が必ずしも爐内を高温に保つとは云へない。殊に著者の場合に於ては各爐の内部温度は測定せられていないから單に供給熱量に付てのみ論求したが此際に於ては燃料の増加は自然爐内が高温に保たれ居るものと假定したのである。供給燃料と製鋼時間或は能力との關係に於て圖面上に求められたる點の著しく曲線よりずれて居るものが有るのは燃料の燃焼に伴て温度が上昇して居らぬ事が其一因をなして居るものと考へられる。温度の上昇を伴はぬ原因は過剰空氣の侵入¹⁾又は蓄熱室が充分に熱の回収に役立たない場合或はガスの流れ従て其壓力又煙突の引き等關係する所が甚だ多いので是等の細目に互りて研究する必要があるが著者の場合に於ては單に爐内に供給する熱量の多少が如何なる結果を生じて居るかを述ぶるに止めた。燃焼を盛んにして爐内温度を上昇せしめるには茲に其耐火物の材料并に性状を研究選定する必要が生ずる。此耐火物に付きては既に田所博士²⁾の報告あり又近くは T. Swinden³⁾の平爐蓄熱室煉瓦の試験結果の發表又 Anton Heger⁴⁾等の平爐用高耐火度煉瓦に付きての發表等があるが何れも爐内温度とは相離る可からざる關係がある。製鋼能力を増すと雖も爐の使用回數即ち爐の耐久性が減じては結局出鋼能力を減ずることとなるから爐を可及的永續⁵⁾せしむる範圍内に於て其製鋼能力を増大す可きである。爐の製鋼能力を増大するには供給熱量又従て爐内を高温に保つ必要がある。此爲めには在來の耐火煉瓦よりも高温に耐ゆる煉瓦を使用する事が絶対に必要である。高温なればなる程其製鋼時間は短縮され、尠當りの燃料の消費節約を來す事は既に上述せる所である。最近 Radex⁶⁾煉瓦を使用せる實際の例として容量 35t の鹽基性平爐に於て珪石煉瓦と Radex 煉瓦とを使用して比較せしに前者は毎時 $6.6 \times 10^6 \text{ kcal}$ 製鋼時間 6 時間 25 分なるに後者は $7.5 \times 10^6 \text{ kcal}$ を供給する事を得て製鋼時間は 4.55 分に短縮され其能力に於て 23% の増加となり燃料に於て 12%

の節約を得たりと、而して此供給熱量に依りて爐内は更に 100°C の上昇を得られたりと報じて居る。又 Fa. Richard Thomas 會社 Redbourn 工場¹⁾に於ては Radex 煉瓦を使用せる結果其能力に於て 30.26% の増加ありたりと。是等は凡て著者の報告が實際確實なるを證するものであろう。尙 Wesemann は爐の加熱効力は蓄熱室の大き及び其加熱面積に依ると報じて居るが、加熱効力は蓄熱室を通過する廢ガスの模様によりて決定せらるるものであつて必ずしも其加熱面積に比例するとは限らない。彼は蓄熱室内部を一様に廢ガスが流れるものと假定しての報告であるが事實は多くの場合そうでない。此事實は著者が數年前各平爐の蓄熱室内部に於けるガスの流路を測定して確かめたものである。即ち現在の平爐蓄熱室の構造は何れも内部に於けるガスの流路に付きて考究せらるる餘地が多い、廢ガス及び生ガスの通路が一致せざる時は蓄熱室は熱の回収に貢獻して居ないのであつて従て蓄熱室の加熱面積によりてのみ其加熱効力を論ずる事が出來ない譯である。著者は蓄熱室内部に於ける温度の分布からして内部に於けるガス及び空氣の流れを求めた此結果は既に井上博士²⁾によりて報告されているから細目に互りて述ぶる事を略する事にした。

V 熱 損 失

平爐内に於ける反應熱は裝入材料及製品の種類による差が大同小異であり且つ供給熱量に比して極めて少量であるから何れの爐に於ても同一と見做して熱計算より除き單に供給熱量と其配布のみに付きて論ずる事とした。

(1) 熱損失と容量及び製鋼時間 消費燃料の配布其他を示せば第 8 表の如くなる。熔銑混入の場合を表の始めに冷銑屑鐵法を表の後に集めた。之を見れば熔鋼及び鋼滓が持ち去る熱量は何れの爐にありても殆んど一定であるが輻射及び傳導並に廢ガスの持ち去る熱量は各爐の操業法により又消費燃料に依りて相當の差がある。由て是等の廢ガス輻射傳導等によりて失はるゝ熱量が尠當りの製鋼時間と如何なる關係にあるかを示せば第 20 圖の如くなる。茲に熔銑混入の場合を(○)冷銑屑鐵法を(×)又燃料として重油を使用するときは(△)を附して示す事とした。

此結果よりして次の如く述ぶる事が出来る。

(i) 熔銑混入と否とに關せず製鋼時間の延長は廢ガス

¹⁾ 海野三郎 製鐵所研究所受付研究 9(1932) 製鐵研究 152, 153(1936) 114, 143, 日鐵研究所研究報告 16(1937) No. 4.

²⁾ 田所芳秋 製鐵所研究所研究報告 4(1924); 5(1924)

³⁾ 前掲

⁴⁾ Stahl u. Eisen 55, Heft 10 (1935) 265

⁵⁾ Daniel petit. Rev. Met. 35 (1938), No. 7

⁶⁾ Stahl u. Eisen 58 (1938) Nr. 20. Anz. S. 50.

¹⁾ Stahl u. Eisen 58 (1938) Nr. 37. Anz. S. 46.

²⁾ 井上克己 鐵と鋼 19 (1933) 特 72 頁

第 8 表 熱量配布 (熔銑混入—冷銑屑鐵法)

工場番 號	(1)°	(9)°	(10)°	(12)°	(18)°	(19)°	(20)°	(21)°	(31)°r	(33)°	(34)°	(35)°	(36)°	(38)°	(39)°
容 量 (t)	62.4	53	110	50	100	60	60	60	45	60	67	62	60	122	185
施當りの製鋼時間 (分)	8.10	6.13	3.82	(19.6)	(5.66)	5.64	6.40	7.41	5.78	7.75	5.97	4.27	6.1	3.80	2.12
施當りの石炭當量 (kg)	122	145	108	257	190	183	151	158	187	160	151	131	134	132	62
施當りの熔銑量 (kg)	500	353	847	541	619	958	574	408	298	526	506	262	413	558	800
廢 ガ ス (kg)	36.9	37.8	35.9	75.2	60.3	60.8	60.8	102.5	80.8	78.0	68.5	46.2	56.1	59.0	24.3
熔 鋼 (kg)	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	51.7	51.7	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8
鋼 滓 (kg)	14.2	7.1	10.8	14.2	12.6	16.0	11.7	13.0	13.9	23.8	17.9	9.9	11.5	9.9	6.9
輻 射 及 傳 導 (kg)	38.6	61.7	45.0	139.8	90.3	97.0	52.6	135.4	52.0	48.9	33.2	52.0	44.0	90.5	11.8
熔 鋼 及 鋼 滓 (kg)	68.0	60.9	64.6	68.0	66.4	67.7	63.4	66.8	67.7	77.6	71.7	63.7	65.3	63.7	60.7
廢 ガ ス と 輻 射 及 傳 導 (kg)	75.5	99.5	80.9	215.0	150.6	157.8	113.4	237.9	132.8	127.9	101.7	98.2	109.1	149.5	36.1
工場番 號	以上平均	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7 r)	(8)	(11)r	(13)	(14)	(15)	(16)	(22)	(23)
容 量 (t)	—	25	40	25	35	27	70	40	28	10	15	25	25	15	15
施當りの製鋼時間 (分)	—	10.50	7.37	18.40	11.56	(15.0)	5.72	10.70	9.10	(24.0)	(19.0)	13.80	13.80	52.6	18.7
施當りの石炭當量 (kg)	—	128	252	201	268	272	245	202	239	299	192	228	211	178	181
施當りの熔銑量 (kg)	545	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
廢 カ ス (kg)	—	44.4	72.5	83.6	71.3	125.4	50.7	72.8	63.2	35.4	45.0	80.7	42.2	81.5	52.2
熔 鋼 (kg)	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8
鋼 滓 (kg)	12.9	6.9	13.3	11.5	12.9	12.7	11.6	9.3	13.4	11.1	10.8	10.8	8.4	7.2	8.7
輻 射 及 傳 導 (kg)	—	22.9	112.4	52.1	130.0	80.1	128.9	66.1	108.6	198.7	82.4	82.7	106.6	34.9	66.8
熔 鋼 及 鋼 滓 (kg)	66.43	60.7	67.1	65.3	66.7	66.5	65.4	63.1	67.2	64.9	64.6	64.6	62.2	61.0	62.5
廢 ガ ス と 輻 射 及 傳 導 (kg)	—	67.3	184.9	135.7	201.3	205.5	179.6	138.9	171.8	234.1	127.4	163.4	148.8	116.4	119.0
工場番 號	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)r	(30)	(32)	(37)r	(40)	(41)r	(42)r	平均		
容 量 (t)	20	22	25	30	25	34	32	52	65	26.5	42.5	37	—		
施當りの製鋼時間 (分)	35	25.5	14.2	14.0	14.0	8.47	13.7	6.06	6.62	15.84	7.17	7.83	—		
施當りの石炭當量 (kg)	241	293	247	185	266	186	212	238	219	230	219	155	—		
施當りの熔銑量 (kg)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—		
廢 ガ ス (kg)	10.7	53.2	83.6	28.0	57.1	64.3	49.0	76.8	60.5	85.1	73.6	40.8	—		
熔 鋼 (kg)	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8	53.8
鋼 滓 (kg)	22.1	19.9	11.9	14.4	11.0	9.0	14.4	15.5	4.8	15.1	13.3	10.9	11.9	11.9	11.9
輻 射 及 傳 導 (kg)	58.7	167	98.0	88.7	144	58.3	94.3	91.2	100	76.2	78.6	49.7	—		
熔 鋼 及 鋼 滓 (kg)	75.9	73.7	65.7	68.2	64.8	62.8	68.2	69.3	58.5	68.9	67.1	64.7	65.75	65.75	65.75
廢 ガ ス と 輻 射 及 傳 導 (kg)	165.7	220.2	181.6	116.7	201.1	123.6	143.3	168.0	160.5	161.3	152.2	90.5	—		

輻射傳導による熱損失を増加する。

(ii) 廢ガス及び輻射傳導熱の石炭當量が同一ならば熔銑混入の場合は冷銑屑鐵法に比し施當りの製鋼時間が短かい又製鋼時間が同一ならば熔銑使用の場合は廢ガス及び輻射傳導熱の石炭當量が大である。

(ii) 重油を使用せる場合は廢ガス及輻射傳導熱が同一ならば其製鋼時間は最も短縮せられて居る。次に容量と廢ガス及び輻射傳導熱の石炭當量とは如何なる関係にあるかを見るに第 21 圖の如くなる。是よりして次の如く述べる事が出来る。

(i) 爐の容量が増せば熔銑混入法、冷銑屑鐵法共に施當りの廢ガス及び輻射傳導熱の石炭當量は減ずる。

(ii) 廢ガス及び輻射傳導熱の石炭當量が同一ならば熔銑混入法は冷銑屑鐵法よりもはるかに容量が大であっても差支はない事が知られる。

(iii) 重油使用は熱損失が同一であっても其容量即ち此場合に於ては其製鋼能力ははるかに大である。即ち同一容量ならば重油使用は熱の放散が大である、従て其結果は熔銑混入の場合に近づいて居る事が分かる。

(2) 廢ガスと施當りの石炭當量 次に廢ガスと製鋼施當りの石炭當量との關係を示せば第 22 圖の如くなる是によれば次の如く述べる事が出来る。

(i) 廢ガスの石炭當量が増すに従て製鋼施當りの石炭當量は増加して居る即ち第 22 圖に示す如く二つの點線の間に挟まれたる帯をなして居る其平均として中間に一つの曲線を求めて此の兩者の關係を明かにした。

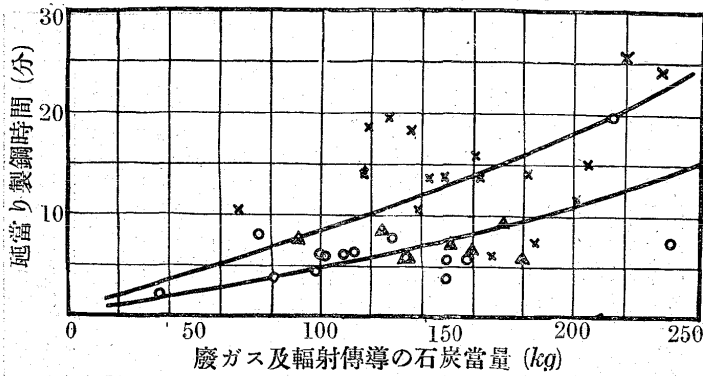
(ii) 製鋼燃料が増すと云ふ事は廢ガスの熱量が増加する事を意味し製鋼施當りの石炭當量が減ると云ふ事は同時に廢ガスの石炭當量が減る事になってをる。

(3) 輻射及び傳導と施當りの石炭當量 第 8 表より輻射及び傳導の石炭當量と製鋼施當りの石炭當量との關係を求めれば第 23 圖の如くなる。茲に實線にて示せる曲線は其平均曲線であつて點線にて示せるものは第 22 圖の平均を表はす廢ガスと製鋼施當りの石炭當量との關係である。

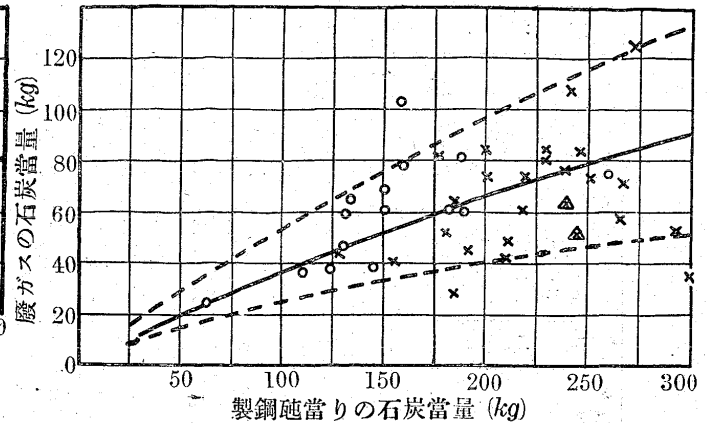
是等の結果からして廢ガス及び輻射傳導と製鋼燃料とに付ては次の如く述べる事が出来る。

(i) 製鋼施當りの燃料の増加に従ひ廢ガスの石炭當量は略直線的に増加するが輻射傳導の石炭當量は急激に増加

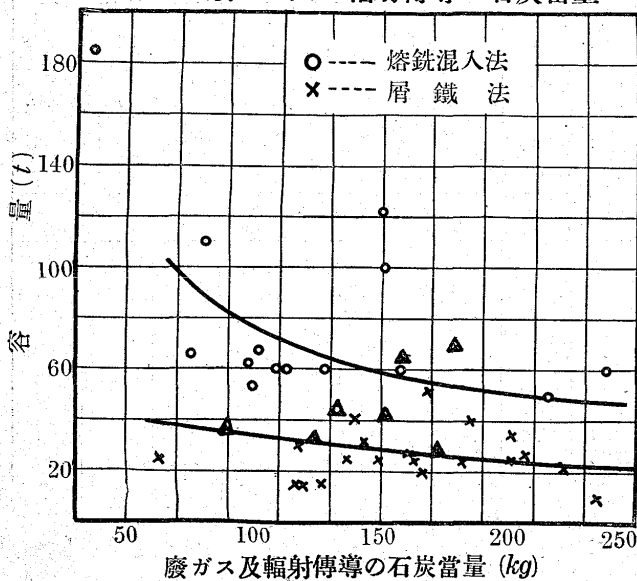
第 20 圖 製鋼時間と損失熱量



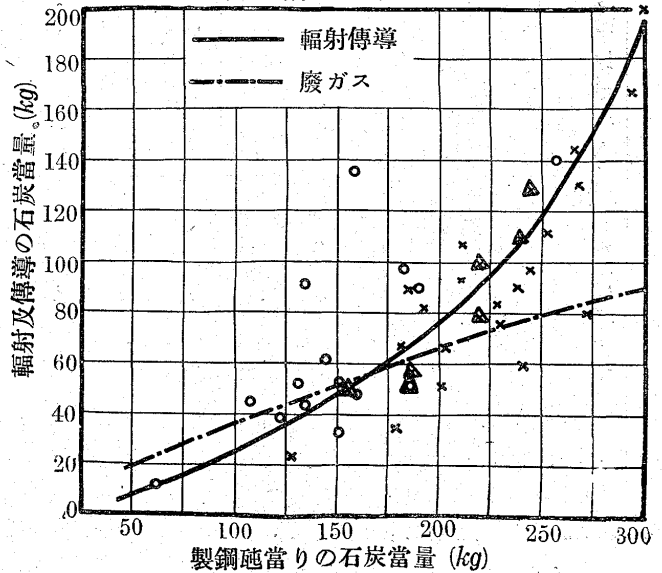
第 22 圖 廢ガスと石炭當量



第 21 圖 容量と廢ガス及び輻射傳導の石炭當量



第 23 圖 輻射傳導と製鋼燃料



する。

(ii) 製鋼適當り 170 kg 附近では廢ガスと輻射傳導による熱損失は殆んど相等しく共に略 56 kg を示せども製鋼適當り 300 kg によれば輻射傳導の損失は廢ガスの約 2 倍以上に達し夫々 90 及び 195 kg となる。即ち製鋼適當りの燃料が 170 kg 以上になれば其大部分は輻射傳導に失はるゝ熱量は急激に増加する事となる。

(iii) 第 8 圖よりして平均容量約 58 t 以下の爐に於ては適當りの消費燃料が比較的多いが之はその消費燃料の大部分が輻射及び傳導に由りて失はれつつある結果である事が分る。

(4) 製鋼能力と熱損失 毎時の製鋼能力と廢ガス及び輻射傳導によりて失ふ熱量とは如何なる關係にあるかを見るに第 24 圖の如き平均曲線を得る。爐の構造、作業狀況等の相違に依りて各點は此平均曲線より夫れ夫れ遠ざかつて居る。熔銑混入は (○) 冷銑屑鐵法は (×) 又重油使用は (△) にて示す事全く前同様である。熱損失を廢ガスと輻射

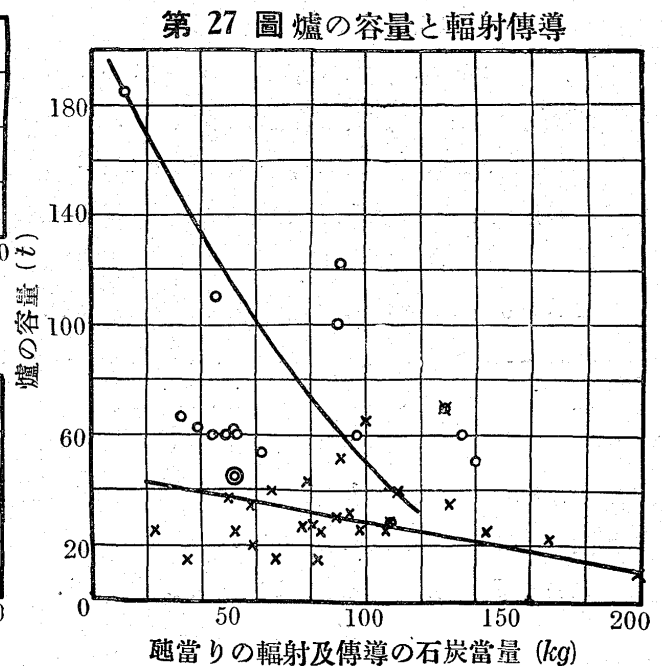
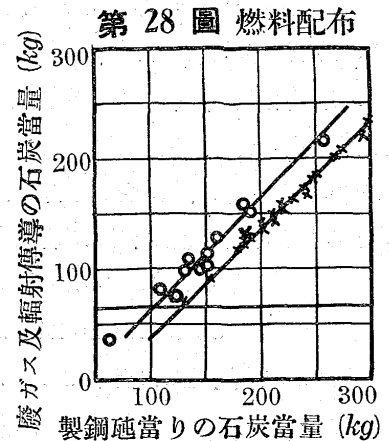
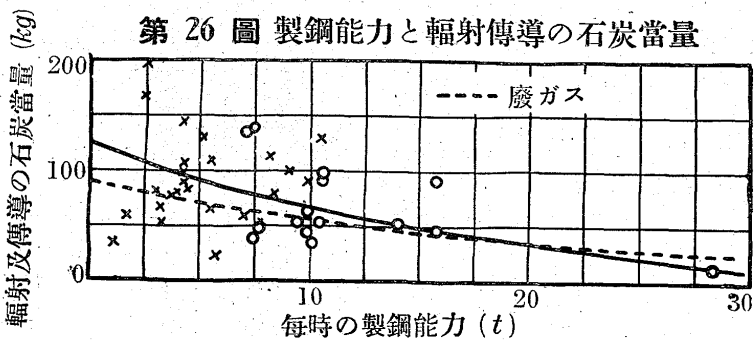
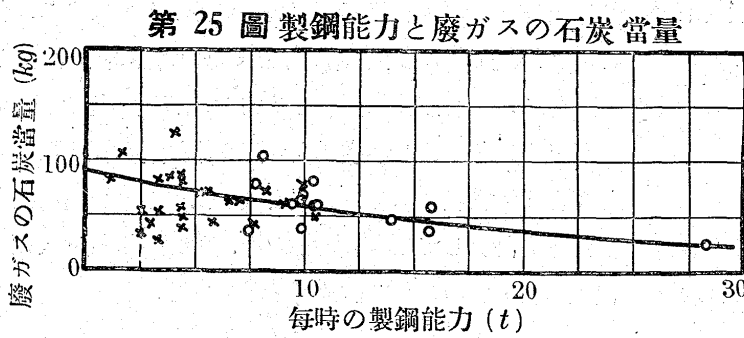
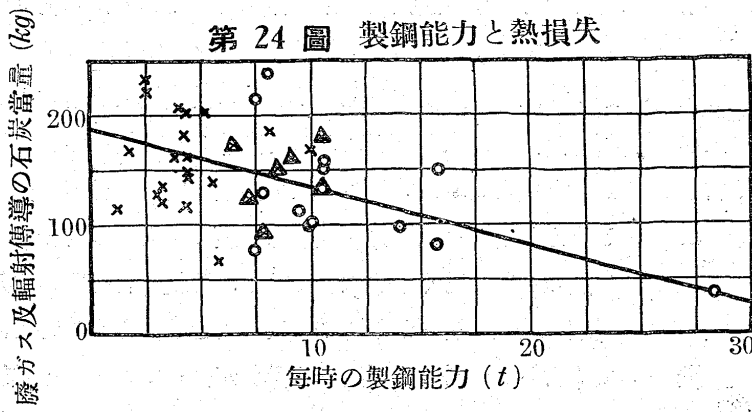
傳導との二つに分けて是等の製鋼能力との關係を見るに第 25 圖及び第 26 圖の如き平均曲線を以て表はす事が出来る。是に由れば毎時の製鋼能力と熱損失との關係は次の如く述ぶる事が出来る。

(i) 製鋼能力が増すに従て廢ガス及び輻射傳導に依る熱損失は減少し其割合は殆んど直線的である。此曲線の傾斜からして毎時の製鋼能力 1 t を増す毎に平均 35.1×10^6 cal 即ち約 5.4 kg の石炭當量の熱損失を防ぐ事となる即ち製鋼能力 1 t を減する毎に 5.4 kg の熱損失を生ずる。

(ii) 毎時の製鋼能力が減すれば廢ガス及び輻射傳導によつて失ふ熱量の石炭當量は増加するが其割合は廢ガスよりも輻射傳導による損失が大である。

(5) 爐の容量と輻射及び傳導 爐の容量と輻射及び傳導に依りて失ふ熱損失との關係を第 27 圖に示したが、是に依れば次の如く述ぶる事が出来る。

(i) 冷銑屑鐵法も熔銑混入法も共に爐の容量が増せば輻射傳導による熱損失は減少する。



(ii) 爐の容量が同一なる場合は熔銑混入法は冷銑屑鐵法よりも其輻射傳導に依る熱損失は大である。

(iii) 輻射及び傳導による熱損失が同一なる場合は熔銑混入法は冷銑屑鐵法よりもはるかに爐の容量を大にする事が出来る。即ち熔銑混入の場合には爐の容量が大であっても輻射傳導による熱損失は其割合に少ない事が知られる。爐の容量は其深さ及び表面積により又製鋼時間其他に依りても其輻射傳導に依る熱損失に相當の差がある可き筈であるが大體として容量による熱損失の傾向を知る事が出来る。

(6) 燃料配布 熔鋼と鋼滓とが持ち去る熱量は各爐共 t 當り殆んど相等しく熔銑混入と屑鐵法との場合の熱量の平均は第8表に示す如く夫々 66.43 及び 65.75 kg となり t 當りの石炭當量が増加しても凡ての場合に於て相似たものであるから第28圖の如く製鋼 t 當りの石炭當量を表はす座標軸に平行せる直線で表はされる。又第8表よりして製

鋼 t 當りの廢ガス及び輻射傳導の熱量を見るに t 當りの石炭當量の増加と共に殆んど直線的に増して居る。又熔銑混入の場合を(O), 冷銑屑鐵法を(X)にて示せば平均として2本の直線を得る。熔銑混入法は冷銑屑鐵法よりも製鋼 t 當りの石炭當量に対する廢ガス及び輻射傳導による放熱量が大である。是は熔銑に始めから多量の含有熱量がある當然の結果である。此2直線が軸を切る點に相當する石炭當量は即ち廢ガス及び輻射傳導等の熱損失が全く無き場合の燃料消費量であることを意味する。是等の値は熔銑混入の場合は 42 kg 又冷銑屑鐵法は 66 kg の石炭當量で足る可きを示して居るが實際には輻射及び傳導其他に依る熱損失が相當多量であるから此の燃料では作業の不可能なることは言を俟たない。此第28圖に示せる二つの平行直線が一致しないのは熔銑裝入によりての熱損失が明らかに大であること又座標を切る點が示す製鋼 t 當りの石炭當量の相違は燃料が節約された證據である。即ち其石炭當量の相違は平

均 545 kg の熔銑が含有する熱量を利用して居ると云ふ事である。此石炭當量に相當する熱量に付て少しく計算して見よう。冷銑屑鐵法に於て他に熱損失が全く無ければ熔鋼及び鋼滓の持ち去る熱量は第8表よりして夫々 53.8 及び 11.9 kg である又熔銑の場合の鋼滓は同表よりして t 當り 12.9 kg である。夫れ故熔銑混入の際は鋼滓の熱量を除けば

$$42 - 12.9 = 29.1 \text{ kg}$$

故に $53.8 - 29.1 = 24.7 \text{ kg}$

即ち 545 kg の熔銑混入によりて 24.7 kg の石炭當量の燃料が節約された事となる。熔銑混入にはこれだけの熱効果があると云ふ事になる。此熱量は即ち

$$24.7 \times 6,500 \times 1,000 = 160.6 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

又熔銑の含有する熱量は前述せる如く

$$545 \times 294.11 \times 1,000 = 160.4 \times 10^6 \text{ (cal)}$$

此兩者の大體の一致は何を意味するかと云ふに装入せられた熔銑の保有熱量は全部製鋼に利用せられて居ると云ふ事を示すものである。又 545 kg の熔銑は他に熱損失がなければ 24.7 kg の石炭當量として貢献するから 1t の熔銑では

$$545 : 1,000 = 24.7 : x$$

$$x = 45 \text{ (kg)}$$

となる。即ち 1t の熔銑が熔鋼となるには 45 kg の石炭當量の燃料で足ると云ふ事になる。

又別に第 28 圖の直線よりして觀察して見よう。

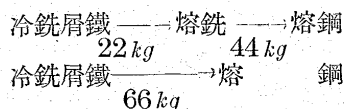
$$66 - 42 = 24 \text{ (kg)}$$

545 kg の熔銑混入によりて製鋼 t 當り 42 kg の燃料で足るから此爲めに 24 kg の節約が出来るわけである。故に熔銑 1t では

$$545 : 1,000 = 24 : x$$

$$x = 44 \text{ (kg)}$$

44 kg なる數値を得る故にこの結果として次の如く考ふる事が出来る。若し他に熱損失が全くなければ冷銑屑鐵より熔鋼となす爲めには t 當り 66 kg を要し又熔銑より熔鋼となすには t 當り約 44 kg にて足る。従て冷銑屑鐵より熔銑となすには t 當り 22 kg の石炭當量の燃料を要すると云ふ事になって居る。即ち此結果を圖示すれば



と云ふ事になって居る。但し此際は再三述べた如く他に熱損失が全然無いことを條件とする。以上は熱損失が全く無い場合の熱的關係を述べたものであるが實際には廢ガス輻

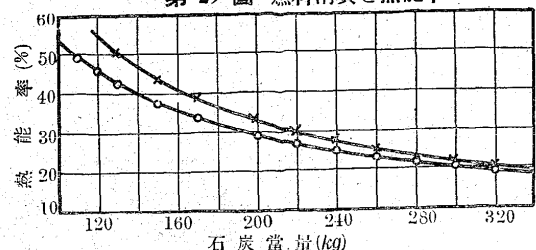
射傳導等に依る熱損失が常に伴ふものであるから何れの場合に於ても製鋼 t 當りの熱量は皆是より大となつて居る。第 28 圖より分明する如く t 當りの消費燃料が増すと云ふ事は熱損失が大なりと云ふ事を意味し又反對の場合はそれが少ないと云ふ事である。依て製鋼 t 當りの燃料を低下せしめんが爲めには極力熱損失即ち廢ガスとか輻射傳導による熱の放散を防ぐ事が大切である。熔銑の含有する熱量は製鋼に役立て居るから熔銑混入のときと然らざる時とに於て t 當りの燃料として與ふる熱量が同一であっても熱能率と云ふ點から考ふれば兩者は同一で無いわけである。何故ならば熔銑は既に多量の熱を燃料以外に爐に與へて居るからである。依て第 28 圖から t 當りの石炭當量を求めて之を熱量を以て表はし熔銑混入の際と冷銑屑鐵法の場合とに於て他より供給せらるゝ石炭當量が同一なる際の此兩者の熱能率を計算して第 9 表に示した。此際の熔銑混入割合は出鋼 t 當りである事は前述の通りである。

第 9 表

熔銑混入の場合				冷銑屑鐵法の場合			
t 當りの石炭當量 (kg)	t 當りの熱量 $\times 10^6$ kcal	熔鋼及鋼滓の持ち去る熱量 $\times 10^6$ kcal	熱能率 (%)	t 當りの石炭當量 (kg)	t 當りの熱量 $\times 10^6$ kcal	熔鋼及鋼滓の持ち去る熱量 $\times 10^6$ kcal	熱能率 (%)
110	0.875	0.428	49.0	—	—	—	—
120	0.94	"	45.6	—	—	—	—
130	1.005	"	42.6	130	0.845	0.428	50.7
150	1.135	"	37.8	150	0.975	"	43.9
170	1.265	"	33.9	170	1.105	"	38.7
200	1.46	"	29.3	200	1.3	"	32.9
220	1.59	"	26.9	220	1.43	"	29.9
240	1.72	"	24.9	240	1.56	"	27.5
260	1.85	"	23.1	260	1.69	"	25.3
280	1.98	"	21.6	280	1.82	"	23.5
300	2.11	"	20.3	300	1.95	"	21.9
320	2.24	"	19.1	320	2.08	"	20.6

消費石炭當量は同一でも熔銑混入は冷銑屑鐵装入の場合よりも其熔銑が含有する熱量だけ餘分に爐に與へらるゝ道理であつて、熔鋼又鋼滓として持ち去る熱量は何れの場合でも殆んど相等しいから石炭當量は同一でも其熱能率は自ら相違す可き筈である。この關係を第 29 圖に示した。之によ

第 29 圖 燃料消費と熱能率



つて石炭當量に相當する t 當りの熱量又は石炭當量を知れば直ちに平爐の熱能率が幾%であるかを知る事が出来る。

圖上の2曲線は t 當りの消費熱量即ち石炭當量が増せば漸次接近する傾向がある。熔銑は其量が一定である以上含有熱量も亦常に一定であるのは當然の結果である。以上の結果からして次の如く述ぶ事が出来る。

(i) t 當りの熔鋼及び鋼滓の持ち去る熱量は爐の大小製鋼時間の長短又燃料の如何に關せず殆んど常に相等しく此兩者の平均値は約 66 kg である。

(ii) 熔銑混入の場合は其石炭當量が同一でも廢ガス及び輻射傳導によりて失ふ熱量は冷銑屑鐵法の場合よりも其熔銑が始めに含有した熱量だけ常に大である。

(iii) t 當りの石炭當量が増す事は夫れだけ廢ガス及び輻射傳導に熱を失ふと云ふ事であるから之を可及的防止すれば夫れだけは t 當りの石炭當量が減すると云ふ事になる。

特殊鋼の綜合的研究

(昭和 13 年 12 月 16 日 日本鐵鋼協會講演會)

倭 國 一*

今夕私が特殊鋼の綜合的研究と申しますことで御話する機会を得ました。實は私から願て出ましたやうな譯で、誠に有難い仕合せであります。

それで、特殊鋼のことに付て申します前に、一般的の綜合研究のことに付て大體申上げようと思ひます。と申しますのは、今日迄一國全體の技術を向上さすと云ふことに於きましては、此の綜合的研究、一つの事項を多數の人が寄て力を併せて色々の方角から研究するのでなくてはならぬ。是以外にはなからうと云ふ信念を持って居る次第であります。現に歐米諸國に於きまして多年來之に依り工業技術の進歩發展を遂げて居ります。で、此の研究を色々綜合致しますのは實は本協會に於きまして研究部會がありました。年々多數の人が多數の工場其の他から集て比較研究をされて、大いに本邦の製鋼、製鐵技術を進めて居らるゝのであります。でありまするが、今一步進みまして、眞に綜合研究の實を擧げようと思ひますには、各國でやつて居りますやうに、一の技術上の難問題を捉へまして、それを各自研究し、學理又は實地に之を遂行致しまして、其の結果を集めて互ひに審議研究致しまして、一層深い所に進んで行く、さうして日本の製鐵工業に關する技術の一般的水準を向上せしめると云ふことに歸するのであります。従て或る一箇所で或る人が發明したとか發見したとか云ふやうな、大いに其の人自身の名聲を博すると云ふやうな派手な仕事ではありませぬが、前申しますやうに、國全體の技術を上げるには、寧ろ斯う云ふやうな誰が手柄

をしたとか云ふやうなことがないのが本當ではなからうかと豫ね々々思て居る次第であります。偶々本鐵鋼協會に於きまして常設の研究部會を設けて、只今申しますやうに平常から研究をしたことを時々集てそれを綜合し、審議すると云ふ情勢になつたことは誠に欣ばしいことでありまして、一層本邦の技術を進め得ることと考へて居ります。

次に歐米各國の例を先づ申しますると、歐洲大戰開始前後から誠に是が盛んでありまして、最も最初に之を設け盛んにやつて居るのが獨逸であります。嘗に研究機關を新設し又は擴張するのみならず此の綜合研究が頗る盛大であります。獨逸の例を申しますると、獨逸學術研究維持促進會、研究を促進すると云ふ會が設けられて、丁度日本の學術振興會と略々似通たものであります。主に政府支出の經費を以て自ら特別委員會を設けて綜合研究をして居りますが、主なる仕事は、研究者養成、個人研究補助、綜合研究補助及出版費の補助を致して居ります。是等を審査致しまする爲に 21 の常置委員會がありまして、其の第 16 番目が採鑛冶金の部門であります。第 16 部門を小分け致しまして非鐵、鐵冶金と別々になつて居りますが、鐵冶金に於きましては材料學及加工法を含んで居ります。1932 年、古い統計でありまするが、總收入が 445 萬餘のライヒスマークでありまして、其の中政府の支出が大部分で 437 萬餘ライヒスマークであります。其の翌年の 1933 年でありまするが、研究補助として支出しました高は 164 萬マーク内採鑛冶金の關係は 87,000 マークになつて居ります。

* 日本學術振興會第 19 小委員會委員長