

# 本邦製鐵燃料の發達

工學士 伊能泰治\*

## 緒言

科學の進歩はエネルギーの眞價と能力とを高むる事となり之はやがて吾人の富と生活の術とをいよいよ豊かならしむる結果を齎すもので國家の發展、商工業の進歩はかくして誘促されるのであるから各種の燃料及水力は多々益々利用されるこそ望ましい。併し乍ら消費力の増加の裏には往々にして最も懼るべき濫費を伴ひ易きものなれば吾人の希ふ處は使用量の増加と共に利用能率の増進であらねばならぬ。燃料價格の騰貴及び燃料資源保存の見地より燃料經濟化或は燃料利用の合理化と云ふ聲は最近大に關係者の間に叫ばれ一般の注意を喚起して居るが就中鐵鋼業にありては製品價格の殆ど 20~30% を燃料費に負ふものにて燃料利用の巧拙如何は製品生産費に甚大なる軒輕を生ずるものである。

ナイルソンが高爐に熱風利用する事の考案、降つてはカウパー、ベッセマー、ジーマンス兄弟等の革命的發明の出現により製鐵鋼工場に於ける燃料經濟化は大に面目を改め其後銻鑛爐の附屬物として大瓦斯機關の發達及大規模の瓦斯清淨装置の工夫を見るや從來單一的に散在せし骸炭爐、銻鑛爐、製鋼爐及ローリングミル間に重大なる連繫を生ずるに至り之等を適宜に配列する事により大なる利益ある事を認めこれら關聯工場の全組織の上に大變化を來し製鐵製鋼工業の燃料經濟化の方面に大なる刺戟を與へた。而して 1910 年の頃ハッチンソン (Hutchinson) 氏は銻鋼一貫の合理的配列をなしたる工場にては一端にて鑛石を装入すれば他端にて加工鋼材として現はれそれらに要する全燃料は銻鑛爐用骸炭を作るに要する石炭丈にて充分なる時代來るべく其の實現は近き將來なりと豫言した。

世界大戰の勃發は實に此の機運到來に拍車を加へ獨逸の鐵鋼工業は大戰開始と共に最小限の石炭を以て最大限の鋼を生産せねばならぬ境地に直面した。従つて高爐及骸炭瓦斯を最高能率に利用する努力は複雑なる熱工學的のあらゆる問題を征服して熱の生産及移動に對する基本的型式を案出するに至つた。

\* 日本製鐵會社八幡製鐵所

合理化されたる新式の製鐵鋼工場の燃料として一般的に考へらるゝは骸炭と瓦斯である、併し乍ら現在の多くの製鐵鋼工場は舊式なる部分をも併有し或は銻鋼一貫を完成せざる爲尙相當の石炭を併用する事は已を得ざる状態である

以下これらの燃料につき本邦製鐵鋼業の立場より概説する事とする。

## I. 骸炭

我國の骸炭製造の有様を史的に通觀すれば大體に於て次の如き三期に分ち得ると思ふ、

1. 草昧時代 明治 36 年以前
2. 模倣時代 明治 37 年~大正 8 年
3. 創意時代 大正 9 年以後

古河鑛山や造幣局がビーハイブ爐骸炭を造つたのは我骸炭製造の草分と云ひ得るにしても元來この工業の發展は製鐵工業に負ふ處大なるものであるから官營製鐵所の設立は我骸炭工業の勃興に礎石を置いたものと解せられる。而して本邦製鐵業に對する骸炭の史的考察は八幡製鐵所の事を述べれば盡されると思ふ。

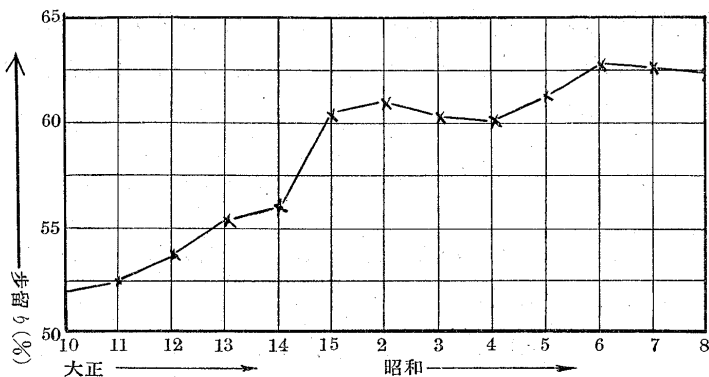
製鐵所の事業開始と共に最初用ひたのは野燒骸炭であつた、之の幼稚な時代を経て後ホルダー、コッペー式骸炭爐を始めとしソルバー、コッパース等の諸式を輸入模倣し銻鑛爐用骸炭の製造に努めたが我が主要炭田たる筑豊及び石狩の石炭は粘結性充分ならずして之等のみにて高爐作業に適する骸炭を造る事は不可能であつた。開平炭を輸入して筑豊の石炭に混合して用ふるに及び漸く高爐當事者の望むものに近き骸炭を得るに至つた。併し乍ら原料素炭の灰分は何れも多く且つ骸炭製造の操作尙未熟にて洗炭及び骸炭化の工程を経て出來上る骸炭の歩留りは素炭に對し低きを免れなかつた。輸入した洗炭及び骸炭製造の諸装置を用ひ歐米の原料炭に比すれば比較にならぬ程劣れる石炭を主體として高爐用の骸炭を造るのであるから當時にあつては歩留りとか生産費と云ふ事は先づ第二義的に考へられたのも致し方ない。

世界大戰は我製鐵鋼工業引いて骸炭工業に劃期的飛躍の機運を與へた。即ち今迄得たる尊き經驗と幾多の研究試験

の綜合的結晶は洗炭機、骸炭爐並に副産物回收方面に種々なる獨創發明を齎し洗炭、骸炭の歩留りの向上副産物回收量の増加等夫々實效を納め骸炭の品位も大いに良化した。

試みに八幡製鐵所に於ける素炭對骸炭(塊)の歩留りの年次的變化を示せば第1圖の如くなる。恐らく之は他の凡ての本邦製鐵所にてても類似なる向上の過程を辿つたものと思はれる。

第1圖 素炭對する骸炭歩留表



骸炭歩留り向上と同時に自爐加熱に用ふる瓦斯を節約し剩餘瓦斯を増し更に進んで複式骸炭爐の出現により高爐瓦斯を以て骸炭爐を加熱し骸炭瓦斯の全部を他の方面に一層有利に使用するに至つた。又熱骸炭の保有する顯熱を利用して蒸氣を發生する餘熱式上昇管等の考案により骸炭爐の熱經濟は歐米の最近のものに比しても決して遜色なき迄に至つて居る。

一方爐材の進歩と蓄熱室の構造に對する研究の結果は骸炭化に要する熱量を著しく低減した、例へば昭和8年に作業開始した八幡製鐵所第8骸炭爐にありては水分含有15%の石炭1kgを炭化するに要する熱量550calにして之をルールに於ける最近式のものに比較し殆ど遜色を認めぬ。

	八幡製鐵所 第8骸炭爐	獨逸ルール	
		H. Koppers	Dr. Otto
水分含有量%	15.5	14.7	14.56
炭化時間	18.5	28.25	28.25
水分含有12%に換 算したる熱所要量cal	550	520	514

かくして造れる骸炭は原料の關係上灰分こそルールやダラムの石炭より製造せるものに比し高けれども A, S, T, M. 法により 15mm 篩を用ひて試験せる Shatter Index は英獨の同様な試験による 1/2" Index と比較して大差ない。

	二瀬開平 (7:3)	二瀬松浦 (6.5:3.5)	サウス ウエー ルス骸炭	ダラ ム骸炭	ウエス トリア
15mm Shatter Index(%)	95	94.8	—	—	—
1/2" " %	—	—	96.0	92.7	93.5

斯の如くなれば高爐技術者の努力と相待つて高爐の骸炭消費量は漸減し大正9年には銑鐵對 Coke ratio 1.117 なりしが最近には1.000を越ゆる事なきに至り最も Coke ratio の少き東田第5第6高爐にては0.85に留まる状態である。

八幡製鐵所の各種原料の狀況より考慮し著者並にその協同者等は骸炭の灰分は18%を経済的なりとし骸炭爐幅は400mmを最も經濟點とする事が計算又は實驗的に決定され之を以て大體の標準と考へて居る。(工業化學會誌 393 號燃料協會誌 38 號參照)

## II. 瓦 斯

A) 骸炭瓦斯 副産物回收式骸炭爐を設備すれば若干の剩餘瓦斯の他各種の副産物及餘熱の回收は當然豫期さるゝ事にて之が利用は又大いに努めねばならぬ問題となる。況して蓄熱式副産物回收爐を用ふる場合剩餘瓦斯の量は爐より發生する全量の50~60%にも及ぶものなれば之が利用は經濟的に非常に影響する處大である。蓄熱式骸炭爐にて1日1,000tの骸炭を作る爲に筑豊炭及び開平炭70:30%の配合を用ふると假定すれば約1,500tの装入石炭を要する。其際  $350m^3 \times 1/2 \times 1,500 = 262,500m^3$  の發熱量4,500calを有する脱ベンゾール剩餘瓦斯を得る。故に剩餘瓦斯の統計熱量は

$$4,500 \text{ cal} \times 262,500 = 1,181,250,000 \text{ cal}$$

にして骸炭の發熱量を6,500calとすれば此の熱量は1日に製出する骸炭の熱量の18%餘に當る。若し骸炭爐に複式爐を選び高爐瓦斯加熱を行ふ近代的の作業によれば骸炭爐の剩餘瓦斯は上記の計算の倍となる。かくの綜合作業を行ふ工場にて骸炭爐瓦斯の利用を如何に管理すべきかと云ふ事は重大問題である。我國の製鐵所にては次の如く相當舊くより副産物骸炭爐を使用し居る故剩餘瓦斯の利用には色々工夫積まれては居つた。

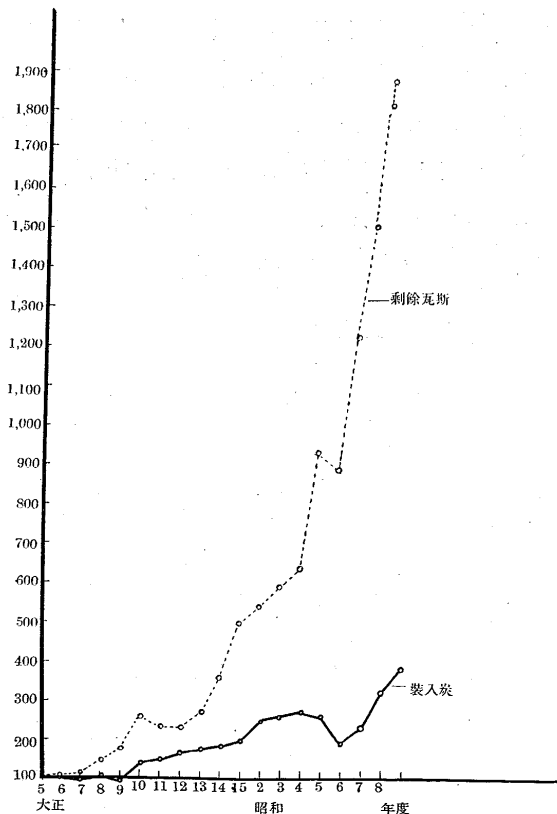
製鐵所	副産物爐開始	年
八幡製鐵所		明治 40 年
釜石製鐵所	"	大正 8 年
輪西製鐵所	"	大正 3 年
兼二浦製鐵所	"	大正 7 年

併し乍ら大都會に近接せざる此等の工場にて剩餘瓦斯の全部を最も效果的に用ふると云ふ事は銑鋼一貫の作業に非

されば到底不可能である。八幡製鐵所に於てすら散炭爐瓦斯と高爐瓦斯とを混合して第2製鋼工場の發生爐瓦斯代用としたのは大正15年以來の事にてそれ以前は大口の瓦斯需要としては汽罐燃料を數へるに過ぎなかつた。さればこの試みは當時の製鋼部長久保田技師の大英斷であつて八幡に於ける瓦斯利用の劃期的のものと考へ得る。この混合瓦斯利用の試みは當事者間に非常なる注意的となつて居たがその試みの成功するやその好果に刺戟されて昭和2年には壓延工場の加熱爐に使用してよいよ其有効性を確認し加之當時産業界を風靡した合理化運動は剩餘瓦斯利用の方面に拍車を加へ將來銑鋼一貫作業に於ける熱經濟の眞髓を發揮すべき期待を以て昭和5年には洞岡埋立地に複式散炭爐を建設し利用多端にて價值多き散炭爐瓦斯の最大なる供給を計つた。

試に八幡製鐵所散炭剩餘瓦斯の利用量變遷を示せば第2圖の如くである。大正9年、13年、昭和6年等に利用量が急増して居るのは何れも新設散炭爐の開始により剩餘瓦斯が増加したる事を示す。昭和9年の剩餘瓦斯配給の内譯は次の如くにて之を米國の例と比較して見ると偶然にも近似して居る。(第1表参照)

第2圖 裝入炭及び剩餘瓦斯量(大正5年を100とす)



但し米國の例は特定の工場のものに非ずして全體的に見

第1表

	製鋼、鋼材用	汽罐燃料	其他	計
八幡製鐵所	78.0%	10.0	12.0	100.0
米國	77.5	11.3	11.2	100.0

た散炭爐剩餘瓦斯配給表より筆者の推算したものである。將來建設さるべき日鐵關係其他の散炭爐は當然複式の採用となるべきなれば之が剩餘瓦斯は益々有効に使用される事と思ふ。

**B) 高爐瓦斯** 舊式のパイプストーブがカウパー式に變つたとしても昔の例によれば高爐瓦斯の分配は次の如く示されて居り損失も多いが利用法も幼稚なものであつた。

熱風爐加熱 40% 汽罐燃料 50% 損失 10% 而してやゝ進歩した製鐵所に新設したカウパー熱風爐の熱平衡は次の如く示されて居る。

入 熱	出 熱
瓦斯顯熱	熱風に伴はるゝ熱 65.9
瓦斯潛熱	廢瓦斯に伴はるゝ熱 29.1
計	放射損失 5.0
100.0	計 100.0

其後熱風爐の進歩、瓦斯清淨法の發達、大瓦斯機關の出現により高爐瓦斯利用の道は漸次擴大し同時に使用効率も向上して來た。

今1tの銑鐵に對し3,000m<sup>3</sup>の高爐瓦斯を生ずるものとしその發熱量を1,000calと假定すれば1日1,000tの爐より發生する瓦斯は1,000cal×3,000m<sup>3</sup>×1,000t = 3,000,000,000calとなる。

銑鐵1tに對し散炭所要量を1t、散炭の發熱量を6,000calと見れば高爐瓦斯の潛熱は所要散炭に對し46%と概算される。更に瓦斯の顯熱を計算に入れれば恐らく使用散炭の保持する熱量の過半は高爐々頂より瓦斯に伴はれて出る事になる。

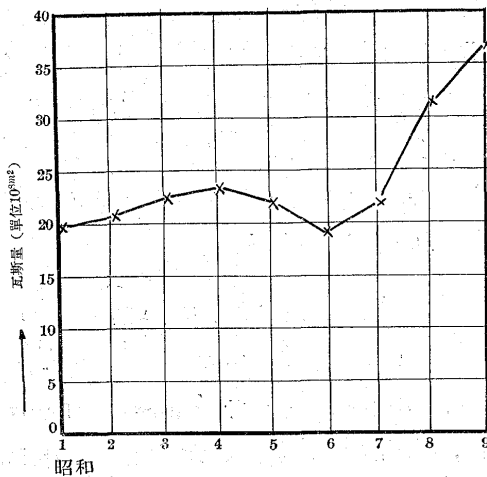
最近に於ける歐米の高爐熱平衡の例を見るに次の如くにて、

	獨逸の例	米國の例
入 熱		
散炭より	91.4%	93.1%
熱風より	8.6	6.9
計	100.0	100.0
出 熱		
高爐内の反應 熔銑及鑄滓の保 持するもの	25.3	28.4
高爐瓦斯顯熱	17.8	8.2
高爐瓦斯潛熱	3.3	6.1
冷却水及爐壁より損失	46.2	55.0
計	7.4	2.3
	100.0	100.0

これより見るも前記の概算が妥當なる事を知り得る。

如斯高爐瓦斯の熱量は其の容量の多き丈莫大なるものにて日産 1,000t の骸炭爐と日産 1,000t の高爐とを有する製鐵工場にては前者にて骸炭に換算し約 360t に相當する瓦斯を生じ後より約 460t に相當する瓦斯を出す。故にこの兩者の使用法如何によりては製鋼、製品工場及び附隨

第 3 圖 高爐瓦斯使用量

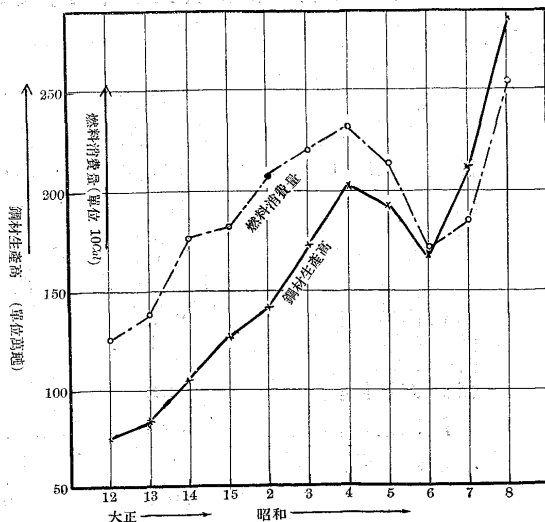


する動力發生に特に燃料を要せざる如き組織も當然可能なるべきである。之を理想として數年前より努めし結果八幡製鐵所の高爐瓦斯利用量は製鐵量の増加と共に年々累増し第 3 圖の示す如くなつて居る、昭和 9 年の利用内譯は次の如くにて複式骸炭爐、新平爐の出現と共に高爐瓦斯利用はいよいよ擴大すべき機運にある。

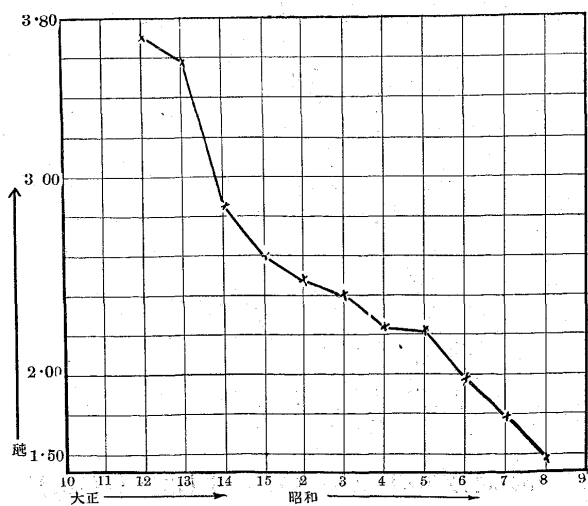
熱風爐	送風機	發電機	製鋼工場	壓延工場	骸炭工場	汽罐	損失其他	計
39.4	5.5	1.6	2.6	8.4	14.0	15.7	13.3	100.0%

### III. 石 炭

第 4 圖 内地主要製鐵所鋼材生産高及び燃料消費量



第 5 圖 鋼材噸當り石炭使用量



骸炭爐、鎔鑄爐、平爐及ローリングミル等の配列よろしき銑鋼一貫の近代式工場ならざる限り平爐、ローリングミル又は附屬の動力發生所の如きを要するは當然にて本邦主要製鐵鋼工場にて用ふる骸炭用以外に燃料として用ふる石炭、重油は相當多額に上る。之等 (骸炭用を含む) を單一の熱エネルギーに換算し鋼材生産高と對比したものが第 4 圖である。

此圖により近年動力發生所の能率化、動力の電化により石炭消費率の遞減さると共に銑鋼一貫の作業場にありては骸炭瓦斯、高爐瓦斯の巧妙なる使用により發生爐及び加熱爐用石炭を著しく減少し。又平爐、加熱爐にては蓄熱室の改良輻射熱の防止、餘熱の利用により熱効率を増した事が知られる。換言すれば製鐵鋼工場の近年の顯著なる傾向は綜合的作業化と燃料の經濟化とである其の當然の結果は石炭使途の骸炭集中化となる。即ち極力剩餘瓦斯の利用を完全にして石炭の使用は單に骸炭原料丈にせんとする方向へ進みつつある。

之を八幡製鐵所の實例に照合するに次の如し。

石炭使用割合内譯

	骸炭原料	汽罐燃料	鋼塊及鋼材用	雜用	計
昭和 1 年	51.0	22.0	18.0	9.0	100%
昭和 9 年	68.5	12.0	16.5	3.0	100%

昭和元年と 9 年との用途別利用率に於て骸炭以外は著しく減少したるを認める。これは剩餘瓦斯利用の擴大、汽罐の熱効率増大、工場電化によるエネルギーの節減等による處である。かくして八幡製鐵所の鋼材噸當り石炭使用量は第 5 圖の如く激減し來つた。即ち大正 12 年の 3.7t より昭和 8 年の 1.58t への激減である。

## IV. 工場の熱管理

石炭其他の燃料の高價なる時こそ之が使用の經濟が考へらるべきなれども實際は必ずしも然らず作業の科學的管理のみならず經營の合理化も寧ろ不況に際會して四苦八苦の試練時代に工夫されるものが多い。鐵鋼工場に於ける燃料の經濟的使用法は斯くして發達して來た。されば工場に於ける熱管理の問題が切實に考へられたのも大正 10 年頃より以後の事で最近各所に於て種々の名稱の許に全工場の燃料經濟を圓滑に遂行する爲の機關が設けられて夫々相當の効果を擧げて居る。

熱管理の組織を銑鋼一貫作業をなす工場に就て見るに次の如き 2 つのクラスに分つのが普通と考へられる。

## (1) 中央管理部 (2) 工場支部

中央管理部は該工場の燃料一切の事項を司るものにて銑鐵、骸炭、製鋼、鋼材及動力各部間の有效なる連絡を計るのみならず工場支部とは最も密接なる連繫を計り且つ石炭供給の主體たる炭礦とも接觸し購買、調査部のよき顧問たるべきである。されば概括的に見て當然作業所主腦者の直屬にて熱利用の調査比較研究に従ひ各部の長にはよき助言機關となるものである。

又工場管理支部は各部獨自なる燃料經濟に考慮を用ふべきである。例へば生産品 1t 當りの燃料消費量は多少の差こそあれ生産量の因數である。凡ての加熱爐にて恒溫で作業をすれば輻射及びその他の損失を補ふ爲に一定時間に一定量の燃料を焚くを要する。更に燃料は加熱さるゝ材料の量に比例して使用されねばならぬ故 1 時間の燃料消費量は次の一般式にて現される。

$$C=R+XI$$

こゝに C=單位時間に消費さるゝ燃料(t)

R=損失を補ふ爲に單位時間に要する燃料(t)

X=材料 1t の加熱に要する燃料(t)

I=單位時間に加熱さるゝ材料(t)

若し生産量に拘らず外部損失が同一なりとすれば單位量の生産に對する燃料使用量は一般に生産増加につれて低下さるべき筈である。併し恐らく各種の加熱爐に於て生産のオプティマムの量があり之を超過すれば生産の少き場合に計算したよりも燃料消費率が高くなる筈である。

各支部では毎日作業しつゝある爐のオプティマムの能力を決定する事が最初にして最後の任務であらう。

## 結 言

製鐵鋼工場の燃料のソースは石炭にて之より出發して骸炭となり各種の瓦斯となり或は油となるもので燃料の經濟を計るには全面的に之等固體液體瓦斯體各種燃料の消費節約に努めねばならぬ。我鐵鋼業に於ける燃料の一般の趨勢を觀察するに第 4 圖にも見る如く生産品單位量當り消費熱量は近年著しく減少して來た。過去に於て然るのみならず將來に向つても吾人の期待を繋ぎ得る好材料に乏しからぬを見る。即ち日本製鐵會社關係の各作業所はもとより其の他の製鐵鋼工場にても銑鋼一貫作業に向はんとする機運が醸成されつゝある。又燃料節約の問題は製鐵工場の生命線とさへ考へられ之を適當に管理すべき組織及實效も着々擧げられんとして居る。恐らく製鐵鋼工場こそ我國の燃料經濟のメッカたりメンナたるべきではなからうか。