

## コットレル法に依る製鐵鑄鑛爐

## 瓦斯の除塵に就て

(日本鐵鋼協會 第7回講演大會講演)

志 賀 潔

はしがき……本報文は本會編輯係と御相談の結果、第7回大會に於ける講演と第2回銑鐵研究部會に於ける講演とを一纏めにして載録したものであります、重複する様な點は可及的省きましたが前後の關係上些少の重複する點なき譯に行きません處は御諒讀を願ひます、又研究部會に於て講演前後に述べた處は部會記事に譲る事に致しました。

## 〔報 文 内 容〕

〔大會講演の部〕 ○電氣收塵法の原理……(1) 浮塵の物理的性質……(2) 浮游微粒子の分離法並に電氣收塵の原理 ○釜石製鐵所のコットレル装置と其の運轉成績……(1) コットレル装置の配置、構造並に特徴の概要……(2) コットレル装置の運轉成績—(A) 一次冷却塔の機能並に瓦斯溫度—(B) 除塵度—(C) 收集塵の價値—(D) 汽罐用炭の節約—(E) 一次及二次コットレル運轉電氣事項 ○製鐵所洞岡工場コットレル装置の概要〔研究部會講演〕 ○製鐵鑄鑛爐瓦斯清淨用としてのコットレル装置に關して考慮すべき諸點……(イ) 鑄鑛爐瓦斯の Conditioning—(ロ) 放電々極自動槌打法の採用—(ハ) 收集塵排出を容易ならしむる點—(ニ) 電氣設備に關する諸點—(ホ) 瓦斯エンジン用コットレル装置に關する點 ○製鐵鋼業用電力自給問題に關する專見……(1) 釜石製鐵所コットレル一次清淨瓦斯に依る發電補助の實績—(2) 釜石製鐵所に於ける鑄鑛爐瓦斯分布狀況と所要總電力量—(3) 鑄鑛爐瓦斯の合理的利用に依る製鐵鋼業用電力自給の可能性。

## 〔昭和6年10月18日第七回講演大會講演〕

會長よりの御指圖に依りて本大會ではコットレル法に關する基本的原理と釜石鑄鑛所並に當製鐵所洞岡に建設實施せられたコットレル装置の概要と運轉成績の大體を述べるに止め、製鐵高爐瓦斯淨化に好適なコットレル装置は如何なる點に留意して設計建設すべきか又はコットレル法に依る瓦斯淨化が製鐵事業の合理化に幾何程度の役目をなすか等の詳細は研究部會で述べる事にします。

## ○電氣收塵法の原理

(1) 浮塵の物理的性質……電氣收塵法に限らず瓦斯の清淨に當られる者は先づ以つて瓦斯中に浮游混吊して居る微粒子の大きさを知り置く必要があります、茲に掲げた第1表は英國の物理學者 William E. Gibbs 氏が發表した數字を引用した

ものであります。

第1表 微粒子の大きさ

微粒子の種類	平均直徑 cm
Milk powder	$1.4 \times 10^{-2} \sim 0.7 \times 10^{-2}$
Maize starch	$1.2 \times 10^{-2}$
Cement (300 mesh)	$1.0 \times 10^{-2} \sim 0.7 \times 10^{-2}$
Lycopodium	$2.8 \times 10^{-3}$
$H_2SO_4$ mist (from concentrator)	$1.1 \times 10^{-3} \sim 1.6 \times 10^{-4}$
Pyrophoric carbon	$1.25 \times 10^{-4}$
$NH_4Cl$ fume	$1.0 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-5}$
※ Tar mist	$1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-5}$
Oil smoke (Produced by Detonation)	$1.0 \times 10^{-4} \sim 5.0 \times 10^{-6}$
Rosin smoke	$1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-6}$
Tobacco smoke	$1.5 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-6}$

※ 頭毛の太さ	$1.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-3}$
大氣中の霧	$1.4 \times 10^{-3} \sim 3.5 \times 10^{-3}$
※ 光の波長	$10^{-5}$ の Order
※ 瓦斯分子の直徑	$10^{-8}$ "
※ 電子の直徑	$10^{-13}$ "

備考：—※以外の數字は W. E. Gibbs 氏に依る。

斯くの如く一表中にブラット並べて見ますと甲

乙粗細の度が頭にピンと響きませんがよく比較研究をして見ますと、最粗のものと最細のものは實に天地の差があるものであります、例へば平均直徑  $10^{-2}cm$  の Order の粉ミルクの粒子と  $10^{-6}cm$  の煙草の煙を構成する粒子とを比較して見ますれば第2表に示す通りであります。

第2表 微粒子の大きさの相互比較例

	紫煙の粒子	粉ミルクの粒子
實際の直徑	$10^{-6}cm$	$10^{-2}cm$
對比直徑	1cm と假定	$10^4cm$ 即 100m
對比立積	1cc と假定	$10^{12}m$ 即 $10^{6}cbm$
對比質量*	1gm と假定	$10^{12}gm$ 即 $10^6tons$

備考:—\* 密度を孰れも  $1gm/cc$  と假定す。

即ち紫煙の粒子が徑 1cm の球となつたと假定すれば粉ミルクの粒子は徑 100 米突の球となり、兩者の密度を同一で  $1gm/cc$  であるとし紫煙の粒子が 1cc の立積迄膨大したと假定すれば其の質量は 1gm で、粉ミルクの粒子は  $10^{12}gm$  即 1,000,000 噸となり、御當所製鐵所の擴張計畫の銑鐵年産高に匹敵する數字となる次第であります、故に瓦斯清淨の任に當られる者は此の天地雲泥の差がある點を常に心に置いて居る必要があるのであります、又瓦斯中に浮游混吊して居る微粒子が如何に微細である共之を瓦斯分子と比較すれば非常に大きいものであると云ふ事も念頭に措く必要があります、第2表と同じ様に比較しますと瓦斯分子が 1gm の球となれば微粒子中最小な紫煙の粒子は 1 ton となる譯です。電子と分子、電子と微粒子との相互比較も同様に考慮を要するのであります。

前出の Gibbs 氏は流體中に微物體が混吊して居る「モノ」を Disperse system と呼び、その流體を Disperse medium, 浮游物を Disperse phase と呼んで居ります、而して流體が瓦斯體である場合には其の System 全體を Gaseous dispersoids

又は“Aerosols”と特別の命名をして居ります、Gibbs 氏は又浮游微粒子の粗細の度に應じて Aerosols を次の3種に分類して居ります。

第3表 Gibbs 氏の Aerosols の分類

- 1) Dusts:—微粒子の直徑、 $d \geq 10^{-3}cm$  のもの……これは静止した空氣中で加速運動をなして落下するもので、擴散作用を爲さぬもの。
- 2) Clouds:— $10^{-3} > d > 10^{-5}cm$  のもの……これは静止空氣中で Stokes の法則に従ひ、一定速度(粒子の直徑に比例する)を以つて落下するもので、擴散作用を爲さぬもの。
- 3) Smokes:— $10^{-5} > d > 10^{-7}cm$  のもの……斯る微細な微粒子は瓦斯分子の衝突を受け活潑に Brownian motion を爲すもので、相當急速に擴散作用を爲し静止空氣中でも決して沈定しないもの。

斯の様に微粒子の粗細に依つて物理的性質に相當廣き範圍の相違がありますから其處理に當つては粒子の大きさが幾何程度であらうかと云ふ事を常に注意する必要があります、私は電氣牧塵に關しては Aerosols を三種に分配する必要がありませんので、之を Dust と Fume とに大別して居ります、私の云ふ Dust とは Mechanical mean で生成せられたものが爐内の Blast に依つて機械的に爐瓦斯と共に爐外に搬出せられたもので其の大きさは Gibbs 氏と同様  $d \geq 10^{-3}cm$  と探つて居ります、Fume とは Gibbs 氏の Clouds 及 Smokes を統括したものでありまして  $d < 10^{-3}cm$  で、爐内の化學反應に依りて生ずるもの又は爐内の高溫に依り一度氣化し之が再び冷凝して固態或は液態の微粒子となつたものを指すのであります。製鐵鑄鑪瓦斯は爐頂、Downcomer 等では Fume 以外に相當多量の Dust を含んで居りますが Dust-catcher 又は一次冷却塔等を通過した後は殆んど Fume だと考へる方が實際に近いのであります。

次に空氣又は爐瓦斯中には幾何程度の浮塵が存

在して居るかを御参考迄に表示すれば第4表の通  
であります。

第4表 空氣或は瓦斯中に存在する浮游物の量

大氣	田舎又は海上 市内 工場地帯	<1.0mg/cbm 1~3 ≥5
工場内の Dirty air		30~400
セメント、ミル室	粉碎機運轉中 同 休轉中	224 130
銅、錫、鉛等金屬製煉所の鑛煙		1,000~ 4,000
製鐵鑛鑛爐瓦斯		1,000~10,000
硫化鑛焙燒爐瓦斯		15,000~40,000
乾式セメント燒成廻轉窯排氣 (餘熱汽罐後)		10,000~50,000

硫化鑛焙燒爐又はセメント廻轉窯等の煙は濃い  
方で Dust が其の主體をなして居り Fume は僅  
少です(秤量すれば僅少であるが粒の数は決して  
少くはありません)又工場地帯の空氣中には 5mg/  
cbm 即 0.005gm/cbm の浮游物があるのですから  
Gas-engine 運轉用の高爐瓦斯淨化装置は其の方  
式の何んたるを問はず此の程度以上の清淨度は必  
要とは考へられません。

(2) 浮游微粒子の分離法並に電氣收塵の原理  
次に瓦斯中に浮游混吊して居る微粒子を瓦斯と  
分離收集する事に關する原理を極簡単に述べよう  
と思ひます。半径 r の球狀微粒子が粘稠度 η の氣  
體中を速度 v を以て運行する時に微粒子に作用す  
る抵抗力 W は Stokes 法則に依つて、

$$W = 6\pi\eta rv$$

を以つて表はされます、次に重力を考へて見ませ  
う、微粒子の密度を ρ、氣體の密度を ρ', 重力の加  
速度を g とすれば微粒子に作用する重力 (F)<sub>g</sub> は

$$\text{重 力 } (F)_g = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho')g$$

となります、次に遠心力を考へて見ませう、微粒  
子が半径 R の圓周を V といふ速度で廻轉する場  
合に半径の方向に働く遠心力 (F)<sub>R</sub> は

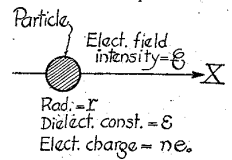
$$\text{遠心力 } (F)_R = \frac{4}{3}\pi r^3\rho \cdot \frac{V^2}{R}$$

となります、次に電力の作用力を考へて見ませう

第1圖に示す様に X 方向に

第1圖

向く電場 E 内に誘電率 ε、荷  
電量 ne<sub>0</sub> (e<sub>0</sub> は電子の荷電で  
e<sub>0</sub> = 4.7 × 10<sup>-10</sup> E. S. U., n は



電子荷電を何個有するかと云ふ數) 半径 r の微粒  
子が存在する時に微粒子が受ける電氣力 (F)<sub>el</sub> は

$$(F)_{el} = ne_0E + \frac{r^3}{2} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{dE^2}{dx}$$

となります、電氣收塵法で取扱かう微粒子では半  
径 r が甚小でありますから第二の項は省略して大  
過ありません、結局電氣力は、

$$\text{電 氣 } (F)_{el} = ne_0E$$

となります、之等 F と W とが平衡する様な速  
度 v で微粒子は運行するのでありますから結局次  
の様になります。

$$\text{重 力 } (F)_g = W; \quad v = \frac{2}{9} \frac{r^2(\rho - \rho')}{\eta} g$$

$$\text{遠心力 } (F)_R = W; \quad v = \frac{2}{9} \frac{r^2\rho}{\eta} \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$\text{電 氣 } (F)_{el} = W; \quad v = \frac{ne_0}{6\pi\eta r} E \dots (1)$$

以上の算式を見れば重力、遠心力等は微粒子の  
移動速度が何れも半径の自乗に正比例して居るか  
ら微粒子が小になればなる程瓦斯と分離收集する  
事の困難になる事が判然するでせう、詰り微粒子  
を有効に瓦斯と分離收集し様とするには重力や遠  
心力の様な微粒子の質量に比例する所謂 Ponde-  
rable Force では其の目的を達する事困難で、微  
粒子の質量に無關係な何等かの強制力—Impres-  
sive Force—の作用を必要とする次第でありま  
す、此の強制力として電力を利用したのが今日お

話しようとする Cottrell 法であります、遠心力方法でも微粒子を水滴に附着せしめて其の質量を大にし水滴と共に瓦斯と分離する様にすれば相當効果を現はし得ます、Jenkin Washer は此の原理に依るものと思ひます、上記の外に濾過法がありますが渦濾装置に使用する布の目は第 1 表に示した微粒子の大きさに比して決して小ではありませんから充分な効果は如何かと考へます例へば煙草の紫煙は布や濾紙等で濾過しても消し得ないのは此の事實を立證するものと考えられます(高電圧の作用に依れば忽ちに消す事が出来るのは皆様御存じの處でせう)、尤も布に微粒子が附着して布目を詰めて來ると渦濾効率を上昇して來ますが夫れと共に通氣抵抗を増大し電力の消費量を増す憎があります。

楮最後に電氣法を考えて見ませう、前出(1)式に示す如く微粒子が電力で追驅せられる速度は電場の強さ  $\mathcal{E}$  に比例しますから  $\mathcal{E}$  を大にすれば  $v$  も之に準じて増加するので既述の方法と大に趣を異にして居ります、(1) 式中不明なものは  $n$  即微粒子に付着する電子荷電の數であります、 $n$  の理論値に關しては學者間に色々意見の相異もありますが其の結果は大同小異でありますから左に獨逸の Metallgesellschaft に居る物理學者の W. Deutsch 氏の發表した値を引用します、(Z. für techn. Phy. Jg. 6, 1925, 423-37)

第 5 表 微粒子が受くる電子荷電  $e_0$  の數  $n$  及微粒子の追驅せらるゝ速度並に重力との比類

微粒子の半徑 $r, cm$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
* 電子荷電の數 $n$	4,640	376	28	2
$n/r$ の比、 $\times 10^6 cm^{-1}$	4.64	3.76	2.8	2.0
電力に依り追驅せらるゝ速度 $cm/sec.$ per C.G.S.Emf/cm,				
a) $\mathcal{E}=1$ の場合 $v_1$	0.64	0.52	0.39	0.28
b) $\mathcal{E}=20$ " $v_{20}$	12.8	10.4	7.7	5.5

重力に依る沈降速度  $v_g, cm/sec.$   $0.3 \quad 0.3 \times 0.1^{-2} \quad 0.3 \times 10^{-4} \quad 0.3 \times 10^{-6}$   
 $v_{20}$  と  $v_g$  との比  $43 \quad 35 \times 10^2 \quad 26 \times 10^4 \quad 18 \times 10^6$

備考:—上表中\*は Deutsch 氏の公表で其の他は私が勘定したものです、 $v_1$  及  $v_{20}$  は前出の  $v_{el.} = \frac{ne_0 \mathcal{E}}{6\pi\eta r}$  なる基本式で氣體を常溫(15°C)の空氣と假定し粘稠度  $\eta$  は  $\eta = 181 \times 10^{-6} gm. cm^{-1}. sec^{-1}$  と採り之に  $n/r$  の價を當嵌め  $\mathcal{E}=1$  及  $\mathcal{E}=20$  E.S.U.  $cm^{-1}$  なる數字を入れて算出したものであります、又沈降速度  $v_g$  は前出の  $v = \frac{2}{9} \frac{r^2(\rho - \rho')}{\eta} g$  式で、微粒子の密度  $\rho = 1 gm. cm^{-3}$ 、氣體を常溫の空氣と假定し、 $\rho' = 0.0012 gm. cm^{-3}$ 、重力の加速度  $g = 981 cm. sec^{-2}$  とし  $\eta$  は上記の値として勘定したものであります。

上表を見ますと  $n/r$  の値は  $r$  と共に少しく減少します、即ち  $v_1$  又は  $v_{20}$  に示す如く粒子の運行速度が  $r$  と共に減少するのであつて細い微粒子の方が粗いものよりも電氣收塵が幾分困難である事を示すものであります。表中  $\mathcal{E}=20$  の時の  $v$  を示したのは、 $\mathcal{E}=20$  と云へば  $1 cm$  に就き  $6,000v$  即  $10 cm$  に就き  $60,000v$  と云ふ値で恰度電氣收塵法で實施して居る荷電々壓にほぼ相當するからであります、表の下方に重力に依る沈降速度を試算し、 $v_{20}$  と  $v_g$  とを比較して見ますると其の懸隔の大なる驚くべきでせう、 $r=10^{-3} cm$  の粒子では  $v_{20}$  は  $v_g$  の 40 倍強ですが  $r=10^{-5} cm$  の粒子になれば 25,000 倍強となります、之を見ても如何に電氣收塵法の方が優るか明瞭でせう。

獨逸人 J. Weyl 氏は實際 Cottrell 法で處理する瓦斯に就いて、 $\mathcal{E}=1$  E.S.U. の時の粒子の運行速度を發表して居ります、(Stahl u. Eisen, Nr. 52, 1926)、之を表示すれば第 6 表の通りです、但し次列に記したものは自分の卑見であります。

第 6 表 處理瓦斯の種類と  $\mathcal{E}=1$  E.S.U./cm の時の粒子の運行速度  $cm/sec.$

瓦斯の種類	Weyl 氏公表値	志賀
Cement	0.53 $sec/cm$	O. K.
ZnO	0.27	0.2

$NH_4Cl$	0.6—0.7	$\leq 0.4$
鉛製煉鑛煙	1.1	0.5
硫化鑛焙燒爐瓦斯	0.56	Pyrite の場合 O.K. 閃亞鉛鑛の場合 0.35
Rauchgas	1.2	?
製鐵鑛爐瓦斯	0.3—1.2	0.35 (一次清淨の場合)

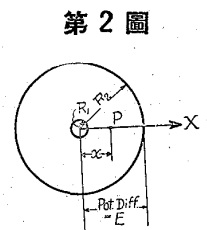
Weyl 氏が此の値を發表して居るが收塵率が幾何の時にそうであるかが不明ですから之に駄評を加へるのは失禮かも知れませんが、相當の高收塵率を擧げる場合と假定して、自分の意見を付加へて見ませう、 $ZnO$  の場合には瓦斯温度並に湿度が好適に調節せられねば決して好成績は擧げ得ぬもので自分は 0.2 と採るのを妥當だと思ひます、 $NH_4Cl$  の fume は甚しくフワフワしたもので收集物を脱離するのに相當困難であります、收塵器内が綺麗な時は 0.6~0.7 でもよいでせうが繼續的に良効率を擧げる爲めには 0.4 以下が妥當です、鉛製煉所の鑛煙は外國では收塵容易の部分に入れて居るので 1.1 と採つて居るのでせうが本邦の三井神岡鑛山の例に依りますと、瓦斯中に  $As_2O_3$  の Fume が相當多量に (約 20%) 含んで居る關係上が外國の鉛鑛煙の程收塵容易ではありません、0.5 位に採らなければ充分なる收塵効果は望めません、Weyl 氏は Schwefelröstgase として 0.56 を擧げて居るが之は Pyrite 焙燒の場合であらうと考えられます Pyrite の場合は O.K. ですが閃亞鉛鑛の場合には Dust 以外に Fume が混在しますので 0.56 では不充分であります、Rauchgas とは石炭又は Braunkohle を燃焼させた瓦斯の様に思ひますが此の種の瓦斯は獨逸でも處理して居る事は甚稀で、私としては燃焼瓦斯を Cottrell 法で處理するなどには誠に馬鹿らしい事で Cottrell 装置に金をかける位ならば燃焼装置を改良する方を御薦めする次第でありますので? を付した譯であり

ます、最後の製鐵高爐瓦斯ですが、浮塵の半径は  $10^{-4} \sim 10^{-5} cm$  で Deutsch 氏 (Weyl 氏と同社員なり) の發表した  $n$  の値から計算すれば  $v_1 = 0.52 \sim 0.39 cm/sec$  となるのに (第 5 表参照) 之を 1.2 迄上昇させて居る事は誠に腑に落ちません、高爐瓦斯浮塵の大きさから考えても自分が  $v_1 = 0.35 cm/sec$  と採つて居るのは妥當であると信じます。

却説、前出の基本公式

$$v_{el} = \frac{ne_0}{6\pi\eta r} \mathcal{E}$$

に於て  $r$  と  $n$  との關係が第 5 表で明になつた以上、 $\mathcal{E}$  が放電々極の中心からの距離  $x$  の函數の形式が判明すれば上式は數學的に Solve 出来る譯でありませう、例へば第 2 圖に示す様な同心圓筒 (内筒及外筒の半径夫々  $R_1$  及  $R_2$  とする) 間の靜電場に就て云へば兩圓筒の荷電々位差を  $E$  とすれば軸心から距離  $x$  にある P 點の電場の強度  $\mathcal{E}_x$  は次式で表はせる事は周知であります。即、



$$\mathcal{E}_x = \frac{E}{x \ln \frac{R_2}{R_1}}$$

となります、又一方  $x$  方向に運行する微粒子の速度  $v$  は、 $\frac{dx}{dt}$  で表はされますから、

$$\frac{dx}{dt} = \frac{ne_0}{6\pi\eta r} \cdot \frac{E}{x \ln \frac{R_2}{R_1}}, \quad x dx = \frac{ne_0 E}{6\pi\eta r \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot dt$$

となり、 $dt$  の係數は時間  $t$  には無關係の定數でありますから極めて簡易に解く事が出来ます、即微粒子が  $x=R_1$  から  $x=R_2$  迄追ひやられるに要する時間を  $\tau$  とすれば

$$\int_{R_1}^{R_2} x dx = \frac{ne_0 E}{6\pi\eta r \ln \frac{R_2}{R_1}} \int_0^\tau dt$$

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{1}{2K} (R_2^2 - R_1^2) \\ \text{但 } K &= \frac{ne_0 E}{6\pi\eta r \ln \frac{R_2}{R_1}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

となります、式中 E は電極間の電位差の實効値でありますから實際電氣收塵に使用する様な交流波形の頂點を被ひて間歇的に整流した電壓では、交流波形の整流角度を考慮に入れる必要があります、此の整流角度を電氣角で  $\Phi$  とし、特高變壓器の低壓側電壓を  $E_1$ 、變壓比を  $i$  としますれば、高壓側の交番電壓は  $iE_1$  で整流せられた定極性電壓の實効率 E は計算の結果

$$E = iE_1 \sqrt{\frac{\Phi + \sin\Phi}{\pi}}$$

となります（但し、交流電壓は正弦波であると假定）之を上式（2）に代入すれば

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{1}{2K} (R_2^2 - R_1^2) \\ K &= \frac{ne_0 iE_1}{6\pi\eta r \ln \frac{R_2}{R_1}} \sqrt{\frac{\Phi + \sin\Phi}{\pi}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (2')$$

となります、以上は同心圓筒間の靜電場に於て微粒子が一電極面から他の電極面上迄追ひやられるに要する時間を算出したもので、電氣收塵器の電極間に起る實現象とは相違しては居りますが、實際收塵器内で微粒子が追ひやられるに要する時間を推定する目安となる事は確であります。

上記の様に微粒子が一電極から他の電極に達するに要す時間  $\tau$  を算出し得た以上は後は簡単であります即ち浮塵が電場の作用を受ける時間 T を

$$T = k\tau, \quad k > 1$$

と採ればよいのであります、但し上記の  $\tau$  は同心圓筒即管式收塵器の靜電場に就て算出したものですが  $k$  を適當に選めば實際のコロナ放電のある管

式收塵器内又は平板式收塵器にも應用出来るのであります、この  $k$  を幾何に定めるかは最早理屈ではなく所謂「貴い經驗」に依るものであります。

以上は微粒子が  $ne_0$  といふ荷電を帯びて居ると假定して論じたのであります、次には如何にして微粒子に荷電を與へるのであるかと云ふ事を考へる必要があります、比較的尖鋭な形狀を有する電極と平坦な電極とを相對峙させて兩極間に定極性高電壓を與えますと、電壓が或る一定値以上になれば尖鋭電極の尖端から光輝ある放電（光芒放電又はコロナ放電と稱する）が起り兩極間に存在して居る瓦斯分子を正負の瓦斯イオンに電離して兩極間の空間の大部分を尖鋭電極と同一符號の瓦斯イオンで充滿するのであります、後に述べる通り尖鋭電極は負性に荷電するを常としますから此の空間は負性の瓦斯イオンで充滿せられる譯です、此の空間に微粒子が入り來ると負性瓦斯イオンの作用で微粒子が始めて電荷を帯び負荷電微粒子となりて電力の作用で電力線に沿ふて平坦電極上に追驅せられ同電極上に沈澱して浮塵は瓦斯と分離せられるのであります、これが電氣收塵の根本原理であります、（詳細に關しては本會の友會たる燃料協會、昭和4年9月號會誌 957~959 を御參照願ひます）尖鋭狀の電極は放電作用を司るから之を放電々極（Discharging electrodes）と呼び平坦電極は浮塵を集めるから集塵電極（Collecting electrodes）と呼んで居ります、斯くの如く電氣收塵では放電々極から旺盛にコロナ放電が起り電極間に瓦斯イオンで運ばれる電流即ち電離電流が流れる事が必須の條件でありまして、コロナ放電を旺盛ならしめる事が收塵効果を昂上せしむる肝要事項の一であります。〔電氣收塵法を指して Ele-

electrostatical Precipitation と稱して居るものが尠くありませんが決して“Statical”のものではありません、靜電的では Precipitation の効果は充分に發揮し得ないものであります、電氣收塵器なるものは此の簡単な理を應用したものに過ぎないので放電々極としては直徑 1.5~2.5mm の金屬線(鋼線、クロム線又は鉛被線)を使用するのを常とし集塵電極は平板又は圓筒を使用して電極間の距離は普通 15~8cm として居ります、旺盛なコロナ放電を維持せしむるには放電々極たる心線は徑の小なるものが宜しく従つて放電々極が收集塵の爲めに肥大しない様な手段が必要であります、此の詳細は研究部會で申し上げます、又前出の基本式(1)又は  $r$  の式(2)(2')を見れば收塵効果を高める爲めには  $\phi$  又は  $E$ ,  $E_1$  等が大なる事が必要であります、然し之等を餘り大にすると電極間に火花短絡が起りますから、火花放電の生じない範圍に於て  $\phi$  又は  $E$  を大にする必要があります、火花電壓は尖銳電極極性と密接な關係があるもので測定の一例を挙げれば左の通りです(尖銳電極は白金針を使用し接地せる平板電極と對峙せしめ放電距離を 84mm とし、電源としてはコットレル用定極性電壓を用いた場合の結果であります。)

尖銳電極の極性	火花放電電壓
正	66,000v (crest value)
負	125,000v

即ち尖銳電極を負性とする方が火花放電が起り難く遙に強い電場を維持し得るから電氣收塵では放電々極を負性に荷電する事が他の肝要条件の一であります。

諸て理窟はこれ位にして製鐵高爐瓦斯淨化に對する Cottrell 法實施の成績を釜石製鐵所並に當八幡製鐵所のものに就て述べる事にしませう、先づ

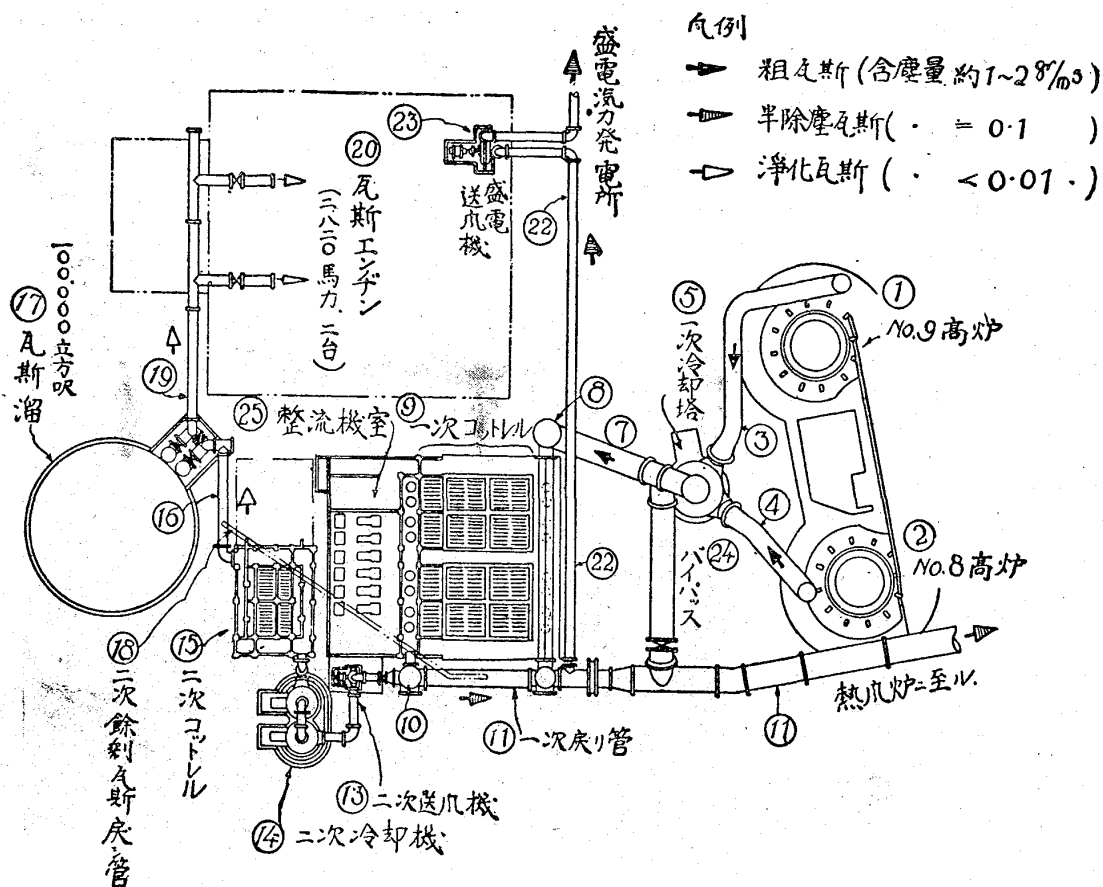
釜石のものを詳述し亞で當所のものを述べませう

### ○釜石製鐵所のコットレル装置と其の運轉成績

(1) コットレル装置の配置、構造並に特徴の概要……釜石では第8高爐(公稱出銑量 300 吨)及第9高爐(公稱 250 吨)の2爐から發生する瓦斯全部をコットレル法で除塵して熱風爐及汽罐に焚燒する計畫の下に昭和4年秋から工を起し翌5年3月21日から運轉を開始した一次コットレル装置と、一次清淨瓦斯の一部を吸引除塵して瓦斯エンジンに供給する二次コットレル装置とがあります、後者は翌5年夏から建設に着手し同年12月15日運轉に入つたものです、釜石では莫大の資を投じて銻鑛爐及熱風爐の改築を行ひ且つ舊來使用して居た汽機送風機に代ふるに瓦斯機關送風機を以つてし、除塵装置としては除塵率最も高く動力消費量の最低なるコットレル法を採用する事に依つて全作業能率を昂め、公稱出銑 550 吨を 750 吨迄増加せんとする確信の下に全般の計畫を進めたのであります。

以下述べるコットレル装置も亦上記の規模に適應するもので第8、第9高爐、一次、二次コットレル、噴霧冷却塔、瓦斯溜、瓦斯エンジン及瓦斯經路等全般の配置は第3圖及寫眞第4、第5圖に示す通りであります、即ち瓦斯は第9高爐(1)及第8高爐(2)から夫々 Downcomer (3), (4)を下りて一次冷却塔(5)に入り給水管(6)に取付けある十數個の噴霧 Nozzles (銻鑛爐瓦斯用 Monarch 型)から噴出する冷水と直接々觸して冷却され下降管(7)、一次入口主開閉弁(8)を経て一次コットレル装置(9)に入り高電壓の作用で浮塵の 95~98% が除去收集され出口弁(10)に出で一次清淨瓦斯戻管(11)で熱風爐及瓦斯焚燒汽罐等に送ら

第3圖 釜石製鐵所鑄鐵爐並にコットレル装置配置圖



第3, 4, 5 圖符號の説明

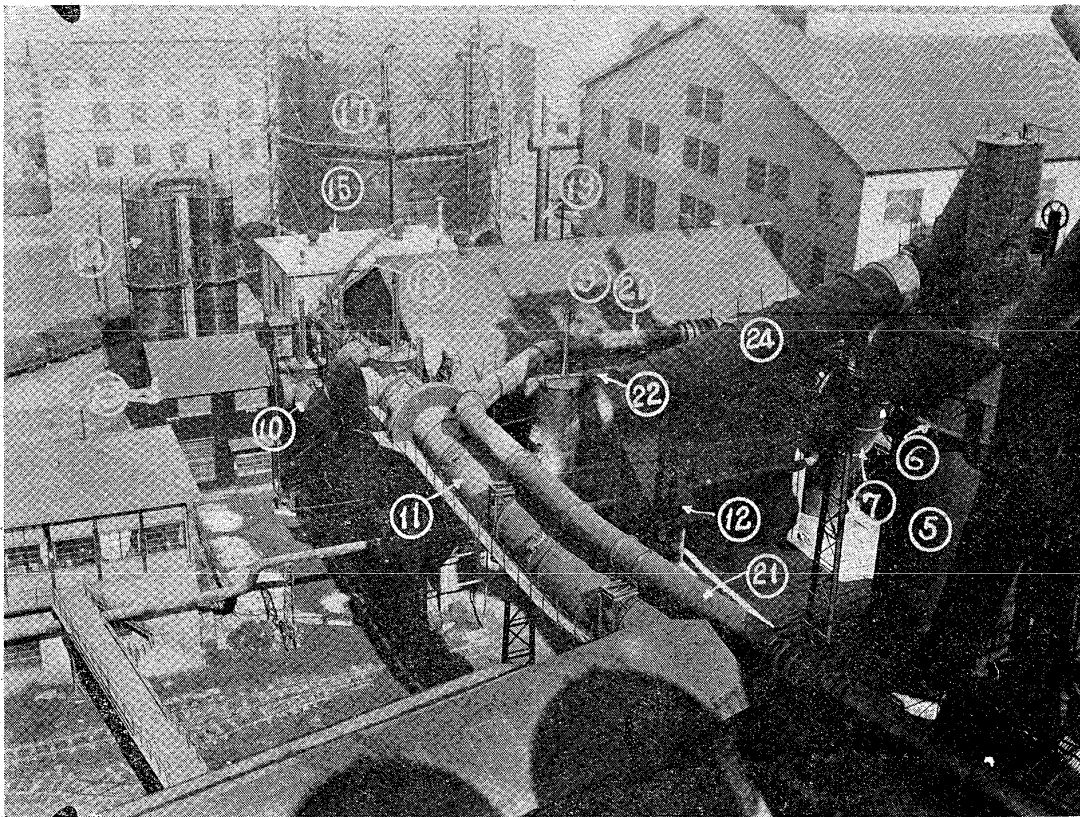
- |                    |                 |                          |
|--------------------|-----------------|--------------------------|
| (1) 第9高爐           | (10) 同 出口主開閉弁   | (19) 二次清淨瓦斯管             |
| (2) 第8高爐           | (11) 一次清淨瓦斯管    | (20) 瓦斯エンジン送風機           |
| (3) 第9高爐 Downcomer | (12) ダスト貨車積シュート | (21) 送風管                 |
| (4) 第8高爐           | (13) 二次送風機      | (22) 盛電送り一次清淨瓦斯管         |
| (5) 一次冷却塔          | (14) 二次冷却塔      | (23) 盛電送り送風機             |
| (6) 同上噴霧給水管        | (15) 二次コットレル装置  | (24) コットレル全装置に對する Bypass |
| (7) 粗瓦斯主管          | (16) 二次清淨瓦斯管    | (25) 整流機室                |
| (8) 一次コットレル入口主開閉弁  | (17) 瓦斯溜        |                          |
| (9) 一次コットレル装置      | (18) 二次餘剩瓦斯管    |                          |

れる、一次コットレルで収集せられた灰塵は收塵器下部の Hoppers (第7圖参照) から Dust 貯槽に取り出され Dust elevator で Dust chute (12) から貨車積として (第6圖参照) 加里抽出工場に送られる、一次清淨瓦斯の一部は二次送風機 (13) で吸引せられて二次冷却塔に入り更に冷却せられて二次コットレル装置 (15) に入り瓦斯中に殘存する微量の浮塵が除去せられ不可視瓦斯となつて二次清淨瓦斯主管 (16) を経て容量 2,840cbm 壓

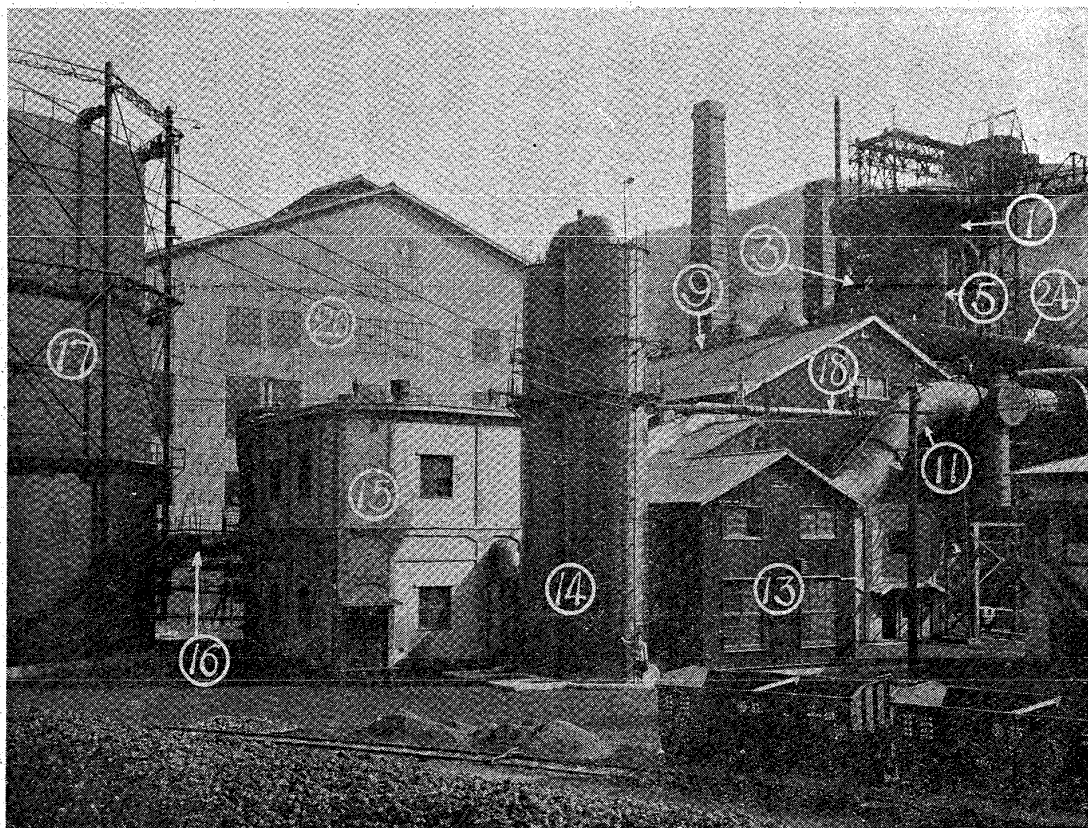
力水柱 300mm の瓦斯溜 (17) に入り餘剩瓦斯は二次餘剩瓦斯管 (18) を経て一次清淨瓦斯管 (11) 中に返送せられる、瓦斯溜を出る瓦斯は管 (19) から出力 2,820 馬力の瓦斯エンジン 2 臺 (20) に供給せられ、エンジン排氣は廢熱汽罐の加熱に使用せられる、瓦斯エンジン送風機から出る壓縮空氣は送風管 (21) を経て熱風爐に至り豫熱せられて高爐羽口に送られる、一次清淨瓦斯を熱風爐及瓦斯エンジンに焚用するも猶餘剩があるから一次清淨



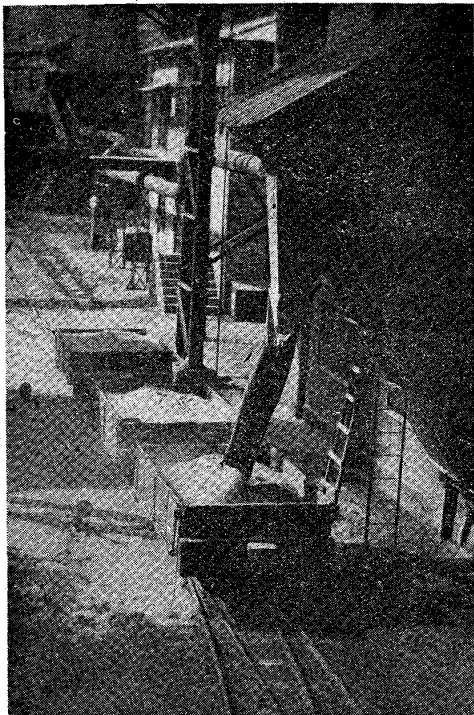
第 4 圖 釜石製鐵所コットレル装置附近の鳥瞰圖



第 5 圖 釜石製鐵所一次及二次コットレル装置並に附屬設備



第6圖 釜石製鐵所一次コットレル・ダスト貨車積み



瓦斯の一部は側管(22)を経て送風機(23)に依り釜石製鐵所に隣接する盛岡水電會社の汽力補助発電所の汽罐に送られ発電を援けて居る、其の瓦斯輸送距離は大約500mです、By-path(24)はコットレル装置全般の運轉を休止し得る爲めに設置したものであつて斯る場合に高爐瓦斯を直接熱風爐及高爐附屬の汽罐(汽機送風機運轉用蒸汽發生汽罐)に送るのに役立つものであります、一次及二次の兩コットレル装置を荷電する定極性特別高電壓を發生する電機類一切は整流機室(25)内に据置しあつて係員、運轉手等は同室内に席を設け電氣的管理は勿論、冷却水の調節、Dust搬出作業、運轉諸事項の記録等の全般の管理に當つて居ります。(第7及第9圖參照)

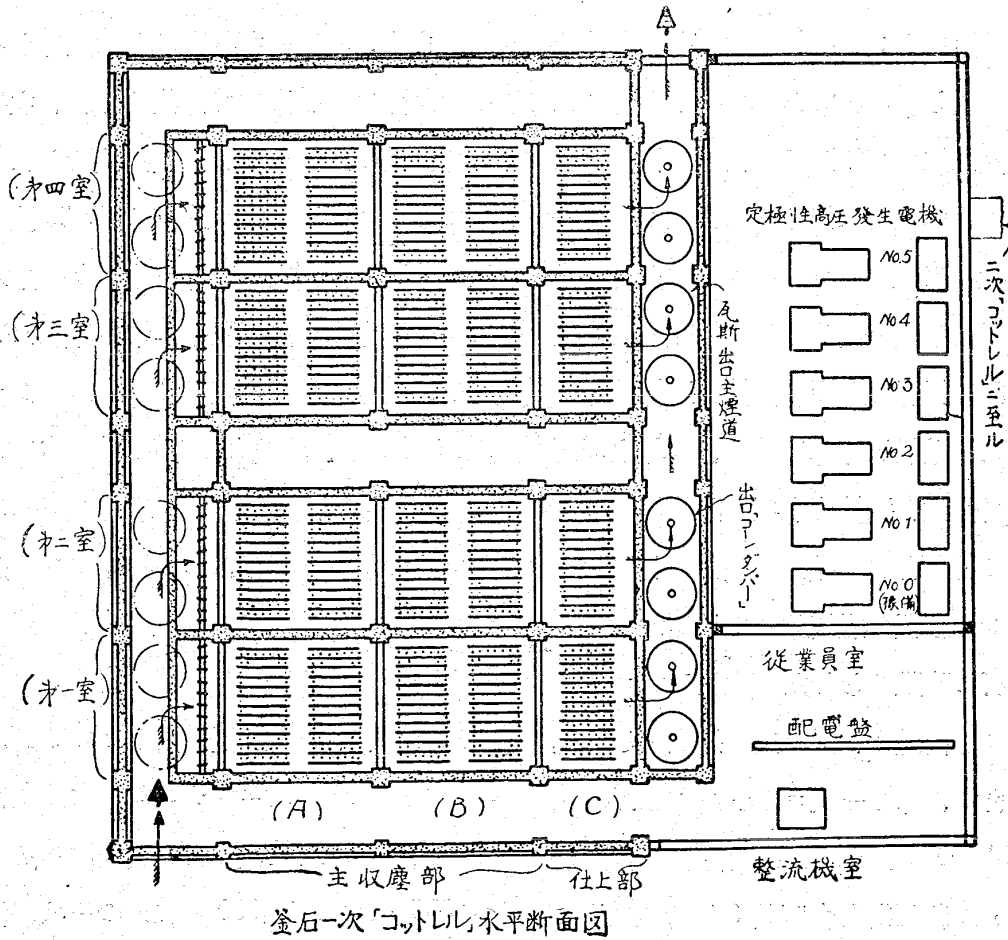
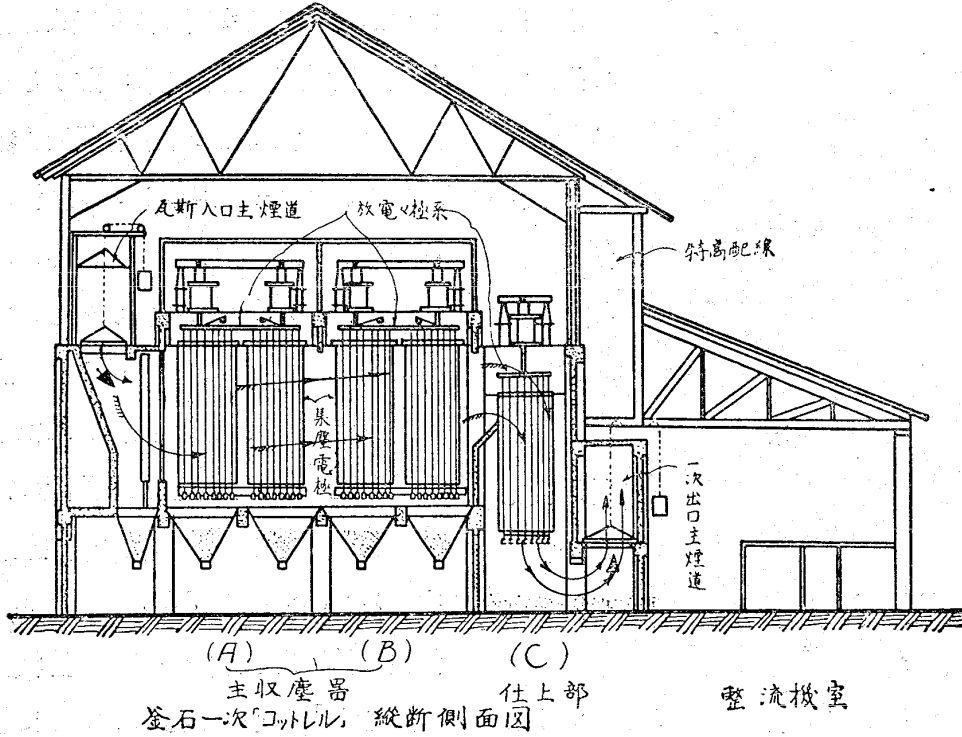
次にコットレル装置の規模並に構造の概要を述べませう。釜石に建設せられた一次及二次コットレル装置は何れも出銑1日750噸に適應する規模のものであります、即ち一次コットレルは瓦斯溫度75°Cで170,000cbm/hr.の瓦斯を處理し含塵量1.0~2.0gm/cbm.の粗瓦斯を含塵量0.1gm/cbm迄に清淨し得る機能を有して居ります、收塵装置は第

7圖に示す如く4個のCompartmentsから成り各室獨立的に通煙荷電を爲し得る様になつて居りますが現在では4室の内3室丈け電極を設置し第4室は出銑高が計畫量に増加する際直ちに電極を設置し得る様に器の本體骨組及上家等は完備して居ます、即ち一次コットレル装置の現容量は溫度75°Cで瓦斯量125,000cbm/hr.を處理し得るもので出銑量1日500噸に相當するものです、本器は圖示の如く、鐵筋コンクリートの外廓を有し瓦斯中の水分が冷凝せぬ様に設計された水平瓦斯流の平板式收塵器で平板電極は收集塵の瓦斯流と共に運び去られぬ様な特殊の構造(特許第84,312號)を有するもので高さ3.0m、幅1.5m、厚さ3mmの鐵板に補強山形鋼並に上記特許機構が鋲付けされて居るものを心々距離200mmに垂直に配置してあります、各室共主收塵部と仕上部とを備へ浮塵の大部分は主收塵部で捕集せられ、主收塵部を逃れた微量の浮塵は仕上部で捕集せられる様に構成してある(實用新案登録第130,050號)而して各室の集塵面積は主收塵部で約540平方米、仕上部で135平方米合計675平方米、3室で2,025平方米です、放電々極は直徑1.6mmのニクロム線で各Ductに8本、各室につき600本で3室にて1,800本あつて平板電極の上下椽端を通過する點で起り易い火花放電を起らぬ様に抑制する特殊の構造を有するもの(實用新案登録第149,173號)で放電々極の延べ長さは5.4kmに達します。

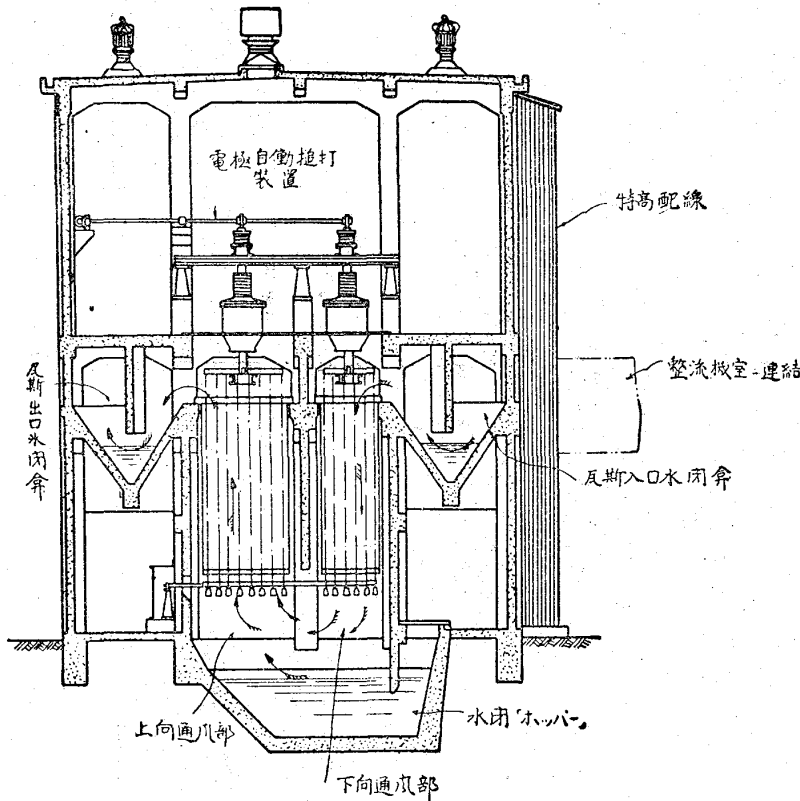
二次コットレル装置は出力2,820 H. P.の獨逸Demag社製瓦斯エンジン2臺を全負荷で運轉するに要する瓦斯量(1馬力當り3cbm/hr.即溫度20~25°Cに於て17,000cbm/hr.の一次清淨瓦斯)を處理して含塵量を0.01gm/cbm.となし得る設計

二次コットレル装置は出力2,820 H. P.の獨逸Demag社製瓦斯エンジン2臺を全負荷で運轉するに要する瓦斯量(1馬力當り3cbm/hr.即溫度20~25°Cに於て17,000cbm/hr.の一次清淨瓦斯)を處理して含塵量を0.01gm/cbm.となし得る設計

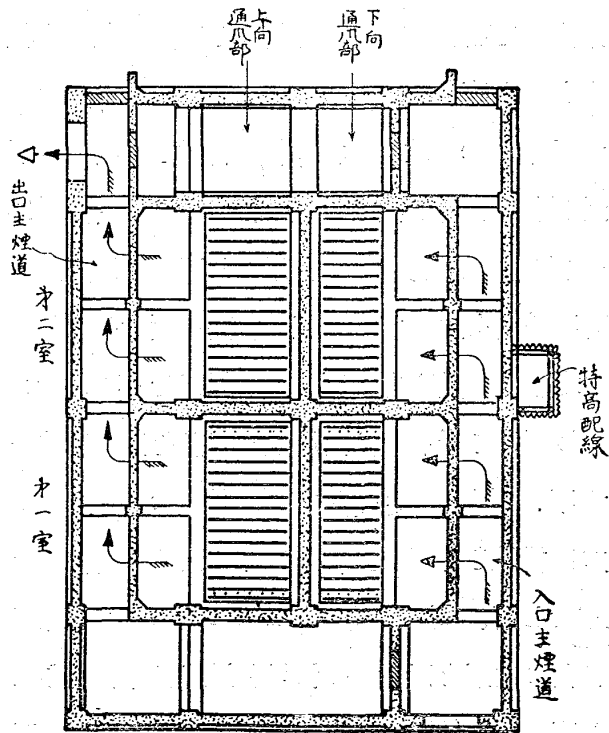
第7圖 釜石製鐵所一次コットレル装置



第 8 圖 釜石製鐵所瓦斯エンジン用二次コットレル装置



釜石ニ次「コットレル」縦断面図



釜石ニ次「コットレル」水平断面図

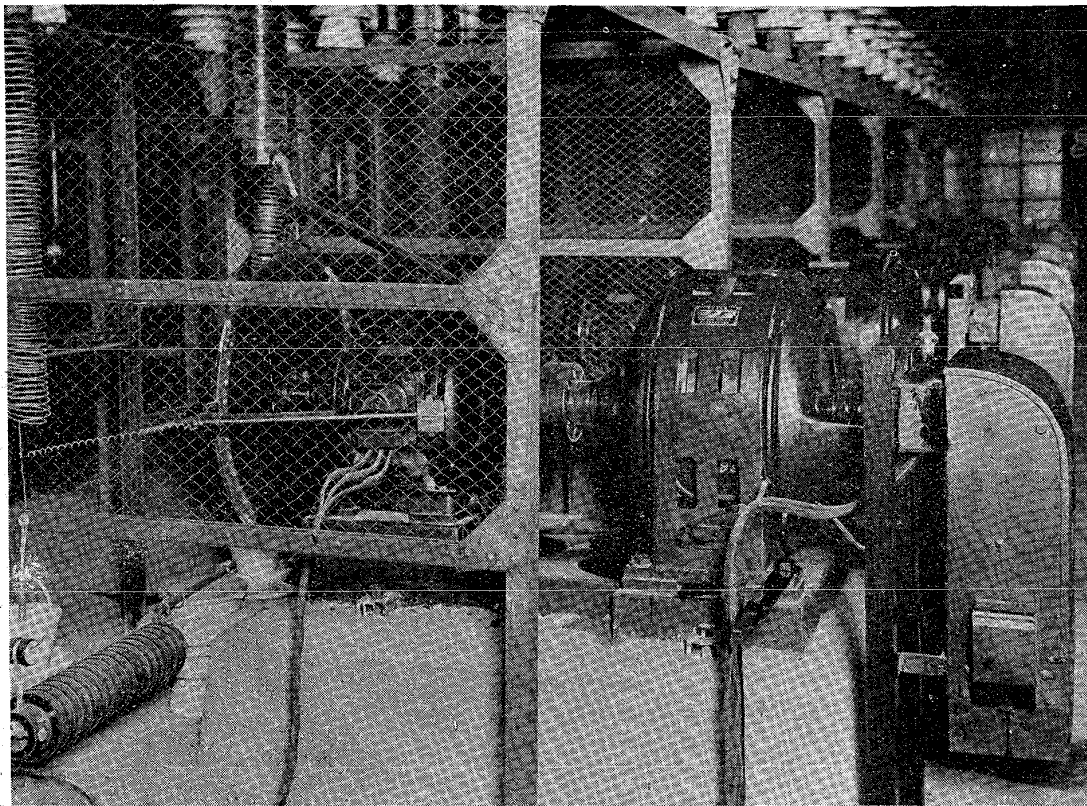
ます、本器は 2 室より成る Twin Precipitator と通稱せられるもので瓦斯壓水柱 400mm に耐え得る氣密なものです、瓦斯は先づ各室の下向通風部を下降して其の方向を轉換して上向通風部を上昇し出口煙道に出づるもので所謂 Reverse gas-flow type と稱するもの（實用新案登録第 145,68 號）で瓦斯の均等分布を得るに好適のものであります、下向通風部は幅 1.0 米、高さ 3.0m、心々距離 200mm の平板電極各室につき 16 枚（即 Duct の數は 15）、放電々極は Duct につき 6 本で、上向通風部は幅 1.5m 其の他前同様の平板電極 16 枚、放電々極は各 Duct に 8 本あるのです、即放電々極の數は 1 室に就き  $(6+8) \times 15 = 210$  本、全體で 420 本で一次と同様火花放電を抑制し得る式のものであります。

電氣設備は富士電機製造株式會社の製作に係るもので 6 Sets を設置して居り各組は 15 kv-a. 75,000 v., 60 サイクルの整流機直結の電動發電機及特高變壓器より成り、一次コットレルに 4 組、二次コットレルに 1 組を常用とし、1 組を豫備として居る（第 7, 第 9 圖参照）、整流機は特高電路斷續に依りて生ずる電氣脈動を可及的に低減し得る非對稱型（Asymmetric rectifier, 特許第 44,

755 號）と稱するもので、且つ交番波形の任意の



第9圖 釜石製鐵所コットレル装置の一部(整流機室内電機配置の圖)



部分を整流するに特高部分を移動する事を要せざる最新式のもの(特許第85,350號)を使用して居ります、又豫備電機は收塵器に荷電する程度の高電壓(50,000~55,000v)を發生して置いて常用電機と特別高壓側で切り換へ得る如く配線してあるので收塵器の荷電は瞬時も停止することなくどの電機でも任意に掃除し得る様に仕組んでありますから收塵器は四六時中收塵作用を休止する要なく従つて收塵の終日効率(Whole-day efficiency)は昂上せられるのであります。

釜石の一次及二次コットレル装置全般に關して特殊な點を挙げれば大體次の様なものであります、(a) 通常使用する Dust-catchers を全然使用せず其の代りに Spraying Direct cooler を使用せし事、(其の作用並に効果は後に詳述します)、(b) 收集塵が瓦斯流と共に器外に運び去られる事を防止する機構を有する平板電極を使用せし事(一次

コットレル)、(c) 集塵電極の椽端に於て起り易き火花放電を抑制する特殊な構造を有する放電々極を使用せし事、(d) 一次コットレルに仕上部を添計せる事、(e) 放電々極の特高荷電を遮斷する事なく電極に衝撃を與へ放電々極線を可及的清淨に保ち得る自働槌打装置を使用せし事(實用新案登録第138,154號)、(f) 定極性特高電壓發生の整流機に新調節機構と非對稱方式を採用せし事、(g) Radio 聴取を妨害する高周波の發散を完全に防止せし事、(h) 二次コットレルに Reverse gas-flow 式の新構造を採用し且つ水閉弁、水閉 Hopper を使用せし事、(i) Mechanical Gas-bleeder を採用し器内の空氣と瓦斯との置換を迅速且容易ならしめし事、(j) 放電々極支持碍子は器外に設置し瓦斯と接觸する部分は加熱して水分の碍子表面に凝着せざる如く成したる事、(k) 爆發豫防装置を設けて瓦斯空氣の爆發性混氣の生成を未然に防止せ

し事、(l) 二次清淨瓦斯を貯藏する瓦斯溜は常に清淨瓦斯を以て充滿せられ瓦斯溜が常に最高位置を保つ如き機構を採用せし事、(m) 一次コットレルのダスト・ホッパーに收集塵排除装置を設備し灰塵の排出を容易ならしめし事、(n) 二次送風機入口に電磁自働開閉弁を設置し爐頂瓦斯壓が異常の降下を來す時には二次送風機の瓦斯吸引作用を自働的に停止する様にした事、(o) 不時停電に際しては瓦斯溜入口の主弁が自働的に閉鎖し貯藏瓦斯がコットレル装置に逆流する事を自働的に防止せし事、等々は其の主なるものでありまして之等を詳述するのは餘り贅長になりますから此所には省略します、之等の詳細は本會の友會である日本鑛業會の會誌昭和6年4月號(第552號)に發表してありますから同誌を御参考下さい。

以上述べました釜石の一次及二次コットレル装置全般は純國産である事を御記憶願ひ度いのであります、次に運轉成績に就いて述べませう。

(2) コットレル装置の運轉成績… 昭和5年3月一次コットレル運轉開始の十數日前に第八高爐(公稱300 吨爐)は其の吹き立てを當分中止すると云ふ事となつて高爐は第九高爐1基のみとなつたので、瓦斯溫度、瓦斯壓等の變化が相當甚しくコットレル装置に對しては誠に好しからぬ状態で歐米の夫れの様虚心淡々たるを得ない譯で、而かも本邦に於ては最初の實施であるので其の心配は誠に想像以上でありました、然し運轉の結果たるや後述の様に歐米のものに比して優良で毫も遜色ない所以は實際釜石幹部の技術的經驗に基づく大膽と現業各員の熱誠に負ふものでありまして、本會に其の成績を披瀝し得る演者としては之に上越す満足はありません、以下運轉の成績に就き少しく

詳細に述べさせていただきます。

(A) 一次冷却塔の機能並に瓦斯溫度……一次冷却塔は高低定まりない瓦斯溫度を噴霧直接冷却法に依りて實質的に一定溫度に爲す役と瓦斯に適度の濕潤度を與える役とを兼ね行ふものであります、これが收塵率昂上の一大要素を爲すものでありまして試みに冷却水の供給を斷つと四、五十分の後には熱風爐の煙突から薄き白煙を目撃し得る様に收塵効果が低下するのを認め得ます、高爐々頂から二次コットレル出口に至る迄の各部分の瓦斯溫度の變化を示せば第7表の如くであります。

第7表 釜石製鐵所コットレル装置附近瓦斯溫度 °C

爐 項	330~140°C
(異常時には 450°C を突破する事あり)	
一次冷却塔入口	200~110
(異常時には 250°C を突破する事あり)	
一次コットレル入口	90~ 60
(一次コットレル通過瓦斯の含水量 90~100 <sup>gm</sup> / <sub>cbm</sub> )	
一次コットレル出口	65~ 50
二次冷却塔入口	55~ 45
二次コットレル入口	約 20
二次コットレル出口	〃 22

備考:一二次コットレル出口の溫度が同入口より些高いのは碓管加熱の蒸氣蛇管の放熱に依るのであります。

一次冷却塔の機能は瓦斯溫度調節及瓦斯の給濕のみに止まりません、上昇瓦斯流に對して注がれる水霧は鐵分、炭素分に富んだ粗塵を殆んど大部分沈定するので冷却塔の回收塵は(C)に述べる如く燒結鑛の原料として利用せられます、これが若し一次コットレル装置迄達して Fume と共に收塵せられるとしたらば一次コットレル・ダストの加里含量は後出の第11表に示す程高まりません、即一次冷却塔はコットレル・ダストの加里に對する價値を昂上する役をもなして居る次第であります。

(B) 除塵度……粗瓦斯並に一次及二次清淨瓦斯の含塵量測定結果の一、二の例を挙げれば第8表の通であります。

第 8 表 釜石製鐵所銑鐵爐瓦斯並に一次、二次清淨瓦斯の含塵量 gm/cbm

測定年月日	昭和 5 年 同 12 月 12 月 26 日 28 日	
粗 瓦 斯(一次コットレル入口)	1.01	—
一次清淨瓦斯(二次コットレル入口)	0.01	0.01
二次清淨瓦斯(二次コットレル出口)	0.002	0.002

次に御参考の爲めに英米に於て一昨年自分が視察した時に得た一次コットレル清淨瓦斯の含塵量を挙げれば第 9 表の通りであります。

第 9 表 英米に於ける一次コットレル清淨瓦斯の含塵量 gm/cbm

Colorado Fuel & Iron Co., Pueblo Col. (米)	* 約 0.5
Tennessee Coal Iron & Rail-Road Co., Birmingham, Ala. (米)	* 約 0.45
United Steel Co. Ltd., Workington (英)	0.3~0.7
Lloyds Ironstone Co. Ltd., Kettering (英)	0.2~0.92

備考:— \* 印のものは現場では grain/cb. ft. で表はして居るものを自分で米突式に換算したものであります、以上の内 Pueblo 工場のものに關しては燃料協會誌第 84 號 (昭和 4 年 9 月號) に詳報してありますから御参考を願ひ度い。

以上英米のものは何れも一次冷却器を使用せず爲めに瓦斯温度は一般に釜石のものより高く而かも變動が激しいので、これが理想的收塵効果を收め得ぬ原因であらうと考へましたので其の點を先方の技師に質した處、「そうであらう」と肯定した者もあり、Pueblo 工場では一次冷却器を設置し度いと思つて居ると述べて居た位です、釜石のコットレルが異常の良成績を挙げて居るのは出銑量従つて瓦斯量が設計のものに比して半減して居るので一次、二次共に輕負荷で運轉して居る爲めであらうと云ふ人もあらうと考へたので一次コットレルは 1 室又は 2 室のみを使用して全瓦斯の處理を試みたが相當の成績を示しました、此の場合含塵量の測定は行はなかつたが目測で清淨度の相當高い事を認め得ました、二次コットレルでは公試運轉に於て 100% 負荷迄の通煙を行ひ除塵度の測定を行ふた、其の結果は第 10 表に示す通りであるから、一次及二次共 100% の全負荷で運轉する

とも其の清淨度は設計の目安たる一次清淨瓦斯の含塵量 0.1 gm/cbm、二次清淨 0.01 gm/cbm より低下する事は決してないと確信する次第であります

第 10 表 釜石製鐵所二次コットレル公式運轉成績

通煙量 cbm/hr	5,000	8,000	8,500
使用室數	2	2	1
收塵器の負荷率 %	30	47	100
清淨瓦斯の含塵量 gm/cbm	微量 (0.001~0.0003)	微量 (0.0008)	0.0034
荷電々壓、ヴォルト	51,000	51,000	51,000
收塵電流、ミリアムペア	55~70	55~70	55~70

備考:— 全負荷試験運轉は 2 室を使用して 17,000 cbm/hr の瓦斯を通過すべきであるが高爐 1 臺のみの操業であるので多量の瓦斯を吸引するのは危険であるから 1 室のみを使用して 8,500 cbm/hr の通煙を行ひ 100% 負荷と見做したもので蓋し己むを得ぬ事でありました、表中の通煙量は Hydro 自記瓦斯量計で測定したものであります。

二次コットレルに入る一次清淨瓦斯は二次冷却塔で 20°C 程度に冷却せられるから瓦斯中に存在する水分 (高爐装入物中に含まれて居る水分と一次冷却塔で與へられた水分) の大部分は冷凝せられて微細なる水霧状となつて二次コットレル内で微量の Fume と共に収集除去せられる、故に二次コットレルで収集せられた灰塵は水と一緒になつて電極面を流下するので再發撒する事がないし、又二次清淨瓦斯中に存する水分の量は 20°C で瓦斯を飽和する丈の水分であるから其の量は約 17 gm/cbm の極めて少量のもので瓦斯エンデン用の瓦斯として好適のものであります、二次清淨瓦斯中に浮塵が存在するか否かは Kapnograph Dust Recorder と稱する測器で自記せしめて居るが記録紙上に何等の記録を止めず同一記録用紙を取替へることなく數日使用して居る程です、二次清淨瓦斯をテスト・コックから噴出せしめて横射光線を當て、見ても全然不可視であります。

(C) 収集塵の價値……二次コットレルの収集物は無價値であるが一次コットレルで収集せられる

灰塵は第 11 表に示す如く加里成分に富み抽出作業に依り純度約 95% の鹽化加里を製出し得るので本邦に於ける加里の不足の幾分かを補ひ得る次第であります。

第 11 表 釜石製鐵所一次コットレル灰塵並に一次冷却塔沈定塵の成分

	一次コットレル・ダスト		一次冷却塔沈定塵
	A 室	B 室	
C	11.59	7.88	54.37
SiO <sub>2</sub>	10.64	10.46	6.44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.37	3.50	21.44
CaO	7.25	7.19	5.92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.92	6.00	2.82
MgO	1.62	1.80	0.87
MnO	0.59	0.59	0.27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41	0.31	0.40
SO <sub>3</sub>	0.45	0.34	0.28
K <sub>2</sub> O	全量 22.09	23.88	0.85
	可溶 19.38	19.38	0.03
Na <sub>2</sub> O	全量 13.30	13.88	4.79
	可溶 3.40	3.98	0.06
S	1.08	1.20	0.66
Cl	5.96	8.38	0.10
CO <sub>2</sub>	9.92	10.48	2.92
ZnO	7.23	8.06	—
水分 (105°C)	—	—	27.80

備考：—コットレル・ダストは昭和 5 年 7 月 18 日から同 31 日間の採集試料の平均を釜石鑛業所で分析した結果で A 室は第 7 圖に示す如くコットレル器の瓦斯入口に近く B 室は出口に近いものである、既述の原理中で粗塵は收塵比較的容易であるが微細度を増す程收塵困難であると申述べた事は、本表中に於て加里、酸化亞鉛の如き微塵の成分が瓦斯流の先の方即 B 室の方が増加して居る事に依つてよく立證せられて居ります。

上表の第 3 列に示すものは一次冷却塔で水霧と共に自然沈定したダストの成分を参考に掲げたもので、これには加里成分は僅量で鐵分、炭素分等が多量に含まれて居るから焼結工場に送り焼結鑛として再高爐に装入し鐵の回収に資して居ます、上表の加里分、酸化亞鉛の如きものは極めて微細な Fume 状を成せるもので其の徑は恐らく 10<sup>-5</sup>cm の Order のものであらうと思ふ、此の様な微細な Fume は機械的方法では收集不可能なものでコットレル作用に依つて始めて收集出来るといふ事が上表に依つて如實に説明せられたものであります、演者は此の一次コットレル装置の設計に當

り浮塵の大きさを  $d=10^{-5}cm$  と假定した事が過りでなかつた事を知り密かに喜んで居る次第です。

コットレル・ダストの量並に其の成分は日々變化するが收塵量は大概 1 日 1.0~1.5 噸即ち出鉄噸當り 3.0~4.5 匁と見れば大過なく加里含有量は水溶性成分として 12~20% 程度であるからコットレル・ダストに依る収益は自ら見當が付く事と思ひます、コットレルで取れる加里が何處から來て如何様に分布せられるかと云ふ問題を述べるのも徒爾ではあるまいと考へます、釜石では昭和 6 年 4 月 4 日から同 24 日迄 3 週間に亘り高爐装入物の量、鑛滓の量、Downcomer の灰塵量、冷却塔沈定灰塵量、一次コットレルの收集灰塵量並に之等各に對する加里の%を測定し加里の收支を勘定して次の第 12 表に示す如き結果を得ました。

第 12 表 釜石製鐵所に於ける加里の根源並に其の行衛

加里の根源	装入全加里分に對する %
諸鐵鑛石より來る加里分	29.9
燒結鑛	9.3
石灰石	2.4
骸炭	61.4
加里の行衛	
鑛滓中に入るもの	63.5
ダウンカマー灰塵	1.2
噴霧塔灰塵	1.4
噴霧塔流水	2.2
一次コットレル灰塵	28.6
其の他 (算差)	3.1

骸炭の量は鑛石量の約 65% であるにも拘らず全加里の 61% 強は骸炭から來るのであるから加里の主根源は骸炭である事が判るでせう、猶一層詳しく調べて見ると加里の主根源は砂川石炭の灰分中に存するものである事が判つたのであります。上表で見ると高爐に装入せられた全加里分の 63% 強は複化合物となつて鑛滓中に無益に入り込んで仕舞ひ残部の 36% 強が氣化せられて高爐瓦斯と共に爐外に運び出される事が判りませう、鑛



滓中に無益に入り込む加里分を氣化せしむるには加里をハロゲン化合物とする事が最良の方法であるがハロゲン化合物が水分と共に存在すると爐の耐火煉瓦を蝕損するので甚危険です、爐壁を損する事なく加里を有効に氣化せしむる方法は本會々員川口正名君と自分との共同發明の方法があります(特許第 92,256 號)、夫れはハロゲン化合物例へば鹽化石灰の如きものを微細粉となして羽口から熱風と共に吹き込む方法で、此の方法に依れば爐に裝入せられた全加里量の 90% 以上を氣化せしむる事が可能であります。(加里成分の追出し方法に關しては自分等の發明の後 *Ind. & Eng. Chem.* Jan. 1931. pp. 78-89. に詳細な報文が出ました、誠に好個の參考資料であります)

(D) 汽罐用炭の節約……釜石製鐵所では昭和 6 年 1 月瓦斯エンヂン送風機使用後高爐瓦斯に餘剰を生じ之を隣接せる盛岡水電會社の汽力發電所に輸送する事に依りて多量の石炭を節約し得るのであるが其の詳細は研究部會で述べる事とし、此所では高爐附屬の雜汽罐に一次清淨瓦斯を焚燒する事に依る節炭に就て述べる事にします。

高爐瓦斯のダストは石灰、礬土、珪石、鐵分等を含んで居るから除塵を行はずに之を其のまま汽罐又は熱風爐に燃焼させれば之等の成分は高溫度に熱せられたる耐火煉瓦と接觸して熔劑の作用をなし耐火煉瓦を損じ、熱風爐では格子積耐火煉瓦の表面を硝子化するので其の蓄熱機能を著しく減殺するし汽罐では傳熱面をスポイルして吸熱機能を低下させる、之等の現象は何人も知る所であるが此の惡現象以外に見逃す可からざる惡現象がある、可燃性瓦斯中に浮塵の混在する事が瓦斯の可燃性度 (Combustibility) に至大な影響を及ぼす

事が即是である、瓦斯中に浮塵の混在は瓦斯の可燃性度を低下するもので高爐瓦斯の如き發熱量の低い瓦斯程其の影響せられる度が大である、故に有効な除塵を行はないで高爐瓦斯を熱風爐又は汽罐に焚燒すれば、瓦斯が完全燃焼を完了する迄に或る時間……極めて短小な時間ではあるが……を要するのである(除塵瓦斯は適量の空氣と混送すれば瞬時に完全燃焼を了する) 故に含塵瓦斯を汽罐に焚燒すれば所謂『さきもえ』をして汽罐を去る燃焼生成物の溫度が高まり熱損失を増し結局罐効率を低下せしむるのである、此の現象は熱風爐に對しても同様で其の蓄熱効率が低下するから所期溫度のプラストを得る爲めには同一空氣量に對して多量の瓦斯を必要とする事となる、斯の如く瓦斯中に浮塵の混在する事は二重の惡作用を爲すのである、即ち一面には汽罐、熱風爐の如き燃焼装置其のものゝ機能を低下させ他面には瓦斯の可燃性度の低下に因る『瓦斯燃焼』と云ふプロセスの熱効率を低下させるから結局燃焼状態の良好でない瓦斯を熱吸收率の良好でない装置に焚燒する事となりイタチゴッコに二重に効率の低下を來させるのである、而かもダストの存在は燃焼装置の壽命を短縮する他の惡作用もあるのである、含塵瓦斯を直接汽罐に焚燒せんとするも瓦斯は忽ちに着火しない、火床上に石炭を補給燃焼させ其の高溫度の個所に適量の空氣と共に瓦斯を混送して初めて點火するのである、即ち瓦斯着火燃料としての補給炭の使用を餘儀なくせられる、補給炭なしでは燃焼を繼續し得ないのである、而かも其の燃焼状態は甚不安定でポッポッと罐扉をあをるのを常とする、然るに一次コントロール清淨瓦斯はバーナーを出ると同時に直ちに自身着火して瞬時に完

全燃焼を了るから上記の補助炭は不要であるのみならず、燃焼効率上昇の結果罐壓は昇り過ぎる有様である。一次清淨瓦斯は一次冷却塔の水露供給の爲め其の含水量は粗瓦斯に比して多量で一既記の通り 90~100gm/cbm—従つて瓦斯の發熱量（低價を云ふ）は粗瓦斯に比して低き譯であるにも拘らず實際焚用の結果は上記の如く良成績を示すのは除塵に依り瓦斯の可燃性度を昂上し得た事を如實に證するものと云へよう。一次清淨瓦斯を汽罐に焚用して居る際に假りにコットレル作用を停止し粗瓦斯を汽罐に送るならば火が消えて火夫をして補助炭の給焚に狼狽させる次第である、故に汽罐場に豫告する事なしに一次コットレルの荷電を斷つ事は絶対に禁物である、以上述べた諸現象は相俟つて汽罐用炭の節約として表はれ利する處は多大である、其の概要を表示すれば第 13 表の通りであります。

同表第 3 列の數字は出銑砲當りの使用炭量を以て示せるもので、コットレル運轉開始後汽罐用炭の消費輕減の如何に顯著であるかは自ら明であります。

第 13 表 釜石製鐵所高爐附屬汽罐石炭消費量

年月日	平均出銑量 ton/24hrs	石炭消費量	
		月計 ton	出銑砲當り kgs
5 2	306	279.7	32.7
" 3 (1-21)	251	338.3	64.2
" 3-21	5:00 pm.	一次コットレル運轉開始	
" 3 (22-31)	251	42.0	16.7
" 4	252	106.3	14.0
" 5	233	60.0	8.3
" 6	269	42.5	5.3
" 7	235	41.5	5.7
" 8	216	40.7	6.1
" 9	259	56.9	7.3
" 10	275	33.9	4.0
" 11	286	41.6	4.8
" 12....(a)	275	78.6	9.2
" 6 1....(b)	297	30.8	3.4
" 2	332	24.7	2.7
" 3	283	63.8	7.3

備考：—(a) 12月15日より二次コットレル運轉開始  
 (b) 1月15日より瓦斯エレチン送風機を以て送風開始

ませう。

(E) 一次及二次コットレル運轉電氣事項……一次及二次コットレル運轉用電力量は其の饋電線に取付けある積算電力計に表はれるから毎日記録に依りて1日の電力消費量の總計が判る其の平均値は大約 1,250kw-hs./24hrs. で之を大別すれば第 14 表の如くであります。

第 14 表 釜石製鐵所一次及二次コットレル電力消費量

	kw-hs/day
一次コットレル全般	400~500
二次コットレル全般	100~150
二次送風機	400~500
二次噴霧塔給水	200~250
計	1,100~1,400
平均	1,250

上表が示す如くコットレル收塵作用其のものに使用せられる電力量は比較的僅少で従來用ゐられて居る水洗法の數分の一で済むのみならず、瓦斯の清淨度は遙に高く且つ含水量少く瓦斯エンデン用として好適な清淨瓦斯を得られて得策です、而かも釜石の場合の様に一次コットレル・ダストから副産物の收得がある様な場合は更に有利であります、一次及二次コットレルの荷電々氣事項を挙げれば大體第 15 表の通りであります。

第 15 表 釜石製鐵所コットレル運轉電氣事項

	一次コットレル (電機 4 臺常用)	二次コットレル (電機 1 臺常用)
高壓側荷電々壓 Kv.	50~55	48~52
同 電流 (電機 1 臺につき) mA.	50~60	60~80
低壓側電壓 v.	150~165	140~150
同 電流 (電機 1 臺につき) Amp.	25~35	35~50

製鐵所洞岡工場コットレル装置の概要

御當所製鐵所では三年程以前から瓦斯量 15,000 cbm/hr のコットレル装置を本所鑄鑛爐脇に建設せられ長期に亘つて自ら除塵效果に關する實驗を行ひ其の效果を認められたので洞岡の新設鑄鑛爐瓦斯の除塵にコットレル法を採用せられる事に決し

昭和5年から工を起され同6年4月から運轉を開始せられた、洞岡の新製銑工場は公稱500 噸高爐6 基で年製銑高 1,000,000 噸の大計畫を樹てられ其の除塵は全部電気收塵法に依られる方針であると仄聞して居る、而して現在建設使用して居られるタイゼン式二次洗滌装置は將來建設せらるべき瓦斯エンデン用電気收塵装置數臺に對する豫備装置に充當せられる御計畫の由で、製鐵鋼業合理化の見地よりしても誠に結構な御企畫と考へる次第であります。現在洞岡に建設せられたものは釜石の一次コットレルに相當するもので500 噸高爐瓦斯の一部を處理し清淨瓦斯は熱風爐及二次水洗器に供給せられる、装置は全然獨立のコットレル器2 臺が並列に運轉せられ瓦斯経路を種々變更可能の様になつて居る、各收塵器は垂直下向通風の平板式で、平板電極は高さ 5.0m、幅 3.0m、心々距離 30cm で 13 枚が垂直に配置せられて居る、即ち瓦斯ダクトは高さ 5.0m、斷面 300×3,000 のもの 12 個ありて各ダクトにはニクロム線放電々極 18 本ありて設計容量は各器につき 40,000 cfm/hr 2 器で 80,000 立米時である、粗瓦斯は一次冷却器を通じ直ちにコットレル器に入る其の含塵量は一次冷却器直前で 1~3 gm/cbm でコットレル出口に於て 0.2~0.3 gm/cbm に低下せられる由である、本装置の運轉成績は何れ御公表あられる事と思ふし、自分が知つて居る所を述べても釜石と重複して餘りに警長となる嫌ひがあるから省く事にさして頂きます。唯八幡のコットレルが釜石のと著しく異つて居る點は收集塵が焦性を有する點で、收集塵を Hopper から排除し空氣に觸れると自然酸化に依り着火する事があります。ダストに着火すると恰度懷爐灰に火が着いた様で徐々に焚え擴

がり消火困難であります、而かも高爐瓦斯は可燃性であるので器内に着火灰塵が残存して居る場合には通煙開始は不可能であるし、又着火灰塵の残存如何を知るには器内を相當綿密に點檢する必要があるので誠に好しからぬ現象であります、ダストが自然發火をする例は外國にも無いではないが其の原因が那邊にあるかを闡明にして居るものは殆んどありません、當所でも此の點を研究して居られるから之に關する有益な報告に接し得られるのも近き事であらうと楽しんで居る次第であります。永らくの御靜聽を感謝申し上げます。

〔昭和6年10月21日、第六回研究部會

#### 第2回銑鐵部會講演〕

サテ、これから本題に移ります、製鐵高爐瓦斯は Dust と Fume とを混吊して居りますが粒の大きな、比重の比較的大きい Dust は Dust catcher 又は一次冷却器で殆んど收集出來ますから、コットレル法で處理する瓦斯は恰んど Fume のみを混吊して居ると考へる方が至當で、且つコットレル装置の設計上から見ても安全であります、Fume particles の大きさは  $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm}$  と考えればよいと思ひます、私は釜石の一次コットレルに對しては  $d=10^{-5} \text{ cm}$  を設計の基に採りました。

#### ○製鐵鑄鑪瓦斯清淨用としてのコットレル装置に關し考へすべき諸點

製鐵高爐瓦斯清淨用コットレル装置が高い除塵率を擧げる爲めの必要なる條件を申述べませう、勿論コットレル装置其のものゝ設計は好適なものであつて其の建設も亦設計通りに出來て居り、定極性特別高電壓を發生する電機類もコットレル作業に好適な設計に成つたもので、定規の高壓荷電に依りて相當の電流を以て運轉する場合に就て申

述ぶる事でありまして、装置其のものに缺點があつては以下の方法を採用しても良成績は望み得ないのは申す迄もありません。

(イ) 鑄鑪瓦斯の Conditioning ……高除塵率を擧げる第一の條件は瓦斯温度を可及的一定にし而も瓦斯に相當の濕潤度を與へる事即ち瓦斯の Conditioning であります、これには噴霧塔に瓦斯を導き水の噴霧に依る瓦斯の冷却を最良とします、釜石の例では一次コットレル前にある一次噴霧塔入口では瓦斯温度の變化は高爐裝入に伴ひて高低し其の範圍は大體 200~110°C (時としては 250° を突破する事があります) であるが噴霧塔を出で一次コットレルの入口では 90~60 度平均 75°C となり、瓦斯の水分含量は 90~100gm/cbm となります (第 7 表参照)、瓦斯温度 75°C の時に瓦斯を飽和する水量は大約 200gm/cbm でありますから上例の瓦斯の對比濕度は約 50% であります。瓦斯が 50% の對比濕度を保つて居れば大概の場合には高除塵率を擧げ得るものであります、この給濕操作が釜石の一次コットレルの除塵效率をして海外先進國の同種のコットレルの夫れに比して優良ならしめた第一の原因であるのであります。

給濕操作を行ふ場合の收塵器の設計に就て注意しなければならぬ點は瓦斯中の水分が收塵器壁に凝結する事を避ける點であります、例へば收塵器のホッパー壁が鐵板で而も寒冷な外氣に直接に觸れて居るとか又は風に吹き晒しになつて居る様な場合には瓦斯中の水分は壁内面にコンデンスして壁面を潤ほし、そこに灰塵が附着し、積り積つて灰塵の堆積が出來、灰塵の排除を不可能ならしむるに至るのであります、故に此の種の收塵器設計の要點は、收塵器其のものは保温された氣密の外廓を有し、Hopper の如き鐵板で出來た部分は吹晒しにせず必ず外圍を設ける事であります、斯くして瓦斯の自然冷却を防ぎ、水分の凝結が起らぬ様にして置いて瓦斯温度の調節は水の噴注法に依り任意に之を行ひ得る様に建設する事が必要であります。

(ロ) 放電々極自働槌打法の採用 ……次に肝要な點は放電々極を構成する心線を清淨に保ち常に旺盛な Corona 放電が起り居る事で、これが高除塵率を擧ぐるに缺く可からざる條件であります、荷電々壓が一定であれば Corona 放電は心線の細い程旺盛に發生しますから、成る可く細い電極を使用し度いのですが、細ければ弱く、従つて線切れの故障が頻發して實際的には餘り細い線を使用する事は不可能です、假りに理想的な細い

線を使用したとしましても心線にも灰塵が付着しますから線は肥大します、而も線の肥大する程度は心線の太い程速でありますから、心線に灰塵が付着し出すと加速度的に其の太さを増大します、心線が一定以上の太さに達すれば Corona 放電は起らなくなり、收塵作用が駄目になるのであります、詰り理想的な細線を使用しても或時間收塵作用を續行した以後は收塵率は降下する譯であります、之れが對應策としては放電々極を 50,000~60,000 ヴォルトで荷電したまゝで心線に衝撃、振動を與へ灰塵の附着に依る心線の肥大を防止する放電々極自働槌打法を採用する外手段はありません、即心線としては充分強靱な相當太さ (線の徑 2~3mm) のものを使用し、自働槌打に依り灰塵の附着を未然に防止する事が肝要であります、釜石のコットレル装置は自働槌打に依り毎分 1~1.5 回の衝撃を與へつゝあります、試みに自働槌打装置の運轉を中止して見ますと四、五十分乃至 1 時間程經つと漸次收塵效率の低下が顯はれ汽罐又は熱風爐の煙突から白煙が出だすのを見ます、これは自働槌打が如何に有效なるかを示す左證であります、而かも自働槌打法に依れば槌打時に高壓荷電を遮斷する必要がありませんからコットレル器の終日效率即ち Whole-day efficiency は昂上する事となります。

(ハ) 收集塵排出を容易ならしむる點 ……尙以上の他に色々注意すべき點のある事は申す迄もありません、例へば收集塵の排出を容易ならしむる點等は其の一であります、Hopper に收集された灰塵を排出するに何んの困難があるものか、と御考への方もありませんが、實際に當りますと茲に困難を見出します、例へば釜石の灰塵は實にフワフワしたもので其の見懸の密度は 80 kg/cbm で、0.1gm/cc に足りないのでありますして Hopper valve を開いても自然に落下する事はありません、故に Hopper dust を攪拌する特殊の機構を設けて灰出し作業をやつて居る次第であります、又御當所製鐵所のものを見ますと灰塵が Hopper から排出せられ空氣に觸れると自然發火をする様な厄介なものもありません、斯の如き收集灰塵を收塵器から排出する好適な機構の添設は學理を離れた平易な考案に依らねばならぬもので、斯る詰らぬ機構でも相當頭を悩ます點があるのであります。

(ニ) 電氣設備に關する諸點 ……次に電氣設備に就いて申上ます、コットレルに使用する電機類は收塵器其のものゝ性質上、餘り效率の良いものは却つて不可であります、學術的に云へばコットレル用特別高壓變壓器の

如きは Efficiency の高い Voltage regulation の良好なるもの即ち Impedance drop の小さなもの、如きは不可であります、寧ろ作用鈍感であつて收塵器電極間を通ずる電流が増加すれば變壓器内に電壓降下が起つて過多の電流を通じない様な設計に成つたものが宜しいのであります、一流の電機製造會社でも此點を熟知せず單に何萬ヴォルトの電氣裝置であるとのみ考へて製作すると必失敗するのであります、又整流機の掃除を行ふ場合の如きは、一電機から他の電機に瞬時に荷電を切り換えて、收塵作用を一瞬時たりとも中止せざる様に設計せねばなりません、斯くして終日効率を上昇せしめ一瞬時たりとも含塵瓦斯が收塵器を素通りする事を防止せねばなりません。

(ホ) 瓦斯エンジン用コットレル装置に關する點……瓦斯エンジン用の所謂二次コットレルで最も必要とする點は瓦斯を露點以下に冷却し、瓦斯中に含まれた水蒸氣の一部を水霧に凝し、微量に残存する微灰塵を水霧と共に收塵する事であり、即ち Wet でやる事が必須の條件であります、Dry state で處理しては如何に收塵能率が良好であつても瓦斯流に依つて灰塵の一部は器外に運び出される惧があるので決して良好な結果は望み得ないのであります、釜石では前述の通り一次コットレル入口で瓦斯温度  $75^{\circ}\text{C}$ 、對比温度  $50\%$  と云ふ様な瓦斯を處理し含塵量を  $0.1\text{gm}/\text{cbm}$  以下（實際含塵量は  $0.05$  以下となる）となした瓦斯を二次噴霧冷却塔で  $25^{\circ}\text{C}$  以下に冷却するのでありますから瓦斯中に含まれて居る水分の一部は凝して極めて微細な水霧となつて二次コットレルに至り微殘灰塵と共に收集せられるのであつて二次清淨瓦斯の含塵量は  $0.005\text{gm}/\text{cbm}$  位となるのであります。（公試運轉の成績は既記の通り  $0.0034\text{gm}/\text{cbm}$  であります）

以上は製鐵高爐瓦斯清淨用コットレル装置設計に關して留意すべき主要點であります、以上の外瓦斯が有毒性である點、空氣と混合すると爆發性となる點等に關し留意すべき點は多々ありますが之等は高爐作業を一から十迄御悉知の諸彦の前では述べる必要がないと思ひますので省きます。

### ○製鐵鋼業用電力自給問題に關する卑見

却説、次に Eisenhüttenleute に非らざる自分が銻鑛爐瓦斯清淨法を「製鐵鋼業と其の所要電力

の自給問題」と云ふ大きな問題と關聯させて論じて見たいと考えます、私が Eisenhüttenleute の一員であれば或は次の様な大膽な事は言ひ得ないかとも考えますが、そうでない爲めに皆様 Experts の前でシャーシャーと述べ得るヅウヅウシサがあるのでありませう、根據は釜石で得た実績を基礎とするものでありますから決して空中樓閣的の空論ではない點だけは諒察願ひ度ひのであります。

(1) 釜石製鐵所コットレル一次清淨瓦斯に依る發電補助の成績……釜石製鐵所では本大會に於て述べた通り瓦斯清淨は一次清淨、二次清淨共全然コットレル法を採用し瓦斯エンジン送風機に依つて高爐送風を行つて居ります、其の結果一次清淨瓦斯に餘剩を生じたので、之を釜石鑛業所の依托管理に屬する盛岡水力電氣會社の汽力發電所に輸送する事となり、瓦斯エンジン送風開始の翌日昭和 6 年 1 月 16 日から實行して發電用汽罐に石炭と混燒して居ります、瓦斯輸送距離は大約  $500\text{m}$  で送風機を使用して瓦斯壓を擧げて輸送して居ります（第 3 圖參照）、其の成績に關して詳細を述べる前に、釜石に設置した瓦斯エンジン送風機の仕様概要（第 16 表）其の公試運轉の成績（第 17 表）並に盛岡汽力發電所の設備（ $1,000\text{kw}$  及  $2,000\text{kw}$  の Turbo-generator の 2 設備がある）（第 18 表）等を擧げて御參考に供します。

第 16 表 釜石製鐵所 Gas-Engine-Blower  
仕様概要

製作者	獨逸 Demag A. G.		
臺數	2 臺		
Engine	type:—Tandem-compound double acting, 4 cycle, scavenging		
瓦斯シリンダー	徑	$1,260\text{mm}$	衝程 $1,300$
馬力	$2,800\text{H. P.}$		
回轉數	$92\text{R. P. M.}$ (最高)		
瓦斯消費量	$2.2\text{cbm}/\text{H. P.}\cdot\text{h}$		

瓦斯の許容含塵量 0.03gm/cbm  
 瓦斯壓(エンヂン入口にて) 300mm 水柱  
 送風機  
 式 Double acting  
 送風シリンダー 徑 2,900mm  
 風 壓 最高 1.26 氣壓 平均 0.84 氣壓  
 送 風 量 1,340cbm/min  
 排熱汽罐  
 式 給水豫熱器付 Flame-tube 式  
 傳熱面積 213m<sup>2</sup>  
 蒸 氣 壓 14 氣壓  
 排氣溫度 300°C  
 蒸 發 量 0.75~0.9kg/HP-h  
 Scavenger  
 風 壓 0.35 氣壓  
 風 量 100cbm/min

第 17 表 釜石製鐵所 No. 2. Gas-Engine  
 試運轉成績

(表中效率%には排熱汽罐の利用熱を含まず)

Engine 出力	2 020 <sup>H. P.</sup>	2,620 <sup>H. P.</sup>
機械的効率%	89	89
瓦斯消費量 {	cbm/B. H. P.-h 3.4	3.0
	cbm/H. P.-h 3.1	2.6
熱 效 率 %	23	26
合 成 效 率 %	20	22

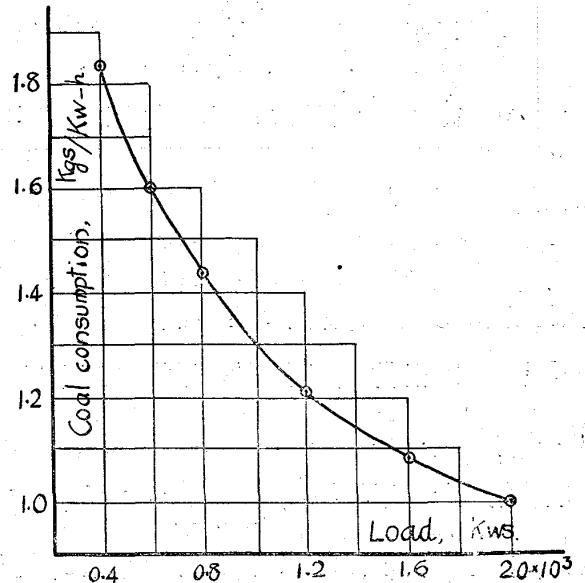
第 18 表 盛岡水電會社釜石汽力  
 發電所設備概要

	2,000kw 設備 Garbe	1,000kw 設備 B&W
汽 罐		
臺 數	2	2
各臺傳熱面積 m <sup>2</sup>	200	150
同 火床面積 m <sup>2</sup>	8.83	5.2
同 過熱器面積 m <sup>2</sup>	45.2	45.5
蒸 氣 壓, 氣壓	14	14
給水加熱器	Green	Green
同 傳熱面積 m <sup>2</sup>	240	160
給炭裝置	Compartment forced draft, Chain grate.	同左
Turbin	Curtis-Parsons	三 菱
出 力	2,000kw 1 臺	500kw 2 臺

此の發電所に一次清淨の高爐瓦斯を輸送して石炭と混焼するのであるが瓦斯量計がないから幾何 cbm の瓦斯を焚燒したか直ちに判りません、併し毎日の發電量は積算電力計に現はれますから 1kw-h 發電に要する石炭量と發電機の負荷との關係を同所の長期に亘る記録から假定すれば高爐瓦斯焚用に相當する石炭量は逆算し得る譯であります、同所 2,000kw 發電機の負荷と 1kw-h 發電に

要する石炭量との關係は第 10 圖に示すものであ

第 10 圖 2,000kw 發電機負荷と石炭消費量  
 kg/kw-h との關係曲線



ります、即ち此の曲線からして發電量に相當する石炭を算出するのであります、發電記録は1日を晝夜に二分し毎 12 時間の發電量 kw-hs を積算電力計で読み之を發電時間で割れば其の發電機の半日間の平均負荷を得ますから夫れに相當する石炭量が曲線から見出せる譯です、例へば發電時間が 8 時間で發電量 14,000kw-hs だつたとすれば發電機の平均負荷は 14,000×1/8=1,750kw となり 1 kw-h 當り石炭量は曲線からして 1,025 kg と出ますから半日間の發電量に相當する石炭量は 1,025 ×14,000=14,350kgs 即 14.35tons となる譯です、此の計算を半日毎に出して夫れを月計にしたものを挙げますと第 19 表の通りであります。

上表の (c) は發電所で毎日實際に消費した石炭の秤量價で、(d) は (b)-(c) の差ですから取りもなほさず高爐瓦斯焚用によつて焚かずに済んだ石炭量であります、即上記の期間中に 1,254tons の石炭を高爐瓦斯で済ました事になります、釜石で常用する石炭の發熱量は平均 7,000Cal/kg (低價)。

第 19 表 高爐瓦斯輸送期間に於ける盛電釜石汽力発電所の發電量、石炭消費量等  
(昭和 6 年 記 録)

	1 月 (1~31 日)	2 月 (1~28 日)	3 月 (1~17 日)	計
a) 實 際 發 電 量 <i>kw-hs</i>	581,596	1,350,248	496,702	2,428,542
b) a) に相當する石炭量, 噸	675.4	1,498.4	619.1	2,792.9
c) 實際に消費せる石炭量, 噸	407.5	789.3	342.1	1,582.9
d) 高爐瓦斯で置換された石炭量, 噸	267.9	709.1	277.0	1,254.0

で高爐瓦斯は平均  $900 \text{ Cal/cbm}$  でありますから  $1 \text{ kw-h}$  發電に幾何の高爐瓦斯を消費したかといふ事は上表から直ちに算出できる譯です、先づ  $1 \text{ kw-h}$  發電に相當する石炭量の平均價を出せば第 19 表の (a) 及 (b) から

$$\text{石炭消費量の平均値} = \frac{2,792,900}{2,428,542} = 1.15 \text{ kg/kw-h}$$

と云ふ數字が得られます、故に高爐瓦斯に依る發電量は

高爐瓦斯に依る總發電量

$$= \frac{1,254,000}{1.15} = 1,090,000 \text{ kw-hs}$$

となります、(假りに發電コストを  $1 \text{ kw-h}$  當り 1.1 錢とすれば此の價額は 11,900 圓となりますから高爐瓦斯の有効利用に依り一ヶ月約 6,000 圓の利益を擧げ得た事になります) 次に焚用した全瓦斯量、 $1 \text{ kw-h}$  當り所要高爐瓦斯量並に發電熱効率等を算出して見ませう。

$$\text{焚用高爐瓦斯の總量} = 1,254,000 \times \frac{7,000}{900} = 9,750,000 \text{ cbm}$$

$$1 \text{ kw-h 當り所要高爐瓦斯量} = \frac{9,750,000}{1,090,000} = 8.95 \text{ cbm/kw-h}$$

$$\text{發電熱効率 } \eta = \frac{860}{8.95 \times 900} \times 100 = 10.6\%$$

即ち熱効率は 10.6% に過ぎません、其の主なる理由は高爐瓦斯を單に汽罐の燃焼室内に吹き込んで燃焼せしめたのであつて、高爐瓦斯焚焼に好適な Burner を使用しなかつたのに起因するのであります、(高爐瓦斯輸送開始が豫期したよりも速か

あつた爲め Burner の準備が間に合はなかつたのであります)、高爐瓦斯焚焼に好適する Burner を使用するとすれば發電熱効率は 18% 以上に上昇せしめ得る事は易々たるものだと信じます、此の場合の高爐瓦斯所要量は

( $\eta = 18\%$ ) の時の  $1 \text{ kw-h}$  當り所要

$$\text{高爐瓦斯量} = \frac{860}{900} \times \frac{1}{0.18} = 5.3 \text{ cbm/kw-h}$$

即ち  $1 \text{ kw-h}$  發電に  $5.3 \text{ cbm}$  となります。

(2) 釜石製鐵所に於ける鑄鐵高爐瓦斯分布狀況と所要總電力量……一般製鐵所の電力自給問題を考えるには先づ高爐瓦斯が幾何發生せられて之が如何様に分布利用せられて居るか又製鐵所全體で幾何程の電力を使用して居るのであらうかと云ふ點を考えなければなりません、之等を釜石の實例で御話し仕様と思ひます、第 20 表は本年 2 月 1 日より 28 日迄の 1 個月間盛電釜石汽力発電所に餘剩高爐瓦斯輸送中の鑄鐵高爐の實際操業事項を示すものであります。

第 20 表 釜石製鐵所昭和 6 年 2 月 1 日~

2 月 28 日間に於ける製鉄操業記録の平均値

出銑量、1日平均、噸	332.4
骸炭消費量、銑噸當り、噸	0.985
骸炭の炭素含有量、平均、%	84.5
銑の炭素含量、平均、%	4.041
高爐瓦斯の成分(含炭素成分のみ) %	$\text{CO} = 30.1$
	$\text{CO}_2 = 10$
	$\text{CH}_4 = 0.05$

以上の實値からして爐に裝入せられた C の全量が判り、一方銑の中に入り込む炭素量が判り、高

爐瓦斯の成分からして瓦斯化された炭素量が判るからして、炭素の收支計算をすれば高爐瓦斯の量を算出し得るのであります、計算の結果は

$$\begin{aligned} \text{高爐瓦斯量} &= 50,900 \text{ cbm/hr } 0^\circ\text{C, } 760 \text{ mm} \\ \text{同銑吨當り} &= 3,670 \text{ cbm/ton of pig (N. T. P.)} \end{aligned}$$

なる數字を得ます。

次に此の瓦斯の分布状態でありましたが、熱風爐焚用量は永年の經驗に基づき全發生瓦斯量の 30%と假定しまして逆に瓦斯量 15,270 cbm/hr を得ます、次に瓦斯エンジン用のものは 2 月中の記録から風壓、平均廻轉數等を知り瓦斯エンジン試運轉當時に得た瓦斯エンジンの成績曲線から高爐瓦斯量を算出しますると 4,600 cbm/hr と云ふ數字を得て、50,900 cbm/hr の 9% となります。次に汽力發電所送りの瓦斯量は第 19 表に示した高爐瓦斯で置換された石炭量の 2 月分即 709.1 ton から石炭及瓦斯の發熱量に依つて勘定すると 8,200 cbm/hr を得て、16.1% となります。

次に高爐附屬の雜汽罐に焚燒する瓦斯量であります、これは雜汽罐の蒸汽消費量 1 日平均 185 ton と云ふ數字を基としまして汽罐の熱効率を 65% と假定して勘定しますと 9,500 cbm/hr, 18.7% となります、以上の合計瓦斯量と、全瓦斯量 50,900 cbm/hr との算差は「放棄漏洩其の他」の所謂 Unaccounted for に相當するもので其の量は 13,330 cbm/hr, 26.2% となります、これを表示すれば次の如くなります。

第 21 表 釜石製鐵所高爐瓦斯分布狀況

	瓦斯量 cbm/hr	%
發生高爐瓦斯總量	50,900	100
熱風爐焚用	15,270	30
瓦斯エンジン送風機運轉	4,600	9
盛電汽力發電所送り	8,200	16.1
高爐附屬雜汽罐焚用	9,500	18.7
放棄、漏洩其の他(算差)	13,330	26.2

末項の「放棄漏洩其の他」に相當するものが 26.2% の様に多量であるのは次の事實に依るものであります、夜間には盛電汽力發電所の負荷が相當多いが晝間は負荷軽くて餘剩瓦斯の全部を消化し得ず爐項にある「瓦斯飛し」から時々瓦斯を大氣中に放棄する爲であります、以上の瓦斯分布状態と比較對照する爲めに私が先年視察した米國の Colorado Fuel & Iron Co. の Pueblo Plant 一次コットレル清淨瓦斯の分布状態を次表に挙げます。楮、次に釜石鑛業所で 1 日に幾何程の電力を使用して居るかを見れば第 23 表の通りであります。

第 23 表 釜石鑛業所全般電力消費量 kw-hs/24hrs

採鑛方面	2,500
製銑	3,000
(一次及二次コットレル全般に對する 1,250 kw-hs を含む)	
骸炭及副生物方面	3,800
製鋼方面	3,500
壓延工場	17,500
燒結工場	3,000
煉瓦、工作、鑄物場方面	2,500
給水用電力	4,000
棧橋用及雜	2,400
電燈用電力	3,500
計	45,700
	概數として 50,000

即ち 1 日約 50,000 kw-hr で採鑛から壓延即型條

第 22 表 Pueblo Plant の一次コットレル清淨瓦斯分布状態

1-Hot stove heating, A (for 1 B. F.)	26.3 × 10 <sup>6</sup> cf/24hrs	} 30.5
2- " " E-F (for 2 B. F's.)	40.8 "	
New type 6 boiler-sets (發電用)	107.6 "	} 65.5
Old-type 6 boiler-sets (發電用)	36.6 "	
Bleeder &c.	8.72 "	4.0
計	219.72 × 10 <sup>6</sup> "	100

鋼製造迄を賄なうのであります。

(3) 鑄鑛爐瓦斯の合理的利用に依る製鐵鋼業用電力自給の可能性……以上の數字 1 日 50,000 kw-hs の電力量は出銑吨當り約 150 kw-hs となりますが御承知の通り釜石の現在稼業状態は生産量が全能力の半分にも及ばないのでありますから出銑吨當



りの所要電力量は比較的多くなつて居る譯でありまして、此の電力需要量が高爐瓦斯の合理的利用に依る發電で自給自足し得るならば全能力を發揮して生産を行ふ場合には電力に餘剰を生じ電力販賣が可能になるといふ譯でせう、1日 50,000kw-hs と云へば發電容量は約 2,000kw となり此の發電を次に擧げる三種の異つた高爐瓦斯利用法に依つて行う場合を考えて見ようと思ひます。

- A) 盛岡汽力發電所の例の通りの高爐瓦斯焚燒汽罐に依る汽力發電を行ふ場合、即ち發電熱效率が 10.6% 瓦斯消費量  $8.95 \text{ cbm/kw-h}$  の場合。
- B) 瓦斯焚燒汽罐の汽力發電で高爐瓦斯焚燒に好適する Burner を使用して發電效率を 18% 迄高めた場合即瓦斯消費量  $5.3 \text{ cbm/kw-h}$  の場合。
- C) 獨逸や Tschechoslowakei などで行つて居る瓦斯エンジン發電機を使用する場合、瓦斯エンジンの高爐瓦斯消費量を  $3 \text{ cbm/H. P.-h}$  とし、發電機の效率を 90% と假定すれば、 $1 \text{ kw-h}$  發電に要する高爐瓦斯量は  $3 \times \frac{1}{0.746} \times \frac{1}{0.9} = 4.4 \text{ cbm/kw-h}$  となり、綜合發電效率は  $\frac{860}{900 \times 4.4} \times 100 = 21.7\%$  となる場合。

以上三種の場合に就いて1日 50,000kw-hs の發電を行ふ時に高爐瓦斯の所要量を計算すれば第 21 表に示す如くなります。

第 24 表 50,000kw-hs/24hrs の發電に要する瓦斯量

發電方法の種類	(a) 所要單位瓦斯量 <i>cbm/kw-h</i>	(b) 所要瓦斯量 <i>cbm/hr</i>	(c) 全瓦斯量 50,900 <i>cbm/hr</i> に対する%
A) $\eta = 10.6\%$ の汽力發電 (盛電の例)	8.95	18,700	37
B) $\eta = 18\%$ の汽力發電	5.3	11,000	22
C) $\eta = 21.7\%$ 瓦斯エンジン發電	4.4	9,200	18

〔備考〕上表中 (b) の數値は (a)  $\times \frac{50,000}{24}$  で算出したものであります。

上表の數字を前出の第 21 表の高爐瓦斯分布の數字と比較して見れば (B) 及 (C) の所要瓦斯量の全瓦斯量に對する % 即 22% 及 18% といふ數字は現在放棄しつつある量の % 即 26.2% よりも

少い事を知るでせう、換言すれば (B) 又は (C) の如き相當効率高き發電方法を選めば採鑛から條型鋼製造迄の一貫せる製鐵鋼業 (普通云ふて居る鐵鋼一貫作業より採鑛方面迄抱合して居る丈け一貫の度が増して居る譯です) の電力自給は可能であると云ふ事を、實際操業を基礎として數字的に之を證し得た譯であります。

製鐵鋼業者で買電したり、或は骸炭用原料炭以外に買炭して汽力發電を扶けて居る所がある様であります、鑄鑛爐瓦斯を合理的に利用すれば其の様な事はしなくて済むのではありますまいか、コントロール法の様に所要電力量が僅少で而も除塵效率の高い除塵方法を採用するならば、高爐瓦斯の合理的利用は其の必然の結果として遂行し得て電力の自給自足が可能となるものではないのでせうか、果して然らばコントロール法の採用は製鐵鋼業合理化の一要素を爲すものであるとの結論に達する譯であります。

私は所謂 Eisenhüttenleute でありませぬから製鐵方面の知識なく、爲めに突拍子もない大膽な推論が出来る譯で、皆様 Experts から觀れば甚可笑い點が幾多あるであります、唯實際作業の Data に立脚して論及すると電力自給が可能であると云ふ數字的結論に到達しましたから、之を何等修正する事なく赤裸々に申述べた次第であります、何等か御参考の一端ともなれば幸に存じます講演を終わりますに臨み、コントロール實施に關する詳細なる Data を與えて下さいました當八幡製鐵所並に釜石鑛山會社の方々に深甚なる感謝の意を表します。(昭和 7 年 1 月 11 日稿を了る)