

◎瓦斯機關及蒸氣タービンの製鐵工場に於ける優劣

“The mechanical Engineer;” Vol. 39, No. 1007.

素 堂 生

製鐵工場に於て發生する廢棄瓦斯を利用して動力を得、これによりて熔鑛爐の送風竝ひに發電を行はしむることを得は、工場の經濟上甚た有効なるへし。然れともこの瓦斯を利用し動力を獲る方法に關しては種々の説ありて、人によりては瓦斯機關にて發電機を運轉せしむる方法を最も經濟的なりと主張し、或は蒸氣タービンを以て送風機を運轉せしむることを最良なる方法と云ひ、又ターボラワー及びターボゼネレーターを斯かる用途の場合に最も適當なる機關なりと推薦する製造家もありて、吾人は今何れか最も經濟的なりや迷ひて直ちに推測し難き有様なり、前述の各の式には夫々優劣、長短あるものなるか故に次に實際の例に當りて是か比較研究を數字の上に示さんとす。

假に今茲に一製鐵所ありて熔鑛爐四基を備へ、一基毎に每週千二百五十噸の銑鐵を製造し得るとすれば、此の工場に於ける全體の能力は每週五千噸の銑鐵を製造することゝなる熔鑛爐にて用ひらるゝ瓦斯はコークスより作られ、製造せられし銑鐵の量と使用コークスと發生瓦斯との間に存する數字的關係を示さは次の如し。

普通熔鑛爐を用ひて鐵一噸を製造する爲に要するコークスの量は約一・一噸にしてコークス一噸を熔鑛爐に用ふれば瓦斯十五萬立方呎を生し、この發生せる瓦斯の發熱量は一立方呎に付百B.T.U.なりと、故に此の工場に於て一週間に發生する瓦斯の總量は次の如き値に達す。

$$5,000 \times 1.1 \times 150,000 = 825,000,000 \text{ 立方呎、一週間に付}$$

即茲に示すか如く一週間に此の工場に於ける四基の爐より發生する瓦斯の量は八億二千五百萬立方呎となり、この内の約三割八分の瓦斯のみが現にストーブ其他に燃料として用ひられ殘餘の六割二分に相當する五億一千五十萬立方呎の瓦斯は通常何等利用せらるゝこと無く空しく大氣中に逃れ去る状態なり。

工場には此等四基の熔鑛爐の外に炭滲法を行ふ爲のコークス爐を要す。これに費さるゝ石炭の量は一週間に八千六百噸位にして、炭滲法を行ひし爲に後に出來たるコークスは石炭の重量の約七割に相當し、此の場合にては約六千二十噸のコークスとなる。故に一面にて工場の熔鑛爐が一週間に消費するコークスの量は五千噸にして、炭滲を行ふコークス爐が一週間に製造するコークスの量は前者の一倍二割強に相當する六千二十噸なり。

今新らしき設計に成るコークス爐を備ふる工場に於てダーラム(Durham)炭を使用して炭滲するものとせば、石炭一噸に付發生する瓦斯は一萬立方呎にして、瓦斯の發熱量は一立方呎に付四百八十ピ、テイー、ユーなり、假に發生瓦斯の半分の量が有効に使用せらるゝものとせば、其の瓦斯の量は次の如し。

$$10,000 \times 8,600 \div 2 = 43,000,000 \text{ 立方呎}$$

製鐵工場が鋼材の品質を一樣ならしめ、然も低廉なる製品を市場に提供せんか爲には製品の單位重量に費す燃料を出來得る限り小量たらしむること實に重大なる一要項たるなり。故に此等の發生瓦斯と原動機に於ける利用の程度に關して記述せん。

今先づ此の工場に於ける熔鑛爐とコークス瓦斯との一時間に就ての瓦斯發生量及その全體の發熱量とを表示すれば左の如くなる。

一時間の瓦斯發
生量 立方呎

瓦斯一立方呎の
發熱量 B.T.U.

一時間の瓦斯
發熱量 B.T.U.

拔 萃 瓦斯機關及蒸氣タービンの製鐵工場に於ける優劣

熔鑛爐瓦斯

三、〇四四、六四二

一〇〇

三〇四、四六四、二〇〇

コークス爐瓦斯

二五六、〇〇〇

四八〇

一二二、八八〇、〇〇〇

内燃機關に用ふる燃料としては寧ろ熔鑛爐瓦斯の方がコークス爐瓦斯に勝れるものとせらる。

熔鑛爐へ送る風は普通一平方時に付十二封度の壓力あるを要し、その量は一基に付いて一分間の送量自然状態に於ける華氏六十度の空氣二萬五千立方呎を要す。故に熔鑛爐の送風機に必要な馬力數を計算すれば熔鑛爐一基に付次の如く、此の場合假に送風機の容積効率を百パーセントとして求めたり。

$$2.5 \times 2,115 \left\{ \left(\frac{26.7}{14.7} \right)^{0.291} - 1 \right\} \times \frac{521}{433} 1,061 \text{ H.P.}$$

送風機の種類によりて容積効率は異なりターボ、ブラワーにては七パーセントなればそれに要する動力は前の値より増して千五百馬力を要することとなり、又瓦斯機關を以て運轉さるゝ往復動送風機にては送風機の容積効率八十パーセント位なる爲送風の爲費さるゝ馬力は千三百二十六馬力となる。

然れども工場に於て實際に使用する場合には荷重其他使用程度等に色々の變化を生ずるものなれば平均の馬力はその最大のものより遙に低くなり、約その七割に相當す。故にターボ、ブラワーの場合には爐一基に付一千五十馬力全體にて四千二百馬力を要することとなり、瓦斯機關を用ひて往復動送風機を運轉する場合には爐一基に付九百二十馬力にして全體としては三千七百十二馬力を要することとなる。

次には各機關に就てその熱効率の計算をなし、この値より各機關が發生瓦斯を消費する量を求めん。先づタービンの熱効率を求めん爲實地上と餘り異ならざる數値上の假定を置かん。

汽罐の指示壓力を二百五十封度、蒸氣の加熱度は華氏五百十度、給水の溫度華氏七十度なる時は汽

罐より蒸氣に與へたる熱量は蒸氣一封度に付て千二百四十七ビー、テイー、ユーなり、タービンの蒸氣消費量は一時間一馬力に付て良好なる成績の場合に於ては約十二封度なり、今汽罐の效率は熔鑛爐瓦斯使用の時には五十五パーセントなりとせば瓦斯が汽罐に與へたる正味の熱量は一時間一馬力に付て

$$\frac{1247}{0.55} \times 12 = 27,200 \text{ B.T.U. per H. P. hour}$$

故に汽罐を含めて計算したる蒸氣タービン計畫に於ける熱效率は

$$\frac{33000 \times 60}{778} \times \frac{1}{27,200} = 0.0934$$

纔に九三パーセントとなるに過ぎず、この割合を以てターボプラワーを運轉すべき實馬力四千二百馬力を出さんが爲には一時間に二萬七千二百ビー、テイー、ユーの四千二百倍たる一億一千三百二十萬ビー、テイー、ユーの熱量を有する瓦斯の量を要求することとなる。

然らは次に瓦斯機關を使用する場合ならば前述のタービンに比して幾千の熱量を與ふるを要するや、通常大型瓦斯機關に於ては一馬力の動力を獲る爲には一時間に一萬ビー、テイー、ユーの熱量を要すと、故に大型瓦斯機關の熱效率はこれより計算せられて

$$\frac{33000 \times 60}{778} \times \frac{1}{10,000} = 0.255$$

二十五・五パーセントとなり、送風機を運轉するに要する三千七百十二馬力はその一萬倍たる三千七百十二萬ビー、テイー、ユーの熱量を利用することによりて得らる。

此等の場合にはこの外熔解爐及ヒコークス爐に附屬する諸機械を運轉せしむる動力の發生裝置を別に作るを要す、その量は略製鐵一噸に付三十キロワット時なれば一週間に五千噸の能力ある工場にては上述の目的の爲に一時間に平均

$$\frac{5,000 \times 30}{24 \times 7} = 892 \text{ キロワット時}$$

を要することとなり、別に發電機の設置を要す。

その目的の爲に第三の原動機たる交流ターボ・ゼネレーターを使用するものとし、その場合に汽罐は前のものを共有し、従つて同じ状態にあるものとして使用熱量を計算すればタービンの蒸氣消費量は一キロワット時に付て普通十五封度なれば要求する動力は八百九十二キロワット時の爲に瓦斯が一時間に汽罐に與ふる熱量は次の如し。

$$\frac{1247 \times 892 \times 15}{0.55} = 30,400,000 \text{ B. T. U. per hour.}$$

これと比較をせん爲瓦斯機關にて發電機を運轉する場合を考へ、八百九十二キロワット時を得る爲要する熱量を求むれば次の如し。

$$\frac{892 \times 10,000}{0.746} = 11,960,000 \text{ B. T. U. per hour.}$$

故に前述の諸點より見れば瓦斯機關最も適當なりと稱せらるへし。如何となれば瓦斯機關は前述の諸機關の内熱效率最も高きものなるか故なり。

次には進んで製鋼上に及はん、毎週熔鑛爐より製造さるゝ五千噸の銑鐵を満足に鋼とせんが爲には平爐を使用するか可なるへし。この裝置にては銑鐵より鋼を製する場合重量は増して以前の百五パーセントとなる爲今五千噸の銑鐵を熔解爐より得てこれを平爐に用ひて鋼とすれば其の量五千二百五十噸を得へし。

熔鑛爐瓦斯並ひにコークス爐瓦斯の發熱量は發生機瓦斯と同一の割合率を以て瓦斯機關に利用するを得す、發生機瓦斯の發熱量は利用せらるゝ率強し、而して其等の關係割合に關する論文もあれとも本稿に於いては題目を遠さかること餘りに遠ければ記述を控へ、今は製鋼量と瓦斯消費量との割合のみに就て述べん。普通平爐鋼一噸を作る爲にコークス爐瓦斯一萬立方呎を要す、故に五千二百五十噸の鋼を作らんか爲に必要な瓦斯の量は五千二百五十萬立方呎となる。既に記せるか如くこ

の瓦斯の一立方呎の發熱量四百八十ビー、テイーユーなれば一時間に瓦斯か發する熱量次の如し。

$$\frac{52,500,000 \times 480}{24 \times 7} = 150,000,000 \text{ B. T. U. per hour.}$$

獨逸にては平爐用瓦斯としては、コークス爐瓦斯のみを用ふるより寧ろ熔鑛爐瓦斯と混合して使用する方よしと云ふ、斯く瓦斯を混合すればその發熱量も變し來り百八十乃至二百三十ビー、テイーの發熱量を有する混合割合の時を最も良好とせり。例へは熔鑛爐瓦斯二・五とコークス爐瓦斯一との容積割合の瓦斯は發熱量一立方呎に付二百八ビー、テイー、ユーとなる。斯かる混合瓦斯を平爐に用ふる時は約七十二萬二千立方呎を一時間に要し、内譯を示せば熔鑛爐瓦斯五十一萬六千立方呎となり、コークス爐瓦斯二十萬六千立方呎となる。

予か獨逸國ヘッシ工場にて六十噸シーメンズ平爐に就て行ふる實驗の結果を見るにコークス爐瓦斯を用ふるとも、適當なる構造の爐を以て且相當の量の空氣を豫め加熱する等の手段を講じて操業すれば反つてダーラム炭を以て作りし瓦斯を使用するよりも良結果なりき。さて熔鑛爐瓦斯とコークス爐瓦斯とを混じて使用する場合の計算を行はんか、前者は容積五十一萬五千立方呎を要すれば其の發熱量五千百六十萬ビー、テイー、ユーとなり、後者は二十萬六千立方呎を要し發熱量九千八百八十八萬ビー、テイー、ユーとなる。

加ふるに附着諸機械を運轉せしむるに電力は製鋼一噸に付十二キロワット時を要す、故に平爐一時間の操業の爲要する動力は

$$\frac{12 \times 5250}{142} = 440 \text{ キロワット時}$$

タービンを運轉する場合には一キロワット時に就き蒸氣消費量十五封度なれば、これによりて瓦斯が出すべき熱量を計算し得らる。

$$\frac{1247 \times 440 \times 15}{0.55} = 15,000,000 \text{ ビー、テイー、ユー}$$

同様にして瓦斯機關の場合は、

$$\frac{440 \times 10,000}{0.746} = 5,898,000 \text{ ビー・ブライ・ユー}$$

ロール作業の爲製鋼の二割か損失となるか普通なれば五千二百五十噸を加工する爲製品として満足に得らるゝは其の内の四千二百噸にして、餘の千五十噸の内半分は到底利用し難くして廢棄の外無く一半は電氣爐操業を再ひ行へば又製品として市場に出すを得へし。その爲に費す動力は製鋼一噸に付約八百キロワットなり、故に一時間に要する動力は全體として

$$\frac{800 \times 525}{150} = 2,800 \text{ キロワット時}$$

タービンを運轉して斯かる量の動力を得ん爲に瓦斯の出すへき熱量は、

$$\frac{1247 \times 15 \times 2,800}{0.55} = 95,200,000 \text{ ビー・ブライ・ユー}$$

同様にして瓦斯機關を使用する時にありては、

$$\frac{2,800 \times 10,000}{0.746} = 37,500,000 \text{ ビー・ブライ・ユー}$$

故にロール作業を経たる製品は一週間に四千二百噸と特殊電氣鋼五百二十五噸との和なる四千七百二十五噸となる。

假にインゴットの重量は平均三噸なりとし、ロールは個々に電氣運轉せらるゝコック、荒引き、仕上と三組ありて截斷等も悉く電力を利用して行ふとす。これに要する動力を通算せる結果鋼材の出來上りしもの一噸に付電力百キロワット時を要することを知る。一週間の操業時間百二十七時間にして操業率に二十五パーセントの餘裕を見込み全體の製鋼材四千七百二十五噸を得る爲に要する動力は

$$\frac{4725 \times 100}{127} \times 1.25 = 4700 \text{ キロワット時}$$

四千七百キロワット時の動力を要することとなる。

タービンを以て此の動力を得んと欲せば、瓦斯より受くべき熱量は、

$$\frac{1247 \times 4700 \times 15}{0.55} = 160,000,000 \text{ ㇀・ター・エー}$$

瓦斯機關の場合には

$$\frac{4700 \times 10,000}{0.746} = 63,000,000 \text{ ㇀・ター・エー}$$

此外に爐其他の乾燥用に又休止後の再熱に使はるゝ熱量亦少なからずして平均製鋼高一時間一噸に付百九十二萬㇀、ター、エーとなる、故に一時間に三十七噸の製鋼をなす場合にては七千百萬㇀、ター、エーを要することとなる。

既に述べたるヘッシ工場の如くシーメンズ爐に於て熔鑛爐瓦斯をもコークス爐瓦斯と共に用ふるが如くする時は工場に於て要求する瓦斯量はタービンを使用する場合には、約二百三十萬立方呎の熔鑛爐瓦斯一時間毎に不足なり、是を換算して不足量の瓦斯によりて發生せらるべき動力として求むれば、

$$\frac{2,300,000 \times 100}{35,940} = 6,465 \text{ キロワット}$$

この不足を補はん爲汽罐に石炭を焚くこと必要なるが其量は次の記くして見出さる。

焚炭汽罐に於ては平均蒸發量石炭一封度に付八封度とすれば石炭の燃燒量は、

$$\frac{6465 \times 15}{5} = 191,200 \text{ 封度}$$

一時間には十二萬一千二百封度の石炭を要し一ケ年(五十一週間)には、

$$\frac{121,200 \times 168 \times 51}{2,240} \times 46367 \text{ 噸}$$

今石炭の時價を一噸に付九圓とせば一箇年には石炭代四十一萬七千圓を要すへし。

然るに瓦斯機關にては反之、熔鑛爐瓦斯の發生量は使用高より約五十萬立方呎多し、故に此れによりて餘分の動力

$$\frac{50,312,800 \times 0.746}{10,000} = 3,753 \text{ キロワット時}$$

を得、これを他の電氣爐或はロール作業に用ふるを得へく、又は一キロワット時八厘にて他に供給すれば一時間に三十圓を得へく、一箇年には約二十六萬圓の收入となる。故にタービンに更ふるに瓦斯機關を用ふれば此の點に於て石炭代四十一萬七千圓と過剰瓦斯による電力費二十六萬圓の和六十七萬圓一年間に利益あるものと見るを得へし。

瓦斯機關かタービンか何れを用ふるかによりて修繕費及經營費にも差異あり、今例として何れの場合にても動力を悉く交流と變せし場合の消費量を示さば、熔鑛爐及コークス爐にては八百九十二キロワット時を平爐にては四百四十キロワット時を電氣爐に於ては二千八百キロワットとなり、ロール作業に四千七百キロワット時を消費し、全體としては八千八百三十二キロワット時の動力を要することゝなる。

次には動力室に就て考へん、タービンを採用する時には六臺(五臺を運轉し一臺を豫備とす)を備ふへく一臺毎に千八百キロワットを起さしめ、これを以て千五百馬力の送風機五臺(内一臺は豫備)を運轉せしむ。其他汽罐、節炭機、加熱機、煙突、パイプ等附屬し一本毎に二十萬封度の蒸氣を一時間に蒸發する様にせられたり。汽罐は十二本を要し、内五本は瓦斯を燃料とし、他の七本は石炭を焚き、操業人員十名にして二名の交代あり。

英國に於て數年間試験せる結果諸機械の滑料及修繕費は次の如しと、ターボオールタネーターにては一キロワット時に付て一厘五毛二絲に相當し、ターボブラワ―の場合には一馬力一時間に付一厘二毛となりたりと。但し此の場合使用せる滑料は一ガロンに付て十二錢のものなりき。今此等の費用を一週間の全體の價に換算すれば、八千八百三十二キロワット時を發生するとすればターボオールタネーターに要する費用は二百十圓となり、四千二百馬力を要するターボブラワ―にては八十八

圓となるその外動力所の傭人料一週間六百圓なれば、此等の費用通計電氣機械に年二萬七千圓送風機に年二萬二千圓を要することとなる。又汽罐に要する人員へは合計一週間に三百八十圓支拂ふを要し、瓦斯燃燒罐にては修繕費五本にて年に二千五百圓を要し、石炭焚汽罐にては七本にて年に一萬四千圓の修繕費を要す。由りて蒸氣を利用する方面の維持費は年額次の如し。

ターボオールタネーター	二萬七千圓
ターボブラワー	二萬二千圓
汽罐	三萬六千圓
合計	八萬五千圓

瓦斯機關動力所とすれば動力所に備ふべきは瓦斯機關六臺内一臺豫備千三百五十馬力の送風機五臺内一臺豫備、瓦斯洗滌裝置等あり、修繕並ひに滑料費は發電機に一キロワット時毎に五厘八毛四絲を要し、送風機に一馬力時に付四厘四毛を要す、従つて一週間には前者には八百圓後者には五百六十圓を要することとなる、傭人料は一週間千二百圓となり、結局瓦斯機關の爲には年九萬二千五百圓を要することとなる。

斯かる費用の點のみより見ればタービンを採用する方年に七千五百圓の利益なれども、是に更に前述の運轉上動力費の差異を考ふれば瓦斯機關を使用する方年には六十萬圓以上の利となる。

然らば機關の購入費を調査せば如何、現在の價格はターボオールタネーター六臺にて六十萬圓、ターボブラワー五臺にて四十萬圓、地業費前者の爲に六萬三千圓、後者の爲に四萬三千圓となる、合計百十萬六千圓に達す。汽罐は附屬品共に約五十五萬圓なればタービンを使用する爲の總建設費は百六十五萬六千圓となる。

瓦斯機關の場合には、機關六臺にて百八十萬圓送風機五臺にて百二十五萬圓、前者の地業九萬圓後

46 者の地業六萬圓、瓦斯洗滌裝置五萬圓にして合計三百二十五萬圓となる。差引瓦斯機關の方百二十萬圓程多く要す、然れとも年々六十萬圓以上の利益を擧ぐる爲やかて埋合すことを得へし。現在戰時中に建設する工場とても發生瓦斯を利用して動力を得ん爲には瓦斯機關を採用するか結局大なる利益とならん。然も内燃機關は熱効率のhigh點より是を國家經濟上より考ふるも盛に使用すべく内燃機關製造者をして米國乃至大陸諸國に勝るとも劣らざる製品を提供せしむること英國鐵鋼業者の責務に非ずや。

大型内燃機關の製作は英國にても着々として進歩し、寧ろ今や賈客を待つの時とはなれり。鐵鋼業者たるもの亦一考を要する時ならずや。(完)

◎鐵道院鐵道用品仕様書

(鐵鋼關係の分拔萃)

目次

鐵鋼製品及材料

- 一、客貨車車軸仕様書
- 一、鑄鋼製客貨車車輪仕様書
- 一、チルド車輪仕様書
- 一、機關車用鑄鋼輪心仕様書
- 一、鑄鋼製客貨車輪心仕様書
- 一、二重捲ヘリカルスプリング仕様書
- 一、ヘリカルスプリング仕様書