

鎔鑛爐瓦斯の流量水分量並に煙塵量測定に就いて

(日本鐵鋼協會 第6回研究部會 第2回銑鐵部會講演)

上 本 保¹⁾

御承知の通り何れの製鐵所に於きましても鎔鑛爐瓦斯の利用と云ふ問題は製品の生産費を支配する最も重要な因素の一であります。従つて現在各國共此の瓦斯を出来るだけ經濟的に利用せんと努力されつゝあるものであります。而して其の利用に當りましては常に瓦斯流量、瓦斯中の水分並に煙塵含有量を精確に測ることが必要となるのであります。之等測定法並に同器具には種々様式があります。ですから此の際之等を列挙し且つ實測の折の注意をまとめて御説明申上げるのも強ち無駄ではないかと存じます。誠に無味乾燥で其の上御承知のことばかりと存じますが暫らくの間御清聴を煩はすを得ば望外の幸と存ずる次第で御座います。で私は先づ瓦斯流量の測定より瓦斯中の水分量及び瓦斯中の煙塵量の測定の順序で述べまして若し時間があれば鎔鑛爐瓦斯中の煙塵の性質並に其の利用と云ふ問題にも極く簡単に觸れて見やうかと存じます。

1. 鎔鑛爐瓦斯流量の測定

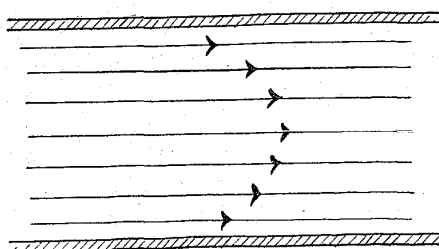
瓦斯の經濟的利用と云ふことは一面から申せば

瓦斯の節約であつて之には先づ第一に使用瓦斯量を精確に測る必要があります。そこで之を如何にして測定するや、又如何なる測定器があるやと云ふことになるのであります。その前に一體瓦斯輸送管を流るゝ瓦斯の流れには第1圖(a)に示すやうに直線的の流れと渦流とがあり渦流にも同圖(b)の如く小さな渦流をなして管の軸と平行に流るゝ所謂靜かな渦流と(c)の如く管内に大きく螺旋狀に流るゝ工業的渦流とがあります。現在の瓦斯測定法並に同器具は總べて直線的流及び靜かな渦流のみに有效であると云ふことを御承知置き願ひ度う存じます。

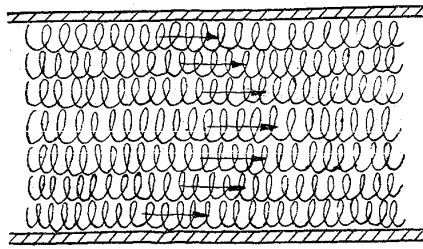
ですから瓦斯流量を精確に測定するには先づ第一に出来るだけ工業的渦流の起らぬやうな方法を講ぜねばなりません。現在瓦斯流量測定器として、普通次の4種、即ちピトー・チューブ、プレート・オリフィス、シェープ・ノズル及びヴェンチュリ・メーターが御座いまして、既に御承知の事で御座いますが、順序として簡単に述べて見ます。

¹⁾ 製鐵所

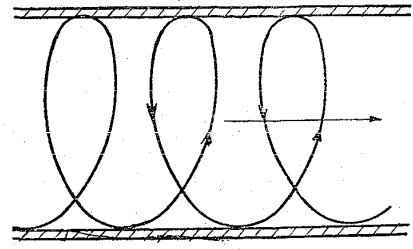
第1圖(a) 直線的瓦斯流



第1圖(b) 靜渦流



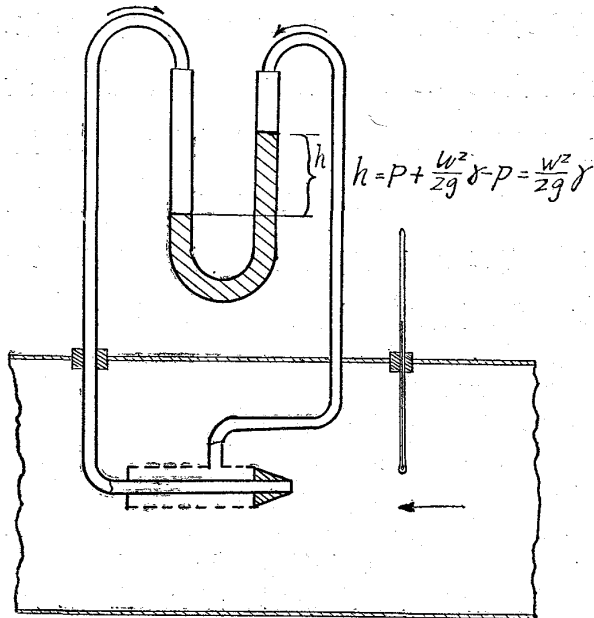
第1圖(c) 工業的渦流



ば、

(イ)ピトート・チューブは第2圖の如く瓦斯流に直面した、小管に及ぼす壓力と其の場所に於

第2圖 ピトート管



ける静止壓力との相違を水柱にて表はし、是より流量を求むるのであります。今 p を静止壓力、 w を瓦斯速度、 γ を瓦斯比重、 g を重力及び h を水柱の高さとしますと、

$$h = p + \frac{w^2}{2g} \times \gamma - p = \frac{w^2}{2g} \gamma$$

となり、従つて瓦斯速度が判るわけとなり、之に輸送管の面積を乗ずると単位時間に流るゝ瓦斯流量が知り得るのであります。こゝで γ は測定の際の瓦斯の温度、壓力に於ける瓦斯の比重を示すものでありますから、附録の瓦斯分析より比重を求めて、之を其の温度、壓力に換算せねばならないわけであります。然るときは瓦斯流量は附録に記載する式に依つて求めらるゝのであります。唯瓦斯の流れは瓦斯管内面の抵抗の爲一様でなく、管の中央が最も流れ早く、縁に行くに従つて速度小さくなるのであります。

斯様に同じ切斷面上に於いても瓦斯の流れが異つて居ますから、唯任意の1ヶ所で測つた流量は實際のものと非常に相違するわけでありませぬ。だから成るだけ實際の値に近い流量を求むるには、同一切斷面上に於いて出来るだけ澤山な箇所で測定して其の平均値を出さねばならないと云ふこととなります。然し實地測定の場合、一々各所の壓力差を取るの、繁雜ですから、普通先づ其の場所に於ける瓦斯流の曲線を求め之から平均速度と最大速度との比(之を Flow Constant と稱して c で示す)を求めて置いて實測の折は唯ピトート・チューブを管の中央に置いて得た速度に此の c を乗じて、平均速度となし、之より瓦斯流量を求めするのであります。そして此の瓦斯流係數 c を求めるには附録第1圖に示す様に輸送管の切斷面を等分に分ち、其の中心の各點の速度の平均と其の最大速度との比を探るのでありまして Ackert 氏に依れば工業的渦流の無い場合は普通 $c=0.84$ とすれば良いと云つて居ます。ピトート・チューブにも色々の型が御座居ますが、標準のものとしては Prandtl 氏型附録第2圖及び Brabee 型附録第3圖のものがあります。

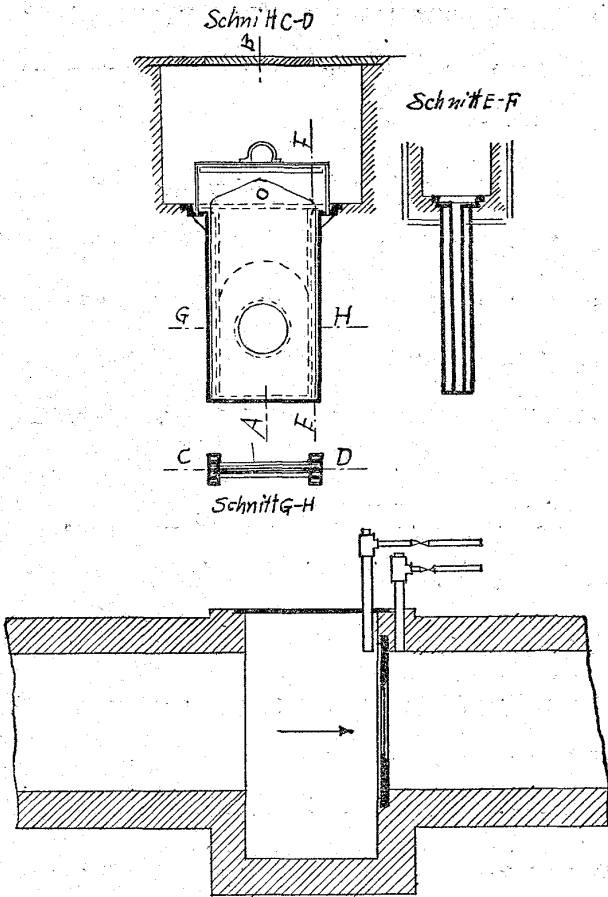
(ロ)プレート・オリフィス、シェーフ・ノズル、ベンチュリ・メーター。

是等各々形は違ひますが、原理は同じでありますから、一緒にして申しますと、何れも瓦斯管の一部をわざと収縮しまして、流れを堰き止め、夫に依りて生ずる壓力の相違を水柱に標示し、その水柱の高さから瓦斯流量を測るものであります。

プレート・オリフィスは附録第5圖の如く、圓

板の中央に圓い孔を設け、其の邊を45°の角度に切取つたもので附録第6, 7, 8圖は標準型の

第7圖 煙道内の可動シエプト、ノズル取付圖



第8圖 煙道内の固定シエプト、ノズル取付圖

のものであります。そして之が設計に當りまして孔徑の大いさは最初瓦斯流量、水柱の高さを豫め定めて置きますと附録第9圖の曲線から求められるのであります。

又シエプト・ノズル、ヴェンチュリ・メーターは堰き止めた時の流れに相當する様な形に作つた瓦斯管でありまして第10圖は標準型シエプト・ノズルで第1表は其の寸法であります。又附録第10, 11圖はヴェンチュリ・メーターの圖であります。

斯様な装置を用ひて瓦斯流量を求むるに必要な式の理論は、附録に掲げて置きましたから、

此處では簡単に其の結果を申せば理論的瓦斯流量 V_{theo} は次の式になります。

$$V_{theo} = f_0 \frac{\mu}{\sqrt{1 - m^2 \mu^2}} \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}}$$

此の式は理論上正しいのですが、實際に用ふる事は出来ないのであります。と云ふ理由は、式中 p_2 は瓦斯流の最狭部分の瓦斯壓であつて實際之を測ることは困難であります。ですから普通に代ふるにオリフィス直後の瓦斯壓力 p を以てして、之に經驗上より得た係數 α を乗じて次の近似式を用ふるのであります。

$$V = \alpha f_0 \sqrt{2g \frac{p_1 - p}{\gamma}}$$

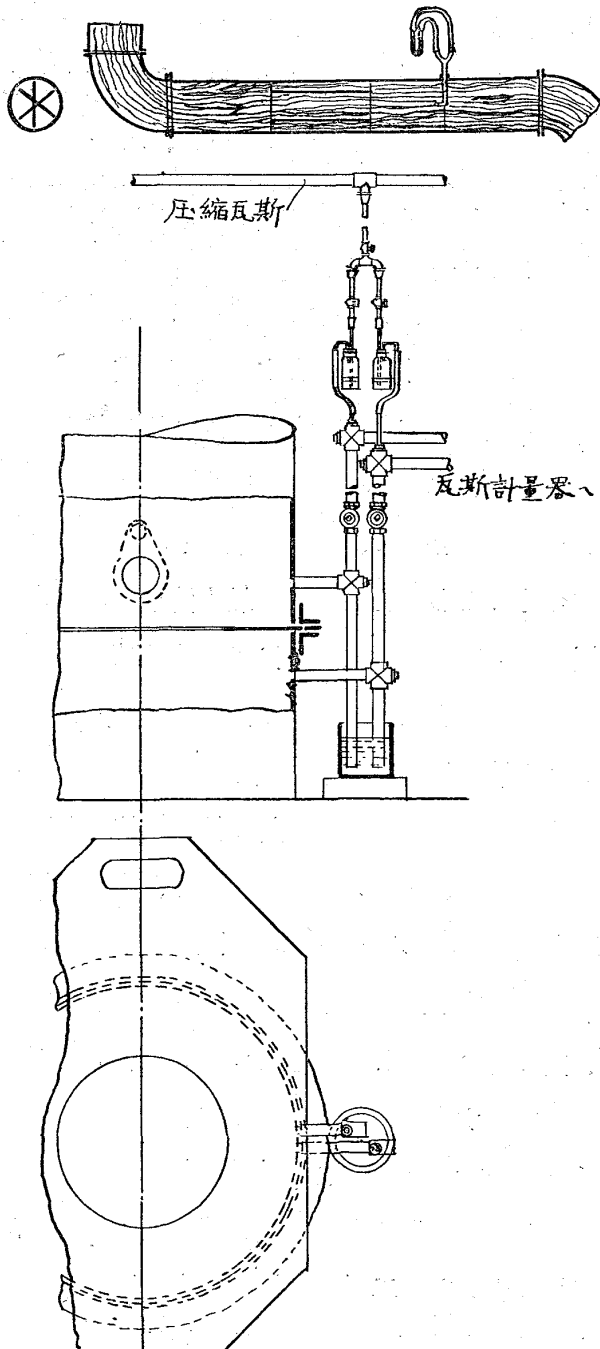
そして瓦斯比重を標準状態のものに換算しますと附録の式となるのであります。尙此の α を流動係數と申して輸送管の大いさ、其の内面の滑なるや否や、瓦斯壓力管の引出す位置並に Reynold constant, R 等により多少其の値が違ふのでありまして附録第6, 7, 8圖の標準型プレート・オリフィスでは Jakob & Kretschmer 氏の研究の結果第2表の値を取れば良いのであります。唯此の表では Reynold constant, $R=100,000$ の場合ですが $R = wd\gamma/\eta$ の式に依り、此の値から多少へだたる時は附録第12圖の曲線より α を求むるのであります。尙 R は空氣の場合は $9.0 \times 10^6 V_0/d$; 鎔鑛爐瓦斯では $10.0 \times 10^6 V_0/d$; 骸炭瓦斯では $7.5 \times 10^6 V_0/d$ に採れば良いと云はれて居ます。但此の式中 V_0 は毎秒の瓦斯流量 (標準, m^3) で d は輸送管の直徑 (cm) であります。又シエプト・ノズルの α は第9圖の標準型では精密な試験の結果 0.96 となると云はれて居ります。

ヴェンチュリ・メーターの α は各供給會社の試験の結果に因らねばなりませぬ。

次に少々實地に當り之等測定器具の取付等に就いての注意を申述べ様と思ひます。

斯様な流量測定器具は、前申しました如く、直線的の流れ及び靜かな渦流のみに適用し得るが、

第3圖 ストレーナー



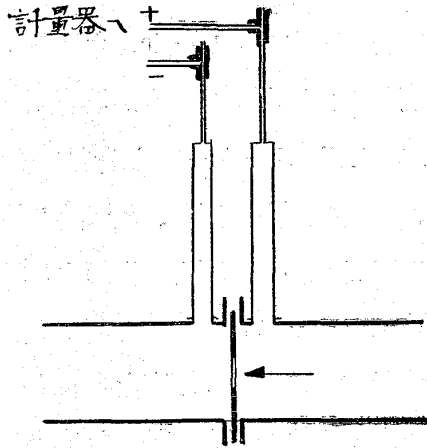
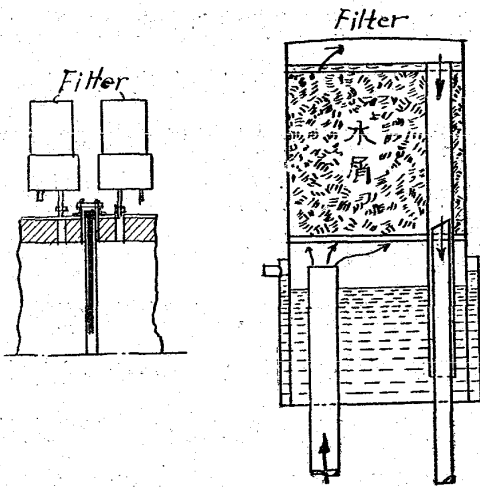
第4圖 煙塵瓦斯用シェーブド・ノズル

工業的渦流即ち管の軸に平行に大きな螺旋的に流るゝ様なものには不適當でありますから、工業的渦流を成るべく避けると云ふ意味で、測定器取付箇所は其の前後少くとも約輸送管直徑の 20 倍位迄の距離には支管、瓣、曲管のない直線部分を撰ぶ必要があります。

若し工場の都合に依り、斯様な良い條件の處を見當らぬ時は3圖の様なストレーナーを取付ける事もあります。ピトート・チューブでは瓦斯流に直面せねば不正確でありますから、先づチューブを左右に少々回轉して水柱の高さの最大なる處を正しいとして居ります。プレート、オリフィスでは孔の鋭利端を流れに向つて取付け、シェーブド・ノズル、ヴェンチュリ・メーターでも同じですが最狭孔の直前、直後の壓力を測り、且つ其の場合にても瓦斯管全圓周の各所の壓力を指示する様にせねば不正確は免れませぬ。

鎔鑛爐瓦斯の様に多量の煙塵を含むものには、煙塵の附着の爲め往々測定困難となる時があります。斯様な場合にはピトート・チューブでは附録第4圖の如きものを使用し、プレート、オリフィスでは第4圖の如きものを用ゆると便利であります。同圖では縦管の上方から瓦斯が流れ、オリフィスの上面に煙塵が積つたならばオリフィスを横に引出して掃除し得られ、又瓦斯壓力管には水抜きあつて凝縮水を排除し、三路括塞で標示器までの途中を壓縮瓦斯或は不活性瓦斯で充し、所謂瓦斯のクッションして標示器の煙塵で損するを防ぐものであります。之と同様の目的に附録第5圖6圖の如き保護装置を有するものであります。又場合に依りては輸送管が圓管でなく墜道形になつて居る時には、第10圖11圖の如くプレート、オリフィス

第 5 圖 煙塵瓦斯用濾過裝置



第 6 圖 煙塵瓦斯用壓力取出管

を取付ければ便利であります。

尙實測に當りては瓦斯の溫度、壓力が常に變動して居る場合が多いのでありまして、従つてそれに相當して、例へば瓦斯流量記録計の規定の状態に目盛りられた讀に補正せねばならないのであります。これについては Kretschmer 博士の説に従ふと便利であります。即ちその理由は省きますが、今例へば p を記録計に規定された壓力とし、ある時の瓦斯壓力が之より減じて p' であつたとしますと $p/p' = 1 + x\%$ となり正確な瓦斯流量は規定の流量の $(1 + x/2)$ 倍となるのであります。又同様に溫度 $x\%$ 上昇した場合には、實際の流量

は規定のもの、 $(1 + x/2)$ 倍とすれば宜しいのであります。

以上は瓦斯流量測定器主要部分であります。之れに附屬しまして瓦斯壓力を容易に指示、或は記録し得らるゝ様に色々工夫されて居ります。之等に就いて簡単に申しますれば、前述の通り瓦斯計量器は其の主要部分に因る瓦斯壓力の相違を利用して居るものであります。ですから此の壓力差を指示するものは極く精密なものを必要とします。極く大略であります。ピトー、チューブで測定する時に、瓦斯管内に毎秒 $20m$ の速度で瓦斯が流れても、其の時の水柱の高さは約 $2.5cm$ に過ぎないのであります。然るに普通工場での瓦斯の流れは $10m$ 内外であります。だから僅かの水柱の高さの讀の相違が流量として大なる誤差となるわけであります。これが爲めにマイクロ・マンノメーターがありまして、水柱の高さを數十百倍に擴大するものであります。其の最も簡單なるものは普通の U 字管の一方を傾斜した附録第 13 圖の如きものでありまして、之れで測つた讀に其の角度の \sin と液の比重とを乗じたものが實際の水柱の高さとなるのであります。その他附録第 14 圖のティルティング、マンノメーターの如く、或は附録第 15 圖のミニマンノメーターの如く水柱の高さだけ、U 字管の一方を上下移動して兩方の水面を平行にし、其の時の上下した距離をマイクロ、メーターで讀んで示すものもありまして、之に依ると水柱 $1mm$ の數千分の一まで精確に判るのであります。然し其の性質上之等は壓力變動の多い實地に使用されませぬ。工場での測定に當り擴大率も大きく、且つ取扱ひ便利なものは附録第 16 圖に示す差働壓力計であります。これは普通石油と含水

アルコールとを比重殆んど相等しくしてU字管に入れたもので、比重の差を加減しますと理論的には水柱1mmを無限大に擴大し得らるゝのであります。たゞ此の缺點はアルコールの比重が變るから時々補正せねばならぬこと、メニスカスが折々硝子面に附着して見難いことであります。瓦斯流量の記録器も唯今申しました指示器と同様オリフィス等に依つて生ずる瓦斯壓力の相違を、適當な機構に依つて記録するやうにしたものであります。其の型の重なものは附録第17圖乃至20圖に示すが如きものが御座居ます。第7圖は潜水鐘型であつて、瓦斯壓力の相違に依つて浮沈するバルブがあり、之に固定し其の上下移動の平方根に相當して上下する針に依つて、記録紙に瓦斯流量の曲線を描くものであります。

附録第18圖は輪環形のものでピボットで回轉する硝子製輪環内に、下部に液體を充し、上部の空間は硝子壁で2室に分たれ、各室にはゴム管に依つてオリフィスの瓦斯壓力管に導かれてあります。今圖の様に、之に壓力が加はりますと、輪環中の液は左方に集り、従つて環が回轉します。

此の回轉を杆及齒車に依つて瓦斯壓力差の平方根に比例するやうに、指針を動かしたものであります。又附録第18圖(a)の如く滑輪に抵抗線を巻くか、或は同(b)の如く輪環内に抵抗線を設ければ、其の回轉に依り抵抗を加減して、電氣的に記録し得られます。附録第18圖は瓦斯壓力に依つて容易に膨脹收縮し得る隔膜あり、其の移動を記録する様にしたもので、また附録第20圖は主瓦斯輸送管内に設けられたオリフィス前後の壓力を、隔膜に依つて區分されたa, b室に導き、その隔膜に固定した小活塞に依り、壓力平均する迄自働

的に瓦斯を放出し、其の放出量から主輸送管内の瓦斯流量を知るものであります。

2. 銑鑛爐瓦斯中の水分の測定

次ぎに銑鑛爐瓦斯中の水分並其の水分に就いて述べて見やうと存じます。

御承知の通り銑鑛爐瓦斯の利用の目的は、此の瓦斯は骸炭瓦斯の約1/4の發熱量を持つて居りますから之を燃焼して、其の熱のエネルギーを應用することにあるのであります。だから之を一層有効に利用せんためには、其の發熱量を出來るだけ高める様な方法をとることは、一番合理的であります。これに對し銑鑛爐瓦斯の成分を良くすることも一つの方法でありませう。即ち瓦斯中の一酸化炭素、水素及びメタン等の含有量を多からしめる様になすことですが、之は銑鑛爐の作業状態に因ることですから、茲では省略致します。次ぎに顯熱を失はぬ様に高温度の瓦斯をそのまま燃焼せんとするのは、其の二の方法であります。然し之れと反對に銑鑛爐瓦斯をなるべく低く冷却して、所謂乾燥瓦斯として使用するのは其の三であります。そこで顯熱の大なる高温瓦斯を使用するか、或は冷却した乾燥瓦斯を使用するか、何れかより多く發熱量を高め得て有利であるかと云ふ問題となるわけであります。

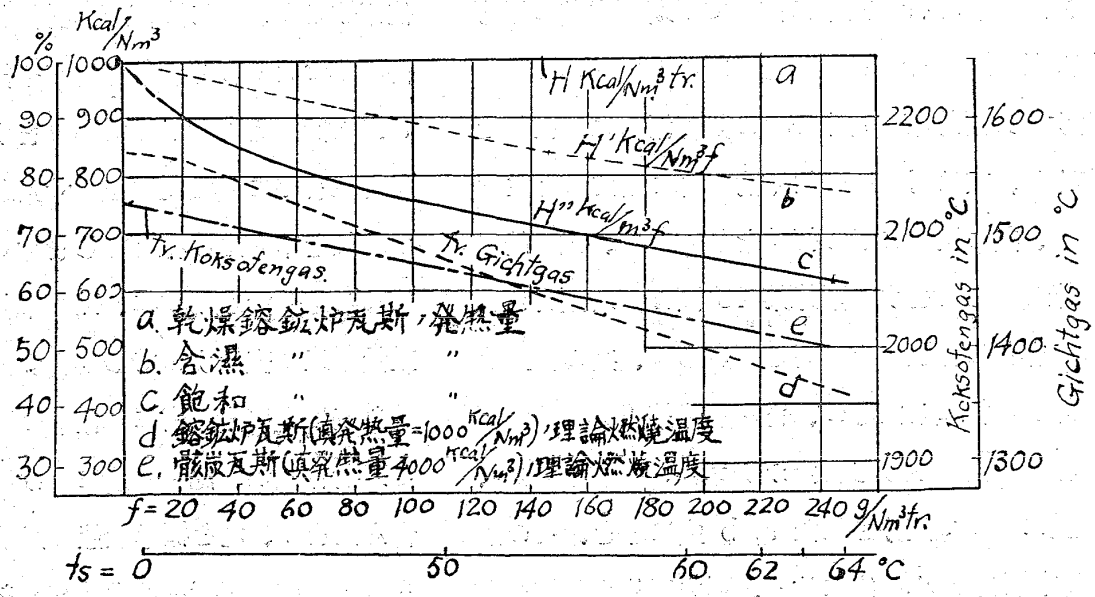
それまでに茲で便宜上一寸瓦斯中の水分量を示す單位を申し上げ様と存じます。瓦斯中に含まれてゐる水分量を示すに、瓦斯單位容積中の水分の重量を以て表はすのであります。然し瓦斯單位容積を表はすにも嚴密には任意の温度、壓力に於ける瓦斯容積か、飽和状態に於けるものか、濕氣を含んだまゝ、之を標準状態の瓦斯容積に換算したものか、或は瓦斯中の水分だけを引去つた乾燥瓦

斯を標準状態に直したものかによつて4通りの言ひ表はし方が御座居ます。以下簡単にたゞ水分量と申せば第一のもの、飽和水分量とは第二、含濕水分量とは第三、及び乾燥水分量とは第四の意味であると御含み願ひ度う存じます。そこで先程の問題即ち高温瓦斯を使用する場合と、冷却した乾燥瓦斯を使用すると何れが有效なるやと云ふに、具體的の例を以て申しますと、普通鑄鐵爐瓦斯はダストキャッチャー後、極く大體でありますが150°C内外ありまして、其の後先程御話になりました乾式清淨機に依り清淨されたものでも100°内外の溫度を有して居ります。ですから之れを直ちに燃焼すれば相當多量の顯熱を利用し得られるわけがあります。然し一方此の場合瓦斯中には、乾燥水分量として大體100瓦内外の水が水蒸氣の不飽和の状態に含まれて居りますから、斯かる瓦斯を燃焼しますと、この水蒸氣を瓦斯の燃焼溫度にまで加熱することゝなりますから、それだけ瓦斯の熱量を損することゝなります。のみならず鑄鐵爐瓦斯を使用する燃焼爐内には、絶えず瓦斯の流動

く場合、肝心の煙道で溫度低く、却つて煙突の所で過熱さるゝやうなことを度々見るのはこれがためであります。又輸送管が長いと途中冷却されて、瓦斯溫度が露點以下ともなれば餘分の水蒸氣は凝縮して霧狀となつて含まれて居りますから、斯様な瓦斯を燃焼すると此の霧を再び蒸發するに要する熱量も失ふわけでありませう。斯様なわけで、高溫度で水分を含む鑄鐵爐瓦斯を直ちに使用すると、其の顯熱に依り得る熱量よりも、その中の水蒸氣に依りて失ふ熱量の方が遙かに大となるのであります。即ち高温瓦斯を使用するよりも、冷却して水分を除去した所謂乾燥瓦斯を使用する方が結局利益となるわけでありませう。尙このことは9圖を見れば一層明瞭となります。此の圖は瓦斯中の水分に依つて發熱量並に燃焼溫度が如何に變化するかを示したものであります。圖中、a曲線は水分無き鑄鐵爐瓦斯の發熱量で(瓦斯成分CO₂6.8%; CO30.8%; H₂2.4%; N60%)水分に無關係ですから直線となり、b曲線は含濕水分量と其の發熱量との關係、c曲線は飽和水分量

が行はれて居りますから、燃焼溫度に依つて水蒸氣が水素と酸素とに分解さるゝ場所と、之等が再び化合する所と異なることが往々あります。例へば水分を多く含んだ鑄鐵爐瓦斯を汽罐に燒

第9圖 瓦斯中の水分と發熱量並に燃焼溫度との關係



との關係を示し、又 d 及び e 曲線は銑鑛爐瓦斯並に骸炭瓦斯の理論的燃焼溫度と水分との關係を示すものであります。これにお判りにてなりますやうに例へば瓦斯中に水分 250 gr 含まれてゐますと銑鑛爐瓦斯の燃焼溫度は約 14% 低くなるのであります。以上は瓦斯の發熱量が水分に依つて如何に低下するかを就いてでありましたが、其の他に瓦斯中の水分の問題に就いては各製鐵所で度々遭遇するものでありまして、例へば先刻御話になりました電氣收塵法に於きましても、普通装置入口の瓦斯溫度を 80°C に保つ爲め、且つ煙塵に濕氣を補給する意味で瓦斯中に水を噴撒して直接冷却するのであります。又濕式清淨装置の如く水に依つて煙塵を除去すると同時に、瓦斯を冷却する場合の給水量の決定、或は過熱蒸氣で瓦斯を豫熱するか、又は原鑛石、粉炭を乾燥する折等、常に瓦斯中の水分量が問題となつて來るのであります。是等の解決に必要な公式圖表等は附録第 3, 4 表及び附録第 21, 22 圖に掲げて置きましたから御參照願ひ度う存じます。

之等の式に就いての説明並に其の具體的應用の例を二、三説明申上ぐれば、猶一層御了解下さることゝ存じますが、徒らに無味乾燥となり且つ時間も御座居ませんから他の機會に御容謝願ひます。たゞ瓦斯中の水分に關聯しまして御注意申すべきは、普通よく使はれます比濕度は或る溫度に於ける乾燥水分量とその溫度に於ける飽和狀態の時の乾燥水分量、即ち f/f_s でなくて含濕水分量と同溫度の飽和狀態に於ける含濕水分量を f'/f'_s であることゝ、普通瓦斯計量器等に表はさるゝ瓦斯容量は其の時の溫度、壓力に飽和した含濕瓦斯容量であることが心懸くべきかと存じます。

次に瓦斯中の水分量を測定する器具に就いて申しますれば、其の最もよく知られてゐるものは濕度計であります。普通濕度計は比濕度を示すものであります。工業用瓦斯を取扱ふ場合には、比濕度よりもむしろ乾燥標準狀態單位容積中に、幾何の水分が含まれて居るかを知り度い場合が多いのであります。此の場合にも普通の濕度計の如く、乾濕二ヶの寒暖計に依りて瓦斯中の水分量を計るのであります。これに依つて乾燥水分量を求むるには附録第 3 表公式第 31 番によるか、或は附録第 28 圖の曲線より出し得るのであります。其の型に就いては附録第 23 圖の如き Ostwald 氏考案のものがありまして、これは最初コック e, d を開けて含濕瓦斯を通し、装置が瓦斯溫度に温まるを待つて先づ d を閉ぢて後コック e を除々に開いて、器中の乾濕兩寒暖計の讀みが等しくなる様にしますと直ちに水分量が判る様になつて居るのであります。之れは e を閉ぢるに精密な加減を要しますから取扱い不便であります。附録第 24 圖は Düsseldorf 燃料部の案のもので、魔法壘の底部に水を充し其の壘中に圖の如く乾濕兩寒暖計を挿入したもの、又は附録第 25 圖の如く之を少し改造したのも御座居ますが、之等に依つて瓦斯速度を每秒 3 m 位にしますと大體満足な結果を得られるのであります。其の他乾濕寒暖計に依る水分量測定器の型に澤山異つたものがありますが、大抵は氣象學的のもので茲に掲ぐるに適しませんから省略致します。水銀寒暖計の更りに熱電推によつて溫度差を指示、或は記録してそれから水分量を求むるものに附録第 26, 27 圖の如きものがあります。その中附録第 27 圖のは二つの熱電推群の中 a は絶えず水で濕らされた素焼圓筒の周に置き

他はこれと絶縁して離して装置したものであります。なほ以上の如く乾濕二ヶの寒暖計に依つて水分量を計る方法の他に所謂壓力—溫度法があります。之れは密閉器中に測定すべき含濕瓦斯を入れて加熱して不飽和状態にした時の瓦斯壓力及び溫度と再び冷却して飽和状態となつた時の瓦斯壓力及び溫度より、瓦斯中の水分量を測るものであります。其の場合には附録公式番號 32 の公式より求むるのであります。其の際の加熱及び冷却する方法によつて附録第 29 圖の Nägel 氏の型、附録第 30 圖の Thibant 氏型、及び附録第 31 圖の Maase 氏型が御座居ます。此の式の濕度計は鑄鑛爐瓦斯の如く煙塵を多く含んだものゝ水分量測定に適して居りますが、たゞ測定が連続的でなく断續的にやらねばならぬと云ふ缺點があります。

以上の他に附録第 32, 33 圖の如く直接瓦斯中の水分を凝結器に依り、或は鹽化カルシウムに依り滴出又は吸収して其の重量を量り、一方此の水分を含んでゐた瓦斯容量を計器で測つてこれから瓦斯中の水分量を測定する法があります。たゞ此の場合注意すべきことは、前にも申した通り計器瓦斯量の讀みは、其の溫度壓力に於ける飽和状態の時の含濕瓦斯容量でありますから、先づこの計器の讀みを含濕標準状態に換算し、然る後乾燥標準状態の容量を求めて前に得たる水の重量と此の瓦斯容量との比とそれに計器溫度に於ける飽和状態の乾燥水分量との和が求むる所の瓦斯の水分量となると云ふことであります。

3. 鑄鑛爐瓦斯中の煙塵量の測定

只今述べました瓦斯中の水分は鑄鑛爐瓦斯夫れ自身の發熱量を低下するものであります。一方瓦斯中の煙塵は瓦斯を燃焼する装置、例へば熱風爐

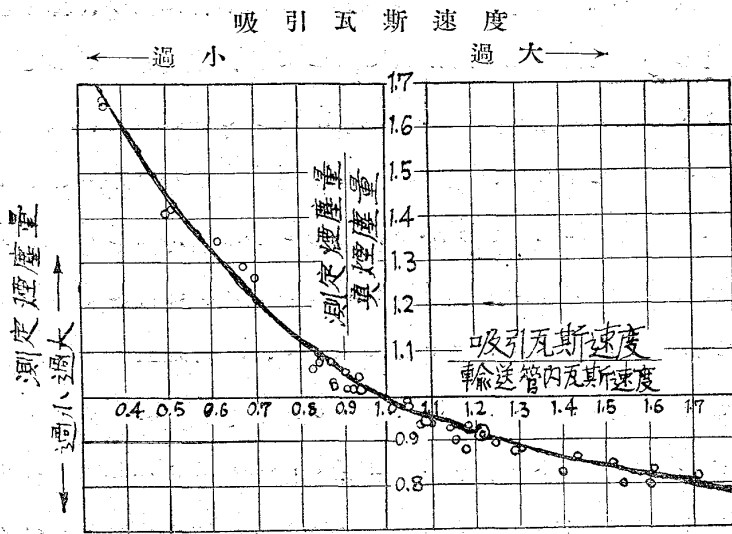
等の能率を低下するものであります。一例を申しますと Shaack 氏の理論的計算に依りますと、熱風爐内面に 2 mm の厚さに煙塵が積れば約 20% 5 mm になると 34%、能率が低下すると云はれて居ります。従つて同一溫度に爐を維持するには清淨瓦斯よりも多量の瓦斯を使用せねばならない、換言すれば餘剩瓦斯として他に利用し得る瓦斯が減少するわけであり、だから瓦斯自身の發熱量を高めると同時に燃焼爐を悪くする瓦斯中の煙塵を除去する工夫が必要となるのであります。其の結果前刻より御話しになりました各種清淨装置の出現となつたのであります、がたゞ遺憾乍ら之等清淨装置の第一の眼目である清淨能力を精確に測る装置に統一がなく、各國或は各工場により色々の型を採用せられて居りますから、清淨機の嚴密の比較は一寸むづかしいのであります。又よし同一の測定装置でも經驗の如何に依つて種々誤差が生ずるのであります。で、ここではかゝる各種煙塵量測定装置並に測定に當り、考慮すべき諸點を述べて、終りに當所で只今用ひて居る装置に就いて御照會致さうと存じます。其の前に煙塵含有量の單位と實際の場合の値とを申しますれば、煙塵含有量の單位としては現在 0°C、壓力 760 mm (水銀柱) に於ける乾燥瓦斯 1 m³ に含まれてゐる煙塵の重量を以て示します。そして實際の場合鑄鑛爐瓦斯に如何程の煙塵が含まれてゐるかを申しますと、爐況等の作業状態に依り相違しますが、ダウンカムマーでは 10 g/m³ 内外、清淨機入口では 3 g/m³、濕式 1 回清淨即ち熱風爐用瓦斯には 0.3 g/m³、濕式 2 回清淨即ち瓦斯機關用瓦斯には 0.02 g/m³ 程度であります。そこで其の測定装置に就いて申しますと最も簡単なものは鑄鑛爐瓦斯

を燃焼した時の焰の色を見て判断するのであります。煙塵を除去された瓦斯の焰は透明で紫紅色であります。煙塵を多量に含んだものは黄色を帯びて、少々不透明であります。然しこれはたゞ見當がつくだけであります。稍進歩したもので時々刻々瓦斯の清浄度を記録し得るものに附録第 34 圖に示すカプノグラフが御座居ます。之れは煙塵瓦斯を絶えず回轉しつゝある紙面に吹きつけて、紙面に印された線の濃淡に依つて清浄度を知るのでありますから、其の特性上結果が漠然として居ることは免れません。で、普通は煙塵瓦斯を唧筒に依つて引出して、適當な物質で之を濾過した煙塵重量と、引出した瓦斯量とより瓦斯中の煙塵含有量を測定するのであります。附録第 35, 36 圖は此の一種であります。取はつし得る二つの容器の間に圓板形の濾紙を挟み、濾紙の初めの重さ及び測定後の重さより、或はこれを焼いて其の灰の重さより煙塵含有量を求むるのであります。

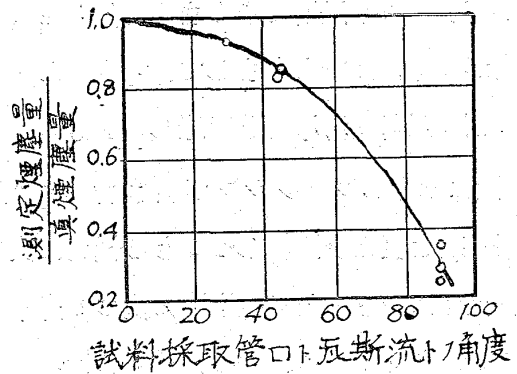
又附録第 37 圖は Allner 博士の煙塵量測定装置であつて、先づ a の瓦斯試料採取管より荒瓦斯を b の煙塵捕集室に導きます。茲で重いものは下部に沈積し、軽い煙塵が上部の濾紙で濾過された後、冷却器、鹽化カルシウムで水分を除いて瓦斯計量器より大氣に放出するのであります。附録第 39 圖は只今の Allner 氏装置では、瓦斯試料採取管が長い故に、煙塵が此の中に幾分積り、これが測定の際の誤差となる恐がありますから、附録第 40 圖の如き硝子毛を填充した、小容器を直接瓦斯輸送管内に装入し、即ち試料採取管の先端に濾過装置を設けたものや、或は附録第 41 圖の様に試料採取管の先端に依り瓦斯の流れを亂さぬ様工夫したのも御座居ます。一體銑鐵爐瓦斯中の煙

塵の粒の大きさが一様ではありませんから、水平の輸送管内では粒の太いものは下層に沈み、即ち煙塵密度は下層が大であつて上層は幾分少いのであります。又特に輸送管が曲つてゐる附近、或は余近くでは、渦流の爲に煙塵は遠心力で分離さるゝ様になりますから、煙塵の分布に甚だしい相違が生ずるのであります。だから此の場合にも前申しましたピット管に依つて、瓦斯流量測定の際の折の如く同一平面に於いても、各所の測定の結果の平均を採らねばなりません。のみならず銑鐵爐瓦斯中の煙塵は作業状態に依り絶えず變るものでありますから、一回測定するに當りましては成るべく度々の變化を含め得る様に長時間にわたり、少くとも一時間連續的に濾過された煙塵の總量を採らねば誤差が多いわけです。だからこれに對し附録第 35, 36 圖は不適當であります。其のわけは圓板形濾紙は濾過する面積が少い故に、數分間で煙塵で塞がれ、瓦斯は通り難くなり、其の結果瓦斯計量器の壓力が規定以下に降つて眞空となり、測定繼續不可能となるからであります。猶精密な測定に一番必要なことは、瓦斯試料採取管から吸引する時の瓦斯速度は、輸送管内のものと同程度だけ等しくせねばならぬこと、及び試料採取管の口が流れに直面せねばならないことです。さなければ、附録第 42 圖に示すやうに管の入口附近の瓦斯の流れが亂れて渦流を生じ、遠心力の爲に煙塵が實際の價よりも少く、或は多く試料採取管に入りまして其の結果測定の際の誤差が大きくなるのであります。第 10, 11 圖は此の試料採取管より吸引する速度と輸送管の瓦斯速度と相違する時及び管の口が瓦斯流に直面せぬ時、如何程誤差を生ずるかを示した實測の曲線であります。10 圖

第 10 圖 吸引瓦斯速度と測定誤差との關係



第 11 圖 試料採取管口と瓦斯流との角度に依る測定誤差圖



の横軸は速度の相違する割合、11 圖のは輸送管の流れと管の口との角度を示し、縦軸は共に實際の値より誤差となる割合を示します。然らば如何にして吸引瓦斯速度を主瓦斯管流れのそれに等しくするかは、輸送管の瓦斯流は前に述べましたピット管等に依り判りますから、それから計算に依りて瓦斯計量計の指針が毎秒幾立回轉すれば良いと云ふことが分るのであります。又は簡單には附錄第 38 圖の Allner 博士の瓦斯試料採取管を使用しまして、管入口の壓力と輸送管中の靜止壓力とが等しい様に瓦斯を吸引すれば、大體間違ひはないのであります。又瓦斯中に飛んで居る煙塵は丁度コロイドと同様な性質を有することからコロイドに特有なる光のティンダル効果によつて、其の中の煙塵の量を測定する方法や、又此の際の偏光角度をニコルプリズムで求めて、量並に煙塵の粒の大きさを測定する方法、或は煙塵瓦斯中の分散を光電池で測つて煙塵量を測定する附錄第 43 圖の如きものもありますが未だ實用的にはならない様であります。終りに附錄第 44 圖及び附錄第 45 圖は當所で使用してゐる煙塵量測定装置

でありまして平圓板形濾紙の更りに表面積多い圓筒濾紙を使用し、又輸送管の任意の箇所測定し得らるゝ様、瓦斯試料採取管及び圓筒濾紙保持器はレールの上を滑る様になつて居ります。そして圓筒濾紙を通つた瓦斯は冷却器 U 字管より瓦斯計量器を経て大氣に排出さるのであります。其の際濾紙に積つた煙塵の量、冷却器 U 字管よりの水の量及び瓦斯計量器の讀より、瓦斯中の煙塵量、水分量を計算して求むるのであります。其の計算式は附錄に記載してありますから御参照願ひます。たゞ御斷して置き度きは本装置は當所獨特のものでなく、既に御使の所もあらうかと存じますし、又之れが御推撰に價するや否やに就いても些躊躇する次第で御座居ますが只御紹介の意味を御含み願ひ度きことであります。

4. 鎔鑛爐瓦斯煙塵の性質並に其の利用

近來各國とも鑛石の品位は下つて参りまして、泥狀若しくは粉狀で鐵分の少いものも追々處理せねばならない様になりつゝあります。又貧鑛の中には硫黃、磷、砒素等が相當多量に含まれて居るのが普通ですから、斯様な有害物を除去するため

には、成る可く細く鑛石を碎いて置く必要があります。のみならず近頃は爐の容量を大にし、送風壓力を増加する傾向がありますから、勢ひ爐頂から出る瓦斯中には現在よりも多量に煙塵が含まれる様になる事は明らかであります。だから今後この煙塵の處置に就いて一層考慮を拂はれる様になりはせねかと思はれます。一體鑛爐瓦斯中の煙塵には衝風に依つて機械的に吹き飛ばされたもの、外に、鑛融帶での加熱の際昇華したものが冷えて細い煙塵となつたもの及び燃燒還元等の化學作用に依り生じたもの等が混つて居るものでありますから其の大きさ、形、成分等も種々様々であります。概して機械的に生じた煙塵は比較的粒も大きく、1, 2 mm 位の多角形のものであります。冷却に依り、又は化學的に發生したものは粒が非常に小さく大部分 1mm/2,000 内外のもので、其の形も大體球形をなして居るのであります。斯様な粒の太いものは自然降下に依り或は瓦斯流の變更の時遠心力の爲に容易に瓦斯より除去され得ますが粒の細いものはなかなか除去し難いのであります。この乾燥した煙塵、就中粒の微細な煙塵の特性の一つは自然發火の性質を有することでありまして、例へば乾式清塵機より得たる煙塵は鼠色の粉末で、溫度は普通 100°C 以下のものであります。之れが空氣に觸れますと、自然に發火しまして頭痛を催す様な臭氣を出して赤熱し、終に茶褐色の灰となるのであります。そしてこの煙塵の自然發火は割合に速に傳播しまして、よくバグフィルターを焼いたり電氣收塵装置の内部が火になつて驚かされる、ことが度々あります。此の現象が何に依つて起るか云ふことに就いて學者、實際家が澤山研究されましたが未だ明確な解決が

與へられて居らぬ様です。或る人の説ではレデュース、アトモスフェアに於ては煙塵中の鐵及び Mn が一酸化の形で存在するが、之れが空氣に接觸すると低溫度でも容易に酸化されて、二酸化又は過酸化の形となつて其の時の化合熱の爲に可熱性物質例へば炭素が燃えるのがあると云つて居ますし、又自然發火の時は上述の様にアンモニアの様な臭氣を出し、濕つた試験紙を青變せしめますから、煙塵中のチオシヤン化物、或はシヤン化合物が空中の酸素と化合して其の際の化合熱に依ると云ふ説、或は物理的に炭酸瓦斯より分離した炭素は非常に粒の小さいものであるから、従つて其の總表面積多い故に空氣に接觸する部分多く、その結果比較的低温にて發火するのであるとか、その他煙塵中に附着せる極く微量の有機物のためならんかと云ふ様に判然といたして居りません。兎に角斯かる現象は粒の細いもの及び CN 化合物が割合多量に含んで居る煙塵程起り易いのは事實であります。次の表は當所に於ける煙塵の成分を示すものであります。

鑛 爐 煙 塵 成 分 表

分析種目	フリユースト	本所鑛爐煙塵 (コトレル装 置に於ける)	洞岡鑛爐煙塵 (コトレル装 置に於ける)
$T. Fe$	34.26	9.17	13.90
SiO_2	9.06	15.28	9.56
FeO	—	9.97	15.30
Fe_2O_3	6.88	2.06	4.70
Al_2O_3	—	4.48	8.09
MnO	1.08	1.29	1.52
CaO	2.63	12.27	3.82
MgO	0.36	1.63	0.81
ZnO	—	0.43	16.06
PbO	—	4.91	8.71
CuO	0.094	0.08	0.08
$G. C$	26.63	16.85	3.87
CO_2	—	5.03	8.00
Na_2O	—	2.21	2.40
K_2O	—	4.69	6.80
Cl	—	5.07	5.16

P ₂ O ₅	0.261	0.33	0.59
S	—	1.45	1.48
H ₂ O	—	4.70	3.86
Cr ₂ O ₃	—	なし	—
F	—	0.31	—
BaO	—	なし	—
SO ₃	1.279	—	—

煙塵の成分は勿論、捕集した状況、場所に依り又其の粒の大きさに依りて相違しますが、大體鐵分、炭素、珪酸、石灰等割合に多くアルカリも相當含まれてゐるのが普通です。そして斯かる瓦斯煙塵の出来る量はざつと銑鐵生産量の4-10%位になりますから其の利用と云ふ問題も仲々小さいものではないのであります。例へば Wilcox 氏が先年米國銑鐵年産額を 33,000,000 吨とすると煙塵は 3,500,000 吨生じ其の中の鐵分より 500 吨爐 9 本連續運轉し得ると云つて居ります。現在までこれが利用されて居る主なる方法を列挙しますれば、先づ粒の大きく鐵分炭素の含有量比較的大なるものは焼結し、壓縮し或は結合劑を加へて固塊となして再び鑄鐵爐に供給して鑛石の節約なして居ります。屑鐵にこの煙塵を加へて固塊を作つて居る所もあります。又鐵分の少い細い煙塵は之れに水を加へて泥狀になしアスベストと混合して

耐火材料として用ひられて居ます。其の他の人造石、鑛滓セメント、煉瓦等を製作せられて居りますし、又これをセメント爐に混入しますと爐の溫度を低くして運轉し得らるゝと云ふ人も御座居ります。尙鑛石中のアルカリは 1/3 は煙塵中に、2/3 は鑛滓中に含まれてゐると云はれますがアルカリ分の相當多い煙塵はそのまゝ肥料として或は之れから一時、加里を回收されたこともあります。以上の様に種々利用の途を考究されて居りますが二、三のもの以外現在では加工費に對しよく償はれるやどうかと云ふことで行詰つて居る様です。

之れを以て私の講演を終らうと存じますが要約しますと現在は産業の合理化に依つて出来るだけ生産費を低下せねばならぬことは申すまでもないことであります。然らば製鐵關係に於いて此の目的のショーテスト、カットは何であるか、而して其の途に當り關所は何處か、關守は誰かと云ふことを、此の部會にも餘程關聯して居りますから此の際一寸述べさして戴いた積りであります。

長らくの間無味乾燥なことに拘はらず御清聽を煩はしたことを厚く御禮申します。

附 録

化學分析より瓦斯の比重を求むる例

骸炭爐瓦斯	}	作業状態	CO ₂	2.2 Vol. %	}	溫度	f = 20°C
			C _m H _n	2.8		瓦斯壓力	Pü = 175 mm (水柱)
			O ₂	0.4		濕度	= 10 (飽和)
			CO	9.0		平均大氣壓	b = 750 mm (水銀柱)
			H ₂	49.4			
			CH ₄	25.4			
			N ₂	10.0			

の時 γ_0 は、

$$\gamma_0 = \frac{2.2\gamma \text{CO}_2 + 28\gamma \text{C}_m\text{H}_n + 0.4\gamma \text{O}_2 + 9.9\gamma \text{CO} + 49.4\gamma \text{H}_2 + 25.4\gamma \text{CH}_4 + 10.8\gamma \text{N}_2}{100}$$

前の表より

$$\gamma_0 = \frac{2.2 \times 1.966 + 2.8 \times 1.251 + 0.4 \times 1.430 + 9.0 \times 1.251 + 49.9 \times 0.089 + 25.4 \times 0.715 + 10.8 \times 1.253}{100} = 0.558 \text{ kg/mm}^3$$

$$\gamma = 0.36 \frac{P}{T} \left[(1-Z)\gamma_0 + 0.810Z \right]$$

但し $P = b + Pü = 750 + \frac{175}{13.6} = 763$

$$Z = \frac{SP_s}{P} = \frac{17.5}{763} = 0.0229$$

$$\gamma = 0.36 \frac{763}{273} \left[0.9771 \times 0.558 + 0.810 \times 0.6229 \right]$$

$$= 0.528 \text{ kg/m}^3$$

瓦斯の比重

種類	1nm ³ の重さ kg
H ₂	水素 0.089
O ₂	酸素 1.430
N ₂	窒素 1.255
CO	一酸化炭素 1.251
CO ₂	二酸化炭素 1.966
CH ₄	メタン 0.715
C ₂ H ₂	アセチレン 1.251
空 氣	1.293
發生爐瓦斯	1.1
銑鐵爐瓦斯	1.3
骸炭爐	0.6

瓦斯流量測定の公式

- D... 瓦斯管の直径 (cm)
- d... Plateorifice, shaped nozzle Venturi tube の最小孔の直径 (cm)
- F... 瓦斯管の断面積 (cm²)
- f... 湿度 (g/Nm³fr)
- g... 重力 (9.81m/sec/sec)
- h... 壓力差 (mm 水柱)
- m... 開口比 = $\frac{d_2}{D_2}$
- Pü... 瓦斯壓力 (mm 水柱)
- P_b... 大氣の壓 (mm 水銀柱)
- P... 絶體瓦斯壓力 = $P_b + \frac{Pü}{13.6}$ (mm 水銀柱)
- P₀... 標準壓力 = 760 (mm 水銀柱)

Pitot tube

乾燥瓦斯

$$V_0 = 0.633D^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0}} \text{ Nm}^3\text{fr/h}$$

$$V = 1.76D^2 \sqrt{\frac{T}{P}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0}} \text{ m}^3\text{fr/h}$$

Plate orifice, shaped nozzle, Venturi tube

乾燥瓦斯

$$V_0 = 0.75\alpha d^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0}} \text{ Nm}^3\text{fr/h}$$

$$V = 2.08\alpha d^2 \sqrt{\frac{T}{P}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0}} \text{ m}^3\text{fr/h}$$

但し α ... Plateorifice には第2表第12圖参照

α ... 標準型 Shaped nozzle は 0.96

V₀, V', V, V₀' の關係

$$V_0 = V' \frac{0.29}{(0.804+f)} \frac{P}{T} = V_0' \frac{0.804}{(0.804+f)}$$

$$V_0 = V \times 0.36 \frac{P}{T}$$

$$V' = V_0 \frac{(0.804+f)}{0.29} \frac{T}{P} = V_0' 2.77 \frac{T}{P}$$

$$V = V_0 2.77 \frac{T}{P}$$

$$V_0' = V_0 \frac{(0.804+f)}{0.804} = V' 0.36 \frac{P}{T}$$

T... 絶體溫度

T₀... 0°C の絶對溫度 = 273 (°K)

V₀... 乾燥標準狀態の瓦斯流量 (Nm³fr/h)

V... 同上作業狀態の瓦斯流量 (m³fr/h)

V₀'... 含濕標準狀態の瓦斯流量 (Nm³f/h)

V'... 同上作業狀態の瓦斯流量 (m³f/h)

γ_0 ... 乾燥標準狀態の瓦斯密度 (kg/m³fr)

γ ... 同上作業狀態の瓦斯密度 (kg/m³fr)

γ_0' ... 含濕標準狀態の瓦斯密度 (kg/Nm³f)

γ' ... 同上作業狀態の瓦斯密度 (kg/m³f)

含濕瓦斯

$$V_0 = 0.567D^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h}{(\gamma_0+f)(0.804+f)}} \text{ Nm}^3\text{fr/h}$$

$$V' = 1.96D^2 \sqrt{\frac{T}{P}} \sqrt{\frac{h(0.804+f)}{(\gamma_0+f)}} \text{ m}^3\text{f/h}$$

但し flow const C = 0.84 とす。

含濕瓦斯

$$V_0 = 0.673\alpha d^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h}{(\gamma_0+f)(0.804+f)}} \text{ Nm}^3\text{fr/h}$$

$$V' = 2.33\alpha d^2 \sqrt{\frac{T}{P}} \sqrt{\frac{h(0.804+f)}{(\gamma_0+f)}} \text{ m}^3\text{f/h}$$

$$V_0' = 0.837\alpha d^2 \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h(0.804+f)}{(\gamma_0+f)}} \text{ Nm}^3\text{f/h}$$

$\gamma_0, \gamma, \gamma_0', \gamma'$ の關係

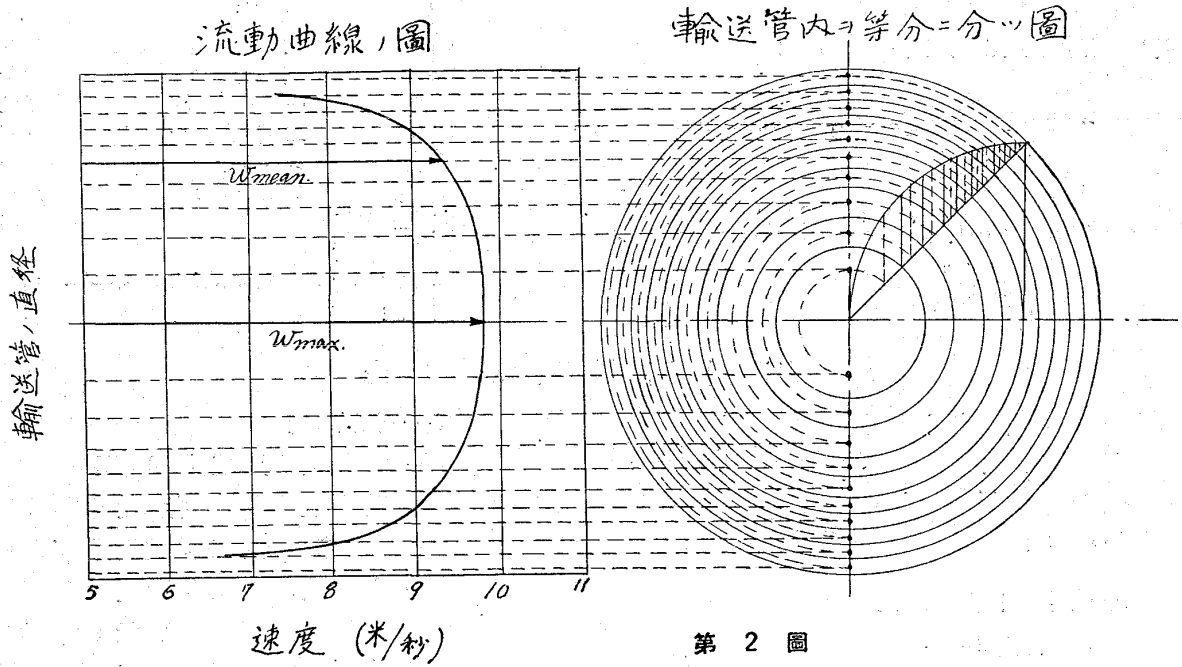
$$\gamma = \gamma_0 \frac{P}{T} 0.36$$

$$\gamma' = \frac{(\gamma_0+f+feer)}{(0.804+f)} \frac{P}{T} 0.29$$

$$\gamma_0' = \frac{(\gamma_0+f)0.04}{(0.804+f)}$$

0.804... 標準狀態 1 m³ の水蒸氣の重さ (kg/Nm³)

第 1 圖



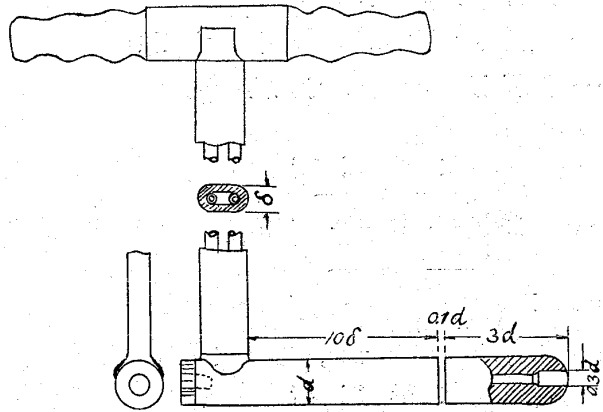
第 2 圖

プランデル氏標準型ピトート管

$$\frac{W_{mean}}{W_{max}} = \text{Flow Const.}$$

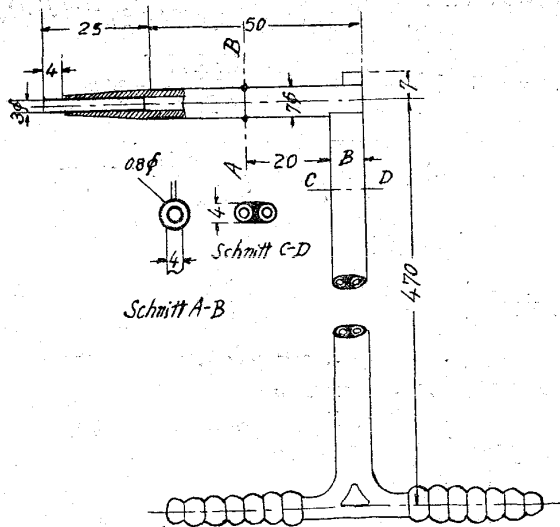
$$= C$$

$$= 0.84 \text{ (steam line Flow の時)}$$



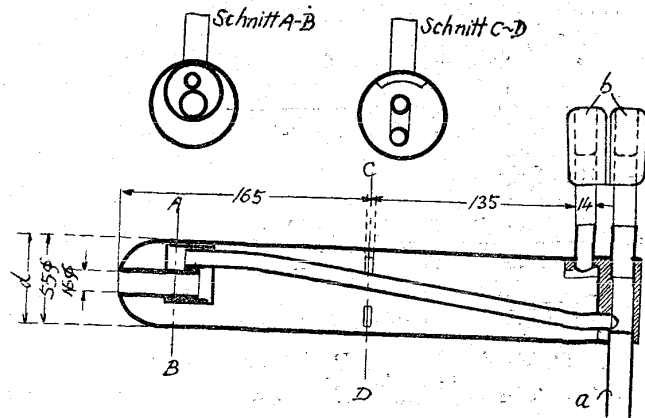
第 3 圖

ブラッビー型標準ピトート管

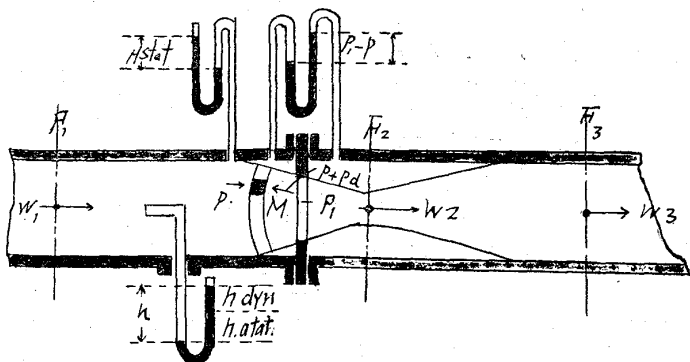


第 4 圖

プランデル氏煙塵瓦斯用ピトート管



第 5 圖



M.....圖の如く無限小の任意切断面の瓦斯の質量
 f..... 同 単位表面積
 ds..... 同 断面間の距離
 然るときは M に加はる力 $fp-f(p+dp)=fdp$

M の有する力 $M \frac{dw}{dt}$
 $\therefore -f dp = M \frac{dw}{dt}$ (1)

$M = \frac{f \gamma ds}{g}$ とすれば

$dp = -\frac{\gamma ds}{g} \frac{dw}{dt}$ $\frac{ds}{dt} = w$ なる故に
 $dp = -\frac{\gamma}{g} w dw$ (2)

即ち $\frac{dp}{\gamma} + \frac{w dw}{g} = 0$ 然るに $\gamma = f(p)$
 \therefore integrate して $\int \frac{dp}{\gamma} + \frac{w^2}{2g} = 0$ (3)

又は $\int v dp + \frac{v^2}{2g} = 0$
 平面 F_1 と F_2 との間を取れば
 $\int_p^{p_2} v dp = -\left(\frac{w_1^2 - w_2^2}{2g}\right) = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$ (4)

但し w_1 F_1 平面に於ける速度
 w_2 F_2 平面に於ける速度

Orifice により adiabatic change するとせば
 $\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}}$ (5)

k..... Gas constant

然るに F_1 F_2 平面を単位時間に通過する瓦斯量 (G) は等しい。

$\therefore G = w_1 f_1 \gamma_1 = w_2 f_2 \gamma_2$ (6)

又は $G = \frac{w_1 f_1}{v_1} = \frac{w_2 f_2}{v_2}$ (6a)

$\therefore w_1 = \frac{f_2}{f_1} \frac{v_1}{v_2} w_2$ (7)

而して f には瓦斯流の最狭部分の面積なれども実際には測り得ず、故に實際 orifice の開口部分の面積 (f_0) = Contraction factor (μ) を乗じて之に換算する。

即ち $f_2 = \mu f_0$ (8)

\therefore (7) 式を代入すれば

$w_1 = \frac{f_0}{f_1} \mu \frac{v_1}{v_2} w_2 = m \mu \frac{v_1}{v_2} w_2$ (9)

但し $m = \frac{f_0}{f_1}$ (10)

(9) を (5) に挿入すれば

$w_1 = m \mu \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{k}} w_2$ (11)

然るに adiabatic expansion の場合瓦斯速度により與へらるゝ仕事は

$L = \int_{p_1}^{p_2} v dp = p_1 v_1 \frac{k}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]$ (12)

(11) (12) を (4) に入れば

$p_1 v_1 \frac{k}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]$
 $= \frac{w_2^2}{2g} \left[1 - m^2 \mu^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}}\right]$ (13)

$\therefore w_2^2 = \sqrt{2g p_1 v_1 \frac{k-1}{k} \frac{1 - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}}{1 - m^2 \mu^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}}}}$ (14)

$\therefore V = w_2 f_2 = v f_0 \sqrt{2g p_1 v_1 \frac{k-1}{k} \frac{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}}{1 - m^2 \mu^2 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}}}}$ (15)

然し僅し壓力相違の場合流動體の adiabatic expansion は殆んど無視し得。

$\therefore v_1 = v_2$

\therefore (9) より

$w_1 = m \mu \frac{v}{v_2} w_2$ (16)

(4) より $v = \frac{1}{\gamma}$ なる故に

$p_1 - p_2 = \frac{\gamma}{2g} (w_2^2 - w_1^2)$ (17)

(16) 式を用ひて

$p_1 - p_2 = \frac{\gamma}{2g} (1 - m^2 \mu^2) w_2^2$ (18)

$\therefore w_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - m^2 \mu^2}} \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}}$ (19)

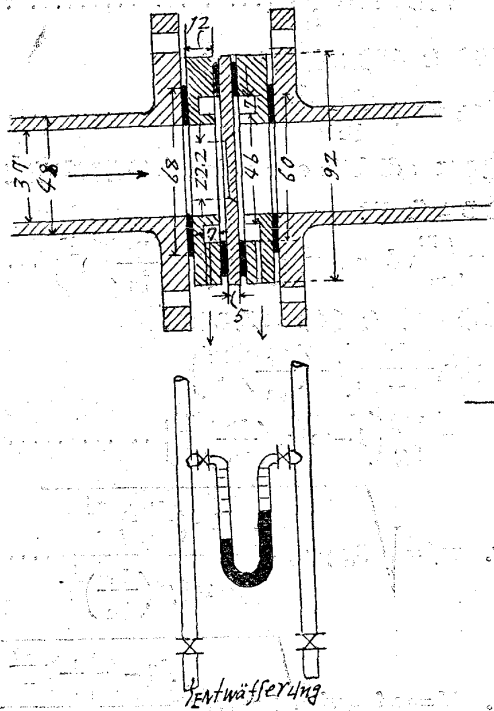
又は

$V_{theor} = f_2 w_2 = f_0 \frac{\mu}{\sqrt{1 - m^2 \mu^2}} \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}}$ (20)

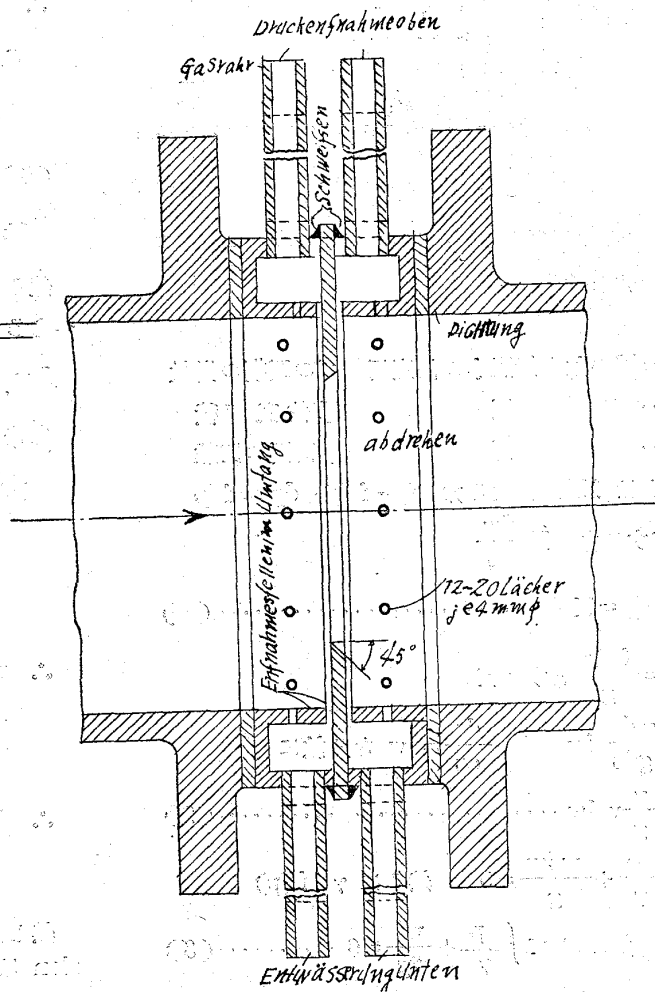
(20) 式に於て p_2 は瓦斯流狭部の壓力なれ共實際には測定不可能なり、故に一般に orificed 直後の瓦斯壓力 (p) を求めて之に經驗より得たる流動係數 d (第 2 表参照) を乗じて次式を用す。

$V = d f_0 \sqrt{2g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}} m^3 / n_1$ (21)

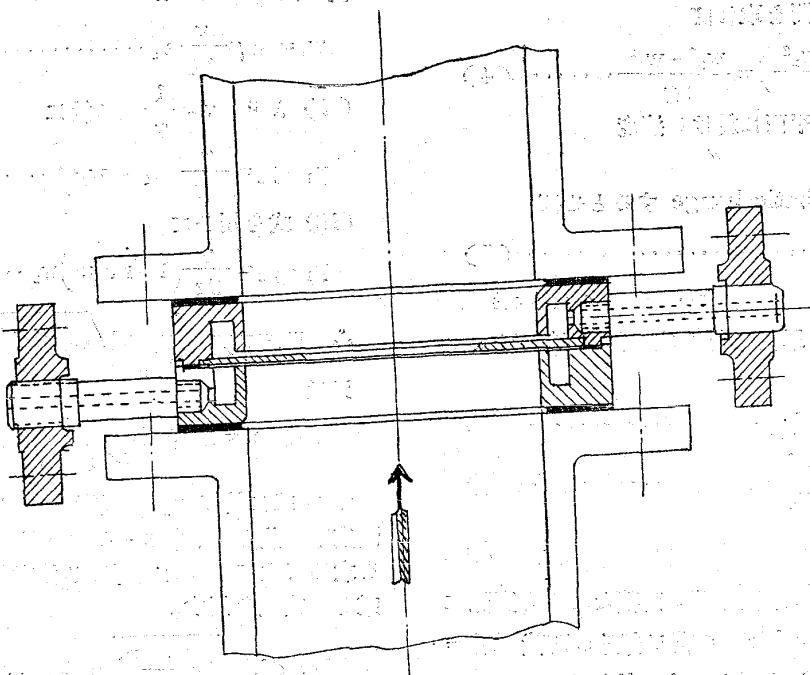
第 6 圖
標準型プレートオリフィス
(P~100 mm)



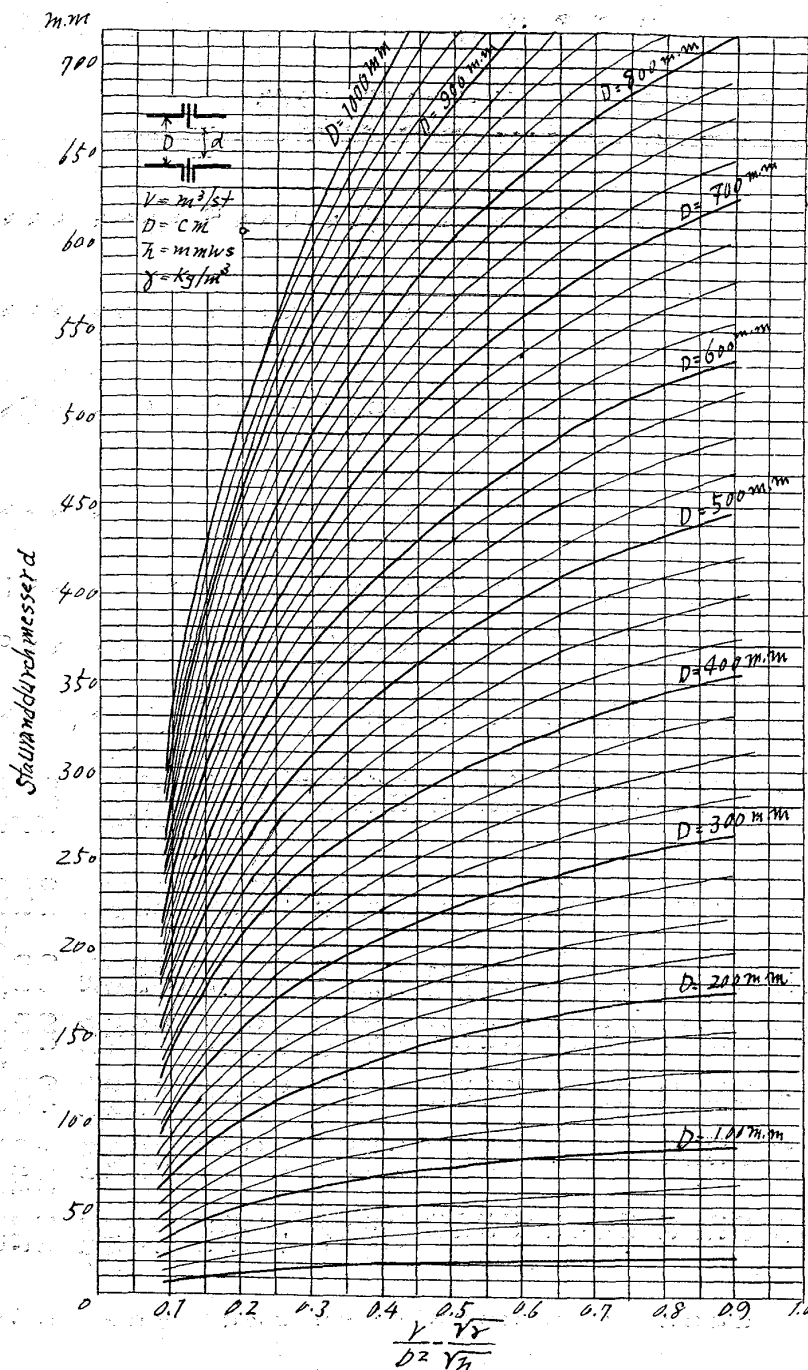
第 7 圖 標準型プレートオリフィス



第 8 圖 V. D. I. 標準型プレートオリフィス



第9圖 プレートオリフィス設計用曲線



骸炭爐瓦斯用、プレートオリフィス設計の一例

$D = 300 \text{ mm}$

$v = \text{約}(4000 \text{ m}^3/\text{h})$ 豫定容量

$\gamma = 0.55 \text{ kg/m}^3$ (作業状態)

$\sqrt{h} = 7.5 \text{ mm}$ (水柱)

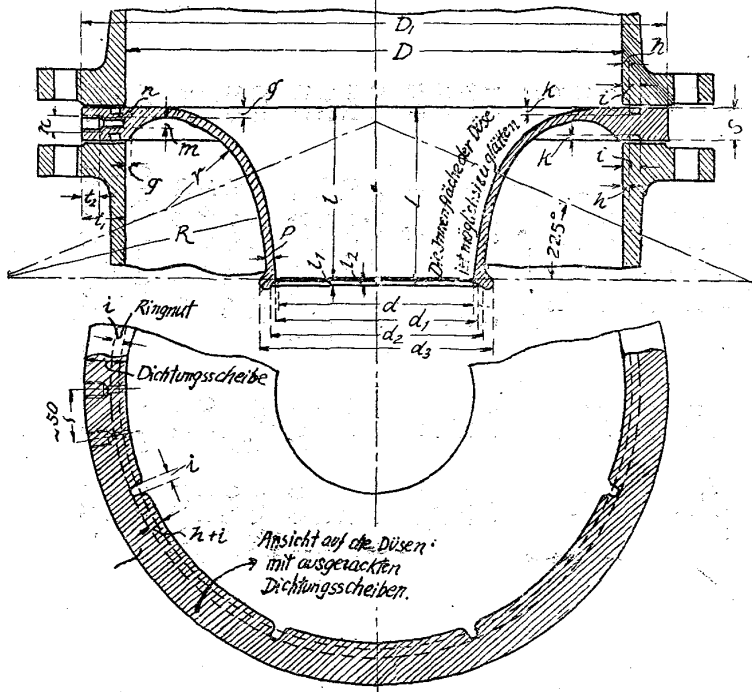
但し壓力指示計の度盛範圍により制限さる。

然るときは

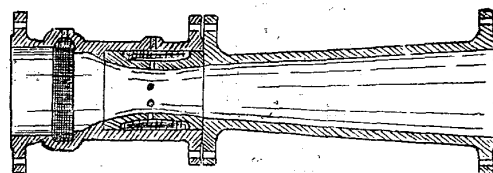
$$\frac{v}{D^{2.5}} \frac{\sqrt{\gamma}}{\sqrt{h}} = \frac{4,000}{900} \frac{\sqrt{0.55}}{7.5} = 0.44$$

右圖より $d = 213 \text{ mm}$

第10圖 標準型シェプトノズル (第I表参照)

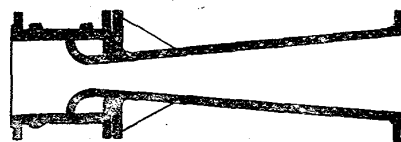


第11圖 標準ベンチュリ管 ベリチニク管



第12圖

ベンチュリオリフィス



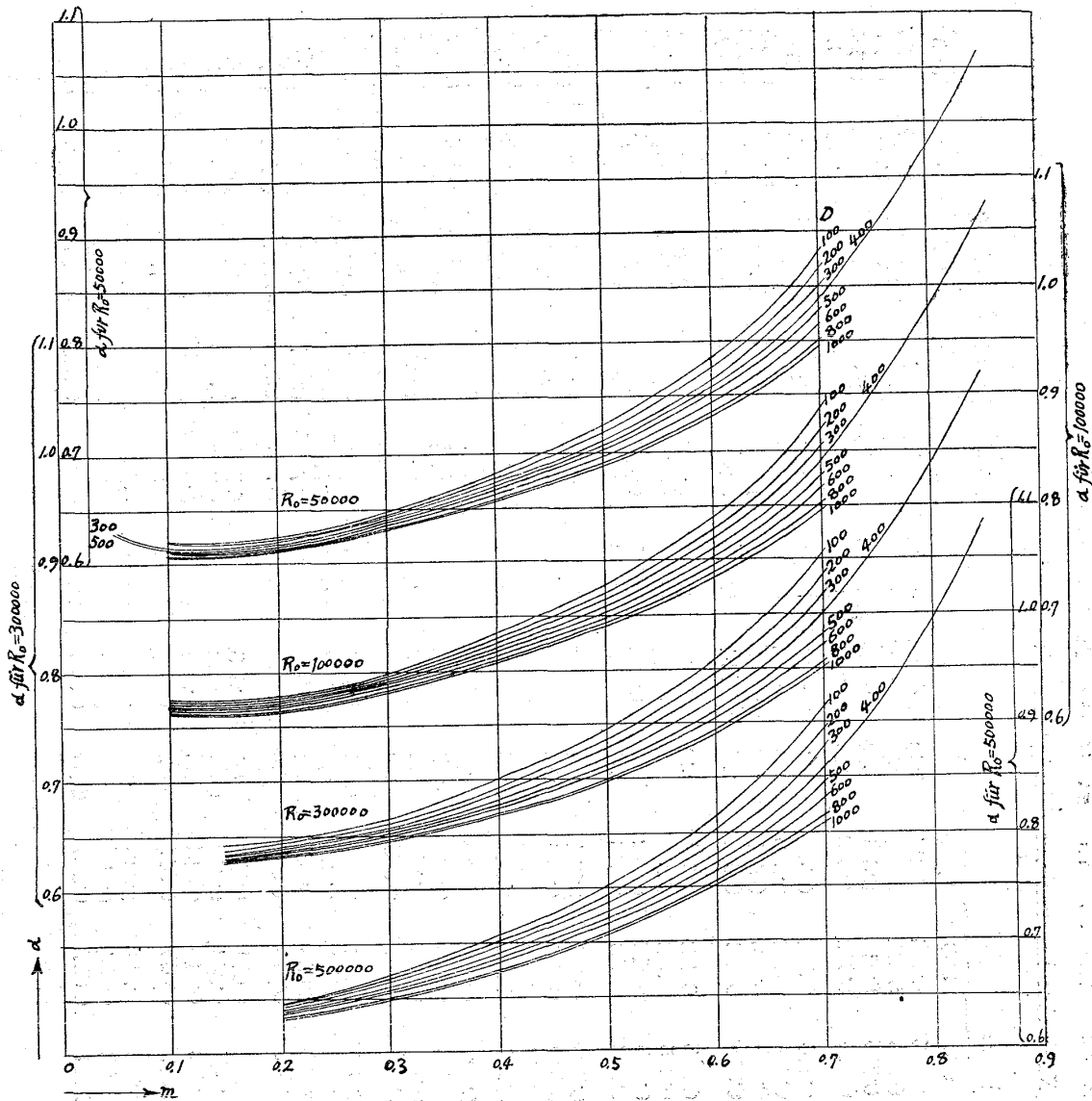
第1表 標準型シューブノツズルの寸法

Düsen Leitung Dmr	Durchflu- Luftmenger von rd late beim Druckballale h=75~250mm W.S.	Länge der abruhd- ungen	Zylindri sche Länge	Schutz höhe	Ganze Düsen länge	Abrvn dungs halb messer	Auspa- rungen		Auszer Mündvngs Dmr	Dusen- flansch Dicke		Wand- stärken b. z. w. Absland	Ringnuten			Senk- rechte Anboh- rvngen
							d ₁	d ₂		D ₁	S		P	h	i	
10	10-18	9	1	16	26	14	5	14	22	80	26	—	3	5	4	3
12	14-26	10	1	15	26	17	6	16	26	85	26	—	—	—	—	—
14	20-35	12	1	13	26	20	7	18	30	90	26	—	—	—	—	—
17	29-52	14	1	11	26	24	9	22	34	97	26	—	—	—	—	—
20	40-73	19	1	8	26	28	10	26	36	105	26	—	—	—	—	—
24	58-105	21	1	5	26	34	12	30	36	115	26	—	—	—	—	—
28	78-142	24	1	3	28	39	14	34	38	125	28	—	—	—	5	—
34	115-210	29	1	3	33	48	17	40	44	140	28	—	—	—	—	—
40	160-290	34	1	3	38	56	20	46	50	158	28	—	—	6	—	—
45	200-370	38	1	3	42	63	22	52	56	172	28	—	—	—	—	—
50	250-450	43	1	3	46	70	25	58	62	188	28	—	—	—	—	—
60	360-650	51	1	3	55	84	30	68	72	215	28	—	—	—	—	—
70	490-900	59	1	3	63	95	35	78	82	245	29	—	4	7	—	—
80	640-1,160	68	1	3	72	112	40	88	92	270	29	—	—	—	—	—
90	810-1,500	76	1	3	80	126	45	98	102	295	29	—	—	—	—	—
100	1,000-1,800	84	1	3	88	140	50	108	112	320	29	—	—	—	—	—
120	1,400-2,600	101	2	4	107	168	60	128	132	375	29	—	—	—	—	—
140	2,000-3,500	118	2	4	124	196	70	148	152	435	30	—	—	—	—	4
170	2,900-5,200	144	2	4	150	238	85	178	182	515	—	—	—	—	—	—
200	4,000-7,300	169	2	4	175	280	100	210	216	590	—	—	—	—	—	—
240	5,800-10,500	203	3	5	211	336	120	250	256	690	—	—	—	—	—	—
280	7,800-14,200	236	3	5	244	392	140	290	296	795	—	—	—	—	—	—
340	11,500-21,000	281	3	5	295	476	170	350	356	950	—	—	—	—	—	—
400	16,000-29,000	338	3	5	346	560	200	410	416	1,100	—	—	—	—	—	5
450	2,000-37,000	380	4	6	390	630	225	460	468	1,235	—	—	—	—	—	—
500	25,000-45,000	422	4	6	432	700	250	510	518	1,360	—	—	—	—	—	—
600	36,000-65,000	507	4	6	516	840	300	610	618	1,610	—	—	—	—	—	—
700	49,000-90,000	591	5	7	603	980	350	710	720	1,860	—	—	—	—	—	—
800	64,000-116,000	676	5	7	688	1,120	400	810	820	2,110	—	—	—	—	—	—
900	81,000-150,000	760	5	7	772	1,260	450	910	920	2,360	—	—	—	—	—	—
1,000	100,000-1,800,000	844	6	8	858	1,400	500	1,010	1,020	2,610	—	—	—	—	—	—

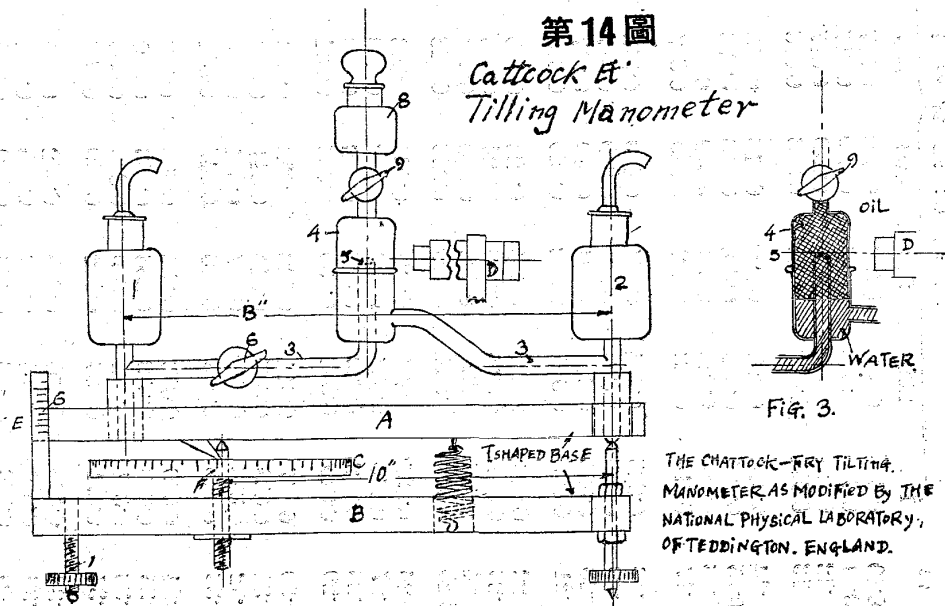
第 2 表 流動係數 α° の値 $R_0 = 10,000$
 (Nach den Kurven von Kretschmer und Jock)

m	瓦斯輸送管の内徑 mm										m	瓦斯輸送管の内徑 mm									
	100	200	300	400	500	600	800	1,000	100	200		300	400	500	600	800	1,000				
0.10	0.625	0.623	0.621	0.619	0.617	0.615	0.613	0.611	0.609	0.607	0.605	0.603	0.601	0.599	0.597	0.595					
0.11	0.625	0.623	0.621	0.619	0.617	0.615	0.613	0.611	0.609	0.607	0.605	0.603	0.601	0.599	0.597	0.595					
0.12	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598	0.596	0.594					
0.13	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598	0.596	0.594					
0.14	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598	0.596	0.594					
0.15	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598	0.596	0.594					
0.16	0.625	0.623	0.621	0.619	0.617	0.615	0.613	0.611	0.609	0.607	0.605	0.603	0.601	0.599	0.597	0.595					
0.17	0.615	0.623	0.621	0.619	0.617	0.615	0.613	0.611	0.609	0.607	0.605	0.603	0.601	0.599	0.597	0.595					
0.18	0.625	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598	0.596					
0.19	0.625	0.623	0.621	0.619	0.617	0.615	0.613	0.611	0.609	0.607	0.605	0.603	0.601	0.599	0.597	0.595					
0.20	0.625	0.623	0.621	0.619	0.617	0.615	0.613	0.611	0.609	0.607	0.605	0.603	0.601	0.599	0.597	0.595					
0.21	0.627	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598	0.596					
0.22	0.629	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600	0.598					
0.23	0.631	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602	0.600					
0.24	0.633	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604	0.602					
0.25	0.635	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606	0.604					
0.26	0.637	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608	0.606					
0.27	0.640	0.637	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610	0.608					
0.28	0.642	0.639	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612	0.610					
0.29	0.645	0.642	0.639	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612					
0.30	0.647	0.644	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616	0.614	0.612					
0.31	0.650	0.647	0.644	0.641	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618	0.616					
0.32	0.653	0.650	0.647	0.644	0.641	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620	0.618					
0.33	0.656	0.653	0.650	0.647	0.644	0.641	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622	0.620					
0.34	0.659	0.656	0.653	0.650	0.647	0.644	0.641	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624	0.622					
0.35	0.663	0.659	0.656	0.653	0.650	0.647	0.644	0.641	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628	0.626	0.624					
0.36	0.661	0.662	0.659	0.656	0.653	0.650	0.646	0.644	0.642	0.640	0.638	0.636	0.634	0.632	0.630	0.628					
0.37	0.671	0.666	0.662	0.659	0.656	0.652	0.649	0.647	0.645	0.643	0.641	0.639	0.637	0.635	0.633	0.631					
0.38	0.695	0.670	0.665	0.662	0.650	0.655	0.651	0.649	0.647	0.645	0.643	0.641	0.639	0.637	0.635	0.633					
0.39	0.679	0.674	0.699	0.655	0.662	0.658	0.654	0.652	0.650	0.648	0.646	0.644	0.642	0.640	0.638	0.636					
0.40	0.683	0.678	0.673	0.669	0.665	0.661	0.657	0.655	0.653	0.651	0.649	0.647	0.645	0.643	0.641	0.639					

第 12 圖 開口比 m と流動係數 α との關係

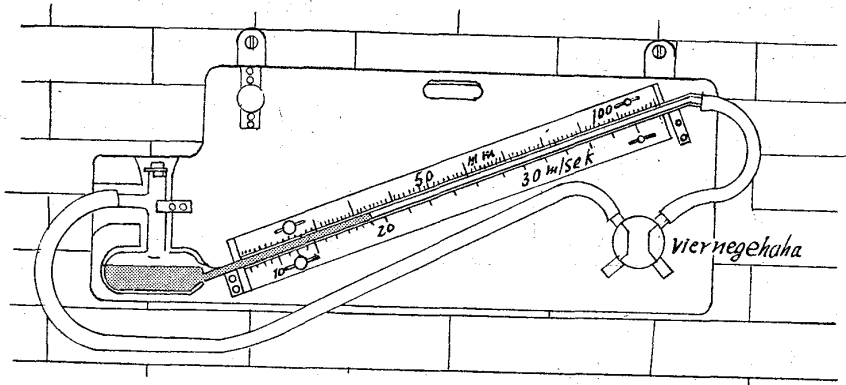


第 14 圖
Cattock Et
Tilling Manometer

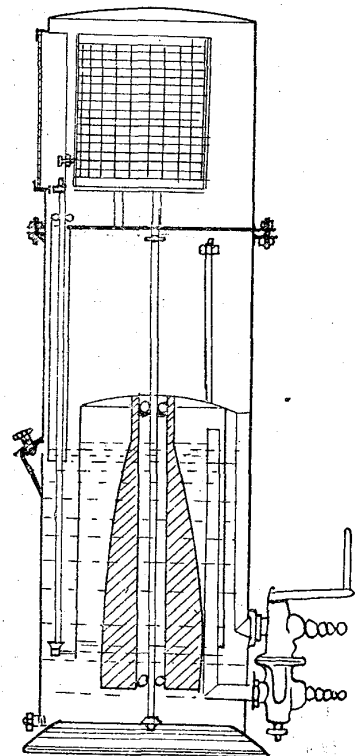


THE CHATCOCK-FRY TILTING MANOMETER AS MODIFIED BY THE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY, OF TEDDINGTON, ENGLAND.

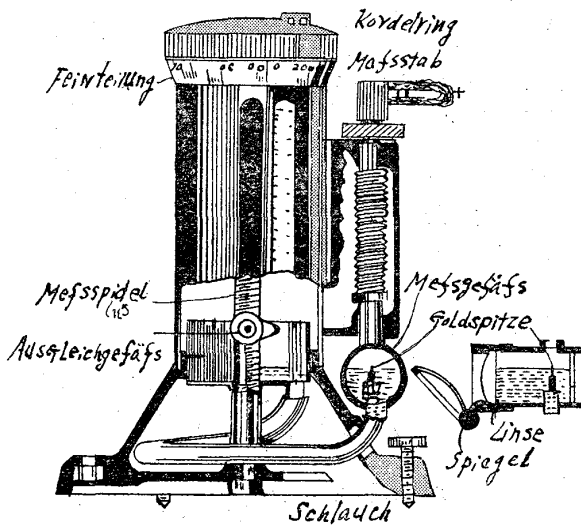
第13圖 傾斜マンメーター



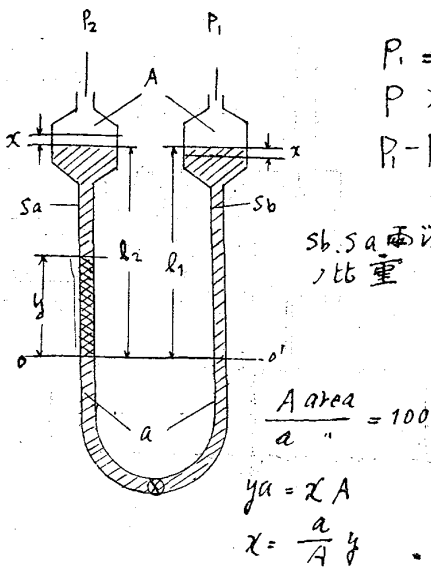
第17圖 潜水鐘型計量器 (Hydrostat)



第15圖 水柱之マンメーター (Askania Werke)



第16圖 示差壓力計



0~0' 実, 压力

$$P_1 = P_2 + \rho g h$$

$$P_1 + \rho g (l_1 - x) s_b = P_2 + \rho g (l_2 - y + x) s_a$$

$$P_1 - P_2 = \rho g h \therefore P = y (s_b - s_a) + x s_a + x s_b$$

$$= y (s_b - s_a + \frac{a}{A} s_a + \frac{a}{A} s_b)$$

$$= y \left\{ \frac{(A+a)}{A} s_b - \frac{(A-a)}{A} s_a \right\}$$

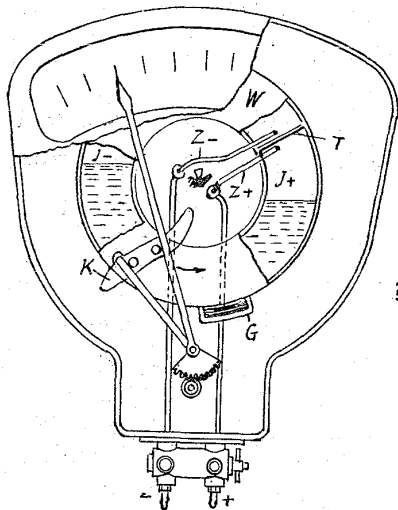
$$= y \left\{ \left(1 + \frac{a}{A}\right) s_b - \left(1 - \frac{a}{A}\right) s_a \right\}$$

$$= y \left\{ (1 + 0.01) s_b - (1 - 0.01) s_a \right\}$$

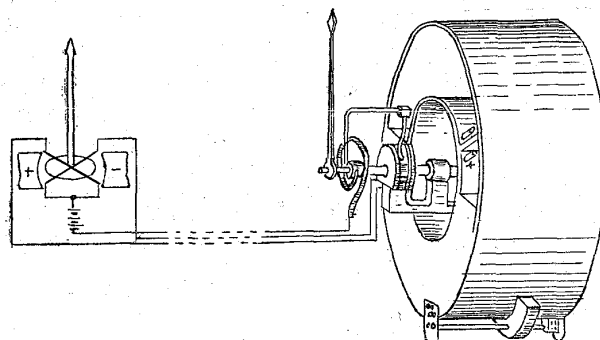
今 $P_1 - P_2$ が高 + W, 水柱 = 等計スル

$$\frac{h}{W} = \frac{1}{(1 + 0.01) s_b - (1 - 0.01) s_a}$$

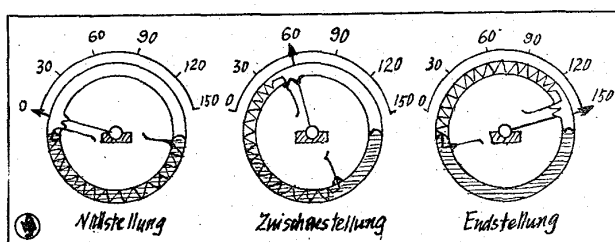
第18圖 輪環型流量計
ハルトマン・ブラウン型



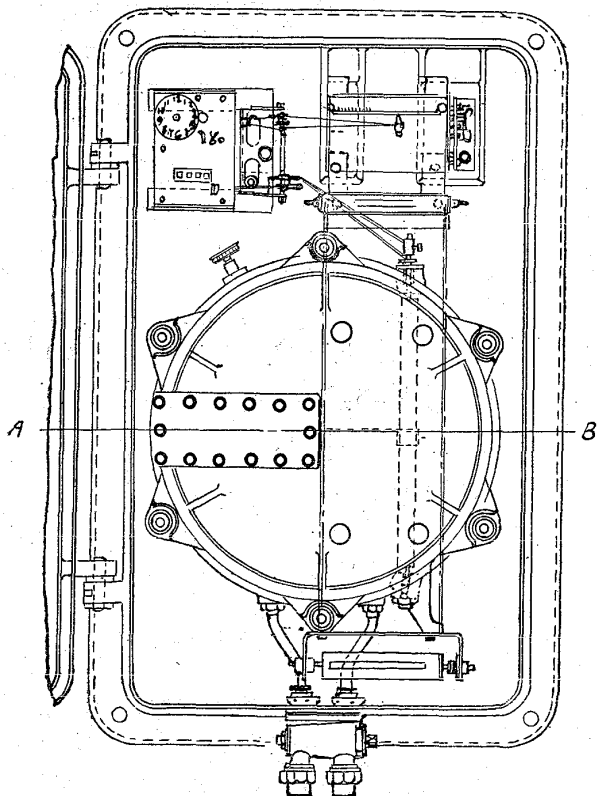
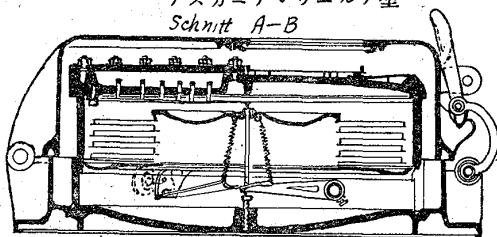
第18a圖 輪環型計量器の電氣的指示方法
ハルトマン・ブラウン型



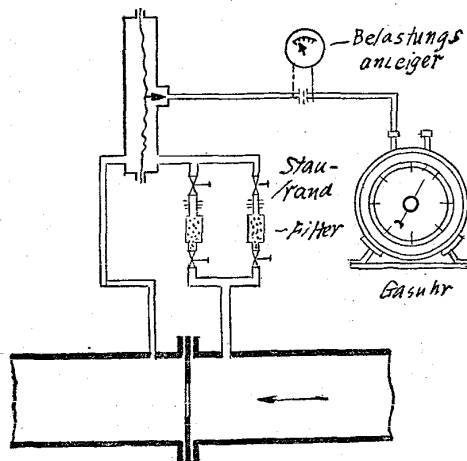
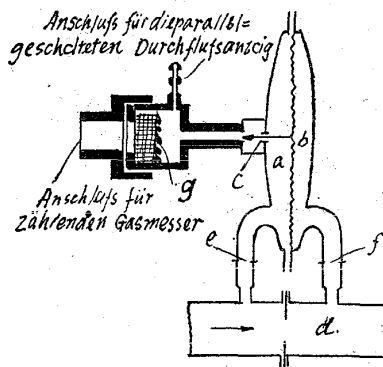
第18b圖 同上シーメンス・ハルステケ型



第19圖 隔膜型計量器
アスカニア・ウエルケ型
Schnitt A-B



第20圖 分流型計量器
マスカニア・ウエルケ型



瓦斯中の水分關係

第3表 (其の1) 符號の説明

(符號中の、附せるものは濕氣を)
含める状態を意味する例 $\gamma'f'$

符號	單位	説明	種別	公式	單位	公式番號	摘要
			永久瓦斯	$\frac{PV}{T} = R = \frac{62.3}{m}$		1	m · 分子量 v · 分子容量 22.4l
			永久瓦斯	$\frac{PV}{T} = R = \frac{P_1 V_1}{T}$		2	
f	g/Nm ³ tr	乾燥瓦斯 1m ³ 中の濕氣重量	永久瓦斯	$V_1 = V \frac{PT_1}{P_1 T}$		3	
f.vol	Nm ³ /Nm ³ tr 又は%	乾燥瓦斯 1m ³ の濕氣容量	永久瓦斯	$\varphi = \frac{760}{P} \frac{1}{\varphi} = \frac{P}{760}$		4	
f'	g/Nm ³ f	含濕瓦斯 1m ³ 中の濕氣重量	含濕瓦斯	$f = f_{vol} \times 0.804 \times 1,000 =$ $804f_{vol}$	g/Nm ³ tr	5	
f'.vol	Nm ³ /Nm ³ f 又は%	含濕瓦斯 1m ³ の濕氣容量	含濕瓦斯	$f' = 804f'_{vol}$	g/Nmf	6	
Z	m ³ /m ³ f	任意状態に於ける含濕瓦斯 1m ³ 中の濕氣重量	含濕瓦斯	$f = \frac{f'}{1-f'_{vol}} = \frac{f'}{1-\frac{f'}{804}}$	g/Nm ³ f	7	
s	係數	飽和状態の意味即ち $\varphi = 1$	含濕瓦斯	$f_{vol} = \frac{f'_{vol}}{1-f'_{vol}}$	Nm ³ /Nm ³ fr	8	
d	"	不飽和状態の意味即ち $\varphi < 1$	含濕瓦斯	$f' = \frac{f}{1+f_{vol}} = \frac{f}{1+\frac{f}{804}}$	g/Nm ³ f	9	
o	"	標準状態の意味	含濕瓦斯	$f'_{vol} = \frac{f_{vol}}{1+f_{vol}}$	Nm ³ /Nm ³ f	10	
w	"	水蒸氣の意味	濕度	$\varphi = \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$	%	11	
v	"	燃燒状態の意味	濕度	$\varphi = \frac{f'}{f'_s} = \frac{f'_{vol}}{f'_{vol_s}}$	"	12	
y	—	Relative-fumidty	濕度	$\varphi = \frac{P_d}{P_s}$	"	13	
P	mm(水銀柱)	絶對壓力又は混合瓦斯壓力	分壓並に混合瓦斯壓力	$P \text{ 水蒸氣} + P \text{ 瓦斯} = P \text{ 混合瓦斯}$ $P_d + P_g = P$		14	
b	"	バロメータ示度(0°C に換算して)	分壓並に混合瓦斯壓力	$Z = \frac{P_d}{P}$	%	15	
Pü	又 mm(水銀柱) (水柱) 超過壓力		分壓並に混合瓦斯壓力	$f'_{vol} = \frac{P_s}{760}$	Nm ³ /Nm ³ f	16	飽和状態のとき
γ	kg/m ³	任意状態に於ける瓦斯 1m ³ の重量	分壓並に混合瓦斯壓力	$Z = \frac{\varphi \cdot P_s}{P}$	%	17	(13)(15より)
v	m ³ /kg	1kg の瓦斯任意の状态に於ける容量	分壓並に混合瓦斯壓力	$K = 1 - Z = 1 - \varphi f'_{vol}$	Nm ³ + tr / Nm ³ f	18	
V	m ³ 又は m ³ /h	任意の状态に於ける瓦斯容量或は壓力流量	分壓並に混合瓦斯壓力	$K = 1 - f'_{vol}$	"	19	
t	°C	溫度	含濕瓦斯の比重	$\gamma'_0 = \frac{\gamma_0 + f}{1 + f_{vol}} = \frac{\gamma_0 + f}{1 + \frac{f}{804}}$	kg/Nm ³ f	20	γ_0 は瓦斯分 析より知り得 f かしれると き
T	°K	絶體溫度	含濕瓦斯の比重	$\gamma' = 0.36 \gamma'_0 \frac{P}{T}$	kg/Nm ³ f	21	
t	°C	露點即ち飽和溫度	含濕瓦斯の比重	$\therefore \gamma' = \gamma'_0 \frac{T_0 P}{T P_0} = \gamma'_0 \frac{273}{760} \frac{P}{T}$		22	(Z) は (17) より f' は (9) より 求められる
H ₀	Kcal/m ³ 又は Kcal/kg	總發熱量					
H _u	Kcal/m ³ 又は Kcal/kg	眞發熱量					
q	—	變換係數 = $\frac{P_1}{P_2} \frac{T_2}{T_1}$					
φ	—	變換係數 = $\frac{760}{P}$					
W _b	kg/Nmtr 又は kg/kgtr	乾燥瓦斯 1m ³ 中又は 1kg 中の水分量					
W _r	kg/Nmtr kg/kgtr	乾燥瓦斯 1m ³ 中又は 1kg 中の燃燒水量					
i''	Kcal/kg	熱含量					
cp	Kcal/Nm ³ °C Kcal/kg°C	同一瓦斯壓力に於ける比熱					

(其の3)

種別	公式	單位	公式番號	要 摘
含濕瓦斯 流量の換算 (瓦斯流 量測定の 項参照)	$V_0 = 0.36(1-z) \frac{P}{T} V'$	$Nm^3tr.$	23	固定流量計の補正普通は t. p. の時の流量 V' を示す
	$= 0.36(1-\phi f_{vol}) \frac{P}{T} V'$		23a	之れを乾燥瓦斯標準狀況に換算す
	$V_0 = 1.05 \times 0.6D^2(1-z) \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0'}}$	$\frac{Nm^3tr}{h}$	24	ピトー管による補正
	$= 1.05D^2(1-z) \sqrt{\frac{\gamma'}{\gamma_0'}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0'}}$		24a	
		$V_0 = 1.25 \times 0.6\alpha d^2(1-z) \sqrt{\frac{P}{T}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0'}}$	$\frac{Nm^3tr.}{h}$	25
	$= 1.25\alpha d^2(1-z) \sqrt{\frac{\gamma'}{\gamma_0'}} \sqrt{\frac{h}{\gamma_0'}}$	25a		$V_0 = V' \frac{\gamma'}{\gamma_0'}$ $V_0 = (1-z)V_0'$ } より $\frac{P-Pd}{P} = \frac{Pg}{P}$
	$= 0.45\alpha d^2 \frac{P-P\alpha}{T} \sqrt{\frac{h}{\gamma'}}$		25b	$\therefore V_0 = V' \frac{T_0(P-P\alpha)}{TP_0} = V' \frac{273}{760} \frac{P-P\alpha}{T}$
含濕瓦斯 の發熱及 凝縮	蒸發に際し水蒸氣の得たる熱量 = 含濕瓦斯の失へる熱量 + 水の失へる熱量 $\Delta f(i_1'' - t_w) = (cp + f_1 0.46)(t_g - t_g') + w(w - t_w')$	$\frac{Kcal.}{Nm^3tr.}$	26	蒸發の場合 Δ 蒸發したる水の量 t_w' 初の水の溫度 t_w'' 後の " " t_g 初めの瓦斯の溫度
	凝縮せる水蒸氣の放出せる熱量 = 冷却水の得たる熱量 - 瓦斯濕度の失へる熱 $\Delta f(i'' - t_w) = w(t_w' - t_w) - (cp + f_1 0.46)(t_g - t_g')$	$\frac{Kcal.}{Nm^3tr.}$	26a	凝縮の場合 t_g' 後の瓦斯溫度 cp 乾燥瓦斯の比熱 0.46 水蒸氣の比熱 ($Kcal/kg$) t 初めの瓦斯濕度 (g/Nm^3tr) w 乾燥瓦斯 $1 m^3$ に對する水量 i'' $t_g^\circ C$ に於ける水蒸氣の熱含量
	+ 蒸發熱量 = 瓦斯減熱量 ± 水の増減熱量 - 凝縮熱量 $\pm \Delta f i'' = cp \Delta t_g \pm w_s t_w$			一般式
	$H_u' = H_0' - r(w_f + w_v)$	$\frac{Kcal.}{Kgf}$	27	瓦斯中に水滴を含む場合 H_u' 含濕瓦斯の眞發熱量 H_0' 同上 r 水の蒸發熱量 $595 cal/kg.$ w_f 乾燥瓦斯の $kg.$ 中に含まれたる液狀の水量 ($kg.$) w_v 同上 燃燒水量 ($kg.$)
含濕瓦斯 の蒸發量	$H_u = H_0 - 595w_v$	$\frac{Kcal.}{Nm^3tr.}$	28	乾燥瓦斯の場合 w_r 乾燥瓦斯 $1 Nm^3$ 中の燃燒水量 $kg.$
	$H_0 + 595w_r = H_u + 595(w_r + w_v)$	$\frac{Kcal.}{Nm^3tr.}$	29	瓦斯中に水蒸氣を含む場合 w_r 乾燥瓦斯 $1 m^3$ 中の水蒸氣の重量 $kg/Nm^3tr.$
	$H = H_k = H(1-z)$ $= H(1-f'_{vol}\phi)$	$\frac{Kcal.}{Nm^3tr.}$	30	H' 含濕瓦斯の總發熱量 H 乾燥 " " $K = (1-z)$
溫度計の 計算	$f = \frac{f_{s1}\gamma_1 - cp(t - t_1)}{i'' - t_1}$ 但し $(t - t_1) = \left(\frac{t - t_1}{0.97}\right)$	$\frac{kg}{Nm^3tr.}$	31	乾濕寒暖計の場合 t_1 乾性寒暖計のよみ t_1' 濕性 " " t_1' 同 眞溫度 t_{s1} t_1 の時飽和蒸氣量 γ_1 水の蒸發熱量 第 23 圖参照

$$f = 804 \frac{P_d}{P - P_d}$$

但し $(P_d = P - (P_1 - P_{s1}) \frac{T}{T_1})$

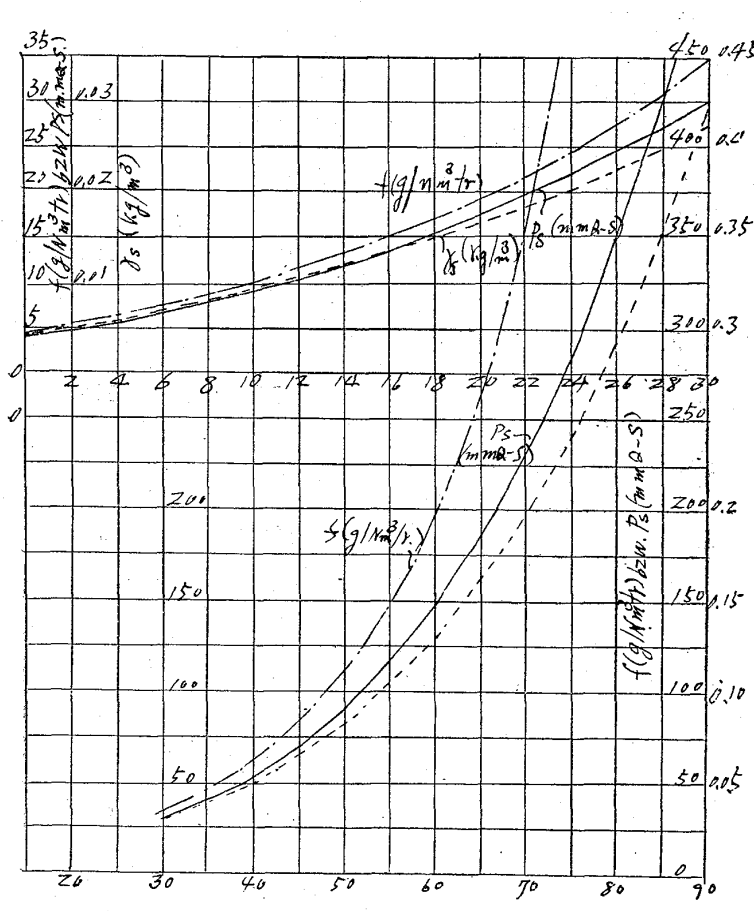
$$\frac{g}{Nm^3tr.}$$

32 壓力溫度法による場合
 P. 最初の瓦斯壓力 m.m 水柱
 P_d 蒸氣壓
 T. 溫度(絶體)
 P₁ 冷却せるときの瓦斯壓力
 P_{s1} 同上飽和蒸氣壓力
 T₁ 絶體の溫度

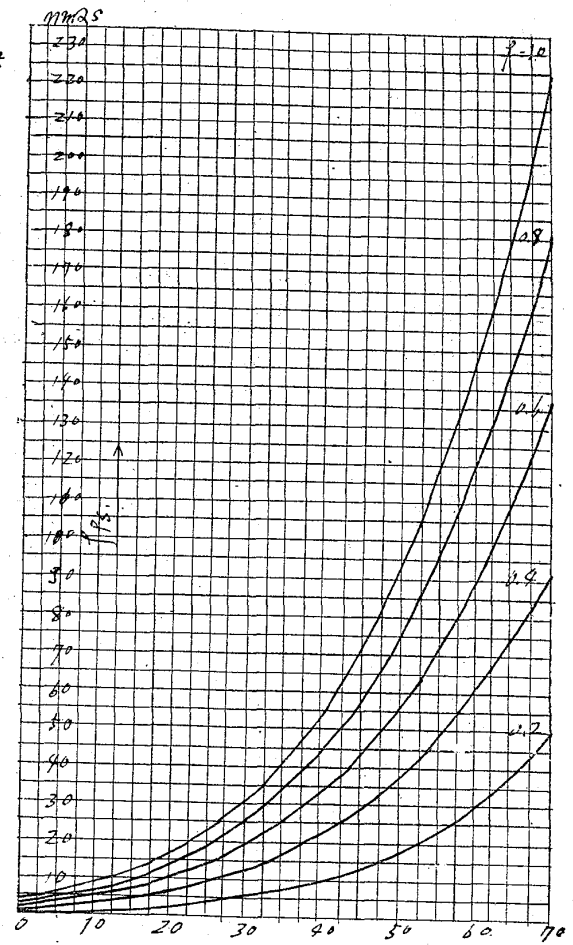
瓦斯の比熱表 cp.

空氣	cp.	0.312	$\frac{Kcal}{Nm^3tr^\circ C}$
鑄鐵爐瓦斯	"	0.320	
骸炭爐 "	"	0.335	
水蒸氣	"	0.460	

水の蒸發熱量 = $\gamma = 595 Kcal/kg.$



第 23 圖 Sättigungstemperatur in °C
 Darstellung des Feuchtig Keitsgehaltes f (g/Nm³tr) beim Gemischdruck p₀=760mm. Q-S in Abhängigkeit von der Sättigungstemperatur bei voller Sättigung Weiter. Sind die Kurven des Sättigungsdruckes P_s mm Q-S. und des Raumgewichtes des Wasserda mptes_s kg/m³ eingetragen.



第 22 圖 Sättigungskurven für Wasserdampftf.

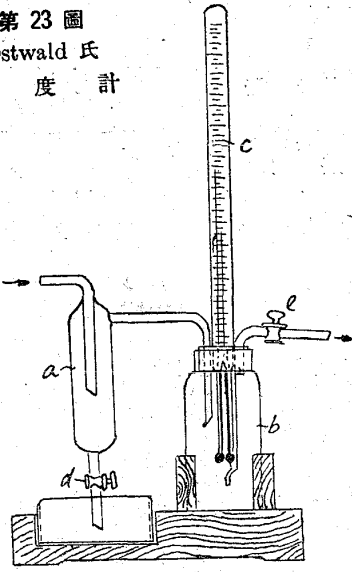
第4表 飽和瓦斯中の蒸氣壓、濕度及び熱含量表 (0°C~100°C) (其1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
溫度	蒸氣壓 (含濕瓦斯の 蒸氣分壓)	濕度 任意の状態に於 ける即ち t_s, P_s に於ける水蒸氣 の含有量	乾燥瓦斯 1 m ³ 中	含濕瓦斯 1 m ³ 中	乾燥瓦斯 1 m ³ 中	含濕瓦斯 1 m ³ 中	熱含量	乾燥瓦斯 1 m ³ 中の 水蒸氣の 熱含量	乾燥瓦斯 1 m ³ 中の 熱含量	含濕瓦斯 1 m ³ 中の 熱含量
t_s °C	P_s mm.(水銀柱)	γ_s g./m ³	f_s g./Nm ³ tr	$f_{vol.s}$ Nm ³ /Nm ³ tr	f_s "	$f'_{vol.s}$ "	i'' Kcal/kg	f_{si}'' Kcal/Nm ³ tr	$f_{si}'' + cp.t_s$ Kcal/Nm ³ tr	$f_{si}'' + (1-f'_{vol.s})cp.t_s$ Kcal/m ³
0	4.58	4.84	4.0	.0060	4.80	0.0060	595.0	2.9	2.9	2.9
1	4.90	5.20	5.2	.0065	5.20	.0065				
2	5.30	5.60	5.6	.0070	5.60	.0070				
3	5.70	6.00	6.1	.0076	6.10	.0076				
4	6.10	6.40	6.6	.0082	6.50	.0081				
5	6.50	6.84	7.0	.0087	6.90	.0086	597.3	4.2	5.8	5.7
6	7.00	7.30	7.5	.0093	7.40	.0072				
7	7.50	7.80	8.1	.0101	8.00	.0100				
8	8.00	8.30	8.8	.0107	8.50	.0106				
9	8.60	8.80	9.2	.0114	9.10	.0113				
10	9.20	9.40	9.8	.0122	9.70	.0121	599.6	5.9	9.1	9.0
11	9.80	10.00	10.5	.0130	10.40	.0129				
12	10.90	10.70	11.3	.0141	11.10	.0138				
13	11.20	11.40	12.1	.0150	11.90	.0148				
14	12.00	12.10	12.9	.0160	12.70	.0158				
15	12.80	12.80	13.7	.0170	13.50	.0168	602.0	8.2	13.0	12.8
16	13.60	13.60	14.7	.0183	14.40	.0179				
17	14.50	14.60	15.7	.0196	15.40	.0192				
18	15.50	15.40	16.7	.0208	16.40	.0204				
19	17.50	16.30	17.9	.0223	17.50	.0218				
20	18.70	17.30	18.9	.0233	18.50	.0230	604.3	11.4	17.8	17.4
21	19.80	18.30	20.3	.0252	19.80	.0246				
22	21.10	19.40	21.5	.0267	20.90	.0264				
23	22.40	20.60	22.9	.0284	22.30	.0277				
24	23.80	21.80	24.4	.0303	23.70	.0294				
25	25.20	23.00	26.0	.0323	25.20	.0313	606.6	15.8	23.8	23.0
26	26.70	24.40	27.6	.0343	26.60	.0331				
27	28.30	25.80	29.3	.0364	28.20	.0351				
28	30.00	27.20	31.3	.0386	29.90	.0372				
29	31.80	28.70	33.0	.0410	31.70	.0394				
30	33.70	30.30	35.1	.0436	32.60	.0418	608.9	21.4	31.0	29.7
31	35.70	32.00	37.3	.0464	35.60	.0433				
32	37.70	34.0	39.6	.0492	37.70	.0469				
33	39.90	35.0	41.9	.0520	39.90	.0496				
34	42.20	37.0	44.5	.0553	42.20	.0525				
35	44.60	39.0	47.3	.0587	44.60	.0555	611.2	28.9	40.1	37.8
36	47.10	41.0	50.1	.0623	47.10	.0585				
37	42.70	44.0	53.1	.0660	49.80	.0619				
38	52.40	46.0	56.3	.0700	52.60	.0655				
39	55.30	48.0	59.5	.0740	55.40	.0689				
40	58.30	51.0	63.1	.0785	58.50	.0726	613.5	38.8	51.6	47.8
41	61.50	53.0	66.8	.0830	61.60	.0766				
42	64.80	56.0	70.8	.0880	65.00	.0808				
43	68.30	59.0	74.9	.0931	68.60	.0854				
44	71.90	62.0	79.3	.0946	72.20	.0898				
45	75.70	65.0	84.0	.1043	76.00	.0945	615.7	51.7	66.0	59.8
46	79.60	68.0	89.0	.1105	80.2	.0998				
47	83.7	72.0	94.1	.1169	84.3	.0104				
48	87.0	75.0	99.5	.1236	88.6	.1102				
49	92.5	79.0	105.3	.1310	93.1	.1158				
50	97.2	83.0	111.4	.1385	97.9	.1218	618.0	68.8	84.8	74.6
51	102.1	86.0	118.	.147	103.	.128				
52	107.2	90.0	125.	.155	108.	0.134				
53	112.5	95.0	132.	.164	113.	.140				
54	118.0	99.0	137.	.173	112.	.147				
55	123.8	104.0	148.	.184	125.	.155	620.2	92.0	110.0	92.4

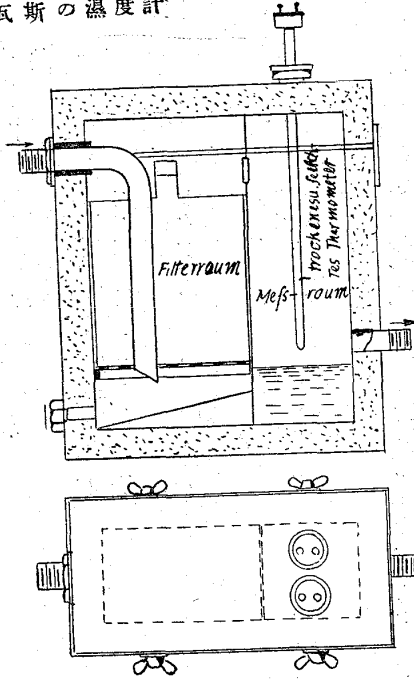
第4表 飽和瓦斯中の蒸氣壓、濕度及び熱含量表 (0°C~100°C) (其2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
溫度	蒸氣壓 (含濕瓦斯の 蒸氣分壓)	濕度 任意の状態に於 ける即ち t_s, P_s に於ける水蒸氣 の含有量	乾燥瓦斯 1 m ³ 中	濕度	含濕瓦斯 1 m ³ 中	熱含量	乾燥瓦斯 1 m ³ 中の 水蒸氣の 熱含量	含濕瓦斯の熱含量 $C_p = 0.32 \text{ Kcal/Nm}^3 \text{tr}^\circ\text{C}$	乾燥瓦斯 1 m ³ 中	含濕瓦斯 1 m ³ 中
t_s °C.	P_s m.m.(水銀柱)	γ_s g/m ³	f_s g/Nm ³ tr	$f_{vol.s}$ Nm ³ /Nm ³ f	"	"	i'' Kcal/kg	f_{si}'' Kcal/Nm ³ tr	$f_{s,i}'' + c_p \cdot t_s$ Kcal/Nm ³ tr	$f_{s,i}'' + (1-f'_{vol.s})$ cp t_s " f
56	129.8	108.0	156.	194	131.	163				
57	136.1	113.0	165.	205	137.	171				
58	142.6	119.0	175.	217	144.	179				
59	149.4	124.0	185.	230	151.	188				
60	163.8	130.0	196.	244	158.	197	622.5	122.0	141.0	114.0
61	163.8	136.0	209.	260	166.	206				
62	171.4	142.0	222.	276	174.	216				
63	179.3	148.0	235.	292	182.	226				
64	187.5	154.0	249.	310	190.	236				
65	196.1	161.0	265.	330	199.	248	624.7	165.0	186.0	140.0
66	205.0	168.0	281.	350	208.	259				
67	214.2	175.0	299.	372	218.	271				
68	223.7	182.0	318.	396	228.	284				
69	233.7	190.0	338.	420	238.	296				
70	243.9	198.0	361.	449	249.	310	626.8	220.0	242.0	172.0
71	254.6	206.0	384.	478	260.	328				
72	265.7	214.0	409.	509	271.	337				
73	277.2	223.0	437.	544	283.	352				
74	289.1	232.0	466.	580	295.	367				
75	301.4	241.0	499.	621	303.	383	629.0	314.0	338.0	209.0
76	314.1	251.0	534.	664	321.	399				
77	327.3	261.0	575.	715	335.	417				
78	341.0	271.0	617.	767	349.	434				
79	355.1	289.0	665.	823	364.	453				
80	369.7	293.0	716.	891	379.	471	631.1	452.0	478.0	253.0
81	384.9	304.0	776.	965	325.	491				
82	400.6	316.0	840.	1045	411.	511				
83	416.8	328.0	915.	1138	428.	532				
84	433.6	340.0	996.	1239	445.	553				
85	450.9	353.0	1092.	1356	463.	576	633.2	693.0	720.0	295.0
86	468.7	367.0	1205.	1499	482.	600				
87	487.1	380.0	1329.	1653	501.	623				
88	506.1	394.0	1480.	1841	521.	648				
89	525.8	409.0	1663.	2068	542.	674				
90	546.1	423.0	1877.	2334	553.	700	635.3	1192.0	1221.0	366.0
91	567.0	439.0	2151.	2675	595.	728				
92	588.6	454.0	2422.	3101	608.	756				
93	610.9	471.0	2935.	3652	631.	785				
94	633.9	487.0	3541.	4405	655.	815				
95	657.6	504.0	4381.	4450	677.	845	637.4	2795.0	2825.0	436.0
96	682.1	522.0	6732.	7131	705.	877				
97	707.3	540.0	8133.	10117	732.	910				
98	733.2	559.0	12813.	17189	760.	945				
99	760.0	578.0	39400.	49000	788.	980				
100	794.3	517.0	∞	∞	816.	1000	639.4	∞	∞	522.0

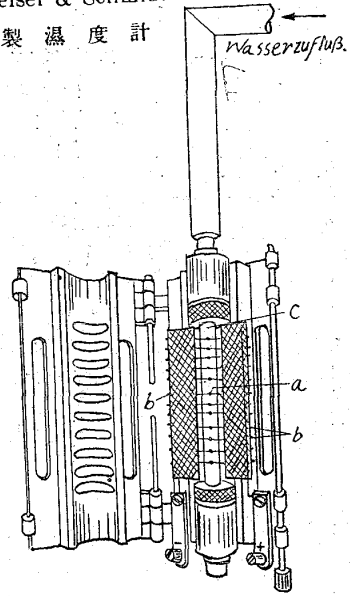
第 23 圖
Ostwald 氏
濕 度 計



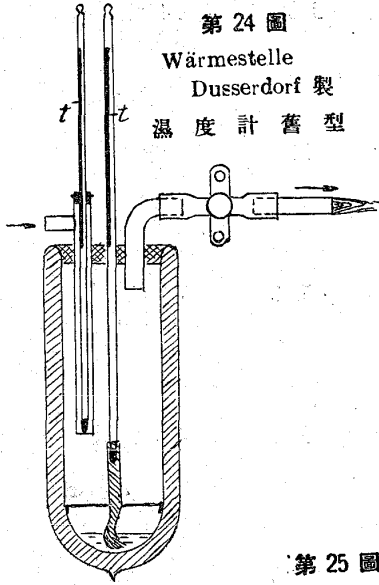
第 26 圖
Horzhausen 氏
瓦 斯 の 濕 度 計



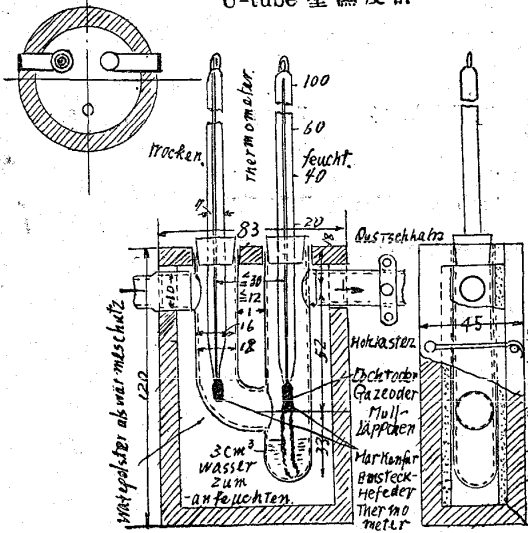
第 27 圖
Keiser & Schmidt
製 濕 度 計



第 24 圖
Wärmestelle
Dusserdorf 製
濕 度 計 舊 型

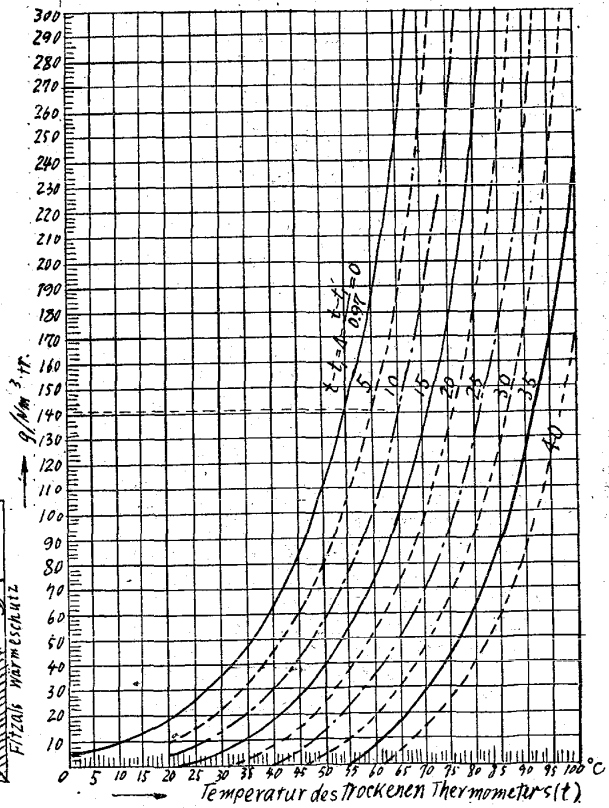


第 25 圖
U-tube 型 濕 度 計

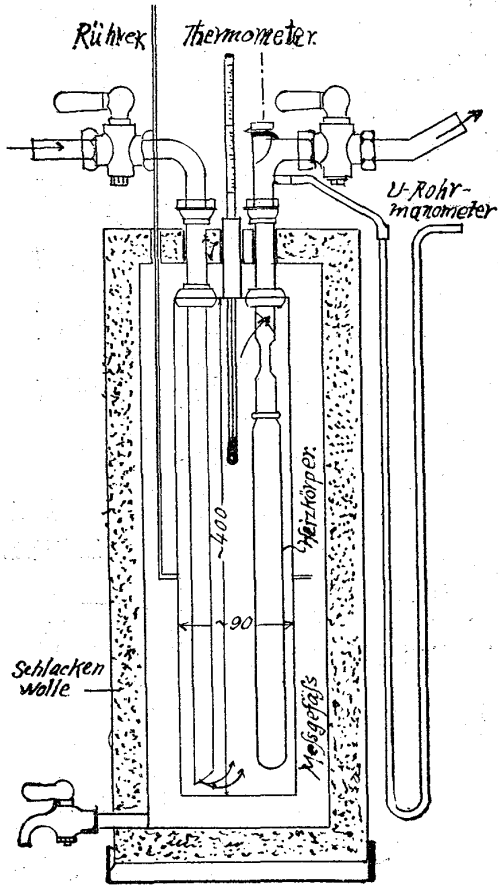


第 28 圖

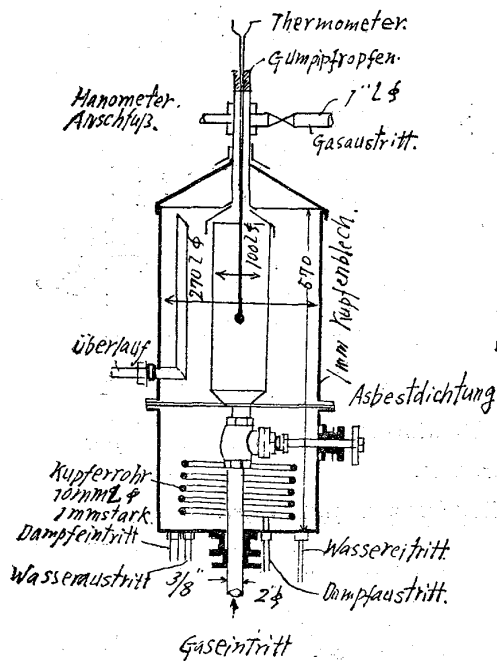
乾 濕 寒 暖 計 に 依 る 濕 度 測 定 用 曲 線



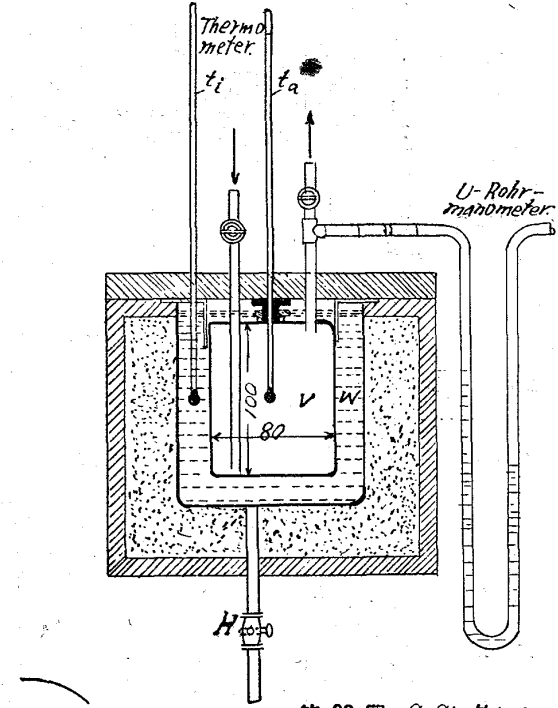
第 29 圖
Nägel 氏 濕度計



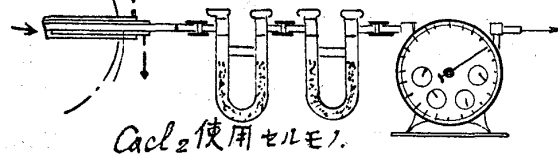
第 31 圖
Gas 用 Maase 氏 濕度計



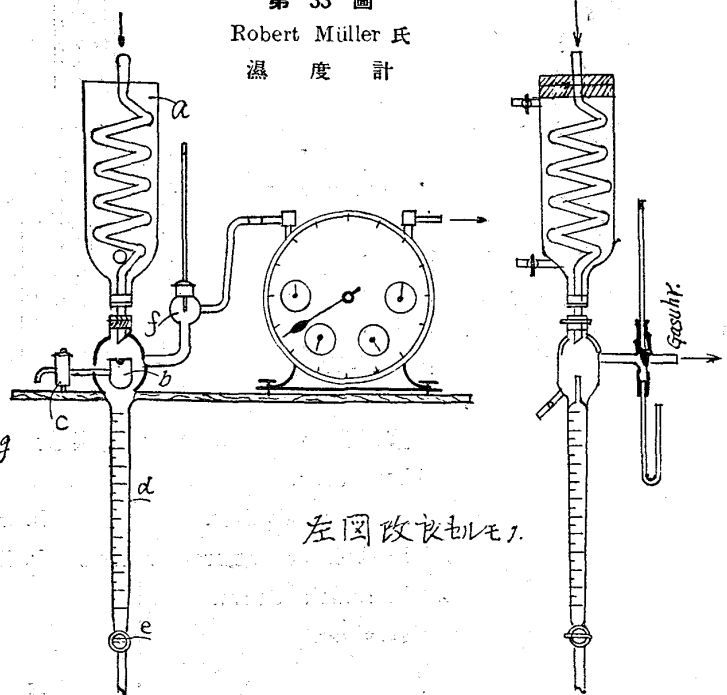
第 30 圖
Thibaut 氏 濕度計



第 32 圖 $CaCl_2$ 管による



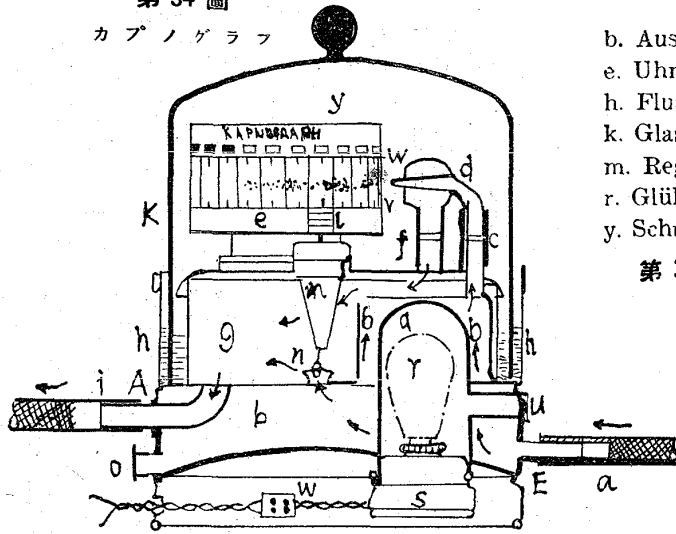
第 33 圖
Robert Müller 氏
濕度計



左圖改良セルモ.

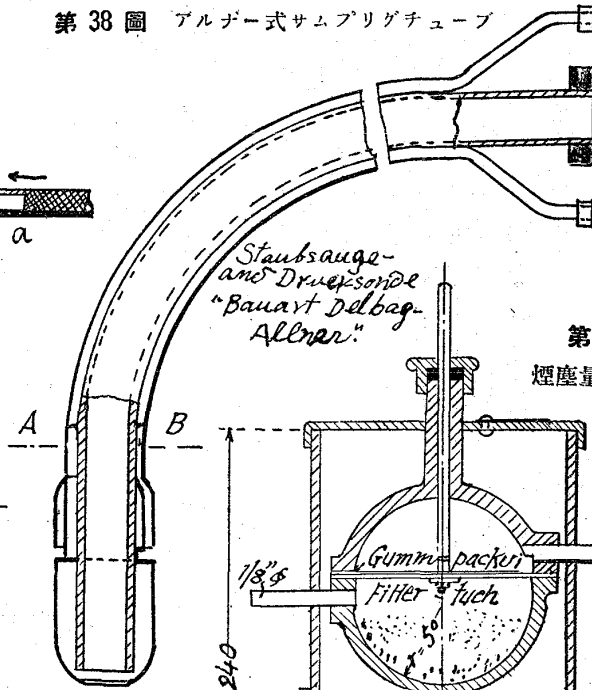
第 34 圖

カブノグラフ

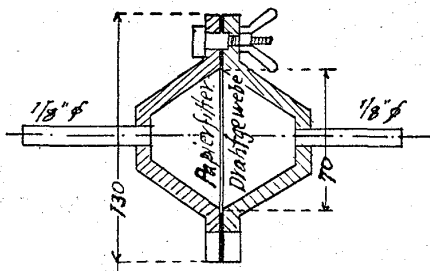


- b. Ausströmdüse.
- e. Uhnverktrommer.
- h. Flüssigkeit be halter.
- k. Glassglocke.
- m. Regler.
- r. Glühlampe.
- y. Schreibraume.
- b. Heizkammer.
- g. Ausstromkommer
- l. Gewicht.
- n. Hochhubventil.
- w. Schreibpakier.

第 38 圖 アルナー式サンプリグチューブ



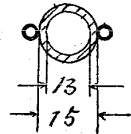
第 36 圖
煙塵量測定装置



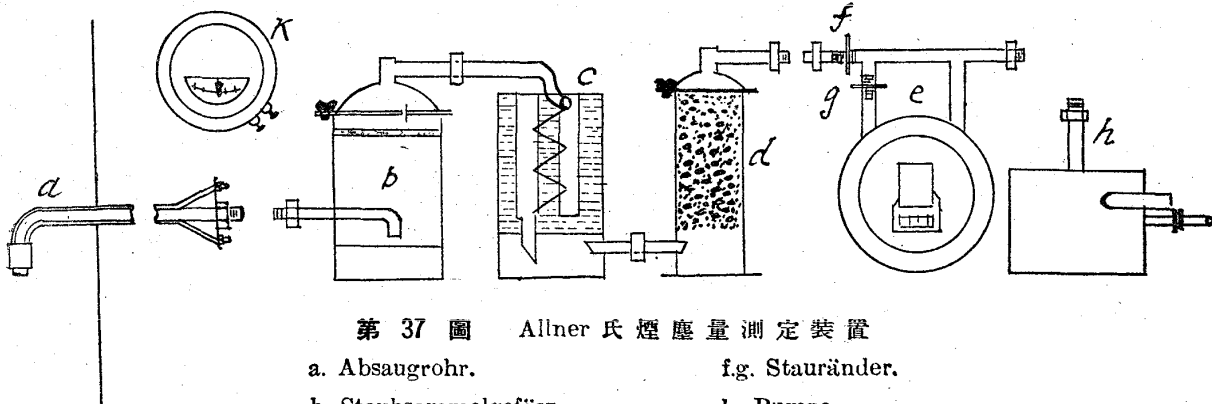
第 35 圖

Martin 氏煙塵測定装置

Schnitt A-B



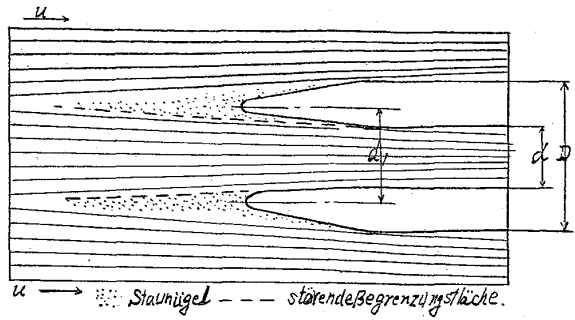
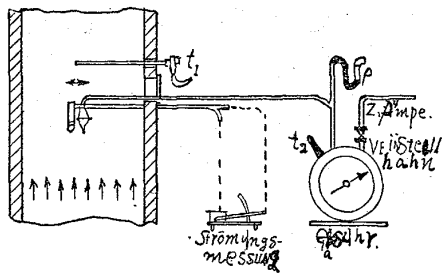
Blechgehäuse mit Asbestdichtung



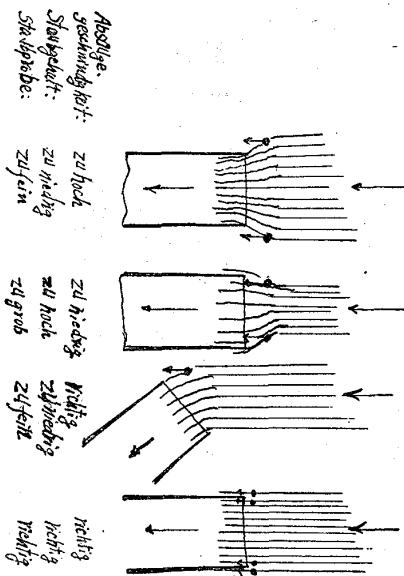
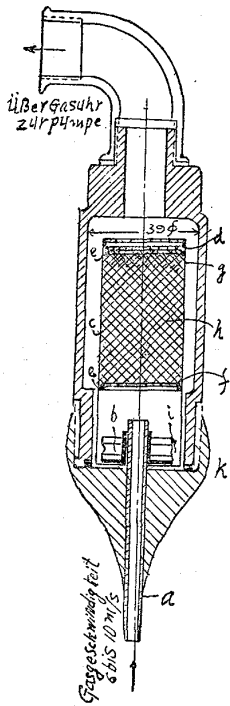
第 37 圖 Allner 氏煙塵量測定装置

- a. Absaugrohr.
- b. Staubsammelgefäß.
- c. Eiskühlter wasserabscheider.
- d. Chlorkalziumturm.
- e. Gaszähler.
- f, g. Stauränder.
- h. Pumpe.
- k. Druckunterschiedmesser.

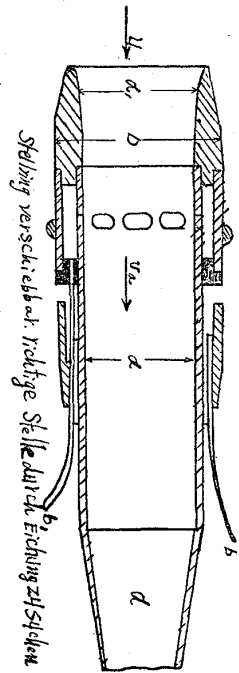
第 39 圖
Zimmermann 氏型



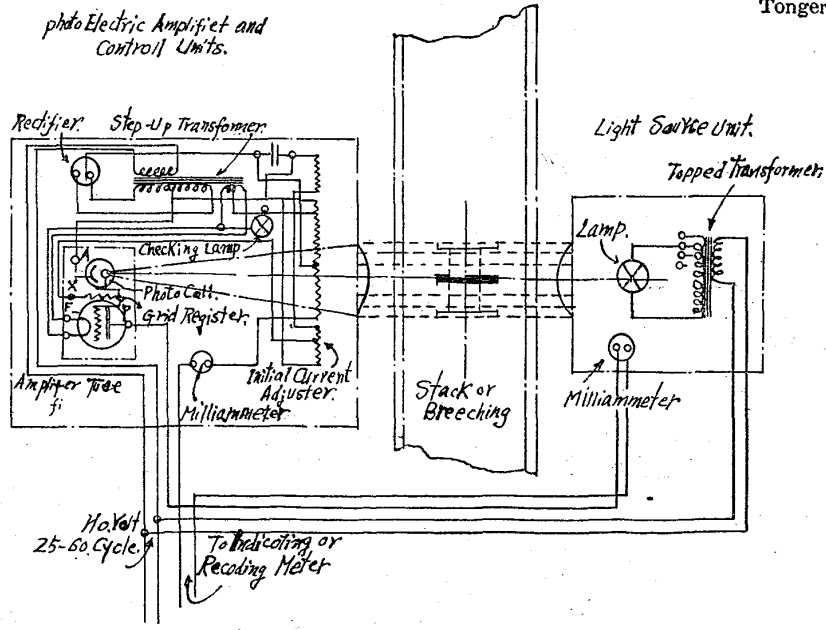
第 40 圖
同上煙塵捕集器



第 42 圖
瓦斯引出速度と煙塵量との關係

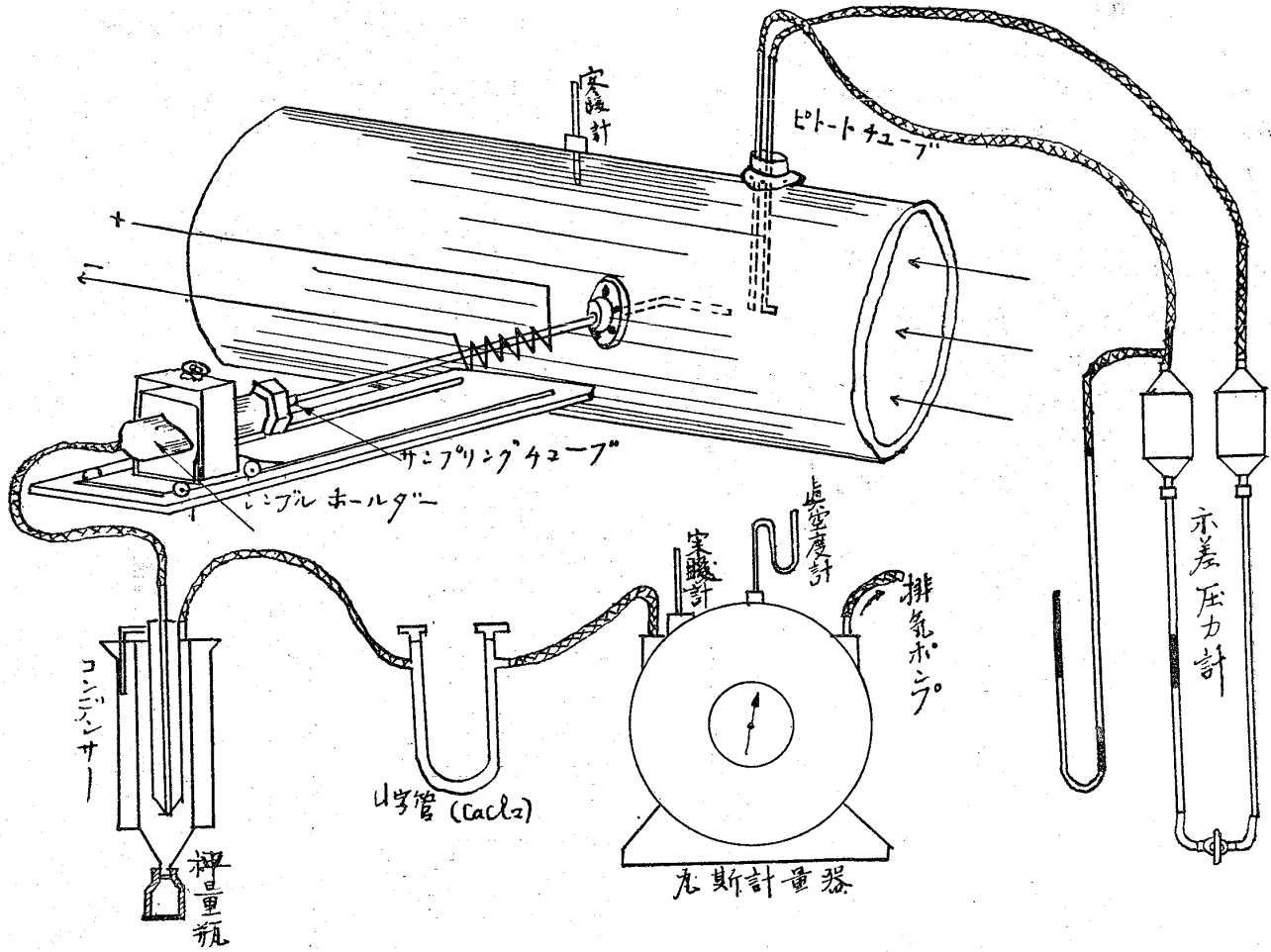


第 41 圖
Tongern 氏サンプリング管

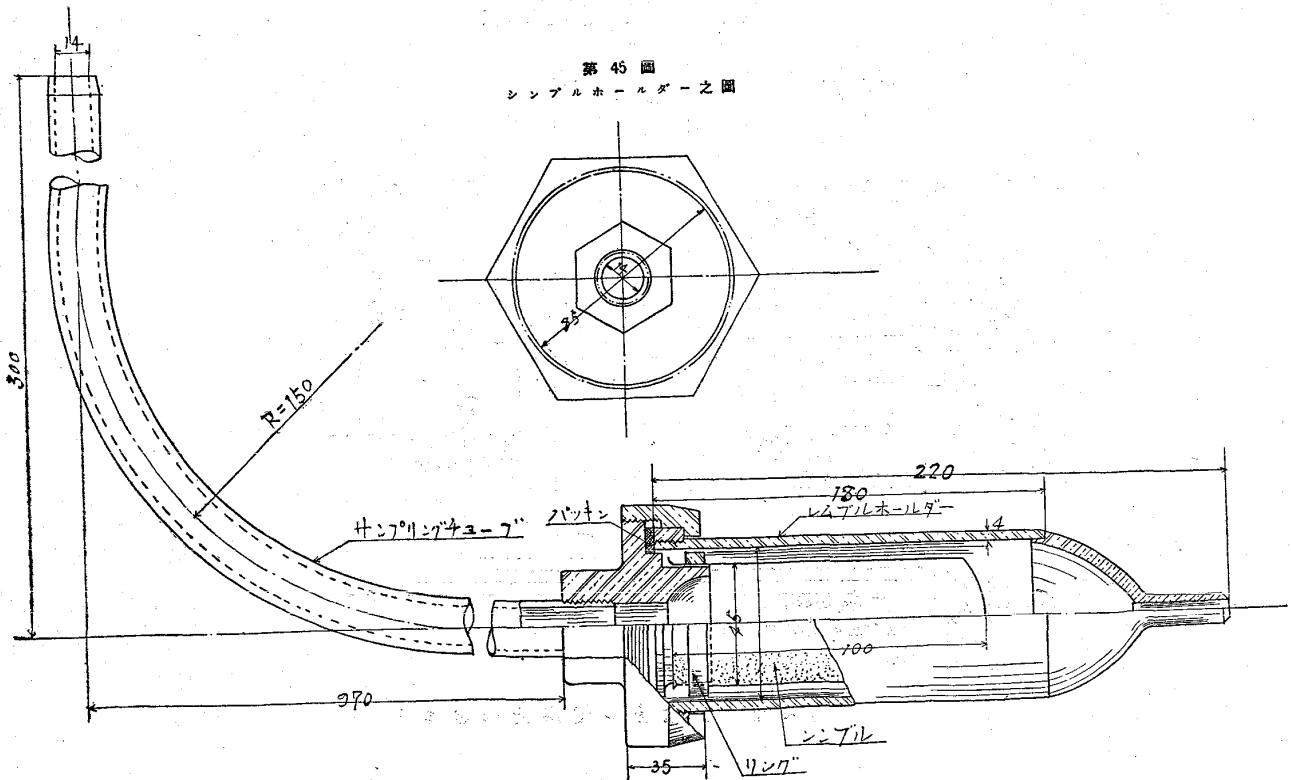


第 43 圖 光電管の煙塵量測定器

第44圖 煙塵量測定裝置



第45圖
サンプルホルダー之圖



- W_1 …… 任意シンプルの重量
 w_1 …… 同 實驗後の重量
 W_a …… 標準シンプルの重量
 w_a …… 同 實驗後の重量
 $w_a - W_a$ …… 標準シンプルの重量増減
 $W_1 \pm (w_a - W_a)$ …… 實驗後の任意シンプルの補正されたる重量
 $W_d = w_1 - [W_1 + (w_a - W_a)]$ …… 捕集されたる煙塵量

 W_w …… 捕集されたる水分量
 V_v …… 同 蒸汽に換算せる容積
 V_m …… 瓦斯計量器の読み
 T_m …… 瓦斯計量器内の絶體溫度
 F^m …… 同 真空度(水銀柱 cm)
 P_s …… 輸送管内の瓦斯絶體壓力(水銀柱 cm)
 T_s …… 同 絶體溫度

$$V_v = \frac{22.412}{18} \times \frac{760}{273} \times \frac{W_w T_m}{P_s - P_m} = 0.346 \frac{W_w \times T_m}{P_s - P_m}$$

$$V_v + V_m = V'_m \dots \text{シンプル通過瓦斯及蒸汽容量}$$

$$V_s = V'_m \times \frac{T_s}{T_m} \times \frac{P_s - P_m}{P_s} \dots \text{作業状況に於けるシンプル通過全瓦斯量}$$

$$V_{s_0} = V_s \times \frac{P}{76} \times \frac{273}{T} \dots \text{同上標準状況}$$

$$\alpha = \frac{W_d}{V_{s_0}} \quad \text{煙塵量 } gr/Nm^3.$$

$$\beta = \frac{W_w}{V_{s_0}} \quad \text{水分量 } gr/Nm^3.$$