

# 瓦斯流量計の補正に就いて\*

富士電機 弱電部 本 多 孝 吉

## 内容梗概

本文には先づ順序として瓦斯量測定に行はれられる術語を明にし、次いで状態變化に伴ふ湿度の影響を述べ最後に差壓式瓦斯流量計の補正に言及する。

## I 緒 言

東亞の聖戰を楔機として、今や各國何れも軍備再擴充に舉國的一致團結を以て邁進する秋、軍需重、輕工業はもとより、一國の有らゆる製造工業部門に於て直接原動力ともなり或は間接的に其媒體ともなるは蒸氣、空氣、アムモニア、炭酸瓦斯、鑄爐瓦斯、燈用瓦斯等の瓦斯である。

従つて之等工業的重要な瓦斯の運轉上及び熱經濟的制御監視上必至のものは所謂熱經濟計器であつて、其の隨一なるものは云ふ迄もなく瓦斯流量計である。

此時局艱難の秋に際し、斯くの如く工業上緊要なる瓦斯の眞の流動値を追求するのも寛に意義ある事と思ふ。即ち瓦斯流量計は、他の測定器に於ても同様ではあるが、所定の瓦斯の或一定使用状態に則つて設計製作せられるものであるから、瓦斯が斯る状態に於て流通する限りに於ては勿論問題はないが、實際運轉上は複雑多岐なる状態變化を伴ふ爲め、測定値に對しては其變化に適應した補正を必要とする。

特に瓦斯流量計は、殆んど Incompressive と看做される液體と異り、Compressive なる氣體然も各種の混合氣體を取扱ふものである上に、一般に空氣を始め各種の燃料瓦斯に於けるが如く、有害無益の濕氣を含む爲め或特定の乾燥標準状態に換算して比較計量するが故に、其補正の關係が一層複雑で紛らはしいのである。

流量計の測定方式としては、容積法、速度法、化學的反應法、差壓法等種々あるが工業的には絶對的感ある差壓測定方式の流量計の補正に就いてのみ述べる事とする。<sup>1)</sup>

茲で補正の意義を限定する必要がある、今流量計に就いて考慮に入つて来る補正點は

- (1) 瓦斯流通管系の變化(例へば流通方向の變更、弁又は曲管の据へ換による流線の變化、管内面の腐蝕汚損等による抵抗變化)
- (2) 流通瓦斯の状態の變化(例へば溫度、壓力及び湿度による状態の變化)
- (3) 測定機構の機能的變化(例へば使用溫度の變化による絞り機構、導壓管及び指示機構の機能變化等である。)

此場合(1)は論外として、(3)は豫め使用状態に即して設計の際修正し有り、實際變化の之以上に偏差する影響は僅少であるから削略する。従つて問題とする處は(2)の状態變化ではあるが、之とて廣義に解釋すれば混合氣體に於ける組成瓦斯の割合の増減又は化學的變化をも考へられるが、斯くては餘り多岐多様に亘り、然も事實は極く稀なる Case に相當する故に之を實地上最も普通に且つ屢々遭遇する處の溫度、壓力、及び湿度に係る状態變化の直接的影響に限定した。(此際附隨する處の間接的影響—粘性及び熱膨脹による流量係数の變化—も亦上述の理由から度外視した)。

尙本文には完全瓦斯、混合瓦斯或は飽和壓力、及分壓力に係る基礎的知識は衆知と看做し削略したが、種々の表現ある濕度及び標準状態等の術語に就いて其意義を明瞭にし、序いで濕氣瓦斯量の標準體積への換算法、差壓より乾、濕瓦斯量算出法に亘り最後に流量計の指示値に對する測定状態變化に依る補正を記述する。

\* On Correction for Gas Flow Measurements in Change of the State calculated  
註1) 以下單に流量計と略稱す。

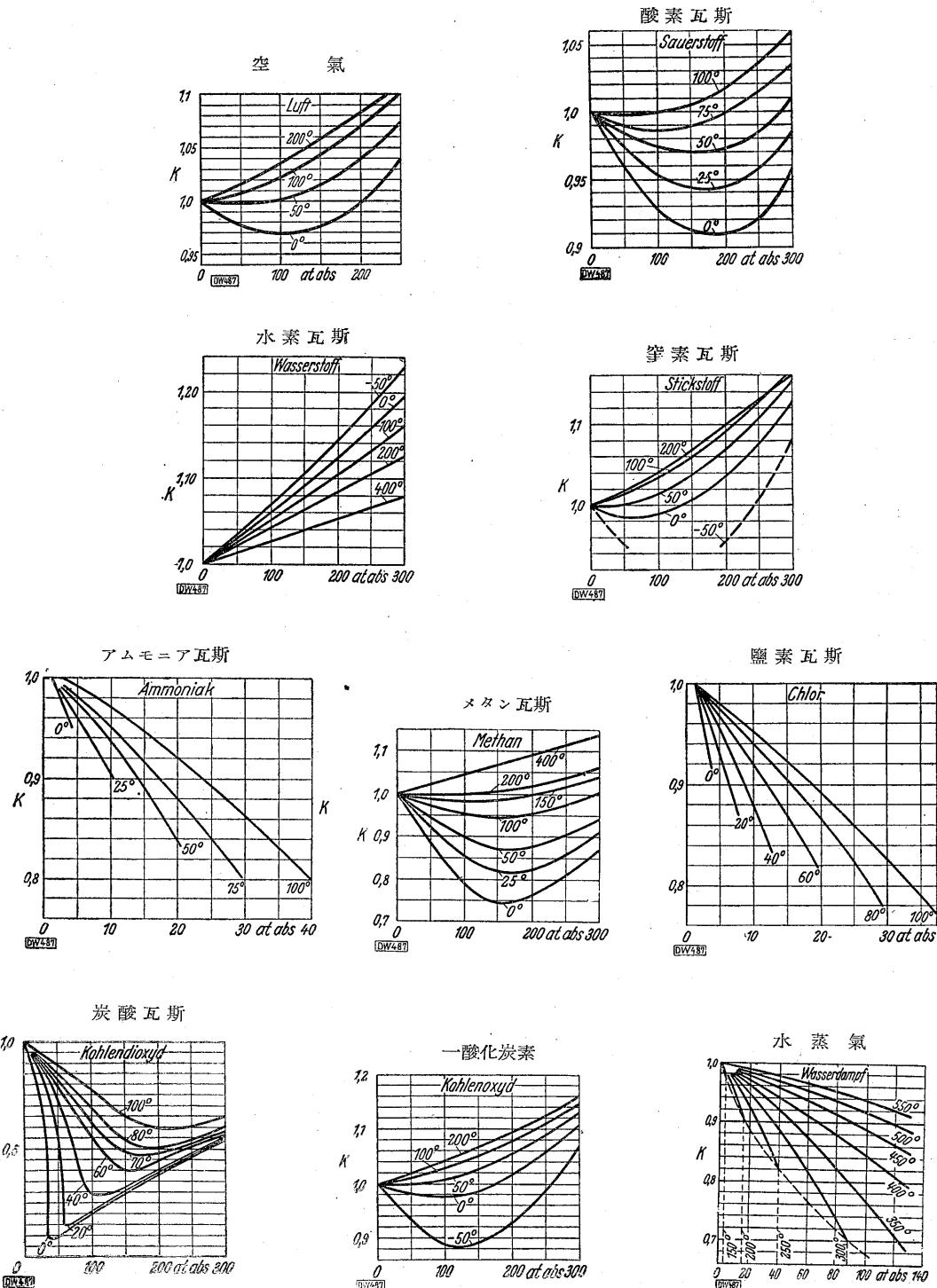


120°C ..... 2.1%

となる。此誤差がある爲めに状態平衡式から算出した數値は従つて眞の比重に比し同率%だけ小なる數値を得る。

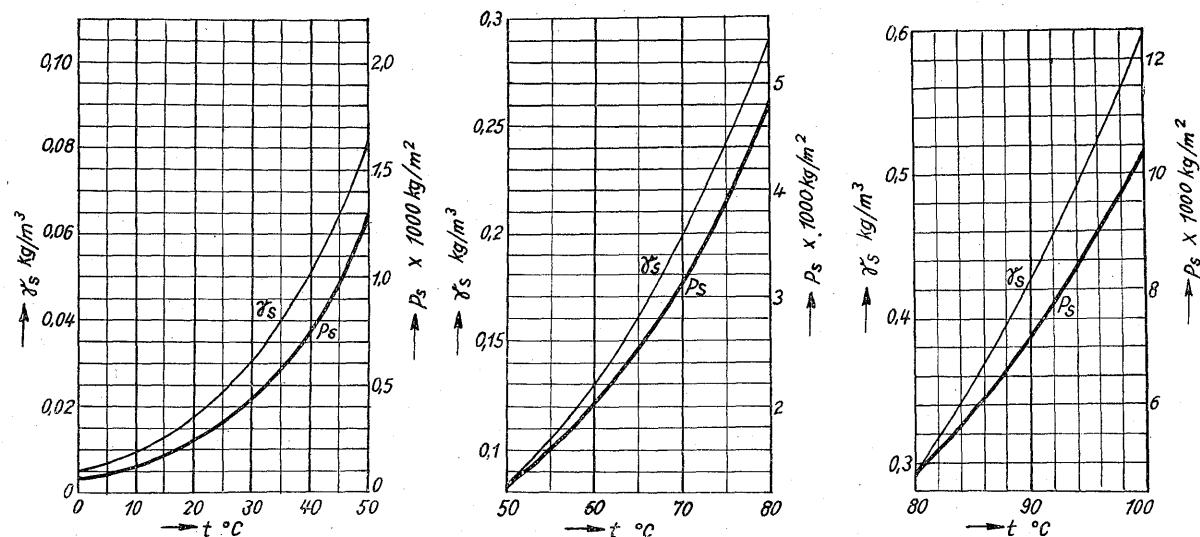
斯様に高圧又は飽和状態の附近に於けるが如く完全

瓦斯法則との偏差を忽にする事の出来ない場合に實際的の解決の鍵を得たものが壓縮係數  $K$  (Kompressibilitätszahl)である。此  $K$  は實際の比重  $\gamma_1$  と理論的(計算的) 数値  $\gamma_{th}$  との比  $K\gamma_1 = \gamma_{th}$  であつて之を第1圖(但し  $K$  は 1 at. abs に關聯せしめたもの) に示す。



第一圖 壓縮係數表  
(Der Chemie-Ingenieur Bd. II, Teil 2 より轉載)





第三圖 飽和溫度に係る水蒸氣の壓力及比重

c) 状態  $t_n$ 、 $P_n$  濡り瓦斯の標準體積に基準して與へた場合

絶対湿度  $f'$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] に就いて、標準状態に於ける蒸氣の分壓力  $p_{vn}$  は溫度  $t_n$  及び比重  $\gamma_{vn}=f'$  に相當する壓力である。乾き瓦斯部分の分壓力は斯くして

$$p_{trn} = P_n - p_{vn} \quad \text{を得。}$$

$$P_{trn} = P_n - P_{wn} \quad \text{を得。}$$

水蒸氣を完全瓦斯と看做し  $P_t$  なる状態に對する蒸氣圧は  $p_w = P_t p_{wn} / P_n$

故に瓦斯壓力は  $P - p_w$  若しくは  $p_t = P \cdot p_{tr} / P_n$  にて計算し得る。乾き瓦斯量は更に(5)式から算出出来る。

### 3) 露點 $t_\tau$ . $P_\tau$ を與へた場合

若し測定状態  $t$ . $P$  及び乾き瓦斯の標準比重  $r_n$  以外に更に露點（壓力  $P_n$  及び溫度  $t_n$ ）が既知なれば、混合瓦斯を露點から測定状態に導く際に、凝結がなく、又蒸氣が完全瓦斯法則に従ふものと假定すれば下記の如く取扱ふ事が出来る。即ち

先づ露點溫度  $t_w$  に就いて、蒸氣表から水蒸氣の比重 ( $\gamma_w$ )<sub>w</sub> 及び分壓力 ( $p_w$ )<sub>w</sub> を採つて、此露點溫度の分壓力に相當する乾き瓦斯の比重は

$$(\gamma_{tr})_\tau = \gamma_n T_n \frac{P_\tau - (p_w)_\tau}{P_n T_\tau} \dots \dots \dots (8)$$

となる。

測定状態 P.t に於ける混合瓦斯の比重は分壓の全壓に対する割合が一定である事より

$$\gamma_f = \gamma_{tr} + \gamma_w = [(\gamma_{tr})_\tau + (\gamma_w)_\tau] \frac{PT_\tau}{P_\tau T} \dots \dots (9)$$

又  $P, t$  なる測定状態に於ては、乾き瓦斯量は分壓力の下にあるから、

$$pt_r = P \frac{(p_{tr})_\tau}{P_\tau} = P \frac{P_\tau - (p_w)_\tau}{P_\tau} = P [1 - (p_w)_\tau / P_\tau] \quad (10).$$

測定したる瓦斯體積  $Q$  を乾き瓦斯の標準狀態に ((5a) 式参照) 換算する事は斯くして次の如く行ふ。

$$Q_n = Q \frac{T_n p_{tr}}{TP} = QT_n P \frac{1 - (p_w)\tau / P_\tau}{TP} \quad \dots \dots (11)$$

而して乾き瓦斯の流通重量は

又は(8)及(9)式により

$$G_{tr} = Q\gamma_{tr} = Q(\gamma_{tr})_\tau \frac{PT_\tau}{P_\tau T}$$

$$= Q \gamma_n \frac{T_n P}{P_n T} [1 - (p_w)_n / P_n] \cdots (12b)$$

## VIII 差圧式瓦斯流量計の補正

本文の緒言に既述した如く、流量計は或定められたる状態を根據として設計し目盛るものであるから實際の測定状態（溫度壓力及び濕度に係はる比重により定まる）が之と相違する場合には自然補正を要するのである。

然し此場合注意を要する點は流量計の目盛単位及び基準状態に依つて補正の仕方も一様でない。第1章に所載した符號に更に次の如きものを追加する。

V [m<sup>3</sup>] 瓦斯體積

R 目盛の区分に基づいた設計状態を示す。

M 實際に測定箇所に生じたる測定状態を示す。

A 目盛板上にて読み取られたる指示値。

尚二つの符號を附記したる場合には、最初の符號は測定の行はれた状態を意味し、第二の符號は基準とする状態を表示するものと定義する。例へば  $Q_{Mn}$  は測定状態に於ける流通體積  $Q$  を標準状態に基準して表示した  $Q$  なる意にして、之に比較して、 $Q_{MM}$  は測定状態の流通體積  $Q$  を測定状態に基準して表示した  $Q$  を指すのである。

### 1. 中性目盛の読みに對する補正

常に大小の變動を伴ひ勝ちなる測定箇所に於ては、之の換算を容易ならしむる爲めに、目盛板の単位を流量の 0-100% に區分するか或は差壓の平方根単位を以て目盛る事が普通に行はれて居る。

斯る場合には目盛の指示値に單に  $C/\sqrt{\gamma_M}$  を乘すれば可いので寧ろ便宜でもある。

但し  $C$  は該流量計の定數、 $\gamma_M$  は測定状態に於ける比重である。

### 2) 單位記入目盛に對する補正

#### a) 目盛の単位が體積単位なる場合

此場合先づ考慮せられる事は設計状態に基づいて補正を行ふか（換言すれば補正の結果、設計状態の流通量を求める）或は亦目下の測定状態に基づいた補正を行ふかの二つの Case があり、自ら其目的に従つて下記式の撰定も決まる譯である。

前者の場合（設計状態に據る）：

$$\text{瓦斯流量は } Q_{MR} = Q_A \sqrt{\gamma_M / \gamma_R} \quad \dots \dots \dots (13a)$$

此際瓦斯の成分が變化せず、且つ含まれる水蒸氣が完全瓦斯と看做し得るならば、此換算は狀態平衡式により

$$Q_{MR} = Q_A \sqrt{\frac{P_M T_R}{T_M P_R}} \quad \dots \dots \dots (13b)$$

次に後者の場合（測定状態に據る）：

此時の瓦斯流量は

$$Q_{MM} = Q_A \sqrt{\gamma_R / \gamma_M} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \dots \dots \dots (14a)$$

$$\text{或は } Q_{MM} = Q_A \sqrt{\frac{P_R T_M}{T_R P_M}} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \dots \dots \dots (14b)$$

#### b) 目盛の単位が標準體積単位なる場合

測定状態が設計状態と相違する時は、乾き瓦斯の指示値  $Q_A$  から標準状態に基準する眞の流量を得る爲め

に、次の如く修正を行ふ。

$$Q_{Mn} = Q_A \frac{\gamma_{Rn}}{\gamma_{Mn}} \sqrt{\frac{\gamma_M}{\gamma_R}} [\text{nm}^3/\text{h}] \quad \dots \dots \dots (15a)$$

或は若し此時瓦斯の成分に變化なければ

$$Q_{Mn} = Q_A \sqrt{\frac{P_M T_R}{T_M P_R}} [\text{nm}^3/\text{h}] \quad \dots \dots \dots (15b)$$

之が若し濕り瓦斯であれば

$$Q_{Mn} = Q_A \sqrt{\frac{\gamma_R}{\gamma_M}} \frac{\gamma_{trM} \gamma_{Rn}}{\gamma_{trR} \gamma_{Mn}} [\text{nm}^3/\text{h}] \quad \dots \dots \dots (16a)$$

然し乾き瓦斯部分の成分が變化ない時は即ち

( $\gamma_{Mn} = \gamma_{Rn}$ ) なれば (16a) 式は一層簡単に

$$Q_{Mn} = Q_A \sqrt{\frac{\gamma_R}{\gamma_M}} \frac{(P_M - p_{wM}) T_R}{T_M (P_R - p_{wR})} [\text{nm}^3/\text{h}] \quad (16b)$$

以上本VIII章に記述した事柄を總括すれば次表の如き補正一覽表が出來上る。

本表の索引方法は各行の左端に掲げた単位にて測定値を求めるには各欄の頭部に記載した単位に其欄の表に示すファクターを乗すれば可い。

勿論本表は差壓測定方式の流量計用のものである。

差壓式流量計の換算ファクター表

求める単位	目盛板の単位		
	%又 $\sqrt{P_1 - P_2}$ ハ	設計状態に 於ける $\text{m}^3$	乾き瓦斯 $\text{nm}^3$
測定状態に於ける $\text{m}^3$	$C \frac{1}{\sqrt{\gamma_M}}$	$\sqrt{\frac{\gamma_R}{\gamma_M}}$	$\sqrt{\frac{\gamma_R}{\gamma_M}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_{Rn}}{\gamma_{trR}}}$
測定状態に於ける $\text{nm}^3$	$C \frac{\gamma_{trM}}{\gamma_{Mn} \sqrt{\gamma_M}}$	$\frac{\gamma_{trM}}{\gamma_{Mn}} \sqrt{\frac{\gamma_R}{\gamma_M}}$	$\sqrt{\frac{\gamma_R \gamma_{Rn} \gamma_{trM}}{\gamma_M \gamma_{Mn} \gamma_{trR}}}$

上掲のファクターは乾き瓦斯の場合は  $\gamma_{trR} = \gamma_M$  となり、又瓦斯の組成が變化しない場合は  $\gamma_{trR} = \gamma_{Mn}$  ともなる以外に (13b) 及び (14b) 式による變形が許されるから一層簡単になるだらう。終り

### 参考文献

- 田中敬吉、栗野誠一著 热及熱力學（内燃機關工業）
- 菅原菅雄著 工業熱力學（岩波全書）
- L. Litinsky Messung Grosser Gasmengen
- Ein Zusammenstellung der Kompressibilitäts-Abweichungen der Wichtigsten Gase und Dämpfe bringt Witte in Eucken-Jakob, Chemie-Ingenieur, Bd I.2.S 16 ff
- G. Ruppel Durchflussmessung in Rohren ATM 1931 V-1240-1
- G. Ruppel Gasmengen-Messung ATM März 1933 V-1240-2
- H. Jung und G. Ruppel Gas und Dampfmessung ATM Mai 1934 V-1240-3



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。