

## JIS M 8010: 2020 訂正および Q&A

天然ガス鉱業会

### 訂正 1 (本体) 【重要】

式 (68) において、「乾燥条件」を表すのであれば、不等号の向きが逆となりますので、以下の通り訂正させていただきます。

$$\text{誤： } p_{dp} \leq 0.0009 T_{dp}^4 + 0.095 T_{dp}^3 + 4.8183 T_{dp}^2 + 146.16 T_{dp} + 2029 \quad (68)$$

$$\text{正： } p_{dp} > 0.0009 T_{dp}^4 + 0.095 T_{dp}^3 + 4.8183 T_{dp}^2 + 146.16 T_{dp} + 2029 \quad (68)$$

### 訂正 2: (解説および説明会資料)

解説表 22 (および、これをコピーした説明資料 p.83 の右側の表) の下の方にある「旧規格の流出係数」横の記号が  $\varepsilon$  となっておりますが、 $C_d$  の間違いですので訂正させていただきます。

### Q1: (計算に使用するオリフィス孔径とオリフィス配管径)

“8.3 流量及び流出係数”の項において、計量中における径と測定値が混在しているが、計量中における径をもとに計算すべきではないか？

A1:

計量値に直接影響を及ぼすものは、計量中における値である  $D$  及び  $d$  を使用する必要があります。

その他の場合 (例えば、直管長を決める場合、レイノルズ数を求める場合、配管径を指定する場合、位置を指定する場合、等) は、直径値に精度は求められませんので、現場での手計算などの可能性を考え、 $D_0$  及び  $d_0$  を用いて規定してあります。

当然ながら、すべての計算において  $D$  及び  $d$  のみを用いても、全く問題はありません。したがって、計算機でプログラムする場合など、冒頭で  $D$  及び  $d$  を計算し、以降の計算の全てにそれらの値を使用してもかまいません。

逆に、すべての計算に  $D_0$  及び  $d_0$  を用いることは、式(43)の上に規定される場合を除き、できませんのでご注意ください。

### Q2: (超音波流量計における線膨張係数)

超音波流量計において、線膨張係数を考慮に入れる必要があるのか？

素材に関連した線膨張係数はベンダーから提供されるのか？ 例えば、取引で用いられる高精度な超音波流量計において、線膨張率が記されていない場合がある。

A2:

超音波流量計を用いた計量においては、計量管断面積の熱膨張 (面積のため線膨張率の 2 倍) および配管

熱膨張による超音波パス長変化(距離のため線膨張率の1倍)により、総計で線膨張率の3倍の補正が必要となります(式(63)及び(64)にある  $1+3\alpha_D(T_d-T_{D0})$  の項)。

たとえば、材料がステンレススチールで線膨張率が約  $1.6 \times 10^{-5}$  である場合、 $10^\circ\text{C}$  の温度差があった場合に約 0.05% の補正 ( $3 \times 1.6 \times 10^{-5} \times 10$ ) となります。計量中にこの程度の差が発生しても無視できる場合がありますが、超音波流量計の K ファクターが何 $^\circ\text{C}$  を基準として設定しているかは確認の必要があります。補正はこの温度を基準として行う必要があります。

ただし、11.1 の第三段落に書かれているように、超音波流量計がもつ SPU(計算機の CPU に相当)にメーカーがプログラムすることにより、すでに必要な補正が入っている場合や、補正が組み込まれてはいるが必要な補正を使用者が設定して使用する場合(設定しなければ補正は行われなくなる)、取付け時にメーカー/ベンダーが補正を設定する場合、さらにはそのような補正機能を持たない超音波流量計もあり得るため、個々の超音波流量計において十分に仕様を確認する必要があります。補正を二重にかけると、及び、必要な補正をかけないことが無いようご注意ください。

線膨張率が提供されない超音波流量計においては、すでにその補正が組み込まれている可能性があります。その補正を行うためには、計量中における温度の入力が必要となるため、ユーザーがその温度値を入力するように設定/設計するか、または超音波流量計が自身で補正用温度センサーをもっている場合などもあり得ますので、よく仕様/取扱説明書をご確認ください。

Q3: (標準状態の計量値を求める式における湿度補正係数)

9.3.1.2(容積式), 10.3.1.2(渦流量計), 11.2.1.2(超音波)に記載されている  $F_{wv}$  は全て 1 であるとして良いか?

標準状態とは相対湿度が常に 0% とした状態である。相対湿度が 0% であれば含まれている水蒸気がまったく存在しない乾燥状態であるため、 $F_{wv}$  は 1 と考えられる。

また常に 1 であるのであれば上記の式に含めた理由は何か?

A3:

水蒸気が含まれた状態で行われた測定値を、温度圧力が異なり湿度がゼロ%の標準状態での計量値にするためには、測定値を標準状態の温度圧力での値に変換したのちに、水蒸気が占める体積分を取り除く計算が行なわれます(Q16 もご覧ください)。

式(34)、式(56)などで  $F_{wv}$  を除いた式( $F_{wv}=1$  とした式)は、この温度圧力の変換を行った値となり、これに  $F_{wv}$  をかけることが、水蒸気占める体積分を取り除くことに対応します。

詳細は解説 4.3 を、計算例は解説 5.6.5 を参照ください。

Q4: (天然ガスの組成)

今回から JIS M 8010 に取り入れられた AGA8 で定義されている組成と、JIS M 8010 で定義されている組成に差異がある。JIS M 8010 で定義されていない組成の扱いはどうするのか? 例:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  (一般的な天然ガス組成)

A4:

JIS M 8010 は、国内で生産される天然ガスの計量に使用することを主目的として作成されています。そのため、国内のガスにほとんど含まれない成分は、煩雑さを避けるため、除外してあります。

H<sub>2</sub>O に関しては、産出元では湿度 100% の場合が多いですが、そこで行われる計量は監視用途がほとんどであって、正確な値を必要とする計量は、水分がほとんど除去されたパイプラインなどで行われますので、 $F_{ww}$  による補正として扱っております。

国外などにある多様なガスに対応するためには、AGA や ISO をご参照ください。12.3.1 などに書かれていますが、JIS M 8010 を使用する際に、これに規定される Z 数表を用いず、AGA8-92DC 法で直接計算した値を用いても、全く問題はありません。

最近では、AGA8-92DC 法や GERG 法を組み込んだフローコンピューターの普及が始まっていますので、必要に応じ、12.3.1 にある通りその計算結果が正しいことを確認した上で、それらを使用されることを推奨します。想定範囲外の成分を持つガスに Z 数表を用いた場合、解説図 6 に示されるように、大きな誤差が発生する可能性があります。

詳細は解説 3.3、4.4 を参照ください。

Q5: (ガス密度、アイゼントロピック指数、モル質量の計算方法)

ガスの密度、アイゼントロピック指数、モル質量の算出方式が JIS M 8010 に定義されているが、AGA8-92DC 法を用いて算出された値を用いても良いか？

A5:

全く問題ありません。Q4 もご参照ください。

ただし、正確に言えば、モル質量は AGA8-92DC 法では計算されませんので、AGA8-92DC 法による計算に用いられた値が表示されるものと考えられます。

Q6: (基準状態における圧縮率)

標準状態から基準状態の換算(式(1)及び(2))に、基準/標準状態の圧縮比が考慮されていないように見えるが、考慮する必要はないのか？

A6:

標準状態から基準状態への換算は、解説 5.2 に書かれている通り、旧 JIS M 8010: 1993 にある方法をそのまま継承しています。旧 JIS の解説、4.4 (2) 「Nm<sup>3</sup> と Sm<sup>3</sup> の換算」をご参照ください。

標準状態と規準状態は、同じ大気圧で定義されており、また、温度も共に常温域ですので、圧縮係数はほとんど同じ値になります。したがって、必要精度を考えれば、これを換算式に入れる必要はありません。

Q7: (旧版との計算結果の差)

計算例として 1993 年版と 2020 年版の比較があるが、全体的な条件範囲で比較するとどうなるか？計量値の増減はどうなるか？

A7:

規格が網羅するガス種は多岐にわたり、温度圧力流量等条件も広範囲にわたりますので、旧版の値に対する新版による計量値の増減は、一般的に述べることは困難です。

必要なサンプルが集まりましたら、新版による計算結果を提示することは可能です(個別の対応は難しいと思われれます)。サンプル計算には、以下の情報が必要となります。

測定量	単位
オリフィス管径	mm
オリフィス孔径	
オリフィス差圧	kPa
オリフィス上流側圧力取出しロゲージ圧	
オリフィス上流側圧力取出し口温度	°C
露点温度	
ゲージ圧測定時の大気圧	kPa
露点温度測定圧力（絶対圧）	

材質等	単位
オリフィス管線膨張率	/K
オリフィス板線膨張率	
オリフィス管径測定温度	°C
オリフィス孔径測定温度	
圧力取出し方法（F/C/D）	-

成分	単位
N2	vol/vol
CO2	
CH4	
C2H6	
C3H8	
nC4H10	
iC4H10	
nC5H12	
iC5H12	
C6H14	
C7H16	
C8H18	
C9H20	
C10H22	
H2	
O2	
CO	
H2O	
SH2	
He	
Ar	

Q8: (旧版の付表が使用可能な圧力上限値)

圧縮係数を計算する旧版の Z 付表は 1 MPa まで使用可能とされているが、この上限はどのように決めたのか？

A8:

1 MPa を少しでも超えると急激に誤差が増えるなどの理由はありません。ガスを使用する配管が、大きく分けて 10K 配管かそれ以外となりますので、1 MPa に設定してあります。

解説図 7 の下側の図にあるように、旧版の Z 数表でも、1 MPa 以下ではほとんど誤差は出ません(グラフ上のそれぞれの太い縦線間の右の 2 点=1 気圧と 10 気圧)。また、説明会資料の p.14 左上のグラフにあるように、Standing-Katz の式によっても、1 MPa 以下であれば、誤差は大きくても 0.2% 以下となるという結果になっています。1992 年に発表された AGA8-92DC 法の結果は、このグラフには示されていませんが、これらの結果を反映させて作られたものですので、ほぼ 0% の軸上にあると考えられます。

その他の条件における旧版 Z 付表の誤差に関しては、解説図 7、説明会資料 p.16 などをご覧ください。

Q9: (温度による寸法補正)

流量計や配管の寸法補正にガスの温度を使用することになっているが、実際のパイプラインでは寒冷地での使用も多く、冬季の大気温度と地中のパイプラインを流れるガス温度とに差がある場合、どう扱えばよいか？

A9:

ガスと配管や環境の温度が大きく異なる場合、正確な計量は非常に難しくなります。寸法補正は、本来、流量計材料の温度で行うべきものですが、そのような環境下では、材料内で温度分布が発生しているため、補正は非常に複雑になります。また、その分布は構造によっても大きく異なりますので、規格で一般的に扱うことはできません。一方、計量現場で材料温度を測定している例はほとんど無く、そのような温度測定を前提とすることもできません。そのため、唯一の普遍的な条件となる、ガス、流量計、環境の温度が同じになっている場合のみを規格で扱っています。

計量現場で大きな温度差がある場合には、専門家に個別に対策を検討してもらう必要があります。例えば、ガス、流量計、環境または配管(内壁外壁温度)の最大最小温度でどの程度差が出るかを評価し、その間の確からしい値を使うなども方策の一つとして考えられます。

さらに、寸法補正とは別の話となりますが、そのような環境下では、ガス温度の測定が最も難しいものの一つとなることに注意が必要です。温度センサーには保護管が付いており、その保護管は金属製で配管に固定されていますので、ガス温度として測定される値は、実は配管の内壁温度に大きく支配されています。気体と金属の接触による熱伝達で形成される温度分布が、金属内の熱伝導により形成される温度分布に比べ、格段に小さいことが理由となります。これを避けるためには、温度センサーを十分に長くして、流れの中に入れるなどがありますが、ガス温度が安定していることが条件となり、また、温度差がある場合には、配管からガスへの熱の流出入があるため、ガスの温度が流れと共に変化してしまいます。

Q10: (露点温度を測定しないが飽和している場合の湿度補正係数)

ガスが完全に飽和している場合、露点温度を測らずに湿度補正係数を求めることはできるか？

A10:

水蒸気が完全に飽和しているガスでは、少しでも温度が降下したり圧力が上昇すると、水蒸気が液化してガスの体積が大きく減りますので、注意が必要です。

温度圧力の測定位置以降にこのような凝縮がないことを前提とすれば、測定された温度が「露点温度」、測定された圧力が「露点温度を測定した圧力」となり、規格通りに補正が可能となります。

Q11: (水蒸気露点温度測定における他成分の凝縮)

重い炭化水素は水蒸気と同程度の温度で凝縮するため、水蒸気のみ露点温度の測定は難しいのでは？

A11:

露点温度の測定は、水蒸気成分を除いたガスの体積(標準状態での体積)を求めるために行われます。したがって露点温度測定は、水蒸気のみについて行う必要があります。天然ガスにおける水蒸気露点温度測定は、これまで行われてきたものですので、その方法に従ってください。

Q12: (不確かさの評価法)

不確かさの考え方について、1993年版の式(17)式を踏襲することはできないか？

A12:

表5にある不確かさ要因は、可能な限り感度係数を計算しておくために、式に出てくる変数のほぼすべてを網羅しています。しかし、説明会資料 p.62 にあるように、要素不確かさの最大値に対して十分に小さい大きさ(例えば 1/3 など。ただし、状況によってどの程度が無視できるかは、個別にご検討ください。)の不確かさの影響は無視できますので(ゼロとしてよい)、通常、このすべてを評価する必要はありません。不確かさ評価を行う際には、計量環境における要素不確かさの大小を比較し、必要な項目を選び出してください。

一般的な計量環境であれば、無視できる項を取り除くことにより、不確かさを評価する式は、旧版の式(17)に近い形に集約されるはずですが、その後に出版された JIS Z 8762-1:2007 では、若干違う式になっていますので、JIS Z 8762-1:2007 の 8.2.2.1 にある式をご参照ください。

Q13: (オリフィス流出係数の算出法)

オリフィス流量計の計算例について、2020年版では、レイノルズ数の繰り返し計算を行って流出係数を算出しているが、1993年版のように限界レイノルズ数における流出係数を用いる手法(従来手法)は推奨されないのか。

A13:

WG では、従来手法を用いた計算とも比較しておりますが、計算結果は一致しておりました。したがって、従来方法で計算することも可能と考えられます。

必要なことは、流出係数を用いてレイノルズ数を求め、そのレイノルズ数を用いて計算した流出係数が、レイノルズ数の計算に用いた流出係数と一致することだけですので、この点が確認できるのであれば、どんな方法でも使用可能です。

Q14: (露点温度の測定位置)

露点温度の測定位置に規定等はないのか？

A14:

露点温度の測定は、流量計の位置でのガス成分(水蒸気含有率)を決めるために行うものですので、測定位置と流量計の間で、外部からのガスの流出入や凝縮などによる成分変化が発生しないことだけが条件となります。個々の計量現場において、この条件を満たす場所で測定を行ってください。

Q15: (ガスクロで水蒸気成分が計算できる場合の湿度補正係数)

ガスクロ(GC)で水蒸気(H<sub>2</sub>O)が測定できる場合には、どのようにしたら良いか？

A15:

$x_{wv}$  は水蒸気の実分率ですので、式(71)において、ガスクロの測定値で計算した水蒸気の実分率を使っても問題はありませぬ。その場合、式(69)、(70)の計算は不要となります。

Q16: (水蒸気成分を考慮した物性値の計算と湿度補正係数の必要性)

GC で水蒸気成分が測定できる場合、これを入れて圧縮係数を計算すべきでは？ その場合には、湿度補正は不要になるのか？

A16:

圧縮係数、アイゼントロピック指数、モル質量、粘度の物性値の計算には、水蒸気成分も考慮した方が、より精度の高い計量が可能となります。しかし JIS M 8010 は、Q4 の回答にありますように、国内の計量現場を反映させて作っておりますので、高精度を要する計量現場では水蒸気成分が十分に少ないことを前提とし、物性値の計算に水蒸気成分は入れておりません。

標準状態での計量値は、湿度を含んだ計量状態での体積を標準状態の圧力温度での値に変換し、そののちに湿度補正係数  $F_{wv}$  を用いて湿度 0%での体積(湿度成分を除いた体積)に換算して求めるため、圧縮係数などの物性値に水蒸気成分を入れて計算した場合であっても、 $F_{wv}$  が不要にはならないことに注意が必要です。

すなわち、湿度成分が測定でき、物性値の計算にその成分を反映させた場合であっても、標準状態の温度圧力での値に変換したところまでは、湿度成分を含んだ条件で計算されており、標準状態での値(湿度 0%)にするためには、その値に  $F_{wv}$  をかける必要があります。

ただし、この湿度補正は、繰り返しになりますが国内事情を反映したものであり、極端な水蒸気条件では誤差が大きくなる可能性のある簡易的な方法となりますので、十分にご注意ください。極端な条件での正確な換算には、分圧を使用して計算する必要があります。または、計量状態での体積から分圧を使用して水蒸気成分を除き、これを標準状態での圧力温度での値に変換するなどの方法も考えられますが、JIS M 8010 ではその方法は扱っておりません。

Q17: (圧力の定義について)

本 JIS では、ガスの圧力を絶対圧で定義しておりますが、12.3 の表題の 1MPa は、絶対圧とゲージ圧のどちらですか？

A17:

12.3 の表題の 1MPa は、ゲージ圧です。絶対圧として 1.1MPa と読んでください。次回の改定時には明確にするよう修正する予定です。

Q18: (Tdp と Pdp について)

式(68)において、Pdp、Tdp は

Pdp: 露点温度測定時のガスの圧力[kPa]

Tdp: 露点温度[°C]

となっているが、Tdp は圧力下露点温度か？それとも大気圧下露点温度か？

A18:

Tdp は、大気圧でも加圧状態でも測ることができます。ただし、Pdp は Tdp を測定したときの圧力ですので、同時に測定する必要があります。すなわち、Tdp を大気圧で測定したのであれば、Pdp は大気圧となり、加圧状態で測定したのであれば、その加圧状態での圧力となります。

加圧状態で計量したガスの成分を求めるために、ガスを大気圧に減圧して Tdp を測定することには、ほとん

どの場合において、問題がありません(この場合、 $P_{dp}$  は大気圧になります)。しかし、逆の場合には、水蒸気が凝縮して液体になることにより大きな誤差が発生する可能性がありますので、ご注意ください。たとえば、大気圧で  $T_{dp}$  を測定し(この場合も  $P_{dp}$  は大気圧となります)、このガスを加圧して流して計量する場合は、圧縮により水蒸気の一部が凝縮して水分となり、ガスとして流れないことにより、大きな誤差が発生する可能性があります。

この現象は、温度がほぼ一定の条件下では、圧力を変えても飽和蒸気圧がほとんど一定に保たれますが、水蒸気分圧がほぼ圧力に比例して変わるために起こります。例えば、大気圧で相対湿度 50%を超えるガスを、同じ温度で、2 気圧に加圧すると凝縮が起こります。一方、2 気圧で相対湿度 50%のガスは、温度が同じであれば、大気圧(1 気圧)に減圧すると、相対湿度は半分の約 25%となります。

Q19: (成分比の体積分率からモル分率に変換する際に使用する圧縮係数、付属書 F)

付属書 F の圧縮係数の温度、圧力は？これらの値の算出方法は？

A19:

詳細は解説 3.4 に記載してあります。付属書 F の値は JIS K 2301:2011 の表 30 の値を引用しており、この JIS K の値は、ISO 6976:1995 を引用しています。

解説には、0 °C、101.325 kPa として AGA8-92DC 法で計算した値との比較が出ていますが、C5 以上ではある程度の乖離が認められますが、その他の成分ではよく合っています。国内のガスでは、これらの重い C 成分はそれほど多く含まれないため、特に計量結果に影響を及ぼすものではないとして、これまで各国で長年使われてきたこれらの値を継承しております。

解説にも書いてありますが、近年、物性値に関する研究が大きく進んでおりますので、ISO を含め、近く値の更新があると予想されます。また、ガスの成分測定に関しては、JIS K 2301 が規定する方法に依っておりますので、さらに詳しいことはそちらの方にお問い合わせください。

Q20: (湿度補正をする上での低圧ガス、高圧ガスの区別)

湿度補正の説明に出てくる高圧ガス、低圧ガスの範囲 (MPa) は、それぞれいくつになるのか？

A20:

湿度補正の説明において、便宜上、低圧ガス、高圧ガスに分けておりますが、実際に湿度補正の要不要を判断する際には、その区別はしておりません。露点温度を測定することにより、本体 12.1.1 または解説図 23 を使用してご判断ください。

一般的に、低圧ガスは 1 MPa 以下、高圧ガスはそれ以上としておりますが、説明会資料 p.31 の低圧高圧の区別は、国内事情の傾向を表すための便宜上の分類となります。

Q21: (フローコンピューターで圧縮係数を求める際の検証精度)

AGA8-92DC 法を用いて圧縮係数を直接計算する場合、計算結果が表 3 のサンプル値に対して 0.02%以下の偏差でなければならないとされるが、これはフローコンピューターの浮動小数点による取り込み誤差も含まれているか？



A21:

0.02%は、コンピューターによる計算誤差も考慮した値となります。その他、詳細は解説 3.5 をご覧ください。

Q22: (計量値の計算における定数の桁数について)

式(64)で分母に 103.042 があるが、これは「 $1 / ((Tn/Pn) * 3600 / 1000) = 103.0416743$ 」を必要桁数で四捨五入した数値か？

フローコンピューターで、四捨五入しない数値(103.0416743 など)で計算してもよいか？

A22:

式(解.28)にもありますように、103.042 はその計算から求められた値で間違いありません。計量値の計算に、元となる式で計算したこれ以上の桁数を持つ値を用いることには全く問題はありません。

Q23: (下流側必要直管長と温度計設置)

温度測定位置として下流側  $5 D_0 \sim 15 D_0$  が望ましいとされるが、下流側に必要とされる直管は、温度計ポケットなどの記述がない。どこに設定するなどの規定はあるか？

A23:

温度測定に関する規定は、7.6 にあります。その冒頭に書いてありますが、配管からの熱の流出入によってガスの温度が変わらなければ、どこで測っても同じ温度が測定されますので、どこで測ってもよいことになります。一方、オリフィス板の存在による流れの乱れの影響を受けないようにするため、ある程度はオリフィス板から離して設置する必要があります。

オリフィス流量計で温度測定の位置を  $5 D_0 \sim 15 D_0$  下流にすることが望ましいとされるのは、解説 5.4.1 にありますように、オリフィス孔を通して縮流した流れが再び広がり、その位置で管断面で一様になるためです。二次流れはその位置にとどまっていますので、オリフィス孔を通ったガスとの間に温度差が発生する可能性があり、これを避けるためとなります。

環境との熱の流出入の大きさは、設置場所、設置形態によって大きく変わりますので、それぞれで検討していただくことになります。7.6 の第 2 段落にありますように、ガスと環境との温度差が大きい場合、流量計と温度計の間で十分な断熱が必要となります。

なお、これらの規定は整流菅の有無には影響されません。

Q24: (必要直管長のフランジ部)

配管径が大きい場合はフランジ又はねじこみソケットなどが近くに設置されることが多いが、これらは直管部として扱えるのか？又は【表 A.1 段差】に該当するか？

A24:

$2D_0$  から  $10D_0$  の範囲内にあるフランジやフルボアバルブが直管の一部として扱える条件は、8.2.4.7 の最後に書いてあります。これらの条件を満たさない場合は段差として扱い、8.2.4.10 に従って付加不確かさを加えるか、または不確かさが評価できなくなります。オリフィス板から  $10D_0$  以上上流にある場合の条件は、8.2.4.8 の最後にあります。オリフィス板の上流  $2D_0$  まで間には、これらの配管要素の設置は許されていません(8.2.4.6)。

また、表 A.1 で扱う段差は、オリフィス板より  $30 D_0$  または  $15 D_0$  以上離す必要がありますので、オリフィス板に近い位置にある段差とは違うものになります。

Q25: (温圧補正用圧力の取り出し口)

圧力補正用の取り出し口はどこに設置するのか？

A25:

標準状態における体積流量を求めるための温度圧力補正項は、式(34)に含まれています。これに用いる圧力は、差圧を求めるための下流側圧力  $p_2$  ( $\Delta p$  にのみ含まれます:  $\Delta p = p_1 - p_2$ ) の他には、上流側圧力取出口で測定した値  $p_1$  だけであり、圧力補正は  $p_1$  を基準として行われています。

オリフィス流量計に必要な圧力取出口はこれらの2つのみ(上流側及び下流側圧力取出口)であり、図 8 にその指定がまとめられています。詳しくは 8.2.9 を参照ください。

なお、違う位置での体積流量が必要な場合は、その必要となる位置で温度圧力を測定してその位置でのガスの密度を求め、式(33)をその密度で割ることにより求めます。

Q26: (ガスの密度の計算)

12.2 で計算した標準状態のモル質量を用い、実測したガスの温度及び圧力を使用することによってそのガスの密度を計算することはできるか？

A26:

標準状態では湿度が 0% となります。そのため、12.2 は、湿度を 0% としたときのモル質量を計算しています。同様に、12.3.1 又は 12.3.2 は、湿度が 0% のときの圧縮係数を計算しています。したがって、これらのモル質量と圧縮係数を用い、実測した温度圧力を使用して式(73)で密度を計算しても、ガスが水蒸気成分を含む場合にはその密度になりません。

Q27: (標準状態における質量流量)

標準状態における質量流量は、標準状態における体積流量に 12.4 で算出した標準状態における密度をかけることによって計算する他に、計量中の体積流量に 12.4 で算出した計量中の密度をかけることによって求めることができるか？

A27:

流れが定常であるならば、その質量流量は、ガスがどのような状態になっても変わりません(状態によるガスの組成変化等は無視ものとします)。したがって、原理的には双方の計算方法とも同じ値となるはずですが、湿度 0% の値とするために、湿度補正係数を使用していることにご注意ください。

すなわち、標準状態での体積流量は

$$q_{vN} = q_{vM} \frac{\rho_M}{\rho_N} F_{wv} \quad \dots (\text{解.27})$$

で計算されていますが、その質量流量は、これに標準状態での密度  $\rho_N$  をかけて求めます。

$$q_{mN} = q_{vN} \rho_N$$

これに式(解.27)を代入すると、次式となります。

$$q_{mN} = q_{vN} \rho_N = \rho_N q_{vM} \frac{\rho_M}{\rho_N} F_{wv} = (q_{vM} \rho_M) F_{wv}$$

Q28 : (19 管束管状式整流装置 (1998) の上流側直管長について (表 B.1))

19 管束管状式整流装置 (1998) を使用して複数の継手を接続する場合で、整流装置下流端とオリフィス板との間の直管長が表を満足する場合には、 $30D_0 > L_f \geq 18D_0$  であれば第 1 継手の上流側に  $15D_0$  の直管が必要であるが、 $L_f \geq 30D_0$  であれば第 1 継手の上流側に直管の設置は不要となるのか？

A28 :

$L_f \geq 30D_0$  で  $\beta \leq 0.67$  であれば、B.3.1 (図 B.2) に準拠していることになり (ただし、整流装置とオリフィス板との間隔に制限がありますので、これを満たしている場合)、継手の上流側に制限が無くなって直管を設置することは不要となります。

また、表 B.1 の "任意の継手" の欄を使用する場合でも、継手に流入する流れに条件はありません。"任意の継手" とはすなわちどんな継手でもよいことであり、例えば継手が 2 個連続していてもよいこととなります。したがって、この場合にも継ぎ手の上流側に制限は無く、 $\beta$  にかかわらず表 B.1 に従っていれば、" $30D_0 > L_f \geq 18D_0$ " であっても継手の上流側に直管を設置する必要はありません。

"任意の継手" 以外の欄を使用して複数の継手を接続する場合には、B.3.3 に従う必要があり、第 1 継手の上流側に  $15D_0$  の直管長が必要となります。

Q29 : (表 B.1 の "任意の継手" の欄を用いる場合 (B.3.2.2) について)

B.3.2.2 には、" $30D_0 > L_f \geq 18D_0$ " や " $L_f \geq 30D_0$ " の条件が記載されていないため、例えば、表 B.1 において、第 8 欄 " $30D_0 > L_f \geq 18D_0$ " の B 列で  $\beta \leq 0.75$  で整流装置下流端～オリフィス板の直管長を 9.5 とする場合でも、継手に流入する流れに制限は無いのか？ 改正説明会の資料ではこの点について説明していない。

A29 :

A28 でも触れましたが、"任意の継手" であれば、継手の上流側に制限がありませんので、上流側に直管を設置することは不要です。

表 B.1 は、 $\beta$  が 0.67 を超える場合、または少しでも直管長を短くしたい場合に使用するものであり、一般的には、 $\beta$  を 0.67 以下として図 B.2 の設置とすることが推奨されます。

改正説明会では、資料 p.46 で表 B.1 について触れておりますが、表 B.1 を使用する設置が一般的ではないことと説明会の時間制限もあって、表 B.1 を使用すれば多少直管長を短くすることができる例を示すだけにとどめ、口頭で上記状況が説明されたと思われま。

表 B.1 を使用する場合には、B3.2 および B3.3 を十分に読んでいただけるようお願いいたします。

Q30 : (モル分率の範囲を超えるガスについて)

表 H.2 のモル分率を越えるガスについては AGA8-92DC 法で計算することが推奨されているが、AGA8-92DC 法で規定されるモル分率も超える場合はどうすればよいか？

A30 :

JIS M 8010-2020 は、国内の代表的なガスに対応するために作成されています。その範囲を超えるガスに関しては、近年 GERG 法などが大きく進化しておりますので、最新の AGA Report No.8 や ISO 12213 をご参照ください。

Q31 : (AGA Report No.8 (2003)、ISO 12213-2:2006 の式の間違いについて)

AGA Report No.8 (2003)及び ISO 12213-2:2006 に記載されている式およびサンプルプログラムに間違いがあるとして web 上の文献が参照されているが、文献の参照ができなくなっている。間違いの内容はどのようなものか?

A31 :

両規格はすでに改訂され、本文中の式及びサンプルプログラムは、サンプル値に合うように修正されています。サンプル値には、前の版の値が継承されています。

すでに廃版となった AGA Report No.8 (3rd ed., 2003)及び ISO 12213-2:2006 には記載されている式に間違いがあり、また、AGA のサンプルプログラムではその式の通りになっていないところもありました。記載通りに計算すると、例えば Gas 1、Gas 2 などでは十分にサンプル値と一致しますが、その後大略して、Gas 番号が増えるに連れサンプル値との差が大きくなり、差が±1%に近くなるサンプルガスが多数ありました。

ISO 12213-2:2006 における式の間違いは次の通りで、AGA Report No.8 (3rd ed., 2003)での間違いも全く同じです。正しいサンプルプログラムは長くなるため割愛させていただきます。

1) ISO 12213-2:2006 の式(B.1) (2 か所の修正)

記載されている式 (誤) : 
$$B = \sum_{n=1}^{18} a_n T^{-u_n} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j B_{nij}^* E_{ij}^{u_n} (K_i K_j)^{3/2}$$

正しい式 : 
$$B = \sum_{n=1}^{18} a_n T^{-u_n} \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=i}^{21} c \cdot x_i x_j B_{nij}^* E_{ij}^{u_n} (K_i K_j)^{3/2} \quad \begin{cases} \text{if } i = j & \text{then } c = 1 \\ \text{if } i \neq j & \text{then } c = 2 \end{cases}$$

必要な修正点 1 :  $j$  の総和が  $i$  から始まる。

必要な修正点 2 : 係数  $c$  が必要。

結果に影響を及ぼさない修正点 :  $N$  を 21 とした。

( $N$  は 21 に限定されているため。)

2) ISO 12213-2:2006 の式(B.6) (1 か所の修正)

記載されている式 (誤) : 
$$U^5 = \left( \sum_{i=1}^N x_i E_i^{5/2} \right)^2 + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N x_i x_j (U_{ij}^5 - 1) (E_i E_j)^{5/2}$$

正しい式 : 
$$U^5 = \left( \sum_{i=1}^{21} x_i E_i^{5/2} \right)^2 + 2 \sum_{i=1}^8 \sum_{j=i+1}^{19} x_i x_j (U_{ij}^5 - 1) (E_i E_j)^{5/2}$$

必要な修正点 : 係数 2 が必要。

結果に影響を及ぼさない修正点 1 : 最初の総和の  $N$  を 21 とした。

結果に影響を及ぼさない修正点 2 : 2 番目の総和の上限を 8 とした。

結果に影響を及ぼさない修正点 3 : 3 番目の総和の上限を 19 とした。

(これらを超える  $i, j$  では  $U_{ij}$  が 1 であるため。)

Q32 : (フローコンピューターについて)

JIS M 8010:2020 の Z 数表を使用して圧縮係数を計算するフローコンピューターは開発されないのか？

A32 :

JIS M 8010:2020 の Z 数表は、電卓やスプレッドシート上でもできる簡易な計算を実現するために開発されたものです。フローコンピューター上では複雑な計算が可能ですので、簡易な Z 数表をプログラムするよりも、その元となった AGA8-92DC 法に沿って計算するものとして開発されるはずですが、したがって、JIS M 8010:2020 の Z 数表を取り入れたフローコンピューターが開発されることは無いと考えられます。

また、式に間違いがあった AGA Report No. 8 (2003) や ISO 12213:2006 が改訂される前から隔週フローコンピューターが市販されていましたが、これまで確認できた範囲では、A31 にある正しい式を用いて計算しているとみられ、サンプル値が正しく計算できるものとなっていました。

Q33 : (オリフィス径の設計について)

オリフィス径の設計はどのようにするか？

A33 :

式(33)を  $d_0$  について解くと、次式となります。ここで、オリフィス寸法には設計値 ( $d_0$  及び  $D_0$ ) を使用します。

$$d_0 = \left( \left( \frac{\varepsilon C_d}{q_m} \right)^2 \frac{\pi^2}{8} \Delta p \rho_1 + \frac{1}{D_0^4} \right)^{-\frac{1}{4}}$$

測定状態での体積流量  $q_{VM}$  が決まっている場合には、測定状態での密度  $\rho_1$  を使用して質量流量  $q_m$  (kg/s) を  $q_{VM}$  (m<sup>3</sup>/h) に置き換えた次式を使用します ( $q_{VM}$  (m<sup>3</sup>/h) = 3600  $q_m$  /  $\rho_1$ )。ここで、単位を m<sup>3</sup>/h とするため、3600 をかけています。

$$d_0 = \left( 1620000 \pi^2 \left( \frac{\varepsilon C_d}{q_{VM}(\text{m}^3/\text{h})} \right)^2 \frac{\Delta p}{\rho_1} + \frac{1}{D_0^4} \right)^{-\frac{1}{4}}$$

このいずれかに使用状態での代表値を入れることにより、 $d_0$  を決めることができます。

ただし、 $\varepsilon C_d$  がレイノルズ数と  $\beta$  によって変わり、このレイノルズ数と  $\beta$  が  $d_0$  によって変わりますので、 $\varepsilon C_d$  は設計時には決めることができません。しかし、 $C_d$  及び  $\varepsilon$  にそれぞれの代表的な値である 0.6 及び 1 を用いることによってある程度の精度で計算することができます。

精度の高い計算が必要であれば、 $C_d$  の計算のような再帰計算が必要となります (本文 8.3.4、解説 5.6.10.6 参照)。すなわち、 $\varepsilon C_d$  に 0.6 などの代表値を入れて計算した  $d_0$  を使い、本文に従って  $C_d$  と  $\varepsilon$  を計算し、その結果得られた  $\varepsilon C_d$  を用いて再度  $d_0$  を計算することを繰り返します。この計算に用いた  $d_0$  と計算結果として得られた  $d_0$  が十分に一致すれば、精度の高い  $d_0$  が得られたこととなります。