

JIS M 8010:2020 改正説明会

2020年10月13日

本日の説明内容

- 第1部
～全体概要～

- 1-1 改正の経緯
- 1-2 改正の趣旨
- 1-3 改正の検討体制
- 1-4 改正作業の経過
- 1-5 改正版の構成

- 第2部
～改正内容～

- 2-1 基準状態と標準状態
- 2-2 物性値
- 2-3 オリフス流量計
- 2-4 容積流量計
- 2-5 渦流量計
- 2-6 超音波流量計
- 2-7 不確かさ

- 第3部
～計算法概要～

- 3-1 計算手順
- 3-2 物性値
- 3-3 オリフス流量計
- 3-4 超音波式流量計

第1部 ～全体概要～

- 1-1 改正の経緯
- 1-2 改正の趣旨
- 1-3 改正作業の体制
- 1-4 改正作業の経過
- 1-5 改正版の構成

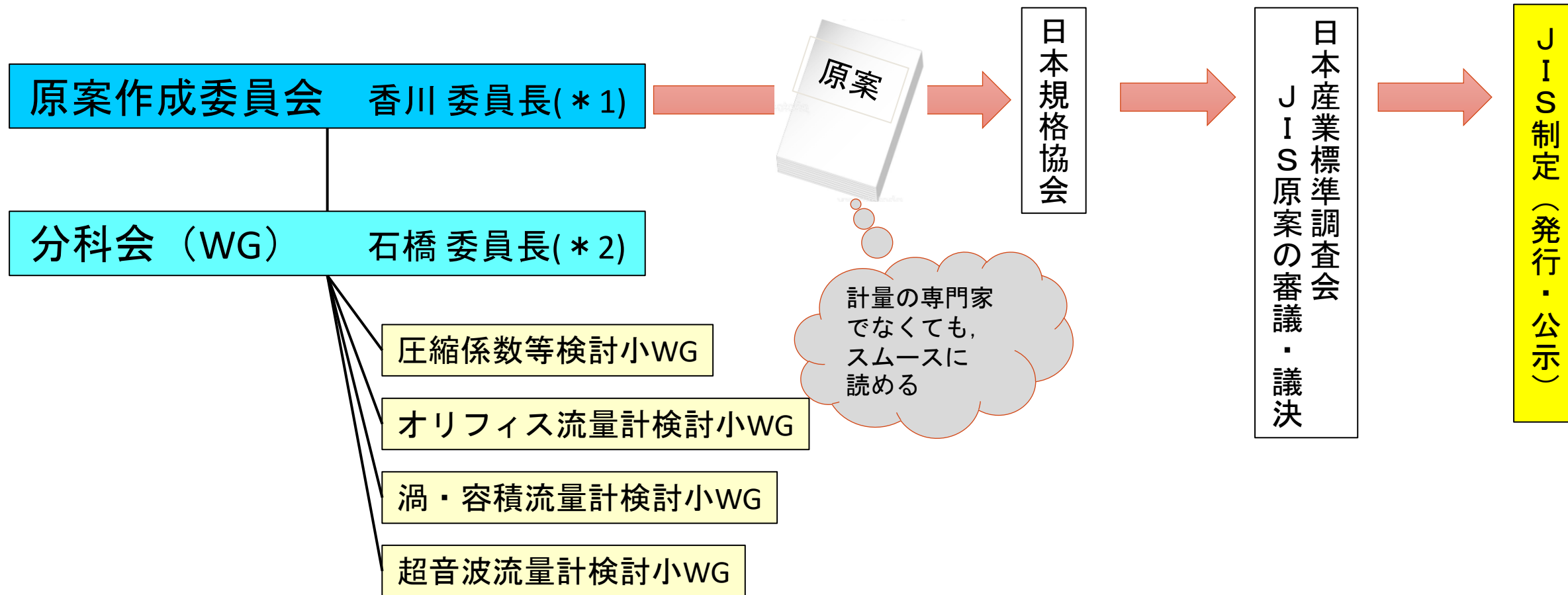
1-1 改正の経緯

年	
1963	制定
1968	AGA Report No.3を導入し改正
1977	国際単位系 (SI) を導入し改正
1993	ISO5167:1991(差圧流量計)の最新データを取入れて改正
～	以降20年以上、多くの現場で、その使いやすさから、使われ続けてきたが、その間、ISO 5167が大幅に改訂され、圧縮係数などの物性値も新たな計算方法が確立されて世界的に普及した。さらに、当時はまだ開発途上にあった超音波流量計が著しく性能が向上して天然ガス計量への普及が進むなど、各方面でも大きな技術的進歩があった。
2012 ～19	そこで、これらの技術を導入して改正することとし、JIS原案作成委員会を組織し、JIS改定原案を作成した。

1-2 改正の趣旨

	改正ポイント
①	天然ガスの物性値について更新 - 圧縮係数 ⇒ ISO 12213:2006準拠（低圧では現行のZ数表をそのまま利用可能） - ガス粘度 - アイゼントロピック指数 等
②	既存流量計（オリフィス、渦、容積）の更新 ⇒ 最新版JIS（Z 8762:2007、Z 8766:2002、容積はJISなし）への更新
③	超音波流量計の追加 ⇒ ISO 17089 参照

1-3 改正作業の体制



(*1) 東京工業大学 名誉教授 香川利春
(*2) 産業技術総合研究所 計測標準研究部門
流量計測科 気体流量標準研究室長 石橋雅裕

1-4 改正の作業経過

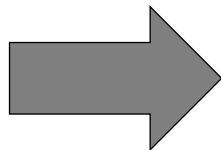
- 2012年4月より当会技術委員会の下に、「JISM8010改正準備ワーキンググループ」を設置。
(一財) 日本規格協会 (JSA) の「JIS原案作成公募制度」を利用し改正作業を進めてきた。
- 2018年5月8日「原案作成委員会」へ提出した原案ver20revGに対するコメントを6月末に受領、7月中旬にこれを修正しver21として再提出。7月末にver21にて最終原案 (JSAの体裁) とする。
- 2018年9月14日、当会会議室にて、分科会 (全体WG) を開催 (参加者21名) 。
- 2018年11月5日、第3回原案作成委員会を開催 (メールによる紙上審議) 。
- 2018年12月5日、審議の結果、委員の過半数の承認により、原案ver21revFを最終原案を完成。
- 2018年12月18日、最終原案 (ver21revF) をJSAへ提出。
- JSAによる本最終原案の校正作業が行われ、2019年9月に最終原案が完成し、経産省 (日本産業標準調査会) へ提出。
- 日本産業標準調査会のホームページ上で、意見受付公告が実施 (12月19日〆切) 。
- 2020年1月20日 経済産業省のホームページで公示。
- 本日、説明会を開催。

1-5 改訂版の構成 (1993版との比較)

1993版 目次

1. 適用範囲
2. 用語の定義及び記号の意味
3. 計算方法の種類
4. 表示の方法
5. 計量に必要な一般事項
6. オリフィス流量計による方法
7. 容積流量計による方法
8. 渦流量計による方法

付図
付表
解説



2020版 目次

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 用語及び定義
4. 記号
5. 計量に用いる流量計
6. 表示の方法
7. 計量に関する一般事項
8. オリフィス流量計を用いる計量
9. 容積流量計を用いる計量
10. 渦流量計を用いる計量
11. 超音波流量計を用いる計量
12. 物性値
13. 計算値の不確かさの概算

附属書
解説

第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

2-7 不確かさ

2-1 標準状態と基準状態 (旧版と同じ)

- ✓ 英語の使用法が逆転している。(歴史的経緯によるものと考えられる。今更変えられない。)
(正しくは、普遍的なものはstandard、便宜上設定してよいものはnormal、referenceなどとする。)
- ✓ 日本語では、和訳が逆転して、正しい使い方になっている。(これも歴史的経緯)
(通常は、standard＝標準、normal＝基準であるが、Normalを「標準」、Standardを「基準」とする。)
- ✓ JIS M 8010の記号は英語に準ずる。(標準状態⇒ Nを使用、基準状態⇒ Sを使用)

標準状態	基準状態
Normal Condition	Standard Condition
世界的に 普遍 (変更できない)	業界に適した状態に 設定してよい
0°C、101.325kPa、湿度0%	15.6°C、101.325kPa、湿度100%
q_{vN} 、 V_{vN}	q_{vS} 、 V_{vS}
標準状態での計量値を求め、必要に応じ、次式で基準状態に変換する。 (標準状態での計量値を求めればよい。)	
$q_{vS} = 1.0759 q_{vN}$	(1)
$V_S = 1.0759 V_N$	(2)
本文3.2	
(式については、旧版解説を参照。世界的に用いられている式)	

第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

2-7 不確かさ

2-2 物性値 (使用する物性値の種類)

項 目		対象となる流量計	使用目的
1	圧縮係数	全ての流量計	密度
2	アイゼントロピック指数	オリフィス 超音波	膨張補正係数 音速
3	ガス粘度	オリフィス	レイノルズ数
4	湿度補正	全ての流量計	標準状態での計量値
5	モル分率		すべての物性値
6	臨界定数などの定数		圧縮係数など

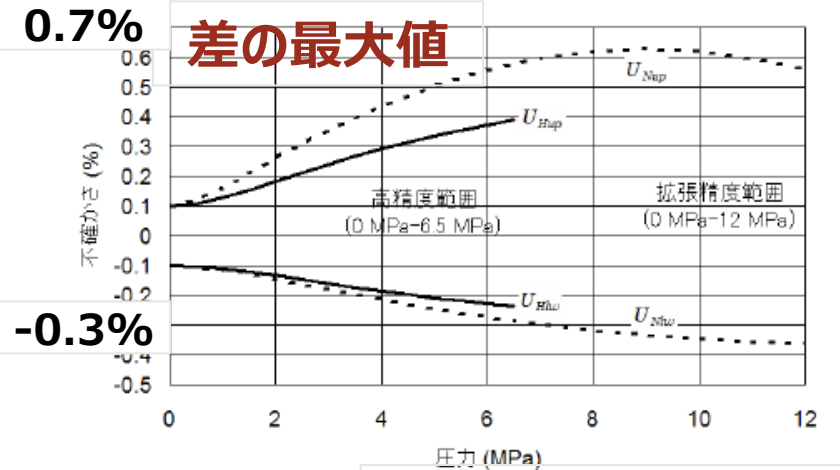
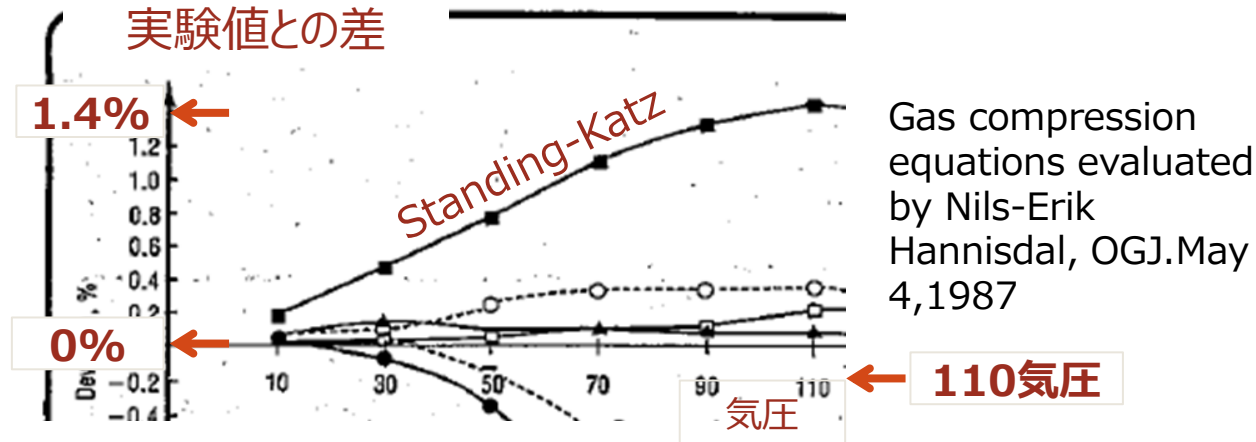
(1) 圧縮係数 (Standing-Katz法 → AGA8-92DC法)

JIS M 8010: 1993	JIS M 8010: 2020
① 1985年のAGA Report 8 (天然ガスの圧縮係数) 導入は見送り ② Standing-Katz法に近似 Dranchuk et.al., $Tr < 1.6$ Hall-Yaborough $Tr \geq 1.6$ ③ 不確かさは定義されなかった。	① AGA8-92DC法の導入 (不確かさ0.1%) ⇒ 計算が複雑でフローコンピューターが必要。 AGA8-92DC法 : 1992年に確立された方法で、現在も使われる。ISO 12213-2などとしても出版。AGA8は2017年に改訂、AGA-92DC法はそのまま。 ② 旧版Z付表に対応するZ数表2015を新たに作成 AGA-92DC法の計算結果に基づく。不確かさは主として圧力に依存。通常、60気圧程度まで0.1%~0.5%。 ③ 10気圧以下に限り、旧版Z付表の使用が可。 不確かさ0.2%程度

(1) 圧縮係数 (不確かさ、誤差)

1
9
9
3

• Standing-Katzの式



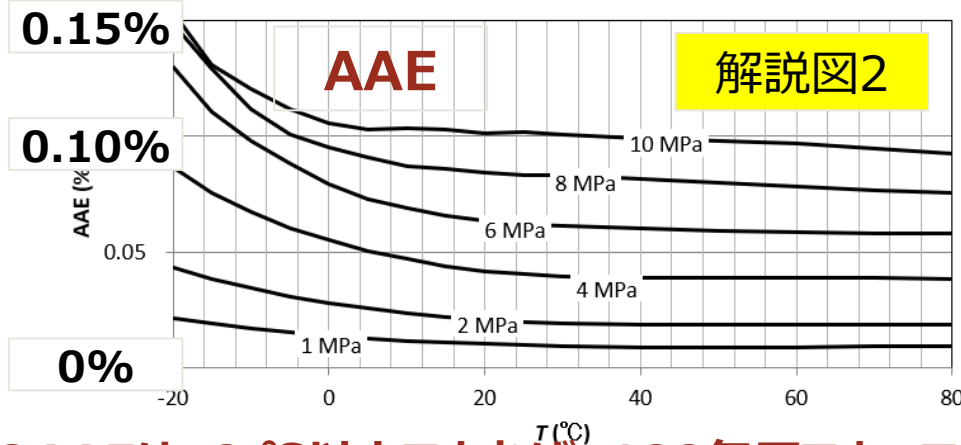
AGA8-92DC法との最大の差
(約6.3万種のガス)
↑ 特異なガスが含まれる

実線：高精度範囲
破線：拡張精度範囲

2
0
2
0

• AGA8-92DC法 (0.1%)

• Z数表2015 (AGA8-92DC法からの差として評価)



差の絶対値の平均値
AAE

(この他に、AGA8-92DC法自体に0.1%の不確かさがある)

AAE： 誤差の絶対値の平均値
AE： 誤差の平均値

✓ AAEの方が大きい。
✓ AEは、Z数表2015では、約6.3万種のガスでほぼゼロとなる。

差のAAEは、0 °C以上であれば、100気圧であってもほぼ0.1%以内に収まる。

(1) 圧縮係数 (Z数表2015による計算方法)

- ① 表H.1と式H.1&2を使って A_z 、 B_z を計算。
- ② 表H.4で A_z 、 B_z を挟む4つの値を拾い出す。
- ③ 縦方向→横方向に内挿。(順不同)

$$A_z = \frac{T}{\sum_i a_i x_i}$$

式H.1

表 H.4 - Z 数表 (2015)

- ✓ 使用方法は旧「付表」と同じ
- ✓ 表の大きさ、定数の数も同じ
(これまで用いてきた「付表」の数値を置き換えるだけでそのまま使用可能)

$$B_z = \frac{p}{\sum_i b_i x_i}$$

式H.2

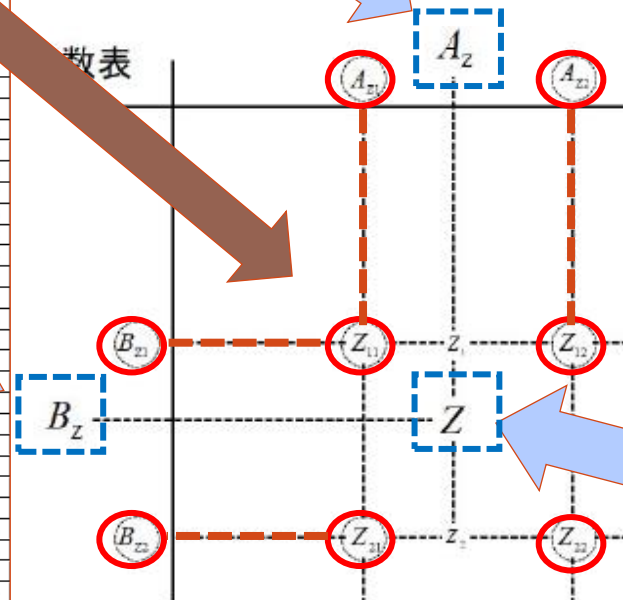
B_z	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95
0.01	0.996 67	0.997 14	0.997 54	0.997 87	0.998 15	0.998 39	0.998 60	0.998 78	0.998 93	0.999 06	0.999 18	0.999 28	0.999 36	0.999 41	0.999 45	0.999 48	0.999 51	0.999 53	0.999 55	0.999 56	0.999 57
0.02	0.993 32	0.994 27	0.995 07	0.995 74	0.996 31	0.996 79	0.997 20	0.997 55	0.997 86	0.998 12	0.998 35	0.998 55	0.998 73	0.998 88	0.999 01	0.999 11	0.999 19	0.999 26	0.999 31	0.999 34	0.999 36
0.03	0.989 95	0.991 39	0.992 59	0.993 60	0.994 45	0.995 18	0.995 80	0.996 33	0.996 79	0.997 18	0.997 53	0.997 83	0.998 10	0.998 33	0.998 52	0.998 68	0.998 81	0.998 91	0.998 98	0.999 02	0.999 04
0.04	0.986 58	0.988 50	0.990 11	0.991 46	0.992 60	0.993 57	0.994 40	0.995 10	0.995 71	0.996 24	0.996 70	0.997 11	0.997 46	0.997 77	0.998 04	0.998 27	0.998 46	0.998 61	0.998 73	0.998 82	0.998 88
0.05	0.983 19	0.985 60	0.987 62	0.989 31	0.990 75	0.991 96	0.992 99	0.993 88	0.994 64	0.995 31	0.995 88	0.996 39	0.996 84	0.997 24	0.997 59	0.997 89	0.998 14	0.998 34	0.998 50	0.998 63	0.998 73
0.06	0.979 78	0.982 45	0.984 82	0.986 88	0.988 69	0.990 29	0.991 75	0.993 09	0.994 35	0.995 51	0.996 58	0.997 56	0.998 45	0.999 24	0.999 93	1.000 51	1.000 98	1.001 35	1.001 63	1.001 81	1.001 96
0.07	0.976 36	0.979 25	0.981 92	0.984 42	0.986 71	0.988 75	0.990 69	0.992 48	0.994 15	0.995 71	0.997 18	0.998 56	0.999 84	1.001 02	1.002 10	1.003 08	1.003 96	1.004 74	1.005 42	1.005 99	1.006 46
0.08	0.972 93	0.976 84	0.980 11	0.982 86	0.985 16	0.987 12	0.988 78	0.990 20	0.991 43	0.992 49	0.993 49	0.994 43	0.995 31	0.996 14	0.996 91	0.997 62	0.998 27	0.998 86	0.999 39	0.999 86	1.000 27
0.09	0.969 48	0.973 90	0.977 60	0.980 69	0.983 30	0.985 50	0.987 37	0.988 98	0.990 36	0.991 56	0.992 60	0.993 59	0.994 53	0.995 42	0.996 26	0.997 05	0.997 78	0.998 45	0.999 06	0.999 61	1.000 10
0.10	0.966 01	0.970 95	0.975 08	0.978 53	0.981 43	0.983 88	0.985 97	0.987 75	0.989 29	0.990 62	0.991 81	0.992 86	0.993 86	0.994 81	0.995 71	0.996 56	0.997 35	0.998 08	0.998 75	0.999 36	1.000 00
0.11	0.962 59	0.967 99	0.972 55	0.976 36	0.979 56	0.982 26	0.984 56	0.986 53	0.988 22	0.989 69	0.990 96	0.992 11	0.993 14	0.994 14	0.995 10	0.996 01	0.996 87	0.997 68	0.998 43	0.999 12	0.999 75
0.12	0.959 19	0.964 99	0.969 99	0.974 19	0.977 68	0.980 64	0.983 15	0.985 30	0.987 15	0.988 75	0.990 14	0.991 41	0.992 56	0.993 69	0.994 78	0.995 83	0.996 84	0.997 80	0.998 71	0.999 56	1.000 35
0.13	0.955 82	0.961 99	0.967 48	0.972 01	0.975 81	0.979 02	0.981 75	0.984 08	0.985 98	0.987 82	0.989 52	0.991 10	0.992 66	0.994 11	0.995 54	0.996 94	0.998 30	0.999 61	1.000 87	1.002 08	1.003 24
0.14	0.952 49	0.959 19	0.965 36	0.970 01	0.974 19	0.977 79	0.980 84	0.983 45	0.985 61	0.987 51	0.989 26	0.990 96	0.992 61	0.994 21	0.995 76	0.997 26	0.998 71	0.999 99	1.001 21	1.002 38	1.003 50
0.15	0.949 14	0.956 06	0.961 99	0.966 99	0.971 05	0.975 17	0.978 93	0.981 63	0.983 95	0.985 95	0.987 69	0.989 21	0.990 71	0.992 19	0.993 66	0.995 10	0.996 50	0.997 85	0.999 15	1.000 40	1.001 60
0.16	0.945 88	0.953 04	0.959 81	0.966 09	0.971 81	0.976 99	0.981 14	0.984 52	0.987 52	0.990 09	0.992 34	0.994 36	0.996 16	0.997 84	0.999 41	1.000 87	1.002 22	1.003 46	1.004 60	1.005 73	1.006 84
0.17	0.942 60	0.950 02	0.957 25	0.963 99	0.969 19	0.973 52	0.977 11	0.980 34	0.983 85	0.986 88	0.989 51	0.991 86	0.994 04	0.996 06	0.997 94	0.999 69	1.001 32	1.002 85	1.004 27	1.005 58	1.006 87
0.18	0.939 37	0.947 99	0.955 46	0.962 06	0.967 69	0.972 52	0.976 70	0.980 09	0.983 85	0.987 15	0.990 09	0.992 68	0.994 94	0.997 06	0.999 04	1.000 89	1.002 62	1.004 24	1.005 75	1.007 15	1.008 53

成分	a_i (K)	b_i (kPa)
CO ₂	295.889 3	6 854.100 0
N ₂	124.742 8	3 292.538 9
H ₂	55.175 5	3 157.200 0
CO	136.937 5	3 498.750 0
O ₂	154.770 0	5 080.020 0
CH ₄		0
C ₂ H ₆		0
C ₃ H ₈	429.821 5	4 256.660 0
iC ₄ H ₁₀	546.848 6	4 741.906 0
nC ₄ H ₁₀	529.372 8	4 555.944 0
iC ₅ H ₁₂	616.933 3	2 666.872 0
nC ₅ H ₁₂	629.264 0	3 712.632 0
C ₆ H ₁₄	682.107 0	909.486 0
C ₇ H ₁₆	432.126 4	2 052.585 0
C ₈ H ₁₈	454.878 4	1 747.634 0

表H.1

表H.4

8ページにわたる



図H.1

パラメータが (A_z, B_z) となったときの圧縮係数 Z

$$Z = Z_1 + \frac{Z_2 - Z_1}{B_{z2} - B_{z1}} (B_z - B_{z1})$$

(B_z 方向の直線補間)

$$Z_1 = Z_{11} + \frac{Z_{12} - Z_{11}}{A_{z2} - A_{z1}} (A_z - A_{z1})$$

$$Z_2 = Z_{21} + \frac{Z_{22} - Z_{21}}{A_{z2} - A_{z1}} (A_z - A_{z1})$$

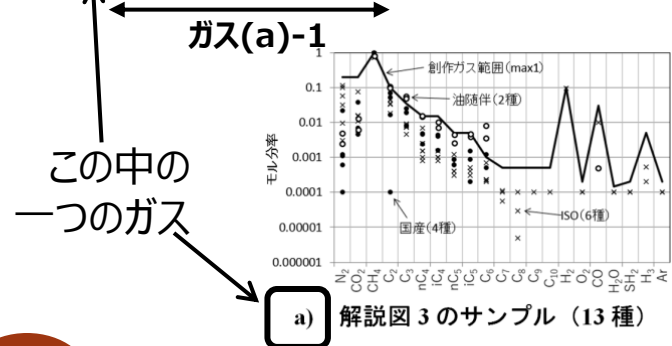
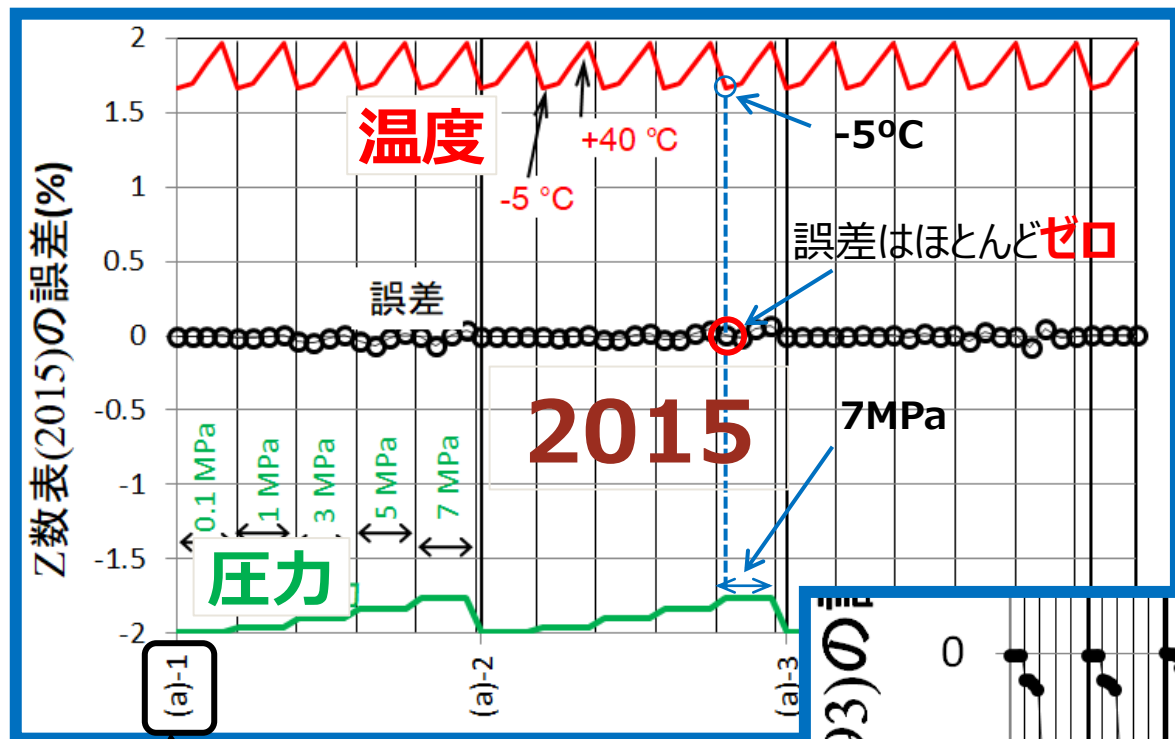
(A_z 方向の直線補間)

○で囲った変数は数表の値とする。

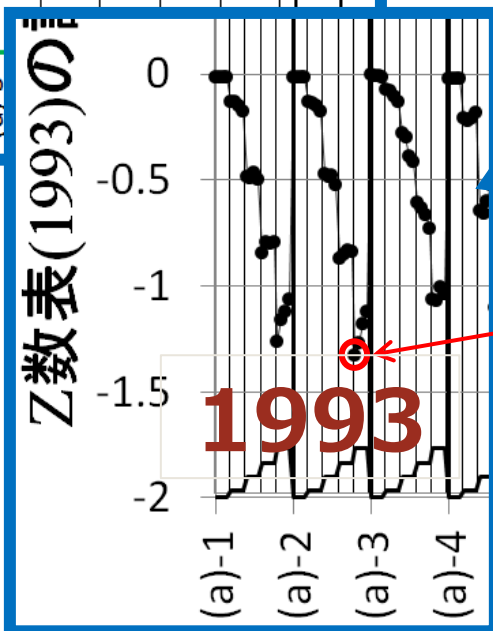
(特にこの計算方法にこだわる必要はない。)

Z数表 (サンプルガスでの誤差) (AGA8-92DC法による値からの差)

Z数表1993と2003の比較 (国際規格と国産のサンプルガス、計40種)



解説図4a)



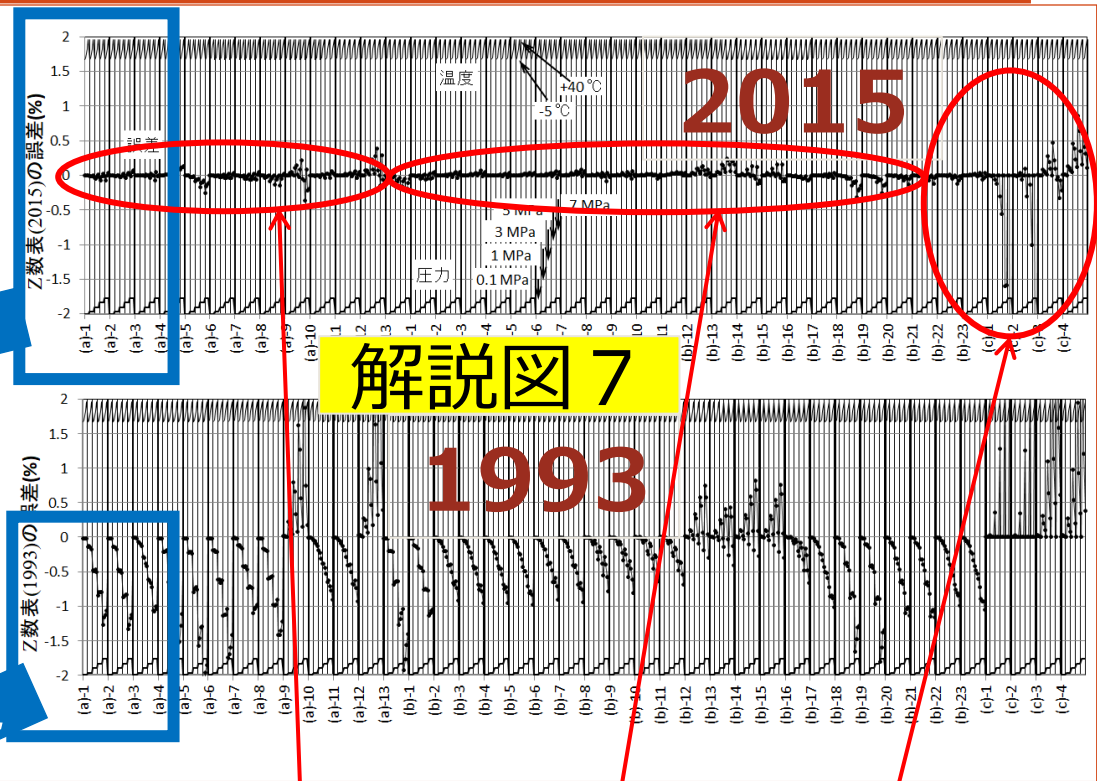
拡大

拡大

右上と同じ条件で
-1.3%程度

解説図4のa)のガス
(ほぼ対象成分範囲内)

解説図4のb)のガス
(対象成分範囲を超える成分を持つものもある)



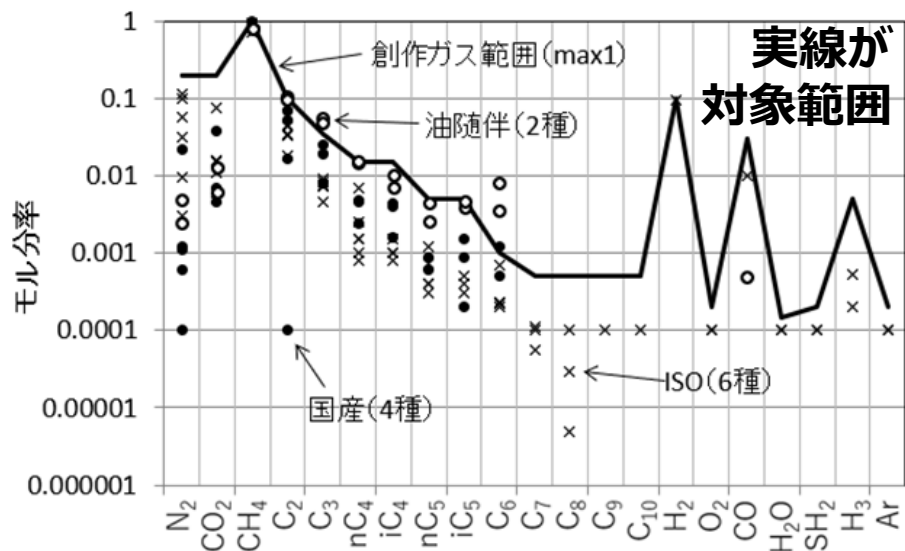
解説図7

解説図4のc)のガス
(対象成分範囲を超える成分を持つ)

Z数表2015 (対象外成分比と誤差) I

(誤差 : AGA8-92DC法からの差)

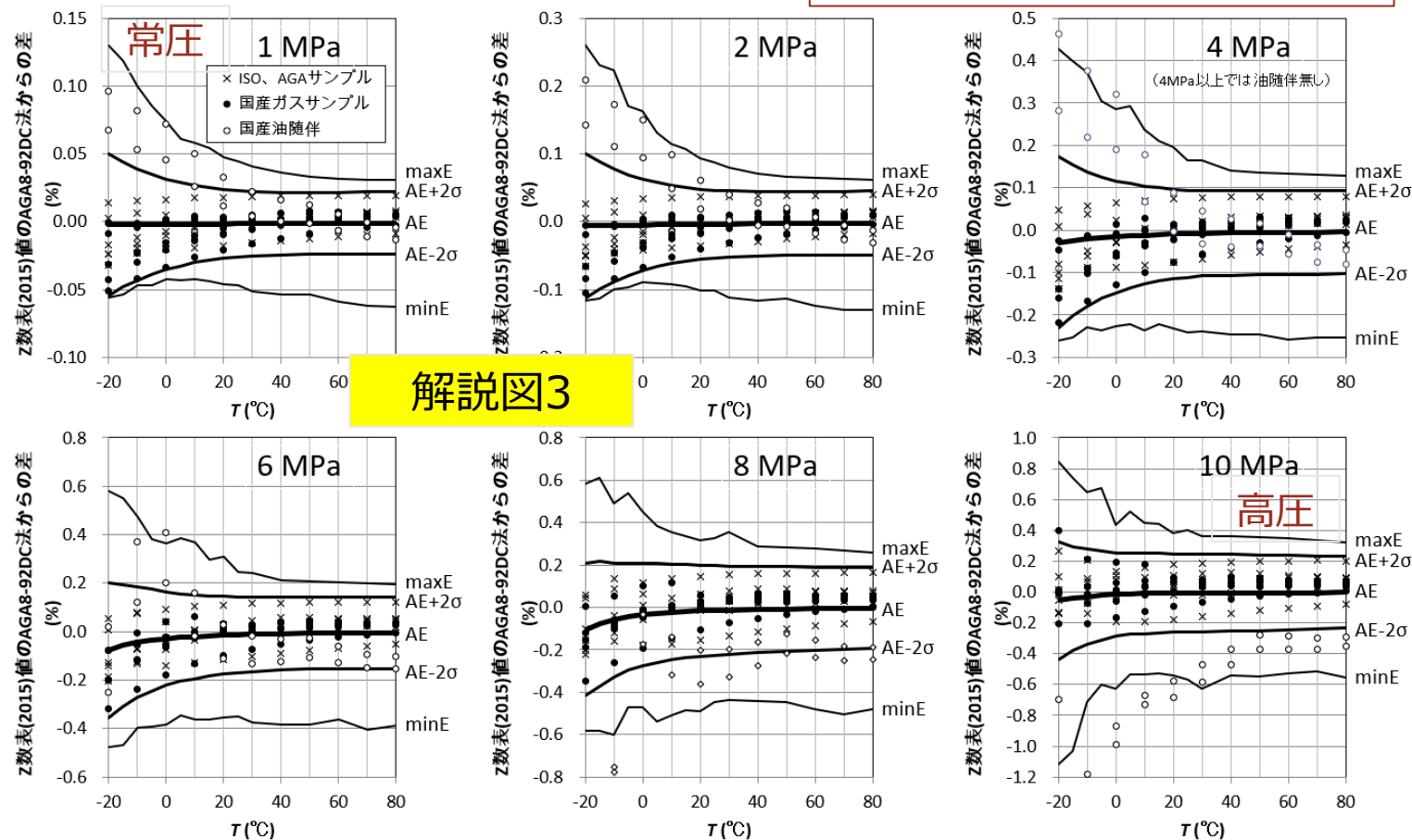
実線はZ数表が対象としたガスでの
最大誤差 (maxE、minE)
平均誤差AE、AE±2σ



解説図4a)

この成分を持つガスの誤差

ISOサンプルガス全種 (6種)
国産ガスの例 (5種)
国産ガスで油随伴 (2種)



解説図3

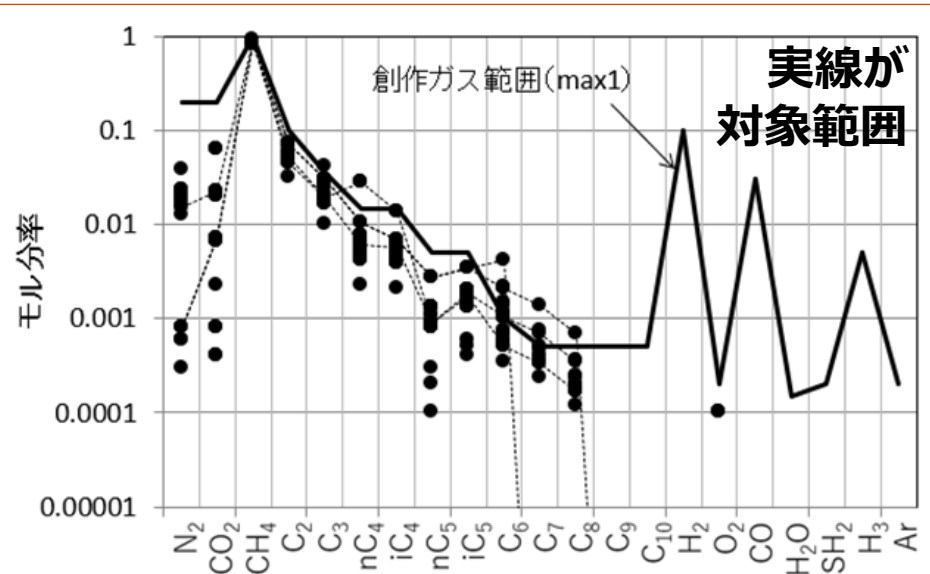
一部、対象とした成分比を超えるものがあるが、
誤差は油随伴を除いてAE±2σ内にある

(油随伴は高圧では液化するため用いられない)

Z数表2015（対象外成分比と誤差） II

（誤差：AGA8-92DC法からの差）

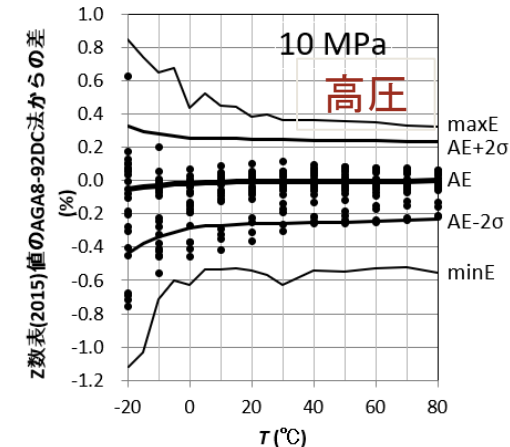
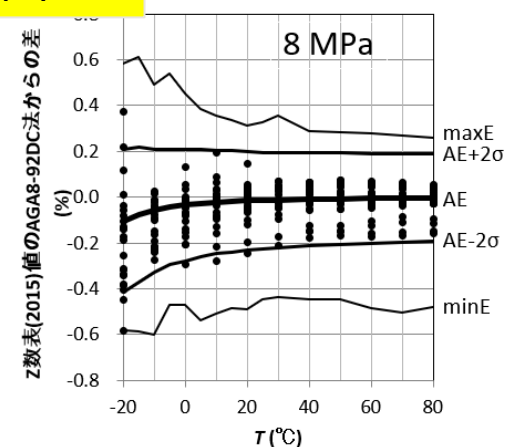
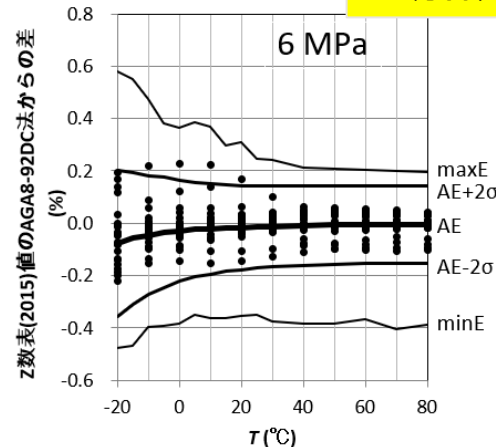
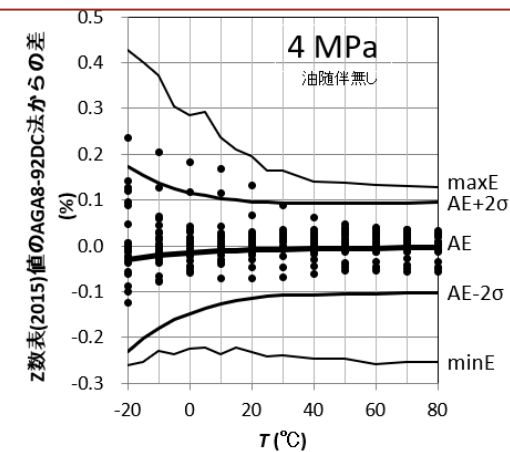
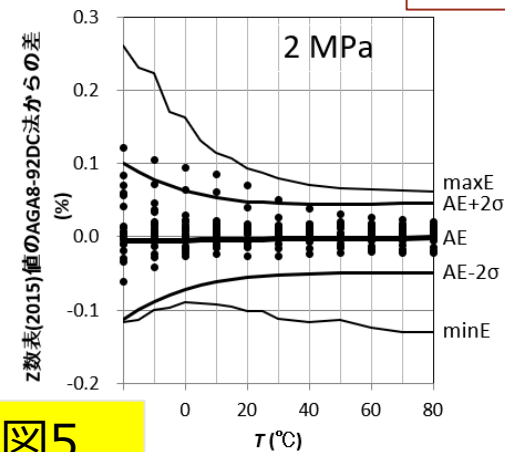
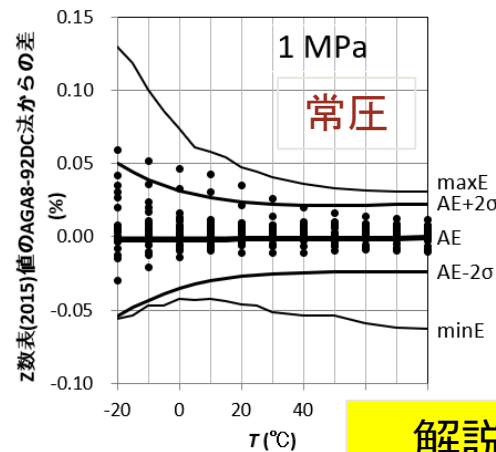
実線はZ数表が対象としたガスでの
最大誤差（maxE、minE）
平均誤差AE、AE±2σ



解説図4b)

この成分を持つガスの誤差

国産ガスの例
（範囲を超える23種）

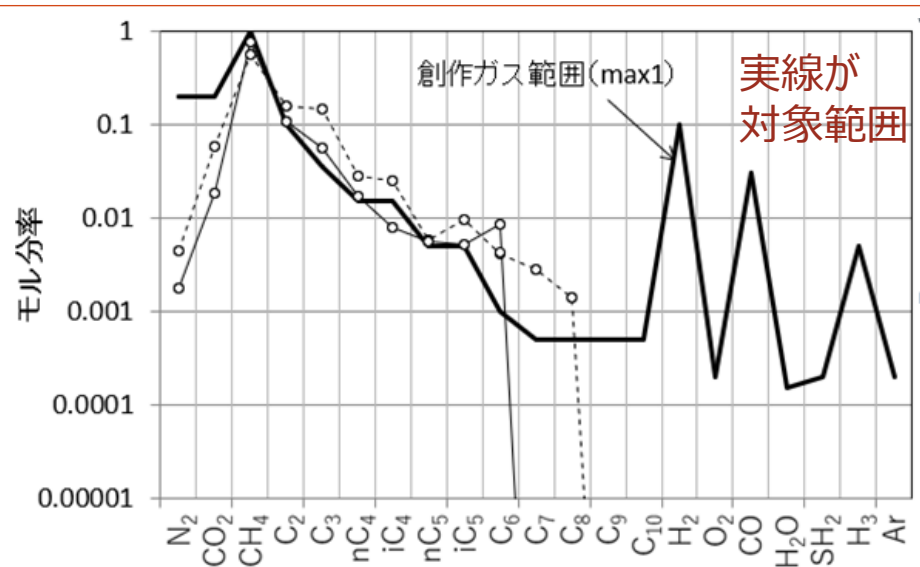


対象とした成分比を大きく超えるものはなく、
ほとんどの誤差はAE±2σ程度かそれより小さい。

Z数表2015 (対象外成分比と誤差) III

(誤差: AGA8-92DC法からの差)

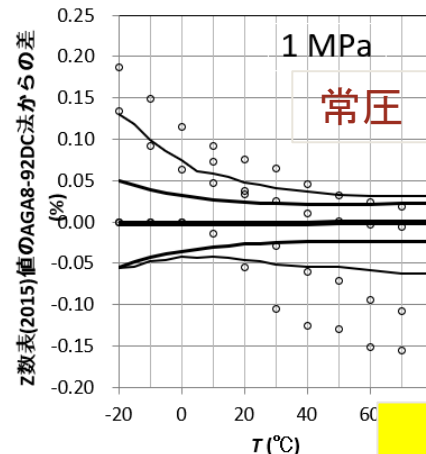
実線はZ数表が対象としたガスでの
最大誤差 (maxE、minE)
平均誤差AE、 $AE \pm 2\sigma$



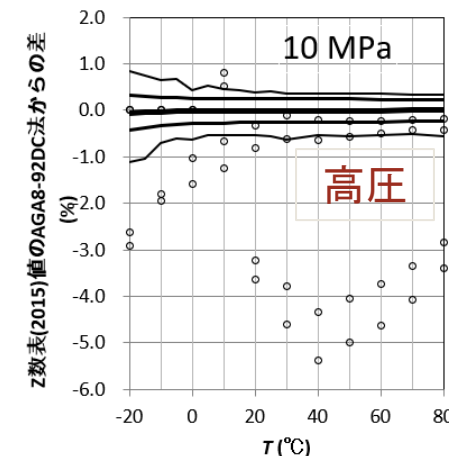
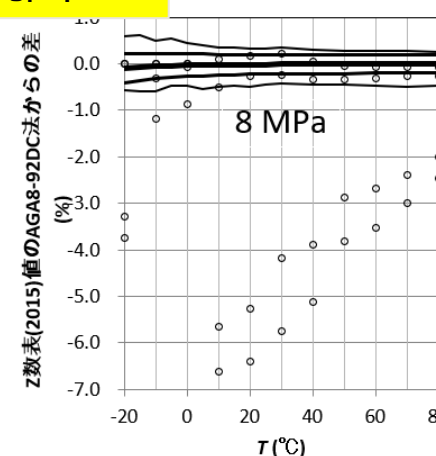
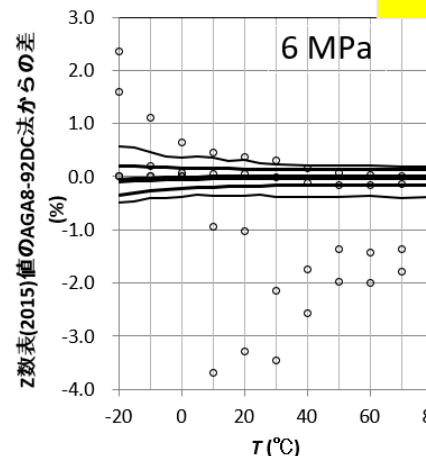
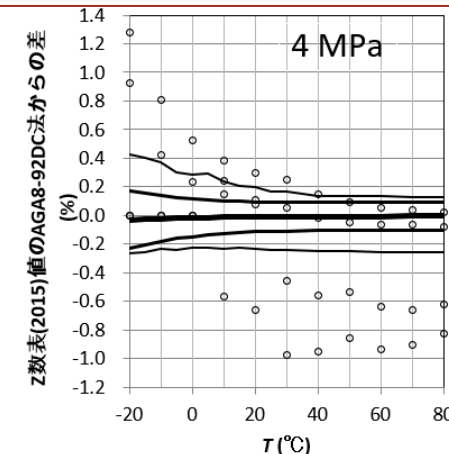
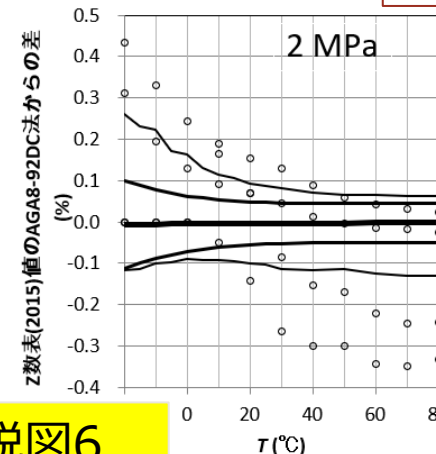
解説図4c)

この成分を持つガスの誤差

国産ガスの例2種



解説図6



誤差が大きいが、対象の成分比を超える程度からは予測できない。

⇒ 数表が対象とする最大成分比を超える場合は直接計算が望ましい。

(2) アイゼントロピック指数 κ (計算方法)

JIS M 8010: 1993	JIS M 8010: 2020
- 理想気体の比熱比に相当 - 近似値として$\kappa=1.3$として良い。 - JIS Z 8762 (オリフィス) では1.2、1.3、1.4、1.66の時のε (気体の膨張補正係数) が与えられている。 - ISO 5167では「信頼性のある値を使用」のこととされる。 - これまで、ユーザー指定の固定値が用いられていた。	次の3方法を規定 ① ISO 20765-1に従って算出 する。⇒計算が非常に複雑 ② 圧縮係数、温度、圧力から適合曲線により求める。 ③ Jaeschkeの式 (理想気体のκ) にて求める。⇒エクセル等で計算は可能だが、圧力の影響が反映されない。 ④実用上、大半の場合において$\kappa=1.3$としてよい。

(2) アイゼントロピック指数 κ → 膨張補正係数 ε 、音速 c

- アイゼントロピック指数 κ は、膨張補正係数 ε の計算に用いられる。

膨張補正係数

$$\varepsilon = 1 - (0.351 + 0.256\beta^4 + 0.93\beta^8) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa_1}} \right] \quad \text{式(42)}$$

アイゼントロピック指数

流量計算式

$$q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1 - \beta^4}} \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\Delta p \rho_1} \quad \text{式(33)}$$

- 音速 c の計算にも使われる。
(超音波流量計の動作確認)

$$c = \sqrt{\frac{\kappa ZRT}{N}}$$

⇒ AGA Report 10 Speed of Sound
in Natural Gas and Other Related
Hydrocarbon Gases (2003)

膨張補正係数とは？

- オリフィス流量計の流量を与える式は、**非圧縮性流れを仮定**して求められている。
- 気体には圧縮性があるが、流速が十分小さければ、非圧縮性流れとして扱っても問題ない。
- 流速が大きくなると**、温度・圧力の低下による密度変化の影響が無視できなくなる（これが圧縮性）ため、誤差が発生する。
- これを補正するものが膨張補正係数。

- すなわち、オリフィス孔での**流速が大きい**とき、膨張補正係数が重要となる。（1からずれてくる）
- オリフィス孔での流速が大きい条件には、以下の要素がある。

- **差圧が大きい場合**
- 同じ差圧（流量）でもオリフィス**直径比が大きい場合**

1に近い

直感的に・・・

- ✓ 大きく絞ってあれば、少しの流量（小さい流速）でもすぐに大きな差圧が発生する。
- ✓ 絞り比が大きい（あまり絞っていない）のにその差圧が発生するということは、流速が大きいということである。

κ は、気体がどの程度圧縮されるかを表す代表的なパラメーターである。

これらにより、 ϵ は、 κ 、 p_2/p_1 、 β の関数となる。

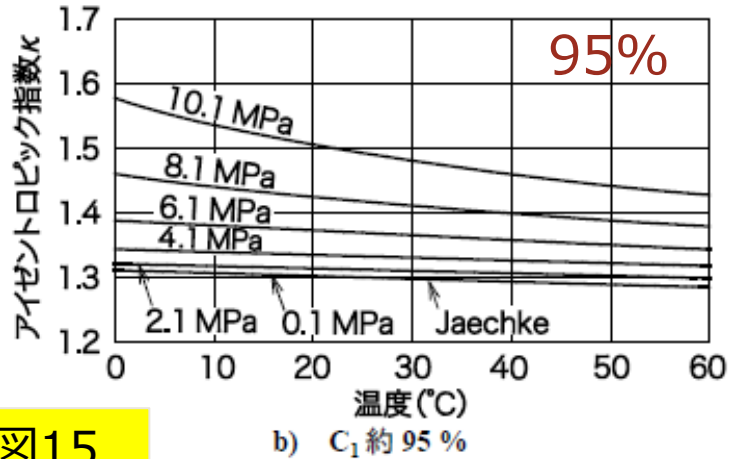
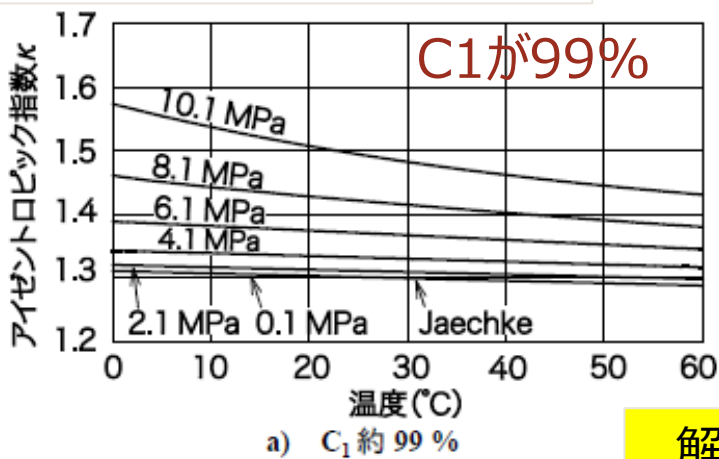
「直径比が大きい」=あまり絞っていない

「大きく絞ってある」=「直径比が小さい」

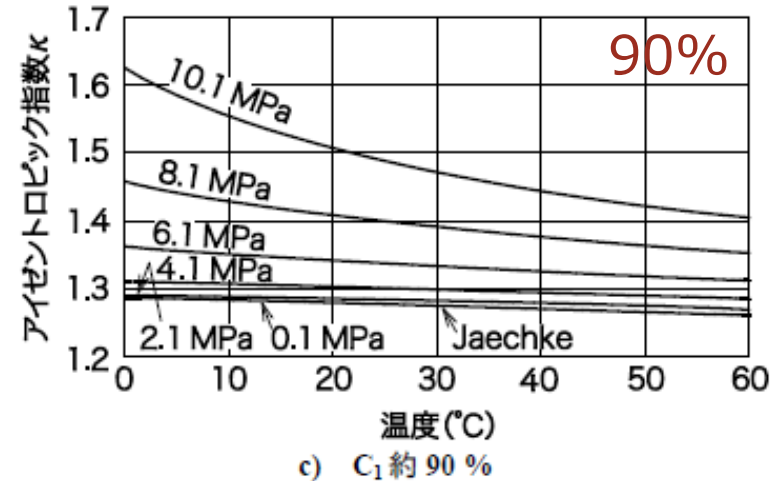
オリフィス直径比： $\beta = \frac{d}{D}$

(2) アイゼントロピック指数 κ (値の例)

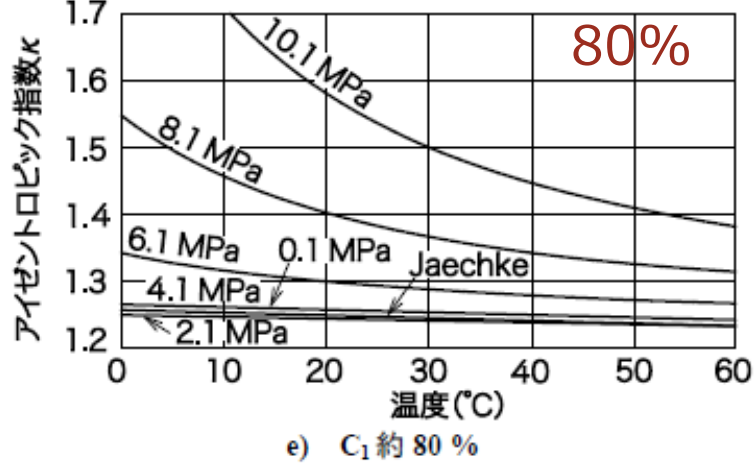
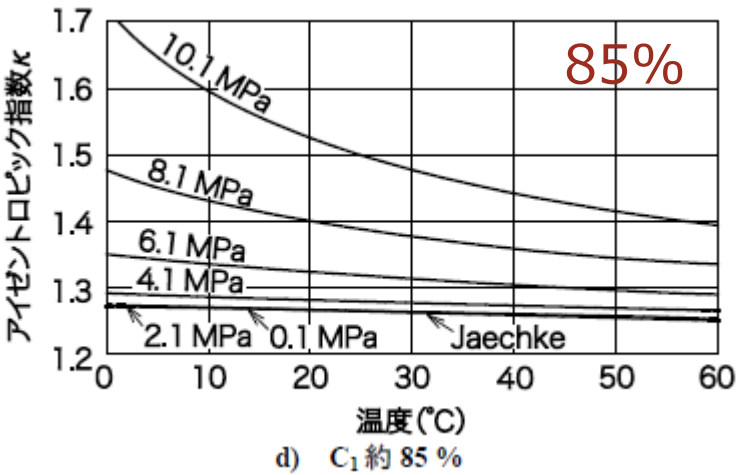
国産ガスの代表例



(AGA-92DC法で計算した値)



解説図15



成分表

解説表 2—国内の代表的なガスの成分

ガス組成	ISO ガス品質 (%)	C_1 約 99 % ガス	C_1 約 95 % ガス	C_1 約 90 % ガス	C_1 約 85 % ガス	C_1 約 80 % ガス
CH ₄	70—100	99.54	94.98	89.853	85.88	79.45
N ₂	0—20	0.26	0.52	0.674	0.10	0.25
CO ₂	0—20	0.00	4.50	1.200	0.63	0.61
C ₂ H ₆	0—10	0.16	0.00	4.873	7.66	10.47
C ₃ H ₈	0—3.5	0.03	0.00	2.005	3.34	5.65
H ₂	0—10	0.00			0.00	0.00
CO	0—3	0.00			0.00	0.00
O ₂	0—10	0.01			0.00	0.00
iC ₄ H ₁₀	0—1.5	0.00			0.00	1.04
nC ₄ H ₁₀	0—1.5	0.00	0.00	0.589	0.99	1.51
iC ₅ H ₁₂	0—0.5	0.00	0.00	0.151	0.32	0.40
nC ₅ H ₁₂	0—0.5	0.00	0.00	0.103	0.24	0.26
C ₆ H ₁₄	0—0.1	0.00	0.00	0.121	0.18	0.36
C ₇ H ₁₆	0—0.05	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
C ₈ H ₁₈	0—0.05	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
合計	—	100.00	100.00	100.000	100.00	100.00

解説表 2

(2) アイゼントロピック指数 κ (適合曲線)

$$\kappa = \kappa_0 + B_0 + \frac{B_1}{Z} + \frac{B_2}{Z^2} \quad (74)$$

$$\kappa_0 = 1.647 - 0.00042T - 0.950A_\kappa B_\kappa^{-0.75} \quad (75)$$

$$B_0 = -1.468 + 0.9713p - 0.17585p^2 + 0.009722p^3 \quad (76)$$

$$B_1 = 3.117 - 1.9084p + 0.33555p^2 - 0.018504p^3 \quad (77)$$

$$B_2 = -1.654 + 0.94879p - 0.160769p^2 + 0.0088731p^3 \quad (78)$$

$$A_\kappa = \sum_i a_i x_i \quad (79)$$

$$B_\kappa = \sum_i b_i x_i \quad (80)$$

成分	a_i (K)	b_i (kPa)
CO ₂	295.889 3	6 854.100 0
N ₂	124.742 8	3 292.538 9
H ₂	55.175 5	3 157.200 0
CO	136.937 5	3 498.750 0
O ₂	154.770 0	5 080.020 0
CH ₄	209.387 5	5 104.748 0
C ₂ H ₆	333.832 8	5 372.235 0
C ₃ H ₈	429.821 5	4 256.660 0
iC ₄ H ₁₀	546.848	
nC ₄ H ₁₀	529.372	
iC ₅ H ₁₂	616.933	
nC ₅ H ₁₂	629.264 0	3 712.632 0
C ₆ H ₁₄	682.107 0	909.486 0
C ₇ H ₁₆	432.126 4	2 052.585 0
C ₈ H ₁₈	454.878 4	1 747.634 0

表H.1

式(74)~(80)

ここに,

- κ : ガスのアイゼントロピック指数
- κ_0 : 完全気体を仮定したアイゼントロピック指数
- p : ガスの圧力 (MPa)
- T : ガスの温度 (°C)
- a_i : Z数表で使用する*i*番目の成分に関する定数 (表H.1 参照) (K)
- b_i : Z数表で使用する*i*番目の成分に関する定数 (表H.1 参照) (kPa)
- x_i : *i*番目の成分のモル分率
- Z : ガスの圧縮係数
- A_κ, B_κ : 完全気体とみなしたアイゼントロピック指数を計算するパラメータ
- B_0, B_1, B_2 : アイゼントロピック指数の圧力補正を行うパラメータ

(2) アイゼントロピック指数 κ (計算値の誤差)

誤差 = AGA8-92DC法の値からの差

$$\kappa = \kappa_0 + B_0 + \frac{B_1}{Z} + \frac{B_2}{Z^2}$$

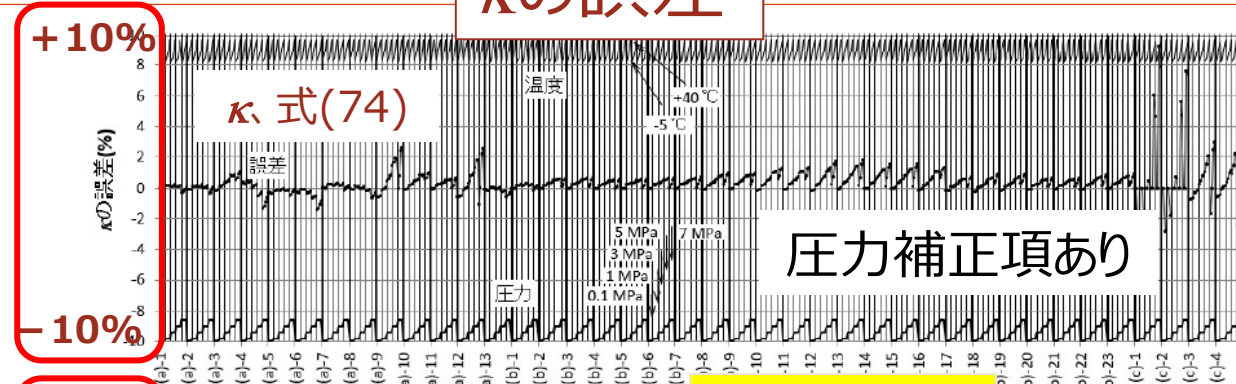
式(74)

圧力補正項

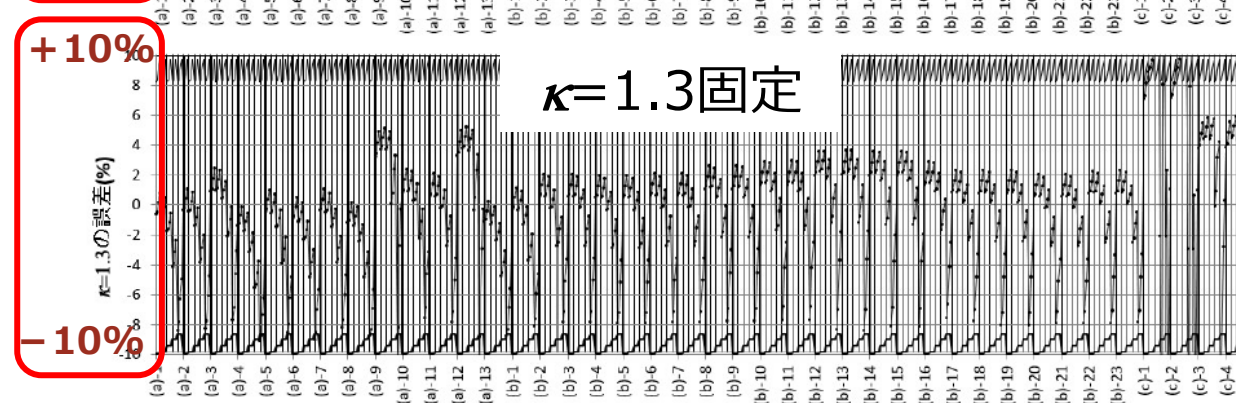
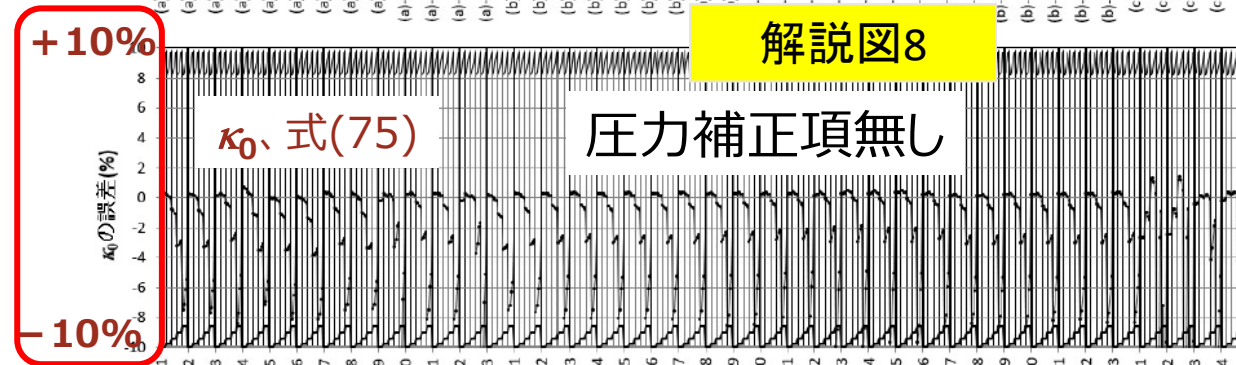
理想気体とした場合の κ

- 高精度が必要な場合には、AGA8-92DC法を用いることが推奨される（超音波流量計の動作確認等）。
- オリフィス流量計（膨張補正係数）では、一般に κ に**高精度は必要ない**。

κ の誤差



解説図8



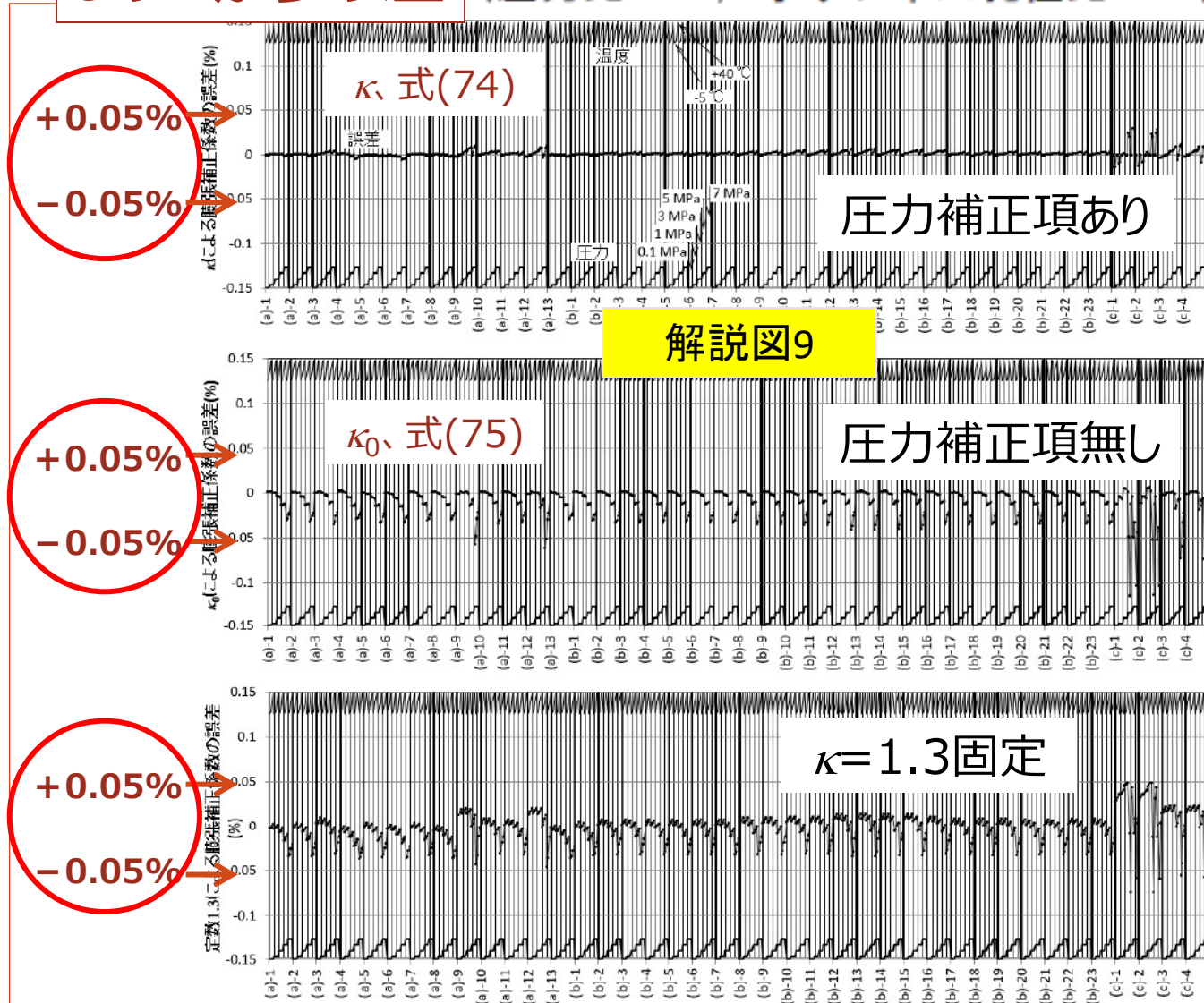
膨張補正係数 ε (κ による誤差)

- κ の値は**高圧**になるとがずれ、 ε は**差圧比が大きい**ときに1からずれてくる。
- 計量現場では差圧計が固定（**差圧レンジが固定**）されているため、高圧になるほど差圧比が小さくなるのが実情。

⇒ κ は高圧ほどずれてくるが、実用上、**高圧ほど差圧比が小さくなる**ため、 κ の誤差の影響は**ほとんど出ない**。

ε の1からの差

(圧力比 0.99, オリフィス孔径比 0.75)



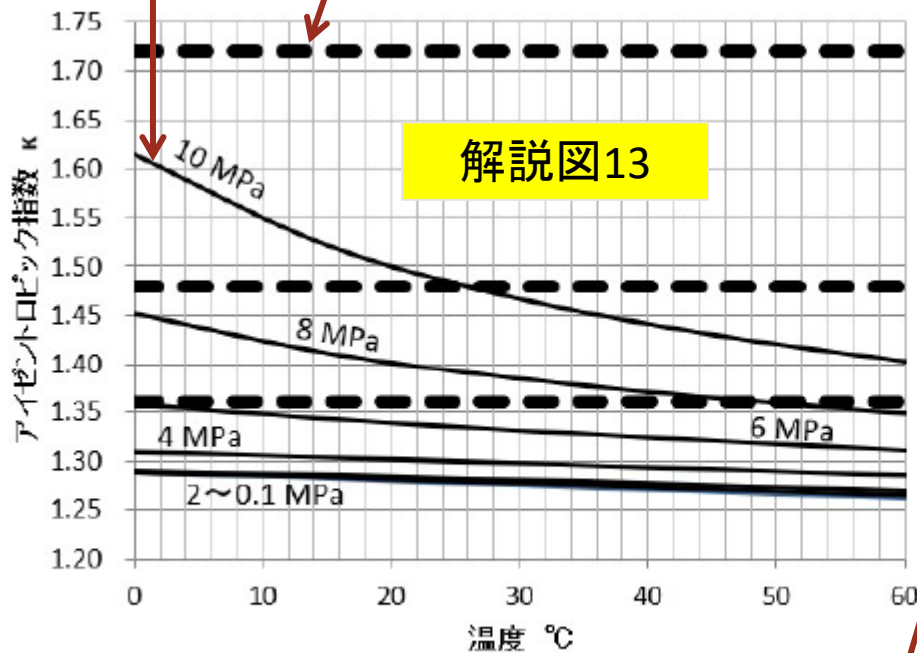
$\kappa=1.3$ としてよい範囲 (ε の許容誤差を**0.1%**とした場合の例)

● 解説4.5.2 (0℃以上を考える)

κ の他に絞り比と圧力比にも依存するから複雑である。
さらに、差圧計のレンジによるライン圧制限も加わる。

$$\varepsilon = 1 - (0.351 + 0.256\beta^4 + 0.93\beta^8) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa_1}} \right]$$

実線 (κ) がこの破線を超えると、 ε に0.1%を超える誤差が発生する。



解説図 13—国内の代表的なガス ($C_1=89.85\%$) のアイゼントロピック指数

差圧計が**100 kPaレンジ**の時の許容ライン圧上限

差圧計が**60 kPaレンジ**の時の許容ライン圧上限

圧力比が0.99まで下がる場合の κ の限界値

- ✓ オリフィス流量計の圧力比が0.99以上の場合、 $\kappa=1.72$ を超えなければ ε の誤差は0.1%に達しない。
- ✓ ただし、差圧計レンジが100 kPaの場合には、ライン圧は10 MPaが上限となるが、60 kPaの場合には、6 MPaが上限となる。
- ✓ このガスの κ は、10 MPaでも1.61を超えないため、10 MPaまで使用する場合でも $\kappa=1.3$ に固定してよい。

圧力比が0.98まで下がる場合の限界値

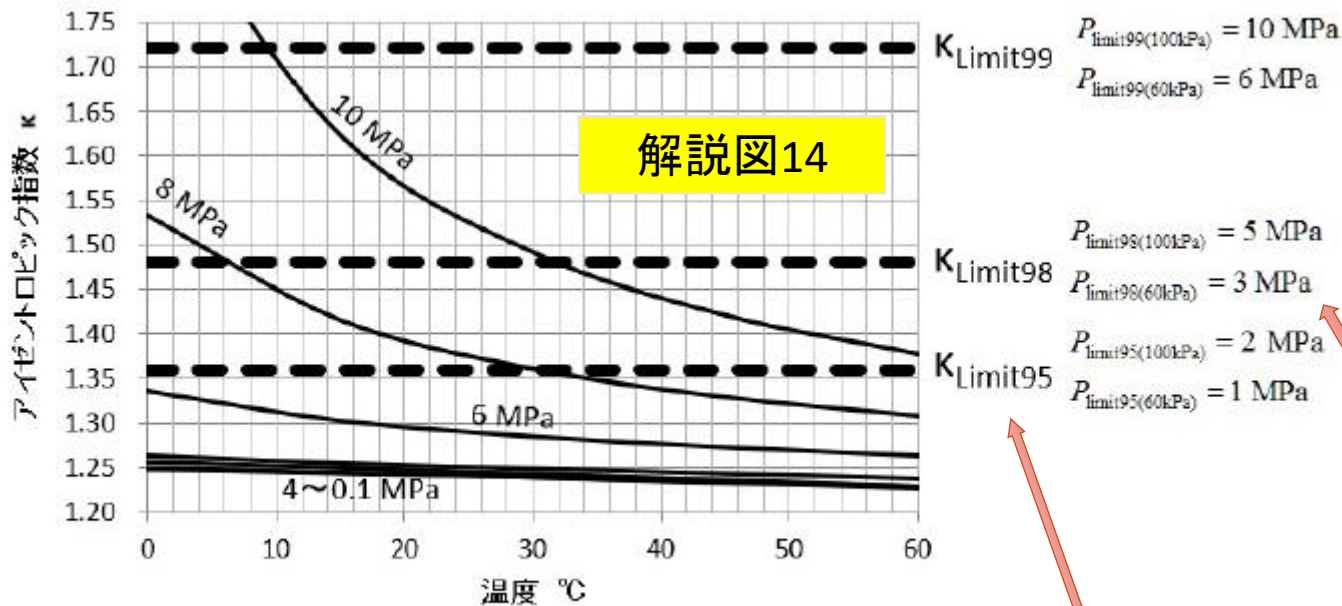
- ✓ κ の限界値は1.48だが、 κ は10 MPa/28℃以下で1.48を超える。
- ✓ しかし、ライン圧制限 (5 MPaまたは3 MPa) があり、その範囲内では κ は1.48を超えないため、 $\kappa=1.3$ に固定していても問題ない。

圧力比が0.95まで下がる場合の限界値

$\kappa=1.3$ としてよい範囲 (ε の許容誤差を0.1%とした場合の例)

● 解説4.5.2 (0℃以上を考える)

別なガスの例



解説図 14—国内の代表的なガス ($C_1=79.45\%$) のアイゼントロピック指数

圧力比が0.99まで下がる場合

- ✓ κ が1.72を超えなければ、 ε に0.1%を超える誤差が発生しない。
- ✓ $\kappa=1.3$ に固定とすると、10 MPaで10℃以下となった場合に ε に0.1%を超える誤差が発生する。
- ✓ ただし、**60 kPaレンジ**の差圧計を使っている場合、6 MPaまでしかライン圧を上げることができないため、 **$\kappa=1.3$ もに固定しても問題ない。**
- ✓ **100 kPaレンジの場合には、上記温度圧力制限が発生する。**

圧力比が0.98まで下がる場合

- ✓ κ が1.48を超えなければ、 ε に0.1%を超える誤差が発生しない。
- ✓ このガスの κ は、8 MPaで温度が7℃以下となると限界値を超えるが、差圧計のレンジ制限により、100 kPaレンジの差圧計であってもライン圧は5 MPaまでしか上げることができず、 **$\kappa=1.3$ に固定していても問題ない。**

圧力比が0.95まで

(3) ガスの粘度

- 粘度はレイノルズ数の計算に用いられ、基本的には**オリフィス流量計にのみ**使用する。
- **4～8%程度の誤差**であれば流出係数に与える影響を、許容範囲内（0.1%～0.2%）とすることが出来る。
- オリフィス流量計以外でも、係数の補正方法によっては使用する場合がある。（渦、超音波など）

JIS M 8010: 1993	JIS M 8010: 2020
➤ 解説では、10%程度の誤差は許容できるとされている。 ➤ Carr et.al+Dempseyの算定方法を図表化したものを規定。 ・ 原論文には対臨界圧力について制限がある（$1.0 \leq Pr \leq 20$）が、1993年版ではこの点に関して記述は無い。 ・ 変数であるが現状は固定値が使われている。（客先指定）	➤ 4%以下を目標とする。 ➤ エクセル等で簡単に計算できるものとする。 ➤ 1950年代まで遡って提唱されている ガス粘度の推算式を調査。国際的にはNISTのSUPERTRAPが最も良いとされるが、非常に複雑。 ➤ <u>密度（圧縮係数）を用い、比較的簡単に算出できるTexas A&M UniversityのImplicit Modelを選定。</u> ・ 4,909個の実験データとの比較から開発されたもので、AAE=3.05% ・ 化学便覧掲載のガス粘度(29個) との比較ではAAE=1.68% ・ Carr et.al+Dempseyは、Prの規定を守るとAAE=2.7%，これを守らない場合、AAE=8.7%

(3) ガスの粘度 μ (Implicit Modelの式)

- κ と同様に、常圧での値を求め、圧力補正を行う。

常圧での値

圧力補正項

$$\mu = \mu_0 + \Delta\mu_p \quad (81)$$

$$\mu_0 = 1000 \exp \left[\frac{a_{\mu 0} + a_{\mu 1} \ln N_{\text{rel}} + a_{\mu 2} \ln T_{\text{ran}} + a_{\mu 3} \ln N_{\text{rel}} \ln T_{\text{ran}}}{1 + b_{\mu 1} \ln N_{\text{rel}} + b_{\mu 2} \ln T_{\text{ran}} + b_{\mu 3} \ln N_{\text{rel}} \ln T_{\text{ran}}} \right] \quad (82)$$

$$\Delta\mu_p = 1000 \frac{A_{\mu} + B_{\mu} \rho_{\text{cc}} + C_{\mu} \rho_{\text{cc}}^2 + D_{\mu} \rho_{\text{cc}}^3}{E_{\mu} + F_{\mu} \rho_{\text{cc}} + G_{\mu} \rho_{\text{cc}}^2 + H_{\mu} \rho_{\text{cc}}^3} \quad (83)$$

$$\begin{aligned} A_{\mu} &= A_{\mu 0} + A_{\mu 1} T_{\text{ran}} + A_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ B_{\mu} &= B_{\mu 0} + B_{\mu 1} T_{\text{ran}} + B_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ C_{\mu} &= C_{\mu 0} + C_{\mu 1} T_{\text{ran}} + C_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ D_{\mu} &= D_{\mu 0} + D_{\mu 1} T_{\text{ran}} + D_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ E_{\mu} &= E_{\mu 0} + E_{\mu 1} T_{\text{ran}} + E_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ F_{\mu} &= F_{\mu 0} + F_{\mu 1} T_{\text{ran}} + F_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ G_{\mu} &= G_{\mu 0} + G_{\mu 1} T_{\text{ran}} + G_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \\ H_{\mu} &= H_{\mu 0} + H_{\mu 1} T_{\text{ran}} + H_{\mu 2} T_{\text{ran}}^2 \end{aligned} \quad (84)$$

$$T_{\text{ran}} = \frac{9}{5} T + 491.67 \quad (85)$$

$$\rho_{\text{cc}} = \frac{\rho}{1000} \quad (86)$$

$$N_{\text{rel}} = \frac{N}{28.962} \quad (87)$$

式(81)~(87)

μ : ガスの粘度 ($\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$)
 μ_0 : 大気圧におけるガスの粘度 ($\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$)
 $\Delta\mu_p$: 粘度の圧力補正項 ($\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$)
 $a_{\mu 0} \sim a_{\mu 3}, b_{\mu 1} \sim b_{\mu 3}$: 大気圧における粘度を求めるための定数 (表 4 参照)
 $A_{\mu} \sim H_{\mu}$: 粘度の圧力補正を行うパラメータ
 $A_{\mu 0}, A_{\mu 1}, A_{\mu 2} \sim H_{\mu 0}, H_{\mu 1}, H_{\mu 2}$: 粘度の圧力補正パラメータに用いる定数 (表 4 参照)
 T_{ran} : 温度パラメータ
 T : ガスの温度 ($^{\circ}\text{C}$)
 ρ_{cc} : 密度パラメータ
 ρ : ガスの密度 (kg/m^3)
 N_{rel} : モル質量パラメータ
 N : ガスのモル質量 (g/mol)

a0	-6.398210E+00	A0	9.533630E-01
a1	-6.045922E-01	A1	-1.073840E+00
a2	7.497680E-01	A2	1.317290E-03
a3	1.261051E-01	B0	-9.710280E-01
b1	6.971800E-02	B1	1.120770E+01
b2	-1.013889E-01	B2	9.013000E-02
b3	-2.152940E-02	C0	1.018030E+00
		C1	4.989860E+00
		C2	3.027370E-01
		D0	-9.905310E-01
		D1	4.175850E+00
		D2	-6.366200E-01
		E0	1.000000E+00
		E1	-3.196460E+00
		E2	3.909610E+00
		F0	-1.003640E+00
		F1	-1.816330E-01
		F2	-7.790890E+00
		G0	9.980800E-01
		G1	-1.621080E+00
		G2	6.348360E-04
		H0	-1.001030E+00
		G1	6.768750E-01
		H2	4.624810E+00

表4

(4) 湿度補正

1993	2020
➤ -20℃のみ出典明記 ➤ 相対湿度を用い、最後に補正する。	➤ LNG気化ガスならびにISO 12213に規定されるガス品質に規定される水分量を満たしているものについては、湿度補正の必要が無いことを明記。（200ppm以下が該当、補正量0.03%以下） ➤ 国産ガスについても、高圧ガスの場合はほぼ200ppmが守られている模様。（露点で-40℃程度。例えば露点-30℃の場合には460ppm） ➤ 量的には少ないが、低圧ガスの計量で問題となる場合がある。

国産ガスを対象とするため、国内各社の対応状況をヒアリング

- 高圧ガスでは補正の必要なし（すべて水分管理がされている）
- 低圧ガスでは、次のような扱いがされている。
 - ✓ 水分管理基準を設定し管理している
 - ✓ 補正していない
 - ✓ 脱湿していない低圧ガスについて、水蒸気が飽和しているとして補正している
 - ✓ 露点計測を行っているが、湿度補正とはリンクしていない

(4) 湿度補正 (旧版と同じ。補正係数 F_{wv})

- 標準状態における計量値を求めるためには、**相対湿度が0%の値に換算**する必要がある。
- 相対湿度を用いて F_{wv} を求め、**最後に乗じて**標準状態での計量値とする。

標準状態での計量値

オリフィス流量計 $q_{vN} = \frac{31.082 d^2 C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon Z_N \textcircled{F_{wv}} \sqrt{\frac{p_1 \Delta p}{N_N Z_1 T_1}}$ 式(34)

容積式流量計 $q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{f}{E_K K_{F0}} \textcircled{F_{wv}}$ 式(57)

渦式流量計 $q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + \alpha_B(T_B - T_{B0}) + 2\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{f}{K_{F0}} \textcircled{F_{wv}}$ 式(60)

超音波式流量計 $q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + 3\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{f}{K_{F0}} \textcircled{F_{wv}}$ 式(64)

$$F_{wv} = 1 - x_{wv} \quad \text{式(71)}$$

水蒸気のモル分率

$$x_{wv} = \frac{p_{swv}(T_{dp})}{p_{dp}} \quad \text{式(69)}$$

T_{dp} : 露点温度 (°C)

p_{dp} : 露点温度測定時のガスの圧力 (kPa)

$$p_{swv}(T) = 0.6112 \exp\left(\frac{17.62T}{243.12 + T}\right) \quad \text{式(70)}$$

計量値の計算の流れ

計量状態で流量を算出

F_{wv} を使用⇒

標準状態の計量値に変換
(湿度0%)

基準状態の計量値に変換
(湿度100%)

$$q_{vS} = 1.0759 q_{vN}$$

$$V_S = 1.0759 V_N$$

式(1)、(2)

(4) 湿度補正 (補正の要不要の判定)

12.1.1 乾燥条件 ($F_{wy}=1$ としても良い条件)

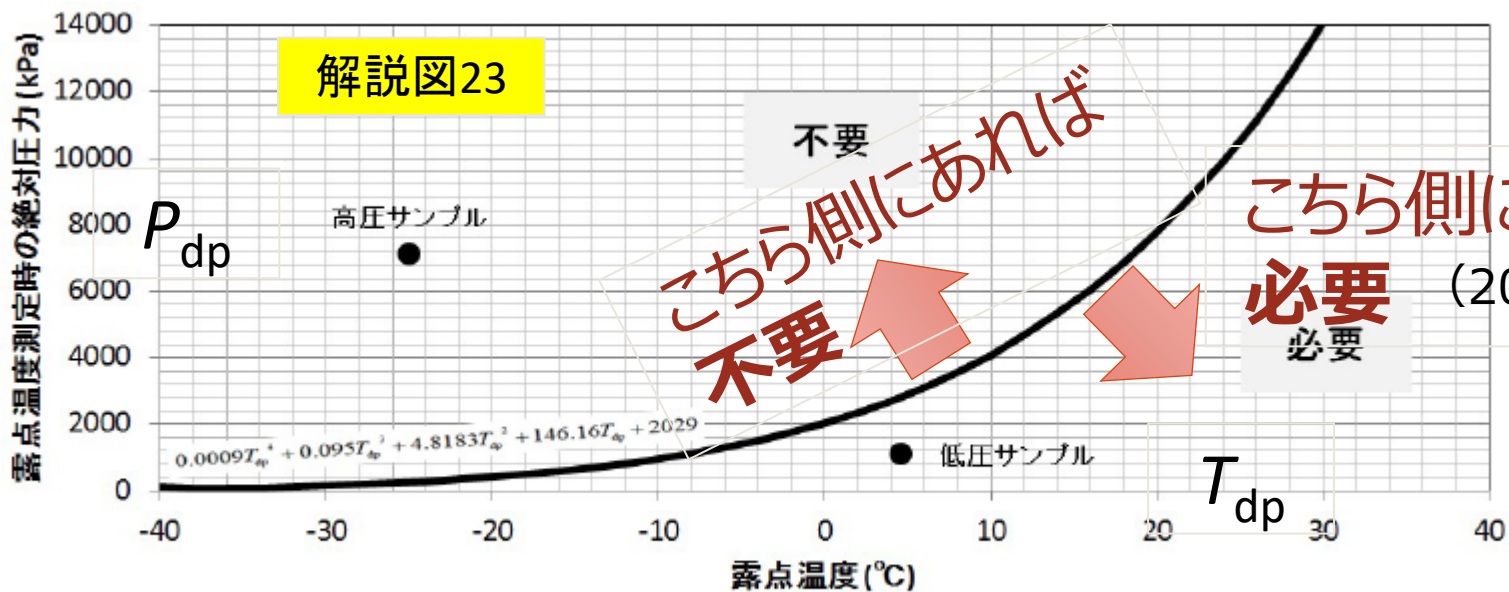
$$x_{\text{wv}} < 0.0003 \quad \text{または、} \quad p_{\text{dp}} \leq 0.0009 T_{\text{dp}}^4 + 0.095 T_{\text{dp}}^3 + 4.8183 T_{\text{dp}}^2 + 146.16 T_{\text{dp}} + 2029$$

式(67)

式(68)

 T_{dp} : 露点温度

P_{dp} : T_{dp} 測定時の圧力



解説図 23—式(68)による湿度補正の必要性の判定グラフ

200ppm以上で要補正とする
(補正量0.03%以上)

こちら側にあれば
必要 (200ppm以下)

判定せず、
常に補正を行うことでも全く問題はない。

5) ガス成分

- **JIS K2301:2011**（燃料ガス及び天然ガス－分析・試験方法）に従う。
 - JIS K2301は**C₆まで**規定されている。
 - ISO 12213は**C₁₀まで**規定。しかし、**C₆以上を一括**してもよいことになっている。
 - ガスクロのC₇以上の対応は実質困難（改造は無理、新規製作が必要）
 - 不確かさは定義しない。（天然ガス用実用標準ガスの整備の遅れという国としての課題）
- 感度分析を必要とする場合があれば、物性値は**ISO 6967**や**ISO 12213**に従う。
- 通常のカスクロ分析結果は**vol%**であるため、これをJIS K2301で規定されている圧縮係数を用い、**mol%へ変換**した後に圧縮係数等の物性の算出を行う。
- **微量成分の割り当て**は、ISO 20765-1を用いる。（表F.1などに含まれない成分がある場合には、**直接計算法**を用いることが望ましい）

表F.1

成分	Z _i
CO ₂	0.993 3
N ₂	0.999 5
H ₂	1.000 6
CO	0.999 3
O ₂	0.999 0
CH ₄	0.997 6
C ₂ H ₆	0.990 0
C ₃ H ₈	0.978 9
iC ₄ H ₁₀	0.958 0
nC ₄ H ₁₀	0.957 2
iC ₅ H ₁₂	0.937 0
nC ₅ H ₁₂	0.918 0
C ₆ H ₁₄	0.892 0

大気圧での圧縮係数

(6) 臨界定数などの物性定数

1993	2020
➤ C₆成分を追加 ➤ 臨界定数について最新の公表データを採用 (Thermodynamic Research Center, Texas A&M, September 1983)	➤ 以下のものを採用。 • JIS K2301 • ISO 6976 • ISO 20765-1 • CODATA など

第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフィス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

2-7 不確かさ

2-3 オリフィス流量計 (新旧比較)

大幅に異なる

項 目	1993	2020	
準拠規格	JIS Z8762-1995 (ISO 5167-1:1991)	JIS Z8762-1,-2: 2007 (ISO 5167-1,-2: 2003)	
圧力タップ	コーナ、フランジ、D・D/2		図4
流出係数	Stolzの式	Reader-Harris/Gallagher の式(RG式)	式(35)
オリフィス直径比	$0.2 \leq \beta \leq 0.80$ (最大範囲)	$0.1 \leq \beta \leq 0.75$	8.2.3
レイノルズ数	2520 (最小値) $\leq R_e \leq 10^8$	85 (最小値) $\leq R_e \leq$ 無制限	
流出係数の不確かさ	$\pm \beta$ かつ $\pm 0.6\%$	配管径、 β などにより場合分け、 0.5% 以上	
膨張補正係数	Buckinghamの式	Reader-Harrisの式	式(42)
流量の式	$q_v = A_q C_0 E d^2 \varepsilon F_G F_Z F_t F_M F_r \sqrt{p \cdot \Delta p}$	$q_{vN} = \frac{31.082 d^2 C_d \varepsilon Z_N F_{vv}}{\sqrt{1 - \beta^4}} \sqrt{\frac{p_1 \Delta p}{N_N Z_1 T_1}}$	式(34)
管路の相対粗さ	相対粗さが絞り形式で異なる。	統一された。	付属書K
必要直管長	7継手	13継手	表A.1
整流装置	6継手、必要直管長をグラフ表示	16継手、必要直管長を数表化	表B.1
静圧取出し位置	上流及び下流 (原則、下流)	上流	

2-3 オリフィス流量計：その他の流量計との比較

オリフィス流量計	その他の流量計（超音波式、渦式など）
➤ 規格通り製作設置運用すれば校正不要。 ➤ 流出係数を求める実験による普遍的な成果の積み重ね • Buckingham • Stoltz • Reader-Harris ➤ 北海油田Workshopなどにみられる研究の継続 ⇒ISOへ反映 • 5167の使い方 • 5167の範囲外での使い方 • 等々	➤ 校正を必要とする ➤ 日本には高圧大流量の校正設備が無い • 天然ガスの範囲での国家標準は空気のみで、公式5気圧、設計10気圧、$5\text{m}^3/\text{h} \sim 1000\text{m}^3/\text{h}$。 • 台湾、韓国、中国にも高圧大流量の天然ガス用設備はある。 • 低圧でも校正認証機関が限られている。 • 海外とパイラインで繋がっていないため、当座大きな問題とはなっていない。

2-3 オリフィス流量計 (流出係数の式の意味)

JIS M 8010: 2020

$D_0 \geq 71.12 \text{ mm}$ の場合	$D_0 < 71.12 \text{ mm}$ の場合
$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521\left(\frac{10^6\beta}{ReD}\right)^{0.7}$ $+ (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5}\left(\frac{10^6}{ReD}\right)^{0.3}$ $+ (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1})(1 - 0.11A)\frac{\beta^4}{1 - \beta^4}$ $- 0.031(M'_2 - 0.8M'_2{}^{1.1})\beta^{1.3}$ 式(35)	$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521\left(\frac{10^6\beta}{ReD}\right)^{0.7}$ $+ (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5}\left(\frac{10^6}{ReD}\right)^{0.3}$ $+ (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1})(1 - 0.11A)\frac{\beta^4}{1 - \beta^4}$ $- 0.031(M'_2 - 0.8M'_2{}^{1.1})\beta^{1.3}$ $+ 0.011(0.75 - \beta)\left(2.8 - \frac{D_0}{25.4}\right)$ 式(36)

漸近項

スロープ項

タッピング項

小口径項

ここに、

- C_d : オリフィス流量計の流出係数
- β : オリフィス直径比
- ReD : オリフィス配管径に基づくレイノルズ数
- L_1 : 式(39)～式(41)で定義するパラメータ
- A : 式(37)で定義するオリフィス流量計の流出係数に用いるパラメータ
- M'_2 : 式(38)で定義するパラメータ
- D_0 : オリフィス配管径の測定値 (mm)



複雑な式であるが、**それぞれの項に物理的根拠**がある。

←参照 (R-H氏の著作)

2-3 オリフィス流量計 (上流直管長の考え方) I

- 流出係数が規定通りとなるためには、次の**条件a)&b)**を満たすことが必要である。

8.2.2

8.2.2 オリフィス板に流入する流れの条件

8.4.1 に従って流出係数の不確かさを求める場合には、オリフィス板のすぐ上流側で、ガスの流れが次を満たすことを確認しなければならない。ただし、8.2.4 に従ってオリフィス板を取り付けた場合にはこれらを実測して確認する必要はない。

- a) 旋回がないとみなせる流れとなっている (3.35 参照)。
- b) 流速分布が完全に発達しているとみなせる流れとなっている (3.36 参照)。

- ✓ 条件a)及びb)が満たされていることが確認できていれば (例えば、LDVで流速分布を測定した、等)、規定の直管設置法に従う必要はない。

3.35

旋回がないとみなせる流れ (flow approximates to be swirl-free)

配管断面上の全ての位置における旋回角が 2° 未満となる流れ。

3.35、3.36

3.36

流速分布が完全に発達しているとみなせる流れ (flow approximates to be fully developed)

配管断面上の全ての位置において、流速の配管軸方向成分 u とその配管断面上でのその最大値 $u_{\max}$ との比 ($u/u_{\max}$) が、同じ直径の直管内を旋回のない流れが配管直径の 100 倍以上の距離を流れた後に発生する分布における値 ($u/u_{\max}$) と比較して、配管断面上の同じ位置同士で 5 % 以内で一致する流れ。

- 具体的には、次のいずれかに従う。

8.2.4.4 必要直管長

8.4.1 によって流出係数の不確かさを求めるが、オリフィス板に流入する流れが 8.2.2 の a) 及び b) を満たすことを実測で確認しない場合には、次のいずれかによる。

- a) 整流装置を用いない場合、附属書 A に従う。
- b) 19 管束管状式整流装置 (1998) を用いる場合、附属書 B に従う。
- c) ザンカ式整流板を用いる場合、附属書 C に従う。
- d) b) 及び c) 以外の JIS Z 8762-1:2007 の適合試験に合格した整流装置を用いる場合、JIS Z 8762-2:2007 の 6.3.1 に従う。

8.2.4.4

- ✓ このいずれかに準拠すれば、条件a) 及びb)が満たされることが、実験的に確認されている。
- ✓ したがって、その場合には、条件の確認はしなくてよい。

上流直管長の考え方II (整流管を使用しない場合、付属書A)

表 A.1—オリフィス板の上流側に継手が 1 個だけある場合のオリフィス板前後に必要な最小の必要直管長

表A.1

A.1

		上流側												下流側												
		90° ベンド								・90° ティー 単体 ・マイト 90° ベンド		45° ベンド		同心収縮管	同心拡大管	全開したバルブ ^{g)}	段差	温度計ポケット 又はウェル ^{g)}	・第2欄～第11欄の継手 ・密度計ポケット							
		・単体 ・任意平面上で接続した2個でS>30D ₀ のもの ^{a)}		同一平面上で接続した2個(S字形) ・30D ₀ ≧S>10D ₀ のもの ^{a)}		互いに垂直な平面上で接続した2個 ・S≦10D ₀ のもの ^{a)}		・30D ₀ ≧S≧5D ₀ のもの ^{a)}		・S<5D ₀ のもの ^{a),b)}		・単体 ・同一平面上で接続した2個(S字形)でS≧2D ₀ のもの ^{a)}		・長さが1.5D ₀ ～3D ₀ で配管直径が2D ₀ からD ₀ に収縮するもの	・長さが1D ₀ ～2D ₀ で配管直径が0.5D ₀ からD ₀ に拡大するもの	・フルボアボールバルブ ・仕切弁	・軸対称で配管断面の減少	・直径が0.03D ₀ 以下のもの ^{d)}								
第1欄	第2欄	第3欄		第4欄		第5欄		第6欄		第7欄		第8欄		第9欄		第10欄		第11欄		第12欄		第13欄		第14欄		
オリフィス直径比β	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}	A列 ^{e)}	B列 ^{f)}		
β≦0.20	6	3	10	^{g)}	10	^{g)}	19	18	34	17	3	^{g)}	7	^{g)}	5	^{g)}	6	^{g)}	12	6	30	15	5	3	4	2
0.20<β≦0.40	16	3	10	^{g)}	10	^{g)}	44	18	50	25	9	3	30	^{g)}	5	^{g)}	12	8	12	6	30	15	5	3	6	3
0.40<β≦0.50	22	9	18	10	22	10	44	18	75	34	19	9	30	18	8	5	20	9	12	6	30	15	5	3	6	3
0.50<β≦0.60	42	13	30	18	42	18	44	18	65 ^{h)}	25	29	18	30	18	9	5	26	11	14	7	30	15	5	3	7	3.5
0.60<β≦0.67	44	20	44	18	44	20	44	20	60	18	36	18	44	18	12	6	28	14	18	9	30	15	5	3	7	3.5
0.67<β≦0.75	44	20	44	18	44	22	44	20	75	18	44	18	44	18	13	8	36	18	24	12	30	15	5	3	8	4

注 表による直管長は、オリフィス板の上流側又は下流側に取り付けられた各継手とオリフィス板との間に必要な直管長(D₀に対する直径比で表す)の最小値である。

注 ベンドの必要直管長は、ほとんどの場合において、曲率半径が1.5D₀のベンドを用いて決定されたことに注意する。

注 ベンド間隔Sは、上流側ベンドの湾曲部の最下流端から下流側ベンドの湾曲部の最上流端までの距離である。

この取付方法はあまり推奨されず、可能であれば整流装置を使用する。

温度ポケット及び温度センサの取付けは、他の継手の上流側の必要直管長に影響しない。

温度ポケット及び温度センサの外径が0.03D₀より大きく0.13D₀以下の場合、A列及びB列の数値をそれぞれ20及び10にする。しかしながら、そのような取付けは望ましくない。

A列は、“ゼロ付加不確かさ”値に対応した長さである [A.2 b) 参照]。

B列は、“0.5%付加不確かさ”値に対応した長さである [A.2 c) 参照]。

B列の数値はない。

^{b)} S<2D₀でR₀>2×10⁶のとき、95とする。

^{g)} 全開したバルブの段差が8.2.4.7及び8.2.4.8で規定する許容段差以下の場合、これを継手として附属書Aでは扱わず、8.2.4.7及び8.2.4.8による。

注 表による直管長は、オリフィス板の上流側又は下流側に取り付けられた各継手とオリフィス板との間に必要な直管長 (D_0 に対する直径比で表す) の最小値である。

注 ベンドの必要直管長は、ほとんどの場合において、曲率半径が $1.5D_0$ のベンドを用いて決定されたことに注意する。

注 ベンド間隔 S は、上流側ベンドの湾曲部の最下流端から下流側ベンドの湾曲部の最上流端までの距離である。この取付方法はあまり推奨されず、可能であれば整流装置を使用する。

温度ポケット及び温度センサの取付けは、他の継手の上流側の必要直管長に影響しない。

温度ポケット及び温度センサの外径が $0.03D_0$ より大きく $0.13D_0$ 以下の場合、A 列及び B 列の数値をそれぞれ 20 及び 10 にする。しかしながら、そのような取付けは望ましくない。

A 列は、“ゼロ付加不確かさ”値に対応した長さである [A.2 b) 参照]。

B 列は、“0.5%付加不確かさ”値に対応した長さである [A.2 c) 参照]。

^{g)} B 列の数値はない。

^{h)} $S < 2D_0$ で $R_{e0} > 2 \times 10^6$ のとき、95 とする。

i) 全開したバルブの段差が 8.2.4.7 及び 8.2.4.8 で規定する許容段差以下の場合、これを継手として付属書 A では扱わず、8.2.4.7 及び 8.2.4.8 による。

β によって長さが変わる。

注意点：

- ✓ 継手に入る流れが、条件a)及びb)を満たしている必要がある（整った流れでの実験結果）。
- ✓ つまり、継手の上流側に同程度の長さの直管が必要で、これが無限に繰り返されることになる。

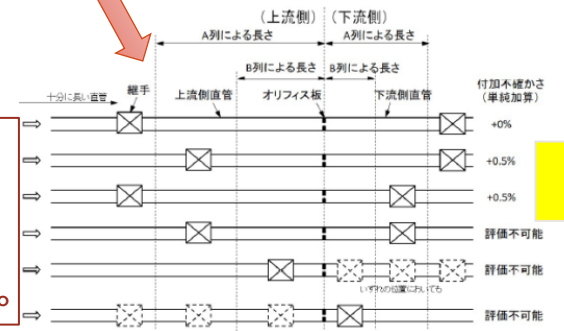
上流側
下流側

継手の種類

継手とは、ベンド、ティー、収縮管、拡大管、バルブ、等々、直管でない各種要素を指す。

A列、B列：不確かさが異なる。

- ✓ 上下とも、共にA欄の長さより長ければ、与えられた不確かがそのまま使える。 8.4.1 流出係数の不確かさ
- ✓ 一方がA欄より長く、他方がA欄より短いB欄より長い場合には、与えられた不確かさに、+ 0.5%する。
- ✓ 両方ともA欄より短い場合、他では、不確かさは評価できない。



図A.1

上流直管長の考え方III (整流管を使用しない場合、複数継手)

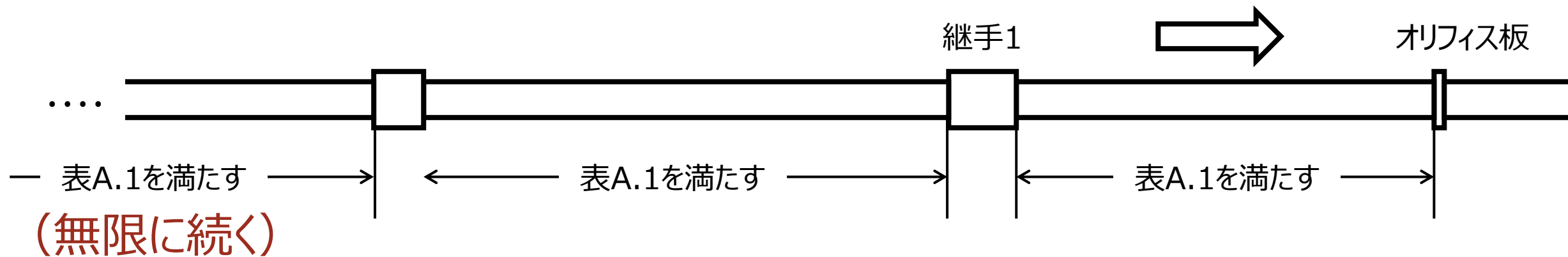
単一継ぎ手 (表A.1) の問題点 :

実験は、**整った流れ**で行ったもの。

⇒ 継手に入る流れが**条件a)及びb)**を満たしている必要がある。

⇒ 継手の上流側に同じ長さの直管が必要

⇒ これが無限に繰り返される。

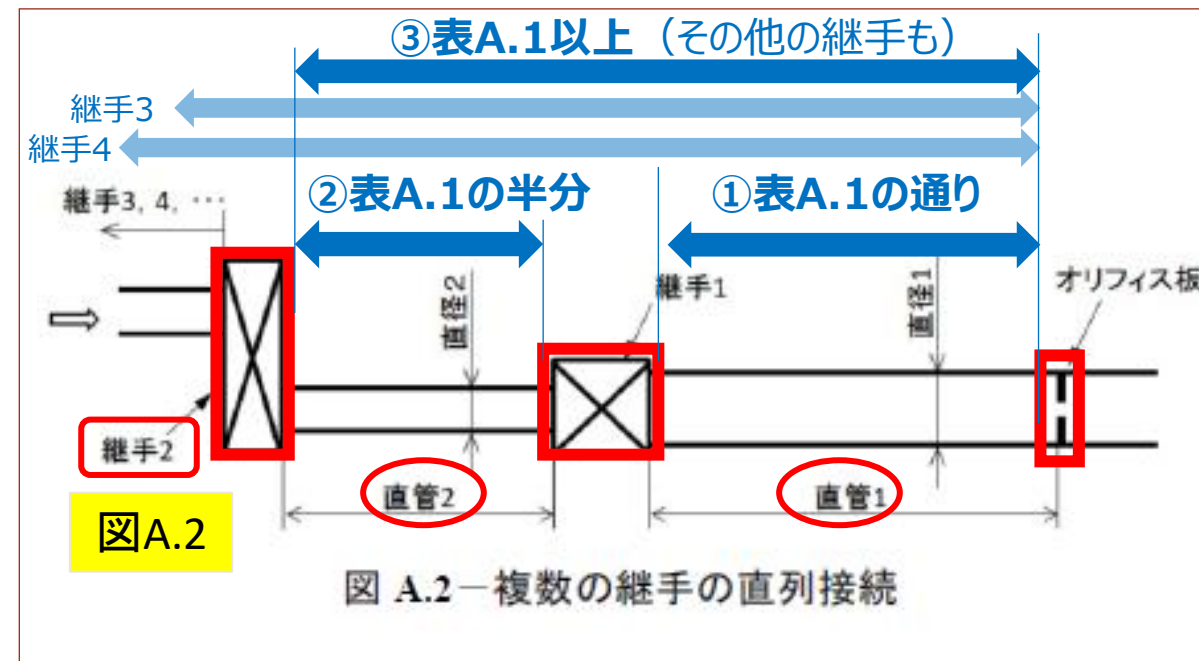


上流直管長の考え方III (整流管を使用しない場合、複数継手)

単一継ぎ手の問題点 (無限に直管が必要) → 2個の継手を用いる (無限ループの回避)

- ① 直管 1 : 表A.1による長さ以上とする。
(@直管 1 @オリフィスの β)
- ② 直管 2 : 表A.1による長さの半分以上とする。
(@直管 2 @ $\beta=0.67$)
↑ 最も長くなる
- ③ 各継手まで : 表A.1による長さ以上とする。
(@直管 1 @オリフィスの β)

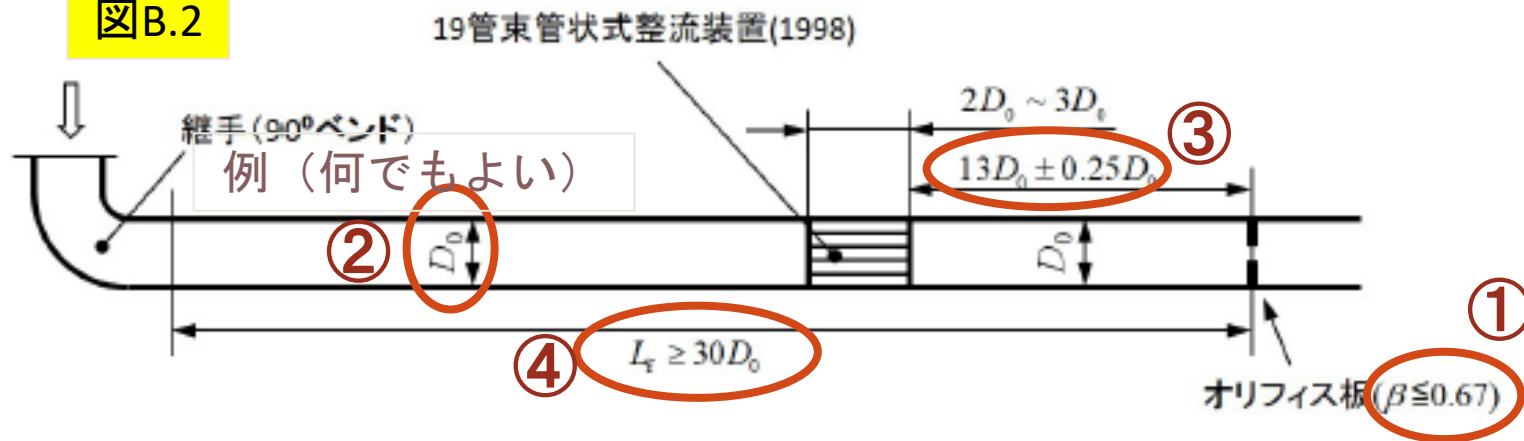
①と②を満たせばほとんどの場合で③も満たされるため、
通常、継手2の上流側に制限はない。



上流直管長の考え方IV (19管束管状式整流装置、単純設置法)

✓ 設置は単純明快で、継手の種類、継手の上流側に制限がないため、万能である。

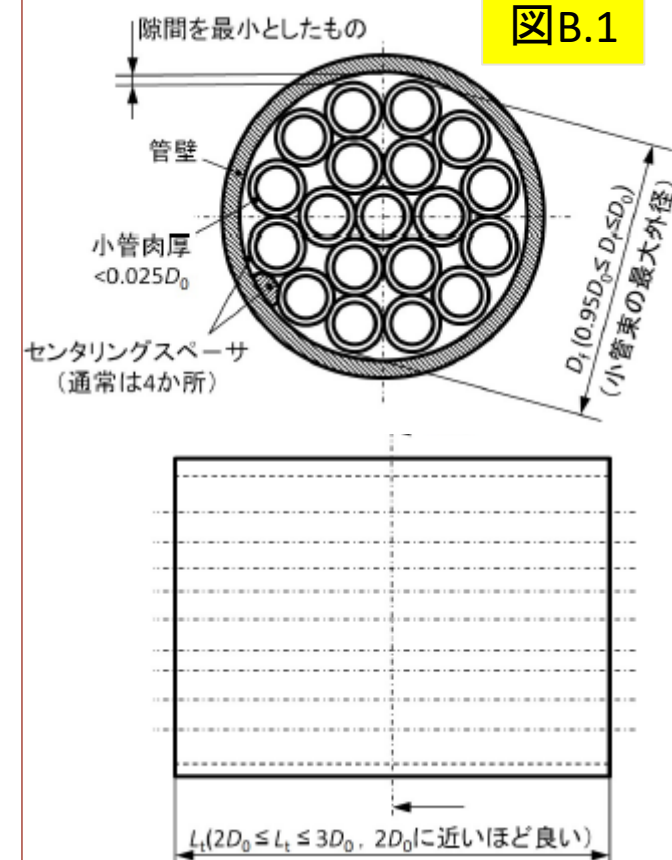
図B.2



- ① $\beta \leq 0.67$ とする。
- ② 直管はオリフィス配管(直径 D_0)とする。
- ③ 整流装置までの距離を $(13 \pm 0.25)D_0$ とする。
- ④ 継手までの距離を $30D_0$ 以上とする。
- ⑤ 継手の上流側に制限はない。

19管束管状式整流管

図B.1



上流直管長の考え方V (19管束管状式整流装置、詳細設置法/1個)

✓ 単純設置法より上流直管長を短くすることができる場合がある。

表B.1

—	単体の 90° ベンド ^{a)}				任意平面上で接続した 2 個の 90° ベンド ^{b)} (2D ₀ ≧S) ^{a)}				単体の 90° テー				任意の継手 (フランジを除く)			
	30>L _T ≧18		L _T ≧30		30>L _T ≧18		L _T ≧30		30>L _T ≧18		L _T ≧30		30>L _T ≧18		L _T ≧30	
	第 2 欄		第 3 欄		第 4 欄		第 5 欄		第 6 欄		第 7 欄		第 8 欄		第 9 欄	
	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}	A 列 ^{c)}	B 列 ^{d)}
オリフィス 直径比 β																
β≦0.2	5~14.5	1~n ^{e)}	5~25	1~n ^{e)}	5~14.5	1~n ^{e)}	5~25	1~n ^{e)}	5~14.5	1~n ^{e)}	1~25	1~n ^{e)}	5~11	1~n ^{e)}	5~13	1~n ^{e)}
0.2<β≦0.4	5~14.5	1~n ^{e)}	5~25	1~n ^{e)}	5~14.5	1~n ^{e)}	5~25	1~n ^{e)}	5~14.5	1~n ^{e)}	1~25	1~n ^{e)}	5~11	1~n ^{e)}	5~13	1~n ^{e)}
0.4<β≦0.5	11.5~14.5	3~n ^{e)}	11.5~25	3~n ^{e)}	9.5~14.5	1~n ^{e)}	9~25	1~n ^{e)}	11~13	1~n ^{e)}	9~23	1~n ^{e)}	^{f),g)}	3~n ^{e)}	11.5~14.5	3~n ^{e)}
0.5<β≦0.6	12~13	5~n ^{e)}	12~25	5~n ^{e)}	13.5~14.5	6~n ^{e)}	9~25	1~n ^{e)}	^{h),k)}	7~n ^{e)}	11~16	1~n ^{e)}	^{l)}	7~n ^{e)}	12~16	6~n ^{e)}
0.6<β≦0.67	13	7~n ^{e)}	13~16.5	7~n ^{e)}	13~14.5	7~n ^{e)}	10~16	5~n ^{e)}	^{l)}	8~n ^{e)}	11~13	6~n ^{e)}	^{l)}	8~n ^{e)}	13	7~n ^{e)}
0.67<β≦0.75	14	8~n ^{e)}	14~16.5	8~n ^{e)}	^{l)}	9.5~n ^{e)}	12~12.5	8~n ^{e)}	^{l)}	9~n ^{e)}	12~14	7~n ^{e)}	^{l)}	9.5	^{l)}	8~22
推奨 ^{h)}	13	13	14~16.5	14~16.5	13.5~14.5	13.5~14.5	12~12.5	12~12.5	13	13	12~13	12~13	9.5	9.5	13	13
	β≦0.67	β≦0.75	β≦0.75	β≦0.75	β≦0.67	β≦0.75	β≦0.75	β≦0.75	β≦0.54	β≦0.75	β≦0.75	β≦0.75	β≦0.46	β≦0.75	β≦0.67	β≦0.75
注記 表による直管長は、個々の継手がオリフィス板から指定位置 (オリフィス板から上流側に L _T の位置) に設置された場合、整流装置の下流端とオリフィス板との間に必要となる直管長さの範囲であり、最小長さではないことに注意する。																
注 ^{a)} ベンド間隔 S は、上流側ベンドの湾曲部の最下流端から下流側ベンド湾曲部の最上流端までの距離である。																
^{b)} ベンドの曲率半径は 1.5 D ₀ であることが望ましい。																
^{c)} A 列は、“ゼロ付加不確かさ” 値に対応した長さである (B.3.2.3.1 参照)。																
^{d)} B 列は、“0.5 %付加不確かさ” 値に対応した長さである (B.3.2.3.2 参照)。																
^{e)} n は、整流装置に最も近い継手の湾曲部又は円すい部の下流端と整流装置の上流端との間の直管長を 1D ₀ としたときの整流装置の下流端とオリフィス板との間の直管長 (単位 D ₀ とした値) であり、上限が n の場合には整流装置の上流直管長を 1D ₀ まで短くすることができる。ただし、整流装置の下流端とオリフィス板との間の直管長が規定を満足するのであれば、整流装置の上流直管長は 2.5D ₀ 以上とすることが望ましい。																
^{f)} この L _T の範囲では、整流装置を用いることはできない。																
^{g)} β=0.46 の場合には 9.5 としてもよい。																
^{h)} β=0.54 の場合には 13 としてもよい。																
ⁱ⁾ “推奨” に示す値は、指定の β の範囲で使用可能である。																

- ✓ 整流管が無い場合 (表A.1) と同様な扱い。
- ✓ 下流側の長さは表A.1の値を使用する。
- ✓ ただし、上流側の長さは「表が示す長さ以上」ではなく、「表が示す長さの範囲内」

注意点：

- ✓ 整流管を用いない場合と同じく、継手の上流側に同じ長さの直管が必要で、これが無限に繰り返されることになる。

2個の継手を用いることにより回避。

上流直管長の考え方VI (19管束管状式整流装置、詳細／複数)

B.3.3 複数継手の詳細設置法

複数継手の詳細設置法は、次による (図 B.3 参照)。

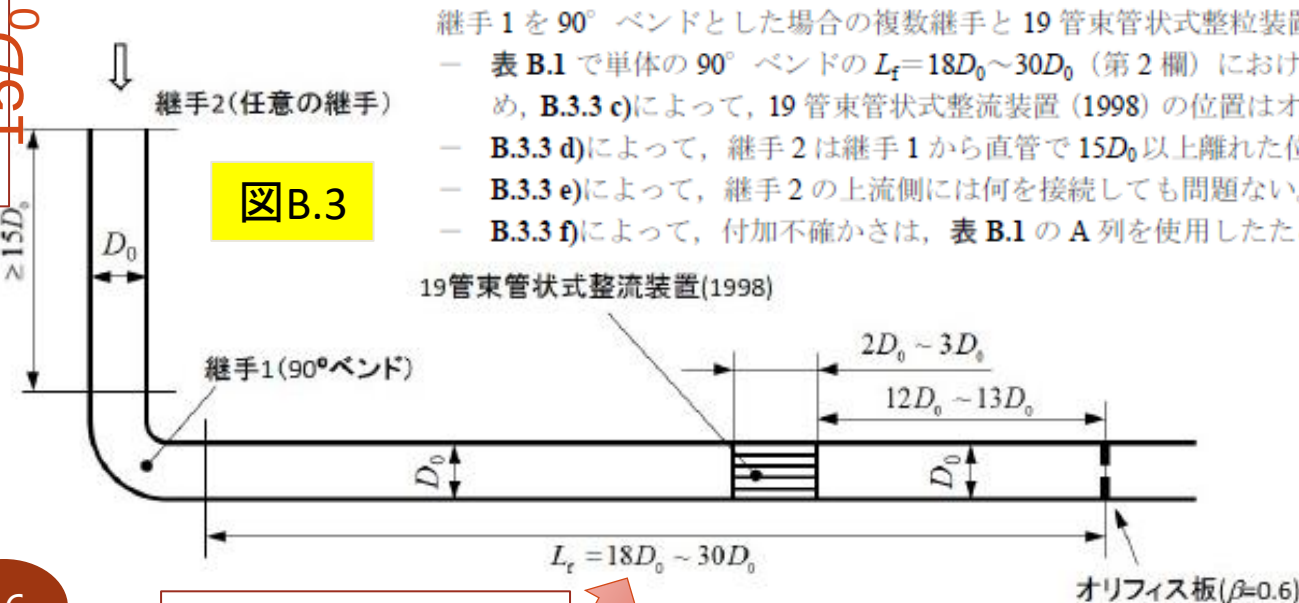
- 表 B.1 の“任意の継手”の欄以外の欄に規定する継手に適用する。
- 使用する直管の呼び径はオリフィス配管と一致させる。
- オリフィス板に最も近い継手を継手 1、その次に近い継手を継手 2 とし、B.3.2 に従って継手 1 を設置する。
- 継手 2 を継手 1 の $15D_0$ 以上上流側に設置する。
- 継手 2 に流入する流れに条件はない。
- 流出係数の不確かさは、B.3.2.3.1～B.3.2.3.3 に従って求める。

継ぎ手までの長さは短くなるが、
2番目の継ぎ手までに距離が必要

継手 1 を 90° ベンドとした場合の複数継手と 19 管束管状式整流装置 (1998) の配置は、次のとおりに導かれる。

- 表 B.1 で単体の 90° ベンドの $L_t = 18D_0 \sim 30D_0$ (第 2 欄) における $\beta = 0.6$ での A 列の値が 12～13 であるため、B.3.3 c) によって、19 管束管状式整流装置 (1998) の位置はオリフィス板から $12D_0 \sim 13D_0$ の範囲となる。
- B.3.3 d) によって、継手 2 は継手 1 から直管で $15D_0$ 以上離れた位置となる。
- B.3.3 e) によって、継手 2 の上流側には何を接続しても問題ない。
- B.3.3 f) によって、付加不確かさは、表 B.1 の A 列を使用したため、ゼロとなる。

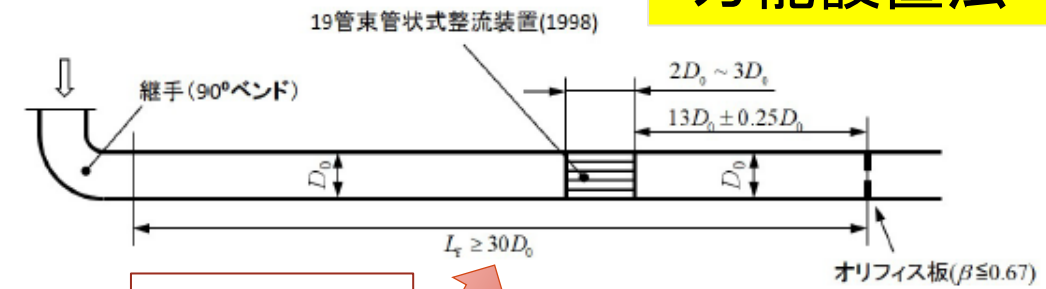
図B.3



$18D_0 \sim 30D_0$

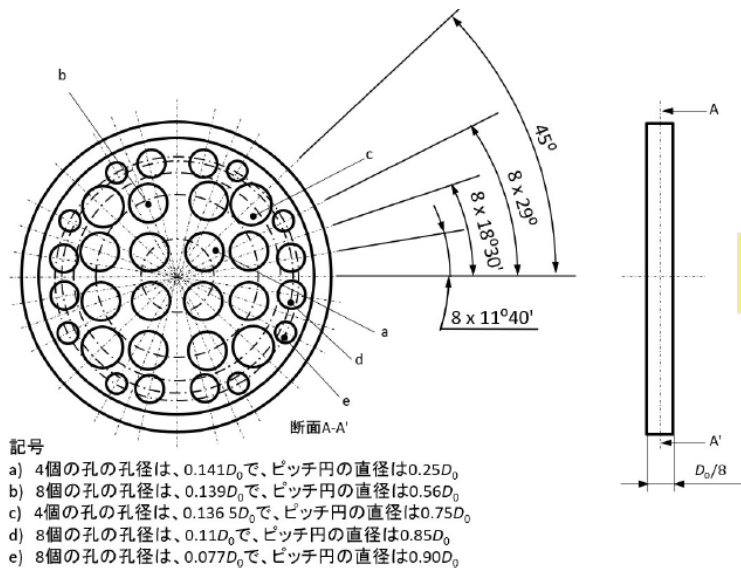
ここが短い が、

万能設置法



$\geq 30D_0$

上流直管長の考え方VII (ザンカ式整流板、付属書C)



図C.1

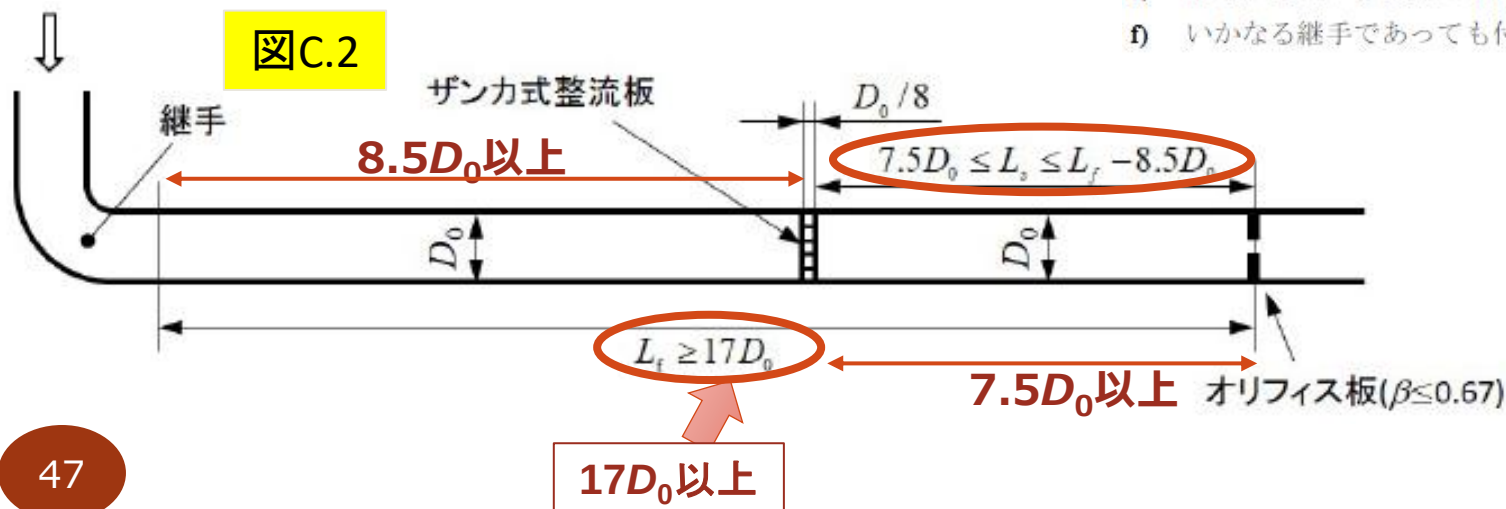
- ✓ ザンカ式整流装置を簡略化したもの。
- ✓ 継手の上流側に条件はない。
- ✓ 製作は難しいが、設置法は単純で必要直管長が短い。

C.3 設置

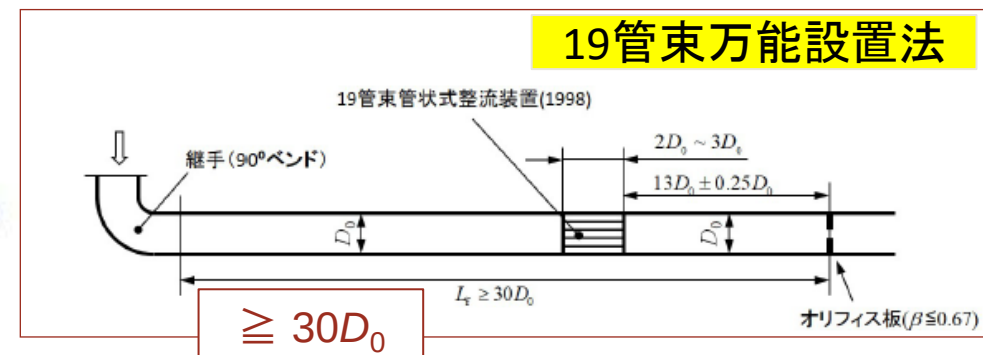
C.3

- $\beta \leq 0.67$ とする。
- 使用する直管は、オリフィス配管と同じ呼び径のものとする。
- $L_f \geq 17D_0$ とする (図 C.2 参照)。 L_f は、継手がベンド若しくはベンドの組合せ又はティーである場合には、継手の湾曲部の下流端までの間隔とし、収縮管又は拡大管の場合には、収縮管又は拡大管の湾曲部又は円すい部の下流端までの間隔とする。
- オリフィス板とザンカ式整流板とを接続する直管の長さを L_s とし、 $7.5D_0 \leq L_s \leq L_f - 8.5D_0$ とする。
- 継手に流入する流れに条件はない。
- いかなる継手であっても付加不確かさは発生しない。

図C.2



19管束万能設置法



第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

2-7 不確かさ

2-4 容積流量計 (概要)

〈原理〉	➤ 容積流量計は、計量室内の運動子がガスの流れによる力で運動するときの運動周期に基づいて流量を測定する。 ➤ 代表的な容積流量計として、ルーツ式、オーバルギヤ式、膜式などがある。
〈特徴〉	➤ 流入する流れの分布の影響を受けにくく、必要直管長に関する一般的な規定はない。 ➤ 容積流量計の出力はガスの体積によって直接決まるため、ガス種による依存性は低く、空気などの一般的な気体を用いて校正した結果をその他のガスで用いてもよい。 ➤ 容積流量計の特性は、しゅう（摺）動部分の特性に大きく支配され、異常があると圧力損失が明確に変化するため、圧力損失を監視することで状態の把握可能。

2-4 容積流量計 (計量に必要な事項、抜粋)

〈異物の除去〉・・・新規

- 異物の流入を避けるため、流量計上流側に**ストレーナ**を設置する。
- ストレーナと容積流量計との間の配管は腐食等が発生しないものとし、内部を十分に清掃する。

〈姿勢の管理と配管ストレスの回避〉・・・同等な記載あり

- 運動子の特性を維持するために、製造業者が指定する**姿勢**で配置する。
- 容積流量計の測定室のケースをひずませる**配管ストレス**を与えない。

2-4 容積流量計 (計算方法)

式の内容は変更なし。ただし、記号が異なる。

標準状態における通過体積 [m^3 (Normal)]

$$V_N = \frac{1}{370\,950} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{I_n}{E_K K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(56)}$$

標準状態における体積流量 [m^3/h (Normal)]

$$q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{f}{E_K K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(57)}$$

- K_{F0} : Kファクタの代表値 (pulses/L)
- E_K : K_{F0} に乘じる Kファクタの補正係数
- p_M : 計量中における流量計の位置でのガスの圧力 (Pa)
- T_M : 計量中における流量計の位置でのガスの温度 (K)
- I_n : 積算パルス数 (pulses)
- F_{wv} : 湿度補正係数
- Z_N : 標準状態におけるガスの圧縮係数
- Z_M : 測定状態における圧縮係数
- f : 容積流量計が出力するパルス信号の周波数 (Hz)

温度補正: 構造に依存するため、固有の E_K を用いて補正する。

第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

2-7 不確かさ

2-5 渦流量計 (概要)

〈原理〉	➤ 流れに対して垂直方向に長く細い 渦発生体 を測定管路内に取り付け、流体がこれを通過するときに発生する カルマン渦の周波数 が流速にほぼ比例することを利用して流量を測定する。
〈校正〉	➤ Kファクタの値は、通常、 実流校正によって決定 する。 ➤ レイノルズ数を合わせる ことによって、温度及び圧力が異なる状態や、空気若しくは水の代替流体を用いた校正によって決定することができる。
〈特徴〉	➤ 渦流量計の 計測レンジ は、圧力、温度などにより変化するが、 1 : 20 の測定範囲は確保できる。 ➤ 渦流量計は、渦発生体と内径形状で精度が決まるため、 相似形で設計 することで、最小サイズφ10mm程度から最大φ800mm程度までのラインナップが可能（ レイノルズの相似則 ）。

2-5 渦流量計：計量に必要な事項（抜粋）

〈流れの乱れの周波数に対する注意〉・・・新規

- ✓ カルマン渦は、流量、圧力の**変動により影響**を受けることがあるため、コンプレッサ、調圧弁などの近傍で、圧力、流量などの変動が大きいところへの設置は避ける必要がある。

〈流量計前後に必要な直管、または整流装置〉・・・変更

- ✓ 旧規格では、必要直管長を規定していたが、改定により**製造業者が規定する直管**でも良いことになった。また、**整流装置**を設置する場合には、製造業者に確認するか整流装置を設置した状態で校正する必要がある。

〈測定範囲に関する注意〉・・・同等の内容の記載あり

- ✓ 渦流量計は、**下限に不感帯領域**があり、計測できない範囲がある。またレンジオーバーなどで計測誤差が大きくなることもあるため、**製造業者の指定する範囲で使用する**必要がある。

2-5 渦流量計：計算式

式の内容は変更なし。ただし、記号が異なる。

標準状態における通過体積 [m^3 (Normal)]

$$V_N = \frac{1}{370950} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + \alpha_B(T_B - T_{B0}) + 2\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{I_n}{K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(59)}$$

標準状態における体積流量 [m^3/h (Normal)]

$$q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + \alpha_B(T_B - T_{B0}) + 2\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{f}{K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(60)}$$

- K_{F0} : Kファクタの代表値 (pulses/L)
- E_K : K_{F0} に乘じる Kファクタの補正係数
- p_M : 計量中における流量計の位置でのガスの圧力 (Pa)
- T_M : 計量中における流量計の位置でのガスの温度 (K)
- I_n : 積算パルス数 (pulses)
- F_{wv} : 湿度補正係数
- α_B : 渦発生体の線膨張率 ($1/^\circ\text{C}$)
- α_D : 測定管の線膨張率 ($1/^\circ\text{C}$)
- T_B : 計量中における渦発生体の温度 ($^\circ\text{C}$)
- T_{B0} : Kファクタを決定したときの渦発生体の温度 ($^\circ\text{C}$)
- T_D : 計量中における測定管の温度 ($^\circ\text{C}$)
- T_{D0} : Kファクタを決定したときの測定管の温度 ($^\circ\text{C}$)
- Z_N : 標準状態におけるガスの圧縮係数
- Z_M : 測定状態における圧縮係数
- f : 渦流量計が出力するパルス信号の周波数 (Hz)

温度補正： 渦発生体の温度補正（幅＝1倍）と配管の温度補正（面積＝2倍）を要する。

第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

2-7 不確かさ

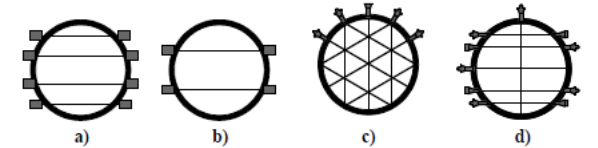
2-6 超音波流量計：主な特徴

〈原理〉	➤ 流体が流れる管内に超音波を発し、これが流れの方向には速く、逆方向には遅く伝播することを利用する。 ➤ 流れ方向に離れた位置でこの超音波を受信し、送信波と受信波との時間差を測定し、その時間差から超音波パス(経路)上の平均流速を計算し、これに流路断面積を乗じて体積流量とする。
〈特徴〉	< 広い流量範囲 > ➤ 超音波の伝播時間差を高精度で測定することにより、広い範囲の流量測定が可能。 ➤ 「最大：最小」流量比を、100:1程度とすることが可能。 < 小さな圧力損失 > ➤ センサが配管内壁面等に取り付けられており、管内に突起物がほとんどないため、圧力損失は直管とほぼ同じで非常に小さい。 < 高精度(繰り返し性) > ➤ 各方向に超音波を発するマルチパスとすることにより、より高い信頼性で計測が可能。 ➤ 機械部分が無いため特性が非常に安定しており、実流校正を行うことにより高い精度で計測が可能。 < 正逆計測 > ➤ 構造が上下流方向に対称のため、逆方向の計測が可能なものもある。 ➤ ただし、配管長さ等要件を両側に満たしておく必要があるため注意が必要。

2-6 超音波流量計：留意点

< 本体 >

- 様々なパス形式があり、特性（対ノイズ特性など）はそれぞれに固有なものとなるため、設置条件に適したものを選び、設置方法は製造業者の指示に従う。
- 高度なプログラムが可能なSPUを有するため様々な補正が組み込まれている場合があり、必要な補正の過不足が無いよう注意する。その際、流量計一般に使用される係数「Kファクター」 K_f と、超音波流量計固有の「流量補正係数」 K_c を混同しないようにする。



解説図 22—マルチパスレイアウトの代表例

< 前後直管 >

- 内部は直管とほぼ同じであるため、上流側で発生した乱れがそのまま通過してしまう。
- 超音波流量計は、内部の流速分布が典型的なものであることを前提としているため、上流側の配管条件に十分に注意する。
- 整流装置を用いることでより乱れの影響を減らすことができるが、各超音波流量計の対乱れ特性は個々の方式によって異なるため、詳細は製造業者に問い合わせる。

< 音響ノイズ >

- 音響信号を用いて計測するため、音響ノイズに十分注意し、バルブ、絞り、コンプレッサなどの音響ノイズ源から十分に離れた場所に設置する。
- ノイズ発生源の近くであっても、発生源と流量計の間にT型分岐配管等の消音機構を設ける、発生するノイズと大きく異なる周波数のトランスデューサを用いる、など様々な方策があり、詳細については最新の技術を参照するか、製造業者に問い合わせる。

2-6 超音波流量計：計算式

標準状態における通過体積 [m³ (Normal)]

$$V_N = \frac{1}{370\,950} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + 3\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{I_n}{K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(63)}$$

標準状態における体積流量 [m³/h (Normal)]

$$q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + 3\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{f}{K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(64)}$$

- K_{F0} : Kファクタの代表値 (pulses/L)
- E_K : K_{F0} に乘じる Kファクタの補正係数
- p_M : 計量中における流量計の位置でのガスの圧力 (Pa)
- T_M : 計量中における流量計の位置でのガスの温度 (K)
- I_n : 積算パルス数 (pulses)
- F_{wv} : 湿度補正係数
- α_D : 測定管の線膨張率 (1/°C)
- T_D : 計量中における測定管の温度 (°C)
- T_{D0} : Kファクタを決定したときの測定管の温度 (°C)
- Z_N : 標準状態におけるガスの圧縮係数
- Z_M : 測定状態における圧縮係数
- f : 超音波流量計が出力するパルス信号の周波数 (Hz)

温度補正： 超音波パス（長さ＝1倍）と配管の温度補正（面積＝2倍）の計3倍の補正を要する。

第2部 ～改正内容～

2-1 標準状態と基準準状態

2-2 物性値

2-3 オリフィス流量計

2-4 容積流量計

2-5 渦流量計

2-6 超音波流量計

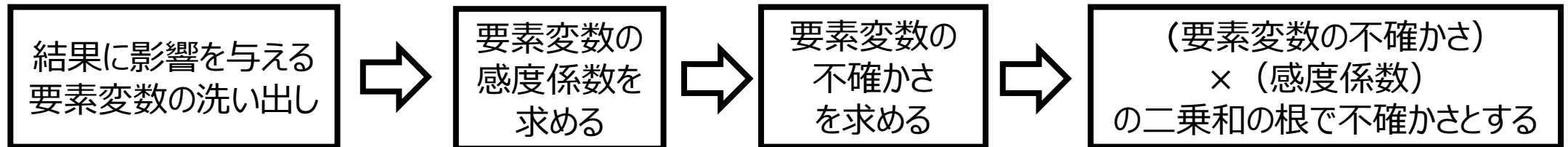
2-7 不確かさ

2-7 不確かさ

能書き

- 不確かさ解析は、結果の値には影響しないが、その評価には非常に手間が掛かり、特に不確かさが求められる場合以外、これを詳しく行う必要はない。
- 厳密に評価するためには、変数間の相関、変数の値を測定するときの測定値の分布、要素測定に使用する測定器の校正の方法/出来具合、等々に依存し、これらは、計量現場/システムごとに大きく異なるため、JIS M 8010で扱える範疇を超えている。

- 不確かさ解析の基本形：



- JIS M 8010では、一般的な計量現場における代表的な要素変数を抜き出し、感度係数を求め、それぞれの不確かさ（要素不確かさ）が評価されているものとして、上の図に従う計算式のみを記載している。
- 国際的に認められる不確かさ解析が必要となった場合は、GUMなどを参照し、別途求めることになる。

2-7 不確かさ（要素変数の洗い出し）

- ✓ **要素変数**は、基本的に、結果を表す式に現れる**各変数**となる。これを整理したものが**表5**となる。
- ✓ 厳密には、材料の線膨張率や気体定数の不確かさなども含まれるはずであるが、最終的に**二乗されて加算**されるため、要素の不確かさの大きさが最大のものの、**1/3程度以下**になる要素は、**通常、無視**しても不確かさの評価値にほとんど影響を与えない。
 - 例えば、大きさが1と1/3の不確かさがあった場合、不確かさは二乗和の根 $\sqrt{(1^2+0.33^2)}$ で1.05となるが、1/3の不確かさを無視した場合（不確かさが1と評価される）では、不確かさの評価値に5%の誤差が生じる。
 - 常識的に、この「不確かさ1」という大きさは、1%よりも十分に小さいはずであり、不確かさは2桁で評価されることを考えれば、10%以下の不確かさの誤差は結果に影響を与えない。したがって、この5%の不確かさの誤差は無視しても全く問題ない。
 - さらに、大きな不確かさが一つだけであることは考えられず、例えば1の大きさの不確かさが2個あれば、 $\sqrt{(2^2+0.33^2)}$ =2.03となり、1/3の不確かさを無視した場合（不確かさは2と評価される）、1%の誤差が発生するが当然無視できる。
 - 大きな不確かさが3個4個またはそれ以上あるのが通常であり、よほど小さな不確かさが大量に並ぶ場合以外は、最大の不確かさの1/3の不確かさなどは完全に無視できる。

（一般的な話であり、個別に検討してください。）

表 5ー 主要な不確かさ要因及び代表的な評価法

対象流量計	不確かさ要因	相対不確かさの記号	不確かさ評価法の代表例
オリフィス流量計	流出係数	U_{Cd}	8.4.1 による。
	膨張補正係数	U_ϵ	8.4.2 による。
	オリフィス孔径	U_d	測定の不確かさを用いる。
	オリフィス配管径	U_D	
	差圧	$U_{\Delta p}$	
	上流側圧力取出断面における温度	U_{T1}	
	上流側圧力取出断面における圧力	U_{p1}	
オリフィス流量計以外	測定状態の温度	U_{TM}	流量計とともに提供された K ファクタの不確かさ又は校正の不確かさを用いる。
	測定状態の圧力	U_{PM}	
	周波数	U_f	
	K ファクタ	U_{K0}	
オリフィス流量計	上流側圧力取出断面における圧縮係数	U_{z1}	AGA8-92DC 法を用いる場合には ISO 12213-2 を参照する。Z 数表（2015）を用いる場合には、附属書 H を参考にして推定する。
全流量計	標準状態における圧縮係数	U_{ZN}	モル分率測定又は体積分率測定の不確かさを用いる。
	測定状態における圧縮係数	U_{ZM}	
	モル分率	U_{xi}	
注記 成分のモル分率 x_i を係数とする各項を i に関して加算する不確かさ要因では、各項の不確かさの最大値の半分程度のものまでを考慮する。			

表5

結果を表す式
オリフィス流量計

$$q_{vN} = \frac{31.082 C_d}{\sqrt{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}}} \epsilon Z_N F_{wv} \sqrt{\frac{p_1 \Delta p}{N_N Z_1 T_1}}$$

渦式流量計（その他も同様）

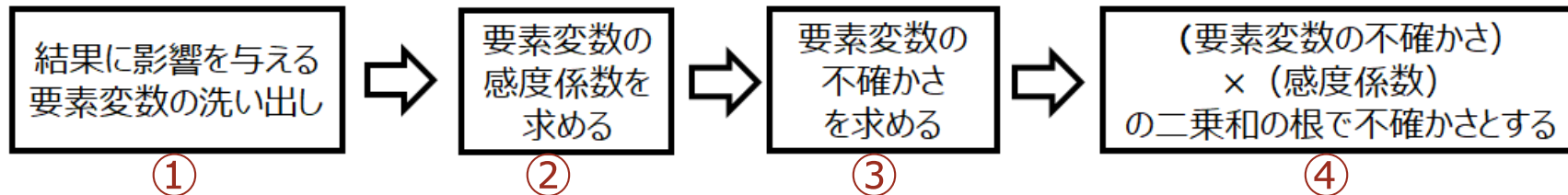
$$q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + \alpha_B (T_B - T_{B0}) + 2\alpha_D (T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{f}{K_{F0}} F_{wv}$$

2-7 不確かさ (不確かさの算出式)

算出手順。

- ① 洗い出された要素のそれぞれについて、不確かさを求める（要素不確かさ）。
- ② それぞれの要素の感度係数（結果を要素変数で偏微分したもの）を求める。
- ③ すべての要素不確かさにそれぞれの感度係数をかけ、自乗して加える。
- ④ 二乗和の平方根を取り、これを結果の不確かさとする。

不確かさ解析の基本形：



式（解.52）は、③と④を式で表したのもである。

$$U_{qN} = 100 \frac{\Delta u_{qvN}}{q_{vN}} = \sqrt{\sum_i \left(100 \frac{\partial q_{vN}}{\partial Y_i} \frac{\Delta u_i}{q_{vN}} \right)^2}$$

式（解.52）

2-7 不確かさ（感度係数の例、結果の不確かさ）

オリフィス

$$q_{vN} = \frac{31.082 C_d}{\sqrt{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}}} \varepsilon Z_N F_{wv} \sqrt{\frac{p_1 \Delta p}{N_N Z_1 T_1}}$$

式（解.53）

偏微分を行う前に、式の整理をした方がよい。
例えば、 β は用いず d と D で表し可能な限り要素変数を集約している。

要素変数（ d 、 D など）で結果（ q_{vN} ）を偏微分したものが、それぞれの感度係数である。

これらの感度係数と、別途評価された要素変数の不確かさ U を用い、次式（二乗和の根）でオリフィス流量計を用いた計量値の不確かさが与えられる。

13.2 オリフィス流量計による計量値（標準状態における体積流量）の不確かさ

$$U_{qN} \approx \sqrt{\frac{4}{(1-\beta^4)^2} (U_d^2 + \beta^8 U_D^2) + \frac{1}{4} \left\{ U_{Z1}^2 + U_{p1}^2 + U_{T1}^2 + U_{\Delta p}^2 + \sum_i \left(\frac{x_i N_i}{N_N} U_{x,i} \right)^2 \right\} + U_{Cd}^2 + U_{\varepsilon}^2 + U_{ZN}^2}$$

式(88)

解説表 27ーオリフィス流量計を用いた計量における各変数の感度係数

変数	偏微分（感度係数）
d	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial d} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}} \frac{\partial \left(\frac{1}{d^4} \right)}{\partial d} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}} \left(-\frac{4}{d^5} \right) = \frac{2}{1-\beta^4} \frac{q_{vN}}{d}$
D	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial D} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}} \frac{\partial \left(-\frac{1}{D^4} \right)}{\partial D} = \frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4}} \left(-\frac{4}{D^5} \right) = -\frac{2\beta^4}{1-\beta^4} \frac{q_{vN}}{D}$
C_d	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial C_d} = \frac{q_{vN}}{C_d}$
ε	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial \varepsilon} = \frac{q_{vN}}{\varepsilon}$
Z_N	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial Z_N} = \frac{q_{vN}}{Z_N}$
F_{wv}	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial F_{wv}} = \frac{q_{vN}}{F_{wv}}$
p_1	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial p_1} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{p_1}$
Δp	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial \Delta p} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{\Delta p}$
N_N	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial N_N} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{N_N}$
Z_1	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial Z_1} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{Z_1}$
T_1	$\frac{\partial q_{vN}}{\partial T_1} = -\frac{1}{2} \frac{q_{vN}}{T_1}$

解説表27

第3部 ～サンプル計算概要～

3-1 計算手順

3-2 物性値

3-3 オリフィス流量計の流量

3-4 渦式流量計の流量

Kファクターを用いないオリフィス流量計と、
Kファクターを用いる流量計の代表例として、
渦式流量計に関する計算例の概要を紹介する

オリフィスでは低圧サンプル、
渦では高圧サンプルで説明する。

3-1 計算手順 – 物性値の計算が大半となる

解説5.6

- 物性値
(共通)
- a) ガス組成を体積分率からモル分率に換算 (附属書 F)
 - b) ガスのモル質量 N の計算 (12.2)
 - c) 湿度補正係数 F_{wv} の計算 (12.1)
 - d) 測定状態における圧縮係数 Z_1 及び標準状態における圧縮係数 Z_N の計算 (12.3)
 - e) アイゼントロピック指数 κ_1 の計算 (12.5)
 - f) 粘度の計算 (12.6)
 - g) 流量の計算 (箇条 8)
- オリフィス流量計でのみ使用
- 流量計に固有
- オリフィス流量計
 - 容積式流量計
 - 渦式流量計
 - 超音波式流量計
- ほぼ同じ計算

3-2 物性値

5.6.3 体積分率で表された成分組成のモル分率 x_i への換算

体積分率の測定値、および、式(F.1)と表F.1を使う。

(サンプルの高圧低圧で違いはない。)

解説表 5—成分組成のモル分率 x_i への換算結果

解説表5

成分	体積分率 ^{a)}	大気圧における 圧縮係数 ^{b)}	体積分率を大気圧における 圧縮係数で除した値	モル分率 x_i ^{c)} mol/mol
CH ₄	0.964 2	0.997 6	0.966 5	0.963 586
C ₂ H ₆	0.016 5	0.990 0	0.016 7	0.016 616
C ₃ H ₈	0.008 1	0.978 9	0.008 3	0.008 249
nC ₄ H ₁₀	0.002 4	0.957 2	0.002 5	0.002 500
iC ₄ H ₁₀	0.001 6	0.958 0	0.001 7	0.001 665
nC ₅ H ₁₂	0.000 6	0.918 0	0.000 7	0.000 652
iC ₅ H ₁₂	0.000 9	0.937 0	0.001 0	0.000 958
C ₆ H ₁₄	0.000 5	0.892 0	0.000 6	0.000 559
N ₂	0.000 6	0.999 5	0.000 6	0.000 598
CO ₂	0.004 6	0.993 3	0.004 6	0.004 617
合計	1.000 0 ^{d)}		1.003 0	1.000 000 ^{d)}

“—”：合計値に意味がないことを表している。
 注 ^{a)} 解説表 4 の“成分の体積分率”の値
^{b)} 表 F.1 の値
^{c)} 体積分率を大気圧における圧縮係数で除した値を、その合計値 (1.003 044) で除した値
^{d)} 体積分率及びモル分率の合計値は 1

体積分率
(ガスクロ測定値)
入力値

$$x_i = \frac{\frac{x_{Vi}}{Z_i}}{\sum_j \frac{x_{Vj}}{Z_j}}$$

式(F.1)

結果
モル分率

表 F.1—モル分率の計算に使用する Z_i の値

成分	Z_i
CO ₂	0.993 3
N ₂	0.999 5
H ₂	1.000 6
CO	0.999 3
O ₂	0.999 0
CH ₄	0.997 6
C ₂ H ₆	0.990 0
C ₃ H ₈	0.978 9
iC ₄ H ₁₀	0.958 0
nC ₄ H ₁₀	0.957 2
iC ₅ H ₁₂	0.937 0
nC ₅ H ₁₂	0.918 0
C ₆ H ₁₄	0.892 0

表F.1

総和は1でなければならない

表F.1

通常、総和は1ではない

総和は1でなければならない

3-2 物性値

5.6.4

モル質量 N_N の計算

前に計算したモル分率の測定値、および、式(72)と表2を使う。

(サンプルの高圧低圧で違いはない。)

解説表6

解説表 6—モル質量 N_N の計算結果

成分	モル分率 ^{a)}	モル質量 ^{b)} (kg/mol)	単位モル当たりの 含有質量 ^{c)} (kg/mol)
CH ₄	0.963 586 163	0.016 042 5	0.015 458 33
C ₂ H ₆	0.016 616 082	0.030 069 0	0.000 499 63
C ₃ H ₈	0.008 249 480	0.044 095 6	0.000 363 77
nC ₄ H ₁₀	0.002 499 703	0.058 122 2	0.000 145 29
iC ₄ H ₁₀	0.001 665 077	0.058 122 2	0.000 096 78
nC ₅ H ₁₂	0.000 651 611	0.072 148 8	0.000 047 01
iC ₅ H ₁₂	0.000 957 597	0.072 148 8	0.000 069 09
C ₆ H ₁₄	0.000 558 837	0.086 175 4	0.000 048 16
N ₂	0.000 598 478	0.028 013 4	0.000 016 77
CO ₂	0.004 616 972	0.044 009 5	0.000 203 19
合計	1.000 000 000	—	0.016 948 02 ^{d)}

“—”：合計値に意味がないことを表している。

注 a) 解説表 5 のモル分率 x_i の値
 b) 表 2 の値
 c) モル分率とモル質量との積
 d) 単位モル当たりの含有質量の合計値が N_N [式(72)]

モル分率
(前の計算結果)
入力値

式(72)

$$N_N = \sum_i x_i N_i$$

結果
モル質量

総和は1

表2

表 2—各成分のモル質量

成分	モル質量 (kg/mol)
CO ₂	0.044 009 5
N ₂	0.028 013 4
H ₂	0.002 015 9
CO	0.028 010 1
O ₂	0.031 998 8
CH ₄	0.016 042 5
C ₂ H ₆	0.030 069 0
C ₃ H ₈	0.044 095 6
iC ₄ H ₁₀	0.058 122 2
nC ₄ H ₁₀	0.058 122 2
iC ₅ H ₁₂	0.072 148 8
nC ₅ H ₁₂	0.072 148 8
C ₆ H ₁₄	0.086 175 4
C ₇ H ₁₆	0.100 201 9
C ₈ H ₁₈	0.114 228 5

表2

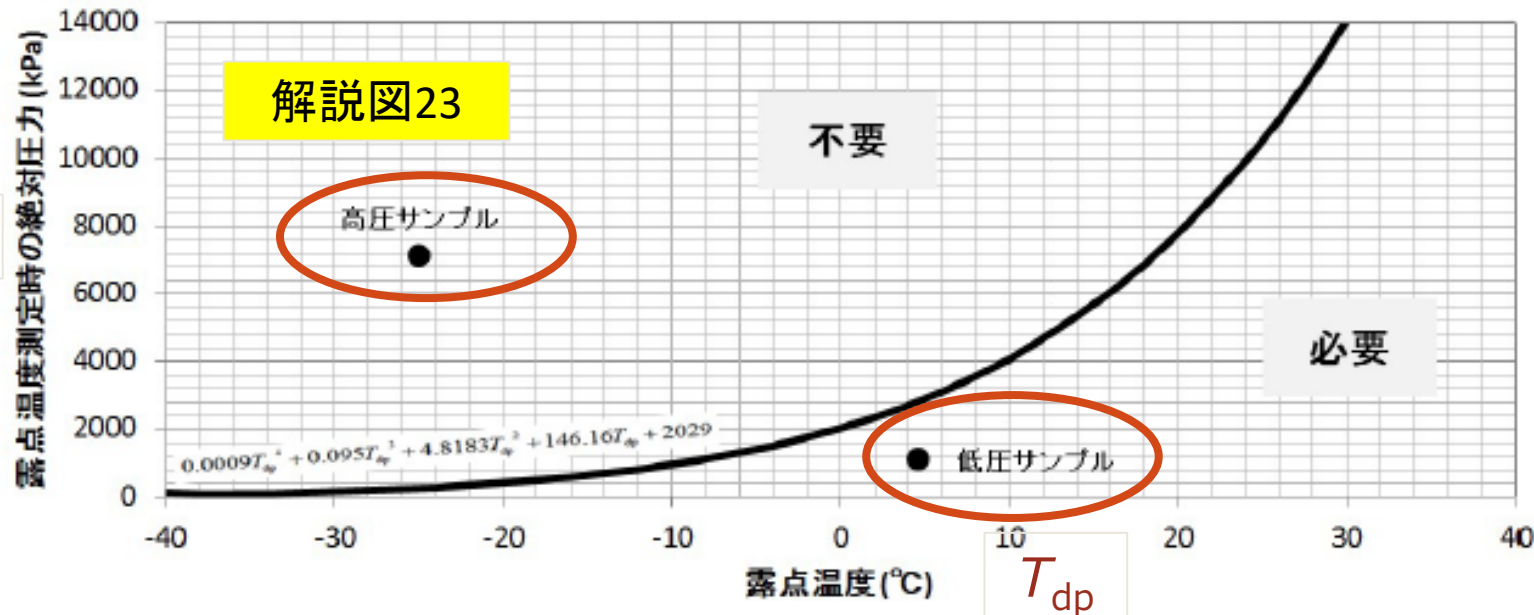
3-2 物性値

5.6.5.1 湿度補正の必要性の判定

T_{dp} と p_{dp} の測定値、および、式(68)、または、これをグラフ化した解説図23を使う

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

ここに、 p_{dp} ：露点温度測定時のガスの圧力 (kPa)
 T_{dp} ：露点温度 (°C)



解説図 23—式(68)による湿度補正の必要性の判定グラフ

必要な測定値

T_{dp} ：露点温度

p_{dp} ： T_{dp} を測定したときの圧力

判定基準は、 $F_{wv} = 0.03\%$

$$x_{wv} < 0.0003 \quad \text{式(67)}$$

判定せず、
常に補正を行うことでも全く問題はない。

3-2 物性値

5.6.5.2

湿度補正係数 F_{wv} の計算

T_{dp} と p_{dp} の測定値、および、式(69)～(71)を使う

T_{dp} と p_{dp} の測定値
入力値

解説表7

項目	低圧サンプル
露点温度 T_{dp} (°C)	4.6
露点温度測定時の絶対圧力 p_{dp} (kPa)	1 081.992
判定圧力 (kPa)	2 812.941
補正の要不要	必要
露点温度における飽和蒸気圧 p_{swv} (kPa)	0.847 8
水蒸気モル分率 x_{wv} (—)	0.000 784
湿度補正係数 F_{wv} (—)	0.999 22

$$p_{swv}(T) = 0.6112 \exp\left(\frac{17.62T}{243.12 + T}\right)$$

T_{dp} の値を入れる

式(70)

(飽和蒸気圧)

$$x_{wv} = \frac{p_{swv}(T_{dp})}{p_{dp}}$$

式(69)

(水蒸気モル分率)

p_{dp} の値を入力

$$F_{wv} = 1 - x_{wv}$$

式(71)

(湿度補正係数)

結果

湿度補正係数

3-2 物性値

5.6.6 標準状態における圧縮係数 Z_N の計算

a) A_Z 及び B_Z の計算

標準状態

Z数表2015

モル分率 x_i の計算値、ガスの温度 T 、圧力 p と、式(H.1)、(H.2)、表H.1を使う

フローコンピューターなどを利用した値を使用してもよい。ただし、12.3.1に注意。(サンプル計算による検算)

表H.1

x_i の計算値
入力値

解説表 8—式(H.1)及び式(H.2)に用いる $a_i x_i$ 及び $b_i x_i$ の計算結果

成分	a_i ^{a)}	b_i ^{a)}	x_i (mol/mol) ^{b)}	$a_i x_i$	$b_i x_i$
CO ₂	295.889 300	6 854.100 0	0.004 616 972	1.366 112 688	31.645 189 520
N ₂	124.742 769	3 292.538 9	0.000 598 478	0.074 655 825	1.970 512 685
CH ₄	209.387 502	5 104.748 0	0.963 586 163	201.762 899 668	4 918.864 539
C ₂ H ₆	333.832 804	5 372.235 0	0.016 616 082	5.546 993 133	89.265 495 474
C ₃ H ₈	429.821 476	4 256.660 0	0.008 249 480	3.545 803 545	35.115 230 303
iC ₄ H ₁₀	546.848 640	4 741.906 0	0.001 665 077	0.910 545 135	7.895 638 981
nC ₄ H ₁₀	529.372 755	4 555.944 0	0.002 499 703	1.323 274 690	11.388 507 113
iC ₅ H ₁₂	616.933 320	2 666.872 0	0.000 957 597	0.590 773 510	2.553 788 686
nC ₅ H ₁₂	629.264 000	3 712.632 0	0.000 651 611	0.410 035 373	2.419 192 020
C ₆ H ₁₄	682.107 014	909.486 0	0.000 558 837	0.381 186 520	0.508 254 271
合計	—	—	—	215.912 280 ^{c)}	5 101.626 348 ^{d)}

解説表8

“—”：合計値に意味がないことを表している

注 ^{a)} 表 H.1 の値を使用

^{b)} 解説表 5 のモル分率 x_i の値

^{c)} $a_i x_i$ の合計値であり、その値で T_N (絶対温度) を除した値が A_Z [式(H.1)]

^{d)} $b_i x_i$ の合計値であり、その値で p_N (絶対圧力) を除した値が B_Z [式(H.2)]

$$A_Z = \frac{T}{\sum_i a_i x_i}$$

式(H.1)

$$B_Z = \frac{p}{\sum_i b_i x_i}$$

式(H.2)

成分	a_i (K)	b_i (kPa)
CO ₂	295.889 3	6 854.100 0
N ₂	124.742 8	3 292.538 9
H ₂	55.175 5	3 157.200 0
CO	136.937 5	3 498.750 0
O ₂	154.770 0	5 080.020 0
CH ₄	209.387 5	5 104.748 0
C ₂ H ₆	333.832 8	5 372.235 0
C ₃ H ₈	429.821 5	4 256.660 0
iC ₄ H ₁₀	546.848 6	4 741.906 0
nC ₄ H ₁₀	529.372 8	4 555.944 0
iC ₅ H ₁₂	616.933 3	2 666.872 0
nC ₅ H ₁₂	629.264 0	3 712.632 0
C ₆ H ₁₄	682.107 0	909.486 0
C ₇ H ₁₆	432.126 4	—
C ₈ H ₁₈	454.878 4	—

表(H.1)

T ：ガスの温度 (K)

p ：ガスの圧力 (kPa)

標準状態

結果

A_Z 、 B_Z

T 、 p を割って

$A_Z = 1.265\ 097\ 103$

$B_Z = 0.019\ 861\ 313$

3.1

標準状態 (normal condition)

$T = 273.15$ (絶対温度 = °C + 273.15)

$p = 101.315$ 摂氏温度値に 273.15 を加える。

3.1

温度 0 °C, 絶対圧 101.325 kPa, 相対湿度 0 %

3.29

3-2 物性値

5.6.6 標準状態における圧縮係数 Z_N の計算

b) Z 数表 (2015) の内挿

Z数表2015

A_Z 、 B_Z の計算値と、表H.4 (Z数表2015) を使い、図H.1の方法で内挿する。

A_Z 、 B_Z の計算値
入力値

解説表 9—標準状態における圧縮係数 Z_N の計算結果

		A_{Z1}	A_Z	A_{Z2}
		1.25	1.265 097 103	1.3
B_{Z1}	0.01	0.998 600	0.998 653 14	0.998 776
B_Z	0.019 861 313	—	0.997 324 27 ^{a)}	—
B_{Z2}	0.02	0.997 199	0.997 305 59	0.997 552

注 ^{a)} 列 A_Z と行 B_Z との交点が Z_N を表す。

結果
 Z_N

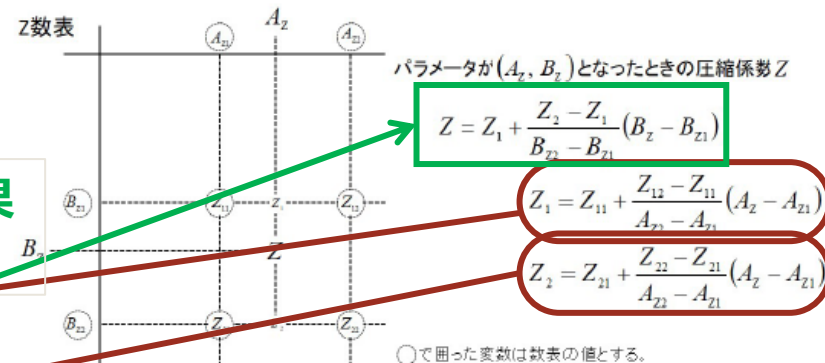


図 H.1—Z 数表内挿の一例

図H.1

Z数表2015 (表H.4) で、 A_Z 、 B_Z を挟むセルを探す。

B_Z		0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	
0.01		0.996 67	0.997 14	0.997 54	0.997 87	0.998 15	0.998 39	0.998 60	0.998 78	0.998 93	0.999 06	0.999 18	0.999 28	0.
0.02		0.993 32	0.994 27	0.995 07	0.995 74	0.996 31	0.996 79	0.997 20	0.997 55	0.997 86	0.998 12	0.998 35	0.998 55	0.
0.03		0.989 95	0.991 39	0.992 59	0.993 60	0.994 45	0.995 18	0.995 80	0.996 33	0.996 79	0.997 18	0.997 53	0.997 83	0.
0.04		0.986 58	0.988 50	0.990 11	0.991 46	0.992 60	0.993 57	0.994 40	0.995 10	0.995 71	0.996 24	0.996 70	0.997 11	0.
0.05		0.983 19	0.985	0.986 5	0.987 9	0.989 1	0.990 1	0.991 0	0.991 8	0.992 5	0.993 1	0.993 6	0.994 1	0.
0.06		0.979 78	0.982	0.983 5	0.984 8	0.985 9	0.986 9	0.987 7	0.988 5	0.989 2	0.989 8	0.990 4	0.990 9	0.
0.07		0.976 36	0.979	0.980 5	0.981 7	0.982 8	0.983 8	0.984 7	0.985 5	0.986 2	0.986 8	0.987 4	0.987 9	0.
0.08		0.972 93	0.976	0.977 5	0.978 6	0.979 6	0.980 6	0.981 5	0.982 3	0.983 0	0.983 6	0.984 2	0.984 7	0.
0.09		0.969 48	0.973 90	0.975 0	0.976 0	0.977 0	0.978 0	0.978 9	0.979 7	0.980 5	0.981 2	0.981 8	0.982 3	0.
0.10		0.966 01	0.970 95	0.972 0	0.973 0	0.974 0	0.975 0	0.975 9	0.976 7	0.977 5	0.978 2	0.978 8	0.979 3	0.

表H.4 (抜粋)

	1.25	1.30
0.01	0.998 60	0.998 78
0.02	0.997 20	0.997 55
0.03	0.995 80	0.996 22

表H.4 (抜粋)

A_Z を挟むセル

B_Z を挟むセル

前ページまでの Z_N と同様に求める。

ただし、温度と圧力は、計量中の値（測定状態での温度、圧力）を使う。

3.3

測定状態（metering condition）

計量中における流量計の位置でのガスの状態。変数に添え字 **M** を用いることによって、測定状態での値であることを表す。

3.3

解説表 10－測定状態における低圧サンプルの圧縮係数 Z_M の計算結果

解説表10		A_{Z1}	A_Z	A_{Z2}
		1.4	1.404 042 419	1.45
B_{Z1}	0.21	0.980 363	0.980 560 998	0.982 812
B_Z	0.212 087 661	—	0.980 369 046 ^{a)}	—
B_{Z2}	0.22	0.979 434	0.979 641 538	0.982 001
注 ^{a)} 列 A_Z と行 B_Z との交点が Z_M を表す。				

3-2 物性値

5.6.8 ガスのアイゼントロピック指数 κ_1 の計算

適合曲線による計算

測定状態

オリフィス流量計に使用する

T 、 p は上流側圧力タップにおける値

解説表12

Z も上流側圧力タップにおける値 (Z_M)

0.980 560 998	
0.980 369 046 ^{a)}	(前ページ)
0.070 641 538	

解説表 12ーガスのアイゼントロピック指数 κ_1

項目	単位	低圧サンプル
ガスの温度 T	℃	30
ガスの圧力 p	MPa	1.081 992
ガスの圧縮係数 Z	—	0.980 369 05
A_k	K	215.912 28
B_k	kPa	5 101.626 35
κ_0	—	1.294 603 06
B_0	—	-0.610 615 13
B_1	—	1.421 518 17
B_2	—	-0.804 390 64
κ_1	—	1.297 043 16

$$\kappa = \kappa_0 + B_0 + \frac{B_1}{Z} + \frac{B_2}{Z^2} \dots\dots\dots (74)$$

$$\kappa_0 = 1.647 - 0.000\ 42T - 0.950\ A_k\ B_k^{-0.75} \dots\dots\dots (75)$$

$$B_0 = -1.468 + 0.971\ 3p - 0.175\ 85p^2 + 0.009\ 722p^3 \dots\dots\dots (76)$$

$$B_1 = 3.117 - 1.908\ 4p + 0.335\ 55p^2 - 0.018\ 504p^3 \dots\dots\dots (77)$$

$$B_2 = -1.654 + 0.948\ 79p - 0.160\ 769p^2 + 0.008\ 873\ 1p^3 \dots\dots\dots (78)$$

$$A_k = \sum_i a_i x_i \dots\dots\dots (79)$$

$$B_k = \sum_i b_i x_i \dots\dots\dots (80)$$

式(74)～ (80)

3-2 物性値

5.6.9 粘度 μ の計算

測定状態

オリフィス流量計に使用する

p 、 T は上流側圧力タップにおける値

物性値の計算値

項目	低圧サンプル
条件	
ガスのモル質量 N (kg/mol)	0.016 948 02
測定状態におけるガスの圧力 p_M (kPa)	1 081.992
測定状態における圧縮係数 Z_M	0.980 369 046
モル質量パラメータ N_{rel} (—)	0.585 181 272
ガスの温度 T (°C)	30
温度パラメータ T_{ran} (—)	545.67
ガスの密度 ρ (kg/m ³)	7.420 944 69
密度パラメータ ρ_{cc} (—)	0.007 420 945
計算結果	
A_μ	-192.778 239 3
B_μ	32 951.460 28
C_μ	92 865.517 09
D_μ	-187 279.619 3
E_μ	1 162 365.641
F_μ	-2 319 882.402
G_μ	-694.550 575
H_μ	1 377 432.114
大気圧におけるガスの粘度 μ_0 (μPa·s)	11.356 003 03
粘度の圧力補正項 $\Delta\mu_p$ (μPa·s)	0.049 592 027
ガスの粘度 μ (μPa·s)	11.405 595 06

解説表13

$$\mu = \mu_0 + \Delta\mu_p \quad (81)$$

$$\mu_0 = 1\,000 \exp \left[\frac{a_{\mu 0} + a_{\mu 1} \ln N_{rel} + a_{\mu 2} \ln T_{ran} + a_{\mu 3} \ln N_{rel} \ln T_{ran}}{1 + b_{\mu 1} \ln N_{rel} + b_{\mu 2} \ln T_{ran} + b_{\mu 3} \ln N_{rel} \ln T_{ran}} \right] \quad (82)$$

$$\Delta\mu_p = 1\,000 \frac{A_\mu + B_\mu \rho_{cc} + C_\mu \rho_{cc}^2 + D_\mu \rho_{cc}^3}{E_\mu + F_\mu \rho_{cc} + G_\mu \rho_{cc}^2 + H_\mu \rho_{cc}^3} \quad (83)$$

式(81)～ (87)

$$\begin{aligned} A_\mu &= A_{\mu 0} + A_{\mu 1} T_{ran} + A_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ B_\mu &= B_{\mu 0} + B_{\mu 1} T_{ran} + B_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ C_\mu &= C_{\mu 0} + C_{\mu 1} T_{ran} + C_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ D_\mu &= D_{\mu 0} + D_{\mu 1} T_{ran} + D_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ E_\mu &= E_{\mu 0} + E_{\mu 1} T_{ran} + E_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ F_\mu &= F_{\mu 0} + F_{\mu 1} T_{ran} + F_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ G_\mu &= G_{\mu 0} + G_{\mu 1} T_{ran} + G_{\mu 2} T_{ran}^2 \\ H_\mu &= H_{\mu 0} + H_{\mu 1} T_{ran} + H_{\mu 2} T_{ran}^2 \end{aligned} \quad (84)$$

$$T_{ran} = \frac{9}{5} T + 491.67 \quad (85)$$

$$\rho_{cc} = \frac{\rho}{1\,000} \quad (86)$$

$$N_{rel} = \frac{N}{28.962} \quad (87)$$

p 、 T は上流側圧力タップにおける値

$$\rho = \frac{N}{8.314\,512} \frac{p}{T} \quad \text{式(73)}$$

3-2 物性値のまとめ（低圧サンプル）

a) ガス組成を体積分率からモル分率に換算（附属書 F）

b) ガスのモル質量 N の計算（12.2）

c) 湿度補正係数 F_{ww} の計算（12.1）

d) 測定状態における圧縮係数 Z_1 及び標準状態における圧縮係数 Z_N の計算（12.3）

e) アイゼントロピック指数 κ_1 の計算（12.5）

f) 粘度の計算（12.6）

解説表5

成分	モル分率 x_i ^{d)} mol/mol
CH ₄	0.963 586
C ₂ H ₆	0.016 616
C ₃ H ₈	0.008 249
nC ₄ H ₁₀	0.002 500
iC ₄ H ₁₀	0.001 665
nC ₅ H ₁₂	0.000 652
iC ₅ H ₁₂	0.000 958
C ₆ H ₁₄	0.000 559
N ₂	0.000 598
CO ₂	0.004 617
合計	1.000 000 ^{d)}

解説表6

0.016 948 02 ^{d)} (kg/mol)

解説表8

0.997 324 27 ^{a)}

解説表7

0.999 22

解説表10

0.980 369 046 ^{a)}

解説表12

1.297 043 16

オリフィス流量計では、測定状態は
上流側圧力タップ位置での状態
($Z_M = Z_1$)

解説表13

11.405 595 06

($\mu\text{Pa} \cdot \text{s}$)

3-3 オリフィス流量計

5.6.10.1 サンプル計算条件

これまでの物性値は、この条件で求めてある。

サンプル入力値は下流側圧力タップでの値であるが、計算は上流側圧力タップでの値で行っていることに注意。

$$(\text{上流側圧力}) = (\text{下流側圧力}) + (\text{差圧})$$

5.6.10.2 計算手順

- 1) 形状寸法の温度補正 (8.3.5) 及びオリフィス直径比の計算
- 2) 膨張補正係数の計算 (8.3.3)
- 3) 理論流量の計算 [式(33)において $C_d=1$]
- 4) レイノルズ数の計算 (3.18)
- 5) 仮の流出係数の計算 (8.3.2)
- 6) レイノルズ数の再計算 (3.18)
- 7) 流出係数の計算 (8.3.2)
- 8) 7)で求めた流出係数と 5)で求めた流出係数 [6)への入力値とした流出係数] とを比較し、差が大きければ、7)で求めた流出係数を 6)への入力値として繰り返す。
- 9) 計量値の計算 (8.3.1)

流出係数を計算するためにレイノルズ数が必要となる

レイノルズ数を計算するには流出係数が必要となる

⇒ 再起計算を行い、入力値と出力値の差が無視できるようになるまで繰り返し。

解説表14

項目	記号	単位	低下サンプル
オリフィス測定値			
下流側圧力取出口におけるガスの圧力 (ゲージ圧)	—	kPa	970.86
大気圧 (絶対圧)	—	kPa	101.325
オリフィス流量計を流れるガスの温度	T_1	°C	30
差圧	Δp	Pa	9 807
オリフィス配管径の測定値	D_0	mm	102.3
オリフィス配管径を測定したときのオリフィス配管の温度	T_{D0}	°C	20
オリフィス配管の線膨張率	α_D	1/°C	1.73E-05
オリフィス孔径の測定値	d_0	mm	50
オリフィス孔径を測定したときのオリフィス板の温度	T_{d0}	°C	20
オリフィス板の線膨張率	α_d	1/°C	1.73E-05
オリフィス種類	—	—	フランジタップ
物性値等既知量			
標準状態におけるガスのモル質量	M_N	kg/mol	0.016 948 02
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの圧力	p_1	kPa	1 081.992
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの圧縮係数 (Z 数表 2015)	Z_1	—	0.980 369 046
標準状態におけるガスの圧縮係数 (Z 数表 2015)	Z_N	—	0.997 324 274
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるアイゼントロピック指数 (適合曲線)	κ_1	—	1.297 043 161
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの粘度	μ_1	μPa·s	11.405 595 06
湿度補正係数	F_{wv}	—	0.999 216 468

3-3 オリフィス流量計 5.6.10.3 計量時における形状寸法及びオリフィス直径比の計算

解説表15

項目	記号	単位	低圧サンプル
オリフィス板の温度 ^{a)}	T_d	℃	30
オリフィス配管の温度 ^{a)}	T_D	℃	30
オリフィス孔径の測定値	d_0	mm	50
オリフィス孔径を測定したときのオリフィス板の温度	T_{d0}	℃	20
オリフィス板の線膨張率	α_d	1/℃	1.73E-05
オリフィス配管径の測定値	D_0	mm	102.3
オリフィス配管径を測定したときのオリフィス配管の温度	T_{D0}	℃	20
オリフィス配管線膨張率	α_D	1/℃	1.73E-05
計量中におけるオリフィス孔径	d	mm	50.008 650 0
計量中におけるオリフィス配管の直径	D	mm	102.317 697 9
補正をしないオリフィス直径比	—	—	0.488 758 553
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553

$$d = d_0[1 + \alpha_d(T_d - T_{d0})] \quad \text{式(43)}$$

$$D = D_0[1 + \alpha_D(T_D - T_{D0})] \quad \text{式(44)}$$

$$\beta = \frac{d}{D} \quad \text{式(4)}$$

- ✓ オリフィス板とオリフィス配管の温度はガスの温度に等しいとしている。
- ✓ この条件は、ガス、配管系、環境の温度が安定していることを前提としている。

- ✓ オリフィス板とオリフィス配管の材質が同じ（線膨張率が同じ）としているため、どんなに寸法計測時と計量時の温度が異なっても、オリフィス直径比の値は全く変わらない。

3-3 オリフィス流量計 5.6.10.4 膨張補正係数 ε の計算

$$\varepsilon = 1 - (0.351 + 0.256\beta^4 + 0.93\beta^8) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{\kappa_1}} \right] \quad \text{式(42)}$$

解説表16

解説表 16－膨張補正係数 ε の計算結果

項目	記号	単位	低压サンプル	高压サンプル
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面における アイゼントロピック指数	κ_1	—	1.297 043 161	1.376 978 172
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553	0.697 066 722
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面における ガスの圧力（絶対圧）	p_1	kPa	1 081.992	7 101.325
オリフィス流量計の下流側圧力取出断面における ガスの圧力（絶対圧）	p_2	kPa	1 072.185	7 076.825
圧力比	—	—	0.990 936 162	0.996 549 940
オリフィス流量計の膨張補正係数	ε	—	0.997 421 249	0.998 838 681

3-3 オリフィス流量計

5.6.10.5 理論質量流量の計算

レイノルズ数の再起計算の始まり

$$R_{eD} = \frac{4q_m}{\pi D_0 \mu_1} \quad \text{式(6)}$$

R_{eD} を求めるために必要。

$$q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\Delta p \rho_1} \quad \text{式(33)}$$

C_d を求めるために必要。

この部分（ $C_d = 1$ とした q_m ）
が理論質量流量（ C_d に依存
しない部分）

R_{eD} と C_d が互いに依存するため、単純には求めることができない。

⇒ C_d に適切な値（典型的な C_d 値である0.6など）を入れて R_{eD} を計算し、それを用いて C_d を計算し、その C_d で R_{eD} を計算することを繰り返す。

23	0.6100	0.6088
30	0.6106	0.6094
38	0.6113	0.6100
45	0.6119	0.6106

表D.1～11

⇒ そのために、 $C_d = 1$ とした理論質量流量を最初に求める。

3-3 オリフィス流量計 5.6.10.5 理論質量流量の計算

理論質量流量： $q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\Delta p \rho_1}$ において $C_d=1$

式(33)

解説表17

解説表 17ーオリフィス流量計を流れる質量流量の理論値 q_{theo} の計算結果

項目	記号	単位	低圧サンプル
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553
オリフィス流量計の膨張補正係数	ε	—	0.997 421 249
計量中のオリフィス孔径	d_1	mm	50.008 650
差圧	Δp	Pa	9 807
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの圧力（絶対圧）	p_1	kPa	1 081.992
標準状態におけるガスのモル質量	N_N	kg/mol	0.016 948 02
オリフィス流量計を流れるガスの温度	T_1	℃	30
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの圧縮係数	Z_1	—	0.980 369 046
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの密度	ρ_1	kg/m ³	7.420 944 690
オリフィス流量計を流れる質量流量の理論値	q_{theo}	kg/s	0.769 716 499

3-3 オリフィス流量計 5.6.10.6 オリフィス流量計の流出係数 C_d の計算

$$R_{eD} = \frac{4q_m}{\pi D_0 \mu_1} \quad \text{式(6)} \quad \rightarrow \quad C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521 \left(\frac{10^6 \beta}{R_{eD}} \right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5} \left(\frac{10^6}{R_{eD}} \right)^{0.3} \quad \text{式(35)など} \quad \rightarrow \quad q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\Delta p \rho_1} \quad \text{式(33)}$$

解説表18

解説表 18—レイノルズ数の初期値の計算結果

項目	記号	単位	低压サンプル
オリフィス流量計を流れる質量流量の理論値	q_{theo}	kg/s	0.769 716 50
オリフィス配管径の測定値	D_0	mm	102.3
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの粘度	μ_1	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	11.405 595 06
流出係数の初期設定値	C_d	—	0.6
レイノルズ数の初期値	R_{eD}	—	503 962.918 9

初期値 $C_d = 0.6$

- ✓ 表D.1～11を参照し、結果に近いと思われる値を用いる。
- ✓ 1などでもよいが、離れているほど再起計算の回数が多くなる。

解説表19

解説表 19—1 回目の流出係数の計算結果

項目	記号	単位	低压サンプル
計量中におけるオリフィス孔径	d	mm	50.008 650
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553
レイノルズ数の初期値	R_e	—	503 962.918 9
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの粘度	μ_1	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	11.405 595 06
オリフィス配管径の測定値	D_0	mm	102.3
オリフィス種類	—	—	フランジタップ
パラメータ	L_1	—	0.248 289 345
パラメータ	L'_2	—	0.248 289 345
パラメータ	M'_2	—	0.971 319 312
パラメータ	A	—	0.040 959 959
1 回目の流出係数計算値	C_d	—	0.603 339 827
流出係数の初期値	C_d	—	0.6
流出係数の初期値と 1 回目の流出係数計算値との差	—	%	0.56

初期値 (0.6) との差が0.56%あるから不十分
⇒繰り返す

解説表20

解説表 20—2 回目のレイノルズ数の計算結果

項目	記号	単位	低压サンプル
オリフィス流量計を流れる質量流量の理論値	q_{theo}	kg/s	0.769 716 499
オリフィス配管径の測定値	D_0	mm	102.3
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの粘度	μ_1	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	11.405 595 058
1 回目の流出係数計算値	C_d	—	0.603 339 827
2 回目のレイノルズ数の値	R_{eD}	—	506 768.167 4

解説表21

解説表 21—2 回目の流出係数の計算結果

項目	記号	単位	低压サンプル
計量中におけるオリフィス孔径	d	mm	50.008 65
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553
2 回目のレイノルズ数の値	R_e	—	506 768.167 4
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの粘度	μ_1	$\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$	11.405 595 06
オリフィス配管径の測定値	D_0	mm	102.3
オリフィス種類	—	—	フランジタップ
パラメータ	L_1	—	0.248 289 345
パラメータ	L'_2	—	0.248 289 345
パラメータ	M'_2	—	0.971 319 312
パラメータ	A	—	0.040 778 469
2 回目の流出係数計算値	C_d	—	0.603 334 590
1 回目の流出係数計算値	C_d	—	0.603 339 827
流出係数計算値の 1 回目と 2 回目との差	—	%	0.000 9

繰り返す

1回目 C_d

$$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521 \left(\frac{10^6 \beta}{R_{eD}} \right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5} \left(\frac{10^6}{R_{eD}} \right)^{0.3} + (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1})(1 - 0.11A) \frac{\beta^4}{1 - \beta^4} - 0.031(M'_2 - 0.8M'_2)^{1.1} \beta^{1.3}$$

1回目 C_d との差が0.0009%なのでこれで十分

3-3 オリフィス流量計

5.6.10.7 計量値 q_{vN} の計算

以上で必要なすべての値が決まったので、計量値が計算できる。

$$q_{vN} = \frac{31.082 d^2 C_d}{\sqrt{1 - \beta^4}} \varepsilon Z_N F_{vv} \sqrt{\frac{p_1 \Delta p}{N_N Z_1 T_1}}$$

式(34)

5.6.10.8 圧力損失 $\Delta\omega$ 及び圧力損失係数 K

解説表 23－圧力損失 $\Delta\omega$ 及び圧力損失係数 K の計算結果

項目	記号	単位	低圧サンプル	高圧サンプル
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553	0.697 066 722
2 回目の流出係数計算値 (オリフィス流量計の流出係数)	C_d	—	0.603 334 590	0.600 906 557
差圧	Δp	Pa	9 807	24 500
オリフィス流量計の膨張補正係数	ε	—	0.997 421 249	0.998 838 681
式(53)で求めた圧力損失	$\Delta\omega$	Pa	7 296	12 710
式(54)で求めた圧力損失	$\Delta\omega$	Pa	7 290	12 158
圧力損失係数	K	—	0.144 127 537	0.291 981 706

解説表22

解説表 22－計量値 q_{vN} の計算結果

項目	記号	単位	低圧サンプル
計量中におけるオリフィス孔径	d	mm	50.008 65
2 回目の流出係数計算値 (オリフィス流量計の流出係数)	C_d	—	0.603 334 590
オリフィス直径比	β	—	0.488 758 553
オリフィス流量計の膨張補正係数	ε	—	0.997 421 249
標準状態におけるガスの圧縮係数	Z_N	—	0.997 324 274
湿度補正係数	F_{vv}	—	0.999 216 468
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの圧力 (絶対圧)	p_1	kPa	1 081.992
差圧	Δp	Pa	9 807
標準状態におけるガスのモル質量	N_N	kg/mol	0.016 948 02
オリフィス流量計の上流側圧力取出断面におけるガスの圧縮係数	Z_1	—	0.980 369 046
オリフィス流量計を流れるガスの温度	T_1	℃	30
標準状態における体積流量	q_{vN}	m ³ /h (Normal)	2 203.233 295
旧規格のサンプル値	—	m ³ /h (Normal)	2 208
旧規格の値の差	—	%	0.22
旧規格の圧縮係数 (標準状態)	Z_N	—	0.997 2
旧規格の値の差	—	%	−0.01
旧規格の圧縮係数 (測定状態)	Z_1	—	0.978 9
旧規格の値の差	—	%	−0.15
旧規格の流出係数	C_d	—	0.603 6
旧規格の値の差	—	%	0.04
旧規格の膨張補正係数	ε	—	1.001 6
旧規格の値の差	—	%	0.42

✓ 1993版と同じサンプルであるが、差は0.22%

✓ その大部分は膨張補正係数の差から発生。
✓ 次は圧縮係数

3-4 渦式流量計

容積式、超音波式でも同様な計算

解説表25

解説表 25—渦流量計による計量値の計算結果

項目	記号	単位	高圧サンプル
計量中における流量計の位置でのガスの温度	T_M	℃	30
計量中における流量計の位置でのガスの圧力	p_M	kPa	7 101.325
測定状態における圧縮係数	Z_M	—	0.880 155 858
標準状態におけるガスの圧縮係数	Z_N	—	0.997 324 274
K ファクタの代表値	K_{F0}	P/L	0.987 6
K_{F0} に乗じる K ファクタの補正係数	E_K	—	0.995
湿度補正係数	F_{wv}	—	0.999 989
K ファクタを決定したときの渦発生体及び測定管の温度	T_{B0}, T_{D0}	℃	21
渦発生体及び測定管の線膨張率	α_B, α_D	1/℃	1.73E-05
補正した K ファクタ	$K_F = E_K \cdot K_{F0}$	P/L	0.982 662
温度補正項	—	—	1.000 467
積算パルス数	I_n	pulses	10 230
標準状態における通過体積, 式(59)	V_N	m ³ (Normal)	745.268 163 637
流量計が出力するパルス信号の周波数	f	Hz	156
標準状態における体積流量, 式(60)	q_{vN}	m ³ /h (Normal)	40 913.122 84
測定状態における実流量	$3.6f/K_F$	m ³ /h	572

渦式では、線膨張率が2種類必要となる。

- ✓ 配管
- ✓ 渦発生体

測定値

物性値

流量計に固有な値
(製造業者等から与えられる値)

中間計算値

$$V_N = \frac{1}{370.950} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + \alpha_B(T_B - T_{B0}) + 2\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{I_n}{K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(59)}$$

$$q_{vN} = \frac{1}{103.042} \frac{p_M}{T_M} \frac{Z_N}{Z_M} \frac{1 + \alpha_B(T_B - T_{B0}) + 2\alpha_D(T_D - T_{D0})}{E_K} \frac{f}{K_{F0}} F_{wv} \quad \text{式(60)}$$

今後について

- 次回改正（5年毎に改定要否を判断）に向けて

今回の委員やWGメンバーとの情報交換会を年1回程度開催し、次回改正に備えたい。

- 本説明会資料は、Q&Aと共に、当会HPで公開予定