

# 水用流量計校正の JCSS (ISO/IEC 17025) 登録

## JCSS (ISO/IEC 17025) Certification of a Calibration System for Water Flowmeters

株式会社 山武	杉山 信幸 Nobuyuki Sugiyama	株式会社 山武	山口 徹 Toru Yamaguchi
株式会社 山武 アドバンスオートメーションカンパニー	鈴木 伸 Shin Suzuki	独立行政法人 産業技術総合研究所	古市 紀之 Noriyuki Furuichi

### キーワード

ISO/IEC 17025, JCSS, 水用流量計校正装置

水用流量計校正装置は、様々な測定機器や配管類から成り立っている。校正装置としての性能は、環境感受性などそれぞれの装置がもつ要因から算出する不確かさの積み上げで決まる。本論文では、山武が保有する水用流量計校正装置の概要を述べ、性能を確認するために、ISO/IEC 17025 に適合した JCSS 校正事業者の登録に先立って実施した産業技術総合研究所との共同研究の結果を述べる。さらに、校正の不確かさの算出方法と不確かさを利用した適合性表明について説明する。

Calibration facilities for water flowmeters consist of various measuring instruments, piping, etc. The performance of a calibration facility is determined by the sum of its uncertainties, as calculated based on factors such as the environmental sensitivity of each instrument. This paper describes our calibration facilities for water flowmeters, and the results of our collaborative research with the National Metrology Institute of Japan (NMIJ), which was undertaken to evaluate the uncertainty of our facility compared with that of NMIJ in advance of our application for ISO/IEC 17025 compliant JCSS certification as a calibration business. In addition, we describe how we calculate the uncertainty of our calibration system and how uncertainty is incorporated into the declaration of an instrument's conformity to standards.

## 1. はじめに

水用流量計の校正装置は様々な測定機器や配管類から成り立っている。高精度に流量計を調整（アジャストメント）・校正（値付け）するためには、精度だけではなく、トレーサビリティを意識した不確かさという考え方が重要である。なぜならば、測定機器や流体に起因する各々の不確かさの積み上げによって、流量計を校正する時の信頼性が決まるからである。また、計量法で定める JCSS（計量法校正事業者登録制度：Japan Calibration Service System）登録事業者になることで、山武の校正装置が、産業技術総合研究所（以下、産総研）が保有する特定標準器とどの程度の不確かさを持ってトレーサビリティを確保しているかを証明できる。

本論文では、水用流量計校正装置の概要を説明し、JCSS 登録事業者として用いる校正装置における産総研

との共同研究の結果と不確かさの算出方法を説明する。さらに、不確かさを考慮した適合性表明の考え方も説明する。

## 2. 校正装置の仕様

山武の校正装置は 2009 年 4 月より稼働を開始している。図 1 に校正装置概略図を示す。校正装置の構成は地下水槽、揚水ポンプ、高架水槽、制御用流量計、流量制御用バルブ、ダイバータ、秤量タンク、秤量器、計測システムとなっている。揚水ポンプで送られた水は高架水槽にたまり、高架水槽の水頭圧により校正装置に送られる。測定ラインの最上流には流量計を設置しており、バルブ開度の制御用信号として使用している。校正流量に応じて流量制御用バルブが開度を自動

調節し流量設定を行う。その後、システム側からの信号によりダイバータが流路を秤量タンク側に切り替える。所定の時間、タンク内に水を貯めるとダイバータはもとの位置に戻る。タンク内にたまった水の重さを秤量器で測定し、浮力補正や密度計算を行い基準となる流量値を計算する。ダイバータがタンク側に水を入れている時間に同期して被校正器からの電流信号や積算パルスを計測し、基準流量と被校正器の出力を比較して器差を計算する。

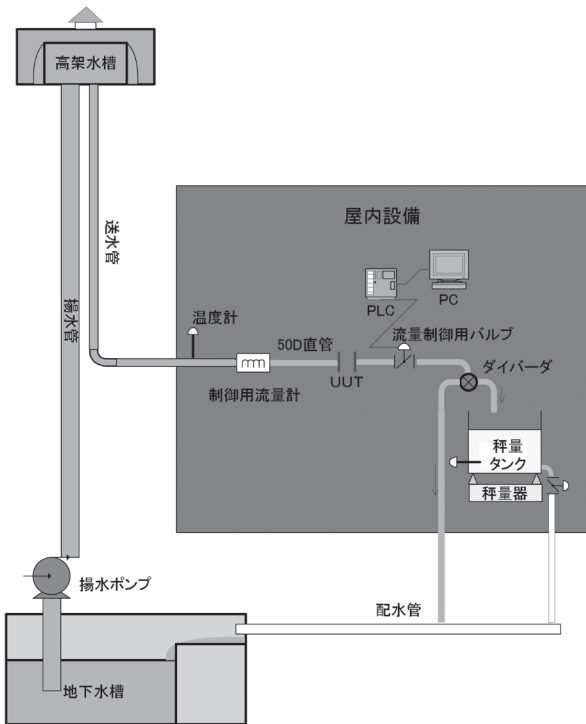


図 1. 校正装置概略

## 2.1 システム区分

校正装置は8つのシステムに分かれていてそれぞれ独立に稼働することができる。今回、JCSS 校正事業者登録を行ったのは、その中の一部のラインで流量範囲は  $0.09 \text{ m}^3/\text{h} \sim 650 \text{ m}^3/\text{h}$  である。

## 2.2 高架水槽・地下水槽

高架水槽はオーバーフロー構造となっていて、ポンプの脈動や水頭変化による圧力変動が発生しない構造となっている。高架水槽水面の変動量は常に一定量以下となるように設計している。各ラインへの送水管は高架水槽から直接接続しているため、他ラインでの使用流量の変化による影響を受けない。

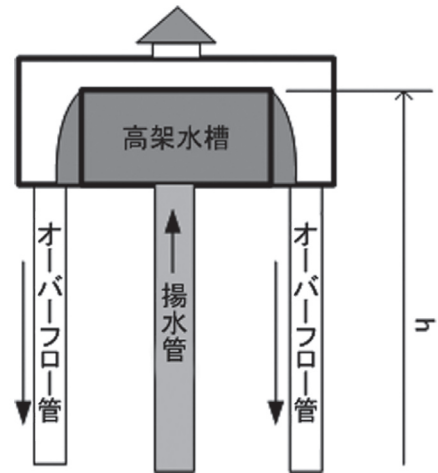


図 2. オーバーフロー構造

高架水槽は2段式になっていて、小容量タンクはオーバーフロー部の高さ (h) が 35 m、大容量のタンクはオーバーフロー部の高さ (h) が 20 m となっている。小容量タンクは口径の小さなライン用、大容量タンクは口径の大きなライン用に使い分けている。口径が大きい場合は同一流速でも圧力損失が小さいため水槽の高さを必要としない。



図 3. 高架水槽外観

地下水槽は高架水槽およびポンプ室の地下に位置している。地下水槽には常時、一定量の水を貯めてあり、排水された水の気泡抜きが十分に行える設計としている。

### 2.3 揚水ポンプ

揚水ポンプは合計8機あり、校正流量に応じてポンプ稼働台数を決定し、常にオーバーフロー状態を確保するシステムとなっている。

### 2.4 ダイバータ・秤量器・秤量タンク

ダイバータ、秤量器、秤量タンクのセットは合計で16機ある。ダイバータは0.0002 m<sup>3</sup>/h～5000 m<sup>3</sup>/hの流量に対応している。5000 m<sup>3</sup>/h仕様のダイバータは国内最大である。

秤量器は600 g～60 tの計測範囲である。6 t以下の秤量器は、電磁平衡式ばかりを使用しているため30万分の1以上の分解能を持つ。6 tを超える秤量器は高精度ロードセルを使用し1万分の1以上の分解能を実現している。

秤量タンクは、秤量器の校正時は移動できるように軽量設計されている。図4は60 t秤量器の校正風景である。



図4. 60 t秤量器の校正風景

### 2.5 計測システム

操作パネル内の機器構成は図5のようになっており、PCは1システムに2台使用している。

PLC (Programmable Logic Controller) を介した機器制御やシーケンスをコントロールする制御用PC1とマンマシンインターフェイスや器差計算等の数値演算を行う演算用PC2を使い分けてリアルタイム処理を実現している。

PC1はお客さまから高評価をいただいている山武製の現場分散協調オートメーション Harmonas-FLeX™の技術を使い、信頼ある制御と安定性を実現している。

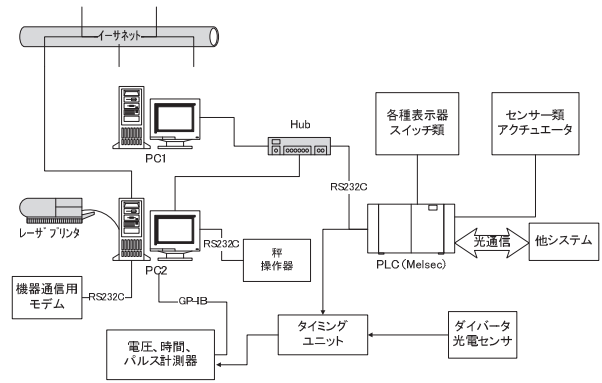


図5. システム構成図

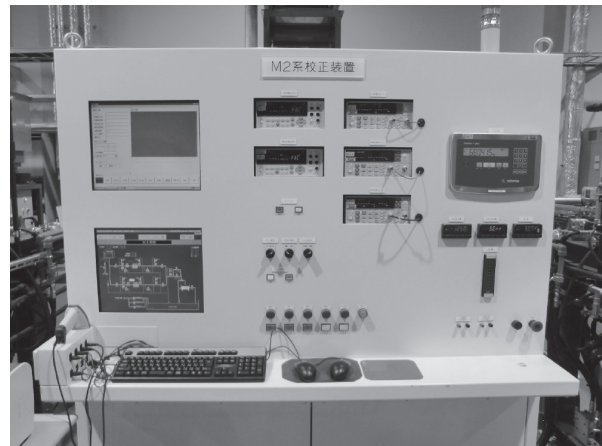


図6. パネル外観

### 2.6 配管類

配管内には気泡が貯まらない工夫をしている。また、気泡が貯まりやすい部分には気泡検知器を取り付けて自動的に排気を行っている。図7は校正装置の一部である。

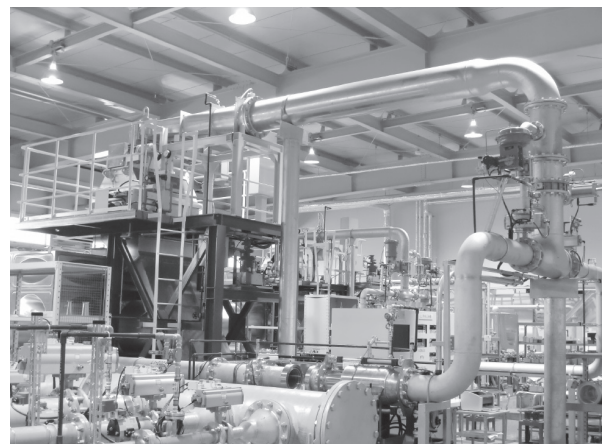


図7. 校正装置外観

被校正器の上流側直管は口径の 50 倍以上の長さ確保し、試験流体が十分に整った軸対称流になるようにしている。また、配管のつなぎ目部分ではガスケットによる段差が発生しないように Oリングによるシールを行っている。図 8 のような構造を取る事により内面側に段差が発生しないので渦等が発生しない安定した状態を作り出すことができる。

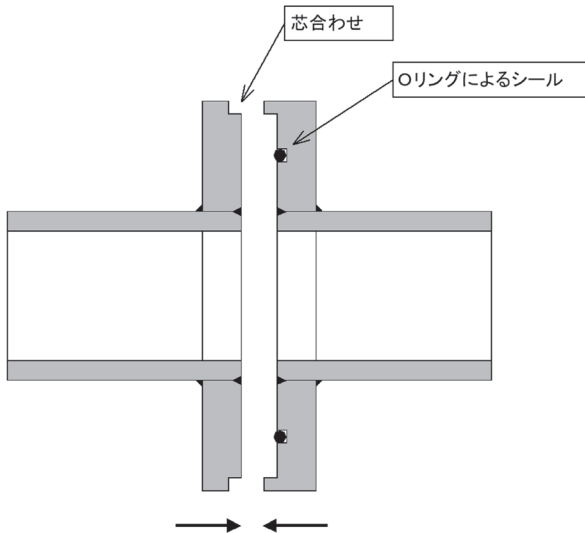


図 8. 配管接続部構造

直管部導入までの配管引き回しについても図 9 の旋回流や偏流が発生しないように流体解析を行い、最適形を決定している。図 10 に示すように旋回成分を減らし、管内断面の流速分布についても一樣になることが確認できた。

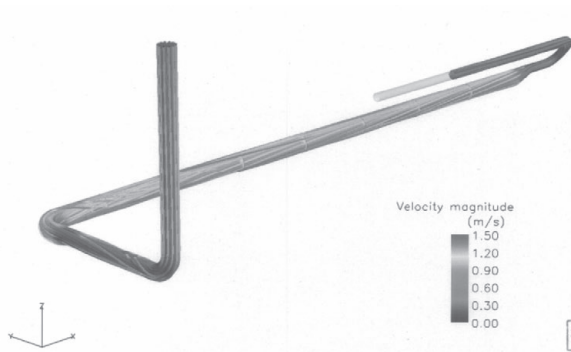


図 9. 配管レイアウト

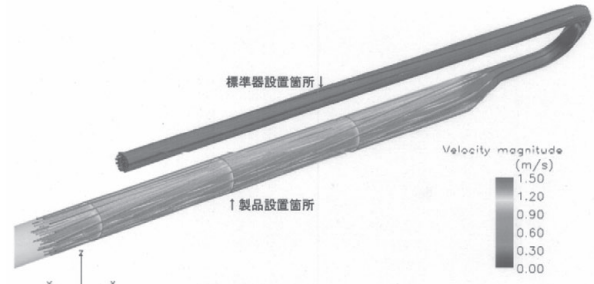


図 10. 被校正器取付部の流線図

### 3. 校正の不確かさ

#### 3.1 産総研との共同研究

JCSS 登録事業者の申請に先立ち、産総研と共同研究を行ったので、その結果を紹介する。

タービン流量計 (25A, 50A, 100A, 200A) を伸介器として産総研と山武の校正装置でそれぞれ校正を行った。共同研究は 2009 年 10 月から 2010 年 10 月の約 1 年間実施し、取り付け取り外しによる再現性を含め長期間に渡り校正結果が一致している事を確認した。

口径別の測定ポイントは表 1 のとおりである。

表 1. 共同研究比較流量一覧

流量計口径	配管口径	流量計測定範囲	測定ポイント	はかり
25A	50A	1~18 m <sup>3</sup> /h	1.0 m <sup>3</sup> /h	50 kg
			1.8 m <sup>3</sup> /h	50 kg
			2.5 m <sup>3</sup> /h	50 kg
			2.5 m <sup>3</sup> /h	500 kg
			5.0 m <sup>3</sup> /h	500 kg
			10 m <sup>3</sup> /h	500 kg
50A	50A	10~58 m <sup>3</sup> /h	23 m <sup>3</sup> /h	500 kg
			23 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			35 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			45 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
100A	100A	40~300 m <sup>3</sup> /h	55 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			40 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			90 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			140 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			140 m <sup>3</sup> /h	22 t
200A	200A	80~660 m <sup>3</sup> /h	175 m <sup>3</sup> /h	22 t
			225 m <sup>3</sup> /h	22 t
			100 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			140 m <sup>3</sup> /h	5000 kg
			140 m <sup>3</sup> /h	22 t
			200 m <sup>3</sup> /h	22 t
			300 m <sup>3</sup> /h	22 t
400 m <sup>3</sup> /h	22 t			
600 m <sup>3</sup> /h	22 t			
650 m <sup>3</sup> /h	22 t			

産総研と山武の校正結果を図 11～14 示す。

山武のデータに示す上下のマーカは校正測定能力：Calibration Measurement Capability（以下、CMC）の範囲（0.10%）である。

図 11 が示すように、25A については、他の口径とは異なり、横軸をレイノルズ数としている。これは、タービン流量計はレイノルズ数の影響を受ける特性があり、特にその影響は口径が小さいほど大きくなるためである。

図 12～14 の 50A～200A は不確かさの範囲内で校正結果が産総研と一致している。

以上のことから 1 m<sup>3</sup>/h～650 m<sup>3</sup>/h の範囲で国家標準との整合性を確認することができた。

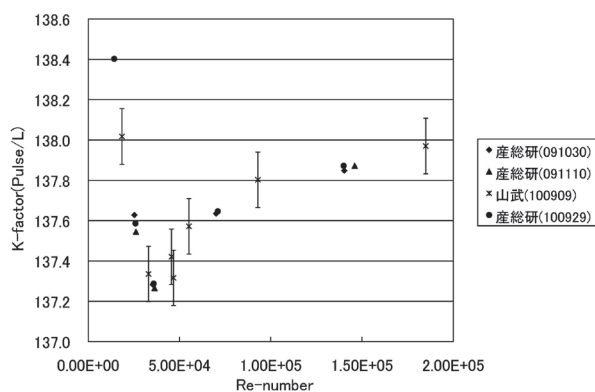


図 11. 25A 校正結果 (Re 軸)

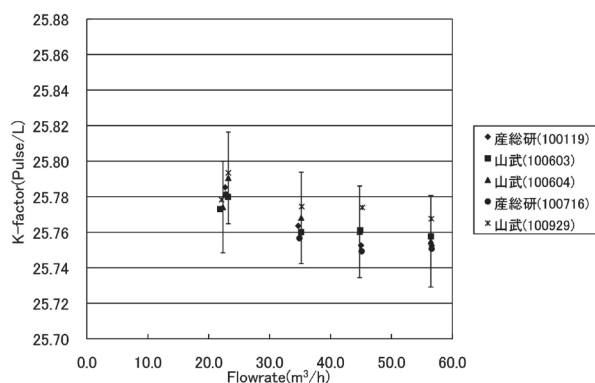


図 12. 50A 校正結果

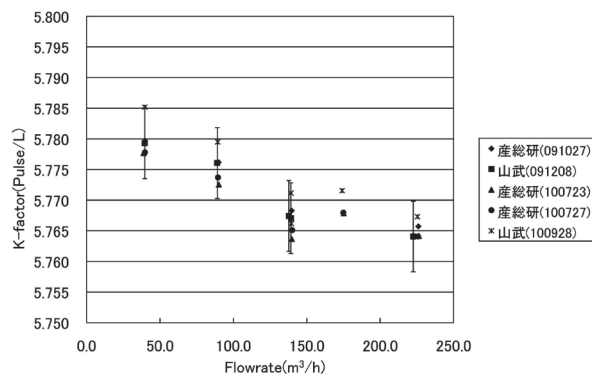


図 13. 100A 校正結果

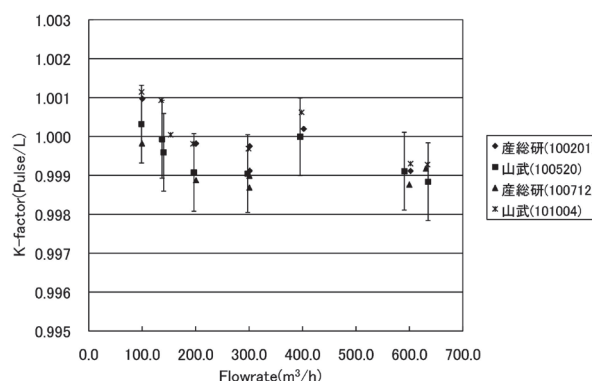


図 14. 200A 校正結果

### 3.2 不確かさ

校正装置から得られるデータを大別すると

- ①測定開始時の重さ
- ②測定終了時の重さ
- ③測定中の空気密度
- ④水の密度
- ⑤測定開始から終了までの時間

の5つである。まず、測定物の質量と時間より質量流量を求める。さらに質量流量と水の密度から体積流量が計算により求められる。

したがって、校正装置が示す流量の一般式は下記で表すことができる。

$$q \equiv \frac{M}{t} \quad \text{式(1)}$$

$q$  : 質量流量 (kg/s)

$M$  : 水の質量 (kg)

$t$  : 時間 (タンクへの流入時間) (s)

式 (1) より  $q$  の不確かさの成分を  $\delta q$  として考慮すると次のように表すことができる。

$$q + \delta q = \frac{M + \delta M}{t + \delta t} \quad \text{式(2)}$$

$$q + \delta q = \frac{M \left(1 + \frac{\delta M}{M}\right) \left(1 - \frac{\delta t}{t}\right)}{t \left(1 + \frac{\delta t}{t}\right) \left(1 - \frac{\delta t}{t}\right)} \quad \text{式(3)}$$

不確かさ成分の二乗項を 0 と近似すると式 (3) は

$$q + \delta q \approx \frac{M}{t} \left(1 + \frac{\delta M}{M} - \frac{\delta t}{t}\right) \quad \text{式(4)}$$

となり

$$\delta q \approx \frac{M}{t} \frac{\delta M}{M} - \frac{M}{t} \frac{\delta t}{t} \quad \text{式(5)}$$

$$\text{従って, } \frac{\delta q}{q} \approx \frac{\delta M}{M} - \frac{\delta t}{t} \quad \text{式(6)}$$

となる。

式 (6) は、各流量において、質量測定の不確かさと時間測定の不確かさを合成したものが、校正の不確かさとして表されることを意味している。

式 (1) に実際に取得するデータやそれらの補正内容を考慮した計算式を代入すると式 (7) となる。

$$q_m = \frac{(k_f M_f - k_i M_i) * \varepsilon}{t_D} \quad \text{式(7)}$$

$q_m$  : 校正装置が示す質量流量 (kg/s)

$k_i$  : 測定開始時の秤量器の補正係数

$M_i$  : 測定開始時の質量 (kg)

$k_f$  : 測定終了時の秤量器の補正係数

$M_f$  : 測定終了時の質量 (kg)

$\varepsilon$  : 浮力補正係数

$t_D$  : タンクへの水の流入時間 (s)

注意:  $k_i$  および  $k_f$  は 1 とし補正しないため、この補正分は不確かさに含める。

式 (7) を体積流量として扱う場合、被校正器 (流量計) に流れる水の密度  $\rho_{wD}$  で割り、以下の式で表す。

$$Q_m = \frac{q_m}{\rho_{wD}} \quad \text{式(8)}$$

この式により体積流量が算出可能となる。

式 (1) ~ (7) の展開と同じように式 (8) も式 (9) のように表現できる。

$$\frac{\delta Q_m}{Q_m} \approx \frac{\delta q_m}{q_m} - \frac{\delta \rho_{wD}}{\rho_{wD}} \quad \text{式(9)}$$

$Q_m$  : 校正装置が示す体積流量 (m<sup>3</sup>/s)

$\rho_{wD}$  : 校正装置内の水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

体積流量の相対不確かさは質量流量の相対不確かさに流量計に流れる水の密度  $\rho_{wD}$  の相対不確かさを合成することで算出が可能である。

質量流量の不確かさは、

$$\frac{\delta q_m}{q_m} = \sqrt{\left(\frac{\delta(M_f - M_i)}{M_f - M_i}\right)^2 + \left(\frac{\delta\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\delta t_D}{t_D}\right)^2} \quad \text{式(10)}$$

体積流量の不確かさは、

$$\frac{\delta Q_m}{Q_m} = \sqrt{\left(\frac{\delta(M_f - M_i)}{M_f - M_i}\right)^2 + \left(\frac{\delta\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\delta t_D}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{\delta \rho_{wD}}{\rho_{wD}}\right)^2} \quad \text{式(11)}$$

となる。

一方、被校正器の出力から流量値への計算式は下記のようになる。

■パルス出力の場合

$$q_u = \frac{I_P \times P_{um}}{t_P} \quad \text{式(12)}$$

$q_u$  : 被校正器が示す質量流量 (kg/s)

$I_P$  : パルスカウンタにより積算された一回の測定での総パルス数

$t_P$  : パルスカウンタでのパルス取り込み時間 (s)

$P_{um}$  : 被校正器の設定パルス重み (kg/P)

$$Q_u = \frac{I_P \times P_{uv}}{t_P \times 1000} \quad \text{式(13)}$$

$Q_u$  : 被校正器が示す体積流量 (m<sup>3</sup>/s)

$I_P$  : パルスカウンタにより積算された一回の測定での総パルス数

$P_{uv}$  : 被校正器の設定パルス重み (L/P)

被校正器のパルス値が K ファクターで与えられている場合は下記により算出する。

$$Q_u = \frac{I_P}{t_P \times 1000 K_u} \quad \text{式(14)}$$

$K_u$  : 被校正器のメーカ設定 K ファクター (P/L)

■電流出力の場合

$$q_u = S_{um} \times \frac{I_{ave} - 0.004}{0.016} \quad \text{式(15)}$$

$q_u$  : 被校正器が示す質量流量 (kg/s)  
 $I_{ave}$  : 測定時間内の電流出力の平均値 (A)  
 $S_{um}$  : 被校正器の設定スパン (kg/s)

$$Q_u = S_{uv} \times \frac{I_{ave} - 0.004}{0.016} \quad \text{式(16)}$$

$Q_u$  : 被校正器が示す体積流量 (m<sup>3</sup>/s)  
 $I_{ave}$  : 測定時間内の電流出力の平均値 (A)  
 $S_{uv}$  : 被校正器の設定スパン (m<sup>3</sup>/s)

パルス出力の場合,  $Q_u$  の不確かさは

$$\frac{\delta Q_u}{Q_u} = \sqrt{\left(\frac{\delta I_P}{I_P}\right)^2 + \left(\frac{\delta t_P}{t_P}\right)^2} \quad \text{式(17)}$$

電流出力の場合,  $Q_u$  の不確かさは

$$\frac{\delta Q_u}{Q_u} = \left( S_u \times \frac{\delta I_{ave}}{0.016} \right) / Q_u = \frac{\delta I_{ave}}{I_{ave} - 0.004} \quad \text{式(18)}$$

となる。

偏差については下記の式で算出される。

$$Er = Q_u - Q_m \quad \text{式(19)}$$

偏差の不確かさ成分  $\delta Er$  は下記のようになる。

$$\delta Er = \delta Q_u - \delta Q_m \quad \text{式(20)}$$

校正装置が示す体積流量  $Q_m$  に対する偏差の比率は

$$\frac{\delta Er}{Q_m} = \frac{\delta Q_u}{Q_u - Er} - \frac{\delta Q_m}{Q_m} \quad \text{式(21)}$$

となる。

$Q_u$  に比べ,  $Er$  は非常に小さいので

$$\frac{\delta Er}{Q_m} \approx \frac{\delta Q_u}{Q_u} - \frac{\delta Q_m}{Q_m} \quad \text{式(22)}$$

と近似できる。

パルス出力の場合, 偏差の相対不確かさは式 (11), 式 (17) より

$$\frac{\delta Er}{Q_m} = \sqrt{\left(\frac{\delta I_P}{I_P}\right)^2 + \left(\frac{\delta t_P}{t_P}\right)^2 + \left(\frac{\delta(M_f - M_i)}{M_f - M_i}\right)^2 + \left(\frac{\delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\delta t_D}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{\delta \rho_{wD}}{\rho_{wD}}\right)^2} \quad \text{式(23)}$$

電流出力の場合は式 (11), 式 (18) より

$$\frac{\delta Er}{Q_m} = \sqrt{\left(\frac{\delta I_{ave}}{I - 0.004}\right)^2 + \left(\frac{\delta(M_f - M_i)}{M_f - M_i}\right)^2 + \left(\frac{\delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\delta t_D}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{\delta \rho_{wD}}{\rho_{wD}}\right)^2} \quad \text{式(24)}$$

となり, 不確かさの各成分を算出することにより, 偏差の不確かさを見積もることができる。

$Er$  : 標準と校正値との偏差 (m<sup>3</sup>/s)

3.2.1 秤量に起因する不確かさ

秤量器の計測値 ( $M_f - M_i$ ) の不確かさは

- (1) 秤量器校正の不確かさ  $u_{m\_cal}$
- (2) 直線性による不確かさ  $u_{m\_line}$
- (3) 温度特性による不確かさ  $u_{m\_temp}$
- (4) ダイバータ切り替え直後の安定性による不確かさ  $u_{\sigma_{m\_short}}$
- (5) 秤量器校正間隔での出力ドリフトによる不確かさ  $u_{m\_drift}$

の合成により求められる。

- (1) 秤量器の校正の不確かさ  $u_{m\_cal}$

秤量器は2年毎にJCSS校正を行っている。校正用分銅の質量値の不確かさ, 秤量器の分解能による不確かさ, 繰返し性, 分銅の荷重位置による不確かさは秤量器のJCSS校正時で考慮されているので, 校正証明書に記載された不確かさを用いて下記のように計算する。

$$u_{m\_cal} = \frac{\sqrt{u_c(M_f)^2 + u_c(M_i)^2}}{k_{m\_cal}} \quad \text{式(25)}$$

$u_c(M_f)$ ,  $u_c(M_i)$  : 測定終了時および測定開始時の荷重に対する校正証明書記載の不確かさ

$k_{m\_cal}$  : 秤量器の校正証明書記載の包含係数

- (2) 秤量器の直線性の影響  $u_{m\_line}$

秤量器の直線性についてはJCSS校正証明書に記載された使用する範囲での偏差(絶対値)の最大値に多少余裕を加えて最大値  $\theta$  を設定している。直線性による不確かさは下記式より算出する。

$$u_{m\_line} = \frac{\theta}{\sqrt{3}} \quad \text{式(26)}$$

$\theta$  : 校正証明書記載の偏差のうち最大値 +  $a$  (kg)

- (3) 秤量器の温度特性の影響  $u_{m\_temp}$

温度変化によっておこる秤量器の変化については, 個々の秤量器の温度特性と校正したときの温度と使用時の温度差より導くことができる。

しかしながら、すべての測定点を網羅すると補正式が煩雑になるため、校正中の温度範囲を 5℃～35℃と定め、その最悪値を不確かさに見込むこととする。温度特性はメーカーの仕様から以下の式より算出する。

$$\frac{u_{m\_temp}}{M_f - M_i} = \alpha \times \left( |t - t_0| \right) / \sqrt{3} \quad \text{式(27)}$$

$\alpha$  : 秤量器の温度係数 %/℃

$t$  : 校正中の温度で  $t_0$  から最も離れた温度 (5℃または 35℃)

$t_0$  : 天びんを校正したときの基準となる温度 (校正証明書記載値) (℃)

(4) ダイバータ切替直後の影響  $u_{\sigma\_m\_short}$

ダイバータ切り替え後、秤量タンク内の水面変化等によりデータ取得時のバラツキ (短期安定性) が発生する場合がある。

そこで、5回の測定データが最小分解能以内の偏差であることを確認して読み取るようにしている。これより、最小分解能の幅が一様分布として考えられるので、以下のように不確かさを考慮する。

$$u_{\sigma\_m\_short} = \frac{\omega}{2\sqrt{3}} \quad \text{式(28)}$$

$\omega$  : 秤量器の目量 (最小分解能) (kg)

(5) 秤量器の校正間隔の影響 (経年変化によるドリフト)

$u_{m\_drift}$

秤量器の経年変化については秤量器の過去の校正結果からの変化量を確認する。

秤量器の校正から次の校正までの変化量  $\Delta M_{drift}$  を、その秤量器の経年変化として不確かさにいれる。

$$u_{m\_drift} = \frac{\Delta M_{drift}}{\sqrt{3}} \quad \text{式(29)}$$

$\Delta M_{drift}$  : 秤量器のドリフト (2年分) (kg)

(6) 不確かさの合成

秤量器の示す値 (浮力補正前) の不確かさは下記の式により求める。

$$\delta(M_f - M_i) = \sqrt{(u_{m\_cal})^2 + (u_{m\_line})^2 + (u_{m\_temp})^2 + (u_{\sigma\_m\_short})^2 + (u_{m\_drift})^2} \quad \text{式(30)}$$

3.2.2 浮力の補正係数の影響

秤量タンク内に貯めた水には大気による浮力が働くため、補正が必要である。

浮力の補正係数  $\varepsilon$  は以下の式で表すことができる。

$$\varepsilon = \frac{1 - \frac{\rho_{airC}}{\rho_m}}{1 - \frac{\rho_{airM}}{\rho_{WT}}} \quad \text{式(31)}$$

$\rho_{airC}$  : 秤量器校正時の空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{airM}$  : 流量測定時の空気密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_m$  : 秤量器校正時に使用した分銅の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_{WT}$  : タンク内に貯まった水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

空気密度  $\rho_{airC}$ 、 $\rho_{airM}$  は気温、気圧、湿度によって導くことができる。

秤量器を校正しているときの空気密度  $\rho_{airC}$  は、協定値を使い補正されるため秤量器を校正しているときの空気密度と異なる。そのため秤量器の校正時の空気密度と協定値の差が不確かさになる。同様に  $\rho_{airM}$  についても流量測定の際、空気密度を算出せず一定値として扱っているため、環境の変化による空気密度の変化分を不確かさとして計算する。

< 環境管理範囲 >

気温 : 20℃ ± 15℃ (5℃～35℃)

気圧 : 100 kPa ± 3 kPa (97 kPa～103 kPa)

湿度 : 50 % rh ± 40 % rh (10 % rh～90 % rh)

この条件における空気密度の最小値は 1.0754 kg/m<sup>3</sup> で最大値は 1.2905 kg/m<sup>3</sup> である。

従って、空気密度の変化の最大値は協定値 (1.2 kg/m<sup>3</sup>) を基準とした場合、協定値から最小値を減じた 0.1246 kg/m<sup>3</sup> であり、10.38 % と計算する。密度が 8000 kg/m<sup>3</sup> の分銅には空気中で約 150 ppm の浮力が働いているため、式 (31) の分子の相対変化は約 15.6 ppm でありこれが最大値となる。

分母側も同様に計算すると 20℃ の水 (998 kg/m<sup>3</sup>) には 1202 ppm の浮力が働いているのでその 10.38 % である 125 ppm が相対変化の最大値となる。分銅および水の密度の変化は計算上で補正係数への影響がほとんどないので無視する。秤量器を校正するときの  $\rho_{airC}$  と、流量を測定するときの  $\rho_{airM}$  は時間的に異なるため独立として考えることができるので浮力の影響がおよぼす不確かさ  $\delta\varepsilon$  は、15.6 ppm と 125 ppm を分散の合成により最大値として 126 ppm と計算する。

従って、浮力の補正係数の相対不確かさは

$$\frac{\delta\varepsilon}{\varepsilon} \approx \frac{126}{\sqrt{3}} \text{ ppm} = 0.007 \% \quad \text{式(32)}$$

となる。

3.2.3 時間計測に起因する不確かさ

流量は単位時間当たりに流れる量を表すため時間の測定が必要になる。

この時間の測定は、測定開始時と測定終了時にダイバータの動作信号を周波数カウンタへ送ることによ



て計測される。

測定開始から測定終了までの間、タンク内への流入時間  $t_D$  は、以下のように表すことができる。

$$t_D = t_{Dm} + t_{Dc} \quad \text{式(33)}$$

$t_D$  : タンク内への流入時間 (s)

$t_{Dm}$  : ダイバータ切り替え信号の時間間隔 (s)

$t_{Dc}$  : ダイバータの流路切り替えによる時間測定の誤差 (タイミングエラー) (s)

この式より、タンク内への流入時間の相対不確かさを表すと、

$$\frac{u_{t_D}}{t_D} = \sqrt{\left(\frac{u_{t_{Dm}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{t_{Dc}}}{t_D}\right)^2} \quad \text{式(34)}$$

とあらわすことができ、右辺の  $t_{Dm}$  (ダイバータ切り替

え信号の時間間隔) の相対不確かさ  $\frac{u_{t_{Dm}}}{t_D}$  は、

$$\frac{u_{t_{Dm}}}{t_D} \approx \sqrt{\left(\frac{u_{f_{Hz\_cal}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{f_{Hz\_drift}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{f_{Hz\_temp}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{f_{Photoele\_sensor}}}{t_D}\right)^2} \quad \text{式(35)}$$

と考えることができる。

$u_{f_{Hz\_cal}}$  : 時間計 (周波数カウンタ) の校正の不確かさ (s)

$u_{f_{Hz\_drift}}$  : 時間計 (周波数カウンタ) のドリフト (管理幅) による影響 (s)

$u_{f_{Hz\_temp}}$  : 時間計 (周波数カウンタ) の温度の影響 (s)

$u_{f_{Photoele\_sensor}}$  : 光電センサの反応速度による影響 (s)

(1) タイミングエラーの影響 (ダイバータの流路切り替えによる時間測定の誤差)

ダイバータの切り替えによる時間測定の誤差 (以下タイミングエラー) は ISO 4185 Annex A の方法により測定している。具体的な手順としては、ダイバータ使用流速範囲の中心値付近の流量で水を流し約 60 秒間秤量器に水をため次の 3 つのデータを取得する。

$m$  : 秤量器に水を貯めて得た質量

$t$  : ダイバータが秤量器側に水路を切り替えている (以下、ダイバータ ON) 時間

$T_q$  : 測定時間中の標準流量計の平均流速

次に、流量を変えずに約 2 秒間の測定を 30 回連続で行う。その間に秤量器にたまった水は排水せずに足していく。この測定で次のデータを取得する。

$\sum m$  : 30 回分の測定で秤にたまった水の総量

$\sum t$  : 30 回分のダイバータ ON 時間の積算値

$T_a$  : 測定時間中の基準流量計の平均流速の 30 回分の平均値

$m$  と  $\sum m$ ,  $t$  と  $\sum t$ ,  $T_q$  と  $T_a$  は計算のため単位を揃える。

下記数式によりダイバータのタイミングエラー  $t_{Dc}$  を計算する。 $t_{Dc}$  の単位は  $t$  と同じになる。

$$t_{Dc} = \frac{t}{30-1} \left( \frac{T_q}{T_a} \times \frac{\sum m}{\frac{m}{t}} - 1 \right) \quad \text{式(36)}$$

タイミングエラー  $t_{Dc}$  はその時間分ダイバータ ON 時間が短いのでダイバータの移動速度  $\times t_{Dc}$  を計算しその寸法分ダイバータ ON 時間が長くなるように光電センサ位置を移動する。(センサー位置調整量 = ノズル幅  $\times t_{Dc}$  / 切替時間)

光電センサはマイクロメータ付きの移動台に固定されているので微調整が可能である。

センサー位置調整後に再度タイミングエラーを測定し規定値内に入っていることを確認する。

次に流速範囲の最小値に流速を合わせて同様にタイミングエラーを測定し規定値内に入っているか確認する。さらに流速範囲の最大値に流速を合わせて同様にタイミングエラーを測定し規定値内に入っているか確認する。

ダイバータの光電センサの位置調整を行うことにより  $t_{Dc}/t_D$  が  $\pm 0.008\%$  以内になるように管理している。タイミングエラーの測定結果の一例を図 15 に示す。タイミングエラーによる不確かさは次のように計算する。

$$\frac{u_{t_{Dc}}}{t_D} = \frac{t_{Dc\_MAX}}{t_D} \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{式(37)}$$

$\frac{t_{Dc\_MAX}}{t_D}$  : 0.008% 以内に調整可能、また、余裕をみて 0.01% に切り上げる。

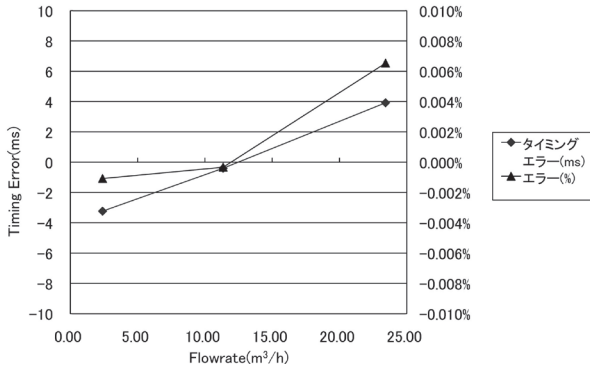


図 15. 500 kg ダイバータのタイミングエラー

(2) 時計の校正の不確かさ  $u_{t_{Hz,cal}}$

時計の校正の不確かさは、校正証明書より下記の値とする。

$$\frac{u_{t_{Hz,cal}}}{t_D} = \frac{5 \times 10^{-7}}{2} \quad \text{式(38)}$$

(3) 時計の経年変化の影響  $u_{t_{Hz,drift}}$

時計 (周波数カウンタ) は、管理幅 (10.00000 MHz ± 0.00003 MHz) 以内にあるように定期的に管理しているため、0.00003 MHz を時計のドリフトによる不確かさとして考慮する。

$$\frac{u_{t_{Hz,drift}}}{t_D} = \frac{0.00003}{10} \quad \text{式(39)}$$

(4) 時計の温度の影響  $u_{t_{Hz,temp}}$

メーカーの仕様 (0 °C ~ 50 °C) から 25 °C を基準に最大 15 °C の影響を考慮し算出する。メーカーの仕様では、0 °C ~ 50 °C の温度範囲において、 $5 \times 10^{-6}$  (25 °C 基準) 以下と表記がある。

また実際の使用温度範囲が 5 °C ~ 35 °C であることから、校正温度 (23 °C) との差異である最大温度差は、18 °C であり、この温度差を考慮すればよいので 10 MHz に対して  $5 \times 10^{-6} \times 18/50$  に相当する変化量の 0.000018 MHz を考慮する。

$$\frac{u_{t_{Hz,temp}}}{t_D} = \frac{0.000018}{10} \quad \text{式(40)}$$

(5) 光電センサの反応速度の影響  $u_{t_{Photoe\_sensor}}$

光電センサの反応速度は、メーカーの仕様によると 1 ms である。さらに、測定開始と測定完了の 2 回の動作で一連の測定が完了するが、それぞれの動作には相関がないものとして不確かさを考えると以下のように計算できる。

$$\frac{u_{t_{Photoe\_sensor}}}{t_D} = \frac{\sqrt{(0.001^2 + 0.001^2)}}{\sqrt{3}} \quad \text{式(41)}$$

(6) 不確かさの合成

3.2.3 (1) ~ 3.2.3 (5) の要因を考慮すると、タンク内への流入時間  $t_D$  の相対不確かさ  $\frac{u_{t_D}}{t_D}$  は

$$\frac{u_{t_D}}{t_D} = \sqrt{\left(\frac{u_{t_{Hz,cal}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{t_{Hz,drift}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{t_{Hz,temp}}}{t_D}\right)^2 + \left(\frac{u_{t_{Photoe\_sensor}}}{t_D}\right)^2} \quad \text{式(42)}$$

と表すことができる。

3.2.4 流量変換に起因する不確かさ

校正装置において使用中の水の密度  $\rho_{wD}$  は、温度や圧力および不純物の混合により変化することが分かっているため、3つの要因から水の密度が与える相対不確かさ

$$\frac{\delta \rho_{wD}}{\rho_{wD}}$$

(1) 温度が水の密度にあたる影響  $u_{\rho\_water\_t}$

温度発信器の許容差 (管理幅) が ± 0.6 °C であることと、流体の温度分布 (温度測定点、被校正器内、タンク内) が最大 0.5 °C あると想定し、1 °C あたりの水の密度変化は最大 (40 °C 付近) 0.38 kg/m³ であるため、以下のように計算することができる。

$$u_{\rho\_water\_t} = 0.38 \times \sqrt{\left(\frac{0.6}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{式(43)}$$

$$u_{\rho\_water\_t} = 0.143 \quad \text{kg/m}^3$$

(2) 圧力が水の密度にあたる影響  $u_{\rho\_water\_P}$

水の圧縮率は 1 atm あたり約 0.0045 % である。校正装置の高架水槽の高さは 35 m であり、最大 3.5 atm の圧力変化があるので密度計算式より半分の圧縮を見込んである。圧縮による密度補正の不確かさは下記のようになる。

$$u_{\rho\_water\_P} = 1000 \times 0.000045 \times 3.5 / 2\sqrt{3} \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{式(44)}$$

$$u_{\rho\_water\_P} = 0.045 \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{式(45)}$$

(3) 不純物が水の密度に与える影響  $u_{\rho\_water\_I}$

山武と産総研で純水の比較校正を実施した結果を用いることによって、0.03 kg/m³ ( $k = 2$ ) 以下と推測できる。

また、過去 2 年間の変化分を考慮すると、約 0.10

kg/m<sup>3</sup> 増加した。

この結果から、2 年に一度交換する水の密度は、あらかじめ変化する未来の 1 年分である 0.05 kg/m<sup>3</sup> を補正する。これにより、水の密度の不確かさ  $u_{\rho\_water\_I}$  は以下のようになる

$$u_{\rho\_water\_I} = \sqrt{(0.03/2)^2 + (0.05/\sqrt{3})^2} \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{式(46)}$$

$$u_{\rho\_water\_I} = 0.033 \quad \text{kg/m}^3$$

#### (4) 不確かさの合成

3.2.4 (1) ~ 3.2.4 (3) の要因を考慮すると水の密度の不確かさは

$$u_{\rho\_water} = \sqrt{u_{\rho\_water\_T}^2 + u_{\rho\_water\_P}^2 + u_{\rho\_water\_I}^2} \quad \text{式(47)}$$

となり、

$\frac{\delta\rho_{wD}}{\rho_{wD}} \approx 0.015\%$  が水の密度が与える相対不確かさとなる。

### 3.2.5 被校正器の出力取り込みの影響

3.2.1 ~ 3.2.4 までが校正装置側の不確かさである。これらを踏まえた上、被校正器の出力信号の取込み時に発生する不確かさを算出する。

校正データは、パルス入力、電流入力があり、パルスは時間計で測定し、電流は 250 Ω の固定抵抗に流れる電流の電圧降下分を測定する。

それぞれの測定には、以下の不確かさの要因を考慮する必要がある。

#### (1) パルス出力の場合

計測された総パルス数の不確かさ  $u_{IP}$  は最大 1 カウントでの一様分布と仮定すると

$$u_{IP} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{式(48)}$$

パルスカウンタでのパルスの取込み時間  $t_p$  の不確かさ  $u_{tP}$  はパルスカウンタへのトリガ信号と時間計測用カウンタへのゲート信号の時間差である。この 2 つの信号はダイバータからの切り替え信号を分配している。同期性を確保する回路を構成しているため、 $u_{tP}$  は無視できる。

$$u_{tP} = 0 \quad \text{式(49)}$$

#### (2) 電流出力の場合

デジタルマルチメータの管理幅（メーカー仕様）と標準抵抗器 250 Ω の管理幅（メーカー仕様）とそれぞれの

温度係数を考慮して電流測定の不確かさを求める。電流出力の場合、電流測定の不確かさが同じ値であっても流量レンジによって影響量が異なるため、被校正器の流量レンジから電流と流量の関係式を導き、不確かさの影響量を算出する。電流測定の不確かさは、前述のように標準抵抗器を使用するため以下の方法で不確かさを算出する。

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{式(50)}$$

電流の不確かさは下記のように表すことができる。

$$u^2(I) = \left\{ \frac{\partial I}{\partial V} u(V) \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial I}{\partial R} u(R) \right\}^2 \quad \text{式(51)}$$

感度係数は  $\frac{\partial I}{\partial V} = \frac{1}{R}$  ,  $\frac{\partial I}{\partial R} = -\frac{V}{R^2}$  なので

$$u^2(I) = \left\{ \frac{1}{R} * u(V) \right\}^2 + \left\{ -\frac{V}{R^2} * u(R) \right\}^2 \quad \text{式(52)}$$

となる。

デジタルマルチメータの確度仕様はメーカー仕様書より 1 年間での精度として下記以内である。

読み値 × 0.0030 % + レンジ × 0.0005 %

また、温度特性は 0 °C ~ 55 °C の範囲において

(読み値 × 0.0005 % + レンジ × 0.0001 %) / °C

である。デジタルマルチメータは 23 °C で校正され、5 °C ~ 35 °C の周囲温度で使用されるので校正温度と使用環境での温度差の最大値は 18 °C となる。従って読み値の不確かさは下記のようになる。

$$u(V) = \frac{V \times (0.00003 + 0.000005 \times 18) + 10 \times (0.000005 + 0.000001 \times 18)}{\sqrt{3}} \quad \text{式(53)}$$

一方、電流を電圧に変換する抵抗器 (250 Ω) は、± 0.01 % で管理され、その温度係数は 10 ppm である。

$$u(R) = \frac{R \times \left( \sqrt{0.0001^2 + (0.00001 \times 18)^2} \right)}{\sqrt{3}} \quad \text{式(54)}$$

式 (53) , 式 (54) を式 (52) に代入して整理すると

$$u^2(I) = \frac{\left( I \times 1.2 \times 10^{-4} + \frac{2.3 \times 10^{-4}}{250} \right)^2 + (I \times 2.059 \times 10^{-4})^2}{3} \quad \text{式(55)}$$

$$= \frac{I^2 \times 5.68 \times 10^{-8} + I \times 2.208 \times 10^{-10} + 8.464 \times 10^{-13}}{3}$$

となる。

この電流測定の不確かさ  $u(I)$  と被校正器出力の流量値

の相対不確かさ  $\frac{u(Q_u)}{Q_u}$  の関係を表すと、

$$\frac{u(Q_u)}{Q_u} = \left( \frac{u(I)}{I - 0.004} \right) \quad \text{式(56) になる。}$$

$I$  : 電流の実測値 (出力信号の 4 mA ~ 20 mA の場合)  
電流出力による相対不確かさの変化量を図 16 に示す。

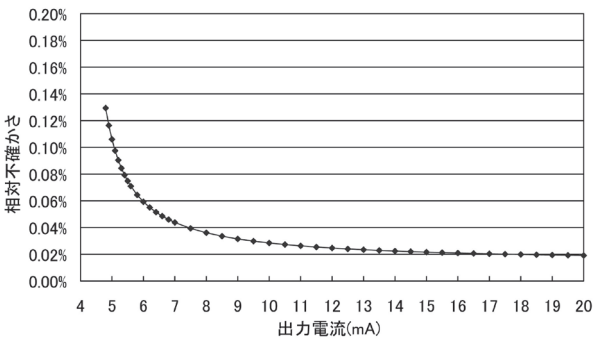


図 16. 電流出力と相対不確かさの関係

### 3.2.6 被校正器に起因する不確かさ

3.2.5 までは被校正器の種類によらず校正装置が持っている不確かさとして算出できる。被校正器に起因する不確かさについては被校正器の種類により影響量は異なるため、電磁流量計、タービン流量計、コリオリ流量計、超音波流量計、容積式流量計、渦流量計、差圧式流量計、その他の流量計に分けて不確かさを算出している。今回は産総研との共同研究に使用したタービン流量計について不確かさの算出根拠を紹介する。

#### (1) 再現性による影響

JCSS 校正では校正値として通常 3 回測定の平均値を用いる。この平均値が持つ不確かさ  $u_{x-\sigma}$  は 3 回の校正の結果、標準偏差より算出する。

$$u_{x-\sigma} = S/\sqrt{n} \quad \text{式(57)}$$

$S$  : 実験標準偏差,  $n$  : 校正回数

#### (2) 被校正器の温度特性の影響

3  $\alpha$  自動補正機能が付いていないタービンメータは 20 °C の流体温度を基準として補正を行う。この補正量の不確かさは、被校正器の温度特性 (温度係数)  $\alpha_{\text{temp\_eff}}$  により  $u_{\text{temp\_slope}}$  を以下のように考慮する。温度計測の不確かさは 3.2.4 (1) と同様なので

$$u_{\text{temp\_slope}} = \alpha_{\text{temp\_eff}} \times \sqrt{\left(\frac{0.6}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad \text{式(58)}$$

$\alpha_{\text{temp\_eff}}$  :  $2\beta_H + \beta_R$  ( $\beta_H$  : ハウジングの熱膨張係数,  $\beta_R$  : ロータの熱膨張係数)

温度補正を行わず、基準温度 (例えば 20 °C など) で不確かさを算出する場合は測定中の流体温度から以下のように考慮する。

$$u_{\text{temp\_slope}} = \alpha_{\text{temp\_eff}} \times \sqrt{\left(\frac{t_{\text{max}} - 20}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.6}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad \text{式(59)}$$

$t_{\text{max}}$  : 校正中の最高温度または最低温度で基準温度から離れている値

顧客の要求により、個別に基準温度の指定があった場合は、式 (59) を変更し、 $u_{\text{temp\_slope}}$  を算出する。ただし、流量計のメーカ動作保証範囲内に限定する。

#### (3) 旋回流、偏流による影響

2 章で述べた通り、校正装置の配管レイアウトは旋回流や偏流が発生しないように十分考慮している。これらの校正装置が作り出す流体が被校正器に与える影響については微細であり、下記の 3.2.6 (5) に含める。

#### (4) 気泡混入による影響

校正前には十分な気泡抜きを行い、水を満たしている。もし気泡が混入した場合には気泡検知装置が反応して校正を中止するため無視できる。

#### (5) その他、取り付け状態の影響等

取付け、取外しによる再現性の影響や校正装置 (配管形状や長さなど) が被校正器に与える影響をこの項目で考慮する。

前述の産総研との共同研究において、その結果から最大 0.1 % とする。

$$u_{\Delta d} = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} \% \quad \text{式(60)}$$

$u_{\Delta d}$  : その他の不確かさ

### 3.2.7 バジェットシート

一例として 50A タービンメータを校正した場合の不確かさを表 2 に示す。

測定条件および環境条件は下記のとおりである。

測定点 : 22.82 m<sup>3</sup>/h

計測時間 : 53.5 s

測定回 : 3 回

パルス重み : 0.0294 L

気温：18.1℃  
 水温：19.9℃  
 気圧：990.7 kPa  
 湿度：65.7 % RH

$$v_{eff} = \frac{\left(\frac{CMC}{k}\right)^4}{\frac{(u_{x-\sigma})^4}{n-1}} = \frac{\left(\frac{22.82}{1.96}\right)^4}{\frac{(0.66)^4}{3-1}} = 193683 \quad \text{式(63)}$$

表2. バジェットシート

番号	名称	タイプ	分布	標準不確かさ L/h	相対不確かさ %
3.2.1	秤量に起因する不確かさ				
3.2.1(1)	秤量器の校正の不確かさ	B	正規	2.85	0.012
3.2.1(2)	秤量器の直線性の影響	B	一樣	0.50	0.002
3.2.1(3)	秤量器の温度特性の影響	B	一樣	0.40	0.002
3.2.1(4)	ダイバータ切替直後の影響	B	一樣	0.04	0.000
3.2.1(5)	秤量器の校正間隔の影響	B	一樣	4.34	0.019
3.2.2	浮力の補正係数の影響	B	一樣	1.65	0.007
3.2.3	時間計測に起因する不確かさ				
3.2.3(1)	タイミングエラーの影響	B	一樣	2.28	0.010
3.2.3(2)	時間計の校正の不確かさ	B	一樣	0.01	0.000
3.2.3(3)	時間計の経年変化の影響	B	一樣	0.04	0.000
3.2.3(4)	時間計の温度の影響	B	一樣	0.02	0.000
3.2.3(5)	光電センサの反応速度の影響	B	一樣	0.35	0.002
3.2.4	流量変換に起因する不確かさ				
3.2.4(1)	温度が水の密度に与える影響	B	一樣	3.28	0.014
3.2.4(2)	圧力が水の密度に与える影響	B	一樣	1.05	0.005
3.2.4(3)	不純物が水の密度に与える影響	B	一樣	0.75	0.003
3.2.5	被校正器の出力取り込みの影響				
3.2.5(1)	バルス出力の場合	B	一樣	1.14	0.005
3.2.6	被校正器に起因する不確かさ				
3.2.6(1)	再現性による影響	A	正規	0.66	0.003
3.2.6(2)	被校正器の温度特性の影響	B	一樣	0.39	0.002
3.2.6(3)	旋回流、偏流による影響	B	一樣	0.00	0.000
3.2.6(4)	気泡混入による影響	B	一樣	0.00	0.000
3.2.6(5)	その他、取り付け状態の影響等	B	一樣	6.59	0.029
合成標準不確かさ				9.65	0.042
拡張不確かさ(k=1.96)				18.92	0.083

### 3.2.8 有効自由度、包含係数

標準不確かさの合成を行った後、合成標準不確かさの有効自由度を計算する。合成標準不確かさの有効自由度は Satterthwaite の方法により下記のように計算する。(TypeA の不確かさが1つの場合)

$$v_{eff} = \frac{(u_c)^4}{\frac{(u_{x-\sigma})^4}{n-1}} \quad \text{式(61)}$$

$u_c$  : 合成標準不確かさ

$v_{eff}$  :  $u_c$  の有効自由度

3.2.7 を例として、有効自由度を計算すると

$$v_{eff} = \frac{(9.65)^4}{\frac{(0.66)^4}{3-1}} = 91403 \quad \text{式(62)}$$

となる。包含係数  $k$  は  $t$  分布表より  $t(v_{eff}, 0.05)$  を求めると  $k = 1.96$  となることがわかる。

校正結果に十分な再現性が得られず有効自由が、10 以下の場合、測定回数を増やす等の有効自由度を増加させる対応について検討する。

また、拡張不確かさが CMC を下回る場合は校正証明書の不確かさ欄に CMC の値を記載するため、有効自由度を再計算する必要がある。

この例の場合、再計算前でも十分な有効自由度があるため再計算の必要はないが手順の説明として記載した。

### 3.2.9 不確かさ関連のまとめ

被校正器を校正することによって得られた校正結果は、校正装置と被校正器の性能が混在した状態で導かれるため、この結果をもとに有効自由度を算出すると校正作業の信頼性が確認できるので、重要なチェックポイントとして活用できる。

このことから前記した算出例においても、見積もった不確かさに対し、校正装置の性能、被校正器である流量計の性能、環境管理の能力を発揮しており校正の信頼性が十分あることが確認できた。

## 4. 適合性の表明

メーカーとして校正を行う場合は、仕様に対して合否の判断をすることが前提となっていることが多いが、登録事業者として JCSS 校正を行う場合は、校正結果と不確かさを明らかにするところまでが前提となっている。

ところが、近年「JCSS 登録の一般要求事項」に、顧客の要望や用途によって、校正結果から「仕様や規格の範囲」に対して、これらの範囲内に校正結果が「存在する」かどうかを明らかにする合否判定、いわゆる適合性の表明について、一定の要件を満たすことで校正証明書に記載することが可能になった。そのため数値の取り扱い方法などを説明する。

### 4.1 校正の種類

校正には、以下の2種類がある。

- ・「測定値と不確かさ」を提供する校正
- ・「許容範囲のテスト」を行う校正

前者の「測定値と不確かさ」を提供する校正は、比較的高価な標準器（下位の計測器を校正することを目的とした計測器）を対象に実施することが多い。

一方、「許容範囲のテスト」を行う校正は、産業界において幅広い分野で使用される以下のような計測器に対して実施されることが多い。

- ・製品の品質を維持、改善するための計測器
- ・機器を保護（壊さないように）するための計測器
- ・生物への安全性を確保するための計測器

これらの計測器は、許容範囲内に校正結果があることの確認、すなわち「適合性の表明」が求められることが多いが、校正には不確かさが伴うため「誤って適合（合格）と判定するリスク（False Accept Risk）」

を考慮する必要がある。

#### 4.2 適合性の表明方法

適合性の表明方法については、いくつかの論文で発表されているが山武が行う JCSS 校正では、以下の2つの方法を選択できるようにした。

- ・ APLAC TC 004 にある許容差から校正の不確かさを単純に引き、合否判定基準値を設定する方法
- ・ ANSI/NCSL Z540.3 のように許容差と校正の不確かさからリスクを計算し、合否判定基準値を設定する方法

まず、APLAC TC 004 に示されている方法は、許容差として決められている管理幅（片側）から単純に、校正の不確かさを引いた値を合否判定基準値とし、その合否判定基準値以下なら合格と判定する方法である。

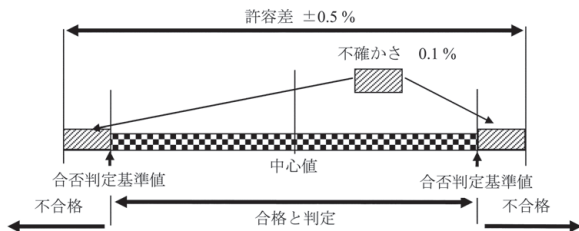


図 17. 合否判定基準

すなわち図 17 のように  $\pm 0.5\%$  の許容差において、不確かさが  $0.1\%$  の場合、合否判定基準値は、

$0.5\% - 0.1\% = 0.4\%$  になるため、校正結果が  $0.4\%$  以下で合格、 $0.4\%$  を超えると不合格として判定を行う単純な方法である。

もう一方は、ANSI/NCSL Z540.3 のように誤って合格と判定するリスク (False Accept Risk) を一定以下に抑えるため適切な合否判定基準値を統計的に導き出す方法である。詳細の説明は長くなるので、ここでは割愛するが、日本規格協会発行の「現場技術者のための計測技術入門－正しい計測が品質をかえる－」を参考にいただければ幸いである。

これらの方法を用いることで適合性の表明（合否判定）を校正証明書に書き加えることが可能になったので是非活用していただきたい。

### 5. JCSS登録情報

JCSS 登録情報については、独立行政法人製品評価技術基盤機構認定センター (NITE) のホームページを参照されたい。

<http://www.iajapan.nite.go.jp/jcss/lab/index.html>

### 6. 終わりに

産総研、NITE、山武の関係者の協力を得て 2011 年 4 月に流量の登録事業者になれたことに、まずは感謝したい。

水用流量計の JCSS 登録事業者は、近年増加しており、流量市場において、トレーサビリティが確保された不確かさ付きの JCSS 校正証明書を添付できるという新たな価値をお客様に提供できる環境が整ってきている。

山武はメーカーとして流量計をお客様へお届けするにあたり、長年、品質向上の取り組みを行ってきたが、今回 JCSS 登録事業者として認定されたことにより、より一層の信頼性が確保できたと考えている。

これらの蓄積された技術により校正された流量計は、お客様のもので、安心、そして安全に使用していただけるものと確信している。

#### <参考文献>

- (1) JCSS 不確かさ見積りに関するガイド  
製品評価技術基盤機構
- (2) 計測における不確かさの表現ガイド  
日本規格協会
- (3) 現場技術者のための計測技術入門  
日本規格協会
- (4) NCSLI measure Vol, 1 No.4 Dec. 2006

#### <商標>

- ・ MELSEC は、三菱電機株式会社の商標です。
- ・ Harmonas-Flex は、株式会社 山武の商標です。

#### <著者所属>

- |       |                           |
|-------|---------------------------|
| 杉山 信幸 | 環境・標準化推進部計測標準センター         |
| 山口 徹  | 環境・標準化推進部計測標準センター         |
| 鈴木 伸  | アドバンスオートメーションカンパニー<br>開発部 |
| 古市 紀之 | 独立行政法人 産業技術総合研究所          |