真空計測における Japan Calibration Service System : 計量法に基づく校正事業者登録制度 (JCSS) への取り組み, 「誤差」から「トレーサビリティ」と「不確かさ」へ*

堀 隆英*1・吉澤 秀樹*1・田中 智成*2

Efforts to Japan Calibration Service System (JCSS) in Vacuum Measurement, from the “Error” and “Traceability” to the “Uncertainty”

Takahide HORI*1, Hideki YOSHIZAWA*1 and Tomonari TANAKA*2

*1Components Division, ULVAC, Inc., 2500 Hagisono, Chigasaki-shi, Kanagawa 253-8543, Japan

*2Research and Development Department, ULVAC, Inc., 2500 Hagisono, Chigasaki-shi, Kanagawa 253-8543, Japan

(Received April 27, 2016, Accepted December 16, 2016)

This article describes the reason why ULVAC, Inc. tried to become the JCSS calibration Lab, and also describes the advantage to our vacuum gauge users. When operating ISO/IEC 17025 and getting traceability of measurement we needs to understand the concept of uncertainty of measurement. Understanding the difference of the concept of “measurement error” and “uncertainty of measurement” leads to understanding the concept of the traceability of measurement.

1. はじめに

昨今の貿易の国際化によってグローバル化が進み、使用者が世界各国の製品を容易に手に入れて使用できるようになってきているため、製品やサービスの品質保証に対しての要求がより強くなってきている。それに伴い研究、開発や製品製造において、製品の品質維持・向上、安全性の確保の観点から、様々な過程で使用される計測機器、計量器に関してのトレーサビリティが強く求められてきている。例えば物づくりの国際規格：ISO (International Organization for Standardization, 国際標準化機構) 9001や自動車業界の品質管理の規格である ISO/TS (Technical Specification, 技術仕様書) 16949等では、計測器のトレーサビリティが要求されている (ISO/IEC (International Electrotechnical Commission, 国際電気標準会議) 17025への対応要求)。トレーサビリティが取れた校正証明書を発行するための校正機関 (試験所) に対する品質システム、技術能力に対する要求事項の国際規格が ISO/IEC 17025 (JIS Q 17025: 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項) である。ISO/IEC 17025に基づいた校正を行う事で、トレーサビリティが確保された信頼性の高い校正結果が得られるのである。

2. JCSS とは

世界各国では ISO/IEC 17025を運用し、適正な校正結果である校正証明書を発行できる校正機関 (事業者) を認定、登録する仕組みが作られている。米国の A2LA (American Association for Laboratory Accreditation, 米国試験所認定協会), NVLAP (National Voluntary Laboratory Accredita-

tion Program, 米国公認機関による試験所認定プログラム) やドイツ・DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle, ドイツの技術審査認定機関), 英国・UKAS (United Kingdom Accreditation Service, 英国認証機関認定審議会) 等の仕組みと同様に、日本でもこの規格の要求事項に適合し、校正能力が確かな校正事業者である事を第三社認定機関である独立行政法人製品評価技術基盤機構の認定センター (NITE/IAJapan) が審査し、登録する仕組みがある。これが JCSS (Japan Calibration Service system: 計量法に基づく校正事業者登録制度) である。

株式会社アルバックの規格品事業部 品質保証部 標準校正室はこのような時代の流れやお客様のご要求に対応するため、2010年6月3日に JCSS 校正事業者として登録された (Fig. 1)。量目：圧力の真空領域における校正事業者登録は日本で初めてのことである。またこの時、国際 MRA (Mutual Recognition Arrangement: 相互承認) 対応の認証も得たことにより (Fig. 2), ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation: 国際試験所認定協力機構) 及び APLAC (Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation: アジア太平洋試験所認定協力機構) 加盟国において世界的に有効となる、JCSS/MRA 標章 (Fig. 3) 付きの校正証明書 (Fig. 4) を発行できるようになった。

現在の登録の詳細を以下に示す。

登録番号: JCSS 0258

事業所の名称: 株式会社アルバック 規格品事業部 品質保証部 標準校正室

所在地: 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500

登録に関わる区分: 圧力

校正手法の区分の呼称: 真空計

登録圧力領域: 10^{-4} ~133 kPa

校正気体: 窒素

* 平成27年6月9日 日本真空学会2015年6月研究例会で発表

*1 株式会社アルバック規格品事業部 (〒253-8543 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500)

*2 株式会社アルバック技術開発部 (〒253-8543 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500)

Fig. 1 JCSSL registration card of ULVAC.

Fig. 2 International MRA certification of ULVAC.

Fig. 3 JCSSL/MRA mark of ULVAC.

トレーサビリティ体系図がなくとも、JCSSLロゴによりトレーサビリティが証明されている。

Fig. 4 The calibration certificate with the JCSSL/MRA mark of ULVAC.

最高測定能力※： $10^{-4} \sim 10^{-3}$ Pa：2.0%
 $10^{-3} \sim 10^{-2}$ Pa：1.0%
 $10^{-2} \sim 10^{-1}$ Pa：0.8%
 $10^{-1} \sim 1$ Pa：0.7%
 $1 \sim 100$ Pa：1.5%
 $100 \sim 10$ kPa：0.6%
 10 k ~ 133 kPa：0.3%

認定の基準：ISO/IEC 17025：2005

(JIS Q 17025：2005)

登録に関わる区分における初回認定年月日又は初回登録年月日：平成22年6月3日

恒久的施設で行う校正/現地構成の別：恒久的施設で行う校正

※最高測定能力とは弊社が校正を行う際に付与できる各圧力範囲における最小の不確かさ（相対不確かさ）の事である。

JCSSL/MRA 標章付きの校正証明書は様々な場面で必要とってきている。例えば国際規格の品質マネジメントシステム：ISO 9001や環境マネジメントシステム：ISO 14001，自動車業界の品質管理の規格である ISO/TS 16949，医療機器の品質マネジメントシステム：ISO 13485，食品安全マネジメントシステム（HACCP）：ISO 22000，航空宇宙産業品質マネジメントシステム：JIS Q 9100等の規格では，計測器に対するトレーサビリティの確保が求められている。また，計量法や気象業務法，道路運送車両法，原子力発電事業者の計量器管理マニュアル，陸上自衛隊の外部校正事業者の入札条件，FAA（米国連邦航空局）の免責措置，薬事法（計測器の妥当性確認の義務付け），食品衛生法（計測器の妥当性確認の義務付け）等，法規制の場面でも計測器に対するトレーサビリティの確保が強く要求されており，それを証明するために JCSSL/MRA 標章付きの校正証明書が有効である。それ以前の校正証明書では不確かさが付与されておらず，トレーサビリティにおいても第三社認定機関の認定が無いため，使用者（ユーザー）自身で最上位基準までのトレーサビリティの確認を求められる場合もあったが，JCSSL/MRA 標章付きの校正証明書であればこのような確認行為は不要となる。

3. トレーサビリティとは

トレーサビリティ (Traceability) は Trace (トレース) + Ability (能力) の二つの言葉が一つにまとめられた造語である。

TS Z 0032:2012¹⁾ (国際計量計測用語の規格 VIM) の 2.4.1項 (計量計測トレーサビリティ) では、「トレーサビリティ」は以下のように定義されている。

「個々の校正が測定不確かさに寄与する、文書化された切れ目のない校正の連鎖を通して、測定結果を計量参照に関連付けることができる測定結果の性質」

なかなか理解しづらい表現であるが、簡単に言うと、

- 不確かさがついた。
- 切れ目のない校正の連鎖によって。
- 最上位基準との関係が分かり。
- 文書化 (校正記録, 校正証明書) されていて, しかも
- 国際単位系 (SI 単位) への参照がされ。
- 再校正が可能である。

下 2 項には筆者の過剰解釈も入っていると思うが, そのように理解が可能である。

JIS Z 8103:2000²⁾ (計測用語) の 2132 番では, 「不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって, 決められた基準に結びつけられ得る測定結果又は標準の値の性質。基準は通常, 国家標準又は国際標準である」こう定義され, 国際規格とはほぼ同様の理解となる。

JCSS におけるトレーサビリティ体系を Fig. 5 に示す。ユーザーに提供される計測器は JCSS 校正の連鎖により, 国立研究開発法人産業技術総合研究所の保有する日本の国家標準にトレースされている事が分かる。また, 日本の国家標準は世界各国の標準機関が保有する標準 (基準) と相互比較されており, 国際 MRA で認定された JCSS 校正事業者の校正証明書は ILAC, APLAC の国際 MRA 加盟国でも有効となる (Fig. 6)。

ここで, 真空計のトレーサビリティ体系を Fig. 7 に示す。(図中のデジタル圧力計は大気圧付近の絶対圧力を重錘型圧力天秤より簡易的に測定できる計測器であり, 弊社における膨張法の基準圧力測定に使用している標準器である。) ユーザー所有の各々の真空計は実用標準器, 参照標準器と比

較され校正値が付与される。JCSS 校正は最終的に国家標準へと結び付く。このように, 自分の持つ真空計の値の信頼性を辿っていくと, 最終的に国家標準へとたどり着く。これはトレーサビリティが確保されていると言い, その真空計の信頼性が保証されていることになる。

4. 「誤差」とは? 「不確かさ」とは?

最近, 誤差に変わって不確かさという言葉が使われだしたが, これは一体何か? 語彙を検索してみると,

誤差 (Error) とは?

「測定値・理論的推定値または近似計算によって得られた値と, 真の値との差」【大辞林第三版の解説より】³⁾

「測定値から真の値を引いた値」【計測用語 JIS Z 8103:2000 2604 番より】²⁾

つまり, 誤差とは真の値とのズレ量の事である。

不確かさ (Uncertainty) とは?

「計測値のばらつきの程度を数値で定量的に表した尺度である」【Wikipedia フリー百科事典の解説より】

「合理的に測定量に結びつけられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメーター。これは測定結果に付記される。備考 2: 測定の不確かさは, 通常, 多くの成分からなる。それらの成分の一部は, 一連の測定結果の統計的分布に基づいて推定可能で, 試料標準偏差で示すことができる。その他の成分は, 経験又は他の情報に基づいてだけ推定が可能である。備考 3: 測定の結果は, 測定量の値の最良推定値であると理解されている。また, 補正や参照標準に付随する成分のような系

Fig. 6 An international MRA member nation of ILAC, APLAC.

Fig. 5 JCSS traceability system.

Fig. 7 Traceability system of vacuum measurement.

Fig. 8 The difference image of error and uncertainty.

統効果によって生じる成分も含めた、すべての不確かさの成分はばらつきに寄与すると理解されている」【計測用語 JIS Z 8103:2000 2614番より】³⁾つまり、不確かさとは計測値のばらつきを数値で定量的に表したものである。

誤差と不確かさの違いのイメージを Fig. 8 に示す。真の値と計測値のズレ量を表している「誤差」に対して、計測器が示す値には必ず不確かさ（値のばらつき）が存在する。それは比較校正の為に用いられる参照標準器でも同様である。つまり、計測値には必ずばらつきがあるので「真の値は存在しない（測定できない）」という考えのもと、計測値のばらつきを各々の要素ごとに明確にし、どの程度、その値が信頼できるかを数値で示したもの、これが「不確かさ」なのである。この不確かさの信頼性を約95%まで上げたものを拡張不確かさと言い、さらに校正值に対して不確かさが全体のどれくらいの割合（率）になっているかを表すのが相対拡張不確かさである。ちなみに、図中の三角形は不確かさが下位に向うに従って大きくなっていく不確かさの広がりイメージした物である。

では、真空計測における「ばらつき」とは一体何があるのか？真空計のばらつきの要因とは何があるかを考えてみる。そこでまず、真空計における不確定要素を上げてみると、

- 校正ガス依存による相違：測定するガス種によって、感度が変化する真空計もある。
- 校正圧力と実際の測定圧力の相違。
- 校正した環境と実際の測定環境の相違。
- 使用履歴による測定子自身の変化。
- 表示値のばらつき。
- 表示桁が少ない。

などなど、多岐の要因が考えられ、結果としてその計測値（定量値）が正確であると断定する事は不可能であると言うことが分かる。そこで計測値には、ばらつきを定量的に数値で表している「不確かさ」が必要になってくるのである。

5. 校正とは？

校正とはどう言うものなのであろうか？

校正 (Calibration)

「計器又は測定系の示す値、若しくは実量器又は標準物質の表示値と、標準によって実現される値との間の関係を確定する一連の作業。備考：校正には、計器を調整し修正すること

Fig. 9 Comparison calibration image of the vacuum gauge.

Fig. 10 Difference of the past and present of the calibration value notation.

は含まない」【計測用語 JIS Z 8103:2000 4342番より】²⁾

つまり、自分が持つ計測器（被校正器）の測定値は、標準器（基準器）と比べてどうなのか？差はあるのか？これを明確にする作業が「校正」である（Fig. 9）。校正は調整作業を含まないのである。

過去、真空計の参照標準器（基準器）と被校正器との間の関係を求める事のみが校正と言われていた。いわゆる参照標準器と被校正器の差（誤差）にあたり、参照標準器と被校正器の関係は誤差を表記すれば良かった。それに代わって現在、校正值には不確かさと呼ばれる、上位の参照標準器でさえも持っている「あいまいさ」「測定値のばらつき」をまとめた値として校正証明書に記載する事がトレーサビリティの確保のために求められている（Fig. 10）。不確かさの表記がトレーサビリティの証なのである（Fig. 11）。

ここで不確かさが表記されなければならない理由をもう一度考えてみる。

「校正作業者はだれだったのか？」校正作業を行う人が不慣れな人ならば、行った作業自身も危ぶまれる。校正された結果で得られる計測値も信頼できるかどうか分からない。これらも不確かさとして表す必要がある。

「参照標準器として使用されている計測器は本当に大丈夫なのか？」参照標準器の状態が悪い（汚染、故障など）場合には値のばらつきが大きくなって不確かさも大きくなる。不確かさの管理は、機器や校正の状態を表すのである。

「環境が管理されているのか？」温度ドリフトが大きな状況で校正されたなら、ゼロ点の移動や感度の違いはあるかもしれない。これも不確かさの項目に含まれる。

トレーサビリティのとれた校正には人、モノ、環境を管理し、その結果得られた値（校正值、不確かさ）が付属され

Fig. 11 Uncertainty notation of the calibration certificate.

Fig. 12 Standard calibration laboratory of ULVAC.

なければならないのである。これら全てを網羅できるのが ISO/IEC 17025 を運用し、第三社認定機関に認定された JCSS 校正事業者が発行する JCSS/MRA 標準付きの校正証明書なのである。

アルバックでは真空計の校正を行うために、校正事業を適切に運営するための品質システム (ISO/IEC 17025) を運用基準とした JCSS 専用の標準校正室を有している。そこでは校正環境が最適に保たれた状態が維持され、様々な真空の圧力領域に応じた校正装置が稼働し管理されている (Fig. 12)。また、標準校正室で校正作業を行うメンバー (校正作業員) は校正技能の教育が定期的に行われており、常に一定以上の校正能力が維持されている。その校正の技術的な能力と、環境、装置は NITE 認定センターによって定期的に審査されている。このように JCSS 校正事業者としての校正能力、システムが確立されたアルバックの真空計 JCSS 校正であるため、真空計ユーザーにおかれては安心して、アルバックの JCSS 校正にご依頼いただきたい。

6. 最後 に

現在、日本を取り巻く環境は TPP (Trans-Pacific Strategic Economic Partnership Agreement : 環太平洋戦略的経済連携協定) をはじめ、貿易の自由化に向けて特に安全、安心に関わる製品の品質や製造方法にまで踏み込んで、企業、個人の行った行為を第三者が認定し、製品の品質の確実さを向上するという取り組みがますます多くなってくる。その例が ISO 9000 シリーズや自動車に関する ISO/TS 16949、食品製造プロセスの ISO 22000 などの規格で強く求められている ISO/IEC 17025 への対応である。今後の認証社会に対して計測機器 (真空計) を安心してご使用いただくために、JCSS 制度を有効にご活用いただきたい。

〔文 献〕

- 1) TS Z 0032 : 2012, International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms (VIM) (Nihon Kikaku Kyokai, Tokyo, 2012).
- 2) JIS Z 8103 : 2000, Keisoku yōgo (Glossary of terms used in measurement) (Nihon Kikaku Kyokai, Tokyo, 2000).
- 3) Daijirin No. 3., ed. A. Muramatsu (Sanseido, Tokyo, 2006).