

分りやすい分銅の話

1、たかが分銅、されど分銅

古来、分銅は量や重さの基準、標準として広く用いられ、その社会的経済的役割は大変重要なものであり、今後もその役割が変わることは考えられません。

とりわけ、近年産業界における技術水準の高度化、製品品質の保証、計量データに対する信頼性等が求められるようになり、その裏付けとして分銅に対する正確性、信頼性が産業のあらゆる分野で要望されています。

このように、今日分銅の果たす役割が今まで以上に重要不可欠になったにもかかわらず、一般産業界でそのような認識が充分であるとは思えません。というよりも、いろいろな聞き慣れない名前の分銅と難解な専門用語が輻輳して何かなんだかさっぱり分からなくなっているのが実態ではないでしょうか。言い換えれば、一般には「たかが分銅のくせに一体どうなっているのだ？」というのが偽らざる印象ではないでしょうか。

その答えは一言で言えば、産業活動の国際化や技術の高度化に伴って、分銅の世界でも急速な制度変更の真っ只中であって新しい制度も一応整ったようですが、どうも居心地が良くないためその身の置き所に悩んでいる、といった状況にあるからです。

それでは、一体分銅の仕組みで何がどう変わったのか、変わろうとしているのか、できるだけ分りやすく書いてみたいと思います。

2、JCSS 制度の誕生とその背景

云うまでもなくわが国の産業界では経済取引のグローバル化に伴い、製品の品質を国際基準(ISO-9001, QS-9000, GMP, GLP, HACCP 等)に適合することが求められていました。これら諸規定では使用する計量器や計量データは必ず国家基準にトレーサブルであること、また国際的にその整合性が取れていることとされています。

ところがわが国のトレーサビリティと言えば、長い間計量法に基づく検定検査によって国家基準への関連付けがされているだけでした。分銅で言えば、産総研(旧計量研究所)や計量検定所へ持ち込んで校正や値付けをしてもらう1級分銅や2級分銅がその類です。しかしこの分銅は日本の計量法には適合しても、国際規格との整合性はありませんでした。

そこで、平成5年11月施行の新計量法で、JCSS (Japan Calibration Service System) と云う計量標準供給制度が発足しました。この制度は国によって認定された校正機関(認定事業者と言う)が、国に代わって分銅などの計量器の校正を行い国家基準にトレーサしていることを証明するシステムであり、質量のほか長さ、温度、圧力、流量、電力量、硬さなど24区分があります。認定事業者はすでに各分野合わせて80事業所ほどが認定され、質量分野でも17社が供給を始めています。

しかも全世界を網羅した国際試験所認定協力機構(ILAC/MRA)相互承認協定を結んだのでJCSSの証明が国際的に受け入れられることになりました。

3、質量のトレーサビリティと諸規格・基準

前章では、なぜ分銅のトレーサビリティが最近やかましくなっているのかその背景を話してみました。今度は質量のトレーサビリティのシステムについて話してみたいと思います。

質量の国家標準は、つくば市にある産業技術総合研究所に格納されている日本国キログラム原器（特定標準器という）です。質量のトレーサビリティとは、使用されている分銅や計量器の校正された結果が、切れ目のない比較の連鎖を通じてこの特定標準器に関連付けられる関係を云います。トレーサビリティとはもともと英語を語源としており、trace → traceable → traceability と品詞の変化をしたもので意味は、追跡することまたは遡及することということです。今は食品の表示についてトレーサビリティは取れているか、というような使い方が一般的になっていますが、実はこの計測標準の世界ではすでに10年以上前から使われておりこちらがトレーサビリティの本家本元であることをついでながら言及しておきます。

さて、わが国の質量のトレーサビリティ制度は、前章で触れましたように2つの流れがあります。（図1） 1つは計量法（第102条）に基づく旧来からの基準器制度であり、検定管や計量器事業者や計量士が、計量器の検定や定期検査に用いる分銅で、国立の産業総合研究所や全国都道府県の計量検定所等を通じて供給されるものです。この分銅を**基準分銅**（特級、1級、2級、3級）と言います。

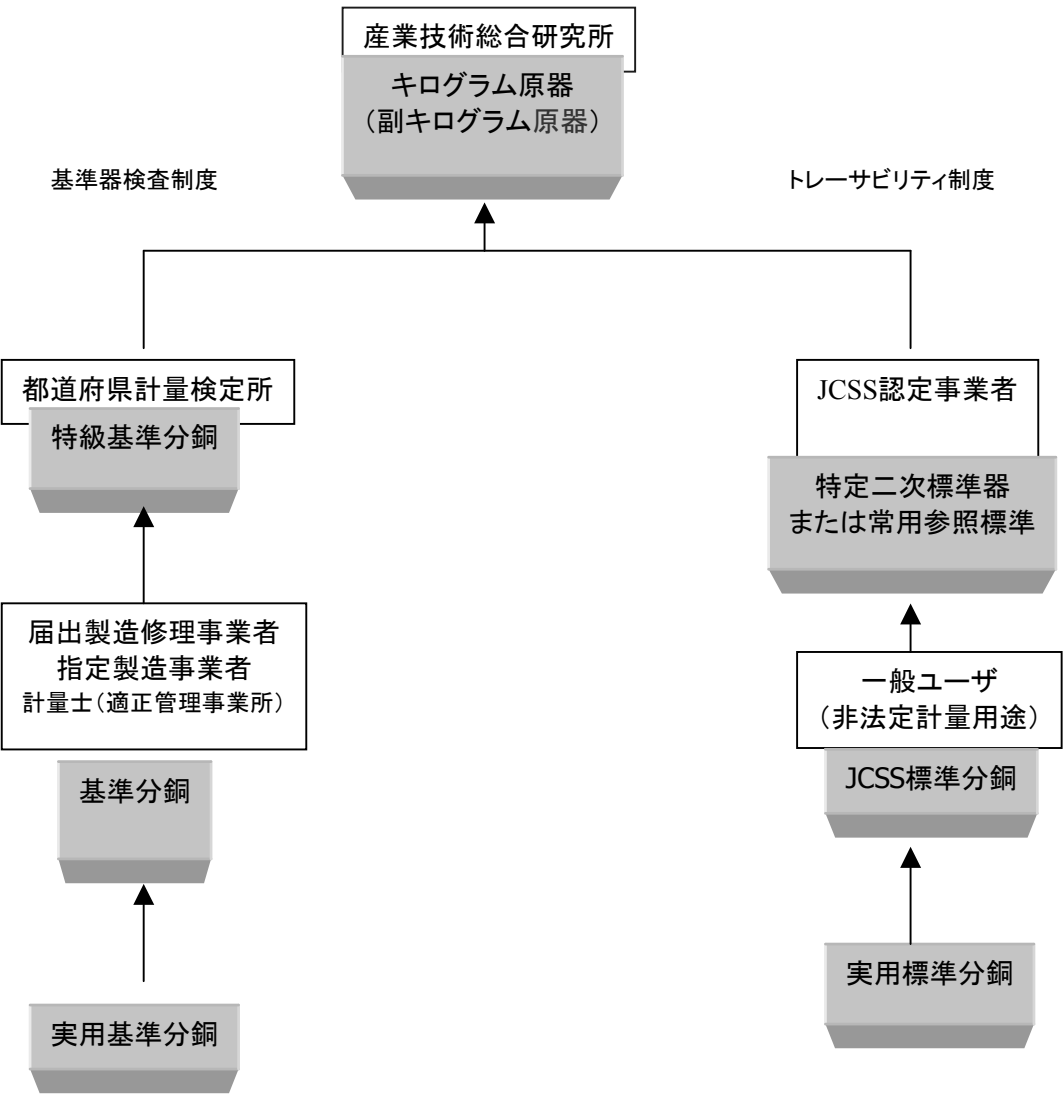
もう一つは、新しいJCSSトレーサビリティ制度であり、前述したようにJCSS認定事業者が一般ユーザの求めに応じて**JCSS 標準分銅**として供給されるものです。 今後はこの制度が一番活躍するべきものとして期待されています。

実はそれだけなら話は簡単だったのですが、海外からのシステムも平行して入ってきてあります。これはOIML（国際法定計量機関）の勧告案に基づく分銅であり、OIML分銅と言います。これは日本の基準分銅と精度等級は整合するように図られていますので問題はありませんが、ややこしいことに、形も違えばグレードの呼び名も違います。つまり、特級分銅をF1クラスの分銅と呼び、1級分銅をF2クラス、2級分銅をM1クラス、3級分銅をM2クラスの分銅と呼んでいます。国際基準であるという理由で意外と影響力があり国内でもかなり導入されています。

これらの、3つのシステムが同時に存在しているだけでもややこしいものに、加えてJIS規格による分銅の基準もあります。現在のところOIML基準のほぼコピー版に近く強制力もないので中途半端なものになっています。将来改定されるでしょうが今はあまり意味がありませんので、この規格は存在すると言うにとどめておきます。

以下、できるだけ簡潔にそれぞれの制度の内容を述べてみたいと思います。

図1. 質量のトレーサビリティ体系図



4、計量法の分銅制度

基準分銅（日本の伝統的分銅）

基準分銅は、計量法、基準器検査規則に基づいて成り立っている分銅で、長い間日本の質量基準の中心として君臨してきました。精度等級に応じて特級から3級までありそれぞれ構造、形状、材質、磁化率、表面粗さや有効期間まで事細かに決められています。そして、法定・非法定計量に関わらず、あらゆる業界に質量を計る基準器として長い間馴染んできたシステムですから、一般に分銅の理解といえば、まだこの世界でのものではないかと思います。形状も写真1のようなおなじみのものです。

写真1 基準分銅



ところが平成5年の計量法改正で、計量器の製造事業者、修理事業者や計量士などのいわば計量のプロにしか基準分銅の供給をしないことになりました。そしてその用途も特定計量器の検定、修理、検査などの用途に限られるようになりました。ここでいう供給とは国や自治体がトレーサビリティの証明をすることを言っています。

つまり、新制度の趣旨は、法定計量の分野は従来どおり基準分銅の証明は行方がそれ以外の非法定計量の分野は証明をしない、ということです。言い換えれば、JCSSの質量の標準供給制度を用意したのだから一般の人はそれによって供給を受けて下さい、という趣旨です。だから、一般の工場や研究室や学校の人が基準分銅の検査や証明を受けることができなかったのです。

しかし長い間、計量法令に基づいた分銅の呼び名や扱いに慣れた習慣を変えるのは容易ではありません。依然として基準分銅に準じた形での一般の要望は非常に強いものがあります。前述したように等級分銅としての国家の証明はつきませんが、分銅メーカー自らが証明することによって、等級分銅が多数販売されている模様である、ことを聞くと容易に習慣は変えられるものではないことを強く思います。

精密分銅（機械式天びんに載せる分銅）

ついでに計量法がらみの分銅で、今ひとつ言及しておく分銅があります。それは、精密分銅と呼ばれている分銅で特定計量器検定検査規則にその根拠を持ち、分銅が法律で認められた特定計量器そのものである、という位置付けの分銅です。

旧式天秤の分銅皿に載せる分銅として今でも立派に存在しているのです。（写真2）だから、国家の型式承認も国家検定も受けられます。従って検定公差も第182条にちゃんと決まっています。中味はそれほど精密なものではなく重さによって違いますが1/500から1/5000程度の誤差が認められています。基準分銅で言えば三等級よりも悪いです。それでもなぜか一般に**精密分銅**と呼ばれています。多分昔の機械式天秤の時代はこれでもずいぶん精密だったのではないかと思います。ですから、計量器の精度レベルが飛躍的に向上した今は、この分銅が使われる場面はそれほどあるものではありません。ところが、この精密分銅は基準分銅のように使用者制限がありません。特定計量器でありかつ誰が使ってもかま

いません。その上国家検定付きだからということで大変大事にしておられるユーザさんもおられるようです。でもこの分銅では近年の高精度な計量器の性能チェックには向きません。器差が大きいからです。本来機械式天秤の分銅皿に載るべきものなのです。どうか国家検定に惑わされて本来の分銅の使い方を取り違えないようにしてもらいたいものです。

写真 2 精密分銅



5、JCSS 計量標準供給制度による標準分銅

JCCC 校正証明書とは？

前述しましたように J C S S 計量標準供給制度とは、平成 5 年計量法改正に伴って新設されたトレーサビリティ供給制度です。繰り返しますが J C S S とは、Japan Calibration Service System の略称です。

そして、J C S S 認定事業者（質量分野では 17 社が国によって認定されています）によって校正された分銅を J C S S 標準分銅といいます。この制度は、非法定計量分野（一般産業界といっても良い）を広くカバーして産業界に深く普及するものと期待されてスタートしています。つまり、一般の事業者が国家標準にトレーサブルな標準器を持とうとしたとき、正式なものとしてはこれしかありません。

だからこそ、この制度をもっともっと一般に馴染みのある制度にしていかなければならないのですが、果たして期待に添えるような結果が出ているといえるのでしょうか。残念ながら現在その方向性が充分出ているとはいえません。すでに制度発足後満 10 年を越えました。一般事業者にとってこれが唯一の国家標準とのトレーサブルの証しである、と言われながら、分銅の校正需要の何パーセントが J C S S による校正になっているのでしょうか？

なかなか普及が進まない理由はいくつか考えられます。まずあげられることは認定事業者が少ない、そして証明料が高いことです。今のままだと 20 年経っても何も変わらないのではないのでしょうか。しかしニーズがないわけではありませんので、官民共に議論を深めてよい制度に一步でも近づければ、徐々に産業界に定着するものと思っています。また、事業者を認定する側の積極的な動きも強く期待しております。

今ひとつ、普及に向けて私が心配していることがあります。それは J C S S 分銅に添付される証明書が難解なことです。一度理解してしまえばどうということはないのですがそれがなかなか曲者なのです。

そこで、今回はその校正結果証明書の解説をしてみたいと思います。

図 2 は校正証明書の雛形です。

図2 JCSS の校正証明書

	見本	証明書番号 010553RERE		
1. 校 正 結 果				
器物番号	公 称 値	印	協定質量	不確かさ
1	1 mg		1 mg +0.0003 mg	±0.0022 mg
1	2 mg	1	2 mg +0.0026 mg	±0.0022 mg
1	2 mg	2	2 mg +0.0032 mg	±0.0022 mg
1	5 mg		5 mg +0.0025 mg	±0.0022 mg
1	10 mg		10 mg +0.0023 mg	±0.0022 mg
1	20 mg	1	20 mg +0.0018 mg	±0.0034 mg
1	20 mg	2	20 mg -0.0018 mg	±0.0034 mg
1	50 mg		50 mg -0.0022 mg	±0.0042 mg
1	100 mg		100 mg +0.0026 mg	±0.0054 mg
1	200 mg	1	200 mg +0.0029 mg	±0.0062 mg
1	200 mg	2	200 mg +0.0025 mg	±0.0062 mg
1	500 mg		500 mg +0.0065 mg	±0.0084 mg
1	1 g		1 g -0.003 mg	±0.012 mg
1	2 g	1	2 g +0.001 mg	±0.014 mg
1	2 g	2	2 g +0.001 mg	±0.014 mg
1	5 g		5 g +0.014 mg	±0.017 mg
1	10 g		10 g +0.017 mg	±0.022 mg
1	20 g	1	20 g +0.008 mg	±0.027 mg
1	20 g	2	20 g +0.020 mg	±0.027 mg
1	50 g		50 g ±0.000 mg	±0.032 mg
1	100 g		100 g +0.015 mg	±0.052 mg
1	200 g	1	200 g -0.05 mg	±0.12 mg
1	200 g	2	200 g -0.05 mg	±0.12 mg
1	500 g		500 g +0.03 mg	±0.28 mg
			以下次頁	

協定質量は温度 20 °Cにおける分銅の密度を 8000 kg/m³、空気の密度を 1.2 kg/m³としたときの質量である。
 不確かさは k=2 とした拡張不確かさである。

2. 校正実施条件
 温度 20 °C、湿度 52 ~ 55 %、大気圧 1,003 ~ 1,013 hPa.

不確かさとは？

ここに表現されている用語には専門的なものがありますのでいくつか説明をしておきます。まずは「不確かさ」です。最近計量計測の世界で急速に広く用いられるようになった用語のひとつです。いろいろなところで講習や説明がありますが、意外と分ったようで分らない概念ではありませんか。私がない知恵を絞って理解した結果をできるだけ分りやすく表現してみたいと思います。

そもそも「不確かさ」とは、uncertainty の日本語訳であり、従来誤差や精度の表し方はばらばらでした。これを改め、測定結果の信頼性について統計的、合理的に言い表した世界共通の計測概念です。1993年IEC、ISOなどの国際機関がISOガイド「計測における不確かさの表現ガイド」にて規定し、国際的に導入されることが求められました。

分銅を例として説明します。今までの誤差概念では測定値と真値との差を誤差とか器差と言っていました。が、そもそも真値と言うものは厳密に言うと測っても求められるものではありません。一方、測定して求められる測定値にも必ず不確かな部分があります。例えば参照する分銅も絶対ではありません。測定に使う機器もいくらか狂いはあります。気圧や温度変化も影響してきます。であれば、誤差や器差といっても実際はある曖昧さを含む推定値に過ぎないことになります。ですから誤差と言う概念では正確な計量精度があらわれません。そこで、計測結果とその曖昧さ（これを不確かさと言う）とをそれぞれ別々に表現することによって分銅計量の信頼性を表現することになったのです。つまり、測定結果の数値とその不確かさを求めることが、いわゆる「校正」になったのです。決して真値を求めるものではありません。そして、その両方を校正証明書として表記することがISO/IEC17025の要求事項に明記されています。

上記の校正証明書のうち協定質量欄の数値が測定結果であり、不確かさ欄のプラス・マイナス数値が測定結果に付き纏う曖昧さなのです。ですから、校正証明書では「被校正分銅の真値は協定質量値を中心値としてこの不確かさの範囲内にある」と言うことがきっちりと宣言できるのです。

さて、今ひとつ不確かさを統計的合理的に見積もるとは、具体的にどういうことか、を話してみます。つまり、現実に測定する際に生じるあらゆる誤差要因（例えば参照する標準分銅の不確かさ、測定方法や測定回数にまつわる誤差、使う測定器の誤差、浮力など）をすべて、実験的に測定し標準偏差等を使ってあらかじめ数値化しておきます。この数値を標準不確かさ（シグマ値で表す）といいます。標準不確かさ（シグマ値）は±数値で表され、その意味は「真値はこの範囲内に68.3%の確率で入っている」ということです。「拡張不確かさ」とは、上記の標準不確かさ（シグマ値）の絶対値を2倍し、確率の範囲を95.3%に広げた概念（いわゆる2シグマ値）です。

ですから校正証明書の拡張不確かさの意味は、「この分銅の真の値は、測定値（協定質量）を中心値にして、95.3%の確率で不確かさの値の範囲内にある」ということです。

協定質量とは？

次に協定質量について説明します。協定質量とは被校正分銅を現実に測定した結果の質量値を言います。その値は、表す量（公称値ともいう）に対して、プラス、またはマイナス値で表現されます。従って表す量にプラスまたはマイナスした値が現実の測定値なのです。

もとより、被校正分銅の真値ではありませんが上述したようにある不確かさを持ちながらも一定条件下での現実の測定値なのです。一定条件下と言うのが曲者ではありますが、一応これを無視して考えれば理解が簡単です。つまり、「この値（表す量に対してプラスまたはマイナス値を加算した値）は被校正分銅の現実の測定値を表す」のです。

さて一定条件が問題となるのはなぜか。それは真の質量を測ることが極めて困難なことに由来します。つまり、地球の引力の働く中における絶対質量の計測がそもそも不可能に近いことなのです。いうまでもなく、分銅の計測は地球の大気中において重力を利用して質量を測るからです。この大気中というのが曲者です。

もともと、協定質量とは、温度 20℃ の状態で 1.2 kg/m³ の密度（大気圧 1000 hPa）の空気中において、8000 kg/m³（ステンレス）の密度の参照分銅とつりあう質量のことをいう、とされており、しかし現実には測定するとき、大気圧などの環境条件は設備された部屋でも多少変わらざるを得ないし、校正される分銅の密度も厳密には 8000 kg/m³ になってはいません。そのために浮力誤差などを受けてしまいます。それを補正しようとするればできないこともありませんが誤差は微小だし大変に手間がかかります。だから一定条件を適用したことにしてこのことは云わないことにして、その代わり協定質量といおう、という意味なのです。もちろんこの誤差は不確かさの要素に入れていますからネグッてしまった訳ではありません。

このように、JCSS 校正による分銅の意味はその理屈から入ると結構ややこしいことになりますが、要するに「国家認定された有資格者が被校正分銅を測定した結果、その測定数値とそれにまつわる曖昧さを数値で表したものと」理解しておけば極めて合理的であるし、少しも難しいことではありません。

今まではどうであったかと言うと、産総研や検定所で被校正分銅を測定してもらうと器差が表示されていました。しかし、前述しましたようにこの器差には見積もり不可能な曖昧さが含まれていて真の意味で精確なものとは云えません。ですから、国のほうでも一部 JCSS 標準供給制度の面でこの方法を採用したのです。ISO というグローバルスタンダードが硬直しがちな国内法を変えようとしている一例と言えるのではないのでしょうか。

6、JCSS 分銅への期待

前章は JCSS の校正の意味についてかなり詳しくお話をしました。しかし、一般の分銅ユーザーにとってそれがどれだけ理解されるものなのでしょう。

一般のユーザーにとっては、要するに今使っている分銅の精度や信頼性はどの程度なのか？ということが一番知りたいことなのです。

このどの程度の信頼度なのか？と言うことに対して極めてストレートに答えていたのが、従来の基準分銅の精度等級ではないのでしょうか。3 級、2 級、1 級そして特級分銅というように次第に信頼度が上がっていて極めて分りよい制度です。

それでは、JCSS 分銅がそれに答えているのでしょうか。

JCSS にそもそも精度等級の考え方はありません。あるのは現実の測定値とその不確かさだけです。JCSS は、校正機関の技術的一般的基準を定めた ISO 17025 による試験所認定により成り立っているものです。要するに測定値とその不確かさを求める方法と校正証明書に記述する方法を基準化しているに過ぎません。

しかし、分銅は長らくそして広く精度等級概念が一般産業界に定着しています。そこに測定値と不確かさのみが表現された校正証明書が示されてもなかなかピンと来ないのはもっともなことと思えて仕方がありません。

また、分銅の性能や属性を全体として評価するうえで、精度は一つの側面に過ぎません。もっと大事な要素があるのです。材質はどうか。経時的磁化率はどうか。形状・構造は良いか。表面粗さは、密度は、等々。これらのことはいったい誰が認定するのでしょうか？

JCSS の認定事業者にはそのことは認められていません。ですから極端なことを言えば

材質や構造がお粗末でも測定値と不確かさは校正証明されることもあり得るのです。もっと極端なことを言えば、石ころや鉄の塊でも校正証明できるのです。このように考えてくると、JCSSL の分銅に関しての標準供給制度には制度上の問題が見えてくるのです。

そこで私の提案ですが、このほど改正された工業標準化法に基づく新 JIS 制度を利用すべきではないかと思うのです。つまり分銅についても旧 JIS 規格を改め、国際基準に則った新 JIS 規格を制定し、民間の登録認証事業者による規格適合性を評価するという制度を利用すればよい、と思うのです。そうすれば JCSSL 校正証明だけで不足の時は、JIS 規格に基づく規格適合証明をつけるということによいのではないかと考えます。

冒頭にも話しましたが、最近になってますます産業界から国際整合に基づくトレーサビリティの強い要請があり JCSSL 校正証明の要望が増加しています。したがって、我々業界関係者としてはこの JCSSL 標準供給制度についてもっともっと一般に周知を図って、産業界へ広く受け入れられるよう品質、価格、納期などで懸命の企業努力を図っていく所存であります。どうか今後とも皆様のご指導ご鞭撻をいただきますようお願いしながら、分銅の話を終わらせていただきます。

以上