

分銅の協定質量の範囲と弊社の製造狙い値

キーワード：JIS B7609:2008「分銅」、最大許容誤差、拡張不確かさ、製造工程 狙い値

株式会社 村上衡器製作所

代表取締役 村上 昇

1. はじめに

現在、質量標準として用いられる分銅の製造に関しては、国際勧告 OIML R111-1:2004^[1]及び国内規格 JIS B7609:2008^[2]において技術的な要求事項が規定されている。

この規格の中で、分銅の協定値の最大許容誤差は公称値及び精度等級ごとに規定されており、拡張不確かさとの関係式も規定されている。ただ、この関係式は若干複雑であるため、分銅ユーザーからの質問が多い箇所でもある。

そこで、本稿の前段で、JIS B7609:2008『分銅』における最大許容誤差、拡張不確かさ、協定質量の関係について具体例を交えて解説する。

また、弊社は JIS マーク表示制度の認証製造事業者であり、JIS B7609:2008『分銅』に完全準拠した質量標準分銅を計測器や試験機のユーザーに対して供給している。本稿の後段では、この JIS 規格の要求事項を実現するために弊社で独自に設定した新品分銅の製造工程における質量調整の社内製造規定や協定質量の狙い値について紹介する。

2. JIS B7609:2008『分銅』

2.1 最大許容誤差の要求事項

当該規格の「6 最大許容誤差」で規定されている公称値及び精度等級ごとの最大許容誤差の抜粋を表 1 に示す。また、6.2 項及び 6.3 項で規定されている拡張不確かさや協定質量、公称値との関係を式(1) (2)に示す。

表 1 最大許容誤差 $\pm\delta m$ (mg)

公称値	E ₂ 級	F ₁ 級	F ₂ 級	M ₁ 級
20 kg	30	100	300	1 000
10 kg	16	50	160	500
5 kg	8.0	25	80	250
2 kg	3.0	10	30	100
1 kg	1.6	5.0	16	50

500 g	0.8	2.5	8.0	25
200 g	0.3	1.0	3.0	10
100 g	0.16	0.5	1.6	5.0
50 g	0.10	0.3	1.0	3.0
20 g	0.08	0.25	0.8	2.5
10 g	0.06	0.20	0.6	2.0
5 g	0.05	0.16	0.5	1.6
2 g	0.04	0.12	0.4	1.2
1 g	0.03	0.10	0.3	1.0
500 mg	0.025	0.08	0.25	0.8
200 mg	0.020	0.06	0.20	0.6
100 mg	0.016	0.05	0.16	0.5
50 mg	0.012	0.04	0.12	0.4
20 mg	0.010	0.03	0.10	0.3
10 mg	0.008	0.025	0.08	0.25
5 mg	0.006	0.020	0.06	0.20
2 mg	0.006	0.020	0.06	0.20
1 mg	0.006	0.020	0.06	0.20

※50kg 以上、E₁、M₁₋₂、M₂、M₂₋₃、M₃級は掲載略

・分銅の協定質量 m_c の拡張不確かさ U (包含係数 $k=2$)は表 1 に規定する最大許容誤差 δm の 1/3 以下でなければならない。

$$U \leq 1/3\delta m \quad (1)$$

・分銅の協定質量 m_c は、公称値 m_0 に対する隔たりが最大許容誤差 δm と拡張不確かさ U との差より小さくなく、式(2)で表される範囲内にななければならない。

$$m_0 - (\delta m - U) \leq m_c \leq m_0 + (\delta m - U) \quad (2)$$

2.2 解説

例として精度等級 F₁ 級、公称値 m_0 : 50 g の分銅を考える。表 1 より最大許容誤差 δm は 0.3 mg であることがわかる。そして、式(1)より、拡張不確かさ U (包含係数 $k=2$)は 0.1 mg 以下でなければならない、となる。これより、式(2)が示す協定質量 m_c の範囲について図 1 に示す。

ここで、拡張不確かさが 0.04 mg を実現する質量校正が可能ならば、 $50\text{ g} \pm 0.2\text{ mg}$ の範囲を超える協定質量 $50\text{ g} + 0.25\text{ mg}$ の分銅も精度等級 F_1 級の質量に関する要求事項を満たす、という式(1)(2)の解釈も可能ではある。つまり、協定質量は $m_0 \pm 2/3\delta m$ の範囲に限定されない、という発想である。しかし、拡張不確かさが 0.08 mg で質量校正を実現する他の事業者が同じ分銅の協定質量を校正し、同じく協定質量 $50\text{ g} + 0.25\text{ mg}$ を校正結果として得たとすれば、公称値か

らの偏差は 0.33 mg となり、精度等級 F_1 級の最大許容誤差 0.3 mg を超えて F_1 級には適合しない、という異なる判定結果になってしまう。

この様に、式(1)を満たす拡張不確かさを伴った質量校正を実施しながらも、校正能力の違いにより異なる適合性判定が下される懸念があるため、弊社では「協定質量の範囲は $m_0 \pm 2/3\delta m$ に限定する」という解釈を採用している。

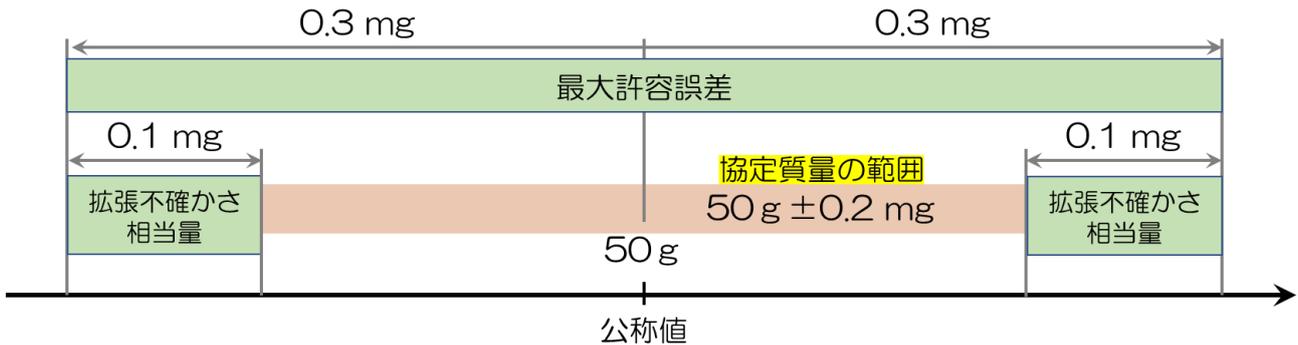


図1 最大許容誤差・拡張不確かさ・協定質量の範囲の関係（精度等級 F_1 級、公称値 50 g の例）

3. 分銅製造工程における質量調整

3.1 協定質量の社内規定幅

分銅を新品製造する際、JIS 規格の要求事項より、協定質量が $m_0 \pm 2/3\delta m$ の範囲に収まる様に質量調整を実施しなくてはならない。ここで、長期間使用による経年変化、すなわち、摩耗等による質量の減少、及び分銅材料の酸化等による質量の増加を考慮し、弊社では質量調整幅を $\pm 2/3\delta m$ より狭めて、「 $-1/3\delta m$ から $+1/2\delta m$ 」を製造工程規定幅と設定している。（図2参照）

3.2 質量調整時の狙い値

社内に蓄積されている分銅質量の経年変化データ分析によると、分銅は長期間使用すると底面の摩耗等により質量の減少が進行する傾向がある。この事実に基づき、質量調整の狙い値は、公称値から誤差 $\pm 0\text{ mg}$ ではなく、将来的な減少を加味しプラス目の「 $+1/3\delta m$ から $+1/2\delta m$ 」の範囲に設定している。（図2参照）ただし、板状分銅（0.1 mg から 500 mg）は、質量調整に高度な技術が必要なため、その限りではない。

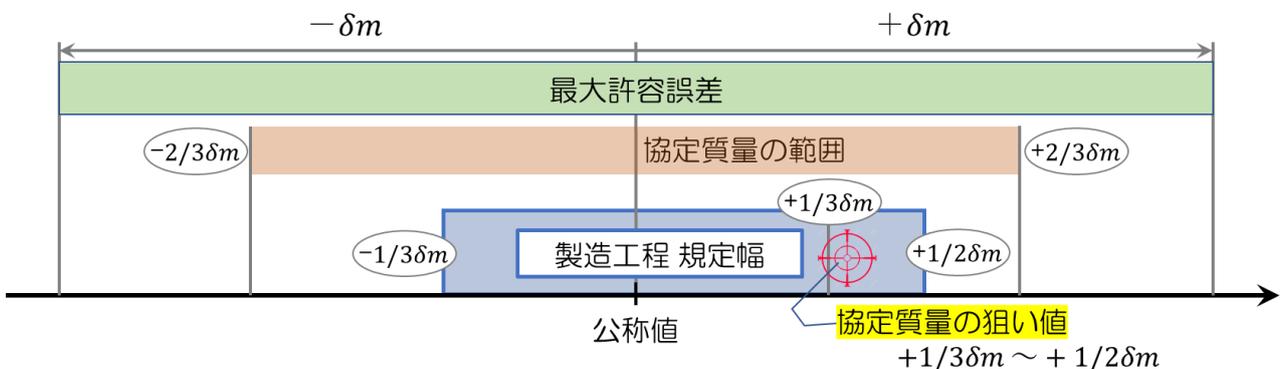


図2 協定質量の製造工程規定幅と狙い値

3.3 質量の調整方法

分銅は、その形状により質量の調整方法が異なる。分銅本体に調整孔を有する分銅は、調整材を加除することにより質量を増減させる質量調整が可能である。一方、調整孔の無い分銅は、バフ研磨やハサミ切断で質量の規定幅からプラス目の質量から徐々に減少させながら質量調整しなければならない。

例えば、精度等級E₂級 1mg分銅(板状分銅)の場合、最大許容誤差 δm は0.006 mgであり、製造工程規定幅は-0.002 mgから+0.003 mgになる。(狙い値は+0.002 mgから+0.003 mg) 図6の様にハサミ切断で分銅の形状を一辺約4 mmの三角形に成形しつつ、徐々に質量を減少させながら質量調整を実施する。これらの作業は非常に高度な技術と熟練を要するものである。

表2 質量の調整方法

分銅の形状 (精度等級)	調整孔	質量調整方法
円筒型・まくら型 (F級, M級)	有	調整材の加除
円筒型 (E級)	無	バフ研磨
板状・線状 (E級, F級, M級)	無	ハサミ切断



図3 調整孔を有する円筒型分銅の質量調整
(調整材の加除)



図4 まくら型分銅の質量調整
(調整材の加除)



図5 調整孔の無い円筒型分銅の質量調整
(バフ研磨)



図6 板状分銅の質量調整 (ハサミ切断)

4. おわりに

本稿では JIS B7609:2008『分銅』における最大許容誤差、拡張不確かさの規定から協定質量の範囲についての考え方を解説した。また、分銅製造事業者である弊社での分銅製造工程内の協定質量の規定幅や狙い値についても紹介した。

分銅の質量調整は、分銅の新品製造時だけでなく、顧客が所有する分銅に対して実施する場合もある。例えば、JCSS 校正依頼を受けた分銅の校正結果に基づく質量の規格適合性判定が不適合になった場合などである。その様な場合、顧客の了解のもとで質量調整を実施することがあるが、質量調整後の分銅は調整前の分銅とは別器物になったという認識が必要である。つまり、それまで顧客のもとで質量標準として計測器等の管理に用いられてきた分銅の質量が意図的に変更されるため、計量管理の連続性が一旦途切れる、という理解である。

高性能化する計測器や試験機において、そのシステム内の質量標準である『分銅』の管理は重要である。本稿でも記載した様に、分銅の経年変化については、一般的に分銅質量は減少する傾向がある。この事を踏まえ、適切な質量管理を実施する際に、本稿が示す協定質量の範囲についての解説等が一助となれば幸いである。



株式会社 村上衡器製作所

～ since 1906 ～

参考文献

- [1] 国際法定計量機関、OIML R111-1:2004 Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃、2004、総 80 頁
- [2] 日本規格協会、JIS B7609:2008 分銅、2008、総 74 頁

<https://www.murakami-koki.co.jp>

