

質量 キログラム 単位記号 kg

質量の基本単位キログラムは、国際キログラム原器の質量として定義されていましたが、今回の改定で、プランク定数を用いて再定義されました。普遍的な物理定数を基準とすることによって、人工物を基準とした場合は避けることができなかったキログラムの長期的な変動の心配がなくなります。また、超微小粒子の精密測定による新技術分野の開拓が期待されます。

質量：キログラム(単位記号kg)の国際度量衡総会(CGPM)での承認・改定決議の履歴

1889年
(明治22)
第1回CGPM

キログラムの国際原器承認、各国原器配布

「キログラムは質量の単位であって、単位の大きさは国際キログラム原器の質量に等しい。」

日本国キログラム原器(1889~2019)

1889年の第1回国際度量衡総会において、「キログラムは国際キログラム原器の質量」として定義された。国際キログラムは、摩耗に強く安定な白金イリジウムを用いて製作され、その質量は「4℃における純水1リットルの質量」を移し替えたものである。2019年まで、キログラムの定義に用いられた。

我が国がメートル条約に加盟したのは、1885年である。1889年の10月には、国際キログラム原器の複製の一つであるキログラム原器 No.6 が我が国に配布された。これが日本国キログラム原器であり、2019年まで我が国の質量の国家標準として用いられた。



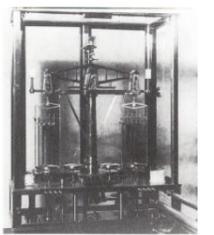
国際原器



日本国原器

リュブレヒト天びん(1890~1970)

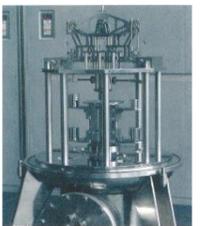
1878年に発表された精密隔離天びんで、約7メートル離れたところから操作ができた。人の体温の影響を低減でき、約8μgの標準偏差で質量比較測定が可能であった。日本においても2台導入された。



小林式真空天びん(1970~1999)

1968年に計量研究所(現在はNMIJに統合)の小林は、分銅の交換機構に工夫を施し、天びんのナイフエッジを休めないで分銅交換できる原器用天びんを開発した。

これは、隔離天びんであり、真空層に格納できる。体積の異なる複数のシンカー分銅を用いることで浮力補正を高精度に実現し、ナイフエッジ式としては今までにない0.3μgの再現性を実現した。国際的にも高く評価され、日本の質量標準の技術を国際レベルまで高めるのに大いに貢献した。



2018年
(平成30)
第26回CGPM

プランク定数によるキログラムの再定義

◆ 質量の新しい定義(2019年5月20日施行)

キログラム(記号は kg)は質量のSI単位であり、プランク定数 h を単位 $J \cdot s$ ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$ に等しい) で表したときに、その数値を $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ と定めることによって定義される。ここで、メートル及び秒は、それぞれ c 及び $\Delta \nu_{Cs}$ を用いて定義される。

この定義は、 $h = 6.626\,070\,15 \times 10^{-34} J \cdot s$ という厳密な関係を示している。この式から定義定数、 h 、 c 、 $\Delta \nu_{Cs}$ を用いてキログラムを以下のように厳密に表現することができる。

$$1 \text{ kg} = \left(\frac{(299\,792\,458)^2}{(6.626\,070\,15 \times 10^{-34})(9\,192\,631\,770)} \right) \frac{h \Delta \nu_{Cs}}{c^2} \approx 1.475\,521\,4 \times 10^{40} \frac{h \Delta \nu_{Cs}}{c^2}$$

この定義は、 $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$ という単位(物理量である作用と角運動量の双方の単位)を定義していることを意味している。

※ 計量法計量単位令の定義(令和元年5月20日施行)

プランク定数を10の34乗分の6.626 070 15ジュール秒とすることによって定まる質量

シリコン球(2008~)

新たなキログラムの定義の基準となるプランク定数を決定するために製作したシリコン球。直径は約94mmであり、正確に体積を測定するために極限まで真球に近くなるように研磨された。球を地球に例えた場合、真球からのずれは1mであり、世界で最も真球に近い物体とされている。

定義の改定後は、新たな定義に基づいてキログラムを実現するための標準分銅として利用される。



シリコン球体積測定用レーザー干渉計(2008~)

シリコン球を用いてプランク定数を決定するために、NMIJで独自に開発したレーザー干渉計。長さの国家標準である光周波数コムで校正されたレーザーの波長を基準として、シリコン球の直径を1ナノメートルより良い精度で測定する。球の体積は約2000方位からの直径測定の結果から求める。

定義の改定後は、プランク定数を基準としてシリコン球の質量を測定する役割を担う。

