



# プランク定数にもとづく キログラムの新しい定義

産業技術総合研究所 工学計測標準研究部門 質量標準研究グループ  
倉本直樹

## 1. はじめに

人類は様々な計測技術を開発し、この世界の様々な現象を解き明かそうとしている。物の質量を正確に測定しようとする試みはその根幹であり、素粒子から惑星までの幅広い対象の質量を測定するための様々な技術が開発されている。また、世界各国の研究者と手を取り合って、未知の深淵をのぞきこむためには、共通の測定基準が必要である。現在、世界共通の単位「キログラム」が、その役割を担い、研究者間のシームレスな情報共有を可能としている。このため、キログラムの定義が高い普遍性と再現性を兼ね備えることが、情報共有の精度を高め、測定結果の確からしさを検証し、さらに高精度な測定技術を導くための鍵となる。

2019年5月20日、そのキログラムの定義が、130年ぶりに改定された<sup>1-3)</sup>。新たな定義は物理定数「プランク定数」にもとづく。本稿では、人類史上初となる普遍的な物理定数にもとづく質量の単位の定義を導いた最先端の計測技術について解説する。定義の改定によってもたらされる、新たな質量計測技術についても紹介する。

## 2. キログラムの定義の変遷

キログラムの起源は18世紀末のフランスにさかのぼる。フランス革命のさなか、ラボアジェ(Antoine-Laurent de Lavoisier, 1743-1794)によって水の密度が測定され、水1リットルの質量としてキログラムは定義された。ただし、質量測定のたびに水を準備するのは現実的でない。そこで、質量が水1リットルとほぼ等しい白金製の分銅が製作され、基準として用いられた。これが「確定キログラム原器」であり、フランスの国立公文書館で保管された。

その後、白金よりも硬く摩耗しにくい白金イリジウム合金を用いて、質量が確定キログラム原器とほぼ等しい分銅が製作された。これが国際キログラム原器であり、1889年に開催されたメートル条約の最高議決機関である国際度量衡総会において、その質量としてキログラムが定義された。その後、2019年までの130年間、驚くべきことに同一の分銅が世界中の質量の基準として使われ続けていた。図1に示すように、国際キログラム原器は、三重のガラス容器に収められ、パリ郊外の国際度量衡局で厳重に保管されていた。ただし、表面汚染などのため、国際キログラム原器の質量が過去100年間で1億分の5kg程度変動した可能性のあることが問題となっていた。わずかな変動であるが、近年の計測技術の進展においては無視しえない大きさとなりつつあった。そこで、約200ある物理定数のいずれかを1億分の5を凌ぐ精度で決定し、その値を基準としてキログラムの定義を改定する構想



図1 国際キログラム原器  
(Photograph courtesy of the BIPM): 高さおよび直径が39mmの円筒型分銅。19世紀末の最先端材料「白金イリジウム合金」で作製された。