

# 国際単位系(SI)の定義改定に至った経緯と その影響について



産業技術総合研究所 計量標準総合センター 工学計測標準研究部門

藤井賢一

## 1. はじめに

2018年11月16日、科学史に残るような重要な出来事があった。メートル条約にもとづいてベルサイユで開催された第26回国際度量衡総会(CGPM)において、国際単位系(フランス語: Système international d'unités, 英語: International System of Units, 略してSI)を構成する七つのSI基本単位のうち、四つの定義を同時に改定することがメートル条約加盟60カ国の大半の賛成で採択されたのである<sup>1,2)</sup>。特に1889年以来、130年間変わることのなかった国際キログラム原器(international prototype of the kilogram: IPK)による質量の単位の定義が廃止され、基礎物理定数にもとづく新しい定義へ移行することになった。この新しい定義は2019年5月20日の世界計量記念日(World Metrology Day: メートル条約の締結日)から世界一斉に施行された。

SI単位の大きさには我々の五感で感じることができる大きさの量が選ばれてきた。これは、科学技術だけではなく、産業や商業、貿易などにおいてもSI単位を用いることができるようするために、これらの社会活動においても便利な大きさをもつ実用性を重視してきたからである。例えば、キログラム(kg)の由来は純水1Lの質量であり、その定義には白金イリジウム合金製のIPKが用いられてきた。ケルビン(K)も元々は水の氷点と沸点との温度差を100等分することから出発したものであり、キャンドルを語源とするカンデラはろうそく1本分の明るさが基準だった。

これとは対照的なのが原子単位系や自然単位系<sup>3)</sup>である。原子単位系では真空中の光の速さ $c$ 、プランク定数 $h$ 、電気素量 $e$ 、ボルツマン定数 $k$ 、重力定数 $G$ などの基礎物理定数を基準として単位が決められている。これらの単位系を用いれば量子力学や相対性理論、素粒子物理学などにおける式の表現を簡素化することができる。しかも、基礎物理定数の大きさは変わらないので、人工物を含む単位系にはない優れた安定性と普遍性がある。しかし、その大きさは極めて小さく、例えばボーア半径と呼ばれる長さの原子単位には基底状態にある水素原子の電子軌道半径として定義しているため、その大きさは $5.292\cdots\times 10^{-11}\text{ m}$ である。人間の五感で察知することは到底できない。

このため、実社会におけるSIの利便性を確保しつつ、基礎物理定数による定義の普遍性を取り入れるために、全てのSI基本単位を基礎物理定数や普遍定数によって定義しようとする動きは1970年代からあった。しかし、これまでIPKの質量安定性を超える精度でプランク定数 $h$ やアボガドロ定数 $N_A$ を測ることができなかつたため、キログラムの定義改定は長い間実現しなかった。2012年の科学誌Nature<sup>4)</sup>によれば、キログラムの定義改定は重力波検出などと並んで、物理学において解決できていない五つの重要課題の一つに挙げられていた。しかし最近ようやく、IPKの質量安定性を超える精度で $h$ や $N_A$ を測定することが可能になり、キログラム(kg)、アンペア(A)、ケルビン(K)、モル(mol)の定義をそれぞれプランク定数 $h$ 、電気素量 $e$ 、ボルツマン定数 $k$ 、アボガドロ定数 $N_A$ を用いて同時に改定することが採択された。

本稿では、1889年以来変わることのなかったキログラムの定義を中心に、SI基本単位の定義が改定されるに至った経緯について解説し、新しい定義がもたらすが意義とその影響について述べる。