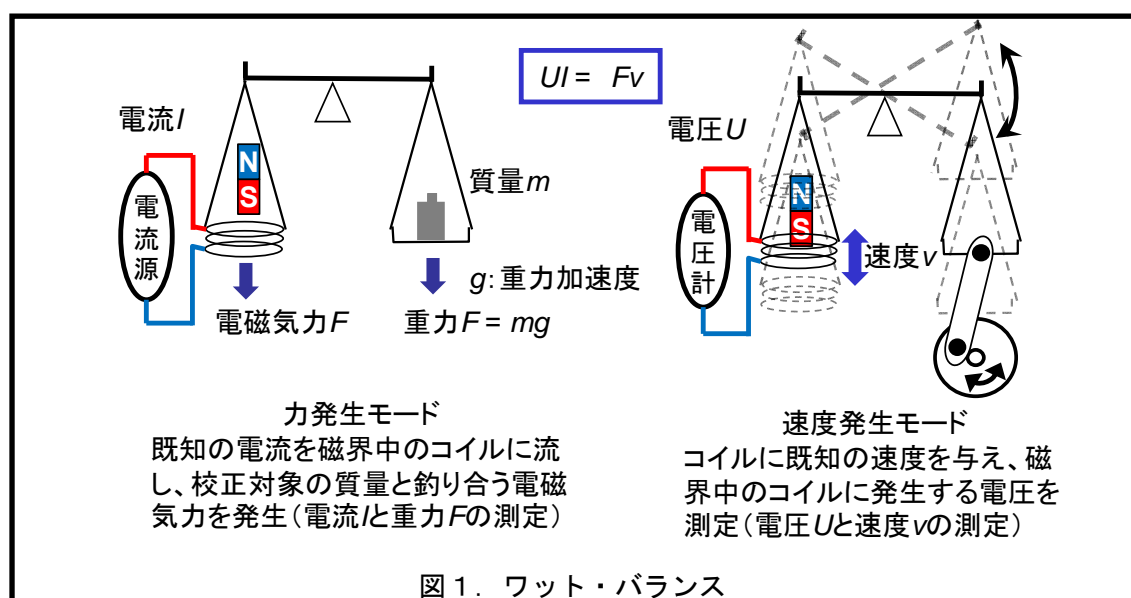


ここまで縷々プランク定数と量子論、(特殊)相対性理論とエネルギー・質量の等価性から、質量の新しい定義を論じてきました。

・電磁波のエネルギーは最小エネルギーの整数倍しか取り得ず、その最小値は $h\nu$ で与えられる。ここに ν (ニュー) は電磁波の周波数、 h はプランク定数。
 ・質量とエネルギーの関係は光の速さを c とするとき $E = mc^2$ で与えられる。共にエネルギーを与える式なので、ある質量 m について $mc^2 = h\nu$ つまり $m = h\nu/c^2$ と、プランク定数と光速 (及び振動数) で質量を示すことが出来る、つまり「キログラムはプランク定数を正確に定めることで定義できる」

そしてこの定義に基づいてキログラムを現示する方法として、ワット・バランスがある、ということを示しました。つまり、器物ではなく、現象とそれを司る物理法則から単位となる量を実現する方法を示しました。



ところで物質は細かく分解すると、物質としての性質を留めていられる最小の単位、すなわち原子・分子に到達します。原子・分子は同じ性質を持っている (同位体は区別することとする) はずなので、原子・分子の個数を数えれば、質量が決めます。考えてみれば、もともとの1キログラムとは、水1リットルの質量に由来していました。温度を一定にして熱膨張の影響を排除するなど、当時1リットルを正確に測る技術が無かったためにこのアイデアは退けられ、結局合金による原器が採用されたのですが、ある均質な物質を既知の量だけ寄せ集めて質量を現示する、という考え方は自然です。

この考え方を化学の分野で示した単位が「モル」で、現在12グラムの炭素12に含まれる原子の数、とされています。様々な実験から、その値 (構成個数) は $6.022 \cdots \times 10^{23}$ と求められています。そしてこの数字は「同温同圧のもとでは、全ての気体は同じ体積中に同数の分子を含む」、という、分子を集団として

捉えた原則を見いだした科学者、アメデオ・アヴォガドロ（イタリア・1776～1856）にちなんでアボガドロ数、と呼ばれます。モルに含まれる構成要素は23乗という膨大な数字（個数）ですが、プランク定数（ ~ 34 乗レベル）が量子化単位というミクロな数字なら、アボガドロ数はミクロな構成要素（原子）を人間が扱える集団にスケールアップする係数、と見る事が出来ます。

ある集団に含まれる原子の数を測定するため、単結晶シリコンの格子定数と、集団の体積を測定する方法がとられています。シリコンは現在最も均質で巨大な結晶を作製できる工業材料です。その格子定数をX線回折で測定すると、正方格子状のシリコン単位胞1個が占有する体積が決定できます。一方、シリコン全体の体積を測定すれば、その中に含まれる原子の数が決定できます。丁度、煉瓦の壁があったとして、煉瓦一個の体積と、壁全体の体積が判れば、壁を構成する煉瓦の数が判るようなものです。そして煉瓦一個分の質量（原子量）から、全体の質量を決定する事が出来ます。そしてこの方法で質量を決定する技術は、日本とドイツが先頭を走っています。

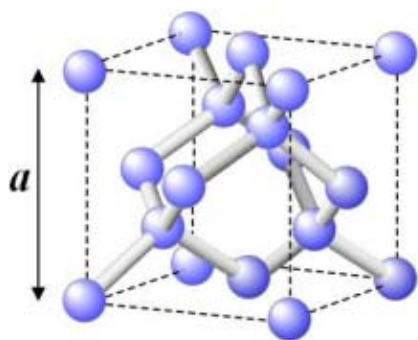
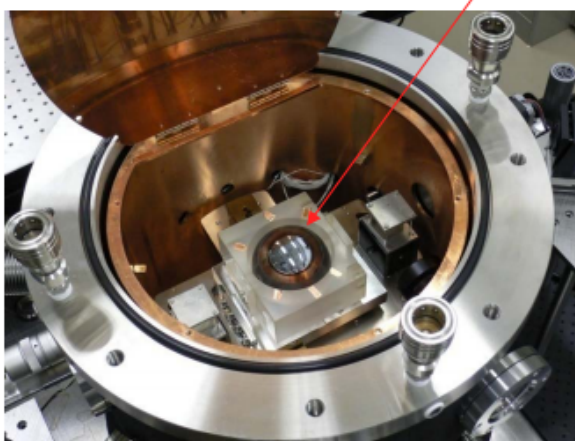


図2（左）. シリコンの結晶構造
この単位胞には8個のシリコン原子が含まれる。一辺の長さ a は格子定数を表す

図3（下）. 産総研のシリコン体積測定装置
球体に仕上げたシリコンの体積を測定する。
球体が最も精度良く体積測定出来る。

単結晶シリコン球体



ところで今日10月23日は、化学の日（日本化学会、化学工学会、新化学技術推進協会、日本化学工業協会提唱）です。なぜかという、アボガドロ数の底（10）と指数（23）によるとのことです。

文責：臼田孝 本文章は個人の見解であり筆者が属する如何なる組織を代弁するものでもありません。引用明記のない写真・図版は筆者または産業技術総合研究所に帰属します。