

SI 単位寸描

手 嶋 桓

1. SI の 歩 み

国際単位系 (International System of Units, 略称SI) の歴史は1948年の第9回国際度量衡総会 (CIPM) に溯る。(財)日本規格協会が1972年の第210回標準会議で、SIのJISへの採用を3段階に分けて進める方針を決定し、1974年以降JIS改定の実行に踏み切って今日に及んでいる。単位系間の換算表の現格化 (準備段階) の作業を経た第1段階は、現用単位のあとに国際単位数値をカッコ書きするとし、第2段階では逆に国際単位の後に現用単位をカッコ書きにし、第3段階で国際単位のみにするとした。この背景は、1969年推薦規格1000でSIの採用を決め、1973年に一部改善された国際規格ISO1000を公刊したISOの動きである。またイギリスは1975年、ソ連は1975年、西ドイツは1980年、アメリカは1983年をそれぞれ目標にSIの切換をする計画を明らかにしている。日本規格協会は前記第1段階を終るべくJIS改訂を急速に進めているようで、ほぼその終結を告げているように見受ける。また同協会からSIに関する解説書、手引、事典等が刊行され、日本機械学会も第1段階に呼応する機械工学便覧改訂第6版を1976年に発行、さらに本年8月に機械工学マニュアルを発行し、SI導入の火蓋が切られた感がある。

1972年の頃、私はS I の上記経緯を知らないまま研究にこれを導入していた。その根拠は、エネルギー問題を思考する上で何の矛盾もなく素直に導入ができて計算も簡単になったことであろう。1973年初夏のクラス会で、あるクラスメートからS I の紹介をうけて意気投合し、その直後参考資料と共に1972年のISO/DIS1000のDRAFTの送付が同君からあり、それによって同案に対して、オーストラリア、チェコスロバキア、南アフリカの3ヶ国だけが技術的理由で反対した以外は、オーストリア、ベルギー、ブラジル、ブルガリア、カナダ、セイロン、チリ、デンマーク、アラブ連合、フランス、ドイツ、ハンガリー、インド、イラン、アイルランド、イスラエル、イタリー、日本、オランダ、ニュージーランド、ノルウェー、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スイス、タイ、トルコ、イギリス、アメリカ、ソ連のすべての加盟国が賛成したことを知り、以後講義内容もS I に切換えて今日に及んだ。最近入手したアメリカの研究論文3篇がいずれも完全にS I を採用していたことは、1983年がアメリカの切換目標である(前記)ことの裏付けを伺わせる。切換の第1段階にある日本はS I 単位PRの過程で、質量と重量の相違を区別するために重量、力の単位として従来のkgの代りにkgfを使用しようとする程度である。例えばこの使い分けをするならば、比重は意味があっても比重量 γ kgf/m³は不安定な価でありそれよりも密度 ρ

kg/m³を選ぶべきで、従って比容積も又v m³/kgとすべきであるが、依然としてv m³/kgfとしてある。(機械工学便覧改訂6版)。有識者だけがこの問題をとり上げるだけでは、規格協会の独り相撲が遠々と続くに過ぎない現状である。文部省通産省はもっと明確な態度を表明して方策を推進しない限り、世界のS Iに対する動きに大きく取り残される懸念がある。

2. 機械工学におけるS I寸描

S Iの基本単位の中から、質量kg、長さm、時間S、温度Kだけを取り出して見る。他の単位系と同様に、速度m/s、加速度m/s²、面積m²、体積m³、密度kg/m³、比容積m³/kg、回転数Hz、更に力N(1 N = 1 kg·m/s²)；圧力Pa(1 Pa = 1 N/m²)；力のモーメントN·m；応力Pa又はN/m²；エネルギー、仕事、J；仕事率、動力、W；粘度Pa·s；動粘度m²/s；等の組合せ単位が出来てゆく。これ等はすべて1対1で対応するので、例えば従来の馬力のように換算係数は考えない。問題は熱関係で、1 kcal ≒ 4186 J と考えなくてはならない。これは1 K (1°C)の目盛巾を変更しない限りはこの関係は厳存するわけで、若しそうするならば従来の単位系がこわれてしまう。1 kgの水を1 K上昇させる熱量は4186 J と考えを改めるより方法はない。

$$\text{熱力学第一法則の表示式} \quad dq = du + dL = du + Pdv$$

$$\text{エンタルピの定義式} \quad h = u + pv \quad dh = dq + vdp$$

$$\text{エネルギー流動の一般式} \quad h_1 + \frac{1}{2} w_1^2 + gZ_1 + q - L = h_2 + \frac{1}{2} w_2^2 + gZ_2$$

これ等の式中の各項は、熱エネルギー、機械的なエネルギー、運動エネルギー、位置エネルギーで、何れもS IではJで表わされる。従って異なる種類のエネルギーでもその組立は容易である。

$$\text{動力測定装置を使用する場合の} N_E = 2\pi n T = \omega T$$

は、トルクをN·m、回転速度をHz又は毎秒(s⁻¹)で計測することによってN_EWが直接算出される。

燃料消費率は現在g/PS·hの形で表わされているがS Iでどうなるであろうか。

$$g \rightarrow \text{kg}, \quad \text{PS} \rightarrow \text{W}, \quad h \rightarrow s \quad \text{の変換を考えれば}$$

$$g / \text{PS} \cdot h \rightarrow \text{kg} / (\text{W} \cdot \text{s}) \rightarrow \text{kg} / \text{J}$$

となるべきであろう。単位仕事当りの燃料消費量となり明解である。

理論的に究めるときは概ね難を伴わないが、問題は先輩の示して来た実験式である。これをどの様に消化するかには苦勞を伴う場合が多い。例えば核沸騰の中のプール沸騰に対する西川氏の式に $\alpha = 8.0 \left[f_s^2 \cdot f_p^2 \cdot \frac{1}{M^2 P} \cdot \frac{C_p \cdot \lambda_r^2 \cdot \gamma_r^2}{\sigma \cdot r \cdot \gamma_g} \right]^{1/4} q^{2/3}$ がある。各記号の単位は次の様である。

$$\alpha : \text{kcal} / \text{m}^2 \text{h}^\circ \text{C}. \quad C_p : \text{kcal} / \text{kg}^\circ \text{C}. \quad \gamma_g, \gamma_r : \text{kgf} / \text{m}^3. \quad \sigma : \text{kgf} / \text{m}. \quad r : \text{kcal} / \text{kg}.$$

$$q : \text{kcal} / \text{m}^2 \text{h}. \quad \lambda_r : \text{kcal} / \text{mh}^\circ \text{C}. \quad M : 900 \text{m}^{-1}. \quad P : 1699 \text{kcal} / \text{h}$$

(機械工学便覧改訂6版11-32)

S Iで表示するにはこれ等の単位系ならびに数値を

$$\alpha : \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}). \quad C_p : \text{J} / (\text{kg} \cdot \text{K}). \quad \gamma_g, \gamma_r \text{ は } g\rho_g, g\rho_r \text{ とおきかえて, } g = 9.80665 \text{m} / \text{s}^2.$$

$$\rho_g, \rho_r : \text{kg} / \text{m}^3. \quad \sigma : \text{N} / \text{m}. \quad r : \text{J} / \text{kg}. \quad \lambda_r : \text{W} / (\text{m} \cdot \text{K}). \quad M : 900 \text{m}^{-1}. \quad P : 1.976 \text{W}.$$

$$q : W/m^2$$

とすることによって上式はS I 単位の実験式として使用できる。

3. S I への脱皮

何事も脱皮には勇気が必要である。S I への脱皮にも同じように決断と勇気と協力が伴わねばできない。決断の妨げに食わず嫌いがあってはならない。食べて見ると食べ易くよく消化してしかも美味であると私はS I について断言できる。牛肉を3 N下さいと思うから使いにくいので300 g (0.3kg)と従来のまゝでよく、これが牛肉の量つまり質量なのである。体重60kg; 宇宙船重量10.000kgは質量を示すと考えれば地球から遠く離れて行っても60kgは60kgであり、10.000kgは10.000kgで変わりなく、若し60kgf, 10.000kgfとするならばそれ等は異った数値に変わってゆく。重力のNを考えるとかえって厄介になる。1 kgの水を1 K (1 °C) 温度を高めるのに約4.2kJの熱が必要だと思えばこれで殆んどの場合のもやもやは解消できるように思う。使ってみて私と同じように味うとするならば、S I への脱皮はその国の行政如何であろう。本当に切替えるのか、暫らく様子を見るのか、日本規格協会の決定方針をそのまま放置するのではなく、学校教育にいつ導入するのか、圧力計はいつPa単位になるのか、エンジン出力はいつからkWにするのか、カロリーメータをジュールメータにいつするのか、行政方針を明らかにして国民の協力を得る必要がある。三次元の世界に大きく前進するであらう21世紀を前にして、物の量がその存在位置で変わるような重力単位系に固執することは許されない。エネルギーは変換できるとしながらエネルギーを計る物指がその種類によって異なるのは、煩わしい限りである。実際にS I 単位を使用してみてその快感を味わって欲しいと思う。