SI 単位とその導入の問題点について*

会 員 中 島 衆 男**

1. 単位の移り変り

単位はより便利なもの、より共通のもの、より合理的なものへと、時代とともに移り変って行く。

単位という考えは、人類がささやかな社会生活を営むようになって生れたものであろう。始めの頃は、恐らく人間の身体の各部分の長さとか、農耕社会にあっては収穫物に関係した量とかが単位として用いられたのは当然の結果であつたろう。尺とか握（つか）とか尋（ひろ）あるいはインチとかフットとかグレーンなど多くの例が見られる。

文明の進歩とともに、一方では測定精度が要求され、単位がその厳密性を増して行く。他方社会の規模は増大し、交流の範囲が拡大され、一地域社会にしか通用しない単位では物の役に立たなくなり、その共通化が進む。さらに産業革命以来の学問技術の進歩は、急速な工業の発展を招き、単位も人間の五感の範囲のみのものでは間に合わなくなり、学問的に次々と新しい単位が生れ、広く人間の生活とかかわりあうようになる。そして地球が狭くなって行くに従って、全世界共通なしかも合理的で使いやすい単位系に対する要求が次第に強くなって来る。

2. メートル法の誕生と普及

上記のような流れに対し、まず長さと質量すなわち度量衡の単位を従来よりも高い精度で定義して国際的な基準にしようという要望が高まり、世界の26の国が参加して1872年にフランスで国際会議を開いた。その結果、1875年に国際規約、いわゆるメートル条約が生れ、17の国がこれに調印した。

その内容は

- (1) 長さと質量の国際標準を作る。
- (2) 国際度量衡局を設立する。

- (3) 国際度量衡総会を設立し、6年ごとに開催する。
- (4) 国際度量衡委員会を設立し、2年ごとに会議を開き、度量衡会議の推薦規格を実施し、国際度量衡局の活動方針を決定する。

となっている。

その後メートル法は次第に世界各国に普及し、我国も1885年にメートル条約に加盟した。1975年8月1日には条約加盟国の数は45に達した。また1966年の国際度量衡局の発表によれば、メートル法を強制している国は96となっている。

3. SI 単位系への発展

イギリス、アメリカの両国はメートル条約には加盟していたが、ヤード・ポンド法をひろく用いて来た。メートル法の中にも、使用分野によって cgs 単位系、MKS 単位系、重力単位系などいくつかの単位系が現われ、なかでも重力単位系はメートル法、ヤード・ポンド法を問わず、工学・工業の世界で広く愛用されて現在に至っている。

メートル法はもともと度量衡から出発している。しかしその後の学問・技術の進歩により度量衡以外の単位の必要性が強まり、その分野ごとの発達歴史に従っているような単位系が生れた。

一方世の中の動きは、学問、技術、産業などの各分野の間の壁が次第に取り除かれる方向に進んでおり、貿易の自由化、多国籍企業、さらにはヨーロッパ協同体のように国家の壁を部分的ながら打ち破ろうという傾向さえ見られる。

このような事態になると、過去の伝統に縛られて互いに独立な単位系を固守していることは、世の中の発展に何の役にも立たないどころかかえってこれを阻害することになる。ここに単位の統一の要望が生れる。このことはまた1875年のメートル法条約制定の初心に立ち帰るこ

*International System of Units and Our Textile Industries.

**K. Nakajima, Member. 大阪府立大学 工学部 教授 (工博), 本会ISO/TC 72繊維機械部会 部会長

とでもある。

1948年の国際度量衡総会はこのような情勢のもとに、メートル条約加盟国が採用できるような実用的計量単位系を確立するよう、国際度量衡委員会に指示した。同委員会は直ちに活動を開始し、その結果は、1960年の国際度量衡総会において最終的に採択され、新しい国際単位系が生れ出たのである。またこの単位系を国際単位系と呼び、略称はそのフランス語 *Système international d'unités* から SI という表現を用いることにきまった。その後さらに若干の改訂・追加が行われ、現在に至っている。

4. SI 単位の特長

SI 単位の内容を紹介する前に、その特長を掲げるのは順序が逆のようでもあるが、以下の特長があればこそ、全世界共通の単位系として注目を集めているので、先走ってあえてここで提灯持ちをしておく。

(1) SI 単位は完全に coherent な系を構成していること。いいかえればその中からどれか2個の単位量を選び出し、掛算あるいは割算すれば、これらの積あるいは商の値は上記演算によって得られる新しい物理量の単位量となることである。

coherent という言葉はSI 単位の話の中で非常によく出て来るが、この言葉にピッタリと対応する日本語が見当たらないように感じられるので、原語のままにしておいた。辞書を繰ってみると、もともとは「くっついて一つになる」という意味であるが、それより転じて「一致している」とか「矛盾しない」となり、さらには文体、論理、話の筋などが「理路整然としている」とか「首尾一貫している」ことを示すのに用いられるとある。「一貫性のある」というような訳が一番近いのかもしれない。

デニール d は一種の綿密度の単位であるが、重力単位でいって g f/m ではなく、 $1/9,000 \text{ g f/m}$ を 1 d と定義している。このように $1/9,000$ という定数が必要となるやり方は coherent ではないというわけである。もうひとつ例を上げておく。かつて燃数の単位 turns/in を改めて turns/2.5cm とか turns/2.54cm としたことがあった（まだ残っているかもしれないが）。これらを書き直せば $(1/2.5) \text{ cm}^{-1}$ とか $(1/2.54) \text{ cm}^{-1}$ となり、これまた前に係数が残り、coherent ではない。

(2) SI 単位では、科学・技術に必要なほとんどすべての単位が7個の基本単位と2個の補助単位とから誘導される。このことは前項の性質の当然の帰結であるが、また同時に、なくてもすむ単位をいたずらに増すことなく、必要な単位の種類が最小限に抑えられる。

(3) SI 単位では、それぞれの物理量に対応する単位

は1種類しかない。このことはやはり(1)項の性質によるもので、単に7個の基本単位のみならず、無数に作り得る組立単位についても成立する。それ故たとえば糸番手のように、綿番手を筆頭に何種類もの番手が存在することではなく、そのための無用な混乱が回避される。

(4) SI 単位では、質量の単位と力の単位とをはっきり区別し、それぞれ別個の名称を与えている。またエネルギー従ってパワーの単位を統一しており、現行の単位系のように応用分野ごとにちがった名称を用いることを避けている。

(5) SI 単位の倍数及び分数表示は、 10^{-18} から 10^{18} までの広い範囲にわたっているが、途中の刻みを制限することによって、これらの倍数単位及び分数単位の数をできるだけ減らしている。

以上のような特色を有するので、各種のデータの表示及びその解釈が統一的行われ、また各種の単位間の関係が簡単明瞭になる。

5. 基本単位と補助単位

基本単位と補助単位とを表1に示す。基本単位は下のよう

表1 基本単位・補助単位

	量	名 称	記号
基 本 単 位	長 さ	メ ー ト ル	m
	質 量	キ ロ グ ラ ム	kg
	時 間	秒	s
	電 流	ア ン ペ ア	A
	熱力学温度	ケ ル ビ ン	K
	物 質 量	モ ル	mol
補 単 位	光 度	カ ン デ ラ	cd
	平 面 角	ラ ジ ア ン	rad
助 位	立 体 角	ステラジアン	sr

(1) メートルは、クリプトン86原子の準位 $2p_1$ と $5d_1$ との間の遷移に対応する光の真空中の波長の $1,650,763.73$ 倍に等しい長さとする。

(2) キログラムは、重量とか力とかの単位ではなく、質量の単位で、国際キログラム原器の質量に等しい。

(3) 秒は、セシウム133原子の基底状態の二つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の $9,192,631,770$ 周期の継続時間とする。

(4) アンペアは、真空中に1 mの間隔で平行に置かれた無限に小さい円形断面積を有する無限に長い2本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ1 mごとにその大きさが $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ (ニュートン：後出)の力を及ぼし合う不変の電流とする。

(5) ケルビン

温度の 273.16 分の 1 とする.

(6) カンデラは, 圧力 $101,325\text{N/m}^2$ の下において, 白金の凝固点の温度にある黒体の $1/600,000\text{m}^2$ の平らな表面の垂直方向の光度とする.

(7) モルは, 0.012kg の ^{12}C と同数の構成要素を含む系の物質質量とする.

以上 7 個の基本単位中, kg のみは国際キログラム原器の質量で定義された人為的なものであるが, それ以外は高精度で測定でき, 再現性のある現象を基準としている.

表 1 で明らかなように, SI 単位では力の単位の代りに質量の単位が kg として基本単位に含まれており, 従来の重力単位との際立った違いを示している (詳しくは後で触れる).

温度はケルビン K が基本単位として選ばれているが, これまでよく用いられている摂氏温度 $^{\circ}\text{C}$ もセルシウス温度という名でその使用が認められている. セルシウス温度における温度差 1°C とケルビン温度差 1K とは等しく, 0°C は 273.15K に相当するので, セルシウス温度 t とケルビン温度 T との間には $t = T - 273.15$ の関係が成立する. セルシウス温度にのみ「 $^{\circ}$ 」の記号を付けるのは, 組立単位のクーロン C との混同を避けるためである.

表 1 中の単位記号には, ピリオド「 $.$ 」を付けない. 複数形にして「 s 」を付けることもない. さらに大文字と小文字の使い分けは, 表 1 に示す通りで, 勝手に変えて使用してはならない. 文中に単位名を英語で書くときは全部小文字で書く. ただ文首に来たときは最初の文字だ

け大文字にする.

補助単位は基本単位, 組立単位のいずれとを考えてもよいことになっている.

6. 組立単位 (誘導単位)

実用上必要となるあらゆる組立単位が SI 基本単位から, 代数の演算により「 $/$ 」, 「 $\cdot$ 」の記号やべき記号を用いて誘導される. ただし coherent な性質を害わないように誘導する必要がある, 上記の代数演算で得られた組立単位の係数は当然 1 でなければならない. たとえば速度の単位は m/s あるいは $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ であり, 密度は kg/m^3 あるいは $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ である.

このようにして, どんな組立単位でも作り出すことができるが, 日常よく用いられるものにはやはり適当な名称を付けておく方が便利であろうということから, 表 2 の名称が定められた. 単位名及び記号の書き方は基本単位の場合と同じである.

7. 10の整数乗倍単位と接頭語

以上のようにして得られる基本単位, 補助単位, 組立単位を用いて何かの量を表したとき, 数値が過大あるいは過小になると不便である. これを防止するために, 倍数あるいは分数で表される単位が用いられる. すでに基本単位中に出ているキログラムはもともとグラムの 1,000 倍に当る倍数単位である. ここで特に断っておかねばならないが, SI 単位では質量の基本単位をグラムにせず, キログラムとしており, この点で倍数・分数単位に対する一貫性が損われている.

表 2 固有の名称をもつ組立単位

量	組 立 単 位		組立方法
	名 称	記 号	
周 波 数	ヘルツ	Hz	$1\text{ Hz} = 1(\text{cycle})/\text{s}$
力	ニュートン	N	$1\text{ N} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
圧力・応力	パスカル	Pa	$1\text{ Pa} = 1\text{ N}/\text{m}^2$
エネルギー・仕事・熱量	ジュール	J	$1\text{ J} = 1\text{ N}\cdot\text{m}$
仕事率 (工率)	ワット	W	$1\text{ W} = 1\text{ J}/\text{s}$
電荷・電気量	クーロン	C	$1\text{ C} = 1\text{ A}\cdot\text{s}$
電位・電位差・電圧・起電力	ボルト	V	$1\text{ V} = 1\text{ J}/\text{C}$
静電容量・キャパシタンス	ファラド	F	$1\text{ F} = 1\text{ C}/\text{V}$
電気抵抗	オーム	Ω	$1\Omega = 1\text{ V}/\text{A}$
コンダクタンス	ジーメンズ	S	$1\text{ S} = 1\Omega^{-1}$
磁束	ウェーバ	Wb	$1\text{ Wb} = 1\text{ V}\cdot\text{s}$
磁束密度・磁気誘導	テスラ	T	$1\text{ T} = 1\text{ Wb}/\text{m}^2$
インダクタンス	ヘンリー	H	$1\text{ H} = 1\text{ Wb}/\text{A}$
光 束	ルーメン	lm	$1\text{ lm} = 1\text{ cd}\cdot\text{sr}$
輝 度	ルクス	lx	$1\text{ lx} = 1\text{ lm}/\text{m}^2$
放 射 能	ベクレル	Bq	$1\text{ Bq} = 1(\text{disintegration})/\text{s}$
吸収線量	グレイ	Gy	$1\text{ Gy} = 1\text{ J}/\text{kg}$

さて倍数、分数表示として、メガ、キロ、デシ、センチ、ミリなど従来から多く使われて来たが、SI 単位ではこれを表3のように定めた。基本的には 10^3 間隔であるが、 10^3 倍から 10^{-3} 倍の間のみは従来の慣習通り 10^1 間隔である。

表3 接頭語

倍 数	接 頭 語		記 号
	和 文	英 文	
10^{18}	エ ク サ	exa	E
10^{15}	ペ タ	peta	P
10^{12}	テ ラ	tera	T
10^9	ギ ガ	giga	G
10^6	メ ガ	mega	M
10^3	キ ロ	kilo	k
10^2	ヘ ク ト	hecto	h
10^1	デ カ	deca	da
10^{-1}	デ シ	deci	d
10^{-2}	セ ン チ	centi	c
10^{-3}	ミ リ	milli	m
10^{-6}	ミ ク ロ	micro	μ
10^{-9}	ナ ノ	nano	n
10^{-12}	ピ コ	pico	p
10^{-15}	フェムト	femto	f
10^{-18}	ア ト	atto	a

上記のように質量のみ基本単位をキログラムに選んであるので、キログラムの $1/1,000$ はグラムであって、ミリキログラムとは言わない。以下同様で、質量の倍数あるいは分数単位のみはグラムに接頭語を付けて表す。

ひとつの単位には接頭語を二重に用いてはならない。ナノメートルは理屈の上ではミリマイクロメートルであるが、後者のような合成表示は用いない。

割算によって作られる組立単位の場合、分母には接頭語を使わない (kg は例外)。KJ/kg (キロ ジュール毎キログラム) とか mN/m (ミリ ニュートン毎メートル) とすべきで、J/g とか N/km とはしない。また J/g/s のように分母に斜線を二重に使わない。ついでに触れておくと、記号 m はメートルとミリとの両方の意味を持つので、上記の例の mN はうっかりすると、ミリニュートンかメートル ニュートンかわからなくなる恐れがある。それ故メートル ニュートンのときは、N・m とか N m と書いて間違いを防ぐ。

特に注意するほどのこともないが、 1mm^3 と書いても、 10^{-9}m^3 と書いてもよいことは、従来通りである。しかしある量を示す場合、数値が 0.1 と 1,000 の間に入るように、単位を選ぶのが原則である。すなわち 0.00394m とはせず、 3.94mm とする。

8. SI 以外の単位

SI 単位は 10 のべきを基準にしているので、 60 進法などは認められていない。しかし時間の単位である分 (min)、時 (h)、日 (d)、角度の単位である度 ($^\circ$)、分 ($'$)、秒 ($''$) は我々の日常生活とも密接に結び付いた単位であるから、これを捨て去るわけにはゆかない。そこで、これらの諸単位は SI 単位ではないが、その併用が認められている。これは SI 単位の coherent な性質に対する大きな例外である。またリットル (ℓ)、トン (質量, t) も使用が許されている。特殊な分野での使用が認められている単位に、電子ボルト (エネルギー) eV、原子質量単位 (質量) u、天文単位 (長さ) AU、パーセク (長さ) pc、バール (流体圧) bar がある。繊維工業においては綿密度の単位として tex ($1\text{tex} = 10^{-6}\text{kg/m}$) が認められている。またアール (a)、ヘクタール (ha)、ノット、海里なども暫定的に使ってよいことになっている。しかしミクロン、エルグ、ダイン、重量キログラム、ポワズ、ストークス、mmHg、mmHg などは使用しないと定められている。

9. SI 単位導入の問題点

SI 単位を導入するに当たって一番問題になるのは、質量と力との関係であろう。現在なお工業において広く用いられている力の単位は kg である。これはもともと kgf とか kgw (重量キログラム) とすべきものであるが、工業の世界では kg を質量の単位に用いることはないので、混同する恐れのないままに kg と表す習慣になっている。一方質量の単位は力と加速度から誘導される $\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{cm}$ (厳密には $\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{cm}^2$) である。

これに反して SI 単位では、従来の cgs 単位や MKS 単位と同じように、質量の単位に kg を用いている。力の単位には、質量 1 kg の物体に 1m/s^2 の加速度を生ぜしめるような力 $1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ を coherent なものとして選び、これに力学の始祖のニュートンを記念した名称 newton を与えた。

このことはある意味では大変革である。尺貫法をメートル法に変えたところの騒ぎではない。初めにも述べたように、単位という概念は恐らく人間の日常の体験から生れたものであろう。重量物を地上から持上げる体験から力 (重力) の概念が生れ、これが水平あるいは任意の方向に物を動かす場合にも拡張されて一般的な力の概念となったものと想像される。そう考えれば、重力単位が生れたことは極めて自然な成り行きである。

質量という概念はニュートン力学によって導入された。物体を加速する時、同じように加速するにしても、物体によってその手答えはちがう、すなわちその物体の運動に抗する固有な性質が考えられる。この固有な性質として質量という概念が生れた。それ故質量は理論的・

抽象的概念である。

ニュートンの運動の法則によれば、物体の重量はその質量に比例し、その比例定数は重力の加速度に等しい。こと地球上に関する限り、この重力の加速度はほぼ一定で、その値は約 9.8 m/s^2 である。

しかしながら重力の加速度はたとえ地球上といえども、赤道と極、海面と高山の山頂とでは $1/1,000$ のオーダーではあるが若干異り、まして月面へ降り立てば地球上での数分の一になってしまう。それ故重力から出発することは人間の体験からすれば非常に自然ではあるが、質量の単位を定義する場合 coherent な性質が失われてしまう。

先にメートル法への切り換えどころではない大変革といった意味はこの点にある。日常生活で米何キロ、牛肉何グラム買って来るのなら、従来の重力単位で何ら不自由はない。しかし学問技術が進歩し、工業のかかわりあう範囲も、原子核などの極微の世界から宇宙開発のような地球の彼方にまで及ぶようになった。そろそろ単位も日常生活の体験の世界から論理的・抽象的世界へ移行せねばならないであろうというわけである。

好都合なことに、従来の重力単位の重量あるいは重さ 1 kg (1 kg f) は、SI 単位の質量 1 kg にそのまま横すべりさせればよい。それ故日常用いられている秤の目盛りはそのまま SI 単位の質量の目盛りと考えればよい。このように重量(力)から質量への切り換えは数値的には簡単であるが、逆に力の重力単位 1 kg f は SI 単位では 9.8 N (正確には 9.80665 N) となり、1 桁変るとともに端数がついてまわる。

重力単位から SI 単位への切り換えに当っては、質量、重量、力の 3 者の関係(実はニュートンの運動の法則)を明確にしておくこと、いいかえれば重量は力であり、質量とは全然ちがった概念であるが、その値は地球上では質量に比例しているために、便宜上重量で質量の代用が可能な点をよく理解しておくことが大切であろう。

力に関連して、一方では圧力と応力、他方ではエネルギーとパワーに触れておきたい。前者が N/m^2 となることはいうまでもなく、これにパスカル(Pa)という名称が与えられている。エネルギーあるいは仕事は従来、力学の分野で $\text{kg} \cdot \text{m}$ などが、熱の分野では cal などが、電気の分野では J などが用いられて来たが、SI 単位では $\text{N} \cdot \text{m}$ すなわちジュール(J)に統一された。従ってパワーは J/s となり、これには従来からのワット(W)の名称が与えられている。また古くから親しまれて来た電力量の単位 $\text{W} \cdot \text{h}$ はその使用が認められている。

最後に SI 単位への換算に触れておこう。換算率はい

ろんな資料に与えられているが、有効数字をいくらか残すかに注意せねばならない。換算すべき数以上に有効数字をとっても無意味である。よく行われる方法として、測定精度あるいは製作公差をまず換算して、その最初の数字が何桁目に来るかによって有効数字の数を決定する方法がある。

10. SI 単位と繊維工業

繊維工業へ SI 単位を導入した場合、もっとも大きな影響を受けるのは、番手・織度の単位であろう。恒長式と恒重式とがあり、その上に分野ごとに基準値のとり方が過去の伝統を受け継いでまちまち、正に戦国時代の様相そのままの現状が、すべて線密度 tex で統一される。もちろん太番手の糸から細いフィラメントまでだけに止まらず、スライバのような中間製品をも含めた広い範囲を取り扱うことになるから、当然 ktex , dtex , mtex などの諸単位を使いわけの必要があり、その使いわけについても実際上使いやすい習慣が確立されることが望まれる。このことは実用上大切なことなので特に付言しておきたい。

呼称番手を換算する場合、次の注意が必要である。例えば綿糸 20 s を tex に換算すると、正確には 29.53 tex となる。 20 s という値が実測値であるならば、その換算値は 29.53 tex でなければならないが、 20 s が呼称番手である場合は上の値を丸めた 30 tex を用いるべきであろう。かつてヤード・ポンド法をメートル法に切替えたとき、互換性に執着する余り、呼称値にまで端数を付けた失敗を繰り返すべきではない。もっともその実現に当っては、過渡期の混乱をどう防ぐかという点に慎重に考慮が払われねばならない。

次は応力や弾性係数などである。重力単位では kg/mm^2 , kg/cm^2 , g/mm^2 などが用いられている。一方 Pa は N/m^2 であるから、約 10^{-7} kgf/mm^2 に当り、実用上小さすぎる。それ故実際に用いられるのは、 kgf/cm^2 , kgf/mm^2 に対しては MPa (メガパスカル)、また gf/mm^2 に対しては KPa (キロパスカル) となろう。現在広く用いられている kgf/cm^2 や kgf/mm^2 の代りに、数値的にこれら両者の中間の値をとる N/mm^2 (実は MPa と同じ) を使ってはどうかという意見もある。

応力に関連して、繊維工業でよく用いられる量に tenacity g.p.d. がある。その SI 単位に 2 通りの考え方がある。ひとつは分母を線密度 tex に変える方法で、こうすれば N/tex となる。今ひとつは分母のデニールを gf/km に変える方法で、この場合は gf/gf/km , すなわち単に km となってしまう。これは糸の強さを表わすスレンゲと同じ考え方の表現である。後者は概念的には非常にすっきりした表現となっているが、SI 単位の基

本概念の coherent であるという点からして多少問題がありそうに思われる。もし混乱するようであれば、ISO / TC 38あたりではっきりした結論を出す必要がある。イギリスでは mN/tex を採用しているようである。

それ以外も細かなことをいい出せばきりがなから省くことにする。イギリス規格協会は繊維工業へ SI 単位を導入する問題を1960年代から研究していたが、その結果が発表されているので、参考までに表 4 に紹介しておく。

表 4 繊維工業用 SI 単位 (イギリス)

量	単位	量	単位
長さ	mm	スティッチ長さ	mm
	m	コース密度	courses/cm
	cm	ウェール密度	wales/cm
幅	mm	カバー ファクタ (織物)	(threads/cm) $\sqrt{\text{tex} \times 10^{-1}}$
	cm	質量の面密度	g/m ²
試片長またはゲージレングス	mm	撚数	turns/m
厚さ	mm		turns/cm
線密度	tex	撚係数	(turns/cm) $\sqrt{\text{tex}}$
	mtex	切断荷重	mN
	dtex		N
	ktex	引裂強さ	N
直径	μm	テナシティ	mN/tex
	mm	比強力	mN/tex
経糸密度	picks/cm	破裂強さ	KN/m ²
緯糸密度	ends/cm	曲げ剛性	mN $\cdot$ mm ²
織機上の経糸密度	ends/cm		

11. SI 単位と ISO

国際度量衡委員会が SI 単位を研究して成果を上げているのと併行して、ISO はその技術委員会 TC 12 (量・単位・記号・換算率及び換算表) に SC 2 を設け、「SI 単位及びそれらの倍量・分量の適用に関する通則」を検討した。その結果が1966年にまとまり加盟各国の意見を求めて修正案を作り、1967年に再び意見を求め、1969年最終的に推薦規格 ISO / R 1000 「国際単位系による単位の適用及び SI 単位の倍量・分量の選択に関する通則」を制定した。

その後 ISO は1969年になって、その諸規格に SI 単位を優先的に採用することを決定した。続いて国際度量衡総会の諸改訂に伴って R 1000 の改訂の作業を進めていたが、その成果は1972年に ISO/DIS 1000 にまとめられ、翌1973年にはこれが ISO 1000 として制定刊行された。

以上の経過をたどって、ISO は SI 単位を正式に採用する方針を定めた。それ故いよいよ SI 単位への転換

の過渡期に入ったことになる。これに対応し、1974年の時点で、イギリスは1975年、ソ連は1978年、西ドイツは1980年、アメリカは1983年を目標に SI 単位に切り換える計画であった。また多くの調査資料によると、多数の国が最終的には SI 単位に切り換える方針で、その作業を開始している模様である。

最後に現在の ISO/TC 72 繊維機械専門委員会で SI 単位がどのように取り扱われているかに触れておこう。

手許にある ISO 規格には適当な例が見当たらないので、審議中のものを探してみた。例えば ISO/DIS 98 Covering characteristics of top rollers においては、ローラの加圧力を $F = \text{saddle force in decanewtons}^{1)}$ と指示し、欄外に脚注として 1) 1 daN $\sim$ 1.02kgf と説明している。いいかえればもう完全に SI 単位表示になっており、従来の単位は誤解を避けるための説明用になっている。

N を起用せず、daN が登場しているのは、形の上では SI 単位に移行しているが、実質的には重量キログラムにおける数値をいましばらくそのまま温存して混乱を防ぐという配慮による。

昨秋のベルリンでの ISO/TC 72/SC 1 第14回会議で上記の議案を審議した際、力の単位を N にするか daN にするか問題となった。最終的には投票によって決定することとなり、フランス、ポーランド、スイスが daN に、ドイツと日本とが N に賛成し、ベルギー、インド、イタリア、イギリスが棄権した。それ故 N か daN かという問題についてはまだ完全に意見が一致したとはいえないのが現状であろう。

12. SI 単位と JIS

このような海外の情勢に対応して、我国ではまず SI 単位が計量法に取り入れられた。すなわち1966年に計量法を大幅に改訂し、電気測定法をも統合した機会に、SI 単位が第1順位に掲げられた。しかし従来からの慣用単位も併記されたので、実質的には SI 単位はほとんど普及しなかった。

工業標準調査会は1970年に JIS を改訂し「Z8202 量記号及び単位記号」を制定した際に SI 単位を取り入れたが、これまた慣用単位と併記という形を取っており、SI 単位の普及と直接結び付くことはなかった。

1972年になって、日本規格協会の標準化原理委員会は日本標準調査会に、「日本工業規格に国際単位系 (SI) を優先的に使用する」ことを建議した。この建議を受けて標準調査会長は各部会長に

(1) 日本工業規格に SI 単位を採用することに対する適否。

(2) 採用する場合の方法。

(3) 影響が大である規格とそれの場合の対策。
の3件を審議するよう要請した。

繊維部会を含めて各部会でそれぞれ審議が行われたが、基本的な反対はなかったので、同年々末の標準会議で下のように決定された。すなわちSI単位を日本工業規格に下の諸段階を踏んで取り入れる。

- (1) M.K.S. 単位とSI単位との換算表を基本部会でJIS化する。
- (2) 各JISにおいてM.K.S. 単位による数値の後にSI単位による数値を括弧書きする。
- (3) 各JISにおいてSI単位による数値の後にM.K.S. 単位による数値を括弧書きする。
- (4) 各JISをSI単位のみで表示する。

現在はこの議決に従ってJISの改訂の段階(2)にあり、段階(3)との切り換えは当時は本年3月とされていたが、少し延びそうな様子である。

それではすでに発行されているJIS規格でどのように表示されているかをみてみよう。一例としてL5131-1976 粗紡フライヤを見ると、以前は「重量(g)」となっていたのが、「質量(g)」と改められSI単位1本になっている。しかもSI単位で表示していることを断ってない。他の規格を見ても大体機械的に「重量」を「質量」に改められるところは、このように処理されているようである。もうひとつの例としてL1079-1976 化学繊維織物試験方法を取ってみると、引裂強さのところで「最大荷重(kgf) {N}」, 破裂強さのところで「破裂強さ(kgf/cm²) {N/cm²}」, 摩耗強さのところで「空気圧は0.281kgf/cm² {2.76×10²Pa}」, 滑脱抵抗力のところで「荷重(約0.5~1.0kgf/2.54cm) {約4.90~9.81N/2.54cm}」と示されており、明らかに併記式をとっている。この2例で明らかのように、現在では前記の段階(2)のもの(L1079)と段階(4)のもの(L5131)とが入り交って出まわっているので、この辺の事情に詳しくない人が「質量(kg)」にとまどう恐れがある。利用する場合特に注意する必要がある。

またL1079の中には「織物の質量(g/m²)」という表現があり、適用範囲の備考のところには「この規格の中で{|}を付けて示してある単位及び数値は、国際単位系(SI)によるものであって、参考として併記したものである」と記されており、論理的に解釈すると、先の「織物の質量(g/m²)」は自己矛盾に陥ってしまう。正しくは「織物の単位面積当りの質量(g·f·s²/m³) {g/m²}」とすべきであろう。このように過渡期にありがちとはいえ、若干の混乱が見られる。標準調査会繊維部会の事務局に注意はしてあり、いつかはすっきりした形に改められるであろうが、部会委員として現状に責任を感じている。

少し脱線しすぎたかもしれないが、単位の切り換えというのは大変革であって、綿密な計画と慎重な実施とが混乱を防止するのに必要不可欠であることをいいたかったのである。

前に呼称値のSI単位への切り換えについて一言触れたが、これに関連したことが分銅にも起る。秤は質量を測る装置と考えれば、その分銅は質量で定めるべきで、従来の重量1kgfの分銅は質量1kgの分銅と解すればよく、刻印を打ち変える必要はない。これに対し紡機や織機では力を加えるために分銅の重力を利用しているものがある。この場合分銅の呼称を質量で示すならば、従来の刻印そのまま使える。もし荷重用であるからということで、分銅に作用する重力を呼称に用いるならば、1kgfの呼称を9.8Nに改めねばならない。呼称寸法はきっちりの数が望ましいから、本来ならば10Nにすべきであるが、そうすれば分銅を作り変えねばならない。規格としてはどちらを採用すべきであろうか。

この種の問題は、これ以外にも案外出て来そうである。さし当り屈辱で割り切ってしまう限り、実際問題としてはどちらとも軍配を上げにくい。やはり時間が解決する問題であろう。

13. 諸外国のSI単位導入状況

ご承知のように、ヤード・ポンド法を墨守して来た2国のうち、まずイギリスがメートル法への切り換えに踏み切った。そこで注目されるのは最後に残ったアメリカの動向である。そのアメリカがいよいよ重い腰をあげようになった。その間の事情の若干を紹介しておこう。

古くは1967年に Regional Administrative Conference が「メートル法に転換することに伴う諸問題に対する建設的な解決策を提案し実施する作業委員会を設立する」という決議を通過させている。翌1968年にはアメリカ機械学会(ASME)の理事会は Special Committee on Metric Study を設けてこの問題の研究を始めた。他方 Public Law 90-472 により商務省の National Bureau of Standards(NBS)もメートル法の研究を行っており、アメリカ機械学会はNBSの研究を支持し、さらには American National Standards Institute (ANSI) などの各種機関とも連絡を取りながら、その活動を続け、1971年7月にはアメリカ国会に U.S. Metric Study Report を提出した。

この報告はまず工業規格が工業の発展に対して重要な役割を演じていることを再確認した上で、ANSIはISO及びIEC (International Electrotechnical Commission) におけるアメリカ代表でありながら、アメリカの工業規格に関与することの余りにも少なく、そのためISOや

IECの推薦規格がアメリカの工業規格と一致していないことを指摘している。このような実情を打破するにはアメリカの実情を国際規格に反映させるには起草委員会に積極的に参加することが必要不可欠であり（我国のISO / TC72における事情と全く同じことが述べられているのは興味深い、というよりは身につまされる）、アメリカ規格にSI単位を採用せずにおれば、国際規格の発展からアメリカは見放されてしまうであろうと懸念している。

その後1975年に至って、ついにアメリカはメートル法（SI単位）への切り換えを決意し、時の Ford 大統領は同年12月23日に Metric Conversion Act of 1975 に署名し、Public Law 94-168 が成立した。こうしてアメリカは他の単位の併用は認めるが、SI単位を優先単位とすることがきまり、今後10年間はいずれを用いてもよいこととなった。このことは逆にいえば、アメリカの実質的な切り換えはかなりおくれるということにもなる。

以上がアメリカの様子であるが、最近になって日本規格協会の標準化原理委員会SI分科会が海外のSI導入状況をアンケート調査した。関心の深い問題と思われるので、結果の一部を紹介しておこう。

アンケートに答えた工業国は24、途上国は7である。主な工業国で回答のなかったのはドイツとチェコである。

まず国家規格へSI単位を実質的に導入した主な工業国はフランス、イギリスで、まだ導入の完了していない国は20であったが、アメリカ以外の主要国は1980年代の始めまでには完了を予定している。

それぞれの国の計量法との関係については、ほとんどの国でSI単位が法律的に認められている。また22国がSI単位とそれ以外の単位との併用を認めている。さて問題はSI以外の単位がいつから禁止されるかという点であるが、1980年以前と答えた国は7、1980～1982年が12、近い将来または未定が4であり、EC諸国はほとんどがEEC指令に従うと答えている。EEC指令によると、おそくとも1978年初めから使えなくなる単位は重量キログラム、カロリー、工学気圧、mmHg、仏馬力その他であり、1980年初めから使えなくなる単位はダイン、エルグ、ポアズ、ストークス、ガル、オングストローム、標準大気圧その他である。なおインチ、フット、マイル、オンス、ポンドその他の廃止時期は1979年末までに検討されることになっている。スウェーデンは原則的にSI単位以外を禁止している唯一の国である。

それでは一体産業界での普及はどうなっているかというと、こちらは当然のことながら規格や法規のように進捗していないようである。SI普及率が75%以上と答えた国が12もあったが、実質的にはベルギー、フィンラ

ンド、フランス、スウェーデンなどの国々であろう。オランダは75～50%、イギリスは質量と長さの単位はおおよそ70%、圧力の単位は10%くらい、カナダは現在は25%以下であるが、ここ4年くらいの間に急増するはずと答えている。

このようにSI単位の普及を阻害している要因としては、「従来単位への執着」をあげた国が18で、これはメートル国にもヤード・ポンド国にも共通している。以下「SI目盛の計測器類がない」が16、切り換え費用が大きい」が12、「従業員再教育のための資料不足」が5となっている。計測機器についていうと、パスカル目盛の圧力計、ニュートンメートル目盛のトルクレンチ、ニュートン目盛の材料試験機などの入手困難の問題があり、SI単位の普及はこの問題の解決に大きく左右されるであろうとのことである。

14. SI単位と学会活動

以上のような世界の情勢と学会というものの指導者的、先駆者的役割とを併せ考慮するとき、SI単位の導入に大きな関心を寄せることは当然であろう。

最近になって、ヤード・ポンド法の大本山であるアメリカで、まずアメリカ機械学会がその Tr. ASME にSI単位を採用することを決定した。ただし Tr. ASME はいくつかの Series に別れており、それぞれの導入時期が一定していないようであるが、例えば歴史の古い Series E の J. Appl. Mech. は1974年7月1日より全面的にSI単位に切り換え、それ以外の単位を記入した場合、括弧書きにするか脚注の形でしかその記入を認めないという大改革をやった。その上機械工学の分野別にSI単位に関する懇切丁寧な案内書を10種類も刊行し、その普及・教育に努めている。

つづいて Textile Research Institute が明年1月1日からSI単位をその Textile Research Journal に全面的に採用することを昨年の9月の同誌上で発表し、この場合も従来からの単位は括弧書きでしか認めていない。

以上のようにアメリカの身近な分野の学会では、すでに我国のJISの現状よりも一歩前進した段階に入ろうとしていることは、我々にとって非常に大きな警鐘となる。

ひるがえって我国ではどうかというと、計測自動制御学会が1970年4月1日よりSI単位を導入し、先駆者の明を誇っている。筆者に関係のある範囲の学会に限られるが、それ以外にはSI単位を使用している学会を知らない。

一二年前に筆者は非公式に口頭で本会の論文集編集委員会にその導入の研究の必要性を申し入れたが、時機尚早として一蹴された記憶がある。しかしこのような情勢

になって来ると、その導入の具体的方法の検討を始めるべき時機が到来したのではなかろうか。

この種の切り換えは何分大変革で、慎重に準備してから行わないと、無用の混乱と摩擦とを招くことは繰り返して述べて来た。この点に関してアメリカ機械学会は、換算方法とか文中に出て来る場合の表示の仕方だけではなく、図や表の中でどのように取り扱うかまで詳しく指示していることを申し添えておく。日本人はマニュアルなしでやるのが上手な国民であるから、そこまでする必要はないかもしれないが、要するに過度段階においては、重力単位で示してあるのか、SI単位で示してあるのかを明確にしておくことは最小限必要である。

15. おわりに

以上SI単位とその導入の問題点について述べた。紙上あるいは机上で片付く規格その他においてすら多くの問題をかかえており、現に多少の混乱さえ見られる。ましてこれを工業の世界へ持込む場合、具体的実施方法の決定及びその実行については、十二分の慎重さと周到さが必要である。全工業界において一斉に切替ってくれないと混乱を生ずる。しかし現実の問題となると、切り換えの実施を一夜にして行うことは出来ない相談である。実施に時間がかかる。その上、頭の切り換えにはもっと時間がかかる。この点を配慮して基本単位に力を選ばずに質量(慣性)を加えたといえ、皮肉であろうか。

世界はすでにSI単位への統一に向って動き出した。

地球が狭くなった今日、好むと好まざるとにかかわらず、我々も同じ方向に歩まねばならないであろう。経済急成長、石油ショックなど急激な変化は大きなひずみを残した。単位の切り換えという大事業に当面している現在、慎重かつ周到な準備のもとに、労力と経費を不必要に使うことなく、滑らかな移行が実現し、世界中のみながより便利になることを祈りたい。

参考文献

本稿を書くに当って下の諸文献を参考にした。記して謝意を表する。

- 1) JIS Z8203-1974 国際単位系(SI)及びその使い方
- 2) JIS Z8202-1974 量記号及び単位記号
- 3) ISO 1000 SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units
- 4) 小特集「国際単位系(SI)、計測と制御」13, 625~668 (1974)
- 5) ASME Guide SI-1, ASME Orientation and Guide for Use of SI (Metric) Units, 6th Ed., ASME, 1975.
- 6) SI Units and the Textile Industry, Text. Inst. Ind., 8, 103~105 (1970)
- 7) A Selection of SI Units suggested for use in the Textile Industry, Text. Inst. Ind., 9, 36 (1971); 11, 76 (1973); 11, 189 (1973).
- 8) G.G. Stoner, The International System of Units (SI), Text. Res. J., 46, 623~628 (1976)
- 9) 日本規格協会標準化原理委員会SI分科会, 海外諸国におけるSI導入状況調査報告書, 日本規格協会, 1977.
- 10) 小泉製襪勝, 歴史の中の単位, 総合科学出版, 1970.

▶ 正会員費・学生会員費の納入について ◀

■ 会費について

昭和52年度(昭和52年4月~53年3月)の会費のご請求をいたしました但未納の方は下記要領で至急ご送金下さいますようお願いいたします。

■ 送金方法

- i) 請求書に同封の払込用紙(郵便局)を利用されるのがもっとも便利です。
その他現金など(小切手・為替)の場合は、ご面倒でも書留でお送り下さい。
- ii) 送金の場合 氏名、勤務先、担当業務、

送金の明細を明記して下さい。

特に正会員の会員の登録は個人となっており
ますので会社からお払い込みの場合にも必ず個人
人名を明記願います。

	1 か 年	半 か 年
正 会 員 費	6 000円	3 000円
学 生 会 員 費	2 000円	1 000円