

## 資 料

53.081(100)

### 国際単位系(SI)について

地質調査所編集委員会\*

#### 1. はじめに

国際単位系(略称SI)は、その使用を国際的にすすめられており、また最近はかなり普及してきて、わが国でも研究や教育の分野はもちろんのこと、工業や通商にも普及浸透しつつある。

国際単位系は *Système international d'unités* を略称して SI と呼ばれる。1960年の第11回国際度量衡総会でその使用を国際的に勧告されたものである。

単位は、数量的な思考の基礎に個人としても社会としても根強く入っているものであって、それを変更することは容易なことではない。特に誘導単位ほど面倒であり、また中にはケタ数の移動だけでは済まないものもある(これは電磁気関係と熱関係に多い)。

しかし科学技術の国際的な普遍性と、計測技術の急速な進歩・普及を考えると、かなりの努力を重ねても、国際的で普遍的な SI を採用すべきであると信ずる。わが国の最近数10年の間に、単位系は CGS 単位系 (centimeter-gram-second) から MKSA 単位系 (meter-kilogram-second-ampere) を経て SI に進んできた。そして SI は今後のその大筋において変わることはないであろう。

SIの基本精神は場所や時間や時代によって変わることはない、普遍性がありかつ国際性のある単位系を作ることである。もっともこの基本精神は元来度量衡の基本精神で SI に限ったものではないが、その国際性と統一性が特に強調されたわけである。

例を少し述べよう。

古典的な時間単位の定義は平均太陽時から導かれていた。1年の平均太陽日の1/24が1時間であり、その1/60が分、さらに1/60が秒だった。しかし SI では「セシウム133の原子の基底状態の2つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の 9 192 631 770 周期の継続時間を1秒とする」ということになっている。

長さに関しては発想としては「地球の子午線にそった一周を40,000,000mとする」であり、実際には「メートル原器の長さ」であった。SIでは「クリプトン86の原子の準位  $2p_{10}$  と  $5d_5$  との間の遷移に対応する光の真空中における波長の 1 650 763.73 倍に等しい長さ」が1mの定義である。

これらの定義の発想は「普遍性」である。次に統一性の例を述べよう。かつて熱量の単位はカロリーであった。SIでは熱量がジュールに統一された。物理学で熱量とエネルギーあるいは仕事と同じであることが示されたのはかなり以前であり、仕事の熱当量  $4.19 \text{ cal/J}$  がこの2つの量を結んでいた。しかしエネルギーという多様なもの—機械エネルギー、電気エネルギー、光エネルギー、熱エネルギー、化学エネルギーなど—を統一しその互換性を明らかにするには、単位の統一が最も便利である。その上カロリーの定義には  $15^\circ\text{C}$  カロリー、IT カロリーまたは国際カロリー、熱化学カロリー、計量法カロリーなどがあるので、その統一は一層意義あるものになる(それらの当量は第6表に示される)。

個人にとって数量的な考え方は、単位の存在を意識の下にかくして行われることが多い。体重が63といえは kg であって、ポンドや貫ではない。光の速さは  $3 \times 10^{10}$  と記憶する人にとり単位の cm/s は省略されている。こうして単位は社会的な習慣としても個人の思考としても数量の前提になっているので、直ちに全面的に変えることは至難なことである。8帖の広さは日本人には4坪であり  $13.2 \text{ m}^2$  は実感が

\* 文責：中条純輔・柴田 賢

とぼしいし、一升ビンが1800ml ビンでは味気ない。しかし日本人がヤード・ポンド法で単位をいわれたり、温度を華氏でいわれれば、これまた判かりにくいし実感が伴わないものである。

「単位を変更し定着せしめる」ことは、世代の変わる程度の早さでしか実現できないことなのかもしれない。

しかし国際単位系 SI を採用する趨勢は、その名の如く国際的な趨勢である。

SIが1960年に勧告されて以来、その採用に口火を切ったのは英国である。長年にわたり使い慣れてきたヤード・ポンド系をすてて、英国は1965年から SI へ切換えを始め、1975年までに完了した。ソ連は1978年、西ドイツは1980年、アメリカは1983年を目標に SI に切換える計画を明らかにした。その他の国でも SI の採用は、JIS で有名な日本規格協会のアンケートによれば、70%以上の国であるという。

日本でもこれら国際的な情勢を考慮して、1972年に日本工業標準調査会標準会議は、SI を JIS に導入する方針を打出し、1974年4月1日付で通産大臣により制定された (JIS Z 8203)。

こうして SI の普及・発達は、国際的にも国内的にも、あるいは科学・技術・通商などあらゆる数量を扱う分野で広がってゆくであろう。

しかも日本にとって非常に幸いなことに、SI は後に述べるように MKSA系に非常に近い。新しい教育を受けた人々は大体 MKSA 系に準拠しているので、SI への変更は2、3の例外を除き困難は少ないだろう。古い教育を受けた人は尺貫法はいざしらず、CGS系ではケタずれを生ずるものが多い。例えば力の単位1 dyn は SI では  $1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$  (ニュートン) という具合である。

このSI への切換えは、MKSA 系を使っていたわが国では英国や米国の場合よりはるかに容易である。英国や米国における SI のための努力や費用は相当大きいものであろう。

MKSA 系を SIへ変更する主要な点は次のようなものである。

- ・物質量 mol が基本単位になった。
- ・10の倍数の範囲が広がった。
- ・圧力の単位パスカル Pa ( $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ , 従来はバーレルで  $1 \text{ bar} = 10^6 \text{ Pa}$ ) と、コンダクタンスの単位  $S$  ( $S = \Omega^{-1}$ , 従来はモーで  $1 \text{ mho} = 1 \text{ S}$ ) の呼名を決めたこと。
- ・熱量の単位カロリー cal をやめて、エネルギーの単位ジュール J に統一すること。
- ・仕事率の単位の馬力 (現在は仏馬力) をやめてワット W に統一すること。

しかしSIへ統一する過渡期における混乱を避けるために、実施面ではいろいろの配慮がなされている。

以下、第2節で「なぜ SI への切換えが必要か」を述べ、第3節「国際単位系 (SI) の概要」を説明し、第4節「国際単位系 (SI) への切換えの要点」で問題点や統一で派生することをのべる。第5節「SI単位への切換えで問題になる単位の換算率表」では、CGS系や国際重力系と SI の換算を表示する。第2-5節は、日本規格協会発行の「これからの単位—SI とは—」(1977-12) より同協会の許可をえて転載したものである。第6節「その他」は、地学関係に多い単位と使用例を中心に筆者等が補足したものである。

上記転載を快諾された日本規格協会に心より謝意を表する。

## 2. なぜ SI への切換えが必要か

その理由は簡単である。すなわち

1. 世界中の国々が SI 単位を採用するから
2. 従来のものより合理的で便利だから

まず第1の理由の世界的という点は、何といても強い。貿易上、あるいは技術や情報の交流上、日本だけが世界から孤立して、やっていけるものではない。

世界の主要国は、いま、国際規格 ISO 1000 [国際単位系 (SI) の使い方] に従って、国内の計量単位の使用を SI に標準化しつつある。アメリカ合衆国はすこし遅れるが、その他の主要国は、だいたい

1980年ころまでに、それぞれの国内の規格で使う単位を、SIに切換えてしまうことになっている。

わが国では、従来メートル系を使ってきた。工学や産業界では、同じメートル系であるが、重力単位系が非常に多く使われている。これを捨てて SI に移行することによって、世界の各国と歩調を合わせようとするのである。

例えば、キログラムは力の単位ではなく、質量の単位である。力の単位としてはニュートンを使う。

圧力の単位としては重量キログラム毎平方センチメートルをやめて、パスカル Pa (ニュートン 毎平方メートル  $N/m^2$ ) を使うのである。

このような切換えをするには、かなりの抵抗があるので、どの国も何年かの過渡期をおいて、なるべく無理なく移行するように計画している。

このようにして、世界の計量単位が一つに標準化されることによる利益は、はかりしれないほど大きいものであることはいままでもない。

第2の理由の合理性と便利性は、程度の問題である。本来は合理的なものは便利であるはずであるが、この2つは互いに矛盾することがある。合理的なものが必ずしも過去の習慣になっていないし、その習慣に反することは、とかく不便であるからである。そこで、ある程度の妥協が必要になる。

もともと計量単位というものは、任意に定めるものであるが、学問、教育および産業活動において、また日常生活において、使用上便利であるということが条件である。SIは、メートル条約の加盟国のすべてが採用できるような実用的な単位系であるので、便利を主にしている。

このたび世界中の国々の産業界から一般社会まで、順を追って広く SI を使うことになったが、このことも、もちろん便利なことであるが、このように世界中が SI に切り換えようと決心したのは、それだけの理由があったからである。

まず、SIでは、一つの量に対して一つの単位を決めている。これは確かに合理的である。ところが、われわれは過去において、目先の安易な便利さから、つい種々の単位を一つの量のために使用してきた。そしてかえって混乱を生ずる結果におちいることがあった。

採用している SI 基本単位の定義が明確であり、現実には高い精度で具現されるということも、合理的である。

また、基本単位および補助単位から各種の組立単位が作り出されるが、そのとき、基本単位や補助単位を掛けたり割ったりした組合わせのほかに、1以外の数字係数を含むことはない。すなわち、各種の量の単位の相互関係が、いわゆる一貫性ある単位系の構成をしている。このことは合理的であるといえる。

例えば、圧力の SI 単位パスカル (Pa) は

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \quad \text{または} \quad 1 \text{ Pa} = 1 \text{ m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

ここに、m, kg, s は SI 基本単位、Pa と N は一貫性ある SI 組立単位である。

ところが従来から使われているバール (bar) という単位は  $10^5 \text{ N/m}^2$  であるから、一貫性ある単位ではなく、SI単位でない。しかし 1 bar は従来の  $1 \text{ kgf/cm}^2$  に近似しており、また 1 気圧にも近似しているので、ある方面ではこれを使う習慣がかなり根強い。ただちにこれの使用を禁じると不便を受ける向きもあるので、国際規格 ISO 1000 ではバールの使用を許容している。これは一種の妥協である。

なお、SIの単位は重力単位でないということから、教育上においても、合理的であるといえるであろう。

さて、SIへの切換えの必要性はともかく、JISがSIの単位を採用しただけで、産業界や学界、教育界など国内一般にSIが普及するだろうか。確かに規格だけでは力不足であるに違いない。工業教育界をはじめ一般のコンセンサスと協力が必要である。しかし一方において、ISOが率先してSIの単位を採用して世界の通商関係における単位の統一をリードしようとしているように、またイギリス規格BSが産業界よりも一足さきにSIを採用しているように、今は規格先導形の経過に効果が期待される傾向が見られる。

そのことは別として、単位系の切換えという大きな運動を始動させる引き金として、利用できるもの

はすべて利用すべきであり、規格はそのうちで最も適当な手段であるといえる。なぜかという、貿易を考えない産業はほとんどない。従って ISO 規格を無視することはできないはずであり、また工業教育の方面で JIS の影響力を無視することはできないからである。

もちろん、日本の工業教育界においても SI への移行が準備されている。例えば、1974年4月の全国大学機械工学系教育研究集會で行われたアンケートの結果によると、SI への移行が圧倒的多数 (90%) で賛成されており、またこの集會に出席した大学教授で教科書を書くときに SI を採用する予定の人は、同じく圧倒的に多い。これは一例であるけれども、外国における例も同じ傾向にあり、工業教育における単位は、近いうちに SI に統一されるものと考えてよい。

このように、わが国も SI への移行という大きな運動の始動がかかったところである。いろいろ困難はあろうけれど、この運動は必ず成就する。

### 海外諸国の SI 化

さきに、世界中の主要国がすべて SI を採用すると述べた。日本規格協会では ISO 加盟国における SI 化の近況を知るために、さきの 1973 年の第 1 回調査に続いて、1976 年から 1977 年にかけて、第 2 回の調査を行い、各国における SI 単位の法律上の地位について主として調査した<sup>1)</sup>。それによると、世界の主要国ではメートル系以外の単位およびメートル系の非 SI 単位の使用禁止についての法律的措置が、慎重に段階的に行われていることがわかった。

まずヨーロッパの主要国で計量単位に関する EEC 指令<sup>2)</sup>が適用される諸国では、おそくも 1978 年 4 月 21 日から SI 単位の使用が強制される。そして、おそくも 1978 年初めから使用不許可になる単位は、数種のヤード・ポンド系単位のほかに、重量キログラム (kgf)、工学気圧 (at)、水銀柱ミリメートル (mmHg)、仏馬力 (PS)、カロリー (cal) その他であり、おそくも 1980 年初めから使えなくなる単位には、ダイン (dyn)、エルグ (erg)、ポアズ (P)、ストークス (St) などの CGS 単位その他ヤード・ポンド系単位がある。このようにヨーロッパの主要国は、おそくも 1980 年からは、だいたい国際規格 ISO 1000 (日本の JIS Z 8203 とほぼ同じ) の線にそって、SI 単位を強制し非 SI 単位を禁止する国内法令の整備を急いでいる。

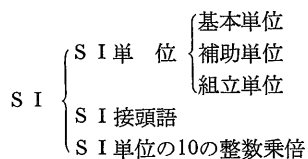
ヨーロッパ以外の主要国でも、アメリカ合衆国を除いて、ほとんどすべて 1980 年代初めまでに非 SI 単位の使用を禁止する。SI 化で最も遅れているアメリカでさえ、1975 年に“メートル転換法”を制定して、SI への移行を円滑に進めることと、そのため合衆国メートル局という政府機関を設けることを決めた。また州知事会議によって各州間メートル委員会が設けられて、全国的に統制ある SI 移行を指導する体制を確立し、200 年近く論議されてきたメートル転換 (SI 化) が軌道に乗って進みつつある。

このように海外の諸国は、工業先進国も開発途上国も、SI 単位への移行を進めている。したがって、これら諸国と日本との貿易取引で、すでに SI 単位が専用されている例が少なくない。

## 3. 国際単位系 (SI) の概要

### 3.1 国際単位系 (SI)

国際度量衡総会で採用され勧告された一貫した単位系。基本単位、補助単位およびそれから組み立てられる組立単位ならびにそれらの 10 の整数乗倍からなる。



1), 2) 海外諸国における SI 導入調査結果報告書 (1977-07) (日本規格協会) 奥付参照

### 3.2 SI 単位

SI の中の基本単位, 補助単位および組立単位の総称 (第4表).

### 3.3 SI 基本単位

SI における基本量の単位 (第1表).

### 3.4 SI 補助単位

(第2表).

### 3.5 SI 組立単位

SI における組立量の単位. 基本単位・補助単位を用いて代数的な方法で表されるもののほかに, 固有の名称をもつものもある (第4表).

### 3.6 SI 単位の10の整数乗倍

#### 3.6.1 SI 接頭語

SI単位の10の整数乗倍を構成するための倍数に用いる接頭語 (第3表).

#### 3.6.2 SI 単位の10の整数乗倍の構成および使い方

(1) 接頭語の記号は, すぐ後に付けて示す単位記号と一体になったものとして扱う.

$$\text{例: } 1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$$

(2) 合成した接頭語は用いてはならない. なお, 質量の単位の10の整数乗倍の名称は“グラム”という語に接頭語を付けて構成する.

例: マイクロキログラム ( $\mu\text{kg}$ ) ではなくミリグラム ( $\text{mg}$ ) とする.

(3) 整数乗倍は, 数が実用的範囲に入るような, 便利な大きさのものを選ぶ. 原則として, 数が 0.1 と1000の間に入るように選ぶとよい.

例:  $1.2 \times 10^4 \text{ N}$  は  $12 \text{ kN}$  と書く

$0.00394 \text{ m}$  は  $3.94 \text{ mm}$  と書く

(4) 合成された SI 単位では接頭語は一つだけ用いる. ただし特例として基本単位kgの接頭語 k は, 接頭語の数に入れない. 逆に単なる g の場合は, 接頭語つきとして数える.

### 3.7 単位記号および量を表す数の書き方

(1) 単位記号を印刷する場合は, 本文の他の文字とは無関係に直立体 (ローマン) 文字とし, 複数形を用いず, 終止符号 (ピリオド) を付けない.

(2) 量を表わす全数字の後には, その数字と単位との間に, 活字の幅の $\frac{1}{2}$ だけ間をあける.

(3) 量を表わす数のけた数が多い場合には, 3けたごとに区切って活字の幅の $\frac{1}{2}$ だけ間をあけて記載し, コンマをつけない方がよい.

$$\text{例: } 1 \text{ kgf/m}^2 = 9.806\ 65 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\ 400 \text{ s}$$

(4) 組立単位が2つ以上の単位の積で構成される場合には, 次のいずれかの方法で書くのがよい.

$$\text{例: } \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{Nm}$$

なお, 接頭語の記号と同一の単位記号を用いる場合には, 混同を避けるために注意する必要がある.

$$\text{例: } \text{ミリニュートン } \text{mN} \text{ とニュートンメートル } \text{N} \cdot \text{m}$$

(5) 組立単位が1つの単位を他の単位で除して構成される場合には, 次のいずれかの方法で書く.

$$\text{例: } \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{m/s} \quad \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

また、かっこを付けることなしに (m/s のような) 斜線を同一の行に 2 つ以上重ねてはならない。複雑な場合には、負の整数乗倍またはかっこを用いる。

例: ワット毎メートル毎ケルビン  $W/(m \cdot K)$  または  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

### 3.8 SI に含まれない単位

- (1) SI に含まれない単位であるが、実用上の重要さから併用できる単位および特殊な分野での有用さから併用してもよい単位がいくつかある。それらは第 4 表の備考欄に示してある。
- (2) 第 3 表の接頭語は、併用する単位の多くのものにも付けることができる。

第 1 表 SI 基本単位

量	単位の名称	単位記号	定義
長さ	メートル	m	メートルは、クリプトン86の原子の準位 $2p_{10}$ と $5p_8$ との間の遷移に対応する光の、真空中における波長の 1 650 763. 73 倍に等しい長さである。
質量	キログラム	kg	キログラムは (重量でも力でもない) 質量の単位であって、それは国際キログラム原器の質量に等しい。
時間	秒	s	秒は、セシウム 133 の原子の基底状態の 2 つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の 9 192 631 770 周期の継続時間である。
電流	アンペア	A	アンペアは、真空中に 1メートル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メートルごとに $2 \times 10^{-7}$ ニュートンの力を及ぼし合う一定の電流である。
熱力学温度	ケルビン	K	熱力学温度の単位、ケルビン、は、水の三重点の熱力学温度の $\frac{1}{273. 16}$ である。
物質質量	モル	mol	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. モルは、0. 012 キログラムの炭素 12 の中に存在する原子の数と等しい数の構成要素を含む系の物質質量である。</li> <li>2. モルを使用するときは、構成要素が指定されなければならないが、それは原子、分子、イオン、電子その他の粒子又はこの種の粒子の特定の集合体であってよい。</li> </ol>
光度	カンデラ	cd	カンデラは、101 325 パスカルの圧力のもとで白金の凝固点の温度にある黒体の、 $\left(\frac{1}{600\ 000}\right)$ 平方メートルの表面の垂直方向の光度である。

第 2 表 SI 補助単位

量	単位の名称	単位記号	定義
平面角	ラジアン	rad	ラジアンは、円の周上でその半径の長さに等しい長さの弧を切り取る 2本の半径の間に含まれる平面角である。
立体角	ステラジアン	sr	ステラジアンは、球の中心を頂点とし、その球の半径を 1 辺とする正方形の面積と等しい面積をその球の表面上で切り取る立体角である。

国際単位系 (SI) について (地質調査所編集委員会)

第3表 SI 接頭語

単位に乘ぜられる倍数	接頭語の名称	接頭語の記号
$10^{18}$	エ ク サ	E
$10^{15}$	ペ タ	P
$10^{12}$	テ ラ	T
$10^9$	ギ ガ	G
$10^6$	メ ガ	M
$10^3$	キ ロ	k
$10^2$	ヘ ク ト	h
10	デ カ	da
$10^{-1}$	デ シ	d
$10^{-2}$	セ ン チ	c
$10^{-3}$	ミ リ	m
$10^{-6}$	マイ ク ロ	$\mu$
$10^{-9}$	ナ ノ	n
$10^{-12}$	ピ コ	p
$10^{-15}$	フ ェ ム ト	f
$10^{-18}$	ア ト	a

第4表 SI 単 位

	量	単位の名称	単位記号	備 考
(1) 空間 及び 時間	平 面 角	ラ ジ ア ン	rad	$1^\circ(\text{度}) = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$ , $1'(\text{分}) = \frac{1^\circ}{60}$ , $1''(\text{秒}) = \frac{1'}{60}$ は併用できる。  $1 \text{ l}(\text{リットル}) = 10^{-3} \text{ m}^3$ は併用できる。 $1 \text{ min}(\text{分}) = 60 \text{ s}$ , $1 \text{ h}(\text{時}) = 60 \text{ min}$ , $1 \text{ d}(\text{日}) = 24 \text{ h}$ は併用できる。
	立 体 角	ス テ ラ ジ ア ン	sr	
	長 さ	メ ー ト ル	m	
	面 積	平 方 メ ー ト ル	$\text{m}^2$	
	体 積	立 方 メ ー ト ル	$\text{m}^3$	
	時 間	秒	s	
	角 速 度	ラ ジ ア ン 毎 秒	rad/s	
	速 度, 速 さ	メ ー ト ル 毎 秒	m/s	
加 速 度	メ ー ト ル 毎 秒 毎 秒	$\text{m/s}^2$		
(2) 周 期 関 連 現 象 現 及 象	周 波 数	ヘ ル ツ	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
	回 転 数	回 毎 秒	$\text{s}^{-1}$	$\text{min}^{-1}$ (回毎分) は併用してもよい。
(3) 力 学	質 量	キ ロ グ ラ ム	kg	$1 \text{ t}(\text{トン}) = 10^3 \text{ kg}$ は併用できる。
	線 密 度	キ ロ グ ラ ム 毎 メ ー ト ル	kg/m	
	密 度, 濃 度	キ ロ グ ラ ム 毎 立 方 メ ー ト ル	$\text{kg/m}^3$	
	運 動 量	キ ロ グ ラ ム メ ー ト ル 毎 秒	$\text{kg} \cdot \text{m/s}$	
	運動量のモーメント, 角運動量	キ ロ グ ラ ム 平 方 メ ー ト ル 毎 秒	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	

	量	単位の名称	単位記号	備 考	
(3) 力 学	慣性モーメント	キログラム平方メートル	kg · m <sup>2</sup>	1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>  1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> 1 bar (バール) = 10 <sup>5</sup> Pa に圧力の単位として併用してもよい。  1 J = 1 N · m 1 eV (電子ボルト) = 1.602 189 2 × 10 <sup>-19</sup> J は併用してもよい。 1 W = 1 J/s	
	力	ニュートン	N		
	力のモーメント	ニュートンメートル	N · m		
	圧力	パスカル	Pa		
	応力	パスカル又はニュートン毎平方メートル	Pa又は N/m <sup>2</sup>		
	粘度	パスカル秒	Pa · S		
	動粘度	平方メートル毎秒	m <sup>2</sup> /s		
	表面張力	ニュートン毎メートル	N/m		
	エネルギー, 仕事, 熱量, 電力量	ジュール	J		
	仕事率, 工率, 電力	ワット	W		
(4) 熱	質量流量	キログラム毎秒	kg/s	①参照 セルシウス度も SI 単位である。 そして $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$ セルシウス温度間隔は $^{\circ}\text{C}$ でもよい。	
	(体積) 流量	立方メートル毎秒	m <sup>3</sup> /s		
	熱力学温度	ケルビン	K		
	セルシウス温度	セルシウス度	$^{\circ}\text{C}$		
	温度間隔	ケルビン	K		
	線膨張係数	毎ケルビン	K <sup>-1</sup>		
	熱量	ジュール	J		
	熱流	ワット	W		
	熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m · K)		
	熱伝達係数	ワット毎平方メートル毎ケルビン	W/(m <sup>2</sup> · K)		
(5) 電気及び磁気	熱容量	ジュール毎ケルビン	J/K	比エントロピーともいう。 比エネルギーともいう。 比潜熱ともいう。	
	比熱	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg · K)		
	エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K		
	質量エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg · K)		
	質量エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg		
	質量潜熱	ジュール毎キログラム	J/kg		
	電流	アンペア	A		1 C = 1 A · s
	電荷, 電気量	クーロン	C		
	体積電荷密度, 電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>		
	表面電荷密度	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>		
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m			
電位, 電位差(電圧), 起電力	ボルト	V			
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>			



国際単位系 (SI) について (地質調査所編集委員会)

	量	単位の名称	単位記号	備 考
(5) 電 気 及 び 磁 気	電束, 電気変位束	ク ー ロ ン	C	1 F=1 C/V
	静電容量, キャパシタンス	フ ァ ラ ド	F	
	誘 電 率	ファラド毎メートル	F/m	
	電 気 分 極	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	
	電気双極子モーメント	クーロンメートル	C・m	
	電 流 密 度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>	
	電 流 の 線 密 度	アンペア毎メートル	A/m	
	磁 界 の 強 さ	アンペア毎メートル	A/m	
	磁 位 差	ア ン ペ ア	A	
	磁束密度, 磁気誘導	テ ス ラ	T	1 T=1 V・s/m <sup>2</sup>
	磁 束	ウ ェ ー バ	Wb	1 Wb=1 V・s
	磁気ベクトルポテンシャル	ウェーバ毎メートル	Wb/m	
	自己インダクタンス, 相互インダクタンス	ヘ ン リ ー	H	1 H=1 V・s/A
	透 磁 率	ヘンリー毎メートル	H/m	
	断面磁気モーメント	アンペア平方メートル	A・m <sup>2</sup>	
	磁 化	アンペア毎メートル	A/m	
	磁 気 分 極	テ ス ラ	T	
	磁気双極子モーメント	ニュートン平方メートル毎アンペア又はウェーバメートル	N・m <sup>2</sup> /A 又は Wb・m	
	(電 気) 抵 抗	オ ー ム	Ω	1 Ω=1 V/A
	コンダクタンス	ジ ー メ ン ス	S	1 S=1 A/V=1 Ω <sup>-1</sup>
抵 抗 率	オームメートル	Ω・m		
導 電 率	ジーメンズ毎メートル	S/m		
磁 気 抵 抗	毎ヘンリー	H <sup>-1</sup>		
パーミアンス	ヘ ン リ ー	H		
インピーダンス, インピーダンス係数, リアクタンス, (電気) 抵抗	オ ー ム	Ω		
アドミタンス, アドミタンス係数, サセプタンス, コンダクタンス	ジ ー メ ン ス	S		
(有 効) 電 力	ワ ッ ト	W		
(6) 光 及 電 磁 放 射	波 長	メ ー ト ル	m	
	放 射 エ ネ ル ギ ー	ジ ュ ー ル	J	
	放 射 束	ワ ッ ト	W	
	放 射 強 度	ワット毎ステラジアン	W/sr	
	放 射 輝 度	ワット毎ステラジアン毎平方メートル	W/(sr・m <sup>2</sup> )	

	量	単位の名称	単位記号	備 考
(6) 光及び関連する電磁放射	放 射 発 散 度	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	1 lm = 1 cd · sr  1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup>
	放 射 照 度	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	
	光 度	カン デ ラ	cd	
	光 束	ル ー メ ン	lm	
	光 量	ル ー メ ン 秒	lm · s	
	輝 度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>	
	光 束 発 散 度	ルーメン毎平方メートル	lm/m <sup>2</sup>	
	照 度	ル ク ス	lx	
	露 光 量	ル ク ス 秒	lx · s	
発 光 効 率	ルーメン毎ワット	lm/W		
(7) 音	周 期	秒	s	
	周 波 数, 振 動 数	ヘ ル ツ	Hz	
	波 長	メ ー ト ル	m	
	密 度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>	
	静 圧, 音 圧	パ ス カ ル	Pa	
	粒 子 速 度	メ ー ト ル 毎 秒	m/s	
	体 積 速 度	立 方 メ ー ト ル 毎 秒	m <sup>3</sup> /s	
	音 の 速 さ	メ ー ト ル 毎 秒	m/s	
	音のエネルギー束, 音響パワー	ワ ッ ト	W	
	音 の 強 さ	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	
	単位面積音響インピー ダンス, 固有イン ピーダンス	パスカル秒毎メートル	Pa · s/m	
	音響インピーダンス	パスカル秒毎立方メートル	Pa · s/m <sup>3</sup>	
	機械インピーダンス	ニュートン秒毎メートル	N · s/m	
(等 価) 吸 音 力	平 方 メ ー ト ル	m <sup>2</sup>		
残 響 時 間	秒	s		
(8) 物理化学及び分子物理学	物 質 量	モ ル	mol	
	モ ル 質 量	キログラム毎モル	kg/mol	
	モ ル 体 積	立 方 メ ー ト ル 毎 モ ル	m <sup>3</sup> /mol	
	モル内部エネルギー	ジュール 毎モル	J/mol	
	モ ル 比 熱	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol · K)	
	モルエントロピー	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol · K)	
	モ ル 濃 度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>	
	質 量 モ ル 濃 度	モル毎キログラム	mol/kg	

	量	単位の名称	単位記号	備 考
(8) 分子 物理 化学 及び 物理 学	拡 散 係 数	平方メートル毎秒	m <sup>2</sup> /s	
	熱 拡 散 係 数	平方メートル毎秒	m <sup>2</sup> /s	
(8) 電 離 性 放 射 線	放 射 能	ベ ク レ ル	Bq	1 Bq=1 s <sup>-1</sup>
	吸 収 線 量	グ レ イ	Gy	1 Gy=1 J/kg
	吸 収 線 量 率	グ レ イ 毎 秒	Gy/s	
	照 射 線 量	クーロン毎キログラム	C/kg	
	照 射 線 量 率	クーロン毎キログラム毎秒	C/(kg·s)	

注 (1) 以前は、“°K” が用いられていたが、現在は “°” は付けない。

#### 4. 国際単位系 (SI) への切換えの要点

##### 4.1 力の単位……重量キログラム (kgf) からニュートン (N) へ

地球上では物体にはその質量に比例した重力が働くので、その力すなわち重量によって、われわれは質量の大きさを感じとっている。それで機械工学などでは、MKS 単位と違い、質量 1 kg に対する重量キログラムを基本単位とする重力単位系が用いられてきた。ところがその単位記号に質量と同じ kg を使っていた。そのための混乱を防ぐために、重量キログラムの単位記号に kgw, kp などの記号を使うようになったが、近年 kgf が世界的に使われてきた。

重力はところによって差があるので、1 kg に対する重量は一定値ではない。質量 1 kg 当たりの重力は単位が N/kg すなわち m/s<sup>2</sup> になるので、この量  $g$  を重力の加速度といい、略して単に重力ということもある。 $g$  は物体が真空中で落下するときの加速度でもあるから、自由落下の加速度ともいう。 $g$  が一定値ではないため実際の 1 kgf はところによって違うが、その差は小さいので実用上は国際標準値として  $g = 9.806\ 65\ \text{m/s}^2$  が定められている。したがって 1 kgf = 9.106 65 N とし重力単位系と SI が連結されたことになる。この換算係数 9.806 65 (無次元数) を以下  $C_g$  と表す。

重量は物体に固有のものではなく、物体に固有のものは質量である。1 kg の物体は地球上では 1 kgf の重量があるが、月面上では 0.17 kgf の重量しかないし、宇宙船上では重量はゼロになる。ばねばかりは基準の質量に対する重量による変位によって目盛っているのだから、その指示は質量である。したがって厳密に言えば、目盛をつけた場所とは違う  $g$  の場所ではばねばかりに狂いが出ることになるが、実用上は無視できる<sup>3)</sup>。しかし月に行けばばねばかりを使えば、1 kg の物体も 0.17 kg としか示さない。これに対して天びんでは重力が物体と分銅に等しく作用するものなので、月面上でもその読みに狂いは生じない。

重力単位系では質量の単位は kgf·s<sup>2</sup>/m で、重量  $W$  kgf の質量は  $W/g$  である。したがって重力単位系での公式などに質量の項があるものは、SI に切換えるときに式の切換えも必要となる。例えば、ばねと質量による振動系の固有振動数は、重力単位系では  $f = (\sqrt{gk/W})/2\pi$  となっているが、SI では  $f = (\sqrt{k/m})/2\pi$  となる ( $k$  はばね定数,  $W$  は重量,  $m$  は質量)。

SI では力の単位はニュートン (N) であって、1 kg の質量に 1 m/s<sup>2</sup> の加速度を与える力が 1 N である。レールの上の車が動くとき、摩擦抵抗がないものとして、その車の質量が  $m$  kg なら、 $a$  m/s<sup>2</sup> で加速するには  $ma$  N の力を要する。このように SI によって計算された力は N 単位で出てくるが、N 単位ではピンとこない、という場合は、その数を換算係数の  $C_g$  で割ればよい。幸い  $C_g \approx 10$  (誤差 2%) であ

3) 重力の加速度は極よりも赤道の方が小さい。それは地球自転による遠心力分が引力から差引かれるからである。 $g$  の値の例：京都 9.797 07, ヘルシンキ 9.819 01, 昭和基地 9.825 26 (単位 m/s<sup>2</sup>)。

るから、多くの場合、頭の中で1けたずらせることで用が足りる。尺やインチで生活していた人が、センチから換算する場合より、はるかに楽な切換えといえよう。

なお、SIへの切換えを契機にして、質量と重量の混同の問題が起こっているが、従来、規格、仕様書などの文書の中で用いられてきた“重量、荷重など”について、その単位を国際単位系 (SI) に切換える場合は、次のような考え方で対処するのがよい。

(1) 文書の中にある“重量、荷重など”の用語が表現しようとしている概念 (物理量) が、その文脈から判断して質量の概念に当たると判断される場合は、その物理量の単位は質量の単位キログラム (kg) を用いる。

なお、用語もできるだけ質量に改める。

また、その物理量を計算式に用いている場合は、その計算式の変更が必要かどうか検討しなければならない。

例1: 世間一般では、本来、“質量”というべきところを“重量”といっていることが多い。体重や物の目方が60 kgといっているのは、実は、体の質量や物の質量が60 kgという意味である。したがって SI に切換える場合、体重や物の目方の単位はkgとすべきで、これらをN単位に変えるのは誤りである。

例2: 重力単位系で使用している重量流量 (単位時間に流れる重量) の単位 kg/s (すなわち kgf/s) を、SIに切換える場合は、その用語を質量流量と改め、定義は単位時間に流れる質量とし、その単位は kg/s とする。また比重量 (単位 kgf/m<sup>3</sup>) も、SIではその代りに密度 (単位 kg/m<sup>3</sup>) を用いる。

例3: 重力単位系で使用している比体積 (単位重量当たりの体積) の単位 m<sup>3</sup>/kg (すなわち m<sup>3</sup>/kgf) を SI に切換える場合は、その用語は同じ比体積を用い、定義は単位質量当たりの体積とし、その単位は m<sup>3</sup>/kg とする。

例4: 重力単位系で使用している比熱 (単位重量の物質の温度を1℃だけ高めるのに要する熱量) の単位 kcal/kg℃ (すなわち kcal/kgf℃) を SIに切換える場合は、その用語は同じ比熱を用い、定義は単位質量の温度を1 K (1℃) だけ高めるのに要する熱量とし、その単位には J/(kg·K) 又は J/(kg·℃) を用いる。計算式は変更しなければならない。

(2) 文書の中にある“重量、荷重など”の用語が表現しようとしている概念 (物理量) が、その文脈から判断して、力の概念に当たると判断される場合は、その物理量の単位は力の単位ニュートン (N) を用いる。

なお、用語も他の適当な力の概念を表す用語に改めるよう検討する。

また、その物理量を計算式に用いている場合は、一般にその計算式の変更が必要である。

例: 今まで力の概念で重量や荷重という用語を用いる場合、その力の単位として重量キログラム (kgf) を用いないで単にキログラム (kg) を用いていることが多かった。そのため質量の単位であるキログラム (kg) と混同して混乱を生じていた。

そこで、今後は、重力単位系で力の概念を表している重量、重さ、荷重などの単位記号は必ず kgf (重量キログラム) を用い、SI に切換える場合は、その単位をニュートン (N) に改める。

例えば、歯車の歯に10 kgの荷重をかける、という場合は正しくは10 kgfの力を加えることであって、SIに切換えるときは、その力はN単位で示すことになる (10 kgf=98.0665 N≒100 N)。

#### 4.2 圧力の単位…… kgf/cm<sup>2</sup> などからパスカル (Pa) へ

圧力の単位 kgf/cm<sup>2</sup> は流体の圧力の常用単位として広く用いられてきた。それは1 kgf/cm<sup>2</sup> が大気圧に近似 (≒0.968 atm) しているからで、1気圧とも俗称されている。

SI では圧力の単位は N/m<sup>2</sup> となるわけだが、これにパスカル (記号 Pa) の名が1071年に与えられた。1 Paは工業的に扱われる圧力に対して小さすぎる量なので、常用されるのは MPa とか kPa となる (1 kgf/cm<sup>2</sup>≒0.1 MPa)。例えば、今まで耐圧10キロ (10 kgf/cm<sup>2</sup>) と称していたものは、耐圧1 MPa と呼ぶようなことが考えられる。kgf/cm<sup>2</sup> を“キロ”で略称するように、MPa も“メガ”で通用するように

なるかもしれない。

水銀柱や水柱で圧力を表していた場合も多いが、これらも切替えることになる。戦後気象関係では水銀柱 mm から mbar 単位に切替えたが、今では戦前派も mbar のほうが分かりがよくなっていると思う。Pa を使えば 1000 mbar は 100 kPa となる。bar は、2 章に述べてあるように、正統論からは当然除外すべき単位であるが、bar 存続論者が少なくないため、両者の論争は深刻なものがある。ISO 1000 では当面専門分野での使用を認め、流体関係の ISO/TC (専門委員会) では bar の常用を決めている。しかし、この問題は今後も機会あるごとに議論されるものと思われる。

高圧のときに kbar を使う例が見受けられるが、機材の応力との関連からは MPa, GPa が有利である。例えば、薄肉円筒の応力  $\sigma_t$  は、内圧  $p$  のとき、円筒の直径を  $d$ 、肉厚を  $t$  とすると、

$$\sigma_t = (d/2t)p$$

であるから、 $p$  を MPa 単位にすれば  $\sigma_t$  も MPa 単位で出てくる。

SI で計算すればすっきりできる例を示すと、圧力  $p$  MPa で流体を毎秒  $V \text{ m}^3$  送るときの正味所要動力  $L$  は次のようになる。

$$L = pV (\text{MPa} \times \text{m}^3/\text{s}) = pV (\text{MN} \cdot \text{m}/\text{s}) = pV \text{ MW}$$

なお、圧力関係で切替えを要する従来単位は、第 5 表のようなものである。水銀柱や水柱を測定する場合、寸法目盛でなしに Pa 目盛のスケールを使えば換算の必要がなくなる。

第 5 表 パスカル (Pa) に切替えるべき従来単位の例

kgf/cm <sup>2</sup> ,	mmHg,	mH <sub>2</sub> O,	atm,	Torr
-----------------------	-------	--------------------	------	------

#### 4.3 応力の単位…… kgf/mm<sup>2</sup> などからパスカル (Pa) へ

応力および弾性係数の単位は、基本的には圧力の単位と同じであるが、金属材料では kgf/mm<sup>2</sup> が主として使われ、その他では kgf/cm<sup>2</sup> も多くの使用例がある。これらの SI への切替えとして N/mm<sup>2</sup> がすでに多く用いられているが、それには切替え時に分かりがよいという理由のほかに、Pa が決められてから日が浅いという事情が考えられる。呼びやすさ、書きやすさの点から、今後は MPa が普及すると思われる。

なお N/mm<sup>2</sup> は分母に接頭語がついているので、鋼の弾性係数を 200 kN/mm<sup>2</sup> とは表せない [3.6.2 (4)参照]。このように分母に接頭語を使うことは基本的に好ましくない。Pa を使えば 200 GPa と表せる。強力鋼はギガ級になってきたので、GPa も便利に使われると思う。

#### 4.4 熱量・エネルギーの単位……カロリー (cal) からジュール (J) へ

カロリーは SI にはない。熱関係などでカロリーが広く使われてきたが、cal および cal を含む諸単位は、ジュール (J) またはワット (W) を使った単位に切替えることになる。

カロリーは、水に関するかぎりは有利であるが、それでも 1 g の水の温度を 1 °C 上げるために要するエネルギーは、温度によって変化するため、第 6 表のようにいろいろの定義による値が使われてきた。これらのことから J で一本化すれば、相互の換算の必要もなく、むしろ便利だということで、SI からカロリーは除外された。

これについて表立った異論は聞かれないが、実際問題としては蒸気表、比熱、熱伝導率など、SI への切替えの影響は大きい。kgf→N のように、1 けたずらせば間に合うことが多い、というのとは違うので、便覧などでの諸数値を SI によって示すことがまず要望される。厳密な数値の換算に当たっては、もとのカロリーが第 6 表のどれであるかを確かめる必要がある。

ガスコンロや石油ストーブは今まで時間当たりの熱量でその容量を表している。家庭用の普通のもののは 2500 kcal/h 程度であるが、これを SI で表せば 3 kW (換算率は 1 kcal/h=1.16279 W) となる。この方が電気コンロや電気ストーブとの比較がよくわかる。

灯油 18 リットルの発熱量は約 650 MJ になるが、これを kW·h で表わすと 180 となる。つまり 3 kW

のストーブなら60時間使えるという計算になる。

なお食品の熱量を表すとき、例えば1日 2 500 cal 必要などという表現があるが、このカロリーは実は kcal である。この必要熱量の平均をW単位に換算してみると 120 W ということになる。

第 6 表

1 cal <sub>15</sub>	= 4.185 5 J (15°Cカロリーともいう)
1 cal <sub>IT</sub>	= 4.186 8 J (正確に) (IT カロリー又は国際表カロリーともいい、工学では世界的に広く使われている)
1 Mcal <sub>IT</sub>	= 1.163 kW·h (正確に)
1 cal (thermochem.)	= 4.184 0 J (熱化学カロリーともいう)
1 cal	= 4.186 05 J = 1/860 W·h (計量法による)

#### 4.5 その他

前記のほかにも切換えの対象となるものがあるが、その主なものを次に記す。

ミクロン (μ) が今まで使われてきたが、SI では μm と表すことになっていて、すでに多くの用例もある。これを読むときも正しくマイクロメートルというべきで、略すならマイクロがよい。オングストローム (Å) は一応使用が認められているが、つとめて nm または pm に切換えることが望ましい。すでに切換えた例も多く見うける。

CGS 系の第 7 表の単位は切換えることになるが、ポアズとストークスは商工業上の便宜などの考慮から、今のところ使ってもよいことになっている。しかし、計算式に入れるときはまず SI に換算しておくというやり方が、誤りを防ぐうえからも望ましい。

馬力は計量法では使用が禁じられているが、内燃機関には特例としていまだに仏馬力が使われている。この際 kW への切換えを前向きに考えてほしい。

第 7 表 切換えを要する CGS 系単位

名 称	記 号	SI 単位による値
エ ル グ	erg	1 erg = 10 <sup>-7</sup> J
ダ イ ン	dyn	1 dyn = 10 <sup>-5</sup> N
ポ ア ズ	P	1 P = 0.1 Pa·s
ス ト ーク ス	St	1 St = 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
ガ ウ ス	Gs, G	1 Gs は 10 <sup>-4</sup> T に相当
エルステッド	Oe	1 Oe は $\frac{10^3}{4\pi}$ A/m に相当
マクスウェル	Mx	1 Mx は 10 <sup>-8</sup> Wb に相当
ス チ ル ブ	sb	1 sb = 10 <sup>4</sup> cd/m <sup>2</sup>
フ ォ ト	ph	1 ph = 10 <sup>4</sup> lx

#### 5. SI 単位への切換えで問題になる単位の換算率表

	N	dyn	kgf
力	1	1 × 10 <sup>5</sup>	1.019 72 × 10 <sup>-1</sup>
	1 × 10 <sup>-5</sup>	1	1.019 72 × 10 <sup>-6</sup>
	9.806 65	9.806 65 × 10 <sup>5</sup>	1

国際単位系 (SI) について (地質調査所編集委員会)

	Pa	bar	kgf/cm <sup>2</sup>	atm	mmH <sub>2</sub> O	mmHg 又は Torr
圧	1	1×10 <sup>-5</sup>	1.019 72×10 <sup>-5</sup>	9.869 23×10 <sup>-6</sup>	1.019 72×10 <sup>-1</sup>	7.500 62×10 <sup>-3</sup>
	1×10 <sup>5</sup>	1	1.019 72	9.869 23×10 <sup>-1</sup>	1.019 72×10 <sup>4</sup>	7.500 62×10 <sup>2</sup>
力	9.806 65×10 <sup>4</sup>	9.806 65×10 <sup>-1</sup>	1	9.678 41×10 <sup>-1</sup>	1×10 <sup>4</sup>	7.355 59×10 <sup>2</sup>
	1.013 25×10 <sup>5</sup>	1.013 25	1.033 23	1	1.033 23×10 <sup>4</sup>	7.600 00×10 <sup>2</sup>
	9.806 65	9.806 65×10 <sup>-5</sup>	1×10 <sup>-4</sup>	9.678 41×10 <sup>-5</sup>	1	7.355 59×10 <sup>-2</sup>
	1.333 22×10 <sup>3</sup>	1.333 22×10 <sup>-3</sup>	1.359 51×10 <sup>-3</sup>	1.315 79×10 <sup>-3</sup>	1.359 51×10	1

注 1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>

	Pa	MPa 又は N/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
応	1	1×10 <sup>-6</sup>	1.019 72×10 <sup>-7</sup>	1.019 72×10 <sup>-5</sup>
	1×10 <sup>6</sup>	1	1.019 72×10 <sup>-1</sup>	1.019 72×10
力	9.806 65×10 <sup>6</sup>	9.806 65	1	1×10 <sup>2</sup>
	9.806 65×10 <sup>4</sup>	9.806 65×10 <sup>-2</sup>	1×10 <sup>-2</sup>	1

	Pa·s	cP	P
粘	1	1×10 <sup>3</sup>	1×10
	1×10 <sup>-3</sup>	1	1×10 <sup>-2</sup>
度	1×10 <sup>-1</sup>	1×10 <sup>2</sup>	1

注 1 P = 1 dyn·s/cm<sup>2</sup> = 1 g/cm·s  
1 Pa·s = 1 N·s/m<sup>2</sup>, 1 cP = 1 mPa·s

	m <sup>2</sup> /s	cSt	St
動	1	1×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>4</sup>
	1×10 <sup>-6</sup>	1	1×10 <sup>-2</sup>
粘	1×10 <sup>-4</sup>	1×10 <sup>2</sup>	1

注 1 St = 1 cm<sup>2</sup>/s

	J	kW·h	kgf·m	kcal
仕 事 ・ エ ネ ル 量	1	2.777 78×10 <sup>-7</sup>	1.019 72×10 <sup>-1</sup>	2.388 89×10 <sup>-4</sup>
	3.600 ×10 <sup>6</sup>	1	3.670 98×10 <sup>5</sup>	8.600 0 ×10 <sup>2</sup>
	9.806 65	2.724 07×10 <sup>-6</sup>	1	2.342 70×10 <sup>-3</sup>
	4.186 05×10 <sup>3</sup>	1.162 79×10 <sup>-3</sup>	4.268 58×10 <sup>2</sup>	1

注 1 J = 2 W·s, 1 W·h = 3 600 W·s  
1 cal = 4.186 05 J (計量法による)

	kW	kgf·m/s	PS	kcal/h
仕 動 事 率 ( 工 率 ・ 熱 流 )	1	1.019 72×10 <sup>2</sup>	1.359 62	8.600 0 ×10 <sup>2</sup>
	9.806 65×10 <sup>-3</sup>	1	1.333 33×10 <sup>-2</sup>	8.433 71
	7.355 ×10 <sup>-1</sup>	7.5 ×10	1	6.325 29×10 <sup>2</sup>
	1.162 79×10 <sup>-3</sup>	1.188 72×10 <sup>-1</sup>	1.580 95×10 <sup>-3</sup>	1

注 1 W = 2 J/s, PS: 仏馬力  
1 PS = 0.735 5 kW (計量法施行法による)  
1 cal = 4.186 05 J (計量法による)

	W/(m·K)	kcal/(h·m·°C)
熱 伝 導 率	1	8.600 0×10 <sup>-1</sup>
	1.162 79	1

注 1 cal = 4.186 05 J (計量法による)

	W/(m <sup>2</sup> ·K)	kcal/(h·m <sup>2</sup> ·°C)
熱 伝 達 係 数	1	8.600 0×10 <sup>-1</sup>
	1.162 79	1

注 1 cal = 4.186 05 J (計量法による)

比	$J/(kg \cdot K)$	$\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C}$ $\frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$
	1	$2.38889 \times 10^{-4}$
熱	$4.18605 \times 10^3$	1

注 1 cal = 4.186 05 J (計量法による)

## 6. その他

SIの基本的なことはこれまでの記述で述べられているが、さらに地学的な必要性の多い単位について補足的な説明を箇条書きにする。

- ・時間に関する単位の中で、秒、分、時、日の定義はあるが、月、年の定義はない。しかし年の必要性は地学において当然である。このことは秒の定義がセシウム133の放射の周波数から導かれているとはいえ、実質的には平均太陽日の定義に基づく1日を $24 \times 60 \times 60$  s とすることとほぼ一致し地球の自転から導かれた量であるのに対して、年の定義が地球の公転に基づく量という違いである。

ここでは、1年はSIの規定にはないが、太陽年365.242 194日(理科年表, 1978, p. 天1)とする。

- ・年のケタに関する表現としては、 $10^6$ 年 = 1 Ma,  $10^9$ 年 = 1 Ga を使用する。

Ma は Mega d'années の略で英語では Million years, Ga は Giga d'années の略で Billion years である。しかし現在ではそれぞれ m.y. および b.y. と表すことが多い。

なお $10^3$ 年を ka とする表現は慣例としてはない。

- ・SIではないが、SIとの関係が厳密に定義されている他の単位がある。

長さ inch in =  $2.54 \times 10^{-2}$  m

圧力(気圧) atm atm = 101 325 Pa

放射能 Ci(Curie) Ci =  $3.7 \times 10^{10}$  Bq

- ・SIでは体積の単位に liter l が  $m^3$  と併用できて、 $l = 10^{-3} m^3$  なお古い定義  $l = 1.000 028 dm^3$  は1964年に取消されている。

- ・体積の単位を cc (cubic centimeter) で表すことは認められていない。cm<sup>3</sup> または ml で表す。

- ・ $10^3$  を k (kilo) で表す際大文字Kを用いてはならない。なおKはケルビンの意味である。

- ・SIでは接頭語に  $10^{18}$  を E (E×a),  $10^{15}$  を P (Peta) および  $10^{-15}$  を f (femto),  $10^{-18}$  を a (atto) で表す。

- ・相対値をもって値を示す場合はその基準値を明記する。

例 音圧、音の強度、感度などを dB デシベルにより表現する際は、その基準値 0 dB を定義する。

- ・単位と表現内容が一体になった表示は慣例に従い使用し、必要なら説明を付す。

例 1 円筒状のものの直径を 500 mmφ と表示する。

例 2 回転数を 250 rpm (revolutions per minute) と表示する。

例 3 航空機の高さ 5 000'ASL (feet above sea level)

例 4 過去の年数 7 000 year BP

- ・無次元の量はその単位あるいは根拠を明示する。

例 1 比率 %, ‰, wt%, ppm, ppb など。

例 2 比重

例 3 情報量 bit, byte, decit, word.

- ・CGS系の単位とSIの変換は第4, 5節に表示したが、さらに地学でしばしば用いられる単位を付加する。

	CGS	SI
加速度, 重力	gal (cms <sup>-2</sup> )	10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup> または 10 <sup>-2</sup> Nkg <sup>-1</sup>
速度	kine (cms <sup>-1</sup> )	10 <sup>-2</sup> ms <sup>-1</sup>



国際単位系 (SI) について (地質調査所編集委員会)

磁束密度	Gauss	$10^{-4}$ T
	gamma	nT
熱流量	$\mu\text{calcm}^{-2}\text{s}^{-1}$	$4.19 \times 10^{-2}$ $\text{Jm}^{-2}\text{s}^{-1}$

(この単位  $\mu\text{calcm}^{-2}\text{s}^{-1}$  は H.F.U. (heat flow unit) と略述されることがある)

・特殊な分野で用いられる単位

長さ	海里 (Mile)	1 852 m
速度	ノット (knot)	1 852 m/h
エネルギー	電子ボルト (eV)	$1.602\ 191\ 7 \times 10^{-19}$ J
長さ	オングストローム (Å)	$10^{-10}$ m
質量	原子質量単位 (u)	$1.660\ 565\ 5 \times 10^{-27}$ kg
長さ	天文単位 (Au)	$149\ 600 \times 10^6$ m

文 献

- 日本規格協会(1977-12) これからの単位—SI とは—, 改定版, p. 1-21.
- 日本工業標準調査会審議(1974) 国際単位系 (SI) およびその使い方—JIS Z 8203—. 日本規格協会発行, 36p.
- 国際純正・応用化学連合 物理化学分科会記号, 術語および単位委員会編, 関 集三・松尾隆祐訳 (1969) 「物理・化学量および単位」に関する記号と術語の手引き. 日本化学会標準化専門委員会発行, 19p.
- 東京天文台編(1978) 理科年表. 丸善.