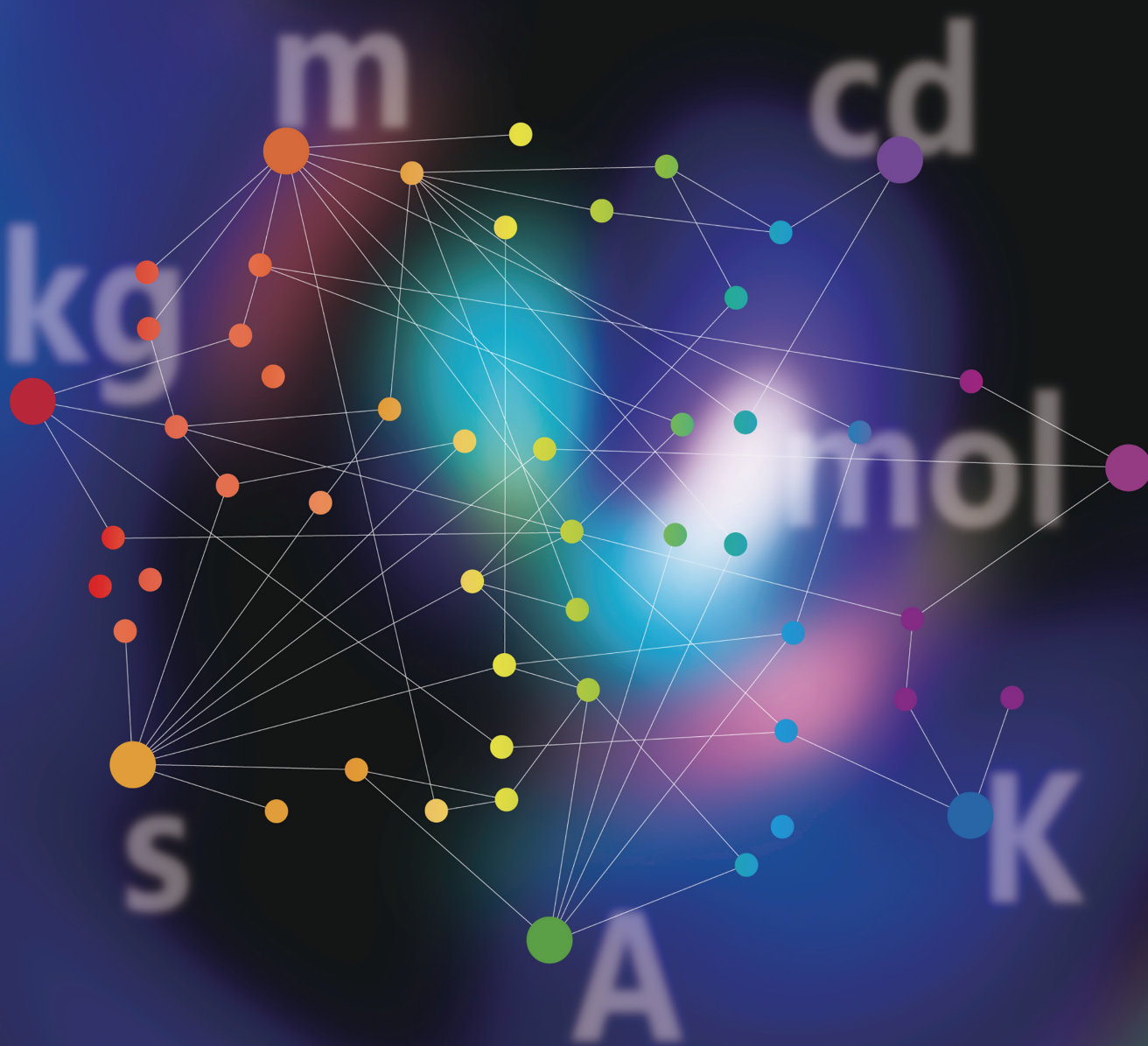


国際単位系（SI）は世界共通のルールです

～ すべての時代に、すべての人々に ～



国際単位系 (SI)

七つのSI基本単位 (名称・単位記号・定義)

SIでは、七つの定義定数は次のように定義される。

- セシウム133原子の摂動を受けない基底状態の超微細構造遷移周波数 $\Delta\nu_{Cs}$ は、 $9\,192\,631\,770\text{ Hz}$
- 真空中の光の速さ c は、 $299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$
- プランク定数 h は、 $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}\text{ J s}$
- 電気素量 e は、 $1.602\,176\,634 \times 10^{-19}\text{ C}$
- ボルツマン定数 k は、 $1.380\,649 \times 10^{-23}\text{ J K}^{-1}$
- アボガドロ定数 N_A は、 $6.022\,140\,76 \times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$
- 周波数 $540 \times 10^{12}\text{ Hz}$ の単色放射の視感効果度 K_{cd} は、 683 lm W^{-1}

時間：秒

秒(記号はs)は、時間のSI単位であり、セシウム周波数 $\Delta\nu_{Cs}$ 、すなわち、セシウム133原子の摂動を受けない基底状態の超微細構造遷移周波数を単位Hz(s^{-1} に等しい)で表したときに、その数値を9 192 631 770と定めることにより定義される。

長さ：メートル

メートル(記号はm)は長さのSI単位であり、真空中の光の速さ c を単位 $m\text{ s}^{-1}$ で表したときに、その数値を299 792 458と定めることにより定義される。ここで、秒は $\Delta\nu_{Cs}$ によって定義される。

質量：キログラム

キログラム(記号はkg)は質量のSI単位であり、プランク定数 h を単位 $J\text{ s}(kg\text{ m}^2\text{ s}^{-1})$ に等しい)で表したときに、その数値を6.626 070 15 $\times 10^{-34}$ と定めることにより定義される。ここで、メートルおよび秒は c および $\Delta\nu_{Cs}$ に関連して定義される。

電流：アンペア

アンペア(記号はA)は、電流のSI単位であり、電気素量 e を単位C(A sに等しい)で表したときに、その数値を1.602 176 634 $\times 10^{-19}$ と定めることにより定義される。ここで、秒は $\Delta\nu_{Cs}$ によって定義される。

熱力学温度：ケルビン

ケルビン(記号はK)は、熱力学温度のSI単位であり、ボルツマン定数 k を単位 $J\text{ K}^{-1}(kg\text{ m}^2\text{ s}^{-2}\text{ K}^{-1})$ に等しい)で表したときに、その数値を1.380 649 $\times 10^{-23}$ と定めることにより定義される。ここで、キログラム、メートルおよび秒は h 、 c および $\Delta\nu_{Cs}$ に関連して定義される。

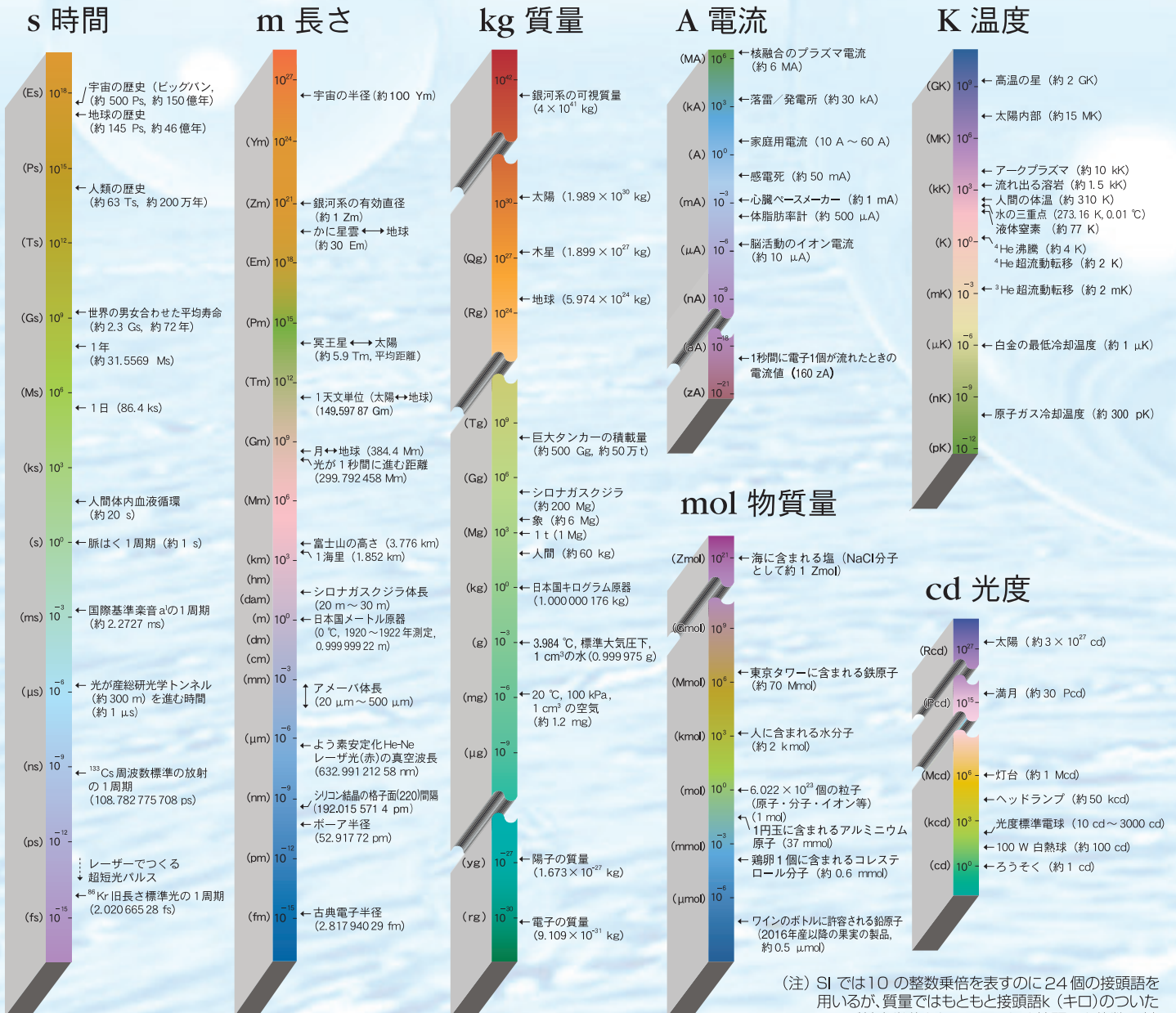
物質質量：モル

モル(記号はmol)は、物質質量のSI単位であり、1モルには、厳密に6.022 140 76 $\times 10^{23}$ の要素粒子が含まれる。この数は、アボガドロ定数 N_A を単位 mol^{-1} で表したときの数値であり、アボガドロ数と呼ばれる。

系の物質質量(記号は n)は、特定された要素粒子の数の尺度である。要素粒子は、原子、分子、イオン、電子、その他の粒子、あるいは、粒子の集合体のいずれであってもよい。

光度：カンデラ

カンデラ(記号はcd)は、所定の方向における光度のSI単位であり、周波数 $540 \times 10^{12}\text{ Hz}$ の単色放射の視感効果度 K_{cd} を単位 $\text{lm W}^{-1}(\text{cd sr W}^{-1})$ あるいは $\text{cd sr kg}^{-1}\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-3}$ に等しい)で表したときに、その数値を683と定めることにより定義される。ここで、キログラム、メートルおよび秒は h 、 c および $\Delta\nu_{Cs}$ に関連して定義される。



(注) SI では10の整数乗倍を表すのに24個の接頭語を用いるが、質量ではもともと接頭語k(キロ)のついたものが基本単位となっているため接頭語と倍数の対応は変則的である。

表-A SIの七つの定義定数とそれらによって定義される七つの単位

定義定数	記号	数値	単位
セシウムの超微細遷移周波数	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
真空中の光の速さ	c	299 792 458	m s^{-1}
プランク定数	h	$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J s
電気素量	e	$1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
ボルツマン定数	k	$1.380\,649 \times 10^{-23}$	J K^{-1}
アボガドロ定数	N_{A}	$6.022\,140\,76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
視感効果度	K_{cd}	683	lm W^{-1}

表-B SI基本単位

基本量		基本単位	
名称	代表的な記号	名称	記号
時間	t	秒	s
長さ	l, x, r など	メートル	m
質量	m	キログラム	kg
電流	I, i	アンペア	A
熱力学温度	T	ケルビン	K
物質量	n	モル	mol
光度	I_{v}	カンデラ	cd

表-C 基本単位を用いて表現された一貫性のある組立単位の例

組立量	量の典型的な記号	基本単位のみによる表現
面積	A	m^2
体積	V	m^3
速さ、速度	v	m s^{-1}
加速度	a	m s^{-2}
波数	σ	m^{-1}
密度、質量密度	ρ	kg m^{-3}
面密度	ρ_{A}	kg m^{-2}
比体積	v	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$
電流密度	j	A m^{-2}
磁界強度	H	A m^{-1}
物質量濃度	c	mol m^{-3}
質量濃度	ρ, γ	kg m^{-3}
輝度	L_{v}	cd m^{-2}

科学技術の進展に伴う単位の進化

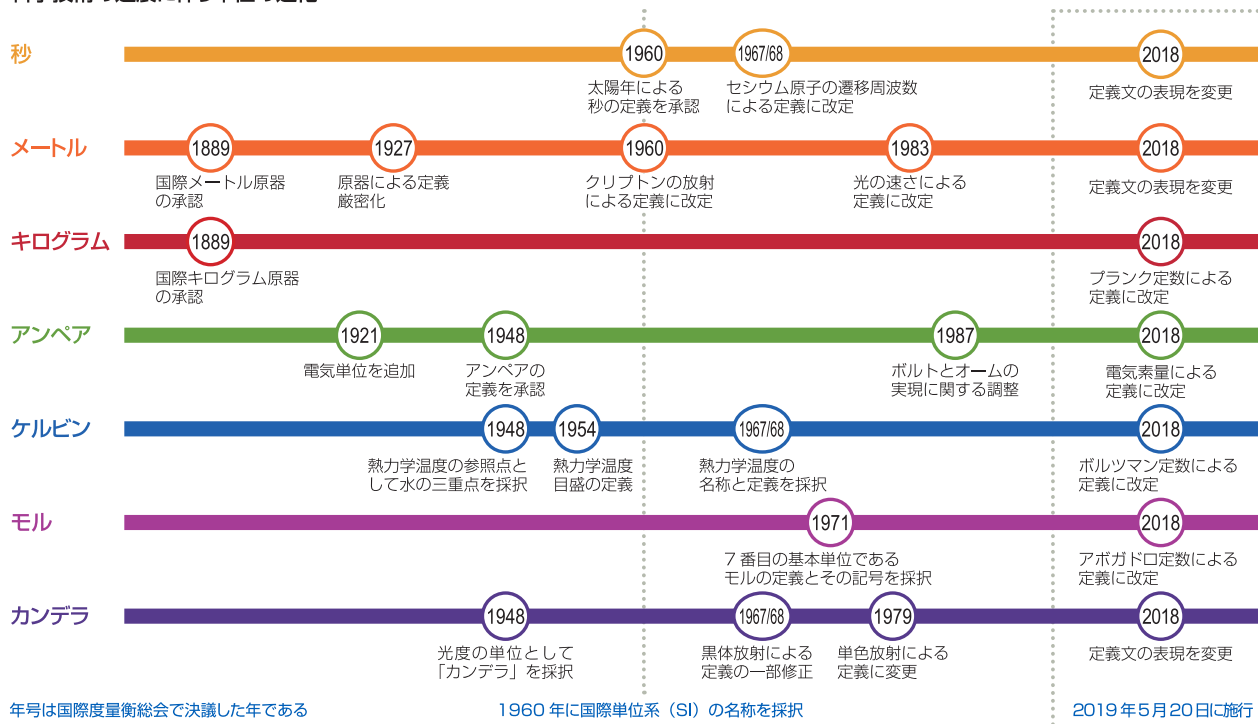


表-D 固有の名称と記号を持つ 22 個の SI 単位

組立量	単位の固有の名称	基本単位のみによる表現	他の SI 単位も用いた表現
平面角	ラジアン	rad = m/m	
立体角	ステラジアン	sr = m ² /m ²	
周波数	ヘルツ	Hz = s ⁻¹	
力	ニュートン	N = kg m s ⁻²	
圧力、応力	パスカル	Pa = kg m ⁻¹ s ⁻²	N/m ²
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J = kg m ² s ⁻²	N m
仕事率、放射束	ワット	W = kg m ² s ⁻³	J/s
電荷	クーロン	C = A s	
電位差	ボルト	V = kg m ² s ⁻³ A ⁻¹	W/A
静電容量	ファラド	F = kg ⁻¹ m ⁻² s ⁴ A ²	C/V
電気抵抗	オーム	Ω = kg m ² s ⁻³ A ⁻²	V/A
コンダクタンス	ジーメンズ	S = kg ⁻¹ m ⁻² s ³ A ²	A/V
磁束	ウェーバ	Wb = kg m ² s ⁻² A ⁻¹	V s
磁束密度	テスラ	T = kg s ⁻² A ⁻¹	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H = kg m ² s ⁻² A ⁻²	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C = K	
光束	ルーメン	lm = cd sr	cd sr
照度	ルクス	lx = cd sr m ⁻²	lm/m ²
放射性核種の放射能	ベクレル	Bq = s ⁻¹	
吸収線量、カーマ	グレイ	Gy = m ² s ⁻²	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv = m ² s ⁻²	J/kg
酵素活性	カタール	kat = mol s ⁻¹	

表-E 名称および記号の中に固有の名称と記号を持つ一貫性のある SI 組立単位が含まれている、一貫性のある SI 組立単位の例

組立量	一貫性のある組立単位の名称	記号	基本単位のみによる表現
粘度	パスカル秒	Pa s	kg m ⁻¹ s ⁻¹
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	kg m ² s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N m ⁻¹	kg s ⁻²
角速度、角周波数	ラジアン毎秒	rad s ⁻¹	s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad s ⁻²	s ⁻²
熱流密度、放射照度	ワット毎平方メートル	W m ⁻²	kg s ⁻³
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J K ⁻¹	kg m ² s ⁻² K ⁻¹
比熱容量、比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J K ⁻¹ kg ⁻¹	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J kg ⁻¹	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W m ⁻¹ K ⁻¹	kg m s ⁻³ K ⁻¹
エネルギー密度	ジュール毎立方メートル	J m ⁻³	kg m ⁻¹ s ⁻²
電界強度	ボルト毎メートル	V m ⁻¹	kg m s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C m ⁻³	A s m ⁻³
表面電荷密度	クーロン毎平方メートル	C m ⁻²	A s m ⁻²
電束密度、電気変位	クーロン毎平方メートル	C m ⁻²	A s m ⁻²
誘電率	ファラド毎メートル	F m ⁻¹	kg ⁻¹ m ⁻³ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H m ⁻¹	kg m s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J mol ⁻¹	kg m ² s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー、モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J K ⁻¹ mol ⁻¹	kg m ² s ⁻² mol ⁻¹ K ⁻¹
照射線量 (X線およびγ線)	クーロン毎キログラム	C kg ⁻¹	A s kg ⁻¹
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy s ⁻¹	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W sr ⁻¹	kg m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W sr ⁻¹ m ⁻²	kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat m ⁻³	mol s ⁻¹ m ⁻³

SI に属さない単位

表-F SI単位と併用できる非SI単位

量	単位の名称	単位記号	SI単位で表した値
時間	分	min	1 min = 60 s
	時	h	1 h = 60 min = 3600 s
	日	d	1 d = 24 h = 86 400 s
長さ	天文単位	au	1 au = 149 597 870 700 m
平面角および位相角	度	°	1° = (π/180) rad
	分	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
	秒	"	1" = (1/60)' = (π/648 000) rad
面積	ヘクタール	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
体積	リットル	l, L	1 l = 1 L = 1 dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³
質量	トン	t	1 t = 10 ³ kg
	ダルトン	Da	1 Da = 1.660 539 066 60(50) × 10 ⁻²⁷ kg
エネルギー	電子ボルト	eV	1 eV = 1.602 176 634 × 10 ⁻¹⁹ J
比の対数	ネーパ	Np	
	ベル	B	
	デシベル	dB	

表-G SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位 (推奨しないが使用する際にはSI単位との対応関係を示すことが望まれる)

単位の名称	単位記号	SI単位で表した値
バール	bar	1 bar = 0.1 MPa = 100 kPa = 10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg ≈ 133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å = 0.1 nm = 100 pm = 10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M = 1852 m
バーン	b	1 b = 100 fm ² = (10 ⁻¹² cm) ² = 10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn = (1852/3600) m/s

表-H 固有の名称を持つCGS組立単位 (推奨しないが使用する際にはSI単位との対応関係を示すことが望まれる)

単位の名称	単位記号	SI単位で表した値
エルグ	erg	1 erg = 10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn = 10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P = 1 dyn s cm ⁻² = 0.1 Pa s
ストークス	St	1 St = 1 cm ² s ⁻¹ = 10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb = 1 cd cm ⁻² = 10 ⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph = 1 cd sr cm ⁻² = 10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal = 1 cm s ⁻² = 10 ⁻² m s ⁻²
マクスウエル	Mx	1 Mx = 1 G cm ² = 10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G = 1 Mx cm ⁻² = 10 ⁻⁴ T
エルステッド*	Oe	1 Oe ≜ (10 ³ /4π) A m ⁻¹

*3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≜」は対応関係を示すものである。

表-I 《参考》SIに属さないその他の単位の例 (推奨しない)

単位の名称	単位記号	SI単位で表した値
キュリー	Ci	1 Ci = 3.7 × 10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58 × 10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad = 1 cGy = 10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem = 1 cSv = 10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ = 1 nT = 10 ⁻⁹ T
フェルミ		1 フェルミ = 1 fm = 10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット = 0.2 g = 2 × 10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1 cal = 4.1858 J (「15℃」カロリー), 4.1868 J (「IT」カロリー) 4.184 J (「熱化学」カロリー)
マイクロン	μ	1 μ = 1 μm = 10 ⁻⁶ m

上述以外にも数多くの非SI単位があり、それらは、歴史的に重要であるもの、あるいは、特有の分野で現在も使用されているもの、もしくは特定の国々で使われているものいずれかである。推奨されていない非SI単位からSI単位への換算は重要であることから、下記のウェブサイトに換算係数の表が公開されている。

<https://www.nist.gov/pml/special-publication-811/nist-guide-si-appendix-b-conversion-factors>

表-Gと表-Hは国際単位系(SI)第8版(2006)に、表-IはSI第7版(1998)にそれぞれ掲載されている。これら3つの表はSI第9版(2019)には無いが参考のため掲載する。

国際単位系 (SI) FAQ



Q SIとはそもそも何でしょうか。

A SIとは「国際単位系」という意味のフランス語で (Le Système international d'unités)の頭文字です。国際的に決められた単位系です。

Q なぜSIを使うのですか。

A 以前は、各国・各分野において様々な単位が用いられていたため、国際化が進むにつれて混乱を招きました。そこで、全世界の単位を統一する必要が生じSI単位が生まれました。SI単位を使用することによって世界共通の量が認識されます。

Q SIを使わないとどうなるのですか。

A 学術論文などではSI単位への修正を要求されます。国際ルールに従わないため、読者に換算を強要することになり、また誤解を生む恐れがあります。

Q ある量について、SI単位あるいはSIと併用される単位が複数認められている場合の優先順位はどうなっていますか。

A 複数の単位が認められている量について、それらの優先度は特に定められていませんが、SI単位を使用することが推奨されています。

Q SI単位への切替えに伴う数値を扱う場合に、けた数はどのように考えればよいのでしょうか。

A 換算する場合には、有効数字を考えて、四捨五入のルールが採用されます。また、換算に伴う不確かさの幅も同時に考えておく必要があります。

Q SIと併用される非SI単位にも接頭語をつけて使えますか。

A SIと併用しても可とする非SI単位としては、体積のリットル (l, L) やエネルギーの eV などがあります。これらと接頭語を組み合わせて使用することは可能です。

例: 体積/ミリリットル (mL)、
エネルギー/ミリエレクトロンボルト (meV)

Q 温度の単位の使い分けはどうなっていますか。

A SIの基本量の一つである熱力学温度の単位はケルビン (K) ですが、温度としてケルビンのほかにセルシウス度 (°C) も認められています。ただし、deg の記号は認められていません。

Q 体積の単位リットルの単位記号として ℓ は使えますか。

A SI単位と併用してよい単位として認められているものの中に体積のリットルがあります。その単位記号としては、小文字の l (エル) と大文字の L が認められています。ところが、数字の 1 との判別を容易にできるよう、しばしば、小文字の l (エル) の筆記体で斜体の ℓ が用いられています。しかし、SIにおいて単位記号は直立体と決められていますので、ℓ は正しくありません。なお、単位記号のフォント(字体)に関する制限はないため、直立体の ℓ は、間違いとは言えませんが、他の単位で筆記体を使用しないこととの統一性を考えると、適切ではありません。数字の 1 との混乱を避けることを考えると、大文字の L を推奨します。

Q 角度(平面角)はラジアン(rad)でしか表せないのでしょうか。

A 角度の単位として rad のほかに、度 (°)、分 (′)、秒 (″) が SI 単位と併用される単位として認められています。

Q 体重はどのような単位で表せばよいのでしょうか。

A 体重は本来質量を表すものから、その単位は従来どおりキログラム (kg) です。したがって、体重計をはじめとするはかりの目盛も kg です。体重を表す単位が力の単位ニュートン (N) に変わるわけではありません。

Q 電力量の単位はどのように使えばよいのでしょうか。

A 電力量はエネルギーや仕事に相当しますので、SI単位はジュール (J) です。また、SIと併用される単位として、ワット時 (W h) が認められています。

Q 2019年5月にSI基本単位の定義が改定されたと聞きました。私たちの生活になにか影響があるのでしょうか。

A 2018年11月に開催された第26回国際度量衡総会において、SI基本単位のうち、質量、電流、熱力学温度および物質量の単位の定義改定が承認され、2019年5月20日の世界計量記念日から施行されました。これまでSI基本単位の中で、唯一、キログラムは「国際キログラム原器」という人工物で定義され、130年にわたり使われてきましたが、今回の改定により、普遍的な定数に基づいた定義に改定されました。これにより、すべてのSI基本単位が普遍的な定数に基づき定義されたことから、より長期的に安定な単位系が確保されます。これまで使用してきた単位が根本から変わるということではありませんので、私たちの日常生活に直接的な影響を与えることはありません。

今、あなたが使おうとしている単位は…

kg, cd, J/K, L, eV, Å, Torr, G

本パンフレットを参考に

SI単位

表-A、-B、-C、-D、-E

kg, cd, J/K

SIではないが
併用される

表-F

min, L, eV

SIに属さず
使用を避けることが
望ましい

表-G、-H、-I

Å (1 Å = 10⁻¹⁰ mを示す必要あり、できれば避けたい)

Torr (Paに換算することが望ましい)

G (Tに換算することが望ましい)

単位記号は
直立体で

物理量の
記号は斜体で

kg, cd, J/K, L, eV, nm, Pa, T

学术论文や公表する文書の執筆は、SI準拠で

(単位についてのお問い合わせは、計量標準総合センターへ)

<https://unit.aist.go.jp/nmij/>



本パンフレットは、「国際単位系」という七つの基本単位から出発し、組立単位、10の整数乗倍を表す接頭語から構成される「単位系」を示すとともに、国際度量衡局(BIPM)から発行されているSI 国際文書(The International System of Units (SI), 9th edition)に記載されている単位と量の表記方法のポイントを説明したものです。

■非営利目的の複製はご自由に

社内あるいは学内での配布等、営利目的での使用でなければ、許諾の必要もなく、複写、複製していただいて構いません。なお、一般向けホームページ等への掲載はご遠慮ください。

(免責事項) 本パンフレット作成において間違った記述がないよう努力はしておりますが、誤植、不適切な表現、その他の原因により、ご利用の皆様において生じた、いかなる損害に関しても、制作者、発行者は責任を負いません。