

# 「原子量表（2016）」について

日本化学会 原子量専門委員会

元素の原子量は1961年、「質量数12の炭素（<sup>12</sup>C）の質量を12（端数無し）としたときの相対質量とする」と決められた。以来、質量分析法等の物理的手法による各元素の核種の質量と同位体組成の測定データは質、量ともに格段に向上した。国際純正・応用化学連合（IUPAC）の、原子量および同位体存在度委員会（CIAAW）では、新しく測定されたデータの収集と検討をもとに、2年ごと（奇数年）に原子量表の改定を行っている。これを受け、日本化学会原子量専門委員会では、毎年4月にその年の原子量表を発表している。以下に示す2016年版の原子量表の数値はIUPACにおいて2015年に承認された原子量の改定<sup>\*1</sup>に基づいている。さらに詳しいことはIUPACのCIAAWの報告書<sup>\*2</sup>および総説<sup>\*3</sup>を参照していただきたい。

原子量表に記載されている各元素の原子量の値は、単核種元素（一つの安定核種からなる元素）以外の元素では、その元素を含む物質の起源や処理の仕方などによって変わりうる。これは原子量がそれぞれの元素を構成している安定核種の相対存在度（元素の同位体比）に依存するからである。測定技術の進歩によって、各元素の同位体存在度はかならずしも一定ではなく、地球上で起こる様々な過程のために変動し、それが原子量に反映することがわかつてきた。そうした背景から、2009年IUPACは10の元素については原子量を单一の数値ではなく、変動範囲で示すことを決定した<sup>\*4</sup>。日本化学会原子量専門委員会ではこの変更について検討し、「原子量表（2011）」以降、IUPACの方針を反映し、このような元素の原子量を変動範囲で、それ以外の元素については従来通り不確かさを伴う单一の数値で示すことにした。

## 変動範囲による原子量の表記について

現在、水素、リチウム、ホウ素、炭素、窒素、酸素、マグネシウム、ケイ素、硫黄、塩素、臭素、タリウムの12元素の原子量が変動範囲で示されている。これらの元素は地球上で採取された試料や試薬中の同位体組成の変動が大きいことが知られている。以前は変動範囲が概ね含まれるように原子量の値とその不確かさが定められ、その範囲に含まれない地質学的試料がある場合には“g”，人為的な同位体分別を受けた試薬が一般的に利用されている可能性がある場合には“m”的注が記された。また、このように変動範囲が大きいため測定技術が進歩しても精度のよい原子量を与えることができない元素には“r”という注が記された。例えば水素について様々な試料の同位体組成とそれに対応する原子量を下図に示す。最上段に原子量の変動範囲1.00784～1.00811、次に「原子量表（2010）」の値 $1.00794 \pm 0.00007$ が示されており、その下に様々な試料で測定された値が示されている。黒丸で示された点は代表的な同位体標準物質の値で、水素の同位体組成の測定精度は“best measurement”<sup>\*5</sup>で $\pm 0.000\,000\,05$ であり、「原子量表（2010）」までの値に付けられていた不確かさに比べて $1/1000$ 以下である。このような状況において不確かさを伴った単一の数値で表記すると、次のような問題点があった：

- ・原子量の不確かさを測定精度と誤解される恐れがある。
- ・原子量の値の分布は元素によって様々であり、ガウス分布をすることは限らない。
- ・新しい測定がそれまでの原子量の範囲を超えた場合、その値を含むように不確かさだけでなく原子量の値も変更しなければならない可能性がある。
- ・定められた原子量の値を持つ実際の物質を見つけることはしばしば難しく、場合によっては不可能である。

この改定でこのような元素の原子量は1つの値ではなく、知られているすべての試料の原子量が含まれるように変動範囲で表され、原子量は一定ではないことを明確に示した。また、この変動範囲の中での分布は原子量表には示されておらず、元素によって様々な分布を持っている<sup>\*4</sup>。したがって、下記の点に注意してこの変動範囲を使用する必要がある：

- ・変動範囲の中間点を原子量の値、変動幅の半分を不確かさとして表記しないこと。
- ・上限、下限の値は地球上の通常の物質の測定値に測定誤差を加味して定められているが、それ自体の値は不確かさを持っていない。
- ・原子量の値として可能な限りの桁数を与えているので、場合によつては最後の桁がゼロである場合も表記する。

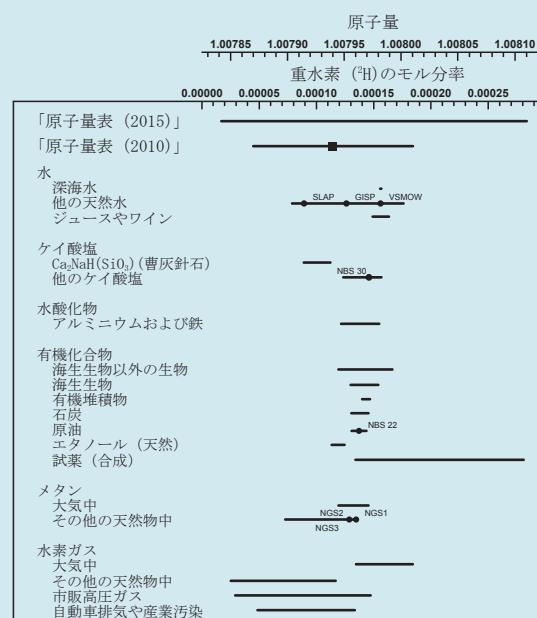
\* 1. IUPAC Inorganic Chemistry Division, CIAAW: Standard Atomic Weight of Ytterbium Revised. *Chem. Int.*, **37**(5–6), 26 (2015).

\* 2. J. Meija et al.: Atomic Weights of the Elements 2015 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, to be published. J. Meija et al.: Atomic Weights of the Elements 2013 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, in press (2016).

\* 3. J. R. De Laeter et al.: Atomic Weights of the Elements: Review 2000 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, **75**, 683 (2003).

\* 4. M. E. Wieser and T. B. Coplen: Atomic Weights of the Elements 2009 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, **83**, 359 (2011).

\* 5. M. Berglund and M. E. Wieser: Isotopic Compositions of the Elements 2009 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, **83**, 397 (2011).



# 原 子 量 表 (2016)

(元素の原子量は、質量数12の炭素 (<sup>12</sup>C) を12とし、これに対する相対値とする。但し、この<sup>12</sup>Cは核および電子が基底状態にある結合していない中性原子を示す。)

多くの元素の原子量は通常の物質中の同位体存在度の変動によって変化する。そのような12の元素については、原子量の変動範囲を [a, b] で示す。この場合、元素Eの原子量  $A_r(E)$  は  $a \leq A_r(E) \leq b$  の範囲にある。ある特定の物質に対してより正確な原子量が知りたい場合には、別途求める必要がある。その他の72元素については、原子量  $A_r(E)$  とその不確かさ(括弧内の数値)を示す。不確かさは有効数字の最後の桁に対応する。原子番号113, 115, 117, 118の元素名は暫定的なものである。これらの元素は査読を受けた科学論文誌でその存在が報告されているが、正式な元素名はIUPACで決められていない。

原子番号	元 素 名	元素記号	原 子 量	脚注	原子番号	元 素 名	元素記号	原 子 量	脚注
1	水	H	[1.00784, 1.00811]	m	60	ネオジム	Nd	144.242(3)	g
2	ヘリウム	He	4.002602(2)	g r	61	プロメチウム*	Pm	150.36(2)	g
3	リチウム	Li	[6.938, 6.997]	m	62	サマリウム	Sm	151.964(1)	g
4	ベリリウム	Be	9.0121831(5)	m	63	ユウロピウム	Eu	157.25(3)	g
5	ホウ素	B	[10.806, 10.821]	m	64	ガウドリニウム	Gd	158.92535(2)	g
6	炭窒素	C	[12.0096, 12.0116]	m	65	テルビウム	Tb	162.500(1)	g
7	酸素	N	[14.00643, 14.00728]	m	66	ジスプロシウム	Dy	164.93033(2)	g
8	フッ素	O	[15.99903, 15.99977]	m	67	ホルミウム	Ho	167.259(3)	g
9	氖	F	18.998403163(6)	m	68	エルビウム	Er	168.93422(2)	g
10	ネオトロリウム	Ne	20.1797(6)	gm	69	ツリルビウム	Tm	173.045(10)	g
11	ナトリウム	Na	22.98976928(2)	m	70	イルテチウム	Yb	174.9668(1)	g
12	マグネシウム	Mg	[24.304, 24.307]	m	71	ハフタニウム	Hf	178.49(2)	g
13	アルミニウム	Al	26.9815385(7)	m	72	ハフタタルルン	Ta	180.94788(2)	g
14	ケリイ	Si	[28.084, 28.086]	m	73	タタングス	W	183.84(1)	g
15	シリ	P	30.973761998(5)	m	74	タタングス	Re	186.207(1)	g
16	硫黄	S	[32.059, 32.076]	m	75	レニウム	Os	190.23(3)	g
17	塩素	Cl	[35.446, 35.457]	m	76	オスミウム	Ir	192.217(3)	g
18	アルゴン	Ar	39.948(1)	g r	77	オシリジウム	Pt	195.084(9)	g
19	カリウム	K	39.0983(1)	m	78	白金	Au	196.966569(5)	g
20	カルシウム	Ca	40.078(4)	g	79	水銀	Hg	200.592(3)	g
21	スカルシジウム	Sc	44.955908(5)	m	80	タリウム	Tl	[204.382, 204.385]	g
22	チタニウム	Ti	47.867(1)	m	81	リ鉛	Pb	207.2(1)	r
23	バナジウム	V	50.9415(1)	m	82	スズマウチ	Bi	208.98040(1)	g
24	クロム	Cr	51.9961(6)	m	83	ビスマス	Po		
25	マンガン	Mn	54.938044(3)	m	84	アロスニタド	At		
26	鉄	Fe	55.845(2)	m	85	アラジウム	Rn		
27	コバルトル	Co	58.933194(4)	m	86	ラジウム	Fr		
28	ニッケル	Ni	58.6934(4)	r	87	ラジウム	Ra		
29	銅	Cu	63.546(3)	r	88	ラクチニウム	Ac		
30	亜鉛	Zn	65.38(2)	r	89	トリアクチニウム	Th	232.0377(4)	g
31	ガリウム	Ga	69.723(1)	r	90	プロトアクチニウム	Pa	231.03588(2)	g
32	ゲルマニウム	Ge	72.630(8)	r	91	ウララン	U	238.02891(3)	gm
33	ヒ素	As	74.921595(6)	r	92	ネプチニウム	Np		
34	セレン	Se	78.971(8)	r	93	ブリトニウム	Pu		
35	臭素	Br	[79.901, 79.907]	m	94	ブルメトリシウム	Am		
36	クリビウム	Kr	83.798(2)	gm	95	アキリウム	Cm		
37	ルビウム	Rb	85.4678(3)	g	96	キュリウム	Bk		
38	ストロンチウム	Sr	87.62(1)	g r	97	バクルニウム	Cf		
39	イットリウム	Y	88.90584(2)	m	98	カリホルニウム	Es		
40	ジルコニア	Zr	91.224(2)	m	99	アインスタニアニウム	Fm		
41	ニオブ	Nb	92.90637(2)	m	100	フェルミウム	Md		
42	モリブデン	Mo	95.95(1)	m	101	メンデレビウム	No		
43	テクネチウム*	Tc		m	102	ノーベリウム	Lr		
44	ルテニウム	Ru	101.07(2)	m	103	ローレンシウム	Rf		
45	ロジウム	Rh	102.90550(2)	m	104	ラザボニウム	Db		
46	パラジウム	Pd	106.42(1)	m	105	ドーブニウム	Sg		
47	カドミウム	Ag	107.8682(2)	m	106	シボニウム	Bh		
48	インジウム	Cd	112.414(4)	m	107	ボーリウム	Hs		
49	スズ	In	114.818(1)	m	108	ハツシウム	Mt		
50	アンチモニウム	Sn	118.710(7)	m	109	マイネリウム	Ds		
51	アントモニウム	Sb	121.760(1)	m	110	ダームスタチウム	Rg		
52	テルル	Te	127.60(3)	m	111	レントゲニウム	Cn		
53	ヨウ素	I	126.90447(3)	m	112	コペルニシウム	Uut		
54	セノン	Xe	131.293(6)	gm	113	ウンントリウム	Fl		
55	セシウム	Cs	132.90545196(6)	m	114	フレロビウム	Uup		
56	バリウム	Ba	137.327(7)	m	115	ウンウンペンチウム	Lv		
57	ランタン	La	138.90547(7)	m	116	リバモリウム	Uus		
58	セリウム	Ce	140.116(1)	m	117	ウンウンセプチウム	Uuo		
59	プラセオジム	Pr	140.90766(2)	m	118	ウンウンオクチウム			

\* : 安定同位体のない元素。これらの元素については原子量が示されていないが、ビスマス、トリウム、プロトアクチニウム、ウランは例外で、これらの元素は地球上で固有の同位体組成を示すので原子量が与えられている。

g : 当該元素の同位体組成が通常の物質が示す変動幅を越えるような地質学的試料が知られている。そのような試料中では当該元素の原子量とこの表の値との差が、表記の不確かさを越えることがある。

m : 不詳な、あるいは不適切な同位体分別を受けたために同位体組成が変動した物質が市販品中に見いだされることがある。そのため、当該元素の原子量が表記の値とかなり異なることがある。

r : 通常の地球上の物質の同位体組成に変動があるために表記の原子量より精度の良い値を与えることができない。表中の原子量および不確かさは通常の物質に適用されるものとする。

# Standard Atomic Weights 2016

[Scaled to  $A_r(^{12}\text{C}) = 12$ , where  $^{12}\text{C}$  is a neutral atom in its nuclear and electronic ground state.]

The atomic weights,  $A_r(\text{E})$ , of many elements vary because of variations in the abundances of their isotopes in normal materials. For 12 such elements, an atomic-weight interval is given with the symbol  $[a, b]$  to denote the set of atomic-weight values in normal materials; thus,  $a \leq A_r(\text{E}) \leq b$  for element E. The symbols  $a$  and  $b$  denote the bounds of the interval  $[a, b]$ . If a more accurate  $A_r(\text{E})$  value for a specific material is required, it should be determined. For 72 elements,  $A_r(\text{E})$  values and their evaluated uncertainties (in parentheses, following the last significant digit to which they are attributed) are given. Names of elements with atomic number 113, 115, 117, and 118 are provisional; they have been reported in the peer-reviewed, scientific literature, but they have not yet been named by IUPAC.

Atomic Number	Name	Symbol	Atomic Weight	Footnotes	Atomic Number	Name	Symbol	Atomic Weight	Footnotes
1	hydrogen	H	[1.00784 , 1.00811]	m	60	neodymium	Nd	144.242(3)	g
2	helium	He	4.002602(2)	g r	61	promethium*	Pm	150.36(2)	g
3	lithium	Li	[6.938 , 6.997]	m	62	samarium	Sm	151.964(1)	g
4	beryllium	Be	9.0121831(5)	m	63	europeum	Eu	151.964(1)	g
5	boron	B	[10.806 , 10.821]	m	64	gadolinium	Gd	157.25(3)	g
6	carbon	C	[12.0096 , 12.0116]	m	65	terbium	Tb	158.92535(2)	g
7	nitrogen	N	[14.00643 , 14.00728]	m	66	dysprosium	Dy	162.500(1)	g
8	oxygen	O	[15.99903 , 15.99977]	m	67	holmium	Ho	164.93033(2)	g
9	fluorine	F	18.998403163(6)	m	68	erbium	Er	167.259(3)	g
10	neon	Ne	20.1797(6)	gm	69	thulium	Tm	168.93422(2)	g
11	sodium	Na	22.98976928(2)	m	70	yterbium	Yb	173.045(10)	g
12	magnesium	Mg	[24.304 , 24.307]	m	71	lutetium	Lu	174.9668(1)	g
13	aluminium (aluminum)	Al	26.9815385(7)	m	72	hafnium	Hf	178.49(2)	g
14	silicon	Si	[28.084 , 28.086]	m	73	tantalum	Ta	180.94788(2)	g
15	phosphorus	P	30.973761998(5)	m	74	tungsten	W	183.84(1)	g
16	sulfur	S	[32.059 , 32.076]	m	75	rhenium	Re	186.207(1)	g
17	chlorine	Cl	[35.446 , 35.457]	m	76	osmium	Os	190.23(3)	g
18	argon	Ar	39.948(1)	g r	77	iridium	Ir	192.217(3)	g
19	potassium	K	39.0983(1)	m	78	platinum	Pt	195.084(9)	g
20	calcium	Ca	40.078(4)	g	79	gold	Au	196.966569(5)	g
21	scandium	Sc	44.955908(5)	m	80	mercury	Hg	200.592(3)	g
22	titanium	Ti	47.867(1)	m	81	thallium	Tl	[204.382 , 204.385]	g
23	vanadium	V	50.9415(1)	m	82	lead	Pb	207.2(1)	g r
24	chromium	Cr	51.9961(6)	m	83	bismuth*	Bi	208.98040(1)	g
25	manganese	Mn	54.938044(3)	m	84	polonium*	Po		
26	iron	Fe	55.845(2)	m	85	astatine*	At		
27	cobalt	Co	58.933194(4)	m	86	radon*	Rn		
28	nickel	Ni	58.6934(4)	r	87	francium*	Fr		
29	copper	Cu	63.546(3)	r	88	radium*	Ra		
30	zinc	Zn	65.38(2)	r	89	actinium*	Ac		
31	gallium	Ga	69.723(1)	m	90	thorium*	Th	232.0377(4)	g
32	germanium	Ge	72.630(8)	m	91	protactinium*	Pa	231.03588(2)	g
33	arsenic	As	74.921595(6)	m	92	uranium*	U	238.02891(3)	gm
34	selenium	Se	78.971(8)	r	93	neptunium*	Np		
35	bromine	Br	[79.901 , 79.907]	r	94	plutonium*	Pu		
36	krypton	Kr	83.798(2)	gm	95	americium*	Am		
37	rubidium	Rb	85.4678(3)	g	96	curium*	Cm		
38	strontium	Sr	87.62(1)	g r	97	berkelium*	Bk		
39	yttrium	Y	88.90584(2)	m	98	californium*	Cf		
40	zirconium	Zr	91.224(2)	m	99	einsteinium*	Es		
41	niobium	Nb	92.90637(2)	m	100	fermium*	Fm		
42	molybdenum	Mo	95.95(1)	m	101	mendelevium*	Md		
43	technetium*	Tc		m	102	nobelium*	No		
44	ruthenium	Ru	101.07(2)	m	103	lawrencium*	Lr		
45	rhodium	Rh	102.90550(2)	m	104	rutherfordium*	Rf		
46	palladium	Pd	106.42(1)	m	105	dubnium*	Db		
47	silver	Ag	107.8682(2)	m	106	seaborgium*	Sg		
48	cadmium	Cd	112.414(4)	m	107	bohrium*	Bh		
49	indium	In	114.818(1)	m	108	hassium*	Hs		
50	tin	Sn	118.710(7)	m	109	meitnerium*	Mt		
51	antimony	Sb	121.760(1)	m	110	darmstadtium*	Ds		
52	tellurium	Te	127.60(3)	m	111	roentgenium*	Rg		
53	iodine	I	126.90447(3)	m	112	copernicium*	Cn		
54	xenon	Xe	131.293(6)	gm	113	ununtrium*	Uut		
55	caesium (cesium)	Cs	132.90545196(6)	m	114	flerovium*	Fl		
56	barium	Ba	137.327(7)	m	115	ununpentium*	Uup		
57	lanthanum	La	138.90547(7)	m	116	livermorium*	Lv		
58	cerium	Ce	140.116(1)	m	117	ununseptium*	Uus		
59	praseodymium	Pr	140.90766(2)	m	118	ununoctium*	Uuo		

\* : Element has no stable isotopes. However, four elements (Bi, Th, Pa, and U) do have a characteristic isotopic composition, and for these elements, standard atomic weights are tabulated.

g : Geological specimens are known in which the element has an isotopic composition outside the limits for normal material. The difference between the atomic weight of the element in such specimens and that given in the table may exceed the stated uncertainty.

m : Modified isotopic compositions may be found in commercially available material because the material has been subjected to an undisclosed or inadvertent isotopic fractionation. Substantial deviations in atomic weight of the element from that given in the table can occur.

r : Range in isotopic composition of normal terrestrial material prevents a more precise  $A_r(\text{E})$  being given; the tabulated  $A_r(\text{E})$  value and uncertainty should be applicable to normal material.

## 4 桁の原子量表 (2016)

(元素の原子量は、質量数 12 の炭素 ( $^{12}\text{C}$ ) を 12 とし、これに対する相対値とする。)

本表は、実用上の便宜を考えて、国際純正・応用化学連合 (IUPAC) で承認された最新の原子量に基づき、日本化学会原子量専門委員会が独自に作成したものである。本来、同位体存在度の不確定さは、自然に、あるいは人為的に起こりうる変動や実験誤差のために、元素ごとに異なる。従って、個々の原子量の値は、正確度が保証された有効数字の桁数が大きく異なる。本表の原子量を引用する際には、このことに注意を喚起することが望ましい。

なお、本表の原子量の信頼性は有効数字の 4 桁目で土 1 以内であるが、例外として、\* 付したものは土 2 である。また、安定同位体がなく、天然で特定の同位体組成を示さない元素については、その元素の放射性同位体の質量数の一例を ( ) 内に示した。従って、その値を原子量として扱うことは出来ない。

原子番号	元素名	元素記号	原子量	原子番号	元素名	元素記号	原子量
1	水素	H	1.008	58	セリウム	Ce	140.1
2	ヘリウム	He	4.003	59	プラセオジム	Pr	140.9
3	リチウム	Li	6.941 <sup>†</sup>	60	ネオジム	Nd	144.2
4	ベリリウム	Be	9.012	61	プロメチウム	Pm	(145)
5	ホウ素	B	10.81	62	サマリウム	Sm	150.4
6	炭素	C	12.01	63	ユウロピウム	Eu	152.0
7	窒素	N	14.01	64	ガドリニウム	Gd	157.3
8	酸素	O	16.00	65	テルビウム	Tb	158.9
9	フッ素	F	19.00	66	ジスプロシウム	Dy	162.5
10	ネオジン	Ne	20.18	67	ホルミウム	Ho	164.9
11	ナトリウム	Na	22.99	68	エルビウム	Er	167.3
12	マグネシウム	Mg	24.31	69	ツリウム	Tm	168.9
13	アルミニウム	Al	26.98	70	イットルビウム	Yb	173.0
14	ケイ素	Si	28.09	71	ルテチウム	Lu	175.0
15	リン	P	30.97	72	ハフニウム	Hf	178.5
16	硫黄	S	32.07	73	タタングストン	Ta	180.9
17	塩素	Cl	35.45	74	タレニウム	W	183.8
18	アルゴン	Ar	39.95	75	オスマニウム	Re	186.2
19	カリウム	K	39.10	76	オシリジウム	Os	190.2
20	カルシウム	Ca	40.08	77	オイストリウム	Ir	192.2
21	スカングジウム	Sc	44.96	78	白金	Pt	195.1
22	チタニウム	Ti	47.87	79	金	Au	197.0
23	バナジウム	V	50.94	80	水銀	Hg	200.6
24	クロム	Cr	52.00	81	タリウム	Tl	204.4
25	マンガン	Mn	54.94	82	鉛	Pb	207.2
26	鉄	Fe	55.85	83	スマニウム	Bi	209.0
27	コバルト	Co	58.93	84	ポニタチウム	Po	(210)
28	ニッケル	Ni	58.69	85	アスドラン	At	(210)
29	銅	Cu	63.55	86	ラドラン	Rn	(222)
30	亜鉛	Zn	65.38*	87	ラジウム	Fr	(223)
31	ガリウム	Ga	69.72	88	ラジウム	Ra	(226)
32	ゲルマニウム	Ge	72.63	89	アクチニウム	Ac	(227)
33	ヒ素	As	74.92	90	トリウム	Th	232.0
34	セレン	Se	78.97	91	プロトアクチニウム	Pa	231.0
35	臭素	Br	79.90	92	ラジウム	U	238.0
36	クリプトン	Kr	83.80	93	ネプチニウム	Np	(237)
37	ルビジウム	Rb	85.47	94	ブルトニウム	Pu	(239)
38	ストロンチウム	Sr	87.62	95	アメリциウム	Am	(243)
39	イットリウム	Y	88.91	96	キュリウム	Cm	(247)
40	ジルコニア	Zr	91.22	97	バクリウム	Bk	(247)
41	ニオブ	Nb	92.91	98	カリボルニウム	Cf	(252)
42	モリブデン	Mo	95.95	99	アインスタイニウム	Es	(252)
43	テクネチウム	Tc	(99)	100	フェルミウム	Fm	(257)
44	ルテニウム	Ru	101.1	101	メンデレビウム	Md	(258)
45	ロジウム	Rh	102.9	102	ノーベリウム	No	(259)
46	パラジウム	Pd	106.4	103	ローレンシウム	Lr	(262)
47	銀	Ag	107.9	104	ラザホージウム	Rf	(267)
48	カドミウム	Cd	112.4	105	ドブニウム	Db	(268)
49	インジウム	In	114.8	106	シボーギウム	Sg	(271)
50	スズ	Sn	118.7	107	ボリウム	Bh	(272)
51	アンチモニウム	Sb	121.8	108	ハッシウム	Hs	(277)
52	テルル	Te	127.6	109	マイトネリウム	Mt	(276)
53	ヨウ素	I	126.9	110	ダームスタチウム	Ds	(281)
54	キセノン	Xe	131.3	111	レントゲニウム	Rg	(280)
55	セシウム	Cs	132.9	112	コベルニシウム	Cn	(285)
56	バリウム	Ba	137.3	114	フレロビウム	Fl	(289)
57	ランタン	La	138.9	116	リバモリウム	Lv	(293)

\*: 市販品中のリチウム化合物のリチウムの原子量は 6.938 から 6.997 の幅をもつ。

# 元素の周期表(2016)

周期へ族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族／周期
1	<b>1 H</b> 水素 1.00784~ 1.00811																	<b>2 He</b> ヘリウム 4.002602	
2	<b>3 Li</b> リチウム 6.938~ 6.997	<b>4 Be</b> ベリリウム 9.0121831																<b>1 Ne</b> ネオン 20.1797	
3	<b>11 Na</b> ナトリウム 22.98976928	<b>12 Mg</b> マグネシウム 24.304~ 24.307																<b>13 Al</b> アルミニウム 26.9815365	
4	<b>19 K</b> カリウム 39.0983	<b>20 Ca</b> カルシウム 40.073	<b>21 Sc</b> スカンドジウム 50.9415	<b>22 Ti</b> チタン 47.867	<b>23 V</b> バナジウム 50.95908	<b>24 Cr</b> クロム 51.9861	<b>25 Mn</b> マンガン 54.938044	<b>26 Fe</b> 鉄 55.845	<b>27 Co</b> コバルト 58.933194	<b>28 Ni</b> ニッケル 58.6934	<b>29 Cu</b> 銅 63.546	<b>30 Zn</b> 亜鉛 65.38	<b>31 Ga</b> ガリウム 69.723	<b>32 Ge</b> ゲルマニウム 72.630	<b>33 As</b> アス	<b>34 Se</b> セレン 78.971	<b>35 Br</b> ヨウ素 79.901~ 79.907	<b>36 Kr</b> クリプトン 83.798	
5	<b>37 Rb</b> ルビジウム 85.4678	<b>38 Sr</b> ストロンチウム 87.62	<b>39 Y</b> イットリウム 88.90584	<b>40 Zr</b> ニオブ 91.224	<b>41 Nb</b> モリブデン 95.95	<b>42 Mo</b> モリブデン 95.95	<b>43 Tc*</b> テクネチウム (99)	<b>44 Ru</b> ロジウム 101.07	<b>45 Rh</b> パラジウム 102.90550	<b>46 Pd</b> パラジウム 106.42	<b>47 Ag</b> 銀 107.8682	<b>48 Cd</b> カドミウム 112.414	<b>49 In</b> インジウム 114.818	<b>50 Sn</b> スズ 118.710	<b>51 Sb</b> アンチモン 121.760	<b>52 Te</b> テルル 127.60	<b>53 I</b> ヨウ素 126.90447	<b>54 Xe</b> キセノン 131.293	
6	<b>55 Cs</b> セシウム 132.90545196	<b>56 Ba</b> バリウム 137.3227	<b>57~71</b> ランタノイド	<b>72 Hf</b> ハフニウム 178.49	<b>73 Ta</b> タンタル 180.947788	<b>74 W</b> タングステン 183.84	<b>75 Re</b> レニウム 186.207	<b>76 Os</b> オスミウム 190.23	<b>77 Ir</b> イリジウム 192.217	<b>78 Pt</b> 白金 195.084	<b>79 Au</b> 金 196.966569	<b>80 Hg</b> 水銀 200.592	<b>81 Tl</b> タリウム 204.385	<b>82 Pb</b> 鉛 207.2	<b>83 Bi*</b> ビスマス 208.98040	<b>84 Po*</b> ポロニウム (210)	<b>85 At*</b> アスダチン (210)	<b>86 Rn*</b> ラドン (222)	
7	<b>87 Fr*</b> フランシウム (223)	<b>88 Ra*</b> ラジウム (226)	<b>89~103</b> アクチノイド	<b>104 Rf*</b> ラザホーリウム (267)	<b>105 Db*</b> ドブニウム (268)	<b>106 Sg*</b> シーザーギュウム (271)	<b>107 Bh*</b> ボーリウム (272)	<b>108 Hs*</b> ハッシュウム (277)	<b>109 Mt*</b> マイトリウム ダームスチチウム (276)	<b>110 Ds*</b> レントゲンチウム (281)	<b>111 Rg*</b> コヘルニシウム フレロリウム (285)	<b>112 Cn*</b> ウランケンチウム ウランケンチウム (284)	<b>113 Ut*</b> ウランケンチウム リバモリウム (289)	<b>114 Fl*</b> ウランケンチウム (288)	<b>115 Up*</b> ウランケンチウム (293)	<b>116 Lv*</b> ウランケンチウム (293)	<b>117 Us*</b> ウランケンチウム (293)	<b>118 Uuo*</b> ウランケンチウム (294)	

<b>57 La</b> ランタン 136.90547	<b>58 Ce</b> セリウム 140.116	<b>59 Pr</b> プロセオジム 140.90766	<b>60 Nd</b> プロメチウム 144.242	<b>61 Pm*</b> ガドリニウム (145)	<b>62 Sm</b> サマリウム 150.36	<b>63 Eu</b> ユウロピウム 151.964	<b>64 Gd</b> ガドリニウム 157.25	<b>65 Tb</b> テルビウム 162.500	<b>66 Dy</b> ジスプロシウム 163.92355	<b>67 Ho</b> ホルミウム 164.93033	<b>68 Er</b> エルビウム 167.259	<b>69 Tm</b> ツリウム 168.93422	<b>70 Yb</b> イットルビウム 173.045	<b>71 Lu</b> ルテチウム 174.9668
<b>89 Ac*</b> アクチノイド	<b>90 Th*</b> トリアクチニウム (227)	<b>91 Pa*</b> プロアクチニウム 232.0377	<b>92 U*</b> ウラン 231.03568	<b>93 Np*</b> ネプチニウム (237)	<b>94 Pu*</b> ネプチニウム 238.02891	<b>95 Am*</b> アメリシウム (243)	<b>96 Cm*</b> キュリウム (247)	<b>97 Bk*</b> バーチリウム (247)	<b>98 Cf*</b> カーホルニウム (252)	<b>99 Es*</b> インスタンシウム (252)	<b>100 Fm*</b> フェルミウム (257)	<b>101 Md*</b> メンテリビウム (258)	<b>102 No*</b> ノーベリウム (259)	<b>103 Lr*</b> ローレンシウム (262)

注1：元素記号の右肩の\*はその元素には安定同位体が存在しないことを示す。そのような元素については放射性同位体の質量数の一例を（ ）内に示した。ただし、Bi、Th、Pa、Uについては天然で特定の同位体組成を示すので原子量が与えられる。

注2：この周期表には最新の原子量「原子量表(2016)」が示されている。原子量は単一の数値あるいは変動範囲で示されている。原子量が範囲で示されている12元素については他の72元素については、原子量の不確かさは示された数値の最後の桁にある。

備考：原子番号104番以降の超アクチノイドの周期表の位置は暫定的である。

## 元素の同位体組成表（2016）

国際純正・応用化学連合（IUPAC）無機化学部門の原子量および同位体存在度委員会（CIAAW）は、原子量の改定の基礎となる同位体存在度の値を検討するため、同位体存在度測定小委員会を設けてデータの収集、評価を行い、必要に応じて改定を行っている。以下に示す2016年版の元素の同位体組成は上記小委員会が2013年版として発表した値<sup>\*</sup>に基づいており、現時点で最新の値である。

この表を用いるにあたって特に次の点に注意する必要がある。

- (1) この表中の同位体存在度は普通の実験室でごく一般的に使われている試薬や物質中の元素の同位体存在度を示す。
  - (2) これらの値は自然界に最も多く存在する物質に対する同位体存在度を示しているとは限らない。
  - (3) 原子量が変動範囲で示されている12元素では同位体組成も変動範囲で示されている。
- [a, b]は同位体存在度がa以上b以下の範囲にあることを表す。
- (4) ( )内の数字は各同位体存在度の不確かさで、自然に、あるいは人為的に起こりうる変動の幅、および実験誤差を含んでいる。
  - (5) この不確かさは原論文に記載されている同位体比データ、およびその測定方法を上記委員会が定めた基準を適用して求められたものであり、同位体存在度の有効数字はこの不確かさの程度によって決定されている。
  - (6) 個々の物質の精密な同位体存在度を得たい場合には、同位体標準試料を入手して比較測定するか、適切な方法を用いて測定をする必要がある。
  - (7) ヘリウム、窒素、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノンの同位体存在度は空気中に存在するそれぞれの気体の値である。
  - (8) 半減期が $4 \times 10^8$ 年以下の核種からなる元素は掲載されていない。ただしプロトアクチニウムについては $^{231}\text{Pa}$ （半減期：3.28× $10^4$ 年）が $^{235}\text{U}$ からの壊変生成物として常に自然界に存在しているので例外的に単核種元素として記載されている。

\*J. Meija et al.: Isotopic Compositions of the Elements 2013 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, in press (2016).

原子番号	元素記号	質量数	同位体存在度 [原子百分率]	備考	原子番号	元素記号	質量数	同位体存在度 [原子百分率]	備考
1	H	1	[99.972, 99.999]	M			40	0.0117(1)	G
		2	[0.001, 0.028]				41	6.7302(44)	
2	He	3	0.0002(2)	G R	20	Ca	40	96.941(156) <sup>c</sup>	G
		4	99.9998(2)				42	0.647(23)	
3	Li	6	[1.9, 7.8] <sup>a</sup>	M			43	0.135(10)	
		7	[92.2, 98.1] <sup>a</sup>				44	2.086(110)	
4	Be	9	100				46	0.004(3)	
5	B	10	[18.9, 20.4]	M			48	0.187(21)	
		11	[79.6, 81.1]				21	Sc	
6	C	12	[98.84, 99.04]		22	Ti	45	100	
		13	[0.96, 1.16]				46	8.25(3)	
7	N	14	[99.578, 99.663] <sup>b</sup>	M			47	7.44(2)	
		15	[0.337, 0.422]				48	73.72(3)	
8	O	16	[99.738, 99.776]	M			49	5.41(2)	
		17	[0.0367, 0.0400]				50	5.18(2)	
9	F	18	[0.187, 0.222]		23	V	50	0.250(10)	
		19	100				51	99.750(10)	
10	Ne	20	90.48(3)	GM		24	Cr	50	4.345(13)
		21	0.27(1)				52	83.789(18)	
		22	9.25(3)				53	9.501(17)	
11	Na	23	100		25	Mn	55	100	
12	Mg	24	[78.88, 79.05]		26	Fe	54	5.845(105)	
		25	[9.988, 10.034]				56	91.754(106)	
13	Al	26	[10.96, 11.09]				57	2.119(29)	
		27	100				58	0.282(12)	
14	Si	28	[92.191, 92.318]		27	Co	59	100	R
		29	[4.645, 4.699]				58	68.0769(190)	
		30	[3.037, 3.110]				60	26.2231(150)	
15	P	31	100				61	1.1399(13)	
16	S	32	[94.41, 95.29]		28	Ni	62	3.6345(40)	
		33	[0.729, 0.797]				64	0.9256(19)	
		34	[3.96, 4.77]				63	69.15(15)	
17	Cl	35	[0.0129, 0.0187]		29	Cu	65	30.85(15)	
		37	[23.9, 24.5]				66	49.17(75)	
18	Ar	36	0.3336(210)	G R	30	Zn	67	27.73(98)	
		38	0.0629(70)				68	4.04(16)	
		40	99.6035(250)				70	18.45(63)	
19	K	39	93.2581(44)		31	Ga	69	0.61(10)	
								60.108(50)	

原子番号	元素記号	質量数	同位体存在度 [原子百分率]	備考	原子番号	元素記号	質量数	同位体存在度 [原子百分率]	備考
32	Ge	71	39.892(50)	R	51	Sb	116	14.54(9)	G
		70	20.52(19)				117	7.68(7)	
		72	27.45(15)				118	24.22(9)	
		73	7.76(8)				119	8.59(4)	
		74	36.52(12)				120	32.58(9)	
		76	7.75(12)				122	4.63(3)	
33	As	75	100	GM	52	Te	124	5.79(5)	GM
34	Se	74	0.86(3)				121	57.21(5)	
		76	9.23(7)				123	42.79(5)	
		77	7.60(7)				120	0.09(1)	
		78	23.69(22)				122	2.55(12)	
		80	49.80(36)				123	0.89(3)	
		82	8.82(15)				124	4.74(14)	
35	Br	79	[50.5, 50.8]				125	7.07(15)	
		81	[49.2, 49.5]	GM	53	I	126	18.84(25)	GM
36	Kr	78	0.355(3)				128	31.74(8)	
		80	2.286(10)				130	34.08(62)	
		82	11.593(31)				127	100	
		83	11.500(19)				124	0.095(5)	
		84	56.987(15)				126	0.089(3)	
		86	17.279(41)				128	1.910(13)	
37	Rb	85	72.17(2)				129	26.401(138)	
		87	27.83(2)	R	54	Xe	130	4.071(22)	R
38	Sr	84	0.56(2)				131	21.232(51)	
		86	9.86(20)				132	26.909(55)	
		87	7.00(20) <sup>c</sup>				134	10.436(35)	
		88	82.58(35)				136	8.857(72)	
39	Y	89	100	G	55	Cs	133	100	G
40	Zr	90	51.45(4)				130	0.11(1)	
		91	11.22(5)				132	0.10(1)	
		92	17.15(3)				134	2.42(15)	
		94	17.38(4)				135	6.59(10)	
		96	2.80(2)				136	7.85(24)	
41	Nb	93	100				137	11.23(23)	
42	Mo	92	14.649(106)				138	71.70(29)	
		94	9.187(33)	G	57	La	138	0.08881(71)	G
		95	15.873(30)				139	99.91119(71)	
		96	16.673(8)				136	0.186(2)	
		97	9.582(15)				138	0.251(2) <sup>c</sup>	
		98	24.292(80)				140	88.449(51)	
		100	9.744(65)				142	11.114(51)	
44	Ru	96	5.54(14)				141	100	G
		98	1.87(3)	G	60	Nd	142	27.153(40)	
		99	12.76(14)				143	12.173(26) <sup>c</sup>	
		100	12.60(7)				144	23.798(19)	
		101	17.06(2)				145	8.293(12)	
		102	31.55(14)				146	17.189(32)	
		104	18.62(27)				148	5.756(21)	
45	Rh	103	100	G	62	Sm	150	5.638(28)	G
46	Pd	102	1.02(1)				144	3.08(4)	
		104	11.14(8)				147	15.00(14)	
		105	22.33(8)				148	11.25(9)	
		106	27.33(3)				149	13.82(10)	
		108	26.46(9)				150	7.37(9)	
		110	11.72(9)				152	26.74(9)	
47	Ag	107	51.839(8)				154	22.74(14)	
		109	48.161(8)	G	63	Eu	151	47.81(6)	G
48	Cd	106	1.245(22)				153	52.19(6)	
		108	0.888(11)				152	0.20(3)	
		110	12.470(61)				154	2.18(2)	
		111	12.795(12)				155	14.80(9)	
		112	24.109(7)				156	20.47(3)	
		113	12.227(7)				157	15.65(4)	
		114	28.754(81)	G	64	Gd	158	24.84(8)	G
		116	7.512(54)				160	21.86(3)	
49	In	113	4.281(52)				159	100	
		115	95.719(52)				156	0.056(3)	
50	Sn	112	0.97(1)				158	0.095(3)	
		114	0.66(1)	G	66	Tb	160	2.329(18)	G
		115	0.34(1)				161	18.889(42)	

原子番号	元素記号	質量数	同位体存在度 [原子百分率]	備考	原子番号	元素記号	質量数	同位体存在度 [原子百分率]	備考
67	Ho	162	25.475(36)	G	77	Ir	186	1.59(64)	
		163	24.896(42)				187	1.96(17) <sup>c</sup>	
		164	28.260(54)				188	13.24(27)	
		165	100				189	16.15(23)	
		162	0.139(5)				190	26.26(20)	
	Er	164	1.601(3)		78	Pt	192	40.78(32)	
		166	33.503(36)				191	37.3(2)	
		167	22.869(9)				193	62.7(2)	
		168	26.978(18)				190	0.012(2)	
		170	14.910(36)				192	0.782(24)	
69	Tm	169	100	G	79	Au	194	32.864(410)	
70	Yb	168	0.123(3)				195	33.775(240)	
		170	2.982(39)				196	25.211(340)	
		171	14.086(140)				198	7.356(130)	
		172	21.686(130)				197	100	
		173	16.103(63)		80	Hg	196	0.15(1)	
		174	32.025(80)				198	10.04(3)	
		176	12.995(83)				199	16.94(12)	
71	Lu	175	97.401(13)				200	23.14(9)	
		176	2.599(13)				201	13.17(9)	
72	Hf	174	0.16(12)	G	81	Tl	202	29.74(13)	
		176	5.26(70) <sup>c</sup>				204	6.82(4)	
		177	18.60(16)				203	[29.44, 29.59]	
		178	27.28(28)				205	[70.41, 70.56]	
		179	13.62(11)				204	1.4(6)	G R
		180	35.08(33)		82	Pb	206	24.1(30) <sup>c</sup>	
73	Ta	180	0.01201(32)				207	22.1(50) <sup>c</sup>	
		181	99.98799(32)				208	52.4(70) <sup>c</sup>	
74	W	180	0.12(1)				209	100	
		182	26.50(16)		83	Bi	230	0.02(2)	
		183	14.31(4)				232	99.98(2)	
		184	30.64(2)		91	Pa	231	100	
		186	28.43(19)		92	U	234	0.0054(5)	GM
75	Re	185	37.40(5)				235	0.7204(6) <sup>a</sup>	
		187	62.60(5)				238	99.2742(10)	
76	Os	184	0.02(2)	G					

「元素の同位体組成表（2016）」における注や備考欄の意味は下記の通りである。なお、大文字は元素全体についての注であり、小文字は各同位体についてのものである。

G：地質学的試料の中には、同位体存在度が示された不確かさの範囲をこえるものが存在する。

M：市販品の中には不詳な、あるいは不適切な同位体分別を受け、ここに示した同位体存在度から大幅にかけ離れた値を示すものが存在する。

R：通常の地球上の物質の同位体存在度に幅があるために、精度の良い同位体存在度が得られない。

a :  ${}^6\text{Li}$  や  ${}^{235}\text{U}$  が抽出された後のリチウムやウランが試薬として出回っているので注意を要する。リチウムの場合、このような試薬中の  ${}^6\text{Li}$  の存在度は 2.007 から 7.672% の変動を示すことが知られており、天然に存在する物質中の  ${}^6\text{Li}$  の値はこの範囲で最も高い値を示す。ウランの場合、 ${}^{235}\text{U}$  の存在度は 0.21~0.7207% の範囲の報告があり、天然の値よりもはるかに低いもののが存在する。

b : 測定された  $\delta^{15}\text{N}$  値から  ${}^{15}\text{N}$  の原子百分率を計算する際、空気中の窒素ガスの  ${}^{14}\text{N}/{}^{15}\text{N}$  比として 272 を用いることが委員会から勧告されている。

c : 放射壊変による付加を受ける同位体の存在度は著しく変動する場合がある。

### 「原子量表」、「4 枝の原子量表」、「元素の周期表」及び「元素の同位体組成表」の 2016 年版における主な改定点

- IUPAC における 2015 年の決定\*に基づき、Yb の原子量とその不確かさを以下の通り変更した。

\*IUPAC Inorganic Chemistry Division, CIAAW: Standard Atomic Weight of Ytterbium Revised. *Chem. Int.*, 37 (5-6), 26 (2015).

元素名	元素記号	原子量表		4 枝の原子量表	
		2015 年版	2016 年版	2015 年版	2016 年版
イッテルビウム	Yb	173.054(5)	173.045(10)	173.1	173.0

・「4 枝の原子量表」については実用上の便宜から、单一数値による形式を引き続き採用することにした。今回は原子量の変更に伴い、Yb の数値を変更した。

・「元素の周期表」については Yb の原子量の数値を変更した。

・「元素の同位体組成表」を現時点での最新の値に変更した。また、トリウムについては  ${}^{230}\text{Th}$  (半減期:  $7.54 \times 10^4$  年) が  ${}^{238}\text{U}$  からの壊生成物として常に自然界に存在しているのでその同位体存在度が新たに記載された。