

「原子量表 (2004)」について

日本化学会原子量小委員会

1961年、元素の原子量が、質量数12の炭素(^{12}C)を12(端数なし)とし、これに対する相対値とする、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比の測定データは質、量ともに格段に向上した。国際純正・応用化学連合(IUPAC)の原子量及び同位体存在度委員会(CAWIA)では新しく測定されたデータの収集と検討を行い、原子量表を公表している。これを受けて、日本化学会原子量小委員会は、その表をもとに毎年4月に原子量表を公表している。この原子量表を正しく、かつ有効に使用できるように、以下に簡単な解説を加える。さらに詳しいことはIUPACの原子量及び同位体存在度委員会の報告書^{*1}及び総説^{*2}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、表の前文に書かれているように、地球上に起源を持ち、天然に存在する物質中の元素に対する値である。原子量は単核種元素(一つの安定核種からなる元素)以外の元素では光の速度のような自然界の定数ではなく、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ものである。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(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ってきた。その結果、元素間で原子量の精度に差が生じるようになった。原子量表で各原子量の値に続く()の中に示した数字は、その原子量の最後の桁の値に対する不確かさである。例えば水素の場合の1.00794(7)は1.00794±0.00007を意味する。

単核種元素の原子量は最も正確で、精度も高い。それは、単核種元素は複数の安定同位体をもたないために同位体比を考慮する必要がないからである。このような元素の原子量は、物理的手法で求めたそれぞれの核種の質量^{*3}をもとに一定の基準で不確かさを考慮して決められる。

元素の中には地球上で採取された試料の大部分ではある一定の同位体組成を示すが、ある特定の試料ではそれらの値と異なった同位体組成を示すものがある。このような元素には注に“g”と記し、試料によってはこれらの元素の原子量として原子量表の値をそのまま使うことができないことを示す。これに対して、例えば酸素のように、空気、海水、陸水、岩石など種々の形態で地球上に存在し、これらの物質間で同位体組成が変動しているため、どれか1つの値に収束できない元素がある。注の“r”は、このように同位体組成の測定技術がどんなに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つけられている。一方、元素によっては人為的に同位体分別を受けたものが試薬として一般に利用されている可能性がある。代表的な元素として、水素、リチウム、ホウ素、ウランなどがある。注の“m”はこのような元素に付けられており、特に原子量が問題となる様な場合には試薬のラベルを参照するなどして注意する必要がある。

* 1. IUPAC Inorganic Chemistry Division, CAWIA : Atomic Weights of the Elements 2001. *Pure Appl. Chem.*, 75, 1107 (2003).

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

* 3. G. Audi and A. H. Wapstra : The 1993 Atomic Mass Evaluation (I). *Nucl. Phys.*, A565, 1 (1993).

安定同位体のない元素

この表は、原子量表(2004)で*を付した安定同位体のない元素についてまとめたものである。

原子番号	元素名	元素記号	同位体の質量数†	原子番号	元素名	元素記号	同位体の質量数†
43	テクネチウム	Tc	97, 98, 99	98	カリホルニウム	Cf	249, 250, 251, 252
61	プロメチウム	Pm	145, 147	99	アインスタイニウム	Es	252
83	ビスマス‡	Bi	209	100	フェルミウム	Fm	257
84	ポロニウム	Po	209, 210	101	メンデレビウム	Md	256, 258
85	アスタチン	At	210, 211	102	ノーベリウム	No	259
86	ラドオン	Rn	211, 220, 222	103	ローレンシウム	Lr	262
87	フランシウム	Fr	223	104	ラザホージウム	Rf	261
88	ラジウム	Ra	223, 224, 226, 228	105	ドブニウム	Db	262
89	アクチニウム	Ac	227	106	シーボーギウム	Sg	263
90	トリウム	Th	230, 232	107	ボーリウム	Bh	264
91	プロトアクチニウム	Pa	231	108	ハッシウム	Hs	269
92	ウラン	U	233, 234, 235, 236, 238	109	マイトネリウム	Mt	268
93	ネプツニウム	Np	237, 239	110	ダームスタチウム	Ds	269
94	プルトニウム	Pu	238, 239, 240, 241, 242, 244	111	レントゲニウム	Rg	272
95	アメリカシウム	Am	241, 243	112	ウンウンビウム	Uub	277
96	キュリウム	Cm	243, 244, 245, 246, 247, 248	114	ウンウンクワジウム	Uuq	289
97	バークリウム	Bk	247, 249	116	ウンウンヘキシウム	Uuh	292

†現在確認されている同位体の質量数の例。

‡P. de Marcillac et al. : Experimental Detection of α -particles from the Radioactive Decay of Natural Bismuth. *Nature*, 422, 876 (2003).

原子量表 (2004)

(元素の原子量は、質量数12の炭素(¹²C)を12とし、これに対する相対値とする。但し、¹²Cは核および電子が基底状態にある中性原子である。)

多くの元素の原子量は一定ではなく、物質の起源や処理の仕方に依存する。原子量とその不確かさは地球起源で天然に存在する物質中の元素に適用される。この表の脚注には、個々の元素に起こりうるもので、原子量に付随する不確かさを越える可能性のある変動の様式が示されている。原子番号112から116までの元素名は暫定的なものである。

元素名	元素記号	原子番号	原子量	脚注	元素名	元素記号	原子番号	原子量	脚注
アインスタイニウム*	Es	99			テクネチウム*	Te	43		
亜鉛	Zn	30	65.409(4)		鉄	Fe	26	55.845(2)	
アクチニウム*	Ac	89			テルビウム	Tb	65	158.92534(2)	
アスタチン*	At	85			テール	Te	52	127.60(3)	g
アメリカシウム*	Am	95			銅	Cu	29	63.546(3)	r
アルゴン	Ar	18	39.948(1)	g r	ドブニウム*	Db	105		
アルミニウム	Al	13	26.981538(2)		トリウム*	Th	90	232.0381(1)	g
アンチモン	Sb	51	121.760(1)	g	ナトリウム	Na	11	22.989770(2)	
硫	S	16	32.065(5)	g r	鉛	Pb	82	207.2(1)	g r
イッテルビウム	Yb	70	173.04(3)	g	ニオブ	Nb	41	92.90638(2)	
イットリウム	Y	39	88.90585(2)		ニッケル	Ni	28	58.6934(2)	
イリジウム	Ir	77	192.217(3)		ネオジム	Nd	60	144.24(3)	g
インジウム	In	49	114.818(3)		ネオン	Ne	10	20.1797(6)	gm
ウラン	U	92	238.02891(3)	gm	ネプツニウム*	Np	93		
ウンウンクワジウム*	Uuq	114			ノーベリウム*	No	102		
ウンウンビウム*	Uub	112			バークリウム*	Bk	97		
ウンウンヘキシウム*	Uuh	116			白金	Pt	78	195.078(2)	
エルビウム	Er	68	167.259(3)	g	ハッシウム*	Hs	108		
塩素	Cl	17	35.453(2)	gm	バナジウム	V	23	50.9415(1)	
オスmium	Os	76	190.23(3)	g	ハフニウム	Hf	72	178.49(2)	
カドミウム	Cd	48	112.411(8)	g	パラジウム	Pd	46	106.42(1)	g
ガドリニウム	Gd	64	157.25(3)	g	バリウム	Ba	56	137.327(7)	
カリウム	K	19	39.0983(1)		ビスマス*	Bi	83	208.98038(2)	
ガリウム	Ga	31	69.723(1)		ヒ素	As	33	74.92160(2)	
カホルニウム*	Cf	98			フェルミウム*	Fm	100		
カルシウム	Ca	20	40.078(4)	g	フッ素	F	9	18.9984032(5)	
キセノン	Xe	54	131.293(6)	gm	プラセオジム	Pr	59	140.90765(2)	
キュリウム*	Cm	96			フランシウム*	Fr	87		
金	Au	79	196.96655(2)		プルトニウム*	Pu	94		
銀	Ag	47	107.8682(2)	g	プロトアクチニウム*	Pa	91	231.03588(2)	
クリプトン	Kr	36	83.798(2)	gm	プロメチウム*	Pm	61		
クロム	Cr	24	51.9961(6)		ヘリウム	He	2	4.002602(2)	g r
ケイ素	Si	14	28.0855(3)	r	ベリリウム	Be	4	9.012182(3)	
ゲルマニウム	Ge	32	72.64(1)		ホウ素	B	5	10.811(7)	gmr
コバルト	Co	27	58.933200(9)		ボーリウム*	Bh	107		
サマリウム	Sm	62	150.36(3)	g	ホルミウム	Ho	67	164.93032(2)	
酸素	O	8	15.9994(3)	g r	ポロニウム*	Po	84		
ジプロシウム	Dy	66	162.500(1)	g	イットネリウム*	Mt	109		
シーボーギウム*	Sg	106			マグネシウム	Mg	12	24.3050(6)	
臭素	Br	35	79.904(1)		マンガン	Mn	25	54.938049(9)	
ジルコニウム	Zr	40	91.224(2)	g	メンデレビウム*	Md	101		
水銀	Hg	80	200.59(2)		モリブデン	Mo	42	95.94(2)	g
水素	H	1	1.00794(7)	gmr	ユウロピウム	Eu	63	151.964(1)	g
スカンジウム	Sc	21	44.955910(8)		ヨウ素	I	53	126.90447(3)	
スズ	Sn	50	118.710(7)	g	ラザホージウム*	Rf	104		
ストロンチウム	Sr	38	87.62(1)	g r	ラジウム*	Ra	88		
セシウム	Cs	55	132.90545(2)		ラントニウム*	Rn	86		
セリウム	Ce	58	140.116(1)	g	ランタン	La	57	138.9055(2)	g
セレン	Se	34	78.96(3)	r	リチウム	Li	3	[6.941(2)] [†]	gmr
ダームスタチウム*	Ds	110			リニウム	P	15	30.973761(2)	
タリウム	Tl	81	204.3833(2)		ルテチウム	Lu	71	174.967(1)	g
タングステム	W	74	183.84(1)		ルテニウム	Ru	44	101.07(2)	g
炭素	C	6	12.0107(8)	g r	ルビジウム	Rb	37	85.4678(3)	g
タンタル	Ta	73	180.9479(1)		レンニウム	Re	75	186.207(1)	
チタン	Ti	22	47.867(1)		レントゲニウム*	Rg	111		
窒素	N	7	14.0067(2)	g r	ロジウム	Rh	45	102.90550(2)	
ツリウム	Tm	69	168.93421(2)		ローレンシウム*	Lr	103		

: 不確かさは()内の数字であらわされ、有効数字の最後の桁に対応する。例えば、亜鉛の場合の65.409(4)は65.409±0.004を意味する。
 * : 安定同位体のない元素。
 † : 市販品中のリチウム化合物のリチウムの原子量は6.939から6.996の幅をもつ。これは⁶Liを抽出した後のリチウムが試薬として出回っているためである(元素の同位体組成表(2001)の注りを参照)。より正確な原子量が必要な場合は、個々の物質について測定する必要がある。
 g : 当該元素の同位体組成が正常な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。表中の原子量は通常の物質すべてに適用されるものとする。

Standard Atomic Weights 2004

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

The atomic weights of many elements are not invariant but depend on the origin and treatment of the material. The standard values of $A_r(\text{E})$ and the uncertainties (in parentheses, following the last significant figure to which they are attributed) apply to elements of natural terrestrial origin. The footnotes to this Table elaborate the types of variation which may occur for individual elements and which may be larger than the listed uncertainties of values of $A_r(\text{E})$. Names of elements with atomic number 112 to 116 are provisional.

Name	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Footnotes	Name	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Footnotes
Hydrogen	H	1	1.00794(7)	gmr	Praseodymium	Pr	59	140.90765(2)	
Helium	He	2	4.002602(2)	g r	Neodymium	Nd	60	144.24(3)	g
Lithium	Li	3	(6.941(2)) [†]	gmr	Promethium*	Pm	61		
Beryllium	Be	4	9.012182(3)		Samarium	Sm	62	150.36(3)	g
Boron	B	5	10.811(7)	gmr	Europium	Eu	63	151.964(1)	g
Carbon	C	6	12.0107(8)	g r	Gadolinium	Gd	64	157.25(3)	g
Nitrogen	N	7	14.0067(2)	g r	Terbium	Tb	65	158.92534(2)	g
Oxygen	O	8	15.9994(3)	g r	Dysprosium	Dy	66	162.500(1)	g
Fluorine	F	9	18.9984032(5)		Holmium	Ho	67	164.93032(2)	g
Neon	Ne	10	20.1797(6)	gm	Erbium	Er	68	167.259(3)	g
Sodium	Na	11	22.989770(2)		Thulium	Tm	69	168.93421(2)	g
Magnesium	Mg	12	24.3050(6)		Ytterbium	Yb	70	173.04(3)	g
Aluminium	Al	13	26.981538(2)		Lutetium	Lu	71	174.967(1)	g
Silicon	Si	14	28.0855(3)	r	Hafnium	Hf	72	178.49(2)	
Phosphorus	P	15	30.973761(2)		Tantalum	Ta	73	180.9479(1)	
Sulfur	S	16	32.065(5)	g r	Tungsten	W	74	183.84(1)	
Chlorine	Cl	17	35.453(2)	gm	(Wolfram)				
Argon	Ar	18	39.948(1)	g r	Rhenium	Re	75	186.207(1)	
Potassium	K	19	39.0983(1)		Osmium	Os	76	190.23(3)	g
Calcium	Ca	20	40.078(4)	g	Iridium	Ir	77	192.217(3)	
Scandium	Sc	21	44.955910(8)		Platinum	Pt	78	195.078(2)	
Titanium	Ti	22	47.867(1)		Gold	Au	79	196.96655(2)	
Vanadium	V	23	50.9415(1)		Mercury	Hg	80	200.59(2)	
Chromium	Cr	24	51.9961(6)		Thallium	Tl	81	204.3833(2)	
Manganese	Mn	25	54.938049(9)		Lead	Pb	82	207.2(1)	g r
Iron	Fe	26	55.845(2)		Bismuth	Bi	83	208.98038(2)	
Cobalt	Co	27	58.933200(9)		Polonium*	Po	84		
Nickel	Ni	28	58.6934(2)		Astatine*	At	85		
Copper	Cu	29	63.546(3)	r	Radon*	Rn	86		
Zinc	Zn	30	65.409(4)		Francium*	Fr	87		
Gallium	Ga	31	69.723(1)		Radium*	Ra	88		
Germanium	Ge	32	72.64(1)		Actinium*	Ac	89		
Arsenic	As	33	74.92160(2)		Thorium*	Th	90	232.0381(1)	g
Selenium	Se	34	78.96(3)	r	Protactinium*	Pa	91	231.03588(2)	
Bromine	Br	35	79.904(1)		Uranium*	U	92	238.02891(3)	gm
Krypton	Kr	36	83.798(2)	gm	Neptunium*	Np	93		
Rubidium	Rb	37	85.4678(3)	g	Plutonium*	Pu	94		
Strontium	Sr	38	87.62(1)	g r	Americium*	Am	95		
Yttrium	Y	39	88.90585(2)		Curium*	Cm	96		
Zirconium	Zr	40	91.224(2)	g	Berkelium*	Bk	97		
Niobium	Nb	41	92.90638(2)		Californium*	Cf	98		
Molybdenum	Mo	42	95.94(2)	g	Einsteinium*	Es	99		
Technetium*	Tc	43			Fermium*	Fm	100		
Ruthenium	Ru	44	101.07(2)	g	Mendelevium*	Md	101		
Rhodium	Rh	45	102.90550(2)		Nobelium*	No	102		
Palladium	Pd	46	106.42(1)	g	Lawrencium*	Lr	103		
Silver	Ag	47	107.8682(2)	g	Rutherfordium*	Rf	104		
Cadmium	Cd	48	112.411(8)	g	Dubnium*	Db	105		
Indium	In	49	114.818(3)		Seaborgium*	Sg	106		
Tin	Sn	50	118.710(7)	g	Bohrium*	Bh	107		
Antimony	Sb	51	121.760(1)	g	Hassium*	Hs	108		
Tellurium	Te	52	127.60(3)	g	Meitnerium*	Mt	109		
Iodine	I	53	126.90447(3)		Darmstadtium*	Ds	110		
Xenon	Xe	54	131.293(6)	gm	Roentgenium*	Rg	111		
Caesium	Cs	55	132.90545(2)		Ununbium*	Uub	112		
Barium	Ba	56	137.327(7)		Ununquadium*	Uuq	114		
Lanthanum	La	57	138.9055(2)	g	Ununhexium*	Uuh	116		
Cerium	Ce	58	140.116(1)	g					

* : Element has no stable isotopes.

† : Commercially available Li materials have atomic weights that range between 6.939 and 6.996 ; if a more accurate value is required, it must be determined for the specific material.

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.

gm : modified isotopic compositions may be found in commercially available material because it 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 should be applicable to any normal material.