











## 元素の同位体組成表 (2021)

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 2021 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>\*1</sup>に基づいている。なお、最新の原子量表に対応する値は CIAAW のウェブサイト<sup>\*2</sup>に掲載されている。

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 13 元素のうち、アルゴンを除く 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 <sup>231</sup>Pa (半減期:  $3.28 \times 10^4$  年) が <sup>235</sup>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。

\*1. J. Meija *et al.*: Isotopic Compositions of the Elements 2013 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.*, **88**, 293 (2016).

\*2. <http://www.ciaaw.org/isotopic-abundances.htm>

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	19	K	39	93.2581 (44)	
		2	[0.001, 0.028]				40	0.0117 (1)	
2	He	3	0.0002 (2)	G R	20	Ca	41	6.7302 (44)	G
		4	99.9998 (2)				40	96.941 (156) <sup>c</sup>	
3	Li	6	[1.9, 7.8] <sup>a</sup>	M			42	0.647 (23)	
		7	[92.2, 98.1] <sup>a</sup>				43	0.135 (10)	
4	Be	9	100				44	2.086 (110)	
5	B	10	[18.9, 20.4]	M			46	0.004 (3)	
		11	[79.6, 81.1]				48	0.187 (21)	
6	C	12	[98.84, 99.04]	M	21	Sc	45	100	
		13	[0.96, 1.16]				22	Ti	
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]	M	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)	
11	Na	22	9.25 (3)				53	9.501 (17)	
		23	100				54	2.365 (7)	
12	Mg	24	[78.88, 79.05]		25	Mn	55	100	
		25	[9.988, 10.034]				26	Fe	
13	Al	26	[10.96, 11.09]				56	91.754 (106)	
		27	100				57	2.119 (29)	
14	Si	28	[92.191, 92.318]		27	Co	58	0.282 (12)	
		29	[4.645, 4.699]				28	Ni	
15	P	30	[3.037, 3.110]				60	26.2231 (150)	R
		31	100				61	1.1399 (13)	
16	S	32	[94.41, 95.29]				62	3.6345 (40)	
		33	[0.729, 0.797]				64	0.9256 (19)	
17	Cl	34	[3.96, 4.77]		29	Cu	63	69.15 (15)	R
		36	[0.0129, 0.0187]				65	30.85 (15)	
18	Ar	35	[75.5, 76.1]	M	30	Zn	64	49.17 (75)	R
		37	[23.9, 24.5]				66	27.73 (98)	
		36	0.3336 (210)	G R			67	4.04 (16)	
		38	0.0629 (70)				68	18.45 (63)	
		40	99.6035 (250)				70	0.61 (10)	

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			
31	<b>Ga</b>	69	60.108(50)		50	<b>Sn</b>	112	0.97(1)	G			
		71	39.892(50)				114	0.66(1)				
32	<b>Ge</b>	70	20.52(19)				115	0.34(1)				
		72	27.45(15)				116	14.54(9)				
		73	7.76(8)				117	7.68(7)				
		74	36.52(12)				118	24.22(9)				
		76	7.75(12)				119	8.59(4)				
33	<b>As</b>	75	100				120	32.58(9)				
34	<b>Se</b>	74	0.86(3)	R			122	4.63(3)				
		76	9.23(7)					124	5.79(5)			
		77	7.60(7)			51	<b>Sb</b>	121	57.21(5)	G		
		78	23.69(22)					123	42.79(5)			
		80	49.80(36)				52	<b>Te</b>	120	0.09(1)	G	
	82	8.82(15)			122	2.55(12)						
35	<b>Br</b>	79	[50.5, 50.8]				123	0.89(3)				
		81	[49.2, 49.5]				124	4.74(14)				
36	<b>Kr</b>	78	0.355(3)	GM			125	7.07(15)				
		80	2.286(10)					126	18.84(25)			
		82	11.593(31)					128	31.74(8)			
		83	11.500(19)					130	34.08(62)			
		84	56.987(15)				53	<b>I</b>	127	100		
		86	17.279(41)				54		<b>Xe</b>	124	0.095(5)	GM
37	<b>Rb</b>	85	72.17(2)	G			126	0.089(3)				
		87	27.83(2)					128		1.910(13)		
38	<b>Sr</b>	84	0.56(2)	G R			129	26.401(138)				
		86	9.86(20)					130		4.071(22)		
		87	7.00(20) <sup>c</sup>					131		21.232(51)		
		88	82.58(35)					132	26.909(55)			
39	<b>Y</b>	89	100				134	10.436(35)				
40	<b>Zr</b>	90	51.45(4)	G			136	8.857(72)				
		91	11.22(5)				55	<b>Cs</b>	133	100		
		92	17.15(3)				56		<b>Ba</b>	130	0.11(1)	
		94	17.38(4)					132		0.10(1)		
		96	2.80(2)					134		2.42(15)		
41		<b>Nb</b>	93		100					135	6.59(10)	
42	<b>Mo</b>	92	14.649(106)	G			136	7.85(24)				
		94	9.187(33)					137		11.23(23)		
		95	15.873(30)					138	71.70(29)			
		96	16.673(8)				57	<b>La</b>	138	0.08881(71)	G	
		97	9.582(15)						139	99.91119(71)		
		98	24.292(80)				58	<b>Ce</b>	136	0.186(2)	G	
		100	9.744(65)						138	0.251(2) <sup>c</sup>		
44	<b>Ru</b>	96	5.54(14)	G			140		88.449(51)			
		98	1.87(3)						142	11.114(51)		
		99	12.76(14)				59	<b>Pr</b>	141	100		
		100	12.60(7)				60		<b>Nd</b>	142	27.153(40)	G
		101	17.06(2)					143		12.173(26) <sup>c</sup>		
		102	31.55(14)					144		23.798(19)		
		104	18.62(27)					145		8.293(12)		
45	<b>Rh</b>	103	100				146	17.189(32)				
46	<b>Pd</b>	102	1.02(1)	G			148	5.756(21)				
		104	11.14(8)					150	5.638(28)			
		105	22.33(8)				62	<b>Sm</b>	144	3.08(4)	G	
		106	27.33(3)						147	15.00(14)		
		108	26.46(9)						148	11.25(9)		
		110	11.72(9)						149	13.82(10)		
47	<b>Ag</b>	107	51.839(8)	G			150		7.37(9)			
		109	48.161(8)						152	26.74(9)		
48	<b>Cd</b>	106	1.245(22)	G			154	22.74(14)				
		108	0.888(11)				63	<b>Eu</b>	151	47.81(6)	G	
		110	12.470(61)						153	52.19(6)		
		111	12.795(12)				64	<b>Gd</b>	152	0.20(3)	G	
		112	24.109(7)						154	2.18(2)		
		113	12.227(7)						155	14.80(9)		
		114	28.754(81)						156	20.47(3)		
	116	7.512(54)				157	15.65(4)					
49	<b>In</b>	113	4.281(52)				158		24.84(8)			
		115	95.719(52)					160	21.86(3)			
							65	<b>Tb</b>	159	100		

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		
66	Dy	156	0.056(3)	G	75	Re	185	37.40(5)	G		
		158	0.095(3)				187	62.60(5)			
		160	2.329(18)				76	Os		184	0.02(2)
		161	18.889(42)							186	1.59(64)
		162	25.475(36)							187	1.96(17) <sup>c</sup>
		163	24.896(42)							188	13.24(27)
		164	28.260(54)							189	16.15(23)
67	Ho	165	100	77	Ir	190	26.26(20)				
68	Er	162	0.139(5)			G	192	40.78(32)			
		164	1.601(3)				191	37.3(2)			
		166	33.503(36)				193	62.7(2)			
		167	22.869(9)				78	Pt	190	0.012(2)	
168	26.978(18)	192	0.782(24)								
170	14.910(36)	194	32.864(410)								
69	Tm	169	100	79	Au	195	33.775(240)				
70	Yb	168	0.123(3)			G	196	25.211(340)			
		170	2.982(39)				198	7.356(130)			
		171	14.086(140)				197	100			
		172	21.686(130)				80	Hg	196	0.15(1)	
		173	16.103(63)						198	10.04(3)	
		174	32.025(80)						199	16.94(12)	
		176	12.995(83)	200	23.14(9)						
175	97.401(13)	201	13.17(9)								
71	Lu	176	2.599(13)	G	202	29.74(13)					
		174	0.16(12)		204	6.82(4)					
72	Hf	176	5.26(70) <sup>c</sup>	G	81	Tl	203	[29.44, 29.59]			
		177	18.60(16)				205	[70.41, 70.56]			
		178	27.28(28)				82	Pb	204	1.4(6)	
		179	13.62(11)						206	24.1(30) <sup>c</sup>	
		180	35.08(33)						207	22.1(50) <sup>c</sup>	
73	Ta	180	0.01201(32)	G	83	Bi	208	52.4(70) <sup>c</sup>			
		181	99.98799(32)				209	100			
74	W	180	0.12(1)	G	90	Th	230	0.02(2)			
		182	26.50(16)				232	99.98(2)			
		183	14.31(4)				91	Pa	231	100	
		184	30.64(2)						234	0.0054(5)	
		186	28.43(19)						235	0.7204(6) <sup>a</sup>	
					92	U	238	99.2742(10)	GM		

「元素の同位体組成表 (2021)」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：<sup>6</sup>Liや<sup>235</sup>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<sup>6</sup>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<sup>6</sup>Liの値はこの範囲で最も高い値を示す。ウランの場合、<sup>235</sup>Uの存在度は0.21～0.7207%の範囲の報告があり、天然の値よりはるかに低いものが存在する。

b：測定された<sup>15</sup>N値から<sup>15</sup>Nの原子百分率を計算する際、空気中の窒素ガスの<sup>14</sup>N/<sup>15</sup>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桁の原子量表]、「元素の周期表」及び「元素の同位体組成表」の2020-2021年版における主な改定点

- ・IUPACにおける2019年の決定\*に基づき、Hfの原子量とその不確かさを以下の通り変更した。
- ・「4桁の原子量表」については実用上の便宜から、単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う数値の変更はない。

\*IUPAC Inorganic Chemistry Division, CIAAW: Standard Atomic Weight of Hafnium Revised, <https://iupac.org/standard-atomic-weight-of-hafnium-revised/> (<https://www.ciaaw.org/atomic-weights.htm>)

原子番号	元素名	元素記号	原子量表		4桁の原子量表	
			2019年版	2020-2021年版	2019年版	2020-2021年版
72	ハフニウム	Hf	178.49(2)	178.486(6)	178.5	(変更なし)