

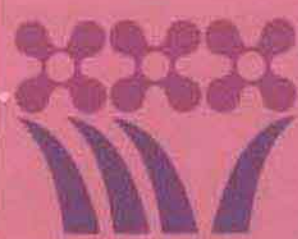
元素の小事典

高木仁三郎著

H



C



N



Si



Ca



Au

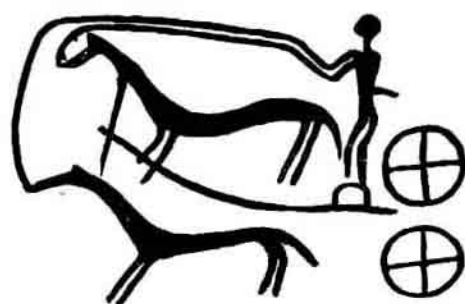


P



元素の小事

高木仁三郎 著



岩波ジュニア新書 49

元素の小事典

岩波ジュニア新書 49

1982年6月21日 第1刷発行 ©

1982年7月30日 第2刷発行

定価 530 円

著 者 たかぎじんざぶろう
高 木 仁 三 郎

発 行 者 緑 川 亨

〒101 東京都千代田区一ツ橋 2-5-5
発 行 所 岩 波 書 店

電話 03-265-4111

振替 東京 6-26240

印刷・理想社 製本・永井製本

落丁本・乱丁本はお取替いたします

Printed in Japan

はじめに

君は、君をとりまく元素が、いつ、どこでつくられ、どのようにして、君のまわりにやってきたのか、思いをめぐらせてみたことがあるだろうか。

たとえば、いま君の読んでいるこのページを構成する炭素原子の一部が、かつて何億年か前に、あの恐竜の体を構成していた、その同じ炭素原子ではなかったか、と想像してみよう。そんなことってほんとうにあるだろうか。あれこれと思いめぐらすうちに、親しみやすい新たな元素の世界が、君の頭のなかにひろがってくることだろう。

自然の営みと人間の営みの織りなす、複雑で多様な元素の世界全体が、君たちをとりまいている。その世界が、一〇〇をちょっと越える数の元素の結びつきで構成されていること、そして、この地上にある元素も、何十億光年離れた星雲にあるものも基本的には同じものなのだということは、感激的とすら言えることではないだろうか。

君は一〇〇の手がかりをもって、この世のなぞを解き明かすシャーロック・ホームズのような気分にもなれるだろう。なんとか助手ワトソンの役割をはたしたい、というのがぼくの願いである。おそらく迷宮入りの事件も多くなるだろう。しかし、残されたなぞから、君たちのあらたな一歩がはじまることを期待して、ちっぴけなわがボートを大海に向けてこぎはじめしよう。

										不 活 性 气 体 0
		半金属 半导体		非金属						
		3B	4B	5B	6B	7B				
		5	6	7	8	9				2
		B	C	N	O	F				He
		12	14	16	18	22				4
		13	14	15	16	17				10
		Al	Si	P	S	Cl				Ne
		32	36	38	40	44				24
		18	19	20	21	22				Ar
		36	37	38	39	40				50
1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B				
28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
74	76	78	82	84	86	88	90	92		
46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
116	118	120	122	124	128	130	132	136		
78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
168	170	172	174	176	180	182	184	186		

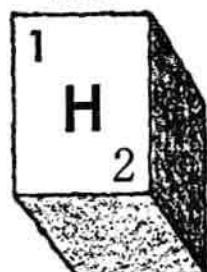
63	64	65	66	67	68	69	70	71
Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
146	146	146	146	146	148	148	148	148
95	96	97	98	99	100	101	102	103
Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
204	204	206	206	208	208	210	210	210

族

1A

周期

1

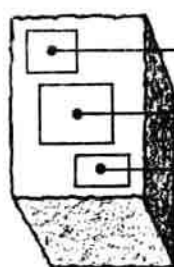
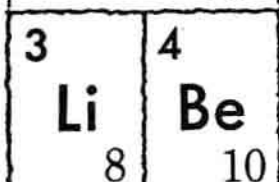


も く じ I

陽性の強い
金属

2A

2

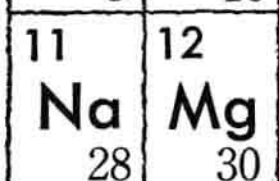


原子番号

元素記号

ページ

3



遷移元素

3A

4A

5A

6A

7A

8

4

19 K 52	20 Ca 54	21 Sc 56	22 Ti 60	23 V 62	24 Cr 64	25 Mn 66	26 Fe 70	27 Co 72
----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

5

37 Rb 94	38 Sr 98	39 Y 100	40 Zr 102	41 Nb 104	42 Mo 106	43 Tc 108	44 Ru 112	45 Rh 114
-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

6

55 Cs 138	56 Ba 140	ランタノイド	72 Hf 152	73 Ta 154	74 W 156	75 Re 158	76 Os 160	77 Ir 164
------------------------	------------------------	--------	------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------

7

87 Fr 188	88 Ra 190	アクチノイド						
------------------------	------------------------	--------	--	--	--	--	--	--

ランタノイド

57 La 142	58 Ce 142	59 Pr 144	60 Nd 144	61 Pm 144	62 Sm 144
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

アクチノイド

89 Ac 194	90 Th 196	91 Pa 196	92 U 198	93 Np 200	94 Pu 202
------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------

もくじ II

はじめに

原子量表

元素とは 6

オゾン 20

原子の世界 26

原子の発見 34

単体と同素体 42

電子の軌道 I 46

電子の軌道 II 48

原子核 58

元素の起源 68

周期表 80

放射能 96

クイズ 110

マジック・ナンバー 126

生命と元素 134

フロギストン 150

クラーク数 162

元素の宇宙存在度 166

時をはかる 178

原子でない原子 192

スーパ―ヘビー級の元素 212

クイズの解答 214

あとがき 215

原子量 ()内はもっとも寿命の長い同位体の質量数

原子番号	元 素	記号	原子量	原子番号	元 素	記号	原子量
1	水	H	1.0	51	アンチモン	Sb	121.8
2	ヘリウム	He	4.0	52	テルル	Te	127.6
3	リチウム	Li	6.9	53	ヨウ素	I	126.9
4	ベリリウム	Be	9.0	54	キセノン	Xe	131.2
5	ホウ素	B	10.8	55	セシウム	Cs	132.9
6	炭素	C	12.0	56	バリウム	Ba	137.3
7	窒素	N	14.0	57	ランタン	La	138.9
8	酸素	O	16.0	58	セリウム	Ce	140.1
9	フッ素	F	19.0	59	プラセオジウム	Pr	140.9
10	ネオン	Ne	20.2	60	ネオジウム	Nd	144.2
11	ナトリウム	Na	23.0	61	プロメチウム	Pm	(145)
12	マグネシウム	Mg	24.3	62	サマリウム	Sm	150.4
13	アルミニウム	Al	27.0	63	ユウロピウム	Eu	152.0
14	ケイ素	Si	28.1	64	ガドリニウム	Gd	157.3
15	リン	P	31.0	65	テルビウム	Tb	158.9
16	硫黄	S	32.1	66	ジスプロシウム	Dy	162.5
17	塩素	Cl	35.5	67	ホルミウム	Ho	164.9
18	アルゴン	Ar	39.9	68	エルビウム	Er	167.3
19	カリウム	K	39.1	69	ツリウム	Tm	168.9
20	カルシウム	Ca	40.1	70	イッテルビウム	Yb	173.0
21	スカンジウム	Sc	45.0	71	ルテチウム	Lu	175.0
22	チタン	Ti	47.9	72	ハフニウム	Hf	178.5
23	バナジウム	V	50.9	73	タンタル	Ta	180.9
24	クロム	Cr	52.0	74	タングステン	W	183.9
25	マンガン	Mn	54.9	75	レニウム	Re	186.2
26	鉄	Fe	55.8	76	オスミウム	Os	190.2
27	コバルト	Co	58.9	77	イリジウム	Ir	192.2
28	ニッケル	Ni	58.7	78	白金	Pt	195.1
29	銅	Cu	63.5	79	金	Au	197.0
30	亜鉛	Zn	65.4	80	水銀	Hg	200.6
31	ガリウム	Ga	69.7	81	タリウム	Tl	204.4
32	ゲルマニウム	Ge	72.6	82	鉛	Pb	207.2
33	ヒ素	As	74.9	83	ビスマス	Bi	209.0
34	セレン	Se	79.0	84	ポロニウム	Po	(209)
35	臭素	Br	79.9	85	アスタチン	At	(210)
36	クリプトン	Kr	83.8	86	ラドン	Rn	(222)
37	ルビジウム	Rb	85.5	87	フランシウム	Fr	(223)
38	ストロンチウム	Sr	87.6	88	ラジウム	Ra	226.0
39	イットリウム	Y	88.9	89	アクチニウム	Ac	227.0
40	ジルコニウム	Zr	91.2	90	トリウム	Th	232.0
41	ニオブ	Nb	92.9	91	プロトアクチニウム	Pa	231.0
42	モリブデン	Mo	95.9	92	ウラン	U	238.0
43	テクネチウム	Tc	(98)	93	ネプツニウム	Np	237.0
44	ルテニウム	Ru	101.1	94	プルトニウム	Pu	(244)
45	ロジウム	Rh	102.9	95	アメリシウム	Am	(243)
46	パラジウム	Pd	106.4	96	キュリウム	Cm	(247)
47	銀	Ag	107.9	97	バークリウム	Bk	(247)
48	カドミウム	Cd	112.4	98	カリホルニウム	Cf	(251)
49	インジウム	In	114.8	99	アインスタイニウム	Es	(252)
50	スズ	Sn	118.7	100	フェルミウム	Fm	(257)
				101	メンデレビウム	Md	(258)
				102	ノーベリウム	No	(259)
				103	ローレンシウム	Lr	(260)

1 水素 H

Hydrogen

ギリシア語の hydro(水)+genesis(生ずる)に由来する。すなわち、*“水を生ずるもの”*の意。

う。その宇宙開びやくの光のかたまり、ビッグ・バン(大爆発)のなかから、やがてはだかの水素原子核、すなわち陽子が生き残った。*“やがて”*と書いたが、そもそものはじめ(?)から、たったの一万分の一秒ほど後のこと、今から一〇〇―二〇〇億年前のことだ。水素の起源はそこまでさかのぼれる。

だが、この時にはまだ水素は、はだかの陽子としてのみ存在していた。宇宙の料理が行われたシチュー鍋なべの温度が高すぎて(約一〇〇〇億度)、水素原子は電子をはぎとられ、はだかの原子核としてのみ存在していたのだった。その後、宇宙は膨張をつづけ、膨張すれば冷えるの道理でしだいに温度が下がっていった。七〇万年ぐらいたったとき、はじめて陽子と電子が手を結んでいられるほどの温度(数千度)にまで下がった。すなわち、水素原

陽子一個と電子一個からなるもつとも基本的な原子でできた元素。それは、私たちがふつうの世界で接し、物質と認めうるもののうちで、もつとも原始的な原子だ。だが、この水素も宇宙のはじめから存在していたわけではなかった。「はじめに光があった」と、現在の宇宙論はい

子の誕生、私たちの宇宙ではじめての原子の誕生である。

それから一〇〇億年ほどもたって、わが地球が生れた。その大気のなかには、今よりもっとずっと豊富な水素があり、また「水の惑星」といわれるように、地球は大量の水素を水の形で保持した。そこに私たちにまで連なる生命の誕生を可能にした大きな理由もあった。しかし、水素をつらぬく百何十億年かのドラマのなかには、必然ばかりでなく、いくつかの偶然もあったことだろう。その偶然なしには、君やぼくが存在もありえなかった。

たとえば、宇宙のはじめがそんなに光でみちみちていなかったら、シチュー鍋の中の料理もまったく別なものになったろう、と宇宙論の専門家はいう。ずっとおだやかに料理が進めば、陽子は大きな重い原子核へと、たやすく料理されて、多量の水素は生き残らなかったというのだ。今とはまったく別の宇宙がくりひろげられていたことだろう。

ちよっとした「ふ」をつけ加えてみることによって、私たちは逆に今、私たちをとりまく自然のたくみな調和と、それゆえの「かけがえのなさ」に思いをめぐらせることができる。試験管に塩酸を入れ、亜鉛のかけらを加えれば、水素の泡を簡単に発生させることができる。その泡をみながら、その起源をビッグ・バンにまでさかのぼらせ、あるいはこの先この水素がどんな運命をたどるのか、想像してみるのもむだではないだろう。

2 ヘリウム He

Helium

ギリシア語の helios (太陽) に由来する。

もつとも軽い希ガス元素。化学的に不活性で、単原子分子の気体としてのみ存在する。

ヘリウムは、一八六八年インドでの日食観測の際に、イギリスの天文学者ロッキヤーが太陽スペクトル中に発見したという、いわくつきの元素である(ただし、この説は必ずしも正しくないようだ)。

地上でなく、太陽中に最初に観測されたことが示すように、クラーク数(↓p. 162)は七二位と、地上の存在量は小さい。大気中にも微量に存在するほか、クレールベアイトとよばれるウラン鉱石などにも含まれている。これは、ウランが放射性壊変して生じたアルファ線(ヘリウムの原子核そのもの)が、ヘリウムとして岩石の中に残ったものだ。このように、地上にも存在はするが、不活性なこともあって、一般になじみの薄い元素のひとつだろう。

だが、ヘリウムの原子核は、陽子について古くこの世に生れた原子核である。宇宙論によれば、宇宙開びやくから一四秒たらずたったときのことだという。そして、宇宙全体としての存在度(↓p. 166)は、水素について多く、ごくありふれた元素なのである。その豊富

2 ヘリウム

なヘリウムが地上にはごく少ないのは、その軽さのために、地球の重力ではうまく保持できず、宇宙空間に逃げ去ったためだ。

この、あまり面白そうにない元素が、最近ではにわかに魅力あふれる物質となった。ヘリウムは、この世でもっとも沸点が低く、とうてい液化は無理だと、長い間考えられてきた。そのヘリウム気体が、オランダの物理学者オンスの執念の努力の結果、ついに液体となったのである。気体を圧縮し、急膨張させると温度が下がるが、オンスがこの原理をたくみに用いてヘリウムの液化に成功したのは、一九〇八年のことだった。液体ヘリウムは、沸点四・二二度K（セ氏マイナス二六八・九四度）と、極低温の液体であり、その活用によって絶対零度近くの超低温のふしぎな世界の扉が開かれた。その圧巻は、何といっても液体ヘリウム自身で、二・一度K以下の低温では、ふつうの液体とはまったく異なる異常な性質を示す。熱伝導度が異常に大きく、粘性はきわめて小さくなり、試験管に入れておくと、ひとりでにそのへりを伝わって流れ出してしまふ。こんな現象を超流動とよんでいるが、そのほかにも極低温の世界では、これまで考えも及ばなかった現象が、次つぎとみつかっている。

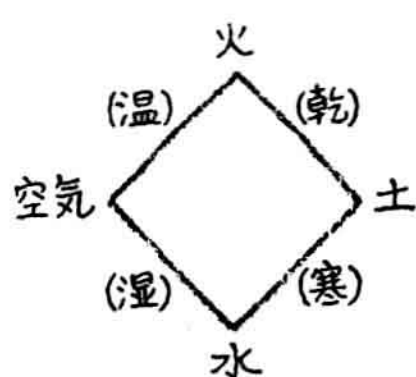
元素とは

元素という考えは、きわめて古くからありました。中国、インド、ギリシアなどの古代の哲学者は、物質をつくる根本の材料であり、形を変えはするが、それ自身としては不変不滅で、つくり出すことも消すこともできないものとして、元素を考えました。

ある人は水を唯一の元素とし、ある人は空気を、ある人は火を元素と考えました。

ギリシアのエムペドクレスは、火・空気・水・土を元素とする四元素説をとなえ、これがアリストテレスに修正されて、四原素説として、中世まで信じられたのです。アリストテレスは、物質の基本性質を、温・湿・寒・乾の四つとし、四原素がこの二つずつをもつと考え、あらゆる物質の性質を説明しました。インドの四大(地・水・火・風)、中国の五行(火・水・土・金・木)も同じような考えです。

しかし、これらは、いわば頭の中だけで考えだされた理屈で、物質とは何かということ自体があいまいにされています。中世の錬金術師は、水銀・硫黄・食塩を三元素と考えたりしました。





ラボアジェ

ルネッサンスから産業革命へと、ヨーロッパに新しい物質観が芽ばえ、そんななかで一七世紀のイギリスの化学者ボイルは、「物質を分解していつて最後に得られるものが元素で、その基礎には実験がなければならぬ」としました。この考えをいっそう確かなものとして発展させたのは、フランスのラボアジェ（一七四三—一七九四年）で、時あたかもフランス大革命前夜といってもよいころのことでした。

ラボアジェは、化学反応において質量不滅の法則が成りたつことを明らかにし、その考えにもとづいて、物が燃えるということは、酸化という化学反応にはかならないことを示しました。これによって彼は、当時支配的だったフロギストン説（↓p.150）をうちやぶり、元素としての酸素という正しい考え方に到達したのです。今日の化学は、ラボアジェからはじまったといえます。

ラボアジェの到達した元素は、化合していない純物質（今日の言葉でいう単体）を意味します。それが何からできているか、いわば物質の物理的な実体を明らかにする作業は、ドルトン以後の科学者たちに待たねばなりません（↓p.34）。

3 リチウム Li

Lithium

ギリシア語の lithos(石)に由来。

最初に鉱石のなかに発見されたり
チウム酸化物 *lithia* からきた。

のである(ここから先の話は、元素の起源(↓p.68))。

しかし、ヘリウムの次に大量につくり出された元素は炭素で、その後、炭素より重い元素が次つぎと合成されることになった。リチウムとベリリウムとホウ素は、元素合成の本筋からとり残されたのだった。

この三つの元素は、宇宙全体にも地上にも存在量がきわだって少ない。それは、これらの元素が合成されにくかったからにほかならない。とくにリチウムは、天然に数ある原子核の中でも、きわめてこわれやすく、安定さを欠いた原子核である(リチウムの原子核内の陽子や中性子の結びつきが、いちじるしく弱いことは、元素の起源の説明のところで明らかとなる)。そのため、星の内部の高温のもとでは、いったんできたりリチウムも、すぐ

水素やヘリウムは、ビッグ・バンでつくられたが、それより重い原子核がつけられる前に、宇宙は膨張していった。膨張した宇宙に部分的に濃淡が生じ、濃い部分が星雲を形成した。さらに、そこから星が生れた。重い元素の原子核は、星の内部の高温によって合成されていった

にヘリウムや水素に分解してしまったのだ。

だから、元素の起源のものがたりの中では、リチウムは（そしてベリリウムとホウ素も）、大きな谷間となり、この谷間を一気にとびこえて炭素が生れることによって、それ以降の元素の合成がはじめて可能となったのだった。

それでは、いったんとり残されたりリチウムは、いったいいつどうやって生れたのだろうか。おそらく、重い元素が合成された後の低温の星雲で、一部の原子核が高エネルギーの粒子の原子核反応でこわされた結果、リチウムやベリリウムが生れたものと推定される。低温で生れたものならば、これらの原子核もこわれずに生き残ることができる。だが、はたしてそれで十分な説明かというところ、疑問も残る。

リチウムは少ないといっても、たとえばクラーク数（↓p.162）は〇・〇〇六（二七位）と、おどろくほどの少なさではない。後から二次的な原子核反応で生れたにしては多すぎるとも考えられる量なのだ。このなぞは、いまだ君たちの挑戦^{ちようせん}を待っているともいえるのだ！

リチウムはアルカリ金属に属し、銀白色のやわらかい金属である。他の金属に少量添加^{てんか}すると、金属の機械的性質を高めるため、リチウムの入った合金は広く用いられている。核融合にも欠かせないが、存在量の少なさが、多量の利用には大きな難点となるだろう。

4 ベリリウム Be

Beryllium

緑柱石(beryl)に由来するが、そのもととはギリシア語の beryllos である。

かで読んだことがあった。

十数年前のこと、宇宙の歴史を調べる研究のために、古いベリリウム鉱石がほしくなり、その道の専門家から緑柱石のかけらをもらいうけた。これが緑柱石を手にした最初だった。めがねとはどうにも結びつかない、にごったやや黄色がかったかけらだった。しかし、その黄色の色あいが、やや緑色を帯びているようでもあり、妙に神秘的にありがたく、しばしながめていたときのことをおぼえている。

それもそのはず、この緑柱石の透明にあざやかな緑色をしたものこそ、最高の品質のものはダイヤモンドよりも高価といわれる宝石、エメラルドなのだ。エメラルドを化学組成に分解すれば、 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 、つまり、ケイ酸塩岩石の一種であって、味もそっけもない

リチウムとならんで元素合成の谷間にあたり、宇宙全体でも存在度は小さい(↓p.166)。地上でもクラーク数が四七位と少ない(↓p.162)。その名の示すように、ベリル(緑柱石)の成分で、最初のめがねを緑柱石からつくったので、ドイツ語でめがねをブリレというのだという話をどこ