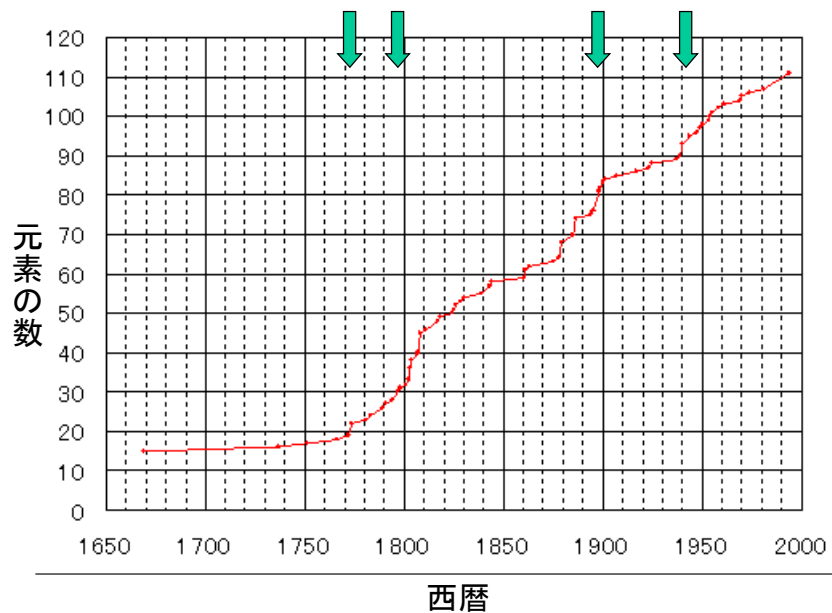
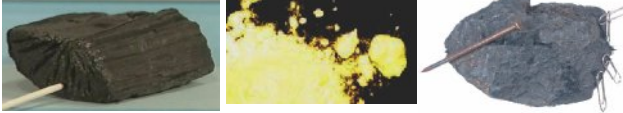
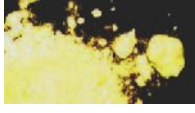







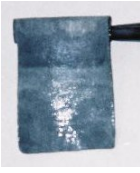


化学は積木遊び
一駒は如何に増えたか



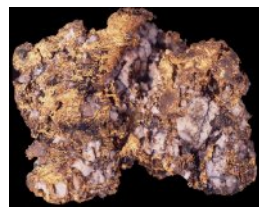
この図は、ホームページ案山子庵雑記の「化学の話」のページより引用しました。

ギリシャ時代に既に知られていた元素
 - 単体として単離されていた

炭素	C	
硫黄	S	
鉄	Fe	
銅	Cu	
亜鉛	Zn	
銀	Ag	
スズ	Sn	
金	Au	
水銀	Hg	
鉛	Pb	

図は、Elements periodic table (<http://www.webelements.com/>)より引用しました。

金属鉱石



自然金 Au



自然銀 Ag



自然銅 Cu



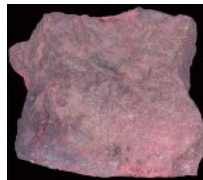
方鉛鉱 PbS



錫石 SnO₂



閃亜鉛鉱 (Zn/Fe)S



辰砂 HgS

写真は、産総研地質調査総合センター地質標本館(<http://www.gsj.jp/Muse/hyohon/hyohon.htm>)より引用しました。

元素の周期表 (長周期型)

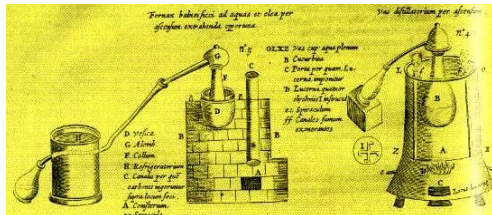
周期	1 (1A)	2 (2A)	3 (3A)	4 (4A)	5 (5A)	6 (6A)	7 (7A)	8 (8)	9 (9)	10 (10)	11 (1B)	12 (2B)	13 (3B)	14 (4B)	15 (5B)	16 (6B)	17 (7B)	18 (0)
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3 Li 6.941*	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39*	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 99.0	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 La-Lu	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Ac-Lr	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [263]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [266]	110 Ds [271]	111 Rg [272]	112 Uub [285]	113 Uut [286]	114 Uuq [288]	115 Uup [289]	116 Uuh [292]	117 Uuq [293]	118 Uuo [294]
6	ランタノイド																	
7	アクチノイド																	

(注) 本表の原子番号の印刷値は、荷電数等の4桁まで、1位以内である。*を付したものは2位以内、+を付したものは3位以内である。また、括弧内の数字は、中性の同位体間の平均原子量である。括弧内には、その元素の最も安定な同位体の原子番号を示している。*は、日本化学会 原子番号委員会による。

錬金術 (Alchemy) の時代—中世からルネッサンス



アリストテレスは「哲学者の石」を用いて物質を純粋にすることによって金が得られると考えた。この石を捜して金を得る努力が中世を通して永く続けられた。その失敗は、「元素を転換することは不可能である」という考えを育てた。また、その過程で、多くの化合物が発見された。



錬金術の時代に見つかった元素

ヒ素 (As)	13世紀：1250年頃ドイツの錬金術師Albertus Magnusが硫化砒素As ₂ S ₃ を石鹼と熱して砒素を単離したとされる
アンチモン(Sb)	15世紀：硫化アンチモン（輝安鉱）はエジプトでアイシャドウとして使われていたと言われる。
ビスマス (Bi)	15世紀：古くから蒼鉛として知られていた。鉛の代わりに使える。
白金 (Pt)	16世紀：古くから知られていたが、貴金属としての価値は低かった。
リン (P)	1669：ドイツの錬金術師ブランドが尿を蒸発させていて発見。



硫化砒素



硫化アンチモン



自然蒼鉛

元素の周期表 (長周期型)

族	1 (1A)	2 (2A)	3 (3A)	4 (4A)	5 (5A)	6 (6A)	7 (7A)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18 (0)
1	1 H 水素 1.008																	2 He ヘリウム 4.003
2	3 Li リチウム 6.941*	4 Be ベリリウム 9.012											5 B ボロン 10.81	6 C 炭素 12.011	7 N 窒素 14.01	8 O 酸素 16.00	9 F フッ素 19.00	10 Ne ネオン 20.18
3	11 Na ナトリウム 22.99	12 Mg マグネシウム 24.31											13 Al アルミニウム 26.98	14 Si ケイ素 28.09	15 P リン 30.97	16 S 硫黄 32.06	17 Cl 塩素 35.45	18 Ar アルゴン 39.95
4	19 K カリウム 39.10	20 Ca カルシウム 40.08	21 Sc スカンジウム 44.96	22 Ti チタン 47.87	23 V バナジウム 50.94	24 Cr クロム 52.00	25 Mn マンガン 54.94	26 Fe 鉄 55.85	27 Co コバルト 58.93	28 Ni ニッケル 58.69	29 Cu 銅 63.55	30 Zn 亜鉛 65.38	31 Ga ガリウム 69.72	32 Ge ゲルマニウム 72.64	33 As ヒ素 74.92	34 Se セレン 78.96	35 Br 臭素 79.90	36 Kr クリプトン 83.80
5	37 Rb ルビジウム 85.47	38 Sr ストロンチウム 87.62	39 Y イットリウム 88.91	40 Zr ジルコニウム 91.22	41 Nb ニオブ 92.91	42 Mo モリブデン 95.94	43 Tc テクネチウム 98.91	44 Ru ルビジウム 101.1	45 Rh ロジウム 102.9	46 Pd パラジウム 106.4	47 Ag 銀 107.87	48 Cd カドミウム 112.4	49 In インジウム 114.8	50 Sn スズ 118.7	51 Sb アンチモン 121.8	52 Te テルル 127.6	53 I ヨウ素 126.9	54 Xe キセノン 131.3
6	55 Cs セシウム 132.9	56 Ba バリウム 137.3	57 La ランタノイド	58 Ce セリウム 140.1	59 Pr プラセオジム 140.9	60 Nd ネオジム 144.2	61 Pm プロメチウム [145]	62 Sm セミウム 150.4	63 Eu ユウロピウム 151.96	64 Gd ガドリウム 157.25	65 Tb テルビウム 158.93	66 Dy ジロジウム 162.5	67 Ho ホウメイト 164.93	68 Er エルビウム 167.26	69 Tm テムルウム 168.93	70 Yb イットリウム 173.05	71 Lu ルテチウム 174.967	
7	87 Fr フランシウム [223]	88 Ra ラジウム [226]	89 Ac アクチノイド	90 Th タリウム [232]	91 Pa プロトアクチン [231]	92 U ウラン 238.03	93 Np ネプツニウム [237]	94 Pu プルトニウム [244]	95 Am アメリシウム [243]	96 Cm キュリウム [247]	97 Bk ベルグムウム [247]	98 Cf カリフォルニウム [251]	99 Es エイスンマンニウム [252]	100 Fm フェルミウム [257]	101 Md メンデルレービウム [258]	102 No ノボロジウム [259]	103 Lr ルースベリウム [262]	

(注) 本表の原子番号の取組は、有効数字の4桁目まで1桁以内であるが、*を付したものは2桁目、*を付したものは3桁目以内である。また、括弧内の数字は、標準原子量と異なる値を示している。また、括弧内の数字は、標準原子量と異なる値を示している。また、括弧内の数字は、標準原子量と異なる値を示している。

気体元素の発見 (1735-1776)

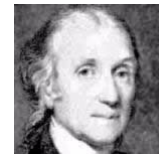
気体は何でも空気 → 水素・酸素・窒素の発見

水素(H) : 1766年 キャベンディッシュ、金属+酸

窒素(N) : 1772年 ラザフォード、ラヴォアジエ
空気中で物を燃やした後、CO₂吸収

酸素(O) : 1774年 シェーレ、プリーストリー
酸化水銀を加熱して生成

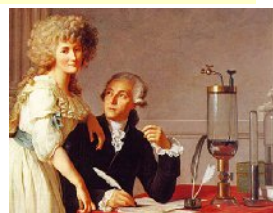
塩素(Cl) : 1774年 シェーレ、MnO₂+HCl



キャベンディッシュ



プリーストリー



ラヴォアジエ夫妻



シェーレ

フロギストン説：燃焼とは

可燃物 → 灰+フロギストン↑

ラヴォアジエの酸化説：

可燃物 + 酸素 → 灰

肖像写真は、Wikimedia commonsの物を使用しています。

金属元素の充実(1735-1806)

殆どは種々の鉱石からの分離により発見された。



テルル蒼鉛鉱 ←

コバルト	Co	(1737)	磁性	ニッケル	Ni	(1751)	硬貨・電池
マンガン	Mn	(1774)	多酸化数	モリブデン	Mb	(1781)	シェーレ
タングステン	W	(1783)	超硬合金	ジルコニウム	Zr	(1789)	ZrO ₂
ウラン	U	(1789)	238+235	チタン	Ti	(1791)	人工骨
イットリウム	Y	(1794)	希土類	ベリリウム	Be	(1797)	強毒性
クロム	Cr	(1797)	ステンレス	テルル	Te	(1798)	tellus
ニオブ	Nb	(1801)	超伝導	タンタル	Ta	(1802)	人工歯根
ロジウム	Rh	(1803)	触媒	パラジウム	Pd	(1803)	水素吸蔵
セリウム	Ce	(1803)	ランタニド	オスミウム	Os	(1804)	高比重
イリジウム	Ir	(1804)	メータル原器				ρ=22.59 g/cm ³

硫化ビスマスとされていた鉱石から、クラプロート(ウラン発見)が分離。←

元素の周期表(長周期型)

周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	(1A)	(2A)	(3A)	(4A)	(5A)	(6A)	(7A)	(8)	(8)	(10)	(1B)	(2B)	(3B)	(4B)	(5B)	(6B)	(7B)	(0)
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 18.99	10 Ne 20.18
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 La-Lu 175.0	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 196.9	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Ac-Lr [227]	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [263]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [266]	110 Ds [271]	111 Rg [272]	112 Uub [285]	113 Uut [288]	114 Uuq [289]	115 Uup [292]	116 Uuh [293]	117 Uuq [294]	
6	ランタノイド		57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm [145]	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0	
7	アクチノイド		89 Ac [227]	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np [237]	94 Pu [239]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]	

(注) 本表の原子番号の印刷値は、有効数字の4桁まで1位以内である。*を付したものは2位以内、+を付したものは3位以内である。また、括弧内の数字は、特定の同位体の質量数である。括弧外は、その元素の最も安定な同位体の質量数(原子番号)を示している。日本化学会「原子番号委員会」による。

電気化学による元素発見ーアルカリ/土類金属

アルカリ金属：Li、Na、K
アルカリ土類金属：(Mg)、Ca、Sr、Ba

デービー(Sir Humphry Davy、1778-1829)
1820 イギリス王立協会会長
ボルタの電池を用いて電気分解で6つの元素を発見
ファラデーの先生
その他、B(ホウ素)の発見、塩素の命名



ハロゲン：I、Br

海藻から ↑ ↑
塩水から

千葉県房総半島の、天然ガスを豊富に溶かした「かん水」と呼ばれる地下海水中には海水の2,000倍もの高濃度のヨウ素が含まれ、千葉県のヨウ素生産量は世界第2位。

単離・分析法の発展

カドミウム	Cd (1817)	イタイイタイ病
セレン	Se (1818)	有毒だが少量は人体に必須
ケイ素	Si (1824)	クラーク数第2位、半導体
アルミニウム	Al (1825)	ヴェーラー (尿素合成で有名)
臭素	Br (1826)	
トリウム	Th (1828)	アクチノイド、放射性(キュリー)
バナジウム	V (1830)	酸化反応触媒
ランタン	La (1839)	ランタニド
テルビウム	Tb (1843)	
エルビウム	Er (1843)	
ルテニウム	Ru (1844)	不斉触媒



ベルセリウス(1779-1848)：スウェーデンの化学者、
元素表記法・精密な原子量

元素の周期表 (長周期型)

周期	1 (1A)	2 (2A)	3 (3A)	4 (4A)	5 (5A)	6 (6A)	7 (7A)	8 (B)	9 (B)	10 (B)	11 (1B)	12 (2B)	13 (3B)	14 (4B)	15 (5B)	16 (6B)	17 (7B)	18 (0)
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57-71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89-103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uuq	118 Uuo
6	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
7	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

(注) 本表の原子番号の印刷値は、有効数字の4桁目まで、1以内であるが、*印付したものは±2以内、*印付したものは±3以内である。また、空白印刷値がなく、特定の周期に印刷値を必要ない印刷値については、その周期のよく知られた放射線同位体のうちから1種を選んでその質量数を()の中に表示してある。したがってその質量を他の元素の原子量と同様に扱うことはできない(印刷値ではない)ことに注意。*印付したものは、原子番号を省略したものである。

スペクトル分析による元素の発見と確認

Rb、Cs：アルカリ金属

ブンゼンとキルヒホッフ(1860)：
分光器で炎色反応を調べるスペクトル分析

In、Tl：13属

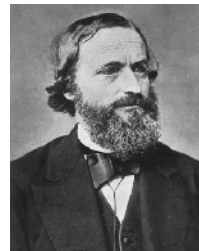
いずれもスペクトル分析で確定
Tlは毒性が強い、Inは液晶ディスプレイに使用

He：最初の希ガス

ロッキヤー(1868)：太陽光スペクトルから発見



ブンゼン (1811-1899)



キルヒホッフ (1824-1887)

メンデレーエフの周期律表

メンデレーエフ (1834-1907)

ロシアの化学者、キルヒホッフと分光器の共同研究。1969年に周期律表を発表。未発見の元素の物性値の予測を行う。



	エカケイ素 (予想)	ゲルマニウム (発見された元素)
原子量	72.0	72.3
密度	5.5	5.47
原子容	13.0	13.2
酸化物の密度	4.7	4.70
塩化物の沸点	100	86
エチル化合物の沸点	160	160

希ガスの発見ーラムゼー

He、Ne、Ar、Kr、Xe : 希ガス

ウィリアム・ラムゼー (William Ramsay 1852-1916)

空気中から酸素を除き、さらにMgを用いて(窒化マグネシウムとして)窒素を除いた結果、Arを発見した。

ウラン鉱に含まれる窒素の中にHeを発見
(ウランのアルファ崩壊による)

空気の液化によってクリプトン、キセノン、ネオンを発見。

希ガスの発見で1904年ノーベル化学賞



空気中の量	ヘリウム	0.000524 %
(体積パーセント)	ネオン	0.001818
	アルゴン	0.934
	クリプトン	0.000114
	キセノン	0.0000087

Rn : 放射性で
Raより出来る。
アルファ崩壊
してPoになる。

放射性元素ーキュリー夫人

ポロニウム(Po)

1898年、数トンのピッチブレンド(瀝青ウラン鉱)から分離。
半減期は138日で、ウランの330倍も強いアルファ線を出す。
致死量は7pgと言われる。ポーランドに由来して命名。

ラジウム(Ra) 1898年、同様にして分離。燐光を発する。

マリヤ・スクウォドフスカ=キュリー
(Maria Skłodowska-Curie 1867-1934)

ポーランド生まれの化学者

放射性元素の発見

1903、1911年に2度のノーベル化学賞

白血病で死去



放射性崩壊－ラザフォード

アーネスト・ラザフォード (Ernest Rutherford, 1871-1937)

ニュージーランド出身の物理学者

放射線の発見 (a、b、g線)

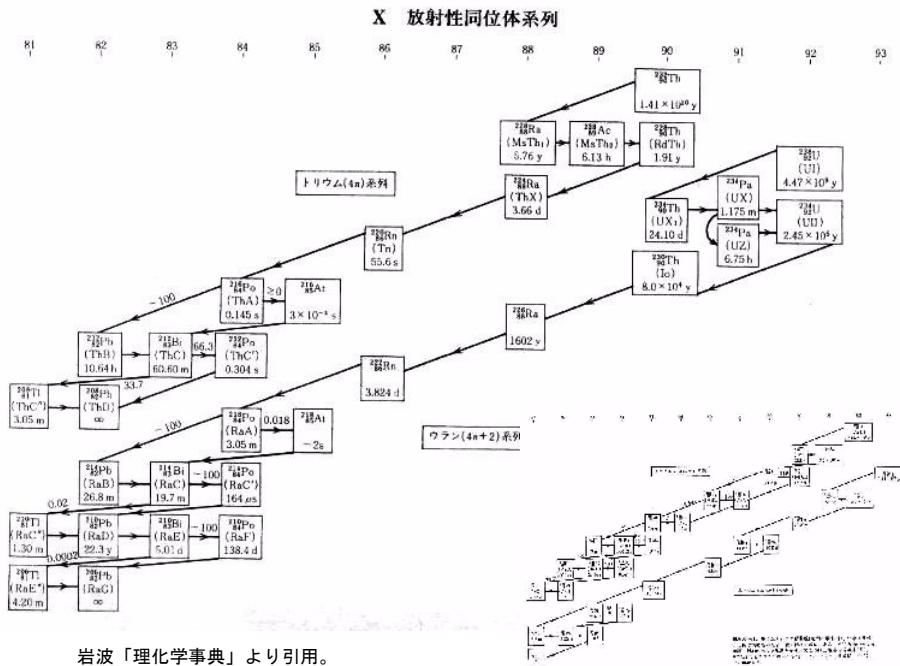
放射性崩壊を発見 (エディと共同研究)

ラザフォード模型

原子核の人工改変 $^{14}\text{N} + \alpha(^4\text{He}) \rightarrow ^{17}\text{O} + ^1\text{H}$

同位体

1908年ノーベル化学賞



元素の周期表 (長周期型)

周期	1 (1A)	2 (2A)	3 (3A)	4 (4A)	5 (5A)	6 (6A)	7 (7A)	8	9	10	11 (1B)	12 (2B)	13 (3B)	14 (4B)	15 (5B)	16 (6B)	17 (7B)	18 (0)
1	1H																	2He
2	3Li	4Be											5B	6C	7N	8O	9F	10Ne
3	11Na	12Mg											13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar
4	19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr
5	37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe
6	55Cs	56Ba	57La-Lu	58Hf	59Ta	60W	61Re	62Os	63Ir	64Pt	65Au	66Hg	67Tl	68Pb	69Bi	70Po	71At	72Rn
7	87Fr	88Ra	89Ac-Lr	90Rf	91Db	92Sg	93Bh	94Hs	95Mt	96Ds	97Rg	98Uub	99Uut	100Uuq	101Uup	102Uuh		103Uuo
6	ランタノイド		57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu	
7	アクチノイド		89Ac	90Th	91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lr	

(注) 本表の原子番号の印刷値は、原子番号の4桁目まで1桁以内であるが、*号付したものは2桁目、+号付したものは3桁以内である。また、各元素の原子番号、原子記号、元素名、原子量は、元素記号の中心から1階を繰り下げてその原子番号(+)の桁に一致して表示している(原子記号の中心から1階を繰り下げてその原子番号(+)の桁に一致して表示している)。日本化学会 原子番号委員会による。

元素の合成の時代 - 1937年~

43番、61番、85番、87番の各元素

超ウラン元素

113番元素

「今回の実験では約100兆回の衝突を行わせ、原子番号113の原子を1原子合成し確認することができました。標的は原子番号83のビスマス(209Bi)で、ビームは原子番号30の亜鉛(70Zn)を用いました。合成は、一秒間に2.5兆個の亜鉛ビームを80日間照射し続けるという厳しい条件でやっと可能になりました。」

