

第8回特別講義資料

「元素の周期律と未発見元素原子番号113番に日本名？」 (小川)

横須賀交流プラザ 平成28年6月11日

第3回の講義、放射性元素・放射性同位元素についての復習

1. 物質の構造

総ての物質（無機物、有機物）は分子の集合によりより成り立っている。物質の性質を保つ最終粒子が分子である。例えばある量の水を半分又、半分と分け続けていくとついには水の分子1個に到達するこれは0℃で凍り、100℃で沸騰するという水の性質をもっている。

この分子は更に水素原子2個と酸素原子1個に分けることができる。もはやそれは水ではない。

2. 原子の構造

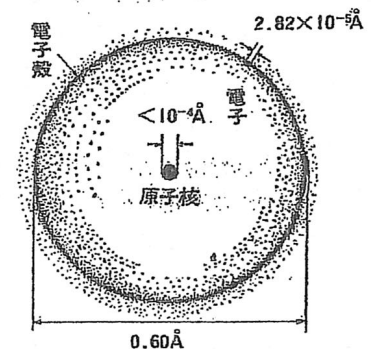
構成：核外電子、原子核（陽子、中性子、中間子、中性微子など）

大きさ：原子核は原子の中心にあり

直径は原子全体の約10万分の1

つまり、電子核と原子核の間は何も無く真空である。

	水素原子	陽子	電子
半径 cm	3.0×10^{-8}	$< 10^{-12}$	2.82×10^{-13}
質量 g	1.67×10^{-24}	1.67×10^{-24}	9.11×10^{-28}



原子の種類：約100種類 (別紙元素の周期表) 図 3-1 水素原子の構造 (球の断面図)

原子核を構成している素粒子：陽子の質量を1、陽子の持つ電気量を+1「実際の質量(g)、電気量(クーロン)は超小さい」とする。(P: 1.67×10^{-24} g、e: 9.70×10^{-28} g)

素粒子(それ以上分割不能の最終粒子) P、e電気量 1.60×10^{-19} クーロン

素粒子		質量	電気量
陽子(プロトン)	P	1	+1
中性子(ニュートロン)	n	1	0
電子(エレクトロン)	e	$1/1840 \approx 0$	-1

原子の質量は殆ど原子核にある。原子内の陽子の数と電子の数は同じ、つまり電氣的に+-0、中性である。

約100種類ある原子のそれぞれの性質はその原子核中にある陽子(プロトン)の数(原子番号)で決まっている。

例えば、陽子が8個なら酸素、92個ならウラン、53個ならヨウ素ということになる。中性子の数は原子の重さに関係はあるが化学的性質には関係ない。

質量数。。。原子核内の陽子と中性子の質量の和

原子の種類、個数・・・約100種
 分子の種類、個数・・・無数（原子の組み合わせで出来るから）
 素粒子の個数・・・・・・数個
 （無機化合物数十万、有機化合物無数）

結局、この世の総ての物（地球も含めて）はこの僅か数種の素粒子陽子、中性子、電子、中間子などで成り立っていることになる。

3. 放射性元素

天然に存在する放射能を持つ（放射線を出す）元素 表1

${}_{92}^{238}\text{U}$ ${}_{89}^{235}\text{Ac}$ ${}_{90}^{232}\text{Th}$ ${}_{93}^{237}\text{Np}$ を祖先として何物にも（温度とか圧力とか）影響されることなく、放射線を出して壊れ続けていく旅路の果ては鉛である。

- ・ベクレル Becquerel (1852~1908) にいて
- ・キュリー夫人 Marie Curie (1867~1934) について
- ・クルックス Crookes (1832~1919)、レントゲン (1845~1923) について

放射線の種類 放射能をもつ元素の出す放射線は α 、 β 、 γ の三種類である

α 、 β 、 γ ともに蛍光物質に当てると光る。写真のフィルムを感光する

	内容	電荷	質量	気体を電離する	透過力
α (アルファ) 線	${}^4_2\text{He}$ 原子核の流れ	+2	4	大	小
β (ベータ) 線	電子(+もある)	-1	0	中	中
γ (ガンマ) 線	X線より波長の超短い電磁波 ($0.07\sim 1\text{\AA}$ X線は $10\sim 0.1\text{\AA}$)	0	0	小	大

α 線を出す α 崩壊が起こるとその原子核から He 核 (α 粒子) 飛び出していくのだから P 2個 n 2個が無くなることになる、つまり、原子番号が2つ減り質量数が4つ減ることになる。

β 線を出す β (-電子の場合) 崩壊が起こると原子核の中の中性子が陽子に変わる。崩壊後その原子の原子核内の陽子が1つ増えたから原子番号が1つ増え質量数は変わらない。

γ 線は α 、 β 崩壊が起こるのに伴って生じるものであり、崩壊の種類によってその量、強さは異なる。

半減期：崩壊が進み初めの半分の量になる時間。ラジウム Ra は1622年で半分になる。更に1622年で1/4になる.....

- ・ここで、表1と周期表を使って U が終局の鉛になるまでの旅路を周期表を使って一緒に辿ってみよう。

4. 人口放射能・核融合

多くの元素は放射能をもたないが、これらに高速度の微粒子線粒子線（ α 粒子・陽子・中性子など）を衝突させると、この原子の原子核にこれらの粒子が捕らえられ（核融合）多元素の原子となる。この新原子は不安定で放射線（ α 、 β 線）を出して次第に崩壊する。

例 リン $^{31}_{15}\text{P}$ に高速度の重水素核 ^2_1H をぶつけると $^{32}_{15}\text{P}$ と ^1_0n となりその $^{32}_{15}\text{P}$ は直ちに β 線を出し（ β 崩壊） $^{32}_{16}\text{S}$ となる。
 $^{31}_{15}\text{P} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{32}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$ $^{32}_{15}\text{P} \xrightarrow{\beta} ^{32}_{16}\text{S}$

この高速粒子を作る装置がサイクロトロン、シンクロトロン、ベータートロンである（原理はフレミングの左手の法則）



5. メンデレフの周期表

ロシア・シベリアの化学者メンデレーフは1869年、現存する原子をその重さ（原子量）の軽いものから順に並べ、似通ったものが縦の列を作る表を作製し発表した。この表には多くの空欄がみられる。（別表、メンデレーフの第2周期表参照）これについて、彼は今は空欄だが、やがてここに当てはまる新元素が発見されると予言しそのとうりに空欄がつつぎと埋められ彼の説が高く評価された。

6. 現在の周期表

メンデレーフの周期表の空欄はほぼ埋まり、確定又はほぼ確定される元素の数は現在118個である。その内

- 113番 ウンウントリウム Uut
- 115番 ウンウンペンチウム Uup
- 117番 ウンウンセプチウム Uus
- 118番 ウンウンオクチウム Uuo

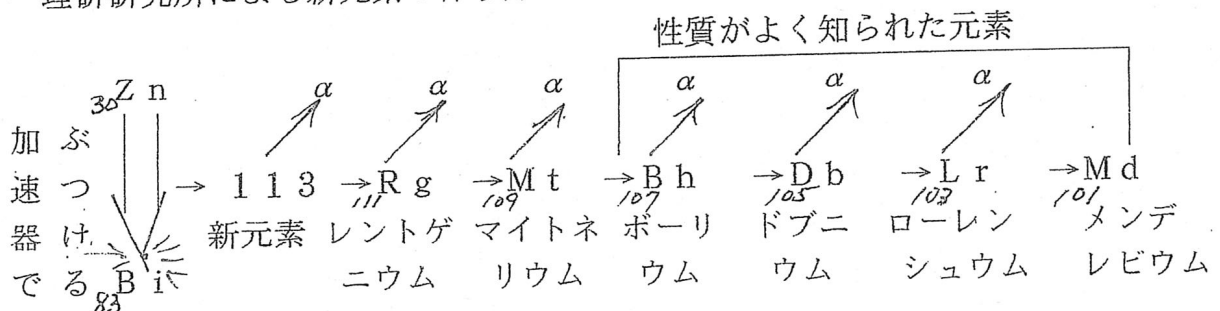
参考

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
モノクロ	ジトリ	テトラ	ペンタ	ヘキサ	ヘプタ	オクタ	ノナ	デカ	ウンデカ	ドデカ	
(モノクロ)	(トリオ)	(テトラオ)	(ペンタポット)	(ヘキサゴン)	(ヘプタゴン)	(オクタゴン)	(ノナ)	(デカ)	(ウンデカ)	(ドデカ)	

の4個が未確定の新元素で、ウンウン……の名称は仮につけられたものである。

115、117、118番はその存在を証明した手法が認定され、米ロ研究チームがその命名権を獲得している。この激しい国際競争の中で113番の元素について今年の1月31日午前6時に「113番の認定はあなたにいくことに決まっているおめでとう」という連絡が国際純正・応用化学連合（IUPAC）からあった。受けたのは理研グループディレクターで九州大学教授の森田浩介さんである。勿論のことであるが米ロチームも日本と異なった手法で113番元素の認定をIUPACに提出していたが日本チームに軍配が挙げられたわけである。

- ・ 理研研究所による新元素の作り方



森田浩介さんたちの研究チームは理研仁科加速研究センター（埼玉県和光市）にある線形加速器（サイクロトロン的一种）のイオン源から出た粒子（亜鉛の原子核）を加速しそのビームを標的（ビスマスの原子核）に激突させる手法で核融合させ113番元素の合成を目指した。

・様々な難関

壁は大きく二つあった。

1. ぶつけるときの最適の条件
2. うまく検出すること

1について、スピードが速すぎれば原子核が壊れてしまうし、遅すぎれば反応しない。結局、光速の10%が最適と割り出した。

うまく衝突しても、必ず新元素ができるわけではない。

衝突回数は垓（ガイ・1兆の1億倍）単位、それでも、9年間にできたのは三つだけ。

2について、これをとらえたのが、森田さんが開発した検出器「GARIS」実験で飛び交う様々な粒子を電磁石でよりわけ、狙った元素を効率よく検出できるような構造を工夫した。

この合成された新元素113は平均0.002秒で α 線を出して崩壊してしまう。

上の図にあるようにRgも α 崩壊、Mtもと・・・ α 崩壊をつづけMdに至る。

この過程を、崩壊の性質がよく知られた元素までたどれたことが命名権獲得につながった。

・今後の研究

119番以降の新元素の発見。原子番号が大きいほど合成確率は減る。すでに改良型検出器「GARIS」を完成しより分け能力を高める。イオン源と加速器の超伝導化し、世界最高レベルの理研線型加速器の能力をさらにはってんさせる。もう一つの目標は113番の寿命0.002秒を分レベルに延ばすことである。

・余談 東北帝国大学総長小川正孝博士（1865~1930）

113番元素の発見は日本にとって「100年越の夢」であった。今から100年前、周期表に「ニッポニウム」という元素が載っていた時期がある。発見者は小川正孝博士 東京芝の生まれ、東京帝国大学卒業後、ロンドン大学に留学、1904年頃、指導教官ラムゼーから与えられた鉱物中に未知の物質を見つけた。08年、英国の化学雑誌に43番元素として報告、ラムゼーのすすめもあり、ニッポニウムと命名された元素が周期表に載った。その後、この元素の認定を小川自身も海外の化学者も行ったが検出が難しくやがて、周期表から消えてしまった。実は小川が発見した新元素は43番ではなく75番レニウムであったことが判ったのは小川の死後73年、2003年であった。誤りの原因は小川とラムゼーが原子量の過程を間違ったことにあったことがわかった。しかし、設備も乏しい化学黎明期に新元素を発見したのは事実。高く評価されるべきである。

元素の周期表

元素記号の左の数字は原子番号, 下の数字は原子量概数($^{12}\text{C} = 12$).
 ()内の数字はもっとも長い半減期をもつ同位体の質量数.

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	0		
1	1H 1.0 水素															2He 4.0 ヘリウム		
2	3Li 6.9 リチウム	4Be 9.0 ベリリウム														10Ne 20.2 ネオン		
3	11Na 23.0 ナトリウム	12Mg 24.3 マグネシウム														18Ar 39.9 アルゴン		
4	19K 39.1 カリウム	20Ca 40.1 カルシウム	21Sc 45.0 スカンジウム	22Ti 47.9 チタン	23V 50.9 バナジウム	24Cr 52.0 クロム	25Mn 54.9 マンガン	26Fe 55.8 鉄	27Co 58.9 コバルト	28Ni 58.7 ニッケル	29Cu 63.5 銅	30Zn 65.4 亜鉛	31Ga 69.7 ガリウム	32Ge 72.6 ゲルマニウム	33As 74.9 ヒ素	34Se 79.0 セレン	35Br 79.9 臭素	36Kr 83.8 クリプトン
5	37Rb 85.5 ルビ듐	38Sr 87.6 ストロンチウム	39Y 88.9 イットリウム	40Zr 91.2 ジルコニウム	41Nb 92.9 ニオブ	42Mo 95.9 モリブデン	43Tc (98) テクネチウム	44Ru 101.1 ルルチニウム	45Rh 102.9 ロジウム	46Pd 106.4 パラジウム	47Ag 107.9 銀	48Cd 112.4 カドミウム	49In 114.8 インジウム	50Sn 118.7 スズ	51Sb 121.8 アンチモン	52Te 127.6 テルル	53I 126.9 ヨウ素	54Xe 131.3 キセノン
6	55Cs 132.9 セシウム	56Ba 137.3 バリウム	57-71 ランタノイド	72Hf 178.5 ハフニウム	73Ta 180.9 タンタル	74W 183.9 タングステン	75Re 186.2 レニウム	76Os 190.2 オスマニウム	77Ir 192.2 イリジウム	78Pt 195.1 白金	79Au 197.0 金	80Hg 200.6 水銀	81Tl 204.4 タリウム	82Pb 207.2 鉛	83Bi 209.0 ビスマス	84Po (209) ポロニウム	85At (210) アスタチン	86Rn (222) ラドン
7	87Fr (223) フランシウム	88Ra 226.0 ラジウム	89-103 アクチノイド	104Rf (261) ラファエリウム	105Db (262) ドブニウム	106Sg (263) シグマ	107Bh (264) ブホウニウム	108Hs (265) ハウンニウム	109Mt (266) メタハウンニウム	110Ds (267) ダウソニウム	111Rg (268) ロゲニウム	112Cn (269) コペルニウム	113Nh (270) ニホニウム	114Fl (271) フルロビウム	115Lv (272) リベルリウム	116Lr (273) リザビウム	117Ts (274) テネシウム	118Og (275) オガネソン
			57La 138.9 ランタン	58Ce 140.1 セリウム	59Pr 140.9 プラセオジウム	60Nd 144.2 ネオジム	61Pm (145) プロメチウム	62Sm 150.4 サマリウム	63Eu 152.0 ユウロピウム	64Gd (157) ガドリウム	65Tb 158.9 テルビウム	66Dy 162.5 ジスプロシウム	67Ho 164.9 ホルミウム	68Er 167.3 エルビウム	69Tm 168.9 ツリウム	70Yb 173.0 イットリビウム	71Lu 175.0 ルテチウム	
			89Ac 227.0 アクチニウム	90Th 232.0 トリウム	91Pa 231.0 プロトアクチニウム	92U 238.0 ウラン	93Np 237.0 ネプツニウム	94Pu (244) プルトニウム	95Am (243) アメリシウム	96Cm (247) キュリウム	97Bk (247) バークリウム	98Cf (251) カリホルニウム	99Es (252) エイズハイニウム	100Fm (257) フェルミウム	101Md (258) メンデルビウム	102No (259) ノーベリウム	103Lr (260) ローレンシウム	

□ : 非金属の典型元素

□ : 金属の遷移元素

□ : 非金. 金属の典型元素

□ : 金属の典型元素

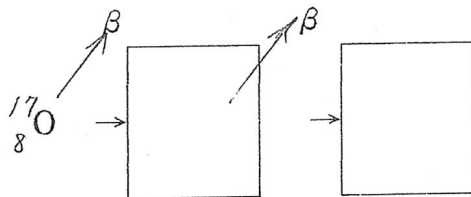
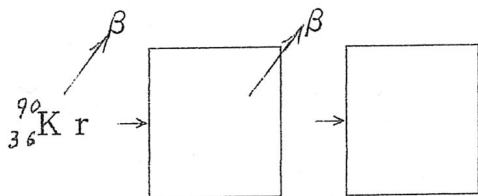
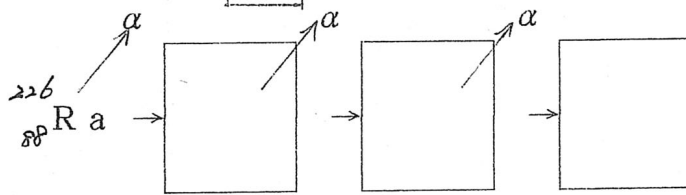
演習問題

総て、周期表を見て答えよ。

1. 次ぎの原子の核内のP（陽子プロトン）、n（中性子ニュートロン）
核外のe（電子エレクトロン）の数を述べよ。

	P	n	e
Ca カルシウム	()	()	()
Ag 銀	()	()	()
U ウラニウム	()	()	()
Pb 鉛	()	()	()
Ra ラジウム	()	()	()
Na ⁺ ナトリウムイオン	()	()	()
I ⁻ 塩素イオン	()	()	()
Al ³⁺ アルミニウムイオン	()	()	()
S ²⁻ 硫黄イオン	()	()	()

2. つぎの 内に元素記号をいれよ。 (α崩壊 β崩壊)



3. つぎの 内に元素記号をいれよ。 (核融合)

