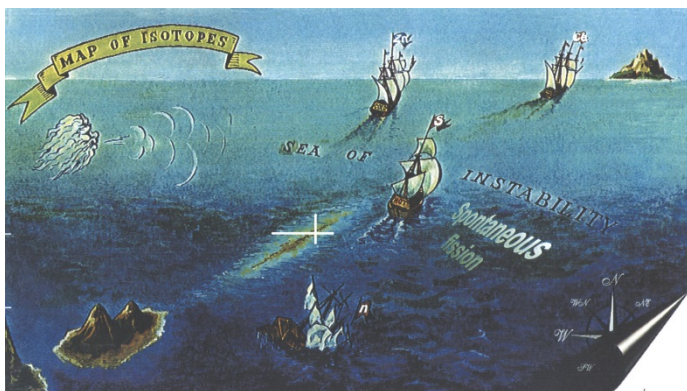
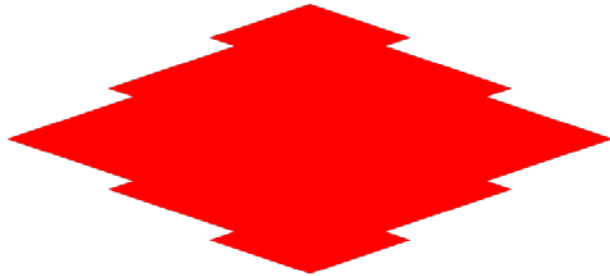


新元素113番(ニホニウム)の物理と化学



萩野浩一

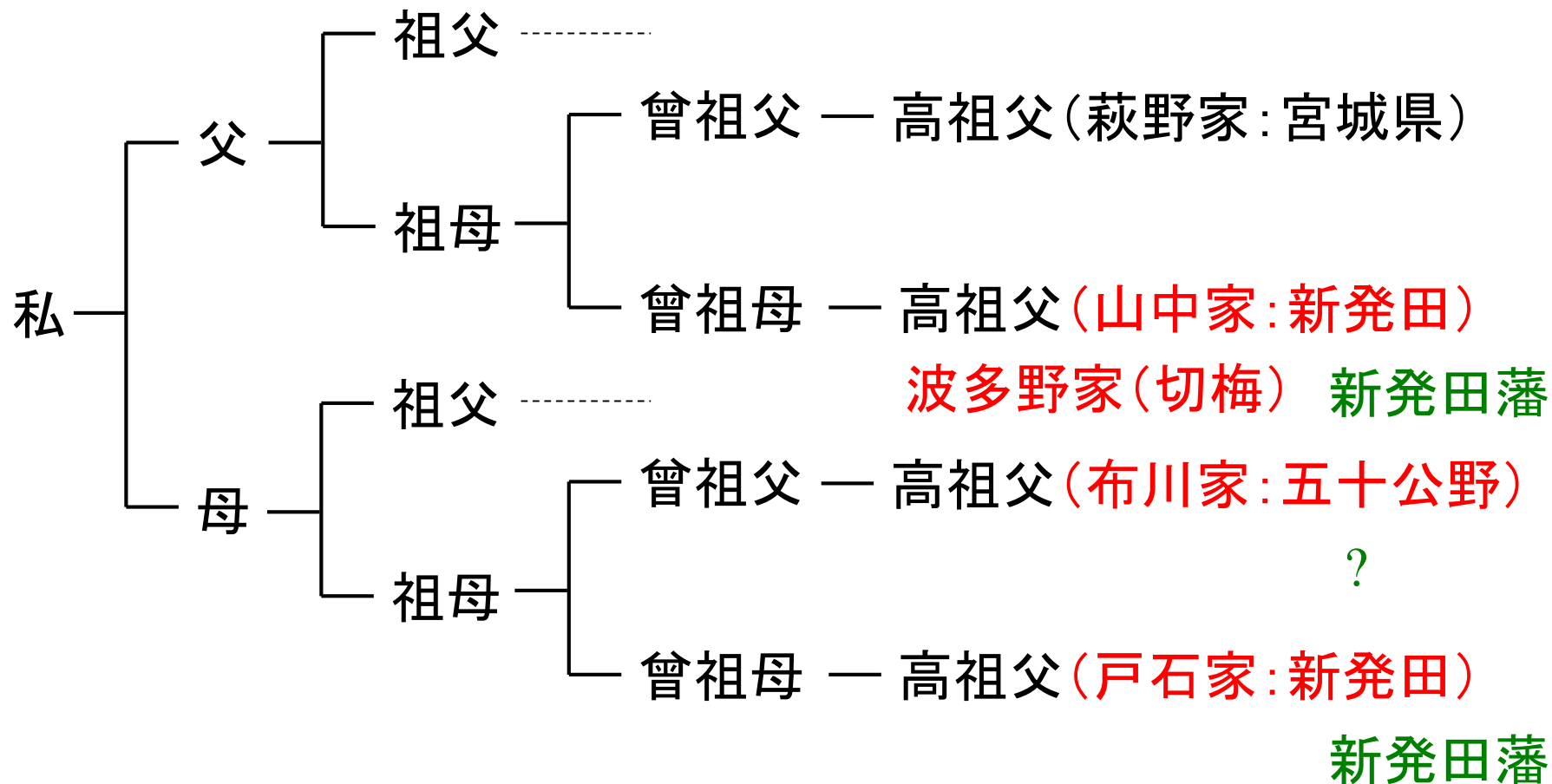
東北大学大学院理学研究科
物理学専攻 准教授
(原子核理論研究室)



ようこそ、東北大へ！

はじめに:先祖について

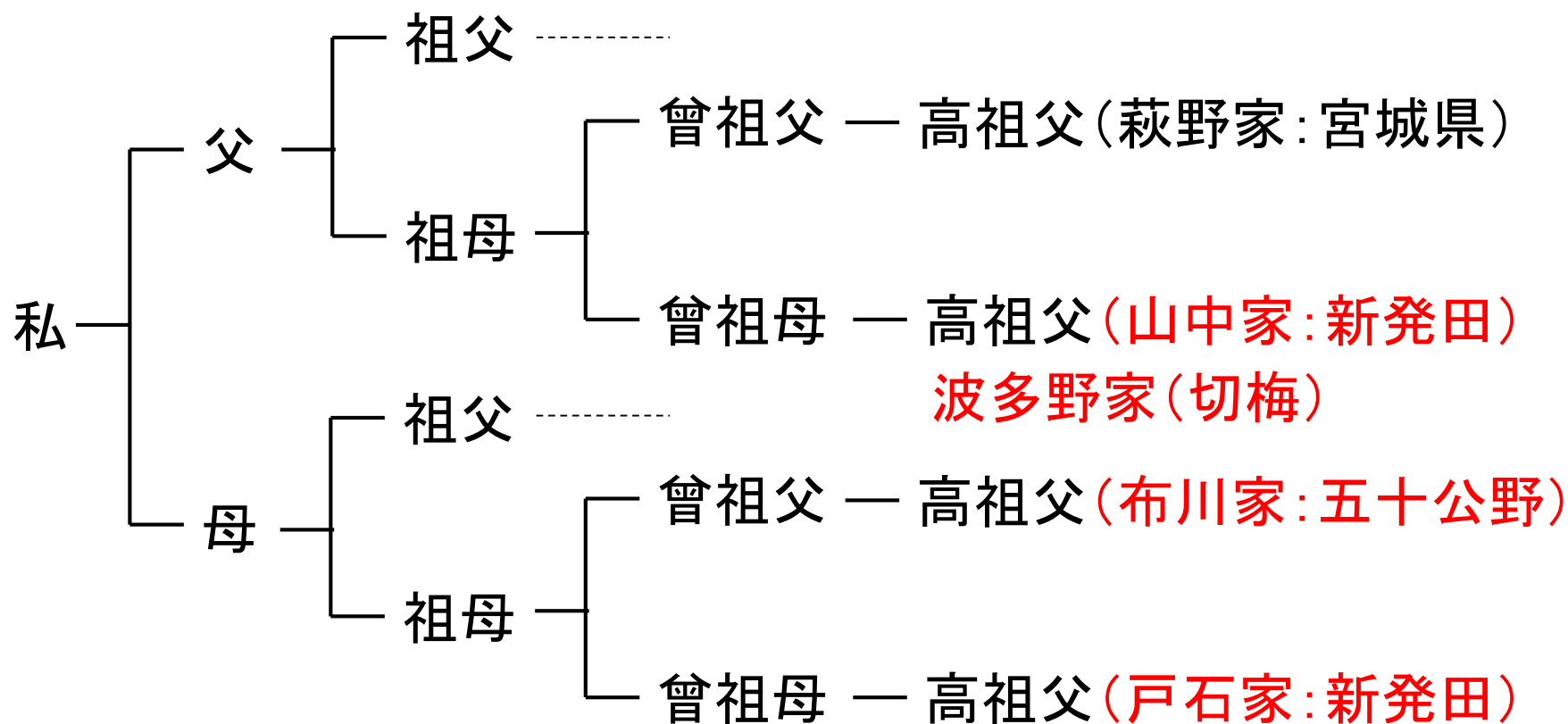
私(萩野浩一)のルーツ



ルーツ探しは面白い(NHKの「ファミリー・ヒストリー」)

はじめに:先祖について

私(萩野浩一)のルーツ



ルーツ探しは面白い(NHKの「ファミリー・ヒストリー」)

元素のルーツは何か? どこで生まれて、どこに行くのか?

元素の周期表

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11	12											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

113 Nh nihonium	115 Mc moscovium
117 Ts tennessine	118 Og oganesson

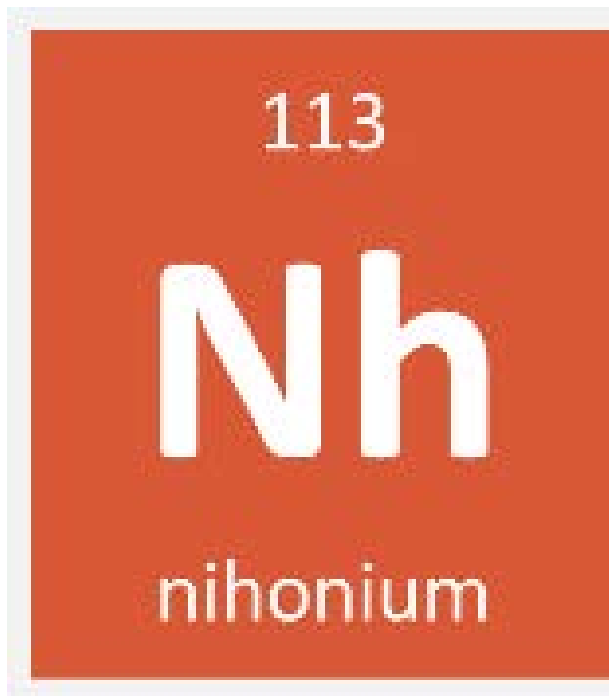
25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Wikipedia

2016年11月

はじめに:ニホニウム

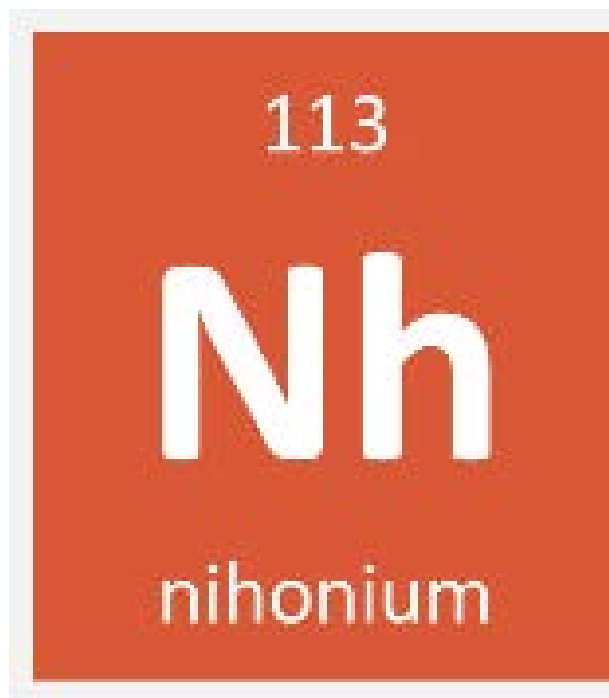
113番元素ニホニウム Nh



新潟県との深い関係

はじめに:ニホニウム

113番元素ニホニウム Nh



113 = 電話の故障 (NTT)

113 = 日本の110番 (イタリア)

$$113 = 1^1 + 1^1 \cdot 2^2 + 1^1 \cdot 2^2 \cdot 3^3$$

国道113号線



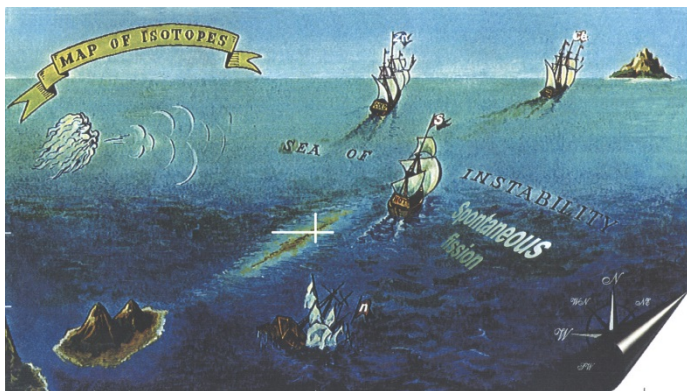
新潟のニホニウム通り

ニューハンプシャー州 州道113 (NH113)



ニューハンプシャーのニホニウム通り

新元素113番(ニホニウム)の物理と化学

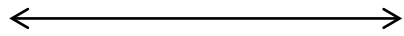


TOHOKU
UNIVERSITY

- 私のルーツについて
- 元素のルーツ
- 元素の将来(超重元素)

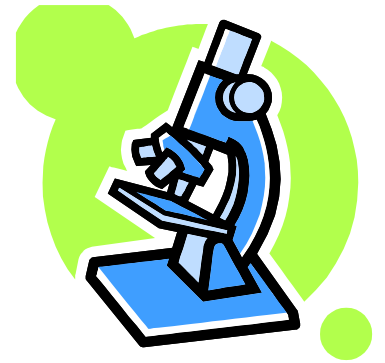
ワン！





~ 50 cm

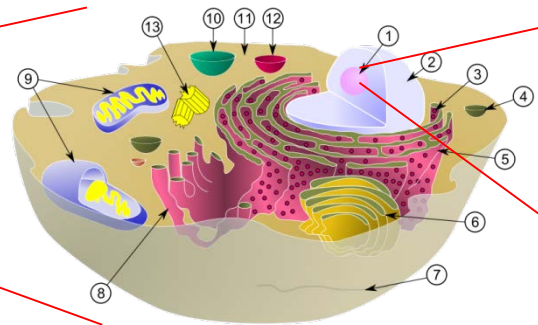
拡大してみると?





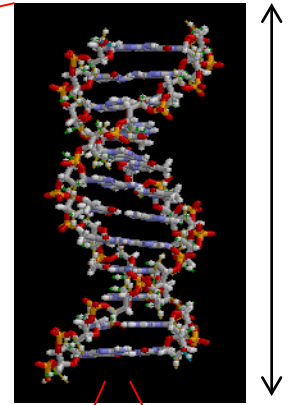
~ 50 cm

細胞



~ $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

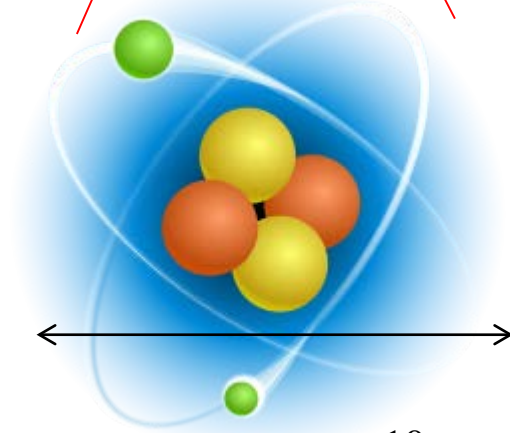
DNA



~ 10^{-8} m

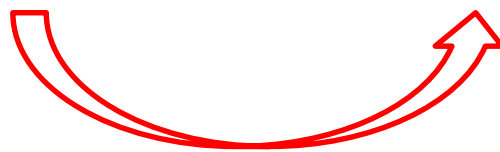
100倍

原子



~ 10^{-10} m

100倍

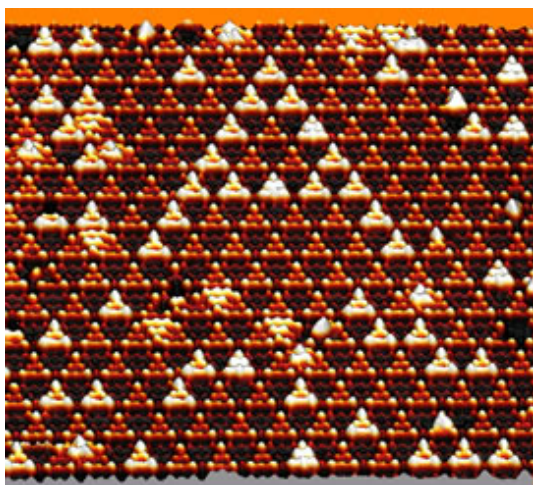


50万倍

すべてのものは原子から組み立てられる

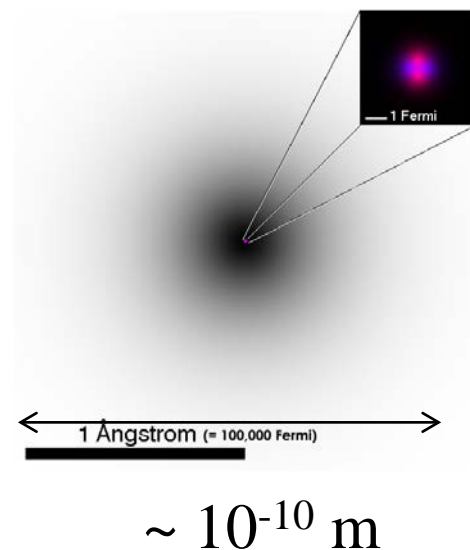


- タレス、デモクリトス(古代ギリシャ)
- ドルトン(19世紀初頭の化学者)
- ボルツマン(19世紀後期)
- アインシュタイン(1905年)

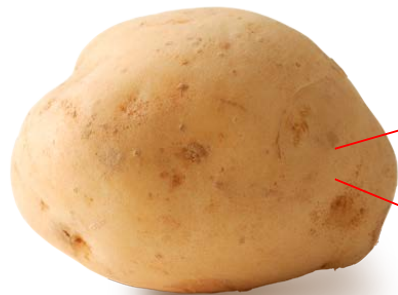


SPMAGI 07

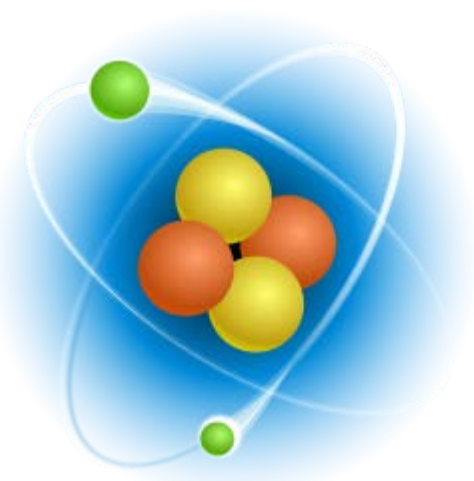
走査トンネル顕微鏡
の写真
(東北大学物理学専攻
表面物理研究室)



ジャガイモも拡大すると原子の集まり



10億倍



原子

100グラムのジャガイモの中には、

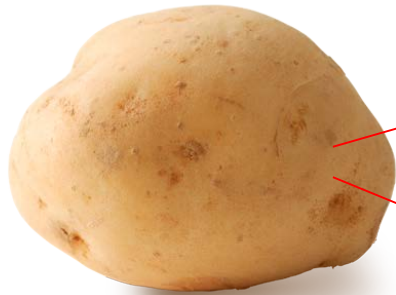
約3000000000000000000000000000000 個

(3×10^{24} 個)の原子が入っている!!

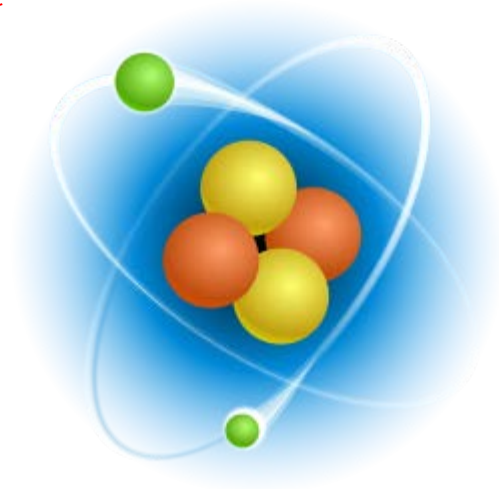


なんとゼロが24 個!!

一、十、百、千、万、億、兆、
京、垓、**序(じょ)**、穰(じょう)、...



10億倍



原子

原子にもいろいろな種類 = 元素

- 水素
- 酸素
- 炭素
- カルシウム
- マグネシウム
- 硫黄

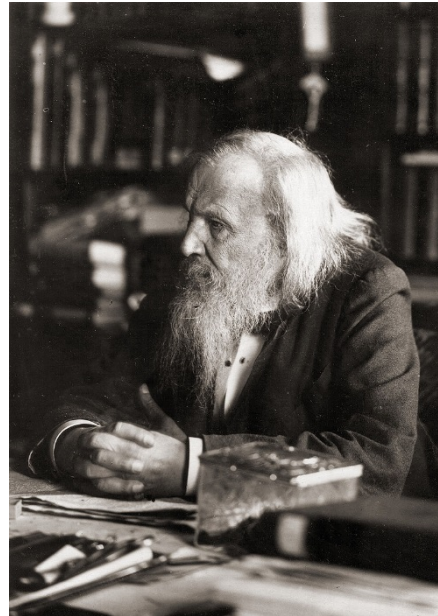
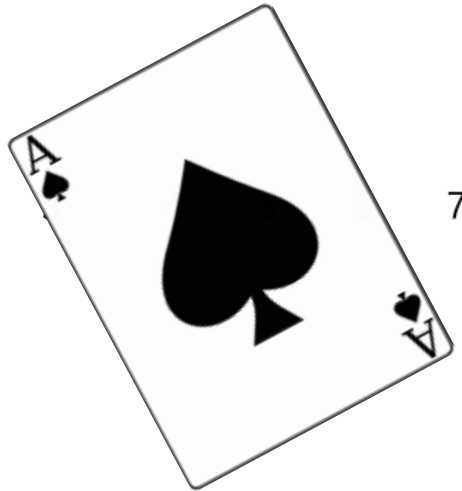
など。

この世の中には約90種類の元素がある

重い順に並べると

- | | | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| 1. 水素 | 20. カルシウム | 39. イットリウム | 58. セリウム | 77. イリジウム |
| 2. ヘリウム | 21. スカンジウム | 40. ジルコニウム | 59. プラセオジウム | 78. 白金 |
| 3. リチウム | 22. チタン | 41. ニオブ | 60. ネオジウム | 79. 金 |
| 4. ベリリウム | 23. バナジウム | 42. モリブデン | 61. プロメチウム | 80. 水銀 |
| 5. ホウ素 | 24. クロム | 43. テクネチウム | 62. サマリウム | 81. タリウム |
| 6. 炭素 | 25. マンガン | 44. ルテニウム | 63. ユロビウム | 82. 鉛 |
| 7. 窒素 | 26. 鉄 | 45. ロジウム | 64. ガドリニウム | 83. ビスマス |
| 8. 酸素 | 27. コバルト | 46. パラジウム | 65. テルビウム | 84. ポロニウム |
| 9. フッ素 | 28. ニッケル | 47. 銀 | 66. ジスプロシウム | 85. アスタチン |
| 10. ネオン | 29. 銅 | 48. カドミウム | 67. ホルミウム | 86. ラドン |
| 11. ナトリウム | 30. 亜鉛 | 49. インジウム | 68. エルビウム | 87. フランシウム |
| 12. マグネシウム | 31. ガリウム | 50. スズ | 69. ツリウム | 88. ラジウム |
| 13. アルミニウム | 32. ゲルマニウム | 51. アンチモン | 70. イッテルビウム | 89. アクチニウム |
| 14. ケイ素 | 33. ヒ素 | 52. テルル | 71. ルテチウム | 90. トリウム |
| 15. リン | 34. セレン | 53. ヨウ素 | 72. ハフニウム | 91. プロトアクチニウム |
| 16. 硫黄 | 35. 臭素 | 54. キセノン | 73. タンタル | |
| 17. 塩素 | 36. クリプトン | 55. セシウム | 74. タングステン | 92. ウラン |
| 18. アルゴン | 37. ルビジウム | 56. バリウム | 75. レニウム | |
| 19. カリウム | 38. ストロンチウム | 57. ランタン | 76. オスミウム | |

元素の周期表



メンデレーエフ
(1834-1907)

Group → 1
↓
Period

1	2											13	14	15	16	17	18	
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 La *	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 Ac *	104 Rf *	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
	*			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	
	*			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	

元素の周期表

Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
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		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

周期的に同じ性質を持つ元素が並ぶ
(メンデレーエフ 1869年)

→ 未知の原子の性質が予言できる

ガリウムの発見 (1874年)

ゲルマニウムの発見 (1879年)

人の体はどんな元素から出来ている？

酸素 43 kg
炭素 16 kg
水素 7 kg
窒素 1.8 kg
カルシウム 1.0 kg
リン 780 g
カリウム 140 g
硫黄 140 g
ナトリウム 100 g
塩素 95 g
マグネシウム 19 g
鉄 4.2 g
フッ素 2.6 g
亜鉛 2.3 g
ケイ素 1.0 g
ルビジウム 0.68 g
ストロンチウム 0.32 g
臭素 0.26 g
鉛 0.12 g
銅 72 mg
アルミニウム 60 mg
カドミウム 50 mg

セリウム 40 mg
バリウム 22 mg
ヨウ素 20 mg
スズ 20 mg
チタン 20 mg
ホウ素 18 mg
ニッケル 15 mg
セレン 15 mg
クロム 14 mg
マンガン 12 mg
ヒ素 7 mg
リチウム 7 mg
セシウム 6 mg
水銀 6 mg
ゲルマニウム 5 mg
モリブデン 5 mg
コバルト 3 mg
アンチモン 2 mg
銀 2 mg
ニオブ 1.5 mg
ジルコニウム 1 mg
ランタン 0.8 mg

ガリウム 0.7 mg
テルル 0.7 mg
イットリウム 0.6 mg
ビスマス 0.5 mg
タリウム 0.5 mg
インジウム 0.4 mg
金 0.2 mg
スカンジウム 0.2 mg
タンタル 0.2 mg
バナジウム 0.11 mg
トリウム 0.1 mg
ウラン 0.1 mg
サマリウム 50 µg
ベリリウム 36 µg
タングステン 20 µg



John Emsley,
“The Elements”,
3rd ed. Clarendon Press,
Oxford, 1998

元素の周期表

Group → ↓ Period	1	2											11	12	13	14	15	16	17	18
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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus		118 Uuo	
Lanthanides	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					
Actinides	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					

最も重い元素は何？

元素の周期表

Group → ↓ Period	1	2										11	12	13	14	15	16	17	18	
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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo		

Lanthanides

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
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Actinides

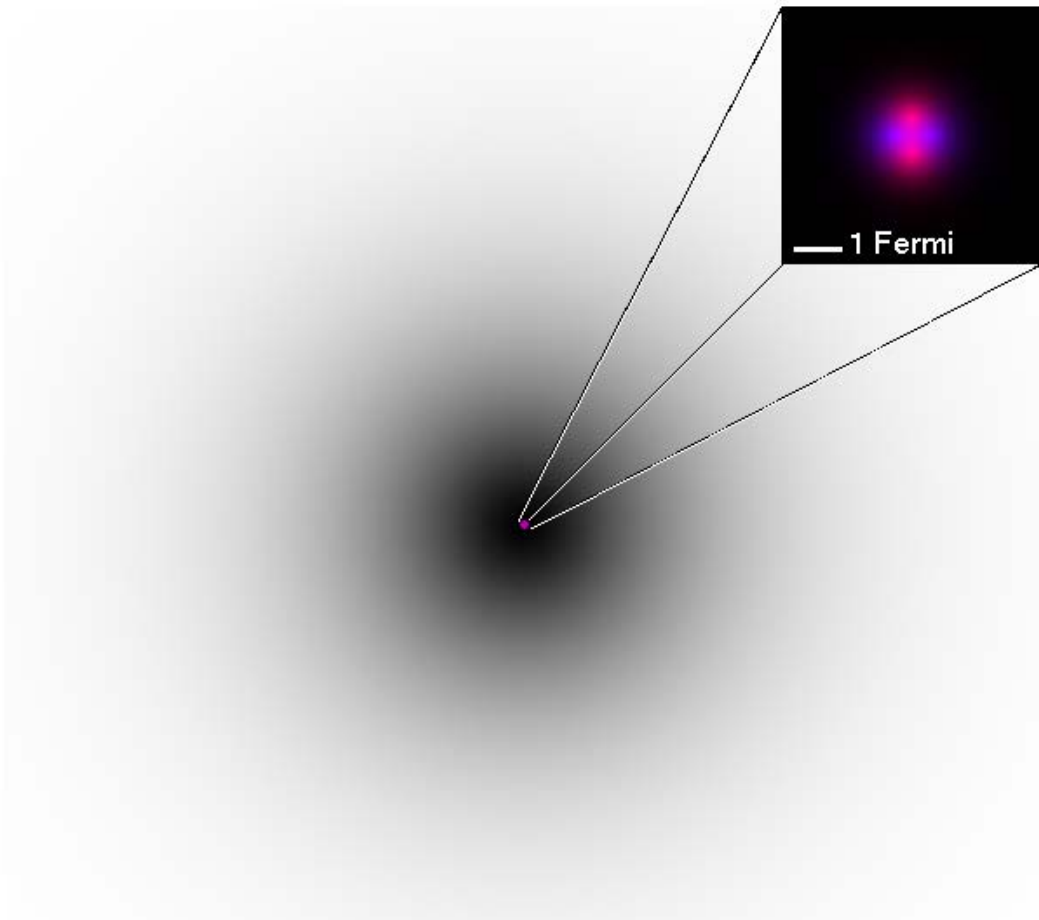
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

最も重い元素は何？

自然界: プルトニウム (Z=94) → 極微量存在

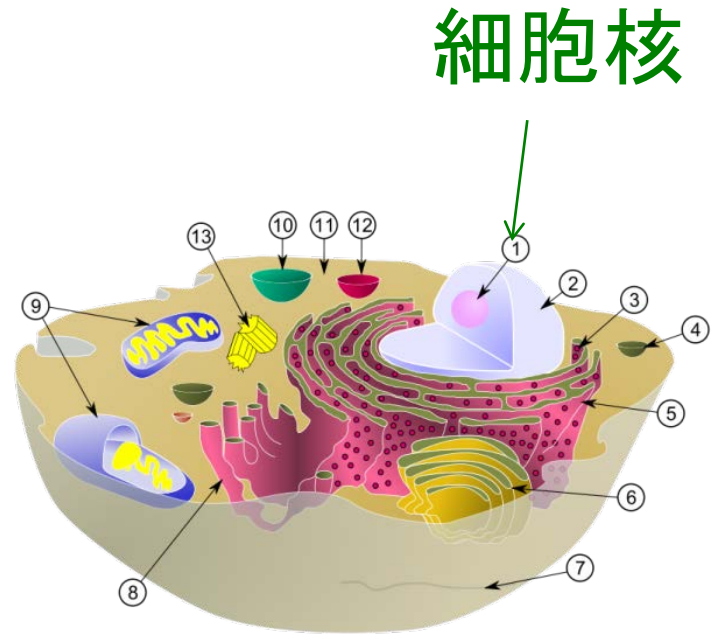
ウラン (Z=92) 何がこの番号を決めている？

原子の中身



原子の中身

原子の核(原子核)



(参考)細胞の中身

原子の中身

原子核

陽子 (プラスの電気)

中性子 (電気なし)

10万倍
に拡大

電子の雲
(マイナスの電気)



0.000000000001 m

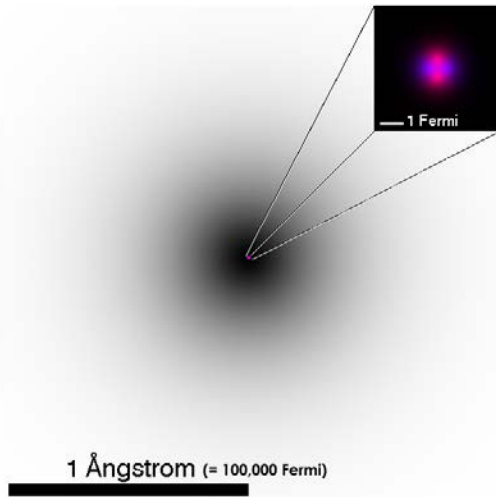
- 陽子の数 = 電子の数
- 化学的な性質 = 電子の数

Lanthanides	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
Actinides	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

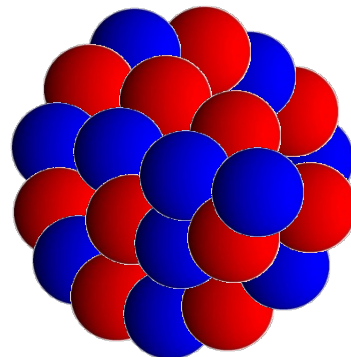
何が最も重い元素の番号を決めているのか？

重い原子核 → 電気的反発力が大

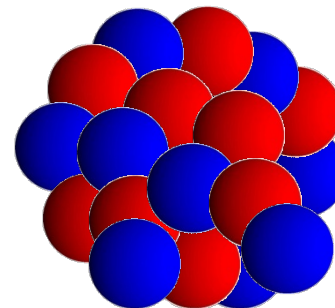
原子核



α 粒子を出して安定になる
(アルファ崩壊)

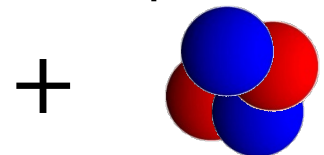


(Z, N)



$(Z-2, N-2)$

${}^4\text{He}$ 原子核
= α 粒子



$(Z=2, N=2)$

重い原子核の寿命

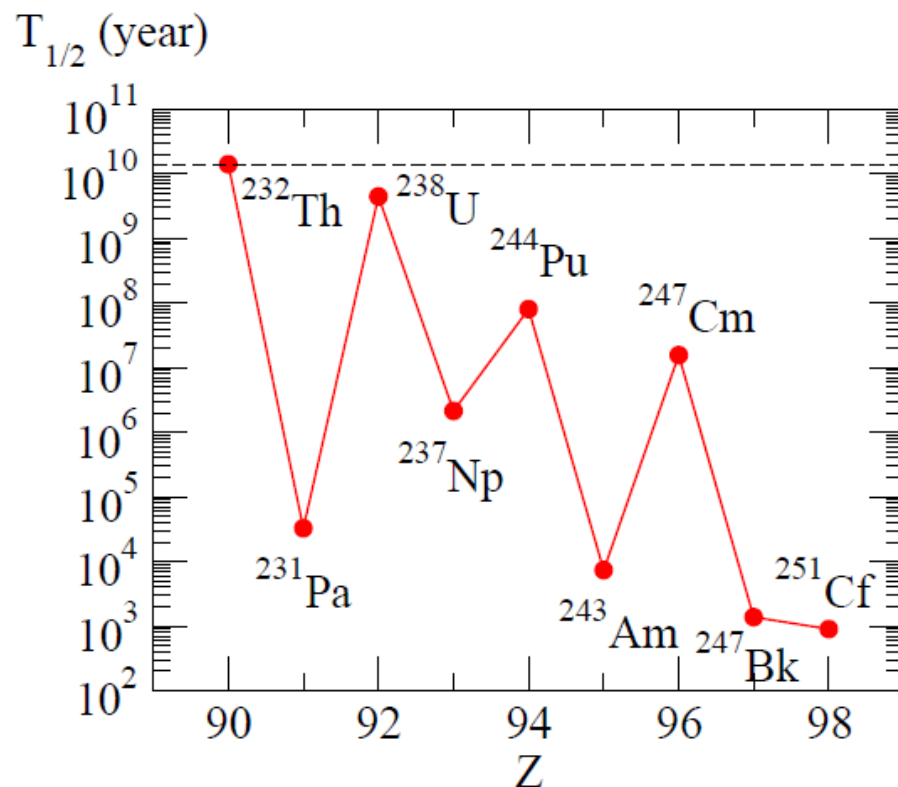
^{232}Th 140.5 億年

^{238}U 44.7 億年

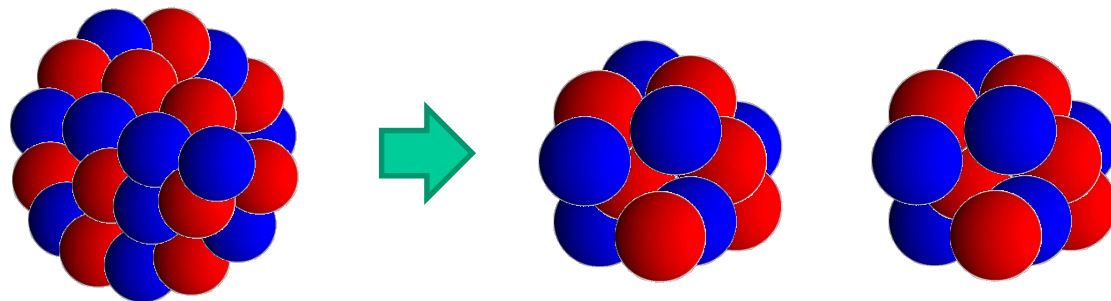
^{244}Pu 8000 万年

^{247}Cm 1560 万年

(参考) 宇宙の年齢: 138億年
地球の年齢: 45.4億年



* もっと重い原子核は核分裂で壊れることも:

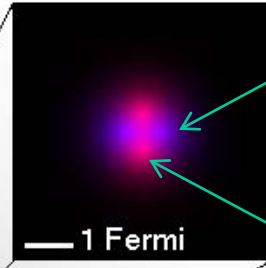


原子の中身

原子核

陽子 (プラスの電気)

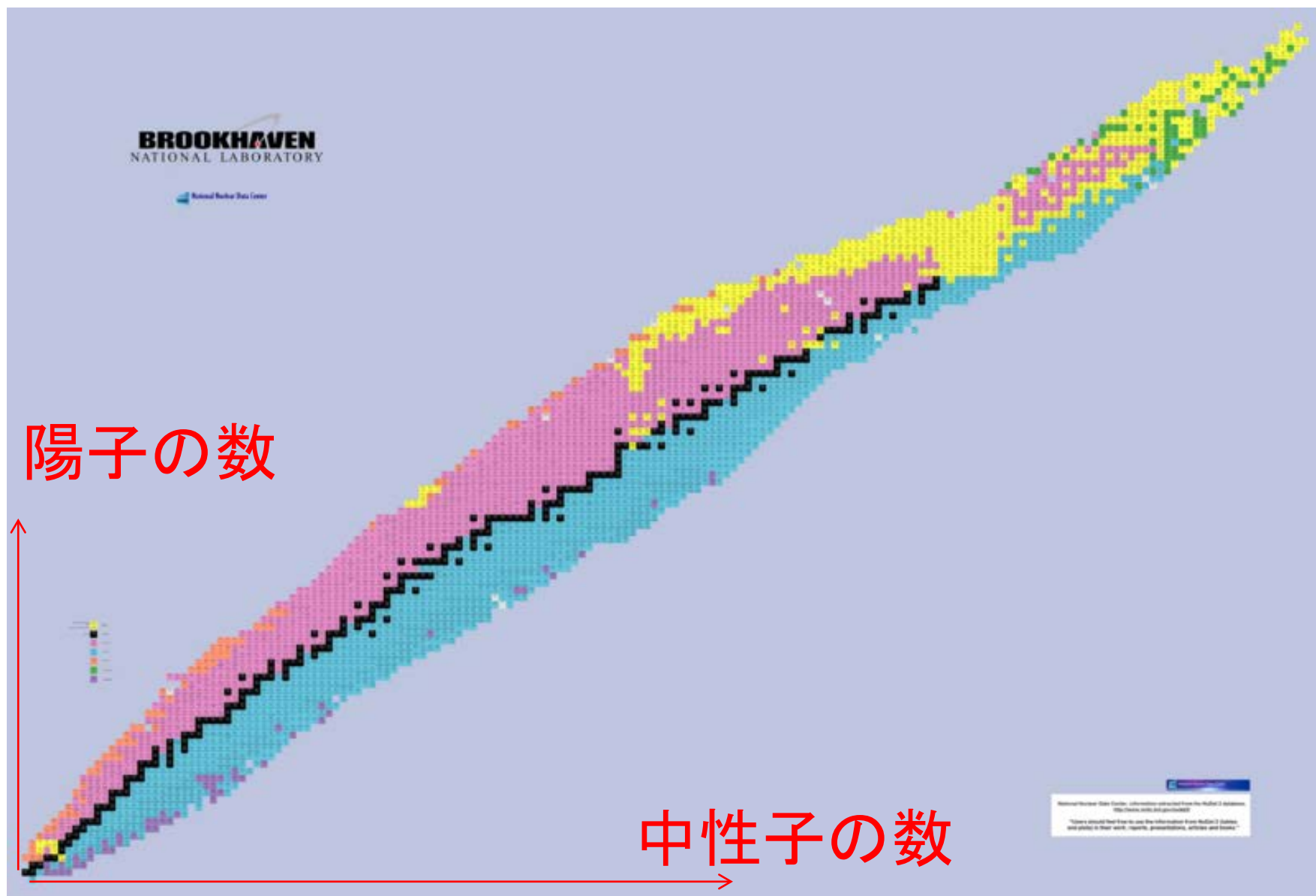
中性子 (電気なし)



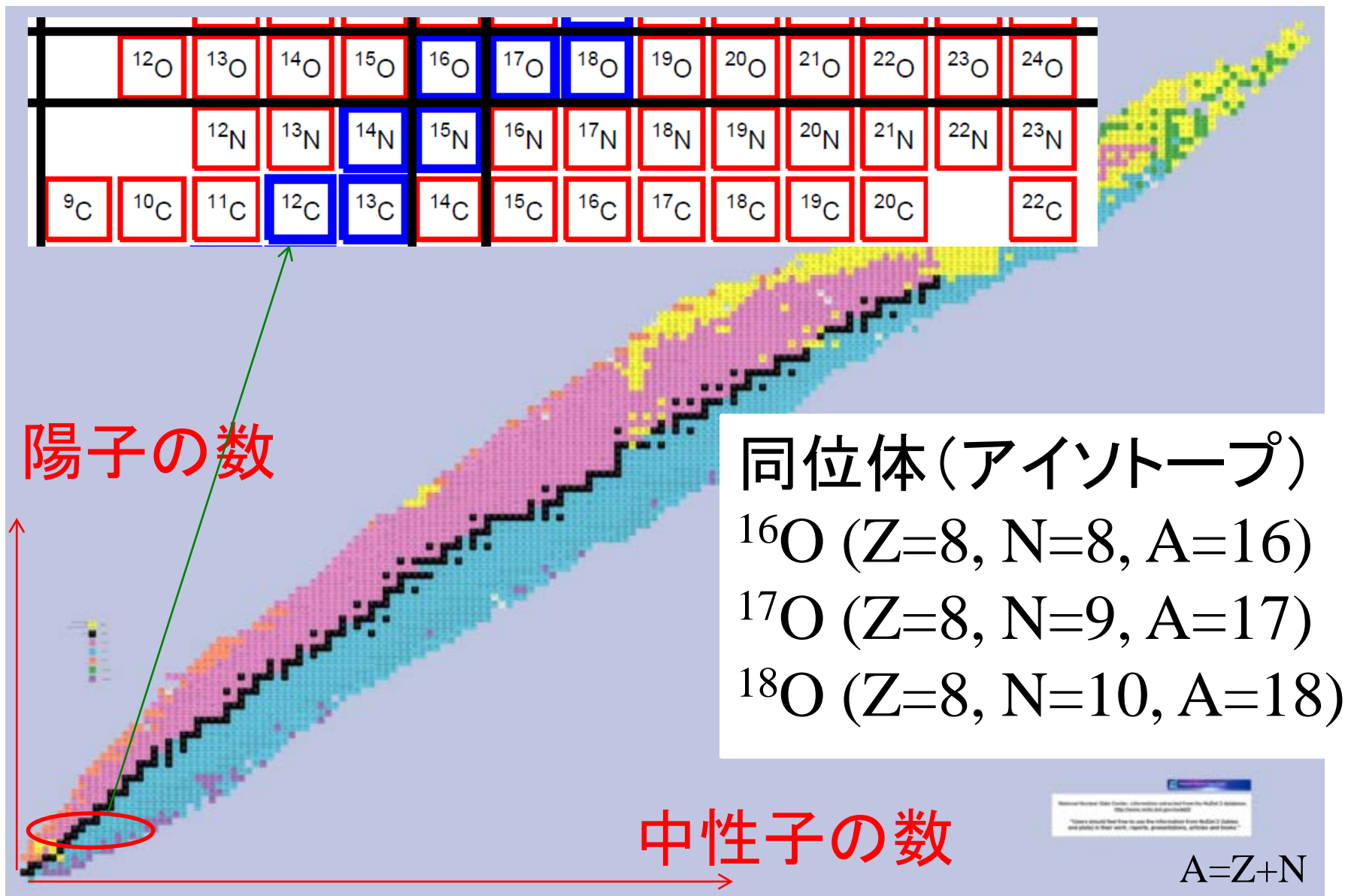
Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

← 中性子は?

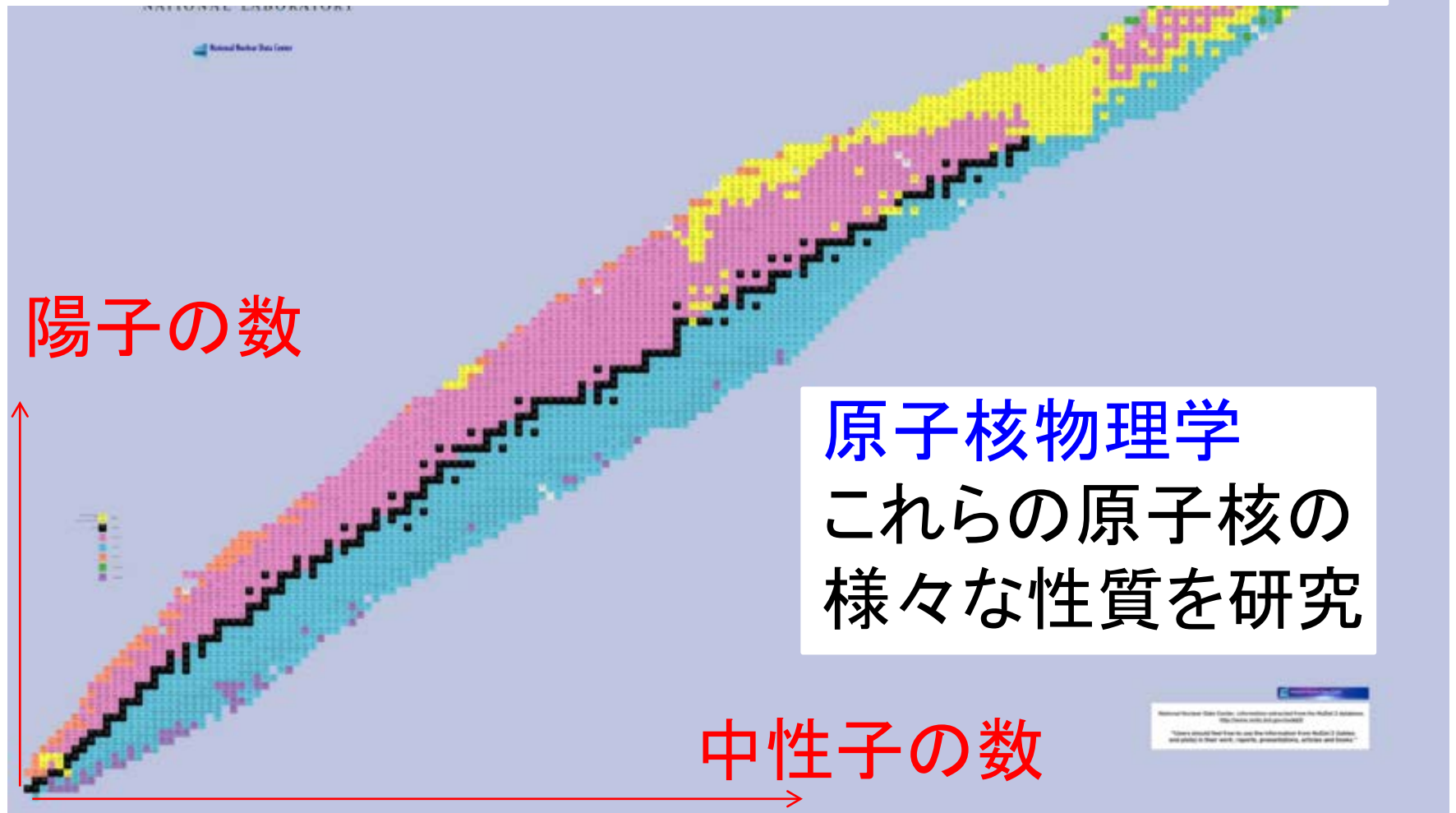
核図表：原子核の地図



核図表：原子核の地図



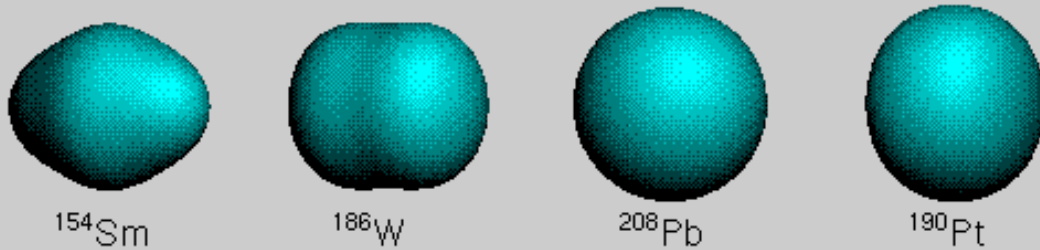
- ・自然界にある安定な原子核：287種
- ・これまで人工的に作られた原子核：約3,000種
- ・理論上存在が予想される原子核：約10,000種



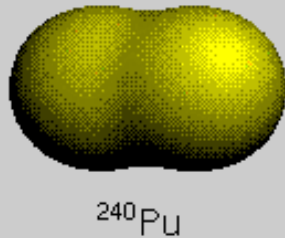
原子核物理学で研究していることの例

➤原子核はどのような形をしているの？

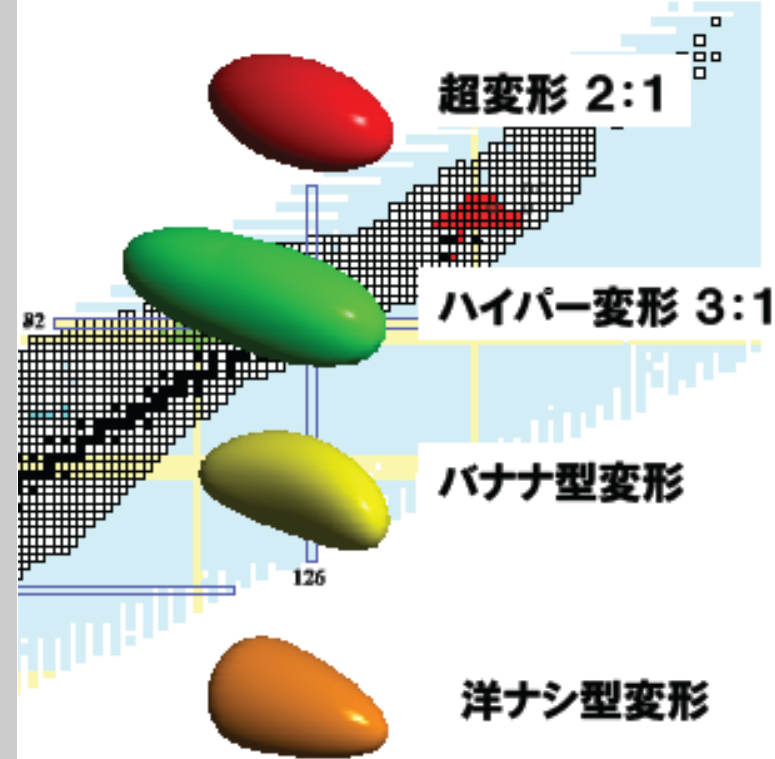
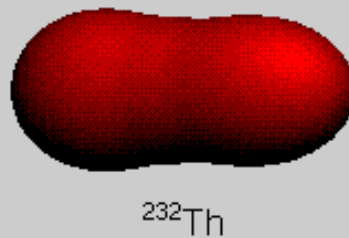
Nuclear ground-state shapes



Isomeric shape



Mass-asymmetric saddle-point shape



<http://t2.lanl.gov/tour/sch001.html>

原子核は陽子と中性子の組み合わせの仕方によって様々な形をとり得る！

元素のルーツ: 元素はどのように出来たのか?

→ 宇宙で生まれた



ビッグバン
(138億年前)



Li

「僕たちの体の中の水素は
138億歳。

つまり、ビッグバンの時に
できた水素が巡り巡って
僕たちの体の中にある。」



「知ろうとすること。」
早野龍五、糸井重里 著
新潮文庫

Fe までの元素はどのように出来たのか？

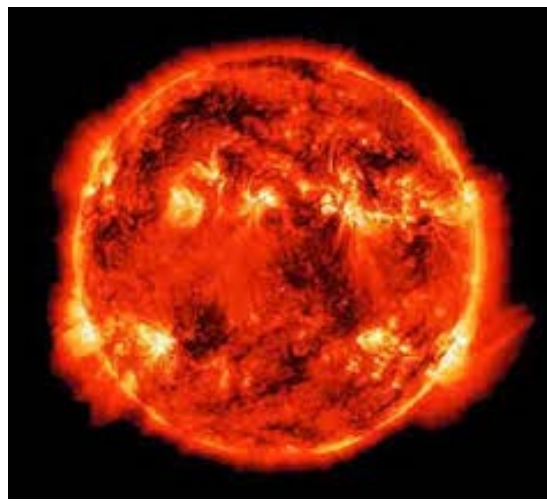
Feまでの元素の起源



(大質量)星の内部での核融合反応
————→ 恒星が光っているもと

Fe より重い元素はどのように出来たのか?

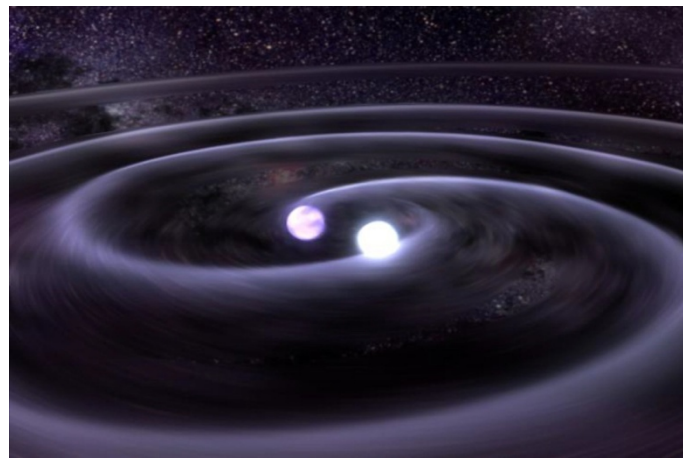
中性子の吸収



赤色巨星



s-プロセス
Ba, La, Pb, Bi など



中性子星の合体



r-プロセス
Th, Eu, U など

星の合体 重力波で観測

2017年(平成29年)
10月17日
火曜日



天気	6	9	12	15	18	21(時)
青森	☀	☀	☀	☀	☀	50
盛岡	☀	☀	☀	☀	☀	17
秋田	☀	☀	☀	☀	☀	17
山形	☀	☀	☀	☀	☀	10
仙台	☀	☀	☀	☀	☀	17
福島	☀	☀	☀	☀	☀	19
新潟	☀	☀	☀	☀	☀	9
長野	☀	☀	☀	☀	☀	17
東京	☀	☀	☀	☀	☀	20

朝日新聞東京本社
〒104-8011東京都中央区築地5-3-2 電話03-3545-0131 www.asahi.com

信頼の技術を、
医薬品に。

信頼の医療機器・医薬品
NIPRO

2017衆院選 投票まで **5** 日

改憲への動きシミュレーション	2面
安倍政治 その先⑥ 核政策	3面
原発再稼働 争点化の攻防	4面
金融緩和 語られない「出口」	7面
社説 教育無償化／知る権利	14面
耕論 社会保障は国難か	15面
届いていますか④ 独身女性	29面
裁判官の過去判断チェック	34面
改憲 触れる人触れない人	35面

発生源からの光も確認

地球から1・3億光年離れた二つの「中性子星」が合体した様子も、重力波と光で観測することに成功したと、米欧の研究グループが16日、発表した。宇宙のかなたからやってくる重力波を手がかりに、望遠鏡などで光をとらえたのは世界で初めて。天文観測の新たな手法として期待される。

重力波は、ブラックホールのような重い天体が動いた際に生じる時空のゆがみ。光速でさざ波のように広がる。2015年に初めて検出された。観測への応用も期待されていたが、過去4回検出された重力波はいずれも、光を吸収するブラックホール同士の合体で生じたため観測できなかった。

米欧の研究グループ発表

今回とらえた重力波は、地球から約1億3千万光年離れたところで、お互いに引き合っていた二つの中性子星（質量は太陽の1・2倍×1・6倍）が一つに合体した際に生じた。この重力波は8月17日、米の観測施設「LIGO」とイタリアの「Virgo」で検出。可視光やガンマ線など従来の方法でも観測できる中性子星から発せられた可能性があるため、研究チームは世界の天文台に観測を呼びかけた。

日本を含む約70カ所で望遠鏡などを使い、重力波がやってきた方向を調べたところ、重力波の検出から約11時間後、南米チリの望遠鏡で中性子星からの光をとらえた。光は弱まりながら約3週間観測できた。広島宇宙科学センターの内海洋輔特任助教は「今回の成果は、重力波も使って観測する新たな天文学の幕開け。日本の重力波観測施設「KAGRA」が稼働すれば、さらに精度が高まるだろう」と話している。(田中誠士、斎藤義浩)

今年ノーベル物理学賞の受賞が決まった米国のチームは、世界90以上の観測チームに重力波の検出を知らせる態勢を整えており、今回は日本を含む70以上の天文台が観測に参加した。重力波を併用した観測の登場で、宇宙物理学の新たな時代が始まった。(小林悠)

中性子星

原子核を構成する基本粒子の「中性子」がぎっしり詰まった天体。質量が大きい恒星が一生を終える際、原子が強く圧縮されてできる。理論的には、茶さじ1杯分の質量が10億ト程度になっている。中性子星よりさらに質量が大きい天体は、光さえも外に出られないブラックホールとされる。

中性子星合体による重力波を観測



量子力学(りょうしりきがく)

物質は波の性質と粒子の性質の両方を持っている

電子: 粒子
ド・ブロイ波

電磁波: 波
光子

ハイゼンベルクの不確定性原理

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq 10^{-34} \quad \text{J s}$$

位置と運動量を同時に決めることはできない

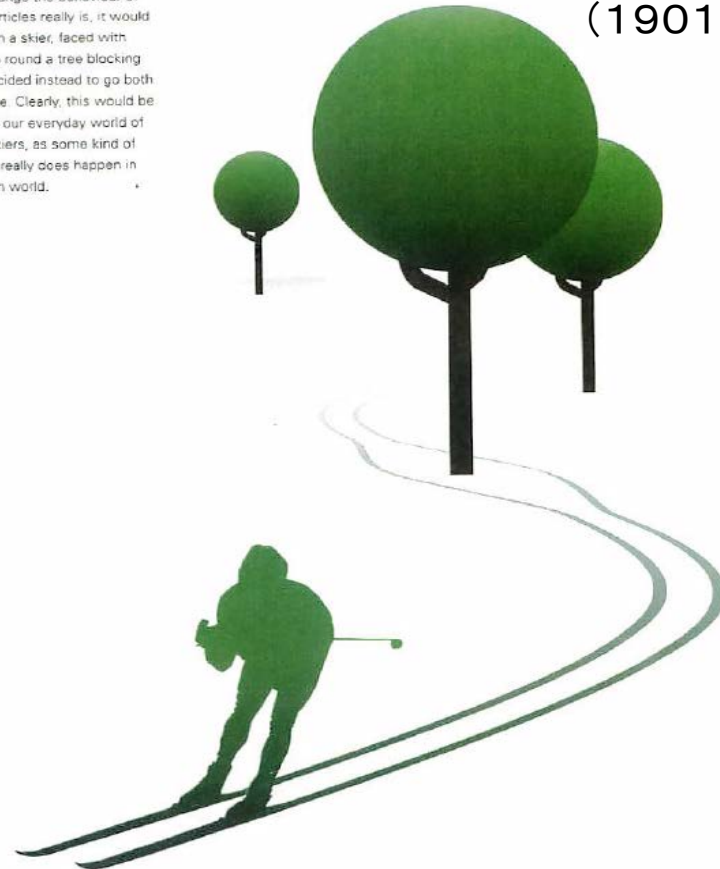


ハイゼンベルク
(1901~1976)



What if his car leaked out of its locked garage?

just how strange the behaviour of quantum particles really is, it would be as though a skier, faced with having to go round a tree blocking his path, decided instead to go both ways at once. Clearly, this would be regarded, in our everyday world of trees and skiers, as some kind of hoax. But it really does happen in the quantum world.



ハイゼンベルクの不確定性原理

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq 10^{-34} \quad \text{J s}$$

位置と運動量を同時に決めることはできない

....もし $\Delta p \cdot \Delta x \geq 10 \quad \text{J s}$ だったら.....



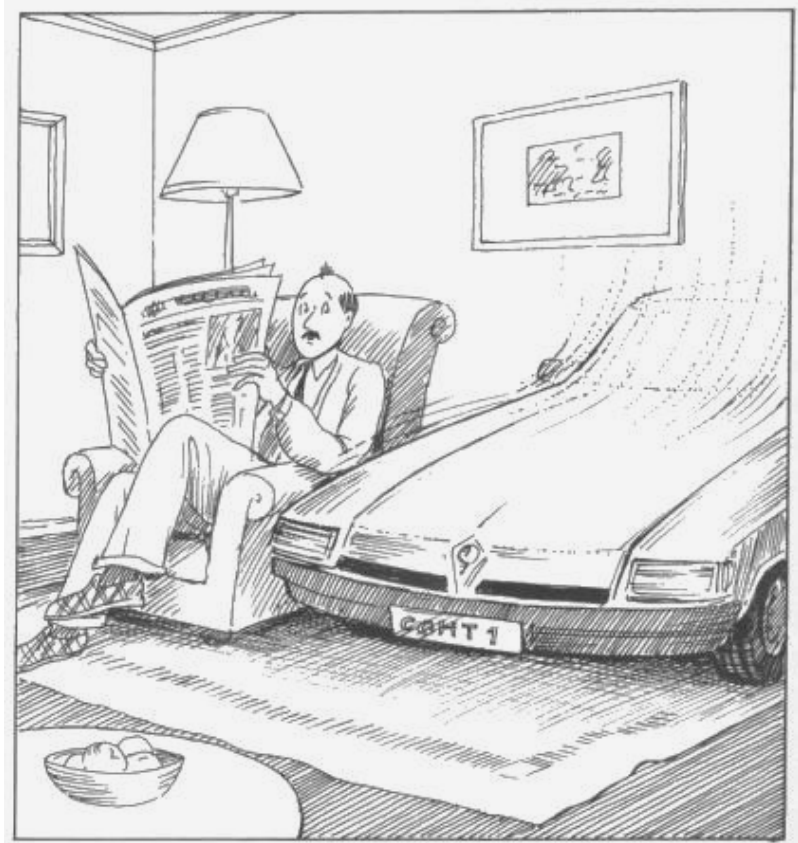
ハイゼンベルク
(1901~1976)

車が壁をすり抜ける!?



実際には電子や原子核のように質量が軽い場合のみトンネル現象が起きる

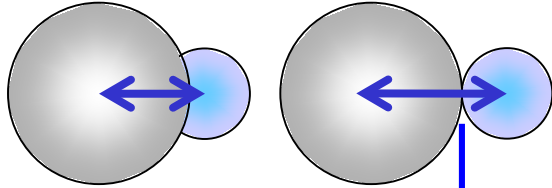
電子の質量: 約 10^{-27} g
陽子の質量: 約 10^{-24} g



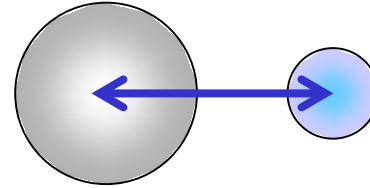
What if his car leaked out of its locked garage?

星の中での核融合反応

強い力(引力) vs 電磁力(反発力)

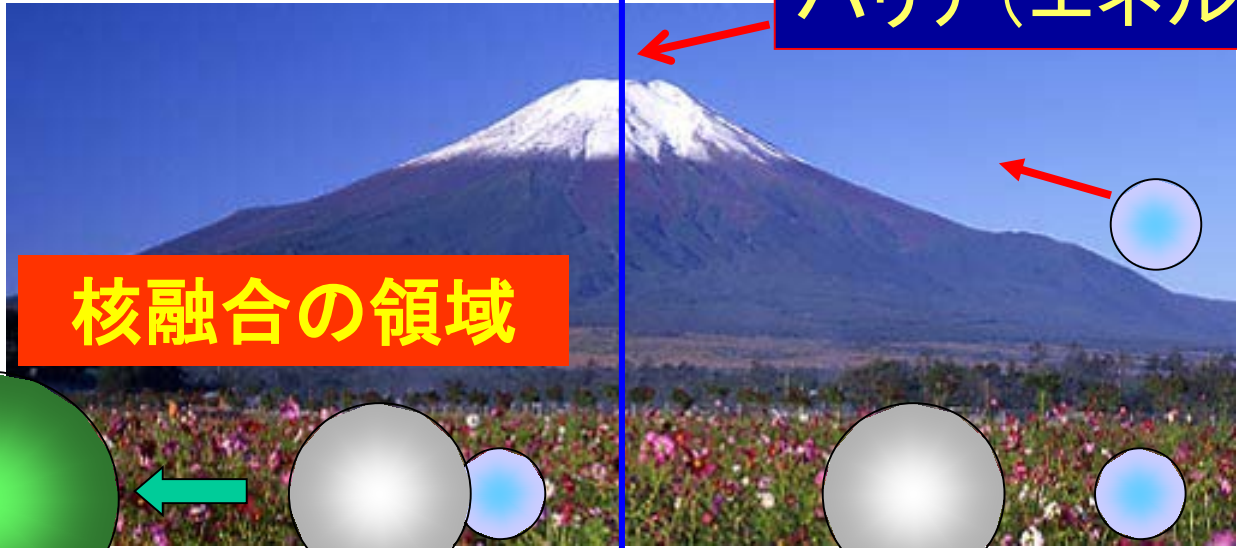


正味の力: 引力

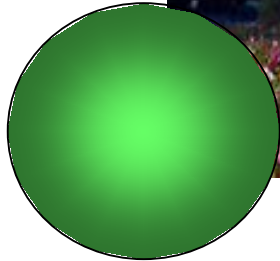


正味の力: 反発力

バリア(エネルギーの壁)



核融合の領域



原子核を勢いよくぶつけるとバリアを乗り越えて核融合が起きる



原子核を勢いよくぶつけるとバリアを乗り越えて核融合が起きる

...しかし、星(太陽)の中では「勢い」(エネルギー)が足りない

→ 「量子トンネル現象」で星は輝いている



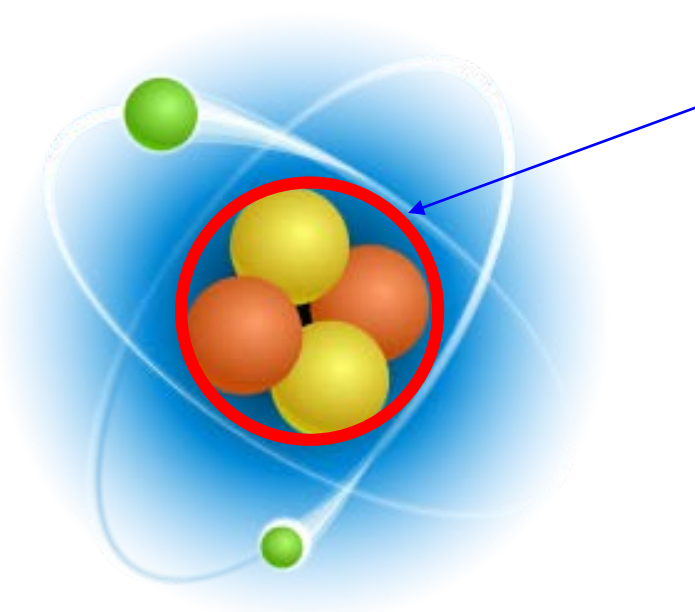
ジャック・デュケノワ著「おばけパーティー」より

超重元素(超重原子核)

地球上には約90種類の元素(ウランが一番重い)

もっと重い元素はないの?

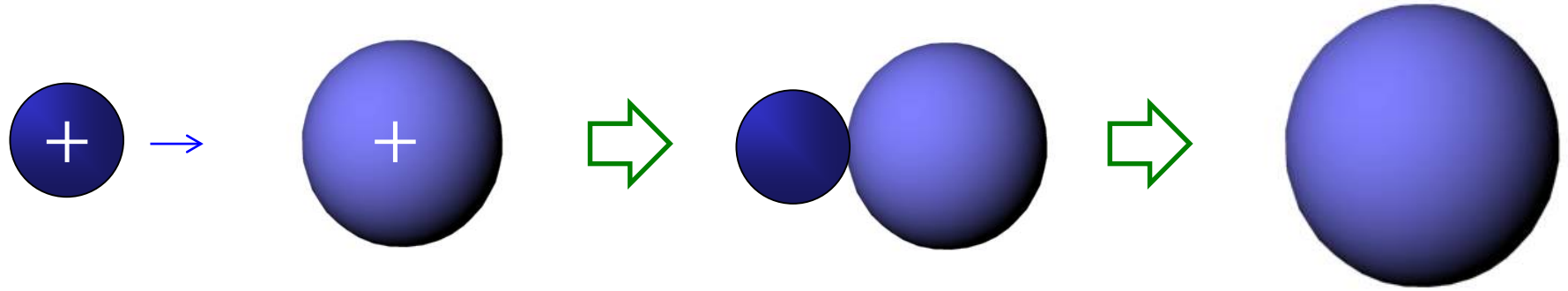
→ あります。でも人工的に作らなければなりません。



原子核

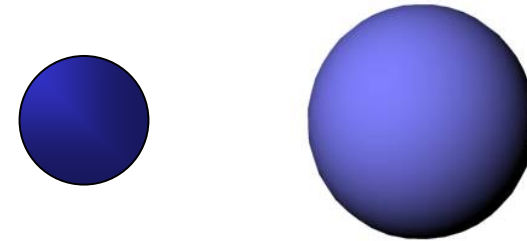
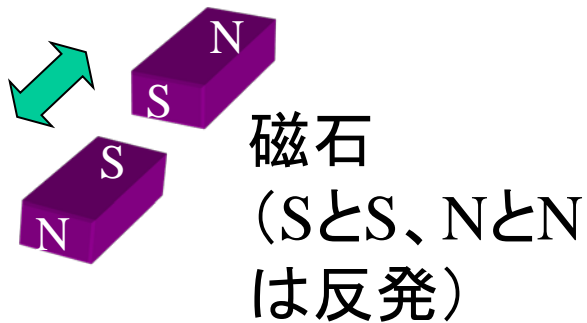
原子核と原子核をくっつけて
大きな原子核を作る

原子核と原子核をくっつける



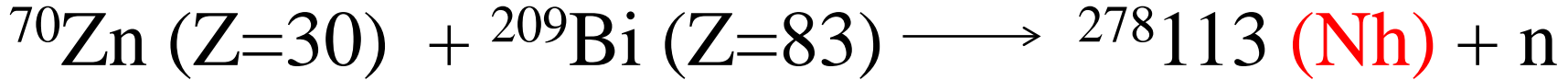
加速器を
使って勢いよくぶつける

大きな
原子核

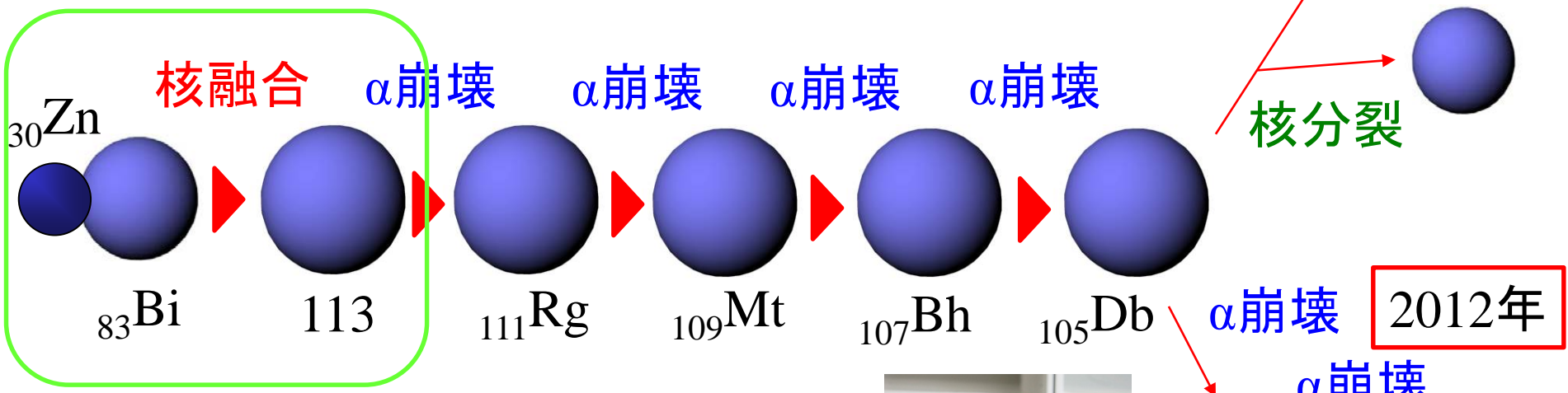


でも、ほとんどはくっつけても
すぐ離れてしまう
(大きな原子核ができない)

新元素113番:ニホニウム(Nh)



光速の約10パーセント
まで加速



553 日間の実験で
たったの3例の発見

→ 日本に命名権
ニホニウム Nh



幻(まぼろし)の元素、ニッポニウム (Np)

1908年:「43番目の元素」として新元素を発見し

ニッポニウム (Np) と名前をつけたと発表。

→ その後追試で確認できず、周期表からは消える
(実は75番元素レニウム(当時未発見)だった)



小川正孝
(1865－1930)



東北大学第4代総長
(1919－1928)

写真提供:宮城の
新聞



モリブデナイト
(モリブデン鉱石)

Campus Map

東北大学 大学院 理学研究科・理学部
青葉山北キャンパスマップ

Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University



- 停留所 (Waiting Points)
- 地下鉄東西線 (Subway Toei Line)
- バス停 (Bus Stop)
- 循環バス (Circulating Loop Bus Stop)
- キャンパスバス (Campus Bus Stop)
- 市バス (Municipal Bus Stop)
- コンビニ (Convenience Store)
- 購買 (University Shop)
- 食堂・喫茶 (Dining / Cafeteria)
- タクシー乗り場 (Taxi Stand)
- 車いす対応トイレ (Disabled Toilet)
- 公共電話 (Public Phone)
- 一方通行 (One-way)



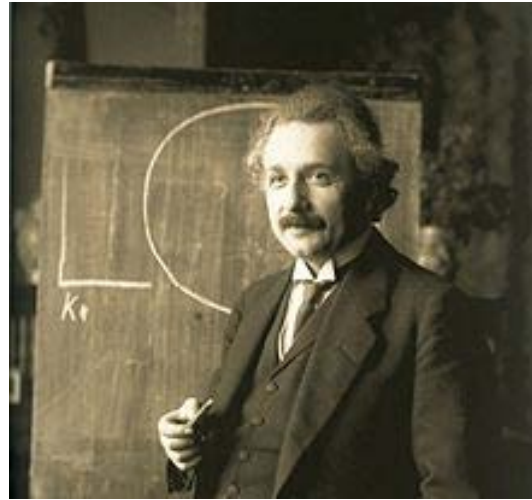
超重元素の化学

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
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 La *	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 Ac *	104 Rf *	105 Db *	106 Sg *	107 Bh *	108 Hs *	109 Mt *	110 Ds *	111 Rg *	112 Cn *	113 Nh *	114 Fl *	115 Mc *	116 Lv *	117 Ts *	118 Og *
				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	
				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	

- 超重元素を周期表のここに置けるの？
- つまり、Nh は B, Al, Ga などと同じ性質？

相対論的効果：原子番号の大きい元素で重要

$$E = mc^2$$



ディラック方程式(相対論的量子力学)を解くと、
原子中の電子のエネルギーは、

$$E_{1S} = mc^2 \sqrt{1 - (Z\alpha)^2} \sim mc^2 \left(1 - \frac{(Z\alpha)^2}{2} - \frac{(Z\alpha)^4}{8} + \dots \right)$$

相対論的効果

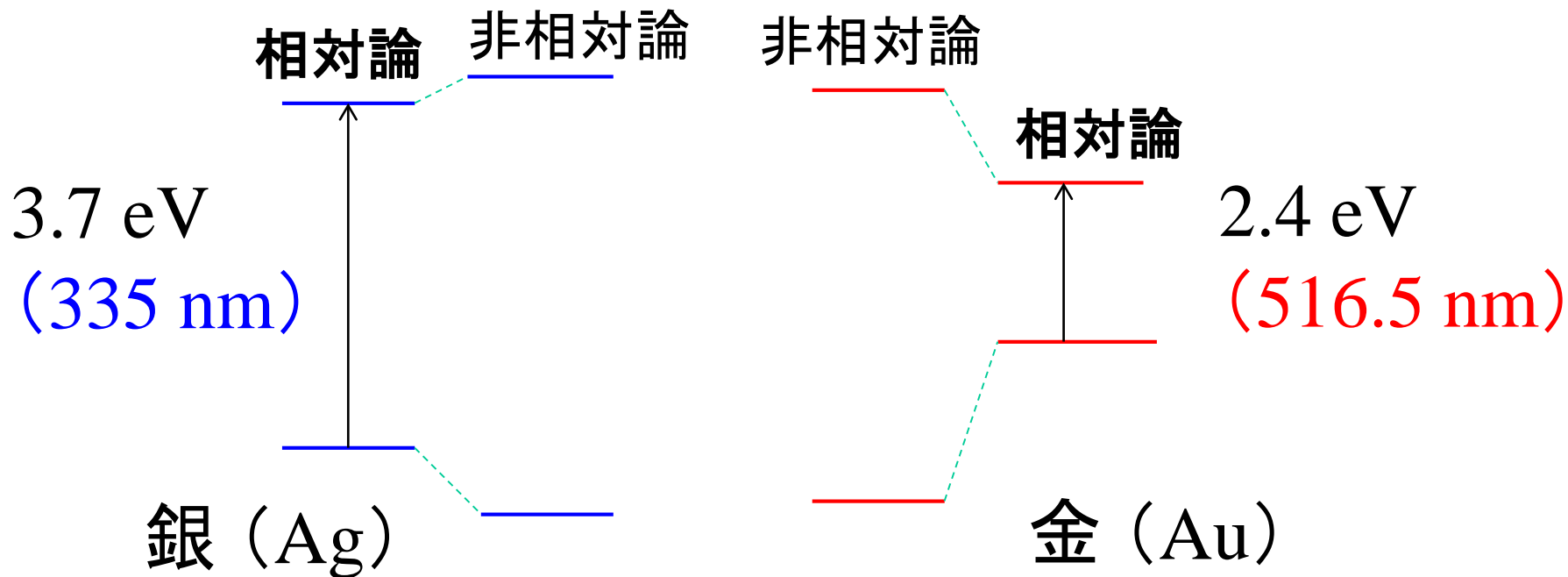
相対論的効果で有名な例: 金の色

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		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		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo						

金と銀は同族

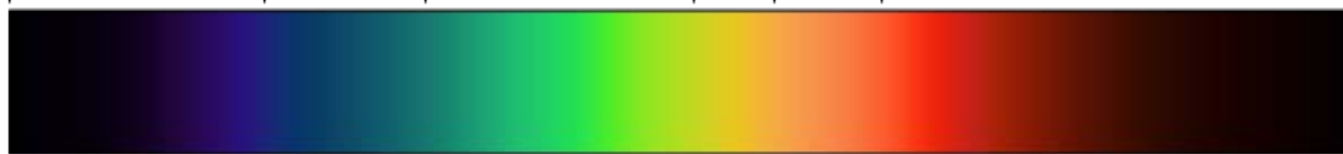


相対論的効果がなければ金の色は銀みたいだった!



可視光

335 nm 380 nm 517 nm 750 nm

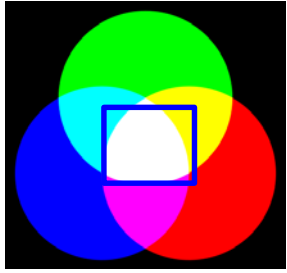


吸收(金)

反射(金)

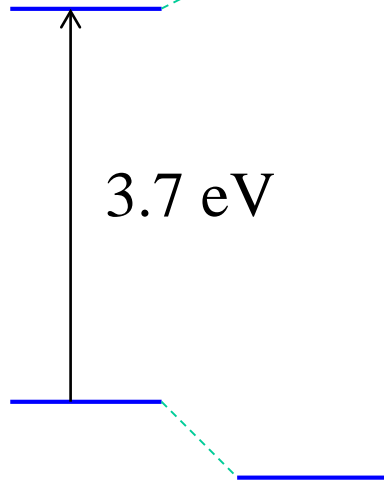


反射(銀)

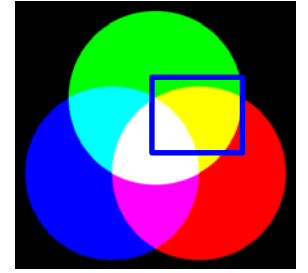
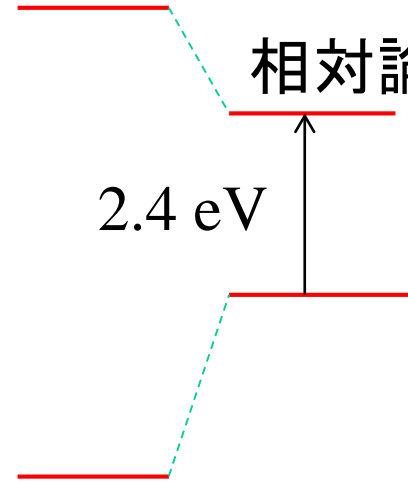


光の
吸収なし

相対論 非相対論



非相対論



青色の光
が吸収

相対論



銀

47番元素



金

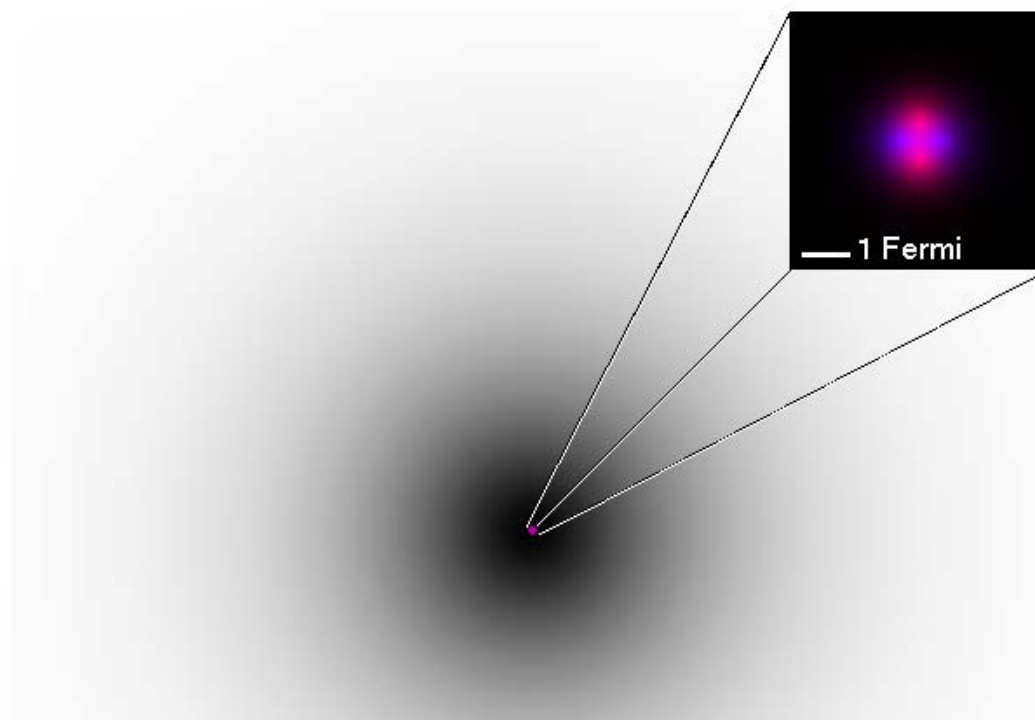
79番元素

超重元素の化学

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
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 La *	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 Ac *	104 Rf *	105 Db *	106 Sg *	107 Bh *	108 Hs *	109 Mt *	110 Ds *	111 Rg *	112 Cn *	113 Nh *	114 Fl *	115 Mc *	116 Lv *	117 Ts *	118 Og *
				* 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	
				* 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	

相対論的効果で超重元素の場所が
どのように変わるのか? → 未解決の謎

まとめ



原子核

小さな小さな原子核が元素にとっては大きな役割

- 自然界にある最も重い元素
- 元素の起源・星が燃えている理由
- 超重元素

(今、118番元素 Og まで。次は119番、120番)