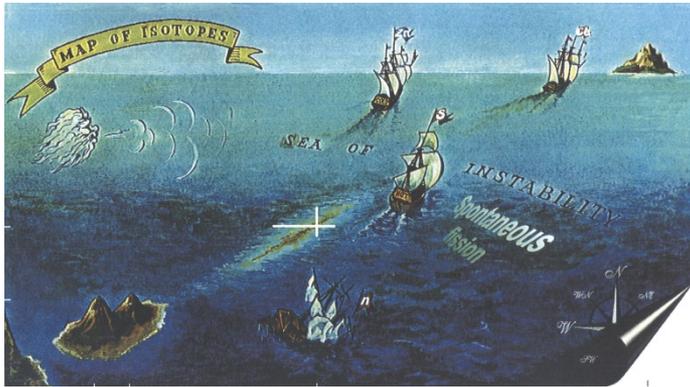


ニホニウムみたいな とても重たい元素の話



はぎのこういち
萩野 浩一

東北大学大学院理学研究科
物理学専攻

ウン・ウン・トリウム

113

夏目漱石没後100年(2016)



東北大学図書館
「漱石文庫」



夏目漱石没後100年(2016)

ウン・ウン・トリウム

113



吾輩は113番元素である。
名前はまだない。



東北大学図書館
「漱石文庫」

夏目漱石没後100年(2016)

ウン・ウン・トリウム

113



吾輩は113番元素である。
名前はまだない。



2016年11月30日
ニホニウム (Nh)



東北大学図書館
「漱石文庫」

夏目漱石没後100年(2016)

ウン・ウン・トリウム

113



吾輩は113番元素である。
名前はまだない。



ニホニウム (Nh)



東北大学図書館
「漱石文庫」

森本先生の「ニホニウム発見物語」を理解する上で必要な
元素に関する基礎的な話

クイズ

共通のを探してください



イヌ



おにぎり



森田さん



風船



車



地球

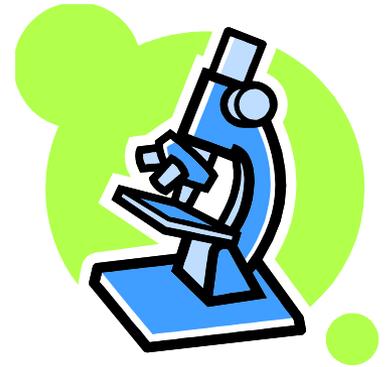
ワン！



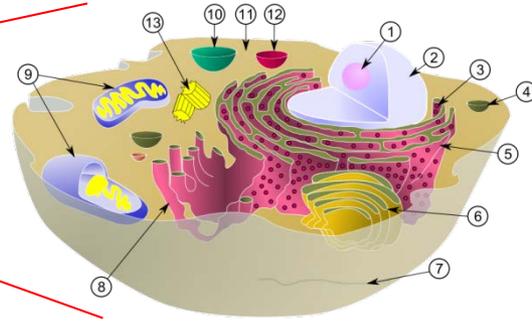


~ 50 cm

拡大してみると?



細胞



~ 50 cm



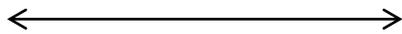
~ $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$



50万倍

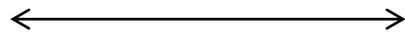
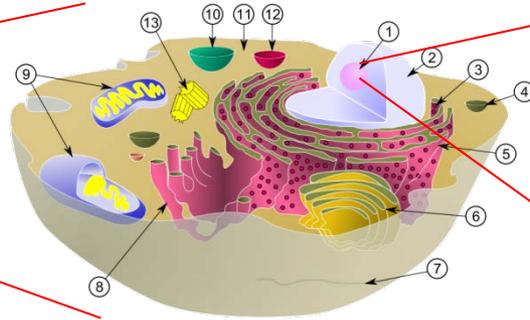
すべての生物(動植物)は細胞が基本単位。
人間の体も約60兆個の細胞でできている。

➤ 生物以外のものも含めると基本単位は何?



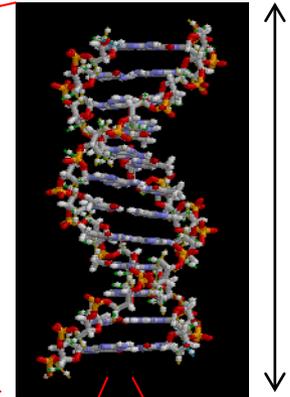
~ 50 cm

細胞



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

DNA



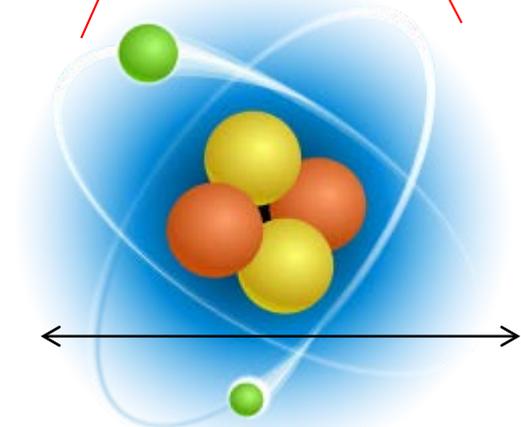
~ 10^{-8} m

100倍



50万倍

原子



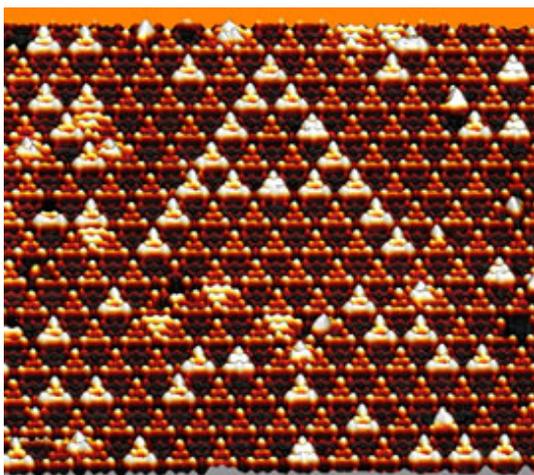
~ 10^{-10} m

100倍

すべてのものは原子から組み立てられる

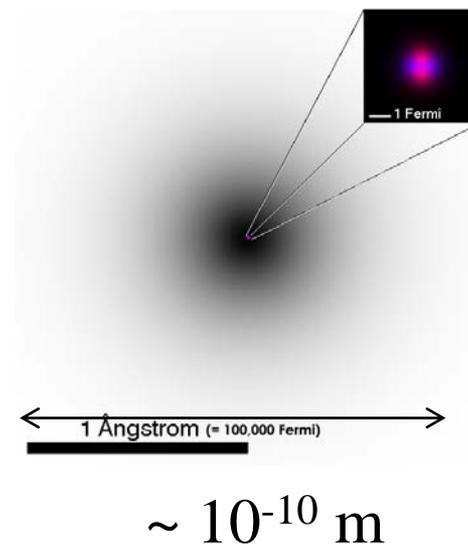


- タレス、デモクリトス(古代ギリシャ)
- ドルトン(19世紀初頭の化学者)
- ボルツマン(19世紀後期)
- アインシュタイン(1905年)



SPMAGI07

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)



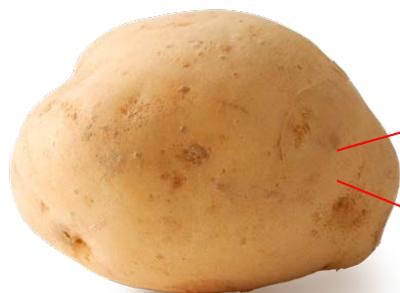
すべてのものは原子から組み立てられる

たった一つの文章しか次世代の人間に継承されないとしたら、どんな文章を残せば最小限の言葉で最大限の情報を伝えられるだろうか。その文章とは、「万物は原子から構成されている」である。

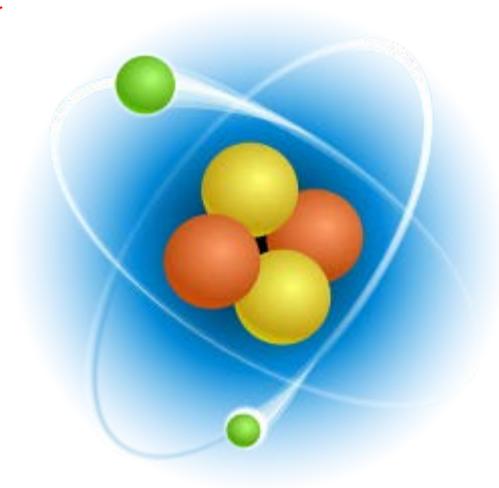
(リチャード・ファインマン)



リチャード・ファインマン
(1918-1988)
1965年ノーベル物理学賞
受賞
(写真: The Nobel Foundation)



10億倍



げんし
原子

原子にもいろいろな種類 = 元素

- 水素(すいそ)
- 酸素(さんそ)
- 炭素(たんそ)
- カルシウム
- マグネシウム
- 硫黄(いおう)

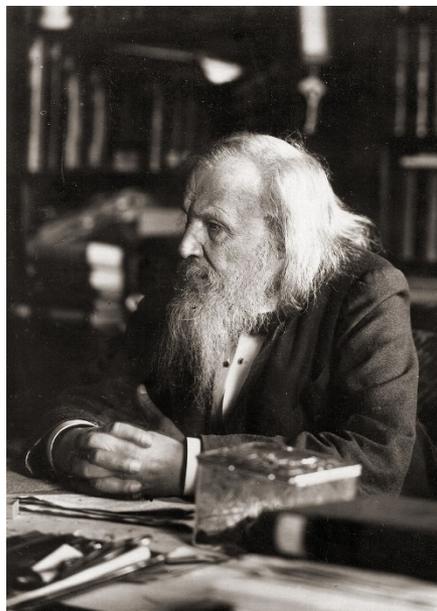
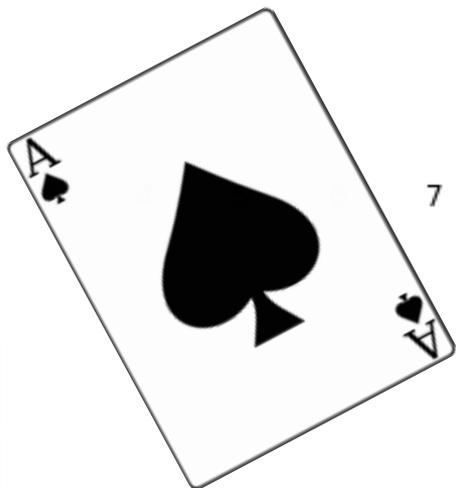
など。

この世の中には約90種類の元素がある

軽い順に並べると

- | | | | | |
|------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| 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. ユウロビウム | 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 → ↓ Period	1	2											7							
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
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

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

元素はどのように出来たのか?

→ 宇宙でうまれた



ビッグバン
(138億年前)



Li

「僕たちの体の中の水素は
138億歳。

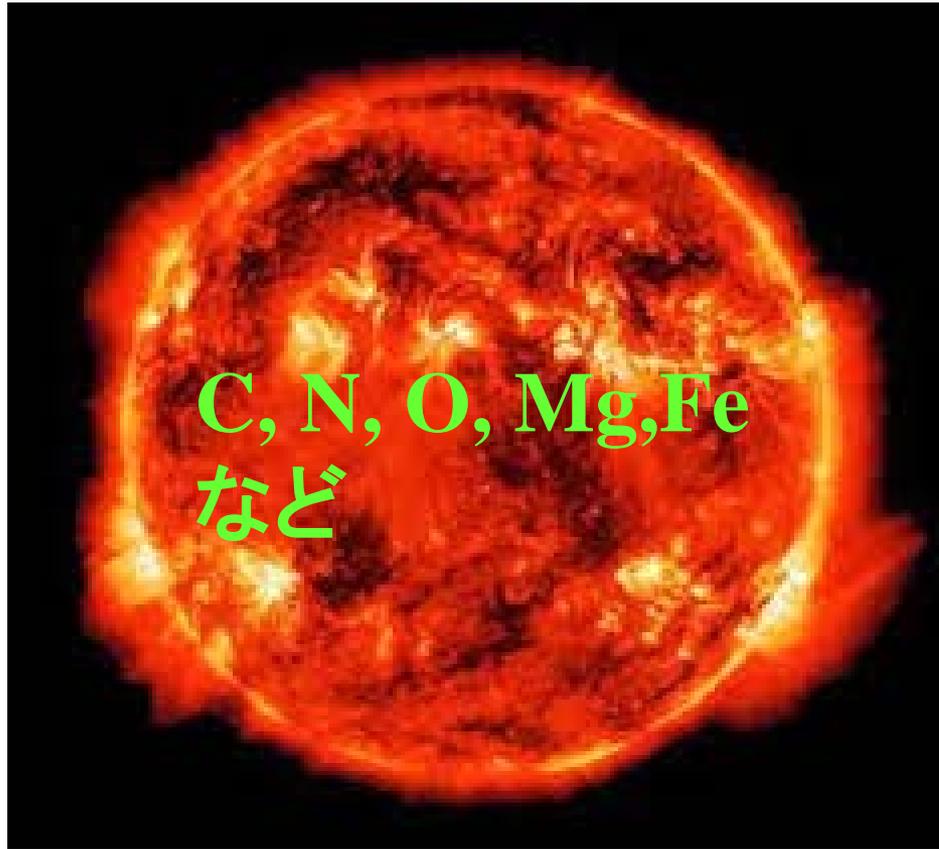
つまり、ビッグバンの時に
できた水素が巡り巡って
僕たちの体の中にある。」



「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

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 →	1	2										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		

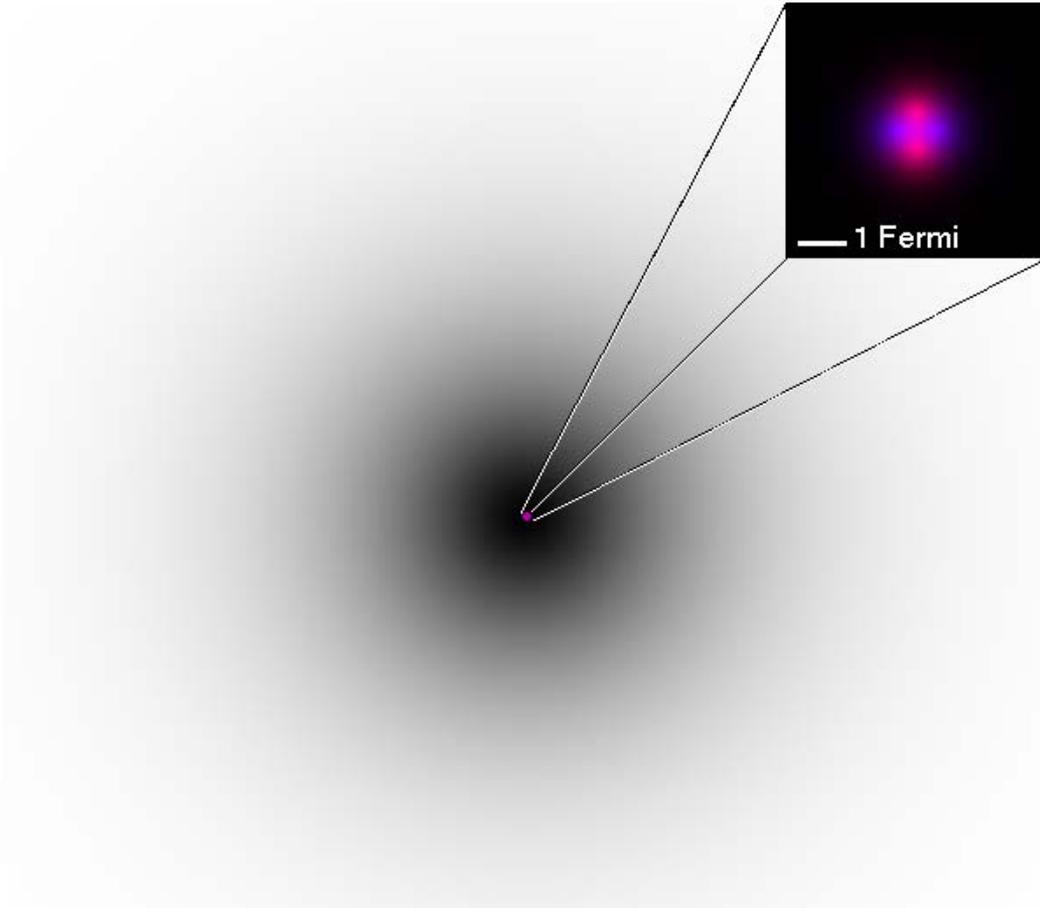
Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

最も重い元素は何？

自然界: プルトニウム (Z=94) → 極微量存在

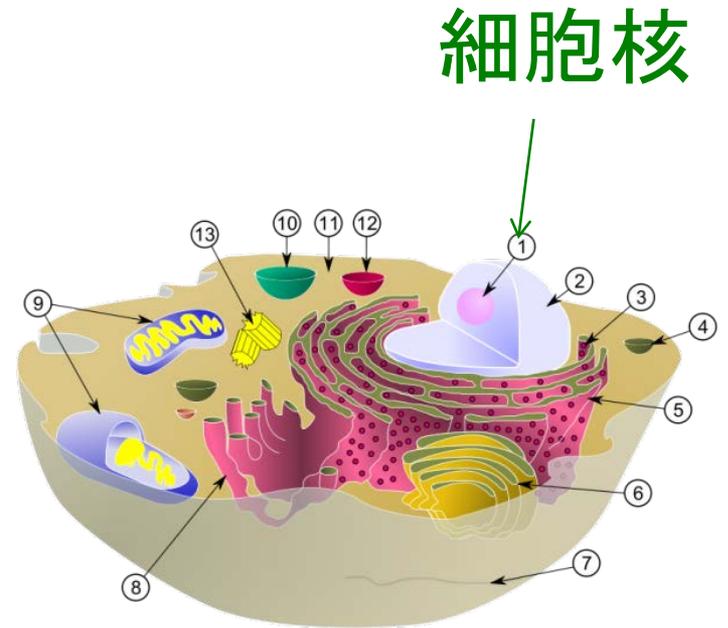
ウラン (Z=92) 何がこの番号を決めている？

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

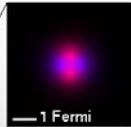
何が最も重い元素の番号を決めているのか？

重い原子核 → 電気的反発力が大

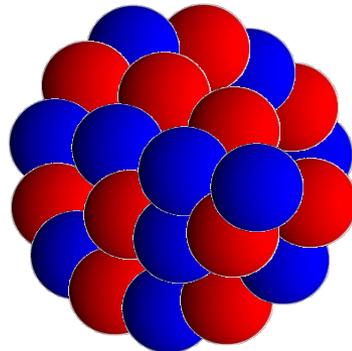


α 粒子を出して安定になる
(アルファ崩壊)

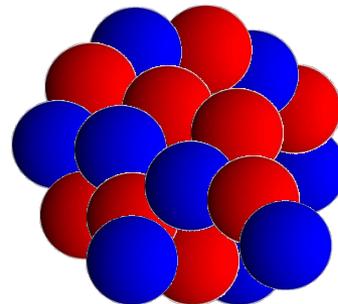
原子核



1 Ångstrom (= 100,000 Fermi)

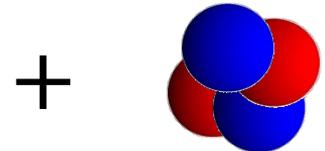


(Z, N)



$(Z-2, N-2)$

${}^4\text{He}$ 原子核
= α 粒子



$(Z=2, N=2)$

重い原子核の寿命

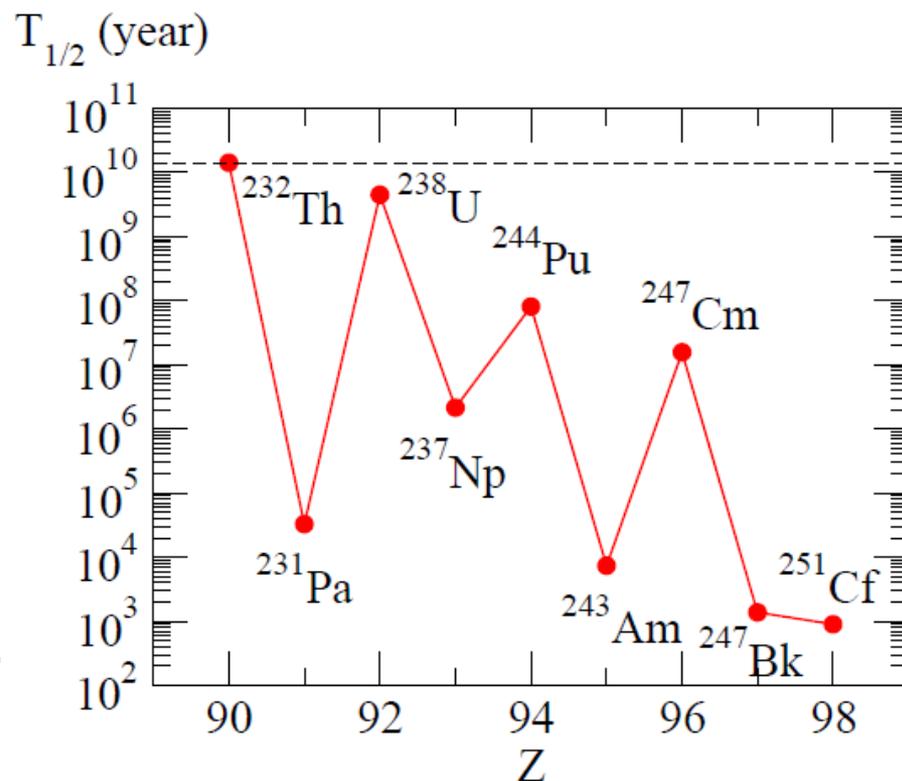
^{232}Th 140.5 億年

^{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

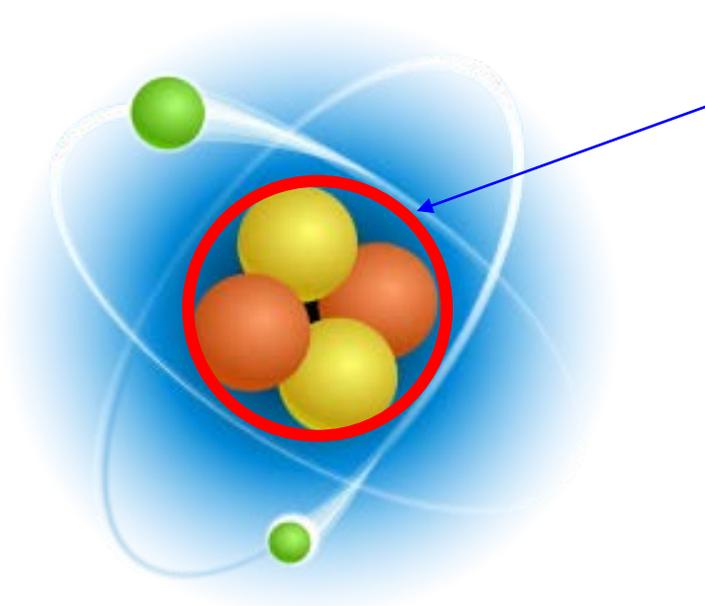


超重元素(超重原子核)

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？

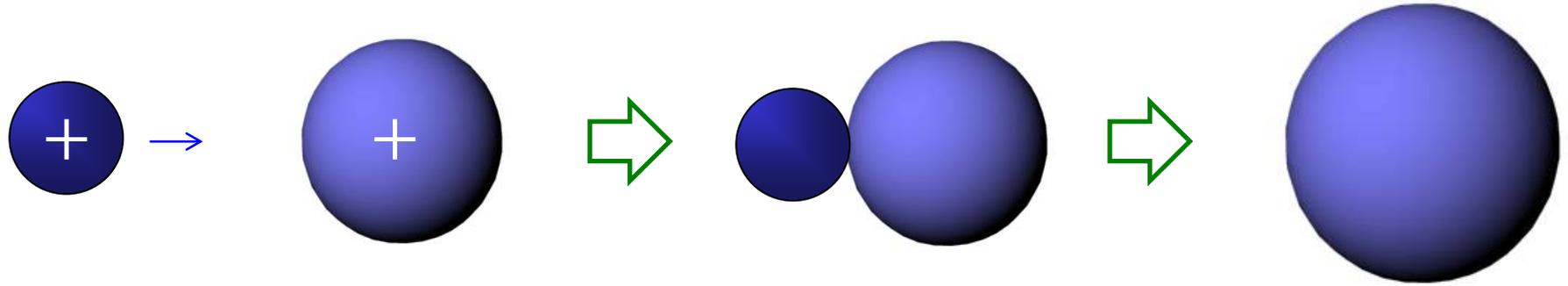
→ あります。でも人工的に作らなければなりません。



原子核(げんしかく)

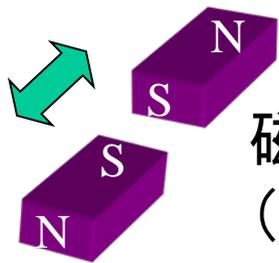
原子核と原子核をくっつけて
大きな原子核を作る

原子核と原子核をくっつける

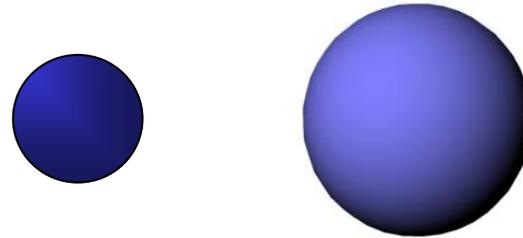


加速器(かそくき)を
使って勢いよくぶつける

大きな
原子核

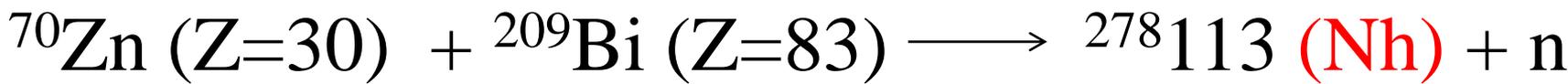


磁石
(SとS、NとN
は反発)

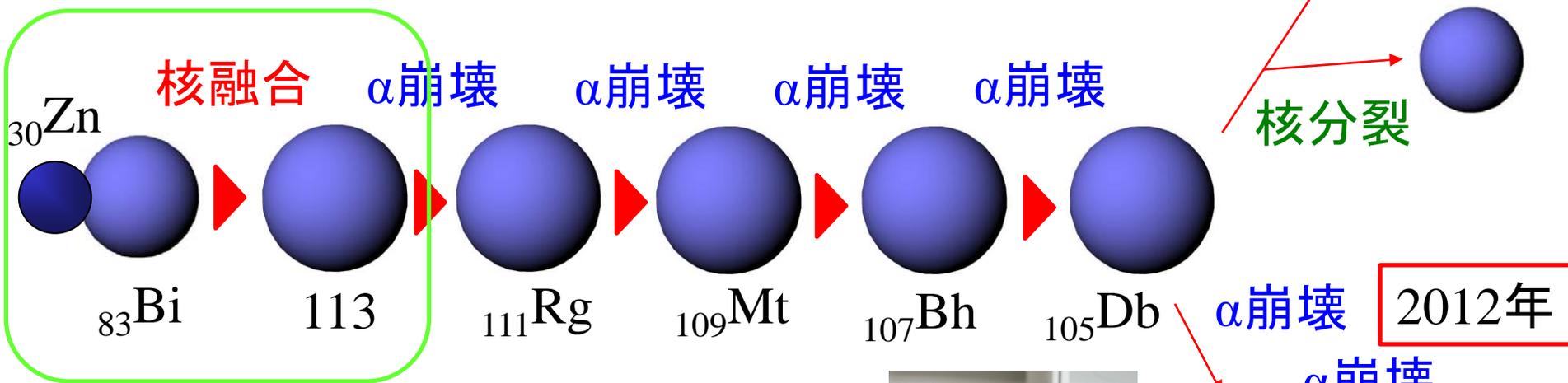


でも、ほとんどはくっつけても
すぐ離れてしまう
(大きな原子核ができない)

新元素113番 ニホニウム(Nh)

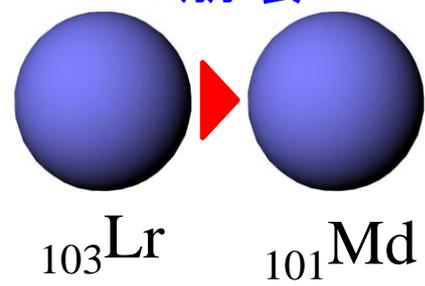


光速の約10パーセント
まで加速



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)

東北大学理学部

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



地下鉄東西線
青葉山駅

超重元素の化学

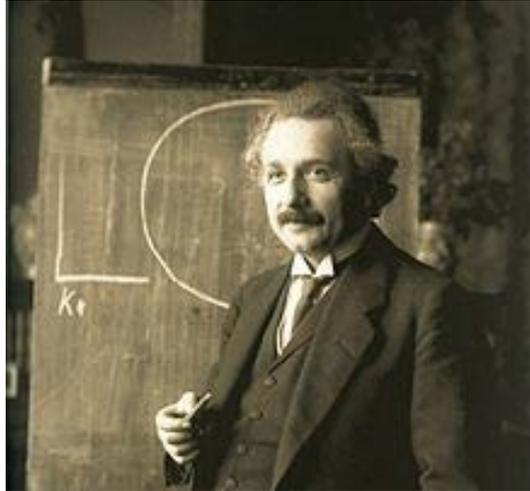
Group → ↓ Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
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
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			

➤ Nh を周期表のここに置くの？

➤ つまり、Nh はアルミニウムなどと同じ性質？

相対論的効果：原子番号の大きい元素で重要

$$E = mc^2$$

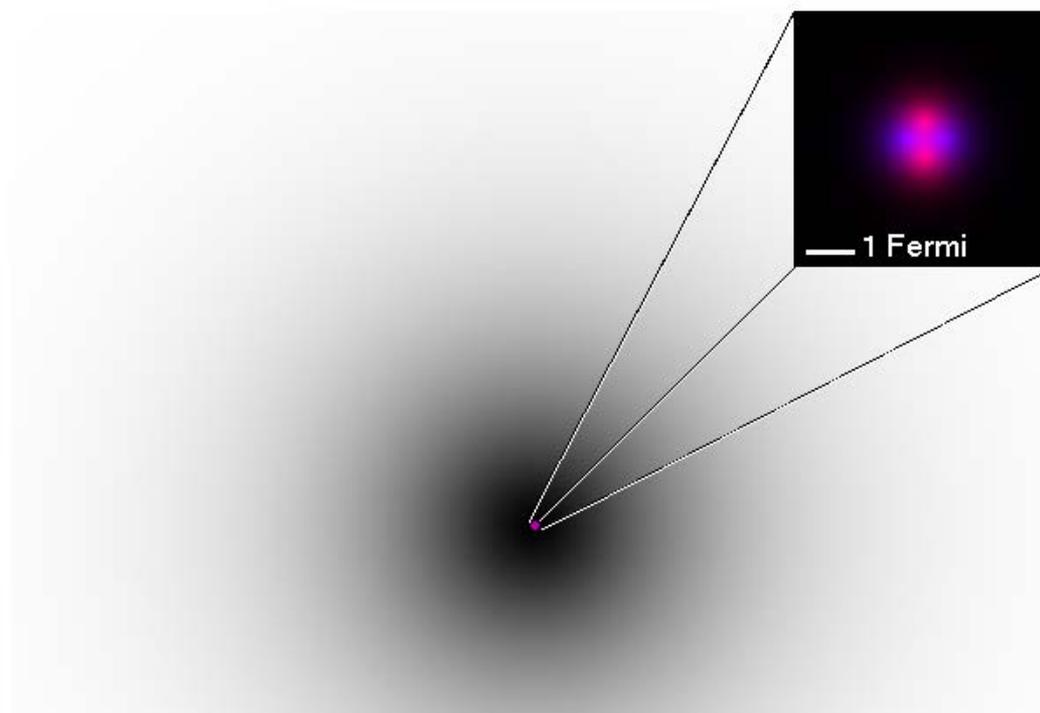


超重元素の化学

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
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			

相対論的効果を考慮すると Nh の場所が
どこになるのか? → 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(ニホニウム)

クイズ

共通のを探してください



イヌ



おにぎり



森田さん



風船



車



地球

答え:すべて原子からできている

ご清聴ありがとうございました。