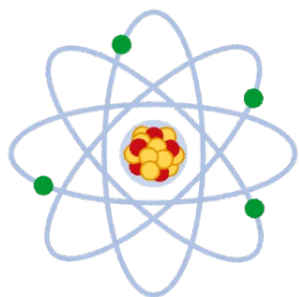


# 量子力学の世界



萩野浩一

京都大学大学院理学研究科 教授



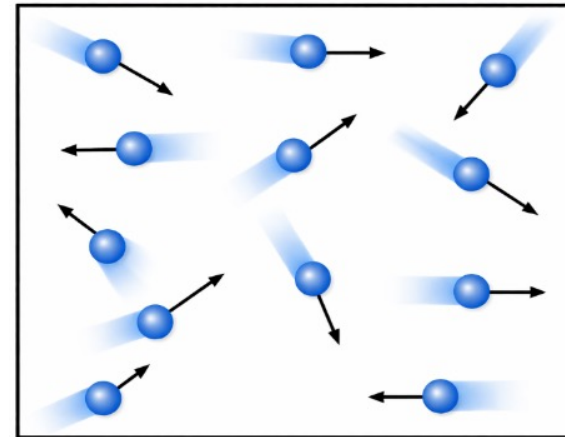
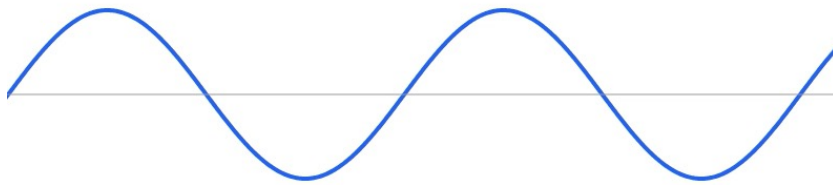
5/30(土) 「量子力学の100年」

6/27(土) 「量子力学のこれから」

元素の話を中心に、原子や原子核で起こるいろいろな  
量子の不思議をお話したいと思います。

## 前回のおさらい: 量子力学の100年

量子力学: 光や電子は波でもあり粒子でもある  
→ 我々の世界観を大きく変えた



古典力学の世界では光は波、電子は粒のように振る舞う  
→ 極微の世界に行って初めて両者の二面性が見えた

りょうし りきがく  
量子力学

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(\boldsymbol{r}, t) = \hat{H} \psi(\boldsymbol{r}, t)$$

2025年は量子力学100周年

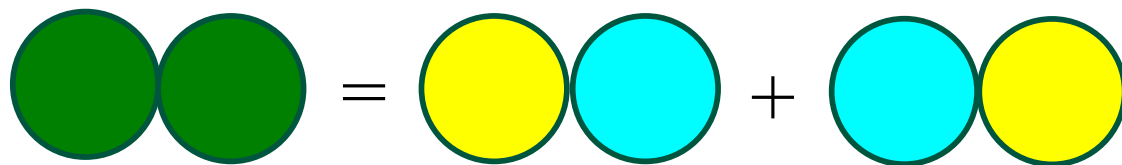
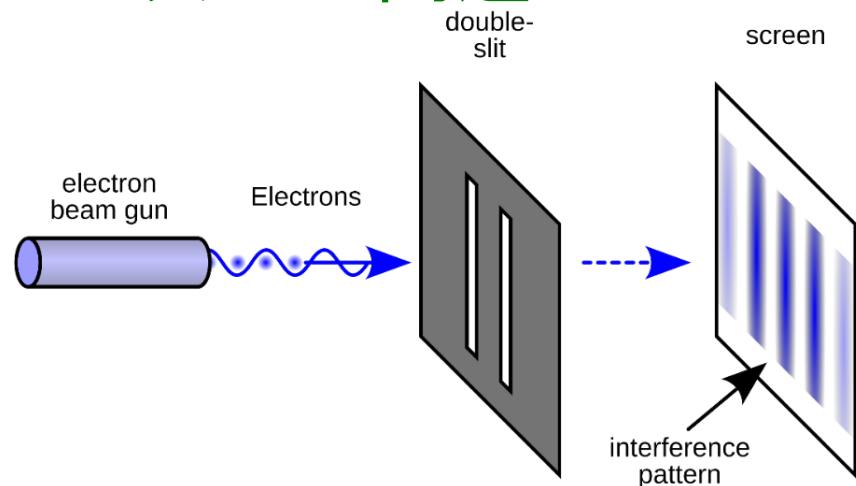
1925年: ハイゼンベルクの行列力学

1926年: シュレーディンガー方程式



# 量子力学の不思議

## 二重スリットの問題



## 量子もつれ

野村泰紀さんの動画  
「野村」「量子テレポーテーション」で検索

## 量子トンネル現象

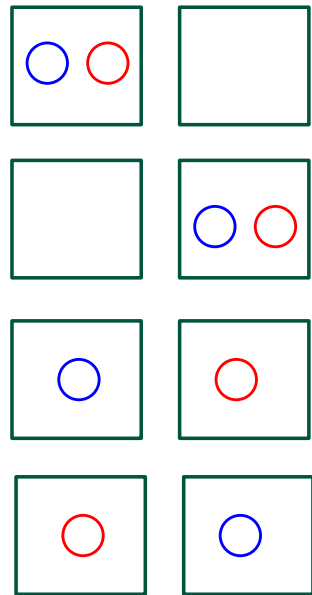
→今日お話しします



## 電子が通常の粒子と同じ点、違う点

- **同**: 個数を数えられる(「電子が〇〇個ある」)
- **異**: 一つ一つを区別できない

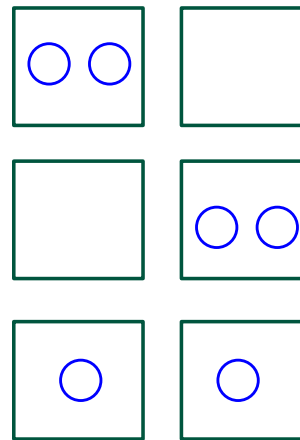
通常の粒子の場合



4通り

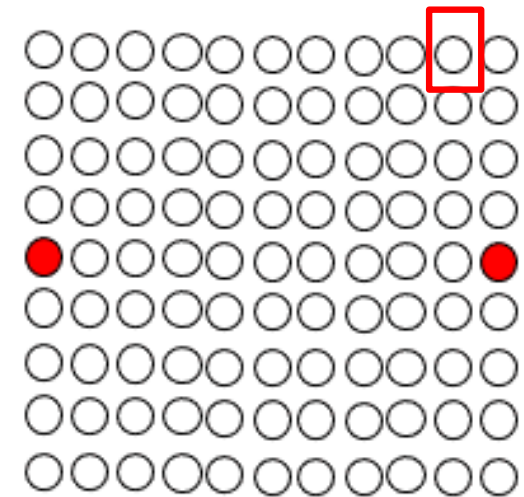
電子の場合

: 2つの電子は区別できない



3通り

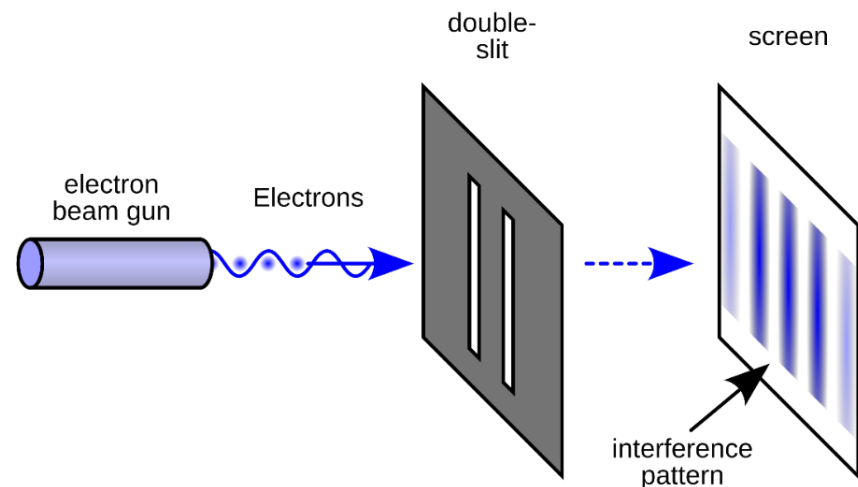
検出器



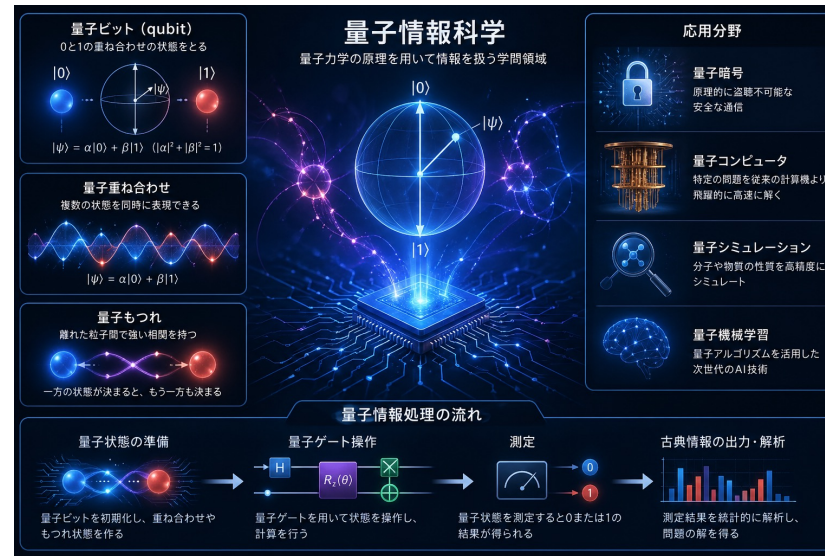
(検出器は2つの  
ドットの違いを  
区別できない)

## 電子が通常の粒子と同じ点、違う点

- 同: 個数を数えられる(「電子が〇〇個ある」)
- 異: 一つ一つを区別できない
- 同: 電子の位置を特定することができる
- 同: 電子の運動量(速度)を特定することができる
- 異: 電子の位置と運動量を同時に特定することはできない  
→ 電子の軌道を厳密に特定できない



# 量子力学の発展: 量子情報理論 → 現在、大発展中



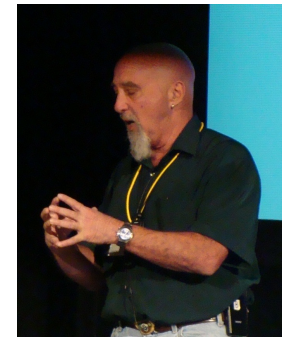
前回でた質問:

人間の意識と量子力学は関係あるのか?

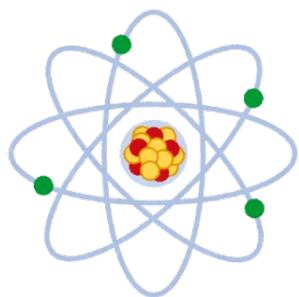
「量子脳理論」      ペンローズ(ノーベル物理学賞)  
とハメロフ(麻酔科医)が提唱

正しいかどうかまだ分かっていない(懐疑的な人も多い)

脳のような大きなものに量子力学を適用していいのか?



# 量子力学の世界



萩野浩一

京都大学大学院理学研究科 教授



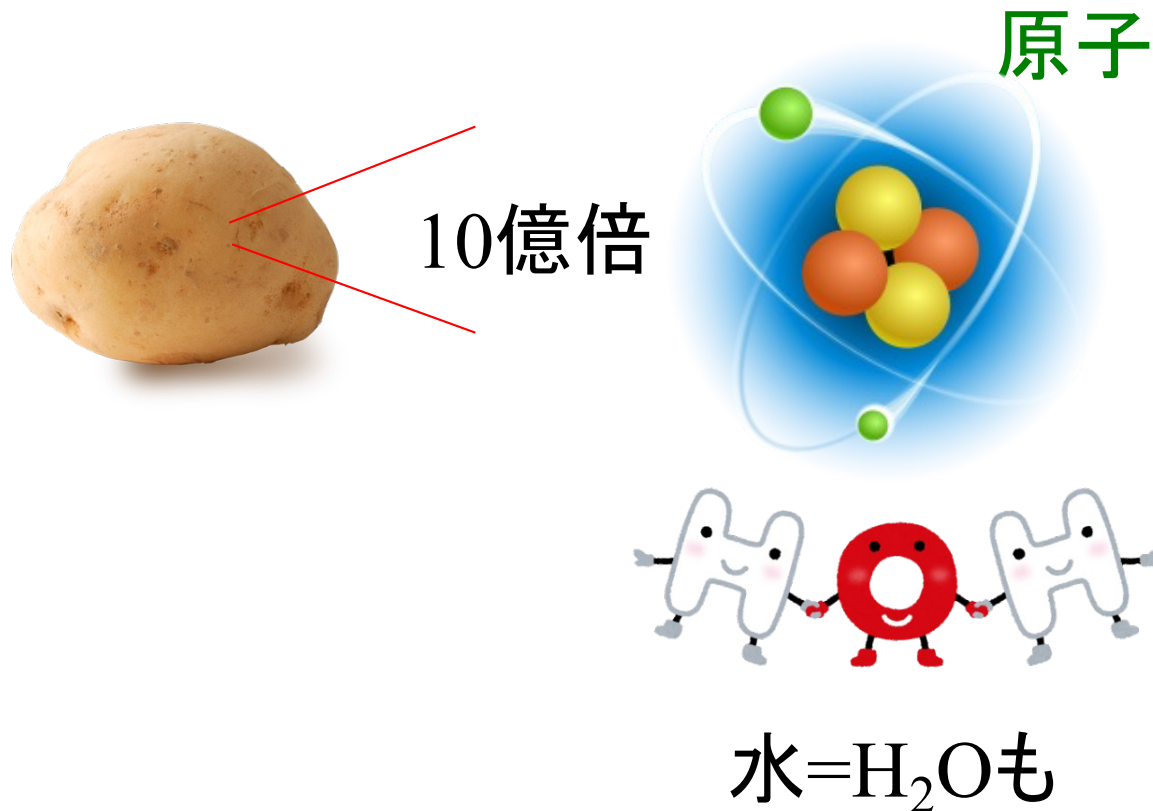
5/30(土) 「量子力学の100年」

6/27(土) 「量子力学のこれから」

元素の話を中心に、原子や原子核で起こるいろいろな量子の不思議をお話したいと思います。

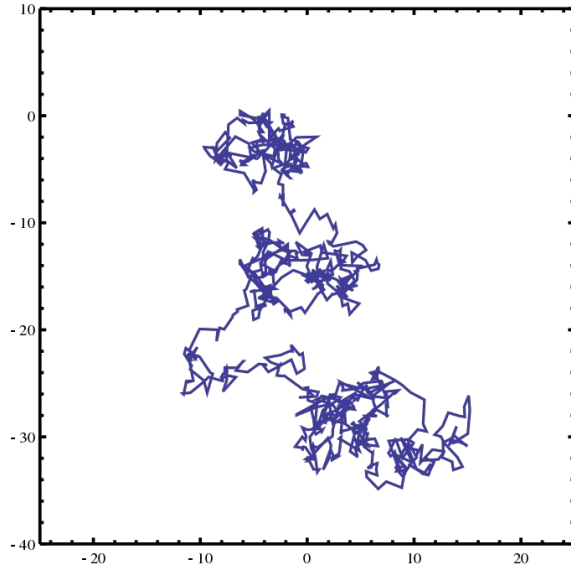
# 原子って何？

すべての「もの」は原子からできている



すべてのものは原子から組み立てられる

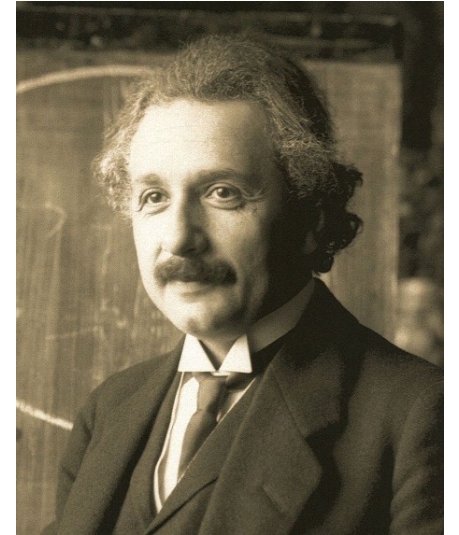
この考えが確立したのは: アインシュタイン(1905年)



## ブラウン運動

花粉から出た微粒子の運動。  
1827年ブラウンが発見。

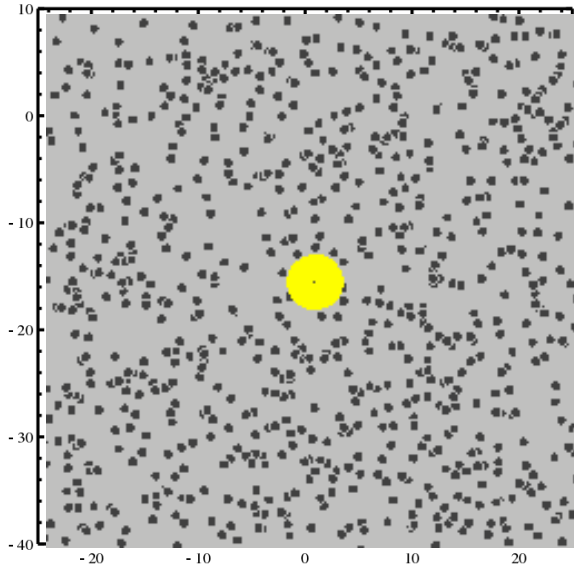
Wikipedia





すべてのものは原子から組み立てられる

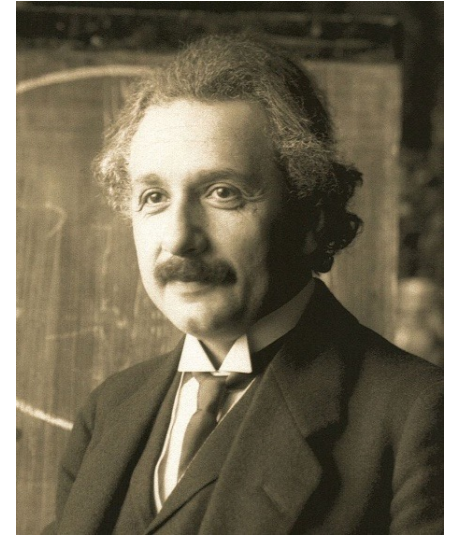
この考えが確立したのは: アインシュタイン(1905年)



## ブラウン運動

花粉から出た微粒子の運動。  
1827年ブラウンが発見。

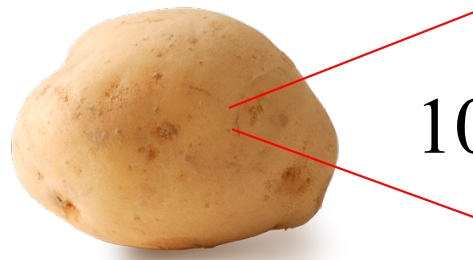
Wikipedia



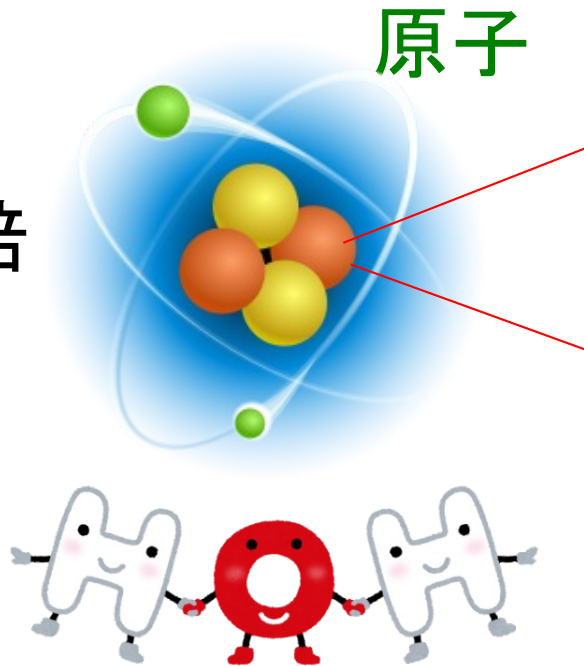
# 原子核って何？

すべての「もの」は原子からできている

原子核は原子の「核」



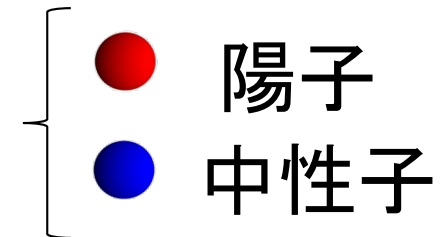
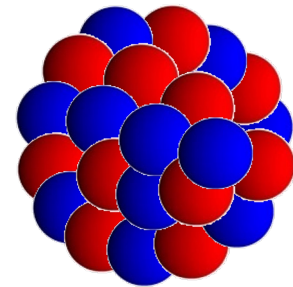
10億倍



原子

10万倍

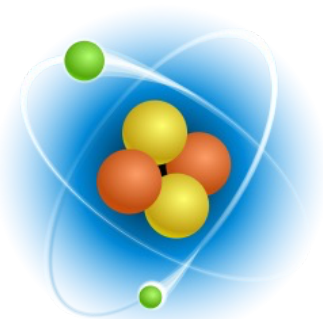
原子核



水=H<sub>2</sub>Oも

の2種類の粒子  
から出来ています

# 原子核って何？



原子核の大きさはどのくらい？

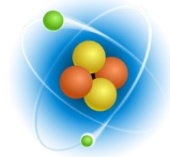


間はスカスカ

原子核は原子の約10万分の1の大きさ



# 原子核って何？



湯川秀樹

(西宮市にゆかりの人物)

どうして陽子や中性子を  
こんな小さいところに  
閉じ込めておけるのか？

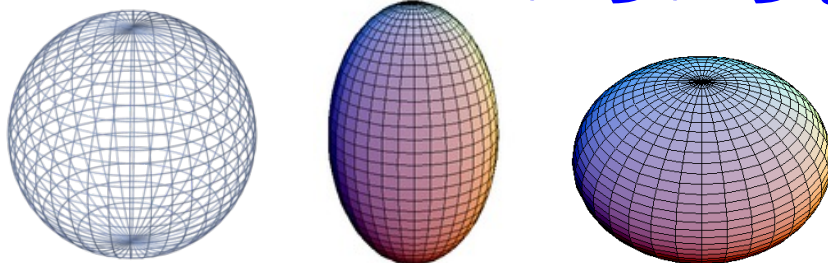


中間子

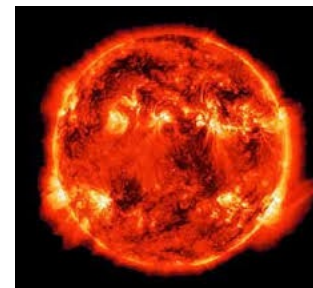


小さくても面白い原子核

いろいろな形



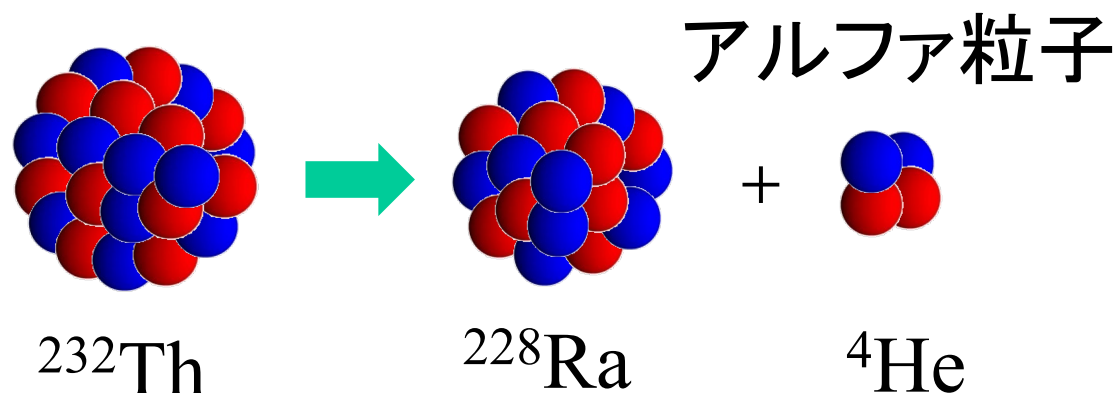
核融合反応



星が光ってる  
わけ

## 原子核と量子力学

### アルファ崩壊



重い原子核は時間がたつと自然に2つに分かれる

(例えば)  $^{232}\text{Th}$  (トリウム232: 陽子90個 + 中性子142個)

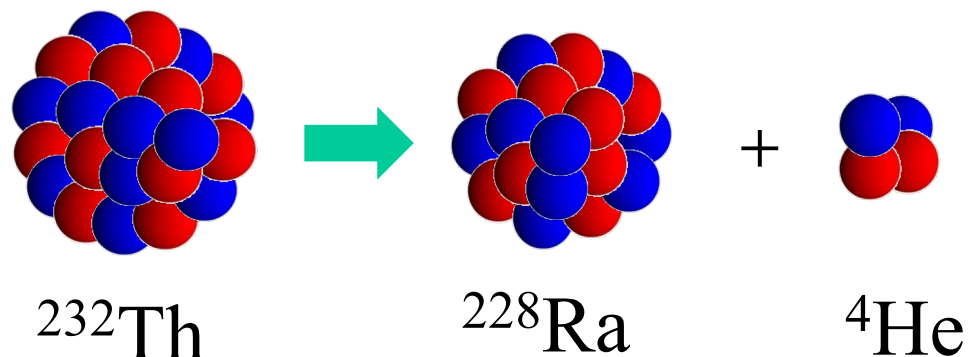
約140億年経つと  $^{228}\text{Ra}$  (ラドン228) と  $^4\text{He}$  (ヘリウム4) に分かれる

【ところが】  $^{230}\text{Th}$  (トリウム230: 陽子90個 + 中性子140個) だと

約7万6千年で分かれる

## 原子核と量子力学

アルファ崩壊



重い原子核は時間がたつと自然に2つに分かれる

原子核の寿命

$^{232}\text{Th}$ : 約140億年

$^{230}\text{Th}$ : 約7万6千年



中性子の数がたった2つだけ変わっただけで、  
なんで寿命がこんなに違うのだろう？

大きな謎

## 原子核と量子力学

ジョージ・ガモフ (1904-1968)



<https://astro-dic.jp/gamow-george/>

1928年、**量子力学**を使って  
この謎を解明



当時、量子力学はできたてホヤホヤ

1925年：ハイゼンベルクの行列力学

1926年：シュレーディンガー方程式

1927年：不確定性原理

当時、量子力学が実際の現象に  
使えるかどうか人々は半信半疑

**ガモフの発見が量子力学の成功の有力な証拠の1つに！**

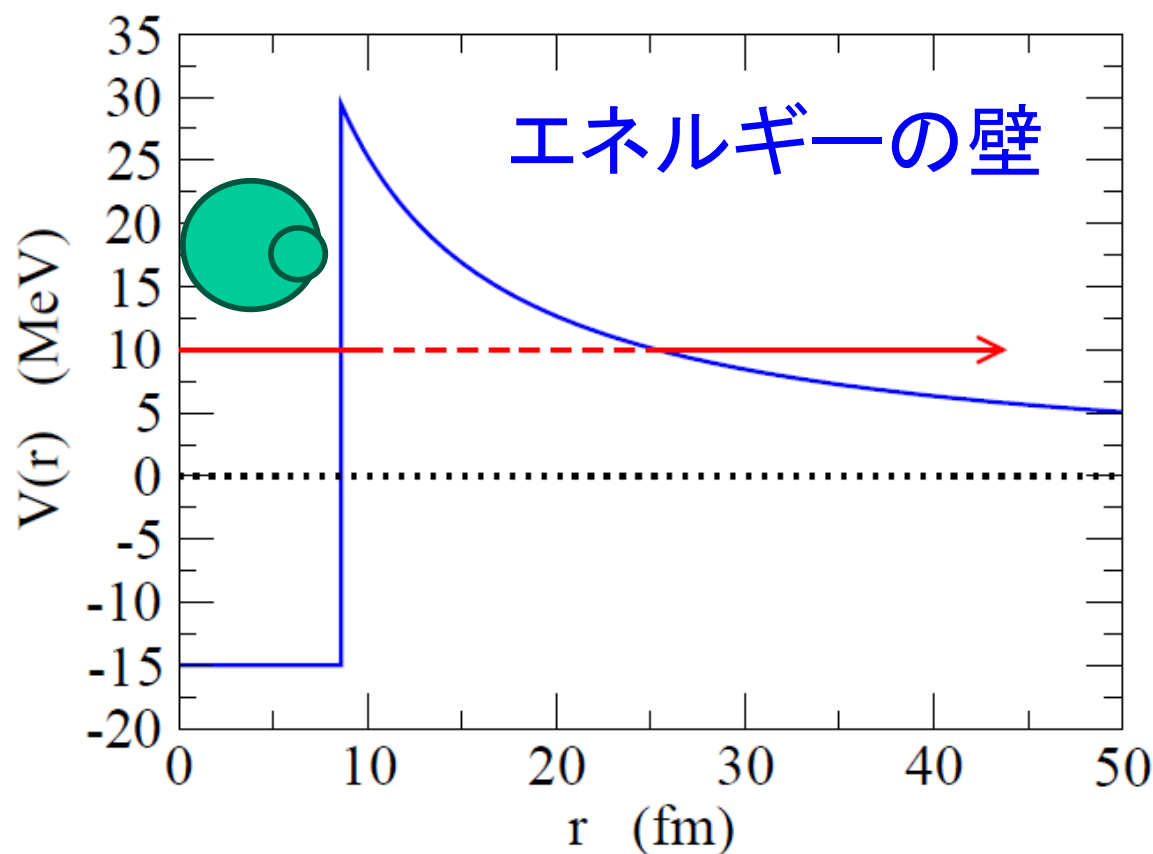
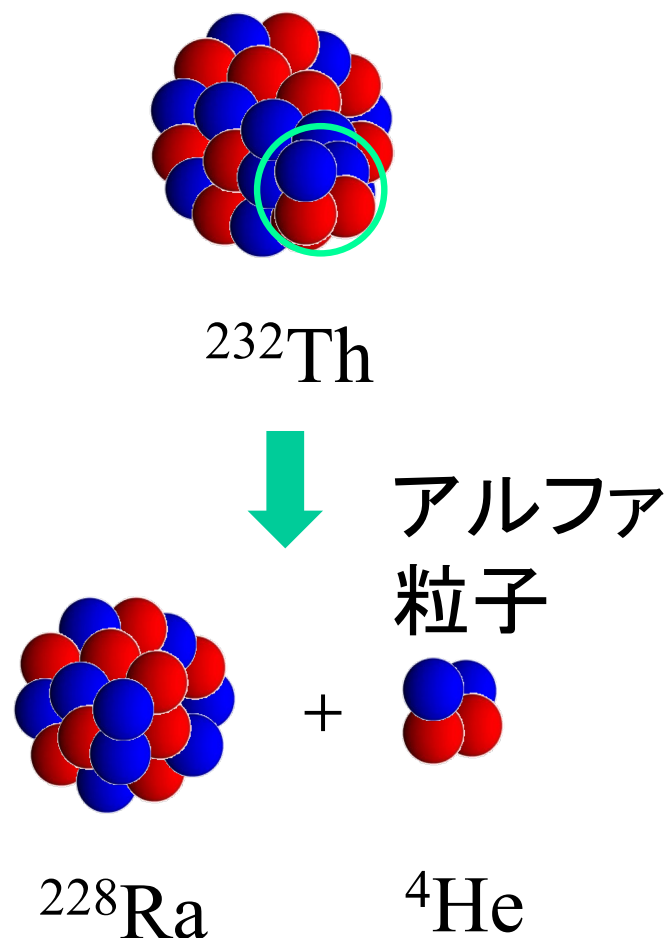
**量子力学の発展に原子核が大きな役割を果たした**



# 原子核と量子力学

## ガモフの考え方

### アルファ崩壊

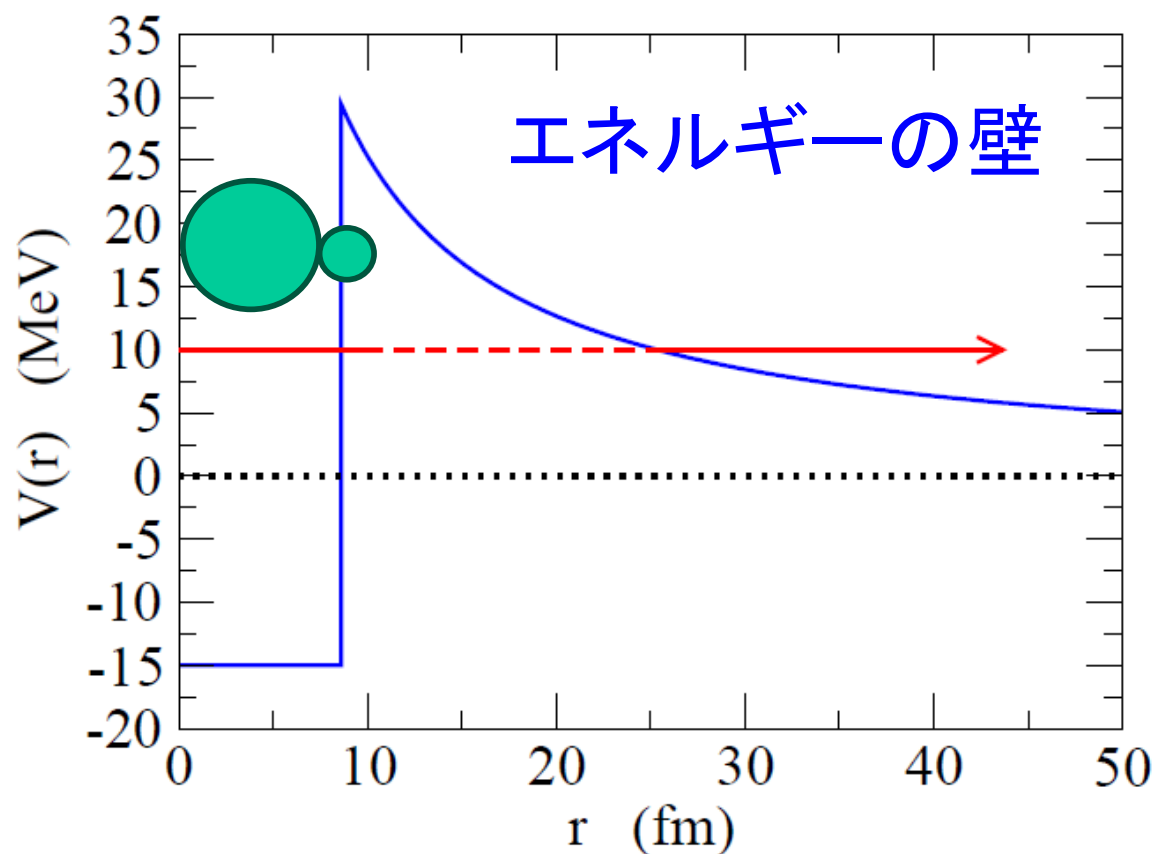
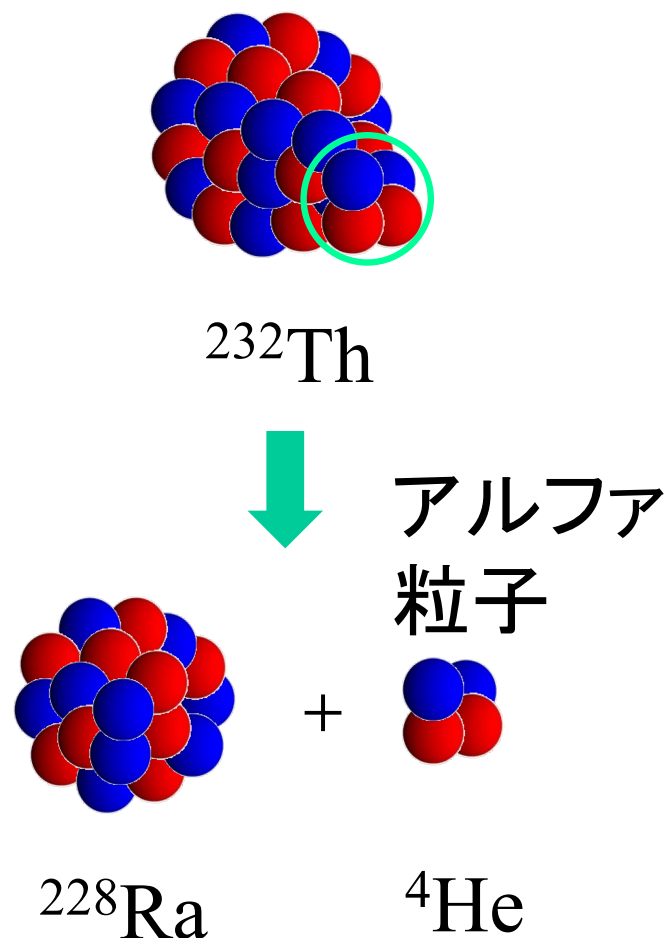


最初、アルファ粒子は原子核の  
エネルギーの壁に閉じ込められている  
→量子力学では、極まれに壁を通り抜け  
られる

# 原子核と量子力学

## ガモフの考え方

### アルファ崩壊

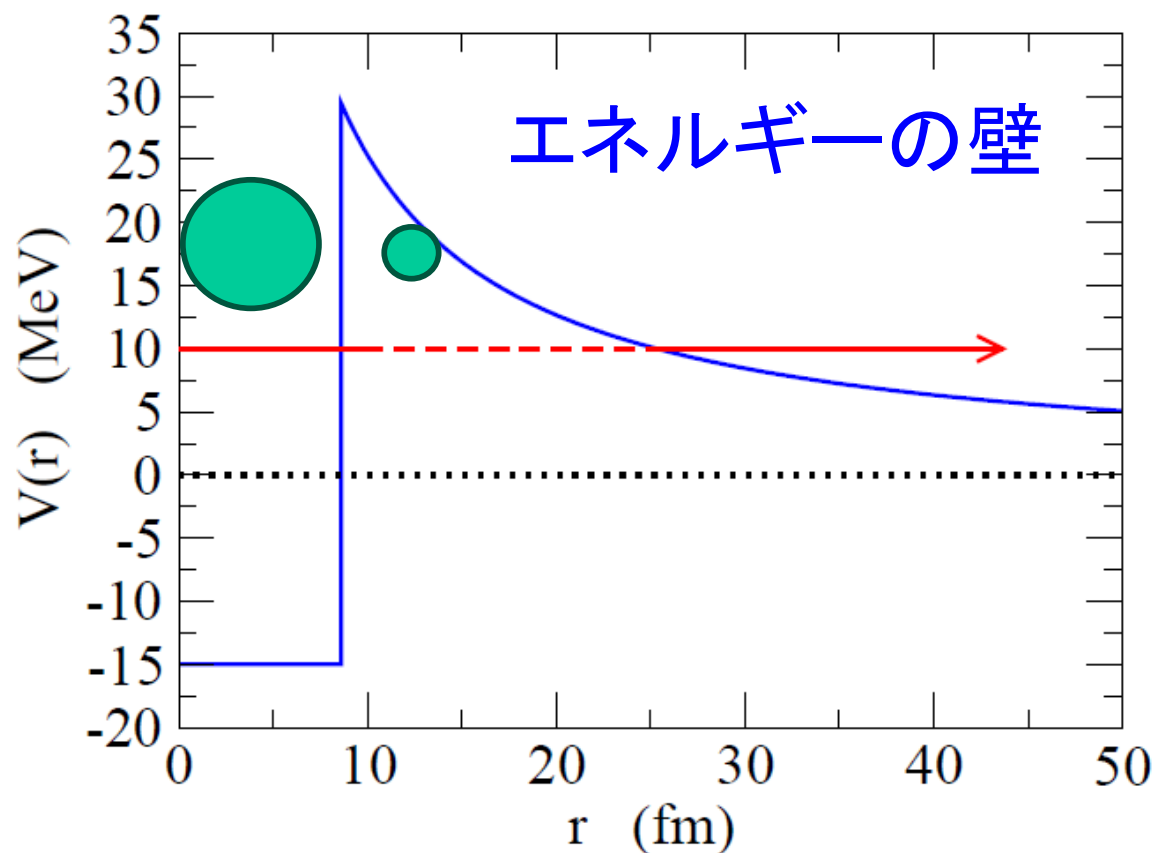
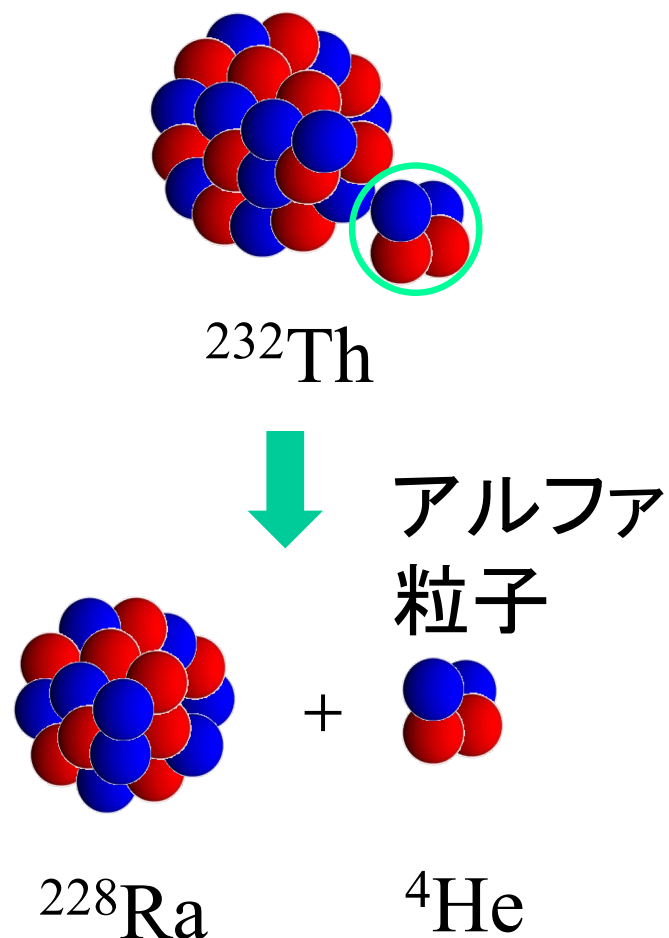


最初、アルファ粒子は原子核の  
エネルギーの壁に閉じ込められている  
→量子力学では、極まれに壁を通り抜け  
られる

# 原子核と量子力学

## ガモフの考え方

### アルファ崩壊

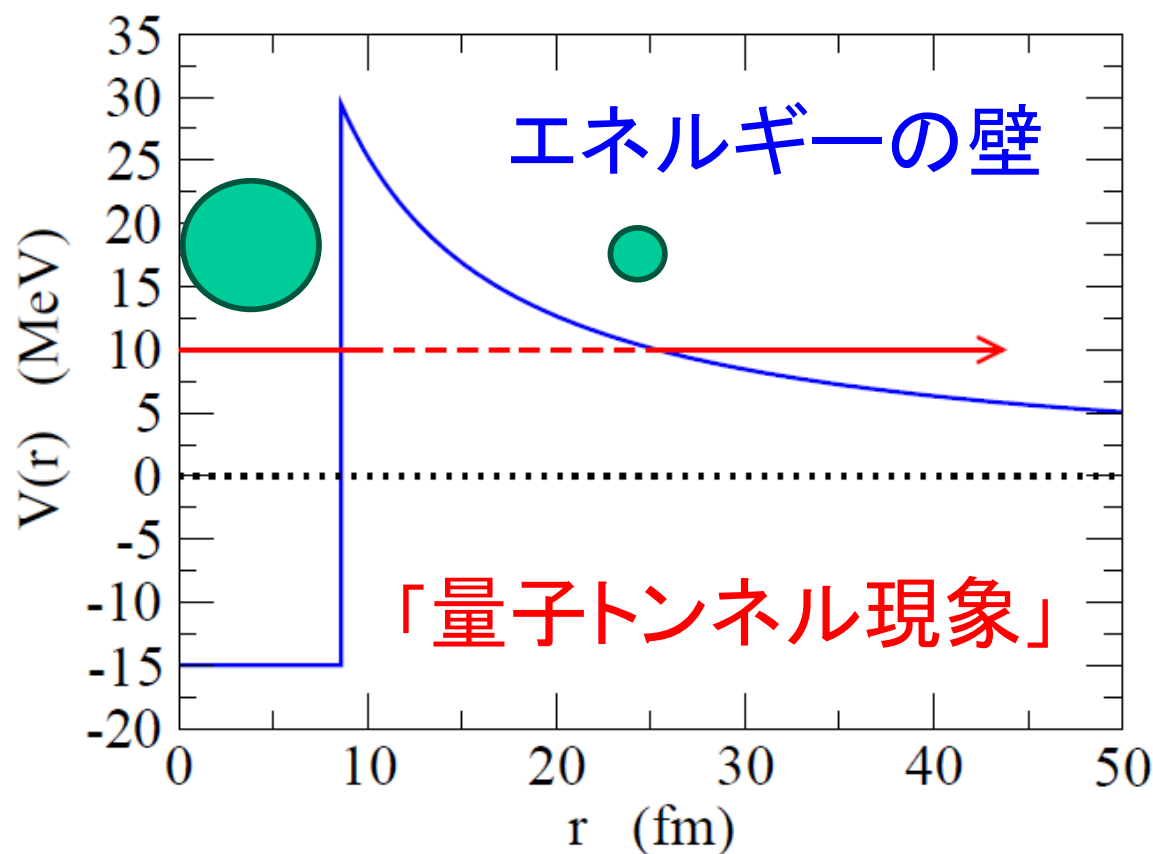
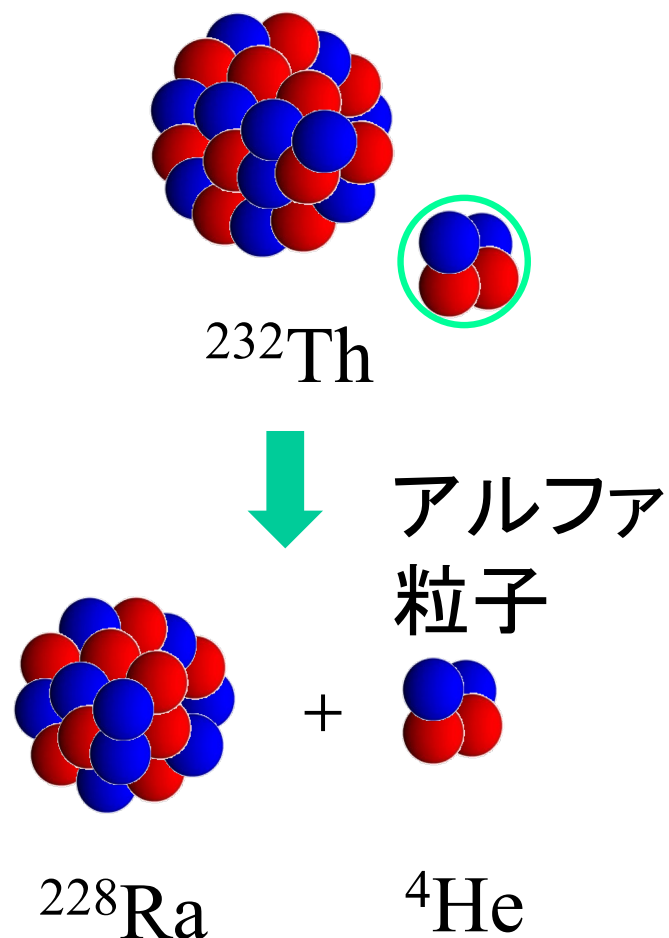


最初、アルファ粒子は原子核の  
エネルギーの壁に閉じ込められている  
→量子力学では、極まれに壁を通り抜け  
られる

# 原子核と量子力学

## ガモフの考え方

### アルファ崩壊



最初、アルファ粒子は原子核の  
エネルギーの壁に閉じ込められている  
→量子力学では、極まれに壁を通り抜け  
られる

# 原子核と量子力学

## ガモフの考え方

### 量子トンネル現象

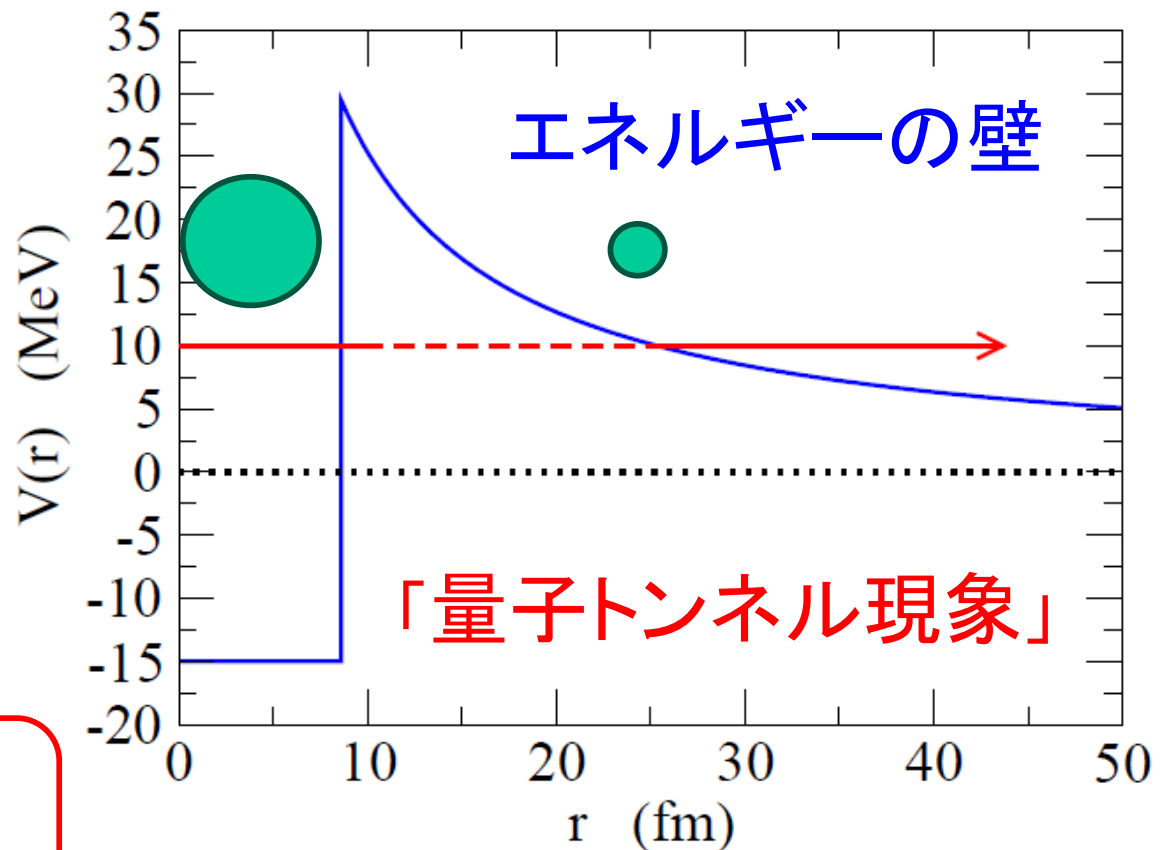
ごく稀にしか起こらない

→条件が少しでも  
変わると  
確率が大きく変化

### 原子核の寿命

$^{232}\text{Th}$ : 約140億年

$^{230}\text{Th}$ : 約7万6千年



中性子の数が変わると、ほんの少しだけアルファ粒子の  
勢い(エネルギー)が変わる → 寿命に大きな影響

# 量子トンネル現象と天体現象

量子トンネル現象は我々の身近なこととも関係している



Wikipedia



国立科学博物館

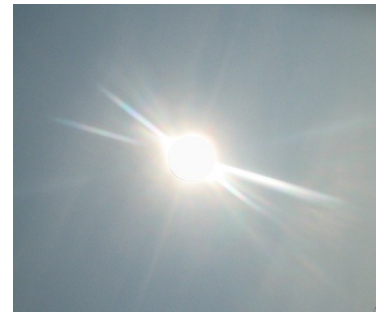
<https://www.kahaku.go.jp/exhibitions/vm/resource/tenmon/space/sun/sun01.html>

太陽が輝いているわけ

: 太陽の中で陽子と陽子が核融合することで熱が発生



## 量子トンネル現象と天体現象



陽子は+の電気を持つので、陽子と陽子は反発

→ 勢いをつけてぶつかる必要がある(エネルギーの壁)



壁を乗り越えるには1億2千度以上の高温が必要

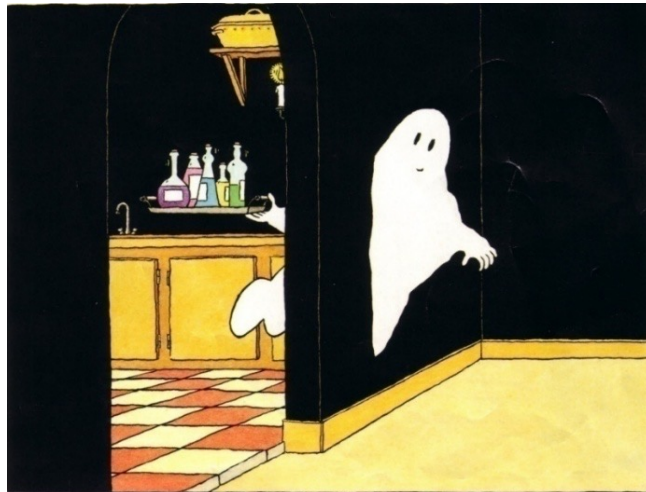
→ 実際には、太陽の中心温度は1500万度

太陽が燃えない!!



量子トンネル  
現象!

# 量子トンネル現象と天体現象



ジャック・デュケノワ著「おばけパーティー」(ぽるぷ社)より

量子トンネル現象で越えられないはずの壁を通り抜けて  
太陽が輝いている!

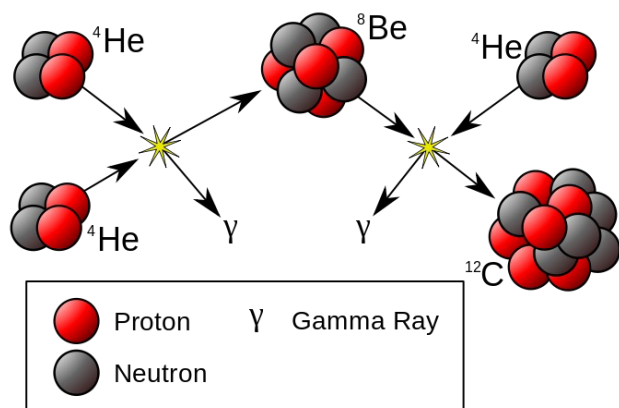
# 量子トンネル現象と天体現象



量子トンネル現象で太陽が輝いている!

量子トンネル現象は稀にしか起きない

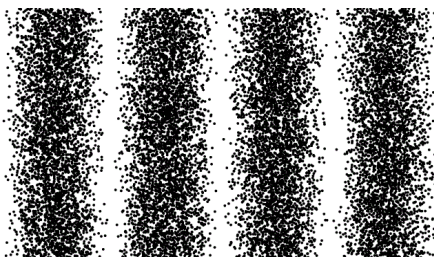
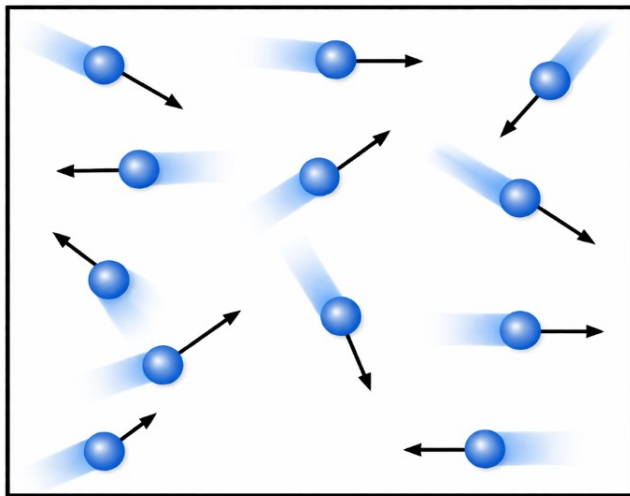
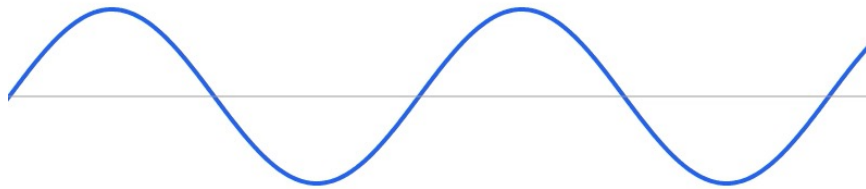
← 太陽があつという間に燃え尽きないわけ



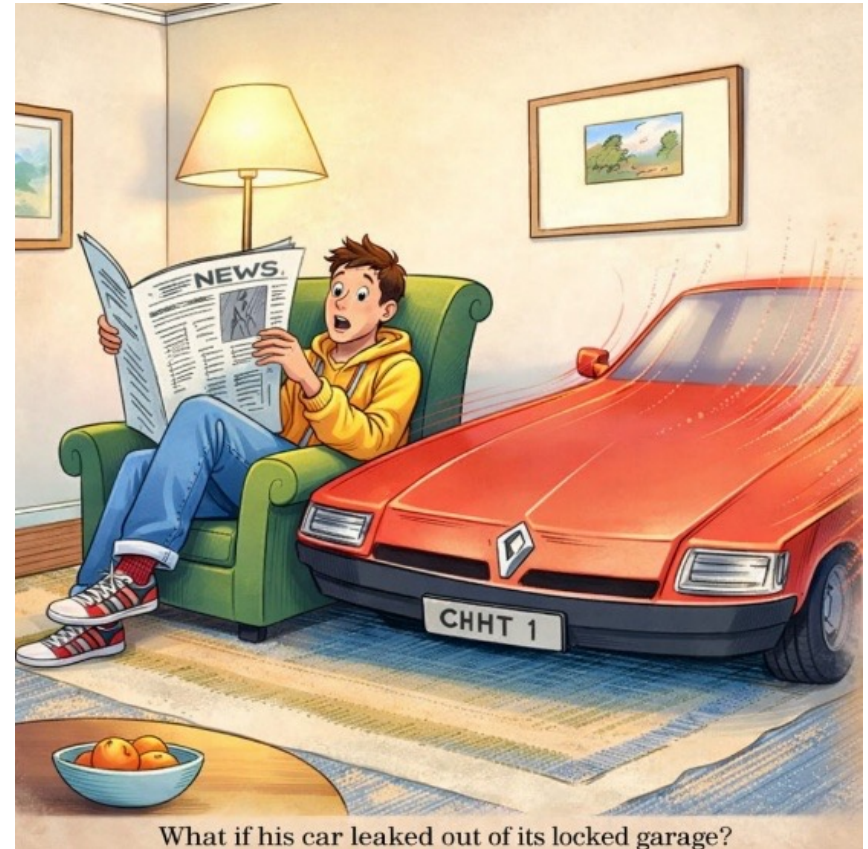
星の中で炭素や酸素ができるのも、  
量子トンネル現象による核融合反応  
のため



# 量子トンネル現象



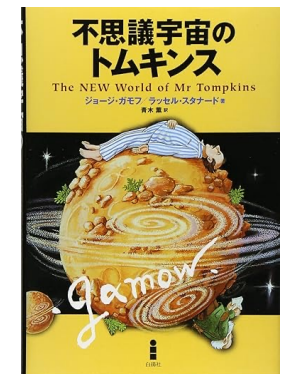
波でもあり粒子でもある



ジョージ・ガモフ  
「不思議の国のトムキンス」より



\* アルファ崩壊の  
理論と同じ人

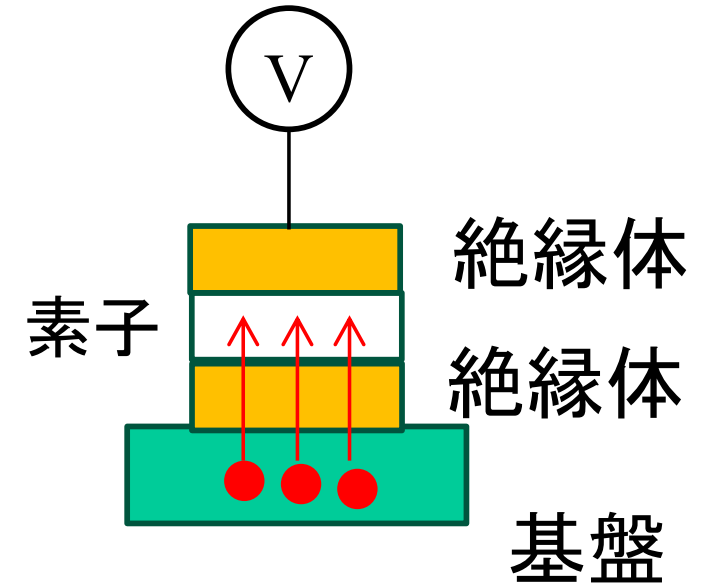


# 量子トンネル現象と半導体デバイス

もっと身近なところにも量子トンネル現象が使われている



フラッシュメモリ



電圧をかけると量子トンネル現象により電子が移動

スマートフォンで写真を撮ると：  
→ デジタル情報が

**量子トンネル現象**

でスマートフォンの中の「フラッシュメモリ」に保存される

元素について

ここからは

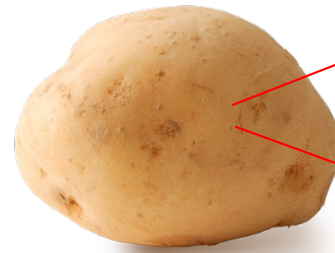
げんそ  
元素

の話をしたいと思います

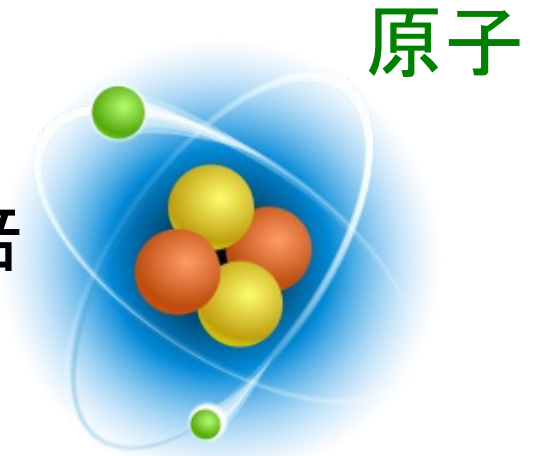


## 元素とは

すべての「もの」は  
原子からできている



10億倍



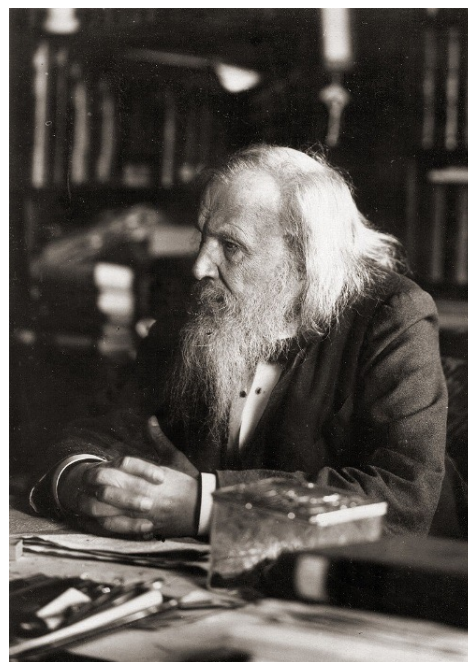
原子にもいろいろな種類 = 元素

- 水素 H
- 酸素 O
- 炭素 C
- カルシウム Ca
- マグネシウム Mg
- 硫黄 S

地球上にある原子は  
約90種類

など。

# 元素の周期表



メンデレーエフ  
(1834-1907)

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

# 元素の周期表

水兵リーベ僕の船  
七曲りシブスクラークか！

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

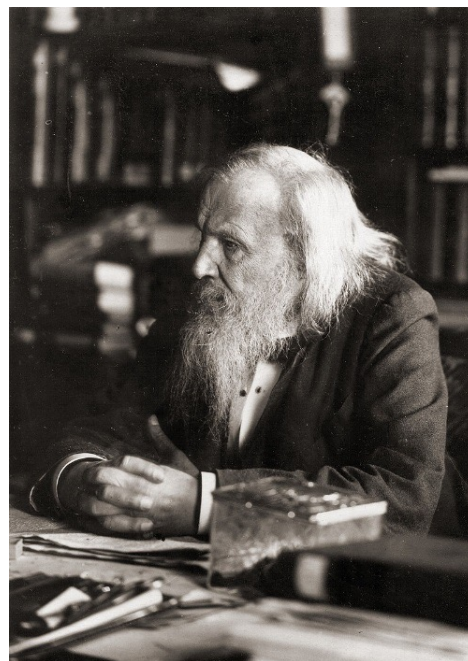
水兵リーベ僕の船

七曲りシブスクラークか！

- ✓ 世の中のすべてのものが約90種類の元素の組み合わせ
- ✓ 元素をうまく並べると縦に同じ性質を持つものが並ぶ

# 元素の周期表

# ニホニウム (113番元素)



メンデレーエフ  
(1834-1907)

(113番元素)



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







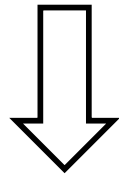
## ニホニウム命名記念式典（平成29年3月14日、日本学士院）

皇太子殿下（当時）：「高校2年生の時の化学の夏休みの宿題で元素の周期表を30枚以上手書きで書きました。」

(少し余談)

## メンデレーエフの子孫がもしかしたら日本に?

メンデレーエフの息子  
ウラジミール



- ✓ ロシア海軍の軍人
- ✓ 1891年ころ長崎に滞在



秀島タカとフジ  
ウラジミールの  
奥さんと娘(?)



# 西宮にゆかりのある元素

The image displays a standard periodic table of elements. Three elements are specifically highlighted with colored boxes:

- Hydrogen (1):** Located at the top left, highlighted with a yellow box.
- Iron (26):** Located in the middle, highlighted with a blue box.
- Phosphorus (15):** Located in the upper right, highlighted with a red box.

The periodic table includes elements from 1 to 118, with the Lanthanide and Actinide series shown at the bottom. The elements are color-coded by groups: alkali metals (red), alkaline earth metals (orange), transition metals (pink), metalloids (light green), nonmetals (yellow), and noble gases (light blue).



## 西宮：灘のお酒

宮水

リン(15番元素)が多く  
鉄(26番元素)が少ない

酒造に好適

|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---|----------|----------|----------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 2<br>He   |
|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 10<br>Ne  |
|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 18<br>Ar  |
|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 36<br>Kr  |
|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 54<br>Xe  |
|   |          |          |          |   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 86<br>Rn  |
| 6 | 55<br>Cs | 56<br>Ba | 57<br>La | * | 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg  | 81<br>Tl  | 82<br>Pb  | 83<br>Bi  | 84<br>Po  | 85<br>At  | 86<br>Rn  |
| 7 | 87<br>Fr | 88<br>Ra | 89<br>Ac | * | 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Cn | 113<br>Nh | 114<br>Fl | 115<br>Mc | 116<br>Lv | 117<br>Ts | 118<br>Og |
|   |          |          |          | * | 58<br>Ce  | 59<br>Pr  | 60<br>Nd  | 61<br>Pm  | 62<br>Sm  | 63<br>Eu  | 64<br>Gd  | 65<br>Tb  | 66<br>Dy  | 67<br>Ho  | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |           |
|   |          |          |          | * | 90<br>Th  | 91<br>Pa  | 92<br>U   | 93<br>Np  | 94<br>Pu  | 95<br>Am  | 96<br>Cm  | 97<br>Bk  | 98<br>Cf  | 99<br>Es  | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |           |

26  
Fe

15  
P

# 元素のルーツ: 元素のファミリーヒストリー

→ 元素はすべて宇宙で生まれた



ビッグバン  
(138億年前)



Li



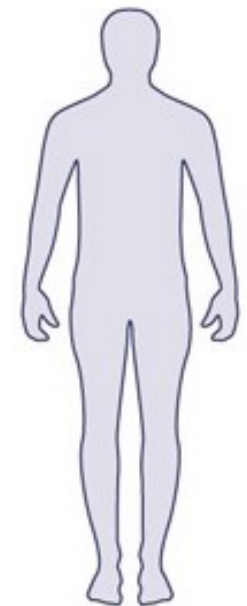


「知ろうとすること。」  
早野龍五、糸井重里 著  
新潮文庫

「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。」

酸素 43 kg  
炭素 16 kg  
水素 7 kg



体重70キログラム



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

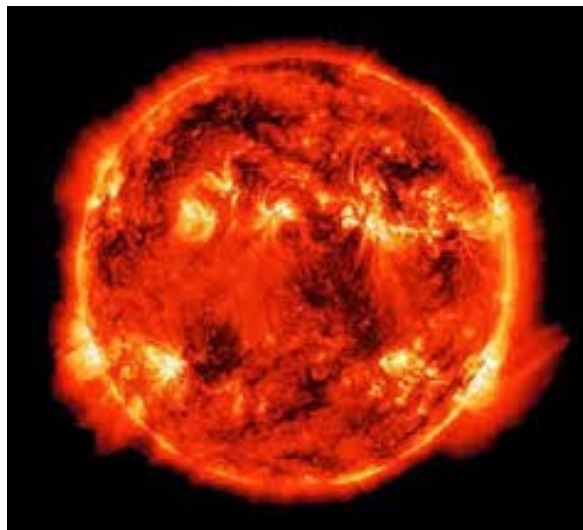


(大質量)星の内部での核融合反応  
————→ 恒星が光っているもと

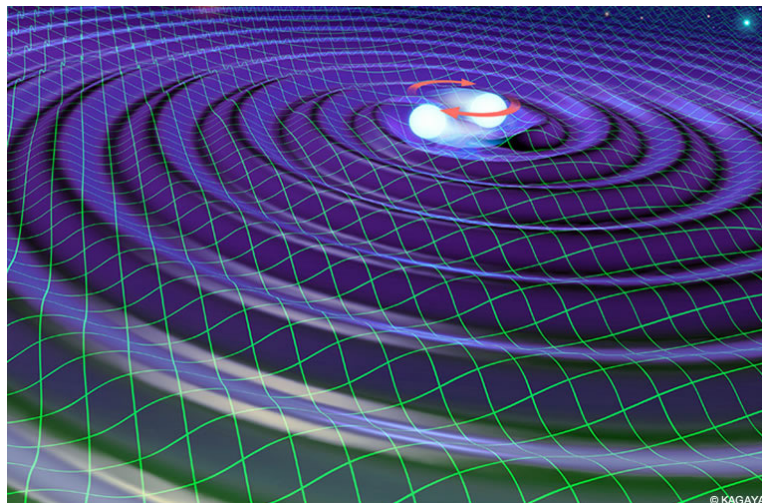


Fe より重い元素はどのように出来たのか？

中性子の吸収



赤色巨星



中性子星の合体

重力波

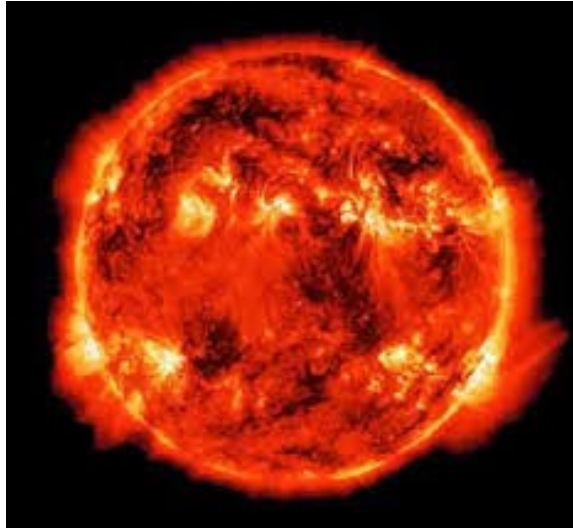


実は、金の起源  
はよくわかってい  
ない

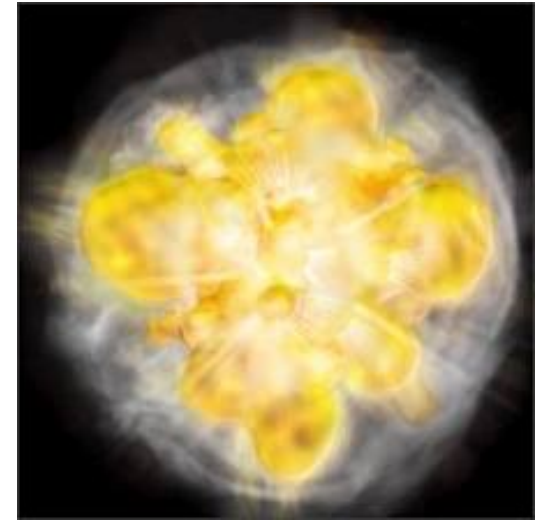
# 星の一生



星間ガス



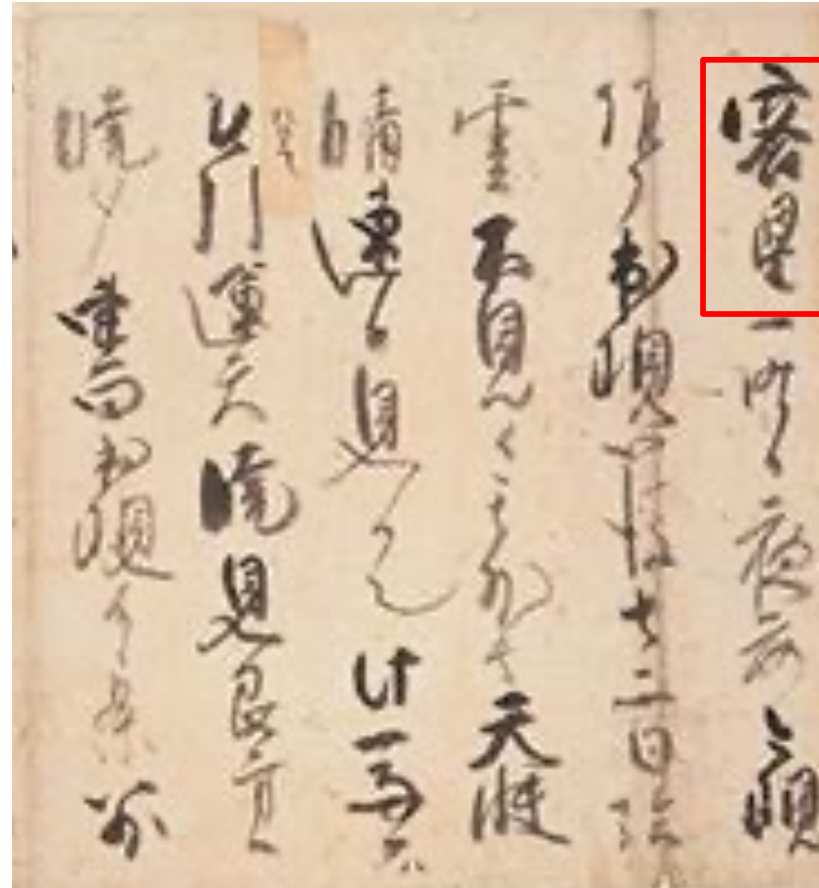
星ができる



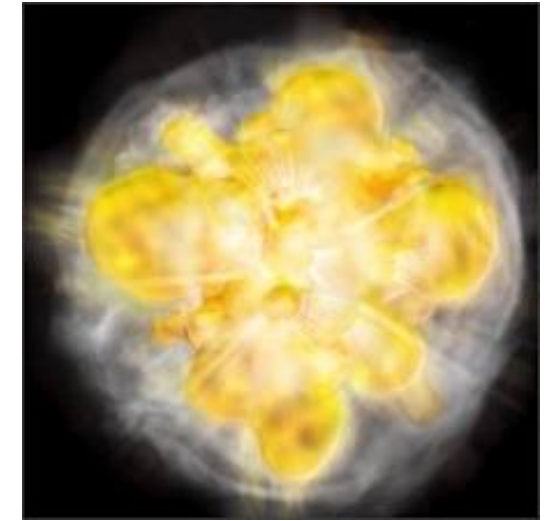
超新星爆発

# 星の一生

1054年客星現る



明月記  
(藤原定家)



超新星爆発

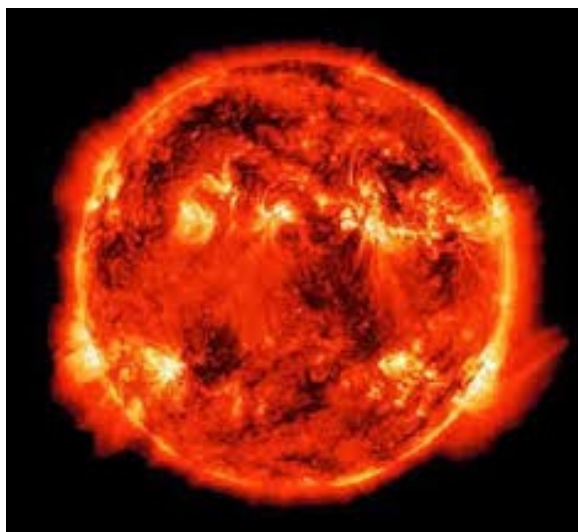
かに星雲  
の超新星爆発



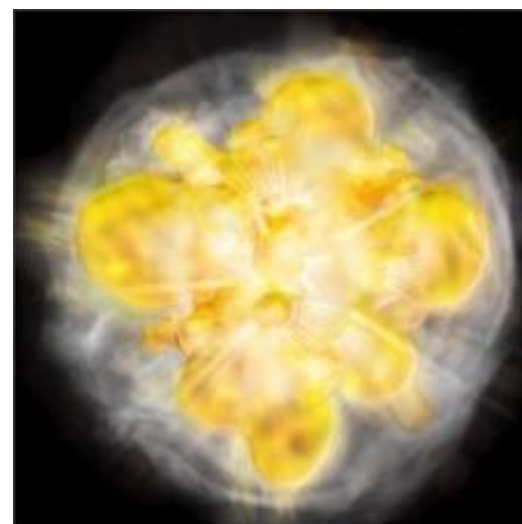
# 星の一生



星間ガス



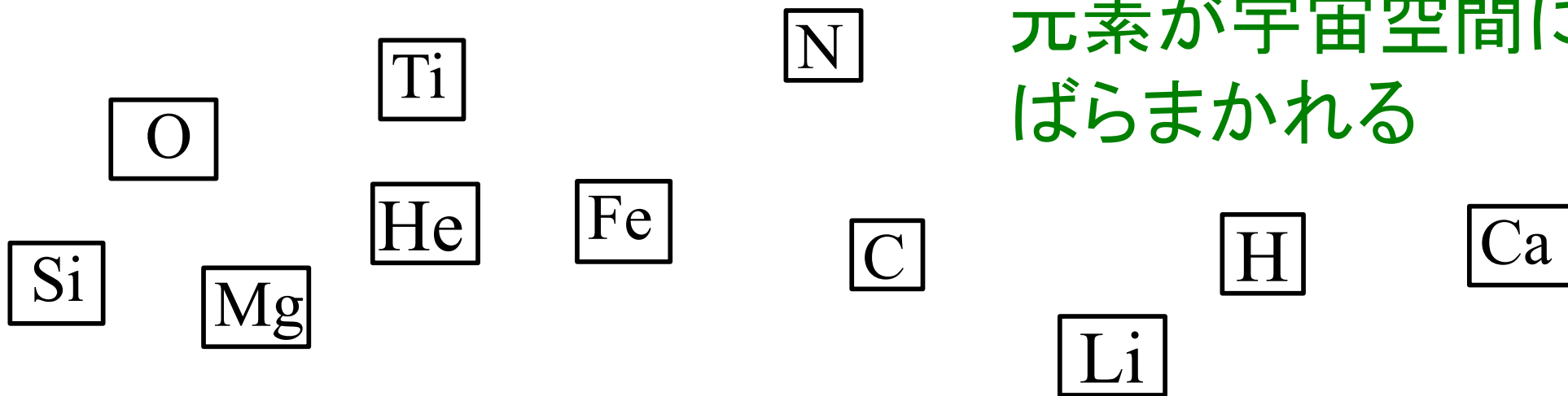
星ができる



超新星爆発



元素が宇宙空間に  
ばらまかれる



# 超重元素について

## Z=104番より重い元素



The image shows a periodic table of elements. A red line highlights the bottom row (period 7). A black box with gold text highlights the element Nihonium (Nh, atomic number 113). A green circle highlights the element Nihonium (Nh, atomic number 113).



# 元素の周期表

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

## 最も重い元素は何？

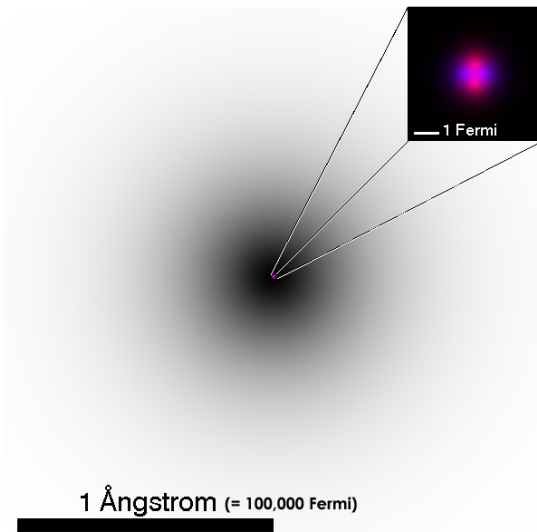
自然界: プルトニウム ( $Z=94$ )  $\rightarrow$  極微量存在  
ウラン ( $Z=92$ )

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

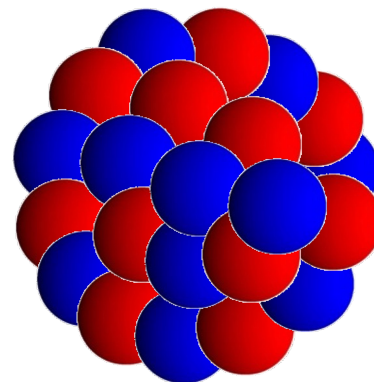
何が最も重い元素の番号を決めているのか？

重い原子核 → 電気的反発力が大

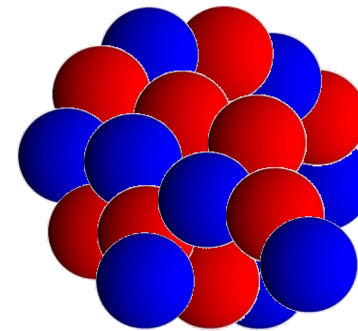
原子核



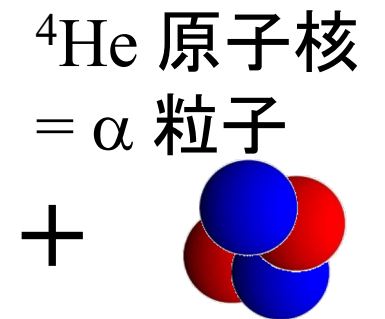
↓  
α粒子を出して安定になる  
(アルファ崩壊)



$(Z, N)$



$(Z-2, N-2)$



$(Z=2, N=2)$

# 重い原子核の寿命

$^{232}\text{Th}$  (90番元素): 140.5 億年

宇宙の年齢以上

$^{238}\text{U}$  (92番元素): 44.7 億年

地球の年齢くらい

---

$^{244}\text{Pu}$  (94番元素): 8000 万年

地球の年齢より  
ずっと短い

$^{247}\text{Cm}$  (96番元素): 1560 万年

(参考) 宇宙の年齢: 138億年

地球の年齢: 45.4億年

## 重い原子核の寿命

$^{232}\text{Th}$  (90番元素): 140.5 億年

宇宙の年齢以上

$^{238}\text{U}$  (92番元素): 44.7 億年

地球の年齢くらい

---

$^{244}\text{Pu}$  (94番元素): 8000 万年

地球の年齢よりずっと短い

$^{247}\text{Cm}$  (96番元素): 1560 万年

## スビアテッキらの予言(1966年)

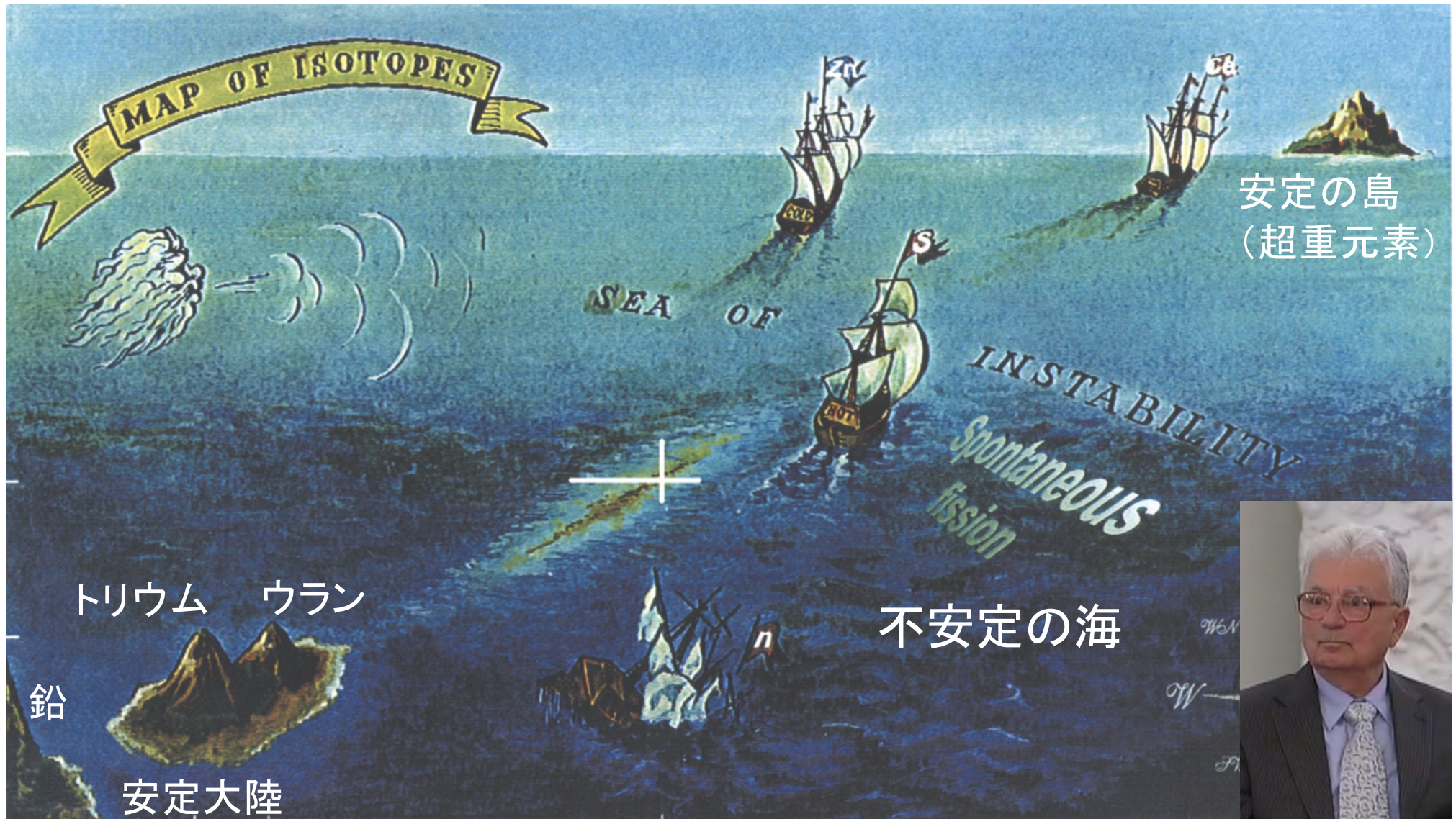
量子力学の効果を取り入れると、114番元素で  
中性子が184のものが非常に安定になる！

安定の島





# 安定の島(超重元素)を目指して



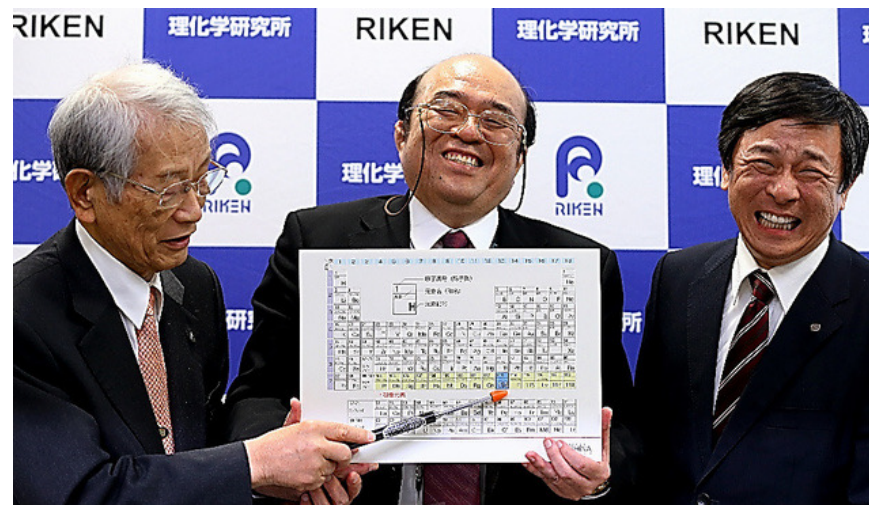
描画: オーガネシアン氏



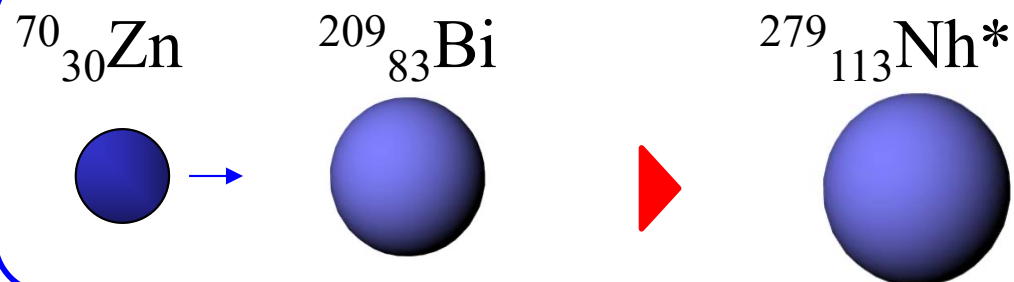
# 113番元素ニホニウム Nh

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 113<br><b>Nh</b><br>nihonium   | 115<br><b>Mc</b><br>moscovium |
| 117<br><b>Ts</b><br>tennessine | 118<br><b>Og</b><br>oganesson |

2016年11月



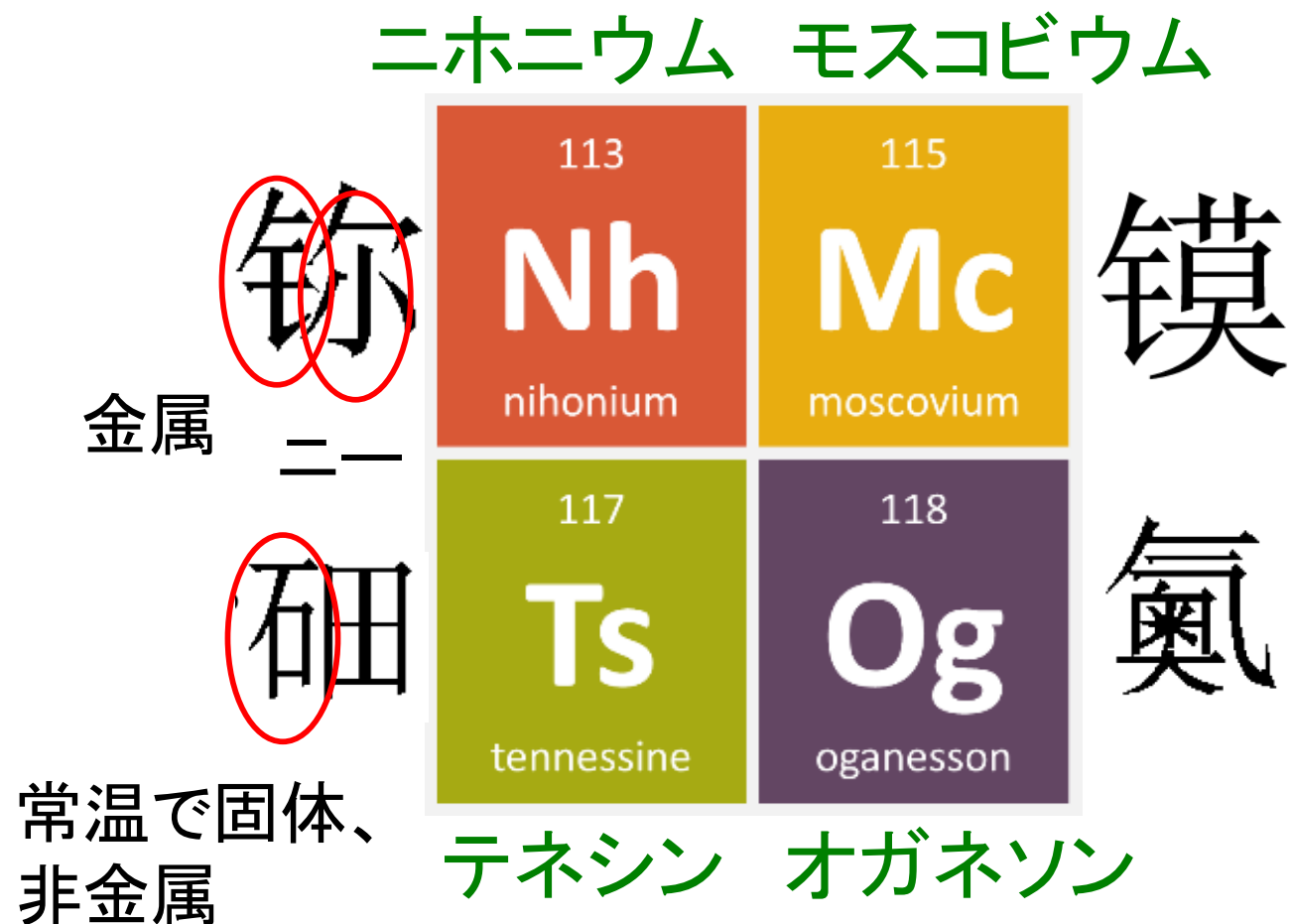
|          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------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



核融合反応

Wikipedia

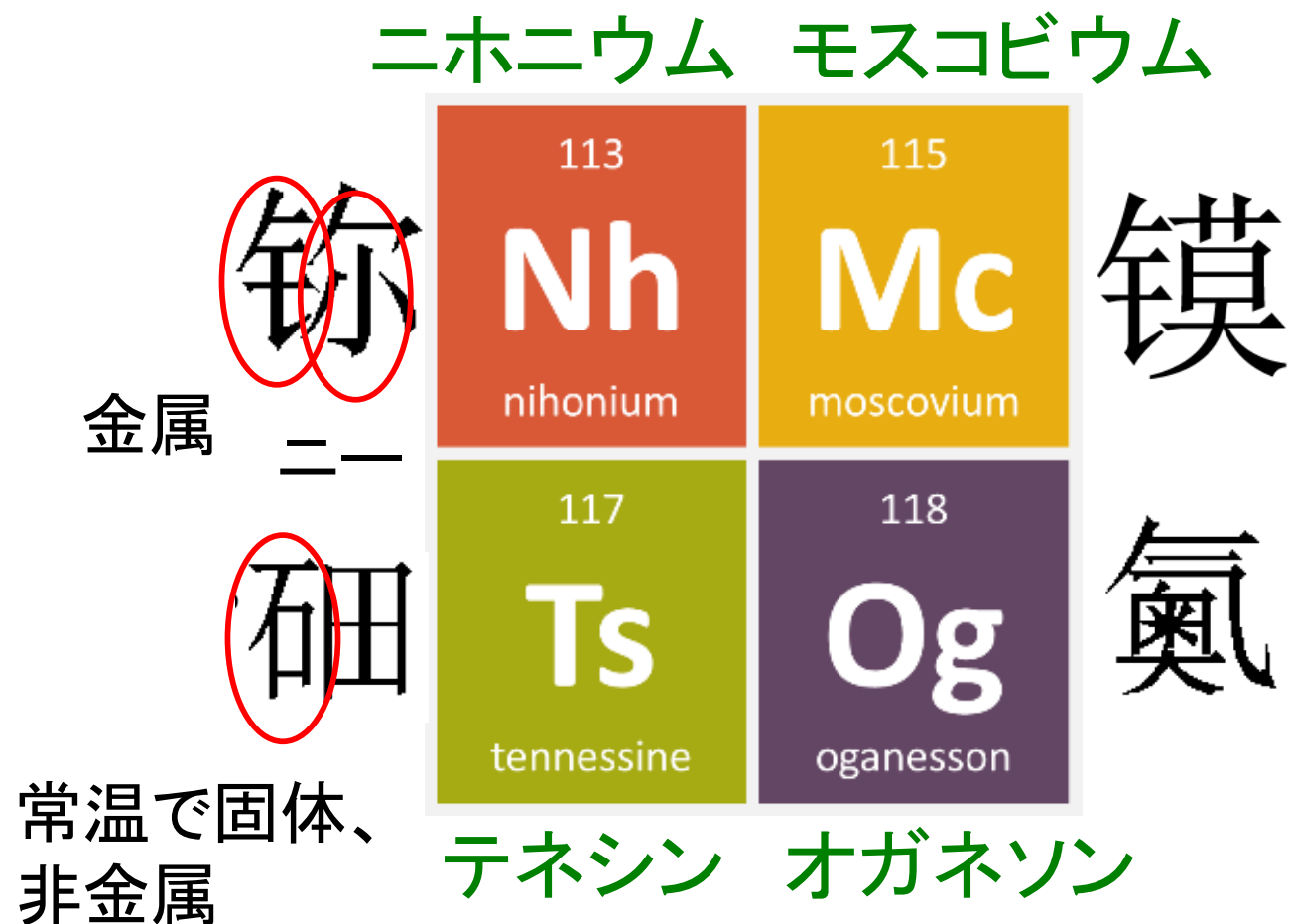
ところで



中国

新元素→「国家語言委員会」が新しい漢字を制定

ところで

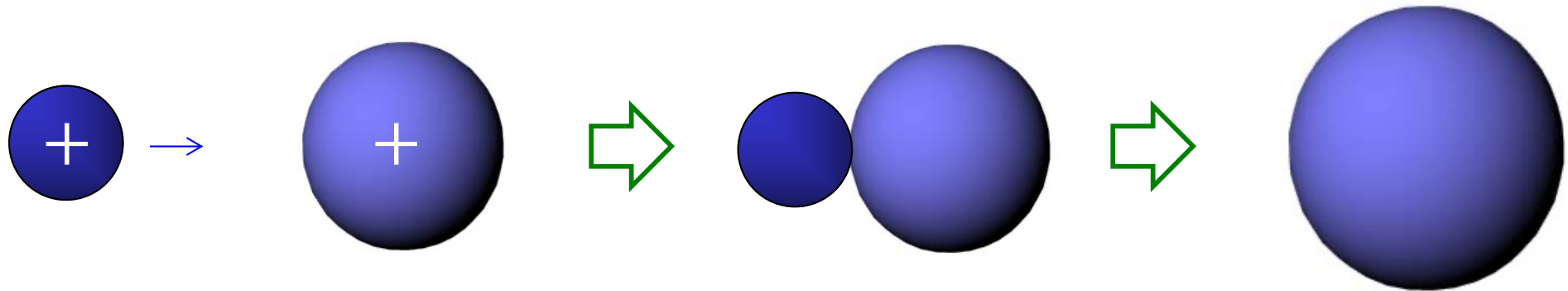


石田さん：周期表に名前が載っています！

金田さん：惜しかったです！

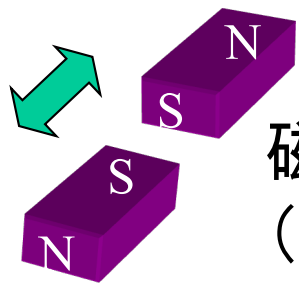
115番がテネシンだったら周期表に名前が！

# 核融合反応：原子核と原子核をくっつける

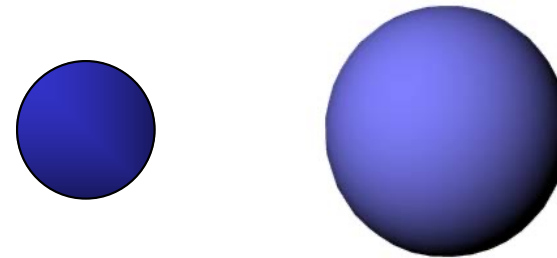


加速器を  
使って勢いよくぶつける

大きな  
原子核

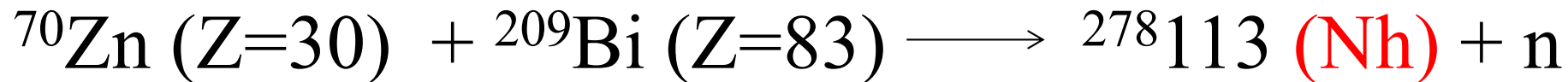


磁石  
(SとS、NとN  
は反発)

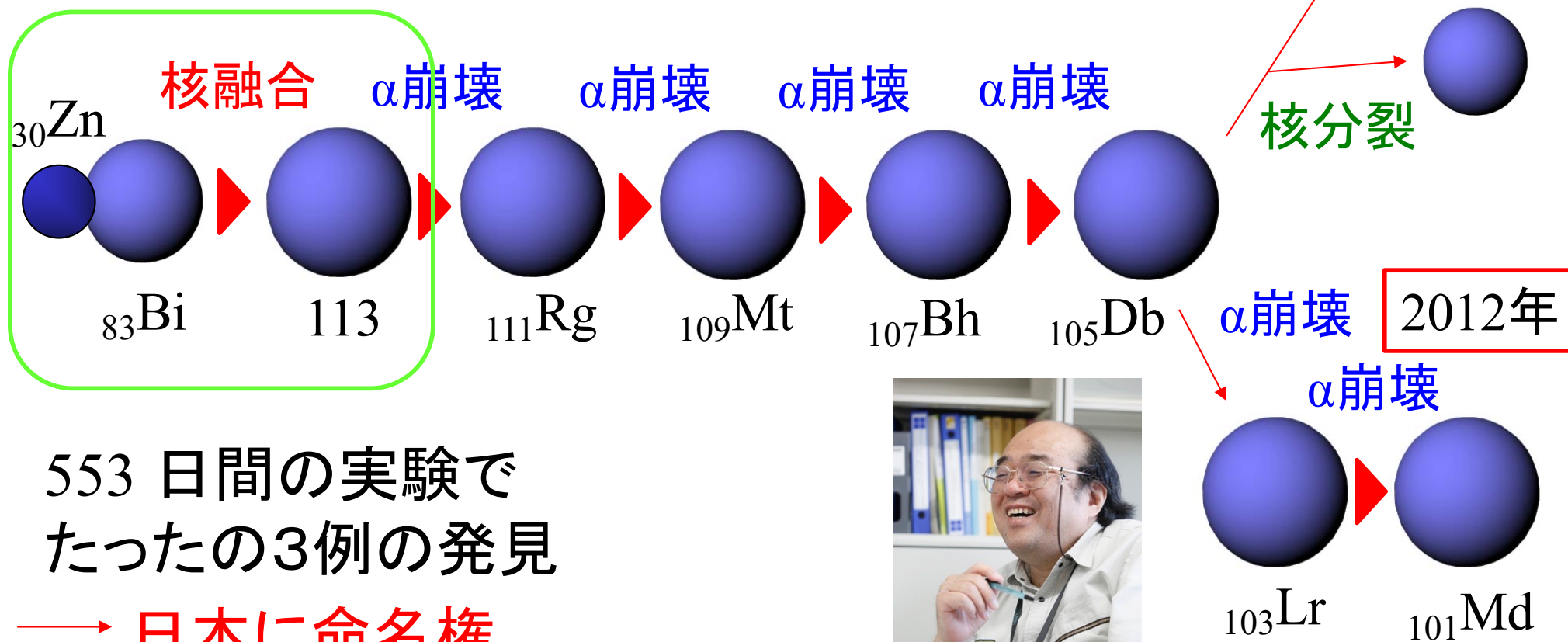


でも、ほとんどはくっつけても  
すぐ離れてしまう  
(大きな原子核ができない)

# 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



# 次のステップは？

| Group →  | 1        | 2        | 3        | 4              | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        |
|----------|----------|----------|----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Period ↓ | 1        | 2        | 3        | 4              | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        |
| 1        | 1<br>H   |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2        | 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           | 5<br>B    | 6<br>C    | 7<br>N    | 8<br>O    | 9<br>F    | 10<br>Ne  |
| 3        | 11<br>Na | 12<br>Mg |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           | 13<br>Al  | 14<br>Si  | 15<br>P   | 16<br>S   | 17<br>Cl  | 18<br>Ar  |
| 4        | 19<br>K  | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti       | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn  | 31<br>Ga  | 32<br>Ge  | 33<br>As  | 34<br>Se  | 35<br>Br  | 36<br>Kr  |
| 5        | 37<br>Rb | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr       | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd  | 49<br>In  | 50<br>Sn  | 51<br>Sb  | 52<br>Te  | 53<br>I   | 54<br>Xe  |
| 6        | 55<br>Cs | 56<br>Ba | 57<br>La | *<br>72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg  | 81<br>Tl  | 82<br>Pb  | 83<br>Bi  | 84<br>Po  | 85<br>At  | 86<br>Rn  |
| 7        | 87<br>Fr | 88<br>Ra | 89<br>Ac | *<br>104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Cn | 113<br>Nh | 114<br>Fl | 115<br>Mc | 116<br>Lv | 117<br>Ts | 118<br>Og |
| 8        |          |          |          | *<br>119       | 120       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 9        |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 10       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 11       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 12       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 13       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 14       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 15       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 16       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 17       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 18       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 19       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 20       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 21       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 22       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 23       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 24       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 25       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 26       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 27       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 28       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 29       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 30       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 31       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 32       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 33       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 34       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 35       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 36       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 37       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 38       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 39       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 40       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 41       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 42       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 43       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 44       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 45       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 46       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 47       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 48       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 49       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 50       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 51       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 52       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 53       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 54       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 55       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 56       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 57       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 58       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 59       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 60       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 61       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 62       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 63       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 64       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 65       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 66       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 67       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 68       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 69       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 70       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 71       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 72       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 73       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 74       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 75       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 76       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 77       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 78       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 79       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 80       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 81       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 82       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 83       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 84       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 85       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 86       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 87       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 88       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 89       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 90       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 91       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 92       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 93       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 94       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 95       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 96       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 97       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 98       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 99       |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 100      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 101      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 102      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 103      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 104      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 105      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 106      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 107      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 108      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 109      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 110      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 111      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 112      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 113      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 114      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 115      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 116      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 117      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 118      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 119      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 120      |          |          |          |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |



118  
**Og**  
oganesson

第7周期がすべて埋まる → 次は第8周期へ！

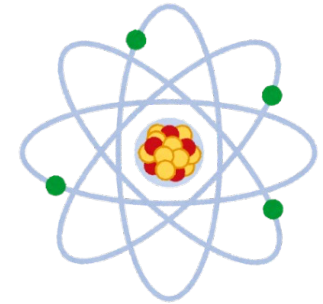
世界各国では、119番、120番元素の探索中

## まとめ

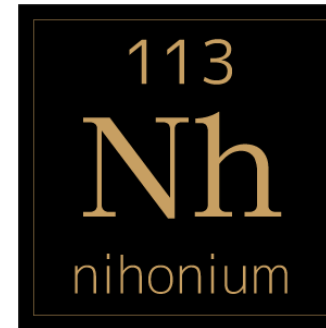
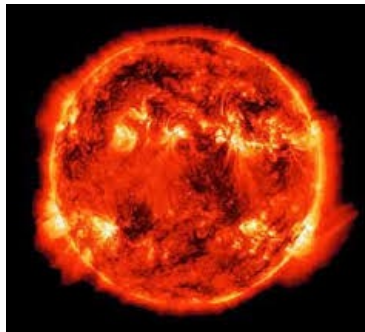
原子(元素)や原子核は量子現象の宝庫

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。



時間切れでお話しできなかったこと

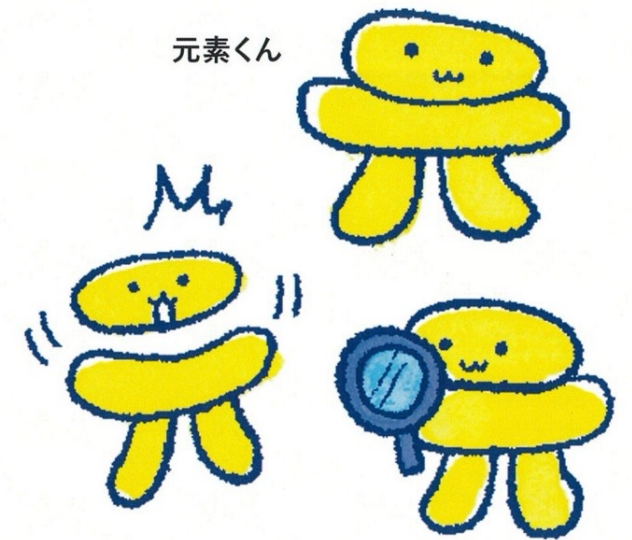
- 電子とサッカーボールの同じ点、異なる点
- 人間はどのような元素からできているのか
- 元素と原子のちがい

# 小学生向け元素の本 「ものの始まり 元素ってなんだろう？」

萩野浩一監修（岩崎書店）  
2026年7月2日



アマゾンに載ってます



もしお近くに小学生のお子さんが  
いらっしゃったら、ぜひ！