ビックバンから
１１３番元素ニホニウムまで、
元素創成の１３８億年

理化学研究所
仁科加速器研究センター

延與　秀人
えんよ　ひでと

2017年3月14日　命名祝賀会

@東京国立博物館平成館

2017年3月14日　命名式典

$^{278}_{113}Nh$

Nihonium

2016年　6月9日　ニホニウム
馳文科大臣、豊田政務官、松本和光市長　理研訪問

2015年大晦日　命名権獲得

産経新聞
2016年6月9日朝刊1面

日本経済新聞
2016年6月9日朝刊1面

日新聞
16年6月9日朝刊2面

毎日新聞
2016年6月9日朝刊1面

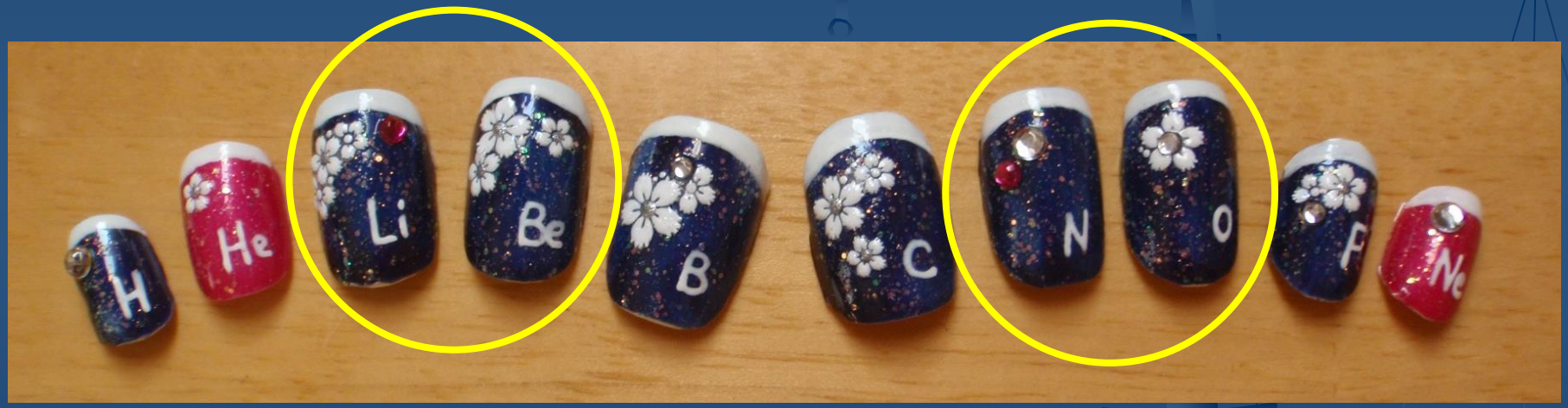
読売新聞
2016年6月9日朝刊35面

紅白歌合戦のニュースで

「元素ネイル」（©化学者イラストレーター旭天満）

水 兵 リーベ ぼ く の 船
H He Li Be B C N O F Ne

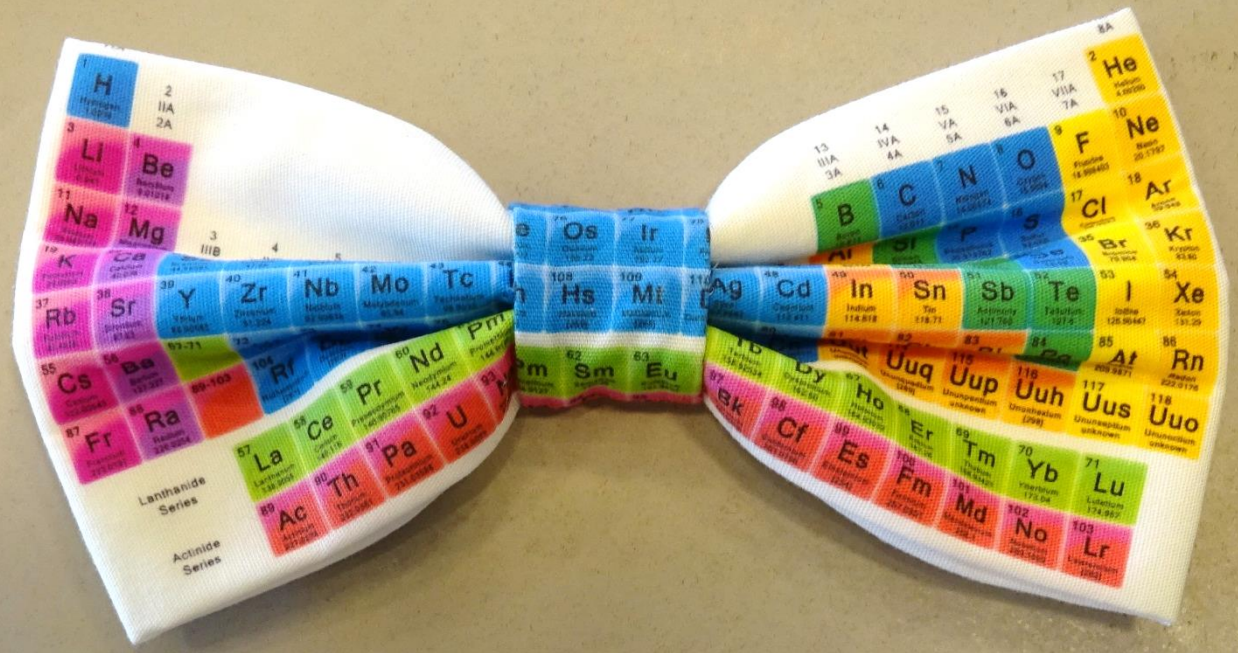
10元素
指10本

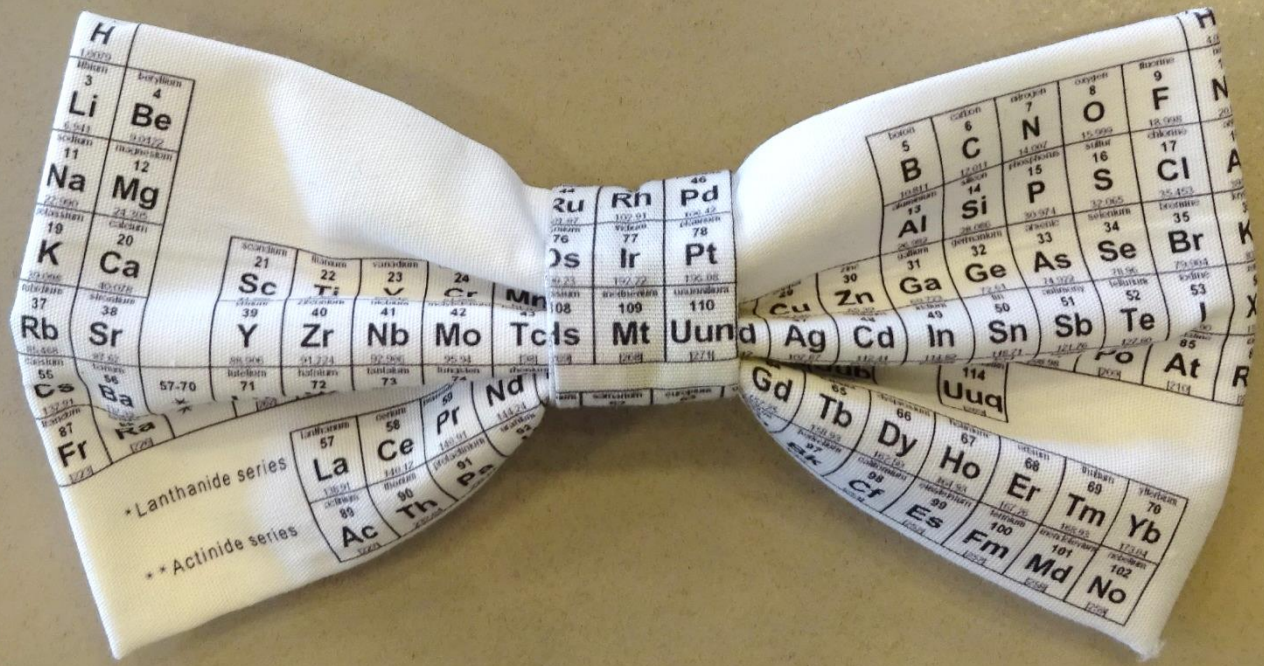


左手小指からつける。
左手中指と人差し指でVサインすると「LiBe」
右手中指と人差し指でVサインすると「NO」

ドイツ語
Liebe 愛
⇩
Li Be

「元素ネイルポストカード」 by 化学者イラストレーター旭天満さん
発行　日本化学会


Lanthanide Series
Actinide Series


*Lanthanide series
**Actinide series

2012年9月27日

2012年(平成24年)9月27日 木曜日 読売新聞

113番目の新元素、認定か

理化学研究所のチームが2004年に発見を報告した新元素が、国際的に認定される可能性が高まった。再実験の結果、新元素の詳しい性質が明らかになり、発見の確度が高まったためだ。発見者と認定されればチームに命名権が与えられる。日本が発見した初の元素として、理研は「ジャポニウム」などの名を候補に挙げている。

新元素は原子番号が113で、113個の陽子を含む原子核を持つ。自然界には存在せず、理研の森田浩介准主任研究員らのチームは04年9月と05年、それぞれ一つずつ人工的に作って発見を報告した。ロシアと米国の共同チームも04年2月に発見を報告したが、成果を審査する国際専門委員会はいずれも「データ不足」として認定を見送っていた。

理研はその後、三つ目となる

理研、実験で証明 ■ 命名権得れば日本初

新元素を作って詳しく観測。崩壊して別の元素に変わる過程などをより詳しく調べ、論文をとめて27日付の日本物理学会(電子版)に発表した。データが増え、「113番目の新元素であることがほぼ証明された」とのだ。

審査する専門委は、化学国際機関「国際純正・応用連合」などが選ぶ5～6人者で構成される。委員の一中原弘道・東京都立大名誉は「データには高い信頼性る。発見が承認される可能高まったと言える」と話す。門委は半年から1年かけて、して、結論を出す見通しが。ノーベル化学賞を受賞した理野依良治理事長は「元素に の名前がつくことは、科学目指す日本の若者を元気づ うえでも大いに意義がある」と話している。(杉本崇、田中誠士)

毎日新聞 2012年(平成24年)9月27日(木) 28

「国、科学界の悲願」

理研チーム 成果に感無量

「日本発」元素 周期表に

「化学のバイブル」と呼ばれる元素周期表にメード・イン・ジャパンの名前を載せ、日本を元気にしたい——。10年かけて100兆回も原子同士を繰り返し衝突させるという途方もない努力を続けた理化学研究所のチーム。東日本大震災後は電力不足という逆境に直面したが、チームワークで「新元素発見」を決定付ける証拠をつかんだ。【河内敏康】

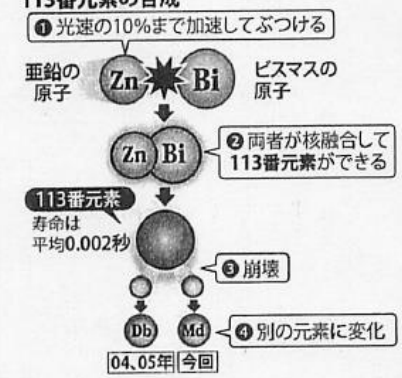
記者会見で理研の野依良治理事長は「我が国、科学界の悲願と言っても過言でない。初めての元素の命名権(獲得)に大きく近づいた」と成果を強調した。

道のりは決して平たんではなかった。自然界に存在しない「超重元素」を人工的に作る実験を計画したのは20年以上前。原子を加速するための加速器を整備し、03年から113番目の元素を見つけるための実験を始めた。04年と05年に一つずつ見つけたが、その後は成果が途切れた。

笑顔で手を合わせる(左から)理化学研究所の野依良治理事長、仁科加速器研究センターの森田浩介准主任研究員、延與秀人センター長＝東京都千代田区で、木葉健二撮影

チームリーダーの森田浩介・准主任研究員(55)は「(見つけたと)自信はあったが、これで結果が出なかったら打ち止めにしないといけないと覚悟していた」。追い打ちをかけたのが原発事故による電力不足。加速器を使った実験は膨大な電気を使うため、他チームが森田チームの実験を優先するなど協力した。

そんな中、朗報が飛び込んだ。今年8月18日、データ解析担当の大学院生が「それらしい兆候がある」と慌てて電話をかけてきた。「これまで発見した2個とは違うルートでの発見。死ぬほどうれしかった。今でも震えが



来ます」

今月27日公表の論文に「震災で亡くなった方たちに、この論文を捧げます」との謝辞を入れた。長年、夢を信じ支え続けてくれた妻は08年に死去。森田さんは「妻がいてくれたからここまで頑張れた」と振り返った。

発見が確定すれば発見者に命名権が与えられ、日本や日本の科学者にちなんだ名前が元素周期表に載ることになる。野依理事長は「(新元素発見は)人類の宇宙観や自然観に関わる大事なことであると同時に、自然科学を学ぶ人たちの誇りになる。お金には換算できない」と語った。

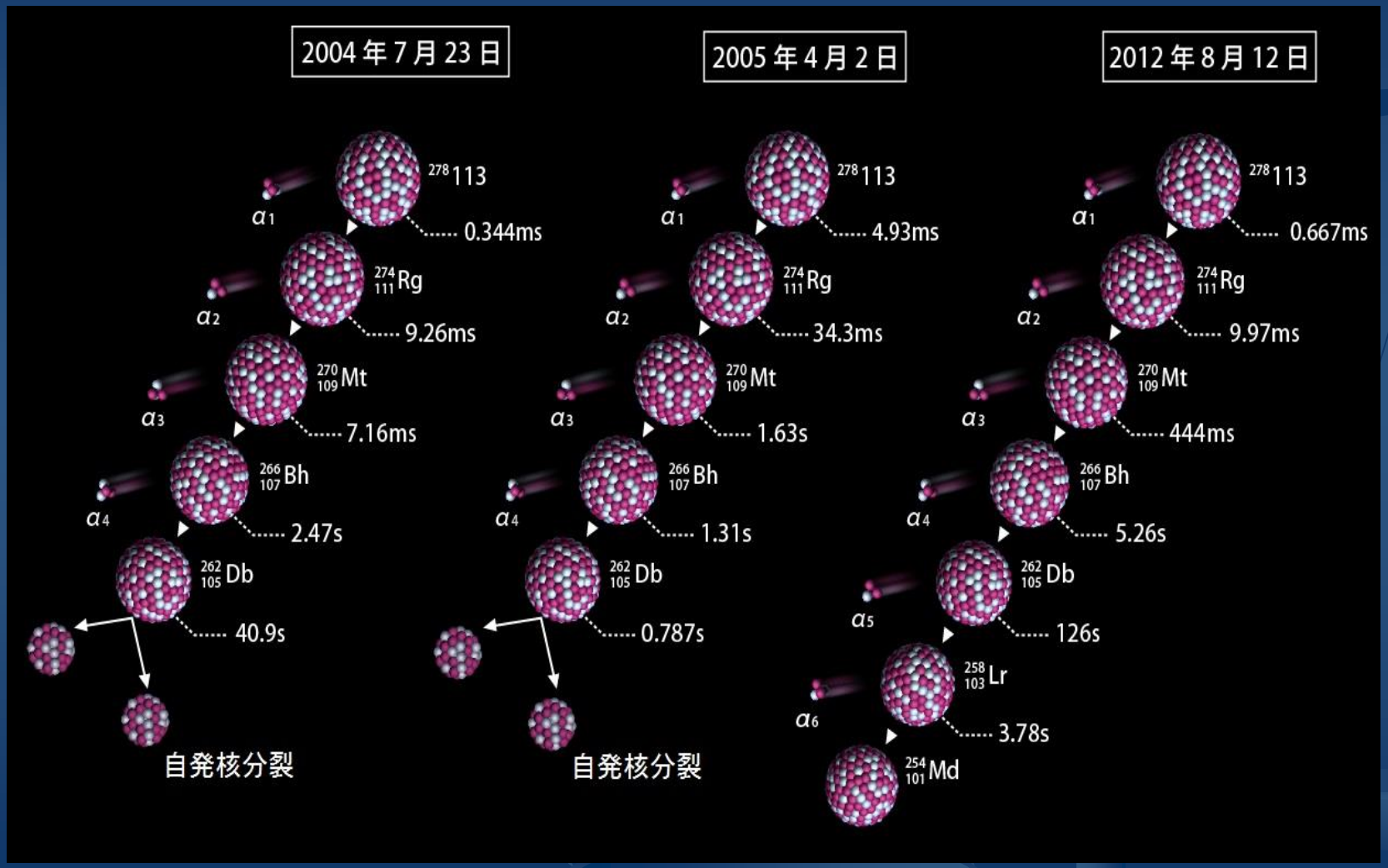
113番元素の合成・発見

「ニュートン」2006年10月号より

12

世界最高性能の装置群とスタッフの不断の努力

観測された3つの崩壊チェーン



東京から富士山の頂上のグリーンにパターで入れる感じ

加速器三態

チュロス型

パンケーキ型

ドーナツ型

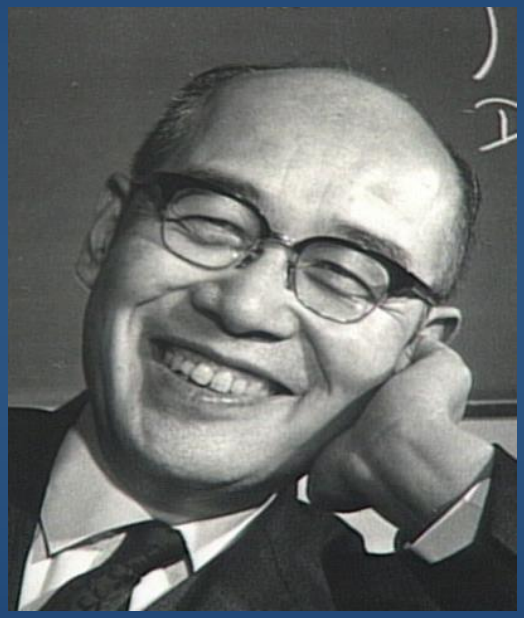
リニアック

サイクロトロン

シンクロトロン

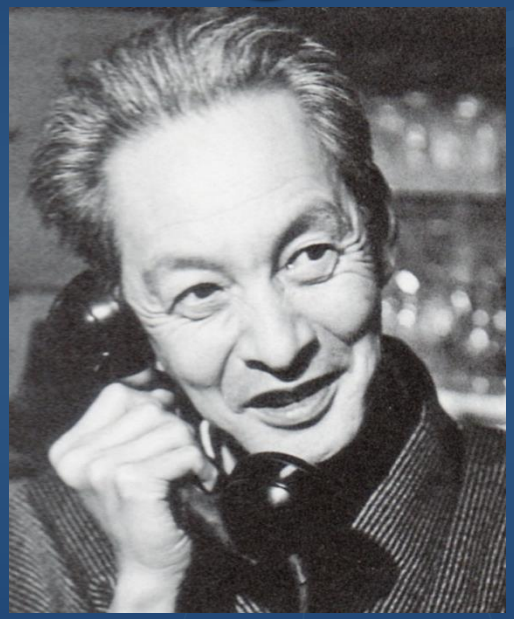
問題：このひとは誰でしょう

①



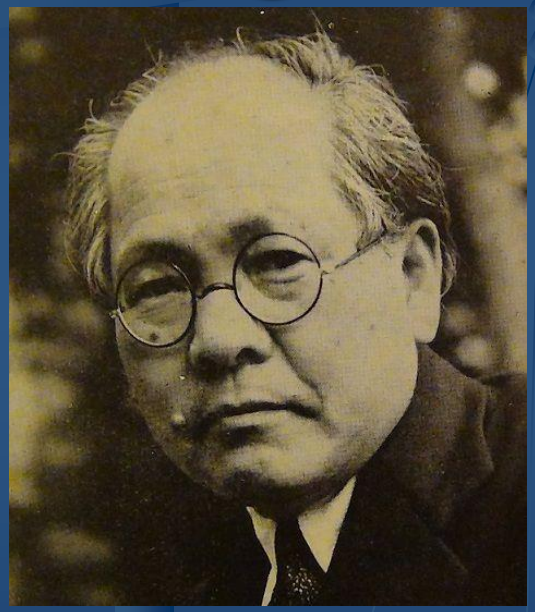
湯川秀樹

②



朝永振一郎

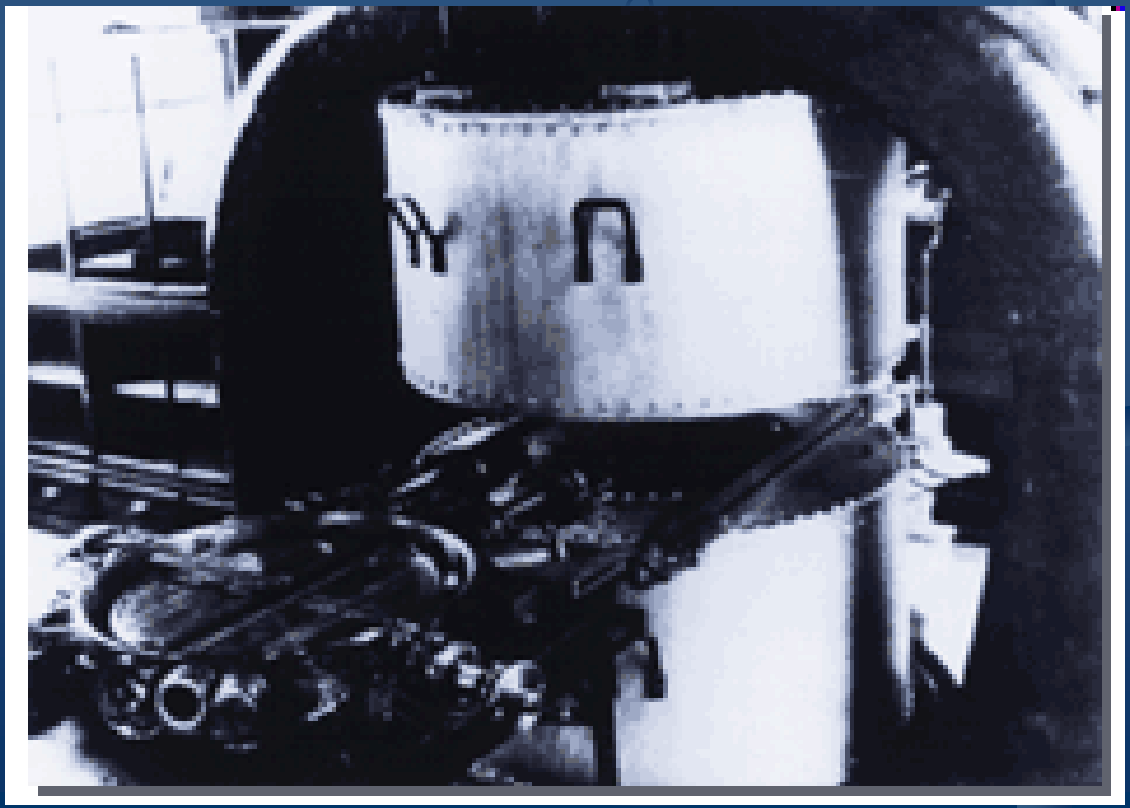
③



仁科芳雄
日本物理学の父

日本で最初のサイクロトロン
1937年　理研･仁科研究室にて稼働

粒子を加速する装置：加速器



2台目のサイクロトロン。 当時、世界最大
1944年完成

理論家
(クライン-仁科の公式)

実験家
(素粒子、原子核、宇宙線物理学

加速器設計・建設
(2台の大加速器の建設)

加速器応用研究
(ラジオアイソトープ応用、
放射線生物学)

From "Profile" by Ken Domon

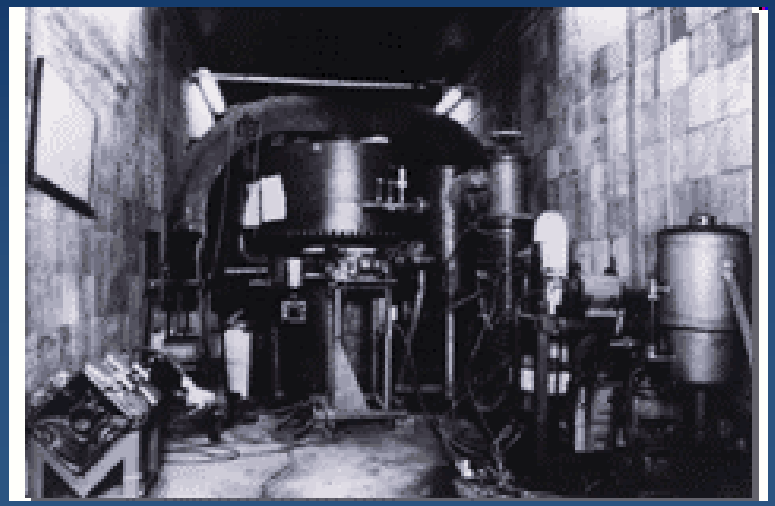
19

悲劇:　米軍による解体、海中投棄

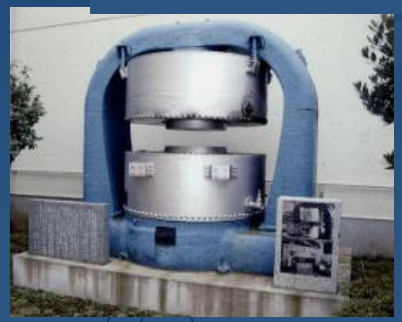
大阪でも

京都でも

負けないで　もうすこし　最後まで走りぬけて～♪



3号サイクロトロン
戦後、1号の部品を再利用して建設
今は理研旧キャンパスのモニュメント

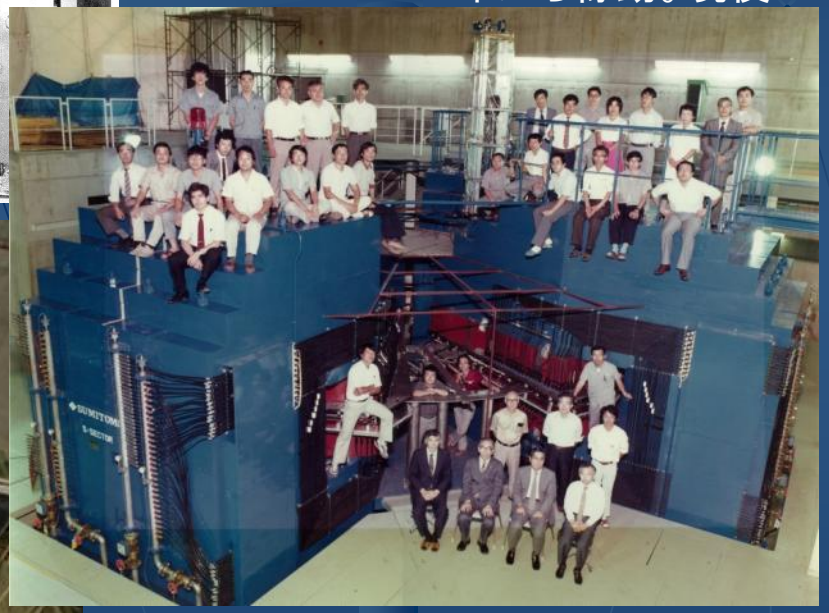


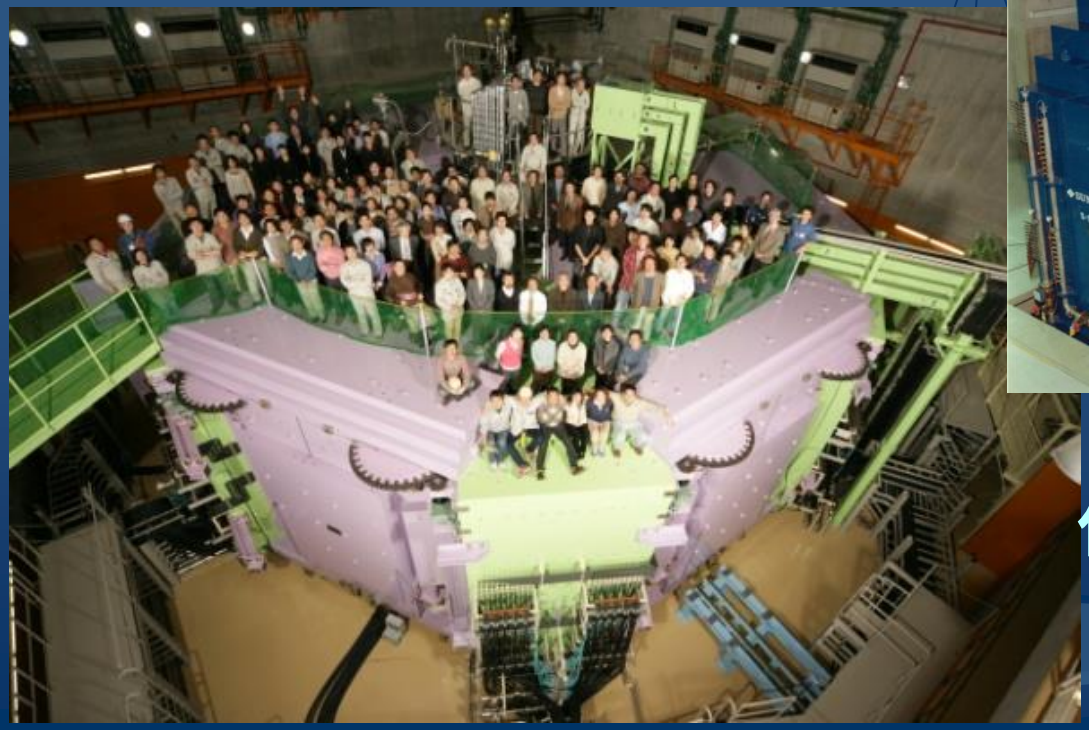
4号サイクロトロン
1966年完成
今は理研和光キャンパスのモニュメント

第2号サイクロトロン。1944年完成。中央に仁科芳雄。
現住所は東京湾海底。

第4号サイクロトロン。1966年完成。
現在は理研和光のモニュメントに。

第5号リングサイクロトロン
1986年から稼動。現役

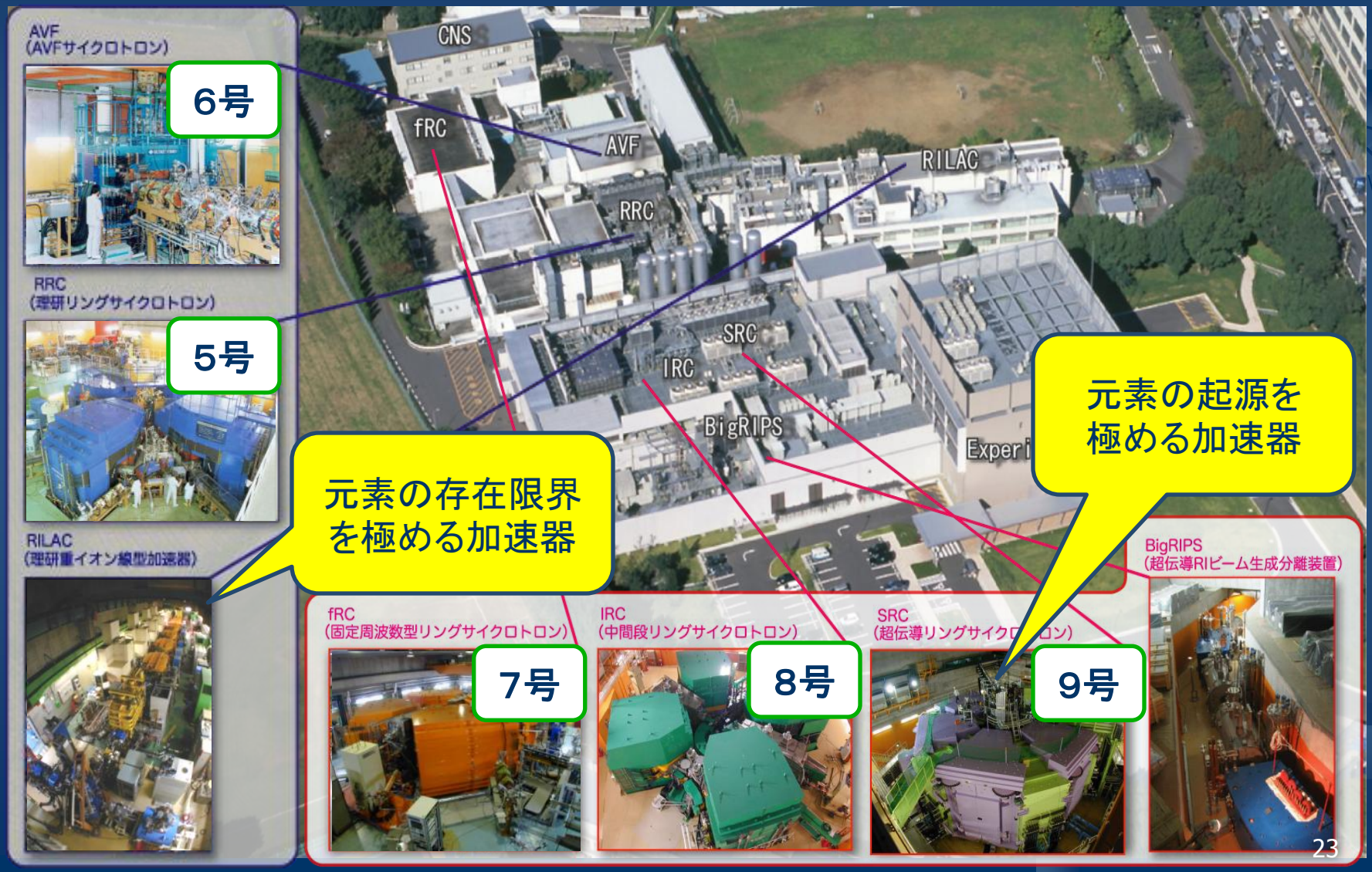




仁科の夢、ここにかなう

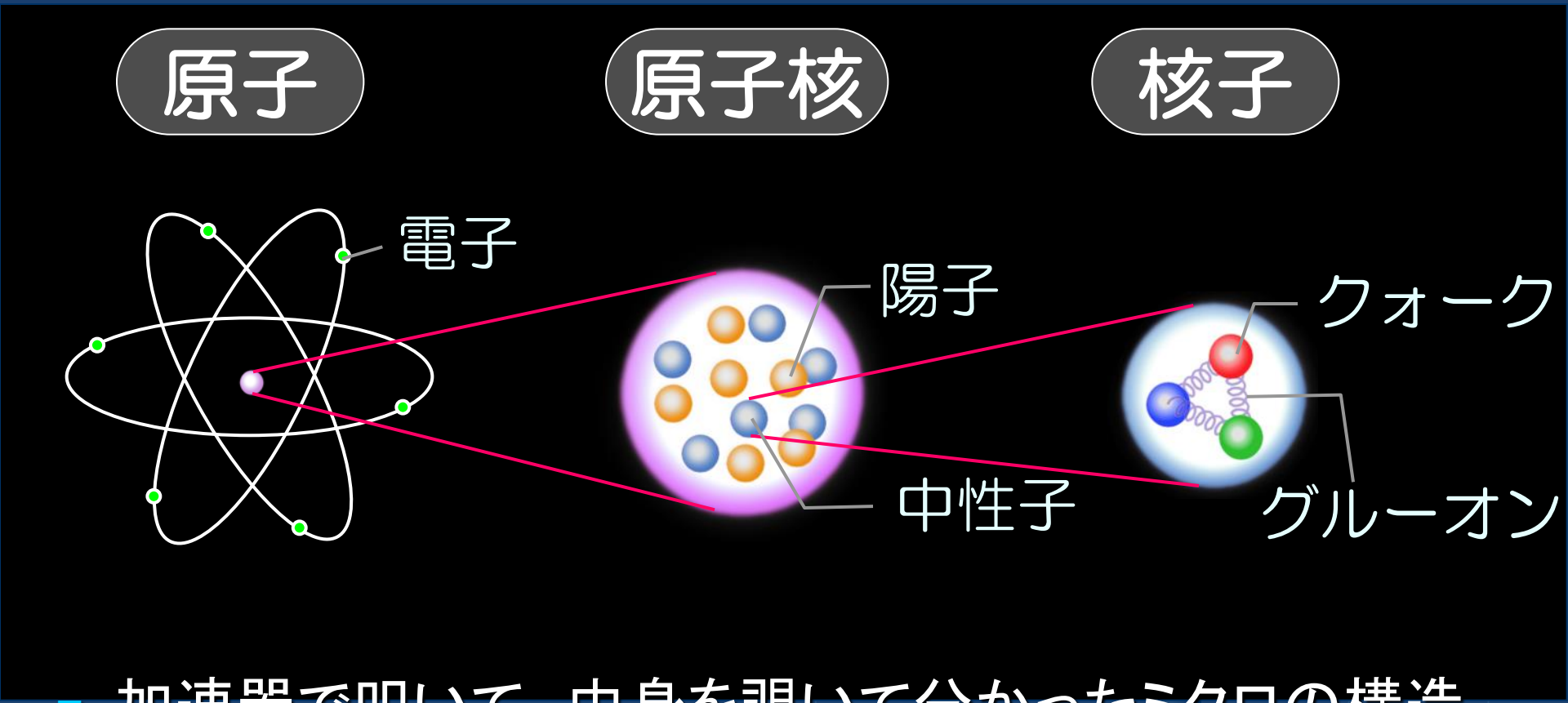
第9号、新造・超伝導リングサイクロトロン。
2006年12月稼働開始。8000トン。

RIビーム・ファクトリー （理研和光）
重い元素の加速では世界最強最大



Why
do we need
such big machines ?

物質の起源― ミクロの世界へ ―



- 加速器で叩いて、中身を覗いて分かったミクロの構造。
- 138億年前と言われるビッグバンから始まって素粒子から我々の世界が組みあがって来た、その過程は？

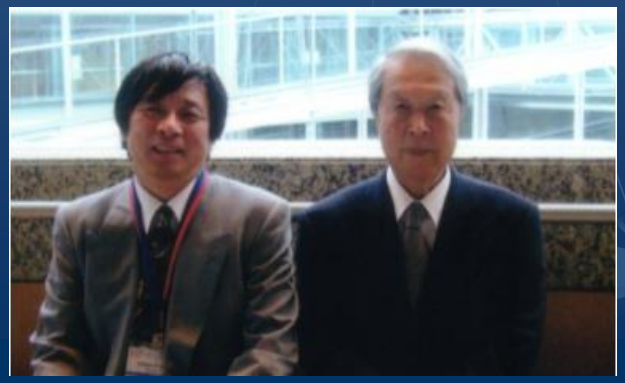
わたしたちはなぜ重いか？

食べ過ぎて太ったせい

だけ？

ではありません

南部陽一郎さんがみつけた
「自発的対称性の破れ」



$$E = mc^2$$

“Fiat lux!”

初めに、神は天地を創造された。
地は混沌であって、闇が深淵の面にあり
、神 の霊が水の面を動いていた。
神は言われた。「光あれ。」

こうして、光があった。

BIG BANG

George Gamow

ところがどっこい、光は止まれない

質量が無いと止まれない⇒物質はできない！

- 光は（静止）質量を持たないが、エネルギーは持つ。
- 質量は、エネルギーを何とか閉じ込め、止まれるようにしたもの

- 閉じ込めるもの

  ＝　力　（フォース）

  - フォースの御加護がありますように
  - May the force be with you

クォークは単独で居られない

- クォークは核子や中間子の中に閉じ込められてしまう

中間子

引っぱる

ぷちっ

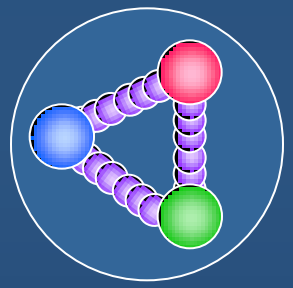
あれ？

磁石

ぽきっ

もともと光みたいに質量をほとんど持たないクォークが「強い力」で集まって陽子や中性子をときに残りの99%の質量を「閉じ込める」

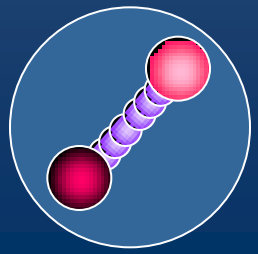
- 陽子や中性子



3つクォーク

クォークを繋ぐグルーオン

- 中間子



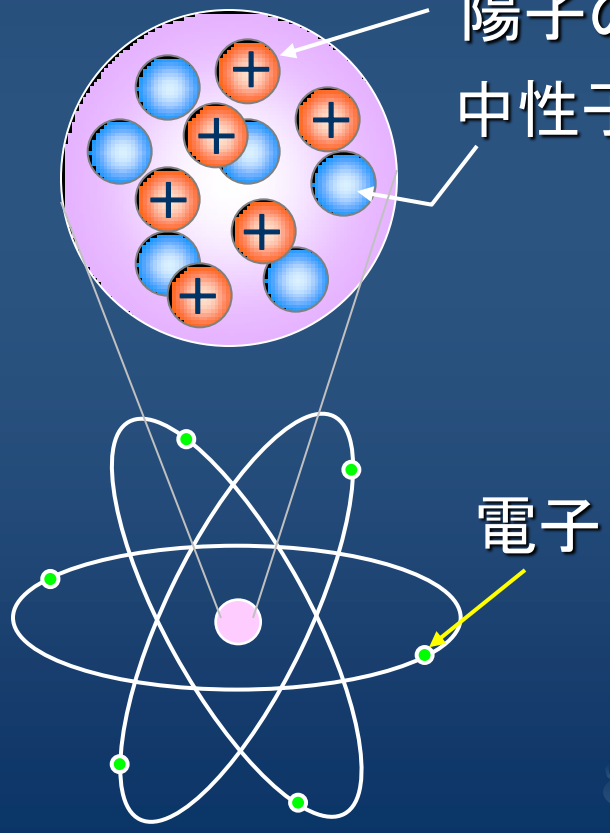
クォークと反クォーク

次は原子核の世界へ
･･･元素の種･･･

陽子と中性子は揃った

原子核ってなあに？

- 陽子や中性子でできている



陽子の数：6個は炭素という元素を決める

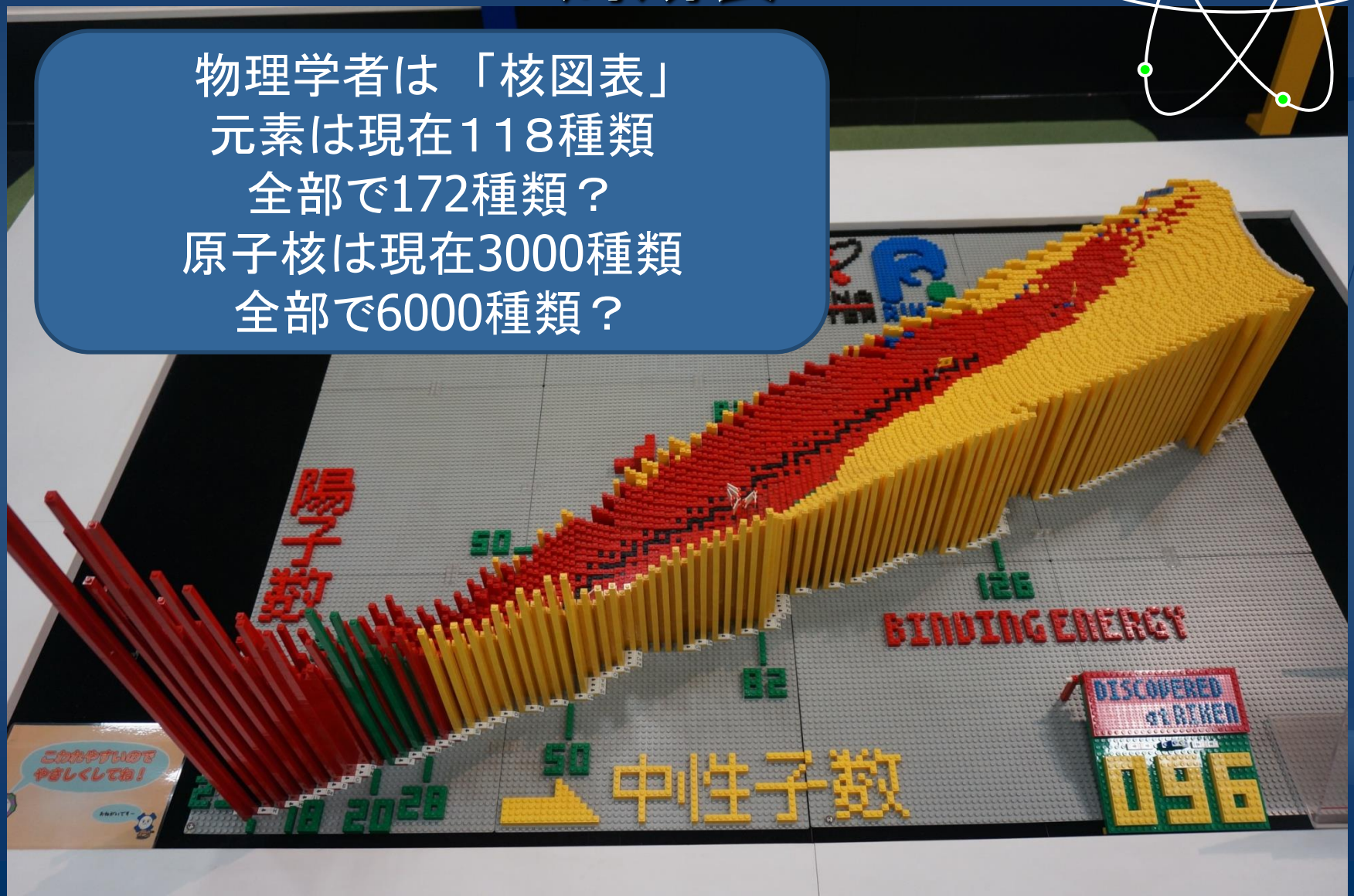
中性子の数：6個だと安定な原子核

陽子や中性子という粒子を総称して
核子と呼ぶ。

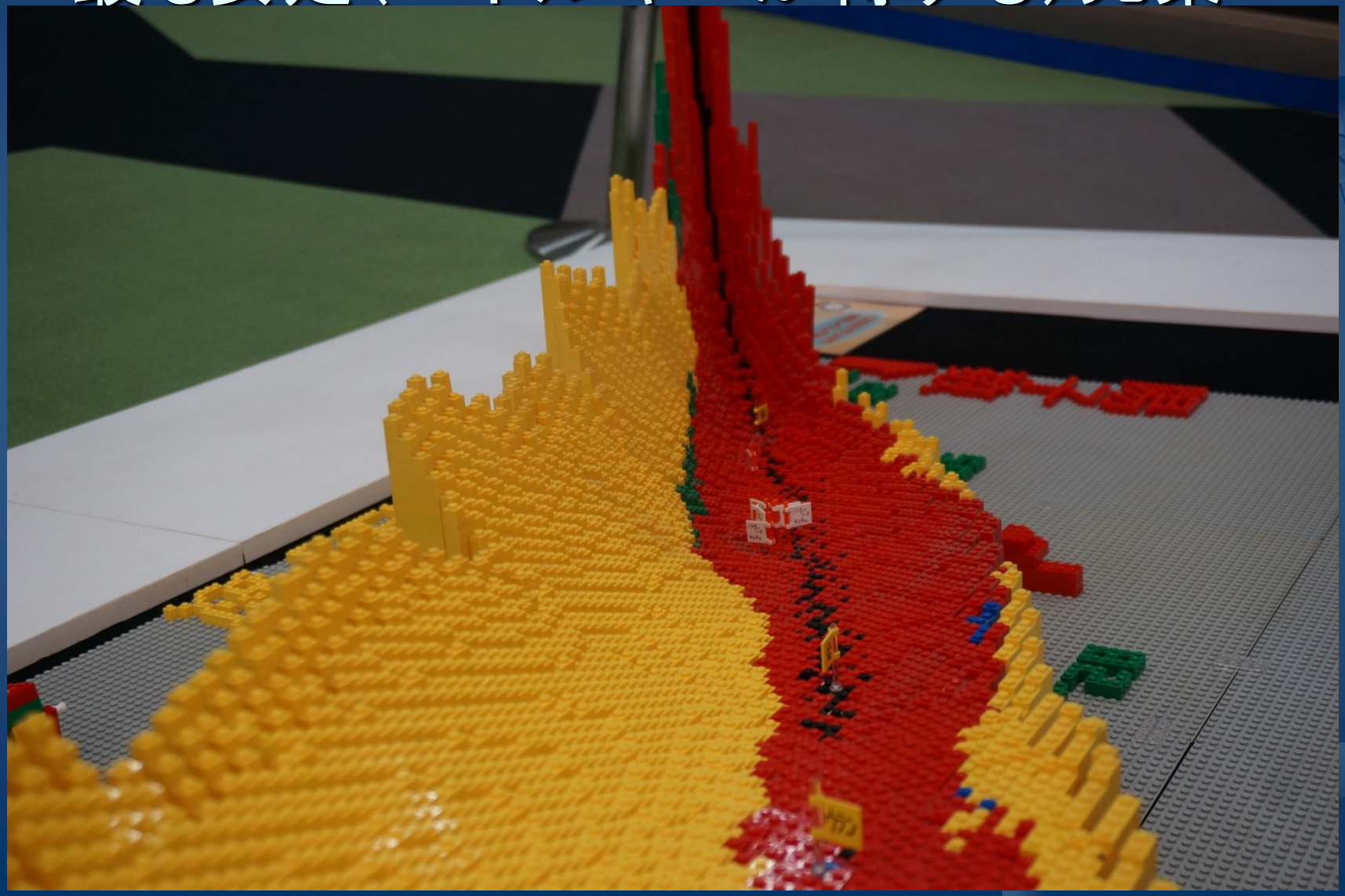
6個の電子で電気的に中性になる
（化学的には陽子の数が重要）
中性子の数は色々違ってもよい。

元素の種類と性質は陽子の数で決まってる！周期表！

物理学者は「核図表」
元素は現在１１８種類
全部で172種類？
原子核は現在3000種類
全部で6000種類？

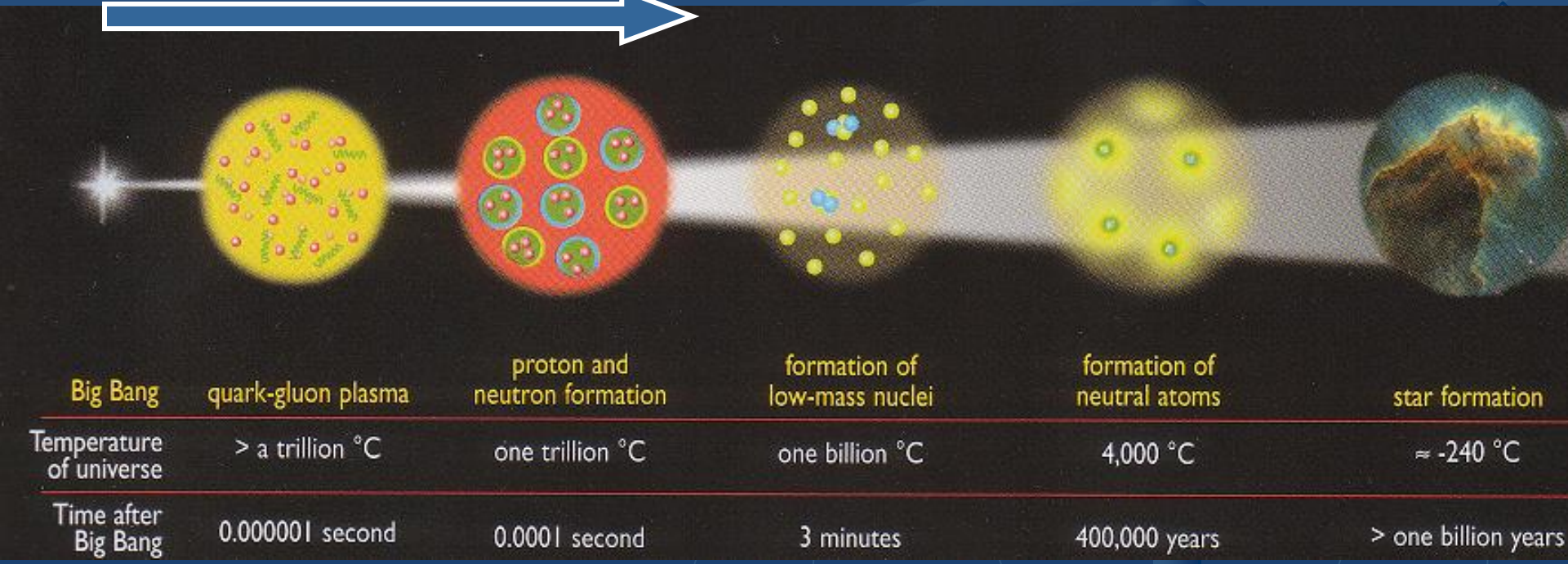


自然は鉄になりたがる，
最も安定（エネルギーが得する）元素



宇宙初期

- 138億年の最初のたった100万分の1秒



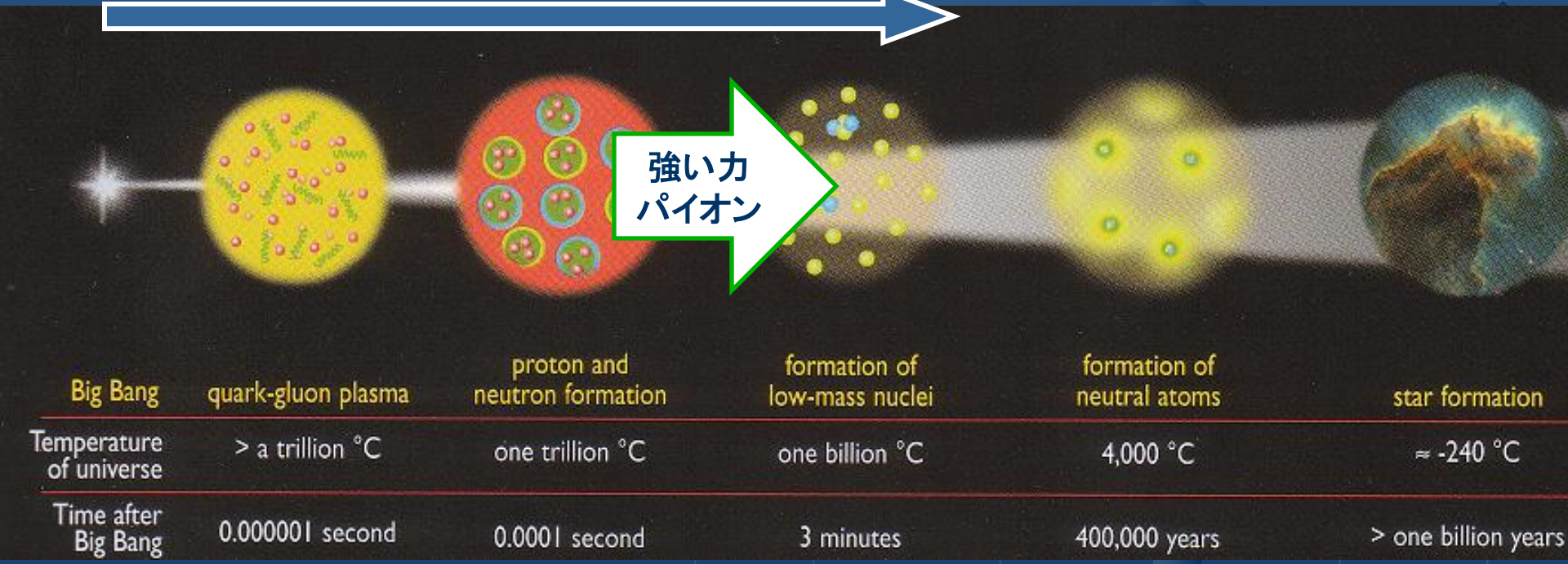
ビッグバン

陽子・中性子の形成

クォークや
グルオン

宇宙初期

- 138億年の最初のたった3分



ビッグバン

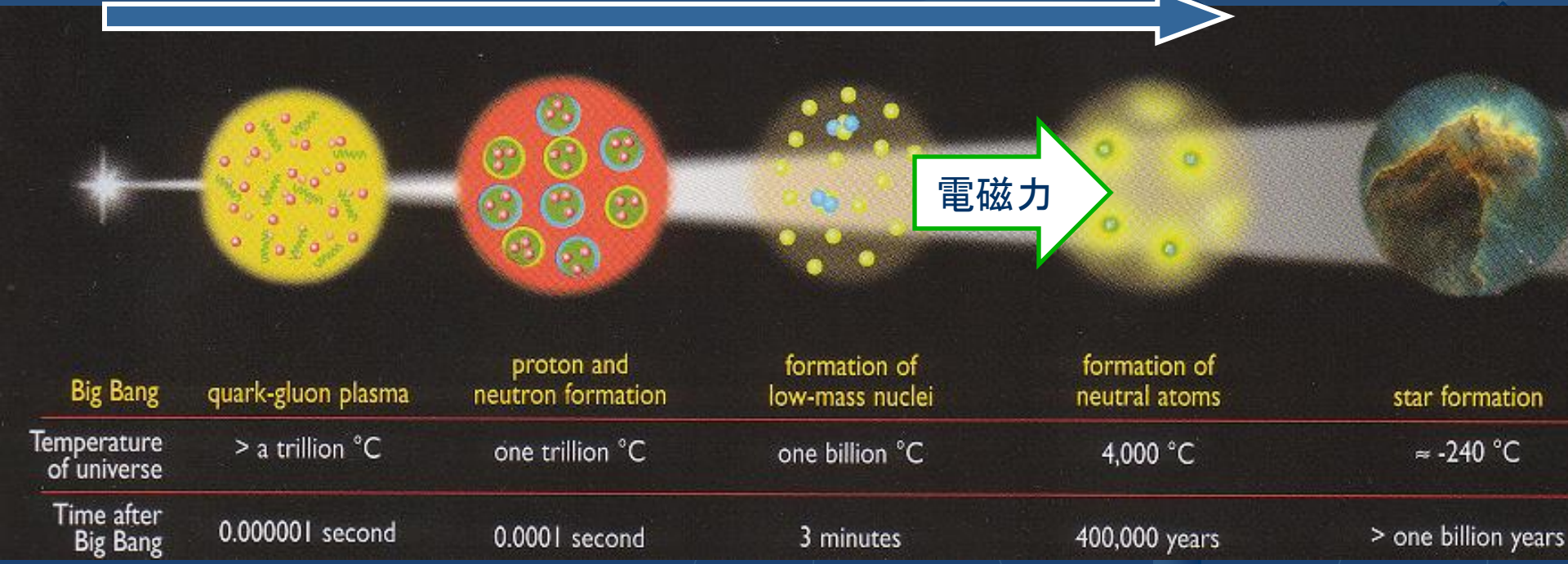
クォークや
グルオン

陽子・中性子の形成

小さい原子核

中性原子の登場

- 138億年の最初の40万年



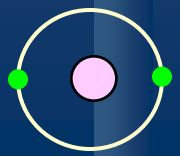
ビッグバン

クォークや
グルオン

陽子・中性子の形成

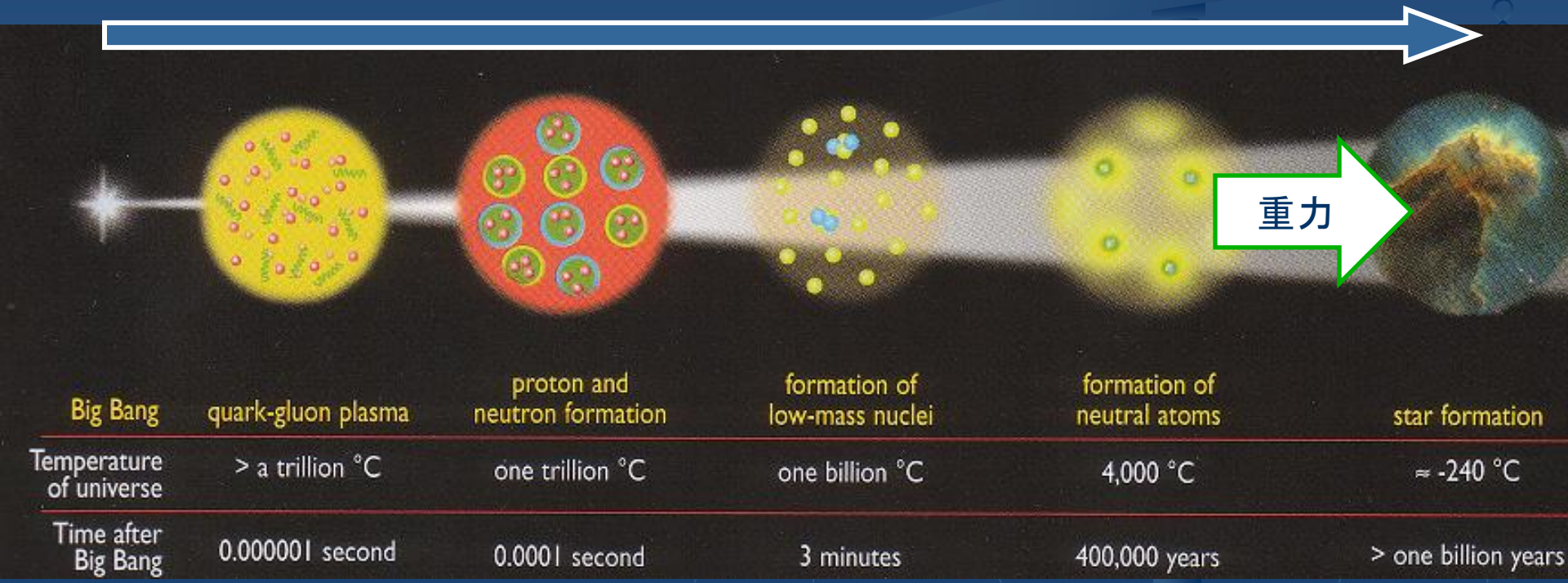
小さい原子核

軽い原子



星の登場

- 138億年の最初の10億年



ビッグバン

クォークや
グルオン

陽子・中性子の形成

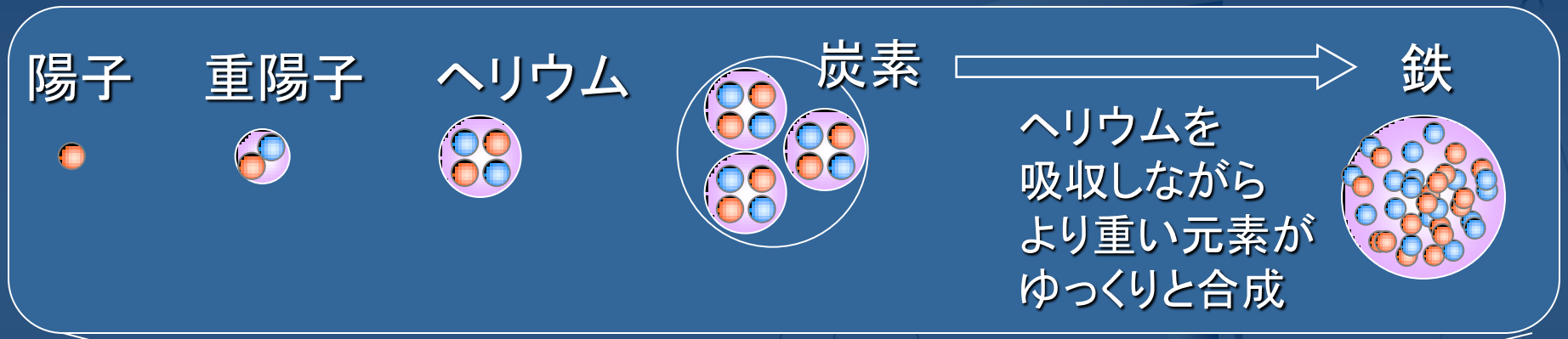
小さい原子核

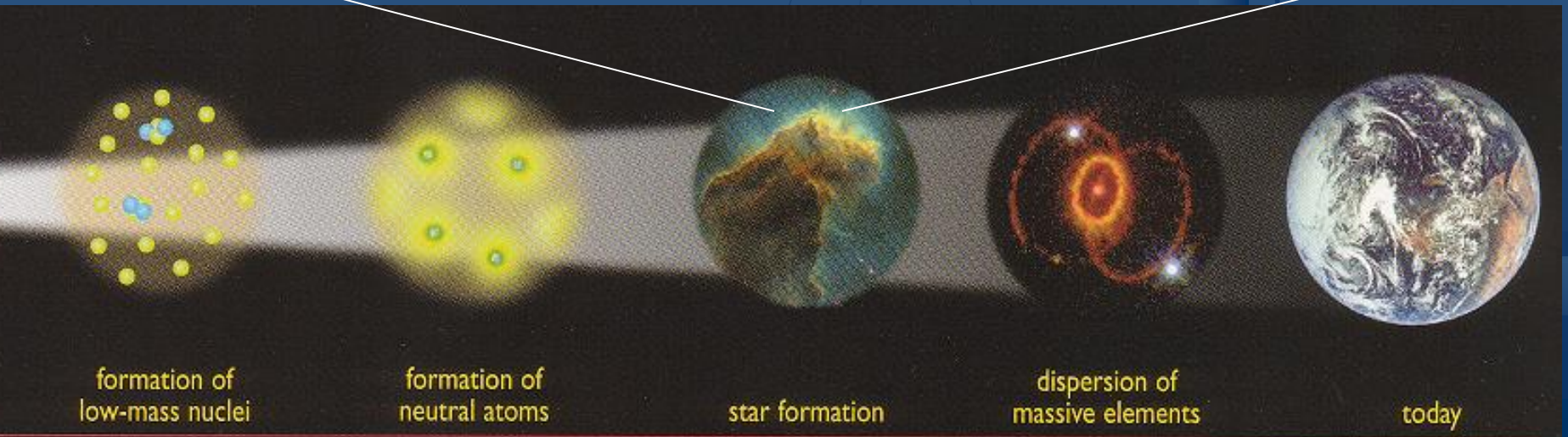
軽い原子

星

星の中でゆっくり進む元素合成

- 核融合のエネルギーで星が輝き始める





自然は鉄になりたがる，
最も安定（エネルギーが得する）元素

じゃーこれで生命も出来るの？
金、銀、ウラニウ

ビッグバンと星の成長で出来る元素

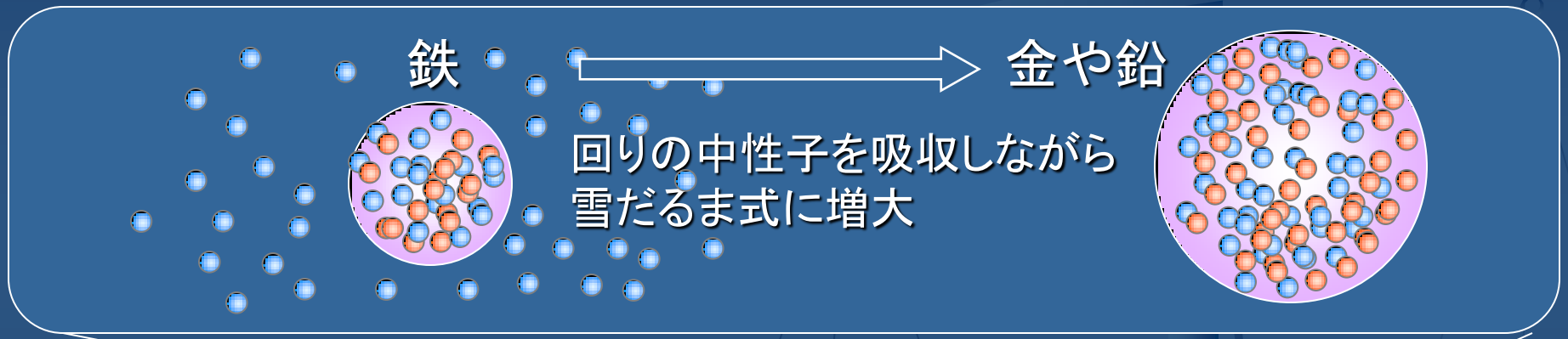
超新星爆発で出来る元素

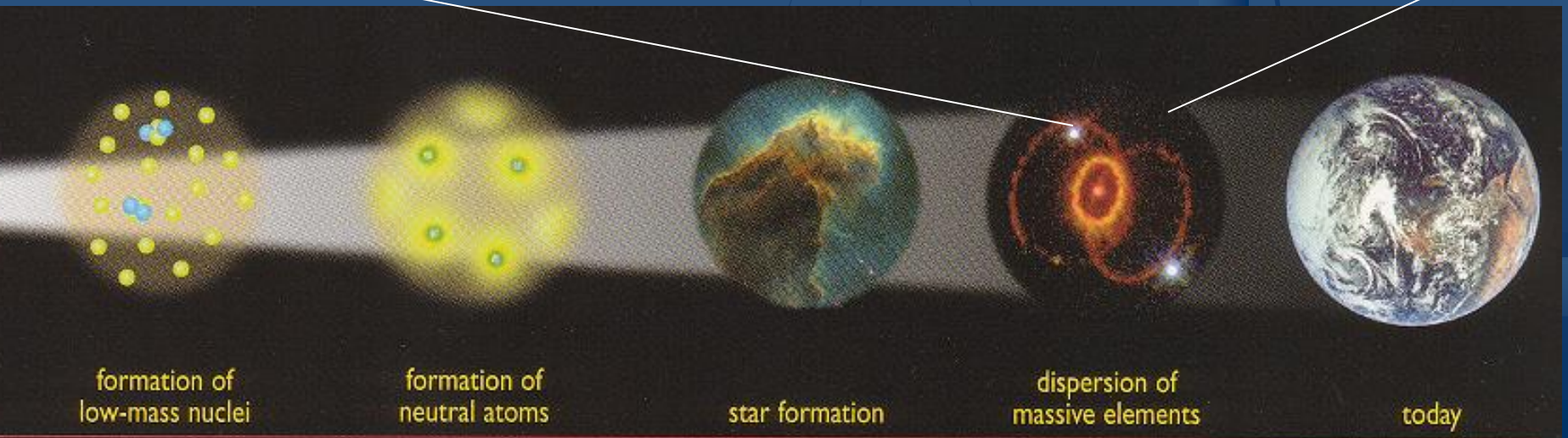
またもや ドカンと超新星爆発
中性子性合体という説もある

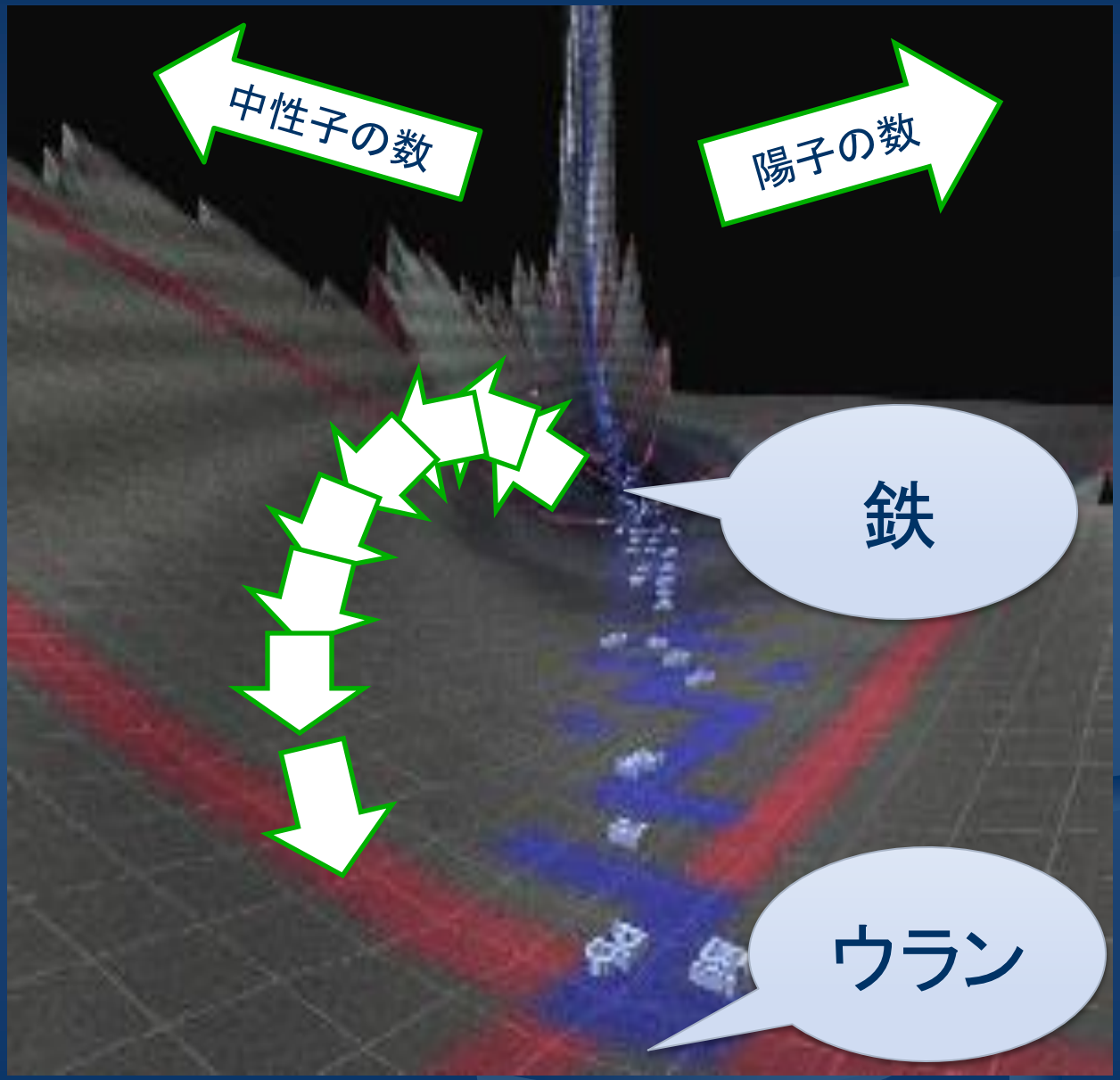
ケプラーの超新星 (SN 1604) の超新星残骸。スピッツァー宇宙望遠鏡、ハッブル宇宙望遠鏡およびチャンドラX線天文台による画像の合成画像。

超新星爆発中で高速に進む元素合成

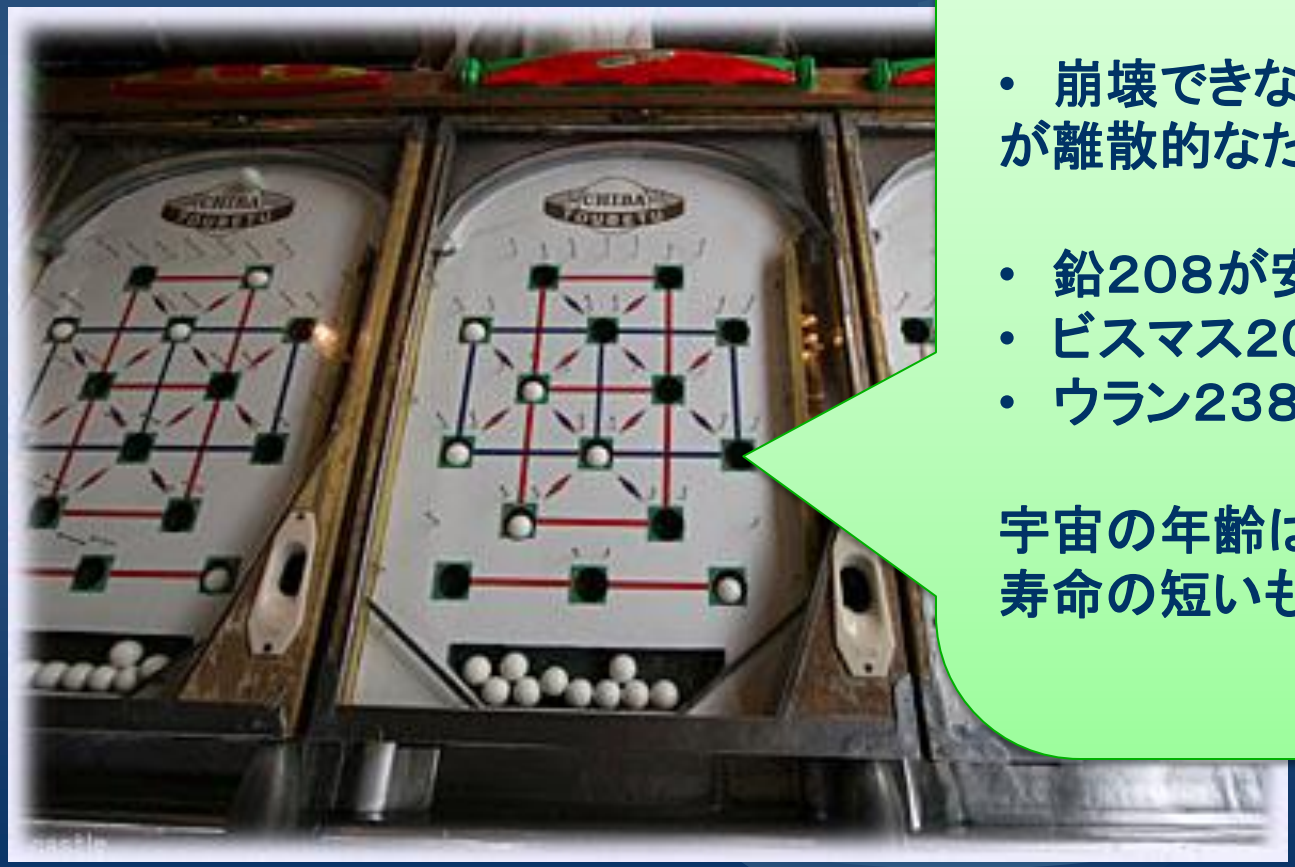
- 爆発途中で中性子がたくさんいるような状況






中性子の数
陽子の数
鉄
ウラン

なんで全部が「鉄」にならないのでしょう



- 安定な原子核の落とし穴に落ちる

- 崩壊できなくなる（原子核構造が離散的なため）

- 鉛208が安定で最も重い
- ビスマス209は2×10^{19}年
- ウラン238は44×10^{8}年

宇宙の年齢は137×10^{8}年
寿命の短いものは消えちゃった

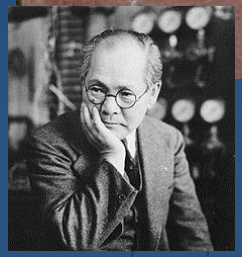
ニホニウムに届いたか？

$^{209}Bi + ^{70}Zn \rightarrow ^{278}113 + n$

$^{249}Bk + ^{48}Ca \rightarrow 4n$

$^{243}Am + ^{48}Ca \rightarrow 2n$

^{113}Nh, ニホニウム　トリビア



- 1908年、東北大学教授・小川正孝は43元素を発見、ニッポニウム（Np)となずけました。昔の周期表にはニッポニウムが載っていた。

- ところが、43番元素は、不安定で天然には存在しなかった。小川の見つけたのは、75番元素だった。レニウム（Re)と後に名付けられる。
- 43番元素は、テクネシウム（Tc)と後に名付けられた

- 1940年に理研の仁科芳雄は93番元素の作り出すことに成功するも、化学的な分離・同定ができずに命名権を逃す。
- 93番元素はネプツニウム（Np !!!)と名付けられる。

- 名前、ニッポニウムと記号Npはもう使えない。

- 過去の先達に思いをはせ、
- 「ニホニウム」と名付けた。

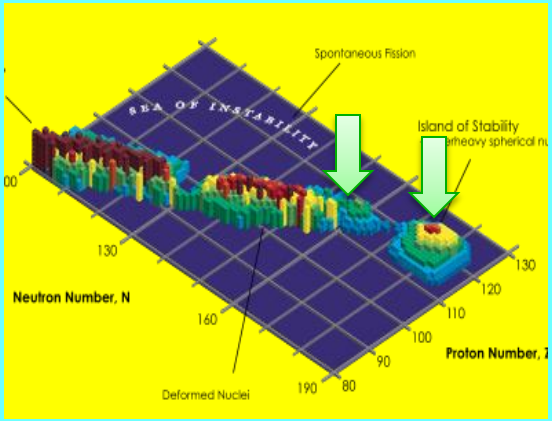
	name		symbol	
1	ジャポニウム	○	Jp	○
2	ニッポニウム	×	Np	×
3	ニホニウム	○	Nh	○

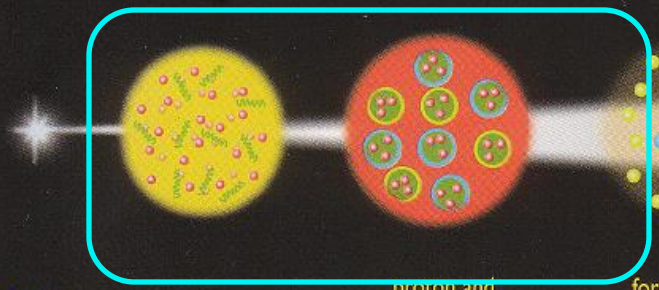
理研研究

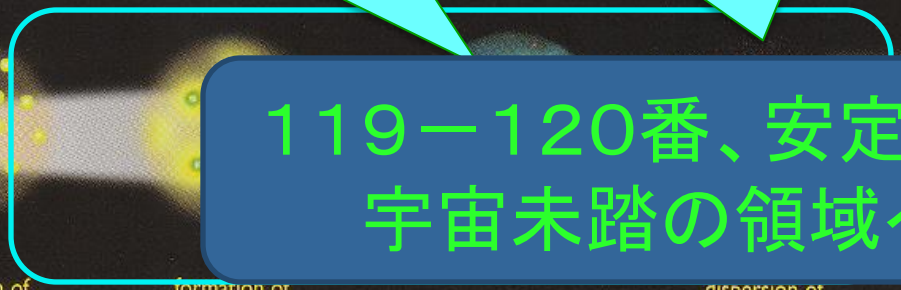
宇宙開闢100万分の1秒の
世界を再演

元素創成の世界を再演

元素の存在限界へ







119－120番、安定の島
宇宙未踏の領域へ

クォークとグルーオンの
スープから陽子・中性子へ

軽い原子から星へ、星の中で鉄へ、
超新星爆発で重い原子核へ