

# 生活の中の物理学

## Physics in Everyday Phenomena

第15回 2026/1/19

### 第7章 原子力 核エネルギー

真貝 寿明

Hisaki Shinkai



[真貝の武庫川講義ページ](#) top



<https://www.oit.ac.jp/labs/is/system/shinkai/mukogawa/>

# レポート「疑似科学」 力作たくさんありました.

皆さんのが取り上げた話題・・・けっこうありますねえ

血液型性格診断

MBTI 診断, 性格診断

EM菌

空間除菌

マイナスイオン健康効果説

デトックス効果

機能性表示食品

リカバリーウェア

転向療法

地震雲

ダウジング

占い

牛乳有害説

浄水

水素水

水からの伝言

# レポート「疑似科学」 関連ワード

## バーナム効果 Barnum effect

誰にでも当てはまりそうな性格などの特徴を言われた人が、自分にズバリ当てはまっていると勘違いしてしまう現象

星占いなど

興行師 P・T・バーナムの "we've got something for everyone"(誰にでも当てはまる要点というものがある)という言葉に因む。

## placebo effect

偽薬を処方しても、薬だと信じ込む事によって何らかの改善がみられること

薬の治験手段

ラテン語: placēbō [plake:bo:]('私は喜ばせる'の意)が語源

## レイク・ウォビゴン効果 The Lake Wobegon effect

「自分は他の人と比べると、平均以上である」と自己評価を過大に捉える認知バイアス

「自分はコロナに感染しない」 根拠のない過信

## 疑似科学に騙されないためには？

- SNS, Googleの検索結果を鵜呑みにしないこと
- 科学の成果、という宣伝語句を盲目に信じないこと
- 自己訂正、再調査、論破するより確証を得る努力をすること
- 対象として多いのは、健康・災害・性格診断など、不安を煽りやすいもの。
- 気をつけるべきワードとしては「波動」「共鳴」「抗酸化作用」「クラスター」「エネルギー」「活性化」「免疫力」「即効性」「万能」「天然」などが挙げられる。これらのワードは偽科学を用いた商法で良く使われるので注意すると良い。

3. “モーヤルトの曲線を使わせても植物を育つからよく育つ” はなぜのようすが原理ですか。

# A Rough Guide to SPOTTING BAD SCIENCE

Being able to evaluate the evidence behind a scientific claim is important. Being able to recognise bad science reporting, or faults in scientific studies, is equally important. These 12 points will help you separate the science from the pseudoscience.

## 1. SENSATIONALISED HEADLINES



Article headlines are commonly designed to entice viewers into clicking on and reading the article. At times, they can over-simplify the findings of scientific research. At worst, they sensationalise and misrepresent them.

## 7. UNREPRESENTATIVE SAMPLES USED



In human trials, subjects are selected that are representative of a larger population. If the sample is different from the population as a whole, then the conclusions from the trial may be biased towards a particular outcome.

## 2. MISINTERPRETED RESULTS



News articles can distort or misinterpret the findings of research for the sake of a good story, whether intentionally or otherwise. If possible, try to read the original research, rather than relying on the article based on it for information.

## 8. NO CONTROL GROUP USED



In clinical trials, results from test subjects should be compared to a 'control group' not given the substance being tested. Groups should also be allocated randomly. In general experiments, a control test should be used where all variables are controlled.

## 3. CONFLICTS OF INTEREST



Many companies will employ scientists to carry out and publish research - whilst this doesn't necessarily invalidate the research, it should be analysed with this in mind. Research can also be misrepresented for personal or financial gain.

## 9. NO BLIND TESTING USED



To try and prevent bias, subjects should not know if they are in the test or the control group. In 'double blind' testing, even researchers don't know which group subjects are in until after testing. Note, blind testing isn't always feasible, or ethical.

## 4. CORRELATION & CAUSATION



Be wary of any confusion of correlation and causation. A correlation between variables doesn't always mean one causes the other. Global warming increased since the 1800s, and pirate numbers decreased, but lack of pirates doesn't cause global warming.

## 10. SELECTIVE REPORTING OF DATA



Also known as 'cherry picking', this involves selecting data from results which supports the conclusion of the research, whilst ignoring those that do not. If a research paper draws conclusions from a selection of its results, not all, it may be guilty of this.

## 5. UNSUPPORTED CONCLUSIONS



Speculation can often help to drive science forward. However, studies should be clear on the facts their study proves, and which conclusions are as yet unsupported ones. A statement framed by speculative language may require further evidence to confirm.

## 11. UNREPLICABLE RESULTS



Results should be replicable by independent research, and tested over a wide range of conditions (where possible) to ensure they are consistent. Extraordinary claims require extraordinary evidence - that is, much more than one independent study!

## 6. PROBLEMS WITH SAMPLE SIZE



In trials, the smaller a sample size, the lower the confidence in the results from that sample. Conclusions drawn can still be valid, and in some cases small samples are unavoidable, but larger samples often give more representative results.

## 12. NON-PEER REVIEWED MATERIAL



Peer review is an important part of the scientific process. Other scientists appraise and critique studies, before publication in a journal. Research that has not gone through this process is not as reputable, and may be flawed.



© COMPOUND INTEREST 2015 - WWW.COMPOUNDCHM.COM | @COMPOUNDCHM  
Shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.



「ダメな科学」を見分けるためのおおまかな指針

# •BAD SCIENCE•

## 1. 扇情的な見出し



記事の見出しは往々にして、読者に「クリックしたい」「読みたい」と思わせるように作られています。研究結果が単純化されすぎているのはまだマシな方で、ひどい場合には、内容が誇張されたり、歪められていたりします。

## 2. 結果の曲解



意図的かどうかはともかく、ニュース記事では、「よくできた話」にするために、研究結果をねじ曲げたり、曲解したりしていることがあります。記事を鵜呑みにせず、できれば、研究内容の原典を読んでみましょう。

## 3. 利益相反



多くの企業が、研究や論文発表のために科学者を雇っています。そういう研究が必ずしも無効であるとはいえませんが、そのことを急頭において解釈する必要があります。また、個人的または金銭的な利益のために、研究内容が偽って伝えられることもあります。

## 4. 相関関係と因果関係の混同



相関関係と因果関係を混同しないように注意しましょう。「二つの変数が相関関係ある」とことは、必ずしも「一方が他方の原因である」ことを示しません。地球温暖化は1800年代から進行しており、同時に海賊の数も減少していますが、海賊不足は地球温暖化の原因ではありません。

## 5. 推測表現



研究結果からの推測は、まさに、単なる推測でしかありません。「だろう」「かもしれない」「可能性がある」等の言葉には警戒しましょう。このような表現が用いられている場合、その結論の確かな証拠が研究によって得られているとは考えにくくなります。

## 6. 小さすぎるサンプルサイズ



試験では、サンプルサイズが小さくなるほど、得られる結果の信頼性が低くなります。サンプルサイズが小さくなるのを避けられない場合もありますが、そこから導き出された結論については、上記のことを急頭に置いて検討するべきです。サンプルサイズを大きくすることが可能なのにそれを避けている場合には、疑惑を抱く理由になるかもしれません。

CI 2014 COMPOUND INTEREST - WWW.COMPOUNDCHM.COM TRANSLATION: USAUSA-MEMO CC BY NC ND

## 7. 代表的でないサンプル



ヒトを対象とした試験において、研究者は、母集団を代表するような個人を抽出するよう努めています。もしサンプルが母集団全体と異なるものであれば、試験の結論もたぶん異なってしまうでしょう。

## 8. 対照群がない



臨床試験においては、試験の対象となる物質を投与した「実験群」と、投与しない「对照群」の結果を比較しなければなりません。また、実験群と对照群は、無作為に割り付けなければなりません。一般的な実験では、変数をすべて統制したものを対照実験とします。

## 9. 盲検試験が行われていない



バイアスを排除するために、自分が実験群なのか対照群なのかを被験者に知らせてはいけません。二重盲検試験では、研究者でさえも、試験終了までは、どの被験者がどちらの群かを知りません。(注意) 盲検試験が必ずしも実現可能、あるいは倫理的でないことがあります。

## 10. 結果のいいとこ取り



データの中から、結論を支持するようなものを採用し、そうでないものを無視するやりかたです。すべての結果ではなく、選択した結果から結論を導いている研究論文は、「いいとこ取り」をしているかもしれません。

## 11. 結果に再現性がない



結果は独立した研究によって再現されなければなりません。また、一般性を保証するためには、(可能な範囲で)さまざまな条件で確認されなければなりません。途方もない主張には、それ相応の証拠が求められますつまり、1つの研究だけでは、まったく不十分です！

## 12. ジャーナルと引用数



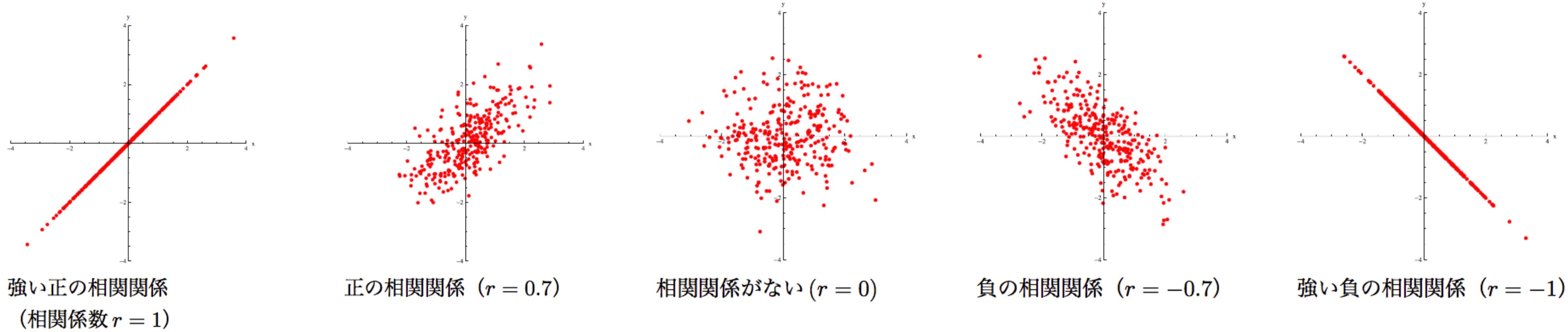
主要なジャーナル(専門誌)に発表された研究は、査読の過程を経たものですが、それでもまだ不備がある可能性はありますから、このガイドラインに書かれている注意点を急頭に置いて評価しなければなりません。同様に、その研究の引用数が多いからといって、必ずしも高く評価されているとは言えないこともあります。

<http://www.compoundchem.com>

<http://www.compoundchem.com/2014/04/02/a-rough-guide-to-spotting-bad-science/>

<d.hatena.ne.jp/usausa1975/20140624/p1>

# 相関, 相関係数



## 定義 4.2 (相関係数)

$x$  と  $y$  の対からなる標本  $(x_i, y_i) (i = 1, \dots, n)$  の相関係数  $r$  を

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[ \sum_i (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[ \sum_i (y_i - \bar{y})^2 \right]}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} S_{yy}}} \quad (4.2.4)$$

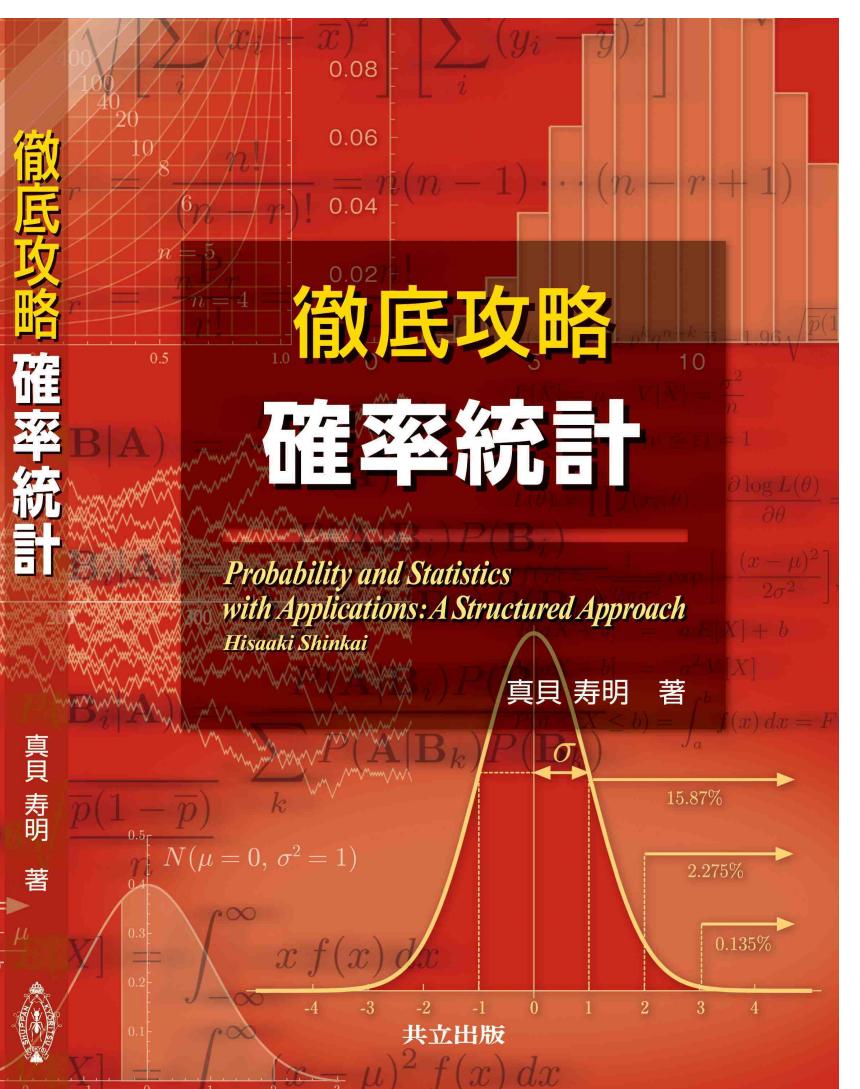
とする。相関係数は、常に

$$-1 \leq r \leq 1 \quad (4.2.5)$$

であり、とくに次のような関係を示す。

$$\begin{cases} r = 1 \text{ のとき} & \text{正の相関が最も強い (ぴったり直線の関係)} \\ r = 0 \text{ のとき} & \text{相関関係がない} \\ r = -1 \text{ のとき} & \text{負の相関が最も強い (ぴったり直線の関係)} \end{cases}$$

$ r  = 0.00 \sim 0.20$
$\Rightarrow$ ほとんど相関なし
$ r  = 0.20 \sim 0.40$
$\Rightarrow$ 弱い相関がある
$ r  = 0.40 \sim 0.70$
$\Rightarrow$ 相関がある
$ r  = 0.70 \sim 1.00$
$\Rightarrow$ 強い相関がある



# 親と子供の身長に相関はあるか

例題 4.1 次のデータは、父親・母親とその成人した子供の身長データ (cm) である。

- (1) 父親データの標本平均、標本分散、標準偏差を求めよ。
- (2) 母親データの標本平均、標本分散、標準偏差を求めよ。
- (3) 息子データの標本平均、標本分散、標準偏差を求めよ。
- (4) 娘データの標本平均、標本分散、標準偏差を求めよ。

$i$	父親身長 $x_i$	母親身長 $y_i$	息子身長 $z_i$	娘の身長 $w_i$
1	171	150	163	154
2	174	149	168	153
3	172	151	169	153
4	172	156	162	158
5	170	153	172	155
6	173	153	174	158
7	173	160	175	165
8	176	155	168	163
9	178	160	175	165
10	175	162	172	164
11	170	160	178	162
12	181	155	172	162
13	183	156	185	160
14	171	154	173	163
15	173	159	166	162
16	175	150	167	160
17	170	160	173	163
18	169	161	170	164
19	175	152	178	159
20	165	155	168	160

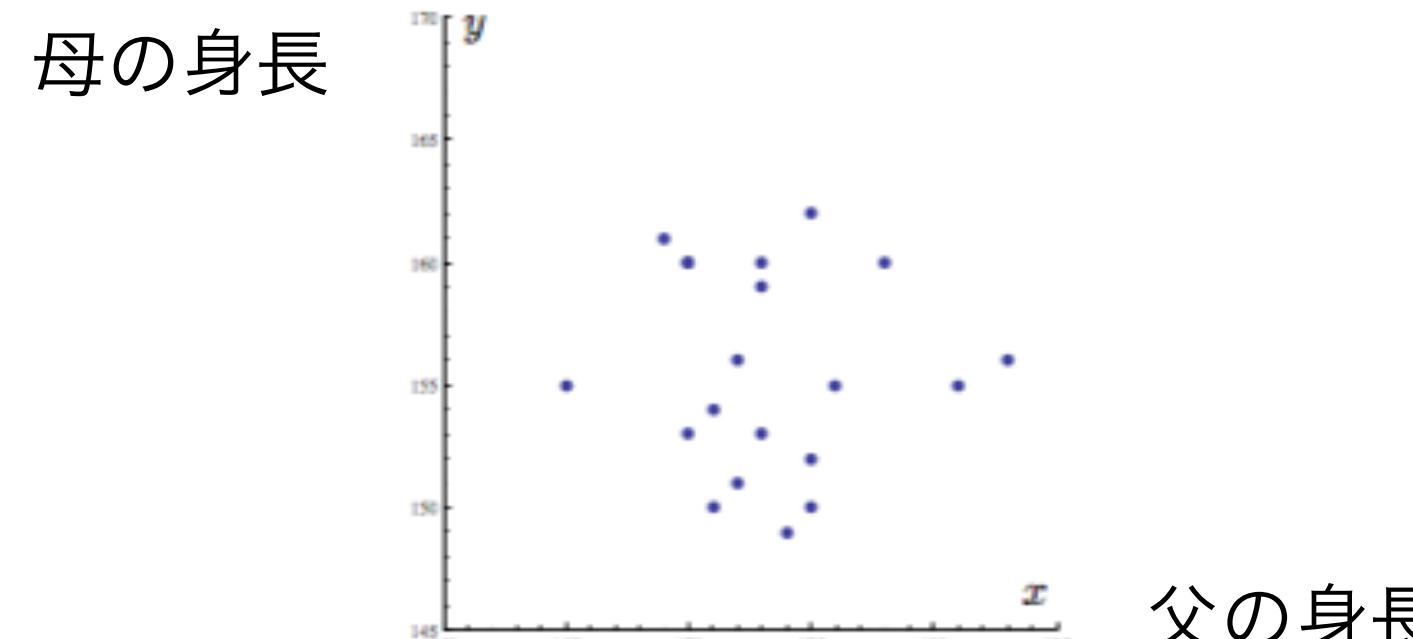
	標本平均	標本分散	標準偏差
父親 $x_i$	$\bar{x} = 173.3$	$S_x^2 = 17.17$	$\sigma_x = 4.14$
母親 $y_i$	$\bar{y} = 155.6$	$S_y^2 = 16.68$	$\sigma_y = 4.08$
息子 $z_i$	$\bar{z} = 171.4$	$S_z^2 = 29.52$	$\sigma_z = 5.43$
娘 $w_i$	$\bar{w} = 160.2$	$S_w^2 = 15.19$	$\sigma_w = 3.89$

例題 4.3 例題 4.1 の親と子供の身長データを用いて、父親・母親・息子・娘 のうちから 2 者を取り出し、相関係数をそれぞれ求めよ。

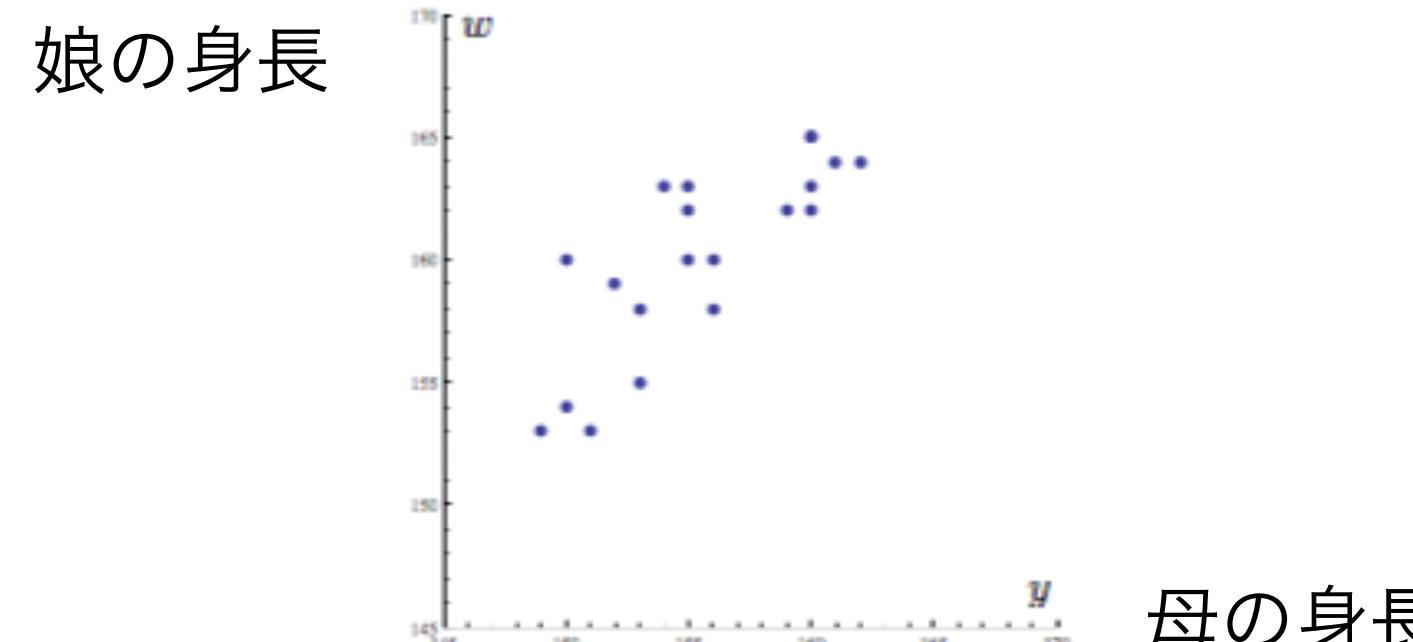
表形式にして相関係数をまとめると、次のようになる。

	父親 $x$	母親 $y$	息子 $z$	娘 $w$
父親 $x$	—	-0.029	0.427	0.154
母親 $y$		—	0.288	0.811
息子 $z$			—	0.325
娘 $w$				—

父親と母親のデータ分布図



母親と娘のデータ分布図



# 「相関がある」と「因果関係がある」は異なる

「身長と体重には相関がある」

→ 身長が高いことが体重が重い原因 ではない

「消防士が多い火災現場ほど火事の規模が大きい」

→ 消防士が火災の原因である ではない

「アイスクリームの売れ行きが良い時期には、プールでの溺死事故の件数が多い」

→ アイスクリームが溺死の原因である ではない

単なる偶然

擬似相関

理由が 1 つと決めてかかるリスク

# 最終まとめ確認レポート

## 課題

- 1 以下の問題(1)-(6)より、2つ選んで解答せよ。(A4 1~1.5枚程度)
- 2 以下の問題(7)-(12)より、2つ選んで解答せよ。(A4 1~1.5枚程度)
- 3 講義で紹介した話に関連して(あるいは発展して)、自分で興味をもって調べたことを説明せよ。(枚数自由)

## 問題

- (1) 普段の生活では摩擦がはたらくために、「力がはたらかなければ等速運動を続ける」という慣性の法則に気づかない。ガリレオはどのようにしてこの法則を説明したか。
- (2) 運動方程式で力をゼロとすれば加速度はゼロになる。つまり、慣性の法則を再現するが、ニュートンの運動法則として、慣性の法則が独立している理由は何か。
- (3) (a) 力学的エネルギー保存則、(b) 運動量保存則、(c) 角運動量保存則。それぞれを例を挙げて説明せよ。
- (4) 地球を周回する宇宙ステーション内は無重量状態になっている。地球を周回する飛行機内では無重量状態にならない。これらの理由は何か。
- (5) 湿った空気が高圧で詰め込まれたペットボトルのふたを開けると、一瞬にして霧ができた。理由を説明せよ。
- (6) 空気抵抗、水流の抵抗に対する身の回りに見られる工夫を挙げよ。
- (7) 同じ長さで、両端が開放された筒と片方をふさいだ筒がある。生じる基本振動について説明し、どちらが高音になるか結論せよ。
- (8) 共振とは何か。原理と例を説明せよ。
- (9) オーロラができるしくみを説明せよ。また、日本のような低緯度地域でもオーロラが見られる条件は何か。
- (10) 交通系 IC カードのしくみについて説明せよ。
- (11) 電流の正体が電子であることはどのようにしてわかったか、実験の原理を説明せよ。
- (12) 放射性物質の半減期とは何か。また、炭素を用いた年代測定について説明せよ。

**成績30点分**

## 作成要領

- 参考とした文献(web ページ含む)などがあれば、必ず記すこと。剽窃行為が認められる場合は評価を下げます。(参考文献から引用するのは構いませんが、引用範囲は必ずそう明記すること。)
- インターネット上の文献を引用するときは、書き手が不明な個人のものは避けること。
- 表紙は不要。必要であれば、図や表を添付してよい(ページ枚数に含める)。

## 提出手順

- Google Classroom の課題として提出。手書きの場合は写真撮影したものを提出
- 提出〆切は、**2026年1月30日(金) 22:59**
- 提出ファイルの名前は、「大日 XXXXXXXX ○○○○」の形式とすること。(XXXXXXX は学籍番号、○○○○は氏名) とすること。ファイル名には空白を入れず、学籍番号は半角で。
- ファイル内の初めにも、タイトル・学部学科学年・学籍番号・氏名を記載すること。

# 前回のミニツツペーパーから

目に見えないことの研究はロマンがありますね

花火は横から見るとどう見えますか



ロマンとは何ですか？

AIによる概要

「ロマン（浪漫）」とは、夢や理想、冒険への強い憧れを指し、現実離れした壮大な物語や、感情を揺さぶるような非日常的な体験・雰囲気そのものを表す言葉です。語源はフランス語の「roman（小説）」で、中世の伝奇小説（ロマンス）から来ており、\*\*「理想的な物語」「小説」という意味から、「夢見心地な心情」\*\*へと意味が広がりました。

## 主な意味と使い方

- 夢や理想、憧れ：未知への探求、壮大な旅、胸の高鳴りなど、現実を超えた感情を指す。「男のロマン」のように使われることもある。
- 物語性・情緒：現実にはない幻想的で美しい情景や、心惹かれる物語自体を指す。「ロマンチック」は「ロマン」を感じさせる状態を表す形容詞。
- (本来の) 小説：フランス語の「roman」が由来で、中世の伝奇小説や長編小説を指す。

花火は、火薬の爆発で全方向に広がっていくもの。  
ですので、遠くから見えていると円形ですが、実際は球形です。

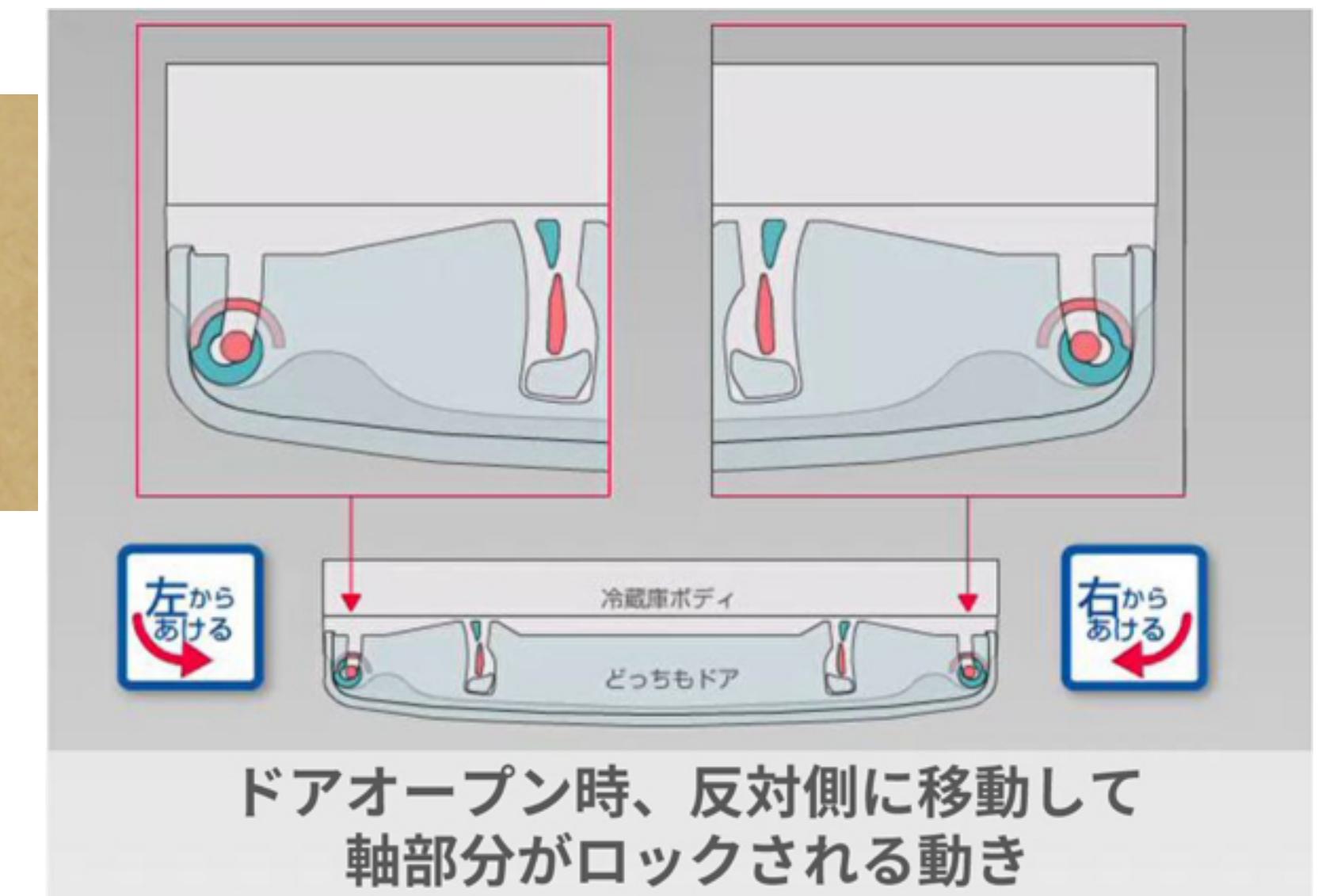
# 前回のミニツツペーパーから

冷蔵庫のドアがピタッと閉まるのはなぜか



ドアについているゴム製のパッキンで、冷気が逃げないようにするとともに、  
ドアを固定する磁石へのピタッと感を出しているのだと思います。

個人的には、シャープの特許、左右どちらでも開くドアが好みです。  
開発秘話を読むと、ブローチの留め金にヒントを得たとか。



# 前回のミニツツペーパーから

運命の人と出会うといふのが恋愛マンガなどといふ小説が、どちらの確率で出来るものだろかと思つた。そもそも出会えるのかどうか

# 秘書選びの問題(Secretary Problem)

## お見合い戦略

1.4  $n$  人とお見合いをする。相手には自分に合う 1 位から  $n$  位までの順位がついている。順に 1 人づつと出会い、結婚するかどうかの判断を下す。(当然ながら一度相手を決めたらそこで終わりであり、一度見送ったらその相手とは再び出会えない)。最後の 1 人になった場合は、その相手と結婚することになる。次の戦略を考えた。

- 最初の  $a$ 人はすべて断る.
  - $a+1$ 人目からは、それまでよりも良い人が現れたら結婚する

第1位の人を選ぶ確率を高くするためには、 $a$ をどう決めたらよいのか

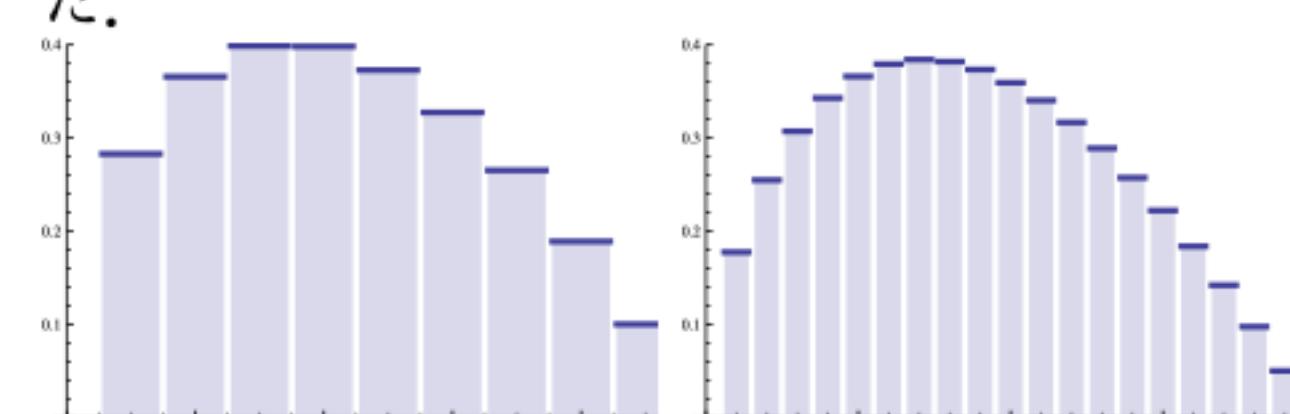
## 1.4 (お見合い戦略)

第1位の最良の人が登場する確率は毎回  $1/n$  である。戦略にしたがって、 $a$  人見送って、さらに  $i$  人見送ったとき、その次に最良の人が来る確率を考える。こうなるのは、見送ることになる  $a+i$  人の中でもっとも良い人が最初の  $a$  人の中にいる場合なので、その確率は、 $\frac{1}{n} \times \frac{a}{a+i}$  となる。したがって、この戦略で最良の人を選ぶ確率  $P(n, a)$  は

$$P(n, a) = \sum_{i=0}^{n-a-1} \frac{1}{n} \frac{a}{a+i}$$

$$= \frac{a}{n} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{a+1} + \cdots + \frac{1}{n-1} \right).$$

- $n = 10$  のときは  $P(10, 3) = 0.398$  が最も高い。  
 $n = 20$  のときは  $P(20, 7) = 0.384$  が最も高い。  
おおよそ  $1/3$  ほどはじめに見送るのが良さそうだ



- 詳しくは、森口繁一ほか編著「生きている数学」(培風館、1979年) 参照

# 前回のミニツツペーパーから

[14-1]電場(電界)と磁場(磁界)は相互に作用する。

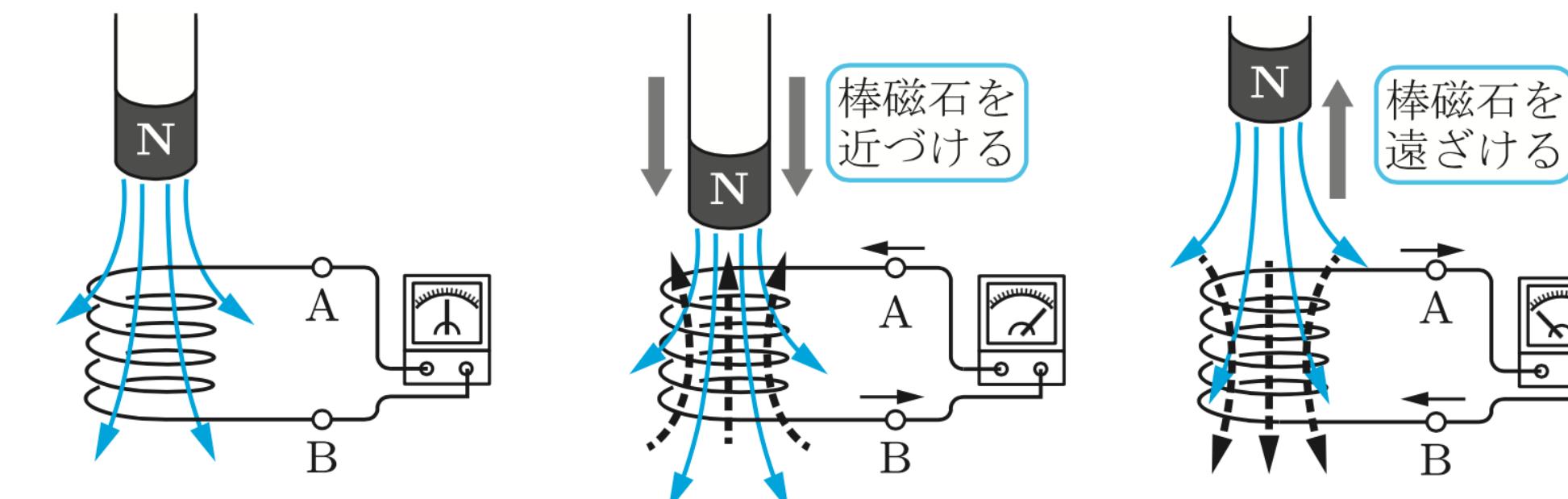
ファラデーの[ (a) 電磁誘導 ]の法則によれば、コイル内の[ (b) 磁力線 ]の数が変化すると、コイルに起電力が発生する。コイル内の[ (b) ]の数が増えると、コイルは[ (c) 逆向きの磁力線を発生させる ]向きに起電力を発生する。この原理を利用したものに、[ (d) 発電機, ICカード, IHヒータ ]がある。

6. 電気と磁気 >> 6.3.4 電磁誘導

教科書 p216

## ファラデーの電磁誘導の法則

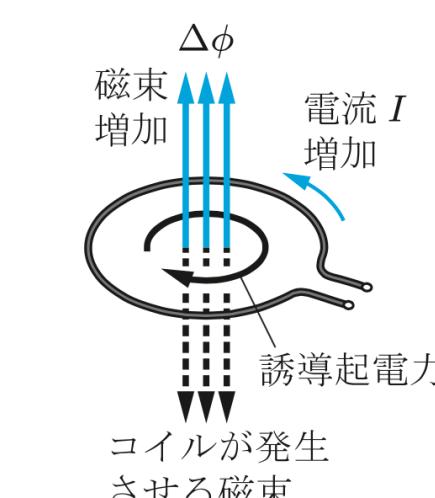
性質3: コイル内の磁力線の数を変化させると、  
誘導起電力が生じる。(電磁誘導の法則)



(a) 棒磁石を動かさない (b) 棒磁石を近づける (c) 棒磁石を遠ざける

電磁誘導や発電の仕組みや、身近な家電  
や発電方法とつなげて理解できて面白かった。  
原子力については少し難しかったので、具体的にもう  
少し知りたいと思いました。

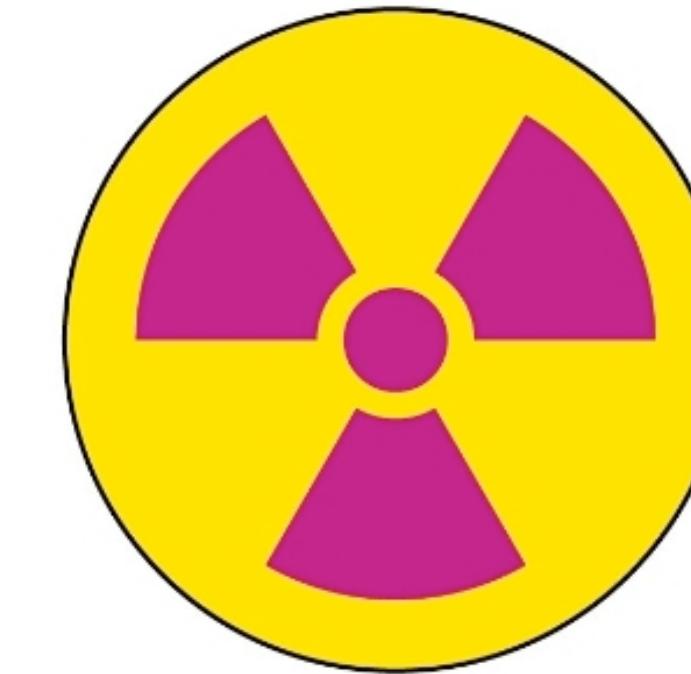
磁力線の数を保つように、  
逆向きの誘導起電力が生じる



28

原子力=「人類の夢の産物」

と言わされた時代もあった。



1895年 レントゲン 放射線発見

1945年 原子爆弾開発

1952年 水素爆弾開発

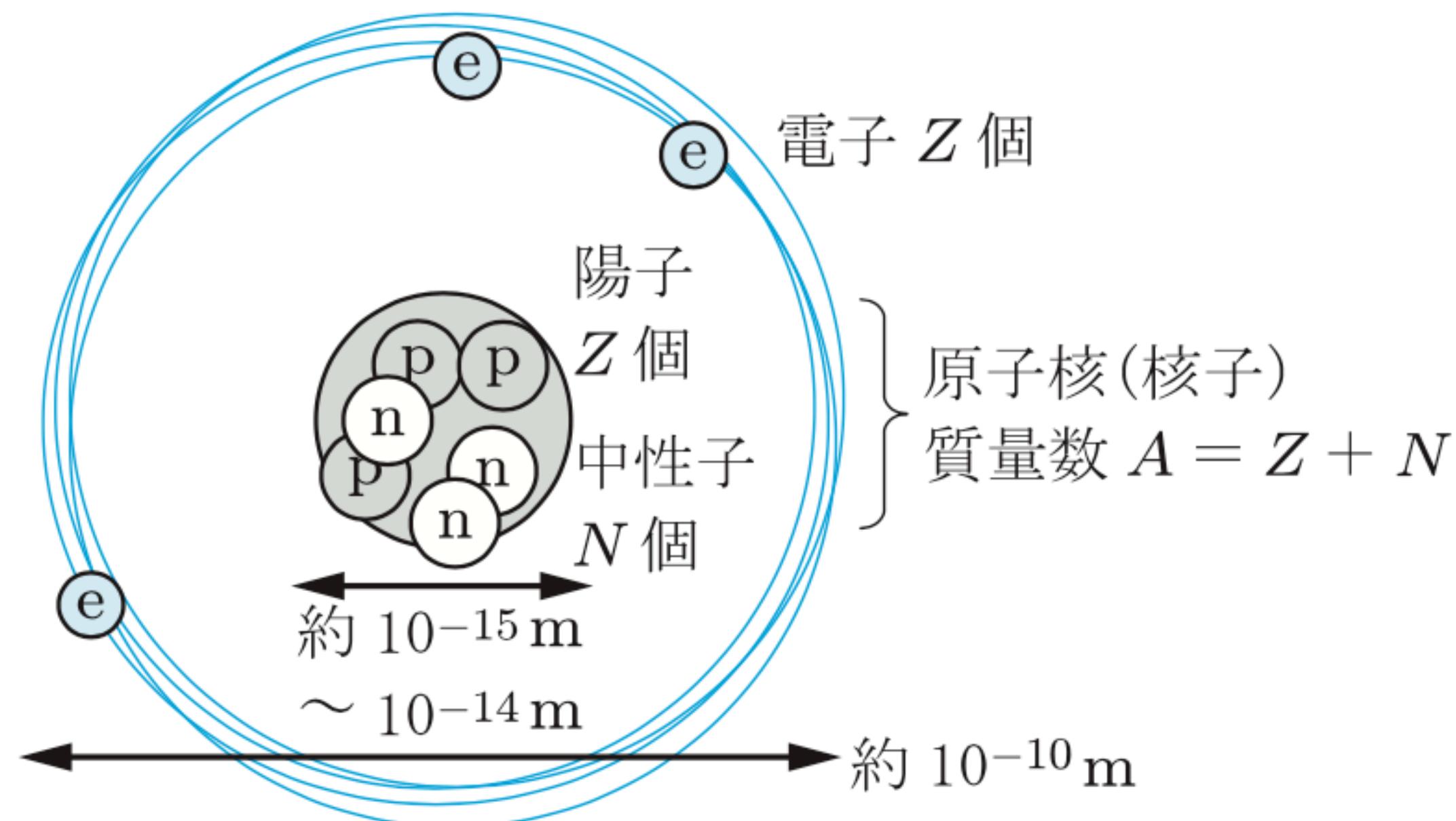
1954年 原子力発電開始（ソビエト）



2011年 東日本大震災 福島原発事故

1896年1月23日にレント  
ゲンが撮影した妻の手のX  
線写真。

# 原子核の構造



質量数  $A$   
(核子の数)  
↓  
 $^{12}_6 \text{C}$   
↑  
原子番号  $Z$   
(陽子の数)

表 7.1 電子、陽子、中性子のデータ

	記号	電気量	質量 [kg]	質量 [u]	質量比
電子	e	electron	$-e$	$9.10938188 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$1/1823 \text{ u}$
陽子	p	proton	$+e$	$1.67262158 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.00728 \text{ u}$
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.00866 \text{ u}$

## 定義 元素記号

元素記号  $X$  は、左上側に質量数 (=陽子数+中性子数)、左下側に原子番号 (=陽子数) を記入して、次のように表す。

$${}^A_Z X = \frac{\text{質量数}}{\text{原子番号}} \text{ 元素記号} \quad (7.1)$$

水素は  ${}_1^1 \text{H}$ 、ヘリウムは  ${}_2^4 \text{He}$ 、中性子は  ${}_0^1 \text{n}$  となる。水素の原子核は陽子そのものである。ヘリウムの原子核は  $\alpha$  粒子とも呼ばれる。

# 周期表 (periodic table)

教科書 vi—vii

Period	1	IA	18	VIII A
1	1s	1 H 水素 hydrogen 1.008	2 II A Be ベリリウム beryllium 9.012	He ヘリウム helium 4.003
2	2s	3 Li リチウム lithium 6.941	4 Be ベリリウム beryllium 9.012	5 B ホウ素 boron 10.81
3	3s	11 Na ナトリウム sodium 22.99	12 Mg マグネシウム magnesium 24.31	6 C 炭素 carbon 12.01
4	4s	19 K カリウム potassium 39.10	20 Ca カルシウム calcium 40.08	7 N 窒素 nitrogen 14.01
5	5s	37 Rb ルビジウム rubidium 85.47	38 Sr ストロンチウム strontium 87.62	8 O 酸素 oxygen 16.00
6	6s	55 Cs セシウム cesium 132.9	56 Ba バリウム barium 137.3	9 F フッ素 fluorine 19.00
7	7s	87 Fr フランシウム francium 223	88 Ra ラジウム radium 226	10 Ne ネオン neon 20.18
	† 5d	57–71 Cs ランタノイド lanthanides	72 Hf ハフニウム hafnium 178.5	13 Al アルミニウム aluminum 26.98
	‡ 6d	73 Ta タンタル tantalum 180.9	74 W タンゲステン tungsten 183.8	14 Si ケイ素 silicon 28.09
		75 Re レニウム rhodium 186.2	76 Os オスミウム osmium 190.2	15 P リン phosphorus 30.97
		77 Ir イリジウム iridium 192.2	78 Pt 白金 platinum 195.1	16 S 硫黄 sulfur 32.07
		79 Au 金 gold 197.0	80 Hg 水銀 mercury 200.6	17 Cl 塩素 chlorine 35.45
		81 Tl タリウム thallium 204.4	82 Pb 鉛 lead 207.2	18 Ar アルゴン argon 39.95
	7p	83 Bi ビスマス bismuth 209.0	84 Po ポロニウム polonium 209	31 Ga ガリウム gallium 69.72
		85 At アスタチン astatine 210	86 Rn ラドン radon 222	32 Ge ゲルマニウム germanium 72.64
		87 Nh ニホニウム nihonium 284	88 Fl フレロビウム flerovium 289	33 As ヒ素 arsenic 74.92
		89 Mc モスコビウム moscovium 288	90 Lv リバモリウム livermorium 292	34 Se セレン selenium 78.96
		91 Ts テネシン tennesine 293	92 Lu ルテチウム lutetium 175.0	35 Br オキシ bromine 79.90
		93 Ac アクチニウム actinium 227	94 Th トリウム thorium 232.0	36 Kr クリプトン krypton 83.80
	† 4f	95 Pa プロトアクチニウム protactinium 231.0	96 U ウラン uranium 238.0	37 Ga ガリウム gallium 69.72
	‡ 5f	97 Np ネプツニウム neptunium 237	98 Am アメリシウム americium 243	38 Ge ゲルマニウム germanium 72.64
		99 Cf カリホルニウム californium 251	100 Es エインスタイニウム einsteinium 252	39 As ヒ素 arsenic 74.92
		101 Fm フェルミウム fermium 257	102 Md メンデレビウム mendelevium 258	40 Se セレン selenium 78.96
		103 No ノーベリウム nobelium 259	104 Lr ローレンシウム lawrencium 262	41 Br オキシ bromine 79.90
				42 Kr クリプトン krypton 83.80
				43 Xe キセノン xenon 131.3
				44 La ランタン lanthanum 138.9
				45 Ce セリウム cerium 140.1
				46 Pr プラセオジム praseodymium 140.9
				47 Nd ネオジム neodymium 144.2
				48 Pm プロメチウム promethium 145
				49 Sm サマリウム samarium 150.4
				50 Eu ユウロピウム europium 152.0
				51 Gd ガドリニウム gadolinium 157.3
				52 Tb テルビウム terbium 162.5
				53 Dy ジスプロシウム dysprosium 164.9
				54 Ho ホルミウム holmium 167.3
				55 Er エルビウム erbium 168.9
				56 Tm ツリウム thulium 173.0
				57 Yb イッテルビウム ytterbium 173.0
				58 Lu ルテチウム lutetium 175.0

ランタノイド

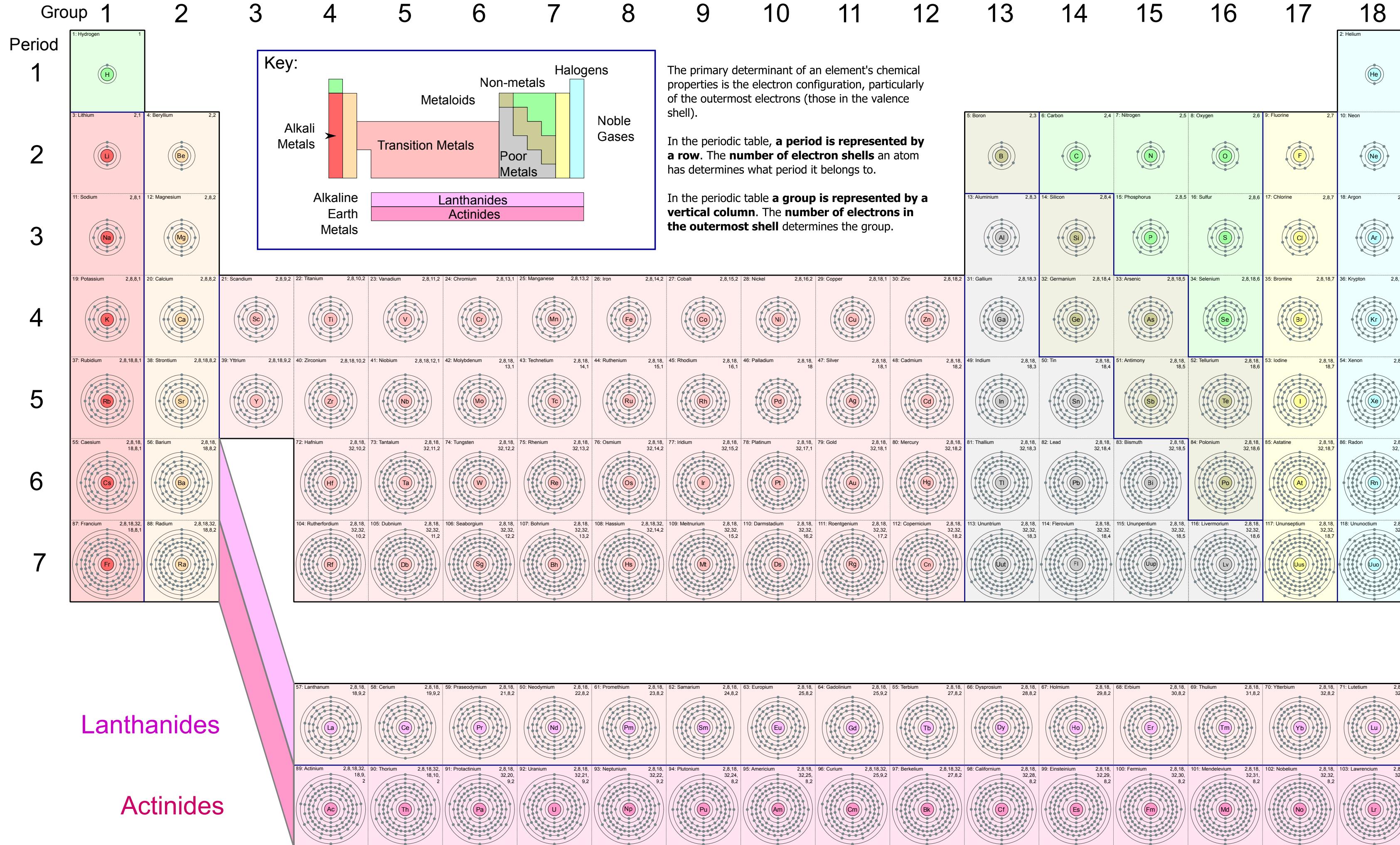
lanthanides  
(レアアース金属)  
(rare earth metals)

アクチノイド  
actinides

57 La ランタン lanthanum 138.9	58 Ce セリウム cerium 140.1	59 Pr プラセオジム praseodymium 140.9	60 Nd ネオジム neodymium 144.2	61 Pm プロメチウム promethium 145	62 Sm サマリウム samarium 150.4	63 Eu ユウロピウム europium 152.0	64 Gd ガドリニウム gadolinium 157.3	65 Tb テルビウム terbium 162.5	66 Dy ジスプロシウム dysprosium 164.9	67 Ho ホルミウム holmium 167.3	68 Er エルビウム erbium 168.9	69 Tm ツリウム thulium 173.0	70 Yb イッテルビウム ytterbium 173.0	71 Lu ルテチウム lutetium 175.0
89 Ac アクチニウム actinium 227	90 Th トリウム thorium 232.0	91 Pa プロトアクチニウム protactinium 231.0	92 U ウラン uranium 238.0	93 Np ネプツニウム neptunium 237	94 Pu ブルトニウム plutonium 239	95 Am アメリシウム americium 243	96 Cm キュリウム curium 247	97 Bk バークリウム berkelium 247	98 Cf カリホルニウム californium 251	99 Es エインスタイニウム einsteinium 252	100 Fm フェルミウム fermium 257	101 Md メンデレビウム mendelevium 258	102 No ノーベリウム nobelium 259	103 Lr ローレンシウム lawrencium 262

93番以降は、すべて人工合成されたもの

# Periodic Table Of Elements Showing Electron Shells



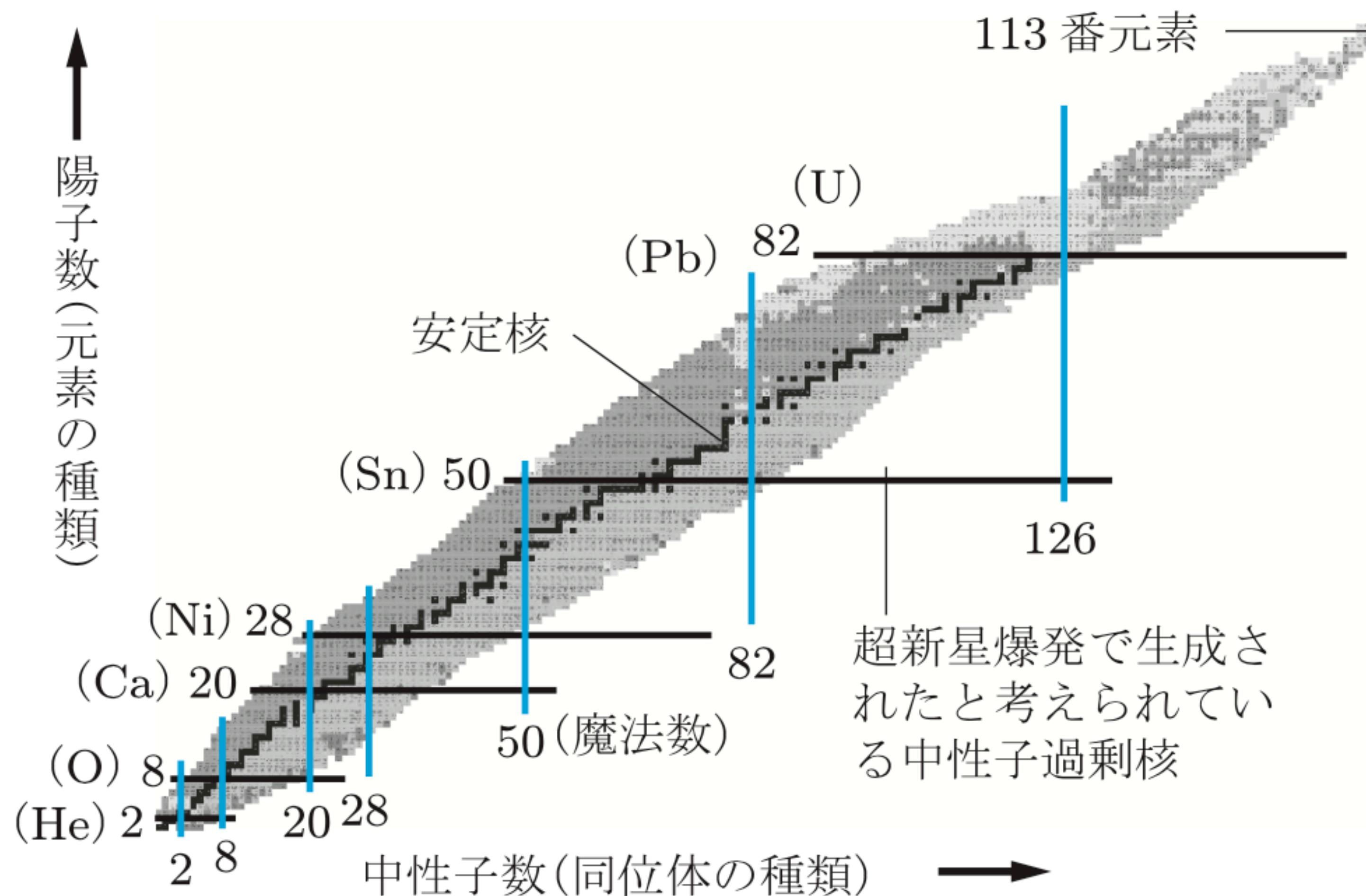
# 同位体 (isotope)

原子番号が同じでも、中性子数が違う原子が存在する。それらを**同位体**という。同位体には、安定なものと不安定で他のものに崩壊してゆくものがある。

表 7.2 同位体の例

名称		記号	陽子 の数	中性子 の数	質量 [u]	存在比	半減期
水素	水素 1 (軽水素)	${}_1^1\text{H}$	1	0	1.0078	0.999885	
	水素 2 (重水素)	${}_1^2\text{H}$ , D		1	2.0141	0.000115	
	水素 3 (三重水素)	${}_1^3\text{H}$ , T		2	3.0160	微量	12.32 年でヘリウム 3 に
炭素	炭素 12	${}_6^{12}\text{C}$	6	6	12	0.9893	
	炭素 13	${}_6^{13}\text{C}$		7	13.0034	0.0107	
	炭素 14	${}_6^{14}\text{C}$		8	14.0032	微量	5730 年で窒素 14 に
ウラン	ウラン 234	${}_{92}^{234}\text{U}$	92	142	234.0409	0.000054	25 万 5 千年でトリウム 230 へ
	ウラン 235	${}_{92}^{235}\text{U}$		143	235.0439	0.007204	7 億 380 万年でトリウム 231 へ
	ウラン 238	${}_{92}^{238}\text{U}$		146	238.0508	0.992742	44 億 6800 万年でトリウム 234 へ

## 核図表 (table of nuclides)



# 原子核の崩壊と放射線

## 放射線・放射能

自然界には、ウラン  $^{238}_{92}\text{U}$  やラジウム  $^{88}_{88}\text{Ra}$  のように、不安定な原子核があり、放置しておくと粒子や電磁波などの放射線を出して、別の原子核に変化する。この現象を放射性崩壊という。

### 定義 放射線・放射能

放射線は物質を透過する力をもった粒子の光線である。放射線は発見順に、 $\alpha$  線（正体は He 原子核）、 $\beta$  線（電子）、 $\gamma$  線（波長の短い電磁波、光）、X 線（波長の短い不可視な電磁波）などとよばれ、それぞれ透過力や磁場中での進み方が異なる。

放射線を出す性質のことを放射能といい、この能力をもった物質のことを放射性物質という。放射能をもつ同位体を放射性同位体という。

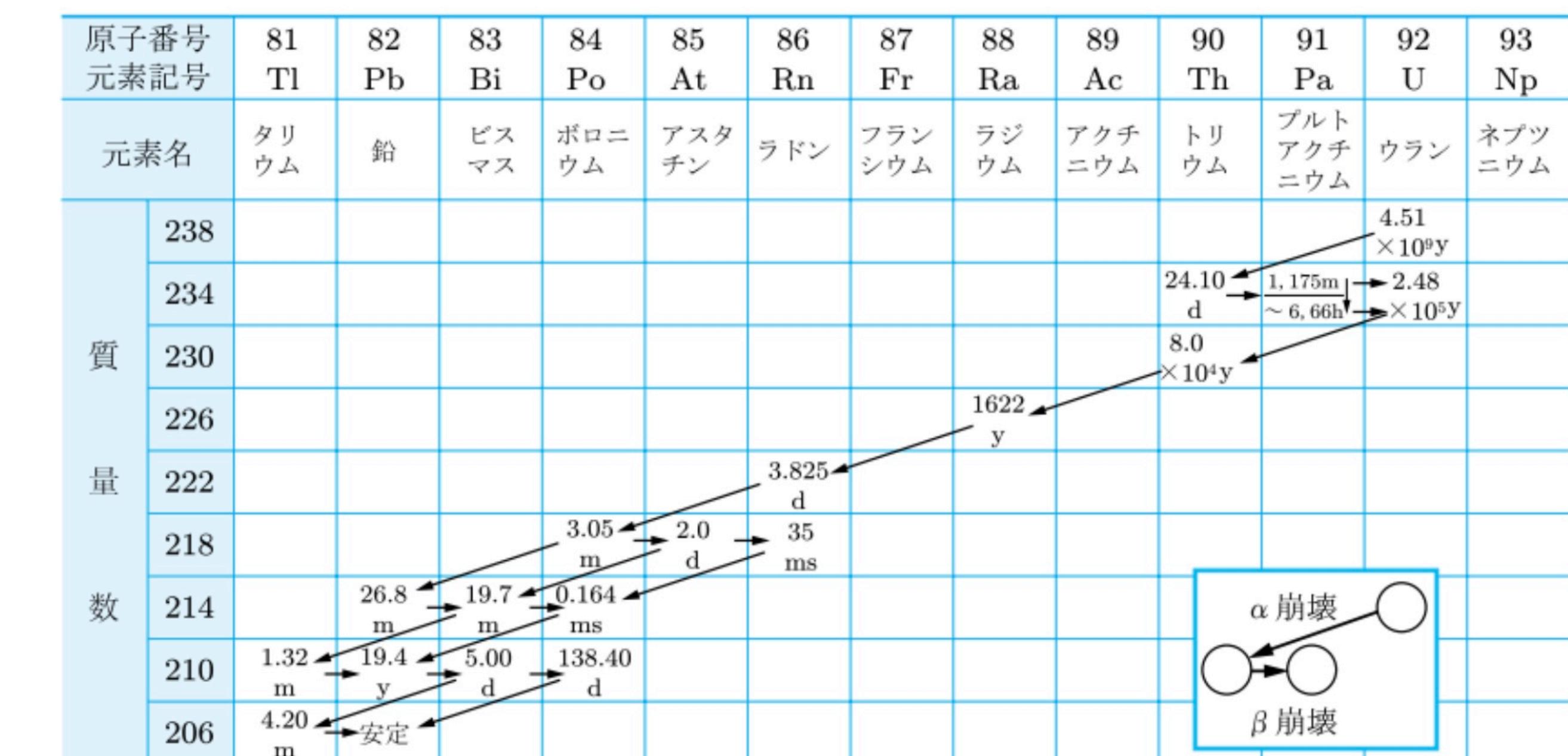
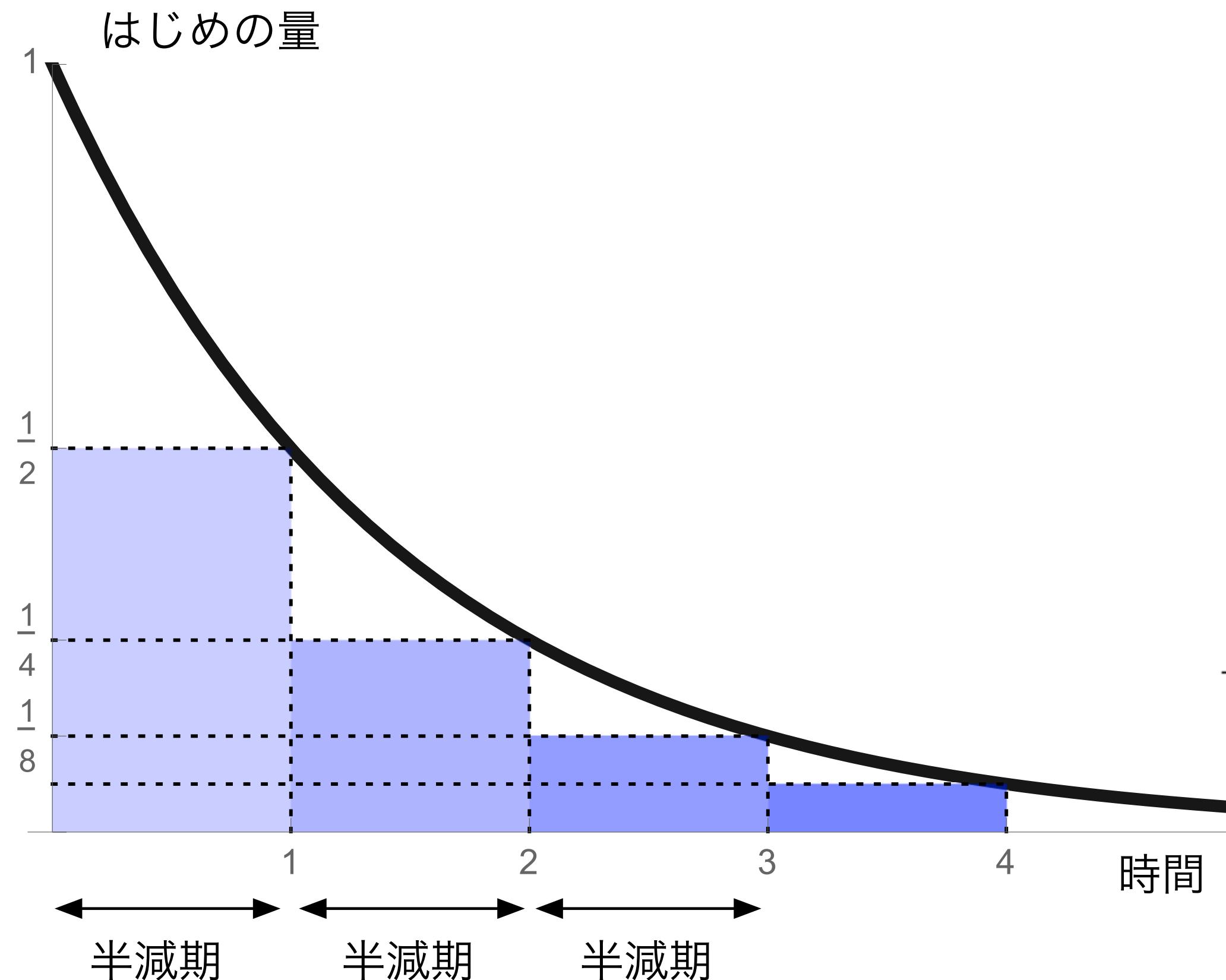


図 7.6 ウランから始まる崩壊系列 ウラン  $^{238}_{92}\text{U}$  は、 $\alpha$  崩壊してトリウム  $^{234}_{90}\text{Th}$  に変化する。その後、 $\beta$  崩壊してプロトアクチニウム  $^{234}_{91}\text{Pa}$  に変化する。その後も放射性崩壊を続け、長い年月の後、安定な鉛  $^{206}_{82}\text{Pb}$  に至る。

# 半減期 (half-decay time)



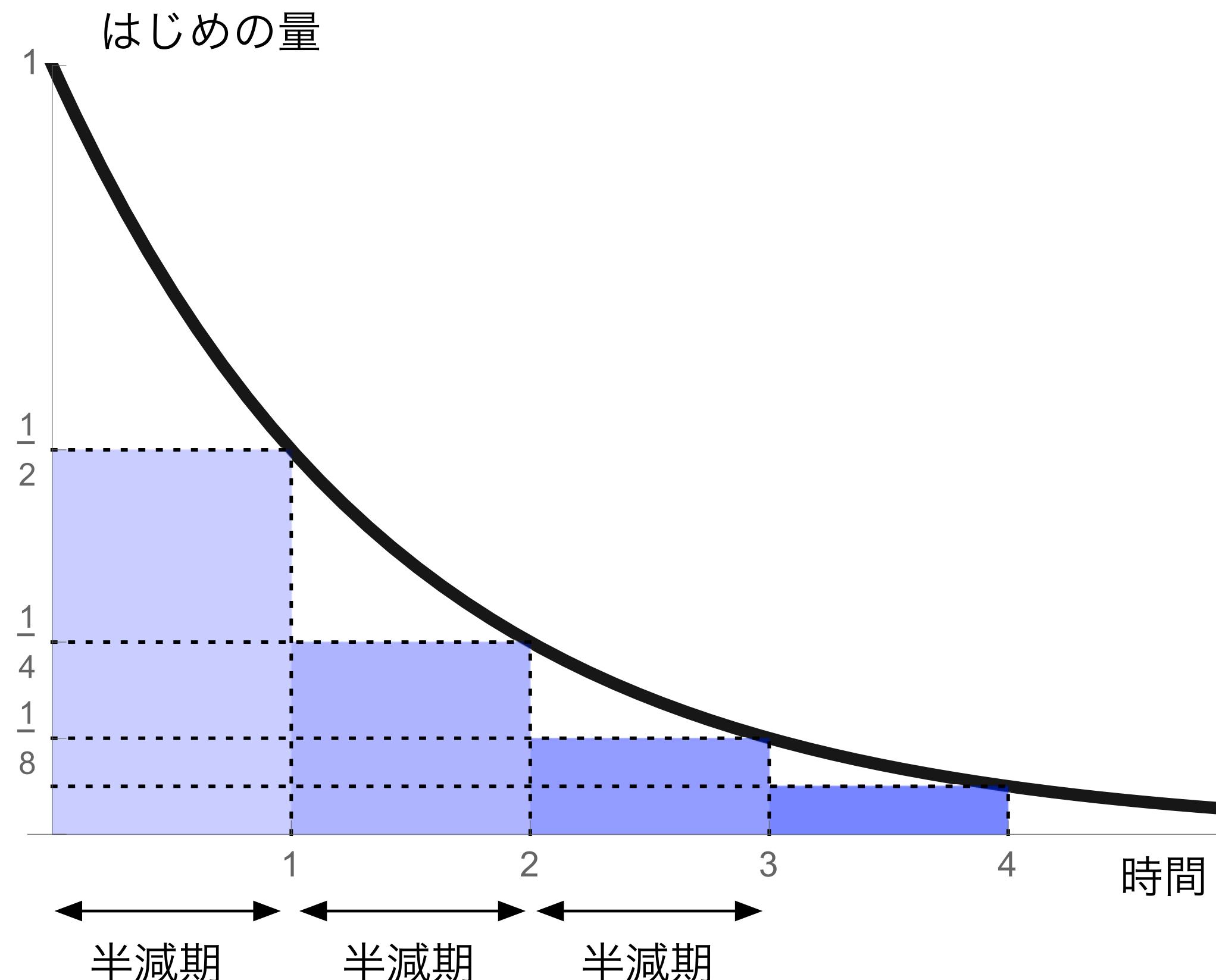
原子核		崩壊の型	半減期
中性子	n	単体の中性子	$\beta$ 10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	$\beta$ $5.73 \times 10^3$ 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	$\beta$ 14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	$\beta$ $1.28 \times 10^9$ 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	$\beta$ 5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	$\beta$ 28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	$\beta$ 8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$	人工に合成	$\beta$ 30.07 年
ラドン	$^{222}_{86}\text{Rn}$	自然に存在	$\alpha$ 3.82 日
ラジウム	$^{226}_{88}\text{Ra}$	自然に存在	$\alpha$ $1.60 \times 10^3$ 年
ウラン	$^{235}_{92}\text{U}$	自然に存在	$\alpha$ $7.04 \times 10^8$ 年 7億年
ウラン	$^{238}_{92}\text{U}$	自然に存在	$\alpha$ $4.47 \times 10^9$ 年 45億年

# 前回のミニッツペーパー記入項目

[14-2]

不安定な同位体は、崩壊して別の原子になる。もとの量が半分になる時間を半減期という。

Cs137(セシウム)の半減期は30年である。ある時間から  $1/8$  の量になるまでは何年か。



$$30 \text{ 年で } \frac{1}{2}$$

$$60 \text{ 年で } \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$90 \text{ 年で } \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

[14-3] 半減期が過ぎたら、限りなくゼロに近づくと思うが、周りへの影響はなくなるのか。  
セシウム(Cs 137) の半減期は 30 年だが、なぜ (2018 年に面的除染が完了) の除染作業ではもっと早く下がっているのか。

# 放射性炭素年代測定法

## Topic 放射性炭素年代測定法

炭素  $^{12}\text{C}$  には、安定な同位体  $^{13}\text{C}$  と不安定な同位体  $^{14}\text{C}$  が存在する。両者は空气中に一定の割合で含まれていて、生物、例えば樹木が呼吸していれば樹木中にもその割合で取り込まれる。樹木が切られ木材となると、木材は新たに内部に炭素を取り入れなくなる。

$^{14}\text{C}$  は 5730 年の半減期で放射線を放出しながら  $^{14}\text{N}$  に壊変するので、後年、木材からどれだけの量の放射線が放出されているかを計測することにより、内部に含まれる  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  の存在比がわかり、樹木が切り倒された年代が測定できることになる。この方法により、生物遺骸があれば、数万年前までの年代測定が可能になるという。

日本で 2000 年にスクープされた旧石器発掘に関する捏造事件は、出土した石器に対して有効な年代測定法がないために第三者の検証ができなかつたことが、事件を大きくさせた。

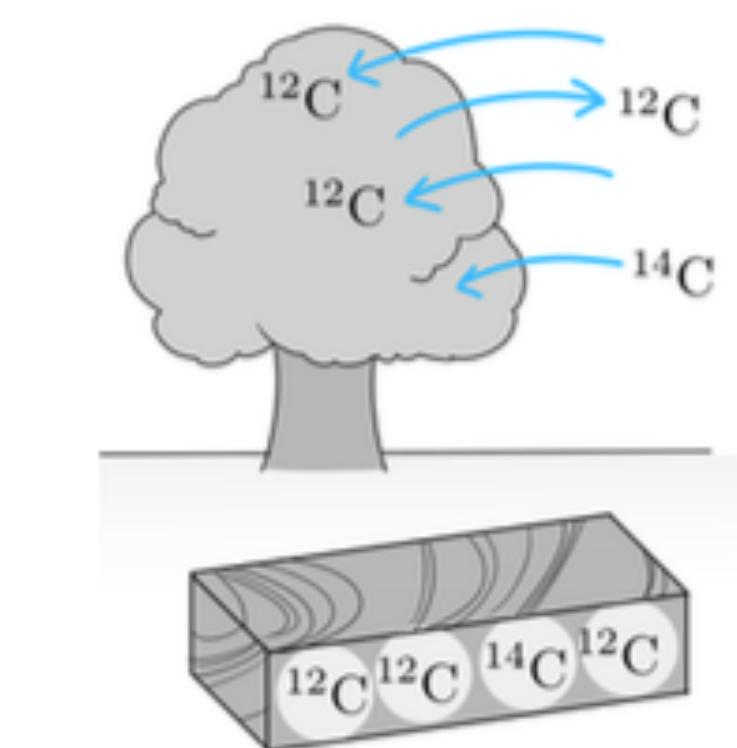


図 6: 放射性炭素年代測定法。呼吸していた樹木が材木になると、 $^{14}\text{C}$  が閉じ込められ、放射性壊変で徐々に減ってゆく。 $^{14}\text{C}$  の含有量で材木の年代がわかる。

# 放射線( $\alpha$ 線, $\beta$ 線, $\gamma$ 線)

教科書 p233

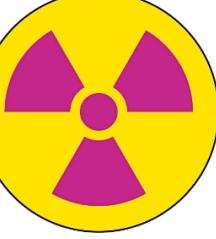
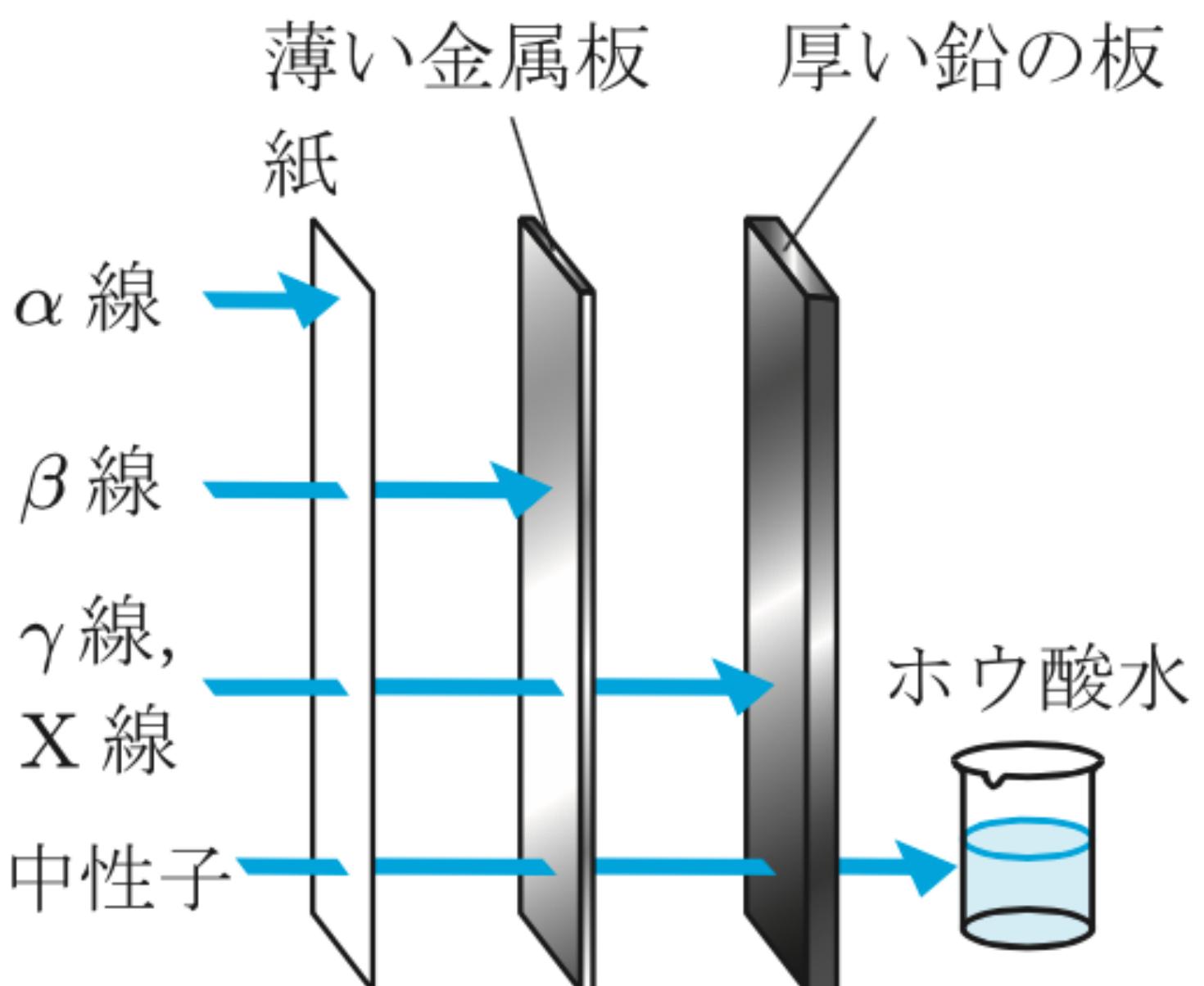
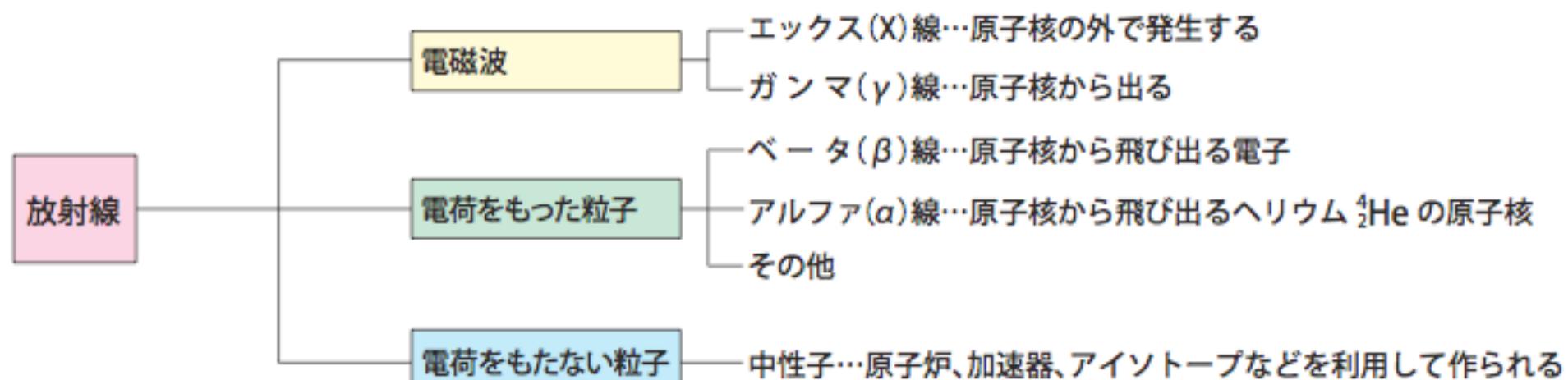
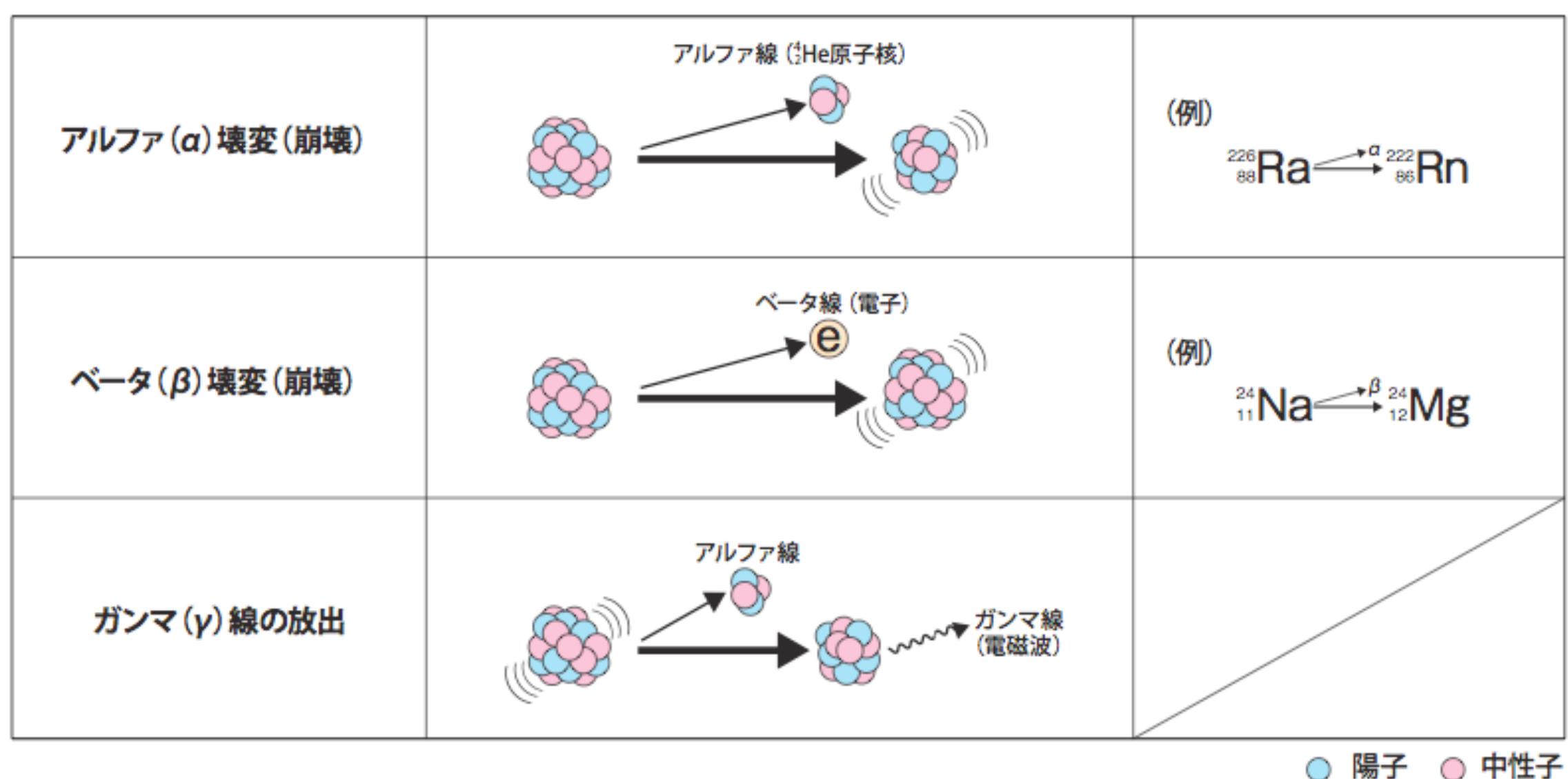


表 7.3 放射線の種類

	正体	電気量	質量 [kg]	透過力	電離作用
$\alpha$ 線	${}_{2}^{4}\text{He}$ 原子核	$+2e$	$6.65 \times 10^{-27}$	弱	強
$\beta$ 線	電子	$-e$	$9.11 \times 10^{-31}$	中	中
$\gamma$ 線	電磁波	0	0	強	弱



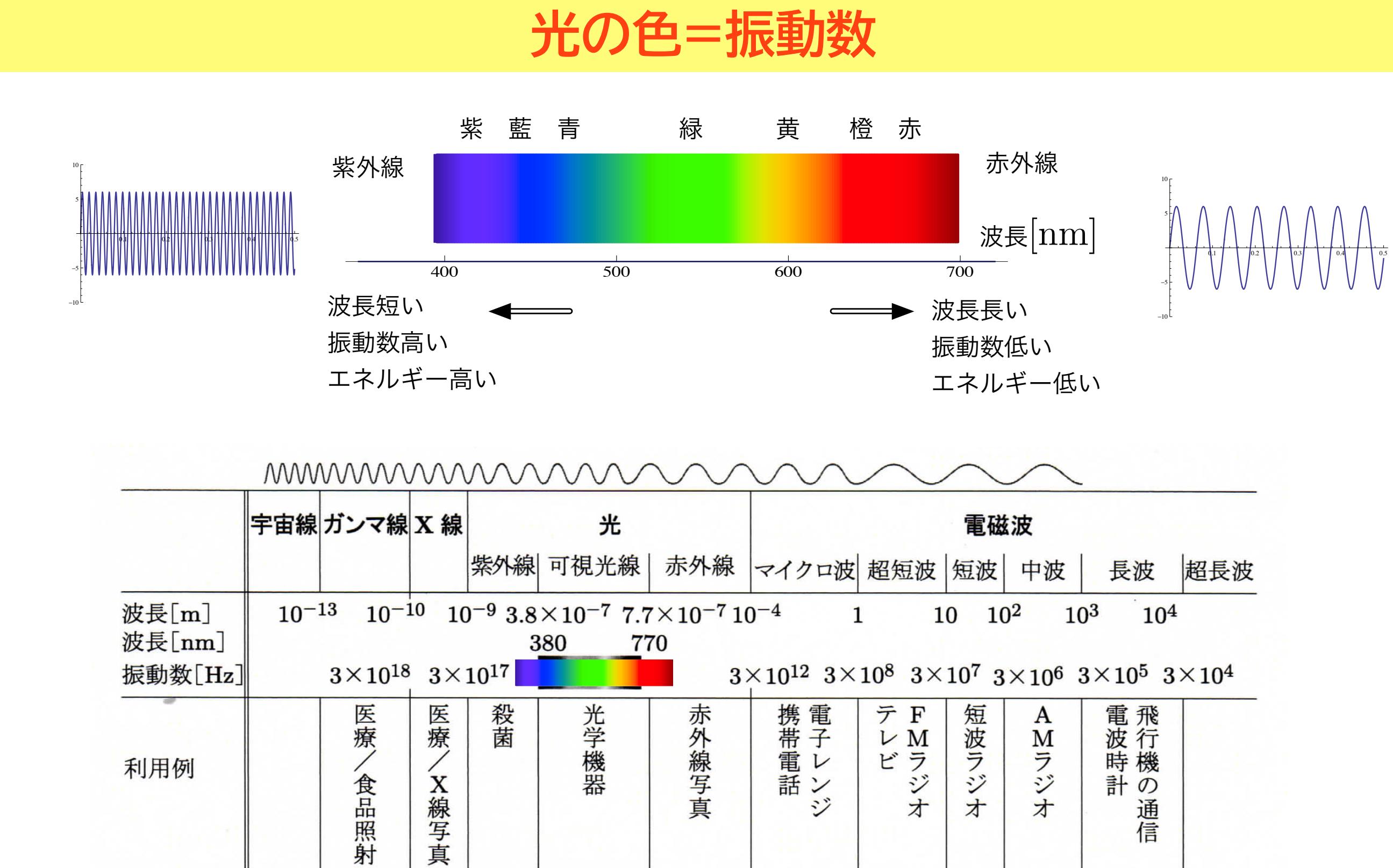
1898年頃、ラザフォードは、ウランやトリウムなどの天然の放射性物質から出ている放射線には性質の異なる少なくとも2種類のものがあることを明らかにし、透過力の弱い方を「 $\alpha$ 線」、透過力のより強い方を「 $\beta$ 線」と命名した。この他に $\beta$ 線よりもさらに透過力が大きい放射線も存在することが分り、それを「 $\gamma$ 線」と名付けた。

# 前回のミニツツペーパーから

少し失礼へもしてないのでは無い。  
 X線の研究室の話がおもしろいと感じました。  
 放射線の話は原爆のことをアリテリケートなど  
 話で、人の体に影響を与えてしまうのか  
 どうしてなのか、鉛等を着用する以外で防ぐ方法  
 はないのか、どうしたらアレ以外で防ぐことができる  
 できれば興味があります。  
 全ての放射能を防ぐことは出来や食べが  
 あるかと思はず。(私はまだかんたんTと  
 体内に入るとすぐ止む)宇宙飛行士の

## .3 光》5.3.1 電磁波

教科書



放射線は、紫外線よりも短波長の波なので、皮膚の内部に侵入します。そして、細胞内の染色体を切斷します。

自然界にはある程度、放射線があります。だから、極端に怖がる必要はありません。宇宙空間にはもっとあります。宇宙飛行士が火星まで本当に辿り着けるのか、心配です。

# 大気の窓

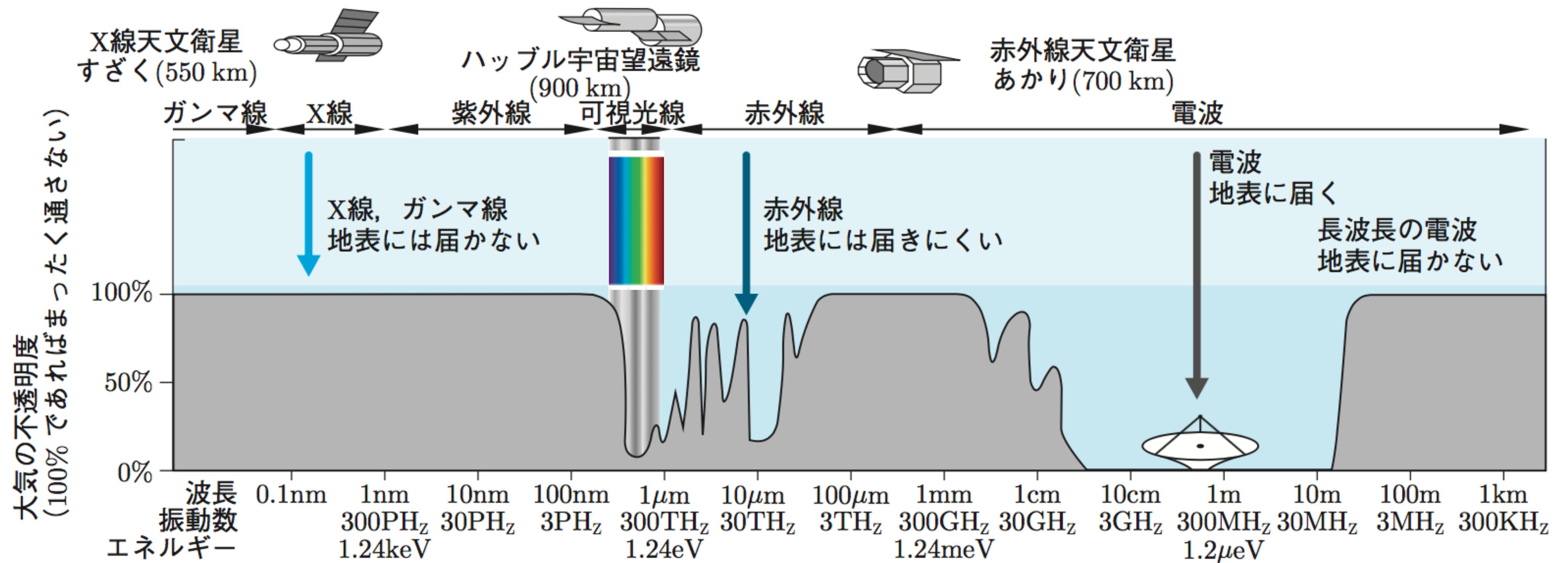
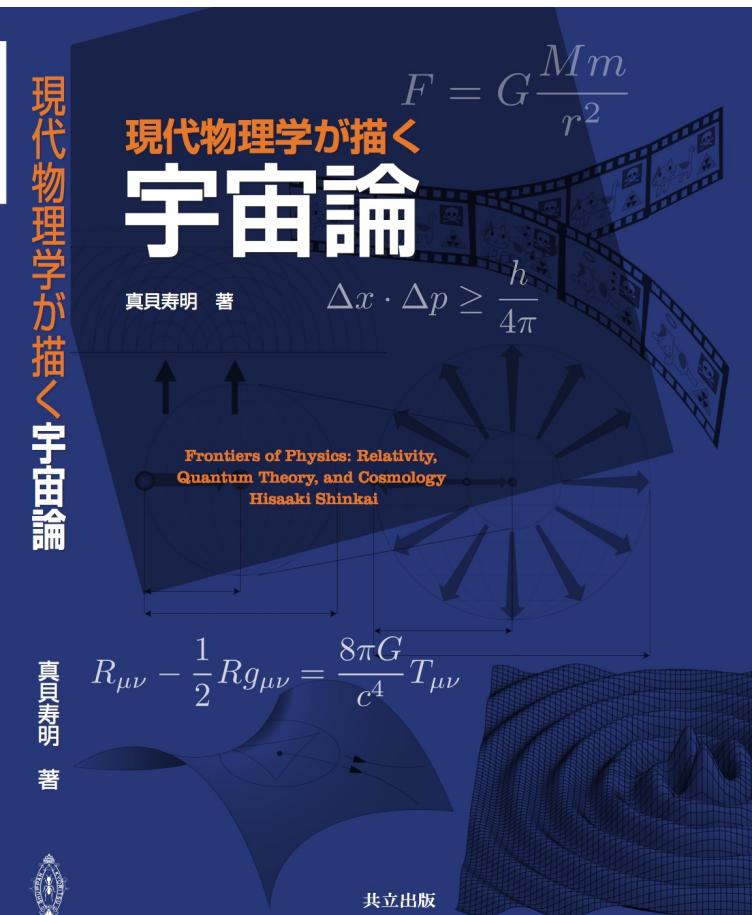


図 A.12 大気の窓。電磁波にとって大気を通過できるのは可視光と電波の領域である。したがって、可視光と電波の観測は地上で可能だが、ガンマ線・X線・赤外線での観測は不可能である。



# 最も有名な物理の公式：質量とエネルギーの等価性

4次元時空としてエネルギー保存則を考えると、 . . .



アインシュタイン  
(1905, 特殊相対性理論)

$$E = mc^2$$

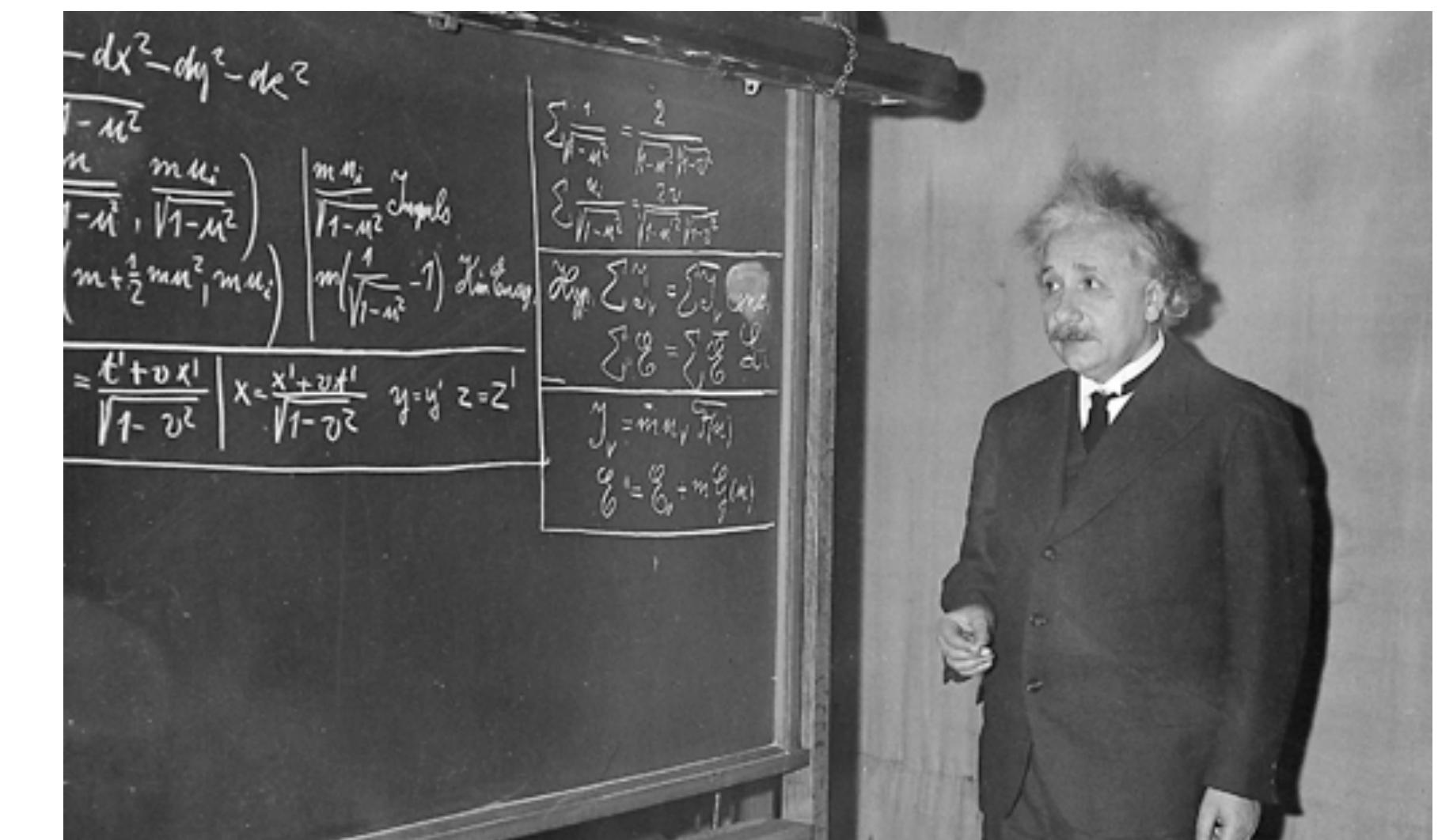
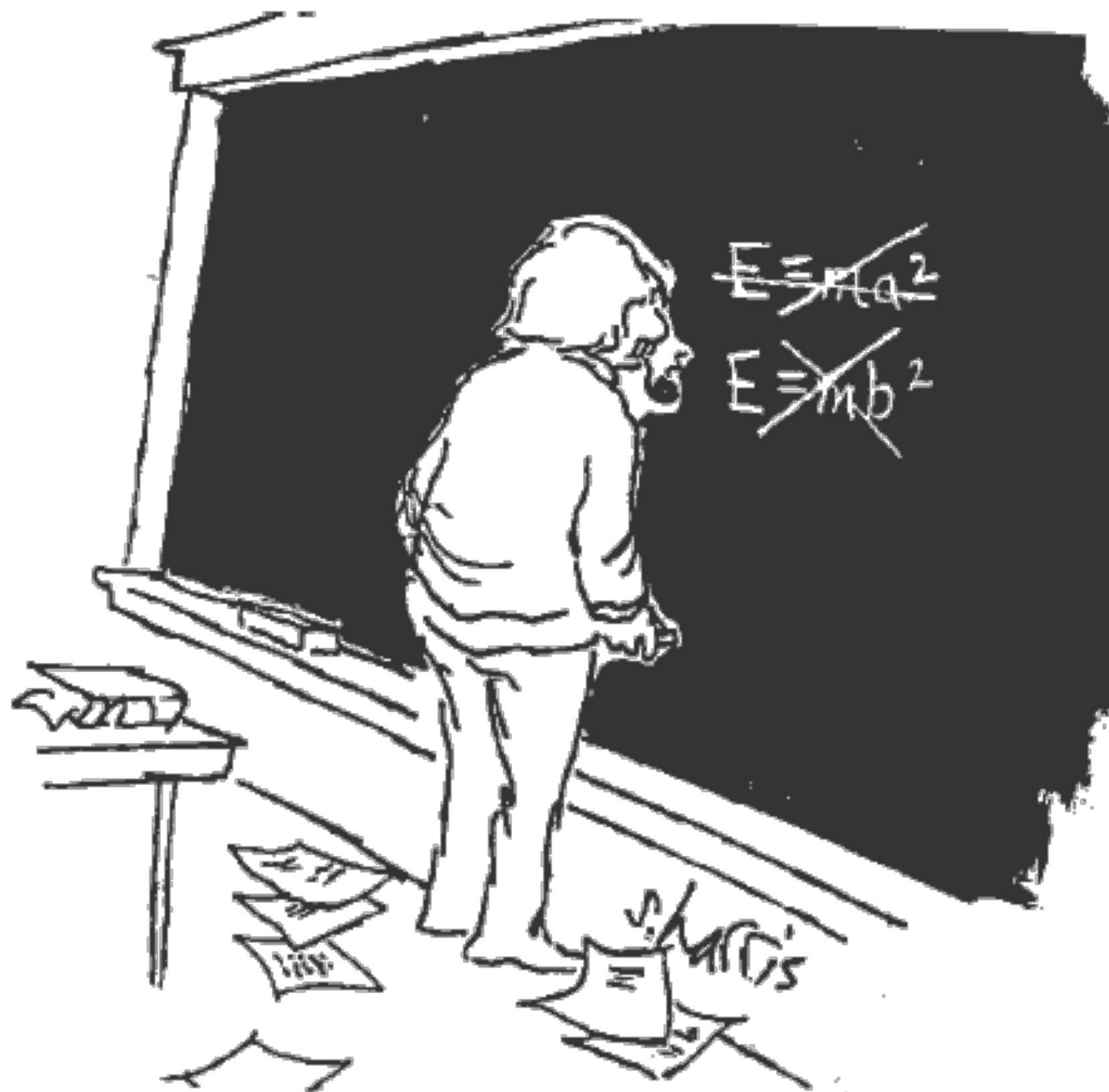
エネルギー

質量×光速×光速

エネルギーは質量と等価である！  
質量はエネルギーに変換できる！

世の中からわずかでも質量が失われるならば、  
莫大なエネルギーが発生する

# 最も有名な物理の公式：質量とエネルギーの等価性



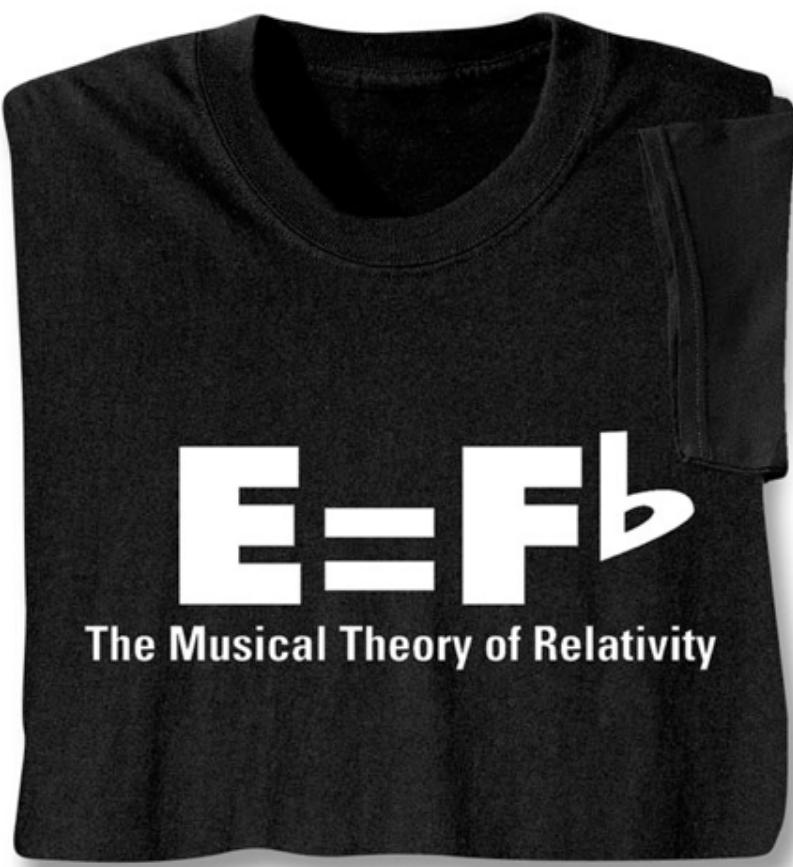
# 最も有名な物理の公式：質量とエネルギーの等価性



"You think you're pretty  
smart, don't you?"



$$E = mc^2$$



# 最も有名な物理の公式：質量とエネルギーの等価性

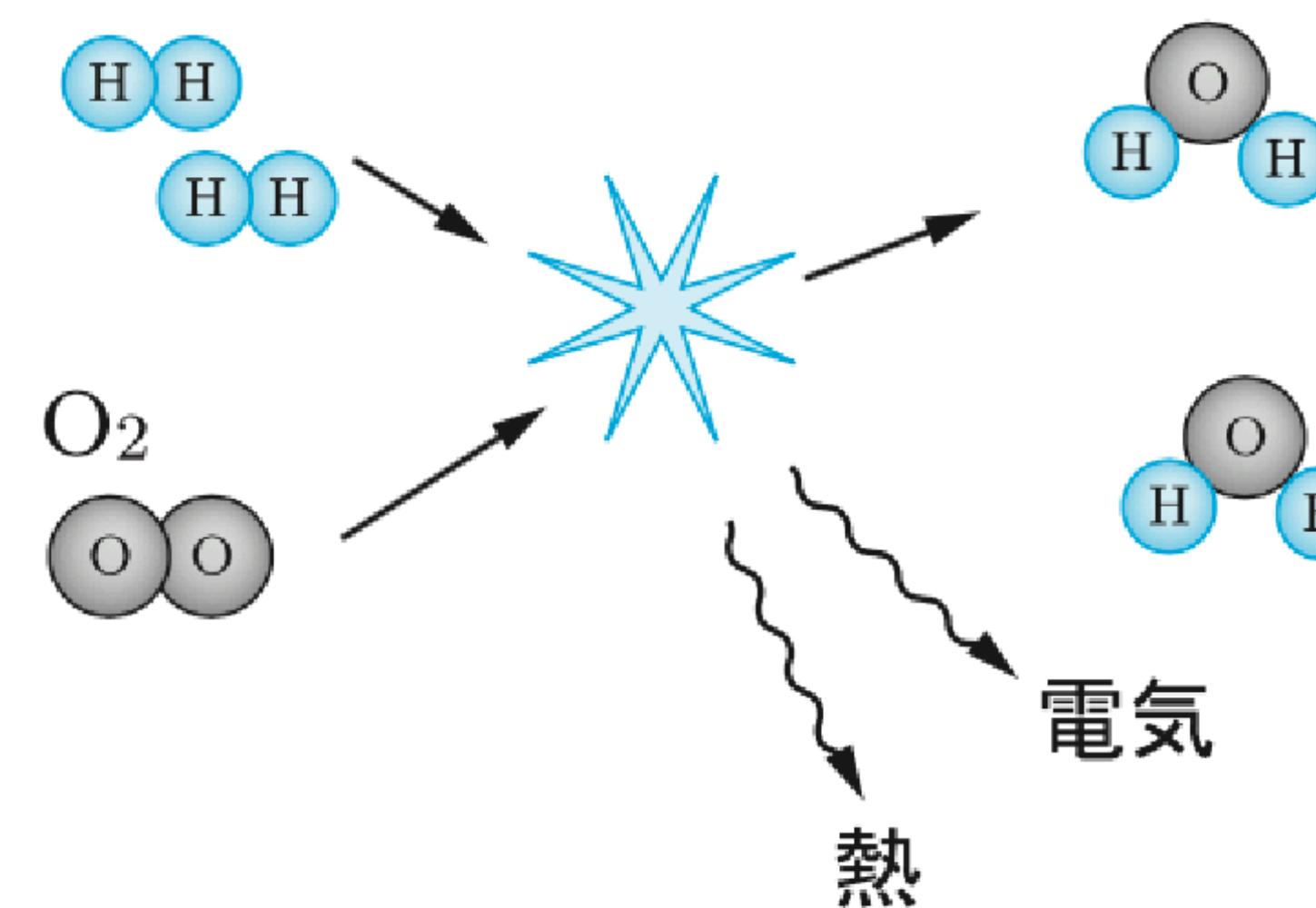


……本の中に数式を1つ入れるたびに、売れ行きは半減すると教えてくれた人がいる。そこで、数式はいっさい入れない決心をした。しかし、とうとう一つだけは入れることになってしまった。 Einsteinの有名な式

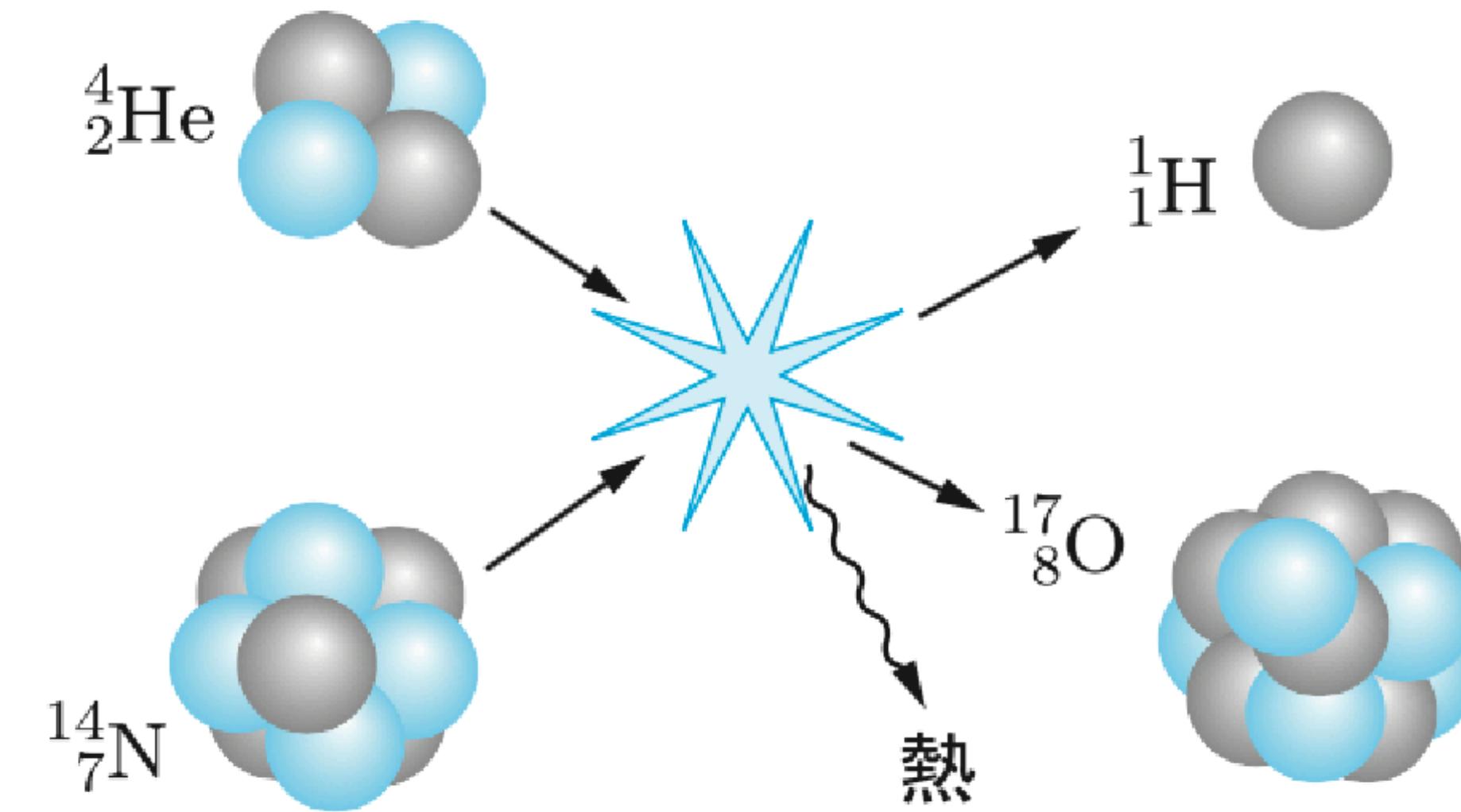
$$E = mc^2$$

である。この式が私の本の潜在的な読者をおびえさせ、半分に減らさないことを願っている。……

# 化学反応と核反応

 $\text{H}_2$ 

( a ) 化学反応

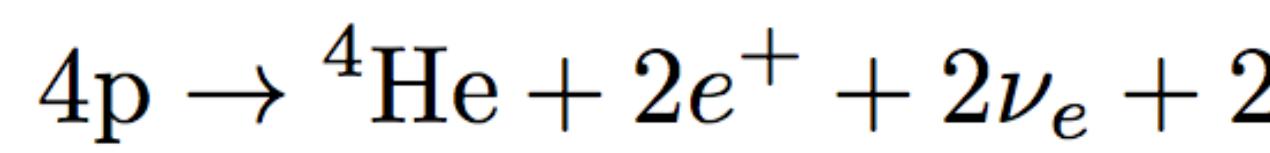
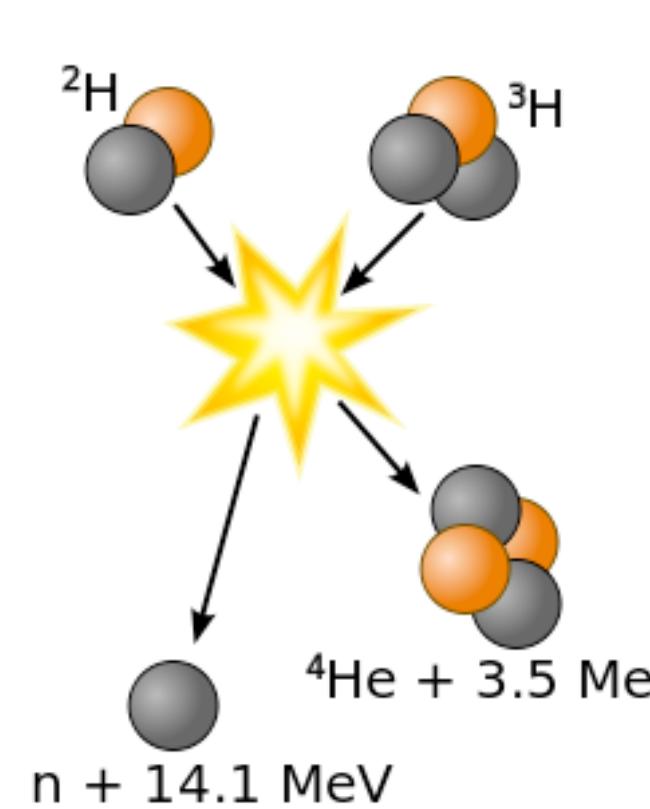


( b ) 核反応

分子どうしの組み替えは、  
化学反応

原子核の組み替えは、  
核反応

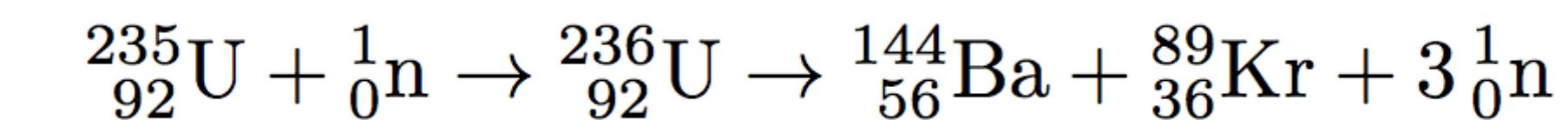
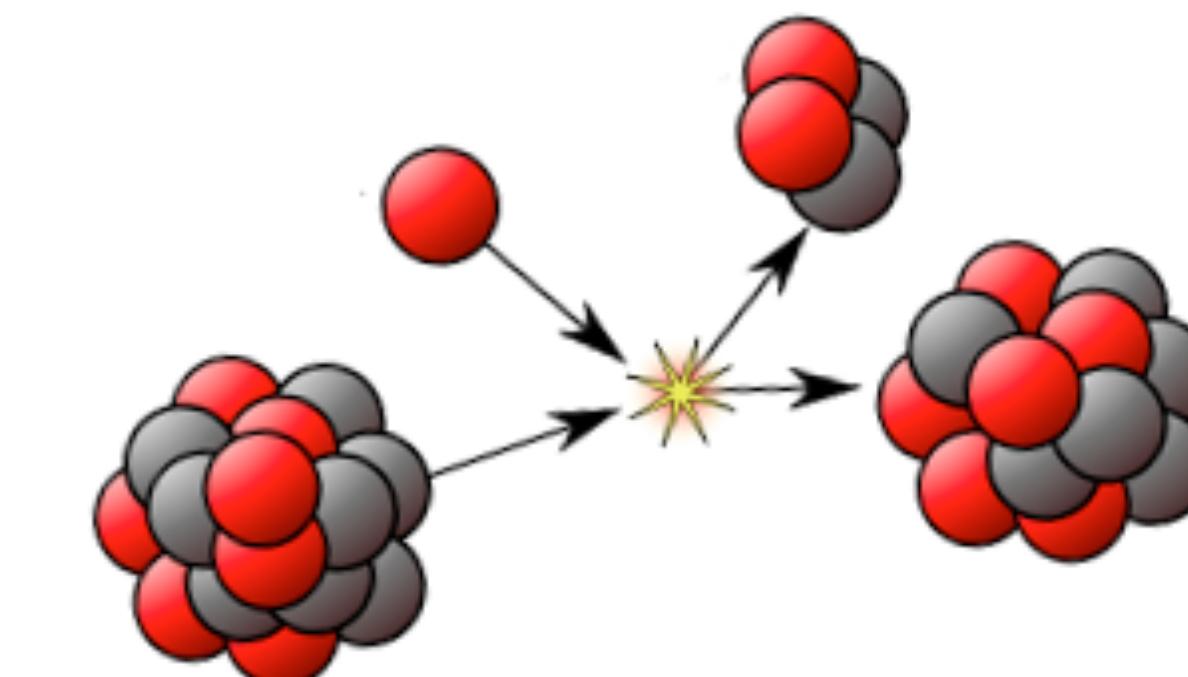
# 核融合 と 核分裂



## 核融合

合体した方が安定  
(エネルギー放出)

恒星のエネルギー源  
水素爆弾

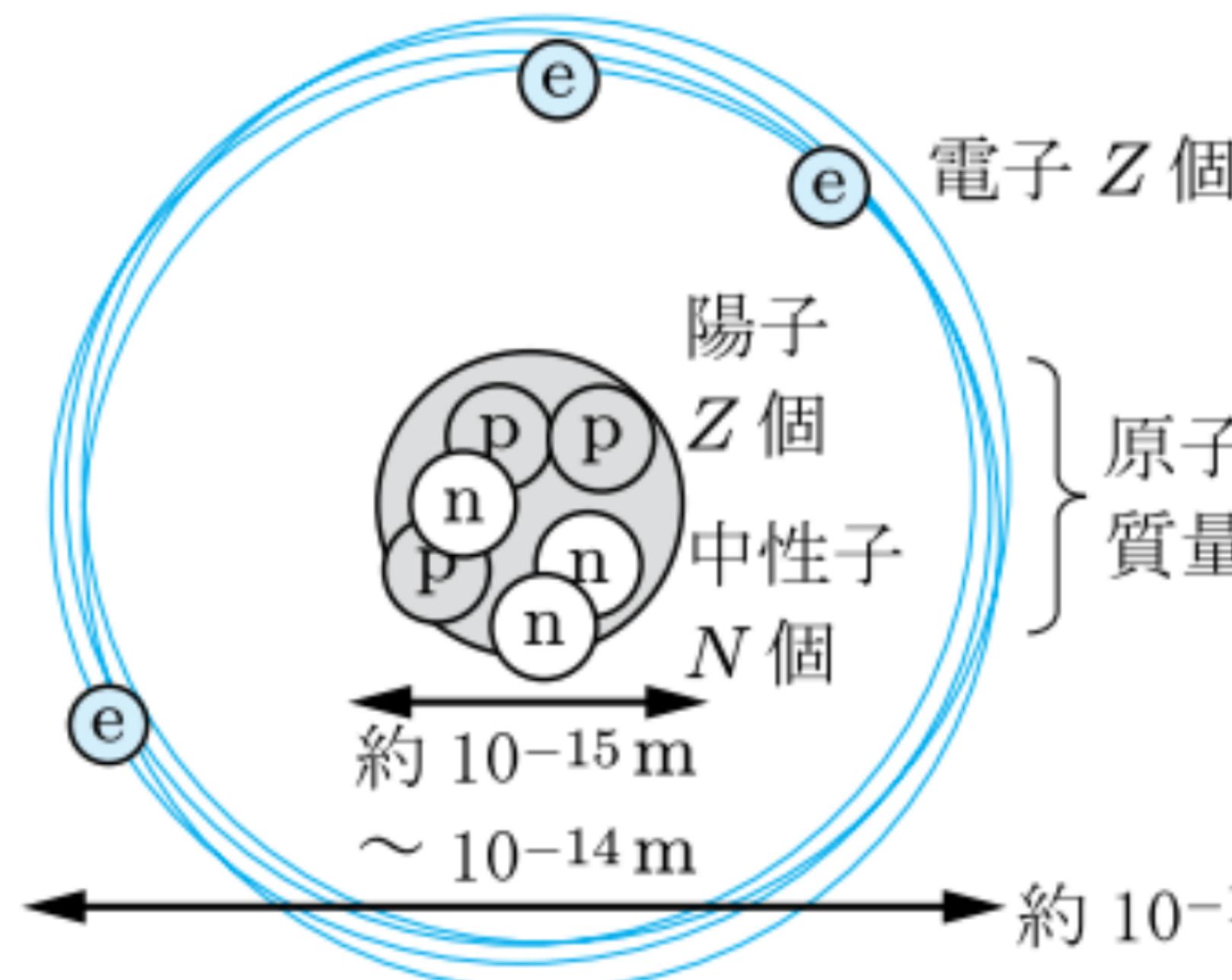


## 核分裂

分裂した方が安定  
(エネルギー放出)

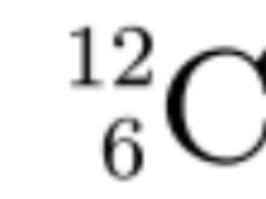
原子爆弾  
原子力発電

# 原子の構造



$$\left. \begin{array}{l} \text{原子核(核子)} \\ \text{質量数 } A = Z + N \end{array} \right\}$$

質量数  $A$   
(核子の数)



原子番号  $Z$   
(陽子の数)

## 定義 元素記号

元素記号  $X$  は、左上側に質量数 (=陽子数+中性子数)、左下側に原子番号 (=陽子数) を記入して、次のように表す。

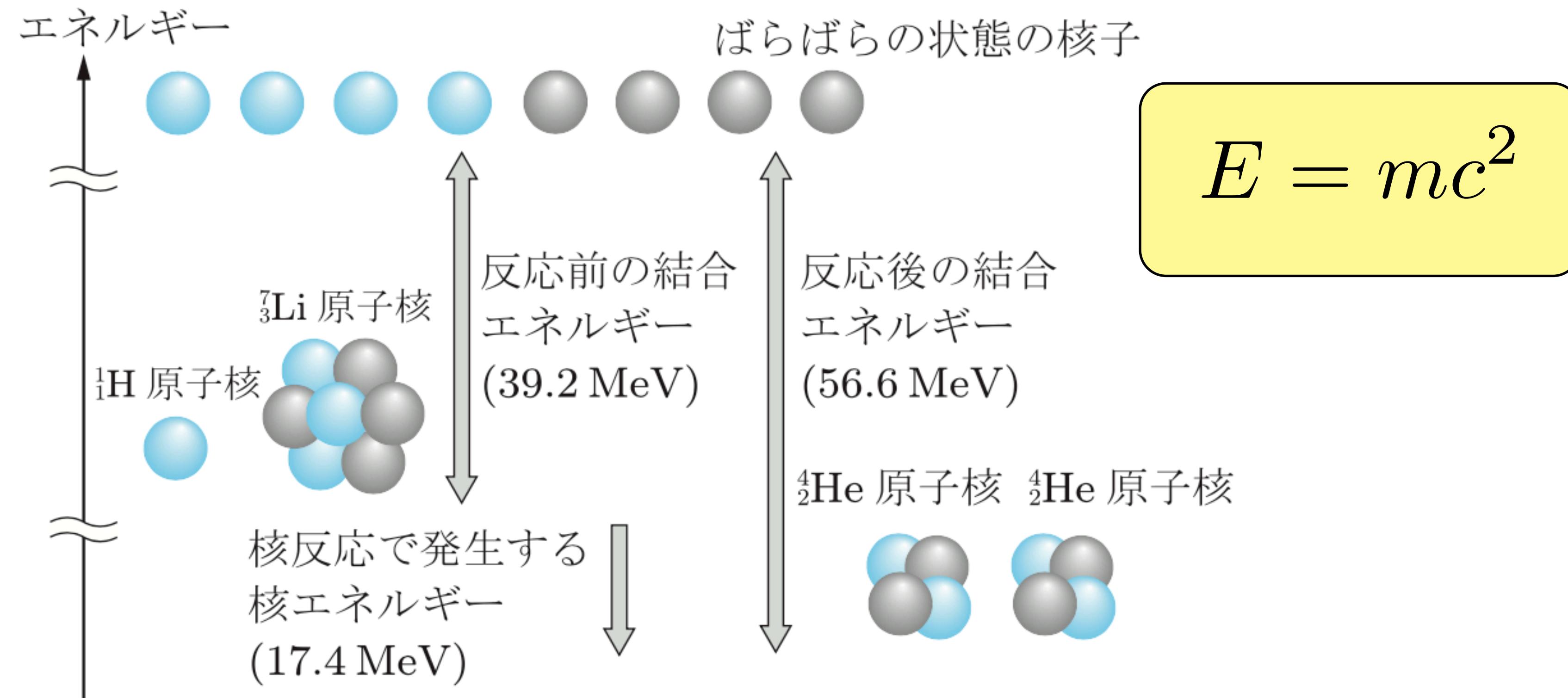
$$^{A}_{Z}X = \frac{\text{質量数}}{\text{原子番号}} \text{ 元素記号} \quad (7.1)$$

表 7.1 電子、陽子、中性子のデータ

記号		電気量	質量 [kg]	質量 [u]	質量比
電子	e	electron	$-e$	$9.10938188 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$1/1823 \text{ u}$
陽子	p	proton	$+e$	$1.67262158 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.00728 \text{ u}$
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.00866 \text{ u}$

水素は  $^1_1\text{H}$ 、ヘリウムは  $^4_2\text{He}$ 、中性子は  $^1_0\text{n}$  となる。水素の原子核は陽子そのものである。ヘリウムの原子核は  $\alpha$  粒子とも呼ばれる。

# 結合エネルギー



ばらばらでいるより、結合している方が、  
エネルギーが低い

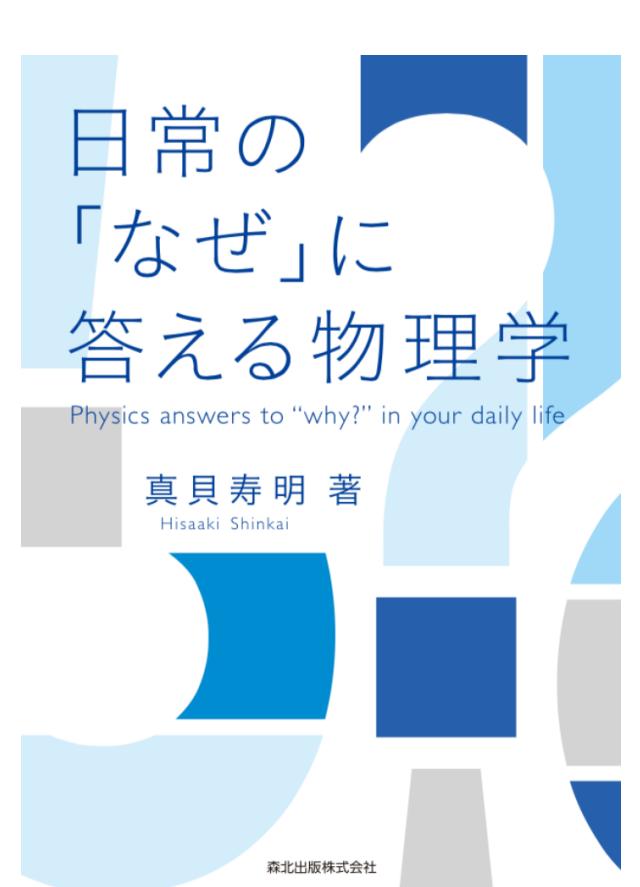
# 酸素がない宇宙で太陽が燃えているのはなぜ？

## コラム 42 酸素がない宇宙で太陽が燃えているのはなぜ？

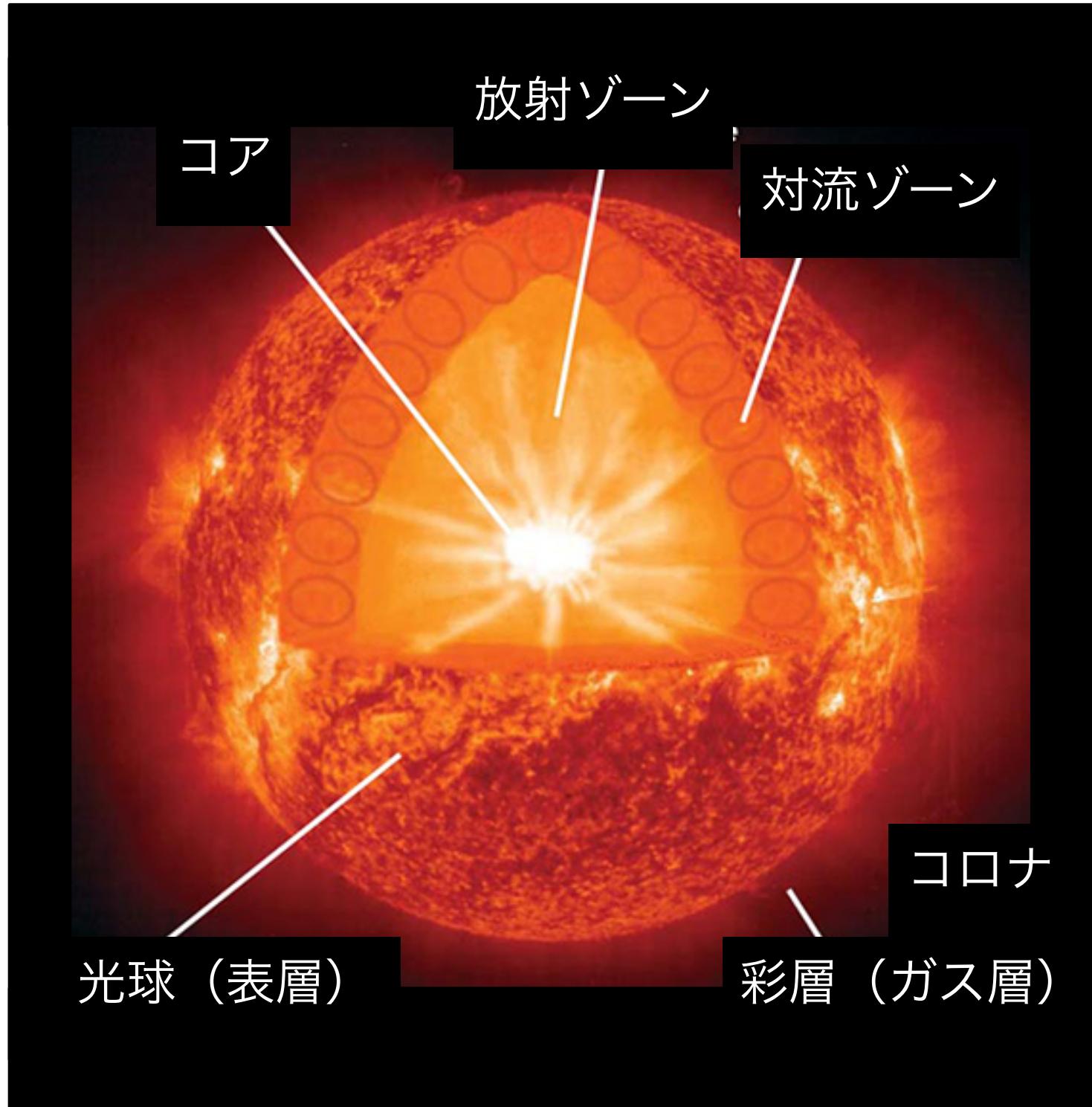
太陽系の起源は約 50 億年前と考えられている。物理学が揃い始めた 19 世紀末、太陽のエネルギー源は何かという大問題が解けずにいた。当時、太陽の年齢は 3 億年以上ということしかわかつていなかったが、単純に化学反応で説明するには寿命が長すぎていたのだ。ケルビンとヘルムホルツ (von Helmholtz, 1821–94) は、「太陽は大きな重力で収縮しているため、周囲に熱を放出する」という説を考えたが、それでも太陽年齢は 2000 万年以上にはならなかった。

決定的となったのは、アインシュタインが 1905 年に提出した相対性理論による、 $E = mc^2$  の式である。この式から、1920 年、天文学者エディントン (Eddington, 1882–1944) は、太陽内部での水素からヘリウムへの核融合の可能性を指摘している。太陽が水素でみたされていることが 1925 年にわかり、1930 年代に物理学者チャンドラセカール (Chandrasekhar, 1910–95) とベーテ (Bethe, 1906–2005) によって核融合の理論が進むと、太陽のエネルギー源が核融合反応であることがようやく明らかになった。

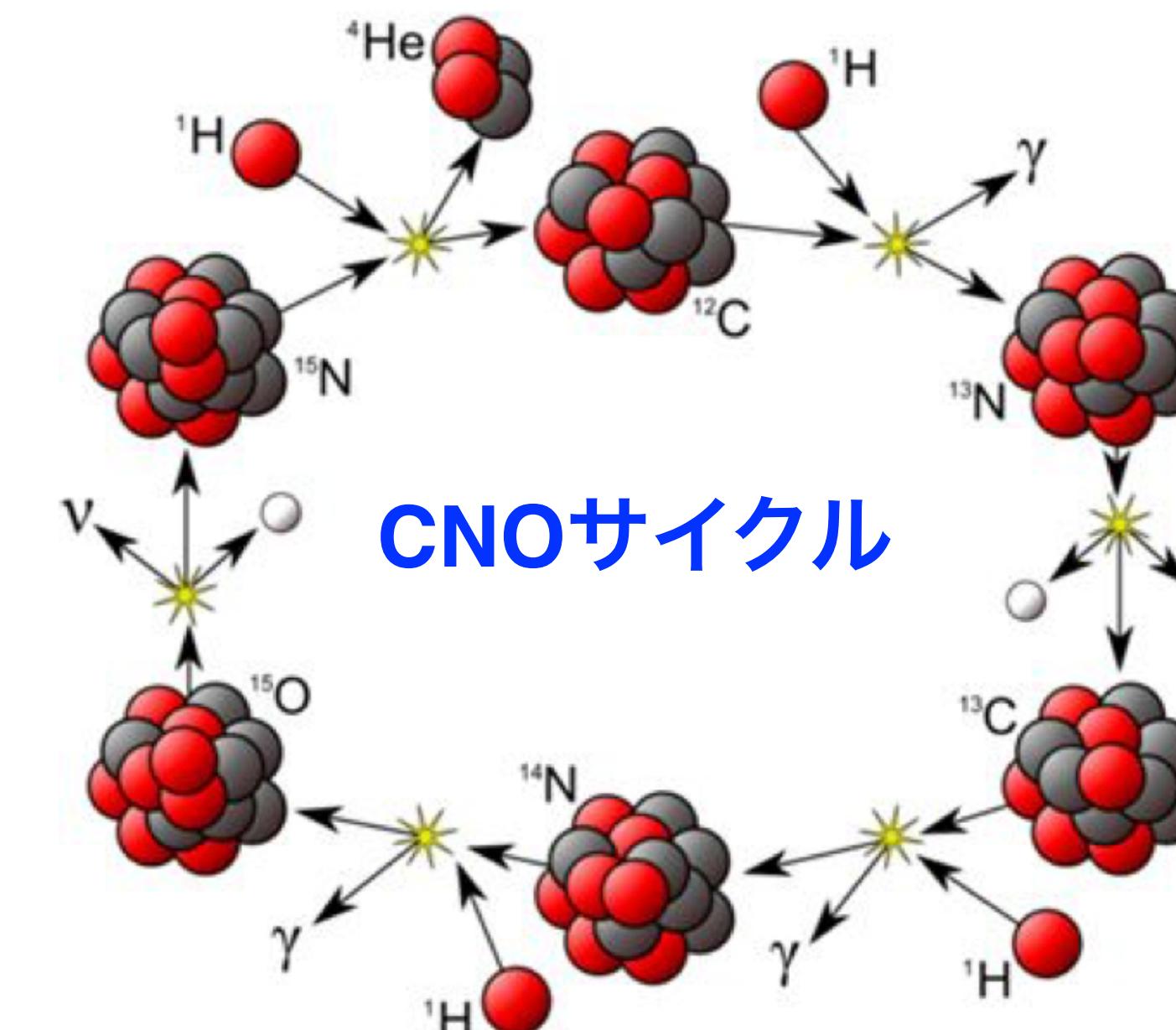
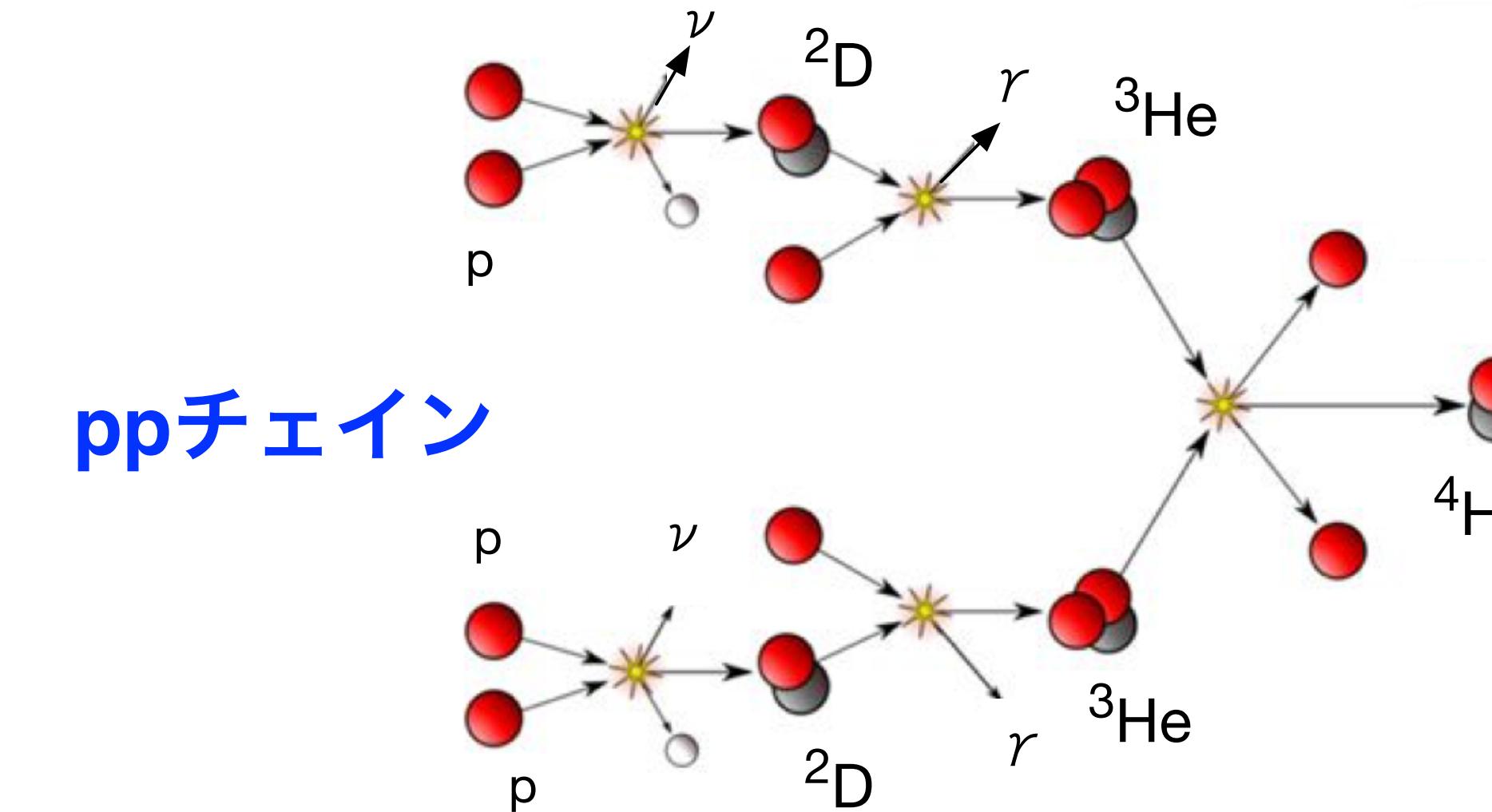
このコラムのタイトルにした疑問は、よく科学館に寄せられる質問だそうだ。核融合反応は物理的な結合エネルギーの組み替えで発生している反応であり、化学的燃焼とは違うので、酸素は不要なのである。



## 星は核融合反応で光を放っている！

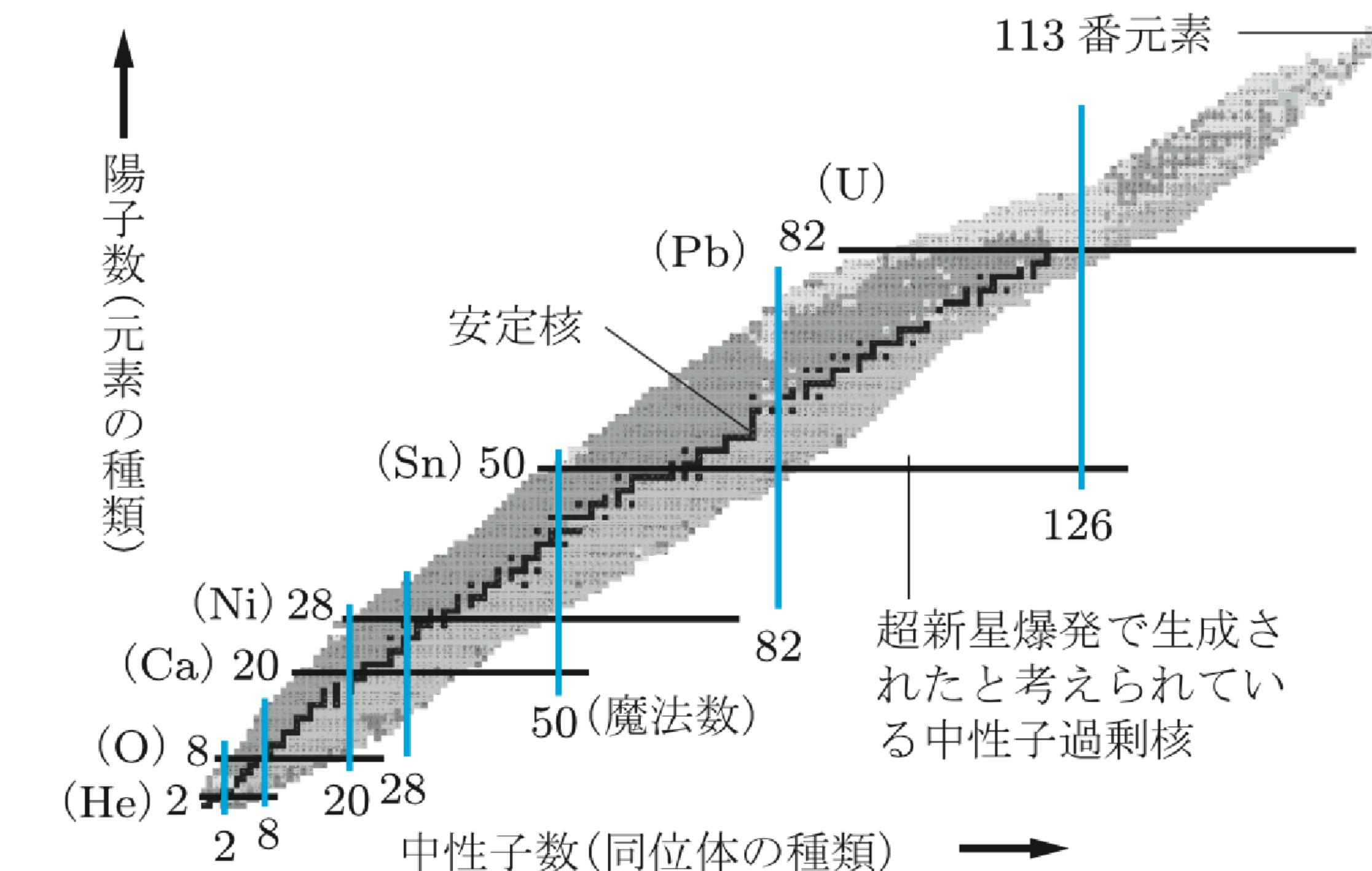
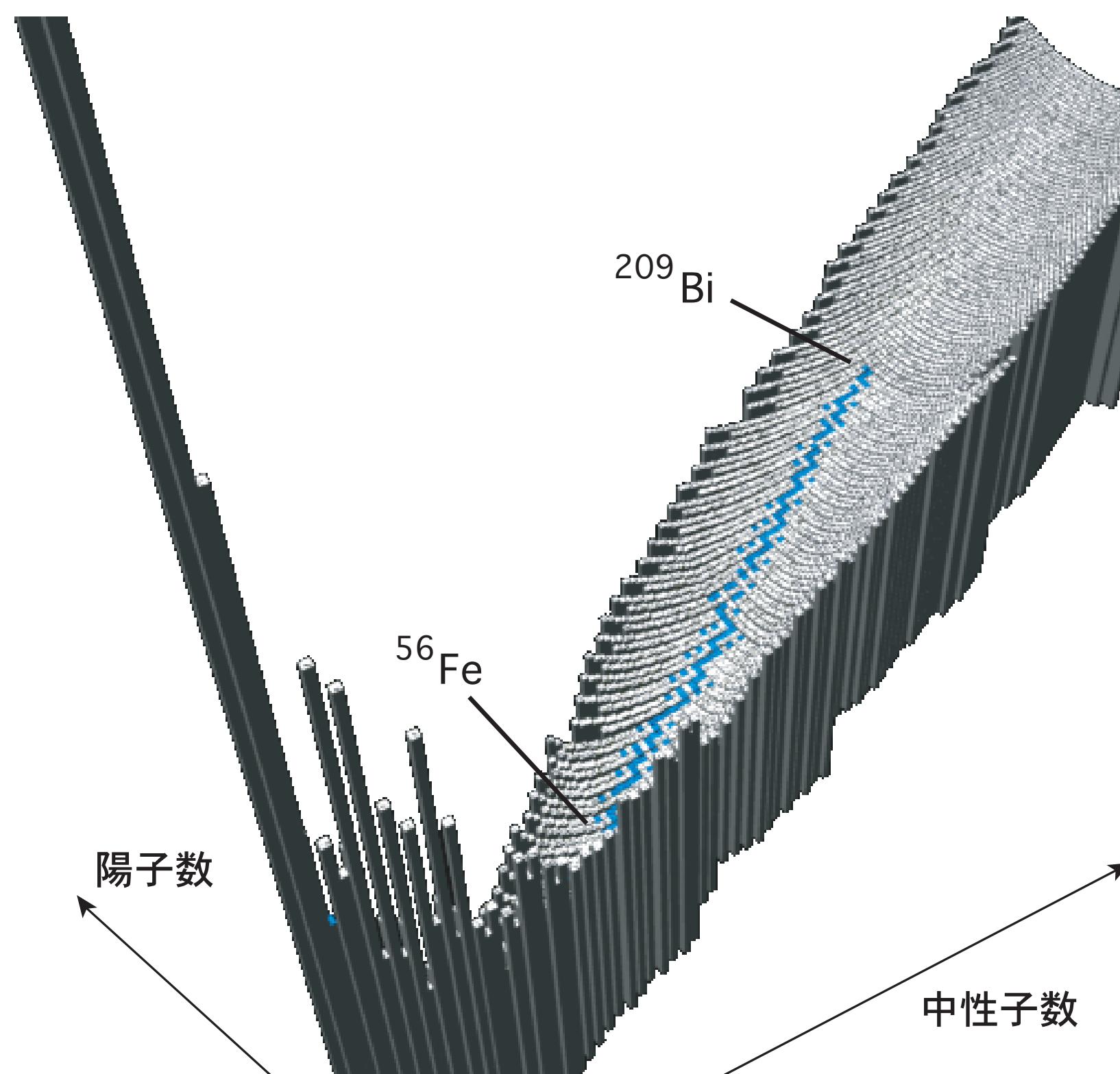


- 陽子(proton)
- 中性子(neutron)
- 陽電子(positron)
- $\gamma$  ガンマ線
- $\nu$  ニュートリノ



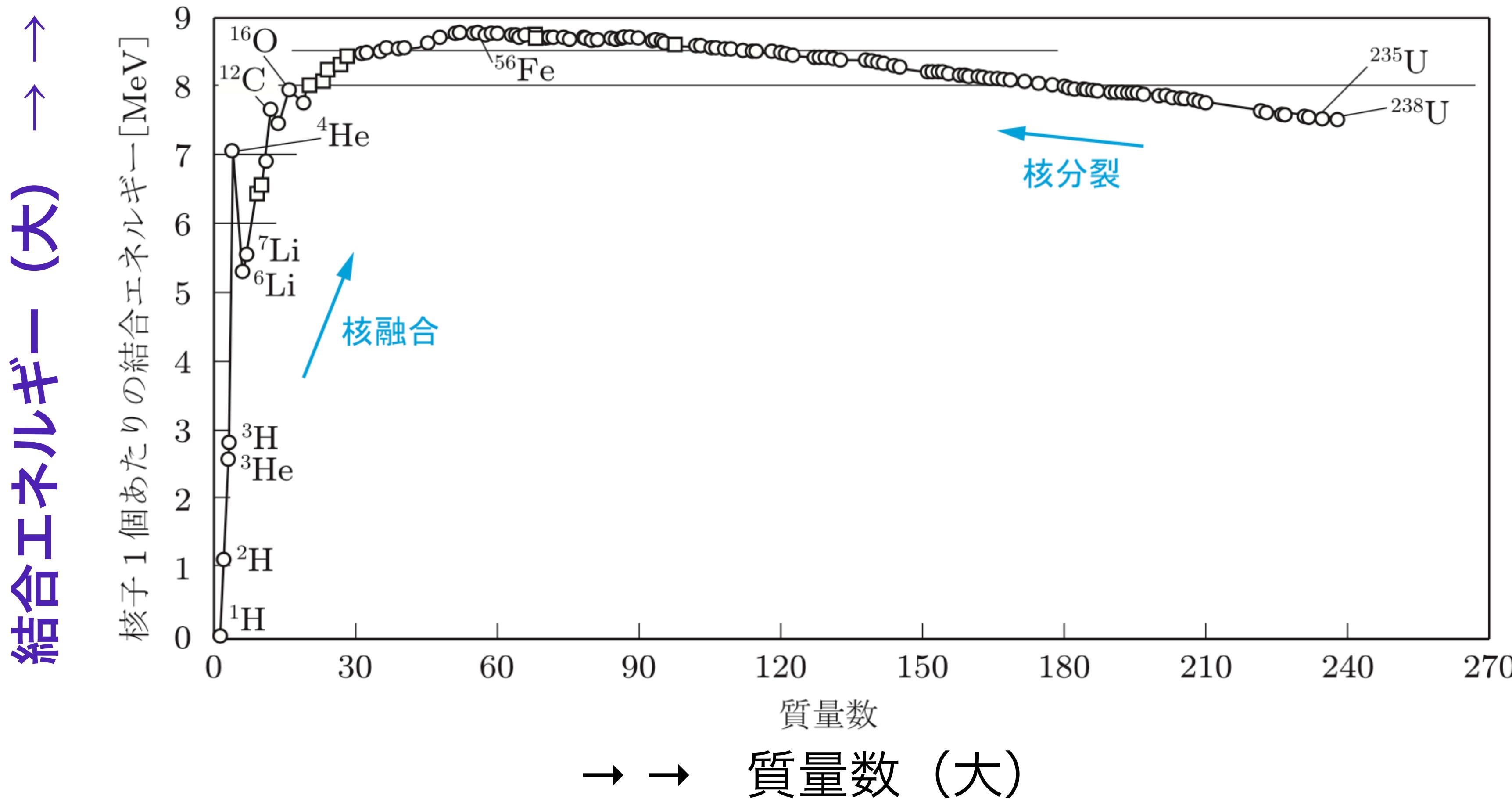
# 核融合も核分裂もどちらもおきる理由は何か？

核図表

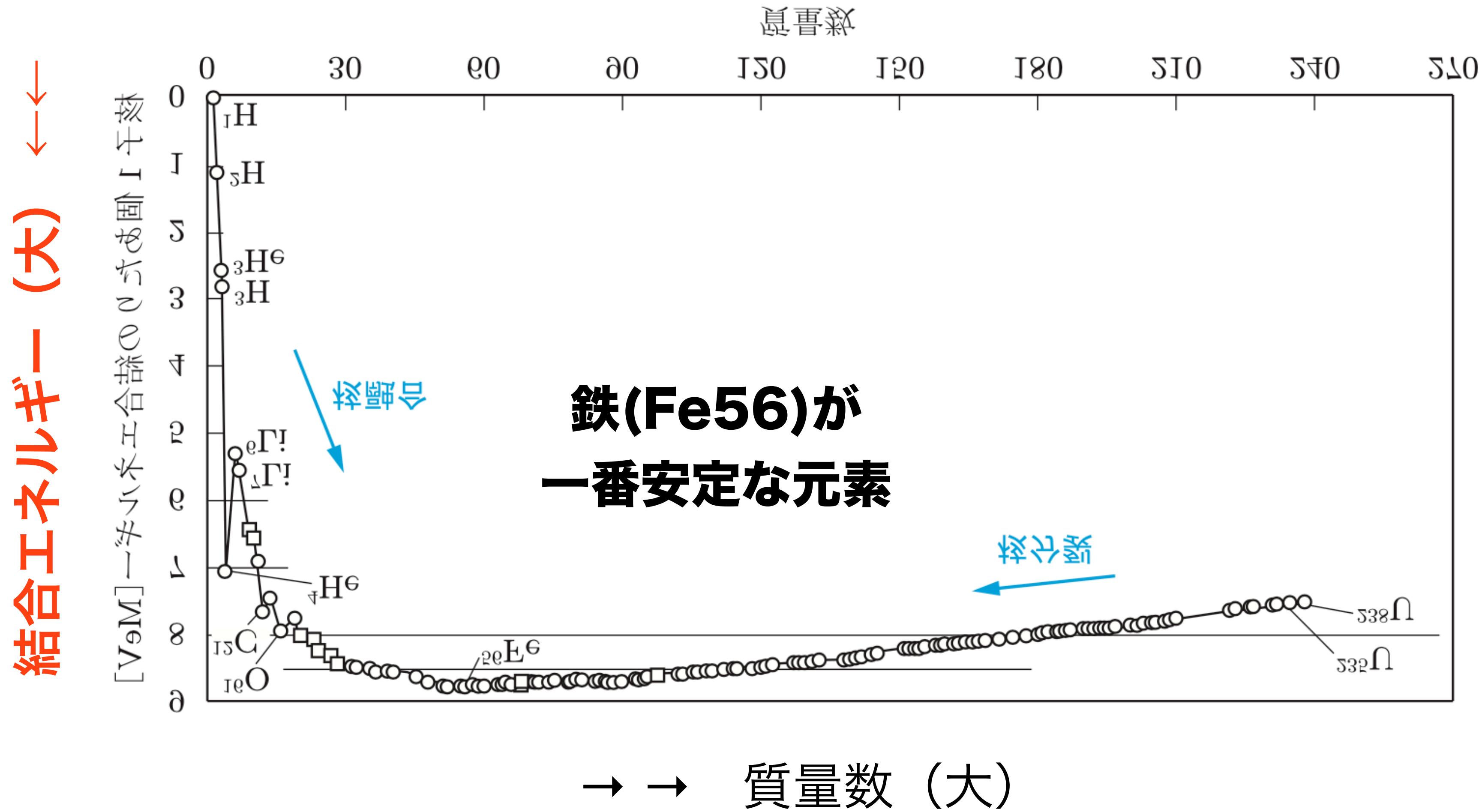


◀ 結合エネルギーの大きなモノが下になるように描いた核図表

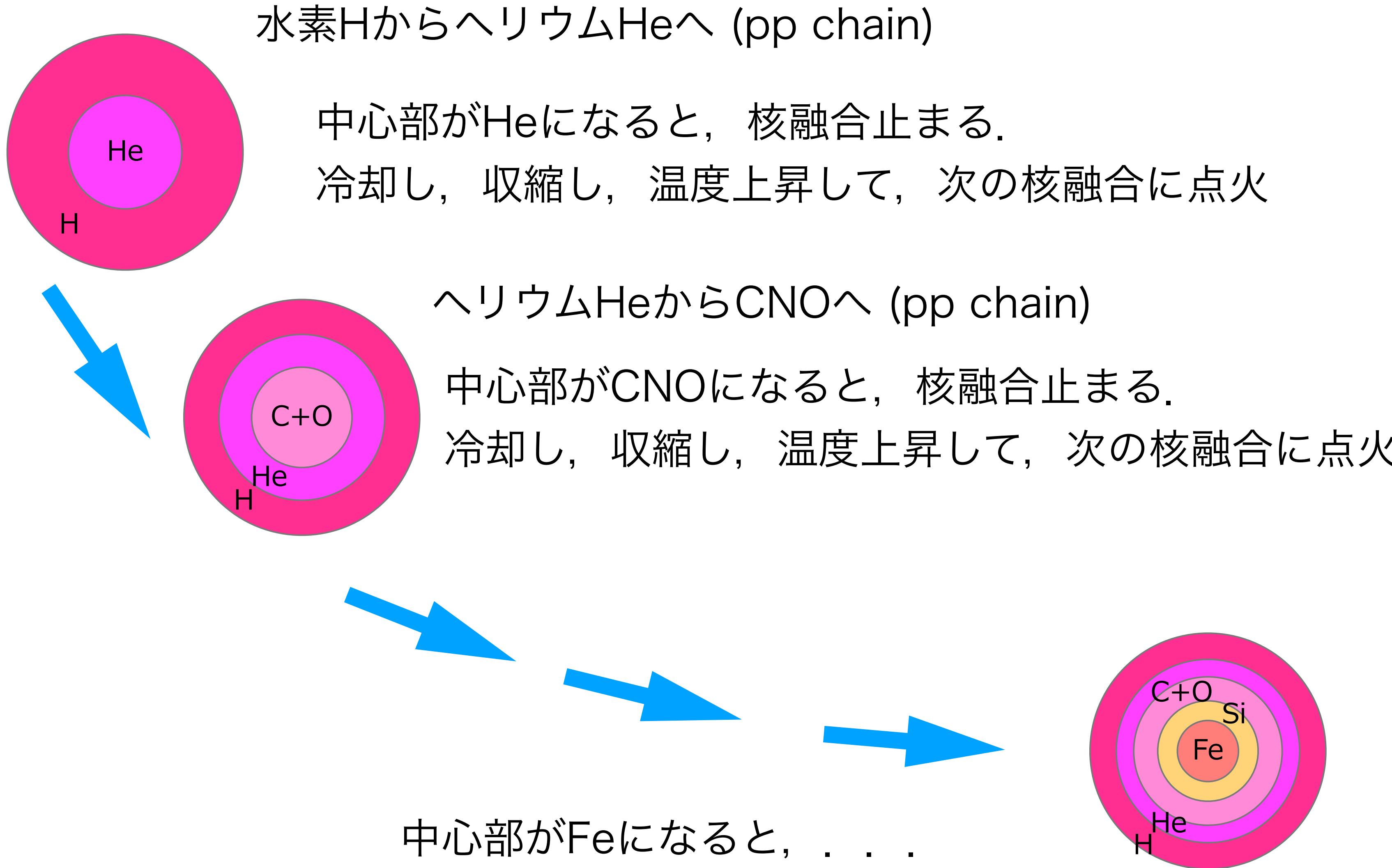
# 核融合も核分裂もどちらもおきる理由は何か？



# 核融合も核分裂もどちらもおきる理由は何か？

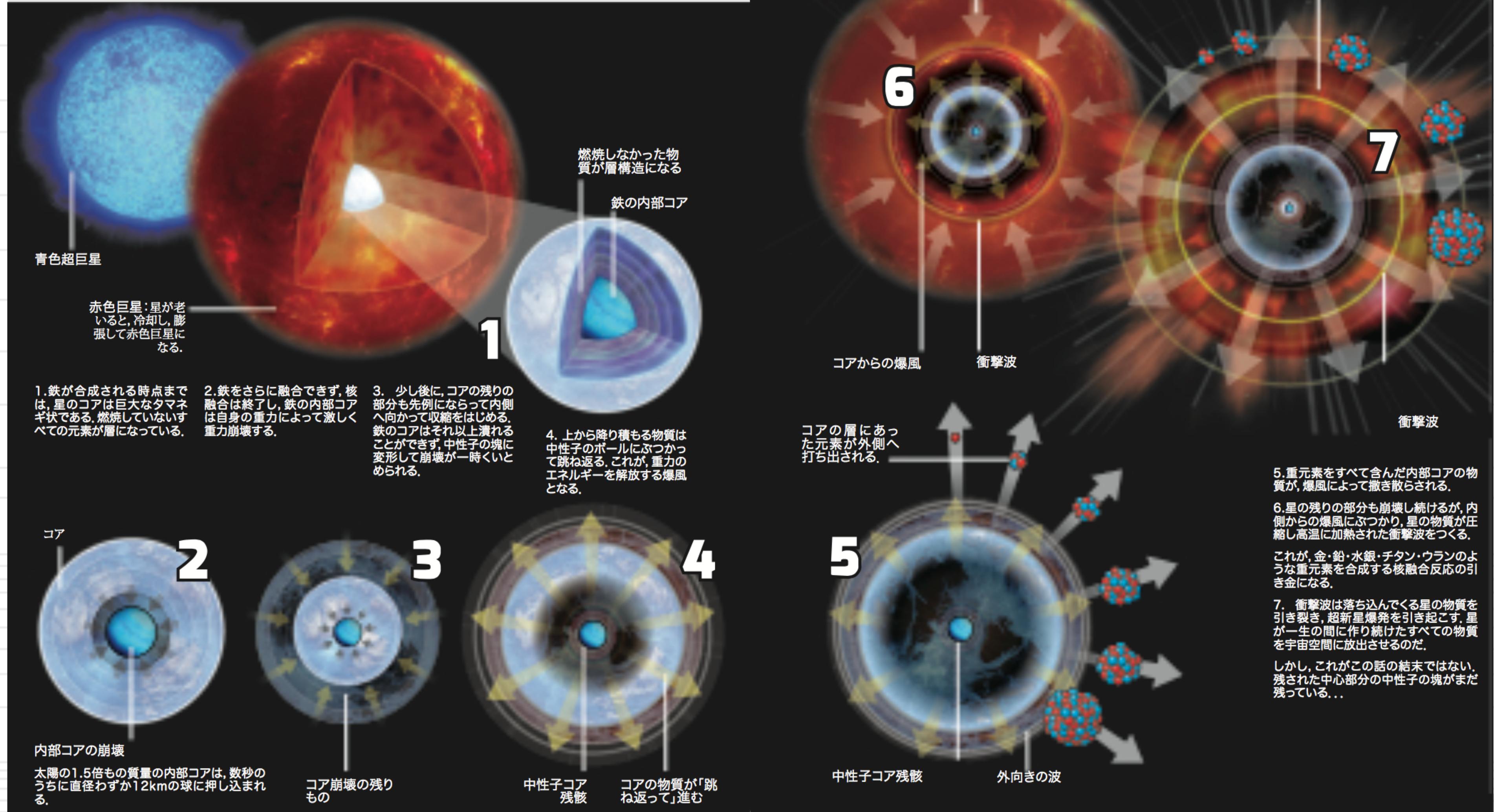


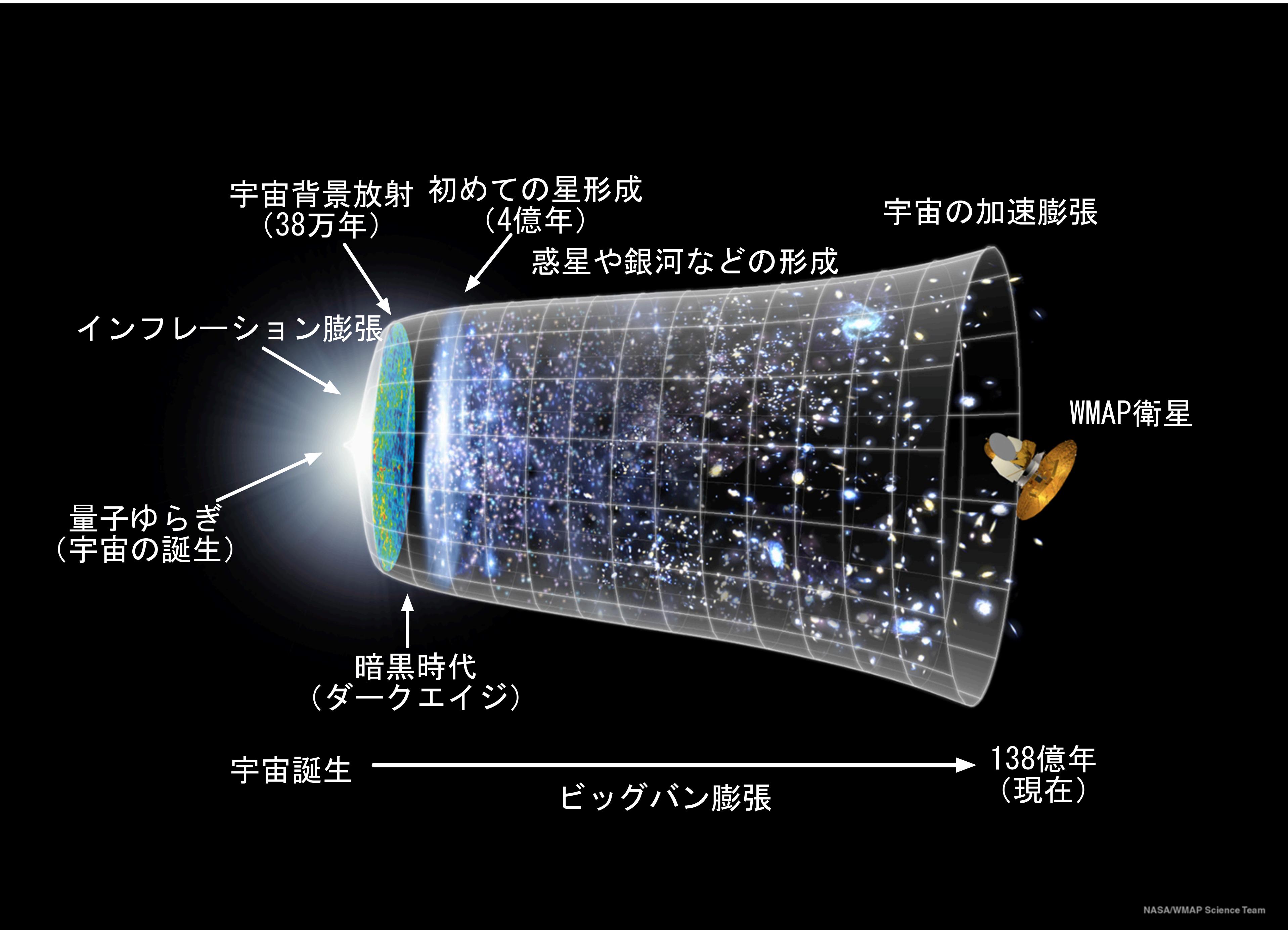
# 鉄まで核融合が進むと燃え終わる



# ダイハード:重元素を合成するまでは死ねない

鉄の核融合を発生させるには、エネルギーを解放するよりも多くのエネルギーを必要とする。ひとたび星のコアに鉄ができるば、それは死を意味する。核融合反応は終了し、星は重力の報酬を受けることになる。重元素が合成されるのは、この星の断末魔の時期である。





# 周期表 (periodic table)

教科書 vi—vii

The diagram shows the periodic table with several annotations:

- Period 1:** Elements H (Hydrogen) and He (Helium) are shown. H is at +1, He is at +18. A note for Cu (+2,1) indicates it can form +2 or +1 ions.
- Period 2:** Elements Li (Lithium), Be (Boron), B (Boron), C (Carbon), N (Nitrogen), O (Oxygen), F (Fluorine), and Ne (Neon) are shown. A note for Cu (+2,1) indicates it can form +2 or +1 ions.
- Period 3:** Elements Na (Sodium), Mg (Magnesium), Al (Aluminum), Si (Silicon), P (Phosphorus), S (Sulfur), Cl (Chlorine), and Ar (Argon) are shown.
- Period 4:** Elements K (Potassium), Ca (Calcium), Sc (Scandium), Ti (Titanium), V (Vanadium), Cr (Chromium), Mn (Manganese), Fe (Iron), Co (Cobalt), Ni (Nickel), Cu (Copper), Zn (Zinc), Ga (Gallium), Ge (Germanium), As (Arsenic), Se (Selenium), Br (Bromine), and Kr (Krypton) are shown.
- Period 5:** Elements Rb (Rubidium), Sr (Strontium), Y (Yttrium), Zr (Zirconium), Nb (Niobium), Mo (Molybdenum), Tc (Technetium), Ru (Ruthenium), Rh (Rhodium), Pd (Palladium), Ag (Silver), Cd (Cadmium), In (Indium), Sn (Tin), Sb (Antimony), Te (Tellurium), I (Iodine), and Xe (Xenon) are shown.
- Period 6:** Elements Cs (Cesium), Ba (Barium), La (Lanthanum), Ce (Cerium), Pr (Praseodymium), Nd (Neodymium), Pm (Promethium), Sm (Samarium), Eu (Europium), Gd (Gadolinium), Tb (Terbium), Dy (Dysprosium), Ho (Holmium), Er (Erbium), Tm (Thulium), Yb (Ytterbium), Lu (Lucentium), At (Astatine), and Rn (Radon) are shown.
- Period 7:** Elements Fr (Francium), Ra (Radium), Lr (Lawrencium), Ts (Tennessine), and Og (Oganesson) are shown.
- Actinides:** A group of elements at the bottom left includes Ac (Actinium), Th (Thorium), Pa (Protactinium), U (Uranium), Np (Neptunium), Pu (Plutonium), Am (Americium), Cm (Curium), Bk (Berkelium), Cf (Californium), Es (Einsteinium), Fm (Fermium), Md (Mendelevium), No (Nobelium), and Lr (Lawrencium).
- Annotations:**
  - 常温で気体** (Yellow box): Elements He, Ne, Ar, Kr, Xe, and the noble gases in Period 5.
  - 常温で液体** (Green box): Elements Br, I, and the noble gases in Period 6.
  - 単体は半導体** (Pink box): Elements Si, Ge, and the transition metals in Period 4.
  - 単体は強磁性体** (Light Blue box): Element Fe.
  - 放射性同位体のみからなる元素** (Orange box): Elements Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, and Lr.
- 宇宙の始まりは素粒子.**
- だんだんと冷えるにしたがって水素 (H) が形成.**
- 集まって星ができ、核融合で恒星になる.**
- しかし、核融合は、鉄(Fe)までしか進まない.**
- 現在、周期表に Fe より重い元素があるのは何故か？**

93番以降は、すべて人工合成されたもの

# 鉄より原子番号の大きな元素はどこでできた？

## コラム 43 鉄より原子番号の大きな元素はどこでできた？

核融合も核分裂も、エネルギー的に一番安定な鉄  $^{56}\text{Fe}$  まで反応が進むことを説明した。宇宙の歴史は、ピッグバンとよばれる大爆発で一つの点から始まったことがわかっている。137億年前の誕生直後の宇宙は、高温の素粒子が飛び回る空間で満たされていたが、宇宙の膨張とともに温度が下がり、素粒子が徐々に結合して元素になっていった。

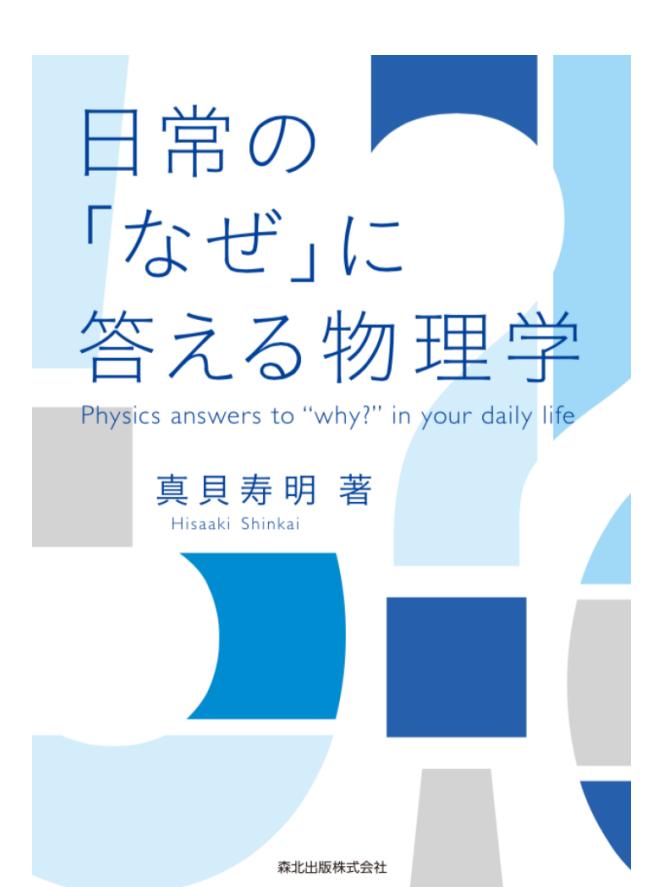
宇宙を満たしている元素の大部分は、水素とヘリウムである。これらのガスが重力によって集まると核融合で点火して燃える星となる。このような原理で太陽は50億年間、輝いている。だが、水素がヘリウムに、ヘリウムがリチウムに、といった核融合サイクルは、鉄までいくと終了する。星は鉄のコアを中心に残して冷却していくはずだ。それでは、鉄以上の原子番号をもつ元素は、宇宙のどこでつくられたのだろうか。

この答えは、超新星爆発とよばれる星の一生の最後の大爆発であると考えられている。ここでは、星（恒星、つまり燃えて輝く星）の行く末について説明しよう。

恒星はガスの塊である。星の大きさを決めるのは、星の質量による重力（引力）と、核融合燃焼によるガスの膨張する力（斥力）のつりあいである（正確には、ガスの圧力勾配である）。核融合でエネルギーを放出していく星は、質量をエネルギーに転換していくので、しだいに軽くなる。したがって、重力が弱くなり、星は徐々に大きく膨らむことになる。

燃料がなくなった星は冷却を始める。そうすると、外向きの力がなくなるので星は縮み始めることになる（重力崩壊）。どこまで収縮するのかは、初めの星の大きさによって違う運命になる。

- 星の質量が太陽程度であれば、星はゆっくりと冷却し、自身の重力を電子の縮退圧（電子の取り得る最小エネルギー）で支えられる高密度な星、白色矮星（white dwarf）になる。およそ地球の大きさに太陽質量の  $1/4$  程度が凝縮する星である。



# 周期表 (periodic table)

教科書 vi—vii

Period	1 IA	2 II A	3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B	9 VIII B	10 I B	11 II B	12 III A	13 III A	14 IV A	15 VA	16 VI A	17 VII A	18 VIII A
1 1s	1 H +1 水素 hydrogen 1.008	2 Be +2 ベリリウム beryllium 9.012										29 Cu +2,1 銅 copper 63.55					2 He +1 ヘリウム helium 4.003	
2 2s	3 Li +1 リチウム lithium 6.941																	
3 3s	11 Na +1 ナトリウム sodium 22.99	12 Mg +2 マグネシウム magnesium 24.31	21 Sc +3 スカンジウム	22 Ti +4,3,2 チタン	23 V +5,2,3,4 バナジウム	24 Cr +3,2,6 クロム	25 Mn +2,3,4,6,7 マンガン	26 Fe +3,2 鉄	27 Co +2,3 コバルト	28 Ni +2,3 ニッケル	29 Cu +2,1 銅	30 Zn +2 亜鉛	31 Ga +3 ガリウム	32 Ge +4,2 ゲルマニウム	33 As -3 リン	34 Se -2 硫黄	35 Br -1 塩素	36 Kr +1 アルゴン
4 4s	19 K +1 カリウム potassium 39.10	20 Ca +2 カルシウム calcium 40.08	55 Cs +1 セシウム cesium 132.9	56 Ba +2 バリウム barium 137.3														
5 5s	37 Rb +1 ルビジウム rubidium 85.47	38 Sr +2 ストロンチウム strontium 87.62																
6 6s																53 I -2 ヨウ素 iodine 126.9	54 Xe -1 キセノン xenon 131.3	
7 7s	87 Fr +1 フランシウム francium 223	88 Ra +2 ラジウム radium 226																
																85 At +4,2 アスタチン astatine 210	86 Rn +1 ラドン radon 222	

宇宙の始まりは素粒子。

だんだんと冷えるにしたがって水素 (H) が形成。

集まって星ができ、核融合で恒星になる。

しかし、核融合は、鉄(Fe)までしか進まない。

現在、周期表に Fe より重い元素があるのは何故か？

超新星爆発で作られた！

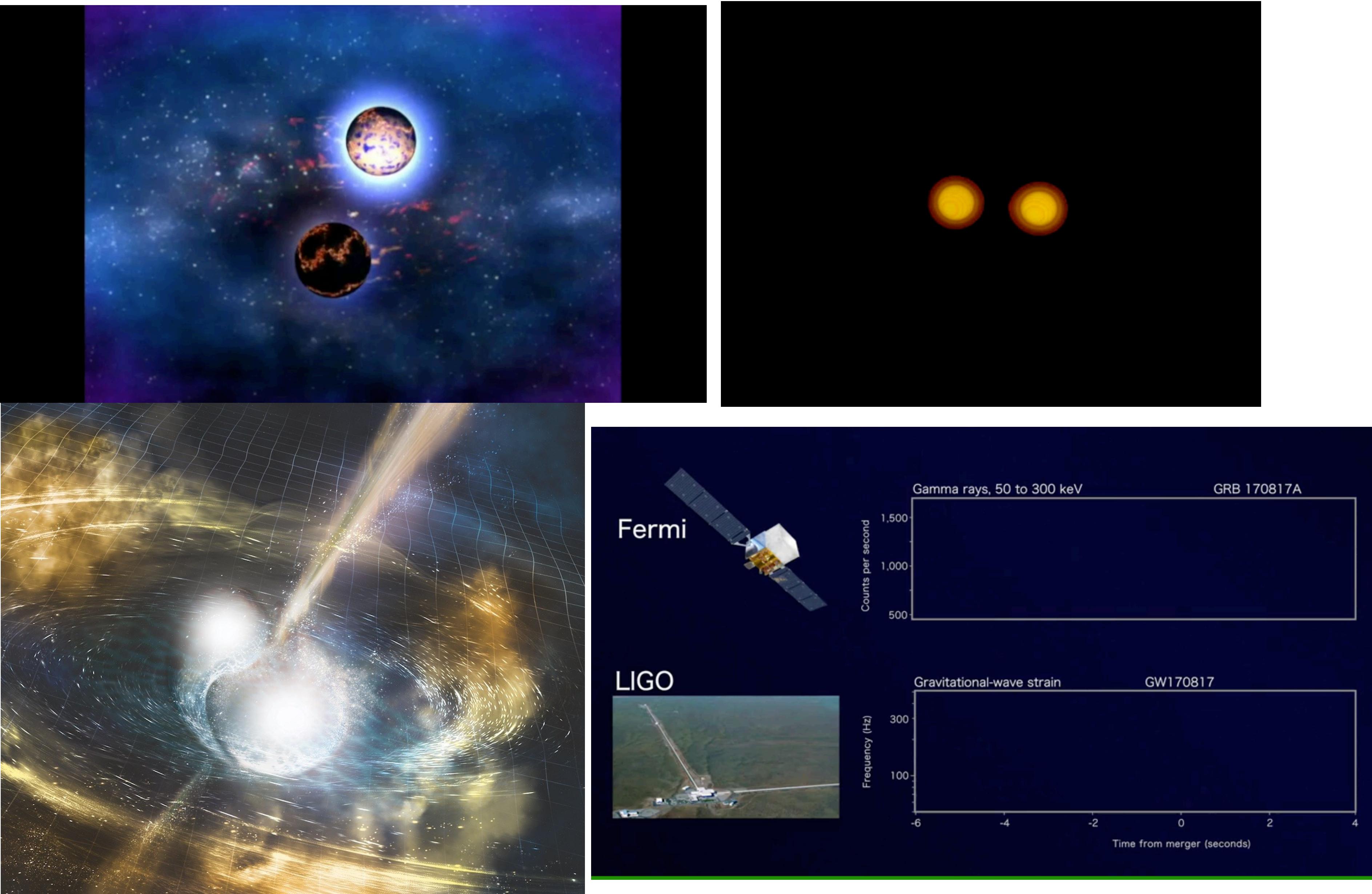
連星中性子星の合体で作られた！

ランタノイド  
lanthanides  
(レアアース金属)  
(rare earth metals)

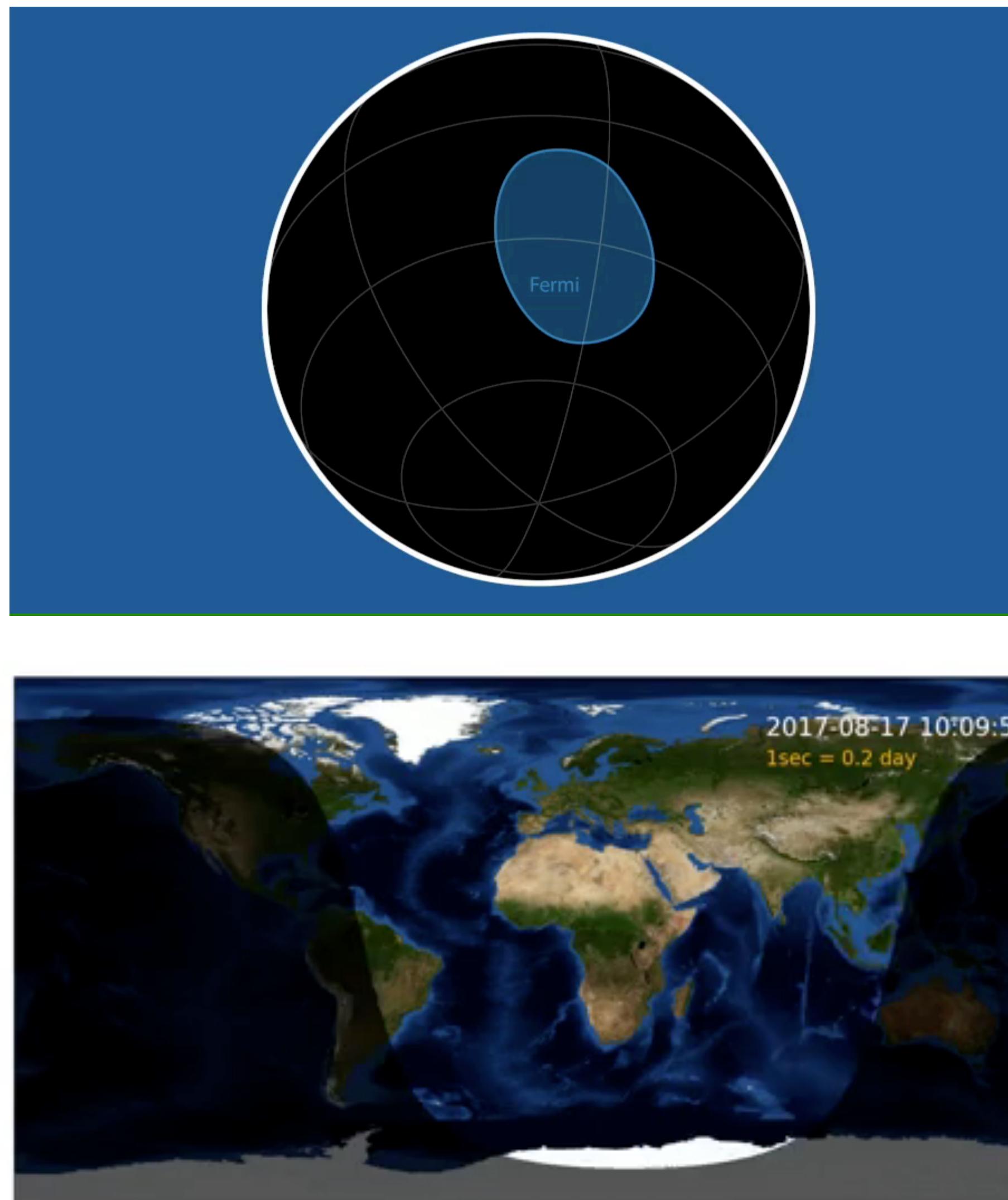
アクチノイド  
actinides

lanthanum 138.9	cerium 140.1	praseodymium	neodymium	promethium	samarium	europeum	gadolinium	terbium	dysprosium	holmium	erbium	thulium 68.9	ytterbium 173.0	lutetium 175.0	+3
89 Ac +3 アクチニウム actinium 227	90 Th +4 トリウム thorium 232.0	91										+3,2	102 Md +2,3 レビウム mendelevium 256	103 No +3 ノーベリウム nobelium 259	104 Lr +1 ローレンシウム lawrencium 257

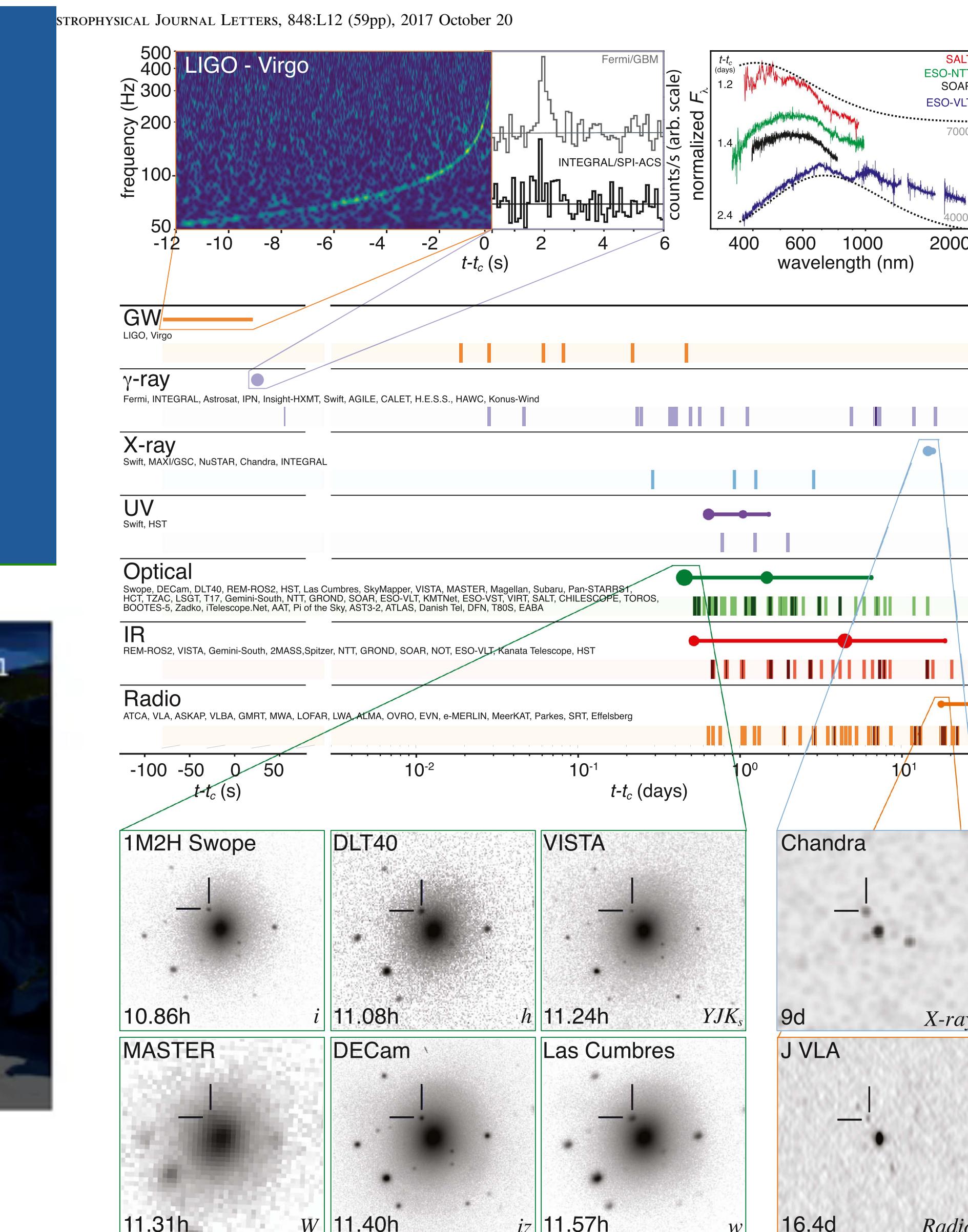
# 連星中性子星合体 重力波検出, 多くの天文台が同時観測



# 連星中性子星合体 重力波検出, 多くの天文台が同時観測

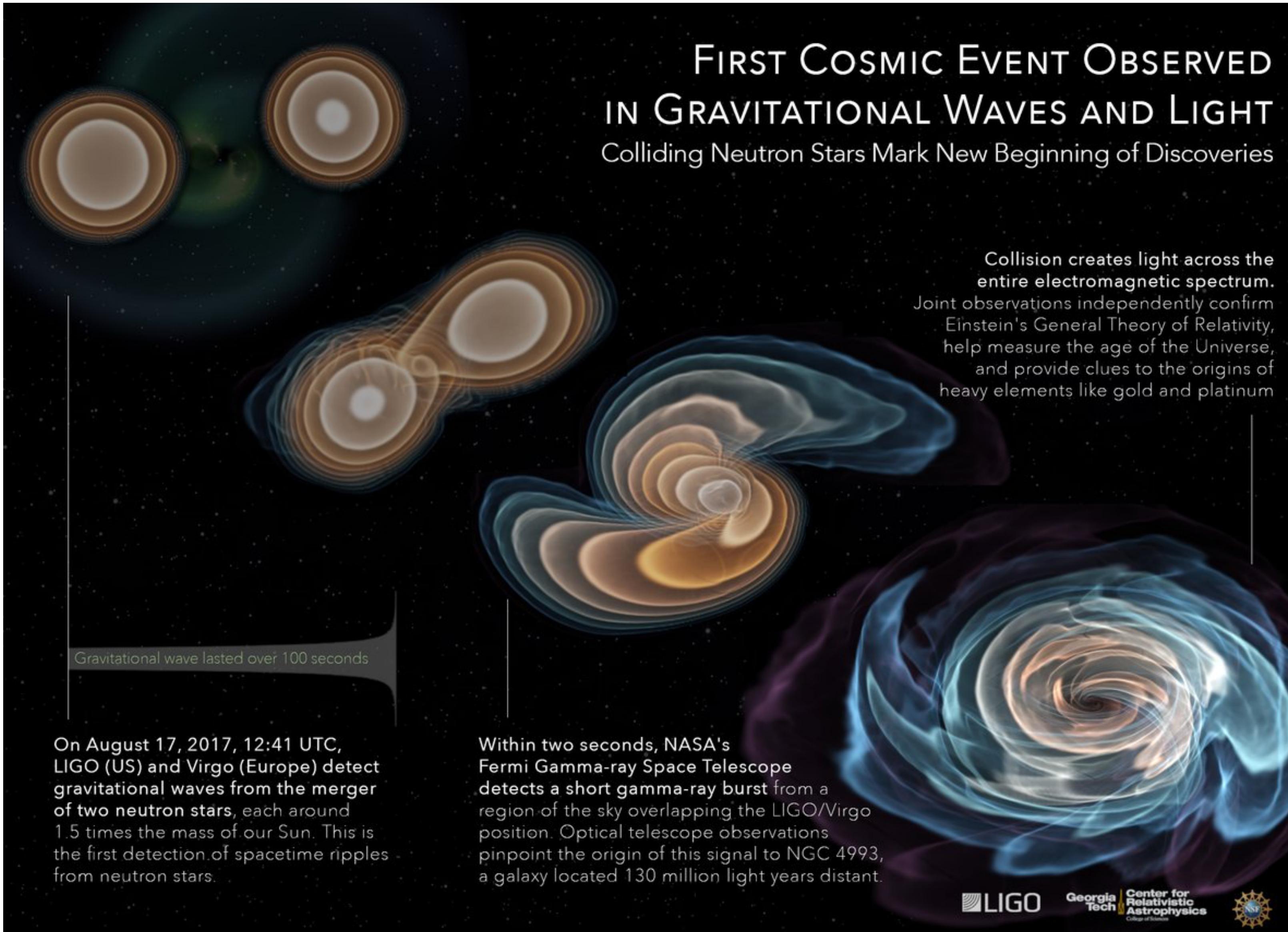


波源はNGC4993 (40Mpc先) !

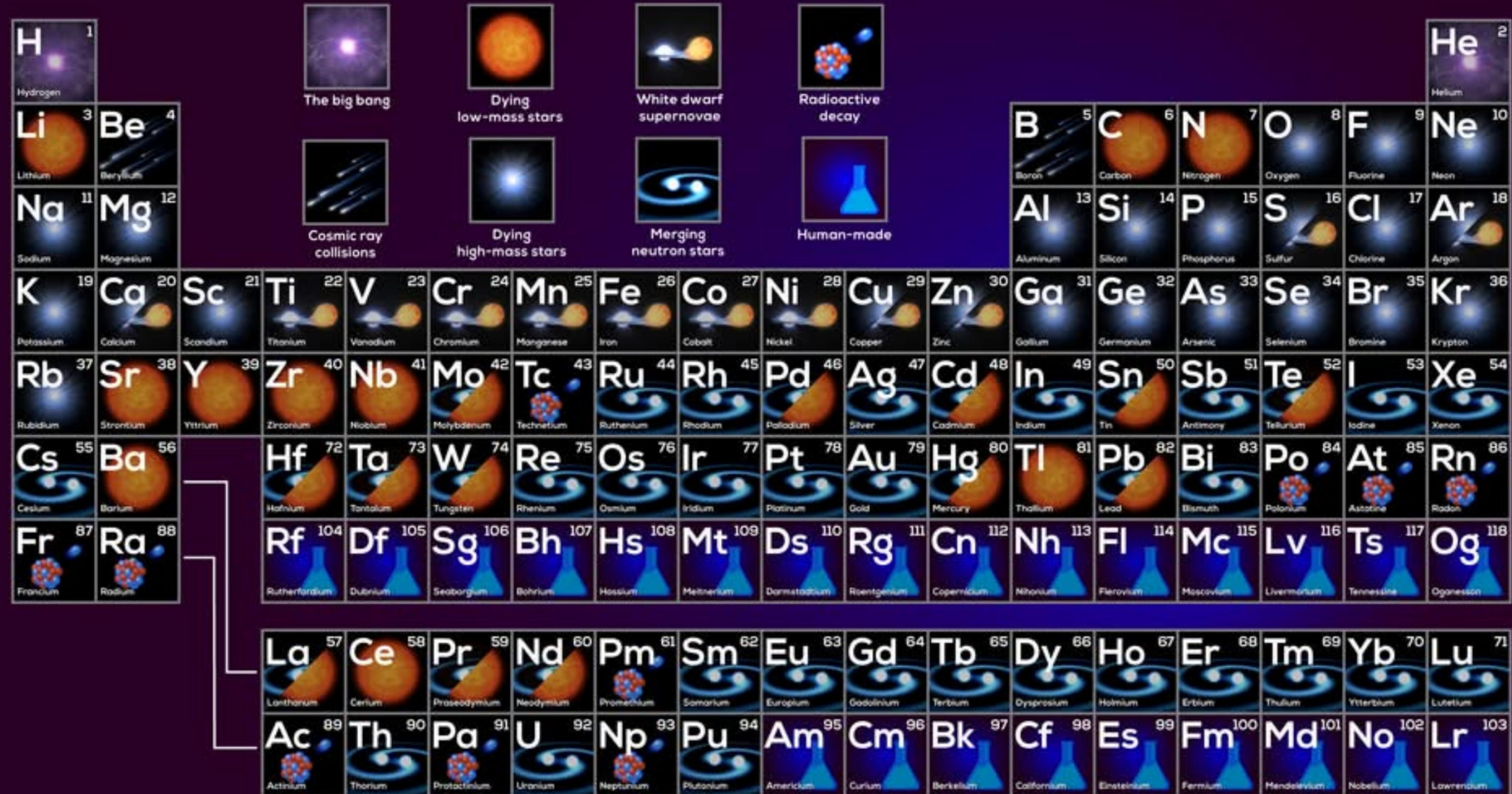


**Figure 2.** Timeline of the discovery of GW170817, GRB 170817A, SSS17a/AT 2017gfo, and the follow-up observations are shown by messenger and wavelength relative to the time  $t_c$  of the gravitational-wave event. Two types of information are shown for each band/messenger. First, the shaded dashes represent the times when information was reported in a GCN Circular. The names of the relevant instruments, facilities, or observing teams are collected at the beginning of the row. Second,

# 連星中性子星合体 重力波検出, 多くの天文台が同時観測



# ORIGINS OF THE ELEMENTS



This periodic table depicts the primary source on Earth for each element. In cases where two sources contribute fairly equally, both appear.

# オッペンハイマー

OPPENHEIMER



オッペンハイマー 予告編 (2024) 1:30'

<https://www.youtube.com/watch?v=Uoctxzt2IfU>

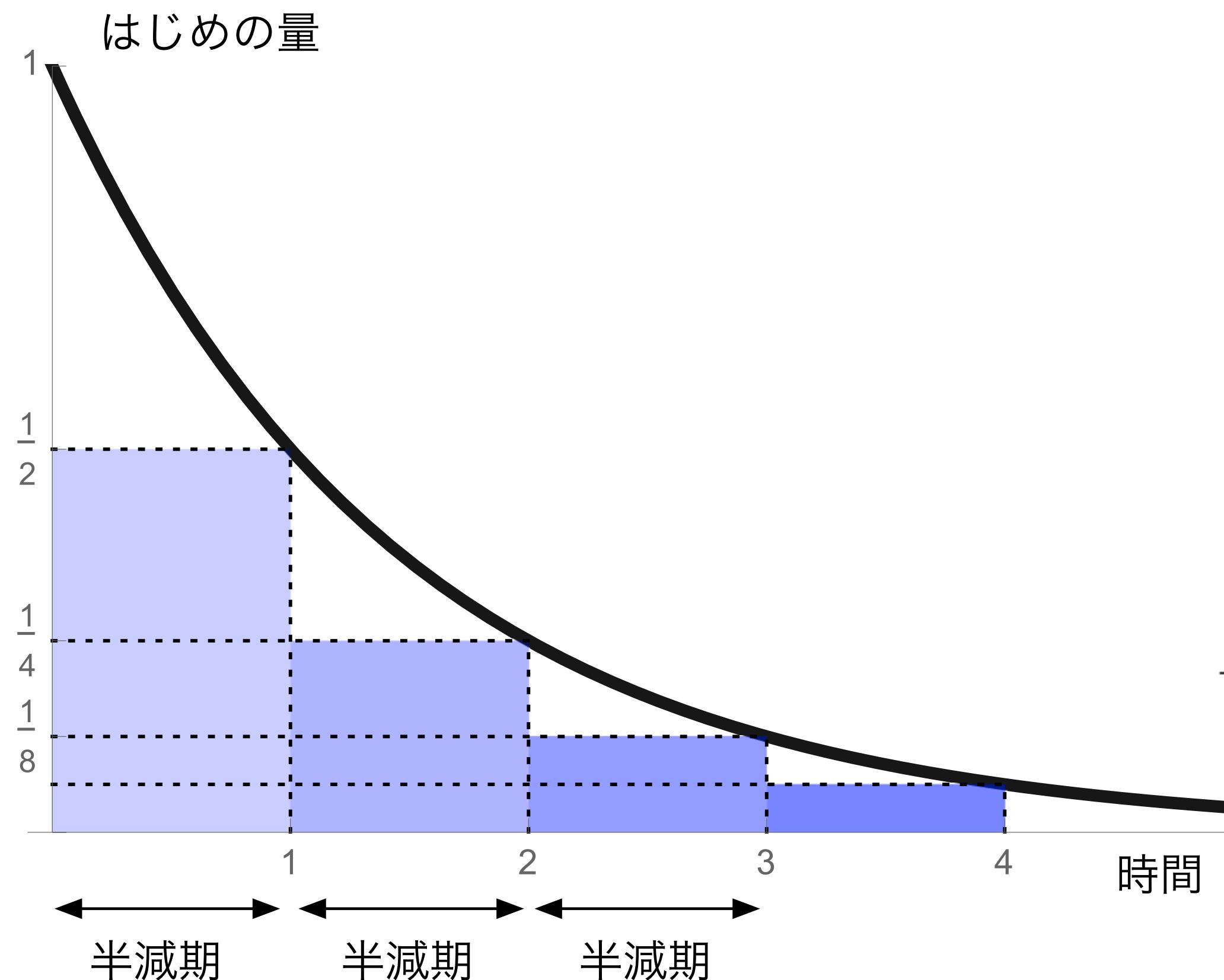
# Time Lapse Map of Every Nuclear Explosion Ever On Earth



Japanese artist Isao Hashimoto has created a beautiful, undeniably scary time-lapse map of the 2053 nuclear explosions which have taken place between 1945 and 1998, beginning with the Manhattan Project's "Trinity" test near Los Alamos and concluding with Pakistan's nuclear tests in May of 1998. This leaves out North Korea's two alleged nuclear tests in this past decade (the legitimacy of both of which is not 100% clear).

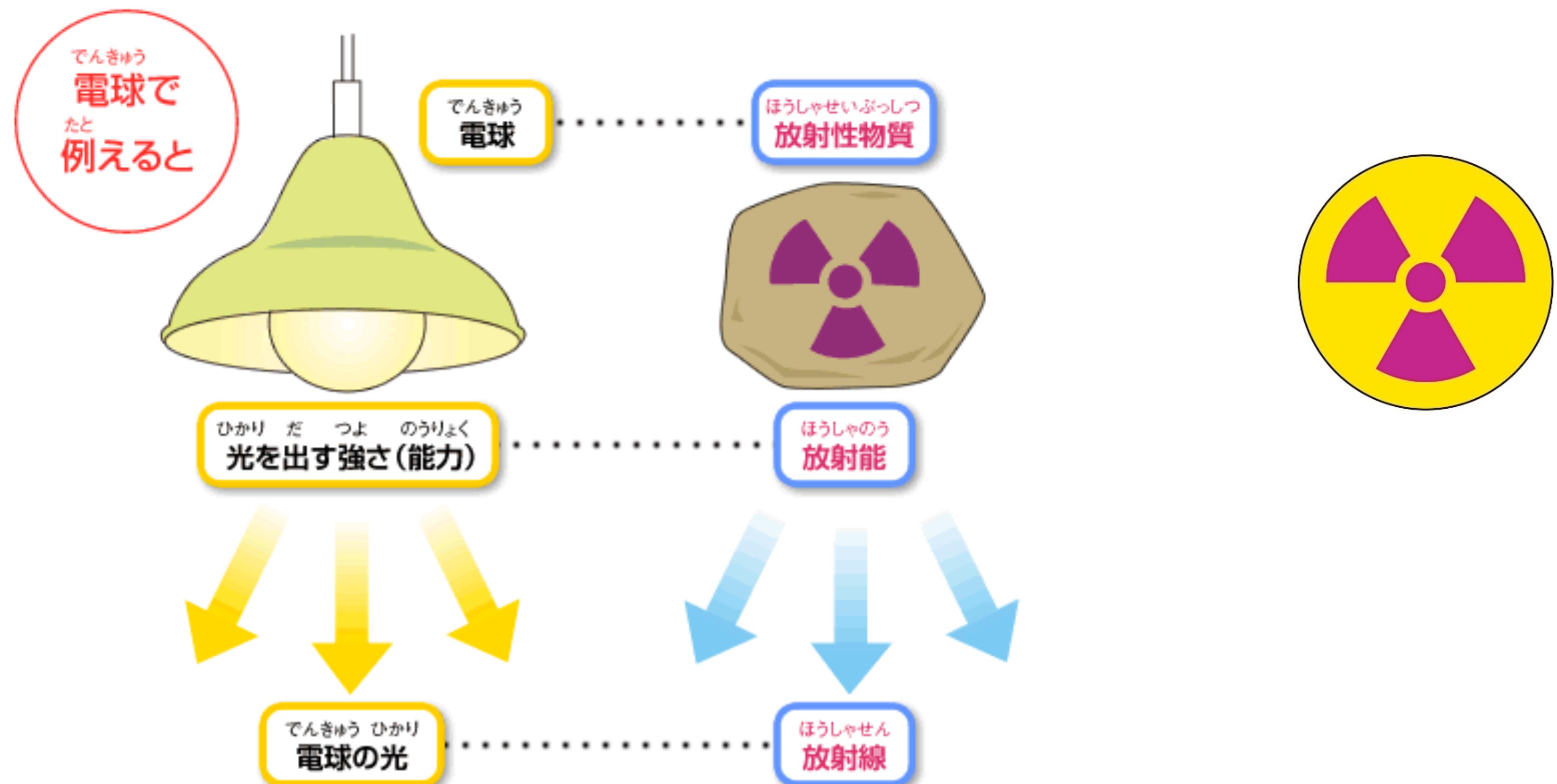
Each nation gets a blip and a flashing dot on the map whenever they detonate a nuclear weapon, with a running tally kept on the top and bottom bars of the screen. Hashimoto, who began the project in 2003, says that he created it with the goal of showing "the fear and folly of nuclear weapons." It starts really slow — if you want to see real action, skip ahead to 1962 or so — but the buildup becomes overwhelming.

# 半減期 (half-decay time)



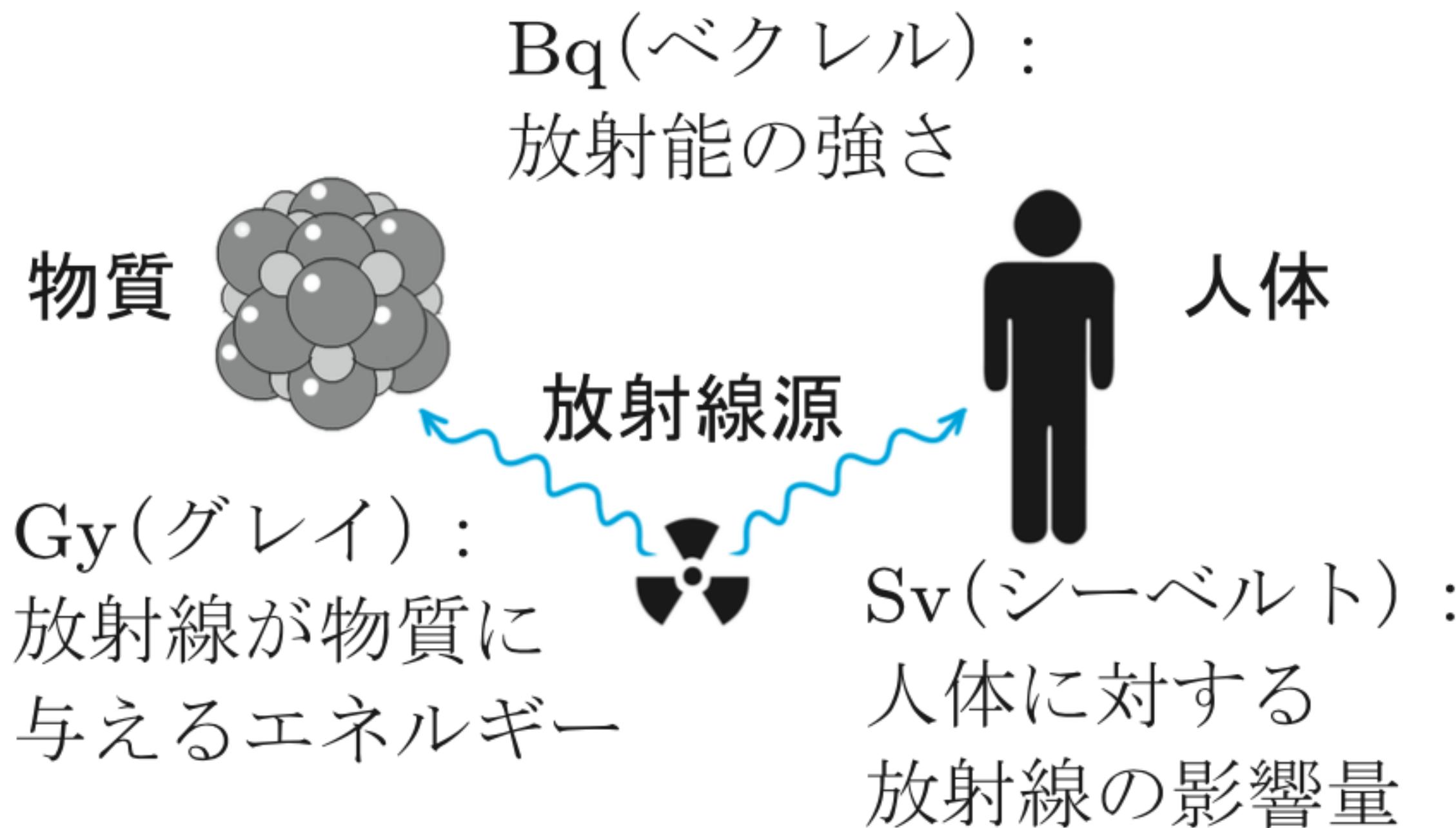
原子核		崩壊の型	半減期
中性子	n	単体の中性子	$\beta$ 10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	$\beta$ $5.73 \times 10^3$ 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	$\beta$ 14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	$\beta$ $1.28 \times 10^9$ 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	$\beta$ 5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	$\beta$ 28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	$\beta$ 8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$	人工に合成	$\beta$ 30.07 年
ラドン	$^{222}_{86}\text{Rn}$	自然に存在	$\alpha$ 3.82 日
ラジウム	$^{226}_{88}\text{Ra}$	自然に存在	$\alpha$ $1.60 \times 10^3$ 年
ウラン	$^{235}_{92}\text{U}$	自然に存在	$\alpha$ $7.04 \times 10^8$ 年 7億年
ウラン	$^{238}_{92}\text{U}$	自然に存在	$\alpha$ $4.47 \times 10^9$ 年 45億年

# 放射能 と 放射線



# 放射線に関する単位

教科書 p241



Antoine Henri Becquerel  
(1852-1908)



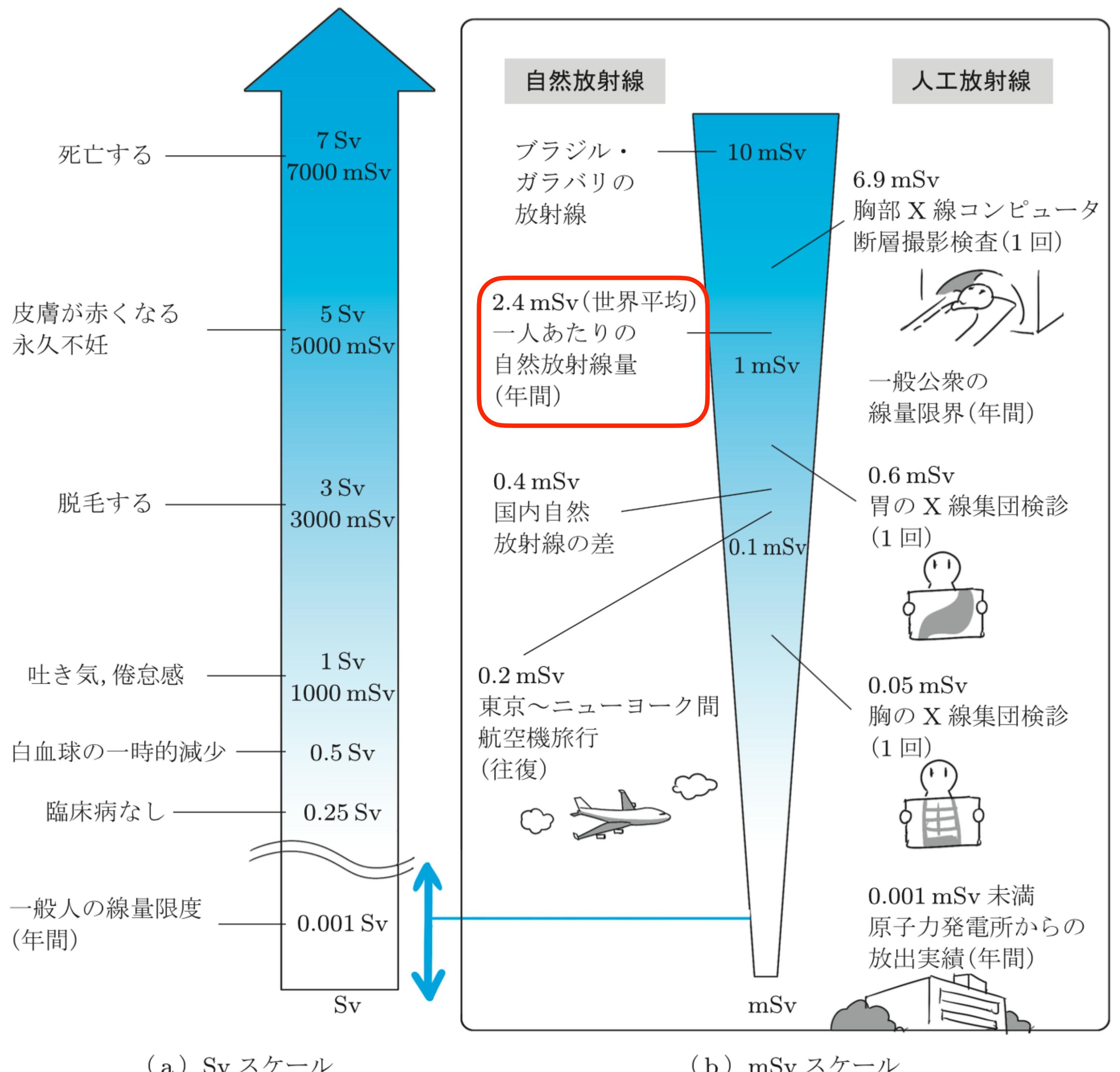
Rolf Maximilian Sievert  
(1896-1966)

放射能	ベクレル Bq	1つ/1秒 = 1ベクレル
吸収線量	グレイ Gy	放射線が当たって与えるエネルギー
線量	シーベルト Sv	人体に対する影響量を評価する単位

Louis Harold Gray  
(1905-1965)

# 放射線が人体に対する影響

教科書 p241

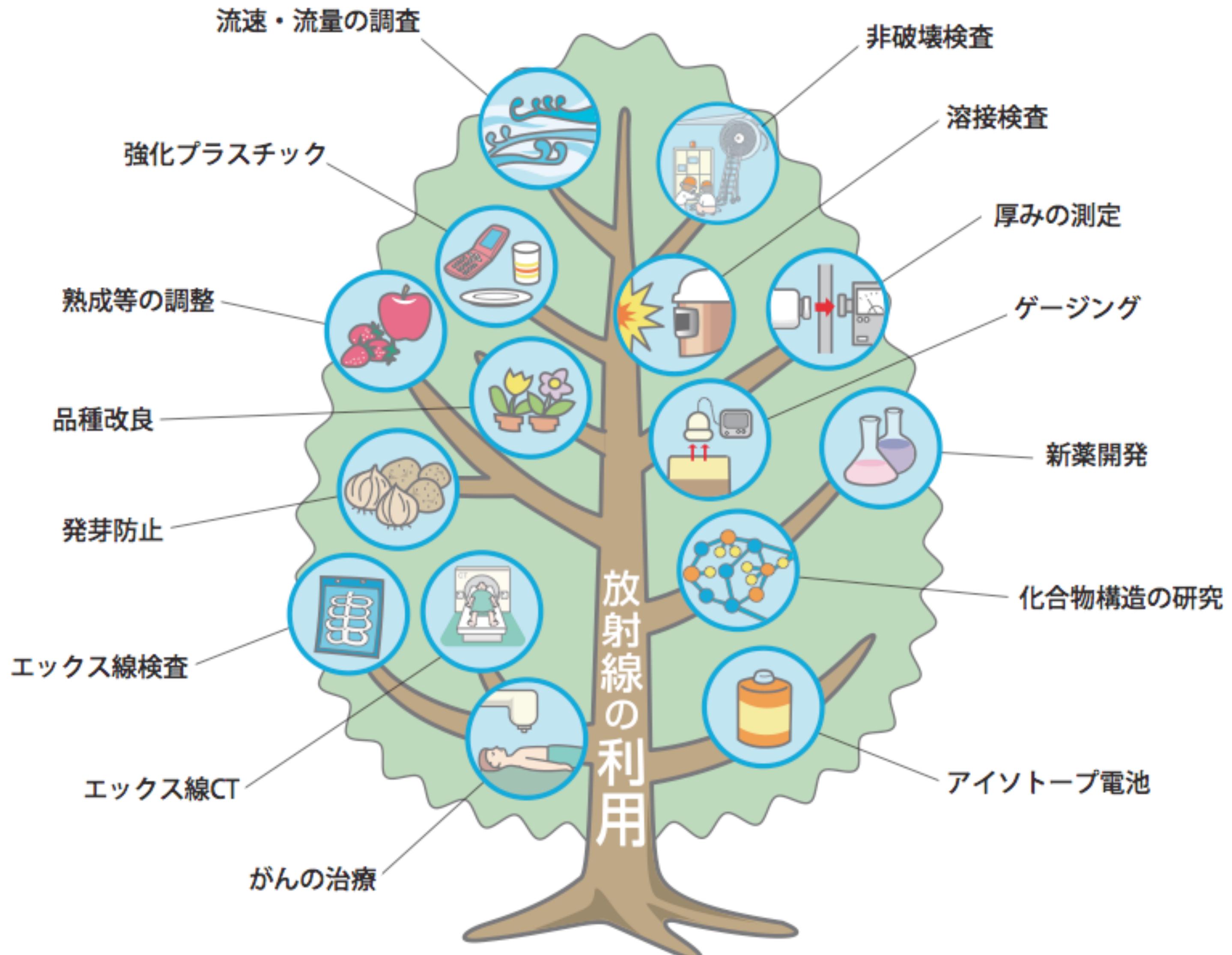


**自然放射線 (世界平均)**  
**1年間に、2.4mSv**

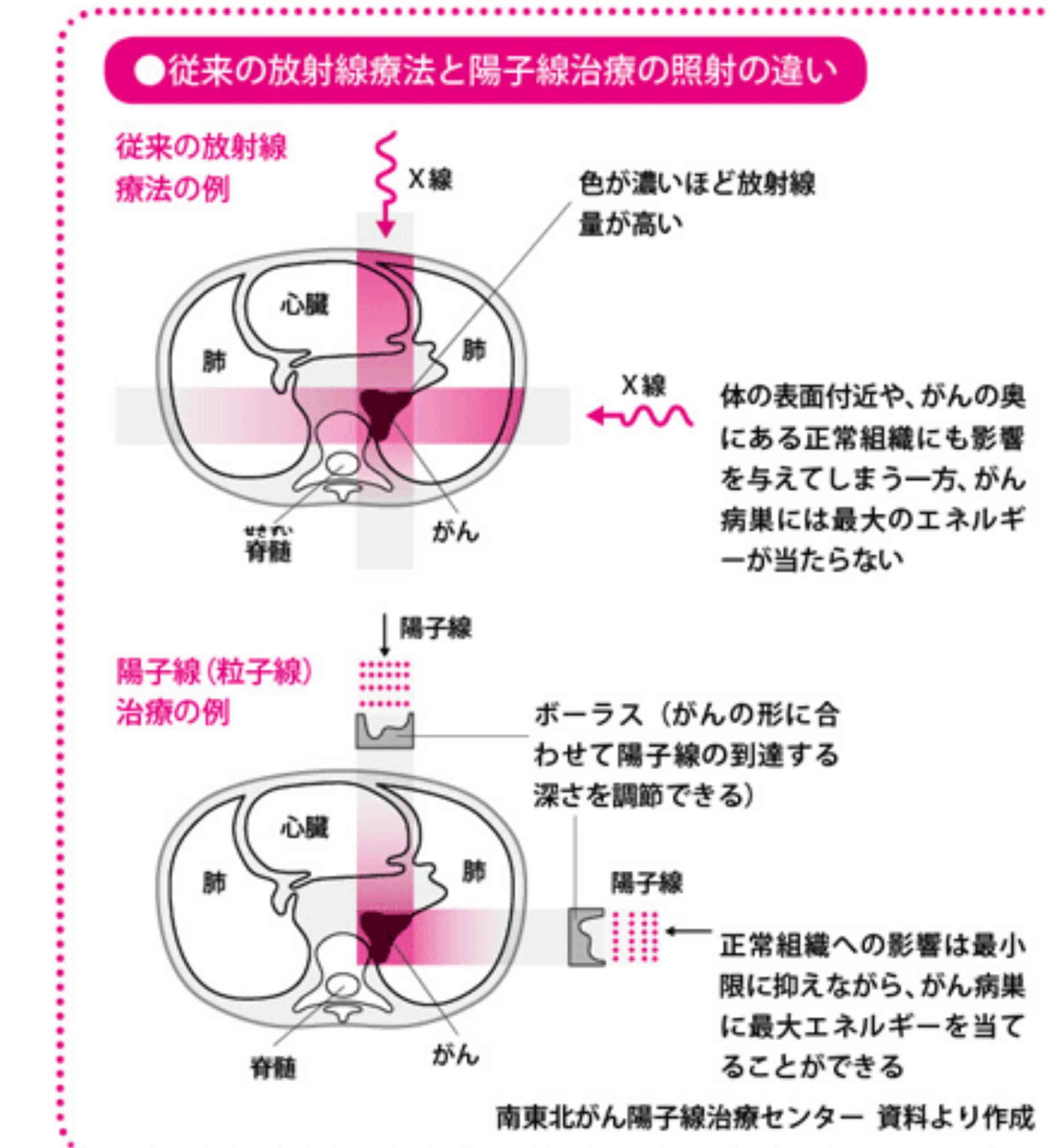
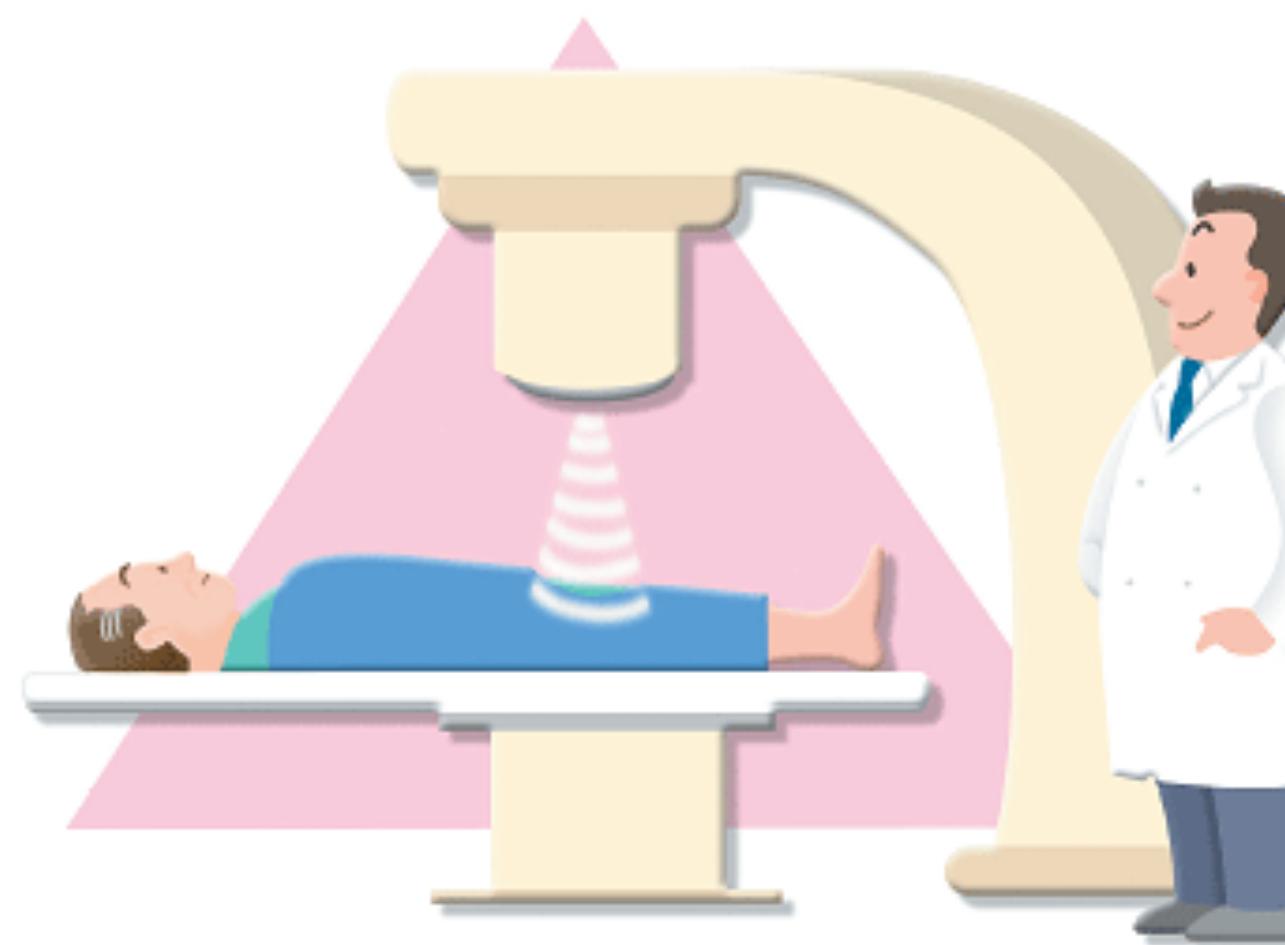
宇宙から	0.39
地面から	0.48
食物から	0.29
ラドン吸入	1.28

胸のX線レントゲン約50回分の  
自然放射線を私たちは浴びている

# 放射線のいろいろな利用



# 放射線治療(粒子線治療)



# 不妊虫放飼(ふにんちゅうほうし)



プロジェクトX 挑戦者たち  
起死回生の突破口  
8ミリの悪魔VS特命班／最強の害虫・  
野菜が危ない



昭和47年(1972年), 日本への復帰に沸く沖縄で, 人々を震撼させる出来事が起きた。東南アジアから恐るべき害虫が飛来したのである。「ウリミバエ」。体長わずか8ミリのこの虫は, カボチャ, ピーマンなどの野菜に寄生し卵を産み付ける。野菜には瞬く間にウジが沸き, 腐ってしまう。世界各地で猛威を震い恐れられていた, 農薬を持ってしても根絶出来ない史上最悪の害虫「8ミリの悪魔」だった。

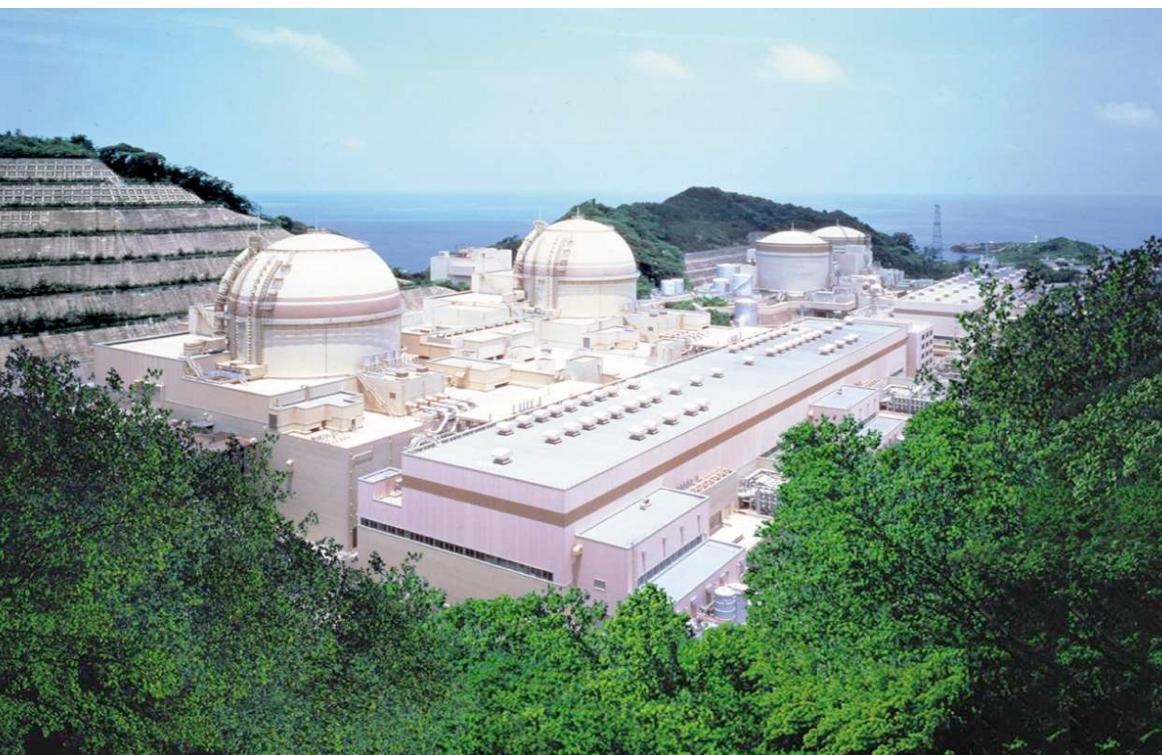
天敵のいない沖縄の島々で, ウリミバエは大繁殖。次第に北上した。もし, 本土に上陸すれば, 日本の野菜全体が壊滅的な被害を受ける。日本政府は「植物防疫法」により, 沖縄県からの野菜の持ち出しを厳禁した。

「沖縄でウリミバエをくい止める」政府は, ウリミバエ根絶のため, 思いも寄らぬ方法を沖縄県に提案した。それは, 放射線「コバルト60」をハエに照射して, 生殖細胞を破壊。繁殖力を失ったハエを増殖させることで, 何十年もかけて撲滅するという, 気の遠くなるような作戦だった。

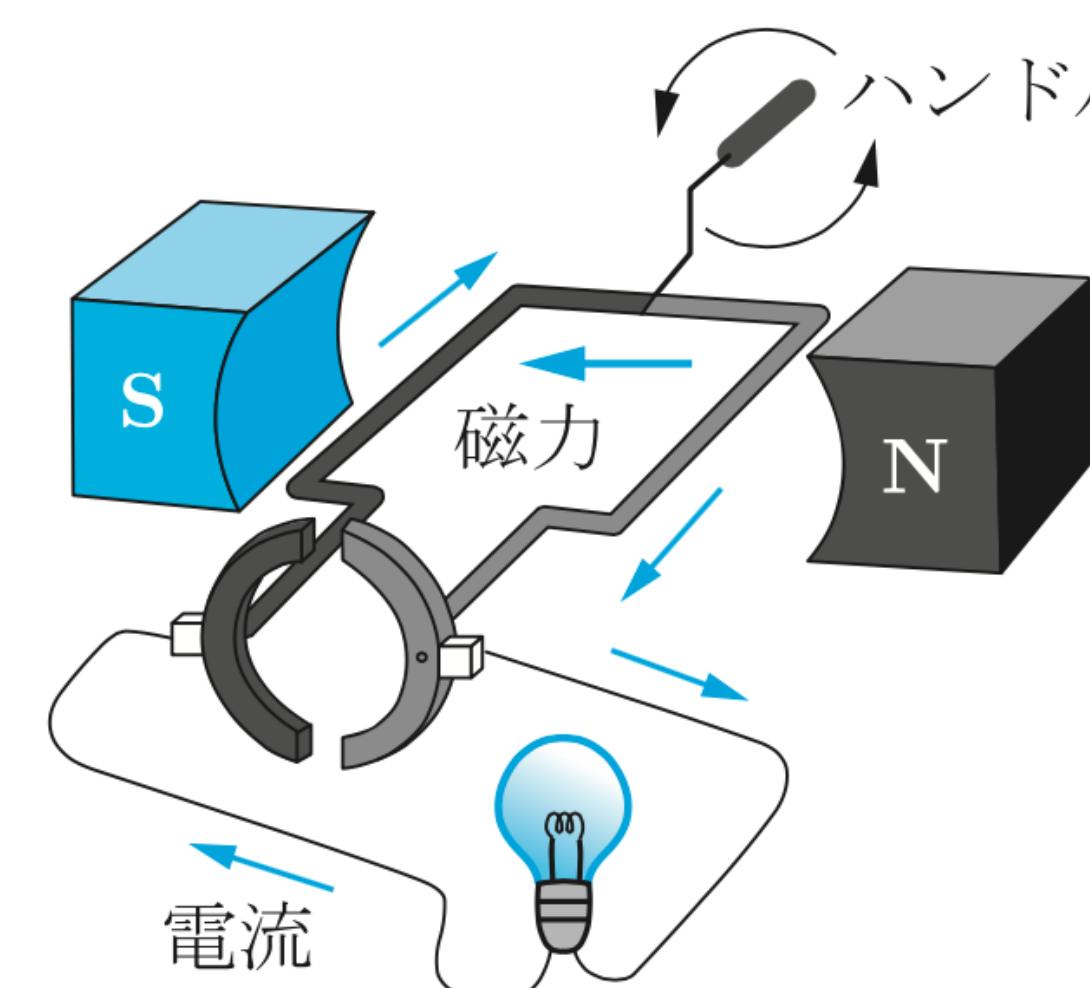
21年に渡る闘いの末, ウリミバエの根絶に成功。

全事業に要した費用は169億6400万円、放飼されたハエの数は約530億7743万匹。

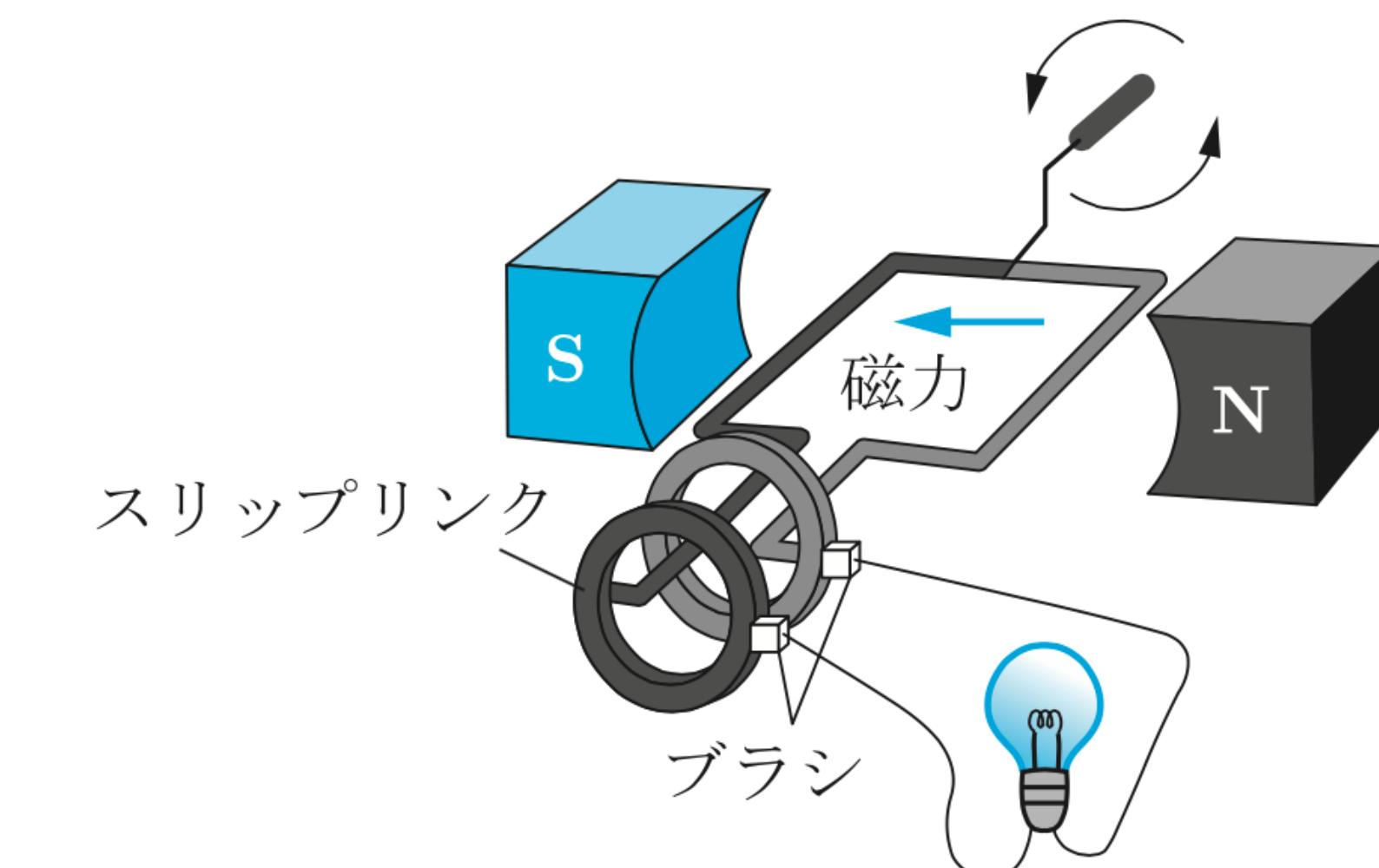
# 原子力発電



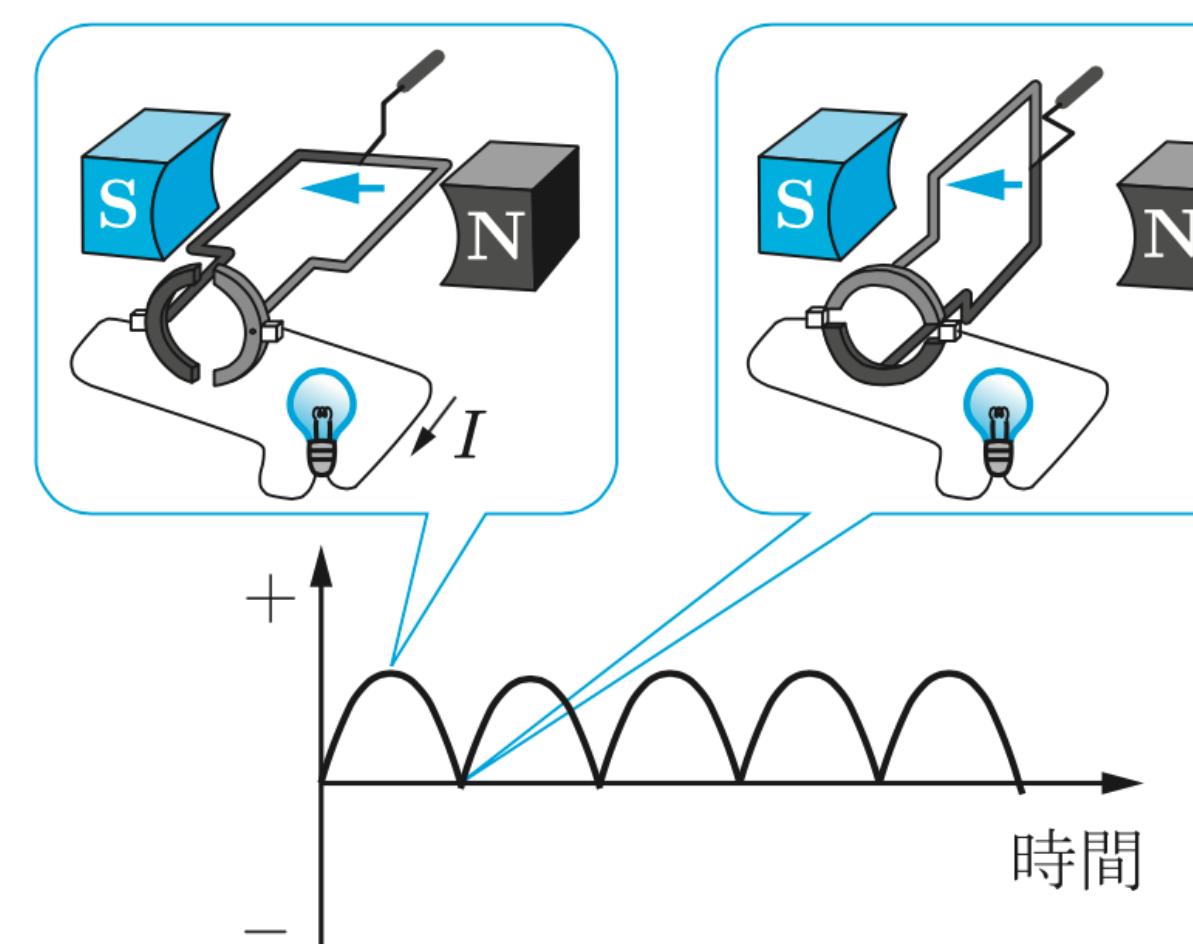
## 発電機のしくみ



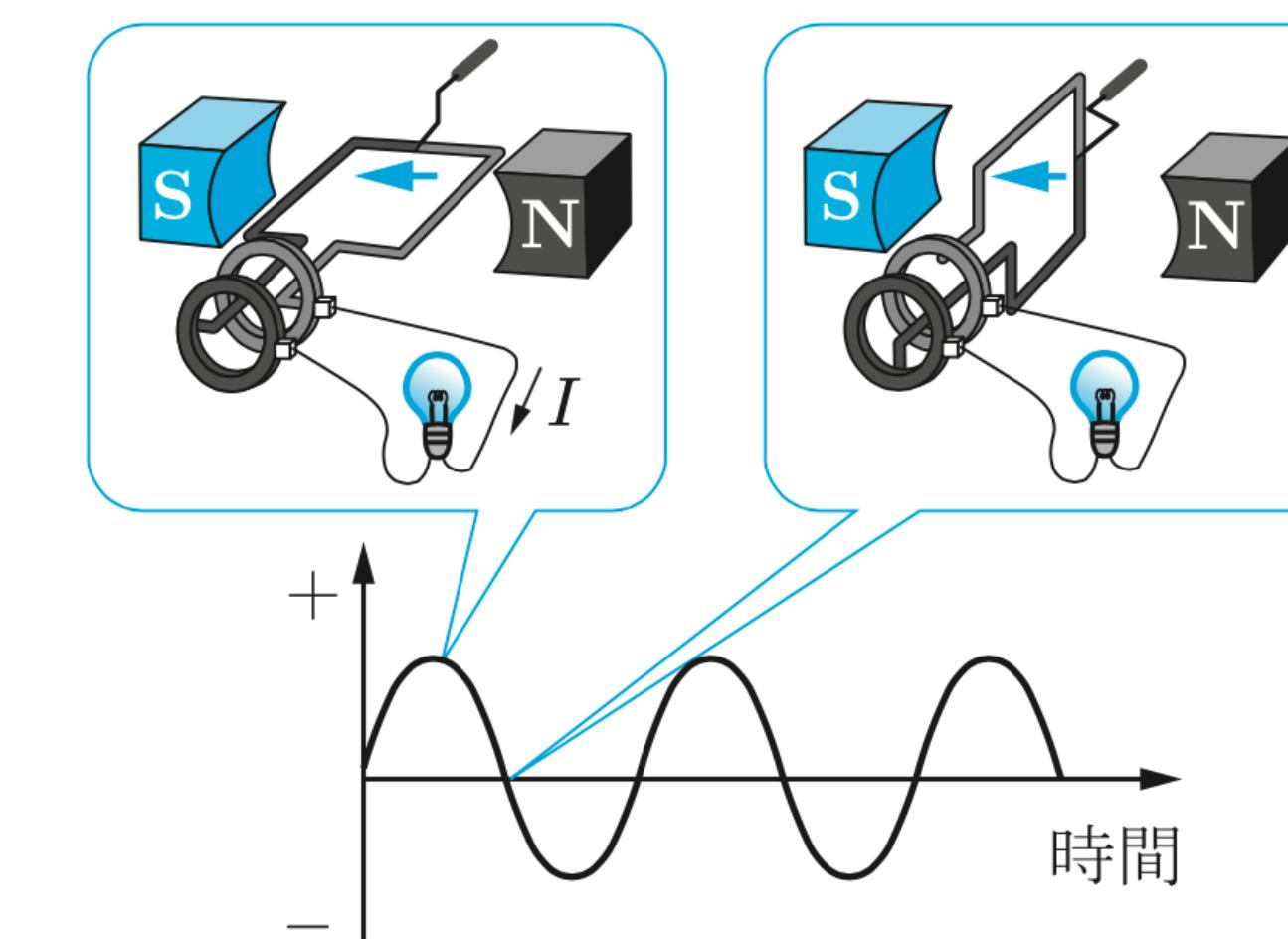
(a) 直流発電機のしくみ



(b) 交流発電機のしくみ

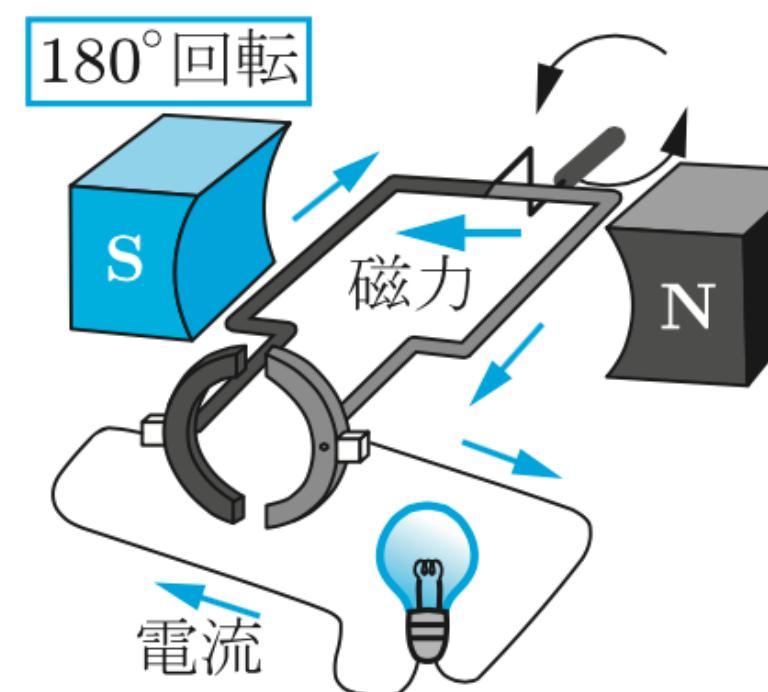
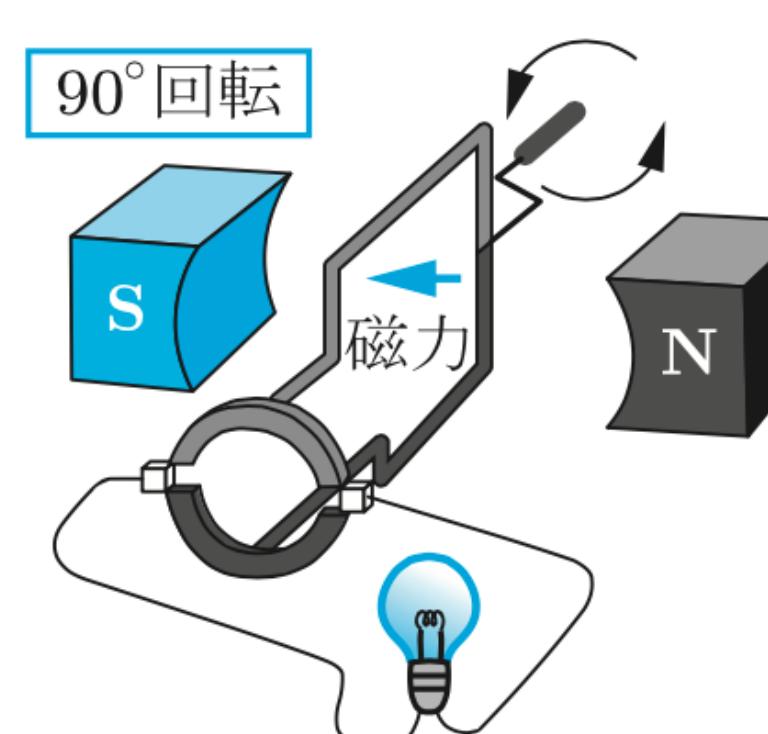
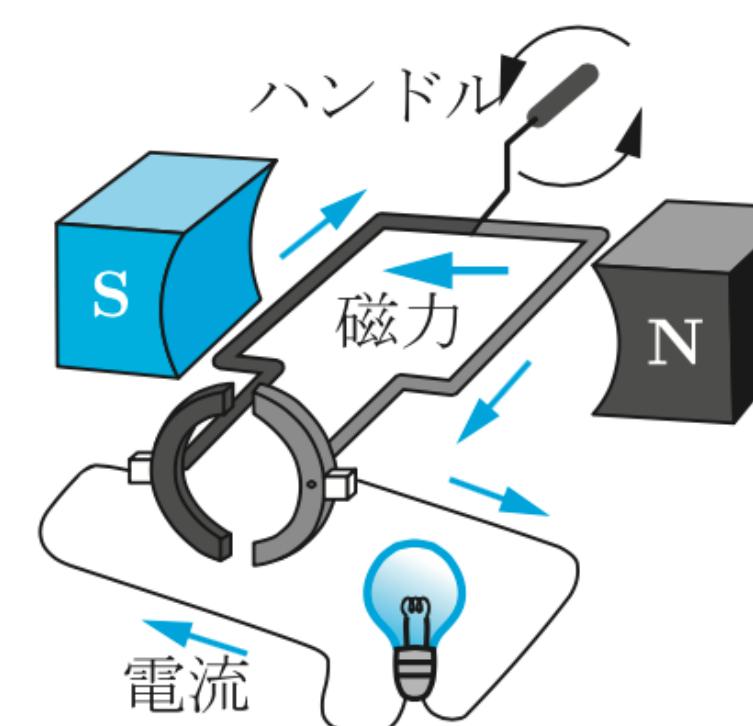


(a) 直流発電機の波形

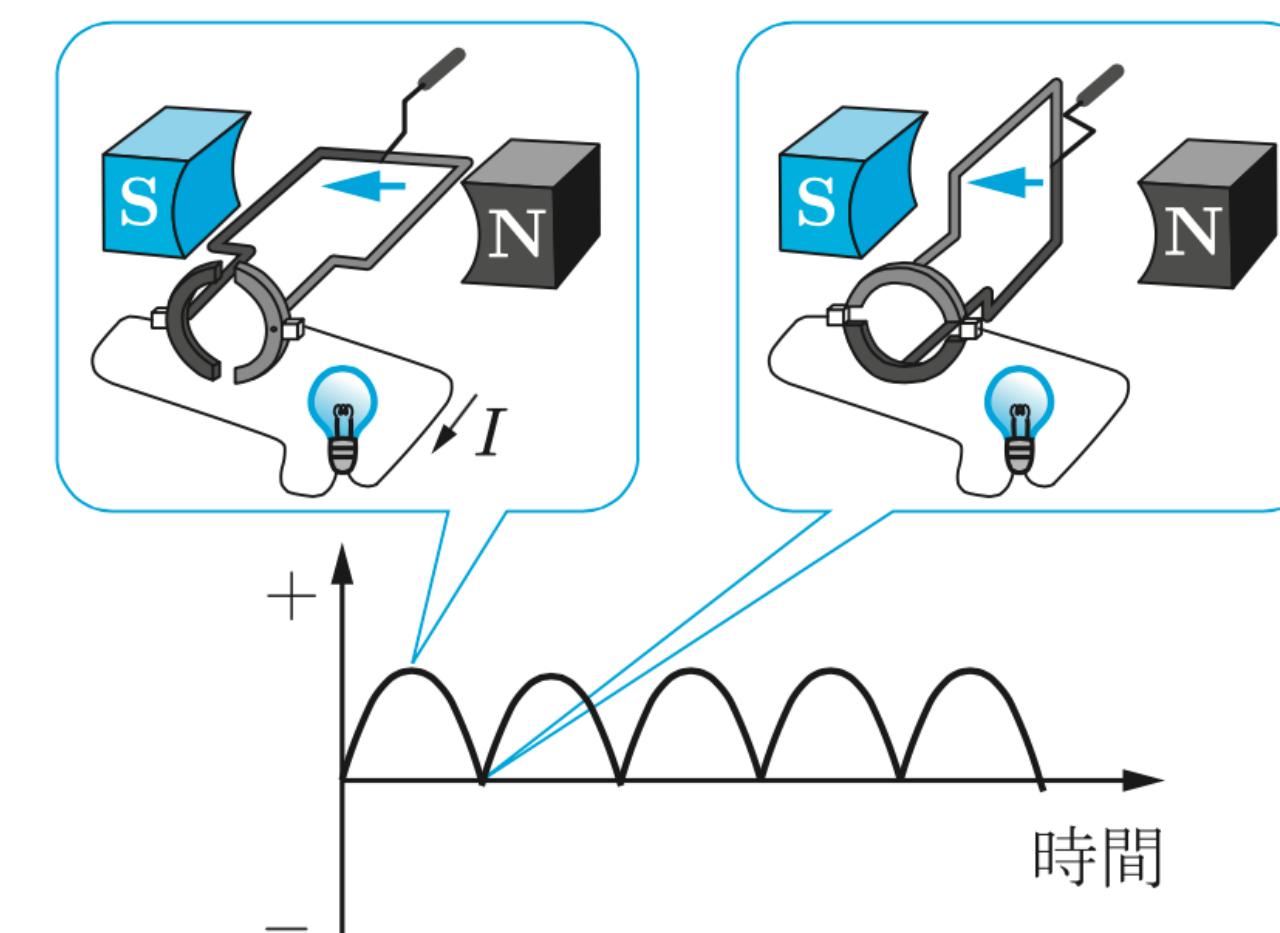


(b) 交流発電機の波形

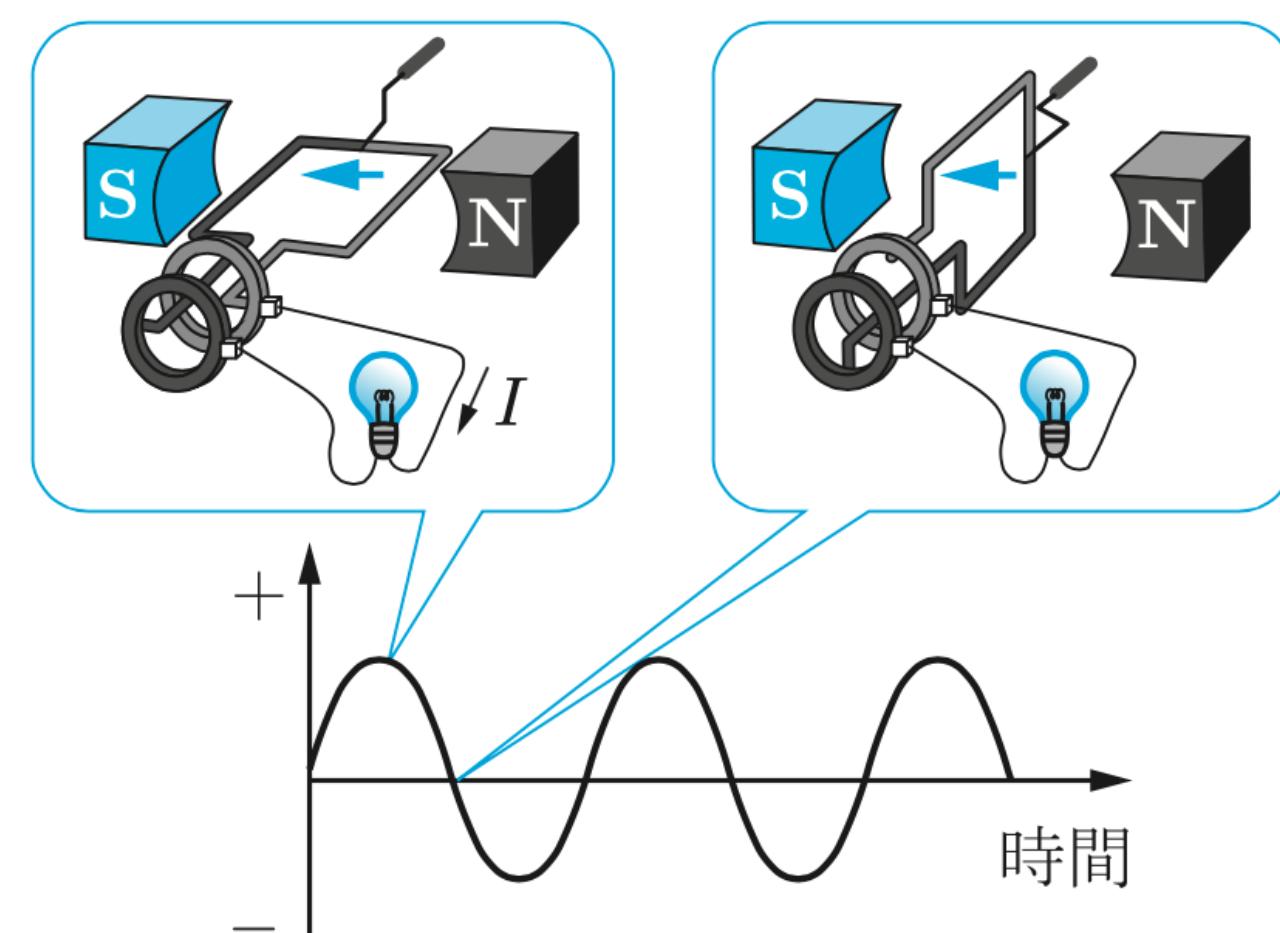
## 発電機のしくみ



モーターと同じ装置で、力をいれて回すと、発電機になる。

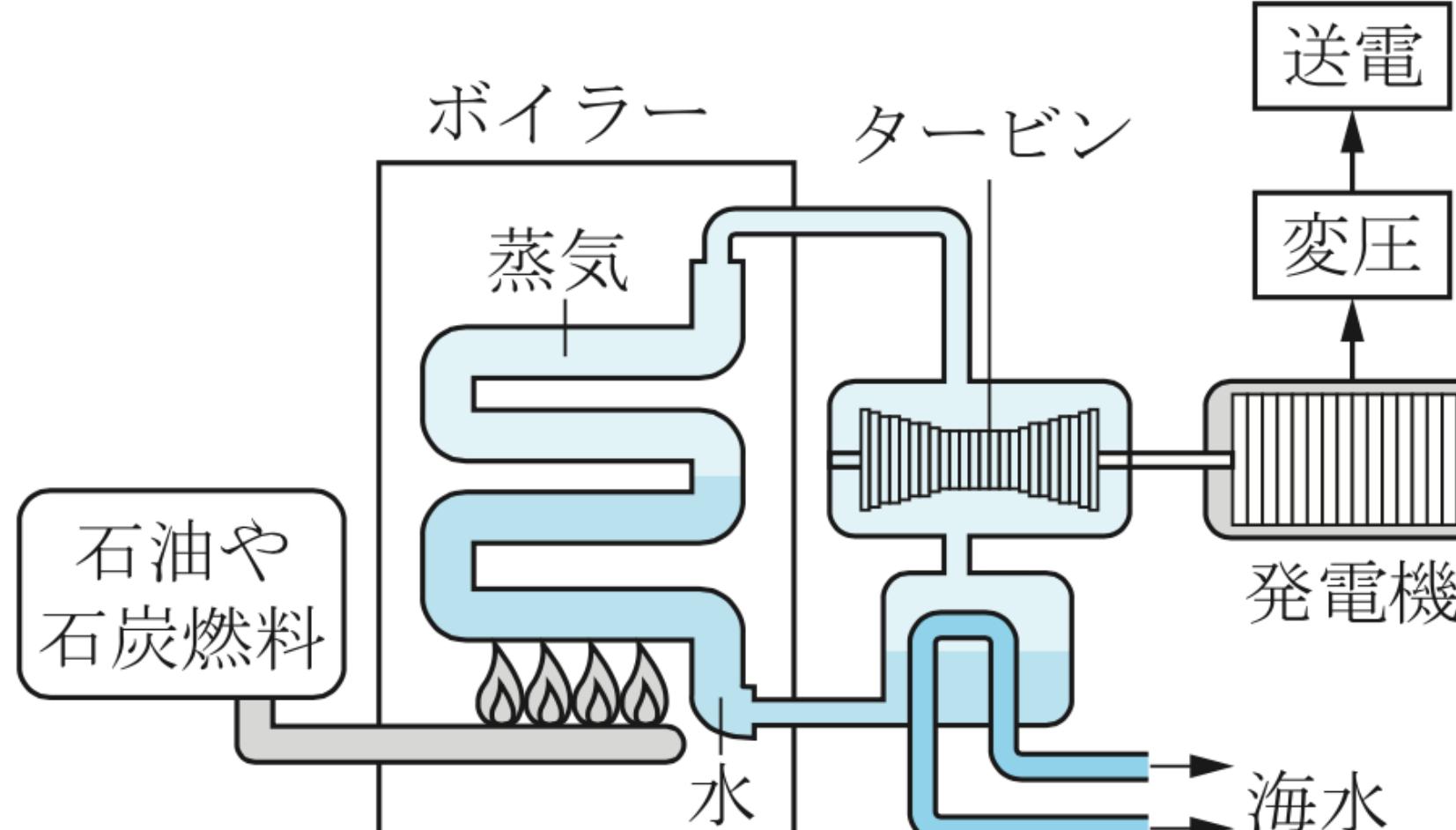


(a) 直流発電機の波形

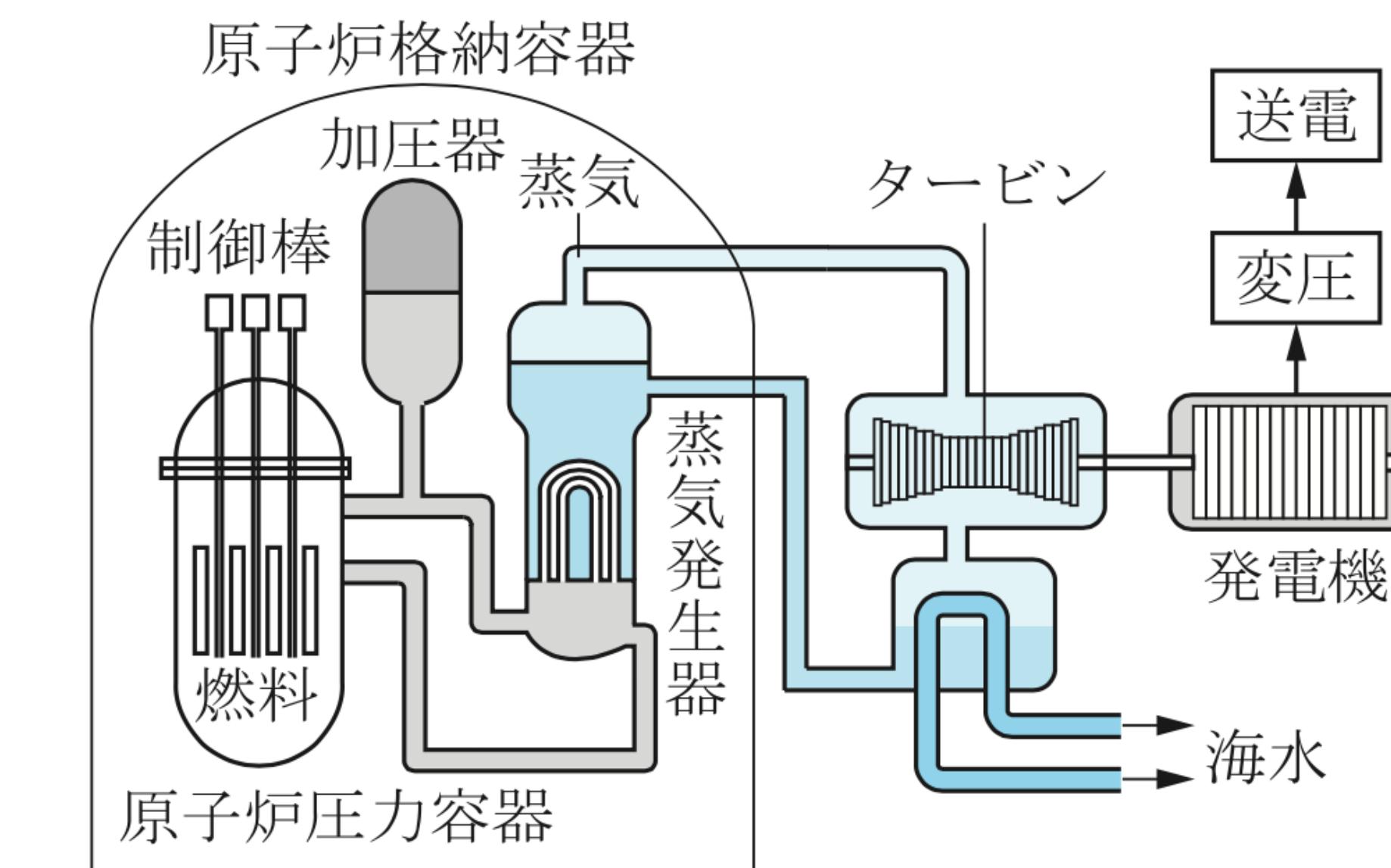


(b) 交流発電機の波形

水力発電、火力発電、原子力発電、風力発電 . . .  
タービンを回す、という意味で同じ。



(a) 火力発電



(b) 原子力発電

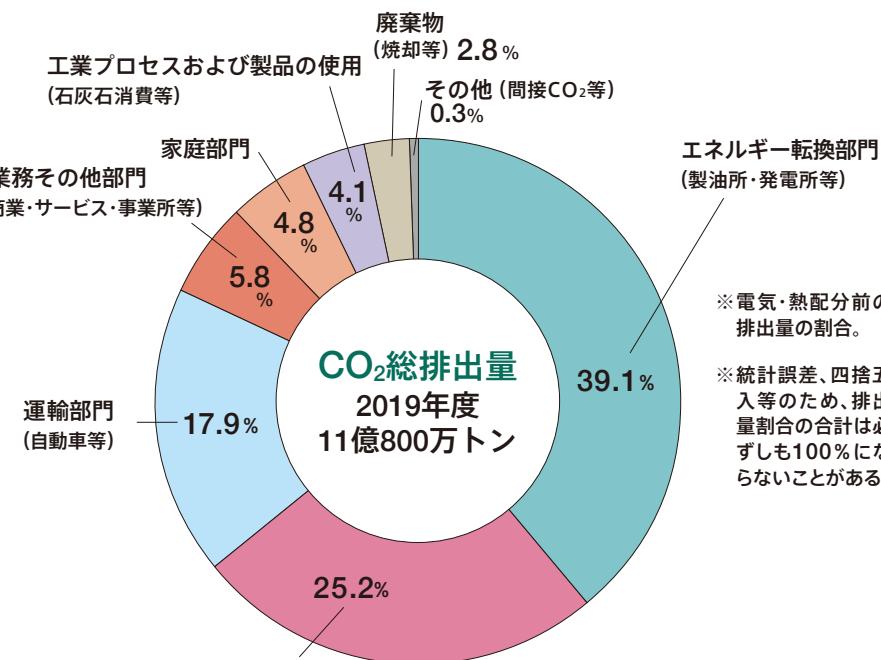
2021

Energy  
and  
Environment

# 地球温暖化対策

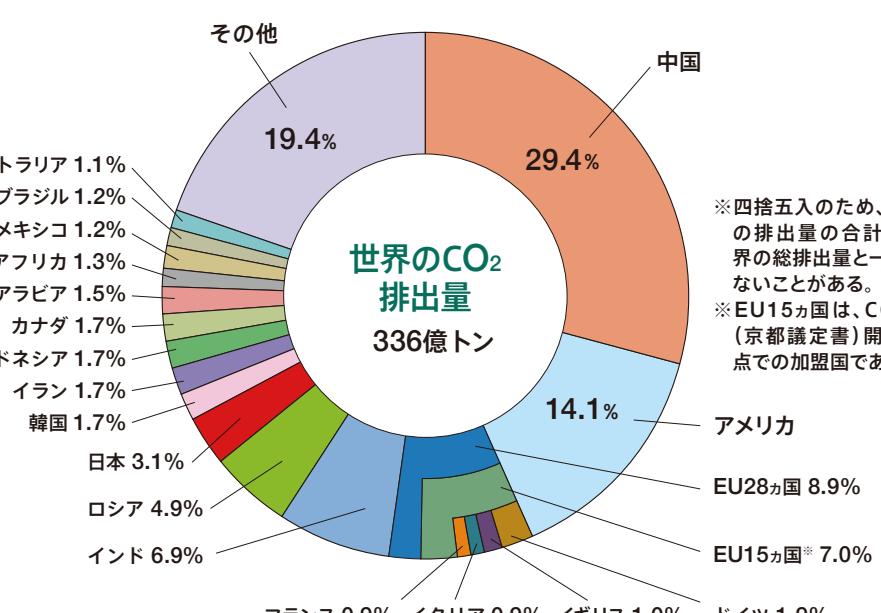
## CO<sub>2</sub>排出状況と日本の削減目標

日本の部門別CO<sub>2</sub>排出量構成比(2019年度)



出典:環境省ホームページ「2019年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について」  
<https://www.env.go.jp/press/109480.html>

世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量構成比(2019年)



出典:国際エネルギー機関(IEA)「Greenhouse Gas Emissions from Energy」2021 EDITIONをもとに作成

て、パリ協定を運用するための実施指針が概ね採択され、一部の詳細ルールは未だ合意に至っていないものの、2020年1月より本格運用が開始されました。そして、2021年11月、COP26(イギリス・グラスゴー)では、積み残しなっていた排出量削減に関する取引ルールも合意に至り、パリ協定のルールブックが完成しました。今後は、この成果に基づく取り組みにより、世界の排出削減対策が進むことが期待されています。

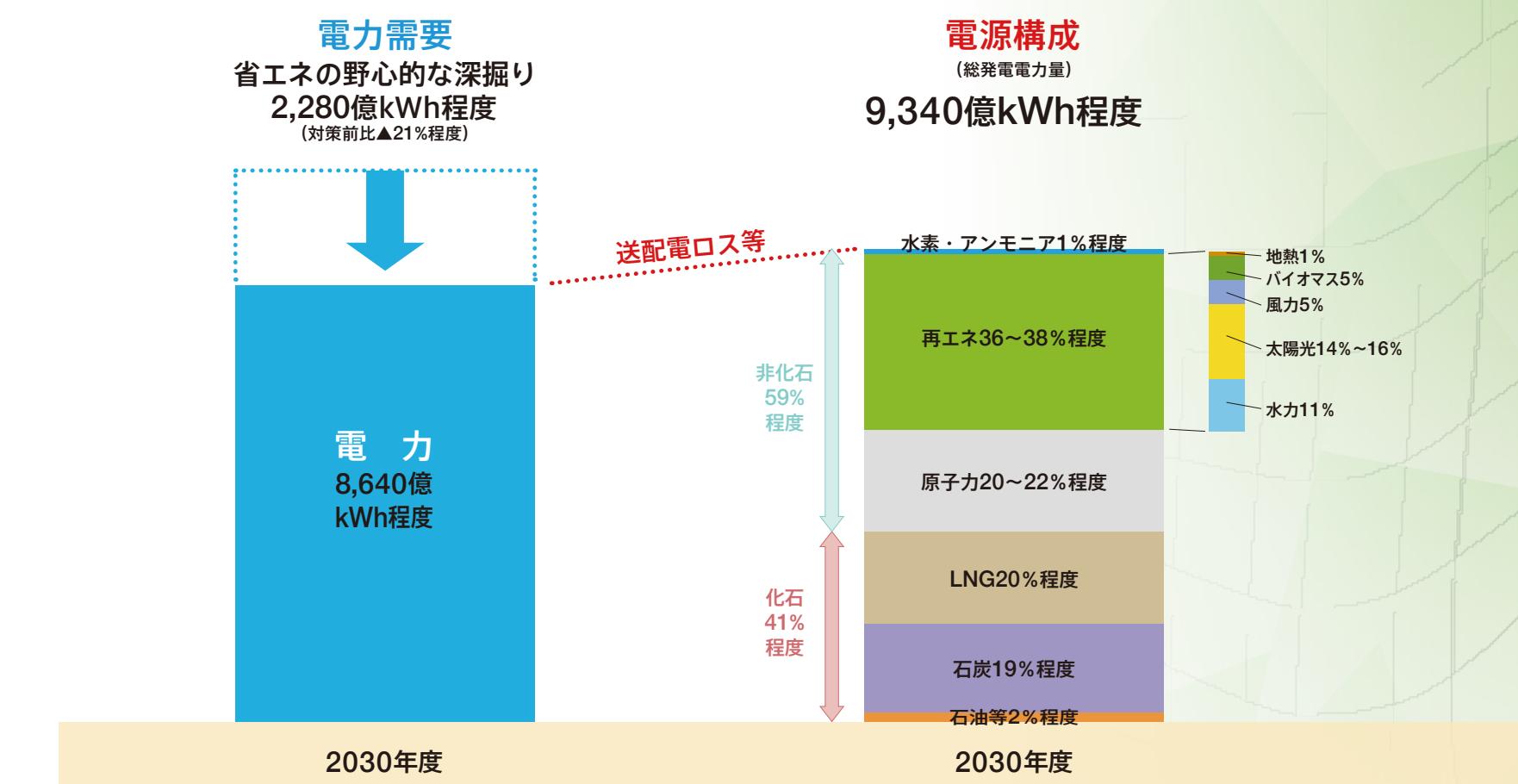
日本は2020年10月に2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言するとともに、2021年4月には、2030年度の新たな温室効果ガス排出削減目標として、2013年度から46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けるとの新たな方針を示しました。これらを踏まえて、2021年10月に、新たな「地球温暖化対策計画」および「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定されました。

日本と各国の温室効果ガス削減目標

国・地域	削減目標
日本	2030年度に▲46%(2013年度比)▲50%のさらなる高みを目指す 2050年までにネットゼロ
米国	2030年に▲50~▲52%(2005年比) 2050年までにネットゼロ
EU(27ヶ国)	2030年に少なくとも▲55%(1990年比) 2050年までに気候中立
英国	2030年に▲68%(1990年比) 2050年までにネットゼロ
中国	2030年にGDP当たりCO <sub>2</sub> 排出量で▲65%(2005年比) (2030年までにCO <sub>2</sub> 排出量のピークを達成) 2060年前にカーボンニュートラル
ロシア	2030年に▲70%(1990年比) <sup>※1</sup> 2060年までにカーボンニュートラル(NDCには記載なし)
インド	2070年までにカーボンニュートラル(NDCには記載なし)

※1 可能な最大吸収能力を考慮  
国連気候変動枠組条約事務局ホームページ:<https://www.unfccc.int/sites/NDCCStaging/Pages/ALL.aspx>  
日本貿易振興機構ホームページ:<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/1198b45e6053ce3ef.html>をもとに作成  
(2021年12月時点)

日本の2030年のエネルギー믹스



# 地球温暖化問題に対する基本的な考え方

## 電気事業低炭素社会協議会の設立



電事連関係各社および新電力有志は、2016年2月に「電気事業低炭素社会協議会」(以下、協議会)を設立しました。これに先立ち、2015年7月に、「低炭素社会の実現に向けた自主的枠組みを構築するとともに、「電気事業における低炭素社会実行計画」を策定しています。電事連関係各社は協議会の一員として、引き続き主体的に温暖化対策に取り組んでいきます。協議会のホームページは右記のURLからご覧いただけます。https://e-lcs.jp/

以降の地球温暖化対策の取り組みについて、協議会の目標や実績であるものは  
「★」をタイトルに記載しています。

### 最適なエネルギー믹스の追求

電力供給設備の設置・運用にあたっては、安全確保の「S」を大前提とした、エネルギーの安定供給、経済効率性、環境への適合の3つの「E」の同時達成を目指す「S+3E」の観点を基本とされています。

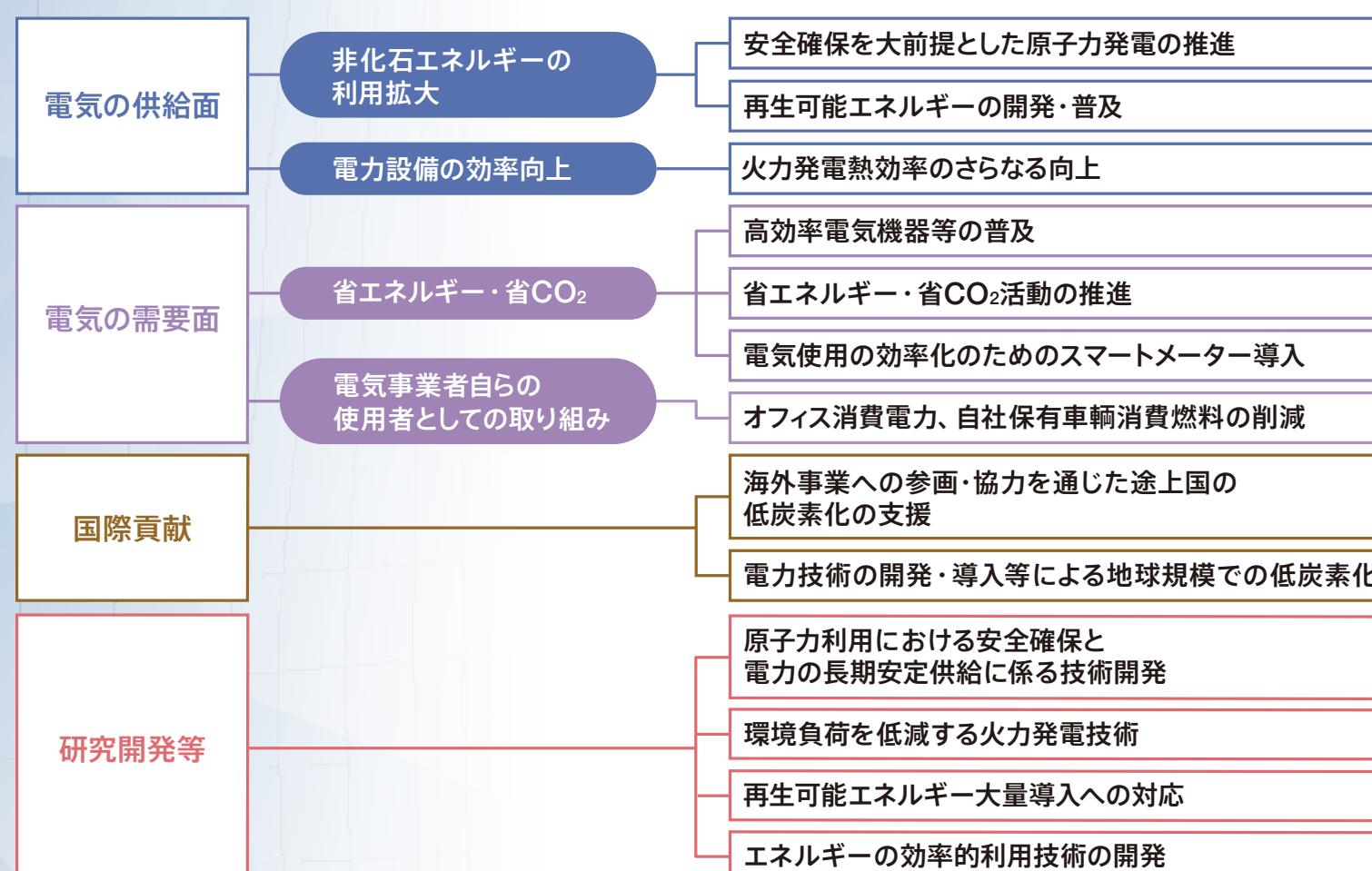


### 需給両面での取り組み

「供給側のエネルギーの低炭素化」、「お客さま側のエネルギー利用の効率化」という需給両面での取り組みを推進しています。



### ★カーボンニュートラル行動計画



# CO<sub>2</sub>削減目標と2020年度実績

## ★「電気事業低炭素社会協議会」のCO<sub>2</sub>削減目標

### 【2020年目標】

火力発電所の新設等に当たり、プラント規模に応じて、経済的に利用可能な最良の技術(BAT<sup>※</sup>)を活用すること等により、最大排出削減見込みとして約700万t-CO<sub>2</sub>の排出削減を見込む。

### 【2030年目標】

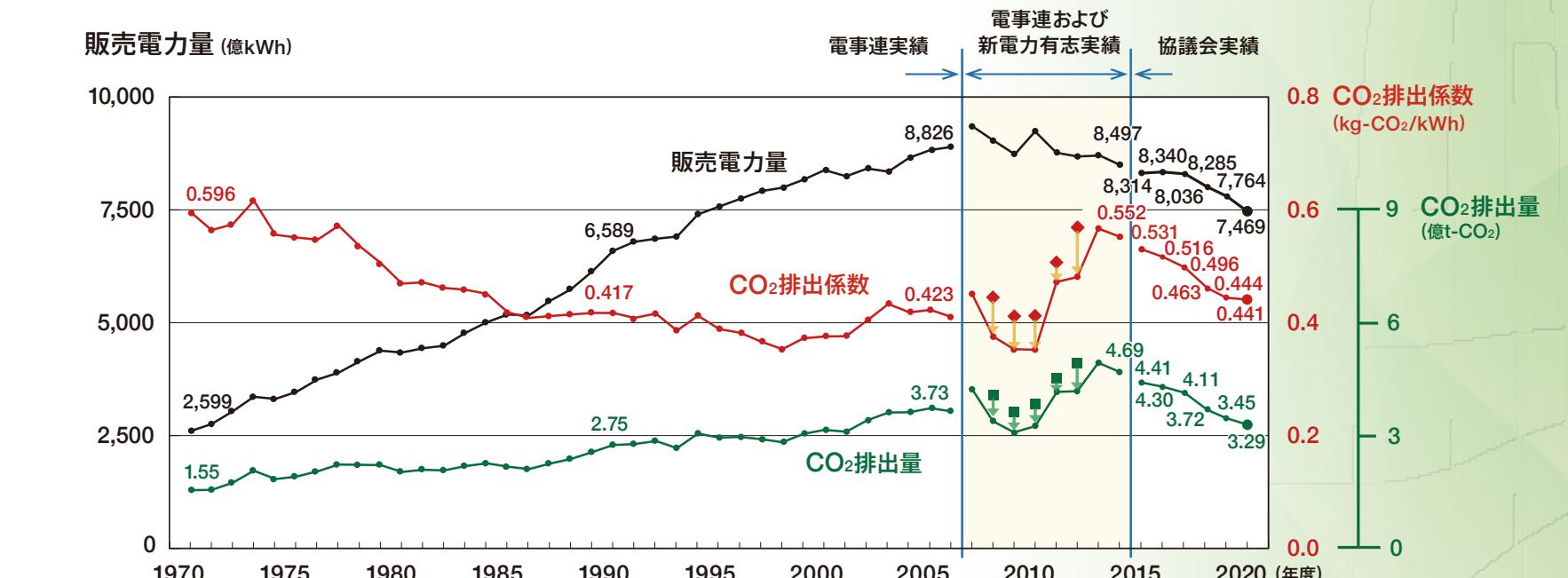
政府が示す2030年度の長期エネルギー需給見通しに基づき、2030年度に国全体の排出係数 0.37kg-CO<sub>2</sub>/kWh程度(使用端)を目指す。

火力発電所の新設等に当たり、プラント規模に応じて、経済的に利用可能な最良の技術(BAT<sup>※</sup>)を活用すること等により、最大排出削減見込みとして約1,100万t-CO<sub>2</sub>の排出削減を見込む。

※ Best Available Technology

## ★販売電力量、CO<sub>2</sub>排出量と排出係数の推移

東日本大震災を契機とした原子力発電所の長期停止等により、CO<sub>2</sub>排出量、排出係数は高いレベルで推移しています。しかし2020年度は、原子力発電所の再稼働や再生可能エネルギーの活用、火力発電の高効率化など、事業者として最大限の努力を行った結果、前年度に比べてCO<sub>2</sub>排出量、排出係数が減少しました。



※ 2015年度以降は協議会会員事業者のうち、当該年度に協議会の下で事業活動を行っていた事業者の実績を示す。

2006年度以前は電事連の実績、2007~2014年度は電事連および新電力有志の実績合計を参考として示す。

※ CO<sub>2</sub>排出量および排出係数について、2008~2020年度実績は調整後の値を示し、2008~2012年度のマーカー(◆および■)は基礎排出の値を示す。

## ★BATの導入等によるCO<sub>2</sub>排出削減量の推移

	2020年度 削減量(万t-CO <sub>2</sub> )	(参考)2019年度 削減量(万t-CO <sub>2</sub> )	2020年度 対象設備数 <sup>※3</sup>
高効率火力発電所の導入 <sup>※1</sup>	880	760	石炭1
既設火力発電所の熱効率向上 <sup>※2</sup>	170	170	LNG1、石炭1
合計	1,060	930	

※1 2013年度以降に運転を開始した高効率火力が、仮に従来型の効率で稼働していた場合との比較により算出。

※2 2013年度以降の効率向上施策を実施しなかった場合との比較により算出。

※3 年度内に同一の発電設備に複数回の熱効率向上策を実施した場合は、それぞれを合計して算出。



※ 2015年度以降については、当該年度に協議会の下で事業活動を行っていた事業者の実績を示し、2014年度以前については「電気事業における環境行動計画」(電事連)における公表値を示す。

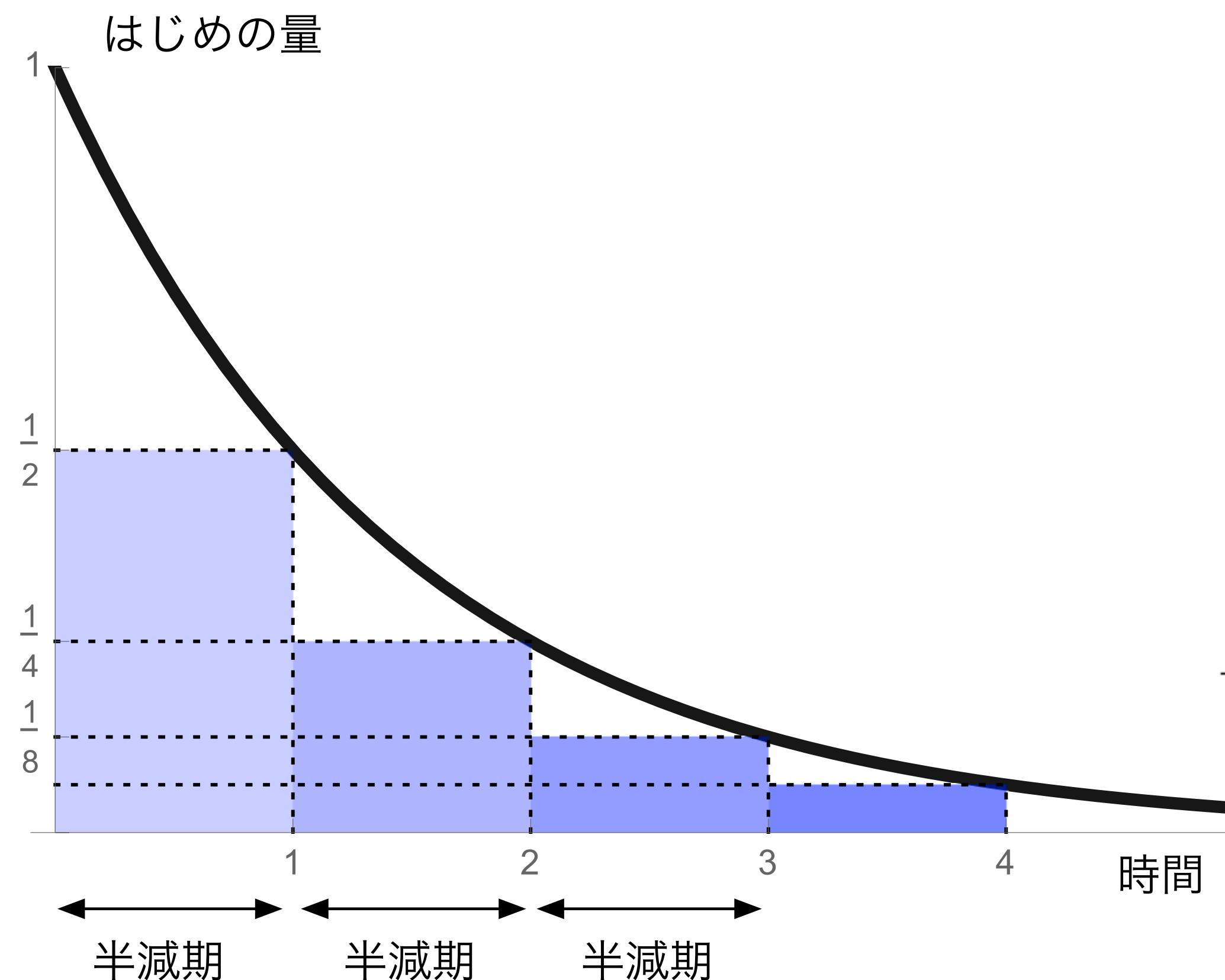
## ★地球温暖化対策に係る長期ビジョンの見直し

協議会は、2019年10月に策定した地球温暖化対策に係る長期ビジョン「低炭素社会の実現に向けた我が国の電気事業者の貢献について」を「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた我が国の電気事業者の貢献について」に改称し、2021年10月に公表しています。これは、我が国全体での2050年カーボンニュートラル実現に向け、不可欠な革新技術の追加等、低炭素化のみならず脱炭素化への取り組みを追記し、内容を一部見直したもので。https://e-lcs.jp/news/detail/000266.html

# 原子力発電と原子爆弾の違い

	ウラン 235 とウラン 238 の割合と核分裂連鎖反応	核分裂数の制御の方法
原子力発電の場合	<p>ウラン 235 の割合が低く、中性子がウラン 238 に吸収される等の理由により核分裂が一定の規模で継続する。</p> <p>ウラン235 (3~5%)</p> <p>ウラン238 (95~97%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が多数設置されており、また自己制御性があるため急激に核分裂数が増加することはない。</p>
原子爆弾の場合	<p>ウラン 235 の割合がほぼ 100% と高いため、中性子が他の物質に吸収されず、核分裂が次々起こり、一瞬のうちに爆発的なエネルギーが放出される。</p> <p>火薬</p> <p>ウラン235 (ほぼ100%)</p> <p>1回目 2回目 3回目</p>	<p>制御棒が設置されておらず、自己制御性がないため、急激に増加する核分裂を止めることはできない。</p>

# 半減期 (half-decay time)



原子核		崩壊の型	半減期
中性子	n	単体の中性子	$\beta$ 10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	$\beta$ $5.73 \times 10^3$ 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	$\beta$ 14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	$\beta$ $1.28 \times 10^9$ 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	$\beta$ 5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	$\beta$ 28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	$\beta$ 8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$	人工に合成	$\beta$ 30.07 年
ラドン	$^{222}_{86}\text{Rn}$	自然に存在	$\alpha$ 3.82 日
ラジウム	$^{226}_{88}\text{Ra}$	自然に存在	$\alpha$ $1.60 \times 10^3$ 年
ウラン	$^{235}_{92}\text{U}$	自然に存在	$\alpha$ $7.04 \times 10^8$ 年 7億年
ウラン	$^{238}_{92}\text{U}$	自然に存在	$\alpha$ $4.47 \times 10^9$ 年 45億年

# 東北M8.8 最大地震



仙台空港周辺で大津波にのみ込まれた多くの家屋など、火災も発生している(日午後4時45分)

## M8.8の地震の各地の震度

各都市の最大震度

- 7・震度7
- 6・震度6強
- 6・震度6弱
- 5・震度5強
- 5・震度5弱



菅直人首相は1日夜  
東京電力福島第一原発子  
外部への影響を確認され  
ていないと指摘した  
した可能性があるこ  
とで対象区域の居住者

## 原子力緊急事態を宣言

官房長官「予防的に措置」

菅直人首相は1日夜  
東京電力福島第一原発子  
外部への影響を確認され  
ていないと指摘した  
した可能性があるこ  
とで対象区域の居住者

## 震度7 仙台で津波10メートル

## 死者・不明、首都も被害

11日午後2時46分、東北・三陸沖を震源とする国内観測史上最大のマグニチュード(M)8.8の極めて強烈地震が起き、宮城県北部で震度7の烈  
震を観測した。気象庁は北海道から鹿島まで沿岸部に大津波警報を発令。仙台新港で推定で高さ10メートルの津波を観測したほか岩手、宮城、福島、茨  
城県の沿岸部を中心に巨大な津波が襲い、死者や行方不明者が多数発生しているようだ。(マグニチュードと震度は3面「きょうのことば」  
城県の沿岸部を中心に巨大な津波が襲い、死者や行方不明者が多数発生しているようだ。)(マグニチュードと震度は3面「きょうのことば」)

お問い合わせ

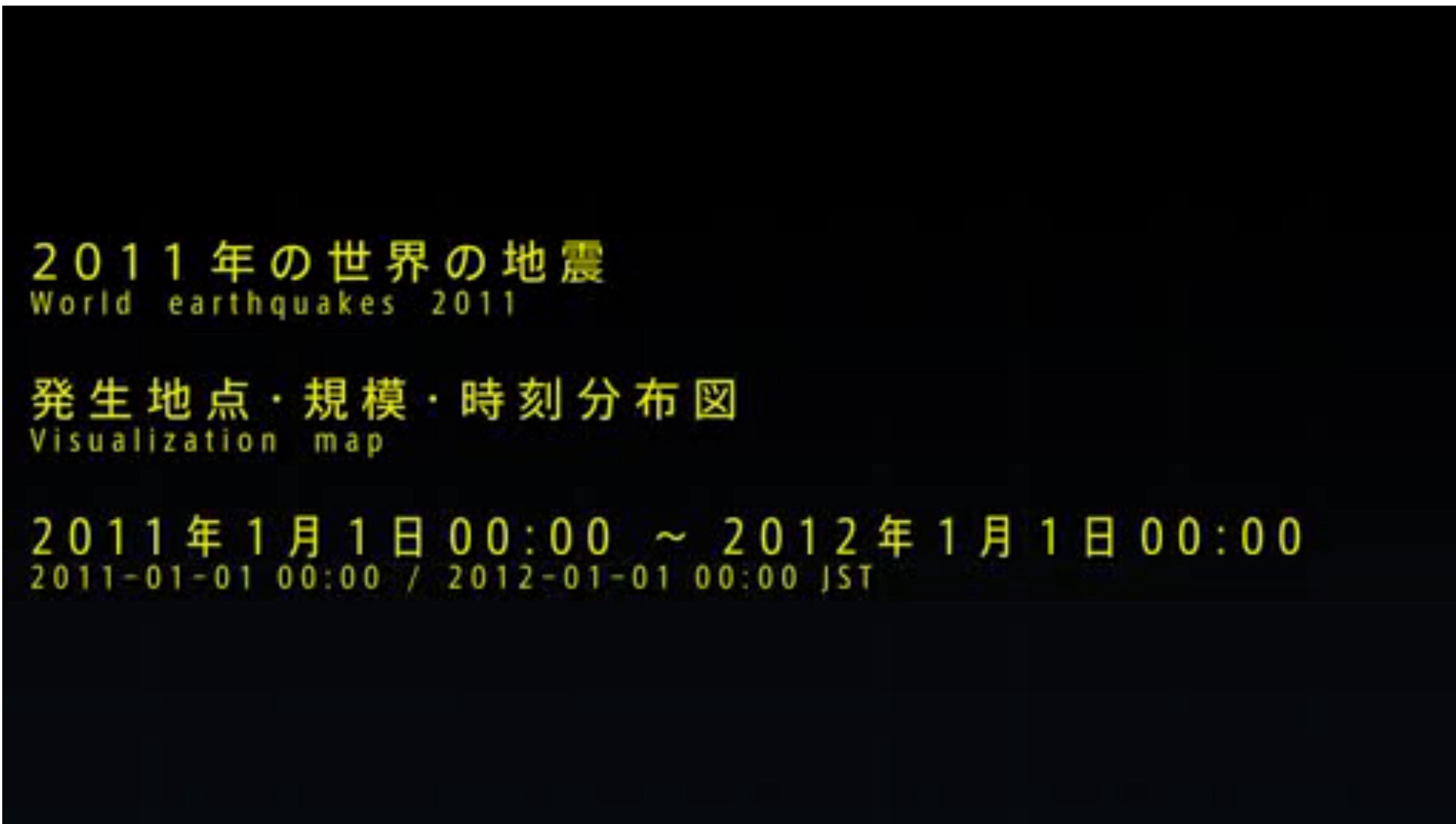
3月12日

土曜日

お問い合わせ

【話題】

# Time Lapse Map of Earthquakes 2011/1/1 -- 2012/1/1



<http://www.youtube.com/watch?v=eKp5cA2sM28>

9min



# 原発3号機も緊急事態

## 福島第1、冷却機能失う



福島県の東京電力福島第1原発=12日午前9時35分

続く

燃料上部が露出した  
福島第1原子力発電所  
3号機については「(同  
日)午前9時5分に全弁を開いて(原子炉安  
器の排気を開始、同9時20分には格納容  
器の排気を開始、同9時25分にはホウ酸を混  
入した。

東京電力は13日、福島第1原子力発電所3号機で原子炉の冷却機能が失われたと発表した。前日からの電源喪失の影響で高圧注水系と呼ぶ装置が自動停止したため。東電は格納容器内の圧力を抜くための弁を開ける作業を実施し、同日午前8時41分に完了した。

子力災害対策特別措置法に基づいて国に対し緊急事態(特別事象)を通報した。今回の地震での緊急事態の通報は6機目。圧力弁を開けたことで、3号機からも放射性物質を含む空気が大気中に一部放出される可能性がある。

枝野幸男官房長官は13日午前の記者会見で、前日に炉心が溶融した福島第1原子力発電所の1号機について、「原子炉圧力容器の内側に海水が満たされると判断される」と述べた。1号機の水位

### 福島原子力発電所の現状

福島第1原子力発電所	
1号機	地震で停止。圧力容器冷却のため、海水を注入中
2号機	地震で停止。安全確保のため、圧力弁の開放も検討。冷却機能は継続
3号機	地震で停止。冷却機能が停止し、原子炉の圧力弁を開放。圧力容器冷却のため、真水を注入中
4~6号機	定期検査中
福島第2原子力発電所	
1、2、4号機	地震で停止。安全確保のため、圧力弁の開放も検討。圧力容器内の水位は安定
3号機	地震で停止。原子炉は冷温で停止

# 圧力弁を開放

日本経済新聞

特報

ご購読・ご試読のお申し込み

0120-83-4946

<http://www.nikkei4946.com/tg/>



複数回の試読お申し込みは、お断りさせていただく場合があります。

電子版アドレス

<http://www.nikkei.com/>

# 原発6機 緊急事態

## 福島原子力発電所の現状

### 福島第1原子力発電所

1号機	地震で停止。圧力容器冷却のため、海水を注入中
2号機	地震で停止。安全確保のため、圧力弁の開放へ
3号機	地震で停止。冷却機能が停止し、原子炉の圧力弁を開放。圧力容器冷却のため、真水・海水を注入中
4~6号機	定期検査中

### 福島第2原子力発電所

1、2、4号機	地震で停止。安全確保のため、圧力弁の開放も検討。圧力容器内の水位は安定
3号機	地震で停止。原子炉は冷温で停止

□ 続く



東京電力の福島第1原発3号機(矢印、2008年10月、福島県大熊町)

東日本巨大地震で被災した福島第1原子力発電所3号機について、経済産業省原子力安全・保安院は13日、冷却機能が失われたと発表した。同1号機と同じように冷却水が送れなくなつて水素が発生し、原発の建屋が爆発する可能性もある。東京電力は午前5時、原子力災害対策特別措置法に基づいて国に対して緊急事態(特別事象)を通報した。今回の地震での緊急事態の通報は6機目となつた。

保安院によると、同3号機は13日早朝から冷却水を入れられなくなり上昇した格納容器の圧力を下げるため、同日午前9時前に弁を開けて水蒸気を大気中に放出し始めた。燃料棒が冷却水から3メートル以上出て炉心溶融の危険性も高まりつつあったが、真水とホウ酸の注入を始めた後、海水に

切り替えた。水素爆発した1号機と同じく建屋内に水素がたまつているほか、燃料棒に変形がみられるという。東電によると、原発の周辺の放射線量の上昇も確認した。福島第1原発の敷地と山側の境界線の放射線量が13日午前7時53分時点で34.5マイクロシーベルトだったが、同8時23分には88.2マイクロシーベルトと、基準値の500マイクロシーベルトを大きく上回った。急上昇について、東電は調査中としている。今のところは炉心溶融を示すようなセシウムなどの核分裂生成物は観測できていな

い。一方、12日に炉心溶融が起きて海水の注入を始めた同1号機について、同保安院は順調に作業は進んでいるとしている。ただ、ウラン燃料棒が表面に出ないよう海水の注入を続け、冷却水を動かすための冷却水が送れなくなつて格納容器内の圧力が限界値の2倍まで高まり、容器内にたまつた水蒸気を逃がす作業を12日午後に始め少量の放射性物質を大気中に放出したが、ウラン燃料棒を覆う被覆管が破損し、燃料が漏れ出す。同1号機は地震後に炉心溶融がおき、午後3時半過ぎには原子炉建屋内にたまつた水蒸気を逃がす作業が爆発する事故が起きた。

## 3号機 建屋爆発の恐れ

NIKKEI

日本経済新聞 特報

(3)

3月14日

月曜日

発行所 日本経済新聞社  
〒101-8051 東京都千代田区丸の内2-1-3  
大 門 社 (03)6642-7111  
企画部 (03)6642-3333  
西 部 支 所 (03)673-3300  
鶴 川 支 所 (03)3112-3211  
http://www.nikkei.com/  
購読のお申込み 4946  
http://www.nikkei4946.comハイテクガジェットで未来をつくる  
日本電気硝子  
http://www.neg.co.jp/本日特別紙面 電子版で最新ニュース  
「ひるね道するため電子版ではお書き  
かたも含め複数してある。」  
相手に話す機会で、日本全国の事例で無難にし  
ておられる。停電が起きたときに、映像会議などによく  
使われる。計画停電は、電力供給が不足する場合に、  
予め電力会社が実施するもの。主に電力供給が不足する  
ときに、電力会社が、電力供給を停止する。  
東京電力が電気事業法によって、電力供給が不足する場合に、  
予め電力会社が実施するもの。主に電力供給が不足する  
ときに、電力会社が、電力供給を停止する。売りのツボが見えてきた。  
NIKKEI  
MJJ  
ヒット創造  
メディア  
0120-21-4946  
www.nikkei4946.com

# 計画停電4月末まで

3時間ずつ 東電、1都8県で

けさから実施

東日本地震、気象庁が修正

## 宮城県警本部長 断層破壊500キロ

鉄道一部運休、断水も  
3日分 節電へ工場休止要請

東日本巨大地震で地盤の破壊が連続した様子

東日本第一原発

死者22人が被曝

3号機も緊急事態

冷却機能失う 建屋爆発の恐れ

3号機も緊急事態

東日本第一原発

3号機も緊急事態

東日本第一原癫



## 福島原発冷却急ぐ

日本経済新聞  
夕刊  
3月16日(水曜日)  
発行所:日本経済新聞社  
東京本社:〒102-8225  
大阪本社:〒530-0043  
西日本支社:〒606-6937-7111  
http://www.nikkei.com  
http://www.nikkei.com/mobile/3月16日夕刊  
http://www.nikkei.com/mobile/3月16日夕刊  
http://www.nikkei.com/mobile/3月16日夕刊  
http://www.nikkei.com/mobile/3月16日夕刊

本日特別紙面 電子版で最新ニュース  
東日本大震災のため本社付近の地域では、一時的に電線が故障する現象が発生。現在は電線が復旧され、正常な状態に戻っています。  
「あの大震災で配達が遅れた」といふ記事が復活してあります。読むときは電子版でご覧ください。  
日々の災害対応や、被災地の様子を随時更新しています。

東電、計画停電を継続  
東北電、午前見送り  
首都圏の鉄道混雑は緩和

日経電子版  
http://www.nikkei.com/  
お問い合わせ:700-2110  
0120-24-2146

地上放水・ヘリなど検討  
高い放射線量に作業難しく

施設内に作業難しく  
東電・政府



## 日経平均一時500円超上げ

原発にらみ伸び悩む

3月17日  
木曜日

円上昇81円前後

日銀、3日連続で

資金供給5兆円

建機レンタルの

3月17日  
木曜日

円上昇81円前後

## 苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

苦難の日々 分かち合う

天皇陛下下、ビデオでお言葉

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

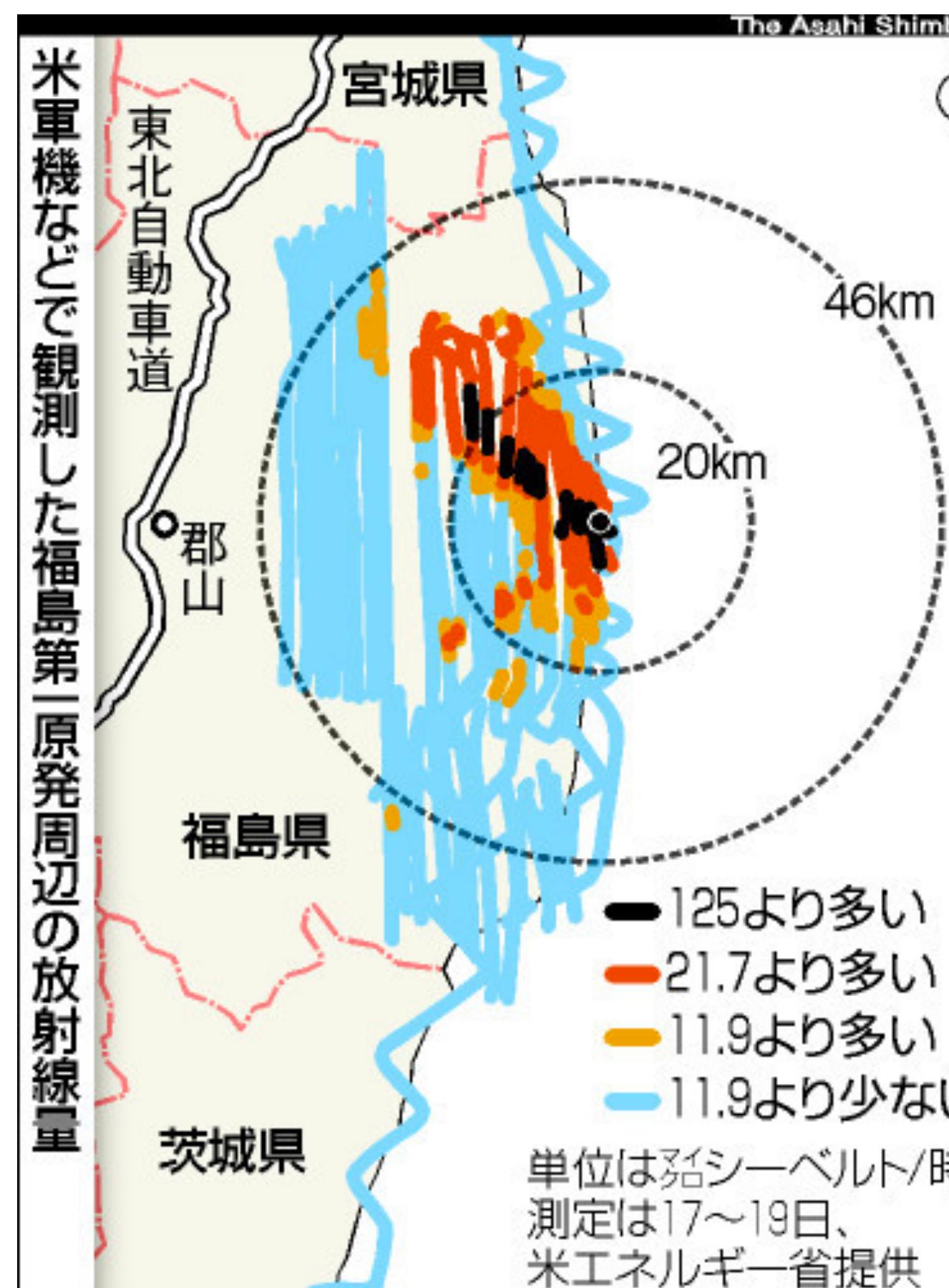
東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

東日本大震災の被災者へお言葉をお届けする天皇陛下の御顔写真

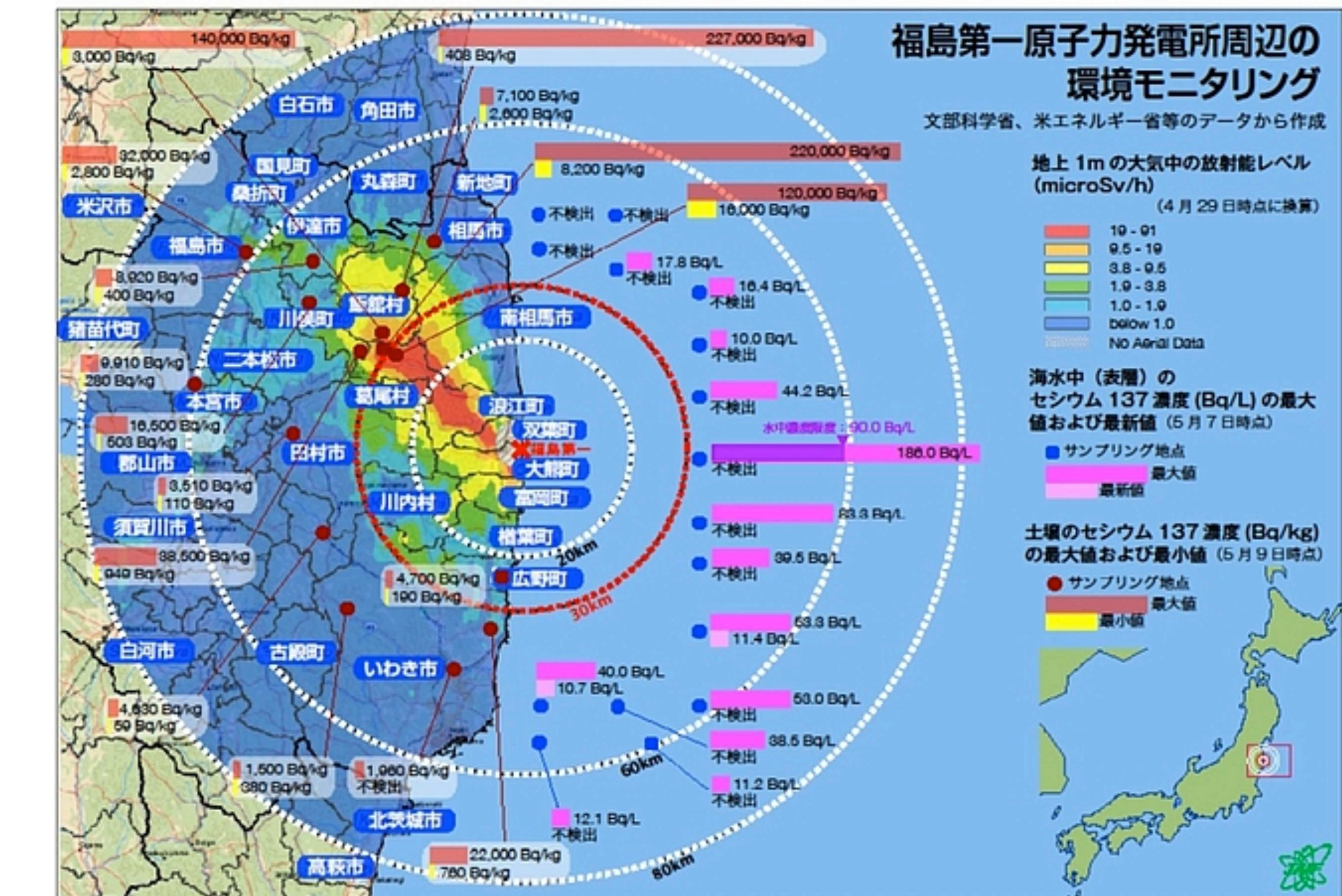
東

# 福島第一原子力発電所周辺

教科書 p242

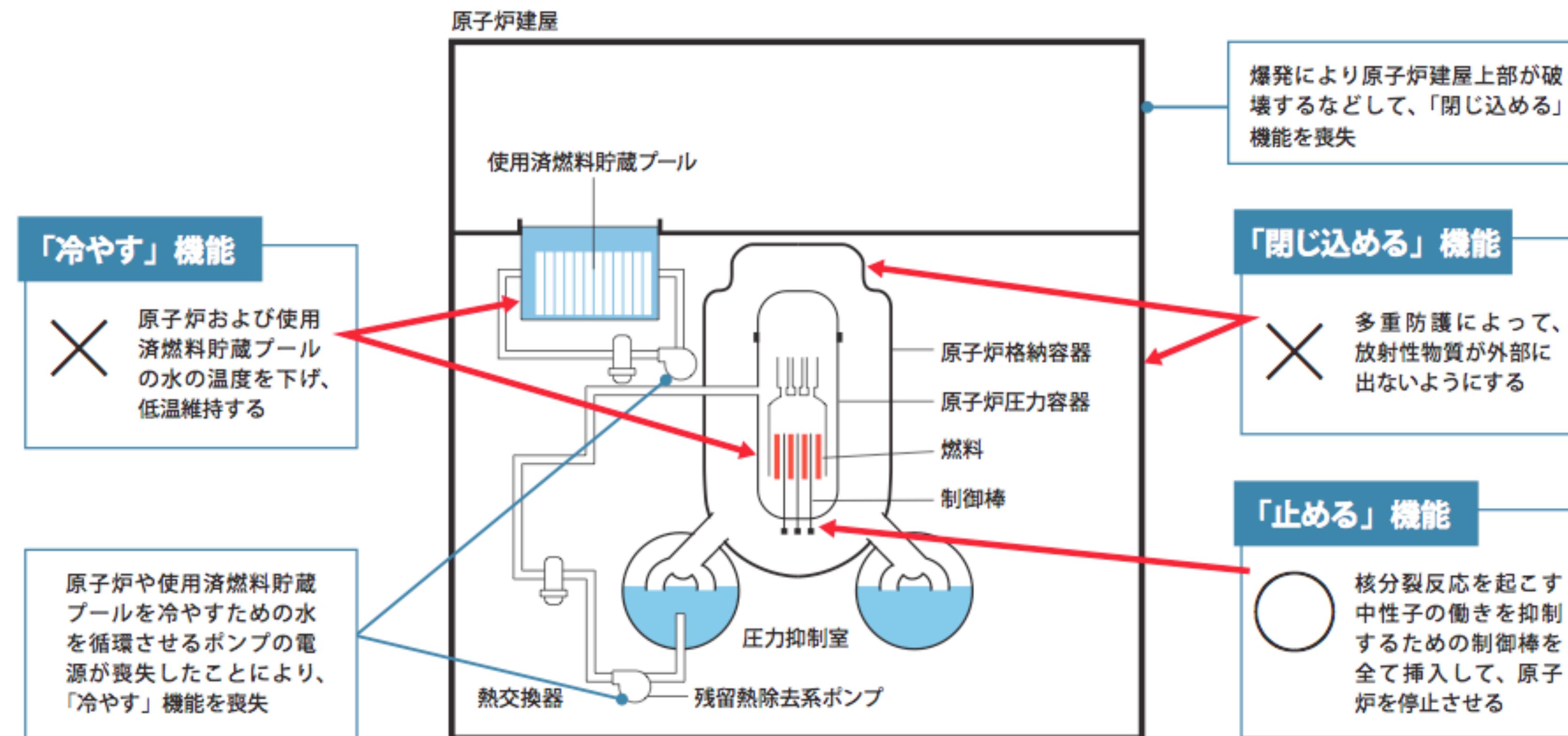


震災 1 週間後の上空での放射線量(単位は  $\mu\text{Sv}$ )  
[朝日新聞 2011 年 3 月 24 日].



2011年7月21日時点 [NHKニュース]

# 福島第一原子力発電所の事故概要



# 原子力発電の長所と短所

教科書 p243

原子力関連の話はとても興味のあるものなので、深めにします。

Chernobyl, 福島, 東海村 JCO 臨海事故については、多くの動画を複数回見ました。扱いを間違えれば危険というのはよくある話ですが、どうれども怖いものという印象が強いものもありました。

今、原子力発電が問題になりますやい。

原子力発電所はなくすべきなのですか？

「原子力発電は安全」神話を作ってきたのが問題。

「人災」を隠すような運用体制が問題。

未来に負担を増やす廃棄物が問題。

現在のようなエネルギー消費量を考えると、必要。  
代替エネルギーへの振り替えが進まないと、必要。

## ■原子力エネルギーの長所と短所

原子力を利用した発電には良い面も悪い面もある。簡単にまとめると、次のようになる。

- |    |                                    |
|----|------------------------------------|
| 長所 | (a) 火力発電よりもコストの安い電力が得られる。          |
|    | (b) 硫化物などの大気汚染の原因となる物質を出さない。       |
|    | (c) 原料の調達できる場所が世界に広く分布している。        |
| 短所 | (a) 原子炉から出る灰や廃棄物は放射能を帯びていて、処理が難しい。 |
|    | (b) 兵器に転用される危険性がある。                |
|    | (c) プロトニウムは化学的にも毒性がある。             |
|    | (d) 事故がおきたときの被害が地球規模で甚大である。        |



# 社説

Editorials

## 原発政策の転換

根本にある難題から目を背け、数々の疑問を置き去りにする。議論はわずか4カ月。広く社会的理解を得ようとする姿勢も乏しい。安全保障に続き、エネルギーでも政策の軸をなし崩しにするのか。

岸田政権が、原発を積極的に活用する新方針をまとめた。再稼働の加速、古い原発の運転延長、新型炉への建て替えが柱だ。福島第一原発事故後の抑制的な姿勢を捨て、「復権」に踏み出そうとしている。到底認められない。撤回し再検討することを求める。

### 拙速とすり替え

首相が原発推進策の検討を指示したのは8月下旬だ。重大な政策転換にもかかわらず、直前の参院選では建て替えなどの考えは明示しなかった。そして選挙後に一転、急ピッチで検討を

進めた。民主的なやり方とはとても言えない。

新方針は、原発依存の長期化を意味する。原発事故後に掲げられてきた「可能な限り依存度を低減」という政府方針の空文化にもつながる。

問題設定の仕方に、すり替えや飛躍が目立つ。

8月の指示で首相は「電力需給逼迫という足元の危機克服」と「GX（脱炭素化）への対応を原発活用の理由に挙げた。

だが、足元の危機と原発推進は時間軸が合はない。再稼働には必要な手順があり、供給力が急に大きく増えるわけではない。運転延長や建て替えは、

効果がでても10年以上先の話だ。実現性も不確かで、急いで決める根拠に乏しい。

政策の優先順位も転倒してい

る。原発推進に熱をあげるが、安定供給と脱炭素化の主軸は国

産の再生可能エネルギーのはずだ。政府も主力電源化を掲げている。まず再エネ拡大を徹底的に追求し、それでも不十分なら他の電源でどう補うかを考えるのが筋だ。

多くの疑問置き去り

新方針の内容そのものにも、原発は古くなるほど、安全面での不確実性が高まる。「原則40年、最長60年」の運転期間ルールは、福島第一原発の事故後

に与野党の合意で導入され、原子力規制委員会が所管する法律にも組み込まれた。

ところが、新方針ではこのルールを経済産業省の所管に移

し、規制委の審査期間などの除

外を認めて、60年を超える運転に道を開く。議論を避けて長期

運転を既成事実化するやり方で

あり、「推進と規制の分離」を

も骨抜きにしかねない。

建て替えは、経済性への不安が強い。新型炉の建設費は膨張

が見込まれ、政府は業界の求めに応じて政策的支援を打ち出し

た。国民負担がいたずらに膨らむことになりかねない。

新方針がうたう「次世代革新炉の開発・建設」も、当面の現

実性があるのは、海外では実用化済みの安全装置を従来型に加えた「改良版」だ。安全面の「革新性」は疑わしい。

安全性に関しては、日本には炉の開発・建設」も、当面の現

実性があるのは、海外では実用化済みの安全装置を従来型に加えた「改良版」だ。安全面の「革新性」は疑わしい。

安全性に関しては、日本には

激甚な自然災害が多いことに加えて、ウクライナで起きたような

軍事攻撃の危険に対処できるか

といった懸念もある。

何より根源的なのは、使用済み核燃料や放射性廃棄物の扱いだ。原発に頼る限り、生み出される続ける。しかし、核燃料サイ

クルや最終処分への道筋は何

十年かけても実現が見えていな

いのが現状だ。

これらの問い合わせ、新方針は答

えていない。不安に乘じて推進

の利点ばかり強調し、見切り發

車する構図は、先般の安保政策

募り、対話型の説明会も検討す

る。だが、ただの「ガス

抜き」なら意味がない。

そもそも実のある議論には、

原発に利害関係がない人や慎重

な人も含め、幅広い分野の識者

にもっと参加してもらうことが

欠かせない。脱炭素の実現に向

けで原発の活用は必須のなかな

かすら精査されなかつた。多

く時間を費やしたのは、推進を

転換どうり二つである。

この4カ月を振り返れば、結

論と日程ありきのごり押しだっ

たと言ふしかない。

事故の教訓を土台に

経産省の審議会では、目的的

は、エネルギーの安定供給に

原発が具体的にどの程度役立つ

かを、精査されなかつた。多

く時間を費やしたのは、推進を

転換どうり二つである。

この4カ月を振り返れば、結

論と日程ありきのごり押しだっ

たと言ふしかない。

事故の教訓を土台に

委員は原発の推進論者が大半

で、一部の慎重派が1年ほどか

けて国民的な議論を進めるよう

求めたが、一蹴された。

原発は、国論を二分してきた

テーマである。政策の安定には

国会の役割もきわめて大き

い。各政党が、主張的に議論を

起こしてほしい。

拙速な政策転換は許されな

い。事故の惨禍から学んだ教訓

を思い起こし、将来的な責任を

果たす道を真剣に考えるべきと

きである。

## 熟議なき「復権」認められぬ

原発回帰 専門家は

岸田政権が原発の建設や運転期間の延長をめぐる方針を打ち出した。「原発回帰」の是非について、エネルギー政策の専門家に聞いた。



高橋洋・都留文科大教授

岸田政権はエネルギー危機で電力が足りず、電気料金が上がり、解決策の一つとして原発が必要だとする。だが、建て替えには新たな炉の設計や原子力規制委員会の審査、地元同意の手続きなどがあり、20年はかかるだろう。且下の危機対応には間に合わない。再生可能エネルギーが優位に立っているのが世界の大勢だ。国際エネルギー機関は2050年にカーボンニュートラル（脱炭素）を達成するシナリオとして、世界の発電量に占める再生エネルギーの比率を88%とした。原発は8%に過ぎない。原発事故後、安全対策費は急

（聞き手・関根慎一）



遠藤典子・慶應大特任教授

岸田文雄首相の政治判断を評価したい。東日本大震災後の歴代政権は、政治的な議論にならないよう原子力政策に触れなかつたが、岸田政権は解決策を探ろうと踏み出した。

資源価格の高騰など世界のエネルギー情勢が好転する兆は見えない。原発の活用を含めたエネルギー供給のあり方を見直すギリギリのタイミングでの方針決定だったと思う。脱炭素を実現するためにも必要だ。原発新設が途切れ、原子力産業の供給網が維持できなくなるおそれもある。格納容器やバルブなど主要部品では、まだ国産メーカーの強み

の問題は原子力に対する信頼がないこと。再稼働すら受け入れることは難しい。原子力を推進したいなら国民の信頼を得ることから始めるべきで、順番が逆だ。

（聞き手・今泉奏）

# 被災地の女川原発 再稼働（すぐにトラブルで臨界前に停止）

The image is a composite of several news articles from the Asahi Shimbun. It includes a map of Japan with icons representing operating reactors across the country. A satellite photograph shows the coastline of the Tohoku region, specifically the area around the Fukushima Daiichi nuclear power plant. The most prominent feature is a large, bold headline in the upper right corner that reads "被災地も原発回帰" (Return of the stricken area). Above this headline is a smaller title "時刻刻" (Every minute). To the right of the main headline, there is a vertical column of text and a large graphic of a map titled "女川原発と周辺の避難道路" (Evacuation routes around the女川 nuclear power plant) showing the evacuation routes from the town of女川.

1 14版△

2024年(令和6年)10月30日(水)

# 被災の女川2号機再稼働

## 半島に立地 避難計画に懸念

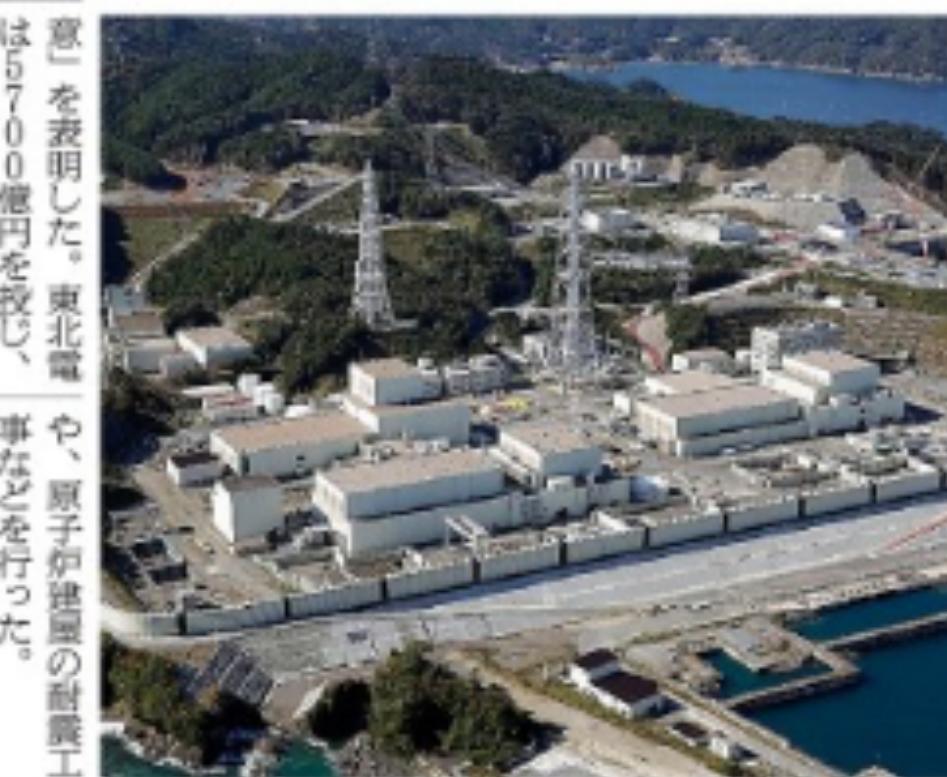
東北電力は29日、2011年の東日本大震災で被災した女川原発（宮城県女川町、石巻市）2号機（出力82・5万キロワット）を再稼働させた。震災の被災地の原発、東京電力福島第一原発事故を起こした同じ沸騰水型炉（BWR）として、いざれも初の再稼働となる。

**31面=住民の想いは**  
東北電は29日午後7時、核分裂を抑える制御棒を引き抜き、2号機を起動させた。核分裂反応が継続する「臨界」を確認し、11月7日にも発電を始め、12月ごろに営業運転を再開する計画だ。

東北電は13年、2号機の再稼働に向けた審査を原子力規制委員会に申

の原発が稼働していくが、一時全て停止した。13年に新規制基準が施行され、15年の九州電力川内原発(鹿児島県)を皮切りに、関西、四国の各電力の計12基が再稼働した。東日本初となる今回の再稼働で「原発回帰」は一層進み、政府は東京電力相崎刈羽原発(新潟県)など他の原発の再稼働に弾みをつけたい考えだ。一方、震災で、女川原発(敷地の高さ約14m)には約13mの津波が押し

前原の建物)】29日、宮城県女川町、本社へりから、小林正明撮影



# 被災地の女川原発 再稼働（すぐにトラブルで臨界前に停止）

**時々  
刻々**

## 被災地も原発回帰

**半島に立つ女川 災害で孤立懸念**

**脱炭素へ 柏崎刈羽再稼働を視野**

**西日本で6原発12基。女川は福島第一と同じ型の炉**

**いちから  
わかる！** 再稼働している原発 全国の状況は？

**全国の原発の状況**

**東日本大震災では…**

**東北電力女川原発と周辺の避難道路**

**東北電力は29日、2011年の東日本大震災で被災した女川原発（宮城県女川町、石巻市）2号機（出力82・5万kW）を再稼働させた。震災の被災地の原発、東京電力福島第一原発事故を起とした同じ沸騰水型炉（BWR）として、いざれも初の再稼働となる。**

**半島に立地 避難計画に懸念**

**被災の女川2号機再稼働**

**2024年(令和6年)10月30日(水)**

**1 14版△ 2024年(令和6年)10月30日(水)**

**2**

**半島に立地 避難計画に懸念**

**被災の女川2号機再稼働**

**2024年(令和6年)10月30日(水)**

**1 14版△ 2024年(令和6年)10月30日(水)**

**2**

2024年11月4日

**女川原発2号機発電再開を延期**  
トラブルで原子炉停止定していた発電の再開を延期した、と発表した。同社によると、原子炉

の中にある中性子を計測する検出器が正常かどうかを調べるため、別の機器を原子炉に入れていたところ、途中で動かなくなった。機器は手動で引き抜き、回収された。同社は原子炉を停止し、トラブルの原因が分かるまで発電は延期する。周辺環境への放射能の影響はないという。

# 福島第一原発 滰け落ちた核燃料問題

33 社会・総合 14版

### 東京電力福島第一原発1~3号機の状況 東京電力の資料などから

機種	燃料棒数	燃料デブリの推計量	今後の計画
1号機	392本	279トン	取り出し開始は最後になる見通し
2号機	615本	237トン	試験的取り出しの後、取り出す量を徐々に増やす

**1号機**

使用済み燃料プール 392本

原子炉格納容器  
原子炉圧力容器  
燃料デブリ  
原子炉の土台

**2号機**

615本

燃料デブリの推計量  
**279トン**

今後の計画  
取り出し開始は最後になる見通し

19年3月調査  
東電提供

燃料デブリの推計量  
**237トン**

試験的取り出しの後、取り出す量を徐々に増やす

19年2月調査  
東電提供

# 廃炉へひとつまみの一步

(T M I) 原発2号機は、圧力容器に水をためた状態で燃料デブリの取り出しができた。水は放射線を遮り、放射性物質の飛散も抑えられる。

残る880トン先行き不透明

る。核分裂反応が連鎖的に続く「臨界」のリスクや硬さを推定することに、燃料デブリの保管や取り出し方法の検討に生じた課題を解決する。項目に含めておらず、確認していなかつたといふ。

9月の作業着手後も、装置のカメラ映像が確認ラブルを振り返り、「ミスは嘆く。「結局、東電はいつも下請け任せ。東電がもっとと関わりを強めない」といはない」

できる装置での作業が基本だ。加えて、放射性物質を拡散させない対策が不可欠となる。

採取した燃料デブリは今後、日本原子力研究開発機構（JAEA）などで成分や構造などを調べ、「下請け任せ」の姿勢も浮き彫りになった。

取り出し作業を始めるはずだった8月22日朝、装置の接続順のミスが発覚。東電社員は事前に現場を訪れていたが、パトと説明する。

ラの電源を切った間に気がたまつたことが原因と推定。事前にカメラで撮影された映像から、一カ一からこうしたり、クの情報はなかつたとして、対応に問題はなかつたと説明する。

政府関係者は一連の

ブリを採取し、分析する「た」と話す。

く、水をためられない。  
人は近づけず、燃料デブ  
りの取り出しは遠隔操作  
取り出し作業では東電の  
ただ、今回の試験的な  
できなくなつた。東電  
は、高稼量の環境でカ  
（福地慶太郎）▼1面参照

## 「下請け任せ」露呈

タウン(炉心溶融)を起こす力月。東京電力福島第一原発で、想定外の事故が起きたとき、何をするべきか。原子力規制委員会の山中伸介委員長は、「燃料温度を下げる」という。しかし、これが実現するには、何をすればいいのか。常に大きい。まずは第1歩を踏み出す」とができた。

## デブリ遠隔取り出し

ームの開発が難航するな  
として、3回延期。過去  
の調査で実績のある「釣  
りざお式装置」を使うこ  
とになった。8月22日、  
が、その後、カメラの映  
像が確認できなくなり、  
作業が中断した。カメラ  
を交換し、10月28日に作  
業を再開した。（矢田文）

課題は山極みた。当初、試験的な取り出しは、着手直前で装置の接続順のミスが発覚。9月10日、当初計画から3年遅れで取り出しに着手した

魔炉の  
今  
25%  
取り出  
試験  
3%  
  
成分な  
今後の  
方法  
福島第一  
1~3号機  
燃料テ  
推計88  
(880000)

年	東京電力福島 第一原癁事故 1~3号機で メルトダウンが 発生(3月)
	<b>2号機</b> 3年遅れで デブリの試験的 取り出し開始
	<b>3号機</b> デブリ 取り出し開始
	<b>1号機</b> デブリ 取り出し開始
1年	廃炉完了?

別工種検査言

福島第一

# 取り出しこじ

100

地震から13年8ヶ月、はじめて数グラム取り出し。残り880トン、廢炉まで楽観的に見て170年以上



ダイジェスト版

## 食品中の放射性物質の 新たな基準値を設定しました

～より一層の食品の安全と安心のために～

東京電力福島第一原子力発電所の事故後、厚生労働省では、食品中の放射性物質の暫定規制値を設定し、原子力災害対策本部の決定に基づき、暫定規制値を超える食品が市場に流通しないよう出荷制限などの措置をとってきました。暫定規制値を下回っている食品は、健康への影響はないと一般的に評価され、安全性は確保されています。しかし、**より一層、食品の安全と安心を確保するために、事故後の緊急的な対応としてではなく、長期的な観点から新たな基準値を設定しました（平成24年4月1日から施行）。**

### 新たな基準値の概要

放射性物質を含む食品からの被ばく線量の上限を、年間5ミリシーベルトから**年間1ミリシーベルト**に引き下げ、これをもとに放射性セシウムの基準値を設定しました。

#### ○放射性セシウムの暫定規制値

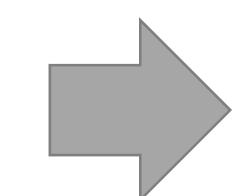
食品群	規制値 (単位:ベクレル/kg)
野菜類	500
穀類	
肉・卵・魚・その他	
牛乳・乳製品	200
飲料水	200

※ 放射性ストロンチウムを含めて規制値を設定

#### ○放射性セシウムの新基準値

食品群	基準値 (単位:ベクレル/kg)
一般食品	100
乳児用食品	50
牛乳	50
飲料水	10

※放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて基準値を設定



- 食品の区分を変更
- 年間線量の上限を引き下げ

### 新たな基準値設定の考え方

年間の線量の上限値1ミリシーベルトから、飲料水による線量（約0.1ミリシーベルト）を引き、残りの線量を一般食品（乳児用食品、牛乳を含む）に割り当てます。

#### ①「一般食品」の基準値

まず、年齢や性別などにより10区分に分け、それぞれの区分ごとに一般食品の摂取量と体格や代謝を考慮した係数を使って限度値を算出しました。その結果から、最も厳しい値（13～18歳の男性：120ベクレル/kg）を下回る、**100ベクレル/kg**を全区分の基準としました。これは、**乳幼児をはじめ、すべての世代に配慮した基準**です。

食品からの線量の上限値  
**1ミリシーベルト/年**

★飲料水の線量（約0.1ミリシーベルト）を引く

一般食品に割り当てる  
線量を決定

年齢区分	性別	限度値 (ベクレル/kg)
1歳未満	男女	460
1歳～6歳	男	310
	女	320
7歳～12歳	男	190
	女	210
13歳～18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160
最小値		<b>120</b>

100ベクレル/kg  
に基準値を設定

★すべての年齢区分の限度値  
のうち最も厳しい値（120）  
を下回る数値に設定

放射性物質が体内に入ると一定期間体内に残るので、**内部被曝**になる。

2012年4月から厚生労働省は、「長期的な観点から、より一層、食品の安全と安心を確保するために」食品に対する安全基準を変更した。

上限を下げる厳しくしたもので、内部被曝が、**年間を通じて 1 mSv を超えない値**になるように設定されている。この基準値を上回ったものは出荷できない。



【話題】

鉄腕アトムの「2'10''」でアトムがロケットをかかえて太陽に行くシーンがありますが、なぜアトムはロケットを投げなかったのか気になります。無重力なら投げれば太陽まで届くのではないか…

鉄腕アトム 最終回「地球最大の冒険」より。

太陽の異常活動によって、地球の温度が急激に上昇を始める。

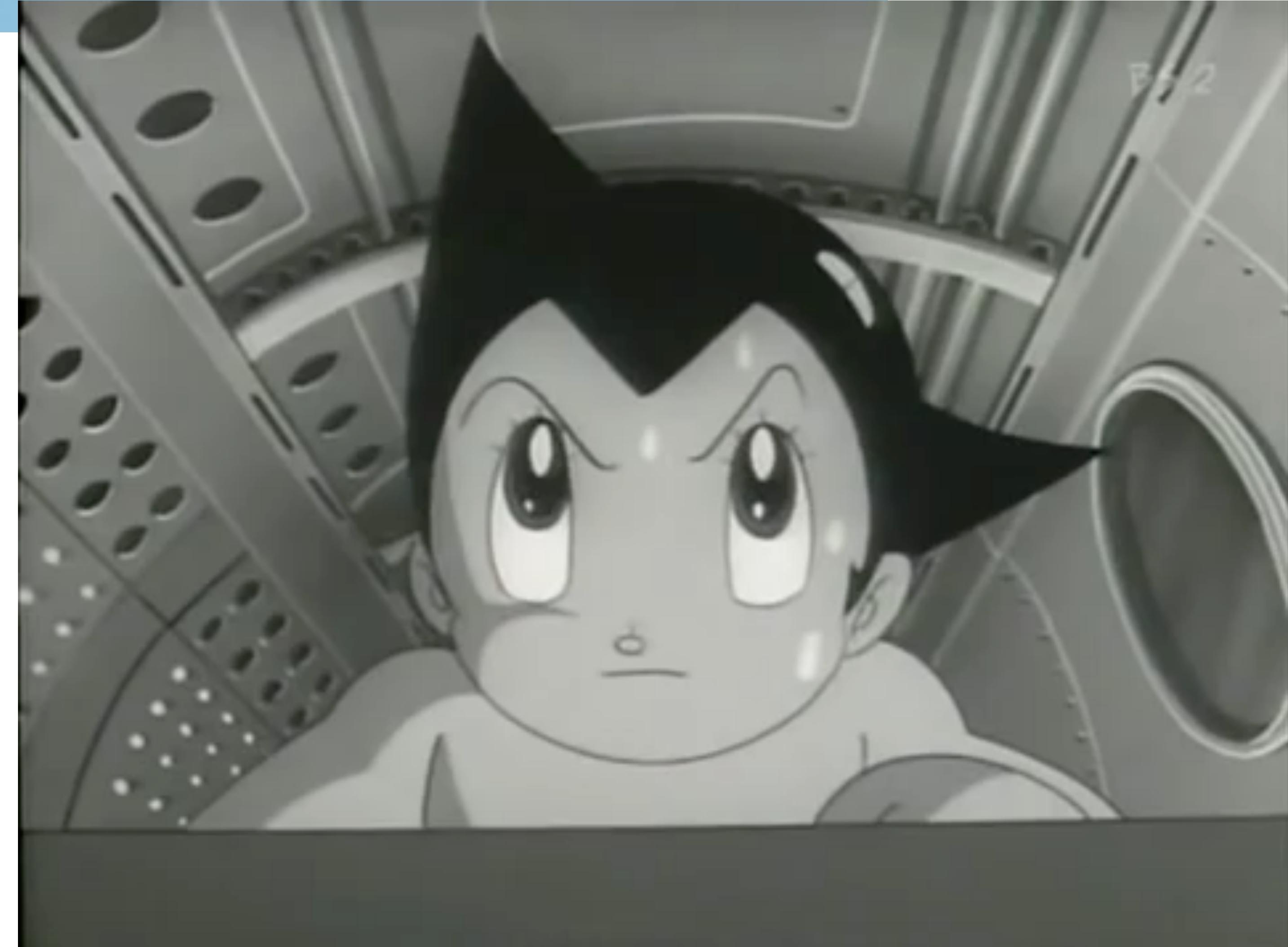
アトムは核融合抑制装置カプセルを太陽に撃ち込むため、宇宙に飛び立った…

昭和41年(1966年) 12月31日 放送

原作:手塚治虫

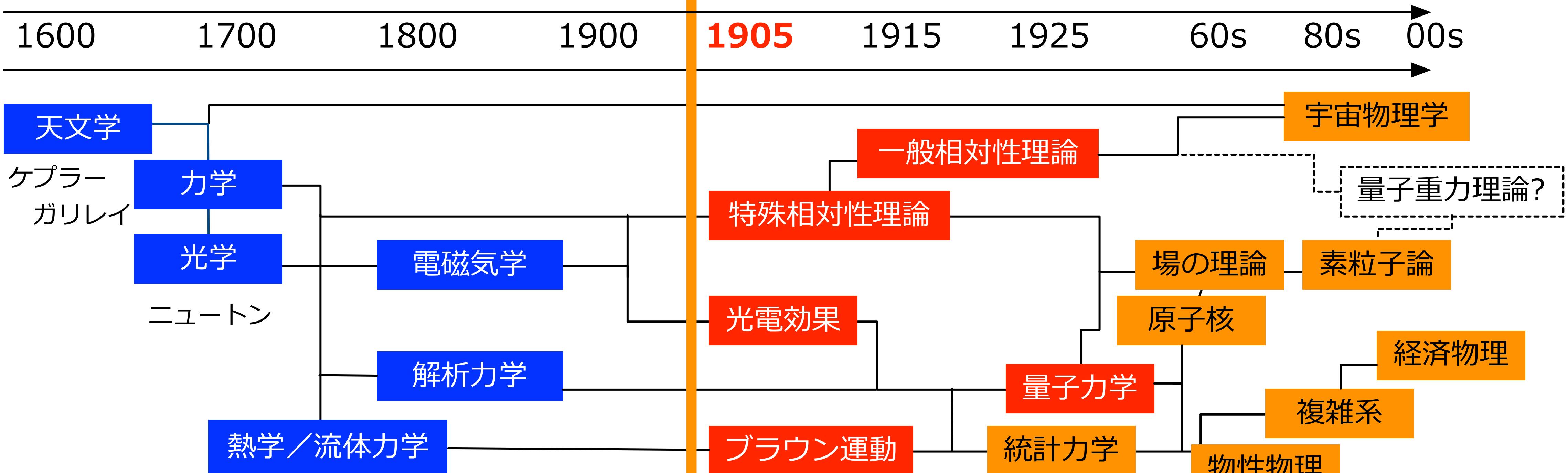
<https://www.youtube.com/watch?v=G4Zz6C9x73c>

2'10"



# 近代物理学の進展

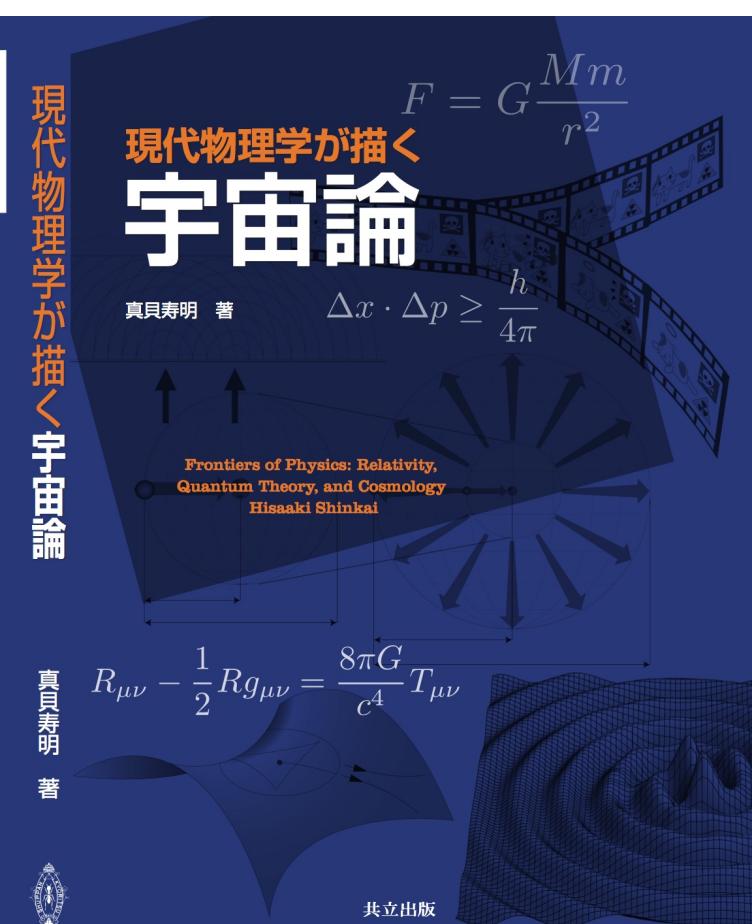
# 現代物理学の進展

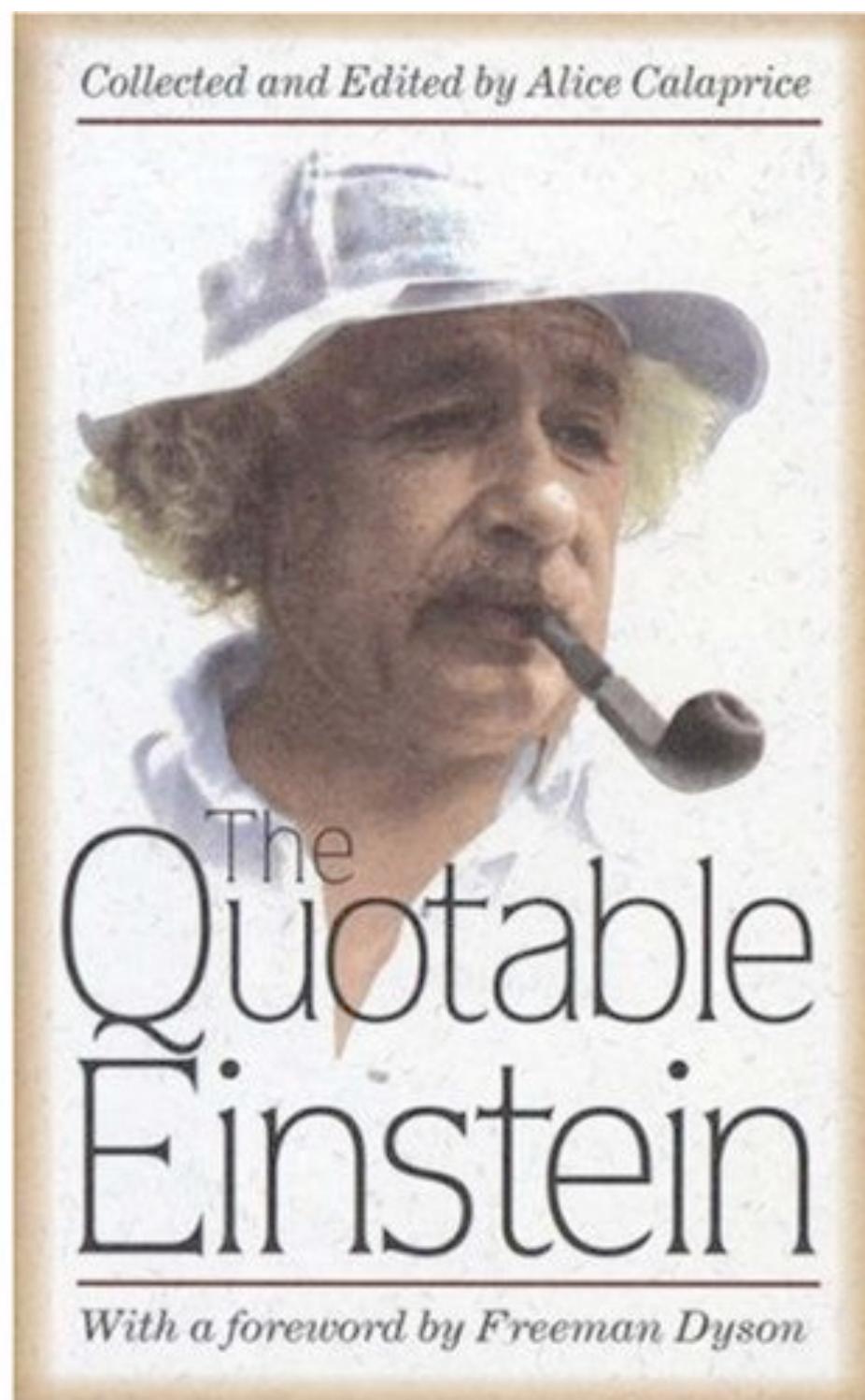


19世紀末は「物理学は完成した」と考えられていた。



1905年から新たな物理学が拓けていった。





Education is what remains after one has forgotten what one has learned in school.

教育とは、学校で学んだことをすべて忘れたその後に残っているものだ。

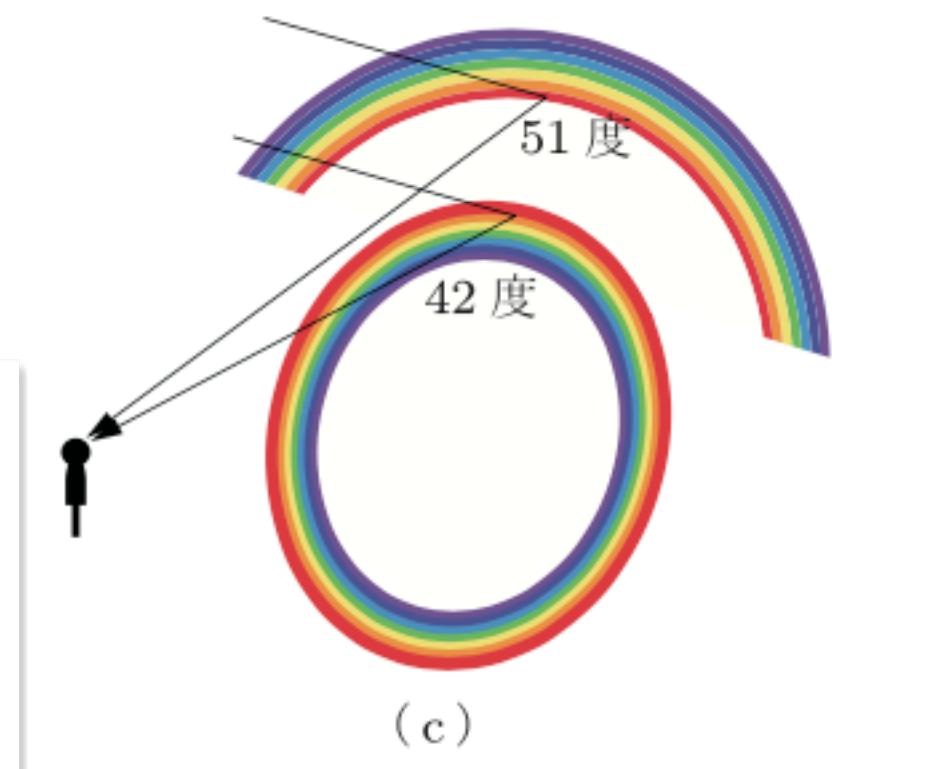
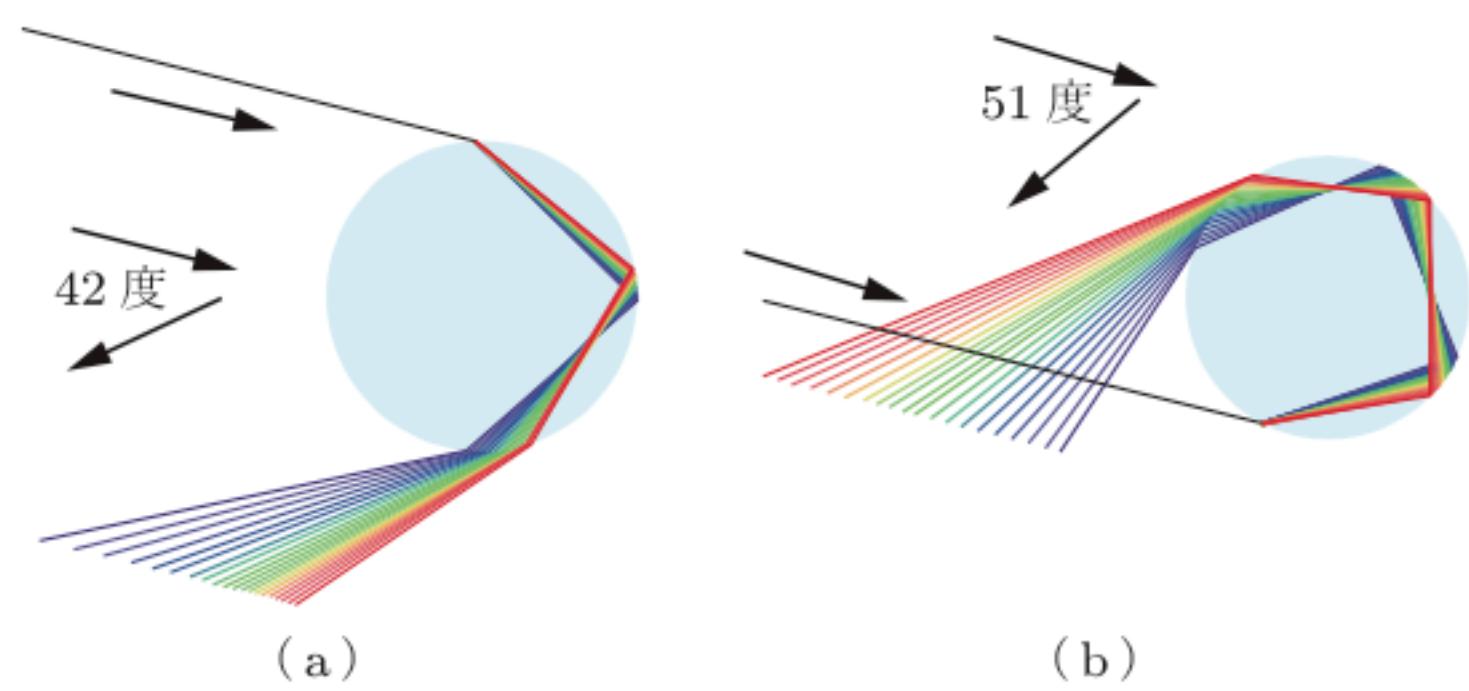
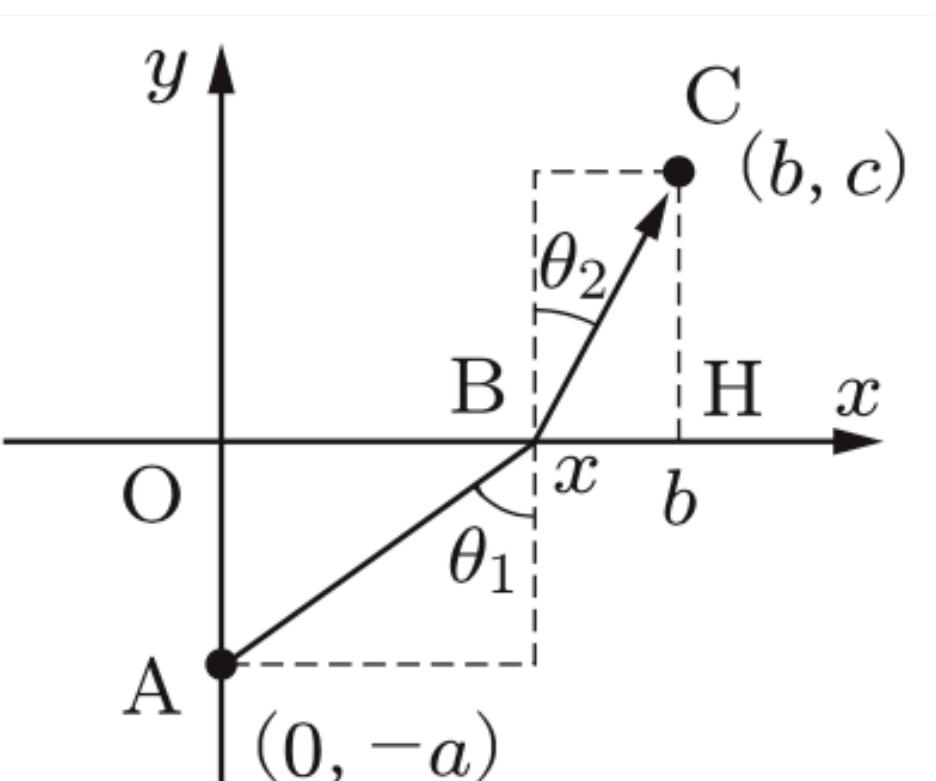
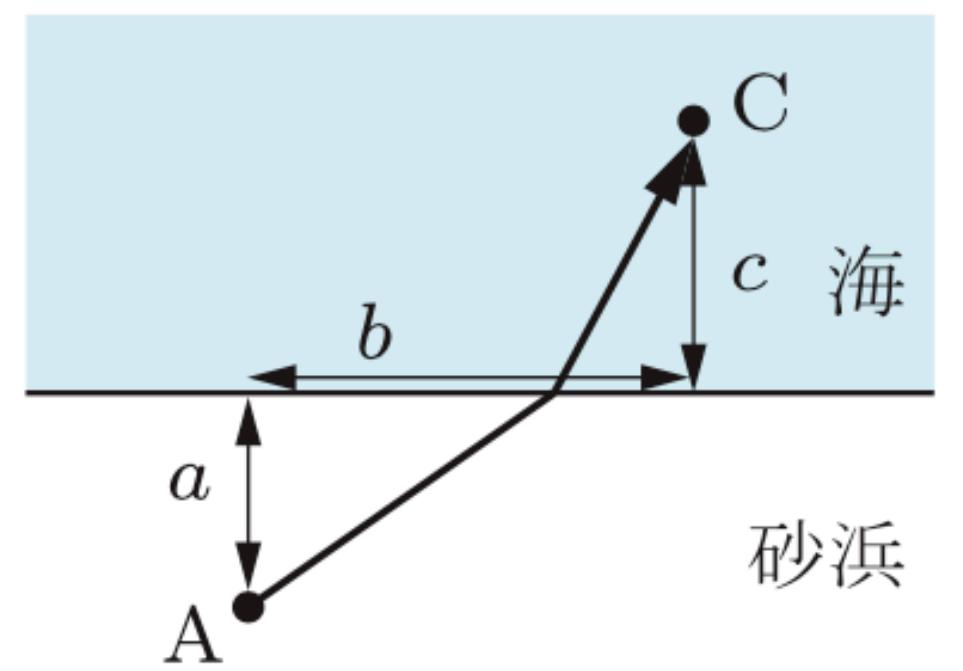
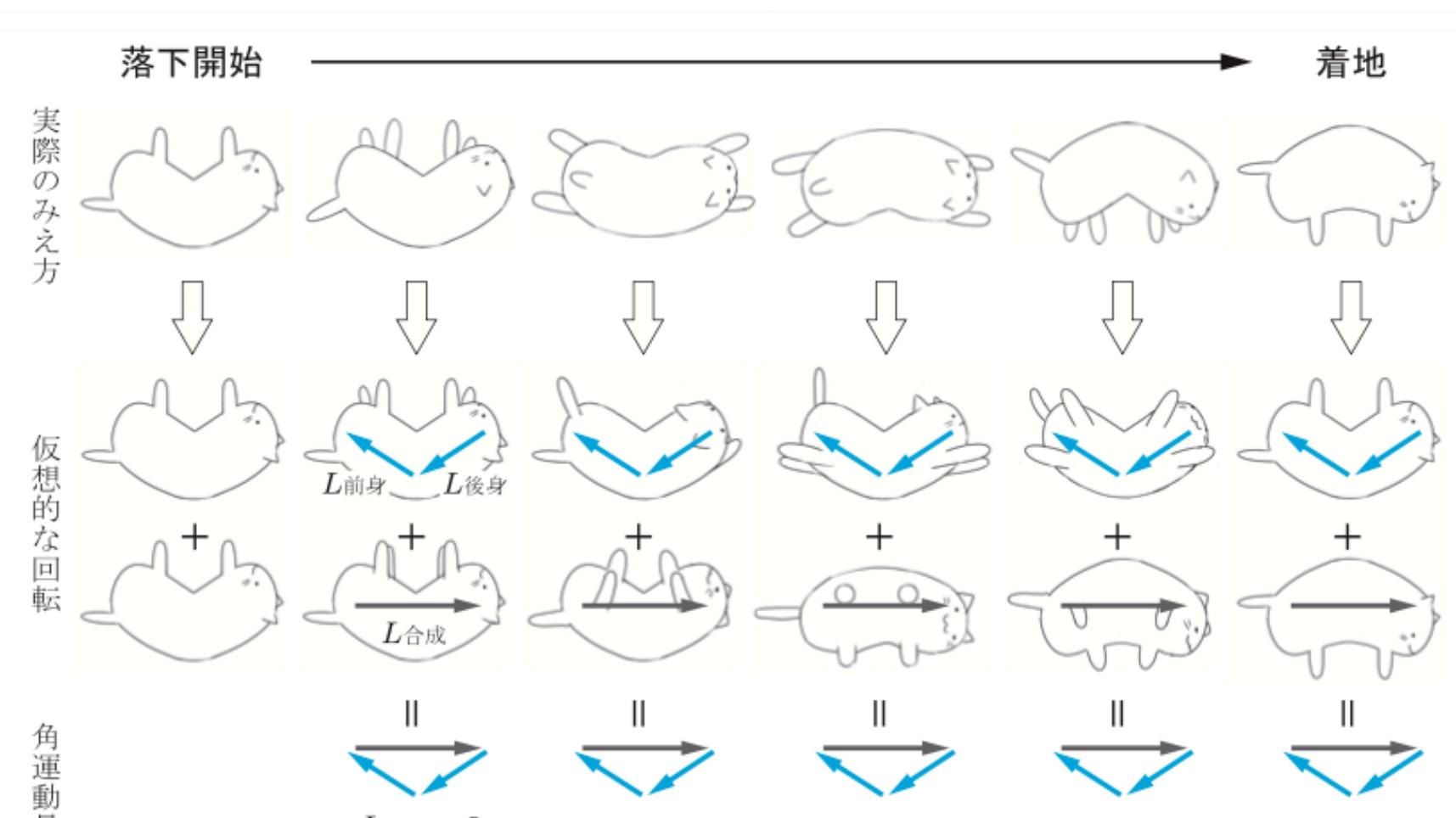
- 少数の法則による自然現象の理解
- 論理的な説明
- 原理や理由に対する疑問をもつこと

自然は美しい(数学的にも美しい).  
長い計算のあと美しい結果はたぶん正しい.



# 前回のミニツツペーパーから

先生が「生きてきた人生の中で、1番面白くて好きな物理学ネタは何か知りたいです。」



寺田寅彦 すきなもの  
「いちご、コーヒー、花、美人、懐手して宇宙見物」

美人、コーヒー、長い犬、懐手して宇宙見物



# 本日のミニツツペーパー記入項目

出席票を兼ねます。

[15-1] この講義を受けた感想をお願いします。

(いちばん印象深かったこと, 講義を受けて人生何か変わったこと, など)

[15-2] 授業を進めるにあたって, 改善した方がよい点があれば, お願いします。

(来年度の講義の参考とさせていただきます)