

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第15回 2025/1/20

第7章 原子力 核エネルギー

真貝 寿明
Hisaaki Shinkai



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

レポート「疑似科学」 力作たくさんありました。

皆さんが取り上げた話題・・・ けっこうありますねえ

血液型性格判断

携帯の電波は心臓のペースメーカーに危害を加える

水からの伝言

ゲーム脳

水素水の健康効果

マイナスイオン

通信規格による5Gによってコロナウイルスが拡散される

ワクチンは有害説

コロナ禍での空間除菌，陰性証明書

血液クレンジング

デトックス

アロマテラピー

ホメオパシー（同種療法）

ドーマン法

モーツァルト効果，波動

心理テスト

占い

幽霊の存在

インテリジェント・デザイン論

牛乳有害説

ブルーライトカット

地震 動物の地震予知 地震雲

サブリミナル効果

血液サラサラ

酵素ドリンクや酵素サプリ

パワースポット

ゲルマニウムの効果

グルコサミン

ファスティング

『「体を温める」と 病気は必ず治る』

こっくりさん

永久機関

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
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.

星占いなど

プラシーボ効果 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
ラテン語: placēbō [plake:bo:](「私は喜ばせる」の意)が語源

薬の治験手段

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

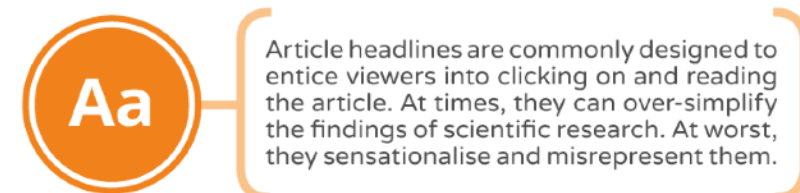
「自分はコロナに感染しない」 根拠のない過信

- ☑ 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
- ☑ 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。

A Rough Guide to SPOTTING BAD SCIENCE

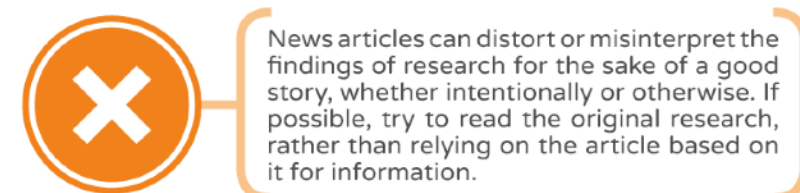
Being able to evaluate the evidence behind a scientific claim is important. Being able to recognise bad science reporting, or faults in scientific studies, is equally important. These 12 points will help you separate the science from the pseudoscience.

1. SENSATIONALISED HEADLINES



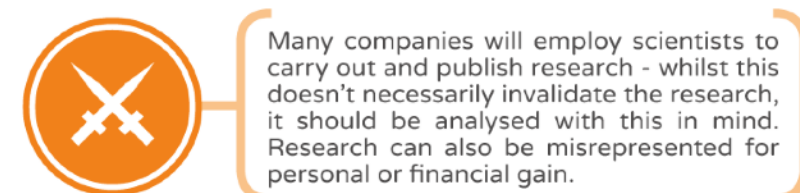
Article headlines are commonly designed to entice viewers into clicking on and reading the article. At times, they can over-simplify the findings of scientific research. At worst, they sensationalise and misrepresent them.

2. MISINTERPRETED RESULTS



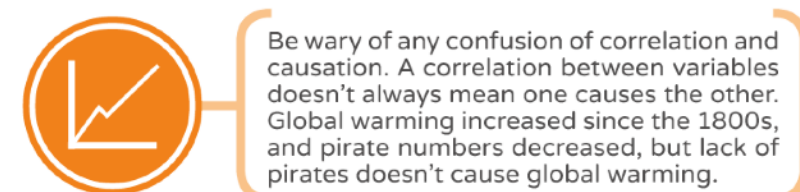
News articles can distort or misinterpret the findings of research for the sake of a good story, whether intentionally or otherwise. If possible, try to read the original research, rather than relying on the article based on it for information.

3. CONFLICTS OF INTEREST



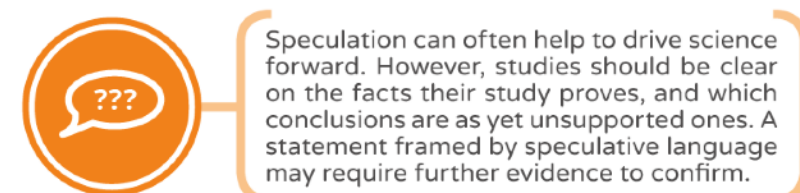
Many companies will employ scientists to carry out and publish research - whilst this doesn't necessarily invalidate the research, it should be analysed with this in mind. Research can also be misrepresented for personal or financial gain.

4. CORRELATION & CAUSATION



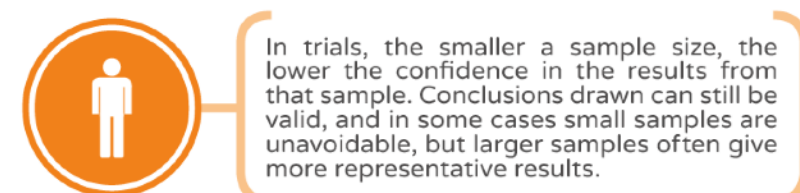
Be wary of any confusion of correlation and causation. A correlation between variables doesn't always mean one causes the other. Global warming increased since the 1800s, and pirate numbers decreased, but lack of pirates doesn't cause global warming.

5. UNSUPPORTED CONCLUSIONS



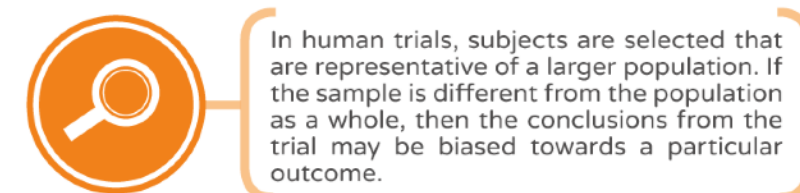
Speculation can often help to drive science forward. However, studies should be clear on the facts their study proves, and which conclusions are as yet unsupported ones. A statement framed by speculative language may require further evidence to confirm.

6. PROBLEMS WITH SAMPLE SIZE



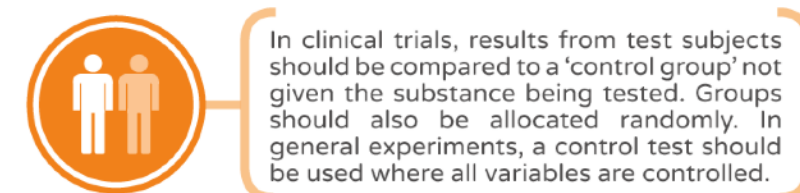
In trials, the smaller a sample size, the lower the confidence in the results from that sample. Conclusions drawn can still be valid, and in some cases small samples are unavoidable, but larger samples often give more representative results.

7. UNREPRESENTATIVE SAMPLES USED



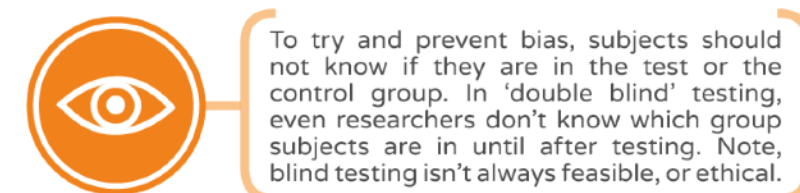
In human trials, subjects are selected that are representative of a larger population. If the sample is different from the population as a whole, then the conclusions from the trial may be biased towards a particular outcome.

8. NO CONTROL GROUP USED



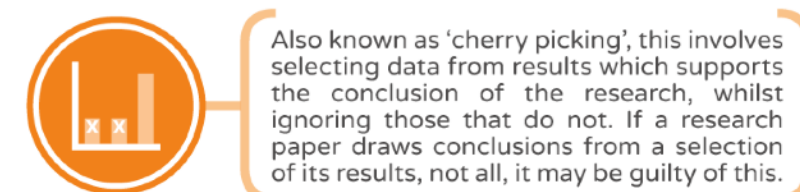
In clinical trials, results from test subjects should be compared to a 'control group' not given the substance being tested. Groups should also be allocated randomly. In general experiments, a control test should be used where all variables are controlled.

9. NO BLIND TESTING USED



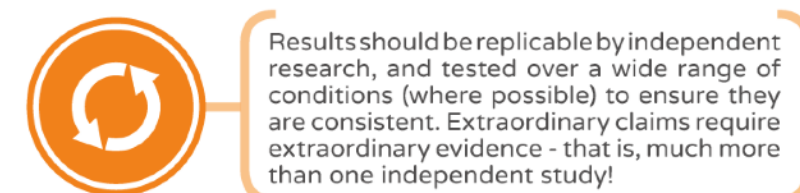
To try and prevent bias, subjects should not know if they are in the test or the control group. In 'double blind' testing, even researchers don't know which group subjects are in until after testing. Note, blind testing isn't always feasible, or ethical.

10. SELECTIVE REPORTING OF DATA



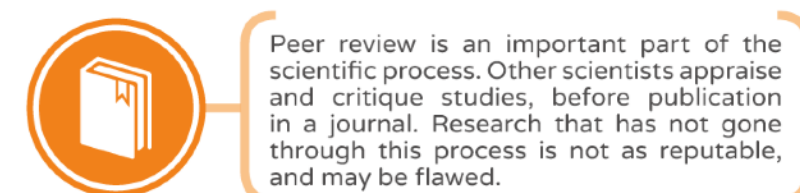
Also known as 'cherry picking', this involves selecting data from results which supports the conclusion of the research, whilst ignoring those that do not. If a research paper draws conclusions from a selection of its results, not all, it may be guilty of this.

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!

12. NON-PEER REVIEWED MATERIAL

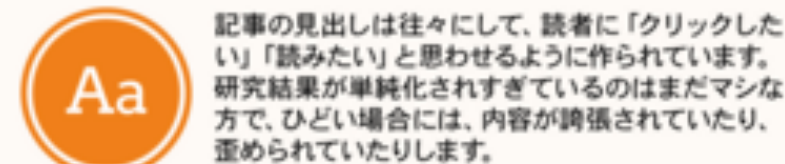


Peer review is an important part of the scientific process. Other scientists appraise and critique studies, before publication in a journal. Research that has not gone through this process is not as reputable, and may be flawed.

「ダメな科学」を見分けるためのおおまかな指針

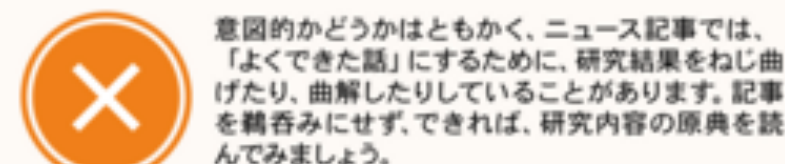
• BAD SCIENCE •

1. 扇情的な見出し



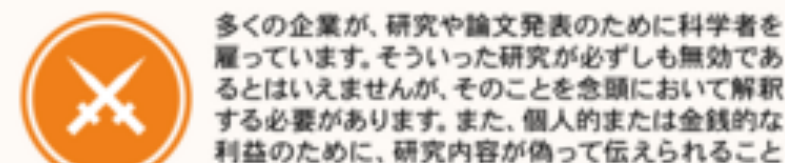
記事の見出しは往々にして、読者に「クリックしたい」「読みたい」と思わせるように作られています。研究結果が単純化されすぎているのはまだマシな方で、ひどい場合には、内容が誇張されていたり、歪められていたりします。

2. 結果の曲解



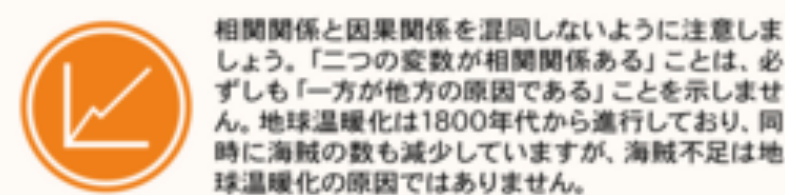
意図的かどうかはともかく、ニュース記事では、「よくできた話」にするために、研究結果をねじ曲げたり、曲解したりしていることがあります。記事を読みきらずに、できれば、研究内容の原典を読んでみましょう。

3. 利益相反



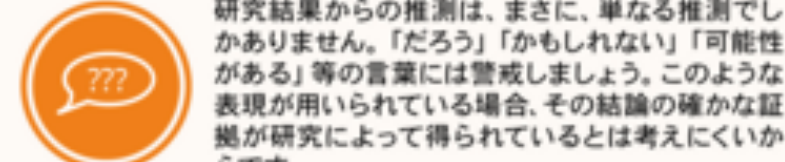
多くの企業が、研究や論文発表のために科学者を雇っています。そういった研究が必ずしも無効であるとはいえませんが、そのことを念頭において解釈する必要があります。また、個人的または金銭的な利益のために、研究内容が偽って伝えられることもあります。

4. 相関関係と因果関係の混同



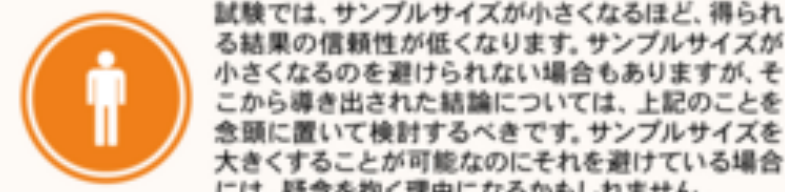
相関関係と因果関係を混同しないように注意しましょう。「二つの変数が相関関係ある」ことは、必ずしも「一方が他方の原因である」ことを示しません。地球温暖化は1800年代から進行しており、同時に海賊の数も減少していますが、海賊不足は地球温暖化の原因ではありません。

5. 推測表現



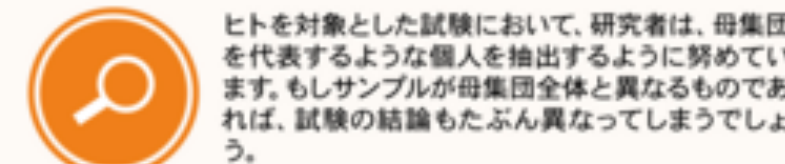
研究結果からの推測は、まさに、単なる推測でしかありません。「だろう」「かもしれない」「可能性がある」等の言葉には警戒しましょう。このような表現が用いられている場合、その結論の確かな証拠が研究によって得られているとは考えにくいからです。

6. 小さすぎるサンプルサイズ



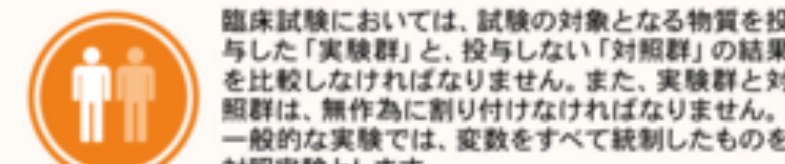
試験では、サンプルサイズが小さくなるほど、得られる結果の信頼性が低くなります。サンプルサイズが小さくなるのを避けられない場合もありますが、そこから導き出された結論については、上記のことを念頭に置いて検討する必要があります。サンプルサイズを大きくすることが可能なのにそれを避けている場合には、疑念を抱く理由になるかもしれません。

7. 代表的でないサンプル



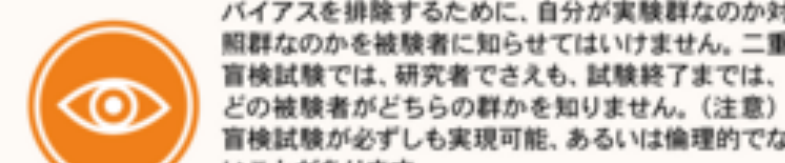
ヒトを対象とした試験において、研究者は、母集団を代表するような個人を抽出するように努めています。もしサンプルが母集団全体と異なるものであれば、試験の結論もたぶん異なってしまうでしょう。

8. 対照群がない



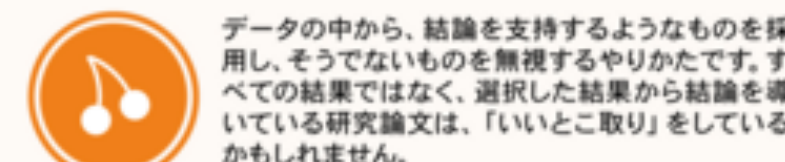
臨床試験においては、試験の対象となる物質を投与した「実験群」と、投与しない「対照群」の結果を比較しなければなりません。また、実験群と対照群は、無作為に割り付けなければなりません。一般的な実験では、変数をすべて統制したものを対照実験とします。

9. 盲検試験が行われていない



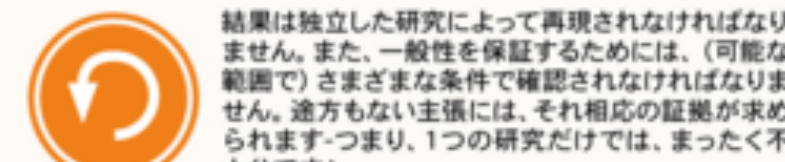
バイアスを排除するために、自分が実験群なのか対照群なのかを被験者に知らせることはできません。二重盲検試験では、研究者でさえも、試験終了までは、どの被験者がどちらの群かを知りません。(注意) 盲検試験が必ずしも実現可能、あるいは倫理的でないことがあります。

10. 結果のいいとこ取り



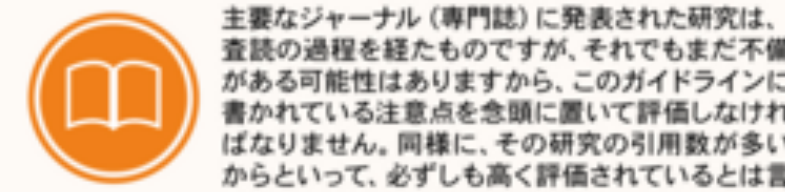
データの中から、結論を支持するようなものを探し、そうでないものを無視するやりかたです。すべての結果ではなく、選択した結果から結論を導いている研究論文は、「いいとこ取り」をしているかもしれません。

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



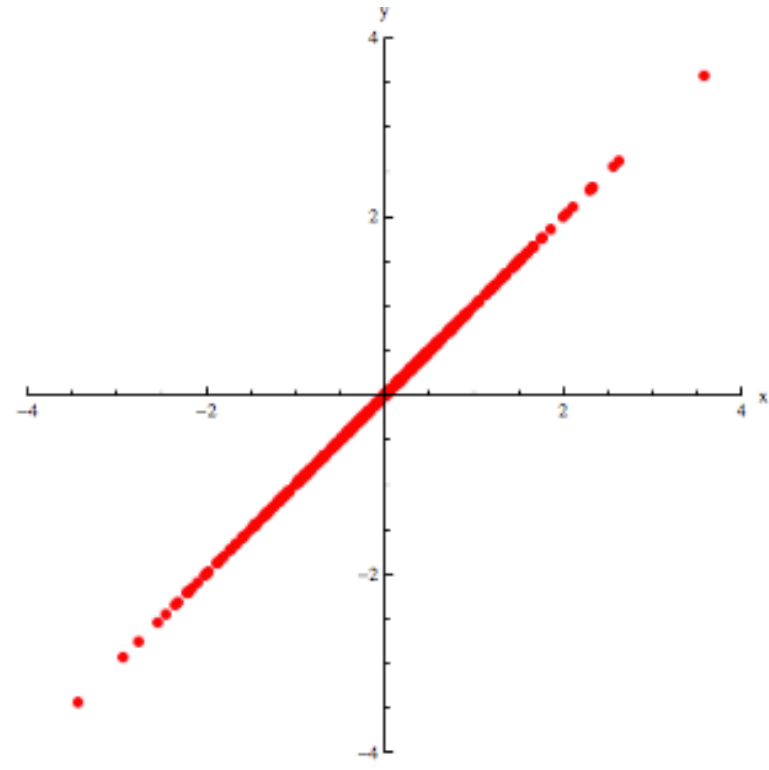
主要なジャーナル(専門誌)に発表された研究は、査読の過程を経たものですが、それでもまだ不備がある可能性はありますから、このガイドラインに書かれている注意点を念頭に置いて評価しなければなりません。同様に、その研究の引用数が多いからといって、必ずしも高く評価されているとは言えないこともあります。

<http://www.compoundchem.com>

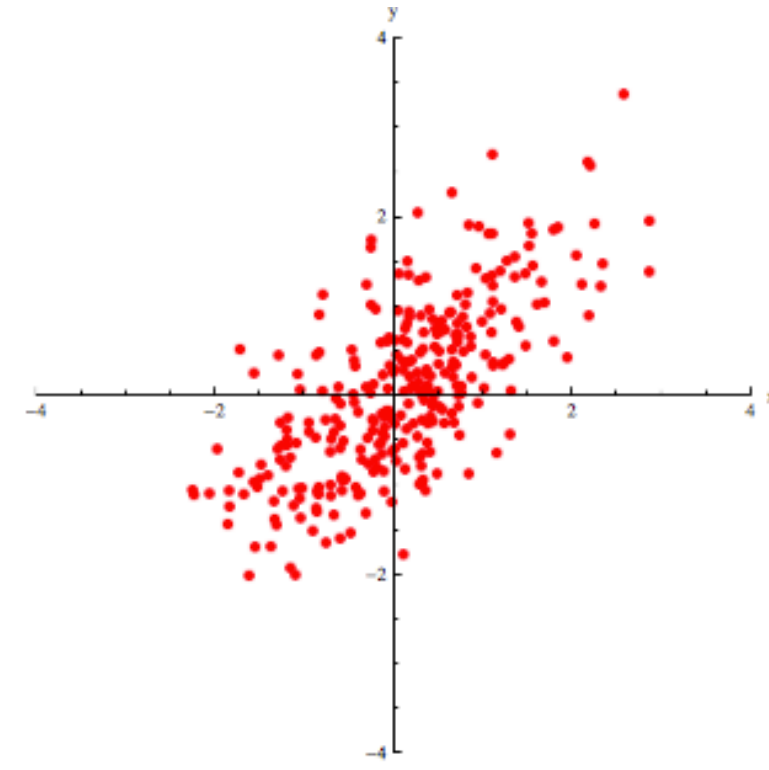
<http://www.compoundchem.com/2014/04/02/a-rough-guide-to-spotting-bad-science/>

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

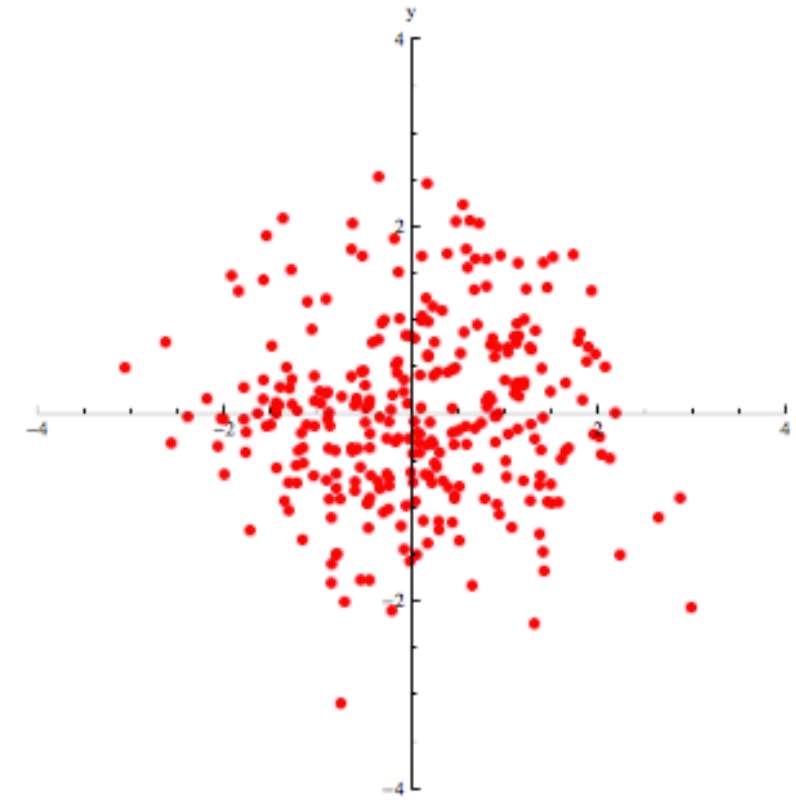
相関, 相関係数



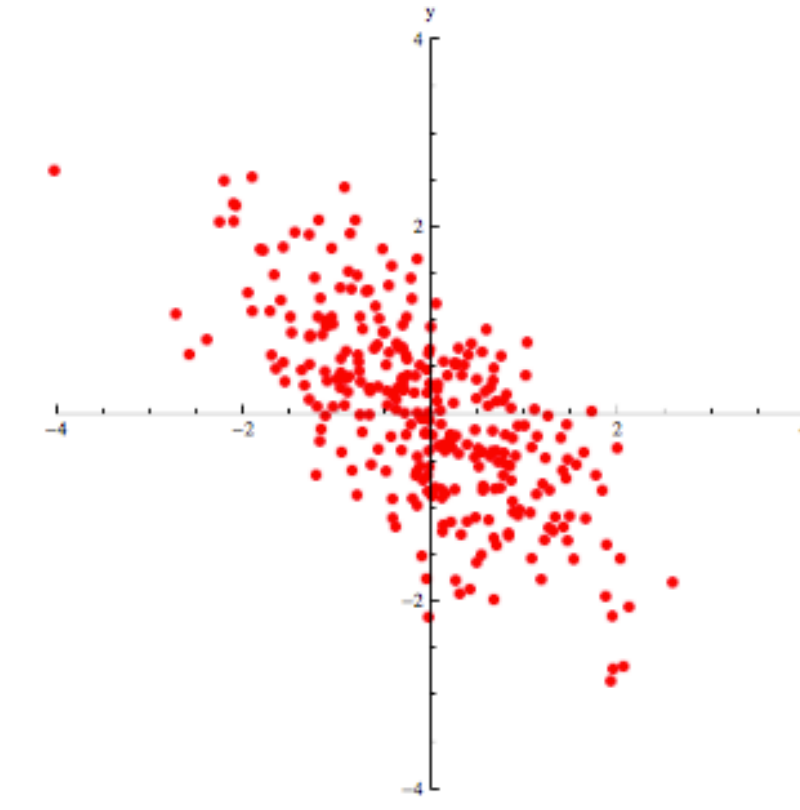
強い正の相関関係
(相関係数 $r = 1$)



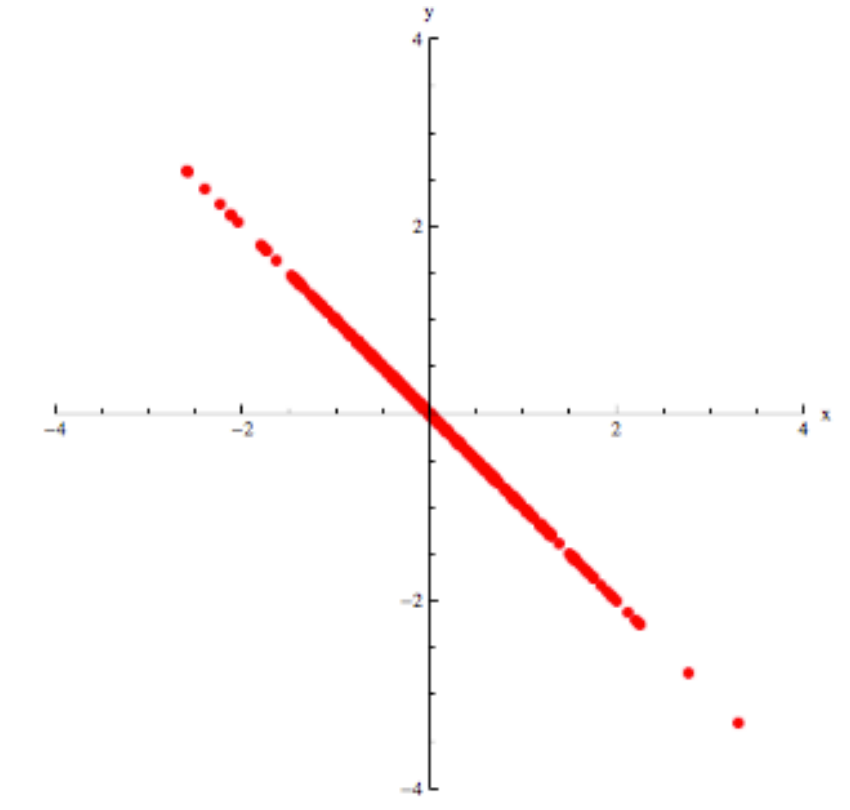
正の相関関係 ($r = 0.7$)



相関関係がない ($r = 0$)



負の相関関係 ($r = -0.7$)



強い負の相関関係 ($r = -1$)

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

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

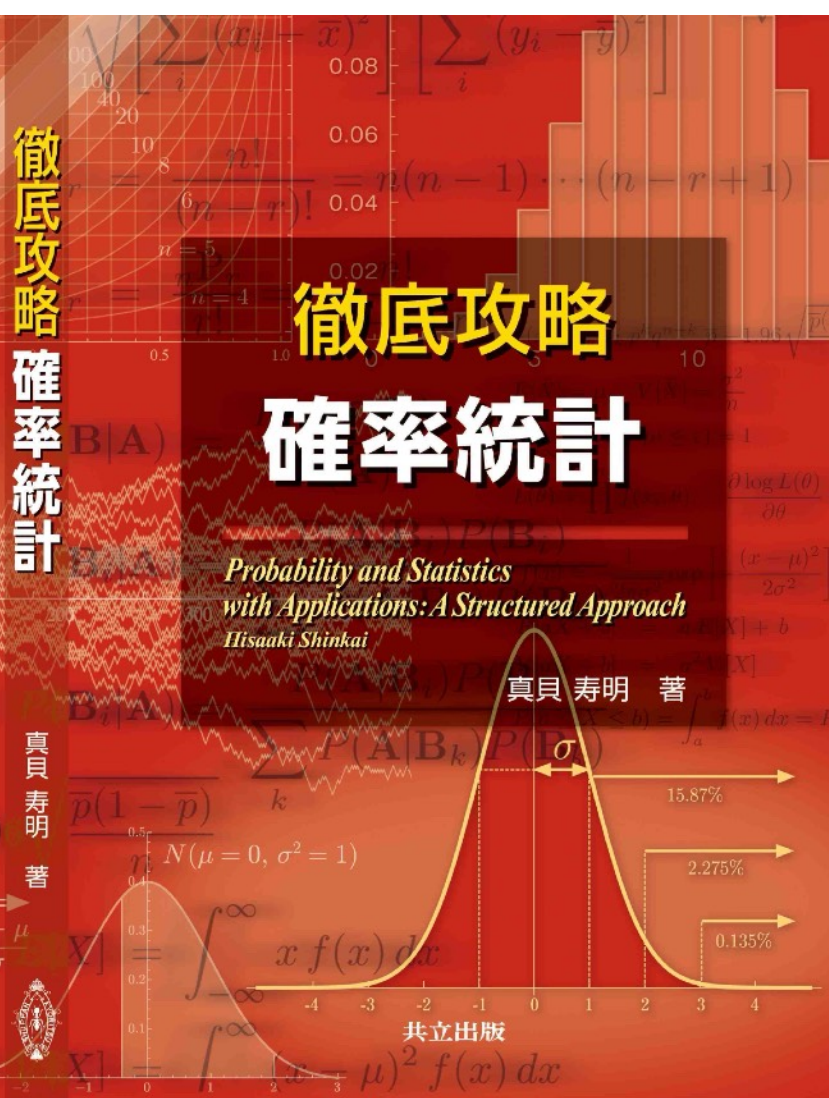
とする。相関係数は、常に

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

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	$\bar{w} = 160.2$	$S_w^2 = 15.19$	$\sigma_w = 3.89$

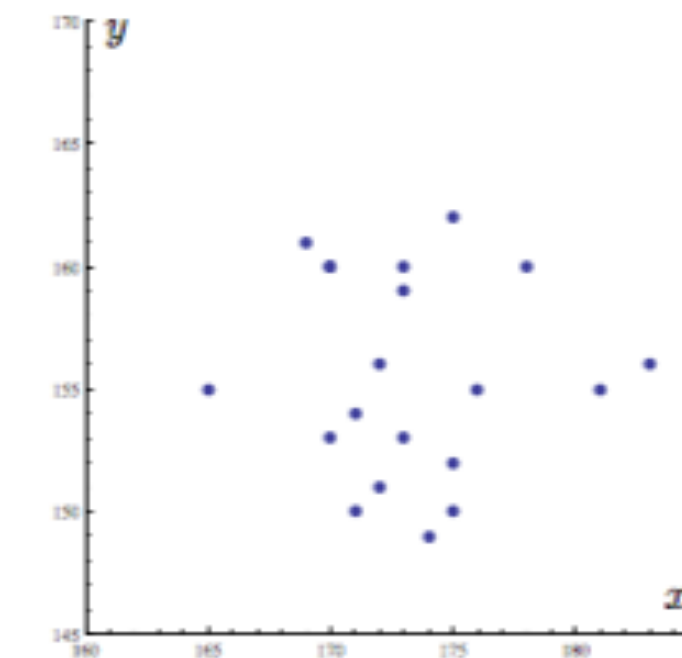
例題 4.3 例題 4.1 の親と子供の身長データを用いて、父親・母親・息子・娘 のうちから 2 者を取り出し、相関係数をそれぞれ求めよ.

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

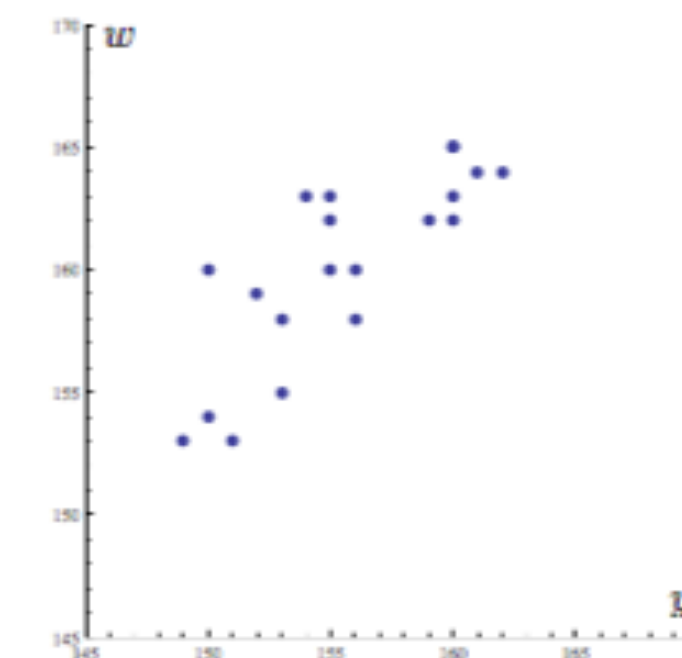
母の身長



父の身長

母親と娘のデータ分布図

娘の身長



母の身長

「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

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

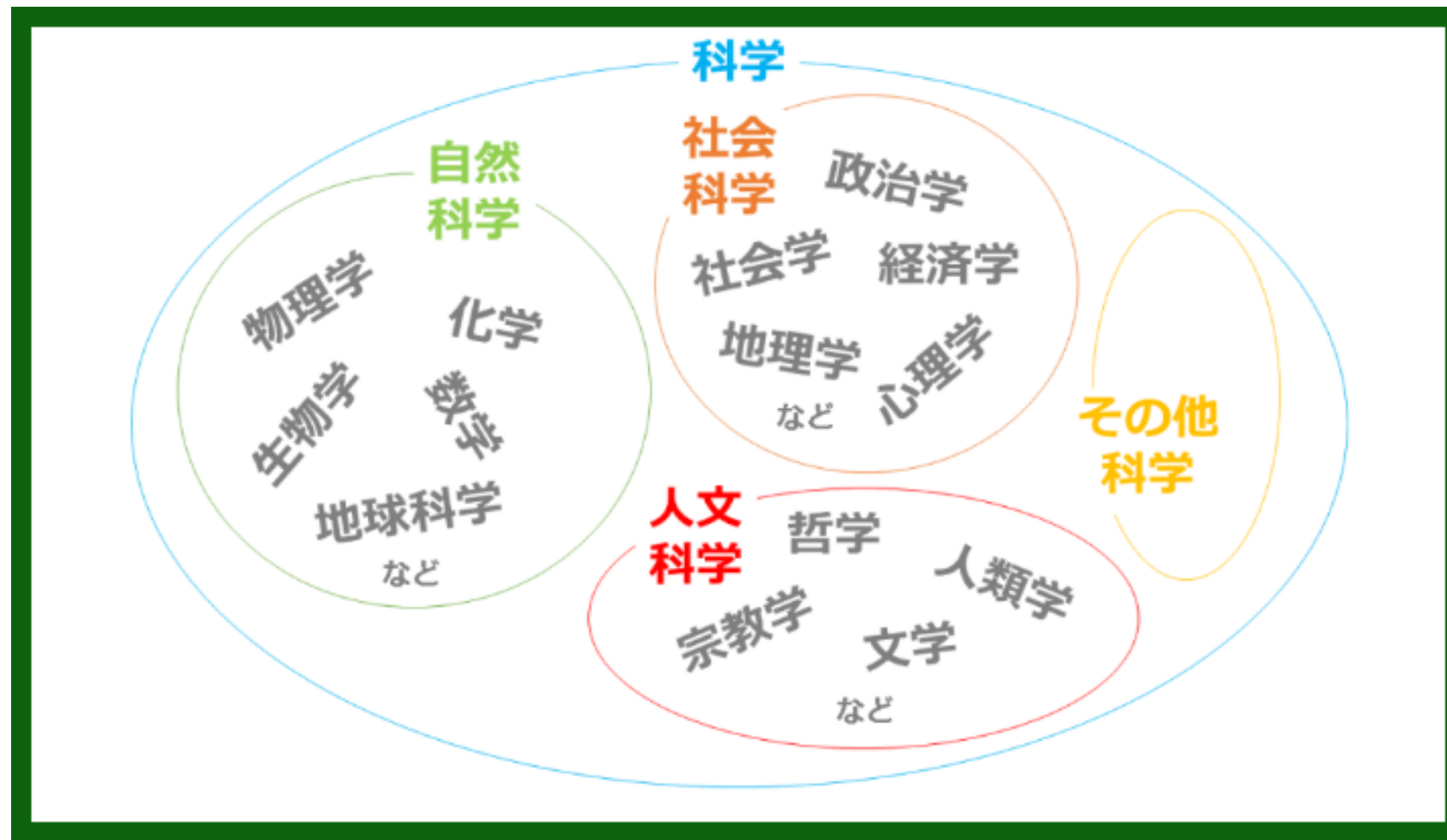
- 参考とした文献 (web ページ含む) などがあれば、必ず記すこと。剽窃行為が認められる場合は評価を下げます。(参考文献から引用するのは構いませんが、引用範囲は必ずそう明記すること。)
- インターネット上の文献を引用するときは、書き手が不明な個人のものは避けること。
- 表紙は不要。必要であれば、図や表を添付してよい(ページ枚数に含める)。

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、2025年1月27日（月）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

化学, 科学, 物理学がそれぞれ具体的にどのような分野を
指すのか、いまいちよくわかっていいので、では「教えているか」とい
います。



ものの性質や
仕組みを理解。
実験器具も活用します。

- てんびんの使い方
- 水溶液の性質
- 気体・液体・固体
- 化学反応
- 燃焼

スケールの大きな
テーマに挑戦。
自然環境に目を向けます。

- 季節の星座
- 地球と月
- 地球と太陽
- 岩石の観察
- 雲の作り方

化学

生物

地学

物理

様々な動物・植物を
教室の中で観察し、
観察眼を養います。

- 季節の植物
- 昆虫の観察
- ツルグレン法
- メダカの観察
- 発芽

様々な現象を科学的に解明。
身近な現象の中にひそむ
自然界の法則を発見します。

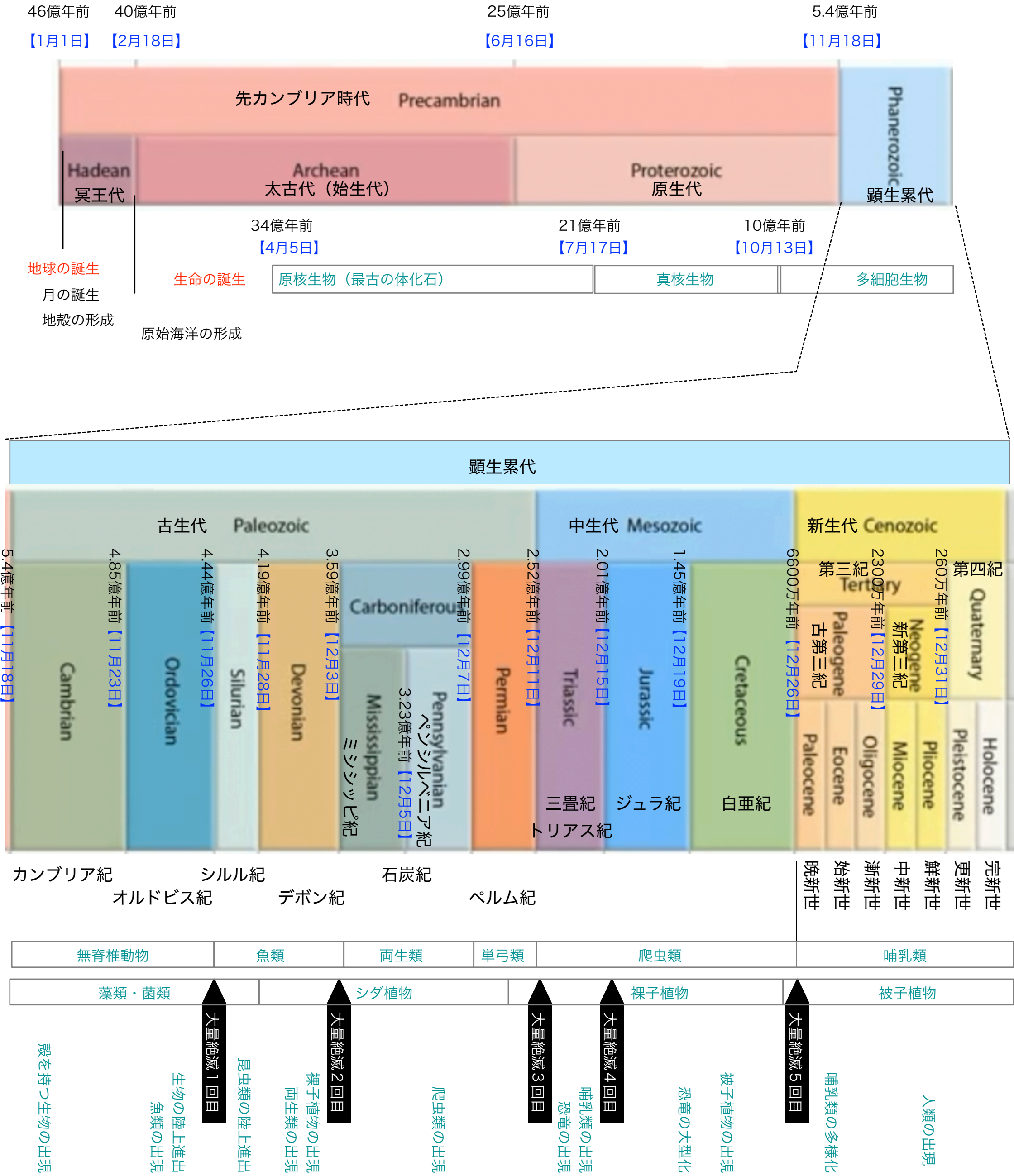
- 熱
- 大気圧・圧力
- 磁石・電磁石
- 電流と電圧
- 振り子・てんびん

<https://www.enjoying-science-hachinohe.com/20180914/>

<https://www.kidslabobihiro.com/kidslab.html>

前回のミニッツペーパーから

「君の知はる」のように地球にいろんな石が降りてきたら、日本は最低でもどのくらい被害を受けかねないか教えていただきたいです。



前回のミニッツペーパーから

飲み物以外の液体でも
表面張力は起こるのか？

液体であれば共通する性質です

一円玉が水に浮く, シャボン玉が最小面積になる...

3. 流体 》 3.1 流体の性質

教科書 p96

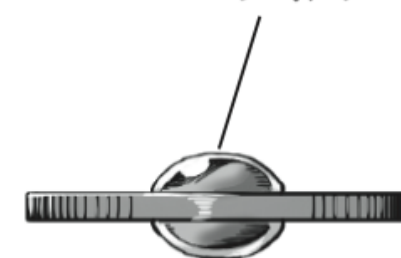
力10

表面張力

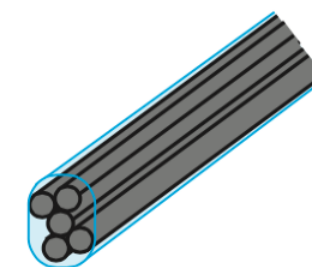
表面をできるだけ小さくしようとする液体の性質のこと.



水滴

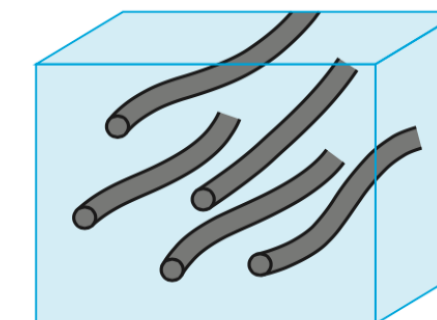


風呂上がりの髪



(a) 表面張力でくっつく

プールの中の髪



(b) 水中ではさらさら

前回のミニッツペーパーから

電磁誘導は身近な例がたくさんあって紹介されたもの以外にも何かあるのが
調べてみようと思いました。

電磁誘導の実験がおもしろかったこと！

今日もおもしろかったこと！

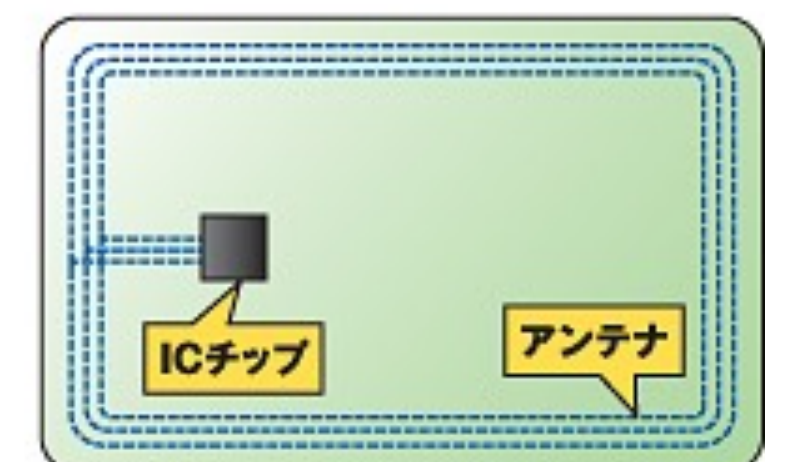


■接触型ICカードと非接触型ICカードの仕組み

接触カード



非接触カード



3] 教授さんが ICカードを言っていた話にびっくりしました。
先生的に 近いうち実現すると思う最新技術はなんですか？

たけの 隠忍 $E=mc^2$ が出てきそうかしらです (Dr. STONE が好きなので)

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.

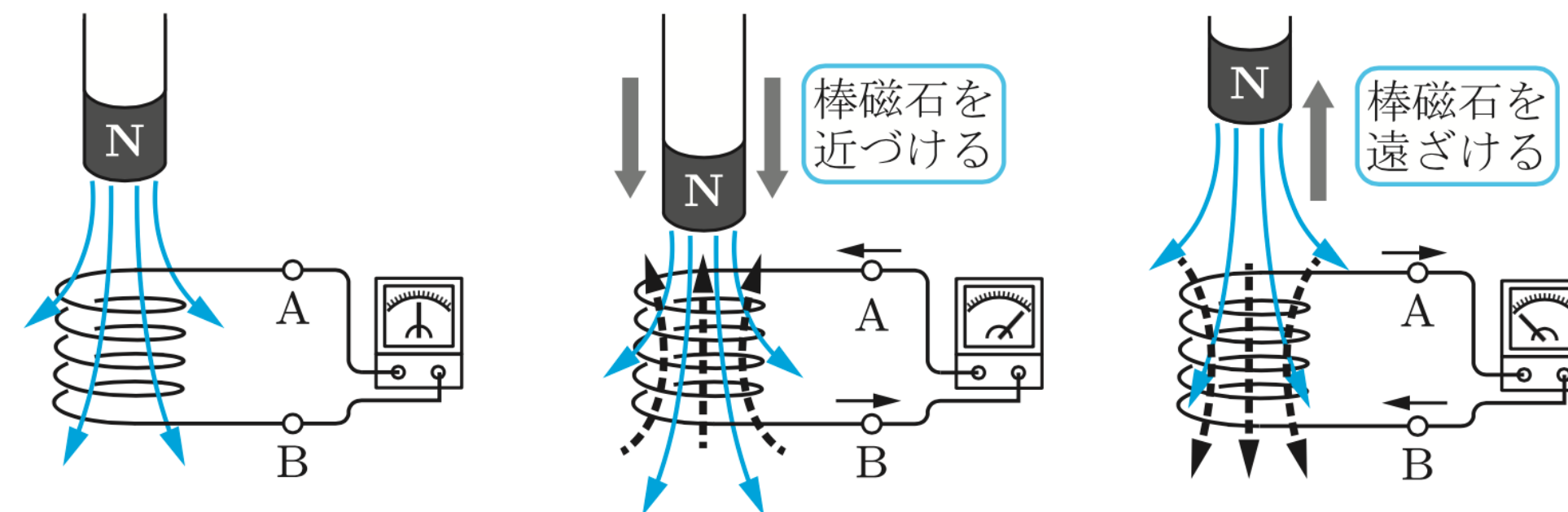
ファラデーの[(a) 電磁誘導]の法則によれば, コイル内の[(b) 磁力線]の数が増えたり減ったりすると, コイルに起電力が発生する. コイル内の[(b)]の数が増えたり減ったりすると, コイルは[(c) 逆向きの磁力線を発生させる]向きに起電力が発生する. この原理を利用したものに, [(d) 発電機, ICカード, IHヒーター]がある.

6. 電気と磁気 >> 6.3.4 電磁誘導

教科書 p216

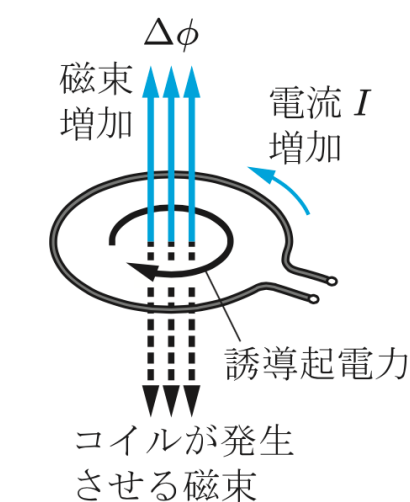
ファラデーの電磁誘導の法則

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

磁力線の数を保つように,
逆向きの誘導起電力が生じる



Bluetooth を使ったスピーカーで音楽を聞いている時、
電子レンジを使うと、音が途切れます。
この現象は電子レンジから何か波が飛び出ているのでしょうか？

電子レンジの仕組みを知ることができた。

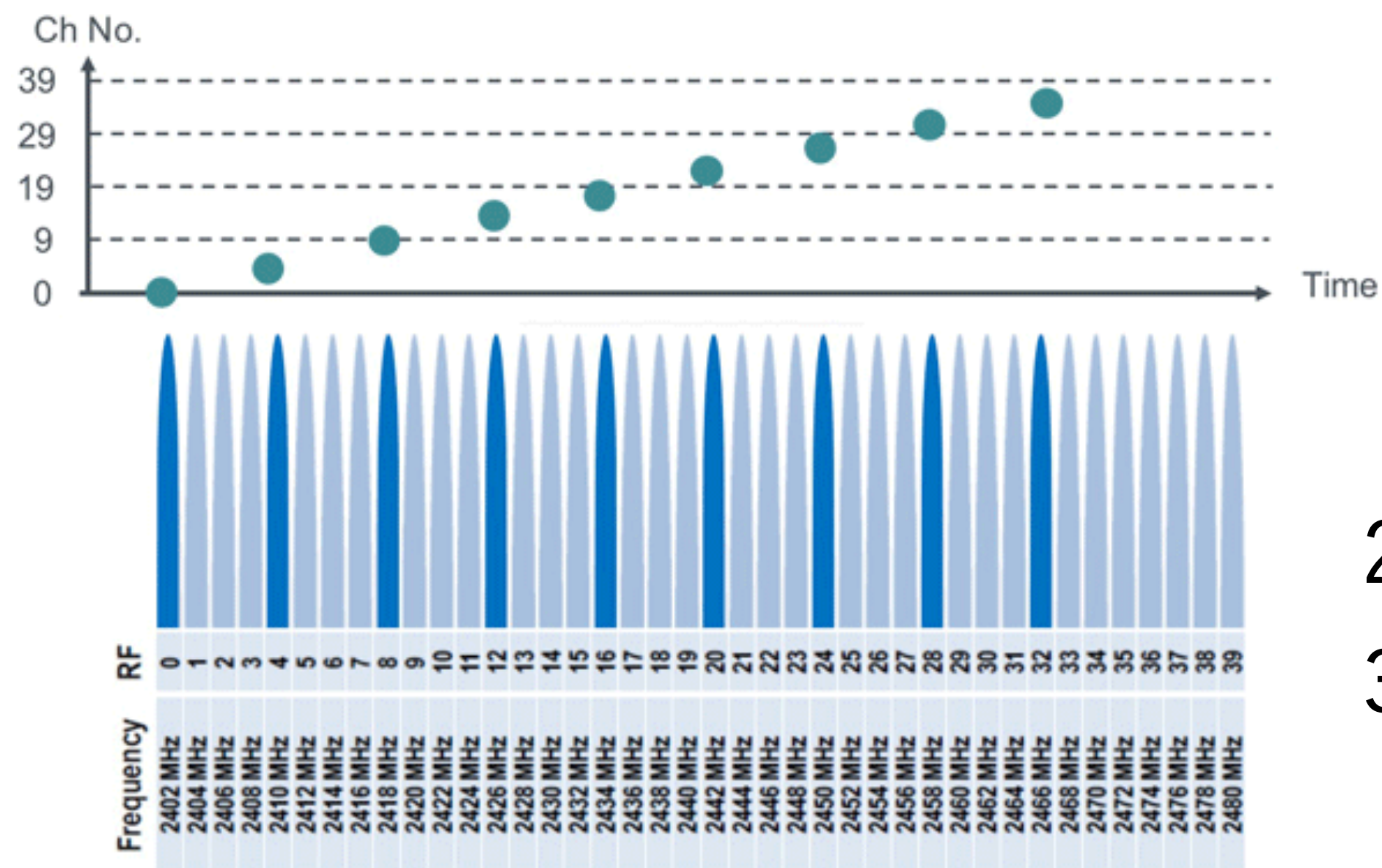
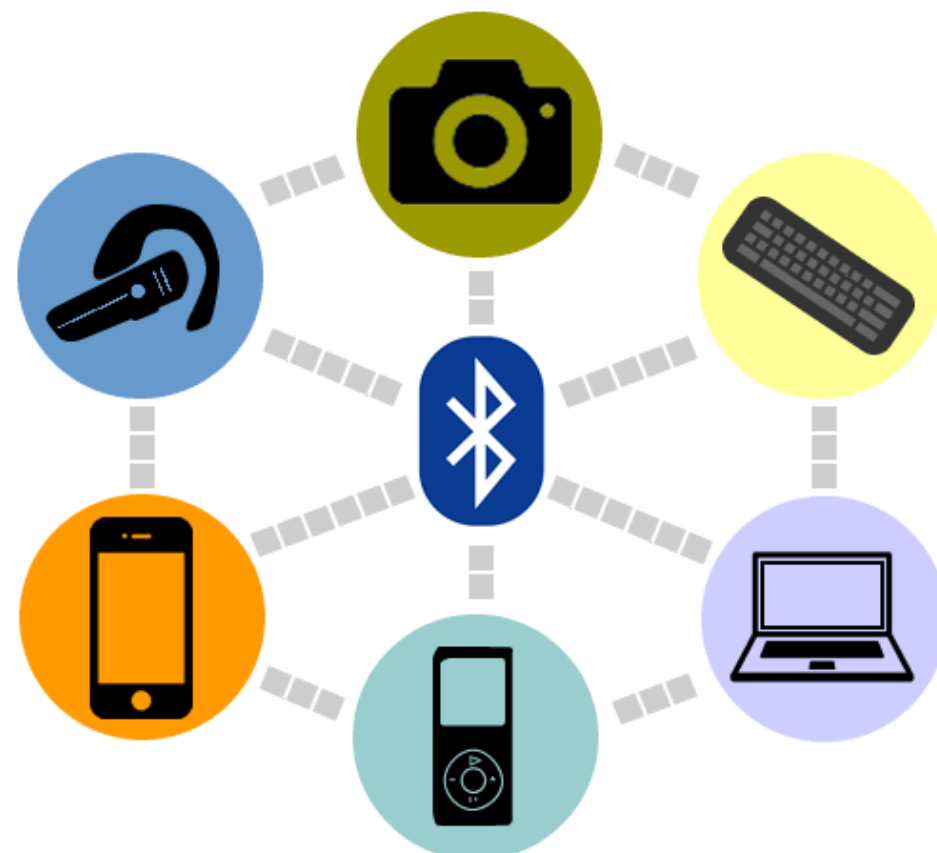
電子レンジのしくみ

教科書 p223

2450MHz の電磁波を照射し、共振によって
水分子の振動を激しくすることで加熱する。



2.45GHz



2.4GHz帯
36チャンネル

家でWiFiの電波のスピードを良くするためには
何か工夫できることはありますか？

障害物をなくす。
見通しのよい所に中継器を置く。
接続しなおす。
最新の機器に買い替える。

無線LANの規格



周波数 2.4GHz
速さ 24Mbps
距離 数mまで



周波数 2.4GHz, 5 GHz
速さ 54Mbps, 300Mbps
距離 数十mまで

MEN

are like Bluetooth:

Always connects to you
when you are nearby,
but always searches for
other devices.

WOMEN

are like Wifi:

Always sees other devices
but only connects to the
strongest one.

原子力＝「人類の夢の産物」
と言われた時代もあった。

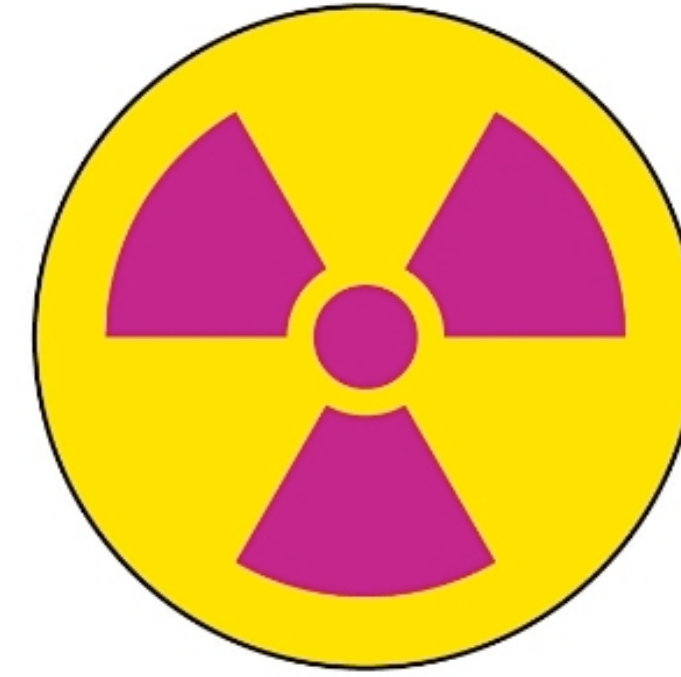
1895年 レントゲン 放射線発見

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

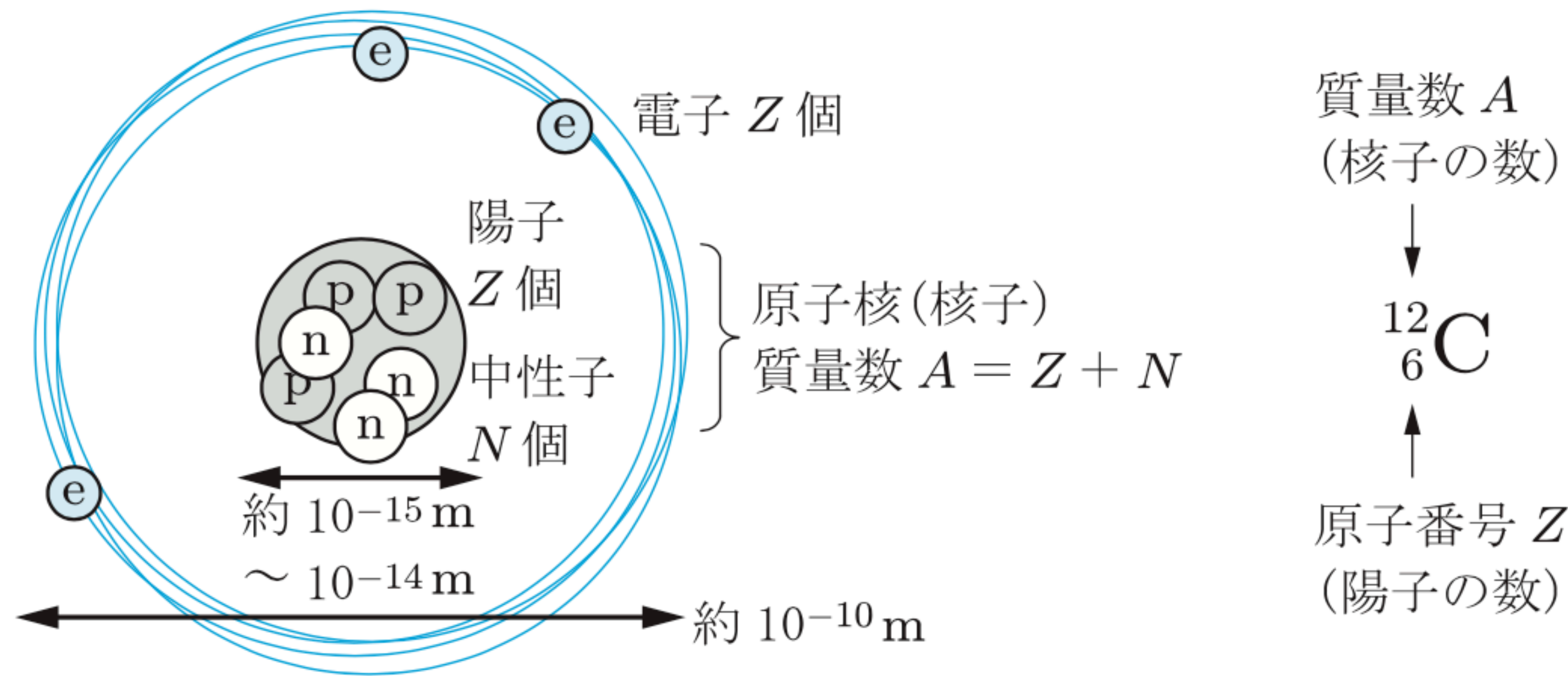


表 7.1 電子, 陽子, 中性子のデータ

記号			電気量	質量 [kg]	質量 [u]	質量比
電子	e	electron	$-e$	$9.10938188 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$1/1823 \text{ u}$	1
陽子	p	proton	$+e$	$1.67262158 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.00728 u	1836.15
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.00866 u	1838.68

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.

$${}^A_Z X = \begin{matrix} \text{質量数} \\ \text{原子番号} \end{matrix} \text{ 元素記号} \tag{7.1}$$

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 α 粒子とも呼ばれる.

教科書 vi—vii

93番以降は、すべて人工合成されたもの

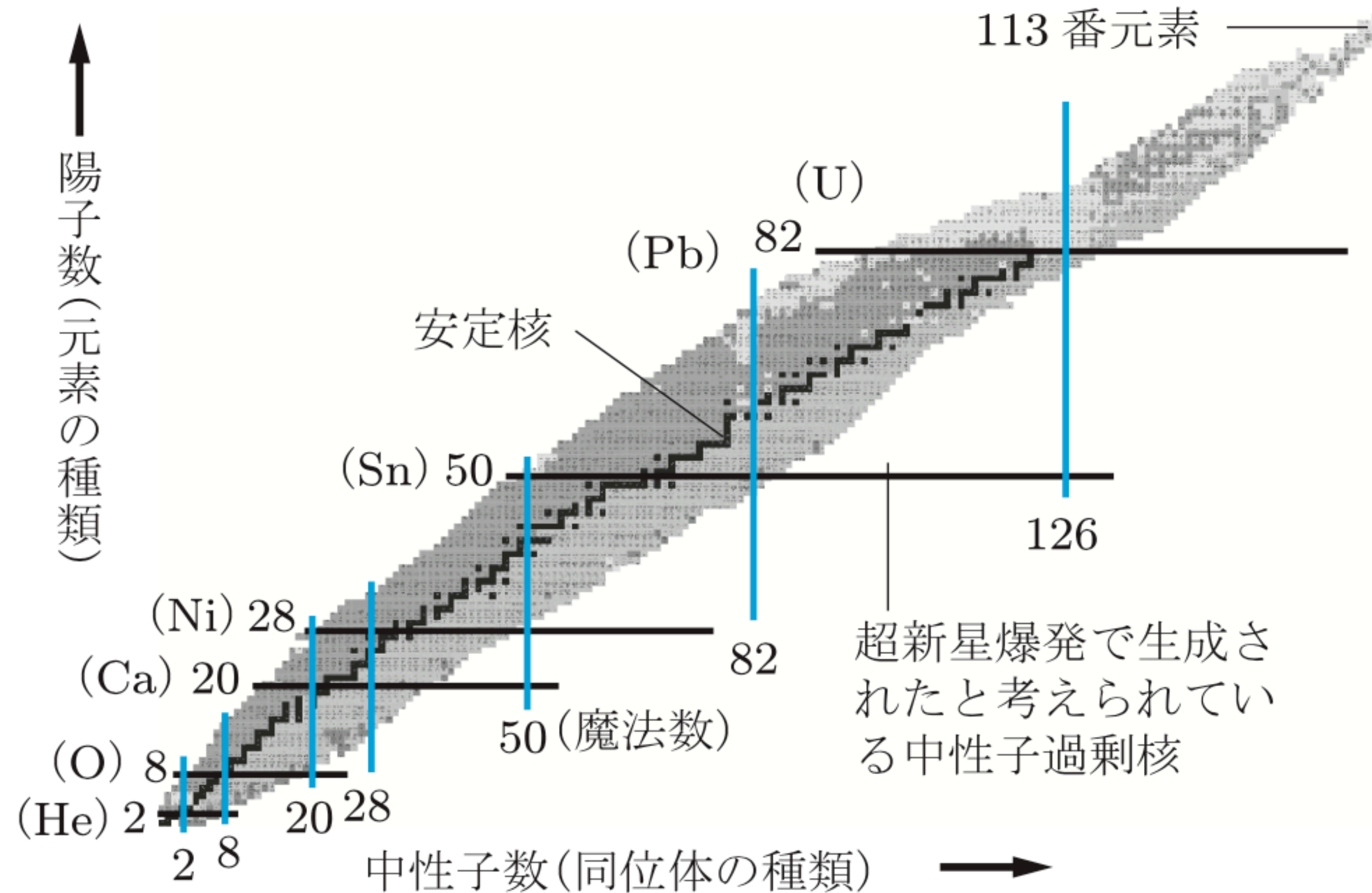
同位体 (isotope)

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_1H	1	0	1.0078	0.999885	
	水素 2 (重水素)	^2_1H , D		1	2.0141	0.000115	
	水素 3 (三重水素)	^3_1H , T		2	3.0160	微量	12.32 年でヘリウム 3 に
炭素	炭素 12	$^{12}_6\text{C}$	6	6	12	0.9893	
	炭素 13	$^{13}_6\text{C}$		7	13.0034	0.0107	
	炭素 14	$^{14}_6\text{C}$		8	14.0032	微量	5730 年で窒素 14 に
ウラン	ウラン 234	$^{234}_{92}\text{U}$	92	142	234.0409	0.000054	25 万 5 千年でトリウム 230 へ
	ウラン 235	$^{235}_{92}\text{U}$		143	235.0439	0.007204	7 億 380 万年でトリウム 231 へ
	ウラン 238	$^{238}_{92}\text{U}$		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 ${}_{92}\text{U}$ やラジウム ${}_{88}\text{Ra}$ のように、不安定な原子核があり、放置しておくとう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、 α 線（正体は He 原子核）、 β 線（電子）、 γ 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。

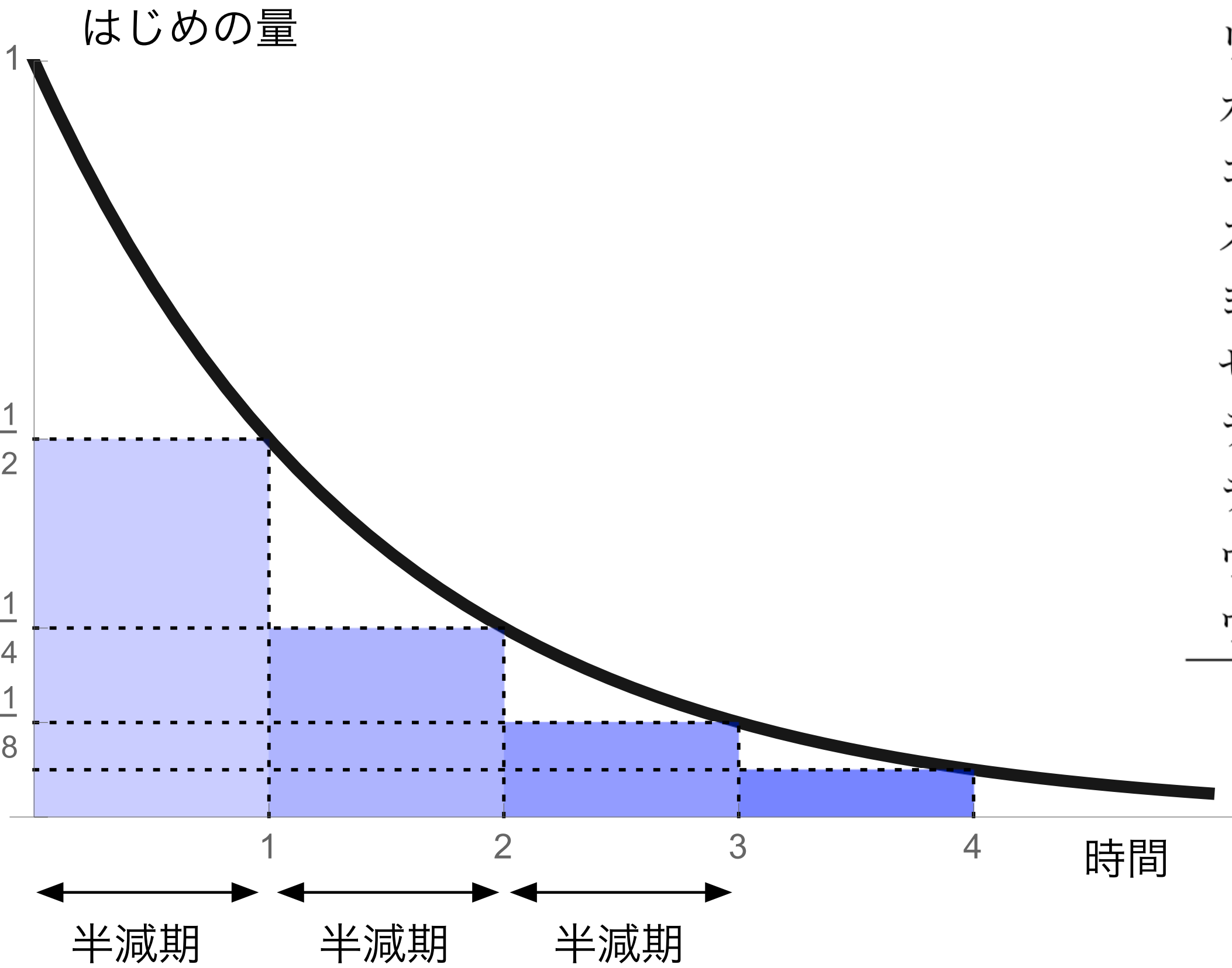
原子番号 元素記号	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np
元素名	タリウム	鉛	ビスマス	ポロニウム	アスタチン	ラドン	フランシウム	ラジウム	アクチニウム	トリウム	プルトアクチニウム	ウラン	ネプツニウム
質 量 数	238											4.51 $\times 10^9\text{y}$	
	234									24.10 d	1,175m ~ 6,66h	2.48 $\times 10^5\text{y}$	
	230									8.0 $\times 10^4\text{y}$			
	226							1622 y					
数	222							3.825 d					
	218							3.05 m					
	214							2.0 d					
	210							35 ms					
	206												

α 崩壊

β 崩壊

図 7.6 ウランから始まる崩壊系列 ウラン 238 (${}_{92}^{238}\text{U}$) は、 α 崩壊してトリウム 234 (${}_{90}^{234}\text{Th}$) に変化する。その後、 β 崩壊してプルトアクチニウム 234 (${}_{91}^{234}\text{Pa}$) 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 (${}_{82}^{206}\text{Pb}$) に至る。

半減期 (half-decay time)

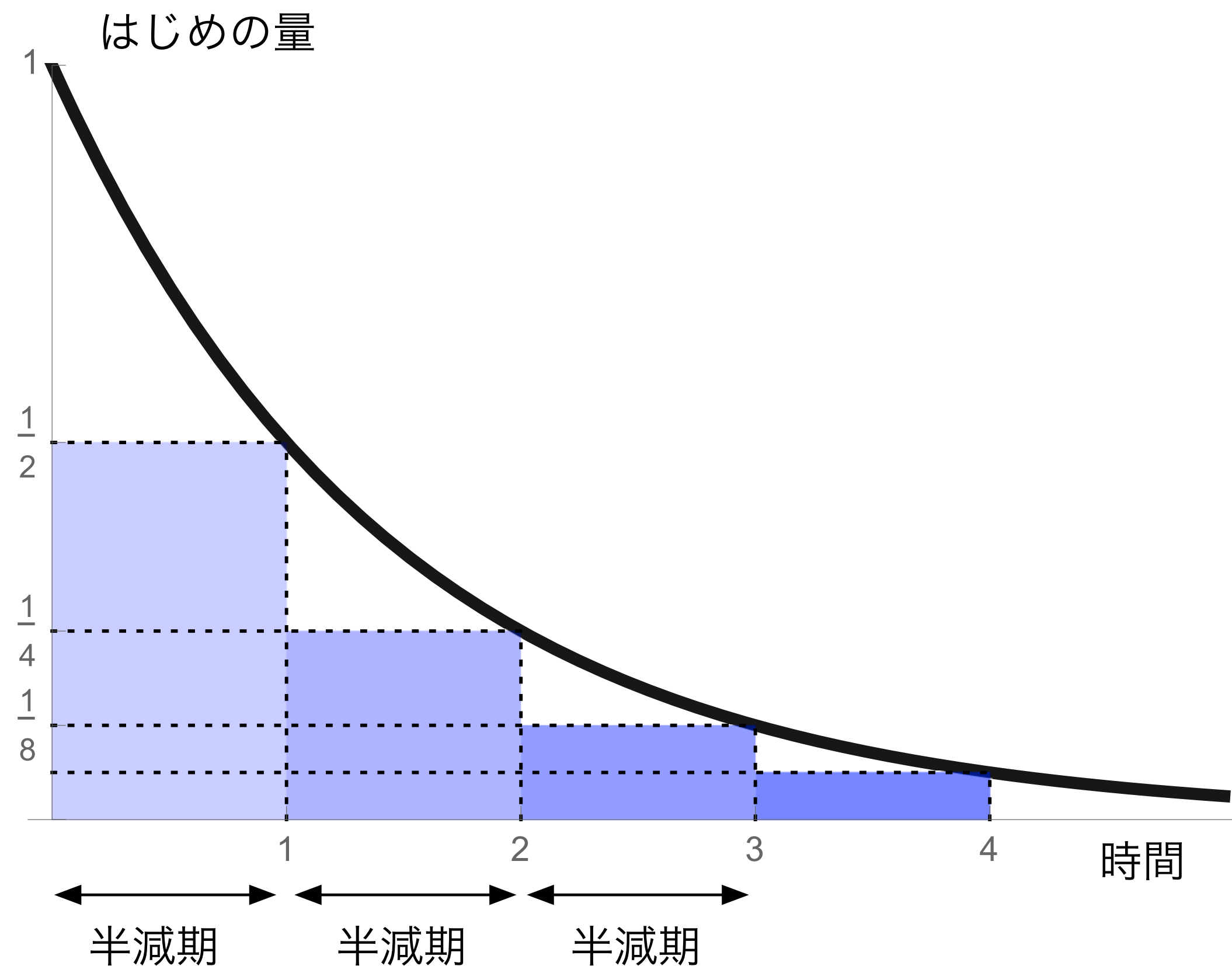


原子核			崩壊の型	半減期
中性子	n	単体の中性子	β	10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	β	5.73×10^3 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	β	14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	β	1.28×10^9 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	β	5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	β	28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	β	8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$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

前回のミニツ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 $\frac{1}{8}$ の量になるまでは何年か。



30年で $\frac{1}{2}$

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

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

放射性炭素年代測定法

Topic

放射性炭素年代測定法

炭素 ^{12}C には、安定な同位体 ^{13}C と不安定な同位体 ^{14}C が存在する。両者は空気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}C は 5730 年の半減期で放射線を放出しながら ^{14}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ったことが、事件を大きくさせた。

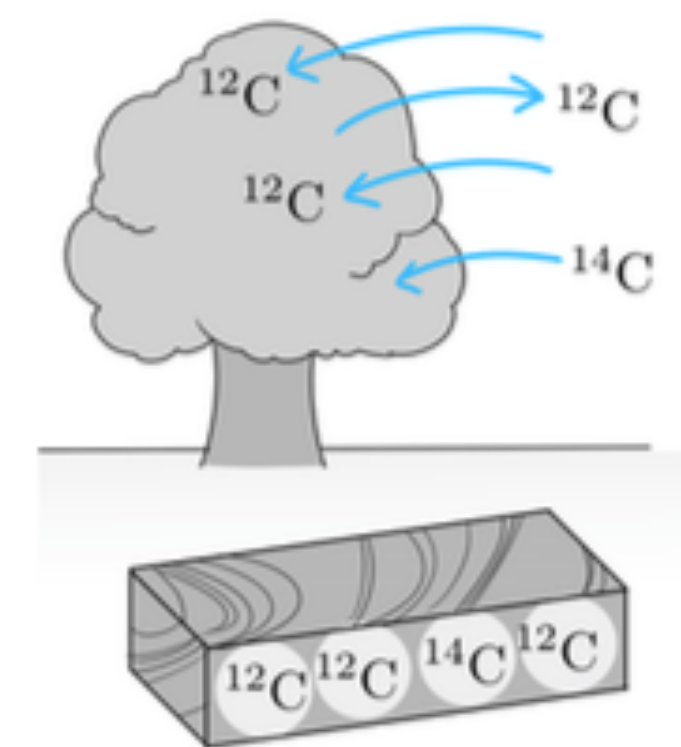


図 6: 放射性炭素年代測定法。呼吸していた樹木が材木になると、 ^{14}C が閉じ込められ、放射性壊変で徐々に減ってゆく。 ^{14}C の含有量で材木の年代がわかる。

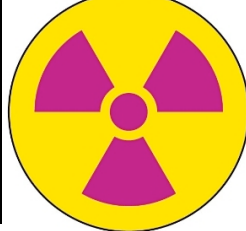
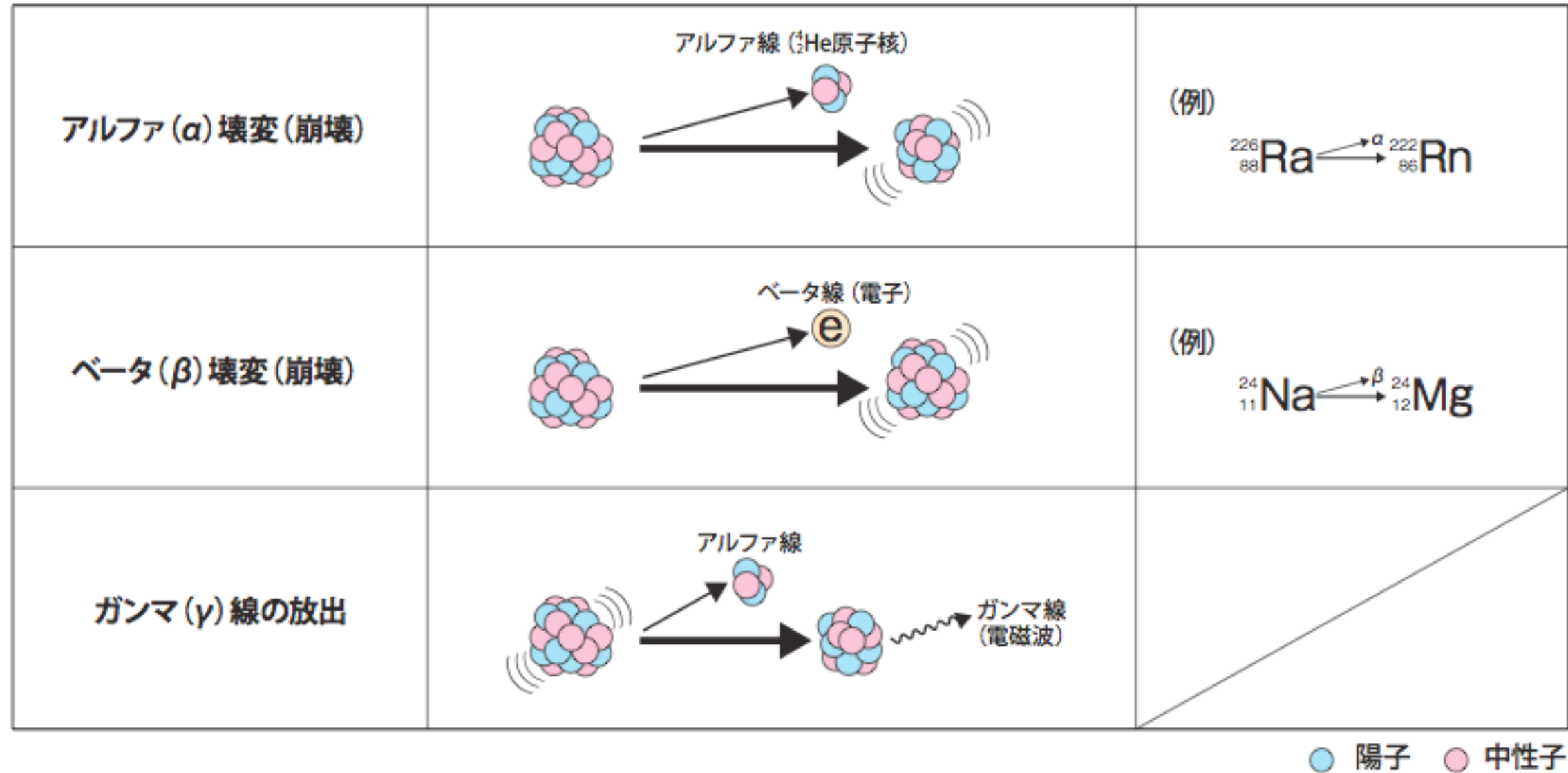
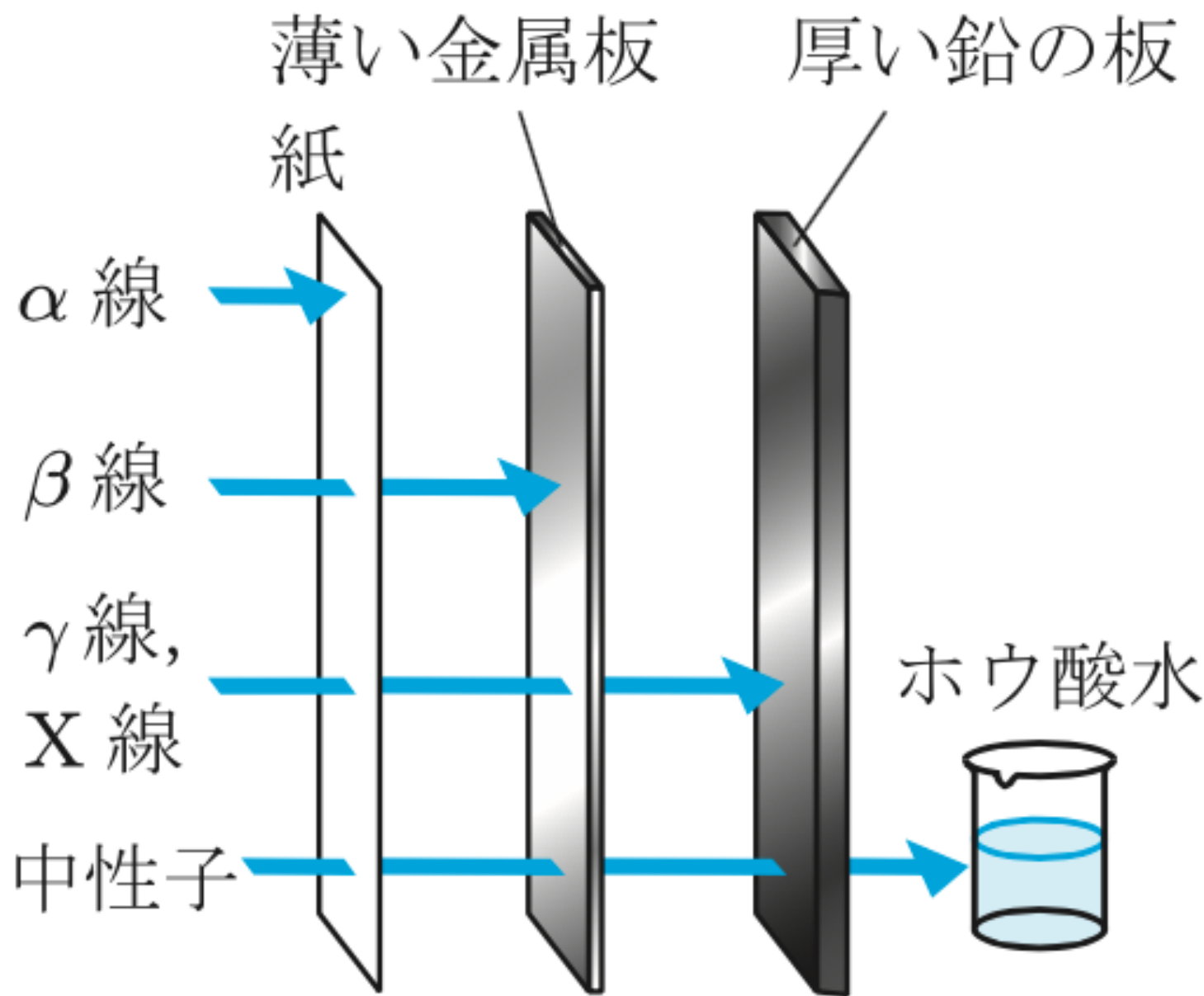
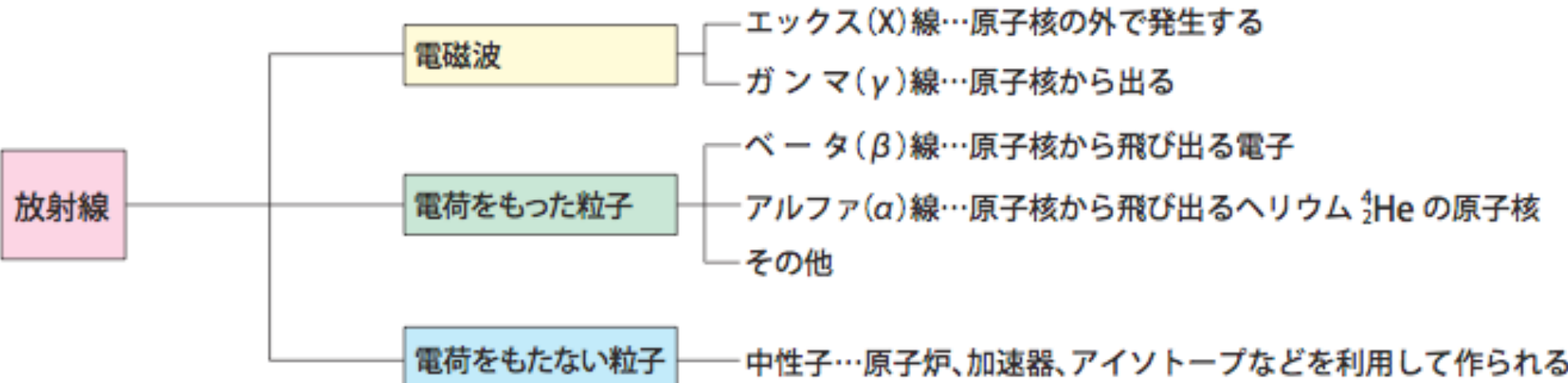


表 7.3 放射線の種類

	正体	電気量	質量 [kg]	透過力	電離作用
α 線	${}^4_2\text{He}$ 原子核	$+2e$	6.65×10^{-27}	弱	強
β 線	電子	$-e$	9.11×10^{-31}	中	中
γ 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「α線」、透過力のより強い方を「β線」と命名した。この他にβ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「γ線」と名付けた。



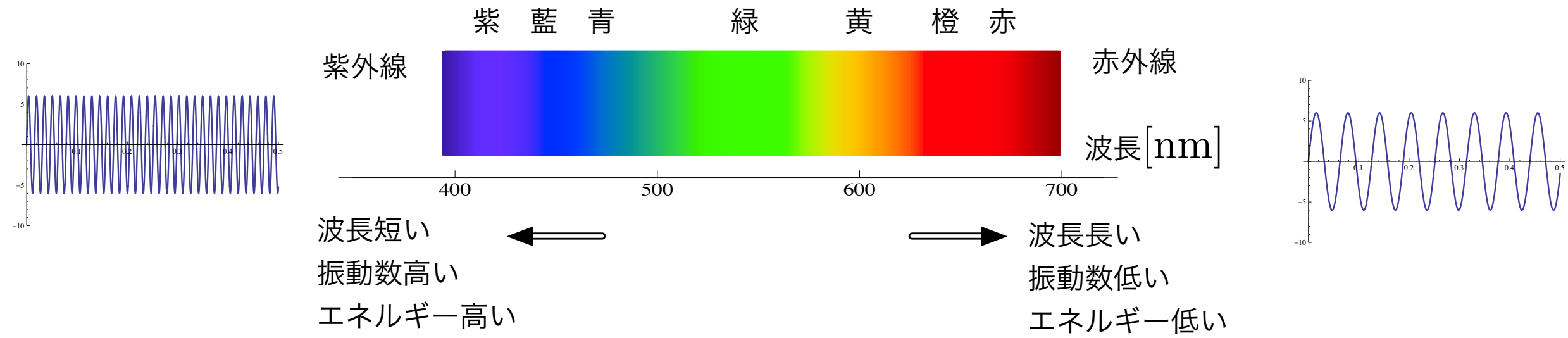
前回のミニッツペーパーから

少し失礼かもしてないのですが、
X線の研究室の話をおもしろいと感じました。
放射線の話は原爆のこともありテリットな
話ですが、人の体に影響を与えてしまうのが
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、どうしたらそれ以外で防ぐことが
できるか興味をもちました。
全ての放射線を防ぐことができない薬や食べ物が
あるのかなと思います。(これはふくしまのたんぱく質と
体内に入るとかきと聞いたので)

3 光 》 5.3.1 電磁波

教科書 p

光の色=振動数



	宇宙線	ガンマ線	X線	光			電磁波						
				紫外線	可視光線	赤外線	マイクロ波	超短波	短波	中波	長波	超長波	
波長[m]	10^{-13}	10^{-10}	10^{-9}	3.8×10^{-7}	7.7×10^{-7}	10^{-4}	1	10	10^2	10^3	10^4		
波長[nm]				380	770								
振動数[Hz]		3×10^{18}	3×10^{17}				3×10^{12}	3×10^8	3×10^7	3×10^6	3×10^5	3×10^4	
利用例		医療／食品照射	医療／X線写真	殺菌	光学機器	赤外線写真	携帯電話 電子レンジ	F Mラジオ テレビ	短波ラジオ	A Mラジオ	電波時計 飛行機の通信		

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断します。

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

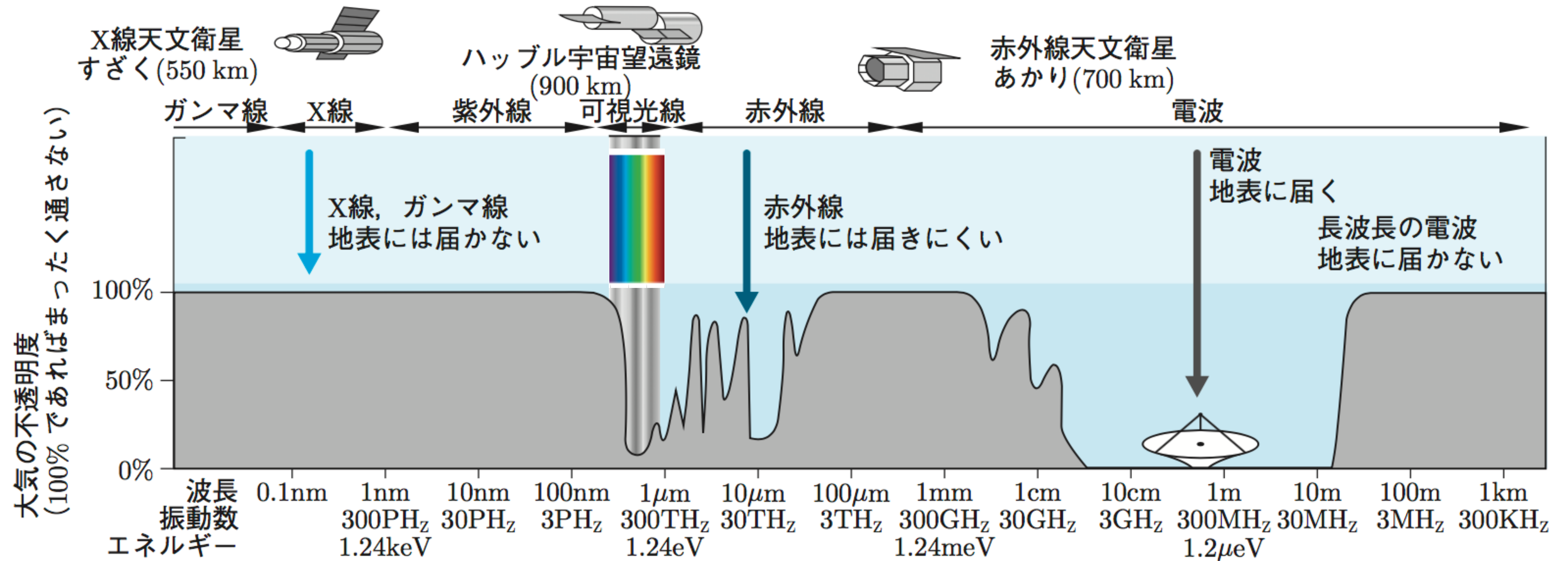
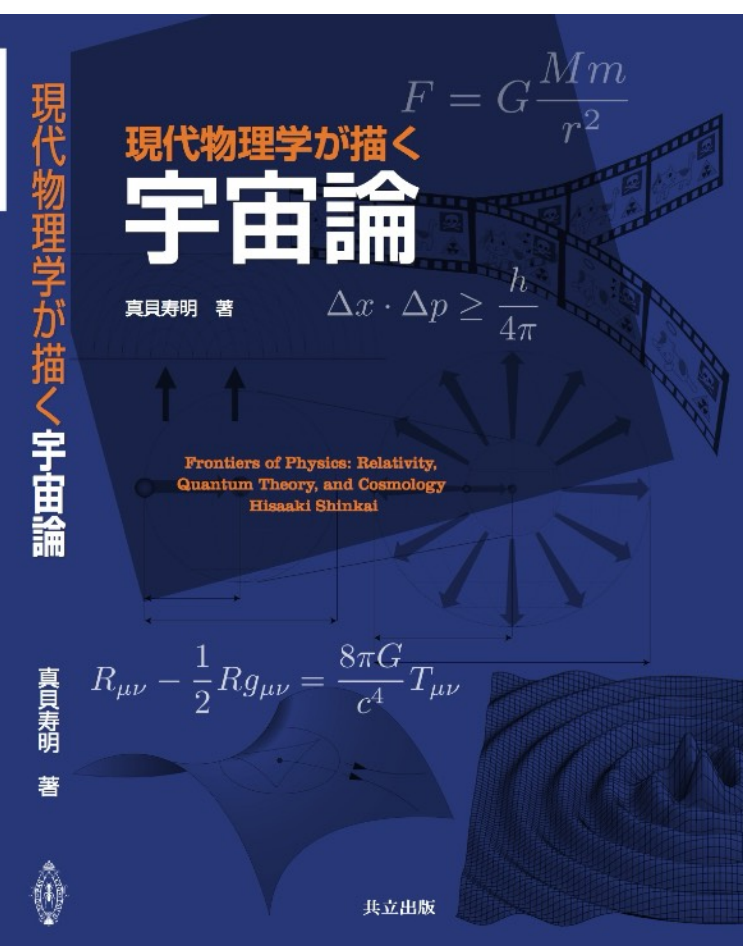


図 A.12 大気の窓. 電磁波にとって大気を通過できるのは可視光と電波の領域である. したがって, 可視光と電波の観測は地上で可能だが, ガンマ線・X線・赤外線での観測は不可能である.



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)

$$E = mc^2$$

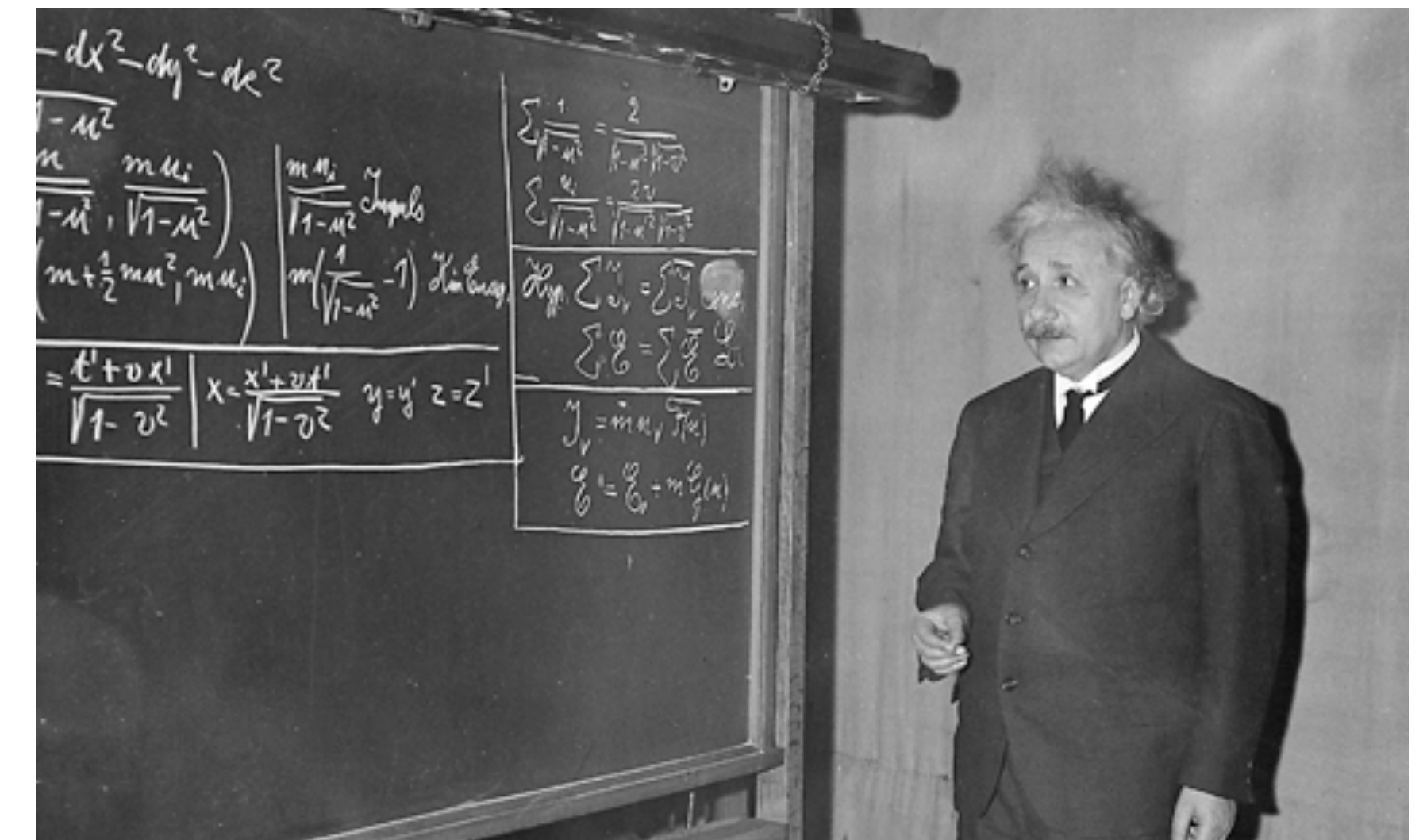
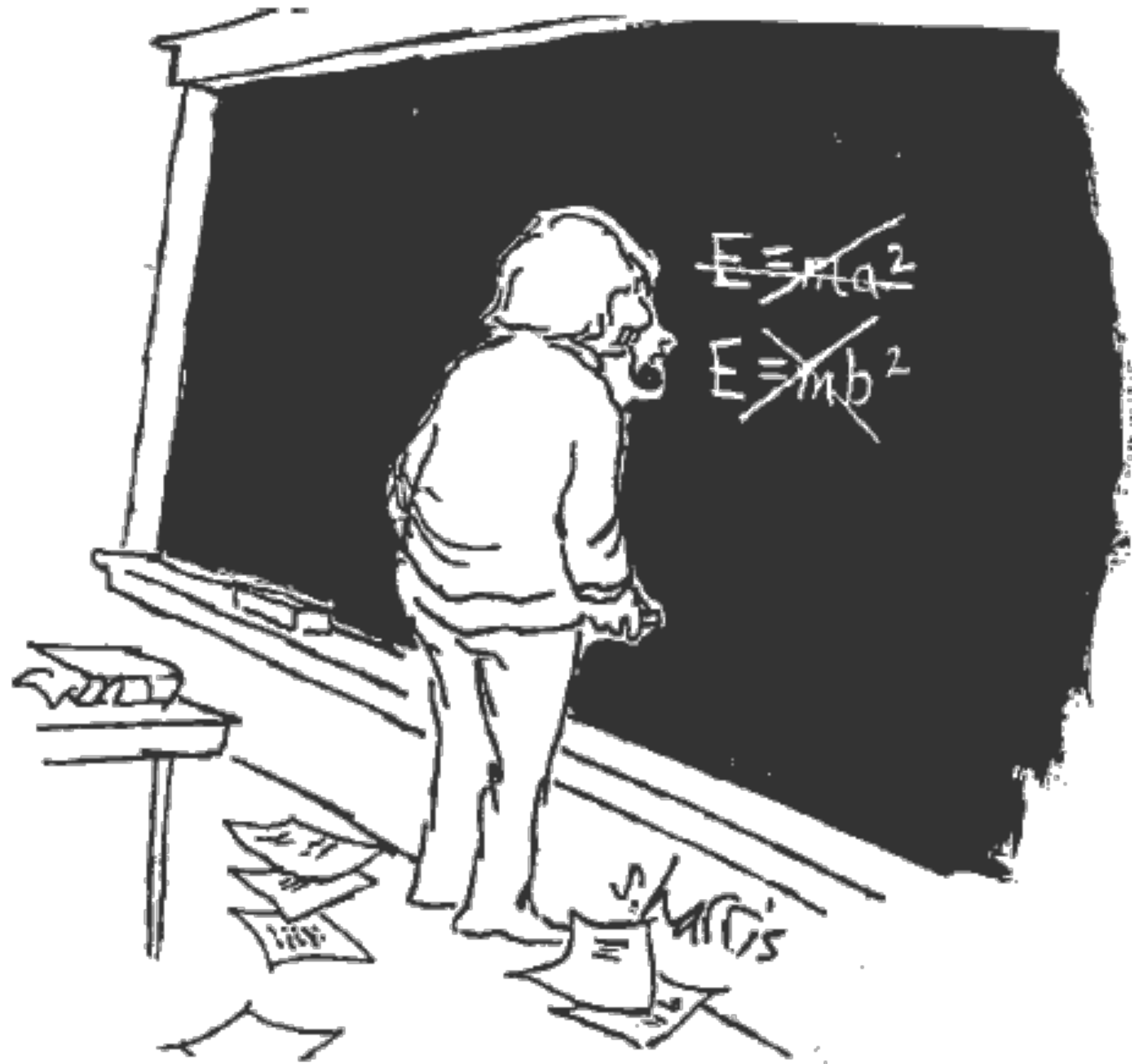
エネルギー 質量×光速×光速

エネルギーは質量と等価である！

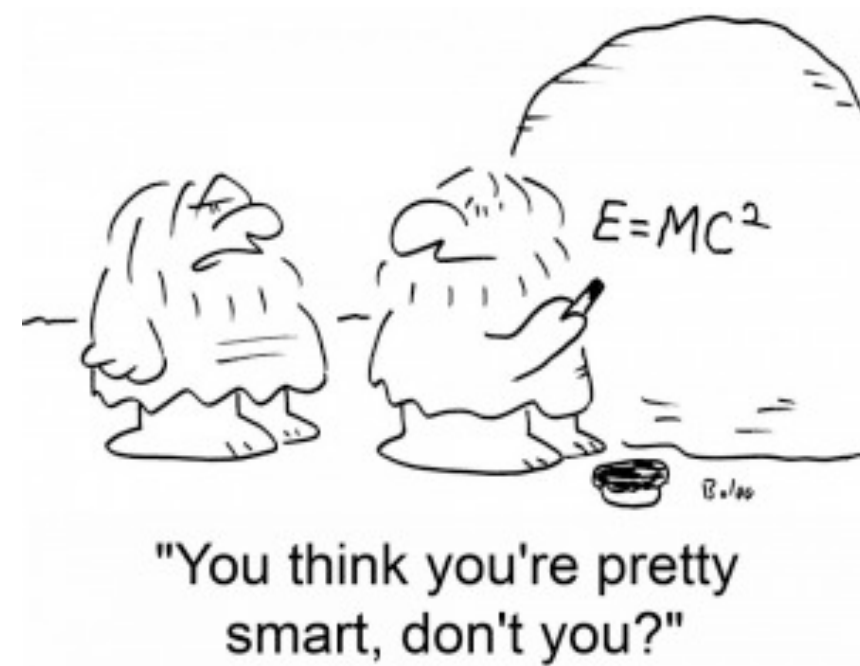
質量はエネルギーに変換できる！

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

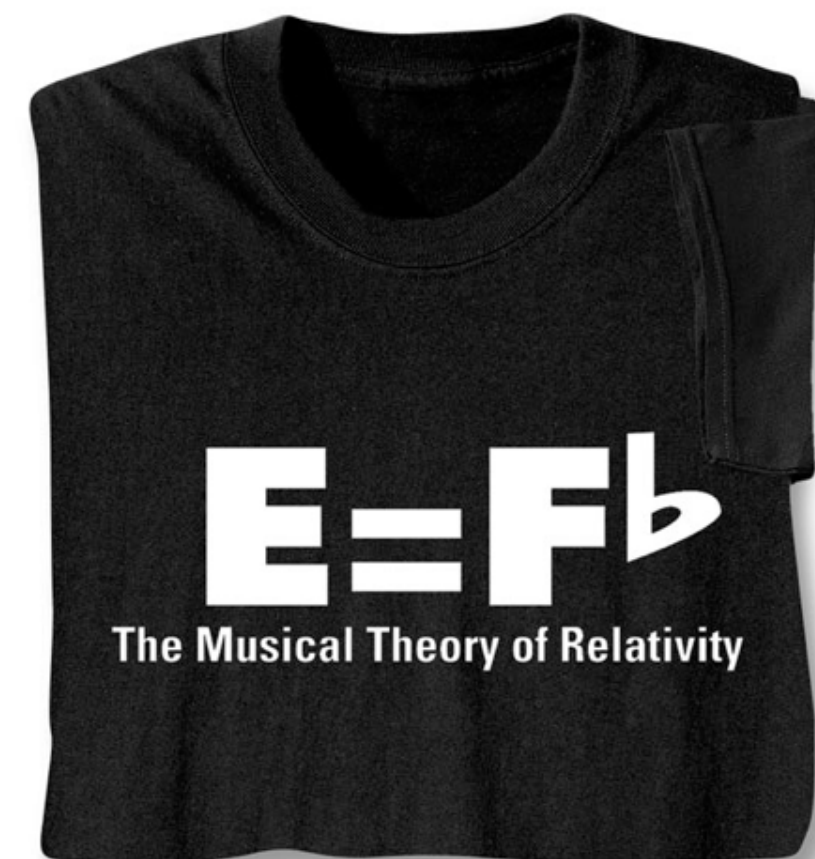
最も有名な物理の公式： 質量とエネルギーの等価性



最も有名な物理の公式： 質量とエネルギーの等価性



$$E = mc^2$$



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。アインシュタインの有名な式

$$E = mc^2$$

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。……

https://www.nhk.jp/p/ts/883N4WZPGQ/

NHK 朝までラーニング! - NHK

NHK NHKについて コロナ・感染症 ニュース 番組表 NHKプラス 受信料の窓口

朝までラーニング!
#相対性理論 ~100分後にE=mc²を説明するサンシャイン池崎~

概要 放送予定 過去のエピソード

この番組について

サンシャイン池崎と一緒に教養ある大人になろう!テーマは、聞いたことあるけどよく知らない「相対性理論」。数式が飛び交う2時間30分。NHKラーニングのショート動画も。

出演
サンシャイン池崎
(お笑い芸人)

出演
真貝寿明
(大阪工業大学 教授)

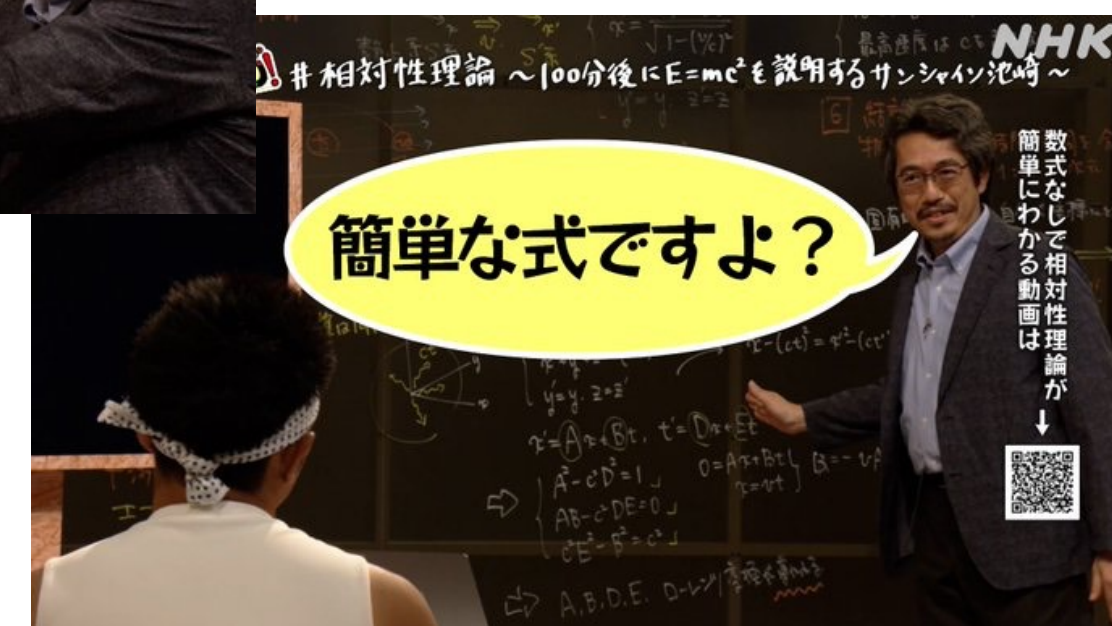
出演
小池美波(櫻坂46)



#相対性理論 サンシャイン池崎がひたすら学ぶ 謎の深夜番組

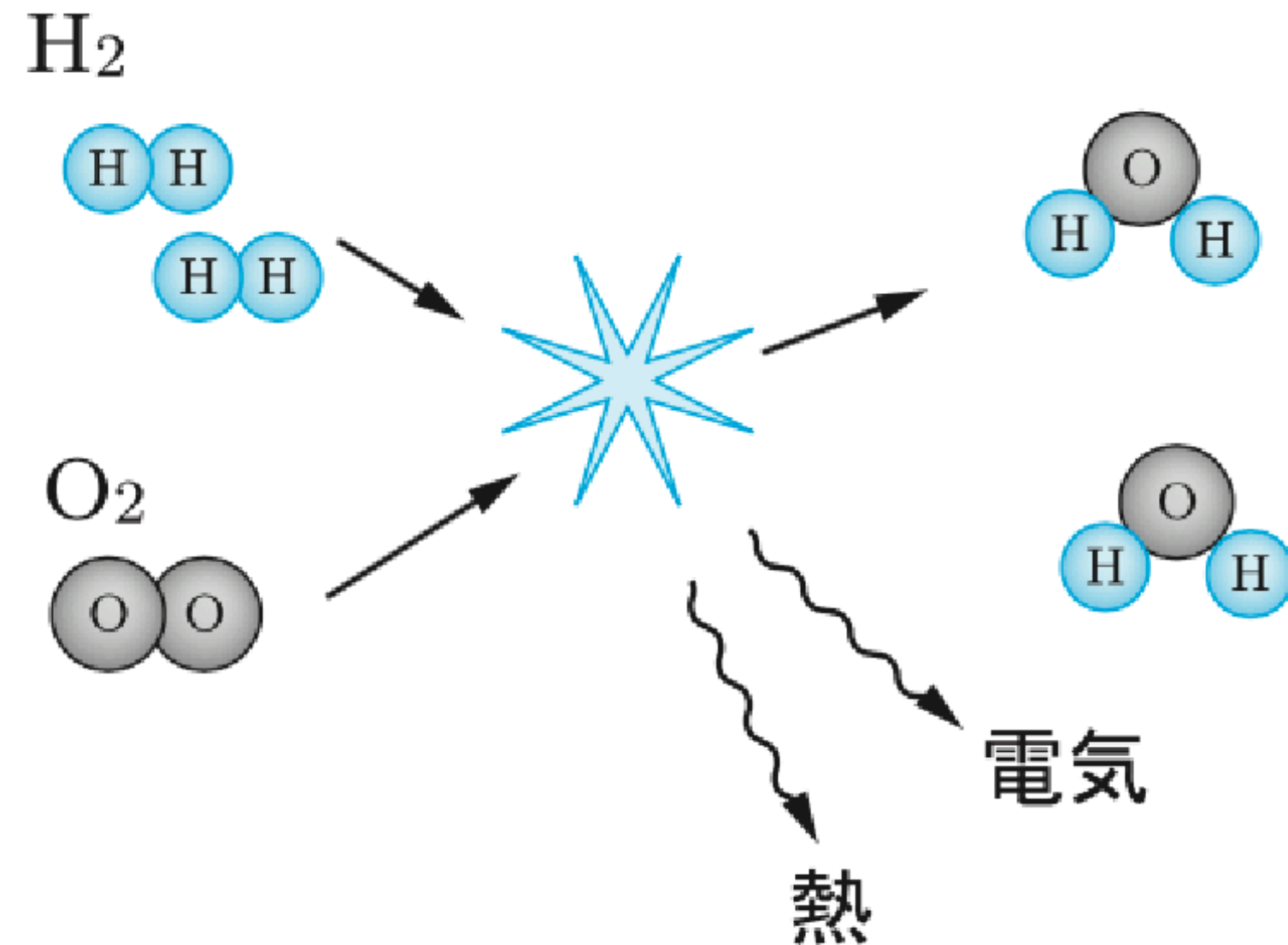
初回放送日: 2023年8月27日

「相対性理論をサラッと説明できたらカッコいい!」芸人・サンシャイン池崎さんが100分の大学教授の講義に本気で挑む!難解な数式も登場!「一からちゃんと理解したい」そんな大人の知的欲求に応えます。「数式はムリ」という方にはウェブサイト・NHKラーニングのショート動画でわかりやすく解説!池崎さんの本気の推し、櫻坂46・小池美波さんが内緒で登場!なななな~なななな~ナレーションはジョイマン高木さん。

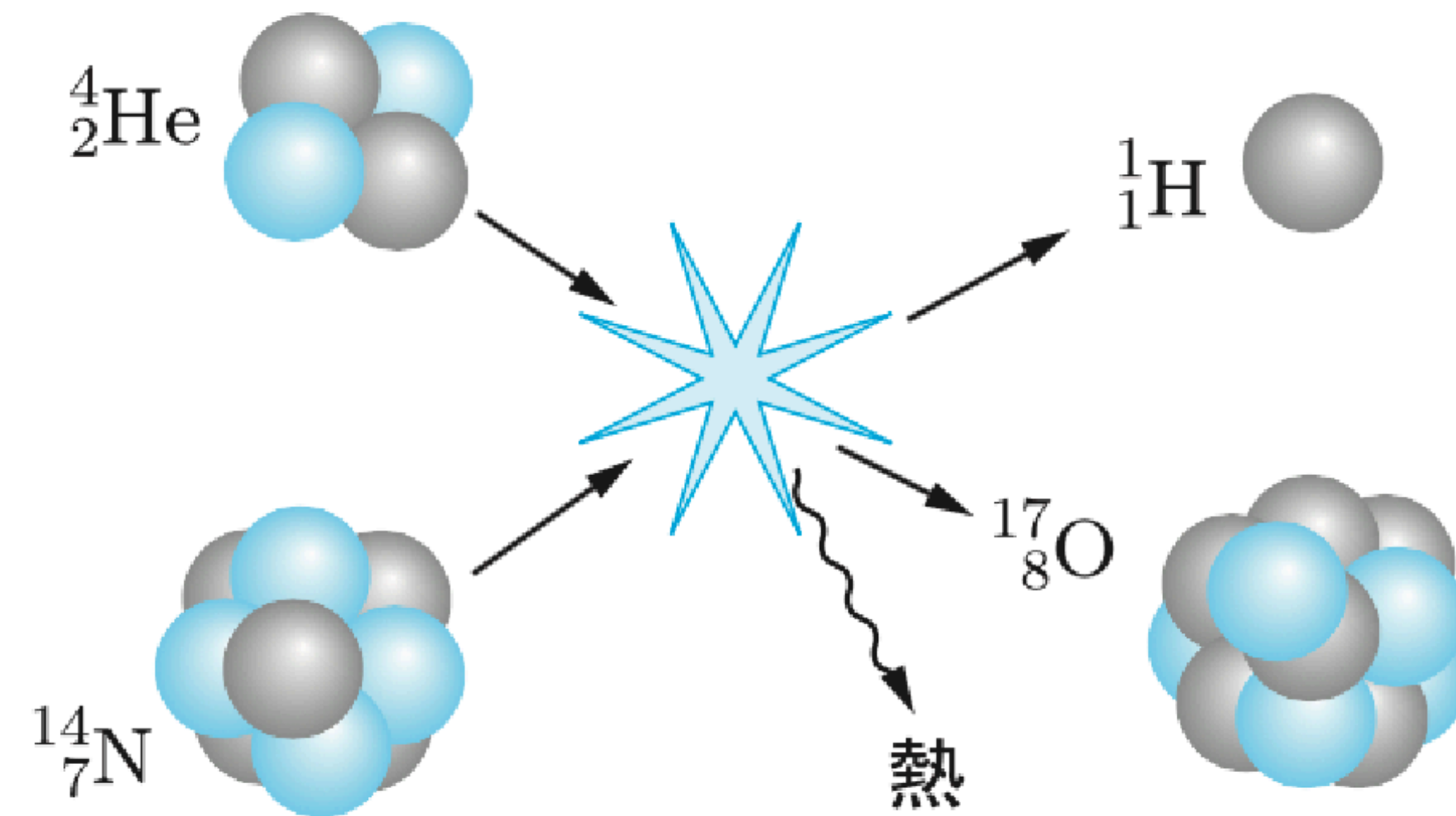


https://www2.nhk.or.jp/learning/video/?das_id=D0024010735_00000

化学反応と核反応



(a) 化学反応

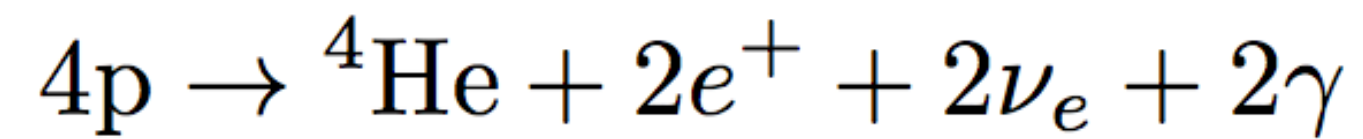
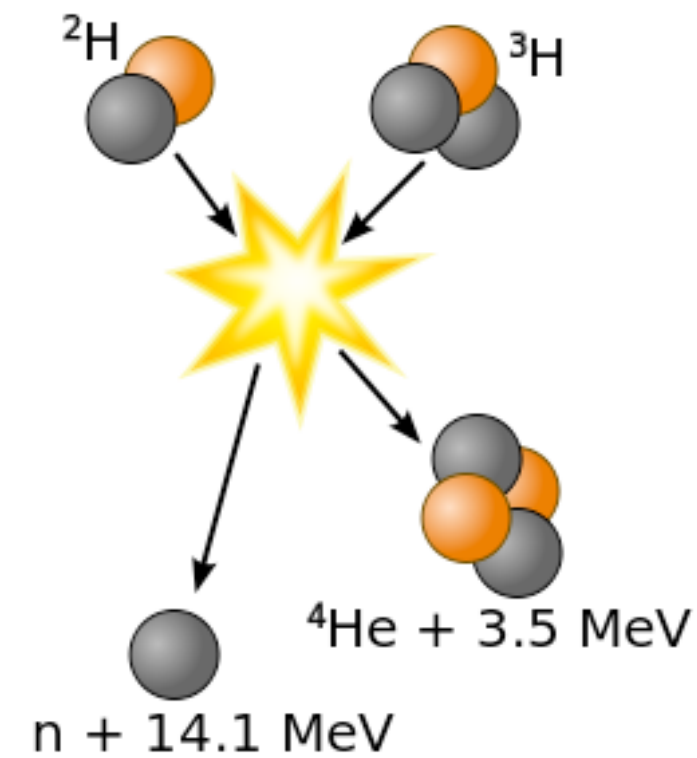


(b) 核反応

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

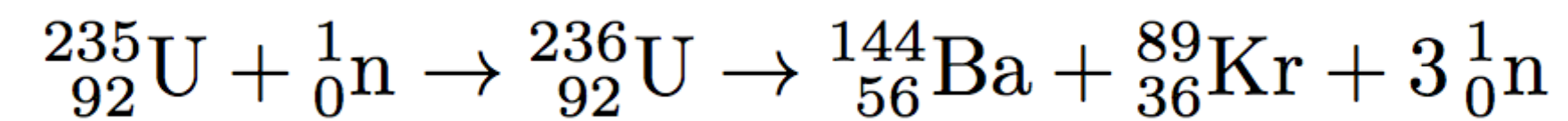
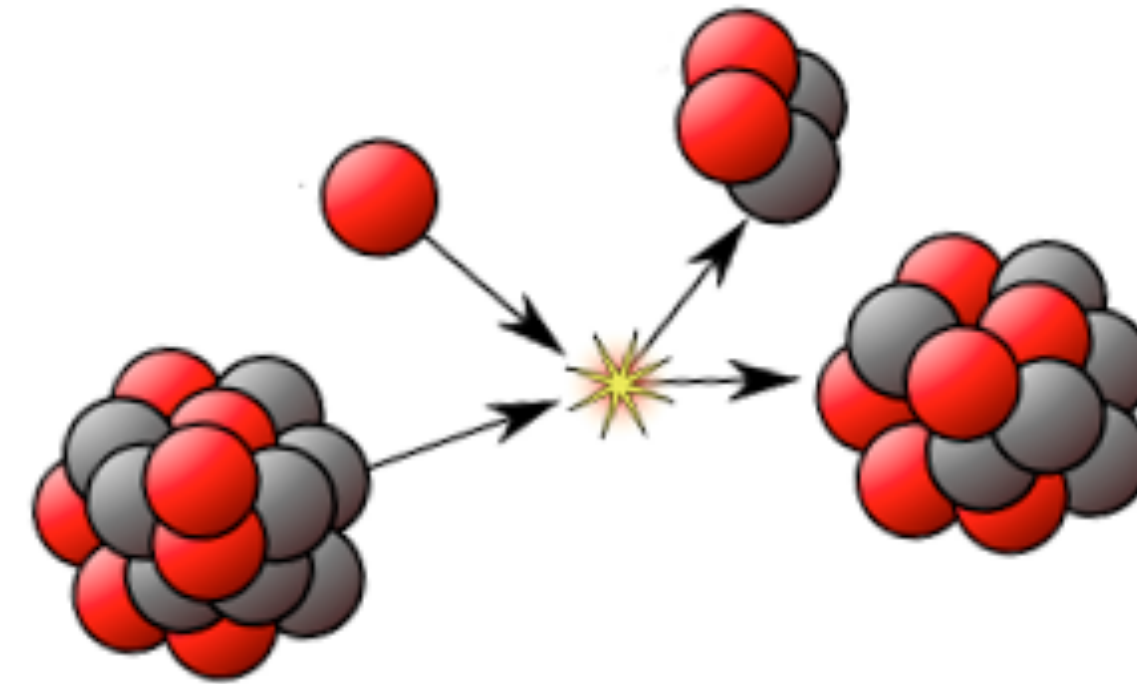
核融合 と 核分裂



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

常温核融合についてどう思われますか？

原子核の構造

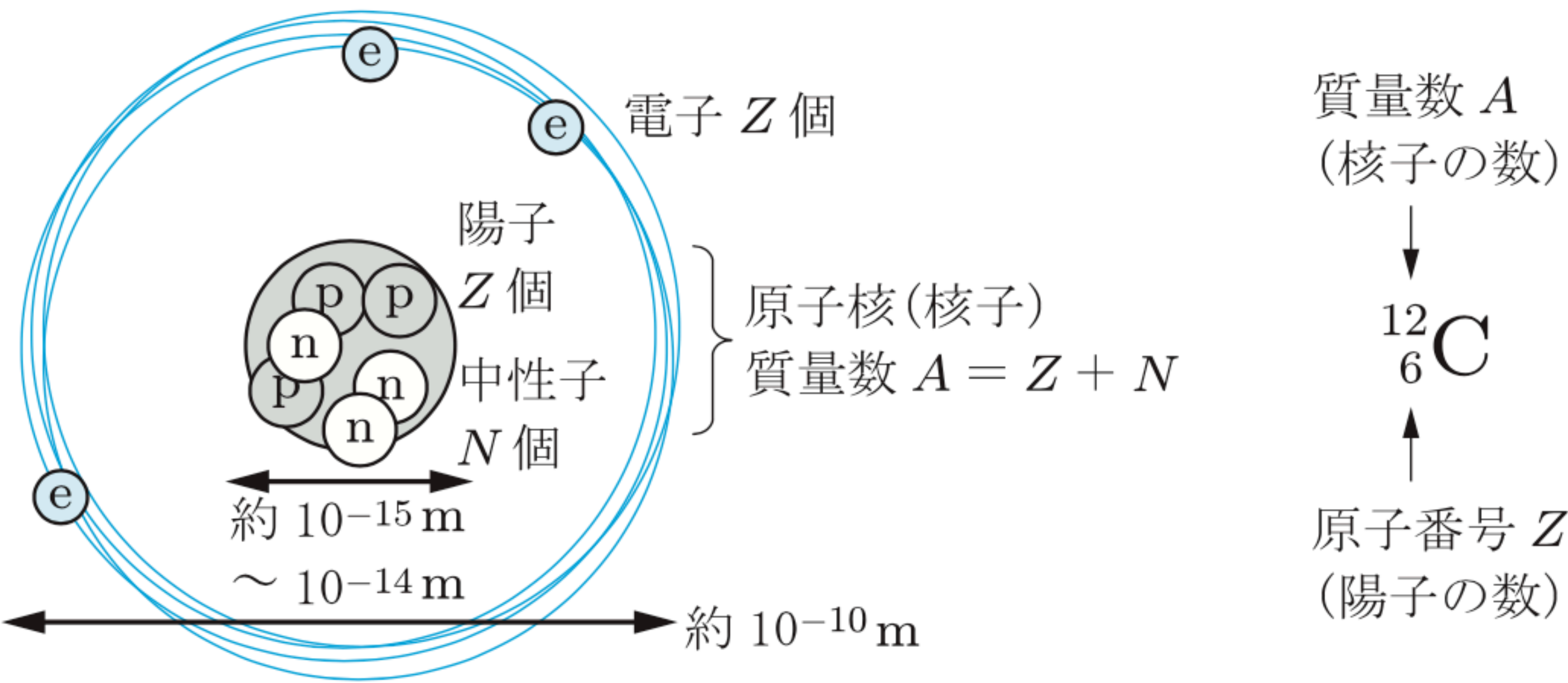


表 7.1 電子，陽子，中性子のデータ

記号			電気量	質量 [kg]	質量 [u]	質量比
電子	e	electron	-e	$9.10938188 \times 10^{-31}$ kg	1/1823 u	1
陽子	p	proton	+e	$1.67262158 \times 10^{-27}$ kg	1.00728 u	1836.15
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27}$ kg	1.00866 u	1838.68

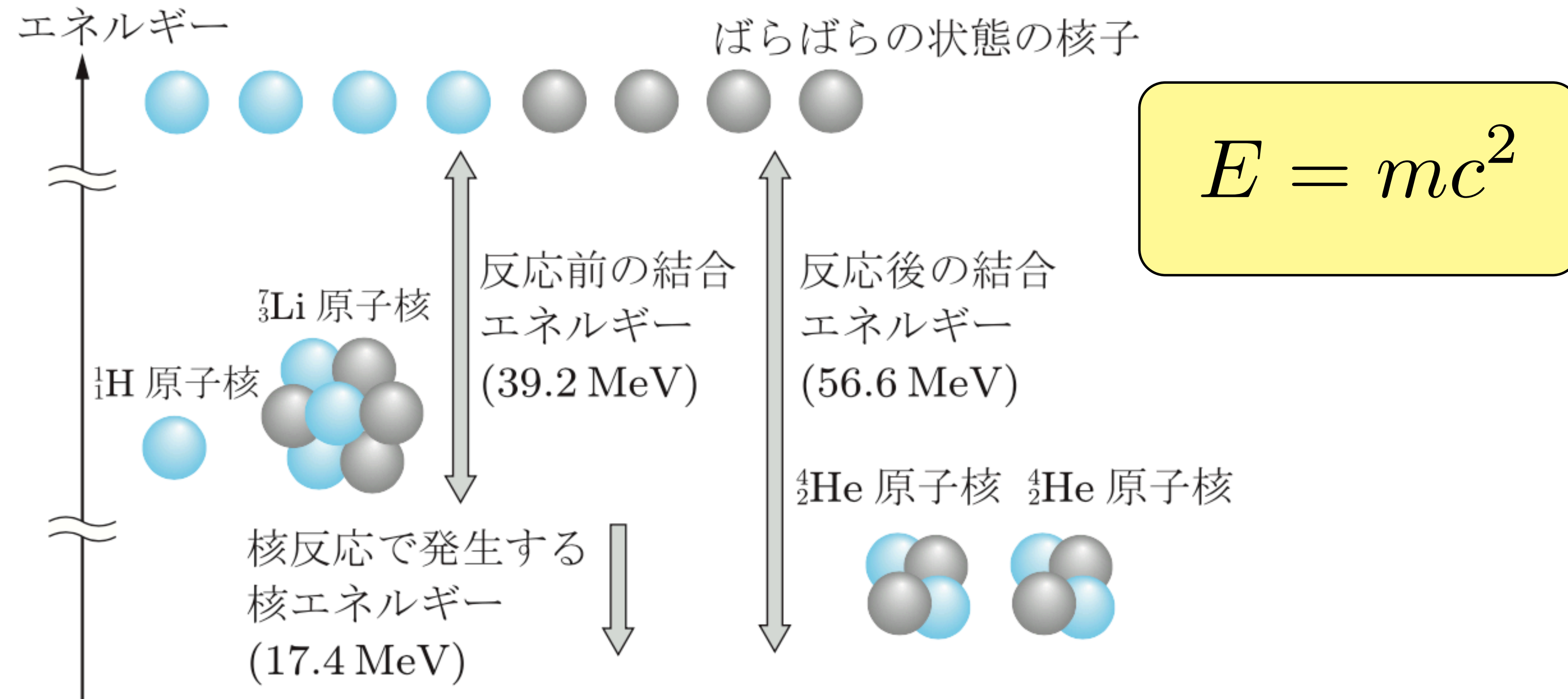
定義 元素記号

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．

$$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X = \begin{matrix} \text{質量数} \\ \text{原子番号} \end{matrix} \text{元素記号} \tag{7.1}$$

水素は ${}^1_1\text{H}$ ，ヘリウムは ${}^4_2\text{He}$ ，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 α 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？

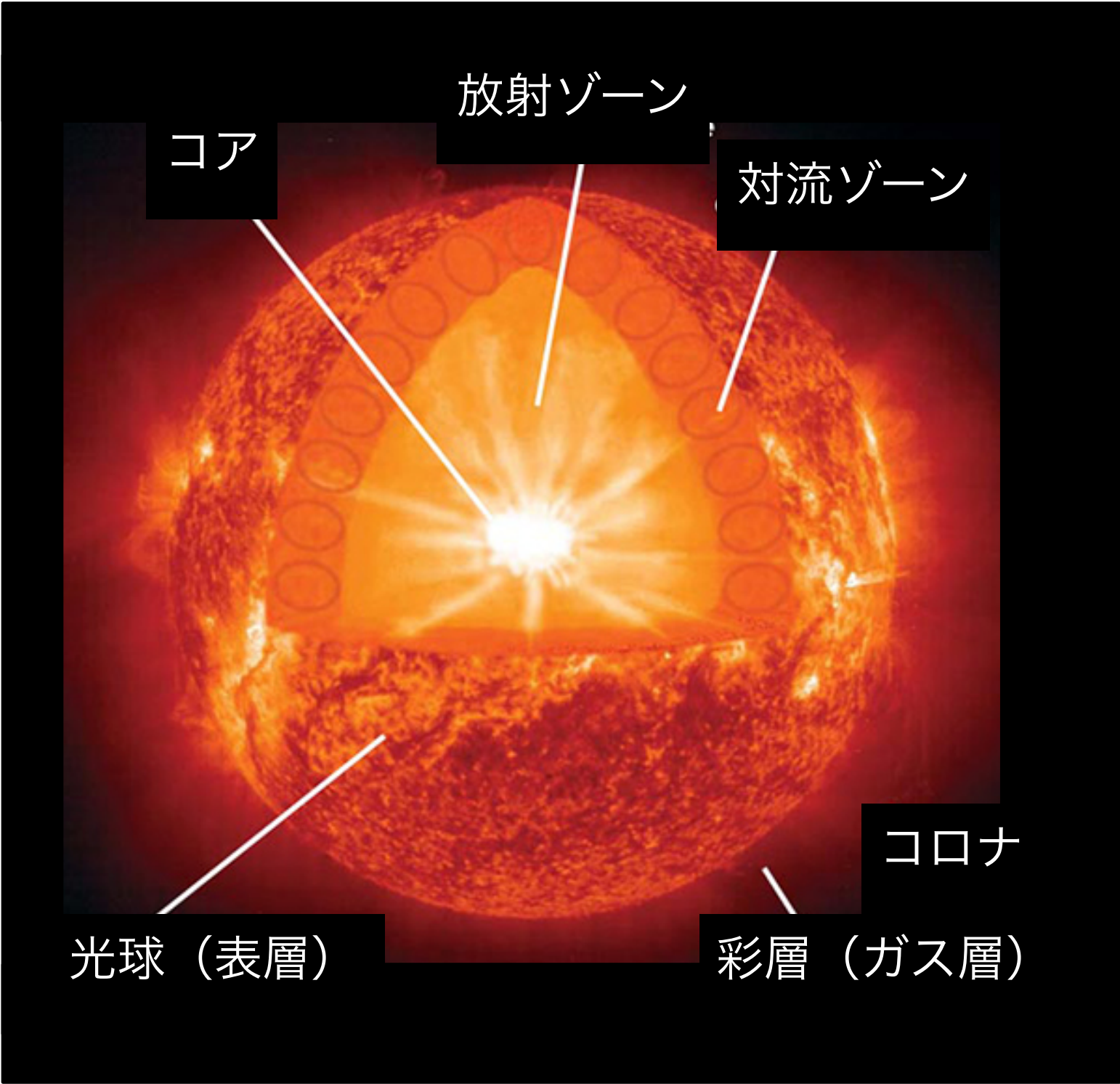
太陽系の起源は約 50 億年前と考えられている。物理学が揃い始めた 19 世紀末、太陽のエネルギー源は何かという大問題が解けずにいた。当時、太陽の年齢は 3 億年以上ということしかわかっていなかったが、単純に化学反応で説明するには寿命が長すぎていたのだ。ケルビンとヘルムホルツ (von Helmholtz, 1821–94) は、「太陽は大きな重力で収縮しているため、周囲に熱を放出する」という説を考えたが、それでも太陽年齢は 2000 万年以上にはならなかった。

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。太陽が水素で満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。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。

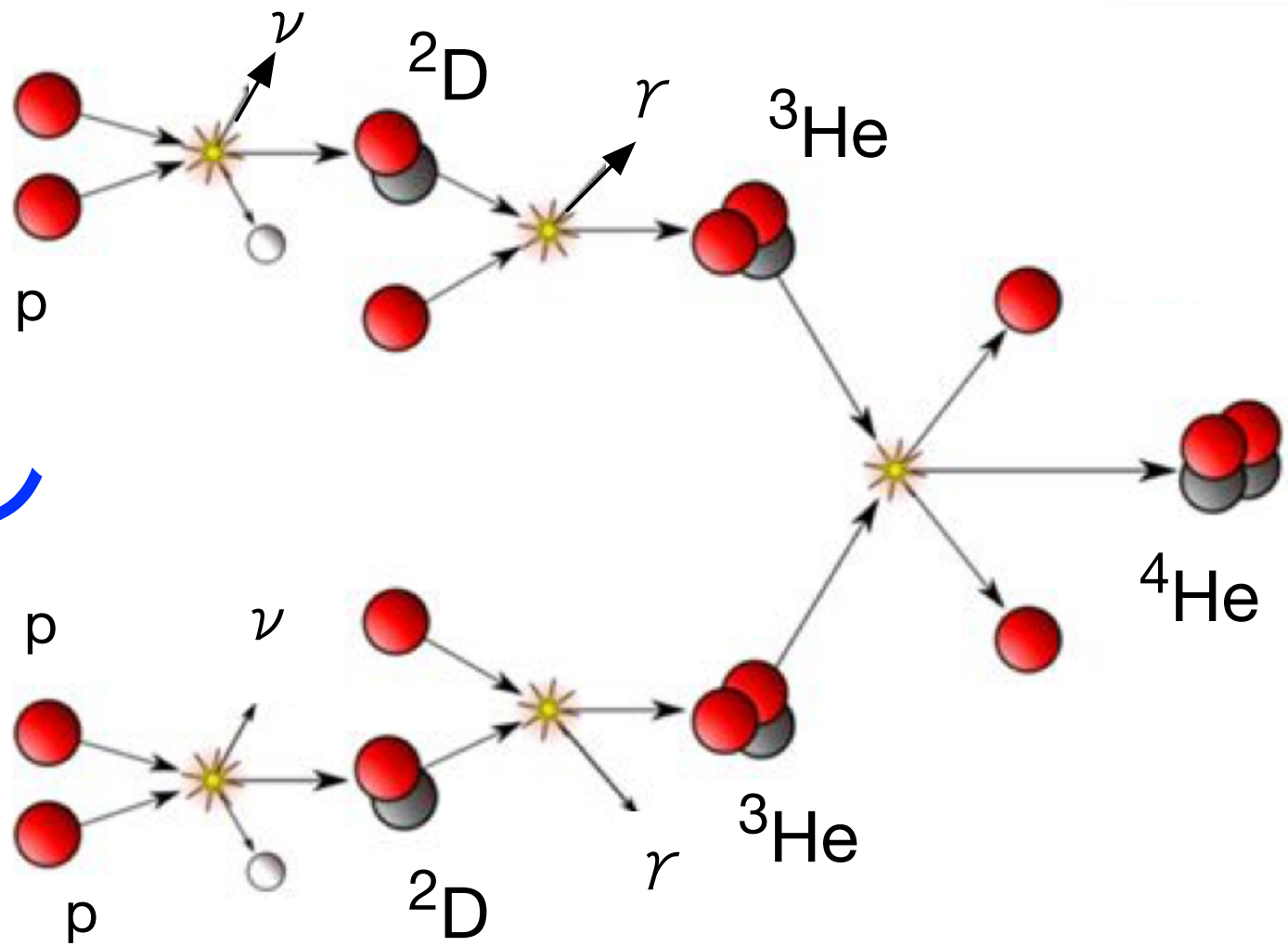
星は核融合反応で光を放っている！



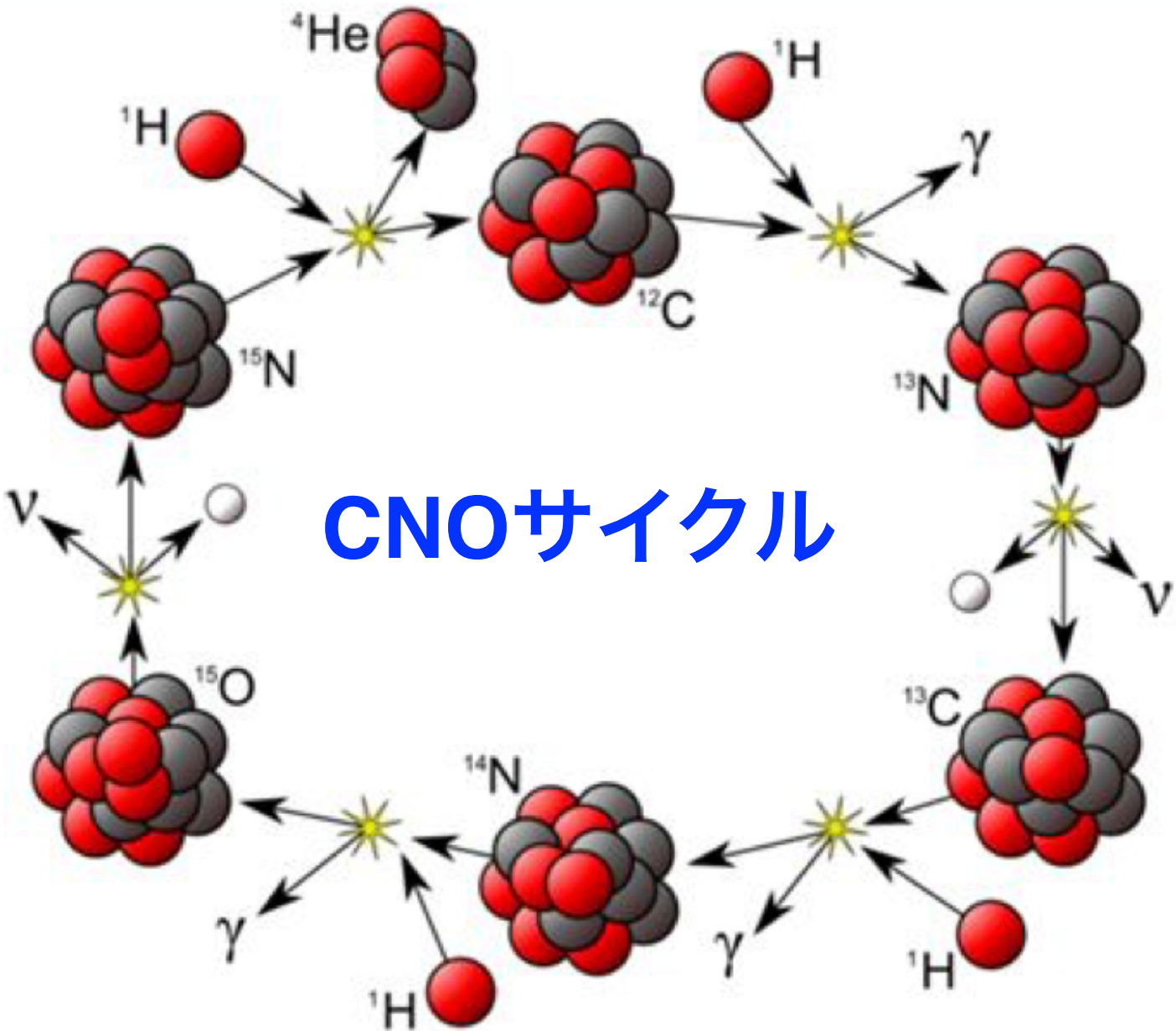


- 陽子(proton)
- 中性子(neutron)
- 陽電子(positron)
- γ ガンマ線
- ν ニュートリノ

ppチェーン

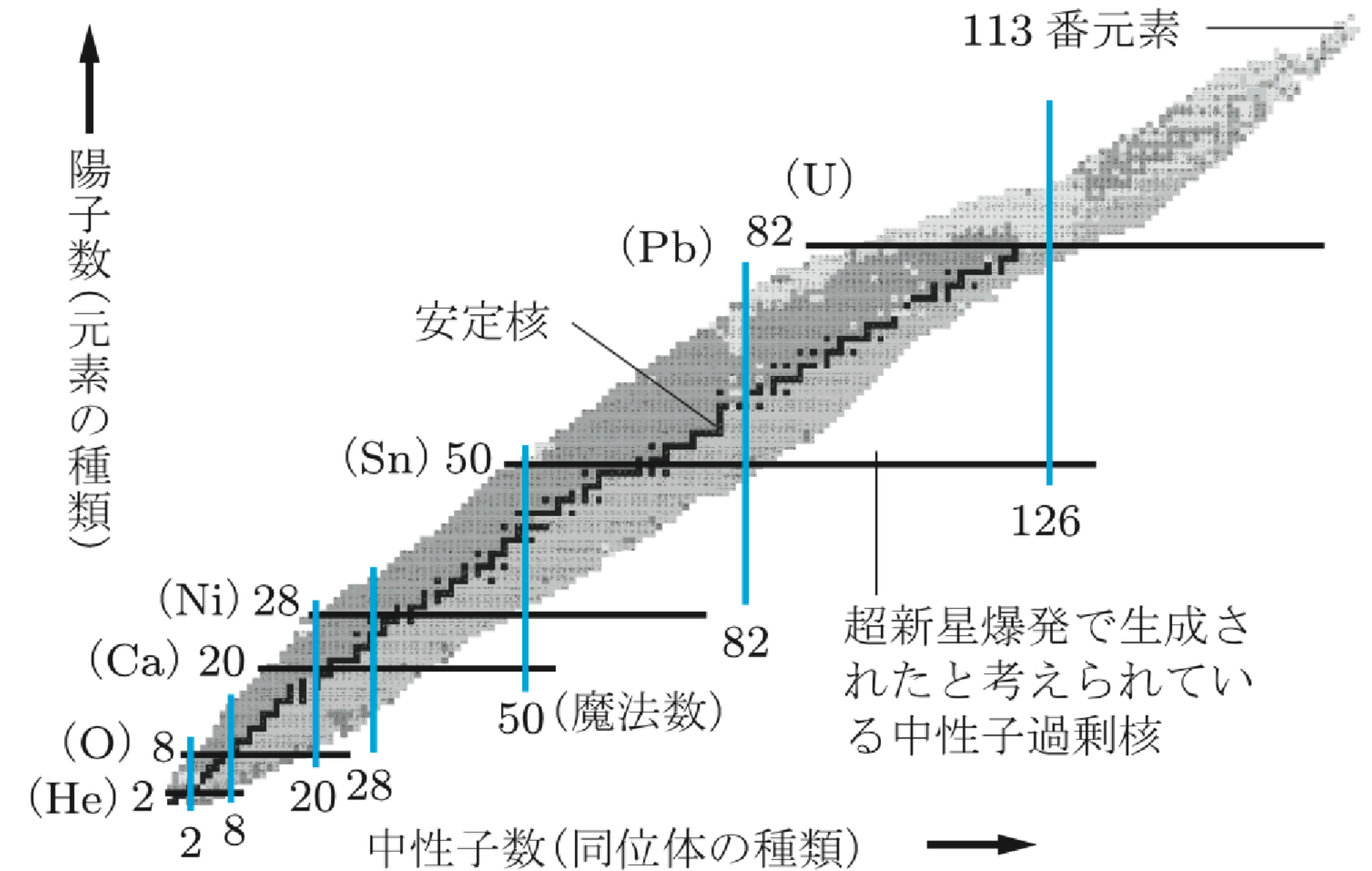
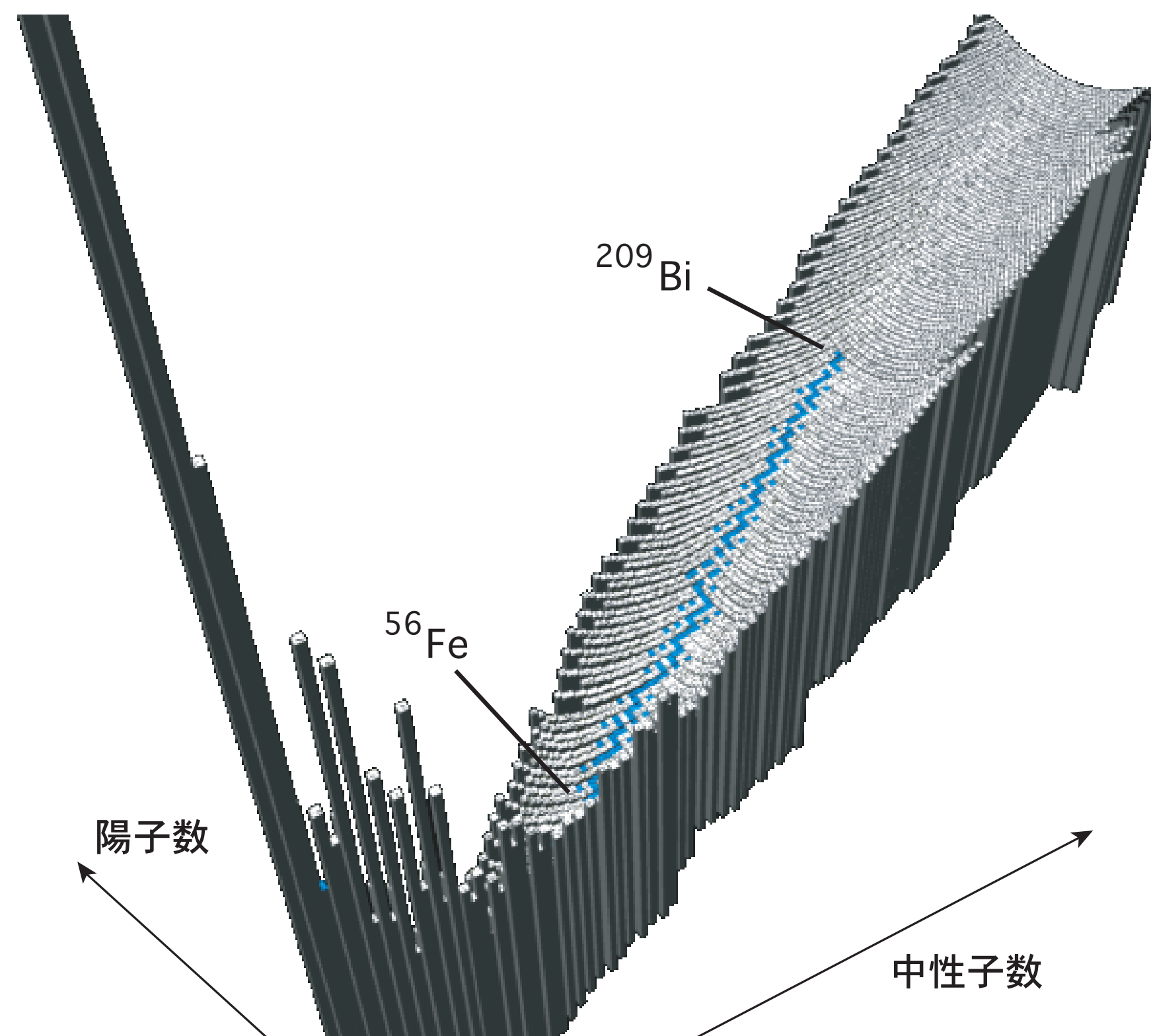


CNOサイクル



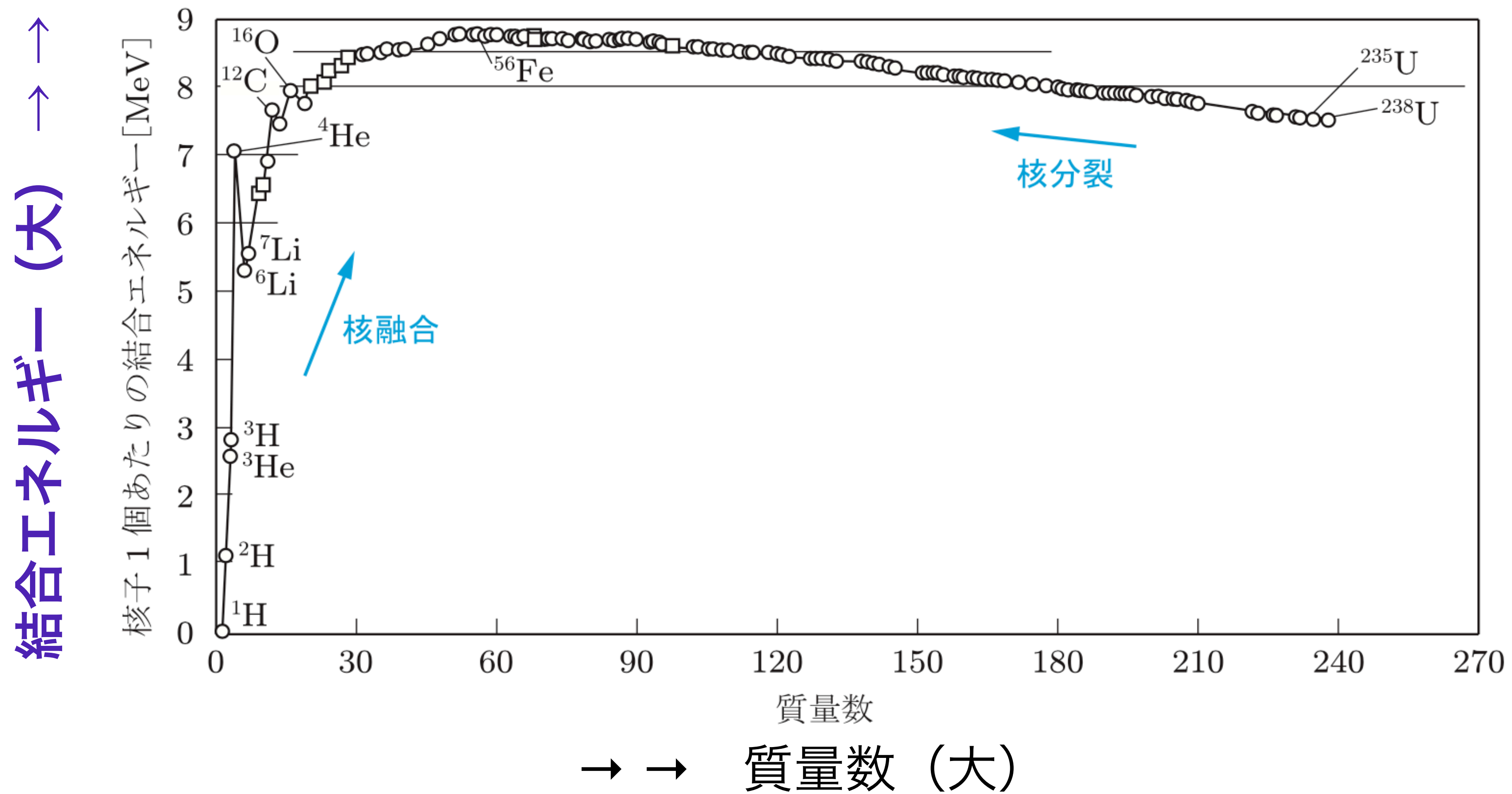
核融合も核分裂もどちらもおきる理由は何か？

核図表

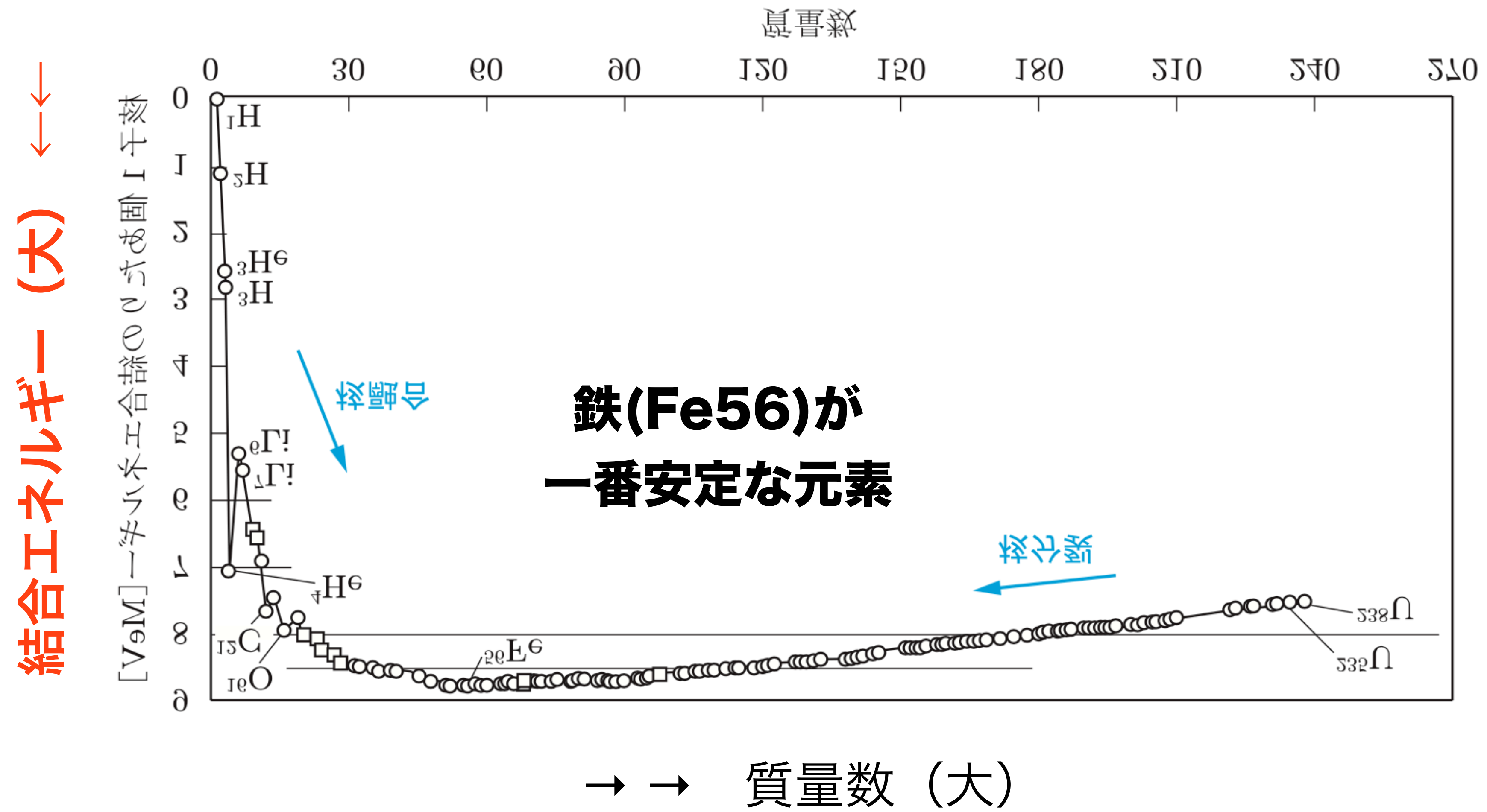


◀ 結合エネルギーの大きなモノが
下になるように描いた核図表

核融合も核分裂もおきる理由は何か？

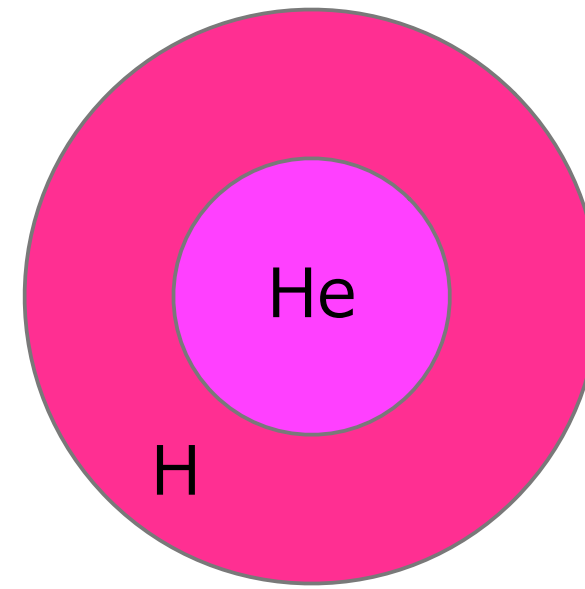


核融合も核分裂もどちらもおきる理由は何か？



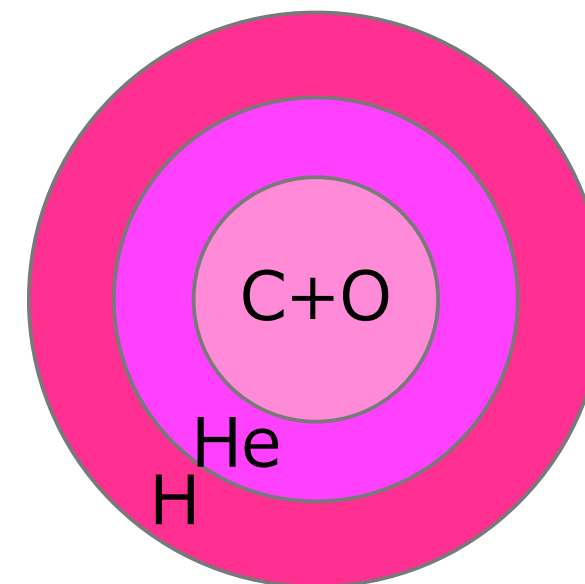
鉄まで核融合が進むと燃え終わる

水素HからヘリウムHeへ (pp chain)

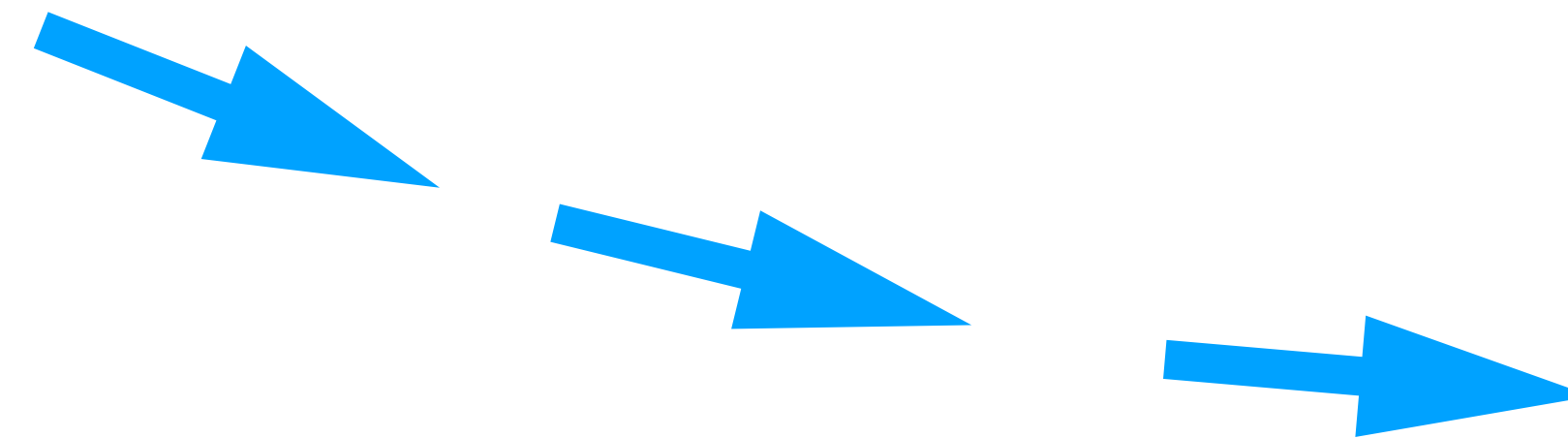


中心部がHeになると、核融合止まる。
冷却し、収縮し、温度上昇して、次の核融合に点火

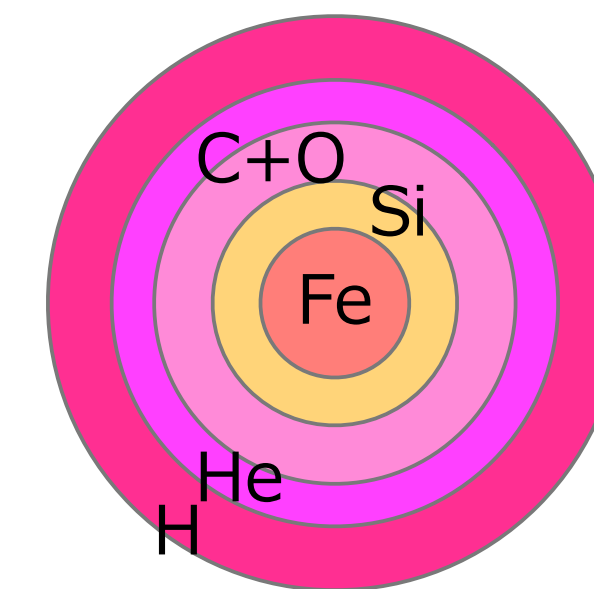
ヘリウムHeからCNOへ (pp chain)



中心部がCNOになると、核融合止まる。
冷却し、収縮し、温度上昇して、次の核融合に点火

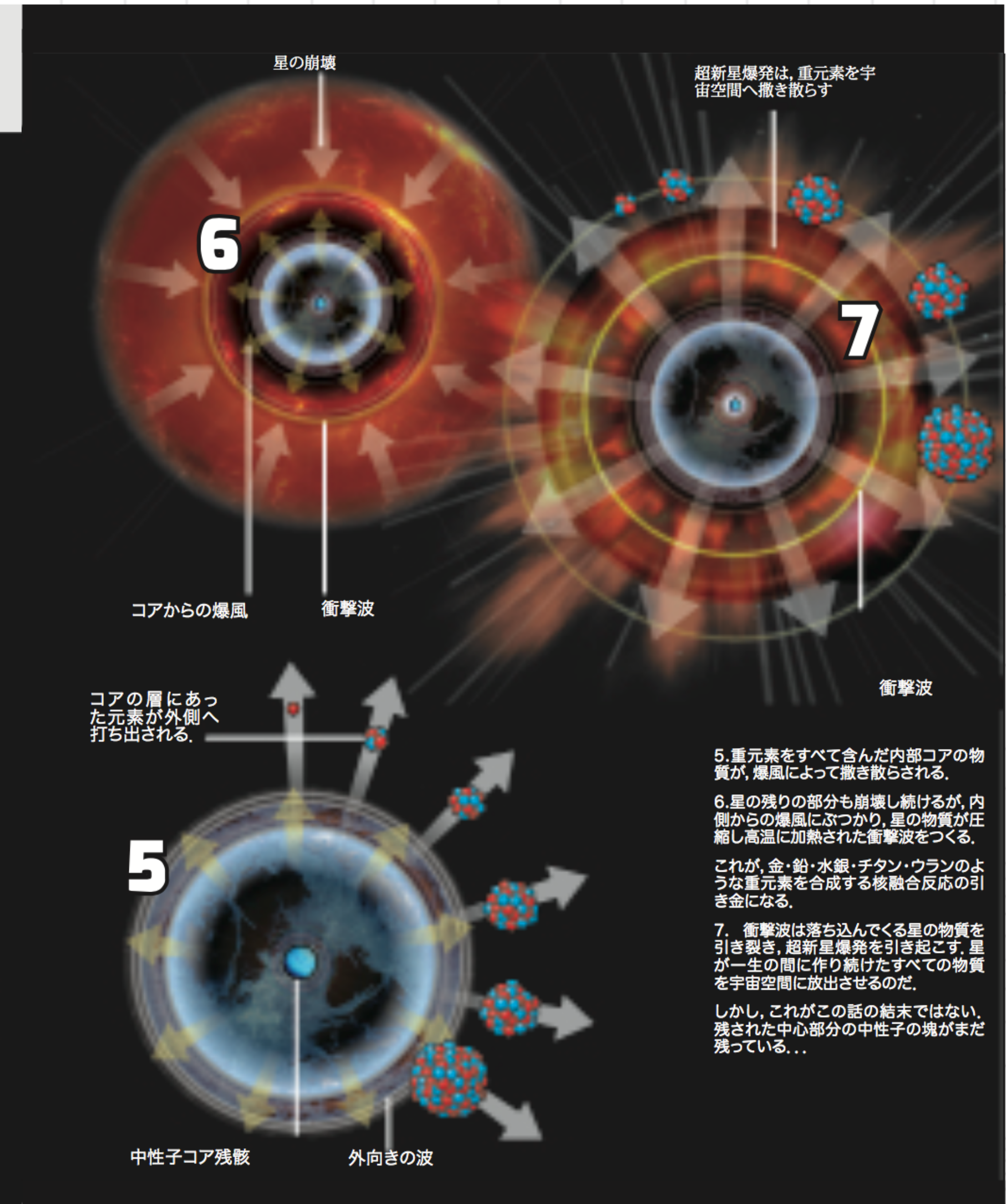
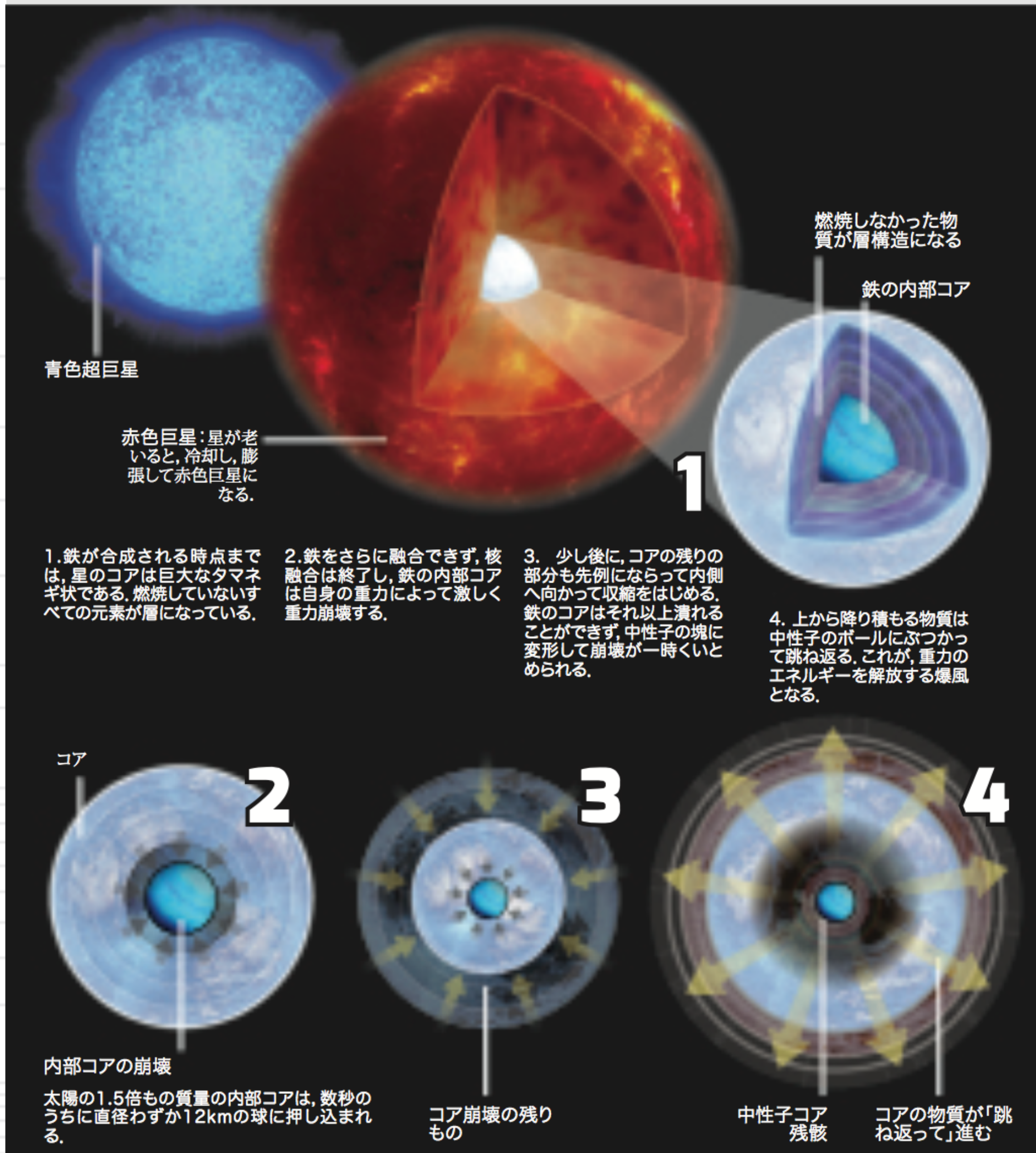


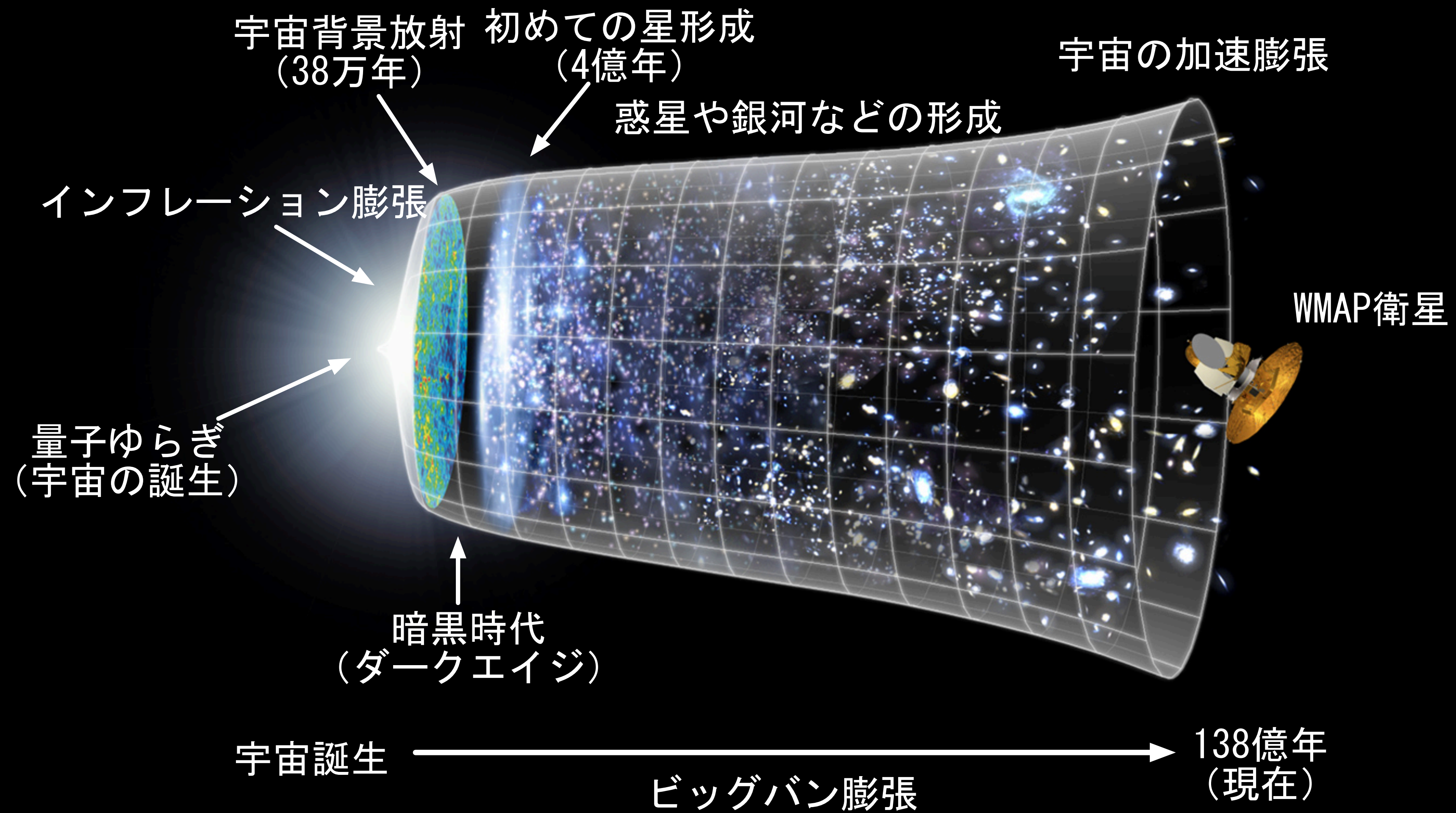
中心部がFeになると、...



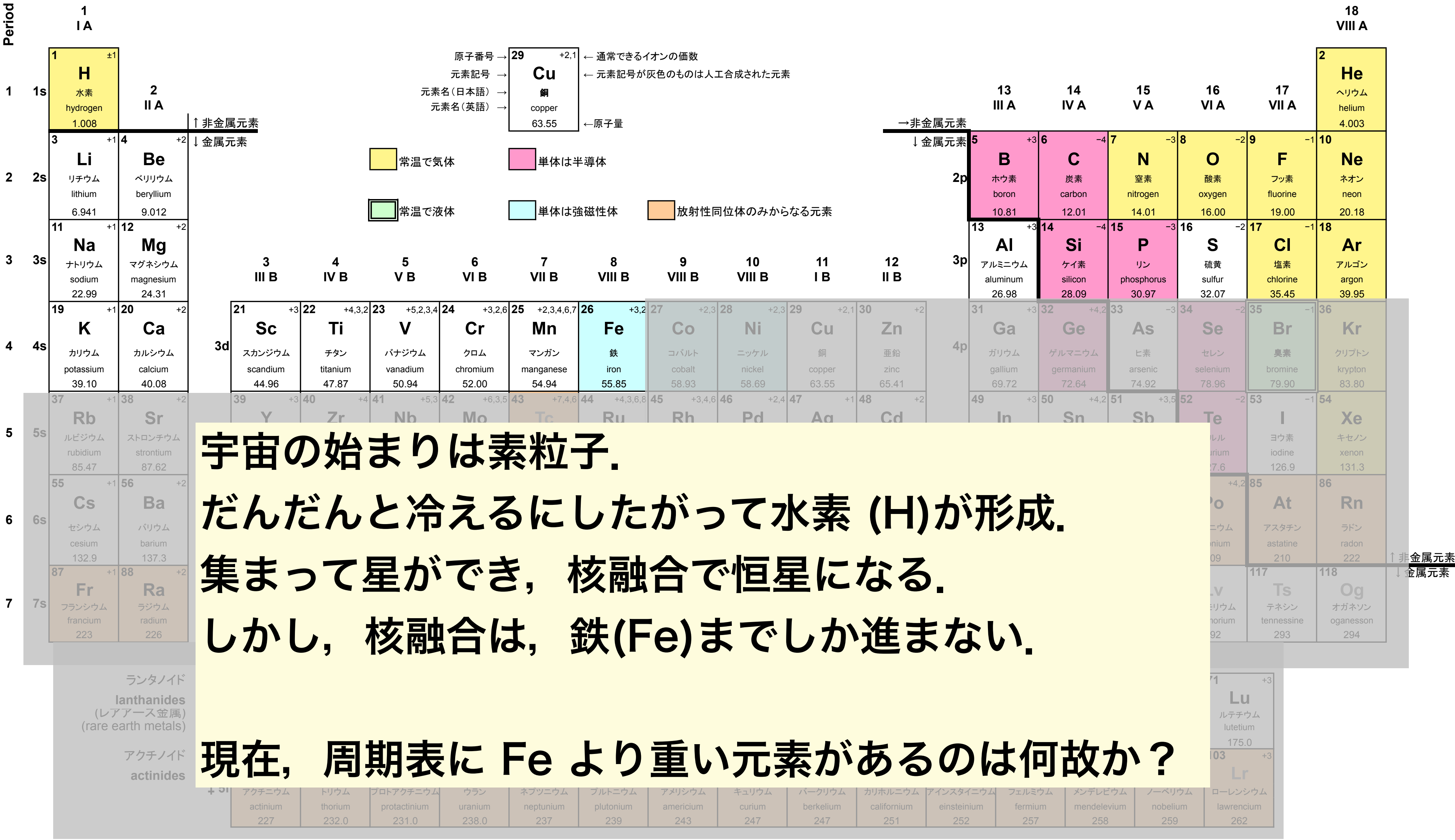
ダイハード:重元素を合成するまでは死ねない

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れば、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)



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}Fe まで反応が進むことを説明した．宇宙の歴史は，ビ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．

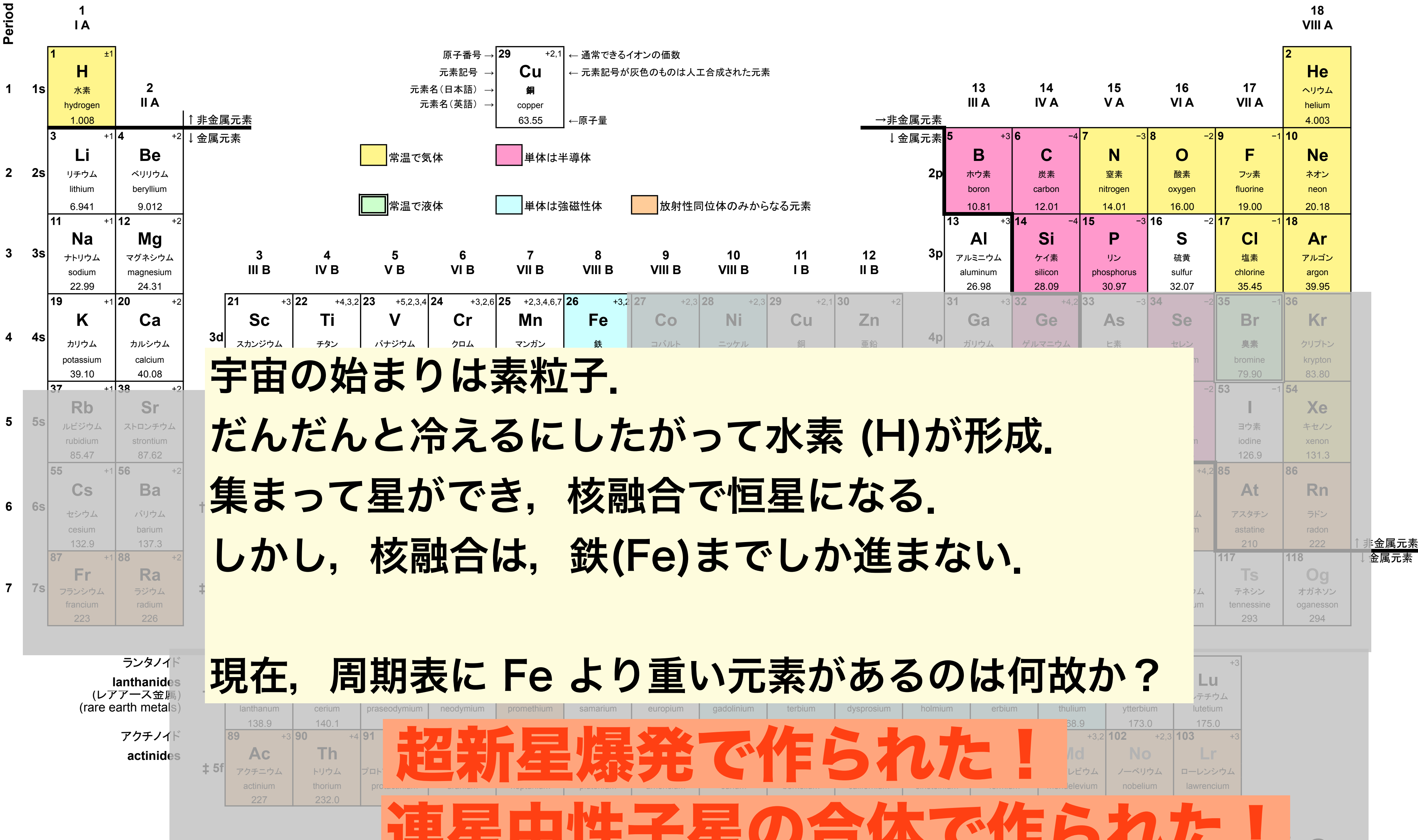
恒星はガスの塊である．星の大きさを決めるのは，星の質量による重力（引力）と，核融合燃焼によるガスの膨張する力（斥力）のつりあいである（正確には，ガスの圧力勾配である）．核融合でエネルギーを放出していく星は，質量をエネルギーに転換していくので，しだいに軽くなる．したがって，重力が弱くなり，星は徐々に大きく膨らむことになる．

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)

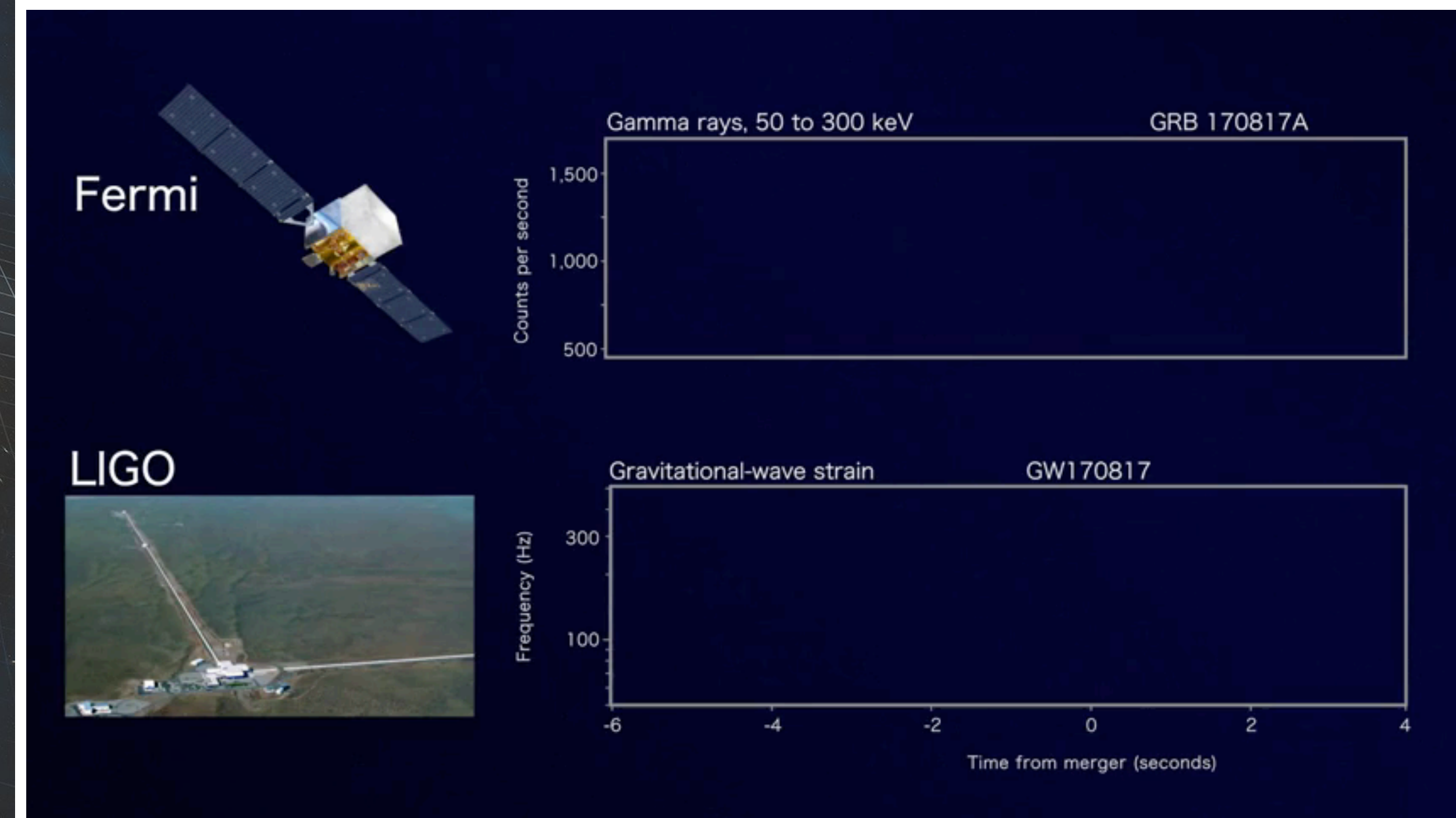
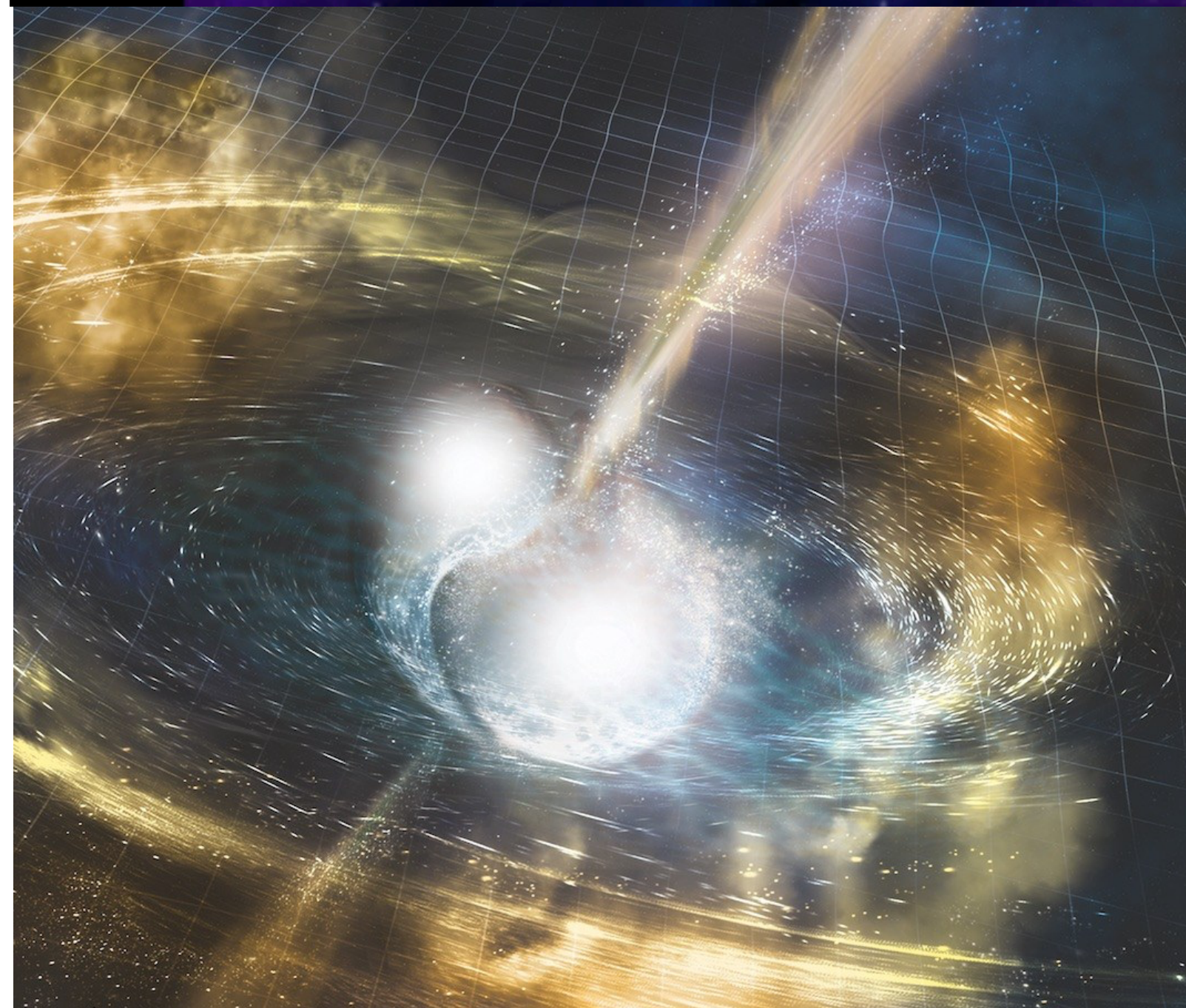


宇宙の始まりは素粒子。
だんだんと冷えるにしたがって水素 (H)が形成。
集まって星ができ，核融合で恒星になる。
しかし，核融合は，鉄(Fe)までしか進まない。

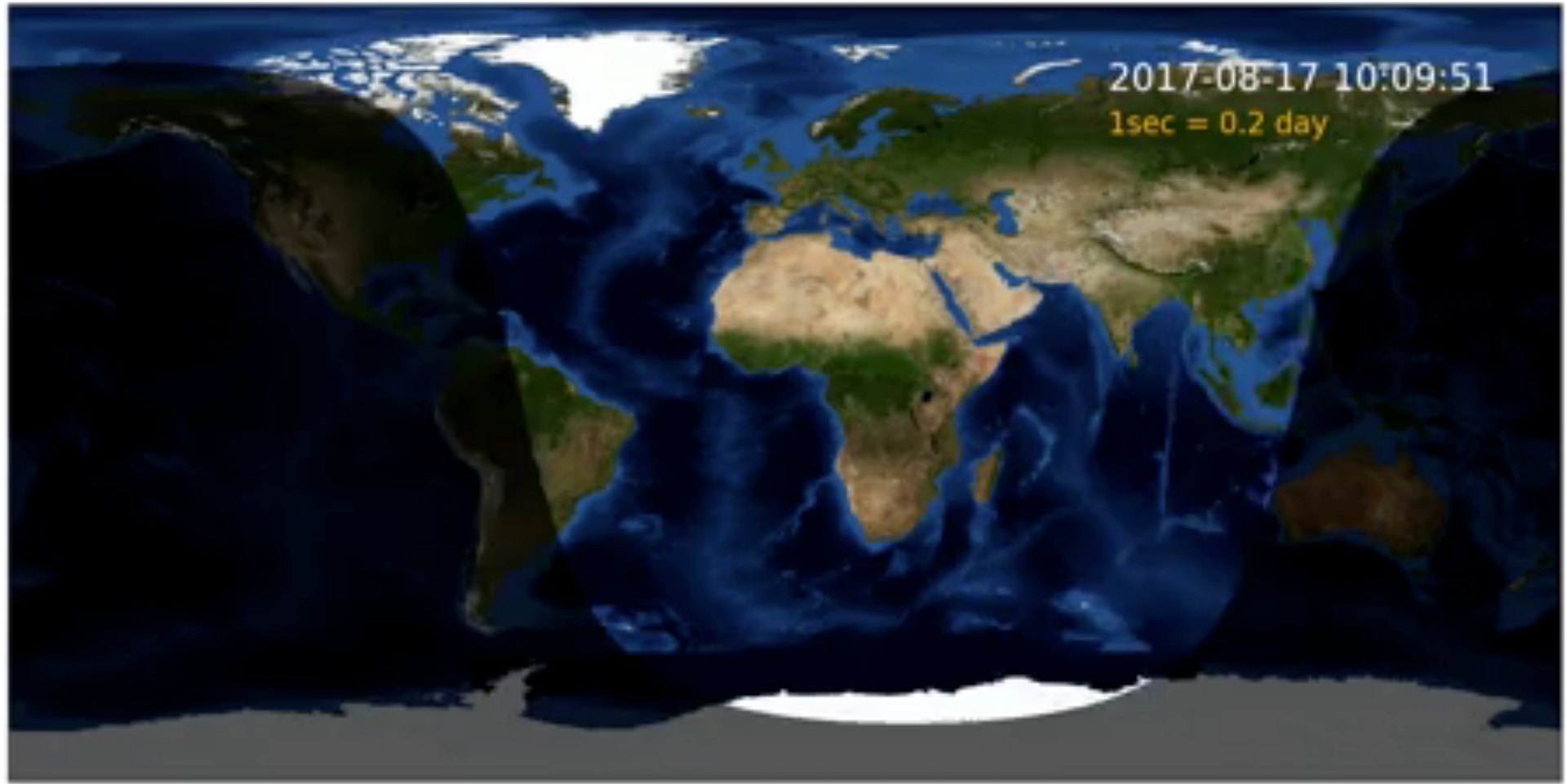
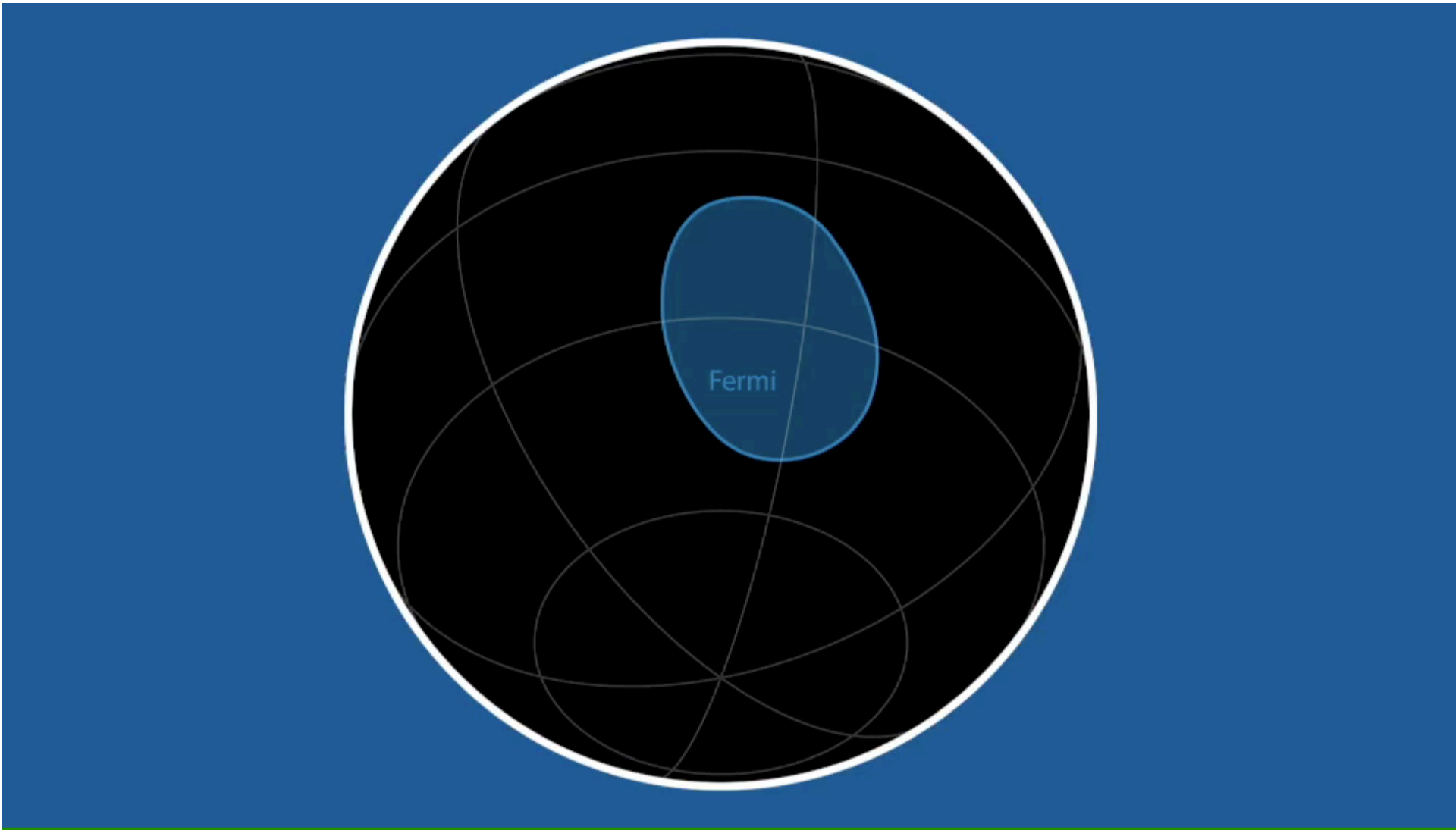
現在，周期表に Fe より重い元素があるのは何故か？

超新星爆発で作られた！
連星中性子星の合体で作られた！

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) !

ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 848:L12 (59pp), 2017 October 20

Abbott et al.

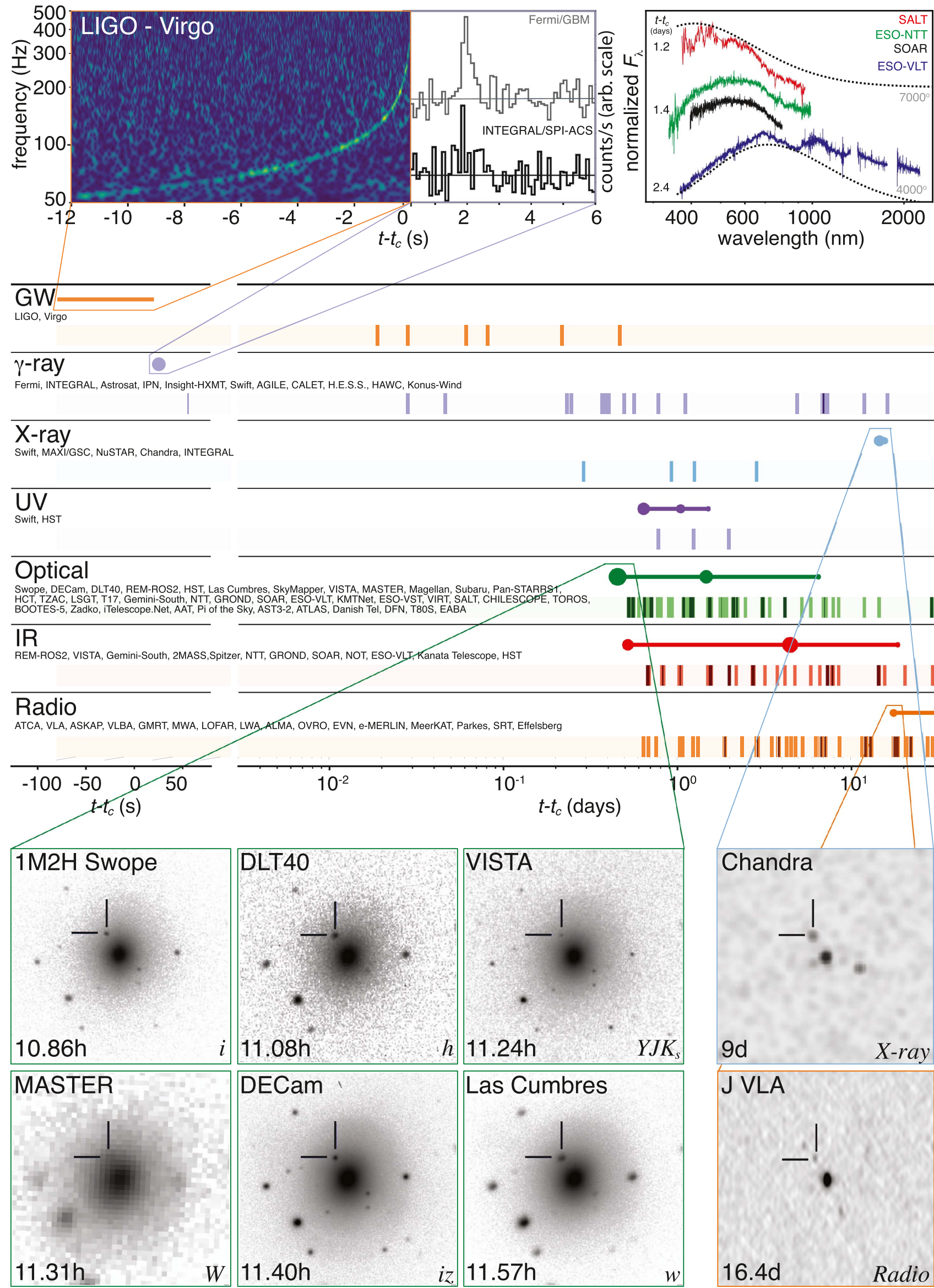
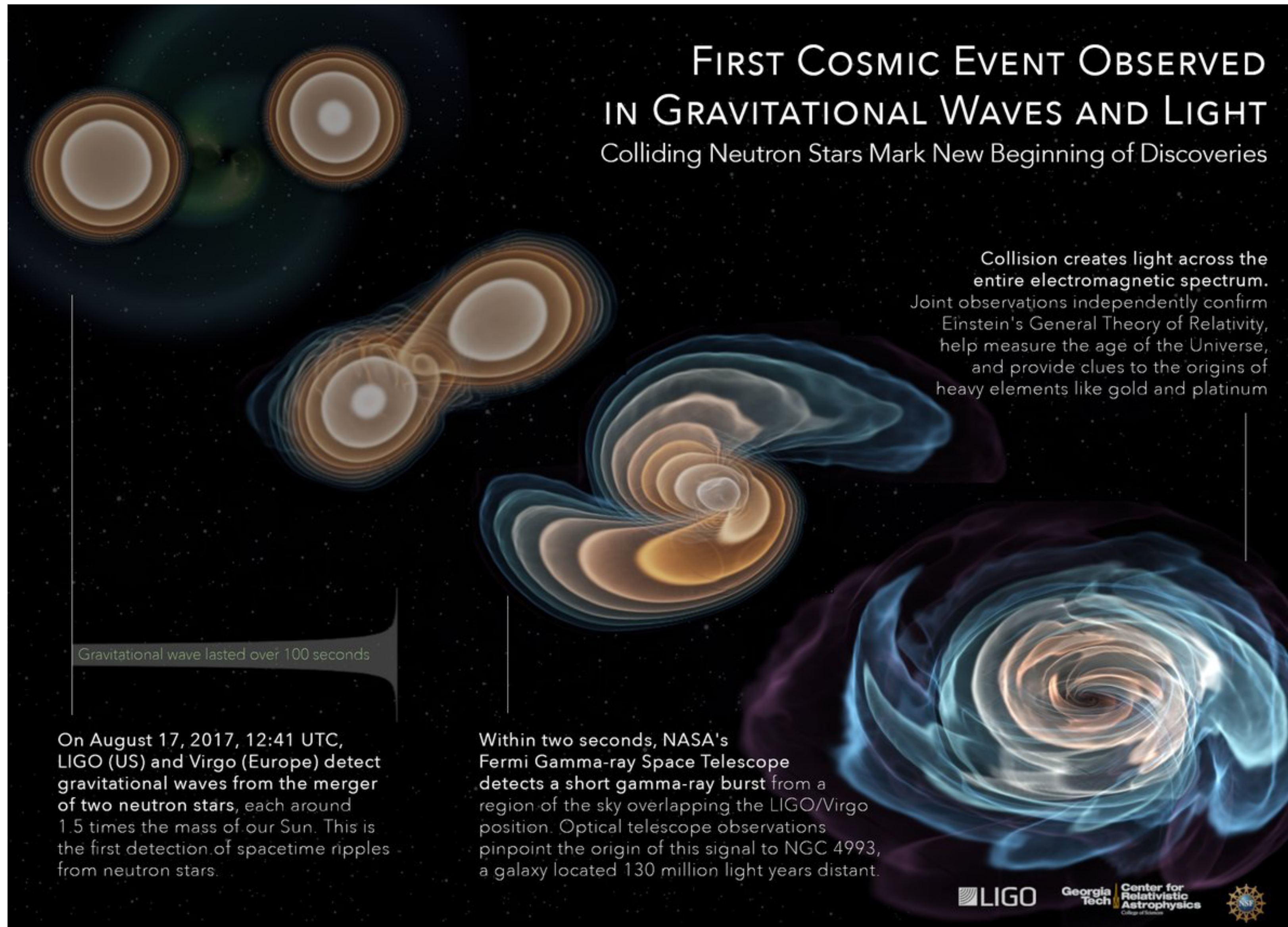


Figure 2. Timeline of the discovery of GW170817, GRB 170817A, SSS17a/AT 2017gfo, and the follow-up observations are shown by messenger and wavelength relative to the time t_c of the gravitational-wave event. Two types of information are shown for each band/messenger. First, the shaded dashes represent 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



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=Uoctuzt2IfU>

Time Lapse Map of Every Nuclear Explosion Ever On Earth

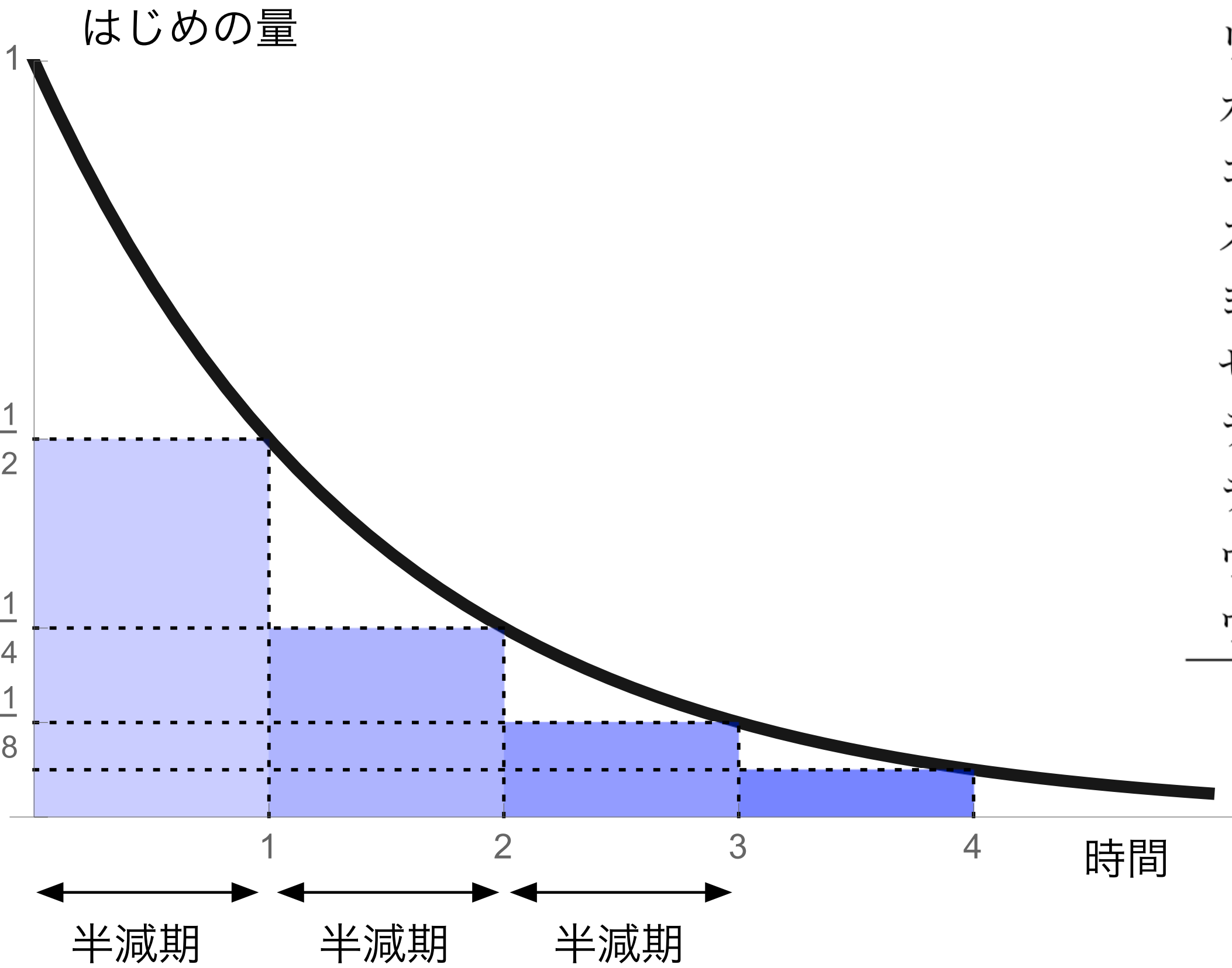


7min

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.

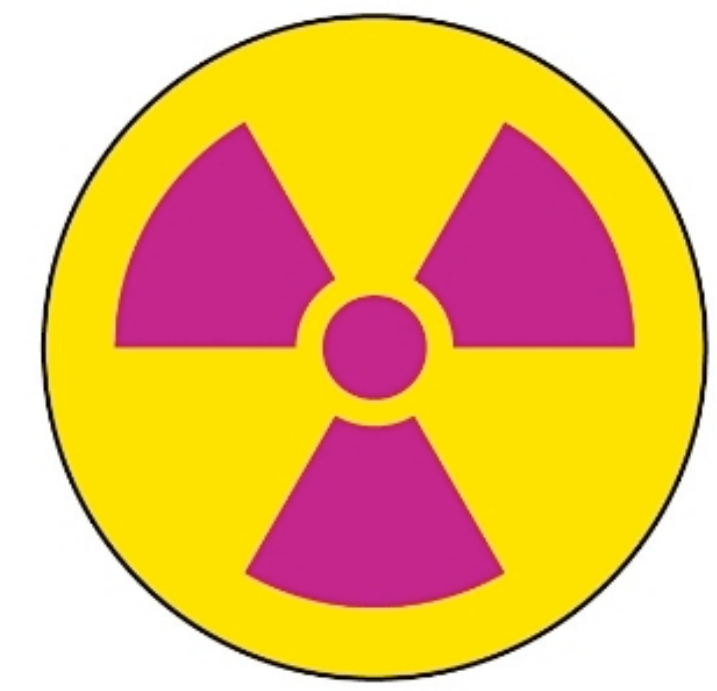
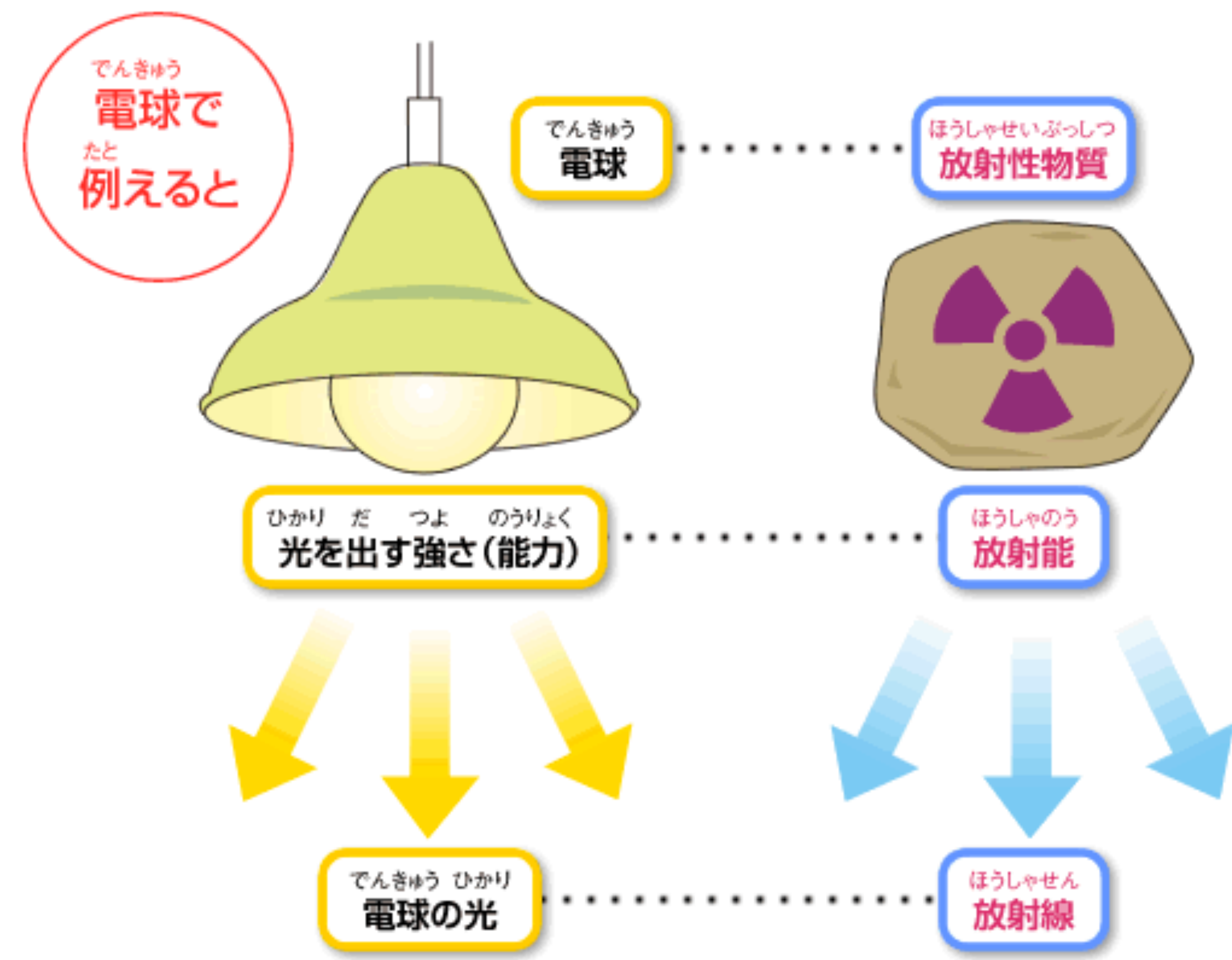
半減期 (half-decay time)

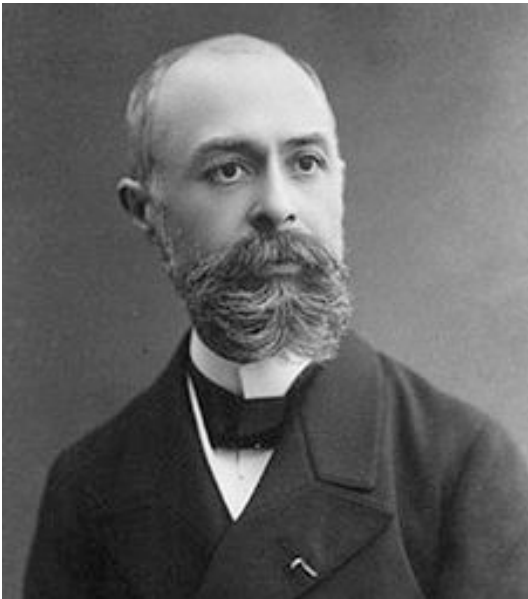
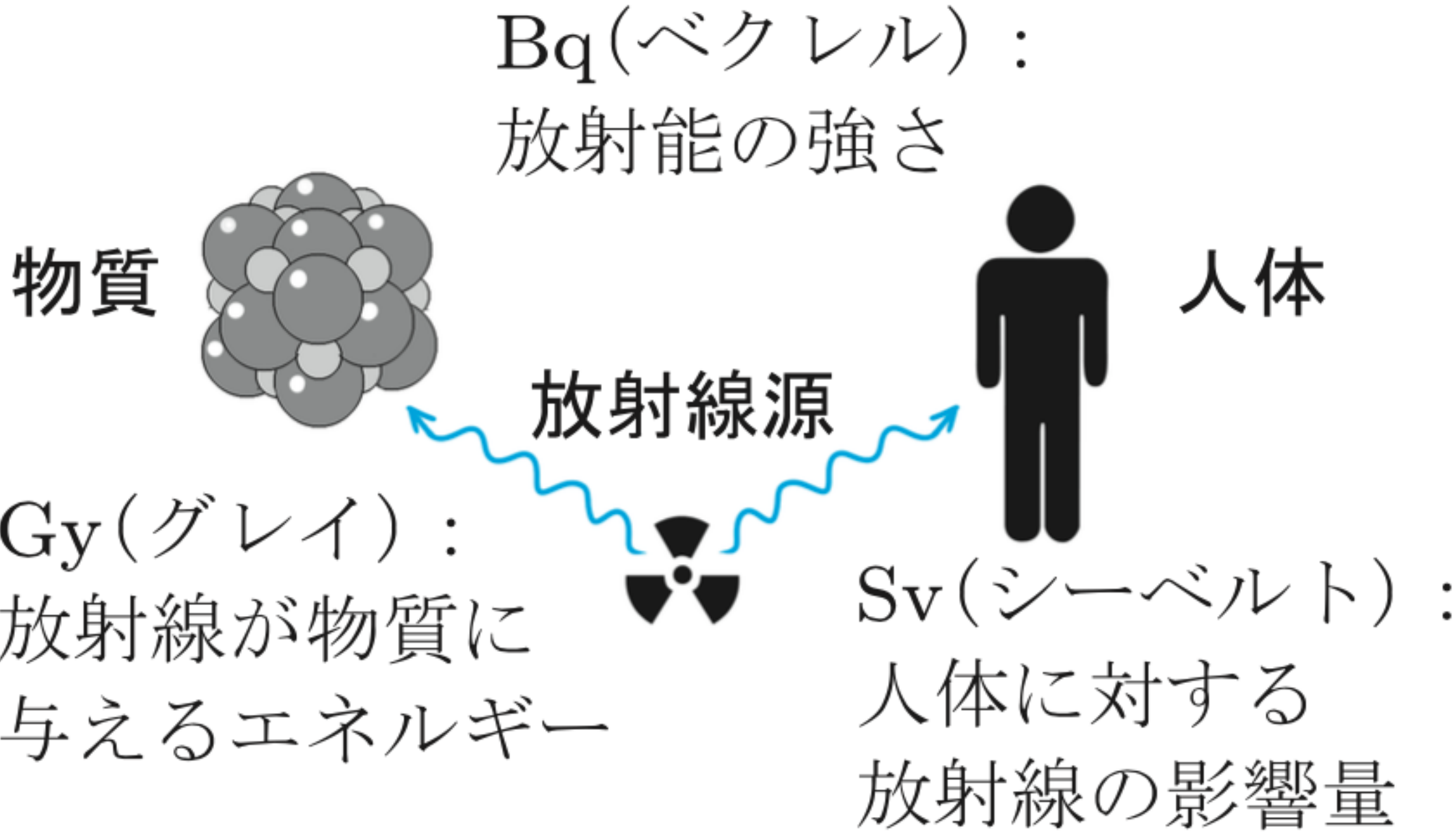


原子核			崩壊の型	半減期
中性子	n	単体の中性子	β	10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	β	5.73×10^3 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	β	14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	β	1.28×10^9 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	β	5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	β	28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	β	8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$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

7億年
45億年

放射能 と 放射線





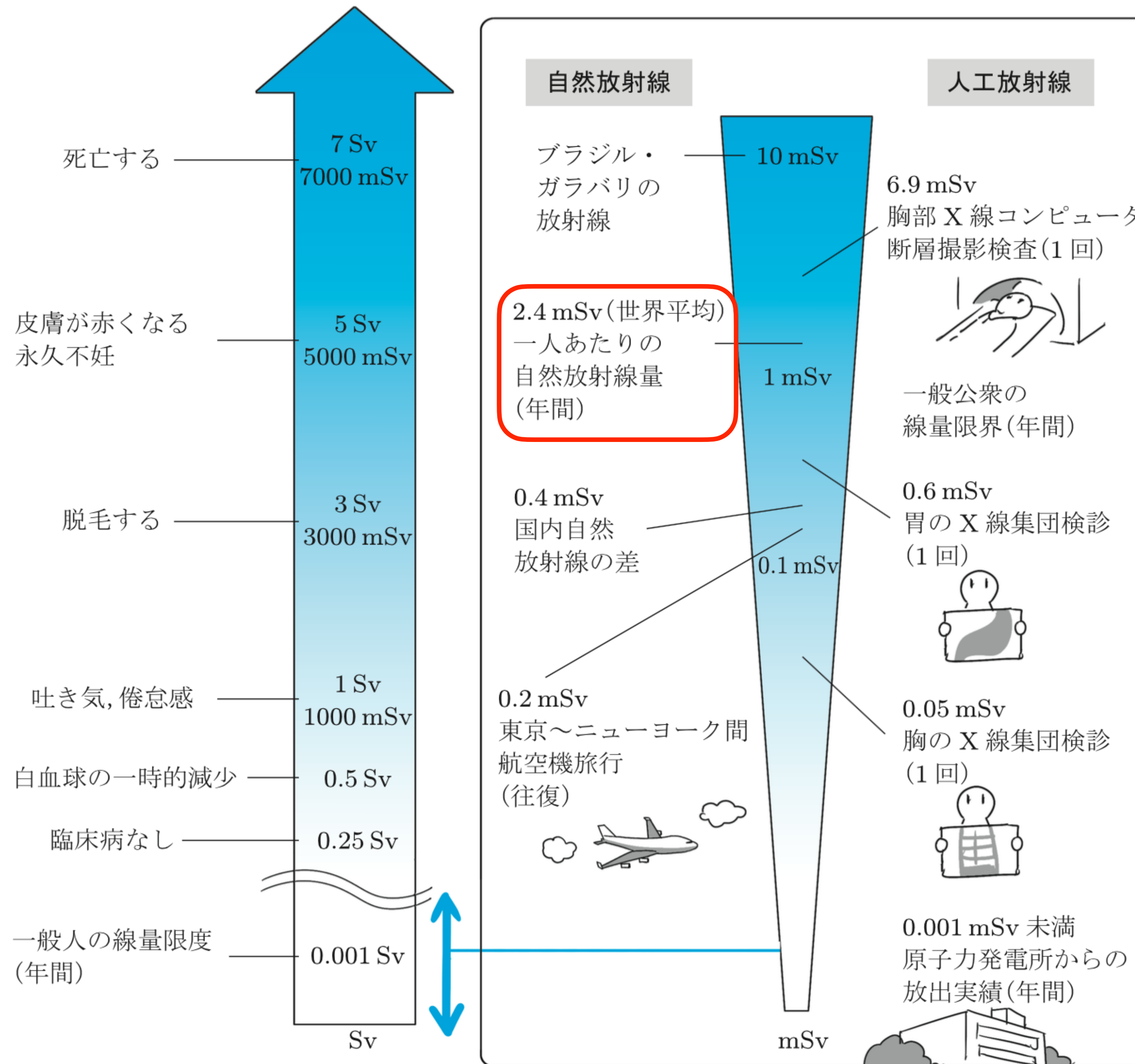
Antoine Henri Becquerel
(1852-1908)



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)



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

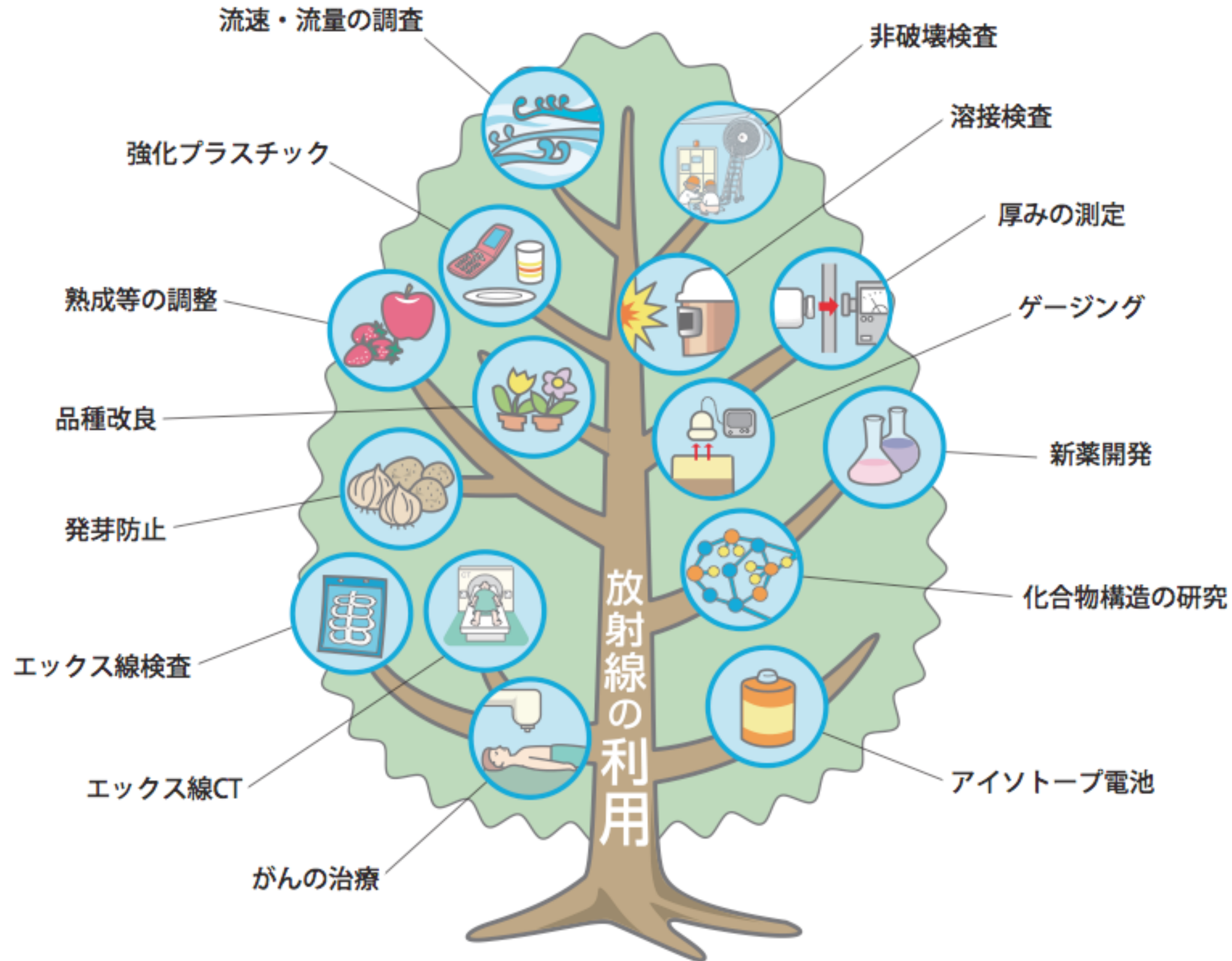
ラドン吸入 1.28

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

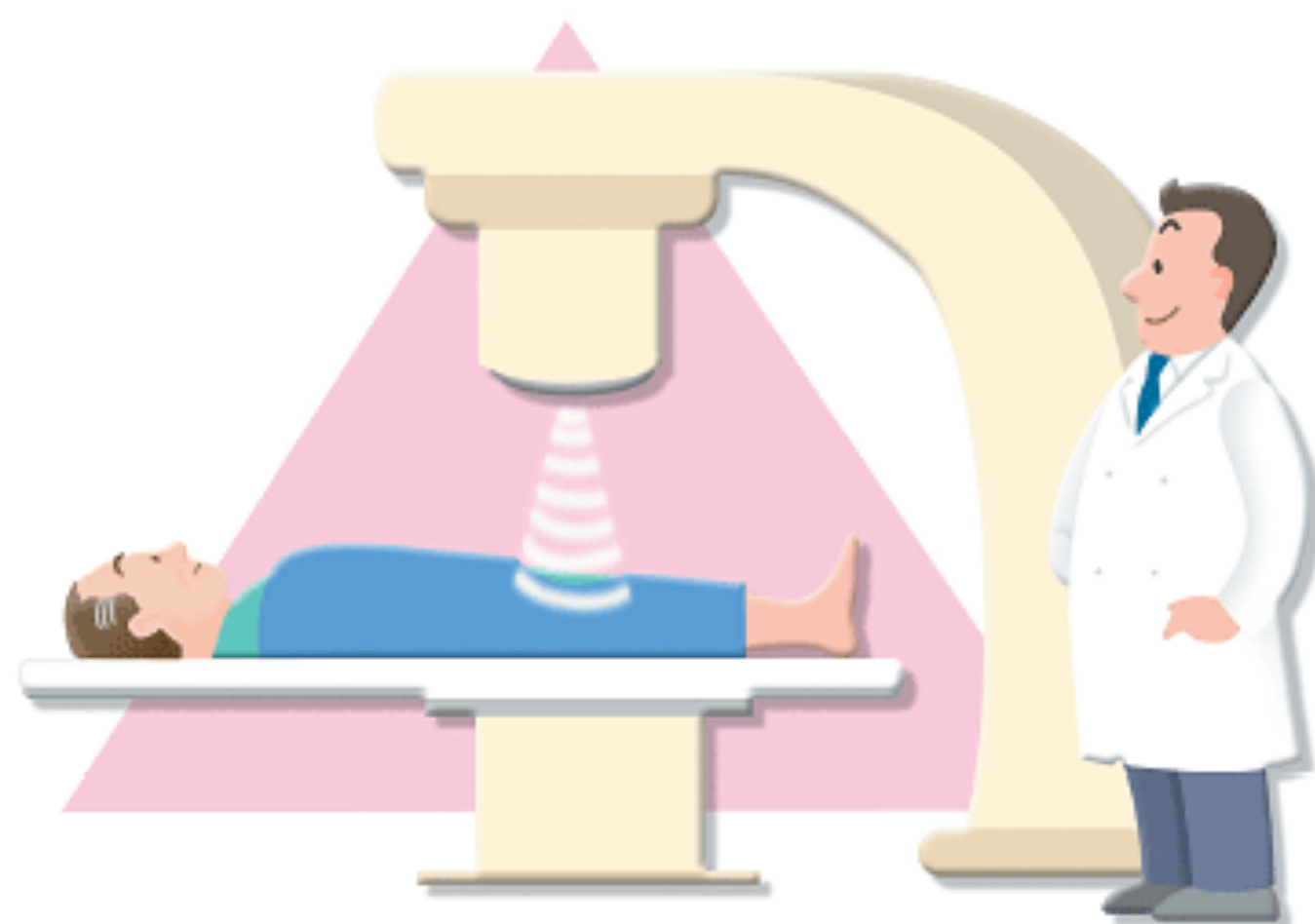
(a) Sv スケール

(b) mSv スケール

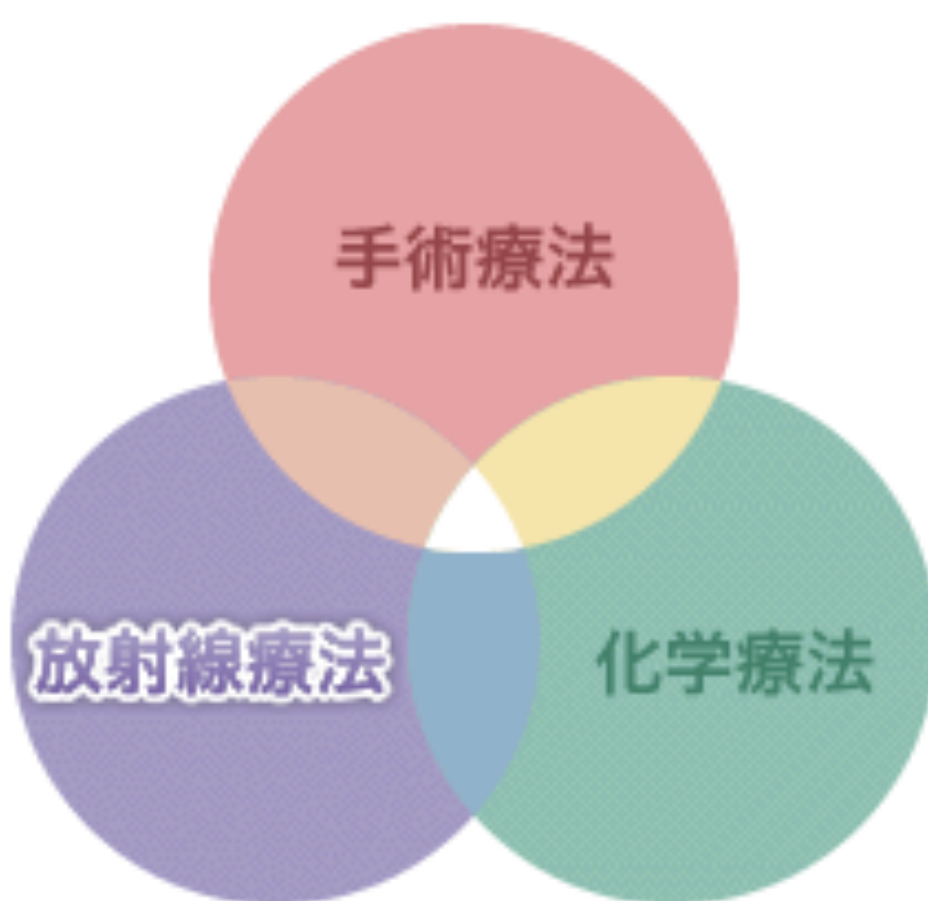
放射線のいろいろな利用



放射線治療(粒子線治療)

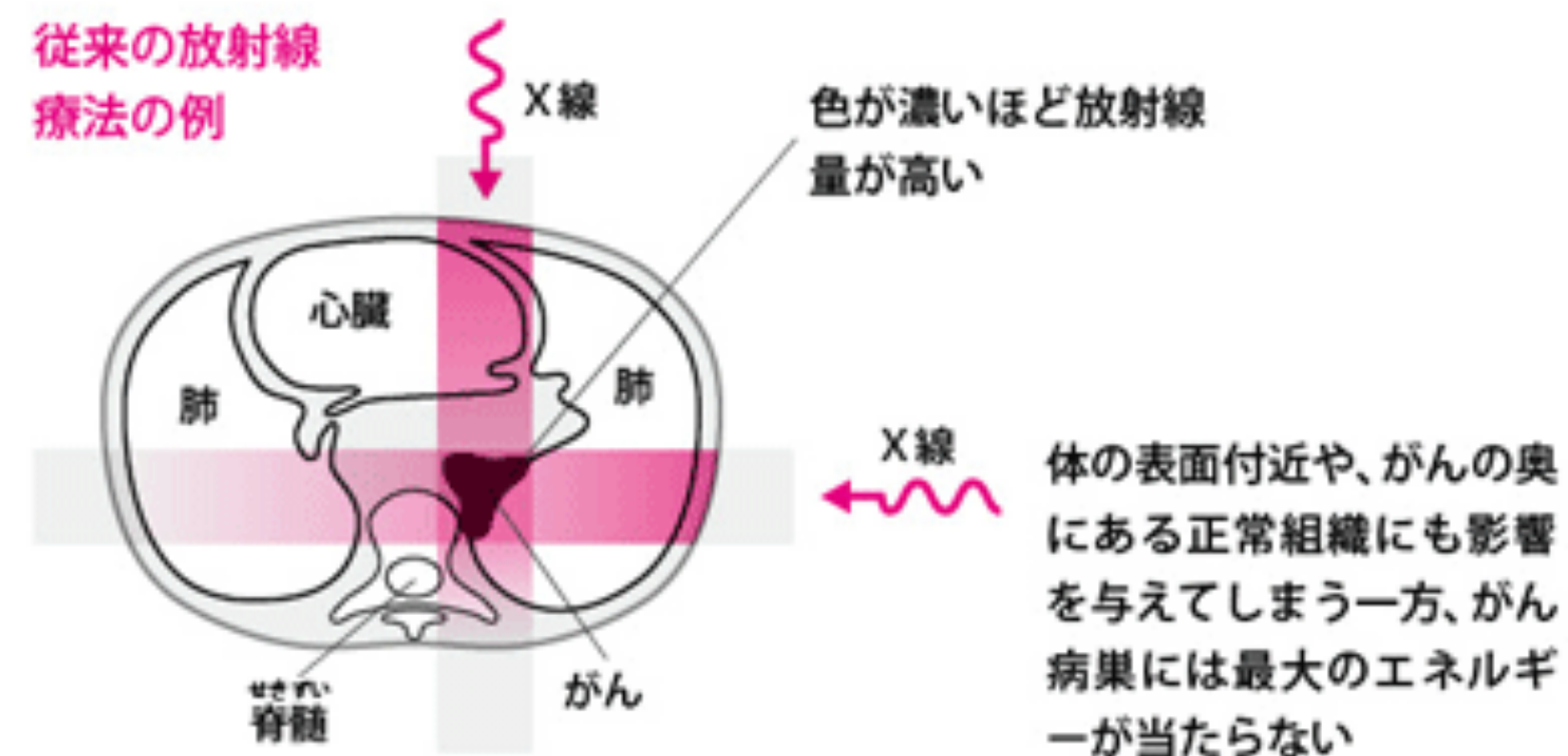


がん治療の3つの柱

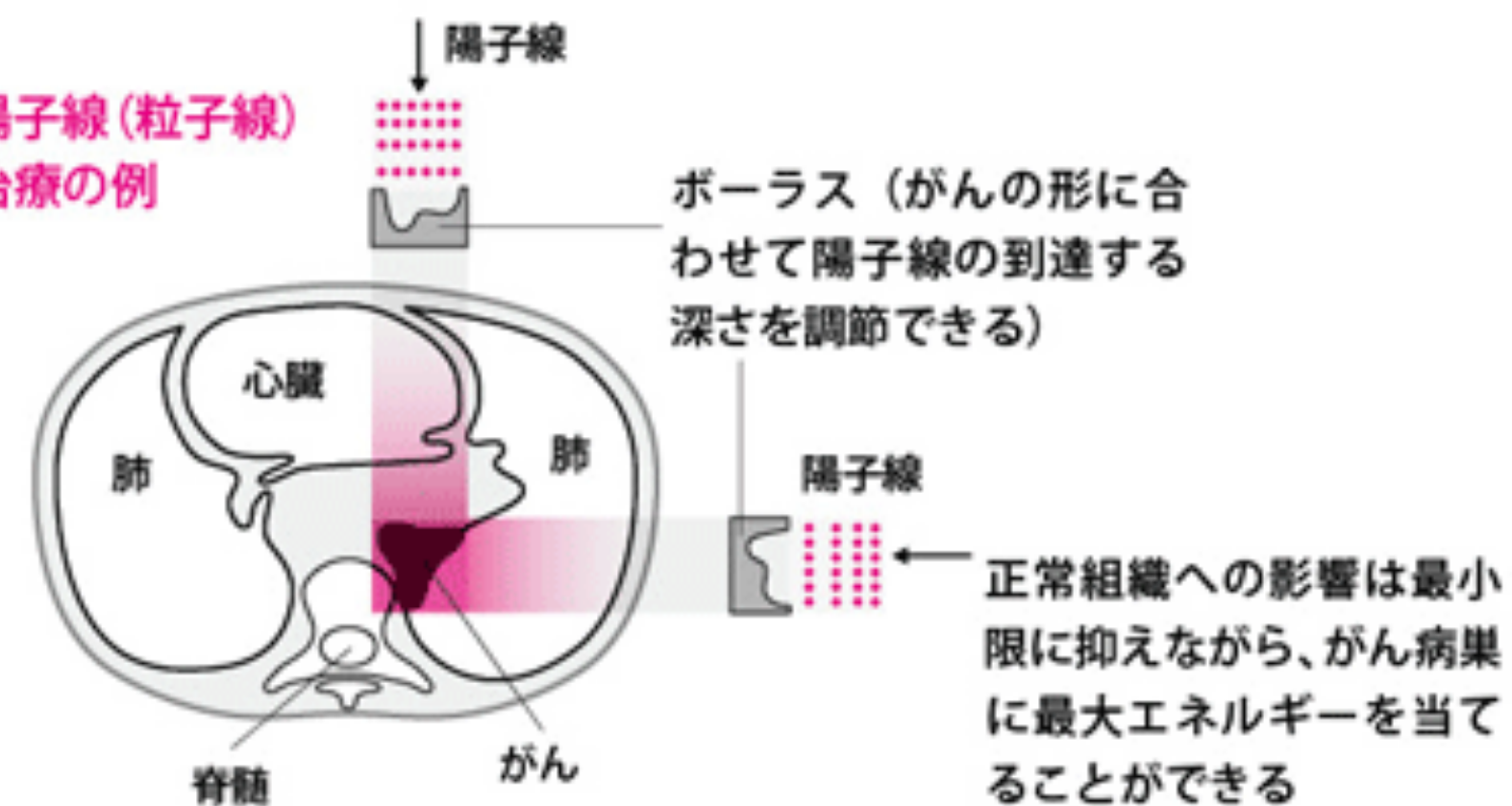


●従来の放射線療法と陽子線治療の照射の違い

従来の放射線療法
の例



陽子線(粒子線)
治療の例



南東北がん陽子線治療センター 資料より作成

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。

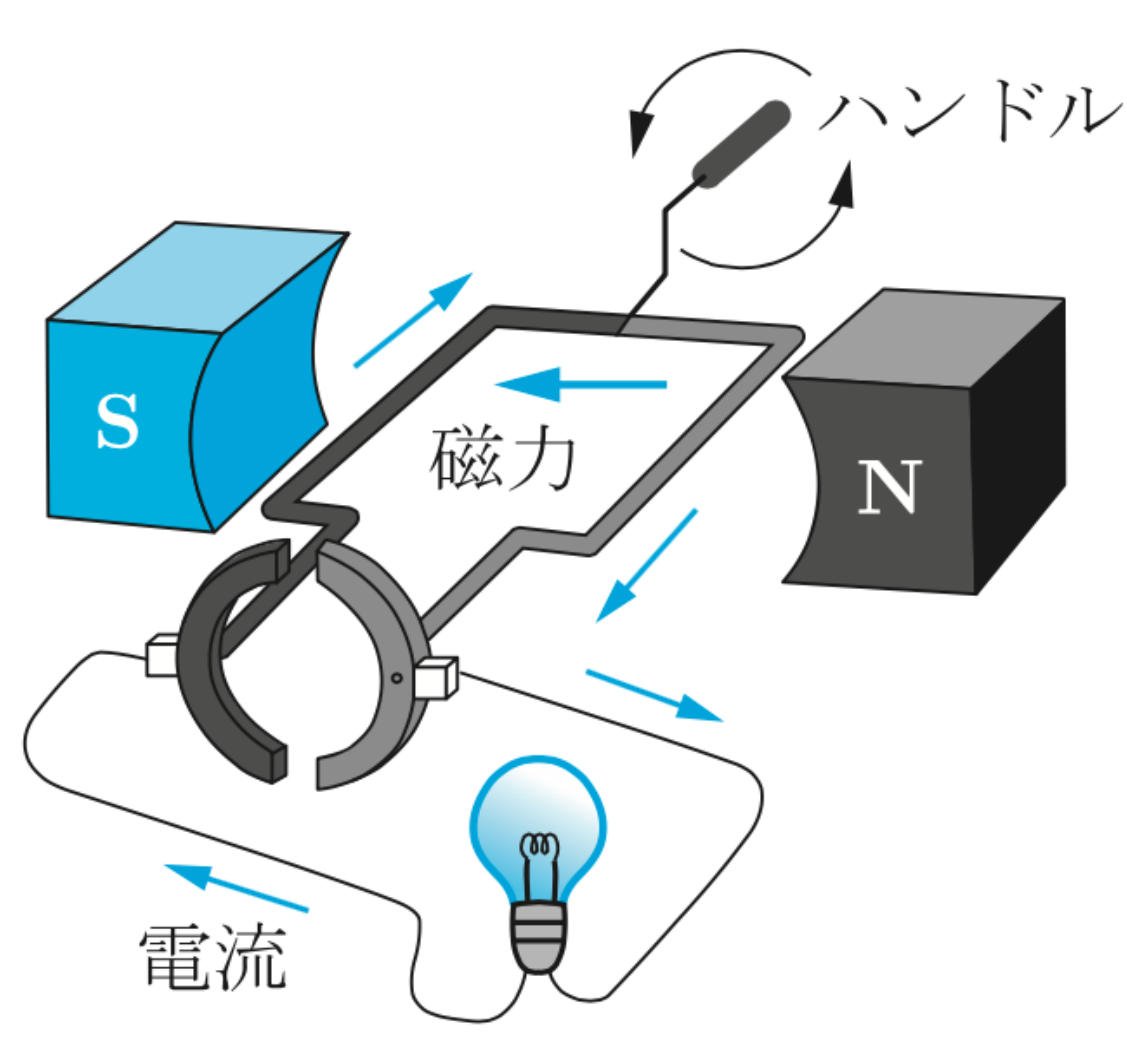
21年に渡る闘いの末, ウリミバエの根絶に成功。

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。

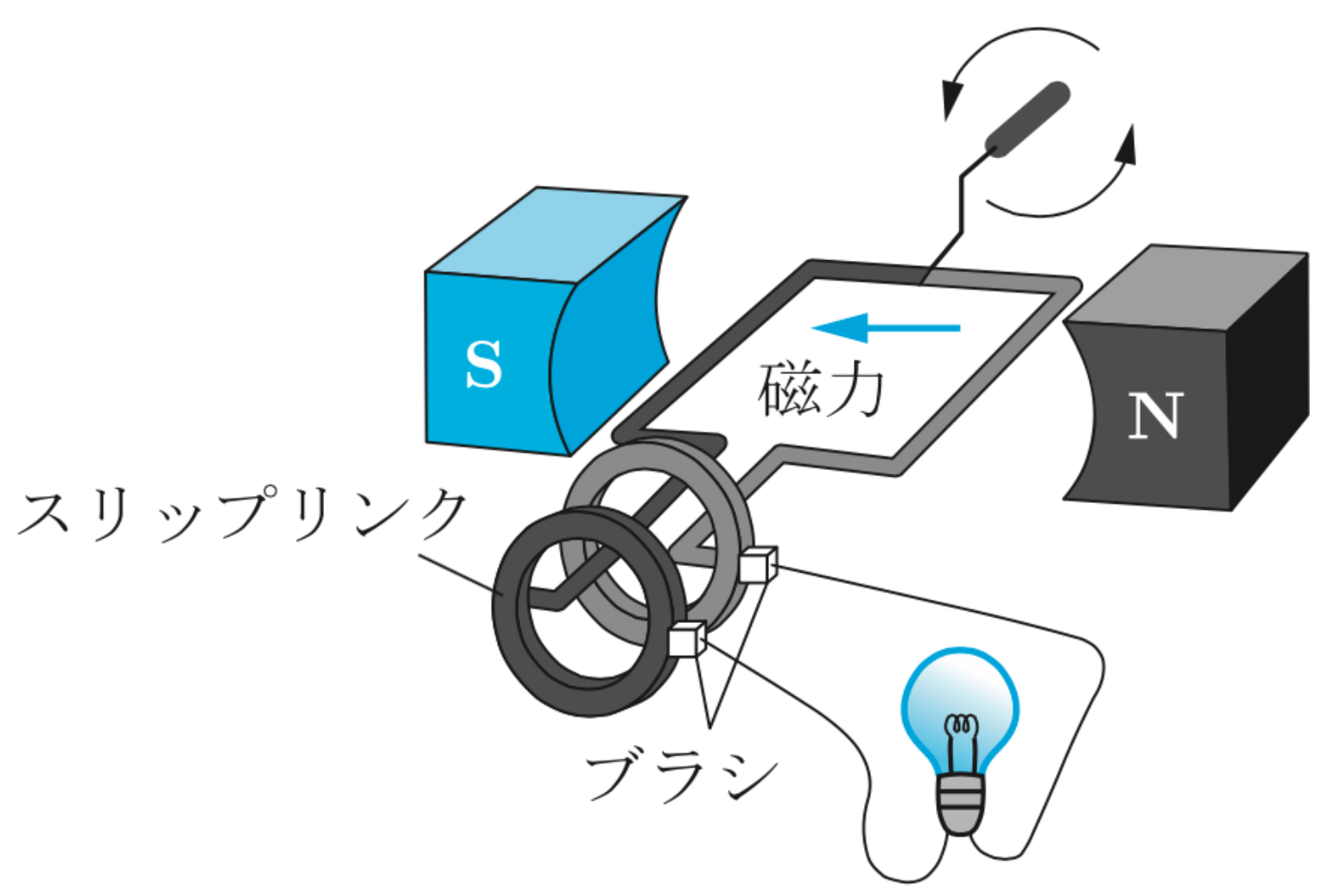
原子力発電



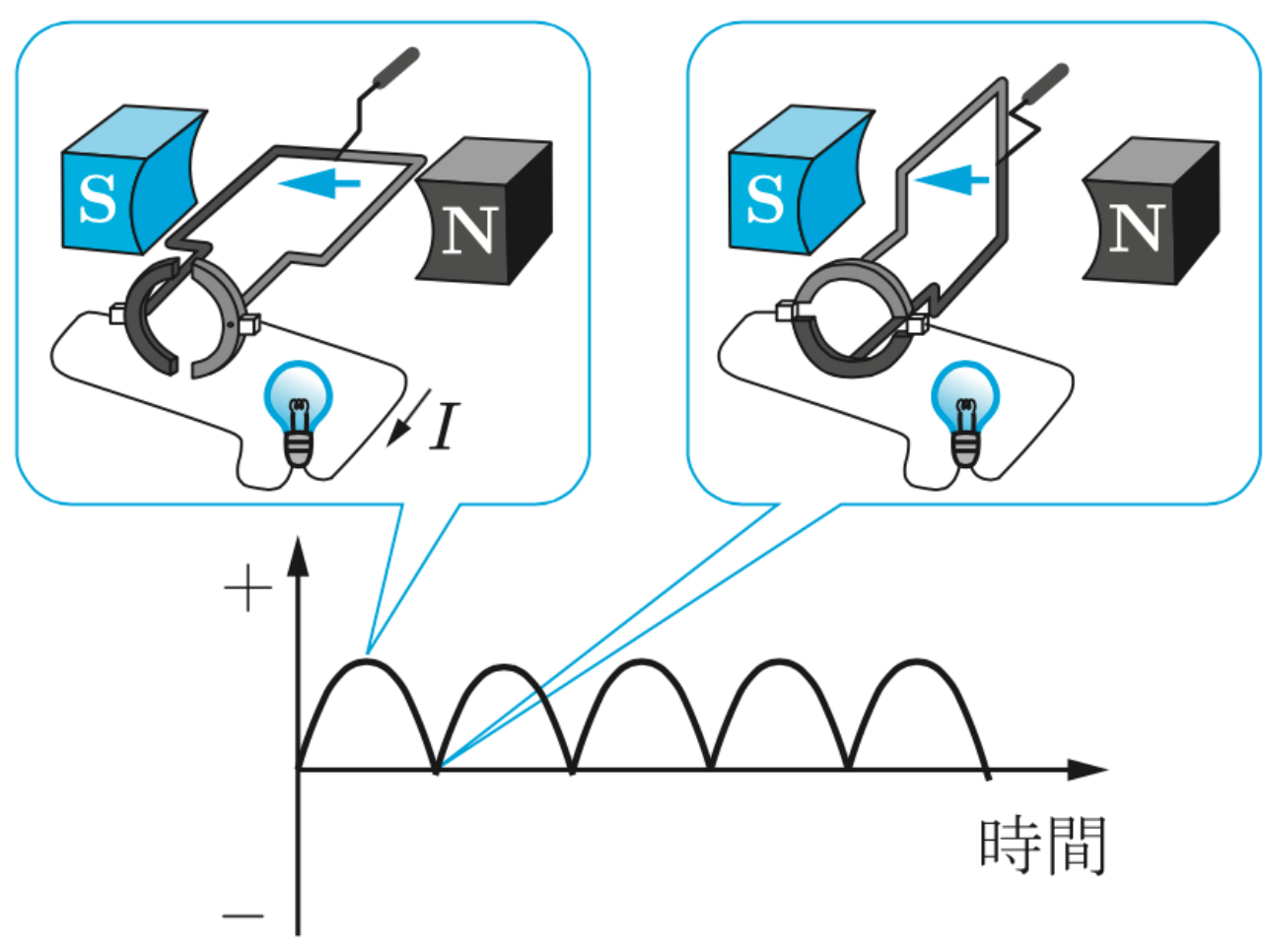
<http://www.gengikyo.jp/facility/powerplant.html>



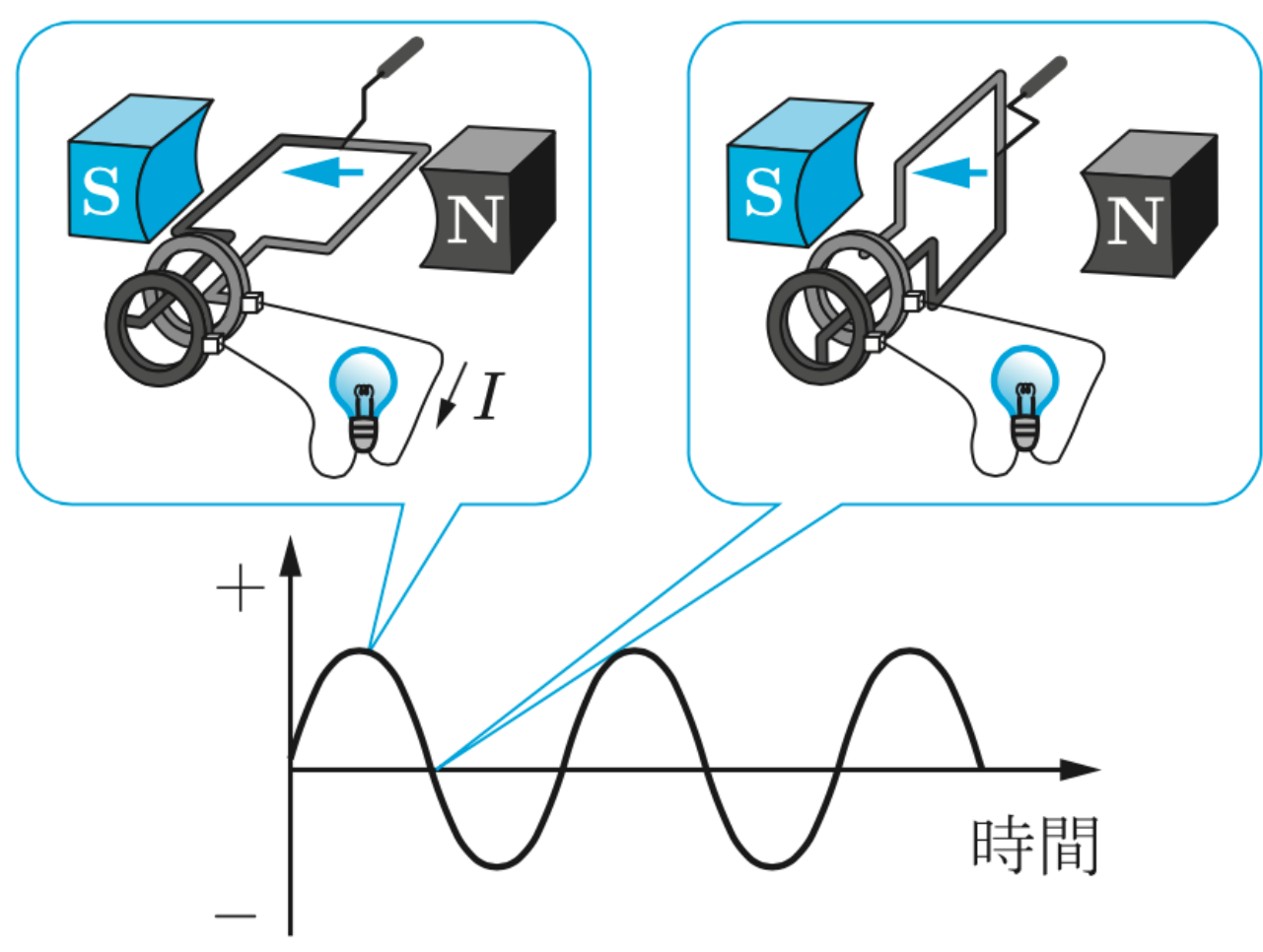
(a) 直流発電機のしくみ



(b) 交流発電機のしくみ



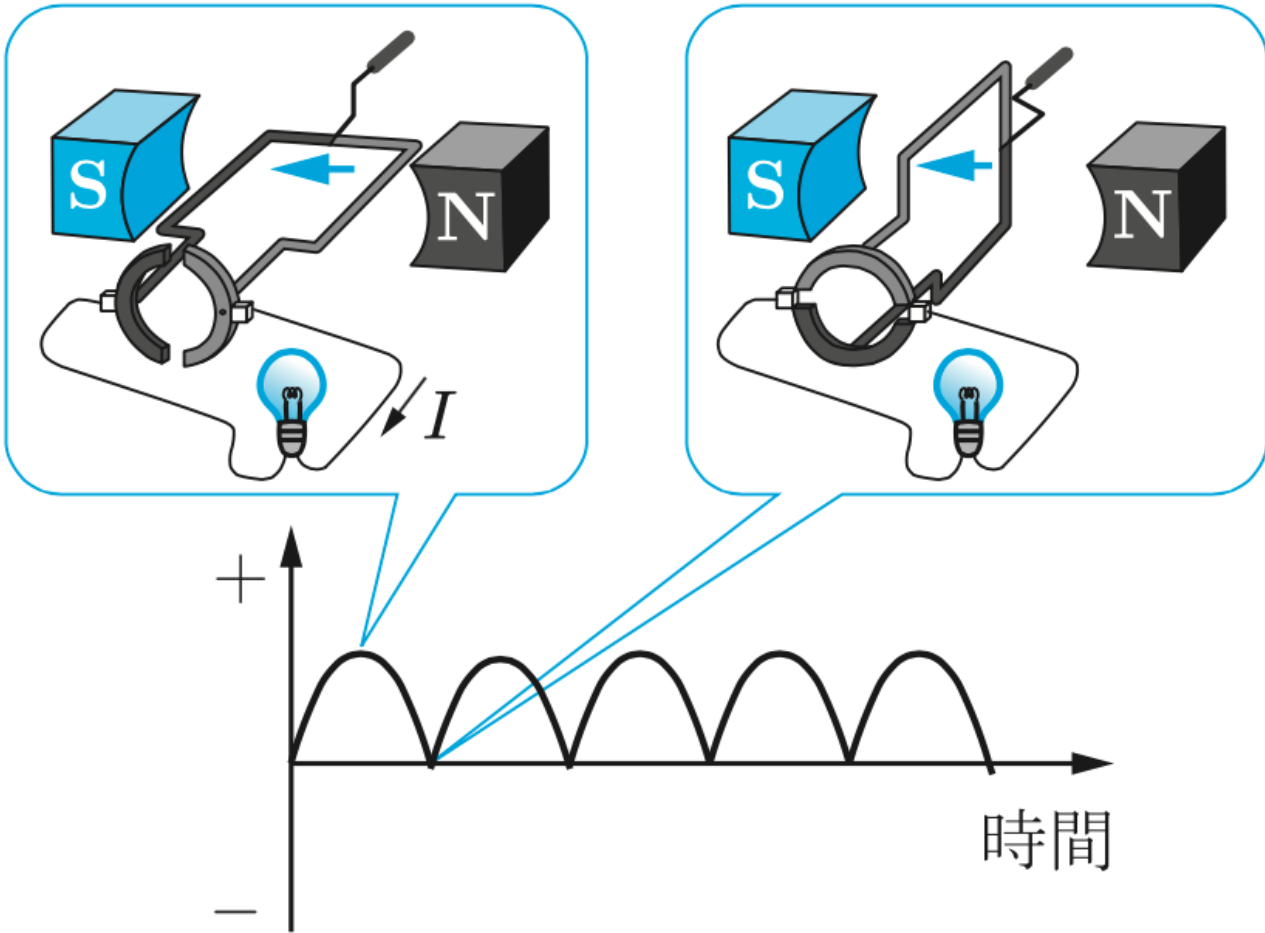
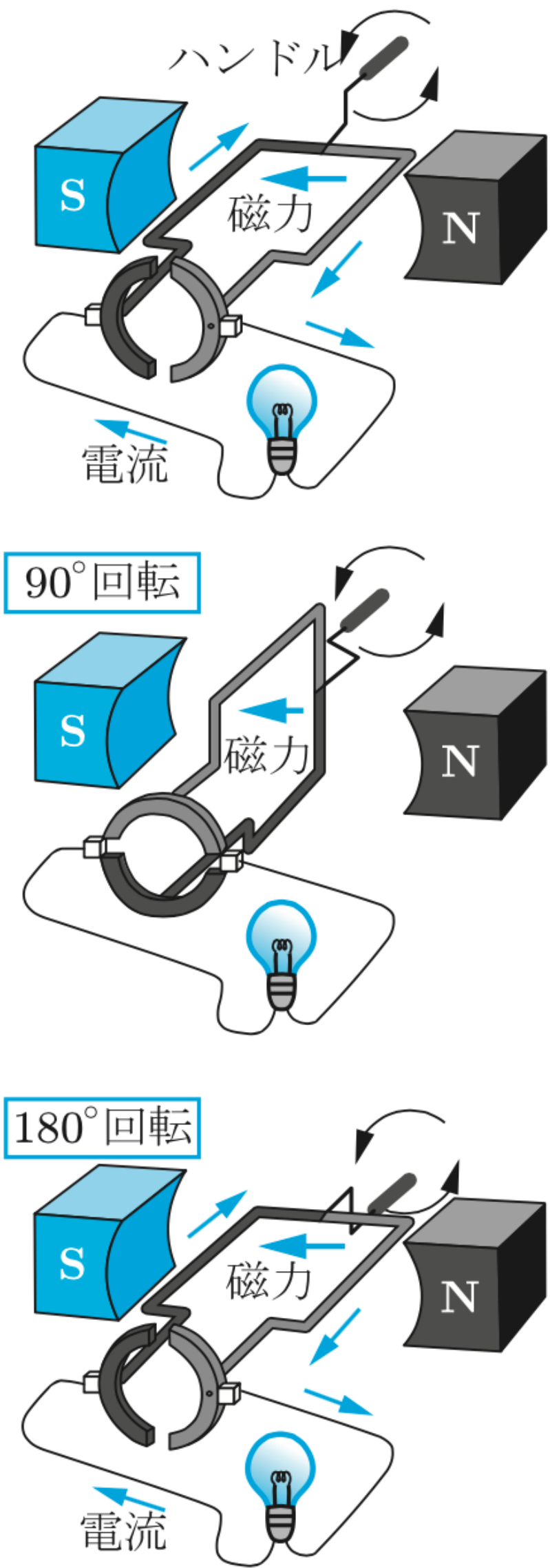
(a) 直流発電機の波形



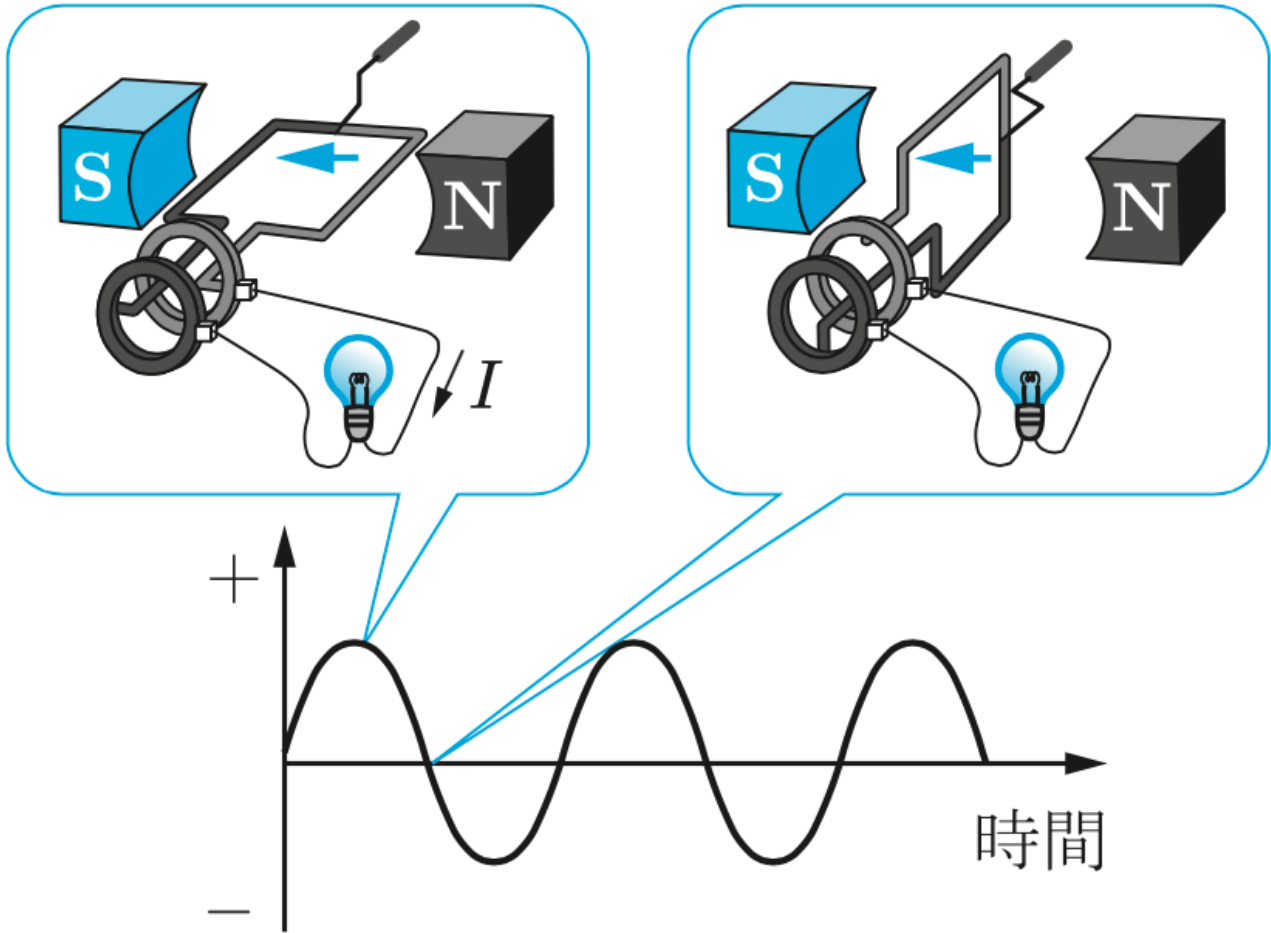
(b) 交流発電機の波形

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。

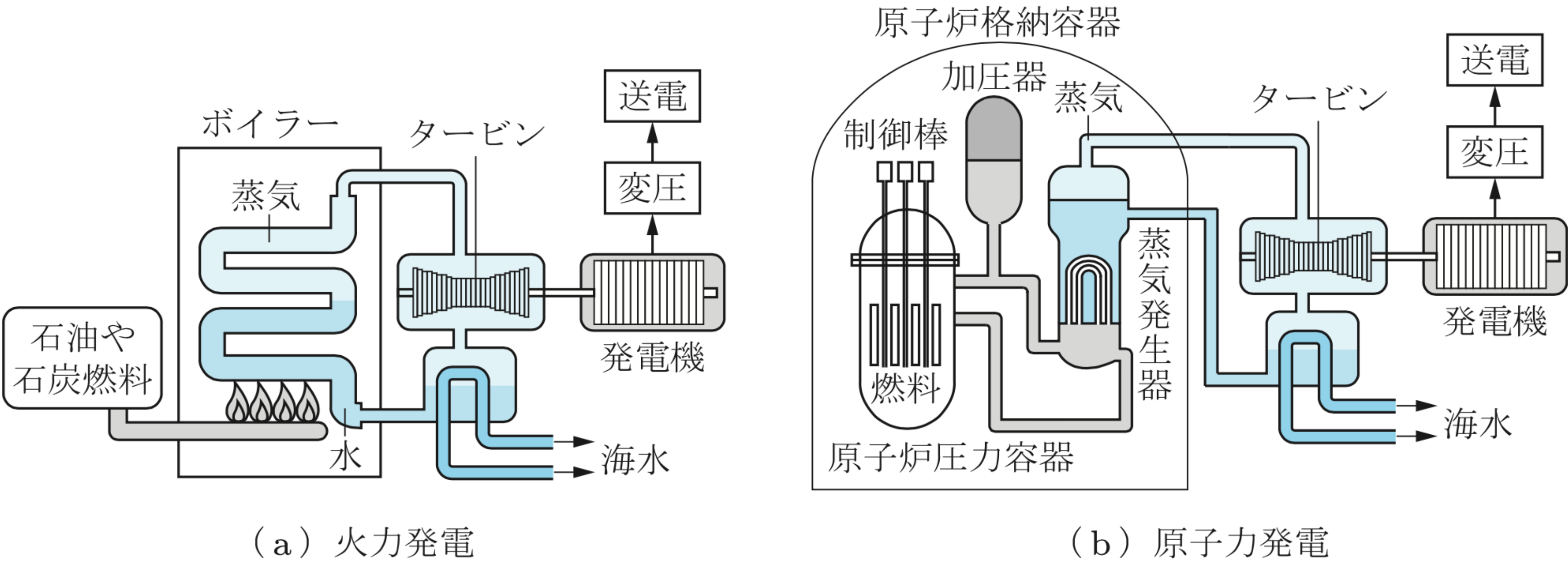


(a) 直流発電機の波形



(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．



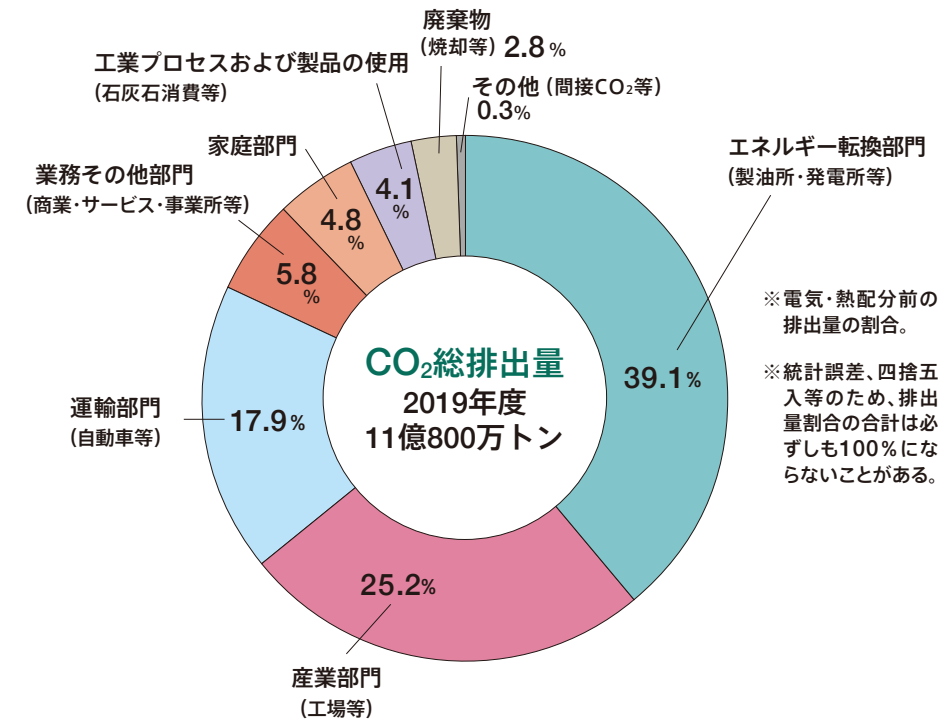


2015年12月、フランス・パリで気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)が開催され、気候変動に関する2020年以降の新たな国際枠組みである「パリ協定」が採択され、2016年11月に発効しました。

この「パリ協定」では、世界共通の長期目標として、産業革命以前の世界の平均気温上昇を2℃未満に抑えること、すべての締約国が削減目標を掲げ、達成に向けて取り組むことが定められています。また、2018年12月、COP24(ポーランド・カトヴィツェ)におい

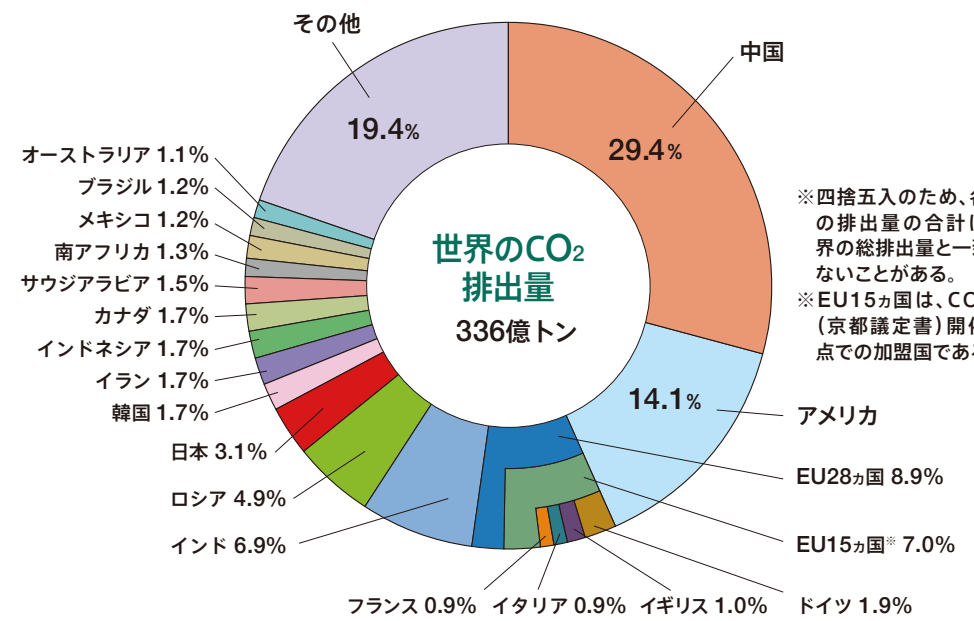
CO₂排出状況と日本の削減目標

日本の部門別CO₂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CO₂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、積み残しと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。

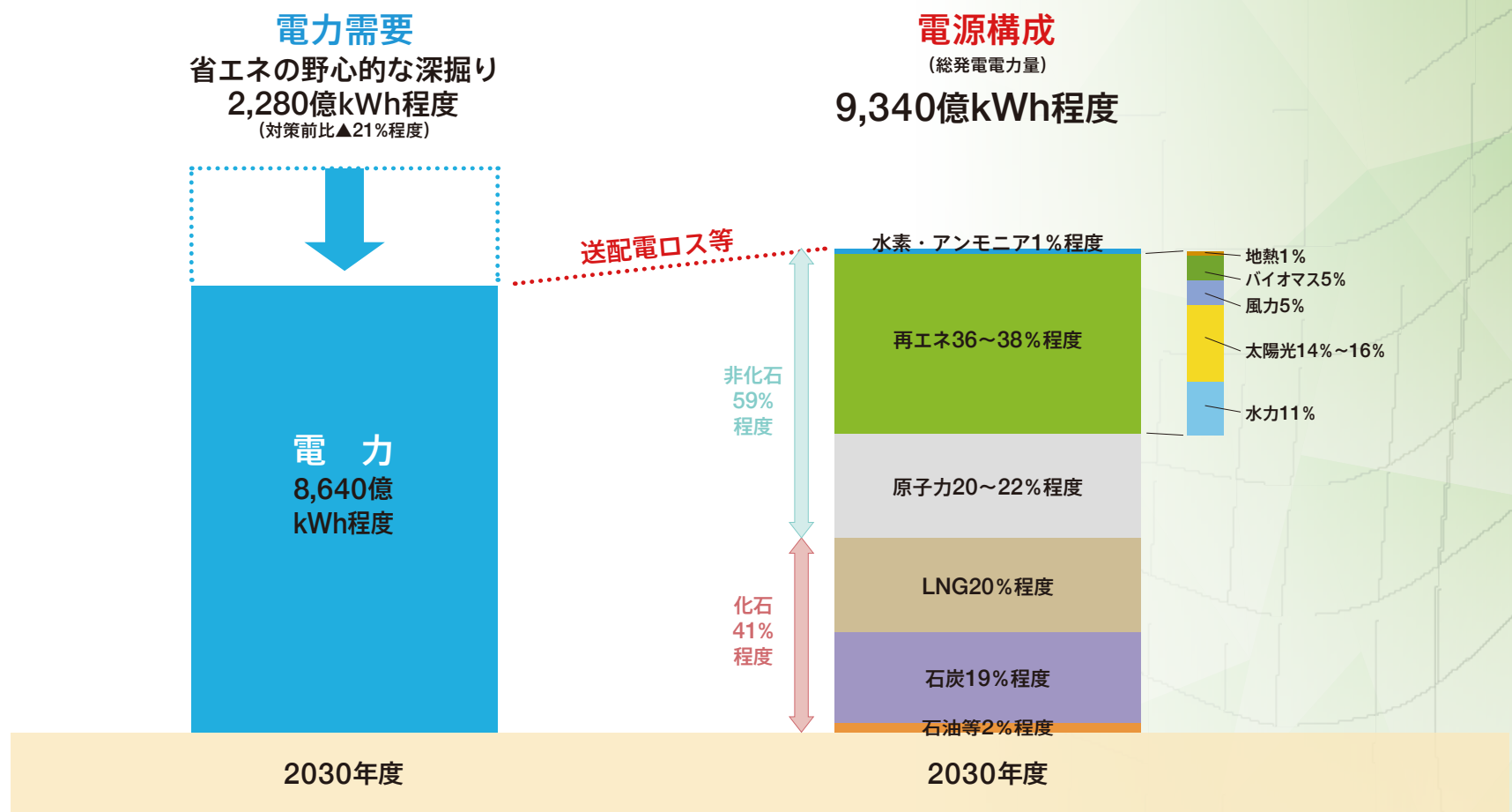
日本は2020年10月に2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言するとともに、2021年4月には、2030年度の新たな温室効果ガス排出削減目標として、2013年度から46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けるとの新たな方針を示しました。これらを踏まえて、2021年10月に、新たな「地球温暖化対策計画」および「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定されました。

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ヵ国)	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 ₂ 排出量で▲65%(2005年比) (2030年までにCO ₂ 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) ^{※1} 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://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/ALL.aspx>
日本貿易振興機構ホームページ: <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/11/98b45e6053cee3ef.html> をもとに作成
(2021年12月時点)

日本の2030年のエネルギーミックス



「長期エネルギー需給見通し」(経済産業省 2021年10月策定) をもとに作成

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。

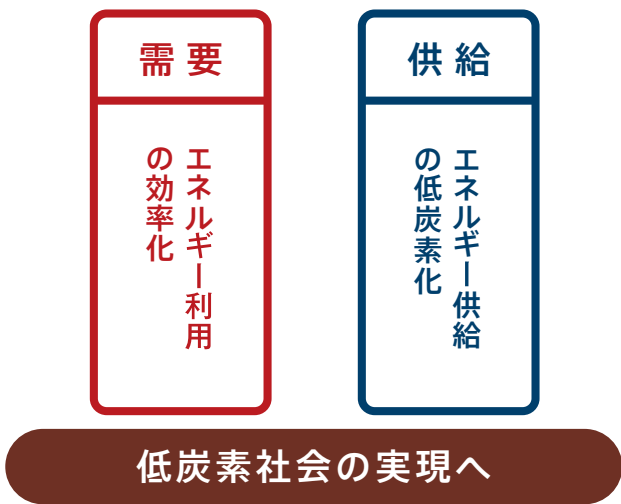
最適なエネルギーミックスの追求

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」の観点を基本としています。

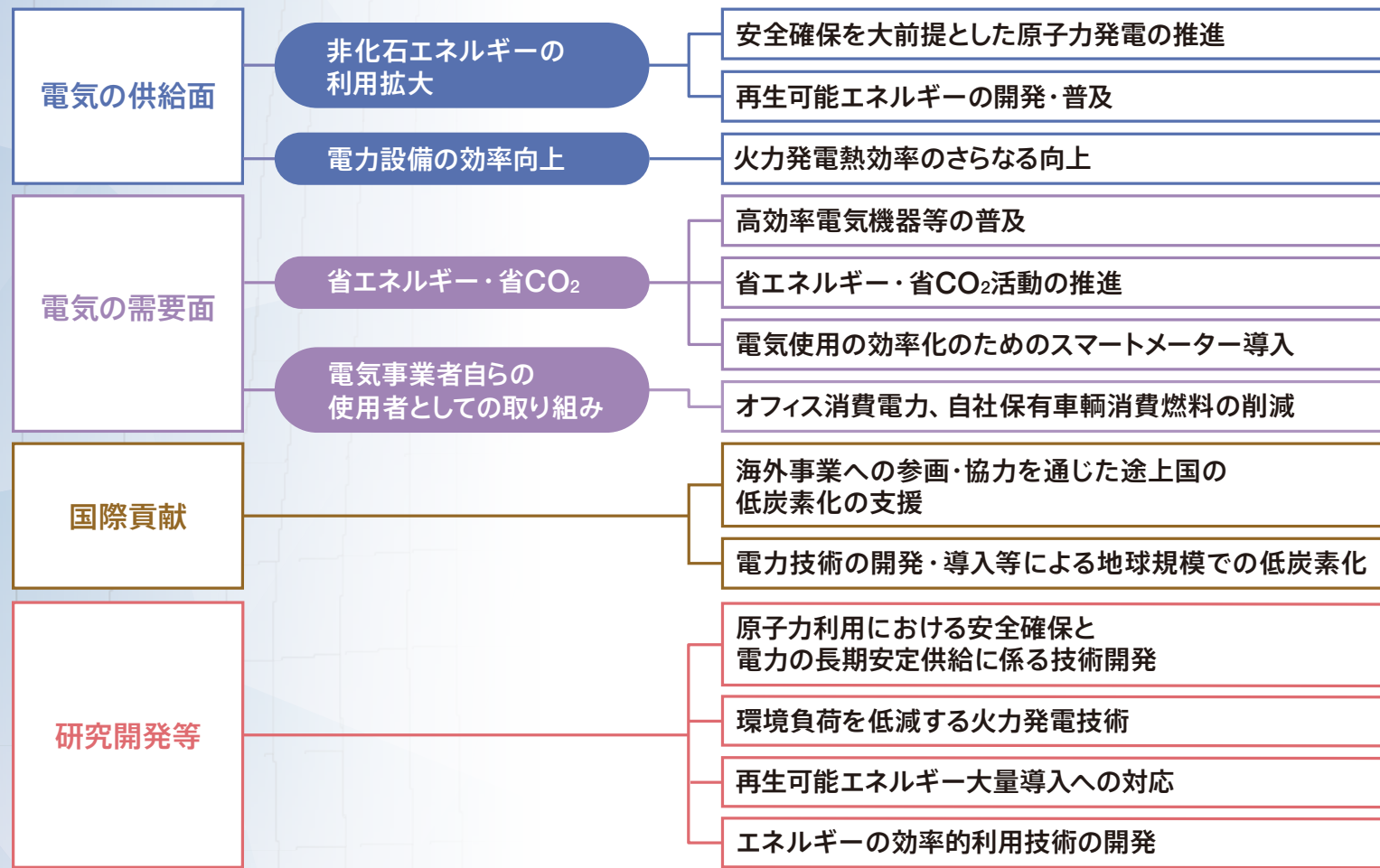


需給両面での取り組み

「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



CO₂削減目標と2020年度実績

★「電気事業低炭素社会協議会」のCO₂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[※])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-CO₂の排出削減を見込む。

【2030年目標】

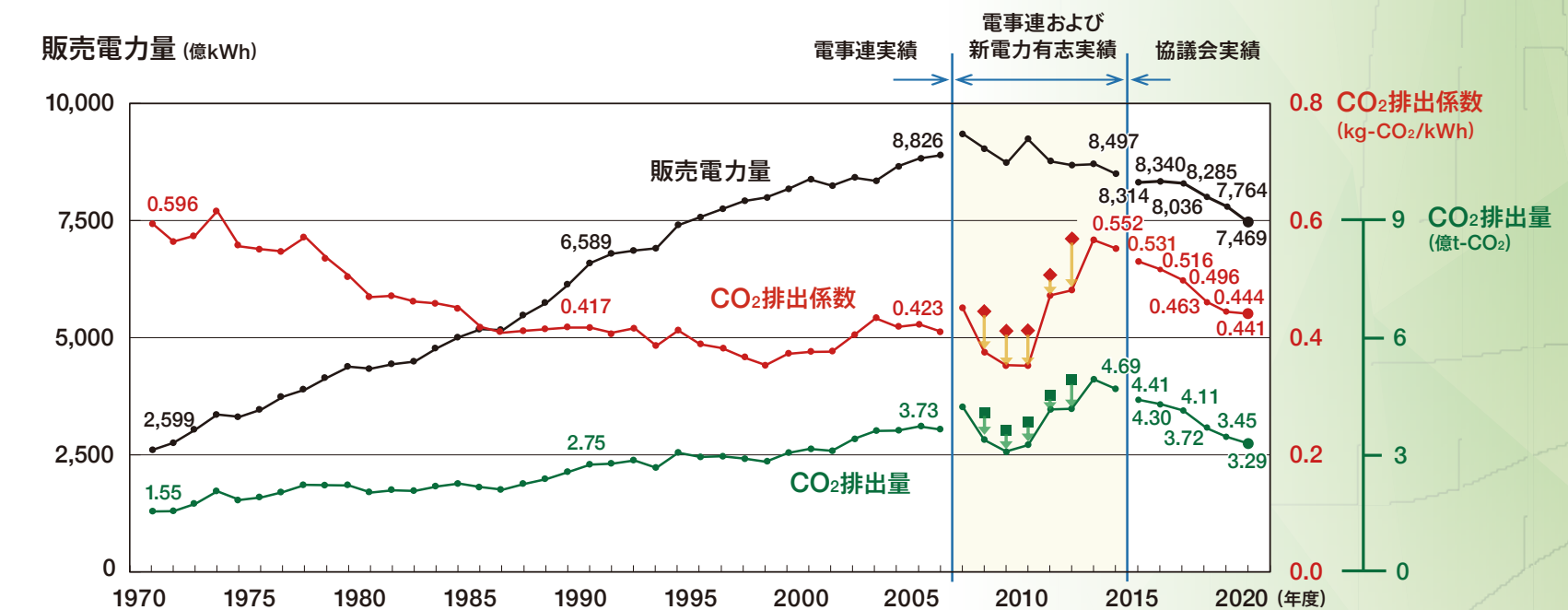
政府が示す2030年度の長期エネルギー需給見通しに基づき、2030年度に国全体の排出係数 0.37kg-CO₂/kWh程度(使用端)を目指す。

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[※])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-CO₂の排出削減を見込む。

※ Best Available Technology

★販売電力量、CO₂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、CO₂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CO₂排出量、排出係数が減少しました。

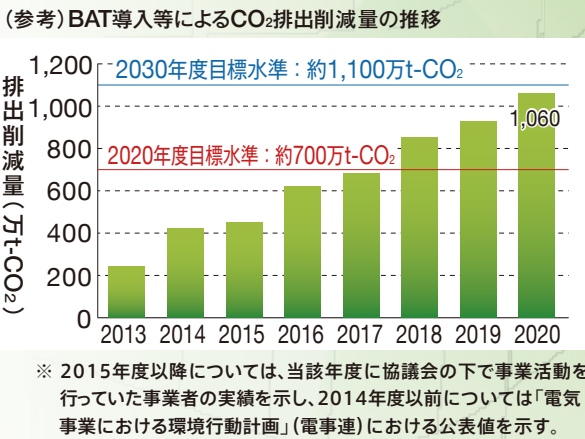


※ 2015年度以降は協議会会員事業者のうち、当該年度に協議会の下で事業活動を行っていた事業者の実績を示す。
2006年度以前は電事連の実績、2007～2014年度は電事連および新電力有志の実績合計を参考として示す。
※ CO₂排出量および排出係数について、2008～2020年度実績は調整後の値を示し、2008～2012年度のマーカー(◆および■)は基礎排出の値を示す。

★BATの導入等によるCO₂排出削減量の推移

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

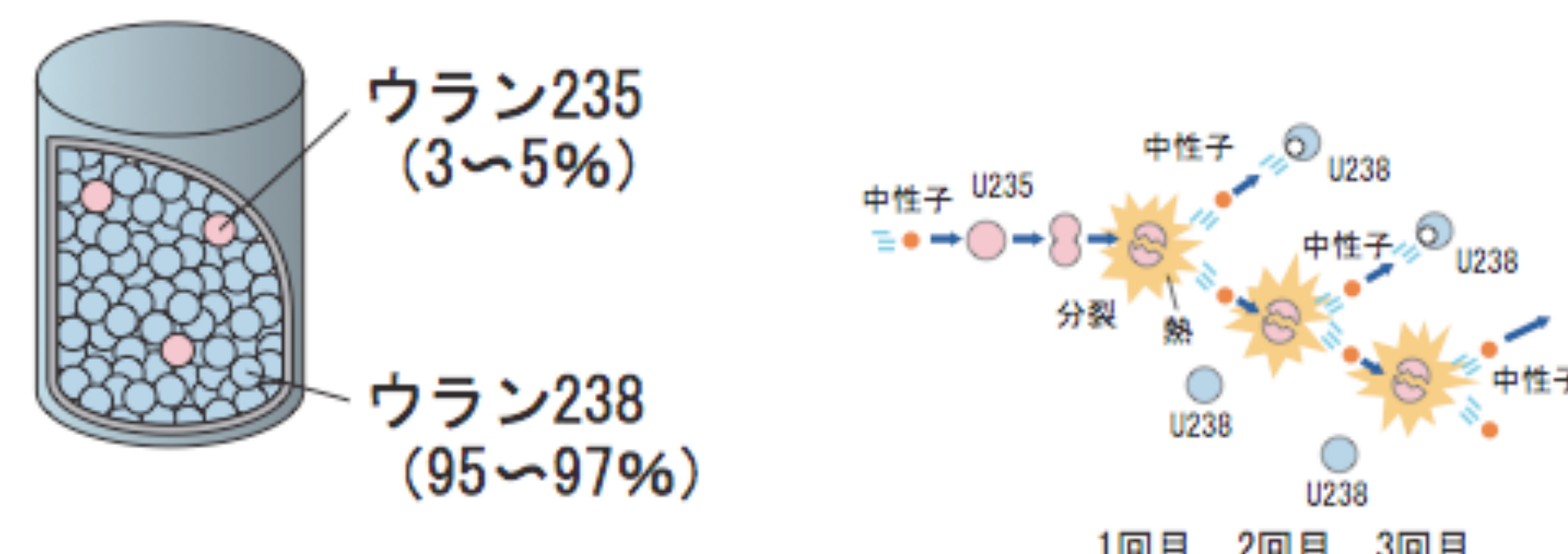
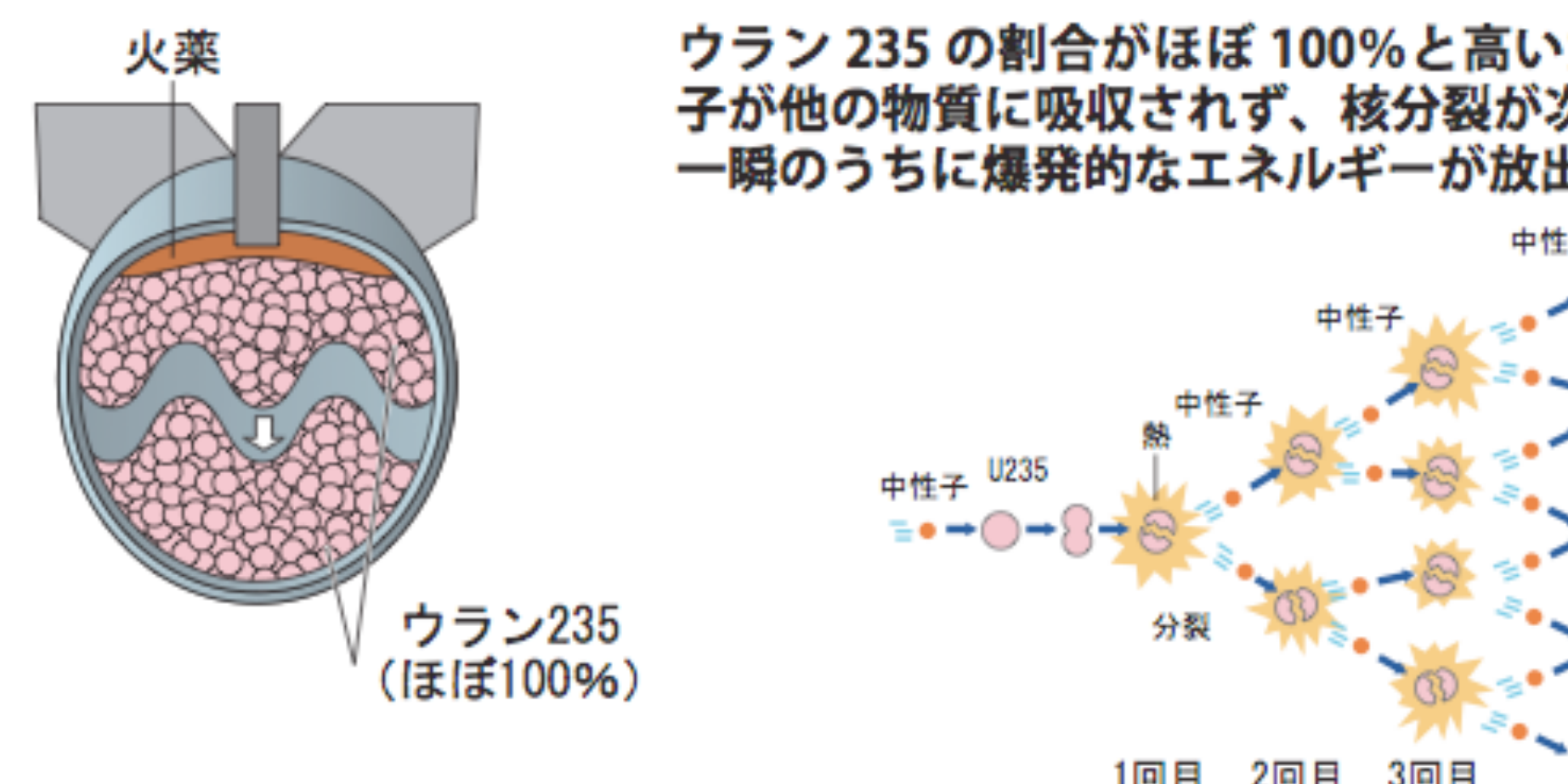
※1 2013年度以降に運転を開始した高効率火力が、仮に従来型の効率で稼働していた場合との比較により算出。
※2 2013年度以降の効率向上施策を実施しなかった場合との比較により算出。
※3 年度内に同一の発電設備に複数回の熱効率向上策を実施した場合は、それぞれを合計して算出。



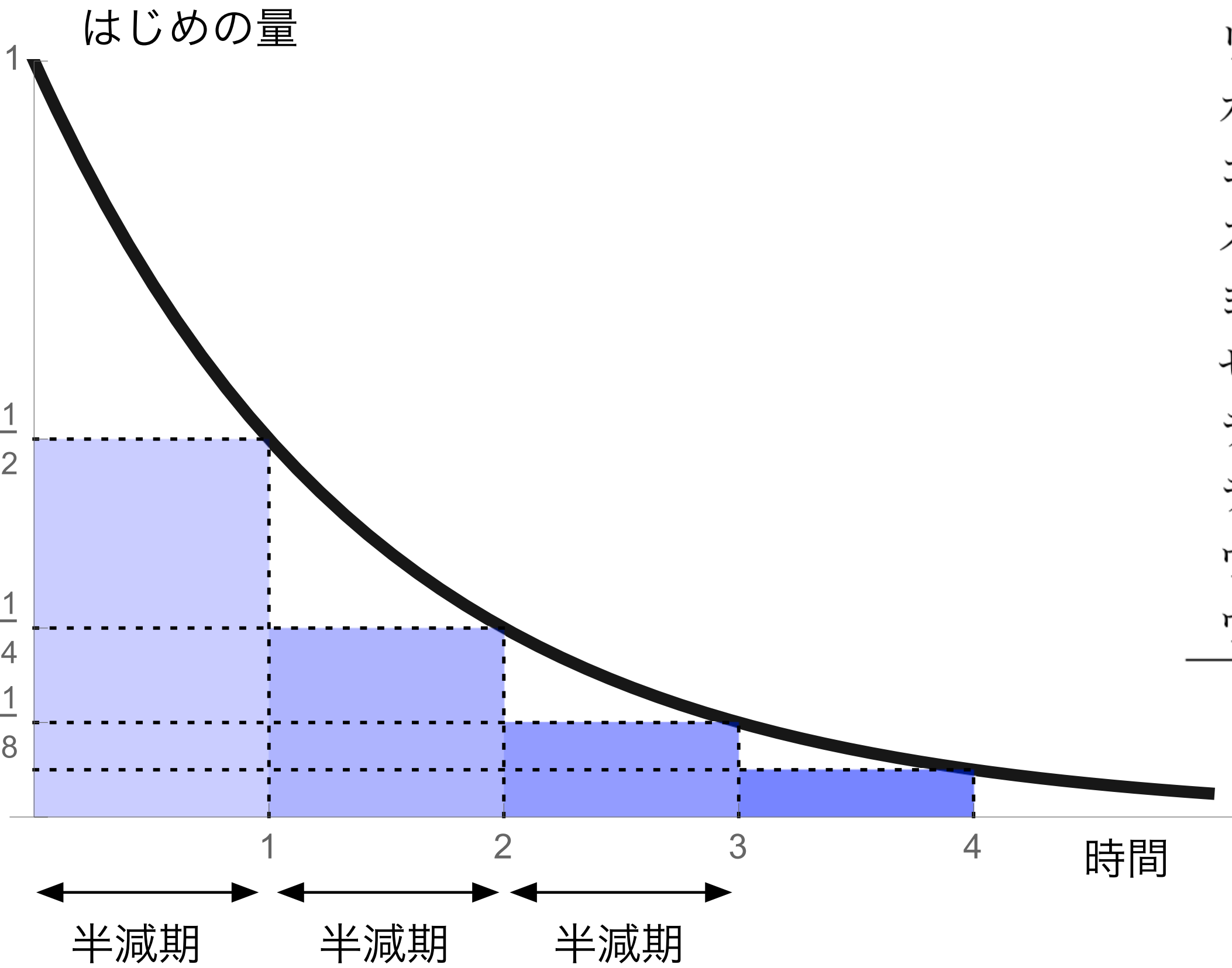
★地球温暖化対策に係る長期ビジョンの見直し

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す。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	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。  ウラン235 (3~5%) ウラン238 (95~97%) 1回目 2回目 3回目	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。
原子爆弾の場合	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。  火薬 ウラン235 (ほぼ100%) 1回目 2回目 3回目	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。

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	β	10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	β	5.73×10^3 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	β	14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	β	1.28×10^9 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	β	5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	β	28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	β	8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$	人工に合成	β	30.07 年
ラドン	$^{222}_{86}\text{Rn}$	自然に存在	α	3.82 日
ラジウム	$^{226}_{88}\text{Ra}$	自然に存在	α	1.60×10^3 年
ウラン	$^{235}_{92}\text{U}$	自然に存在	α	7.04×10^8 年 7億年
ウラン	$^{238}_{92}\text{U}$	自然に存在	α	4.47×10^9 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(11日午後4時)(C)



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の極めて強い地震が起き、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徳島県までの沿岸部に大津波警報を発令。仙台新港で推定高さ10メートルの津波を観測したほか、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もようだ。(マグニチュード)震度は3面 きょうのこぼし 参照

震度7 仙台で津波10メートル

死者・不明、首都も被害

東北地方の被災地では、家屋や乗用車が多数流されて水没したほか、道路も多数箇所が損壊。土砂崩れや建物の崩落・火災も広範囲で相次ぎ発生している。

警察庁は午後5時現在、在の情報として、岩手、宮城、福島、茨城、栃木、千葉の計6県で今回の地震と津波による死者は20人以上、全国での行方不明者は30人以上、負傷者も多数いると発表。死者は90人以上になると発表された。住居の安全を確認する行政機関の庁舎も多数被害を受けており、被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

警察庁は午後5時現在、在の情報として、岩手、宮城、福島、茨城、栃木、千葉の計6県で今回の地震と津波による死者は20人以上、全国での行方不明者は30人以上、負傷者も多数いると発表。死者は90人以上になると発表された。住居の安全を確認する行政機関の庁舎も多数被害を受けており、被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

激震、想定超す規模
高波・火災…列島襲う
典型的なプレート型
円・株急落、経済に重荷

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11日夜、放射能物質による施設の外への影響は確認されていないと指摘しながら、一層住宅困難が大量に発生した。警察庁や東京消防庁に行動を起こす必要はないと語った。

11日午後1時に起きた東北大地震は、首都圏でも交通がマヒするなど深刻な影響が出た。東京市内では、火災が発生したほか、建物の崩壊など、東部管内で午後7時現在、3人が死亡、重傷者14人、軽傷者39人にのぼると報じられている。



被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。被災地では、JRや地下鉄などの運休が相次いでいる。

配達遅れおわびします 「プラス1」後日配達

東北大地震の被害が全国に広がっているため特別に、読者の皆様に迷惑をおかけすることを深くお詫言申し上げます。本日より朝刊を特別紙面として「週間」有料会の方以外も東北地震関連の詳しい記事をご覧いただけます。

電子版で最新ニュース

東北地震のニュースを幅広く報道するため電子版では災害状況などの記事に関して無料とします。映像を含む最新ニュースは電子版を閲覧ください。有料会の方以外も東北地震関連の詳しい記事をご覧いただけます。

日経平均株価	1万254円43銭 (-179円95銭)
NYダウ	1万1984.61ドル (-228.48ドル)
円相場	対ドル 82円78銭~81銭 (2銭安)
対ユーロ	114円32銭~36銭 (14銭高)
長期金利	1.270% (-0.025%)
ドバイ原油	109.85~109.95ドル (-1.35ドル)

春秋

繰り返して襲う余震に身構えながら、この原を書いている。2011年3月11日。地震日本にまた震災が起きた。東北地方にまた震災が起きた。東北地方にまた震災が起きた。

日経電子版
http://www.nikkei.com/
お問い合わせ (7:00~21:00)
0120-24-2146

2011年の世界の地震

World earthquakes 2011

発生地点・規模・時刻分布図

Visualization map

2011年1月1日00:00 ~ 2012年1月1日00:00

2011-01-01 00:00 / 2012-01-01 00:00 JST

3県沿岸 壊滅状態



東日本巨大地震 死者・不明1100人超す

津波被害、救援始まる

避難21万人

東日本巨大地震は発生から約24時間、甚大な被害が明らかになってきて、巨大津波による沿岸部の壊滅的な被害が明らかになってきた。死者・不明者数は1100人を超え、避難者は21万人に達している。被災地では、救援活動が本格化し始まっている。

被害状況(12日午前11時30分現在)

死者	413人
死 者 行方不明者	784人
負 傷 者	1128人
損壊家屋	2759戸
半壊・半焼以上	2444戸
一部損壊	

(注)警察庁まとめ。未確認情報を含む

長野で震度6強 負傷10人

12日午前3時59分、長野県で震度6強の地震が発生した。震源地は長野県上田市付近で、震源の深さは約10キロメートルと推定されている。地震発生後、長野県内各地で揺れが観測された。長野県上田市では、建物に被害が生じ、10人が負傷したと報告されている。また、長野県内各地で、津波の被害も報告されている。

東電、計画停電を要請

東京電力は、福島第1原子力発電所での事故による電力供給の不安定化を理由に、関東地方の一部地域で計画停電を要請している。また、福島第2原子力発電所でも、電力供給の不安定化が懸念されている。東電は、事故の収束までには、計画停電が実施される可能性があるとしている。

政府広報 水俣病特法に基づく 給付の申請を 受け付けています。

水俣病被害者に対する給付金の申請を受け付けています。申請は、水俣病被害者支援センターを通じて行うことができます。詳しくは、水俣病被害者支援センターのウェブサイトをご覧ください。

原発の炉心溶融



過熱阻止へ海水注入 福島第1、建屋が爆発

政府「格納容器破損ない」

福島第1原子力発電所で、炉心の溶融が進行していることが確認された。政府は、炉心の過熱を阻止するために、海水を注入している。また、建屋が爆発したと報告されている。政府は、格納容器の破損はないとしているが、炉心の溶融は深刻な問題であるとしている。

避難20キロ圏に拡大 第1原発

福島第1原子力発電所の事故による避難区域が、20キロ圏に拡大された。これは、炉心の溶融が深刻化しているためである。避難区域の拡大により、多くの住民が避難を余儀なくされている。政府は、避難区域の拡大に伴う生活支援に努めている。

住民3人被曝 福島県

福島県内では、住民3人が放射線に被曝したと報告されている。これは、福島第1原子力発電所の事故によるものである。住民の健康被害は、深刻な問題である。政府は、住民の健康被害の調査と治療に努めている。

最悪の原発事故 新幹線で架線が切断 地盤沈み、津波を増幅 電力不安の長期化も

福島第1原子力発電所の事故は、最悪の原発事故である。新幹線の架線が切断され、地盤沈み、津波が増幅された。また、電力不安の長期化も懸念されている。政府は、事故の収束と被災地の復興に努めている。

東日本巨大地震 宮城・南三陸町 9500人連絡取れず

被害の把握難航

東日本巨大地震は、宮城県南三陸町を中心に深刻な被害をもたらした。9500人以上の住民と連絡が取れず、被害の把握が難航している。また、死者・不明者の数は1300人を超えている。被災地では、救援活動が本格化している。



被害状況(13日午前0時現在)

死者	686人
死 者 行方不明者	642人
負 傷 者	1426人
損壊家屋	5259戸
半壊・半焼以上	7622戸
一部損壊	

(注)警察庁まとめ。未確認情報を含む

被災状況(13日午前0時現在)

被災状況は、宮城県南三陸町を中心に深刻な被害をもたらした。9500人以上の住民と連絡が取れず、被害の把握が難航している。また、死者・不明者の数は1300人を超えている。被災地では、救援活動が本格化している。

水と空気で未来を創る

ポンプ 送風機 給水装置 ろ過装置 生ごみ処理システム

TERAL株式会社 www.teral.net

日本経済新聞

夕刊 3月12日(土曜日)

発行所 日本経済新聞社 東京本社 電話 03-3270-0251 印刷所 日本経済新聞社印刷部 印刷 03-3270-0251 代印所 日本経済新聞社印刷部 代印 03-3270-0251 代印所 日本経済新聞社印刷部 代印 03-3270-0251

地震関連ニュース

福島第1の原発 安全策が不発

救援活動に自衛隊が参戦

孤立・疲労・救助待てず 写真特集

配達遅れおわびします

電子版で最新ニュース

東日本巨大地震の被害が深刻化している。被災地では、救援活動が本格化している。また、死者・不明者の数は1300人を超えている。被災地では、救援活動が本格化している。

原発3号機も緊急事態

福島第1、冷却機能失う

圧力弁を開放



福島県の東京電力福島第1原発＝12日午前9時35分

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。

東電は午前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ていると判断される」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

計は正確に計測できない状態になっているが、ポンプの能力どおりに海水が供給されていることから判断したという。「周辺の放射線モニタリングの数値にも変化はない」とも語った。

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分に安全弁を開いて(原子炉内の)圧力が低下し、同9時8分に真水の注入を開始した」と述べた。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。

続く

日本経済新聞

特報

ご購入・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

3号機 建屋爆発の恐れ

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、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機目となった。

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。水素爆発の恐れを大きく上回った。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、ウラン燃料の反応で海水が蒸発するため、今後も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電源車の確保などを進めるといふ。

同1号機は地震後に冷却水が送れなくなり、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、ウラン燃料を覆う被覆管が破損し、燃料が漏れ出す炉心溶融がおき、午後3時半過ぎには原子炉建屋内にたまつた水素が爆発する事故が起きた。

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



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)

目 続く

NIKKEI

日本経済新聞 特報

(3)

4号機の過熱を警戒
使用済み燃料

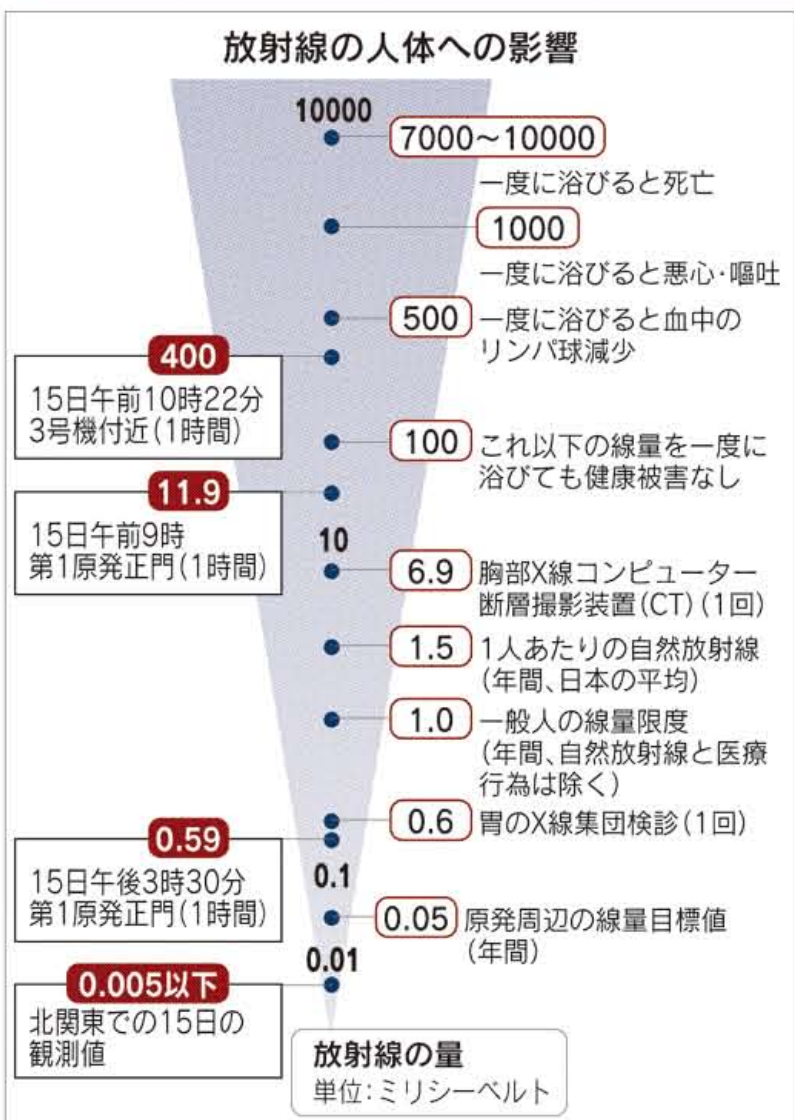
東日本巨大地震で被災した東京電力福島第1原子力発電所は15日も危険な状態が続いた。冷却作業が難航する1〜3号機は核燃料棒の一部がなお露出し、東京電力が懸命の注水作業を継続。定期点検中で使用済み核燃料が格納容器の外にある4号機は建屋での爆発後、火災は収まったが、使用済み核燃料の温度上昇などが懸念されている。測定された施設内の放射線量が低下するなどの材料はあるが、なお事態は予断を許さない。（使用済み核燃料は3面「きょうのことば」参照）

福島第一原発施設内で15日午前、放射線量が400 μ Svに上昇するなど同原発は危険な状態が続いている。東京電力は同日、放射線量の1時間の増加は「おおむね4台機が爆発した時の破片が原因」との見方を示した。

枝野幸男官房長官は15日午後の記者会見で4号機の火災は「外見上鎮火している」と説明した。やや離れた正門付近の1号機あたり放射線量は15日午前9時に11・93 μ Svに上昇したが、午後3時30分には0・5964 μ Svに低下したという。

関東北部や首都圏でも

関東でも「健康に影響なし」
微量放射線



東京電力福島第一原子力発電所での相次ぐ事故に伴い、原子力施設から放射線物質の漏洩や首都圏を含む他地域への拡散が現実の問題になってきた。関東でも次第に数値が上昇しているものの、人の健康には影響のないレベルにとどまる。冷静な対応が必要だ。

福島第一原発の3号炉付近で15日朝、最高で毎時400ベクレルの放射線量が測定された。一般の人が1年に浴びる限度量とされる1ベクレルの約400倍という高い数値だ。

実態踏まえ行動

り「がすぐそばにあるた
め、放射線の強度は距離
の2乗に反比例して弱く
なるが、現場付近では汚
染現場に近づくかないよう
な注意が必要だ。」
程度毎時0・0005ミリ

（T）スキ
の放射
れる。自
平均で年
放射線を
現状で

死者・不明1万人超す

70歳代、90時間ぶり救出

東日本巨大地震



00人の安否が分からない。11日夜から燃え続けていた宮城県多賀城市の

カソリックのシンタノクは15日午後2時半ごろ鎮火した。気象庁によると、被災

東日本地域で食品や日用品などの生活必需品が不足しているのを受け、小売業やメーカーが商品の流通・供給体制の再編を急いでいる。被害の被る部などの店

東日本巨大地震の被害は15日、死者・行方不明者が計1万9331人となった。避難生活が続ける人は約43万9千人に達している。被災地では同日、津波で流された民家などが動けなくなっていた被災者に足を挟まれた男性が救出されたのは、岩手県大槌町で民家のがれきの下にいた70代の女性。宮城県石巻市では、がれきに足を挟まれた男性が救出された。

2220人、宮城県20
11人など6県で755
8人。

人口約1万7千人の宮
城県南三陸町では15日ま
でに、約9700人が町

内54カ所に分散して避難していることが確認されたが、依然として約7000人の安否が分からない。11日夜から燃え続けている宮城県多賀城市の

朝方から売りが優勢だったが、放射線量の異常な上昇などが伝わりと動揺した投資家が保有株の軒並み急落した。東京電力の株価は2日連続で制限幅の下限（ストップ安水準）まで下落し、今

イオン
の物流セ
の店向け
オートー

被害状況

死者	3373人
行方不明者	7558人
負傷者	1990人

(16日午前0時現在)

(注)警察庁まとめ

警察庁によると、16日午前0時現在、死者は宮城県1619人、岩手県1193人、福島県506人など12都道県で3373人。行方不明者は岩手県3318人、福島県

15日の東京株式市場で、率は1987年のブラッ
クマンデー、2008年
のリーマン・ショック後
の10月31日（10・55%）安
に次ぐ過去3番目の大き
な下落となった。原子力発電

所事故が深刻さを増していることを嫌気し、内外の投資家が保有する日本株を売った。

東京証券取引所第1部

に上場する97%の銘柄が値下がりするほど全面安の展開。終値は10年9月以来、約半年ぶりに9000円を割った。

8200円台に下落する場面があった。	0弱の銘柄のうち1000超の銘柄が昨年来安値を更新した。売買株数は57億株を超え、連日で過去最高を更新した。
みずほフィナンシャルグループの下落率が10%を超えるなど、主力株が	

するため
った千葉
らも東北
都圏の店
らの調達

被害状況

(注)警察庁まとめ

警察庁によると、16日午前0時現在、死者は宮城県1619人、岩手県1193人、福島県506人など12都道県で3373人。行方不明者は岩手県3318人、福島県

15日の東京株式市場で、率は1987年のブラッ
クマンデー、2008年
のリーマン・ショック後
の10月31日（10・55%）安
に次ぐ過去3番目の大き
な下落となった。原子力発電

所事故が深刻さを増していることを嫌気し、内外の投資家が保有する日本株を売った。

東京証券取引所第1部

に上場する97%の銘柄が値下がりするほど全面安の展開。終値は10年9月以来、約半年ぶりに9000円を割った。

8200円台に下落する場面があった。	0弱の銘柄のうち1000超の銘柄が昨年来安値を更新した。売買株数は57億株を超え、連日で過去最高を更新した。
みずほフィナンシャルグループの下落率が10%を超えるなど、主力株が	

するため
った千葉
らも東北
都圏の店
らの調達

福島原発 冷却急ぐ



地上放水・ヘリなど検討 施設内に作業難しく 高い放射線量

東電・政府

東電は16日、福島第1原発の3号機で、冷却水不足による炉心過熱の危険性を指摘し、緊急対応を要するとしている。16日午前には、3号機で、冷却水不足による炉心過熱の危険性を指摘し、緊急対応を要するとしている。16日午前には、3号機で、冷却水不足による炉心過熱の危険性を指摘し、緊急対応を要するとしている。

3号機も破損の公算

東電は16日、福島第1原発の3号機で、冷却水不足による炉心過熱の危険性を指摘し、緊急対応を要するとしている。16日午前には、3号機で、冷却水不足による炉心過熱の危険性を指摘し、緊急対応を要するとしている。

死者・不明1万1500人超

被災地、冬の寒さに

日経平均一時500円超上げ

原発にらみ伸び悩む

円上昇81円前後

日本経済新聞

3月17日 木曜日

発行所 日本経済新聞社
東京本社 電話 03-5270-0251
大阪本社 電話 06-6943-7111
名古屋本社 電話 052-443-3300
福岡本社 電話 092-473-3300
札幌支社 電話 011-221-4346
仙台支社 電話 022-21-4346
東京支社 電話 03-5270-0251

建機レンタルの

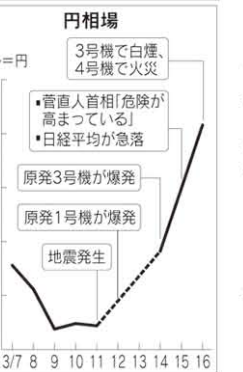
Canimoto

http://www.canimoto.co.jp

円急騰、79円台

16NY市場 地震・原発で不透明感

16日のニューヨーク外国為替市場で円相場は一時1ドル79円台に急騰した。1999年4月以来、約16年ぶりの高値を付けた。東日本大震災や福島第1原発の事故で日本経済の先行き不透明感が強まる中、円は急騰した。米ドルは下落した。米ドルは下落した。米ドルは下落した。



電力確保へ緊急対策

政府 火力増強1ヵ月以内に

政府は東日本大震災の影響で、電力供給が逼迫する事態に備え、緊急対策を講ずる。1ヵ月以内に、火力発電を増強し、電力供給を確保する。1ヵ月以内に、火力発電を増強し、電力供給を確保する。

5兆円補正 月内編成を

日経センター復興対策で提言

日本経済研究センターは16日、東日本大震災の復興対策として、5兆円の補正予算を月内に編成することを提言した。日本経済研究センターは16日、東日本大震災の復興対策として、5兆円の補正予算を月内に編成することを提言した。

苦難の日々分かち合う

天皇陛下、ビデオでお言葉



天皇陛下のお言葉全文

天皇陛下は16日、東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

天皇陛下は16日、東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

天皇陛下は16日、東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

天皇陛下は16日、東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

人と地球と未来にやさしいものづくり
シーアイ化成株式会社
http://www.cik.co.jp

人と地球と未来にやさしいものづくり
シーアイ化成株式会社
http://www.cik.co.jp

日本経済新聞

夕刊 3月16日 (水曜)

発行所 日本経済新聞社
東京本社 電話 03-5270-0251
大阪本社 電話 06-6943-7111
名古屋本社 電話 052-443-3300
福岡本社 電話 092-473-3300
札幌支社 電話 011-221-4346
仙台支社 電話 022-21-4346
東京支社 電話 03-5270-0251

日本精線

http://www.nissei.co.jp

東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

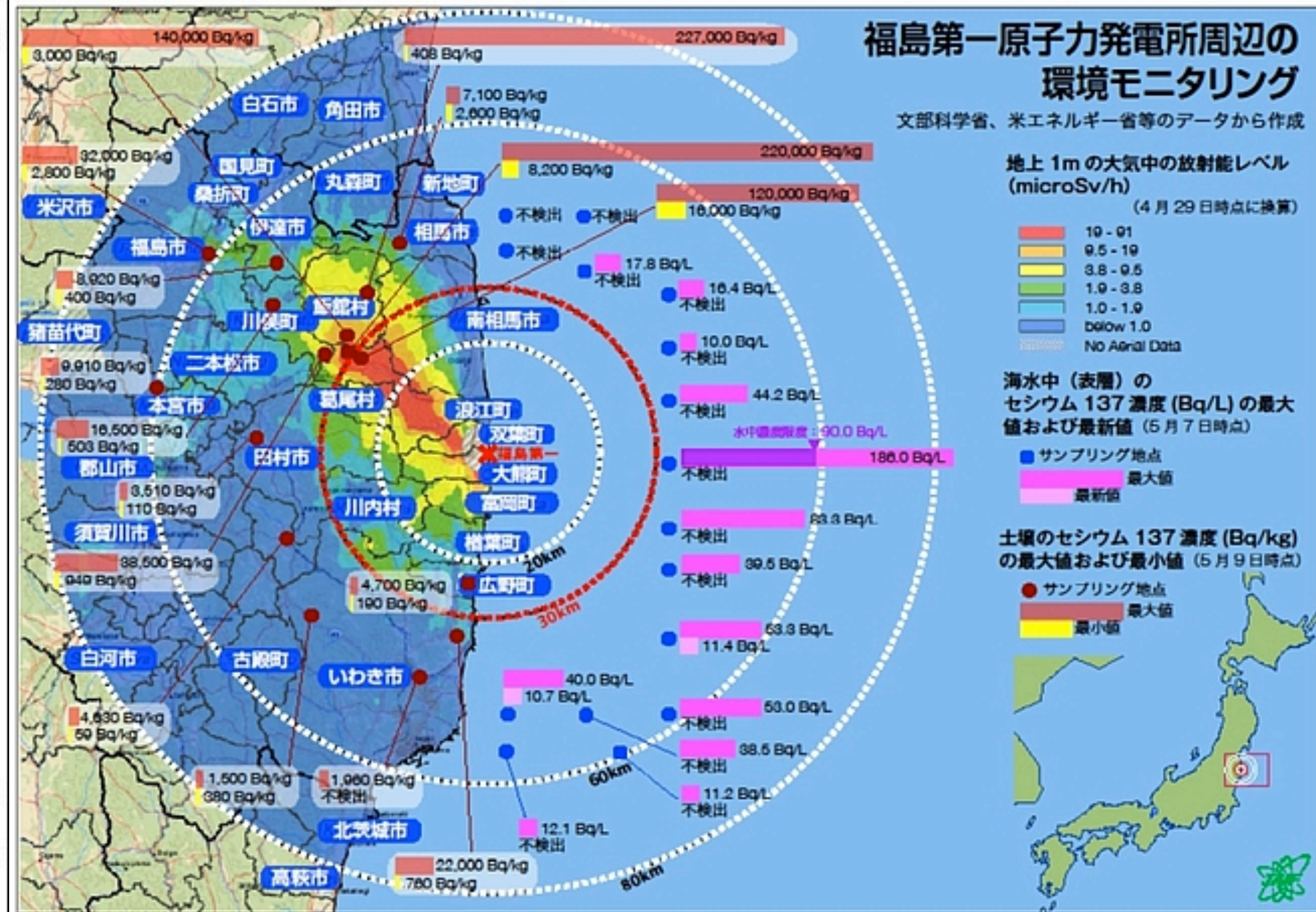
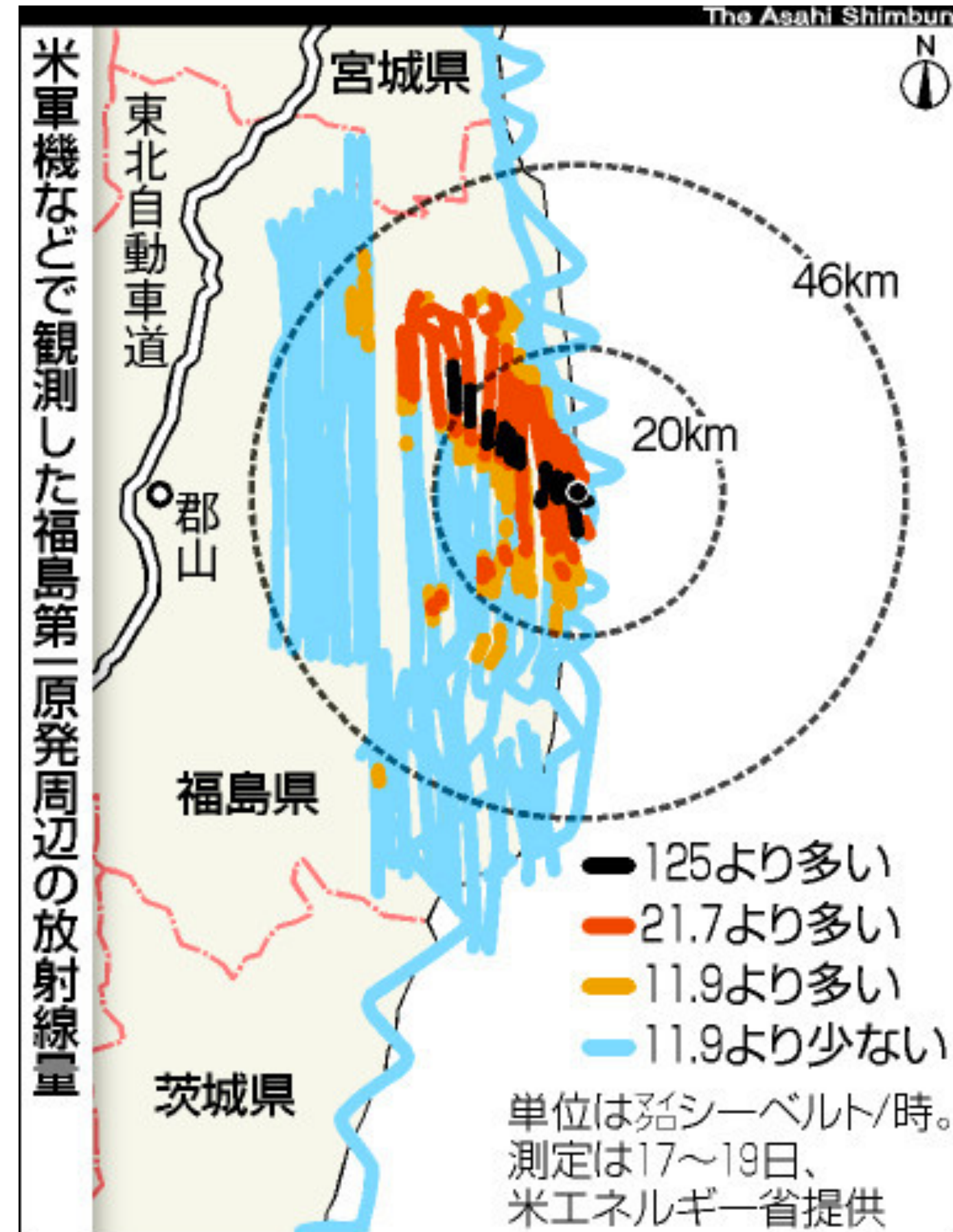
東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。

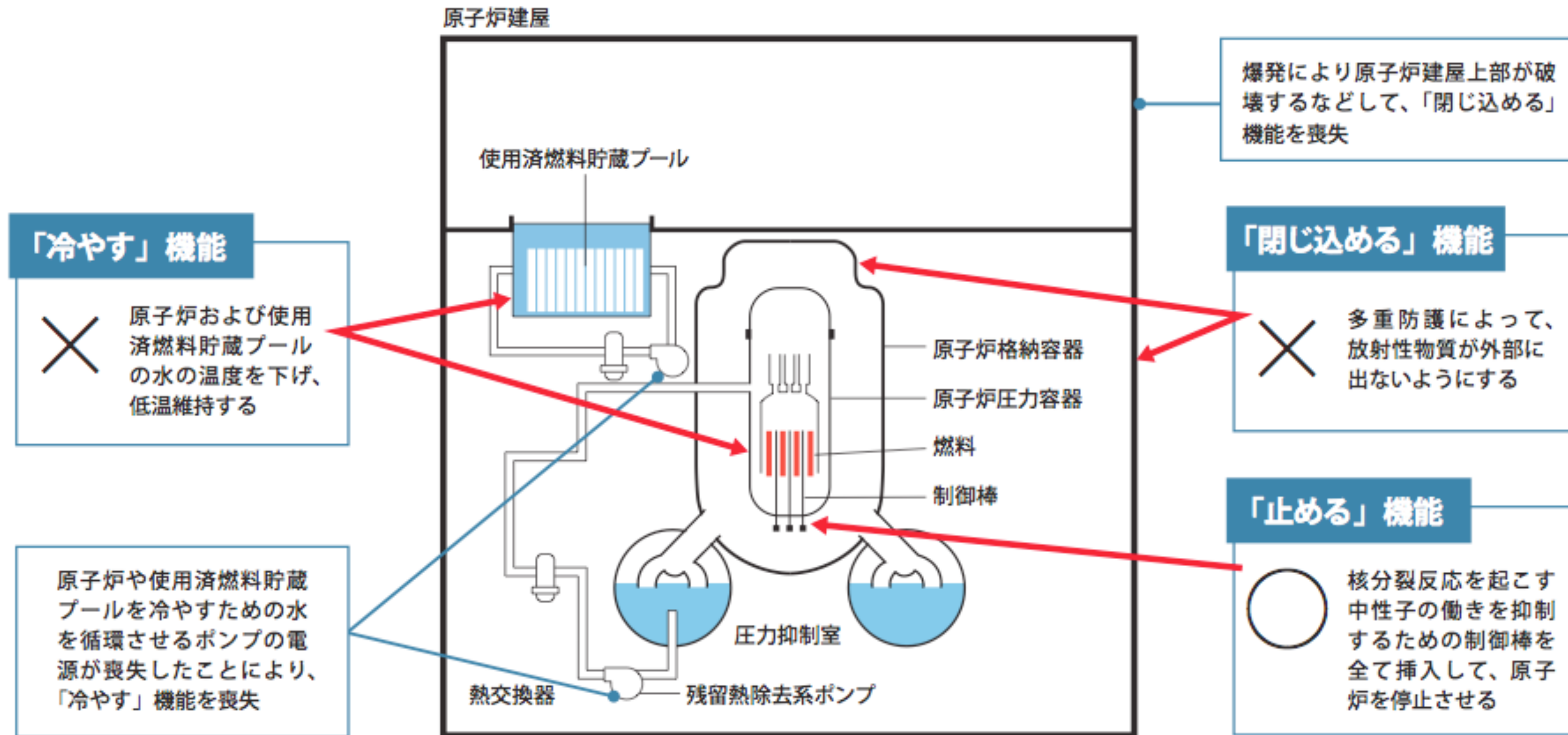
東日本大震災の被災者に対して、ビデオでお言葉を述べた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。陛下は、被災者の苦難を分かち合い、復興を支援するよう呼びかけた。



震災 1 週間後の上空での放射線量(単位は μSv)
[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



原子力関連の話はとても興味のあるものなので、楽しみにしています。

チェルノブイリ、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。救い方を間違えれば危険というのにはふくめる話ですが、どうしても怖いものという印象が強いものでもあります。

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。

今、原子力発電が問題になってますかい？

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。

■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) プル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。

原発政策の転換

熟議なき「復権」認められぬ

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。広く社会の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。

問題設定の仕方にも、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かみ合わない。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。原発推進に熱をあけるが、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。

数々の疑問置き去り

新方針の内容そのものにも、多くの疑問がある。

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、日本には激甚な自然災害が多いことに加え、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。

これらの問いに、新方針は答えていない。不安に乗じて推進の利点ばかり強調し、見切り発車する構図は、一般の安保政策転換ととり二つである。

この4カ月を振り返れば、結論と日程ありきのこり押しだったと言っしかなない。

事故の教訓を土台に

経産省の審議会では、目的のはずの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すら、精査されなかった。多く時間を費やしたのは、推進を前提にした運転延長や新型炉建設のやり方についてだ。

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

社会の広い理解が不可欠だ。さまざまな意見に耳を傾けて方策を練る手順を軽んじれば、事故で失った信頼は戻らない。政府は今後、国民から意見を募り、対話型の説明会も検討するといふ。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て原発の活用は必須なのかなど、おおもとの位置づけからの多角的な熟議が必要だ。

国会の役割もきわめて大きい。各政党が、主体的に議論を起してほしい。

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、将来への責任を果たす道を真剣に考えるべきときである。

再生エネ世界の大勢

政策転換 待ったなし

岸田政権が原発の建設や運転期間の延長をめざす方針を打ち出した。「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・都留文科大学教授



原発事故後、安全対策費は急

岸田政権はエネルギー危機で電力が足りず、電気料金上がり、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。目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エネの比率を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

遠藤典子・慶応大特任教授



メーカーの強み

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に原子力政策に触れなかったが、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しは見えない。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は必要だ。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った。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

メーカーの強み

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）

時刻 時刻

被災地も原発回帰

半島に立つ女川 災害で孤立懸念

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、いずれも初の再稼働となる。

東北電力は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。東北電力は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請。規制委員は20年に「適合」と判断し、村井嘉浩知事が再稼働への「同意」を表明した。20年には「適合」と判断し、村井嘉浩知事が再稼働への「同意」を表明した。

東日本大震災から13年7カ月、津波や地震で損傷した「被災原発」が29日、再稼働した。地震や避難計画への懸念が示される中、脱炭素を掲げる政府は原発回帰の動きを加速している。

「東日本大震災の規模の地震あるいは津波が来ても、（東京電力）福島（第二）原発のような事故は起こさないうと確信を持った」。

東北電力女川原発2号機は、2011年3月11日の、宮城県の村井嘉浩知事は定例会見で語った。現地を訪れ、電音対策でロープで固定された敷地内の車を点検し、敷地内を歩いた点検後、「本気でいいな」と思ったと持っていた。

知事らが再稼働への同意を表明した。2011年3月11日の、宮城県の村井嘉浩知事は定例会見で語った。現地を訪れ、電音対策でロープで固定された敷地内の車を点検し、敷地内を歩いた点検後、「本気でいいな」と思ったと持っていた。

東日本大震災では…

- 3路線で全面通行止めが15カ所
- 車が通れるようになったのは
- 国道220号 5日後
- 国道2号 11日後
- 国道41号 27日後
- 完全復旧には数カ月から数年も

さらに…

- 国道220号は震度6以上で通行止め
- 海沿いでは津波浸水想定エリアも

主な津波浸水想定エリア

東日本大震災では…

- 3路線で全面通行止めが15カ所
- 車が通れるようになったのは
- 国道220号 5日後
- 国道2号 11日後
- 国道41号 27日後
- 完全復旧には数カ月から数年も

さらに…

- 国道220号は震度6以上で通行止め
- 海沿いでは津波浸水想定エリアも

全国原発の状況

加圧水型炉（PWR） 沸騰水型炉（BWR）

稼働済み 許可 申請済み 未申請

福島第一原発事故後、2011年3月11日現在

いから 再稼働している原発 全国状況は？

わか。 再稼働している原発 全国状況は？

西日本で6原発12基。女川は福島第一と同じ型の炉

西日本で6原発12基。女川は福島第一と同じ型の炉

課題山積 推進でよいのか

課題山積 推進でよいのか

脱炭素へ 柏崎刈羽再稼働を視野

脱炭素へ 柏崎刈羽再稼働を視野

再稼働した女川原発2号機（手前左の建物）29日、宮城県女川町、本社へから、小林正明撮影

再稼働した女川原発2号機（手前左の建物）29日、宮城県女川町、本社へから、小林正明撮影

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、いずれも初の再稼働となる。

東北電力は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。東北電力は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請。規制委員は20年に「適合」と判断し、村井嘉浩知事が再稼働への「同意」を表明した。20年には「適合」と判断し、村井嘉浩知事が再稼働への「同意」を表明した。

東日本大震災から13年7カ月、津波や地震で損傷した「被災原発」が29日、再稼働した。地震や避難計画への懸念が示される中、脱炭素を掲げる政府は原発回帰の動きを加速している。

「東日本大震災の規模の地震あるいは津波が来ても、（東京電力）福島（第二）原発のような事故は起こさないうと確信を持った」。

東北電力女川原発2号機は、2011年3月11日の、宮城県の村井嘉浩知事は定例会見で語った。現地を訪れ、電音対策でロープで固定された敷地内の車を点検し、敷地内を歩いた点検後、「本気でいいな」と思ったと持っていた。

知事らが再稼働への同意を表明した。2011年3月11日の、宮城県の村井嘉浩知事は定例会見で語った。現地を訪れ、電音対策でロープで固定された敷地内の車を点検し、敷地内を歩いた点検後、「本気でいいな」と思ったと持っていた。

東日本大震災では…

- 3路線で全面通行止めが15カ所
- 車が通れるようになったのは
- 国道220号 5日後
- 国道2号 11日後
- 国道41号 27日後
- 完全復旧には数カ月から数年も

さらに…

- 国道220号は震度6以上で通行止め
- 海沿いでは津波浸水想定エリアも

主な津波浸水想定エリア

東日本大震災では…

- 3路線で全面通行止めが15カ所
- 車が通れるようになったのは
- 国道220号 5日後
- 国道2号 11日後
- 国道41号 27日後
- 完全復旧には数カ月から数年も

さらに…

- 国道220号は震度6以上で通行止め
- 海沿いでは津波浸水想定エリアも

全国原発の状況

加圧水型炉（PWR） 沸騰水型炉（BWR）

稼働済み 許可 申請済み 未申請

福島第一原発事故後、2011年3月11日現在

いから 再稼働している原発 全国状況は？

わか。 再稼働している原発 全国状況は？

西日本で6原発12基。女川は福島第一と同じ型の炉

西日本で6原発12基。女川は福島第一と同じ型の炉

課題山積 推進でよいのか

課題山積 推進でよいのか

脱炭素へ 柏崎刈羽再稼働を視野

脱炭素へ 柏崎刈羽再稼働を視野

再稼働した女川原発2号機（手前左の建物）29日、宮城県女川町、本社へから、小林正明撮影

再稼働した女川原発2号機（手前左の建物）29日、宮城県女川町、本社へから、小林正明撮影

福島第一原発 溶け落ちた核燃料問題

33 社会·综合 14版

聞 新 報 日 月 享

2024年(令和6年)11月8日(金)

第3種郵便物認可

期 日 新 聞

1892年3月11日第3期

デブリ初の取り出し

成分分析し廃炉工程検討

東京電力は7日、福島第一原発2号機の溶け落ちた核燃料（燃料デブリ）の試験的な取り出しを完了したと発表した。燃料デブリを取り出したのは、2011年の原発事故後初めて。成分や構造を分析し、今後の取り出しや保管方法の検討に生かすという。▼7面〓廃炉費膨張、14面〓社説、

33面＝果てしない道のり

福島第一原発は、東日本大震災による津波で電源を失い、原子炉を冷やせなくなった。1～3号機は、核燃料やまわりを覆う金属が溶け落ちた。これが冷えて固まった燃料デブリが推計約880トある。非常に強い放射線を出し、人が近づけず、詳しい成分や硬さはわかっていない。

さは5t以下、重さは3t以下とみられる。この日は、原子炉格納容器的の外側に設けた「隔離箱から燃料デブリが入った容器を出し、パケツ型の容器に収めた。その後、重さや放射線量を測るために原子炉建屋内の専用設備に移したという。

取り出しは、廃炉の最終工程とされる。政

東電によると、今回採取した燃料デブリの大きさ
府や東電は2051年までの廃炉完了を掲げる

が、課題は山積みだ。当初、試験的な取り出しは21年に始める方針だった。しかし、ロボットアームの開発が難航するなどして、3回延期。過去の調査で実績のある「釣りさお式装置」を使うことになった。8月22日、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)

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd



福島第一

廃炉へ ひとつまみの一歩

最難関デブリ遠隔取り出し

3基の原子炉がメルトルダウン（炉心溶融）を起こした原発事故から約13年8カ月。東京電力福島第一原発の廃炉作業で最難関と言われる溶け落ちた核燃料（燃料デブリ）の取り出しは、2号機でようやく一歩目を踏み出した。しかし、廃炉への道のりは果てしなく遠い。（福地慶太郎）

▼1面参照

「下請け任せ」露呈

「放射性物質を外に出さないように安全を確保しながら、遠隔操作で作業ができる。そのひとつの証明になる」。東電福島第一炉推進力カンパニーの小野明代表は、今回の試験的な取り出し作業の意義をこう強調する。

今後、日本原子力研究開発機構は、燃料デブリは、採取した燃料デブリは、水をつめられない人、水をつめられない人は近づけず、燃料デブリの取り出しは遠隔操作でできる装置での作業が本だ。加えて、放射性物質を拡散させない対策不可欠となる。

ただ、今回の試験的な取り出し作業では東電の「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

できなくなった。東電は、高圧量の環境でカメラの電源を切った間に電気がたまったことが原因と推定。事前にカメラメモリーカードからこうしたリスクの情報はなかったとして、対応に問題はなかった。

放射線照射装置の核分裂炉内、取り出し装置を収容する「隔離箱」を設置。放射性物質が周囲に漏れるのを防ぎながら、装置を速隔で操作し、格納容器の底にある燃料デブリの保管で、燃料デブリの保管取り出し方法の検討に

9月の作業着手後も、装置のカメラ映像が確認されなかったと説明する。政府関係者は一連のトラブルを振り返り、こう言う。「結局、東電はいつも下請け任せ。東電がもっと関わりを強めないといけない」

残る880トン 先行き不透明

1979年に事故を起こした米スリーマイル島(TMI)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。

一方、福島第一原発1号機は損傷が激し、政府と東電は、今回試験的な取り出しを「最初の一步」と位置づけ、今後に弾みをつけたうえで、だが、この先も「もう簡単ではない」。

福島第一原発1～3号機にある燃料デブリは、推計880トとされる東電は、①2号機で試

的な取り出しに使う予定だったロボットアームは動作精度に課題があり、いまも試験が続く。東電は今年度中にロボットアームも使い始める方針だが、先行きは不透明だ。その次の取り出し量を段階的に増やす方法を検討中で、決まっていな

されるが、世界でも例がなく、放射性廃棄物が増える課題がある。

NDFの小委の提言を受け、東電は設計を検討中だ。ただ、既存の設備を解体したり、新たに大規模な設備を造ったりする必要があり、準備には時間がかかるとみられ

364トン

30年代初めの本格的な取り出し開始をめざす

17年7月調査
—国際海洋研究開発機構提供

的 な 取 り 出 し を し た 後
2020年代後半に別
手法で段階的に取り出
量を増やす②30年代初
に3号機でさらに大規
模な取り出しを開始③そ
の後、1号機に展開する
——という青写真を世に

大規模な取り出しをめざす3号機については、廃炉の進め方を助言する政府出資の「原子力損害賠償・廃炉等支援機構」(NDF)の小委員会が今年3月、二つの方法を提案した。充填材で燃料

る。東電が目標とする30年代初めの開始が、さらに遅れる可能性もある。大量の燃料デブリが取り出せたとしても、どこでどう処分するかが大きな課題だ。

福島県は、燃料デブリを含めた福島第一原発の

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

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

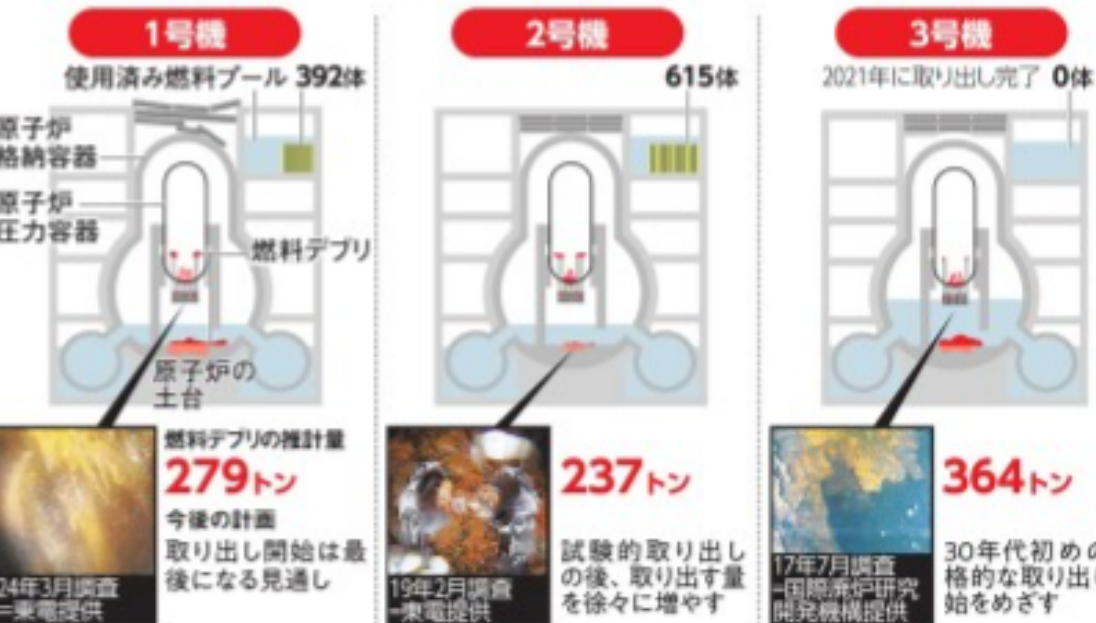
19年2月調査
一東電提供

表示食品で含有量不足

は7日、機能性表示食品の買い
2023年度」の結果を公表した。
2商品の機能性関与成分の量
に届け出た資料に記載されて
より少なかったという。消費者
に届けた2業者はこれらの商品の
2。2業者の名前や商品名は
ない。
(大阪市)の機能性表示食品に
る問題が明らかになり、消費者
を調査を強化する方針。
時点の機能性表示食品の届け出
(撤回分を除く)。

期間 危険物約30件

本木康浩長官は7日の定例の記



加えて、次の「一手」
となる取り出し方法はま
だ定まっていない。

機能性表示食品で含有量不足

消費者庁は7日、機能性表示食品の買い上げ調査（2023年度）の結果を公表した。1. 2商品のうち2商品の機能性関与成分の量が、消費者庁に届け出た資料に記載されていた含有量より少なかったという。消費者庁の指摘を受けた2業者はこれらの商品の販売を中止した。2業者の名前や商品名は公表していない。

小粒製菓（大阪市）の機能性表示食品に関する健康被害問題が明らかになり、消費者は買い上げ調査を強化する方針。

今月1日時点の機能性表示食品の届け出は6685件（撤回分を除く）。

衆院選期間 危険物約30件

警察庁の嘉木康浩長官は7日の定例の記者会見で、今回の参院選期間中に強盗合

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. 廃炉まで楽観的に見て170年以上.

福島第一原発 溶け落ちた核燃料問題

記者解説 Commentary

福島第一 霧中の廃炉



今年9月にあった「1F地域塾」には地元の住民や専門家、東京電力の社員、原子力規制庁の職員らが参加。福島第一原発の廃炉の将来像をテーマに対話した＝福島県広野町

政府と東電は51年までの廃炉完了を掲げている。11年12月の工程表で示したものだ。

この構想の最初のステップが今年9月に始まった。東電は2号機の原子炉格納容器の側面にある貫通口から取り出し装置を挿入した。カメラの不具合で作業は1カ月以上中断したが10月28日に再開。燃料デブリを装置でつまみ、今月2日に設置ごと格納容器の外側の設備に入れた。線量が基準を下回り容器に取めれば初の取り出し成功となるが、これから続く道のりは深い霧に覆われている。

東電の構想では、まずは2号機で試験的に3%以下を取り出し、2020年代後半に別の手法で段階的に取り出す量を増やす。それから、30年代初めに3号機で大規模な取り出しを始め、その後、1号機に展開する。

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

原子力規制委員会の前委員長、更田豊志氏は、燃料デブリの取り出しについて、こう解説する。東京電力福島第一原発の1～3号機には推計880トンの燃料デブリがある。3基とも圧力容器の底を突き破り、外側の格納容器にまで広がっている。放っておけば、将来、建屋の老朽化などで放射性物質が漏れ出す恐れがある。政府と東電は、全て取り出して安全な状態で管理しようとしている。

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

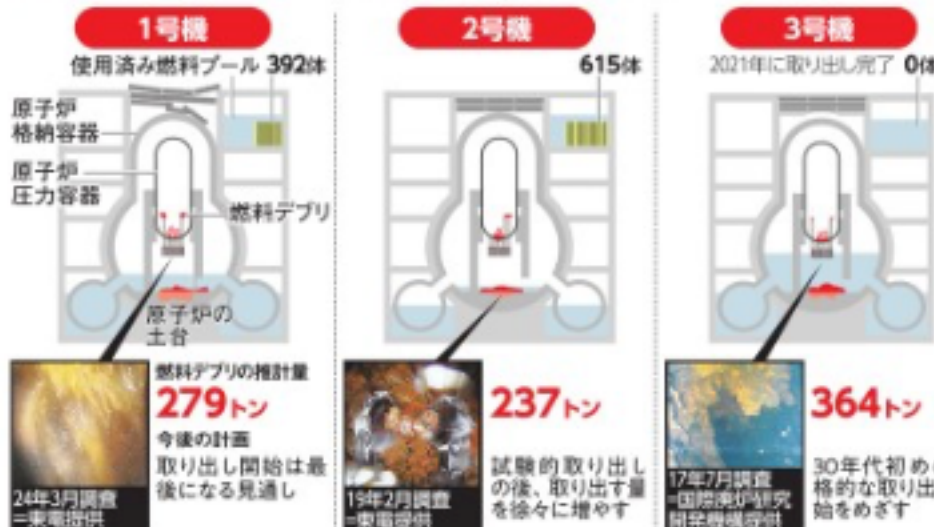
福島第一原発の廃炉は、政府と東京電力が掲げる2051年までの完了は非現実的だ。溶け落ちた核燃料(燃料デブリ)を取り出すには100年超かかるとの試算もある。処理水問題の反省も踏まえ、地元と丁寧な対話を重ねて現実的な工程を探るべきだ。



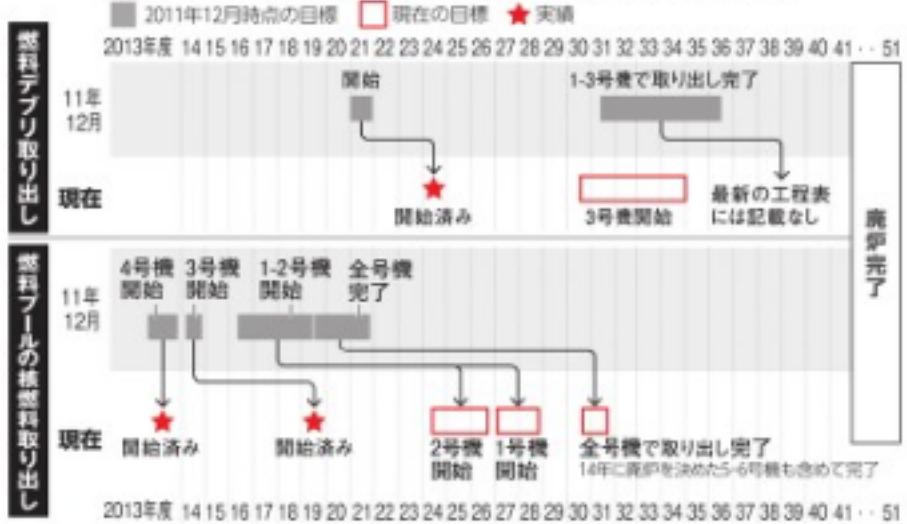
科学みらい部 福地慶太郎

デブリ回収難航 根拠なき「2051年完了」

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



東京電力福島第一原発の廃炉工程 政府と東電の工程表などから



元や漁業者らへ説明して理解を得ようとした。だが、結論ありきの姿勢に幅広い納得は得られず、強い反発を招くことになった。福島では地元の住民や専門家、東電社員らが対話し、廃炉の将来像を探る「1F地域塾」が22年から続く。廃炉作業について助言する「原子力損害賠償・廃炉等支援機構」も今年6月、原発事故の避難指示が出るなどした13市町村で住民の声を直接聞く場を設けた。政府と東電はこうした取り組みを参考に、丁寧な対話を重ね現実的な工程を探るべきだ。

当時の想定では21年までに燃料デブリの取り出しに着手し、10～15年程度で1～3号機すべての取り出しを終える計画だった。しかし、開始は3年遅れた。主な原因は、関連事業を含めて78億円の国費を投じて開発したロボットアームの精度不足だ。ロボットアームはいまも試験中で、今回の取り出しには簡易的な「釣りさお式装置」を使った。

原子炉建屋のプールにある核燃料の取り出しも大幅に遅れている。そもそも、なぜ51年までの廃炉完了を目標にしたのか。政府関係者は技術的な根拠はまったくなかったと明かす。「事故直後は廃炉が進まないと原発周辺の新築区域の住民は帰還できない」

「一方、福島第一 原発は圧力容器の損傷が激しく、水をはさることができない。外側の格納容器まで広範囲に燃料デブリが広がると、TMI原発よりも取り出しの難易度が格段に高いとみられている。」

早稲田大学の松岡俊二教授(環境経済・政策学)は22年、福島第一原発の燃料デブリの全量取り出しにかかる期間を試算し、論文を発表した。TMI原発では約132トンの取り出しに4年3カ月かかった。連休2日で作業が年間260日とすると、1日の取り出し量は120トンのTMI原発より作業が難しい福島第一原発の取り出し量は、1日20トンのみ。50%と仮定した場合は、全量取り出しにかかる期間はそれぞれ170年、68年という結果だった。

松岡さんは「3%以下の取り出しに難航している現状を踏まれば、170年でも相当楽観的な数字だ」という。

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

地元と対話で探る将来像

政府と東京電力は福島第一原発の廃炉完了の姿を明確にしていないう求める意見もある。一部は、更地をめざすのか、一部の施設が残っても完了とみなすのか。ゴールはあいまいだ。

福島県は燃料デブリを含む放射性廃棄物をすべて県外で最終処分するよう、繰り返し求めている。だが、処分地探しなどの議論は進んでいない。

原発事故を後世に継承できるような、一部を「遺構」として残すよう求める意見もある。一部は、更地をめざすのか、一部の施設が残っても完了とみなすのか。ゴールはあいまいだ。

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

「燃料デブリが原子炉内のどこにどれくらい分布するかが正確にはわからない。しかも、高濃量の中で遠隔で作業しなければいけない。それが取り出しの難しさだ」

食品中の放射性物質



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

シーベルト：放射線による人体への影響の大きさを表す単位

ベクレル：放射性物質が放射線を出す能力の強さを表す単位

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。



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。

上限を下げて厳しくしたもので、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 ちいぞ" 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/角になります。
無重力なら投げれば太陽まで届くのではないのでしょうか…。

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。

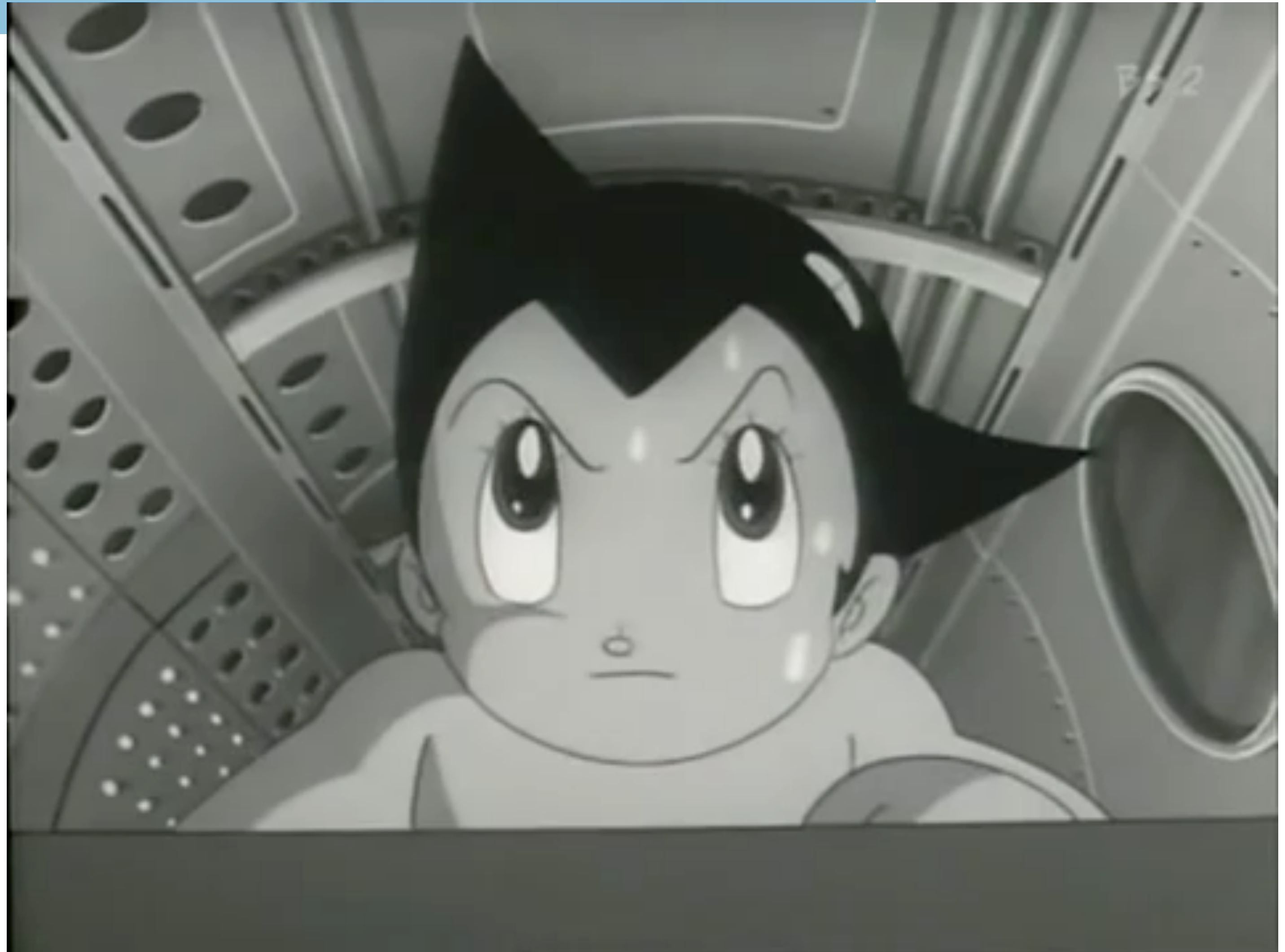
アトムは核融合抑制装置カプセルを太陽に撃ち込む
ため、宇宙に飛び立った…

昭和41年(1966年) 12月31日 放送

原作:手塚治虫

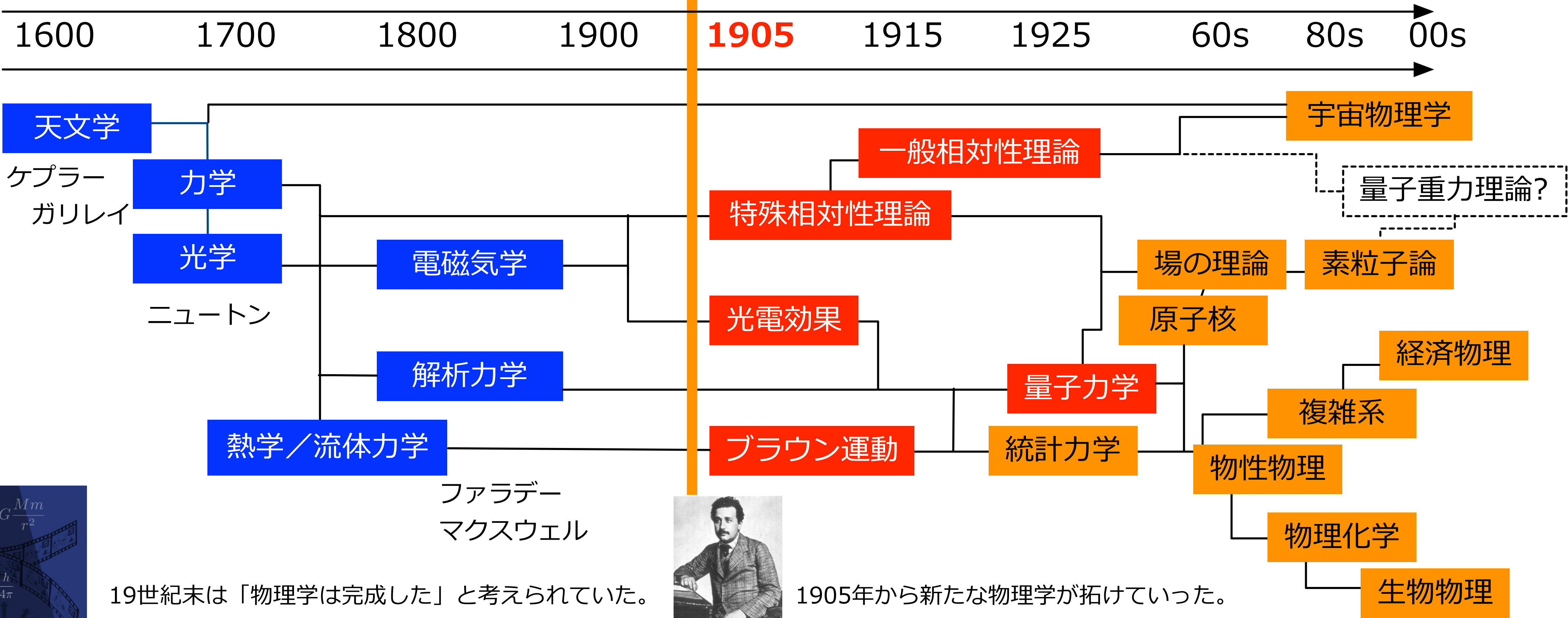
<https://www.youtube.com/watch?v=G4Zz6C9x73c>

2'10"



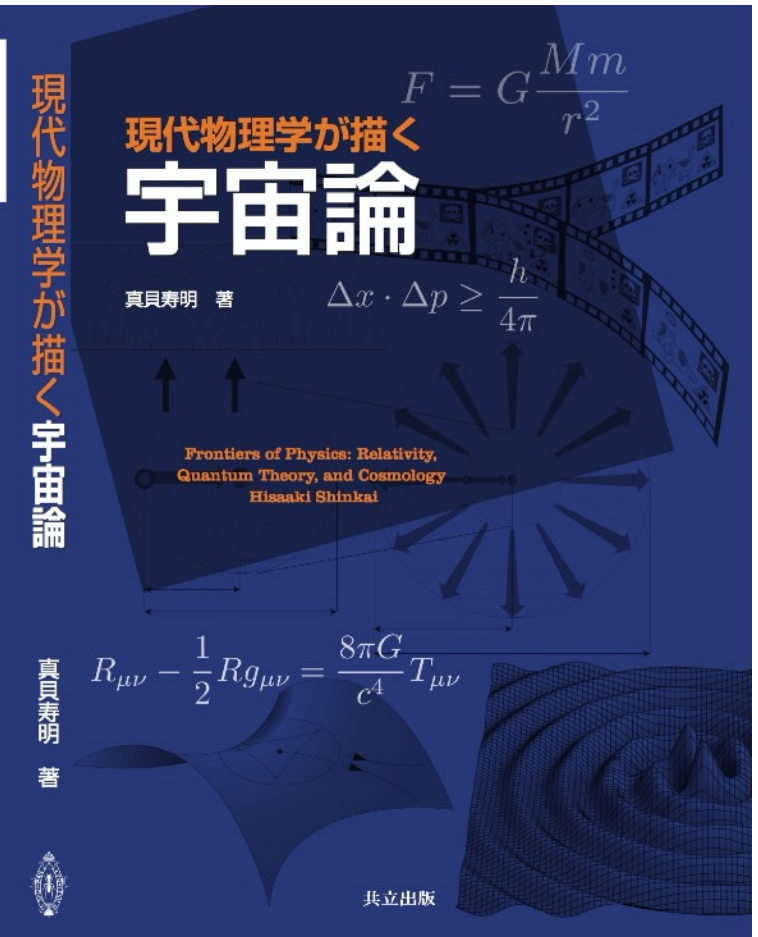
近代物理学の進展

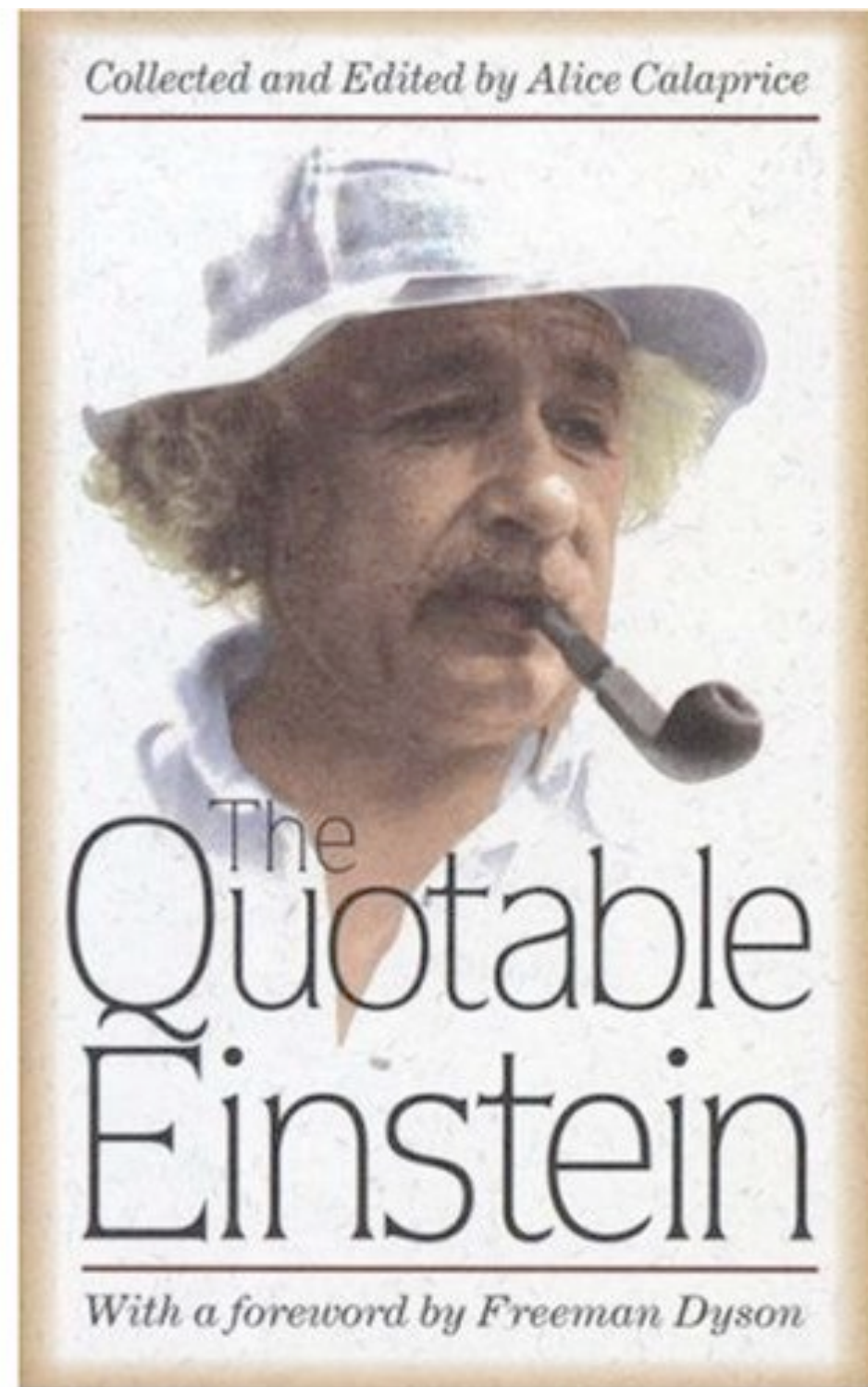
現代物理学の進展



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。

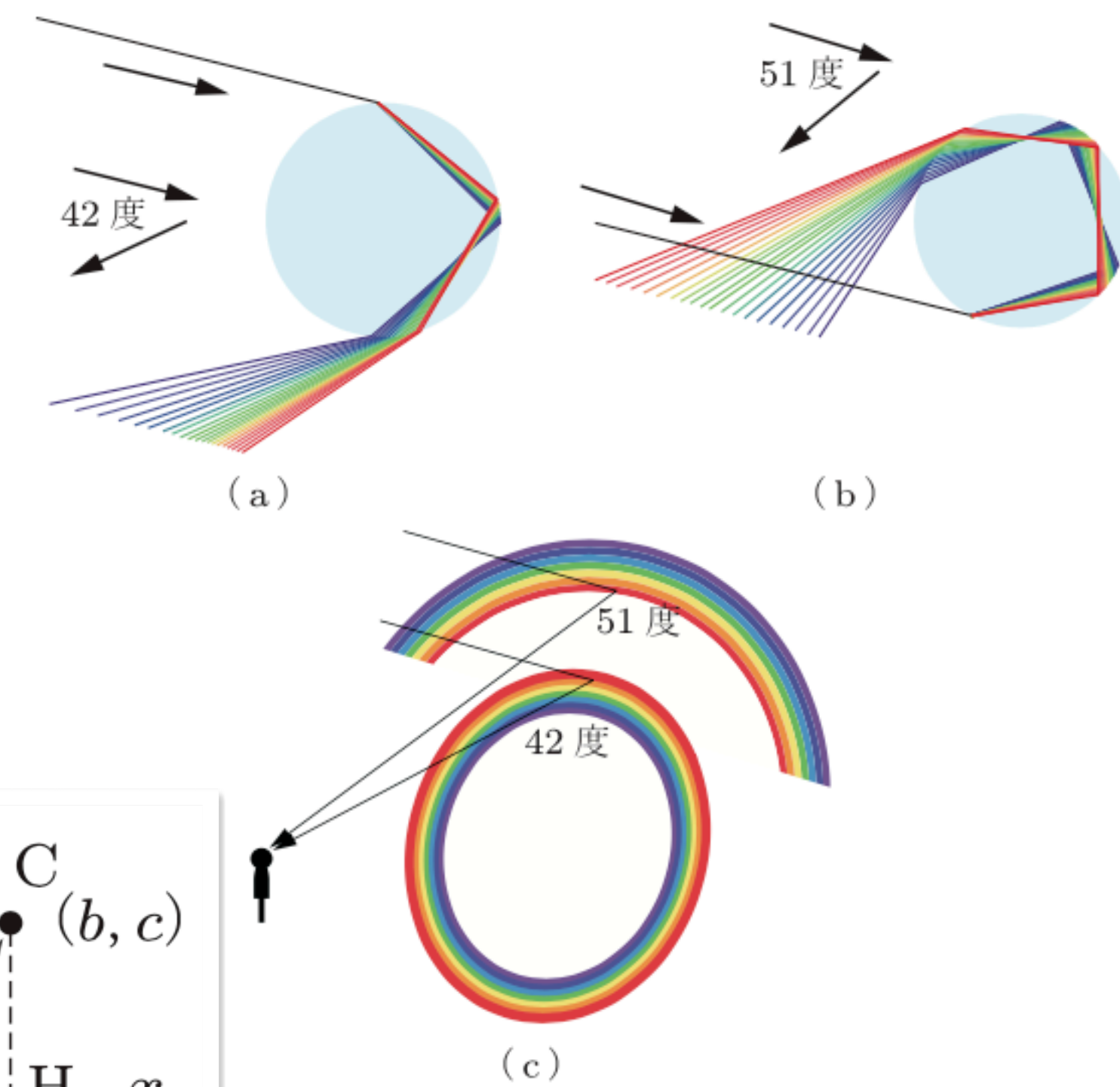
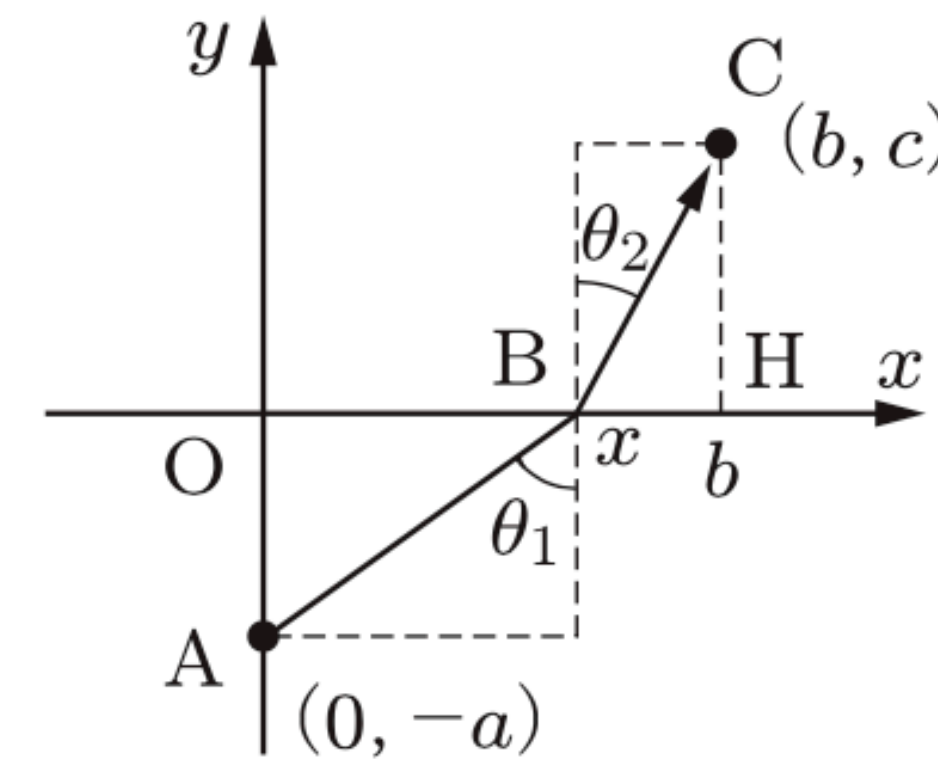
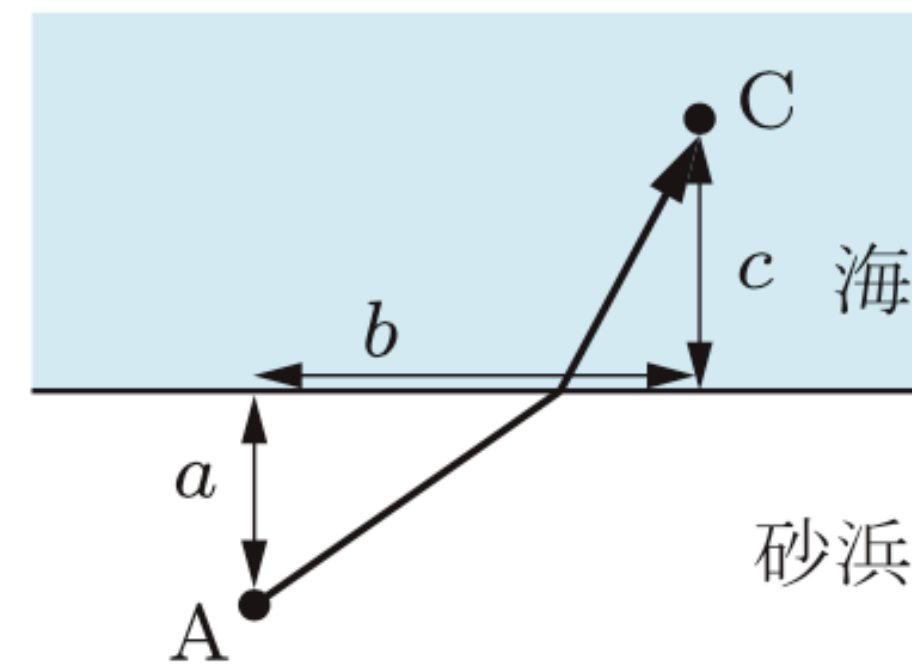
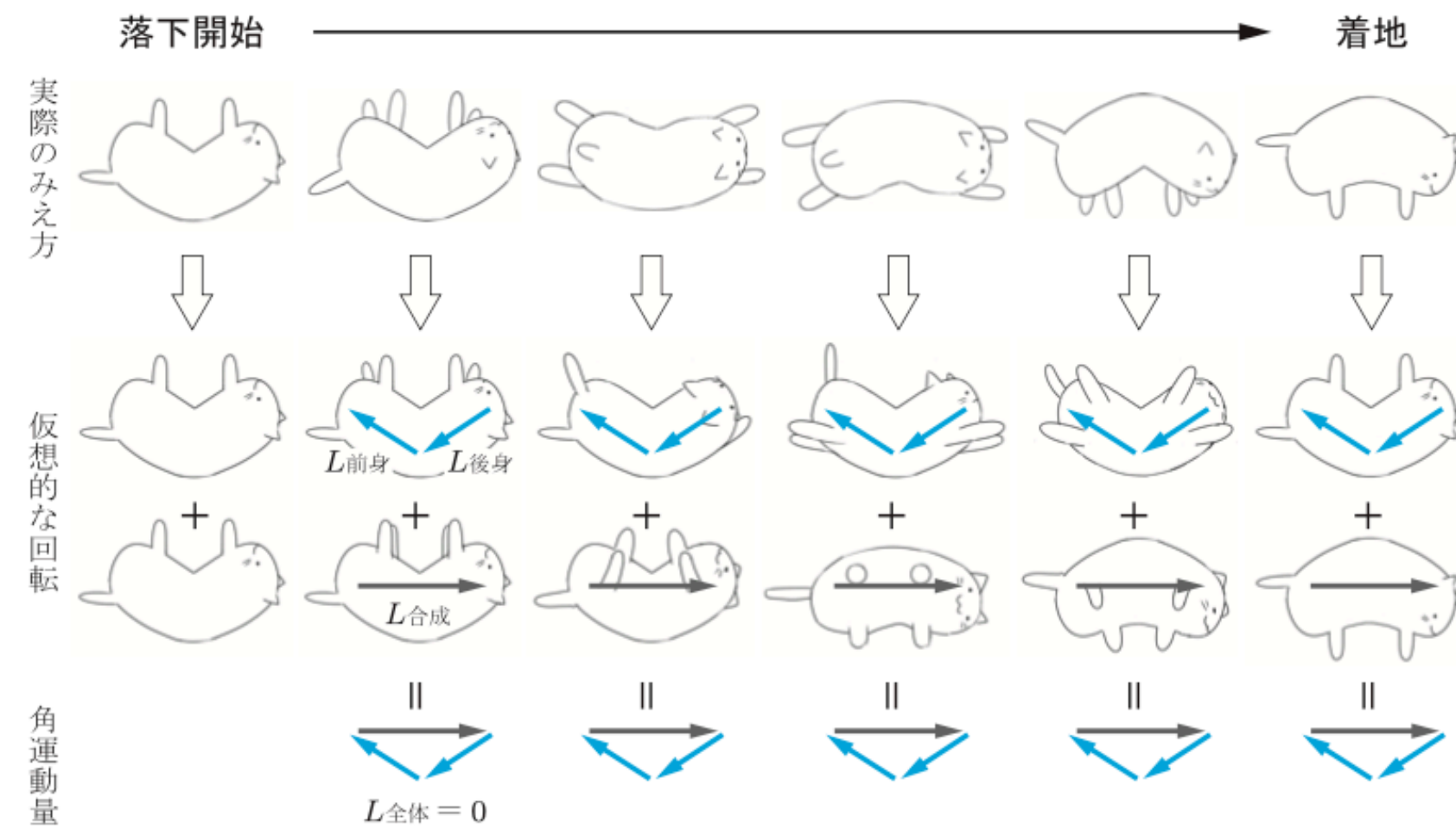
- ☑ 少数の法則による自然現象の理解
- ☑ 論理的な説明
- ☑ 原理や理由に対する疑問をもつこと

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



前回のミニッツペーパーから

先生が「生きてきた人生の中で、一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



前回のミニッツペーパーから



- * 一般相対性理論がどれだけ正しいのか(アインシュタインは正しかったのか)を明らかにすること.
- * 銀河中心の超巨大ブラックホール誕生のしくみを明らかにすること



TRANSPORTABLE OPTICAL LATTICE CLOCKS AND GENERAL RELATIVITY*

HISAAKI SHINKAI

Dept. Information Systems, Osaka Institute of Technology
Kitayama 1-79-1, Hirakata City, Osaka Pref., 573-0196, Japan
hisaaki.shinkai@oit.ac.jp

MASAO TAKAMOTO

Quantum Metrology Laboratory, RIKEN,
Hirosawa 2-1, Wako-shi, Saitama Pref., 351-0198, Japan
takamoto@riken.jp

HIDETOSHI KATORI

Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo,
Yayoi 2-11-16, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan
katori@amo.t.u-tokyo.ac.jp

Quantum Metrology Laboratory, RIKEN,
Hirosawa 2-1, Wako-shi, Saitama Pref., 351-0198, Japan
hkatori@riken.jp

Int. J. Mod. Physics D. (2025)
to be published

- * 天文学史, 科学史の視点から, 世界の文化史を再構築すること.

大阪工業大学紀要 (2023)

Memoirs of
Osaka Institute of Technology
Vol. 68, No. 1 (2023) pp. 1~34
<https://doi.org/10.15046/0002000005>

周縁副図から辿る世界地図の系譜
— 石塚崔高作『圓球萬國地海全圖』(1802) の原図を探る

真貝寿明

大阪工業大学紀要 (2024)

Memoirs of Osaka Institute of
Technology
Vol. 69, No. 1 (2024) pp. 27~54
<https://doi.org/10.15046/00020000097>

星図・星座図の系譜

真貝寿明

情報科学部情報システム学科
(2024 年 7 月 22 日受理)

ム学科
(理)



前回のミニッツペーパーから

真貝先生の夢はなんですか？

＊ 最先端の科学を一般の方にわかりやすく届けること

A JOURNAL BY SISSA MEDIALAB

JCOM

J. Sci. Com. 23 (2024) No.3

Communicating Discovery Science

PRACTICE INSIGHTS

Communicating the gravitational-wave discoveries of the LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration

Hannah Middleton , Christopher P. L. Berry , Nicolas Arnaud , David Blair , Jacqueline Bondell , Alice Bonino , Nicolas Bonne , Debarati Chatterjee , Sylvain Chaty , Storm Colloms , Lynn Cominsky , Livia Conti , Isabel Cordero-Carrión , Robert Coyne , Zoheyr Doctor , Andreas Freise , Aaron Geller , Anna C. Green , Jen Gupta , Daniel E. Holz , William Katzman , Jyoti Kaur , David Keitel , Joey Shapiro Key , Nutsinee Kijbunchoo , Carl Knox, Coleman Krawczyk , Ryan N. Lang , Shane L. Larson , Susanne Milde, Vincenzo Napolano, Chris North, Sascha Rieger, Giada Rossi, Hisaaki Shinkai , Aurore Simonnet and Andrew Spencer 

「重力波とブラックホール」展
2025年7月19日ー8月31日 大阪市立科学館
2025年7月19日ー9月7日 明石市立天文科学館

Unveiling the Secrets of
Black Holes and
Gravitational Waves

極
限
時
空

「ブラックホールと重力波」
台湾・日本全国巡回展

The
Gravity
Realm:

主催 | 「ブラックホールと重力波展」実行委員会
協力: 国立自然科学博物館, 国立清華大學, 康木祥工作室
国立天文台, 東京大学宇宙線研究所, 大阪工業大学

開催予定館 |
2025年7月19日ー8月31日 大阪市立科学館, 2025年7月19日ー9月7日 明石市立天文科学館, 2026年冬 はまぎんこども宇宙科学館
2027年3月ー5月 富山市科学博物館, 2028年 国立科学博物館, 未定 仙台市天文台 愛媛県総合科学博物館

国立天文台 NAOJ ICRP 大阪工業大学



〔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）