

令和7年12月13日
早稲田大学・東京都市大学共同原子力専攻
第20回未来エネルギーフォーラム・シンポジウム
@西早稲田キャンパス63号館

原子力の未来とそれを実現する革新技術への期待

Expectation for Innovation and Human Resource Development for Future Nuclear

内閣府原子力委員会委員長
上坂 充

本資料には講演者の個人的視点に基づく内容が
含まれています。

内 容

1. 原子力政策と技術革新
2. 原子力とノーベル賞

原子力委員会

原子力委員会 (2025年10月時点)



上坂 充 (委員長)



直井 洋介



吉橋 幸子

ウェブサイト

<https://www.aec.go.jp/>



委員会決定

令和6年度版原子力白書 (2025年6月)

<https://www.aec.go.jp/kettei/hakusho/2024/pdf/>

原子力利用に関する基本的考え方 (2023年2月)

<https://www.aec.go.jp/kettei/kihon/index.html>

我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方

(2018年7月)

https://www.aec.go.jp/kettei/kettei/20180731_2.pdf

令和6年度版原子力白書目次

特 集 日常生活を支える原子力技術

第1章 東京電力福島第一原子力発電所事故の反省・教訓と福島の復興・再生の取組

第2章 エネルギー安定供給やカーボンニュートラルに資する安全な原子力エネルギー利用

第3章 国際潮流を踏まえた国内外での取組

第4章 原子力の平和利用と核不拡散・核セキュリティの確保への取組

第5章 原子力利用に関する国民からの信頼回復の取組

第6章 廃止措置及び放射性廃棄物への対応

第7章 放射線・放射性同位元素の利用の展開

第8章 原子力利用に向けたイノベーションへの取組

第9章 人材育成とサプライチェーンの維持・強化

「原子力利用に関する基本的考え方」ポイント

1. 基本的考え方について 及び 改定の背景

- 今後の原子力政策について政府としての長期的方向性を示す羅針盤となるものであり、原子力利用の基本目標と各目標に関する重点的取組を定めている。
- 平成29年（2017年）7月に「原子力利用に関する基本的考え方」を原子力委員会で決定、政府として尊重する旨閣議決定。
- 「今日を含め原子力を取り巻く環境は常に大きく変化していくこと等も踏まえ、『原子力利用に関する基本的考え方』も5年を目途に適宜見直し、改定するものとする。」との見直し規定があり、令和3年11月には、改定に向けた検討を開始することについて原子力委員会にて公表し、以来、有識者へのヒアリングと検討を重ね、令和5年2月20日に原子力委員会で改定し、2月28日に閣議にて、政府として尊重する旨、決定された。

2. 本基本的考え方の理念

原子力利用について

- 原子力はエネルギーとしての利用のみならず、工業、医療、農業分野における放射線利用など、幅広い分野において人類の発展に貢献しうる。
 - エネルギー安全保障やカーボンニュートラルの達成に向けあらゆる選択肢を追求する観点から、原子力エネルギーの活用は我が国にとって重要。
 - 一方で、使い方を誤ると核兵器への転用や甚大な原子力災害をもたらし得ることを常に意識することが必要。
- ⇒原子力のプラス面、マイナス面を正しく認識した上で、安全面での最大限の注意を払いつつ、原子力を賢く利用することが重要となる。

3. 原子力を取り巻く現状と環境変化

- エネルギー安定供給不安/地政学リスクの高まり
- カーボンニュートラルに向けた動きの拡大
- 世界的な革新炉の開発・建設/既設原発の運転期間延長
- 原子力エネルギー事業の予見性の低下
- テロや軍事的脅威に対する原子力施設の安全性確保の再認識
- 非エネルギー分野での放射線利用拡大
- 経済安全保障の意識の高まり
- ジェンダーバランス等、多様性の確保の重要性増加

4. 今後の重点的取組について

- 「安全神話」から決別し、安全性の確保が大前提という方針の下、安定的な原子力エネルギー利用を図る。その際、円滑な事業を進めるための環境整備に加え、放射性廃棄物処理・処分に係る課題や革新炉の開発・建設の検討等に伴って出てくる新たな課題等に目を背けることなく、国民と丁寧にコミュニケーションを図りつつ、国・業界それぞれの役割を果たす。
- 原子力エネルギー利用のみならず、非エネルギー利用含め、原子力利用の基盤たるサプライチェーン・人材の維持強化を国・業界が一体となって取り組む。

① 東電福島第一原発事故の反省と教訓

- 福島の着実な復興・再生
- ゼロリスクはないとの認識の下での継続的な安全性向上への取組・業務体制の確立・安全文化の醸成・防災対応の強化
- 国及び事業者による避難計画の策定支援等を通じた住民の安全・安心の確保
- 原子力損害賠償の在り方についての慎重な検討

② エネルギー安定供給やカーボンニュートラルに資する原子力利用

- 原発事業の予見性の改善に向けた取組
- 既設原発の再稼働
- 効率的な安全確認
- 原発の長期運転
- 革新炉の開発・建設
- 安定的な核燃料サイクルに向けた取組
- 使用済燃料の貯蔵能力拡大

③ 国際潮流を踏まえた国内外での取組

- グローバル・スタンダードのフォローアップ
- グローバル人材・スタンダード形成への我が国の貢献
- 価値を共有する同志国政府や産業界間での、信頼性の高い原子力サプライチェーンの共同構築に向けた戦略的パートナーシップ構築

④ 原子力の平和利用及び核不拡散・核セキュリティ等の確保

- プルトニウムバランスの確保
- テロや軍事的脅威に対する課題への対応
- IAEA等と連携したウクライナ支援

⑤ 国民からの信頼回復

- ルール違反を起こさず、不都合な情報も隠蔽しない
- 専門的知見の橋渡し人材の育成

⑥ 国の関与の下での廃止措置及び放射性廃棄物の対応

- 今後本格化が見込まれる原発の廃止措置に必要な体制整備
- 処分方法等が決まっていない放射性廃棄物の対応
- 国が前面に立った高レベル放射性廃棄物対応

⑦ 放射線・ラジオアイソotope(RI)の利用の展開

- 「医療用等ラジオアイソotope製造・利用推進アクションプラン」の取組（重要RIの国内製造・安定供給等）
- 社会基盤維持・向上等に貢献しているという認知拡大及び工業等の様々な分野における利用の可能性拡大

⑧ イノベーションの創出に向けた取組

- 民間企業の活力発揮に資するなど成果を社会に還元する研究開発機関の役割
- 原子力イノベーションに向けた強力な国支援
- サプライチェーン・技術基盤の維持・強化、多様化

⑨ 人材育成の強化

- 異分野・異文化の多種多様な人材交流・連携
- 産業界のニーズに応じた産学官の人材育成体制拡充
- 若手・女性・専門分野を問わず人材の多様性確保/次世代教育

「原子力利用に関する基本的考え方」(令和5年2月20日原子力委員会)

- 今後の原子力政策について政府としての長期的方向性を示す羅針盤として、原子力利用の基本目標と各目標に関する重点的取組を規定。令和5年2月20日に原子力委員会で改定、2月28日に政府として尊重する旨閣議決定。

今後の重点的取組

- 「安全神話」から決別し、安全性の確保が大前提という方針の下、安定的な原子力エネルギー利用を図る。その際、円滑な事業を進めるための環境整備に加え、放射性廃棄物処理・処分に係る課題や革新炉の開発・建設の検討等に伴って出てくる新たな課題等に目を背けることなく、国民と丁寧にコミュニケーションを図りつつ、国・業界それぞれの役割を果たす。
- 原子力エネルギー利用のみならず、非エネルギー利用含め、原子力利用の基盤たるサプライチェーン・人材の維持強化を国・業界が一体となって取り組む。

「GX脱炭素電源法」の概要

原発を活用する規定として位置づけ

原子力基本法

- 安全を最優先。原発を活用した安定供給、脱炭素社会の実現は国の責務

電気事業法

- 原発の運転期間は原則40年、最長60年
- 安全規制への対応や行政指導での停止期間は除外し60年超の運転を可能に

原子炉等規制法

- 運転開始から30年を超える場合は10年以内に原子力規制委員会が許可を受けることを義務化
- 原発の運転期間は原則40年、最長60年 ← 削除

使用済燃料再処理法

- 廃炉費用確保へ原子力事業者に拠出金の拠出を義務付け

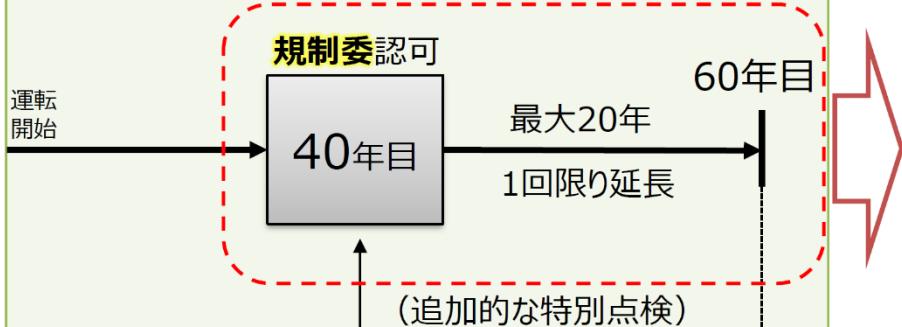
再エネ特措法

- 再エネ導入につながる送電網整備の資金繰り支援

運転期間と高経年化炉に係る規制について（60年長期運転）

＜従前＞

炉規法：運転期間制限



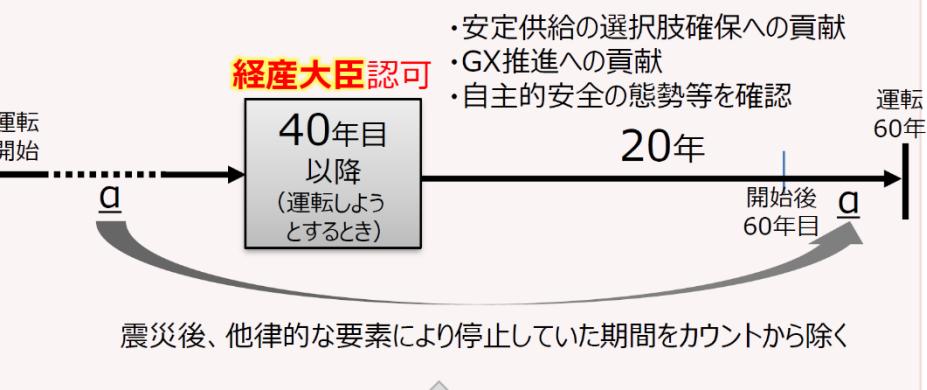
規則(省令相当) ：高経年化技術評価



高経年化技術評価

＜新制度＞

電事法（利用）：運転期間制限



利用と規制の峻別

炉規法（規制）：高経年化の安全規制

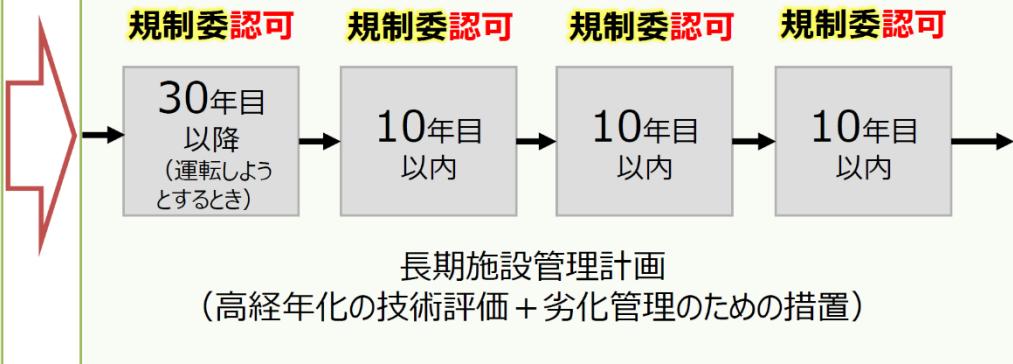


図 運転期間と高経年化炉に係る規制のイメージ（電気事業法・原子炉等規制法）

（出典）第36回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会資料1 資源エネルギー庁「原子力政策に関する直近の動向と今後の取組」（2023年）

（出典）原子力委員会「令和5年度版 原子力白書」を一部改変

「原子力3倍宣言」に33か国が署名

- 2023年の「国連気候変動枠組条約第28回締約国会議(COP28)」(於UAE)では、世界全体の進捗を評価する初の「グローバル・ストックテイク」で、**原子力の果たす役割**が改めて注目され、その有効性が決定文書に明記
- COP28期間中、**日本を含む25カ国**による「2050年までに2020年比で世界全体の**原子力発電容量を3倍**にする」との野心的な目標に向けた協力方針を掲げた共同宣言が採択。2024年COP29(於アゼルバイジャン)で更に**6カ国**が追加署名し、署名国は**31か国**
- 2025年COP30(於ブラジル) で更に**2か国**が追加署名し、署名国は**33か国に拡大**

【署名国】UAE、米国、フランス、**日本**、英国、カナダ、韓国、フィンランド、スウェーデン、ハンガリー、ルーマニア、ポーランド、ブルガリア、チェコ、ウクライナ、スロベニア、スロバキア、ガーナ、モンゴル、モロッコ、モルドバ、オランダ、アルメニア、ジャマイカ、クロアチア (@COP28)、エルサルバドル、カザフスタン、ケニア、コソボ、ナイジェリア、トルコ (@COP29)、セネガル、ルワンダ (@COP30)

出典：<https://www.jaif.or.jp/journal/culture/cop28/20741.html>

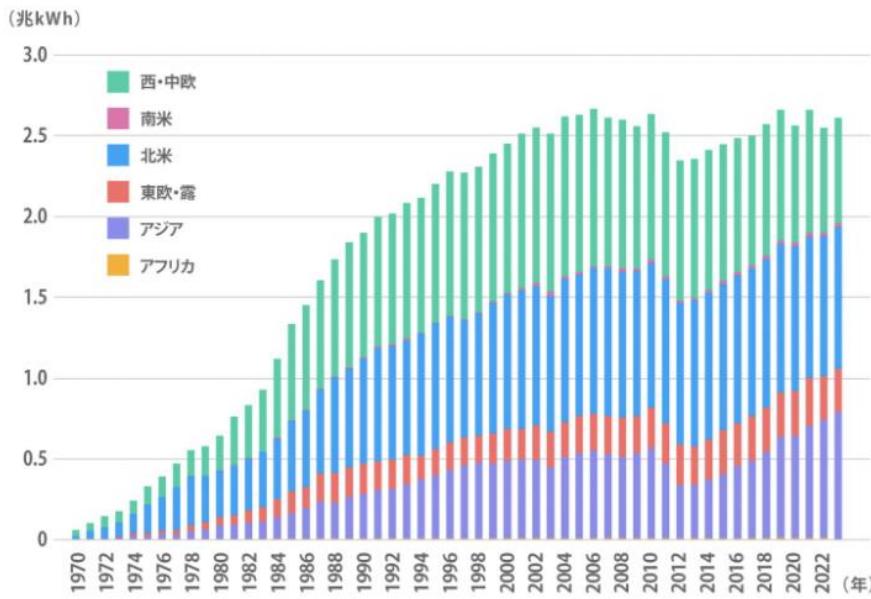
<https://world-nuclear.org/news-and-media/press-statements/six-more-countries-endorse-the-declaration-to-triple-nuclear-energy-by-2050-at-cop29> <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/30978.html>



**COP30
BRASIL
AMAZÔNIA
BELÉM 2025**

世界の原子力発電量の年間変化

図1. 世界の原子力発電電力量の推移 (地域別)

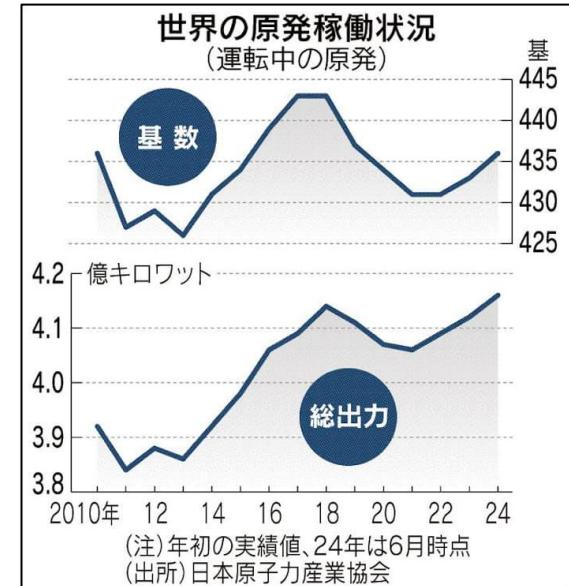


最近の世界の原子炉稼働数と発電量

- 2024年6月時点で4億1,600万kW。これは2018年の過去最高記録（4億1,445万kW）を上回った。
- 過去10年間で70基の新ユニットが建設され、発電能力は約6%増加。
- 2024年6月現在、原発は436基。

(出典) 一般社団法人日本原子力産業協会 (https://www.jaif.or.jp/information/wna_report2024)
World Nuclear Performance Report 2023
(<https://world-nuclear.org/our-association/publications/global-trends-reports/world-nuclear-performance-report-2023>)
日本経済新聞 (<https://www.nikkei.com/article/DGKKZO82931760S4A820C2MM8000/>)

- 2022年には、アジアの発電量が37TWh増加。
- 南米とアフリカでは、若干の減少があったものの、発電量は依然としてこれらの地域の近年の典型的なレベル内にとどまっていた。
- パリセード発電所の閉鎖は、北米の発電量が6TWh減少する一因となった。
- 東欧とロシアでは、発電量が22TWh減少したが、これはウクライナの発電量の推定減少と同程度である。
- 西欧と中欧では、発電量が 112 TWh 減少。この減少は、原子炉の停止により、ドイツで発電量が34TWh減少したこと、原子炉の停止回数が多かったこと、フランスで発電量が81TWh減少したことによる。



IAEA 2050年の原子力発電容量予測

- 2025年9月、IAEAは、2050年における原子力発電容量予測を発表。5年連続の拡大予測で、ハイケースシナリオで2024年の377GWから2050年までに2.6倍の992GWに増加すると予測。ローケースシナリオでも50%増の561GWになると予測。

※上記シナリオの差異は、SMRの導入割合となっており、ハイケースシナリオでは新規発電容量の24%がSMRによって供給されるのに対し、ローケースシナリオでは5%がSMRによって供給されると推定

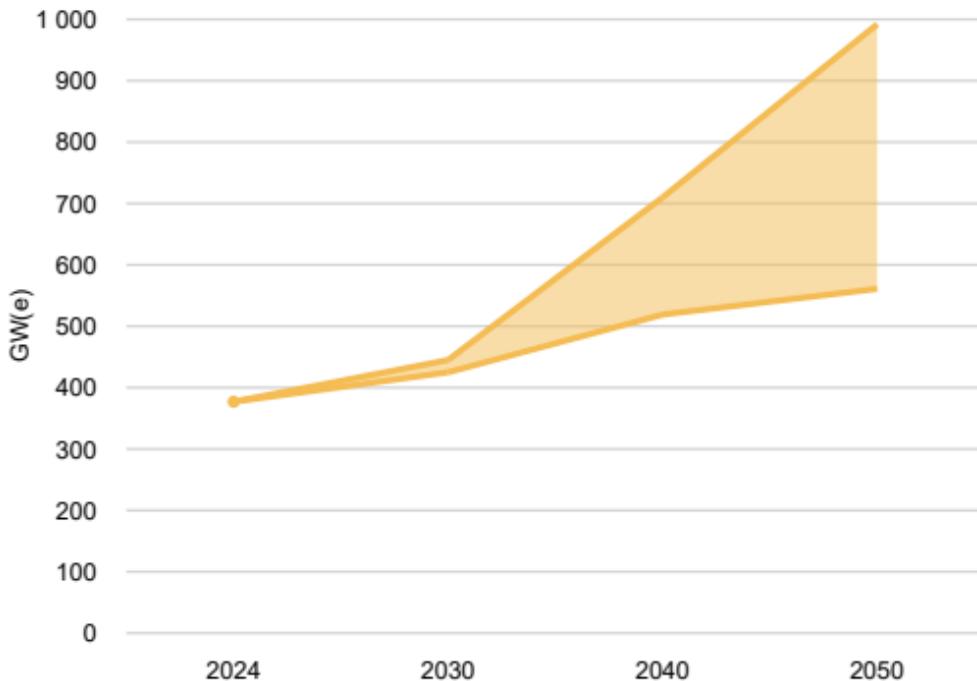
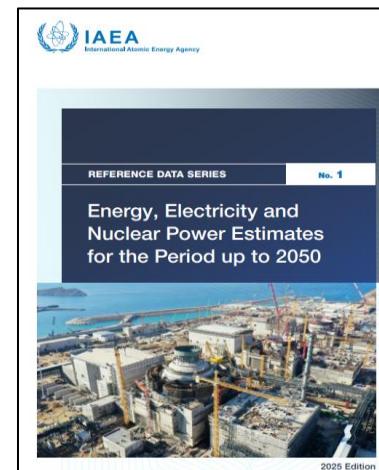


図1：IAEAによる世界の原子力発電設備容量予測
(2030、2040、2050年予測値)

出所：IAEA Raises Nuclear Power Projections for Fifth Consecutive Year (2025年9月15日 IAEAニュースリリース)
<https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-raises-nuclear-power-projections-for-fifth-consecutive-year>
<https://www.iaea.org/publications/15942/energy-electricity-and-nuclear-power-estimates-for-the-period-up-to-2050>

Electrical Capacity	2024	2030		2040		2050		
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High
Total	9 581	11 215	11 215	14 727	14 727	21 140	21 140	21 140
Nuclear	377	425	445	519	710	561	992	992
Nuclear as % of Electrical Capacity	3.9%	3.8%	4.0%	3.5%	4.8%	2.7%	4.7%	4.7%

図2：IAEAによる世界の総発電容量及び原子力発電容量予測
(2030、2040、2050年予測値)

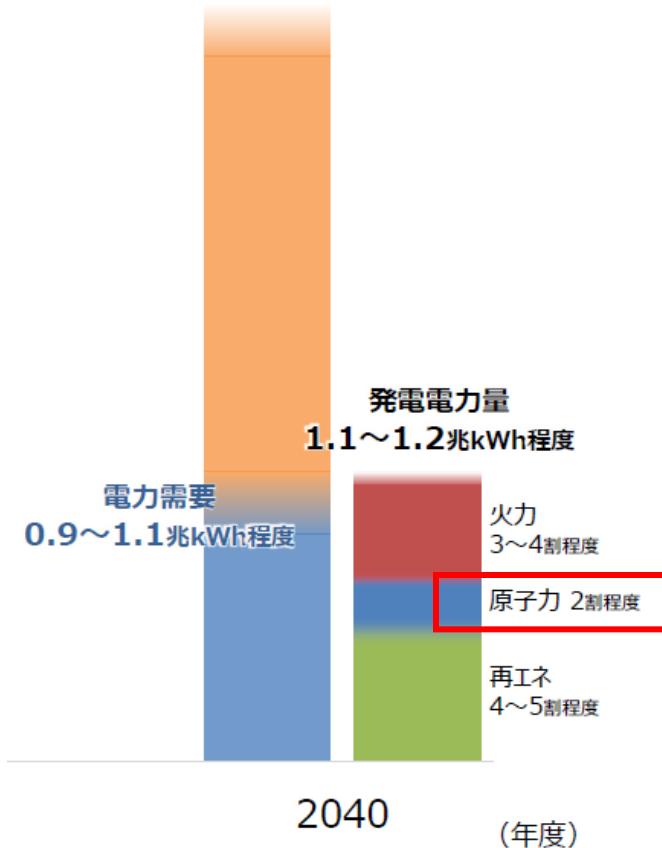


第7次エネルギー基本計画の概要

〈原子力分野〉

- 原子力は、優れた安定供給性、技術自給率を有し、他電源と遜色ないコスト水準で変動も少なく、また、一定出力で安定的に発電可能等の特長を有する。こうした特性はデータセンターや半導体工場等の新たな需要ニーズにも合致することも踏まえ、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく。
- 立地地域との共生に向けた政策や国民各層とのコミュニケーションの深化・充実、核燃料サイクル・廃炉・最終処分といったバックエンドプロセスの加速化を進める。
- 再稼働については、安全性の確保を大前提に、産業界の連携、国が前面に立った理解活動、原子力防災対策等、再稼働の加速に向け官民を挙げて取り組む。
- 新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・設置については、地域の産業や雇用の維持・発展に寄与し、地域の理解が得られるものに限り、廃炉を決定した原子力発電所を有する事業者の原子力発電所のサイト内での次世代革新炉への建て替えを対象として、六ヶ所再処理工場の竣工等のバックエンド問題の進展も踏まえつつ具具体化を進めていく。その他の開発などは、各地域における再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえて検討していく。
- 次世代革新炉（革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・フュージョンエネルギー）の研究開発等を進めるとともに、サプライチェーン・人材の維持・強化に取り組む。

最終エネルギー消費量
2.6～2.7億kL程度



2040年のエネルギー需給の見通し

日本の原子力発電所の現状

原子力発電所の現状

2025年10月1日時点

再稼働
14基

設置変更許可
4基

新規制基準
審査中
8基

未申請
10基

廃炉
24基

稼働中 12基、停止中 2基（送電再開日）

東京電力HD㈱
柏崎刈羽原子力発電所
110 110 110 110 110 136 136
40 35 32 31 35 28 28
(2017.12.27)(2017.12.27)

北陸電力㈱
志賀原子力発電所
54 121
32 19
(2014.8.12)

日本原子力発電㈱
敦賀発電所
36 116
38
(2015.4.27) 2015.11.5 設置変更許可申請
2024.11.13 上記申請を許可しないことを決定

関西電力㈱
美浜発電所
34 50 83 48
(2015.4.27)(2015.4.27)(2021.6.29)

関西電力㈱
大飯発電所
118 118 118 118
33 32
(2018.3.1) (2018.3.1) (2018.3.16)(2018.5.11)

関西電力㈱
高浜発電所
83 83 87 87
50 49 40 40
(2023.8.2) (2023.9.20) (2016.2.1) (2017.5.22)
12/7 原子炉起動
12/23 発電開始
1/10 営業運転開始

中国電力㈱
島根原子力発電所
46 82 137
36
(2015.4.30)(2024.12.23)(2018.8.10)

九州電力㈱
玄海原子力発電所
56 56 118 118
31 28
(2015.4.27)(2019.4.9) (2018.3.25)(2018.6.19)

九州電力㈱
川内原子力発電所
89 89
41 39
(2015.8.14) (2015.10.21)

北海道電力㈱
泊発電所
58 58 91
36 34 15
(2013.7.8) (2013.7.8) (2025.7.30)

電源開発㈱
大間原子力発電所
138
(2014.12.16)

東京電力HD㈱
東通原子力発電所
139
(2014.6.10)

東北電力㈱
東通原子力発電所
110 19
(2014.6.10)

10/29 原子炉起動
11/15 発電開始
12/26 営業運転開始

東北電力㈱
女川原子力発電所
52 83 83
30 23
(2018.12.21)(2024.11.15)

東京電力HD㈱
福島第一原子力発電所
46 78 78 78 78 110
(2012.4.19)(2012.4.19)(2012.4.19)(2012.4.19)(2014.1.31)(2014.1.31)

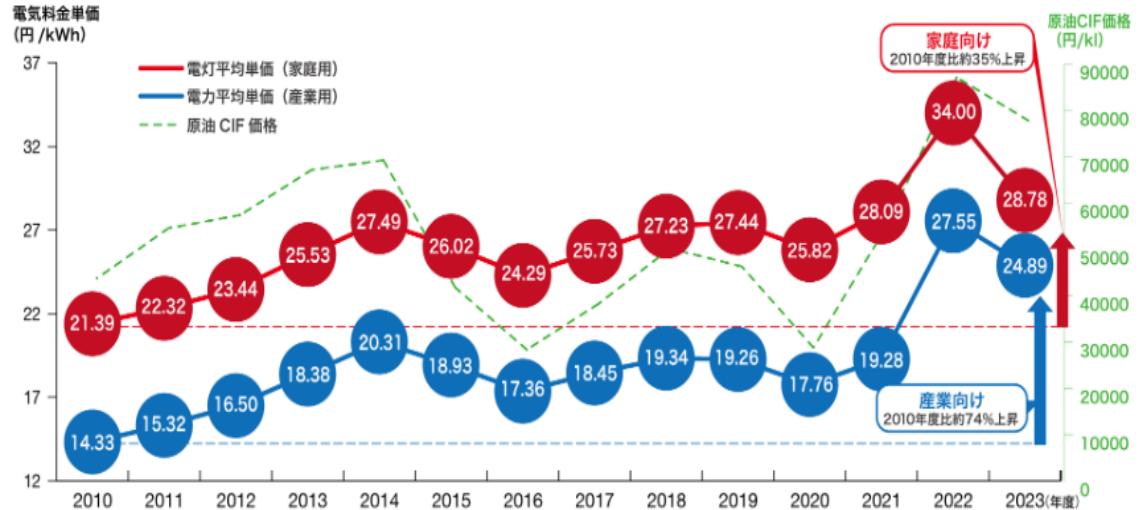
東京電力HD㈱
福島第二原子力発電所
110 110 110 110
(2019.9.30)(2019.9.30)(2019.9.30)(2019.9.30)

日本原子力発電㈱
東海・東海第二発電所
17 110 46
(1998.3.31)(2018.9.26)

中部電力㈱
浜岡原子力発電所
54 84 110 114 138
38 32 20
(2009.1.30)(2009.1.30) (2015.6.16)(2014.2.14)

出典:2025年10月1日 METI 総合エネ調 第46回原子力小委員会資料

電気料金の変化と電力会社間比較



エネルギー価格の高騰などもあり
近年の電気料金は高止まり傾向

出典) 資源エネルギー庁HP「日本のエネルギー2024年度版『エネルギーの今を知る10の質問』」
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2024/03.html#section1>

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
申請前 ^{※1} (昨年11月)	15,662円 39円/kWh	13,475円 34円/kWh	14,444円 36円/kWh	14,289円 36円/kWh	11,155円 28円/kWh	12,192円 30円/kWh	13,012円 33円/kWh	12,884円 32円/kWh	11,844円 30円/kWh	14,074円 35円/kWh
申請値 ^{※2}	20,714円 52円/kWh (+32%)	17,852円 45円/kWh (+32%)	18,458円 46円/kWh (+28%)	–	16,491円 41円/kWh (+48%)	–	17,426円 44円/kWh (+34%)	16,609円 42円/kWh (+29%)	–	20,045円 50円/kWh (+42%)
査定結果 ^{※2}	▲1,829円 18,885円 (+21%)	▲1,195円 16,657円 (+24%)	▲1,936円 16,522円 (+14%)	–	▲612円 15,879円 (+42%)	–	▲612円 16,814円 (+29%)	▲486円 16,123円 (+25%)	–	▲648円 19,397円 (+38%)
FIT賦課金	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円	▲820円
燃料費調整 (7月請求分)	▲964円	▲1,208円	▲1,180円	–	▲936円	–	▲1,216円	▲864円	–	▲1,700円
激変緩和措置	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円	▲2,800円 + ▲1,200円 ^{※3}
改定後 ^{※2} (7月請求分)	14,301円 36円/kWh (▲9%)	11,829円 30円/kWh (▲12%)	11,722円 29円/kWh (▲19%)	10,818円 27円/kWh (▲24%)	11,323円 28円/kWh (▲2%)	8,664円 22円/kWh (▲29%)	11,978円 30円/kWh (▲8%)	11,639円 29円/kWh (▲10%)	8,569円 21円/kWh (▲28%)	12,877円 32円/kWh (▲9%)
【参考】 ウクライナ侵攻 ^{※1} (昨年2月)	14,414円 36円/kWh	12,783円 32円/kWh	12,652円 32円/kWh	11,933円 30円/kWh	11,119円 28円/kWh	12,072円 30円/kWh	12,708円 32円/kWh	12,556円 31円/kWh	11,388円 28円/kWh	13,610円 34円/kWh

※1: レベニューキャップ制度の導入に伴う託送料金の改定影響を含まない数値。

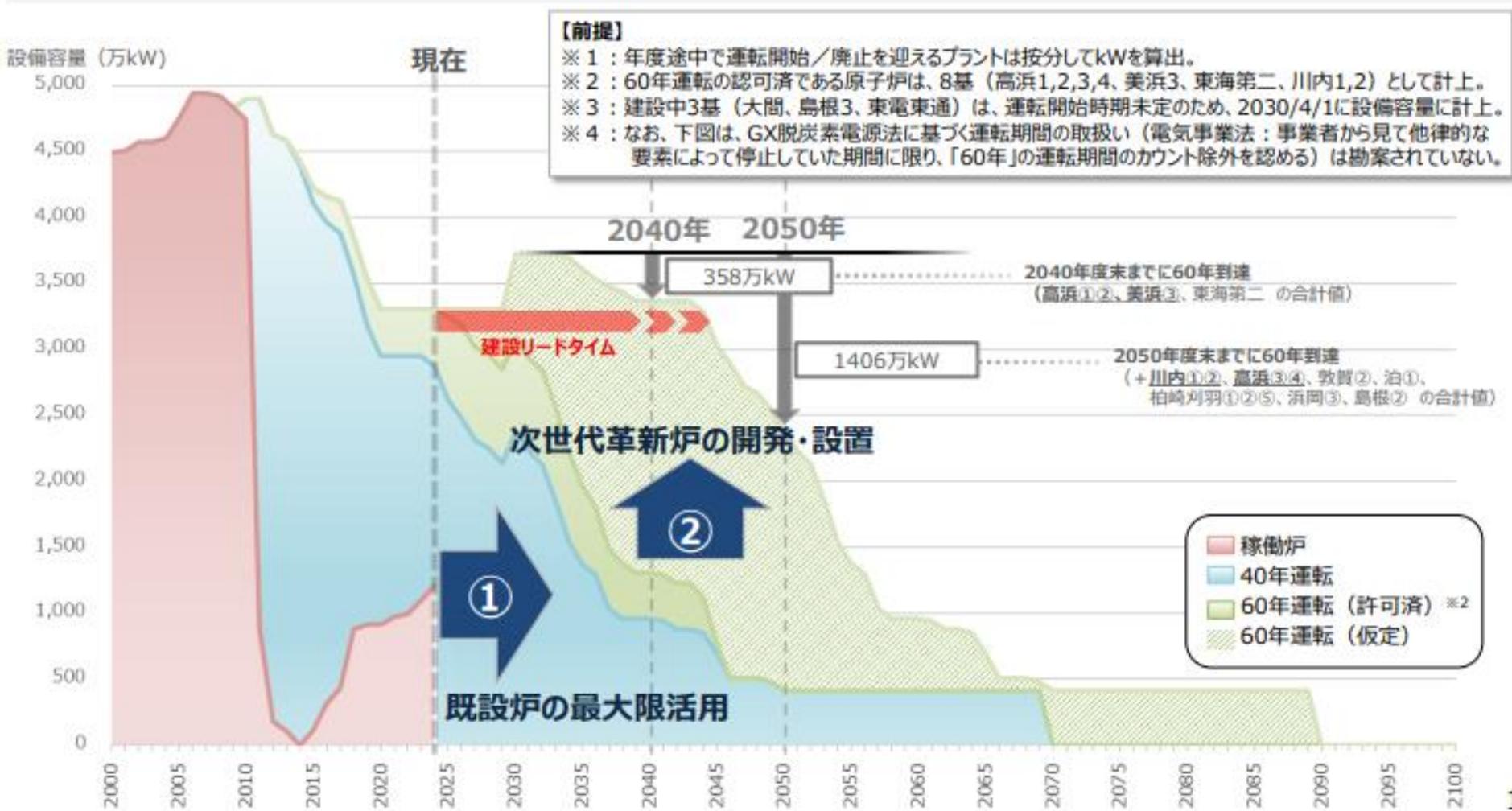
※2: レベニューキャップ制度の導入に伴う託送料金の改定影響を加味した数値。カッコ内の%は、申請前(昨年11月)からの変化率。

※3: 沖縄県において、独自の負担軽減策「沖縄電気料金高騰緊急対策事業」を実施(7月請求分～10月請求分)。低圧は3.0円/kWh(10月請求分は1.5円/kWh)。

電気料金の安い順
九州電力
関西電力
中部電力
四国電力 と続く

出典) 資源エネルギー庁HP「電気料金の改定について(2023年6月実施)」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/fee/kaitei_2023/

- 2040年エネルギー믹스における原子力の比率である2割程度の実現に向けては、安全性を大前提に原子力発電所の再稼働を進めつつ、設備利用率の向上や、次世代革新炉の開発・設置など、様々な取組を進めていく必要がある。



柏崎刈羽原子力発電所再稼働に関する動き

<東京電力HDの動き>

- 6月10日（火）柏崎刈羽原子力発電所6号機（135.6万kW）燃料装荷開始
- 6月25日（水）柏崎刈羽原子力発電所長会見で6号機を先行的に再稼働する計画見直しを発表（8月頃に起動準備完了）

<原子力防災会議の動き>

- 6月11日（水）柏崎刈羽地域原子力防災協議会
- 6月27日（金）原子力防災会議（緊急時対応の了承）

<新潟県の動き>

- 5月21日～8月7日 知事と市町村長との懇談会（計5回）
- 6月29日～8月31日 公聴会（計5回）
- 9月3日～11月11日 県民意識調査
- 11月21日(金) **新潟県知事、柏崎刈羽原子力発電所 6号機、7号機の再稼働容認を表明**



写真：柏崎刈羽原子力発電所（東電HP）

出所：東京電力HD、原子力防災会議、新潟県庁発表資料等を元に内閣府作成

https://www.tepco.co.jp/niigata_hq/kk-np/safety/soundness-j.html

https://www.tepco.co.jp/niigata_hq/data/press_conference/kk-np/pdf/2025/20250625.pdf

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/genshiryoku_bousai/dai13/siryou.html

https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/life/754039_2365080_misc.pdf

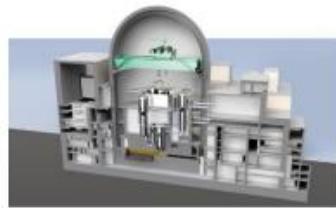
<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/genshiryoku/r7kouchoukai.html>

令和7年11月21日 新潟県知事 臨時記者会見 - 新潟県ホームページ

【参考】次世代革新炉の種類と現状

2025.6.24 第45回
原子力小委員会 資料2

革新軽水炉



◆三菱重工業
(SRZ-1200)

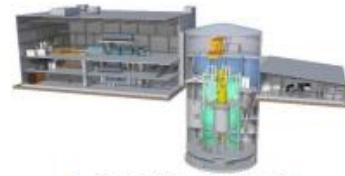
【特徴】

- 設計段階から新たな安全メカニズムを組み込むことにより、事故の発生リスクを抑制し、万が一の事故があった場合にも放射性物質の放出を回避・抑制する機能を強化。

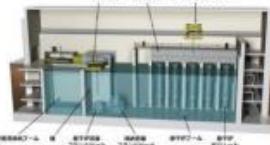
【現状】

- 標準設計は概ね終了。規制基準を明確にするため、現在、原子力エネルギー協議会(ATENA)と規制委員会とで意見交換中。
- 経産省予算にて、新たな要素技術の成熟度を高める研究開発や実証試験を支援。

SMR (小型モジュール炉)



◆ GEベルノバ日立
(BWRX-300)



◆ NuScale (NuScale SMR)

【特徴】

- 出力が30万kW以下の小型軽水炉。自然循環により、冷却ポンプや外部電源なしで炉心冷却が可能。

【現状】

- 米国やカナダにおいて、データセンターへの電力供給などの目的で、2030年手前での運転を目指し、開発が進められている。
- 海外プロジェクトへの日本企業の参画や研究開発を支援。

高速炉



◆三菱重工業 (実証炉)

- 冷却材にナトリウムを利用してプルトニウム燃焼を効率的に行う。
- 廃棄物量・有害度低減、資源の有効利用など核燃料サイクルの効果を向上。

【現状】

- GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年に開始。米国や仏国とも連携。
- 2024年7月、炉と燃料サイクルの研究開発全体を統合してマネジメントする組織をJAEAに設置。電力やメーカー、JAEAのメンバーで構成。

高温ガス炉



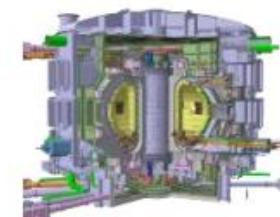
◆三菱重工業 (実証炉)

- 発電だけでなく高温熱を利用して水素製造を行う。
- 冷却材に化学的に安定なヘリウムを利用。減速材に耐熱性や蓄熱性等に優れた黒鉛を利用することで冷却機能を喪失しても自然に冷温停止が可能。

【現状】

- GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年に開始。英国とも連携。並行して試験炉「HTTR」による水素製造試験を目指す。
- HTTRへの水素製造施設の接続に向けて、2025年3月 原子炉設置変更許可を申請。

フュージョンエネルギー



◆ ITER (実験炉)

- 核融合反応から得られる熱エネルギーを利用して発電。

【現状】

- 米国のスタートアップ企業を中心に2030年前後でのフュージョンエネルギー実用化を掲げ、多様な炉型の開発への挑戦が発表されている。
- 日本においても、スタートアップ企業がトカマク型、ヘリカル型、レーザー型などそれぞれの炉型での実現を目指す。

関西電力・美浜発電所 建て替えに向けた現地調査再開

- 2025年9月、関西電力は、**美浜発電所（福井県美浜町）**の後継機設置検討の自主的な現地調査を11月に再開すると発表。
- 概略調査として、発電所の敷地内外を幅広く調査し、地質の概況を踏まえ、より優位なエリアを選定し、次の詳細調査では、選定したエリアにおいて、地形や地質の状況を把握し、原子炉等の設置に適した地質・地盤であるかを確認。これら調査を2030年頃迄に実施する計画。

関西電力
power with heart

美浜発電所後継機の自主的な現地調査計画の策定

2025年9月17日
関西電力株式会社

当社は、2011年3月12日以降見合わせていた美浜発電所の後継機設置検討の自主的な現地調査を再開することとし、調査実施に向けて、今後、地元の皆さまへのご説明等を進めることを公表しました。
(2025年7月22日 お知らせ済み)

当社は、この度、調査計画を策定しましたのでお知らせいたします。

具体的には、先ずは概略調査として、発電所の敷地内外を幅広く調査し、地質の概況を踏まえ、より優位なエリアを選定します。

詳細調査では、選定したエリアにおいて、地形や地質の状況を把握し、原子炉等の設置に適した地質・地盤であるかを確認します。これらの調査を2030年頃までに実施する予定です。

今後、準備が整い次第、調査を開始する予定であり、引き続き、地元の皆さまには、丁寧にご説明してまいります。

なお、後継機設置の判断にあたっては、本調査の結果に加え、革新軽水炉の開発状況や規制の方針、さらに投資判断を行う上での事業環境整備の状況を総合的に考慮する必要があり、本調査の結果のみをもって後継機設置を判断するものではありません。

当社は、引き続き、安全最優先で原子力発電所の安全・安定運転に全力で取り組むとともに、地元をはじめとする皆さまのご理解を賜りながら、原子力発電事業を推進してまいります。

以上

別紙：調査計画の概要

調査計画について、[こちら](#)をご覧ください。

調査計画の概要

別紙

調査目的

- 新規制基準の要求事項（将来活動する可能性のある断層等の認定等）を確認する。
- まずは概略調査として、発電所北側エリアおよび発電所南側エリアにおいて、地表面の地質の分布や将来活動する可能性のある断層等の有無を調べるために、ボーリング調査、弾性波探査、地表踏査を行い、地質の概況を踏まえ、より優位なエリアを選定する。
- 次に詳細調査として、選定したエリアにおいて、地形や地質の状況を把握し、原子炉等の設置に適した地質・地盤であるかを確認するために、試掘坑調査、弾性波探査、深浅測量、ボーリング調査、地震に関する調査を行う。

調査項目

- 概略調査：ボーリング調査、弾性波探査、地表踏査
- 詳細調査：試掘坑調査、弾性波探査、深浅測量、ボーリング調査※、地震に関する調査
※概略調査の結果を踏まえて必要に応じて実施

実施期間（予定）

- 概略調査：（自）2025年11月（至）2027年3月
- 詳細調査：（自）2027年4月（至）2029年～2030年



出所：関西電力ニュースリリース（2025年9月17日）

https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2025/pdf/20250917_1j.pdf

- 地震・津波その他自然災害への対応、大規模航空機衝突・テロ対策、電源不要の受動的安全システム、シビアアクシデント対策等の世界最高水準の安全対策
- 再生可能エネルギーとの共存等の社会ニーズを踏まえたプラント機能向上

冷却・閉じ込め機能強化

炉心・格納容器冷却システム等の多重性・多様性を強化

パッシブ安全設備の導入

電源を必要としないパッシブ安全設備も用いて炉心冷却、溶融炉心対策

溶融炉心対策

万一の炉心溶融時にもデブリを専用設備（コアキャッチャ）に捕捉し、最終障壁である格納容器外への放出を防止

セキュリティ高度化

最先端技術を適用したサイバーセキュリティ

大型航空機衝突対策

航空機衝突に耐えうる格納容器の強靭化

耐震性向上

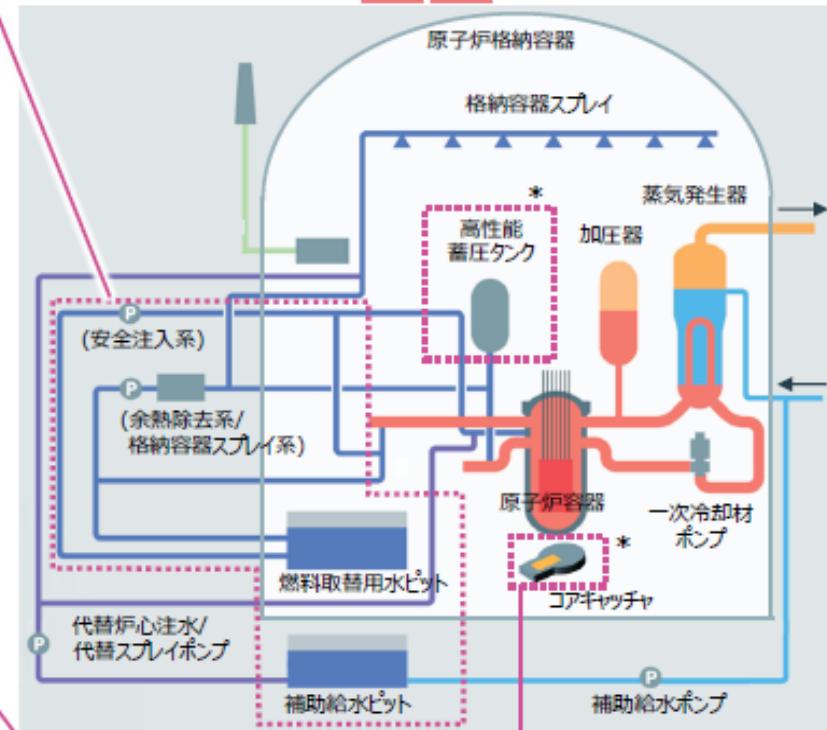
建屋頑健化、低重心化等

津波、その他自然災害への耐性

津波・竜巻・台風・火山等の自然災害への耐性を強化

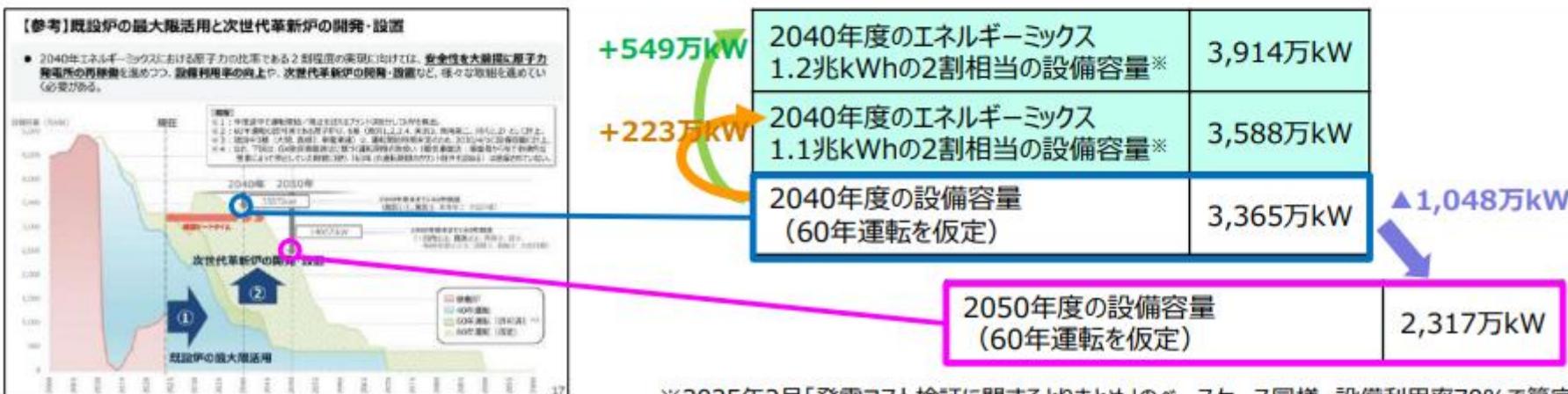
再生可能エネルギーとの共存

出力調整機能（周波数制御、負荷追従）の強化



今後必要となる建て替えの規模について

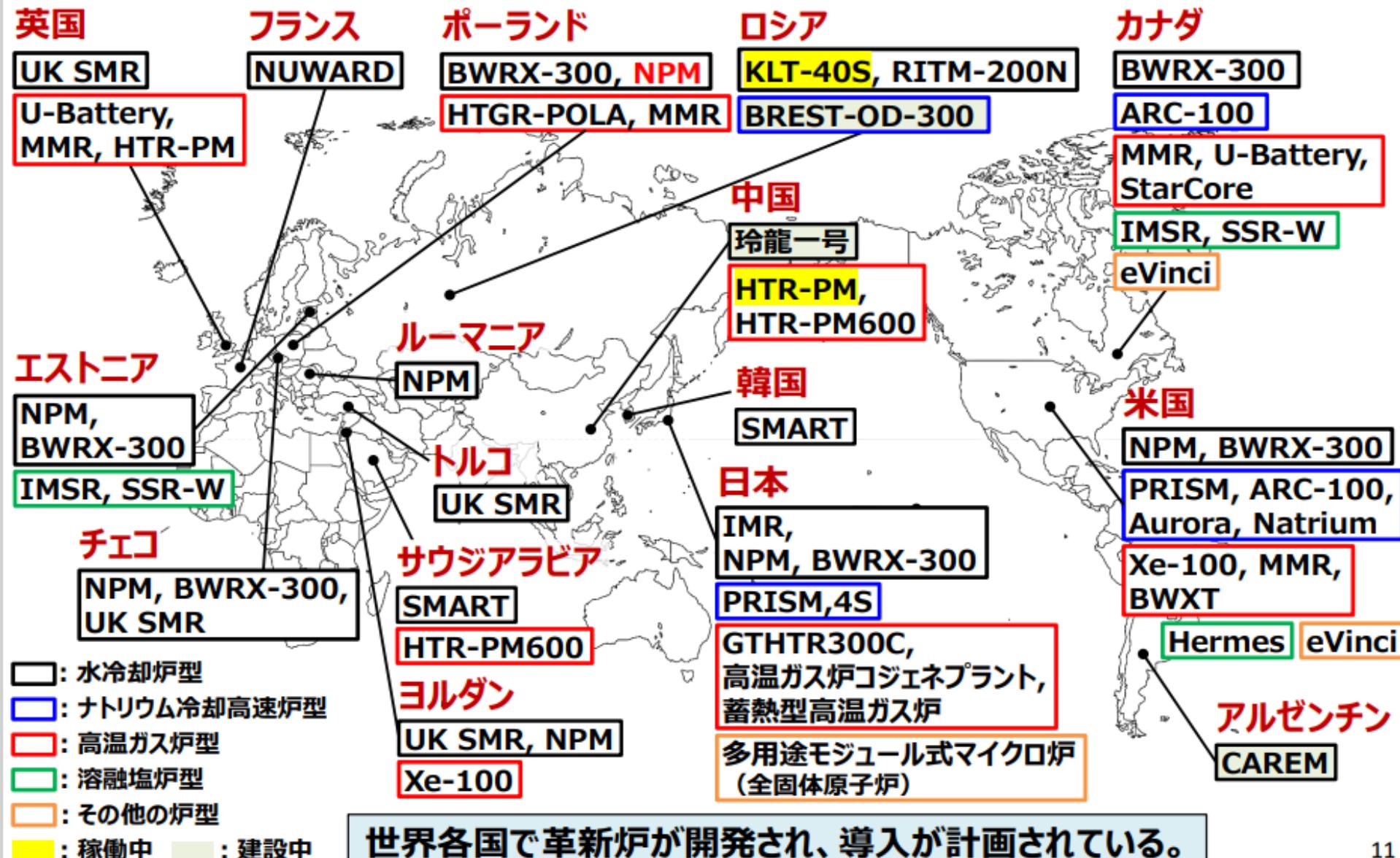
- ▶ 火力発電の経年リプレースの状況や、今後の電力需給の不確かさ等があるものの、建設リードタイムが長期に亘る原子力発電の特徴を踏まえると、建て替えに着手すべき時期が来ている。
 - ▶ また、人材・サプライチェーンの維持・強化といった課題に加え、国内のプラント建設機会の空白期間を踏まえた初号機特有のリスクも踏まえると、現段階から着手する必要。
 - ▶ 今後の設備容量の低下を見据えると、中長期的な継続的かつシリーズでの開発・設置に向けた具体的な原子力発電の見通し・将来像が必要。
 - ▶ 既設炉の更なる利用率向上の取組み等は着実に進めつつ、2040年度エネルギー믹스の想定需要を踏まえた安定供給確保に万全を期す観点から、『2040年代に約550万kWの建て替え』が必要となる可能性がある。まずはこの点を議論の出発点とすべきと考える。
 - ▶ 2040年度と同程度の発電電力量を原子力が担うとすると、2050年代には約1,270～1,600万kWの設備容量の建て替えが必要となる可能性がある。今後の発電電力量の推移・脱炭素電源の導入状況によっては、上記以上の建て替えが必要となることも考えられる。



【出典】2025年6月24日 第45回 原子力小委員会 資料2

※2025年2月「発電コスト検証に関するとりまとめ」のベースケース同様、設備利用率70%で算定。

世界の革新炉（SMR）開発・導入状況



3-2. BWRX-300の特長

安全性・経済性・建設性・柔軟性に優れた小型軽水炉

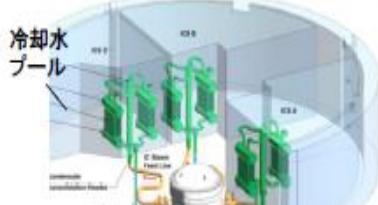
革新的安全システム

冷却材喪失事故
(LOCA)を抑制

交流電源・人的操作
なしで7日間冷却可能



原子炉一体型隔離弁



自然循環力による
崩壊熱除去システム

短く確実な建設

国内で実績あるモジュール工法の採用

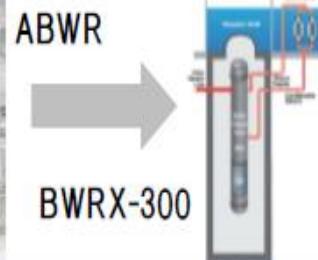


ABWRの高圧ドレンポンプ
配管・弁室モジュール



優れた経済性

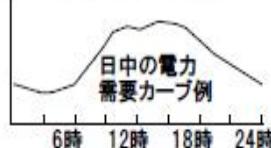
革新的安全システム導入による
システム単純化 → 物量大幅低減



BWRX-300

柔軟性

運転柔軟性



負荷変動への対応を可能
とする出力制御

立地柔軟性



小さい事故影響による
EPZ縮小*

*北米の例, EPZ: Emergency Planning Zone

欧米の“BWRX-300”の報道ぶりについて

地域	報道内容
カナダ 	<ul style="list-style-type: none">・ オンタリオ州営の電力会社Ontario Power Generation社がDarlingtonサイトで建設を計画。2029年に初号運転を開始予定（2022年10月に建設許可申請を開始済）。【2021年12月公表】・ オンタリオ州は、ダーリントンサイト初号機に加えて、3基を追加する方針を表明。【2023年7月公表】、「BWRX-300」1基の建設許可を発行することを決定。【2025年4月公表】・ カナダ中西部のサスカチュワン州の電力会社SaskPower社がサスカチュワン州での建設炉型として「BWRX-300」を選定。【2022年6月公表】
米国 	<ul style="list-style-type: none">・ 米国営電力会社TVA社がテネシー州Clinch RiverサイトでSMR開発プログラムを発表。「BWRX-300」を候補として許認可を取得し、事業性を判断。【2022年2月公表】・ Clinch Riverサイトは最大4基のSMR建設を計画していることを公表。原子炉一体型隔離弁を含む5件のLTRs(Licensing Topical Reports)についてNRCからの許可を取得済。【2023年6月公表】
エストニア 	<ul style="list-style-type: none">・ エストニアにおける次世代SMRの導入に向けて設立された非公開企業Fermi Energia社が、導入炉型として「BWRX-300」を選定。【2023年2月公表】・ SMR2基の国家計画プロセス開始の申請書を政府に提出。建設許可申請の提出は2029年で、2基のうち最初の原子炉は2035年に運転開始予定。【2025年5月公表】

出所：令和7年第4回原子力委員会定例会議資料第一号（日立GEニュークリア・エナジー株式会社発表）

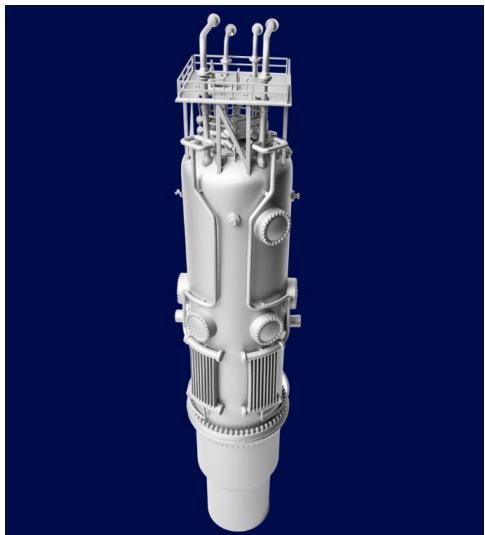
https://www.aec.go.jp/kaigi/teirei/2025/siryo04/1_haifu.pdf

一般社団法人海外電力調査会及び電気事業連合会HP（※1※2※3）を基に内閣府作成

※1 <https://www.jepic.or.jp/> ※2 https://www.fepc.or.jp/pr/kaigai/kaigai_topics/1270801_8182.html

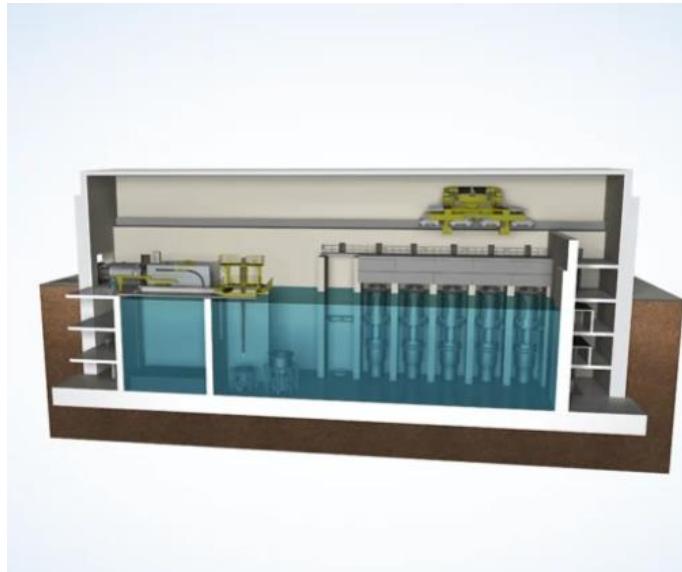
※3 https://www.fepc.or.jp/pr/kaigai/kaigai_topics/1270922_8182.html

米ニュースケール・パワー社、SMR概要



<NuScale Power Module 概要>

- ・発電容量：1モジュールあたり77MW
- ・設備利用率：95%以上
- ・モジュール寸法：直径76フィート×高さ15フィート（円筒形格納容器）
- ・モジュール重量：総重量約700トン
- ・燃料：標準軽水炉（LWR）燃料
17×17配置、各燃料集合体長さ2メートル（約6フィート）
- ・燃料交換サイクル：最大21カ月（濃縮度5%未満の燃料使用時）



<標準プラントモデルの概要>

- 最大12モジュール構成で924MWの電力を発電
- データセンターへの電力供給、プロセス熱の提供、老朽化した石炭火力発電所の代替、緊急用マイクログリッドの電力源として活用
- 12モジュールプラントは、新たな燃料を必要とせず、154MWで重要施設向けのマイクログリッドに12年間にわたり稼働させることが可能

欧米等の“VOYGR”の報道ぶりについて

地域	報道内容
米国 	<ul style="list-style-type: none"> 米ENTRA1 Energy社と米テネシー渓谷開発公社（TVA）は、TVAが供給する米国南東部の7つの州において、米ニュースケール社製SMRを最大6GW導入する協力協定を締結。【2025年9月公表】 米国でクラウドコンピューティングサービスを提供している米スタンダード・パワー社は、米ニュースケール社製SMR2基（2GW）の開発計画を発表。【2023年10月公表】
ルーマニア 	<ul style="list-style-type: none"> 米ニュースケール社は、Nova Power & Gasと国営企業Nuclearelectricaの合弁会社のRoPowerNuclear S.A.社と、ドイチュシュティにおける「VOYGR-6」小型モジュール炉（SMR）設置に向けた基本設計契約を締結。【2023年1月公表】 米輸出入銀行（US EXIM）は、ルーマニアでは初となる米ニュースケール社製のSMR開発プロジェクトに対し、9,800万ドルの融資を承認。【2024年10月公表】
ガーナ 	<ul style="list-style-type: none"> ガーナ原子力発電公社と、米ニュースケール社を含む民間企業と提携する米国の原子力技術プロジェクト開発企業の米レグナム・テクノロジー・グループとの間で、米ニュースケール社製小型モジュール炉（SMR）「VOYGR-12」の開発に関する合意が、第2回年次米アフリカ原子力エネルギーサミットにおいて調印。【2024年8月公表】

出所：

※1 : <https://www.nuscalepower.com/press-releases/2025/nuscale-proudly-supports-tva-and-entra1-energy-announcement-of-landmark-6-gigawatt-small-module-reactor-smr-deployment-program>

<https://www.nuscalepower.com/press-releases/2023/standard-power-chooses-nuscales-approved-smr-technology-and-entra1-energy-to-energize-data-centers>

※2 : <https://www.world-nuclear-news.org/articles/nuscale-marks-smr-progress-in-usa,-romania>

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/nuscale-marks-smr-progress-in-usa,-romania>

※3 : <https://www.world-nuclear-news.org/articles/us,-ghanaian-firms-sign-commercial-agreement-for-s>

海外における最近の原子炉プロジェクト動向

●米テラパワー社

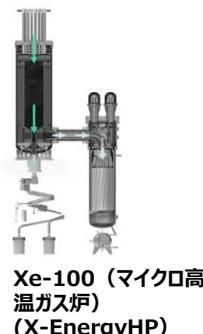
2024年6月、米ワイオミング州で、ナトリウム冷却小型高速炉「Natrium」実証プロジェクトの起工式を実施。この炉はGEベルノバ日立ニュークリアエナジー(GVH)との共同開発で、HALEU燃料を使用して、熔融塩を使ったエネルギー貯蔵システムを併設し負荷追従性を高めている。



出典:原子力産業新聞 (2024年6月13日海外ニュース) [米テラパワー「Natrium」起工式を挙行](#) | 原子力産業新聞 日経クロステック (2024年8月29日) [ビル・ゲイツ氏新興企業が新方式の原発、蓄電併設で安定・柔軟な電源を目指す](#) | 日経クロステック (xTECH) <https://www.terrapower.com/terrapower-begins-construction-in-wyoming> <https://www.terrapower.com/terrapower-announces-650-million-fundraise>

●米エックスエナジー社

2025年6月、開発中の小型モジュール炉(SMR)「Xe-100」(高温ガス炉、8万kW)を4基(計32万kW)設置する建設許可申請を提出し、米国原子力規制委員会(NRC)が18カ月で審査し、環境評価を実施すると発表。「Xe-100」は、高温の蒸気と熱を生成できるため、電力供給に加えて、水素製造、石油精製等の産業用途にも適応可能。



出典:原子力産業新聞 (2025年4月2日海外ニュース) [米テラパワー「Xe-100」建設許可申請](#) | 原子力産業新聞 電気事業連合会 (2025年7月3日海外電力関連トピックス情報) [米国] NRC、「Xe-100」初号機の建設許可の予定スケジュールを18カ月と公表 - 海外電力関連情報 | 電気事業連合会 <https://x-energy.com/media/xe-100>

●米ホルテック社

2025年2月、廃止炉の再稼働を目指す米パリセード原子力発電所内に「SMR-300」(PWR、30万kW)を2基建設する「Mission 2030」プログラムを開始。同社の「SMR-300」は2020年12月に、米DOEの「先進的原子炉建設実証プログラム」(ARDP)で支援対象に選定され、2030年~2034年の実用化を目指すSMRとして、7年間で1億1,600万ドルの支援を受けている。



原子力産業新聞 (2023年12月6日海外ニュース) [米ホルテック社「パリセード発電所敷地内でSMR建設へ」原子力産業新聞](#)

●英ロールスロイス社

2025年8月、スウェーデン国営電力会社バッテンフォール社はリングハルス原子力発電所(PWR、110万kW×2基)近くに建設する新設炉計画として、米GEベルノバ日立ニュークリアエナジー(GVH)社の「BWRX-300」と英ロールス・ロイスSMR社の小型モジュール炉(SMR)を最終候補に選定。

英ロールスロイスSMR

出典:電気新聞HP (2025年8月25日) [GVHとロールス・ロイス、SMR供給の最終候補に](#) - 電気新聞ウェブサイト



IAEA総会 代表演説、米国・仏国・EUとのバイ会談 概要

第69回IAEA総会

- 2025年9月15～19日、ウィーンにて第69回IAEA総会を開催。
- 日本からは城内内閣府特命担当大臣（科学技術政策）と海部在ウィーン国際機関日本政府代表部大使が政府代表として出席。
- 総会初日、城内大臣から、核不拡散等の課題への対処、原子力の平和利用と我が国の取組、IAEAへの支援等について演説。
- 最初の演説国はイラン。イランは演説の中で、同国の核施設を巡るイスラエルや欧米、IAEAの対応に言及。
- その他、各国やIAEA高官らとのバイ会談、内閣府原子力委員会主催のサイドイベント等を実施。



城内内閣府特命担当大臣
(科学技術政策)による
一般討論演説

城内内閣府特命担当大臣
(科学技術政策)
IAEAグロッシー事務局長



米国とのバイ会談

- 米国エネルギー省（DOE）のクリス・ライト長官と会談。
- 会談では、次世代のクリーンエネルギーであるフュージョンエネルギーを含めた、両国のエネルギー政策、原子力政策等について幅広く意見交換を実施。
- 当該分野での日米両国が今後も緊密に連携し協力を深めていくことを確認。



米DOEとの会談の様子

仏国とのバイ会談

- 仏国のイザベラ・エティアンブルCEA長官と会談。
- 日仏両国は、核不拡散体制の強化及び原子力の平和的利用の促進のため、50年以上にわたり緊密な協力関係を築いており、今年6月には東京で「原子力エネルギーに関する日仏委員会第13回会合」が開催。
- 会談では、両国の連携を一層強化していくことを確認。両国の政策や今後の取組等について意見交換を実施。



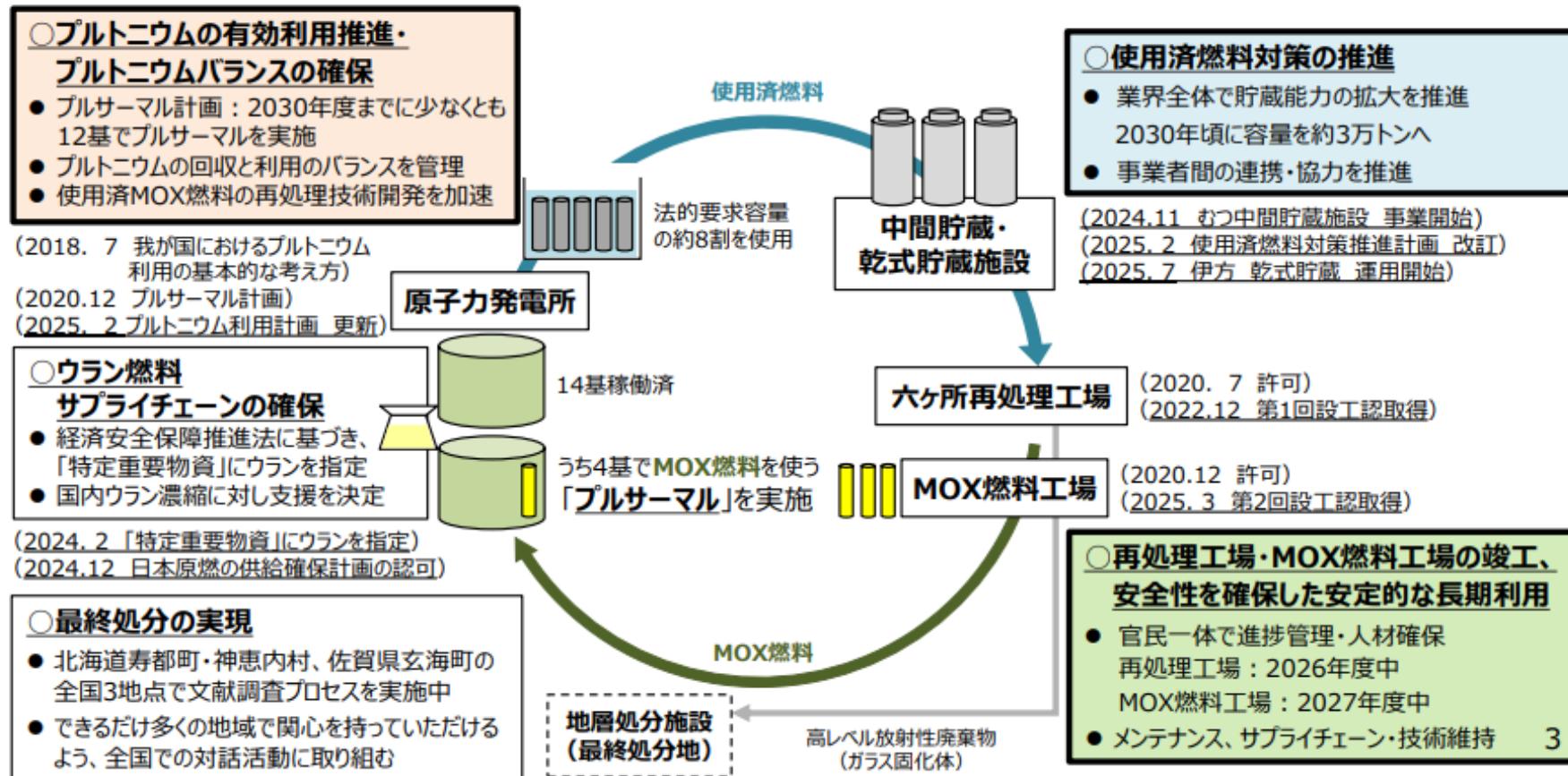
仏国との会談の様子

EUとのバイ会談

- 欧州委員会のガリバ・エネルギー総局次長と会談。
- 会談では、SMR、フュージョン、医療用ラジオアイソotope等について意見交換を実施。日EUの原子力分野での協力関係を確認。

核燃料サイクルの確立に向けた取組

- 核燃料サイクルは、①高レベル放射性廃棄物の減容化、②有害度低減、③資源の有効利用等の観点から、その推進を一貫して国の基本的方針と位置付け。
- この基本的方針の下、「再処理工場・MOX燃料工場の竣工、安全性を確保した安定的な長期利用」「使用済燃料対策の推進」、「プルトニウムの有効利用推進・プルトニウムバランスの確保」などに取組。
- また、核燃料サイクルの効果をより高めるものとして、高速炉開発も推進。



出典：2025年9月9日 経済産業省 原子力小委員会 第1回核燃料サイクルの実効性向上に向けた課題について

日本原燃（再処理工場・MOX燃料工場）

再処理工場

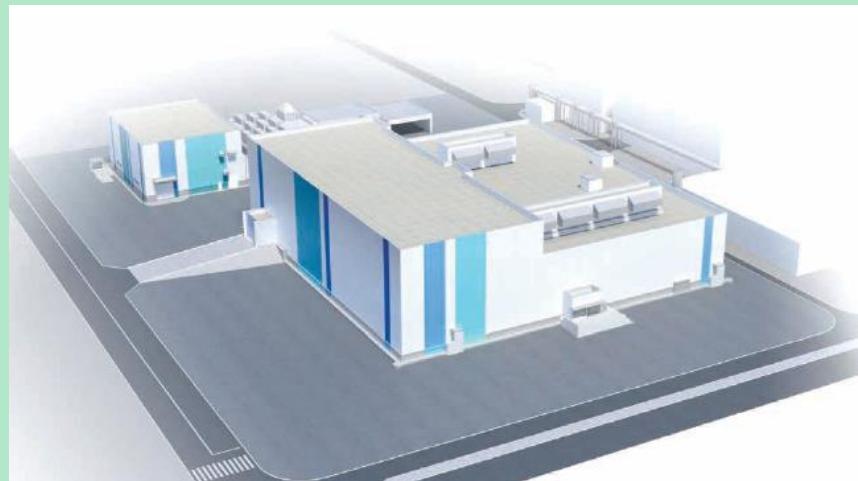
- 年間の最大再処理能力：800トンU※
- しゅん工目標：2026年度中
- ※100万kW 級原子力発電所約40基分の使用済燃料を処理する能力に相当



*再処理工場全景

MOX燃料工場

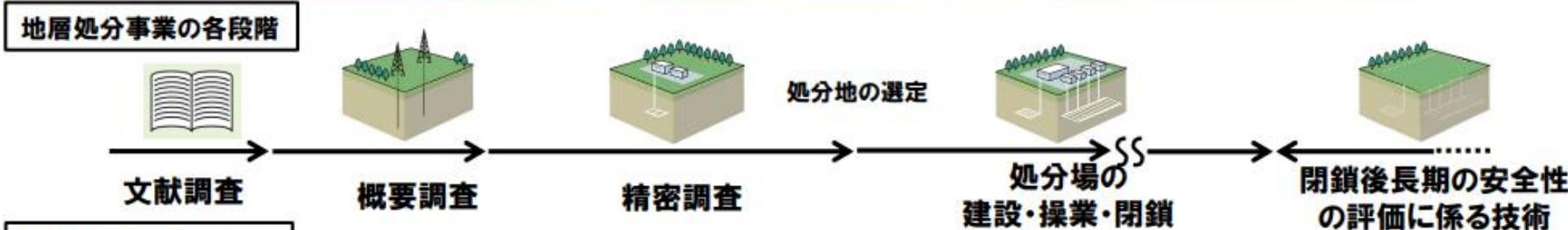
- 年間の最大加工能力：130トン-HM
- 製品：国内の軽水炉（BWR及びPWR）用 MOX燃料集合体
- しゅん工目標：2027年度中



* MOX燃料工場完成予想図

研究開発の地層処分事業への反映

The logo consists of the number '20' in a large blue font, with 'th' in a smaller blue font below it. A circular emblem containing a stylized atom model is positioned between the '0' and the 'th'. Above the '0', the years '2005' and '2025' are stacked vertically, separated by a horizontal line.



JAEAにおける研究開発

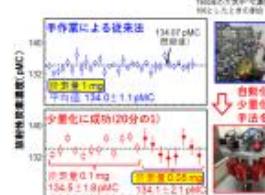


東濃地科学センター

調査・評価技術開発、年代測定技術開発

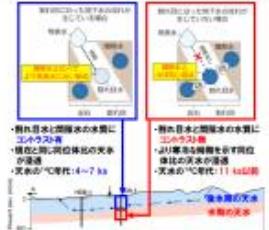


小断層に記録される象徴の形状から運動方向を復元



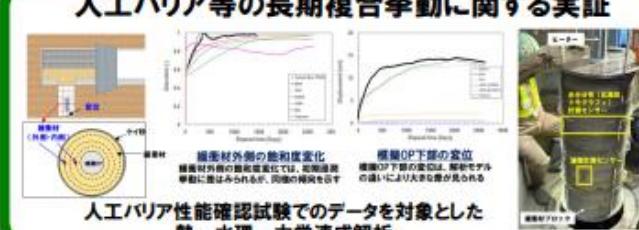
地質環境特性把握・評価

地下水の流れが 非常に遅い領域 を調査・評価する 技術の高度化

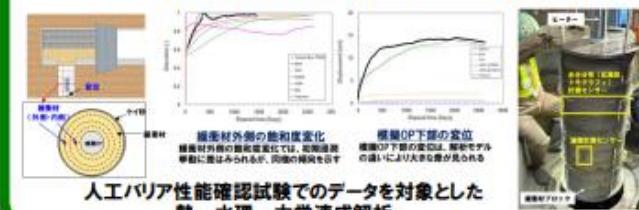


廃棄体定置・閉鎖・閉鎖後長期の評価

幌延深地層研究センター

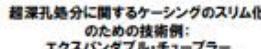


人工バリア等の長期複合挙動に関する実証



地層処分システムの工学技術の信頼性向上・安全評価の高度化

代替処分オプションの研究開発



特性の異なる種々のPMT使用溶媒料を対象とする 予備的な臨界解析の例

人工バリア等の長期複合拳動に関する研究



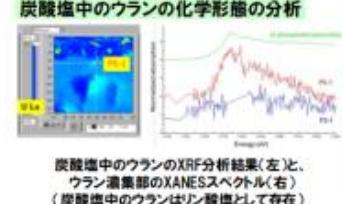
ネイキットと細菌を摂取させた試験の問題

出所：令和7年第16回原子力委員会定例会議資料第1号（JAEA説明資料）

核燃料サイクル工学研究所

放射性核種の移行に係る現象理解とデータベース開発

鉄との相互作用した緩衝材構成物の吸着特性の評価



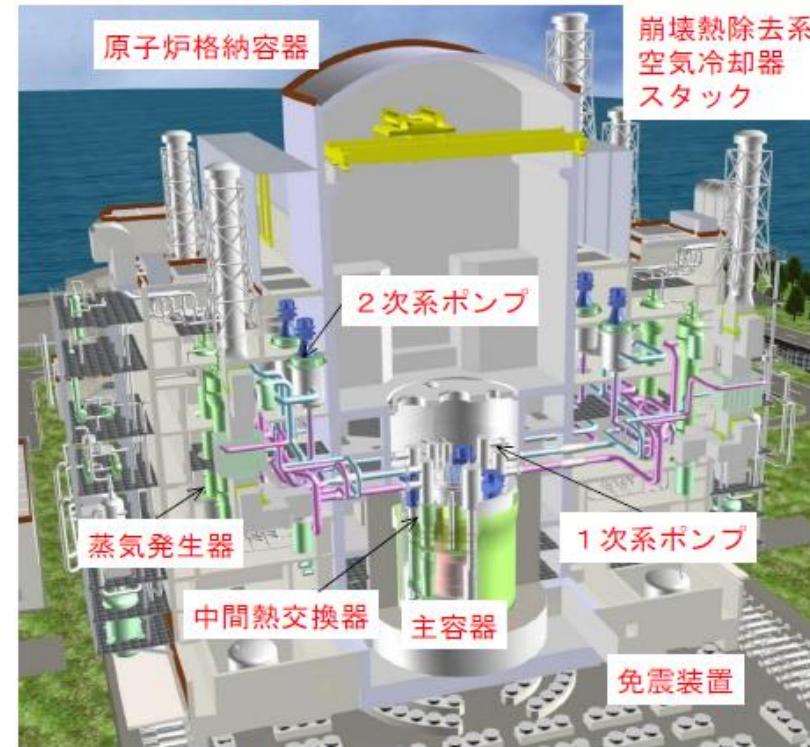
Fe(III) が存在するモンモリロナイト端面
への比表面積計算のスケープ

高速炉実証炉の概要

- 実証炉の概念設計の出力については、実用化へのスケールアップでの技術的連続性を確保でき、大型炉・小型炉にも展開可能な60万kWe級とする。
- 国内の既往プロジェクトの技術蓄積に加え、海外の運転経験を反映可能なタンク型炉を対象とすることにより合理的な開発を行う。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓や国際的な安全設計基準の考え方を取り入れ、安全性を向上する。

主な仕様（参考）

項目	仕様
出力	<u>60万kWe級（150万kWt）</u>
炉心出口ナトリウム温度	550°C
炉心	酸化物燃料炉心または金属燃料炉心*
原子炉停止系	独立2系統 (後備炉停止系に受動的炉停止機能を設置)
主冷却系	中間熱交換器数及び2次系ループ数：4
崩壊熱除去系	自然循環式：5系統、強制循環式：1系統
原子炉建屋	3次元免震建屋または水平免震建屋



提案概念鳥瞰図

高速炉開発の「戦略ロードマップ」（2022年12月23日）に基づく実証炉の概念設計の対象となる炉概念の仕様と中核企業の選定に係る提案公募

*：酸化物／金属燃料炉心でもプラントシステムへの影響は限定的なため（炉心出口温度の違いとそれによる熱交換器伝熱面積増加等）プラント側のR&Dは共通。炉心燃料、シビアアクシデント対策は酸化物／金属燃料炉心でそれぞれ並行して実施。

出所：令和7年第11回原子力委員会資料第2号

日本の高速炉開発の取組みについて

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 高速炉サイクルプロジェクト推進室

内 容

1. 原子力政策と技術革新
2. 原子力とノーベル賞

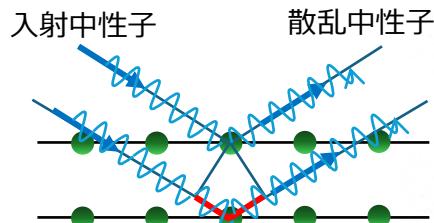
原子力関係分野におけるノーベル物理学賞 受賞実績

1994年 ノーベル物理学賞 (Bertram N. Brockhouse氏、Clifford G. Shull氏)



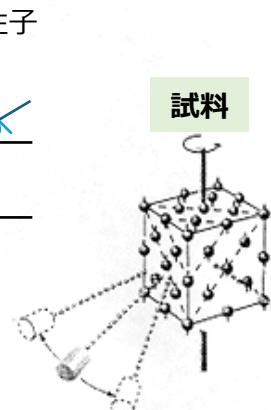
原子炉から出てくる中性子を用いて、さまざまな物質における原子の配列や磁気構造、原子や分子の運動の様子を知る“中性子散乱”的実験手法を開発した功績が認められ、受賞。

→中性子はX線とは異なる性質を持つことから、その特性を生かして多様な分野の研究開発に貢献。

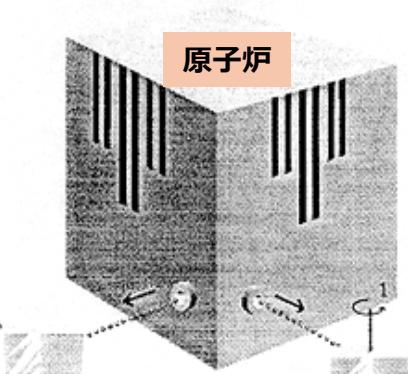


ある波長をもつ中性子を物質に入射したときの散乱の仕方をもとに結晶構造や磁気構造を明らかにする

試料



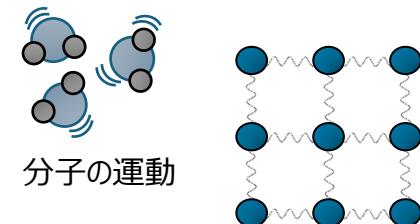
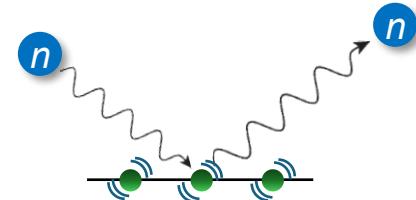
Structure



試料

Dynamics

Illustration: Carl Noddin and Kjell Lunde
散乱の前後で中性子のエネルギーがどう変化したかを調べ、原子や分子の運動、振動の様子を明らかにする



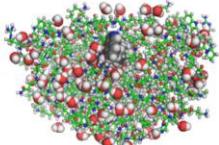
分子の運動
結晶中の原子の振動

構造の情報を得る
(弾性散乱または回折)

運動の情報を得る
(非弾性散乱)

現在の応用

現在の応用



タンパク質やDNAなど生体物質の構造解析⇒創薬
鉄鋼などの工学材料の開発⇒インフラへの応用

高分子中の分子の運動解明⇒タイヤ等の材料開発
磁性体の研究⇒量子コンピューター等への貢献

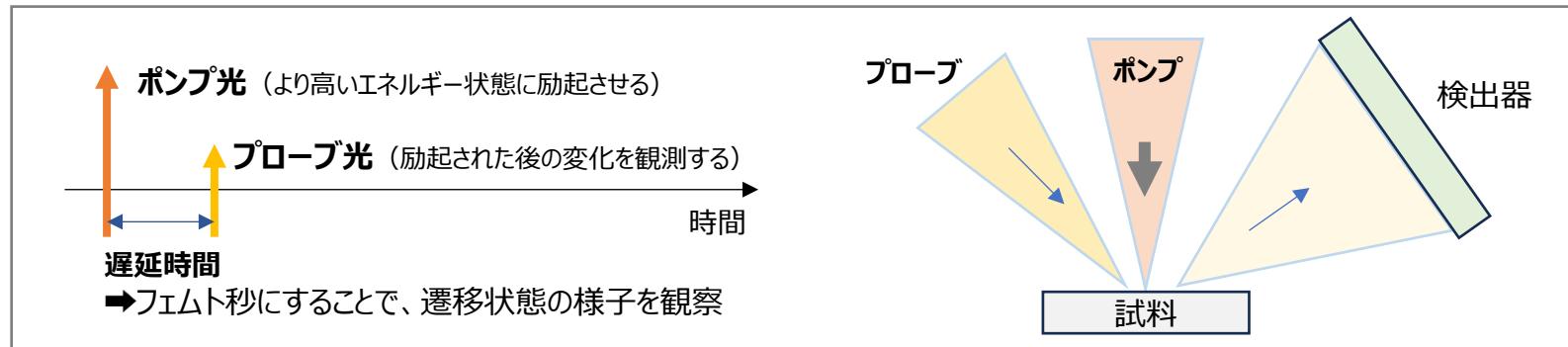
極短パルスレーザー分野におけるノーベル化学賞 受賞実績

1999年 ノーベル化学賞 (Ahmed H. Zewail氏)

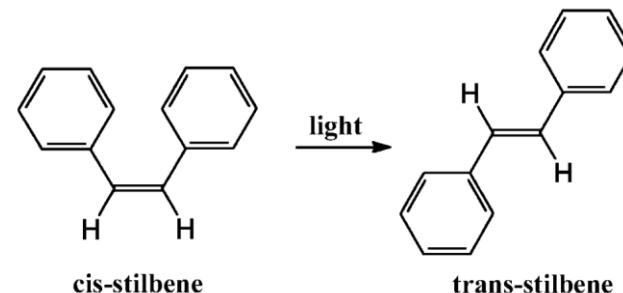
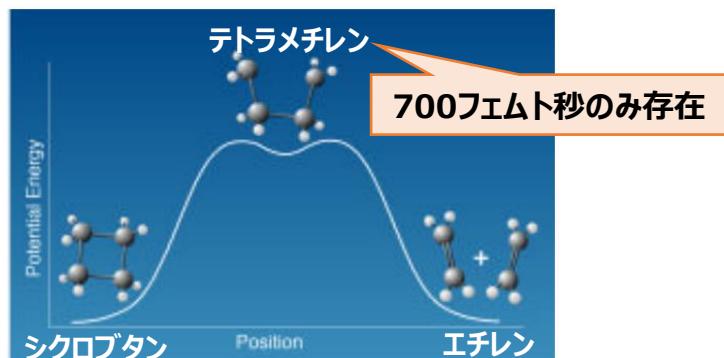


フェムト秒分光法を用いた化学反応における遷移状態の研究に関する業績が認められ、受賞。

→遷移状態の様子をフェムト秒オーダーで捉えることで、どのようにして化学反応が進むのか、観察できるように。



1000フェムト秒のみ、
“HOCO”の状態で存在



cis型分子（左図）をフェムト秒パルスで励起すると、エチレン様分子の中央の二重結合が弱まり、両方のベンゼン環が90°回転してねじれた中間体を形成。約300フェムト秒後に最終的に180°回転したtrans型（右図）になる。

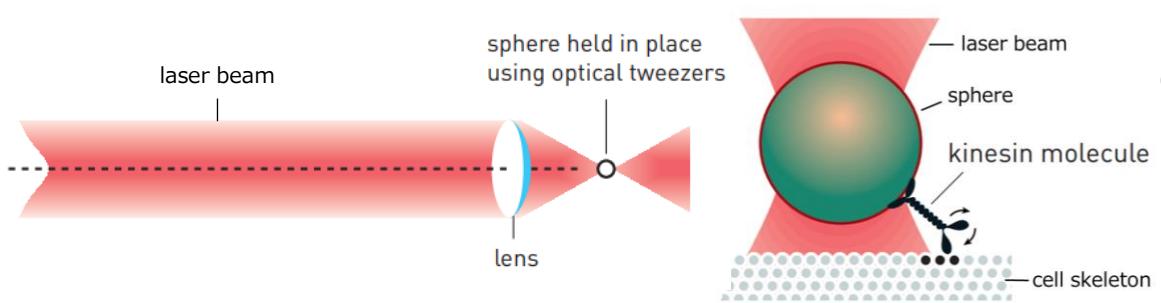
極短パルスレーザー分野におけるノーベル物理学賞 受賞実績

2018年 ノーベル物理学賞 (Arthur Ashkin氏、Gérard Mourou氏、Donna Strickland氏)



レーザー物理学分野における、以下の画期的な発明に対して授与された。

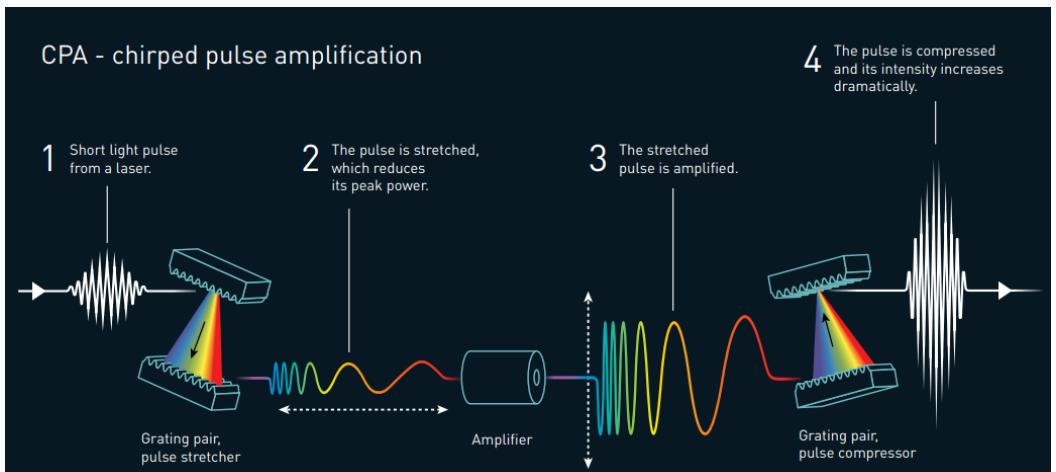
- ①光が物質に及ぼす力(光圧)を用いて、細胞などの微小な物質を補足・操作する「光ピンセット」の技術を開発。(Arthur Ashkin氏)
- ②高強度のパルスを作り出すCPA(Chirped Pulse Amplification)を開発。(Gérard Mourou氏、Donna Strickland氏)



- ①光ピンセットにより、対象に触れることなく、観察、回転、切断などが可能に。
→個々のタンパク質、分子モーター、DNAなどを研究するための標準装置に。

②パルスあたりの強度を高める技術を劇的に変えた(右図参照)ことにより、レーザーパルスのピークパワーを急激に伸ばすことができるようになった。

- ピークパワーはTWからPWへと飛躍的に増大し、多様な研究開発に貢献。
- 短パルスレーザーによって、レーシック手術が可能になるなど、医療分野にも貢献。



極短パルスレーザー分野におけるノーベル物理学賞 受賞実績

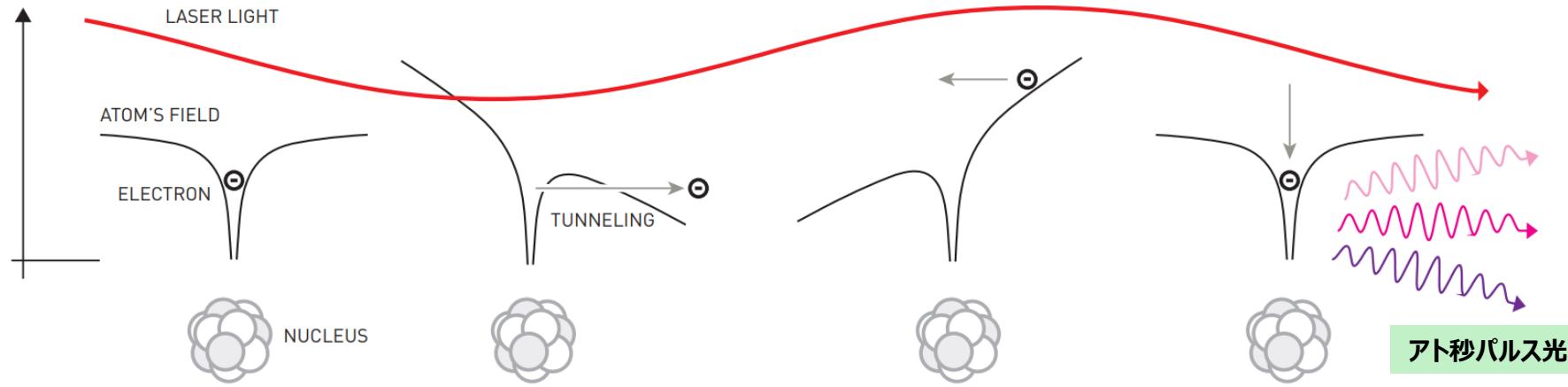
2023年 ノーベル物理学賞 (Pierre Agostini氏、Ferenc Krausz氏、Anne L'Huillier氏)

物質の構造、機能、反応を支配する電子の超高速運動に関する理解を深めることに大きな影響を与える「アト秒パルス光の生成に関する実験的手法」を生み出した功績が認められ、受賞。



→これまで観測できなかった、化学反応の初期過程の解明などに期待。

ENERGY LEVEL



1 An electron that is bound to an atom's nucleus cannot normally leave its atom; it does not have enough energy to lift itself out of the well created by the atom's electrical field.

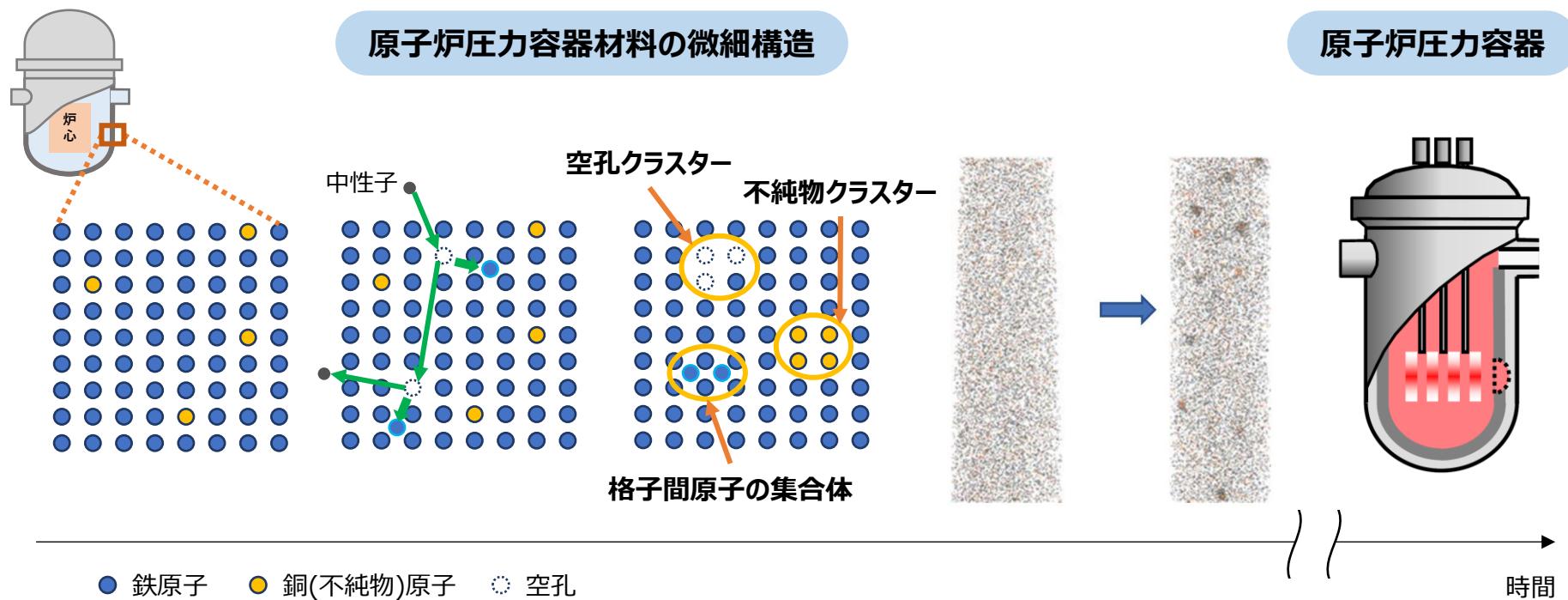
2 The atom's field is distorted when it is affected by the laser pulse. When the electron is only held by a narrow barrier, quantum mechanics allow it to tunnel out and escape.

3 The free electron is still affected by the laser field and gains some extra energy. When the field turns and changes direction, the electron is pulled back in the direction it came from.

4 To reattach to the atom's nucleus, the electron must rid itself of the extra energy it gained during its journey. This is emitted as an ultraviolet flash, the wavelength of which is linked to that of the laser field, and differs depending on how far the electron moved.

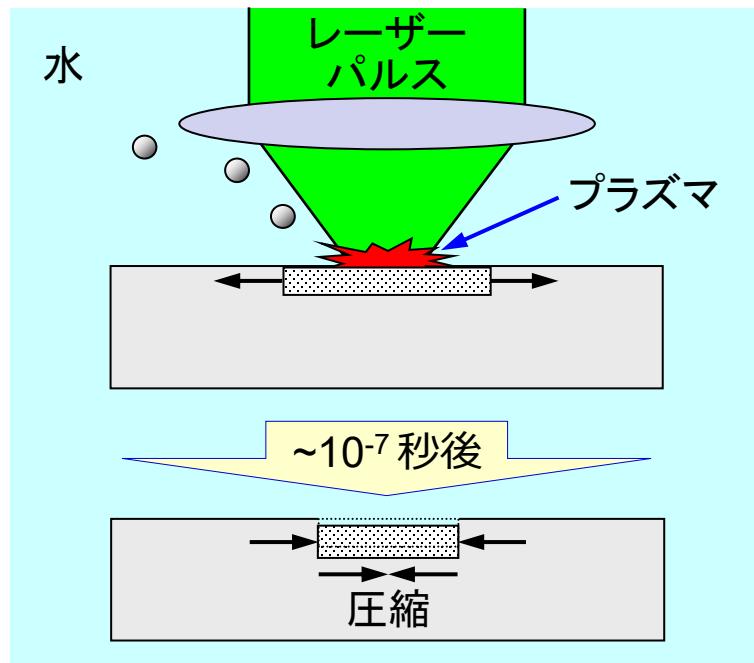
原子炉圧力容器の損傷過程

- 原子炉圧力容器は、中性子照射によって脆弱化することが知られている。
 - 中性子が原子を弾き出し(図中緑→)、原子炉圧力容器材料中に結晶の乱れを生じさせる。
 - 空孔や不純物のクラスター等が金属の変形の障害となるため、これが長期運転によって蓄積すると、原子炉圧力容器が硬く、脆くなる。
- 中性子が圧力容器材料に接触した瞬間の微細構造のダイナミクスを動画像化できれば、耐久性向上・運転期間延長に貢献できる。

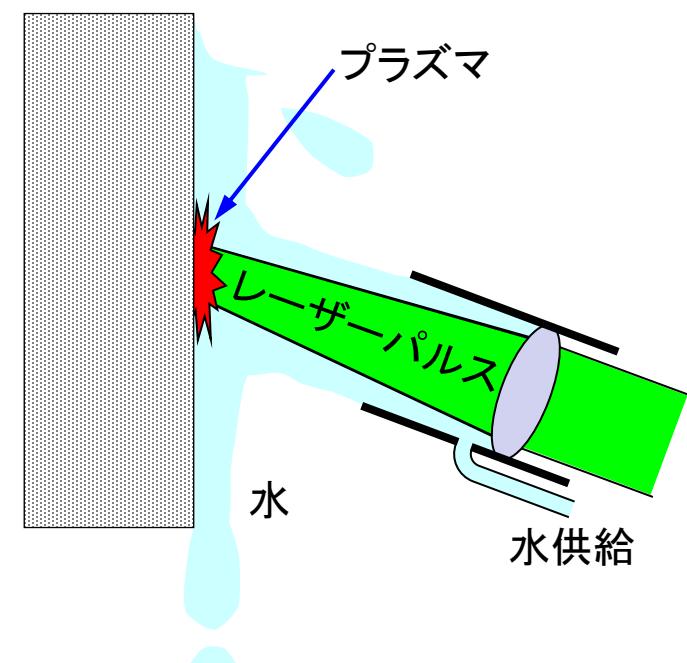


レーザーピーニングの原理

- 水で覆われた材料の表面にレーザーパルスを照射(数GW/cm²)
- 表面がレーザーのエネルギーを吸収し、瞬間的に高圧プラズマが発生
- 水の慣性がプラズマの膨張を抑制するため、圧力は数GPaまで上昇
- 衝撃波が発生し、材料中を伝播しながら塑性変形を誘起
- 未変形部からの拘束を受け、表面に圧縮残留応力が形成



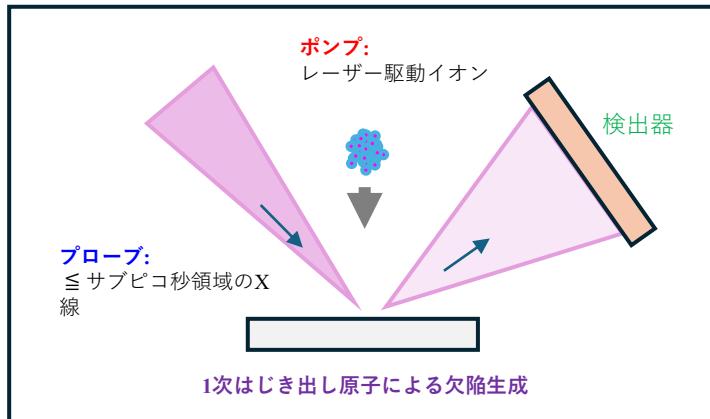
水中構造物への適用(原子炉構造物など)



インフラへの適用(橋梁や航空機など)

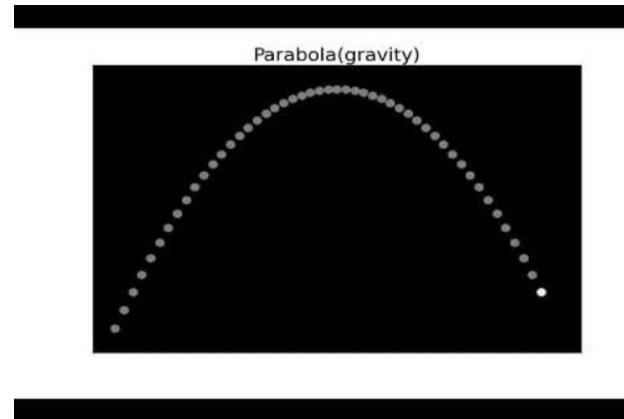
ストロボスコープ＆プローブ分析の原理

サブピコ秒領域の診断を、
レーザー駆動のイオンとX線でポンプ・プローブ！



出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて
国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構
(QST)資料より引用

ストロボスコピック現象とは



出典: <https://youtu.be/3lcp5n2KCUw>

Femtosecond Beam Science, Mitsuru Uesaka, Imperial College Press, 2005

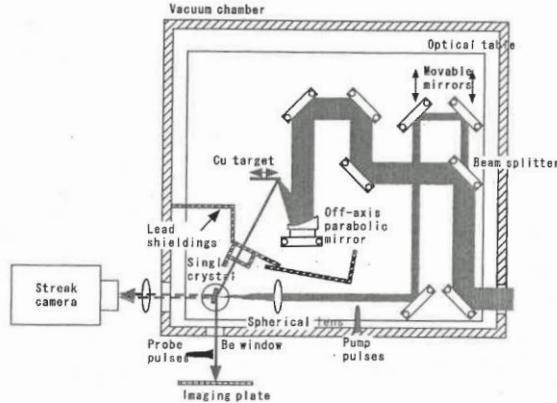


Fig. 4.23 Experimental setup for time-resolved X-ray diffraction with laser plasma X-rays.

Femtosecond Beam Science

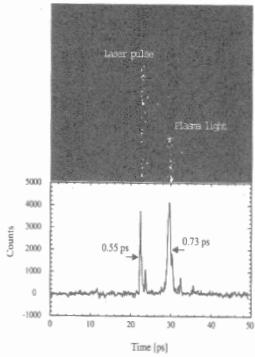


Fig. 4.24 Timing adjustment with a femtosecond streak camera.

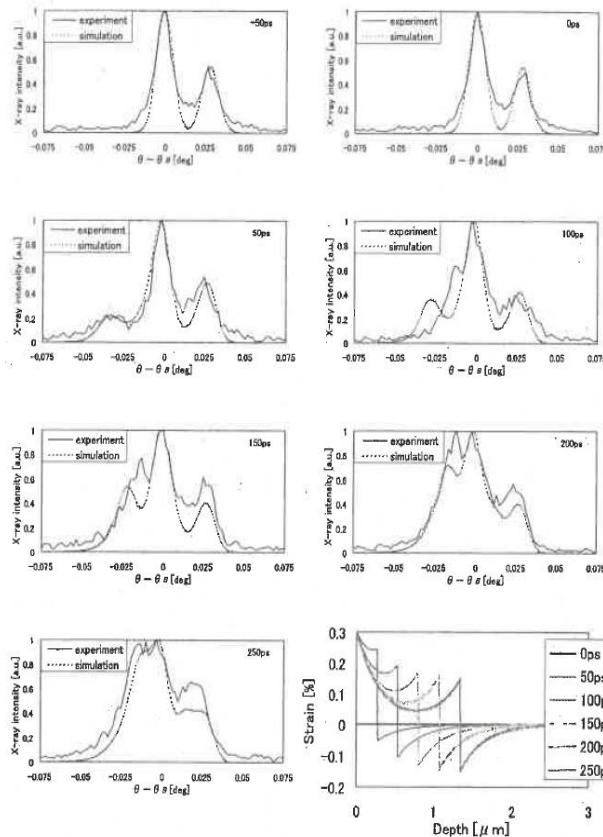


Fig. 4.22 Picosecond changes in diffracted X-ray profiles from a GaAs(111) single crystal.

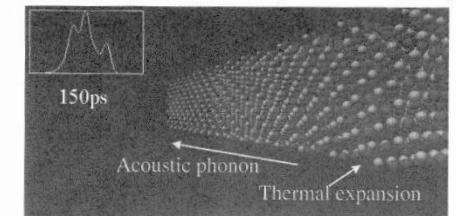


Fig. 4.26 Snapshot of the atom distribution in a crystal irradiated with an ultrashort laser pulse.

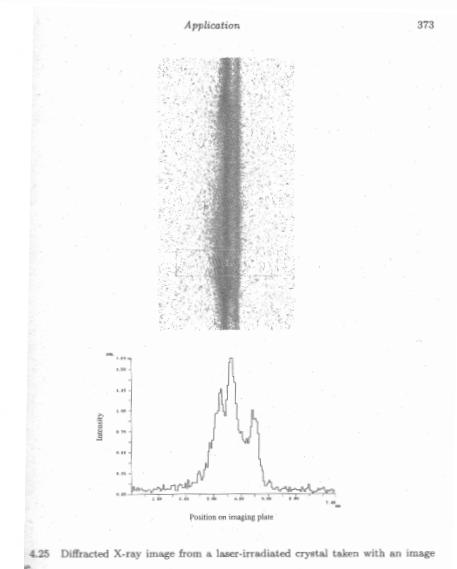


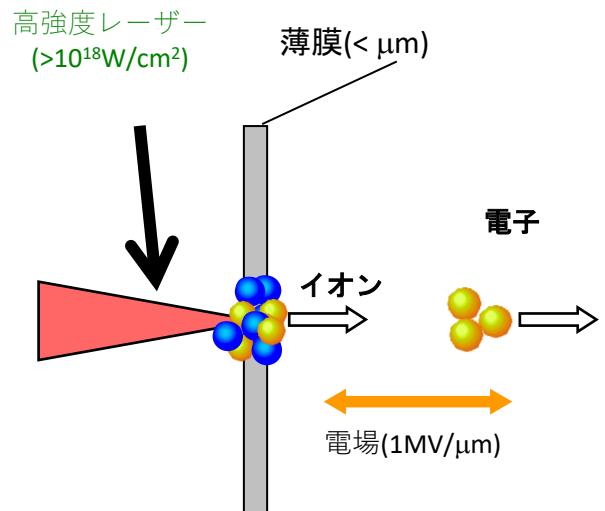
Fig. 4.25 Diffracted X-ray image from a laser-irradiated crystal taken with an image plate.

Distance near the surface is expanded by the temperature increase and the X-ray wave propagates inward as acoustic phonons.

高強度レーザーによるレーザー駆動イオン加速

レシピ:

- 高強度レーザー ($> 10^{18} \text{W/cm}^2$, 数十fs)
- 金属もしくは有機物の薄膜 ($< \mu\text{m}$)

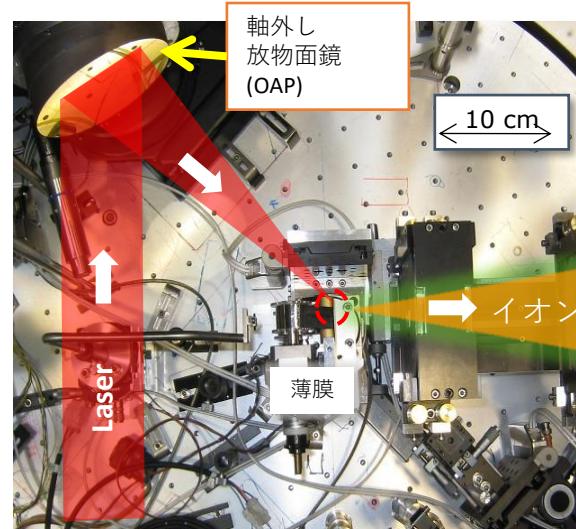


レーザ駆動イオン加速

加速電場 ($> 10^{18} \text{W/cm}^2$) laser pulses

$$\sim 1 \text{ MV}/\mu\text{m} = 1 \text{ TV}/\text{m}$$

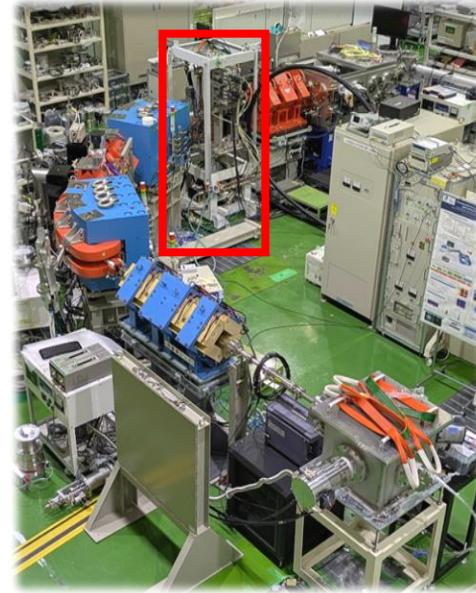
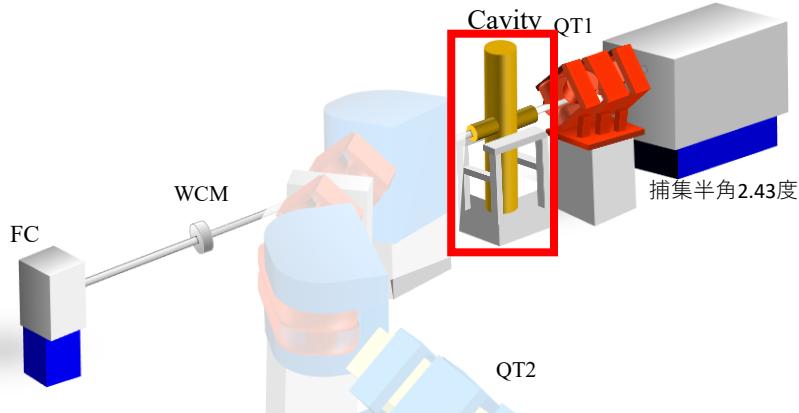
c.f. $< 10 \text{ MV/m}$ 一般的な高周波加速器



西暦 2 0 0 0 年頃から急速に技術が進んできた

出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (QST) 資料より引用

レーザー駆動型イオン加速によるイオン入射器の開発



経緯

2022-23年:
原型機完成

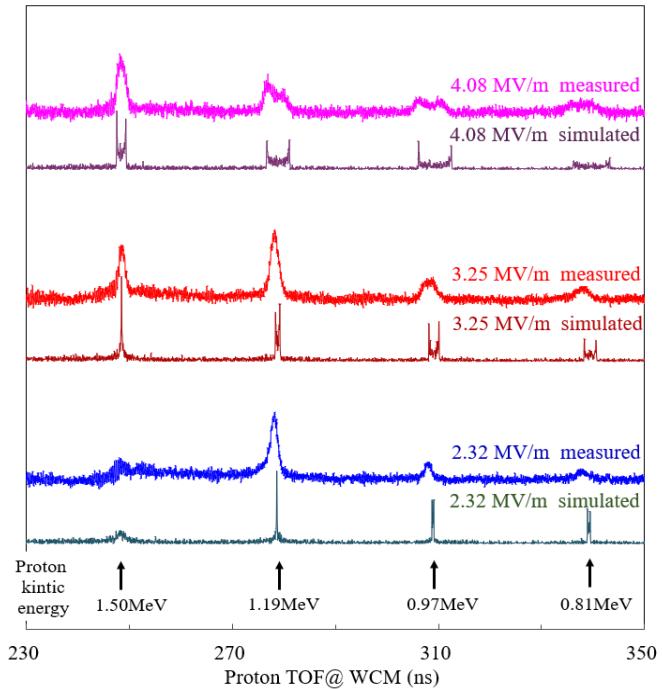
2023-24年:
位相回転空腔

加速器ビームライン開発

発散角を抑える \Rightarrow **Qトリプレット**
 dE を小さく整え、イオン個数を増大 \Rightarrow **位相回転空腔**

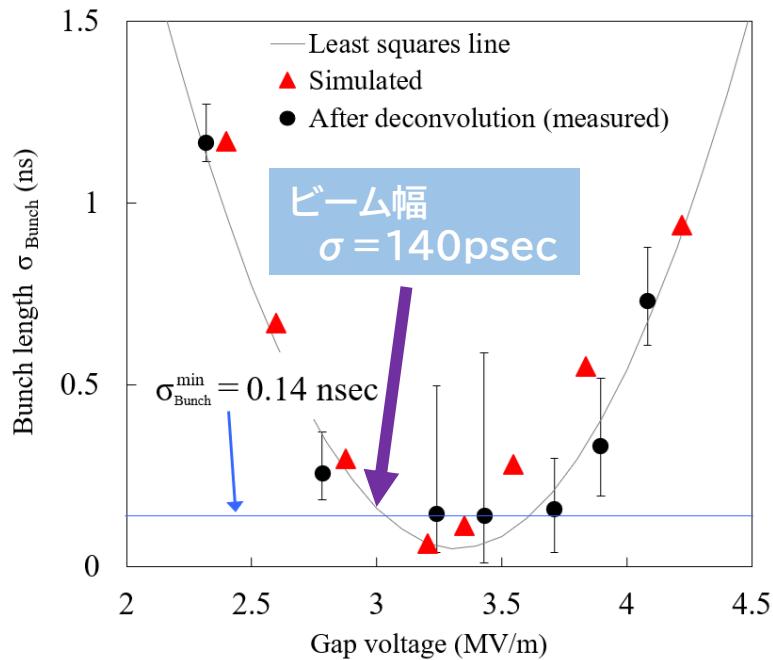
出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 (QST)資料より引用

縦方向の非破壊でのバンチ幅計測結果（実測と1Dモデル計算結果比較）



シミュレーションと
実験結果が一致
⇒ モデルを使えば
加速器が設計可

エネルギー5%幅にある
イオンを集めて個数を
10倍程度向上できることを非破壊計測で実証



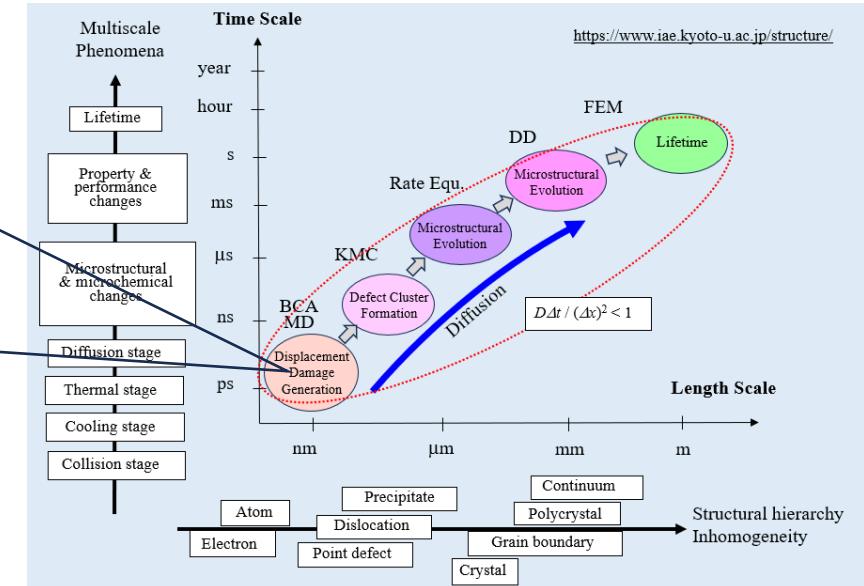
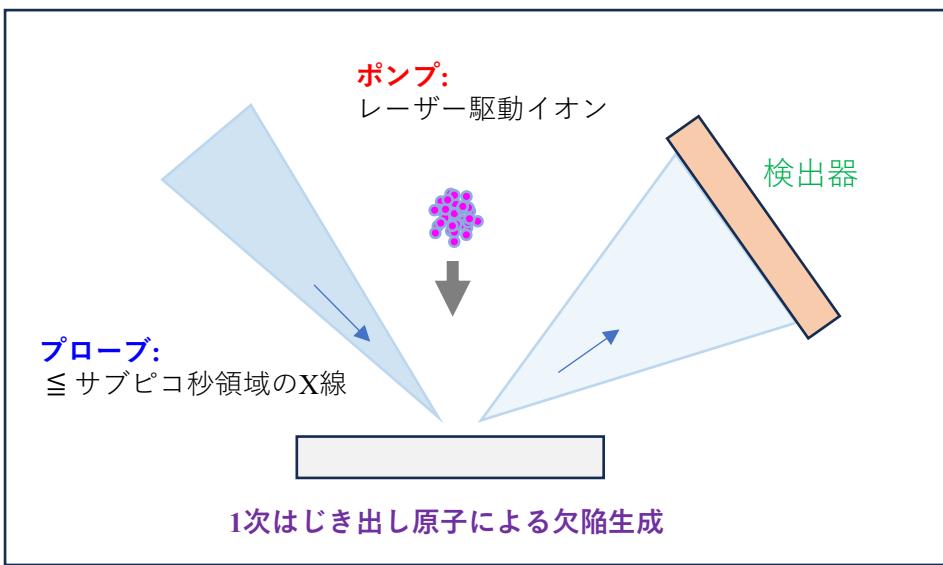
陽子1.5MeVバンチ
 $dE = \pm 0.76\text{~}\text{--} 2.3\%$
 イオン個数 $> 4 \times 10^7$ 個/バンチ/1%bw

H.Sakaki et al., Rev. Sci. Instrum. 96, 093307 (2025)

出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人 量子科学技術研究
開発機構 (QST)資料より引用

放射線損傷の時間発展過程の診断

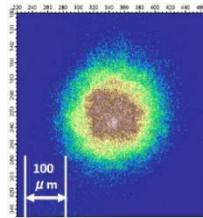
サブピコ秒領域の診断を、
 レーザー駆動のイオンとX線でポンプ・プローブ！



2つのノーベル賞技術を用いて、次のノーベル賞へ！
 －1ショットポンプ＆プローブ分析－

出典: 2025年11月11日日本MRS学会国際シンポにて国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 (QST) 資料より引用

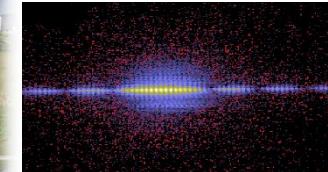
レーザー光



国家基幹技術



スリットで干渉した光

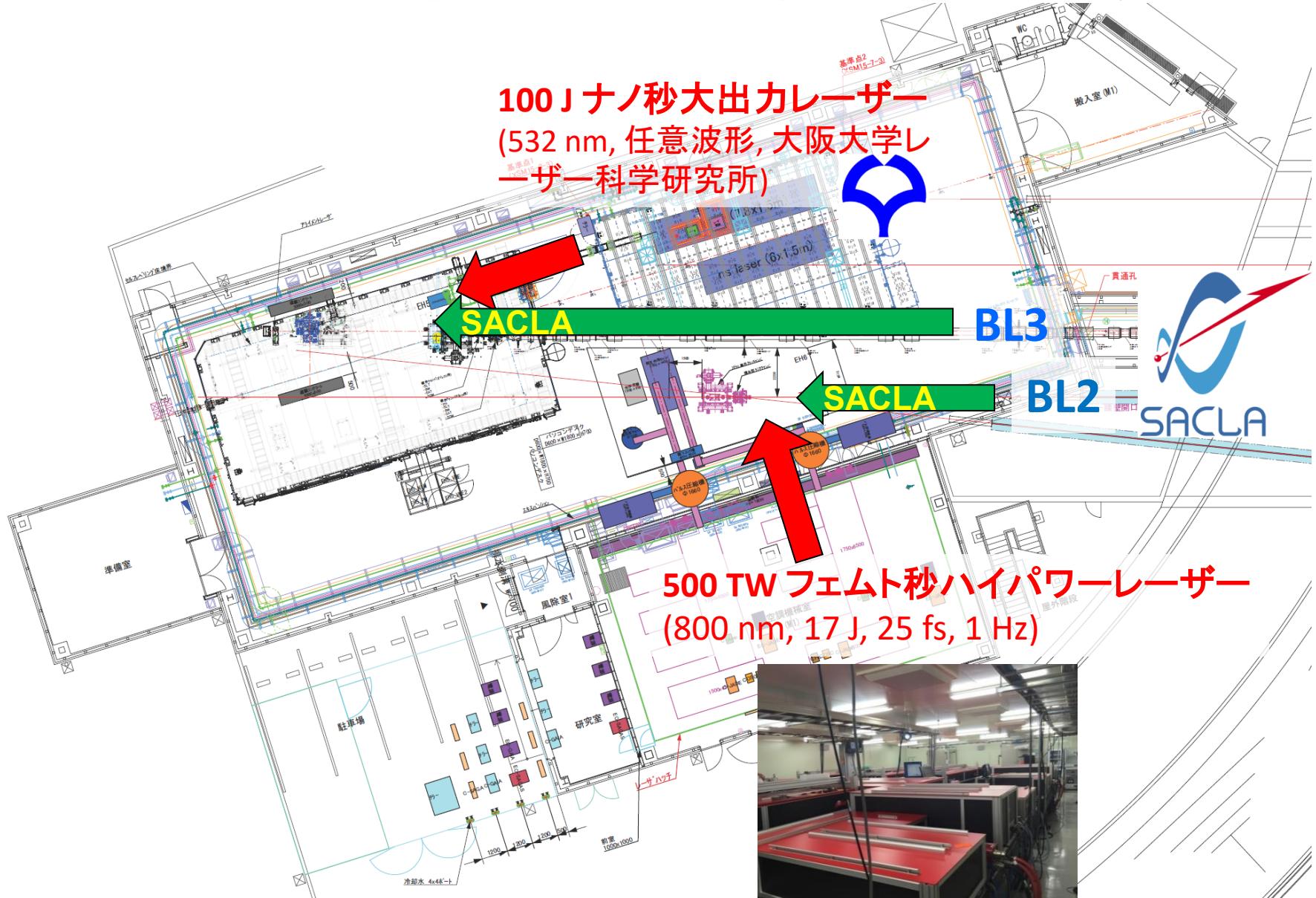


建設期間：2006～2011年 全長：700 m 2011年6月レーザー発振に成功
供用開始：2012年3月 加速電子エネルギー：8 GeV、波長：0.06nm
2023年度 実施実験課題数：96件、利用者数：1,079人

SACLAを創った日本の力

出典:理化学研究所より資料提供

SACLA: 大強度レーザーとの同期照射システム

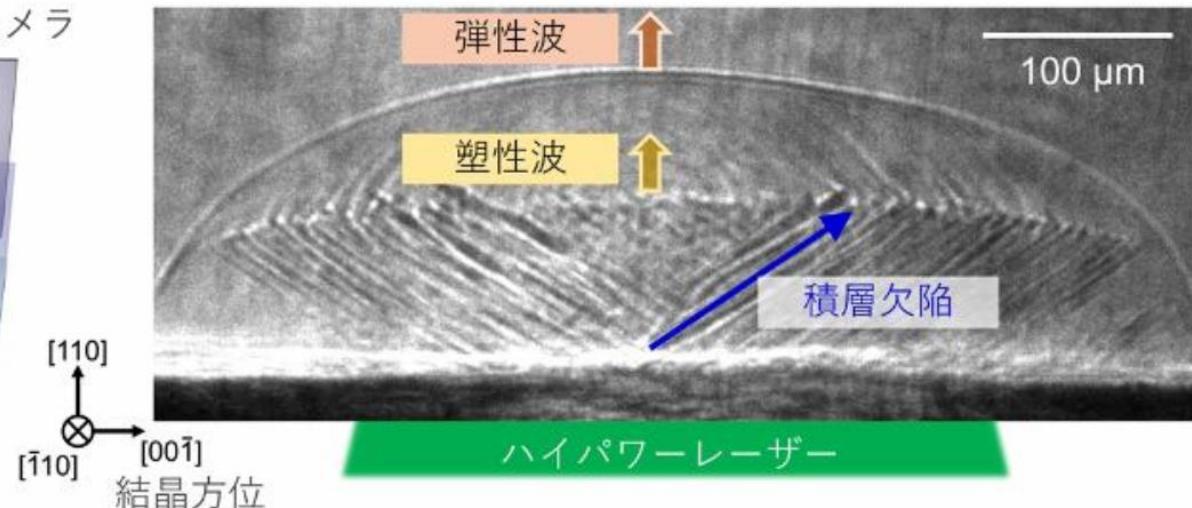
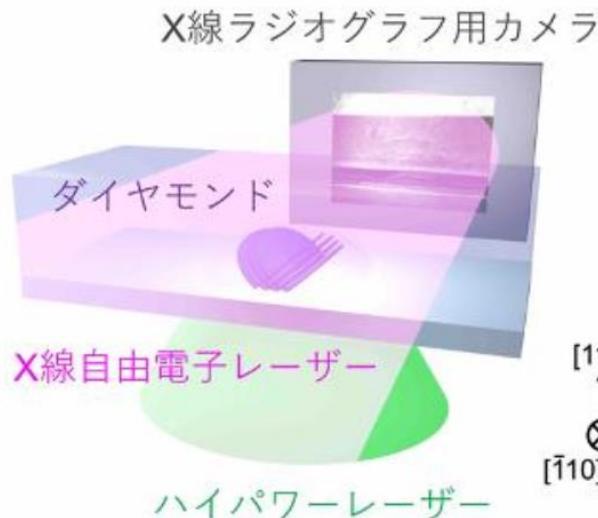


出典:理化学研究所より資料提供

SACLA: 結晶の“ズレ”が音速を超えて伝播することを実証

Science

大阪大学 尾崎典雅准教授
Science 2024



- ハイパワーレーザー駆動の衝撃波により、ダイヤモンド結晶中の転位が高速に伝播する様子を、SACLAのX線自由電子レーザーを用いてイメージング観察
- 転位の伝播速度が音速よりも速く伝播できることを世界で初めて実証
- 変形のミクロなプロセスの解明 → 材料の破壊過程や地震などの正確なモデリングに

出典: https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2023/20231006_2

まとめ

- 東電福島第一発電所事故から約15年、日本の原子力は、事故の教訓の上の安全向上をスタートポイントとし、14基（PWR12,BWR2）の再稼働、関電による原子炉等の設置に適した地質等の確認開始、東電柏崎刈羽6、7号機の再稼働の知事容認、北電泊3号機再稼働の知事容認等前向きへと進んでいます。原電東海2号機再稼働期待、敦賀2号機の再申請に向けた追加調査開始があります。
- GE日立ベルノバのBWRX-300、NuScale/IHI/日揮のVOYGRのSMR計画が世界で進展し、World Businessになっていきます。
- そのためのサプライチェーンの構築、人材育成が、急務です。
- 大学・大学院の研究は、実用的研究に加え、学生を惹きつける夢のある研究も期待します。

* 謝辞：原稿作成にあたり、資料提供いただきました方々に
感謝を申し上げます。

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 楠 泰直 様
国立研究開発法人 理化学研究所 矢橋 牧名 様