

静岡大学大学院M1対話会
基調講演
2025.12.15

これからの原子力

中江 延男（工学博士）
Dr. N. Nakae

日本原子力学会シニアネットワーク会員
元JAEA
元東京工業大学
元内閣府



富士山と三保の松原.



浜岡原子力発電所.

出典 静岡大学 | 静岡県公式ホームページ
<https://www.pref.shizuoka.jp/kodomokyoiku/school/1002728/1002729/1018705.html>

講演内容

1. 原子力とは

- 原子力が人類にもたらしたもの
- 原子力の(個人的な)定義と認識

2. 核分裂エネルギー利用について

- 軽水炉
- 使用済み燃料
- 再処理
- 高レベル放射性廃棄物
- 福島第一原子力発電所の廃炉
- 核燃料サイクル(高速炉サイクル)

3. 放射線利用について

- 放射線の医学利用
- これからの放射線利用

4. 原子力に対する国民の理解

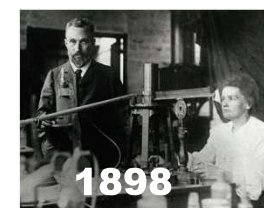
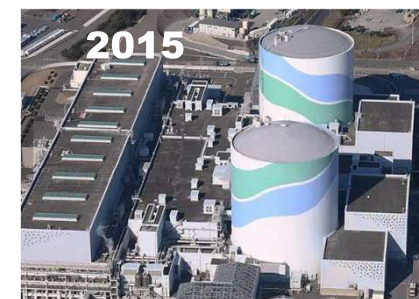
5. 人類の持続可能性と原子力

2040
2030
2020
2010
2000
1950
1900
1890

福島第一原発の廃炉



核融合炉の社会実装
高速炉サイクルの社会実装
革新軽水炉の新設
既存炉の再稼働



原子力は人類に何をもたらしたのか？

【放射線の利用】

- レントゲンのX線の発見(1895年)、ベクレルの放射能(ウランから自然に放射線を発生する性質)の発見(1896年)、マリ・キュリーの放射性元素であるポロニウム、ラジウムの発見(1898年)があった。
- 彼らが発見した放射線は当時から医療用に利用された。その後、放射線利用は、医学のみならず、一般産業において広く利用され続けている。
- 今では、RIから放出されるベータ線やアルファ線、また、中性子を用いたBNCT等によるがん治療が実施され、多くの人命を救っている。

【核エネルギーの利用】

- オットハーンとリーゼマイトナーはウランの核分裂を発見(1936年)した。
- 核分裂により巨大なエネルギー(核エネルギー)が生み出されることを人類は知った。
- この巨大エネルギーは戦争のための兵器(核兵器)として使用され、広島、長崎の人々に多大な苦痛と放射線被ばくをもたらした。
- この悲惨な出来事を深く反省した米国アイゼンハワー大統領は1953年の国連総会において、「Atoms for Peace」の演説を行い、原子力の平和利用が開始された。
- その結果、多くの原子力発電所が建設・運転され、人類は原子力による電気を自由に使うこととなった。
- しかし、同時に高い放射能を有する使用済燃料を大量に持たざるを得なくなっている。
- 人類は、原子力の平和利用と放射性廃棄物の処理処分という相反する問題に対する最適な解を探すという使命を課せられている。



原子力の(個人的な)定義と認識

放射線利用

核分裂エネルギー
利用

核融合エネルギー
利用

RI、加速器

核分裂炉

核融合炉

加速器では、加速粒子をターゲットに衝突させ放出される粒子を利用

U核分裂エネルギー(200MeV)利用

D-T核融合エネルギー(17.6MeV)利用

1938年オットハーンとシュトラスマンが発見
リーゼマイトナーとフリッシュが理論的解釈

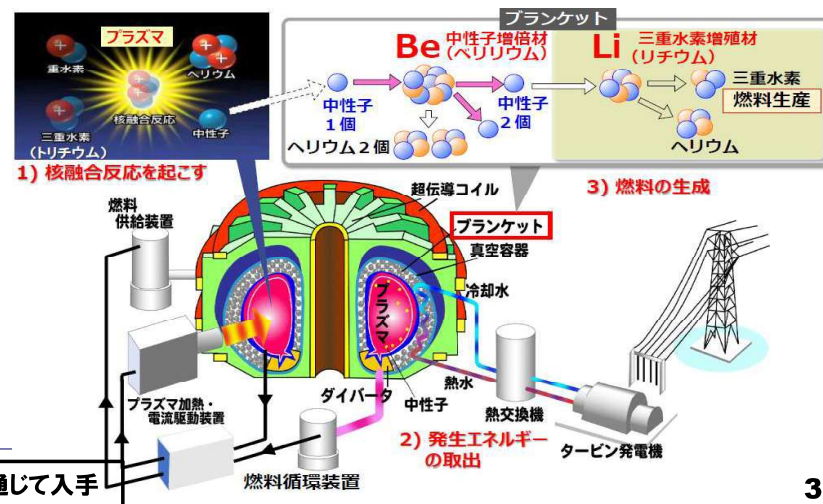
1932年コッククロフトとウィルソンは核融合の実験に成功
陽子をリチウムに衝突させてヘリウムを生成
1938年アーサー・J・ルーリッグはD-T核融合に成功

- 加速器高性能化
- 医学利用
- 社会インフラ利用
- 量子研究利用

軽水炉は社会実装されている
が関連する課題がある

「これからの原子力」
として核分裂エネルギー
利用と放射線
利用に着目する

核融合炉の要素技術開発と社会実装

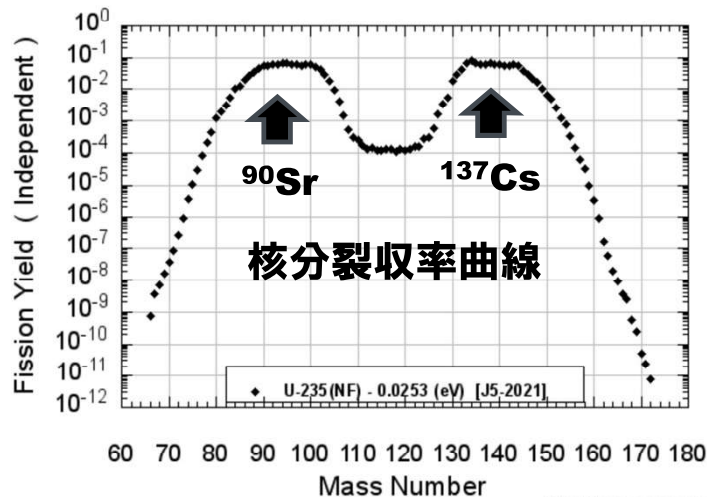


出典 QSTの資料をエネ総研を通じて入手

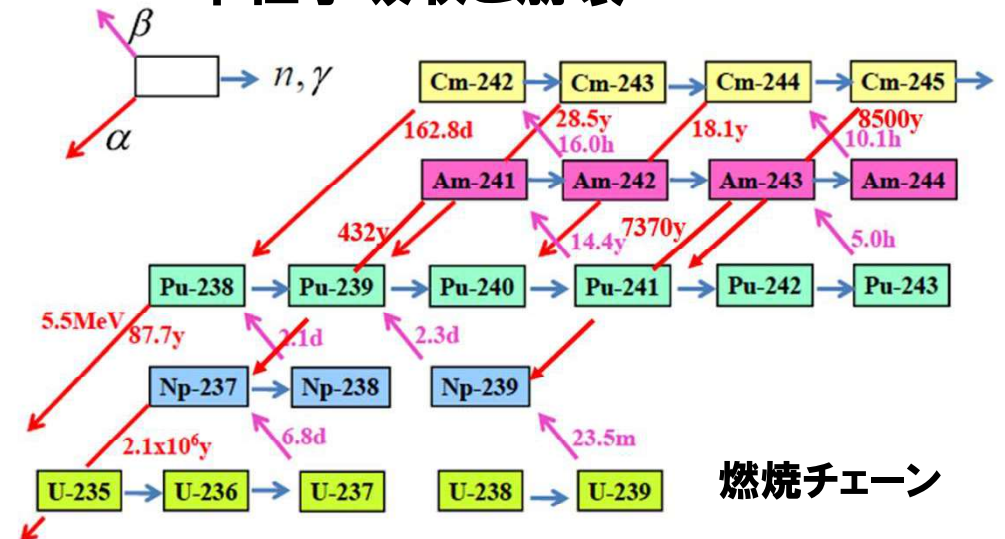
燃料内で起きている核反応(使用済み燃料の特性)

核分裂反応

U-235 Neutron-induced Fission Yields



中性子吸収と崩壊



- 安全性の高い原子炉の設計・建設・運転(確実な停止・冷却・閉じ込め)
- 使用済み燃料処理・処分に厄介な長寿命FPの生成 (^{107}Pd , ^{135}Cs , ^{93}Zr , ^{79}Se , ^{126}Sn , ^{129}I , ^{99}Te)
- 医療用(診断)に有効なFPの生成 ($^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$)

- 新しく燃料となるプルトニウムの生成
- 使用済み燃料処理・処分に厄介な核種(マイナーアクチノイド:MA)の生成(^{237}Np , ^{241}Am , ^{243}Am , ^{244}Cm)

課題は使用済み燃料の取扱い、処理、処分である。

ウラン利用効率(濃縮度と燃焼度で決まる)

ウラン濃縮

【ウラン濃縮における基礎式】

- 濃縮ウランの濃縮度 a % 質量 X トン
- テールウランの濃縮度 b % 質量 Y トン

$$0.7(X + Y) = aX + bY$$

$$Y = \frac{a-0.7}{0.7-b} X$$

$$\frac{X+Y}{X} = \frac{a-b}{0.7-b}$$

- 第3式は濃縮ウラン1トンを得るために必要な天然ウラン量(トン)に相当する。
- 濃縮ウランの濃縮度4.5%、テールウランの濃縮度0.2%の場合、濃縮ウラン1トンを得るには天然ウラン量は8.6トン必要
- 大量の劣化ウランを排出する。

核分裂エネルギーの大きさ

【天然ウラン資源の利用効率の算出式】

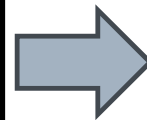
- 天然ウラン1gを完全燃焼させた場合の発生エネルギー

$$\frac{6 \times 10^{23}}{238} \left[\frac{atoms}{NU1g} \right] \times 200 \left[\frac{MeV}{fission} \right] \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 \left[\frac{J}{MeV} \right] \\ \times 10^{-6} \times \frac{1}{24 \times 3600} \left[\frac{MWd}{Ws} \right]$$

$$= 0.9337 MWd/g \cong 1000 GWd/t$$

- 天然ウラン1tonが1000GWdのエネルギーを放出(燃焼度1000GWd/t-NUに相当)すれば、天然ウラン利用効率は100%となる。
- 現行軽水炉の燃焼度は55GWd/t-EU、これは6.4GWd/t-NUとなるため、天然ウラン利用効率は0.64%となる。

劣化ウランを利用し、天然ウラン利用効率を高めるには、劣化ウランを**プルトニウムに変換して利用**する。これを可能にするのは**高速炉サイクル**である。



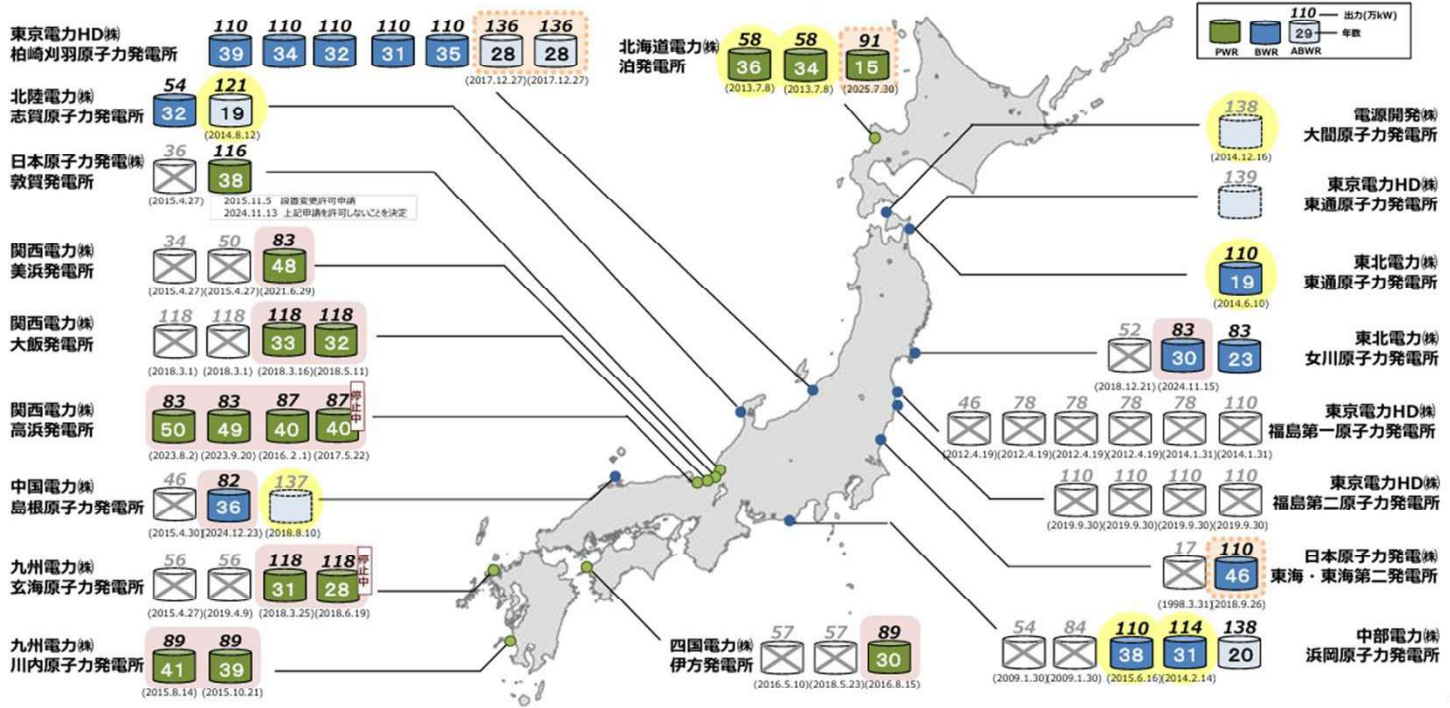
高速炉サイクルでは、使用済み燃料中の**MAやLLFP**をリサイクルすればこれらを消滅することが可能となる。**環境への負荷が大幅に削減**される。

将来を見据え**高速炉サイクルの社会実装に向けた研究開発**を着実に進める必要がある。

日本の原子力発電所の現状

原子力発電所の現状

2025年9月2日時点



既存炉の再稼働

- 東京電力の柏崎刈羽原発6号機、北海道電力泊3号機の地元了解が間もなく得られる見通しである。
- 既存炉の再稼働が急務であるが、既存炉の再稼働は依然として進んではない。
- 再稼働には、**厳しい安全規制の存在、審査期間の長期化、改良工事の大規模化、膨大な資金調達**が問題となってくるものと考えられる。
- 地元の同意の際には、**使用済燃料の処分に関連した核燃料サイクルの現状、高レベル放射性廃棄物最終処分の問題**が議論の遡上に上がっている。
- さらに、福島第一原発の廃炉(**デブリの取出し**)の進捗も避けて通れない難題である。

出典： エネ庁、「原子力政策の現状」 https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/

エネルギー需給見通し（第7次エネ基）

		2023年度 (速報値)	2040年度 (見通し)
エネルギー自給率		15.2%	3～4割程度
発電電力量		9854億kWh	1.1～1.2兆kWh程度
電源構成	再エネ	22.9%	4～5割程度
	太陽光	9.8%	23～29%程度
	風力	1.1%	4～8%程度
	水力	7.6%	8～10%程度
	地熱	0.3%	1～2%程度
	バイオマス	4.1%	5～6%程度
	原子力	8.5%	2割程度
火力		68.6%	3～4割程度
最終エネルギー消費量		3.0億kL	2.6～2.7億kL程度
温室効果ガス削減割合 (2013年度比)		22.9% ※2022年度実績	73%

【算出条件】

- 発電電力量: 1.1兆kWh
- 原子力での設備利用率; 75%
- 原子力発電比率; 20%

【必要な原子力発電設備容量】

- **33.5GW**

$$\frac{1.1 \text{兆kWh} \times 0.2}{365 \times 24 \times 0.75} = 33.5(\text{GW})$$

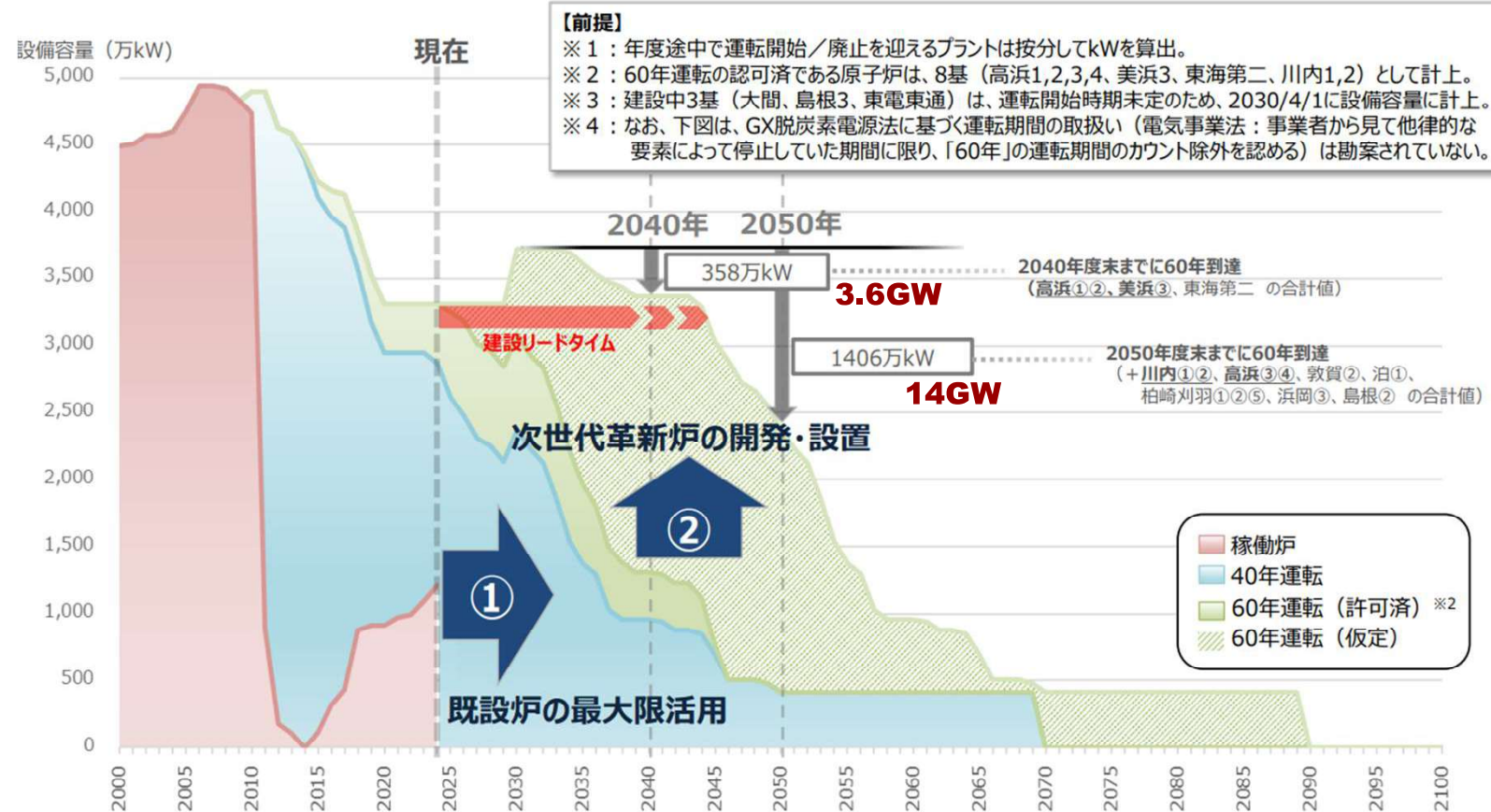


**2040年度には33.5GWの原子力
発電設備容量が必要となる。**

出典： エネ庁、「エネルギー基本計画の概要」 2025年2月18日 閣議決定

https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_02.pdf

原子力発電所の設備容量の今後の見通し



**100万kW=10⁶kW
=1000MW
=1GW**

- 原子力の比率が20%の場合の必要設備容量は**33.5-36.5GW**。
- 左図より**2040年までは既存原子炉が全て再稼働すればほぼ供給可能**。
- **しかし、それ以降は新設が絶対条件**
- **リードタイム20年を考慮すれば新設に向けた準備を開始すべき**。

革新軽水炉の新設が急務

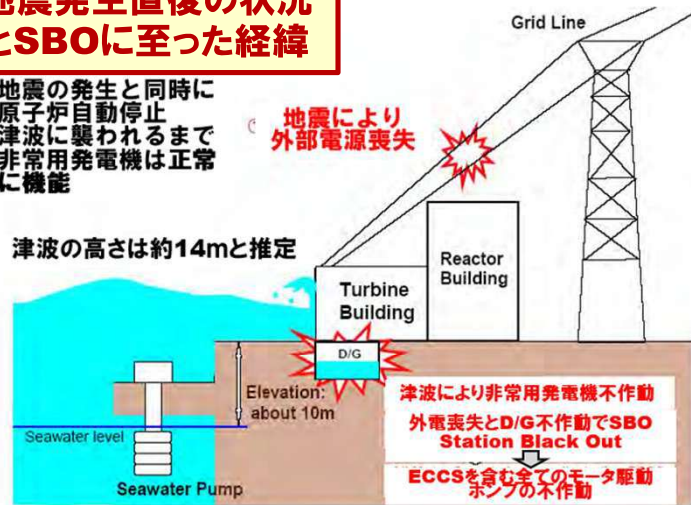
出典：資源エネルギー庁 第45回原子力小委員会 2025年6月24日

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/045_02_00.pdf

福島第一原発事故を踏まえた革新軽水炉

地震発生直後の状況とSBOに至った経緯

- 地震の発生と同時に原子炉自動停止
- 津波に襲われるまで非常用発電機は正常に機能



事故の進展(解析結果による)



事故炉を直接確認することは困難

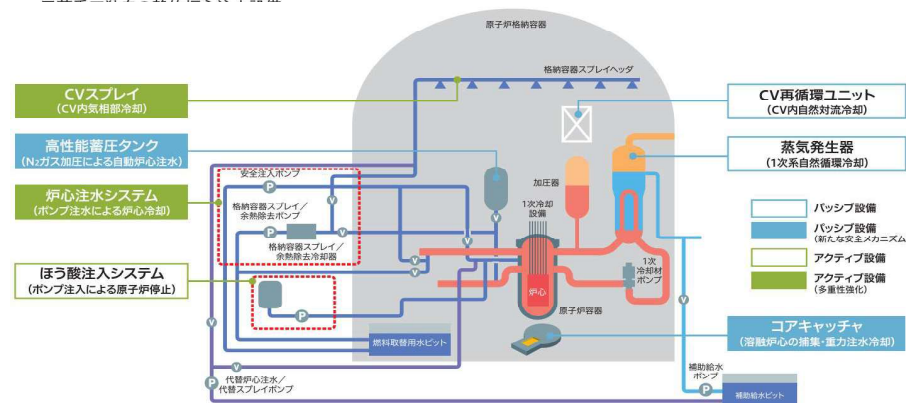
出典: 東京電力ホールディング、「1F 1~3号機の原子炉・格納容器の状況把握の歴史的展開」2023年8月23日



SRZ-1200の地震・津波対策

出典: 革新軽水炉SRZ-1200 三菱重工

https://www.mhi.com/jp/products/energy/innovative_next_generation_pwr.pdf



SRZ-1200の安全対策

革新軽水炉の課題

- 2025年2月18日、第7次エネルギー基本計画(第7次エネ基)が閣議決定された。
第7次エネ基では2040年度の原子力比率を20%としている。しかし、既存炉の再稼働や運転期間延長だけでは2045年度頃には20%の維持は困難となる。
- そこで、2040年度には既存炉に替わる新たな革新軽水炉の運開が必要となる。その有望な候補が、SRZ-1200(三菱重工)、HI-ABWR(日立)、iBR(東芝)である。
- 革新軽水炉の社会実装に向けたポイントは、①電力の決意、②電力の資金繰りと政府の支援、③安全規制の合理化と短縮化、④新規設計の妥当性確認のための検証実験、⑤設計に関する全データの保存と原子力生成AIの開発・運用である。

- 一方、2011年の事故以降原発は長期に亘り停止状態が続いた。新設もなかった。
- このため、原子力人材は不足、サプライチェーンにも問題が生じるような状況である。
- 人材を育成し、大中小を問わず企業の経営基盤を強固なものとする必要がある。

使用済燃料に関する課題

- 100万kW(1GW)級の軽水炉(PWR)を運転した場合の年間当たりの
ウラン使用済燃料発生量:約25トン
組成内訳:U(23.34トン)、Pu(0.25トン)、MA(0.03トン)、FP(1.38トン)
MOX使用済燃料発生量:約25トン(フルMOX炉心の場合)
組成内訳:U(22.1トン)、Pu(1.25トン)、MA(0.275トン)、FP(1.38トン)
- 現在までの使用済燃料貯蔵量及び貯蔵容量(2025年9月末時点) 出典:
貯蔵量: 17,060トン https://www.fepec.or.jp/resource_sw/chozo.pdf
貯蔵容量: 21,820トン(約78%が貯蔵済)

北海道電力、東北電力、北陸電力以外の電力会社では使用済燃料の貯蔵余裕はない。
このため、**乾式貯蔵施設や中間貯蔵施設の建設、リサイクル燃料備蓄センターへの搬出**が行われている。

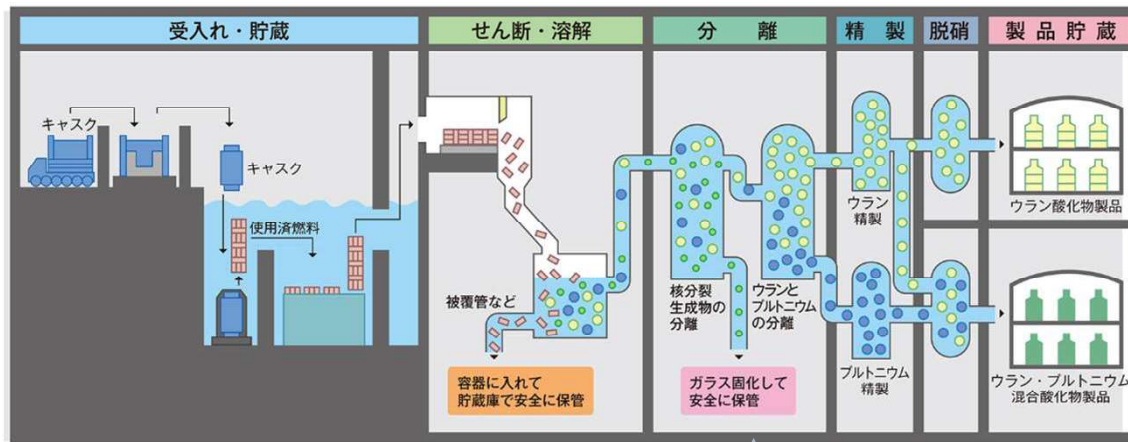
【参考:使用済み燃料発生量と六ヶ所再処理施設の処理能力との関係】

発電容量	年間当たりの使用済燃料発生量	備考
10GW	250トン	● 現在貯蔵されているSFは21年かけてRRPで処理可能
33GW	825トン	● 量的にはRRPの処理能力と整合
55GW	1,375トン	● RRPに代わる第2再処理工場が必要

使用済燃料の再処理

再処理工程

○ ウラン ● プルトニウム ● 核分裂生成物（高レベル放射性廃棄物） ■ 被覆管などの金属片



分離工程では硝酸溶液と油性の溶液(溶媒、TBP)を接触させウラン、プルトニウムとFPを分離する。

六ヶ所再処理工場(RRP)の完成(竣工)は**2026年度中**とされている。年間処理量は**800トン**。

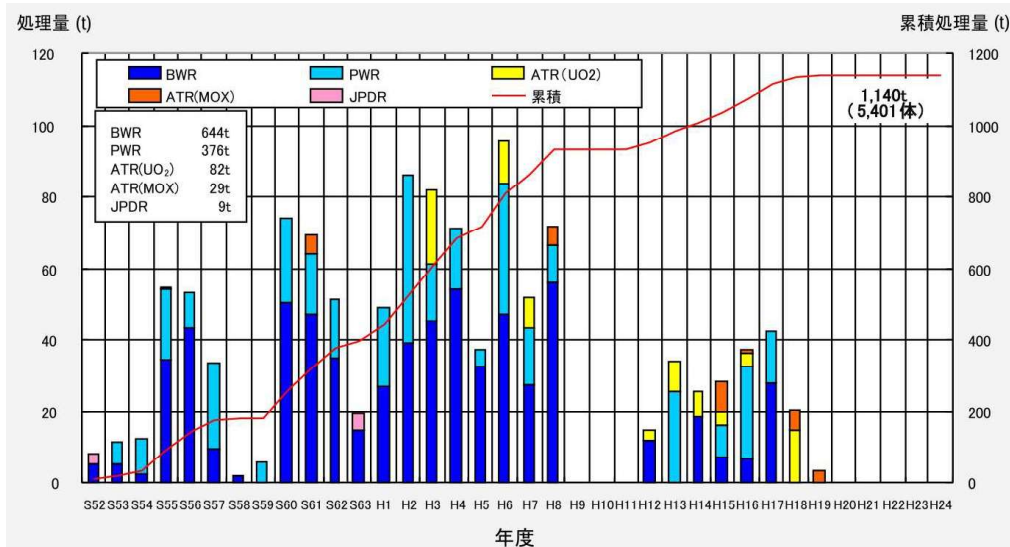


現在の六ヶ所再処理工場



再処理に関する課題

- 原子力比率が20%の場合、対応する原子力発電設備容量は約33GWである。この時年間に発生する使用済燃料は825トンであり、2026年度中に竣工予定の六ヶ所再処理施設(RRP)の年間処理量800トンにほぼ等しい。原子力の比率が20%であればRRPが順調に稼働すれば使用済燃料は処理される。
- 再処理は**高い放射線量の核燃料を化学処理するプラントであるため、常に設計通り稼働できないことも想定すべきである。**(動燃東海再処理工場の経験から)
- また、再処理で抽出したプルトニウムはMOX燃料にして軽水炉でリサイクルする計画であるが、軽水炉の再稼働が遅れており、プルサーマルを実施するプラントが限定されている。**プルサーマル炉を増やしていく必要がある。**

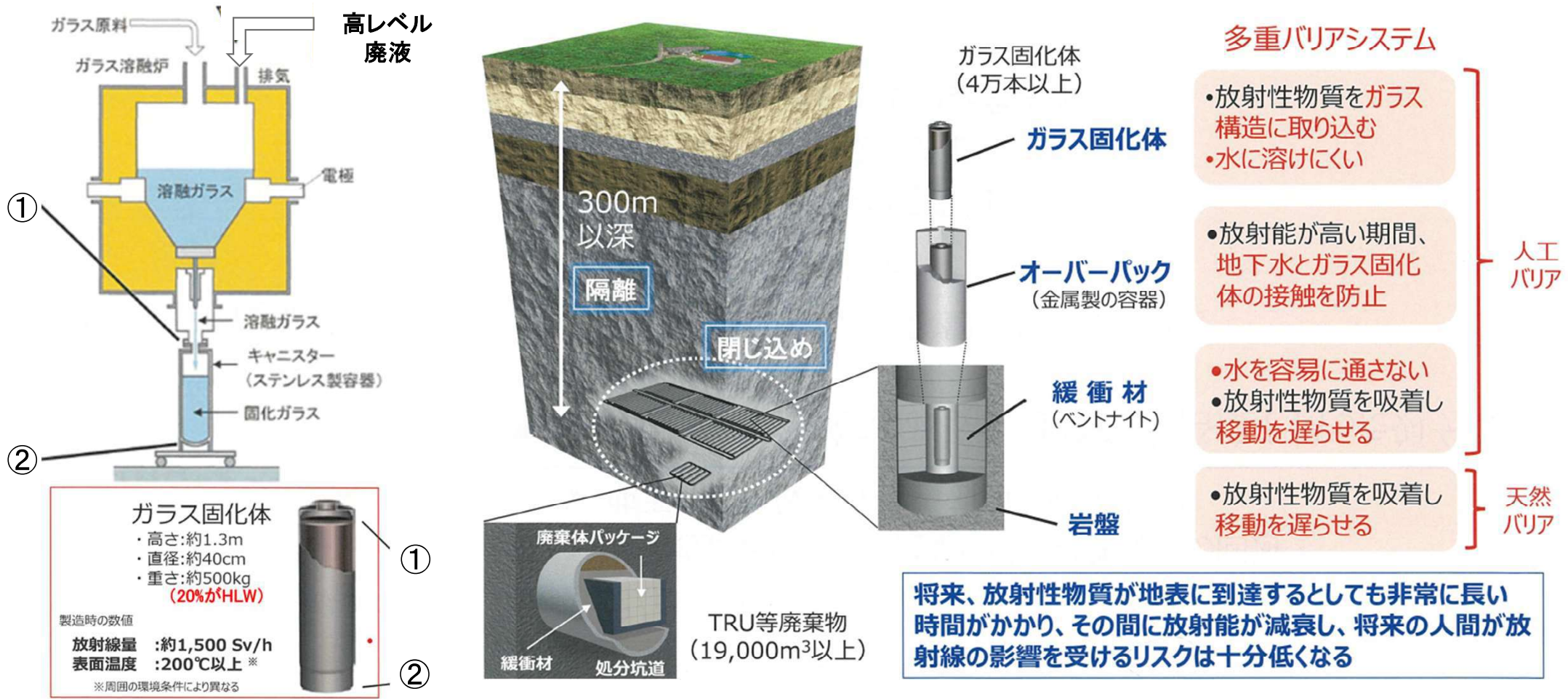


項目	運転開始後の実績 ¹⁾ 〔トン〕		
	使用済燃料の受入	1,180	
LWR等*			
ATR		UO ₂	1,029
		MOX	99
使用済燃料の再処理 ²⁾	1,140		
	LWR等*		
	ATR	UO ₂	1,029
		MOX	82
		29	

(平成30年6月30日現在)

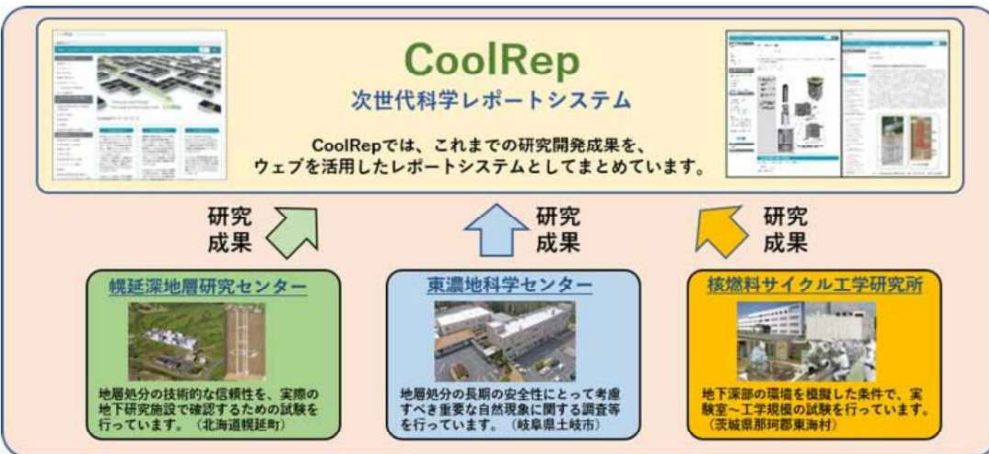
- ※ LWR等の内訳は、BWR 644トン、PWR 376トン、JPDR 9トンです。
- 1) 使用済燃料の受入れ及び再処理の運転は昭和52年に開始しました。
 - 2) 使用済燃料の再処理は、使用済燃料をせん断した量を示しています。

高レベル放射性廃棄物(HLW)の地層処分システム



高レベル放射性廃棄物に関する課題

- 高レベル放射性廃棄物の処理・処分については技術的な問題は解決しているが、処分場立地自治体の理解・合意が難しいというのが現状である。(2025/2/13都市大でのOECD/NEA Magwood事務局長談)
- JAEAでは、高レベル放射性廃棄物に関する研究成果をCoolRep(次世代科学レポートシステム)に集約している。<https://www.jaea.go.jp/04/tisou/toppage/top.html>
- NUMOでは、サイトが特定されていない段階でのセフティレポートを作成。
https://www.numo.or.jp/press/houkatsu_gaiyou.pdf
- 寿都町と神恵内村(北海道)及び玄海町(佐賀)において文献調査が進められている。処分場の設置を前提としたものではない。
- 処分場決定までにはこの先長期間を要するであろうし、決まるまでには多くのステークホルダの理解と合意が必要である。その手法をよく検討する必要がある。



研究施設(幌延、東濃)の紹介

 <p>幌延の地上施設や地下施設を、若手職員が案内します[YouTube]</p>	 <p>幌延の地下施設を疑似体験できます[3Dコンテンツ]</p>	 <p>地層処分や幌延での研究内容について紹介しています[3Dコンテンツ]</p>
 <p>東濃センターの歴史や施設、研究内容を紹介しています[YouTube]</p>	 <p>東濃センターで所有するさまざまな分析装置を紹介しています</p>	 <p>超深地層研究所計画(瑞浪)の調査研究成果を取りまとめています</p>

福島第一原子力発電所の廃炉の課題

中長期ロードマップの目標行程（マイルストーン）

現状は2038年度までの計画



1F廃炉に向けたポイント

- 汚染水対策
「汚染水発生量50～70m³/日程度に抑制(2028年度末)」を新たな目標として設定
- プール燃料取り出し
高線量機器取り出しプロセスの具体化
- 燃料デブリ取り出し
取り出し規模のさらなる拡大に向けた検討の加速
- 廃棄物対策
溶融設備の設置計画の追加

燃料デブリの取り出しが
最難関の課題である。

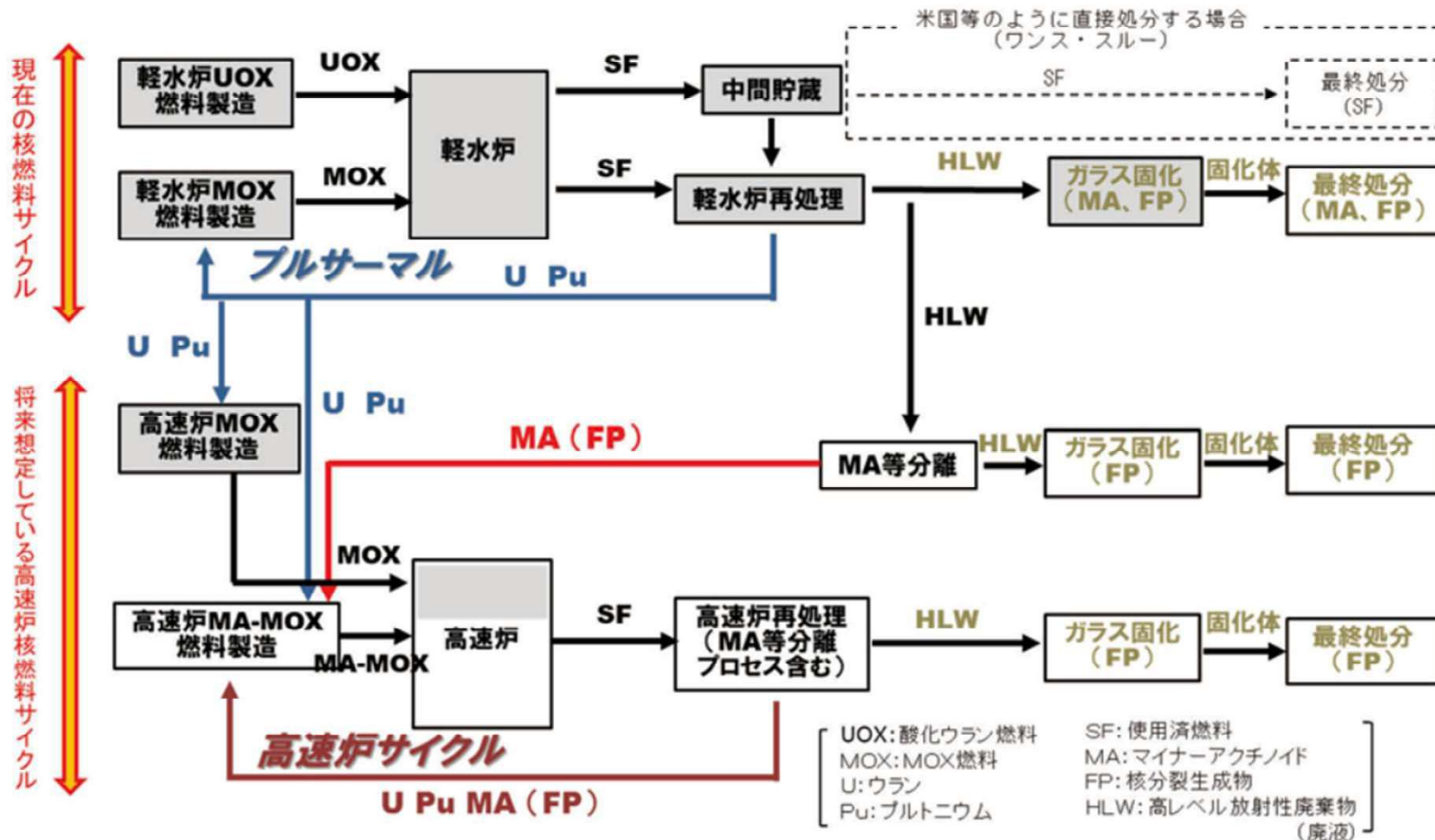
フォアキャストではなくバックキャストで進めるのがよいのではないかと。すなわち、最終的な仕上がりの姿をステークホルダーと協議して決めて、その姿に整合する廃炉計画を東電が立案し関係機関が協力して実行する。

出典(1) 廃炉中長期実行プラン2023東京電力 <https://www.tepco.co.jp/decommission/project/roadmap/>

出典(2) 廃炉中長期実行プラン2023東京電力

https://www.tepco.co.jp/decommission/information/committee/roadmap_progress/pdf/2023/d230330_15-j.pdf

核燃料サイクルの選択肢



網掛けされた施設(プロセス含む)は、技術開発が進んでおり、**実用化のレベルに達している**と判断される。

最終的に目指すものは高速炉サイクル(最下段)である。

原子力産業の成長戦略(政府方針)

④原子力産業の成長戦略「工程表」

●導入フェーズ： 1. 開発フェーズ 2. 実証フェーズ 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ 4. 自立商用フェーズ
 ●具体化するべき政策手法： ①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
高速炉	○戦略ロードマップに基づく開発！ ステップ1 民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進		ステップ2 ・国、JAEA、ユーザーがメーカーの協力を得て技術を絞り込み(常陽等の施設を活用)			一定の技術が選択される場合	ステップ3 ・工程の具体化	例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待
小型炉(SMR)	米国・カナダ等で2030年頃までに実用化 →日本企業が海外実証プロジェクトに参画				日本企業が主要サプライヤーの地位を獲得	販路拡大・量産体制化でコスト低減	アジア・東欧・アフリカ等にグローバル展開	
高温ガス炉 <small>水素コスト：2050年に12円/Nm³の可能性</small>	HTTR再稼働	HTTRを活用した「固有の安全性」確認のための試験	カーボンフリー水素製造に必要な技術開発			カーボンフリー水素製造設備と高温ガス炉の接続実証	販路拡大・量産体制化でコスト低減	
	世界最高温の950℃を出力可能なHTTRを活用した国際連携の推進					実用化スケールに必要な実証		
	高温熱を利用したカーボンフリー水素製造技術の確立 (IS法、メタン熱分解法等)							

- **高速炉**については、ステップ1、2、3の開発段階を経て、**21世紀半ば頃の適切なタイミングに現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待**
- **SMR**については、販路拡大・量産体系化でコスト低減、**アジア・東欧・アフリカ等にグローバル展開**
- **高温ガス炉**については、高温ガス炉に水素製造設備の接続実証、**実用化スケールに必要な実証、販路拡大・量産体系化でコスト低減**
- 高速炉、SMR、高温ガス炉に加え、**大型軽水炉の運転期間延長、リプレース・新設が有望な戦略**

出典 内閣府、経済産業省他、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、2021年6月
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html

放射線治療の歴史と具体例

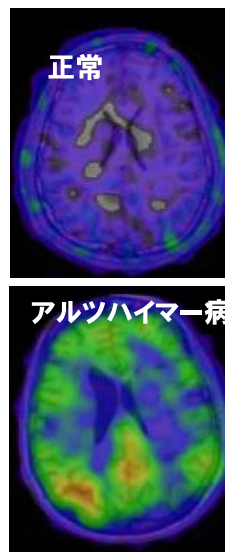
放射線治療の歴史(レントゲン撮影から重粒子線治療まで125年の歴史)

1895	1912	1935	1971	現在
放射線治療暗中模索 ドイツ、オーストリア 乳がんX線治療(米、1896)	古典的放射線治療確立 フランス、英国など 喉頭がんラジウム治療(仏、1934)	超高圧X線治療 欧州から北米へ X線原体照射(日、1960)	医学物理の発展による放射線治療 米国、欧州、日本 放医研で重粒子線(炭素線)治療	

医療用RIの具体例(放射線診断と放射線治療)

【放射線診断】(右図:アルツハイマー病の診断)

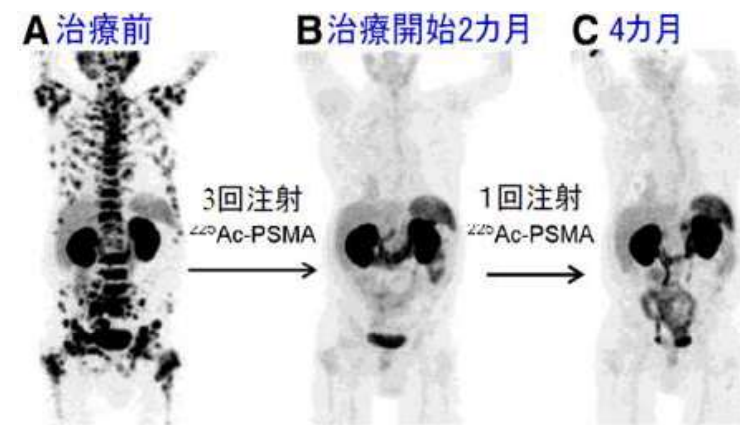
- 病巣に蓄積したRIから放出される放射線をコンピュータ断層像(Computed Tomography, CT)や磁気共鳴を利用した画像(Magnetic Resonance Image, MRI)に処理して体内の構造を映し出しその異常に気付き病気を診断する。



RI(^{123}I)を使用したアルツハイマー病の診断

【放射線治療】(右図:前立腺がんの治療)

- 放射線治療は、正常部分に浸潤した固形がんの細胞を放射線により死滅させつつ、正常細胞の回復を促し、人体の形態と機能を温存する。



RI(^{225}Ac)を使用した前立腺がんの治療
【治療前】 前立腺がんが多数の骨及びリンパ節に転移
【治療後】 血液マーカーが正常範囲まで低下、病巣はほぼ消滅

出典 (1) 伊丹 純、「放射線治療の歴史」, RADIOISOTOPE, 60, 385-392 (2011)
 出典 (2) 白土博樹、「がんの放射線治療の歴史と最先端技術～健やかに人間らしく生きるために～」, 北海道大学 サステイナビリティー・ウィーク 2011 市民公開講座 <http://hdl.handle.net/2115/47704>

これからの放射線利用

原子炉(研究炉整備)

- 医療用RI製造
- 中性子科学実験

加速器(高エネルギー大電流加速器開発)

- 医療用RI製造
- 食品(物)改良・長期保管
- 橋梁や道路の診断、製品の欠陥検査
- 新しい薬剤開発(プロドラッグなど)
- 革新的研究(新機能材料(超伝導)開発、放射線無害化研究、ミュオンによる雷誘発など)

RI利用

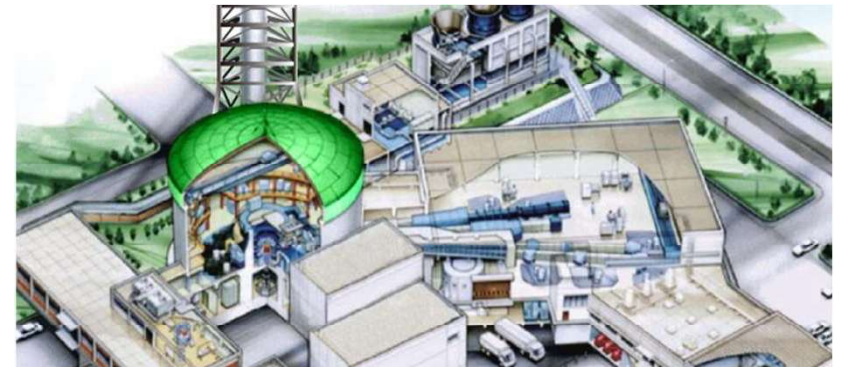
- 医療用需要RIの国産化
- 新しい医療用RIの発見(核図表の活用)

放射線測定技術開発

- 核セキュリティ確保のための核鑑識技術

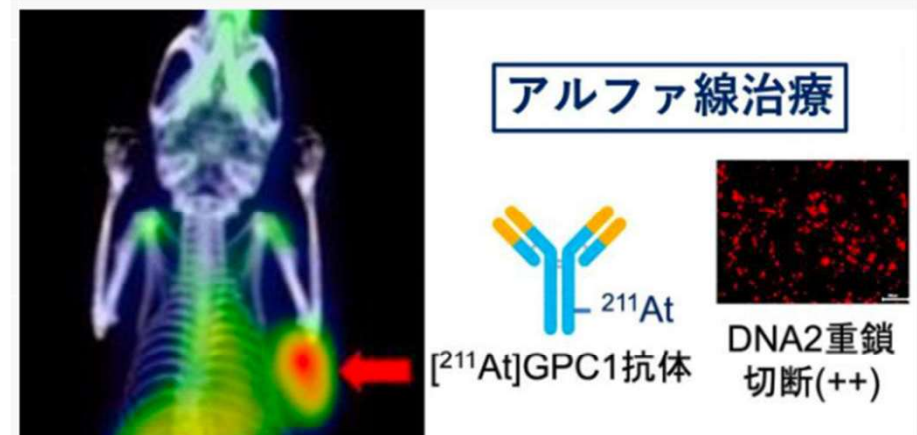
低線量率放射線影響被ばくの考え方

- 低線量率放射線影響の機構解明
- 確定的影響と確率的影響
- 確定的影響では「しきい線量」あり



JAEA, JRR-3の原子炉内部と実験設備

Ref) <https://jrr3.jaea.go.jp/>



RIKEN, 膵臓がんを画像で描出し、アルファ線で攻撃(セラノスティクス技術)

出典 https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2023/20231016_2

原子力に対する世論



出典 日本原子力文化財団、2024年度 原子力に関する世論調査、2025年3月 <https://www.jaero.or.jp/poll/>

原子力反対派の主な理由

放射能災害のリスク
 地震国・日本の地理的脆弱性
 労働者の被ばくと健康リスク

放射性廃棄物の長期管理問題
 核拡散の懸念
 コストと技術管理の限界

原子力賛成派の主な理由

エネルギーの安定供給
 電力コストの抑制
 経済安全保障の観点

脱炭素社会への貢献
 技術的優位性と人材育成

原子力を進めるには国民の理解と協力が必要

2025.11.14 電事連会長談話

「大切なのは地元の理解と協力だ。あまり特効薬はない」と指摘。「一つ一つ出来事を説明し、一人ひとりと対話していくしかない。それが近道だ」と語った。



生成AI(Copilot)の回答

1. 科学的・客観的な情報提供の徹底
2. 双方向の対話と市民参画(パブリック・インボルブメント)
3. 地域との共生と立地自治体への配慮
4. 廃炉・バックエンド問題への誠実な対応
5. グリーントランスフォーメーション(GX)との連携

報告者の見解

- 絶対安全やゼロリスクは有り得ない。「どこまで安全であれば安全と言えるか? How safe is safe enough?」 → **リスクとベネフィットのバランスの重要性を認識すること**
- 安全に対する国民共通の目標なり考え方が必要である。これが安全目標であり、リスクという概念を持ち出す必要がある。 → **安全目標を設定すること**

リスクとベネフィットのバランス

【リスクとは】

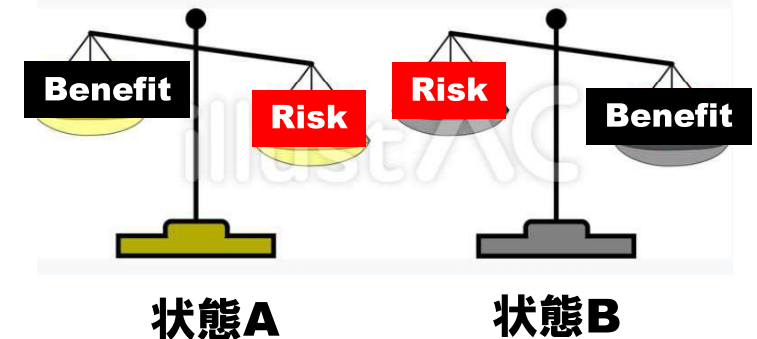
- 広辞苑
危険。
(危険・・・危ないこと。危害又は損失の生ずるおそれがあること。)
- デジタル大辞泉
 1. あぶないこと。生命や身体の損害、事故・災害などが生じる可能性のあること。また、そのさま。
 2. 悪い結果を招く可能性があること。また、そのさま。
- 原子力でのリスクを定量的に評価する手法として確率論的リスク評価(PRA)がある。
リスク=事象発生頻度(発生確率)×事象の影響の程度(大きさ、深刻度)

【ベネフィットとは】

- 物のリスクは、物(物質と物品)にかかわって、その周辺物(人、生態、有形財産)が実際に被る可能性がある悪影響の大きさを示し、必ずマイナス・イメージである。プラス・イメージについてあわせて議論するときには、ベネフィットという語とともに使われる。
- ベネフィット(benefit)とは、物事から得られる利益を指す言葉である。金銭的な意味だけでなく「恩恵」「便益」など、心理的・機能的な利益も含む。

【大命題】

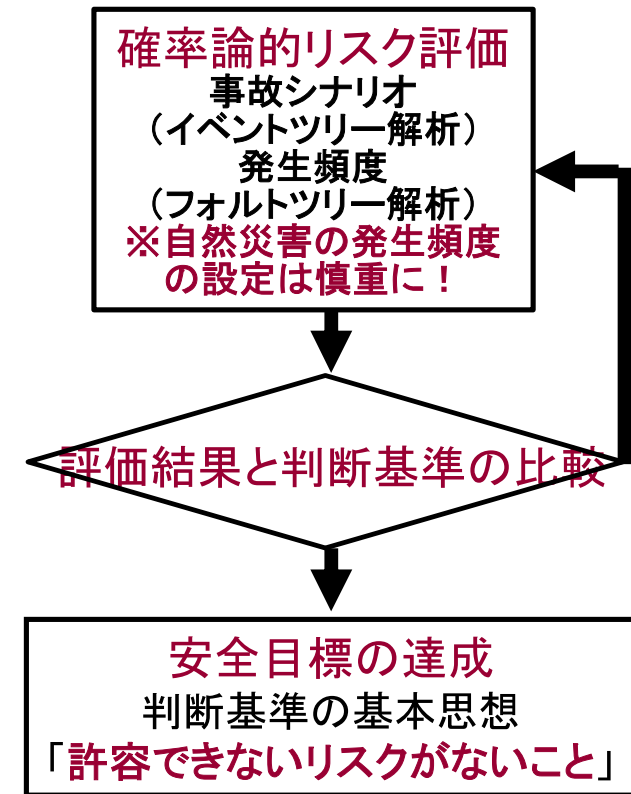
- 原子力はA or Bのどちらの状態か？
- 人は何をもって状態を決めるのか？
- 状態Aと判断するイデオロギーを状態Bとするために何が必要か？
- リスクの最小化とベネフィットの最大化が鍵であるが、その具体策は？



安全目標

- リスク概念は「安全」概念の定義と結びつけてはじめてその概念と背景にある思想が理解できる。
- 安全とは、「許容できないリスクがないこと」、ゼロ・リスクの追求は現実的な安全追求の姿勢でない。
- 許容されるリスクは「安全目標」と呼ばれる。
- 憲法13条に「行政上の手段の選択にあたっては、当該行政目的の達成に必要な最小限のものが選択されるべきである」と記載されている。
- リスク評価で規制側は安全規制行政の妥当性を、事業者側は自らの行為の妥当性を説明する。しかし、リスク評価基準が必要となる。すなわち、このリスクレベルならよしとする基準が必要である。
- このレベルを決めるために、自然放射線に日常的に年間1mSv被曝している環境においても原子力利用活動に伴う被曝は合理的に達成可能な限り低くするべきとし、政府は年間被曝線量を0.05mSv(リスクに換算すると 2.5×10^{-6} /年)以下を目指すことを求めている。(1mSv/年は死亡リスク 5×10^{-5} /年に対応)
- これに対応するリスクをもたらす原子炉の CFF (Containment Failure Frequency: 格納容器機能喪失頻度) や CDF (Core Damage Frequency: 炉心損傷頻度) を 防災対策の存在を前提に、CFF=10⁻⁵、CDF=10⁻⁴ という安全目標案を提出した。
- 安全目標は原子力規制委員会によって提案されているが、国民の合意が得られていない。

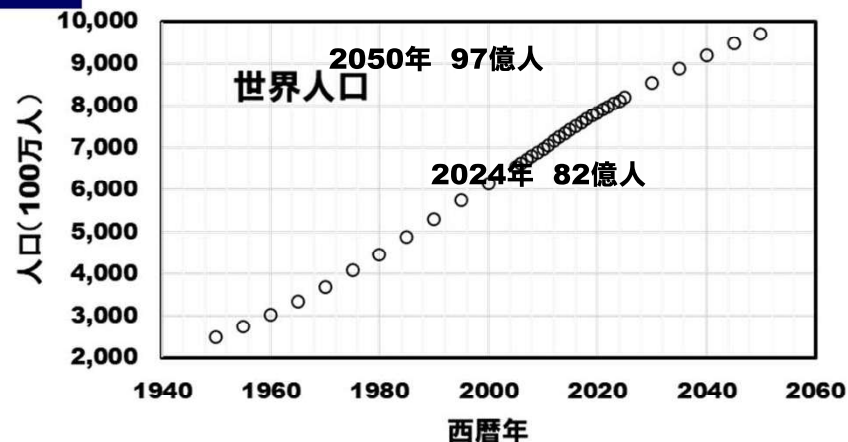
確率論的リスク評価の流れ



※ 安全目標は国民が納得するものでなくてはならない

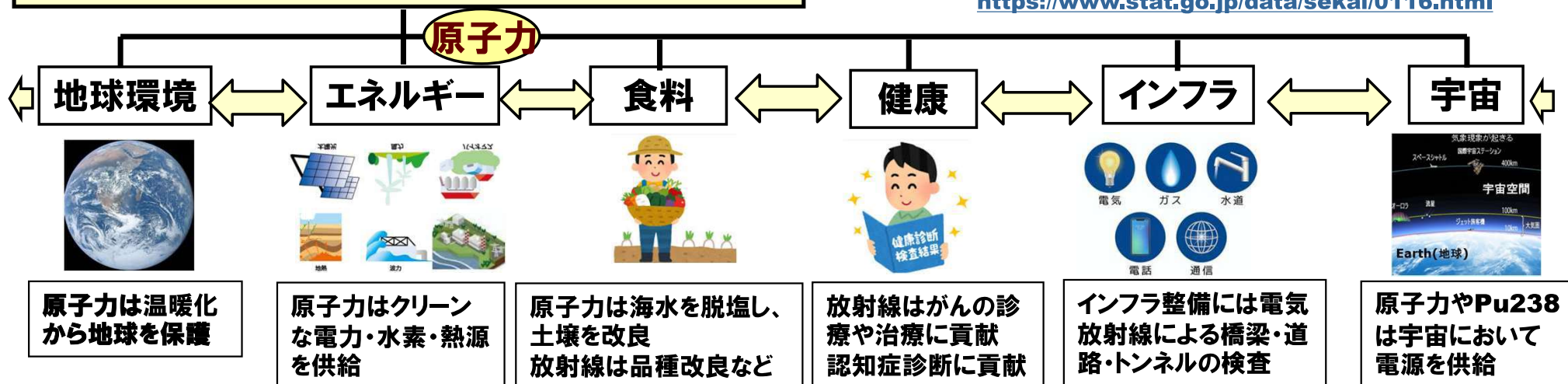
人類の持続可能性と原子力

- 2060年頃にピークに達して以降は減少傾向
- 世界人口に占める割合
先進国: 13% 開発途上国: 87%
- 一人あたりのエネルギー消費量
資源国と先進国が多く、開発途上国は少なく、不平等である。食物消費も同様の傾向と推察。



出典 総務省統計局 世界の統計2023
<https://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.html>

人類の持続可能性に必要なものは原子力



原子力は地球を癒し自然災害を少なくすることにより人類を守る。クリーンなエネルギーと豊富な食料を人類に与える。放射線のがんを発見・治療して人類の死の恐怖を取り除く。放射線はインフラの劣化を未然に防ぎ、半導体素材を人類に提供する。宇宙空間開拓は地球環境や人類の生活を向上させる。

「これからの原子力」まとめ

【近未来】

- 既設炉の再稼働
- 革新軽水炉の新設
- 軽水炉サイクル技術確立(再処理、MOX燃料加工)

【長期の展望】

- 高速炉サイクル開発・社会実装(核燃料サイクル含む)
- 福島第1廃炉完結(デブリの取り出し・処理・処分)
- 高レベル放射性廃棄物処分場の決定・処理・処分

【ゴールのない取り組み】

- 原子力人材の確保・育成
- 社会基盤の整備(サプライチェーンの維持・発展)
- 基礎研究(原子核構造及び核反応機構解明)

