

革新炉

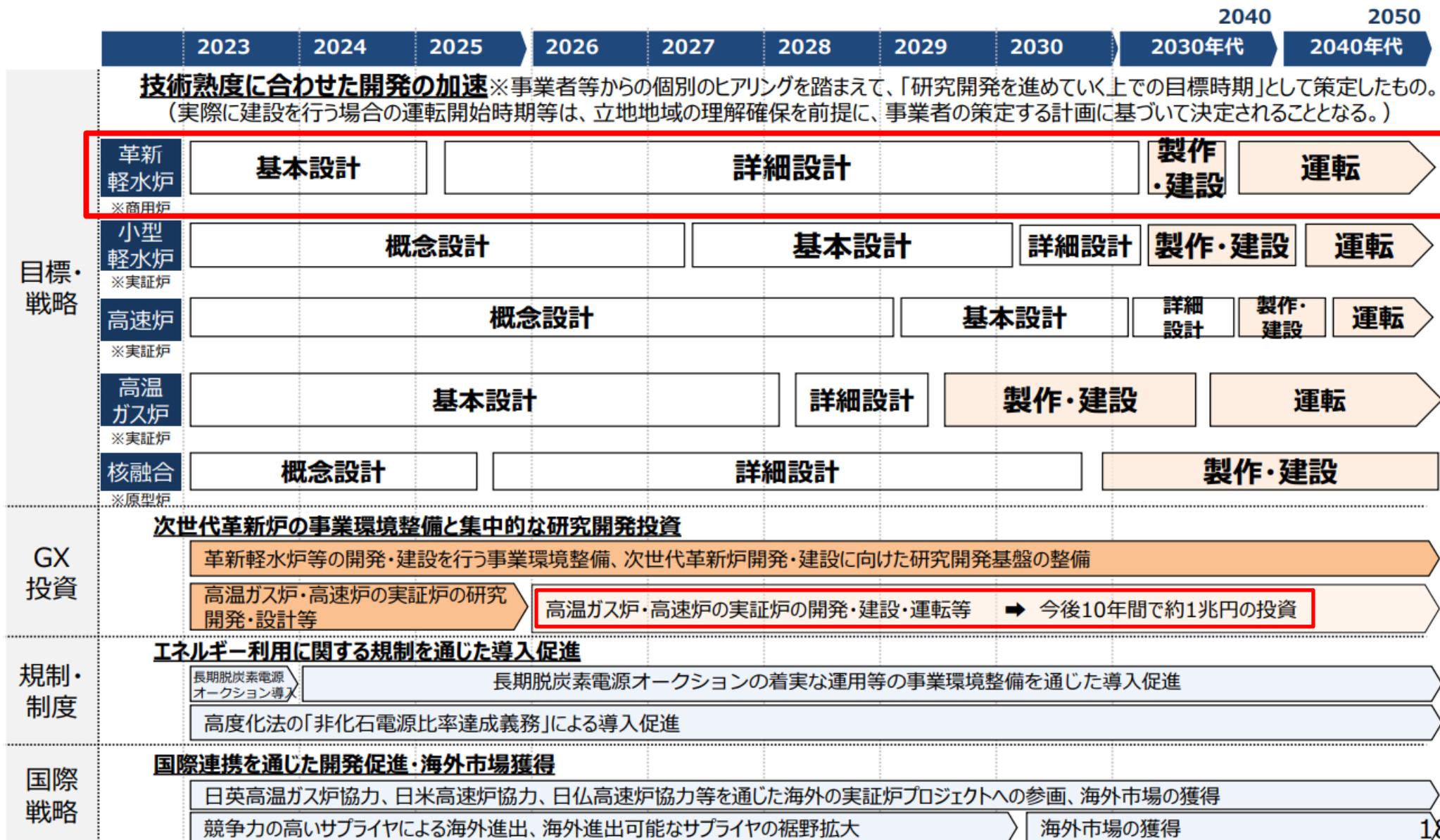
松久保 肇(NPO法人原子力資料情報室)

2023/1/17

FoE Japan パブコメセミナー #原発推進GXをパブコメで止めよう



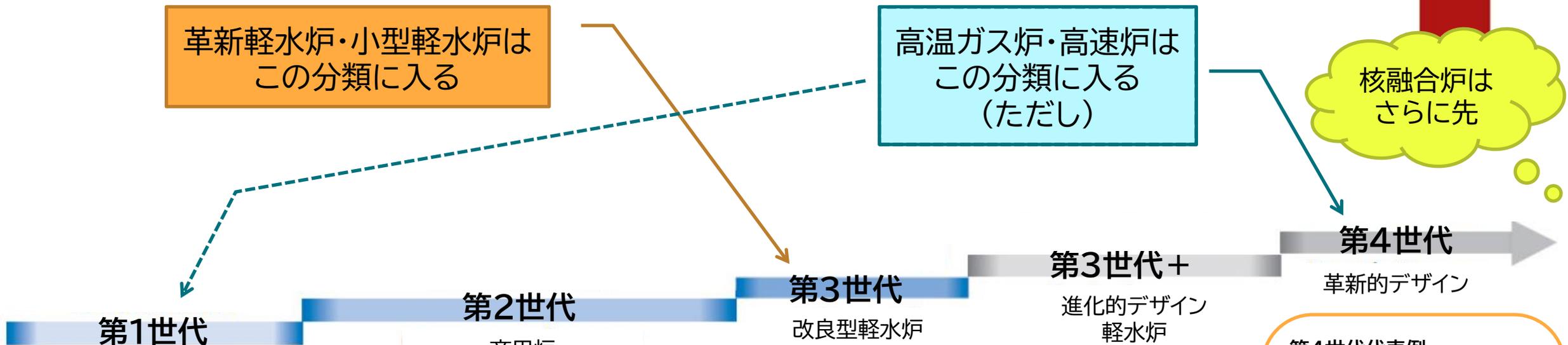
- 安全性の確保を大前提として、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設に取り組む。



革新軽水炉・小型軽水炉は
この分類に入る

高温ガス炉・高速炉は
この分類に入る
(ただし)

核融合炉は
さらに先



第1世代

初期プロトタイプ炉

第1世代代表例

- GCR: ガス冷却炉
- PWR: 加圧水型軽水炉
- SFR: ナトリウム冷却高速炉
- HTGR: 高温ガス炉
- PHWR: 加圧重水炉

第2世代

商用炉

第2世代代表例

- PWR: 加圧水型軽水炉
- BWR: 沸騰水型軽水炉
- RBMK: 軽水冷却黒鉛減速炉
- PHWR: 加圧重水炉

第3世代

改良型軽水炉

第3世代/第3+世代代表例

- ABWR: 改良型沸騰水型軽水炉 **稼働済み**
- AP1000: ウェスティングハウス製加圧水型軽水炉
- EPR: 欧州加圧水型軽水炉
- APR-1400: 韓国水力原子力製加圧水型軽水炉
- VVER-1200: ロシア型加圧水型軽水炉

小型モジュール炉(NuScale炉など)

APWR: 三菱加圧水型軽水炉

設計段階

第3世代+

進化的デザイン
軽水炉

第4世代

革新的デザイン

第4世代代表例

- GFR: ガス冷却高速炉
- LFR: 鉛冷却高速炉
- MSR: 溶融塩炉
- SFR: ナトリウム冷却高速炉
- SCWR: 超臨界圧水冷却炉
- VHTR: 超高温ガス炉

設計段階



次世代革新炉という欺瞞

朝日新聞世論調査—質問と回答 〈8月27、28日実施〉

原子力発電所についてうかがいます。
あなたは、国内に原子力発電所を新設したり、増設したりすることに賛成ですか。反対ですか。

賛成 34
反対 58
その他・答えない 8

毎日新聞世論調査—質問と回答 〈9月17、18日実施〉

岸田首相は、原子力発電所の新設や増設を検討する方針を示しました。原発の新設や増設に賛成ですか。

賛成 36
反対 44
その他・答えない 20

NNN/読売世論調査〈9月2～4日〉

岸田首相は、原子力発電所の新設や増設、建て替えについて検討を進めるよう指示しました。このことを、評価しますか、評価しませんか。

評価する 49%
評価しない 44%
答えない 7%

NHK 2022年9月 政治意識月例 電話調査

問10 原子力発電所の政策をめぐって、政府は、次世代の原子炉の開発や建設を検討する方針です。この方針に賛成ですか。反対ですか。

賛成 48.4 %
反対 31.6 %
わからない、無回答 19.9 %

日本経済新聞世論調査2022年9月

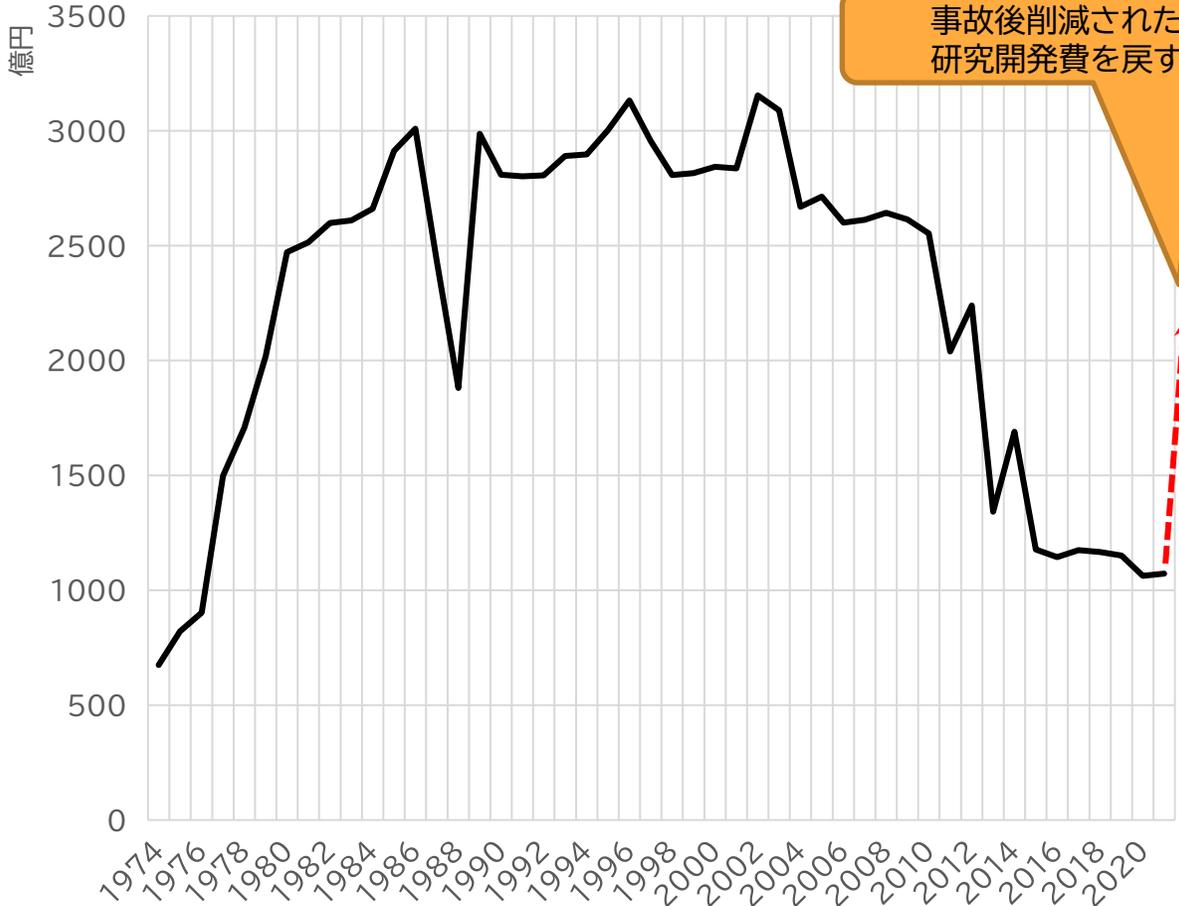
岸田首相は次世代型の原子力発電所の新設や増設、建て替えを検討するよう指示しました。あなたはこのことを評価しますか、しませんか。

評価する 53 %
評価しない 38 %
いけない、わからない 7 %
どちらともいえない 2 %

日経は重ね聞きを行う

「次世代」とすることで
結果に大きな差
しかし建設されるのは
今の原発

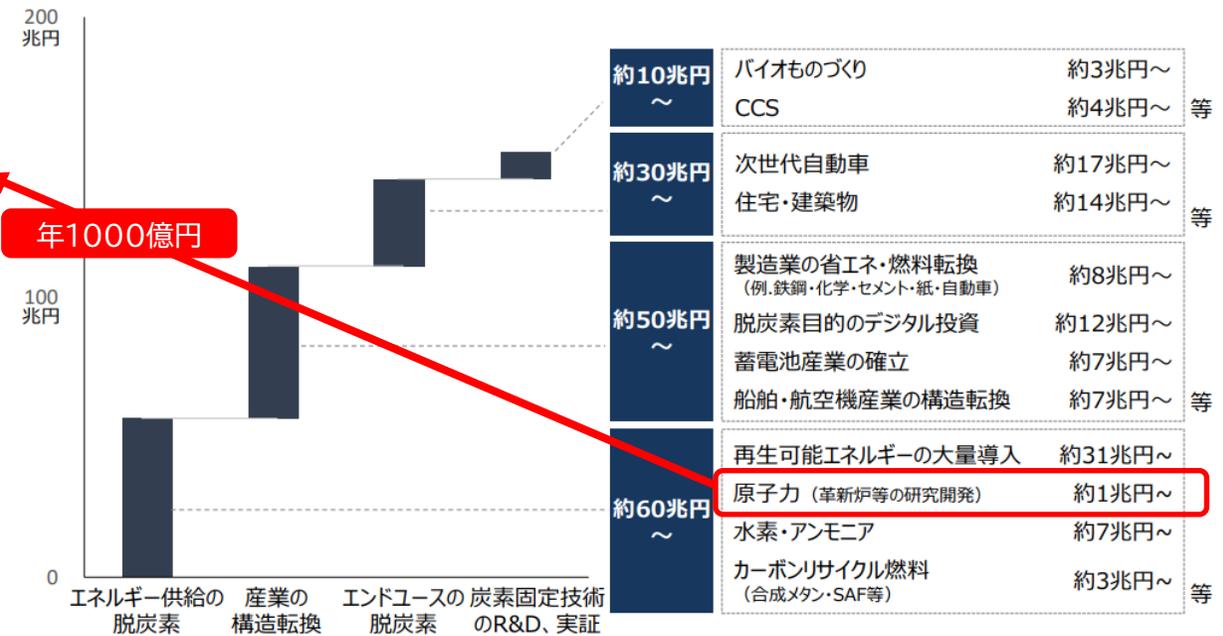
政府支出原子力研究開発費の推移



事故後削減された研究開発費を戻す

【参考】GXを実現する官・民の投資

■ GXの実現に向けて、エネルギーの供給・消費構造や産業構造を大きく転換するために、研究開発や設備投資を行う。これらに必要となる10年間の官・民によるGX投資額は150兆円超。



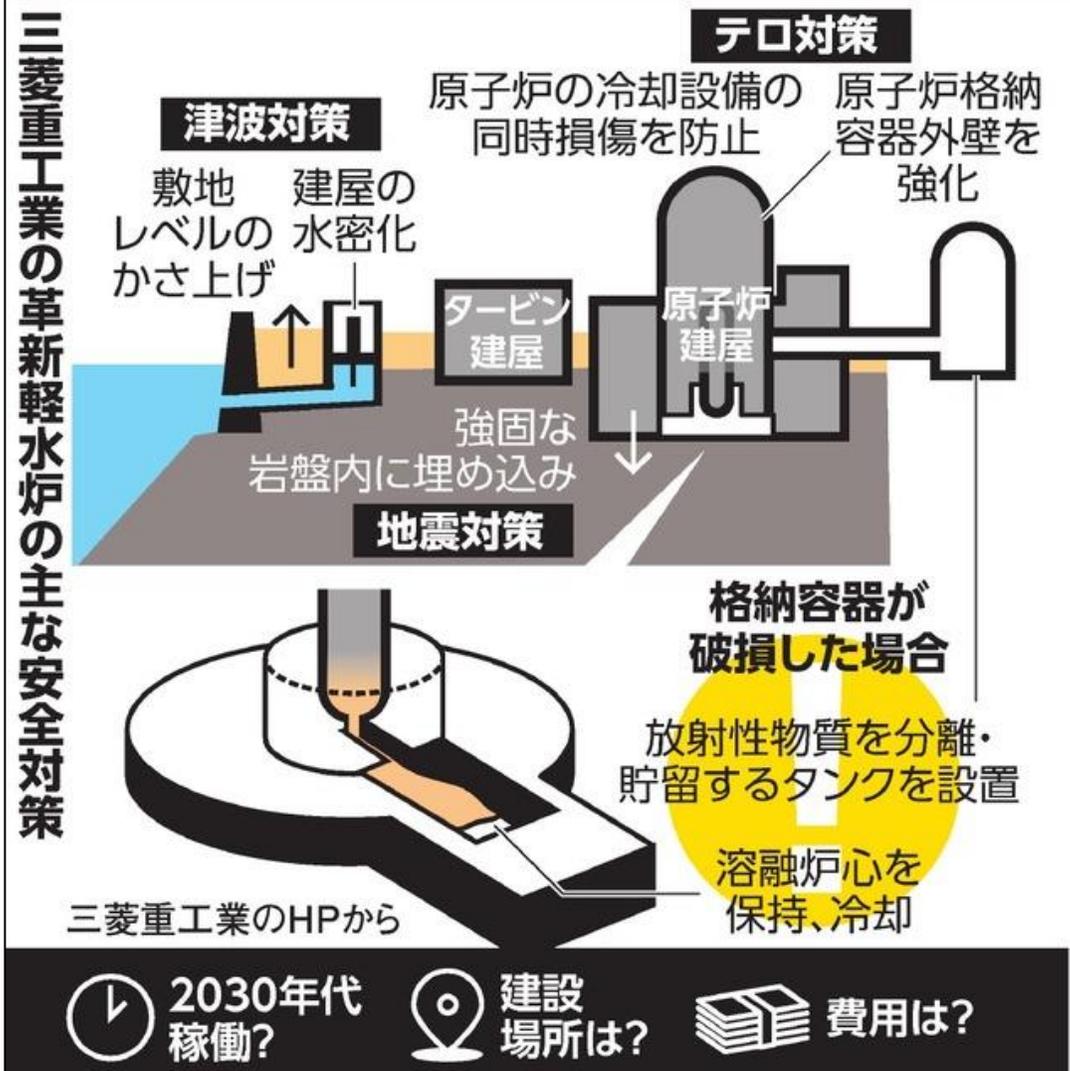
出典:IEA Energy Technology RD&D Budgets RD&D

*投資額については暫定値であり、それぞれ一定の仮定を置いて機械的に算出したもの、今後変わる可能性がある点に留意、PJの進捗等により増減もあろう

福島第一原発事故後に削減された研究開発費の復元
2030年以降の新設に備えた、原発メーカーの生き残りのための補助金

革新軽水炉





おおまかな特徴

出力: 100~170万kW

受動的安全機能

安全性能強化

出力調整機能

など

<https://digital.asahi.com/articles/ASQ9Y771CQ9YULFA00R.html>



「革新軽水炉」で頻発するコスト超過・工期遅延

国	炉型	発電所名	状況	合計出力[MWe, ネット]	計画時の初期投資額 [10億米ドル]	実際の費用 [10億米ドル]	計画建設期間 (年)	実際の建設期間 (年)
中国	AP1000	Sanmen-1	稼働	2314	5.84	7.3	4.3	9.4
中国	AP1000	Sanmen-2	稼働				4.5	8.9
中国	AP1000	Haiyang-1	稼働				4.6	9.1
中国	AP1000	Haiyang-2	稼働				4.7	8.6
米国	AP1000	Vogtle-3	建設中	2234	14.3	30.3	3.3	
米国	AP1000	Vogtle-4	建設中				3.6	
米国	AP1000	Summer-2	建設中断	2234	9.8	25	4.3	計画中止
米国	AP1000	Summer-3	建設中断				4.7	計画中止
韓国	APR1400	Shin-Kori-3	稼働	2832	4.89	6.46	5	8.1
韓国	APR1400	Shin-Kori-4	稼働				5	10
韓国	APR1400	Shin-Kori-5	建設中	2680	7.58	8.8	4.9	
韓国	APR1400	Shin-Kori-6	建設中				4.4	
韓国	APR1400	Shin-Hanul-1	稼働	2680	6.26	7.6	4.7	10.4
韓国	APR1400	Shin-Hanul-2	建設中				4.6	
UAE	APR1400	Barakah-1	稼働	5380	24.4	24.4	6	8.6
UAE	APR1400	Barakah-2	稼働				6.2	8.6
UAE	APR1400	Barakah-3	建設中				4.8	
UAE	APR1400	Barakah-4	建設中				4.9	
フィンランド	EPR	Olkiluoto-3	稼働(試運転)	1600	3.55	9.4	3.9	16.5
フランス	EPR	Flamanville-3	建設中	1650	3.6	13.6	5.6	
中国	EPR	Taishan-1	稼働	3320	7.5	9.1	3.6	9.1
中国	EPR	Taishan-2	稼働				5.2	9.4
英国	EPR	Hinkley Point C-1	建設中	3260	20	29	7	
英国	EPR	Hinkley Point C-2	建設中				6.6	

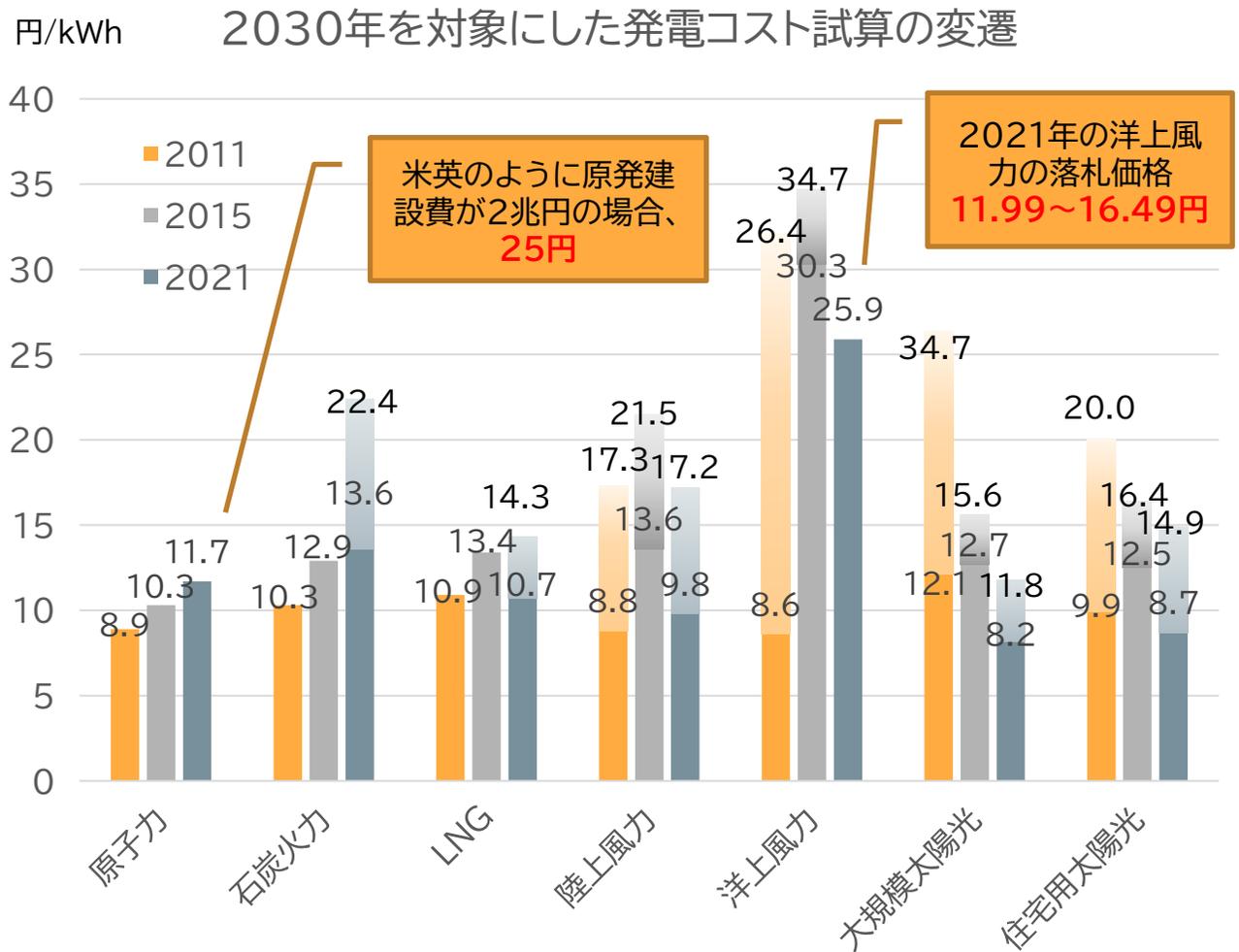
Oettingen, M., Costs and timeframes of construction of nuclear power plants carried out by potential nuclear technology suppliers for Poland.
https://pulaski.pl/wp-content/uploads/2021/06/Pulaski_Policy_Paper_No_6_2021_EN-1.pdf をもとに、一部は最新の数字に修正

計画通りのコスト・工期で建設されたものは皆無
 中には初期計画の3倍近いコスト超過、工期遅延も発生

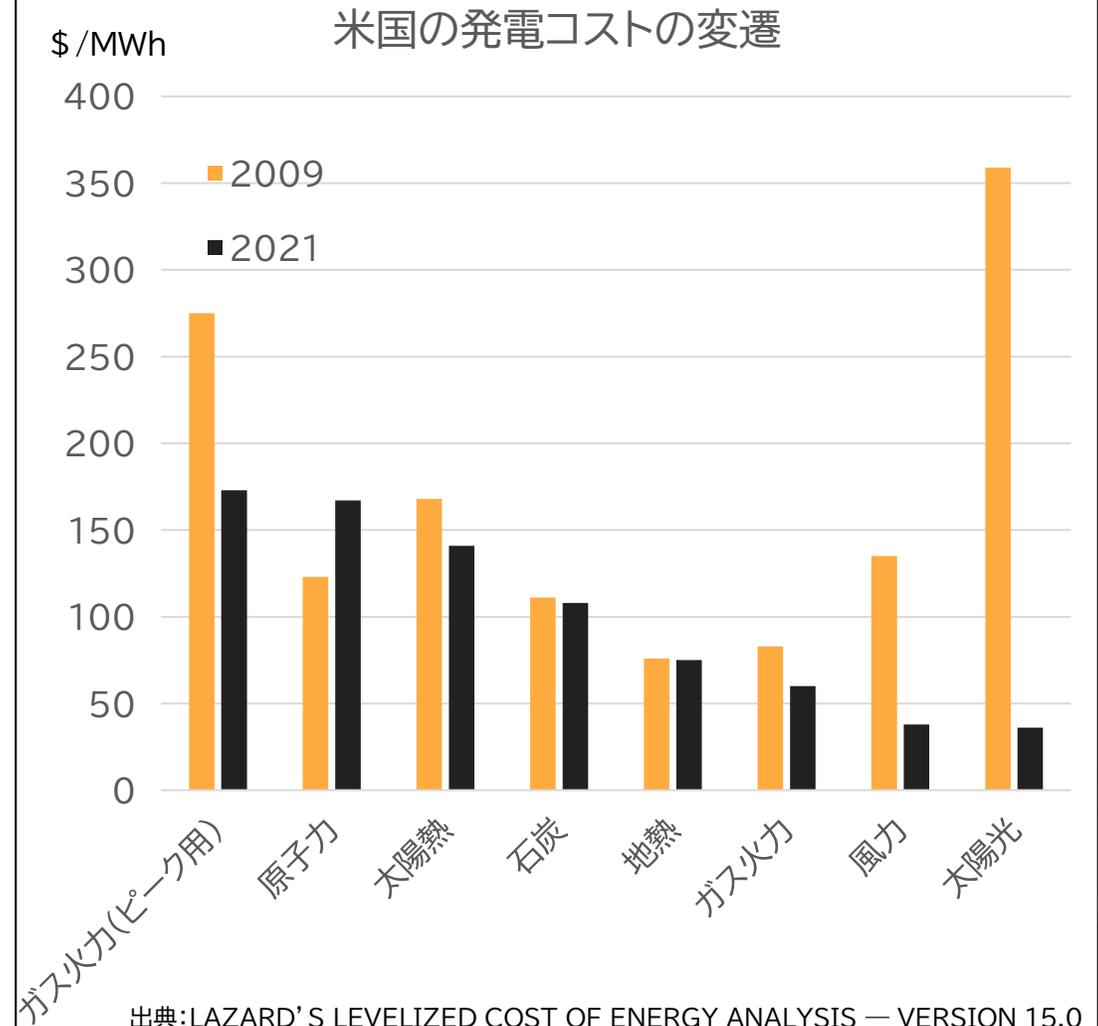


下落する再エネ発電コストと上昇する原発発電コスト

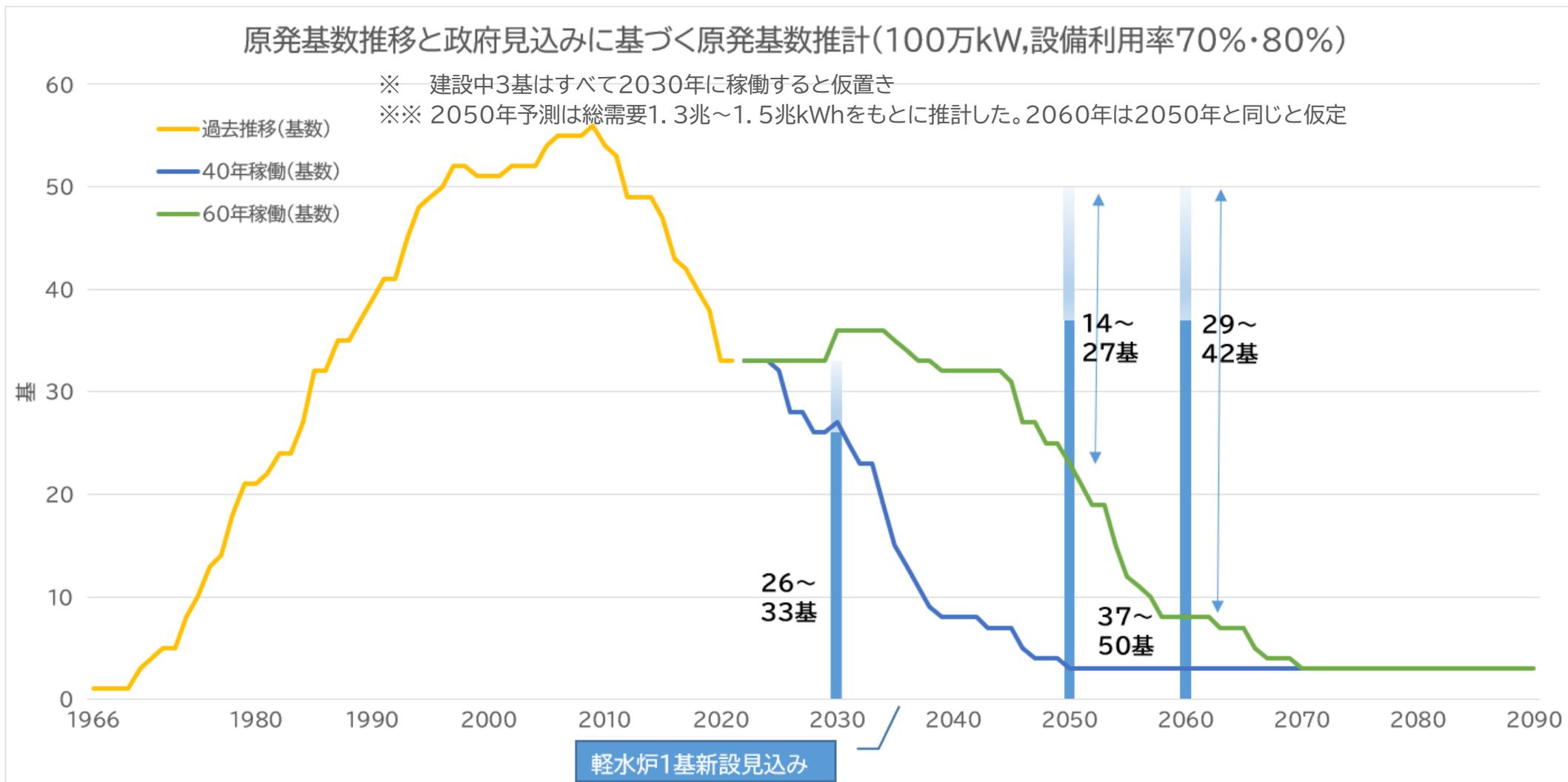
電力会社は自分でお金を出せないで、「事業環境整備」と称して原発建設費を国民に転嫁する方針



出典: 発電コスト検証ワーキンググループ報告書(2015, 2021)



原発基数推計(原発比率20%の場合)



非現実的な原発増設計画



原発増設を前提に電源投資計画を作る



稼働遅延・または着工すらできない事態も



カーボンニュートラル電源不足



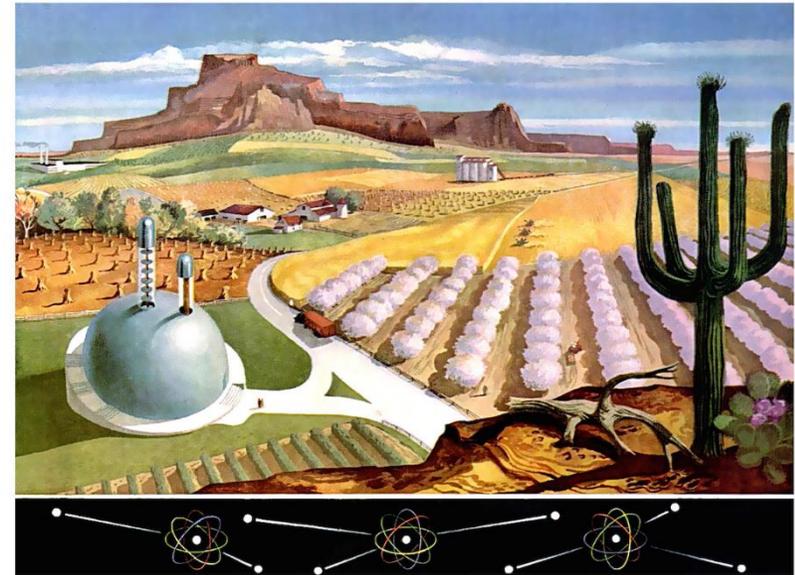
小型軽水炉



ロールスロイスのSMR 70年前と瓜二つのコンセプト



BY MEN WHO PLAN BEYOND TOMORROW



Deserts Will Bloom Through Atomic Power



NEW "BREAD BASKETS" of the world can grow where only sand and scrub had been. Harnessed atomic energy will transform deserts into rich fruit and grain country... provide power to tap subterranean water for irrigation, power to run machines, to operate utilities. Already Atomic scientists are adapting the world's newest wonder to this peacetime use.

AMONG the good things of life, Americans by the millions rate high the wholly unique Canadian whisky they order by name—Seagram's V.O. This lightest of all Canadian whiskies, this clean-tasting imported blend is Canadian whisky at its glorious best.

This Whisky Is Six Years Old—86.8 Probf. Seagram-Distillers Corporation, N.Y.

Seagram's V.O. Canadian

CANADIAN WHISKY—A BLEND...OF RARE SELECTED WHISKIES



競合が多すぎる

	陸上軽水炉	海上軽水炉	高速炉	高温ガス炉	重水炉	溶融塩炉	超小型炉	計
米国	6		7	2		4	6	25
ロシア	6	4	2	3			2	17
中国	6	1		1		1	1	10
日本	2		1	2		1	1	7
カナダ			2	1	1	1		5
英国	1					3	1	5
韓国	2		1					3
フランス	1		1					2
その他	2		3	3	1	3	2	14
合計	26	5	17	12	2	13	13	88

- NuScale社の予測

2023年～2042年の間に**674基～1,682基(約34GW～84GW)**の受注見込み

- 過去の東芝が発表していた受注予測

2008年:2015年までに**33基(約36GW)**

2016年:2030年度までに**45基(約50GW)**以上(米WEC単体では**65基(約72GW)**)

⇒実際は**8基止まり**で、内2基はコストが嵩みすぎて建設中止



民間主導って

▶ 民間主導？

米国では、・・・小型原子炉の開発も始まっている。投資期間を短縮し投資適格性を高め、再生可能エネルギーとの共存可能性を目指した新しいコンセプトに基づく挑戦であり、英国・カナダなどでも同様の試みが民間主導で生じている。

(6次エネ基 p.8)

▶ もっと国の補助を！

SMR Start consortium(米国の小型原子炉開発業者と発電事業者がつくったグループ)は、2019年政策ステートメントで、民間企業とエネルギー省は10億ドル以上をSMRに投じてきたが、これでは不十分。官民連携を通じた投資がもっと必要で、政府の支援がなければSMRは存在しえないとしている。

<http://smrstart.org/wp-content/uploads/2020/02/SMR-Start-Public-Policy-on-Federal-Public-Private-Partnership-Approved-2019-10-10.pdf>



補助金漬け産業

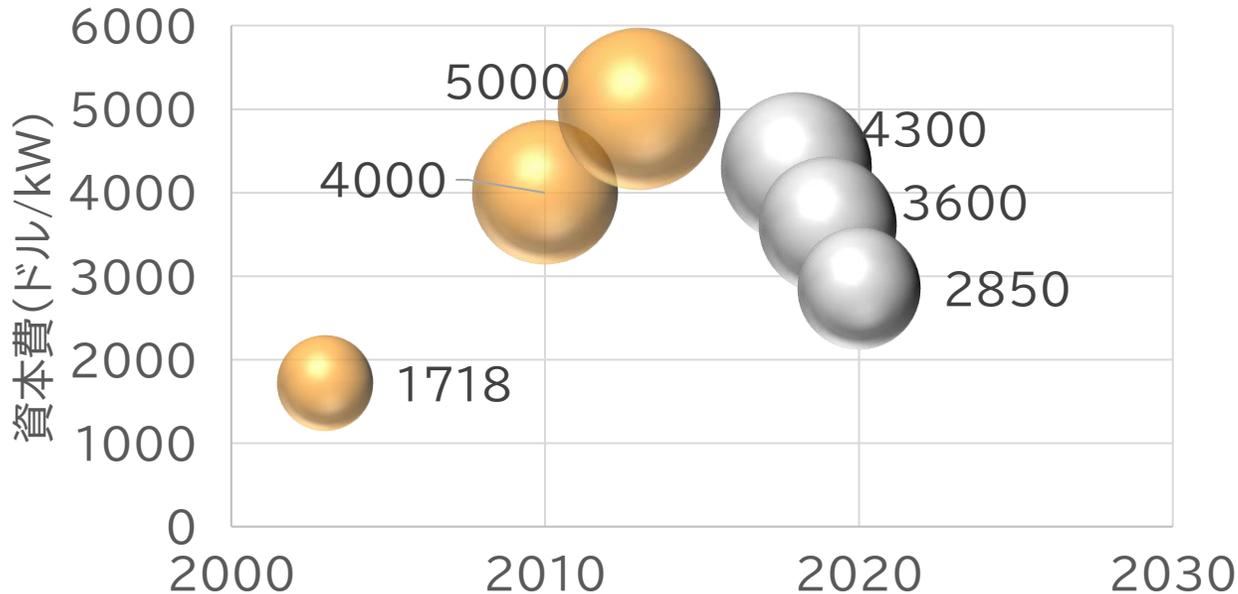
米				
2007	DOE	ARPA-E	R&D	
2012	DOE	SMR Licensing Technical Support	B&W 180 MWe mPower	111百万ドル
2012	DOE		SRSでの実証SMR計画	
2013	DOE	NuScale		217百万ドル 5年間で
2016	DOE	SMR Licensing Technical Support	TVA	36.3百万ドル
2015	DOE	Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear(GAIN)	X-energy, Southern	80百万ドル
2016	DOE	GAIN		6.2百万ドル
2018	DOE			60百万ドル
2020	DOE	Advanced Reactor Demonstration Program (ARDP)		160百万ドル
英				
2014	国立核研究所	SMR feasibility study		
2016	DECC	nuclear R&D including SMR		250百万ポンド(5年計)
2018	BEIS	Advanced Modular Reactor (AMR) Feasibility and Development (F&D)		44百万ポンド
2020	BEIS	AMR programme		40百万ポンド
カナダ				
2018	カナダ政府	SMR Roadmap		
2020	産業科学省		Terrestrial Energy	20百万カナダドル
2020	オンタリオ電力	SMRに関するエンジニアリング作業	3社を検討	
日本				
	JAEA	高速炉		3115百万ドル(2010年~のみ)
	JAEA	高温ガス炉		

小型モジュール炉はコスト高

- 建設費kW当り:34~57万円
⇒発電コスト検証WGでは40万円
- 習熟する前提でさえ現時点のコストに近い

Nuscaleの建設費予測

- :1モジュール50MWeでの見積もり
- :1モジュール60~77MWeでの習熟後の見積もり(未認可)



- 負荷追従運転の問題点

新型炉は負荷追従性能があるとされるが、原発のビジネスモデル成立要件は、①燃料が安い、②ベースロード運転で長期間稼働することで資本費を回収。

負荷追従運転を行うLNG火力の建設費は16.1万円/kW。原発の半分以下。原発が負荷追従運転すれば、採算性はさらに悪化。



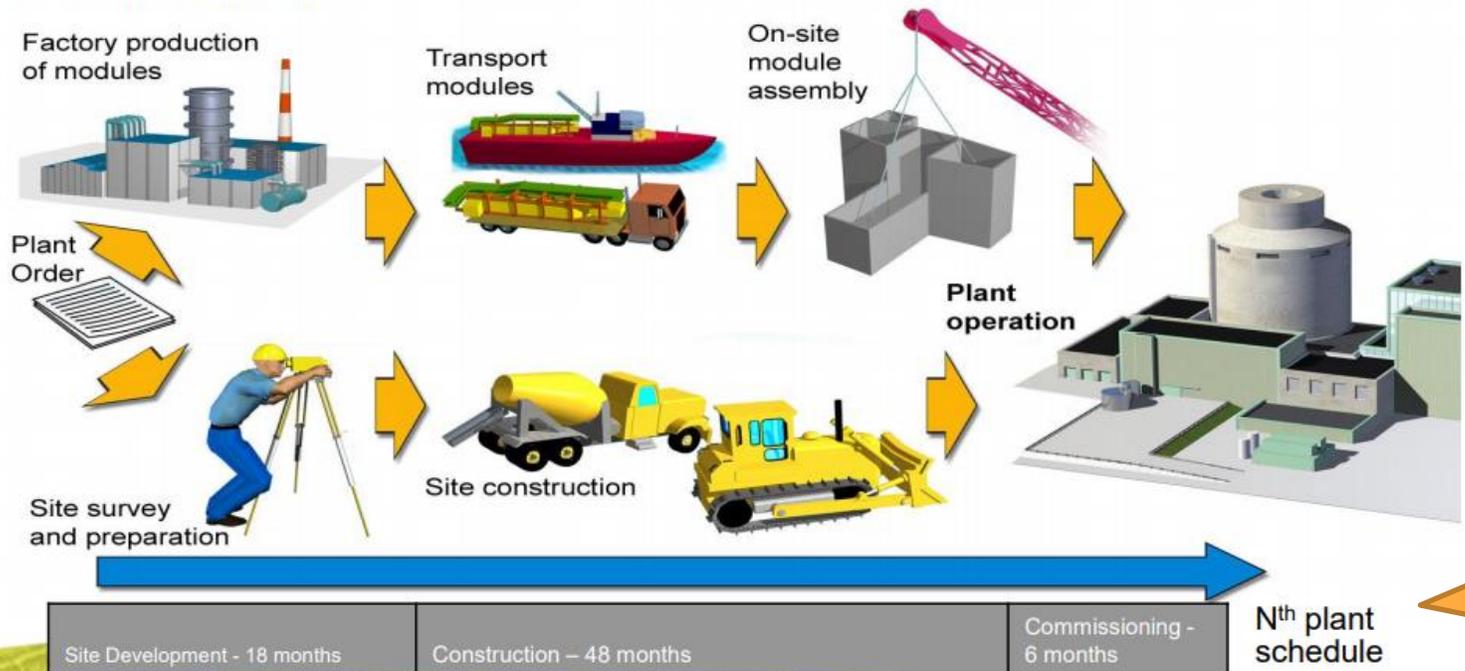
モジュール工法？

- 再現性のある品質管理の下での工場製造
- (製造を)建設と並行することで信頼性の高く、短い工期

AP1000 Modular Construction

300+ modules
• 150+ structural
• 150+ mechanical

- Factory fabricated under repeatable quality control.
- In parallel with construction providing reliable, short schedule.

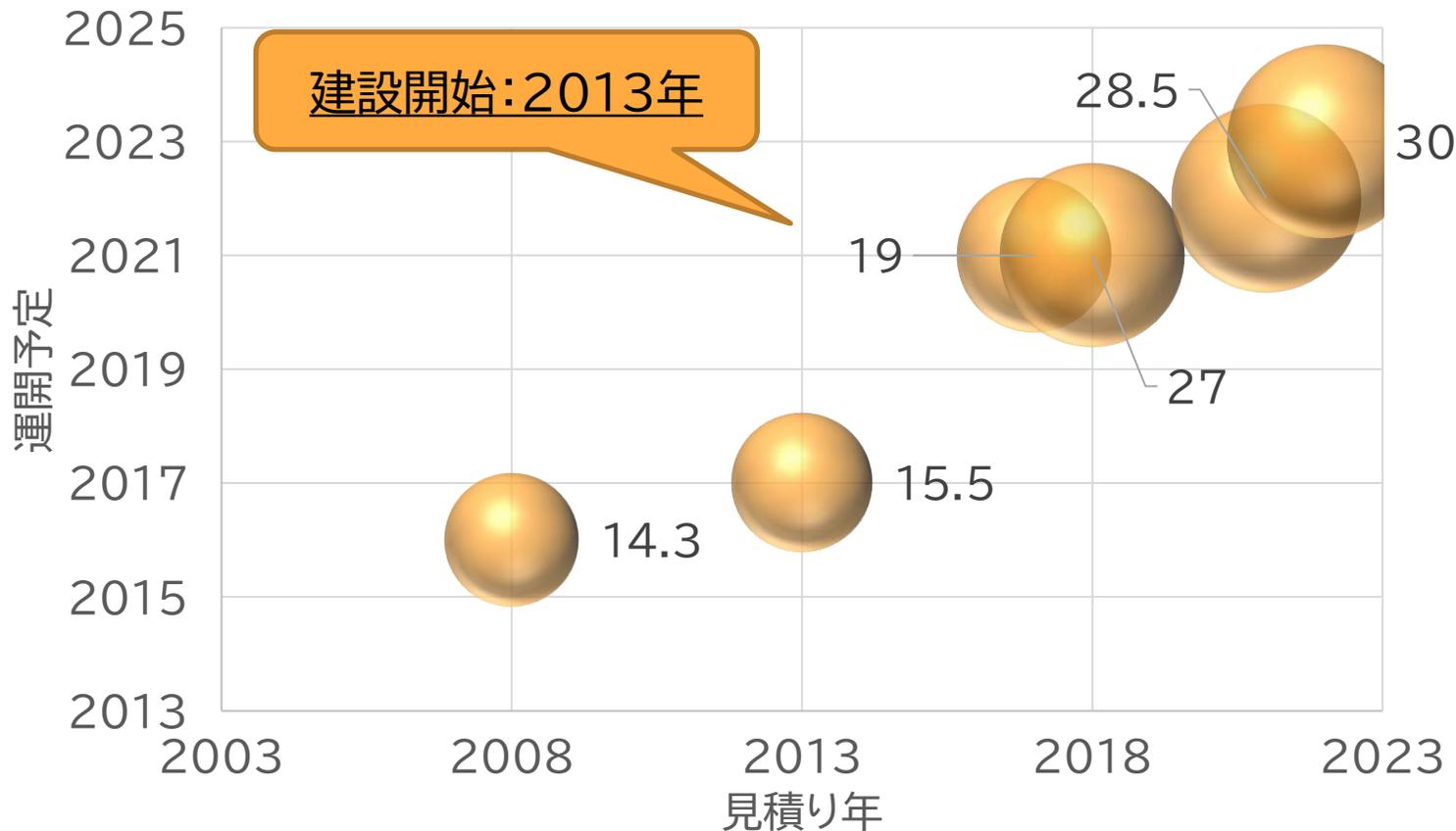


サイト開発: 18ヶ月
建設: 48ヶ月
試運転: 6ヶ月
計6年

Constructible → reliably short schedule → lower capital costs

現実起きたこと

Vogtle原発(単位:10億ドル)



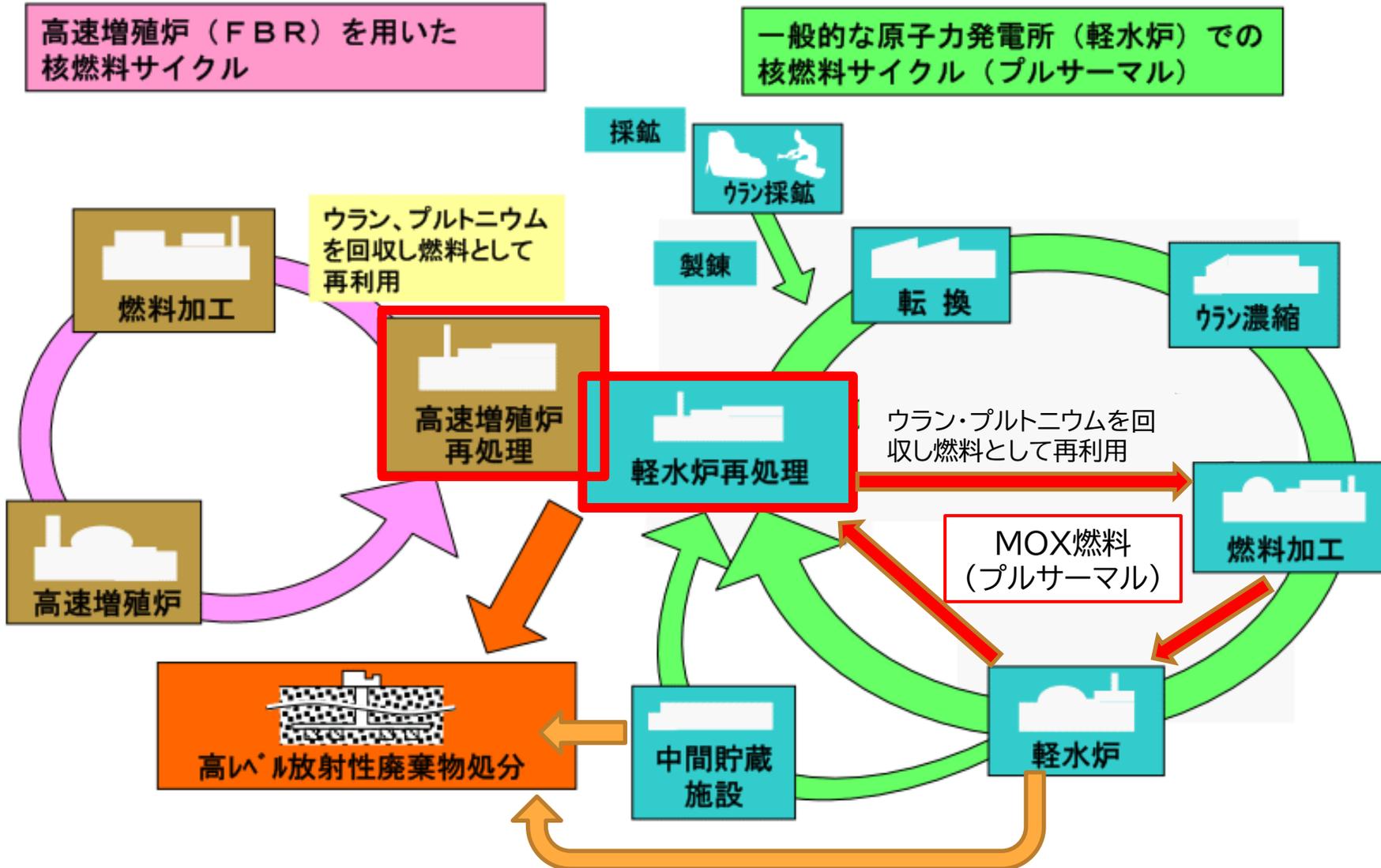
- コスト増・工期遅延理由
 - ✓ 工場で製造されたモジュールの品質が実用に耐えない
 - ✓ 工場から出荷されたものが仕様に合わず現場で修正を余儀なくされた
 - ✓ 経験不足
 - ✓ 要件変更
 - etc



高速炉

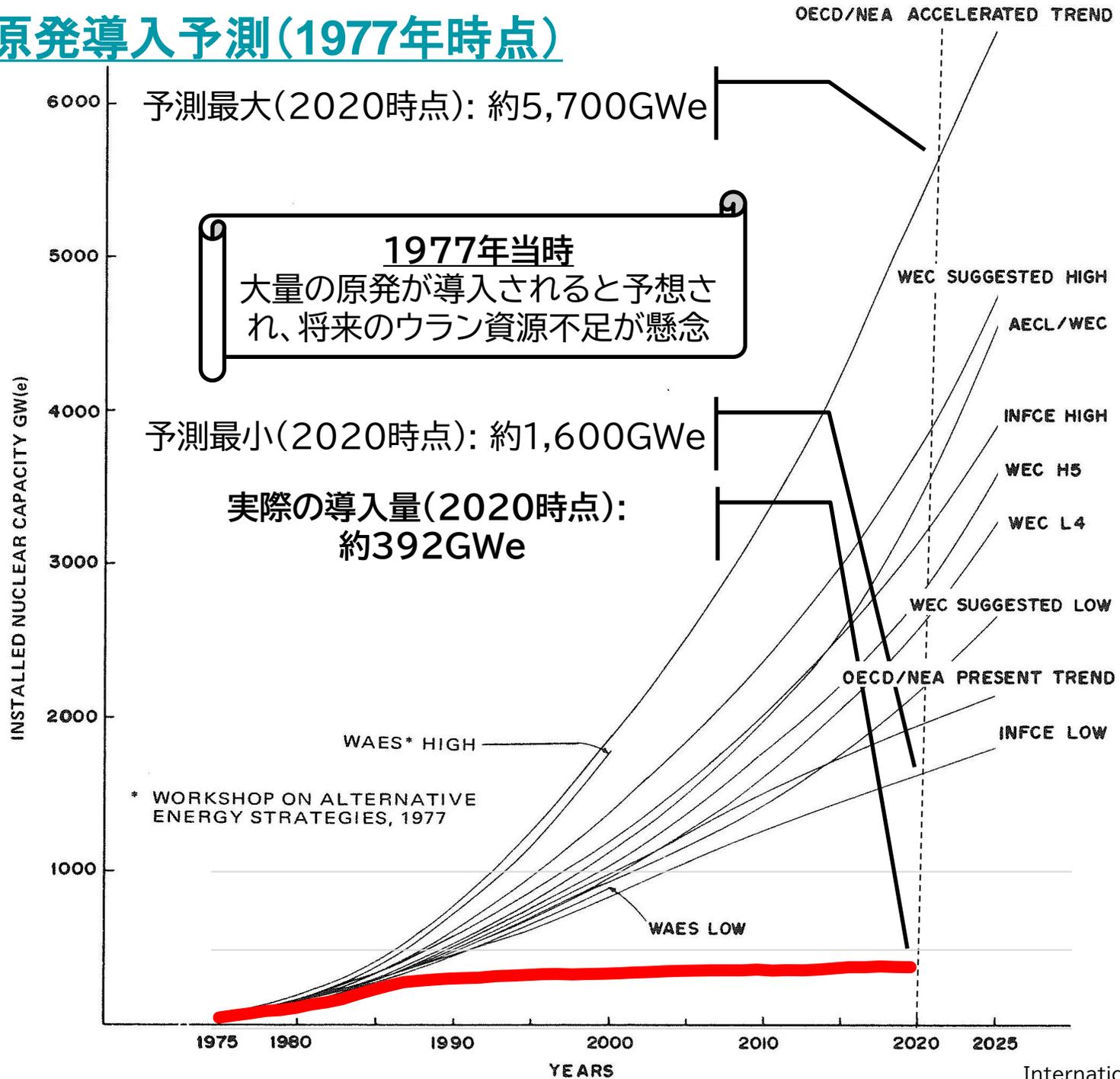


そもそも核燃料サイクルとは



	利用可能年数
ワンスルーサイクル	85年
プルサーマル（使用済み燃料を再処理して分離したプルトニウムを原発で利用）	100年
高速増殖炉サイクル	2550年

過去の原発導入予測(1977年時点)

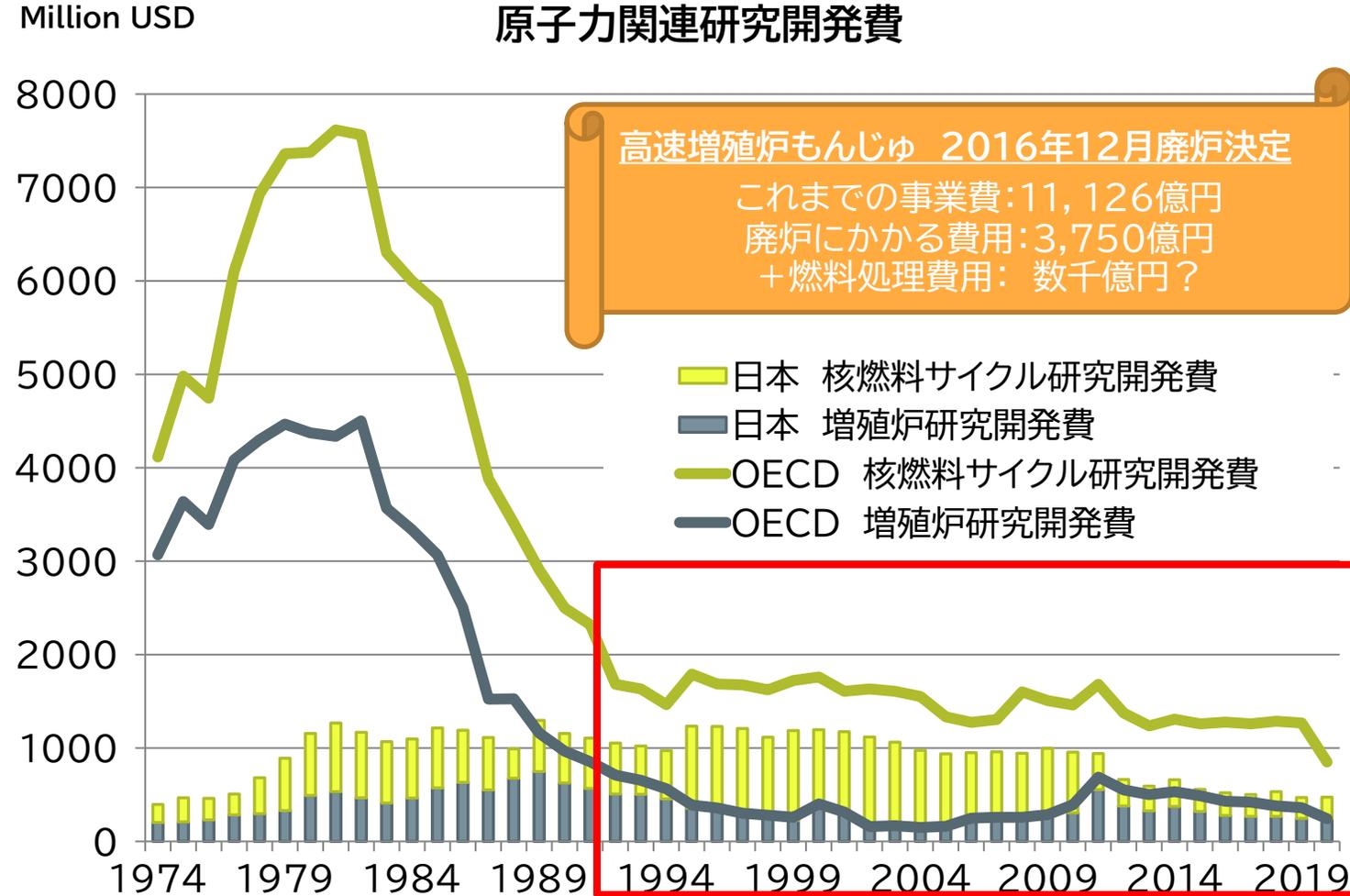


バスに乗り遅れるな？ -1950年代～

		MWe	稼働期間			MWe	稼働期間
米国	<i>Clementine</i>	-	<u>1946-52</u>	ソ連/ロシア	<i>BR1/2</i>	-	<u>1955/56-57</u>
	<i>EBR-1</i>	<u>0.2</u>	<u>1951-63</u>		<i>BR5/10</i>	-	<u>1958/73-2004</u>
	EBR-2	-	1963-94		BOR-60	12	1968-
	LAMPRE	20	1961-65		BN-600	600	1980-
	Fermi-1	66	1963-72		BN-800	880	2014-
	SEFOR	-	1969-72	カザフスタン	BN-350	350	1972-99
	FFTF	-	1980-93	ドイツ	KNK-1/2	600	1971/77-99
英国	<i>DFR</i>	<u>15</u>	<u>1959-77</u>	インド	FBTR	15	1985-
	PFR	250	1974-94	日本	常陽	-	1977-
フランス	Rapsodie	-	1967-82		もんじゅ	280	1994-2016
	Phenix	250	1973-2009	<div style="background-color: orange; padding: 5px;"> 日本が原子力委員会を設立した1956年、幾つかの核先進国が高速増殖炉を開発していた。 </div>			
	Superphenix	1240	1985-98				

とりのこされる日本

原子力関連研究開発費



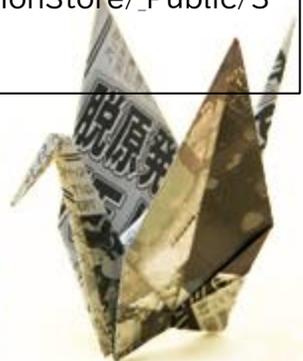
International Energy Agency R&D Statistics Database

なぜ各国は研究開発費を減らしたか？

1. 核兵器開発に直結
2. ウラン資源がしばらく枯渇しない
3. 技術的に難しい(特にナトリウムの取り扱い)

Eg. ロシアの高速炉BN-600では27回のナトリウム漏れ事故が発生、内、5回は放射性ナトリウムの漏洩、14回はナトリウム火災、蒸気発生器でのナトリウム・水反応トラブルが12回が発生したと報告されている。

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/058/31058486.pdf



核燃料サイクルの意義① 廃棄物の減容・有害度の低減

- (1) 軽水炉再処理により、高レベル放射性廃棄物の体積を約1/4に低減可能。また、放射能の有害度が天然ウラン並になるまでの期間を1/10以下にすることができる。
- (2) 高速炉/高速増殖炉サイクルが実用化すれば、高レベル放射性廃棄物中に長期に残留する放射エネルギーを更に少なくし、発生エネルギーあたりの環境負荷を大幅に低減できる可能性。

※ 直接処分では、ウラン、プルトニウム、核分裂生成物等を全て含んだまま廃棄物となる。一方、再処理後のガラス固化体からは、ウラン、プルトニウムが除かれるため、放射能による有害度が低減される。

※ また、高速炉/高速増殖炉では、半減期の極めて長い核種を燃料として使用できるため、更に有害度の低減が可能となる。

比較項目		技術オプション	直接処分	再処理	
				軽水炉	高速炉
処分時の廃棄体イメージ					
発生体積比※1			1	約0.22 約4分の1に減容化 約7分の1に減容化	約0.15
潜在的有害度	天然ウラン並になるまでの期間※2		約10万年	約8千年 約12分の1に低減 約330分の1に低減	約300年
	1000年後の有害度※2		1	約0.12	約0.004
コスト※3	核燃料サイクル全体 (フロントエンド・バックエンド計)		1.00 ~ 1.02 円 / kWh	1.39 ~ 1.98 円 / kWh	試算なし
	処分費用		0.10 ~ 0.11 円 / kWh	0.04 ~ 0.08 円 / kWh	※高速炉用の第二再処理工場が必要

※1 数字は原子力機構概算例 直接処分時のキャニスタを1としたときの相対値を示す。

※2 出典: 原子力政策大綱 上欄は1GWyを発電するために必要な天然ウラン量の潜在的有害度と等しくなる期間を示す。下欄は直接処分時を1としたときの相対値を示す。

※3 原子力委員会試算(2011年11月)(割引率3%のケース) 軽水炉再処理については、使用済燃料を貯蔵しつつ再処理していく現状を考慮したモデルと、次々と再処理していくモデルで計算。

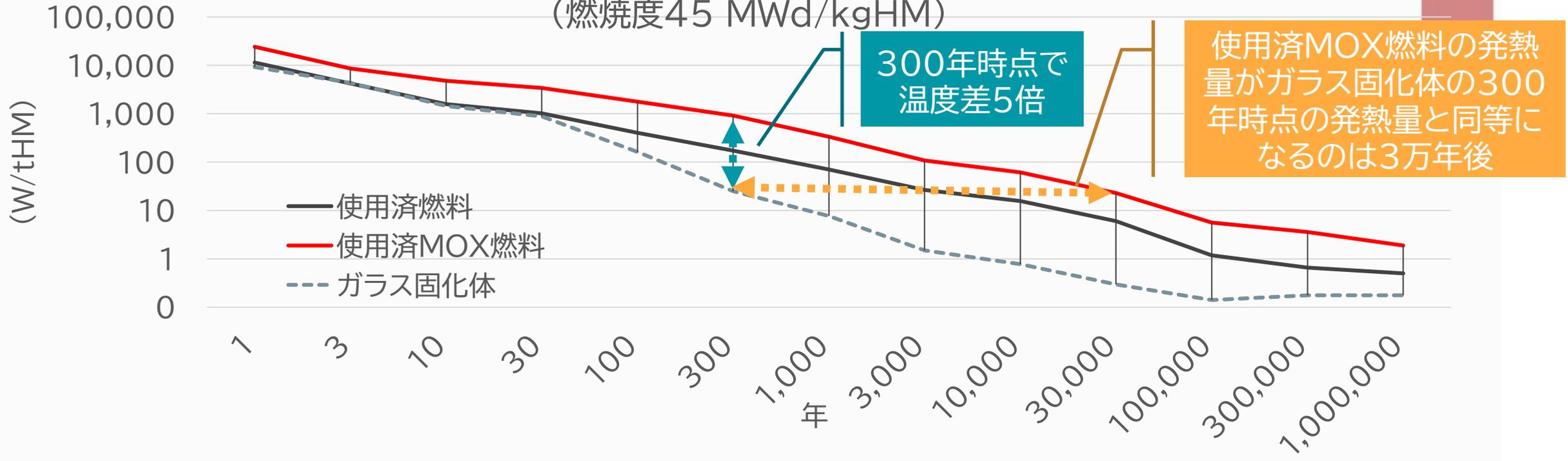
非営利活動法人

資料情報室

Citizens Nuclear Information Center



使用済燃料・使用済MOX燃料・ガラス固化体の発熱量推移 (燃焼度45 MWd/kgHM)



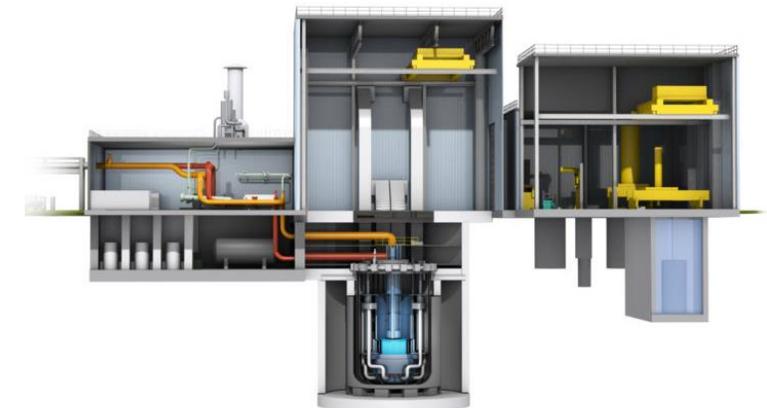
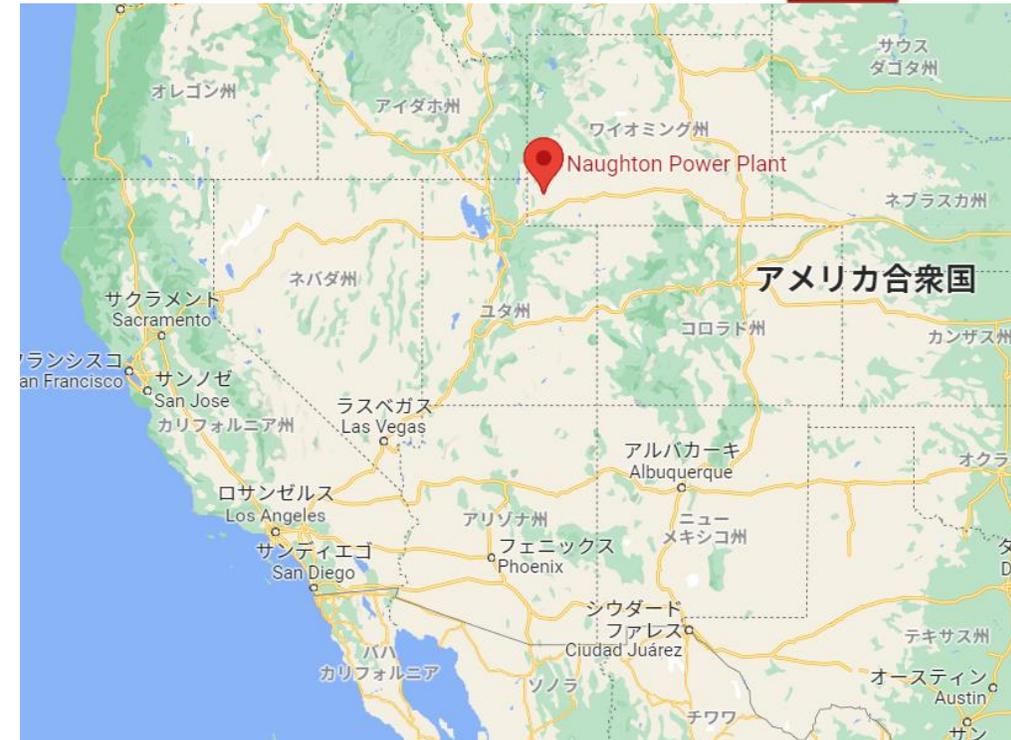
- 使用済ウラン燃料を4体収納するキャニスタに1体の使用済MOX燃料を収納したものは、使用済ウラン燃料4体を収納したキャニスタとほぼ同じキャニスタとして扱える
新計画策定会議 技術検討小委員会(第4回) 資料第1号
- 再処理してウランやプルトニウムを取り出すことにより(中略)高レベル放射性廃棄物の体積が3~4割、その処分場の面積が1/2~2/3となる
新計画策定会議(第12回)資料第3号

➤ 六ヶ所再処理工場では使用済MOXは再処理できない。再処理という巨大なコストを支払って減らしたはずの処分場面積が結局、元どおりになる。



GE日立関連プロジェクト Natriumtm

- PacificorpとTerrapowerはワイオミング州の Naughton石炭火力発電所(2025廃止予定)に高速炉 Natriumの実証炉を建設すると発表
- Natrium (電気出力34.5万kW)
 - 主にGE日立が開発した高速炉「PRISM」(設計のみ)の技術にとテラパワー社の溶融塩を使ったエネルギー貯蔵システムを組み合わせたもの。
 - コスト削減のため、非原子力の機械、電気、その他の機器は、原子炉から離れた場所に、原子力規格ではなく工業規格で建設。
 - 費用は約40億ドル(約4,600億円)、うち政府補助が19億ドル(約2,200億円)
 - 計画では2023中ごろ建設開始、2026運転許可、2027運開
 - JAEA、三菱重工らがテラパワーと協力覚書を締結



燃料供給問題から
2年以上遅延予定

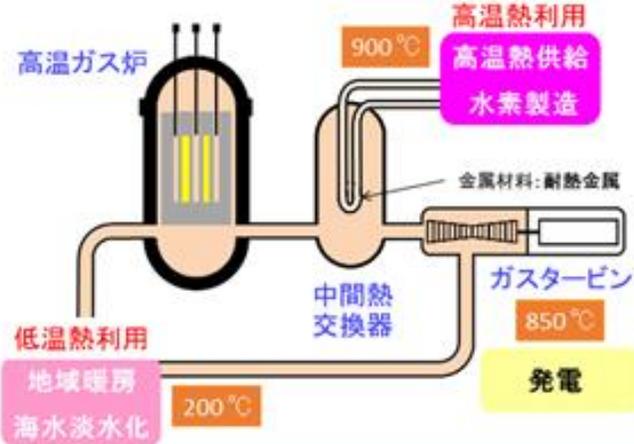
高温ガス炉



多様な熱利用

- 950℃の高温熱を供給可能で、水素製造、発電、海水淡水化等の幅広い熱利用が可能。

熱交換器が壊れて水が流入すれば、高温の黒鉛と接触⇒水蒸気爆発の可能性



軽水炉との違い

項目	高温ガス炉	軽水炉
電気出力 (熱出力)	~30万 kW (中小型) ~600 MW	100万 kW以上 (大型が主流) 3000 MW以上
原子炉出口温度	850℃~950℃	約300℃
原子炉冷却材	ヘリウムガス	軽水
減速材	黒鉛	軽水
燃料型式	セラミック製 被覆燃料粒子	金属製被覆管 (ジルカロイ)
用途	熱利用 (水素製造、高温蒸気、海水淡水化、地域暖房)、発電	発電

減速材は黒鉛=炭素。配管が破断してヘリウムが漏洩、空気が入れば、酸素と接触して燃える可能性

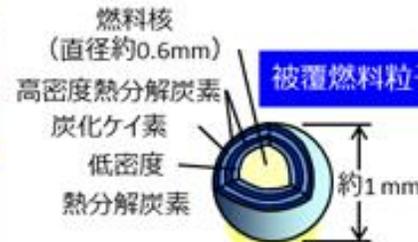
- 燃料が軽水炉と全く違う。高温ガス炉用の燃料製造工場が必要になる。コスト高。
- 燃料は1mmの燃料粒子を燃料コンパクトに多数詰める。燃料粒子の生産時に不具合が発生すれば、事故に至る可能性も。

優れた安全性

- 軽水炉のリスク (炉心溶融、水素爆発、大量の放射性物質放出) が福島第一原子力発電所 (1F) 事故によって強く認識された。
- 原理的には高温ガス炉は1F事故と同様の事故を起こす可能性がない。

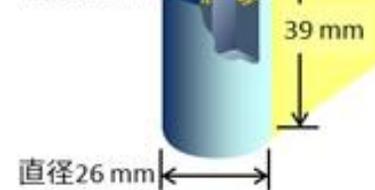
セラミックス被覆燃料

1600℃でも放射性物質を閉じ込める



燃料コンパクト

厚さ8 mm

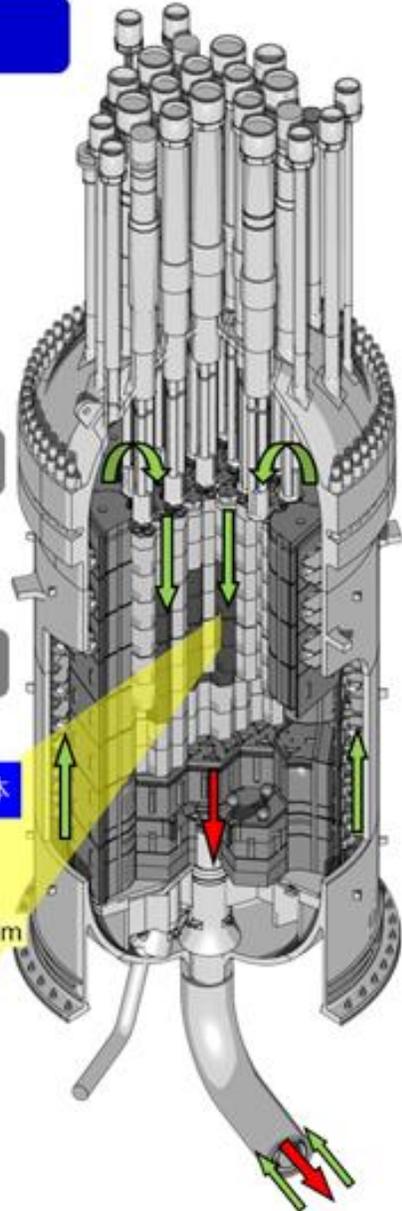
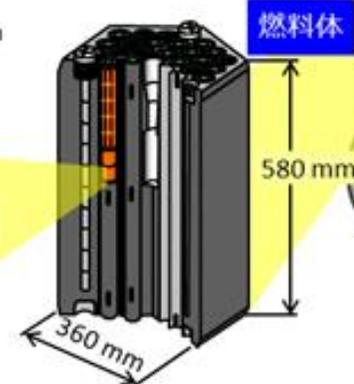


ヘリウム冷却材

高温でも安定 (温度制限なし)

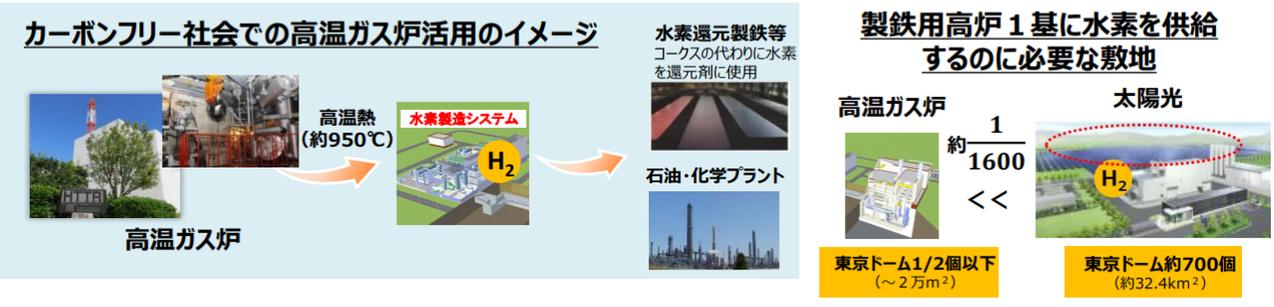
黒鉛構造材

耐熱温度2500℃



2-2. 製造部門における熱利用・水素製造への貢献

- **鉄鋼等の産業部門**では、水素還元製鉄等の新たな取組が進められており、**大規模かつ経済的な熱・水素の安定供給**が必要。
- 高温ガス炉で、**少ない敷地面積**で、**天候に左右されず**、**大規模かつ安定**に熱・カーボンフリー水素の**自給自足**の可能性。鉄鋼・化学等の産業部門での脱炭素化を実現する可能性。



高温ガス炉の活用により、カーボンフリーで大規模・安定の水素製造が可能

	コジェネシナリオ① (高温ガス炉1基当たり)	コジェネシナリオ② (高温ガス炉1基当たり)	必要量 (高炉1基(鉄鋼400万t/年)当たり)
水素製造量	約9億 Nm ³ /年 (約12万Nm ³ /hr)	約7億 Nm ³ /年 (約9万Nm ³ /hr)	27.2億Nm ³ /年 (約31万Nm ³ /hr)
発電量	約160 MWe	約200 MWe	250 MWe

※2050年政府目標：2000億Nm³/年
 ※高温ガス炉コジェネプラント(三菱重工業)に基づくデータ

【高温ガス炉プラントの主要目】

	三菱高温ガス炉	HTR-PM(中国)
冷却材	ヘリウム	ヘリウム
減速材	黒鉛	黒鉛
燃料	被覆粒子燃料(UO ₂)	被覆粒子燃料(UO ₂)
炉心熱出力	~600MWt	500MWt/2基
原子炉出口温度	~950℃	750℃
水素製造量	~28万Nm ³ -H ₂ /h	— ※1

※1 発電専用炉

28万Nm³×24×365=24.5億Nm³/年
 (※定期点検は考慮せず)

水素製造量の問題

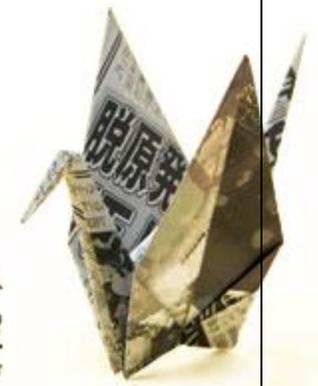
- 高炉1基(27.2億Nm³/年)を満たすには、
- 水素製造プラント:1基以上
 - コジェネ(水素ガスと発電併用):3基以上

2050年の水素需要見込み2000億Nm³/年に対して、高温ガス炉1基の寄与度は

- 水素製造プラント:約1%
- コジェネ:0.3~0.4%

基数の問題

- 一体何基建設するつもりなのか？
- 一体どこに建設するつもりなのか？



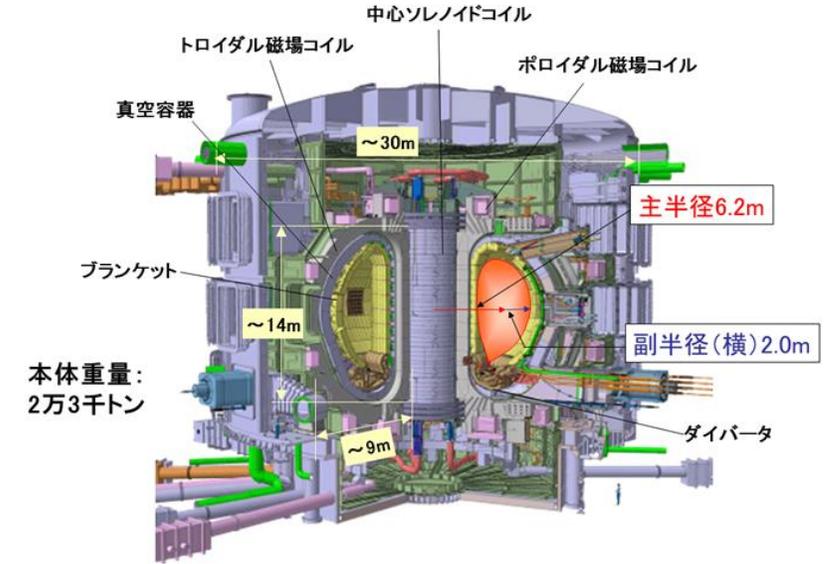
核融合



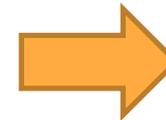
1967、72年長期計画	昭和60年代(1985～)には,核融合動力実験炉の開発に成功する
1978年長期計画	21世紀の実用化を目標
1982年長期計画	実用化時期未記載 1990年代後半に自己点火条件(外部からエネルギーを与えることなしに核融合反応が持続する条件※ITERの目標)を達成し
1987年長期計画	2000年前後に自己点火条件及び長時間燃焼を達成し
1994年長期計画	実用化された場合には,21世紀の世界のエネルギー問題の解決に大きく貢献
2000年長期計画	実用化時期未記載
2005年大綱	実用化時期未記載
1～5次エネルギー基本計画	ITER計画や幅広いアプローチ活動を始めとする核融合を長期的視野にたって着実に推進
6次エネルギー基本計画	トカマク方式のITER計画や幅広いアプローチ活動(…)長期的視野に立って着実に推進するとともに、技術の多様性を確保する観点から、ヘリカル方式・レーザー方式や革新的概念の研究を並行して推進する
2021年自民党政策集	究極のクリーンエネルギーである核融合開発を国を挙げて推進

ITER計画の進捗

- ITER
 - 参加国: 日本、欧州、米国、ロシア、中国、韓国、インドが参加
 - 費用: 50億ユーロ(2000年) ⇒ 200億ユーロ(2016)
 - 目的: 発電実証はしない。ITERで核融合エネルギー利用の科学的・技術的実証がなされた後、原型炉における発電実証段階を目指す。



	従前の見積り (2010)		新たな見積り (2016)
組立に必要な作業数	約3,000	作業数 3倍	約10,000
ファーストプラズマ	2018年 (建設開始から11年)	期間 1.5倍	2025年 (建設開始から18年)
核融合運転	2026年 (建設開始から19年)		2035年 (建設開始から28年)



2021年

2026~2027年
(建設開始から20年)

2037年
(建設開始から30年)

活動法人

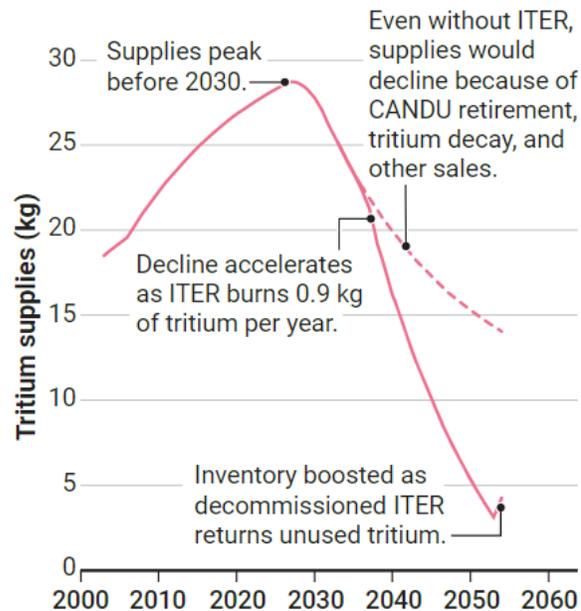
原子力資料情報室
Citizens' Nuclear Information Center



数多くの課題

The dwindling tritium supply

The few kilograms of commercially available tritium come from CANDU plants, a type of nuclear reactor in Canada and South Korea. According to ITER projections, supplies will peak this decade, then begin a steady decline that will accelerate when ITER begins burning tritium.



GRAPHIC: K. FRANKLIN/SCIENCE; (DATA) ITER RESEARCH PLAN
WITHIN THE STAGED APPROACH, ITR-18-003, (2018)

<https://www.science.org/content/article/fusion-power-may-run-fuel-even-gets-started>

- 核融合では、何百万度もの高温に何年間も連続して耐えられるうえ、強い中性子線などに耐えられる材料が必要になる。
- 放射化した部品を頻繁に取り換えることが必要になる。取り換えられた部品は放射化しているので、管理が必要になる。
- 核融合ではおもにトリチウムと重水素をつかうが、このトリチウムが希少物質となっている。核融合が実用化されるタイミングではトリチウムが足りなくなっている可能性が指摘されている。
- トリチウムを使わない場合、さらにプラズマの温度を上げることになるので、材料の問題がさらに難しくなる。



- 「サンシャイン計画」を立ち上げた堺屋太一のコメント。

太陽光や風力など再生可能エネルギーの技術開発プロジェクト「サンシャイン計画」にも注目が集まりました。初年度から人員と予算が付いたのです。私の始めたプロジェクトの中では、最も幸運なスタートでした。

翌年1976年度の予算を折衝する頃には、石油情勢はやや落ち着き、人々の省エネルギーや新エネルギーへの関心は薄れていました。何よりも大きかったのは「石油に替わる新エネルギーは原子力、特に核融合発電技術である」との論説が一気に広まったことです。当時「核融合発電は30年以内に完成、遅くとも2010年頃までには1000万キロワット級の核融合発電所が建設されているだろう」と確信的に語られていた。高度成長真最中のその頃は、誰もが「巨大化、集中化、規格化」に慣れていたのでした。

堺屋太一（作家・元サンシャイン計画担当研究開発官）

フォーカス・ネド 2014年9月 特別号

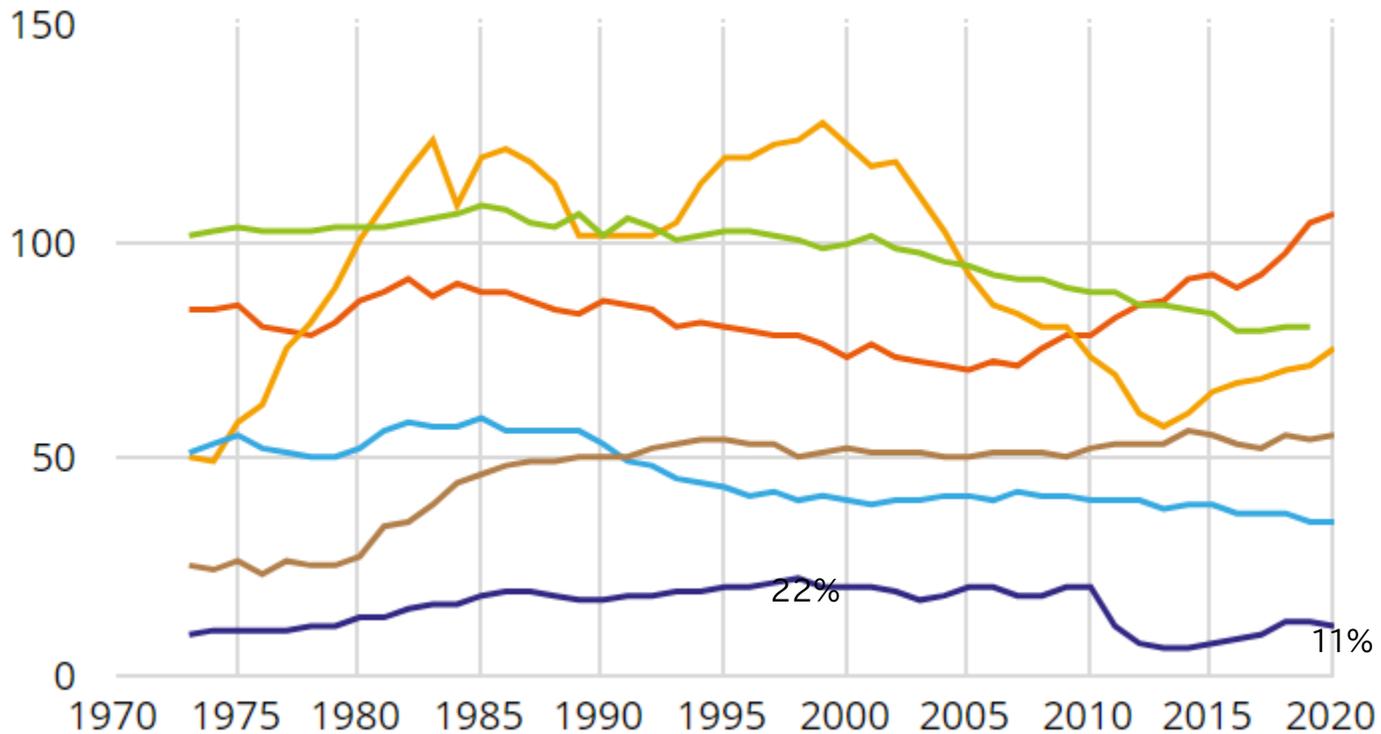
<https://www.nedo.go.jp/content/100574164.pdf>



エネルギー安全保障上の問題



エネルギー自給率 (%) (Total energy production/TES)



出典:IEA Website, Atlas of Energy

- 日本
- 米国
- 英国
- ドイツ
- フランス
- 中国

- 日本は政府が原子力をエネルギー自給率向上のかなめと位置付けて、優遇政策を続けてきたが、エネルギー自給率は長らく20%前後で頭打ち。
- 原発は新規立地が厳しく、また巨額の初期投資を要することから、増加は望み薄。
- 2011年の事故により低下したが、その後増加傾向にあったのは再エネが増加した結果。



日本の濃縮ウランはどこから来ているか？

表 4.5 ウラン採掘、弗化、濃縮の想定

採掘		弗化		濃縮		
国名	比率	国名	比率	国名	方式	比率
アメリカ	8.0%	アメリカ	22.0%	アメリカ	ガス拡散	32.0%
カナダ	23.0%	フランス	22.0%	フランス	ガス拡散	32.0%
オーストラリア	32.0%	イギリス	10.0%	オランダ	遠心分離	8.0%
カザフスタン	15.0%	カナダ	20.0%	イギリス	遠心分離	10.0%
ニジェール	14.0%	ロシア	24.0%	ロシア	遠心分離	10.0%
ナミビア	8.0%	中国	2.0%	中国	遠心分離	3.0%
				ドイツ	遠心分離	5.0%

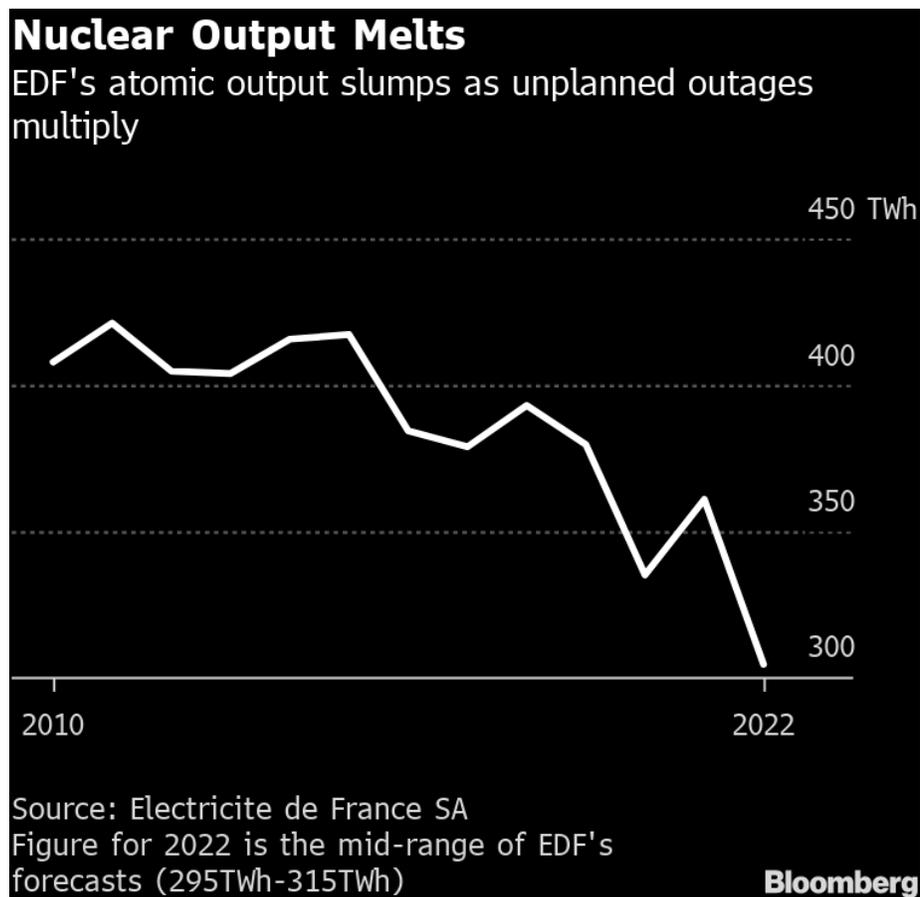
※濃縮についてはロシアでの濃縮比率を 10%とし、その他の国については各国の生産容量比で国別の濃縮役務比率を想定
 ロシア分については、資源エネルギー庁、「原子力国際展開について」、自民党電源立地及び原子力等調査会、2010年3月22日より

出典：日本における発電技術のライフサイクルCO2排出量総合評価

ロシア依存度の出典は
2010年3月の経産資料

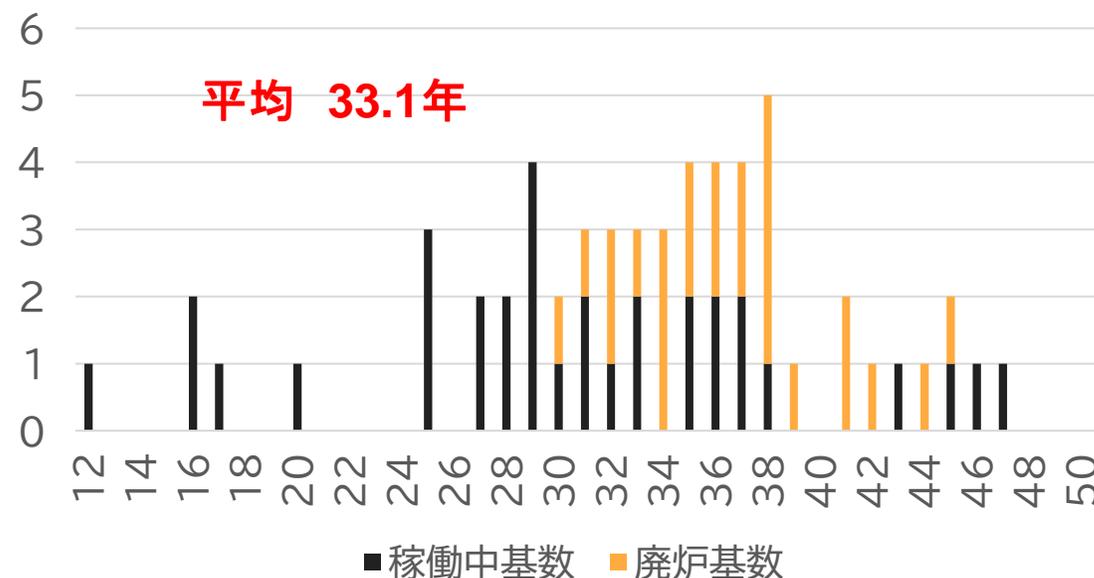
老朽化が進むフランス原発

約8割の電力供給を原発に依存するフランスでは、原発の老朽化が進み、トラブルなどで停止する原発が続出。発電電力量が低下して、電力危機に拍車をかけている。



1. 日本の原発も多くが老朽化している
2. 今後、フランス同様にトラブルが起きない保証はどこにもない。現実には、関西電力高浜3・4では、近年、定期検査の長期化が連続している
3. 原発は安定電源だとされているが、むしろ、電力供給のリスクとなりうる

日本の稼働年数別原発基数



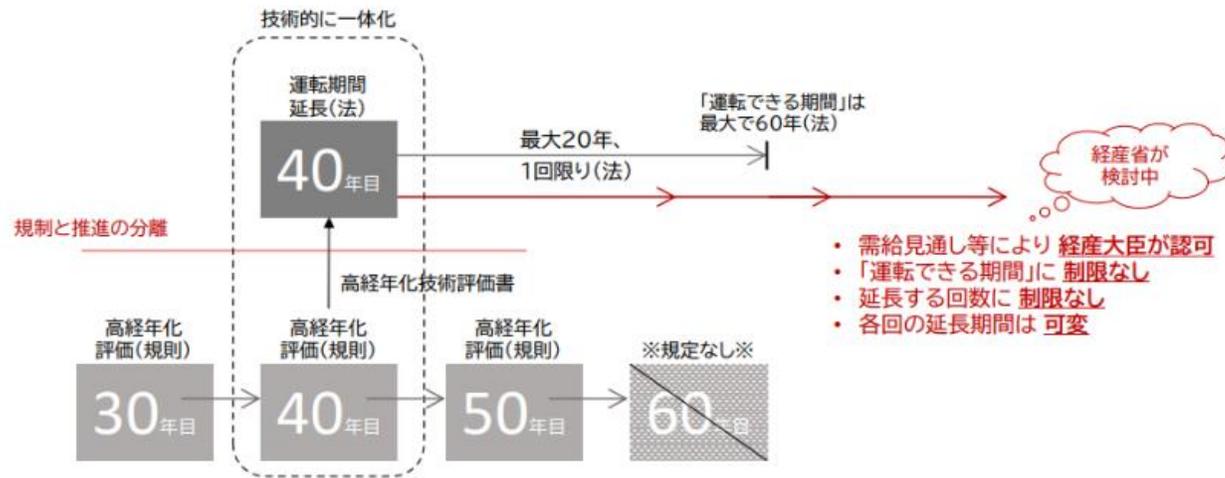
	事故踏まえた 制限	立地地域の 理解確保	安定供給の 選択肢確保	新規建設との 関係	予見性確保
案1 (現状維持)	○ 立法当時の 趣旨を維持	△ 不安の声に対応 (延長求める 声に配慮必要)	× 原子力を 選択肢として否定	× サプライチェーンの 人材・技術投資 に悪影響	○ 運転できる 期間が明確
案2 (上限無し)	× 制限が無くなる	△～× 不安の声に 対応無し	○ 選択肢として 最も長期的に 利用可能	△～× 将来投資に影響の 可能性	△～× 事業者の 説明責任履行の 仕組み必要
案3 (一定の上限 +追加延長の 余地勘案)	△ 制限はあるが 限定的に追加 延長 ↓ 外的変化を 踏まえて今後 見直しを検討	△ 不安の声に 加え、延長を 求める声にも 一定の対応 ↓ 将来的に御意 見を踏まえた見 直し検討	△ 次世代炉の 状況によっては、 選択肢の確保 に懸念 ↓ 次世代炉の開発状況等を 踏まえて見直し検討	△ サプライチェーン・ 将来投資への影響 に配慮が必要 ↓ 趣旨の明示と 可能な限りの 適用例明記	△～× 勘案する期間に 限定性が必要 ↓ 趣旨の明示と 可能な限りの 適用例明記

利用政策が規制に優越しない限り、この評価はできない。運転期間長期化により、安全性の立証難易度は高まる。結果、規制が稼働許可を出さない可能性がある。

追加延長の条件を限定的にすると言いつつ、状況に応じて見直し可能していることから、上限なし案との違いは存在しないことになる。

規制庁の経産省との事前すり合わせ問題

- 来年の常会に提出予定のエネ関連の「束ね法」(経産主請議)により、現在、炉規制法に規定されている発電炉の運転期間制限を、電気事業法に移管。
- これに伴い、同束ね法により、【高経年化対策に関する安全規制】を炉規制法に新設。
- 重要広範となる可能性も念頭に、スケジュール、立法事実/法律事項などを、今後、経産省とも調整・検討。規制庁内は当面、4名程度のコアメンバーで立案作業に着手。



今後、高経年化プラントの増加・長期化が見込まれるため、更に安全規制を強化

- 現行は60年超を想定していない ⇒ 60年超にも対応した安全規制
- 現行は「10年毎」の要求 ⇒ 各炉のパフォーマンス実績を反映した評価期間(最大10年)
- 現行は他プラントの規制経験、新知見の反映が事業者任せ ⇒ 定期見直しの義務化、場合により措置命令
- 現行は施設管理の1分野 ⇒ 高経年化を切り離し、「計画」の認可、「計画」に従った措置の義務化・規制検査化、「計画」の変更命令

日時	概要
2021年7月ごろ	原発運転期間延長案が浮上
各レベルで打合せ？	
7月ごろ	金城原子力規制企画課長、7月就任時に、前任者(現・原子力規制部長)から「運転期間については次長に相談しながらやるように」と引き継ぎを受ける
7月28日～	規制庁、経産省と運転期間延長について複数回面談・電話で打ち合わせ
8月24日	GX実行会議で首相が原発運転期間延長を含めた検討指示
9月22日	31回原子力小委員会で運転期間延長に関する検討開始
9月28日	41回原子力規制委で規制庁に運転期間延長について経産省にヒアリングするための調整を指示
10月5日	42回原子力規制委で経産省から運転期間延長をヒアリング、規制庁に検討を指示
11月2日	48回原子力規制委で規制庁が運転期間延長の検討結果を報告、方針を概ね了承

原子力規制庁の組織・人事

原子力規制庁歴代幹部

原子力規制庁創設から10年となる2022年7月、局長級以上の3幹部、総括審議官級以上の5幹部を経産省出身者が初めて独占

	① 長官	② 次長	③ 原子力規制技監	(技術総括審議官)	④ 緊急事態対策監	⑤ 核物質・放射線 総括審議官		
2012/9	池田克彦(警察庁)	森本英香(環境省)	—	—	安井正也(経産省)	—		
2014/3		清水康弘(環境省)					平野雅司(原子力安全基 盤機構)	
2014/7								
2014/10	清水康弘(環境省)	荻野徹(警察庁)	—	—	大村哲臣(経産省)	片山啓(経産省)		
2015/7								
2017/1							安井正也(経産省)	櫻田道夫(経産省)
2017/4								
2017/7	荻野徹(警察庁)	片山啓(経産省)	—	—	山形浩史(経産省)			
2019/7								
2021/7						金子修一(経産省)	佐藤暁(経産省)	
2022/7	片山啓(経産省)	金子修一(経産省)	市村知也(経産省)	古金谷敏之(経産省)				

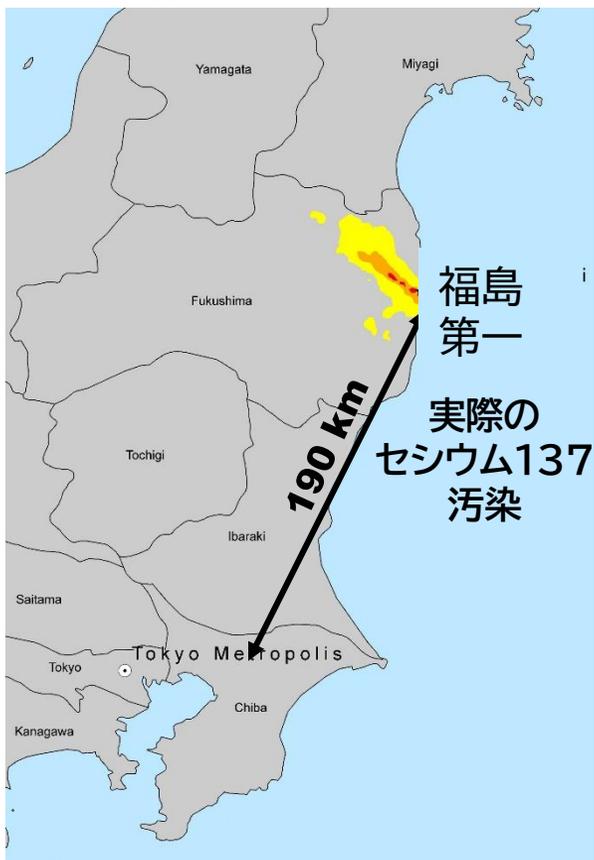
注:2014年7月に部長ポストを核物質・放射線総括審議官に格上げ
2017年4月に総括審議官級の技術総括審議官ポストを局長級の原子力規制技監に格上げ。



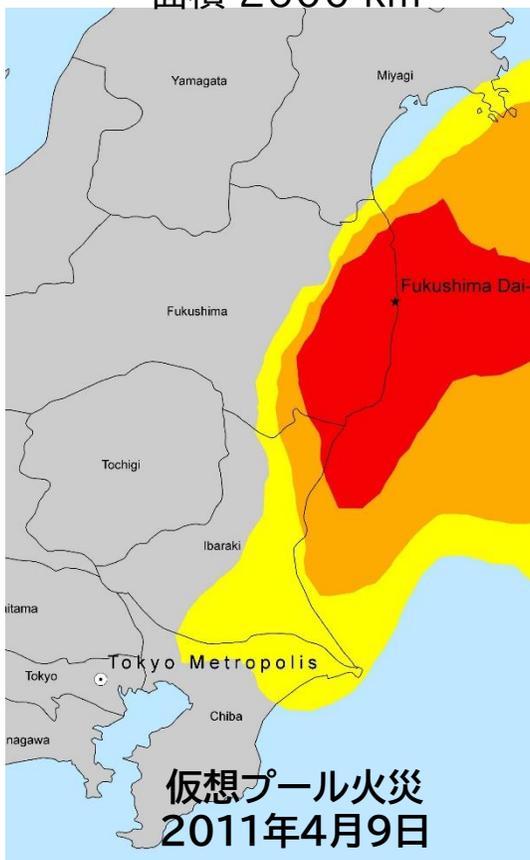
場合によっては国が亡ぶ。

福島第一4号プール火災仮想事故シミュレーション(フランク・フォンヒツペルら) HYSPLIT大気拡散モデル 計算 当日の天候

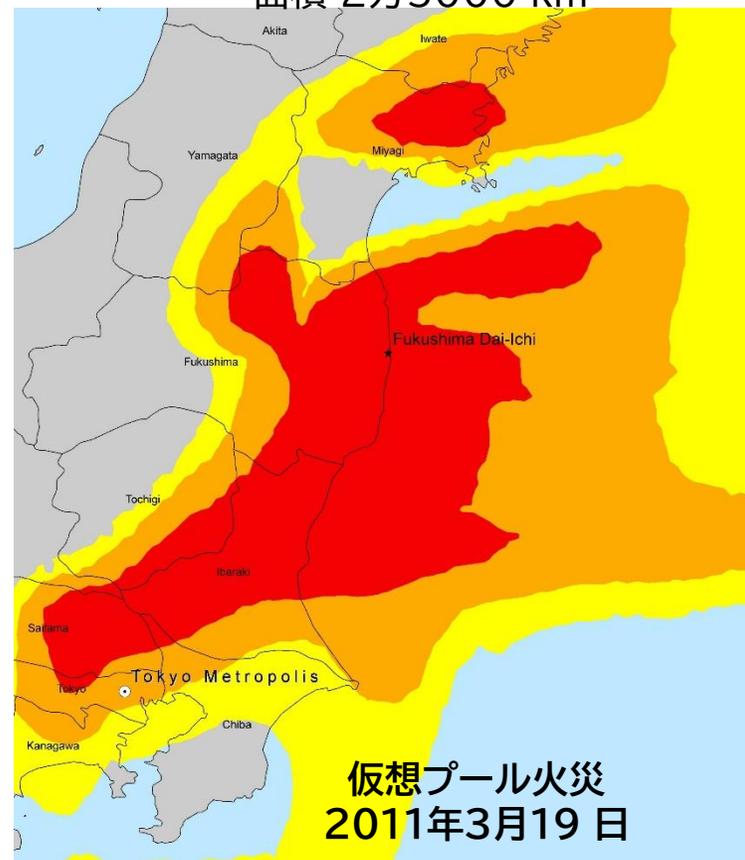
実際の福島第一事故(3/15/2011)
避難人口: 8万8000人
面積 1100 km²



海岸側への風(4/9/2011)
避難人口: **80万人**
面積 2600 km²



陸地側への風(3/19/2011)
避難人口: **2900万人**
面積 2万5000 km²



※セシウム137 汚染 ≥ 1.5 MBq/m² (オレンジ)で住民避難と想定 (福島・チェルノブイリと同等)

