

2020年の原子力発電の展望と課題

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

戦略研究ユニット 原子力グループ

村上 朋子

1. 日本

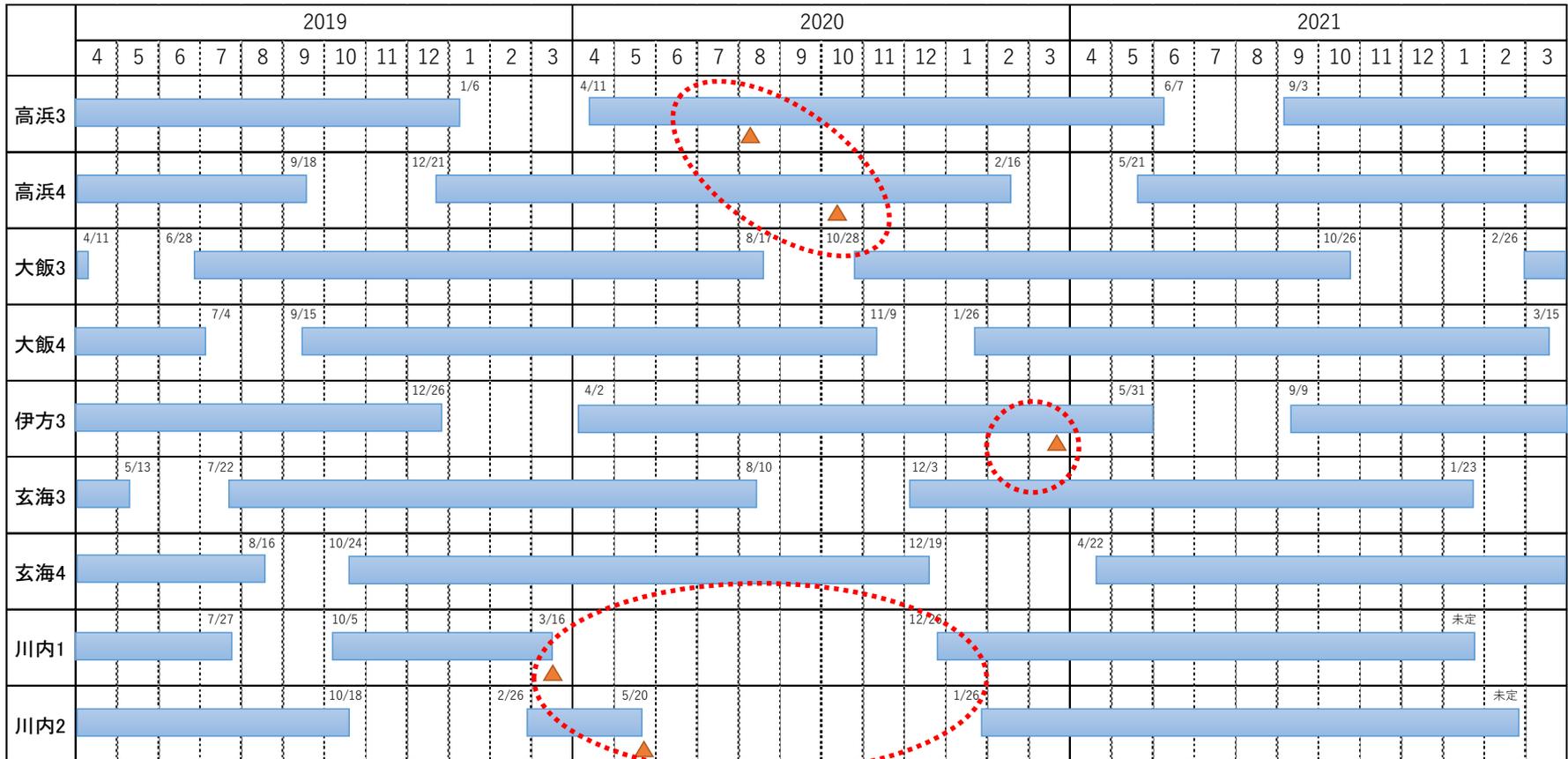
- ✓ 2020-21年は適合済み稼働中9基も計画停止期間長期化の可能性あり
- ✓ 2020年度中に4基が新たに再稼働の前提
- ✓ 安全対策費は2018年まで総計3兆円超、廃炉決定11基
→審査の効率性改善と予見性向上が重要

2. 世界

- ✓ 国別設備容量3位の中国、5位のロシアのプレゼンスが更に拡大
- ✓ 2000年以降の新規導入国は全て新興国。輸出国も新興国に？
- ✓ 先進国の計画は苦戦中。日立もリスクを取り切れず英国から撤退
- ✓ コスト・オーバーランの原因究明なくしては、先進国ベンダーによる先進国市場の可能性なし

1-1. 2020年以降の運転見通し（稼働中9基）

- 2019年4月、5年の猶予期間内に特重（*）を竣工しなかったプラントについては運転を認めない方針をNRAが決定
（*）特定重大事故等対処施設
- 2020-2021年度中に川内1/2号機などで計画停止期間長期化



▲：特重経過措置満了日

出所) 電気事業者各社の事業計画より作成

1-2. 再稼働見通し (適合性認可/運転期間延長認可 6基)

- 柏崎刈羽6/7号機は約2年前に設置変更許可を取得済み
- 運転延長認可取得済みの4基は工事認可も取得し、現在工事中

ユニット	適合性申請日	原子炉設置変更許可	リードタイム (日)	事業者ヒアリング*回数 (2018/4~)
柏崎刈羽6/7	9/27/2013	12/27/2017	1,552	646(0)

ユニット	運転延長認可 申請日	運転延長認可	リードタイム (日)	事業者ヒアリング回数
高浜1/2	3/17/2015	6/20/2016	461	233
美浜3	3/17/2015	11/16/2016	610	201
東海第二	11/24/2017	11/7/2018	348	1,322

- これまで再稼働した9基の審査書案了承から発電再開までのリードタイムは平均約1年5か月

今後は？

期間	9基の平均日数
審査書案了承 - 設置変更許可	67
設置変更許可 - 工事計画認可	195
工事計画認可 - 発電再開	244
審査書案了承 - 発電再開	505

* 事業者ヒアリング：

規制委員も参加する審査会合に先立ち、規制庁職員と事業者とで技術的な検討や審査会合に向けた準備等を行うための会合

1-3. 審査中プラントの状況 (10基)

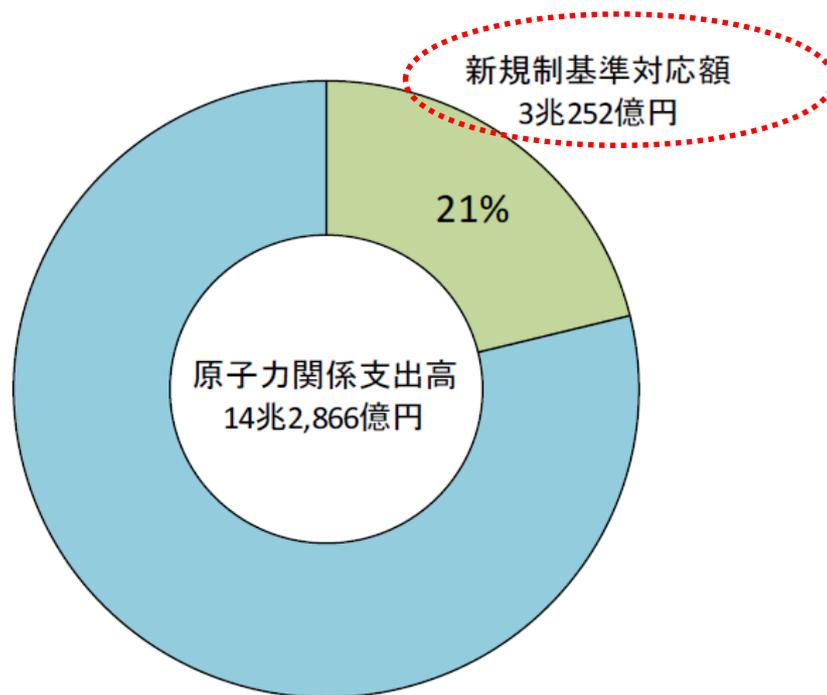
- NRA発足から7年経過も審査の効率化は進展せず、完了時期の予見不可能
- 最新の適合性申請から既に4年。次はいつ？

ユニット	適合性審査申請	事業者ヒアリング回数 (2018/9以降)
泊3	7/8/2013	375(1)
島根2	12/25/2013	267(161)
女川2*	12/27/2013	476(160)
浜岡4	2/14/2014	191(4)
東通1	6/10/2014	29(4)
泊1/2	7/8/2013	51(1)
志賀2	8/12/2014	15(4)
浜岡3	6/16/2015	5(4)
敦賀2	11/5/2015	-
大間 (新設)	12/16/2014	5(4)
島根3(新設)	8/10/2018	4(3)

* 2019年11月27日、審査書案了承

1-4. 新基準適合のための支出

- 2011～2018年度の新規制基準対応に関する支出総額は3兆252億円
- 新規制基準適合性審査申請済み27基の平均は **1,120億円/基**
- 最終的な投資額は未定。試算値は条件により変動し得る。



出所) 日本原子力産業協会「原子力発電に係る産業動向調査2019報告書(2018年度対象調査)」

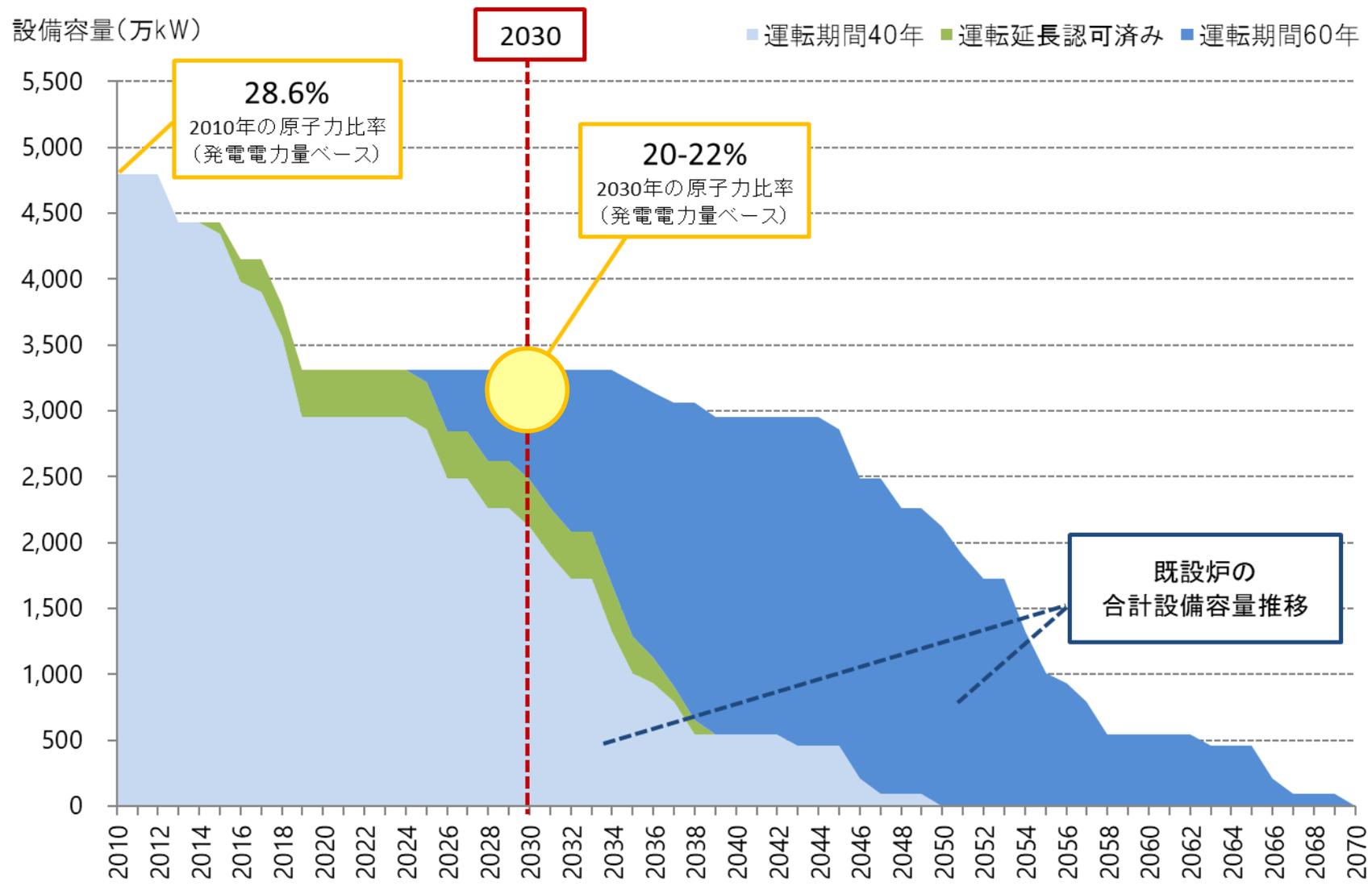
この投資を回収しきれないプラントが廃炉？

1-5. 廃炉の意思決定：2015年3月以降11基

- 長期の追加設備投資回収の懸念や供給力が主な理由
- 運転期間延長審査中は他プラントの審査が停滞することも要因か

年月日	電力会社	ユニット	廃炉の理由（各社プレスリリースより）	
2015/3/17	日本原電	敦賀1号	予定していなかった大規模な追加設備投資と長期にわたる工事が必要	
2015/3/17	関西電力	美浜1/2号	供給力確保の観点、各種安全対策工事の技術的成立性、工事費用、運転可能期間など勘案	2015/3/17 関西電力 美浜3号・高浜1/2号 運転期間延長認可申請
2015/3/18	九州電力	玄海1号	大規模な追加対策工事期間を含む残存運転期間における追加投資額の回収	
2015/3/18	中国電力	島根1号	長期かつ大規模な安全対策投資が必要になり、後の電力需要や供給力なども踏まえて総合的に勘案	2016/5/20 関西電力・高浜1/2号 運転期間延長認可取得
2016/3/25	四国電力	伊方1号	供給力確保、各種安全対策工事の技術的成立性や必要となる費用などを総合的に勘案	2016/11/16 関西電力・美浜3号 運転期間延長認可取得
2017/12/22	関西電力	大飯1/2号	格納容器が小さく設備追加で作業性が低下	2017/11/24 日本原電・東海第二 運転期間延長認可申請
2018/3/27	四国電力	伊方2号	大規模かつ長期間を要する耐震工事、再稼働した場合の運転期間、出力規模などを勘案	
2018/10/25	東北電力	女川1号	出力規模や再稼働した場合の運転年数等、総合的に勘案	2018/11/7 日本原電・東海第二 運転期間延長認可取得
2019/2/13	九州電力	玄海2号	スペースの制約、出力規模や再稼働した場合の残存運転期間などを総合的に勘案	

1-6. エネルギーミックス目標達成の可能性



2-1. 世界の国別ランク2010→2019

- 原子力発電は世界31カ国で使われ、トップ3カ国で世界の設備容量の半分程度
 - 原子力利用を考えたこともない国が4分の3以上
- 石炭やガスと違い「寡占化」された電源

2010年1月



2019年1月

国	運転中		建設中・計画中	
	出力(万kW)	基数	出力(万kW)	基数
1 アメリカ	10,534	104	1,060	9
2 フランス	6,602	59	163	1
3 日本	4,885	54	1,959	15
4 ロシア	2,319	27	1,640	17
5 ドイツ	2,151	17	0	0
6 韓国	1,772	20	960	8
7 ウクライナ	1,382	15	200	2
8 カナダ	1,328	18	0	0
9 イギリス	1,195	19	0	0
10 スウェーデン	938	10	0	0
11 中国	912	11	3,847	36
12 スペイン	773	8	0	0
その他	4,124	70	4,146	52
合計	38,916	432	13,974	140

国	運転中		建設中・計画中	
	出力(万kW)	基数	出力(万kW)	基数
1 アメリカ	▼ 10,306	98	346	3
2 フランス	6,588	58	163	1
3 中国	▲ 4,464	44	3,983	38
4 日本	▼ 3,804	38	1,572	11
5 ロシア	▲ 2,906	32	2,194	22
6 韓国	▲ 2,270	24	700	5
7 カナダ	▲ 1,452	19	0	0
8 ウクライナ	1,382	15	200	2
9 イギリス	▼ 1,036	15	344	2
10 ドイツ	▼ 1,001	7	0	0
11 スウェーデン	▼ 862	8	0	0
12 スペイン	▼ 740	7	0	0
その他	4,635	78	6,181	59
合計	41,445	443	15,684	143

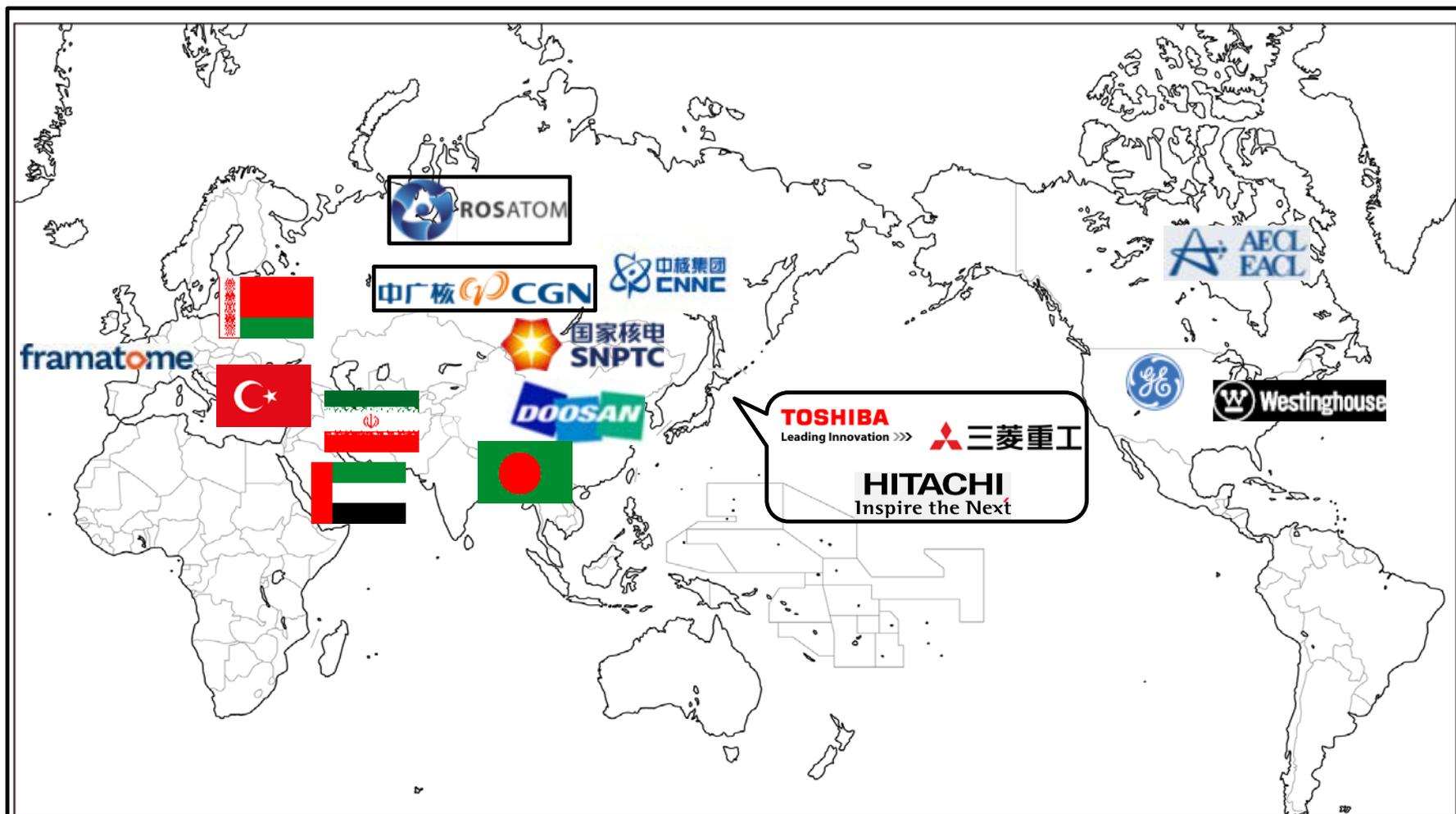
▲ 増加傾向 ▼ 減少傾向

世界の潮流は脱原子力 ではない

Source: "World nuclear power plants 2019", JAIF

2-2. 原子力技術輸出国（企業）と輸入国

- 2000年以降の新規導入国は全て新興国。輸出国も非OECD国に？



2-3. 中国：新興国及び英国に国際展開

- フランス・アメリカ・ロシア・日本からの技術導入後、国産化。2000年以降、世界最速の量産へ。
- 2015年から先進国市場に参入、英仏に大接近。先進国メーカーと競合へ

年月日	事象
2017/1/19	英国原子力安全規制局ONR、中国製原子炉HPR1000（Hualong-1と同じ）のGDA（標準設計審査）に着手
2017/3/22	中国広核集团有限公司（CGN）、ケニアの原子力導入計画に関連する人材育成協力を含む複数の協力協定をケニア原子力発電委員会と締結
2017/5/17	中国核工業集团公司（CNNC）、アルゼンチン4基目の加圧重水炉と5基目の同国初のPWR建設計画についてアルゼンチン国営原子力発電会社と一括請負契約に調印
2017/11/16	英国における中国製原子炉Hualong-1の包括的設計認証審査、第2段階に
2018/8/9	国務院、中国独自の原子炉の基準を確立し、これを世界標準化していく方針を表明。2027年の「原発標準強国」を目指す
2019/5/8	ルーマニアの国営原子力発電会社SNNとCGN、建設中断中のチェルナボーク3/4号機に関する暫定的投資家協定を締結
2019/6/18	Hualong-1輸出初号機で建設中のパキスタン・カラチ2号機で格納容器ドーム屋根設置
2019/8/20	ブルガリア・ベレネ発電所新設プロジェクトにCNNCも応募

原子力輸出は国際展開戦略「一帯一路」の重要な構成要素

2-4. ロシア：先進国が進出しない地域狙い

- 原子炉及び核燃料サイクル技術で世界有数の水準。特にウラン濃縮では世界シェアの半分を有する他、アンガルスクに国際ウラン濃縮センター（IAEAの認定した国際ウラン備蓄バンク）を所有・運営。
- 主な技術導入先はCIS及び東欧、近年は中東・アフリカ・南米にも進出。

年月日	事象
2017/11/30	バングラデシュ・ルプール1号機着工
2017/12/11	ロスアトム、エジプト政府と同国初のエル・ダバ原子力発電所建設の契約締結
2018/4/3	トルコ・アックユ1号機着工。エルドアン/プーチン両大統領も起工式に参加
2018/6/22	ロシアとルワンダ、原子力平和利用に係る協力覚書で合意
2018/7/17	バングラデシュ・ルプール2号機着工
2019/5/17	ウズベキスタン政府と同国南西部の原子力新規建設サイト予定地における工事測量の実施契約を締結
2019/6/11	サウジアラビアのリヤドにロスアトム・オーバーシーズ海外支部を設置
2019/8/20	ブルガリア・ベレネ発電所新設プロジェクトにロスアトムも応募
2019/9/7	トルコ・アックユ2号機建設でロスアトムが規制機関から本格着工許可を取得
2019/10/24	ロシア・アフリカ経済フォーラム&サミットにおいて、エチオピア等のアフリカ諸国と原子力協力を協議

新興国が受け入れやすい”Graded Approach”と”BOO”

cf. “世界最高水準の安全性”@日本

* Graded Approach: 各国の状況に応じた段階的な技術導入方法

* BOO : "Build, Own, Operate"

2-5. プラントベンダー競争・協力量マップ

- 大型炉は先進国で、中型炉は新興国で競争中
- 2010年以降の営業運転開始は韓国以外ほとんど全て非OECD諸国

	運転中、一部建設中
	建設中
	計画中(凍結中も含む)
	概念だけ

	China (CNNC/CGN)	EDF/Framatome	Mitsubishi Heavy Industries	Westinghouse	Toshiba	GE	Hitachi	Canada	Russia	Doosan Heavy Industries (South Korea)
Over 1.4 GW		EPR Commissioning in Finland, France and China	Japanese 3.5+ PWR EU-APWR US-APWR	Brookfield acquired	Japanese 3.5+ BWR	ESBWR Planned in the US				APR-1400 Under construction in UAE
	Agreement on cooperation June 2015					JV in US and in Japan since April 2008				
1-1.3 GW	Hualong-1 Under construction in Pakistan	ATMEA1 Proposing to Czech, Turkey etc		AP-1000 Commissioning in the US, China	ABWR	ABWR Construction suspended in Taiwan/UK			VVER-1200 AES-2006 Commissioning in Belarus, Turkey, Bangladesh etc	
	PWR	KERENA PWR	PWR		ACR-1000	ACR-1000		CANDU		OPR-1000
						ABWR/BWR				

新興国にしか市場が無いのか？

2-6. 日立の英国事業（Horizon）凍結

- 2019年1月17日、日立は英国原子力新設「ホライズン」プロジェクトの凍結を発表。日立・東原社長記者会見でのコメントは以下のとおり。
- 民間企業として投資の限界。英国政府とのファイナンス・スキームの交渉に時間を要し、経済合理性にかなうファイナンス・スキーム構築に至らなかった。
- 2013年段階ではヒンクリーポイントCにおけるストライク・プライス（SP）が91.5ポンド/MWhとなるなど、ビジネス成立性が見えていた。2017年には包括的設計審査が通った。
ところがその間、風力のSPが70ポンド台になるなど環境が激変。
- 今後再開する条件は、利益の出る構造になること、オフバランスできること、サイト許可などにかかるコストも含め経済合理性が見通せること。それまでは当面、国内事業に注力する。
- 原子力はとにかく多額のお金がかかる。そのお金をどう調達するかが最大の課題。

原子力はお金がかかって当たり前ではない！
コストオーバーランの原因究明を。

* コストオーバーランの要因分析例はP14を参照

ベラルーシ
バングラデシュ
トルコ
...

ご清聴ありがとうございました。

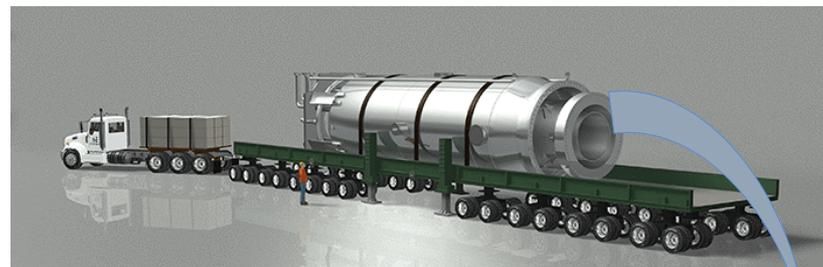
<参考> 先進国プロジェクトにおけるコストオーバーランの要因分析例

- 着工時点で設計が未完成だったため、建設途中で何度も設計変更となった。
- 資金調達コストが高い。
- 部品調達を含めたプロジェクト管理のまずさから工程が遅延したり、管理コストが上がったりしている。
- 規制機関との情報交換・議論が不十分であり、予見性の乏しい規制リスクがある。

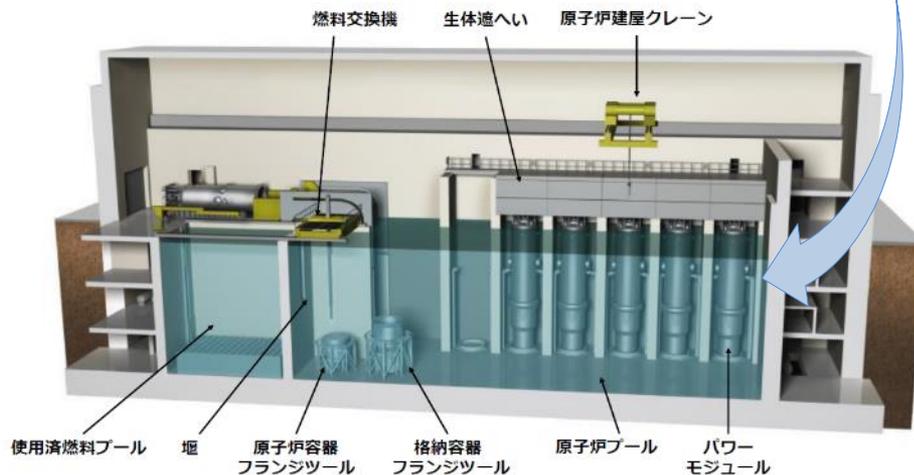
(参考) SMR：低コスト、高い安全性、工期短縮

・・・と期待されて40年超

国	状況
カナダ	<ul style="list-style-type: none"> カナダ原子力研究所、テレストリアル社などSMR開発支援イニシアチブの候補企業4社を選定。 2026年までに実証炉建設予定。
アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> Nuscale社がDOEのアイダホ国立研究所で開発中。2026年運転開始予定。 Holtec社もGE日立など各社と協力し、SMR-160を開発中。
イギリス	<ul style="list-style-type: none"> ロールスロイス社を中心としたコンソーシアムで開発中。 政府による先進型モジュール炉（AMR）プロジェクト選定も進行中。



トラック、鉄道、船舶などで運搬可能



出典：NuScale社資料

→ 他、多数の国が検討中

1982年「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」

4. 原子炉の多目的熱利用

…**軽水炉の多目的熱利用**については、**中小型軽水炉**の利用を含め、条件によっては比較的早期に実現する可能性があり…
 利用系システムの開発、経済性の問題及び立地に関して国民の理解を得る等の社会的問題があり、**これらの問題の克服について国は支援するものとする。**