

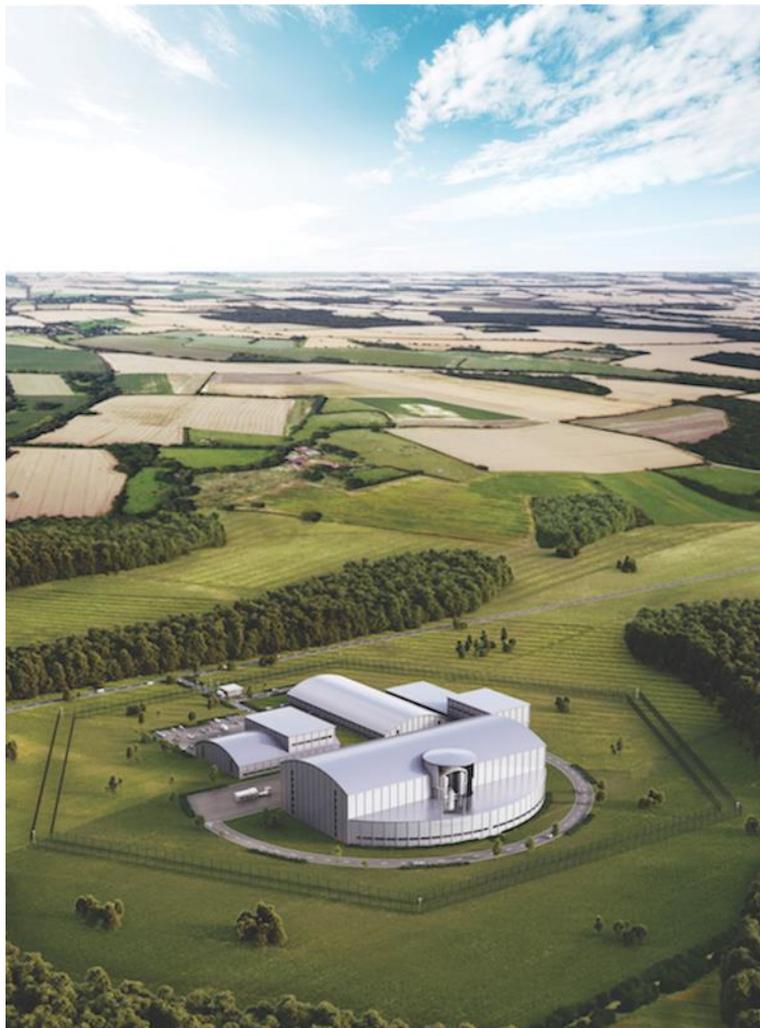
# 小型原子炉 約束された失敗

松久保 肇(NPO法人原子力資料情報室)

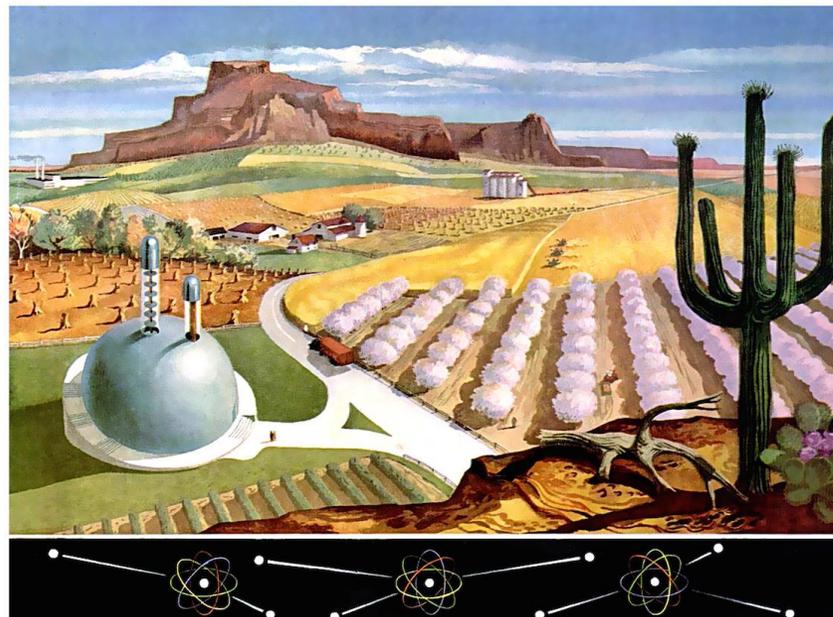
- 2021年6月21日 CCNEウェブセミナー



# 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 Proof. Seagram-Distillers Corporation, N.Y.

### Seagram's V.O. Canadian

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



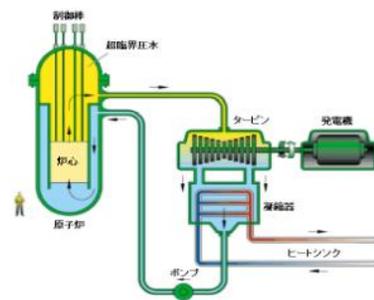
# いくらパッケージを新しくしてみても

- 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。

(エネ基 p.8)

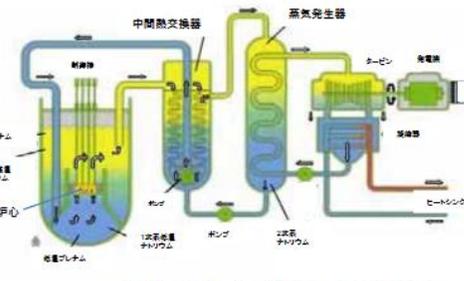
全て1950年代から検討されたコンセプト。  
技術的困難さ、コスト高などから、放棄。

## (参考) 第4世代炉の6つの候補概念



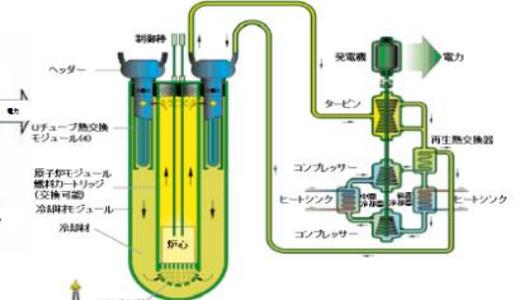
超臨界圧水冷却炉

- 超臨界水(220気圧、374℃以上)を用いた装置のコンパクト化と熱効率向上



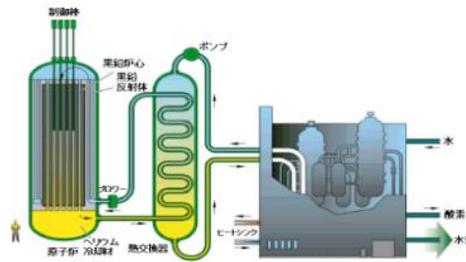
ナトリウム冷却高速炉

- 技術的に最も成熟。革新技術の導入による安全・経済性等の向上



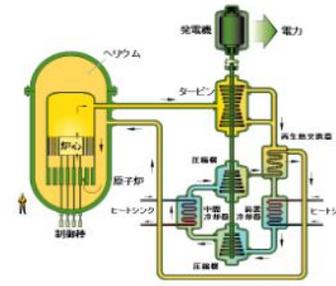
鉛冷却高速炉

- 化学的に活性なナトリウムの代わりに鉛を採用



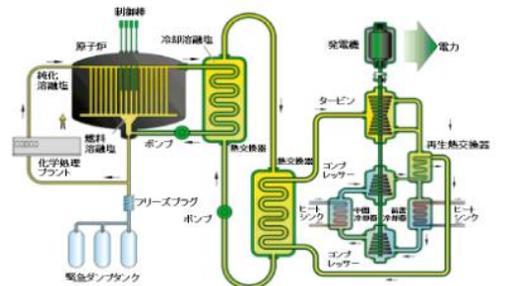
超高温ガス炉

- 高温ガス(950℃～)の産業利用



ガス冷却高速炉

- 化学的に活性なナトリウムの代わりにヘリウムガスを採用



溶融塩炉

- トリウム燃料(液体燃料)を使用



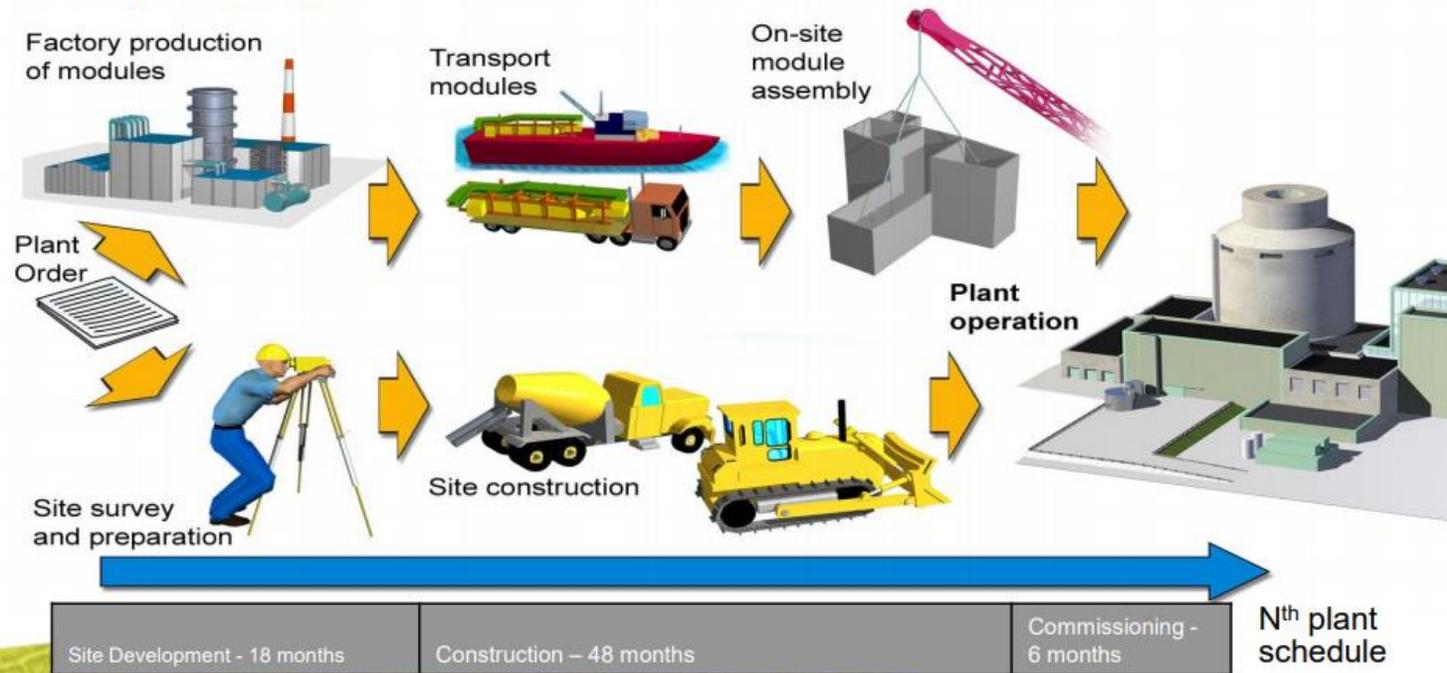
# モジュール工法？

- 再現性のある品質管理の下での工場製造
- 建設と並行して信頼性の高い、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.



Constructible → reliably short schedule → lower capital costs



# 現実起きたこと

Votgle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



## 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。

(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。

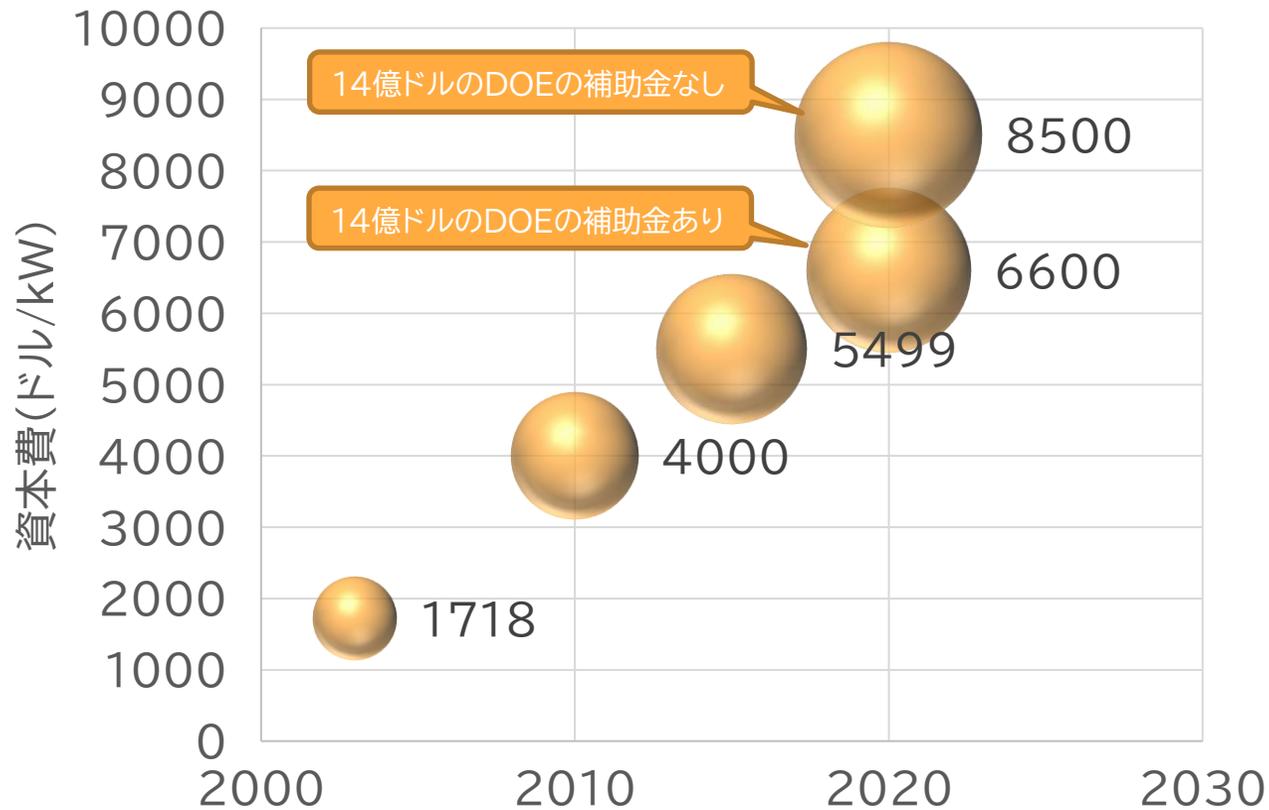
<http://smrstart.org/wp-content/uploads/2020/02/SMR-Start-Public-Policy-on-Federal-Public-Private-Partnership-Approved-2019-10-10.pdf>



# SMRをだれが買うのか？

米エネルギー省 アイダホ国立研究所(INL)、ユタ州公営共同電力事業体(UAMPS):

NuScale社製SMR 12モジュール (600 MWe)、61億ドル

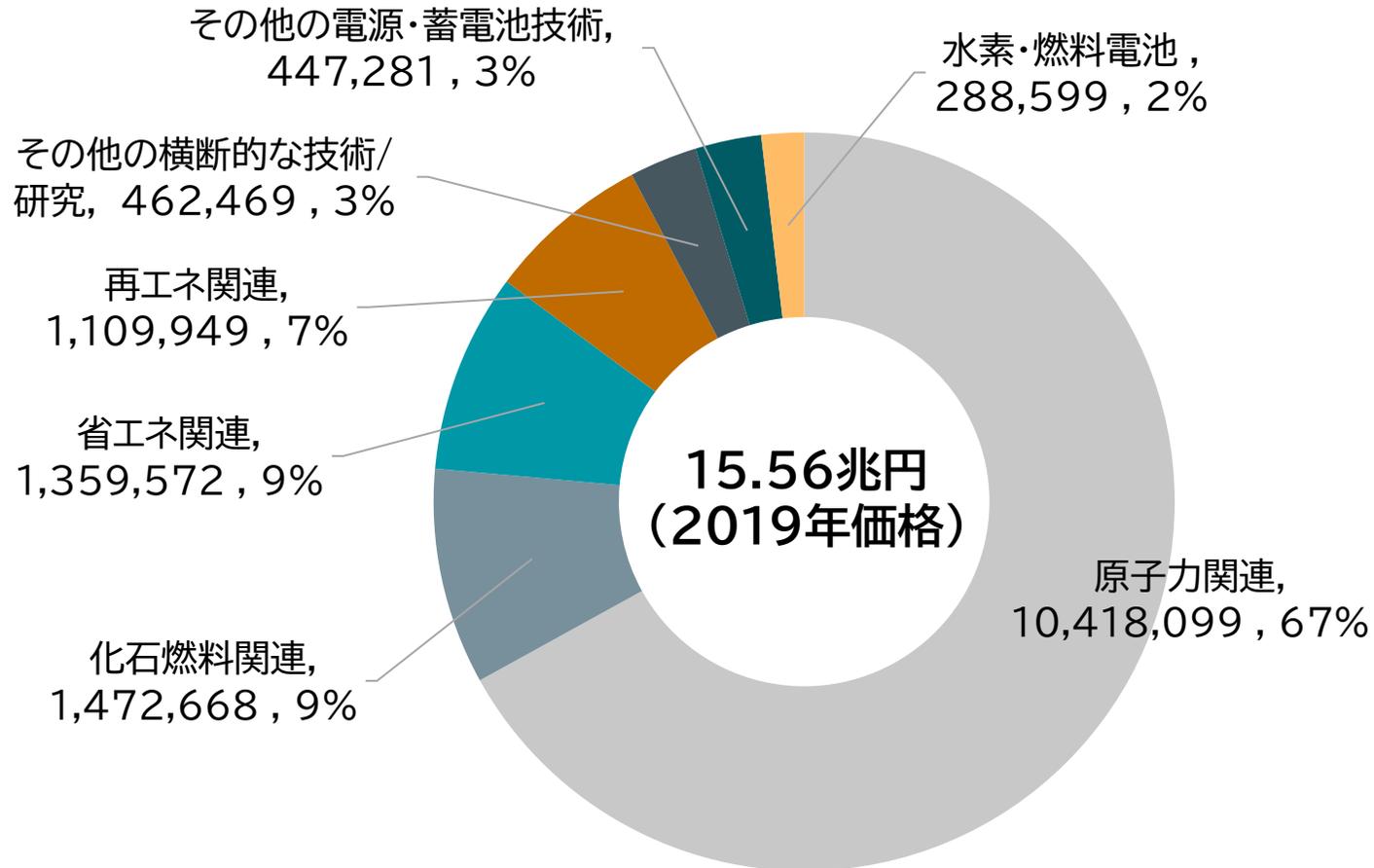


# 補助金漬け産業

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		

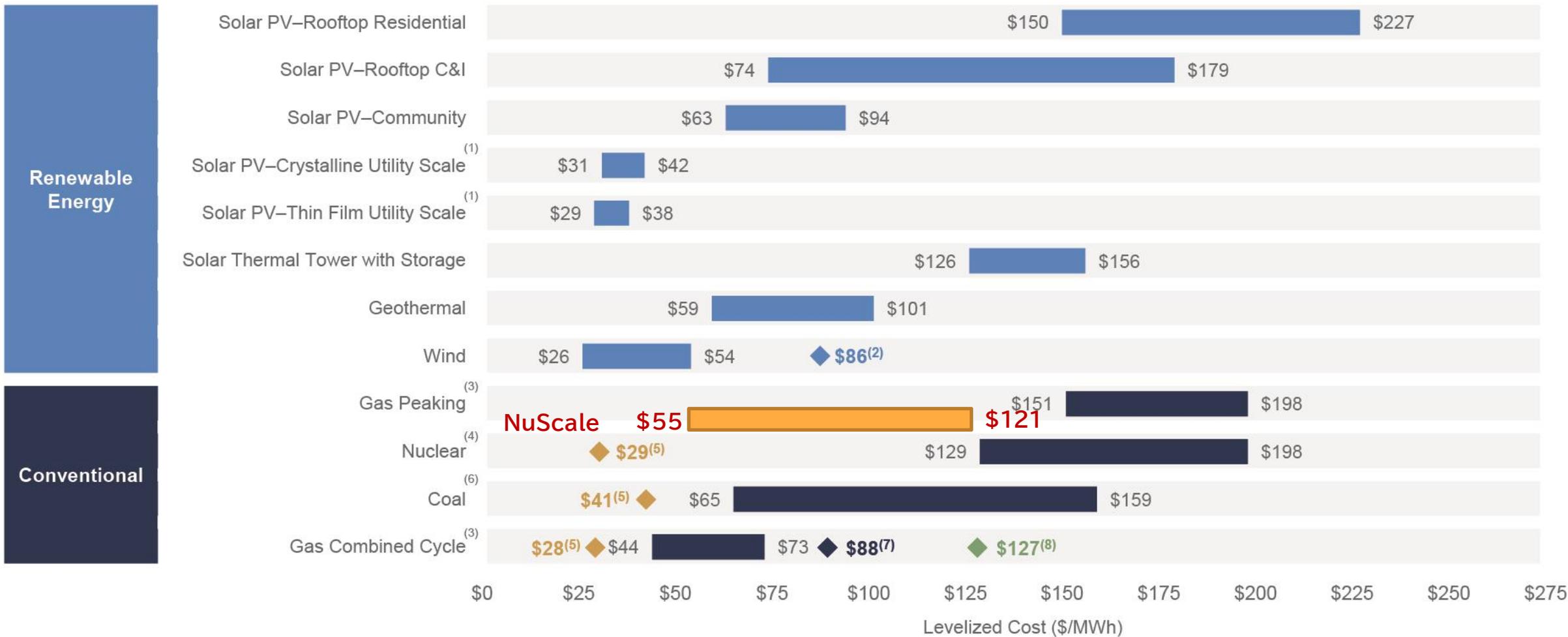
# 日本の研究開発予算

## IEA Energy Technology RD&D Budgets- Japan (1974-2019)



Levelized Cost of Energy Comparison—Unsubsidized Analysis

Selected renewable energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



<https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf>  
<https://www.oregonpsr.org/faqs-uamps-nuscale-smrs>



# 北東アジアで広がる再処理



Image © 2021 Maxar Technologies

## 韓国

- 2015年の韓米原子力協定に基づき、米エネルギー省と乾式再処理の共同研究を実施中。
- 韓国側報道によれば、乾式再処理は核拡散抵抗性が高いという結論が得られたとのことで、まもなく報告書が出る模様

## 中国

- 中国甘肅省で建設中の再処理施設(処理能力:200tHM/年)。2020年に建設開始、2025年稼働予定。もう一つ同じ処理能力の再処理施設を建設予定(2030年までに稼働予定)
- 同地点にMOX燃料工場も建設中(20t/年)
- これらは福建省で建設中の高速炉CFR-600の燃料用施設と見られる。

Image Landsat / Copernicus



Image © 2021 Maxar Technologies

Google Earth

# 原子力と自然エネルギーは両立しない

- We find that larger-scale national nuclear attachments do not tend to associate with significantly lower carbon emissions while renewables do. We also find a negative association between the scales of national nuclear and renewables attachments. This suggests nuclear and renewables attachments tend to crowd each other out.

## 要約

大規模な原子力発電は自然エネルギーほど炭素排出量を大幅に削減する傾向にないことがわかった。また、原子力と自然エネルギーの規模の間には負の関係があることがわかった。このことは、原子力と再生可能エネルギーが互いに打ち消しあう傾向を示唆。



## Differences in carbon emissions reduction between countries pursuing renewable electricity versus nuclear power

Benjamin K. Sovacool<sup>1</sup>, Patrick Schmid<sup>2</sup>, Andy Stirling<sup>1</sup>, Goetz Walter<sup>2</sup> and Gordon MacKerron<sup>1</sup>

Two of the most widely emphasized contenders for carbon emissions reduction in the electricity sector are nuclear power and renewable energy. While scenarios regularly question the potential impacts of adoption of various technology mixes in the future, it is less clear which technology has been associated with greater historical emission reductions. Here, we use multiple regression analyses on global datasets of national carbon emissions and renewable and nuclear electricity production across 123 countries over 25 years to examine systematically patterns in how countries variously using nuclear power and renewables contrastingly show higher or lower carbon emissions. We find that larger-scale national nuclear attachments do not tend to associate with significantly lower carbon emissions while renewables do. We also find a negative association between the scales of national nuclear and renewables attachments. This suggests nuclear and renewables attachments tend to crowd each other out.

