

将来の原子炉への展望 - 学会の役割

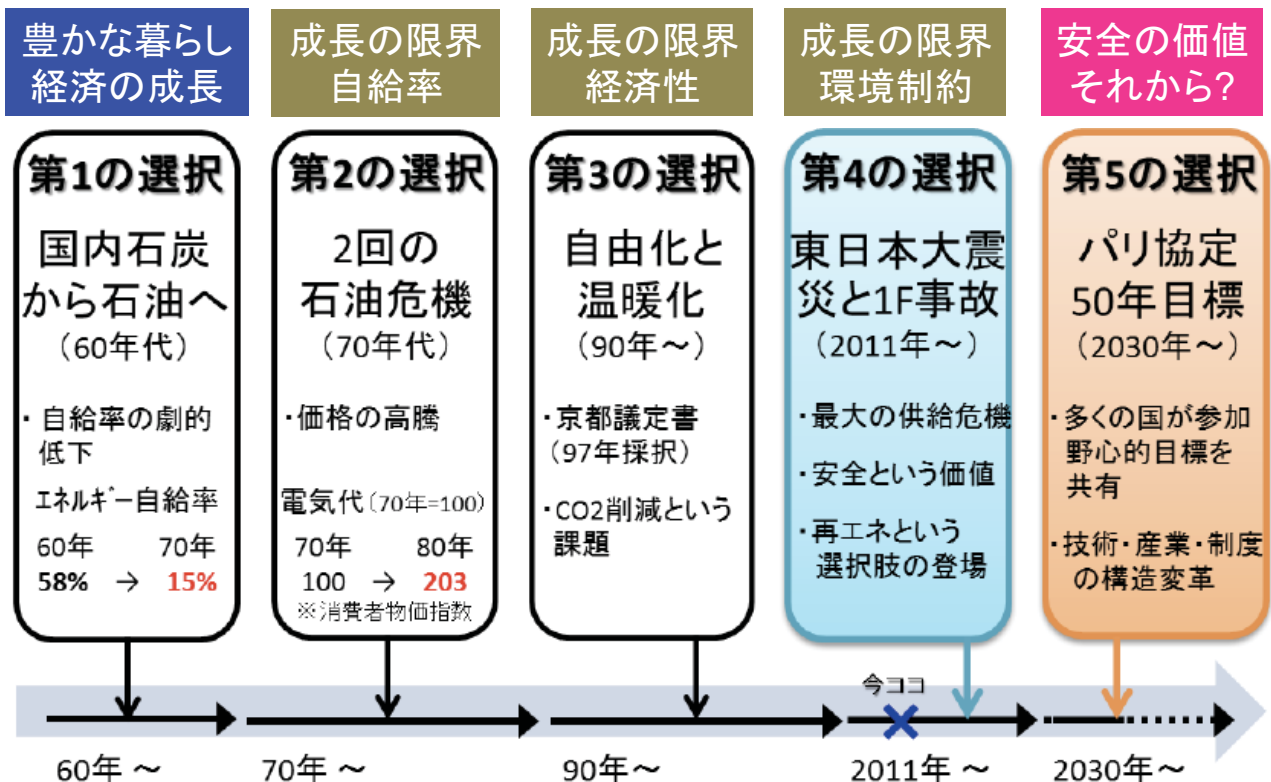
山口 彰

東京大学大学院

yamaguchi@n.t.u-tokyo.ac.jp

1

日本のエネルギー選択



原子力の位置づけ（2030年）

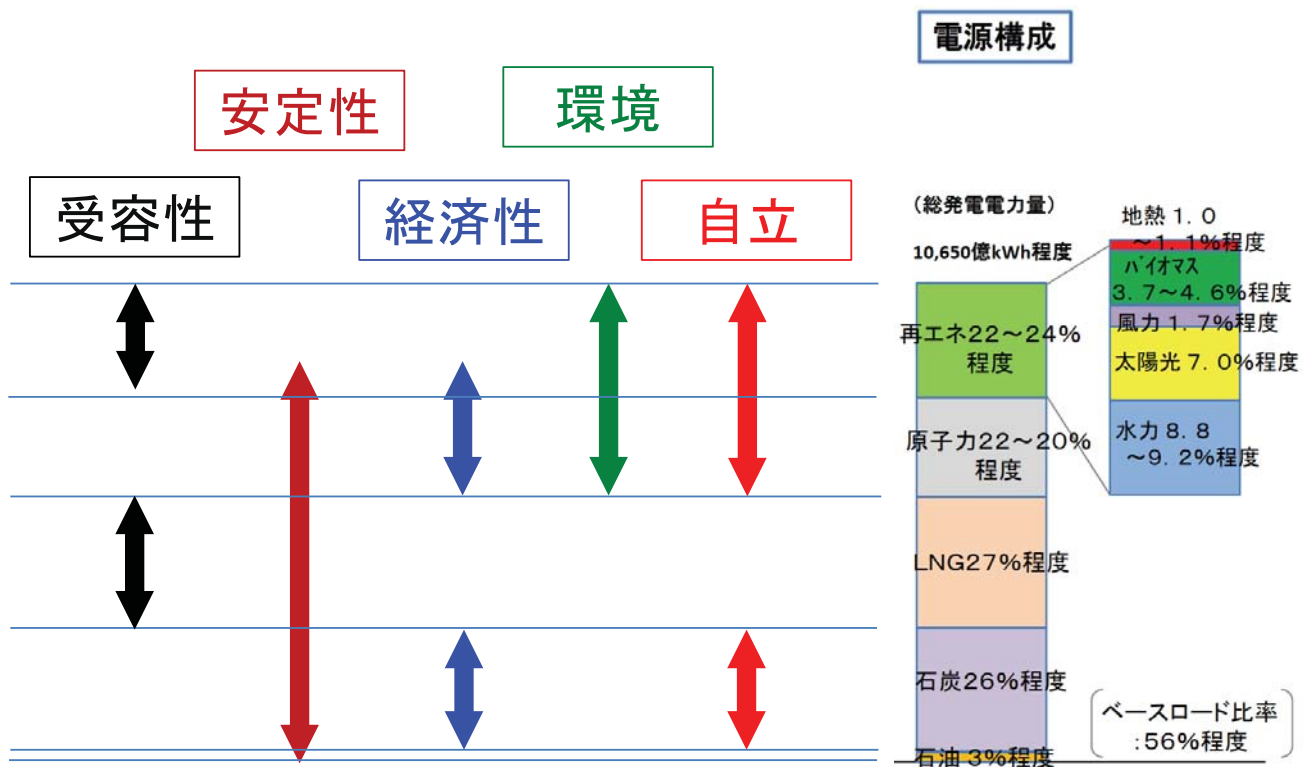
- 2030年に向けて、“数年にわたって国内保有燃料だけで生産が維持できる低炭素の純国産エネルギー源として、優れた安定供給性と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を大前提に長期的なエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源である”

第5次エネルギー基本計画、資源エネルギー庁、経済産業省

<https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001.html>

3

電源需要と電源構成の見通し



原子力の位置づけ（2050年）

- 2050年に向けて、あらゆる選択肢の可能性を追求するため野心的な伏線シナリオを採用
 - 原子力は脱炭素化の実用段階にある選択肢
- 原子力を長期にわたって安全に利用することは、エネルギーの確保と環境の保全を両立させる、高位の政策目標を達成するための現実的かつ有効な道筋である。

第5次エネルギー基本計画、資源エネルギー庁、経済産業省

<https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001.html>

- エネルギーの価値軸
 - コスト、低炭素、自給力、安全性、安定性、効率性...

5

原子炉の利用を拡大する動き

- 既設の軽水炉を有効に活用
 - 80年運転に向けた運転認可申請
- 魅力的な小型炉の開発
 - 大幅にコストを抑制、建設の機動性
- 小型モジュラー炉の開発
 - 電源供給の柔軟性
- 革新的な概念を導入する次世代炉
 - 長期的なエネルギー確保
 - 高レベル放射性廃棄物も含め、閉じたサイクルへ

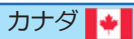
6

原子力のイノベーション



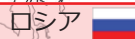
2018年6月、原子力産業戦略の方向性を示す「**セクターディール**」を公表。

- ✓ コスト削減に資する軽水炉SMRの市場投入を支援。ロールスロイス社の開発が進展。
- ✓ **AMRプログラム**により第4世代炉SMR開発を支援。ARC (Na高速炉)、U-Battery (高温ガス炉) など**8炉型のFSを開始**。



2017年4月、SMRを2026年までに実証する「**10年プラン**」を発表。

- ✓ カナダ原子力研究所は**SMR建設サイトを提供**。
- ✓ 規制機関の**許認可前設計審査**により、様々な革新炉の評価を実施。Terrestrial Energy社、Moltex Energy社 (溶融塩炉)、Holtec社 (軽水炉SMR) など**10社がレビュー中**。
- ✓ 2018年11月、天然資源省・州政府・電力事業者が協力して、SMR開発方針を示したロードマップを作成。



- ✓ 大型炉のみならず浮揚式原発やNa高速炉を開発
- ✓ 例：OKBM (浮揚式、Na高速炉)



- ✓ 大型炉開発を進めつつ、高速炉や小型炉の開発も追及
- ✓ 例：Framatom (Na高速炉) EDF (PWR)



- ✓ 大型炉のみならず船舶式原発や米国と協力してNa高速炉も開発
- ✓ 例：CNNC (船舶式、進行波炉)



2015年11月、革新的な原子力技術の市場投入を加速する「**GAINプログラム**」を立上げ、財政的、技術的、規制上の支援を開始。

- ✓ 革新炉の要素技術開発、FOAK炉の実証準備、許認可申請作業などに対し、**開発段階に応じた財政支援**。NuScale、GE日立 (軽水炉SMR) などの開発が進展。
- ✓ バウチャープログラムにより、民間企業に**国研設備の利用権を提供**。
- ✓ 規制機関はDOEやベンダーと協力しながら革新炉の合理的な規制を検討。



総合資源エネルギー調査会原子力小委員会18回会合資料、2018年12月5日より抜粋 ⁷

原子力に関する世論調査 (2018年)

- | | | |
|--------------|-------|---------|
| ■ 原子力は危険 | 69.0% | (-0.5%) |
| ■ 原子力は不安 | 56.0% | (-1.3%) |
| ■ 原子力は複雑 | 33.3% | (-0.5%) |
| ■ 原子力は信頼できない | 21.8% | (-8.4%) |
| ■ 原子力は悪い | 12.3% | (-6.8%) |
| ■ 原子力は必要 | 24.3% | (+6.4%) |
| ■ 原子力は役に立つ | 20.9% | (+3.1%) |

原子力は危険で、複雑、だから不安

ジレンマ

- 経済的に自立し脱炭素化した再生可能エネルギーの拡大を図る中で、可能な限り原発依存度を低減する
- 社会的な信頼回復がまず不可欠であり、福島第一事故の原点に立ち返った責任ある真摯な姿勢や取り組みこそ重要であり、社会的信頼の獲得が鍵である

第5次エネルギー基本計画、資源エネルギー庁、経済産業省より抜粋
<https://www.meti.go.jp/press/2018/07/20180703001/20180703001.html>

原子力利用の適正な規模を見極めること
再生可能エネルギーと共存することの論理

9

新しい価値 — 低炭素と受容性

- **低炭素エネルギーの価値**を正当に評価するとともに、原子力発電所を多数の天然ガス発電所で置き換えることのないように、**新しい公共政策が必要**である
- **有害な炭素放出の社会コスト**を考慮していないため、今日の化石燃料のコストは多くの地域で意図的に低く抑制されている
- 気候変動とクリーンエネルギー政策では、このようなマーケットの失敗を認識し、期せずして退役する原子力発電所は**低炭素エネルギー源で置き換えられるべき**である
- そのような政策が定着するか、天然ガスの価格が上昇するまでは、事業者は政治に財政支援を求め続けるべき
 - 原子力発電所の財政支援はクリーンエネルギー政策、電気料金、安全・セキュリティ・性能に関する要求と整合する

新しい価値 — 安全と経済性

- 原子力安全は「重要」なのではなくて、全てです。原子力は、市民が安全について不安に思わなくてもよい状況を、コスト効率よく、自立した産業として構築しなければいけません

ウィリアム・D・マグウッド四世、Energy for the Future, 2019 No2

- 定性的安全目標

- 原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである

安全目標に関する 調査審議状況の中間とりまとめ、原子力委員会、平成15年8月

11

安全の目標

- Design Extension Condition（設計基準は安全の求めに応じて柔軟にあるべき：規制のリスク管理）
- Practically Eliminated（原子炉の重大事故がきわめて起こりにくいと技術者が自信をもつ設計であるべき：事業のリスク管理）
- Evacuation Free（原子炉の重大事故にともなう避難や汚染を実生活の中で実感するようであってはならない：社会のリスク管理）
- 社会的信頼回復とは、原子力の技術が他のエネルギーのもつ好ましい特性を備え、重大事故による被害を心配しなくてもよい状態を構築すること

12

経済性と行政

- 世界の成長と地球環境に貢献する原子力利用を維持するために、コスト削減を図ることと推進政策立案を行うこと、この両方を緊急に実施することが必要
 - 新しい政策、ビジネスモデル、イノベーションを導入する必要がある
 - 規制にコスト、研究開発コスト、原子炉の導入、電力の生産に対する財政的支援
- 米国と欧州の原子炉のコストはアジアの2倍
 - 原子炉そのもののコストではない

The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World, MIT Energy Initiative, 2018 に基づき作成

13

原子力学会への期待

- 原子力価値の明示
- 原子力のジレンマの緩和
- 原子力の持つべき特性
- 将来の原子炉への道筋

14