

今後のエネルギー政策について

第76回日米学生会議 環境経済とエネルギー安全保障分科会
東京大学医学部医学科 富澤新太郎

※本発表の内容は個人としての見解であり、
いずれの所属組織をも代表するものではありません。



1934年、日米関係の悪化を危惧した日本の有志学生により結成
2025年で**77回目・91周年**を迎える日本最古の国際交流団体



90周年式典において上川陽子外務大臣
(当時)より祝辞を賜る
参照: [外務省サイト](#)



77回会議開会式において石破茂首相
(当時)より祝辞を賜る
参照: [首相官邸](#)

第76回概要

- 3月 活動開始 ～7月末
(オンラインの週例ゼミが中心)
- 4月 春合宿(東京)
- 6月 安全保障研修(防衛大学校)
- 7月 韓国自主研修
- 8月 米国本会議
(LA・NO・DC)

第77回概要

- 3月 活動開始 ～7月末
(オンラインの週例ゼミが中心)
- 5月 春合宿(東京)
- 6月 フィリピン研修
安全保障研修(防衛大学校)
- 8月 日本本会議
(関西・熊本・東京)
- 9月 福島研修

会議概要

- 日本側参加者: 36名、米国側参加者: 36名 で構成
- 内部に7個の分科会(自主ゼミ)を保有
- 8月に、隔年で日本・アメリカにおいて3週間の共同生活を実施
- 春季・夏季に自主研修、その他各種Field Tripを実施

▶アラムナイ(過去参加者)



宮沢喜一 元首相



H. Kissinger
元米国国務長官

参考 当分科会の基本的立ち位置(基本的要請)

1. 脱炭素潮流は長期目線^{*1}で不変であり、今後世界的に市場が拡大していく^{*2}
 - 脱炭素は長期的なトレンドであり、短中期での方針は柔軟かつ無理のないものとするべき。
2. 基本的な処方箋は、①省エネ、②電源の低 / 脱炭素化、③電化(+ 「水素等^{*3}」化など)である
 - これらに付随して、CCUSによる炭素回収、排出トラッキングによる管理等での対応を目指す。
 - 排出削減と同時に、被害削減(災害対策・暑さ対策等)にも注力することが必要である。
3. 今後の長期トレンドとして、国内・海外の電力需要は増加する蓋然性が高い
 - 6次エネ基の需要減少に基づくストーリーが成立しない可能性がある。
4. 「選択と集中」ではなく、3Eのトリレンマを意識したバランスの取れたポートフォリオを構築すべき
 - 安定供給^{*4}を第一に捉えつつ、環境適合性・経済合理性はポートフォリオ全体として追求するべきである。
 - 調整力も、各方法の特性を斟酌し、時間軸・経済性・連系等の観点から多重的にポートフォリオを組むべきである。
5. 気候変動の直接的影響に限らず、日本の経済的プレゼンス低下も同様に重大な将来世代への負債である
 - エネルギー分野は、公益性の極めて高い政策分野でありながら、世界的に競争の激しい科学・産業の分野でもあり、政府の介入度合いには慎重さが求められる。国家資本主義的施策と自由市場経済のバランスを取るのが大前提。
 - 技術覇権・産業覇権・規制覇権確保を目指し、産学官が野心的に連携して動ける、戦略的かつ明瞭な見通しを示すべき。
 - モラルハザードに最大限注意しつつ、国家が最終的な責任を負い、規制を緩和することで事業者負担を極力減らすべき。

^{*1} 以下の議論において、短期：～5年程度、中期：5～15年程度、長期：15年～程度を想定している。

^{*2} トランプ政権の現状の動向を受けてもこの認識は堅持している。現在は過去 10年程度の動きの短期での調整的側面が強いとの認識。

^{*3} 水素社会基本法案に準ずる趣旨。即ち、アンモニアや合成メタンを含む。

^{*4} 「安定供給」においては、当然に、平時のみならず災害時・戦争時等の有事も含まれる。エネルギー源の「最後の砦」のような役割を看過した議論は不適當である。

エネルギーの安定供給を中心に据えるにあたっての考え方

- 「安定供給」= 価格が安定的に低廉で、供給遮断・需給逼迫リスクが低い状態が維持されていること
- 安定供給をエネルギーシステム全体を俯瞰して確保するための議論を行っていくべき。

安定供給 / Stability の多様な要素



資源開発

- 開発への出資、長期契約締結
- 地政学リスクの分散や G2G 締結



資源輸送

- 国家・民間の備蓄体制強化



発電

- Energy Mix の最適化による自給率^{*1}向上
- 調整力を高める



送配電

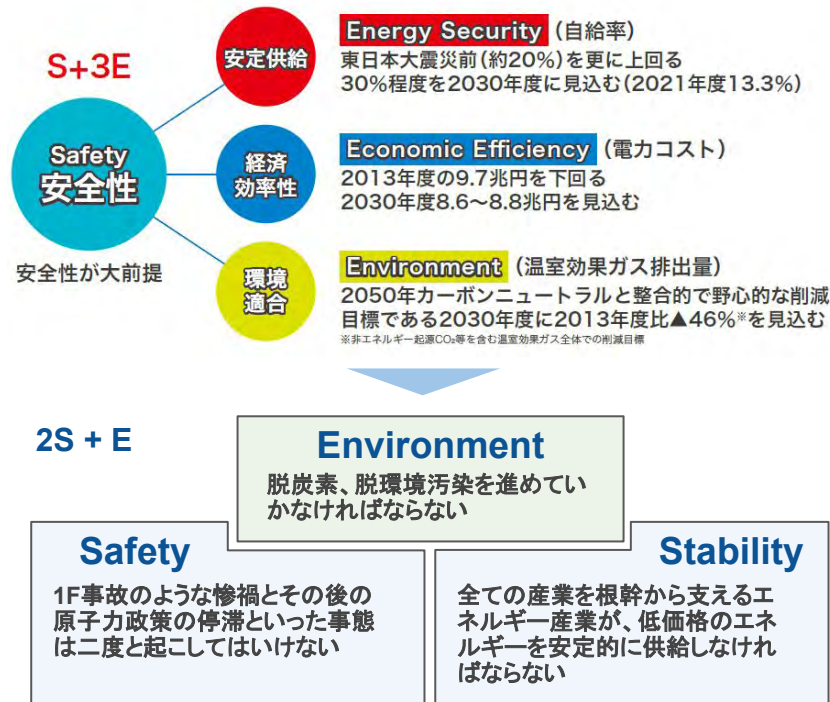
- 設備の分散化、冗長性のある設備網の構築
- DR能力の強化
- 蓄電



市場

- 市場設計と財政出動
- 電力企業の財務体力強化、ファイナンス円滑化

Stability が侵され、エネルギーコストが高騰すれば、インフレによって政治が不安定化することは、今まさに我々が経験するところである。



^{*1} 自給率が高くて必ずしも価格安定性が保たれるわけではない (cf 令和の米騒動)。化石燃料の依存度を低減させる過程、戦争有事だけでなく災害有事への対応を考える過程では、自給率の Stability の尺度としての重要性は低下すると思料。

再エネには前向きな態度を示すべき

脱炭素の推進が不十分であることによるリスク

1. 気候変動による長期的なリスク

気候変動によって、激甚災害が増加するとともに、生物多様性の減少や農産物への影響が考えられる。

2. 化石燃料の輸入に依存することによる地政学リスク・貿易収支悪化・コストプッシュインフレ

化石燃料は有事や円安¹によって価格高騰を招き、貿易赤字を拡大させるとともに、電力価格高騰によるインフレ・不景気を招く。

3. 環境未対応時のダイベストメント・デカップリング

特に外国資本が、投資判断やサプライチェーン構築において脱炭素への取り組みを評価する流れができていく。

主として再エネ拡大によって対応すべき領域

- 外部経済性を盾に非合理的なサプライチェーン設計も一定求められる時代(経済安保の時代)に入ったことを認識し、甘受すべき。
- 特にグローバル企業は、サプライチェーンを脱炭素化しなければ競争力を失いかねない競争環境に身を置いている。再エネ拡大はこれらの企業への支援策として必要。

強力な脱炭素施策を取ることによるリスク・コスト

1. 低・脱炭素施策の初期費用・構造的費用

脱炭素を推進するには、産業を転換させる初期投資が必要とされるとともに、限界効用の低下等にも甘んじなければならない。

2. 電力供給の不足・不安定化による事業リスク

電力逼迫等によって瞬間的にでも停電が起これば、数百億円程度の損失が生まれる。

3. 電力価格高騰による事業リスク

電力価格が高騰すると、企業は価格転嫁できずに利益率が減少し、また基礎/応用研究の妨げとなる。

国際脱炭素市場は拡大するので産業政策として受忍限度内

ポートフォリオによって一定程度カバーできる

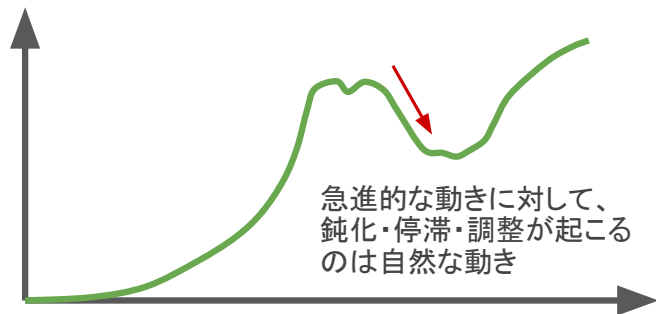
- 火力・原子力を最大限活用することによって、安定供給・電力価格の低廉化を企図できる。

¹ 短期的には日米金利差の縮小により、円安傾向が緩和されることが予想される。一方、現下の円安傾向は、日本の大規模な政府債務残高や、少子高齢化による内需縮小・労働力不足に伴う慢性的な低成長等も要因とし、円安傾向は中長期的に継続すると考えられる。とすれば、化石燃料の輸入に重度に依存する経済構造は大きなリスクとなる。直近の資源価格抑制支援は、一定の経済効果はありつつ、持続的な円安圧力となり、出口戦略が不透明となりうる。化石燃料への依存度低減は、今後の日本経済にとって死活的急務である。

² 日本の慢性的な生産性の低さは、2010年代の円高による産業の空洞化以来の対内投資の低さによる。円安は日本の生産性向上に資し、基本的に日本経済へのメリットが大きいと考える。

逆風下の再エネ拡大に向けて、足場固めをすべき

- 脱炭素は長期的に進展するが、実態に即した政策的支援が必要となる。
- 再エネが逆風の下にあることを再認識した上で、足場固めをすべき。



再エネの構造的コストに対する議論を進展させるべき時期

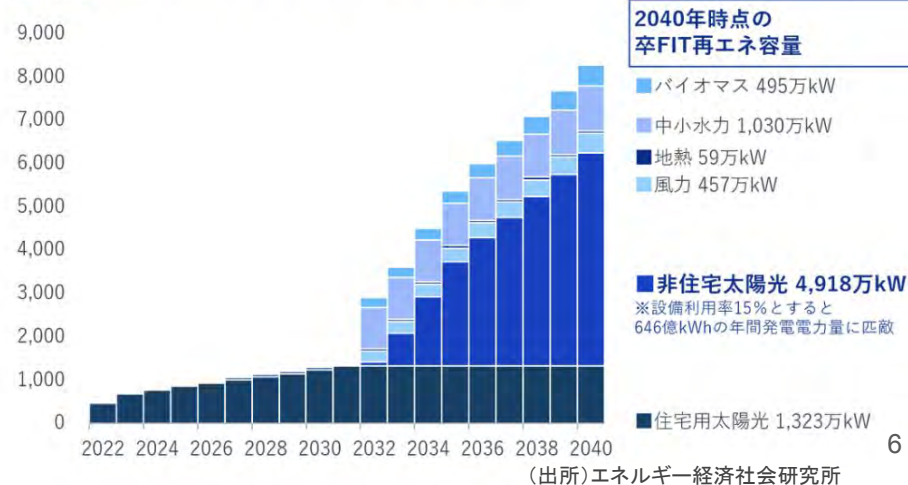
- 卒FITに向けて
再エネ拡大期の初期投資としてのFIT/FIPから、経済合理性に基づく漸増期への移行をいかに達成するか。
- 系統増強コストの負担主体
- 系統用蓄電池普及と Connect & Manageの効率的な運用実現
最重負荷時の充電リスクを減らし、最大潮流を削減することで設備増強を回避できるような送電制御の普及をいかに達成するか。
- 保守・点検に関するルール形成
- 土地利用ルールと補償
再エネ大規模開発が地権者の経済的メリットにつながる場合を、自然保護・災害予防の観点から、どのように補償していくか。

再エネ推進の課題を直視しなければならない

- 再エネ比率が高まれば、電力価格高騰・異常気象への脆弱性増大のリスクがある。
- かつてより再エネ自体のイメージが悪化している。
- 再エネ適地の減少、洋上風力案件の頓挫、来る卒FIT等のため、再エネ導入が相当に鈍化する可能性もある。

日本の卒FIT再エネ出現予測（2040年まで）

単位：万kW



参考 イメージ戦略も重要

- 逆風下では、どんな些細な事例でも炎上しうる。可能な限りリスクを予期して避ける「リスク管理」が求められる。特に、事業者規律を確保することが極めて重要。
- 同時に、業界の活性化・人員確保のために「夢を見せる」イメージ戦略も重要。

アイコン的な批判のネタを与えないように注意する

- 極端なものであっても、一つでも社会的に糾弾しうる材料があれば、簡単に炎上する。
 - 基本は無視すればよいが、政権が不安定化するほど、炎上によって政策がストップする可能性が増す。
 - 可能な限り大衆受けする批判の材料を出さないよう努める必要がある。



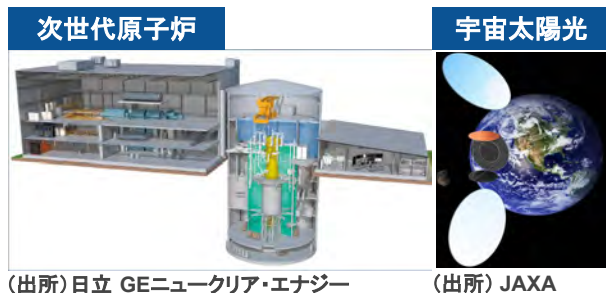
(上)読売新聞より、(右) AI生成画像



予見される炎上例

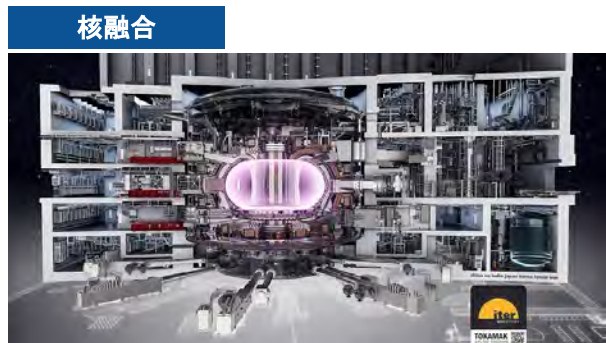
- 地熱開発をして温泉が涸れた
- 都市型太陽光パネルの周辺をサーモカメラで撮ると真っ赤になった
- 希少な猛禽類が風力のプロペラに当たって死亡した

「次世代〇〇」で夢を見せ、潜在的なエネルギー人材へ訴求を



(出所) 日立 GEニュークリア・エナジー

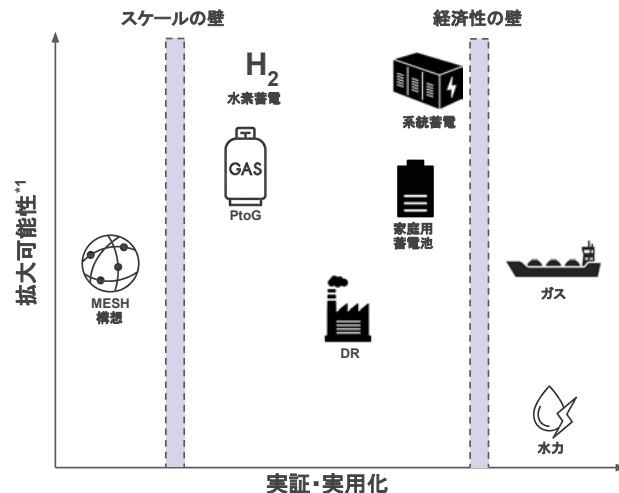
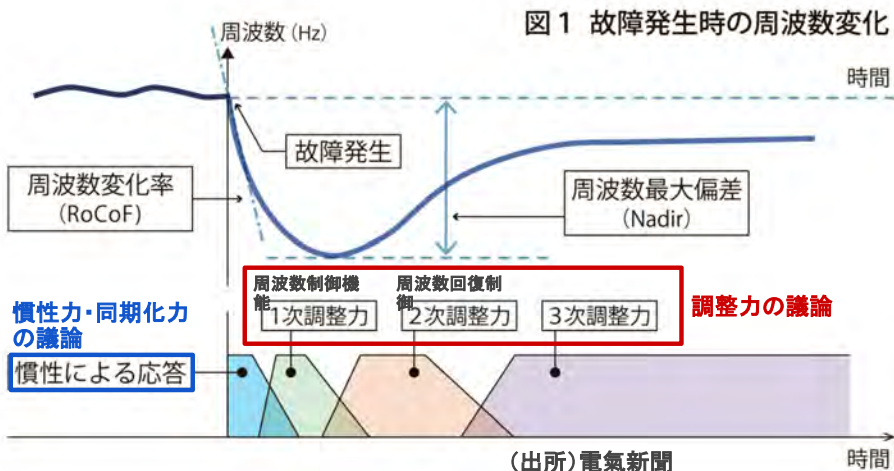
(出所) JAXA



(出所) 量子科学技術研究開発機構

再エネ比率上昇・火力比率低減下での同期化力・慣性力・調整力

- 再エネ普及を目指す上で、同期化力・慣性力・調整力の重要性は増していく。
- シーズ段階の技術が多い中、全方位で張りつつ、将来的に経済合理的な技術を選別していく意識が必要。

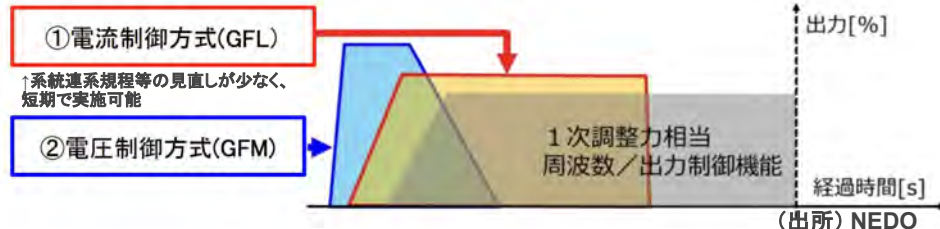


同期発電機台数確保 ≡ 火力強化

- 発電機並列のため変動費の安い電源が抑制されると、経済性が低下する。
- 短中期では最も有力な方向性である一方、長期で国際R&Dの方向性と異なる可能性がある。
- 火力の低・脱炭素を進める段階になれば対応コストがかかる。

擬似慣性 ≡ PCS強化

- 蓄電池にインバータ制御を組み合わせ、同期化力・慣性力を仮想的に用意する (VSG)。
- 国際R&Dの方向性と合致し、一部実証・実用も進む。
- 蓄電池の価格低下が鈍化する中、VSG機能付与がコスト上乗せ要因となり、普及の阻害に。
- 大規模再エネに対しては、M-G セットの活用も必要となる。



直近10年において石炭火力からのシフトのあり方は喫緊の課題に

- 現下のLNGの供給増が続けば、恒常的にLNGが石炭よりも安価になる可能性がある。この場合、石炭火力の経済的メリットは薄れ、石炭火力撤退の流れはさらに強化されるものと考えられる。
- 近年は再エネ比率増加により、稼働率が低下したりDSS対応が増加したりすることで、石炭に限らず、火力発電の経済性を低下させる要因となっている。
- 老朽火力からの撤退は、環境の観点からすれば好ましいものの、代替調整力の確立なきままに急速に進展すれば、安定供給が著しく損なわれる可能性がある。LNG火力増設と相殺可能な石炭火力からのフェードアウトが必要。

火力のkWh価値が低下し、kW価値が上昇する局面に

- 再エネ拡大により、火力の稼働率低下DSS対応増加の傾向が鮮明に。資源価格の情勢も変わる等、火力の分野もパラダイムシフトを迎えている。
- 非効率石炭火力のフェードアウトは歓迎すべきことである一方、急速な進展は却って電力システムの安定性を毀損することとなる。
- 容量市場を含む需給調整措置が適切に機能しているか(緩やかな撤退に寄与しているか)、不断の管理と定期的な検証が必要だと考える。



(出所) 2024 経産省

<2020年度実施 容量市場メインオークションの供給曲線(スムージング処理後)>



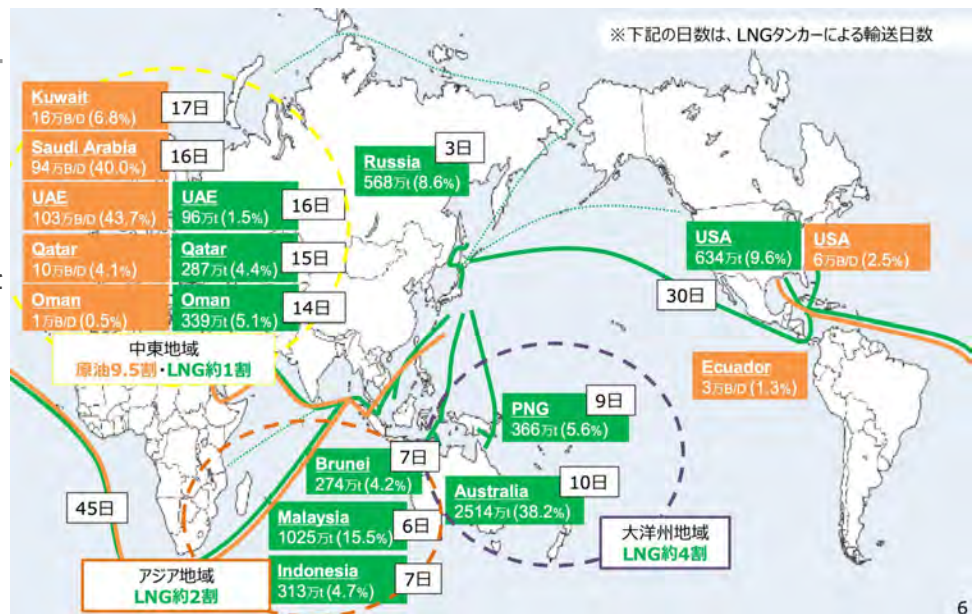
(出所) 2022 OCCTO

トランプ政権の動向を受けて: 北極海航路(NSR)とアラスカ LNG

- トランプ政権は、北極海航路(NSR)の権益確保やアラスカLNGの生産・販売強化に乗り出している。
- アラスカLNGについては、開発コストや価格決定システム等が不透明であり、一概に期待できる状況ではないが、JCC連動でない安価なLNGを安定的に確保するSupply Chainの確立の一助となる可能性もある。
- NSRは、露が孤立する現状では安全保障上大きな問題となりづらいが、将来的に欧亜交易の重要経路となることが見込まれ、米国の対露融和が進む可能性を考えれば、NSRのLNG等権益確保を検討する必要がある。

NSRとアラスカ LNGをわが国の利益に繋げる施策の検討が必要

- NSRの確立によるLNG価格裁定スピードの向上や、アラスカLNGのアジア供給の増加による流動性の増加・価格低下等、基本的にメリットがあるものと考えているが、利益を最大化するためには様々な施策の検討が必要。特に、**NSRにより欧亜交易がより盛んになるにつれ、日本がLNGハブのような役割を担う可能性、10 - 20年後にヤマル等露の北極圏LNGを輸入する可能性は予め検討したい。**
- アラスカLNGは、初期投資・不確実性を考えれば必ずしも魅力的な選択肢と断言できないが、開発にあたって、良好な条件の長期契約に繋げる等の要素を加え、安定供給に資するように利用できないか検討する必要がある**日韓台 + 印泰等での協働が必要。**
- 米国の産業構造を斟酌すると、政権によらず、今後NSR・パナマの権益確保、シェールガス産業への支援が続くものと考えられる。



日の丸原子力産業もマクロに合わせて成長を目指すべき

現状の原子力に関わる国内状況は、マクロの動きに比べてやや緩慢である

マクロ環境は原発促進へ転換し、次の 20年間は歴史的な原子力再拡大期にあたる

- ①急速な電力需要の増加、②脱炭素制約、③対中露デカップリング等を背景に、欧米を中心として原子力拡大へと再転換。COP28では、原子力3倍宣言が行われた^{*1}。

日本は原子力分野で依然競争力があるも、“脱成長”から15年近く経過し、国際競争が激しくなりつつある等、状況は芳しくない

- 政府は原発再稼働・新設の議論を進めるも、国民感情への配慮のため、短期の国内原発市場は拡大が見込みづらい。
- 韓国等の積極投資を行う国家がシェアを拡大させており、このままでは日本の原子力産業は国際競争力を失いかねない。
- 福島第一原発での事故から15年近く経過し、技術者・技能者ともに人材が不足している。
- 国産原子力の見通しを鮮明にし、国際競争力を維持するために、ODA・輸出金融等の施策と関連させながら**国産原発の積極的海外展開・海外新設を国内の議論と同時に行う方針を明らかにすることが望ましいのではないか。**
- 同時に、研究分野として原子力工学を含む核工学の魅力度向上を、将来性の提示・教育の充実化を通して企図し、将来的な人材確保を目指すことが重要なのではないか。

日の丸原子力産業の育成へ

- ① 技術者・技能者の確保を目指し、産学官連携の強化を
- ② 公益性の高さから、国が積極的に企業の責任負担の軽減を
- ③ 国内状況と非同期的な国産原子力産業の海外展開推進を

^{*1}「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の分析によれば、平均 1.5℃シナリオでは、2020年から2050年にかけて、世界の原子力発電設備容量が約3倍に増加することを認識し、 [中略] 各参加国の異なる国内事情を認識しつつ、2050年までに2020年比で世界全体の原子力発電容量を3倍にするという野心的目標に向けた協働にコミットする。」

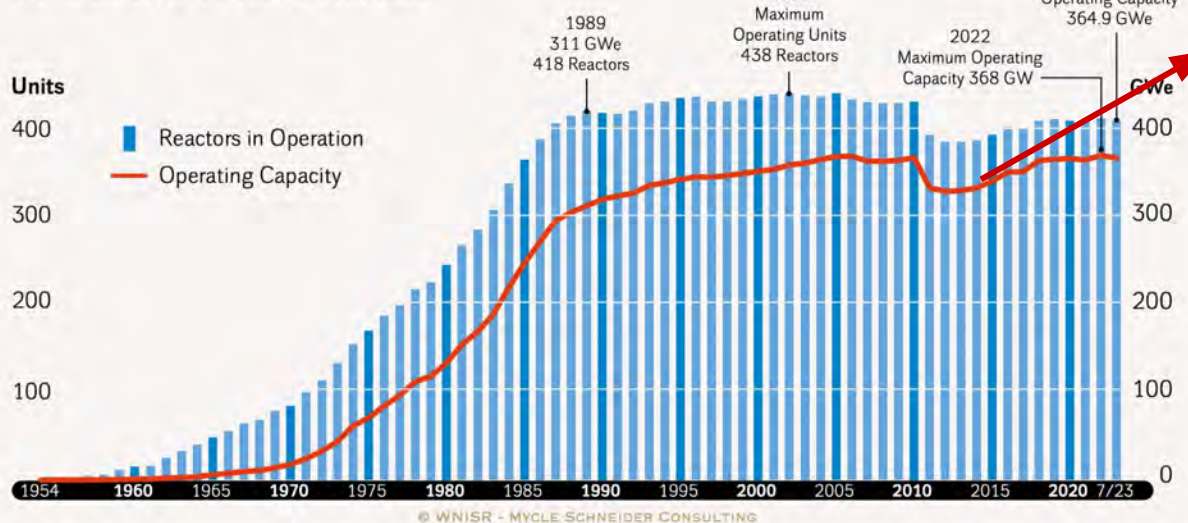
^{*2} 原子力人材の状況については、資源エネルギー庁の本資料（[210414「原子力人材・技術・産業基盤の維持・強化について」](#)）に詳しい。

参考 今後数十年で、アジア・オセアニアの新設案件を獲得したい

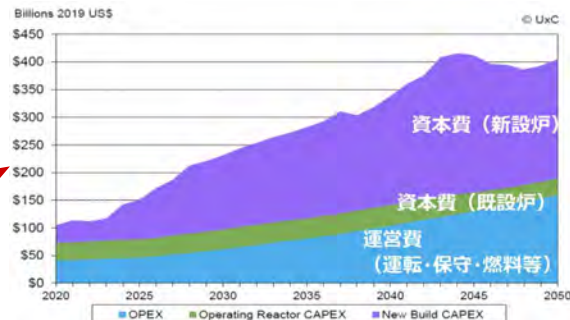
- 今後数十年でアジア・オセアニアにおける原発容量は2023年時点の世界での総容量に匹敵するだけ拡大する。
- アジア・オセアニアと地理的・文化的に近く、良好な関係を築いてきた日本として新設案件を勝ち取りたい。
- 韓国は2030年に原子力シェア30%を目指す方針であり、実績や外交的立ち位置を鑑みても強大な競争相手。
- 米国民間金融(BoA, Morgan Stanley, Goldman Sachs等)、世銀も原子力への投資に転換し、方向性が確定的に。

Nuclear Reactors and Net Operating Capacity in the World

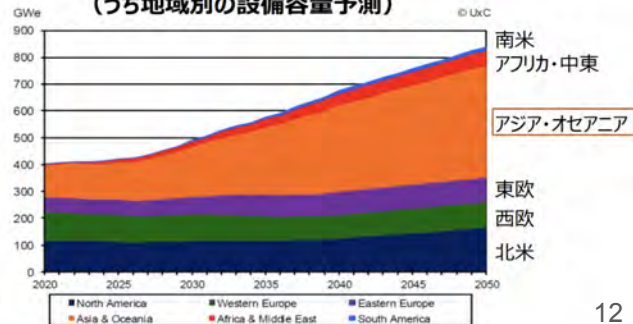
in Units and GWe, from 1954 to 1 July 2023



(出所) World Nuclear Status Report 2023



(うち地域別の設備容量予測)

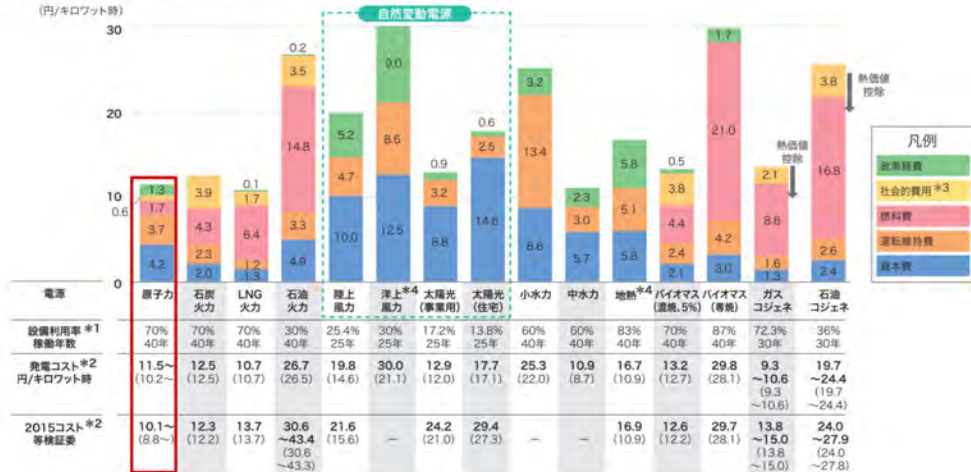


(出所) 経産省

参考 原子力は発電コストが低廉であり、変動費率も低い

- 原子力発電の割合が高い関電・九電の電力価格は低廉となっている。
- 原子力割合と電力料金^{*1}における単回帰分析^{*2}を行うと、 $R^2 = 0.628$ 、 $p < 0.05$ の説得的な^{*3}モデルとして、原子力の割合が増加すると電力価格が低下する(相関係数 $r = -0.793$)ことが示唆される。
- 変動費率が低いことは、安定供給の議論において極めて重要な特性である。

●2020年モデルプラント試算結果概要



*1 2015年試算での設備利用率は、陸上風力:20%、石油火力:30%・10%、太陽光(事業用):14%、太陽光(住宅):12%、ガスコージェネ:70%、石油コージェネ:40%

*2 ()内の数値は政策経費を抜いた発電コスト。

*3 社会的費用のうち事故リスク対応費用は、事故発生・賠償費用等が1兆円増えると0.01~0.03円/キロワット時増加する。

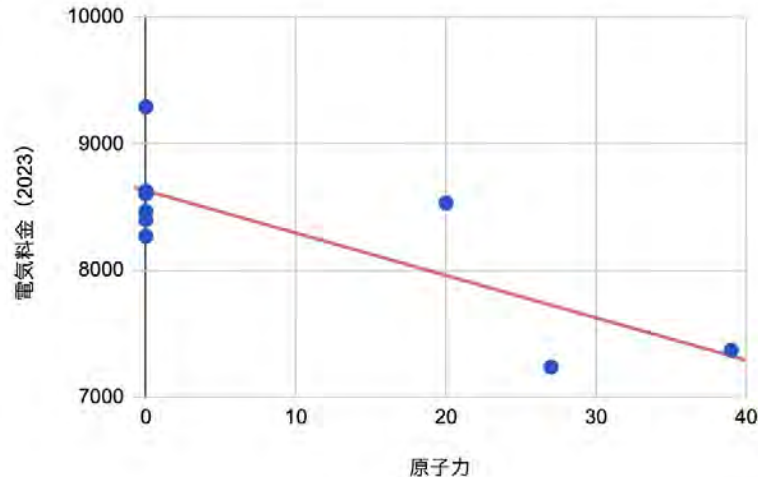
*4 洋上風力、地熱については、その予算関連政策経費は今後の関係拡大のための予算が大部分であり、

ほかの電源との比較が難しいが、ここでは、現在計画中のものを加えた発電量で関連予算を機械的に割った値を記載。

出典:発電コスト検証ワーキンググループ

『基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告』(2021年9月)

原子力割合が高いほど電力価格が低いことが示唆される



(出所)各電力の公表資料より作成

*1 2023年度の各電力の従量電灯プランで、月間 300kWh利用した時の料金を基準としている。

*2 北海道電力は石油火力の割合が突出して多く、外れ値として処理した。北海道電力を含めて考えると、 $R^2 = 0.404$ 、 $p < 0.05$ 、 $r = -0.635$ となるが、依然一定程度説得的と言える。

*3 十電力の単年度のデータではデータ数が不足しており、かつ原子力を稼働しているのは3電力のみであるため、統計的な説得力に限界があることは留意されたし。

7次エネ基を受けた原子力政策①

- 7次エネ基を以て再稼働の是非を問う議論は終結し、個別の原発再稼働を実施していくフェーズに。
- 公益性の高さから、国が積極的に企業の責任負担の軽減を図っていく必要がある。

安全性管理に関する事業者の責任負担を軽減するとともに、一元的な安全管理を国が責任を持って行う姿勢を明示するべき。

現状

- 一事業者でしかない電力会社が、膨大なデータに基づいて発生確率が極めて低い重大事態に対しても、科学的な観点から資料を繰り返し作成・審査に臨むという構造自体に無理があるのではないか。
- 避難計画は、法的拘束力のない安全協定で策定され、原子力防災委員会において計画策定支援が行われるものの、審査は行われない。

改善案

下記業務を独立行政委員会に与え、安全性・危機管理の責任は委員会または政府が取る仕組みにより、事業者負担を軽減するべき

- 再稼働・新設・運用の審査・監督(既存)
- 避難計画の策定支援・審査
- 有事の危機対応プロトコル策定支援・審査



(出所)新潟日報

※県の資料を基に作成

【1F事故の教訓と葛藤】

全ての原発を停止した菅政権の対応は、科学的ではないとも評せるが、当時の国民感情を考えれば致し方ないことと考えられる。

- 今後、事故が起こっても、政策の停止を招かない科学的な判断が行われるような意思決定の土壌をつくるべき。
- 一方、責任主体を国とする場合、稼働可否に政治的判断が介入することとなる。稼働を続けることは世論的に難しい。

次に高INESレベルの事故が国内で生じれば、わが国で原子力発電を行うことは実質的に不可能となると考えるべき
= 二度と1Fのような過酷事故を起こさないことが絶対条件



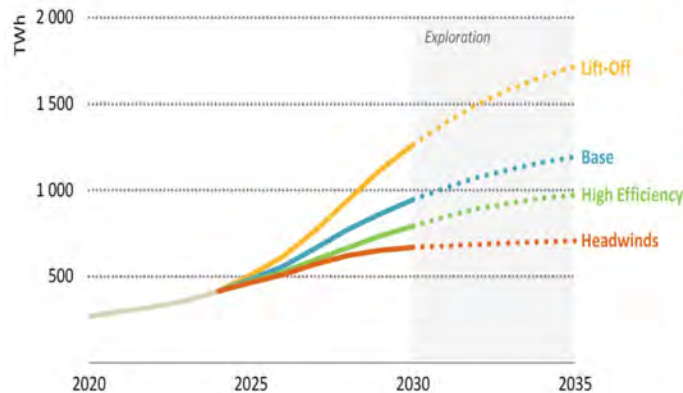
7次エネ基を受けた原子力政策②

- 海外の新設案件受注には、国内原発の新設・Replaceが進んでいることも重要。
- クリーンで安定なベースロード電源としての役割を強調し、経済合理性を慎重に検討しつつ進めるべき。

原発新設の経済合理性は自明ではない

- 事業期間が長期に及び、投資ハードルが高い
事業期間約100年の中で事業環境・政策環境は大きく変わっている可能性が高い。
- 初期費用・バックエンド費用が大きい
- AIバブル崩壊の可能性
DCは過剰投資状態であり、実際には、予想ほどはDC用電力需要が伸びない可能性がある。

比較的確度の高い根拠を以て推進すべき
(輸出経済・クリーンで安定なベースロード電源)



【参考】

飛躍ケース (Lift-Off Case)

インフラ等の環境が整い、ベースケースよりもAI導入が更に進展することを想定したケース。

ベースケース (Base Case)

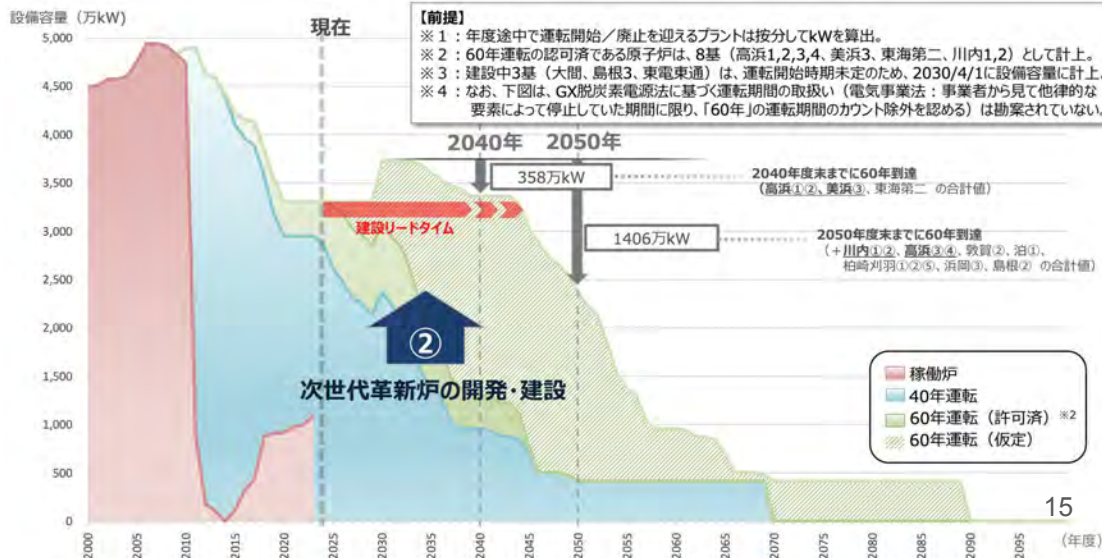
現行の規制と業界予測を前提に電力消費量を推計。2028年までのサーバー出荷台数が2028年以降も継続するとともに、データセンターの効率改善も進展することを想定したケース。

高効率ケース (High Efficiency Case)

ベースケースと同様の制約要因を加味した上で、データセンターに関する効率改善がより進展することを想定したケース。

逆風ケース (Headwinds Case)

インフラ等の環境が整わず、ベースケースよりもAIの導入が遅れることを想定したケース。



【前提】

- ※ 1 : 年度途中で運転開始/廃止を迎えるプラントは按分してkWを算出。
- ※ 2 : 60年運転の認可済である原子炉は、8基 (高浜1,2,3,4, 美浜3, 東海第二, 川内1,2) として計上。
- ※ 3 : 建設中3基 (大間, 島根3, 東電東通) は、運転開始時期未定のため、2030/4/1に設備容量に計上。
- ※ 4 : なお、下図は、GX脱炭素電源法に基づく運転期間の取扱い (電気事業法: 事業者から見て他律的な要素によって停止していた期間に限り、「60年」の運転期間のカウント除外を認める) は勘案されていない。