

日本がエネルギー国際競争を勝ち抜くために

— “エネルギー大国” 日本を目指して —

日米学生会議

富澤 新太郎(代表)

宮本 希

川西 晴太郎

佐藤 未羽

多田野 真仁

石賀 悠

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

School of Global Studies, University of Sussex

京都大学法学部

東京大学経済学部経営学科

Faculty of Economics and business, The University of Edinburgh

早稲田大学先進理工学部生命医科学科

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
2024年で**76回目・90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
外務大臣より祝辞を賜る
参照: [外務省サイト](#)

▶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

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)

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
政治経済・文化・科学技術・ビジネス等の分野で議論を深める
- 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
偶数回の今年は、California・Louisiana・Washington D.C.を巡った
- 春季・夏季に自主研修、その他各種 Field Tripを実施
- 大規模な同窓会を有する

【事前活動】3月～7月

週に2回、各回2hr超 + 産学官政法の多様なアクターへの Field Trip + 米国側との Joint MTG

資料収集(政府資料、民間レポート等)
→事前学習

論点に沿って追加資料収集

1st MTG(表)

- 事前学習の要約、所感、論点等を共有する
- 事業環境・政策環境のシェアと、可能性のある施策(官・民)のブレインストーミング

2nd MTG(裏)

- 追加調査を経ての所感・更新等を共有する
- 各論点に対して、可能な施策を実証ベース・規範ベース両方で検討する

(参考)過去のテーマ例

- 洋上風力発電における、国内 / 国際法上の施設の位置付け、地域共生、人材育成
- 原子力発電と地域理解、核物理工学分野の人材育成と望ましい規制のあり方
- BEV市場をどう捉えるか(各ケースごとに日本に必要なルール形成のあり方)
- ESG投資の企業評価への落とし込みに関するルール形成
- 今後のLNG・水素の市場、日本にとって / 世界にとって望ましいルール形成のあり方
- 大量消費社会における「もったいない」の概念的再定義
リマニ・循環経済としての市場経済への落とし込み方

上左)ソウル大学核物理研究室
上右) Johns Hopkins大学工学部
中)宮沢洋一 元経産大臣
下)太田房枝 前経産副大臣



その他

- 大手法律事務所
- 大手電力事業者
- 大手再エネ事業者
- VC

にも Field Trip を実施

目次

日米学生会議概要

当団体の基本的立ち位置・提言要旨

- ① エネルギー分野においても、産業政策として必要な企業支援策を
- ② 7次エネ基における数字の出し方について

【再エネ】普及コスト・卒 FITに関する議論を進めるべき(資料記載のみ、説明割愛)

コストを甘受し、再エネ拡大には前向きな態度を取るべき
コスト要因の課題・卒 FITの進め方に注力するべき

【原子力】原子力分野へのボトムアップ的投資、事業者の責任負担の軽減、海外案件受注支援を三本柱に

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
技術者・技能者育成支援を強化すべき
旺盛な市場が投資促進・人材育成には必要

【調整力】時間軸、コスト、集中型 / 分散型等の観点から望ましい調整力ポートフォリオを議論するべき

電力安定供給には、重層的な調整力の構築が必要
多様な観点から調整力ポートフォリオの議論を行うべき
同期化力・慣性をいかに確保するかについての議論を行うべき
LNGの長期契約確保・トレーディング強化へ(資料記載のみ、説明割愛)

Summary

1. エネルギーは産業競争力の源泉であるのみならず、エネルギー産業自体が激しい国際競争に晒される成長産業であり、国際市場において競争を勝ち抜くための戦略が議論されるべき。
2. 低廉で安定的なエネルギー供給を第一とし、短期・中期・長期において現実的な施策を講ずるべき。
3. 多様なシナリオを用意し、各シナリオごとに目標を設定することで、不確実性にも最大限対処できる柔軟な計画とするべき。
4. 再エネ・省エネの拡大は明確に鈍化しており、線形な排出削減に必ずしもこだわる必要はない。

1. 脱炭素潮流は長期目線で不変であり、今後世界的に市場が拡大していく
 - 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^{*1}」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^{*2}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} 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。

^{*3} 「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当である。

日本の産業が長期的に競争力を有し続ける・高まるようなエネルギー政策の設計を

- 30年後に再び「技術で勝ってビジネスで負けた」との総括が出ることは好ましくない。
- そもそも技術力、産業競争力、ルール形成能力は不可分であることを認識し、「三方良し」を目指さなければいずれ競争力は失われると考えるべき。
- 廉価で安定した電力供給は産業競争力の源泉である。日本の産業競争力を左右する計画としての議論を期待する。
- 同時に、エネルギー産業とその関連産業において日本は未だ競争力を有するが、決して楽観視できる状況ではない。かつてそうであって、現在も部分的にそうであるように、将来においても、日本は“エネルギー大国”^{*1*2}として存在感・影響力を有する具体的なイメージを抱かせるような計画を提示していただきたい。
- ひいては、日本経済の将来に明るい見通しを持てるような計画を策定していただきたい。

^{*1} 日本は残念ながら資源大国ではない。しかし、エネルギーサプライチェーンにおける競争力や、国際エネルギー政策における影響力を高めることで、エネルギー大国となることはできる。例えば、LNG市場は日本が主導して興隆を遂げたものであり、過去数十年間日本は「LNG大国」であった。日本が今後もエネルギー大国を目指せるように、技術力・産業競争力・ルール形成能力全てを同期的に高めることを企図して、積極的に産学官連携を進めてほしい。そして、本計画がそのための基本計画となることを切に期待している。

^{*2} 以降のスライドにおける「支援」には、規制緩和のみならず投資による支援も含まれる。もちろん、日本は自由市場経済に立脚し、政府が不完全な情報にしかアクセスできない以上、市場清算性に依拠した方が効率的であるとの指摘、および財源は限られるとの指摘は正当である。しかし、エネルギー産業は公益性が高く、外部経済性も強く、そしてイニシャルコスト・規制対応コストが民間事業者には負担しづらい莫大なものとなりがちな分野であり、投資による支援も経済学的に正当化されると考える。

また、投資に失敗しないことを求めることは妥当ではなく、投資しない機会費用を勘案すれば、伸びると考えて行った投資が失敗に終わったとしても問題はない。真に忌むべきは、政府が不完全な情報を元に「伸びないと思って投資をしない」という選択肢を採ることであり、「選択と集中」によって投資機会を逸失することである。なお、プラトリーに達しても莫大な投資を続けるような、限界効用を無視した議論も好ましくないと思う。

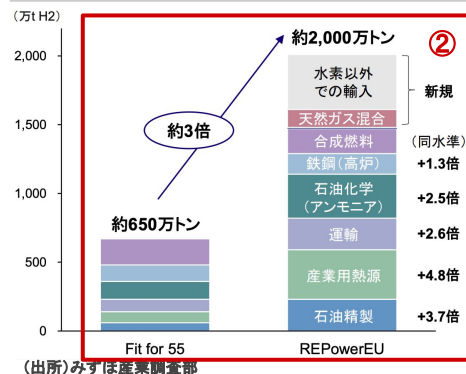
提言要旨①: エネルギーを成長産業として戦略的に育成すべき



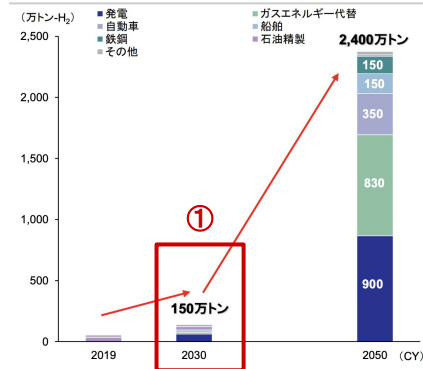
エネルギー分野においても、産業政策として必要な企業支援策を

- 世界的に見れば成長産業であり、未だ日本の研究・企業が競争力を持ちつつも激しい競争にさらされている領域はエネルギー分野においても多い（原子炉部品、タービン、水素の電解槽・運搬技術など）。これらの分野での覇権を維持し、いかに伸ばすかという産業政策・ルール形成戦略的な観点での議論も充実させることを強く望む。
「技術で勝ってビジネスで負ける」ではなく、「技術でも負ける」ことへの危機感を強く抱いている。
- サプライチェーンにおける日本企業のシェアアップを企図することは、自国のエネルギー安保に資するほか、将来的なエネルギーミックスの議論において、安保の観点により選択肢を狭めないことにも繋がる。
- 一部の議論において、国内での市場立ち上げを急ぐことにより企業育成を企図する旨の議論に注目が集まっているのはいかと感じる部分があるが、GX関連でいえば海外市場の方が広がりやすい。ガラパゴス市場を立ち上げて効果は小さく、企業も海外市場を狙っての研究開発を模索することが多い。**ニッチ市場・ガラパゴス市場の拡大でなく、いかに早期に海外展開し、海外の中心市場でのシェア向上を狙い、シェアを長期的に維持するかを中心に据えて議論してほしい。**

セクター別水素利用の見通しの変化(2030年時点)



外部調達水素の需要見通し(用途別、概数)



【脱炭素市場の例: 水素】

①(日本市場)を伸ばすことも重要だが、②(EU市場)でのシェアを上げるための手法を主眼におくべきではないか。

(施策の例)

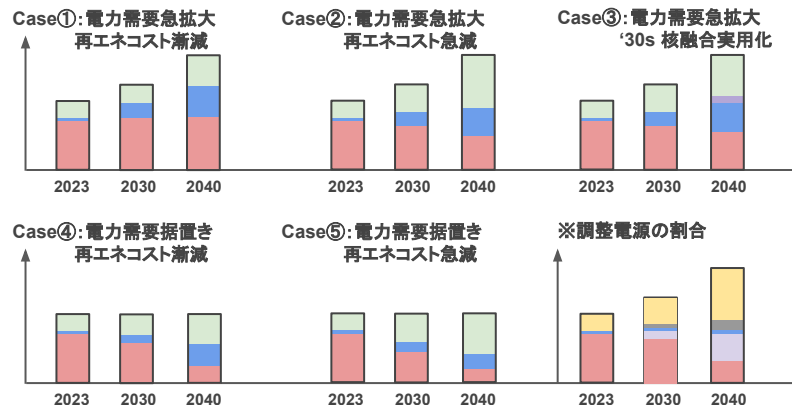
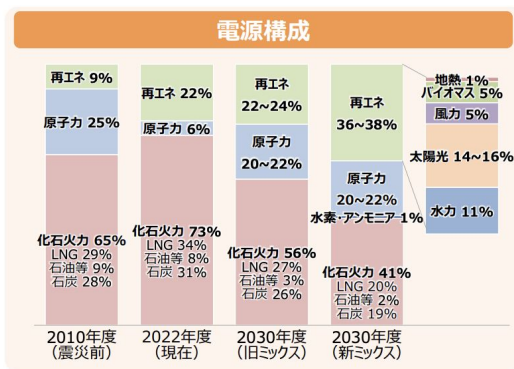
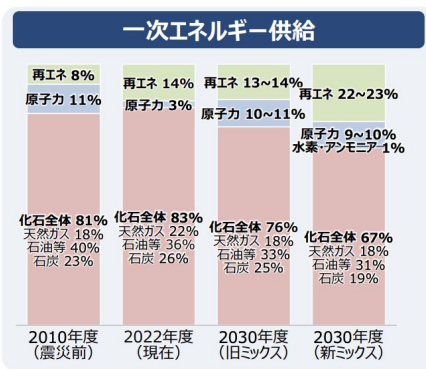
国際規格が決定してから企業が動くのではタイムラグが生じる。

- JETRO等を介した国際ルール形成を議論の過程から大企業へ情報提供する仕組みをアップグレードするとともに、
- 能動的に我が国の企業の経営に資するような鮮やかなルール形成ができる様に努めていただきたい。

提言要旨②: 複数シナリオを用意して柔軟に目標を設定すべき

7次エネ基における 数字の出し方について

- **複数シナリオを用意した、ステンドグラス様の結論** でも構わないのではないかと。
- 国際需給動向、政治的安定性、技術革新のスピードなど、目先 10年でも多数の不確実性を抱え、正確な予測は不可能である。
- 不確実性への対処として、「36-38%」と数字に幅を持たせるのではなく、「このシナリオが成立した場合にはこの方針を採る」といった出し方をした方が、企業にとっての予見性も向上し、目標の信憑性も高くなるのではないかと。
- 目下の電力需要増加は、AIバブル(半導体需要、DC建設)や急速な製品電化需要といった不確実性に起因したものであり、目標を下方修正する勇氣を持つことも重要。
- また、線形なCO₂排出量の削減を目指す必要は必ずしもないのではないかと。そもそも省エネ・CO₂削減等は投資に対して限界効用が逓減^{*1}する(収穫逓減)ものであり、排出削減量の変化も最終的にはイノベーションに依存した微分不可能・非線形なものとなることが想定される。
- エネルギーミックスを %で表示するのではなく、Whで積み上げて表示した方がわかりやすいのではないかと。
- **調整力をいかにデザインするか** も重要な議論となる。調整力のミックスについても見通しが示せると良いのではないかと。



(出所)資源エネルギー庁

^{*1} 実際に、データセンターの冷却における PUE値は下げ止まっており、省エネ性能に頭打ちが見られる。

目次

日米学生会議概要

当団体の基本的立ち位置・提言要旨

- ① エネルギー分野においても、産業政策として必要な企業支援策を
- ② 7次エネ基における数字の出し方について

【再エネ】普及コスト・卒 FITに関する議論を進めるべき(資料記載のみ、説明割愛)

- コストを甘受し、再エネ拡大には前向きな態度を取るべき
- コスト要因の課題・卒 FITの進め方に注力するべき

【原子力】原子力分野へのボトムアップ的投資、事業者の責任負担の軽減、海外案件受注支援を三本柱に

- 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
- 技術者・技能者育成支援を強化すべき
- 旺盛な市場が投資促進・人材育成には必要

【調整力】時間軸、コスト、集中型 / 分散型等の観点から望ましい調整力ポートフォリオを議論するべき

- 電力安定供給には、重層的な調整力の構築が必要
- 多様な観点から調整力ポートフォリオの議論を行うべき
- 同期化力・慣性をいかに確保するかについての議論を行うべき
- LNGの長期契約確保・トレーディング強化へ(資料記載のみ、説明割愛)

Summary

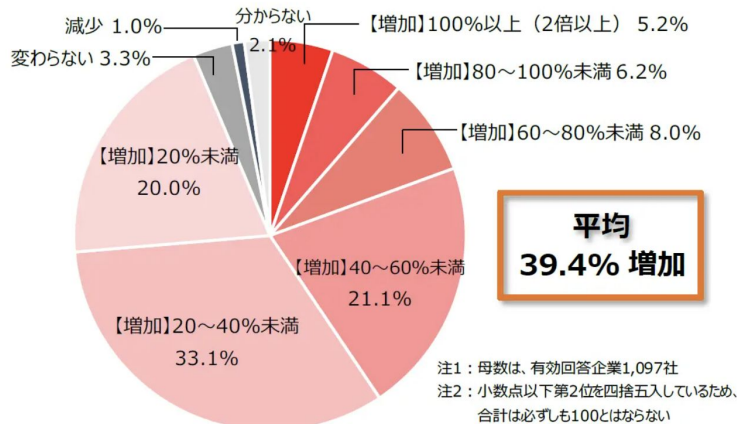
1. 再エネは普及スピードが鈍化し、コスト低下も限界に達しつつあるが、それでも国際協調主義に基づいて拡大を推進しなければならない。
2. 再エネ拡大による電力価格高騰不安は、ポートフォリオ全体として低廉で安定的な電力供給を追求することで払拭しうる。
3. 再エネ推進の構造的コスト(系統増強や施設の維持管理等)に必要なコストの負担主体、卒FIT後の経済的インセンティブ付与についての議論を進めるべき。

再エネは積極推進が必要であるものの、事業者コストが大きく慎重な施策が必要

- 再エネ普及には、各種対応コスト上乗せによる電力価格高騰という痛み^{*1*}が伴う。
- 国が気候変動対策に対して後ろ向きな態度を示すのは経済的にリスクとなるため、再エネの部分に限っては電力価格高騰リスクは潔く切り捨て、無理のない野心的な投資を行うべき。
- 一方、電力価格高騰によって産業競争力は低下する。これを補うために、原子力や火力等への投資を進めるべき。

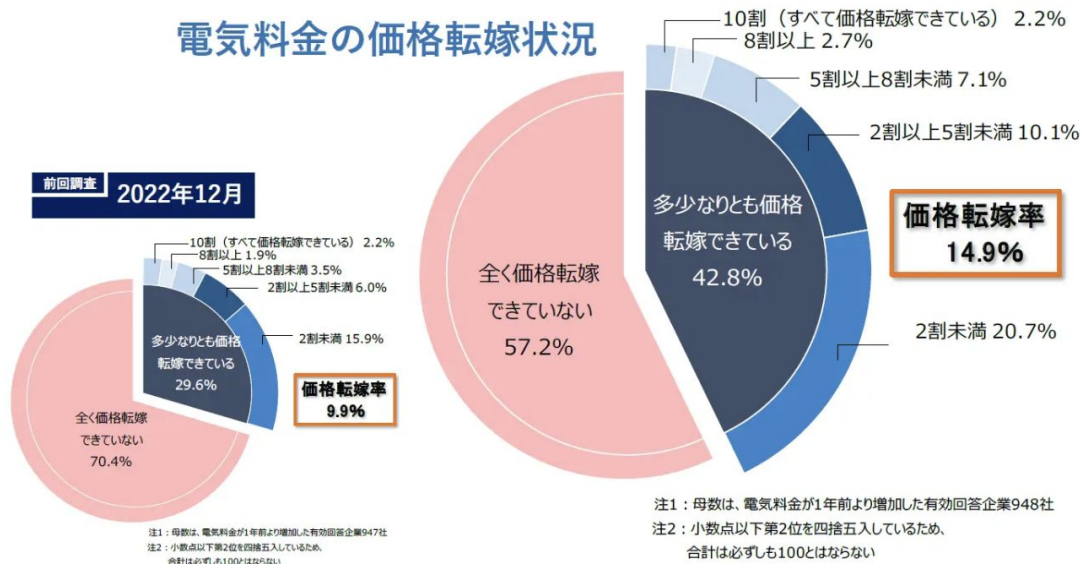
電力価格高騰によって企業の利益が減少する

電気料金の変化率（1年前比）



(出所)帝国データバンク調査

電気料金の価格転嫁状況

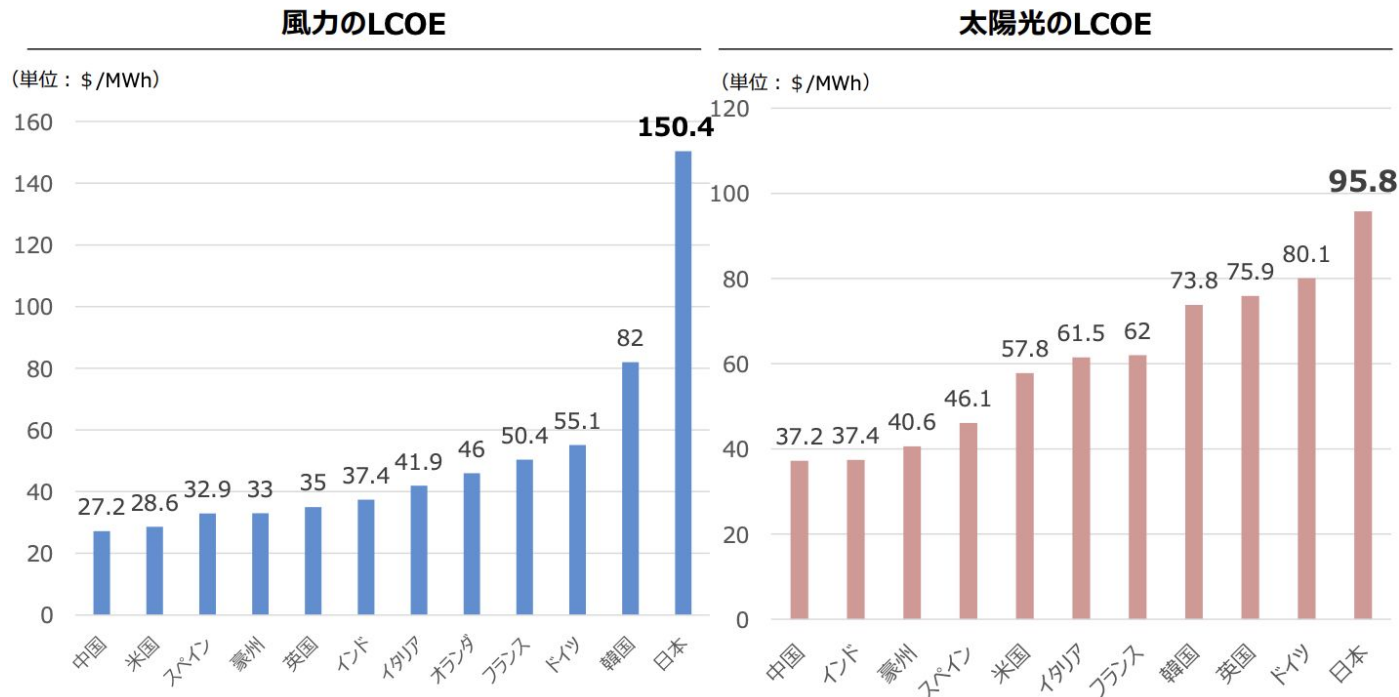


^{*1}「すでに再エネの方が他の既存発電方法より安い」との言説も多く、確かに妥当する国もある。ただし、現象論として、再エネは国内市場において極めて優遇されているにも関わらず普及スピードが落ちている以上、日本に限っては、上記結論を導くモデルが破綻しているか、何か別の阻害要因・コスト要因が存在すると思われるべきである。

^{*2}景観悪化や放置等の痛みも存在するが、これは再エネ事業者への規律強化として対応すべきであって、直ちに再エネを悪とするべきではない。ただし、地域住民との共生が重要であることは論を俟たない。

日本の風力・太陽光の LCOEは、諸外国に比して顕著に高い

- 地理的制約が大きいと考えられ、再エネの無理な拡大は、電気代高騰との形で経済に悪影響を与える。
- 一方、再エネ価格が高いことにより、再エネ電力を足がかりとする関連産業の発展が阻害され、国際競争力獲得の足枷になることにも留意せねばならない。



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ます。

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、産業を転換させう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、一定の経済的効果はありつつ、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。

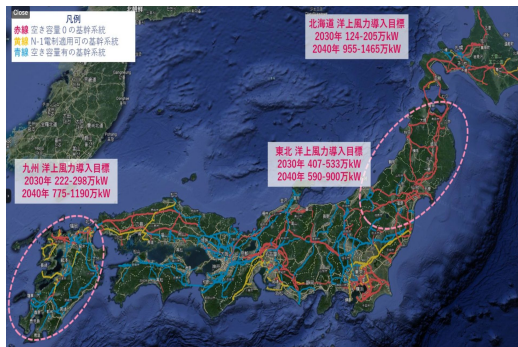
事業者の再エネ推進の構造的コストに対する支援のあり方を議論するべき

再エネ普及には多大な系統増強コストを必要とする。

- 北海道には日本の再エネ賦存量の3~4割があるとされるが、本州に送電するための北本直流送電線の系統増強、発電場所と送電場所を結ぶ系統整備に数兆円かかると思われる。

再エネ普及には多大な保守・点検環境醸成コストがかかる

- 再エネの保守・点検には専門の人材が必要であり、今後再エネの導入が増えるとのシナリオに立脚すれば、保守・点検人材の確保を早々に進めるべきではないか。
- コスト削減のため、ドローン等を保守・点検に活用するべきである。ドローン技術はエネルギー関連技術として投資を進めるべきである。



(出所)エネルギー経済社会研究所

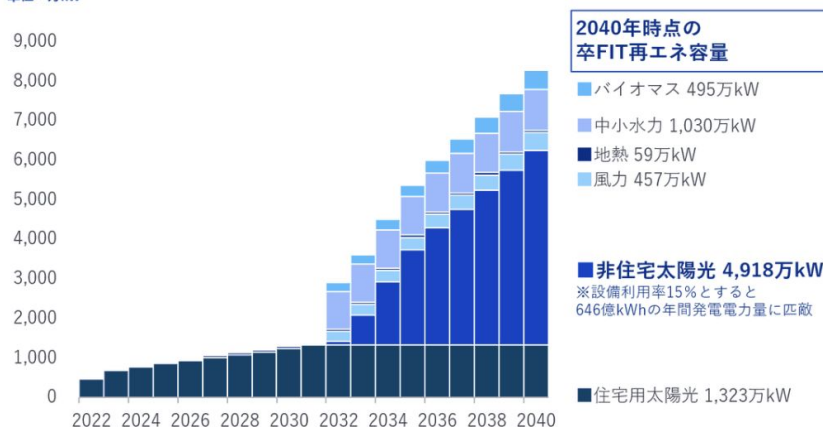
(出所)経産省

卒FIT後の維持・リパワリングに要する費用の負担主体に関する議論を進めるべき

- 2032年以降、卒FITメガソーラーが続出する^{*1}。
- 卒FITの放置・撤退は再エネ比率低下に直結する。
- 残余需要確保のため、何らかの事業者への経済的インセンティブを継続することを視野に入れるべき。

日本の卒FIT再エネ出現予測 (2040年まで)

単位: 万kW



(出所)エネルギー経済社会研究所

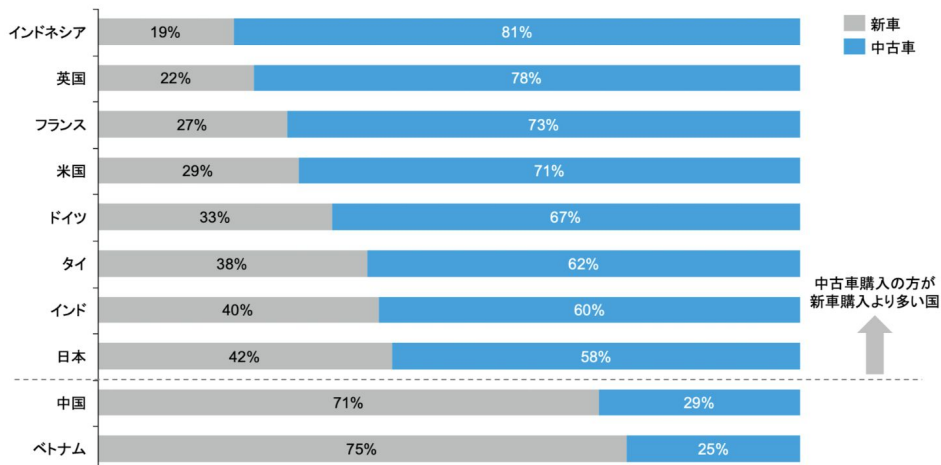
^{*1} 電力の小売自由化・発送電分離等の電力改革により、多数の事業者が再エネを中心として電力関連事業に参入したものの、それに伴い事業者規律の維持が極めて困難となっている。電力供給という公益性が高く、維持・管理に莫大なコストがかかる領域にありながら、経済性に不安のある状況になれば、一層事業者規律の維持が難しくなることは容易に想像できる。

他の国産産業と融合したルール形成・投資環境醸成によりペロブスカイト型の国際競争で勝ち抜く姿勢を

- ペロブスカイト型は電源の分散化がより進み、住環境密着型となる点で革新的である。
- すなわち、住環境を構成する様々な産業と融合させ、融合産業にとって有利な規制環境をルール形成することによって相乗効果を狙うことが必要。

例① 中古車にペロブスカイト型太陽電池を貼付したものを評価する国際的環境規制スキームの構築

- 中・越以外では中古車購入の方が多く、中古車からのCO2排出の規制が合理的。
- 中古車市場のHEV化と衝突しない規制を考案すべき。



(出所) 國分(東京大学先端科学技術研究センター)

例② 耐久性・変換効率を加味した税優遇制度導入 リサイクルのルール検討

- 現状、再エネ発電設備について、3年分の固定資産税を一定割合軽減するとともに、太陽光発電の対象設備にペロブスカイト型を追加し、2年間延長するシステムが採用されている。
- 耐久性基準・変換効率基準を、国内企業の製品が優遇されるように設定することで、高性能製品の市場競争力を価格の面から支援するとともに製品開発にインセンティブ付け。
- シリコン系に比べて耐久性が低いことが課題であり、リサイクルをどうすべきかも問題となる。
リサイクルスキームを確立するとともに、仮に安価で環境に優しいスキームをなるのであれば、リサイクル過程も含めてコスト評価等を行うことで、シリコン系への競争力獲得につながる。
- 他、高層ビルから日陰の建物への電力融通を行うことで両者に金銭的メリットがもたらされる制度で、擬似的にビル間送電を喚起するなども考えられる。

目次

日米学生会議概要

当団体の基本的立ち位置・提言要旨

- ① エネルギー分野においても、産業政策として必要な企業支援策を
- ② 7次エネ基における数字の出し方について

【再エネ】普及コスト・卒 FITに関する議論を進めるべき(資料記載のみ、説明割愛)

- コストを甘受し、再エネ拡大には前向きな態度を取るべき
- コスト要因の課題・卒 FITの進め方に注力するべき

【原子力】原子力分野へのボトムアップ的投資、事業者の責任負担の軽減、海外案件受注支援を三本柱に

- 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
- 技術者・技能者育成支援を強化すべき
- 旺盛な市場が投資促進・人材育成には必要

【調整力】時間軸、コスト、集中型 / 分散型等の観点から望ましい調整力ポートフォリオを議論するべき

- 電力安定供給には、重層的な調整力の構築が必要
- 多様な観点から調整力ポートフォリオの議論を行うべき
- 同期化力・慣性をいかに確保するかについての議論を行うべき
- LNGの長期契約確保・トレーディング強化へ(資料記載のみ、説明割愛)

Summary

1. マクロ環境は原発の歴史的な再拡大期にあたり、いま国家戦略として日の丸原子力産業を成長させなければ、日本は原子力分野での競争力を失いかねない。
2. 原子力産業の将来性を顕示することで、技術者・技能者の新規育成、既存人材の国内引留めを図る必要がある。
3. 安全管理等に係る事業者の過度な責任負担を積極的に軽減し、早期の再稼働・新設・Replaceを行うべき。
4. 国内状況と非同期的に海外での新設等案件を国内企業が受注できる体制を支援すべき。

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10年以上経過し、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、国民感情等に配慮しており、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10年以上経過し、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を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。

“日の丸原子力産業育成の三本柱”を打ち立てるべきではないか

- 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、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。」

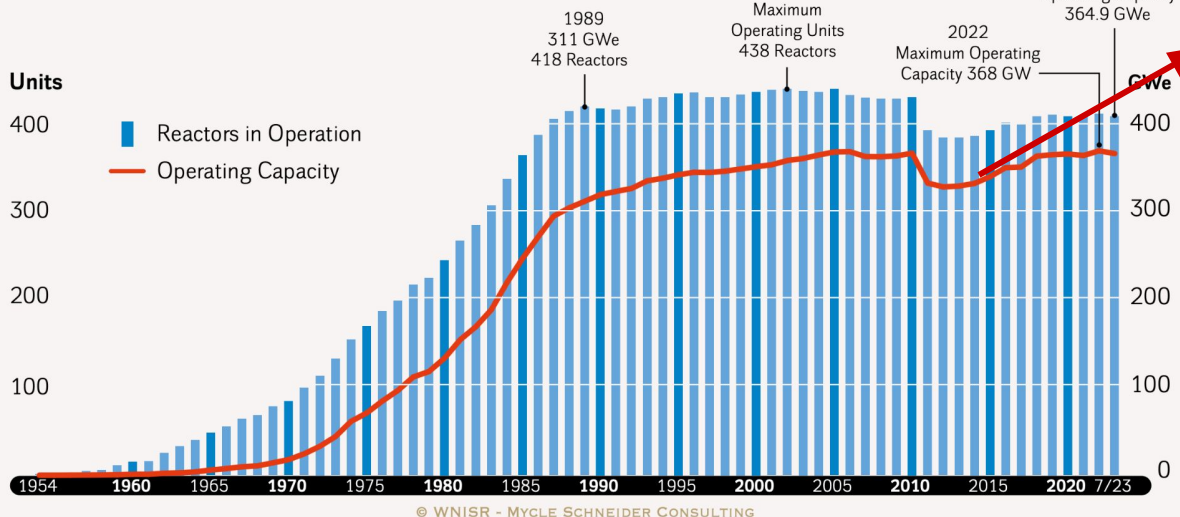
^{*2} 原子力人材の状況については、資源エネルギー庁の本資料（[210414「原子力人材・技術・産業基盤の維持・強化について」](#)）に詳しい。

今後数十年で、アジア・オセアニアの新設案件を取れるかが日本の原子力産業を左右する

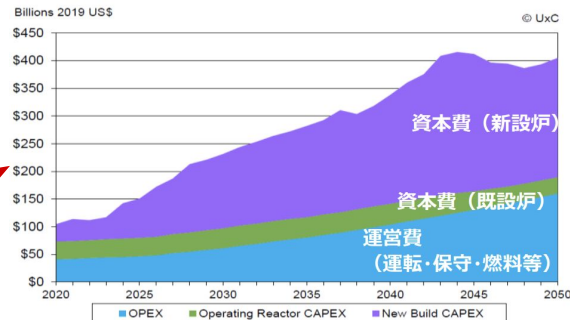
- 今後数十年で、アジア・オセアニアにおける原発容量は、2023年時点の世界での総容量に匹敵するだけ拡大する。
- アジア・オセアニアと地理的・文化的に近く、良好な関係を築いてきた日本として新設案件を勝ち取りたい。
- 韓国は2030年に原子力シェア 30%を目指す方針であり、実績や外交的立ち位置を鑑みても強大な競争相手である。
- また、米国民間金融(BoA、Morgan Stanley、Goldman Sachs等)も原子力への投資に転換し、方向性が確定的に。

Nuclear Reactors and Net Operating Capacity in the World

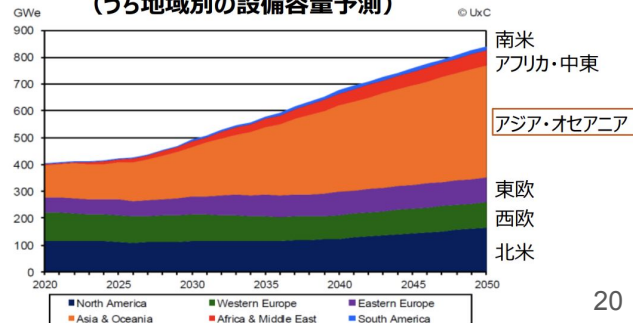
in Units and GWe, from 1954 to 1 July 2023



(出所) World Nuclear Status Report 2023



(うち地域別の設備容量予測)

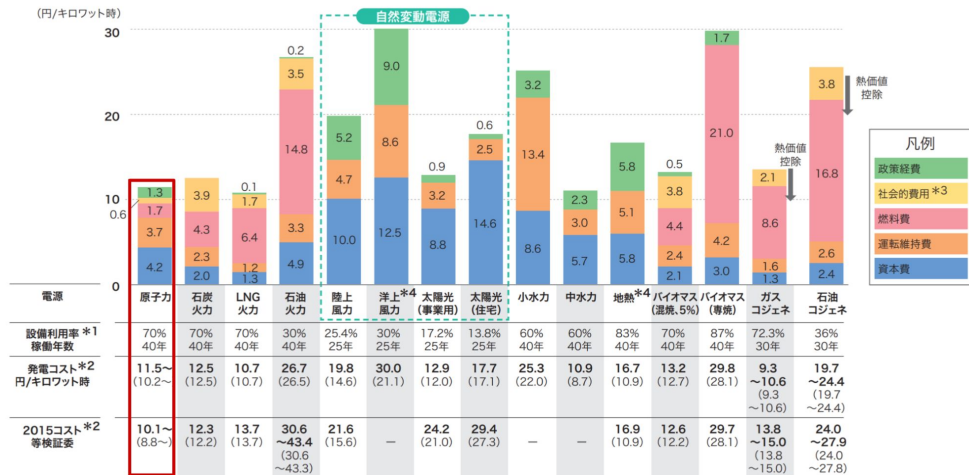


(出所) 経産省

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%、ガスコジェネ:70%、石油コジェネ:40%

*2 ()内の数値は政策経費を除いた発電コスト。

*3 社会的費用のうち事故リスク対応費用は、事故廃炉・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。

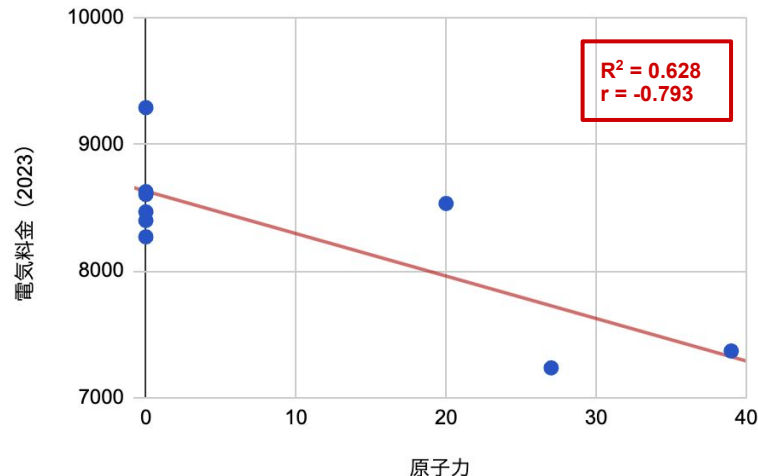
*4 洋上風力、地熱については、その予算関連政策経費は今後の開発拡大のための予算が大部分であり、

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除いた値を記載。

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日米学生会議作成

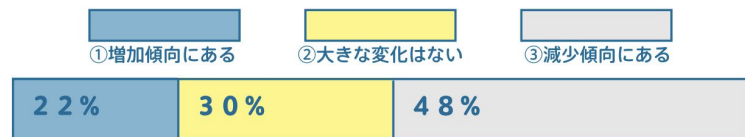
^{*1} 2023年度の各電力の従量電灯プランで、月間 300kWh利用した時の料金を基準としている。

^{*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。

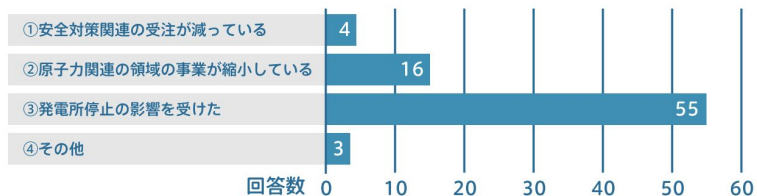
^{*3} 十電力の単年度のデータではデータ数が不足しており、かつ原子力を稼働しているのは3電力のみであるため、統計的な説得力に限界があることは留意されたし。

図 1-1：原子力発電関連売上高比較（対 2010 年度）



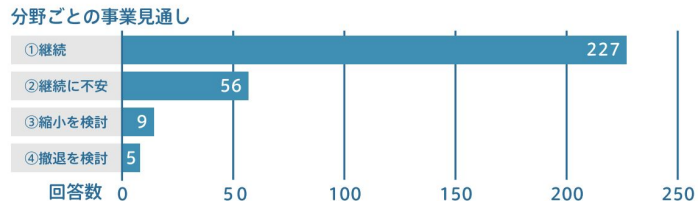
(サプライチェーン調査結果)

図 1-2: 原子力売上高が 2010 年度より減少傾向にある理由 (複数回答)



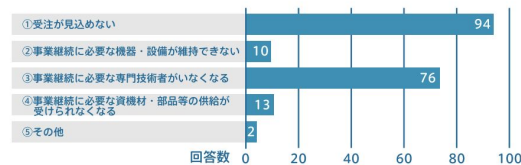
(サプライチェーン調査結果)

図 1-3：原子力関連の事業見通し



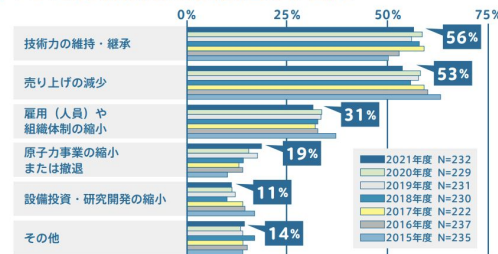
(サプライチェーン調査結果)

図 1-4：事業継続するうえでの懸念事項（複数回答）



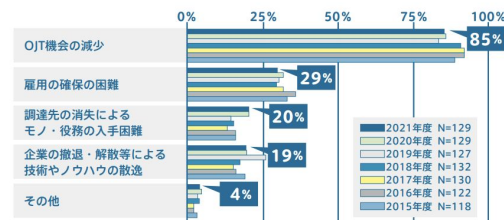
(サプライチェーン調査結果)

図 1-5：原子力発電所の運転停止に伴う影響（複数回答）



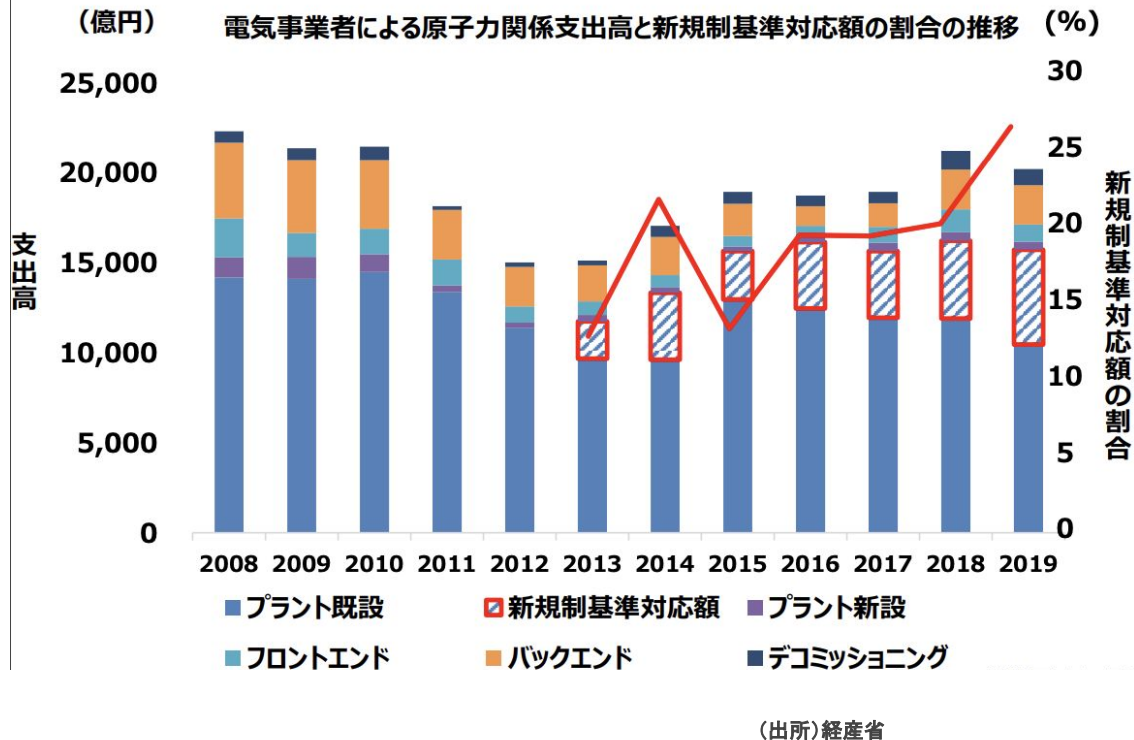
(原子力発電に係る産業動向調査 2021)

図 1-6：技術面への具体的な影響



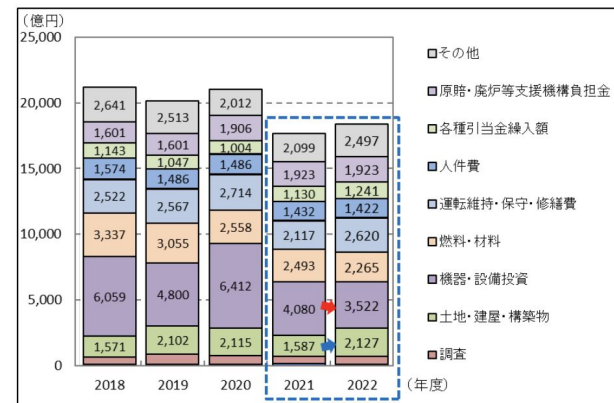
(原子力発電に係る産業動向調査 2021)

電気事業者の新規制基準対応額は 20%前後にのぼる

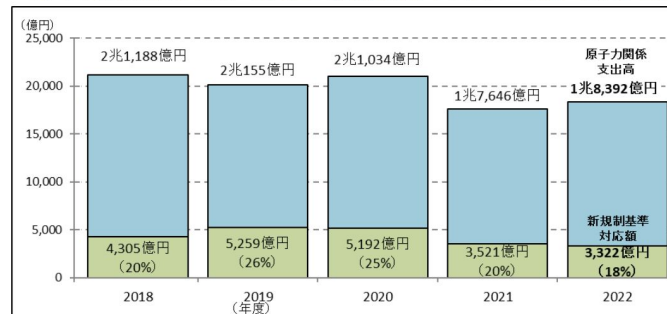


近年のアップデート

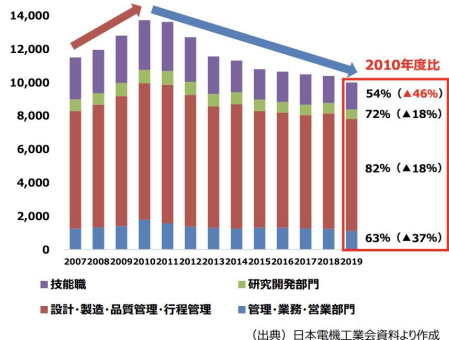
電気事業者における費目別の原子力関係支出高 (推計値)



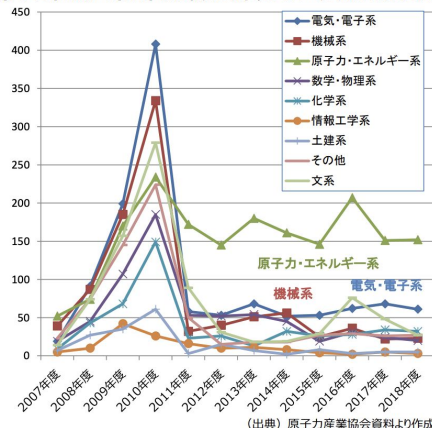
原子力関係支出高における新規制基準対応に関する支出額



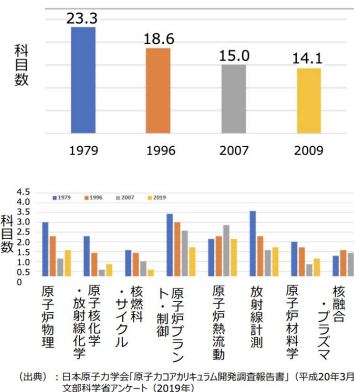
メーカー14社の各部門の原子力従事者



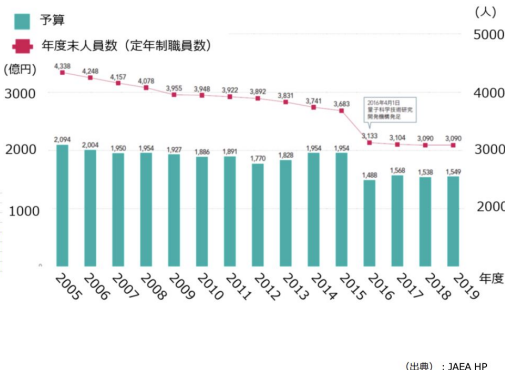
原子力関係企業合同就職説明会の学生参加者数の推移



原子力関係学科(大学)における
原子力関係科目数の推移



日本原子力開発機構の予算と人員数の推移



(出所)経産省

原子力関連製品事業者の廃業

シロコプロダクツ

- 神戸製鋼所と旧住友金属工業が合併で設立した、国内唯一のBWR向け原子力燃料被覆管の製造メーカー。
- 2017年、原子力発電所の長期停止により新規需要が望めないことから、会社を解散、生産を停止した。
- これにより、燃料被覆管は国内で調達できない状況となっている。
- 事故時に水素を発生しない燃料被覆管のプラントメーカーによる開発を支援中。(原子力の安全性向上に資する技術開発事業)

日本鑄鉄鋼

- 旧日本製鉄と三菱製鋼が合併で設立した、大型鑄鉄鋼品の製造メーカー。
- 原子炉圧力容器、蒸気発生器、タービン用部材(大型鍛造品)を製造。
- 2020年3月末に自主廃業
- 原子炉圧力容器の部材を供給できる企業は国内1社(JSW M&E)に。

- 米国やフランスでは、長期間原子力発電所の建設がなかったことで原子力サプライチェーンが弱体化。近年の新設案件では建設遅延やコスト増加が発生し、未だ運転開始に至っていない。

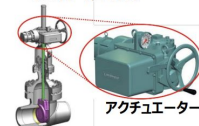
原子力事業からの撤退

川崎重工業



- 蒸気発生器等の主要部品を製造。2020年11月に原子力事業をアトックス(原子力発電所の保守管理や除染を手がける)へ譲渡すると発表。2021年4月に正式譲渡。
- シビアアクシデント発生時に発生する水素を処理する可燃性ガス温度制御系再結合装置の製造技術を持つ唯一のメーカー
- 2023年3月までアトックスに保守・点検等の技術支援を予定。

電動弁(仕切弁)



甲府明電舎

- 直流電動弁の駆動装置(アクチュエーター)内の直流モータを製造
- 電動弁用直流モータの製造中止を決定。アクチュエータ製造メーカーである日本ギア工業が主体となり代替調達先への技術伝承を実施中。(令和2年度原子力産業基盤事業)

米国

- スリーマイル原子力発電所の事故以降新設案件がなく、ボーグル原発3・4号機は、35年ぶりの新設着工原発として、2013年に建設開始。
- ウェスティングハウス(WEC)の新型炉AP1000の世界初の建設(FOAK炉)。
- 長期間建設がない間、米国では原子力に関与する事業者が減少し、主要資機材を日韓等の海外から輸入。
例) 圧力容器(韓斗山重工業)、格納容器(IHI)、タービン(東芝ESS)
- 米国機械学会が認証する原子力規格(N-Stamp)取得企業が600社(1980年)から200社以下(2007年)に減少。
- 原子力エネルギー省は、2005年、米国企業には第三世代原子炉の主要資機材(原子炉圧力容器、蒸気発生器等)を製造する能力はないと評価。
- 2002年以降、原子炉圧力容器上蓋(取り替え用)は全て海外に依存。
- 建設ノウハウの喪失や同時多発ゼロを受けた規制強化等の影響で工期5年、建設費用約160億ドル以上増加。



炉型	PWR (WEC AP1000)
出力	1107MWkW±2%

フランス

- フラマンビル原発3号機は、1993年着工のシボ-2号機以来14年ぶりの新設着工原発として、2007年に建設開始。
- 仏電力会社EDFよりフラマン社が一括受注し、新型炉EPRの仏国内初の建設。
- ほとんどの資機材をフランス国内のサプライチェーン(フラマム、アルストム等)でまかなうも、原子炉容器上蓋の鋼材異常や冷却系配管の接続不良等が発覚し、工期1年以上、建設費用約90億円増加。
- 仏規制庁長官「新設にかかる原子力業界の能力に対する疑念が生じている」とし、仏政府は元PSAフォルト氏に原因分析を依頼。
- フォルト報告書では、「新規着工のない15年の間にEDFのプロジェクマネジメント能力や部品メーカーの製造能力が低下し、特に溶接の技術や人材を喪失した」と指摘(2019年10月)



炉型	PWR (フラマンEPR)
出力	1637MWkW

(出典) 令和元年原子力産業の現状と展望に関する調査(国内外の原子力産業に関する調査)等の公表情報をもとに本ページで整理

技術者・技能者育成支援を強化すべき



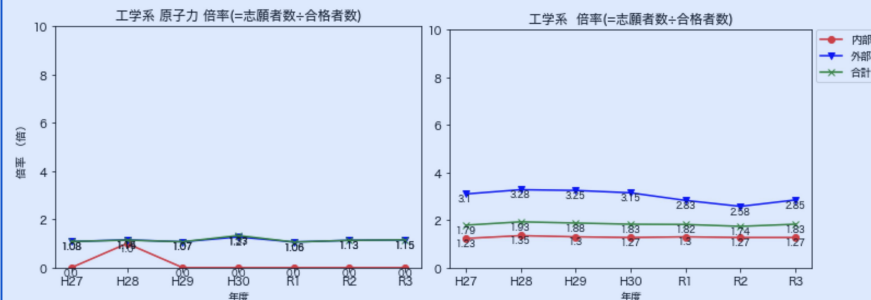
①技術者・技能者の確保を目指し、産学官連携の強化を

- 核工学分野は学術的重要性も社会的重要性も高い。人員増強は将来への投資として高いリターンを生む。
- NSCP(経産省)・ANEC(文科省)等の施策が実践されるも、依然人材育成状況には課題がある。
- 最も重要なのは、**原子力産業の将来性を顕示する** ことである。政治的に「将来的に原発を減らす」といったメッセージが発せられたり、再稼働・新設・Replaceが進まない状況が続いたりしていることが人材獲得に負の影響を与える。
- 将来性を示すとともに、門戸を広げる施策(学部・コース・高専を設置する等)を採ることが重要。
→注目の高い核融合・素粒子学と一緒に訴求しても良いのでは。
- **既存の技術者・技能者を国内に留めることも同様に重要**。



大学教育における原子力分野の人気は高いとは言えず、将来的な人員確保に大きな不安がある

学校名	学部名	学科名	設置
東京大学	工学系研究科	原子力国際専攻	平成17年4月
		原子力専攻 (専門職大学院)	平成17年4月
東京工業大学	理工学研究科	原子核工学専攻	昭和32年4月
長岡技術科学大学	工学研究科	原子力システム安全工学専攻	平成24年4月
福井大学	工学研究科	原子力・エネルギー安全工学専攻	平成16年4月
京都大学	工学研究科	原子核工学専攻	昭和32年4月
総合研究大学院大学	高エネルギー加速器科学研究科	素粒子原子核専攻	平成16年4月
東京都市大学	工学研究科	共同原子力専攻	平成22年4月
早稲田大学	先進理工学研究科	共同原子力専攻	平成22年4月



原子力国際専攻の倍率は著しく低く、ここ数年東大の学部からは内部進学者ゼロが続く

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

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

再稼働のみならず、新增設・Replaceは明記の上、積極的に推進できる環境を創出すべき

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

- MHI・日立・東芝らを中心に、原子力プレイヤーの海外案件受注を拡充させるための施策を。
- 国内の原子力投資の速度は海外に比べて遅く、国内環境の成熟を待っているのは国際的に落伍してしまう。
- 国内の新設を待たず、海外での新設に中心で関与することでノウハウを蓄積し、市場競争力確保・国内の新型炉建設への還元を促進するべき。案件形成に、ODA等の仕組みを用いることが望ましい。

図-S 国内の新型炉・革新炉事業への関心有無

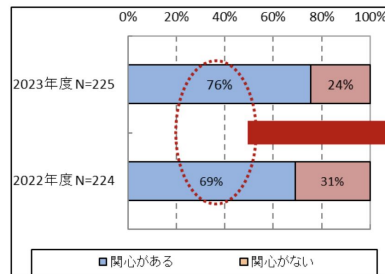
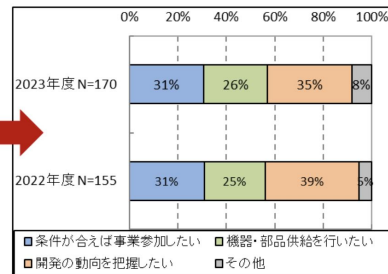


図-T 国内の新型炉・革新炉事業への関心の内容



理解形成コストも事業者ではなく原則国が負担するべき

地方創生策としての原子力産業の有用性を示していくべき

都道府県	不交付団体名				
北海道	泊村				
青森県	六ヶ所村				
宮城県	大和町				
福島県	西郷村	広野町	大熊町	新地町	
茨城県	つくば市	神栖市	東海村		
群馬県	明和町				
埼玉県	戸田市	朝霞市	和光市	八潮市	三芳町
千葉県	市川市	成田市	市原市	君津市	浦安市 袖ヶ浦市
	印西市	芝山町			
東京都	立川市	武蔵野市	三鷹市	府中市	昭島市 調布市
	小金井市	小平市	国分寺市	国立市	多摩市 瑞穂町
神奈川県	川崎市	鎌倉市	藤沢市	厚木市	海老名市 寒川町
	箱根町				
新潟県	聖籠町	刈羽村			
福井県	美浜町	高浜町	おおい町		
山梨県	昭和町	忍野村	山中湖村		
長野県	軽井沢町				
静岡県	富士市	御殿場市	湖西市	長泉町	
	名古屋市	岡崎市	碧南市	刈谷市	豊田市 安城市
愛知県	小牧市	東海市	大府市	高浜市	日進市 田原市
	みよし市	長久手市	豊山町	大口町	飛島村 武豊町
	幸田町				
三重県	四日市市	川越町			
京都府	久御山町				
大阪府	田原町				
兵庫県	芦屋市				
福岡県	苅田町				
佐賀県	玄海町				

全不交付団体の12%が
原子力関連企業からの
税収を主因として不交付
団体となっている。

青枠: 原子力関連

赤枠: 火力関連

黄枠: 太陽光設備

※その他は、観光資源や大手企業
の拠点を有することによる不交付
団体が多い

経産大臣が、国産小型原発が商用化した場合に、経産省施設の地下に設置し、電力を自給する“隼より始める”宣言を行う



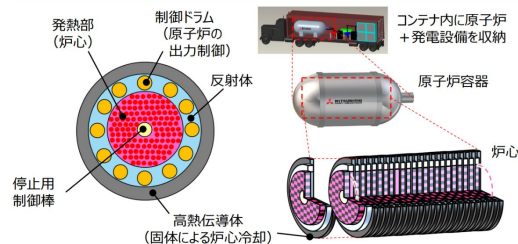
なお、マイクロ炉の商用化は早くても2030年代であり、仔細を検討するための時間的猶予がある。

マイクロ炉の開発



- 離島、僻地、災害地用電源など多目的利用を可能とするポータブル原子炉（コンテナ内に収納可能）を経産省補助事業（'19年度～）を活用して開発中。一部技術について米国とも協調
- 燃料交換が不要で長期間の遠隔・自動運転、メンテナンスフリーを実現
- 高熱伝導体※1を用いた全固体原子炉（環境へのリーク、事故原因を排除）

※1 黒鉛系材料



【マイクロ炉の主要仕様】

冷却方式	1次系：高熱伝導材による熱伝導 2次系：CO ₂ ガス冷却
熱出力/電気出力	1MWt～/500kWe～
運転サイクル	5年以上
設計寿命	25年

(出所) MHI 原子力事業説明資料

(出所) 総務省資料・各団体のプレスより作成

企業の人材獲得の流れが興隆し、震災以降の状況が好転するには、政府の積極的な協力・発信が必要

令和6年度 国際原子力人材育成イニシアティブ事業

メーカー/電力連携プログラム『原子カプラント技術実践研修』のご案内

三菱重工グループと関西電力は、原子カプラントの「つくる」から「つかう」までを幅広く学べ、原子力の魅力に触れられる実践的な研修プログラムを全国の学生の皆さんに提供します。

実際のプラント設計を模擬体験できる課題解決型の実習や、モノづくりやプラント運用の現場を目で見て体感できる工場・発電所見学に加え、脱炭素社会を実現するための原子力の役割や将来に向けた研究開発の取組みなどを紹介する講座など、メーカー／電力会社ならではの様々なコンテンツを準備しています。

「原子力はあまり詳しくないんだけど…」という方にもご満足いただけるよう、原子力発電の仕組みなどを学ぶ導入講座も用意していますので、奮ってご参加ください。

研修コース① 「原子カプラント設計・製造研修」と「原子カプラント運用研修」

研修コース② 「燃料設計・製造研修」

実施概要

現地開催

実施場所

コース①：兵庫県神戸市及び福井県大飯郡おおい町(予定)
コース②：茨城県那珂郡東海村(予定)
交通費及び宿泊費は全額支給いたします

実施期間

コース① 2024年8月27日(火)～30日(金)(予定)
コース② 2024年9月2日(月)～3日(火)(予定)

参加資格

原子力分野に興味のある国内の理系分野(原子力専攻でなくても可)の大学院生、
大学生(3年以上)、高専生(専攻科1年以上)

募集人数

コース① 20名程度 コース② 15名程度

応募について

三菱重工Webページに詳しい応募案内を掲載します(6月上旬以降を予定)
https://www.mhi.com/jp/business/nuclear/personneltraining
右のQRコードからWebページにアクセスできます
申込み期間は6月上旬～7月上旬を予定しています
応募者多数の場合は、選考により参加者を決定します
本案内の内容は今後変更となる可能性があります



その他 本研修は、文部科学省原子力人材育成等推進事業費補助金の補助を受け行うものです

原発人材に採用熱 三菱重工、過去最多200人を確保へ

原発再稼働

+ フォローする

2024年9月18日 5:00 [会員限定記事]



保存



Think! 多様な観点からニュースを考える

村上芽さんの投稿



三菱重工は2025年3月期に原子力事業で過去最多となる約200人の採用を計画する。東芝や富士電機も人員を増やす方針。福島第1原子力発電所の事故後、原子力を専攻する学生の減少に歯止めがかからない。**国の次期エネルギー基本計画で原発の新増設議論が進み、**各社が事業拡大に備え始めるなか、技能伝承に必要な専門人員の確保が優先課題となってきた。

(出所)日本経済新聞

目次

日米学生会議概要

当団体の基本的立ち位置・提言要旨

- ① エネルギー分野においても、産業政策として必要な企業支援策を
- ② 7次エネ基における数字の出し方について

【再エネ】普及コスト・卒 FITに関する議論を進めるべき(資料記載のみ、説明割愛)

- コストを甘受し、再エネ拡大には前向きな態度を取るべき
- コスト要因の課題・卒 FITの進め方に注力するべき

【原子力】原子力分野へのボトムアップ的投資、事業者の責任負担の軽減、海外案件受注支援を三本柱に

- 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
- 技術者・技能者育成支援を強化すべき
- 旺盛な市場が投資促進・人材育成には必要

【調整力】時間軸、コスト、集中型 / 分散型等の観点から望ましい調整力ポートフォリオを議論するべき

- 電力安定供給には、重層的な調整力の構築が必要
- 多様な観点から調整力ポートフォリオの議論を行うべき
- 同期化力・慣性をいかに確保するかについての議論を行うべき
- LNGの長期契約確保・トレーディング強化へ(資料記載のみ、説明割愛)

Summary

1. エネルギー安定供給を議論する上で、調整力・同期化力・慣性といった系統安定化作用は外せない。「調整力等」を一つのカテゴリーとして綿密に議論を行っていただきたい。
2. 「調整力等」を日次需要・年次需要、短期・中期・長期の2つの時間軸でどうデザインするかを議論していただきたい。
3. 蓄電システムの育成において、グリーンに拘らず、原子力・ガスも活用しなければ市場立ち上げが国際動向に間に合わない。
4. LNGの長期契約確保・トレーディング機能強化を急がなければならない。

電力安定供給には、重層的な調整力の構築が必要

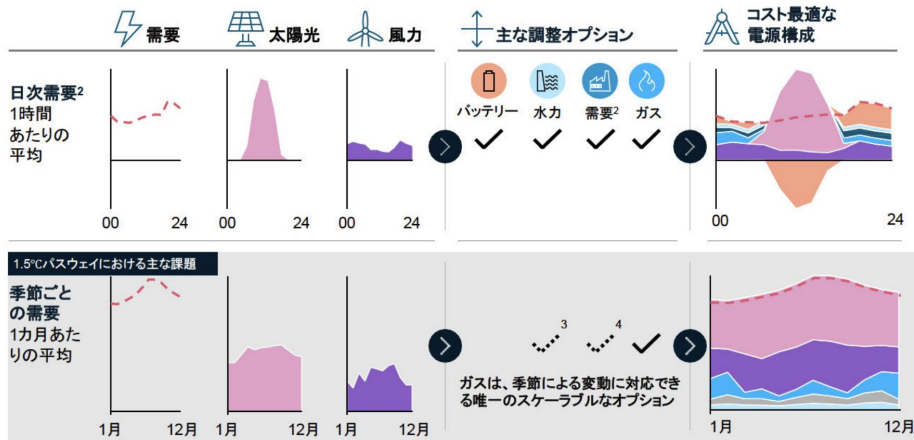


電力の需給一致は絶対的に必要であり、再エネ比率が上がれば、一層安価な調整力のバックアップが必要に

- 調整力は火力にも大きく依存しているため、再エネ・原子力等の動向如何に拘らず、調整力の低炭素化・脱炭素化をいかに進めるか考えねばならない。
- 調整力は、蓄電期間によって適性が異なり、長期間^{*1}の蓄電にはガススペースの蓄電方法が必要となる。
- LNG・水力以外の調整方法は未だ発展途上であり、水力は拡大が難しいため、短中期的に LNGへの依存が必要。

例示

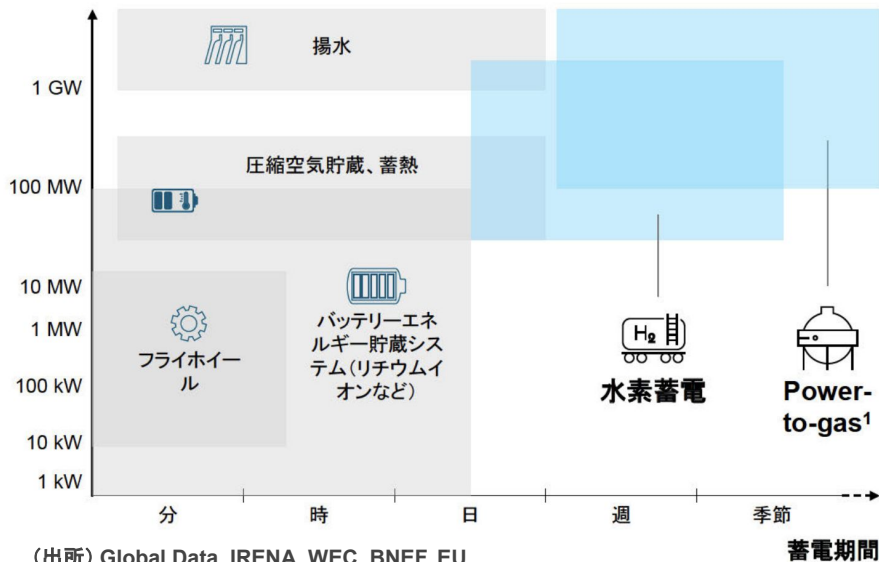
需要と発電プロファイルの例



1. 水素を活用したピーク負荷用発電、原子力発電、需要の柔軟性を含む2. 柔軟性の高い需要 (例: 太陽光や風力による発電量が少ない場合に調整可能な産業需要)
3. 水力発電の発電可能量は季節によって変動する4. 国内にオペレーションの柔軟性が高い産業界があるかによって可用性が決まる

(出所) IEA, McKinsey Net Zero Europe 2020; Eurostat

量の範囲



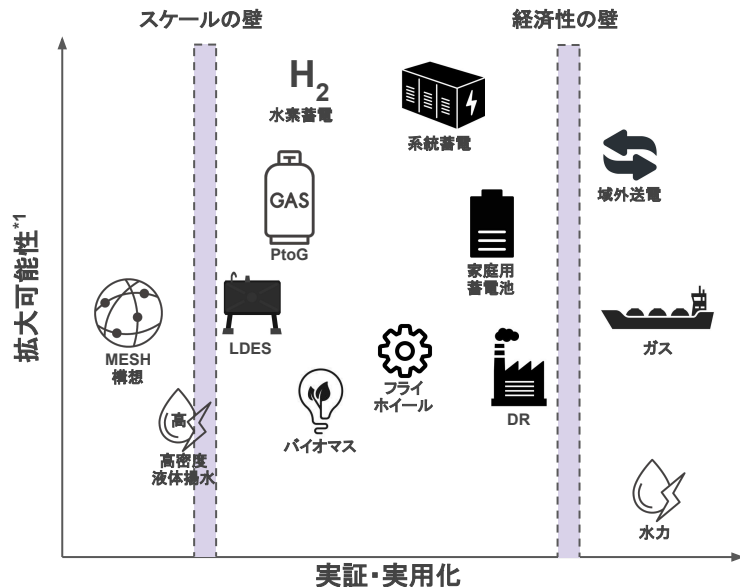
(出所) Global Data, IRENA, WEC, BNEF, EU

^{*1} ドイツは、2017年1月に1週間の寒くて暗い無風の期間 (Dankelflaute)を経験した。このような “有事”に備えた調整力ポートフォリオを組まねばならない。

調整力の多様化に伴い、調整力ポートフォリオの議論は全体の電源構成の議論とは性質が異なったものに

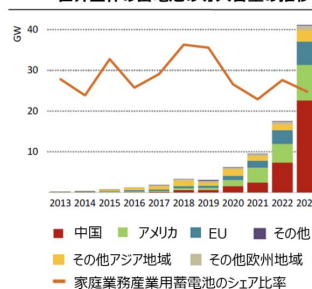
- 旧来は、「ベースロード電源以外の電源構成を火力・水力でいかに調整するか」が議論の主軸だった。
- 蓄電技術・需要側の調整システムが発達するのに伴い、旧来の電源構成の議論とは乖離が見られるように。
- 電源構成の分散度合い等によっても議論は異なってくるため、電源構成と峻別しつつ同期的な議論が肝要。

各種調整力の技術的・産業的段階と普及拡大マージン



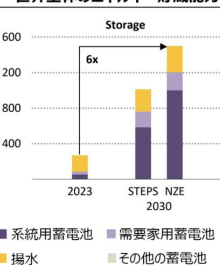
(出所)各種資料より日米学生会議作成

世界全体の蓄電池の導入容量の推移



(出典)「Batteries and Secure Energy Transitions World Energy Outlook Special Report」(2024年4月公表)より抜粋。

世界全体のエネルギー貯蔵能力



蓄電池の国際的な伸びは顕著。今後も加速度的な容量拡大が見込まれる。

- 事業者規律を強化すべき。
- 蓄電設備に係る 3Rや、維持管理のコスト負担主体に関しても議論を進めるべき。

(出所)経産省:第 51回系統WG

国内における水素蓄電・系統蓄電普及拡大への共通の課題として、両者ともに再エネの余剰電力を貯蔵することが想定されるところ、**国内の再エネコストが高いため蓄電システムも経済性が低下してしまうことが挙げられる。**

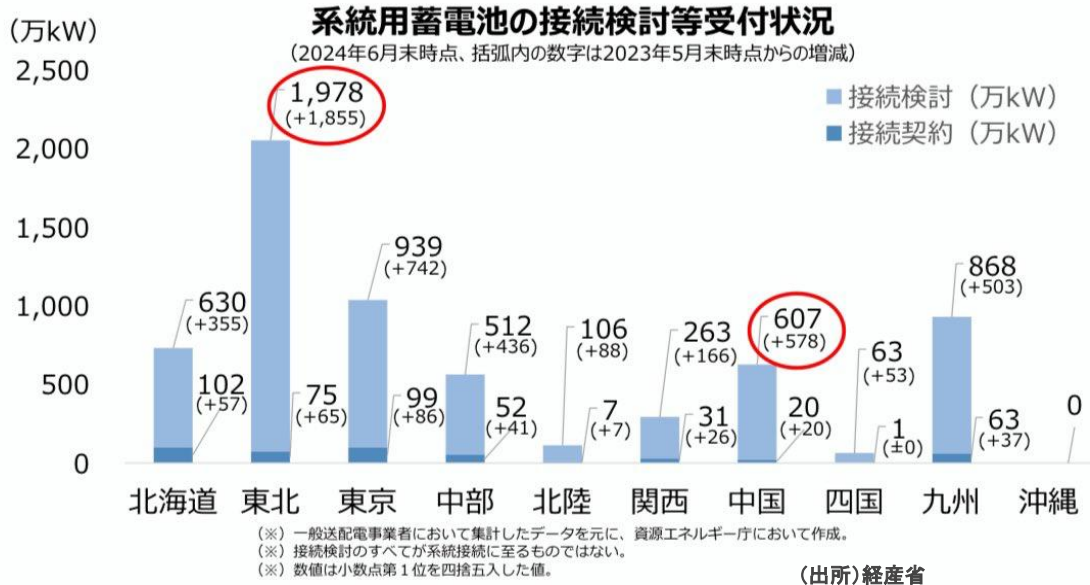
- 将来的に原発・「夢の電源」が拡大した場合、これらのベースロードから蓄電に回すことも考えられる。将来的に蓄電は調整力の中核的立ち位置を占めるため、国産化を進められる迅速な国内市場立ち上げが急務である。
- 目下、**イエロー水素(原子力 to H_2)・グレー水素(ガス to H_2)様の取り組みも包括的に支援するべきではないか。**

¹ 普及度 P (時間に関する一様連続関数と想定)が上に有界であるとして $\sup(P) - P$ (現在)を表した概念的尺度を意図する。あくまでイメージであることを強調しておく。

² 系統蓄電の法的位置付けは 10MW以上の場合発電事業となる(2022改正電気事業法)。一方、電源構成の議論における位置付けとしては、やはり別質のものとして考えるべきではないか。

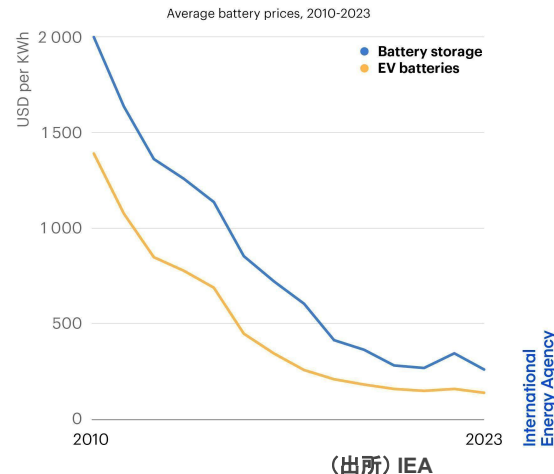
短時間ベースでの調整における系統蓄電の構成比は今後数年間で大幅に伸びる可能性がある

- 系統用蓄電池の接続検討等の受付状況として、接続検討受付が約 6000万kW、接続契約受付は約 450万kWとなっている。
- 接続検討受付分が接続されれば、短時間ベースの調整の大部分を系統用蓄電池で賄えることになる。
- 税制優遇での拡大と事業者規律の強化を引き続き強化するとともに、国際電池市場の拡大を見据えて積極的な日の丸電池産業の育成を検討していただきたい。



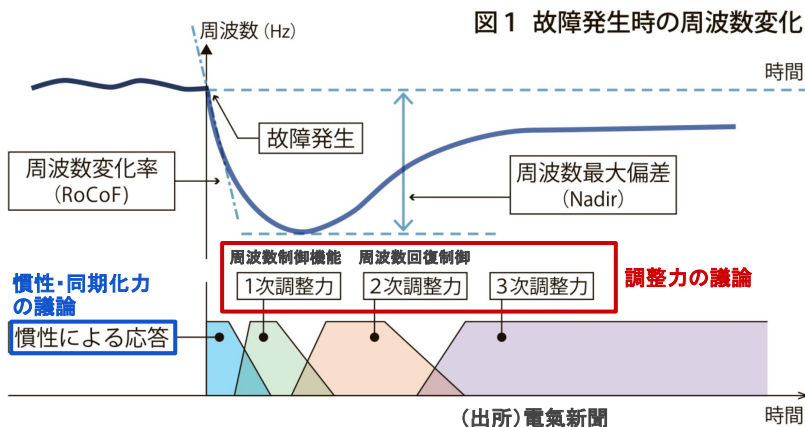
蓄電池価格は大幅に低下も、下げ止まりの兆候あり

In less than 15 years, **battery costs have fallen by more than 90%**, one of the fastest declines ever seen in clean energy technologies



同期化力・慣性の確保がなければ再エネ主力電源化は難しい

- 系統全体におけるインバータ電源比率が約 50%を超えると、電源が連鎖的に脱落する可能性がある^{*1}。
- インバータ電源比率の議論は、既存の年間ベースでの電源構成の議論ではカバーできず、瞬間的な再エネ比率の変化^{*2}もトラックして考えねばならない。
- 同期発電機確保とともに、PCS等の技術開発・普及拡大を図るための議論を行うべき



【注釈】
慣性 [Ws]: 系統に蓄えている運動エネルギーの総量で、発電機からの入力を遮断したときに何秒間定格容量の出力を保てるかを表す。
同期化力: 系統擾乱により同期発電機の内部誘起電圧と系統電圧に位相差が生じた際、その位相差を修正して発電機の出力を元に戻そうとする復原力

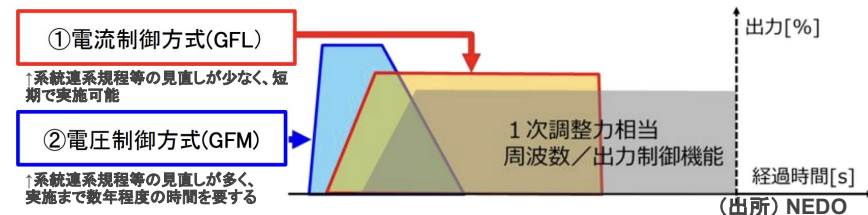
有力な慣性・同期化力の確保の方法

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、同期電動機 (M) を再エネにより駆動し、同期発電機 (G) により発電し系統に並列させる M-G セットの活用も必要となる。



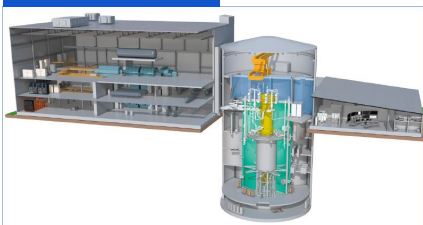
^{*1} 送配電網協議会のシミュレーションに基づく。

^{*2} 特に、好気候条件・低需要な期間 (GW など) は、再エネ比率が高まりやすく、こういった期間を基準とした議論を行う必要がある。

「安価で出力が安定的な大規模発電」を開発しても、需要の変動を賄うための手法は必要不可欠

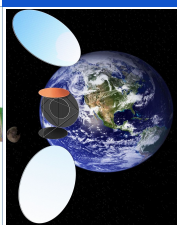
- エネルギーの安定供給の問題は系統全体で考える必要があり、発電方法に偏重した議論ではなく、調整方法も含め、系統全体での安定性をバランスよく議論すべき。
- わかりやすい「夢の技術」を網羅するのみではなく、現実的な視点で、短期・中期・長期の各時間軸でどのように調整力等を確保するのかを議論していただきたい。

次世代原子炉



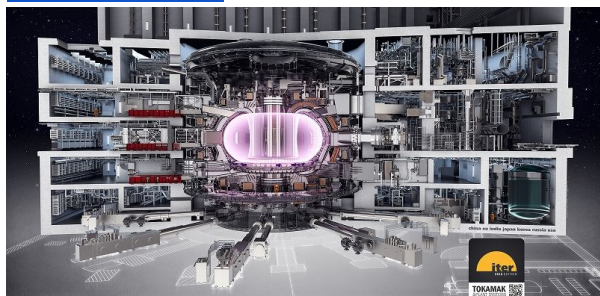
(出所) 日立 GEニュークリア・エナジー

宇宙太陽光



(出所) JAXA

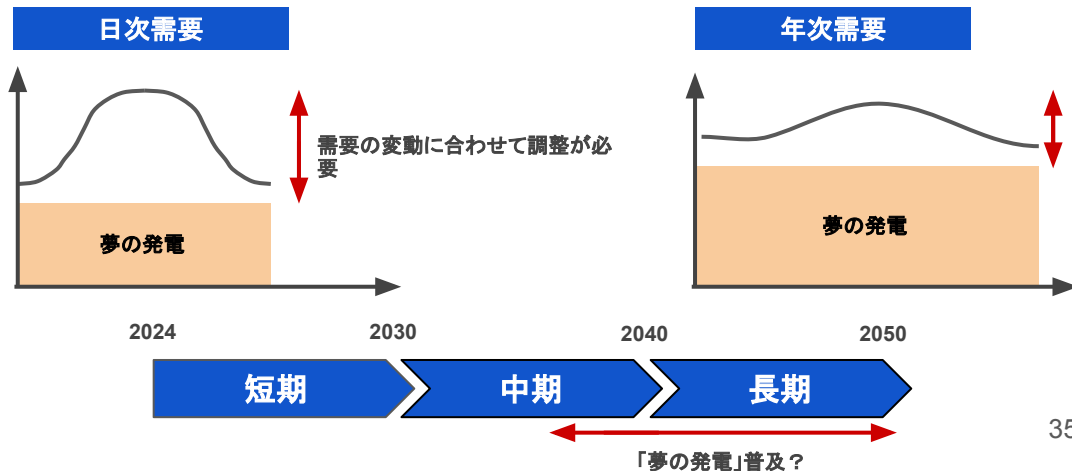
核融合



(出所) 量子科学技術研究開発機構

二重の時間軸を意識した調整力等の議論を

- 日次需要・年次需要での構成の議論
- 技術開発動向を踏まえた短期・中期・長期での議論
- 仮に需要量としては全て補えるほどの容量の夢の電源が実用化されても、系統安定化の議論は不可欠となる。

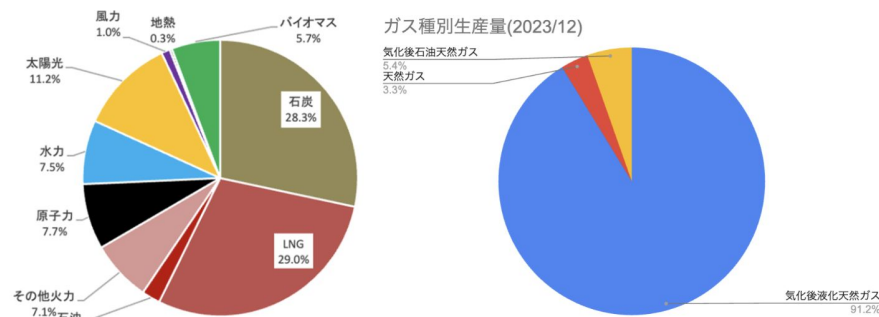


LNGは短中期で最重要資源のひとつである。

- 日本は、発電源の約 30%、都市ガス原材料の 90%をLNGに依存している。
- 火力発電は慣性があり系統安定化に資すること、LNGは石炭等に比べて低炭素排出であることも注目すべきである。
- 前掲の通り、短中期では調整力としても重要である。

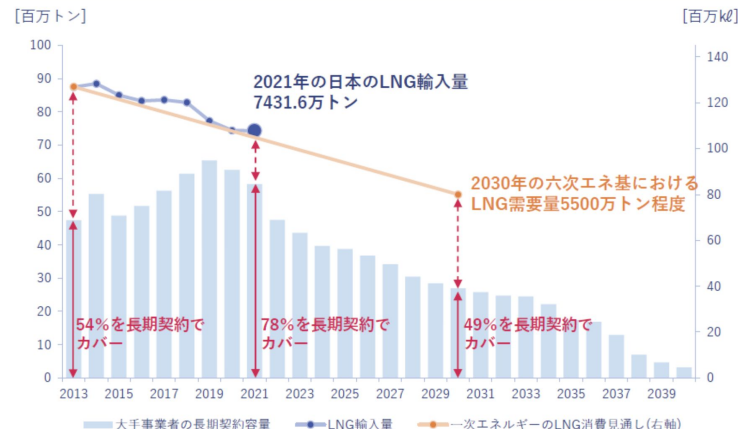
日本の事業者が確保する LNG長期計画は、6次エネ基の野心的目標に比しても下がり過ぎである

- 短中期でLNGは需給が拮抗している。LNG余剰により市場価格が低下した場合、液化施設の FIDは進まなくなり、供給力は頭打ちになる一方で、需要は拡大し続けるので供給逼迫^{*1}に繋がる虞がある。
- 液化施設FIDのタイミングでLNG長期契約を締結しないと、新規LNG長期契約締結は困難である。
- 直近の長期契約確保の支援策検討の報に安堵している。需要超過が予測される今後数年の間しか勝負できないと考えたい。



(出所)資源エネルギー庁

日本のLNG輸入量実績・見通しと、大手発電事業者¹におけるLNG長期契約量



1 旧一般電気事業者およびJERA

(出所)エネルギー経済社会研究所

出所: GILGNL Annual Report, Kpler

^{*1} LNGに限った話ではなく、現下の化石燃料の上流への投資抑制が、2030年代になって発露し、国際的なエネルギー有事を引き起こす可能性があることに留意すべきである。

スポット契約依存・JKM依存による価格高騰リスクを緩和するのが国の役割である

- 長期契約のロットは多くが年間 100-200万トン≒ 100-200億kWh。PPA締結だけでは長期契約必要量に達しない可能性もある。
- 極東のLNGスポット市場は中国がリードする可能性が高い。

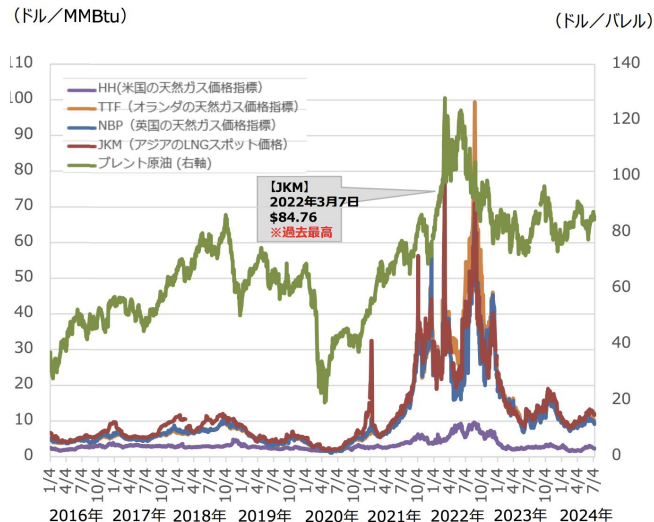
中国はLNG長期契約を1億トン近く確保しているが直近の需要は7,000万トン程度であり、差分の3,000万トンは自国需要の上振れリスクを織り込んでおり、余剰を転売する。中国は自国の需要が上振れた際に、スポット販売を減らす可能性がある。

- JKMにはサーキットブレーカー機能がなく、スパイラル的な価格高騰が生じる可能性がある。
- 取扱量が増大するにつれトレーディング機能を強化し流動性を確保する重要性も増してくる。トレーディングには複数の国で様々な発電所を有するオプション確保が重要であり、政治リスクが高い諸外国への進出にあたって政府の関与・支援は必須。



(出典) Platts、IMF、ICE ほか、各種資料により JOGMEC 作成

※日本平均 LNG 輸入価格内にスポット契約による購入 LNG カブが含まれることに留意。



(出所)資源エネルギー庁

目次

日米学生会議概要

当団体の基本的立ち位置・提言要旨

- ① エネルギー分野においても、産業政策として必要な企業支援策を
- ② 7次エネ基における数字の出し方について

【再エネ】普及コスト・卒 FITに関する議論を進めるべき(資料記載のみ、説明割愛)

- コストを甘受し、再エネ拡大には前向きな態度を取るべき
- コスト要因の課題・卒 FITの進め方に注力するべき

【原子力】原子力分野へのボトムアップ的投資、事業者の責任負担の軽減、海外案件受注支援を三本柱に

- 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
- 技術者・技能者育成支援を強化すべき
- 旺盛な市場が投資促進・人材育成には必要

【調整力】時間軸、コスト、集中型 / 分散型等の観点から望ましい調整力ポートフォリオを議論するべき

- 電力安定供給には、重層的な調整力の構築が必要
- 多様な観点から調整力ポートフォリオの議論を行うべき
- 同期化力・慣性をいかに確保するかについての議論を行うべき
- LNGの長期契約確保・トレーディング強化へ(資料記載のみ、説明割愛)

1. 脱炭素がコストであることを意識させるような記述は残すべき

- 脱炭素が社会構造の変革の契機となり、成長の原動力となりうることに賛同する上で、依然脱炭素は大きな産業コストである。正確な議論のため、「脱炭素はコストではない」と錯覚しうるような扇動的な記述は控えるべきではないか。

2. グラデーションをつけた記述で、戦略文書としての性質を強めるべきではないか

- 全体的に、全ての技術・産業的要素を記載しようとする傾向が強く、教科書的である。
- もちろん、記載することで国家が認知していることを示し、かつ「選択と集中」を廃した幅広い投資を行っていくことが重要である点には些かも疑いがないが、一方、計画・戦略文書としては、何が国家にとって優先的に取り組むべきである事項であるかを明示することも肝要である。
- 教科書的な文書ではなく、時間軸や経済成長・脱炭素へのインパクト等によるグラデーションをつけた記述を行った、戦略文書としての性質を強めるべきではないか。

3. エネルギーに興味を持つ学生の Field Trip等に積極的に協力していただきたい

- 環境分野の学生団体の数に比して、エネルギー分野の学生団体の数は少なく、環境とエネルギーの分野融合が進んだ結果、「エネルギー」と銘打った実質的な環境団体も多く、純粋にエネルギーを学ぶ機会が多いとは言えない^{*2*3}。
- 現下のエネルギー産業の成長を考えれば、将来的に日本の重工業・系統事業者の人員不足が深刻化する可能性もあり、人材育成体制を整えることは急務。
- 有識者各位には、エネルギーに興味を持つ学生との対談等を積極的にお受けいただき、複雑なエネルギーの世界の門戸を広げる役割を担っていただきたい。

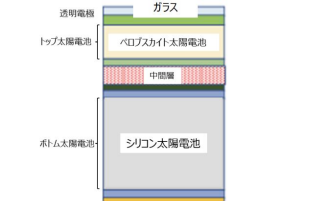
^{*1} その他、学術用語に則った記載を行うこと(例:「CO₂」でなく「慣性力」でなく「慣性」)もお願いしたい。

^{*2} 環境とエネルギーは不可分であることを了知した上で、エネルギー分野を満遍なく取り扱う団体、エネルギー分野に重点を置く団体が少ないとの趣旨である。

^{*3} [エネキャリ](#)は、大変良い施策・プログラムであった。広報がInstagramも用いて行われた点、講義資料・動画が対外的にアクセス可能となっている点も好ましい。

ガラパゴス市場・ニッチ市場に限らず、国際的に激しい競争が起こる中心市場で勝ち抜くための戦略を

- 「産業競争力を持つ」ためには、激しい競争を勝ち抜く姿勢が必要。
- 中心市場は国際的に激しい競争が起こるものであり、むしろ激しい競争があることが中心市場であることの証左となる。
- 政府・省庁資料に「競争が激化していること」をマイナス要素と捉えているように受け取られかねない記述(例: 下図)がなされることは好ましくないのではないか。

フィルム型	ガラス型	タンデム型 (ガラス)
		
(出所) 積水化学工業(株)	(出所) パナソニックHD(株)	(出所) (株) カネカ
○ 軽量で柔軟という特徴を有し、建物壁面など、これまで設置が困難であった場所にも導入が可能で、新たな導入ポテンシャルの可能性大。 ○ 海外勢に、大型化・耐久性といった製品化のカギとなる技術で、大きくリード △ 発電コストの低下に向けては、引き続き、耐久性の向上に係る技術開発が必要	○ 建物建材の一部として、既存の高層ビルや住宅の窓ガラスの代替設置が期待され、一定の新たな導入ポテンシャルの可能性に期待。 △ 海外勢でも技術開発が盛んに行われており、競争が激化してきている状況にある。 ○ フィルム型と比べ、耐水性が高く、耐久性を確保しやすい。	○ 現在一般的に普及しているシリコン系太陽電池の置換えが期待されており、引き続き研究開発段にあるが、世界的に巨大な市場が見込まれる。 △ 海外勢でも技術開発が盛んに行われており、競争が激化してきている状況にある。 △ 開発の進捗状況は、フィルム型やガラス型に劣り、引き続き研究開発段階。 × シリコンは海外に依存。

復興・継承とエネルギー戦略は峻別して議論すべき

- 福島第一原発での事故は甚大な被害を及ぼし、未だ地震・津波も含めた被害から完全に復興したとは言えない状況である。また、当時の被害を幼いながらに鮮明に覚えている世代として、今後大震災の被害者の方々に思いを寄せ、復興を進めていくべきであるとの思いは変わらない。
- 一方、福島第一原発の事故からすでに 10 余年が経過し、国際社会は 2010 年代の「原発の使用を控える」流れから転換しつつある。時間経過により状況は大きく変わることはこれまでの国際情勢からも明白である。
- 復興をすること・震災の記憶を風化させないことと、エネルギー戦略を現実的に考える上で復興・当該事故と峻別して議論を行うことは全く別次元の話である。

第6次エネルギー基本計画の冒頭文章

はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故を含む東日本大震災から今年で 10 年の月日が経過した。10 年前の未曾有の大災害は、エネルギー政策を進める上での全ての原点であり、今なお避難生活を強いられている被災者の方々の心の痛みにしっかりと向き合い、最後まで福島復興に取り組んでいくことが政府の責務である。このことはエネルギー政策に携わる者全てがひとときも忘れてはならない。

その上で、第六次のエネルギー基本計画は、気候変動問題への対応と日本のエネルギー需給構造の抱える課題の克服という二つの大きな視点を踏まえて策定する。

【気候変動問題への対応】

気候変動問題は人類共通の喫緊の課題として認識されている。個々の気象災害と地球温暖化との関係を明らかにすることは容易ではないが、2021年8月に公表された「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書第1作業部

1. 東京電力福島第一原子力発電所事故後 10 年の歩み

（1）福島復興はエネルギー政策を進める上での原点

今年、我が国は、東京電力福島第一原子力発電所事故を含む東日本大震災から 10 年を迎えた。東京電力福島第一原子力発電所事故の経験、反省と教訓を肝に銘じて、エネルギー政策の再出発を図っていくことが今回のエネルギー基本計画の見直しの原点となっている。

依然として、2021年3月時点で2.2万人の被災者が、事故の影響により避難対象となっており、被災された方々の心の痛みにしっかりと向き合い、寄り添い、最後まで福島復興・再生に全力で取り組むことは、これまで原子力を活用したエネルギー政策を進めてきた政府の責務である。この取組なくしては、今後のエネルギー政策に対する国民の信頼回復はなし得ず、この認識を経済産業省のみならず政府として、確実に後の世代に引き継いでいく必要がある。

その上で、今後も原子力を活用し続ける上では、「安全神話」に陥って悲惨な事態

【北海道エリア】



【東北エリア】



【中部エリア】



【北陸エリア】



【中国エリア】



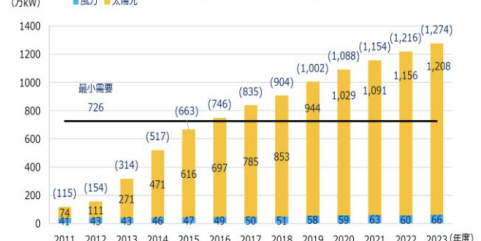
【関西エリア】



【四国エリア】



【九州エリア】



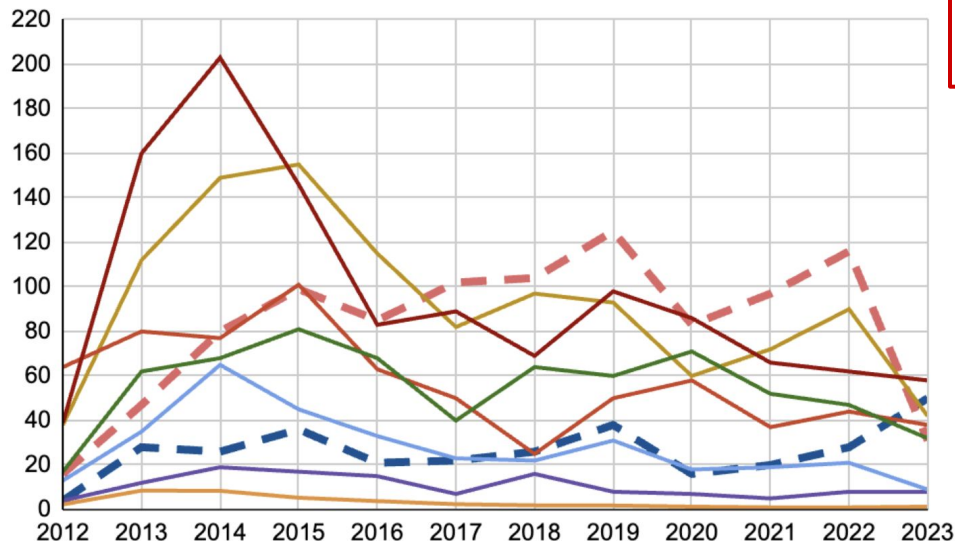
【沖縄エリア】



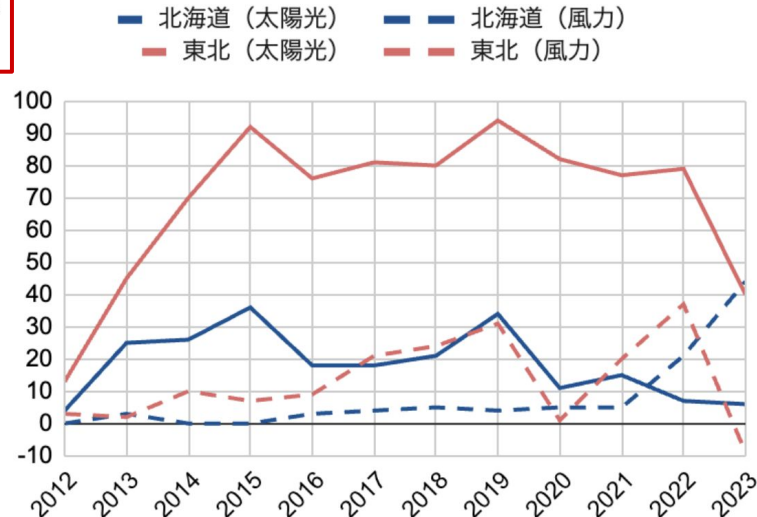
北海道・東北を除く^{*1}地域で直近数年の再エネ導入スピードは鈍化している

- 過去3年間の再エネ導入量の伸びが FIT導入以降の年平均を連続して下回る地域は、北海道・東北を除く全て。
- 伸びを維持する北海道・東北においても、太陽光の導入はやや鈍化しているように見受けられる。
- 風力に限れば、東北・中部・中国・九州の 4地域で直近3年以内にマイナスの伸びを経験。

年間発電容量の前年度比伸び(万kW)の推移

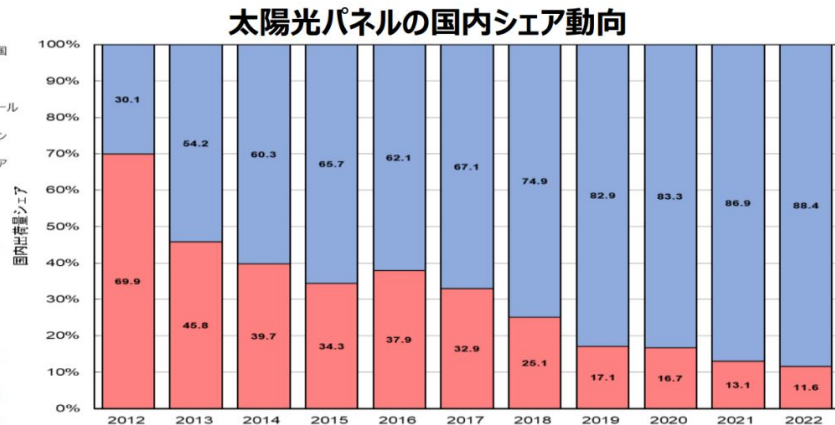
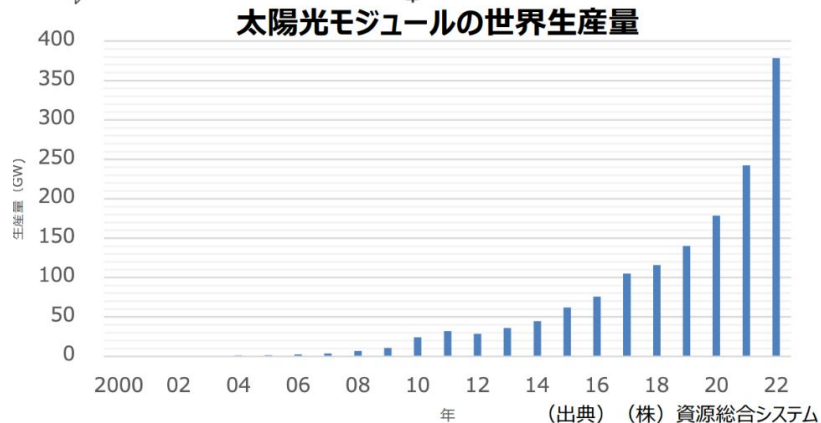
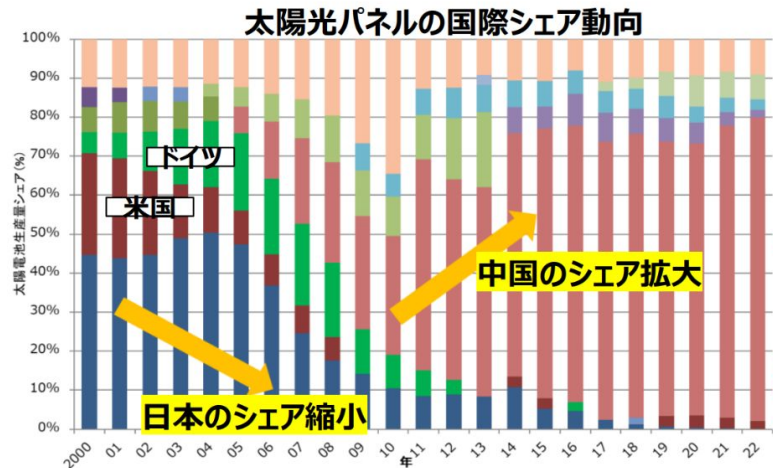


種別年間発電容量の前年度比伸び(万kW)の推移



(出所)前ページ掲載資料より日米学生会議作成

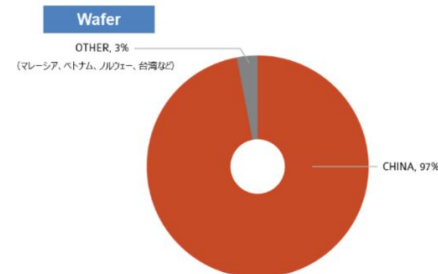
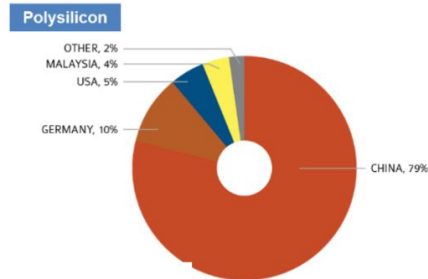
^{*1} 前ページ資料にデータが含まれていなかったため、東京電力については割愛している。



凡例 赤棒：国内生産／国内出荷量 青棒：海外生産／国内出荷量

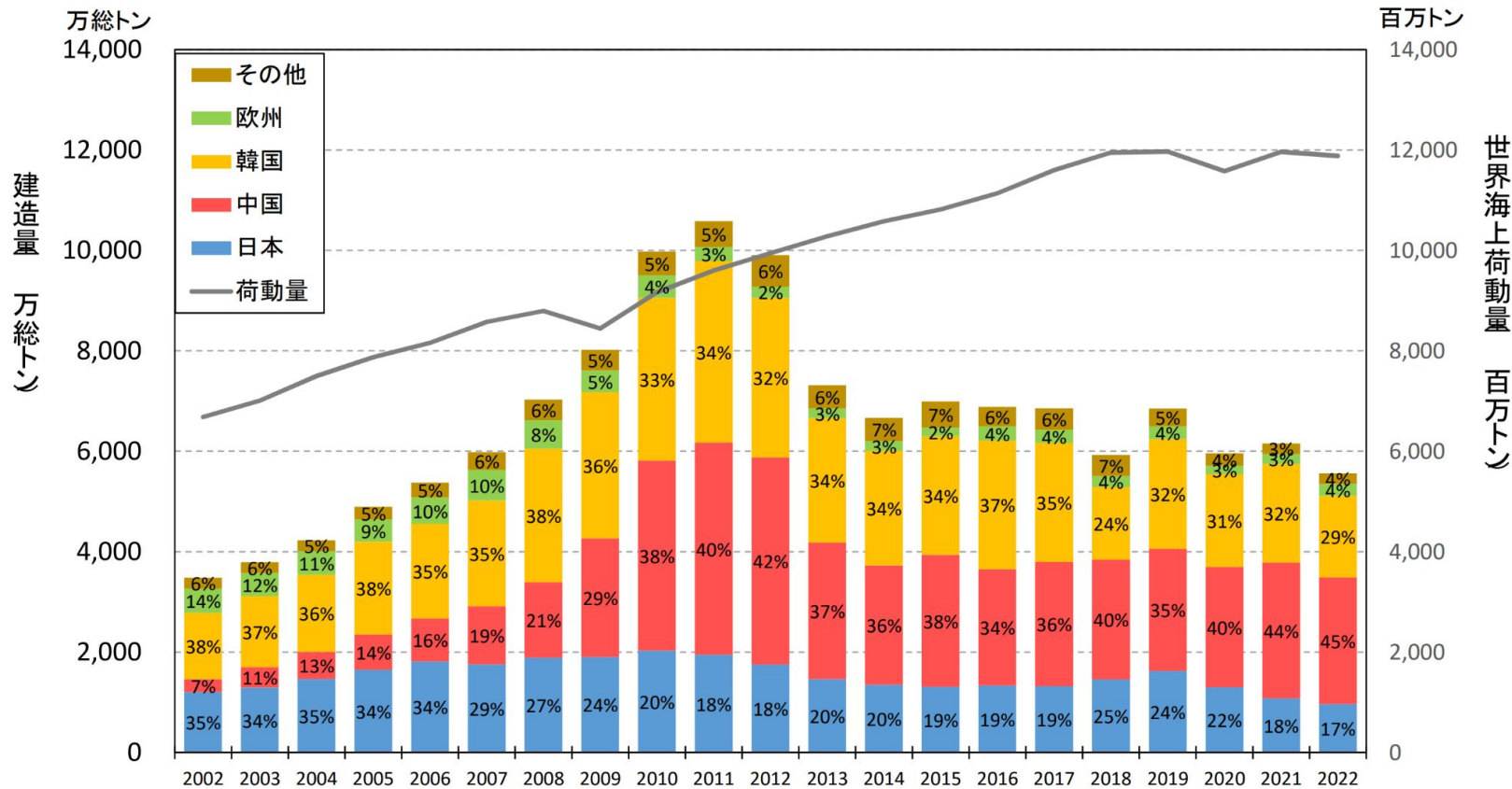
(出所) (一社) 太陽光発電協会 出荷統計

シリコンサプライチェーンのシェア (現在)



出所 IEA (2022), Trends in PV Applications 2022, IEA PVPS, Paris https://iea-pvps.org/trends_reports/trends-2022

(出所) 経産省



出典: IHS Markit (建造量)、Clarkson (海上荷動量)

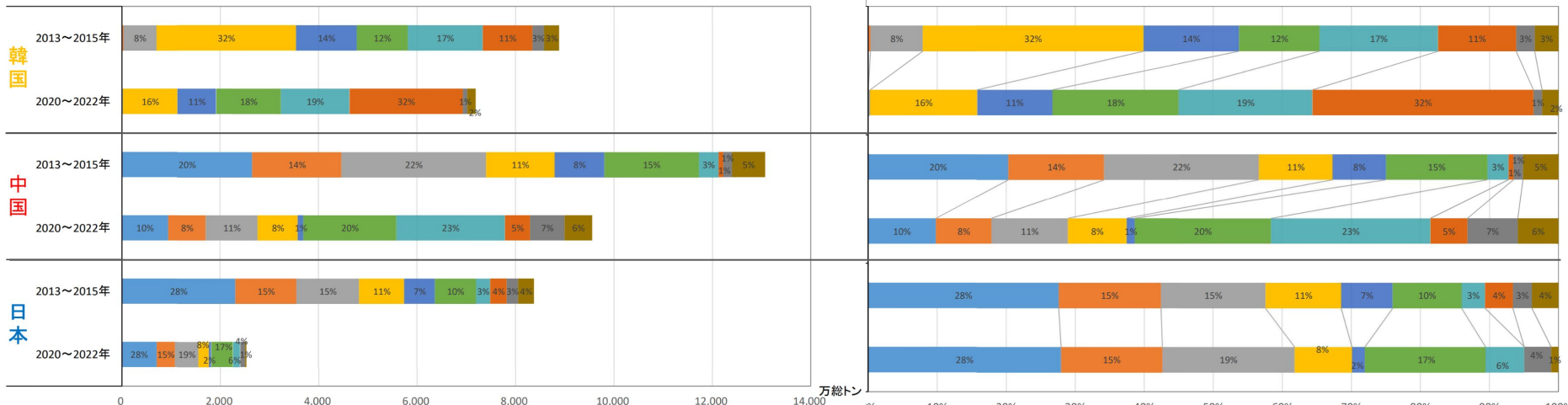
※海上荷動量はトンベースであり、2022年は推計値

(出所) 国交省

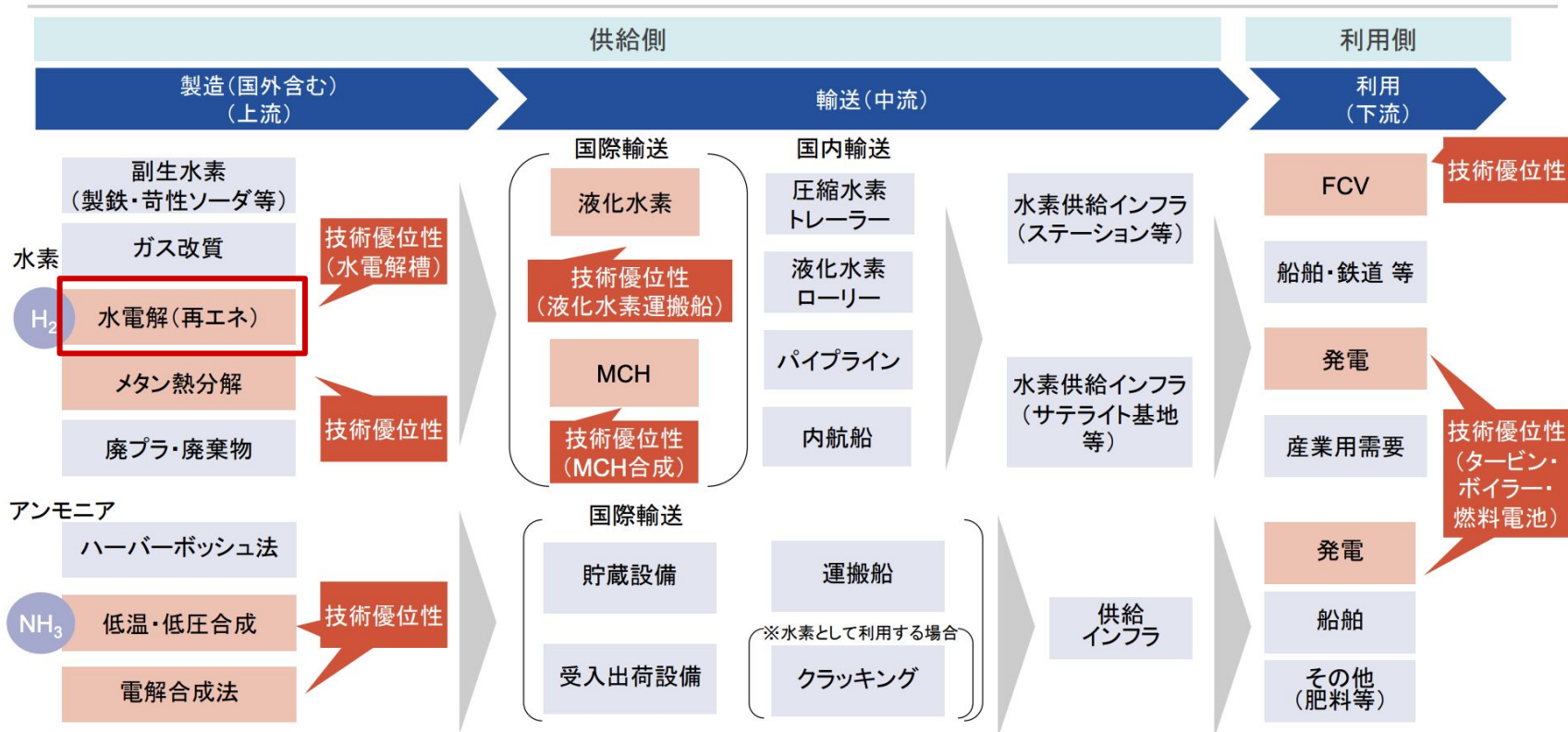
日中韓における受注船の船種内訳の変遷 (総トン数:左、総トン数割合:右)

- 造船業界は日中韓の三つ巴の構造
- 韓国はタンカーが減少し、LNG運搬船のトン数が大きく増加。中国はバルカーが減少し、大型コンテナ船と自動車運搬船の隻数が増加。日本は、割合はあまり変わらないが全般的にトン数が減少。
- 対ウォン・元で円高(日本不利)が進んだ 2019～2020年以降日本の受注数は大きく減少。2021年以降、対ウォン・元で円安傾向(日本有利)となってもシェア減少の傾向は続く。
- 日本のLNGタンカーは実質的に敗戦。**

■バルカー 中型 ■バルカー 大型 ■バルカー 特大 ■タンカー 中型 ■タンカー 大型 ■コンテナ船 中型 ■コンテナ船 大型 ■LNG運搬船 ■自動車運搬船 ■その他



水素サプライチェーンと日本が技術優位性を持ち得る領域(一部)

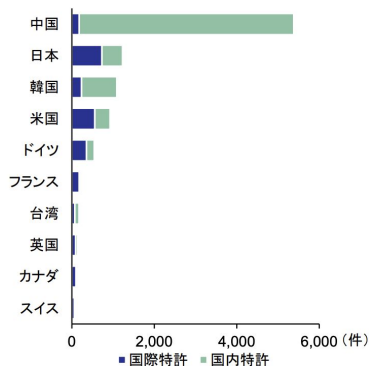


(注1) 水素基本戦略で言及されている技術を中心に記載 (注2) MCH: メチルシクロヘキサン、トルエンに水素を付加して作る液体
(出所) みずほ銀行産業調査部作成

技術優位性を持つとされる水素製造でも産業競争力は高いとはいえない

- 特許数を勘案すれば技術的に優位性が高いと言えるが、大型化・商用化においては欧米企業を追従する形に。
- 水素分野で「技術で勝ってビジネスで負ける」は現実的な問題に。

電解装置の容量で日本企業は追従する形となっている

【図表 13】水電解槽に関する特許承認上位国
(2005～2020 年累計)

【図表 16】日本企業と海外企業の1製品あたり容量

企業	製品名	1製品あたり容量(最大)
旭化成	Aqualyzer	10MW
日立造船	HydroSpring	1.5MW
Thyssenkrupp Nucera (独)	—	20MW
Siemens Energy (独)	Silyzer	17.5MW
Nel (ノルウェー)	M5000	20MW
Cummins (加)	HyLYZER	20MW
Plug Power (米)	Plug EX-4250D	10MW

出所) 各社公開情報より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 19】日本及び海外の水電解槽産業の競争力比較

	日本	欧州	米国	中国
国際特許数	多	比較的多	比較的多	少
装置容量	最大 10MW級	20MW級	20MW級	10MW級
生産能力	小	大	小	大
政策補助	GI基金等で R&Dへ補助有り (値差支援検討中)	R&D・水素PJへ補助有り 域内生産目標有り	R&D・水素PJへ補助有り 域内生産目標有り	R&D・水素PJへ補助有り 域内生産目標有り
受注実績	少	多	多	多

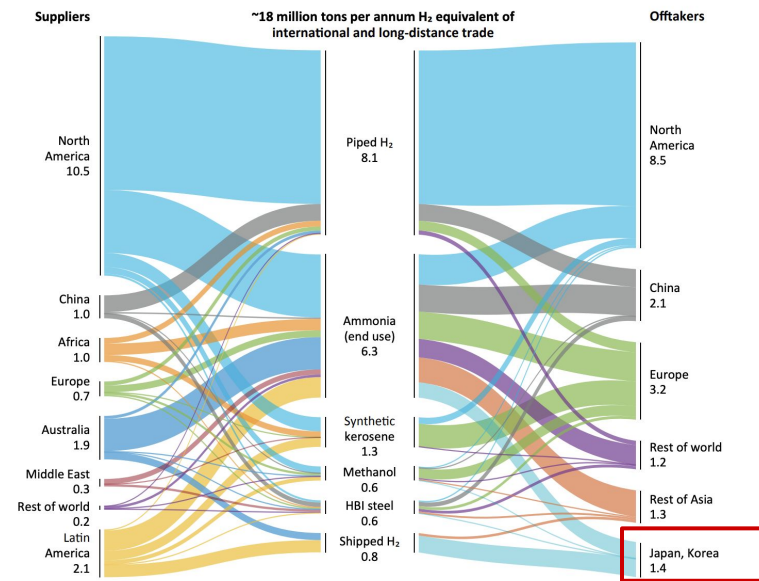
強み

課題

(出所) みずほ銀行産業調査部

日本は、韓国とともに水素の純輸入国となることが予想される

North America is expected to lead supply, demand, and international trade of clean hydrogen and derivatives by 2023

2030 global clean H₂ long-distance flows,¹ Further Acceleration scenario

¹All international trade, including trade between split regions, most notably East and West China, including 65 percent of domestic production in Australia, Brazil, Canada, Russia, United States, and West China.
Source: Hydrogen Council, McKinsey Global Hydrogen Flow Model

(出所) McKinsey & Company

2050NZE・1.5℃目標が達成されたとしても、今後数十年は温暖化が進行する

- (必ずしもエネルギー基本計画の範囲ではないが)脱炭素と影響緩和は両輪の取り組みでなければならない。
- 特に、激甚化する水害やヒートアイランド現象による都市部の高温化への対策は必須となってくる。
- 治水や空調インフラ、都市緑化等への投資を進めていく必要がある

治水事業関連費(億円)の推移

