

(参考1)

8月20日

第40回原子力小委員会

説明資料

原子力の持続的かつ最大限の活用に向けて

2024年8月20日

電気事業連合会

- 世界的な脱炭素の潮流の中、電力需要の増加トレンドへの転換など電気事業を取り巻く環境は非常に大きな転換点を迎えている。

世界的な脱炭素の潮流

- 我が国は2050CN実現を目指すことを宣言
- 世界の多くの国が年限付きのCN目標を掲げる

DXの進展によるベースロードを中心とする電力需要増

- 半導体工場の立地やデータセンターの新設に伴い、ベースロードを中心に電力需要は増加する見通し
- 産業界からの安定的な脱炭素電源を求める要請

エネルギー・経済安全保障 リスクの高まり

- ロシアによるウクライナ侵攻等を背景とする、エネルギー・経済安全保障、サプライチェーン強靱化の必要性
- ウクライナ侵攻等を背景とする、資源燃料価格の高騰

- 原子力の持つ様々な特長は、電気事業を取り巻く環境変化に適応可能なものであり、改めて**原子力の価値を再評価**いただくとともに、我が国において**原子力は持続的かつ最大限活用していくべき電源と位置付け**ていただくことが重要。

原子力の持つ特長

電気事業をとりまく環境変化

➤ 運転時にCO₂を排出しない脱炭素効果の高い電源



世界的な脱炭素の潮流

➤ 天候に依らず安定的に発電可能なベースロード電源



DXの進展によるベースロードを中心とする電力需要増

- ウランは地域偏在が少なく、政情が安定した地域から輸入
- 国内保有燃料だけで、約3年程度発電可能であり、エネルギーセキュリティ面で強靱
- 我が国の原子力発電所は国産化率が高く（約90%）、国内企業に技術が集積
- 安定的に稼働することでLNGをはじめとする化石燃料の輸入量削減に貢献（貿易収支の改善や国内電力価格の安定化に寄与）



エネルギー・経済安全保障
リスクの高まり

- 資源の乏しい我が国において、安定供給を確保しつつ2050年カーボンニュートラルを実現するためには、原子力を持続的かつ最大限活用することが重要であり、**既設炉を最大限活用**するとともに、**次世代革新炉の開発・建設**を進める必要
- そのためには、原子力価値の再評価や位置づけ明確化の下で、**事業者の取り組み**と、**原子力を持続的かつ最大限活用するための事業環境整備**の双方が必要。

安定供給と2050年カーボンニュートラルの同時達成

原子力を持続的かつ最大限活用

既設炉の最大限活用

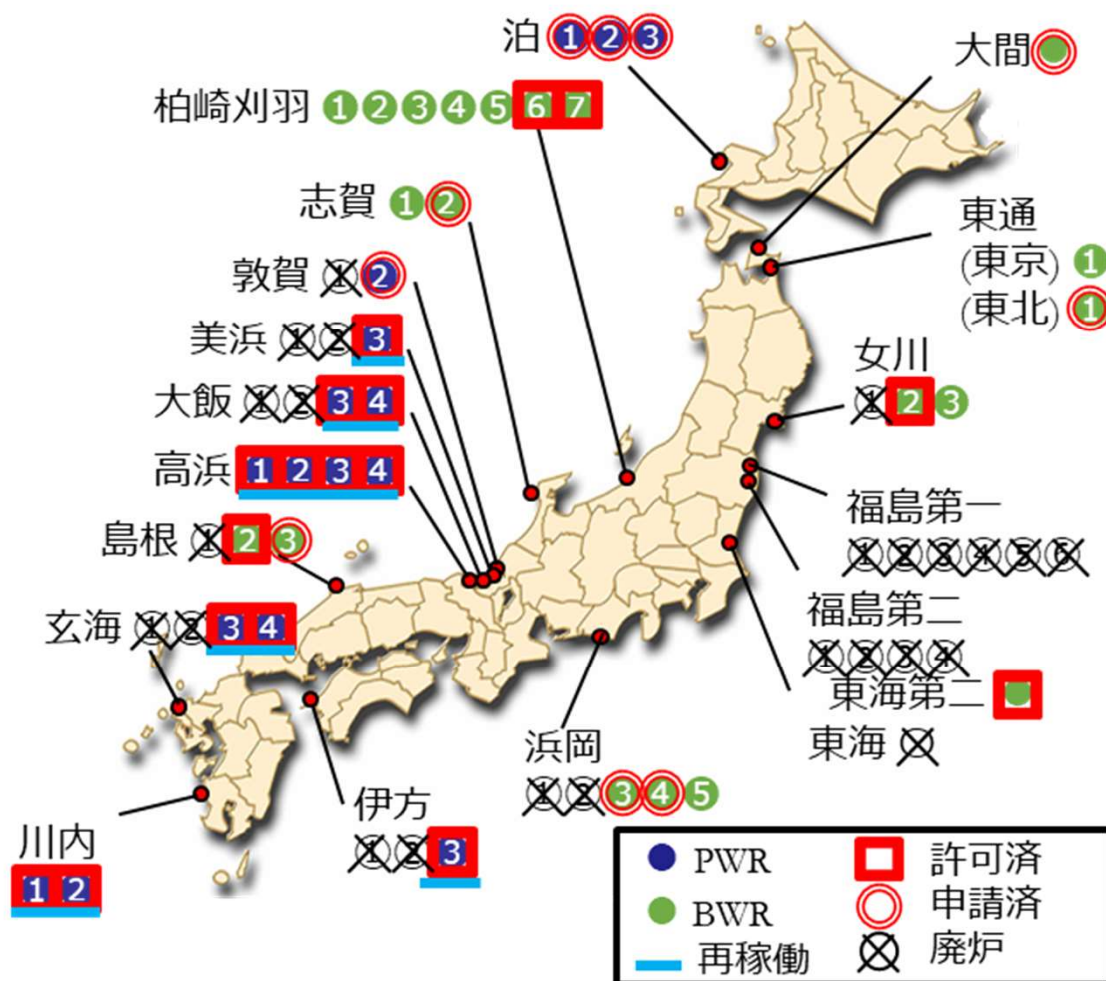
次世代革新炉の開発・建設

事業者の取り組み

原子力を持続的かつ最大限活用するための事業環境整備

原子力価値の再評価、位置付け明確化

- 新規規制基準での設置許可申請を27 基（PWR:16基,BWR:11基）が実施。
- 17 基（PWR:12基,BWR:5基）が設置許可を取得し、12基（PWR）が再稼働。
（設置許可取得済みで未稼働プラントが5基(BWR)。）
- 10基が適合性審査中であり、9基が未申請の状況。



新規規制基準 許認可状況		PWR (●)	BWR (●)	Total	
許可済 ()	再稼働	12	0	12	17
	未稼働	0	5	5	
申請済()		4	6	10	
未申請		0	9	9	
Total		16	20	36	

建設中のプラント(3基)含む。

廃止ユニットの 状況	PWR	BWR	GCR	Total
廃炉 (⊗)	8	15	1	24

GCR: Gas Cooled Reactor

- 既設炉は新規規制基準を踏まえた安全対策を講じ、順次再稼働を達成してきており、東京電力福島第一原子力発電所事故以前と比較して、安全性を大幅に向上させてきた。



令和6年6月25日 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会資料より

	安全対策前の炉心損傷頻度	安全対策後※ ² の炉心損傷頻度
再稼働済10基※ ¹ の 原子力発電所平均	2.3×10^{-4} [／炉・年] (約4,300炉・年に1回)	3.1×10^{-6} [／炉・年] (約320,000炉・年に1回)

※ 1：安全性向上評価において確率論的リスク評価結果を公開している美浜3号機、高浜3,4号機、大飯3,4号機、伊方3号機、川内1,2号機、玄海3,4号機の10基を対象とした。

※ 2：一部のプラントにおいては、特重施設を考慮した確率論的リスク評価 (PRA) が未評価であるため、特重施設によるリスク低減効果を考慮していない炉心損傷頻度を用いて平均値を計算している。

- 原子力事業者としても、早期再稼働に向けた審査対応上の課題や、確実なプラント起動に向けた準備のため、「**再稼働加速タスクフォース**」を電事連に設置し、**業界大での取り組みを進めているところ。**

＜再稼働加速タスクフォースの取り組み＞

① 人的支援の充実

■ 業界大の機動的な人的支援の仕組みの構築と実践

審査課題を迅速に各社へ共有し、必要により業界大で機動的に支援する仕組みを構築。（審査資料のレビュー等の支援）

■ 先行電力の協力会社等による再稼働業務支援の拡大

電力間での人的支援を補完するため、先行電力の協力会社等を未再稼働電力に紹介。（先行協力会社が対応可能な業務として、設工認図書作成支援や安全対策請負工事などの実績を共有）

② 審査等の情報共有の強化

■ 後発の審査を加速するための最新審査情報等の共有

最新の審査情報を審査が本格化する電力会社と共有。設工認ヒアリングを他社が傍聴する仕組みを構築。

③ プラント立ち上げに向けた技術支援

■ 先行電力等による再稼働準備に向けた説明会

確実にプラント起動するため、再稼働全体計画や体制等に加え、長期停止を踏まえた系統浄化方法、水質管理など再稼働に至るまでの先行プラントの知見や教訓を未再稼働電力と共有。

- 原子力産業界は、JANSI、NRRC、ATENAを立ち上げ、**自主的・継続的な安全性向上の取り組みを推進**。
- 例えば、ATENAでは電力・メーカーも含め、業界の共通的な技術課題に対して、各種取り組みを推進しており、至近では電事連とともに能登半島地震を踏まえた安全性向上の取り組みを推進。

原子力産業界の自主的安全性向上の取り組み

自主的な安全性の向上に向けた産業界の取組

- 産業界は、以下の3組織により、**自主的・継続的な安全性向上**に向けた取組を進めている。

ATENA：原子力エネルギー協議会（2018年7月設立）

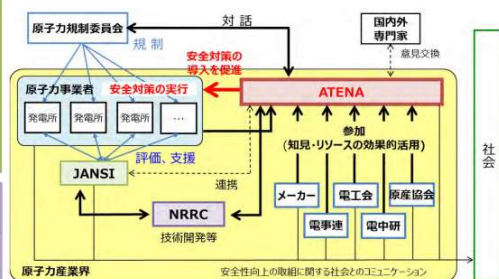
- 電力・メーカーも含めた産業大で、**共通的な技術課題を抽出し、その対策を立案して、実行を牽引していく**。
- 例えば、海外事例を収集した上で、**安全対策をガイドライン等で明確化し、これを公表した上で、事業者の計画・対策の実施状況を確認して、事業者の改善を牽引**（例：デジタル安全保護系のソフトウェアの共通要因故障への対応）
- 安全性を大前提とした長期運転に向けて、**経年劣化管理のガイドライン**を発刊するとともに、**WGを設置し、継続的に経年劣化に関する知見拡充**に取り組んでいる。また、**今般の能登半島地震による設備影響に関する知見の整理・分析・対応策の立案のためのWG**を立ち上げ、現在、検討を進めている。
- 安全性の更なる向上・原子力の価値向上に向けて、**規制当局との対話を重ねつつ、リスク情報活用による運用検討**（運転中保全の適用範囲拡大など）や**革新軽水炉の導入に向けた技術課題の整理**などに取り組んでいる。

JANSI：原子力安全推進協会（2012年11月設立）

- **自主規制機関**として、**独立した観点**から事業者を牽引して、**更なるエクセレンス**を継続的・自主的に追及していく。
- これまで**延べ32回のピア・レビュー**（安全性活動を評価し事業者トップに伝達）を実施（原則1回／4年程度）。
- 2022年10月には、**国際機関WANOによるピア・レビューとの同等性を世界で初めて取得**。

NRRC：電力中央研究所 原子力リスク研究センター（2014年10月設立）

- **確率的リスク評価（PRA）やリスク情報を活用した意思決定（RIDM）**の手法を開発し、導入を支援。
- これまでに**内的・外的事象のPRA技術の開発**を実施。



総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会原子力小委員会 第14回会合資料などを基に資源エネルギー庁作成

67

能登半島地震を踏まえた原子力発電所の安全性向上の取り組みについて

5. 検証のまとめ・今後の対応

10

検証項目	検証のまとめ	今後の対応 ※ [] 内は対応目途
地震・津波	・現時点において、原子力発電所の地震動・津波評価に影響を及ぼす喫緊の課題は無いことを確認	・自主的に各種研究機関の分析・評価等の情報収集を継続
発電所設備	・変圧器をはじめとした志賀原子力発電所における設備の故障、不具合事例を検証 ・複数の課題を抽出し、対応方針を取りまとめ	・ATENAを中心に取りまとめた方針に従い、各社※はそれぞれの設備や運用に応じた対策を進める ① ATENAは、各社に対し対策実施及び実施計画の策定を要求する文書を発出 [7/16 対応済] ② ATENAは、各社の実施計画を取りまとめ、ATENAホームページに公開※2 [2024年12月末迄] ※1 電力9社（除く沖縄電力）、日本原子力発電、電源開発 ※2 定期的に計画と実績を更新
状況確認・情報発信	・現場の状況確認から情報発信までの一連の流れについて整理・分析 ・課題・良好事例を抽出し、適切な状況確認や情報発信に係る対応方針を取りまとめ	・＜現場状況の確認＞ ・電事連において、情報収集に関する標準的なガイドを作成、水平展開 [2024年8月中] ・＜情報発信＞ ・各社は、ステークホルダーの要求を踏まえた情報発信を徹底・継続 ・電事連は、第三者の立場から客観的な発信を行うなど、誤った情報拡散の抑制などに資する運用を検討 [2024年9月中]

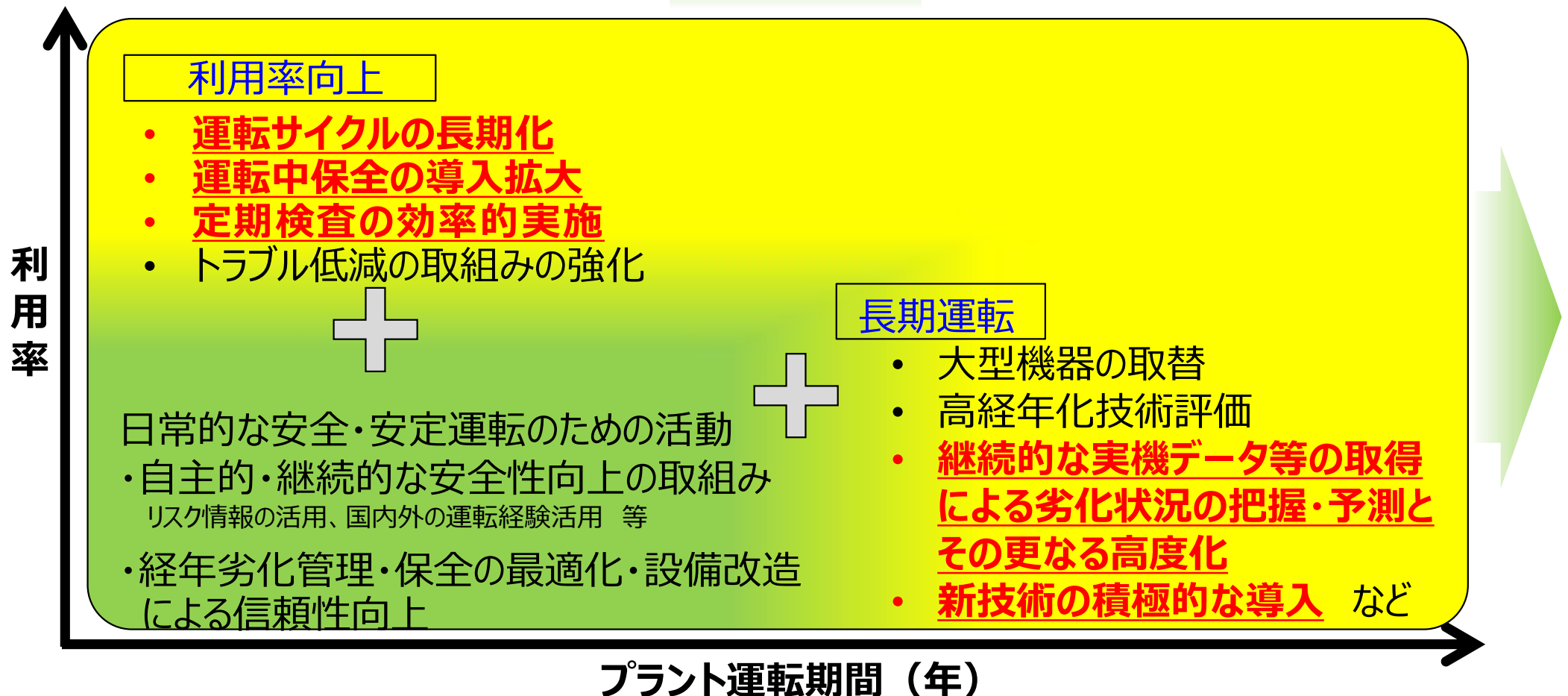
- 原子力事業者としては、引き続き、耐震安全性評価等に反映すべき最新情報等が確認された場合には、**得られた知見を原子力事業者で共有し、安全対策の検討に活用していくこと**で、さらなる安全性向上に努めていく。
- また、新規規制基準への的確な対応はもとより、ATENAのみならず、JANSIや電力中央研究所・原子力リスク研究センターなど、関係機関とも連携し、**産業界一丸となって、より高い次元の安全性確保に向けた取り組みを進めていく**。

令和6年6月25日 総合資源エネルギー調査会
電力・ガス事業分科会 原子力小委員会資料より

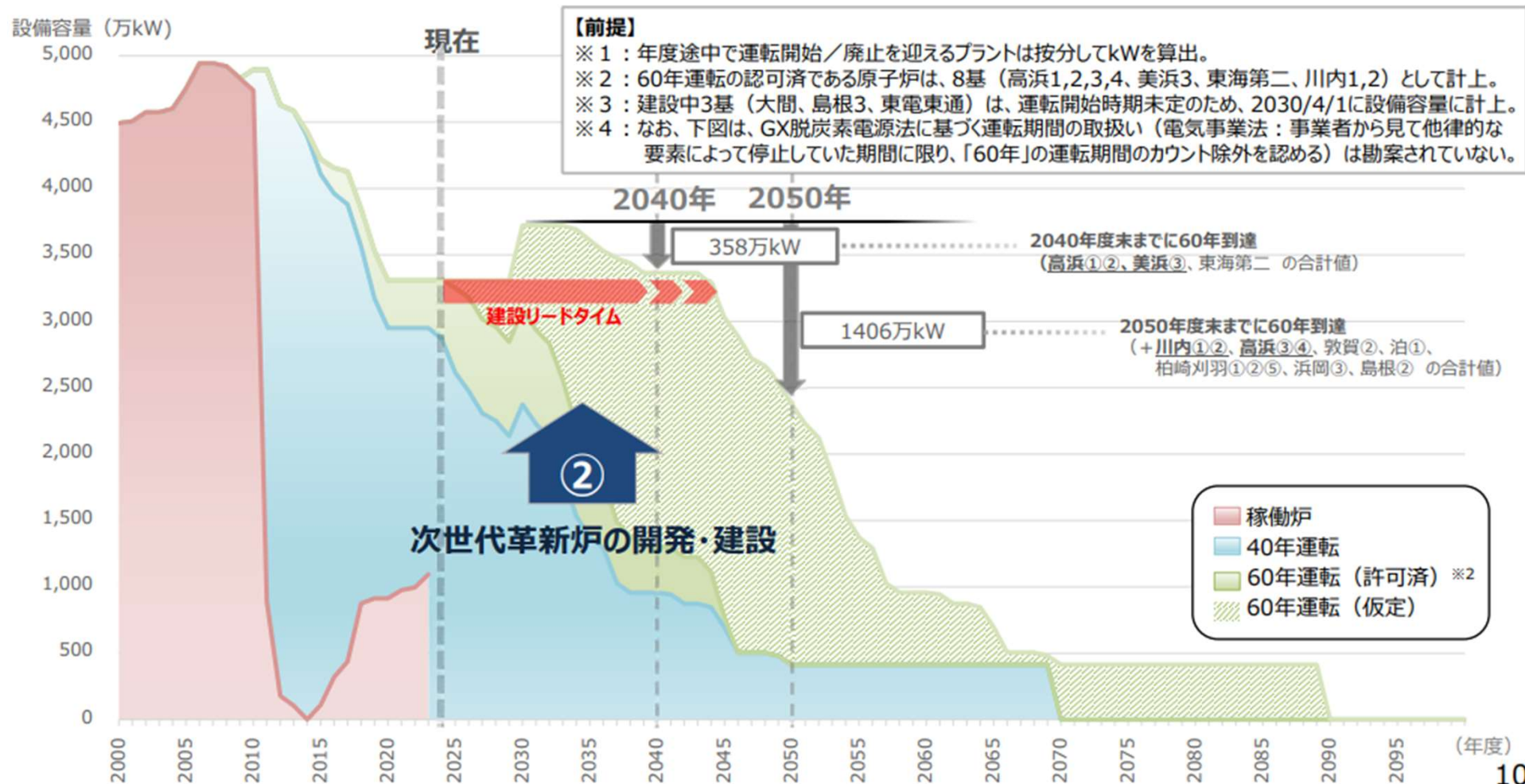
2024年7月17日 電気事業連合会からのお知らせより

- 既設炉の最大限の活用に向けて、これまでの日常的な安全・安定運転のための活動に加えて、以下の図に示すとおり、「**長期運転**」と、「**利用率向上**」について、それらを安全に行っていくための取組みを進めていく。

<取組みの全体像>



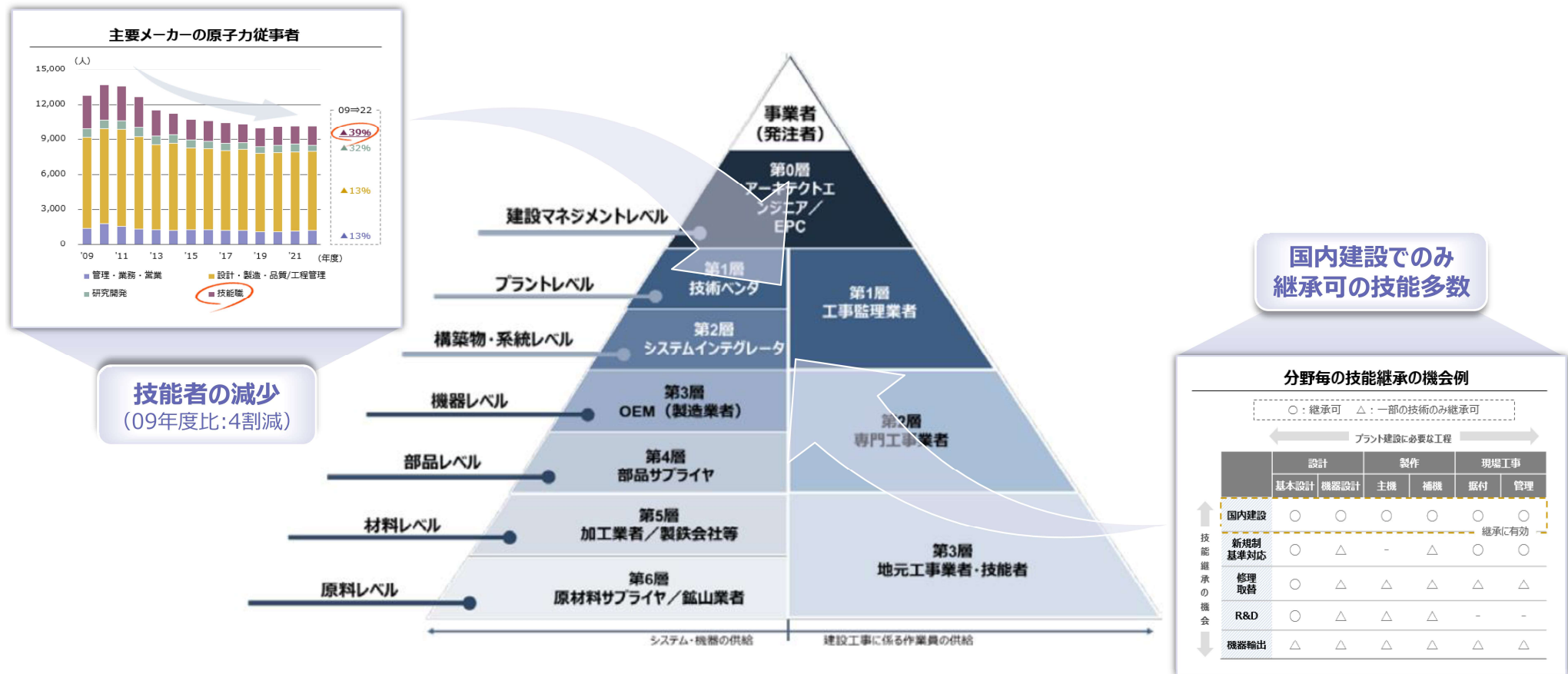
- 2040年代以降、原子力の設備容量の減少が想定される。
- 我が国として持続的に原子力の規模を確保するためには、**原子力の建設リードタイムを踏まえ、早急に次世代革新炉の開発・建設に向けて着手する必要。**





- 我が国の原子力サプライチェーンは複層化。震災以降、技能者が減少している中、国内建設でのみ継承可能な技能もあり、**サプライチェーンを維持する上で、国内での次世代革新炉の開発・建設は重要な役割。**

原子力プラント建設段階における産業構造

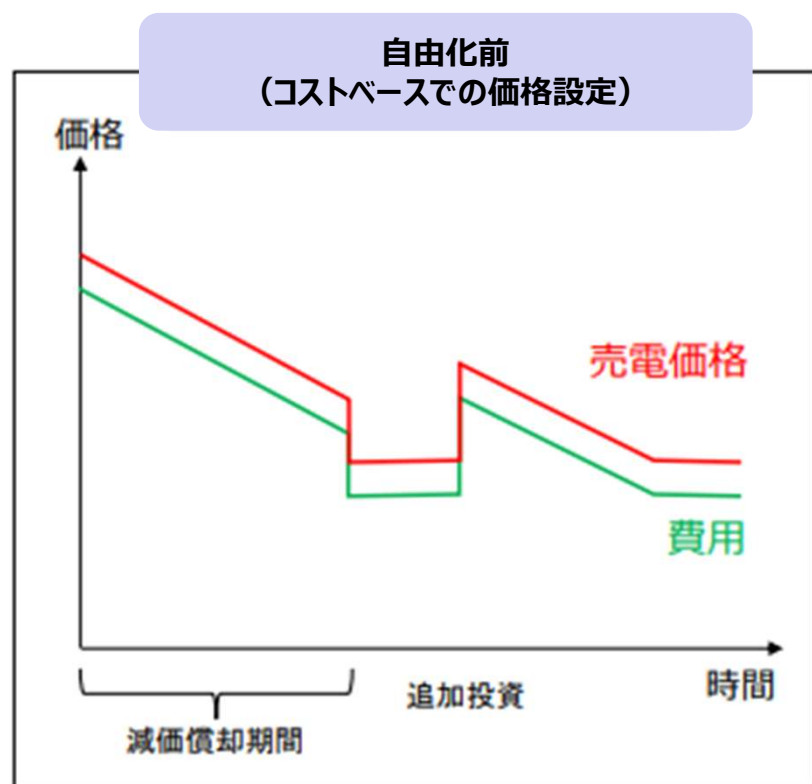


- 事業者の電源投資計画の策定や、産業界におけるサプライチェーンの確保に予見性を与えるためには、国として具体的な開発・建設目標を設定することが重要な役割を果たす。
- **国による具体的な開発・建設目標の設定が、原子力事業者や原子力サプライチェーンにとって、事業の予見性向上につながり、技術・人材の確保にも寄与。**

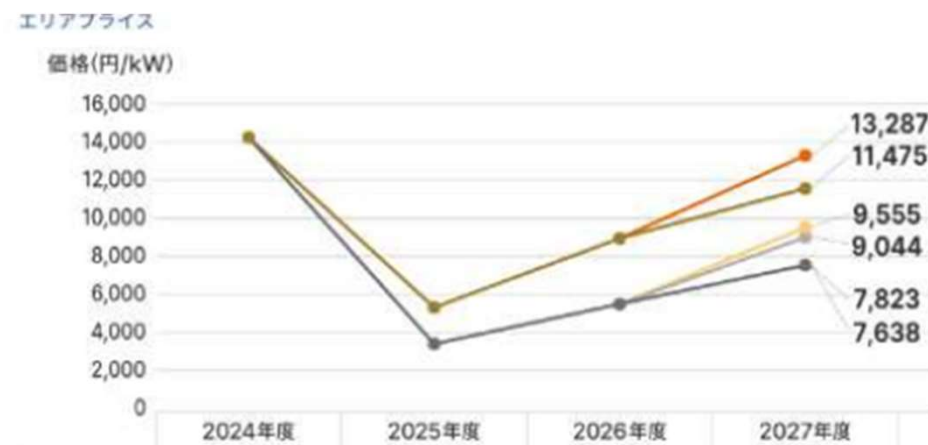
（参考）各国の原子力利用に係る方針

アメリカ	● 米エネルギー省は2050年ネットゼロの達成には米国国内で最大550～770GWのクリーン電力の追加が必要であるとし、米国にはそのうち最大200GWを原子力で補うポテンシャルがあると分析。
イギリス	● 2050年までに原子力の発電割合を最大で25%に拡大し、24GWの導入を目指す。 ● 2030年から2044年まで5年毎に3 - 7 GWを供給する投資決定を確実に行うことを目指す。 ● 更なる大型炉プロジェクトの検討を推進するとともに、国内でのSMR導入にも取り組む。
フランス	● 既存原子炉の運転期間の延長を検討。 ● 原子力発電容量を増強し2030年に発電量を現行の279TWhから360～400TWhまで拡大。 ● EPR（欧州加圧水型炉）を改良した6基のEPR2建設について2024年末に最終決定を行う。 ● 8基のEPR2追加新設（総発電容量13GW）についても検討を行い2026年末までに決定。
韓国	● 2024年5月、産業通商資源部の諮問委員会が「第11次電力需給基本計画」の草案を発表。 ● 2038年までに国内で大型原子炉440万kW分（約3基相当）とSMR70万kW分（約1基相当）を建設する計画。

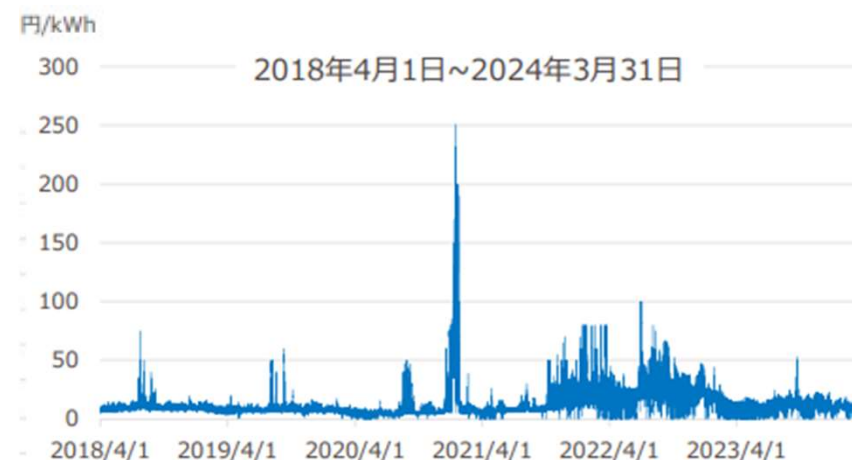
- 原子力事業は、巨額の投資が必要かつ回収期間が長期に亘る。自由化以前は、**総括原価の下、長期的にコスト回収が確保**されており、**巨額の投資判断、資金調達も可能**であった。
- 自由化後は、短期的な市場メカニズムに基づく卸電力市場ベースでの価格設定となり、**各種市場価格の変動**により、**投資・コスト回収予見性が低下、電源投資判断が困難な一因**に。



容量市場価格



卸電力市場価格



【既設の安全対策投資】

- 2021年の発電コスト検証では、1基当たりの平均的な追加安全対策投資は約2,000億円とされており、現在審査中の10基に未申請の9基を加えた19基について、必要な安全対策投資額を機械的に試算すると、約3.8兆円（19基×2,000億円）。
- 但し、一部では上記の金額を大幅に上回るプラント※もあり、そういった状況を踏まえると、必要な安全対策投資額については、幅をもって見る必要がある。
※東北電力 女川2号の安全対策投資は7,100億円程度

【次世代革新炉の新規建設投資】

- 2021年の発電コスト検証では、新規建設費については、過去実績をもとに40万円/kWとされており、モデルプラント120万kWに換算すると約4,800億円。また、新規制基準による追加安全対策については、当初の設計に織り込むことによる効率化を踏まえ、モデルプラントの建設費として追加計上すべき費用は約1,370億円とされており、合計すると約6,200億円。
- 上記を基に、2040年度末までに60年運転に到達する4基分（高浜1・2号、美浜3号、東海第二）を建て替えると仮定し、必要な投資額を機械的に試算すると、約2.5兆円。
- なお、足元で必要な安全対策投資について上振れが生じていることもあり、新規建設に必要な投資額についても、幅をもって見る必要がある。

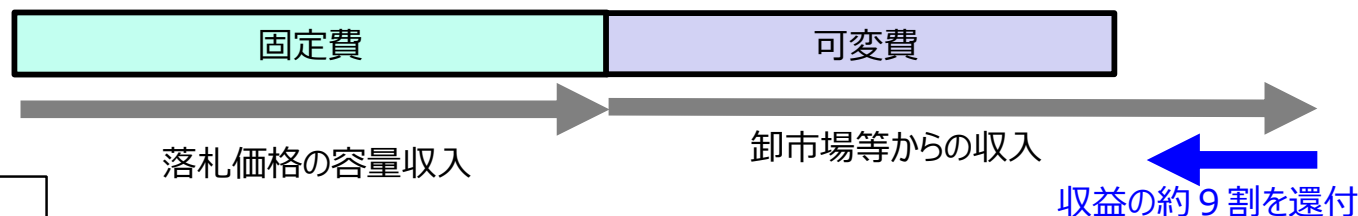
- 海外では、長期間に亘り、原子力発電所の建設がなかったことに伴う原子力サプライチェーンの弱体化や、施工不良等に伴い、建設遅延やコスト増加が発生している事例もある。これらは、それぞれの案件における調達体制の問題等に伴い発生している事例であり、同規模のコスト増加が国内で生じるとは限らないが、建設費の増加要因の1つとなりうる。
- 加えて、原子力発電所の建設に当たっては20年程度のリードタイムがあること踏まえると、その間の物価上昇や労務単価の変化、新知見に伴う規制基準の変化への対応、規制審査の長期化・審査結果の反映に伴う工事内容変更や工事期間延長に伴うコスト増加も建設費の増加要因の1つとなりうる。
- コスト増加要因の1つであるサプライチェーンの弱体化を防止するためにも、早期に建設に着手する必要がある。加えて、事業者としてもコスト増加の要因を可能な限り回避する取り組みを進める、かつ、事業者ではコントロールできない不確実性を踏まえた事業環境整備が、次世代革新炉の開発・建設に向けては重要となる。

- 次世代革新炉の開発・建設や既設炉の最大限活用に向けては、様々な課題がある。

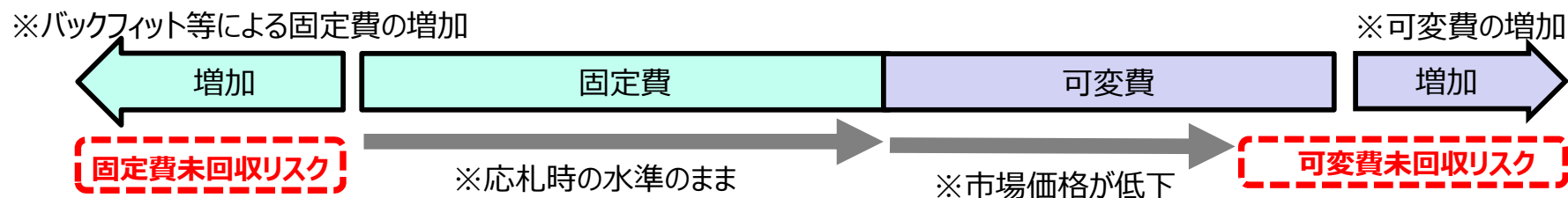
	主な課題内容
規制・審査	➤ 次世代革新炉の規制整備、適合性審査の予見性確保 ➤ 規制・審査による稼働時期や建設費、安全対策投資の不確実性
サプライチェーン	➤ 将来の電源開発量が不明確な状況下での人材・技術・ノウハウ等のサプライチェーンの維持
投資・コスト回収 予見性	➤ 巨額の建設費、運開以降の追加投資、事業期間中に発生するコストの早期回収予見性確保
ファイナンス	➤ 巨額かつ長期に渡る資金調達の確保
事業収益性	➤ 将来投資に向けた適切なリターン
バックエンド	➤ 廃炉、再処理、最終処分といったバックエンド事業における不確実性
原子力賠償	➤ 無限責任による不確実性
立地地域との共生と 国民の信頼	➤ 立地地域をはじめとした国民の信頼向上・理解醸成

- 脱炭素電源への投資を促進するため長期脱炭素電源オークションが導入され、一部の電源については投資判断が可能となった。
- 但し、落札後の**固定費の上振れ等**については投資回収予見性が十分でないことや、運開後に容量確保金が支払われる仕組みであり、**建設期間中に先行して発生するキャッシュ負担が大きいこと**、全電源種一律に事業報酬が設定されており、**電源種毎のリスクが反映されていない**といった課題があり、**電源種によっては不十分な仕組み**となっている。

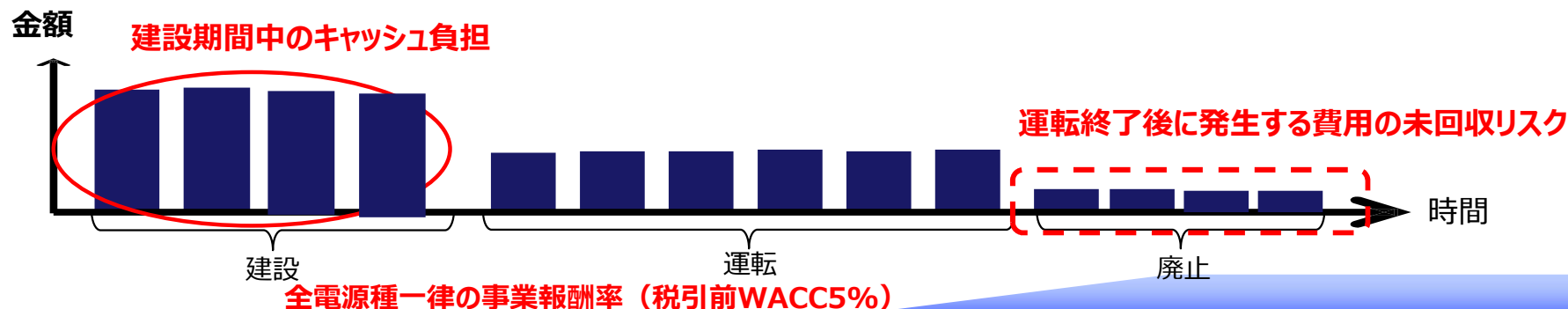
オークションを活用した場合の収入構造



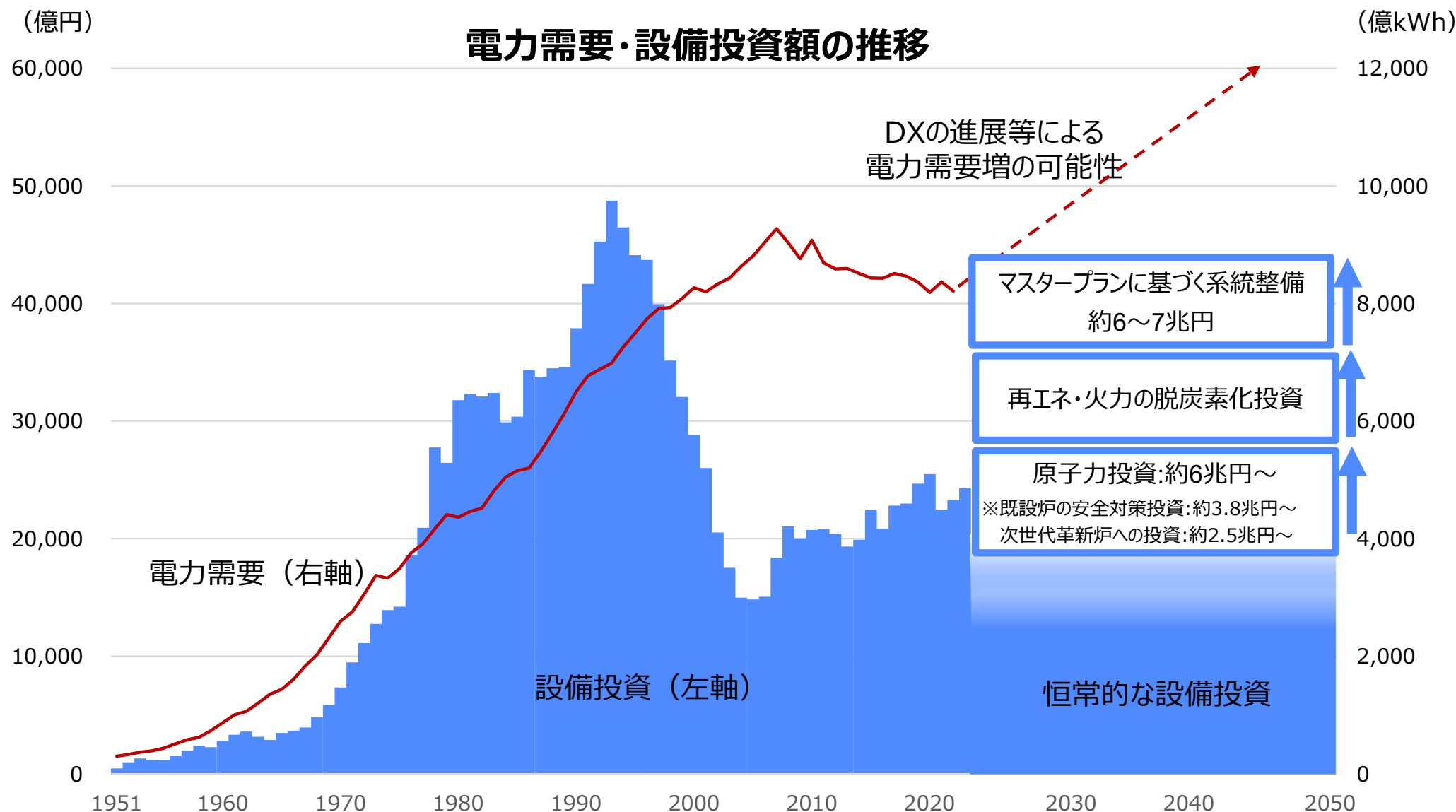
費用回収面での課題



キャッシュアウトイメージ



- 今後の電力需要増や2050年カーボンニュートラルへの対応を踏まえると、原子力への投資だけでなく、再エネや火力の脱炭素化に向けた投資、マスタープランに基づく系統整備など、極めて多額の投資が必要となる。

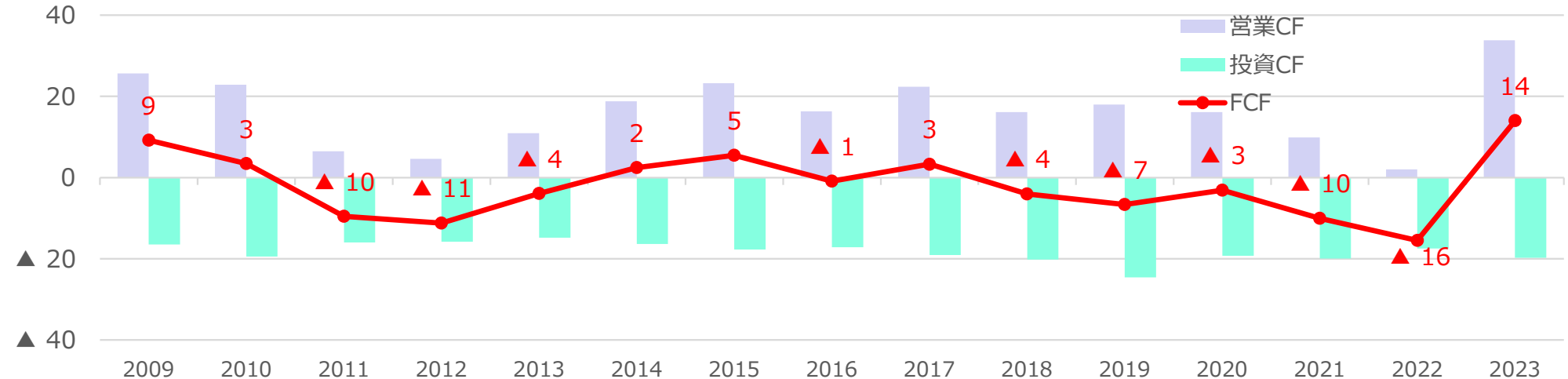


（備考）電力需要は10社の流通対応需要実績、設備投資は沖縄を除く9社の実績

○ 震災以降、フリーキャッシュ・フローは低迷する状態が続いており、自己資本比率も震災前水準に回復していない会社が多い。

【フリーキャッシュ・フローの推移】（単位：兆円）

※電力9社計（北海道・東北・中部・北陸・関西・中国・四国・九州・沖縄）



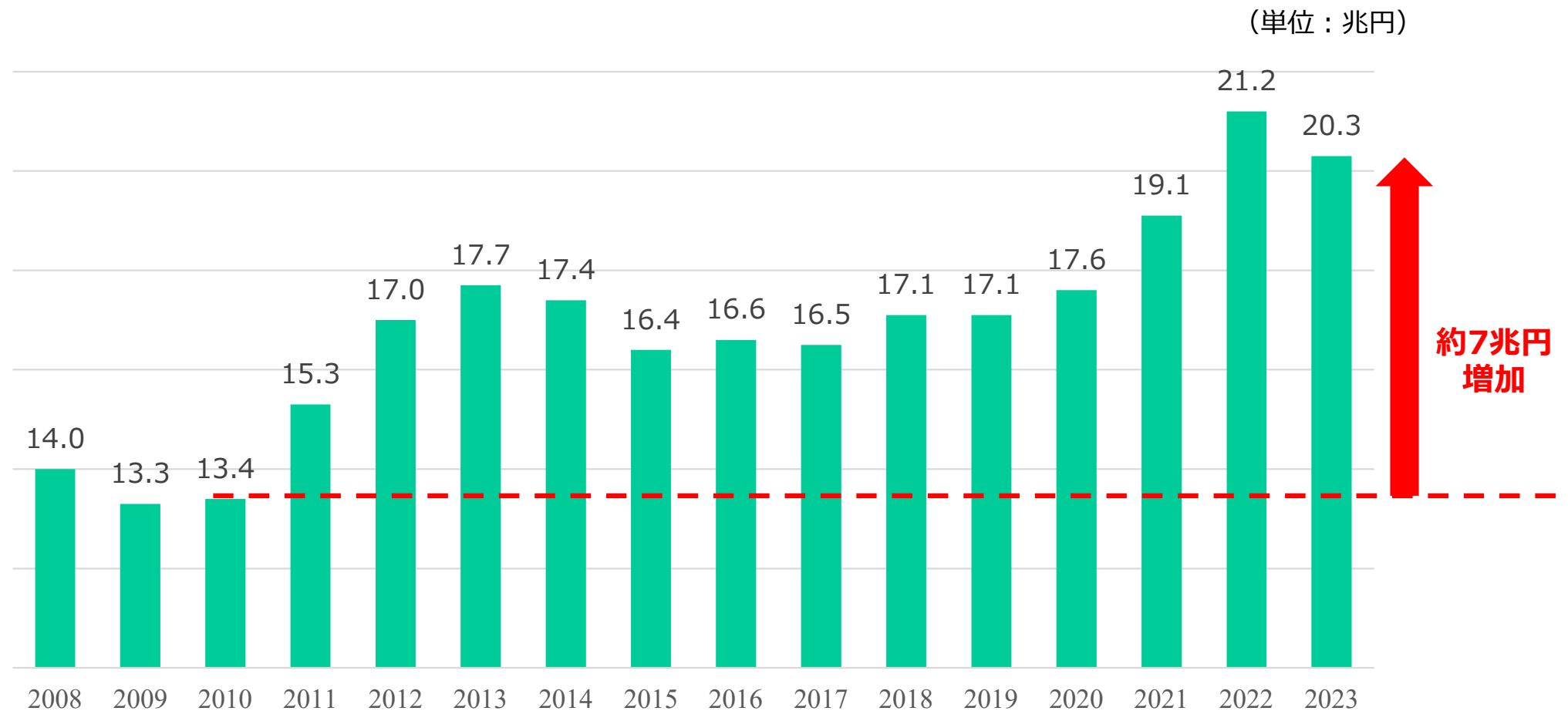
【連結自己資本比率の推移】（単位：%）

	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2022	2023	震災前との比較
北海道	25.4	24.4	19.5	10.8	7.6	9.8	～	11.7	14.9	↘
東北	22.8	20.5	13.9	11.3	12.6	14.6		10.5	15.4	↘
中部	30.9	31.1	26.8	24.7	24.2	26.1		31.9	36.4	↗
北陸	25.4	25.7	24.5	23.7	22.6	22.7		12.9	16.6	↘
関西	25.0	24.8	20.1	16.5	15.3	13.4		20.4	25.2	→
中国	24.3	23.2	22.2	21.1	20.4	20.0		11.1	14.6	↘
四国	26.0	25.4	23.7	20.6	20.6	21.5		18.3	22.1	↘
九州	26.4	25.4	19.7	11.9	10.5	9.0		10.4	15.5	↘
沖縄	32.5	32.6	32.8	31.1	32.7	34.9		23.4	23.4	↘

※東京電力は東日本大震災以降の福島第一原子力発電所事故への対応等に伴い、他の原子力事業者と異なった財務指標の推移を示すため対象から除外

- 震災以降、火力燃料費の増、原子力発電所への安全対策投資等により有利子負債残高は増加。

【有利子負債残高の推移】



■ 分析対象：原子力事業者（北海道、東北、中部、北陸、関西、中国、四国、九州、日本原電）の個社合計

※東京電力は東日本大震災以降の福島第一原子力発電所事故への対応等に伴い、他の原子力事業者と異なった財務指標の推移を示すため対象から除外

■ 有利子負債：各社有価証券報告書より、社債、長期借入金、短期借入金、コマーシャル・ペーパー、1年以内に期限到来の固定負債のうち社債及び長期借入金を集計したもの

- 震災以降、電気事業者のフリーキャッシュ・フローは低迷し、有利子負債残高は大幅に増加。
- **既に電力セクターの与信が膨れ上がっていることに加え、多排出産業である電力はファイナンス・エミッションによるリスクも抱え、電力の資金調達環境は悪化。**また、一般担保社債の経過措置についても、2024年度末で終了予定。
- 今後、系統整備や再エネ・火力の脱炭素化に向けた投資も必要な中、既設炉の再稼働に向けた安全対策投資や次世代革新炉への投資を進めるためには、事業継続性の観点から**投資・コスト回収予見性や事業収益性を確保することは大前提。**そのうえで、**円滑なファイナンスが可能となる資金調達環境整備も必要不可欠。**

有利子負債の増加	● 震災以降、原子力安全対策投資や燃料費高騰などにより有利子負債が積み重なり、自己資本比率が悪化。融資の積み上がりについては、金融機関側もリスク認識。 ● また、一部の地方金融機関では、上限規制から、これ以上、電力業界へ貸出が出来ない事例も存在。
社債発行環境	● 電力全体の発行額が多いのに加え、他業界でも発行が増加。足元では金融政策の修正により金利が上昇し、国債、地方債の利回りも上昇し、限られた投資枠のなかで競争する状況。2022年には燃料費高騰で各社の収支が悪化するなか、社債募集額に対し満額集まらない事例も発生。 ● また、金利上昇局面では、長期年限の発行が困難となる虞。 ● 一般担保廃止となれば、投資対象から外す投資家も存在。
2030ファイナンス・エミッション	● 金融機関は2030年度の貸出ポートフォリオのCO2目標を達成するため、CO2排出量の多い電力業界への融資が厳しくなっている。融資期間についても、2030年を念頭において短期志向となる事例も存在。 ● 一部社債投資家も、電力債への投資判断においてCO2排出量に基づき慎重姿勢を示す動きもある。

- 再稼働している九州電力・関西電力においては、原子力を資金使途に含むトランジションボンドを発行するなど、個社においても資金調達の多様化に努めている。

	九州電力トランジションボンド		関西電力トランジションボンド	
	第526回社債	第527回社債	第569回社債	第570回社債
発行総額	100億円	200億円	300億円	150億円
利率	0.858	1.425	0.888	1.560
発行日	2024年6月3日		2024年7月11日	
償還期限	5年債	10年債	5年債	10年債
資金の使途	既設原子力発電所の安全対策投資の リファイナンス		原子力、ゼロカーボン火力、送配電	
主幹事証券	三菱UFJモルガン・スタンレー証券 みずほ証券 SMBC日興証券 大和証券 野村証券	みずほ証券 三菱UFJモルガン・スタンレー証券 SMBC日興証券 大和証券 野村証券	SMBC日興証券 野村証券 みずほ証券 大和証券	SMBC日興証券 大和証券 みずほ証券 野村証券
取得格付	R&I A JCR AA- ムーディーズA3		R&I A+ JCR AA ムーディーズA3	

- DXの進展や産業界における脱炭素化に向けた取り組みを背景に、我が国の電力需要は、大きく増加する可能性。
- そういった中、産業界をはじめ社会からの要請に応え、国民生活や経済成長を支えていくためにも、原子力や再エネ、脱炭素火力といった多様な脱炭素電源への投資を進めていく必要。
- その中でも、電気事業を取り巻く環境変化に対応する様々な特長を有する原子力は、資源に乏しい島国である我が国にとって必要不可欠な電源であり、持続的かつ最大限活用していくべき電源と位置付ける必要。また、原子力事業者やサプライチェーンの事業予見性確保、技術・人材の確保といった観点からも、国として具体的な原子力の開発・建設目標を掲げることが重要。
- 原子力事業者としても、既設炉の再稼働や次世代革新炉の新規建設などに向けて、最大限取り組んでいく所存であるが、自由化以降の投資・コスト回収の予見性低下や、財務状況の厳しさを背景とした資金調達環境の悪化といった様々な課題が生じている状況。
- 我々としては、引き続き、民間活力を生かしながら、原子力事業に取り組んでいく所存であるが、こうした民間の取り組みを後押しするためには、投資・コスト回収予見性や事業収益性を確保することは大前提。そのうえで、円滑なファイナンスが可能となる資金調達環境整備について、早急にご検討いただきたい。