

原子力の活用 —その役割と課題—

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

電力ユニット 原子力グループ

木村 謙仁

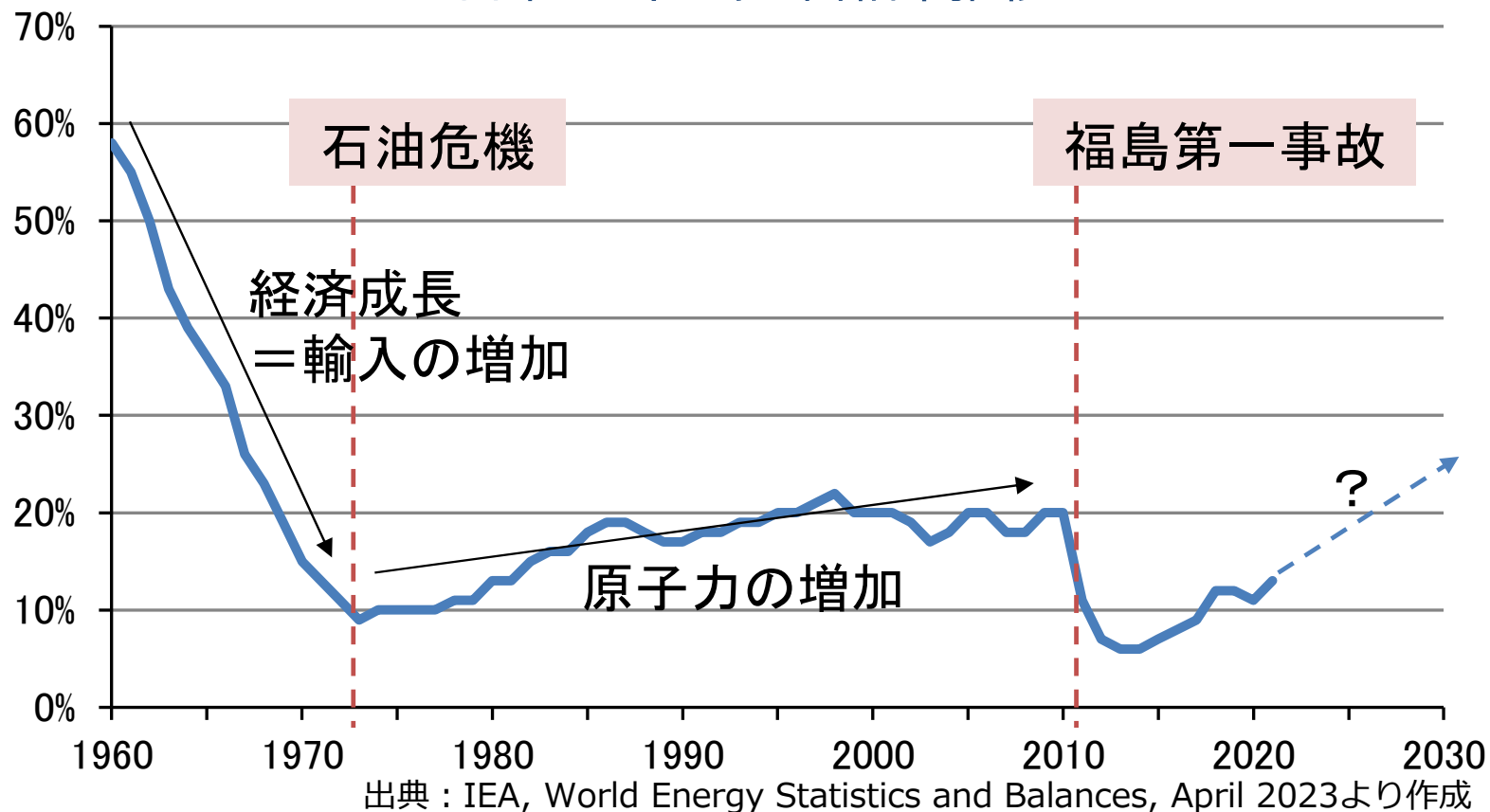
本報告のポイント

- ✓ 日本や欧米諸国では石油危機直後に原子力利用を急速に拡大してきたが、その後は拡大が停滞していた。しかし、近年では気候変動対策のみならず、エネルギー自給率向上の必要性といった要因から、原子力の役割が改めて評価される場面が増えつつある。
- ✓ 様々な主体による分析結果が、カーボンニュートラルや安定供給を経済合理的に実現するうえで、原子力に重要な役割があることを示唆。
- ✓ 実際の動向としても、欧米諸国などで原子力利用を改めて明確化する傾向が見られる。
- ✓ 日本でもGX脱炭素電源法で既設炉の有効活用の道筋を作ったが、原子力がその役割を果たせるようにするためには、事業性の改善やバックエンド政策など、解決すべき課題が多数存在する。

日本における原子力利用の推移

- 日本は石油危機の後、エネルギー自給率向上の重要性を認識し、その一環として原子力発電の導入を進めてきた。
- 2011年3月の福島第一原子力発電所事故後、国内で全ての原子力発電所が停止。代替として天然ガス火力が増加したことで、エネルギー自給率は6%まで低下。
- その後、再稼働や再生可能エネルギーの拡大で自給率は13%程度まで回復したが、依然として非常に低い水準。

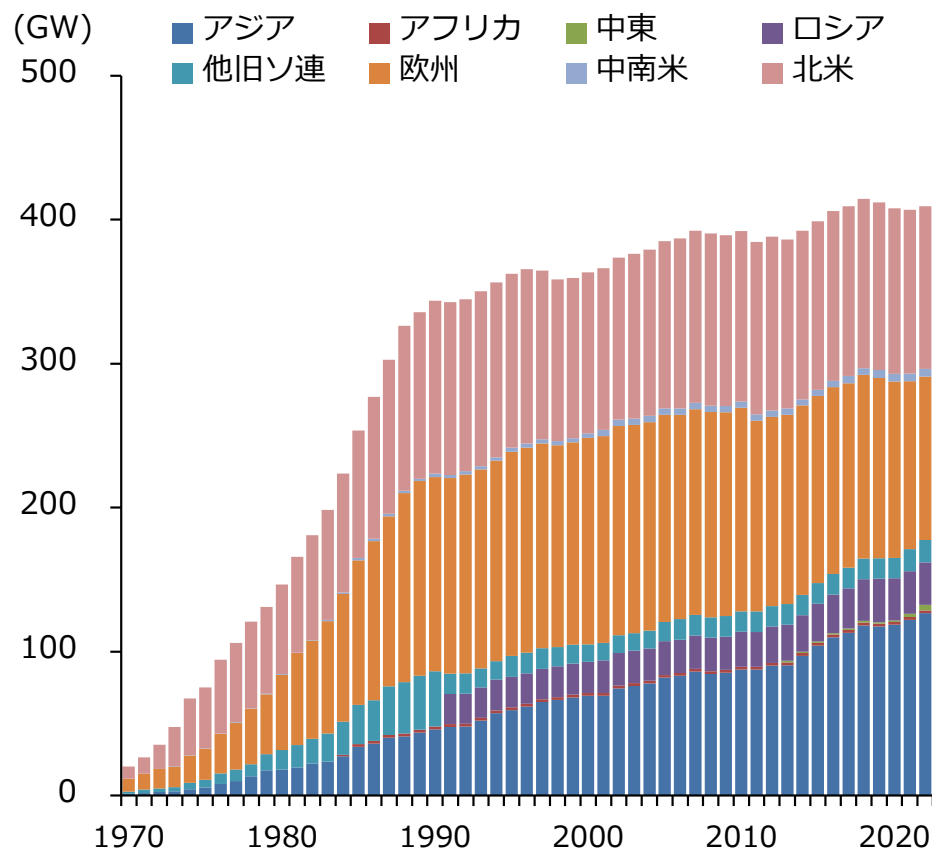
日本のエネルギー自給率推移



世界の原子力動向

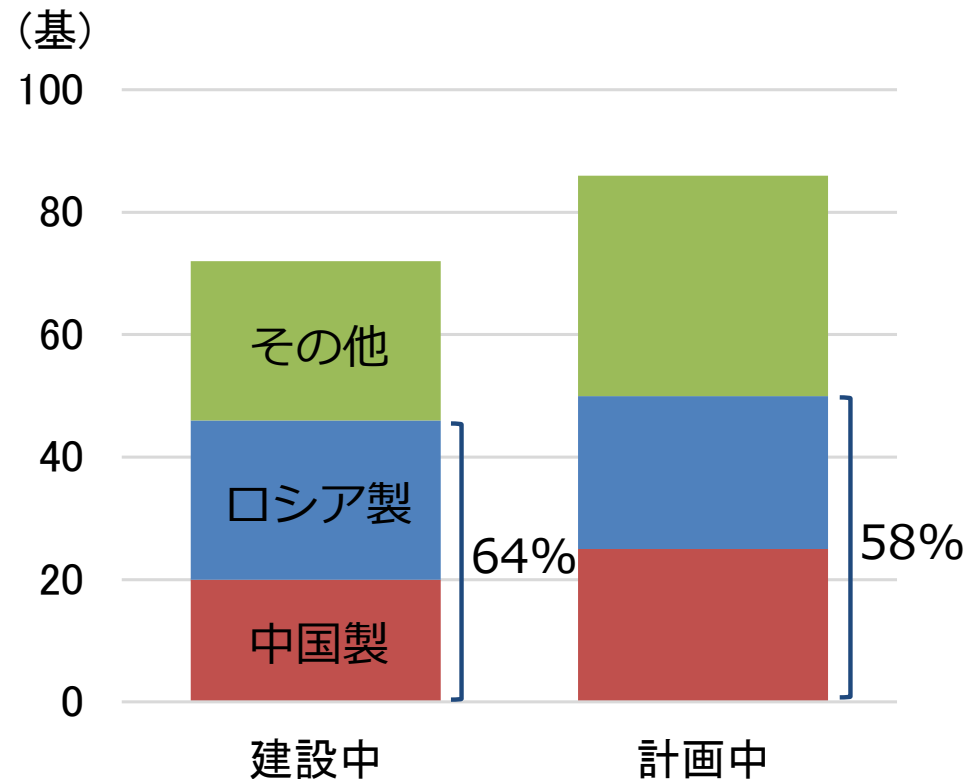
- 1970-80年代は日本だけでなく、欧米を中心に世界中で原子力が増加。
- その後、増加の中心はアジア（特に中国）を中心とした新興国に移行。
 - 米英などでは電力市場自由化が向かい風になるケースも。
- 輸出市場ではロシアがシェアを拡大。
 - 長らく新設の経験を積まなかった西側諸国の原子力産業は競争力が低下。

世界の原子力発電設備容量推移



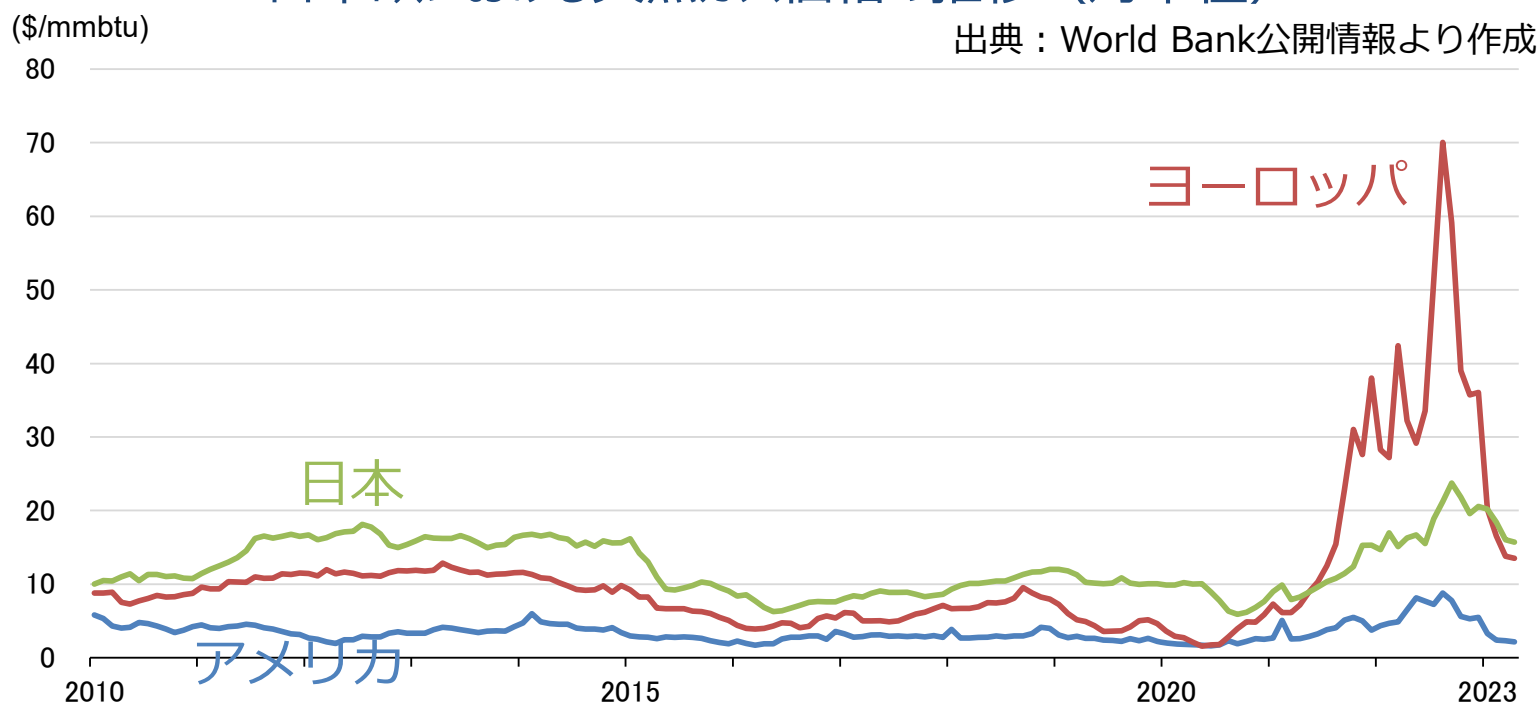
出典：日本原子力産業協会『世界の原子力発電開発の動向』より作成

建設中・計画中原子炉の国籍内訳 (2023年1月1日現在)



- しかし、近年各国が野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げるなか、ゼロエミッションのベースロード電源である原子力に注目が集まりつつあった。
- 加えて2021年以降、世界的な化石燃料価格の高騰が発生し、電力を含むエネルギーの供給安定性に重点が置かれるようになった。
- さらに2022年2月、ロシアによるウクライナ侵攻が勃発。
 - 特にヨーロッパで化石燃料供給が一層不安定化。
 - エネルギー自給と安定的ベースロード電源の重要性が改めて認識されつつあり、原子力の役割への期待が高まる動きが世界で顕在化する場面が増えてきた。
 - 本来、非常時でなくとも重要なこと（日本ではエネルギー基本計画の三本柱の一角）

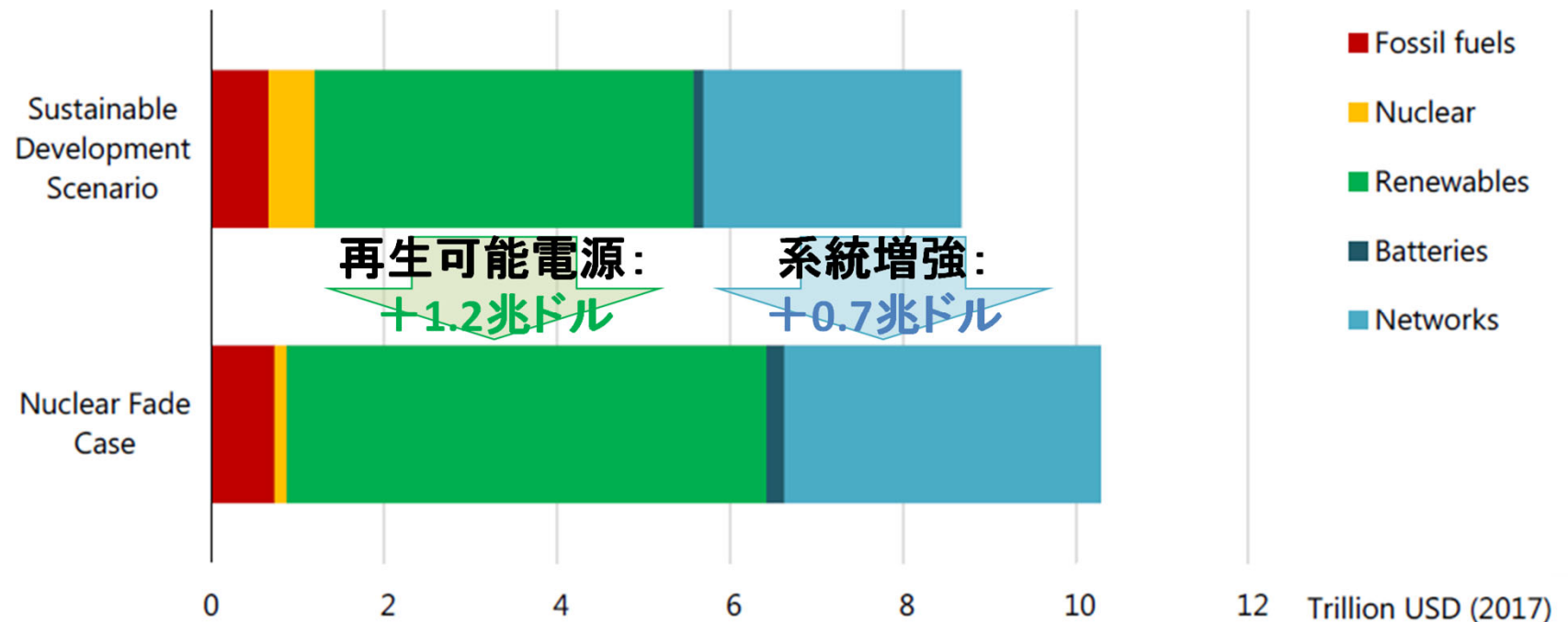
日米欧における天然ガス価格の推移（月単位）



原子力の役割に関する指摘

- 2019年、国際エネルギー機関（IEA）が原子力の役割に関する報告書を発表。
 - 原子力への投資がなければ、持続可能なエネルギーシステムの実現は非常に困難。
 - 原子力を減らして、再生可能エネルギーで補う場合、一層のコストがかかる。

原子力縮小ケース適用時の総投資コスト比較（2019-2040年累積）



出典：IEA, *Nuclear Power in a Clean Energy System*, 2019. (一部加筆)

原子力縮小ケース（Nuclear Fade Case）想定

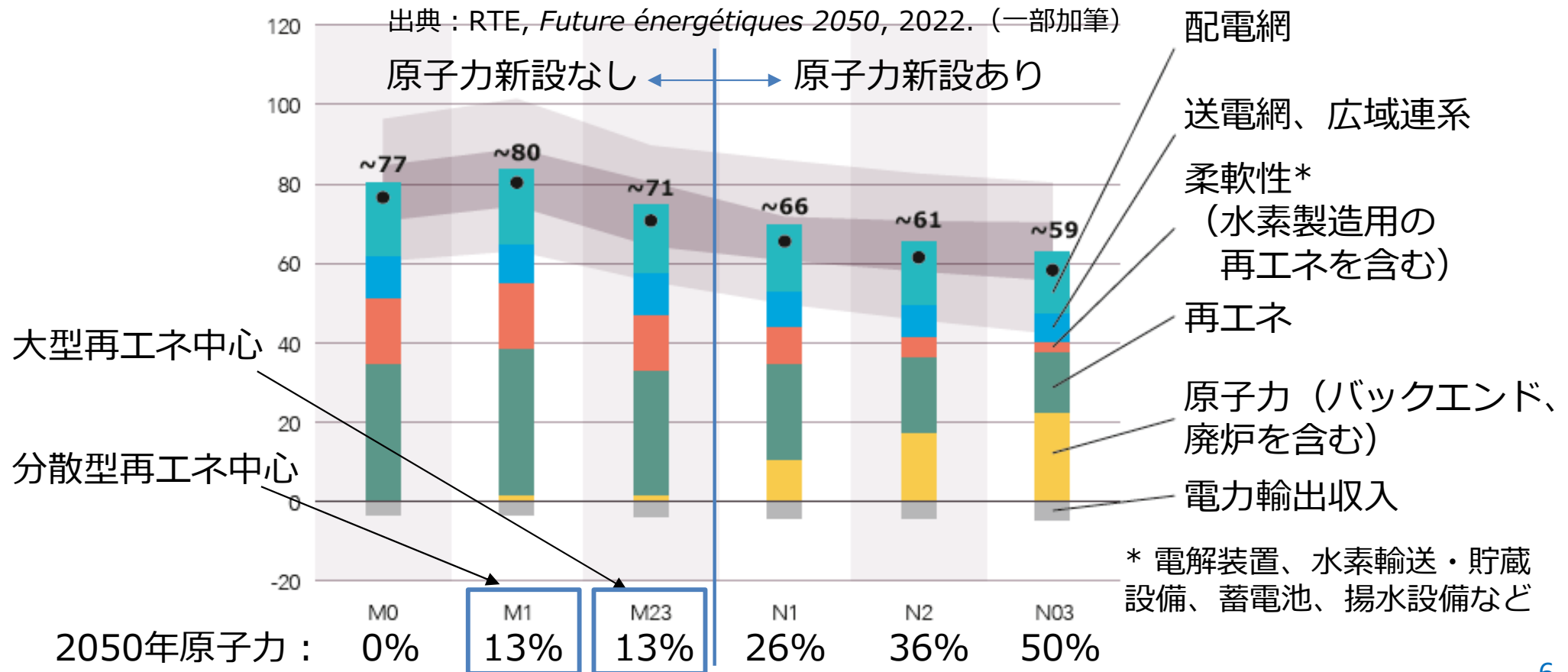
- 先進国において、既に建設中のもの以外に新たな原子力発電所の建設は行われぬ。
- 先進国において、既設炉には現在認められている以上の運転期間延長を認めない。
- 先進国において、既設の原子力発電所に対して新たな投資は行われぬ。

原子力の役割に関する指摘

- フランスでは送電事業者であるRTEが2050年カーボンニュートラル実現を想定したシナリオ分析を発表。後述の政策決定に活用された。
- 2050年に“再生可能エネルギー100%：原子力0%”から“50%：50%”まで、6通りのシナリオで将来に向けたエネルギー需給の形を分析。
 - 原子力50%シナリオでは大型軽水炉14基と数基の小型モジュール炉（SMR）を新設
- 電源ミックスに原子力が入ることで、総コストを抑制できるとの結果。

電力システム総コスト見通し（2060年時点）

出典：RTE, *Future énergétiques 2050*, 2022. (一部加筆)



参考：フランスのシナリオ分析

シナリオ名	2050年電源構成	主な想定
M0（再エネ100%）	原子力：0% 太陽光：36% 風力：52%	<ul style="list-style-type: none"> 他シナリオよりも既設炉の廃炉を加速し、2050年には脱原子力を完了
M1（分散型再エネ）	原子力：13% 太陽光：36% 風力：40%	<ul style="list-style-type: none"> 原子力の新設は行わない 分散型再生可能エネルギー（特に太陽光）の大幅な拡大
M23（大型再エネ）	原子力：13% 太陽光：22% 風力：53%	<ul style="list-style-type: none"> 原子力の新設は行わない 風力発電（陸上・洋上）を中心に、大型の再生可能エネルギー設備が拡大
N1（再エネ+原子力1）	原子力：26% 太陽光：22% 風力：41%	<ul style="list-style-type: none"> 2035年以降、5年ごとに2基ずつの原子炉を新設（計8基程度）
N2（再エネ+原子力2）	原子力：36% 太陽光：17% 風力：36%	<ul style="list-style-type: none"> N1シナリオより新設のペースを上げ、2050年に計14基程度とする
N03（再エネ+原子力3）	原子力：50% 太陽光：13% 風力：25%	<ul style="list-style-type: none"> 上記に加え、既設炉を可能な限り長期間活用し、SMRなど新型炉も導入する

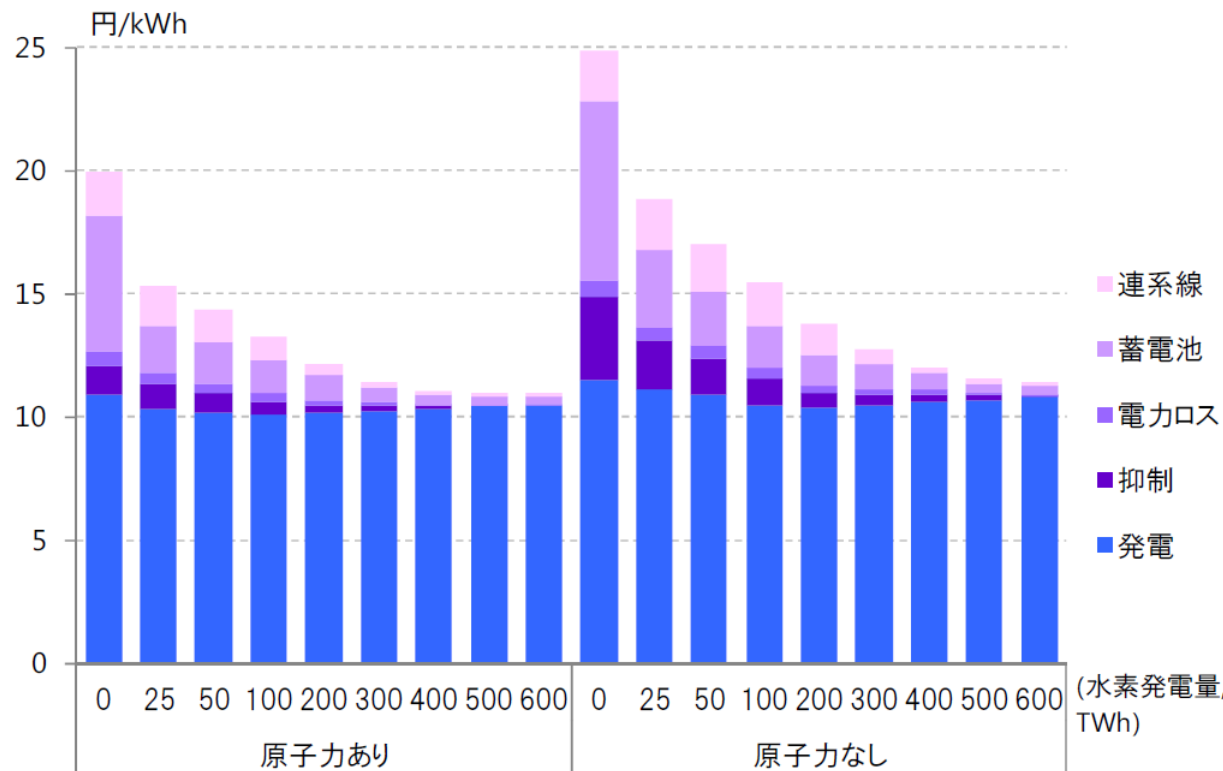
* 全シナリオ共通の想定：水力22GW、海洋エネルギー0-3GW、バイオマス2GW、揚水8GWなど

出典：RTE（2022）より作成

原子力の役割に関する指摘

- 弊所による分析でも、一定程度の原子力（あるいは低炭素ベースロード電源）の存在が、電力システム全体の経済性最適化を実現するうえで重要となることを示唆している。
 - 2050年に日本が電源をゼロエミッション化することを前提とし、電力システム全体のコストを最小化するモデルで分析。
 - 原子力がなく、ゼロエミッション火力（水素）もない場合、電力単価が大幅に増加。

火力発電量の変化に応じた電力システム単価



(参考)
 弊所『IEEJアウトルック2023』の技術進展シナリオによると、水素火力発電量（2050年）は90TWh。

出典：松尾雄司ほか「2050年の発電部門ゼロ・エミッション化に向けた検討」エネルギー・資源学会『第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』2018.1, pp.519-524.

実際の動向

- もとより日米欧諸国は気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から原子力の重要性を強調してきたが、直近では特に注目すべき動きが複数見られる。
- アメリカ
 - 安定的な低炭素電源としての重要性から、経済的な理由で閉鎖の危機にある既設炉を対象とした「民生用原子力クレジット（CNC）」プログラムを開始。
 - 新型炉開発も推進。
 - NuScale社などの小型モジュール炉（SMR）導入に向けた動きを支援。NuScaleは2023年1月に規制当局の設計認証を取得。
 - 新型炉実証プログラム（ARDP）で第四世代炉の開発も支援。
 - インフレ抑制法（IRA）により、原子力を対象に含む生産税控除を新たに導入。
- イギリス
 - エネルギー安全保障戦略（2022年4月）で原子力については、2050年までに最大24GWの発電設備容量を導入し、電力供給量の25%をまかなう目標を設定。
 - 2023年3月の新たなエネルギー投資計画（Powering Up Britain）で改めて明記。
 - 計画中のサイズウェルC新設には政府から679百万ポンドを直接出資。規制資産ベース（RAB）モデルによる支援も適用する方針。
 - RABでは発電開始前から一定の収入が得られるため、不確実性の低減を期待できる。
 - 新型炉開発にも注力
 - ロールスロイス社の軽水炉型SMRの包括的設計審査が進行中。
 - 第四世代炉技術を採用したモジュール炉（AMR）の研究開発も支援。特に高温ガス炉を重点技術に指定。

- フランス
 - 将来のエネルギーミックスに関する分析結果を踏まえ、マクロン大統領は2022年2月に最低6基（+最大で8基）の大型軽水炉建設を発表。
 - 「最大14基」は前出のRTEによる分析の、原子力最大ケースに符合。
 - エネルギー確保と脱炭素化を推進するため、政府は2023年6月にEDFを再国有化。
 - 既存の原子力関連施設近傍での新設に係る手続きを簡略化できる法律が（一部除いて）成立。
 - 同法には原子力の合計設備容量制限（63.2GW）や、2050年までに発電量に占める割合を50%まで引き下げる現行の目標を取り下げる内容が含まれる。
 - EDFなどが軽水炉型SMRの開発を進行中。
- 日本
 - 日本ではエネルギー基本計画で原子力を重要な低炭素ベースロード電源と位置付け。
 - 2023年5月、原子炉の運転期間見直しを含むGX脱炭素電源法が成立。
 - 審査などで停止していた期間を40年（あるいは60年）から差し引き、その分期限を延長。
 - 初回は運転開始後30年、その後は10年ごとに経年化対策を評価し、運転継続の可否を判断。
 - 6月には電力10社中7社が規制料金を値上げしたなか、再稼働が進んでいる関西電力と九州電力は値上げを回避。
 - 原子力のみが要因とは限らないことには注意が必要。
 - 政府補助などにより、実際の負担は従来と同等ないし軽減。

- 温室効果ガス排出削減や経済合理性以外にも、原子力に役割があることを示唆する事例が見られる。

- ポーランド

- 2021年2月、2040年までのエネルギー計画を閣議決定。

- 計画の主要な3本の柱として

①公正な移行

②エネルギーシステムのゼロエミッション化

③大気汚染の改善

を掲げる。

➤ これらの実現のため、再生可能エネルギーと原子力の導入を進める。

➤ 原子力については1.0-1.6GWの原子炉を計6基建設予定。

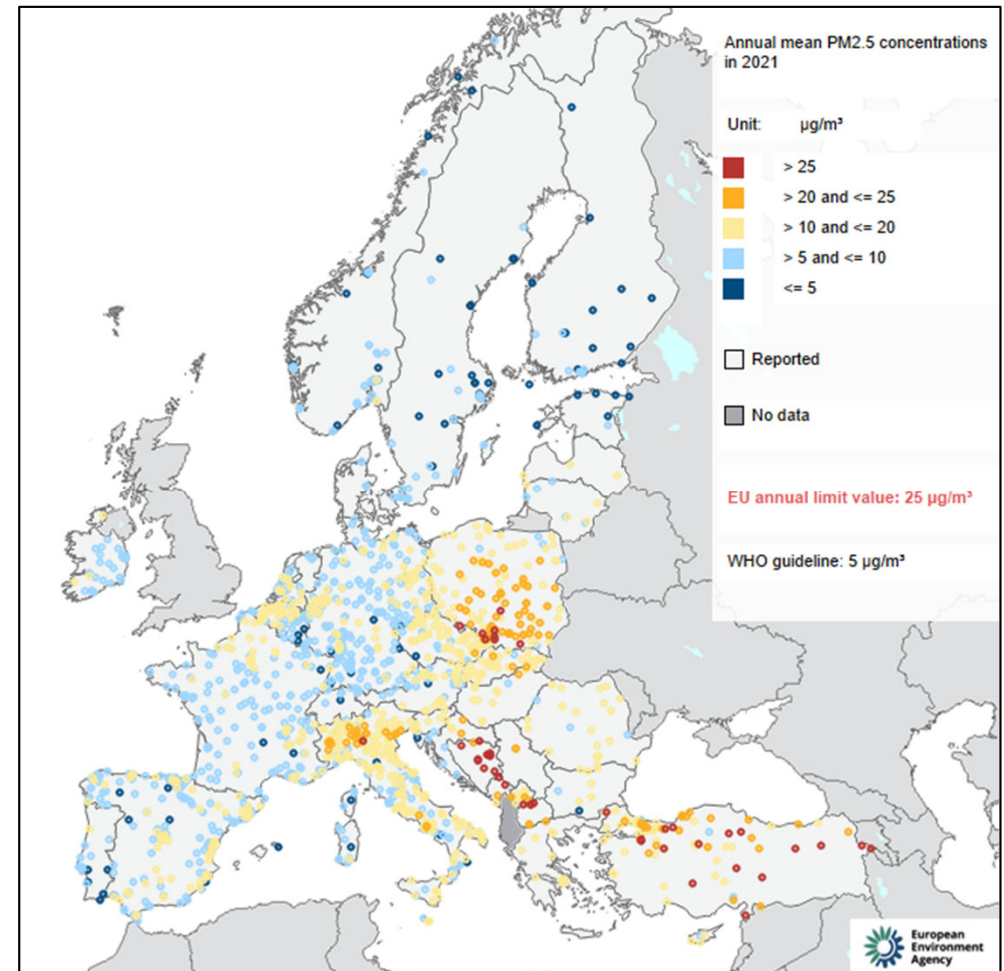
- ポーランドは石炭火力を多用。現状ではヨーロッパのなかで、大気汚染が最も深刻な国の一つ。（右図）

- 2022年3月、国際情勢を踏まえて同計画を更新し、

④エネルギー主権

を追加。

ヨーロッパにおける大気中PM2.5濃度（2021年）



出典：European Environment Agency, *Europe's air quality status 2023*, 2023.

実際の動向

- 多くの国が気候変動対策やエネルギー安全保障の一環として原子力を位置付け。
 - 特に中東欧や北欧諸国には、気候変動・環境対策の他に、ロシア産化石燃料・電力やロシアの原子力技術への依存を抑える強い動機がある。
 - その一方で、世界の原子力市場におけるロシアの強さも目立つ。
 - 特に新興国にとっては、できるだけ安価かつ迅速に大規模な安定電源を得たいという希望が強く、それがロシア製を選ばせる動機になっているのではないか。

国名	主な動向
フィンランド	2022年5月、ハンヒキビ1号機建設計画に関するロシアとの契約を破棄 2023年2月、ロビーサ1、2号機の運転期間を2050年末まで延長
オランダ	2022年12月、2基の新設計画を発表、既設炉の運転延長も目指す
チェコ	2022年3月、ドコバニ原子力発電所の原子炉増設に係る入札を開始、前段階から中露企業は除外
ブルガリア	2023年6月、ウェスティングハウス社とFEED（事前エンジニアリング・設計）契約締結
ルーマニア	チェルナボーク3、4号機（カナダ型炉）建設中 2023年5月、日米韓などによるルーマニアのSMR計画支援が発表
エストニア	2023年2月、フェルミ社がGE日立のSMR（BWRX-300）を選定
韓国	2023年1月、第10次電力需給計画で前政権が撤回した2基の新設計画を復活
UAE	2023年2月、バラカ3号機（韓国型炉）が営業運転を開始
トルコ	2023年4月、アックユ1号機（ロシア型炉）で燃料搬入式典
エジプト	2023年5月、エルダバ3号機（ロシア型炉）着工
バングラデシュ	ルプール1号機（ロシア型炉）を建設中

日本にとっての課題

- 日本ではGX脱炭素電源法で既設炉の有効活用の道筋を作ったが、原子力はその期待される役割を果たすためには、以下をはじめとした課題の解決に向けた取り組みが必要となる。
 - 既設炉の長期運転に伴う課題
 - 運転期間（40 or 60年）から差し引かれる停止期間の明確化
 - 機器ごとの経過年数に応じた、きめ細かい安全評価と対策
 - 事業性の確保
 - 米英の動向は、事業としての採算性を確保する環境整備が必要であることを示唆。
 - 特にイギリスのRABは新設時に投資回収の不確実性を低減し、投資を誘引するという点で興味深い。
 - フランスはEDFの国有化というアプローチで対応。
 - これら諸外国は、必要であれば、自由化に逆行すると捉えられるような大胆な施策を打っている。
 - バックエンド政策や社会との関係性も当然重要。
- エネルギー安全保障強化と脱炭素化の両立に向けた長期のエネルギー転換に貢献すべく、原子力について長期的な視野で着実かつ安定的な取り組みをしっかりと進めることが重要。
 - 原子力の新設には長い時間がかかる。エネルギー価格が急騰したからといって、すぐには増やせない。
 - 直近では少し落ち着いてきたが、「喉元過ぎれば熱さを忘れ」ないように。

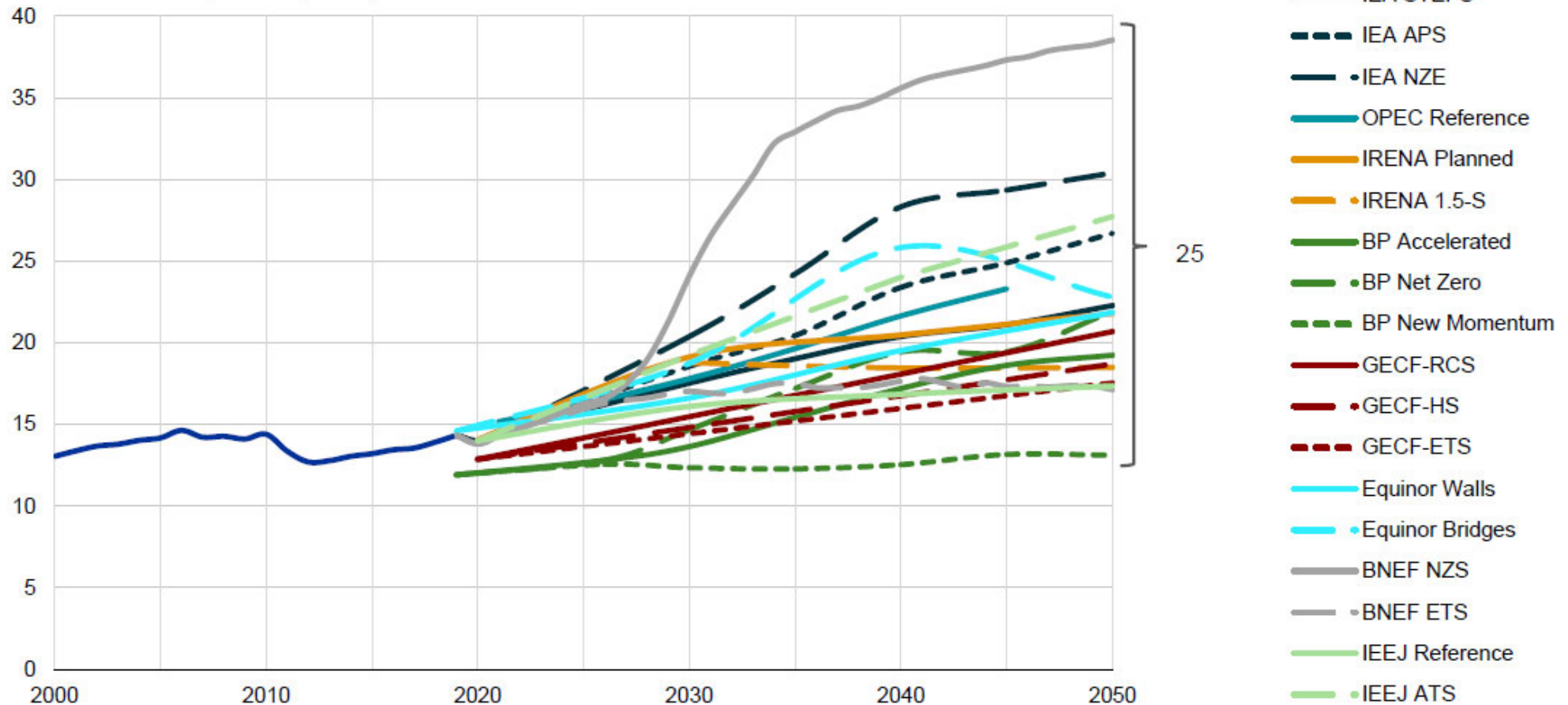
参考：各機関による原子力見通し

- 複数の機関が各々のシナリオに基づいて将来のエネルギー需給を予測。
- 多くのシナリオにおいて、原子力の利用増加が見込まれている。

各機関による世界の原子力利用量見通し

Nuclear Demand Scenarios Through 2050

Million barrels of oil equivalent per day



出典：International Energy Forum (IEF), *Outlooks Comparison Report*, 2023.