

原子力発電の役割と課題

岡 芳明

東京大学名誉教授
前・内閣府原子力委員会委員長

本資料は講演者が過去に所属した組織と、キヤノングローバル戦略研究所の考え方を表すものではありません。

目次

- エネルギー・環境問題
- 原子力発電の特徴：安全・自給・安価・安定
- 日本の原子力発電の課題
- 日本の行政庁のアカウントビリティの問題
- 循環型社会と廃棄物
- 安全性と経済性は両立する
- 放射線は新しい光、原子力エネルギーは新しい火
- 参考文献

エネルギー・環境問題

- ウクライナや中東の戦争で、エネルギー供給の危機が顕在化している
- 日本は化石燃料資源がなく、エネルギー制約はますます厳しい。
- 東電事故後廃止された原子力発電所が多い。再稼働もあまり進んでいない。
- 去年は猛暑だった。長期間の大規模停電が発生していたら、多くの高齢者が亡くなったはず。
- **エネルギー問題は国家の存亡と国民生活に係り、日本の将来を左右する大問題である。**
- 安全保障だけではなく、産業や雇用、生活や環境に影響する。
- 日本はエネルギー資源がない国だという事を甘く考えてはいけない。
- 日本はエネルギー・環境問題への対応を誤らない必要がある。

原子力発電の3つの特徴

安全、自給、安価・安定

- 原子力発電は最も安全な電源
- 原子力発電で日本のエネルギー自給率の向上を
- 原子力発電で安価で安定な電力の供給を

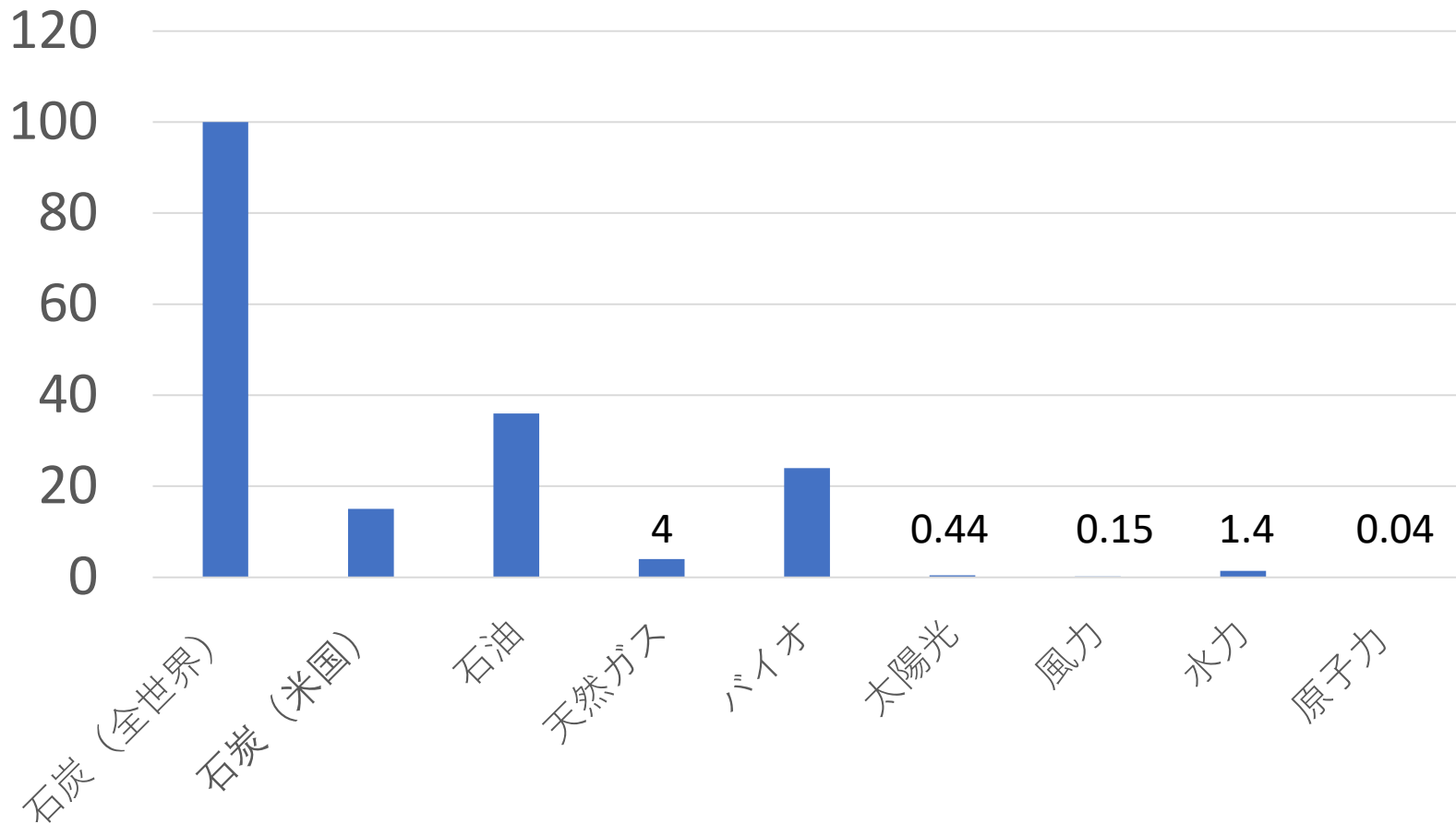
原子力発電は
最も安全な電源

原子力発電所事故の放射線による 公衆の死亡（客観的安全性）

- チェルノブイリ事故：8名（小児甲状腺）
- 東電福島事故：ゼロ

- チェルノブイリ事故では、事故収束に当たった作業員49名が死亡している。公衆の発がんや死亡の増加は、線量が低いので、疫学研究で観測するのは困難であろう（UNCEARのHP）
- 東電福島事故の放射線による健康被害は観測されないであろう（UNSCEAR2013, 2020）

発電量当たりの死亡率 (死亡数/billion kWh)

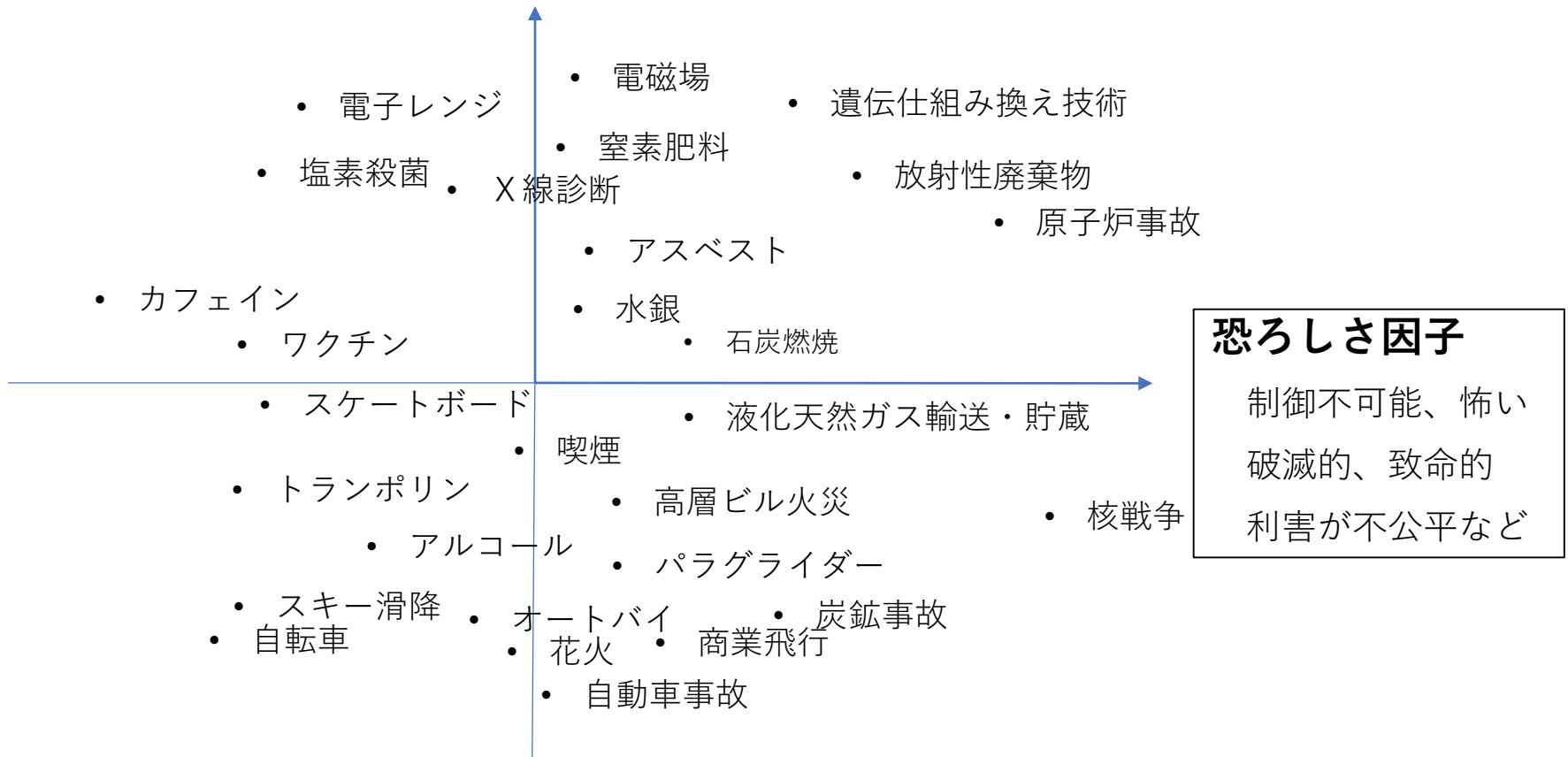


出典: B. W. Brook et al., Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix, Sustainable Materials and Technologies, 1-2 (2014) 8-16, Table 6
Source: Updated (corrected) data from: World Health Organization; CDC; Seth Godin; John Konrad

リスク認知因子と各種リスクの認識分布 公衆のリスク認知は合理的でない（主観的安全性）

未知性因子

観測不可能、知らない、新しい、発症が遅延など



原子力発電はなぜ最も危険と考えられるようになったか？ どうすればよいか？

1. **客観的安全性（原子力技術者）と主観的安全性（国民）がある。**どちらも正しい。世の中は後者。

両者は論理的に交わらない。交わせられるはずとの専門家の誤解に基づく努力は**逆効果になる。**これに気が付いてほしい。

なぜか？安全の話はリスクの話。危険の話は3倍強く印象付けられる（これは人間の生存本能？）。安全の説明をすればするほど、危険のイメージが伝わる。国民に何でも説明せよという声もそれを助長した。

2. コミュニケーションの目的は信頼構築。リスクの話で信頼構築は困難。

3. リスクコミュニケーションには対話が必須（P.Slovic, Science 1987）。国民や県民全体との対話は不可能

4. どうすればよいか？ **原子力利用や安全や規制に関して、解説や説明を作って公開するのがよい。**

5. 米国はリスクコミュニケーションではなく、活動の**根拠の情報を作成・収集・提供し、原子力規制委員会に対する国民の信頼獲得に注力している（客観的安全性も結果的に伝わっている）。**

6. リスクコミュニケーション（リスコミ）を行えばよいと考える原子力関係者は多い。推進・応援のつもりかもしれないが、**自分で自分の首を締めていることに気が付いてほしい。**全量再処理も同じ。自分でリスコミや再処理に携わっていない点も共通点。**日本の原子力界の集団主義の害。**

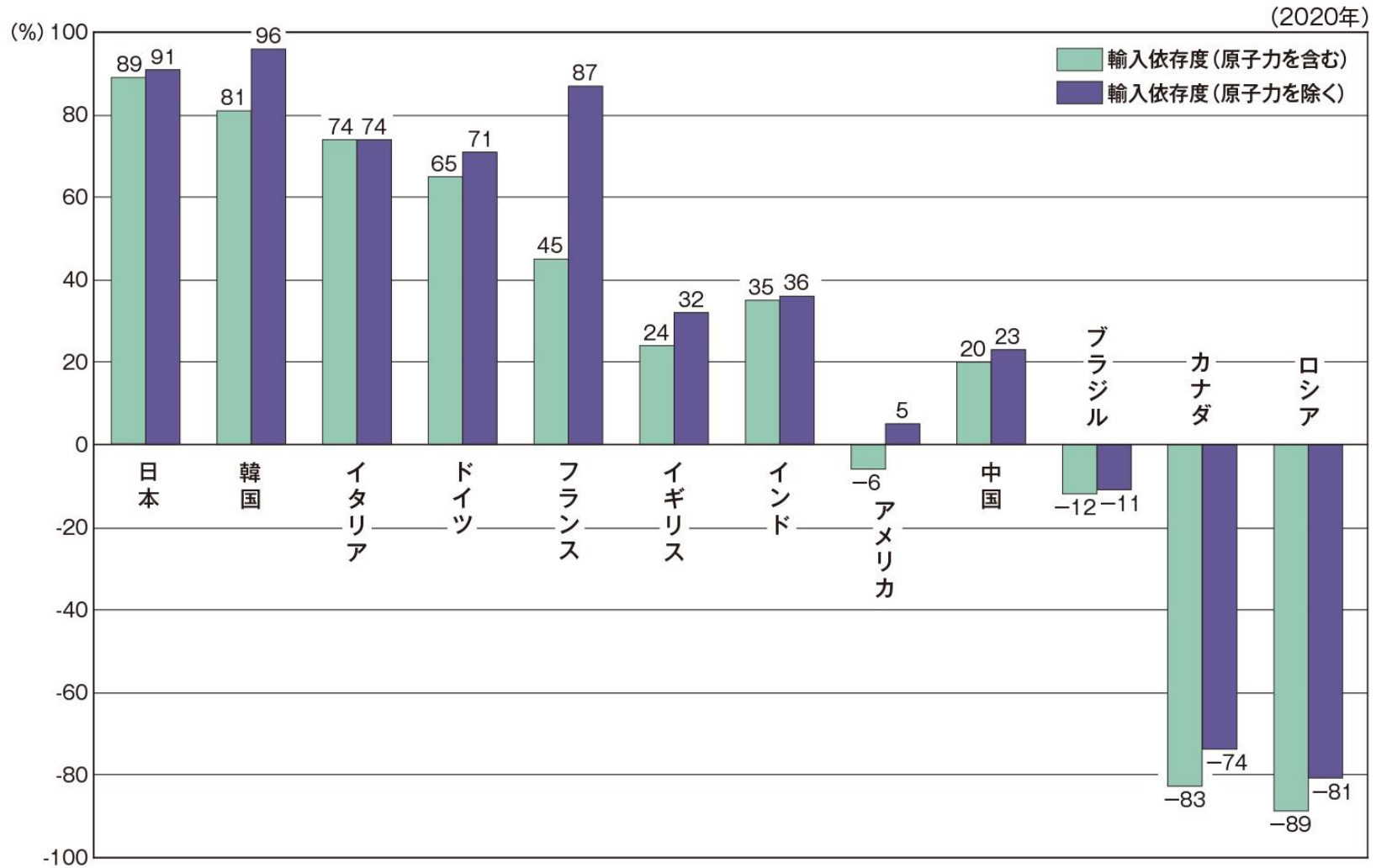
注：ここで述べているリスクコミュニケーションは国民向けの口頭、あるいはそれに類する安全の説明のこと。地元でのステークホルダ対話やリスク説明文書の作成・公開のことではない。

参考：岡 芳明「日本の原子力発電の課題」2023年11月28日東大原子力専攻、pp.68-77,pp.83

原子力発電で日本の
エネルギー自給率の向上を

主要国の一次エネルギーの輸入依存度

日本は極めて高く危険。フランスは原子力発電があるので45%



日本のエネルギー自給率は 11%と極めて低く危険

- 主要先進国で最低
- 国の経済活動や生活・健康維持など、国家・国民の安全にとって危険なレベル
- 中東の政治情勢は不安定。欧州（ドイツ等）の天然ガスの4割がロシア依存だった。
- 天然ガスの輸入がもし途絶するとどうなるか？
- 原子力発電は準国産エネルギー。核燃料物質の輸入が途絶しても、数年間は大丈夫。備蓄も容易。
- ウラン資源はオーストラリアなど先進国に多く、安定供給の懸念は小さい。
- 日本は天然ガス輸入依存を減らし、電気料金高騰を防ぐため、**原発再稼働、運転期間延長、新規建設を進めるべき**。目標はフランス並みに（電力の約7割が原子力発電）

日本はフランス並みの原子力発電割合（約70%）を長期的目標に

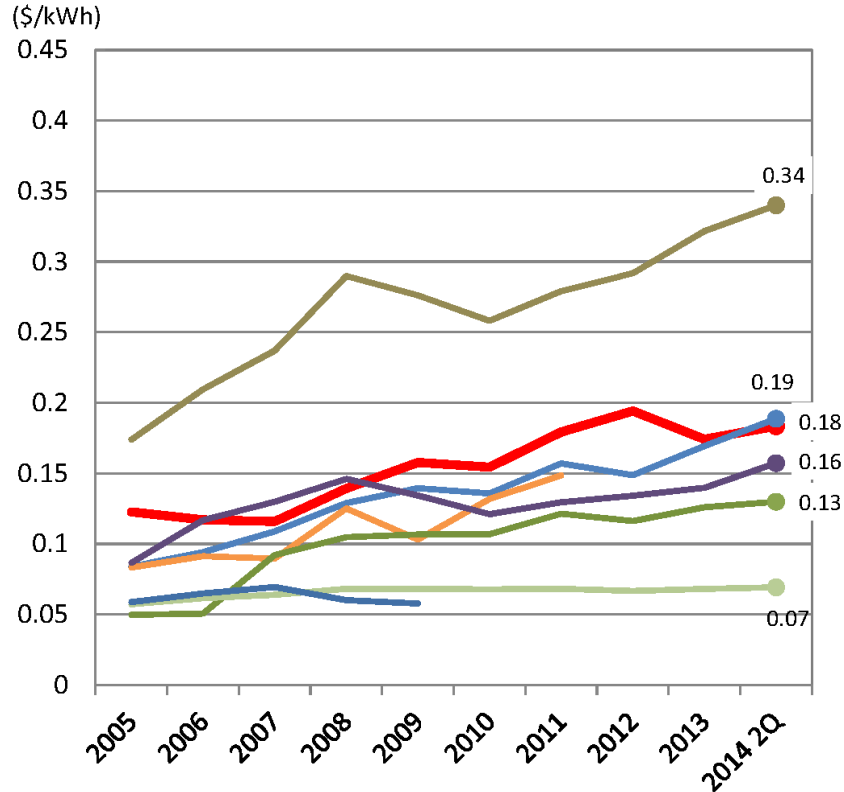
- 日本は他国と送電線や天然ガスパイプラインが繋がっていない。繋がっていても、供給途絶のリスクがある。備蓄には限界がある。
- エネルギー資源の無い先進国は、日本、フランス、韓国、イタリアなど。
- 米国はエネルギー輸出国（以前は国産の石油の輸出を、国家安全保障の観点で禁じていた。近年、シェールガス油田の開発で輸出国になった）
- 英国には北海油田がある。北欧諸国は水力発電割合が大きい。欧州は送電網でつながっている。
- 中国は石炭資源があり、自給率は約80%
- フランスは、自国に化石燃料資源がないが、原子力発電で、約70%の電力を供給しており、一次エネルギー自給率は55%に達している。
- 日本も長期的には、**原子力発電でフランス並みの電力供給を目指すのがよい。**

原子力発電で安価で
安定な電力の供給を

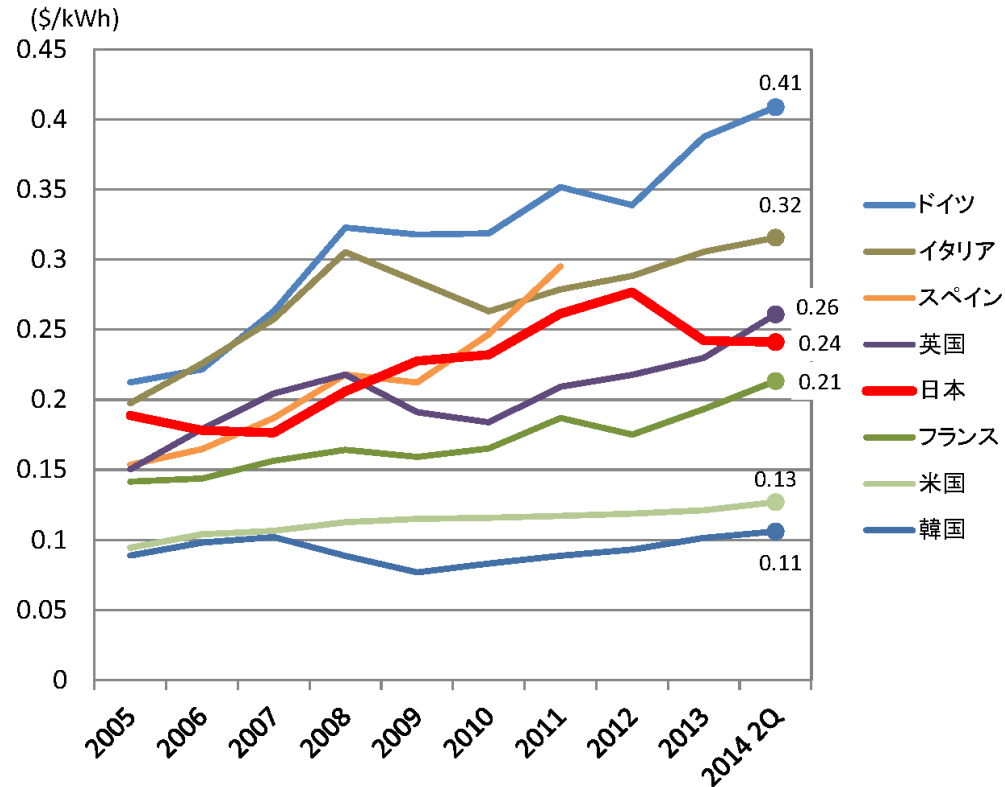
電気料金の諸外国との比較

米国と韓国が安価、フランスも原子力発電が7割で安価、日本の電気料金は韓国の約2倍。イタリアは原子力発電を廃止したため最も高い

【産業用電気料金】



【家庭用電気料金】

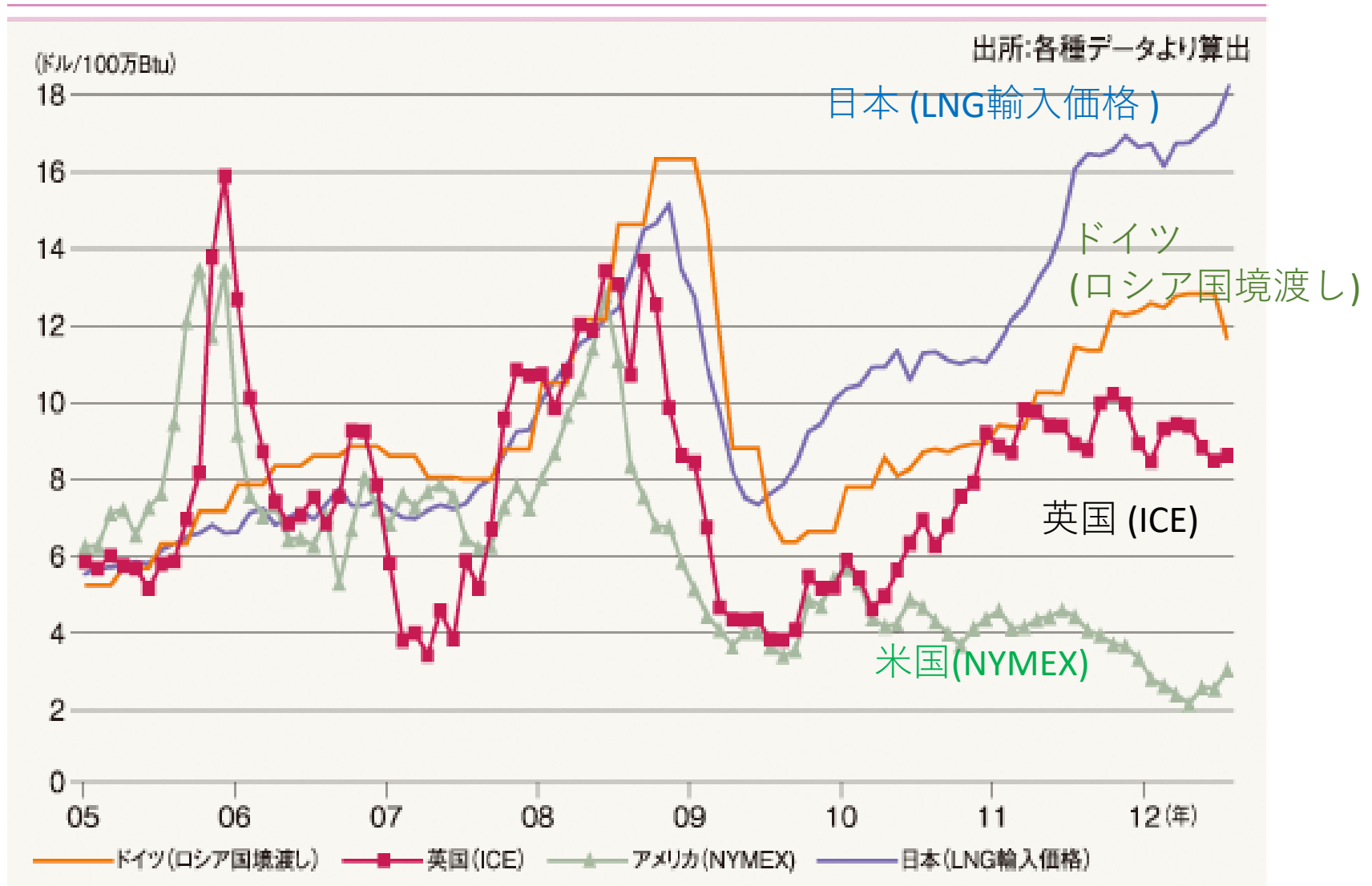


(※1) フランスの値が2007年に急激に上昇しているのは、IEAが利用するフランスのデータの出所が変わったことによる。

(※2) 日本の電気料金は震災以降上昇しているが、本グラフではドル建て表記のため、為替相場の影響を反映した形となっている。

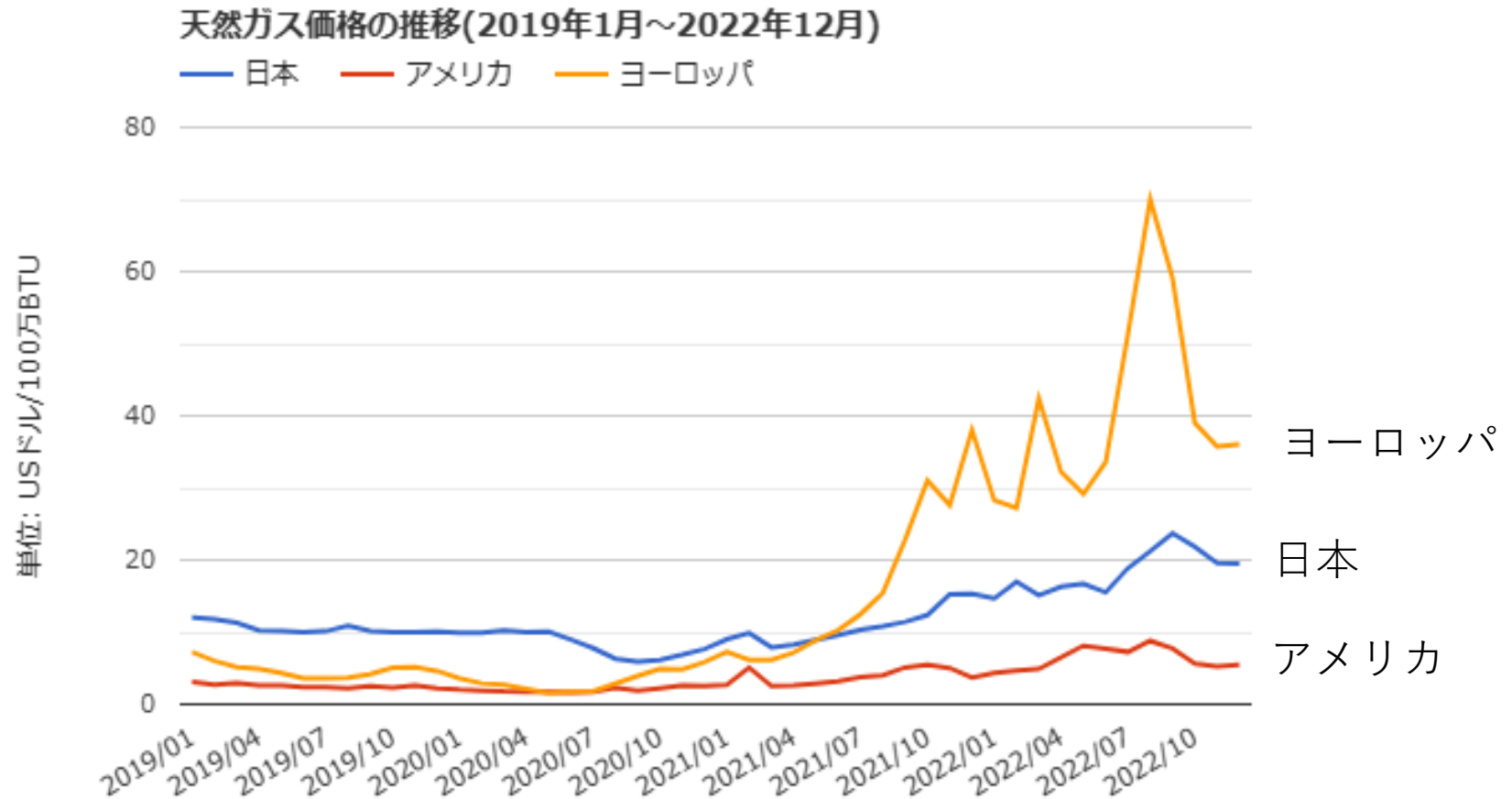
【出典】 IEA Energy Prices and Taxes

天然ガスは価格が不安定



天然ガス価格の推移 (2019-2022)

天然ガス価格は需給によって大きく変動する

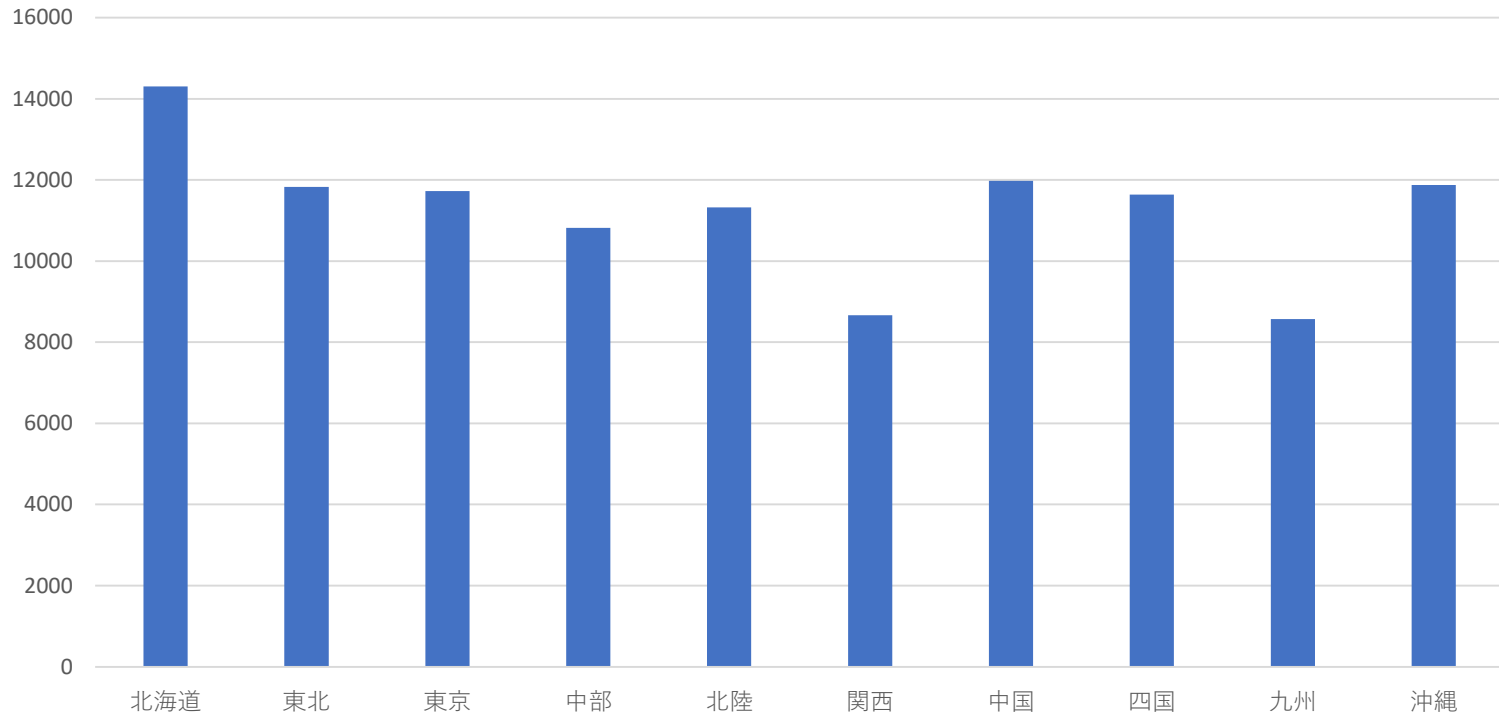


出典：世界経済のネタ帳、World Bank-Commodity Market

注：日本はLNGの輸入価格（運賃・保険料込み）、米国はルイジアナ州の天然ガス集積地のスポット価格

日本の各電力会社の電気料金

原発が稼働した関西電力と九州電力の電気料金は安価



2023年6月からの料金：FIT賦課金820円と、激変緩和措置2800円を差し引き後
燃料費調整差し引き後、ただし中部、関西、九州はゼロ

出典：標準的なご家庭における電気料金の試算結果、資源エネルギー庁、
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/fee/kaitei_2023/

原子力発電は安価・安定

- フランスは原子力発電が約7割で、電気料金が安価
- 韓国も安価。韓国は日本同様、化石燃料を輸入に頼っている。原子力発電が韓国の経済発展に貢献したと言われている。
- 米国の原子力発電コスト（電力生産コスト）も安価。平均稼働率92.5%
- 天然ガス価格は大きく変動する。輸入先には政情不安定国が多い。
- 火力発電は、燃料価格の高騰と円安でダブルパンチになる。国内経済に回るはずのお金が外国に失われている。
- 日本では原子力発電所が稼働した電力会社の電気料金では天然ガス価格の高騰の影響を受けにくく、安価・安定。

電力供給の安定性

送変電容量の確保に加えて、次の4つが必要

- **供給力の確保**：kWの確保。発電することができる能力の確保、発電設備容量の確保：発電所建設と燃料確保
- **電力量の確保**：kWhの確保。実際に発電される電力の確保、一日の電力需要の変化など、短期間の電力需要に対応できる発電量の確保：揚水型水力発電所、ガスタービン火力の起動・停止など
- **周波数調整力の確保**：短時間の需給調整能力。kW変化への対応力：周辺地域からの電力融通など
- **慣性力・同期化力の確保**：タービンを用いる発電方式（火力、水力、原子力）を一定程度発電に用いる必要

原子力発電は、これらをいずれも満たしている。

再生可能エネルギー（太陽光・風力）の出力は天候で変動するので、ガスタービン火力発電所を起動停止して補う必要がある。慣性力・同期化力もない。

大停電の例：2018年9月6日北海道胆振東部地震をきっかけに北海道全域の大停電（ブラックアウト）が生じている。

日本の原子力発電の状況

- 日本の原子力発電は**1995-2000**年頃は、約**50**基の原子力発電所が、日本の電力の**34%**を供給していた。
- 東電福島事故前は**26%**だったが、事故後**2014**年度までは**0%**、**2021**年度は**7%**しか供給出来ていない
- 東電福島事故後、廃止された原発は**21**基。再稼働できたのは**2023**年末で**12**基しかない。
- 新規制基準が、**20**年間、**1**回限りの運転期間延長となっているため、改修費を回収できない出力の小さい原発が廃止された。東電の福島県の原発も廃止された。

日本の原子力発電所の現状

2024年1月24日時点

再稼働
12基

稼働中 10基、停止中 2基 (送電再開日)

設置変更許可
5基

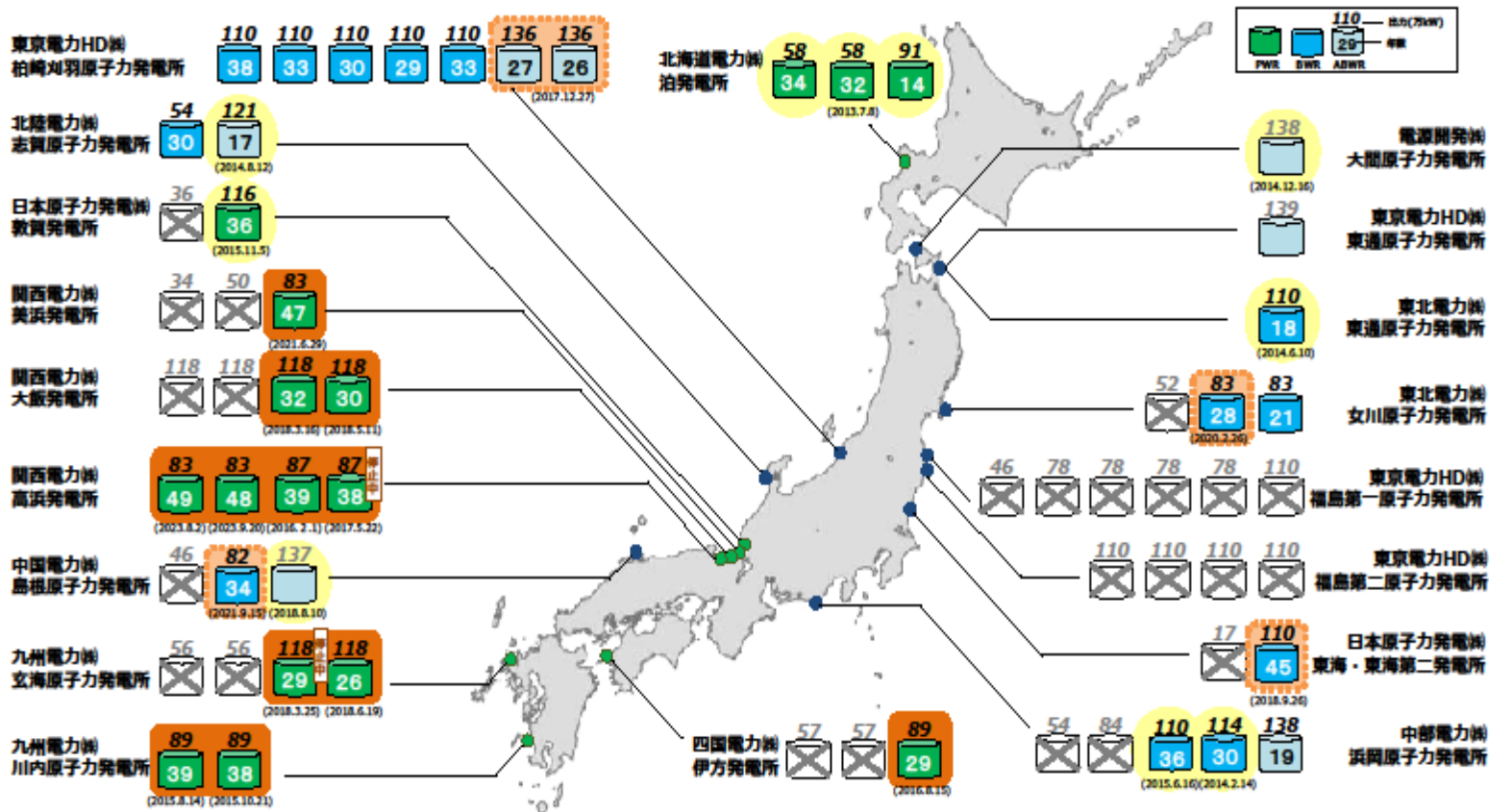
(許可日)

新規制基準
審査中
10基

(申請日)

未申請
9基

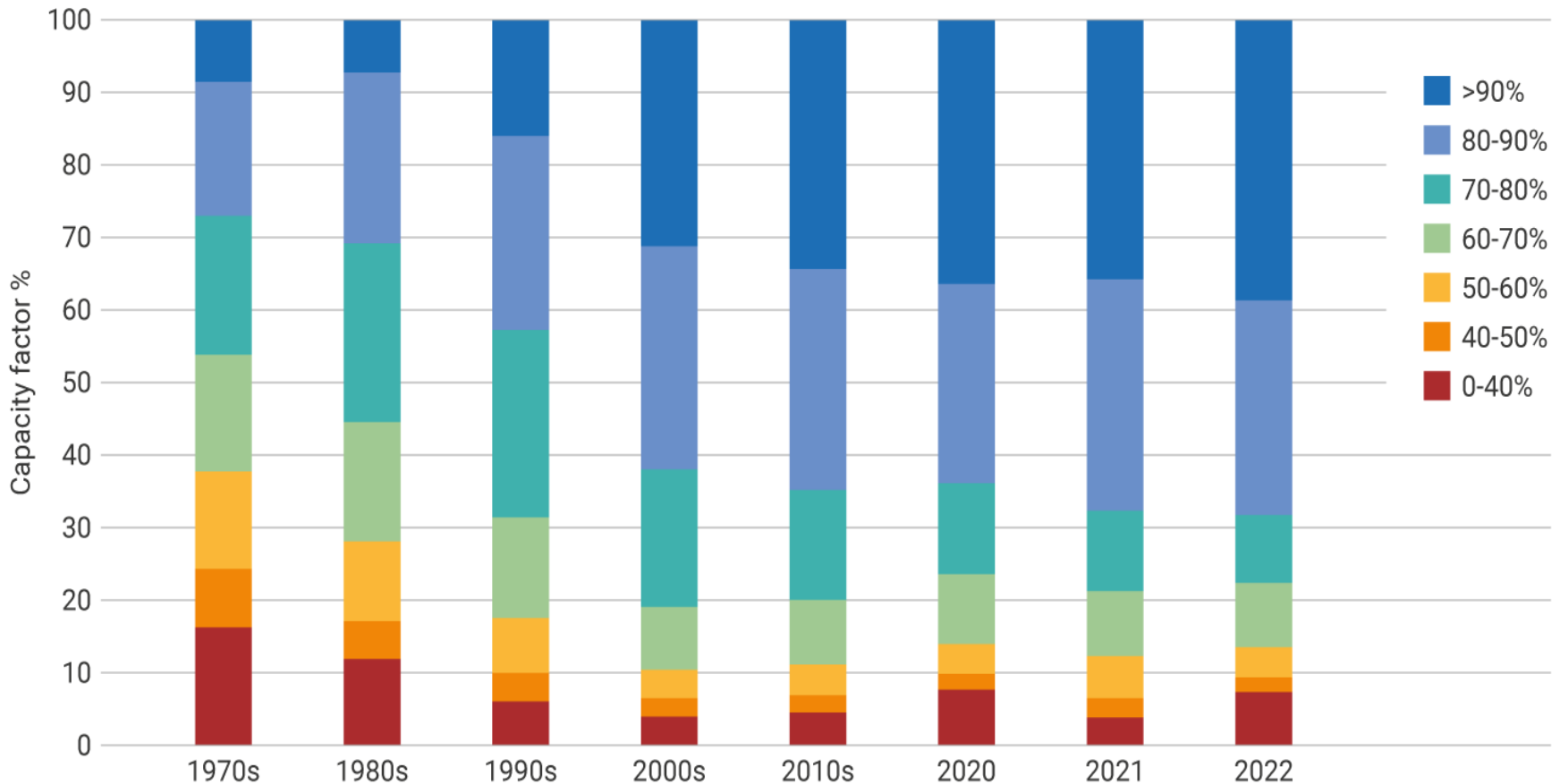
廃炉
24基



出典：資源エネルギー庁

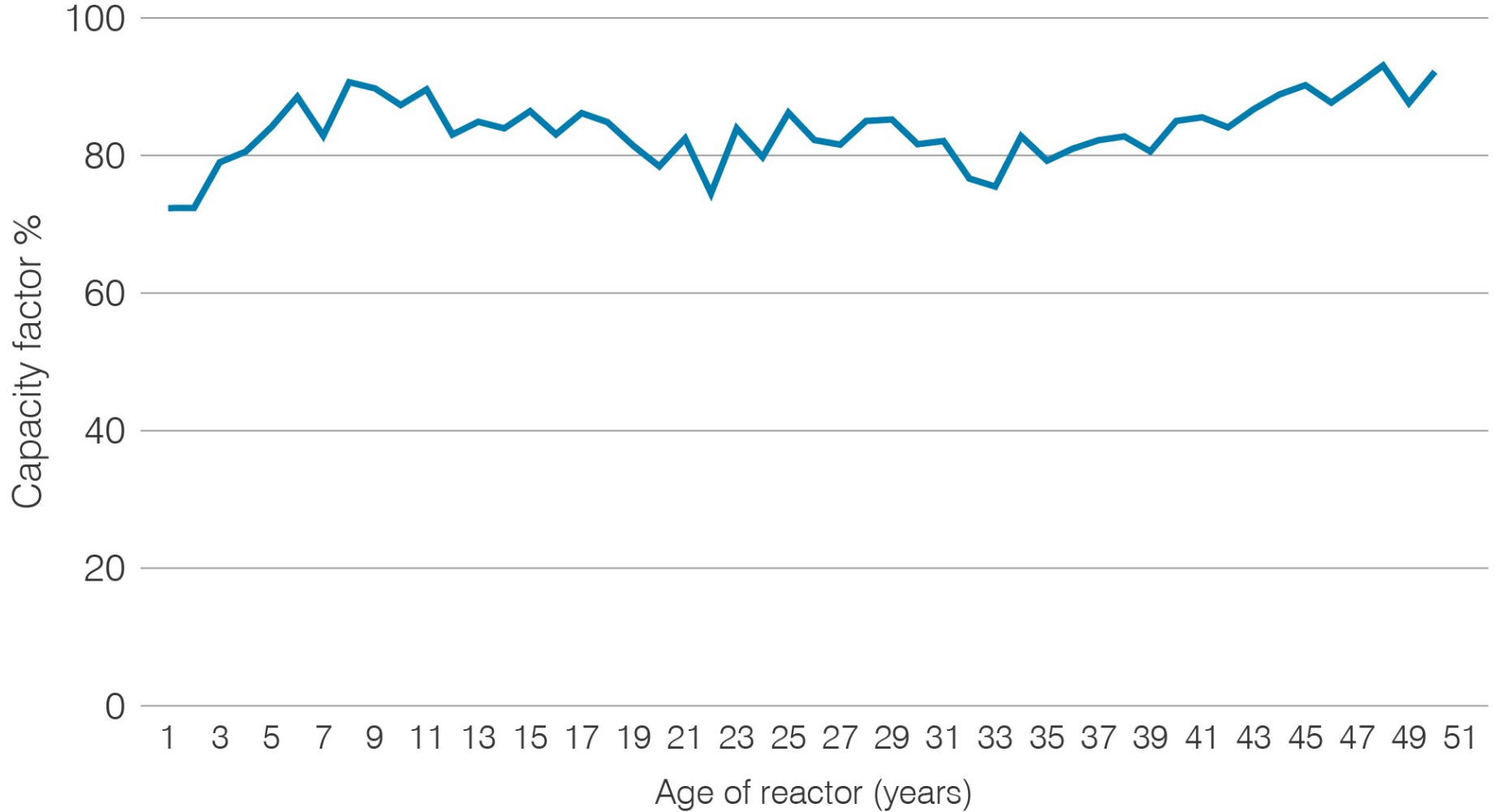
世界の原発の稼働率

諸外国の原発は1980-1990年代に稼働率向上を果たした
(運転期間延長。定期検査期間短縮などによる)



世界の原発の運転年数と稼働率 (2015-2018年)

運転年数による稼働率の違いはない



Source: World Nuclear Association, IAEA PRIS

日本の原子力発電の課題

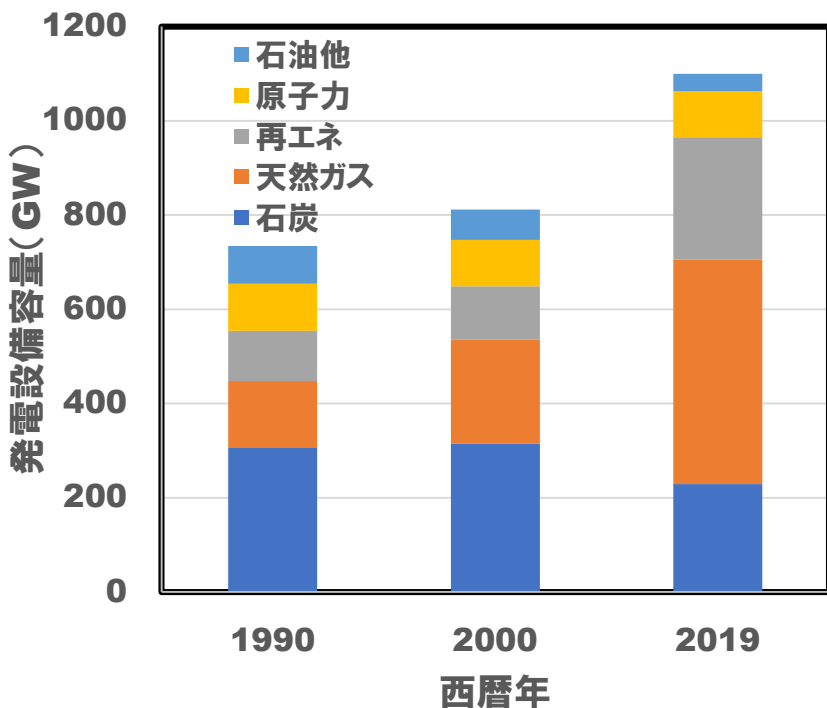
- 原子力発電所の早期稼働を
 - 原子力発電所の運転期間延長を
 - 原子力発電所の建設継続と新規建設を
-
- **原子力発電で安価・安定な電力供給を**

経済自由化・電力自由化環境下では、
投資額の小さい発電所が建設されたが、
発電コストは必ずしも安価ではない

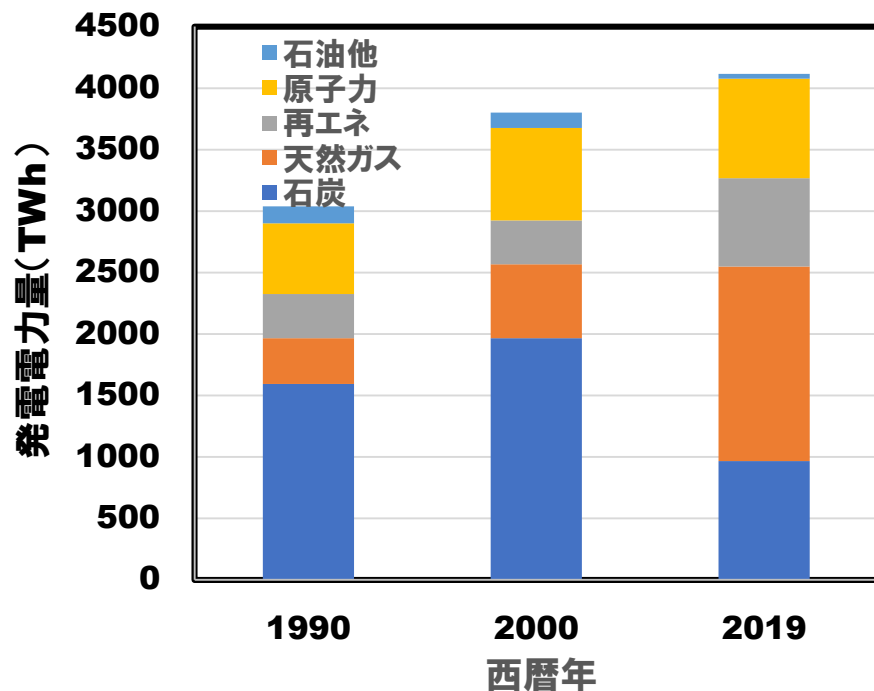
原子力発電所や水力発電所は、建設投資回収
後も運転されるので、実際の発電コストは、
建設投資回収期間を決めて計算する
平準化発電コストより安価

米国の発電設備容量と発電電力量の変遷

経済自由化（1980年代以降）の投資環境では、投資額が小さく投資回収期間の小さい発電方式（天然ガス火力）が、投資リスクが小さいために多数建設された。



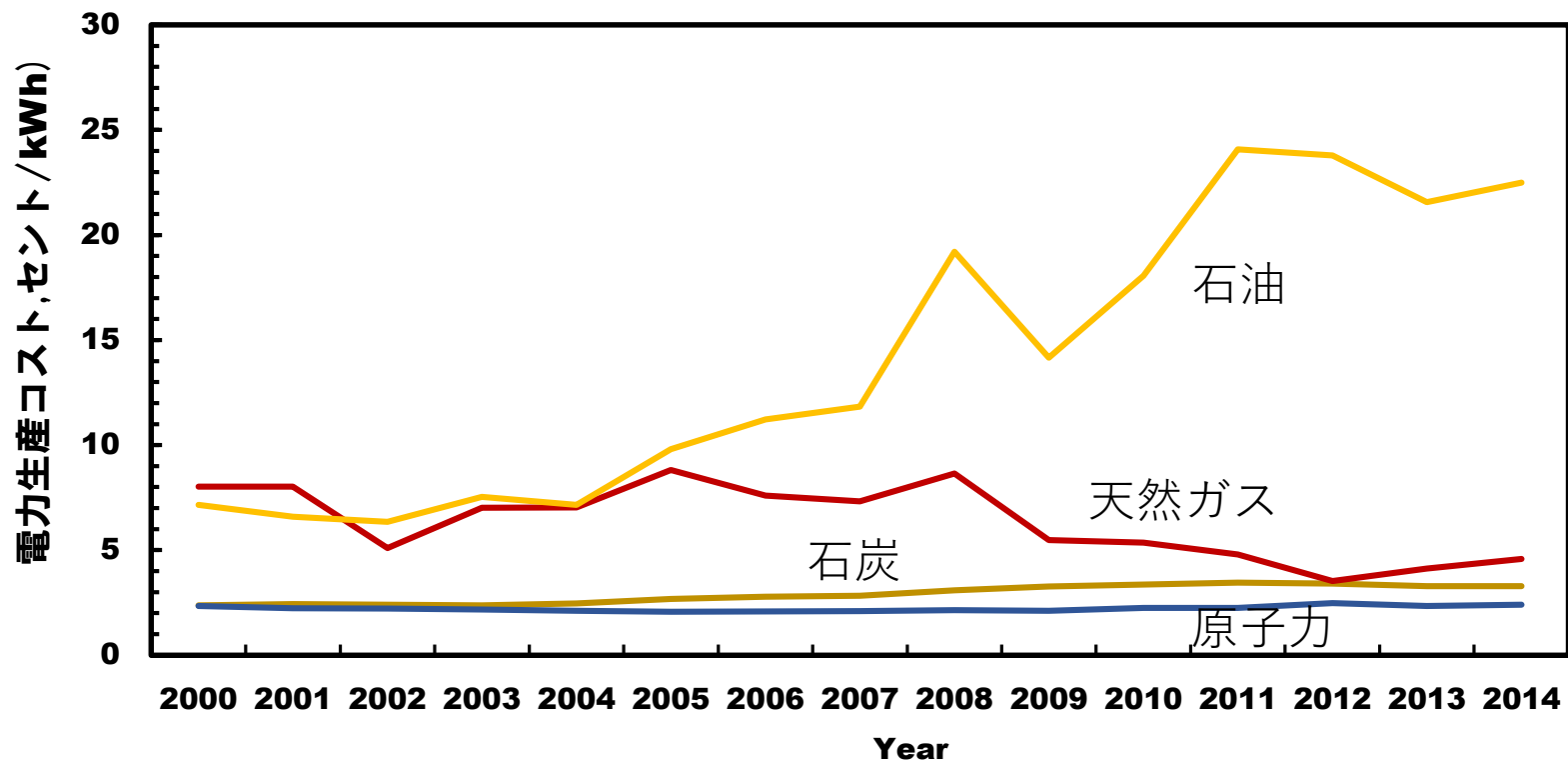
米国の発電設備容量の変遷



米国の発電電力量の変遷

米国の電力生産コストの変遷

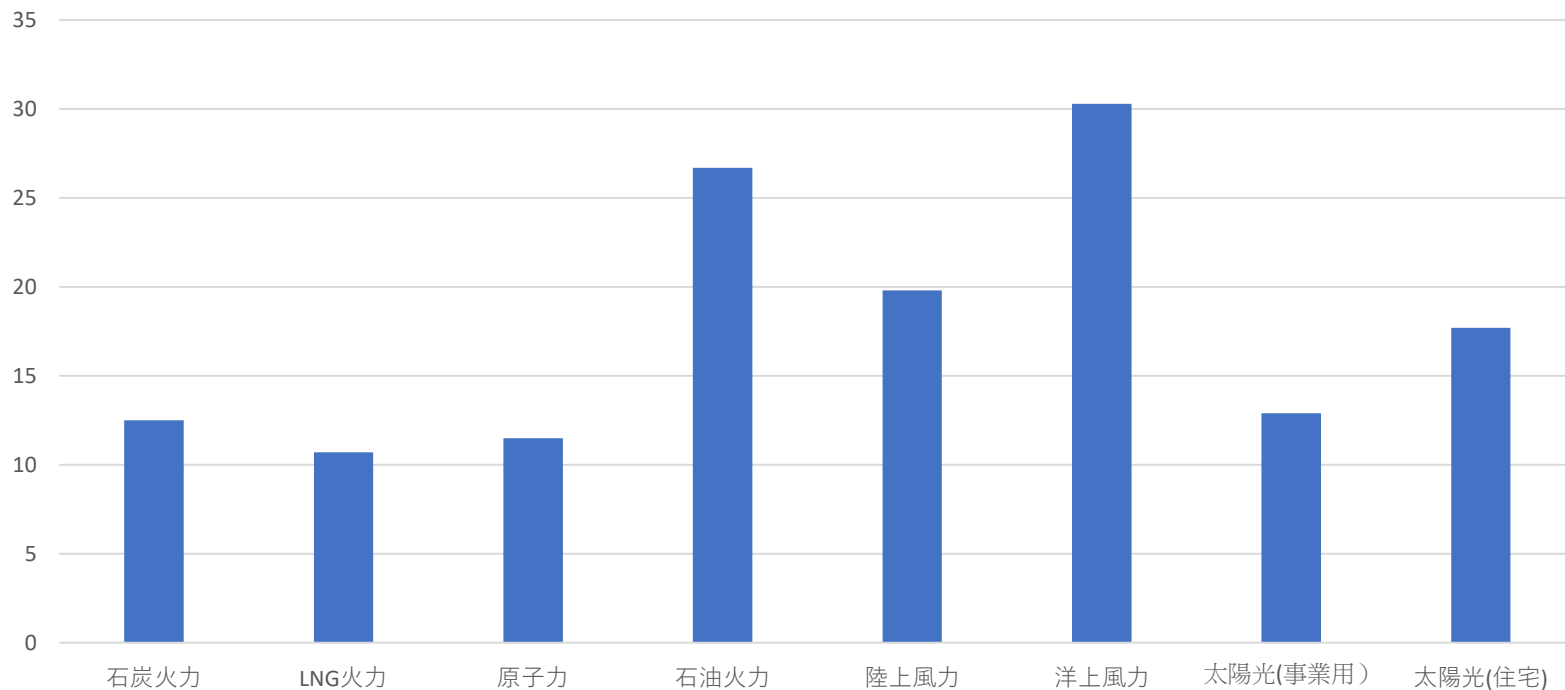
1. 電力生産コストは、建設投資の償却を除いた発電コスト（補修費は含まれている）。米国の原子力発電所は1980年頃までに建設されており、償却済なので、**電力生産コストが実際の発電コストである。**
2. 天然ガス火力は電力生産コストが高い（**米国民は高い電気を買わされた**）。2010年頃に低下したのはシェールガス革命のため。
3. 水力発電は示してないが1セント/kWh程度。最も安価



日本の平準化発電コストの試算結果例

平準化発電コストは、発電コストの比較に使われているが、建設投資の回収期間（償却期間）を定めて計算される。**建設投資回収後の発電コスト（水力発電や原子力発電の長期間の発電コスト）は表せない。**
原子力と再エネで発電出力が1000倍も違う。

発電コスト(円/kWh)



出典：発電コスト検証について 2020年の電源別発電コスト試算の結果概要
令和3年8月4日 資源エネルギー庁

建設投資回収後の原子力発電の発電コストは平準化発電コストより安価

- 平準化発電コストは、発電コストの比較に用いられるが、建設投資回収期間や利率を決めて、計算された値で、実際の発電コストではない。
- **水力発電所や原子力発電所は建設投資回収後も発電する。**その発電コストは電力生産コストで、米国では原子力発電が水力発電に次いで安価
- しかし、発電コストが高くても、投資リスクの小さい天然ガス火力発電所の新設が1990年代以降進んだ。
- 経済自由化・電力自由化環境下での原子力発電所建設投資リスクの問題は、この30年間米国の原子力発電利用で一番厳しかった課題だが、国民に安価・安定な電力を供給する視点とは異なる。
- 大規模電源に対する投資環境は国によって異なる

原子力発電所は水力発電所のようなもの 長く使うのが良い

- 水力発電所は建設に巨額の費用が必要だが、運転・維持コストは小さい。建設投資回収後も、長く安価に発電している：例、テネシー峡谷ダム、アスワンハイダム（約210万キロワット）、黒部川第四発電所（約33万キロワット）
- 原子力発電所も建設費が大きいが、建設費償却後は安価に発電できる。例：米国やフランスの原発
- 水力発電所も原子力発電所も機器等を交換すれば、**寿命はない**
- 米国では、20年毎に運転許可更新を申請し、運転開始から80年間運転できる許可を得た原子力発電所が出てきている。

原子力発電所廃止は国民的損失

- 東電福島事故後、新規規制基準対応費用を延長運転期間内に回収すること不可能なために、電力会社が廃止した原発がかなりある。長く使えば安価な電力を供給できたはずで、国民的損失である。
- **再稼働・建設完了を。運転期間延長と新規建設も**
- 日本の20年間1回限りの運転許可更新制度を見直すべき。
- 最近10年間に大津波はなかった。**稼働させながら、新規規制基準対応を行えば良かった。**（停止させて事故の教訓に対応した国は他に無い）
- 日本の原子力利用に**リスク・便益比較の考え方が必要**。食品中の放射性物質の規制値にもない。
- 自給率向上と電気料金低減のため、**原子力発電の割合を増やすべき**。原子力発電割合を減らすのは日本の自殺行為。国が破綻する。

原子力発電の利点

- **自給、安全、安価、安定**（出力が一定、負荷追従も可能。燃料価格変動の影響を受けない）
- **地元雇用に貢献する**。出稼ぎの必要がない。作業員の宿泊施設・食堂・コンビニ需要など2次的な地元経済効果もある。
- 発電量当たりの必要な敷地面積が小さく、**環境にやさしい**。
- 国産技術なので、発電設備の製造・保守でも**雇用・経済効果を生み出す**
- 化石燃料購入に伴う**国富の海外流出防止**
- **温暖化ガス放出量を抑制**できる。

日本の今後の原子力利用において 注意・改善すべきこと

- 各組織（省庁、研究開発機関、大学、地方自治体、電力会社、企業など）の**組織と個人の役割と責任を明確に**。
- そのためには、透明性（ルール、役割、仕事等を文書で簡潔に説明し、関係者に開示すること）が必要。**監査を機能させる**ことが必要（形だけではなく）。
- 組織として、結果・成果を文書でまとめること、公開すること。行政庁は政策を短くわかりやすく作成開示すること。
- **国や集団に頼りすぎないこと**。会議によって責任をあいまいにしないこと。
- **国民のための原子力利用**（国民に対して説明し、成果で責任を負う）であることを、関係者がよく認識し、説明と各々の責任を果たすこと。**これらで新展開ができるはず**
- 「国民のため」は原子力に限らずグローバルスタンダード。
- 日本の原子力安全と規制にリスク・ベネフィットの考え方を取り入れること。

日本には(原子力に限らず、すべての分野において)省庁のアカウンタビリティを明らかにする仕組みがない

- アカウンタビリティは、行政庁による仕事の説明とその結果に対する責任のこと。
- 欧米では、事実を明らかにするのは会計検査院・行政監察院の仕事。結果の良しあしを述べるのではなく事実を調査して報告書にする。予算や政策を是正するのは、議会の役割。
- **日本の会計検査院にはこの権限がない。**（会計不正の調査のみ）
- 日本は省庁の自己評価が中心、トピックスは総務省が評価する。日本の会計検査院は米国のような行政の結果に対する調査権限を持っていない（法律を比較するとわかる）。日本の行政官は優秀で責任感も強い方々だが。
- 優秀な人と組織でも、**監査の仕組みを機能させないと劣化する。**企業や研究開発機関、大学も、監査役、外部取締役、外部評価委員会などを機能させる必要がある。
- 考察や行政判断は根拠の文書をもとに行う必要がある。口頭ではロバスト（頑健）にならない。明解な文書（報告書や解説など）を作る必要。欧米はそうになっている。
- これらの報告書は**同じ失敗をするのを防ぎ**、頑健な原子力利用がすすめられる
- 説明責任という言葉はおかしい。説明すれば終わりになってしまう。
- 日本は省庁が諮問委員会で意見を聞いている。**口頭では不明確・不十分。**

* 米国はGAO: Government Accountability Office: Accountabilityは「説明責任」は誤訳で、正しくは「結果に対する責任」、会計検査院の名称はNational Audit Officeである国が多い。Audit（聴聞）が仕事³⁶

欧米の省庁のアカウントビリティ

- 米国の全ての省庁はStrategic Plan を作り公開する義務がある。課長が名前入りで、HPでわかりやすく政策を説明する。課長の能力も透明になる。
- 独立な行政機関（米国原子力規制委員会等）もGAO（Government Accountability Office）が調査する。
- 英国の会計検査院も政策の結果を調査し報告書を公開する。
- **日本は省庁の自己評価が基本。** 総務省がトピックスについて、評価している。
- **欧米の会計検査院は、評価はしない（良し悪しは述べない）。** 評価を述べるのではなく、調査結果（事実）を述べる。
- **評価や是正措置は議会の役割。** 予算や定員に反映する。
- 報告書や検討結果は公開されているので、将来、同じ失敗を防ぐ効果もある。

頑健な政策のために：

アカウントビリティの要件

米国では、原子力分野に限らず

①責任ある人または組織が行った決定や行動についての情報が存在する
(省庁の役割)

②その情報を受け、または発見して、それを検討、調査、報告する人や組織が存在する(会計検査院の役割：政策の良し悪しを述べるのではない。
調査権限をもとに情報を集め、まとめ、公開する役割*)

③そのような情報に基づき、欠陥を是正する行為が存在する(連邦議会、予算委員会
の役割)

これらによって、頑健な政策が実行されている。

- 日本に省庁のアカウントビリティ(政策の説明とその結果に対する責任)を明らかにする法制度がないこと、日本列島の改造論以来の、最近の責や各種団体の国への依存を温存し、日本の長期低迷の原因ではない。コロナ対策の予算がどう使われたか明らかでないとの声が多い。
- 巨額の財政赤字もその結果では？日本が債務不履行に陥り、ハイパーインフレになる恐れがあるのでは？アルゼンチンは20世紀前半は世界第4の経済大国だったが、20世紀末ころから債務不履行を繰り返している。
- 日本に省庁のアカウントビリティを明らかにする法制度が必要
- 日本で2000年頃に行われた行政改革は、行政効率化の改革でアカウントビリティのための改革ではなかった。米国GAOはAccountingからAccountabilityへの名称変更を2004年に行っている。当時の文献を探せば、日本の参考になるのでは？

原子力分野でも欧米の会計検査院の報告書と対応結果が参考になる

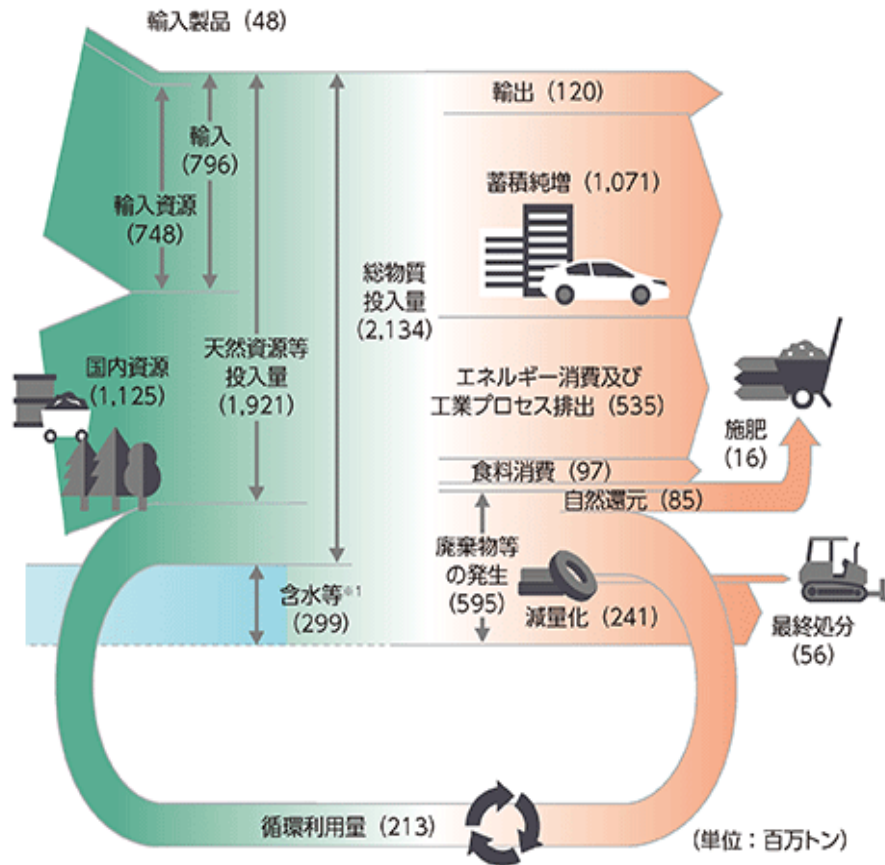
- フランス会計検査院(cour des Comptes)が2012年に発表した報告書「原子力発電セクターのコスト」には、フランスの原子力発電の開発と利用の結果が淡々と述べられている。担当省庁のコメントもついている。
- 米国の連邦議会の、スリーマイル島原発事故後の原子力規制の改革や、クリンチリバー高速炉開発や核融合開発の報告書類も参考になる。関連の文献も公開され、だれでも見られるようになっていく。
- 英国の会計検査院には、核開発施設の廃止措置についての調査報告などがある。
- ネットの検索エンジンの性能が向上しているので、どの文献が重要かを選ぶ能力（研究能力と同じ）があれば調べられる。伝聞はダメ。まず頭の中におおよそのマップを作るとよい。
- 米国原子力規制委員会はStrategic Plan, Information Digest, Citizen's Guideを作って、国民への情報提供とNRCへの信頼獲得に注力している。
- GAOの調査は、米国民の米国原子力規制委員会と、原子力発電所の安全への信頼構築の重要な要素になっている。

循環型社会と廃棄物

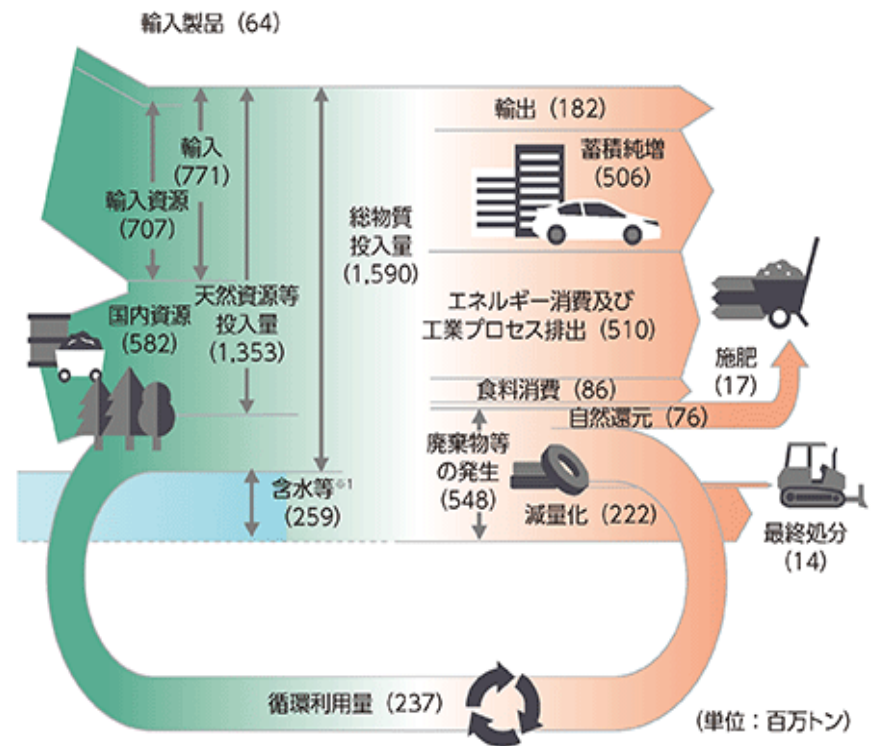
- **廃棄物の処理処分は循環型社会のための重要な活動**
- 1950年代から20年間、東京ゴミ戦争があったが、現在は、廃棄物の処理処分は社会に定着している。
- 産業廃棄物処理では、コンクリートや鉄などのリサイクルが進んでいる。毎年、リサイクル量は増え、埋設量は減少している。
- **放射性廃棄物は、産業廃棄物の一形態**
- 原子力施設の廃止措置では、多量の産業廃棄物と少量の放射性廃棄物が発生する。
- 日本においても、原子力施設の廃止措置と放射性廃棄物の処理処分を進める必要がある。

廃棄物の物質フロー (日本)

2000年度(参考)



2017年度

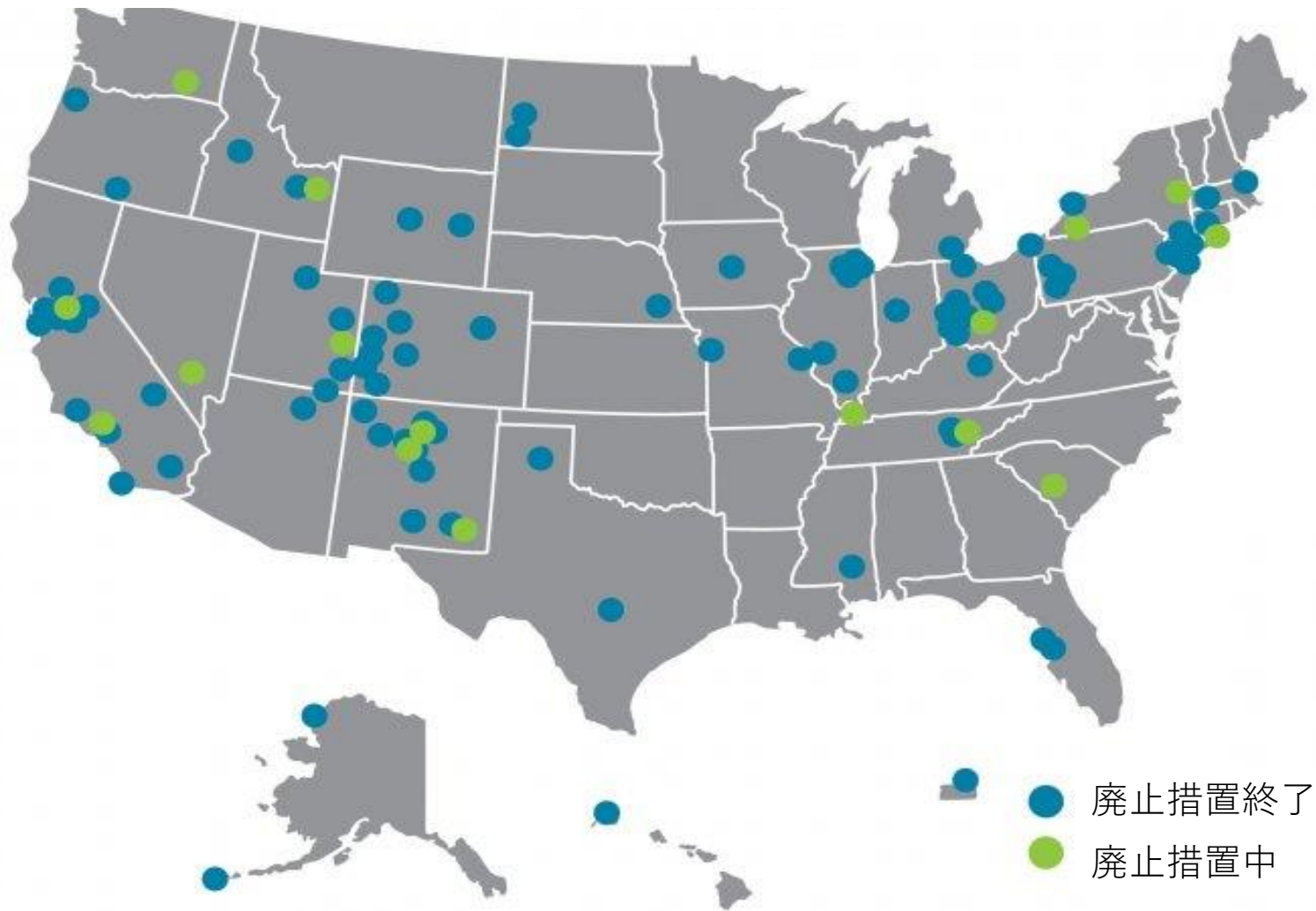


※1: 含水等: 廃棄物等の含水等 (汚泥、家畜ふん尿、し尿、廃酸、廃アルカリ) 及び経済活動に伴う土砂等の随伴投入 (鉱業、建設業、上水道業の汚泥及び鉱業の鉱さい)。
資料: 環境省

原子力施設の廃止措置

- 欧米では、核開発施設・原子力施設の廃止措置が進んでいる。放射性廃棄物処分場も稼働している。
- フランスや英国やドイツでは、担当機関が、廃止措置によって発生する放射性廃棄物量やコストを定期的に計算し、計画の進捗を管理している。
(**廃止措置のポイントは、定期的に計算し、進捗管理すること**)
- 日本でも、原子力施設の廃止措置と廃棄物処分を、欧米を参考に着実に進める必要がある。
- 発電用原子炉施設の廃止措置のみならず、高速炉「もんじゅ」や東海再処理工場などの研究開発施設の廃止措置、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置を進める必要がある。

米国エネルギー省の廃止措置サイト



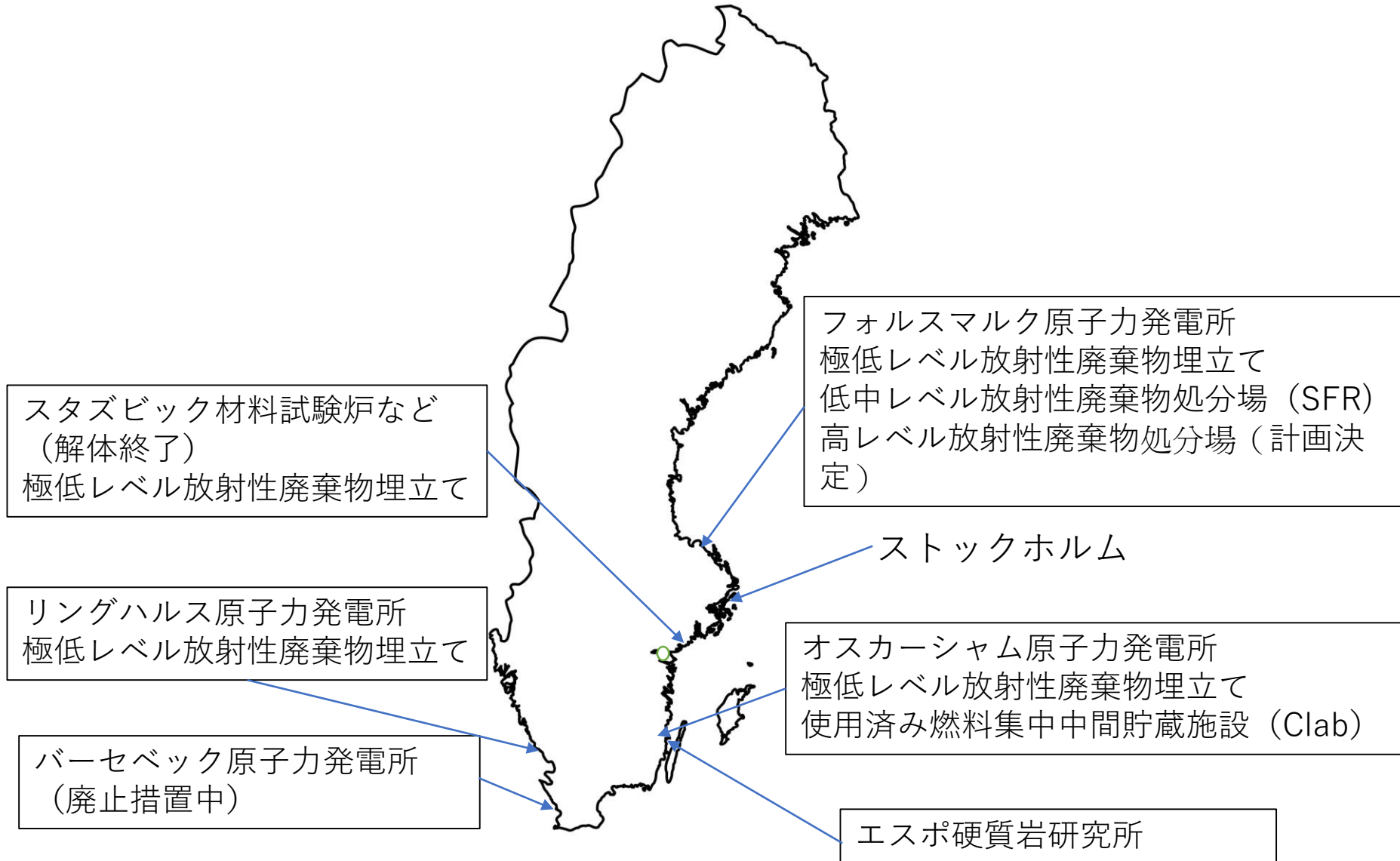
出典: DOE EM sites map, SEPTEMBER 5, 2019

米国の主な放射性廃棄物処分場

リッチランド (低レベル廃棄物)



スウェーデンの原子力発電所と 放射性廃棄物処分場・中間貯蔵施設等



放射性廃棄物は解決不可能な問題ではない

- 日本では、未解決の大きな課題と言われることがあるが、**欧米では原子力施設の廃止措置と処理処分が進んでいる。**
- 低レベル放射性廃棄物処理処分はどの国も実施中
- 高レベルについても、苦勞しながらだが、進んでいる。フィンランドだけではない。フランスも着実に進んでいる。**フランスは最終処分ではなく、最終処分になるかもしれない処分。**賢いですね。米国は国がトップダウンで処分場を決めたために苦勞している。スウェーデンで処分場が決まった。
- **地元との信頼構築には時間がかかる。丁寧に。**
- 日本は使用済み燃料貯蔵容量の拡大が必要（2018年に原子力委員会が「プルトニウム利用の基本的考え方」の中で述べている。
- 原子力委員会は、「低レベル放射性廃棄物の処理処分に関する考え方（見解）」を2021年末に公表した。
- 欧米の状況は、放射性廃棄物の安全に関する条約に従って、各国が3年ごとに国際原子力機関に提出する報告書に記述されている。

国民の合意形成？

• 東京全体のゴミ合意が戦争の時に、清掃工場の立地に、区民や都民に必要だったか？

• **個別の問題について、国民や県民全体の合意を図る必要はない。**議会制民主主義の原則（個人は投票する。国民は意見を述べる。国会は議決する。国会は権限を行使する。）。

• **例進得で、初めた。**地層処分は、国・欧米で進んで、国民全体は合意がなかないとをドングラ（2019年）を地上に（反候補地）を（逆の）を（心）を（起）は（要）
地層処分は、国・欧米で進んで、国民全体は合意がなかないとをドングラ（2019年）を地上に（反候補地）を（逆の）を（心）を（起）は（要）

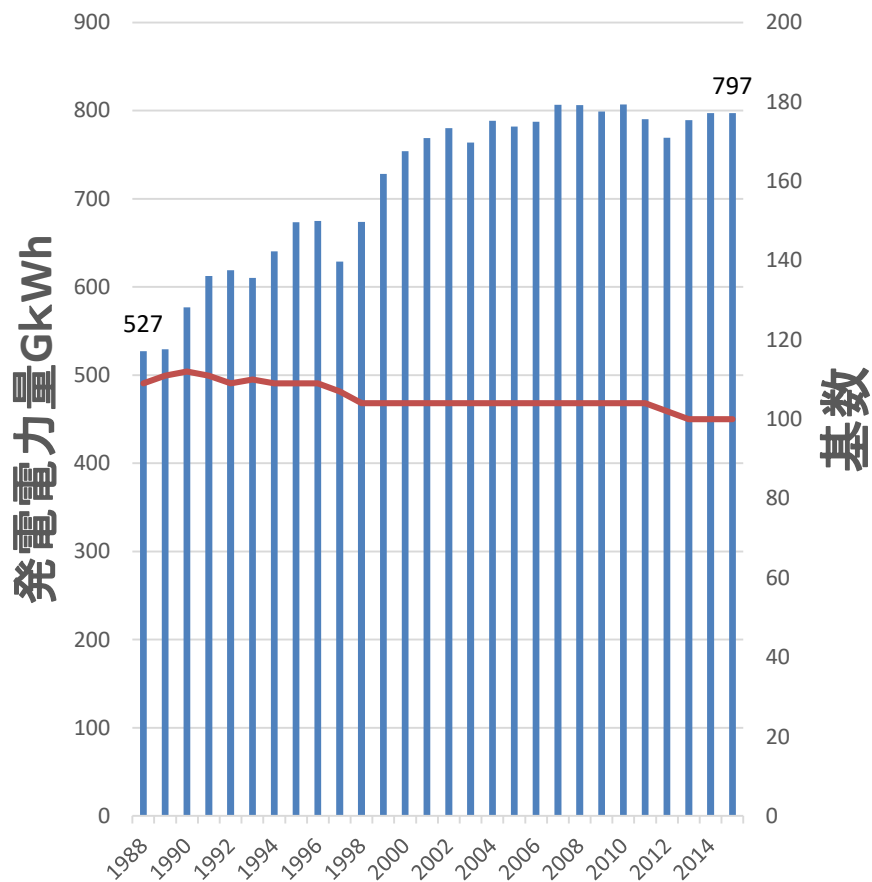
• **最終処分と世法という言い方悪い。**区分けを本気で決めよう。場閉鎖！米層は米層で区分けよう。本気で区分けよう。本気で区分けよう。

安全性と経済性は両立する

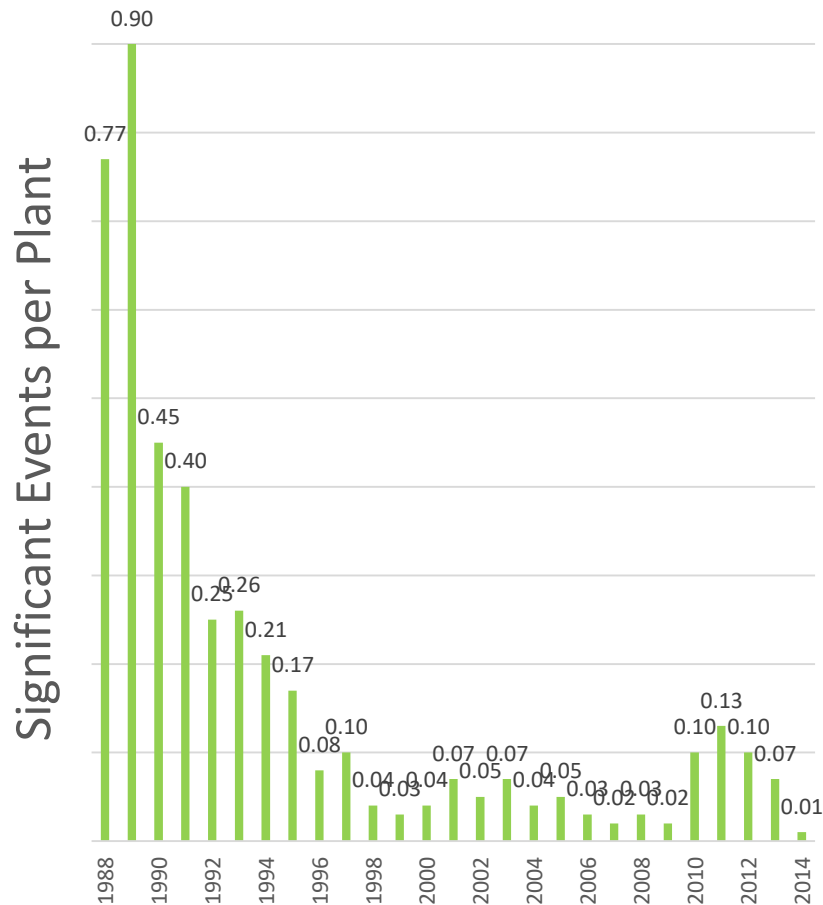
米国の電力会社の
スリーマイル島原発事故後の
自主的安全性向上活動が示している

米国スリーマイル島原発事故後の発電量増加と事故率低減 自主的安全性向上と規制の改善により、経済性向上と安全性向上が両立 米国の電力会社はTMI事故の国民に対する責任を果たした

発電量：50%増加



事故率：30分の1に低減



電力会社の継続的安全性向上活動に期待

- 米国INPO(原子力発電者協会)の活動: 原子力発電会社の社長たちが、安全に問題がある会社の社長を詰問して改善させる, Hostages of each otherが活動の標語
- 安全性向上と経済性向上が両立することを事実で示した
- スリーマイル島原発事故後の米国の規制の改善の根拠になった
- 米国民は安価な原子力発電の恩恵を享受している
- **日本のJANSI (原子力安全推進協会)の活動に期待**している。活動内容の公開の必要はない。米国のように結果で。
- 実践的な活動が大事
- 安全確保はマネジメントそのもの: 東大での研究炉運転管理の経験から。

INPO : Institute of Nuclear Power Operations

JANSI : Japan Nuclear Safety Institute

日本で原子力発電を長期間安定に用いるために
必要なこと：

日本の原子力発電の3つのリスクの低減

- **規制リスク**：規制の予見性の向上が必要。コスト・ベネフィットの考え方を日本も取り入れる必要がある。
- **訴訟リスク**：原子力発電所の運転差し止め訴訟等のこと。原子力の規制と安全確保に対する国民の信頼向上を。技術的安全性に基づく利用
- **自由化リスク**：原子力発電所の建て替えや新規建設や送電線建設の投資回収を担保する制度が必要。

一方で、**電力会社に効率的経営を促す仕組みも必要**。以前は地域独占の総括原価方式だったので、安価な電力を供給する動機がなかった。

日本は原子力利用の知識基盤の充実が必要

- 知識基盤とは、
 - ①得られた知識をまとめたもの（解説書・報告書・教科書等）、
 - ②知識を習得し応用できる人材、
 - ③得られた知識を体系化し予測可能にする計算コードなどのこと
- 米国では、原子力利用に関する様々な分野で専門的報告書や解説が作成され、原子力規制委員会や電力研究所、国立研究所から公開されている。これらが、米国の頑健な原子力利用を支える知識基盤になっている。
- **日本では、俯瞰的解説や報告書は極めて少ない。研究論文ばかりではだめ！**
- 知識基盤の充実が日本の原子力利用に求められている。
- **日本の原子力研究開発機関の役割の変更（法改正）が必要**

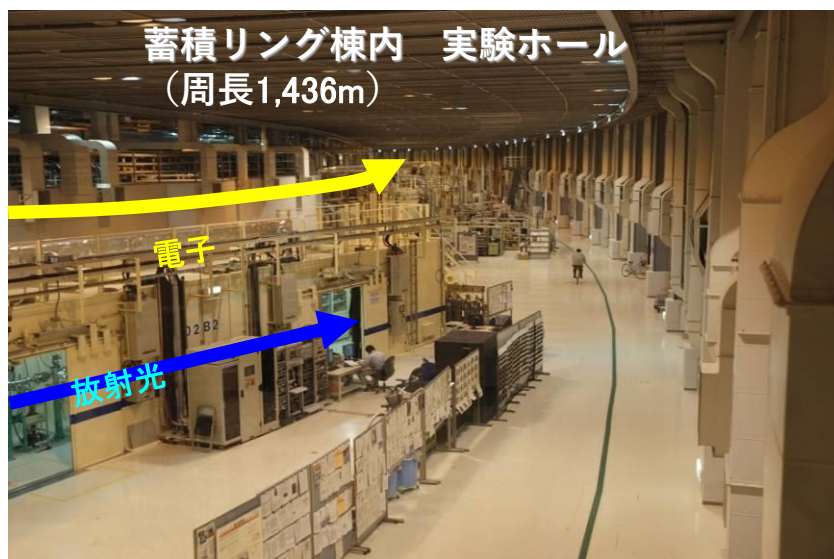
放射線は新しい光

原子力エネルギーは新しい火

ノーベル物理学賞の25%は
原子力・放射線分野

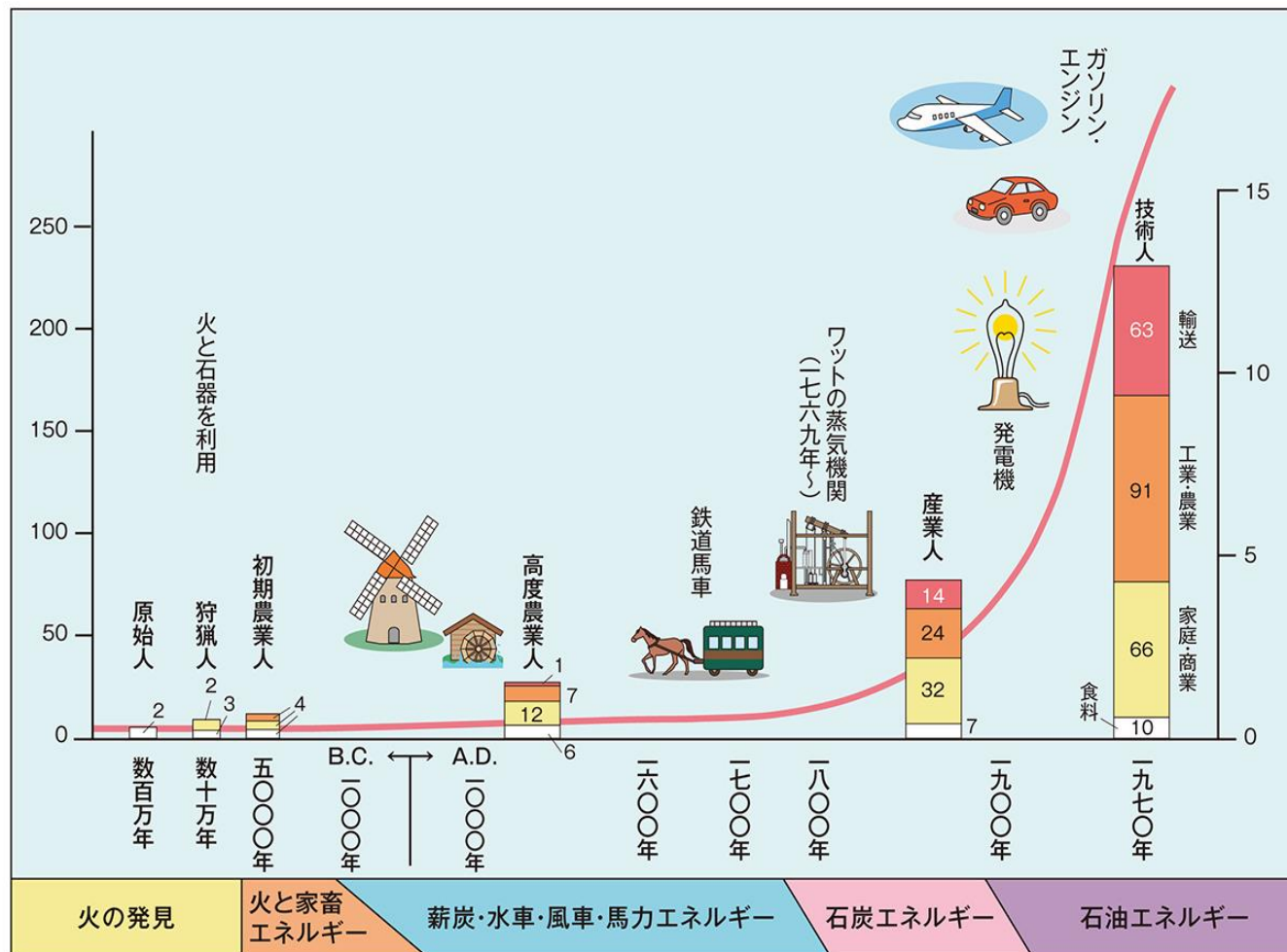
放射線は新しい光

- 分光法（Spectroscopy）：対象物の透過、反射または吸収する光を波長に分割し、対象物中の成分を定性・定量分析を行う手法
- 用いる光が可視光から放射線に拡大した。
- 放射線：高エネルギーの電磁波と粒子
- 放射線の透過・反射・吸収を分析することで、対象物の物性等を知ることができる：放射線が新しい光になった。
- 放射光施設（国内に12か所）は、基礎研究から産業応用まで広く用いられている。
- 大強度陽子加速器施設（J-Park）：陽子・中性子・ミュオン・K中間子、ニュートリノなどの利用



人類とエネルギーのかかわり

一人あたり消費量(二〇〇〇キロカロリー/日)・棒グラフ



石油換算消費量(二〇〇万キロリットル/日)・曲線グラフ

原始人 百万年前の東アフリカ、食料のみ。
 狩猟人 十万年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。
 初期農業人 B.C.5000年の肥沃三角州地帯、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。

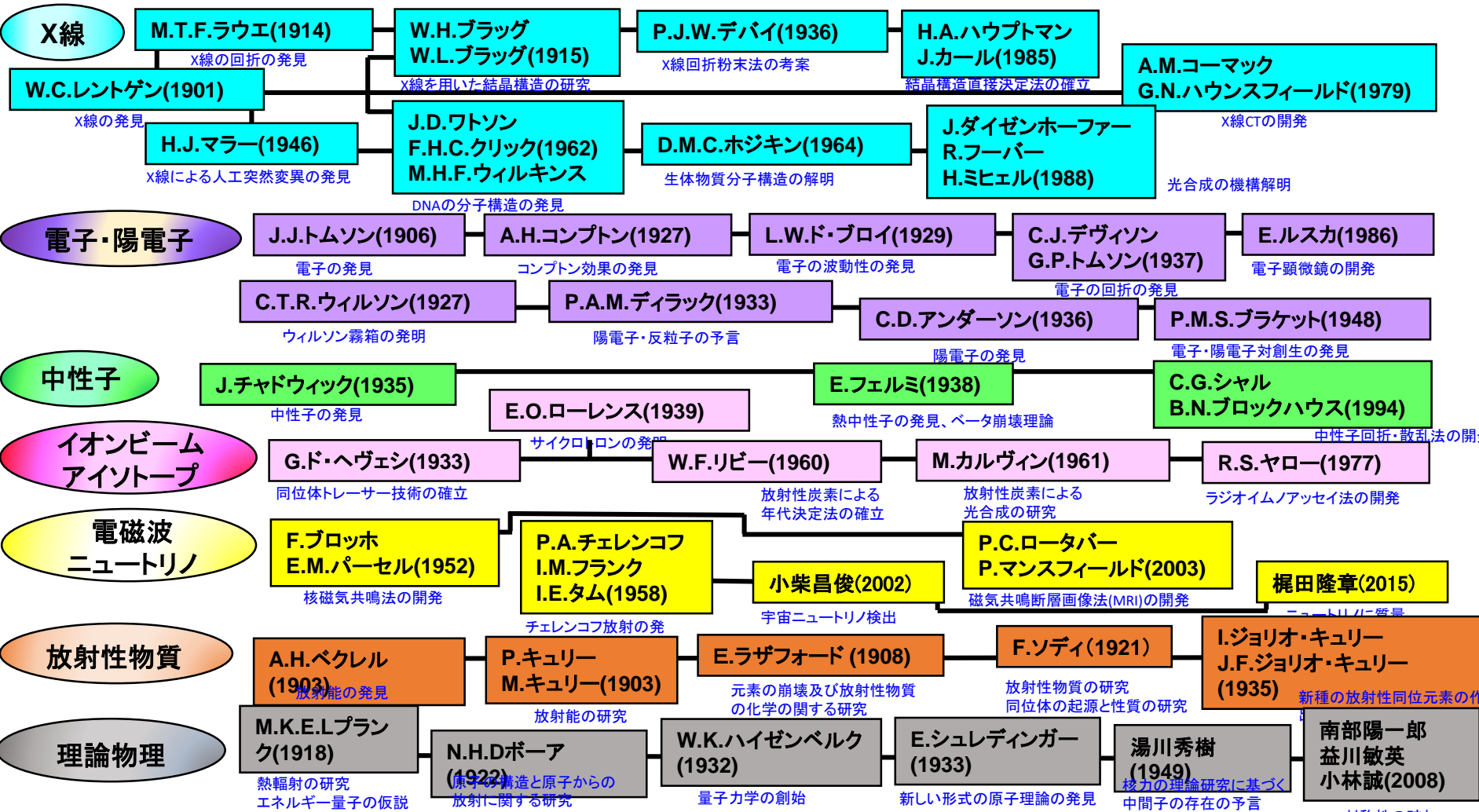
高度農業人 1400年の北西ヨーロッパ、暖房用石炭・水力・風力を使い、家畜を輸送に利用した。
 産業人 1875年のイギリス、蒸気機関を使用していた。
 技術人 1970年のアメリカ、電力を使用、食料は家畜用を含む。

原子力エネルギーは新しい火

- 火の利用によって人類は繁栄した（食物連鎖の頂点に君臨）。
- 化石燃料をエネルギーとして、産業革命が利便と健康を人々にもたらした。
- 木、石炭、石油、天然ガス、水力、太陽光、太陽熱、風力、地熱等もすべて、原子核反応が起源のエネルギー
- 原子核反応がもたらすエネルギーの直接利用（原子力発電など）は、**始まってまだ半世紀、探求と発展を期待したい。**

原子力分野における歴代のノーベル賞受賞者

▶ 原子力エネルギー・放射線分野の研究によるノーベル賞受賞者は、物理学賞においては25%以上、自然科学(物理、化学、生理・医学)の3賞においても15%程度を占めており、**科学技術の発展に与えた影響は非常に大きい。**



まとめ

- 原子力発電は水力発電のようなもの、できるだけ長く使うのが良い。
- **原発の再稼働、運転期間延長、新規建設を。**目標はフランス並みの原子力発電による電力供給（70%）
- 原子力発電利用の目標は、**国民に安価で安定な電力を供給すること。**この目標に向かって努力することで、新展開を。
- **放射線は新しい光、原子力エネルギーは新しい火。**物理の基礎に立ち、実用との接点を探求しつつ発展を。
- 原子力関係者は、**伝聞主体の「原子力村」から脱却せよ。**英語で検索を。

参考文献

米国の電力生産コスト

Energy Information Administrationのホームページ

アカウントビリティ

米国GAO (Government Accountability Office) と英国NAO(National Audit Office)のHPとその報告書、特に原子力関係のもの。エネルギー省の核開発施設の廃止措置の報告書など

フランス会計検査院(Cour des comptes)の”The Cost of the Nuclear Power Sector“ (442頁、2012年、各省庁のコメントも載っている)

放射性廃棄物

各国が「放射性廃棄物の安全に関する国際条約」に従って、国際原子力機関に3年ごとに提出している報告書

全般

岡 芳明「日本の原子力発電の課題」2023年11月28日
東大原子力専攻講演資料

岡 芳明「原子力発電と社会」AMAZON 電子出版
2024年3月予定

ありがとうございました