

国際エネルギー機関(IEA)

「クリーンエネルギーシステムにおける原子力発電」

“Nuclear Power in a Clean Energy System”

(2019年5月28日発表)

ポイント紹介

報告書「クリーンエネルギーシステムにおける原子力発電」について

- ✓ 国際エネルギー機関（IEA）は2019年5月28日、先進国における原子力発電の急速な縮小に警鐘を鳴らす報告書「クリーンエネルギーシステムにおける原子力発電（Nuclear Power in a Clean Energy System）」を公表。今回の報告書は、IEAが過去20年間で初めて原子力を専門に取り扱ったもの
- ✓ 報告書は、先進国における原子力発電の役割と将来の減少のリスク要因に焦点を当て、IEA報告書「世界のエネルギー見通し（WEO）」の2つシナリオ、“新政策シナリオ”と“持続可能な開発シナリオ”を使用して、コストや排出量、電力セキュリティに対する“原子力縮小ケース”の影響を検証している
- ✓ 今後、原子力発電の維持や新規建設に対する支援がなければ、先進国では2040年までに原子力発電設備容量の2/3が失われ、CO₂排出量の増大につながるとし、よりクリーンなエネルギーシステムへの移行の世界的な努力を一層難しくし、費用も膨大になると指摘している。すなわち、原子力が縮小するにつれ、パリ協定達成の道のりがさらにチャレンジングなものとなるとしている
- ✓ 報告書は、原子力発電を保有するEUや米国、日本に対し、原子力発電オプションの維持や新規建設などを訴え、そのためのいくつかの勧告を提示している

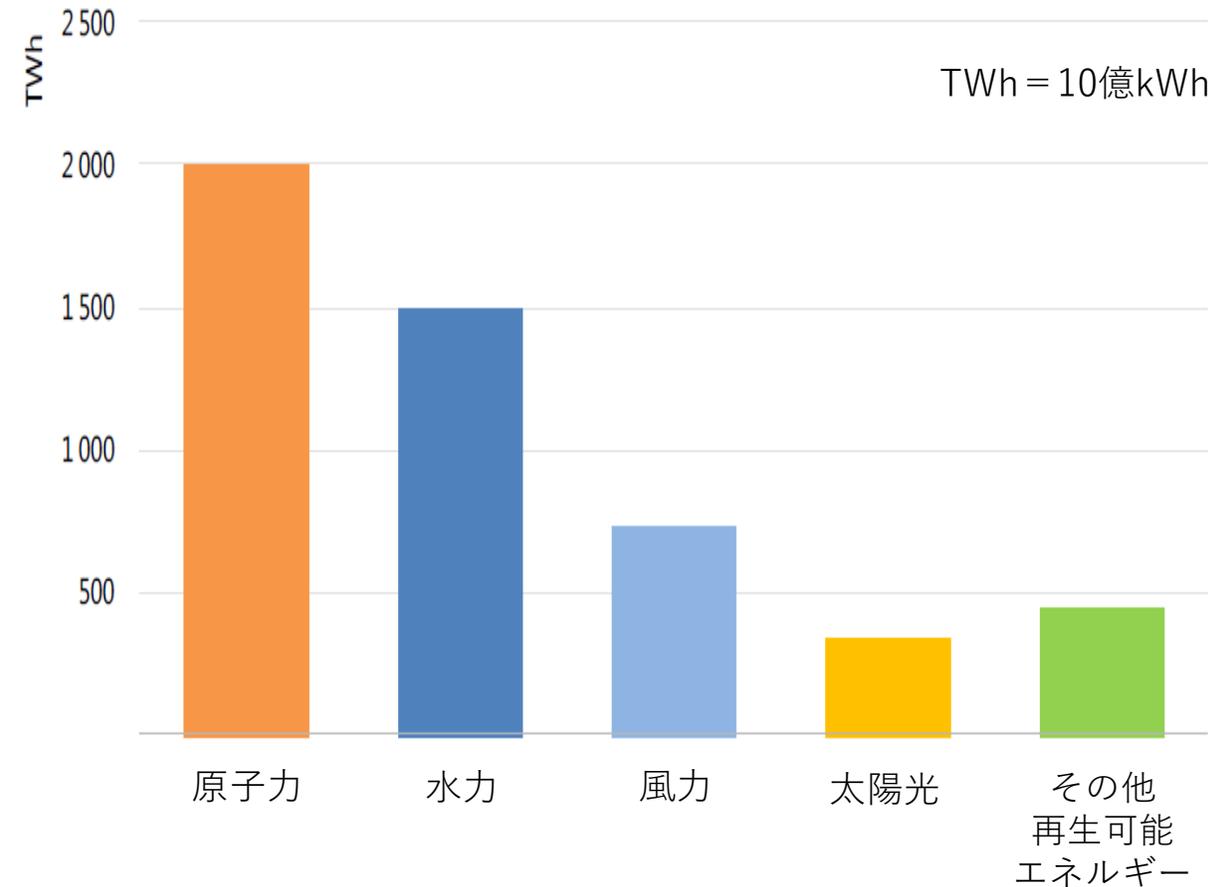
報告書で使用される各シナリオ

- ・新政策シナリオ：最新のエネルギー政策や関連計画が実施されると想定
- ・持続可能な開発シナリオ：パリ協定の達成に必要な施策が実施されると想定
- ・原子力縮小ケース：既に建設中のプロジェクト以外に新規建設がなく、既存炉の寿命延長も認められない。また既存プラントへの新たな投資が先進国で発生しないと想定

原子力発電は、クリーンエネルギーへの移行において重要な役割を果たすことができる

- ✓ **原子力発電は今日、2018年の世界の電力の10%を供給し、発電に大いに貢献している。** 先進国*では、発電シェアの18%を占めており、最大の低炭素電源である
- ✓ しかし、原子力発電の世界の電力供給シェアが近年、低下している。主に先進国の原子炉群が老朽化し、新規建設が先細っているためである
- ✓ 1970年代および1980年代に建設された原子力発電所のなかには、退役しているものもあり、クリーンエネルギーシステムへの移行を鈍化させている。太陽光や風力の目覚ましい成長にもかかわらず、原子力発電シェアの低下のため、2018年の全電力供給におけるクリーンエネルギー源全体のシェアは36%で、20年前と同程度である(P4参照)

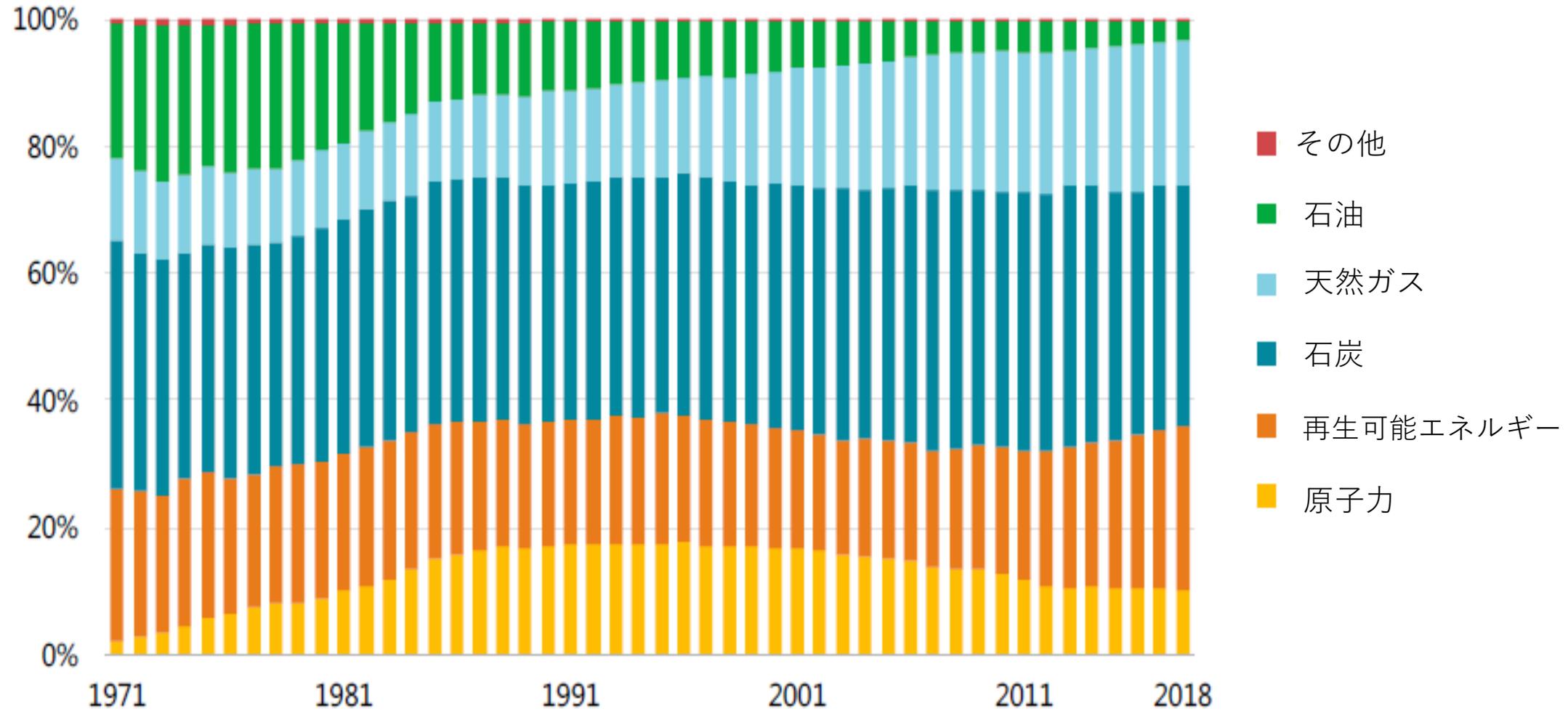
先進国における低炭素電源の発電量（2018年）



原子力発電は今日の先進国において、主要な低炭素電源である

• 本報告書で先進国とは、オーストラリア、カナダ、チリ、EU28か国、アイスランド、イスラエル、日本、韓国、メキシコ、ニュージーランド、ノルウェー、スイス、トルコ、米国、を指す

世界の電源別発電電力量シェアの推移



原子力発電シェアの減少は、1990年代後半以降、再生可能エネルギーのシェアの増大によって完全に相殺されている

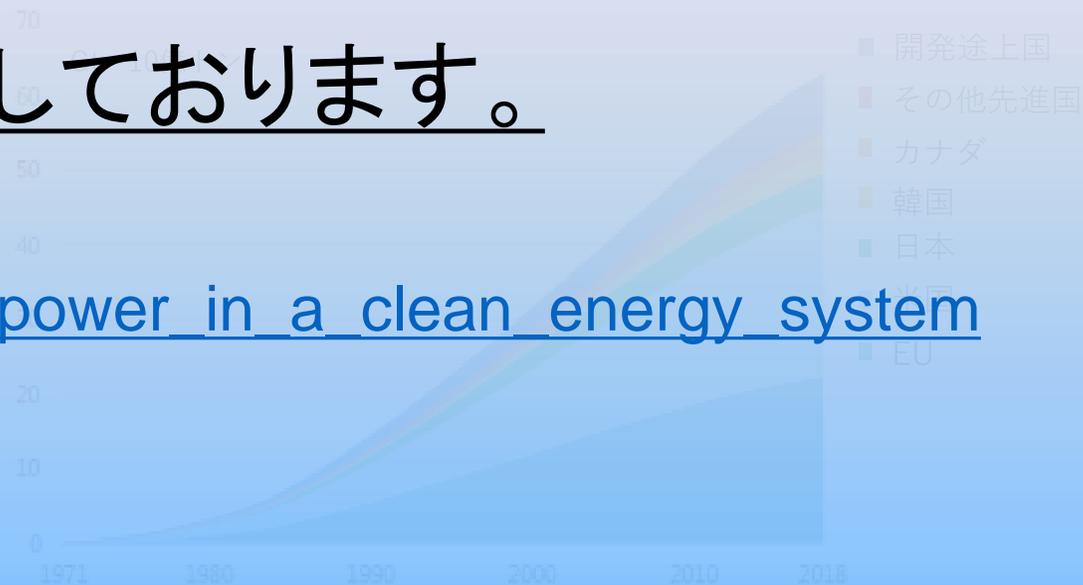
✓ 原子力発電を含む様々な技術は、世界中のクリーンエネルギー移行のために必要である。世界のエネルギーは、電力を中心に増加している

✓ 再生可能エネルギーが牽引し続けている。原子力発電もまた、炭素回収（CO₂回収）と化石燃料とともに、重要な役割を果たすことが可能

✓ 将来の原子力発電の役割を考えている国々は、世界のエネルギー需要を https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system 的な気候目標を含む、持続可能な目標と矛盾のない軌道達成するためには、クリーンな電力の拡大が現在よりも3倍速いペースで進む必要がある(P16参照)

✓ 2040年までに全世界の電力の85%は、クリーンな供給源にする必要がある。これに対して、現在はわずか36%。効率性や再生可能エネルギーへの大規模投資とともに、2040年までに世界の原子力発電量を80%増加する必要がある (P6参照)

今日までに世界の原子力発電が抑制したCO₂累積排出量



原子力発電のおかげで、これまでに合計(累計)約600億トンのCO₂排出を避けることができた。これは、現在の世界のCO₂排出量のほぼ2年分に相当

会員限定で公開しております。



持続可能な開発シナリオにおける発電量と炭素密度



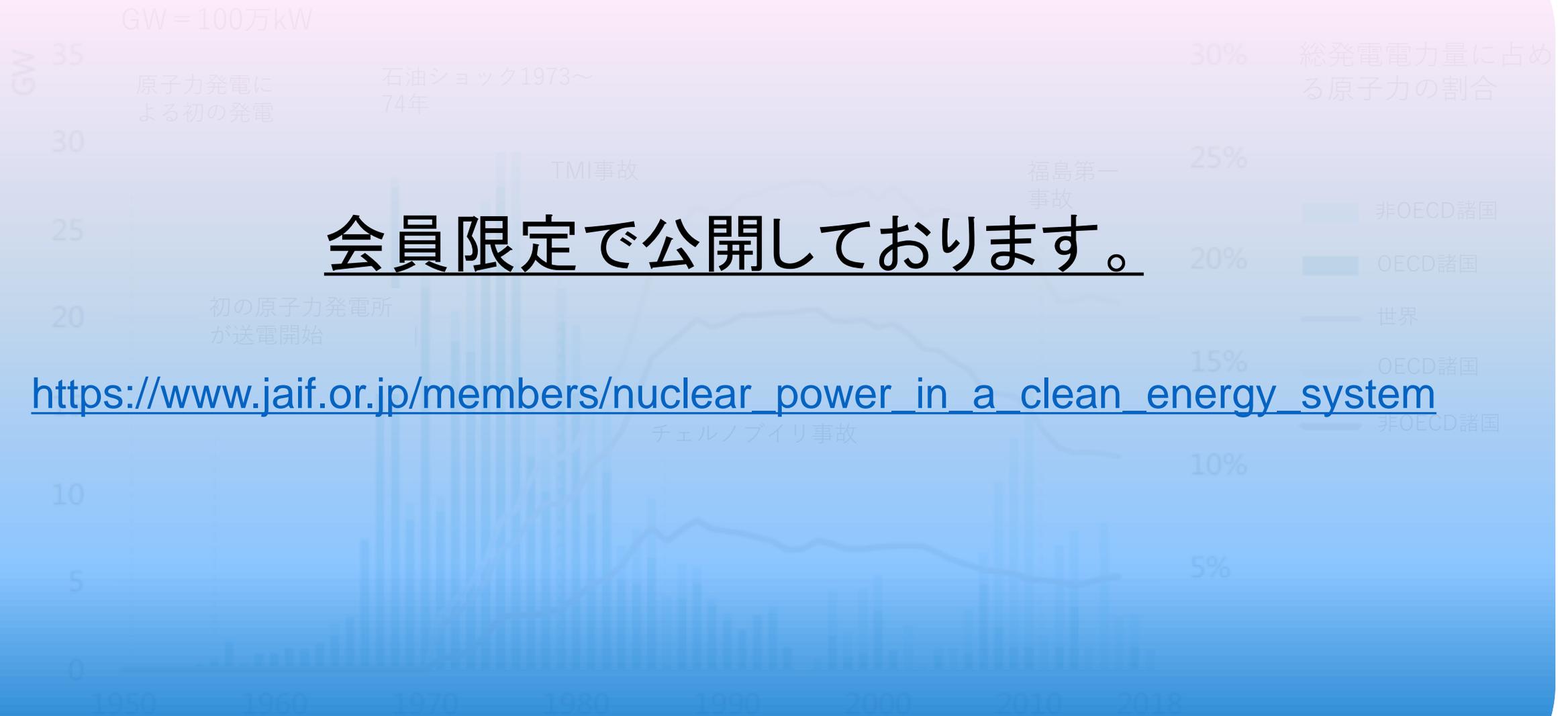
会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

電力部門は、2040年までに発電量の85%を低炭素電源へと急速に進化する

世界の発電電力量見通し

	2017年 (億kWh)	2040年 (億kWh)			2017年 (%)	2040年 (%)		
		現行	新政策	持続可能		現行	新政策	持続可能
合計	256,790	427,550	404,430	371,140	100	100	100	100
原子力	26,370	36,480	37,260	49,600	10	9	9	13
石油と天然ガス	117,000	117,000	117,000	117,000	46	28	28	32
石炭	89,820	71,070	69,910	69,910	35	17	19	19
水力	10,000	10,000	10,000	10,000	4	4	4	4
風力	5,000	15,000	15,000	15,000	2	4	4	4
太陽光	1,000	15,000	15,000	15,000	0	4	4	4
その他	1,000	1,000	1,000	1,000	0	0	0	0



✓原子力発電所は、多様な方法で電力セキュリティに貢献する。
原子力発電所は、電力システムの安定維持に役立ち、ある程度まで、
需給の変化に迅速に対応することができる

会員限定で公開しております。

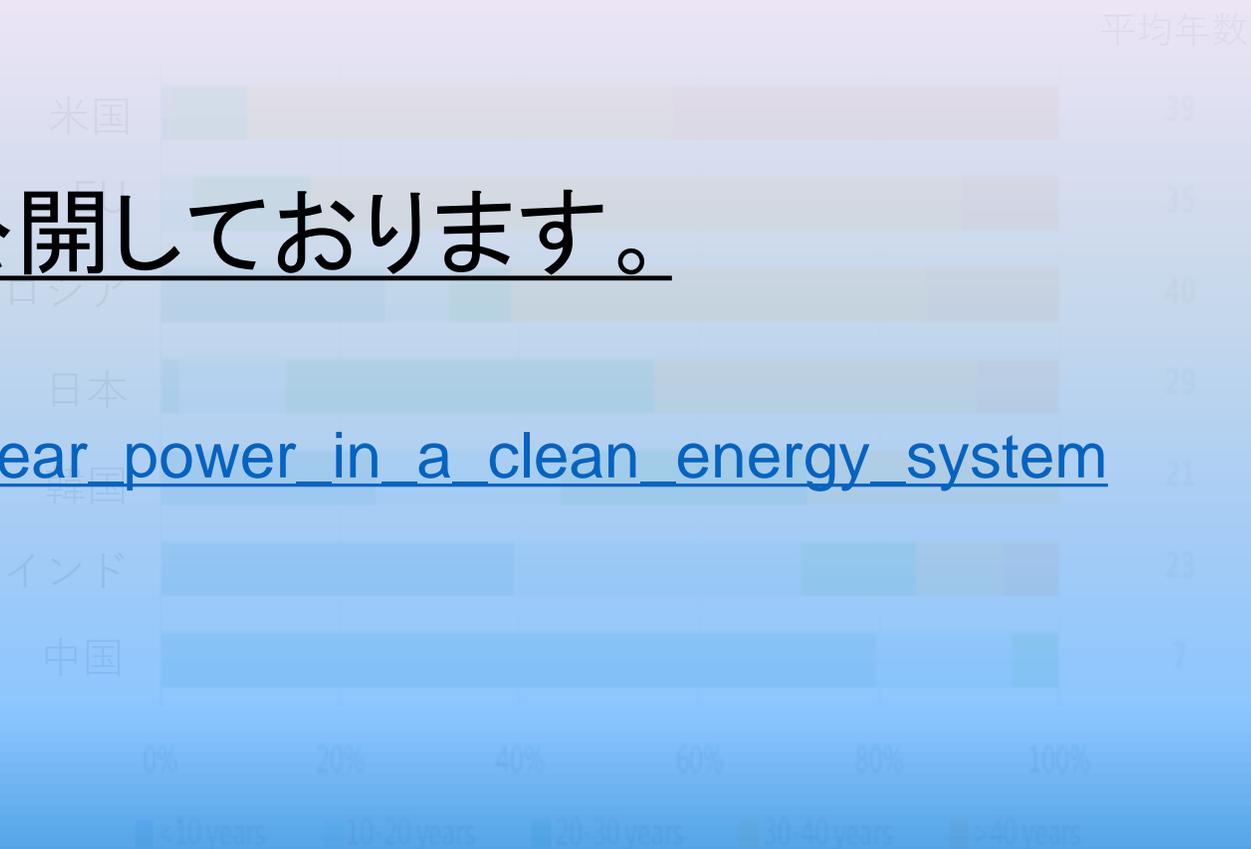
✓風力や太陽光のような出力変動性の再生可能エネルギーのシエ
アが上昇するにつれ、そのような機能の必要性は高まる。原子
力発電所は、再生可能エネルギーの出力の気象による変動の影
響を制限するのを助け、輸入燃料への依存を低下させること
により、エネルギー安全保障を強化することができる

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

原子力発電所の寿命延長は、エネルギー移行を順調に進めるために不可欠である

- ✓ 先進国において、政策および規制の決定は、老朽化した原子炉の運命にとって依然として重大である。EUと米国は、最大の運転中の原子炉群（それぞれ 1億kW超）を有し、それらはまた最も古い原子炉に属する
- ✓ 欧州の原子炉の平均運転年数は35年、米国は39年。多くの場合、運転の当初の設計寿命は40年
- ✓ 主に原子力の役割を低下させる政策によって、先進国における現在の原子力発電設備の量の約17%が、2025年までに閉鎖される見込みである
- ✓ 米国では、約90基の原子炉が60年運転のライセンスを取得しているが、いくつかの原子炉は既に早期退役し、多くの原子炉が閉鎖のリスクにある
- ✓ 欧州や日本などの先進国でも、原子力発電所の寿命延長が不確実な見通しに直面している

特定国/地域における原子力発電設備の運転年数構成



会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

欧州や米国における多くの原子力発電所は運転年数30年を超えている。

一方、中国が最も若い平均運転年数（約7年）を有する国である。

日本の2030年のエネルギーミックス目標について

✓日本の原子力発電所は現在、9基が運転中、6基が原子力規制委員会による新規制基準をクリア、2基が建設中

✓もし今後、上記以外の原子炉が戦列復帰しなければ、日本の総発電電力量に占める原子力の割合は、2017年の3%から2030年には約10%に達する見込みである。この場合、第5次エネルギー基本計画で示されたゼロ・エミッション電源による発電の目標比率である44%を達成することは困難となろう。この44%のうち、20~22%を原子力由来にすることが期待されている

会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

✓現在、原子力規制委員会による審査を受けている10基が運転開始をすれば、年間800~900億kWhを発電し(全電力供給の7~8%)、ゼロ・エミッション目標をより達成可能にする。それでも2011年の福島第一事故前の10年間に毎年26~31%の発電電力量シェアを占めていたことと比較すれば、依然として低い

✓たとえ福島第一事故以前の全ての原子力発電所が運転再開すると仮定しても、さらなる運転延長がなければ、原子力発電所の半数以上が1990年以前に建設されたものであるため、2040年には原子力シェアはわずか2%となる。なお別途、9基の原子炉

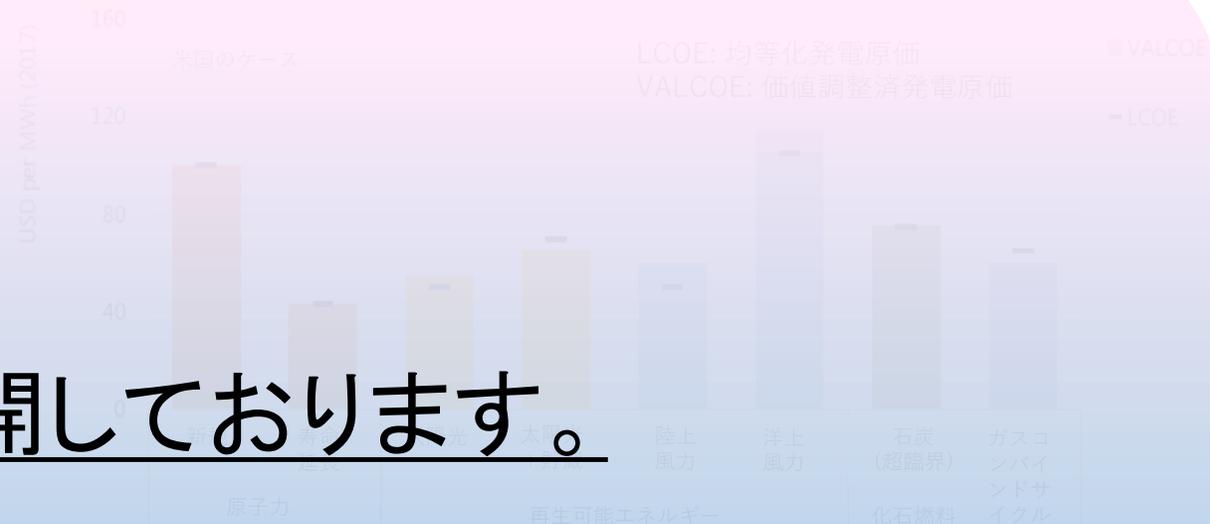
✓ 経済的要素も関係している。寿命延長は、新規建設よりもかなり安く、一般的に新規の風力や太陽光プロジェクトを含むその他の発電技術と比べてコスト競争力がある

✓ しかし、寿命延長は依然、プラントが安全に運転継続できるようにするために、主要機器の取替や追加の投資を必要とする。低い卸売電力価格と競争力に相まって、米国のいくつかの発電所を財政的に実行不可能なものにしている

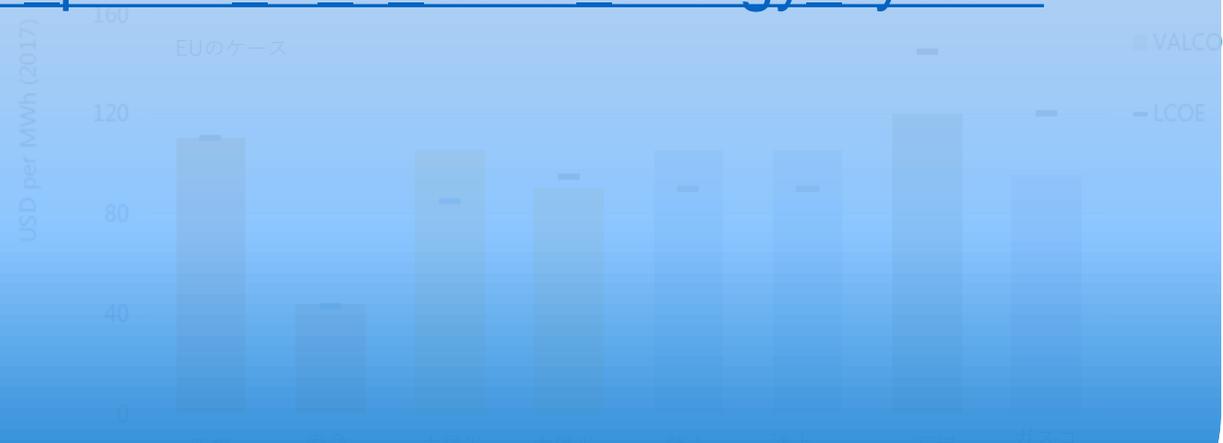
会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

✓ 加えて、市場や規制フレームワークが変化すれば、原子力発電のクリーンエネルギー源としての価値や電力セキュリティへの貢献を重視せず、原子力発電を不利な立場に追いやっている。その結果、先進国における多くの原子力発電所は、早期閉鎖のリスクに晒されている



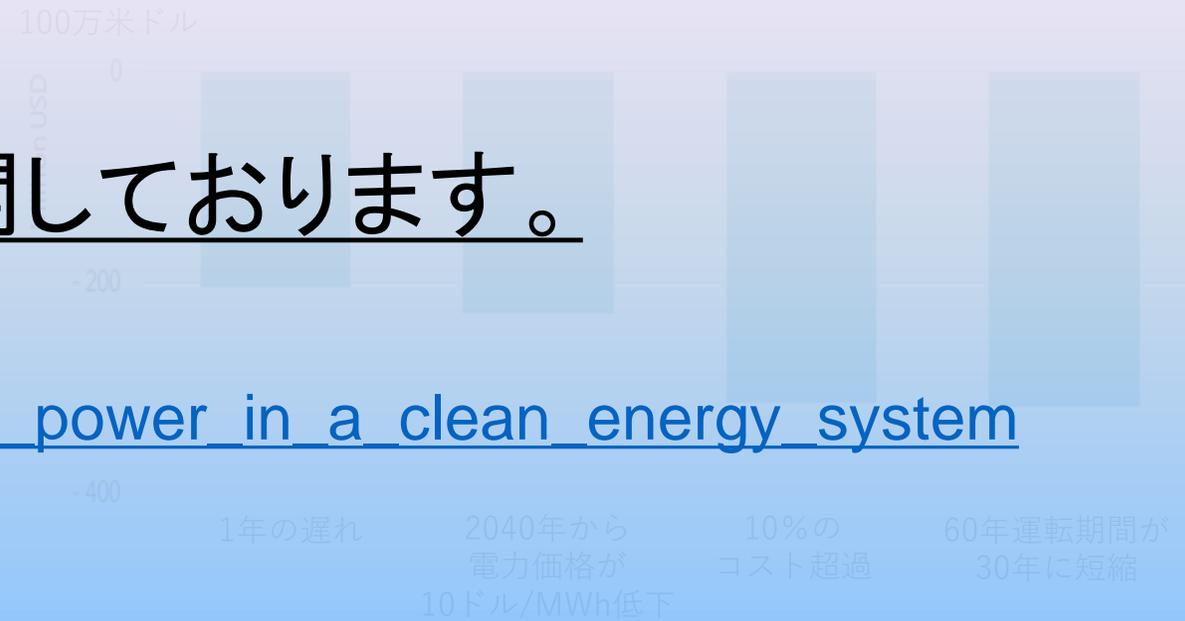
原子力発電所の運転延長は、米国のその他電源の新規建設と比較して競争力が劣る。EUではさらに競争力がある



※本図は原子力寿命延長(LCOEは100MW出力の20年間運転延長)

先進国における新規原子力発電所プロジェクトへの投資に対するハードルは高い

2040年までの保証された収益を有する100万kW原子力発電プロジェクトの正味現在価値に対する様々なリスクの影響



会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

✓ 新規原子力発電所建設計画で起こることは、クリーンエネルギー移行を達成する可能性に大きく影響する。早期閉鎖による廃炉を防ぎ、運転期間延長を可能にすることは、再生可能エネルギーを増やす必要性を減らす。しかし、新規建設がなければ、原子力発電は、より迅速な移行を一時的に支援することはできない。

✓ 新規原子力発電所建設への最大の障壁は、投資の動員である。新規原子力発電所の建設計画は、その他の発電技術との競争力や初期投資に対する懸念を必要とする超巨大な投資に対する懸念に直面する。これらの懸念は、電力卸売の競争市場を導入している国々で特に強い。

✓ 原子力発電技術に特有のいくつかの課題は、投資が前に進むことを妨げるかもしれない。主な障害は、膨大な投資規模と長いリードタイム、建設上の問題、遅延やコスト超過のリスク、将来の政策や電力システム自体の変更の可能性に関連している。

全ての事項は、100万kWあたり45億ドルの投資コスト、6年間の建設期間、60年間の運転期間などを想定した、ベストケースの原子力プロジェクトと比較

大規模な原子力発電所の経済的実行可能性は、プロジェクト遅延や将来の電力価格、コスト超過、運転期間に大きな影響を受ける

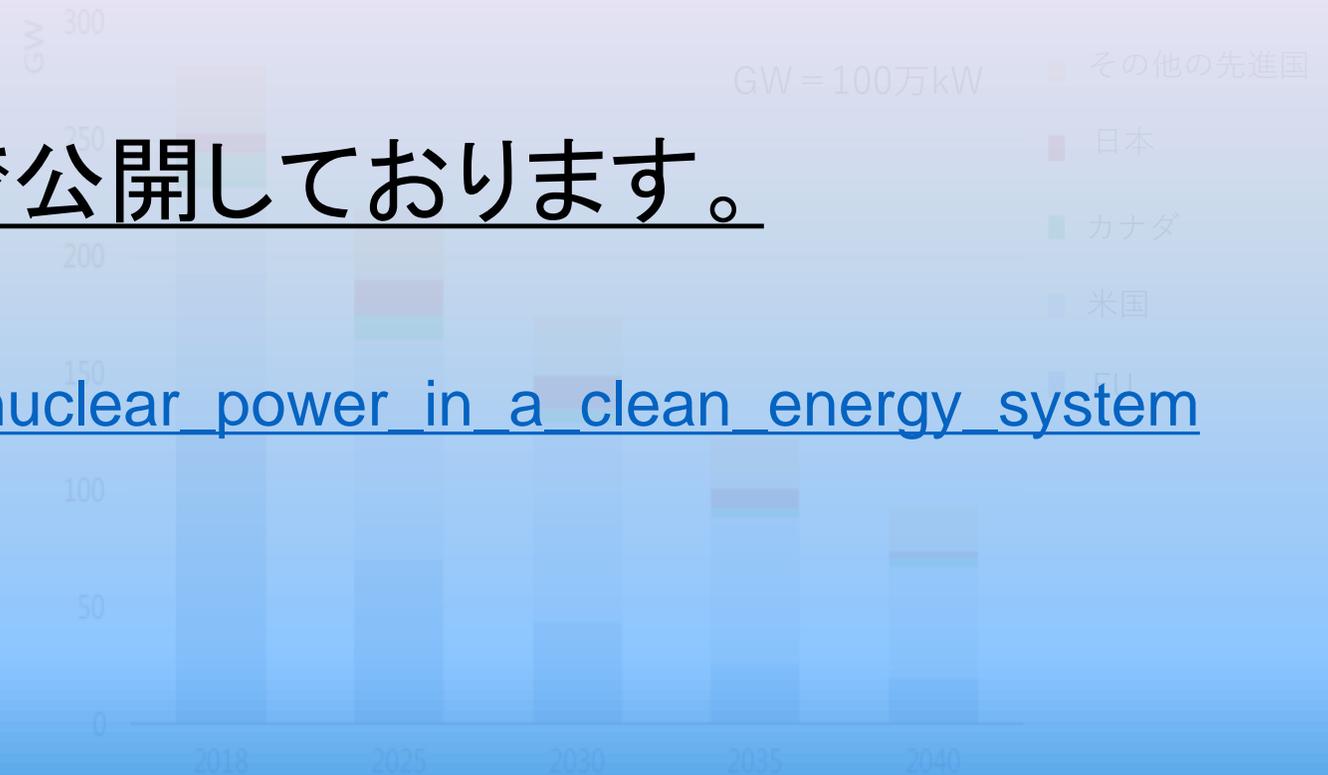
原子力への投資がなければ、持続可能なエネルギーシステムを達成することは、はるかに困難になる

✓ 先進国における既存および新規原子力発電所への投資の崩壊は、排出量やコスト、エネルギー安全保障に影響を与える

✓ 先進国で既存原子力発電所のプロジェクト開発のために十分な投資が行われない場合、先進国の原子力発電設備容量は、2040年までに約2/3減少する

✓ 現在の拡大し続ける一方、ガスや、比較的度は低いですが、石炭が原子力に代わって、重要な役割を果たす。これは、各国の電力セキュリティにとって、ガスの重要性をさらに高める

先進国における運転中原子力発電設備容量の予測
(原子力縮小ケース)

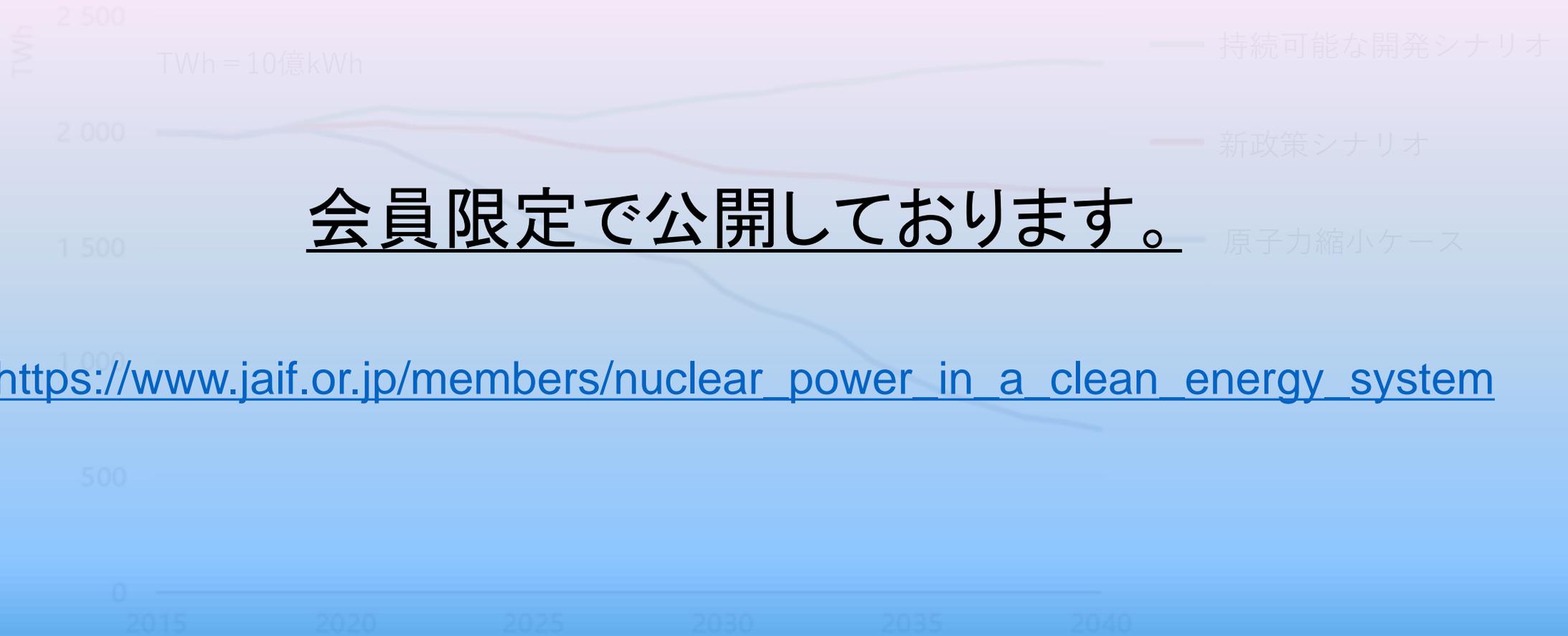


会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

原子力発電に対する新たな投資がなければ、先進国の原子力発電設備容量は2040年までに2/3減少する

先進国におけるシナリオ別原子力発電量の予測



会員限定で公開しております。

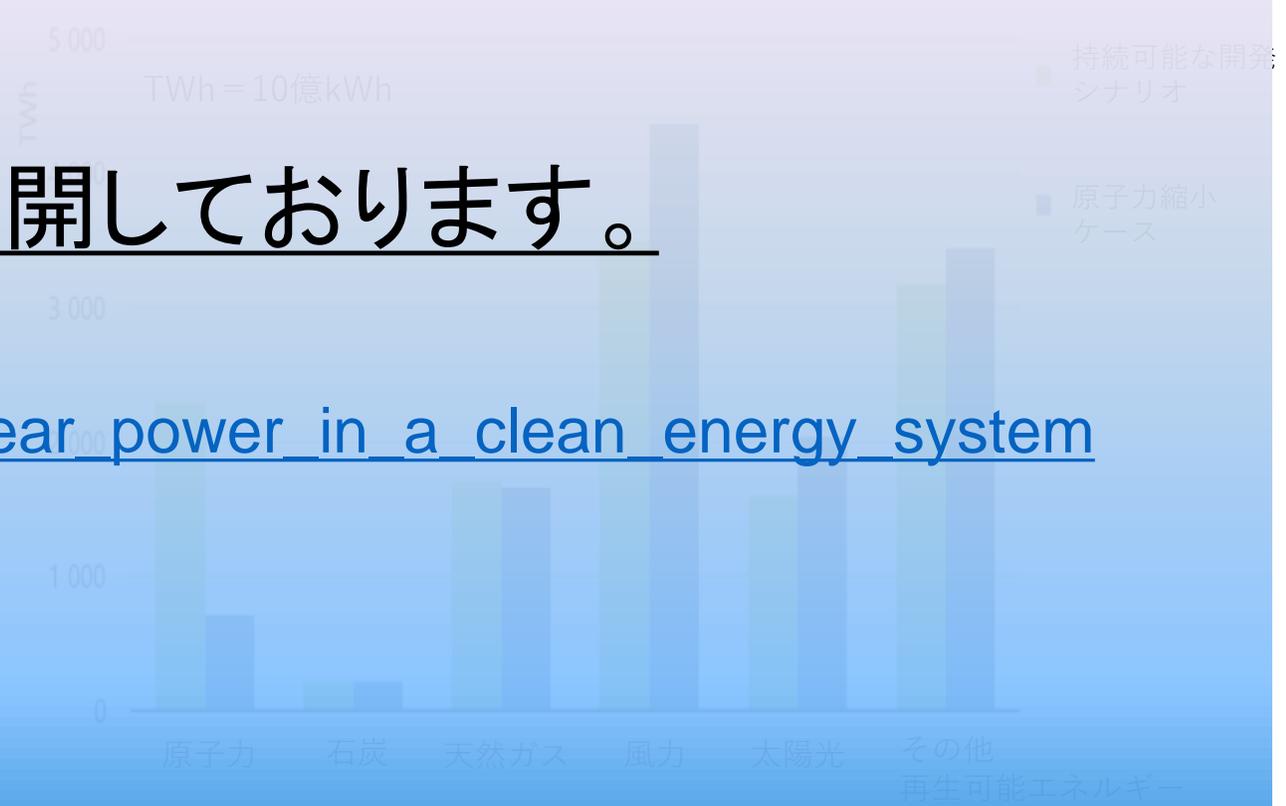
https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

原子力の寿命延長や新規プロジェクトがなければ、低炭素発電の大規模な不足が生じる。

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を達成することはより困難になる

- ✓ 少ない原子力発電でクリーンエネルギーへの移行を達成することは可能だが、並外れた努力が必要。先進国は低炭素電力の相当な不足に直面し、風力と太陽光が、原子力に代わるものとして求められる主な供給源となる
- ✓ 風力や太陽光がその成長を達成し、その他の問題、例えば、プロジェクトと地域の社会的受容、それに伴うネットワークインフラの拡大などの解決が必要
- ✓ 原子力発電を削減する。これを相殺するオプションは、新規ガス火力発電所や貯蔵の増加、需要側アクションを含む

先進国における電源別発電電力量 (持続可能な開発シナリオと原子力縮小ケース、2040年)



会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

持続可能な開発目標を達成するためには、原子力発電量の減少を補うため、風力と太陽光、その他の再生可能エネルギーを組み合わせることが必要



会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

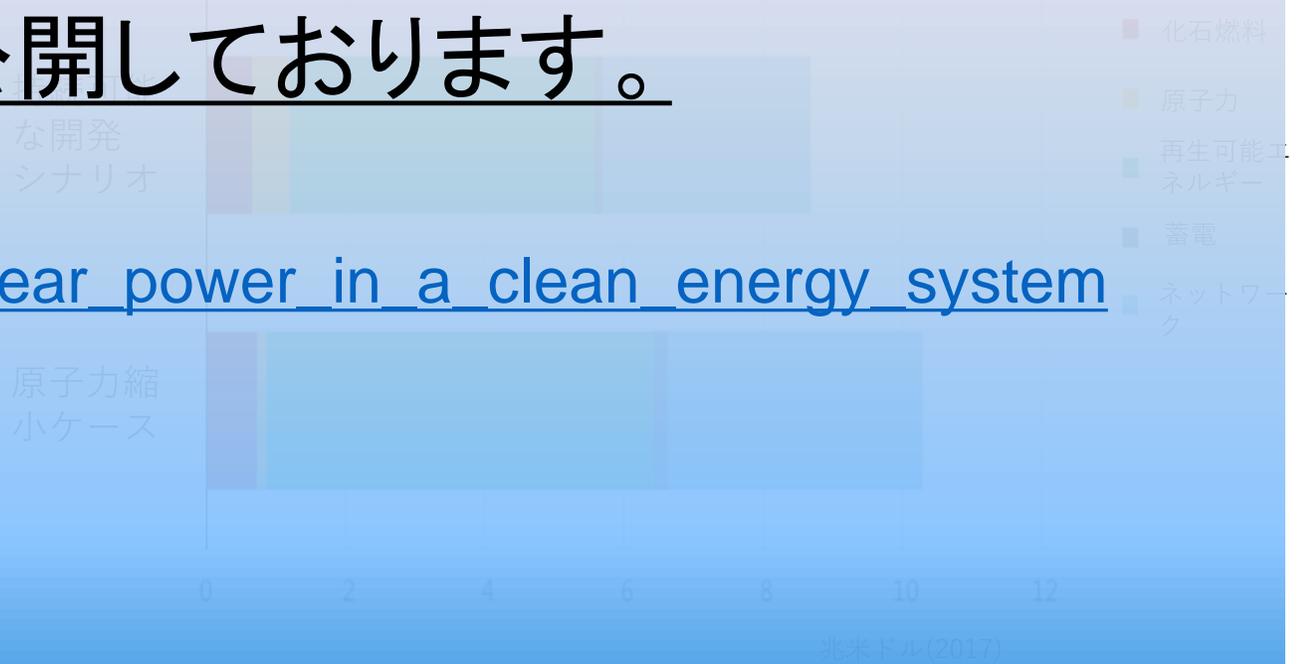
少ない原子力発電をより多くの再生可能エネルギーで相殺することは、よりコストがかかる

✓ エネルギーミックスから原子力を取り除くことは、消費者にとってより高い電気料金をもたらす。先進国における原子力の急激な減少は、他の発電方法や電力ネットワークに対する投資ニーズの大幅な増加を意味する。先進国の電力部門において、2018～2040年の間に追加投資約1兆6,000億ドルが必要となる

✓ 昨今の風力や太陽光コストの低下にもかかわらず、新たな再生可能エネルギーの設備容量を追加することは、既存原子力発電所の寿命延長よりもかなり多くの設備投資が必要。送電網を強化し、再生可能エネルギーの出力を処理するために既存のラインを更新する必要性もまたコストを増加させる

✓ 先進国で必要とされる追加投資は、運転コストの節約では相殺されない。理由は、原子力発電は燃料コストが低く、運転や保守は、トータルの電力供給コストのうち、わずかな割合しか占めないため。大規模な寿命延長、あるいは新規プロジェクトがなければ、電力供給コストは、先進国全体では年間平均800億ドル近く増加する

持続可能な開発シナリオと原子力縮小ケースにおける先進国の電力部門の累積投資額(2019～2040年)



持続可能性を達成するためには、再生可能エネルギーとネットワークに大規模な追加投資が必要

会員限定で公開しております。

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

既存および新規原子力発電所に対する投資を確保するためには、強固な政策支援が必要

- ✓ 原子力発電利用のオプションを維持する国々は、平等な電力市場フィールドで競争を確保するために政策を改革する必要がある。また、寿命延長や新規建設における投資に対する障壁に取り組む必要がある。焦点は、原子力を含む低炭素技術が有するクリーンエネルギーとエネルギー安全保障の特性を評価する方法で、電力市場を設計するべきであるということである

会員限定で公開しております。

- ✓ 新規原子力発電所建設における投資確保は、プロジェクトの非常に高いコストといくつかの国々での不利な最近の経験を考慮し、より介入的な政策関与が必要であろう。投資政策は、長期契約や価格保証、国の直接投資の組み合わせを通じて、財政的な障壁を克服する必要がある

https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system

- ✓ 小型モジュール炉(SMR)のような民間投資に適う先進炉技術に対する関心が高まっている。この技術はまだ、開発段階にある。研究開発のための資金提供、ベンチャーキャピタルのための官民パートナーシップ、および早期導入の補助金を通じて、政府がSMRを推進している。原子炉設計の標準化は、SMRの製造における規模の経済性から恩恵を受けるために非常に重要である。

- ✓ 原子力技術の運転、開発における継続的な活動は、技能と専門技術を維持するために必要である。先進国におけるここ数年の比較的遅い原子力発電の展開は、人的資本や技術のノウハウを喪失するリスクがあることを意味している。原子力発電への依存を続けることをめざす国々にとって、人材

- ✓ オプションをオープンに維持する：安全性が確保される限り、既存の原子力発電所の運転期間の延長を認める
- ✓ 発電電の価値を評価する：容量の利用可能性や周波数の制御サービスなど、電力セキュリティの維持に必要なシステム・サービスが適正に評価されるやり方で電力市場の構造を設計。原子力発電所などこれらのサービスの提供者が、差別なく競争力のある方式で補償されることを保証する
- ✓ 非市場ベースの価値を評価する：原子力がもたらす環境面やエネルギー安全保障上の恩恵について、その他の低炭素エネルギー源と対比して評価する

会員限定で公開しております。

- ✓ 安全規制を更新する：原子力発電所の安全運転を継続的に確保するため、必要に応じて安全規制を更新する。技術的に可能であれば、原子力発電所でアンシラリー（電圧・周波数の調整など）サービスを提供するため、運転に柔軟性を持たせる
- ✓ https://www.jaif.or.jp/members/nuclear_power_in_a_clean_energy_system
- ✓ 魅力的なファイナンスの枠組を創出する：リスク管理や資金調達に有効な枠組を創出し、新規や既存原子力発電所のプロジェクトに対して、リスク特性や長期的な展望を考慮に入れた、許容可能なコストによる資本の投資を促進する
- ✓ 新規建設を支援する：許認可プロセスが、安全上の要件では正当化されないプロジェクトの遅延やコストの増加につながらないことを保証する。産業界全体で標準化を支援し、実践による学習を可能にする
- ✓ 革新的な新規原子炉を支援する：増大する風力や太陽光発電の電力システムへの統合を促進するため、低コストでリードタイムが短く、運転の柔軟性を高める技術を有するSMRのような新規原子炉設計のイノベーションを促進する
- ✓ 人的資本を維持する：原子力エンジニアリングにおいて、人的資本やプロジェクト管理能力を保護、開発する