## FOE Japan セミナー

## 「電力需給逼迫」と原発再稼働 〜望ましい解決策とは〜

#### 原発と温暖化対策:最近の議論より

2022年9月6日

東北大学 東北アジア研究センター・同大学院環境科学研究科教授 明日香壽川

asukajusen@gmail.com

#### 内容

- 1. 原発新増設推進への路線転換の背景
- 2. 世界の全体的状況
- 3. EUタクソノミー
- 4. IRENA、IEA、IPCCの最近の議論
- 5. 統合コスト問題および具体的な電力需給対策オプション
- 6. 米国インフレ抑制法
- 7. ドイツ、フランス、イギリス事情
- 8. 小型モジュール炉(SMR)
- 9. まとめ
- 10. おまけ

#### 1.原発新増設推進への路線転換の背景

#### GX会議での岸田首相発言

- ・背景には、EUタクソノミー、韓国の政権交代、戦争、 ドイツの状況、電力需給バランス問題、3年間国政選 挙なしなど。米インフラ抑制法成立もあるかも
- ・短期の話と中長期の話が混合
- ・曖昧な「次世代革新炉」→革新軽水炉?小型モジュール炉?
- ・官邸と永田町・霞ヶ関の原発推進派の判断だろうけど、まあ、火事場泥棒的
- ・(本気かどうかは別にして)関連予算確保や業界維持などには重要

#### 2.世界の全体的状況

#### 原発の稼働に関する現状

- ・2020年に世界で追加された原発設備容量は 552.1万kW(電力系統に追加された蓄電池の 549.1万kWをわずかに上回っただけ)
- ・原子炉の平均寿命は29年
- ・2020年の原子力発電の純増設分は35万 6,000kW。一方、同年に世界では自然エネル ギーが2億7,830万kW(水力発電を除くと2億 5,700万kW。これは原子力発電の782倍)

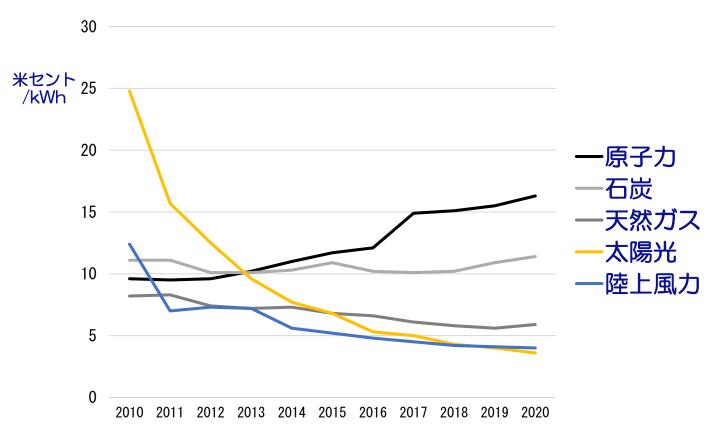
## 原発新設発電コストと太陽光や風力の新設発電コストとの価格差

米国の先進型軽水炉新設・補助金なしの場合

- \* 米投資会社Lazard:3~8倍(Lazard2020)
- Bloomberg (世界の24,000以上のプロジェクトの実際のコストを追跡調査):5~13倍
   (BNEF2020)
- ・米エネルギー情報局:2倍(EIA2022)

### 原発や石炭火力は高いというのが 世界の常識になりつつある

発電エネルギー技術のコスト比較(米国)



出典:Lazard (2021) など米国のエネルギー関連投資会社Lazardの各年版データ

## 米政府機関の米エネルギー情報局 (EIA) も毎年そのような数値を公表

#### 2022年発電エネルギー技術のコスト比較(米国)

Table 1b. Estimated unweighted levelized cost of electricity (LCOE) and levelized cost of storage (LCOS) for new resources entering service in 2027 (2021 dollars per megawatthour)

Plant type	Capacity factor (percent)	Levelized capital cost	Levelized fixed O&Mª	Levelized variable cost	Levelized transmis- sion cost	Total system LCOE or LCOS	Levelized tax credit <sup>b</sup>	Fotal LCOE or LCOS including tax credit	
Dispatchable technologies	s								
Ultra-supercritical coal	85%	\$52.11	\$5.71	\$23.67	\$1.12	\$82.61	NA	\$82.61	
Combined cycle	87%	\$9.36	\$1.68	\$27.77	\$1.14	\$39.94	NA	\$39.94	
Advanced nuclear	90%	\$60.71	\$16.15	\$10.30	\$1.08	\$88.24	-\$6.52	\$81.71	k
Geothermal	90%	\$22.04	\$15.18	\$1.21	\$1.40	\$39.82	-\$2.20	\$37.62	
Biomass	83%	\$40.80	\$18.10	\$30.07	\$1.19	\$90.17	NA	\$90.17	
Resource-constrained tec	hnologies								
Wind, onshore	41%	\$29.90	\$7.70	\$0.00	\$2.63	\$40.23	NA	\$40.23	
Wind, offshore	44%	\$103.77	\$30.17	\$0.00	\$2.57	\$136.51	-\$31.13	\$105.38	
Solar, standalone <sup>c</sup>	29%	\$26.60	\$6.38	\$0.00	\$3.52	\$36.49	-\$2.66	\$33.83	
Solar, hybrid <sup>c,d</sup>	28%	\$34.98	\$13.92	\$0.00	\$3.63	\$52.53	-\$3.50	\$49.03	
Hydroelectricd	54%	\$46.58	\$11.48	\$4.13	\$2.08	\$64.27	NA	\$64.27	
Capacity resource techno	logies								
Combustion turbine	10%	\$53.78	\$8.37	\$45.83	\$9.89	\$117.86	NA	\$117.86	
Battery storage	10%	\$64.03	\$29.64	\$24.83	\$10.05	\$128.55	NA	\$128.55	

出典:EIA(2022)

# 米エネルギー情報局は2010年時点で風力の方が原子力より安いとしている

#### 2010年発電エネルギー技術のコスト比較(米国)

	Capacity Factor (%)	U.S. Average Levelized Costs (2009 \$/megawatthour) for Plants Entering Service in 2016						
Plant Type		Levelized Capital Cost	Fixed O&M	Variable O&M (including fuel)	Transmission Investment	Total System Levelized Cost		
Conventional Coal	85	65.3	3.9	24.3	1.2	94.8		
Advanced Coal	85	74.6	7.9	25.7	1.2	109.4		
Advanced Coal with CCS	85	92.7	9.2	33.1	1.2	136.2		
Natural Gas-fired								
Conventional Combined								
Cycle	87	17.5	1.9	45.6	1.2	66.1		
Advanced Combined Cycle	87	17.9	1.9	42.1	1.2	63.1		
Advanced CC with CCS	87	34.6	3.9	49.6	1.2	89.3		
Conventional Combustion Turbine	30	45.8	3.7	71.5	3.5	124.5		
Advanced Combustion Turbine	30	31.6	5.5	62.9	3.5	103.5		
Advanced Nuclear	90	90.1	11.1	11.7	1.0	113.9	-	
Wind	34	83.9	9.6	0.0	3.5	97.0	<b>+</b>	
Wind - Offshore	34	209.3	28.1	0.0	5.9	243.2		
Solar PV <sup>1</sup>	25	194.6	12.1	0.0	4.0	210.7		
Solar Thermal	18	259.4	46.6	0.0	5.8	311.8		
Geothermal	92	79.3	11.9	9.5	1.0	101.7		
Biomass	83	55.3	13.7	42.3	1.3	112.5		
Hydro	52	74.5	3.8	6.3	1.9	86.4		

出典:EIA(2011)

#### 原発は運転コストも高い

- ・2020年の米国の原発の運転コストは平均30.4ドル/MWh (NEI 2020)で、太陽光、風力、エネルギー効率化の資本と運用コストの合計よりも大きい
- 日本でも「建設費を除いた稼働コストは政府想定より も高い」という試算あり(大島 2021;諏訪・歌川 2021)
- ・ちなみに、2018年、米連邦エネルギー規制委員会 (トランプ前大統領が委員4人を任命)は、エネル ギー長官が求めた石炭と原発への補助金を5対0で却下

## 3. EUタクソノミー

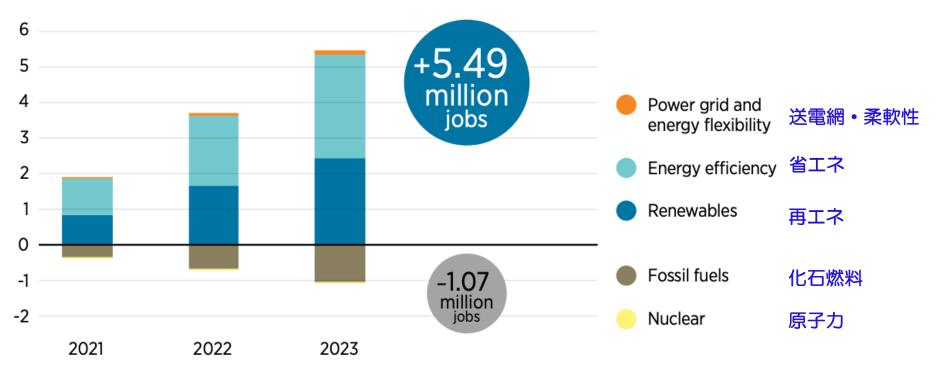
#### EUタクソノミーに関する誤解

- ・ルクセンブルグ政府、オーストリア政府、各国の反原 発派はまだ諦めていない(欧州司法裁判所に提訴予 定)
- 原発は再エネが100%近くなるまでの "Transitional technology (移行技術)" という位置付け
- ・安全対策、性能、期限などで厳しい条件がついている
- ・原発推進国のフランス、フィンランド、スウェーデン、オランダは見事に地震がない。なので、地震国である日本にとって参考にならない

4. IRENA(国際自然エネルギー機関)、IEA(国際エネルギー機関)、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の最近の議論

## IRENA: グリーンリカバリーで雇用は全体的には拡大

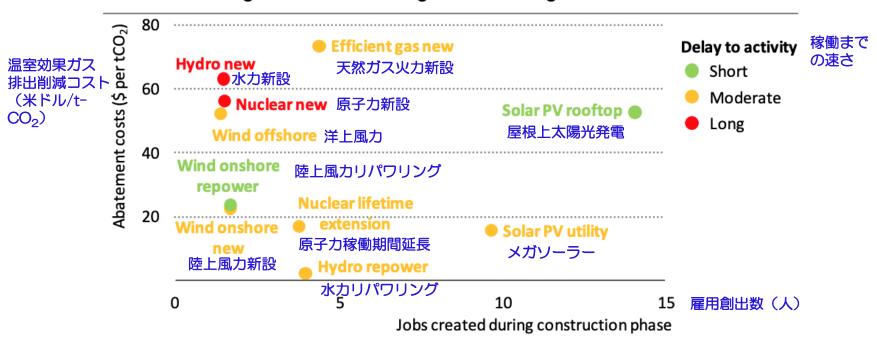
Transforming Energy Scenario vs. Planned Energy Scenario: Difference in energy sector jobs (million jobs)



出典:IRENA(2020)

# IEA:再エネ・省エネは安くて速くて雇用創出大きい

Figure 2.3 Dob creation per million dollars of capital investment in power generation technologies and average CO<sub>2</sub> abatement costs



New solar PV and wind have low abatement costs, as do nuclear lifetime extensions and repowering existing wind and hydro facilities; solar PV provides the largest boost to jobs.

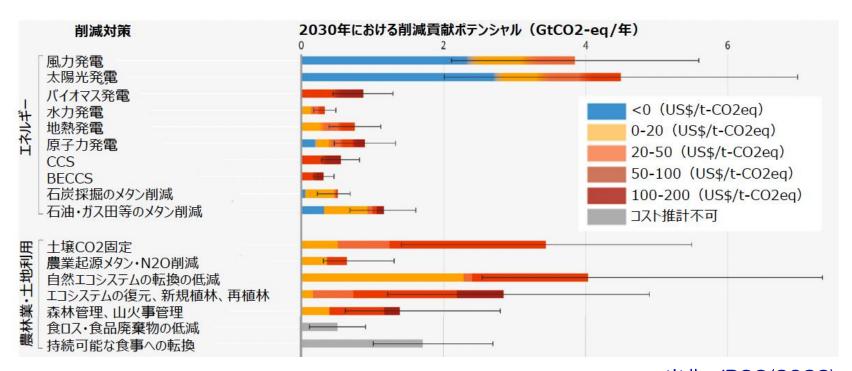
Note: Avoided CO<sub>2</sub> emissions calculated based on displacing coal-fired generation, global averages shown.

## IEA:「太陽光発電が新たなキング」 (2020年10月ビロル事務局長)

- ・世界全体で2026年までの今後5年間で 追加される電源の95%は再エネで半分は 太陽光 (IEA 2021)
- ・中国・インドでの再エネ導入量拡大
- ・ベトナムでは2021年の1年間で10万件 の屋根上太陽光パネル(10GW)導入

# IPCC:太陽光と風力が圧倒的に安価で温室効果ガス排出削減ポテンシャルも大きい

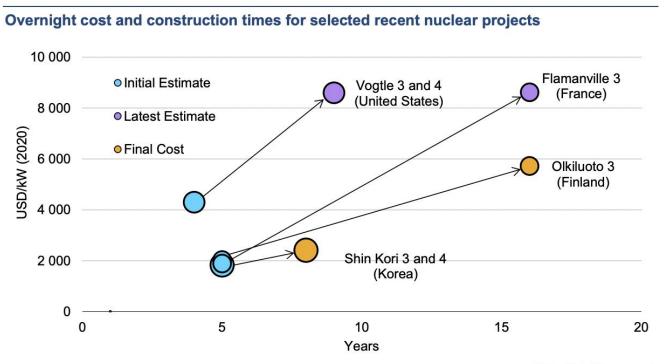
2030年排出削減対策の削減費用別の削減ポテンシャル



出典:IPCC(2022)

# IEA: 最近、原発推進のレポートも出したものの、そこでは正直に課題も列挙

#### 原発建設コスト上方修正と工期延長問題



IEA. All rights reserved.

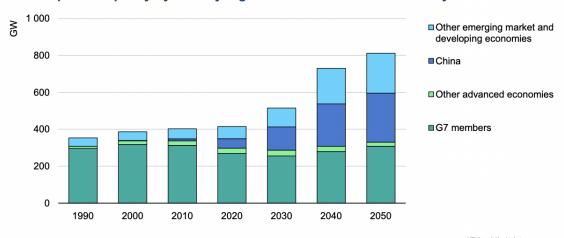
Source: Nuclear Energy Agency (2020), Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear.

出典:IEA(2022)

# IEA:原発が増えるという「予定」があるのは基本的に中国と新興国

#### IEAネットゼロシナリオでの原発導入量と地域

Nuclear power capacity by country/region in the Net Zero Emissions by 2050 Scenario



IEA. All rights reserved.

Note: Power capacity refers to gross capacity, before accounting for onsite electricity consumption.

Sources: IEA (2021), Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector; IEA (2021), Achieving Net Zero Electricity Sectors in G7 Members.

→しかし、実際には「私たちの原発を購入できる国は電気を必要としないし、 電気を必要とする国は原発を購入する経済的な余裕はないだろう」 (1991年のシーメンスCEOの発言。Hibbs(2016))。

出典:IEA(2022)

## 5. 統合コスト問題および具体的な電力需給対策オプション

#### 系統への統合コスト問題

- ・日本の地球産業技術総合研究機構(RITE)やエネ研の計算だと再エネが増えると系統につなげるための統合コストは高くなる(経産省 2021; RITE システム研究グループ 2021)
- しかし、世界的には、「再工ネの統合コストはそれほど高くない」という研究結果は多い(Wiser et al. 2021; American Clean Power 2014; USDOE 2011; UK Energy Research Centre 2017; Mazengarb 2021; Victoria et al. 2021; Heptonstall et al. 2021)
- ・ 曇天・無風期間や需要が極端に大きい年間数十時間にどう対応 するか、再エネ・省エネ・蓄電池などのコストや導入ポテン シャルをどう想定するか、などの問題

#### 具体的な電力需給対策のオプション

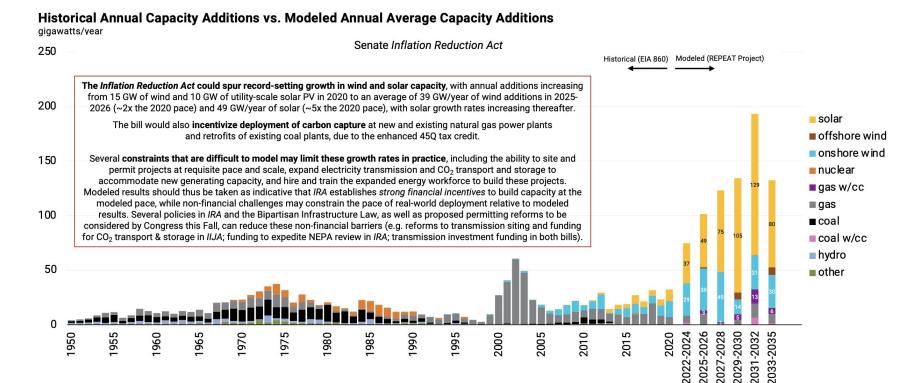
- 1. 電力融通
- 2. ネガワット(省エネ)
- 3. フレキシワット (需要する時間をシフト)
- 4. より正確な需給予測
- 5. 再エネの種類と場所の多様化による補完性
- 6. 太陽光および風力以外の再エネと産業用コジェネ利用
- 7. 建物の畜熱や畜冷気
- 8. ビハインドザメーター蓄電池
- 9. 揚水発電
- 10.Power-to-X(水素、アンモニアなど)
- 11.系統用蓄電池

出典:未来のためのエネルギー転換研究グループ (2020); Lovins (2021)

#### 6. 米国インフレ抑制法

#### インフレ抑制法のもとでの電力供給予測

## 原発補助金は今後10年間の間に廃炉しないでもらうためで、実際に追加される電源の大部分が再エネ



#### 7. ドイツ、フランス、イギリス事情

#### ドイツ

- ・脱原発政策は基本的に変わらず
- 「これから原発を一基作るには、120~180億 ユーロ=1.6~2.5兆円)のお金がかかって、かつ 15年くらいかかる」(ショルツ首相)
- 「年末にフェーズアウトを計画している最後の3 つの原発が代替しているのはガス需要の2%だ け」(ハベック経産・気候変動大臣)
- ・ドイツでは、再エネ発電割合と信頼性(SAIDI) の両方が上昇

#### フランス、イギリス

- ・ここ数ヶ月で、フランスの56基の原発の半分が点検 や冷却水の温度上昇が原因で停止
- そのためにドイツがフランスに電力を輸出
- ・フランスもイギリスも米国も、基本的には原発関連産業や軍需産業保護のために原発推進(とある程度は断言してもよい事実関係あり)
- ・小型モジュール炉(SMR)技術は、原子力潜水艦 タービンエンジンに活用可能(ゆえに、 SMRも原潜 エンジンも作っている英ロールスロイス社は原発維持 すべきと公けに主張。 AUKUSをめぐる豪米英とフラ ンの対立も同根。明日香 2021やKobayashi 2021 などを参照のこと)

## 8. 小型モジュール炉 (SMR)

#### 米NuScale社のSMR

- ・唯一2030年に稼働予定(JBICも出資)
- ・しかし、2027年稼働予定から工期3年延期、費用 も42億米ドルから61億米ドルに増加
- ・基本的に政府補助金頼み
- ・95%の稼働率が前提でコスト計算(58米ドル/MWhと主張。Schlissel and Wamsted 2022)。 それにもかかわらず、この技術は稼働率を下げて需要に追従する柔軟性があると主張→矛盾
- ・発電量あたりの廃棄物は大型炉よりも2~30倍大きいという研究結果もあり(Lindsay et al. 2022)

## SMRと大型炉に対する日本の代表的専門家の意見

「(前略)田中俊一前原子力規制委員会委員長は、出力10万キロワット級の小型モジュール炉であっても、求められる安全性は従来の大型原発と同じだと指摘。経済性が成り立たないことは、中小型炉が長年実用化に至っていないことからも明らかで、「電力会社は全く見向きもしないと思う」と述べた(後略)」

出典:ブルーンバーグニュース2022年6月10日 https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2022-06-10/RD4T7ZDWRGG001

一方、田中伸夫元国際エネルギー機関(IEA)事務 局長は「大型原子炉は再エネに対して競争力持たな い」と発言(朝日新聞2018年7月24日)

## 9. まとめ

## SMRも含めて原発を選択する合理性は乏しい

- 温暖化対策も需給対策も原発以外の(より良い) オプションがたくさんある
- ・原発は、基本的に補助金だのみ。その間に再工 ネ・省エネ・蓄電池のコスト低下はつづく
- 再エネの統合コストは高くない
- ・SMRも、コスト、スピード(工期)、廃棄物、 核拡散に関して大型炉と同じ問題を持つ(少なく ともコストに関してはより大きい!)

#### お金の無駄かつ温暖化対策を遅らせる

- ・原発に投資すると、同じお金を再エネに投資した場合に比べて $CO_2$ 排出削減量は $1/2\sim1/12$ で、かつ、その排出削減は1O数年後に実現(Lovins 2022)
- すなわち、コストとスピードで同等であった場合のみ、原発と再エネ・省エネは信頼性、レジリエンス、安定性、安全性などの他の属性にもとづいて選択できる。
- しかし、そもそもコストとスピードが同等でない

#### 悲しい(?)結論

結局、原発利用・推進の理由は、 誤解・無知あるいは経済合理性や 温暖化対策を越えたところにある

#### おまけ (その1)

#### 4つの米インフレ抑制法分析ペーパーと『レポート2030』との比較

	2030年CO <sub>2</sub> 排 出削減割合 (2005年比)	2030年ゼ ロエミッ ション電力 割合	投資額(2030年ま での10年間)	年間エネルギーコス ト削減額(全体)	年間エネル ギーコスト 削減額 (家庭)	GDP増 加割合	雇用創出数	大気汚染早期 死亡回避数	温暖化被害回避費 用(便益)
Energy innovation (2022)	-37~-43%	72~85% (原発は約 20%)	<ul><li>・公的資金:3690 億ドル(2023~ 2033年の10年間)</li><li>・投資(Capex) 1800億ドル/年</li></ul>	790~850億ドル	79~80ド ル	0.65~ 0.77%	120~130 万人(2030 年)	2900~ 4500人 (2030年)	2113~3351億 ドル (2023~ 2030年)
Princeton Univ. (Jenkins et al. 2022)	-42%		4.1兆ドル(エネル ギー供給のみ; 2023~2033年の 10年間)	500億ドル(原油価格、ガス価格をそれそれ5%、10~20%押し下げ)	数百ドル		170万人 (エネルギー 供給のみ: 2030年)	35000人 (2023~ 2033年の10 年間)	
Rhodium Group (Larsen et al. 2022)	-32~-42%	60~81% (原発は約 20%)			27~112 ドル				
OMB(202 2)	-40%								7451億~1.917 兆ドル (2023~2050 年)
レポート 2030	-61% (2013年比)	44% (原 発はO%)	供給:51.3兆円 需要:150.7兆円 公的資金:51兆円 民間資金:151兆円	35.8兆円		約3.5%	254万人 (年間)	2920人 (2021~ 2030年の10 年間)	

#### おまけ (その2)

フレキシワット(需要する時間のシフト)の実例 (エコキュートの昼間稼働)



日経2022年9月1日 経済教室・私見卓見欄 エネルギー管理士浜壱憲 さんの投稿

#### 参考文献

- 明日香壽川(2021)『グリーン・ニューディール:世界を動かすガバニング・アジェンダ』(岩波新書)
- American Clean Power (2014) Fact Check: Wind's integration costs are lower than those for other energy sources," 25 Jul 2014.

https://cleanpower.org/blog/fact-check-winds-integration-costs-are-lower-than-those-for-other-energy-sources/

- Brandily T. and Vasdev A. (2021) <u>2H2021 LCOE Update</u>, Bloomberg New Energy Finance, 21 Dec 2021.
- EIA (2021) Levelized Costs of New Generation Resources in the *Annual Energy Outlook 2021*, Feb 2021, Tables 1b, 4b, B1b, B4b.
- EIA (2022) Levelized Costs of New Generation Resources in the *Annual Energy Outlook 2022*. https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity\_generation.pdf
- Heptonstall, P.J., Gross, R.J.K. (2021) A systematic review of the costs and impacts of integrating variable renewables into power grids. Nat Energy 6, 72-83 <a href="https://doi.org/10.1038/s41560-020-00695-4">https://doi.org/10.1038/s41560-020-00695-4</a>
   https://www.nature.com/articles/s41560-020-00695-4
- Hibbs M. (2016) The Nuclear Renaissance?, Mark News, Carnegie Endowment for International Peace, 30
   Mar 2016.

https://carnegieendowment.org/2016/11/30/nuclear-renaissance-pub-66325

EIA (2011) Levelized Costs of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2011.

https://www.nrc.gov/docs/ML1202/ML12026A753.pdf

IEA (2021) Renewables 2021, Analysis and forecasts to 2026.

https://www.iea.org/reports/renewables-2021

 IEA (2022) Nuclear Power and Secure Energy Transitions From today's challenges to tomorrow's clean energy systems.

https://iea.blob.core.windows.net/assets/0498c8b8-e17f-4346-9bde-

dad2ad4458c4/NuclearPowerandSecureEnergyTransitions,pdf

IEA(2020) Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report.

https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery/covid-19-and-energy-setting-the-scene#abstract

- IPCC (2022) IPCC, AR6, WG3, SPM Figure SPM.7
- IRENA (2020) Post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality.

https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Post-COVID-Recovery

 Jenkins, J.D., Mayfield, E.N., Farbes, J., Jones, R., Patankar, N., Xu, Q., Schivley, G. (2022) Preliminary Report: The Climate and Energy Impacts of the Inflation Reduction Act of 2022, REPEAT Project, Princeton, NJ, August 2022.

https://repeatproject.org/docs/REPEAT\_IRA\_Prelminary\_Report\_2022-08-04.pdf

• 経産省(2021)基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告,発電コスト検証ワーキンググループ,令和3年9月.

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\_policy\_subcommittee/mitoshi/cost\_wg/pdf/cost\_wg\_20210908\_01.pdf

 Kobayashi Yuki (2021) AUKUS and Australia's Nuclear Submarines — Challenges for NPT Safeguards, 2022/3/28.

https://www.spf.org/iina/en/articles/yuki\_kobayashi\_02.html

 Larsen J et al. (2022) A Turning Point for US Climate Progress: Assessing the Climate and Clean Energy Provisions in the Inflation Reduction Act, August 12, 2022

https://rhg.com/research/climate-clean-energy-inflation-reduction-act/

• Lovins A. (2022) US nuclear power: Status, prospects, and climate implications, The Electricity Journal, Volume 35, Issue 4, 2022, 107122, ISSN 1040-6190,

https://doi.org/10.1016/j.tej.2022.107122.

Lazard (2020) Levelized Costs of Energy, Levelized Cost of Storage, and Levelized Cost of Hydrogen,
 29 Oct 2020, v14.0.

https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-levelized-cost-of-storage-and-levelized-cost-of-hydrogen-2020/

 Lindsay M. Kralla,1,2, Allison M. Macfarlaneb, and Rodney C. Ewinga (2022) Nuclear waste from small modular reactors, PNAS 2022 Vol. 119 No. 23 e2111833119

https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.2111833119

 Mazengarb, M.2021) <u>CSIRO's stunning predictions for low cost battery storage and hydrogen</u> electrolysers," 17 Dec 2021.

https://reneweconomy.com.au/csiros-stunning-predictions-for-low-cost-battery-storage-and-hydrogen-electrolysers/

 Mahajan M et al. (2022) Updated Inflation Reduction Act Modeling Using the Energy Policy Simulator, Energy Innovation, August 23, 2022

https://energyinnovation.org/wp-content/uploads/2022/08/Updated-Inflation-Reduction-Act-Modeling-Using-the-Energy-Policy-Simulator.pdf

Nuclear Energy Institute (NEI) (2020) Nuclear by the Numbers, Aug 2020.

https://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/resources/fact-sheets/nei-nuclear-by-the-numbers-092520-final.pdf

・ 未来のためのエネルギー転換研究グループ(2021)「レポート 2030:グリーン・リカバリーと2050年カーボン・ ニュートラルを実現する 2030 年までのロードマップ」.

https://green-recovery-japan.org/

 OMB(2022) ANALYSIS: THE SOCIAL BENEFITS OF THE INFLATION REDUCTION ACT'S GREENHOUSE GAS EMISSION REDUCTIONS.

https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/08/OMB-Analysis-Inflation-Reduction-Act.pdf

• 大島堅一(2021)原発のコスト、CCNEオンライン企画、2021年7月5日.

http://www.ccnejapan.com/wp-content/20210705CCNE\_Oshima.pdf

• RITE システム研究グループ (2021) RITE の 2050 年カーボンニュートラルのシナリオ分析への IGES の指摘事項 に対する解説, 2021 年 6 月 11 日.

https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/202106commentaryoniges.pdf

・ 諏訪亜紀 歌川学 (2021) 結局、原子力発電コストはいくらなのか? - モデル発電所方式に基づくコスト分析 - , 京都大学院経済学研究科再生可能エネルギー講座コラム, No.252.

http://www.econ.kyoto-u.ac.jp/renewable\_energy/stage2/contents/column0252.html

 Schlissel D. and Wamsted D. (2022) NuScale's Small Modular Reactor, 18 Feb 2022, Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

https://ieefa.org/articles/ieefa-us-small-modular-reactor-too-late-too-expensive-too-risky-and-too-uncertain

• UK Energy Research Centre (2017) The costs and impacts of intermittency—2016 update," Feb 2017. https://ukerc.ac.uk/publications/the-costs-and-impacts-of-intermittency-2016-update/

USDOE(2012) 2011 Wind Technologies Market Report, p. 65, Aug 2012.

 Victoria M. et al.(2021) Solar photovoltaics is ready to power a sustainable future," Joule 5:1041-1056 (19 May 2021).

https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(21)00100-8?\_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS254243512100100

8%3Fshowall%3Dtrue

• Wiser R.et al. (2021) Wind Energy Technology Data Update: 2020 Edition, LBNL, Aug 2021, p. 78. https://emp.lbl.gov/wind-technologies-market-report