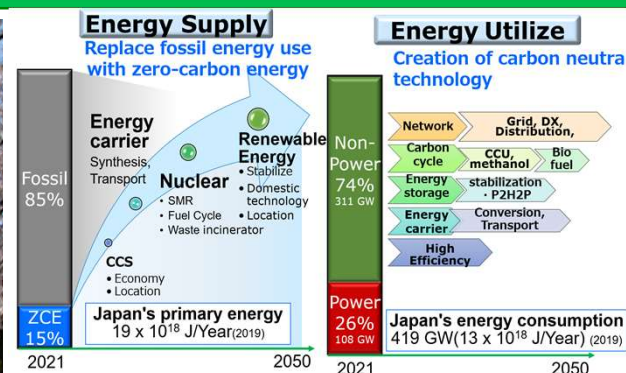


参議院資源エネルギーに関する調査会
資源エネルギーの安定供給実現への提言

「再エネの限界と原子力活用に向けた諸課題とその解決法」

令和4年(2022年)2月16日(水)



東京工業大学 特任教授
北海道大学名誉教授 奈良林 直

国家基本問題研究所

エネルギー問題研究会の政策提言

1. エネルギー政策の基本は国益と現実主義だ

エネルギー安全保障を堅持し、原子力政策をめぐる閉塞状況の打破が不可欠だ

2. 再エネは不安定で高コストだ

- (1) 大停電のリスクは避けられない
- (2) 国民負担が非常に大きい
- (3) 電力の再エネ100%充当は技術的に不可能だ

3. 国産技術である原子力を活用すべきだ

- (1) 世界の潮流は原子力活用だ
- (2) 原子力こそ経済性に優れた国産技術だ
- (3) 福島第一原発事故の反省から安全対策は飛躍的に強化されている

4. 政策提言

- (1) 原発の長期運転、新增設の道を開け
- (2) 我が国の原子力技術、人材、サプライチェーンを守れ
- (3) 再処理施設・核燃料サイクルと高速炉の役割を見直せ
- (4) 高レベル廃棄物の地層処分は、国が中心となり進めよ
- (5) 原子力安全規制を合理化せよ
- (6) カーボンニュートラルには国益重視で柔軟に対処せよ
- (7) 国際的な排出削減に貢献せよ

出典 <https://jinf.jp/suggestion/archives/34000>

1) 再エネは不安定で高コストだ

我が国は既に世界の太陽光発電大国

- 2020年、日本の太陽光の発電能力は**67GW**（ギガワット）
100万kWの原発**67**基相当（1GW=100万kW）
- 中国、米国に次いで世界第3位
- 太陽光は原発54基を上回る大規模電源になった
- 太陽光の発電能力を国土面積で割ると日本は中国の7倍、米国の22倍

<2020年>

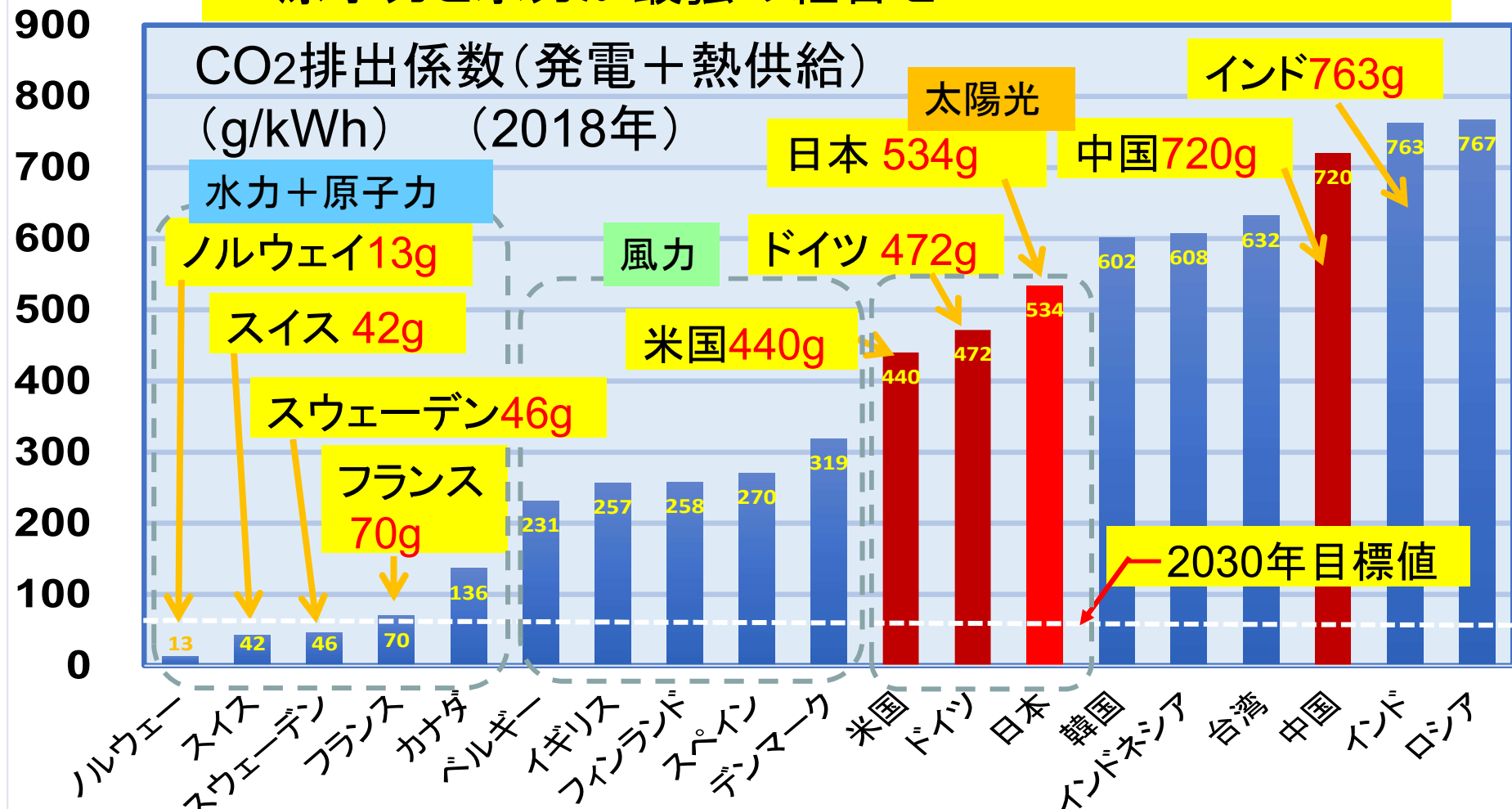
順位	国名	GW(ギガワット)	国土面積当たり 太陽光kW/km ²
1	 中国	254GW	26
2	 米国	74GW	8
→ 3	 日本	67GW	177
4	 ドイツ	54GW	151
5	 インド	39GW	12

出典BP, <https://www.globalnote.jp/post-3240.html> * 奈良林が国土面積で除して算出

世界のCO2の排出係数ランキング

- 1kWhの電気を得るのに何gのCO2を排出したか
- 太陽光はCO2排出削減に十分に貢献できていない
- 原子力と水力が最強の組合せ

g/kWh



出典BP, <https://www.globalnote.jp/post-3233.html> * 奈良林がCO2排出量を電力発電量で除して算出

我が国の電源構成(2020年)

水力除く 再エネ計12.9%

地熱
0.3%

太陽光
8.5%

風力
0.9%

バイオマス
3.2%

再エネ
計20.8%

VRE(変動する自然エネルギー:
太陽光+風力)の割合は9.4%

水力
7.9%

原子力
4.3%

石炭
27.6%

火力(2020年)
計74.9%

2019年とほぼ同じ
原子力は特重で2%減
2020年はコロナ禍
で電力需要減
※その分再エネ比率
が増加

その他火力
9.9%

LNG
35.4%

石油
2.0%

2019年度

太陽光	7.6%
風力	0.8%
バイオマス	2.8%
地熱	0.2%
小水力	1.9%
大規模水力	5.8%
原子力	6.0%
RE合計	19.2%

出典:環境エネルギー政策研究所(isep)の2020年データ <https://www.isep.or.jp/archives/library/13188>

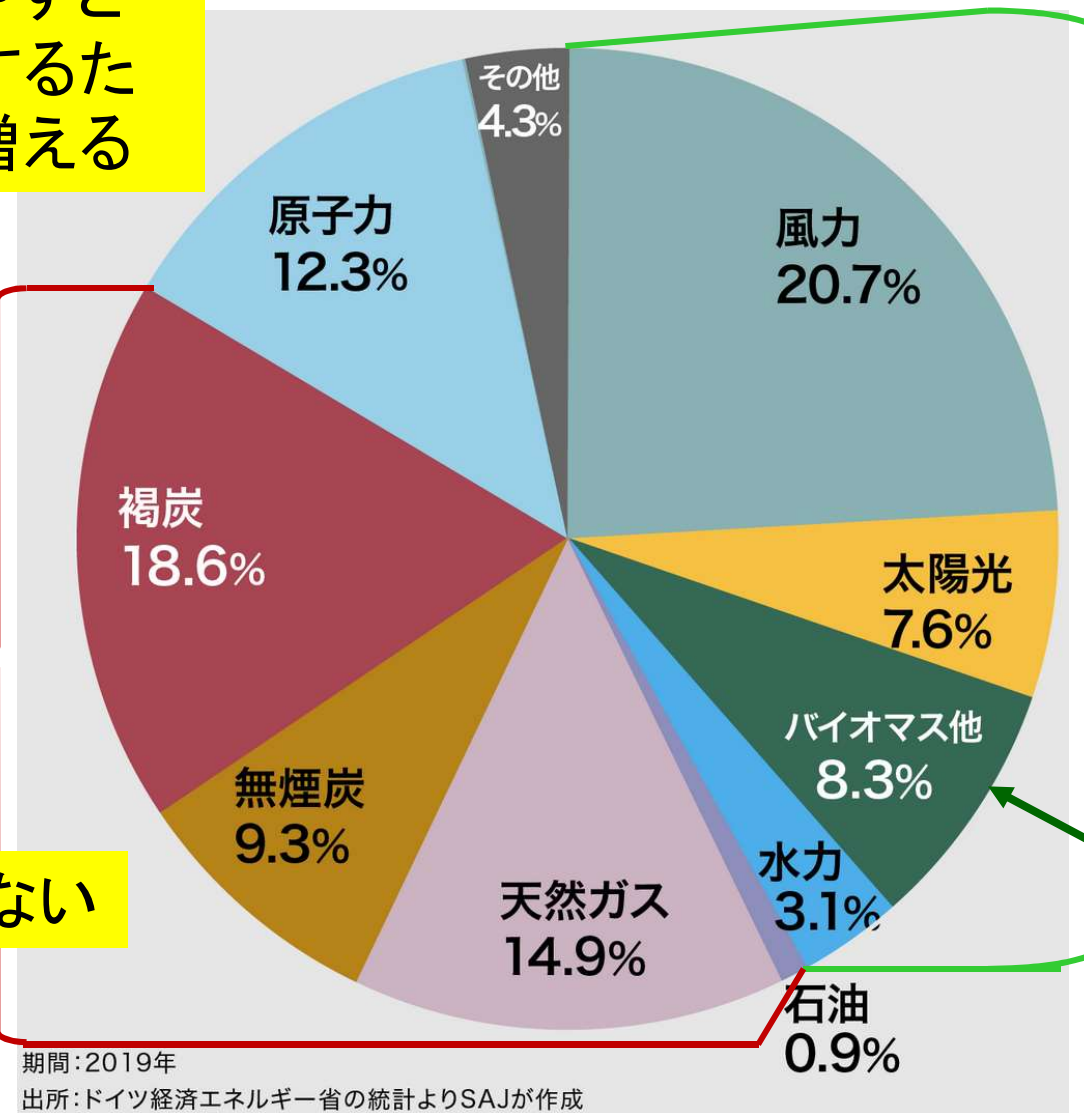
ドイツのエネルギー政策の失敗(2019年)

再エネを増やすと
変動を吸収するた
めの火力も増える

原子力
と火力
56.0%

火力
43.7%

CO₂が減らない

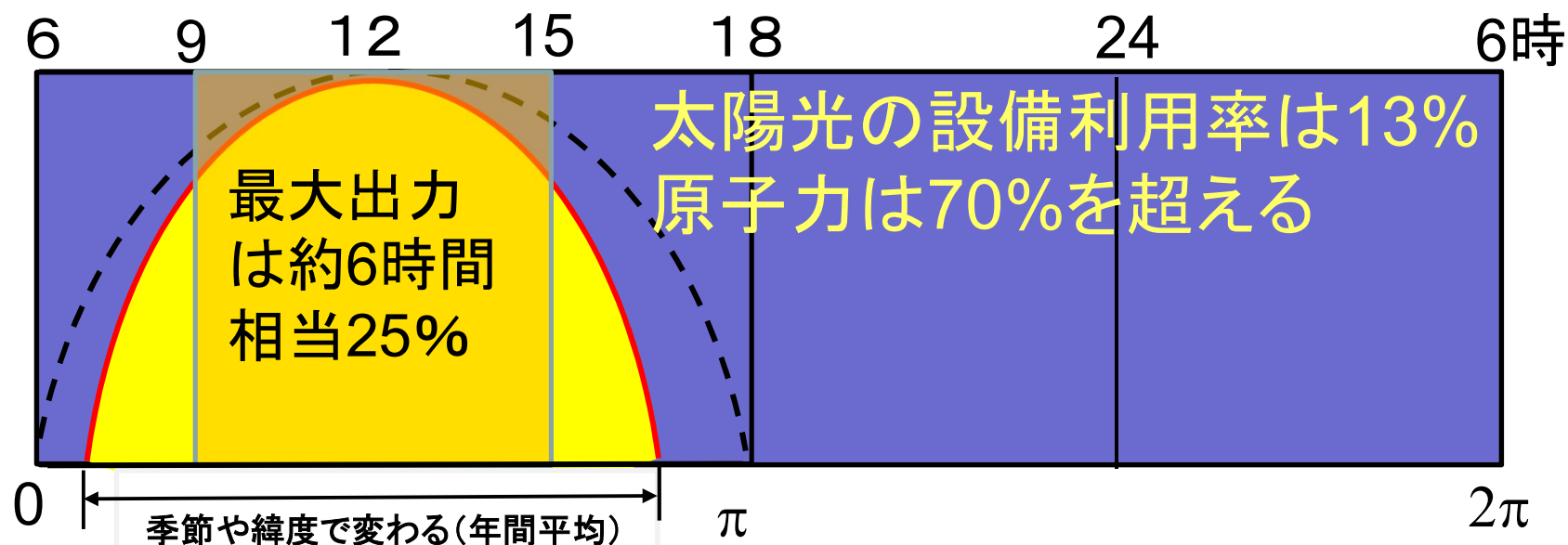


変動再エネ
(太陽光
+ 風力)
28.3%

再エネ
39.7%

ドイツのバイオ
マスのために
熱帯雨林が伐
採・環境破壊

太陽光や風力は他の電源を必要とする



$$\int_0^{\pi} \sin \theta \, d\theta = [-\cos \theta]_0^{\pi} = 2 \quad 2 / 2\pi = 1 / \pi = 0.32, \text{ 最大32\%}$$

- 晴天になる確率50%を掛けると16%、電気回路損失など差し引くと、**設備利用率は高々13%が我が国の実績**
- 1日では6時間相当。残りの分は水力・火力・原子力で補完。
- 風力発電の設備利用率は20%
- つまり、**再エネを主力電源にするのは困難**

出典：奈良林が作成

もし太陽光で100%電気を供給するには



「全電源、自然エネにできる。
原発ゼロは、やればできる。
あとは頭の良い人が考えてくれる」??



それ、嘘です。例え、国の電力を100%太陽光で供給する設備を作っても、稼働率を考えれば約13%しか供給できません。

揚水・蓄電・蓄熱
電気分解に
よる水素製造

電力需要

100%

0

6

12

15

18

24

6時

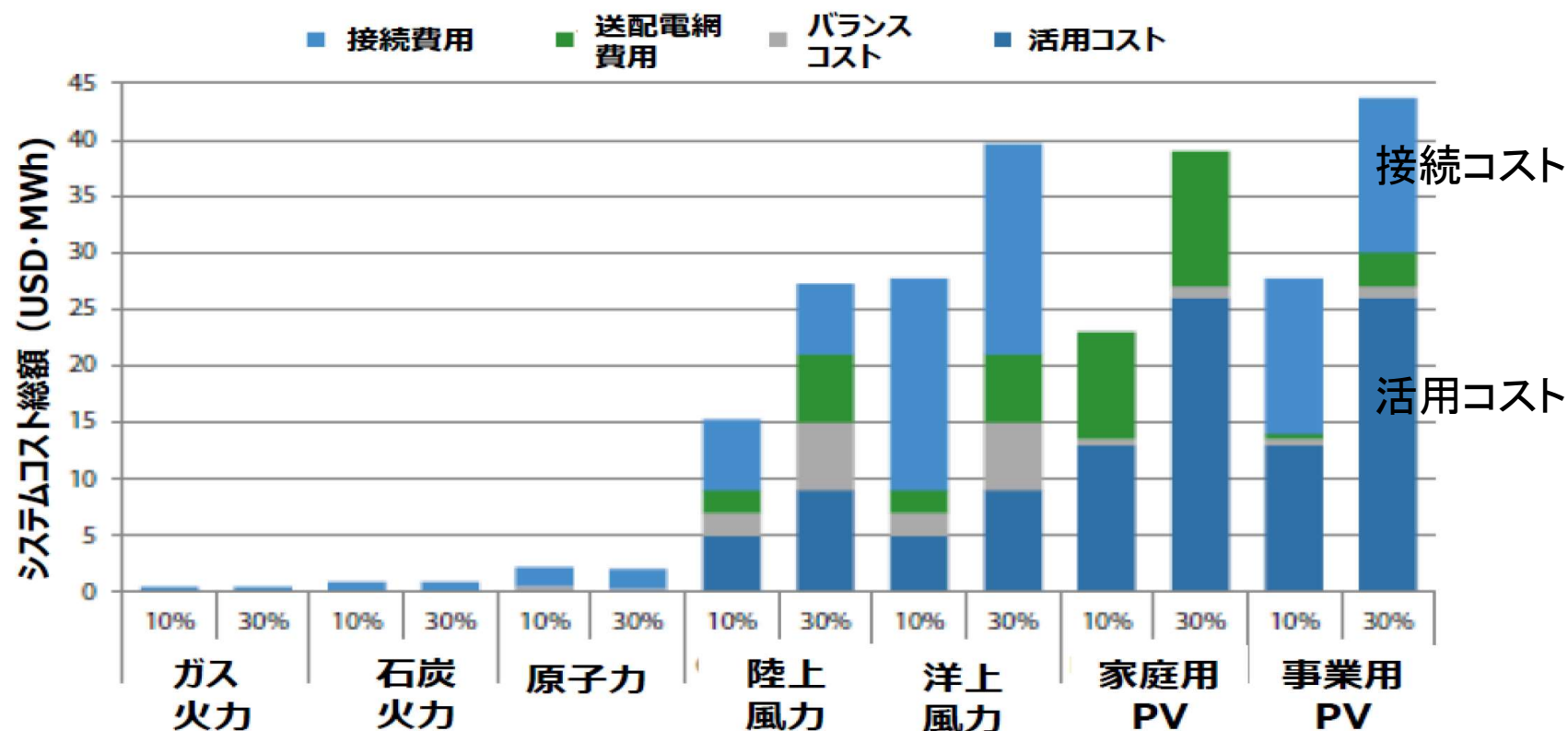
電気を蓄え、他の
時間帯に供給

- 太陽光だけで100%の電気を供給するには、我が国の電力需要の770%の設備容量(kW)の太陽光パネルを設置し、余剰分を全て活用するため、蓄電・蓄エネして、他の時間帯に供給できるようにしなければならない。
- これが「システムコスト」で、1週間の悪天候時にエネルギーを太陽光だけでまかなうには1000兆円級の蓄電・蓄エネ・水素製造設備が必要。
- これを回避するには、LNG火力などのエネルギーの多様化が必要で、「CO2排出が減らない」。

出典：奈良林が作成

出力が変動する太陽光・風力のシステムコストは高い

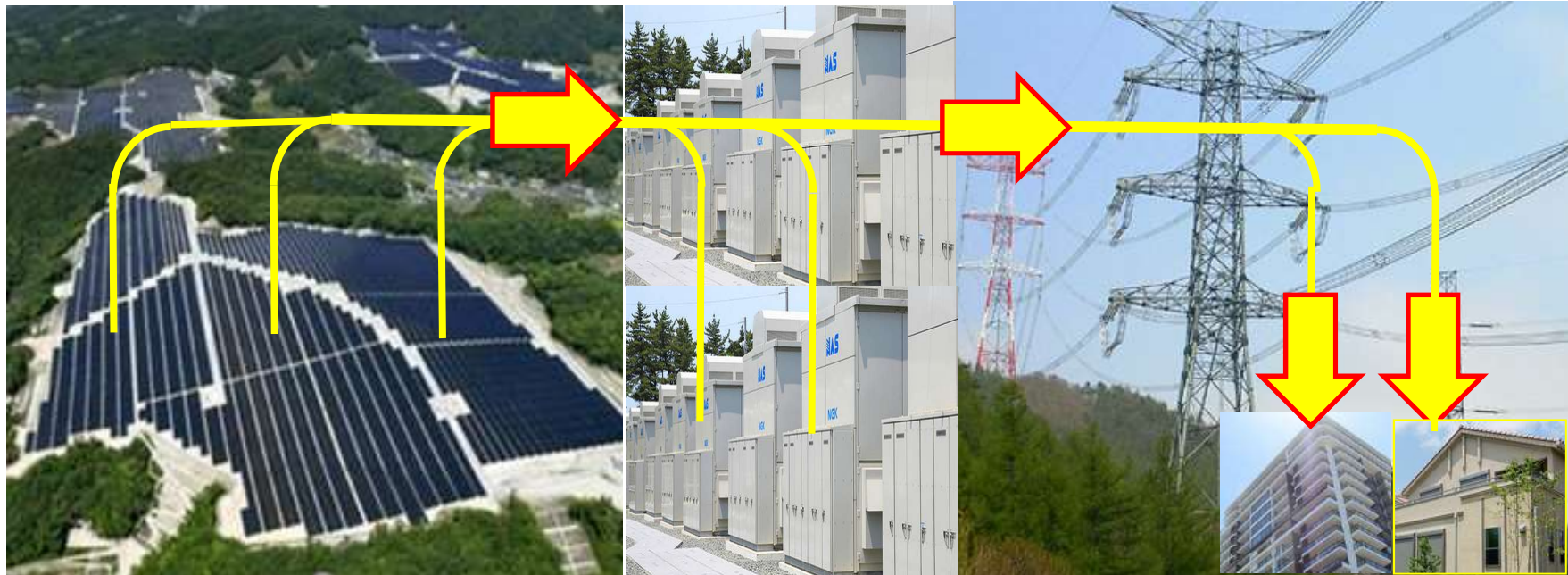
- ◆ 変動性再エネの発電コストは低下しているが、総発電量に占めるシェアの拡大に伴い、接続コスト（電源を送電網に接続するためのコスト）、送配電網コスト（増強）、バランスコスト（変動性再エネの不確実性に備えるためのコスト）、活用コスト（需要と無関係に発電する再エネを受け入れるための調整用電源の利用率低下等のコストアップ等）が増大



出所: OECD/NEA Full Cost of Electricity Provision 2018

14

太陽光のシステムコスト



メガソーラーを国内の
電力需要の7.7倍設置

大容量バッテリー
(NAS電池、水素製造)

送電線を7.7倍の電気が送電で
きる送電線

太陽光に必要な送電線とバッテリーの膨大なコストが必要
出力を絞った火力発電所の発電コストが上昇する

出典: 奈良林が作成したイメージ図

再エネ・高温ガス炉による水素製造

- 太陽光のシステムコストが発生しない使い方
- 水素貯蔵のための圧縮エネルギーやアンモニア製造エネルギー
- 水素を燃焼させて電気に変えると元の電気の半分以下
- 電気分解80%の効率X(火力で60%、燃料電池70%)＝約50%



←福島県浪江町の
水素工場

出典：国家基本問題研究所・今週の直言「震災から10年の福島・双葉町を訪ねて」

<https://jinf.jp/feedback/archives/34909>

「再エネの限界と原子力活用に向けた諸課題とその解決法」2022.2.16参議院 東工大 奈良林 直

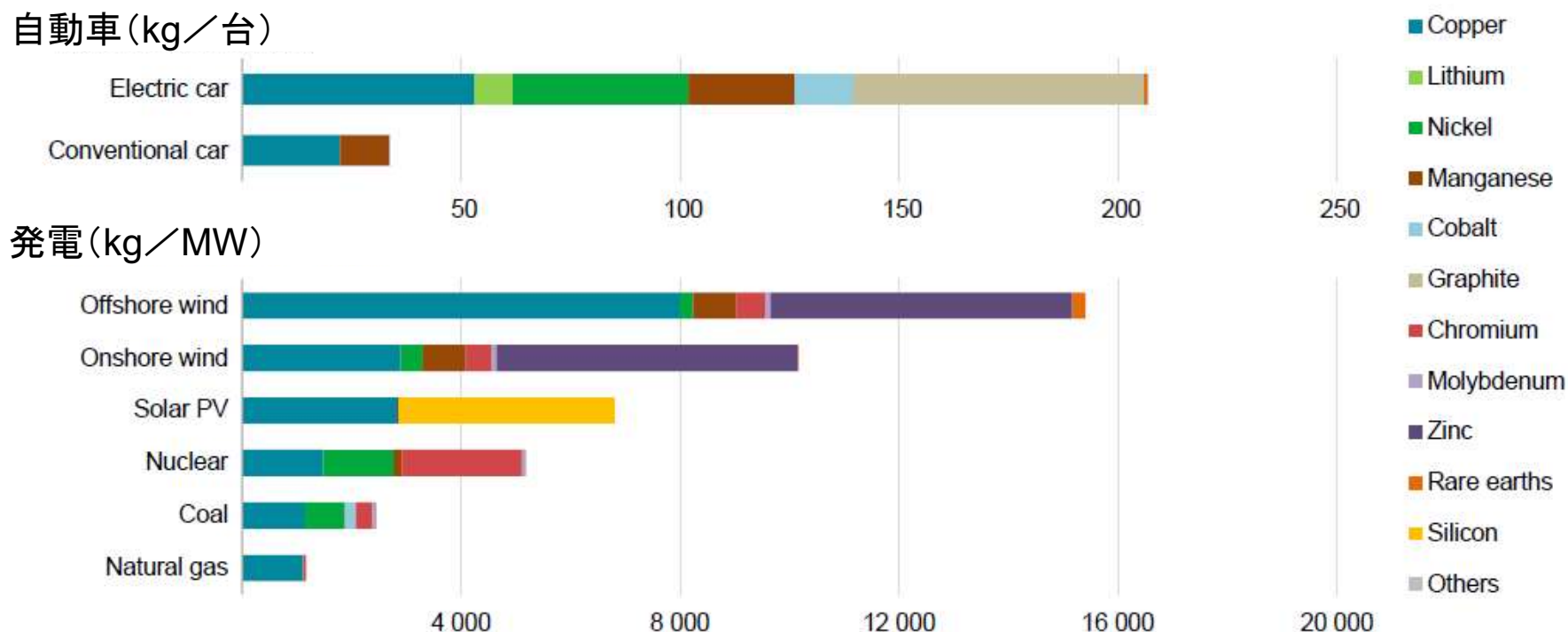
12

再生エネルギーで必要となる鉱物資源

電気自動車、洋上風力に膨大な鉱物資源が必要
これらの鉱物資源は圧倒的に中国のシェアが大きい

The rapid deployment of clean energy technologies as part of energy transitions implies a significant increase in demand for minerals

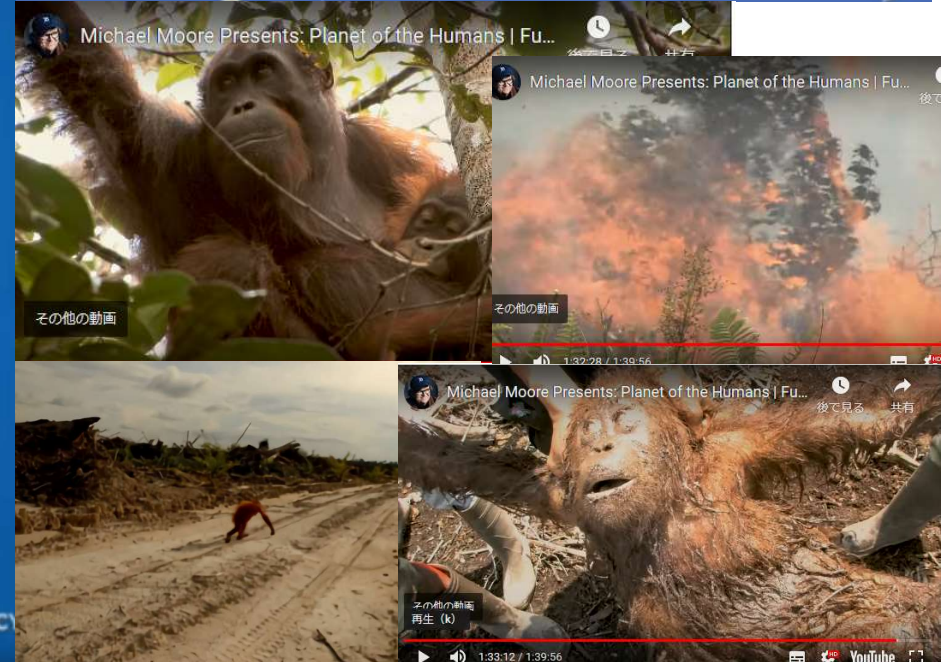
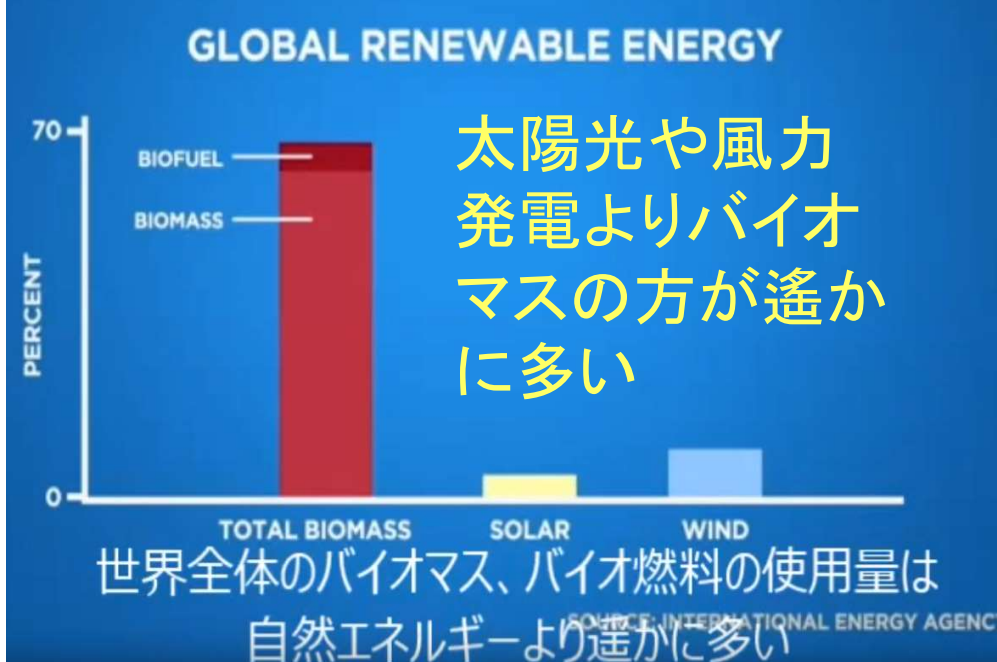
Minerals used in selected clean energy technologies



出典：国際エネルギー機関(IEA) The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, World Energy Outlook Special Report (2021)

Notes: kg = kilogramme; MW = megawatt. Steel and aluminium not included. See Chapter 1 and Annex for details on the assumptions and methodologies.

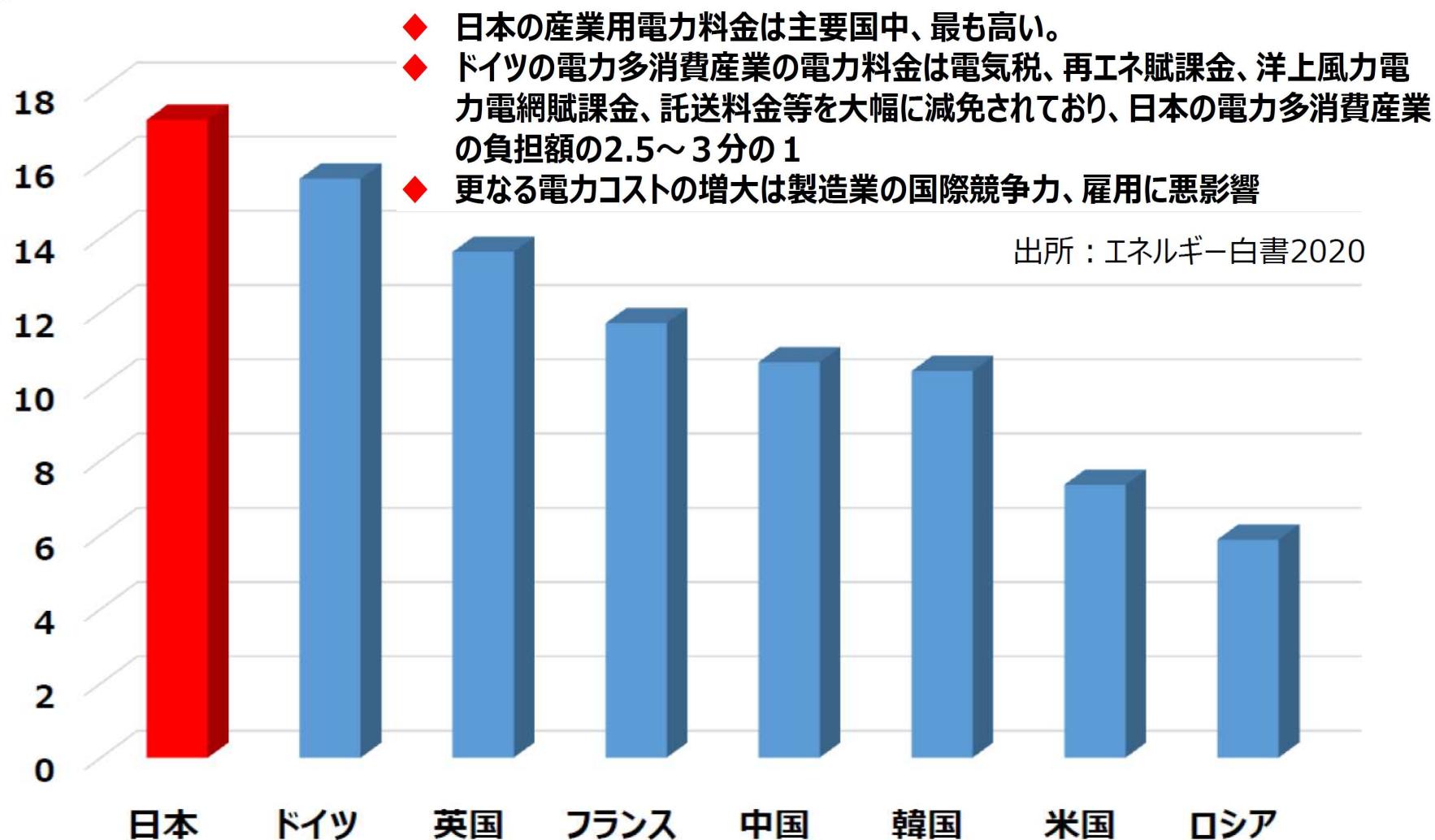
世界中の森林伐採木材チップが欧州に



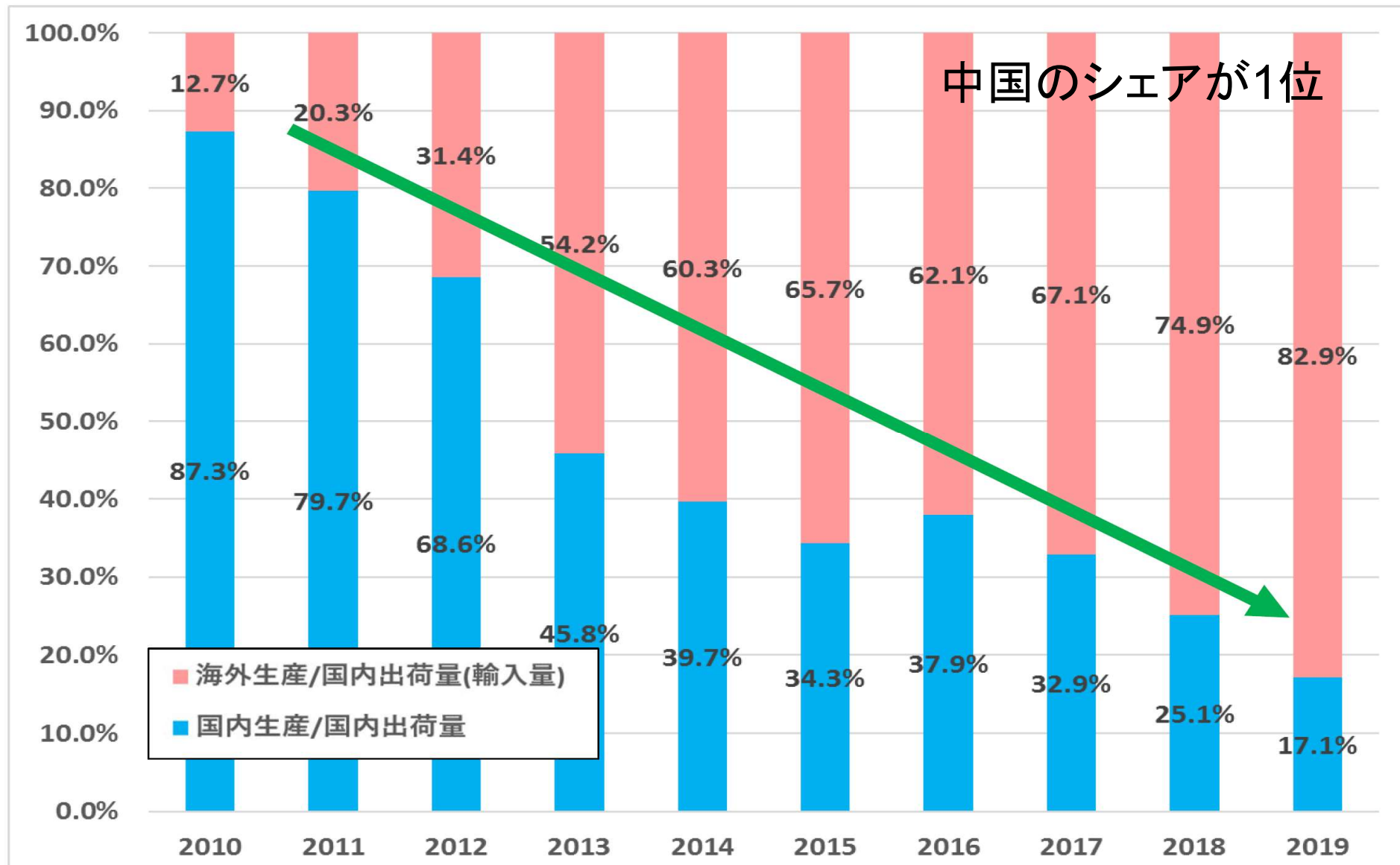
2) 世界一高い電気代と 我が国の産業の凋落

世界一高い日本の産業用電力料金

円/kWh 産業用電力料金の国際比較（2016年）



我が国の太陽光パネルのシェア激減



出典: 資源エネルギー庁

我が国の基幹産業である自動車産業ですら危うい

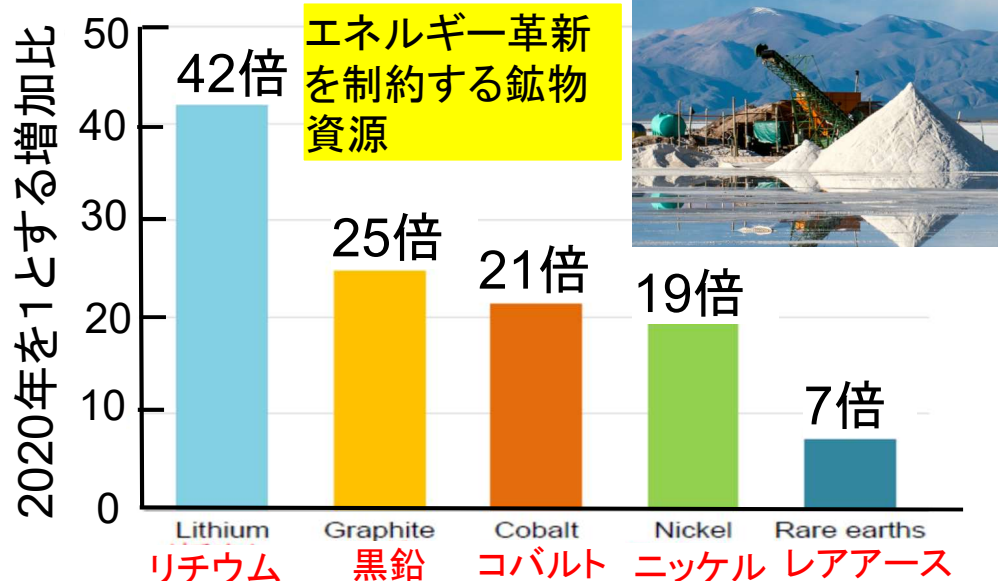
PHV(プラグインハイブリッド車)を含む世界の電気自動車メーカーランキング

電気自動車 (EV) 量産化で世界の先陣を切った日産自動車が、ついに年間販売台数でベスト10から陥落した。EV Salesの2020年世界EV・プラグインハイブリッド車 (PHV) 販売ランキングによると、日産は2019年の7位から14位へ転落し、トヨタ自動車も同じく10位から17位へ後退。これにより日本勢は、世界販売ベスト10から姿を消した。

2020年EV (PHV含む) 世界販売トップ20社

The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions

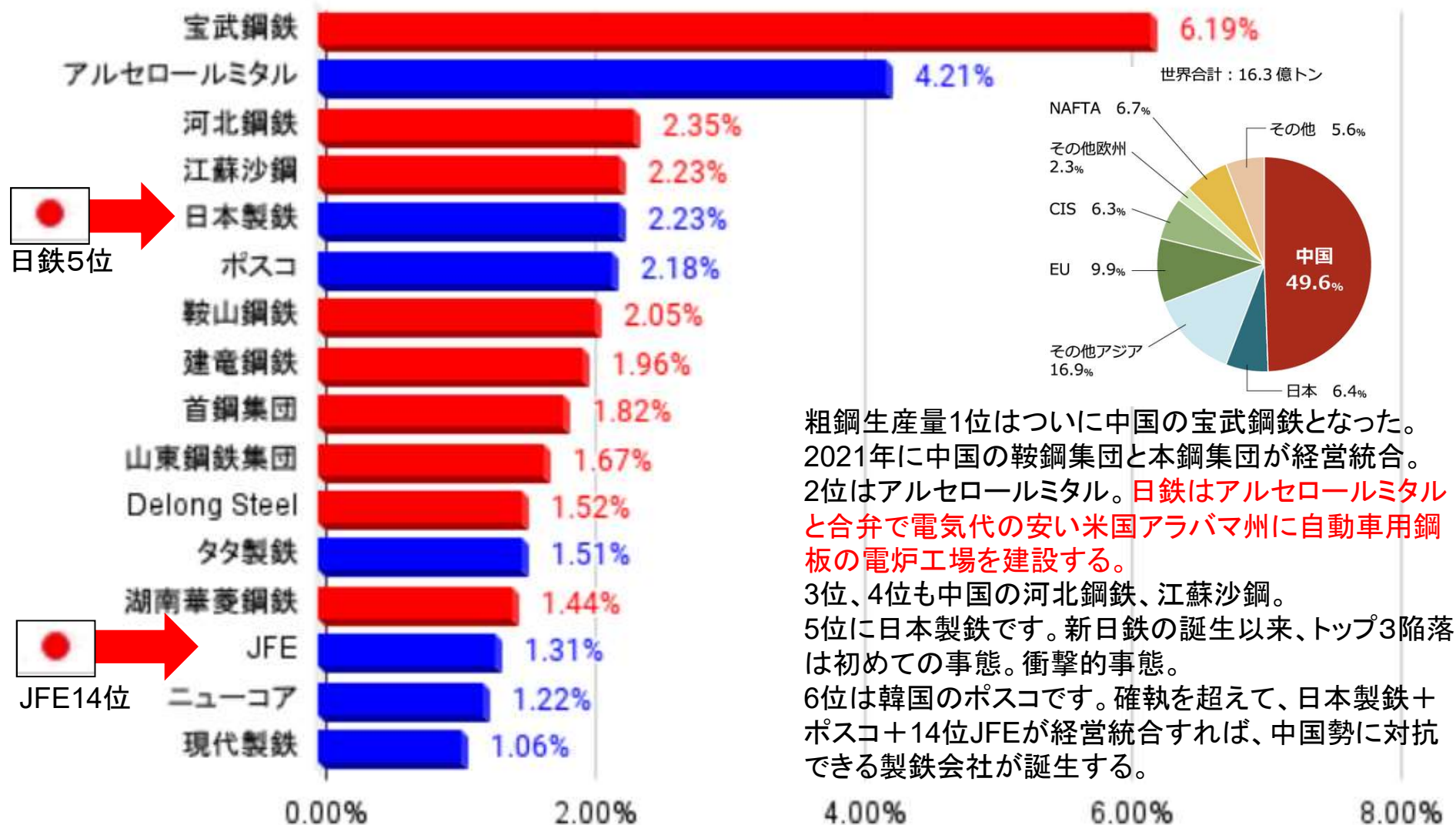
出典: 国際エネルギー機関(IEA) (2021)



順位	メーカー名	国籍	2020年生産台数	2019年順位	前年との順位差
1位	テスラ (米国)	米国	499,535	1	±0
2位	フォルクスワーゲン	ドイツ	220,220	6	+4
3位	BYD(中国)	中国	179,211	2	-1
4	上汽通用五菱汽車 (SGMW)	中国	170,825	-	-
5	BMW	ドイツ	163,521	5	0
6	メルセデス・ベンツ	ドイツ	145,865	25	+19
7	ルノー	フランス	124,451	13	+6
8	ボルボ	スウェーデン	112,993	16	+8
9	アウディ	ドイツ	108,367	21	+12
10	上海汽車集団 (SAIC)	中国	101,385	4	-6
11	現代自動車	韓国	96,456	9	-2
12	起亜自動車	韓国	88,325	11	-1
13	プジョー	フランス	67,705	-	-
14位	日産自動車	日本	62,029	7	-7
15	広州汽車集団 (GAC)	中国	61,830	15	±0
16	長城汽車 (Great Wall)	中国	57,452	17	+1
17位	トヨタ自動車	日本	55,624	10	-7
18	奇瑞汽車 (Chery)	中国	45,599	14	-4
19	ボルシェ	ドイツ	44,313	30	+11
20	上海蔚来汽車 (NIO)	中国	43,728	28	+8

出典: M&A Online: https://maonline.jp/articles/japanese_makers_finally_falls_from_the_top10_in_ev_phv_world_sales210208

製鉄会社別粗鋼生産量の世界ランキング



粗鋼生産量1位はついに中国の宝武鋼鉄となった。2021年に中国の鞍鋼集団と本鋼集団が経営統合。2位はアルセロールミタル。日鉄はアルセロールミタルと合併で電気代の安い米国アラバマ州に自動車用鋼板の電炉工場を建設する。3位、4位も中国の河北鋼鉄、江蘇沙鋼。5位に日本製鉄です。新日鉄の誕生以来、トップ3陥落は初めての事態。衝撃的事態。6位は韓国のポスコです。確執を超えて、日本製鉄+ポスコ+14位JFEが経営統合すれば、中国勢に対抗できる製鉄会社が誕生する。

出典：日経新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO65954280W0A101C2TJC000/>

1人当たりのGDPが順位低下(2020)

<2020年>

順位	国名	単位: US\$
1	 ルクセンブルク ※アルセロール・ミタルの本社がある国	116,921
2	 スイス ※ABBグループが世界規模で事業展開	86,849
3	 アイルランド ※米国多国籍企業の急成長で海外投資	83,850
4	 ノルウェー ※水力発電でアルミなど電力多消費産業	67,176
5	 米国	63,416
6	 デンマーク	60,494
7	 アイスランド	59,634
8	 シンガポール	58,902
9	 オーストラリア	52,825
10	 オランダ	52,248
11	 カタール	52,144
12	 スウェーデン	51,796
13	 フィンランド	48,981
14	 オーストリア	48,154
15	 香港	46,753

16	 ドイツ	45,733
17	 サンマリノ	44,818
18	 ベルギー	44,529
19	 イスラエル	43,689
20	 カナダ	43,278
21	 ニュージーランド	41,127
22	 イギリス	40,406
23	 日本 23位 日本	40,146
24	 フランス	39,907
25	 マカオ	36,350
26	 アラブ首長国連邦	31,982
27	 韓国 27位 韓国	31,497
28	 イタリア	31,288
29	 プエルトリコ	30,317
30	 バハマ	29,221
31	 台湾	28,306

出典: IMF <https://www.globalnote.jp/post-1339.html>

洋上風力は風況が不利。コストも高い

出典：資源エネルギー庁「洋上風力発電の低コスト化」
研究開発・社会実装計画（案）の概要（2021年8月）

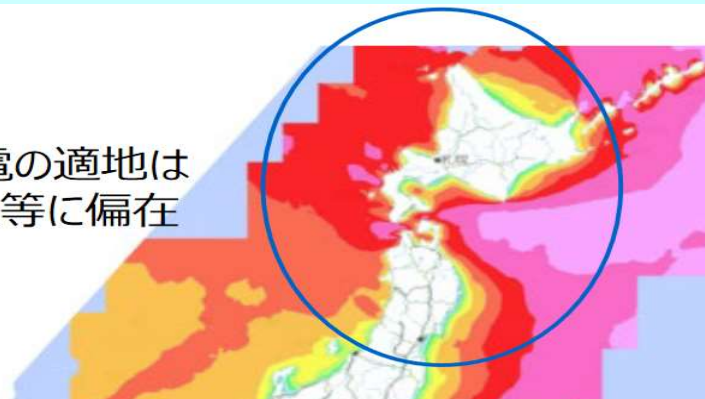


出典：日経XTECH <https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01592/00013/>

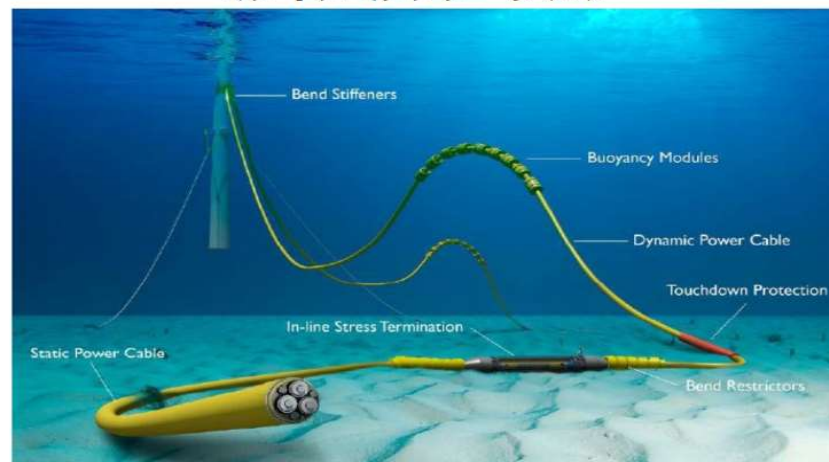
洋上風力発電の適地（風況マップ）

出典：NEDOのHP https://appwdc1.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/index.html

洋上風力発電の適地は
北海道・東北等に偏在



<ダイナミックケーブル>



出典：NREL

通常の海底ケーブルは海底に固定されるが、浮体式洋上風力発電向けには、浮体の挙動に追随するよう、海中浮遊部を設けて敷設する。繰り返し加わる海流や浮体挙動による曲げや捻れに対し、それに耐える強度を持つ設計とした高電圧のダイナミック送電ケーブルが必要となる。

3) 世界で多発する大停電

スウェーデン政府は、脱原発政策を破棄

2019年1月の暴風雪でスウェーデンで大停電発生、生き残りをかけた取り組み

""Did not think we would survive"" "Mattias Ritola, 31, ended up in the middle of the storm, Alfrida" "the town of LEKSAND. Mattias Ritola, 31, ended up

05 January 2019 Saturday 03:01

27 reads.

出典: 英紙jelly(2019.1.19) <https://www.jellypages.com/sports/Didnt-think-we-would-survive-h17945.html>



Storm Alfrida knocks out Gotland phone network (including emergency number)



Thousands without power and traffic disrupted as 2019's first storm hits Sweden

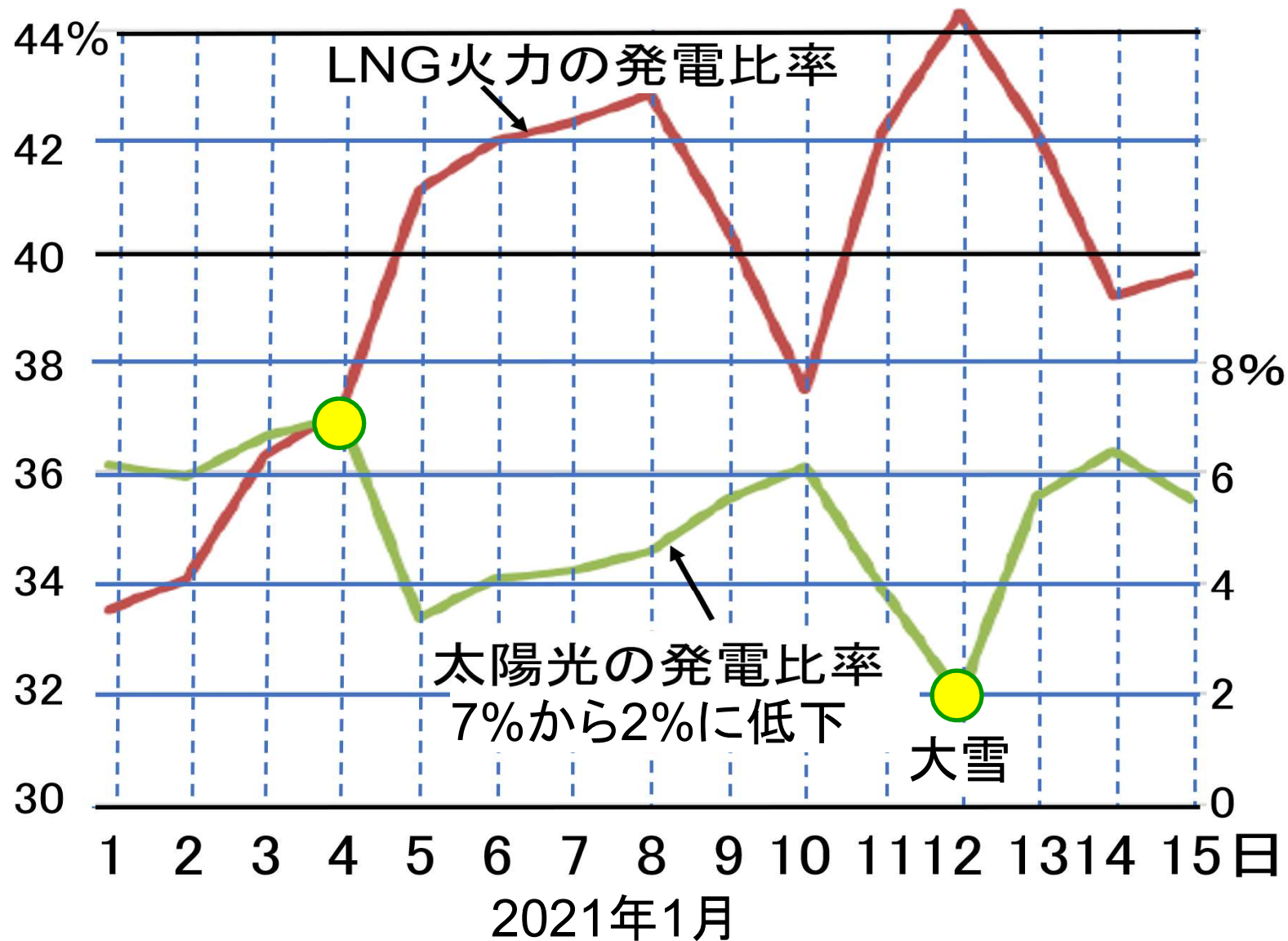
1月上旬・需給ひっ迫で大停電の危機

原発は12月23日まで2基、24日から3基、1月中旬から4基となった



出典: NHK NewsWatch9放送(2021.1)

LNG火力と太陽光の発電比率の推移

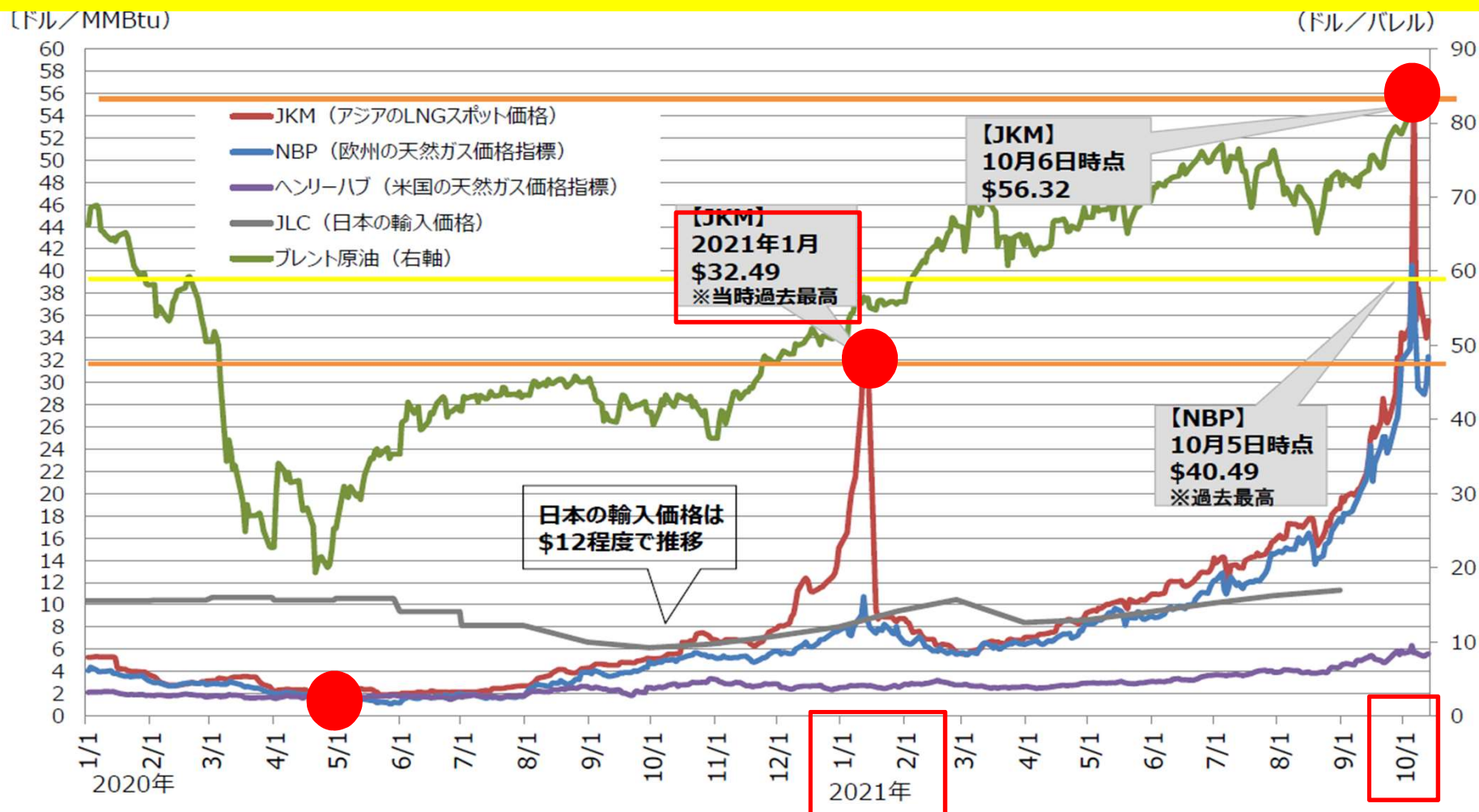


出典:2020 年度冬期の電力需給ひっ迫・市場価格高騰に係る検証 中間取りまとめ (2021 年6月)

LNGのスポット価格の高騰(2021年10月に31倍)

●LNGのスポット価格 Platts社 Japan Korea Marker (JKM)の推移

2020年5月の1.8\$/MMBtuが2021年1月に18倍の32\$、同年10月に31倍の56\$)



出典: 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会 (2021年10月26日) 資料3-2 (2021年10月) 11ページ

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/pdf/040_03_02.pdf

カリフォルニアの熱波による計画停電(2020.8)

2020年8月、カリフォルニア州を1つの国だとすれば、その経済規模は英国を上回り、米中日独に次ぐ世界5位に相当する。そのような先進経済大国で、猛暑によって電力需要が急増し、計画停電が起きた。



8/14 節電の呼びかけを実施も、供給力が不足し計画停電を実施（約20万世帯に影響）

8/15 風力発電等1,470MWの電源が計画を下回る、470MW（約30万世帯）の計画停電を実施

8/16 電力需要の削減を呼びかけ、停電は実施せず

8/17 900MWの需要削減計画を実施

8/18、19 電力需要の削減を呼びかけ、停電は実施せず



電力の専門家と今回の電力不足の緊急会議を行うカリフォルニア州知事（黄緑色の囲み内）
ギャビン・ニューサム知事は今回の停電を「国の最大かつ最も革新的な州にとって容認できない、不適合」と発言。でも無理。

出典：日経新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGN12D1O0S1A710C2000000/>

テキサス州大停電・雪で車が立ち往生

米国テキサス州でも、電力の23%を占める風車の半数が凍結・大停電
死者40名。原発も1基、給水流量計の凍結で一時停止



700万世帯が影響



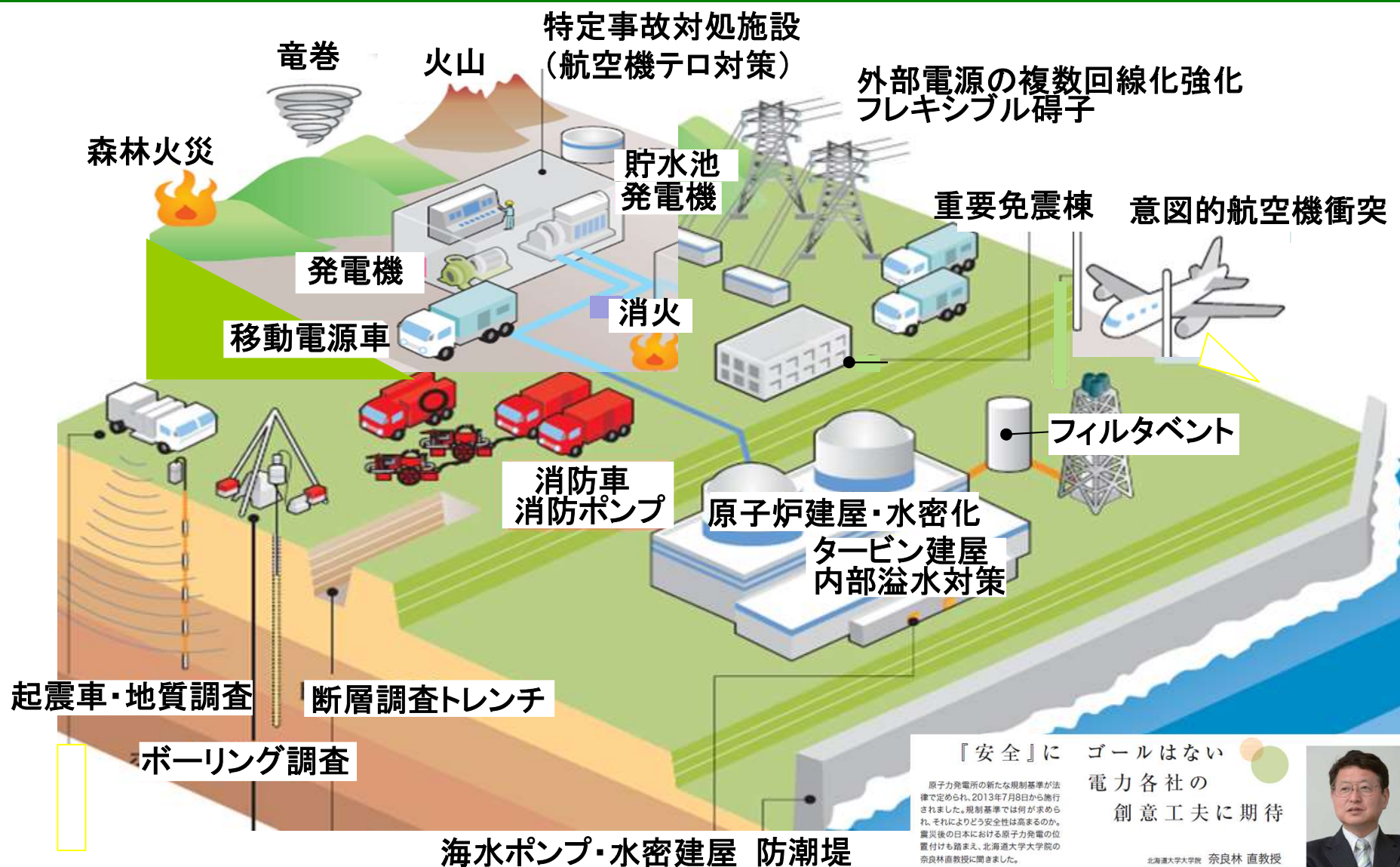
寒波で、風車が凍結、EVでは暖が取れない

出典: 時事通信 <https://www.jiji.com/jc/article?k=2021030100665&g=int>

出典: WEDGE Infinity <https://wedge.ismedia.jp/articles/-/22384>

4) 原子力発電所の新規性基準 による安全対策とリスク低減

新規制基準の概要



『安全』に ゴールはない
電力各社の
創意工夫に期待

原子力発電所の新たな規制基準が法律で定められ、2013年7月8日から施行されました。規制基準では何が求められ、それによりどう安全性は高まるのか。震災後の日本における原子力発電の位置付けも踏まえ、北海道大学大学院の奈良林直教授に聞きました。

北海道大学大学院 奈良林 直教授

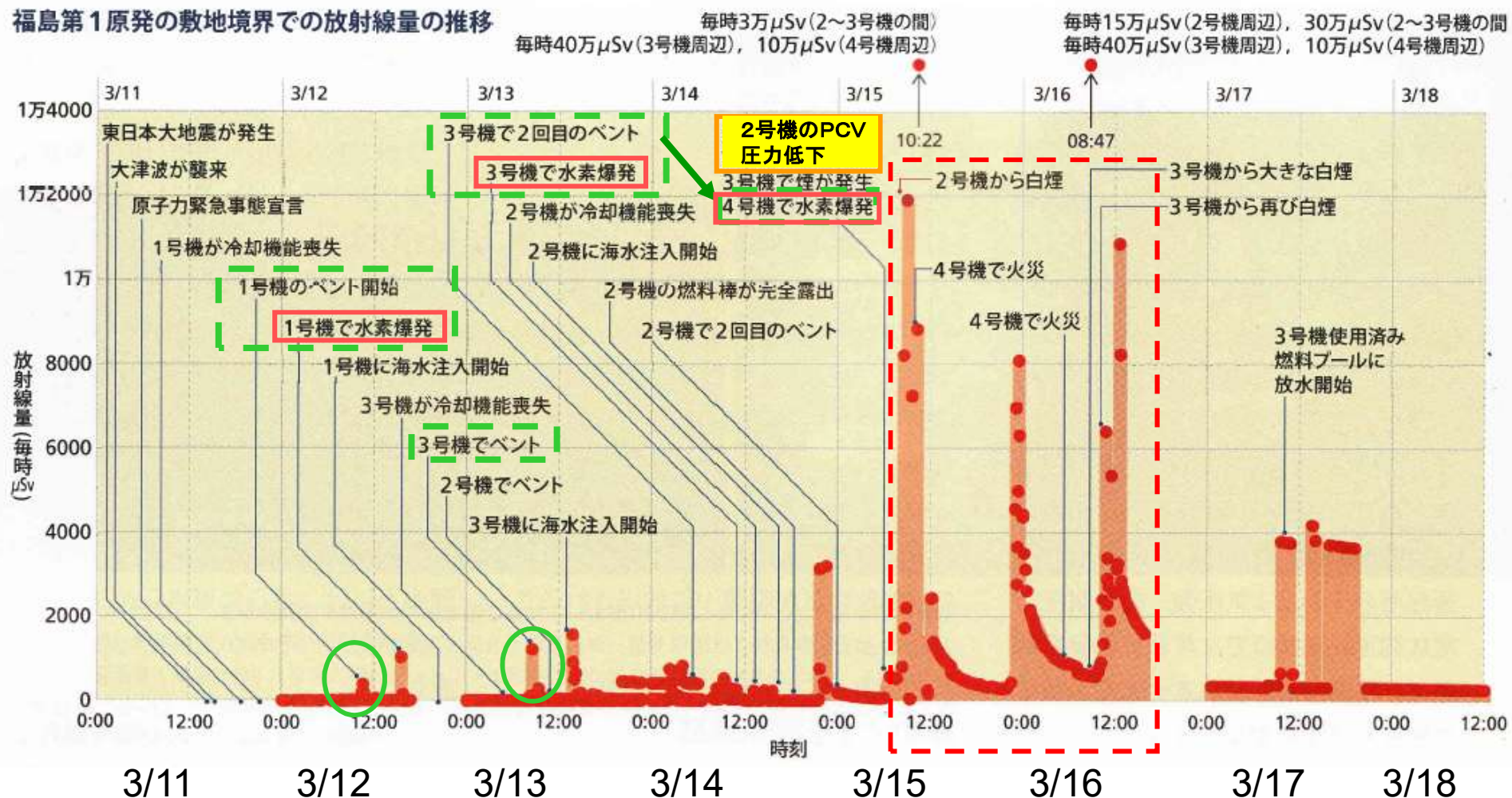


出典:「どう変わる? 原子力発電所の安全対策~新規制基準を分かりやすく解説~、電気新聞特別号(2013.8)・北海道大学 奈良林解説

「再エネの限界と原子力活用に向けた諸課題とその解決法」2022.2.16参議院 東工大 奈良林 直

格納容器の損傷後に放射線量率急増

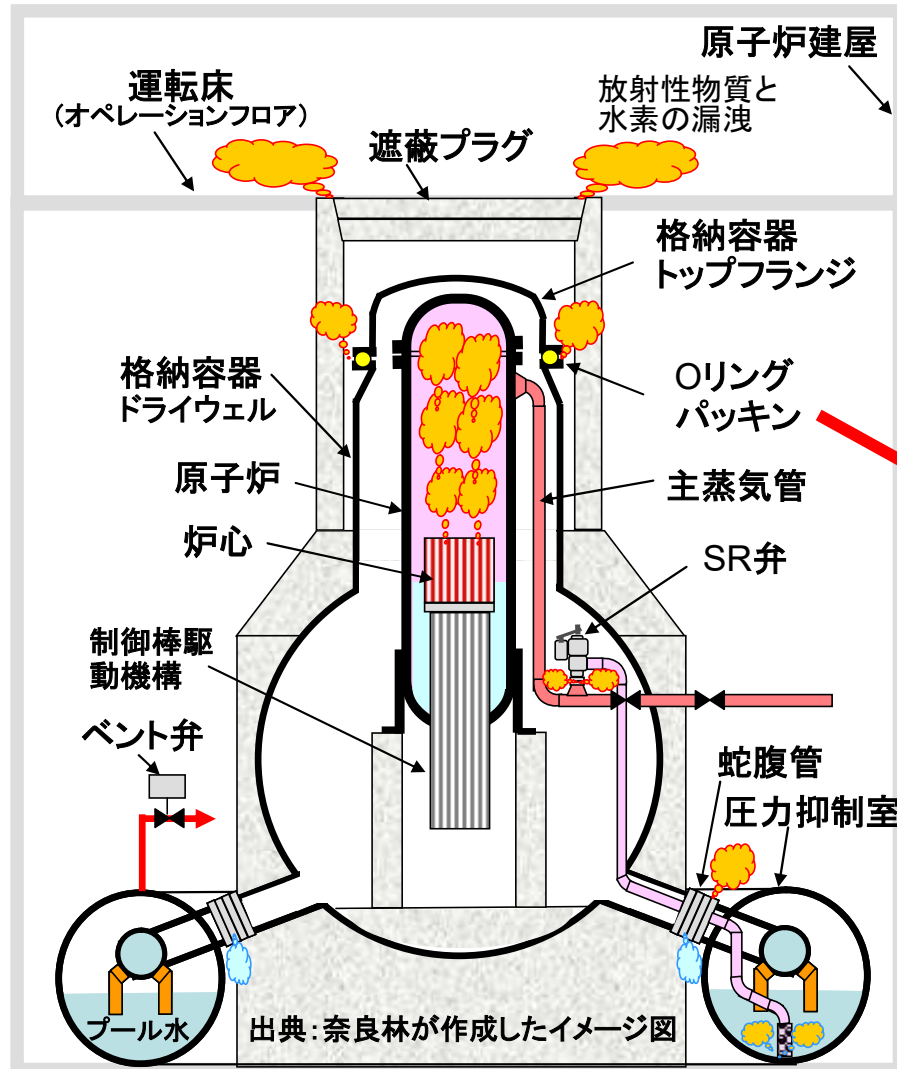
3/15の2号機のPCV漏洩以降の放射線量率が急増



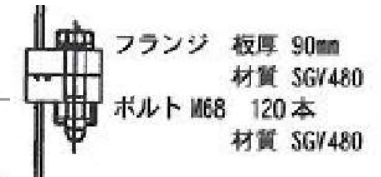
出典: 日経サイエンス2011年7月号より

格納容器の頂部のふたから漏えい

■ 格納容器の頂部(トップ)フランジのゴムが劣化して漏洩

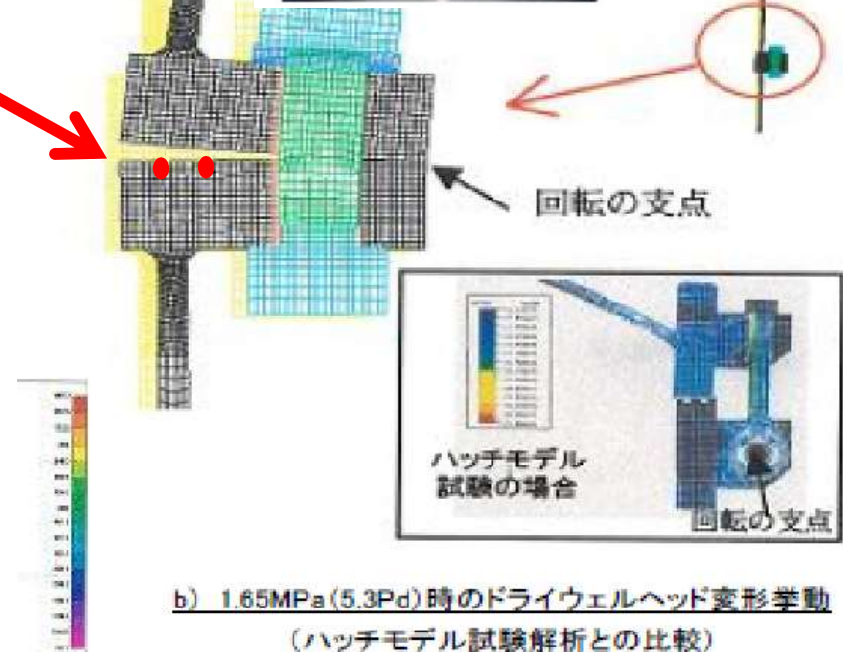


出典: 2012.3 原子力安全・保安院、
東京電力株式会社福島第一原子力発電所
事故の技術的知見について(参考資料)



赤い2つの
●がリング
ゴムパッキン

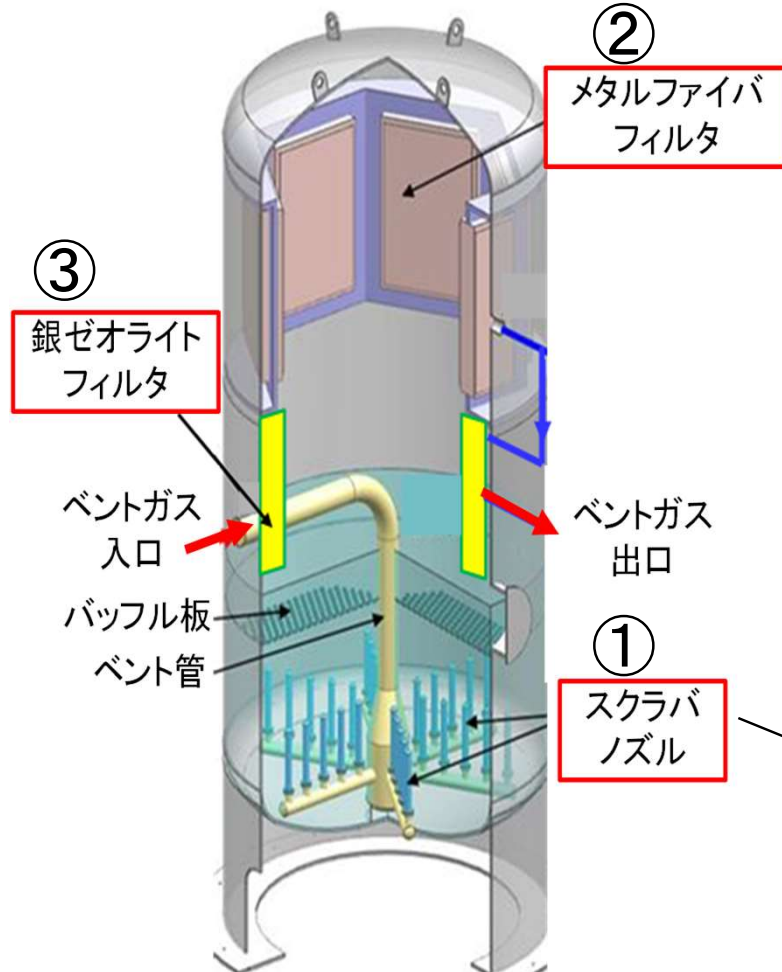
フランジガスケットの過温劣化状況



フィルターベントシステム(FCVS)技術

- ①湿式フィルタ、②乾式フィルタ
③ヨウ素フィルターの3段階

- フィルタベント技術で放射性物質は1億分の一以下に。
- コロナ対策にも応用可能



出典：日本機械学会編、奈良林直監修「フィルタベント—原子力安全の切り札を徹底解説」(2018.9)



「感染対策を資材と方法から考える超党派議員連盟」の勉強会や参院予算委員会でも紹介された、「空気の洗濯機」



出典：東京工業大学「脱コロナ禍 New Normal Research Map」
<https://www.ura.titech.ac.jp/nn-researchmap/?research=32>

フィルターベントの据え付け(中部電力、東京電力)



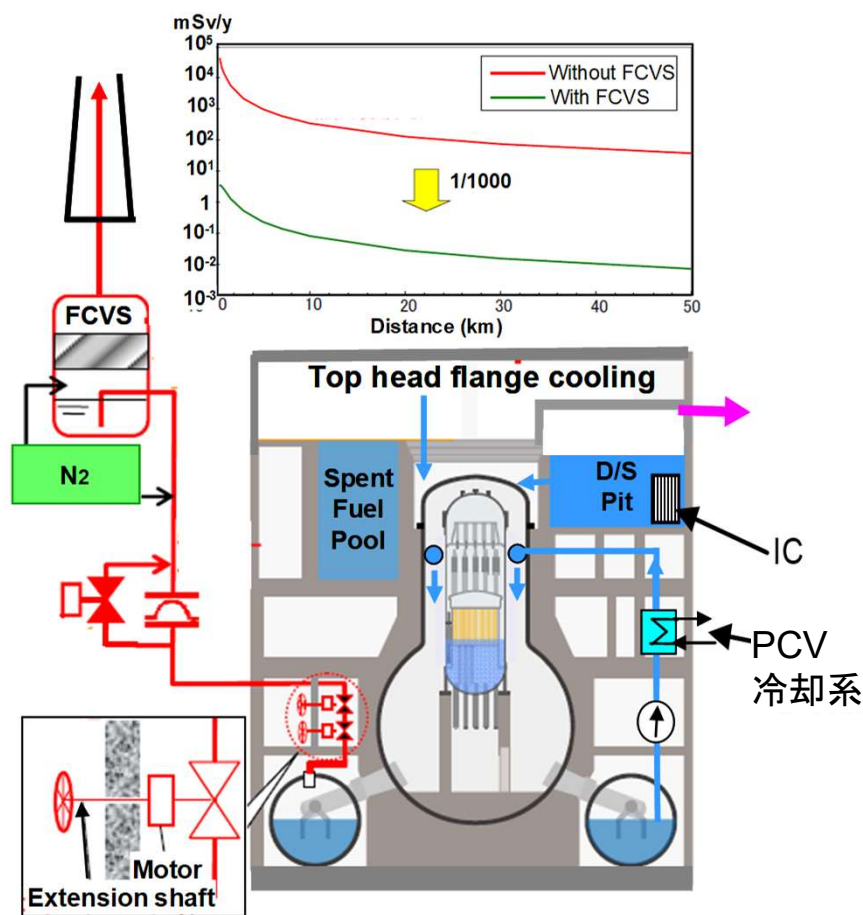
出典: 日本機械学会編、奈良林直監修「フィルタベント
—原子力安全の切り札を徹底解説」(2018.9)



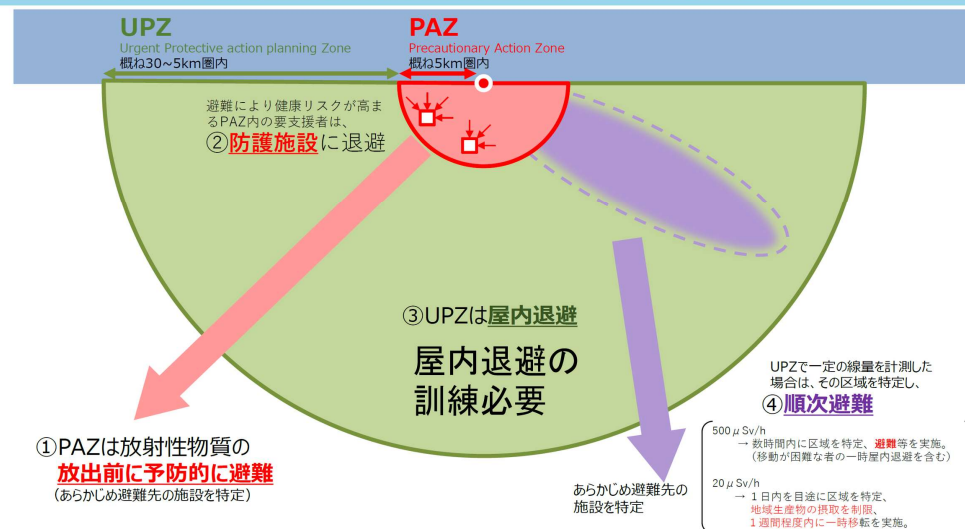
格納容器フィルターベント装置の効果

二度と地元を汚染しない、そして人々を守るための対策

PAZとUPZ圏内の避難対応：事業者・国・自治体の連携必要



- 福島第一原発事故以前は住民避難などの防災対策を検討する範囲は原子力施設から10Km圏内だったが、その範囲を30Km圏内に拡大するとともに、原子力施設からの距離に応じて、即時避難や屋内退避等の避難の考え方を整理。
- また、避難計画の策定にあたって、自治体任せにせず、政府が策定支援する枠組みを構築。



PAZ内の御前崎市の体育館のエアシェルター

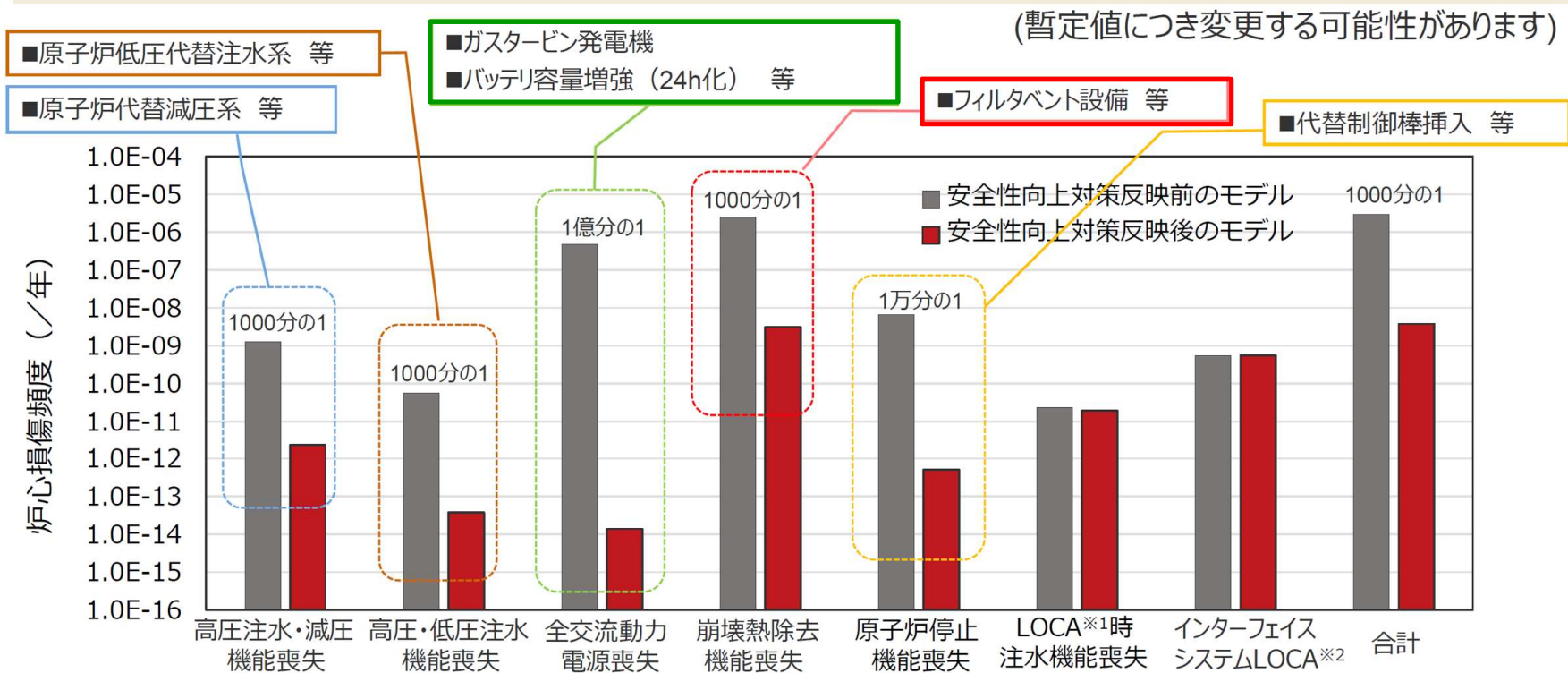


出典：日本機械学会編、奈良林直監修「フィルタベント—原子力安全の切り札を徹底解説」(2018.9)

福島第一事故の反省から安全対策は飛躍的に強化

福島原発事故以降の安全対策の強化は他国に例を見ない。
その結果、事故のリスクは1億分の1以下に低下した。
原子力発電所は自然災害に対して最も強靱で、安全な電源となった。

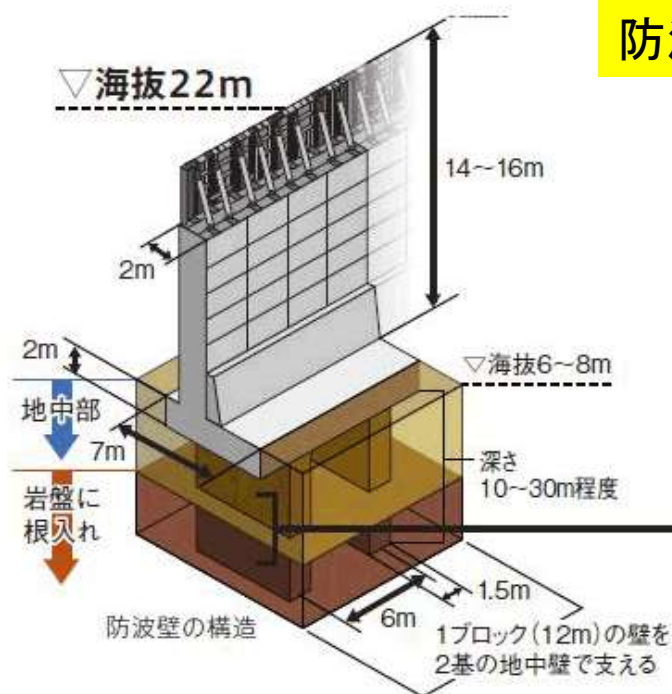
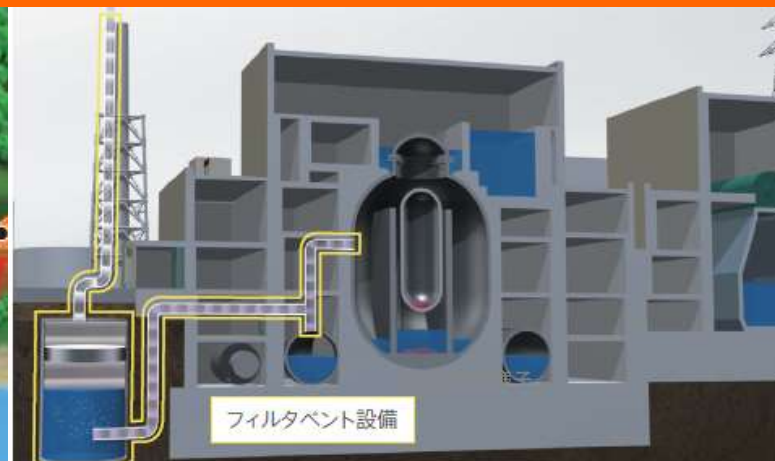
安全性向上対策を反映したPRA評価結果（炉心損傷頻度）は、反映前と比べ3桁程度低減することを確認しました（反映前: 2.9×10^{-6} /炉年、反映後: 3.8×10^{-9} /炉年）。



事故シーケンス

出典: 静岡県原子力学術会議、浜岡4号PRA解析結果(2021)

浜岡原子力発電所の津波対策とフィルタベント



防波壁(高さ22m)



防波壁

強化扉



① 強化扉(厚さ:約1m、重さ:約40 t)

EWSポンプ室(水密)



中部電力 <http://hamaoka.chuden.jp/provision/daitai.html>

浜岡原子力発電所の電源・注水対策強化

電源供給



ガスタービン発電機建屋

① 海拔40mの高台にガスタービン発電機を設置

ガスタービン発電機は6台。合計出力は19,200kWで、中規模水力発電所の出力に相当します。その燃料タンクも高台に設置。最低でも7日分の燃料を確保しています。

電源供給



電源車

注水



中部電力 <http://hamaoka.chuden.jp/provision/daitai.html>



5) 再稼働促進と新增設が必要

脱炭素を目指す国々が原子力を利用

- ◆ カーボンニュートラルを目指す国の中には原発を将来にわたって活用する国が多数含まれる。
 - ◆ 脱原発は国際的潮流ではない
- ◆ スウェーデン政府は1980年に国民投票で決定した脱原発政策を見直し、2010年の国民投票で、**脱原子力見直し**に関する法律の有効性を確認し、建替えに伴う原子炉建設を認めるなど、脱原発政策を破棄

将来的に利用

25カ国

[]は運転基数

・ 米国 ※ ¹ [94]	・ チェコ [6]	・ ブルガリア [2]
・ フランス [56]	・ パキスタン [5]	・ メキシコ [2]
・ 中国 ※ ² [50]	・ スロバキア [4]	・ ルーマニア [2]
・ ロシア [38]	・ フィンランド [4]	・ オランダ [1]
・ インド [22]	・ ハンガリー [4]	・ アルメニア [1]
・ カナダ [19]	・ アルゼンチン [3]	・ イラン [1]
・ ウクライナ [15]	・ 南アフリカ [2]	・ UAE [1]
・ 英国 [15]	・ ブラジル ※ ³ [2]	・ ベラルーシ [1]
		・ 日本

※¹ バイデン政権の公約として表明

※² 2060年までのCNを表明 ※³ 条件付きで2060年のCNを検討

14カ国

※緑字はカーボンニュートラル表明国

・インドネシア	・トルコ
・ウズベキスタン	・ナイジェリア
・エジプト	・ バングラディシュ
・カザフスタン	・フィリピン
・ガーナ	・ポーランド※ ⁴
・サウジアラビア	・モロッコ
・シリア	・ヨルダン

※⁴ 2050年カーボンニュートラルに反対していたが、最近では「カーボンニュートラルへの貢献」を明言し、石炭火力の廃止に必要な約4兆円の投資をEUに協力要請。

現在、原発を利用

5カ国・地域

・ 韓国 [24]	(2017年閣議決定／2080年頃閉鎖見込)
・ ベルギー [7]	(2003年法制化／2025年閉鎖)
・ ドイツ [6]	(2002年法制化／2022年閉鎖)
・ スイス [4]	(2017年法制化／－)
・ 台湾 [4]	(2019年政府発表／－)

(脱原発決定年／脱原発予定年)

(注1) スペイン、スウェーデン、スロベニアは現在原発を利用しているが、IAEA Country Nuclear Power Profilesにおいての将来のスタンスを明らかにしていないため記載していない。

(注2) 韓国は今後新たな原発の建設計画を認めず設計寿命を終えた原子炉から閉鎖する方針のため、現在建設中の原発が設計寿命を迎える時期を記載。

現在、原発を利用せず

4カ国

・ イタリア	(1988年閣議決定／1990年閉鎖済)
・ オーストリア	(1978年法制化)
・ オーストラリア	(1998年法制化)
・ マレーシア	(2018年首相発言)

出典：資源エネルギー庁「原子力政策の課題と対応について」2021年2月25日の22頁
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/021_03_00.pdf

将来的に非利用

出所：IAEA Power Reactor Information System
 ホームページ等 (2020/12/18)

22

国連欧州経済委員会が原子力を評価

- 国連欧州経済委員会がCO2削減に最も有効な手段として、原子力を位置付けた。
- 国連欧州経済委員会(UNECE)の新しい報告「原子力発電は、そのライフサイクル全体で他のどの電力源よりも少ないCO2排出量で、風力、太陽光、ガス、石炭などの競合する電力源と比較して、キロワット時(kWh)あたりのCO2のグラム数で測定されるCO2の排出係数が最も少ないことを確認した。原子力は土地利用が最も少なく、すべてのクリーンテクノロジーの中でライフサイクルの鉱物と金属の使用量が最も低いことも明らかになった。
- 欧州連合(EU)の執行機関である欧州委員会も、原子力発電を投資対象分類に入れた。

MONDAY 22 NOVEMBER 2021 4:25 AM

UN crowns nuclear as lowest carbon electricity source

出典: 原子力産業新聞<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/7051.html>

NICHOLAS EARL



出典: 国家基本問題研究所・今週の直言「世界の原子力回帰が鮮明に」
<https://jinfp.jp/weekly/archives/36560>



「フランス2030」を発表するマクロン大統領

マクロン大統領が最新原発6～14基建設表明

フランスで世界最大の世界
原子力博(WNE)が開催され
(2021.12)、数千人が来場



出典: 世界原子力博(WNE)会場(2021.12)、森村商事

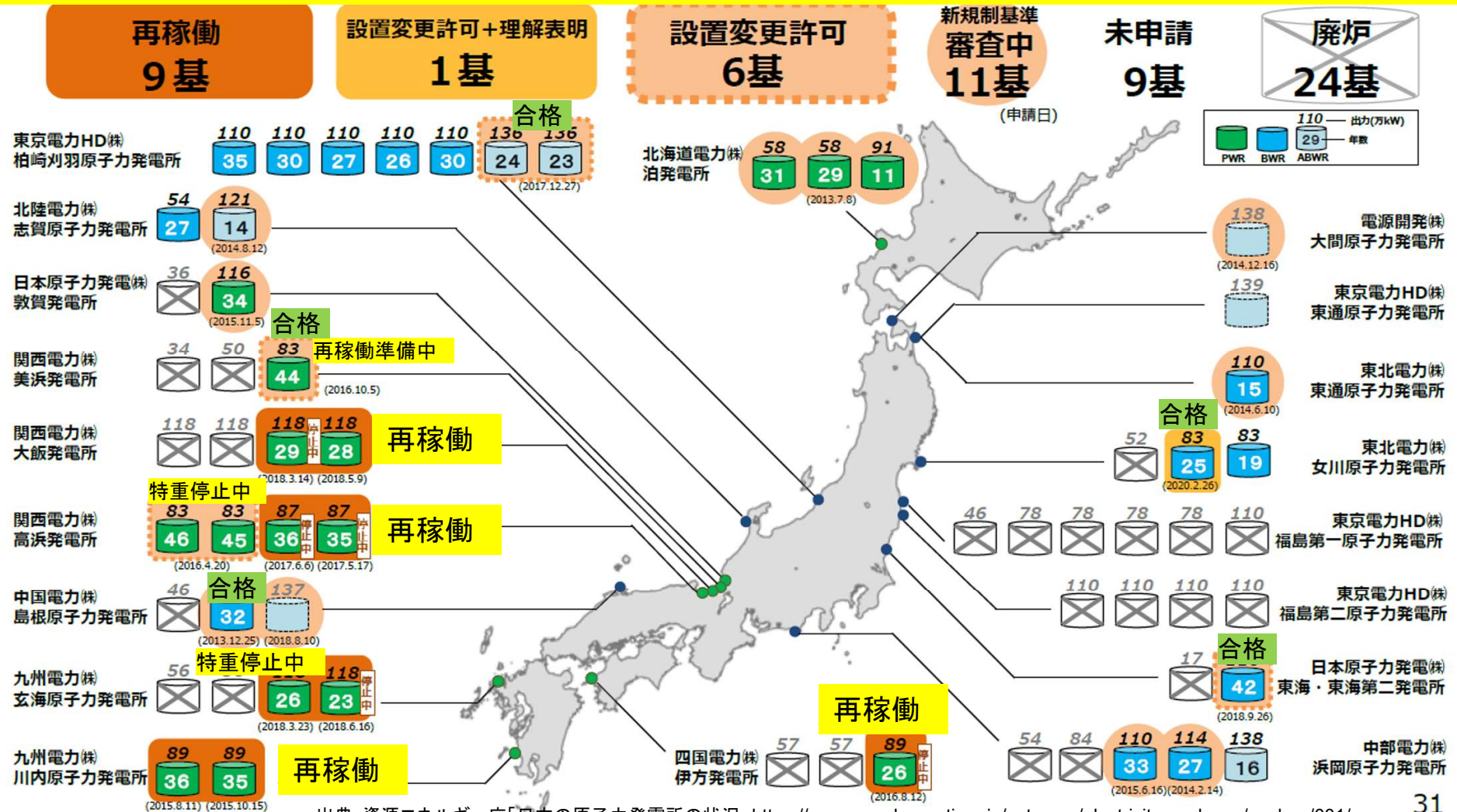
中国は**華龍1号**(100万kW)や**AP1000**(WH社)を多数建設
さらに小型モジュール炉(SMR)で石炭消費削減すると明言



出典：中核集团CNNC (China National Nuclear Corporation)パンフレット、広東大亜湾Daya Bay原発展示館訪問（日本保全学会ICMSTテクニカルツアー）

現在の再稼働状況

再稼働審査が極めて遅い。概ね2年とした行政手続法違反。
何十兆円もの国民の経済損失が発生している。CO2の発生も増えてしまった。
米国NRCのACRS(諮問委員会)のように規制委のチェック機能必要。



出典: 資源エネルギー庁「日本の原子力発電所の状況」 https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/001/

20基可能

3基

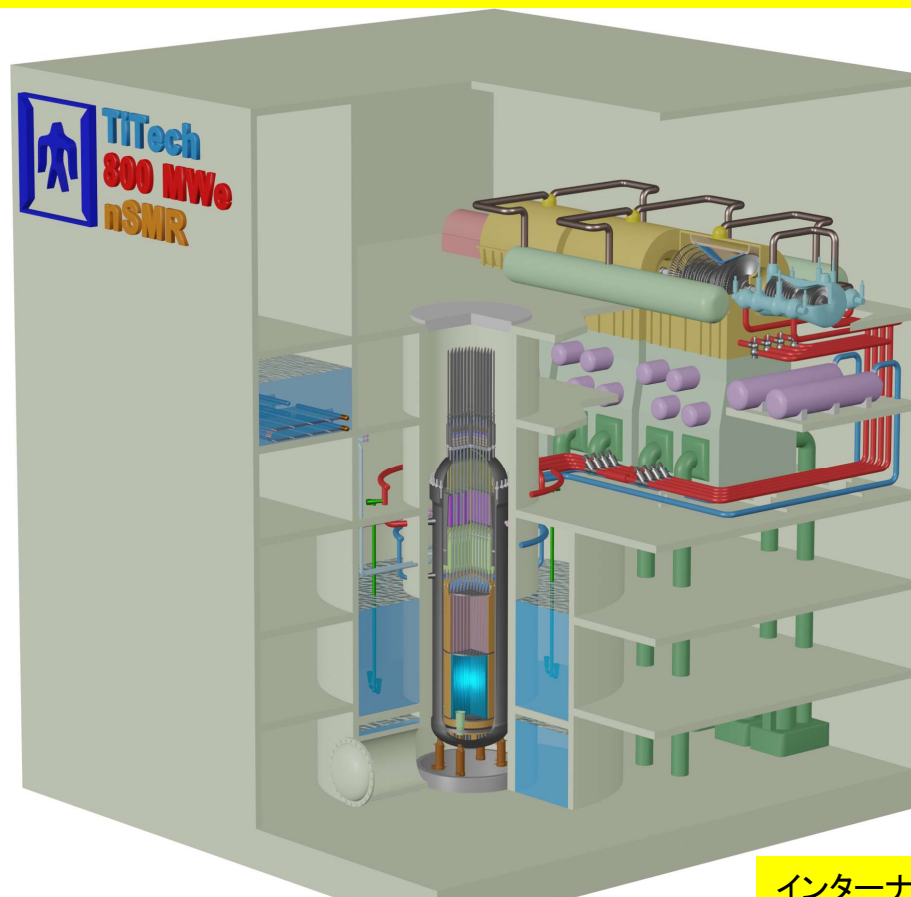
(甲讀曰)



45

東工大のSMR開発(大学での人材育成必要)

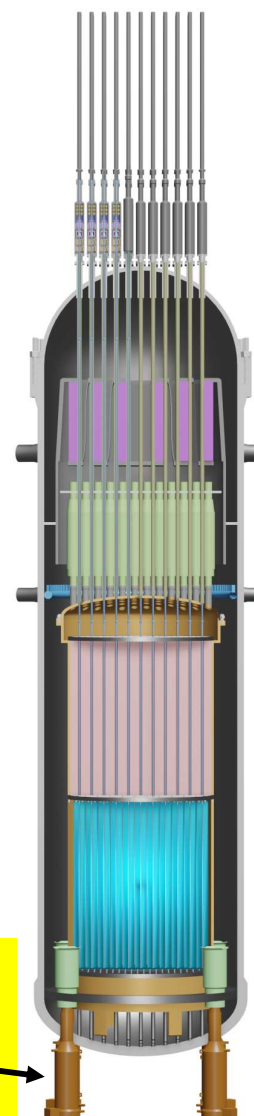
再エネと共生する負荷追従型SMRや
自然冷却安全系を備えた大型炉の開発必要



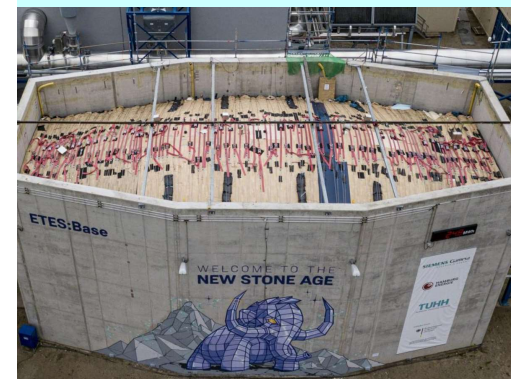
自然冷却方式・建屋免振の活用

出典 Plenary III "Integrated Energy Systems: Prof. Narabayashi
How Nuclear, Renewables and Clean Hydrocarbons can Work Together
to Mitigate Climate Changes" October 19, Abu Dhabi, ICAPP 2021

インターナル
ポンプによる
出力増
30万kW
→80万kW



NEW STONE AGE 岩石蓄熱発電



シーメンスガメサの岩石蓄熱発電(原始力発電)
コストがリチウムイオンバッテリーの1/10~1/100
の可能性あり(3万kWh, 1.5MW)
(日本機械学会再エネ調和型エネルギー研究会資料
より)<https://sgforum.impress.co.jp/news/4257>

Base-Load Light-Water Reactors with
Variable Electricity Using Crushed-Rock Heat
Storage and Steam Peaking Plant
with High-Efficiency Steam Injectors

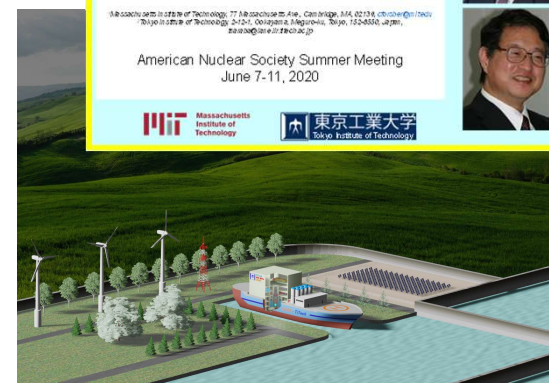
C. Forsberg¹ and T. Narabayashi²

¹Subcooled and Saturated Boiling, MIT, Cambridge, MA, 02139, cforsberg@mit.edu
²Boiling in the Presence of a Solid Surface, TUHH, Berlin, 10000, Germany, narabayashi@tuhh.de

American Nuclear Society Summer Meeting
June 7-11, 2020

MIT
Massachusetts
Institute of
Technology

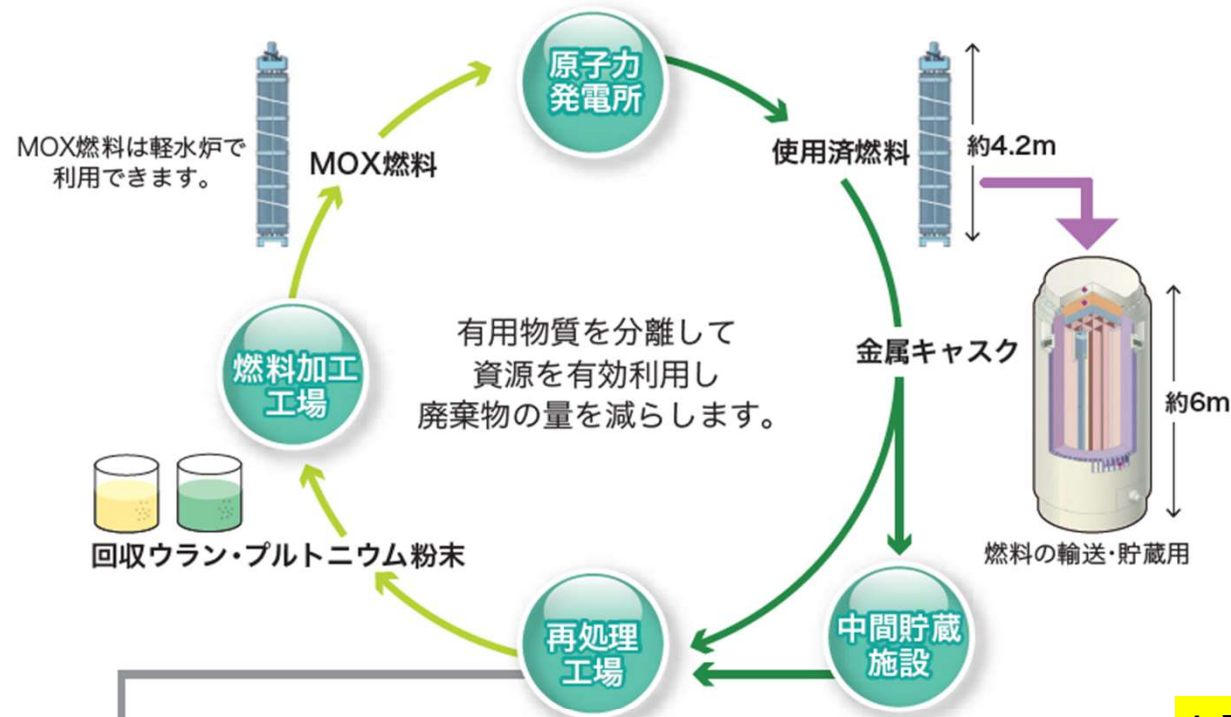
東京工業大学
Tokyo Institute of Technology



工場で製造・船で運搬

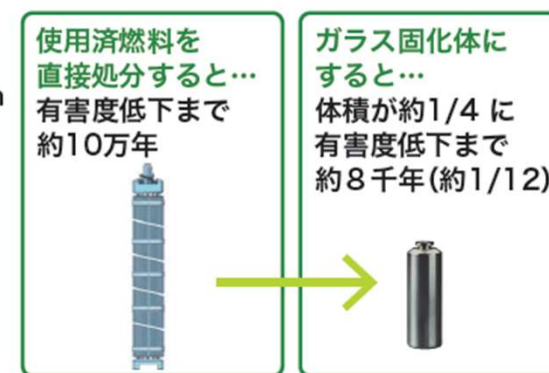
核燃料サイクルと地層処分、高速炉の活用

日本は、原子力発電所の使用済燃料を再処理し、回収されるウランとプルトニウムを再利用しつつ、廃棄物の発生量を抑える「核燃料サイクル」を推進しています。小型高速炉(SMR)で有害度の高い核種(MA)を焼却すると保管期間を約300年に短縮。



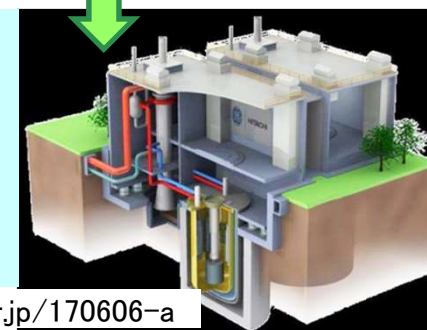
核燃料サイクルの3つのメリット

- 放射性廃棄物の量を減らす
- 放射性廃棄物が天然ウラン並みの有害度まで低下する期間が短くなる
- 資源の有効利用



小型高速炉でMA焼却すると約300年

PRISMや
常陽の活用
→地層処分
場の保管期
間短縮可能



燃料集合体、金属キャスク図：日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」

<https://www.jaif.or.jp/170606-a>

ま と め

- 地球の環境危機の時代にあっては、原発を止めると人類や生物の存続にかかわる将来的な危機をもたらす。経済危機も発生する。
- 再エネと火力発電所と組み合わせるとCO2減らない。
- 現在、国際的に再生可能エネルギー（再エネ）が礼賛され、世界中が再エネで電力の全てをまかなえるかのような錯覚に陥っている。
- 太陽光発電の設備利用率は、高々13%しかない。
- 2050年までに電気自動車などの普及で日本の電力需要は少なくとも現在の1.5倍になるといわれている。その電力の少なくとも3分の1を供給するには、2050年までに計24基の原発の建設が必要。
- カーボンニュートラルは原発なしには達成できない。
- フィルターベントや各種安全対策で原発のリスクが大幅低減
- 新增設・リプレースのため安全性を高めた最新型炉の開発開始必須
- コストは建設および再稼働と廃炉合わせて34兆円と推定されている
- 再エネに比べ費用対効果ははるかに大きい。実現性もより確実。