

# エネルギー危機による 世界の原子力情勢の変化

2023年3月14日

(一般社団法人)海外電力調査会  
上席研究員 黒田雄二

# はじめに

電力会社からの  
お知らせ  
(2013年4月)

燃料費調整

再エネ発電  
賦課金等

毎度ご利用いただきありがとうございます

電気ご使用量のお知らせ

ご使用場所

25年 4月分

ご使用期間 3月26日～ 4月23日  
検針月日 4月24日 (29日間)

ご契約種別 従量電灯B

ご契約 60A

ご使用量 430kWh

請求予定金額 12,318円  
(うち消費税等相当額) 586円

基本料金	1,638円00銭
上記電11段料金	2,266円80銭
電12段料金	4,534円20銭
電13段料金	3,783円00銭
燃料費調整	30円10銭
再エネ発電賦課金等	119円
口座振替割引	-53円00銭

当月指示数 4746  
前月指示数 4316  
差引 430

計器乗率(倍) 取替前計量値 計器番号(下3桁) 610

昨年 4月分は28日間で 430kWhです。  
今月分は1日あたり 3%減少しています。

燃料費調整のお知らせ (1kWhあたり)

4月(当月)分	+0円07銭
5月(翌月)分	+0円71銭
翌月分は当月分比べ	+0円64銭

今月分 振替予定日 5月10日  
次回検針予定日 5月27日

地区番号 07 70010 11001 1 00  
お客さま番号

電力株式会社 検針員

お問い合わせ先/カスタマーセンター  
お引越し、ご契約の  
その他の電気に関するご用

皆さん、  
ご存じで  
すか？

# はじめに: 我が家の電気料金

## ● 電気料金(単価)の上昇

2021年4月: 28円/kWh

2022年4月: 35円/kWh

\* 7円/kWhアップ°

2022年10月: **42円/kWh!**

**(調整上限額に到達)**

## ● 燃料費調整が急増

2023年1月: 13円/kWh

(料金の30%に)

→ 2月から政府軽減策

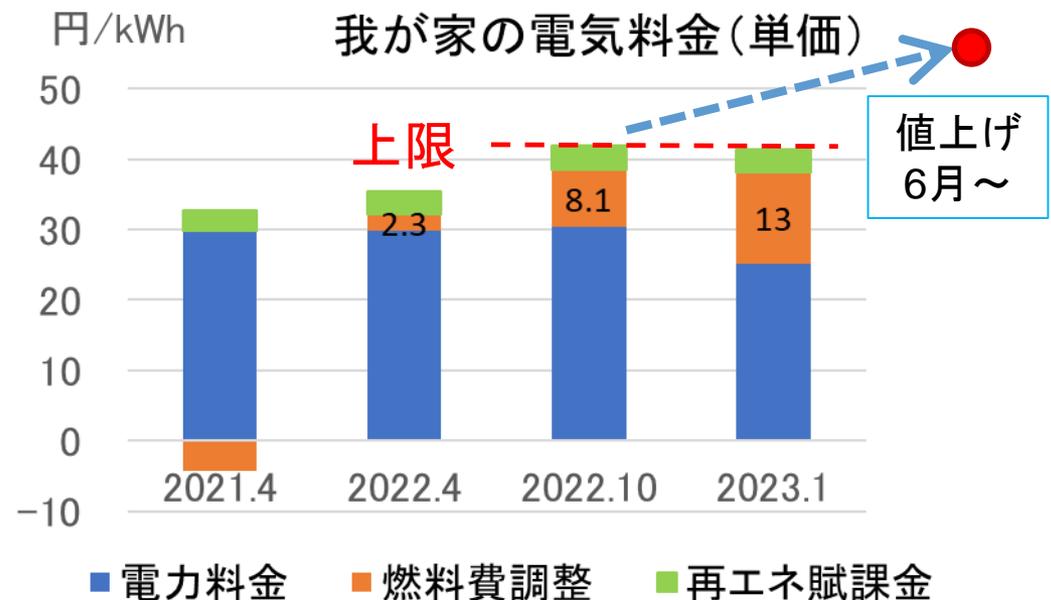
▲ 7円/kWh(9月まで)

→ 料金値上げ予定!(6月~)

+29%(+12円/kWh)

ロシアによるエネルギー危機?!

		2021.4	2022.4	2022.10	2023.1
使用量(kWh)		282	276	205	516
料金合計(円)		7,958	9,731	8,588	21,434
単価 円/kWh	(合計)	28.2	35.3	41.8	41.5
	料金分	29.8	29.8	30.4	25.1
	燃料費調整	-4.3	2.3	8.1	13.0
	再エネ賦課金	3.0	3.4	3.4	3.4



# 目次

## 1. ロシアによるエネルギー危機

- (1) エネルギー強国 ロシア
- (2) ウクライナ侵攻による世界への影響

## 2. 欧州等の危機への対応

- (1) 欧州
- (2) 主要国(ドイツ、英国)
- (3) 原子力分野での動き

## 3. 今後の展望

- (1) エネルギー情勢
- (2) 原子力分野の情勢

## 4. まとめ

# 1. ロシアによるエネルギー危機

## 1-1 エネルギー強国ロシア

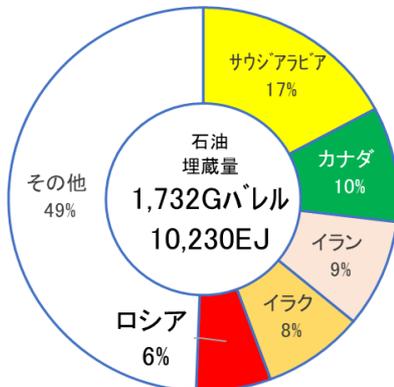
- (1) 化石燃料分野
- (2) 原子力分野

## 1-2 ウクライナ侵攻による世界への影響

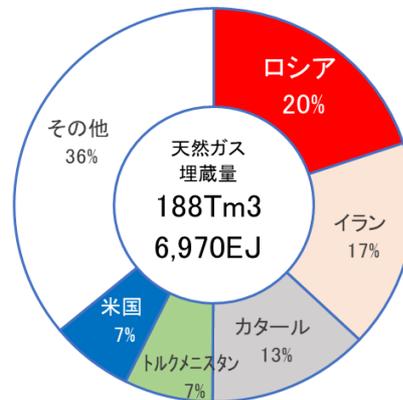
# 1-1 (1) 世界のロシア資源への依存

- ロシアは、世界有数のエネルギー資源国
- 化石燃料(石油、天然ガス、石炭)を豊富に保有、生産量も多い

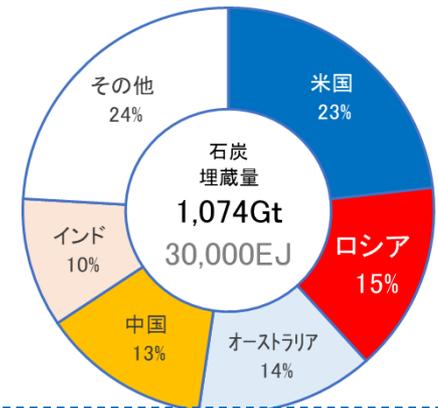
## 石油



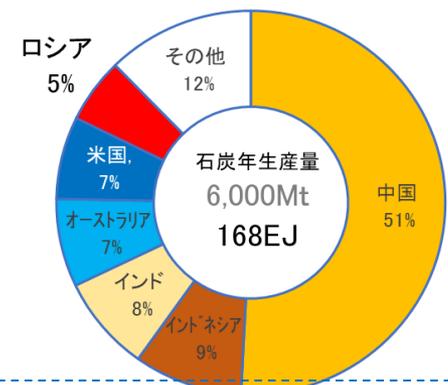
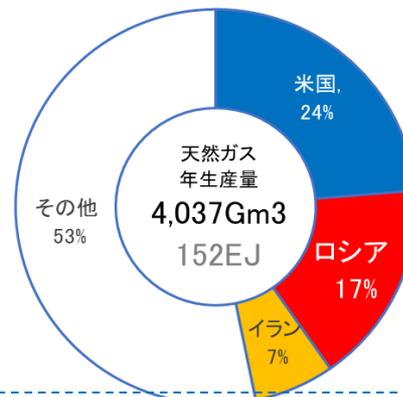
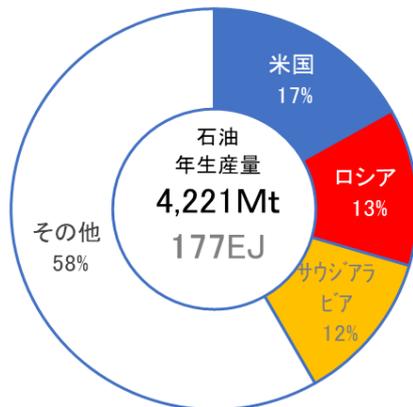
## 確認埋蔵量 天然ガス



## 石炭



## 年間生産量(2021年)



# 1-1 (1) 世界の石油の輸出入

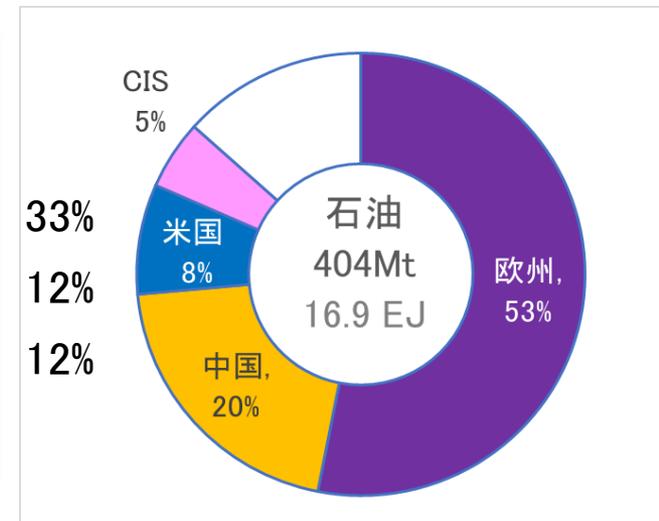
- 輸出：中東(サウジアラビア等)が最も多く、次いでロシア、米国
- 輸入：欧州が最も多く、次いで中国
- ロシアからの石油の輸出先は欧州が最も多く、50%以上を占めている
- 日本のロシアから石油輸入量は日本の輸入全体の3%程度

ロシアの  
輸出先

石油(原油+製品)の流れ(2021年)

Mt (100万t)		輸入国				
		欧州	中国	米国	日本	合計
輸出国	中東	104	278	34	125	1,074
	ロシア	215	83	33	5	404
	米国	78	26	0	13	383
	合計	665	629	418	165	3,284

20%      19%      13%      5%



# 1-1 (1) 世界の天然ガスの輸出入

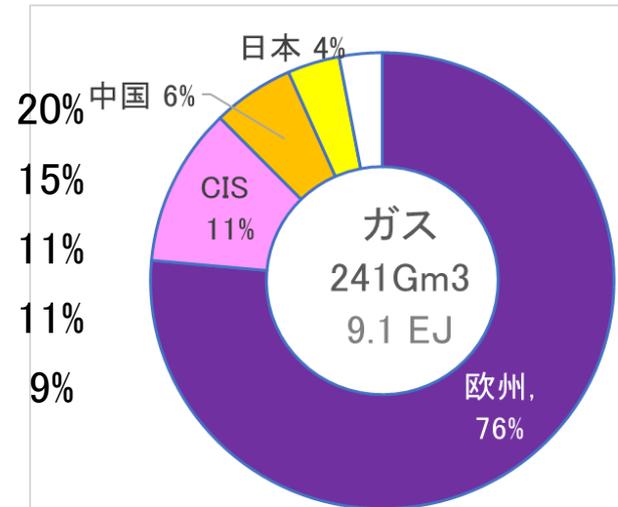
- 輸出：ロシアが最も多く、次いで米国、ノルウェー等  
LNGでは、オーストラリアと中東のカタールが多い
- 輸入：欧州が最も多く、次いで中国
- ロシアからの天然ガスの輸出先は欧州が最も多く、約80%を占めている
- 日本のロシアから天然ガス輸入量は日本の輸入全体の9%程度

ガス (LNG + Pline) の流れ (2021年)

Gm3 (10億m3)		輸入国				
		欧州	中国	日本	米国	合計
輸出国	ロシア	184	14	9	0	241
	米国	31	12	10	0	179
	ノルウェー等	137	1	0	0	140
	中東	23	16	17	0	130
	オーストラリア	0	44	36	0	108
	合計	477	163	101	77	1,221

39%      13%      8%      6%

ロシアの  
輸出先



# 1-1 (2) 原子炉の輸出

- ロシア型の運転中原子炉は、海外に42基
- ロシア型の建設・計画中原子炉も海外に32基
- ロシア型原子炉の保守サービス、燃料供給は、基本的にロシアに依存
- このような長期の商業的利益の得られる、原子炉輸出競争において、ロシアは群を抜いて世界第1位
- ロシア国営原子力企業ロスアトムは、2020年現在、海外輸出プロジェクトの75%を自社が占める、としている。

ロシア型原子炉の海外輸出状況  
(2022年1月現在)

地域	国名	発電所基数			
		運転	建設	計画	計
ロシア		34	3	11	48
CIS	ベラルーシ	1	1	0	2
	ウズベキスタン	0	0	2	2
西欧	フィンランド	2	0	1	3
東欧	ウクライナ	15	2	0	17
	スロバキア	4	2	0	6
	アルメニア	1	0	0	1
	チェコ	6	0	0	6
	ブルガリア	2	0	0	2
アジア	ハンガリー	4	0	2	6
	中国	4	2	4	10
	バングラデシュ	0	2	0	2
中東	インド	2	4	0	6
	トルコ	0	3	1	4
中東	イラン	1	1	1	3
	エジプト	0	0	4	4
アフリカ	エジプト	0	0	4	4
国外合計		42	17	15	74

出所：原産協会(2022年)

## 1-1 (2) 原子燃料の輸出

- 原子燃料の製造工程である、ウラン生産、転換、濃縮、成型加工のそれぞれの工程において、ロシアは大きな競争力を持つ
- 企業別のウラン生産では、カザフスタン、中国に次ぐ第3位
- 企業別の転換および濃縮では、世界第1位
- 成型加工では、米国(WH)、フランス(フラマトム)に次いで第3位

原子燃料分野における ロシア（ロスアトム）の強さ（2020年）			
	世界的 シェア	国別順位	備考
ウラン生産	15%	3位	1位：カザトムアトム 2位：CGN・CNNC
転換	38%	1位	2位：カメコ 3位：オラノ
濃縮	36%	1位	2位：ウレンコ 3位：オラノ
成型加工	17%	3位	1位：ウェスチングハウス 2位：フラマトム

出所：WNA(2022)、ROSATOM(2022)より作成

# 1-1 (2) 先進的原子炉の開発

- ロシアは新しい原子力技術の開発においても先頭を走る
- 大型第3世代炉のVVER1200、さらにVVER-TOIを開発
- 世界初の小型モジュール炉(SMR)や高速炉も運転中

## 大型PWR

VVER1200

- 2017年～



- 建設の合理化
- 負荷追従性能向上
- 安全余裕向上



VVER-TOI

- クルスクⅡ-1
- 2018年着工

## 高速炉(FR)

BN600(原型炉)

- 1981年～

BN800(実証炉)

- 2016年～

BREST-OD300

(鉛冷却実証炉)

- 2021年6月着工

## SMR

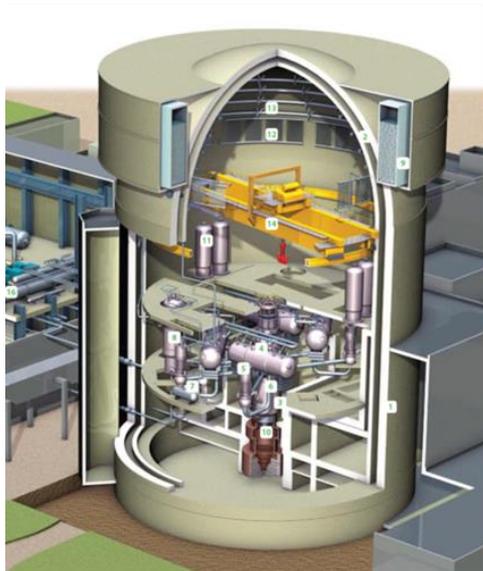
海上浮体式原子炉  
(アカデミック・ロモノソフ号)

- ペヴェック(極東)
- 2020年5月～



陸上型SMR

- サハ共和国
- 2021年8月建設許可



# 1-2 ロシアによるウクライナ侵攻

- ロシアは2022年2月24日、隣国ウクライナに軍事侵攻(以下、ウクライナ侵攻)を開始
- 現在でも、ウクライナ東部および南部において戦闘継続中
- G7を中心とした先進国は、ロシアに対し厳しい経済的制裁を発動
- これにより、ロシアとの交易、特にエネルギー貿易に大きな影響

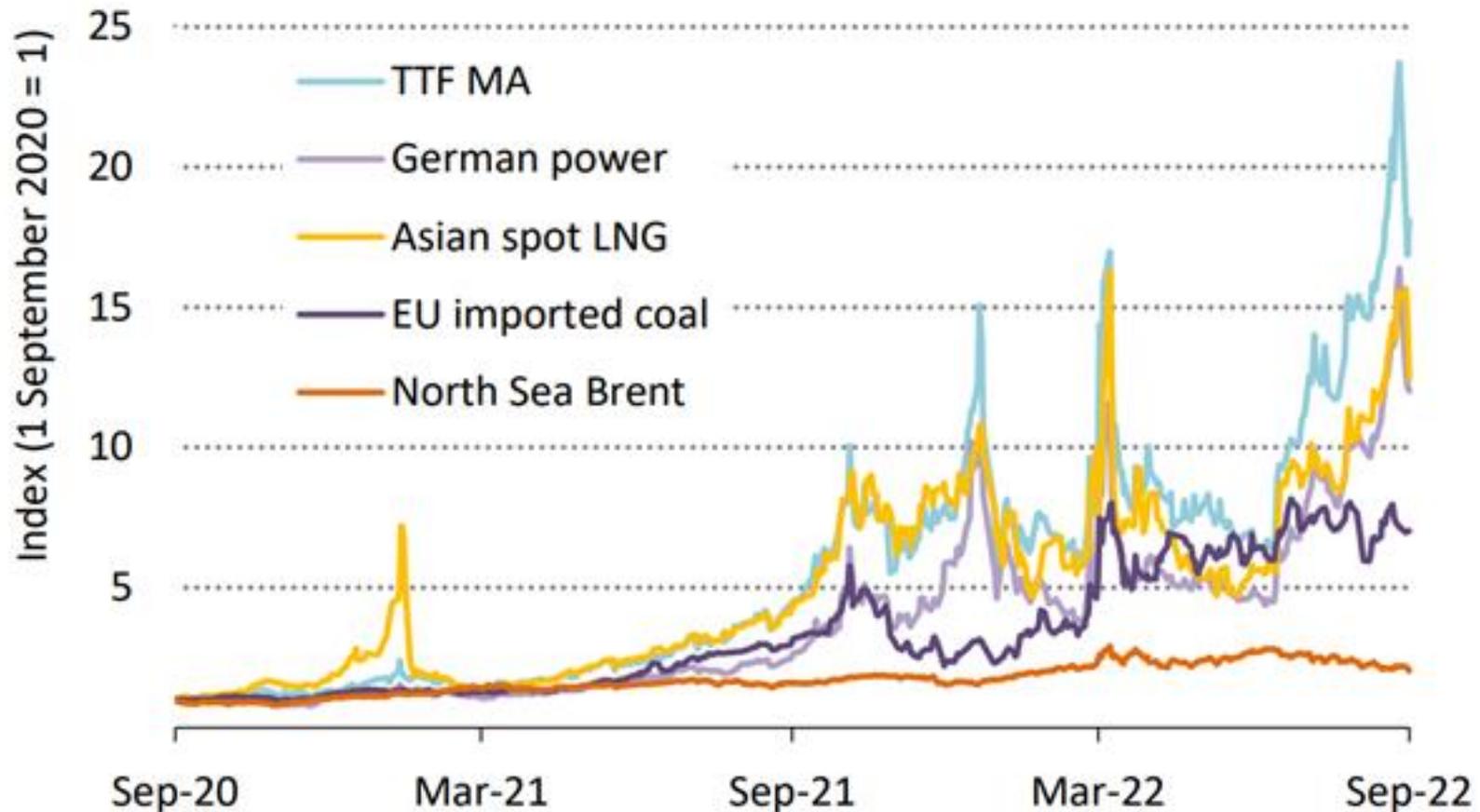
## 各国への影響

- ① エネルギー安全保障の重要性の再認識
- ② ロシア資源等の依存からの脱却
- ③ 影響の緩和策、代替策の実施



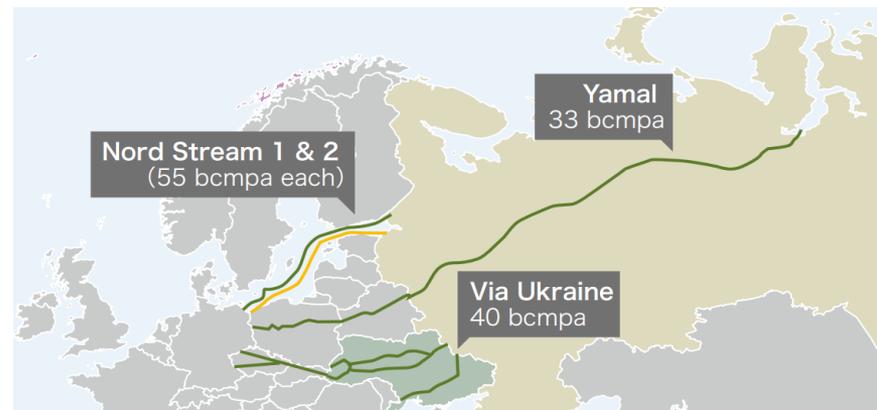
## 1-2 世界の化石燃料価格等の上昇

- 世界の化石燃料価格、電力価格は、ウクライナ侵攻以降、急上昇（2021年下期からコロナ回復等により上昇傾向にあったが）
- 欧州ガス価格（TTF MA）は、従来の25倍近くまで上昇。



# 1-2 欧州へのガス供給の制限

- ロシアは、欧州へのガス供給を2022年2月以降、大きく制限
- 2022年10月の供給量は、同年5月頃より約80%減少

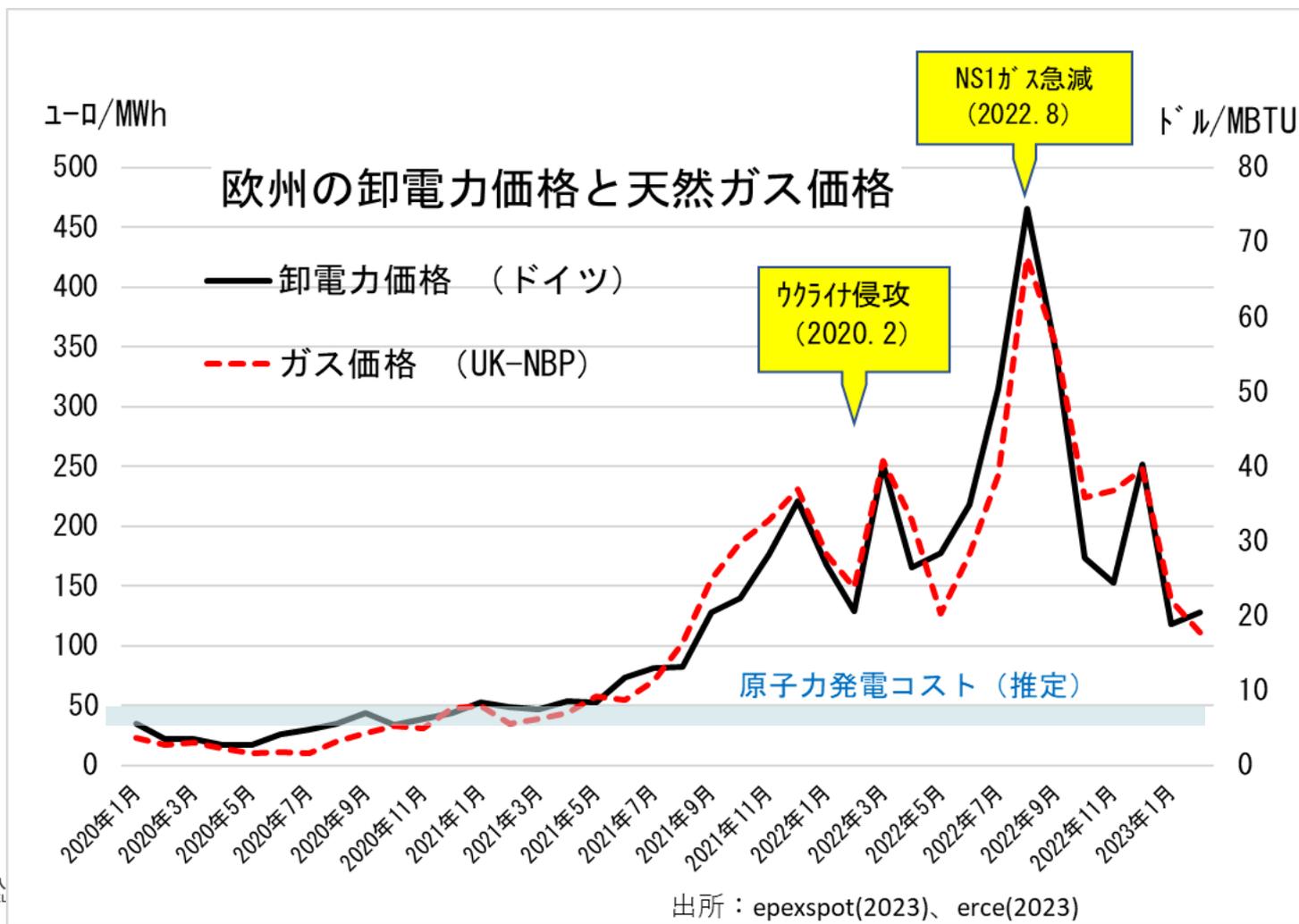


出所: Statista

mcm: 100万m<sup>3</sup>  
bcm: 10億m<sup>3</sup>

# 1-2 欧州のガス価格と卸電力価格

- 天然ガス価格と卸電力価格は強い相関
- 欧州(ドイツ)の卸電力価格も、従来の約15倍(約500ユーロ/MWh)まで上昇



## 2. 欧州等の危機への対応

### 2-1 欧州

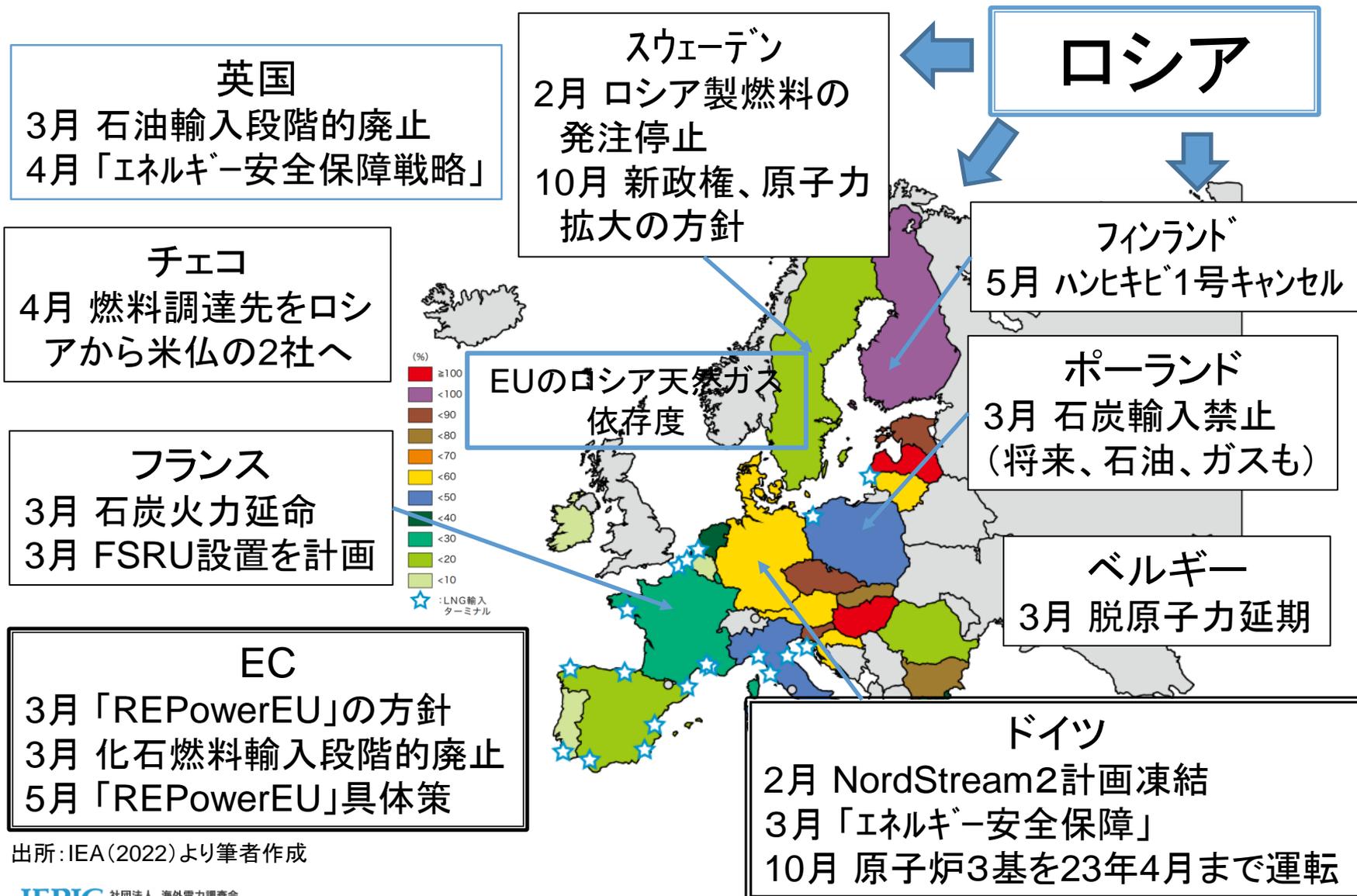
### 2-2 主要国(ドイツ、英国)

(1) ドイツの動き

(2) 英国の動き

### 2-3 原子力分野での動き

## 2-1 欧州各国への影響



## 2-1 欧州: REPowerEU Plan

### <背景>

- 欧州(EU27カ国)はエネルギーの多くをロシアに依存
- このため同依存からの脱却が緊急の課題

EUのエネルギー依存度(2020年)				
	化石燃料			合計
	石油	ガス	石炭	
エネルギーの輸入比率	97%	84%	36%	58%
ロシア比率	37%	41%	19%	24%

出所: Eurostat

### <REPowerEU Planの策定>

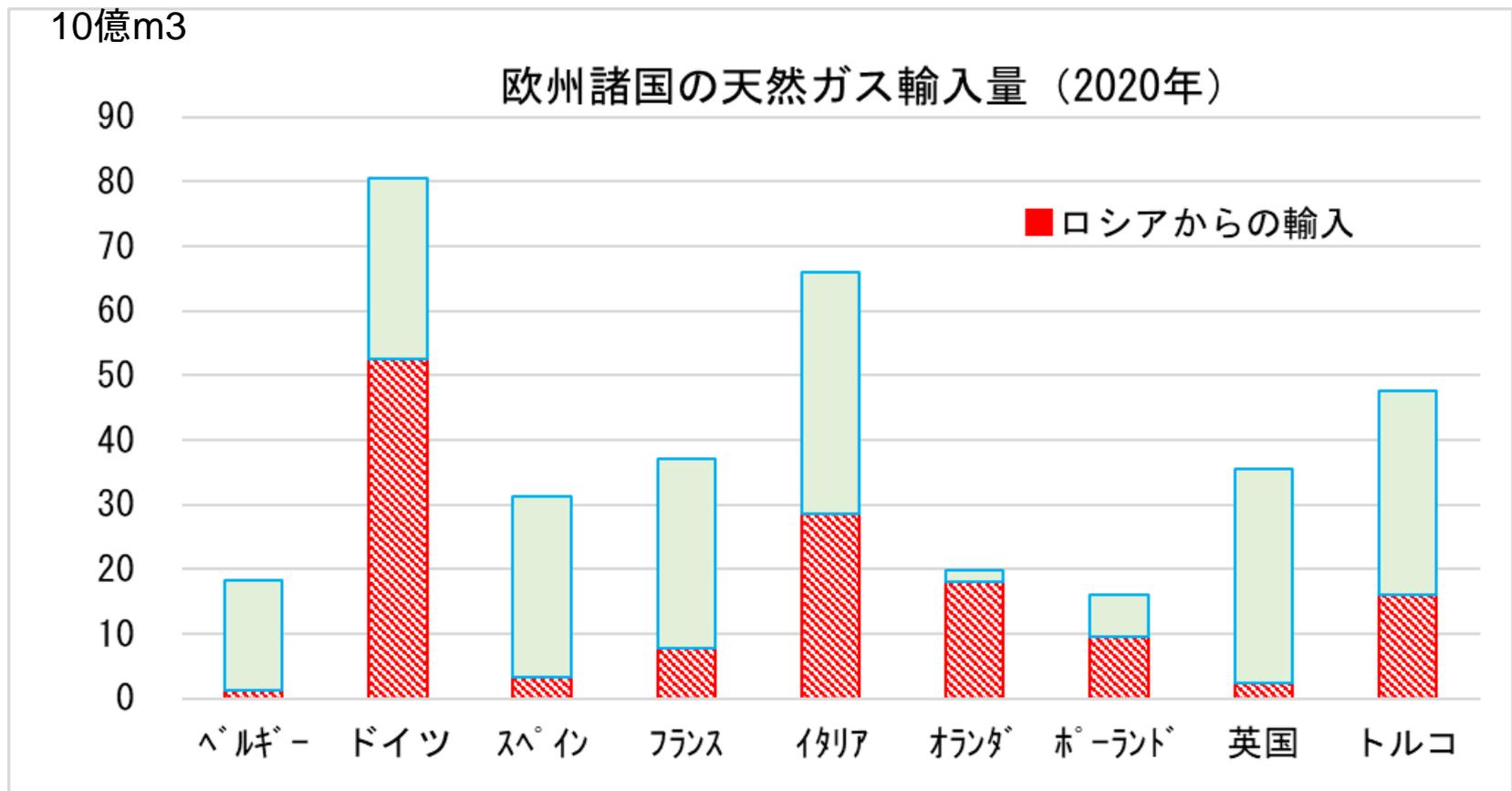
- 欧州委員会(EC)は2022年3月、「REPowerEU」を発表
- 5月には、その詳細な政策パッケージ「REPowerEU Plan」を発表

### <対策>

- ①省エネ推進、エネルギー効率の向上(2030年効率化目標: 36%⇒39%)
- ②エネルギー調達の多様化(米国、中東、アフリカと協議)
- ③化石燃料の代替促進
  - 再生可能エネルギー導入促進(2030年導入目標: 40%⇒45%)
- ④効率的な投資

## 2-1 欧州諸国のロシア依存(天然ガス)

- 欧州諸国は、天然ガスにおいて最もロシアの影響を受ける
- その中で、ドイツが最も多くロシアから天然ガスを輸入している



## 2-2 ドイツの動き

### 1. ドイツのロシア依存度

- 2020年のガス消費量は865億m<sup>3</sup>、自給率5%、55%をロシアから輸入

### 2. ドイツの対策(「エネルギー安全保障」、2022年3月)

#### (1) 需要の削減

#### (2) ガス調達先の多様化

- 中東、米国等からの新規手配      \* FSRU: Floating Storage and Regasification Unit
- 2カ所のLNG輸入ターミナルを新設(ブルスビュッテル港、ヴィルヘルムスハーフェン港)
- 浮体式LNG貯蔵・再ガス化設備(FSRU\*)を2022/23年冬季に3隻導入

#### (3) 再エネの加速(再エネ法の改正)

- 2030年の再エネ比率(2021年42%)を65%から80%に拡大

#### (4) クリーン水素の迅速な普及

#### (5) ガス備蓄制度整備

- 既存設備: 47カ所、約234億m<sup>3</sup>(世界第4位、冬季2~3カ月分)
- 備蓄制度を導入: 充填率10月(80%)、11月(95%)、2月(40%)

#### (6) 石炭火力の延命

### 3. 原子力発電所の閉鎖時期の延期(2022年10月)

- 2022年末に閉鎖予定であった原子炉3基を2023年4月まで確保

## 2-2 英国の動き

### 1. 英国のロシア依存度

- 2021年のロシア依存度は、石油で9%、ガスで4%

### 2. 政策文書「英国のエネルギー安全保障戦略」(2022年4月)

- エネルギー価格の高騰とウクライナ侵攻を受け、エネルギー自給率を高めていくことに主眼
- 再エネの導入加速、洋上風力の開発目標を引き上げ
  - 洋上風力の2030年目標： 40GW⇒50GW
- 原子力開発の促進
- 信頼性の高い唯一の低炭素電源として、十分な電力量を確保
  - 原子力設備容量を2050年までに、2,400万kWに(現在760万kW)
  - 発電比率を現在の16%から25%に
  - 今後、10年程度で3プロジェクト(最大8基の新設)の成立を目指す
  - 1.2億ポンド(約195億円)の原子力基金を設置し、特別目的会社GBNVを設立

## 2-3 原子力分野での脱ロシアの動き

### 1. 米国

- 米国は、原子力燃料供給において、ロシアに大きく依存
- 必要とするウランの14%をロシアが供給（CIS\*からは49%）
- 濃縮では、必要役務量の28%をロシアに依存
- （後述の）小型モジュール炉開発で必要とされる、通常燃料よりも濃縮度の高いウラン(HALEU)の濃縮は、ロシアしか商業的に生産できない
- このため、一部プロジェクトに遅れが生じ、国内濃縮に向けて、政府、エネルギー省で対策を講じている（インフレ抑制法の7億ドルの支援等）

#### 米国原子力におけるロシア依存（2021年）

		単位	米国 合計	ロシア依存度 (CIS含)	
燃料	ウラン (U308)	1000 ポンド	46,736	6,314	14%
				(22,871)	(49%)
	濃縮	tSWU	14,217	3,953	28%

\* CIS: 独立国家共同体  
旧ソ連邦構成国による  
国家連合体。カザフスタン  
など9カ国が加盟

出所：EIA(2022)

## 2-3 原子力分野での脱ロシアの動き

### 2. 欧州

- 欧州は、原子炉分野においてもロシアに大きく依存
- EU27カ国中、ロシア型の原子炉が占める割合は、基数で約17%
- ロシアからのウランの輸入比率は約20% (CISでは44%)
- 転換において約25%、濃縮では約31%をロシアが占める
- このため、EU各国は、当面は禁輸措置を取らないまま、ロシアからの依存脱却を図っていくこととしている

欧州（EU）原子力におけるロシア依存（2021年）

Ex.

- 英国の転換、フランスの濃縮、製造能力アップへ
- 東欧のロシア型燃料の成型加工、西側メーカ(WH等)へ切替

		単位	EU内合計	ロシア依存度 (CIS含)	
原子炉		基	103	18	17%
		万kW	10,490	1,133	11%
燃料	ウラン	t U	11,975	2,358	20%
				(5,273)	(44%)
	転換	t U	12,137	3,039	25%
	濃縮	tSWU	10,290	3,190	31%

出所：ESA(2022)、原産協会(2022)

## 3. 今後の展望

### 3-1 エネルギー情勢

- (1) エネルギー危機(S+3E)
- (2) IEA WEO2022

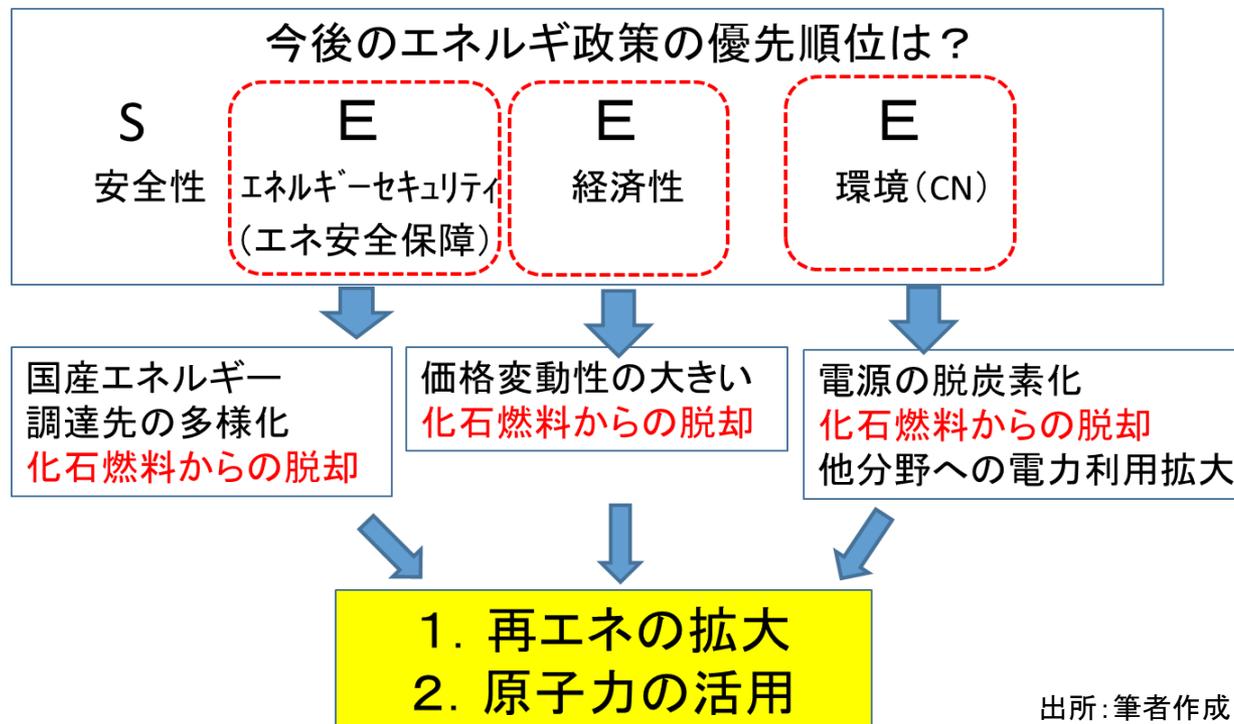
### 3-2 原子力分野の情勢

- (1) 原子力への回帰
- (2) 既設炉の活用
- (3) 新規建設に向けて(大型炉)
- (4) 新規建設に向けて(小型炉)

# 3-1 (1) エネルギー危機(S+3E)

IEA: 「ロシアにより空前の世界的エネルギー危機に」

- 世界のエネルギー貿易の大動脈の1つが断裂
- ガス価格は、かつてない水準に達し、石炭価格も過去最高を更新
- 各国政府は、代替燃料確保、ガス(貯蔵)確保、原子炉運転延長、再エネ開発加速など



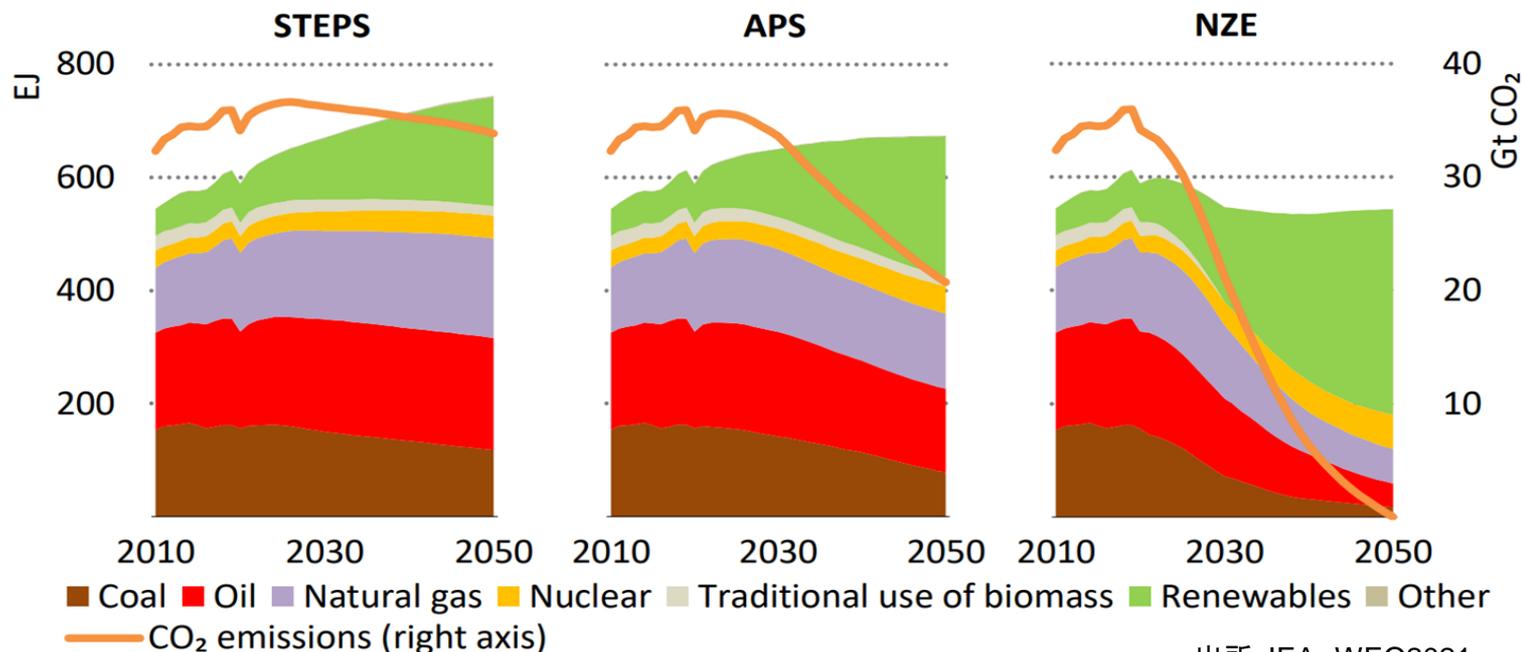
出所:筆者作成

# 3-1 (2) WEOの3つのシナリオ

- IEAはWorld Energy Outlook (WEO)において3つのシナリオを提示(予測ではなく規範的なものとして)

	STEPS	APS	NZE	
	Stated Policies Scenario	Announced Pledges Scenario	Net Zero Emissions by 2050 Scenario	
	各国が表明済みの具体的政策を反映したシナリオ	各国が宣言した野心的政策を反映したシナリオ	2050年世界ネットゼロを達成するためのシナリオ	
2100年 気温上昇	+2.6°C	+2.1°C	+1.5°C	WEO2021
	+2.5°C	+1.7°C	+1.5°C	WEO2022

出所: IEA WEO2021、22より筆者作成



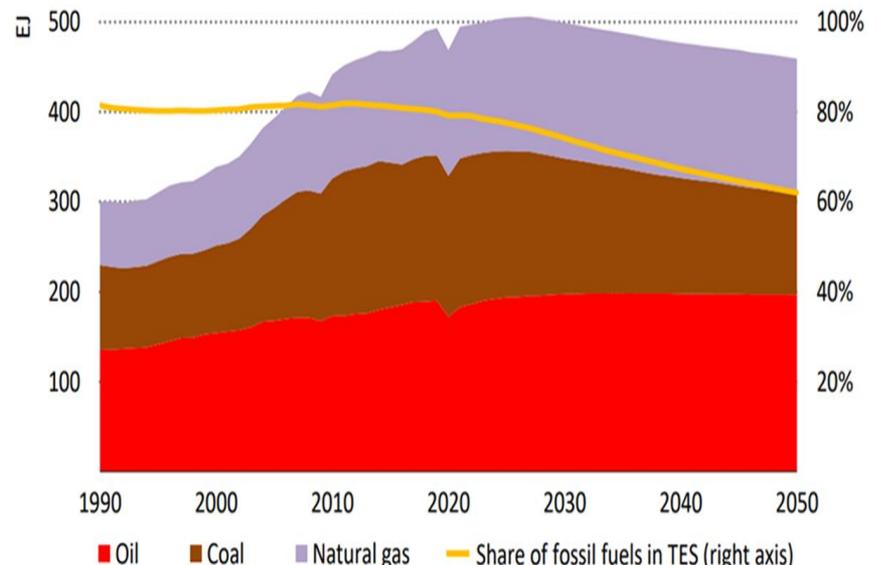
出所: IEA WEO2021

# 3-1 (2) WEO2022の今後の展望

1. 危機への政策対応がクリーンエネルギーへの転換を加速
  - 多くの国は、短期的な対策に加えて長期的な対策を講じている
  - 米国のインフレ抑制法、中国の新たな目標、欧州のREPowerEU、日本のGX\*政策、インド、インドネシア、・・・ \*グリーン・トランスフォーメーション
  - 再エネは、原子力にも支えられながら持続的に成長
  - 北米、中東、アフリカからのLNGの大規模供給は、2020年代半ばから
  - 一方、中国の輸入需要が高まれば、調達可能なLNG船の争奪戦

2. 化石燃料のピークが視野に
  - 化石燃料需要は、数十年にわたり80%前後だった。
  - これが2020年代半ばから2050年にかけて着実に減少し、60%強まで低下(STEPS)
  - エネルギー増加傾向の逆転は、エネルギー史上の極めて重要な出来事

出所: IEA WEO2022



## 3-1 (2) WEO2022の今後の展望

3. クリーン電力に牽引され、変革スピードが加速
  - クリーン電力と電化への投資、および送電網の拡張と近代化は、排出量削減と同時に、電力コストを引き下げる
  - 太陽光発電、風力発電、電気自動車、蓄電池、水電解装置などが普及
4. 国際貿易の再編でロシアは敗北
  - ロシアと欧州間のエネルギー取引の断絶は、固定化しそう
  - ロシアの化石燃料生産量と世界への供給量は減少の見込み(欧州の代替市場は見いだせない)
  - 石油・ガス国際的取引のロシアのシェアは2030年までに半減(STEPS)
5. 2010年代は「ガスの黄金時代」だったか？
  - ロシア危機の影響の一つとして、ガス急拡大時代の終焉
  - 米国、欧州は、強力な気候政策により、ガスから構造転換を加速
  - 価格低下によりLNGがガス全体の安全保障にとって重要な存在に
  - 南アジアや東南アジアなど開発途上国における天然ガスの勢いが鈍化

...

## 3-1 (2) 電力分野の見通し(発電電力量)

- 電力シェア(2030年)は、現在の20%から、APSで24%へ、NZEで28%と続伸
- 全シナリオで再エネ(2030年)は、大きく伸びる。シェアで28%から49%(APS)へ
- 全シナリオで石炭、天然ガスは減少、原子力(2030年、50年)は増加
- **昨年シナリオに比べ、再エネと原子力は上方修正、天然ガスは下方修正**

WEO2022の主要シナリオの概要(発電電力量)

	単位	2021年 (現在)	STEPS		APS		NZE	
			2030	2050	2030	2050	2030	2050
一次エネ供給	EJ	624	673	740	636	629	524	532
最終エネ消費 電力シェア	%	20	22	28	24	39	28	52
CO2排出量	億t	366	362	320	315	124	228	0
発電電力量	兆kWh	28	35	50	36	61	38	73
石炭*		10	9	6	8	3	5	1
石油		1	0	0	0	0	0	0
天然ガス*		7	7	7	6	4	5	1
原子力		3	3	4	4	5	4	6
再エネ		8	15	32	18	49	23	65
水素、アンモニア	0	0	0	0	1	1	1	

## 3-1 (2) 電力分野の見通し(設備容量)

- 電源設備容量(2030年)は、現在の8.2TWから、APSで13TWへと続伸
- 太陽光(2030年)は、現在の0.9TWから3.5TW(APS)と3倍以上に増加
- 昨年シナリオに比べ、再エネと原子力は上方修正、天然ガスは下方修正

GW (100万kW)	(現在)	STEPS		APS		NZE	
	2021	2030	2050	2030	2050	2030	2050
発電設備合計	8,185	11,954	19,792	12,932	26,541	15,306	33,878
再エネ	3,278	6,707	13,653	7,744	20,290	10,349	27,304
太陽光	892	3,020	7,464	3,498	11,065	5,052	15,468
風力	832	1,830	3,564	2,251	5,727	3,072	7,795
水力	1,358	1,563	2,027	1,609	2,325	1,782	2,685
その他	196	294	598	386	1,173	443	1,356
原子力	413	471	590	487	716	535	871
水素、アンモニア	0	3	13	30	228	189	573
石炭	2,184	2,129	1,583	1,988	942	1,452	184
(CCUS付き)		1	13	6	207	44	201
天然ガス*	1,850	2,074	2,422	1,949	1,623	1,724	711
(CCUS付き)			20	14	151	18	134
石油	427	292	192	286	164	213	38
蓄電池	27	270	1,296	302	1,613	778	3,860

## 3-2 (1) 原子力への回帰

- 世界の主要国は原子力を推進
- 脱原子力国は、ドイツ、スイス、イタリア、スペイン
- 韓国は、6年前に脱原子力へ転じたが、2022年再び推進に
- 脱原子力国、未導入国において、原子力を再検討する動き

○： 現在利用中、将来利用予定  
 △： 将来未定  
 ×： 現在利用無し、将来利用無し

GDP 順位	国	GDP (2021) 兆米ドル	原子力の状況	
			現在	将来
1位	アメリカ	22.7	○	○
2位	中国	16.6	○	○
3位	日本	5.4	○	○
4位	ドイツ	4.3	○	×
5位	英国	3.1	○	○
6位	インド	3	○	○
7位	フランス	2.9	○	○
8位	イタリア	2.1	×	×
9位	カナダ	1.9	○	○
10位	韓国	1.8	○	×→○
11位	ロシア	1.7	○	○
12位	オーストラリア	1.6	×	△
13位	ブラジル	1.5	○	○
14位	スペイン	1.5	○	×
15位	メキシコ	1.2	○	△
16位	インドネシア	1.2	×	○
17位	オランダ	1	○	○
18位	スイス	0.8	○	×
19位	サウジアラビア	0.8	×	○
20位	トルコ	0.8	×	○

## 3-2 (1) IEAの原子力への期待

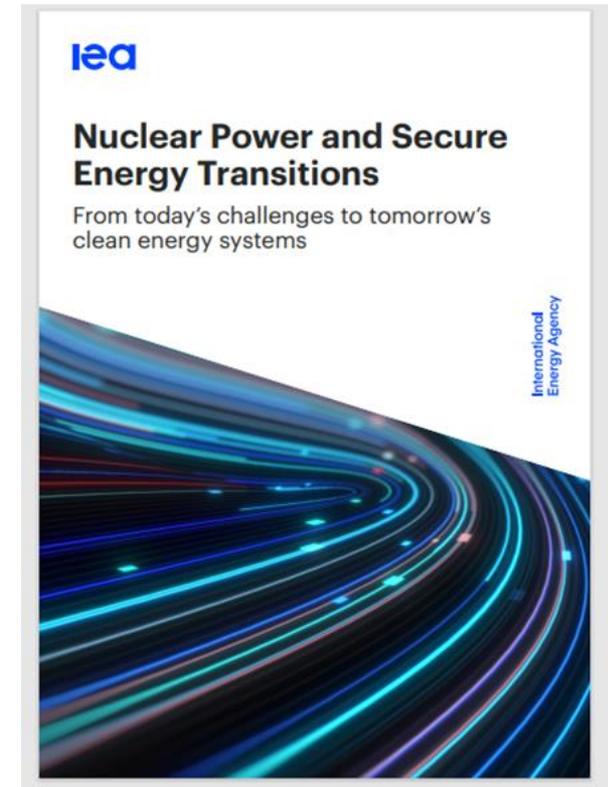
### 1. IEA特別報告書「原子力と確実なエネルギー移行＊」（2022年6月）

\* Nuclear Power and Secure Energy Transition

- 「エネルギー危機に対処し、再エネ主体のエネルギーシステムへ確実に移行するのに、原子力が重要な役割を果たす」

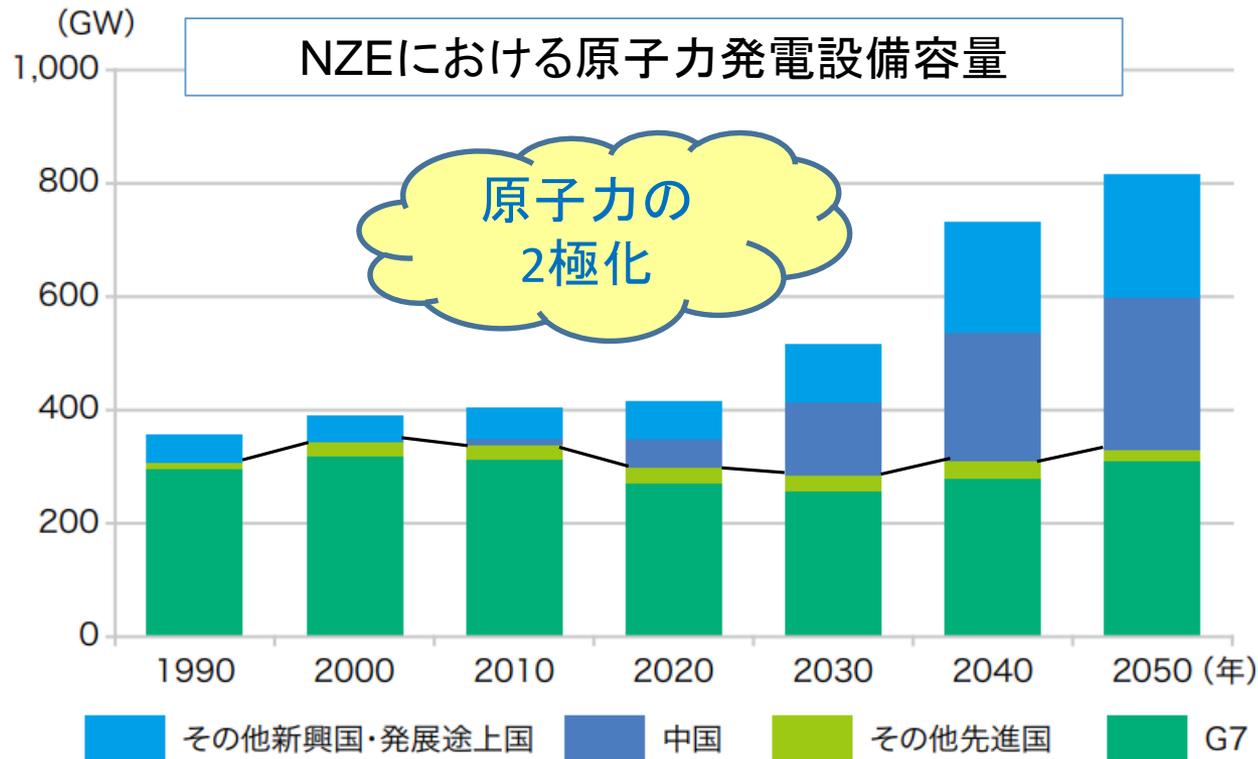
### 2. 主な内容

- 原子力(電力量比率10%)は、水力(同16%)に次ぐ低炭素電源
- 拡大する風力・太陽光は需給調整能力を持つ電源による補完が必要
- 原子力復活へのIEA提言
  - 既存炉の運転延長
  - 電力市場の再設計
  - 新設炉への資金調達支援
  - 効率・効果的な安全規制
  - 放射性廃棄物処分
  - 小型モジュール炉(SMR)の開発と展開
  - 工期・予算管理強化策



## 3-2 (1) IEAの原子力への期待

- NZEの2050年での原子力発電設備容量は、2020年の約2倍に増加
- 先進国の設備容量は、廃炉に新設が追いつかず5%縮小
- 一方、中国は2030年までに米国、EUを追い抜き2050年には、世界の3分の1の設備容量を占める



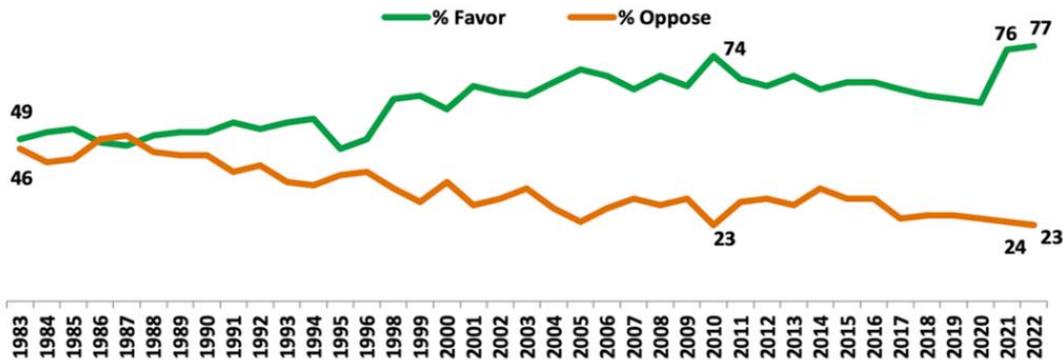
## 3-2 (1) 原子力への支持向上

- ウクライナ侵攻(2022年2月)後の各国で実施された世論調査において、いずれの国も原子力支持が上昇

		調査会社	実施年月	主な結果 (前回の値)
推進国	米国	ピスコンティ	2022年5月	原子力支持77% (過去最高)、不支持23%
	カナダ	アングス・リット研究所	2022年11月	原子力拡大支持57% (51%)、開発反対30%
	フィンランド	Kantar Public	2022年4月	原子力支持60% (強く34%、少し26%)、不支持11%
	スウェーデン	Novus	2022年3月	継続利用&新設56% (52%)、継続利用28%
	チェコ	IBRS	2022年4月	原子力支持65% (59%)
	ブルガリア	トレンド社	2023年2月	原子力開発を支持66%、不支持10%
	日本	早稲田大	2022年8月	運転再再開58%、反対39% (初めて賛否逆転)
脱原子力国	ドイツ	KAS	2022年11月	利用拡大28%、現状維持15%、削減26%、廃止29%
	ベルギー	ベルギー原子力フォーラム	2022年3月	運転継続66%、予定通り閉鎖16%、即時閉鎖9% (15%)
	スイス	Demoscope	2022年7月	原子力継続52% (44%)、反対37% (43%)
開発国	ポーランド	CBOS	2022年11月	建設支持75% (過去最高)、反対13%
	オーストラリア	IPA (Dynata)	2022年4月	建設賛成53%、反対23%

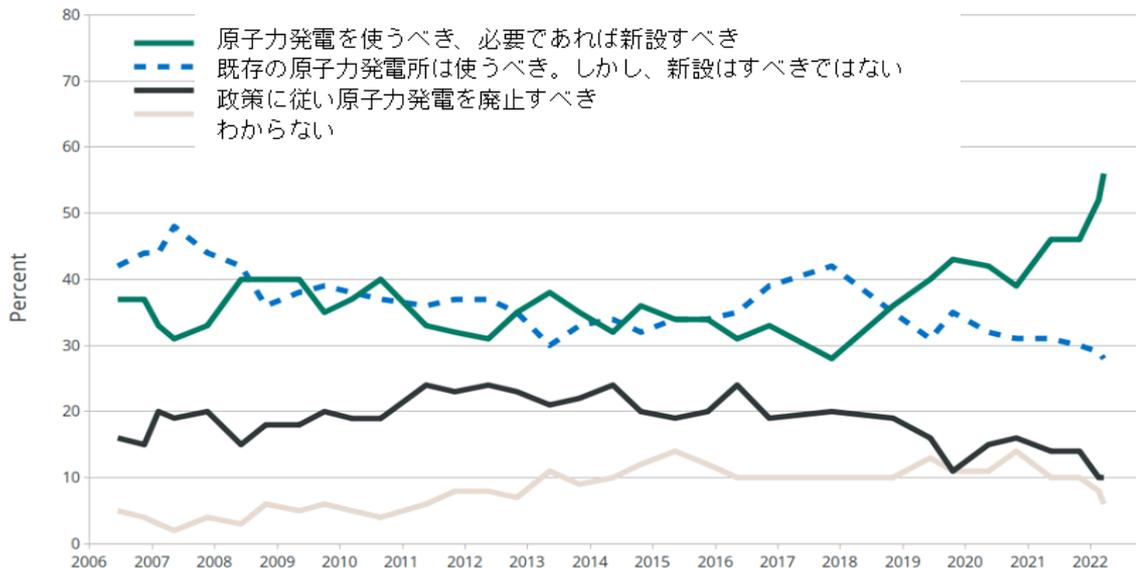
## 3-2 (1) 原子力への支持向上

- 気候変動、エネルギー価格、エネルギー安全保障への期待の高まりによる



### 1. 米国

- 2022年5月実施
- ANS(Bisconti社)
- 「支持」が77%に増加 (過去最高)

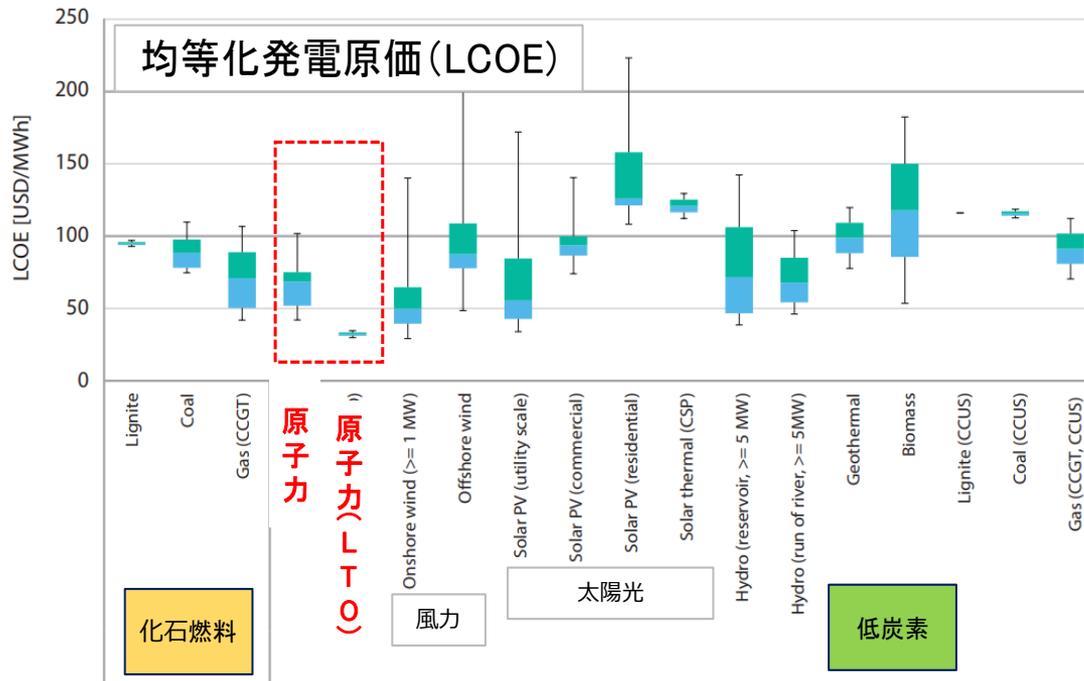


### 2. スウェーデン

- 2022年4月実施
- Analysgruppen
- 「新設」に56%
- 「新設」+「維持」に84% (過去最高)

## 3-2 (2) 既設炉の活用

- IEAは、既設原子力発電所の長期運転を推奨
- 運転期間延長による発電コスト(LCOE\*)は、脱炭素電源の中で最も安い  
\* LCOE: Levelised Cost Of Electricity
- 米国では現在、80年運転に向けて許認可が進む
- 日本でも、再稼働の後、最も重要な目標となる



出所: IEA-NEA(2020)

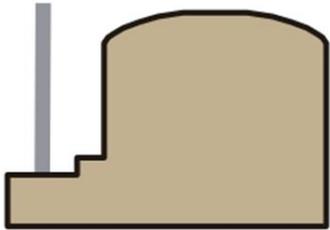
LTO: Long Term Operation

米国の運転期間延長(2022年8月現在)

運転期間 更新なし (40年)	運転期間の更新			
	1回延長 (60年)	2回延長(80年)		
		申請予定	審査中	認可済
8基				
65基				
5基				
9基				
6基				
		出所: NRC (2022)		36

# 参考：日本の課題

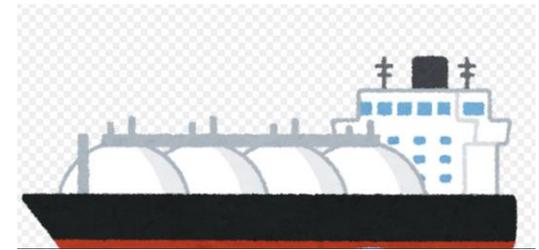
## <原子炉1基、再稼働の価値は？>



原子力発電所  
1基稼働

原子炉1基の稼働で、年間

- 100万tのLNGを節約  
(LNG船10隻以上)
- 約1,500億円に相当

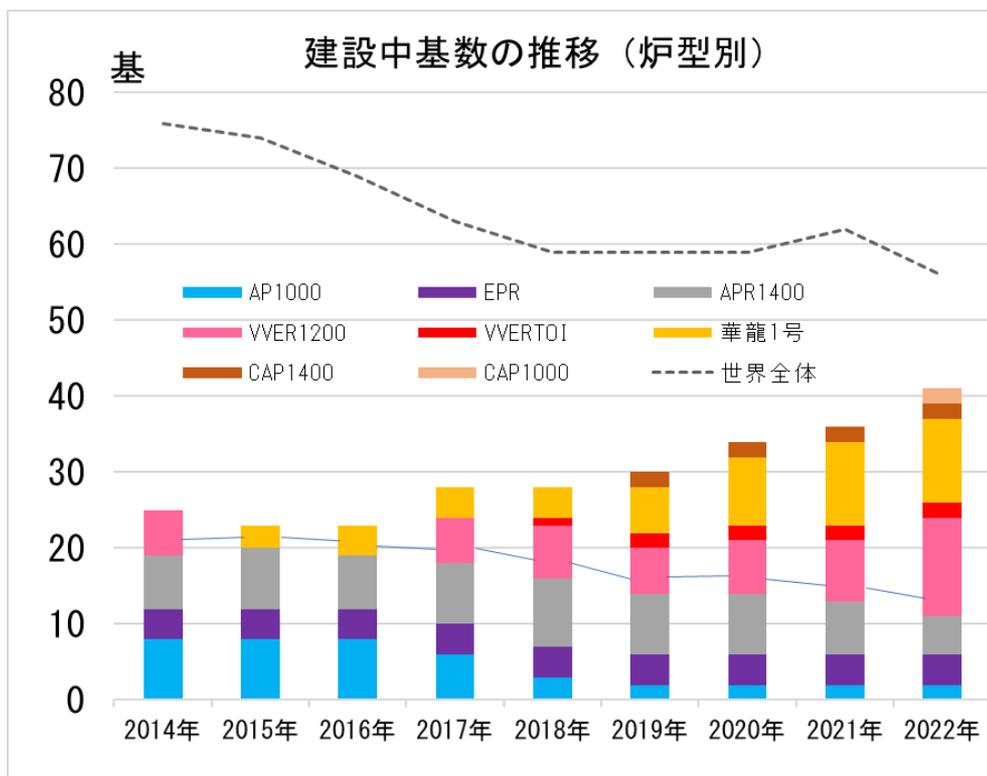


LNG船  
10隻以上

- 日本の原子炉1基(100万kW)の年間発電電力量： 60億kWh
- これをガス火力で発電すると・・・  
60億kWh/0.5(熱効率)=120億kWh(熱量)のガスが必要
- これをガスの重さ(t)に換算(1Mtoe=100万t=116億kWh)すると  
120億kWh/116億kWh≒100万トン
- 同量を国外から輸入すると、LNG単価(30ドル/MBtu)として換算(1Mtoe=3,970万MBtu)すると・・・  
1Mtoe×3970万MBtu/Mtoe×30ドル/MBtu=11.9億ドル≒1,500億円

## 3-2 (3) 新規建設に向けて(大型炉)

- 世界の建設中原子炉(約60基)の3分2以上が、大型の第3世代炉
- この分野で、ロシア、中国が躍進。両国で世界の4分の3を占める



代表的な第3世代炉

供給国	炉型名	メーカー	出力	初号機 運開年
			万kW	
米国	AP1000	WH	110	2018
フランス	EPR	アラマトム	160	2018
	EPR2		~170	-
韓国	APR1400	KHNP	140	2016
ロシア	VVER1200	ロスアトム	120	2017
	VVER-TOI		126	0
中国	華龍1号	CGN/CNNC	116	2021
	CAP1000	SPIC	125	-
	CAP1400		153	-

出所：原産協会（2022）等より筆者作成、

## 3-2 (3) 新規建設に向けて(大型炉)

- 世界の建設・計画中原子炉の基数において、ロシア、中国は西側を大きくリード（建設、計画とも3/4を占める）
- 海外への輸出状況では、ロシアが圧倒的に世界一（輸出・建設中基数18基のうち、ロシアは13基に関与）

世界の大型第3世代炉建設状況(2022年末現在)

供給国	炉型名	運転	開発基数		導入国(赤字は輸出)		
			建設	計画	運転中	建設中	計画中
米国	AP1000	4	2	5	中4	米2	ウク2、ホー3
フランス	EPR	2	4	2	中2	英2、フィ1、仏1	英2
	EPR2	0	0	6			仏6
韓国	APR1400	5	5	2	韓3、U2	韓3、U2	韓2
ロシア	VVER1200	5	13	8	ロ4、ベラ1	ハン2、ベラ1、トル4、中4、エジ2	ロ2、ハン2、ウズ2、エジ2
	VVER-TOI	0	2	7		ロ2	ロ7
中国	CAP1000	0	2	14		中2	中14
	CAP1400	0	2	0		中2	
	華龍1号	4	11	17	中2、パキ2	中11	中15、パキ1、アル1

## 3-2 (3) 新規建設に向けて(大型炉)

- 英国、フランスは、積極的に大型炉の新設に取り組む
- また、東欧諸国中心に、AP1000など西側大型炉採用の兆し  
\* ウクライナ、ポーランドでそれぞれ2基、3基の導入計画

1. 英国： 政策文書「英国のエネルギー安全保障戦略」(2022年4月)
  - 原子力設備容量を2050年までに、2,400万kWに(現在760万kW)
  - 発電比率を現在の16%から25%に
  - 今後、10年程度で3プロジェクト(最大8基の新設)の成立を目指す
  - 1.2億ポンド(約195億円)の原子力基金を設置し、特別目的会社GBNVを設立
2. フランス： 新エネルギー政策(2022年2月)
  - 「減原子力政策」⇒「原子力回帰」を鮮明に
  - 2050年までに最大2,500万kWの原子炉導入の可能性
  - 大型炉として、6基のEPR2を新設(2028年着工、2035年運開)し、さらに8基の新設も検討
  - 軽水炉型と革新炉型のSMRに、それぞれ5億ユーロを投資
  - すべての既存炉を運転延長し、50年超運転を検討指示

## 3-2 (4) 新規建設に向けて(小型炉)

- 小型モジュール(SMR)とは、「電気出力が概ね30万kW以下の小型で、パッケージ(モジュール)で製造される革新炉」
- 多くの特長をもち、米国、英国、カナダ等の原子力先進国で積極的に開発されつつある

SMR <定義>	大型 >30万kW	小型 <30万kW
軽水炉	新型 軽水炉	小型 モジュール炉 (SMR)
第4世代 炉等		

### SMRの特長

- ① 統合化された設計
- ② 固有の安全性
- ③ 炉心インベントリの縮小
- ④ ファイナンスリスクの低減
- ⑤ 系統への柔軟性付与
- ⑥ 多様な用途



### SMRへの期待

- ① エネルギーシステムの脱炭素化
- ② 変動型再エネ(VRE)の出力補完
- ③ 新しい分野や地域への活用

## 3-2 (4) 代表的なSMR(2022年現在)

\*ニュースケールは2021年12月、名称を変更

- ほとんどのSMRはまだ開発中
- 燃料濃縮度は5%以上のHALEUが多い

凡例	
●	運転中
◎	建設中
○	許認可段階
△	基本設計中
×	概念設計中
M性	モジュールとして
○	連結が可能 (電気出力は1Mあたり)
HALEU 濃縮度5~20%	

LWR: 軽水炉、MSR: 溶融塩炉

HTGR: 高温ガス炉

FR: 高速炉、MiMR: マイクロ炉

LWRS: 海上軽水炉

国名	原子炉名	炉型	電気出力 (万kW)	M性	燃料	設計者	開発段階
米国	VOYGR	LWR	7.7	○	< 5%	ニュースケール	○
	SMR-160	LWR	16			ホルテック	○
	BWRX-300	LWR	30			GE日立	○
	Xe-100	HTGR	8	○	HALEU	Xエナジー	○
	Hermes	MSR	3.5			ケイロス・パワー	○
	Natrium	FR	34.5			テラパワー、 GE日立	○
	eVinci	MiMR	~0.5			ウエスチングハウス	○
	Aurora	MiMR	0.15			オクロ	○
	MMR	MiMR	0.5~1			USNC	○
英国	UK-SMR	LWR	47		< 5%	ロールス・ロイス	○
	SSR-W	MSR	30		Pu	モルテックス	×
	U-Battery	MiMR	0.4		HALEU	Urenco	△
フランス	NUWARD	LWR	17	○	< 5%	EDF、CEA	×
カナダ	ARC-100	FR	10		HALEU	ARC	×
	IMSR	MSR	19	○	< 5%	テレストリアル・エネ ジー	○
ロシア	KLT-40S	LWRS	3.5	○	HALEU	ロスアトム	●
	RITM-200M	LWRS	5.3	○	HALEU	ロスアトム	◎
中国	ACP100	LWR	12.5		< 5%	CNNC	◎
	ACPR50S	LWRS	6			CGN	◎
	HTR-PM	HTGR	21	○	HALEU	清華大	◎

出所: OECD/NEA等を基にJEPIC作成



# 参考：日本の原子力政策

## (1) GX \* 実現に向けた基本方針(2023年2月、閣議決定)

\* GX: グリーントランスフォーメーション

- 2030年の原子力比率 20~22%の達成に向けて
- 国が前面に立って、安全性を最優先として
  - ①安全審査合格・地元理解を得た原子炉の再稼働
  - ②既存発電所の活用(運転期間の延長)
  - ③次世代革新炉の開発・建設(廃炉サイトでの建て替え)
  - ④ …(核燃料サイクル、廃炉、最終処分) …
- このため、原子力基本法、電事法、炉規法等を改正

### <次世代革新炉>

a. 革新軽水炉

\* 2030年代運転開始

b. 小型軽水炉(SMR)

c. FR、HTGR

d. 核融合炉



### 日本：次世代革新炉

革新炉 <定義>	大型	小型
	>30万kW	<30万kW
軽水炉	革新 軽水炉	小型軽水炉 (SMR)
第4世代 炉等	HTGR、FR、核融合炉	

出所：JEPIC作成

## 4. まとめ

- ロシアは化石燃料資源を豊富に保有し、原子力分野も含めて、世界有数のエネルギー強国。
- このため、2022年2月からのロシアによるウクライナ侵攻は、世界のエネルギー情勢に大きな影響。
- ロシアに化石燃料資源を依存する欧州等はこの脱却に向け、取り組みを開始。
- また原子力分野においても、影響の恐れがあり、関係国は同様に脱却に向けた取り組みを開始。
- エネルギー危機により、世界各国はエネルギー安全保障の優先度を上げ、政策的に対応を促進。
- IEAは、この変化は気候変動対策上も良い効果を生むと予測し、原子力発電に、再エネを支える将来の重要な電源として期待。
- 日本は、原子炉再稼働、運転期間延長を確実に果たし、新規建設に向かうことが重要。

終わり

ありがとうございました！