

非政府有志による エネルギー基本計画 エネルギードミナンスの探求

第6版

2025年9月6日

杉山大志^a、野村浩二^a、岡芳明^b、岡野邦彦^b、加藤康子^b、
巽直樹^b、田中博^b、戸田直樹^b、中澤治久^b、南部鶴彦^b、
平井宏治^b、松田智^b、薬師院仁志^b、山本隆三^b、
小島正美^c、澤田哲生^c、室中善博^c、山口雅之^c、渡辺正^c

a: 本計画の全体を共同で編著。b: 本計画の一部を執筆。c: 本計画を読み主旨に賛同。

※見解はすべて著者個人のものであり如何なる組織を代表するものではありません。
ご意見はぜひ 7ene@proton.me までお寄せください。改訂版は <https://www.7ene.jp/> にて
公表されます。

目次

目次.....	2
図目次.....	6
略語.....	8
平易な要約.....	9
I. 現状の認識.....	9
II. 政策提言.....	10
専門的な要約.....	12
本文.....	18
I. 現状の認識.....	18
I.1. 顕在化する脱炭素政策の弊害.....	18
I.1.1. ドイツ脱炭素政策の弊害の顕在化.....	18
I.1.2. 日本でも進行する産業空洞化.....	21
I.1.3. エネルギー多消費産業の競争力.....	23
I.1.4. 電力需要の構造変化.....	25
I.2. 人為的温暖化論の社会学.....	27
I.2.1. 正義の危うさ.....	27
I.2.2. 政治の危険性.....	30
I.2.3. 科学的権威の非絶対性.....	32
I.3. 世界的に後退する脱炭素政策.....	37
I.3.1. 世界のエネルギー政策の情勢変化.....	37
I.3.2. 脱炭素は世界の潮流ではない.....	39
I.3.3. 世界は低炭素へ回帰.....	40
II. 政策提言.....	43
II.1. エネルギーコストの低減.....	43
II.1.1. 高止まりするエネルギーコスト.....	43
II.1.2. エネルギー内外価格差の拡大.....	44
II.1.3. GXによるエネルギーコスト増.....	46
II.1.4. エネルギードミナンス達成時の電気料金目標.....	50
II.1.5. 安価な電気料金による電化の進行.....	53
II.1.6. 安価な天然ガスの拡大と石炭利用の堅持.....	55
II.1.7. エネルギー課税を廃止する.....	55
II.2. 原子力の最大限の活用.....	57
II.2.1. 原発稼働による電力価格高騰の抑制.....	58
II.2.2. 安全規制に原子力のリスク・ベネフィットの考え方が必要.....	59
II.2.3. 低線量の放射線は恐ろしいと考えると危険である.....	62

II.2.4.	科学的安全性と心理的安全性は論理的に別物	63
II.2.5.	緊急時科学的助言グループが経験の継承を	65
II.2.6.	再稼働、運転期間延長、更新投資と新設が必要	66
II.2.7.	放射性廃棄物処理処分は循環型社会の義務	70
II.2.8.	ウラン資源は他の金属資源同様に持続可能	71
II.2.9.	原子力研究開発に過去の教訓を生かすべき	72
II.2.10.	研究開発機関の役割は知識基盤	74
II.2.11.	省庁のアカウンタビリティを問う仕組みを	74
II.2.12.	小型モジュール炉 (SMR)	76
II.2.13.	原子力利用推進のための国際協力	76
II.3.	化石燃料の安定調達と利用インフラの充実	77
II.3.1.	日本の化石燃料の海外依存	77
II.3.2.	CO2 政策による安定調達の毀損	78
II.3.3.	火力発電インフラの充実	80
II.4.	太陽光発電の大量導入の停止	81
II.4.1.	ジェノサイドへの加担	81
II.4.2.	避けられない二重投資	83
II.4.3.	「再エネ最優先」が電力不足の元凶	85
II.4.4.	太陽光発電推進による巨大な国民負担	87
II.4.5.	送電線、揚水発電、蓄電池による対応の限界と費用	88
II.4.6.	水害時に感電事故で二次災害に	89
II.4.7.	エネルギー安全保障上の価値は小さい	90
II.4.8.	太陽光発電による大きな環境負荷	91
II.4.9.	太陽光発電所がテロの拠点となる	92
II.5.	内燃機関で自動車産業を振興する	93
II.5.1.	EV への支援と普及の実態	93
II.5.2.	消費者は内燃機関を求めている	95
II.5.3.	消費者は日本車に満足している	96
II.5.4.	拙速な EV 振興策が日本の基幹産業を減ぼす	97
II.5.5.	EV 推進を見直し始めた各国の政治	99
II.5.6.	EV は環境に優しいのか	104
II.5.7.	生産調整局面に入った EV	105
II.5.8.	自動車における全方位の CO2 削減技術	107
II.5.9.	中小企業と地方経済を振興する	107
II.6.	再エネなどの性急な拡大の抑制と技術開発戦略	109
II.6.1.	代替技術開発の理論	109

II.6.2.	安価な技術でなければ問題解決に寄与しない	111
II.6.3.	技術開発事業にはキル・メトリクスを設けよ	113
II.6.4.	挫折の憂き目に遭うグリーン水素構想	116
II.6.5.	水素関連技術が本質的に困難な理由	118
II.6.6.	核融合は原型炉への 2 兆円の投資の時機にある	123
II.6.7.	重要鉱物のサプライチェーンの再構築	125
II.6.8.	ウイグル人権問題に関する経済安全保障	128
II.6.9.	グリーン経済安全保障	132
II.6.10.	洋上風力発電が日本を貧しくする	134
II.7.	過剰な省エネ規制の廃止	139
II.7.1.	現実と乖離する省エネ目標	139
II.7.2.	省エネ規制の緩和	142
II.8.	電気事業制度を垂直統合型に戻す	144
II.8.1.	震災前の電力システム改革	144
II.8.2.	震災後の電力システム改革	146
II.8.3.	垂直統合の物理的起源	149
II.8.4.	地域独占の物理的起源	151
II.8.5.	垂直分離が招く過小投資	152
II.8.6.	電力ユーザによる与信	153
II.8.7.	垂直統合、内部相互補助、総括原価の合理	154
II.9.	エネルギー備蓄およびインフラ防衛の強化	156
II.9.1.	攻撃されるエネルギーインフラ	156
II.9.2.	戦争抑止のための継戦能力の確保	157
II.9.3.	化石燃料と原子燃料の備蓄の強化	158
II.9.4.	原子力以外のエネルギーインフラの防衛強化	159
II.9.5.	食料継戦能力の向上	160
II.9.6.	台湾有事リスクを抑止するエネルギー政策	162
II.10.	CO2 排出総量を制約としない	164
II.10.1.	エネ基の CO2 目標とパリ協定の NDC の関係性	165
II.10.2.	気候変動リスクをどう理解するか	167
II.10.3.	台風は頻発化・激甚化しているか	168
II.10.4.	食料生産は増えており気候危機の兆しはない	172
II.10.5.	自然災害は軽減されており気候危機の兆しはない	174
II.10.6.	気候モデルは過去を再現できない	175
II.10.7.	地球温暖化予測におけるチューニングの実態	177
II.10.8.	大気科学的には地球温暖化の暴走など起きない	181

II.10.9.	地球温暖化の半分は自然変動か	182
II.10.10.	太陽強度が一定とは仮説に過ぎない	184
II.10.11.	気候科学は抑圧され誤った政策を正当化している	186
II.10.12.	2050 年脱炭素で気温低下は 0.006℃に過ぎない	187
II.10.13.	日本企業のグリーン輸出への支援	189
II.11.	エネルギードミナンス協定の構築	193
II.11.1.	破綻必至のパリ協定	193
II.11.2.	COP28 の本質は南北の分断	194
II.11.3.	パリ協定の変容の経緯	195
II.11.4.	パリ協定離脱のシナリオ	196
II.11.5.	日米主導のエネルギードミナンス協定	197
II.11.6.	地球温暖化問題へのソリューション	200
参考文献		203
編著者略歴および執筆分担		217

図目次

図 1 : ドイツのエネルギー多消費製造業の生産減退	19
図 2 : 脱炭素政策の加速後に経済成長の下方修正が続くドイツ経済	20
図 3 : 2030 年度目標および 2050 年カーボンニュートラルの進捗状況	21
図 4 : 産業部門における近年の CO2 排出量の変化要因	22
図 5 : パンデミックから回復する米国経済と停滞する日独経済	22
図 6 : 生産性格差として優位にある日本の素材産業	24
図 7 : 電力需要見通しの予測と実現値からみる構造変化	25
図 8 : 戦後日本経済における間接的な電力輸入比率	26
図 9 : 原子力ポスターコンクールの受賞作品	31
図 10 : 日本経済のエネルギーコスト負担増	43
図 11 : コロナ後に拡大したエネルギーの内外価格差	44
図 12 : 主要工業国におけるエネルギーと電力の実質的な価格差	45
図 13 : GX を実現する官・民による政府想定投資イメージ	47
図 14 : 2030 年の電源別発電コスト試算	51
図 15 : 産業用および家庭用電気料金平均単価の推移	52
図 16 : 北海道の新築住宅におけるオール電化採用率と電気料金	53
図 17 : 原子力比率と家庭用電気料金	54
図 18 : 主要国の一次エネルギーの輸入依存度	58
図 19 : 日本の電力会社の電気料金	59
図 20 : 避難指示市町村の最初の 1 年間の線量	61
図 21 : 発電方式別の死亡率	63
図 22 : リスク認知因子と各種リスクの認識分布	64
図 23 : 米国の電力生産コストの変遷	67
図 24 : 米国の発電設備容量と発電電力量の変遷	68
図 25 : 地殻のウラン分布	72
図 26 : 日本の一次エネルギー供給の推移	77
図 27 : 日本の化石燃料輸入先	78
図 28 : 中東から石油が天然ガスを運ぶシーレーン	78
図 29 : 日本・中国・韓国の事業者が長期契約で確保済の LNG 量	79
図 30 : 価格高騰期における天然ガス・LNG 価格	79
図 31 : 太陽光発電は二重投資となる	84
図 32 : 電力の需要と供給のバランス	86
図 33 : 太陽光パネル水没時における二次災害	90
図 34 : 主要国のパワートレイン別新車販売台数	95

図 35：消費者に選ばれるエンジン車.....	96
図 36：自動車関連業種における EV 普及による影響.....	97
図 37：主要製造業の設備投資額.....	98
図 38：自動車の電動化の課題.....	100
図 39：自動車の CO2 削減・電動化実績.....	104
図 40：ガソリン車と電気自動車の LCA 評価.....	105
図 41：減少する TEIR2・TIER3 における設備投資.....	108
図 42：脱炭素技術と発電コスト.....	110
図 43：世界のエネルギー消費量の推移.....	112
図 44：再エネと EV に必要な鉱物投入量.....	126
図 45：鉱物および燃料の総生産量における上位国.....	127
図 46：石油・ガスとクリーンエネルギー技術のサプライチェーン主要国.....	127
図 47：鉱物の主要生産国.....	128
図 48：鉱物の選鉱量の国別シェア.....	128
図 49：「見かけ上の省エネ」の要因分解.....	141
図 50：総需要に応じたメリット・オーダー.....	153
図 51：限界費用逓減産業における価格付け.....	155
図 52：エネルギー種別の日本の備蓄および在庫の水準.....	158
図 53：日本の石油備蓄基地.....	159
図 54：米国フードシステムのエネルギーフロー.....	160
図 55：米中の戦力バランス.....	163
図 56：台風の発生数、日本への接近数・上陸数の経年変化.....	169
図 57：「強い」台風の発生数と全台風に対する割合.....	169
図 58：上陸時の中心気圧が低い台風のランキング.....	170
図 59：世界の主要な作物の収穫量.....	172
図 60：世界全体の極端な気象による死亡数の推移.....	174
図 61：気候に関連する死亡数の推移.....	175
図 62：米国コーンベルトの気温上昇速度.....	176
図 63：地球気候モデルの概念図.....	177
図 64：雲の対流に関する「巻き込み」のパラメーターの効果.....	179
図 65：気候モデルのチューニング.....	180
図 66：傾きを TCRE とする累積 CO2 排出量と気温上昇の比例関係.....	188
図 67：都道府県別の再エネ発電割合.....	190
図 68：日本の電源構成.....	191
図 69：米国の電源構成.....	191
図 70：EU の電源構成.....	192

略語

3E+S	エネルギー安定供給＋経済効率性＋環境＋安全性	IEA	国際エネルギー機関
ALARA	合理的に達成可能な限り低く	IEEJ	日本エネルギー経済研究所
BAT	利用可能な最良の技術	IPCC	気候変動に関する政府間パネル
CCS	二酸化炭素回収・貯留	IPP	独立系発電事業者
CO2	二酸化炭素	IRA	インフレ抑制法
COP	国連気候変動枠組条約締約国会議	ITER	核融合実験炉
COP3	京都会議（1997 年）	JEPX	日本卸電力取引所
COP28	ドバイ会議（2023 年）	LCA	ライフサイクルアセスメント
CPI	消費者物価指数	LCOE	平準化発電コスト
EIA	米国エネルギー情報局	LNG	液化天然ガス
EID	実効輸入依存度	LPG	液化石油ガス
EITE	エネルギー多消費	NDC	国別決定貢献 (CO2 削減目標)
EPI	エネルギー生産性改善	NOAA	米国海洋大気庁
EU	欧州連合	OHCHR	国連人権高等弁務官事務所
EV	電気自動車	OPEC	石油輸出国機構
FCV	燃料電池車	RAB	英国規制資産ベース
FDC	全部配賦費用	RUEC	実質単位エネルギーコスト
FIT	固定価格買取制度	SMR	小型モジュール炉
G7	主要国首脳会議	TCRE	累積炭素排出量に対する過渡的気候応答
GCM	地球気候モデル	TFP	全要素生産性
GDP	国内総生産	UFLPA	ウイグル強制労働防止法
GPT	汎用目的技術	UNFCCC	国連気候変動枠組条約
GX	グリーントランスフォーメーション	UNSCEAR	原子放射線の影響に関する国連科学委員会
IAEA	国際原子力機関		

平易な要約

I. 現状の認識

2024 年 2 月 22 日に初版を世に問うた「非政府有志によるエネルギー基本計画（非政府エネ基）」は、その後の議論とデータ更新を反映しつつ第 4 版（2024 年 6 月 14 日公表）までの改訂を重ね、このたび情報の拡充と更新により第 5 版を公表する運びとなった。分析の骨格と政策提言に何ら変更の必要は認めないが、ここでは第 4 版以降およそ 1 年の間に生じた国内外の変化を概括しておきたい。

まず国内である。政府は 2025 年 2 月 18 日、「第 7 次エネルギー基本計画」および改定「地球温暖化対策計画」を閣議決定し、同時に 2013 年度比で 2035 年度▲60%、2040 年度▲73%という「野心的な」温室効果ガス排出削減目標（いわゆる次期 NDC）を、国連気候変動枠組条約事務局に提出した。さらに 2040 年時点の電源構成について、再生可能エネルギーを 4-5 割とする目安が示された。前回策定の第 6 次エネルギー基本計画（2021 年 10 月）では、いわゆる 3E+S（エネルギー安定供給、経済効率性、環境、そして安全性）のうち、もっぱら CO2 削減（環境の E）に重点が置かれてきた。第 7 次エネルギー基本計画の策定でも審議会などの公式の場においてほとんど意味ある議論がされることなく、脱炭素偏重という第 6 次基本計画以来のエネルギー政策の路線が踏襲された。

対照的に、国際情勢は激変している。2024 年 11 月の米国大統領選挙ではトランプ氏が復帰し、「エネルギードミナンス（優勢）」を掲げて化石燃料開発規制を大幅に緩和、パリ協定からの再離脱を正式に表明した。2025 年 5 月 22 日には米連邦議会下院が可決した大型法案には、再エネの税額控除の廃止前倒しも盛り込まれ、バイデン前政権下で成立したインフレ抑制法（IRA）は事実上廃止になる見通しである。これは、日本で 2023 年 5 月に成立した「GX 推進法」（正式名称「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律」）の廃止にも等しい。

英国では、野党保守党のケミ・ベデーノック党首が「2050 年ネットゼロは幻想であり家計を破壊する」と批判し、達成期限の白紙見直しを宣言した。ドイツでは移民問題と並んで光熱費の高騰に不満を抱く有権者が、脱炭素撤回を掲げる AfD（ドイツのための選択肢）を第 2 党に押し上げ、連邦議会での最大野党に躍進させた。グリーンイデオロギーによる光熱費の高騰による生活苦と産業空洞化への不満が、最も急進的にネットゼロ政策を実施してきた英独の政治地図すら塗り替えつつある。

だが日本では、国際動向には頓着することなく、2025 年 5 月 28 日、「GX 推進法」の改正法が参議院本会議で可決・成立した。カーボンプライシングをその中心とした、「規制・支援一体型」なる GX 実行計画が着々と制度化されつつある。これは日本の経済厚生を大きく損ない、安全保障すら危うくする。

現在、ウクライナ、中東、台湾などを巡り安全保障状況は切迫している。日本経済は長期にわたり抑制を強いられた賃金水準が上昇へと転じたが、それを持続させながら民需を拡大できるか、デフレ脱却を真に成し遂げられるかの岐路に立っている。こうした厳しい現状にありながら、日本政府はこれまで四半世紀以上にわたり推進されてきた低炭素・脱炭素政策の弊害を省みることなく、合理的な根拠も実証的なエビデンスを示すこともないままに、GX という虚構シナリオによって脱炭素政策をさらに強化しようとしている。慣性のついでにしまった行政府は、巨大な船のように方向転換が効かない。

危機感を持つ我々有志は、「非政府有志によるエネルギー基本計画」を提案する。強く豊かな日本を築くために、これからのエネルギー基本計画は安全保障（強さ）と経済成長（豊かさ）を重視しなければならない。本提言が実現する日まで、我々はさらなる改訂を重ね、情報を発信してゆく所存である。

II. 政策提言

「非政府有志によるエネルギー基本計画」（以下、本計画）では、安全保障と経済成長を重視したエネルギー政策として、「エネルギードミナンス（優勢）」を提唱する。エネルギードミナンスとは、米国共和党で用いられてきた概念である。それはすなわち、豊富で、安定し、安価なエネルギーを供給することを指す。それによって、日本が経済発展を遂げ、防衛力を高め、自由、民主といった普遍的価値を守り、発展させることが可能になる。

エネルギードミナンスを確立するために、我々は以下の 11 項目にわたる提言をする。

1. 光熱費を低減する。電気料金は東日本大震災前の水準を数値目標とする。エネルギーへの税や賦課金等は撤廃ないし削減する。
2. 原子力を最大限活用する。全電源に占める比率 50% を長期的な数値目標とする。
3. 化石燃料の安定利用を CO2 規制で阻害しない。
4. 太陽光発電の大量導入を停止する。
5. EV 化により自動車産業振興を妨げない。
6. 再エネなどの化石燃料代替技術は、性急な導入拡大をせず、コスト低減を優先する。
7. 過剰な省エネ規制を廃止する。
8. 電気事業制度を垂直統合型に戻す。
9. エネルギーの備蓄およびインフラ防衛を強化する。
10. CO2 排出総量の目標を置かず、部門別の排出量の割当てをしない。
11. パリ協定を代替するエネルギードミナンス協定を構築する。

現行のエネルギー政策は、極端な CO2 排出削減目標に束縛され、かつイデオロギー的に技術選択が太陽・風力・電気自動車などに偏狭に絞られているゆえに、コストが高くて持続

不可能に陥っている。これに対して本計画は、原子力、天然ガスの安定供給や、エネルギーの効率的な利用や生産性の改善など、現実的な国益を推進するものであり、経済成長を棄損することなく CO2 を削減するという点において、より持続可能で実効的である。

専門的な要約

本計画において重点とする 11 項目の政策提言の概要は以下のとおりである。

1. エネルギーコストを低減する

コロナ禍からの世界的な需要回復やウクライナ戦争により、エネルギーコストはこの数年に大きく増加し、エネルギー価格高騰に対する日本経済の脆弱性は戦後最大レベルまで高まっている。根本的な低コスト化に向けた一貫した政策を構築すべきときにある。脱炭素に伴うエネルギーコスト増は国力を毀損し、安全保障と経済成長を損なう。

エネルギーコスト、とくに電力コストを低減すべく、政府は、東日本大震災前の 2010 年の水準である産業用電気料金 1kWh あたり 14 円、家庭用電気料金同 21 円を数値目標として掲げ、その達成を目指す。

付け焼刃のエネルギー補助金ではなく、以下に述べる原子力の活用、化石燃料の活用、再エネ拡大の抑制、そして税および課徴金などの廃止・減免など、本質的な対策を実施する。

2. 原子力を最大限に活用する

原子力は発電量あたりの人命リスクが最も低い安全な電源であり、エネルギー安全保障に貢献する。原子力発電による安価で安定な電力の供給をすべきである。早期の再稼働、運転期間延長、更新投資、新增設が必要である。安全規制と防災に「リスク・ベネフィット」の考え方が無いことが問題である。目標とすべきは国民のために安価で安定な電力供給であり、原子力についてのみリスクゼロを追い求めるのを止めるべきである。

原子力を利用しないことによるエネルギー安全保障上のリスクおよび経済上の不利益も大きい。化石燃料は輸入依存であるし、再エネは不安定で高価だからである。原子力発電の全電源に占める比率を可能な限り早期に 50%まで引き上げることを目標とし、その達成を図る。

3. 化石燃料の安定利用を CO2 制約で阻害しない

日本のエネルギー供給の柱はいまなお化石燃料である。2022 年度における一次エネルギー供給のうち、石油・石炭・天然ガスは合計で 83.4%を占めた。化石燃料を安定・安価に調達することは、日本のエネルギードミナンス達成のために最も重要な要件である。

第 7 次エネルギー基本計画では、化石燃料供給量の見通しが、CO2 排出削減目標に合わせる形で強引に低く抑制された。このような政策は、長期契約の締結による燃料の調達や、

油田・ガス田・炭鉱などの上流への事業参加と権益の確保、火力発電などの燃料利用インフラへの設備投資において、民間企業にとってのリスク要因となって前向きな意思決定を妨げ、国としての化石燃料の安定利用を妨げている。

こうした愚を避け、石油・石炭・天然ガスのいずれについても安定した利用を実現すべく、政府はあらためて明確にコミットするのみならず、CO₂ に関する政策がその妨げにならないようにする。

4. 太陽光発電の大量導入を停止する

太陽光発電には人権問題、経済性、災害時の安全性などの多くの課題があり、日本が国策として実施してきた大量導入は直ちに停止する。世界の太陽光パネルの 9 割は中国で製造されており、その半分は新疆ウイグル自治区における工程に関係していると言われる。米国などでは、強制労働への関与の疑いがあるとして輸入禁止措置がすでに取り上げられている。

また太陽光発電は間欠的であるという根本的な問題点があり、既存の火力発電設備などに対して二重投資となるために経済性は本質的に悪く、国民経済への大きな負担がすでに発生している。地震や洪水の際には、破損しても発電を続ける特徴があるために、避難、救助などに際して感電による二次災害が発生するおそれがある。中国で製造された太陽光発電は製造時に大量の CO₂ を発生し、またメガソーラーは森林を伐採して設置するためここでも CO₂ が発生する。この両者の量は決して無視できる量ではない。

5. EV 化により自動車産業振興を妨げない

日本の自動車産業は基幹産業であり、部品メーカーは地方経済の要である。自動車 7 社（トヨタ、日産、ホンダ、スズキ、マツダ、スバル、三菱）は世界の新車販売の約 3 分の 1 の 2400 万台超を生産し、トヨタ（含レクサス）は年約 1027 万台（2024 年 4 月–2025 年 3 月）と世界一の販売台数を誇る。自動車産業は、製造業の設備投資の 25.9%、研究開発費の 30.2%を占める日本経済の成長エンジンである。

EV 市場は全体としては伸びているものの、北米市場や欧州では頭打ちになっている。EV は政治により、脱炭素政策による補助金や優遇税制で成長してきたが、政治の変化に伴い、世界市場において急速に減速している。現在、技術的課題も多く、インフラも未整備であることから、普及は進んでいない。世界の消費者は今もなおその 85%が内燃機関車の購入意欲が高い。ロシアのウクライナ戦争、保護主義の台頭、世界経済の減速により、気候変動が関心事項として政策優先順位が低くなる中で、各国はEV 購入補助金をなくしつつある。それに伴い、電気自動車の販売は陰りをみせ、欧米大手自動車メーカーも次々EV の生産調整を始め、内燃機関に回帰しつつある。一方、日本が得意とするハイブリッド車が世界で急速に広がり、大ブームをみせている。

EV 化することは、事実上、自動車の基幹部品である日本製のエンジンを中国製のバッテリーに変えることを意味する。このため日本の EV 振興策は日本の自動車産業への負の影響が強い。自動車メーカーおよび部品メーカーの経営者や従業員の心理に未来への悲観をあたえ、また融資する金融機関の判断に負の影響をあたえている。環境への影響では、生産から廃棄までの LCA という考えにおいては EV の環境への負荷は大きいことが見過ごされている。EV は一つのオプションにすぎず、世界にはエンジン車に加え、ハイブリッド、プラグインハイブリッド、燃料電池車、水素、カーボンニュートラル燃料など様々な選択肢がある。エンジン車のニーズは依然世界の主流である。世界は悪路も多く、過酷な自然環境においては、ユーザの多くがエンジン車を求めている。技術は進化するが、日本は世界の市場に対応するために、すぐれた内燃機関の技術を捨てるべきではない。日本政府は内燃機関のエンジンやトランスミッションを製造する部品メーカーに EV 車への生産移行と購入補助金による EV 普及を促しているが、需要が少なく、供給過多で利益率の低い産業への誘導や内燃機関のサプライヤー、そして自動車産業全体を弱体化させることに留意すべきである。拙速な EV 推進策は弊害が多く、日本の自動車産業の振興の妨げになるので採用しない。

6. 再エネなどの化石燃料代替技術は、性急な導入拡大はせず、コスト低減を優先する

再エネ、電気自動車、水素、アンモニア・メタネーションなどの合成燃料、核融合などの技術については、今なお技術的に実用化段階に達していなかったり、コストが高いものが多い。これらについては、補助金などで拙速な普及を図るのではなく、それを低コストで実現するための技術開発に注力すべきである。そして低コストの結果として、世界全体で利用者に選択されて普及してゆくことを目指す。

コストが十分に下がる見込みが無いと判明した場合、技術開発プログラムは中断して基礎研究に戻さねばならない。これら技術の国内での導入量拡大については、エネルギーコストの低減に寄与する限りにおいて行うものとする。

7. 過剰な省エネ規制を廃止する

日本の省エネ規制は省エネルギー法を中心に整備されてきたが、大幅な規制緩和をすべきである。元来、省エネとは、企業や家庭のコスト低減という経済的な営みの一部であり、したがって企業や家庭が主体になって行うものである。それはエネルギーを合理的に利用することで光熱費を低減し、設備投資を回収し、なお利益を上げるという営みである。

脱炭素政策を背景として、省エネ政策の名の下で政府が介入する範囲は再エネ推進やゼロエミッション建築推進などにも拡大し、社会的な負担増と非効率性、そして一部事業者の利権を生み出している。煩雑な政府への報告書作成や、規制値の達成についての義務、非化石エネルギーへの転換に向けた数値目標、設備投資や機器購入への補助金などは廃止する。

今後の省エネ政策においては、国の役割は限定し、エネルギー利用者に対する情報提供に留めるべきである。

8. 電気事業制度を垂直統合型に戻す

日本の電力システム改革は完全に失敗した。電気料金を下げることが出来ず、安定供給もままならず、毎年節電要請が発出される状態にある。また毎年のように制度が改変され、いくつもの市場が林立するなど、複雑怪奇なものになった上に、この制度改変が終わる見通しも立たない。問題の根源は、長期的な供給義務を負う、垂直統合された電気事業者が「垂直分離」によって消滅したことにある。これに代わって政府が安定供給を法律で担保する建前になったが、それに失敗している。自然独占が成立する電気事業において、官製の市場は機能しなかったのである。

電力システム改革は白紙に戻し、2011 年の東日本大震災の前の状態に戻す。すなわち、全国の地域に垂直統合型の電気事業者を配することを基本とし、卸売り電力など一部への参入を自由化すると定める。

9. エネルギーの備蓄およびインフラ防衛を強化する

中東での紛争が拡大し、台湾有事の危険が迫っている。ウクライナの戦争では、有事においてはエネルギーインフラが攻撃対象になることがはっきりした。また紅海ではテロ攻撃によって貨物船が航行できなくなるという事態も発生し、同様の事態が他の海域でも起きうるといふ現実が突き付けられた。日本のエネルギー供給は脆弱であり、シーレーンや国内インフラが標的とされれば、外部からの圧力に屈せざるを得なくなる可能性がある。日本はエネルギー継戦能力を高める必要がある。以下の3点が政策として重要である。

- ・ 原子力のエネルギー安全保障上の価値を確認し、再稼働・新增設を進める。
- ・ 原子燃料・化石燃料の備蓄状態を確認し、可能ならば備蓄を積み増す。
- ・ エネルギーインフラへのテロや軍事攻撃に対する防御を、バランスよく強化する。

現在の日本では、原子力発電所だけ一点集中のテロ対策をしているが、これは意味が乏しい。現状では、原子力発電所への攻撃は最もハードルが高い一方で、石油の備蓄施設、石油・ガス・石炭の火力発電所、変電所などは携帯型の兵器やドローンなどでも破壊できてしまう脆弱なものである。総合的なインフラ防衛の強化を喫緊の課題とする。

10. CO2 排出総量の目標を置かず、部門別の割り当てもしない

第7次エネルギー基本計画で行われた極端な CO2 排出目標に基づく部門別の排出割り当ては、日本経済が競争力を持ち、地域経済を支えてきたエネルギー多消費的な製造業を中

心とした産業の空洞化を引き起こす。これは経済的に波及して多くの雇用と所得を不安定なものにする。これは強固なデフレ圧力を生じる。

日本のマスコミによる報道の多くは、気候変動によって自然災害の激甚化が起きていると強調する。だがこれは統計データでは確認されていない。また気候危機説が唱えられ、食料生産が減少するといったことが報じられているが、そのようなことはまったくおきていないことも統計データでは明らかである。また気候モデルによるシミュレーションについては、過去の再現計算についてすら大きく観測値と食い違っており、政策決定に額面通り使えるようなものではない。

データに基づいて気候変動リスクを評価するならば、2050 年までに CO2 排出を直線的にゼロにするという極端な目標を金科玉条としてエネルギー主導を放棄することは、日本の政策として不適切である。本計画では、日本全体の CO2 排出総量の目標を置かず、部門別の CO2 排出量の割り当てもしない。

11. パリ協定を代替するエネルギー主導協定を構築する

パリ協定は実現不可能な数値目標と南北の分断によって行き詰まっており、遠からず空文化してゆく。2025 年 1 月に共和党のトランプ大統領が誕生して米国は離脱した。

日本もパリ協定を離脱し、米国と共に、パリ協定に代わる、安全保障と経済成長に重点を置いたエネルギー主導協定という新たな国際枠組みを主導する。エネルギー主導協定はもともと米国共和党の思想であり、安価で安定したエネルギー供給によって、自国および友好国の安全保障と経済発展を支え、敵対国に対する優勢を築くというものである。

パリ協定を推進する「グリーン・ドグマ」に駆られた人々は、太陽光発電や風力発電以外を否定するなど、技術選択が偏狭になり、コストのかかる対策ばかりを推進する傾向があった。新協定では、地球温暖化対策という言葉は、「原子力の促進、天然ガス利用の促進、化石燃料の効率的な利用」といった言葉に変換され、原子力、天然ガスの安定供給やエネルギーの効率的な利用など、現実的な国益に根ざすものとなる。

以上により、フリーライダーテストを満たさないパリ協定の下で発生する産業空洞化を回避でき、地球規模での途上国への CO2 排出活動の移転（カーボンリーケージ）が発生しない。このため、むしろパリ協定よりも、地球規模での CO2 削減のための枠組みとしても効果的となる。

本計画が重点とする「安全保障」は、(3E+S のうちの) エネルギー安定供給をひとつの条件とするが、国家の独立および国民の生命・財産の保障という一回り大きな概念である。もうひとつの重点である「経済成長」は、(3E+S のうちの) ミクロな経済効率性を必要条件とするが、デフレ脱却へ向けたマクロ的な国内総需要と所得の拡大を求めるものである。

本計画は、脱炭素イデオロギーだけが突出するのではなく、エビデンスに基づき、安全保障と経済成長を担保すべく、エネルギードミナンスを基本理念として、日本のエネルギー政策を抜本的に再構築するものである。

本文

I. 現状の認識

I.1. 顕在化する脱炭素政策の弊害

I.1.1. ドイツ脱炭素政策の弊害の顕在化

パリ協定では、2035 年以降の数値目標についての「各国が決める削減目標」(Nationally Determined Contribution : NDC) を 2025 年までに提出することが求められていた。これに応じて 2025 年 2 月 18 日、日本政府は「第 7 次エネルギー基本計画」および改定「地球温暖化対策計画」を閣議決定し、同日、2035 年度に 2013 年度比で 60%削減、2040 年度に同 73%削減という NDC を国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 事務局に提出した。

日本の野心的な NDC は、国際交渉においてこれまで跳ね上がってきた相場観を反映したものである。2023 年 5 月の G7 広島サミットで発表された共同声明では、「世界の温室効果ガス排出量を 2019 年比で 2030 年までに約 43%、2035 年までに約 60%削減することの緊急性が高まっていることを強調する」とされた。同年 11 月から 12 月にかけてドバイで開催された COP28 (第 28 回国連気候変動枠組み条約締約国会議) では、2035 年に世界全体で 60%削減 (2019 年比) という数字が打ち出されている。2024 年 2 月、EU は 2040 年までに 1990 年比で 90%削減という法案を提出し、2025 年 7 月には同目標は欧州気候法 (European Climate Law) への法制化に向けた改正提案として提出された。いずれも産業、とくにエネルギー多消費的な製造業に対する国外脱出要請にも等しい。

弊害はすでに顕著に現れている。エネルギー多消費 (Energy-intensive trade-exposed: EITE) 製造業の空洞化は脱炭素政策による弊害の先行指標とも言える。2030 年目標として CO2 規制が無闇に強化されてきた現行政策によっても、すでにドイツでは産業の大脱出 (エクソダス) を引き起こしてきた。図 1 は、最新のエネルギーコスト・モニタリング (ECM) による 2015 年 1 月から直近までのドイツにおける EITE 製造業全体における生産減退を示したものである。コロナ禍からの一時的な生産の回復後、エネルギー価格が急騰を始めた 2021 年初から EITE 製造業の生産は大きく減退し、2023 年にはコロナ禍による落ち込みを超過している¹。2024 年 2 月、Bloomberg (2024b) は「産業大国ドイツの時代が終わりつつある」とその凋落を論じている。2024 年半ばにはわずかな回復を示すものの、直近となる 2025 年 4 月までにコロナ禍を下回る減退となっている。脱炭素政策からわずか数年における EITE 製造業全体に見る大停滞は深刻である。

¹ こうした現象は EU 全体で確認される。2021 年から 2022 年にかけて、EU の電力需要減少のおよそ半分は産業部門による寄与である。とくに工場の操業停止や生産縮小により生産量が大幅に減少したのは、アルミニウム (▲12%減)、粗鋼 (▲10%)、製紙 (▲6%)、化学 (▲5%) などのエネルギー多消費セクターであったと報告されている (IEA 2023)。

ドイツの EITE 製造業の生産減退の牽引役は、ドイツ経済の強みであった化学製品製造業である (図 1)。ドイツ最大手の化学企業 BASF は、中国へ 100 億ユーロ投資して工場を建設する²。多国籍企業の経営判断として、海外生産に潜むカントリーリスクを評価しつつ、こうした適応は合理的なものかもしれない。だが国内における生産減退が、現行のエネルギー政策の失敗によって不必要な水準にまで促されたものであるならば、国家の存亡にかかわる致命的な失敗であると言わざるをえない。2025 年 7 月、ドイツのエネルギー多消費産業の代表者たちは連名で、「前政権の約束した「グリーン経済の奇跡」は「空文に過ぎなかった」と厳しく糾弾した (手塚 2025)。

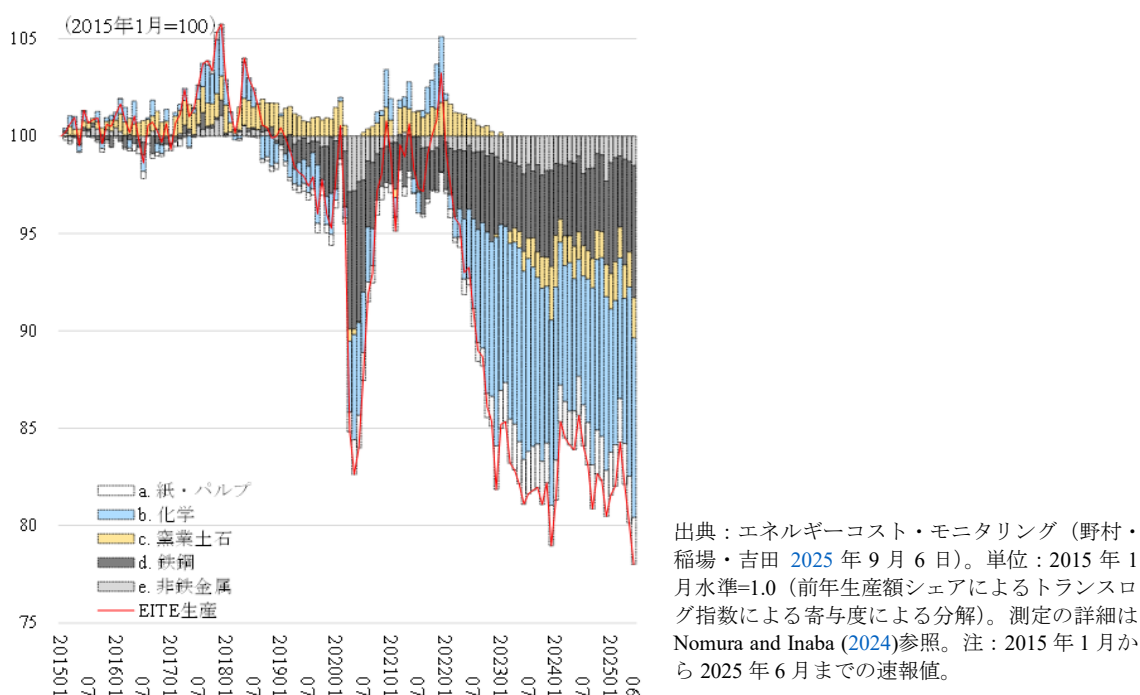


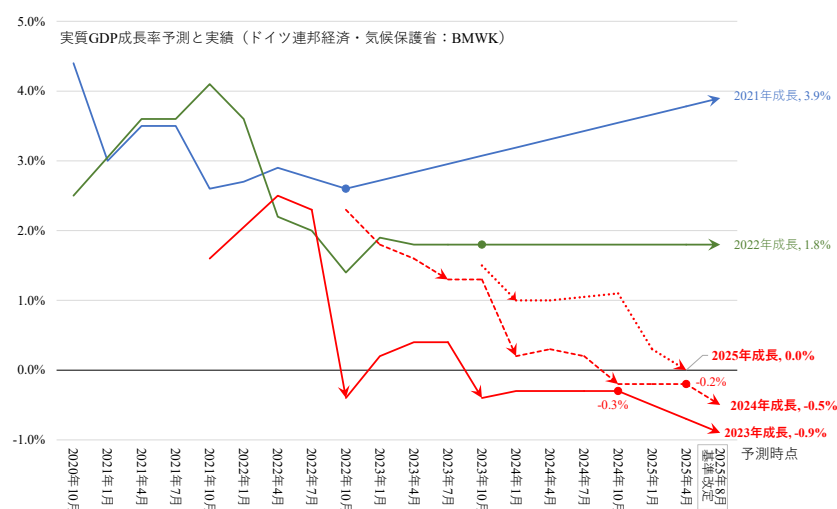
図 1：ドイツのエネルギー多消費製造業の生産減退

ドイツではエネルギー多消費製造業の空洞化をグリーン需要の拡大によって穴埋めすることもできず、サービス業における需要低迷へと波及している。図 2 は、ネットゼロ (脱炭素) 政策の加速後、ドイツ連邦経済・気候保護省 (BMWK) による経済成長率の見通しにおける下方修正を示したものである。

2023 年の実質 GDP では、2022 年半ばまで年率 2% を超える経済成長を見込んでいたが、エネルギーの内外価格差がピーク (II.1.2 節における図 12) となる後半期には急ブレーキがかかり、結局 ▲0.3% (その後、2025 年 8 月の基準改定により ▲0.9% にまで拡大) で終わった。2024 年も同様である。2022 年 10 月には 2% 成長への回復を見込んでいたが、その後に

² 広東省湛江市での化学品統合生産拠点 (フェアブント拠点) の建設プロジェクトにおいて、2030 年までに総投資額約 100 億ユーロをかけて全面的な完成を目指しており、BASF が外資単独で建設・運営するもので同社にとって投資規模は過去最大、拠点の規模としては世界で 3 番目の大きさとされる (日本貿易振興機構 2022)。

は下方修正が続き、2024 年の経済成長率は▲0.2%（2025 年 8 月の基準改定により▲0.5%に拡大）と落ち込み、「欧州の病人」と呼ばれた 2002–2003 年の 2 期連続マイナス成長に並んだ。2024 年 2 月、ドイツ商工会議所は、こうした成長への重荷の要因として、エネルギー価格の高騰、官僚主義、熟練労働者の不足、内需の低迷を掲げている（ロイター 2024b）。同月、ドイツの経済停滞に対してクリスティアン・リントナー財務相（当時）は「ドイツはもはや競争力に優れてはいない。ドイツは成長できておらず、貧しくなっている。遅れを取っている」と述べ、「パンデミックが収束して 2 年目に入るが、ドイツ経済はわずかな拡大しか見込まれていない」と発言している（Bloomberg 2024a）。2024 年には倒産企業数は前年比 16%増（19.6 万社）となり、とくにエネルギー集約型産業では前年比 26%増（化学・製薬業では過去 20 年で最多）となった（WeLT 2025）。日本は、欧州における脱炭素政策の失敗を追従してはならない。



出典：ドイツ連邦経済・気候保護省（BMWK）の Jahreswirtschaftsbericht（年次経済報告）、Frühjahrsprojektion（春季予測）、Herbstprojektion（秋季予測）、国民経済計算から野村作成。最新の予測時は 2025 年 4 月 24 日、2025 年 8 月は SNA 統計の基準改定による改訂。

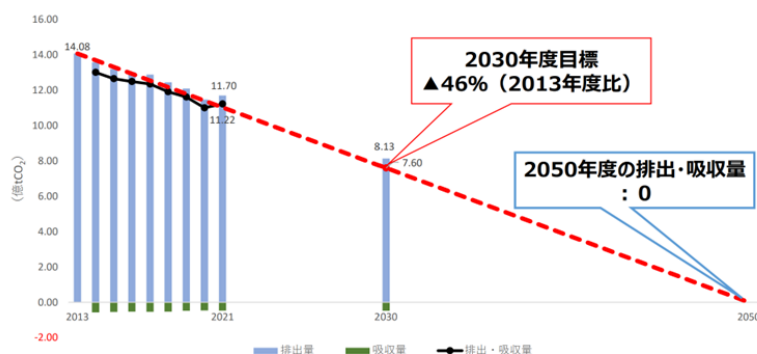
図 2：脱炭素政策の加速後に経済成長の下方修正が続くドイツ経済

そして 2025 年については、BMWK は同年 4 月時点で実質ゼロ成長を予測しており（次回予測公表は 10 月）、同様の下方修正が続くなか、トランプ政権による関税引き上げの影響も重なり、ドイツ経済は 3 四半期連続でマイナス成長に陥る可能性が高まっている。2025 年 5 月に発足したフリードリヒ・メルツ首相の新政権は、今後 10 年間で防衛とインフラ分野に 1 兆ユーロを投入する大規模な景気刺激策を打ち出しているが、その効果に対しては懐疑的な見方も根強い。経済学者らは、ドイツでは企業が官製業務に費やす時間が年間 10 億時間を超え、規制の量と詳細さが 2009 年以降ほぼ倍増したとし、こうした官僚主義の弊害を解消しなければ景気対策の効果は大きく損なわれると警鐘を鳴らしている（Wall Street Journal 2025）。

I.1.2. 日本でも進行する産業空洞化

日本の温室効果ガス排出は減少してきた。政府は図 3 を示しながら、カーボンニュートラル実現について「一定の進捗が見られる」と評価している。伊藤信太郎前環境相は「日本は 196 カ国の中でまれに見るオントラックな削減をしている」と述べた³。このオントラックという言葉は、2030 年度の目標（2013 年度比 46%削減）と 2050 年度（ネットゼロ）に向けた直線ラインに沿って現実の排出量が順調に減っている、という意味で使われている。「まれに見る」とは、ほとんどの国において、現実の排出量はこうした単純な直線ラインを上回っているからである。

かつて小泉進次郎元環境大臣は「おぼろげながら浮かんできたんです。46 という数字が」（2021 年 4 月）と発言したが、▲46%は 2 点を通る単純な直線の線上にあるだけである⁴。長期の時間を要するエネルギー転換の経路を定める難しい判断において、技術開発のための時間や不確実性、経済的な制約を何も考慮しないまま、直線補間で NDC が構築されたことは、政府の能力として憂慮すべきことである。そのことは、エネルギー政策の策定において NDC を切り離すべく根拠を与えている（II.10 節）。



出典：環境省・国立環境研究所（2023, p. 2）。

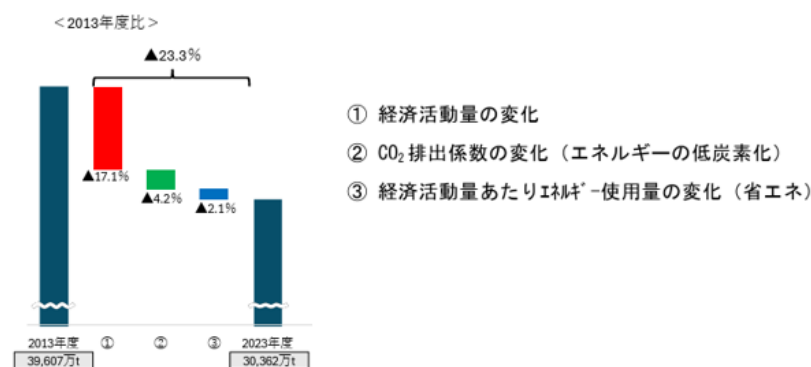
図 3：2030 年度目標および 2050 年カーボンニュートラルの進捗状況

だが日本国内の CO₂ 排出量が減っている理由とは何か。経団連（2025）は産業部門の排出量変化をもたらした 3 つの要因を分析している。その要因とは、①経済活動量の変化、②CO₂ 排出係数の変化（エネルギーの低炭素化）、③経済活動量あたりエネルギー使用量の変化（省エネ）である。図 4 左に示される要因分解は、2013 年度から 2023 年度までの産業部門における CO₂ 排出削減のうち、寄与率にして実にその 73%が経済活動の低下（①）によるものであったことを示している。再エネの拡大や原発の再稼働によるエネルギーの低

³ 伊藤大臣閣議後記者会見録（2023 年 12 月 15 日）。現在の浅尾慶一郎環境大臣も 2025 年 4 月 15 日の記者会見において「2050 年ネットゼロ実現に向けて直線的な減少傾向を維持しております」と発言している。「直線的な減少傾向を維持」は量的減少の事実を述べたものにすぎず、「オントラック（順調）」との表現を意図的に避けたのかは不明である。

⁴ 2030 年度における▲46%目標は、「おぼろげ」どころではなく、2013 年度を 1 とし 2050 年度を 0 とする直線の 2030 年度値 $((2030-2013)/(2050-2013)=0.4595)$ と完全に一致する。

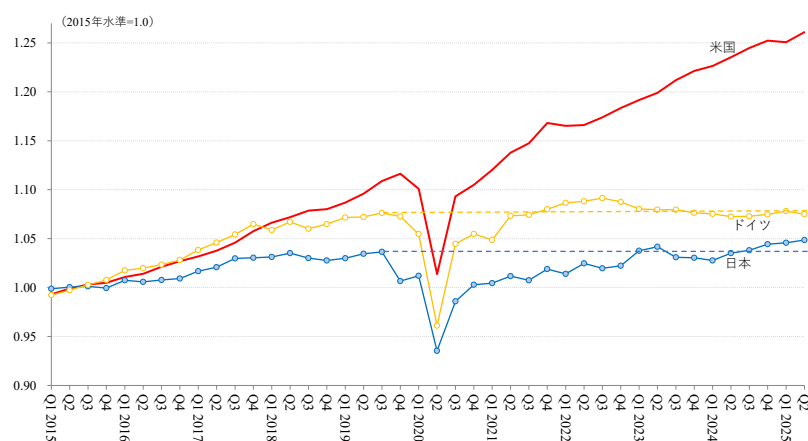
炭素化（②）は 18%であり、企業が多大な経済的・人的コストを費やして実施している省エネによる効果（③）はわずかに 9%である⁵。つまり、日本の CO₂ が順調に「オントラックで」減っていること（図 3）は、すでに日本でも顕在化している産業空洞化の結果である。



出典：経団連（2025, p. 11）。注：対象期間は 2013–2023 年度。電力配分後・速報値。

図 4：産業部門における近年の CO₂ 排出量の変化要因

図 5 は 2015 年から 2025 年第 2 四半期までの日米独の経済成長を比較している。日本はコロナ禍前となる 2019 年 10 月の消費税の増税による経済減速が大きいですが、その前期となる 2019 年第 3 四半期からの比較では、最新となる 2025 年第 2 四半期の 2 次速報値（内閣府 2025 年 8 月 29 日公表）でもわずかな回復ほどと停滞している。パンデミックからの脆弱な回復となる日独両国に対し、米国経済はパンデミック以前の成長トラックへと力強く回帰している。「まれに見るオントラックな削減」（伊藤前環境相）などと悠長なことを言っている場合ではない。



出典：各国における四半期 GDP 速報（2015 年第 1 四半期から 2025 年第 2 四半期まで）。単位：2015 年水準=1.0。

図 5：パンデミックから回復する米国経済と停滞する日独経済

早くから効率改善へと取り組み国際的に高いエネルギー効率を誇る日本の鉄鋼業でも、

⁵ こうした評価は、エネルギー種の変化を統御し家計を含む産業レベルからマクロ経済のエネルギー生産性改善の変化要因を分析した測定値（II.7.1 節）とも、おおむね整合的である。

国内排出削減目標の強化を受けて、近年ではドイツと同様な生産減退を余儀なくされている。粗鋼生産では、2023 年度には 2013 年度比 23.7% の下落となった（日本鉄鋼連盟 2025）。生産の減退は、マクロ的には地域経済における強いデフレ圧力となるだけでなく、ミクロ的にも、すでに高効率を実現していた生産設備の稼働率低下を通じて、エネルギー効率の全体水準を押し下げるという損失を伴う⁶。

政府が排出量の変化要因を理解せずに、合理的な根拠のない目標設定における「オントラック」を自画自賛するのみならば（図 3）、2030 年や 2050 年に向けてエネルギー多消費産業の空洞化がさらに加速することは不可避となろう。空洞化が進行しても、サービス化や再エネ拡大、水素などによる産業構造の転換によって、雇用や需要の喪失を補えるとする見方は、グリーン成長の実現可能性を過度に楽観視している（II.6.4 節）。そうした見通しは、日本が 15 年前に掲げたものの、成果を上げることなく頓挫した政策幻想の焼き直しに過ぎない⁷。ましてや国際情勢が激変するなか（I.3.1 節）、「目指す産業構造や成長のためにもエネルギー政策と一体となり、エネルギー安定供給確保、経済成長、脱炭素を同時実現する」（GX2040 ビジョン、経済産業省 2025b）とする目標は、現実離れした理想的スローガンにとどまり、実現の可能性は限りなくゼロに近い。こうした状況下、2025 年 5 月 28 日には「GX 推進法」の改正法が参議院本会議で可決・成立した。日本では、制度を複雑化させ、非効率な仕事の創出を通じて利権を分配する政策が、官民協調の名のもとに粛々と継続されている。

I.1.3. エネルギー多消費産業の競争力

エネルギー多消費産業は斜陽産業であるかのような印象を抱かれることがあるが、それは大きな誤解である。日本のエネルギー多消費産業の国際競争力は高く、ドイツ経済における位置づけと同様かあるいはそれ以上に、日本のマクロ経済における重要性は大きい。国民経済計算（内閣府経済社会総合研究所 2024）によれば、エネルギー多消費産業（化学、鉄・非鉄、窯業土石、紙パルプ製造業の合計）は 2023 年に 163 万人もの雇用者を抱える産業である。雇用の大きさとともに、当該産業で雇用される人材は相対的に高スキルであり、他の製造業やサービス業に比して賃金水準も高い⁸。

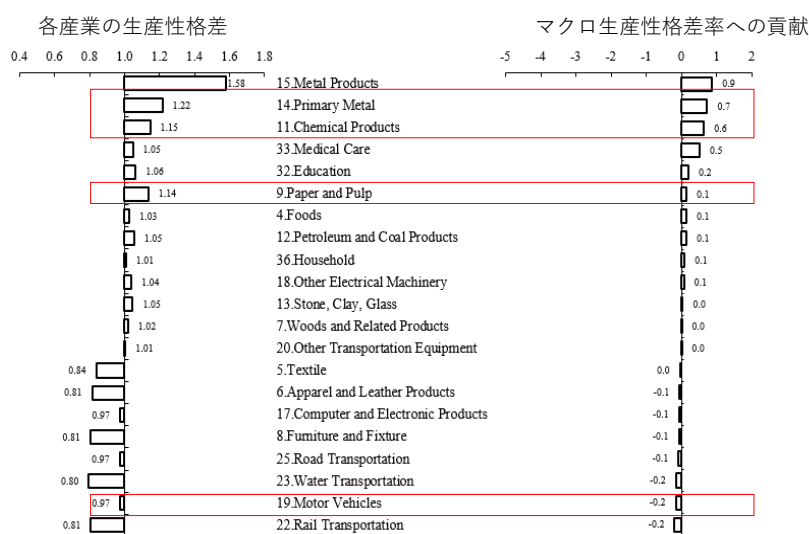
⁶ 高炉は 24 時間・365 日稼働を前提とし、炉容積に見合った操業時に最大効率での生産が可能となり、炉容積に比して少量での生産を行う場合などにエネルギー効率が悪化する。その他の設備でも定格運転時に最大効率となるように設計されており、生産量の低下はエネルギー効率の悪化を導くとされる（日本鉄鋼連盟 2024, p. 14）。生産減少が資本設備の稼働率低下をもたらす、それによりエネルギー原単位も悪化することで、2022 年度には（2013 年度から）710 万 t-CO₂ の排出増加要因になったと分析される（日本鉄鋼連盟 2024, p. 13）。

⁷ 2010 年、当時の 10 年後となる 2020 年の未来において、民主党の鳩山由紀夫政権において定められた 2020 年▲25%（1990 年比）目標は、政権交代前の麻生太郎政権による▲8%から大幅に削減目標を高めるものとなったが、政府はむしろ経済成長を加速させるとした。環境省の会合で示された試算では、▲25%によって 2020 年の GDP はむしろ 0.4%高められるとされた（政治が試算を歪める経緯は野村（2025b）に詳しい）。当時に予測した未来はすでに過去となっている。当時のモデル評価における外生的条件の大きな乖離として東日本大震災（原発稼働停止）とコロナ禍による影響を除くと、2020 年における日本経済は、「90 年比▲15%が実質 GDP▲5%」として実現したと評価される（野村 2021, 第 6 章）。過去であっても複雑な現象の解明は難しく、幅を持って理解されるべき評価だが、低炭素社会の実現がむしろ経済成長を促進させるとしたグリーン成長の楽観が誤りであったことは確かである。

⁸ 日本の産業別雇用者に関する詳細な労働データ（慶應義塾大学産業研究所野村研究室の KEO データベース（産業別生

日本のエネルギー多消費産業における高い賃金を担保するものは、その高い生産性である。図 6 は、産業ごとの生産効率として、2019 年における日米両国の生産性格差を示している。一国全体としては、日本国内における生産効率は米国よりも 15%ほど劣ると評価されるが、それでもいくつかの日本の産業では相対的に高い生産性を持続している。図 6 はマクロの生産性に与える貢献の高い産業の順によって上から並んでいるが、日本が高い生産性を誇る産業には、一次金属製造業（鉄・非鉄）、化学業、紙パルプ製造業などのエネルギー多消費的な素材産業が並んでいる。素材産業は他国の追随を許さない競争力を維持し、「ジャパン・インサイド」として製品内部に組み込まれている（シェーデ 2025）。

同図から読み取れることは、1980 年代には米国に比して高い生産性を誇っていた自動車製造業も、海外生産が拡大するに伴い、日米両国における国内生産における生産性の優位性をほぼ喪失させてしまったことである。トヨタ自動車のような個別企業は、現在も世界トップの競争力を有しているが、自動車産業としての国内外の生産性格差はもはや小さなものとなってしまっている。かつて世界市場を席捲した電子部品や電気機械製造業も、このリストの下方へと移動してしまった。



出典：Jorgenson, Nomura, and Samuels (2016) の更新推計値。単位：左図は日米 TFP 格差指数（各産業において米
国水準=1.0）。右図はマクロ
の日米 TFP 格差率への寄与
度（パーセンテージポイン
ト）。注：2019 年値。生産の
全体効率は全要素生産性
（total factor productivity：
TFP）という指標によって測
定される。相対的に高い産
業から中間ほどまでを並べ
ており、日本が劣位にある
産業はここでは並べていな
い。

図 6：生産性格差として優位にある日本の素材産業

現在の日本経済自らの強みは素材産業にあり、またそれは総じてエネルギー多消費型である。またそうした素材産業の利用するエネルギーとは、その内外価格差がまだ相対的には抑制された石炭や LNG などに依存している。電気により精錬するアルミニウム産業は国産率がゼロとなつてから久しいように、エネルギーの大きな内外価格差が生じてくるならば国内は生産立地として選択されないだろう。エネルギー価格を高めたり、国内 CO2 排出目

産性勘定)の労働ブロック)を用いて、「時間あたり平均賃金率(社会保険料などを含む)が2千円以下である」雇用者を「低スキル」として定義すると、エネルギー多消費産業の雇用者の低スキル率は22%であり、それ以外の製造業の33%を下回り、(公益事業や医療教育などを除く民間の)サービス業での50%を大きく下回る。

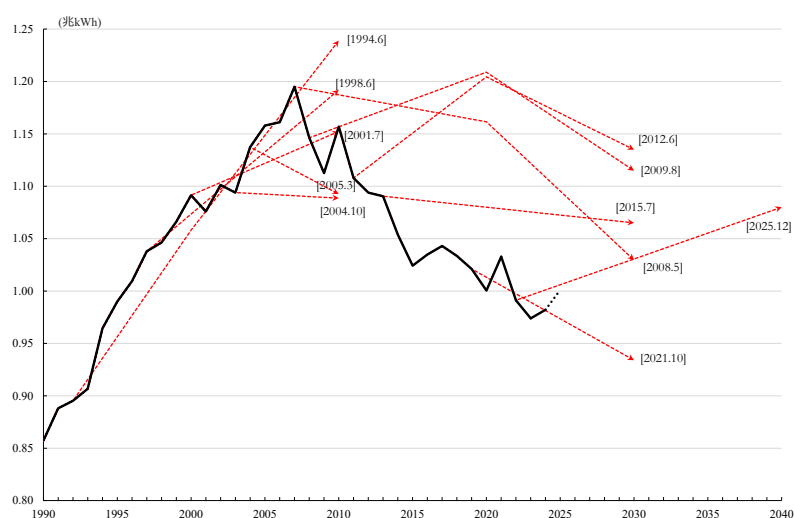
標によって縛ったりすることで、競争力のある素材産業を国外へと追いやってしまう愚策を止めなければならない（手塚 2024; 野村 2024, 2025a）。

素材産業の国内生産縮小には、人口減少や内需低迷がその理由として利用される。だが持続的な円安という経済環境は、外需（輸出）にこそ活路を見出し、国内製造業を復活させる好機である。労働不足を補う技術はすでに存在しており、長期にわたり低迷した労働生産性水準を回復させながら賃金を高めなければならない。国内における所得拡大は、高齢化社会における潜在的需要を顕在化させ、日本の関連産業を活気づけよう。たとえば、高齢者向けの多機能ベッドや介護支援ロボット、生活支援機器といった分野は、今後国内市場での成長が見込まれるだけでなく、高齢化が急速に進むアジア諸国においても、莫大な需要を生み出す可能性を秘めた輸出産業となり得る。

I.1.4. 電力需要の構造変化

電力需要の減少は、節電や省エネ技術の導入の成果とも、あるいは人口減少社会の必然とも言われてきたが、それは国内エネルギー消費の抑制という政策目標がもたらした、空洞化という構造変化を強く反映したものである。過去に政府が実施してきた電力需要見通しと、現実に実現した需要との乖離を比較することは、日本経済における近年の電力需要低迷の要因を探索することとも重なる。図7は、政府試算による予測値を矢印により（始点が予測時年、終点が予測対象年）、事後的な実績値を実線によって描いている。

1997年の京都会議（COP3）後の1998年、2001年、2005年に推計された第一約束期間（2008–12年）における電力消費量の予測値は、それを事後的に評価すれば、実現した電力需要を過小に評価するものであった。野心的な省エネという政策目標が、政府の需要見通しに反映されるならば、こうしたことは必然とも言える。



出典：Nomura (2023, Chap. 2)の更新推計値。単位：兆 kWh（発電電力量）。赤点線矢印は長期エネルギー需要見通し策定時における予測値、2025年12月は資源エネルギー庁(2025)の技術進展シナリオ。黒実線は実績値（2025年度値の黒点線はECM（図10）による予測値）。

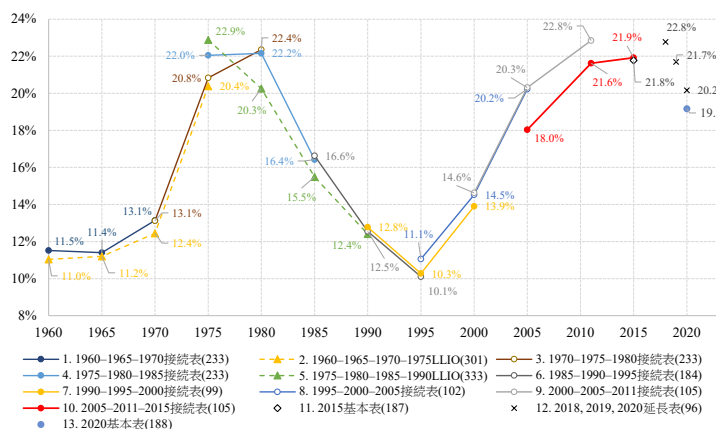
図7：電力需要見通しの予測と実現値からみる構造変化

だが 2010 年代以降、その「必然」は逆転した。政府の試算には、その後も野心度を高めた省エネ目標が織り込まれ続けたが、驚くべきことに、事後的な実現値はそうした予測値をさらに下回って減少を続けたのである。そのことは試算するモデルでは考慮されない構造変化が日本経済にあったことを暗示している。この四半世紀に進行し、とくに 2010 年代初めから顕著となった構造変化は、電力多消費的な財の生産における海外移転である。経済合理性のある省エネ技術の導入機会が限定的となるなかで、技術的な裏付けもないままに排出削減のみを求める政策（省エネ法や NDC に対応した CO2 排出量の割り当て）が強化され、企業は静かに国内生産を海外へとシフトすることを余儀なくされてきた。

そこに負のスパイラルが存在しているかもしれない。電力消費量の削減という表面的な成果を追求した政策の強化により産業の空洞化がもたらされ、それに対する事業者の適応として、電力の供給計画は下方修正される⁹。それは将来の安定供給を棄損させるリスクを拡大させるものとなる。そのとき、日本国内における民間部門による設備投資は躊躇され¹⁰、新技術を織り込んだ資本導入が遅れながら、産業は競争力を失っていく。

より長期的な電力需要の構造変化を追ってみよう。国際的な送電網へと接続しない日本では、直接的には電力を輸入できない。しかし日本企業が、電力多消費的な中間財や最終財の国内生産を縮小し、輸入財へと切り替えることは、(財の貿易を通じて) 間接的に電力を輸入していることと同じである。

図 8 は、そうした間接的輸入を考慮した指標である電力輸入依存度 (EID) の日本経済における長期傾向を示している。



出典：野村（2021，第 5 章）の更新推計値。単位：％。注：指標は電力実効輸入依存度 (effective import dependency: EID) であり、財の貿易を通じて間接的に輸入された電力の占めるシェアを示している。各産業連関表（接統表、長期構造では長期接統表、および直近では経済産業省の延長表）名称後の括弧内には分析に利用される商品分類数を示している。

図 8：戦後日本経済における間接的な電力輸入比率

⁹ 関西電力（2023）は和歌山市内で計画していた LNG 火力発電所の建設中止を発表した。計画段階の定格出力は 370 万 kW と高浜原発を超える。1990 年代半ばの計画時に比して低迷した電力需要などにより、2004 年から工事を中断していたが、用地取得や仮設備の設置費用の未回収によって 2024 年 3 月期には 1200 億円もの特別損失を計上するとされる。新設火力発電所の運用により未回収が予想される将来損失が、その現在価値として 1200 億円を上回るとした企業判断はマスコミの紙面に踊った「脱炭素シフト」という総括では片づけられない重みがある。

¹⁰ 電力によって稼働する資本財や耐久消費財は、電力供給への信頼を当然の前提として購入される。その意味において電力稼働資産の購入は電力事業者への与信のごときである（II.8.6 節）。それを「電力与信」と呼べば、現在の日本経済は 1000 兆円もの電力与信を持つと試算される。莫大な電力与信に背く政策は、将来の投資需要の減退を招きながら、日本経済の生産性を改善させるエンジンを失わせる（野村 2023b）。

戦後日本経済には、大きく 3 つの転換期が見出される。第 1 の転換期はオイルショックであり、一国経済の EID は 1960 年代の 10% 弱から二度のオイルショックを経て 20% ほどまで上昇している。しかし、高まった輸入依存度は 1980 年ころから反転し、1995 年には 10.3% までの抑制に成功している。この第 2 の転換期が実現した要因には、サービス化の進行などの需要側における変化もあるが¹¹、総括原価方式のもとで原子力や液化天然ガス (LNG) によって石油代替が実現し、また停電時間が劇的に減少されるなど、価格上昇を抑制しながら安定供給を実現してきた電力市場への信頼の形成が大きいと考えられる。

だが 1990 年代後半は第 3 の転換期となり、その後に再上昇した EID は現在では 1970 年代後半の水準にまで逆戻りしてしまった。裏返せば、近年の電力需要低迷 (図 7) は、間接的な電力輸入の拡大による減少分を多く含んでいる¹²。長く続いたデフレ圧力のもとに電力需要の低迷に慣れ切っているが、それは日本経済の必然ではない。強く豊かな日本の再構築は、海外へとシフトした生産の国内回帰とともに、競争力の回復と輸出拡大を目指さなければならない (経団連 2024)。そのとき国内電力需要はむしろ拡大へと向かうだろう。電力多消費なデータセンターや生成 AI ばかりが注目されるが、製造業とそれから誘発される活動における電力消費ははるかに大きい。

長期にわたり抑制を強いられた日本経済の名目賃金水準は、2022–23 年から上昇へと転じている。しかし、物価上昇を考慮した実質賃金では、(過去最長を更新して) 2024 年 5 月まで 26 カ月連続で前年比を下回り続けた¹³。その後一進一退が続いたが、2025 年に入り 1 月には▲2.2%、2 月から 5 月までは▲0.8%、▲1.2%、▲1.5%、▲2.4%と下落幅が拡大している。日本の産業が競争力を回復させながら、物価上昇を超えて名目賃金を上昇させていくことができるか、さらに家計消費や設備投資といった民需の拡大へと繋げていくことができるか、現在の日本経済はデフレからの脱却に向けた岐路に立っている。

I.2. 人為的温暖化論の社会学

I.2.1. 正義の危うさ

第一次世界大戦後のドイツでは、世界で初めて完全な普通選挙制度が導入された。ドイツ国民は、この民主的な制度を通じて、アドルフ・ヒトラーに政権を与えることになる。彼が党首を務めたナチス (国民社会主義ドイツ労働者党) は、自分たちの本質を、単なる政党ではなく、階級対立を超えて社会変革を目指す「運動 (Bewegung)」であると強調していた。

¹¹ サービス業によるエネルギー消費が相対的に少ないからではなく、中間財輸入を通じて、間接的に電力を輸入しづらい性格による。

¹² もし 1995 年の EID を固定すれば、仮想的な国内需要は事後に実現した実績値を 0.2 兆 kWh ほど上回ると試算される。そのことは、もし適切なエネルギー政策により電力 EID を上昇させずに抑制できていたならば、現在の日本経済の最終需要のもとでも、図 7 のピーク (1.2 兆 kWh) ほどの電力需要が現在も存在していたことを意味する。

¹³ 厚生労働省 (2025) 「毎月勤労統計調査 (全国調査)」(5 月速報・7 月 7 日公表) の時系列表第 6 表による。なおここでの消費者物価指数 (CPI) は持家の帰属家賃を除く総合指数による評価である。

1930年代のドイツでは、多くの人々が、この「運動」に参加してゆくことになる。自分たちが正しいと思う方向に社会を変えようとして、自ら進んで行動していたのである。

後の時代の者が、これを愚かだったと指摘することは容易い。今なら、冷静に考えることができるからである。だが、当時のドイツでは、アドルフ・アイヒマンに体现される一種の思考停止状態が、国民全体に多かれ少なかれ共有されてしまっていたのだろう。思考停止が世の中に蔓延してしまうと、子どもたちは先生に褒められることばかりを目指し、学生たちは決められた正解を知ることが勉強だと思い込み、学問は問題解決の手段とされ、ジャーナリストは時流の善を疑わず、企業人は何事もビジネスチャンスの観点からしか見ることができなくなる。そうでありながら、自らの思考停止を自覚する思考さえ失ってしまうのである。

ドイツでナチスが台頭して来た頃、日本もまた似たような方向に進んでいた。1912（大正元）年末に始まる憲政擁護運動は、後に「大正デモクラシー」と呼ばれる民主化運動へと繋がっていった。その結果、1928（昭和3）年、日本で初めて男子普通選挙が実施されたのである。時代は、確実に変化していた。早くも最初の普通選挙から3年後の1931（昭和6）年には満洲事変が勃発し、日本国民は戦争への道を歩むことになるのである。そして、昭和10年代になると、「お国のため」と連呼する「兵隊さんよ ありがたう」（1939年）という歌が、日本中に響きわたっていた。官製ではなく、『朝日新聞』の懸賞公募から生まれたこの曲には、時代の民意が反映されていたに違いあるまい。その根底にあったのは、間違いなく、素朴な善意であった。

たしかに、「お国」という表現には、国民の犠牲を顧みずに国や民族を重視するという価値観が含まれている。その点には、大きな違和感を感じざるをえない。しかしながら、自分たちが暮らしている国の発展や永続を願う風潮は、それ自体として悪いわけではなかろう。しかしながら、素朴な善意は、時として思考停止を紙一重となる危険性を孕んでいる。素朴に受け入れられた信念や定説は、往々にして思考や議論そのものを排除してしまうからである。実際、戦時体制下の日本では——地球のために脱炭素ではなく——「お国のため」こそが、疑問の余地のない善として、まさしく善意によって広く受け入れられていた。17歳だった「愛国乙女サヨン」の悲しい美談が全国的に報じられ、多くの涙を誘い、顕彰碑が建てられ、西條八十と古賀政男の手によって歌になり、清水宏監督の下で映画化されたのは、まさにこの時代であった。

そんな時世から80年ほど経った頃、2019年9月の毎日新聞には、「気候変動と戦う クライメートポリティクス 16歳環境活動家『おとぎ話語るな』 涙の訴え届くか」と題する記事が掲載された。これは、ニューヨークで行われた国連気候行動サミットを報じたもので、スウェーデンの環境活動家グレタ・トゥーンベリさんの発言を「目に涙を浮かべ、怒りで小さな体を震わせる少女の叫びに、国連本部の総会ホールは静まりかえった」（毎日新聞 2019）と描写している。問題は、その後に続く文章だ。

サミットが閉幕したちょうどその頃、国連本部から約2キロ離れたタイムズスクエアの高級ホテルで、「気候変動、激しい論争」と題するシンポジウムが開かれた。企画したのは、石油メジャーなどから寄付を受けているとされるシンクタンク「ハートランド研究所」（米イリノイ州）だ。「国連は政治的な集まりだ」「そもそも二酸化炭素は最も重視すべき温室効果ガスではない」。演壇に上がった3人の懐疑派の論者は、真っ向から気候行動サミットの存在意義を否定してみせた。グレタさんにも話題は及び、論者の一人は「彼女にアドバイスできるとすれば（家に）帰ってもっと注意深く勉強すべきだということだ」と切り捨てた。参加者は約40人。狙いは、温室効果ガスを生み出す人間の産業活動が気候変動に影響を与えているという科学的な定説に異議を唱え、「論争がある」ように見せかけることだ。（毎日新聞 2019）

特に注目すべきは、最後の一文であろう。全国紙の署名記事が、科学的な論争を求める態度を、あたかも悪意の産物であるかの如く論じているのだ。科学的な定説だとされることに疑問を呈することは、断じて許されないというわけである。しかも、ここでいう「科学的な定説」とは、具体的に何を指しているのか。それは、いつ、誰が、何を証明したものなのか。この程度のことさえ考えていないのなら、まさに思考停止という他はない。客観的事実の証明によらず、単に意見の多寡だけで物事が決まる事態は、政治であったとしても科学ではない。そして、議論を許さない政治ほど恐ろしいものはないのだ。ちなみに、人為的温暖化論の急先鋒であるスティーブン・H・シュナイダー自身（1990, p. 227）は、「温室効果はまだ、重力の理論ほど確率した議論であるとは思っていません」と述べている。

あるいは、「国連は政治的な集まりだ」という認識の何が間違っているのだろうか。先の記事を書いた記者は、国連を何の場だと捉えているのだろうか。実際、国連で行われていたのは「行動」サミット（UN Climate Action Summit）であって、初めから方向性の決まった一種の機運醸成活動であった。注意深く勉強するよりも、そんなことを抜きにした「行動」を訴えていたのである。おそらく、戦時中の日本でも、注意深く勉強し世の風潮に疑問を呈する人間ではなく、時の大義を信奉して行動する人間が求められていたのだろう。そして、時の大義は、しばしば移り変わるものである。環境問題に関しても、異なるところはない。

人為的地球温暖化が環境問題の主役の躍り出る前、世界中の善意ある多くの人々が懸念していたのは、原子力発電の危険性であった。その直接的な契機は、アメリカ、ペンシルバニア州のスリーマイル島原発で1979年に起きた炉心融解事故である。この事故は、周辺住民の大規模避難という事態にまで発展した。その結果、アメリカにおける原子力発電所の新規建設は、これ以後、完全に停止した状況に陥ってしまう。この事故は、世界中で反原発の環境保護運動を大いに後押しした。しかも、スリーマイル島事故の翌年、1980年には、フランスのサン＝ローラン＝デ＝ソー原発でウラン20kgが炉心溶融を起こす事故が発生してしまう。この原発は、1987年にも、大寒波によるロワール川の凍結が原因で緊急停止する事故を起こすことになる。そして極めつけが、1986年に旧ソ連のウクライナで起きたチェ

ルノブイリ原子力発電所の重大事故である。こうした事態に直面し、1980年代には、反原発、脱原発が、環境保護運動の中心として、世界的に大きく盛り上がってゆくことになったのである。もちろん、この運動の妥当性もまた冷静に議論しなければならないが、80年代に反原発や脱原発という動きが大いに高まったことは、歴史的な事実なのである。

I.2.2. 政治の危険性

この状況を一举に反転させたのは、科学の場ではなく、政治の場であった。1988年6月23日、アメリカ議会上院での公聴会において、ジェームズ・ハンセンが行った証言である。その様子は、次のように描写されている。

1988年6月23日、地球温暖化の脅威を周知させようとして、アメリカ上院のエネルギー委員会の公聴会が開かれた。開催日をこの日に決めたのは、過去の気象を調べ、ワシントンのこれまでの最高気温がこの日に記録されているなど、統計的に一番暑い日になる可能性が高かったためである。上院議員ティモシー・ワースは6月23日を開催日に選ぶとともに、当日は委員会室の冷房を切ってしまうなど、デモンストレーションに苦心した。果せるかな、当日は非常に暑い日となり、証言に立ったアメリカ航空宇宙局ゴダード宇宙研究所のジェームズ・ハンセン博士は、最近の異常気象、とりわけ暑い気象が地球の温暖化と関係していることは、99%の確率で正しい。この地球の温暖化により、1988年1月から5月の地球の気温は過去130年間で最高を示したと表現した。これをマスコミが大々的に報道し、多くの人々が当年の酷暑は地球温暖化に原因があると思うようになった」（江澤 2000, p. 62-63）

政治の場でなされたハンセン証言を皮切りに、人為的温暖化の脅威は、まさに政治的な課題として大いに重視されてゆく。ハンセンの議会証言から半年後の1988年12月には、早くもIPCC、すなわち「気候変動に関する政府間パネル」という機構が設立され、国際的に人為的温暖化問題に取り組むということになったのである。忘れてはならないのは、このIPCCが「政府間」パネルであり、各国政府から派遣されたメンバーによって構成されているという点である。

また、ハンセン発言の翌年、つまり1989年には、スティーブン・H・シュナイダーが『地球温暖化の時代（Global warming）』（先出）を出版し、人為的温暖化脅威論を世界中に広めてゆく。すなわち、「いま行動に移らなければならない必要性を、科学的疑問などという決まり文句でごまかすべきではない」（シュナイダー 1990, p. 29）と叫ぶのである。シュナイダーもまた、「科学的疑問」を悪のごとく見なし、「行動」を訴えていた。その30年後に国連で行われた世界的な行事も名もまた、「行動サミット」であったことを思い出そう。

では、その「行動」の中身とは、いったい何なのか。化石燃料の使用を減らすということとは、現実問題として、それに替わるエネルギー源を用意する行動が必要だ。だからこそ、

シュナイダーが示す行動にも、「メルトダウンしない安全な原子炉の設計」（シュナイダー 1990, p. 310）や「原子炉の安全性を高め」ること（シュナイダー 1990, p. 332）などが含まれることになる。化石燃料の使用を減らせとなると——再生可能エネルギーにはまだまだ問題が多い以上——大なり小なり原子力を重視せざるをえないのだ。日本で進められている「行動」もまた、原子力発電の推進を中心に据えている。なお、本節は、原子力発電そのものの是非を論じるものではない。原子力に関する議論もまた、それ自体として冷静な観察と分析に基づいてなされなければならないだろう（II.2 節）。反化石燃料であれ反原発であれ、短絡的な行動は危険なのだ。

ともあれ、日本でも、ハンセン証言から2年しか経たない1990年、時の海部内閣が「地球温暖化防止行動計画」を閣議決定した。この最初の「行動」計画に、「二酸化炭素を排出しないエネルギーとして、安全性の確保を前提に原子力の開発利用を推進する」と既に明記されていたのである。さらに、1998年、当時の橋本龍太郎首相を本部長とする「地球温暖化対策推進本部」がまとめた「地球温暖化対策推進大綱」にも、「原子力の推進」が謳われていた。あるいは、電力中央研究所（電力会社の合同出資によって運営されている研究機関）が1998年に出版した『どうなる地球環境—温暖化問題の未来』にも、「日本の温暖化防止策の大きな柱は原子力発電の拡大」だと明記されている。

そして、2010年になると、資源エネルギー庁が、温暖化対策には「2030年以降の20年間にさらに20基の新設が必要」という試算を発表する。これは、2050年までに20基の新設ということでない。2020年までに8基の新設、2030年までにさらに6基の新設という当初の計画に加えて、「2030年以降の20年間にさらに20基の新設が必要」と試算しているのである。原発重視の方針は、2011年の福島第一原子力発電所事故以後も基本的には変わっていない。実際、「グリーン」な「脱炭素電源」を錦の御旗とする「GX 脱炭素電源法」が2025年6月から全面施行され、原子力発電所の60年を超える運転が実質的に可能となったのである。

文部科学省も、経済産業省との協力の下、国民向けの啓発行動の一環として、1993年から「原子力ポスターコンクール」なるものを開始した。その受賞作品には、この活動の趣旨がよく表れている。端的に言えば、原子力発電所は二酸化炭素を排出しないから「ECO」

で「きれいなエネルギー」だと言いたいわけである。



出典：文部科学省・経済産業省資源エネルギー庁の主催による「第16回原子力ポスターコンクール（2009年）」の受賞作品。

図9：原子力ポスターコンクールの受賞作品

だが、2011 年 5 月 11 日、文部科学省と資源エネルギー庁は、既に 4600 万円が予算計上されていた「今年のコンクールを中止する」と発表した。3.11 フクシマ事故から、ちょうど 2 ヶ月後のことであった。これ以後、原子力ポスターコンクールは行われていない。「国連気候変動枠組条約」が採択された翌年に始まり、フクシマ事故が起きると、まるで世間の注目を避けるかのように、唐突に幕引きがなされたのである。

一般財団法人「日本原子力産業協会」もまた、原子力が人為的温暖化の防止に役立つと訴えている。その[ウェブサイト](#)には、「パチャウリ IPCC 議長が気候変動と原子力について語る」という触れ込みで、「今世紀末までに気温上昇を 2 度以内に抑えるために、原子力は温室効果ガス排出を削減するためのオプションの一つであることは確実だ」という発言が紹介されているのである。ちなみに、イギリスの『テレグラム』紙 (The Telegraph 2010) は、2010 年 1 月 16 日、「国連気候変動パネル (IPCC) 委員長、ラジェンドラ・パチャウリ博士が運営するインドの研究所に、英国の納税者の資金数百万ポンドが支払われている」と告発した上で、「2002 年に IPCC 委員長に就任して以来、パチャウリ博士は世界中にビジネスネットワークを築いてきた」と指摘し、さらに「その研究所は、彼が近年助言を行った複数の組織や企業からも資金を受け取っている。これには、ドイツ銀行からの 10 万ユーロ (約 88400 ポンド)、トヨタ自動車からの 8 万ドル (約 49000 ポンド)、そして彼が所長を務めるイエール大学に新設された「気候とエネルギー研究所」からの 58 万ドル (約 357000 ポンド) が含まれる」と報じている。

I.2.3. 科学的権威の非絶対性

さらに歴史を振り返れば、気候変動や異常気象に対する懸念そのものは、反原発運動が高まる以前から存在していた。たとえば、日本で 1974 年に出版された書物には、以下のよう

世界的に頻発する異常気象は、どうやら気候が「新しい体制」に移行しつつある兆候であり、その「新しい体制」とは、地球全体の気候が、現在よりかなり「温暖化」することであるらしいことは、科学的にかなり確実に予想できそうである。(小松編 1974)

実は、上の引用文には誤りが一つある。「温暖化」という箇所が、実は「寒冷化」なのだ。出典のタイトルも、『異常気象：地球が冷える』というものであった。この頃は、温暖化ではなく、地球寒冷化の危機が人類に迫っていることが「科学的にかなり確実」だとされていたのである。この危機は、専門家の議論にとどまらず、世間の関心も大いに集めていた。地球寒冷化の危機が叫ばれていた 1976 年、『朝日新聞』が「異常気象を考える」という特集を組み、次のように報じていたのである。

……いろいろな“異常”の中でも、気象学者たちが一様に「異常」を感じたのは「サンパチ豪雪」、つまり昭和 38 年（1963 年）1 月、日本海側を襲った大雪だった。…日本だけではなかった。同年 1 月 4 日付けの朝日新聞は「イギリスでは百年の気象観測史上、記録的な吹雪がこの日も全国的に吹き荒れた」という外電をのせ、前年 12 月下旬以来の、この寒波で、ヨーロッパ各地では 850 人を超す死者が出たと報じている。……「異常気象」は、その後も続いている。今年の夏、日本は記録的な「冷たい夏」だった。7 月になっても 5 月中旬並みにしか、寒暖計は上がらず、東京では真夏に赤トンボが乱舞した。（朝日新聞 1976）

また、『科学朝日』という有名なニュース科学誌も、地球寒冷化の危機を何度か取り上げていた。たとえば、「地球は冷えはじめている」（1970 年 10 月）、「寒冷化時代へのきざし」（1971 年 11 月）、「確かに地球は冷えて行く」（1973 年 8 月）といった記事である。地球寒冷化の危機を論じた本も、数多く出版されていた。そのいくつかを列挙すると、次の通りである。

- ・ 1965 年：和田英夫他『異常気象—天明異変は再来するか』講談社
- ・ 1973 年：根本順吉『氷河期へ向かう地球』風涛社
- ・ 1974 年：小松左京編『地球が冷える異常気象—地球が冷える』旭屋出版
- ・ 1974 年：根本順吉『冷えてゆく地球』家の光協会（角川文庫）
- ・ 1975 年：鈴木秀夫『氷河時代—人類の未来はどうなるか』講談社
- ・ 1975 年：土屋巖『地球は寒くなるか—小氷期と異常気象』講談社
- ・ 1976 年：根本順吉『氷河期が来る—異常気象が告げる人間の危機』光文社
- ・ 1976 年：日下実男『大氷河期—日本人は生き残れるか』朝日ソノラマ
- ・ 1979 年：N・コールダー（原田朗訳）『ウェザーマシーン—気候変動と氷河期』みすず書房
- ・ 1982 年：F・ホイル（竹内均訳）『氷河時代がやってくる』ダイヤモンド社

地球寒冷化の危機は、タイトルに「寒冷化」や「氷河期」といった文言がない本の中でも取り上げられていた。それらを読むと、「米海洋大気局の気象衛星は 1967 年から北極地方を見張っている。驚いたことに、1971 年から 72 年にかけての 1 年間に、氷海と氷原は 12% も広がった」（中村 1976, p. 24）とか、「1969 年には北大西洋の氷は過去 60 年のどの年より大きく広がった。1920 年から 1965 年までは流氷はアイスランド付近ではめったに見かけなかったのに、しかしその終わりのころになると、流氷がアイスランドの北端海岸の港をふさぎ、漁業ができなくなった。こんなことが再び 1968 年にも起った。1969 年には、いっそう著しくなった。漁業産業が半ばマヒ状態なるとともに、アイスランドは 3 度も平価切下げを行なって貨幣価値はやっと以前の半分でとどまった」（テイラー 1998, p. 49）といった記述を見つけることができる。

要するに、1960 年代から 1970 年代は、地球が非常に寒冷化し、北極の氷が「異常にひろ

がって」、アイスランドでは氷が港を塞いでしまい、人類に大変な危機が迫っていると騒がれていたのだ。ちなみに、こうした事態への対応策として朝倉正という気象学者が紹介していた案には、「原子力を利用して、巨大なポンプをすえつけ、太平洋のあたたかい海水をおくりこんで極氷をとかそうという考えがある。……そうすると、北極海の氷がとけ、極地の気候が緩和されるであろう、という考えである」(朝倉 1972, p. 81-82) というものもあった。

ところが、それから 20 年も経たないうちに、なぜか地球寒冷化の危機は忘れ去られてしまう。たまたま地球気温が上昇傾向になったこともあって、今度は人類が人為的温暖化の危機に直面しているということになったのである。かくして、根本順吉という有名な気象学者は、1973 年には『氷河期へ向かう地球』(先出) という本を出していたのだが、1989 年になると『熱くなる地球』(根本 1989) と題する本を出すことになった。そこにあるのは、思考変動とでも呼ぶべきものであろう。

しかしながら、変わらない点もある。地球が熱くなるが寒くなろうが、化石燃料が悪玉にされている点は同じなのだ。地球寒冷化が恐れられていた当時、その一因として大いに懸念されていたのが、化石燃料の使用が引き起こす「日傘効果(遮蔽効果)」であった。すなわち、産業活動によって排出される煤煙中の粒子状物質がエアロゾルを生成することで、あたかも日傘をさしたように日射が遮られ、地球を冷やしてしまうという理屈である。例えば、1975 年に出版された『地球は寒くなるか—小氷期と異常気象』という本には、次のように記されている。

強力な低温化効果を示すのが、人間活動で放出された細かなチリの力であるという説が近年よく提唱されるようになった。……人間活動にもとづくチリの半分は直径が 5 ミクロン以下であるから、長く大気中に浮かんでいる。そのため、年率 4% で増加すると西暦 2000 年には、現在の 4 倍量になる。この細じんが……太陽からの光を散乱させるので、地表面に達する日射量が減少する。……東北大学の田中教授は、世界中が札幌程度に汚染されると、平均気温が 3.5 度低下するという計算結果を発表した。(土屋 1975, p. 161)

ここに登場する「東北大学の田中教授」もまた、アメリカ議会での 99% 発言の翌年、つまり 1989 年になると『温暖化する地球』(田中 1989) という本を出すことになる¹⁴。一方、同じ 1989 年に『地球温暖化の時代 (Global warming)』を出版したスティーブン・H・シュナイダー (1990) は、その 18 年前の 1971 年には、権威ある『サイエンス』誌に寄せた論文の中で、次のように述べていた。

人間活動による微粒子注入の増加にともなう全球大気バックグラウンドの混濁がどの程度になるかを予見することは困難である。しかしながら、これからの 50 年間

¹⁴ ただし田中 (1989)『温暖化する地球』は非常に誠実かつ的確な分析を提示しており、その内容に照らせば、著者が人為的温暖化論を肯定視する理由が見えてこない。ス

に、人間による汚染の可能性は、6 倍から 8 倍ほど増加すると見積もられる。大気中への微粒子物質の注入率がこれほど増大すれば、全球バックグラウンドの混濁度は現在の 4 倍になろう。その場合、われわれの計算によると、全球気温は 3.5 度も下がることになる。数年に亘って地球表面の平均気温がこれほど大きく低下することは、氷河時代への引き金となるのに十分なものと確信される。(Rasool and Shneider 1971, pp. 141)

読めばわかる通り、シュナイダーは、人間が化石燃料を燃やして大気中に微粒子を放出し続ければ、1971 年からの 50 年間、つまり 2021 年ごろには地球の気温は 3.5 度も下がり、それが氷河時代への引き金となると言っていたのである。ここにあるのも、大きな思考変動に他ならない。ただし、変わっていない主張もある。上の文章は、次のように続くのである。

しかしながら、そのときまでには、エネルギー生産の手段としての化石燃料は、大部分が原子力にとって替わられているであろう。(Rasool and Shneider 1971, pp. 141)

地球が熱くなろうが寒くなろうが、シュナイダーの主張は化石燃料を原子力に切り替えるという点で一貫している。彼の『地球温暖化の時代』には、「このような切替えが石炭採掘業者にとって手ひどい打撃になることは、わかっている。しかし、反社会的・反環境的職業に従事する権利は、何びとにもないはずだ」(シュナイダー 1990, p. 307) とさえ書かれているのである。シュナイダーにとって、石炭業者は、撲滅すべき「反社」に他ならないのである。ともあれ、地球が寒冷化するのか温暖化するのかに関する議論には、まだ前史がある。1960 年代から 1970 年代にかけては、次のように言われていたのである。

いまから二〇年まえは、暖冬つづきで、地球の温暖化が話題になった。その頃南極の氷がとけて海面が上昇し、海に面した大都会が水没するおそれがあるとさわがれた。……ところが、さいきんは寒くなってきているという説が有力になってきた。

(朝倉 1972, p. 61)

平均気温が全世界的に寒冷化する方向を歩んでいる時、日本だけがいつまでも温暖化を楽しんでいることは許されまい。……暖冬が続いたころ、二酸化炭素の温室作用説が一時有力な時代があった。……一見合理的に思われるこの説にもいくつかの弱点がある。(和田他 1965, p. 30-36)

要するに、1960 年代に地球寒冷化の危機が叫ばれ始める以前は、現在と同様、「二酸化炭素の温室作用」による「地球の温暖化」が懸念され、「南極の氷がとけて海面が上昇」すると言われていたのである。時代を順に追えば、1960 年代から 1970 年代に栄えた寒冷化論は、それ以前の温暖化論に取って代わって登場して来たことになる。そして、その寒冷化論が、最新科学に基づく定説だとされ、「地球は温暖期を終わって、寒冷化の方向に歩みだしていることは確実である」(中村 1975, p. 67) という認識が共有されてゆくのである。1976 年、

気象学者の根本順吉は、次のように述べていた。

現在の寒冷化の時代を小氷期と見れば、われわれはすでにその時代に突入している。そして、遠い先をみるならまちがいなく大氷河期に向かって進んでいる。現在頻発している異常気象も、氷河期に向かいつつある地球の大きな気候変化の一つの重要なステップであることはほぼまちがいない。……世界中の学者が協力して地球全体を観測し、診断することを始めたのである。南極観測とか人工衛星の打ち上げなども、これに大いに寄与した。……また、人間の力で計算することなどはとてもできないほどのデータを使えるようになったのは、コンピューターの進歩だった。こうしてわかったことは、前記したように地球の空気が全体として着実に気温低下をつづけているということである。(根本 1976, p. 125)

20 世紀の前半頃は「二酸化炭素の温室作用」による「地球の温暖化」が指摘されていた。だが、この認識は、180 度変わってしまう。1970 年代になると、「世界中の学者が協力」し、「人工衛星」や「コンピューター」を駆使して気候の研究がなされるようになった結果、「地球の空気が全体として着実に気温低下をつづけている」ことが判明し、「頻発する異常気象も、氷河期に向かいつつある地球の大きな気候変化の一つの重要なステップであることはほぼまちがいない」と考えられるようになったのである。1970 年代の気象学に関しては、N・コールダー (1979, p. 100) もまた、「今やコンピューターの時代である。しかしまた、衛星と国際協力の時代でもある」と述べ、地球寒冷化論の科学的信憑性を主張していた。

だが、1980 年代末になると、またもや 180 度の変化が見られる。一度は忘れられた地球温暖化論が蘇り、それこそが定説だとされるようになるのである。この点について、米本昌平は、次のように述べている。

……少なくとも温暖化問題に関するかぎり、この時期にとくに世界観を変えてしまうほどの、大理論や大発見があったわけではない。……温暖化問題が国際政治の場での主題の一角を占めるようになった主たる原因は、科学の外側にあったことになる。(米本 1994, p. 42)

新たに登場して来た人為的温暖化論は、これまでの定説を科学的に覆したものではない。それが立脚しているのは、基本的に数理シミュレーションによる予想である。数理モデルをシミュレーションすることで現象を解釈し、それに基づいて未来予測を行うという手法だ。しかしながら、朝倉正 (1985, p. 209) が指摘するように、「実のところ、気候予測ができるのかどうかわかっていない。もしかしたらできないかもしれない」のである (II.10.6 節)。一方、確実に明白な事実、気候予測に用いるスーパーコンピューターの運用には、多額の資金が不可欠ということである。だから、気候予測に関わっている人々は、自分たちの研究の重要性や緊急性を広く訴え、何としても予算を獲得しなければならないのである。

いずれにせよ、気候が重要な問題であればあるほど、我々は、短絡的な行動ではなく、

深い科学的な議論を必要としている。この科学的な問題に関しては、薬師院（2002）もまた『地球温暖化論への挑戦』で、人為的温暖化論が抱える多くの問題を指摘した。この本は、読売新聞の書評欄で、「2002 年私のベスト 3（池田清彦委員）」の第二位に取り上げられた（読売新聞 2002）。しかし、それが何か世の中の動きに影響を与えたわけではない。そして今、こんな文章を書いたところで、時流には何の影響も与えないだろう。そのことだけは、確信している。戦時体制下の日本にさえ、時の大義について「論争がある」と思った人々が少なからずいたはずだ。だが、それを口に出してしたところで、まったく無駄であったに違いない。おそらく、問題は庶民層の知識不足ではない。むしろ、世の中で中心的な地位を占めている人々の思考停止が問題なのだ。ともあれ、この文書が何百年か後に発掘させることを願いながら、静かに筆を置くことにしよう。

I.3.世界的に後退する脱炭素政策

I.3.1. 世界のエネルギー政策の情勢変化

日本が「2050 年までに CO2 排出を実質ゼロにする」という目標を掲げたのは、2020 年に発足した菅政権の時だった。その年、欧州諸国は相次いで 2050 年に排出を実質ゼロにするという「ネットゼロ」宣言を出しており、G7 で残るは日本と米国だけと言う状態だった。そこで欧州に追随して日本も CO2 ゼロと宣言した訳である。そしてそれ以来、ほぼオール与党で脱炭素の推進を続けてきた（杉山 [20250502](#), [20250505](#)）。

ところがここに来て、海外では風向きが変わっている。先進諸国はネットゼロを掲げてきたものの、そもそも、この目標は実現不可能であった。のみならず、それを実現すべく実施された政策は、電気代などの高騰を引き起こして極めて不人気になり、移民問題に次いで重要な選挙の争点に浮上した。日本ではほとんど報じられていないが、欧州でも、ネットゼロ目標の撤回を公然と要求したり、あるいは目標撤回までは公言せずとも、エネルギーへの規制や税には反対するなど、「反対派」の勢力が増えてきた。

いまや欧州の大国では、悉く、与党ないしは最大野党の何れかが反対派になっている。すなわち、ジョルジャ・メローニ首相が率いるイタリア与党、最近になって野党党首のケミ・ベデーノックがネットゼロに公然と疑義を唱え始めた英国保守党、マリーヌ・ルペンが前党首だった最大野党のフランス国民連合、躍進が著しくやはり最大野党となったドイツ AfD（ドイツのための選択肢）といった具合である（Politico [2025](#)）。

英国保守党のケミ・ベデーノック党首は舌鋒鋭く、ネットゼロは「幻想に過ぎない」「根拠がまったくない」「出来もしない約束」「コストがかかる」と批判した（杉山 [20250320](#), Bloomberg [2025](#)）。ハンガリー、ポーランド、オランダ、オーストリア、ノルウェーなどの中堅国でも、ネットゼロについての世論は二分されている。対照的に、日本の国会では「2050 年 CO2 ゼロ」への反対派はごく僅かであり、目標の撤回を公然と求める会派は参政党と日

本保守党だけに留まっている。

一方、米国では 11 月にトランプ氏の共和党が大統領選挙と議会上下院選挙のすべてで勝利した（異 [2024](#)）。2025 年 1 月 20 日の大統領就任式直後に大量に発せられた大統領令により、パリ気候協定からの離脱を開始し、グリーンニューディール（米国での脱炭素のこと）を撤廃した（異 [2025](#)）。また、ESG に対する規制も強化されており、証券取引委員会（SEC）は気候関連情報開示規則の擁護を中止し（SIDLEY [2025](#)）、ESG 関連の株主提案の制限を進めている（Thomson Reuters [2025](#)）。さらに、米司法省（DOJ）と米連邦取引委員会（FTC）は、資産運用会社が ESG 政策を通じて競争を制限しているとして、反トラスト法違反の可能性を指摘している（Financial Times [2025a](#)）。これらの動きにより、米国における ESG の推進は大きな転換点を迎えている。グラスゴーにおける COP26 で 2021 年に発足した脱炭素を目指す国際的な金融機関のアライアンス（Glasgow Financial Alliance for Net Zer : GFANZ）およびその傘下団体は、日米の主要メンバーが軒並み離脱したことにより、事実上消滅した。

トランプ政権がグリーンニューディールに代えて進めているのは、「エネルギー主導（優勢）政策」である。これは米国が豊富に有する石油、天然ガス、石炭を最大限に活用して、自国と同盟国の経済を豊かにし、潜在的な敵対国を圧倒するというものだ。

トランプ氏は大統領令で化石燃料・鉱物開発規制の全面的な見直しを全省庁に指示した（I.3.3 節）。更に「国家エネルギー緊急事態」を宣言し、パイプライン、石油精製所、LNG 輸出設備などの建設を迅速化するとした。LNG の輸出は同盟国支援の柱と位置付けられ、石炭についても炭鉱への投資を進め輸出拡大を図っている。電気自動車（EV）の義務付け（II.5.5 節）、家電製品の省エネルギー規制は廃止された。

共和党が上下両院を制した議会も動いている。2025 年 5 月 22 日、下院は「一つの大きな美しい法案」（One Big Beautiful Bill）と呼ばれる歳出・歳入一括法案を僅差ながら可決した。法案は「トランプ減税」が柱であるが、その財源確保のためとして「グリーンニューディール」を掲げたバイデン政権の下で成立した「インフレ抑制法（Inflation Reduction Act : IRA）」に基づく再生可能エネルギー、電気自動車、省エネ機器の導入への様々な補助を打ち切るとしている。

この対象となる金額は莫大なものだ。すでに 46 兆円分は執行が決まっているが、今後、打ち切りの対象になるのは 74 兆円分になると報じられている。今後、上院である程度の修正が入ると見られており、まだ最終的な内容は確定していない。だがバイデン政権のグリーンニューディール政策の目玉であった IRA が消滅の危機に瀕しているのが現状である（杉山 [20250529](#)）。

対照的に、日本政府は相変わらず GX に邁進しており、10 年間にわたり官民合わせて 150 兆円の脱炭素投資を「規制と支援によって」実現するとしている。投資と言えば聞こえはよいが、実際は、再エネ導入などのために、光熱費上昇などの形で国民が莫大な費用負担をするということである。

米国はいま、安価な電気をふんだんに使用する AI 用のデータセンターの建設ラッシュに

沸いている。日本でも同様なブームを期待する声は多い。しかし GX では電気代が高くなる一方である。結局、日本に投資は来ず、またもや成長の機会を失うことが危惧される。

I.3.2. 脱炭素は世界の潮流ではない

GX を推進する際の日本政府のお決まりの説明は、「脱炭素は世界の潮流である」、「米国トランプ政権がパリ気候協定を離脱しても、世界の脱炭素の流れは変わらない」といったものだ。しかし、実際のところ、世界はどこに向かっているのだろうか。

2023 年の世界の CO2 排出量は過去最高になり、374 億トンであった。上位 10 か国を並べると、1 位は中国で世界の 33 % を排出していた。以下、2 位は米国で 13 %、3 位はインドで 7 %、4 位はロシアで 5 %、5 位は日本で 3 % であった。より正確に言えば日本は 2.6 % なので、もうすぐ 2 % と言うべきときが来るだろう。この 5 か国で、じつに世界の 60 % を占めている。つまりはこれら大排出国がどうするかで、世界の趨勢は決まる。

ロシアの経済そして国家財政は、化石燃料に依存している。2024 年の原油・天然ガス関連歳入は 11.1 兆ルーブル（約 1080 億ドル）に達し、これはロシア連邦予算の約 3 分の 1 を占めていた。これは対ウクライナ戦争で膨らむ軍事費の源泉でもある。このロシアが石油採掘を止めるはずも、ガス輸出を止めるはずもない。そんなことを誰が強制できるはずもない。

では、そのロシア産原油を買っているのはどの国か。答えは中国とインドだ。2024 年の 1-3 月の間に中国が輸入したロシア産原油は日量 217 万バレルに達した。これは日本の総石油消費（約日量 330 万バレル）の 3 分の 2 に当たる莫大な量だ。インドも日量 190 万バレル前後をロシアから輸入している。両国合わせると、ロシアの原油輸出の半分以上を吸収していたことになる。欧米はロシアに経済制裁を課しており、輸入を制限してきたが、中国もインドも聞く耳を持たなかった。

中国は石炭火力発電も諦めてなどいない。中国では、2023 年の 1 年間だけで石炭火力が 4740 万キロワットも新規に運転開始した。これは、日本全国の石炭火力発電所の合計 5510 万キロワット（2023 年末）とほぼ同じ規模である。日本が何十年もかけて建設してきたのと同じ規模の石炭火力発電所を、僅か 1 年で運転開始したということである。のみならず、中国は同年、9450 万キロワットもの石炭火力発電所に新たに着工した。

インドも石炭利用を拡大している。政府計画においては 3500 万キロワットを超える石炭火力発電所を開発中であり、2024 年にも複数の大型発電所に着工した。なお世界全体の石炭消費量も 2023 年に 86 億トンと過去最高を更新した。

このように、世界の 60 % の排出を占める 5 大排出国は、軒並み脱炭素になど向かっていない。唯一の例外は、2.6 % の排出を占める第 5 位の日本だけである。

日本では脱炭素の制度化が着々と進んでいる。慣性のついてしまった行政府は、巨大な船のように方向転換が効かない。その一貫として「野心的な」NDC が設定され、2035 年および 2040 年の CO2 削減目標が無謀な数値に設定され、それを各部門に割り当てた第 7 次

エネルギー基本計画（経済産業省 [2025a](#)）が策定された。このままでは、エネルギーコストは高騰し、企業の国内生産の縮小には歯止めが掛からなくなる。円安という好機にも関わらず、日本経済はデフレからの脱却に失敗して、逆戻りするだろう。

経済的に弱体化すれば、日本は安全保障も危うくなる。まず国家防衛には費用がかかるがそれを捻出できなくなる。のみならず、中国が貿易や投資を通じて日本国内でのプレゼンスを高め、日本政治への影響力を持つようになり、反中の言論や政治を難しくするだろう。中国から見れば、長期的には日本を米国から引き離し、親中国的な中立国家とすることが望ましい（劉 [2023](#)）。かつて冷戦期のフィンランドはソビエト連邦寄りの中立を維持し、反ロシア的な言論・政治には制約をかけるという「フィンランド化」（石垣 [2000](#)）をしていた。日本も同様な運命を辿るかもしれない。自由が失われるということは事実上の日本の死と言ってよい。これだけは何としても避けねばならない。

I.3.3. 世界は低炭素へ回帰

気候変動対策へのスタンスにおける潮流の変化は、2023 年 12 月に開催された COP28（国連気候変動枠組条約第 28 回締約国会議）から始まった。史上初めて化石燃料に言及したものの、開発途上国を中心に強い反対に合い、具体的なフェーズアウト時期を明記できなかった。そして、2024 年は欧州議会選挙や米国大統領選挙など、以前から注目されていた大きな選挙が実施されたことから「選挙イヤー」とも呼ばれた。2025 年 2 月のドイツ連邦議会の総選挙（下院）まで含め、いずれも政権与党が敗退し、主要な政策が見直されたなかで、エネルギー政策も大きな曲がり角を迎えた。

これら一連の政治的動向を見る限り、国外では理想論としての「脱炭素 (Decarbonization)」が、現実路線としての「低炭素 (Low Carbon)」へとシフトしていることを物語っている。世界のエネルギー需要の大半を化石燃料が支えており、その状況を簡単には変えることはできないという厳然たる事実を、国際社会が無視できなくなったことの証左でもある。この潮流を決定づけたのは、2024 年 11 月の米国大統領選挙において、トランプ氏率いる共和党が連邦議会上下院選挙のすべてで勝利を収めたことである。

2025 年 1 月 20 日の大統領就任式後に出された大統領令では、民主党政権時代での環境主義へ傾注した政策が全面的に否定され、公約どおりに米国のエネルギードミナンスを実現するための政策を矢継ぎ早に発表した（Federal Register [2025a](#), [2025b](#), [2025c](#), [2025d](#)）。化石燃料利用に関しては、選挙戦での「ドリル・ベイビー・ドリル（〔化石燃料を〕掘って、掘って、掘りまくれ）」のスローガンに象徴されるが、米エネルギー省（DOE）では民主党政権が凍結した LNG 輸出許可の審査を直ちに再開し、2025 年 3 月の CERA Week においてクリス・ライト長官が記者会見の場で許可書に署名した（DOE [2025](#)）。

もっとも、米エネルギー省系のシンクタンクであるエネルギー情報局（EIA）は、民主党政権下においても、従来から化石燃料生産の長期予測において、2050 年に向けて生産が大

きく減少することはないことを公表していた。最新の 2025 年版年次エネルギー展望 (Annual Energy Outlook 2025) でも、その長期予測に大きな変化はない (EIA 2025)。これを見る限りでは、民主党政権のエネルギー政策が非現実的であり、共和党のそれは単なるリバランスによる中立化の政策とも映る。

いずれの国でも現政権はこうした意見を無視できなくなった (I.3.1 節)。エネルギー安全保障と経済合理性を前提とした現実的対応により、安価で安定的な天然ガスなどのトランジション的活用が再び容認されるトーンに変わりつつある。この流れは政治だけではなく、化石燃料利用の制限をエネルギー産業に迫るために資本市場から圧力をかけ続けた金融機関の行動変化にも現れている。2023 年には、米国の反トラスト法違反の可能性から、保険業界の気候変動問題に取り組む世界的組織であった NZIA (ネットゼロ保険同盟) より大手保険会社の脱退が相次いだ。この銀行版ともいえる NZBA (ネットゼロ銀行同盟) からも保険業界と同じ理由から、2024 年末までに大半の米大手金融機関の脱退が相次ぎ、今年に入って本邦金融機関がこれに続いている。

2025 年 2 月には、イギリスの HSBC Holdings で CSO (最高サステナビリティ責任者) に就任したジュリアン・ウェンツェル氏が「化石燃料に対する過度に制限的な政策は、エネルギーの安定供給を危険にさらし、低炭素な未来への移行を損なう可能性さえある」と述べた (Bloomberg Law 2025)。さらに、世界最大の資産運用会社ブラックロックのラリー・フィンク CEO は、前述の CERA Week で「天然ガスの黄金時代到来」を主張し (E&E News 2025)、その後の投資家への年次書簡において、急増するデータセンターへの電力供給は再生可能エネルギーでは安定供給は難しく、国家の繁栄はより多くのエネルギー生産と消費する能力や意欲によって定義づけられると述べている (Black Rock 2025)。

エネルギー企業でも低炭素回帰は進行中である。欧州最大のオイルメジャーであるシェルは、2025 年 2 月に発表した “LNG Outlook 2025” において、2040 年までに世界の液化天然ガス (LNG) 需要が約 60% 増加するとの見通しを示した (Shell 2025)。アジアではパイプライン網が脆弱であるため、液化天然ガスの輸入依存が続き、特に中国や南アジアの都市化・工業化がその需要を牽引するとされる。シェル自身も報告書内で「低炭素燃料」としての LNG の役割に言及しており、再生可能エネルギーの不安定さを補完しつつ、石炭よりも排出強度が低い「過渡的エネルギー」としての有用性をあらためて強調している。ここでも、「脱炭素」ではなく「低炭素」への現実的転換が、グローバル企業の戦略文脈の中で再確認されつつある。

このトランジション期の低炭素回帰の流れにおいて、低炭素を代表する天然ガスの利用に止まらない動きが始まっている。2025 年 4 月にはトランプ大統領が「アメリカの美しいクリーン・コール産業の再活性化と改正」と題した大統領令を発し、AI 需要で高まるデータセンター向け電力供給において石炭火力発電所の活用を奨励している (Federal Register 2025e)。続く 6 月、米環境保護局 (EPA) は前政権が導入した発電所からの温室効果ガスや水銀などの汚染物質などの排出規制を廃止した (ロイター 2025)。

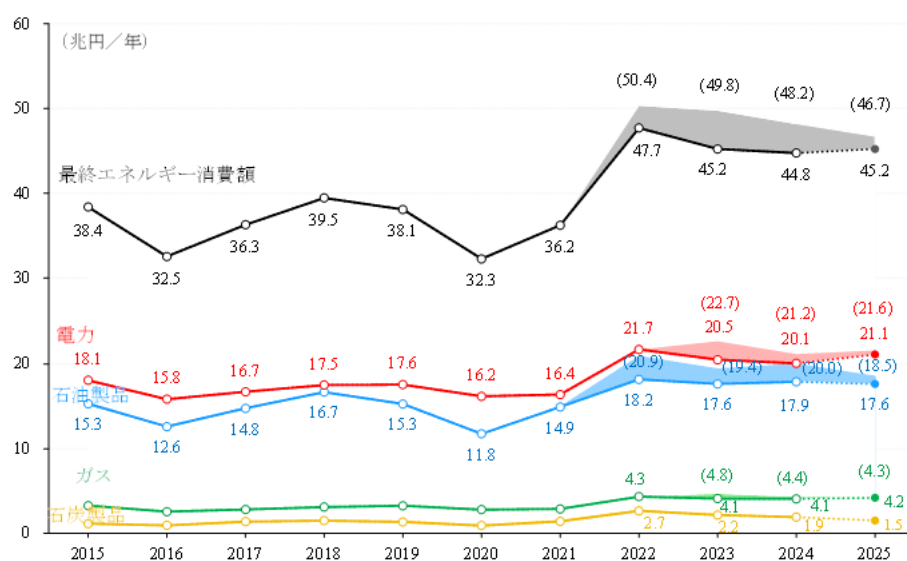
そもそも、温室効果ガス排出量が中国と米国に次ぐ世界第3位のインドは、2070年でのカーボンニュートラル達成を目標としているが、その時点での完全な廃止（**phase-out**）を明言していない。2025年6月、世界最大の石炭生産企業である国営コール・インディアは、今年30以上の炭鉱を再開し、さらに最大5つの新規炭鉱を開発することを公表した。同社のプラサド会長は「2035年までに石炭のピークを迎え、その後横ばいとなり、2047年までには確実に減少に転じ、2070年までに段階的に削減（**phase-down**）される」との見通しを示している（Financial Times [2025b](#)）。

II. 政策提言

II.1. エネルギーコストの低減

II.1.1. 高止まりするエネルギーコスト

本計画では、エネルギーコスト、とくに電力コストを低減すべく、明確な数値上の目標値を設定しながらコミットすることを提言する。図 10 は、コロナ禍からの回復期から現在までの最終消費エネルギー消費における急激なコスト負担増（速報値）を示している（2025 年は 5 月までの実績速報値を反映した予測値）。コスト額のうちのシャドー部分は、政府による補助金による間接的な負担額である。この速報値によれば、2022 年の日本経済は、（コロナ禍前となる）2019 年に比して 12.3 兆円の負担増（間接負担を含む）を余儀なくされたと評価される¹⁵。2025 年でも、コロナ禍前から 8.2 兆円の負担増と予測され、名目 GDP 比で 1.4%もの大きな足枷となっている。



出典：エネルギーコスト・モニタリング（ECM）（野村・稲場・吉田 2025）による。2025 年値は 2025 年 7 月実績値までを反映した年次予測値（最終エネルギー消費）。単位：兆円。月次推計値からの暦年集計値。測定の詳細は野村・稲場（2023）を参照。図のシャドー部分は、「燃料油価格激変緩和対策事業」および「電気・ガス価格激変緩和対策事業」による補助金額（括弧内が補助金による間接負担を含めた金額）。

図 10：日本経済のエネルギーコスト負担増

2023 年には、こうしたエネルギーコスト増のうち、5 兆円近くが電力やガソリンにおける政府による補助金として、コスト負担が軽減されてきた。補助金によって、エネルギー価格の高騰は国民には見えづらいものとなったが、日本の一般会計における公共事業関係費総額にも近い間接的な国民負担を増加させていることに違いはない。2025 年における（補

¹⁵ 電力という二次エネルギーを生産するためには、一次エネルギーである天然ガスや石炭が投入される。図 10 では重複を避けるため、こうした転換部門における消費を除いた最終エネルギー消費のコストとして評価している。転換部門におけるエネルギー消費額を積算したグロスベースでは、2019 年の 57.7 兆円から 2022 年には 83.1 兆円（補助金による軽減後）まで 25 兆円もの拡大である（野村・稲場・吉田 2025）。

助金後の) 直接負担は、2024 年よりむしろ増加すると予測されている (図 10)。とくに電力価格の低廉化は、エネルギー価格高騰への日本経済の耐性を強化していくために喫緊の課題となっている。政府は電気代の定義を捻じ曲げながら (杉山 20240517)、2022 年に急騰したエネルギーコストを 3 年間高止まりさせている。本計画が詳細を論じていくように、根本的な低コスト化に向けた、一貫したエネルギー政策を構築すべきときにある。

II.1.2. エネルギー内外価格差の拡大

エネルギーの価格抑制のため、一貫した価格低廉化策が構築されなければならない。エネルギーや電力価格の抑制のためのターゲットとして注視すべき指標は、名目的なエネルギーコスト負担 (II.1.1 節) や電力価格の変化 (II.1.4 節) とともに、主要工業国との内外価格差の変化である。とくに国際競争に晒される産業では、その生産物 (実質 GDP) の価格 (GDP デフレーター) との関係性として、実質的な価格の格差 (Real PLI) が重要な指標となる。ここでの「実質」とは、総合的な生産 (アウトプット) の価格との関係性においてエネルギー価格を捉えることによるものであり、為替レートの変動からは独立な指標である。

図 11 は、行に参照国、列には比較国となる Real PLI (参照国=1.0) として、コロナ禍前の状況 (2015–2019 平均値) を下段に、2025 年第 1 四半期の速報値を上段においた、二国間関係における Real PLI の変化率 (対数成長率) のマトリックスを比較している (野村・稲場 2025)。たとえば比較国を日本、米国を参照国とすればこの期間に Real PLI は 25% 増、中国を参照国とすれば 16% 増であり、日本の実質的な内外価格差は、米中比で大きく拡大したことが示される。

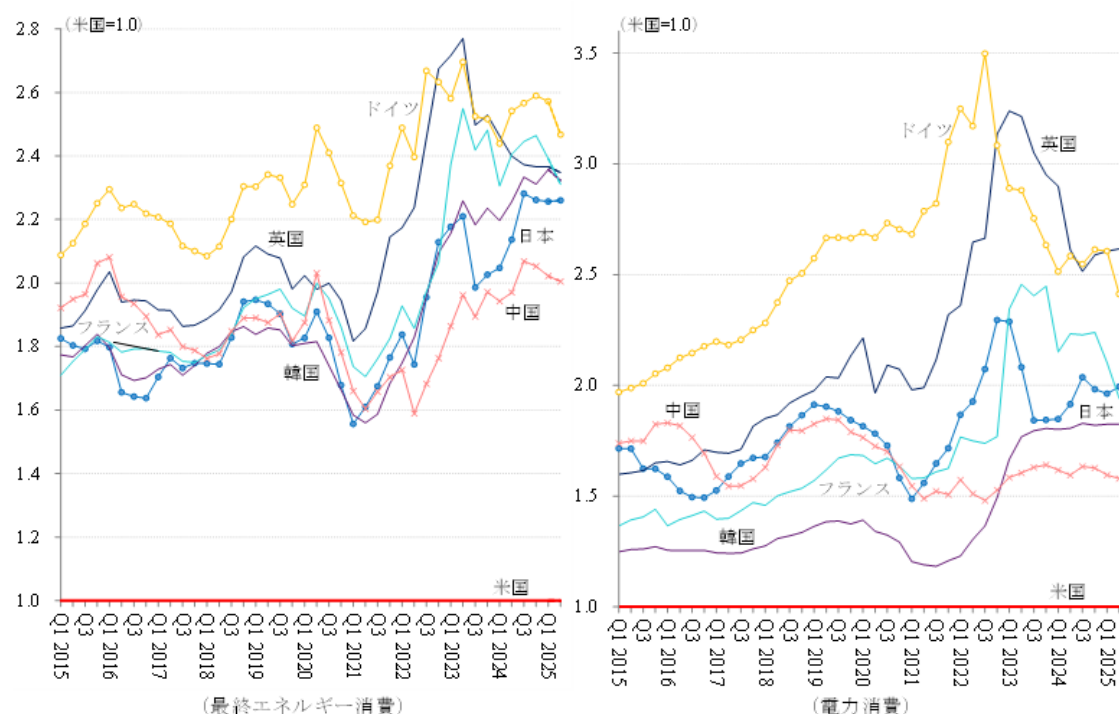
	比較国						
	日本	中国	韓国	米国	英国	ドイツ	フランス
日本	1.00	0.88	1.02	0.44	1.03	1.09	1.01
	1.00	1.06	1.00	0.56	1.10	1.24	1.02
	(0%)	(-19%)	(3%)	(-24%)	(-6%)	(-13%)	(-1%)
中国	1.14	1.00	1.16	0.50	1.17	1.24	1.15
	0.95	1.00	0.94	0.53	1.04	1.17	0.97
	(18%)	(0%)	(21%)	(-6%)	(12%)	(6%)	(18%)
韓国	0.98	0.86	1.00	0.43	1.01	1.06	0.99
	1.00	1.06	1.00	0.56	1.10	1.24	1.02
	(-3%)	(-21%)	(0%)	(-27%)	(-9%)	(-15%)	(-3%)
米国	2.27	2.00	2.33	1.00	2.35	2.48	2.30
	1.79	1.89	1.78	1.00	1.96	2.21	1.82
	(24%)	(6%)	(27%)	(0%)	(18%)	(11%)	(23%)
英国	0.97	0.85	0.99	0.43	1.00	1.06	0.98
	0.91	0.97	0.91	0.51	1.00	1.13	0.93
	(6%)	(-13%)	(9%)	(-18%)	(0%)	(-7%)	(5%)
ドイツ	0.92	0.81	0.94	0.40	0.95	1.00	0.93
	0.81	0.86	0.81	0.45	0.89	1.00	0.83
	(12%)	(-6%)	(15%)	(-12%)	(7%)	(0%)	(12%)
フランス	0.99	0.87	1.01	0.43	1.02	1.08	1.00
	0.98	1.04	0.98	0.55	1.07	1.21	1.00
	(1%)	(-18%)	(3%)	(-24%)	(-5%)	(-12%)	(0%)

出典：エネルギーコスト・モニタリング (野村・稲場・吉田 2025)。単位：参照国=1.0。注：各計数の上段は 2025 年 Q2、下段はコロナ禍前 (2015–2019 年平均値)、括弧内は対数成長率。エネルギー消費に対して補助金のある国では、補助後の価格によって評価されている。参照国に比して比較国で相対的にエネルギー内外価格差が縮小したものは背景色を青、拡大したものは赤としている。青の多い列に位置する比較国は、(参照国との二国間関係において) この間にエネルギー価格差が縮小したことを意味する。測定の詳細は野村・稲場 (2025)。

図 11：コロナ後に拡大したエネルギーの内外価格差

コロナ禍前と 2025 年第 1 四半期との比較において、中国は米国比の Real PLI を 9% の格差拡大に抑制している。それはエネルギー消費価格の抑制が補助金や政府の介入によるものかは識別されないが、近年、中国では米国とともに相対的に安価なエネルギーアクセスを提供することに成功してきたと評価される。それに対して、米中以外の主要工業国では、米国との二国間関係としてエネルギー価格差を 18–30% 拡大させ、中国との二国間関係としても 9–20% 拡大させている。この指標は、日本などでは補助金による減額後の計数であり、今後の補助金制度の終了や脱炭素政策の継続によっては、さらなるエネルギー価格差の拡大が懸念される。

時系列的な変化として、2015 年から 2024 年までの実績速報値と 2025 年の予測値を含む、最終エネルギー消費（左図）と電力消費（右図）における実質価格差の主要工業国間の推移を示したものが図 12 である。米国の電力価格に比して、日本のそれは 2015 年以降おおむね 1.5–1.8 倍ほどで維持されていたが、近年の価格高騰をうけて 2022 年には実質価格差は 2.3 倍以上に拡大してしまった。それは日本の間接的な電力輸入の拡大（I.1.4 節）と空洞化を促している。2025 年現在でも米国に比して 2 倍近い電力価格差が継続するとみられ、内外価格差の縮小が強く求められている¹⁶。



出典：エネルギーコスト・モニタリング（野村・稲場・吉田 2025）。単位：各四半期の米国水準=1.0。注：観測期間は 2015 年 Q1–2025 年 Q2（季節調整済み）。エネルギー消費に対して補助金のある国では、補助後の価格によって評価されている。測定の詳細は野村・稲場（2025）。

図 12：主要工業国におけるエネルギーと電力の実質的な価格差

¹⁶ 米国では国内における電力価格差も大きく、同国における主要工業地域と比較すれば、日米の産業用電力価格差は 4 倍以上などと大きく拡大する。日本産業競争力の基盤として、電力価格抑制は急務である。

しかし脱炭素へと偏重したエネルギー政策を推進する政府は、日本国内における電力コストの拡大（図 10）を、あたかも国民が許容する負担水準が高められたかのように利用しようとしている。固定価格買取制度（Feed in Tariff：FIT）による再エネ政策は、膨大な賦課金の負担と電力価格の高騰をもたらした。だがその買取期間を終えれば賦課金も減少を始めると予想されることから、政府は企業の CO2 排出に対するカーボンプライシングを導入しようとしている。一般財源化されることのないその収入は、GX の名の下に先行して実施される、きわめて非効率な財政支出を支えるものとなる（II.1.3 節）。この数年、米国に比して大きく拡大した電力価格差は長期に硬直化されかねない。

EU 諸国をみれば、2021 年後半から 2022 年にかけてのドイツや英国における電力価格高騰は、もはや衝撃的としか言えない水準である（図 12）¹⁷。それはエネルギー多消費産業の急速な空洞化をもたらし、マクロ経済の低迷へと繋がっている（I.1.1 節）。しかしその急騰後には、2022 年後半からは暴騰した化石燃料価格の低下に伴い電力価格差も縮小したが、2024 年後半から再び拡大している。

日本では自由化を謳いながらも、政府は弥縫策を続けて、実質的にはさまざまな市場や企業経営における介入をむしろ強化してきた。価格高騰の上昇幅は欧州諸国に比して抑制されてきたと言えるが¹⁸、価格抑制は新規の火力発電所への投資回収を困難なものとし、将来の安定供給におけるリスクを拡大させている（I.1.4 節）。より抜本的な電力価格の抑制のためには、電力業に存在するネットワークの外部性を考慮し、公益事業としての意義を再び問い直しながら、安価な安定供給を実現するための制度の見直しが求められる（II.8 節）。エネルギーコストの低廉化策では、原子力の活用（II.2 節）に加え、化石燃料の安定調達を図ること（II.3 節）、再エネの性急な大量導入を止めること（II.6 節）、電力需要の予見可能性を減じさせる省エネ政策を大幅に簡素化すること（II.7 節）などの、一貫した措置が不可欠である。

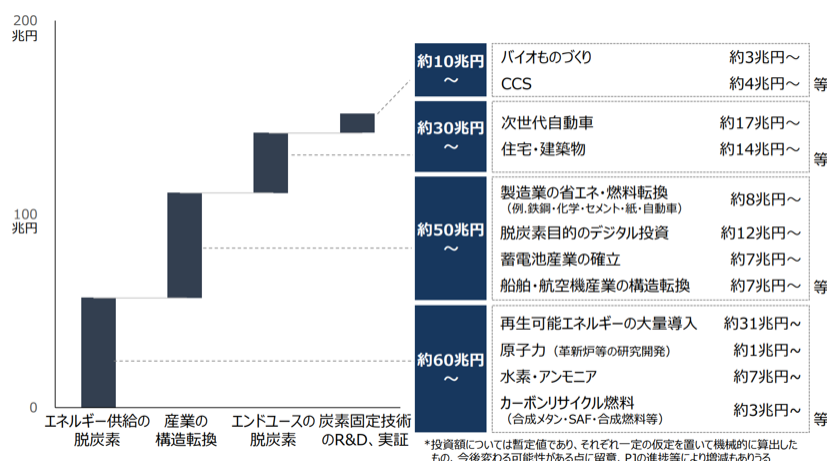
II.1.3. GX によるエネルギーコスト増

日本政府は 2023 年 5 月に成立した GX 関連法において「グリーントランスフォーメーション」、つまり脱炭素のために「規制・支援一体型」の政策によって 10 年で 150 兆円の官民投資を引き起こすとしている。規制・支援一体型ということは、これまで太陽光発電を大量導入してきたのと同じやり方で、規制と補助金によって民間に投資をさせるということである。投資といえば聞こえは良いが、その負担は国民である。150 兆円ということは、単純計算では国民 1 人あたり 120 万円、標準的な 3 人世帯であれば 360 万円も負担するのだが、この見返りは極めて乏しいものになりそうである。

¹⁷ ドイツにおける価格高騰が急速な空洞化の進行（図 1）をもたらした。また EU 全体でもエネルギー多消費産業の空洞化が電力需要の減少を生じさせている（I.1.1 節脚注 1）。

¹⁸ 同様でありながらもより顕著な傾向は、中国や韓国でみられる。電力事業が国有化されているこうした国では、化石燃料価格の上昇に比して、電力価格の上昇は明らかに抑制されてきた（韓国では 2023 年から価格転嫁が進んでいる）。

なぜならその内訳を見ると、最大の投資先が再生可能エネルギーだからである。図 13 は政府（GX 実行推進担当大臣 2022）が描く官民の投資イメージを与えている。太陽光発電は、家庭に太陽光パネルを設置しても火力発電所をなくす訳にはいかないため、本質的に二重投資である（II.4.2 節）。夜でも曇りのときでも電気は必要だからである。バックアップのために火力発電所が必要だという言い方もされるが、それも太陽光パネルをひいきしすぎている。太陽光パネルは年間にして 13%しか稼働しない。残りの 8 割以上を火力発電所に頼ることになるわけで、“バックアップ”という言い方は的外れである。要は、電力供給のためには火力発電所が必要なのであって、太陽光パネルは気まぐれに発電するに過ぎない（II.3.3 節）。これは風力発電も同じことである。日本では洋上の最も風況の良いところでも風力発電の稼働率（正確には設備利用率）は 35%しかない。



出典：政府説明資料（GX 実行推進担当大臣 2022）

図 13：GX を実現する官・民による政府想定投資イメージ

すでに太陽光発電は導入しすぎであり、余った時には電気を捨てている状態である。政府はこの対策として他地域への送電線を建設するとか、蓄えるためにバッテリーを導入するとしているが、これは三重投資、四重投資になる。再エネはいまや最も安いなどという人がいるが、それはコストの一部しか見ないままに、都合のよい話をしているに過ぎない。現実には、再エネを大量導入したドイツやデンマークは電気代が最も高い（図 12）。

CO2 を排出しない火力発電として、CO2 を地中に埋める二酸化炭素回収・貯留（Carbon dioxide Capture and Storage：CCS）、それにアンモニア発電や水素利用などにも政府は巨費を投じるとしている（図 13）。だがこれも、万事予定通り進んだとしても、発電コストはこれまでの火力発電所の 2 倍、3 倍、あるいはそれ以上になると試算されている（II.6.1 節、II.6.5 節）。このような高価な技術を日本でいくらか規制や補助によって導入したところで、その技術が世界で売り上げを伸ばすことはありえない。またこのような高価な電力を用いたのであれば電力多消費的な財が世界で売れるはずもない。これに何千億円、何兆円と費やすというのはまるきり無駄遣いである。既存の火力発電と競合できるコスト水準になる技術を

目指して、研究所で基礎的な技術開発をするにとどめるべきである。

万事予定通り進んだとしても、確実なことは、莫大な国民負担が残るだけである。喜ぶのは利権に預かる一部の政治家、行政官、企業、結論ありきの研究者・有識者ばかりとなる。こうした政策をもって「グリーン経済成長の実現」を謳う経済産業省には、経済や産業の実態に対する理解が著しく欠けていると言わざるをえない。

政府が財政出動によって需要を喚起することは、とくにリーマンショック後やコロナ禍など景気後退期では、マクロ経済政策として広く支持される。しかし、中長期の成長パスへと影響を与える財政の出動において、やはり問われるべきは財政支出の内容であり質である。財政出動によって一時的な需要を創出しようとも、そのことが民間部門における資源配分と経営戦略を歪め、官公需や政策による支援といった宴の終了とともに、企業がその競争力を急速に失うということが日本経済では幾度も繰り返されてきた^{19, 20, 21}。今回はそこに金融機関を巻き込んできた。しかし金融機関でさえ、脱炭素のための高い費用によりややく気付き、2025年3月から相次いで金融機関の国際的枠組み「ネットゼロ・バンキング・アライアンス（NZBA）」からの離脱を決めている。

政府は上記の150兆円の投資の「呼び水」として2030年までに20兆円を発行するとしたGX債において、2023年度は1.6兆円を調達し、日本製鉄などが参画する水素還元製鉄の技術開発に約2500億円、ホンダなどの電気自動車（EV）向け電池の生産拡大に約3300億円を充当するとした（日本経済新聞 2024）。産業構造の行方に関わる重要技術へと投資し「国際競争力を高める」という。

政府はこのGX債を将来の「カーボンプライシング」によって償還するとしており、これは具体的にはエネルギーへの賦課金や政府による排出権の売却益によって賄うとしているが、これは実質的なエネルギー増税に他ならない。またこのGX債の発行およびカーボンプライシング制度の運用については新設の認可法人である政府の外郭団体であるGX推進機構が担うこととなっている（GX実行推進担当大臣 2023, p. 27）。つまりは、政府が賦課金を徴収し、外郭団体で運用するという昔ながらの産業政策の手法がとられている。

こうした産業政策に対し、伝統的ながらも強固な批判は、政府がまだ実現もしていない技術による国際的な「競争力」を適切に評価し、適切となる分野や経済主体に、適切なかたちで支援できると期待することは、ほとんどできないということである。政府による補助金

¹⁹ 湯之上隆氏は、政府主導による半導体産業政策が悉く失敗したと衆議院で証言している。「これは半導体全体のシェアを示しています。やはり1980年代に50%のピークがあります。これが、どんどんどんどんシェアが下がっていくわけです。いろいろ、これを対策しようと、あれこれやったんですよ。ちょっとこれはおいておいて、ここの辺りからですね。何かもう一つ一つ読むのも嫌なんですけれども、山のように対策したんですよ。国プロ、コンソーシアム、合併会社、経産省が主導して、何かもう数え切れないほどやったんです。実際、僕が所属したのは、このエルピーダとか、セリットとか、セリットを核としたあすかプロジェクトとか。これは実際、僕が自分でそこに在籍して経験したわけですが、何一つ成功しなかった。何一つシェアの浮上にはつながらなかったんです。大失敗。何でもこうなっちゃうのと。全部失敗したんですけれども。」（第204回国会 科学技術・イノベーション推進特別委員会 第4号（2021年6月1日））

²⁰ かつての日本は家電王国であった。政府はトップランナー制度などで国内企業間の省エネの競争を促し、実際に世界最高水準のエネルギー効率を実現したが、その一方で世界でのシェアは大きく凋落してしまった。

²¹ 「4年分のテレビを2年間で売った」という家電エコポイント制度（ポイント発行対象期間は2009年5月15日-2011年3月31日）は、メーカーの経営判断を大いに狂わせてきた（読売新聞 2012年9月18日）。

(グリーンスチール生産のための水素への値差補填や EV 補助金など) が消えたならば、そうした財が独り立ちした民間の実需として、日本と世界の市場でどれほどの市場規模を獲得しうるかは依然としてまったくわからない²²。いずれ、そうした未来技術開発の実現・社会実装におけるさまざまな課題がより明示的に顕在化したり、あるいは(水素や電気にそのエネルギーの多くを依存することでは) 国内生産としては価格競争力を持ちえないことが明らかになろうとも、政府と企業が速やかにフェードアウトすることも難しいだろう。

競争力や未来技術に対する政府の思い込みは、研究開発の方向性—とくに若手研究者の人生—を縛るものとなり、補助を受けた企業の経営戦略における柔軟性を喪失させてしまう。政府による GX という先行投資は、その有効性がきわめて疑わしいだけではなく、日本企業と日本経済の生産性を高めていく上で長期的な足かせとなる。リターンがほとんど見込めないにも関わらず、政府が先行した支払いのツケは、将来のエネルギー消費者によって負担されることが約束されている。20 兆円の債務は、(健全なチェック機能が働いていないがゆえに)、何事もなかったかのように国民の借金となった。この日本には、来るべきさらなる高齢化社会の備えのために、安全保障の強化や強靱な国家づくりに向けて、はるかに有効と考えられる投資先があるにも関わらず、その財源を静かなエネルギー消費者からいざれ回収できるというだけの理由によって、政府は GX を「政策のイノベーション」と自賛する。それは戦後日本経済において最大規模の愚策である。

政府は勝者を選ぶことはできない(“governments cannot pick winners.”) という伝統的な批判に対して、よりミッション志向(mission-oriented)で政府はもっと積極的な役割を果たしうるといふ、新しい産業政策論も議論される²³。しかし当然のことながら、プロジェクトの成否は“ミッションの難しさ”に依存する。宇宙開発は、大きな不確実性はあるながらも、将来には莫大な需要が見込まれ、また資本市場からも高く評価される事業である。だが脱炭素技術の開発の多くは、まだ見ぬ新サービスを提供しうるそれとは大きく異なり、同等の(あるいは少し劣る)財・サービスをよりコストの高い方法で生産する、というものである。国際協調のとれた CO2 価格として 1 トンあたり 1000 ドルなどが受け入れられる時がくれば、そうした需要は「実需」ともなろう。しかし現在、それはまったく目途がたっていない。国際的な制度的枠組みもない。いかに目指すミッションが崇高であろうとも²⁴、消費者によって自ずと形成されてきた価値体系を、政府が抜本的に改訂しようとする大規模な社会実験が実現する可能性はきわめて乏しい。

脱炭素技術の開発は、民間企業が自らアクセスする海外市場とその需要構造の変化を観察・精査し続けながら、自らの経営判断として、自らが現在に有する強みとのバランスをとりながら取り組むべきものである。これまでも実施してきたように、そうした研究開発に対する一定の政府支援は必要であろう(II.6.1 節)。また一部の輸出企業には、ゼロエミッション電力を優先的に割り当てるような支援も求められよう(II.10.13 節)。しかし 20 兆円にも

²² 先行して、EV ではその市場低迷と、EV に傾斜した企業の業績悪化が鮮明となってきた(II.5 節)。

²³ Juhász, Lane, and Rodrik (2023) など。

²⁴ 脱炭素が崇高なミッションたりうるか、II.10.2 節において、気候変動リスクの評価を議論する。

なるとされる GX 債の償還（壮大で非効率な社会実験）を、カーボンプライシングによって、日本国内のエネルギー消費者が負担すべき理由などない。脱炭素を理由にエネルギーコストがさらに上昇するならば、より一層の産業の空洞化を招きながら（I.1.2 節）、素材産業などの日本経済の強みが喪失され（I.1.3 節）、さらなる長期停滞を余儀なくされるだけである。

ミッション志向による産業政策が機能しないことは、つねに約束されたものでもなかろう。むしろ本計画であるエネルギー主導ミナンスの実現には、安全保障や化石燃料の安定調達のために（II.3 節）、公益事業としての電力の制度再設計のために（II.8 節）、そしてエネルギー備蓄やインフラ防衛のために（II.9 節）、政府の果たすべき役割は大きい。

向かうべき方向が正常化するならば、現在は GX や省エネなどのデフレ促進政策に浪費しているその能力を正しく使うことができるだろう。経済官庁のすべきことは、有効性の疑わしい未来技術の開発や導入に向けた支援のために電力価格を高めるのではなく、真に安価で安定した電力供給を実現させていくことである（II.1.4 節）。ひと時の「虚需」を作り出すのではなく、家計の実質所得を圧迫せず健全な「実需」を拡大させることである。省エネの幻想で縛りあげるのではなく、企業が国内における生産と投資を自ずと選択しうる環境を構築することである。日本政府が志向すべきミッションは、脱炭素からエネルギー主導ミナンスへ、大きく転換されなければならない。

II.1.4. エネルギー主導ミナンス達成時の電気料金目標

本計画に従ってエネルギー主導ミナンスを達成する、日本の電力価格の考え方をまとめておこう。本計画では、安全性を高めた原子力発電がより推進され（II.2 節）、LNG と石炭が長期契約によって安定・安価に調達される（II.3 節）。その一方、再エネ導入に伴う補助金、送電網投資、蓄電池投資などへの非効率な支出が排除されることにより（II.4 節）、発電コストは大幅に低下する。LNG と石炭では、長期契約によっても、国際価格の変動による影響を一定程度は免れえないだろう（II.3.2 節の図 30）。だが原子力発電では、運転期間を 40 年から 80 年以上に伸ばすことで、大幅な電力生産コストの低下を達成できる。

エネルギー主導ミナンス実現時における電力価格の考え方を議論するため、政府の総合資源エネルギー調査会における発電コスト検証ワーキンググループ（2021）による 2030 年時点の発電コスト試算の計数（図 14）に基づいて簡易な計算をしてみよう。本計画の実現時には、石炭火力と LNG 火力の新設した場合の発電コストは、それぞれ kWh あたり 8.6（=2.0+2.3+4.3）円と 8.5（=1.3+1.2+6.0）円となり、安価・安定調達の実現によってはそれを下回るものと捉えられる。

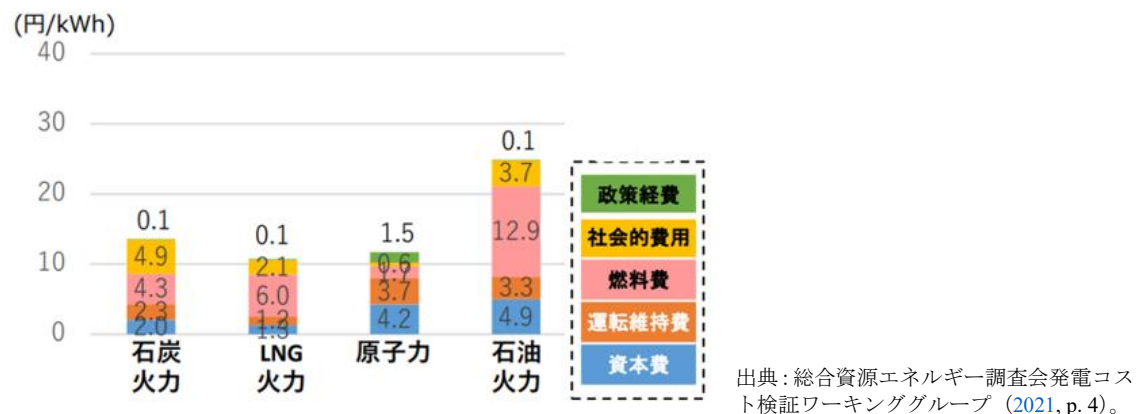


図 14：2030 年の電源別発電コスト試算

ここで（図にある）火力発電の社会的費用（石炭火力 4.9 円と LNG 火力 2.1 円）とは、CO2 排出に伴って賦課される費用（炭素税）のことである。政府試算ではそれを CO2 の 1 トンあたり 40 ドルとされている（同資料 p. 77）。それは 2030 年において国際的に求められると（政府が想定した）炭素税率に相応するが、これは現実のコストではないので、本計画における発電コストの計算ではそれを含む必要はない。エネルギー主導実現における、炭素税を含むエネルギー課税の考え方は II.1.7 節において論じる。

原子力の発電コスト（図 14）を見ると、資本費が 4.2 円と最も大きな寄与をしている。運転期間の 40 年以上への延伸であれば資本費は不要であるか、あるいは（大規模修繕などの比較的）軽微なものに留まるので、発電コストは基本的には運転維持費と燃料費の合計である 5.4（=3.7+1.7）円となる²⁵。これに福島事故の賠償費用 0.6 円（図中の社会的費用に含まれる）と政策経費 1.5 円（立地交付金や技術開発予算等）を加算すべきかについては議論のあるところだが、これを仮に満額含めても発電コストは 7.5（=5.4+0.6+1.5）円であり、火力に比しても（発電コストレベルでは）最も安い電源となる²⁶。

このように原子力・LNG・石炭を活用して安価に発電をする一方、高コストをもたらす再エネの大量導入を排する（II.4 節および II.6 節）ことで、電気料金を大幅に低下することができる。図 15 は 2010 年度からの電気料金平均単価の推移を示している。エネルギー主導実現する本計画では、東日本大震災前となる 2010 年ごろに実現していた歴史的な低水準（産業用電力は 14 円、家庭用電量は 21 円ほど）に戻すことを、出来るだけ早期に達成すべき重要な目標とする。この程度であれば十分に実現可能であり、政府はかかる価格目標へと明確にコミットすべきである。

²⁵ 発電コストにおける資本費とは、減価償却費のみしか考慮していない。経済学的な資本コストとは、①減価償却費、②資本の機会費用、③他費用から構成される（OECD 2009）。コストシェアとしては②も大きく、企業会計ではそれは利潤に含まれている。真の自由化（現在の日本のそれではない）のもとであれば、①において償却済みであっても②はさらに大きなものとなる。総括原価方式を排し垂直分離を前提とした卸売電力市場制度においては、原子力発電による発電コストが原価上は安価となろうとも、より安く販売する理由はない。こうした（自由化のもとでは拡大しうる）②のコストは、安定供給を維持する新制度（II.8 節）のもとでは適正水準にまで抑制され、総合的な電力価格の低廉化へ寄与させることができる。それこそは本来公益事業である電気事業に求められる役割である。

²⁶ ここでのコスト評価では考慮されていない原子力発電の便益（電力価値以外）については II.9.3 節を参照されたい。

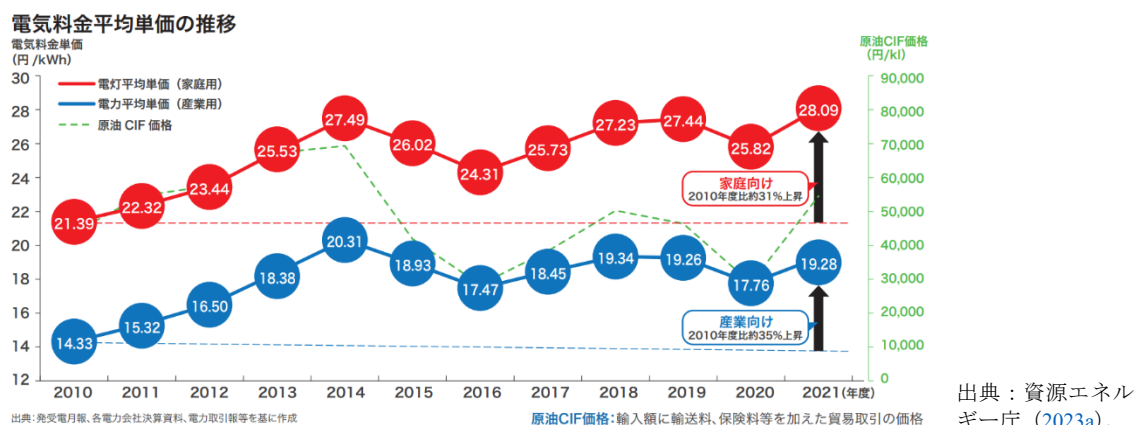


図 15：産業用および家庭用電気料金平均単価の推移

この 2010 年とは、FIT 制度の導入前夜である。朝野（2017）によれば、FIT による買取総額は 2030 年までに約 59 兆円、賦課金額は約 44 兆円（いずれも制度開始からの累積値）ともなる膨大な負担である。それは、直接的には電力消費者に、そして間接的には日本の経済成長にあまりにも大きな負担を残した。賦課金という租税ではない負担において、問題であることは、消費者にとっての負担も、それが日本の経済停滞にもたらした真の弊害も、かなり「見えづらい」ことである。そして同時に、それは政府に打出の小槌を与えてしまった。

「FIT 賦課金」の負担が峠を越したと思われたころ、政府は GX というパッケージの中に「化石燃料「賦課金」」というさらなる負担を潜ませようとしている。振り込め詐欺にあった人は、その名簿リストが出回り、何度も狙われるがごとくである。国民はそうした愚策のカラクリに気付き、エネルギー主導ミナンスの実現のために FIT 前の段階に時計の針を戻さなければならない。

また 2010 年には、全国の原子力発電もおおむね稼働していた。当時の民主党政権による（第 3 次）エネルギー基本計画（経済産業省 2010）が 2030 年において原子力発電比率 50% を目標としたように、この程度までであれば、日本の電源構成として十分に技術的・経済的に実施可能であり、かつ望ましい、と一定の理解があった。東日本大震災があったからといって、原子力技術が衰退した訳もない。むしろ、安全性を高めるための各種設備や制度はこの 10 年間に大きく整備・改善されている²⁷。そして安全保障および経済状況が 2010 年当時よりも切迫していることを鑑みれば、今後もこの原子力発電 50% 程度を長期的な目標にすることは十分に合理的である。

²⁷ なお原子力比率を高めることについても、東日本大震災後のように、事故によって全期停止というエネルギー安全保障上のリスクがあるという意見がある。しかし東日本大震災後も、リスク・ベネフィットを考慮すれば、そもそも全基の長期に渡る停止などは有りえない判断だった。また新規制基準が導入され、複数の外部電源導入や多数の非常用電源の設置などによって、福島第一原子力発電所で生じたような、津波による全電源喪失リスクは大幅に軽減されている。詳しくは II.2 節を参照されたい。

II.1.5. 安価な電気料金による電化の進行

電力生産コストが大幅に低下することで、化石燃料の直接燃焼から電気への代替が進む。家庭ではオール電化住宅が標準となり、プラグインハイブリッド自動車や電気自動車などによる運輸部門の電化も進行しやすいものとなる。

このことを如実に示す事例を紹介しよう（杉山 20220131）。北海道で灯油による暖房サービスを当然としていた（夏場にほとんど冷房サービスを必要としなかった）暮らしの経験がある人にとってはこの数字は大きな驚きだが、北海道の新築住宅に占めるオール電化住宅は 2005 年ほどから上昇を始め、2009 年には 54%にも到達した（図 16）。新築住宅の過半を超えるというオール電化住宅の実現には、良質な暖房サービスを提供しうる寒冷地仕様のエアコンの開発や、安全性に対する消費者の意識変化による影響もあると考えられるが、最大の要因はキロワット時あたり 11 円という安価な電力供給に基づく経済合理性である。

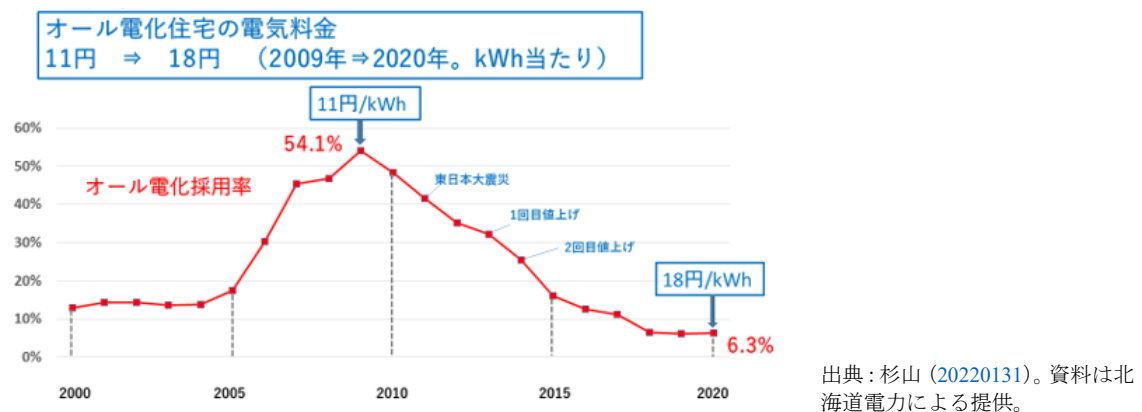


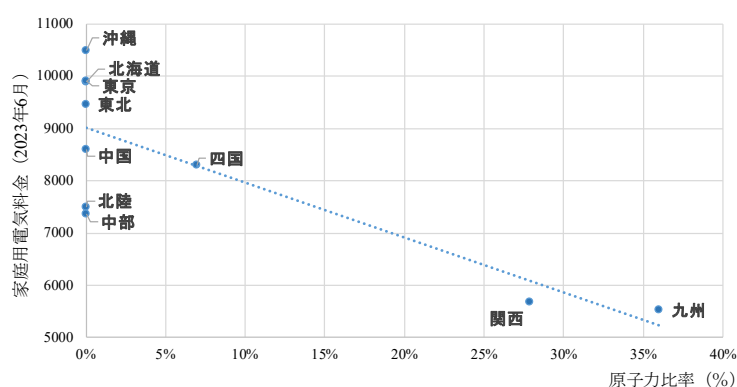
図 16：北海道の新築住宅におけるオール電化採用率と電気料金

だが東日本大震災後、北海道で唯一の原子力発電所である泊発電所は 2011 年 4 月に 1 号機（出力 57.9 万 kW）、同 8 月に 2 号機（同出力）、12 年 5 月に 3 号機（出力 91.2 万 kW）がそれぞれ停止した。2024 年 2 月現在も、全基が停止したままである。このため、電気料金は 2020 年には 18 円にまで上昇し、新築住宅に占めるオール電化住宅の割合は、図 16 にみるように 6.3%まで急速に低下してしまった。

こうした大幅なシェア低下の背景には、東日本大震災の経験によって、災害時・停電時における電力供給のリスクを消費者が強く感じとったこともあろう。だが、もし泊原子力発電所を停止せず、基本的には運転を継続しながら安全性を高める工事をするというリスク・ベネフィットの観点から国際的にも常識的な対応をしたならば（II.2.2 節）、オール電化はいっそうのシェア拡大をできていたのではないだろうか。そのもとでは豊かなエネルギーサービスを楽しみながら CO2 の削減も大いに進んだはずである。こうしたことは、原子力発電によって電気料金を安くすることが、CO2 削減にとっても効果が大いであることを示している。

ここで紹介したいもうひとつの事例は、コロナ禍後の価格高騰の経験である（杉山 20230412）。図 17 は、北海道電力から沖縄電力まで、全国 10 社の標準家庭における 2023 年 6 月の 1 か月あたりの規制料金（家庭用電気料金）を縦軸に、各社の原子力比率（全販売量に占める原子力発電量）を横軸にとったものである。この期間、全国的に家庭用電気料金が高騰した中にあって、九州電力と関西電力の 2 社は料金が際立って低い。

九州では、低廉な電気料金を背景に電化も確実に進んできた。新築戸建て住宅のうちオール電化住宅の占める割合は 2021 年度において 73% にまで上がっている。家庭部門全体の電化率（最終エネルギー消費総量に占める電気の割合）は 2020 年に 60.6% に達し、全国平均（49.9%）を大きく上回った。これには気候が温暖で、暖房用のガスや石油の消費量が少なくて済むといった側面もあるが、家庭の電化が全国に先駆けて進んでいることも確かである。



出典：杉山 (20230412)。原子力比率は平成 21 年度のもの。資料：原子力比率は各社ホームページより。家庭用電気料金は日経新聞調べの標準家庭の 1 月あたり規制料金（2023 年 6 月）。

図 17：原子力比率と家庭用電気料金

低廉な電気料金の実現によっては、産業部門でもヒートポンプ導入などの電化が進むことが期待できる。このようにして、エネルギードミナンスを実現する本計画では、発電部門の CO2 削減が大幅に進行するのみならず、家庭部門、運輸部門、産業部門のいずれにおいても低廉な電気料金のおかげで電化が進み、CO2 の削減につながる。ゼロエミッション電源の拡大と経済成長の両立は、電力価格の上昇を不可避とする再エネではなく、電力価格を低廉化できる原子力でこそ実現可能である²⁸。

²⁸ 少し前までは、イデオロギー的な理由により、欧州を中心として CO2 排出の低減は原子力ではなくて再エネで進めなければいけないという風潮があった。だがウクライナ戦争による世界へと広がったエネルギー危機を受け、欧州でも原子力の位置づけについての論争が高まった。その頂点にあり紛糾したのは、「何をもってグリーンなエネルギーであるとして、政府の支援の対象にするか」という EU の「タクソノミー（分類学）」制度だった。原子力を認めるべきだというフランスや東欧などの国々と、認めないというドイツなどの国々が争ったが、結局は前者が勝利し、現実的かつ合理的な判断がなされている。これで、日本でも原子力発電からの電力供給であれば「グリーン」とであると見做されることになり、欧州の外国政府にとにかく言われることはまずなくなっている。

II.1.6. 安価な天然ガスの拡大と石炭利用の堅持

電気だけではなく、安定・安価な LNG 調達が進み、ガス料金が安くなることも重要である。そうなれば、石油ボイラーが主要な熱源である日本の製造業でも、天然ガスへの燃料転換が進むからである。欧米では産業部門でのガス利用が進んでいるが、これは安価なガスがパイプラインによって安定供給されてきた歴史による²⁹。日本でも安価で安定した LNG 供給が定着すれば、産業部門での天然ガスへの燃料転換は進むだろう。

他方で石炭については、少なくとも当面は、安定・安価で安全保障に資する電力供給源として、石炭火力発電の利用は続けるべきである。原子力発電の建設が進み、また LNG の豊富かつ安定・安価な購入が達成された暁には、石炭火力は役割を終えてゆくかもしれないが、それはまた将来において再検討すればよい。

製鉄部門およびセメント部門における石炭利用は続けるべきである。廃棄物（廃プラスチックや廃タイヤなど）の利用による燃料代替が安価に進められるのであれば結構なことだが、そこには隠れた補助（社会的な負担）も存在しており、そうしたもとでも廃棄物燃料全体の供給量はこの 20 年間低迷している。

II.1.7. エネルギー課税を廃止する

日本の産業用の大口エネルギー需要の価格水準は、中国、台湾、韓国、インドなどのアジア諸国や米国などと比して高い。課税や賦課金によってさらに高くなろうとも、エネルギー多消費産業ではエネルギー効率を高めることはすでにほとんど難しく、生産拠点を海外へとシフトさせるのみで、地球規模での CO2 削減ともならずかえって有害である。小口需要でも、長期にわたりすでに高いエネルギー価格に直面してきた日本の消費者では、エネルギー需要を低下させる価格効果は大きくはなく、意味のある省エネを実現する効果は乏しい。企業や家計の実質所得を減じ、民間の実需を抑制するだけである。こうした課税がもたらす空洞化や電力の間接輸入の拡大（II.4 節）によっては、国内のエネルギー消費量も減少するが、それは「見かけ上の省エネ」（II.7.1 節）に過ぎない。

コロナ禍からの回復期にある 2021 年以降のエネルギー価格の世界的な高騰は、価格変化がどれほど消費量を減じられるか、「自然の手」による実験ともなった。分母を価格上昇率として、分子を消費量の減少率とした指標は、エネルギー消費の価格弾性と呼ばれる。価格が 100% 上昇（倍増）したことで、消費量が 50% 減少するのであれば価格弾性は 0.5 である。もし価格弾性が 1.0 であれば、価格上昇分はそのまま消費量の減少となり、消費コストは不変となる。エネルギー消費では、まったくそうはいかない（だが経済モデル評価の多くでは、現実を省みることなく、そのような楽観的な想定が多分に入っている）。

²⁹ 米国では天然ガスが生産されパイプラインによって全国に安価・安定に供給されてきた。欧州は、2000 年代初めまでは安価であった天然ガスが 2000 年代半ばから上昇して、2010 年代も米国よりも高い水準が続いてきた。ロシアで産出する天然ガスのパイプラインによる欧州の輸入は、2021 年になるまでは比較的安価で安定していた。

実測データから接近すれば、2021年1月から2023年12月までの3年間をとると価格弾性は0.12である³⁰。しかし、その多くは空洞化や生産減少の効果であると考えられ（I.1.2節）、また価格上昇が無くても（むしろ価格が低下しても）設備の更新に伴い資本財や耐久消費財のエネルギー効率が改善していくため（野村 2021, 第4章）、真の価格効果はその10分の1ほどとみられる。

エネルギーに関する課税や賦課金を導入しようとも、現在の日本経済では価格効果による省エネはほとんどまったくと言ってよいほど期待できない。燃料転換による低炭素化を促すためとしても、課税や賦課金の出番はない。電気料金の低下と低炭素化は、原子力とLNGの供給で達成されるものであり（II.1.6節）、それによる石油などの直接燃焼を代替することこそがCO₂の削減に最も効果的だからである。

とくに炭素税に関しては、本計画におけるエネルギー主導ナンスの追求との関係性において、2つの視点から論じておきたい。第1は理念と現実の識別である。地球温暖化問題に対して、経済学者は1990年代などかなり早い段階から、その問題の難しさをフリーライダー問題であると捉え³¹、国際的に調和のとれた、均一の税率（ないしその調整）によるカーボンプライシングの導入がファーストベストの手段であると認識してきた。そのもとであるならば、課税による相対価格体系の変更が低炭素化を導く効果は（上述のように）技術的にはかなり限定的であったとしても、いたずらに空洞化を生じさせない。国際炭素税の理念は広く支持されるが、エネルギー主導ナンスの達成において重要なことは、それはいまだ実現していないし、実現する見込みもないことである³²。

2030年において、実際に排出権価格ないし税として経済全体にカーボンプライスが課される経済地域（国の一部の地域を除く）は、EUなど世界のごく一部にとどまるとみられている。制度施行から20年以上を経た現在でも、EUの排出量市場であるEUETSの歪みは大きい。EUETSはEUのCO₂排出の半分以上を対象とする制度だが、グランドファザリングベースでの排出量の割り当てが行われてきた一方で、別途工場立地への補助金や光熱費補助金などがあり、多くの事業者は実質的には高いカーボンプライスを支払っている訳ではない。むしろ過剰な排出権を割り当てられた事業者にとっては、EUETSは実質的には補助金ともなってきた。EU以外に目を向けると、中国やインドなどのグローバルサウス、それ

³⁰ データはエネルギーコスト・モニタリング（野村・稲場・吉田 2025）。エネルギー価格高騰によってエネルギー効率を高めるとしてもタイムラグが存在するため、ここでは長期的に3年間の変化としている。また月次の変動は大きいため、過去3期の移動平均による。消費者の行動変容を評価するため、エネルギー価格は補助された後の価格（図10のシャドウ下の線）である。

³¹ フリーライダー問題とは以下のようなことである。「各経済主体（市民、企業、コミュニティ、地域、国など）は他の経済主体によるCO₂排出削減によって地球の気温を下げるができる。しかし、自ら排出削減をすると、それによって生じる自身への気温低下のメリットを上回る経済損失が私的に発生してしまう。そのため、世界中で排出削減を一齐に実行できれば、世界中のすべての経済主体に気温低下によるメリットがもたらされるにもかかわらず、どの経済主体も自主的に削減するインセンティブをもたないことになる。むしろ、他の経済主体の削減努力に「フリーライド（ただ乗り）」しようとするインセンティブが働いてしまう。」（松島 2022）。

³² 再考すべきもうひとつの重要な前提条件は、経済学者を含め気候学者以外が所与としてきた—現在も一般にそうされている—、気候変動問題の喫緊性に関する科学的認識の相違である。本来の科学的姿勢とは反して「疑いの余地なし」とも主張されるが、思考を止めてイデオロギーや感情に流されることなく、科学的な解明の進歩や現状認識の議論を継続すべきである。II.9節ではその問題を論じる。

にロシアではもちろんのこと、米国も連邦政府として本格的な排出量取引制度や炭素税を課す可能性はほとんどない。そうした国々の企業と世界市場で競争する日本企業に対し、国内で炭素税を導入することの弊害は大きく、まったく不要である。

炭素税の導入において考慮すべき第 2 の視点は、税収中立性に関するものである。経済学者は、炭素税による増税分を所得税や法人税で減税することで中立的なものとなれば、経済厚生を毀損させないか、あるいは高めることもできるかもしれないと考えてきた。しかしエネルギー主導ミナンスを追及する本計画では、その弊害を認識せざるをえない。上記のように第 1 の視点で述べた前提が満たされていないもとでは、炭素税を賦課して国内で電力価格を高めることでは、産業空洞化により国内の経済成長を大きく毀損させるからである。

(炭素税と同様に) 国際的な調和が求められる法人税や、現実的にはその補足が難しい所得税などの直接税から、間接税へと直間比率の見直しが求められるとすれば、エネルギーに傾斜した炭素税よりも、より広範な財・サービスに課される消費税の拡大によるほうが望ましい。そしてもうひとつのおそらくもっと大きいかもしれない弊害は、炭素税を賦課するならば、現在の GX のように非効率な財政支出を拡大させ、「政府の失敗」を大きく拡大させる懸念が強いからである (II.1.3 節)。

したがって現行のエネルギーへの課税と賦課金の大半は廃止すべきであり、(GX という先行支出をすぐに止め) カーボンプライシングの導入を見送るべきである。いま日本のエネルギーには揮発油税などのエネルギー諸税が合計 6 兆円ほど課税されており、FIT 賦課金は年間 3 兆円近くに上り、また今後 GX 債の償還のために年 1 兆円規模のカーボンプライシングが予定されている。これらのエネルギーへの課金の半分以上は再エネ投資や脱炭素技術などグリーン目的に費消されており、エネルギー主導ミナンスを追求する本計画においてはすべて撤廃の対象となる。

他方、残りの半分近くは道路建設・補修やエネルギー備蓄などのために使用されており、これについてはエネルギー課税として撤廃をするならば、別の財源が必要となるだろう。道路財源では、EV 利用者も当然負担しなければならない。車両の燃費とは切り離し、道路の利用（走行距離）およびその摩耗（車両の重量など）に応じたコスト負担が求められる。エネルギー備蓄による便益は、エネルギー消費者が享受するものではなく、国民全体の安全保障上の価値である。それは一般財源から、安全保障上のさまざまな手段の便益を比較考量しながら、配分されるべきだろう。以上のように、エネルギー主導ミナンスを実現する本計画では、豊富・安定・安価なエネルギー供給を実現する一方で、今世紀半ばにかけて、長期的には CO₂ の大幅な削減をももたらすことになる。

II.2. 原子力の最大限の活用

原子力は発電量あたりの人命リスクが最も低い安全な電源であり、エネルギー安全保障に貢献する。原子力発電による安価で安定な電力の供給をすべきである（経団連 2024）。

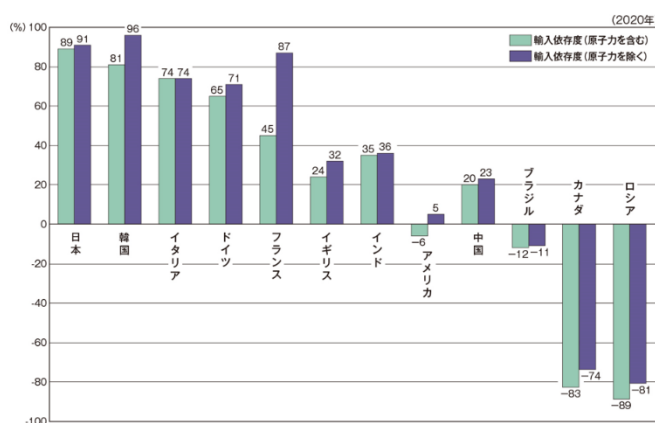
早期の再稼働、運転期間延長、更新投資、新增設が必要である。これまでの日本では安全規制と防災に「リスク・ベネフィット」の考え方が無いことが問題であった。目標とすべきは国民のために安価で安定な電力供給であり、原子力についてのみリスクゼロを追い求めるのを止めるべきである。原子力を利用しないことによるエネルギー安全保障上のリスクおよび経済上の不利益は大きい。化石燃料は輸入依存であるし（Ⅱ.3 節）、再エネは不安定で高価だからである（Ⅱ.4 節）。

Ⅱ.2.1. 原発稼働による電力価格高騰の抑制

ウクライナや中東での戦争により、エネルギー供給の危機が顕在化している。地球環境問題対応もあり、日本のエネルギー制約はますます厳しい。日本は東電福島原発事故後廃止された原子力発電所も多く、残っている発電所の安全審査も半数程度しか進んでいない。この状態はきわめて危険である。2023 年と 2024 年は観測史上最も猛暑だったが、もし大規模停電が生じていたら、冷房が使えずに多くの高齢者の命が失われていたかもしれない。

エネルギー問題は、国家の存亡と国民生活にかかわる。エネルギー問題は日本の将来を左右する大問題の一つで、これは昔から変わっていない。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。安全保障の問題だけではなく、産業や雇用に、さらには生活や健康に影響する。日本が、今後も豊かな国であり続けるためには、エネルギー問題への対応を誤らない必要がある（岡芳明 2024a, 1.4-1.8 節, 2024b）。

日本の一次エネルギー輸入依存度は主要国中で最も高い水準にある（図 18）。日本は輸入する原油・天然ガスに大きく依存しており、円安と原油高が重なると、原油と天然ガスの価格はともに上昇する。この危険性は以前から指摘されていたが、近年にはこの状態が実際に生じてしまい、電気料金やガソリン価格が高騰し、市民生活や産業・商業活動を圧迫している（Ⅱ.1 節）。



出典：原子力エネルギー図面集、原子力文化財団。

図 18：主要国の一次エネルギーの輸入依存度

日本の実質的な電気料金は、米国の約 2 倍と大きく上昇してしまった（Ⅱ.1.2 節の図 12）。

これは日本産業の国際競争力の毀損のみではなく、物価高となって国民生活に影響している。安価で安定な電力供給を国のエネルギー政策の根本的目標にするべきである（II.8 節）。日本の電力会社は民間会社（営利企業）なので、国民や担当省庁や政治家が安価な電力供給の必要性を強く認識し、主張しないと、これは実現しない。原子力発電は、安価、安定、安全で、地元雇用に貢献し、必要な敷地が小さく、環境に優しい電源である。原子力発電を拡大することは、化石燃料利用に伴う温暖化ガス放出抑制の観点でも利点がある。日本は原子力発電利用を組織的に拡大すべきである。

日本は、原子力発電所の再稼働、運転期間延長、建て替え・新規建設を進める必要がある。再稼働については、これまで、原子力規制委員会と電力会社が、重点的に取り組んで来た。しかし、事故から 14 年経過しても、多くの発電所が再開できていない。多くの国民は、これほどまで長期化するとは思ってなかったのではないだろうか。電気料金高騰による国民生活への悪影響が大きい。大津波の再来周期は長いので、運転しつつ順に改修したら良かった。現在は、個別の審査だけではなく、中長期的な課題を含めて、検討する必要がある時期にきている。原子力発電所の再稼働を進めた関西電力や九州電力では、電気料金の水準が他地域よりも低く抑えられている（図 19）。原子力発電所停止の国民生活への影響を監視し課題を指摘し、必要な政策の修正を行うべきである。

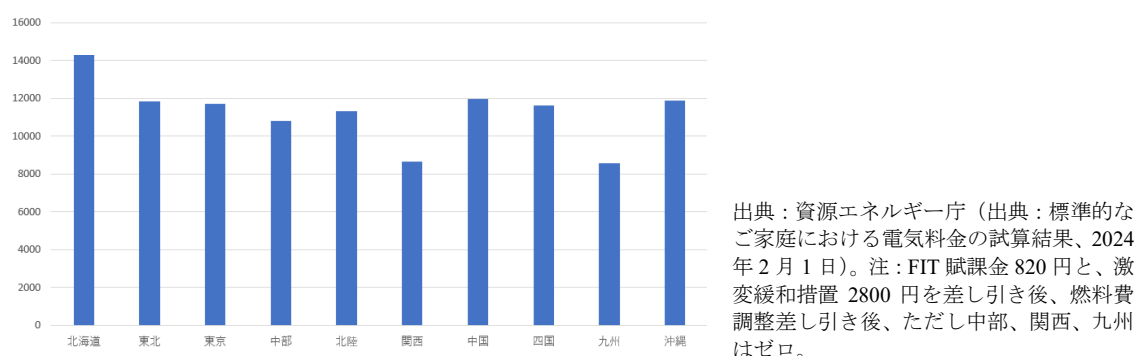


図 19：日本の電力会社の電気料金

II.2.2. 安全規制に原子力のリスク・ベネフィットの考え方が必要

技術は原子力発電に限らず、利用にリスクを伴うが、便益があるので利用する。リスクと便益を比較するので、リスク・便益（ベネフィット）の考え方と呼ばれる。リスクは生命の値段に換算できるので、費用（コスト）・便益（ベネフィット）の考え方とも言う。この考え方は、国際原子力機関の原子力法のハンドブックの最初にも記載されている。米国の原子力規制では、設備改善の審査で、コスト・便益分析が以前から求められている。設備改良に伴う 10 ミリシーベルト/年の被ばく改善は 5200 米ドルに相当するとの判断指標が使われている。

「日本の安全と原子力規制と防災には、リスク・ベネフィットの考え方がない。日本は東電福島事故後の新規制基準導入時にコストを考慮することが出来なかった。日本には欧米では当たり前である“適切な防護”の概念がない。日本は安全を限りなく強化することが不合理であることが理解できなかった。」これは東電事故後、日本の原子力界に助言した米国の原子力安全専門家の意見である。たとえば特重と呼ばれる設備（特定重大事故等対処施設）が新規制基準で要求されたが、安全性向上に寄与する効果は、その費用に比べて小さい。技術的に屋上屋を重ねるような対策だったのではないか。日本は新規制基準導入にあたって費用対効果を考慮できていない。原子力発電所を停止させて事故の教訓への対応（新規制基準対応）を行ったのは日本だけである。諸外国は東電福島事故の教訓を、原子力発電所をすべて停止せずに、スケジュールを作って順次対策した。大津波の再来周期は長いので、こうしてもリスクは同じである。技術は原子力発電技術に限らず、便益があるので利用する、安全設備の追加による便益が費用を上回る必要がある。日本だけがコスト・ベネフィットを考慮せず、技術に偏重した安全確保を行っている。その費用は電気料金として国民の負担になる。これからでも遅くは無いので、コスト・ベネフィット（リスク・ベネフィット）の考え方を日本の安全・規制・防災に取り入れるべきである。

「食品中の放射性物質の規制値にも、日本にはコスト・ベネフィットの考え方がない。米の全量全袋検査はリスクを減らす対策ではなく、基準値を超えるものが後で見つかるのを確実に防ぐ対策である」と述べられている（岡敏弘 2012, 2015）。これらのために、国民は膨大な負担を強いられている。従来から、日本は安価な電力供給が必要との意識が官民ともに弱い。その結果、化石燃料の輸入で国富を海外に流出させ、電気料金上昇を招いてしまっている。国民が安価で安定な電力供給の必要性について声を上げ、推進と規制に係る省庁がそれを政策としないかぎり、日本では長期的にこの状態が続く。その結果、国民の生活レベルは低下し、日本の長期低迷が続くことになる。安価で安定な電力供給に、原子力発電が長期にわたって貢献できるエネルギー政策と安全規制が求められる。

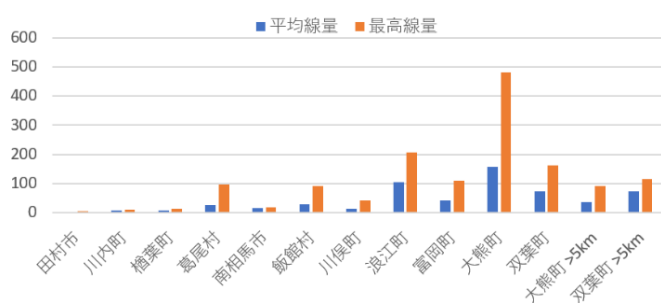
日本は欧米に比べて国際的に劣後している。2001年の9.11の後、米国はテロ対策で、全電源喪失事故対応をした。比較的簡単な設備である。もし日本の安全と規制にリスク・ベネフィットの考え方があったら、同じ対策をしていたはずで、東電事故は防げたのではないか。

原子力防災では、避難に伴うリスクが定量化されていなかった。東電事故の福島県での災害関連死者のデータを分析したところ、避難したことによるリスクが、避難で避けた被ばくリスクより 28 倍大きいことが判明した（Oka 2022, 岡芳明 2024a, 2.2 節, 2024c）。避難のリスク（災害関連死のリスク）に相当する放射線量は 8500 ミリシーベルトと極めて高い線量になる。長期化した避難は正当化されないとの結果である。原子炉事故時の避難のリスクが、初めて定量化された。日本も世界も、原子力防災で、今後、この事実を考慮する必要がある。

現在の日本の原子力災害対策指針には避難解除の線量が定められていない。そのため避難解除が遅れ災害関連死が増えた。これを放置するとまた同じことが生じる。現在進められ

ている除染や避難解除が一段落したら、規則や法令を改正すべきである。原子力災害対策指針に避難解除の線量を、低すぎない値（たとえば年 100 ミリシーベルト、住民が一時帰宅して除染を自ら行える線量は年 500 ミリシーベルト）にして、幅を持たせず記載する必要がある。さらに、避難解除を遅らせるので、生活インフラの復旧を避難解除の条件から削除し、住民も参加して生活インフラの復旧を図るのが良い。これによって避難した住民の生活不活発に伴う災害関連死を減らせるのみならず、コミュニティーの崩壊も防ぐことが出来る。原子力発電所が農業地帯に立地している国は日本のみならず、フランス、韓国、中国など世界に多数ある。この教訓は日本のみならず世界で重要である。

図 20 は、東電福島事故で避難命令が出た 12 市町村のうち、約半年で避難が解除された広野町を除く 11 市町村の、測定値から求めた事故後最初の 1 年間の平均線量と最高線量を示している。測定値は文部科学省が発表した道路に沿った走行車による放射線量測定結果に基づくものである。住居は道路のそばにあるので、避難しなかった場合の住民の被ばく線量（避難で避けた線量）の推定に適している。事故を起こした発電所から 5 km 以内では、現在の原子力災害対策指針でも、事故直後から避難が求められるので、大熊町と双葉町については 5m 以遠の線量も図に示してある。5 km 以遠では最初の年（2011 年 3 月から）の線量は浪江町が最も高く、平均で 104.4 ミリシーベルト、最高で 207.4 ミリシーベルトである。100 ミリシーベルト以下の被ばくでは放射線健康影響は不明確になるので、東電事故で避難を強いられた地域の線量は低い。発電所から 5km 以遠では、ほとんどすべての地域で無理に避難しなくてもよかったことになる。避難解除の線量が年 100 ミリシーベルトと事故前に決まっていたら、災害関連死は大幅に減らせたはずである。この教訓を今後の原子力災害対策に活かす必要がある。



出典：岡芳明 (2025) p. 38.

図 20：避難指示市町村の最初の 1 年間の線量

事故後、原子力規制委員会が作成した原子力災害対策指針では、5 km 以遠で線量の高い地域は、まず屋内退避を行うとなっている。避難解除の線量を年 100 ミリシーベルトと決め、空間放射線量が年 500 ミリシーベルト以下なら住民が自宅の除染などの作業のために、帰還するのを妨げないようにすると、5 km 以遠の大部分の地域では、一時的な屋内退避だけで、避難はしなくてよいことになる。防災訓練を行う範囲も 30 km 圏内から 5 km 圏内に縮小する。なお、東電福島事故は軽水型原子力発電所の典型的な事故であるのみならず、3 基の

原子炉が炉心溶融しており、放射性物質放出量の点で、最大規模の事故と考えてよい。

自然災害や山火事からの大規模避難で、災害関連死が国内外で生じている。災害関連死や要介護の認定は、日本特有の制度である。これらのデータは地方自治体にあるので、それらを捨てないで、保存し、医学関係者などの利用に供する必要がある。東電福島事故時の避難者数は多い。広島・長崎の原爆被爆者のデータが、その後の放射線健康影響の基盤データになったように、東電福島事故時の災害関連死者と、その要介護度のデータを分析すると、自然災害を含む災害からの避難において、国内外で災害関連死を減少させるために役立つ知見が得られるはずである。

規制の上位概念として、リスク・ベネフィットの考え方を取り入れることで、日本の規制と安全と防災に新しい方向が見えてくるはずである。これは電力の安定安価な供給と、災害関連死などを防ぎ、安全な原子力発電利用に役立つ。安全技術による対策をむやみに積み上げてても実質的な安全性は向上せず、国民負担が増えることに留意すべきである。

II.2.3. 低線量の放射線は恐ろしいと考えると危険である

東電事故の災害関連死のリスク便益分析からは、国際放射線防護委員会（ICRP）が勧告し、日本政府もそれに従っている ALARA（放射線被ばくは合理的に避けるべき）の原則（ポリシー）によって、避難が長期化し、多数の災害関連死者が発生したことが明らかになった。チェルノブイリ事故（1986 年 4 月発生）の時に、ギリシャとイタリアで 1987 年 1 月の出生率が激減している。ギリシャでは 1986 年 5 月に妊娠初期の胎児の 23%が人工流産したと推定されている（環境省 2024, 3.8 節）。東電事故時の避難の長期化も、チェルノブイリ事故時の人工流産も、低線量の放射線被ばくに対する恐怖が蔓延したためである。

今後は、避難を伴う原子力・放射線事故時に、低線量では ALARA の考え方を適用しないほうが良い。これらの事例から ALARA を公衆に伝えるのは、害のほうが益より大きいとの教訓が得られる。避難解除の遅れに伴う災害関連死の増加は、過去に経験していなかったもので、東電福島事故での日本政府の対応に瑕疵はないが、今後は、避難を伴う事故対応において、この教訓を考慮していないと、政府が責任を問われることになる。これは日本に限らず世界のどの国においてもそうである。

低線量（約 100 ミリシーベルト以下）では、放射線被ばくの健康影響は不明確になる。それ以下の低線量でも、被ばく量に応じた影響があるとする直線しきい線量無しモデル（Linear non-threshold model : LNT）が国際的に使われてきた。だがフランスの科学アカデミーが異論を唱えるなど、科学的には明確な結論は得られない（環境省 2024, 第 4 章）。科学的な検討のためのモデルである LNT モデルと異なり、ALARA は政策（考え方）で科学的な事実ではないので、不都合があれば変更すべきものである。今後は、ALARA を用いず、放射線被ばくのみならず災害関連死の低減などを含めた「防護の最適化」を放射線防護や原子力防災の原則とするべきである。それとともに、ALARA を公衆向けに説明し、用いるの

ではなく、医療関係者など専門家の指導の下で、放射線による検査や治療や放射線作業に用いることを明確にするべきである。

低線量では、放射線被ばくは恐ろしいと考えると危険である。繰り返すが、事故時ではなく、平常時に ALARA を使いたいのなら、公衆に対してそれを述べるのではなく、専門家の指導のもと、それが必要な状況下で、使うようにすべきである。平時の（運転中）の原子力発電所の周辺の放射線量は電力会社と地方自治体によって測定され公開されている。その値は自然放射線量と区別できないほど低い。大部分が大地や大気からの自然放射線によるもので、降雨等の影響で変動する。

II.2.4. 科学的安全性と心理的安全性は論理的に別物

原子放射線の影響に関する国連科学委員会の報告（UNSCEAR 2022）によると、商業用原子力発電所の事故の放射線による公衆の死亡は、チェルノブイリ事故は8名、東電福島事故はゼロである。図 21 は各種発電方式の発電量当たりの死亡率を示している。

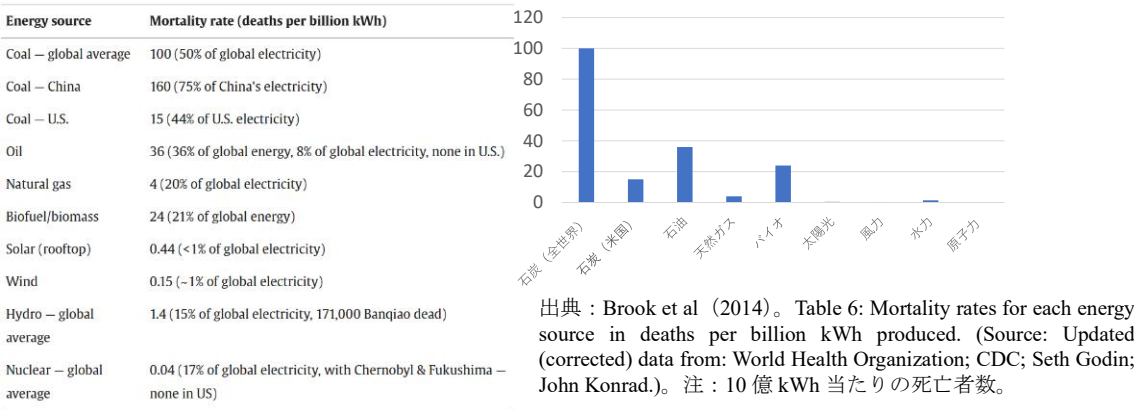


図 21：発電方式別の死亡率

石炭・石油・天然ガス等を燃焼させる火力発電は大気汚染などのために死亡率が高い。太陽光や風力は人間の住環境に近いところに設置されることがあるので、感電や風車の回転や倒壊に巻き込まれるリスクがある。水力発電は途上国でダムが崩壊し下流で多数の住民が死亡した例が複数ある。これに対し原子力発電所は、広い発電所敷地に囲まれており、公衆の立ち入りには許可が必要で、公衆の死亡はチェルノブイリ事故だけである。客観的には、原子力発電は最も安全な発電方式である。しかし、一般の方は主観的に安全性を理解することを、原子力関係者は認識する必要がある。

米国の著名なリスク心理学者が提案した、リスク認知因子と各種リスクの認識分布が図 22 に示されている。公衆は未知性因子（図の縦軸）と恐ろしさ因子（横軸）が大きいほどリスクが大きいと認識する（Slovic 1987, Slovic and Weber 2002）。未知性因子は、観測不可能、

知らない、新しい、発症が遅延などで表される因子で、恐ろしさ因子は、制御不可能、怖い、破滅的、致命的、利害が不公平などで表される因子である、原子炉事故、放射性廃棄物、遺伝子組み換え技術は、未知性因子、恐ろしさ因子が大きく、公衆はリスクが大きいと認識している。これらのリスクは、公衆の関心が高いのでメディアもよく取り上げ、政治的な関心事にもなりやすい。なお、この図は 2002 年に発表されているが、近年の地球温暖化問題もこれらの因子が大きい。そのために急速に世界に広まったと説明できる。未知性因子、恐ろしさ因子で分類した公衆のリスク認知の図は、多くのリスク心理学の入門書で引用されている³³。

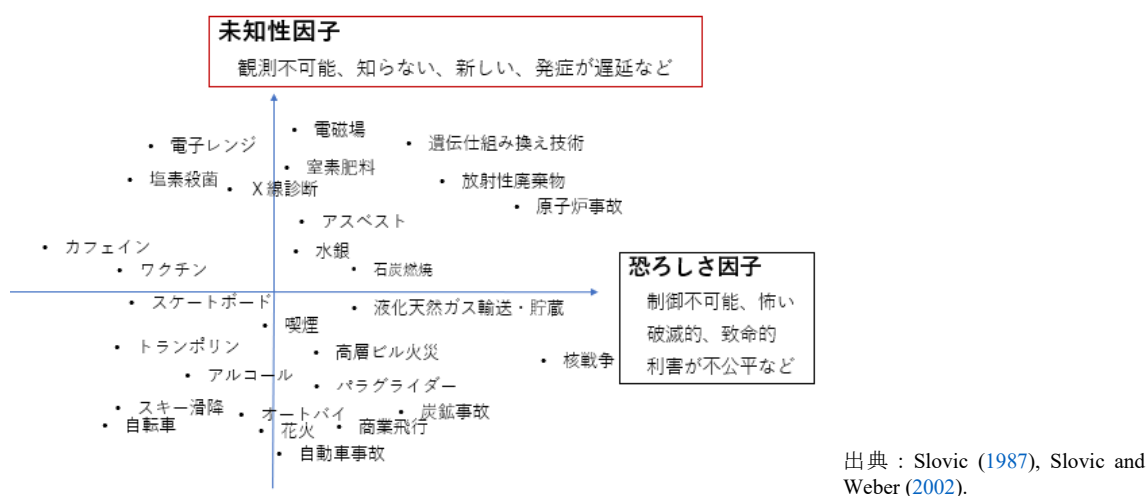


図 22：リスク認知因子と各種リスクの認識分布

科学的安全性（客観的安全性）は、技術の利用に伴う事故による公衆の死亡数で表される安全性である。技術は原子力発電に限らず、科学的安全性をもとに利用している。専門家による技術基準などが分野ごとに作られ、工業製品の設計や製造で用いられている。心理的安全性（主観的安全性）は公衆のリスク認知や理解の結果の安全性である。主観的安全性は客観的安全性とは論理的に交わらず、両者は別物である。これを理解していない原子力技術者が両者を交わせようと、安全技術や安全目標について説明すると、心理的には安全の説明はリスクの説明なので、意図とは逆に公衆には危険のイメージが伝わることになる（岡芳明 2024a, 2.9 章, 2024d, 2024e）。

リスクの話やネガティブな話は、3 倍強く印象付けられる、人間はリスクを避けて生き残ってきたので、これは人間の生存本能に由来すると考えることが出来る。日本の原子力技術者は、原子力の安全性が公衆に理解されるはずと考えて、安全技術の話をしてきたが、逆効果であることに気が付くべきである。米国の原子力産業団体や米国原子力学会は、昔からリスクコミュニケーション（安全やリスク情報の国民向けの、口頭あるいは類似の方法での発信）を推進していない。英国で原子力発電所を運転している EDF エネルギーは、安全の

³³ 「気が付いたから気にしている」とのイラストを最初のページに載せたリスク心理学の入門書がある（岡本 1992）。

テレビコマーシャルを 2015 年にやめている。日本の原子力発電では安全の話が繰り返されてきたのではなかろうか。安全目標を国民と合意すれば、原子力発電の安全性の理解が進むと考える原子力関係者が日本にまだ多いようであるが、逆効果であることに気が付く必要がある。なお、安全目標は米国で以前に検討され、結論は出ている。

「リスクコミュニケーションは双方向プロセス（対話）でないと必ず失敗する」と著名な米国のリスク心理学者が述べている（Slovic 1987）。対話を行うには参加者の人数は 40 人程度が上限であり、国民や県民全体との対話は不可能である。対話のためには対話のファシリテーションのスキルや、参加者の興味に応えられる広い知識も必要で、原子力技術者が容易に行えるものではない。これを認識せずに、国民や県民など不特定多数に、安全（リスク）情報を口頭やそれに類似する方法で発信すると、危険のイメージが伝わる。

原子力発電に関する国民とのコミュニケーションのためには、多数の説明や解説を作って、国民に見つけてもらえるようにするのが良い。日本の良好事例としては、環境省の放射線健康影響に関する統一的な基礎資料、福島県の福島復興ポータルサイト、経済産業省のスペシャルコンテンツ等がある。米国では、原子力規制委員会が収集・作成・開示している情報がその役割を果たしている。記述のもとになる専門的報告書も開示され、国民が知りたいところまで、知ることが出来るようになっている。日本もこの状態になるように、努力する必要がある。そのために、日本の原子力研究開発機関には、単なる研究論文作成ではなく、解説や俯瞰的報告書などを、組織的に作成し、知識を体系化した原子力利用の知識基盤を構築する役割が求められている。技術は客観的安全性に基づいて利用する、これは原子力技術者の責任である（岡芳明 2024b, p. 5-10）。

II.2.5. 緊急時科学的助言グループが経験の継承を

発電用原子炉の安全性改善の歴史を振り返ると、安全技術の改良から、テロ対策や津波対策、さらには防災対策と、技術そのものから、その周辺分野に重点が移動してきている。1970 年代には、軽水炉の緊急炉心冷却設備の実験や解析が行われた。1986 年のチェルノブイリ事故の後には、炉心溶融事故対策や、その影響低減設備の研究、電源になるべく依存しない安全設備の研究や開発がなされた。テロ対策は、米国では 2001 年の同時多発テロ事件（9.11 事件）以降に主に行われた。津波対策は 2004 年のスマトラ島沖地震に伴うインド洋大津波をきっかけに検討された。日本では日本原子力発電（株）の東海第 2 発電所が津波対策をしたため、東日本大震災時の大津波による炉心溶融事故を免れている。東京電力福島第一原発の炉心溶融事故では、避難の長期化に伴う災害関連死を減少させる必要が明らかになるなど、より広い視野での災害対策が重要になっている。

東電福島事故時は、英国の対応が見事だった。「主席科学顧問と関連省庁・専門家で構成する緊急時科学助言グループ（Scientific Advisory Group for Emergency : SAGE）が立ち上がり、情報を集め・評価・解釈をして首相と内閣府広報担当に助言した。情報を国内外から

集め、放射性物質は福島県にとどまると予測し、東京にいる英国人に対するリスクは小さく、避難の必要は無いとした、サイエンスメディアセンターを通じて情報を国民に提供した。主席科学顧問が発言し、科学者が独立に意見を述べて、国民の政府決定への信頼を助けた。主席科学顧問は英国大使館員や日本在住の英国人と 4 回電話会議で話し、その様子を英国大使館がホームページで公開した。これで事故の影響が理解された。日本には SAGE に相当する活動がなく、日本の原子力専門家は信頼を失っていたので、英国の情報は日本政府が情報の信頼性を確認するのにも役立った。」 (Grimes 2014)。

英国の SAGE が 2011 年の東電福島事故時に機能したのは、1992 年頃の狂牛病に対する英国政府の対応の失敗の教訓から、SAGE を作り、2009 年のインフルエンザ対応、2010 年のアイスランド火山噴火で活動した経験が生かされたためと考えられる。日本においても、2019 年 12 月に始まったコロナパンデミックに対する科学的助言をもとにした対応は、良好事例である。日本は地震津波など自然災害の頻度も高い。原子力災害を特殊化することなく、これらの災害時の経験を共有できるようにすることが必要である。手続きは担当省庁が異なるので、タテワリであるが、経験は共有できるようにする必要がある。

大災害時には、その初期において、緊急時科学的助言組織による情報発信が特に大切である。人類はリスクを避けて生き残ってきたので、リスク情報は根拠が不正確でも伝わりやすい。特に大災害時・大事故時にはそうなる。不正確な情報が国民に広まってしまうと、訂正するのは困難になる。これは、大規模な山林火災の消火が困難であることと似ている。くすぶっているすべての火種を見つけて消火するのは困難で、再び燃え上がりやすい。これは大規模災害時の不正確なリスク情報の拡散にも当てはまる。東電福島事故時はそうってしまった。除染・事故の廃止措置、新規制基準、食品中の放射性物質濃度などが不合理に低く決ってしまった。その結果は、電気料金の高騰・化石燃料輸入に伴う国富の流出・日本の長期的な低迷の加速などの形で国民負担の増加になっている。災害発生初期に科学的で一元的な情報を国民に伝えることが大切である。

科学的助言を行うのに必要な専門家は、災害によって異なる、担当省庁も災害によって異なるが、それぞれの災害対応の経験を継承できるような制度・体制である必要がある。英国の成功はそれが行われたためである。日本に防災庁を作る場合にはこの点に特に留意する必要がある (岡芳明 2024a, 2.3 節, 2025)。

II.2.6. 再稼働、運転期間延長、更新投資と新設が必要

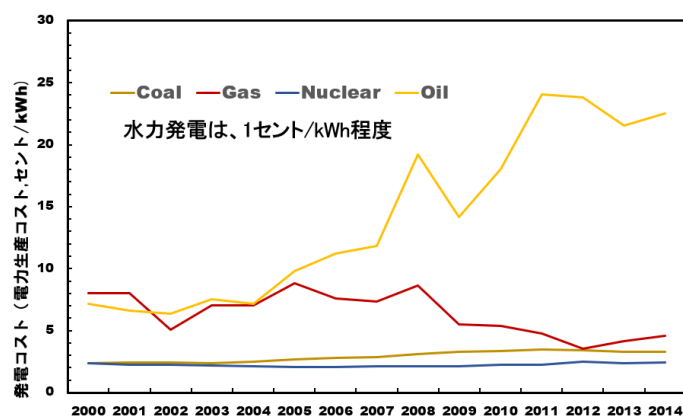
原子力発電は最も安全な発電方式で (図 21)、敷地効率も高い。原子力発電所は、人間が作る最も大規模な工業製品で、直接・間接に多数の雇用を生み出す。原子力発電所の地元は農業地帯であり、兼業農家が多い。多くの地元住民が、電力会社とその関連企業、原子力プラントメーカー関連企業、土木建築業等で働く傍ら、農作業に従事している。商店、食堂、宿泊施設などを経営する方もいる。電力は必須のインフラで、長期間にわたって、安定的に、

地元雇用と経済効果をもたらす。原子力発電所の立地は優れた過疎対策である。再稼働や運転期間延長、新規建設にあたってこれらの利点を改めて認識する必要がある。原子力発電に限らず、権限と責任は一对である。原子力発電所の稼働を許可する原子力規制の法的権限は県にはない。したがって、県に再稼働の許可を求める必要は無い。

東電福島事故から14年経ったが、まだ半数程度の原子力発電所が再稼働していない。まず再稼働を進め、安価安定な電力の供給を図る必要がある。電気料金が高騰し、猛暑の時に電気が使えないと高齢者や生活弱者には命の危険がある。再稼働によって、化石燃料や太陽光パネルや風力発電設備の輸入コストを抑制し、国内の経済循環を強化できる。

日本の原子力発電所の運転期間延長が必要である。原子力発電所は水力発電所のようなものである。発電機などの設備を更新するので寿命はない。原子力発電所は、水力発電所のように発電機やタービンなどの機器を交換しながら長期間使用する発電所である。ガスタービン火力発電所や太陽光や風力発電所は、ある期間発電したら、取り壊して建て直す発電所である。原子力発電所はこれらとは違う。エネルギー政策の検討の際に、平準化発電コスト（levelized cost of electricity：LCOE）が、発電コスト比較のために使われているが、運転期間を定めないと計算できないので、原子力発電や水力発電の本当の価値を表していない。

米国の原子力発電の電力生産コスト（建設投資の償却を除いた発電コストで、運転維持費は含まれている）は水力発電に次いで安価である（図23）。米国の原子力発電所は1980年代までに作られたものがほとんどで、建設費は償却済みなので、電力生産コストが本当の発電コストである。米国の原子力発電所は安価な電力を供給している。米国では、大恐慌の時に作られたテネシー峡谷の水力発電所なども安価な電力を供給している。日本では、原子力発電所のみならず、黒四ダムや田子倉ダムなどの水力発電所が安価な電力を長年供給している。



出典：EIA のデータから作成。注：電力生産コストは建設投資の償却を除いた発電コスト。

図 23：米国の電力生産コストの変遷

米国では1980年代から経済自由化が行われた。自由化後は、発電コストは高くても、投資額すなわち投資リスクの小さい発電所が建設される傾向がある。電力は貯蔵できないの

で、国民は高くても電力を使わざるをえない。米国では 1990 年代以降、天然ガス火力発電所が多数建設された。2010 年頃からは天然ガス火力発電所と再生可能エネルギー発電所が多数建設されている（図 24）。米国エネルギー情報局（EIA）の 2000 年前後の電力生産コストのデータでは、天然ガス火力発電の電力生産コストは、2000 年代は、キロワット時当たり数セントで、水力発電（約 1 セント）や原子力発電（約 2 セント）に比べてかなり高かった。消費者は自由化によって高い電気を買わされていたことになる。

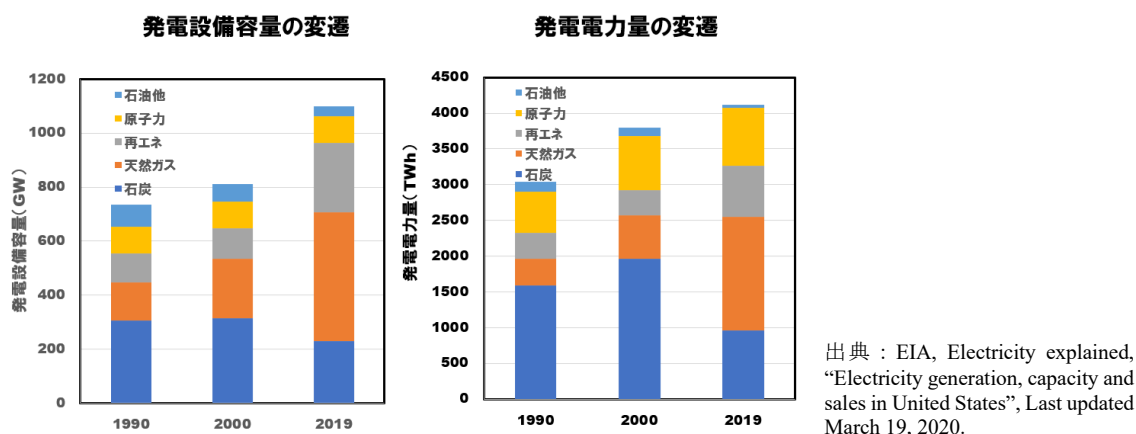


図 24：米国の発電設備容量と発電電力量の変遷

電力自由化の環境下では、原子力発電所や送電線など投資額の大きい設備の建設は、民間企業に任せるだけでは実行されない。日本には、長期間、国民に安価な電力を安定に供給する視点でのエネルギー政策と制度設計が求められる。日本の原子力発電は、自由化リスクのみならず、規制リスクや訴訟リスクへの対応も求められている。規制リスクとは、原子力発電所の安全規制の予見性に係るリスクであり、訴訟リスクは、原子力発電所の運転差し止め訴訟のリスクのことである。なお、技術は客観的安全性に基づいて用いるので、米国で原子力規制委員会の審査結果が、訴訟によって覆された例はほとんどない。客観的安全性とは、「おそろしい」とか「怖い」とような主観的安全性と対比される安全性のことである（II.2.4 節）。客観的安全性は、原子力発電所の事故の放射線被ばくによる公衆の死亡が少ない事実が示す安全性である。客観的安全性は、工学の理論と実験に基づいて設計製造された構造物の安全性と言うこともできる。構造物は壊れるぎりぎりの安全裕度で製造するのではなく、余裕をもって設計建設される。工業製品は、原子力発電所に限らず、客観的安全性をもとに、利用されている。

米国の原子力発電所では、80 年までの運転の許可を得た発電所が出てきている。フランス電力は、「大修繕」と呼ぶ、原子力発電所の運転期間延長のための保修を 2014 年から 2025 年まで計画的に実施している。日本の原子力発電所も、定期的に補修して、運転期間の延長が必要である。日本は運転から 40 年を超える発電所については、20 年 1 回限りの運転期間延長となっているために、多くの出力の小さい発電所を電力会社が廃止した。地元の雇用や

地域経済にも影響が出ており国民的損失である。20 年 1 回限りの運転期間延長ではなく、20 年毎に補修し検査に合格した発電所は運転できるようにすべきである。

日本は原子力発電所の建て替え・新規建設が必要である。日本のエネルギー自給率は原子力発電を含めても 11%と、世界の主要先進国の中で最も低く、危険である(II.2.1 の図 18)。日本に次いで低い韓国は、原子力発電が稼働しているので自給率は 19%であり、日本とは大きな開きがある。エネルギー問題は国家の存亡と国民生活にかかわる。原子力発電の拡大が日本のとるべき道である。

日本は原子力発電所の再稼働、運転期間の延長、廃止した原発の建て替えや新規建設を進める必要がある。フランスでは原子力発電が電力の 75%を供給しており、一次エネルギー自給率は 55%である。日本は、長期的には現在のフランスのように原子力発電で 75%の電力を供給することを目標にするのが良い。投資リスク・建設遅延リスクの小さいことが必要なので、作るべきは改良型の軽水炉である。原子力発電は、安価・安定・安全で、地元雇用に貢献し、必要な敷地が小さく、環境に優しい電源である(岡芳明 2024a, 2024b, 2024h)。

原子力発電所は、水力発電所と同じく、建設投資を回収したのち、最も安価に発電できる。国民に安価安定な電力を供給するために、原子力発電所の運転期間延長は 1 回限りではなく、何度も延長して、できるだけ長く使うのが良い。適切な保守を行い、劣化した部品を取り換えればよいので、原子力発電所に寿命は無いと考えてよい。

米国では 1990 年頃から、自主的安全性向上と規制の改善効果により、原子力発電所の稼働率が向上している。初期に見込んであった運転余裕が運転経験で明らかになったことなどにより、発電所出力も増加した(岡芳明 2024a, 表 1.22)。欧州でも稼働率向上と出力増強が進んだ。これに対し、日本では 1990 年以降、事故トラブル対応が長期化し、稼働率は低迷し、出力増強もできていない。このような国は先進国では日本だけである。炉心溶融事故も起こしてしまった。中国は国産の小型軽水炉を開発した直後にパキスタンに輸出している。韓国もアラブ首長国連邦に 4 基輸出し、順調に建設・稼働させている。国内で原子力発電を大規模に利用した国で、輸出したことのないのも日本だけである。日本が輸出を始めるべきだったのは 1970 年代である(岡芳明 2024a, 表 1.2)。日本の原子力発電は、国内志向の特殊な利用をしてきたとの認識・反省と改善が必要である。

日本の原子力発電所の再稼働、運転期間延長、建て替えや新規建設を進めるためには、そのための電力事業の制度設計や投資回収スキーム、送電など関連する制度とのマッチングを図る必要がある。電力をやみくもに自由化しても、安価な電力を供給できるとは限らないことは、紹介した米国の例から明らかである。電力という特殊な公共財を長期間、安価かつ安定に国民に供給するための制度設計、投資回収スキームの設計、企業と担当省庁の責任の明確化と分担が求められている(II.8 節)。

II.2.7. 放射性廃棄物処理処分は循環型社会の義務

資源のリサイクルと廃棄物処理処分は、循環型社会の考え方の根幹である。廃棄物処分は、日本では昔は「ゴミ戦争」として社会問題になり、大きく取り上げられたが、現在は社会に定着し、循環型社会を実現するための重要な仕事となっている。役割を終えた工場やビル、機器、配管などは解体され、産業廃棄物として処理され、再利用と処分がなされている。原子力施設についても、役割を終えると、運転を停止し、その廃止措置と廃棄物の処理処分を行う必要がある。

放射性廃棄物は産業廃棄物の一形態である。産業廃棄物の処理処分は、資源の再利用のための重要な活動である。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。放射性廃棄物の処理処分は、循環型社会の活動の一部である。できるだけではなく、循環型社会における義務のようなものである。

原子力施設の廃止措置は、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。米国やフランスでは、原子力発電所の廃止措置のみならず、原子力開発に用いた施設の廃止措置が進められている。日本でも、原子力施設の廃止措置と廃棄物処분을、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（岡芳明 2024a, 第3章）。

使用済燃料など、高レベル放射性廃棄物の処理処分についても欧州では進捗している。フィンランドは2001年に処分場候補地が決まり、処分場の建設が行われ、2024年から最終処分が始まる計画である。2020年にはスウェーデンで処分場候補地が決まった。フランスでも着実に進捗している。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である。処分場の操業開始から閉鎖までは100年かかる。処分場を閉鎖するかどうかを現世代では決められないのである。

フィンランドでは、2019年に初めて、地層処分への国民の信頼が37%と、懐疑的な見方(36%)を上回った。フィンランドでは、懐疑的な国民が多かった時代に地層処分場の計画が進められたことになる。日本では高レベル放射性廃棄物処分場について国民の関心喚起を図るための活動が行われている。フィンランドの例を参考にすると、放射性廃棄物処分場の立地について、国民全体の合意を得る必要はない。議会制民主主義の中で進めるのがルールである。ごみ焼却場の立地に都や区の住民全体の合意が直接必要だっただろうか。地元との信頼構築には時間がかかる。丁寧に対話をし、信頼を構築する必要がある。理解し協力してくれる地方自治体があるはずである。欧米の例が示しているように、放射性廃棄物は解決不可能な問題ではない。

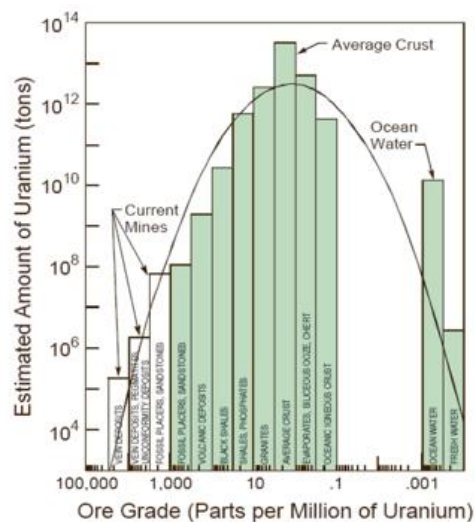
地層処分は、長期間の地層の安定性によって、高レベル放射性廃棄物の放射能の減衰を図る方法である。国民向けには、処分の安全技術の説明ではなく、地層とは何かなどの説明

資料の作成と公開を進める必要がある。東電福島事故の時、米国では、当局によって放射線被ばくリスクの情報が作成され開示されていた。そのような備えがあったので、米国では日本のような大騒ぎにはならなかった。日本においても、東電事故後、環境省によって放射線健康影響の統一資料の作成と開示がすすめられた。経済産業省のスペシャルコンテンツや、福島県の福島復興ポータルサイトの情報も充実している。地層処分についての一般向けの説明資料の作成と開示が求められる。

日本の地層処分場の立地に、使用済み燃料の再処理施策の議論を絡めないようにする必要がある。フランスは、プルトニウムは、消費する量だけ再処理する方針を 2003 年の国際原子力機関への報告書で明らかにしている。日本でも原子力委員会がプルトニウム利用の基本的考え方を作成し、この方針を述べている（原子力委員会 2018）。フランスは、地層処分場候補地を決定し、地下の地層調査を進めるとともに、再処理で発生するガラス固化体の地層処分の試験のみならず、使用済み燃料を直接処分する試験も行っている。日本でも地層処分場の立地活動が行われているが、地層処分場の立地に再処理政策の議論を絡ませない必要がある。もし絡ませると、再処理政策の議論は核兵器や核拡散を連想させて負のイメージをばらまくので、立地は失敗する可能性が高い。フィンランドやスウェーデンは使用済み燃料集合体を直接地層に処分する。

II.2.8. ウラン資源は他の金属資源同様に持続可能

図 25 は地殻のウラン分布を示している。横軸にウランの品位を取って、ウラン量を示すと、他の金属資源同様に、ベル型（釣り鐘型）の分布をしている（Monnet et al. 2016, 岡芳明 2024g, 第 9 章）。現在採掘中のウランは品位の高い部分である。ウラン資源量として、鉱山会社などの情報をもとに確認埋蔵量と推定埋蔵量をまとめたものは、この品位の高い部分の一部である。品位が一桁下がると、資源量は 300 倍増える。海水にもウランが溶け込んでいる。海水ウラン採取の研究が日本でなされたことがあるが、回収費用の点で実用化には至っていない。



出典：Monnet et al. (2016).

図 25：地殻のウラン分布

有機物起源の化石燃料との類推でウラン資源が枯渇すると考える方もいるようだが、枯渇するとの心配は相対的なもので、本当に必要になれば自然界にはいくらでもあり、回収技術と経済性がカギになる。原油の採掘技術の歴史を見ると 1960 年代に海底を横に掘る技術が開発され、生産量が増えた。天然ガスも地層を横に掘る技術を使って頁岩（シェール）を水圧で破碎し、含まれる天然ガスや原油が採掘できるようになった。天然ガス生産量の増加とともに、天然ガス価格は下がった。資源価格の変動は需要と供給の関係で生じるので、資源量とは直接の関係は無い。

中東に大きく依存している原油とは異なり、ウラン資源はカナダやオーストラリアなど政治的に安定した地域で多く産出されるので、供給途絶のリスクは小さい。電力会社は精製した天然ウランを買って、濃縮サービスを濃縮会社に依頼する。日本向けの濃縮サービスは欧州で主に行われている。ロシアは電力が安く、濃縮も安価にできるので、濃縮容量は世界で最も大きい。米国の電力会社はロシアから濃縮ウランを買っているところがあったが、ロシアのウクライナ侵攻以降、これが政治的に問題になっている。最近、中国が濃縮容量を増加させている。1g のウランは原油 3 トンに相当するエネルギーを発生する。ウランは備蓄も容易である (II.9.3 節)。ウランは資源の点でも供給リスクの点でも、日本にとって化石燃料よりはるかに優れたエネルギー資源である。

II.2.9. 原子力研究開発に過去の教訓を生かすべき

原子力エネルギーを発電や動力に利用するための研究開発は、米国はじめ各国で第 2 次大戦後活発に行われた（岡芳明 2024g）。今後の研究開発においては、その歴史と教訓を生かす必要がある。これを無視すると同じ失敗を繰り返し、優秀な人材と税金が浪費される。これまで、世界では様々な原子炉が開発され発電に用いられてきた。それらの中で、原子炉

の冷却や中性子の減速に軽水（普通の水）を用いる軽水炉が、現在は発電用原子炉の主流となっている。その理由は、ウランを効率よく核分裂させるために用いる減速材として、軽水が最も必要体積が小さく効率的なためである。軽水炉は炉心がコンパクトで、建設費が小さくなる。さらに軽水炉は、蒸気タービンやポンプなどの機器が火力発電との共通性が高く、設計・製造・保守にその経験が生かされた。黒鉛や重水を減速材に用いる原子炉や炭酸ガスやヘリウム、あるいは液体ナトリウムを冷却に用いる新型炉より、軽水炉が経済性で優れており、発電用原子炉の市場を占有している。原子炉の研究開発を行う場合は、この教訓を生かす必要がある。新型炉という言葉も正確ではない。世界で最初に原子力エネルギーで発電し電球を灯したのは、米国のナトリウム冷却高速炉で 1951 年である（岡芳明 2024g, 第 8 章）。

核融合は、現在まで 70 年以上にわたって、いろいろな方法が世界中の優秀な物理学者によって研究されてきたが、いまだに長期間安定に核融合プラズマを閉じ込め、装置の稼働に必要な入力エネルギー以上のエネルギーを発生させることに成功していない。核融合動力炉の概念は 1970 年代から多数発表されている。日本原子力研究所が、1991 年に発表した核融合動力炉 SSTR の概念設計研究では、経済性評価も行われており、建設費は軽水炉の約 2 倍となっている。なお、この評価のプラズマ閉じ込め装置（核融合反応）部分については、当時運転を開始した核融合プラズマ実験装置 JT-60 の製作経験を外挿して比較的良好に評価されていると考えられるが、核融合エネルギーを回収するブランケット部分については設計や製造の経験はないので、その建設費評価の精度は高くないと考えられる。

原子炉では、臨界量以上の核燃料を中性子減速材とともに設置すれば、核分裂反応が生じる。その起動と制御は中性子吸収材の棒をモーターで原子炉から出し入れすることで行える。プラズマ核融合炉のように、磁場と真空を作り出す装置を作って、プラズマを閉じ込める必要は無く、外部からプラズマを加熱する必要もない。SSTR の概念設計とその経済性評価からは、核融合発電の実用化のためには核融合反応を発生させ持続させる方法に画期的な革新が必要であることが理解できる。研究しないと革新は生まれないので、核融合研究が不要と述べているわけではない（岡芳明 2024g, 第 17 章）。たとえば、核融合反応には核分裂連鎖反応を発生し維持するための臨界量の制約は無いので、核融合反応は原子炉よりコンパクトな装置で実現できる可能性がある。これは建設投資額を小さくできる利点となる。なお、この場合は熱電変換装置も、蒸気タービン発電方式（蒸気機関）を用いるのではなく、小型の革新的装置が必要である。核融合研究は従来の延長線上ではなく、イノベーションを追求する必要がある（II.6.6 節）。なおイノベーションへの投資を集めるのは犯罪ではないけれども、投資を集めるための一面的な情報が拡散することが多いので注意が必要である。国家予算（税金）から研究費を支出する場合は、アカウンタビリティを問う仕組みが必要である。米国の会計検査院（GAO）は何度も米国政府が支出した核融合研究に関する調査報告書を作成し公開している。

II.2.10. 研究開発機関の役割は知識基盤

原子力開発の初期には国の原子力研究開発機関が原子炉の開発を行っていた。そもそも、国の研究開発機関は原子炉製造企業ではないので、原子炉そのものを製作する能力は無い。試験炉を作ってもらって、それを動かして試験や実験を行うことが、国による原子炉の開発であった。原子力利用の初期にはこれが一定の役割を果たした。たとえば、日本の最初の軽水炉は、日本原子力研究所の動力試験炉（JPDR）で、その設計・製造・建設・試験の経験は、その後の日本における軽水炉の利用に大きい役割を果たした。英国もフランスも黒鉛減速炭酸ガス冷却の発電用原子炉を国の主導で開発した。

しかし欧米では 1980 年代から国の原子力研究開発機関は原子炉そのものの開発を行っていない。その役割は原子炉の開発ではなく、原子力利用のための知識基盤の構築になっている。日本は原子力研究開発機関の役割が古いままである。

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。国の研究開発機関がその研究員に研究論文の作成をさせているだけでは、その役割を果たしているとは言えない。これは個々の研究員の問題ではなく、研究開発機関の組織管理の問題である。組織的に解説や俯瞰的報告書を作成し、原子力利用の知識基盤を充実する取り組みが求められる。知識基盤とは、解説や報告書のみならず、知識を習得し応用できる人材、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である。今後の原子力利用を進めるために、知識基盤の充実が日本の原子力利用に求められている（岡芳明 2024g, 第 20 章）。

II.2.11. 省庁のアカウンタビリティを問う仕組みを

原子力分野に限らないが、欧米政府の情報を調べると、日本の省庁にはアカウンタビリティがないことに気が付く。アカウンタビリティとは、行政庁の文書による政策の説明と、その結果に対する責任のことである。日本には行政庁の仕事の結果を調査した報告書がない。行政が何を政策として行うのか、その結果はどうだったかが、文書化され客観的に明らかになっていない。明らかにし、その結果を反映する仕組みがないと、官僚が優秀であったとしても、行政の機能が劣化し、結果が国民に影響する。

欧米ではこの調査報告書作成は会計検査院の役割である。米国は政策の方針を説明する文書が 4 年ごとにすべての行政庁から公開されている。これは義務である。これによって国民は省庁が担当する政策を理解できる。この文書などを参考に、トピックスごとに会計検査院が調査権限を使って、行政の行ったことを調査して公表する。それをもとに議会が予算や方針を決定する。米国のエネルギー省関係では、核開発施設の廃止措置や核融合開発などの報告書などがある。米国の原子力規制委員会もこのようにして監督されている。それが米国

民の原子力規制委員会と原子力発電所の安全に関する信頼を構築している。これらの報告書は、同じ失敗をすることを防ぐので、頑健な原子力利用がすすめられる（岡芳明 2024f, 2024b, p. 36–39, Walker 2004）。

行政の仕事の結果は、調査権限を持った機関が調査しないと明らかとはならない。しかし、日本の会計検査院は欧米の会計検査院のような権限と機能を持っていない。日本は省庁の自己評価が基本である。総務省に行政評価局があるがトピックス的な評価である。欧米の会計検査院は事実を明らかにする役割で、評価はしない、良しあしは述べていない。評価には価値観が必要なので、会計検査院の報告書は評価を述べていない。評価をして「よい」と述べると、責任を分担することになる。評価し予算や政策に反映するのは議会や内閣の役割である。日本はこのチェック機構が欠如している。日本の議会制民主主義は欧米に劣後している。これは重大で、本質的な欠陥である。

欧米の会計検査院報告書の原子力分野の例では、フランス会計検査院の「原子力発電のコスト」と題した報告書がある。英訳も公表されている。400 頁以上あり、各省庁のコメントも付録に載っている。（Cour des comptes 2012）。この報告書には、フランスの原子力開発と利用の結果がまとめられ、教訓として、その経験を将来に生かすことが出来るようになっている。フランスの会計検査院は司法に所属している。行政や議会の干渉を排除するにはこのほうが適切である。欧米の原子力利用は頑健である。

日本では、皆（国民や県民全体）で政策や方針を決めると考える方々が多いようだが、これでは専門知識や経験を生かせず、頑健な政策にならない。皆で決めると考えると、責任が不明確になってしまう。本来、権限と責任はセットである。たとえば、皆で決めるのがよいと考えているので、心理的安全性に支配されて、避難解除や除染、食品の規制値等が不合理に低い値に決まってしまったのでは無かろうか。国民や県民は選挙権を持っていて議員を選べるだけである。地元で直接民主主義的な意思決定が可能な場合を除いて、多数の国民や県民の直接の合意で政策を進めようとする、責任、特に許認可権限を持つ担当省庁の責任があいまいになる。日本には優秀な役人が多いが、その能力を生かせない。

国民が不特定多数の他人に依存し、企業は行政に依存し、創意工夫が無いので、無駄とコストと財政赤字が積みあがる。自由競争はイノベーションの源泉だが、様々な許認可権限をはじめとして省庁の権限は強大である。各省庁のそれぞれの課が担当する政策とその結果を明らかにするアカウンタビリティの仕組みが、国の制度として必須である。日本ではこれがないために、個人や企業の国への依存が温存され、長期低迷、巨額の財政赤字、国際競争力低下などを生じている。日本における少子化、国際化などの問題、さらには最近のコメ不足と米価高騰の問題なども、日本の省庁のアカウンタビリティの欠如から生じる派生的な問題ではなかろうか。日本の高齢者は右肩上がり、平和な良い時代を過ごせたかもしれないが、若い世代に良い日本の未来を残せているだろうか。

II.2.12. 小型モジュール炉（SMR）

今後の原子力発電所の型式としては、最も有望なのはこれまでも実績のある 100 万キロワットを超える大型の軽水炉であり、その安全性を高めた改良版である。1 モジュールあたり最大 30 万キロワットの電力を供給する原子炉である小型モジュール炉（SMR）への期待もあるが、歴史的には規模の経済を追及して今日の大型軽水炉に収束してきたのが事実である（II.2.10 節）。SMR の製造コストが安くなるとすれば、大量生産をすることが必要であるのみならず、たとえば設備の型式認証だけで事業認可を完結させるといった規制の大改革も必要になる。

SMR の商業化には依然として課題が残る。米国では、ニュースケール・パワー社がユタ州で進めていた出力 7.7 万 kW の SMR「ニュースケール・パワー・モジュール」6 基からなる VOYGR-6 プロジェクトが、資金調達の困難さから 2023 年 11 月に中止された（原子力産業新聞 2023）。このプロジェクトは、米エネルギー省からの支援を受け、アイダホ国立研究所での建設を目指していたが、コスト上昇や参加自治体の減少により、継続が困難と判断された。

SMR の世界での初期の市場としては、遠隔地や島嶼への立地、あるいは軍事用といった、競合する発電のコストが高い場面で相対的な優位性がある（杉山 20231208）。日本企業の海外 SMR 事業への参加は、国内で停滞している発電設備建設のための技術継承の側面もあるので、政府の支援が望ましい。

II.2.13. 原子力利用推進のための国際協力

原子力については、近年になって世界諸国で推進に舵を切る動きが出ている。ウクライナでの戦争などを受けてエネルギー安全保障と経済性に関する関心が高まったこと、脱炭素の現実的な手段として再評価されていることがその背景にある。このような国際的な動きと連携することで、より円滑に日本の原子力発電の推進を図ることができよう。

原子力に関する日本の国際協力としては、平和利用を促進する一方で核拡散を防ぐ日米原子力協定があり、また同様の目的を持った国際原子力機関（IAEA）の活動があった。他にも多くの国際協力がある（原子力委員会 2023, 第 3–4 章）

今後の国際協力の深化の方向性については、国際問題分野の米国シンクタンクであるアトランティック・カウンシル（大西洋評議会）が報告にまとめている（Bowen 2023）。提言は以下の 6 つの項目にわたり、各国政府が協力して取り組むべきとする。

- 先進炉実証
- 既存の原子炉の寿命延長に関する研究開発
- 原子燃料の生産・処分に関する研究開発
- 安全保障、経済、環境など、原子力のメリットの国民への説明

- 関連分野の学生教育
- 安全規制の国際調和と合理化

今でこそウクライナでの戦争を受けて欧州を中心に原子力ブームが起きているが、それまでの長い間、先進諸国において新規の原子力発電所建設があまり進んでこなかった。このため、人材や研究開発能力が不足しており、各国の努力に加え、国際連携することでその一層の強化を図ることが求められている。

II.3. 化石燃料の安定調達と利用インフラの充実

日本のエネルギー供給の柱は、いまなお化石燃料である。2022 年度における一次エネルギー供給のうち、石油・石炭・天然ガスは合計で 83.4%を占めた（図 26）。化石燃料を安定し、安価に調達することは、日本のエネルギー政策において最も重要な要件である。

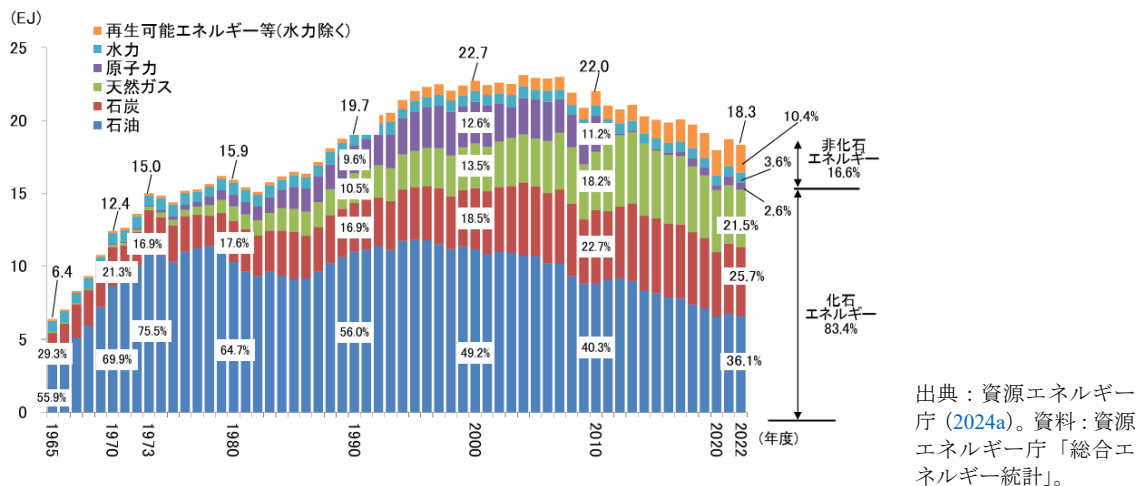
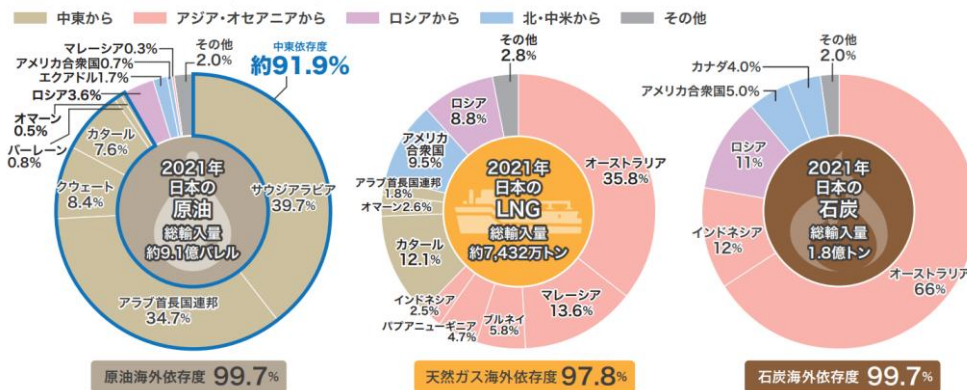


図 26：日本の一次エネルギー供給の推移

II.3.1. 日本の化石燃料の海外依存

日本は化石燃料のほぼ全量を輸入に頼っている（図 27）。このうち、原油は中東依存度が 90%以上に達している。この輸入ルートには、イランとアラビア半島に挟まれたホルムズ海峡、マレーシアのマラッカ海峡などのチョークポイントがあり、また近年になって有事が懸念されるようになった台湾の近海も通過する（図 28）。これらの海上輸送が円滑に行えなくなると、日本の原油輸入は危機に瀕することになる。石油の消費量は減少傾向にあるものの、いまなお日本の一次エネルギーの 3 分の 1 以上を占めており、自動車や農業・建設機械などの動力源として、また工場におけるボイラー等のために使用されている。石油供給が途絶えるとたちまち日本の経済活動に重大な支障が出る。天然ガスと石炭は、石油のような中東への集中はなく、オーストラリアなど複数の友好国から主に輸入されている。

日本の化石燃料輸入先(2021年)



出典：財務省貿易統計（海外依存度は総合エネルギー統計より、年度ベース）
出典：資源エネルギー庁（2022b）。

図 27：日本の化石燃料輸入先



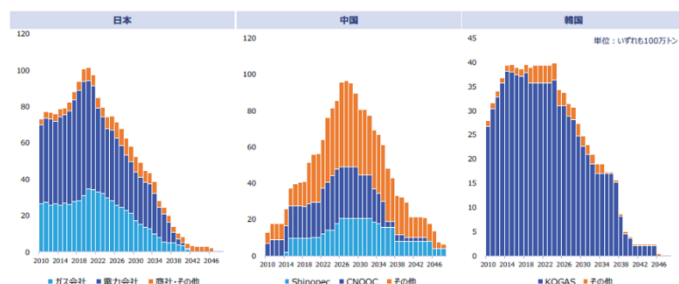
出典：日本原子力文化財団（2023）。

図 28：中東から石油が天然ガスを運ぶシーレーン

II.3.2. CO2 政策による安定調達への毀損

これら資源を安定して輸入するための政府のエネルギー安全保障についての取り組みとしては、石油・石炭・ガスのいずれについても世界各地に多様化された供給源からの安定した調達を実現すべく、1) 中東以外の国々からの輸入を増やすといった供給国の多様化、2) 産油国との多角的な貿易・投資などの二国間関係を構築するといった資源外交の強化、3) 油田・ガス田・炭鉱などの上流へ投資して権益を確保すること、などが図られてきた。また、石油については官民によって 200 分以上の備蓄がなされている（資源エネルギー庁 2020）。

その一方で、今後、日本の長期契約による LNG 確保量は急激に減少する見通しとなっている（図 29）。もとより、日本へのエネルギー供給を安定させるためには、供給期間が 15 年、20 年といった LNG 調達の長期契約を締結することが望ましい。

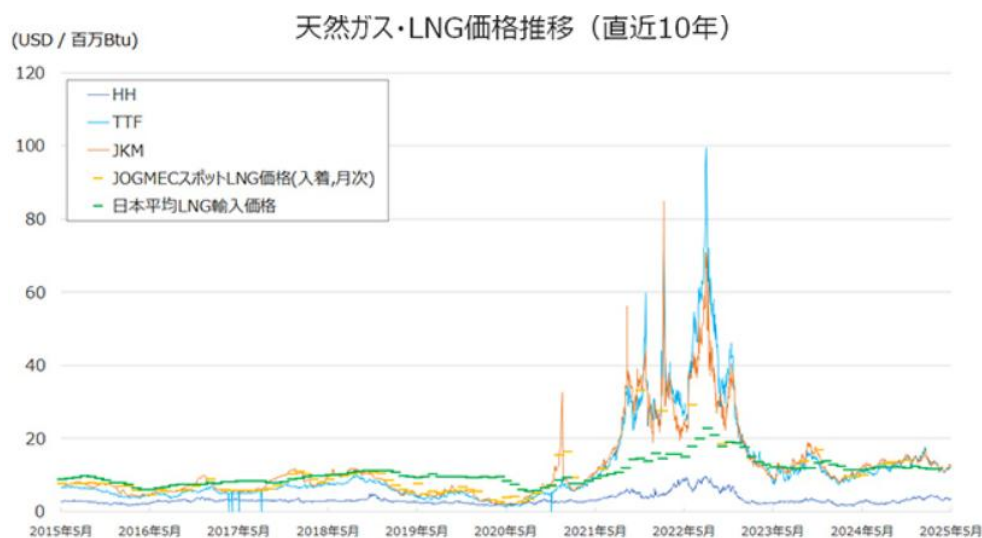


出典：資源エネルギー庁（2023a）。注：2021年時点。

図 29：日本・中国・韓国の事業者が長期契約で確保済の LNG 量

長期契約を締結していない場合、海外での紛争などで国際的に LNG 供給が逼迫した時には、スポット市場で短期的な売買を繰り返すことになるが、これは価格が激しく高騰するのみならず、最悪の場合には入手すらできなくなる。2022 年 2 月のロシアのウクライナ侵攻後、EU はロシアからのガス輸入を停止し、LNG の輸入に切り替えた。この結果、世界の LNG 需給はひっ迫し、スポット市場の価格は急騰した。エネルギー白書（資源エネルギー庁 2023a）は、今後もこの状態が少なくとも 2025 年ごろまでは継続するとしている。

図 30 は、直近 10 年の世界の天然ガス・LNG 価格推移である。国内パイプラインで供給されている米国ヘンリーハブ（HH）は低価格で安定している。これに対してスポット価格はいずれも大きく変動している（欧州の TTF、日韓の JKM、JOGMEC スポット）。日本の平均的な LNG 輸入価格がスポットほど急激に上昇していないのは、長期契約が存在したおかげだった。これ以前の時期（2019–2020 年など）ではスポット価格の方が安価となる時期があったが、スポット価格はいざというときの価格の変動が激しい。



出典：JOGMEC 資料（天然ガス・LNG 価格動向、2025 年 5 月）。注：直近の 10 年間。

図 30：価格高騰期における天然ガス・LNG 価格

長期契約が減少してきた主な理由は、電気・ガス事業が従前の垂直統合型から、垂直分離され、企業が長期的に安定した利益よりも、短期的な利益を追い求めるようになったこと

である。また LNG 市場が成長し、従来は相対の長期契約のみであったのに対して、スポット市場が発達してきたという世界的な流れも背景にあった。

これに加えて、近年では、CO₂ 排出に関する政策的な規制に関する不透明感から、さらに長期契約が減少することとなった。第 7 次エネルギー基本計画（経済産業省 2025a）では、化石燃料の供給量の見通しが、CO₂ 目標に合わせる形で低く抑えられた。これにより、事業者は長期契約の締結をやりにくくなっている³⁴。

CO₂ 規制の強化に関するリスクが与える悪影響は多岐にわたる。石油・ガス・石炭などの採掘、精製などのいわゆる上流への設備投資、火力発電所や製鉄所などの設備は、いずれも大規模な投資が必要になり、意思決定から操業開始までのリードタイムが長く、投資を回収する年数も長い。このため、将来において CO₂ 規制が強化されるかもしれない、となると事業者は投資をしにくくなる。

LNG については、事業者は長期契約を結ぶことが難しくなる。石油、LNG、石炭のいずれも、海外の資源開発へ事業参加して権益を確保することもなくなる。

これによって、紛争などで需給が逼迫した際には、化石燃料価格が高騰するのみならず、入手することすら困難になるかもしれない。また火力発電所や製鉄所などの大型工場の建設も停滞する。これは電力不足と産業空洞化を招き経済的な損失となる。さらに、国内の化石燃料の需要見通しも下がることになるので、ますます上流での化石資源の安定供給を確保する動機が薄れるという悪循環となってしまう。CO₂ 排出量に関する目標設定などの政策措置が、化石燃料の安定供給を損なうことのないようにしなければならない。

II.3.3. 火力発電インフラの充実

近年、太陽光発電および風力発電の大量導入が行われている。しかし、これにより火力発電所が不要になるわけではない。確かに、再エネの発電電力量が増えれば火力の発電量が減るのは事実である。しかし実際には太陽光や風力といった自然変動電源の増加に合わせ、その変動分を補完するために他の電源を待機させておく必要がある（II.4.2 節）。むしろ、火力発電は今後も電力の安定供給を支える重要なインフラであり、今後も着実に整備・維持していく必要がある。

電力系統を安定運用するうえで最も基本的な要件は、需要と供給のバランスを常に一致させることである。電気の需要は時々刻々変化するとともに、太陽光や風力と言った自然変動電源の発電量は需要の多少にかかわらず天候に左右されてしまうが、このために生じる需要と供給の差を調整できないと最悪の場合には大停電が発生する。このように安定供給のために調整力の確保は必須である。また、曇天や無風の状態が長く続き、再生可能エネルギーの出力がほとんど見込めない状況が継続することも、実際の運用実績から明らかにな

³⁴ ロシアがウクライナに侵攻する 2 カ月前、東京電力ホールディングスと中部電力が火力発電・燃料事業を統合した JERA は、カタール産の LNG の年間 500 万トン超の長期契約を更新せず終了した。この背景には CO₂ 規制のリスクがあったと報じられている（日本経済新聞 2022a）。

っている。このように発電量の減少に対応する予備力を確保することも必須であり、自然変動電源が増えれば、火力発電による発電電力量は減少することになる一方で、調整力・予備力として対応するための設備量は、むしろ拡充しておく必要がある。

最近では、再エネ導入量の拡大とともに再エネの出力制御を頻繁に行うようになってきており、その時間帯に、一定量の火力が稼働していることを問題視する声もある。しかし、天候の急変や夕方の再エネ発電量の減少に対応するためには、火力発電等の電源を対応可能な状態にしておくことが現実的かつ合理的である。安定供給維持のためには、再エネの発電量低下への備えを万全にしておくことこそが重要であり、再エネの電力が余剰となる時間帯があるからといって闇雲に火力発電を停めてしまえば良いというわけではない。

一方で、近年になって火力発電はCO₂を発生するという理由で風当たりが強くなっており、今後どの程度稼働できるのか不透明な状況が続いている。加えて、電力システム改革の失敗（II.8 節）と再エネ大量導入（II.4 節）による設備利用率低下が起きており、火力発電所の建設・維持運用費用が回収しにくい仕組みになってしまっている。このため火力発電所の新設は進まず、既存の火力発電所は確実に高経年化する一方で、その退出による供給力の減少傾向が顕著になってきている。

健全な設備さえあれば、将来的には様々な技術的対策を講じて火力発電所からのCO₂排出を削減してゆくことも可能である。今なすべきことは、火力発電所の退出を促すことなく、将来のニーズに対応可能なインフラとして、設備の維持と更新を着実に進めておくことである。

II.4. 太陽光発電の大量導入の停止

太陽光発電では、経済性、環境影響、人権などの評価に加え、真にCO₂削減になるか、あるいは災害時の安全性などの多くの課題がある。それらに目を伏せたままに、性急な導入拡大へと突き進むべきではない。以下では杉山（20220123）に基づき、こうした諸課題について論じたい。

II.4.1. ジェノサイドへの加担

いま太陽光発電が抱えている最大の問題は、ジェノサイドへの加担である³⁵。太陽光発電でいま最も普及しているのは「結晶シリコン方式」である。この太陽光発電の心臓部は、シリコン鉱石を精錬して出来る結晶シリコンと呼ばれる金属である。これに太陽光が当たる

³⁵ ジェノサイド（genocide）とは、種族（英語の接頭辞で genos）と殺害（英語の接尾辞で cide）の合成語であり、1948年に国連総会で採択されたジェノサイド条約（集団殺害罪の防止及び処罰に関する条約）第2条によれば、国民的、人種的、民族的または宗教的集団を全部または一部破壊する事を目的に行われた次のいずれかの行為を意味する。1) 集団構成員を殺害すること。2) 集団構成員に対して重大な肉体的または精神的な危害を加えること。3) 全部または一部に肉体的破壊をもたらすために意図された生活条件を集団に対して故意に課すること。4) 集団内における出生を防止することを意図する措置を課すること。5) 集団の児童を他の集団に強制的に移すこと。

ことで電気が発生する。

世界における太陽光発電用の結晶シリコンの 80%は中国製である。そして、そのうち半分以上が新疆ウイグル自治区における生産であり、世界に占める新疆ウイグル自治区の生産量のシェアはじつに 45%に達する。国際エネルギー機関（IEA）の 2022 年の報告によれば、太陽光パネル生産の中国依存度はますます高まり、近い将来には 95%に達するという。高いシェアの理由は、安価な電力、低い環境基準、そして低い賃金である。多結晶シリコンの生産には、大量の電力が必要である。新疆ウイグルでは安価な石炭火力でこれを賄っている。また製造工程では大気・土壌・水質に環境影響が生じうるので、規制が厳しいとコスト要因になる。

太陽光発電産業において賃金が低い背景には、強制労働が関与している疑いも指摘されている。2021 年 10 月、G7 貿易相会合が開かれて、サプライチェーンから強制労働を排除する声明が発表された。中国のウイグル新疆自治区における強制労働などを念頭に置いたものである。そして、政府発表でも国内報道でも書かれていなかったが、声明の原文を読むと、太陽光発電は農産物、衣料品と並んで、名指しでリストにあげられている。

米国は、すでに新疆ウイグル自治区で生産された製品・部品は何であれ輸入を禁止する法令を 2022 年 6 月に施行している（II.6.8 節）。これには当然太陽光パネルも含まれる。EU 委員会も、強制労働への関与が疑われる製品については、調査の対象として、その判定によって輸入禁止および域内の流通を排除する法案を 2022 年 9 月に提出した。この規則は、欧州議会と加盟国の同意を経て、2024 年 11 月に正式に採択され（Council of the European Union 2024）、2027 年 11 月に適用が開始される予定である。国連人権高等弁務官事務所（OHCHR）も 2022 年 8 月 31 日³⁶、新疆ウイグル自治区における人権に関する懸念について、中国の反対を押し切って報告書を発表した（OHCHR 2022）。この報告書では、ウイグル人やその他のイスラム教徒の少数民族に対する深刻な人権侵害が記録されており、これらの行為が国際犯罪、特に人道に対する罪に該当する可能性がある」と結論づけられている。

日本もこの強制労働の問題についての対応を迫られるのは必至である。いや、受け身ではなく、自らが判断しなければならない時にある。残念ながら、太陽光発電の現状は「屋根の上のジェノサイド」と呼ぶべき、おぞましい状況にあるのだ。しかし日本では、菅政権下で検討された第 6 次エネルギー基本計画（経済産業省 2021）が岸田政権において閣議決定され、さらに石破政権によって第 7 次計画（経済産業省 2025a）も策定・決定された。いずれの計画においても、再生可能エネルギーは「最優先の原則」に基づき、大量導入を推進する方針が維持されている。

だがいったいどうやって、それを強制労働の排除と両立できるのか。エネルギー基本計画の審議では、供給源の倫理性に関する懸念はほとんど顧みられていない。日本は新疆ウイグル自治区におけるジェノサイドの非難決議をした上で、新疆ウイグル産の製品の輸入を

³⁶ 8 月 31 日、ミシェル・バチエレ人権高等弁務官がこの画期的な報告書を公表したのは、自身の任期満了となるジュネーヴ現地時間の深夜 12 時まで残り 10 分少々というギリギリのタイミングであったとされる（熊倉 2022）。

禁止すべきである。太陽光パネルの価格が上昇しようともそれはやむをえない。そもそも太陽光パネルが安くなった背景には、強制労働というおぞましい実態があった疑いが濃厚である。

太陽光パネルを導入したい、その費用を負担したいという消費者は、環境のため、ひいては人類のための貢献と信じているだろう。だがそれがジェノサイドへの加担となってしまっているならば、そうした状況への関与はきわめて不快に違いない。人道的な対応が最重要の課題である。

II.4.2. 避けられない二重投資

次いで重要な問題は経済性である。東京都は条例により、2025 年度より、大手住宅メーカー約 50 社に対して、販売戸数の 85%以上に太陽光パネルの設置を義務付けている。都内の新築住宅の半数強が対象になるとみられる。これを例にとって問題点を議論してゆこう³⁷。

国土交通省の資料を見ると、新築住宅に 150 万円の太陽光発電システムを設置しても、15 年で元が取れるという。だがここにはカラクリがある。太陽光発電システムを設置する建築主は、自家消費分の電気代を減らしたり、電力会社に売電をしたりして、高額な収入を得ることができる。売電時には、電力会社が高く買い上げる制度がある。

けれども、本当は太陽光発電の価値はもっと低い。よく 1 キロワットの電気 1 時間分の発電コストを比較して、太陽光発電は安くなった、という意見を聞く。だが電気は欲しいときにスイッチを入れて使えるからこそ価値があるのだ。電気を使う側としては、もちろん天気によらず昼夜を問わず電気は必要である。太陽光発電を導入しても、太陽が照っていない時のために火力発電の設備はやはり必要となる。太陽光発電は必然的に二重投資となる。

すると太陽光発電の価値というのは、日が照っているときに火力発電所の燃料消費量を減らす分しかない。図 31 を用いて説明しよう。図の左側に火力発電所があり、中央の送電線を伝って、右側にある家庭に電気が送られているとする。この家庭に太陽光パネルを付けたら、図 31 の左側の火力発電所を無くすことは出来るだろうか？もちろん出来ない。太陽が照っていないときにも電力消費者は電気を使いたいからである (II.8.6 節)。だから、太陽光発電を設置しても、火力発電所は無くせないし、送電線も無くせない。結局のところ、太陽光発電パネルも火力発電所も両方必要になるので、二重投資が不可避となる。では太陽光発電の真の価値とはどれほどだろう。太陽が照っている間だけは、火力発電所の燃料費を節約できる。この節約分だけが、太陽光発電の価値である。

³⁷ 計算の詳細は杉山 (20220123, 20220605) を参照。

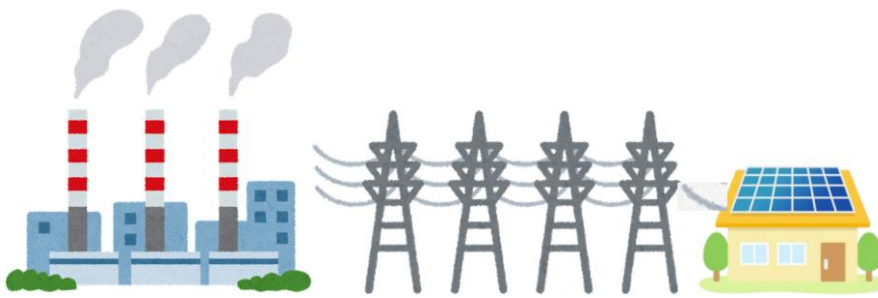


図 31：太陽光発電は二重投資となる

経済産業省の発電コスト試算（II.1.4 節の図 14）によれば、石炭火力と LNG 火力の燃料費は平均してだいたい 1 キロワットを 1 時間で 5 円程度と見通されている。これが太陽光発電のおかげで実際に節約できる発電コストになる。これは 15 年の累積で 50 万円にしかない。つまり 150 万円の太陽光パネルを購入すると、建築主は 15 年で元が取れることになっているが、じつは発電される電気の価値はわずか 50 万円しかない。残りの 100 万円は、FIT 賦課金や電気料金のかたちで一般国民（広く電力消費者）の負担になる。「太陽光発電義務化」とは、「東京に日当たりも良く広い家を買って、理想的な日照条件で太陽光発電パネルを設置できるお金持ちが、一般国民から 100 万円を受け取って太陽光発電を付け、元を取る」という逆進性を持っている。

なお以上の計算では、太陽光発電による自家消費削減分まで 5 円しか価値がないとしているが、これには説明は必要だろう。家庭電気料金は通常 25 円程度はするからである。だがこの 25 円という料金は、何時でもスイッチを入れれば電気が得られるという「便利な電気」の料金である。この内訳としては、火力発電所があり、原子力発電所があり、送電線があり、配電線があり、その建設・維持のための費用がその大半を占めている。25 円と 5 円の差額である 20 円がこれにあたる。いくら太陽光発電を増やしても、この費用はまったく節約できない。

もしもそれでも納得できなければ、文字通り電線を切ってしまって、配電線から自宅を「電気自立」させてみるとよいだろう。そうすると晴れているときしか電気は使えないので、普通の家庭生活はまず送れない。バッテリーを沢山買って電気を貯めておくとなると、さらにもっと費用がかかる。一週間曇天でも常時電気を使えるぐらいバッテリーを買っておくとなると、25 円などとは桁違いに電気代は高くなってしまうだろう。こう考えると、スイッチを入れればいつでも使える便利な電気が 25 円というのは割安に感じるかもしれない。それを安価に安定的に実現できる電力システムが求められるのである（II.8 節）。

家を買える人がみな元を取れる訳でも無い。東京に家を買うという場合、大抵はギリギリの敷地に、建蔽率や容積率等を考慮してパズルのように家を建てる。屋根の向きも思うに任せない。太陽光発電のためには南向きに程よい傾斜になった広い屋根が望ましいが、そんな家を建てる余裕がある人はどれだけいるのか。思ったほど発電できなければ、建築主も損をする。結局のところ、庶民は、家を買っても損、買わなくても（だれかの賦課金を電気代

で徴収され) 損となりそうである。

エネルギードミナンスを追求する本計画では、家計がより多くのエネルギーサービスを楽しむことができ、そして実質所得の拡大によって別の消費機会や教育投資などを拡充できるよう、電力料金を削減する (II.1.4 節)。自治体による新築建物への太陽光発電義務化は、愚策の典型例である³⁸。

II.4.3. 「再エネ最優先」が電力不足の元凶

東日本大震災のあった 2011 年以來、日本は太陽光発電を大量導入してきた。では電力は余っているかという、まったくそうっていない。むしろ日本は電力不足が常態化している。これはそれ以前には何十年も無かったことである。夏や冬が来る度に、政府は電力会社に対して、休止中の火力発電所の再稼働や燃料の追加調達を求める。家庭や企業にはできる限りの節電協力を呼びかける。罰則付きの電力使用制限令までも準備されている。経済産業省 (2025d) は、2025 年夏季について「節電要請は実施しない」と発表した。しかし本来、節電要請をしないことが報道されること自体、電力不安が常態化している現状の異常さを示している。

なぜ日本はこんなことになってしまったのか。停止中の原子力発電を再稼働し、火力発電所が次々と休廃止されるのを防ぎさえすればよいはずである。だが政府は国民に我慢を強いるばかりで、抜本的な対策をとらずに弥縫策を続けている。これでは電力不足はますます深刻になり、経済活動に甚大な悪影響が生じる。それはすでに顕在化している (I.1.2 節)。

電力は、消費される量と生産される量を常時バランスさせておく必要がある。これは「同時同量」の原則と呼ばれる (II.8.3 節)。ここでは図 32 を用いて簡潔に説明しよう。電力消費は、朝に人々が活動を始めると増え、昼間から夕方にかけてピークになって、夜になるとまた下がる、というサイクルを毎日繰り返す。この電力消費と同量だけ電力供給が必要になる。

³⁸ 2024 年 2 月 22 日時点の川崎市のホームページでは、「新築住宅への太陽光発電設備の設置を促進する制度は検討中だが、義務化はされていない」と明記され、「義務化された」と称する不審な訪問や電話への注意が呼びかけられていた。それにもかかわらず、2025 年 4 月、東京都に次いで川崎市でも新築建物への太陽光パネル設置が義務化された。他方、横浜市では、建築士による建築主への導入効果の説明が義務付けられるにとどまり、設置は努力義務である。

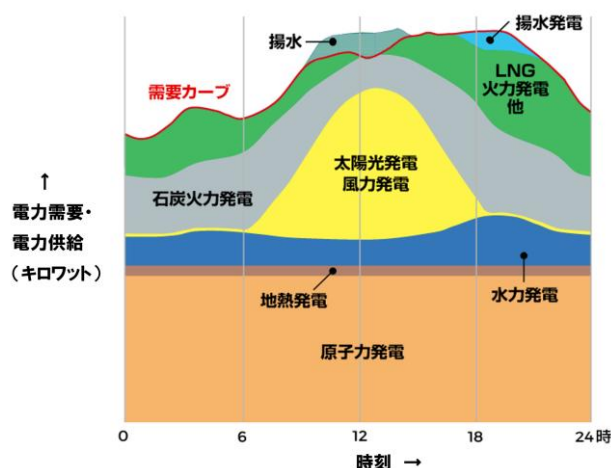


図 32：電力の需要と供給のバランス

発電所には様々な方式があるが、その役割分担は異なり、全体としての経済性を達成するように組み合わせて運用する。これを「経済負荷配分」という。まず、燃料費の安い原子力発電所や、燃料費の要らない地熱発電所は、24 時間フル出力で運転する。だが太陽光および風力発電所は天候によって常に出力が変動する。そこで LNG、石油、石炭などを燃料とする火力発電所は、電力需要と電力供給の差分を埋めるべく、出力を刻々と変化させることになる。

水力発電は、雨量によっても発電量が変わるが、ある程度はダムから落とす水量を調節して出力を変えることも出来る。揚水発電はバッテリーのような機能を持つ。つまりダムが上下に 2 つあり、電力供給が需要を上回った時には、上のダムに水をポンプで汲み上げて「充電」し、下回った時には水を落として発電機を回し「放電」する。

さて政府は第 7 次エネルギー基本計画（経済産業省 2025a）において、CO₂ 等の温室効果ガスを直線的に削減し、2013 年比で 2030 年には 46%減、2050 年までにはゼロにしている。日本の CO₂ 排出の 4 割を占める火力発電所は、この脱炭素政策の最大の標的にされてきた。FIT 制度によって莫大な補助を受けた太陽光発電が大量に導入されてきた結果、火力発電所の設備利用率は下がった。そのため火力発電所の売り上げは減り、運転維持費すらも捻出できなくなり、休廃止に追い込まれていった。

ところがこの結果、火力発電所が不足するようになったため、需給が逼迫したときに、必要な供給力が確保できなくなった。太陽光発電はもとより都合よく発電してはくれない（II.4.2 節）。2022 年 3 月 22 日、東京電力管内では大停電一步手前となったが³⁹、そのときも太陽光発電はほとんど発電していなかった。

電力の安定供給のためには、応分の対価を支払って、設備利用率が低下した火力発電所を維持する必要がある。だが火力発電の優遇は「脱炭素」の方針に反し、また既存の電気事

³⁹ 2022 年 3 月 16 日の深夜に発生した福島沖での震度 6 強の地震により、東北・東京エリアの火力発電所 6 基（計約 330 万 kW）が停止している中で、3 連休明けの 22 日（火曜日）には東日本で気温が低く、悪天候が予想されてることから、「電力需給ひっ迫警報」が発令された（経済産業省資料）。

業者の発電所の維持に対価を支払うことは「電力市場自由化」の方針に反する、という風潮にあって、それが疎かになってしまっている。

II.4.4. 太陽光発電推進による巨大な国民負担

そして経済性の乏しい太陽光発電を大量導入したことで、莫大な国民負担が発生した。2012 年度以来、FIT 制度の下で再エネが大量導入されてきた。これによる CO2 削減量は年間 2000–3000 万トン程度とされるが、2600 万トンとすれば総排出量（2024 年度 10.7 億トン）の約 2.4%と評価される。ところがこれには莫大な費用を要してきた。それを賄うため、FIT 賦課金が家庭や企業の電気料金に上乗せされて徴収されている。2025 年度（予測）として（経済産業省 2025d）、この賦課金は総額で年間約 3.1 兆円に達する見込みである⁴⁰。これは 1 人あたりで約 2.5 万円、3 人世帯では 7.4 万円になる。3 人世帯の電気料金はだいたい月 1.2 万円だから、年間では 15 万円程度である。すると、15 万円に対して 7.4 万円だから、賦課金のみで実質的に電気料金が 1.5 倍になるほどのきわめて重い経済負担がすでに発生している。

国の総額でみると 3.1 兆円の負担で 2.4%の削減だから、これまでの太陽光発電等の導入の実績から言えば、1%削減あたり毎年 1.3 兆円の費用が掛かっているわけである。1 トン CO2 あたりの削減費用で換算すれば 12 万円も要する極めて高価な対策である。太陽光発電パネルは、確にかかつてより安価になった。しかし、価格が低下していくことは当時から十分に予測可能であり、本来であれば、価格が下がってから導入を進めるべきであった。にもかかわらず、すでに当時からコモディティ化していた市場の現実を目を向けることなく、「導入によって価格が下がる」とする学習効果（learning by doing）に期待し、極めて高コストな政策が採用されたのである。実際には、日本の政策的な推進によってパネル価格はむしろ上昇し（野村 2021, 第 3 章補論）、2012 年当時に過当競争に苦しんでいた中国企業の「救世主」となる結果を招いた。

現在も、太陽が照った時しか発電しない間欠性という問題はまったく解決していない。このためいくら太陽光発電を導入しても火力発電所は相変わらず必要なので二重投資になる（II.4.2 節）。仮に火力発電所を減らしてしまえば、こんどは停電のリスクが高くなる（II.4.3 節）。

太陽光発電はすでに大量に導入されており、九州をはじめ多くの地域で頻繁に出力抑制が行われるようになった。その後、北海道、東北、中国、四国、沖縄電力管内でも実施されている。東京電力管内でも、太陽光・風力の連系量は 2024 年 3 月時点で 2000 万 kW を超

⁴⁰ 買取総額では 2019 年度には 3.6 兆円、2022 年度 4.2 兆円、2023 年度 4.7 兆円、2024 年度（予測）4.8 兆円、2025 年度（予測）4.9 兆円にまで拡大している。FIT 制度の導入前、もともと政府はおおむね年 5–6 千億円ほどの買取総額を想定していたと思われる節があるから（Nomura 2023, p. 21）、制度開始から 10 年間で想定 8 倍にも負担は増大し続けたことになる。それは直接負担であり電力需要の低迷、空洞化や実質所得の低迷を通じた間接的な負担はきわめて大きい。国民にあまりにも膨大な負担を残した「賦課金」は、GX では「化石燃料賦課金」と名を変えて再び導入されようとしている（II.1.3 節）。

え、2024 年度には抑制がわずかながら実施された。2025 年度についても、出力抑制の実施が見込まれている（東京電力パワーグリッド株式会社 2025）。しかし晴天になると一斉に発電するので余った電気を捨てている。今後さらに導入が進めばそれだけ捨てることも増える。また原子力発電も再稼働すれば、ますます捨てる電気は増える。こうしてますます太陽光発電の経済性は悪化する（蓄電については II.4.5 節）。

太陽電池の設置に適していて安価に発電できる場所も減ってきており、これも今後の高コスト要因になる。小泉進次郎元環境大臣は「まだ空いている屋根があるから設置をすれば良い」と言ったが、なぜその屋根がまだ空いているのか、その理由を考えないのだろうか。これまで莫大な補助が与えられてきたにも関わらず、それでも採算が合わなかったからである。

II.4.5. 送電線、揚水発電、蓄電池による対応の限界と費用

太陽光発電を大量導入したために、日射の多い時間帯に一斉に発電することで、発電量が過大になり、その出力を抑制することが全国的に行われるようになった。再エネの出力制御を回避するためとして、送電線の建設や、揚水発電所や蓄電池に余剰の電力を蓄えるといった対策が講じられているが、それらには限界があるうえ、費用も嵩む一方となる。

送電線の増強は、発電所がある地域から需要のある地域へと電気を送る道を整備することである。もしある地域で供給力や調整力に余裕があれば、広域にわたって電力を融通することで、他の地域における供給力や調整力をカバーする効果が期待できる。しかし、送電線の増強で電力量自体を増やせるわけではない。全国的な供給力不足や再エネ余剰に対して、送電線の増強だけでは対応できない。送電線の増強は、電力安定供給のために必要ではあるが、それで十分というわけではなく、安定的に稼働可能な発電設備の確保が不可欠である。

揚水発電所や蓄電池は、有効な調整力であるが運用には制約がある。これらは、あらかじめ充電した量しか利用することができず、またフル充電をしたとしても発電を継続できる時間は数時間程度と限られるため、火力発電所と比較して、その使い勝手に大きな差がある。数日間にわたって風が弱い、あるいは曇っているなどいうことは良くあることだが、そうしたときには需要を賄いきれない可能性が高い。また、最近ではこれらを「脱炭素化された調整力」と表現しているが、現状において、再エネが余剰となる時間帯はわずかであり、年間を通してみると、充電のための電力は主に火力発電所から供給されているのが実態であって、「脱炭素化された」と言う表現はあまり適切ではない。これらの観点から、蓄電池が「長期脱炭素電源オークション」の対象となっているのは、とても奇妙なことと言わざるを得ない。

調整力としては、需要側によるデマンドレスポンス（DR）活用の期待の声もある。しかし、デマンドレスポンスは、供給側で火力発電所などが提供できる調整力に比べ規模が桁違いに小さいのが実態だ。調整力は基本的には供給側で対処することが現実的である。

将来、蓄電池が大量に普及すれば、余剰再エネを充電することで、調整力としての火力発電など不要である、との意見も聞く。だがこれは正しいとは言えない。昼間しか発電せず、年間の設備利用率が 13%程度にとどまる太陽光発電パネルで電力需要を賄うためには、今よりも桁違いに多い設備量が必要となる。そして限られた時間帯に発生する大量の余剰電力を夜間や曇り日の分も含めてせつせと充電しなければならず、貯め込む量に比例して、蓄電池の設備量も莫大なものとならざるをえない。さらに、充電には少なからずロスを伴うことも考慮すると、すべての電力を蓄電池に貯めることは現実的ではない。

さらに、もしも再エネと蓄電池の組合せにより電力供給を完結させるためには、再エネ余剰が十二分にあることが条件となるが、再エネ、蓄電池ともに莫大な設備費がかかることに加え、余剰が生じるほどに再エネを増やそうとしても、調整力不足が導入の障害となるという構造的な矛盾を抱えている。

送電線、揚水発電所、蓄電池、さらにはデマンドレスポンスについても、それぞれの特性を正しく理解し、使いどころをしっかりと見極めることが重要となる。これら単独では問題が解決しないことを認識し、全体最適を意識した制度設計とインフラ整備が求められる。だがそのコスト最小化の最適解は、結局、そもそも太陽光発電や風力発電には投資しないことになる。

II.4.6. 水害時に感電事故で二次災害に

太陽光発電については防災上の問題も重大である。火災の際、太陽光パネルに放水すると、水を伝って感電の危険があることはよく知られるようになった。これについてはすでに 10 年以上前に、消防庁（2013）が「太陽光発電システムの設置された一般住宅における消防活動上の留意点」において注意喚起している。

消防の放水が問題になるぐらいなので、水害の場合にももちろん感電の危険がある。これは政府機関 NEDO の資料「太陽光発電システムの水害時の感電の危険性について」に説明がある。普通の電気であれば大水害の時には送電線のスイッチを一旦切れれば感電の心配はなくなるが、太陽光パネルは光が当たる限り自ずと発電を続けるので感電の危険をなくすことができない。したがって水害が起きやすい場所では、太陽光パネルの設置には気を付けねばならないことになる。

東京都は太陽光パネル義務付けを条例で定めたが、とくに心配なのは江戸川区などの江東 5 区である。2019 年の江戸川区資料では、最悪の場合、最大で 10m 以上の浸水が 1-2 週間続くと警告されている。この資料「江戸川区水害ハザードマップ」は「ここにはダメです」という衝撃的なメッセージで話題を呼んだものである。

大規模な水害が起きた時に、太陽光パネルによる感電で二次災害を起こさないだろうか。それによって非難、救助、復旧が遅れたりすることはないだろうか。問題はもちろん江東 5 区だけに留まらない。洪水が起きかねない場所は東京都の至る所にある。太陽光パネル導入

を急ぐ前に、まずは安全性の確認が必要である。だが東京都の Q&A には、「危険なので水没したパネルには近づかず専門家へ依頼」、「まだ感電事故の事例は無い」などとしているだけである。大被害になって、大量にパネルが水没しているのに、「近づかずに専門家に依頼」など悠長なことを出来るはずがない。それにこの水害時の危険は十分に想定できるものである。「まだ前例が無い」などの理由で、パネル設置の義務化を強行してはならない。



出典：NEDO 資料および江戸川区資料。

図 33：太陽光パネル水没時における二次災害

II.4.7. エネルギー安全保障上の価値は小さい

太陽光発電を導入する理由として、エネルギー自給が出来るのでエネルギー安全保障に貢献するという意見をよく聞く。さらに、災害時には太陽光発電があれば、停電になっても自立運転が出来るので、防災対策にもなるという。だがどちらも本当のところは疑わしい。

まずエネルギー自給だが、太陽光パネルのほとんどが中国製なのだから (II.4.1 節)、まったく自給にはなっていない。それでも、太陽光が照っているときには発電燃料である天然ガスや石炭などを節約できるから、平時にはガスや石炭の輸入を減らすという効果はある。けれども、いざ大地震などで大停電が起きた時に機能しない。2018 年に北海道で大地震が起きたとき、泊原子力発電所が停止していたことに加えて、苫東厚真火力発電所が地震の直撃を受けて、北海道全体が大停電に陥った。そこから回復するときに役にたったのは、水力発電と火力発電である。太陽光・風力はどうしたかという、震災後はいったん送電網から外されたのだ。太陽光・風力が送電を開始したのは、まず水力と火力で周波数や電圧が安定した後のことである。太陽光・風力は、出力が安定せず、送電網を攪乱（かくらん）してしまうので、いざというときには復旧の役に立つどころかかえって邪魔になる。

2011 年の東日本大震災においては、太平洋側の火力・原子力発電所が津波によって軒並み被災したことで、東北地方は大規模な停電に見舞われた。このときに停電からの復旧に活躍したのは、日本海側の火力発電所だった。まず難を逃れた東新潟のガス火力発電所が発電を継続できたことは大きかった。秋田県の能代にある石炭火力発電所は、送電網が不安定になったためいったんは停止したがすぐに復旧し、安定した発電を開始して送電網の復旧に

活躍した。このときも復旧の主役は火力発電所であり、その電気を日本海側から送電することで太平洋側も復旧していった。

このとき家庭用の太陽光発電のおかげで、停電しても自立運転で風呂を沸かすことができた、といった話が報じられた。だが現地入りして調査したところ、いざというときのエネルギーとして圧倒的に重宝されたのはガソリン、灯油、木材、乾電池、キャンプ用品といったなじみのローテクだった（朝野 2011）。太陽光もあれば便利には違いないが、送電網が復旧しないことには、結局のところ生活も生産活動もできない。

本当に災害に強いエネルギー供給体制とは、火力発電や原子力発電などによる大規模な発電所と広域な送電網からなる「大規模分散」である。太陽光発電や風力発電があちこちにある「小規模分散」ではない。

II.4.8. 太陽光発電による大きな環境負荷

そもそも太陽光発電が環境に優しいかも疑わしい。大変頻繁に誤解されているが、太陽光発電や風力発電は、「脱物質化」などでは決してない。むしろその逆である。太陽光発電や風力発電は、確かにウランや石炭・天然ガスなどの燃料投入は直接には必要ない。だが一方で、広く薄く分布する太陽や風のエネルギーを集めなければならない。このため原子力や火力発電よりも、多くの材料を投じて発電設備を作らねばならない。セメント、鉄、ガラス、銅などのことである。結果として廃棄物も大量になる。ようやく 2022 年 7 月から、廃棄費用を太陽光発電事業者から強制的に徴収し積み立てる制度（資源エネルギー庁 2021c）が開始された。

屋根ではなく地上に設置する方がコストは安くなるが、広い土地を使う。農地や森林がその代償で失われる。景観の悪化について至るところ苦情が寄せられている。施工が悪ければ台風などで破損したり土砂災害を起こしたりして近隣に迷惑が掛かる。施工の悪い危険なメガソーラーは全国至るところにある。これについては市民団体「全国再エネ問題連絡会」が立ち上がり、国民大での意見集約が図られるようになった。

太陽光発電は脱炭素のためとして、政府によって推進されている。しかし実際に CO₂ はどの程度減るのであろうか。ライフサイクル全体をみて評価する必要がある。いま太陽光パネルのほとんどは中国製なので、製造時に大量の CO₂ が発生する。太陽光パネルの主原料である結晶シリコンの製造時には、大量の電気を使用するが、中国では CO₂ 排出量の多い石炭火力が発電の主力だからである。

新疆ウイグル自治区には多くのソーラーパネル用のシリコン工場がある。航空写真を見ると、シリコン工場のすぐ隣に火力発電所が建っている。さらにその隣を見ると石炭の炭鉱がある。明らかに、炭鉱のある場所を狙って火力発電所を建て、その電気でソーラーパネルを造っているのだ。つまり中国のソーラーパネルは石炭の塊のようなものである（II.6.8 節）。

さらにメガソーラー発電所を建設するときには、広大な土地が必要になる。100 万キロ

ワットの原子力発電所一基に相当するだけの発電量を確保するためには、東京の山手線の内側の面積の2倍が必要になる(杉山 [20230105](#))。しかもこの電気は一年のうち晴れた時間だけに集中してお天気任せで発電されるので、産業や生活を支えることは出来ない。本来は、安定して発電を続ける原子力とはキロワットアワーベースだけで比較すべきものではない。

メガソーラーで地上を覆わなければ、日本では自ずと森林になる。そうすればCO₂はそれだけ大気中から吸収される。つまりメガソーラーは森林破壊なのだ。もちろん、いったんメガソーラーを建設すれば、発電している時にはCO₂を出さない一方で、火力発電所のガスや石炭の使用量を減らすことで、日本のCO₂の削減にはなる。それでは、そのCO₂の削減によって、建設時に発生したCO₂を相殺するのに何年かかるだろうか？計算では、中国から輸入したパネルで日本にメガソーラーを建てた場合、実にCO₂の相殺には10年もかかる。パネル製造時に中国で発生するCO₂が8年分、森林破壊による分が2年分程度である⁴¹。

政府資料では、メガソーラー建設時のCO₂排出はとても少ないので、太陽光発電はCO₂を出さないとみなしてよい、とされている。だが実際は、無視できるような量からはほど遠い。2024年において中国での運転開始をした石炭火力の発電設備容量は日本に存在する石炭火力発電設備容量を超える規模であり、2024年末には中国は日本の約29倍ものキロワット数の石炭火力発電所を有している。その電力を使って生産されたパネルをCO₂削減のためといってありがたがって使うのが日本、というのでは愚かしい。

II.4.9. 太陽光発電所がテロの拠点となる

太陽光発電の問題はまだある。「再エネ発電の一部で規律に課題、停電に至ったケースも」と報じられる(電気新聞 [2022](#))。

送配電網協議会は6日、経済産業省などが開いた再生可能エネルギーの事業規律を強化するための有識者会合で、一部再エネ発電事業者の運用や工事面の問題を提起した。運用面では、給電指令を受けた再エネ事業者の認識不足と機器の誤操作で、系統が停電したケースがあったと報告。

再エネ事業者は、送電線・配電線を管理する送配電事業者の指令に従って、発電した電気を送電する。工事時の時などは、指令があれば、スイッチを切らねばならない。本記事は、その指令に誤って従わなかった事業者がいて、停電が発生したとしている。それは再エネ事業者の「規律」の問題として扱われているが、もしもこの再エネ事業者が「悪意」を持っていたらどうするのか。

かつては、電気事業者は日本の大企業ばかりだから、そのような心配はあまりなかった。

⁴¹ 試算の前提条件などについて詳しくは(杉山 [20221124](#), [20220123](#))を参照されたい。

だが電力自由化と再エネ大量導入によって多数の事業者が参入している。中国系の企業も多い。現代の戦争は「ハイブリッド戦争」であり、武力による攻撃に並行してインフラを攻撃するのは世界の常識になっている（II.9.1 節）。

太陽光・風力を大量導入した結果、いまや日本の多くの地域で、瞬間的ではあるが電力供給の半分以上、九州に至っては7割を太陽・風力が占めることがある。このうちのいったいどれだけが中国系の企業なのか？それが一斉に、悪意を持って、送配電事業者に従わず、本国の命令によって送配電網の攪乱を試みたらどうなるのか。たとえば一斉に出力を落とすとか、あるいは過剰に出力する。他にも電氣的に攪乱するさまざまな方法がありそうである。同時多発的に各地で停電を起こしたり、その復旧を妨害したりすることで、日本を混乱に陥れ、それに乗じて攻撃をしてくる可能性は否定できない。早急に、実態の調査と対策が必要である。

II.5. 内燃機関で自動車産業を振興する

自動車産業は日本の基幹産業である。2024 年に内閣府が発表した日本の名目 GDP は、ドイツに抜かれ4位になったものの、616 兆 9095 億と過去最高を記録した（内閣府経済社会総合研究所 2024）。製造業は GDP の 20%をしめ、自動車や自動車部品は外貨獲得の主翼となっている。2023 年の日本の輸出品のトップは自動車（17.1%）と自動車部品（3.9%）で外貨獲得の 21%を占める。半導体部品や鉄鋼フラットロール製品など自動車関連の輸出製品を含むと、全体の約3割を占める。

戦後、日本では国民車構想により、大衆車、軽自動車などの自動車製造業が高度経済成長をけん引してきた。その時の土台から各企業の事業努力により発展し、2024 年3月における決算は、自動車7社（トヨタ、日産、ホンダ、スズキ、マツダ、スバル、三菱）で96兆7917億円、世界の新車販売の約3分の1近くの2400万台超を生産し、トヨタは2024年度では1027万台と、昨年に続き、2020年以降、五年連続世界一の販売台数となった。自動車産業は、製造業の設備投資の25.9%、研究開発費の30.2%を占める日本経済の成長エンジンである（2021年自動車工業会）。

日本の基幹産業である自動車産業は日本国にとり、国力そのものである。しかし政府が強力に進める電気自動車（EV）推進政策は、日本の基幹産業へマイナスの影響しか与えない。自動車産業を一層振興するためには、内燃機関を中心に国産自動車部品メーカーの支援と強化をはかることである。

II.5.1. EV への支援と普及の実態

日本政府はCO2削減目標達成のためとして、EV車やPHEV、燃料電池車（FCV）の普及のために、クリーンエネルギー自動車購入補助金（上限85万円—自治体の補助は別）を設けている。たとえば、テスラ一台を購入すると、国から85万円の補助金、都から85万円の

補助金を支給される。またクリーンエネルギー車の普及促進に向けたインフラ導入資金により、充電ステーションや水素ステーションの建設などを支援している。

2023 年まで、ヨーロッパや中国を中心に、世界各国で CO2 削減にむけて、自動車の燃費規制、電動車優遇政策の強化に加え、新たな規制（WtW（Well To Wheel：油田から車のタイヤまで）や LCA）の導入が進んでいた。しかし、昨今、内外をとりまく環境には大きな変化が現れている。

2025 年、トランプ政権誕生で、米国はエネルギー政策の大転換を図り、石油や石炭などの化石燃料に回帰した（I.3.3 節）。グリーンニューディール関連予算を大幅に削減し、EV 義務化を是正した。カリフォルニアを中心に民主党の基盤の強い複数州では、2035 年 EV 義務化政策がとられていたが、トランプ政権誕生後の 2025 年 5 月、下院（5 月 1 日）並びに上院（5 月 21 日）に可決された法案（H.J. RES.88）で、カリフォルニア州が独自に設定した「2035 年新車販売をゼロエミッション車（EV）に限定する規制」が無効化された（II.5.5 節）。

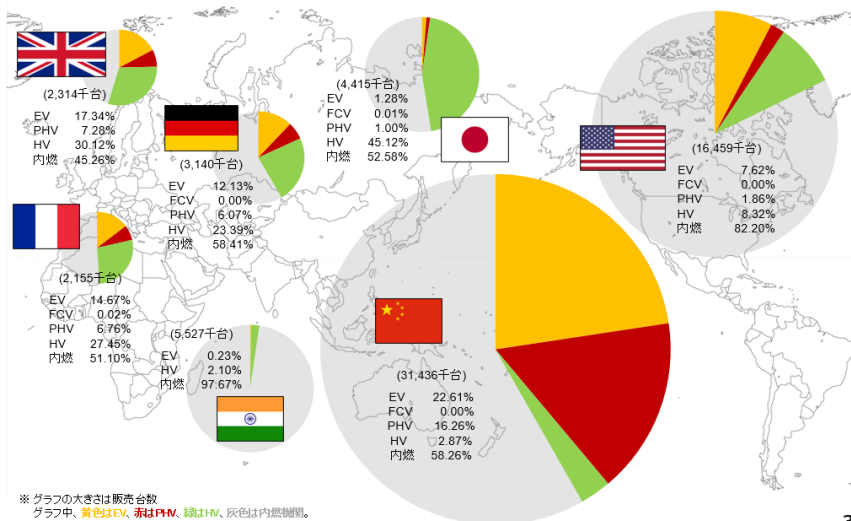
EV 推進に熱心だったヨーロッパは、ロシアのウクライナ戦争で、多額の防衛費をヨーロッパ独自で捻出するため、経済政策の優先順位が変わった。ヨーロッパの経済大国ドイツの EV 購入補助金の廃止、政権交代などの政治の変化に伴い、環境政策の行き過ぎや、EV 義務付けは是正されつつある。2025 年は、これらの政策の変化が市場に与える影響が顕われてくるため、EV 化の流れはさらに減速が予想されている。

2024 年の世界全体の新車販売台数は、Global Data や Mark Lines など、各調査機関によりばらつきがあるが、約 8900 万台前後である。国土交通省物流・自動車局がマークラインズのデータより作成した主要各国のパワートレイン別新車販売台数によると、2024 年日本市場の EV 車の新車販売台数シェアは市場の 1.28%に過ぎず、米国で 7.62%、ドイツ 12.13%、中国でも 22.61%、インドにおいては 0.23%に留まっている。（図 34）。

すなわち日本政府の脱炭素政策における EV 推進の政治や規制が描く販売目標と、市場における需要には大きなギャップがある。一方、2024 年の世界自動車市場では、日本のメーカーが得意とするハイブリッドの市場が急成長している。中でも世界一の新車販売台数を誇るトヨタの販売台数においては、その 43.2%の 444 万台がハイブリッド車である。2022 年は全販売台数の 28.3%、2023 年度は 34.8%であったことから、ハイブリッド車の需要は着実に伸びている。だが市場の需要の圧倒的多数はいまだに内燃機関である。

主要各国のパワートレイン別新車販売台数(2024年(令和6年))

- 日中欧で電動化が急速に進展。中国はEV・PHVが中心、日欧はHV



3 出典：国土交通省資料

図 34：主要国のパワートレイン別新車販売台数

EV 市場は中国市場を中心に伸びてはいるものの、北米市場や欧州では明らかに減速している。各国における EV の普及政策は政治と一体であり、自国の産業の保護のための経済産業戦略とも大きく絡んでいる。日本のメディアには世界の潮流は EV であるという、EV 一辺倒の書きぶりで、統計も EV を中心とした統計が目立つが、現実の数字はそうはなっていない。EV は気候変動対策として、補助金や優遇税制で成長してきたが、米国トランプ政権の誕生による化石燃料回帰の方針や、ロシアのウクライナ戦争への対応によるヨーロッパ防衛政策の優先から、気候変動対策の政策の優先順位は低くなっている。現在は、EV 技術は進化の途上であり、自らの実力だけでは普及することは出来ず、2023 年からは世界的に財政難のための補助金の先細りがある中で、売り上げにも陰りをみせている。

II.5.2. 消費者は内燃機関を求めている

本来、どの車を購入するかを決めるのは政治ではなく消費者である。日本の消費者には圧倒的にエンジン車（内燃機関）の人気の高い。日本車がお得意様とする北米、ASEAN、インドでも内燃機関の比率は圧倒的である。新エネ車を先導する EU でもまだ内燃機関が過半数である（図 35）。

国際コンサルティング会社 KPMG ジャパンのグローバル自動車業界調査と消費動向の調査によると、2021 年には、日本の消費者の 44%がエンジン車を購入したいと考えているが、これは 22 年には 1%増え 45%になり、2023 年はさらにその数字が伸び 63%になっている。メディア並びに政府の EV シフトの煽りにも関わらず、EV 車の購入を希望している人は 9%に留まり、2021 年より 1%減っている。プラグインハイブリッドは 9%、燃料電池

車は4%である。注目すべきはエンジン車の需要は年々拡大し、エンジン車、ハイブリッド車とプラグインハイブリッドを合わせて 85%の消費者が、現在のモビリティライフの延長線上にある、充電の心配のない車を買いたいと思っていることである。

BEV市場の拡大にはまだまだ時間がかかる可能性が高い

■ 2030年におけるBEV新車販売台数シェア予測（自動車産業エグゼクティブ）と日本の消費者

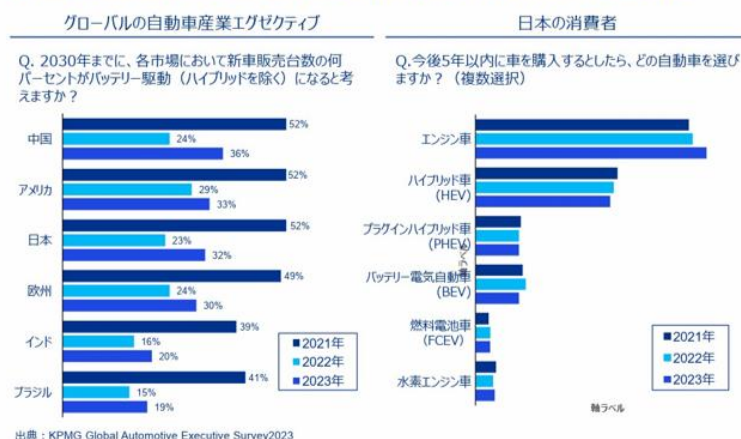


図 35：消費者に選ばれるエンジン車

II.5.3. 消費者は日本車に満足している

米国の消費者の信頼性、環境度、安全性など顧客満足度を図る指標であるコンシューマーレポートでは、2024 年のトップ 10 に、トヨタが 4 車種、スバルが 2 車種、マツダが 1 車種と、ずらりと日本車が並んでいる。日本の車以外では、BMW、Ford と Tesla が入っている。EV 車はテスラー車種のみで、いずれもハイブリッド、PHEV と内燃機関である。北米では燃費のよいハイブリッドの大ブームがおきている。

日経に毎週とりあげられている中国製 EV の BYD は、ファーウェイと包括的戦略協定を締結していることから、米国議会で安全保障上の問題となっており、米国市場での販売は厳しい。バイデン政権は中国製のコネクテッドカーの中国製部品を個人情報の保護の観点から国家安全保障上のリスクとして、輸入禁止措置を発表した。トランプ政権においてもこの傾向はさらに強化されている。世界各国中国製 EV への警戒感が強まるなかで、中国製 EV に購入補助金を支出して支援している自動車生産国は日本ぐらいである。

2024 年の ASEAN のコンシューマーレポートをみても、国にとって多少のばらつきはあるが、人気の車種トップ 10 には、トヨタ、ホンダ、いすゞ、三菱、ダイハツ、マツダと日本車が並ぶ。圏内に入っている外国車はフォードと一部現地メーカーの車がリスト入りしている。家庭用電源もままならないアジアやアフリカなどの新興国では、政府の購入支援で、

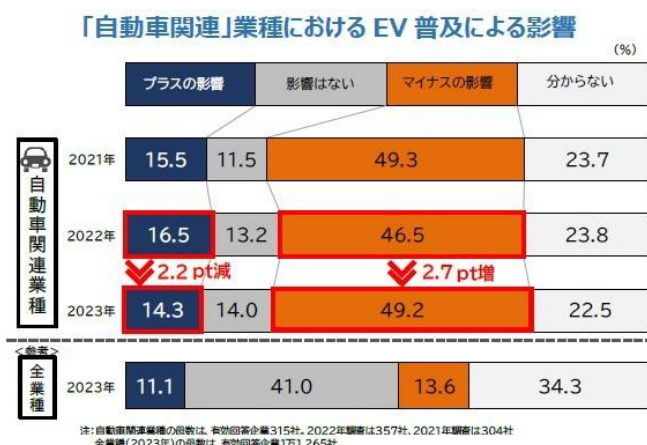
高所得者層に、一部、電気自動車をセカンドカーとして購入するアーリーアダプターの市場はあるものの、市場規模は限られている。

II.5.4. 拙速な EV 振興策が日本の基幹産業を減ぼす

日本政府の EV 振興策は、日本の基幹産業の産業構造にとっては負の影響が強い。世の中では消費者に内燃機関の需要が大きいにも関わらず、販売実績をあげる自動車メーカー並びに自動車メーカーを支える中小の部品メーカーの経営者や従業員の心理に未来への悲観をあたえ、融資する金融機関の判断に負の影響をあたえている。

内燃機関は 3 万点近い部品をつかう。各メーカーの下には 2 次請け、3 次請けといわれる中小零細の部品メーカーがピラミッドのように連なり、各メーカーの仕様に合わせた部品を製造している。それが電気自動車になれば使用する部品の点数は 3 分 1 と極端に少なくなる。日本が技術的に優れていたエンジンとトランスミッションが、電池とモーターに代わるのである。EV 車になれば、コストの 4 割は電池であり、電池の原材料の 3 割、精製過程の 8 割近くという、圧倒的シェアを中国が握っている。米国など欧米諸国は経済安保の観点から自国のなかで電池の生産を囲い込むという方針であるが、日本は国内市場が小さいということもあり、政府に経済安保を優先する気概はみられない。今まで内製化してきた主機を外部に出し、車の心臓部を電池にかえることで、EV 化が進めば進むほど、自動車産業の屋台骨を支える中小の下請け企業に影響があり、部品メーカーが弱体化すればするほど、国際市場における競争力を中国が握ることになる。

帝国データバンクの「EV 普及の影響 参入企業の実態調査」（図 36）によると、自動車関連企業のうち、EV の普及が業績にマイナス影響があると答えたのは 2023 年に 49.2% とほぼ半数を占めている。EV シフトによる影響は基幹部品がエンジンから電気機器へと変わっていく「自動車関連」業種で鮮明に表れている。



出典：TDB Report (2023).

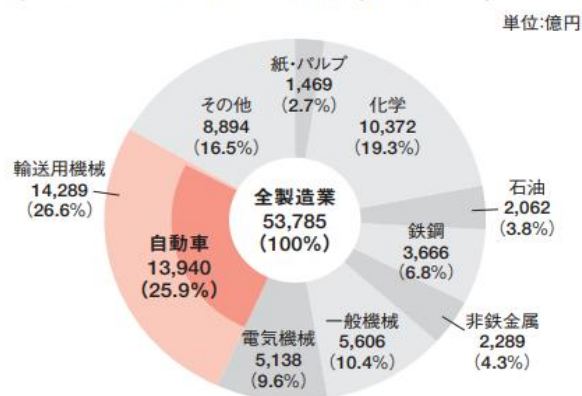
図 36：自動車関連業種における EV 普及による影響

米国のコンサルティング会社「アーサー・デイ・リトル」が 2021 年 3 月に公表した試算によると、ガソリン車から EV に切り替わることで、国内部品メーカーの約 300 万人の就業者のうち 30 万人の雇用が失われるとされる。この数字は自動車関連産業の全就業人口のその 5.5%にあたる。EV が普及すると日本の自動車部品メーカーの市場は 3 割縮小することが見込まれている。

現在、日本メーカーは生産拠点を海外に移し地産地消で現地生産が進んでいるが、国内においては、内燃機関の 3 万点の部品を生産する部品メーカーが地方における雇用と労働所得の要となっている。とくに円安により、国産化比率の高い自動車メーカーは 2023 年度決算で経常利益が上振れしたが、それらはいずれも内燃機関に強いメーカーである。

EV 化は、すでに人手不足と後継者不足で苦しむ国内の自動車部品メーカーに追い打ちをかけ、大きな雇用不安を産むことになる。自動車製造業の設備投資は、製造業のなかでも一番大きなシェアを占めており（図 37）、未来を悲観することにより設備投資が鈍ることは経済に大きな負の影響を与えることになる。

● 主要製造業の設備投資額（2021年度）



出典：日本自動車工業会資料（基幹産業としての自動車製造業）。データは日本政策投資銀行「全国設備投資計画調査」。

図 37：主要製造業の設備投資額

「ガソリン車から EV 車へ」と主唱した小泉進次郎環境大臣（当時）が、2019 年に国連の気候行動サミットに出席し、「気候変動のような大きな問題は楽しく、クールで、セクシーに取り組むべきだ」と発言しメディアを沸かせた。また「EV の話をすると、よく雇用についての悲観論を耳にしますが、それは一面的な見方にすぎません、また新しい雇用が生まれます」（文藝春秋）と電池産業などで雇用が創出される話をしていた。

だが内燃機関で失われる部品産業の雇用を電池産業が補うことはできない。雇用が誕生する先は電池製造過程においても、資源においても、それを抑えている中国である。日本の自動車産業には余りプラスの影響はない。当時日本自動車工業会（自工会）会長として豊田章男は同年 3 月 11 日の記者会見で、「このままでは、最大で 100 万人の雇用と、15 兆円もの貿易黒字が失われることになりかねない」と警鐘を鳴らしていた。この 6 年で社会環境は

大きく変化した。エンジン車の新車販売を閉じることは日本経済を直撃し、雇用に大きく影響する。

EV への過剰な投資を促すことによって、EV に経営資本を投下しすぎた日産などは、日本の主力工場を含む世界 7 工場削減、2 万人のリストラなどが公表されており、企業経営に大きな障害がでている。また日産の経営不振を受け、日産の大手サプライヤー「マレリ」は日本で民事再生法の下で経営再建中であつたが、2025 年 6 月 11 日に米国でチャプター11 を申請し、倒産保護を受けた。

II.5.5. EV 推進を見直し始めた各国の政治

これまで気候変動対策における、脱炭素政策の一部としてモビリティにおける二酸化炭素削減の流れから、欧州、米国、日本では、EV 推進に公的資金を投じ、政策支援をしてきたが、欧米においては、ここに来て大きく見直す動きが相次いでいる。また、グローバルにも、気候変動対策への優先順位が確実に低下し、国際金融機関の資金そのものが、米国を中心に急速に枠組から離脱し、活動の継続資金が枯渇しつつある。

2025 年 1 月、「気候変動リスクに関わる金融当局のネットワーク」(NGFS) や「ネットゼロ・バンキング・アライアンス」(NZBA) から、米国連邦準備理事会 (FRB)、米国財務省、連邦預金保険公社 (FDIC) が脱退。それに次ぎ、ウォールストリートの大手 (JP モルガン、ゴールドマン、BOA など) はほとんど脱退した。日本においても、2025 年に入り、三井住友、野村、三菱 UFJ、みずほなど大手金融機関がそれに続いている。

2024 年は世界で選挙がおこなわれた選挙イヤーであり、各国で新しい政権が誕生した。政治の変化が脱炭素政策のモビリティ分野における EV 支援と直結しており、各国では、従来の自動車産業への規制の変化と EV 推進や支援政策に影響を与えた。諸国の状況を概観しよう。

米国では、2024 年 11 月に行われた大統領選挙でバイデン前政権が国策として推進する電気自動車が大統領選挙の争点となった。米国はバイデン政権においてグリーンディールとして、インフレ抑制法 (IRA) に 10 年で 3690 億ドル (約 56 兆円) を予算化し、北米で生産した電池や EV 産業の育成を税制で支援し、充電ステーションなどのインフラに 1 兆ドル (約 150 兆円) を準備した。また世界の脱炭素化予算 7 兆ドルの多くを米国で負担した。

新しく大統領に選出された共和党のドナルド・トランプ大統領は、アメリカ第一主義を掲げ、パリ協定から離脱し、エネルギー政策を転換し、石油や石炭などの化石燃料への回帰を進めている (I.3.3 節)。就任後間もなく、パリ協定から離脱する大統領令に署名し、バイデン前大統領の推進したグリーンニューディールに関連する、脱炭素化予算の削減に着手している。

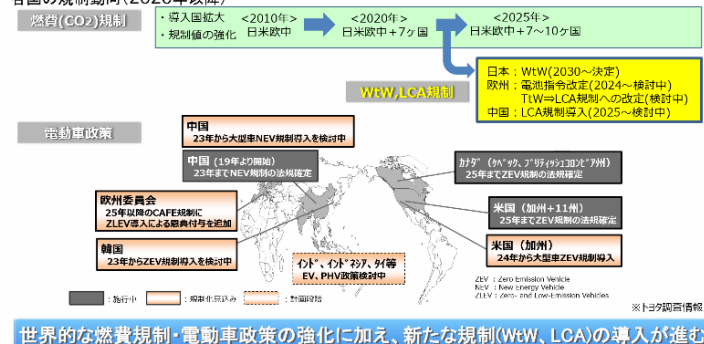
トランプ大統領は、選挙期間中、脱炭素化に反対を表明し、EV については度々、対談で否定的な発言をしていた。2023 年 8 月 23 日、X (旧ツイッター) において、FOX ニュース

の元人気司会者タッカー・カールソン氏がトランプ米大統領にインタビューした動画で、トランプ氏は「EV は最初の 10 分は楽しい。でも 1 時間走ったら、充電が心配になりパニックになる。カリフォルニアでも、EV シフトにより送電網が大変なことになっている。自動車のなかではハイブリッド車（HV）がいいと思う。当然、ガソリン車も必要だ。大統領になったらどんな自動車も買えるようにする」と発言し多くの人を驚かせた。9 月 28 日、ミシガン州の自動車部品工場で開催されたトランプ氏を支援する自動車部品メーカーの集会は異様な熱気であつつまれ、会場に入りきれない数千人が外で立ち見をしていた。後日、トランプ氏はフロリダ州で開催された演説会場で、従来民主党が強い地盤で開催された集会が、トランプ本人も体験したことのないほどの熱気だったと語っている。

2. 電動化の推進と課題

10

各国の規制動向(2020年以降)



出典：寺師（2020）。

図 38：自動車の電動化の課題

EV 推進を主力にしたバイデン前大統領にたいして、トランプ大統領は「EV 化すれば、内燃機関の自動車部品の雇用が失われる」と雇用の問題を指摘した。「EV シフトしたら、自動車は全部メイドインチャイナになる」、「自動車産業の国産化は国の安全保障上一番重要な問題である」と熱弁をふるう。トランプの演説への民衆の熱狂は、自動車産業の EV 化の構造的な問題にふれることで、「職がなくなるかもしれない」という不安を抱える自動車の部品工場の多くの労働者の琴線に触れたのである。こうした支持者を背景に、トランプ大統領は就任後、製造業の復活を掲げ、選挙中のスピーチで触れた政策を、実行に移していった。この雇用の議論こそ、日本でおこって然るべき議論である。米国以上に、日本は自動車経済によって支えられているからである。

トランプ大統領は、選挙公約である、EV 義務化の撤廃を大統領令として発令し、規制の見直しに着手している。2025 年 5 月、米国下院（5 月 1 日）並びに上院（5 月 21 日）において、カリフォルニア州が独自に設定していた 2035 年までに新車販売をゼロエミッション車（EV）に限定する規制を無効化する法案（H.J.RES.88）が可決した。昨今まで、カリフォルニア州は 1970 年の「クリーンエア法」に基づき、EPA から連邦基準より厳しい排出規制を競ってする特別免除を受けていた。これに基づき、同州では 2035 年までに、新車販売をすべて EV にする政策（Advanced Clean Cars II）によって EV 車購入を支援し、圧倒的に EV

車の需要を牽引してきた。これにより、カリフォルニア並びにカリフォルニアに追随し、EV車支援をしてきた州はEV義務化政策をおろすことになる。

バイデン政権の頃より、EVに反発する動きは、共和党だけではなく、民主党にも共感をあたえていた。コネティカット州は環境問題に大変関心の高い民主党支持者の多い州で、前回の大統領選では60%ものバイデン大統領の支持があり、州議会では上院でも下院でも民主党が圧倒的多数であった。民主党のラモント知事は、バイデン政権の大気汚染対策に基づき、カリフォルニアが2022年に採択した類似州法を2023年7月州議会に提案した。2035年以降ガソリン車の販売を禁止する法案（EVシフト州法案、内燃機関の自動車を規制する州法案）が大差で否決される見通しとなったことから、法案を撤回した。

なお、トランプ政権は、アメリカ第一主義の目玉に製造業の復活をかけた、自動車、自動車部品に25%の関税を課した。加えて鉄鋼・アルミにも同様に高額の関税をかけている。現在、主要貿易相手国にはこれに加え相互関税を賭けており、各国は現在関税比率について、鋭意協議をしている。これは一重に米国市場で販売する自動車は米国内で生産することを促し自動車製造強国をめざしている。

議会で可決した法案の原文は下記の通りである。

119TH CONGRESS 1ST SESSION H. J. RES. 88

IN THE SENATE OF THE UNITED STATES MAY 21, 2025

Received JOINT RESOLUTION

Providing congressional disapproval under chapter 8 of title 5, United States Code, of the rule submitted by the Environmental Protection Agency relating to “California State Motor Vehicle and Engine Pollution Control Standards; Advanced Clean Cars II; Waiver of Preemption; Notice of Decision”.

Resolved by the Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled, That Congress disapproves the rule submitted by the Environmental Protection Agency relating to “California State Motor Vehicle and Engine Pollution Control Standards; Advanced Clean Cars II; Waiver of Preemption; Notice of Decision” (90 Fed. Reg. 642 (January 6, 2025)), and such rule shall have no force or effect.

Passed the House of Representatives May 1, 2025.

Attest: KEVIN F. MCCUMBER, Clerk.

(以下、邦訳) _____

第119回連邦議会 第1会期 合同決議案第88号

米国上院において2025年5月21日受領

合同決議

合衆国法典第5編第8章に基づき、環境保護庁（EPA）が提出した「カリフォルニア州自動車およびエンジンの大気汚染防止基準：Advanced Clean Cars II：事前排除権の免除に関する決定通知」に関する規則について、議会の不同意を示すもの。

米国上院および下院は、合衆国議会として合同で決議する：
環境保護庁が提出した「カリフォルニア州自動車およびエンジンの大気汚染防止基準：Advanced Clean Cars II：事前排除権の免除に関する決定通知」（2025 年 1 月 6 日、連邦官報第 90 巻 642 ページ）について、議会はこれを不同意とする。よって、当該規則は無効とし、いかなる効力も持たないものとする。
2025 年 5 月 1 日、下院可決。
署名：ケヴィン・F・マカンバー（下院書記官）

トランプ大統領は 2025 年 6 月 12 日、上記の議会決議に署名し、「ガソリン車の新車販売を 2035 年までに禁止する」としたカリフォルニアの規制権限を剥奪、自動車の ZEV 規制（排出ガスを一切出さない規制）は、正式に撤廃された。

さらに、米国では H.R.1、通称「一つの大きな美しい法案」（One Big Beautiful Bill）という減税法案（Arrington 2025）が 2025 年 5 月 22 日に下院を通過し、現在上院で審議がなされている。この法案は全部で 1104 ページにわたる大減税法案であるが、そのなかで EV 車購入に対する、7500 ドルの税額控除と中古 EV の購入の 4000 ドルの税額控除が無効化されている（Sec. 112002. Termination of Clean Vehicle Credit）。EV 充電器設置の税額控除についても削除されている。

法案には、EV に新たに毎年連邦登録税（Registration fee on motor vehicles）250 ドル、HEV に 100 ドルの課税が盛り込まれている（Sec. 100004. Registration Fee on Motor Vehicle）。これは、連邦道路管理局の道路修繕の財源を現在はディーゼルとガソリン税の税収で賄っているが、EV 所有者には適用されていないことから、課税対象となったものである。また、国産車支援のため、米国で組立した車を購入した消費者に自動車ローンの利子の一部を所得税控除の対象としている（Sec. 110104. No Tax on Car Loan Interest）

同法案には再生可能エネルギーやクリーン燃料・製造・住宅向けのクレジット制度が廃止・削減されているが、EV メーカーが得るカーボン・クレジットについては削減が明示されていない。だがトランプ政権では燃費・排出規制を改定し、現行基準を緩和する方向で議論が進んでおり、上院共和党では CAFE（Corporate Fuel Average Economy：燃費基準）違反に対し、自動車メーカーが支払う罰金の撤廃提案を行っている。トランプ政権下では、バイデン前政権の CAFE 規制や罰金など法的にリセットするという動きが進んでいる。

バイデン前政権の脱炭素政策の見直しは EV に限ったことではない。環境庁のリー・ゼルディン長官は、家庭や産業のためのエネルギーコストの削減のため、石炭や天然ガス火力を、重要なベースロード電源として位置づけ、バイデン前政権の火力発電への規制の見直しを行った。2025 年 6 月 11 日、火力発電所の温室効果ガス及び水銀などの有害物質の排出規制の撤廃を発表している。45 日間の意見公募期間後、正式撤廃予定である。

「一つの大きな美しい法案」は上院を通過する前に、法案の中身についてイーロン・マスク氏の猛烈な反対にあっており、改訂される可能性もある。こうした政策の変化は何れも、

米国市場における EV 車の需要に負の影響を与える可能性がある。この法案をめぐる、テスラ社のイーロン・マスク氏とトランプ大統領の間に亀裂が生じている。

また米国は 2023 年の暮れから 2024 年にかけての大寒波に見舞われ、米国の EV 販売で圧倒的なシェア（2023 年では全米登録 EV 車の約 6 割強）を誇るテスラ社が、急速充電ステーションの前で、極寒の温度の中で充電できず、車をその場に放置するユーザが後をたたず、社会問題になった。

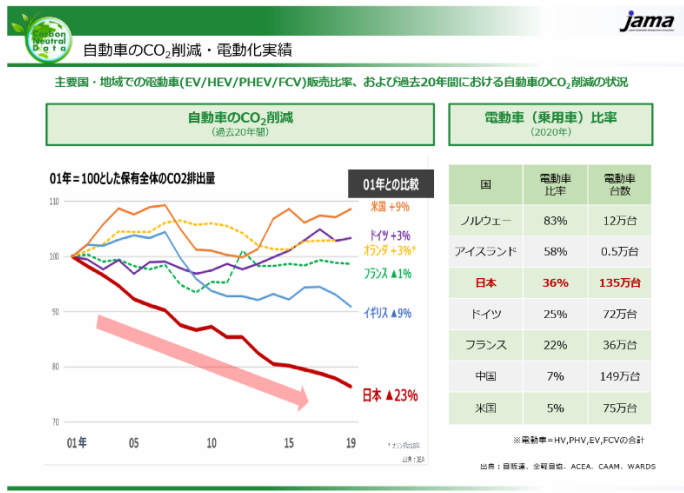
一方、EV 推進の旗を最初に掲げたヨーロッパであるが、ここでも大きな変化がみられている。欧州委員会はヨーロッパの自動車産業保護のため電気自動車の普及に向け旗をふってきたが、2024 年 6 月に EU 議会の改選が行われ、右派、中道右派の勢力が増加し、EV 振興策についても、最大政治勢力である EPP（European People's Party Group）は、EPP はエンジン車の禁止政策の廃止を強く求めている。一方で、EU は 2024 年、中国 EV の輸入に 35.3% の追加関税を導入することを決定した。

また中国政府も 2060 年に向けた「自動車産業のグリーン・低炭素発展のためのロードマップ 1.0」を 2023 年 12 月 7 日に発表した。その中では EV 車への移行を強力に推進することが謳われているものの、エンジン車もロードマップに明確に位置付けている。主な言及は 4 点に集約される。1) 内燃機関は今後も相当な期間、自動車産業において重要な役割を果たす。2) 将来においては、電動化とコネクテッドとの融合により、効率化を含め進化する。また自動車産業における炭素排出削減の方針においては、3) ハイブリッド技術に重点を置き、自動車の省エネ技術と燃費を全面的に向上する。加えて、低炭素・カーボンニュートラル燃料の利用についても、4) 水素・アンモニア、先進的なバイオ燃料及び再生可能な合成燃料（e-fuel）などの低炭素・カーボンニュートラル燃料の使用を進める、としている。

翻って、日本国政府の方針は、政権が代われども、まったく以前のままの脱炭素政策と EV 振興策を堅持している。日本政府が脱炭素社会にむけて舵をきったのは 2020 年である。菅義偉元総理（当時）が第 203 回臨時国会の所信表明演説で、「2050 年までに、温室効果ガスの排出をゼロにする」と宣言し、カーボンニュートラルを国家目標にすえた。2021 年 1 月、施政方針演説において「2035 年までに新車販売で電動車 100%を実現する」と発表して以来、政府は CO2 削減を目標に再エネと EV を推進し、2035 年ハイブリッドを含む電動化 100%を目指している。

世界をみれば、EV 一辺倒に傾いた流れは着実に弱まっている。最初に過度の EV 推進に変化があらわれたのが 2023 年の広島サミットであろう。2022 年 11 月、国際自動車連盟（OICA）が EV 一本化に反対する共同声明をだした。日本はもとより、欧州、ドイツ、イタリア、フランス、英国、米国、カナダの自動車工業会が共同声明に賛同した。それまで EU では EV 化推進法案が議論されてきたが、2023 年 3 月、ドイツ、ポーランド、イタリアの反対に遭い挫折した。広島サミットでは、G7 気候・エネルギー環境相会合の共同宣言をうけ、各国の主張の隔たりを超え、CO2 削減の手段は、すべての選択肢を容認する現実的なアプローチに修正された。EV に限らず、ハイブリッド、FCV（燃料電池車）、水素自動車、LPG、

カーボンニュートラル燃料などを駆使し、新車だけではなく、保有自動車の CO2 削減を支援する、すべての選択肢を容認している。これは岸田前政権が自動車工業会の意向を汲み世界関係各国にコンセンサスを構築し、流れをかえた成果といえよう。サミットでかかげた温室効果ガスの 2001 年から 2035 年にかけて 50% の削減目標を日本はすでに 2020 年までに 23% 削減した唯一の国である（図 39）。その背景には燃費のよい軽自動車とハイブリッド車の普及がある。ただしこのようなサミットでの功績にもかかわらず、政府内には足並みの乱れがあり、総務省では公用車の電動化の支援においてハイブリッドを対象にしていない。

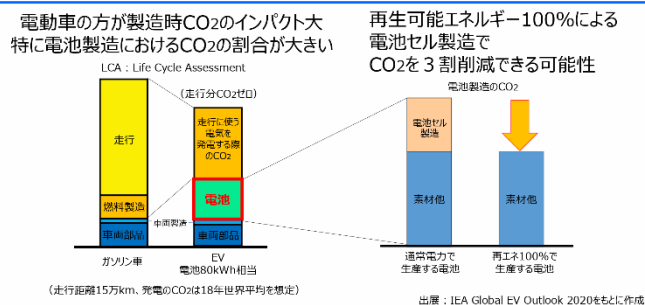


出典：日本自動車工業会資料。

図 39：自動車の CO2 削減・電動化実績

II.5.6. EV は環境に優しいのか

2020 年 9 月、トヨタ自動車が 2030 年モビリティビジョン検討会に提出した「トヨタの取り組みと課題」には、電動化の推進と課題について述べられている。中でも *IEA Global EV Outlook 2020* からトヨタが作成した、製造時から遡って廃棄までの環境への負荷を換算したライフサイクルアセスメント (LCA) を IEA のガイドラインに従って計算している。電気自動車とガソリン車を比較すると、電動車の方が製造時 CO₂ のインパクトが大きく、リチウムイオン電池製造における CO₂ の割合が大きい。



再生エネの入手性やコスト面の課題が、産業競争力に大きく影響する

出典：寺師（2020）。

図 40：ガソリン車と電気自動車の LCA 評価

同様に、UNCTAD（United Nation Conference on Trade and Development）において EV 車電池に関しては同様の環境問題が指摘されている。電気自動車の電池の原材料はいくつかの資源国に集約されており、いずれも環境・労働規制が弱い国である。とくにコバルトの埋蔵量が高いコンゴ民主共和国では、児童労働の問題が深刻である。こうした背景を踏まえれば、LCA の観点から見て、EV が走行時の CO₂排出削減のみに基づいて推奨されることには、重大な疑義がある。

II.5.7. 生産調整局面に入った EV

政治の求める EV 化という未来予測は、消費者動向とはかけ離れている。EV は官製市場であり、環境保護という社会正義のためにユーザに不便を強いる。高コスト、航続距離不足、充電スタンドの不備、寒冷地や災害に弱い、保険料が高く故障も多いと解決に向けての課題は大きい。自動車メーカーにとっても高コストの電池が車体の 4 割を占める収益率の低いビジネスモデルである。充電ステーションの収益化もできていない。2024 年は、メディアが扇動する世界の潮流は EV であるという予測は大きく外れた。

自動車メーカーのうち EV で収益を上げているのは、テスラと中国の BYD だけである。米国のビッグ 3 も現在は北米の EV 需要の減退と共に、EV 車の生産調整に入っている。2023 年フォードは 120 億ドルの EV 関連投資を延期し、韓国 SK と合弁の第二バッテリー工場の建設も休止。フォードは「F150 ライトニング」生産計画縮小、GM は 2035 年全車 EV にすると発表していたが、EV 主力車種シボレー・ボルトを 2023 年内に生産中止、エンジン生産に 1300 億円追加投資を発表、ホンダと計画していた量販型 EV の開発も取りやめた。

2024 年から 2025 年にかけて、市場の動向を見て各自自動車メーカーは一斉に EV 戦略を見直しており、投資の大幅な削減を発表している。トヨタは 2026 年の EV 生産計画を当初の 150 万台から 100 万台に引き下げた。ホンダは EV やソフトウェア領域の投資を 30%引き下げ、マツダも車載電池への投資を半分に減らし 2027 年の EV 開発への大幅な削減を発表している。海外メーカーも、フォード、GM、ボルボ、ポルシェなど各社 EV 化の目標を

撤回、もしくは縮小、延期をしている。市場の予測としては、2025 年、2026 年と、EV の供給は絞られてくることが見込まれる。

新興 EV メーカーのローズウオーターは破綻、フィスカーは上場廃止、リビアンやルシッドなどはいずれも苦境に立たされた。EV の先駆者で脱炭素ビジネスの先駆者であるテスラは現在別の意味で、苦境にたたされている。米国の EV 販売の 7 割はテスラ車であり、2024 年度の販売台数は 178 万 9000 台であるが、前年度より減少傾向にあり、2025 年はさらに政治的な理由で、販売が落ち込んだ。

テスラの最高経営責任者（CEO）イーロン・マスク氏はトランプ政権の一員として、就任から半年間、ホワイトハウスで政府効率化省（DOGE）の責任者として、米国国際開発庁（USAID）や DEI（多様性・公平性・包括性）プロジェクトの停止、教育省の地方移管など、ペンタゴンから内国歳入庁（IRS）に至るまで、リストラと予算削減や合理化の業務に従事した。だが切られた関係者の反発を買い、デモや抗議集会など、怒りの矛先は、イーロン・マスク氏に向かった。「TESLA TAKEDOWN（テスラをやっつけろ）」というウェブサイトがたちあがり、「テスラ車を売り、株を売り、テスラを倒せ」「テスラを倒して民主主義を救おう」といったスローガンでデモを呼びかけ、一時はディーラーに火炎瓶が投げられたり、充電ステーションが壊されたり、テスラ車が壊されたりしたため、オーナーたちは市民の暴力行為に苦しんだ。大富豪の実業家マスク氏は、国民世論の反発で一時は母体であるテスラ社を政治リスクに晒した。

さらに、マスク氏の、ウクライナ戦争をめぐってのロシア寄りの発言や、ドイツの選挙で右派「ドイツのための選択肢（AFD）」の支持を表明するなどの政治的な発言により、物議を醸しだした。こうした舌禍事件への不満は国内にとどまらず、テスラ工場の立地するドイツで 2025 年 2 月には、前年度比 76%減を記録し、自動車産業調査会社の JATO によると、フランスは 63%減、スペインでは 75%減とヨーロッパ全土で新車販売の激しい落ち込みを経験した。トランプ政権は大統領令で「EV 義務化撤廃」や「関税政策」を掲げ、すでに EV 義務化撤廃の法案が上下両院を通過しており、それらが今後実行に移されれば、EV メーカーにとりビジネス環境はますます厳しくなる。

中国市場において、EV の販売台数は伸びているが、中国市場は各社価格競争が激化し、BYD も 2025 年 5 月末に最大 34%の大幅値下げを公表し、香港市場で中国 EV 株は軒並み下落・低迷している。BYD も、中国山東省にある大手ディーラー「済南乾城」の経営破綻で 20 か所のディーラーでサービスが受けられない問題が社会問題となっており、証券アナリストや投資家は、今年は EV 車の需要の落ち込みと、政治による保護主義の波のなかで先行きを案じている。なおウオーレン・バフェットは BYD の大株主であったが、地政学的なリスクを考慮して大半の株を手放している。中国国内では厳しい新興メーカーとの価格競争にさらされ、2023 年度通期決算が予測を下回ったところから、さらなる追加売却が予想されている。BYD も EV よりも PHEV やハイブリッドにシフトし始めている。ちなみに日本において BYD は 2025 年末までに 100 店舗を展開し 3 万台を目指しているが、日経他日

本のメディアの大きな広報宣伝にも拘わらず、2024 年の新車販売台数は国内で 2223 台に過ぎない。ドイツのフォルクスワーゲン社は、4 つの EV 生産工場のうち、2 つが操業停止、人員削減に入っている。

II.5.8. 自動車における全方位の CO2 削減技術

CO2 削減を目指す場合、技術は EV に限られる訳ではない。トヨタの FCV は 2024 年夏のパリ五輪での公式車に選ばれ、1500 台 MIRAI がタクシーとしてパリの街中を走った。将来的に水素のサプライチェーンを含めたトータルコストを低減できる見込みが立つかどうかは課題である (II.6.4 節)。

加えてインドでは 3 億頭の牛の牛糞を燃料にする取組みがスズキにより推進されている。10 頭で 1 日 1 台の車を動かすことができるということで、3000 万台を牛糞由来のバイオガスで動かすことを目途に、バイオガスのプラントをアジア最大の乳業メーカー BANAS Dairy とインドの政府機関である全国酪農開発機構と条約を締結し、2025 年より 40 億を投じ 4 つのプラントとバイオガス充填スタンドを建設する計画である。2025 年の貿易交渉でも、カーボンニュートラル燃料の共同開発が検討されており、これらの全方位における自動車技術開発が、内燃機関の技術と実績を活かして発展し、安価なモビリティを世界市民に適時、適車、適所で提供することが期待される。

II.5.9. 中小企業と地方経済を振興する

日本の自動車産業は基幹産業であり、部品メーカーは地方経済の要であり、2022 年度通期で自動車部品の売上は 28 兆円であり、2023 年には 31 兆 893 億円と順調に伸びている。今後膨張する世界の需要を満たすために、市場の主流を占める内燃機関を供給できる健全な自動車産業を発展させることが、新エネ車の未来の開発と同時に必要である。

経営資源が限られているため、TIER1 は元より、TIER2、TIER3 といわれる 2 次請け 3 次請けの設備投資や技術への研究開発に支援が必要である。経済産業省のミカタプロジェクトなどの全国で電動化を促す支援もあり、日本の自動車産業も EV 車への投資を加速しているが、トヨタの全方位戦略で日本の自動車産業は内燃機関も生き残る。トヨタの豊田章男会長は年始にエンジンの開発プロジェクトを発表したが、ホンダ、日産などでは EV の比重が大きくなるよう転換していく中で、それらのメーカーの下請けは先細りの懸念がある。

内燃機関は依然主要な市場であるため、今後も発展する世界の自動車市場では主流であるだろう。今後 TIER2、TIER3 を強化するための取り組みが必要であるが、地元の金融機関はメディアの EV 推しにより、内燃機関の設備投資に融資を渋る傾向があり、それにより TIER2、TIER3 の中小の部品メーカーが猛烈な EV シフトになり、設備投資を自粛する傾向がみられる。中小の下請けが弱れば自動車産業全体が弱ることになる。基幹産業が弱れば日本経済全体の屋台骨がおかしくなるのである。

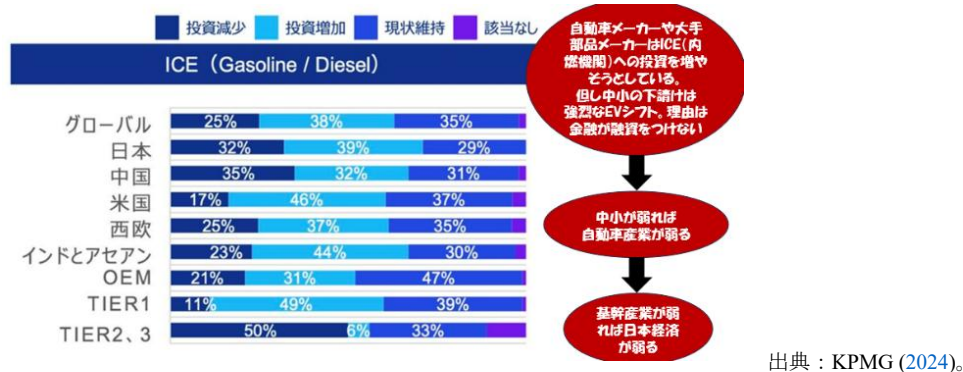


図 41：減少する TEIR2・TIER3 における設備投資

KPMG (2024) によると、2023 年になるとさらに、TIER2、TIER3 の内燃機関への設備投資が減少しているのがわかる。加えて EV 車やハイブリッド車への投資が加速していることが伺える。今後、世界の潮流はもう一度ハイブリッドと内燃機関に戻る。そのタイミングで、日本のメーカーの屋台骨を支える TIER1、TIER 2、TIER3 がしっかりと世界市場のシェアを支える必要がある。台頭する中国メーカーに日本メーカーが対抗するために、内燃機関の市場は大切であり、そのために部品メーカーは質の高い部品を供給し続けるキャパシティを維持する必要がある。後継者が少なくなるなかで、政府は中小の内燃機関のサプライヤーの技術への投資を支援する必要がある。

寒冷地、豪雪、災害などの多い日本では、内燃機関の需要は高い。経済成長が著しいアジアでも、家庭用電力も十分に行き届いていないところも多くあり、EV 普及のためのインフラは整っていない。また財政難で EV 補助金を切ったドイツなどヨーロッパ諸国においても、EV は補助金の削減とともに、急速に需要が減退をしている。需要と供給の関係からも EV は供給過多であり、だぶつきがある。

中国は自動車強国を目指す中で、新エネ車を自動車産業政策の中心に位置づけ、政府からの補助金や優遇措置により EV シフトが急速に進んでおり、世界最大の自動車生産国として急速な成長を遂げた。一方で、昨今の景気後退から消費者の需要後退と貿易摩擦の激化による輸出見通しの悪影響から、2024 年はその勢いも減速し、経営危機を迎え淘汰される企業も多いだろう。輸出車に関しては、大半がエンジン車であり、中国メーカーも新エネ車を皮切りに、今後はエンジン車やハイブリッドにも注力する計画である (II.5.5 節)。すでに日本車が強い ASEAN 市場に参入するため、日本の内燃機関の技術者をヘッドハントし、買収も進んでいる。

欧米においては、台頭する保護主義や地政学的リスクにより中国の EV には関税をかけ水際で止める方向である。北米は国土が広く航続距離の短い EV には不向きで、2023 年 Cox Automotive の統計によると在庫は前年度比 350%、3 か月分の EV 車の在庫 (92 日) 平均の倍が積みあがっており、ガソリン車の在庫は 54 日と平均以下である。2025 年 4 月時点での EV の在庫日数は 99 日となっている。ただし Cox Automotive の統計にはテスラは含まれて

いない。なお、米国ではEV需要の鈍化傾向が一段と強まり、レンタカー会社の Herz は 23 年、2 万台の EV 車を売却しガソリン車を購入している。

日本は戦後、軽自動車と大衆車が自動車産業の成長をけん引した。日本の軽自動車には安くて優れた燃費を支える技術力があり、地方には軽自動車しか通れない道も多く、暮らしの足になっている。安価で燃費のよい軽自動車の技術こそ日本は守るべきである。今後地方経済の健全な発展のためにも、国家安全保障上のリスクという観点からも、保護主義で打撃をうけることを予測される内燃機関を支える国内の部品メーカーを、産業政策として支援する仕組みが求められる。

II.6. 再エネなどの性急な拡大の抑制と技術開発戦略

太陽光発電、風力発電、電気自動車、水素利用等の化石燃料代替技術は、コスト等を厳しく精査し、性急な拡大・普及を推進せず、技術開発による低コスト化に力点を置く。太陽光発電、風力発電などの間欠性の電源については、平準化発電コスト（LCOE）はそのコストの一部に過ぎないことを認識し、電力系統全体におけるコスト増を抑制するようにしなければならない。また化石燃料代替技術は、一般的に言って材料投入、なかんずく重要鉱物の投入量が多くなる傾向にあり、この経済安全保障上の懸念への対処も必要となる。核融合は国が主導して原型炉の建設に着手する時機にある。

II.6.1. 代替技術開発の理論

高コストな技術を日本で強引に普及させても、それは世界、とくに今後 CO₂ 排出が増大してゆくグローバルサウスへ普及することは見込めず、地球温暖化対策としてほとんど意味をなさない。電気自動車、電力系統用蓄電池、水素・アンモニア、メタネーション等の合成燃料については、いまなおコストが高いため、そのコストを低減する技術開発に注力し、結果として世界全体で普及させることを目指すべきである。

コストの下がる見込みが無いと判明した技術開発プログラムは中断して基礎研究に戻すべきである。これら技術の国内での導入量拡大については、エネルギーコストの低減に寄与する限りにおいて行うべきだ。電力中央研究所による 2030 年を想定した試算では、二酸化炭素回収・貯留（CCS）、アンモニア利用などで脱炭素を図る場合、火力発電の発電コストは軒並み倍増ないし 3 倍増するとされている（図 42）。これではあまりに高価すぎて、地球規模での普及を見込むことなどは到底出来ない。基礎研究段階に戻すべきである。

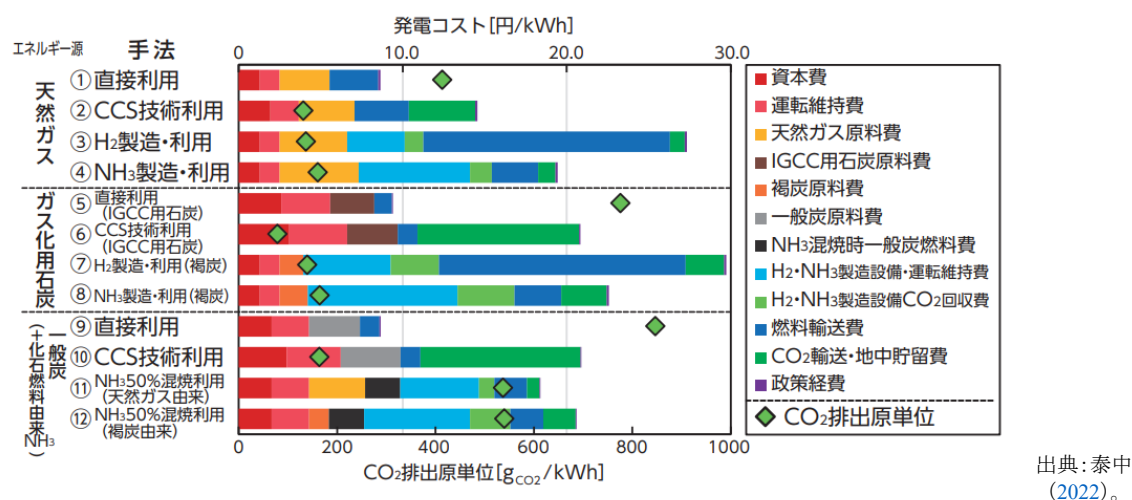


図 42：脱炭素技術と発電コスト

技術開発政策において政府の果たす役割についての理論とは次のようなものである（杉山 20181212）。エネルギーコスト低減をもたらす技術進歩、それを促す政府の役割としては、研究開発補助金等によるテクノロジープッシュと、設備導入補助金等によるデマンドプルがある。これは経済理論的には 2 つの外部性に対応するためと整理される。第 1 は環境外部性であり、第 2 は専有可能性である。後者については補足しよう。技術開発の費用は一企業が負うが、技術開発の便益は社会全般に広まる。このため、政府介入が無ければ、企業の技術開発投資の総計は、社会全体から見た望ましい水準を下回る（過小投資となる）。このために、特許の保護、研究開発補助金の拠出、研究開発減税、設備導入補助、ニッチ市場づくりのための規制等の政府介入が正当化される、という考え方である。

加えて、他の財・サービスとは異なるエネルギーの特徴としては、すでに既存の安価な製品が存在している上に、そこから製品を差別化することも難しいことである。たとえば、電気は何から作っても同じ電気なので（これを完全代替と言う）、私企業に任せていただだけでは、なおさら新規の技術開発がなされにくいことがある。米国のベンチャーキャピタルのもとでは、ソフトウェアなどの他産業に比べて、革新的な太陽電池やバイオ燃料等の温暖化対策技術開発事業の成功率は著しく低かったとされ、このエピソードもこの分野においては政府による継続的な支援が必要であるという論拠を与える。

ただし技術開発政策においては、「政府の失敗」を避ける必要がある。まず政府は技術の選択に成功するとは限らないため、既存技術に偏重することなく広範なポートフォリオを持つ必要があるが、実際には特定の政治的利益に囚われることが多い。また、政府が費用効果的な対策を実施できず、国民経済に多大な負担を課する可能性がある。日本の再エネ全量買取制度はこの点において失敗であった。GXによる莫大な負担はII.1.3節を参照されたい。政府が研究の優先順位を決定する場合、科学技術的な検討の犠牲のもとに政治的配慮が重んじられるようになると、科学技術の進歩はむしろ阻害される。さらにはそのようにして決定された仕事に研究者や院生までもが囚われて、研究資源がクラウドディングアウトされる

こととなって、経済全体における研究活動の生産性が下がる。

なお、専有可能性については前述のような理論があり、現実には政府による技術開発支援は広く実施されているものの、この妥当性に対する批判もある。第1は、政府介入が成功したという実証的な証拠が乏しい、というものである。仮に成功したように見えていても、たまたま政府が巨額の投資をしたことと、技術進歩が起きたことが、同時に起きているだけで、因果関係は無いのかもしれない。あるいは、政府がその予算を官僚的に使う代わりに、民間が利潤動機で使ったほうが、かえって技術が進歩した可能性も考える必要がある。

第2の批判はやや複雑である。まず、科学技術を模倣し利用するためには、自ら研究開発をしなければならないので、模倣といえどもコストは決して小さなものではない。そして、当該分野に貢献し、研究のネットワークのメンバーとして認められない限りは、結局その科学技術を使いこなせるようにはならない。すると、科学技術は無料で模倣できる公共財ではなく、費用を負担しなければ利用できない「クラブ財」(club good) であるという側面がある⁴²。この場合は専有可能性の問題はかなり和らぐことになる。実際に、どの企業も多くの研究開発投資をしており、さらに企業の研究者でも学界において成果を発表し、意見交換をしていることが、この見方を裏付ける。こうした活動が活発ならば、政府の関与はそれほど必要でなくなる。むしろ政府の失敗による悪影響が上回るかもしれない。

なお、温暖化対策イノベーションを促すための投資には、他の政策課題とのシナジーのみならず、トレードオフもあることは配慮されるべきである。大規模な温室効果ガス排出削減のための巨額の投資は、コベネフィット、つまり他の政策課題とのシナジーを実現しつつ可能であるという考え方が、しばしば主張される。しかし、多くの場合に、トレードオフも存在する。たとえば新たなエネルギー技術導入のために、逆進性のある形で低所得者の生計費が高くなり⁴³、貧困問題が悪化する危険が指摘されている。また、都市計画は温暖化対策と密接に関わり、そこでは政府の役割が重要になるが、多様な利益とのトレードオフがあるために、温暖化対策を理由として大規模な変革をすることは難しく、漸進的なインフラの改善に留まる傾向にある。

II.6.2. 安価な技術でなければ問題解決に寄与しない

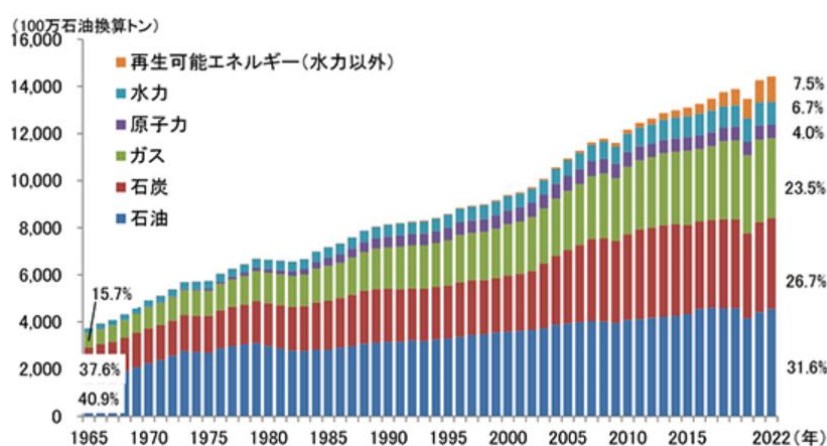
化石燃料の時代を終わらせるためには、化石燃料を禁止するのではなく、化石燃料よりも安価で優れたエネルギーを開発しなければならない(杉山 20231231)。「石器時代は石が無くなったから終わったのではない」。これは1973年の石油ショックの立役者、サウジアラビアのザキ・ヤマニ石油大臣の言葉である。当時、イスラエルとアラブ諸国の間で第4次中

⁴² 非競合性(複数の消費者が同時に消費)と非排除性(対価を支払わない消費者を排除できない)の性格を持つ財・サービスを公共財(public good)といい、そのいずれか一方だけを持つ財・サービスは準公共財(quasi-public good)と呼ばれる。クラブ財とは、準公共財のうち、非競合性はあるが非排除性がないものをいう。

⁴³ 温室効果ガス削減のための投資によって別のベネフィットも生み出されるとしても、そうしたベネフィットを実現するための手段は(こうした投資以外に)数多く存在し、はるかに安価なコストで実現できることが多い。コベネフィットをすべて集計することでは、比較すべき(代替手段を含めた)コストの集計も慎重な評価が必要である。

東戦争が起きて、サウジアラビアは「石油戦略」を発動、石油を減産した上で、イスラエル支持の国々に対して石油の輸出を禁止した。慌てた日本政府はサウジアラビアを訪問し、輸入の継続をとりつけた。

その後、ザキ・ヤマニ大臣の言葉は、温暖化対策、なかんずく太陽光発電や風力発電の推進者によって引用されてきた。化石燃料も、その枯渇を待つことなく、やがて時代は終わるという訳である。それで世界諸国は、化石燃料利用を規制し、また太陽・風力を巨額の予算によって大量導入してきた。だがその結果はどうかと言え、世界の化石燃料消費は増え続けており、いまなお 8 割以上を占めている（図 43）。当然ながら CO2 排出も減らない。なぜうまくはいかなかったのだろうか。



出典：資源エネルギー庁
(2024a) 第 221-1-3。

図 43：世界のエネルギー消費量の推移

その答えは、石器が使われなくなった理由は、石器を政府が禁止したからではなく、それより優れた技術が登場し、石器が必要無くなったからである。鉄器は、鋤や鍬などの農具の性能を飛躍的に高めた。戦争においても鉄器は石器を圧倒した。化石燃料時代が終わるとすれば、それは、化石燃料より優れた技術が登場し、より安価に同じ目的に到達できることによって、化石燃料が不要になったときである。

残念ながら、太陽光発電、風力発電は、コストは高く、出力は安定しないので、化石燃料を大幅に代替することは出来ない（II.4 節）。化石燃料を上回るものは何だろうか。原子力は、発電に関しては化石燃料と互角かそれ以上に戦える（II.2 節）。

省エネは、化石燃料を燃やすよりも経済性が高い場合もかつてはあった。エアコンの効率や自動車の燃費などは、石油ショック以降、ずいぶんと向上した。これは化石燃料消費の削減となっている。さらに、ICT や材料など、汎用目的技術（general purpose technology : GPT）の進歩によって、技術的にはエネルギー効率を高める手段は増え続けている。たとえば飛行機はプラスチック材料や 3D プリンタによる製造によって軽量化され、大幅な省エネを実現してきた。社会全体の広範な技術進歩に伴って発生する経済的な省エネのポテンシャルをどのように現実のものにするかという点は、省エネ推進の重要なポイントとなる（杉山

20210207)。ただしエネルギー価格が相対的に高く、省エネがすでに進行している日本において、省エネの過度の推進は経済にとってのデフレ政策にも等しい（II.7 節）。

今後、期待が持てるのは、原子力、省エネに加えて、核融合である。後述するように、核融合は、いま国際協力で進めている実験炉 ITER（イーター）は 2 兆円超、それに続く原型炉（実証炉とも呼ばれる）にもやはり 2 兆円超かかるが、その後、実用化されれば、既存の原子力発電と互角のコストになると期待されている（II.6.6 節）。

これまで、化石燃料の最大の敵は、じつは化石燃料自身だった。石油ショック後、半世紀にわたり、石油価格が安価とならないようにしながらも、石油価格が高くもなりすぎないよう、サウジアラビアが主導して OPEC（石油輸出国機構）はたびたび増減産によって価格を調整してきた。高すぎる石油価格は、代替的なエネルギーや省エネの開発を促すのみならず、ライバルである米国産の石油に負けることも意味するからである。2023 年、OPEC は価格維持のために石油減産を続けたが、それ以上に米国が石油を増産して空前の生産量となり、OPEC の努力を打ち消してしまった。

また近年、G7 諸国は CO2 削減のためとして石炭火力発電を目の敵にしているが、中国、インドをはじめとして、グローバルサウスは石炭の開発・利用を進めている。最も安価で優れたエネルギーだからである。イギリス、ドイツ、米国など、欧米では石炭火力発電は軒並み減少してきたが、最大の理由は、天然ガス火力発電に経済性で負けてきたからである。しかしその敗北自体が石炭価格の下落を生じさせ、両者の価格競争力には流動的な面がある。要は化石燃料の中で代替が起きているだけで、化石燃料が負けた訳ではない。化石燃料を禁止するのでは、イタチごっこになるだけである。化石燃料に代わる、安価で安定した優れたエネルギーのみが、化石燃料の時代を終わらせるのである。

II.6.3. 技術開発事業にはキル・メトリクスを設けよ

いま日本政府は脱炭素のためとして、さまざまな「カーボンフリー燃料」の利用に向けて、巨額の技術開発投資を行いつつある。だがその技術は本当に実現可能なのか。巨額の浪費に終わってしまわないか。そうならないために必要なことは何だろうか。杉山（20231218）をもとに論じていこう。

「彫刻入りの立派な台座の上でサルに小説を朗読させる」という事業を構想するとしよう。そうするとタスクは 2 つに分かれる。1) サルを訓練して小説を朗読させる、2) 彫刻入りの台座を造る、この事業の責任者がまず着手すべきは何だろうか？

立派な彫刻入りの台座は、お金をかければ、明らかにできる。あなた自身が造ったことがなくても、世の中には引き受けてくれる人や業者があるだろう。だがサルを訓練して小説を朗読させるとなると、そもそも本当にできるのだろうか。こう考えると、この事業における優先順位は、まずサルを訓練できるか見極めることである。だが現実の事業では、「まず台座を造り出してしまふ」ことがあまりにも多いという。

なぜそうなるのだろうか。たとえば国からの委託事業であったとしよう。すると事業の責任者は絶えず何か前進しているように見せたい。だから、「はい、まず台座ができました」という安直な方向に進みやすい。それに、そうすると国の役人も、立派な彫刻入りの台座名目で予算が確保できる。役人にとっては、できるだけ予算を使った方が手柄になるのである。もちろん、台座を造る事業者も、受注につながるので大喜びだ。そうして立派な彫刻を施した台座を納品する。

このようなプロジェクトは一度始まるとなかなか止められない。失敗を認めることには個人的にも勇気が要るし、責任者であればもちろん責任を取らねばならない。国の事業であればますます失敗したとは言いにくい。だが、このままでは、立派な台座にさんざんお金を浪費したのに、やがて事業は頓挫する。

以上の話は、もともとは、グーグルのイノベーション拠点であるグーグル X の CEO、アストロ・テラーが“Tackle the Monkey First”（まず猿から攻めよ）というタイトルで書いた記事がベースになっている（Teller 2016）。この話を紹介したのは、まさにこれと同じ構造で、日本政府が進める脱炭素投資が失敗するのではないかと心配するからである（II.1.3 節）。

政府の「GX 実行会議」資料を見ると、「燃料 X 利用」を実現するためのタスクとして、以下の 3 つがある。①生産：燃料 X を、既存の化石燃料と互角かむしろ下回るコストで、大量に、CO₂ を排出しない方法で生産する。②輸送：燃料 X を海外から日本に輸入する。③利用：燃料 X を日本で燃焼などの方法で利用する。ここで X となる、政府資料にある脱炭素のための燃料としては、水素、合成燃料、アンモニア、バイオ燃料などがある。

この①から③のうち、「猿の訓練」にあたる、最も困難なタスクはどれか？それは、たいてい①である。だが燃料 X が安価に、大量に、CO₂ フリーで入手できる見込みなど、現段階ではまったく立っていない。政府や推進者の書いたお手盛りの数値目標はある。だがそれは願望に過ぎない。さらに燃料 X が安くなるという前提は、たいてい、電気ないしは水素がまず安価で、大量に CO₂ フリーで手に入るという、別の前提に基づいている。だがこれもやはり実現の見通しがまったく立っていない。

再生可能エネルギーを推進している人々は、しばしば「いまや太陽光や風力が一番安い。これからはもっと安くなる」という言い方をする。だがこれまで太陽光や風力が大量に導入されてきた理由は、陰に陽に寛大な政府補助を受けてきたからに過ぎない。

本当に安い燃料は石炭であり、安い電気は石炭火力によるものである。現実がそれを示している。ロシアのウクライナ侵攻がきっかけとなった世界的なエネルギー不足を受けて生じたことは、世界中が石炭を取り合い、石炭価格が高騰したことだった。最も再エネが安く入手できるはずの国の一つである中国が何をしたかと言えば、石炭火力発電所への大規模な投資であり、石炭の備蓄拡大だった（II.9.3 節）。

日本政府はいま、「①安価な燃料 X」が実現されることを前提として、「②燃料 X の輸送技術」や「③燃料 X の燃焼技術」に、数千億円の政府補助を投入しつつある。当該技術を請け負う事業者は直接的には利益を得るだろう。しかし「燃料 X 利用」が実現する日など、本

当に来るのだろうか。仮に②③の技術が実現したとしても、①が実現しない限り、結局は燃料X利用のコストが高すぎて、誰も使わないからである。

ひょっとすると、日本政府はその期に及んでも、補助金をつぎ込んで無理やり国内で実現しようとするかもしれない。だが高価な技術は世界の国々が採用するものにはならないから、地球規模のCO₂の削減にはほとんど効果がない。そして国内でもそうした負担をエネルギー消費者が負うべき理由などない。

ではどのようにすれば「サルの訓練を第一に」できるのだろうか。参考になる事例がある。グーグルXでは、「再生可能エネルギーを利用して、海水に溶けているCO₂を回収し、また海水を電気分解して水素を得る」という事業を構想し、フォグホーン（霧笛）プロジェクトとして開始した。しかしこのプロジェクトは、コスト低減の見込みが無いと判断され、やがて中止されてしまった。どのように意思決定したのか、Hannun (2016) がその経緯をまとめているので紹介しよう。

このプロジェクトを開始するにあたって「既存のエネルギーと競合できるコストで水素を供給できるかどうか、コストダウンが最大の難関だ」ということはすぐに分かった。そこでやったことは、プロジェクトを中間評価するために、事前に「キル・メトリクス（殺す指標）」を設けて、それを達成する見込みが無くなればプロジェクトを中止する、というものだった。

そして実際、コストダウンの見通しが立たなくなったことで、この事業は中止されてしまった。この際、コスト評価には十分な経営資源を投入した。化学プラント事業の経験がある専門家が入り、詳細なコスト評価を行った。決して、お手盛りの政府目標や推進者の口上のようなコスト評価ではない、という点が大事だった。そして、リスクのあるプロジェクトに挑戦したこと、および中止に同意したことについては、会社から研究者に褒賞が支給された。リスクのあるプロジェクトであればたびたび失敗することはやむをえない。だがそれがだらだらと続いてコストが嵩むことは避けるべきで、中止した方がよい。

日本でも研究開発事業にはたいてい「マイルストーン」が設置され、中間評価を受けることになっている。だがそのマイルストーンの選択時に、「モンキーファースト」の原則が貫かれているだろうか？マイルストーン自体が安直なものになっていないか？グーグルXでマイルストーンと呼ばずに「キル・メトリクス」と呼んでいるのは、文字通りそれが達成できなければプロジェクトを殺してしまう、ということから、その指標の選択、また実施にあたっての厳しさの現れである。

まずは猿から攻めよ（モンキーファースト）。脱炭素の技術開発プログラムでは、実現にあたって何が最も本質的に難しい部分かを見極め、そこをターゲットにした技術開発に資源を集中すべきだ。そして、キル・メトリクスを設けて、コスト見通しの評価を厳格に運用し、国民のお金の浪費を防ぐべきだ。まず予算の拡大ありきで、それを役人と事業者が取り合うという構図に陥り、せっせと立派な彫刻のある台座が量産されるだけに終わってしまうことを危惧する。

II.6.4. 挫折の憂き目に遭うグリーン水素構想

最初に、水素利用計画に関する最近の国際情勢を一瞥しておこう。欧米各国は、水素利用計画に熱心に取り組んでいる。たとえば EU では、2022 年 5 月に欧州委員会が公表した REPowerEU 計画において、2030 年に水素の生産と輸入を各 1000 万トンとして、エネルギーのロシア依存を脱却するとの目標を掲げた。その前の 2020 年に欧州では European Hydrogen Backbone (EHB) イニシアティブと呼ばれる組織が発足している。この EHB イニシアティブでは、北アフリカ・南欧（アルジェリア、チュニジア、イタリア、オーストリア、ドイツ）回廊その他、全部で 5 つの「水素回廊」の構想を掲げている。

ただし EHB の構想は、現時点では EU・加盟各国において正式に承認されたものではなく、あくまでもアイデア段階に過ぎない。また、現在の EU 域内の水素消費量は年間約 800 万トンであるが、その 98% が天然ガス由来であって、これでは CO₂ 削減に役立たないので、早急にクリーン（＝グリーン：再エネ電力由来）水素への転換が求められているとされる。

米国では 2030 年に 1000 万トン、2050 年に 5000 万トンの水素を再エネから製造し、CO₂ を 10% 減らすとの構想が発表された。米国は、水素を化石燃料などから製造するのは無意味であって、再エネを使って水の電気分解のみで勝負する、つまりいわゆる「グリーン水素」一本で行くとの意気込みである（なお電源として、再エネの他に原子力にも注目している）。

さらに、中国・韓国・インド・豪州などでも、水素の生産拡大と産業育成を計画していると伝えられている。まさに、世界的な「水素ブーム」と言って良いほどだ。

ただし、それらの多くは EU の例のように、現時点では単なる構想段階のものが多い。特に、グリーン水素は、今のところ需要側にとって価格が高すぎるため調達が難しい。一方、グリーン水素事業は、発電→電解水素製造の設備が必要なので初期投資額が大きく、最近の金利上昇は事業の経済性を大きく損なう（水の電気分解で水素を製造する装置は、実際にはかなり高価なのだ）。

この種の、初期投資額が大きい事業の場合、生産側は製品の長期販売契約を結ばなければ投資しにくいし、大型化によるコスト削減も難しい一方、使う側はそんなに高い製品（この場合は水素）を長期間買うことは無論躊躇する。つまり、ここには一種の「卵と鶏」的なジレンマが存在する。以前、石油や天然ガスで可能であった事業が、水素では難しいのだ。

すなわち水素をめぐる事業・計画の多くは、スタート時にはバラ色の夢が語られる一方で、それがいざ実現に向かうと、ほぼ必ずと言ってよいほど、種々の困難に直面して立ち往生してしまう。それが顕著に見られるのは「水素先進国」の各種事例である。

たとえば最も先鋭的な水素先進国ドイツの例を見てみよう。ドイツ政府は 2030 年までに、産業、大型商用車、航空、海運での水素利用を増やす計画を立てている。ロベルト・ハベック経済相は、水素の需要と統合が急速に進むと予想している。彼は 2024 年 2 月に、「これから短期間で非常に急速な立ち上げが行われるだろう」と述べた。しかし、水素の普及を成功させるには、いくつものハードルがある。

一つは、水素の輸送・貯蔵の問題。全長 1 万キロを超えるパイプラインがドイツ全土に建設され、輸入ターミナルや貯蔵施設も建設される予定がある。ハベックはこのインフラに約 200 億ユーロ（約 3 兆 4000 億円）を投資する計画だ。これを安くあげるために、既存のインフラを可能な限り転用する予定だ。しかし水素は漏れやすく、金属を脆化（ぜいか：脆く）する性質があるので、たとえば既存の LNG プラントがそのまま水素を受け入れ可能かどうかには疑問がある。実際、ある専門家は、そのままでは実現不可能だと指摘している。確かに、メタン主体の天然ガスと水素ガスを同一に扱うのは困難だろう。

もう一つは、水素の大半を海外から輸入するという問題。ドイツ政府の水素戦略では、2030 年には 50-70%を輸入することになっている。しかし、この戦略には賛否両論がある。

「水素を使用するのであれば、製造した場所で使用しなければならない」と、パースにあるカーティン大学のピーター・ニューマン教授は、ポータルサイト『t-online』に対し、コメントしている。EU 委員会のエネルギー総局が発表した調査でも、同様の結論が出ている。

なお、日本の「水素基本戦略」の場合、2017 年版も 2023 年版（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 2017, 2023）も、水素利用量の目標はあるが国内生産量の目標値が見当たらない。基本的に、海外で生産し国内に輸入する、つまり輸入頼みの体制を前提として、議論を進めている。欧米各国は国産化を目標とするか、EU のように域内でのネットワークを通じて融通し合う体制作りを目標としており、日本のように遠い海外からの輸入主体で水素供給を考えている国・地域は、日本とアジア諸国（韓国、台湾、シンガポール等）以外にはない。また、実はこの輸入先についても「水素基本戦略」には具体的な記述はなく、水素源として豪州・中東・東南アジア諸国などが列挙されているだけだ。しかも、日本ではこれらの水素政策の是非について、ろくに議論さえ行われていないのだ。

話をドイツに戻すが、当初ドイツでは暖房用燃料に水素を使うことが検討されたが、2023 年頃から雲行きが変わった。これは、水素を使う暖房がヒートポンプや地域暖房のような既存技術よりもはるかに高価だとの理由による（天然ガスと比べてヒートポンプも決して安くはないが、水素はその 2 倍以上高い）。結果として、水素利用は電気の利用が難しい化学、高炉製鉄、セメント、肥料工業などに限定すべきとの声が強くなった。これは、かつて水素製造法が真剣に検討されたのが、窒素肥料の原料になるアンモニアを極力安く作るためだったことを考えたら、言わば当然の帰結とも言える。

さらにドイツでは 2023 年 8 月に承認された水素発電所建設の計画が、2024 年になってから技術とコストの両面で再検討が必要とされた。ドイツの各種産業の業界団体は、エネルギーの未来を水素から天然ガスに方向転換せよ（と言うより、元に戻せ）と強く要求した。

英国でも似たような事情がある。ボリス・ジョンソン元首相は、自国を「水素のカタール」にしたいと考えていた。しかし、この計画はウィットビーやレッドカーといったイギリスの村では抵抗にあった。住民たちは、未成熟な技術の「実験台」になることを恐れた。結局、政府は「水素村」プロジェクトは実現不可能だと宣言した。また英国の専門家は、一般家庭にはヒートポンプなどの電気暖房を、重工業には水素を使うべきだとアドバイスした。

アナリストのジェス・ラルストンは『ガーディアン』紙に、「将来、水素が家庭の暖房に果たす役割は、あったとしても小さいことは明らかだ」と語った。

日本関連では 2024 年 11 月、関西電力が丸紅などと豪州で計画していた水素製造事業から撤退するとの報が流れた。プラントや収支計画などの基本設計を詰める中で、製造コストが想定以上に高く、採算に合わないと判断したという。その前の 10 月にも、豪州では国を挙げて推進する水素事業の停滞が鮮明になっているとの報道があった。豪州最大の電力会社オリジン・エナジーは事業停止を決め、エネルギー最大大手ウッドサイド・エナジー・グループも一部で事業を断念した。これもまた製造費が高く、採算が見込めていない。豪州は水素産業の振興目標を変えていないが、視界不良は続いているとされる。

欧州でも、デンマークとドイツを結ぶ水素パイプラインの計画が数年延期された。当初、建設は 2028 年に完了する予定であったが、新たな目標時期は 2031 年になった。またドイツのエネルギー会社ユニバーは、スウェーデン北部で持続可能な航空燃料を製造する 200MW 規模の水素プロジェクトの計画を中止した。同じドイツで、総額 9500 万ユーロの投資が計画された野心的な「ツェルプスト発グリーン水素プロジェクト」が挫折している。これらを報じる表題が「ドミノ倒しのように倒れる水素プロジェクト」となっているのが印象的だ。これらは豪州・欧州いずれも、水力・風力・太陽光などの再エネ電力から水素を製造する、いわゆる「グリーン水素」事業の試みは、一様に挫折の憂き目に遭っている。

このように水素先進国ドイツ等では、上記のように様々な水素計画を実行に移そうとして非常に真面目に努力したが、多くは報われず、現場では爆発事故さえも起きて種々の困難に直面しているのが現状だ。筆者の考えでは、ドイツはこれから水素計画を根本的に見直すことになる予想する。過去の技術開発の例を見ても、ドイツは石炭液化や高速増殖炉などの開発にいち早く取り組んで一時は最先端に立ったが、技術的・経済的な見込みが立たないとなると見切るのが早く、さっさと撤退しているからだ。何につけ、一度決めるといつまでもしがみついて離さない日本とは対照的である。

II.6.5. 水素関連技術が本質的に困難な理由

日本では 2017 年に、水素に関する世界最初の国家的戦略とも言える「水素基本戦略」を策定した（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 [2017](#)）。そして 6 年後の 2023 年にその改定版（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 [2023](#)）が出された。その内容は、どうであったか？

まず 2017 年版では、水電解装置・燃料電池など 9 つの戦略分野に官民合わせて 15 兆円以上の投資をすることになっていた。利用量の目標は 2030 年 300 万トン、2040 年 1200 万トンであった。そして、2020 年度に 100 ヶ所以上の水素ステーションを設置し、約 4 万台の FC（燃料電池）車を走らせ、水電解コストを 1kW あたり 5 万円以内にするとの目標を立てていた。

これに対し、2023 年版に記された基本計画（再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 2023）では、水素ステーションは 27 ヶ所のみ、FC 車は約 8000 台と 1/5 に下方修正され、水電解コストも未達成で、目標を先送りした。これに限らず、2017 年版と 2023 年版を比較すると、目標値その他いずれも、実際には後退した面が大きい。これはドイツやその他の地域と同様に、水素の製造・利用の現実化が近づくほど種々の困難に直面するからである。端的には「コスト高」として現れるその困難は、原理的な要因に基づくものなので、簡単には乗り越えられない。以下、具体的に述べる。

その前に、国内における副生水素の外部供給ポテンシャルについて触れておく。NEDO の調査（みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 2021）によると、最近の日本における製鉄・石油精製・石油化学・苛性ソーダ・アンモニアの 5 製造源からの水素の外部供給可能量の最大値は、年間 41 億 Nm³（=36.9 万トン）である。これでは上記目標の 300–1200 万トンには到底足りない。ゆえに二次エネルギーとしての水素は、副生水素主体ではなく、それ自体を目的とする生産によらなければならない。それに、副生水素といえども、そのエネルギー的原資は石油・コークス・廃プラ、つまり化石燃料であり、苛性ソーダ工業では電力であるから、以下に述べる「化石燃料由来あるいは電力による製造で得られる水素」と本質的に変わりはない。

化石燃料由来の場合、最も安く作れるのはメタン等の「水蒸気改質」だが、この方式ではメタンを燃やすのと同量の CO₂ が出てしまうので、そもそも「脱炭素二次エネルギー」としての水素製造法ではない。さらに、工業的生産のためには 700–800℃以上の高温を維持しながら吸熱反応を進行させる高度な反応制御技術を要するので、プラントの設備費も安くはない。アンモニア製造原価の大きな部分を水素コストが占めるのも無理はない。

この時点で既に、多くの燃料に価格的に負ける。水素製造時に発生する CO₂ を全量 CCS（CO₂ の回収・地下貯留）で処理すると（ブルー水素）、単価はむしろそれよりずっと高くなる。ゆえに、ブルー水素の実用例はまだほとんどない。

IEA の推定では、2022 年の世界水素需要が 9500 万トンあり、そのうち低炭素水素は 100 万トン以下（1%）、グリーン水素（水電解による水素）は 10 万トン以下となっている（エネルギー・金属鉱物資源機構 2023）。すなわち、現状、世界で供給されている水素の大部分はこの「CCS ナシ」方式によっている。最も安価だからである。元々水素製造法が注目されたのは、窒素肥料の原料になるアンモニアを合成するためであった（窒素は空気から比較的簡単に分離できたが、水素は天然資源としてほぼ存在しないため）。有名なハーバーボッシュ法の開発以来、化学反応で水素を得る技術は世界中で熱心に追究され、ほぼ研究し尽くされたと言って良い。1970 年代の石油危機以降も、石油代替エネルギーの一つとして水素も研究対象になったので、再び熱心に研究された。しかし、この方式より優れた水素製造法は、以後見つかっていない。ゆえに、化石燃料から水素をこれ以上安く作れる見込みは、今のところ立っていない。

なお、高温反応炉を用いてメタンを熱分解しても水素は得られ、またこの場合、炭素が

固体として析出し CO2 が出ないので魅力的に見える（ターコイズ水素と呼ばれている）が、この高温を得るための電力費が大きすぎ、また水素の製造速度・効率上の制限もあり、水素製造法として水蒸気改質法を越えるには至っていないし、越える見込みもない。

また、天然ガス（メタン）から電力を得たいなら、そのまま燃やして発電すれば良く、水素を経由するメリットは何一つない。CCS を適用したいなら、どこで使っても同じだからである。すなわち、天然ガス→水素+CCS→電力より、天然ガス+CCS→電力が有利なことは自明であるから、ブルーでもターコイズでも水素を経由したら必ず不利になる。天然ガスの直接利用に絶対勝てない。

再エネ電力で水を電気分解して作る水素、すなわちグリーン（またはクリーン）水素の場合、再エネ電力自体が一般に高い上に電解装置も高価なので、必然的にこの水素の価格はもっと高い。ゆえに商用化された電解水素の例はほぼ無い。しかも、せっかく電力を消費して作った水素は、そのままでは「エネルギー」ではなく、燃やすか燃料電池で電力にしないと使えない。つまり「グリーン水素」とは、基本的に電力の無駄遣いでしかない。これが本質である。本質である以上、技術がどのように進もうとも、どうやっても変えることはできない。この本質を無視して屁理屈をこねているのが、曲学阿世の水素推進論者たちである。

水の電気分解の効率（＝電力→水素への変換効率）は、通常 60–75%であり、高温・高圧水電解法では 83–86%、固体高分子電解質水電解法では 81–90%に達するとされるが、高温・高圧用に別途エネルギーが必要なので、正味の効率は通常法と大差ないと見られる。また燃料電池（水素→電力）の発電効率は、最大理論値 82%、現実的には 52%程度である。ゆえに、電力→水素製造・貯留→燃料電池発電という、一種の電力貯蔵システムの総合効率は、相当理想化しても $0.8 \times 0.8 = 0.64$ 、現実的には $0.6 \times 0.6 = 0.36$ 程度に低下してしまう。

また、電解水素を効率 42%の火力発電に使ったら燃料電池より効率は下がるし、自動車エンジンなど内燃機関に使ったら、その効率はせいぜい 20%程度なので、総合効率はもっと低い（10%台に落ちる）。すなわち、元の電力を直接使うのが最も効果的であり、水素を経由するメリットは何も無い。そもそも、再エネ等で発電したら、その電力を直接使うのが最も効率的であることは自明のはずだ。なぜ水素を経由しなければならないのか？

これに対し、しばしば水素の利点として、電力の貯蔵手段として出力制御に使えるとの議論がある。しかし、本当にそうだろうか？原理的には上述した通り、水素を経由すると、最も効率的な燃料電池を使っても総合効率は 64%程度、実際は 36%程度に落ちる。火力発電ではさらに悪い。しかもこの計算は、貯蔵・輸送のエネルギーを考慮していないので、実際にはエネルギーロスはさらに大きくなる。これほどまでにエネルギーを失う蓄電設備に、果たして意味があるのだろうか？

それくらいなら、今では台数も増えた EV のバッテリーに蓄電する方がずっと効率的であるだろう。また揚水発電所の効率は約 70%なので、電力の貯蔵手段としては優れた方式に数えられる。ただし言うまでもなくダムが必要である。

それに、大規模な電力の出力調整に使おうとすると、大規模化した燃料電池発電所は、

却って不利になる。なぜなら、燃料電池は小型の発電単位（モジュール）を多数組み合わせるので、大型化のメリットが少なく、高温廃熱の利用などの面でも困難度が大きいからだ。石油危機以後の 1980 年代からすでに水素発電所や燃料電池発電所の構想は何度も検討されたが、結局実現しなかった。コスト面だけでなく技術的にも難しかったからである。

大規模燃料電池発電が困難となると、残るのは水素を直接燃やす火力発電しかなくなるが、その効率は燃料電池より 20% 近く低いので、上記のように元の電力の約 3/4 がロスになる。こんな方式が「電力貯蔵手段」などと言えるはずがない。そもそも、高価な水素を発電用燃料に使うという発想自体に無理があるのだ。ましてや、電力を消費して作った電解水素を燃やして発電するとなると、本末転倒もここに極まりの倒錯現象である。

なお、原発電力を水素製造に使うのも意味はほぼない。もちろん、電力をそのまま利用すれば良い。原発には再エネのような出力変動・制御の問題はないからだ。輸送にも電力なら電線 1 本あれば良く、水素のようなパイプライン等の輸送手段が要らない。

また、「高温ガス炉」で化学反応を利用して水素を製造する構想もあるが、実用例はまだない。その場合でも、直接発電して電力をそのまま利用の方が効率的なはずである。ここでも電力→水素→電力（または動力）の過程でのロスが大きい。それに高温ガス炉は値段が高く、軽水炉を押しつけてまで導入されるか疑問がある。

こうしてみると、わざわざ電力を用いて水素を製造する意味は、ほとんどどこにも見出せないことが分かる。意味があるとすれば、化学原料としての水素製造のみであり、エネルギー媒体（二次エネルギー）としての水電解水素製造には未来がないと断言できる。実際、欧米その他地域での水素計画も、この困難に直面して頓挫し続けてきた現実がある。

改定された「水素基本戦略」では、現在約 100 円/Nm³ の水素価格を 2030 年には（あと 5 年しかないというのに）約 30 円/Nm³ と現在の約 1/3 に、その後は同 18 円（1/5 以下）、2050 年頃に水素還元製鉄に使う場合には石炭代替で同 8 円にまで価格を下げるとの「目標」を掲げているが、どうやってそれを実現するかについては何も書いていない。上記したように、化石燃料経由でも水電解経由でも、これ以上コストを下げられる具体的な裏付けは、今のところまったくないのである。

アンモニアやメタネーションその他の合成燃料（e-fuel 等）は、窒素・炭素等に水素をくっ付けることで作られる。つまり水素を原料とする化学品である。当然ながら、原料の水素より高くなる。ゆえに、元になる水素が安くなる見込みがなければ、これら「水素製品」が安くなる見込みは、さらにはない。特にアンモニア発電は COP28 でも無意味だと批判されたし、実際、他国・地域では開発する予定もなく、日本だけの技術＝「ガラパゴス化」が懸念される事態となっている。

なぜ日本だけがアンモニア発電に熱心かと言えば、水素を大量に輸入することを前提とするからだ。自国で水素を製造したら、わざわざエネルギーを大幅ロスしてアンモニアにしてから燃やす必要はなく、水素をそのまま利用すれば良い。大量の液体水素を運ぶのが怖いので、アンモニアや他の炭化水素などに変換して運ぶことを考えるのだ。実際、「水素基本

戦略」では、水素の大量輸送方法について詳細な検討がなされている。輸送方法として、液体水素、有機ハイドライド、アンモニア等が出てくるのは、ここである。そしてこれら水素キャリアごとの特性やエネルギーロスのデータが載っているが、現時点ではどれを選ぶか決められないと書いてある。どの方式を採ってもどんぐりの背比べだからであろう。

また、「水素基本戦略」では水素利用量の目標はあるが、国内生産量の目標値が見当たらない。基本的に、海外で生産し国内に輸入する、つまり輸入頼みの体制を前提として議論を進めている。

水素の大量輸送は、それだけで大変である。液化には大量のエネルギーを要し、かつ液体水素の危険性は高い。一方、水素をアンモニアや有機ハイドライド等の炭化水素等に変換すると、コストは上がり利用方法も燃焼しなくなる（水素なら効率の高い燃料電池に使える）。ゆえに、前述した通り、現時点では水素輸送媒体として、液体水素・アンモニア・炭化水素（有機物）のいずれが優るか決めがたいとされている（おそらく、いつまで経っても、決めがたいだろう）。

結局のところ、水素やアンモニア事業を推進する理由とは「燃やしてもCO₂を出さない」の一点だけであり、その製造から利用の各段階におけるエネルギー損失や金銭的不利益のすべてに目をつぶって旗を振っているのが今の日本政府である。「CO₂を出さないためなら、どんな不利益でも甘受します」と言わんばかりの姿勢だ。どこか、目的のためなら手段を選ばない倒錯的な匂いがする。しかもこの事業には数兆円もの税金がかかる予定である。その費用対効果の検証も何も無い。そろそろ、この思考停止状態から脱すべきだろう。

二次エネルギーとしての電力と水素・アンモニア等を比べたら、断然電力が優る。それは、製造・輸送・使用のどの段階で比較しても歴然としている。電力なら水素以上に何からでも作れ、輸送も簡単だ。消費時に水素等は「燃やしてもCO₂が出ない」だけが売りだが、電力ならその他に「水さえ出ない」。電力の唯一の弱点は、貯蔵に難がある点だけだが、電力の貯蔵や出力調整の技術は今後も発展する見込みがある。水素等に頼るべき理由は見当たらない。ゆえに、二次エネルギーとして水素が電力を凌駕する「水素社会」など決して実現しないと断言できる。

別の水素製造ルートとしては、水を光触媒により太陽光で分解して水素を得る方法がある。特に最近、光触媒方式で水を分解して水素を得る方式が注目を集めている。いわゆる、人工光合成の第一段階に相当する、水から水素を得るプロセスだ。従来は効率が低くて実用性がないと見なされていたが、最近は技術開発が進んできている。筆者はこの方式が注目に値すると思う一方で、エネルギー供給にどの程度寄与できるかに関しては疑問を抱いている。

まずは、太陽光からどの程度の効率で水素が得られるのか、と言う点がある。なぜなら、水素は上記のように、燃やすか電力変換しないとエネルギーに使えないので、太陽光からエネルギーを得るならば、太陽光パネルで直接電力を得る場合と競合できなければならないからだ。今の太陽電池は効率 15%程度を達成している。燃料電池で水素から発電する効率

は約 60%程度なので、その分の目減りを考えると、太陽光から水素を $15/0.6=25\%$ 程度の効率で得なければならない。現在の効率は 1%行くかどうかの程度なので、これはかなり壁が高い。

また設備コストを考えても、光分解装置自体は太陽電池より安く作れるとしても、燃料電池で発電するとなれば、トータルの設備コストで有利になる保証はない。これを火力発電に使うようでは、発電効率が 40%程度に落ちるので、光分解の効率を 38%近くまで上げないと競合できない。ハードルがさらに高くなる。

それでも、水から光分解で水素を安く得られるなら、意義は大きいと筆者は思う。水素は貴重な化学物質なので、これを化石燃料由来でなく入手できることには意味があるからだ。水素は現代化学工業の中では重要なカギ物質の一つである。化石燃料がなくなれば、製鉄に水素が使われる可能性があるし、大型貨物車には EV よりも水素燃料電池車が優るとの可能性も指摘されている。しかし、現時点では製鉄用水素の価格は 8 円/Nm³ まで下がらないと使用に耐えないとされるので、水素製鉄が現実のものになるのはコークスさえ入手できなくなった後だろう。また、水素燃料電池車で貨物輸送をするぐらいであれば、貨物の長距離・大量輸送にはエネルギー効率の高い電化された鉄道を使い、末端の配送のみ電動貨物車を、というモーダルシフトも代替手段となるだろうから、ここでも「将来にわたって電力が主たる二次エネルギーである」との予測は変わらない。

以上をまとめよう。水素を二次エネルギー（＝エネルギー媒体）として使うことには、エネルギー収支的にも経済的にも困難が大きい。現在の水素の二大供給方法である、化石燃料系統と再エネ電力による電気分解のいずれにおいても、である。故に、現在国策として進められている水素政策は、すべて速やかに廃棄すべきである。国家予算の無駄遣いであるのだから。経産省はじめ中央官庁は自らの誤りを決して認めないとの「伝統」があるようだが、そんな伝統はすぐに捨て去るのが良い。論語にも、間違えたらさっさと改めなさいとあるではないか。

片や、第三の道である水を太陽光分解して得られる水素は、エネルギー源とするには太陽光発電との競争に勝たないといけないので前途は厳しいが、化学原料としての用途があるので技術開発を進めるのが良い。

II.6.6. 核融合は原型炉への 2 兆円の投資の時機にある

核融合は順調に開発が進めば、2050 年には実用化が期待できる。その暁には、現在の原子力発電並みの手頃な価格で、事実上無尽蔵で、安全、かつ核拡散の心配もない、非の打ち所がない発電方式を、人類は手に入れることになる。その一方で、技術開発には大型の投資と長い時間がかかる（岡野 2025）。

まず技術開発の現状と今後の方針についてまとめよう。核融合エネルギーはまだ開発途上であり、いまずぐ電源オプションとして取り込める段階にはないが、これまでの長期にわ

たる開発により、国際協力で建設が進む核融合実験炉 ITER（イーター）は完成目前であり、2035 年には核融合連続燃焼が確認できる予定である。日本では、ITER の実験支援と ITER の次に建設する原型炉のための技術改善を目標とする JT-60SA（ITER 完成までは世界最大の装置）が 2023 年 11 月に起動し、改修・調整を経て 2024 年 2 月から実験を始めている。発電の実証を行うのは原型炉になる。その要素技術は、まだ改良は必要ではあるが、すべて国内技術として存在し、日本は原型炉による核融合発電の実現までを見通せる国である。長期的視点に立って、核融合炉を将来のエネルギー源とできるよう開発を着実に進めていくことが、エネルギー安全保障にとって正しい選択である。

日本の核融合開発は、ITER への参加を基盤として、着実に進められてきた。2017 年に原型炉に必要な技術とその開発計画を網羅したアクションプランが核融合研究を主管する文部科学省によって制定され（原型炉開発総合戦略タスクフォース 2016）、2018 年には実用化に向けたロードマップが同省にて作成された（核融合科学技術委員会 2018）。2050 年頃の核融合実用炉初号機投入を目指すこととなっている。

日本の核融合開発計画はこのアクションプランとロードマップに沿って進んできたが、2022 年に内閣府が介入したことで 2 年間ほど道に迷った。内閣府が 2023 年に制定した「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」（統合イノベーション戦略推進会議 2023）では、これまでの ITER を基盤としてきた開発戦略を踏襲するかのようにも書いてはあるが、その実は、「小型で安い核融合炉を 10 年で実用化」という米英ベンチャーの荒唐無稽な喧伝に惑わされ、その「あと追い」に軸足を移すものであった。内閣府が 2023 年 12 月に発表した核融合に関するムーンショット計画（総合科学技術・イノベーション会議 2023）の冒頭には、「2050 年までに、様々な場面でフュージョンエネルギーが実装された社会システムを実現する」と記載されている。これには前述のアクションプランのような緻密な分析は一切なく、「2050 年 CO₂ ネットゼロ」に核融合開発を無理やり合わせるために、米英ベンチャーの「安い・早い」という話に乗って根拠なく前倒したに過ぎない。一方で、従来の堅実なアクションプランの前倒しが専門家の検討に沿って文科省の委員会で提案された（核融合科学技術委員会 2023b）にもかかわらず、その後送りを決定した（核融合科学技術委員会 2023a）。2024 年 3 月に発表された核融合有識者戦略会議（2024）の資料を見ると、この誤った 2 年間の戦略は修正されつつある。この資料では、「ムーンショット型研究開発制度との協働がある場合」には、「ITER/BA/原型炉から発電へと続く道をより確実なものにすることが可能」という表現により、ITER、JT-60SA から原型炉へ続く道が本道であることを示す内容に変わった。

米国のベンチャーは、1995 年に承認された証券民事訴訟改革法により、本人が実現を信じていたのであれば、無謀な計画だったことがわかり開発に失敗しても罪に問われないことが保証されている。このため、1995 年以後、荒唐無稽な目標で資金を集める核融合ベンチャーが急増した。日本の核融合開発は、実は米英より進んでいるが、内閣府はそれを理解せずに米英崇拝に陥った。実現性を無視した極端な目標を立て、次第にすべてがおかしくな

るというのは、脱炭素戦略の流れに非常に似ている。それが 2024 年によく修正され始めたが、いまだに影響は残り、本来の原型炉と小型炉路線を併記するような事態になり、民間からの新規参入者を惑わせている。早急に元通りの原型炉戦略に戻すべきである。

イノベーションや基礎研究に投資していくことは、どの分野でも重要であるが、それだけに軸足を移してしまって、実用化への本道を後送りするのは誤りである。従来のロードマップに沿った計画にも加速的に資金を付け、少しでも早く原型炉を建造すべきである。まずは原型炉を建設しないと、コスト低減のためにどこが合理化できるかもわからない。現時点でコスト合理化だけを追及することは、アポロ計画を中止して月面観光旅行の経済性だけを考えるようなものである。

中国に目を向けると、彼らは米英ベンチャーの幻想には興味を示さず、日本がこれまで進めてきたのと同様の路線に沿って、大きな資金を投入して実用化を急いでいる（岡野・杉山 2023）。中国は ITER でも大きな役割を果たしつつあり、自国内には JT-60SA と同等の装置 BEST を 2027 年までに建設するという。2030 年代を目指す原型炉も、日本が進めてきた原型炉に近いものである。日本が今のまま、本来の原型炉計画の後送りを続けるなら、これまでの優位性を失って中国に抜き去られてしまうのは時間の問題であろう。

日本の核融合開発は本来の正しい路線に戻るべきである。初代の実用炉は 2050 年、核融合がエネルギー供給の大きな部分を占めるのは 2100 年になるであろうが、長期的展望に立って、いまから開発で世界をリードしていくべきである。そのために今やるべきことは、日本として原型炉開発を進めることを、言葉だけでなく大きな予算とともに示すことである。それがあれば、民間からのイノベーションはおのずと発生する。

もちろん核融合についてもコストが重要なことは他のエネルギー技術と同様で、キル・メトリクスを設けて技術開発プログラムを管理しなければならない（II.6.3 節）。原型炉への投資となれば累積で 2 兆円以上を 10 年以上の期間にわたって続けることになるので、その後の実用機は既存の火力・原子力発電と十分に競合できる価格水準になる可能性が高いと判断されなければ、投資を続けるべきではない。現在の最善の推計では、核融合炉は既存の軽水炉とほぼ同じ大きさになり、建設費と発電原価も同程度になると見通されている。このようなコスト見積もりは絶えず行い、なんらかの理由でコストが法外に高くなりそうであれば、炉の設計や要素技術の開発に帰るといった手戻りも想定に含めておくべきである。

II.6.7. 重要鉱物のサプライチェーンの再構築

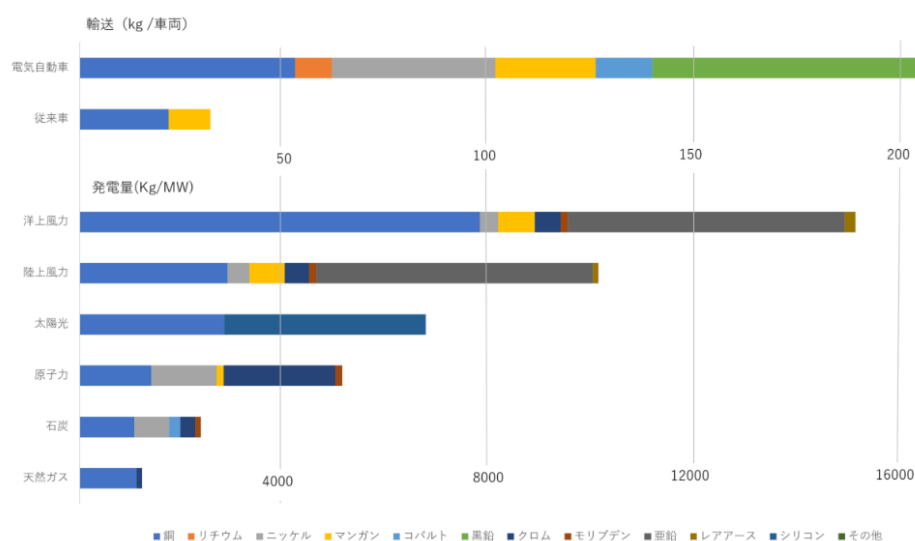
現在の太陽光パネル、風力発電、電気自動車などのサプライチェーンは重要鉱物を中国に依存している割合が高い。この依存度を低減することが経済安全保障上の重要な課題である。性急な導入拡大ではなく、まずサプライチェーンを再構築すべきである。よく誤解されているが、再生可能エネルギーや電気自動車の導入は「脱物質」などではない。むしろその逆であり、重要鉱物への依存は高まる。現在、重要鉱物の供給の多くは中国に依存してお

り、これは近い将来に代わる見込みはない（杉山 20211004）。

IEA の報告書によれば、図 44 のように、再生可能エネルギーおよび電気自動車は大量の鉱物投入を必要とする（IEA 2021）。なお図 44 の発電技術は MW 当たりとなっているが、本来であれば MWh 当たりで比較すべきであり、そうすると設備利用率の低い太陽・風力発電は一層大量の鉱物を必要とすることが分かる。

エネルギー技術が、化石燃料依存から重要鉱物依存へと移行すると、地政学は大きく変わる。図 45 は鉱物および燃料の総生産量における上位 3 生産国のシェアである。ここで示した鉱物は少数の国に生産が集中しており、上位 3 か国で 8 割以上のシェアを占めることがわかる。とくにハイテクに欠かせないレアアースは中国が 6 割となっている。

サプライチェーン全体を見ても、再生可能エネルギーおよび電気自動車といったいわゆる「クリーンテクノロジー」への移行は、その地政学を大きく変える。図 46 はその主要国の顔ぶれである。とくに選鉱工程で中国が圧倒的な存在感を示す。選鉱工程とは、採掘した鉱物を破砕ないし溶解し、化学処理を施して、求める金属を抽出する工程である。エネルギーコストが大きな生産活動であり、環境負荷が高い。環境規制が厳しくコストが高い先進国は、中国に対して競争上圧倒的な不利にある。言い換えれば、現在の中国のコストにはそうした環境外部性が内部化されていないのである。



出典：杉山 (20211004)。データは IEA (2021)。

図 44：再エネと EV に必要な鉱物投入量

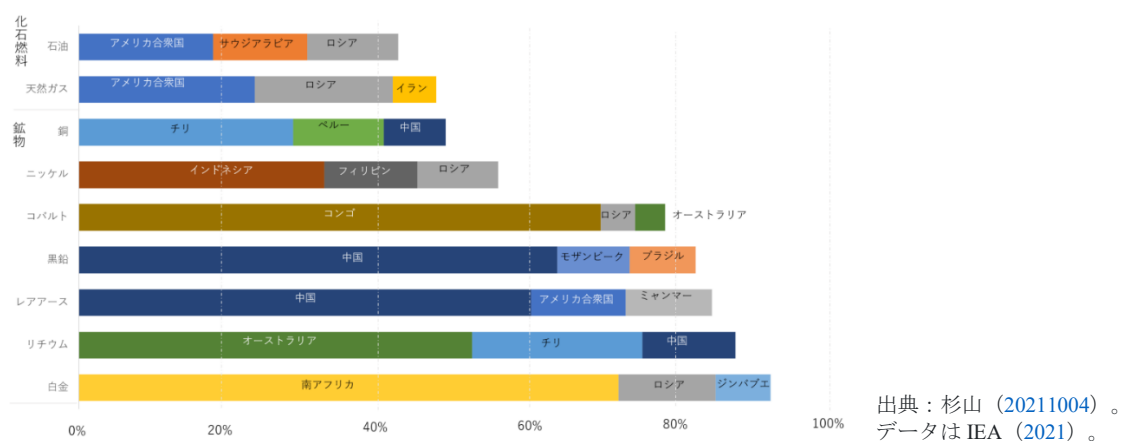


図 45：鉱物および燃料の総生産量における上位国

ハイテクに欠かせないレアアースについては中国の存在感は抜きんでている。中国の科技日報によると、中国内モンゴル自治区にある包頭市は、レアアース埋蔵量は 4350 万トンで、中国のレアアース埋蔵量の 83.7%、世界の埋蔵量の 38.7%を占めているという（李他 2019）。

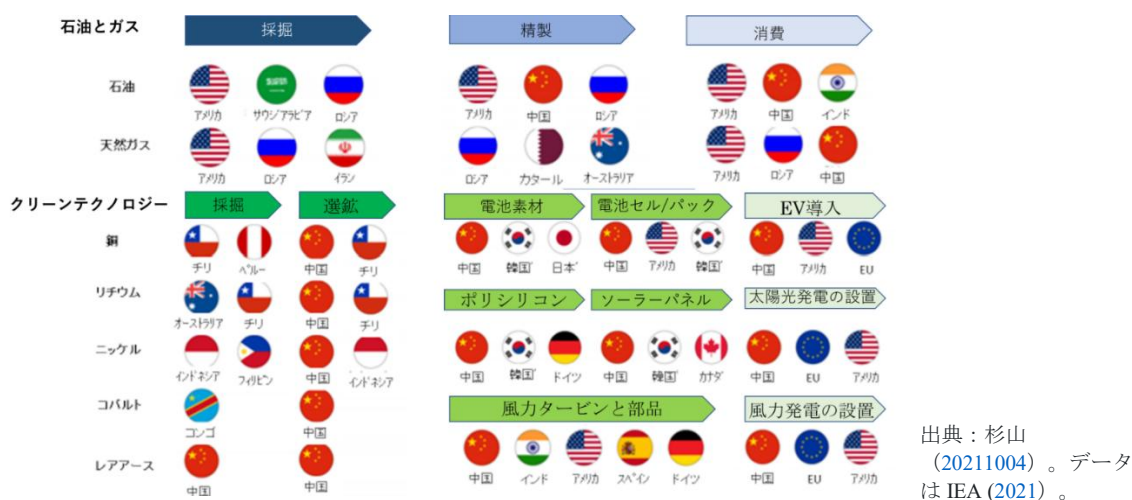
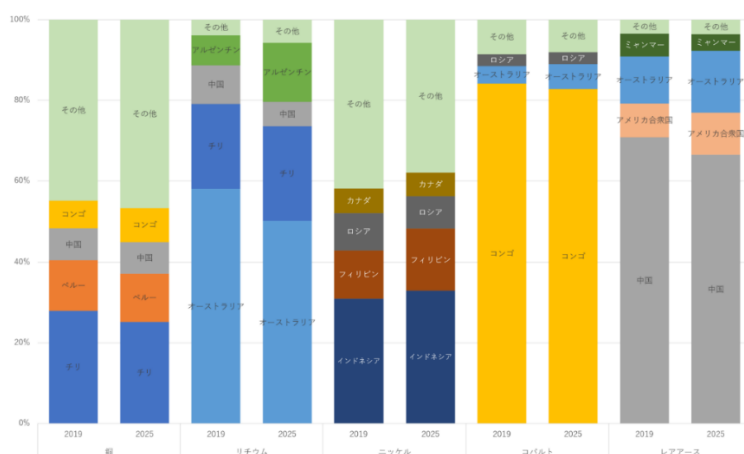


図 46：石油・ガスとクリーンエネルギー技術のサプライチェーン主要国

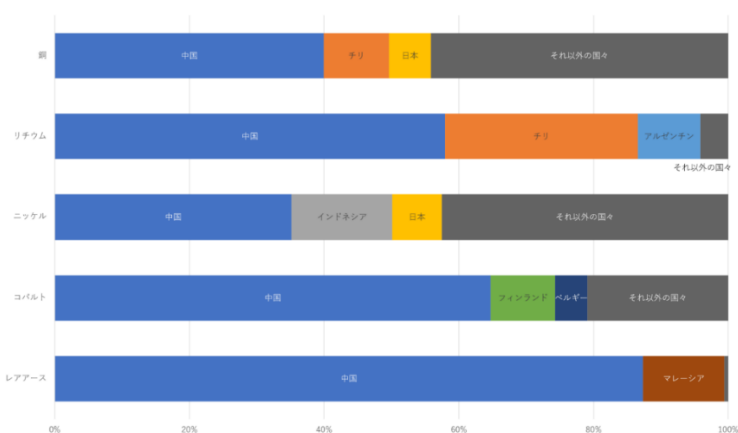
鉱物資源の生産には大きな投資を必要とするため、今後 5 年程度は生産量の国別シェアは大きく変わらない。図 47 はプロジェクト・パイプラインつまり着手済みの事業計画に基づいた 2025 年の予測を 2019 年と比較したものである。レアアースの中国依存はほぼ変わっていない。コバルトのコンゴ依存も長く問題視されてきたが、大きく変わらないと見られている。コンゴのコバルト生産は児童労働が疑われており、またコンゴのコバルト採掘は中国系企業によるものが主である。



出典：杉山（20211004）。データはIEA（2021）。注：2019年は実績値、2025年は予測値。

図 47：鉱物の主要生産国

前述したようにとくに環境負荷の高い選鉱工程では、中国のシェアが圧倒的に高い。図 48 を見るとレアアースでは9 割近いシェアを占めている。電気自動車などのバッテリーで多く使われるコバルトでも 6 割以上が中国になっている。



出典：杉山（20211004）。データはIEA（2021）。単位：%。注：2019 年値。銅についてのみ精錬量。

図 48：鉱物の選鉱量の国別シェア

このように、現在の太陽光パネル、風力発電、電気自動車などのサプライチェーンは重要鉱物を中国に依存している割合が高い。これを低減することが経済安全保障上の課題である。性急な導入拡大ではなく、まずサプライチェーンを再構築すべきである。

II.6.8. ウイグル人権問題に関する経済安全保障

経済安全保障とは、国益を確保するため、国家安全保障の経済面の課題に対応することである。近年、経済安全保障に注目が集まっている。その背景には、自由で開かれた民主主義国家と独裁者が統治する権威主義国家との覇権争いがある。この覇権争いが、再生可能エネルギー

ギーにも及んでいる。

経済安全保障の再生可能エネルギーとの関連では、「人権と経済安全保障」および「グリーン経済安保」（II.6.9 節）の 2 つが挙げられる。本節では人権と経済安全保障について述べよう。東西冷戦終結前の経済のグローバル化は、実質的に G7 の国際化であり、法の支配が共通理念であった。ヒト、モノ、カネの移動が、独裁政治の東側諸国では行われなかったため、労働者の権利や環境破壊等を無視した東西の経済競争は限定的であった。

東西冷戦が終結し、経済のグローバル化が進んだが、自由で開かれた民主主義国家と独裁者を個人崇拜する権威主義国家との価値観等の違いは先送りされる形で、グローバル化が行った。2001 年 12 月、中国が世界貿易機関（WTO）に正式加盟したが、このとき、価値観および政治制度の違いについては「中国が豊かになれば民主化する筈だ」という西側の思い込みに基づいて経済のグローバル化が進められた。

グローバル化推進の動機のひとつに株主資本主義がある。株主資本主義は「労働者はコスト」と考えるので、低賃金労働はコストの極小化を実現できる善い行ないとされる。人権侵害の考えがない権威主義国家において奴隷労働を利用して極大化された利益は、株主への配当や多国籍企業の経営陣の懐に入るインセンティブボーナスなどになる。利益の極大化のためには何をしてもよいという考えが、サプライチェーンを自国から権威主義国家へ移転する動機の一つになった。利益を極大化することを最優先する多国籍企業にとり、正当な対価を払わずに労働者に労働を強制する地域の存在は、製造原価に占める人件費を 0 にすることができるので魅力的である。労働者を保護する法律がある国で高い費用を払いながら生産するよりは、人権侵害に目をつぶり手段を選ばず、利益を増やしたい方がよいと考える企業が出現し、権威主義国家に建設した生産拠点で奴隷労働を黙認して利益の極大化に走ったのだ。ところが、強制労働の実態が、欧米のメディアで取り上げられるようになり、その結果、権威主義国家における人権侵害が問題視されることになった。

グローバル・サプライチェーンにおいて労働者の人権侵害や労働問題が報告され、国際人権団体などから批判を受ける事例が起きたことを受け、2011 年 6 月、国連は、企業と人権に関する事実上の基準文書である「ビジネスと人権に関する指導原則」を全会一致で支持した（国連人権理事会 2011）。2015 年にドイツのエルマウで行われた G7 首脳会議の宣言では、「世界的なサプライチェーンにおいて労働者の権利、一定水準の労働条件及び環境保護を促進する」が盛り込まれた（外務省 2015）。その後、各国では企業に人権を尊重する経営を求める動きが加速している。

人権尊重経営の考えが広がり、人権への負の影響（人権リスク）を特定、防止、軽減し、そしてどのように対処するかという継続的なプロセスである人権デュー・デリジェンスが広がった。前述の「ビジネスと人権に関する指導原則」では以下のように定義されている（外務省 2020）。

「人権への負の影響を特定し、防止し、軽減し、そしてどのように対処するかという
ことに責任をもつために、企業は人権デュー・デリジェンスを実行すべきである。」

そのプロセスは、実際のまたは潜在的な人権への影響を考量評価すること、その結論を取り入れ実行すること、それに対する反応を追跡検証すること、及びどのようにこの影響に対処するかについて知らせることを含むべきである。」

人権デュー・デリジェンスでは、企業がその企業活動を通じて引き起こしあるいは助長し、またはその取引関係によって企業の事業、商品またはサービスに直接関係する人権への負の影響を対象とすべきもの、とされている。これは企業の規模、人権の負の影響についてのリスク、及び事業の性質並びに状況によってその複雑さも異なる。企業の事業や事業の状況の進展に伴い、人権リスクが時とともに変りうることを認識したうえで、継続的に行われるべきであるとされる。

米国は中国の少数民族ウイグル人に対する人権侵害を問題視するようになった。2020年6月、トランプ大統領（当時）は、上下両院では圧倒的多数の賛成で可決された「ウイグル人権法」へ署名し、同法が成立した。その後、米国では、共和党から民主党へ政権交代が起きたが、2021年6月24日、バイデン政権は「中国新疆における強制労働についての新たな措置」との政策文書を公表した。政策文書の中で、太陽光パネルなどのシリカ系製品大手企業の製品の輸入禁止措置と強制労働によって生産された製品のリストに太陽光発電に関連するポリシリコンを追加した。

さらに12月、バイデン大統領は、ウイグル人権法を改正・強化し、同時にウイグル強制労働防止法（Uyghur Forced Labor Prevention Act : UFLPA）を成立させた。米中間における経済安全保障の領域は、「人権問題」に拡大した。米国は国際社会を主導し、すべての地域における強制労働の慣行を終了させること、ビザ規制、金融制裁、輸出入規制を含む、米国政府が利用できるすべての権限を駆使し、ウイグルにおける重大な人権侵害に対処することを方針としている。この改正ウイグル人権法やウイグル強制労働防止法は、日本の企業活動にも大きな影響を及ぼす。

すなわち米国のウイグル人権法の人権侵害行為に「責任を負う外国企業（日本企業など）・団体・人（中国の官吏を含む）」が追加された。また、制裁対象となる行為に「ウイグル人など民族的・宗教的少数派の人々、又は新疆ウイグル地区の他の人々の強制労働への関与」が追加された。製品、技術、サービスの提供を含む実質的な支援を行った日本人（非米国人）・日本企業なども、責任を負う者として、当局者と同じ制裁対象として扱われる可能性がある。

米大統領は、少なくとも毎年、議会の関連委員会にウイグル人、カザフ民族、キルギス人、その他のイスラム教徒の少数派グループのメンバー、または新疆ウイグル地区の他の人々に関し、A) 拷問、B) 残酷な、非人道的な、又は品位を傷つける扱い又は処罰、C) 起訴・裁判無くしての長期抑留、D) 拉致による人の失踪及びそれらの人の秘密の抑留の惹起、E) 人の生命、自由、又は安全に対する権利のその他の著しい否定、F) 強制労働に関連する深刻な人権侵害、のいずれかに責任を負う外国企業・団体・人（中国の官吏を含む）を特定する報告書を提出し、これらの者を制裁しなければならない。

ウイグル強制労働防止法の要点は、次の2点である。第1に、米国に輸入しようとする製

品に新疆ウイグル自治区で生産された部品他の物品が含まれていると、新疆ウイグル自治区以外で生産された製品でも米国に輸入できない。第 2 に、新疆ウイグル自治区人民政府と協働し、強制労働の対象者やウイグル人などの募集、移送、収容などに従事している日本企業のような新疆ウイグル自治区以外の企業や団体は、リストにされ公表される。リストにされ公表された企業や団体により生産された製品などの輸入は禁止となる。明確で説得力のある証拠を示し、輸入しようとする製品などの一部も強制労働によって採掘、生産、又は製造されていないことを立証すれば、米国へ輸出することは可能だが、実際に立証することはできないだろう。

この UFLPA の執行状態であるが、2023 年 7 月 18 日、米国税関・国境警備局（CBP）が更新した執行データによると、UFLPA に基づいて差し止めなどの対象となった輸入貨物は 7 月 1 日までに 4651 件（16 億 4000 万ドル相当）だった。そのうち、872 件（19%）は輸入が却下された一方、1849 件（40%）は輸入が許可され、残りの 1930 件（41%）は保留となっている（日本貿易振興機構 2023）。

産業別執行件数の第 1 位は、エレクトロニクスで 2156 件（13 億 7400 万ドル）である。第 2 位以下では、アパレル・履物・織物（812 件、3400 万ドル）、工業・製造材料（756 件、5300 万ドル）、農産物・調製品（283 件、1700 万ドル）と続き、アパレル製品、綿・綿製品、多結晶シリコン（ポリシリコン）を含むシリカ製品（太陽光発電製品など）、トマト・トマト製品を含む産業に執行が集中している。執行件数を原産国・地域別にみると、中国が 1708 件（2 億 700 万ドル）と最多であるが、ベトナム 1447 件（3 億 9700 万ドル）やマレーシア 1393 件（9 億 7800 万ドル）などでも多い。

こうした財の中で、再生可能エネルギーとの関連でとくに問題となるのは太陽光パネルの主要部材であるポリシリコンである。2021 年 4 月、米国の戦略国際問題研究所（CSIS）は、中国当局がウイグル人を強制収容し、収容施設で職業訓練と称して、ポリシリコンの製造で、無償や低賃金の労働を強制していると発表した。CSIS はその発表の中で、大手シリコンメーカー 5 社のうち 4 社が新疆ウイグル自治区にあり、ウイグル族収容施設において強制労働で製造された多結晶シリコンを使用している、市場の 95% 以上のシリコン製パネル部材が新疆ウイグル自治区で生産されていることなどを報告している。

英シェフィールドハラム大学のヘレナ・ケネディ国際司法センターで人権と現代奴隷制について研究するローラ・マーフィー博士と、ウイグル自治区で 19 年間生活していたサプライチェーン・アナリストのニロラ・エリマ氏は、ウイグルにおける強制労働の実態についてまとめた報告書を共同執筆した（Murphy and Elimä 2021）。米メディアの CNN によれば、エリマ氏のいところは新疆の収容所に送られており、CNN（2021）は以前、同地に住むエリマ氏の家族について報じたことがあるという。この報告書は、「白昼堂々ウイグル強制労働と世界の太陽光サプライチェーン」との題名で発表された。クリーンエネルギーの構成要素は環境に悪い石炭と強制労働で作られている可能性があるという、憂慮すべき実態の証拠を提示している（II.4.1 節）。

報告書は中国語、ウイグル語、英語に堪能な強制労働とサプライチェーンの専門家複数人の力を借りて編集された。企業の公開情報や政府発表、国営メディアの記事、ソーシャルメディアの投稿、産業レポート、衛星画像数百点を引用し、30 社以上について各社のサプライチェーンに強制労働が存在しないか調査した結果を詳述している。報告書は「太陽エネルギーに対する世界的な需要を受け、中国企業は環境への責任を可能な限り安く済ませることに注力してきた」が、「それに伴い、サプライチェーンの起点で働く労働者は多大な犠牲を強いられている」と指摘する。

新疆ウイグル自治区で製造された部材が使用された太陽光パネルが、米国で輸入できなくなり、再生可能エネルギー政策にも大きな影響を与える。米国国土安全保障省の副長官であるケン・クッチネッリ氏は、「強制労働が世界中で毎年 1000 億ドル以上の利益を生み出す」と述べている。強制労働を黙認する企業の目的は、市場価格を下回る商品を販売するために生産コストを下げることだ。クッチネッリ氏は、「強制労働は人権侵害であり、結局は私たちの経済に損害を与える」と述べている。

ウイグル人権法やウイグル強制労働防止法は、日本の企業活動に影響を及ぼすものである。前述の通り、米国大統領は、議会の関連委員会に、強制労働防止執行タスクフォースが作成する報告書を提出し、制裁しなければならない旨が規定されている。制裁の内容は、SDN リスト掲載、米国内資産凍結、ビザ発行禁止、既存のビザの取消、行政罰（25 万ドル以下又は取引額の 2 倍のいずれか大きい方の額の罰金）、刑事罰（法人：100 万ドル以下の罰金、個人：100 万ドル以下の罰金及び又は 20 年以下の収監処分）である。ここで SDN リスト（Special Designated Nationals and Blocked Persons List）とは、米国の安全保障を脅かすこと等を理由に規制対象として指定された個人・団体（および財産）を掲載したリストである。

米国の外国資産管理法に基づき、米国大統領は、国家安全保障を脅かすと指定した国や法人などを SDN リストに記載し公表する。国財務省外国資産管理局（OFAC）が外国資産管理法を執行する「OFAC 規制」においては、SDN リストに記載された制裁対象は、米ドル建ての送金凍結、米国国内に保有する資産凍結などが規定されている。

英仏加豪独などは、現代奴隷法や人権デュー・デリジェンス法などを相次いで制定し、人権デュー・デリジェンスを法的義務とする例が増えている。人権問題は経済安全保障と密接不可分になった。人権侵害リスクをとり、新疆ウイグル自治区で製造された部材を使うかどうか、日本企業の経営者に問われている。

II.6.9. グリーン経済安全保障

グリーン経済安全保障とは、2022 年 2 月のロシアによるウクライナ侵略戦争を契機に登場した考えである。翌 3 月、欧州連合とその加盟国の首脳が、ロシアによるウクライナへの侵攻と EU の中長期的な対応について協議が行うためにベルサイユで会合を実施した。この会談後、ベルサイユ宣言が採択された。その内容は、1) EU の防衛能力の強化、2) 強固な経済

基盤の構築、3) ロシアを念頭に置いた化石燃料の依存解消、持続可能なエネルギーの開発の加速化である。欧州委員会へ 3 月末までに、来冬に向けた安価なエネルギーの安定供給の確保に向けた計画を、5 月末までに、ロシア産化石燃料からの脱却計画「リパワーEU」を、それぞれ提案するよう求めた。

リパワーEU 計画は 1) 省エネ、2) 輸入先の多角化、3) クリーンエネルギーへの移行加速の三本柱で構成されている。この背景には、2022 年 6 月にロシア国営の天然ガス会社ガスプロムがノルドストリーム経由の供給量を通常の 4 割に削減し、同年 7 月には 2 割にまで減らしたことがある。経済的威圧（エコノミック・ステイトクラフト）をかけたのである。さらに、同年 9 月、ノルドストリームが原因不明の爆発事故を起こし、欧州の危機感はさらに高まった。

2023 年 6 月 20 日、ロシアによる経済的威圧に直面した欧州委員会は、EU 初の経済安全保障戦略を発表した。中国に関する名指しは避けたものの中国を念頭に置いて、サプライチェーンに関するリスク、重要インフラに関するリスク、技術流出に関するリスク、経済的依存・威圧に関するリスクを念頭に、欧州委は、経済安保リスクの特定と評価を実施した上で、経済安保リスク対策として、投資や輸出に対する制限などを強化するとした。

中国を念頭に置いた理由は、人権侵害（強制労働）問題に加え、太陽光パネルなどの市場占有率にある。2023 年 11 月 7 日、エネルギー調査会社ウッド・マッキンゼーは、2026 年にかけて中国が太陽光発電設備の世界シェアの八割超を独占するとの見通しを発表した。同社によると、中国は 2023 年、太陽光発電産業に 1300 億ドル超を投資し、2024 年には発電容量が 1TW を超えるウエハーや太陽電池、ソーラーパネルを生産し、2032 年まで毎年の世界需要を十分満たす供給能力を備えるという。

不透明な産業補助金を使い相手国にダンピング輸出攻勢を行い、相手国の企業を事業撤退に追い込み、その事業に債権放棄をさせて二束三文で買いたたくのは、中国のお家芸である。こうして、太陽光パネルの市場を独占した後に、中国の言い分を聞かない国に対して、経済的威圧をかけ、相手国が膝を屈するように仕向けるのが、中国が新たに打ち出した双循環戦略だ。米政権が後押しする国産ブームに期待する米国内の供給業者の間では、中国によるソーラーパネルのダンピング攻勢への懸念が高まっている（ロイター [2023b](#)）。

2024 年 1 月 24 日、2023 年 6 月に発表した EU 初の経済安全保障戦略に基づき、欧州委員会は、経済安全保障に関する政策パッケージを発表した。

- 1) 対内直接投資審査規則の改正案：安全保障の観点から、各加盟国が EU 域外企業による域内投資を審査する際の共通枠組みを強化する。
- 2) 軍民両用物品の輸出規制に関する白書：各加盟国が実施する軍民両用物品の輸出規制について、EU レベルでの加盟国間の調整強化を検討する。
- 3) 対外投資規制に関する白書：域内企業による域外国への人工知能や量子計算などへの投資を審査する対外投資スクリーニング制度の要否やその在り方を検討する。
- 4) 軍民両用物品の研究開発支援に関する白書：現行の EU 支援プログラムは、民生用と

軍事用とを厳格に区別した上で運用されており、民生・軍事双方への転用可能性のある技術開発の支援不足が指摘されている。こうした技術開発の支援強化の可否を含め、EU 支援プログラムの今後の在り方を検討する。

- 5) 域内の研究開発におけるセキュリティー強化に関する理事会勧告案：域内の研究機関による安全保障上重要な技術の知見に関し、域外国による軍事利用が懸念されている。そこで、域外国への流出を防止すべく、加盟国や研究機関に対する EU レベルの指針などを提示する。

こうして、ロシアによるウクライナ侵略戦争は、化石燃料を中心とした産業構造をクリーンエネルギー中心の構造に転換する取り組み、日本で言えばグリーントランスフォーメーション（GX）に影響を及ぼした。具体的には、ロシアと中国を念頭に、脱炭素や環境保護に必要な資源や製品の確保、新しいクリーン技術の開発・保護など、GX と経済安全保障とを関連付けるグリーン経済安保という新しい概念が登場した。

わが国では、2022 年 5 月 11 日に「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律」（以下、経済安全保障推進法）が成立し、同月 18 日に公布された。この法律の趣旨は、法制上の手当てが必要な喫緊の課題に対応するため、1) 重要物資の安定的な供給の確保、2) 基幹インフラ役務の安定的な提供の確保、3) 先端的な重要技術の開発支援、4) 特許出願の非公開、に関する 4 つの制度を創設するものである（内閣府政策統括官（経済安全保障担当） 2022）。

再生可能エネルギーとの関連では、上記の 2) 基幹インフラの安全性・信頼性を確保するため特定社会基盤事業者として、14 の指定された業種の 1 つが「電気」事業である。しかし、この制度は、懸念国がわが国の重要インフラ設備にマルウェアなどの不正機能の埋め込みや脆弱性の悪用などを通じた国民生活への破壊行為を防止することを目的とするものであり、再生可能エネルギーそのものを直接扱うものではない。グリーン安全保障そのものの法制化は、これからである。わが国は、太陽光パネルなどで高い市場占有率を有する中国を念頭に置いたグリーン経済安保を推進する必要がある。

II.6.10. 洋上風力発電が日本を貧しくする

2024 年度予算成立に伴い行われた演説の中で、岸田首相がエネルギー問題に触れた部分があった。脱炭素を進めることにより経済成長を図るとというのがその主旨だったが、経済成長実現はどのような計算から弾き出されたのだろうか。脱炭素を図るためにエネルギー転換を行えば、間違いなくコストは上昇し、エネルギー価格は上昇する。経済成長にはマイナスになるに違いない。再エネ設備を導入し成長を図るといっているのであれば、それは、すでに夢物語であることは、2009 年末に当時の民主党政権が発表した「新成長戦略（基本方針）」（日本政府 2009）において、強みを活かす成長分野の第 1 として掲げられた「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」で実証されている。

太陽光パネル製造を中心に産業を興し成長を実現する目標だったが、2020 年に 50 兆円とされた出荷増はなかった。140 万人の雇用創出もなかった。再エネ設備に係る製造業の雇用は増えるどころか減少した。出荷額と雇用が増えたのは、日本とドイツに代わりパネル製造の中心地になった中国だった。今、太陽光パネル部品の 9 割以上、製品の 7 割以上は中国製になり、かつてシャープ、京セラ、ドイツ Q セルズが上位を占めていた製造量ランキングは中国メーカーが独占している。日本の太陽光パネル導入は中国企業の成長を助けただけだった。日本で導入される太陽光パネルの 97%は輸入されている。

エネルギー価格上昇が経済に与える影響については、低廉なロシア産天然ガスを失ったドイツが実例を示している。IMF は、低廉なロシア産化石燃料を失ったドイツのエネルギー価格と経済成長の関係をモデルにより分析している (Chen et al. 2023)。分析結果は、エネルギー価格がコロナ禍前から 20%上昇しそのレベルに留まれば、ドイツの GDP を 1.2%引き下げるとの結論だった。

先進国の中では、ドイツと日本だけが製造業比率が高い国である。ドイツはロシア産の安価な天然ガスを利用し産業を支えた。日本は臨海に発電所、工場、製油所を建設し、海外から競争力のある化石燃料を購入することにより産業を支えた。

ドイツは、再エネ導入を続け電気料金を上昇させたが、エネルギー多消費型産業には補助を行い電気料金の上昇を抑制した。家庭用電気料金は 2022 年に固定価格買取制度 (FIT) の賦課金を政府負担に変えたにもかかわらず、2023 年に 1kWh あたり 45.73 ユーロセントに上昇した。日本円で 70 円を超えている。

いま、日本政府が実行しようと岸田首相が力を入れるエネルギー政策はドイツの後追いをすることに近い。ドイツが低廉なロシア産化石燃料を失ったように日本も低廉な化石燃料を失い、経済力を落とすことになる。ドイツと日本には大きく異なる点がある。政府の財政である。ドイツ政府は伝統的に健全財政であったが、日本政府は多くの負債を抱えておりこれ以上負債を膨らませる形で補助金を出し続けることは困難である。待ち受けるのは、産業の流出、国民の疲弊だろう。

既存の再エネ政策を評価してみるとマイナス面ばかりが目立つ。2012 年 7 月の FIT 導入により、太陽光発電設備を中心に再エネの導入量は爆発的に増えた。電力広域的運用推進機関 (2023) によれば、2023 年度における再エネ等の設備容量は、一般水力 2174 万 kW、揚水 2793 万 kW、風力 623 万 kW、太陽光 7332 万 kW、地熱 52 万 kW、バイオマス 605 万 kW、廃棄物 91 万 kW、蓄電池 22 万 kW であり、合計 1 億 3639 万 kW である。再エネは全設備容量 3 億 2184 万 kW のうち 42%を占めている。水力を除くと 8725 万 kW と、全設備容量に占める比率は 27%である。一方、想定総発電量は 9185 億 kWh であり、そのうち水力を除く再エネの発電量は 1416 億 kWh と 15%しかない。再エネ設備の利用率が低いためだ。

その利用率が低い再エネ電源に対し FIT 開始後電気料金から支払った累計の金額は、エネ庁の資料によると 2023 年 9 月末で 26 兆 9728 億円に達している。太陽光発電だけで、17 兆 7882 億円ある。節約された化石燃料代金を差し引いても十数兆円の負担を行ったが、そ

の効果はあったのだろうか。

一つの効果は自給率の向上だ。再エネ導入による自給率向上は4%程度あった。ただし、安定供給という面では再エネ電源導入はピーク電源対応の石油火力の利用度をさらに引き下げ、電力危機の原因を作ったので、再エネ導入の効果は安定供給にはマイナスだ。

二酸化炭素の削減にも効果はあったが、FIT 導入後の削減量は約4億トン程度だ。約27兆円で4億トン。CO₂の1トン当たり7万円近い費用をかけての削減は、費用対効果の面から大きな疑問と言わざるを得ない。

FIT による電気料金への影響は毎年上昇していたが、2023年度は化石燃料価格の上昇により、賦課金額は1kWh当たり1.4円に下落した。化石燃料価格の落ち着きを受け、2024年5月からは3.49円に跳ね上がる。家庭も、産業も追加で2.09円の負担になる。同時に政府による激変緩和措置の補助金もなくなるので、負担額は一段と増える。産業界も賃上げどころではなくなる可能性がある。

産業振興も安全保障、温暖化対策、経済成長、どれも効果が疑問だらけの再エネ導入を、政府はまだ続ける計画だ。その目玉は洋上風力設備の導入だ。2030年までに約1000万kWの案件形成が目標とされている。太陽光発電設備導入で踏んだ轍を再度踏もうとしている。

日本政府は洋上風力発電の設備製造による経済成長を目指すというが、これは可能だろうか。洋上風力導入は、欧州、米国、中国でもブームになっている。数年前までは、英国、ドイツ、デンマークなど風況の良い北海とバルト海を抱える欧州諸国の独壇場だったが、2020年頃から中国が急速に導入度を増やし、2022年末の世界の累積導入量6400万kWのほぼ半分を占める状況になっている。2021年には中国だけで1700万kWを超える導入を行い、瞬時にそれまで一位であった英国を抜き去った。

中国の狙いは、太陽光発電設備で成功したのと同じ戦略を実行することにある。太陽光発電設備製造では、日独企業が先行したが、中国は大きな太陽光発電設備導入を続けることにより国内市場を拡大し、国内メーカーを育てることに成功した。2022年末の世界の太陽光発電設備導入量11億8500万kWのうち、4億1500万kWは中国に設置されている。35%のシェアはむろん世界一だ。

中国は風力発電でも大きな市場を作り、設備供給でも世界一に躍りでた。2022年の主要設備の製造能力では、ブレードで世界シェアの60%、発電機65%、変速機75%のシェアを持つ。加えてネオジム磁石などの重要部品、原材料の供給も中国が握る。

中国に依存しなければ、洋上風力開発を進めるのが難しい状況だが、それにもかかわらず、欧米は洋上風力開発に注力している。条件に恵まれた太陽光発電設備の導入が進み、適地が少なくなっていることと、パネルには中国依存の問題があること、さらに陸上風力でも景観、騒音などの問題から適地が少なくなっていることがある。

洋上風力設備の導入費用は陸上よりも高くなるが、風況が陸上よりも良いため、相対的に大きな発電量が得られることも各国が洋上風力導入に踏み切る動機だ。2023年7月の広島サミットの首脳宣言では、「現在のG7国の設置容量2300万kWの洋上風力発電設備を

2030 年までに 1 億 5000 万 kW 増加させる」ことが謳われた。

中国依存を避けるため、欧州委員会、欧州諸国は公的な入札に際し、価格以外の条件を付けることを検討中だ。たとえば、サイバーセキュリティを条件に付けることにより中国製の締め出しを狙っている。また、米国は電気自動車への補助金に見られるように、中国をロシア、イラン、北朝鮮に並び懸念のある海外組織を支える国として補助金の対象外としている。中国はこの補助金は不公平として国際貿易機関（WTO）に提訴したが、米国政府の中国に対する厳しい姿勢は変わらないだろう。

一方、日本では中国製品に対する対策は取られていない。国内部品比率の目標を 60% とし製品導入を図る。日本の大手重工メーカーは、かつて風力発電設備を製造していたが、全社撤退した。中国、欧州製と競争できなかったためだ。日本製部品の比率が 60% になれば、コストを押し上げ、洋上風力の発電コストを上昇させるだろう。その前に、事業者が高い設備を購入するだろうか。

仮に競争力のある洋上風力設備が導入できても、日本の自然条件は欧米に劣るので日本の相対的な発電コストは高くなり、産業の国際競争力上マイナスの影響を与える。日本は風況に恵まれず、海域の地形にも恵まれないためだ。おまけに、遠隔地に建設される設備から需要地に送電するには送電設備を増強する必要がある。

それでは、洋上風力のコストは日本ではいくらになるのだろうか。第 6 次エネルギー基本計画の際の電源別発電コストを検証した際に、参考として統合コストも示された（資源エネルギー庁 2021b）。送電、あるいはバックアップ電源に係るコストを反映したのが統合コストだ。2030 年に新規電源を運転開始する際のモデルによる陸上風力の費用は 1kWh 当たり 14.7 円だが、統合費用を含めると 18.5 円。太陽光発電のコストは 11.2 円から 18.9 円に跳ね上がる。洋上風力の統合コストは示されていないが、政策費を含めた発電コストは、26.1 円とされている。この高い発電コストはさらに統合費用により押し上げられる。その上に資機材費の値上がりがある。

ロシアが引き起こした欧州発のエネルギー危機は、インフレを引き起こし資機材のコストが上昇した。この上昇は、建設中の洋上風力事業に大きな影響を与えた。2023 年 7 月に、スウェーデンの電力大手バッテンホールは、英国北海で進めていた洋上風力発電事業からの撤退を発表した。バッテンホールは、140 万 kW のノーフォーク・ボレアス洋上風力の差額保障契約（CfD）を 2022 年に英国政府と締結した。売電価格は 2012 年価格で 1000kW 時当たり 37.35 ポンド、現在の価格に換算すると約 45 ポンド（1kW 時当たり 8.6 円）だった。

当初予定していた投資額が 40% 上昇したのが、事業から撤退する理由と説明された。契約の売電価格では赤字になるのだが、CfD では条件の変更は認められない。洋上風力事業では、着手から運転開始までに数年以上かかるが、その間に習熟曲線と規模の経済により設備費が下落する期待があった。事業者は設備費の下落分も織り込みコストを計算していると言われていたが、インフレにより事態はまったく逆になった。コストの値下がりではなく、値上がりを前提に入札することが必要になっている。

事業からの撤退は米国東海岸でも相次いだ。東海岸の風況は、欧州北海よりは劣るものの、日本の沿岸には勝る。米国北東部の州は温暖化対策に熱心であり非炭素電源として比較的使用率が高い洋上風力に目を付けた。多くの企業が北東部の沿岸にて事業に着手したが、すでに撤退が続いている。

米国の大手エネルギー企業アバングリッドは、マサチューセッツ州の 122 万 kW の洋上風力事業について同州の 3 電力会社との間で売電契約を 2022 年に締結したが、2023 年 7 月に 4800 万ドル（約 72 億円）の違約金の支払いによる契約解除が合意された。

風力発電事業では世界最大手のデンマーク・オーステッドは、米国で現在進められている洋上風力事業の半分に関与している。2023 年 11 月オーステッドは、ニュージャージー州の 225 万 kW の事業について中断を発表した。最大 56 億ドルの減損が生じるため、株価は大きく下落した。

ニューヨーク州で進める 92 万 kW の事業については、同州で事業を進める英エネルギー大手 BP の合弁事業と歩調を合わせ売電価格の引き上げを要求した。BP はノルウェーのエクイノールと共同で進める同州の 3 事業（合計 330 万 kW）について、契約期間の延長と合わせ 3 事業の売電価格、1kW 時当たり 11.838 セント、10.75 セント、11.8 セントを、それぞれ 15.964 セント、17.784 セント、19.082 セントへの引き上げを要請した。

州政府公共事業委員会は要請を拒否したが、同委員会によると見直しによる消費者の負担増は 267 億ドル。家庭用電気料金の 2.3%から 6.7%引き上げに相当する影響がある。今年 1 月に BP とエクイノールは一部事業の中止を発表した。ニューヨーク州政府は、BP/エクイノールとオーステッドの事業を再入札することとし、現在の事業者にも入札が認められた。その結果、オーステッドとエクイノールの落札が 2 月に発表され、旧契約に代わり新契約を締結することが認められた。契約は今年の第 2 四半期に締結される予定だ。

ニューヨーク州は、2030 年までに 900 万 kW の洋上風力を導入する計画であり、昨年 10 月には合計 400 万 kW を超える 3 事業について合意したと発表している。この 3 契約によりニューヨーク州の家庭の平均支払額は月 2.93 ドル上昇する見込みとされており、洋上風力の電力価格への影響は小さい。

2023 年の洋上風力発電事業の入札への応札者がゼロだった英国では、2024 年の入札では上限価格を大幅に引き上げると発表した。着床式と浮体式の上限価格は、それぞれ 73 ポンド/MWh と 176 ポンド/MWh だ。2012 年価格なので、現在価格による円建て換算では 19 円/kWh と 46 円/kWh だ。

国際エネルギー機関によると英国の洋上風力の発電コストは、日本の 4 分の 1 程度だ。風況と地形の違いが作り出すコスト差だろうが、英国の発電コストから考えると、日本のこれからの洋上風力の発電コストはいくらになるのだろうか。

2024 年になり、洋上風力事業が復活しているとの報道があるが、その前提は売電価格の引き上げだ。設備価格の上昇も織り込んだ今までとは違う洋上風力のコストが、これからの事業の前提になるだろう。日本の洋上風力の FIP での入札ではプレミアムを実質必要とし

ない入札が続いているが、欧米より風況が劣る日本でプレミアムゼロが続くことは考えられない。相対での事業者によりな売電契約が成立しない限り、洋上風力の価格は上昇せざるをえない。

洋上風力事業は産業も雇用も生みそうにない。その導入は間違いなく、電力価格を引き上げ、家庭と産業に悪影響を与える。一方、製造業への寄与もない。洋上風力導入に際しては港湾整備、積み込み設備が必要になるが、その費用は電気料金に付けるしかない。設備の部品を日本で作れば、欧州、中国製よりも高くなり、設備費の上昇になり、発電コストを引き上げる。それも電気料金で面倒を見るしかない。

再エネは雇用を作り出すのは事実だが、雇用の大半は建設に際しての一時的なものだ。製造に係る恒久的な雇用は限定される。ドイツでは2014年のFIT見直しにより太陽光発電設備導入量が減少した。その結果、2011年の太陽光関連15万7000人の雇用は、2015年に4万8000人にまで減少した。陸上風力でも同様のことが起こった。2018年ごろから、景観、騒音の問題から陸上風力の建設が減少した。その結果2016年の雇用13万8000人は、2021年6万1000人まで減少した。

厳しい人口減少が予測されている地域では、洋上風力に期待する声がある。しかし、建設が終われば雇用は生まれない。洋上風力が生み出す収益の大半も都市部に拠点を置く投資家のもとに流れていく。洋上風力がもたらすものは、疲弊した経済だけということになりかねない。成長と雇用増を得るのは中国ということになるだろう。この政策を進めるのが国民のためになるのだろうか。

II.7. 過剰な省エネ規制の廃止

II.7.1. 現実と乖離する省エネ目標

欧州委員会は温室効果ガスの排出削減、エネルギー安全保障の改善、さらに産業競争力の強化のため、最も費用対効果の高い手段のひとつとして「効率性ファースト（efficiency first）」というモットーを掲げてきた（European Commission 2019）。エネルギー消費における効率性の改善は、「第5の燃料（5th fuel）」⁴⁴、あるいは「見えざる燃料（invisible fuel）」とも称されてきた。カルフォルニア大学バークレー校の物理学者リチャード・ムラー教授は、将来の合衆国大統領に向けた提言として、エネルギー効率の改善による「チャンスは途方もなく大きく、しかもほとんどが未開発の状態」にあり、「コストはゼロ」であり「お金を節約し、輸入を減らし、しかもそのうえ、経済を活性化」できるとした（Muller 2012）。だが、いわゆる省エネの推進は、第一次オイルショック後に政府の仕事として織り込まれてから、すでに半世紀が経過している。ゼロコストどころか、拙速に推進を求め続ければ、それは最も高い「燃料」ともなるかもしれない。

⁴⁴ この文脈における4つの燃料とは、石炭、炭化水素（石油・天然ガス）、核燃料、そして再エネである。

省エネには、消費者が意識的に運転・使用時に削減を行うものと、その前段階として資本財や耐久消費財の性能として取得時から組み込まれているものがある。ここで重要なのは、エネルギー価格の上昇が、市場メカニズムを通じて（政策的な介入がなくとも）両者のプロセスに影響を及ぼしている点である。価格上昇は、家計や企業に対し合理的な消費選択を促し、省エネの行動を自然と誘導する。とりわけ、日本は長らく米国に比べて2倍以上の高いエネルギー価格に直面してきた。さらに2011年の東日本大震災では深刻な節電要請を経験したこともあり、上述の両面において高い水準のエネルギー効率性が達成されているのは当然ともいえる。

しかし政府は、政策の効率性が明らかでないにもかかわらず、繰り返し省エネ要請を宣伝し、省エネ法の強化を通じて、消費者や生産者の行動を制約するような補助金政策を推進している。それは資本財の稼働を制限したり、新たな資本財の早期導入を促したりするものである。省エネに関しては、「利用可能な最良の技術（best available technology: BAT）」は常に存在している。資本財の使用期間は10年以上に及ぶことが一般的であり、その期間中は導入時点の技術に固定される。したがって、新しい省エネ技術は、いずれ更新投資のタイミングで自然に導入されていくものである。

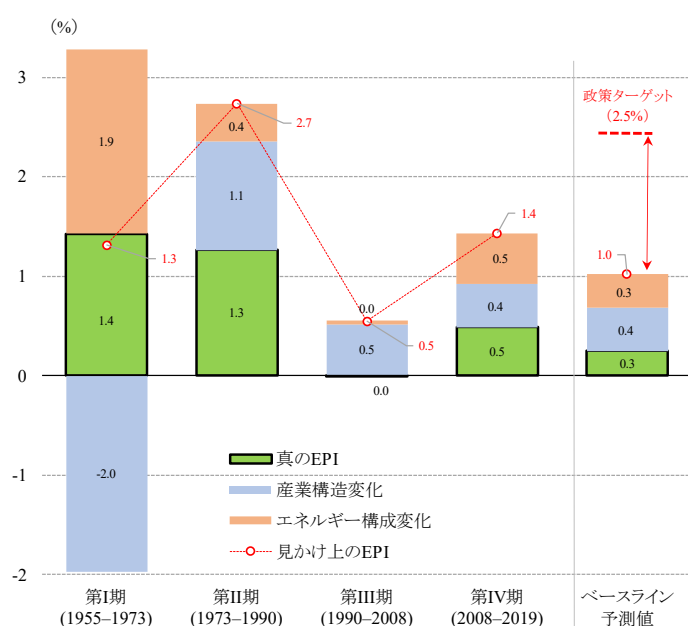
省エネ性能の向上にかかるコストは目に見えにくいだが、資本財の価格に内包されている。一般に、省エネ技術においてもコスト低下の傾向があるが、次の更新投資の機会など時間において導入した方が、より高性能の技術を、追加的なコスト負担なく享受できる可能性がある。つまり、長期的にはエネルギー価格が（他の生産要素に比して）相対的に上昇し、省エネ技術のコストが低下していくような状況のもとでは、省エネは市場メカニズムの中で自律的に進行するのである。

ところが、補助金政策により BAT の普及を急げば、社会全体としてのコスト負担は増大する。稼働段階では省エネ効果が見えても、まだ使用可能であった資本財を早期に除却することになり、ライフサイクル全体で見れば必ずしも環境に優しいとは限らない。重要なのは、それがもともと近い将来に導入されるはずだった省エネ機会であり、政策によって前倒しされたに過ぎないという点である。BAT の導入は分かりやすく目に見えるため、政策的に推進されやすいが、その導入コストはすでに高騰しており、さまざまな業種にヒアリングをしている経団連（2025）もそうした危惧を指摘している。

マクロ的な「省エネ」の評価は歪んでもいる。かつて内閣府（2021）は、2000年代半ばからのエネルギー効率の変化を観察しながら、震災後には「エネルギー効率向上・省エネへの取組が実を結んでいる」と楽観していた。しかしそれはマクロとして観察された「見かけ上の」改善にすぎない。サービス化など産業構造の変化があつたとしても、エネルギー多消費産業の海外流出による空洞化ですらも、マクロ的には省エネであるかのように測定されてしまうからである。図49は、一国経済の見かけ上の省エネについての構造変化要因を、1955年からコロナ禍前となる2019年まで、大きく4つの期間ごとに分解している。各期間において見かけ上の省エネが線グラフによって描かれており、産業構造とエネルギー構成

の変化によって導かれたエネルギー消費量の減少による影響を取り除いた、真の省エネへと分解される⁴⁵。

ここでは2つのことに注目したい。第1は近年（2008–2019年）における年率1.4%もの高い「見かけ上の省エネ」は、構造変化を統御していくことで、「真の省エネ」は0.5%まで低下することである。そしてこの期間の化学業では、その製品構成の変化による影響がとくに大きい。そうした影響を取り除いたもの（右のベースライン推計値）では、「真の省エネ」は年率0.3%にまで低下する。つまり、政府が高く評価する「見かけ上の省エネ」は空洞化を含むさまざまな影響を含んだものに過ぎず、それを取り除いた「真の省エネ」とは5分1ほどに過ぎないのである。



出典：野村(2021, 第2章)の更新推計値。
単位：％（年平均成長率）。最右系列は、化学業内での製品構成変化による影響を考慮したもとで、将来の日本経済のベースラインとなる EPI の予測値である。そこで政策ターゲットとした年率 2.5%は、2030 年度の削減目標（2013 年比▲46%）に相応している。

図 49：「見かけ上の省エネ」の要因分解

第2に、政策ターゲットとの乖離である。2030年度の削減目標（2013年比▲46%）は年率2.5%ほど（オイルショック後の見かけ上の省エネである年率2.7%と類似）するが、それは今後も近年と同様な産業構造変化が生じると想定したもとのベースライン推計値（1.0%）とは大きく乖離している。年率1.5ポイントもの乖離を埋めるべく省エネ政策が強化されるならば、その見かけ上の善良さに反し、産業空洞化を促し（I.1.2節）、国内生産と資本蓄積の抑制を強いることになりかねない。そして憂慮すべきことは、政策がその抑制に“成功”するならば、政府の目には「見かけ上の省エネ」が実現したように映ることである。「まれに見るオントラックな削減」（I.1.2節）と同じ構造がそこにはある。省エネ政策の虚構性から脱却しなければならない。

⁴⁵ ここでのエネルギー構成変化には、発電や石油精製などのエネルギー転換における効率性の改善（転換要因）や、電力などのより質の高いエネルギー利用の拡大（高度化要因）の2つを含んでいる（野村 2021, 第2章）。

II.7.2. 省エネ規制の緩和

日本の省エネ規制は省エネルギー法（エネルギーの使用の合理化等に関する法律）を中心に整備されてきたが、積極的な反対論が出づらことから、法改正に伴ってその規制の対象と範囲は拡大する一方となっている。元来、省エネとは、企業や家庭のコスト低減という経済的な営みの一部であり、企業や家庭が自らそのコストとのバランスを考慮して行うものである。それはエネルギーを合理的に利用することで光熱費を低減し、設備投資費用を回収しながら、なお利益を上げるというものだ。利益が上がるゆえに、民間部門においても、省エネに対して包括的なサービスを提供し、実現した導入メリットの一部を報酬として受け取る ESCO 事業（energy service company）も存在している。省エネの推進・支援において、政府の役割が過剰になると、民間企業や家計のコスト増や非効率な資源配分をもたらす。

一世紀にもわたり米国に比して 2 倍以上の高いエネルギー価格に直面することを強いられた日本では、エネルギー生産性を高めるインセンティブは長期にわたり組み込まれてきている。エネルギーの合理的な利用とは、単位エネルギーあたり生産量という一面だけを傾斜して高めることではなく、生産活動全体の効率を高めるものでなければならない。省エネは「その見かけ上の善良さに反し、直接・間接に労働生産性を低下させ⁴⁶、そして国内生産と資本蓄積とを躊躇させる、静かながらも強固なデフレ要因」となってきた（野村 2023a）。省エネ法が 1979 年に制定されてから、すでに半世紀近くが経過した。「政府の失敗」はもはや小さなものではなく、政府介入は限定的にすべきである（II.7.2 節）。

実際のところ、地球温暖化問題が政治的課題になる以前の日本の省エネ規制は、投資回収が可能な範囲における合理的なエネルギー利用を促進すること、つまりは省エネルギーを妨げる情報の障壁（バリア）を取り除くことを主な目的として実施してきた（杉山・木村・野田 2010）。だが近年になって、脱炭素のためとしてこれが強化され、さまざまな弊害をもたらしている。

第 1 に、エネルギー効率基準値が引き上げられた結果、設備投資額の増加などの形で事業者や家庭にとってのコスト負担が（ときにはそれが見えないままに）生じるようになった。第 2 に、政府・自治体による補助金が増え、その原資の負担という形でエネルギーコストの上昇などのマクロ経済の負担となってきた。現在では省エネ補助金だけで年間 2000 億円を超えている（経済産業省資料）。第 3 に、省エネ規制の下での事業者には義務付けられた報告事項が増え、煩雑化した。第 4 に、省エネルギー法の下で再エネ推進、CO2 規制とデマンドレスポンス規制が追加された。これらの規制は事業者にとって、経済合理的な省エネの水準

⁴⁶ エネルギー消費の規制が、直接的に労働生産性を毀損される事例は次のようなものである。2019 年夏、兵庫県姫路市役所が室内温度を 25 度に設定したところ（環境省は冷房使用時の室温を 28 度に推奨）、光熱費は約 7 万円の増加となったが、前年比で総残業時間は 14.3% 減少し、人件費を約 1400 万円削減できたと評価される（姫路市 市長記者会見内容 2019 年 10 月 17 日）。間接的な労働生産性の毀損とは、資本（機械設備）の稼働にはエネルギーが必要であり、ゆえにエネルギー消費の削減のために資本の稼働が抑制されたり（複数のエレベーターのうち一部を止めることで、利用者の待ち時間を長くして労働生産性を低下させる）、国内での資本蓄積が低迷したり（そもそも設備投資を抑制）することにより生じる（野村 2021, 第 4 章）。労働の生産性上昇の鍵は、労働者の個々人の能力や努力などよりも、労働者が利用できる資本の量と質に依存する。間接的な毀損は、中長期的には直接的な毀損を上回ると考えられる。

を超えた非効率なコスト負担をもたらしている。そして第 5 に、かつての省エネルギー法は工場におけるボイラーのエネルギー効率の管理や家庭におけるエアコンの効率の基準など、主要なエネルギー設備・機器のみを対象としてきたが、その後対象が拡大し、膨大な設備・機器・建築物を対象とするものになった。このため、事業者に義務付けられた報告の作成・提出等の手続きは煩雑になってコスト負担となる一方で、それによる見返りとしての光熱費削減量は低下しており、全体としてはコスト増となっている。

エネルギー利用の在り方も従前とは大きく変わった。第 1 に、エネルギー利用設備・機器は、ICT 化を含めてさまざまな高機能が付加され、複雑化・多様化した。このため、ある製品群に一律の基準値を決めてそれを義務化するという規制方法は、手間がかかる一方で、省エネを通じた経済性の向上という効果には疑問が生じるものとなった。

第 2 に、インターネットを利用して、豊富に情報が流通するようになっている。わざわざ、策定が困難な長期省エネ計画や、データの収集作業が煩雑な定期報告書を作成して、それを政府に提出させるという手間を強いて、省エネルギー基準を定め事業者に義務付けるといった手段をとらなくても、政府は省エネルギーのノウハウを安価なコストで事業者や家庭に伝達できるようになった。

第 3 に、省エネルギー政策が本格化を始めた 1973 年の石油ショックの頃に比べると、省エネルギーがコスト削減につながることは、事業者も家庭にももはや当然のこととして広く浸透している。義務付けではなくテレビ CM でもなく、インターネットを通じた安価な情報提供によって、十分に、経済合理的な範囲での省エネ促進はできるようになった。

以上の状況に鑑みて、煩雑な政府への報告書作成や、省エネ規制値の達成についての義務は廃止すべきである。今後の省エネ政策は、エネルギー利用者への情報提供を主眼とすべきであり、国の役割を以下に限定すべきであろう。

- ・ 自動車、エアコンなどのエネルギー消費の多い機器や、建築物のエネルギー消費に影響の大きい断熱性能について、エネルギー消費量と光熱費目安の測定方法を定めた上で、それに則った測定とその開示・表示を奨励する。
- ・ 経済合理的に省エネルギーを実践できるよう、自社努力、ないし ESCO の利用をする能力が不足するような、小規模な事業者および家庭向けのマニュアルを整備する。
- ・ 希望する小規模な事業者・家庭に対しては省エネ相談を行う。

省エネルギー活動においては、民間事業者としての ESCO などエネルギー事業者も一定の役割を果たすが、現状では、中小企業や家庭などの小口の顧客に対しては費用負担が大きい割に光熱費削減量が小さいので民間ビジネスの対象とはなりにくい。そこでは政府部門の果たす役割がある。

またエネルギー統計の整備も政府の役割だが、これは省エネ法で事業者に義務付けされた定期報告に基づく必要は無い。他の経済統計と同様に、統計を整備する政府部局が必要なだけの情報を収集すればよい。統計法のもとでは記入者の負担軽減は厳しくチェックされることが慣習になっている。

近年、省エネ規制に上乗せされる形で追加された再エネ導入の義務、CO2 規制やデマンドレスポンス規制はエネルギーの合理的利用とは無関係である。それは対象企業にとってはコスト増に過ぎず、また国としての CO2 排出削減手段としてもきわめて非効率なので、省エネ法から除くべきである。省エネ補助金も、その多くは不必要で、技術導入を数年だけ前倒しするほどの意義しかなく(II.7.1 節)、社会的なコスト増となるので削減すべきである。技術開発政策の一環としての補助金の活用はありうるが、その時も、その運用が放漫にならないように厳しくチェックをする必要がある。これについて詳しくは II.6 を参照されたい。

II.8. 電気事業制度を垂直統合型に戻す

日本の電力システム改革は完全に失敗した。電気料金を低下させることはまったく出来なかった。低下するどころか上昇したことは意外なことでもなく、もともとほぼ预期されていたようなことである。そして電力の安定供給もままならない状態になってしまった。それが当たり前であるかのように、節電要請が毎年発出される状態にある。制度は毎年のように改変され、いくつもの市場が林立するなど、複雑怪奇となってしまった。しかも毎年新しい欠陥が生じるので、弥縫策を重ねながら、制度の改変が終わる見通しすらも立たない。

問題の根源は、電気事業制度において垂直分離（アンバンドリング）を行い、地域に長期的な供給義務を負う、垂直統合された電気事業者を喪失させたことにある。これに代わって政府が安定供給を市場ルールで担保することになったが、それは果たされてはいないし、それが実現するには総括原価よりも多くのコストを要するだろう。電力システム改革がもたらしたものは、つぎはぎだらけの「官製市場」であり、それは当然のように機能しなかったのである。

1980 年代より「規制緩和」、「自由化」、「民営化」が時代の精神のように説かれ、言葉狩りが行われた。「垂直統合」、「内部相互補助」、「総括原価」などの合理を理解しないままに、不当に偏った解釈が与えられてきている。安価で安定的な電力供給が棄損されている現在、電力システム改革は白紙とし、東日本大震災の前の 2010 年の状態に戻すべきである。すなわち、全国の地域に垂直統合型の電気事業者を配することを基本とすべきである。

以下では、II.8.1 節および II.8.2 節では東日本大震災前後における日本の電力システム改革の経緯を振り返り、II.8.3 節以降では電力供給における技術特性を論じながら政策提言を行う。

II.8.1. 震災前の電力システム改革

日本の電力システム改革は、東日本大震災の前までは、電力固有のデリケートな同時同量の制約と安定供給の重要性を重視し、漸進的に進められたものであった。

第 1 に、自由化の範囲は、その影響を検証しながら段階的に拡大してきた。その時系列は以下のとおりである。

1995 年 卸発電事業の自由化（独立系発電事業者（Independent Power Producer：IPP）の導入）⁴⁷

2000 年 電力小売の部分自由化（契約電力 2 万 kW 以上向けの小売供給を解禁）

2004 年 電力小売の部分自由化の範囲拡大（契約電力 500kW 以上まで解禁）

2005 年 電力小売の部分自由化の範囲拡大（契約電力 50kW 以上まで解禁）

2008 年 50kW 未満の解禁（小売全面自由化）を議論したが見送り

第 2 に、発送電一貫体制の既存電力会社を維持し、安定供給の確保に中心的な役割が期待された。ただしこれは、審議会の答申において既存電気事業者（当時の電気事業法によれば「一般電気事業者」）への期待として記述されたのみであり、法的根拠があるわけではない。いわば「善意の安定供給」であった。当時の審議会答申（経済産業省 2003）には、次のように記述されている。

「電気事業制度の中核的役割を担う一般電気事業者には、エネルギーセキュリティ及び環境負荷の観点から優れた特性を有する原子力発電や水力発電等の初期投資が大きく投資回収期間の長い長期固定電源の推進に向けた取り組みが引き続き期待される。」（経済産業省 2003, p. 5）

「この意味（筆者注：規制需要家への供給義務、自由化対象需要家への最終保障義務の確実な履行）でも、発電から小売まで一貫した体制で、規制需要等に対し確実に電力供給を行う「責任ある供給主体」として、一般電気事業者制度の存続が求められると言える。」（経済産業省 2003, p. 23）

第 3 に、新規参入者も「責任ある供給主体」たるべきとされた。「責任ある供給主体」の定義は、審議会答申の次の記述による。

「電気の特性を考えれば、事業者による電源の調達、引き続き自己保有又は長期相対契約によるものが中心と考えられるが、上記のとおり、卸電力取引市場の整備は、これらを補完するものである。」（経済産業省 2003, p. 4）

電気の市場価格は基本的に時々刻々と変化するものであり、2003 年に設立された日本卸電力取引所（Japan Electric Power eXchange：JEPX）では、翌日に消費される電力を 30 分ごとに区切った合計 48 コマで取引する市場（前日スポット市場）を創設している。とはいえ、翌日に消費する電気のすべてをスポット市場で調達するわけではない。むしろ経済活動の必需品である電気の調達の多くを前日の取引に委ねるのは、好ましくない。すなわち、事業者による電源の調達は、電源を自ら保有するか、長期相対契約が中心であるべきで、前日スポット市場での取引はあくまで補完的なものであるべきということである。このようにふるまうことにより、はじめて「責任ある供給主体」足りうる。しかし、これも審議会の答申に紳士協定的に記述されたにとどまっている。

⁴⁷ IPP は、自前の発電設備を保有している企業や共同体であり、発電した電気を電力会社に販売することから卸供給事業者とも呼ばれる。当時の主な参入企業は、新日鐵住金、昭和電工、日立製作所、日立造船、JX 日鉱化石エネルギー株式会社、コスモ石油などであった。

日本において、震災前に漸進的なアプローチが採られた背景には、2000年から2001年にかけて発生した米国カリフォルニア州の電力危機を反面教師とした面もあっただろう。同州は1998年に、全米に先駆けて電力小売の全面自由化を実施したが、実施後まもなくの2000年に卸電力市場高騰、需給ひっ迫（輪番停電）、既存電力会社の経営破綻等の混乱が発生し、2001年には自由化を中断するに至っている。同州では、小売の全面自由化実施に際し、既存電力会社に全火力発電所を第三者へと売却させ、小売に必要な電力は新設された卸電力取引所からの買電で調達するよう義務づけるという大胆な再編を伴っていた。この再編が性急に過ぎたことも失敗の一因であっただろう。

漸進的に進められた日本の震災前の自由化の成果はどうであったか。まずは、既存電力会社の努力もあり、電気料金の低廉化は一定程度進展した。震災直前の電力小売の自由化範囲は、契約電力で50kW以上、供給電圧で6000ボルト以上、消費電力量に占める割合では7割弱の大口需要家に限定されており、一般家庭を含む低圧需要家は法的独占が維持されていた。低圧需要家を自由化対象とすることは検討されたものの、市場での交渉力が弱い需要家層であり、2008年に時期尚早として見送られている。しかし、大口需要家分野における競争の成果を均てん化すると（その成果をあまねく享受できるものとなるよう）、低圧需要家向けの電気料金の低廉化も進展した。

他方、新規参入者のシェアが拡大しないことについて批判があった。実際、震災直前の2010年で2%程度にとどまっている。しかしこのことは、上述のように新規参入者にも供給力を電源の自己保有や長期相対契約中心で確保する「責任ある供給主体」たることを求めたことで、参入のハードルが一定程度高いものになることから、必然であったともいえる。

震災前の改革では、既存電気事業者と新規参入者の役割を当初から区別していたものとも言える。すなわち、発送電一貫体制の既存電力会社には、安定供給の確保に中心的な役割を期待し、新規参入者には、既存電力が効率化努力を怠らないよう刺激を与え続ける役割を期待する、ということである。これは、安定供給の棄損など、市場の失敗による影響が甚大となる電気事業の改革のあり方として、一定の合理性はあり、成果も上がっていた。ただし、これは既存電力会社がドミナント（支配的）であり続けることが前提で、それを担保する制度があったわけではないので、持続可能な体制であったとは言えない。また、活発な競争を期待する論者には不満なものであったと考えられる。

II.8.2. 震災後の電力システム改革

東日本大震災発生後、原子力発電所事故、計画停電の実施などにより、当事者である東京電力も含めた一般電気事業者への批判が高まる中で、日本の電力システム改革は、これまでの漸進的改革（II.8.1節）から、新規参入・競争促進の優先へと大きく舵を切ることになる。具体的には次の措置が実施された。

- ・小売全面自由化：小売自由化の範囲が一般家庭を含む全需要家に拡大された（2016年

から)。

- ・限界費用玉出し：大手電力が余剰供給力全量を限界費用により JEPX の前日スポット市場に投入することが事実上強制された。
- ・送配電部門の法的分離：共通インフラである送配電部門の中立性を高めるため、送配電部門の法的分離（法人格を分離する。資本関係は許容）を実施した。

これらの措置を、震災前の改革の考え方と関連付ければ、送配電部門の法的分離を敢行することにより、震災前の「発送配電一貫体制の事業者が安定供給を中心的に担う」という考え方は否定されたことになる。当時の審議会報告書（経済産業省 2013）には次のように記載されている。

「新たな枠組みでは、これまで安定供給を担ってきた一般電気事業者という枠組みがなくなることとなるため、供給力・予備力の確保についても、関係する各事業者がそれぞれの責任を果たすことによってはじめて可能となる。」（経済産業省 2013, p. 40）

想定される電力需要に対して、不測の事態に対応する予備力も含め、一定の冗長性をもって保持される発電・送電能力は、「アデカシー (adequacy)」と呼ばれる⁴⁸。上記に記述された「各事業者がそれぞれの責任」としては、改正電気事業法に小売電気事業者の義務として供給能力確保義務（第 2 条の 12）が規定された。だがこれは、電力システム全体のアデカシーを確保するものではなかった。

II.8.1 節で論じたように、一般家庭を含む低圧需要家まで自由化範囲を拡大することは、震災前は時期尚早として見送られてきた。震災後は原発事故、計画停電などにより、一般電気事業者への批判が高まったことを背景に敢行されることが決まり、同時に新規参入者の電源調達を容易にする目的で、卸電力取引の活性化が打ち出された。当時の審議会報告書（経済産業省 2013）には以下のようにある。

「卸電力市場活性化は、小売市場における新規参入促進や競争の促進に不可欠であり、「需要家の選択肢」そのものと裏腹の関係にあるため、小売全面自由化を進めるに先だち、最大限の取組により促進されなければならない。」（経済産業省 2013, p. 25）

すなわち、「小売電気事業者による電源調達は電源の自己保有か長期相対契約が中心であった、卸電力市場は補完的なもの」という、震災前の考え方が否定されたわけである。

卸電力市場活性化の具体策は、いくつか行われたが、最も影響が大きかったのは、前述の限界費用玉出しであった。表 1 は JEPX スポット市場の年度平均価格（システムプライス）である。限界費用玉出しを行っている大手電力の平均発電費用は、2019 年度実績で 10.3 円/kWh であり、2015 年度から 2019 年度のスポット市場価格はこれより安い水準であった。すなわち、発電所を保有している大手電力よりも、JEPX の前日スポット市場から購入した

⁴⁸ アデカシーとは電力システムにおける供給信頼度を評価する指標であり、需要に対する適切な供給力（十分な電源予備力）および送電容量（送電余力）が確保されることが定義される。法的独占の時代には、アデカシーはおおむね次のような仕組みによって確保されていた。①将来の電力需要について、何らかの公的なオーソライズを得た想定を策定する。②想定された電力需要に応えるために必要な設備を法的独占の事業者が確保し運用する。そして、③事業者が需要家から申し受ける電気料金を、設備確保及び運用のために過不足ない水準に定める。

電気を需要家に転売する新規参入者の方がコスト競争力のあるような状況にされたわけである。この状況が数年持続したことにより、低廉な JEPX 前日スポット市場に大きく依存する新規参入者、すなわち新電力が多数参入した。その結果、新電力のシェアは、震災直前の 2%程度から大きく拡大した。2023 年 3 月時点では、全販売電力量に占める新電力のシェアは 17.7%、うち家庭等を含む低圧分野のシェアは 23.8%となっている（資源エネルギー庁 2023b）。

表 1：JEPX スポット市場の年度平均価格（システムプライス）

年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
円/kWh	14.67	9.78	8.46	9.72	9.76	7.93	11.21	13.46	20.41

出典：JEPX。

限界費用玉出しは、震災後の改革をリードした経済学者の視点から見ると⁴⁹、アデカシーの確保を、水平的市場支配力を極力排除した発電市場が発する価格シグナルに委ねるといふモデルという意味を持つようである。水平的市場支配力を極力排除するとは、発電市場を理想的な完全競争市場へと近づけることである。そのためには発電市場のプレーヤー数の増加が期待されるが、政府が民間企業である既存の大手電力を細かく分割することは難しい。代わりに大手電力による市場への入札行動を規制し、限界費用玉出しを強いることで、疑似的に供給曲線を描くような振る舞いをさせることにより、発電市場において完全競争市場を模擬しようとしたものと理解される。それは市場に委ねたならば、電源の運用が最適化されのみならず、ある頻度で発生すると想定される価格スパイク（価格の高騰）が固定費の回収原資となることによって、あたかも望ましい量の投資が実現するような机上論である。

澤昭裕（2012）は、上記のようなモデルを「送電線開放モデル」と呼称し、当時の政府が、新規参入・競争促進優先の改革に大きく舵を切ろうとしていた動きを批判した。

「発電設備を建設することだけを考えれば、単独の発電設備の容量は、大きくても 100 万 kW 強であり、たとえば日本全体の電力需要の規模（約 2 億 kW）に比べても十分に小さい、故に規模の経済性はもはやない、と経済学者は説明する。しかし、発電事業を長期安定的に行うために、燃料購買力を確保する、リスク分散のため電源種を多様化するということまで含めて考えれば、発電所の発電規模だけで経済性を測定す

⁴⁹ たとえば八田（2004）は、法的独占が必ずしも必要でなくなった技術変化として次の二点を指摘している。「第 1 に、発電に関しての規模の経済が重要でなくなった。現在では個々の発電所の発電能力に比べて需要規模が十分に大きいため、発電に関しては規模の経済がなくなっている。その 1 つの原因は、ガスタービン発電などによって小規模でも安く発電ができる技術進歩が起きたことであり、もう 1 つの原因は、多くの国で単に電力需要が増加し続けたため、個々の発電所の生産規模に比べて電力市場が大きくなったことによる。このため多くの発電事業者が競争的に電力供給に参加できる環境が整った。第 2 に、情報通信技術の発達により分散的な発電が可能になったことである。発電に関する競争が導入されると、多くの需要家と供給家による需要供給を瞬時に調整する必要がある。このため、以前は、電力会社内の閉じた世界で発電をしなければ能率的に給電指令を行えなかった。しかし、情報通信技術の発達によって、分散的な市場参加者間の需給調整が可能になった。」

べきなのだろうか。また、環境問題その他のさまざまな外部性を考慮する必要があり、かつ、上流の国際エネルギー市場がピュアな市場原理が機能しているとは到底言えないのに、下流の発電事業だけを市場化することが最も合理的な政策だと言えるのだろうか。」(澤 2012, p. 71)

「日本の電力システムは、①安定供給に必要十分な一定の冗長性を持った設備の確保、②国際エネルギー市場で伍していける購買力の形成、③電源の多様化によるリスク分散、の3つの条件を満たす必要がある。あいにくだが、この3条件は、送電線を開放して発電分野における新規参入を促し、既存事業者と激しく競争するという送電線開放モデルが期待している姿と両立しにくい。」(澤 2012, p. 70)

この論考から10年が経過し、日本の電力システムは、澤が指摘した懸念を顕在化させている。関東地方を中心に、2022年冬以降、電力需給ひっ迫が常態化しているのは、燃料費の価格上昇を転嫁できないままに価格水準が数年抑制され、採算が悪化した経年火力発電所の退出が続き、①(冗長性を持った設備の確保)についての懸念が顕在化しているものである。また、2021年初における全国的な電力需給のひっ迫は、大量の在庫が困難なLNGへの過度な依存が進展し、電源ミックスが脆弱化したもので、③(電源の多様化によるリスク分散)についての懸念が顕在化しているといえる。さらに、2022年2月にロシアが隣国ウクライナへの侵略行為を始めたことから、LNG市場がロシア産天然ガスへの依存から脱却を進める欧州との争奪戦の様相になったのは、②(国際エネルギー市場で伍していける購買力)についての懸念が顕在化したといえる。

ある国における解答は、他国には解答足りえないかもしれない。上記①は世界共通で発生しうる問題だが、②と③は国内資源に乏しく、エネルギー資源多くの輸入に依存する島国である日本において、とくに死活的な問題である⁵⁰。日本が、欧米の先例(ガスパイプライン網のアクセスを前提した)に倣って、発電における規模の経済性の消滅を前提として、改革へと踏み切った正当性はきわめて疑わしい。電力システムの制度設計において考慮すべき技術特性とは、発電部門のみではなく、ネットワーク産業としての電力システム全体を見なければならない。そして産業と国民生活の基盤たる、電力の持つ公益性を鑑みれば、価格スパイクの発生を前提とした市場設計などの弊害も甚大である。

II.8.3. 垂直統合の物理的起源

かつて「公益事業」として独禁法の適用除外を受けていた電力産業は、1995年のIPPの登場(II.8.1節)から数えると、すでにほぼ30年に渡る絶え間ない制度改革を経験した。震

⁵⁰ たとえば欧州の場合、天然ガスパイプライン供給網が発達していることに加え、巨大な地下貯蔵施設が多数存在し、数か月分の消費量に相当するガスを在庫することが可能である。対して、日本は、天然ガスのほとんどを輸入LNGに依存している。低温で液化しているため、大量在庫は難しく、発電用LNGの在庫は通常14日程度である。また、欧州では、北欧地域等に豊富な水力発電所は数か月分の発電に相当する巨大な貯水池を持つが、日本の水力発電所の貯水量は数日分レベルに過ぎない。同時同量というデリケートな制約を持つ電気の安定供給を果たす上で、日本は厳しい条件下にあると言える。

災後の電力システム改革の問題点（II.8.2 節）に対応するため、政府はベースロード市場、容量市場制度、長期脱炭素電源オークション制度、需給調整市場、間接送電権市場などいくつもの官製市場を乱立させてきた。だがいまのところ、電力システム改革が当初目的とした安価で安定した電力供給という目的を達する見通しは立っていない。そうした目的を達成しうる価格が官製市場で成立したならば、その負担の抑制として政府が再び官製市場へと介入し、当初の目的を失う「たちごっこ」となる懸念は大きい。官製市場での価格の正当性を検討することは、かつての総括原価の正当性を厳しく検討していくプロセスと変わらない。市場もどきが機能しているように見える政策コストの分だけ、余分な価格を電力消費者が負担させられるのみである。

2017 年以來の全面自由化に至った現局面を経済学的に分析するには、物理学的な知見が必須である。これが欠如した分析は、電力エネルギーつまり交流電気がもたらす電磁作用を商品化しているのが電力会社であるという本質を完全に看過した空虚な分析にしかない。

同時に重要なのは、電力供給と電力需要とは「くびき（軛）」⁵¹ないし共役関係にあるということである。電気が来ないところ（電化されていないエリア）では電力製品は何の意味もないし、電線を引いても電気製品を住民が保有していなければ電化にはならない。つまり電力の供給と需要とは相互に補完的であり、共役関係にある。これは自明のことだが、電力市場を分析するためには必須の視点である。通常の産業あるいは商品市場を経済的に分析するには、物理学の知識が必須になることはない。以下の分析では物理学の必要最低限の知識を加えながら、電力システム改革が企図した全面自由化の評価を行うことにしたい。

電気事業全体を見ると、発電設備があり、送電設備・配電設備を介して、工場や家庭などの需要家に電気が供給される。これは水力タービン（羽根車）や火力タービンによる回転運動のエネルギーを、電氣的な振動である交流電気に変えて送り出し、工場や家庭でモーターの回転運動として利用したり、あるいはニクロム線などで発熱させて熱としてとりだしたりするなど、何らかの形でエネルギーとして利用する営みである。

需要家側では使いたいときに、使いたいだけ使えるのが電気の利点である。ではその電気はどのようにして常時安定して供給されるようになっているのだろうか。

需要家がスイッチを入れて電力を使用すると、そこでの交流電気の周波数が僅かに下がり、それが送電線を介して発電所の発電機に伝わり、発電機の回転数が僅かに下がる。発電機には、回転数が下がると、それを検知して、出力を上昇させる装置であるガバナ（調節器）が付いている。すなわち水力発電であれば、回転数の低下に伴って遠心力が下がり、それがガバナに伝わって水の弁が広がり、投入する水量が増えるので、発電機の出力が上昇する。こうすることで周波数も上がる。火力発電であれば、遠心力が低下するとガバナの作用で蒸気弁が広がる仕掛けになっていて、やはり出力が上昇する。すべての発電所がフル出力にな

⁵¹ くびき（軛、衡、頸木）とは、牛などの大型家畜を使って耕運作業や車輛牽引などをする場合に、それぞれの個体の頸部に挟む木製の棒状器具であり、そこに軛（ながえ）を取り付けて牛車などにつないで用いる。

ってしまい、それ以上出力が出なくなると周波数の低下を招いてしまうから、そうならないように、十分な数の発電所が、つねにある程度の出力アップの余裕をもって稼働していなければならない。どの発電所をどの程度の出力で稼働させるかはあらかじめ計画された上で、リアルタイムで刻々と変化する需給のバランスをみながら、稼働の開始や停止、出力の上昇・下降の指令が電力会社から発電所に発出される。それでも電力が足りなくなりそうであれば、何年、何十年をかけて計画的に発電所を建設する。

このようにして、交流電気を介して、発電所から需要家に向かってはエネルギーが送られると同時に、需要家から発電所に向かっては、電力需要の量という情報が送られている。この双方向のやりとりが絶えず行われることでいわゆる「同時同量」、すなわち発電量と需要量のバランスが保たれるのである。こうして周波数が安定しないことには、需要家の機器は使い物にならず、交流電気の価値はゼロになる。

このように発電所から需要家までが交流電気を通じて一体となって動作しているがゆえに、事業形態としても発電所から送電線、配電線までを垂直に統合した事業形態が、自然発生的に誕生してきたのである。これが垂直統合の起源である。電気事業は物理的な理由により垂直統合になるのであり、それを垂直分離するということは、人為的ないし仮想的なものなのである。

II.8.4. 地域独占の物理的起源

次に地域独占の起源について述べよう。需要家の側では電気利用設備や家電製品を持っている。需要家がスイッチをオンにすると電力会社から送られて交流電気が作用して「仕事」がなされる。つまりモーターが回り、テレビが映り、パソコンが稼働する。電力会社の役割は交流電気を作り需要家が保有する機器を稼働させることにある。言い換えれば、電力会社は外見からは膨大な設備を持つがその役割は単純で交流電気を供給することである。

そして電力需要家と電力会社とのビジネス上の接点はこれしかない。交流電気は、中身は均一であり、どの電源が供給しているかは無関係である。つまり消費者にとって「オン」にするときの電気は質的に同じものしか選べない。ユーザ 1 口ごとに電線を引くことは経済的に不可能だからである。

需要家が増えると、送配電網のネットワークも発達した。同じネットワークの中であれば交流電気を通じて絶えずエネルギーが発電所から需要家に流れ、また電力需要の情報は需要家から発電所に流れ続ける。ネットワークは新しい需要家の増大で広がり続け、その需要を満たす発電所も次々に建設されてネットワークに接続されてゆく。絶えず出力に余裕のある状態でネットワークを維持するためには、ネットワークは小さなものが沢山あるよりも、相互に接続された巨大なものが 1 つある方が経済的である。広がり続けるネットワークが、海や険しい山などの地形に阻まれると、その拡大を停止する。そうして出来上がるのが日本をいくつか分割した地域独占の電気事業形態である。

これが地域独占の物理的（および経済的）起源である。電気事業が地域独占になるのもまた、垂直統合になるのと同様に物理的に自然なことであり、この地域独占を排することもまた人為的・仮想的なものとなる。

II.8.5. 垂直分離が招く過小投資

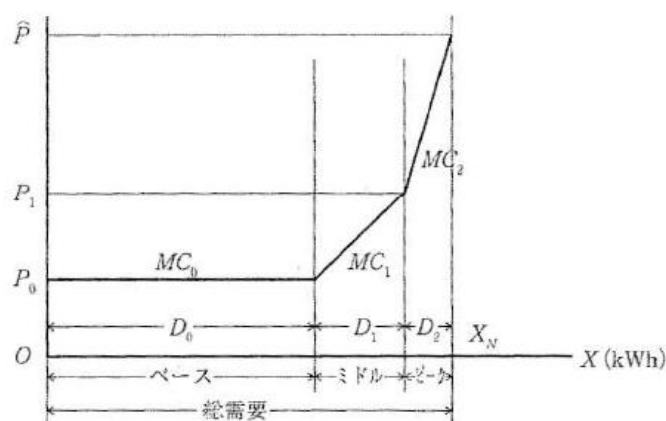
以上のような物理的起源をもつ垂直統合・地域独占型の電気事業であるが、この垂直統合システムを分離し、独占から競争システムへと移行する手続きが「アンバンドリング」（発電分離）である。垂直統合を「発電」「送配電」「小売り」という3部門に分けて考えよう。この3部門を分離するとしたら、「発電」が最初に候補に上るのは当然である。

たとえば鉄鋼や化学メーカーが電力会社よりも副産品として安く電気を作れるなら、ここから電気を仕入れる方が、電力会社が設備を増設するよりも経済合理的となることがありうる。つまり1995年からIPPが発電に参入する合理性はあったのである。

だがこのような大型の発電事業者の参入だけではなく、電気事業が発電・送配電・小売に分離され、しかも独占ではなく多数の小さな事業者が参入するとすると、安定供給が脅かされるという問題が生じることになる。

かつての地域独占・供給義務の世界では、電力会社は予備の発電所を持って刻々と変化する電力需要に対応してきた。そこでは「大量予備の経済（economies of massed reserve）」（Robinson 1958, Mulligan 1983）が十分に働く余地があった。より多くの発電設備を持つ事業者であれば、大数の法則により、施設の予期せぬトラブルや急激な需要変動に備えるための費用を節約できる。しかし卸電力市場の「1日前」や「1時間前」のような市場では、状況次第で需要超過が起これ、広域機関がその場で手当てしなければならない。それは卸電力価格の乱高下に反映される。つまり数的には圧倒的に多い小口ユーザの存在が卸電力価格の不安定性をもたらし、安定的な電力供給を困難にする。

かつての地域独占のシステムでも、電力は同じように供給されていたが、大量の小口ユーザがランダムにスイッチを「オン」することで発生する需要の確率的変動に対しては、メリット・オーダーと呼ばれる供給システムが機能してきた。各電力会社は、自らが直面する地域のランダムな需要の変動を、ベース・ミドル・ピークというような区分を与え、需要規模の変動には限界費用の低い順に発電し、電力供給コストの最小化を実現した。ピークの需要に対しては、限界費用の高い予備電源で対処したのである（図50）。この方式では「系統」が広域機関の役割を果たす。大量予備の経済性を持ち、予備の電源を建設することでピークの到来に対処してきた。



出典：南部（2017, p. 74）。

図 50：総需要に応じたメリット・オーダー

このときピークに対し、過大な投資がなされはしないかという批判はある。しかし事前の慎重な投資計画は、卸電力市場の高騰という事態を避けることができる。電力が安定的に提供され、その価格高騰を回避できることは、電力消費者にとって大きなメリットである。

全面自由化という名の下に、発電が送配電から分離され、発電させる電気はすべて卸電力取引所を経由するというシステムは何を意味するだろうか。卸取引が「オークション」に依存するとき、その落札価格は短期限界費用に一致する。したがって大勢は燃料費の水準によるだろう。すなわち発電会社は、サンクコストになっている設備投資費用を落札価格が高騰するときに回収できるが、これで全額を回収できるか否かは不確実である。つまり新規の発電所建設は、垂直統合時代の保障を失うから、投資インセンティブが働くか否かは不確実となる。逆に言えば、卸電力価格が投資インセンティブの誘因となるくらいに高騰することが必要となる。むしろ電力消費者にとっては望ましい話ではない。

電力投資には不確実性が内在し⁵²、その建設にはときに大きな社会的抵抗があるから、事業者の投資インセンティブに働きかけられる制度が必要である。独占であった旧時代から繰り越された発電設備が十分にある間はよいが、それが老朽化するにしがたい、新たな設備投資が必要になる。そのためにまた新たな制度が導入されるが、安定供給と経済性を兼ね備えたものにすることは容易ではない。

II.8.6. 電力ユーザによる与信

II.8.3 節に議論したように、電力の供給と需要は交流電気を媒介にして不可分に結びついている。電力ユーザは、電力の安定的供給があること（定常電流が流れていること）を前提として、電気機器へと設備投資を行っている。電力会社は、電化された社会システムが揺るぎないことを前提として、電力ネットワークへの投資を行っている。電力システム改革論で

⁵² 電力産業のような不確実の存在する産業では、不確実性そのものを内生化した投資モデルが必要である。南部（2023）を参照されたい。

は、その視点は電力会社に一方的に向けられているが、電力ユーザがいてこそ全体のシステムが成り立っている。

これは電力ユーザつまり企業および家計が、電力会社を信頼して投資を行い、耐久消費財を購入しているという意味で、相手に対する「与信」があると見ることができる。野村（2023）は詳細な資本ストック統計を用いて、日本の電力与信額がどれくらいになるか推計を行った。これによれば現在、電力ユーザは約 1000 兆円の与信（電力への信頼を前提として所有されている資産の現在価値）を与えているという結果を得ている。つまり国民は電力システムの安定に対して膨大なサンクコストを支払っているのである。

このことは「停電」が単なる一時的な社会的損失ではないことを意味している。停電があれば 1000 兆円という与信額の一部が失われる。たとえば 1 年間に 10 時間の停電があるとしよう。これは停電がもたらす一時的損失以外に、 $1000 \text{ 兆円} \times 10/8760 = 1 \text{ 兆 } 1400 \text{ 億円の損失}$ を電力ユーザに与えているのである。

電力システム改革以後、電力のレジリエンスが必要だということから「エネルギー供給強靱化法」が 2020 年 6 月に成立し、2022 年 4 月に施行された⁵³。電力の「くびき（軛）」という認識があれば、あらためてこのような立法がなされる事自体が遅きに失していると言えよう。

電力ユーザによる電気機器・器具などの保有は、電力システムが信頼でき、安定性があることを前提としている。電力ユーザは電力供給者に膨大な与信を与えているのだから、反射的に事業者は安定した供給の義務がある。かつての地域独占時代の電力会社に課せられていた「供給義務」は、社会が与えている「与信」の一部を表現したものに過ぎない。停電やそのリスクが生じること自体、電気事業者が社会から与えられた信頼を損ねる行為である。

II.8.7. 垂直統合、内部相互補助、総括原価の合理

電力供給は、エネルギー多消費産業など、生産過程において電気を消費（中間投入）する大口ユーザにおける製造コストの根幹を成している。したがって電力料金は安価となるよう限界費用で徴収して、他産業へとパス・スルー（転嫁）することが必要としたのがロナルド・コース（Coase 1946）であった。同時にコースは、発電における規模の経済性の存在によって、もし電力価格が限界費用に設定されれば、発電事業は赤字となるのは自明であるから、赤字を補填するためには 2 部料金制が必要であるとしている。2 部料金とは、発電における限界費用価格がもたらす損失を、適切な課金によって補填できるような別個の料金をつけることである（南部 2017）。

一般には、ロナルド・コースは市場原理主義の代表者のように見られているかもしれな

⁵³ エネルギー供給強靱化法（Energy Resiliency Act）の正式名称は「強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律」とされる。

いが、電力における限界費用がもたらす市場原理の破綻を「内部相互補助」で救うことを当然としていたのである。電力システム改革論の柱の一つが内部相互補助の撤廃であるとする、コースははるかにリアリストであったと言えよう。電力ユーザは発電で発生する赤字を外部で調達する税金で補填する（ホテリング方式）のではなく、電力ユーザ相互の支払い能力に応じ、ユーザ間の内部補助によって補填するのである。

限界費用が逡減していく産業における価格付けを整理しておこう。図 51 において、 MC は電力供給の限界費用、 AC は平均費用である。機会費用となる MC と需要曲線 DD_0 の交点 X_M で電力を供給するのが社会的に効率的な生産水準となるが、 X_M の電力供給では AC は β 点となり、 P_A だけの平均費用がかかる。そこでは四角形 $(\alpha P_M P_A \beta)$ だけの赤字が発生する。需要曲線をシフトさせずに、たとえば負担能力主義でこの赤字額相当分を基本料で徴収できれば、 X_M だけ電力供給して $P_A X_M$ という総費用が回収できるような料金をつけられればよい。すなわち $P_A X_M = P X_M$ となるような料金は $P = P_A = AC$ となり、平均費用で電気料金が決まる。これは一種の課税である基本料を徴収することで、社会的に効率的な電力供給 (X_M) を実現する手段である。 P は平均費用を回収するから、料金は総コストつまり総括原価を回収している。

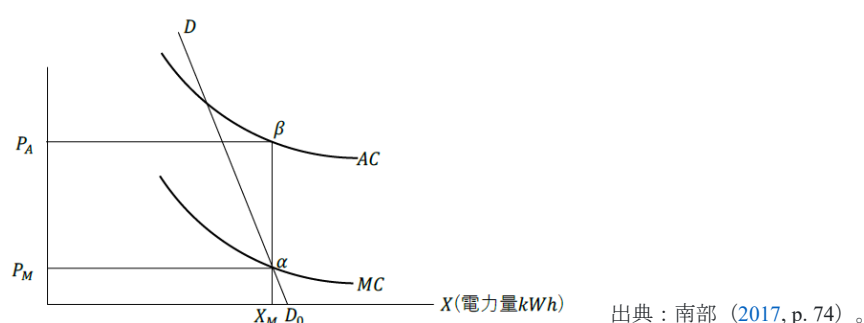


図 51：限界費用逡減産業における価格付け

この総括原価は全部配賦費用（fully distributed cost：FDC）とも呼ばれ、地域独占の時代に電力価格を規制する典型的な手法であった。ところが、日本では東日本大震災以降、総括原価は回避すべき概念であるかのように扱われている。当時、電力会社を批判するひとつの論点として、平均費用そのものが無駄な支出を意図的にふくらませたものではないかという懸念も指摘された。しかし少なくとも米国式の料金規制のもとでは、FDC の決定には思慮・慎重さ（prudence）が必要条件とされ、不必要なコストは排除されるのがルール化されている。もしそれが実現できないなら、総括原価という価格付けの論理ではなく、規制当局の監視の欠如の方が問われるべきなのである。

総括原価方式は適正に運営されれば、投資に伴うリスクに見合った報酬が制度的に担保される。不確実性に直面する電力投資にとって（II.8.5 節）、それは大きなインセンティブを与える。実際、最近ではイギリスにおいて、原子力発電所の新設のために規制資産ベース（Regulated Asset Base：RAB）による投資の促進が方向として打ち出された。これは総括原

価を言い換えたものにすぎない。

1980年代からおよそ40年にわたって、「規制緩和」、「自由化」、「民営化」が時代の精神のように説かれ、言葉狩りが行われた。「垂直統合」、「内部相互補助」、「総括原価」などには不当に偏った解釈が与えられ、経済学としてアノマリー（anomaly）の名の下に、異常な異様なもののように入り捨てられてきた。少々大袈裟に言えば、タブーに近い扱いとも言えるだろうか。しかしこれらの言葉を「クラウドアウト」してしまえば、合理的な電力の需給システムを構築するのに大きな障害となる。

「垂直統合」、「内部相互補助」、「総括原価」などの言葉は、むしろ「非効率」と同義ではない。本節においてこれまで論じてきたように、規制当局による適切な監視のもとでは、安価な電力価格を実現する上でむしろ効率的な制度である。そして電力供給の安定性、電力システムのサステナビリティ、電力価格の負担を通じた所得分配への配慮などに貢献する。安定供給と経済性を兼ね備えた電力産業をマネージするには、こうしたそれぞれの言葉に本来の機能を与えなければならない。電力事業の将来的な姿を検討できるためには、客観的・技術的な、ドグマにとらわれない知識を結集する必要がある。電力システム改革がもたらしたものは、つぎはぎだらけで機能しない「官製市場」であった。

それが失敗であったことはもはや明白である。エネルギー主導の実現に向けては、安価で安定的な電力供給（II.1 節）、原子力の最大限の活用（II.2 節）の実現のために、電力事業制度を東日本大震災前の垂直統合型へと戻すべきである。

II.9. エネルギー備蓄およびインフラ防衛の強化

近年になって日本の安全保障状況は悪化しており、エネルギーの備蓄を強化する必要性が高まっている。またエネルギー供給は日本の安全保障のアキレス腱であるが、現状では、テロに対しても、ドローンやミサイルなどによる武力攻撃に対しても無防備であり、防衛の強化が喫緊の課題となる。

II.9.1. 攻撃されるエネルギーインフラ

ここ数年で起きている戦争は、いざという時にはエネルギーインフラが攻撃対象となることを明白に日本にも突きつけている。ロシアはウクライナのエネルギーインフラに対する軍事攻撃を続け、ウクライナの電力供給能力を著しく損なった。2022年から2023年にかけての冬の暖房シーズンを通じて続き、また戦争2年目の冬にも再開された空爆作戦は、発電所から石油精製所、地域暖房施設まで、幅広いエネルギーインフラを標的にした。世界銀行は、ウクライナのエネルギーインフラは120億米ドルの損害を被り、電力インフラの半分以上が被害を受けたと推定している（ロイター 2023a）。

ロシアは、最初の攻撃において、すでに広範囲に及ぶ破壊をもたらした。2022年10月、ウクライナのエネルギー相は、ウクライナのエネルギーインフラの約30%が1日で攻撃さ

れたようだと述べた。その後の7カ月間、ロシアはミサイルやドローンを使って国中のエネルギー施設を標的にし、殆どの火力発電所や水力発電所が被害を受けた。その結果、1日に数時間しか電気や暖房、インターネットを利用できない地域もあり、病院や企業、一般家庭は高価なディーゼル発電機でバックアップするしかなかった（Vatman and Hart 2024）。

これに対して、ウクライナもロシアのエネルギーインフラを狙ったミサイル・ドローンによる攻撃を繰り返しており、石油精製設備などに大きな被害を与えている。ウクライナ軍によるロシアの石油関連施設への集中的な攻撃によって、ロシアの2024年1月の石油精製量が4%減少したとされる（NHK 2024）。またドローンの中には、ウクライナから1250キロメートル以上を飛行し、サンクトペテルブルクの石油精製設備を破壊したものがあったと報じられている（ロイター 2024a）。これはディーゼル燃料などの軍事車両用の燃料製造を止めるためであり、軍事施設への攻撃であるとウクライナ側は説明している。実際には、ウクライナ側の動機としては、これに加えてロシアの主要な財源である石油・ガスの輸出能力を奪うこと、ロシア側での厭戦気分を高めることなどがあると見られている。

アラビア半島とアフリカ大陸の間に位置する紅海では、イランの支援を受けたイエメンの反政府勢力のフーシ派が、パレスチナのガザ地区の対イスラエル戦争を支援するとして、イスラエルに協力する国の輸送船をミサイルやドローンなどで攻撃している。このため、欧米企業の輸送船は紅海での航行を取りやめた。地中海からインド洋に抜けるためには、エジプトにあるスエズ運河を通るルートが使えなくなり、はるかアフリカ最南端の喜望峯へと迂回せざるを得なくなっている。これは船舶運賃の上昇や貨物輸送の遅れなどの問題を引き起こしている（日本貿易振興機構 2024）。

II.9.2. 戦争抑止のための継戦能力の確保

さて日本は島国であり、エネルギーの主力である化石燃料は全量を輸入に頼っている。敵対勢力から海上封鎖を受けて、エネルギー供給が途絶すれば、たちまち困窮する。実際に、第二次世界大戦において米国は、日本の輸送船を徹底的に攻撃してそのほとんどの能力を奪い、日本はエネルギーも物資も枯渇して敗北した（堀川 2021）。エネルギー供給が日本のアキレス腱であるという構造は、現在も変わっていない。この脆弱性を分析し、対処する必要がある。また自衛隊には弾薬の備蓄が二か月分しかないなど（日本経済新聞 2022b）、日本の「継戦能力」が問題視されるようになった。このような事態を改善すべく、防衛費は倍増されてGDPの2%へ引き上げられることになったのはよく知られている。その一方で、武器弾薬だけあっても、戦争は継続できない。エネルギーの海上輸送が無ければ日本は干上がってしまう。

台湾有事が迫っていると言われる。武力を伴うか伴わないか、この何れにせよ、台湾が中国の勢力圏にひとたび入るとどうなるだろうか。中国は太平洋へのアクセスを強め、日本のシーレーン（海上輸送ルート）を脅かすようになる。たとえばドローンで何隻か輸送船を攻

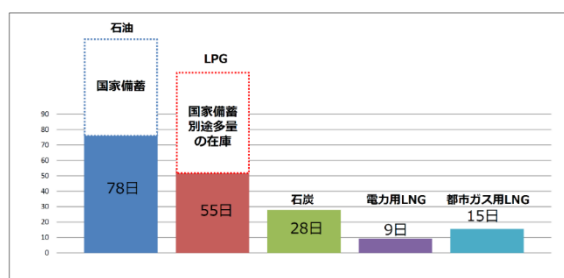
撃されると、海上輸送が大幅に減少するような事態が生じうる。危険回避のためとして、海外国籍・日本国籍を問わず貨物船は航行を取りやめるかもしれない。これは事実上の海上封鎖であり、同様のことはすでに紅海で起きていることである。

もし日本に 1 か月で屈服する程度の備えしか無ければ、中国は実際にシーレーンを攻撃するかもしれない。そうではなく、海上封鎖されても 1 年は戦い続けることが出来るようになっていれば、中国はためらうだろう。戦争とは、相手に「容易に勝てる」と思わせた瞬間に現実化するリスクを孕んでいる。ロシアによる 2022 年のウクライナ侵攻も、プーチンが短期での決着を期待したことが一因とされる。実際には誤算だったが、そのような誤算をさせてはいけないというのが戦争抑止の最も重要かつ基本的な考え方である。「日本は手強い、そう簡単には屈服しない」と思わせておかねばならない。平和のためにこそ、戦争への十分な備えが必要である。

エネルギー継戦能力の向上のために、とくに以下の 3 点が重要である。第 1 は、原子力の再稼働・新增設を推進することである (II.2 節)。第 2 に、原子燃料・化石燃料の備蓄状態を確認し、可能ならば備蓄を積み増す (II.9.3 節)。そして第 3 に、エネルギーインフラへのテロや軍事攻撃に対する防御をバランスよく強化することである (II.9.4 節)。

II.9.3. 化石燃料と原子燃料の備蓄の強化

継戦能力の確保において、武器弾薬に次いで重要なものは、エネルギーと食料の供給である (杉山 20230223)。日本のエネルギー備蓄および在庫は政府資料によると図 52 のようになっている。現状として、石油は官民合わせてほぼ 200 日分の備蓄があり、在庫も合わせるとこれ以上の日数になる。LPG もほぼ 100 日分の在庫がある。だが石炭は 1 か月程度、LNG も国家備蓄はなく民間事業者の在庫として 1 週間ないし 2 週間程度しかない。これに加えて輸送中の船にも LNG は存在するがこれも 2 週間分程度である。



出典：資源エネルギー庁 (2018)。

図 52：エネルギー種別の日本の備蓄および在庫の水準

備蓄においては、1) 備蓄量の増大、2) その方法、3) 攻撃に対する備えへの強化が検討されなければならない。石炭では、これまでコスト低減の観点から、在庫が極力少なくなるようなオペレーションとなっていた。石炭は長期貯蔵すると自然発火することもあるので

技術的な検討は必要だが、数か月分を蓄えておくことはできるのではないか⁵⁴。これについてはまだ体系だった調査が行われておらず、緊急に検討する必要がある。

LNG は極低温の液体であるため、断熱性の高い容器に貯蔵していても、蒸発による損失はどうしても避けられない。したがって長期保存には基本的には向かないとされる。だが一定のコストを受容するならば、ある程度は備蓄量を増やすことが出来る。これについても石炭と同様に、体系だった調査すらされておらず、政府による調査分析が必要である。

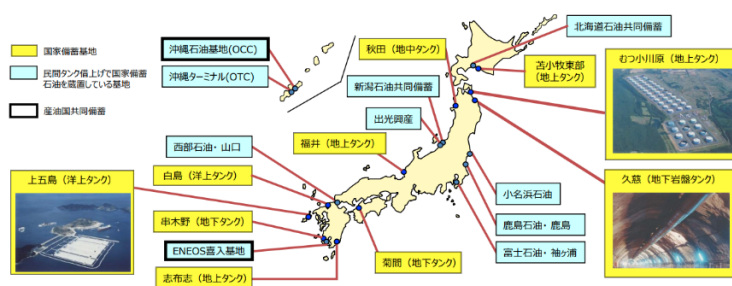
化石燃料とは対照的に、原子力発電はひとたび燃料を装荷すれば通常は 1 年、非常時であれば 3 年ぐらいいは発電を続けることができる。さらには、原子燃料の形で備蓄をすれば、ほとんど場所をとらず、経年劣化することもないので、何年でも発電を続けることができる。あらゆる備蓄の中でも、最も安価な方法であろう。海上封鎖への対策として、原子力は最も有効な手段となっている（II.2.8 節）。

II.9.4. 原子力以外のエネルギーインフラの防衛強化

攻撃に対する防御では、いま日本の防御はいびつな形となっている。原子力発電所だけがテロ対策を強化され、そのための稼働停止までしている（杉山 20230115）。だが実際には、現状においても、原子力発電所への攻撃は最もハードルが高い。敷地内への立ち入りは厳しく制限されている。万一攻撃されても、原子炉は格納容器に収められ、さらに建屋の中に入っているので、過酷事故にまで至らせることは容易ではない。

これに対して、図 53 に示される石油の備蓄タンク、あるいはガス・石炭・石油の火力発電所、変電所などは、現状では、携帯型の兵器やドローンなどでも破壊できてしまう。多くは地上に設置されており、自動車や船で敷地に近寄ることも容易であり、せいぜい周囲に柵が巡らせてある程度で、空からの攻撃に対しては何も防御がない。原子力だけに一点集中し

ているテロ対策からの戦略の見直しが必須である。



● 国家備蓄原油は、10箇所の国家石油備蓄基地に蔵蓄するほか、借り上げた民間石油タンク（製油所等）にも蔵蓄。

(※) 産油国共同備蓄：我が国のタンクにおいて産油国国営石油会社が保有する在庫であり、危機時には我が国企業が優先供給を受けることができるもの。エネルギー基本計画（平成30（2018）年閣議決定）において「第3の備蓄」と位置付けられている。

出典：経済産業省資料。

図 53：日本の石油備蓄基地

⁵⁴ 中国はすでに動いている。世界最大の石炭生産国かつ消費国である同国は、ロシアのウクライナ侵攻後の価格高騰を受け、2021 年には年間消費量の 15% に相当する石炭を鉱山、港湾、発電所、および一部の指定された貯蔵場所に備蓄する目標を設定した。2023 年 12 月、国家発展改革委員会は、価格の安定と供給確保に向け 2027 年までに石炭生産の備蓄システムを構築する方針を示している（ロイター 2023d）。

II.9.5. 食料継戦能力の向上

エネルギー継戦能力以上に重要なのは「食料継戦能力」だが、これはエネルギー継戦能力と密接に関係している。なぜなら、現代における食料の供給には、莫大なエネルギーを使うからである。図 54 は、人間が 1 カロリーを摂取するために、農作物の生産から家庭での保存・調理まで、10 カロリーの化石燃料が投入されていることを示している。米国での計算であるが、だいたいの傾向は日本でも類似するであろう。

温室効果ガス排出でみても、世界の排出の 3 分の 1 は食料関連だと言われている⁵⁵。ということは、エネルギー消費でみても、3 分の 1 程度は食料関連ということであろう。なぜそんなに多くのエネルギーが必要かという点、農作物の生産のためにも、トラクターなどの農業機械を動かす石油があり、肥料や農薬の製造にも天然ガスなどを多用する。農業・土地利用に加えて、食品の加工、輸送、冷蔵、冷凍、家庭での冷蔵・冷凍・調理がある。こうしてみると、普段我々が食べているのは、エネルギーの塊である。

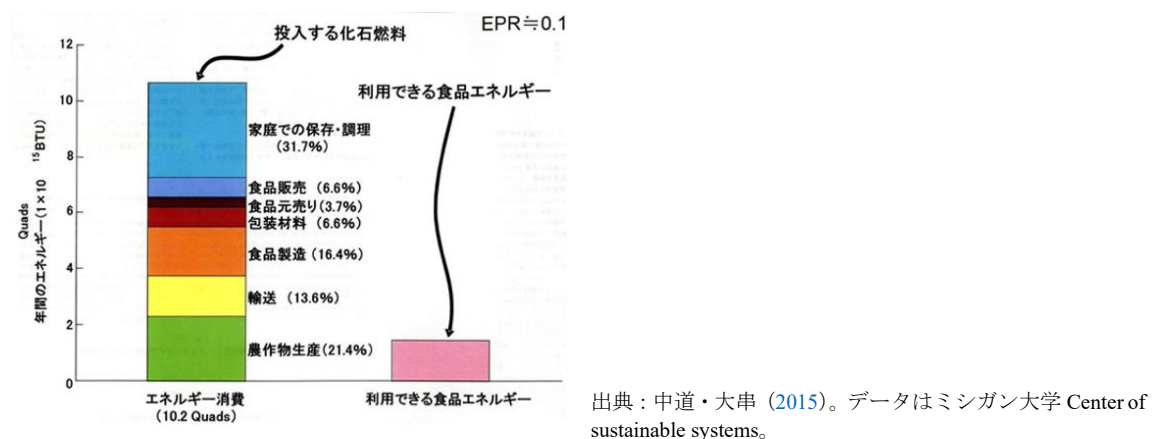


図 54：米国フードシステムのエネルギーフロー

食料自給率という指標があり、これを高めることが食料安全保障上重要だという意見がある。だがじつは、この食料自給率は、エネルギーがふんだんに使えることを前提としたもののなので、エネルギーの有事にはまったく意味が無くなる。海上輸送が途絶してエネルギーが極端に不足したときに、それでも餓死者が出ないためにはどうするか。エネルギーが欠乏して真っ先に起こることは、大都市への食料の輸送が滞り、大都市が飢餓状態になることだろう。大都市から脱出してこれを乗り切ったとしても、食料備蓄を食べつくせばどうするか。農作物を造らねばならないが、そのときの肥料、農薬、農業機械の動力をどうするか。検討すべきことは多岐にわたる。

⁵⁵ Crippa et al. (2021) は、食品システムの排出量は、2015 年に全世界で年 18Gt-CO₂ に達し、温室効果ガス排出量全体の 34% のシェアを持つとされる。そこでの最大の寄与は、農業と土地利用／土地利用変化活動 (71%) であり、残りはサプライチェーン活動 (小売、輸送、消費、燃料生産、廃棄物管理、工業プロセス、包装) からのものである。米国での測定 (図 54) よりも、農作物生産のシェアが大きい。

日本の食料備蓄はコメが 100 万トンあるのみである。国民 1 人あたりにするとわずか 8 キロしかない。これで足りるだろうか。コメは 100 グラムで 356 カロリーと熱量は高いが、1 人 1 日の摂取量である 2000 カロリーを満たすためには、毎日 562 グラムが必要になる。8 キログラムの備蓄では 2 週間分しかない（杉山 20230704）。

それでは 1 年分のカロリーをコメだけで満たすとしたら、どれだけの備蓄が必要かという、1 人あたり 200 キロのコメが必要な計算になる。農水省によればいまの日本の 1 人あたりのコメの消費量は 50 キログラムだから、200 キログラムというとなら 4 年分にあたるが、これだけあれば 1 年はカロリー不足にはならず継戦できることになる。10 キログラムあたりのコメを 2000 円で調達するとして、1 人あたり 200 キログラムで 4 万円となる。結構な値段となるが、コメは数年は保つので、古古古米ぐらいまで食べるとすれば毎年の支出はこの 4 分の 1 程度であり、年間 1 人 1 万円で済む。

また備蓄を終えた後に飼料用や加工用に売却すればこれよりも負担は少なくなる。台風や地震など、他の災害への備えにもなる。何よりも、ある程度の米の備蓄が日本の継戦能力を飛躍的に高めるとすれば、それ自体が戦争抑止の手段として意義を持つ。仮に外部からの攻撃や包囲が生じて、日本が一定期間にわたり持ちこたえ、反撃する能力を備えていることを示すことは、潜在的な攻撃者に対する有効な抑止力となろう⁵⁶。

次いで肥料と農薬である。肥料は経済安全保障推進法に基づく「特定重要物資」に指定され、備蓄が着手されたが、まだ種類も量も少ない。そして最も根本的なことは、エネルギー欠乏時の食料供給体制とはどのようなものか、そのシナリオを検討しておくことである。平時のようなエネルギー依存型の食料供給はそもそも継続不可能であるし、貴重なエネルギーは、軍事作戦のためにこそ使用されることになるだろう。

まずは米などの備蓄を取り崩す。その間に、エネルギー投入が少なく済み、しかも収穫量の多い作物を植える。これはサツマイモやジャガイモなどだろうか。そのための肥料、農薬、それに作物によってはタネも備蓄が必要かもしれない。冷凍・冷蔵やトラックなどは使えなくなる。ならば国民は全国に散らばり、自給自足に近い形で、作物を育て食べる。最小限の燃料は薪を使う。このようなシナリオのために必要な食料、資材、機材は何かを検討し、平時において蓄えておかねばならない。

このようにして、たとえ完全に海上封鎖されたとしても、1 年ないしそれ以上、飢えることが無いようにしなければならない。持ちこたえていれば、国際的な非難が侵略者に対して高まり、米国などから援軍もやってくるだろう。そうではなく、1 か月で飢餓がはじまり、日本が屈服するようではいけない。そのような脆弱性を見せれば、中国はじっさいに海上封鎖をする誘惑に駆られるかもしれない。1 か月で日本を屈服させることができるなら、ロシアのクリミア併合時のように、「世界はそれを既成事実とみなしてしまうのですぐに国際社

⁵⁶ もちろん、コメにこだわる必要はなく、どのような食品でもよい。伝統的には、コメは何年も貯蔵できて、栄養価が高く、単収も多かったのも、何よりも兵糧として重宝されてきた。江戸幕府がコメに執着したのも武士にとって優れた兵糧だったからである。だがいまでは加工技術が進歩したので、平時に加工しておけば、米よりも優れて安価な保存食もあるかもしれない。

会に復帰できる」と読むかもしれない。

平和のためにこそ、戦争への十分な備えが必要である。ロシアがウクライナに侵攻したのは、すぐに屈服すると読んだからだ。中国に「日本は弱い、輸送船をいくらか沈めてしまえばすぐ屈服する」と思わせてはいけない。日本はエネルギー・食料の継戦能力を確保し、それを中国に見せつけておかねばならない。

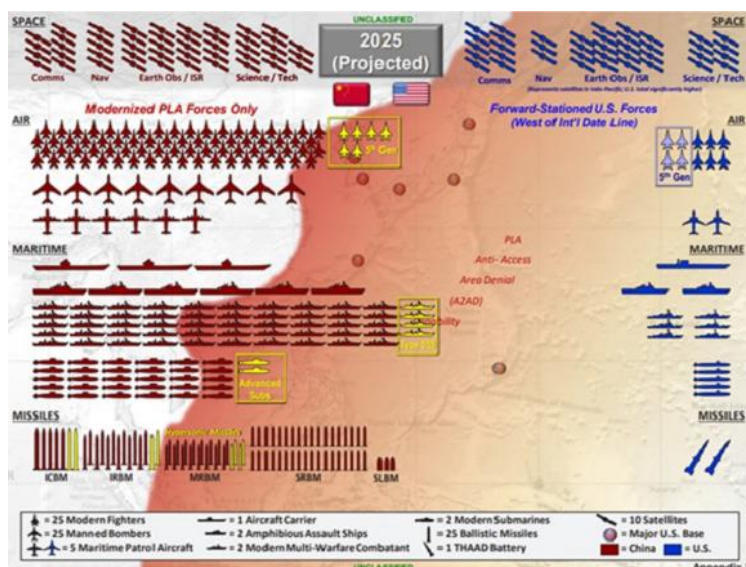
II.9.6. 台湾有事リスクを抑止するエネルギー政策

以上のようなエネルギー・食料継戦能力の向上が喫緊の課題であるひとつの大きな理由は、台湾有事リスクが高まったためである。だが今のところ日本のエネルギー政策にはこの緊張感が乏しい。2023 年 6 月に閣議決定されたエネルギー白書（資源エネルギー庁 2023）には、「台湾」という言葉は統計の説明と各国のエネルギー状況を概説する部分の一部に出てくるのみであった。「シーレーン」という言葉に至ってはそもそも一度も出てこない。「エネルギーの安定供給」は書いてある。だが過去 10 年間に発行された白書と大筋では何ら変わるものではない。エネルギー供給の多様化を図ること、石油などの備蓄をすること、資源供給国との関係を強化すること、などが書いてある。また、台風や津波などの自然災害への防災の強化についても指摘される。これらはいずれも大事だけれども、日本の事態はもっと切迫している（杉山 20230626）。

とくに、台湾有事のリスクは高まっている。中国の習近平政権は、これまでの慣例を覆して 3 期目（2023 年から 2027 年まで）に入った。この間に中国が台湾併合に動くとの見方が高まっている。「ヒゲの隊長」の愛称で知られる佐藤正久・自民党国防会長は、中国の公式文書や人事に基づいて、習近平政権が台湾に軍事侵攻するリスクは極めて高く、する・しないの問題というより、いつするか、という時間の問題だとみている（佐藤 2023）。

米国でも同様の見方をする識者が多い。キャノングローバル戦略研究所の峯村健司氏は、それに加えて、台湾統一は習近平氏自身の最重要な関心事でもあり、また、台湾統一に関しては中国国民の幅広い支持があることを指摘する。峯村氏は、2024 年末の米大統領選を巡って米国が混乱するなどの事態になれば、早くも中国が台湾に侵攻するおそれがあるとしていた（石・峯村 2023）。

武力を伴う侵攻となると、米国はどう動くか。米中軍事衝突のリスクが高まると、米軍の空母機動部隊は台湾付近から退避し、グアムまでいったん下がると見られている。なぜならば、いま台湾付近での通常戦力バランスは中国が米国を上回っており、なかんずく、中距離ミサイルについては中国 2000 発に対して米国はゼロという圧倒的な中国優位の状態だからである（図 55）。



出典：Allison and Glick-Unterman (2021, p. 10)。

図 55：米中の戦力バランス

空母はこの中距離ミサイルの攻撃に対して脆弱であるため、グアムまで退避して、中国の中距離ミサイルの射程外から、米軍は台湾付近の中国軍を攻撃するという。話題になった米国戦略国際研究所（CSIS）のシミュレーション（Cancian et al. 2023）でもこのように予想されている。ということは、日本付近の制海権は、米中どちらも完全には把握しない、という状態になる。この状態で、日本に向かう輸送船が、ミサイル、ドローン、あるいは潜水艦などで攻撃を受ければ、日本への海上物資輸送は滞ってしまう。ウクライナでの戦争では1250 キロメートルも離れたロシア国内の石油精製設備をウクライナのドローンが破壊している。紅海でもドローン攻撃によって欧米の貨物船は事実上海上封鎖されている。

武力を伴う侵攻ではなく、政治的に台湾が統合される場合においても、台湾の東側にある港を基地にすることで、中国は西太平洋における軍事的プレゼンスをますます高めることになる。中国本土の港は、東シナ海のように付近の水深が浅いため潜水艦の活動に制約を受けるが、台湾の東側の港であればこの問題が解決されるという。中国による台湾の併合後は西太平洋において軍拡競争がますます激化し、中国が日本のシーレーンを脅かす能力もますます高まるであろう。

つまり武力侵攻であれ、武力を伴わない政治的統合であれ、ひとたび台湾有事となれば、日本のシーレーンは脅かされる。現状では、日本のシーレーンの喪失は、即、継戦能力の喪失を意味する。ということは、かかる台湾有事を抑止するためには、シーレーンを脅かされても日本が屈服しない備えをして、中国にあらかじめ見せつけておかねばならない。

他方、中国の化石燃料依存度も日本並みに高く、9割近い。ひとたび台湾有事となると、マラッカ海峡は米軍の勢力圏なので、中国も海上封鎖を受ける可能性があるが、それで中国のエネルギー供給はどれだけ打撃を受けるだろうか。もちろん中国にとっても一定の痛手にはなるが、日本に比べると、事態はそれほど深刻にはならない。なぜなら、中国は国産の

エネルギーも豊富な上に、ロシアや中央アジア諸国からのエネルギー供給もあるからだ。

まず何よりも、一次エネルギー供給の 6 割を占める石炭について、中国は 95% が国産である。このため、シーレーンが途絶しても基本的にはエネルギーに困ることはない。発電についても石炭が主力なので極端な電力不足になる心配は薄い。

天然ガスは最近になって環境対策のためとして発電用や民生用の使用が増えており、それに伴い輸入もしている。しかし海上ルートによる液化天然ガス (LNG) 輸入は天然ガス供給全体の 4 分の 1 に過ぎない。6 割は国産であり、残りはロシアや中央アジアからのパイプライン輸入である。このため、海上輸送による LNG が途絶えても、深刻な供給不足は考えにくい。

石油については、中国は中東から日量 562 万バレルと大量に輸入していることを含め、海上輸送による輸入への依存度は高い。だが、中国全体の石油消費量日量 1600 万バレルのうち、4 分の 1 の日量 400 万バレルは国産である。ロシアなど陸続きの国からの輸入も出来るので、シーレーンが途絶したとしても、一定の継戦能力は確保されるだろう。

もちろん、これが長期化すれば、経済的な打撃は甚大にはなる。しかしながら、周りをすべて海に囲まれている島国である日本と比べると、中国の継戦能力におけるエネルギー供給は、マラッカ海峡などのシーレーン喪失に対して頑強である。したがって、西太平洋におけるエネルギー海上輸送の安全性が崩壊したとき、中国と日本のどちらが先に倒れるか、というと、現状では、日本が先に倒れてしまう。だからこそ日本は、①原子力発電の再稼働 (II.2.6 節)、②原子燃料、石油、石炭の備蓄の強化 (II.9.3 節)、③すべてのエネルギーインフラのテロ対策の強化 (II.9.4 節)、の 3 つにただちに着手しなければならない。ひとたび政治的な決断さえ下せば、1 年でもかなりの成果を上げることができるだろう。技術的、経済的に、さほどハードルの高いことではない。

II.10. CO2 排出総量を制約としない

本計画では、日本全体の CO2 排出総量の目標を置かず、部門別の CO2 排出量の割り当てもしない。国内 CO2 排出量をエネルギー政策の一部とすれば、無謀な NDC との整合性を取るような圧力が働き、計画内のあらゆる数値が「数値目標」として運用され、国内経済の成長を強固に制約してしまうからである。数値目標の運用は、合理的な長期需要見通しが求められる化石燃料の調達と利用に支障をきたすため、安全保障を損なう懸念も大きい (II.9 節)。

この CO2 を制約としない方針を取ることはいくつかの論点を生じさせる。以下では、エネ基における CO2 排出量目標とパリ協定の NDC の関係をどう整理すべきか (II.10.1 節)、気候変動のリスクを科学的にどう理解するか (II.10.2 節から II.10.12 節)、そして日本企業のグリーン輸出をどう支援するか (II.10.13 節) について論じる。

II.10.1. エネ基の CO2 目標とパリ協定の NDC の関係性

エネルギー主導ミナンスを達成するためには、3E+S のあるべきバランスを取り戻さなければならない。現在の最大の問題は、環境（E）への過度の偏重である。無謀な国内排出目標に基づく割当ては、エネルギー多消費的な製造業の海外移転を誘発し、不必要なレベルの空洞化を引き起こす（I.1.1 節）。それが国際的な CO2 排出削減に貢献するものではないことは、世界の排出量が増加を続けたこの四半世紀の教訓である。

本計画を進めた場合、うまくいけば、原子力が最大限に導入され、電力コストが安価になり（II.1.4 節）、EV やヒートポンプなどの電気利用技術も技術開発によって安価になる結果、需要部門の電化も進む（II.1.5 節）。日本の電力・エネルギー需要は拡大しながら、今世紀半ばにかけて、国内 CO2 排出量も大幅に削減される可能性がある。今世紀後半には核融合も実用化されてゆくことが期待される（II.6.6 節）。

パリ協定については、政権の意向として NDC における CO2 目標の提出をやむなしと判断する場合でも、それは施策の羅列に留め無害化すべきである。NDC とはその程度のものである。米国での評価を本節に後述するが、エネルギー基本計画で数値を細かく積み上げて、それを NDC にする国など日本以外にはどこにもない（なお本計画ではパリ協定からの離脱も提言するが、これについては II.11 節で詳述する）。

第 7 次エネルギー基本計画（経済産業省 2025a）では、「2030 年に 2013 年比で CO2 などの温室効果ガス排出量を 46%削減する。同様に 2035 年には 60%、2040 年には 73%削減する」と言う無謀な数値目標が設定された。それに無理に合わせたつじつま合わせが行われ、2040 年の電源構成における再生可能エネルギーの割合を 4 割から 5 割にするなどといった数字が設定された。今、あらゆる政策措置がこういった数値に縛られて実施されている。

これらの部門別の数値は「目標」ではなく「目安」や「見通し」といった位置づけに一応はなっている。すなわち、エネルギー基本計画においては、「【参考】2040 年度におけるエネルギー需給の見通し」と題して、「2040 年度エネルギー需給の見通しは、諸外国における分析手法も参考としながら、様々な不確実性が存在することを念頭に、複数のシナリオを用いた一定の幅として提示」するとした上で、上述の再エネ比率などを電源構成等の「見通し」として示している（経済産業省 2025c, p. 9）。また地球温暖化対策計画においては、「【参考】温室効果ガス別の排出削減・吸収量の目標・目安」を、2030 年度および 2040 年度について示している（内閣官房・環境省・経済産業省（2025, p. 3））。

しかしどのような呼び方がなされるにせよ、これらの数値は、今後のエネルギー政策を束縛するために使用されることになる。すなわち、地球温暖化対策計画においては、「【参考】進捗管理（フォローアップ）の強化」と題した上で、「将来の電力需要量や脱炭素技術の開発・実装の不確実性が大きい中、本計画に基づき 2050 年ネットゼロに向けた直線的な経路を弛まず着実に歩んでいくため、関係府省庁と連携し、対策・施策の進捗状況や今後講ずる対策の具体化の状況等を点検し、フォローアップを通じて対策の柔軟な見直し・強化を図る」

としているからである。

つまり、その呼称が「目安」であれ「見通し」であれ「目標」であれ、実際に行われることは「2050 年ネットゼロに向けた直線的な経路を弛まず着実に歩いていく非効率な政策を推進するため」に、これ以上は根拠の問われない数値として進捗管理されることになる訳である。

困ったことに、再エネ 4-5 割といった数字の設定は、技術的・経済的な検討が極めて不十分なままに行われた。このため、再エネ大量導入などに伴ってコストが膨大になり、電気料金はますます高くなってゆくことは必定だ。だが計画に数字が書き込まれているために、なかなかブレーキが利かない。

そもそも国には将来の CO2 排出量を決める能力はない。経済成長がどの程度になるかは予測できない。また、計画の実施段階になって、技術的な課題が克服できなかったり、立地問題に直面したり、経済安全保障の問題が浮上したり、経済的なコストが予想以上にかかったりする。将来の CO2 排出量は本質的に不確実である。それにも関わらず数値目標を強行すれば多大な害悪が発生する。

これを除くにはどうすればよいか。一つの参考はバイデン政権時代の米国の方法である。米国では、①あらまほしき目標を政権が決めるけれども、②その実施段階においては個別具体的な政策を是々非々で議会が制定し、③その結果としてどの程度の CO2 排出量になりそうかは独立な機関が第三者的な立場から予測する、という 3 つのステップを踏んでいた。米国の「国家気候タスクフォース」公式ホームページで確認しよう（White House 2021）。

米国大統領は以下の 3 点を公約していた：

- ・ 2030 年に米国の温室効果ガス排出量を 2005 年比で 50-52%削減する。
- ・ 2035 年までに炭素汚染のない電力を 100%にする
- ・ 2050 年までにネット・ゼロ・エミッション経済を達成する

そしてこの達成のためとして、インフレ抑制法、超党派インフラ法などの法律を制定した。しかし、米国政府として部門ごとの CO2 排出量の内訳を決めたり、発電部門のエネルギーミックス（電源構成）を定めたりといったことはしていない。その代わりに、米国エネルギー省に属するエネルギー情報庁（EIA 2023a）が、現行の政策に基づく CO2 排出量がどのようになるか、予測を発表している。その予測を見ると、前述の米国政府の目標は悉く未達である（II.10.2 節）。

たとえば、2030 年の CO2 排出量は 50%削減には程遠いし、2035 年の電力部門の CO2 排出もゼロには全然なっていない。EIA は「法律により、我々のデータ、分析、予測はいかなる米国政府の組織または人の承認を受けない独立なものである（By law, our data, analyses, and forecasts are independent of approval by any other officer or employee of the U.S. government）」としている。政府がつじつま合わせのために鉛筆をなめて作る数字ではない、ということである。

日本も、将来のエネルギー基本計画では、米国方式を取るべきである。つまり部門別の

CO2 排出量の数値や、エネルギーミックスと呼ばれる発電部門の電源構成についての数値を除外する。そして具体的な政策の導入にあたっては、それら政策の費用・便益・リスクを精査した上で妥当なものを選ぶ。

なお電力部門においては、かつてそうであったように、原子力などの大規模な電源や送電線については、全体としての需給の調整を図るために、国としての長期計画が必要だろう。独立した機関による長期予測については、実は日本にもそれに準じるものがすでにある。

日本エネルギー経済研究所 (2022) の「IEEJ アウトルック 2023」では、過去の趨勢に従った場合 (レファレンスシナリオ) と、最大限技術を導入した場合 (技術進展シナリオ) について、将来予測を行っている。そして技術進展シナリオにおいてすら、米国および EU ともに 2030 年の CO2 削減目標は未達とされている⁵⁷。日本の 2030 年目標も未達である！また 2050 年の世界のカーボンニュートラルについても「実現には程遠い」とはっきり記してある。2050 年の CO2 排出量は 2020 年の半分程度に留まる。

これが現実に近い姿である。トップダウンで「直線的に」無謀な目標を立てても、実現不可能なのだ。それに向かってつじつま合わせをした数値目標に振り回されると⁵⁸、どこかで必ず破綻する。それを回避するための軌道修正が遅れるほど、無駄なコストがかさみ経済が疲弊することになる。

今後の政府のエネルギー基本計画では、部門別の CO2 排出量や、エネルギーミックス (電源構成) の内訳の数字は除外すべきである。それに代えて、日本エネルギー経済研究所 (IEEJ) などの研究機関が予測をすればよい。それは、経済成長や技術進歩などの不確実性を取り込めば、当然、かなり大きな幅を持ったものになる。これは米国 EIA でもそうなっている。そして将来予測に当たっては、これも米国 EIA に倣い、政府の介入や承認を受けず、独立の専門機関として実施すべきである。

II.10.2. 気候変動リスクをどう理解するか

以下では II.10.3 節から II.10.12 節にわたって、気候変動リスクについての筆者らの理解を論じていく。エネルギー政策の立案において、それを論じざるをえない理由は、報道機関らが主張する気候変動リスクは、科学的な評価を遥かに超えて誇張されているからである⁵⁹。俗論を前提とした「もはや待ったなし」とした認識のもとで、現実のエネルギー政策を構築することの安全保障・経済上のリスクは極めて大きい。ここではまず気候変動リスクについ

⁵⁷ 「IEEJ アウトルック 2023」における 2050 年の世界のエネルギー消費量は、レファレンスシナリオでは 2020 年の 1.3 倍、技術進展シナリオではおおむね 2020 年水準に抑制されている。一次エネルギーのうちの化石燃料への依存度はそれぞれのシナリオで 8 割と 6 割であり、化石燃料への依存が続くことが示されている (日本エネルギー経済研究所 2022)。

⁵⁸ これまでのモデル試算評価でも、排出削減目標が強化されるに伴い、未来において技術が進歩し安価に提供されることを前提としたフィクションの性格が高められてきた (鳩山政権時の▲25%削減目標でもプラス成長になるとした環境省による独自評価については脚注 7)。現在、モデル分析はあまりにも強い制約条件や前提条件のもとにがんじがらめとなり、まるで意味のない“最適化”モデルの結果を提示している。無謀な排出削減目標は、モデルを非現実的なつじつま合わせの安い道具へと墮落させている (野村 2025b)。

⁵⁹ この科学的評価には IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC 2023) およびその引用文献が含まれる。ただし、同報告書にも意図的に誤解を招く表現や誇張が多く含まれている (Koonin 2021, Brown et al. 2023)。

での結論部分を取ってまとめておこう⁶⁰。

地球環境は複雑なので、それが長期的に変動しているかどうかを理解するにあたって最も重要なのは、シミュレーションではなく、観測などの統計の確認である。それを見る限り「気候危機」が起きているという程のことは見当たらない。日本のマスコミによる報道の多くは、気候変動によって「自然災害の激甚化」が起きていると強調している。だがこれは統計的に確認されていない。また気候変動によって食料生産が減少するといったことが報じられるが、統計に基づくと、むしろ技術進歩によって食料生産は確実に増えていることが分かる（II.10.3 節から II.10.5 節）。

「気候危機」を唱える根拠として気候モデルが用いられている。だが地球環境という複雑な対象をシミュレーションで十分に表現できているかという点、まったくそうはなっていない。気候モデルによるシミュレーションは、過去の再現計算についてすら大きく観測値と食い違っている。地球全体の平均気温についてのみは、過去を再現できているが、これはチューニングで合わせてあるにすぎない。このようなシミュレーションは政策決定に額面通り使うべきものではない（II.10.6 節から II.10.7 節）。また、地球温暖化が暴走するというのは極めて不確かな意見に過ぎない。そして地球温暖化の原因には人為的なものだけでなく自然変動もある（II.10.8 節から II.10.10 節）。以上のような当然なされるべき科学的議論は地球温暖化問題においては抑圧されている（II.10.11 節）。

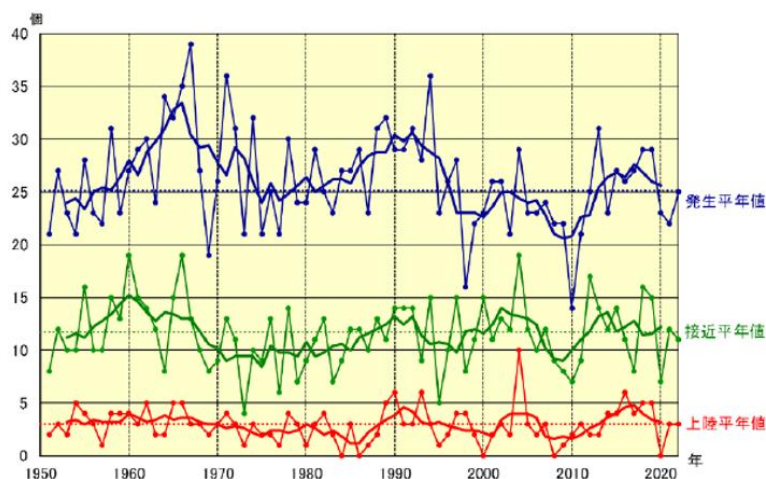
加えて、日本国民にとっての費用便益分析という観点で考えると、日本が 2050 年に CO₂ 排出をゼロにしても、地球の平均気温への影響は 0.006℃に過ぎず、事実上皆無である（II.10.12 節）。これを知れば、CO₂ ゼロという、それを目指すだけでも経済が壊滅する目標について、国民が納得することは無いだろう。

このように、気候変動リスクを科学的に評価すると、2050 年 CO₂ ゼロといった極端な目標を絶対視し、安全保障や経済をないがしろにすることは、日本という国家にとって致命的な誤りであることが分かる。

II.10.3. 台風は頻発化・激甚化しているか

台風シーズンになり被害が出る度に、「地球温暖化のせい」で台風が「激甚化」している、「頻発」している、といったニュースが流れる。これには根拠があるだろうか。気象庁（2022）による台風の発生数、日本への接近数、および上陸数のデータを示したものが図 56 である。年々の変動は激しいが、長期的にいずれも増加傾向にはない。偶然にも台風の数が多い年にはニュースになり、温暖化のせいにされることがままある。だが温暖化はゆっくりと起きる事象なので、数十年から百年といった長期的なトレンドを見なければ意味が無い。年々の変動は自然変動に過ぎない。

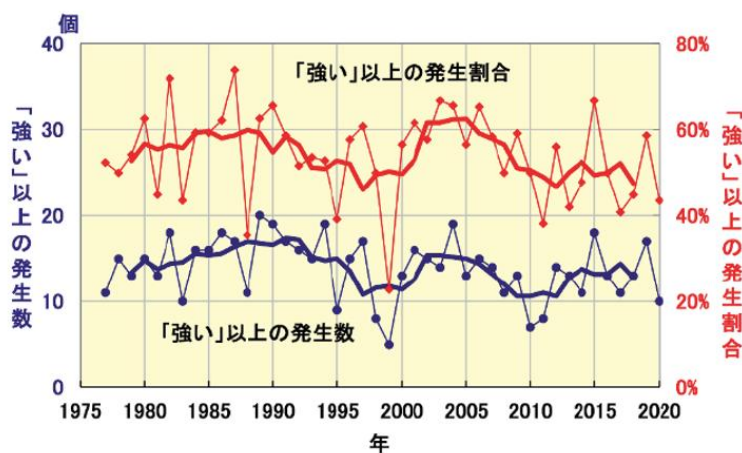
⁶⁰ さらに詳しくは杉山（20250412）を参照されたい。



出典：気象庁（2022）。対象期間は1951–2022年。青線は発生数、緑線は接近数、赤線は上陸数。細線は各年値、太線は5年移動平均値、点線は平年値（1991–2020年の平均値）。

図 56：台風の発生数、日本への接近数・上陸数の経年変化

では台風は「強く」なっているだろうか。再び気象庁のデータで確認する。図 57 は「強い」以上に発達した台風の数と、その全発生数に対する割合である。台風は、最大風速が毎秒 33 メートルを超えると「強い」以上に分類される。図を見ると、その「強い」以上の台風の発生数は明らかに増えていない。「強い」以上の台風の発生割合を見ても、増えてはいない。もしも台風が激甚化しているというのであれば、このグラフははっきりと右肩上がりになっているはずである。だがそうはなっておらず、台風が激甚化したという言説は誤りだと断言できる。



出典：気象庁（2023）。細い実線は、「強い」以上の勢力となった台風の発生数（青）と全台風に対する割合（赤）の経年変化。太い実線は、それぞれの 5 年移動平均。

図 57：「強い」台風の発生数と全台風に対する割合

台風については、これまでにほとんど無かったような強力な「スーパー台風」が地球温暖化によって来るようになる、という言説もある。それでは過去のスーパー台風のランキングはどうなっているだろうか。図 58 は、環境省がまとめた、観測史上のスーパー台風のランキングである。より正確に言うと、上陸時の中心気圧の低さを強さの指標とみなしてラン

キングしている。

第1位が第二室戸台風で925ヘクトパスカルである。第2位は伊勢湾台風で929ヘクトパスカル、と続く。同点5位が6つあって、欄外の2つの参考記録の台風である室戸台風と枕崎台風を足すと、観測史上で13個のスーパー台風があったことになる⁶¹。室戸台風、枕崎台風、伊勢湾台風は昭和の三大台風と呼ばれる。こうしてみると1971年までは、スーパー台風が頻発していた。とくに1950年代は4件、1960年代は3件がランキングしている。

ところが、1971年を最後に、このようなスーパー台風は滅多に来なくなった。ランキングに入っているのは、1991年と1993年、そして2022年に1つずつあるだけである。5位にランクインしている2022年の台風14号（台風番号2214）は確かに強力な台風だった。だがこのようなスーパー台風が頻発している訳ではない。むしろ、この台風14号は、1993年以来、じつに30年ぶりに上陸したスーパー台風だったということである。なぜスーパー台風が上陸しなくなったのか、その理由は著者らの知る限り世界の誰も分かっていない。数十年規模の気候の自然変動が影響しているのかもしれない。いずれにせよ、現在より半世紀以上前にその上陸数が多く、その後には増えていないのだから、「地球温暖化のせいでスーパー台風が上陸するようになった」ということはありえない。

中心気圧が低い台風（統計期間：1951年～2022年第25号まで）				
上陸時（直前）の中心気圧が低い台風				
順位	台風番号	上陸時気圧 (hPa)	上陸日時	上陸場所 *1
1	6118 *2	925	1961年9月16日09時過ぎ	高知県室戸岬の西
2	5915 *3	929	1959年9月26日18時頃	和歌山県洲岬の西
3	9313	930	1993年9月3日16時前	鹿児島県薩摩半島南部
4	5115	935	1951年10月14日19時頃	鹿児島県串木野市付近
5	2214	940	2022年9月18日19時頃	鹿児島県鹿児島市付近
	9119	940	1991年9月27日16時過ぎ	長崎県佐世保市の南
	7123	940	1971年8月29日23時半頃	鹿児島県大隅半島
	6523	940	1965年9月10日08時頃	高知県安芸市付近
	6420	940	1964年9月24日17時頃	鹿児島県佐多岬付近
	5522	940	1955年9月29日22時頃	鹿児島県薩摩半島
	5405	940	1954年8月18日02時頃	鹿児島県西部
*1：当時の市町村名等 で示す				
*2：第二室戸台風				
*3：伊勢湾台風				
参考記録：（※統計開始以前のため）				
室戸台風 911.6hPa 1934年9月21日（室戸岬における観測値）				
枕崎台風 916.1hPa 1945年9月17日（枕崎における観測値）				

出典：気象庁（2023）。

図 58：上陸時の中心気圧が低い台風のランキング

このように、台風が頻発化している、台風が激甚化している、スーパー台風が増えている、といった言説は、公開されている公式のデータではっきりとその真偽を確かめることができるし、はっきりと否定できる。それなのに、地球温暖化による悪影響というものが語ら

⁶¹ なおスーパー台風というのは正式な気象用語ではないが、ここでは便宜上そうに呼称している。

れるときに、このようなデータが無視されることがあまりにも多い。メディアははじめから「地球温暖化によって台風が激甚化」といったストーリーを決めており、それに合うデータだけを探し回る。うまくストーリーに合うデータだけが採択されて、ストーリーに合わないデータは無視される。

そのようなメディアが選択的によく取り上げる科学的な話題がいくつかある。まずは台風のメカニズムに関するものだ。地球温暖化によって海水の温度が上がると、水蒸気量も増えて、台風が強力になるというものである。あるいは、地球温暖化によって台風の経路や移動速度が変わるというものもある。さらには、コンピュータを用いたシミュレーションによって、もし地球温暖化がなかりせば台風はもっと弱かったはずだとか、将来は台風が激甚化すると予測される、といったものである。

このようなメカニズムに関する分析も、シミュレーションによる分析も、研究として実施する意義はあるだろう。だがいずれも、複雑な気象現象を大幅に単純化した議論になっていることは間違いない。地球の気象という非常に複雑な問題においては、観測データこそが最も重視すべきデータである。自動車の設計などの分野でもシミュレーションは多用するが、必ず実験と突き合わせて、実験に合わなければシミュレーションの方を棄却するのが常識だ。気象には実験は無いので、観測がその代わりになる。

台風が強くなるメカニズムがあるにせよ、シミュレーションによれば台風が強くなるという結果が出るにせよ、統計データにそれがまったく出ていない。そうならば、そうした主張が誤りであるか、あるいは仮に正しくても他の自然変動のレベルや統計の誤差に埋もれるぐらいのことであり、少なくとも現在までは温暖化の影響はさほど重大ではない、ということになる⁶²。

地球温暖化が起きていることは、観察される事実である。ただしそれは過去 150 年で 1 度程度であり、何度も上がったというわけではない。150 年前に 40°C だった暑さが 41°C になったという程度のことである。猛暑の「激甚化」というほどの形容は当たらない。その一方で、この間、東京などの大都市では都市熱だけで 1°C から 2°C 気温が上昇している。また暑さよりも寒さの方が超過死亡は多く、地球温暖化は全体としては死亡率の減少に帰結してきたし、今後もそうなるであろう (Brown 2022, 堅田 2024)。

なお気候危機論者にとって「不都合な真実」なのでまったく報道もされないが、IPCC によるまとめでも、災害の激甚化・頻発化を明確に否定している。すなわち、大雨や台風について、CO₂ などの排出による人為的な影響のシグナルは、自然変動のノイズに埋もれてしまい、有意に検出されなかった。ひらたくいえば、IPCC も災害の激甚化・頻発化は、起き

⁶² ではこれから台風は心配しなくてよいのか、というとそうではない。図 58 で見たように、1950 年代と 1960 年代にはスーパー台風が頻発していた。過去にそうだったということは、今後、またそのようなことが起きるかもしれない。そうすると、長い間そのようなスーパー台風を経験していなかったために、被害が甚大になる可能性がある。油断大敵、ということである。地球温暖化の影響よりは、こうした油断の方がよほど怖い。いつまたスーパー台風が頻発するようになるかは分からない。参考までに、米国のハリケーンについては、北大西洋数十年規模振動 (AMO) という現象に密接な関連があり、約 60 年の周期で、ハリケーンの強さが自然変動する、という説が有力である。日本についても類似の約 60 年の周期があるかどうかは分からないが、もし約 60 年の周期だとすると、日本についても伊勢湾台風のような恐ろしいスーパー台風が頻発する時期に入ったかもしれない。

ていないか、起きているとしても誤差の内に過ぎない、としているのだ。具体的に列挙すると、河川の洪水、大雨、内水氾濫、地すべり、干ばつ、激しい暴風、熱帯低気圧、砂嵐と砂塵嵐、大雪と氷嵐、雹（ひょう）、雪、海岸の洪水、海洋熱波等について、地球温暖化の影響は、無かったか、有ったとしても「誤差の内」に過ぎない、としている⁶³。災害があるたびに気候変動のせいだと論評する専門家や報道は、IPCC の結論とは完全に異なったことを言っている。さらに IPCC は、非現実的なまでに排出量の多いシナリオ（RCP8.5）を仮定しても、上述の項目についてはこの「誤差の内」という状況は 2100 年まで変わらないとしている（杉山 20230926, 20250412, Pielke 2023, IPCC 2023 Chapter 12 Table 12.12）。

II.10.4. 食料生産は増えており気候危機の兆しはない

「気候危機」という言葉がよく報道されるようになった。「産業革命前からの地球の気温上昇が 1.5℃になると破局的な状況になるので、回避しなければならない」ということもよく言われる。ところで、IPCC（2023）によればすでに気温上昇は 1.1℃だとなっているから、あと 0.4℃で 1.5℃へと到達する。もしこれが破局を意味すると言うなら、すでにマクロの社会統計において気候危機の兆候は表れているだろうか。

地球温暖化によって、コメがとれなくなる、といった報道があるが、それでは世界の食料生産は減少に向かっているか、国際農業機関 FAO によるデータから確認すると、むしろ世界の食糧生産は増え続けていることが分かる。図 59 は、最も重要な 4 つの穀物であるトウモロコシ、コメ、小麦、大豆について、世界全体の収穫量の推移を示したものである。

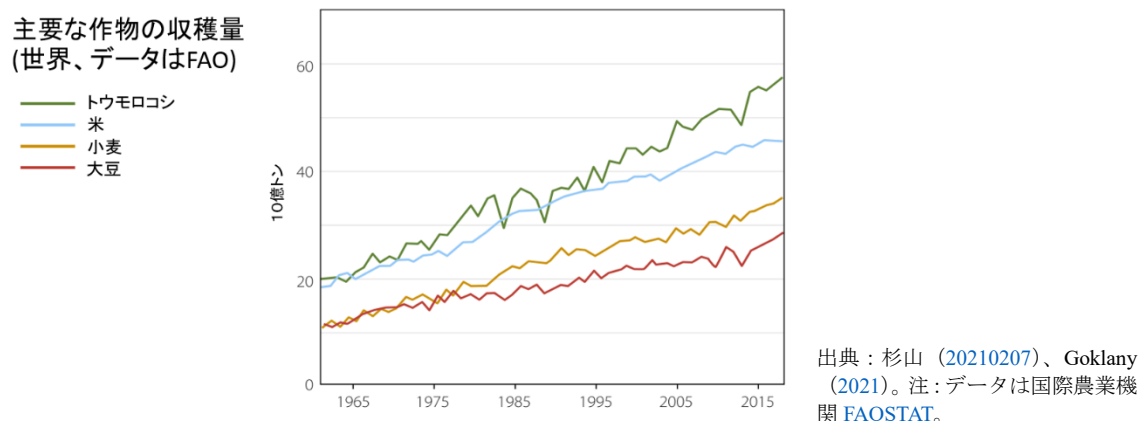


図 59：世界の主要な作物の収穫量

⁶³ 大雨の雨量が増加する理論的なメカニズムは存在する。これはクラウジウス・クラペイロン関係によって大気の水蒸気量が増え、それが冷やされることによる降雨量が増えた、と説明される。雨量を変化させるメカニズムはこれだけでは無く減少させるメカニズムも存在するが、仮にこのメカニズム通りに雨量が増えるとしても、飽和水蒸気量の増加は 1 度あたり 6% 程度であるため、これに伴う過去の雨量の増加は 150 年でせいぜい 6% 程度ということになる。つまり 150 年かけて 100 ミリの雨が最大で 106 ミリになったということで、この程度の雨量増加であれば、日々の気象変動に比べて僅かなものである。仮に統計的に有意に観測されるとしても「激甚化」という形容は不適切である。

過去半世紀以上にわたって、世界の食糧生産は増え続けてきた。これは技術進歩のおかげである。すなわち化学肥料や農薬が発明され普及した。トラクターなどの農業機械が利用されるようになった。品種改良によって、作物は収穫量が多く、病虫害にも強くなった。灌漑によって安定した水の供給がなされるようになった。ダムや堤防などの防災インフラの建設によって、作物が水害から守られるようになった。

一貫して収穫量は増加してきたが、これは、過去にも地球温暖化が進行する中で生じてきたことである。いまでも食糧生産の増加傾向にかげりはまったく無い。統計を見ると、この間に台風や大雨などの自然災害の「激甚化」は起きていない（II.10.3 節）。図 59 が示すのは、「仮に」地球温暖化によって自然災害の強度に何等かの影響が存在したとしても、それは圧倒的な技術進歩のトレンドに覆い隠されてしまい、せいぜい誤差ほどにすぎないということである（Brown et al. 2023）。

それでは、人類は気温上昇にどのように適応してきたのだろうか。これは、特段意識することなしに、自然体で適応してきたのだ。もともと、農業というのは、あらゆる気候に挑戦してきた。世界のごく一部でしか生産されていなかった作物が、品種改良されて、世界中で生産されるようになった。その際には、原産地とはまったく異なる気候の下で育つように工夫された。たとえばキャベツは地中海地方原産だが日本中で栽培されるようになった（杉山 20221206）。

また米は熱帯が原産であり、それゆえ元々は寒さには弱かった。このため北海道・東北の稲作の歴史は冷害との闘いだった。しかし、たゆまぬ品種改良によって、いまや東北は日本のコメどころとなった。かつては不味いと言われた北海道の米も、品種改良されて、いまではブランド米として日本中で愛好されるようになった（杉山 20230106）。

過去に起きた気温上昇も、どちらかと言えば好影響だったであろう。東京など都市化が進んだ地域では、都市熱による気温上昇は地球温暖化を大きく上回ってきた。都市化が起きると、気温が全般に上がる他、冬季の最低気温は大幅に上昇し、また全体に乾燥化も進む。そのため、作物を育てるタイミングは年々変化してきた。だが農業が出来なくなるといことはまったくなかった。農家は毎年、市場で売れる作物を探し、新しい品種を作付ける。この過程で都市熱にも自然体で適応してきた。いまでも都市近郊の農家は毎日新鮮な作物を消費者に届けている（杉山 20230106）。

じつは人類は CO2 の増加によって大きな恩恵を受けてきたことは間違いない。CO2 は光合成を促進するからだ。トマトのハウス栽培では CO2 濃度を 1000 ppm ないし 2000 ppm まで上げて光合成を促すことがよく行われる。逆に、ハウス栽培では CO2 濃度を意図的に管理しないと、CO2 が欠乏して作物の生育が悪くなることもある。産業革命前の CO2 濃度は 280 ppm であったが、現在は 1.5 倍の 420 ppm になっている。これによって作物の収穫量は大きく増えたと考えられる（Taylor and Schlenker 2021, 堅田 2022）。

品種改良にあたる育種家は、気温の上昇に対しても、CO2 濃度の上昇に対しても、とくに意識しなくても適応してきた。というのは、品種改良の過程ではさまざまな品種を育て、

その中から性質の優れたものを選抜するのだが、その過程では絶えずその時点での気温とCO₂ 濃度が前提になっているからである。つまり、今年なされる品種改良は今年の気温とCO₂ 濃度を前提にしている。仮にこの作物を 150 年前の時点の気候で育てようとする、おそらく収穫量が下がるなど、問題が生じることになるだろう。

地球温暖化の好影響の側面は、ほとんどの場合、環境影響の専門家やメディアによって無視ないし軽視されている。環境影響の専門家、メディア、ないしはそのスポンサーは、環境への「悪影響」を評価することにしか興味がないからである。しかしこれは科学的な態度とはいえない（堅田 2024）。

II.10.5. 自然災害は軽減されており気候危機の兆しはない

次に気象災害による死亡数は減り続けている。これは人々が豊かになり、防災能力が向上した恩恵である。世界全体における、極端な高温、旱魃、洪水、地滑り、山火事、強風、霧など、あらゆる「極端な気象」による死者数および死亡率の推移を示したものが図 60 である。データは定評のある国際データベースである EM-DAT による。

1920 年代と比較すると、2010 年代には死亡率はじつに 98.9% も減少している。死亡数で見ても 96.1% も減少している。これはこの間に人口が 3 倍以上になったにも関わらず起きた。このうち、台風や洪水などの気象災害による死亡も減り続けている。これは建築物が丈夫になり、堤防・ダムなどが建設されて、防災能力が上がったためである。地球温暖化は起きてきたが、この死亡減少傾向にかげりはでていない。「地球温暖化によって自然災害が頻発化・激甚化して多くの人々が死亡する」という兆候はまったく見られない。

なお図 60 において、1920 年以前の死亡数・死亡率が極端に少ないのは、当時はデータが十分に集計されていなかったためである。このため、図 60 は主に 1920 年以降を見て頂きたい。また、1920 年頃のデータも過小評価である可能性が高く、つまりは死亡率・死亡数の減少は、実際にはこの図が示すよりももっと急激だったと推察される。

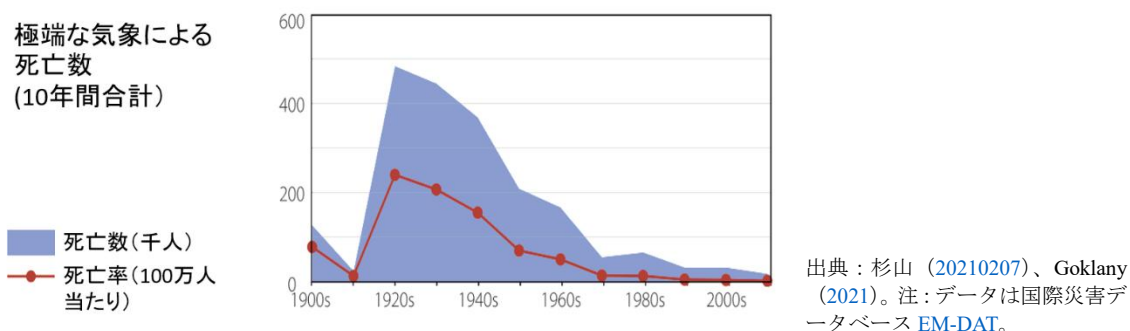
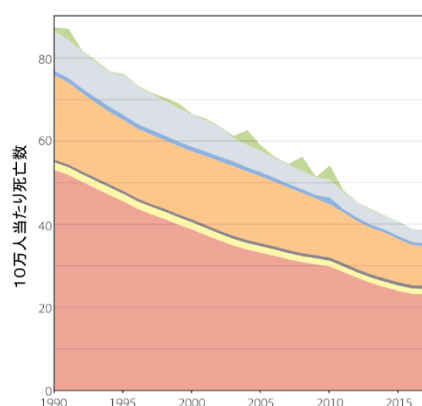


図 60：世界全体の極端な気象による死亡数の推移

最後に、暑さ・寒さなどによる死亡率のデータを見てみよう。図 61 は、世界全体での「気候に関連する死亡率」のデータである。過去 30 年以上にわたって、死亡率は激減してきた。とくに目を引くのは、腸管感染症の減少であった。腸管感染症による死亡とは、主に、夏、暑いときに子供がおなかを壊して無くなるというものだ。日本でも、江戸時代まではこれは主な死因だった。いまは冬に亡くなる人のほうが多いが、昔は夏の死亡者が多かった（靱山 1971）。世界的にこの死亡率が激減してきたのは、衛生状態、栄養状態が改善し、冷蔵・冷凍技術などが進歩し、医療も普及してきたからである。この間、やはり地球温暖化は起きてはきたが、この死亡減少の傾向にまったくかげりは見られない。

気候に関連する
死亡率
(データはIHME)

自然災害
蛋白・カロリー・栄養失調
寒さ・暑さ
熱帯病
悪性黒色腫
脳炎
腸管感染症



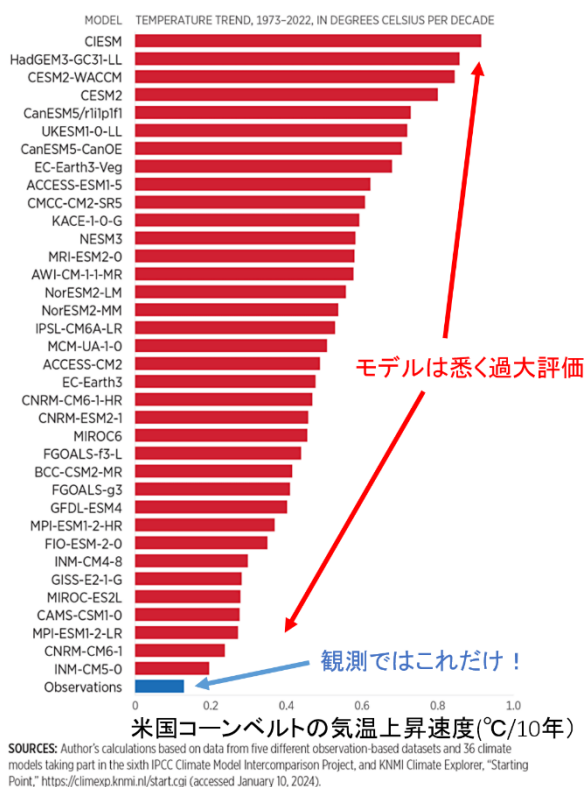
出典：杉山 (20210207)、Goklany (2021)。注：データはワシントン大学医学部保健指標評価研究所 (Institute for Health Metrics and Evaluation : IHME)。

図 61：気候に関連する死亡数の推移

これまでのところ、技術進歩によって食料は増え、人類は自然災害や暑さ寒さに打ち勝ってきた。「気候危機」で死亡率が上がるといった状況にはなっていない。過去のデータに基づくと将来は明るい。

II.10.6.気候モデルは過去を再現できない

IPCC の気候モデルによるシミュレーションは、観測値と比較して温暖化を過大評価している傾向がある。過大評価の程度は、地域・期間・高度などによって異なるが、以下では、元 NASA 上級科学者であるロイ・スペンサー氏が、とくに酷い例を米国ヘリテージ財団の報告書に書いているので紹介しよう (Spencer 2024)。図 62 は、米国海洋気象庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA) の公式の気温観測データ (青い棒グラフ) を、IPCC で用いられている 36 の気候モデル (赤い棒グラフ、SSP245 排出シナリオに基づくもの) によるシミュレーション計算の値と比較したものである。その縦軸には、米国のコーンベルトとよばれるトウモロコシ生産地 12 州における、トウモロコシ生育期 (6-8 月) について、1973 年から 2022 年までの 50 年間の地域平均気温の上昇の速さが示されている。



出典：Spencer (2024)。

図 62：米国コーンベルトの気温上昇速度

これを見ると、観測値（最下位の系列）は 10 年あたり 0.1°C 程度とわずかであるのに対して、シミュレーションによる計算値は最大で 1°C 近いものもあり、悉く極端な温暖化を示している。過去についてこれほどに過大評価するモデルであれば、将来についての予測が信頼に足るものか、疑問を持つのは当然といえよう。「地球温暖化でトウモロコシが暑さにやられて生産できなくなる」といった将来予測は、こうしたシミュレーションに基づいたものである。農業事業者に対して、スペンサー氏はこのような将来予測を信じるな、とアドバイスしている。

なおこの NOAA の観測値には都市熱の影響が混入している (Soon et al. 2023) ので、過大評価の実態はこれよりも酷いと思われる。このような気候モデルによる将来予測は研究活動としてはそれなりの意味があるかもしれない。だが、明白な欠陥があるため、政策決定の根拠としては使うべきではない。

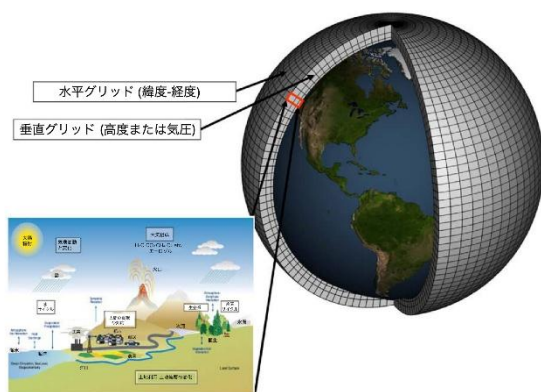
気候モデルが過去を再現できないというのは上記に限ったことではない。むしろ、過去を割とよく再現できるのは、地球全体の平均気温だけといってよい。そして、それすらも、次節で述べるように「チューニング」して合わせているに過ぎない。過去の対流圏（高度 9000 メートルまでの上空）の地球全体の平均気温について、モデルは観測値よりも過大な温暖化傾向を示している (杉山 20211103)。地球平均の海面水温の上昇速度についても過大で、大半のモデルは現実のほぼ 2 倍もあった (杉山 20210510, Spencer 2021)。地球全体の平均値でこの状態なので、地域ごとに見るとさらに観測値との乖離はいつそう大きくなるのはコー

ンベルトの例（図 62）に見たとおりである。

II.10.7. 地球温暖化予測におけるチューニングの実態

地球温暖化問題を議論するとき、普通の人々は、モデル計算による温度上昇のシミュレーションを科学計算に基づく予測だと思って受け入れている。だがじつは、シミュレーションは物理学や化学の基礎方程式をそのまま直接に解いたものではない。モデルには任意性のあるパラメーターが多数設定されており、CO₂ 等の濃度上昇に対して地球温暖化がどの程度になるか、結果を見ながらチューニング（＝調整）されている。このことはあまり公の場で語られてこなかったが、近年になって、一部の有力な研究者が公表するようになった（杉山 20230914, Mauritsen and Roeckner 2020, Hourdin et al. 2017, Voosen 2016）。

地球気候モデル（全球気候モデル、ないし大循環モデルとも言う。英語では Global Climate Model または General Circulation Model という。いずれも対象は同じで GCM と略される）とは、コンピュータを使って地球気候システムのシミュレーションを行うものである（図 63）。



出典：Curry et al. (2017)。

図 63：地球気候モデルの概念図

GCM には大気、海洋、地表、海氷、氷床をモデル化したモジュールがある。大気モジュールは風、温度、湿度、大気圧の推移を計算する。GCM にはまた、海洋の水循環、それが熱をどう運ぶか、海洋が大気と熱や湿気をどうやりとりするかを表す数式もある。地表モジュールは、植生、土壌、雪や氷による被覆が、大気とエネルギーや湿度をどうやりとりするかを記述する。海氷や氷床のモジュールもある。モデルの数式の一部は、ニュートンの運動法則や熱力学第一法則といった物理法則に基づいているが、主要プロセスの中には、物理法則に基づかない近似もある。

コンピュータでこうした方程式を解くため、GCM は大気、海洋、陸地を三次元のグリッドに切り分ける。そしてグリッドのそれぞれのセルごとに方程式が計算される。これがシミュレーション期間の時間ステップについて繰り返される。グリッドとセルの数が、モデルの解像度を決める。GCM で一般的な解像度は、水平方向 25–300km、垂直方向は 1km、時

間ステップは 30 分ごとであるが、これは年々高くなっている。

とはいえ、モデルの空間的・時間的解像度は現実の気候系と比べるとかなり粗い。そして、重要なプロセス（たとえば雲の形成や降雨の発生）はモデルの解像度より小さい規模で起こる。こうしたグリッドのサイズ以下の物理的・化学的なプロセスは、実際のプロセスを近似しようとする、割と簡単な数式で表現される。それは実測に基づいたり、もっと詳細なプロセスモデルから導かれたりするものである。モデルでは多くのパラメーターが設定されるが、そのパラメーターは、過去の観測値と気候モデルの出力を近づけるために「チューニング」される。

コンピュータでこうした方程式を解くため、GCM は大気、海洋、陸地を三次元のグリッドに切り分ける。そしてグリッドのそれぞれのセルごとに方程式が計算される。これがシミュレーション期間の時間ステップについて繰り返される。グリッドとセルの数が、モデルの解像度を決める。GCM で一般的な解像度は、水平方向 25–300km、垂直方向は 1km、時間ステップは 30 分ごとであるが、これは年々高くなっている。

GCM で使われる数式は、気候系における物理的・化学的プロセスの近似でしかなく、こうした近似の一部はどうしても粗雑になる。この理由は、プロセスが科学的によく分かっているなかったり、観測データが不足していたり、コンピュータの計算能力に限界があったりするためである。

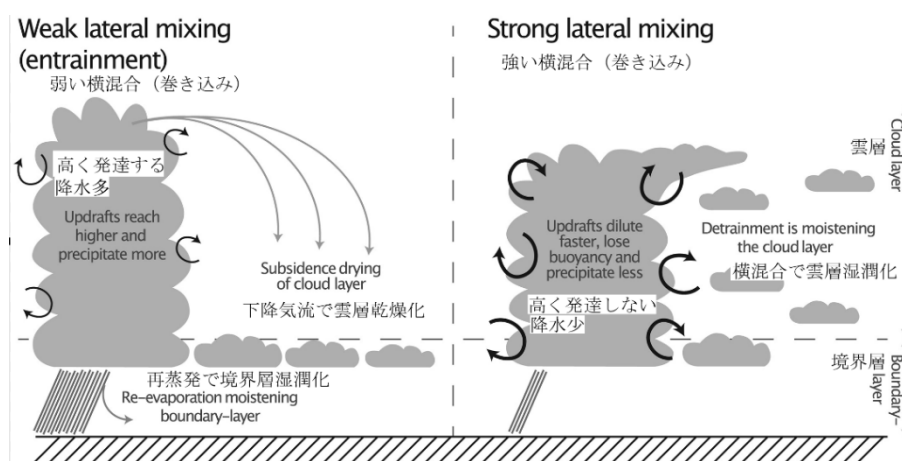
モデルのチューニングについて、研究者はあまり公の場で語ってこなかったが、近年になって、この業界の有力な研究機関の研究者たちが、その実態について発表するようになった。2016 年、論文誌サイエンス紙上で、「気候科学者、ブラックボックスを開いて検討にかける」という記事が掲載された（Voosen 2016）。ドイツのマックス・プランク研究所、米国の地球物理流体力学研究所など、気候モデル業界において最も有力な研究機関の研究者たちの情報提供に基づくもので、概要は以下の通りである。

- ・ 「チューニング」という慣行が気候モデル業界に存在する。
 - ・ モデル研究者はチューニングをできるだけ少数のパラメーターの調節に制限しようと努力するが、思うように減らすことはまず出来ない。
 - ・ チューニングは科学でもあるが、職人技 (art) でもある。「それは、音の悪い楽器を調整するようなものである」。
 - ・ 「すべてのモデルがチューニングされている」。研究者が認めるか否かにかかわらず、ほぼすべてのモデルは 20 世紀後半の地球温暖化を再現するようにチューニングされている。
 - ・ チューニングについて語ることは長い間タブーだった。それは、本当のことを語ると「人為的温暖化説に懐疑的な人々に付け込まれる」との恐れによるものだった。
- しかし一部の研究者たちは、チューニングをどのように行ったのか、その手続きを公開することが適切と考えた。理由は 3 つで、
- ・ 透明性を高めることはモデルの改善に役に立つ。

- ・ 環境影響の研究者にとって、モデルの出力結果がプロセスの計算によるものなのかチューニングのせいなのかを知ることは大事である。
- ・ モデルの結果は政策決定に利用されるから、チューニングの実態を明らかにしたほうがよい、

といったことである。

チューニングの実態について最も顕著な例を紹介しよう。ドイツのマックス・プランク研究所のモデルには、雲の対流に関する「巻き込み」のパラメーターがあった（図 64）。このパラメーターの設定次第で、周囲から空気を巻き込まず雲が高く発達する（左）か、周囲から空気を巻き込むので雲が発達しない（右）か、何れかのモデルになる。このパラメーターは理論や観測で十分に範囲を絞ることができず、設定に任意性があるものだった。



出典：Mauritsen and Roeckner (2020) を基に日本語訳を追加。

図 64：雲の対流に関する「巻き込み」のパラメーターの効果

このグループは、以前の論文では「気候感度」として 3.5°C としていた（図 65 のバージョン 1）⁶⁴。ところがその後、モデルにおける別のプロセスを改善したところ、気候感度がそれまでの 3.5°C から 7.0°C 近くに倍増してしまった。そこでどうしたかという、前述の雲の対流のパラメーターを「チューニング」して値を 10 倍変えて、気候感度を 3°C 近くに下げた（図 65 のバージョン 2）。他にも様々なパラメーターを調整して多くのバージョンのモデルを作り、最終的に図 65 のバージョン 3 が次の論文として発表された。この過程においては、気候感度を 3°C 前後にすることをはっきりと目標にしてチューニングを行ったという。

⁶⁴ 「気候感度」とは、 CO_2 濃度が産業革命前の 280 ppm から 560 ppm に倍増した場合の平衡状態における地球平均の温度上昇である。気候モデルの CO_2 濃度に対する感度を特徴づける指標としてよく使用される。

II.10.8. 大気科学的には地球温暖化の暴走など起きない

「地球の気候は危機に瀕しており、脱炭素化は最重要課題である。産業革命後の気温上昇は 1.5°C 以下に抑えねばならず、そのためには温室効果ガス排出量を 2030 年に半減、2050 年にはゼロにしなければならない」。これは気候危機論の定番のナラティブ（語り文句）である。以下では II.10.11 節までの 4 つの節にわたり、このナラティブに対して批判する。

まず本節では、「気候システムにはティッピングポイントと呼ばれる温度上昇の臨界点があり、地球温暖化が臨界点の 1.5°C を超えると温暖化が暴走しはじめ、我々の手ではコントロール不能な灼熱地獄が訪れる」という言説に対して、大気科学の観点から反論する⁶⁵。

暴走する温室効果は、温度変化に対する正のフィードバックで起こる。たとえば水蒸気による温室効果と温度上昇などが典型例である。温度が上がると水蒸気が増える。つまり、温度上昇が原因となり水蒸気が増える。すると水蒸気の温室効果の増大が原因となって温度が上がる。つまり原因と結果がループをなして限りなく温度が上昇することになる。これが暴走温室効果である。ティッピングポイントとは、予測モデルに含まれる因果のループが走り出して不安定化する臨界点のことである。この臨界点を超えると、地球温暖化が因果のループで無限大まで暴走する、という予測になる。

しかし、現実大気ではそのような暴走は起こらない。なぜだろうか。現実大気の変動は気候値（ある地点における気象要素（気温、降水量、風速など）の過去 30 年間の平均値）からの振れ幅で表現することができる。この振れ幅を変数とすると、流体である大気の変動は一時的に不安定化しても、変数の 2 乗量である乱流熱輸送が因果のループを凌駕して不安定による増幅を止め、安定化させるのである。

もう少し地球の大気の運動に即して説明しよう。地球大気は流体なので、たとえ太陽放射などの外力が時間的に一定でも、流れの中に揺らぎが発生する。これは流体の内部変動と呼ばれるもので、一時的かつ局所的に生じた不安定性により波動が増幅され、非線形的な崩壊（砕波）を経て渦や乱流が形成される（乱流による熱輸送）。こうして初期に生じた揺らぎはエネルギーの散逸とともに緩和され、全体として系は再び安定化へと向かう。このようなプロセスが繰り返されているのである。流体の内部変動は自然変動に分類されるが、この揺らぎが暴走することはない。必ず気候値に戻ってくる。

ただ、不完全な気候モデルでは、有限のタイムステップにより揺らぎが不安定化し、モデルの変数が無限大になることがある。まさに大気の暴走である。そこでモデル開発者は粘性摩擦係数や放射冷却係数をチューニングし、程よい内部変動の振幅に制御して大気が（モデル内で）暴走しないようにする。モデル開発者は、係数をチューニングすることで内部変動の振幅を調整しているにすぎないのである（チューニングとは何かについては II.10.7 節を参照）。

⁶⁵ なおティッピングポイントについては、グリーンランド氷床の崩壊やアマゾンの森林破壊など、他のメカニズムについての言説もあるが、やはりティッピングポイントの存在自体が否定される。詳しくはシーバー・ワン (2025) を参照。

IPCC 報告によると内部変動で生じる全球平均気温の変化は 0.1°C 程度であり、地球温暖化に寄与しないとみなされている。ただし、この 0.1°C はモデル内で計算される変動のことであり、観測による根拠はないので実に恣意的である。筆者は自然界の内部変動は、エルニーニョや北極振動に代表されるようにもっと大きいと考えている。上述の 1.5°C のティッピングポイントも同様に恣意的なモデル依存量なので意味がない。

さらに温暖化で注目すべきこととして、熱力学には乱流よりさらに強力なステファン・ボルツマンの法則がある。この法則は、物体が放射するエネルギーの量がその絶対温度の 4 乗に比例するというもので、地球から宇宙への放射冷却もこの法則に従う。すなわち、大気や地表の温度がわずかに上昇するだけでも、放射される熱エネルギーは急増し、結果として強力な負のフィードバック（自己調整的な冷却）が働く。力学的な乱流では変数の 2 乗でブレーキがかかったが、これはそのさらに 2 乗の 4 乗でブレーキがかかることになる。

地球温暖化がティッピングポイントを超えると暴走する、などという説明は脅しである。気候システムには強力な安定化プロセスが存在しているので暴走は止まるのである。流体のゆらぎとして発生する異常気象は数々あれども、自然発生的な内部変動がそのまま暴走することはない。地球大気が過去 1 万年間ほぼ安定だった背景には、このような安定化システムの存在がある。恐竜が繁栄した約 2 億年前は今より 13°C も気温が高かったが、暴走することにはなかった。わずか 1.5°C の上昇で暴走するなど、ありえない話なのだ。問題は、温暖化が暴走して金星大気のようになる、というような根拠のない脅しに対して、気象学が専門の多くの学者たちが沈黙したまま反論の声を挙げないことである。学問の世界で、コンセンサスの名の下に言論の自由が制御されているのだ。

II.10.9. 地球温暖化の半分は自然変動か

次に、これまでの地球温暖化が果たして人為的なものであったのかを検討する。地球温暖化とは、人為起源で生じる地球温暖化を指すのがいまの一般の理解のようである。最近では地球温暖化とは言わずに気候変動と呼ぶようになったが、気候変動の一部には、人為起源ではない自然変動が含まれている。ここで言う自然変動としては、大気・海洋・海氷や植生などから成る地球システムの内部変動や、雲量の増減によるアルベド（反射率）の変化、太陽活動の長期変化などが候補に挙がる。流体のゆらぎによる内部変動も自然変動である。気候変動には人為起源の温暖化の他に必ず自然変動が含まれている。したがって、地球温暖化の将来予測を行う際には、化石燃料の燃焼による CO_2 放出とは無関係な自然変動を差し引いて考える必要がある。この二つが正しく分離されないと、温暖化対策と称して甚大な経済的損害を被ることになる。

IPCC 報告によると、近年の温暖化はそのほとんどが人為起源によって引き起こされていると、あたかも真実のように語られているが、検証できない将来予測はあくまで仮説にすぎない。筆者は少なくとも、この温暖化の約半分は自然変動によるものと考えている。過去の

気候変動はどこまでが自然変動なのかを、100 年と 1000 年のタイムスパンで考察してみよう。

IPCC が設立された 1990 年代頃は、1880 年から 2000 年以前の地上気温の経年変化が、平均的なリニアートレンド（直線）に、そこからの偏差が加わったものとして示された（Akasofu and Tanaka 2018）。過去を見ると約 $0.5^{\circ}\text{C}/100$ 年のリニアートレンドに約 60 年の長周期変動が重なっている。1940 年頃に温暖な時期があり、1970 年までは気温が低下し、その後 2000 年まで急上昇している。この 1970 年から 2000 年までの急激な温暖化を気候モデルによって再現するために、 CO_2 の増加による放射強制力がモデルに組み込まれ、観測と一致することが示された。実際には観測と一致するように何度もモデルにチューニングを施して調整した結果である。この頃の温暖化は加速度的に増大しているため、気候モデルによる将来予測は最大で $6.8^{\circ}\text{C}/100$ 年という数値がはじき出されてる。このような大きな値はいつの間にか論外とされたが、当時は頻繁に使われた。

この 1970 年以降の急激な温暖化の空間パターンを主成分分析によって調べた Ohashi and Tanaka (2010) によると、観測される温暖化の第 1 主成分は北極振動という自然変動で生じている。しかし IPCC 報告にあるほぼすべての気候モデルでは、人為起源の CO_2 の温室効果の増大で温暖化がチューニングされており、自然変動である北極振動は第 2 主成分に見られるという結果が示されている。この自然変動はカオス的に変動しモデルでは再現できないので、温暖化のほぼすべてが人為起源の CO_2 による放射強制力でチューニングされた証拠である。このようなモデルでは温暖化が人為起源で生じているという結果になるのは当然である。今日の気候モデルは当時と比べて格段に精緻化されているが、初期の気候モデルが人為的に温暖化をチューニングしたことは明白である。

その後 2000 年代になると、気候モデル予測は CO_2 の増加と比例するように高温な将来を予測するのに対し、観測結果は約 15 年もの間、温暖化が停滞したため、観測とモデル予測が大きく乖離するようになった。ハイエイタスと呼ばれる温暖化の停滞が始まったのである。このハイエイタスという矛盾を解決するために、 CO_2 の増加とは無関係な長周期の自然変動が気温を押し下げる方向に働いた、と温暖化危機論者が説明するようになった。単調に増加する CO_2 の放射強制応答で温度上昇が起こったとして、自然変動が気温低下に働くため温度上昇が止まったのだとすると、温暖化のスピードと自然変動の大きさは同程度となる。これにより、温暖化の半分は自然変動であると考えられるようになった。

この頃には、温暖化は加速度的に起こるという主張は姿を消し、リニアートレンドに約 60 年周期の自然変動が重なっているとの説明がなされるようになった。もし、この説明が正しければ、ハイエイタス以前の 1970 年から 2000 年までの急激な温暖化半分は自然変動であり、この期間でチューニングされたモデルによる温暖化予測が過大評価になるのは当然である（Christy 2017）。この自然変動を除去したリニアートレンドを延長すると、2100 年までの間 100 年あたり約 1°C の昇温が予測される。筆者はこれを赤祖父ラインと呼んでいる。

ハイエイタスの後、2015 年にはエルニーニョ（これも自然変動）が発生し気温が一時上

昇したが、その後は下がった。そして 2023 年 7 月には再び気温が大きく上昇したが、この原因は緩やかに変化する地球温暖化ではないことは確かである。衛星計測によると 2025 年 3 月にはほぼ終息している。よって、観測によるリニアートレンドは引き続き約 $1^{\circ}\text{C}/100$ 年なのだ。

ここまでは、少なくともリニアートレンドは人為起源の温暖化との想定で話を進めてきたが、このリニアートレンドでさえも 1000 年スケールで起こる自然変動の一部であるとの学説がある (Akasofu and Tanaka 2018)。この場合、温暖化に占める自然変動の割合は半分ではなくほぼすべてとなり、CO₂ による温室効果の増分は無視できる量になる。

欧米の主要な研究機関による気候モデルを過去 1000 年間にわたり走らせた結果によると、この間の気温はほぼ一定値となる (田中 2024)。ここで太陽定数は定数と仮定されており (II.10.10 節)、長周期変動を引き起こすメカニズムが組み込まれていない (解っていない) ので、流体の揺らぎとして発生する内部変動を除けば、長周期変動は存在せず、トレンドもない。一方、近年観測された温暖化は $0.7^{\circ}\text{C}/100$ 年の割合で生じている。この昇温はモデルの内部変動では説明できないので、この部分は人為起源の温暖化によってモデルをチューニングすることになる。よって、この部分はほぼ 100% 人為起源の温暖化とされることは同義反復にも近い⁶⁶。

しかし、IPCC 第 5 次報告にある観測結果では、西暦 1000 年頃には中世の温暖期があり、1500–1800 年ころには小氷期があったとされ、最近 200 年間はこの小氷期からの戻りで、 $0.5^{\circ}\text{C}/100$ 年のリニアートレンドで気温は上昇している。CO₂ の増加が気温に影響するのは第二次世界大戦以降であり、過去 1000 年の変動は人為起源ではないので自然変動である。気候モデルでは、この大振幅の 1000 年の自然変動を再現できないので、トレンドのないほぼ一定値の気温変化にしかならないのである。もし、観測による過去 1000 年の大きな変動が太陽活動等の自然変動として再現され、近年の $0.5^{\circ}\text{C}/100$ 年のリニアートレンドも自然変動で説明されたとすると (II.10.10 節)、人為起源にその原因を求めた気候モデル予測の根拠は総崩れとなる。

このように、地球温暖化予測はいまだに仮説であり、検証できないので真実ではない。つまり検証できないモデル予測は、理論武装した妄想にすぎないのである。

II.10.10. 太陽強度が一定とは仮説に過ぎない

この節では、地球温暖化をもたらす自然変動の中で、有力な候補の一つである太陽 (放射) 強度について論じよう。欧米の気候モデルを過去 1000 年にわたり走らせた温暖化検証実験によると、この間の気温はほぼ一定となり、流体の内部変動としてのゆらぎが約 0.1°C の振幅で見られる。ゆらぎの振幅はモデルごとに異なるが、ここから内部変動 (自然変動) によ

⁶⁶ なお、温暖化の速度は 100 年で計測した 0.7°C や 200 年で計測した 0.5°C など、計測した期間により異なるので注意が必要である。

る温暖化は高々 0.1°C 程度であると推測されている。この 1000 年間の温暖化実験では太陽定数は一定として組み込まれている。過去 1000 年の太陽放射強度 (TSI) の観測値はないので、作業仮説として尤もらしい値を定数で入れている。仕方ない事ではあるが、ここに本質的な欠陥があることが Soon et al. (2023) で指摘された。

彼らははじめに、 $0.89^{\circ}\text{C}/100$ 年という観測される平均気温の長期トレンドからヒートアイランドの影響を差し引くと、そのトレンドは $0.55^{\circ}\text{C}/100$ 年に減少される。つまり温暖化の 4 割近くはヒートアイランドの影響であることを示した。次に、長期的に大きく変動する太陽放射強度を推定し、この太陽の変動で生じる近年の温暖化が、上記のヒートアイランドの影響を差し引いた気温変化とほぼ一致することから、近年の温暖化トレンドが自然変動で説明可能であることを示した。

太陽定数は定数としてモデルに組み込まれることが多いが、これは仮定であり一定とは限らない。実際、教科書の数値は年々変化している。1978 年以降の人工衛星のデータを見ると、最初に Nimbus-7 衛星が計測した値は 1372 W/m^2 だったものが 2023 年には 1361 W/m^2 に減少しており、歴代の複数の衛星観測値には 10 W/m^2 もの平均バイアスがある。そこで作業仮説としてこのバイアスを除去し、観測データの時系列を結合する。すると太陽黒点の 11 年周期の変動が滑らかに表現される一方で、衛星観測データの長期トレンドはなくなる。これは平均バイアスがないものと仮定したので当然であるが、真実とは限らない。太陽定数は定数であるという仮定が導入されているのだ。人工衛星以前の時代の正確な太陽放射強度は分からないので、数値モデルは将来予測でも過去の再現実験でもこの値は一定と仮定してモデルに投入してきた。しかし、太陽放射強度を一定とする根拠はなく、あくまで仮定であり、値は長期的には当然変化する。

上で説明したように 11 年周期すら分からない過去 1000 年のモデルランの年平均気温はほぼ一定となる。太陽放射強度は一定と仮定したのだからそれは当然である。一方、近年温暖化しているという観測事実は、太陽活動が一定との仮定の下では説明できないので、 CO_2 放射強制力のみで調整・説明されることになる。長い棒の先が曲がったホッケースティックのような図が出来上がり、近年の温暖化のほとんどが人為起源である、となる。しかしこれは、太陽定数は定数であるとの仮定から導かれた帰結であり、真実ではない。数値モデルを走らせたらずべてのモデルで同じ結果になった、では真実の証明にならない。筆者に言わせればすべてのモデルが間違っていて、コンセンサスは無意味である。

IPCC 報告にある気候モデル予測では、太陽放射強度がほぼ一定のモデルが一貫して使われてきた。こうしたモデルでは黒点数の 11 年周期のみを太陽定数に上乗せして推定されている。一方で太陽放射強度は長期的に大きく変動するという学派がある (Soon et al. 2023)。18 世紀ころの小氷期と呼ばれる寒冷期には黒点が長期間消滅した時期があり、この時の太陽放射強度は低下していたとの仮定から、太陽放射強度は大きく変動するという仮説である。このモデルは黒点数の他、黒点周期や減少率、太陽の自転速度の変化などを回帰式に組み込んで推定されている。どちらのモデルも仮説という意味では対等であるが、残念なこと

に太陽放射強度が大きく変化するモデルが最新の気候モデル予測に使われることはない。小氷期で気温が低かった時に太陽放射強度が弱かったことを裏付ける衛星観測がない、という理由で太陽定数は定数と仮定されている。しかし、太陽定数を定数と仮定したことで、温暖化のほぼすべてが人為起源であるという結論に繋がっているのだ。これは気候モデルの欠陥の根幹のひとつである。

Soon et al. (2023) が主張するように、太陽放射強度が大きく変化するモデルが正しければ、過去の温暖化も長周期変動も太陽放射強度の変動という自然変動で説明可能となり、CO₂の放射強制力によるチューニングが不要となる。この場合、IPCC 仮説は崩壊を意味する。

この研究では太陽放射強度の変化という自然変動に注目したが、大気中の雲の変化によるアルベド（反射率）の変化に注目した研究もある（Tanaka and Tamura 2016）。要は人為起源でない自然変動で過去の気候変動が説明されれば、IPCC 仮説は崩壊する。その場合 CO₂排出をネットゼロに削減しても、自然変動で起こる温暖化には何の影響もないことになる。

II.10.11. 気候科学は抑圧され誤った政策を正当化している

以上に述べてきたように、地球温暖化が暴走するというのは極めて不確かな意見に過ぎない。そして温暖化の原因には人為的なものだけでなく自然変動もある。地球温暖化が 1.5°C を超えても温度上昇が暴走することはない「地球沸騰説」は大気科学的に誤りである。以上は米国では 2025 年 4 月、気象学者リチャード・リンドゼン（マサチューセッツ工科大学名誉教授）と物理学者ウィリアム・ハッパー（プリンストン大学名誉教授）により明確に説明されたが（Lindzen and Happer 2025）、わが国で同様の主張をする学者はほとんどいない。そこで彼らの説明を参考に、CO₂ の増加による温度上昇は無視できる程度のものであることを説明してきた。するとコロナ禍の経済停滞で体験したような厳しい CO₂ 削減を 30 年続けても、温暖化とは無関係となる。そして CO₂ の排出が温暖化の原因ではないとなると、石炭火力が一番安全で安いエネルギー源となる。脱炭素化のムーブメントの根底がひっくり返るのである。

気候サイエンスの問題として、気候危機を唱える学者と懐疑論を唱える学者とが長年激しく議論を交わしてきたが、今や科学的な議論は決着したとして、理論物理学者クーニン（元カリフォルニア工科大学教授、米エネルギー省元次官）による懐疑的な反論（Koonin 2021）でさえも封殺されてしまった。その上で気候危機対策として脱炭素が重要課題となり、気候危機から地球を救うためには、気温上昇を 1.5°C 以下に抑えねばならないことが脱炭素化のゴールのようになった。しかし、なぜ 1.5°C なのか、というサイエンスの論拠は宙に浮いている。なぜ 2.5°C ではダメなのか。

ところが、世界中が温暖化阻止、石炭火力全廃、今すぐ行動しないとティッピングポイントを超えてコントロール不能な地球温暖化地獄の世界が訪れると危機感をあおり、煽情的なポピュリズム一色になっている。

米国では温暖化懐疑論（共和党）と温暖化危機論（民主党）が真っ二つに分断されて対峙している。トランプ大統領は就任一期目で「地球温暖化はでっちあげ」と言い懐疑論が主流であった。それがバイデン大統領になり逆転したが、トランプ大統領が再選されると、懐疑論が主流となってパリ協定を再度離脱し、化石燃料を「掘って掘って掘りまくれ」となる。

これは温暖化危機論と真っ向からぶつかる方針転換となるが、人為起源の CO₂ が温暖化の原因ではないことが判明すればエネルギー問題はなくなる (II.10.9 節)。Lindzen and Happer (2025) によれば、CO₂ の増加はむしろ食物の増産に繋がる望ましい事であり (II.10.4 節)、脱炭素は意味がない。世界では、温室効果ガスの排出をネットゼロにするための規制を推進しているが、IPCC 報告の科学的根拠には多くの疑問がある。科学的知識は、観測によって仮説を検証する科学的方法に基づくべきであり、政府の意見やコンセンサスに基づくものではない。昨今では学術論文の査読ですら温暖化危機論が圧倒的に優位であり、公正に審査されているとは言い難い。

日本では同調圧力により温暖化危機論者が 99% の優勢を占め、1% の懐疑論者は業界から村八分にされるのが現状である。米国の分断の比率 (50%) と明らかに異なっている。間違いだらけの地球温暖化論争は棚上げにし、あたかも真実に立脚しているかのように「脱炭素を達成するため」とか、「気温上昇を 1.5°C 以下に抑えるために」といった温暖化対策が膨大な国費を費やして推進されている。今日の政府やマスコミ、環境 NGO による脱炭素化の活動は、恣意的なサイエンスに基づいているのである。気象学者が気候危機を煽り、温暖化研究が国家予算で推進され、NHK が恐怖心を煽る特集を組んで大衆を洗脳し、政治家は構築された世論に基づいて地球温暖化対策推進法を成立させて脱炭素化を推進する。それに従わない懐疑論者は弾圧されるようになった。もはやサイエンスはポリティクスに凌駕されている。

何が正しくて何がフェイクなのか、他人の頭でなく自分の頭で考えて判断する英知が大切である。相手がサイエンスで脅して来たら嘘が含まれていると思ったほうが良い。国連の気候危機説は根拠が無い。政治的で有害な IPCC は即座に廃止すべきである。日本の脱炭素政策も全面的に廃止すべきである (II.11 節)。

II.10.12. 2050 年脱炭素で気温低下は 0.006°C に過ぎない

日本は 2050 年に CO₂ 排出をゼロにすることを目標にしているが、これが仮に実現されるとしても莫大な費用がかかる。ではそれによる便益はどの程度になるのだろうか。日本が CO₂ を削減すると、どれだけ気温が下がり、大雨の降水量が減るのか、概算は簡単にできる。以下では、鍵となる数字を、覚えやすい形に少し丸めてまとめておく。正確な計算は (杉山 20210207) を参照されたい。

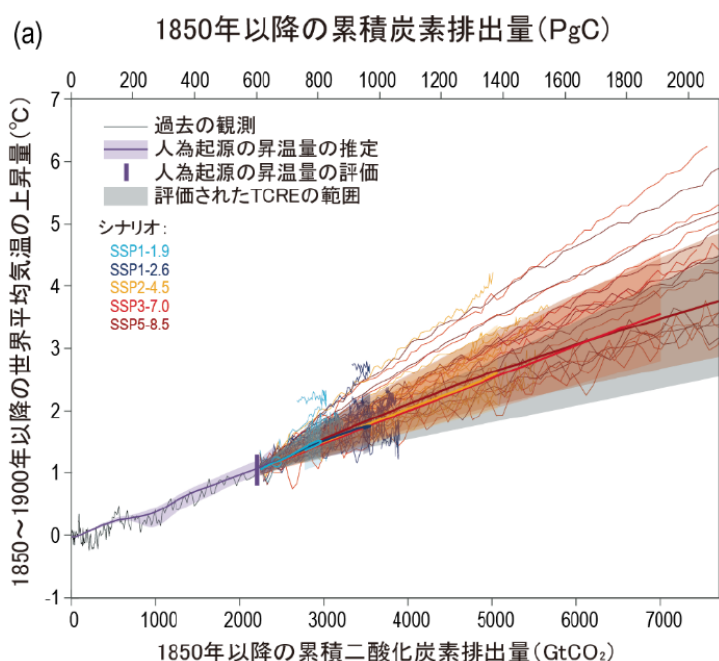
CO₂ 1 兆トン = 0.5°C ...① (TCRE 関係)

気温 1 度上昇 = 6% の降水量増加 ...② (クラウジウス・クラペイロン関係)

年間 10 億トン

...③ (日本の CO₂ 排出量)

TCRE 関係①とは、累積の CO₂ 排出量が 1 兆トンに達すると地球の気温が 0.5°C 上昇するという関係である。両者にはおおむね比例関係がある。最新の IPCC 報告である第 6 次報告では、傾きは CO₂ が 1 兆トンあたり 0.45°C となっている (図 66)⁶⁷。なおこの値は過去の観測だけでなくシミュレーションにも依存している。温暖化については II.10.6 節および II.10.7 節でみたようにシミュレーションによる計算値は過大評価である可能性が高いが、ここでは概算に興味があるので、この IPCC の値をやや丸めて 0.5 としてそのまま使うことにする。



出典：IPCC (2023)。

図 66：傾きを TCRE とする累積 CO₂ 排出量と気温上昇の比例関係

これによる降水量の減少はどれだけだろう。気温が上昇すると大気中の水蒸気量が増え、豪雨が強くなるというクラウジウス・クラペイロン関係 (②) を仮定する。なおこの関係はひとつの理論値にすぎず、じつは II.10.3 節で述べたように雨量増加としては統計的に有意に観測されてはいないので過大評価かもしれないが、ここでは仮にこの関係が成り立つとする。クラウジウス・クラペイロン関係では 1°C の気温上昇が 6% の雨量増大となるから、仮に 1 日に 100 ミリの豪雨であれば、1°C の気温上昇で 106 ミリに雨量が増えることになる。

上記の①から③までさえ覚えておけば、暗算でも脱炭素の効果を概算できるようになる。日本の年間排出量は年間 10 億トンなので、気温上昇は 0.0005°C。日本が 1 年排出するごとに、地球温暖化は 0.5°C の 1000 分の 1 だけ進むことになる。2025 年から 2050 年まで、日本が今後の 25 年間にわたって現在のまま排出を続けると 12.5°C の 1000 分の 1、つまり

⁶⁷ TCRE とは Transient Climate Response to cumulative carbon Emissions の略であり、日本語で言えば「累積炭素排出量に対する過渡的気候応答」となる。TCRE 関係については海洋研究開発機構 (2021) が詳しい解説を与えている。

0.0125℃だけ地球温暖化が進む。2050 年までに線形で CO2 を減らしてゆくとすれば、累積の排出量は半分になるので、2050 年の気温上昇は 0.0125℃の半分の 0.006℃。気温減少もこれと同じで 0.006℃である。

降水量減少は 0.006 に 6%を掛けて 0.04%。100 ミリの雨でせいぜい 0.04 ミリの降水量減少である。東京都も 2050 年脱炭素を目指しているが、東京都の排出量は日本全体の 6%。したがって気温低下は $0.006℃ \times 6\% = 0.0004℃$ 。降水量減少は 100 ミリの雨で $0.04 \times 6\% = 0.002$ ミリとなる。

このように、日本国や自治体が 2050 年に脱炭素をすとしても、地球の気温にも降水量にも影響は事実上皆無である。理由は以下の 2 つである。

- ・ 地球温暖化は起きるといってもゆっくりわずかなものであること、降水量は増えるとしてもごくわずかであること。
 - ・ 日本の排出量は世界の 3%に過ぎないこと。自治体ならばさらにその一部に過ぎない。
- 2050 年脱炭素を実現するとすれば途方もない費用がかかるが、その気温低下や降水量減少による便益は事実上存在しない。

II.10.13. 日本企業のグリーン輸出への支援

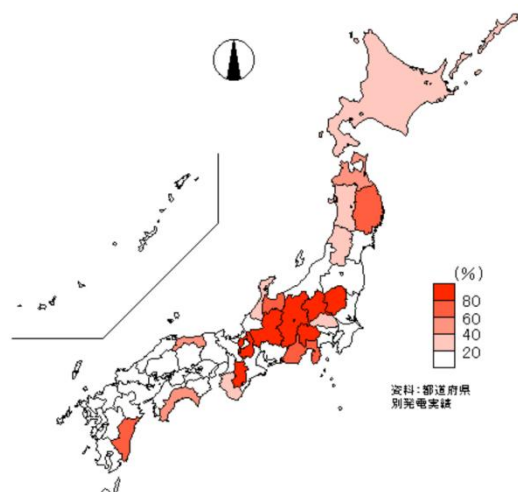
欧州など、脱炭素が要請される市場へと輸出する国内企業には、優先的なゼロエミッション電気の配分などの政策的な支援が必要になるかもしれない。本計画では、一部の輸出企業に求められるこうした経営課題は、本質的ではなく形式的に対応すべきものであり、日本国内のマクロ経済の健全な運行に向けた課題とは分離して考えるべき課題と考える。

ここで重要となる視点は、日本にゼロエミッション電気は不足していないことである(杉山 20210720)。「日本は海外に比べ CO2 を発生しないゼロエミッション電気の普及が遅れている。製造業が生き残るためには、製造工程での CO2 を減らすために、普及を進める必要がある」という意見がある。だが日本は、原子力発電さえ再稼働すれば、EU や米国と発電構成は大差ない。

日本の中にも、水力発電が豊富なスウェーデンのような地域がある。2018 年において都道府県別の再エネ比率を示したものが図 67 である。群馬県、山梨県、長野県、岐阜県、奈良県では、全体の発電量の 90%以上を水力発電が占めている。また原子力発電が再稼働すれば、原子力発電の多いフランスが日本の中にあるのと同じことになる。日本にゼロエミ電源は有り余っている。「日本製造業がサプライチェーンに生き残るための再エネ大量導入」なる政策は、高コストを招く為、かえって有害である。

製造業のためにゼロエミ電気を増やすというとき、原子力の再稼働ならばコストの問題はない。だが再エネの一層の大量導入によってゼロエミ電気を増やすならば、コストが嵩む。これでは、CO2 云々以前に、そもそもサプライチェーンに生き残れない。それに、じつは日本にゼロエミ電源はあり余っている。海外では、製品のサプライチェーンに対してゼロエミ

を義務付けるといっても、すべての企業がそう求められる訳ではない。世界全体での割合は、ごく限定的になるだろう。



出典：総合地球環境学研究所（都道府県版ローカル SDGs 指標 7.2.1）。データは資源エネルギー庁「都道府県別発電実績」の2018年値。

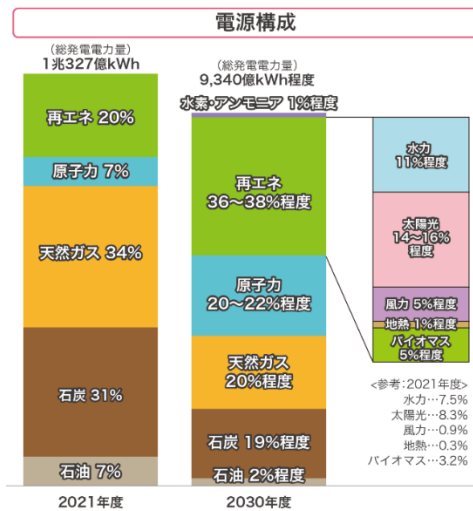
図 67：都道府県別の再エネ発電割合

ここでは仮に「米国と EU のすべての企業が、その輸入品に対してゼロエミ電源 100%を義務付ける」と想定した上で、日本の輸出のために必要なゼロエミ電源の量を勘定してみよう。日本の対世界の輸出総額は 2019 年において 7060 億ドルだった。このうち、対 EU 輸出総額は 820 億ドルで、対米輸出総額は 1400 億ドルだった。従って対 EU と対米を足すと 2220 億ドルである。これは輸出総額の 31%にあたる（日本貿易振興機構 2019）。これに対して日本の GDP は 5 兆 1540 億ドルだったから、米国と EU への輸出合計金額は GDP との比率では $2220/51540=4.3\%$ となる。

ここで簡易に GDP を 1 円生み出すための電力消費と、輸出を 1 円するための電力消費を等しいと置くと、日本の電源の 4.3%だけゼロエミッションになっていれば、それを使うことで米国と EU への輸出製品はすべてゼロエミッション電源で賄えることになる。

具体的な手続きとしては、輸出する製品について投入電力量を計算し、実際にそれだけのゼロエミ電力を買えばよい。もしそれで足りなければ、それに見合うだけのゼロエミ電力の証書である「非化石証書」などを買えばよい。類似のスキームとして企業内での証書取引であるマスバランス方式も提案されている（日本鉄鋼連盟 2023）。

日本のゼロエミ電源比率は 2021 年度で 27%であった。これは 2030 年度には水力だけで 11%になる予定（図 68）だから、じつはゼロエミ電源はすべての輸出を賄ってなお「有り余っている」。

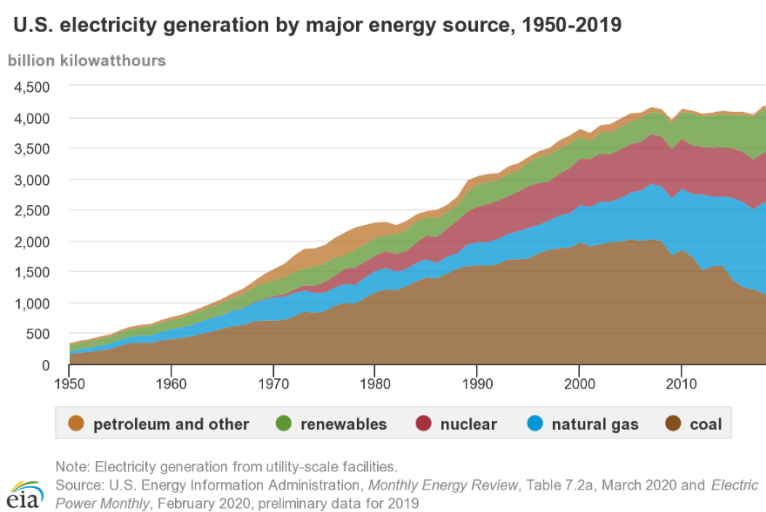


出典：資源エネルギー庁資料。

図 68：日本の電源構成

もしも強引に再エネを大量導入して電気料金が高騰すれば、日本の製造業は壊滅的なダメージを受けるだろう。そうではなく、原子力の再稼働を進める一方で、輸出するために必要な企業には、非化石証書を買求めやすくするような制度設計をしてゆけばよい。輸出する企業だけがゼロエミ電気を購入したり非化石証書を買ったりするのは、如何にもいびつに感じるかもしれない。けれども、欧米も似たようなことをやることになる。電源構成は似たり寄ったりだからだ。

たとえば米国の電源構成を見ると、日本同様に化石燃料が半分以上を占めている(図 69)。このためすべての企業がゼロエミ電源に切り替えることは不可能で、一部の企業しかゼロエミ電源にはできない。



出典：EIA (2023b)。

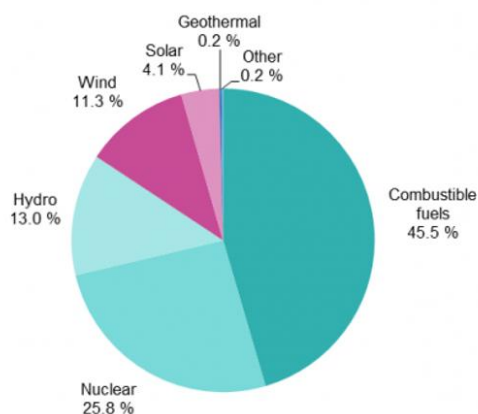
図 69：米国の電源構成

またしばしば、日本と欧州諸国を比較して、以下のような意見も聞く。

- ・ フランスは原子力発電が多いから、火力発電の多い日本より CO2 原単位が低く、今後の自動車生産は日本ではなくフランスでやることになるのではないか。
- ・ スウェーデンの水力を使って CO2 ゼロのバッテリーを造ると、日本の電源構成では太刀打ちできない。

実際に発電の割合を確認すると、確かにフランスとスウェーデンはゼロエミ電源が多い。フランスは原子力が 69%を占めている。スウェーデンは原子力が 38%、水力が 40%で合計すると 78%になっている（コーベリエル・ジスラー 2020）。けれども、EU 全体として見てみれば、日本とたいして電源構成は変わらない（図 70）。ということは、EU 企業が出来ることと日本企業が出来ることはたいして変わらないはずである。

Net electricity generation, EU-27, 2018
(%, based on GWh)



出典：Eurostat (2023)。

図 70：EU の電源構成

つまり EU の企業がフランスの原子力の電気を買ったり、スウェーデンの水力の電気を買ったりしているのと同じことを、日本もやればよい。たとえば日本にバッテリー工場を建てる時、ゼロエミにしたければ、水力によるゼロエミ電気を買えばよいことだ。あるいは、日本の自動車工場も、原子力ないしは太陽光によるゼロエミ電力を買えばよい。

日本でも、県別に見るならば、とくに中部地方にはゼロエミ電源比率が 100%近い県が幾つもある（図 67）。水力発電所が多い群馬県、山梨県、長野県、岐阜県、奈良県などである。つまり日本の中にもスウェーデンがある。なお偶然だが、図 67 で赤く塗られた水力発電が豊富な地域の人口を足すと、ちょうど人口 1000 万人のスウェーデン並みになりそうである。隣接する中部地方は製造業も盛んだが、必要なら、このゼロエミ電気を安く買えるように制度を作ればよい。そしてもちろん、原子力が本格的に再稼働すれば、今度は日本の中に「フランス」が出来る。

製造業はCO2を理由に日本を出る必要などない。日本にゼロエミ電源は有り余っている。「日本製造業がサプライチェーンに生き残るための再エネ大量導入」なる考えは、日本全体

にとつてのコスト増となるので、弊害の方がはるかに多い。

なお最後に証書の制度設計について補足しておこう。再エネ証書についての制度設計は政府によるもの、業界団体によるもの、NGO によるものなどの多くが乱立している。名称も再エネ証書、非化石証書、グリーン電力証書、CO₂ クレジットなどさまざまであり、またその対象とする技術も、ゼロエミッション電源として原子力、水力、バイオマスなどの多くの技術を含むもの、再エネだけでなく CO₂ 削減対策としての植林や省エネまで広範に含むものから、太陽光・風力発電のみに狭く限定するものまである。時間軸上も既設の発電所を認めるものから新規設備しか認めないものもある。

太陽光発電などの再エネ電気でも建設時などの CO₂ 排出が多い場合もあるが、これは無視されている場合が多いようである。また再エネ証書という場合には、どこかで再エネ由来の発電をしていれば、その証書を購入しさえすれば、現実には化石燃料由来の電力を利用している、再エネ利用をしたとみなされる場合が多い。現実には、大規模な事業所を運営するには安定した電源が必要であるために、系統電力における火力発電や原子力発電に大きく依存することは避けられない。

日本の事業者にとって現実に直面する課題として、海外の規制や海外の投資家・顧客からの要請があった場合、どのようにして CO₂ フリーないし再エネ利用の製品やサービスを提供してゆけばよいか、ということがある。本節で見た様に、日本には CO₂ フリー電源や再エネ電源はふんだんに存在するので、その CO₂ フリー価値や再エネ価値などが、日本全体のコストにならない形で、うまく日本の事業者に割り振られるような戦略的な制度設計をしてゆくことが望ましい。その際、何をもってグリーンとみなすかということについては必ずしも合理的ではない、というよりも大抵は本当にグリーンかどうか絶えず疑問が付きまとうが、これは相手のあることなので、それに従うより仕方がない場面も多いだろう。

II.11. エネルギードミナンス協定の構築

上記 II.10.1 節の議論は、パリ協定が存続することを前提としていた。しかしパリ協定は実現不可能な数値目標と南北の分断によって行き詰まっており、遠からず空文化してゆく。2025 年 1 月にトランプ大統領が誕生し、米国はすでに離脱した。日本は、米国とともに主導し、安全保障と経済成長に重点を置いた、エネルギードミナンスを推進する新たな国際枠組みを構築すべきである。

II.11.1. 破綻必至のパリ協定

2023 年 12 月にドバイで開かれた COP28 では南北の分断があらわになった。もはや、先進国にとって地球温暖化対策の枠組みである「パリ協定」は害悪でしかない。パリ協定では「1.5℃」「2050 年 CO₂ ゼロ」という極端で実現不可能な目標が設定されたが、事実上先進国しかこの数字に囚われておらず、ロシアやグローバルサウスは化石燃料利用の拡大を続

けるなど、事実上排出量の上限が無いに等しい。ゲーム理論の言葉で言えば、パリ協定は気候変動対策に関するフリーライダー問題を解決する制度にはなっていない⁶⁸。

また「自然災害がすでに激甚化しておりそれが人為的な温室効果ガス排出によるものだ」という、科学的知見に基づかないカルトのごとき見解が、この協定では共通理解となってしまう。この見解に基づいて、年間 1 兆ドルから 5 兆ドルを先進国から途上国に損害の賠償、温暖化への適応、および温暖化対策費用として支払うことが、途上国が先進国と同様に脱炭素に取り組む条件とされているが、これも実現不可能である。

このように、パリ協定は、日本の経済を壊滅させ、中国を利する、科学ではなくカルトに基づいた鬼子になってしまった。この害毒は京都議定書に千倍する。先進国経済が崩壊し中国を利するだけのパリ協定は、維持不可能な状態になっており、遠くない将来に破綻必至であると見込まれる。2025 年には、米国でトランプ政権が成立し、パリ協定から離脱した。トランプ大統領はエネルギードミナンスを掲げ、バイデン政権のグリーンニューディール（脱炭素）政策を撤廃している。もし日本も協定から離脱すれば、パリ協定は京都議定書と同様に空文化するであろう。

II.11.2.COP28 の本質は南北の分断

COP28 では諸国が「化石燃料からの脱却」に合意したという報道があったが、これは意図的に広められた偽情報である（杉山 20231219）。実際に合意されたのは「COP28 が各国に化石燃料から移行する世界的な努力に寄与するように呼び掛けた」というのみである。各国が約束したわけではない。しかも原子力推進や再エネ推進など、8 項目もあるオプションの 1 つとしてこれが取り上げられたにすぎない（杉山 20231219, UNFCCC 2023）。

中国もインドもサウジアラビアも、この合意があるからといって石炭や石油の採掘や利用を制限しようとは微塵も感じないだろう。他方、あまり報道されていないが、COP28 の本質は南北の分断であったといえる。COP28 に先立ち、2023 年 4 月に札幌で開かれた G7 の合意では、途上国にも「2050 年 CO2 ゼロ」を宣言するよう要請していた（有馬 2023）。だがこれは端から拒絶されたので議題にもならなかった。しかしこの「戦わずして負けた」ことが COP28 の最重要点である。もはやグローバルサウスもロシアも G7 のお説教などに従うつもりはないことが改めて明白になっている。

いまや、パリ協定は「先進国だけが CO2 を 2030 年に半減、2050 年にゼロとする約束をする」という京都議定書とそっくりの一方的な協定になってしまった。むしろ数字が極端に深掘りされ、経済に破滅的な悪影響を与えるものになったがゆえに、その害毒たるや、京都議定書に千倍する。

⁶⁸ フリーライダー問題については II.1.7 節の脚注 31 を参照。197 の国と地域が参加したパリ協定は、国際協調の実現としてその歴史的な意義も指摘され、日本の自主的取り組みにも似たその枠組みを評価する声もあった。しかし、パリ協定ではフリーライダー問題は残されたままであり（Yale Center of the Study of Globalization 2015）、さらに先進諸国が一方的に削減目標を極端に深掘りしたことで（II.11.3 節）、その弊害が大きくなった。

II.11.3. パリ協定の変容の経緯

そもそも日本が京都議定書を離脱したのは、米国が参加しないことに加え、先進国だけが義務を負い、中国をはじめとした途上国が義務を負わない、一方的な枠組みだったからである。日本の離脱で京都議定書は事実上消滅した。日本の大英断だった（有馬 2015）⁶⁹。

それを受けてパリ協定の交渉が始まり、「すべての国が参加する枠組み」と銘打ったパリ協定が 2015 年に採択された。それは、工業化前からの気温上昇を世界全体としては 2℃を目標として、各国が自主的に決定した貢献（NDC）をすればよい、しかもその約束の内容や達成に法的拘束力はない、ということになっていた。これは妥当な枠組みであると評価される面もあった。

だが問題はあった。先進国と途上国という区分は京都議定書とほぼ同じ形で維持されていたことであり、そして中国は途上国に位置付けられていたことである。この合意があった 2015 年は、自由主義陣営が中国を存亡に関わる脅威として明確に認識する直前だったのである⁷⁰。

その後に、次のようなことが起きた。欧米では左翼リベラル的な政権が大勢となり、G7 は CO2 の数値目標を深掘りしていった。そしておおむね 2030 年に半減、2050 年にゼロ、といった数値に行き着いている。パリ協定上では本来、NDC とは文字どおり「自主的に」決めるものであり、他国に言われて決めるものではない。だが G7 ではこれがコンセンサスとされ、日本も同調してきた。左翼リベラルは脱炭素が国益のためだと本気で信じているが、現実にはそれを目指せば経済が壊滅していく。欧州や日本ではエネルギー多消費産業の空洞化がすでに起きており（I.1.1 節および I.1.2 節）、このままでは今後いつそう悪化するだろう。他方、中国のように、途上国へと分類されれば、形式的にはいくらか約束はするが、ほとんどその内容は問われないし達成を真剣に迫られることもない。

加えて、先進国は大きな失敗をした。「気候危機だ、いまの異常気象は CO2 排出のせいだ」と科学的根拠がまったくないにもかかわらず言い続けたせいで、途上国は「その犯人である先進国が被害を賠償すべきである、また、今後の温暖化対策の費用はすべて先進国が負担すべし、それが温暖化対策をする条件だ」と切り返し、これが説得力を持ってしまう。その相場は年間 1 兆ドルから 5 兆ドルと膨れ上がっているので払えるわけがない（有馬 2024）。そうすると途上国は対策をしなくてよいことになる。

⁶⁹ 京都議定書は 1997 年に合意されその発効したが、米国は批准せず参加しなかった。1997 年に合意された CO2 等の数値目標は 2010 年を中心とする 5 年間（2008 年から 2012 年）についてのものだが日本は基準年（おおむね 1990 年）比で 6%削減するというものだった。これに次ぐ第二約束期間の数値目標は 2010 年に諸国から提出される予定になっていたが、日本はこれを提出しなかった。その後も京都議定書は形式的には存在し続け、日本もその締約国であり続けたが、諸国の京都議定書への注目は大幅に下がり、諸国のエネルギー環境政策は京都議定書に囚われることは無くなった。

⁷⁰ 2014 年以降、南沙諸島 7 地形において急速かつ大規模な埋立てを実施し、2015 年 6 月には中国政府は南シナ海の関連する島礁の埋立て工事はすべて終了と宣言した（防衛省 2023, p. 3）。中国は人工島を造成してこの地域を実効支配する活動を活発化させ、周辺諸国と衝突するようになった。また同年 9 月にはマイケル・ピルズベリー（2015）の著書『China 2049』が刊行され、世界の覇権を目指す中国の長期的戦略に警鐘を鳴らすなど、中国の脅威に対する米国の認識が一気に高まることになった。

2024 年末に開催された COP29 では、交渉の末、2035 年までに先進国は途上国への気候資金の提供額を毎年 3000 億ドル（48 兆円）に引き上げることが合意された。しかし先進国がこの巨額の資金提供を達成するか否かはまったく定かではない上に、途上国は直ちに不満を表明しており、この問題は解決から程遠いことが明らかになった（杉山 20241203）。

2050 年 CO2 ゼロといった数字の深堀りは、「科学に従って」という決まり文句の下で進められてきたが、これは科学ではなくカルトである。左翼リベラルが言うように、気温上昇が 1.5°C を超えたら世界が破局に至る、などという科学は存在しない。過去 150 年で 1°C 程度の気温上昇があったのは確かだが、冷静に統計を見れば台風などの災害の激甚化など観測されていない（II.10 節）。

II.11.4. パリ協定離脱のシナリオ

このように変容したパリ協定は、破綻することが必定である。ではそれはどのような展開をたどるだろうか。以下に枠で囲みながら、ありそうなシナリオを描いてみよう。

米国ではトランプ政権が誕生し、バイデン政権のグリーンディール（脱炭素のこと）を廃し、パリ協定から脱退した。米国共和党は総意として、パリ協定が自国経済を害し、中国を利し、科学的でもないとは認識している。大手金融機関は ESG 投資を推進する連盟から撤退した。

米国がグリーンニューディールに代わる政策として打ち出したのは、エネルギー主導ミナンスの推進である。これはあらゆるエネルギーを豊富、安価、安定に供給して経済力を高め、敵対国を圧倒するという考え方だ。

エネルギー主導ミナンスは、前回のトランプ政権のときから、共和党の合言葉となっているが、近年の地政学的状況の深刻化を受けて、ますます重要になっている。日本も自国の国益のエネルギー安定供給の観点から歩調を合わせ、米国からの LNG 輸入をさらに拡大し、また原子力開発の強化をすることになる。

共和党政権は、これまで民主党政権が禁止してきた、開発途上国の化石燃料インフラへの投資も再開する。脱炭素を掲げるようになった国際開発銀行へは方針転換を迫る。日本もこれに合わせて高効率な火力発電技術の輸出を再開することになる。

パリ協定を離脱した後、米国主導で多国籍間のエネルギー主導ミナンスを達成する枠組みができる。それは原子力の推進、天然ガス利用の推進、高効率な火力発電の推進などを含むことになる。CO2 削減の行動はこの新たな枠組みの一部に暗黙的に取り込まれることになる。

「2050 年 CO2 ゼロ」が科学でなくカルトに過ぎないことの証拠は十分にある。これまでも米国の議会公聴会で活躍してきた科学者たちが、それを改めて世界に知らしめることになるだろう⁷¹。

⁷¹ 米国議会では、科学者が招かれて証言することが日常的に行われている。気候変動問題に関しては、民主党が招聘す

以上の道筋が見えてきた時、日本もパリ協定を離脱し、米国の主導による、多国間でのエネルギー主導を構築する新たな枠組みに参加することになる。

なお、パリ協定については、すでに多くの政治家がコミットしており、協定を前提とした法制化もすすんでおり、既得権益も発生しているから「離脱はありえない」という意見がある。それに 8 年前の第一次トランプ政権のときにも米国は離脱したが、日本は追随しなかった。

しかしながら、すでに政治・行政が大規模に動員されているからこそ、早めに離脱しないと失うものが増々膨らむのである。いまや 8 年前と異なり、新冷戦が勃発し、安全保障・経済環境は切迫している。このまま環境原理主義的なパリ協定を続けているのでは国家が破滅する。また 8 年前は確かに米国に日本は追随しなかったが、そのころ、パリ協定はまだまともな枠組みであった。だがその後の 8 年で著しく変容してしまったので (II.11.3 節)、いまや離脱すべきである。

なお本稿で「離脱」というのは実質的な意味で言っており、要は「パリ協定を無害化」できればよい。パリ協定の下では資金拠出や文書提出の合意が複数あるが、これを実施しないことで、法的にはパリ協定に留まり続けつつ、実質的には離脱できる。これは京都議定書を日本が事実上「離脱」したのと同じ構造である⁷²。

II.11.5. 日米主導のエネルギー主導協定

日本は米国とともに主導して、パリ協定に代わる国際枠組みとして、安全保障と経済成長に重点を置いた、エネルギー主導を推進する新たな国際枠組みを構築すべきである。原子力推進、天然ガス推進、開発途上国のエネルギーインフラ支援などはこの新しい枠組みの元で推進され、現実的で実効性のある CO2 削減も進む。

米国は、共和党のトランプ大統領が誕生し、気候変動に関するパリ協定から離脱した。経済を破壊させるこの協定から、日本も離脱すべきである。日米が離脱すれば協定は実質的に消滅し、G7 は経済的自滅から救われる。

新しく生まれ変わった日米は、友好国とともにエネルギー主導を確立すべきである。その第一歩としての日米合意を提案したい。II.11.4 節のように、パリ協定は破綻必至であり、それに代わる新しい国際的なものとして「エネルギー主導に関する枠組み」が求められる。ここでは、その内容や日本の取るべきステップについて詳しく述べよう。

「エネルギー主導」とは、安価で安定したエネルギー供給によって、自国および友好国の安全保障と経済発展を支え、敵対国に対する優勢を築く、という思想である。米国共

る科学者は気候危機説を唱えるが、共和党が招聘する科学者はそうではなく、観測データに基づく自然災害の激甚化が起きていないこと、気候モデルは未熟なので政策決定に使うべきでないことなど、II.10 節とほぼ同様の証言をする。そのような証言の例としては Curry et al. (2017) がある。

⁷² 京都議定書からの「事実上の離脱」の意味については II.11.3 節の脚注 69 を参照。

和党では以前のトランプ政権の頃から合言葉になっていた。「枠組み」は最終的には多国間のものを目指すにしても、その第一歩は日米合意から始めることが現実的なステップとなる。協定の骨子は次のようなものが考えられる。

日米両国は、エネルギードミナンス、すなわち両国とその友好国のための豊富で安価な安定したエネルギー供給を達成するために協力する。民間企業が主要なプレーヤーとなるが、政府は良好なビジネス環境を整備しなければならない。協定には以下の項目が含まれる。

- 1) 日米両国は協力して原子力を推進する。
- 2) 日米両国は、米国から日本への天然ガスおよび石油の長期安定供給を確立する。
- 3) 日米両国は、友好国における化石燃料の開発と利用を支援するために協力する。日米両国は、化石燃料事業への投融資を再開するよう、国際開発機関に働きかける。

この合意の意義について、以下では、1) 原子力協力、2) 石油・天然ガス協力、3) 化石燃料開発支援の順に論じる。

1) 原子力協力

原子力の利用には、軽水炉のような既存技術に加え、SMR（小型モジュール炉）のような革新型原子炉技術の推進が含まれる。原子力の推進は、エネルギー安全保障強化（およびCO2削減）および経済の繁栄、すなわちエネルギードミナンスの達成のために日米が合意し推進する最も重要な柱となる。

化石燃料のほとんどを海外から輸入している日本にとって、エネルギー供給はアキレス腱である。とくに石油は90%以上を中東から輸入している。そこには地政学的リスクが存在し、また日本へのシーレーンには多くのチョークポイントが存在する。南シナ海や台湾への中国の軍拡は、日本のシーレーンに新たなリスクを加えている。第二次世界大戦では、米国は海上貨物輸送を攻撃することによって日本のシーレーンを寸断した。これが日本の米国に対する敗北につながった。シーレーンが寸断され、エネルギー供給が途絶えれば、次の戦争でも同じように日本は敗戦するかもしれない。このため万が一シーレーンが封鎖されても発電を続けることができる原子力は、日本のエネルギー安全保障にとって極めて重要である。この協定は、日本の原子力推進に不可欠な、政治的な支持を安定化させる効果が期待できる。

また経済的利益という点では、日本企業はすでに米国でのSMRを含む原子力事業に参加しており、この協定によって恩恵を受けるだろう。また米国も、設備・機器メーカーなどが日本の原子力発電事業に参加しており、彼らも恩恵を受けるだろう。日米の原子力産業のエコシステムはすでに密接な関係にある。これが今後も世界をリードするために、既存炉の長期運転や先進型炉の建設などのための、設備のサプライチェーンの維持強化を協力して図るべきである。

また安全規制についてはベスト・プラクティスを共有し、安全性と規制の効率化の両立を図るべきである。日米は原子力を国策民営で開発・維持してきた数少ない国であり、両国

において原子力のビジネス環境を整えていく必要がある。

2) 石油・天然ガス協力

米国から日本への天然ガスや石油の輸出は、もちろん米国の経済的利益につながる。しかしそれよりも、日本にとってのエネルギー安全保障の面の価値こそ大きい。この合意によって、日本は中東に依存していた石油供給源を多様化できるだけでなく、ペルシャ湾封鎖や台湾有事のような有事の際にも、米国からの安定供給を確保できる。これによって、中国が軍事力を用いて日本を海上封鎖しようとしても、その脅威に屈するリスクを軽減できる。

日本の対米輸入コストの拡大は中東からの振り替えとなる。米国からの輸入は中東からよりも割高な場合もあるかもしれないが、その一方で、供給先の多様化により、価格交渉力を高め、輸入コストの低下・価格安定化をもたらす効果も期待される。

加えて日本にとっては、世界最大の市場である米国に対する貿易黒字を縮小できるメリットは大きい。日本の経済成長には持続的な円安が望ましい(野村・浜田 2023)。現在では、米国は世界最大の LNG 輸出国となり、原油輸出でも最大級の地位を占めるに至った。2012 年に月 300 億ドルの赤字だったエネルギー貿易収支は、2025 年には月 100 億ドル近い黒字に転じている。シェール技術の進展がもたらした資源ブームはドル高を持続させることが期待される。1985 年のプラザ合意後の日本経済が、これまでに幾度にわたって苦しめられてきた過度の円高となることを回避し、エネルギードミナンスのもとに日本国内の製造業が長期的に競争できる環境が構築される。

そして同盟国である日本が経済的にも安全保障上においても頑強になることは、逼迫するアジアの安全保障状況において、もちろんアメリカの国益でもある。日米両政府は、民間による長期契約が締結され安定供給が実現する様、ビジネス環境を整えるべきである。

ここで民間だけでなく、政府の役割が重要になるのは、中国やロシアが国策として化石燃料に関する国内事業や海外事業をしばしば不公正な貿易・投資慣行によって推進しているために、それへの対抗措置が必要だからでもある。

3) 化石燃料開発の支援

G7 はこれまで途上国に化石燃料の使用をやめるように説き、国際金融機関が化石燃料に投融資することを禁じてきた。だがこれは、友好国の経済発展の機会を損ない、敵対国に付け入る隙を与えている。米国と日本はこの政策を改め、友好国の化石燃料開発と利用を支援しなければならない。これには多くの経済的利益がある。たとえば、米国は海外での化石燃料採掘事業に従事することで経済的利益を得る。日本は化石燃料利用技術を輸出することで利益を得る。

以上の合意において、地球温暖化という言葉は、「原子力の促進、天然ガスの促進、化石燃料の効率的な利用」といった言葉に変換される。パリ協定を推進する「グリーン・ドグマ」に駆られた人々は、太陽光発電や風力発電以外を否定するなど、技術選択が偏狭になり、コストのかかる対策ばかりを推進する傾向があった。だがこの日米合意は原子力、天然ガスの

安定供給やエネルギーの効率的な利用など、現実的な国益に根ざすものとなる。

またこの日米合意においては、パリ協定の下で発生するような産業空洞化を回避することになり、地球規模での途上国への CO2 排出活動の移転（カーボンリーケージ）が発生しない。このため、むしろパリ協定よりも、地球規模での CO2 削減のための枠組みとしても効果的になるだろう。

このような日米合意を交渉する場はどこだろうか？過去の先例となる取り組みとしては日米戦略エネルギーパートナーシップ（JUSEP：2017–2020 年）（経済産業省 2017）、日米クリーンエネルギーパートナーシップ（JUCEP：2021 年–）（資源エネルギー庁 2021a）、日米エネルギー安全保障対話（外務省 2022）などがあった。しかしこれらは、「エネルギー」や「安全保障」と銘打たれていても、米民主党政権が脱炭素をアジェンダとして推進していたために、アジェンダ・ハイジャックに遭い、脱炭素推進の枠組みとなってしまうていた。新たな枠組みが必要である。新しい枠組みを立ち上げることは十分に可能であろう。たとえば、「日米エネルギー・パートナーシップ」を構築し、上述したような合意を達成することができよう。

いったん二国間合意が成立すれば、それを基礎として多国間協定を結ぶのは一般的な外交手法である。化石燃料事業への開発援助や投融資の推進は広く歓迎されるだろう。なぜならそれは経済繁栄の礎であり、エネルギー安全保障の強化にもなるからだ。東アジアや東南アジアはもちろん、グローバルサウスからも広く参加を募ることができるだろう。

このような動きからは、政治が左派寄りになってしまっている EU は、当面は孤立を余儀なくされるだろう。だが政治バランスが右派にシフトする一方で、パリ協定の破綻がますます明らかになれば、EU も関与を弱め、パリ協定は実質的に空文化する。かつて、2010 年、日本の離脱によって 1997 年に合意された京都議定書は事実上消滅した。パリ協定も同様になるだろう。その結果、アメリカの重要な同盟国である日本と EU は、脱炭素政策を中止する。これによって G7 は経済的自滅を止め、再び強くなることができる。

II.11.6. 地球温暖化問題へのソリューション

2050 年 CO2 排出ゼロという目標は極端すぎて実現不可能である。それを目指すだけでも莫大な費用が生じ、経済は破滅する。早くも 2023 年には、イギリス、アメリカ、台湾など、世界各地で洋上風力事業からの相次ぐ撤退が報じられ、米国では再エネなどのグリーン銘柄の株価が崩壊するなど、「脱炭素疲れ」の様相になっている。

そして今の世界情勢を見れば、世界全体での目標を議論すること自体、現実的には無意味である。ウクライナなどで戦争が起き、米中の対立も深まっている。多くの国が自国経済を犠牲にしてまで脱炭素に励むということはあるまい。

この状況において、仮に日本が 2050 年に CO2 をゼロにすることを目指し続けるとしても、気温低下はせいぜい 0.006℃である（II.10.12 節）。その一方で、脱炭素政策を強行すれ

ば、製造業の産業空洞化が進行し、経済は破綻、国力を喪失した日本は中国の属国となり、自由などの人権が奪われるだろう。この地政学的リスクのほうが気候変動によるリスクなどよりはるかに危険である。

日本は、中国、ロシア、北朝鮮といった核兵器国、独裁国と近隣で対峙している。脱炭素よりも国家の安全保障こそが最優先課題で、このためには、エネルギー安全保障も重要であり、政治的な威嚇に対して言いなりにならないためには強い経済力も必要である。すると、エネルギー供給は安価・安定でなければならず、これには原子力と化石燃料が最重要となる。日本が将来世代に遺すべきは、わずかな気温低下などではなく、強い経済力と高い技術水準であり、それに護られた自由な社会である。

さて一方で、CO₂ をゼロに出来なくて、産業革命前からの気温上昇が 1.5 度になったとしても、それで世界の終わりになるわけではない。行き過ぎた気候危機説は間違いであることは、新しく IPCC の議長に就任したジム・スキー氏までが戒めたほどである (Sustainable Future News 2023)。

数世代先の長期を見据えれば、それが枯渇することへの備えも必要かもしれない。だがウランは、必要になれば自然界にはいくらでもある (II.2.8 節)。化石燃料でも、とくに石炭は豊富にある。その埋蔵量は、年間消費量の 139 年分とされる (資源エネルギー庁 2022c)。仮に本当に枯渇が近づき、価格が上昇するような事態になれば、これまで採掘対象とされなかった埋蔵資源も、技術開発の進展とともに経済的に利用可能となり、可採量はさらに拡大するだろう。

この化石燃料がすべて大気中に放出されるとなると、ある程度の気温上昇が起きる可能性はある。今後、仮に急激な地球温暖化が進むような兆しが見えはつきりしてくるならば、それは避けたほうが良さそうである。その一方で、緩やかな地球温暖化であれば、それほど大きな問題は起きそうにない。過去 150 年間で約 1 度の気温上昇が起きたが、自然災害の激甚化も生態系の破壊も起きていない (II.10 節)。むしろ化石燃料を活用したことで経済成長を謳歌することができて、人類は、かつてなく、健康で長生きできるようになった。

これからなすべきことは、気温上昇のペースをこれまで程度の緩やかなものに留めること、そして長期的には化石燃料を使い尽くす前に、それよりも安価な代替エネルギーを開発して、化石燃料を使わなくてもよいという選択肢を世界が手に入れることである。

先進諸国の脱炭素宣言にもかかわらず、2050 年に至っても、世界の CO₂ はそれほど劇的には減りそうにない。現在よりも増加しているか、せいぜい横ばい程度であろう。世界がエネルギー主導に舵を切って原子力と天然ガスが大量に普及し、石炭や石油を代替するならば、持続不可能なパリ協定路線との比較においては、大幅に CO₂ が削減されるだろう。しかしなおグローバルサウスをはじめとして化石燃料の需要の伸びは高いため、それで世界の CO₂ が絶対量として 2050 年までに劇的に減るとは考えにくい。

だがその後、新しい安価な化石燃料代替技術も実用化されてゆけば、化石燃料利用は代替され、CO₂ の削減も進む。仮に、2100 年以降のどこかの時点で世界の CO₂ 排出量が現在の

半分近くになったとすれば、大気中の CO2 濃度はほぼ一定になる。それは、毎年世界で排出されている CO2 の量の約半分 (56%) が森林などの陸上生態系と海洋に吸収されているからである (杉山 [20211219](#), IPCC [2023](#))。このため、大気中の CO2 濃度を安定化させるためには、世界の CO2 排出をゼロにする必要はない。半減させれば十分なのである。

CO2 濃度を安定化させても、ゆっくりとではあるが、地球温暖化はなおも進む。しかしながら、ひとたび安価に化石燃料を代替する技術が実現してしまえば、その後には CO2 排出量は減り続ける。政府による規制が実現するのではなく、化石燃料が他を圧する価格競争力を失ってしまえば、化石燃料を使い続ける動機がなくなるからである。そうすると、大気中の CO2 濃度は減少に向かう。こうなると CO2 による地球温暖化を心配する必要はない。

むしろ、CO2 濃度が減りだすと、そのことの方が問題になるだろう。CO2 は光合成の基本的原料であるし、ゆるやかな変化であれば地球の気温は高い方が作物はよく育つし人の健康にも良いからだ。産業革命前の 280 ppm の状態と、CO2 濃度が 1.5 倍になった現在の 420 ppm の状態で比べれば、現在の方が人間の健康によく、食料はより多く生産され、生態系は繁栄しており、自然災害の激甚化なども起きていない。人間にとっては暮らしやすくなっている。

本計画に沿って日本がエネルギー主導に舵を切れば、今世紀半ばにかけて原子力、天然ガス、そして経済合理的な範囲の省エネによって、安全保障と経済成長を実現し、ある程度は CO2 排出も削減できる。より長期的には、化石燃料代替エネルギー技術を開発し、化石燃料よりも安価に供給することで、人類の福祉に重要な貢献をし、その一方で CO2 に関する懸念を永久に排除することができる。

参考文献

- Akasofu, Syun-Ichi. and Hirohi L. Tanaka (2018) “On the Natural Component of Climate Change,” *Tsukuba Geoenvironmental Sciences*, 14, 1–7, December.
- Allison, Graham and Jonah Glick-Unterman (2021) “The Great Military Rivalry: China vs the U.S.,” Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kenedy School, December.
- Arrington, Jodey C. (2025). H.R.1 – One Big Beautiful Bill Act. 119th Congress.
- Bowen, Matt (2023) “The Global Future of Nuclear Energy,” Atlantic Council, August 24.
- Black Rock (2025) 「投資家の皆様への年次書簡 (2025 年)」.
- Bloomberg (2024a) “Lindner Says Germany’s Lack of Growth Makes Country Poorer,” February 6.
- Bloomberg (2024b) “Germany’s Days as an Industrial Superpower Are Coming to an End,” February 10.
- Bloomberg (2025) “Net Zero by 2050 is ‘Impossible,’ UK tory Leader Badenoch Says,” March 17.
- Bloomberg Law (2025) “HSBC Says It’s Time to End ‘Negative Bias’ on Fossil Fuels (1),” February 27.
- Brook, Barry W., Agustin Alonso, Daniel A. Meneley, Jozef Misak, Tom Blees, and Jan B. van Erp (2014) “Why Nuclear Energy is Sustainable and Has to be Part of the Energy Mix,” *Sustainable Materials and Technologies*, 1–2, 8–16.
- Brown, Patrick (2022) “Human Deaths from Hot and Cold Temperatures and Implications for Climate Change,” The Breakthrough Institute, December 1.
- Brown, Patrick, Ema Kovak, and Alex Smith (2023) “Technology, Not Climate, Will Determine the Future of our Food System,” The Breakthrough Institute, September 27.
- Cancian, Mark F., Matthew Cancian, and Eric Heginbotham (2023) “The First Battle of the Next War Wargaming a Chinese Invasion of Taiwan,” Center for Strategic and International Studies, January.
- Chen, Yushu, Ting Lan, Aiko Mineshima, and Jing Zhou (2023) “Impact of High Energy Prices on Germany’s Potential Output,” International Monetary Fund, July 24.
- Christy, John (2017) “Testimony of John R. Christy,” U.S. House Committee on Science, Space, and Technology, March 29, 3–5.
- CNN (2021) 「太陽光パネルの供給網、新疆の強制労働に依存かく下> 汚れたサプライチェーン」5月29日.
- Coase, Ronald (1946) “The Marginal Cost Controversy,” *Economica* 13 (51).
- Council of the European Union (2024) “Products Made with Forced Labour: Council Adopts Ban,” November 19.

Cour des comptes (2012) “The Cost of the Nuclear Power Sector: Thematic Public Report,” January.

Crippa, M., E. Solazzo, D. Guizzardi, F. Monforti-Ferrario, F. N. Tubiello, and A. Leip (2021) “Food Systems are Responsible for a Third of Global Anthropogenic GHG Emissions,” *Nature Food*, 2, 198–209.

Curry, Judith, John Christy, Michael Mann, and Roger Pielke Jr (2017) “Climate Science—Assumptions, Policy Implications, and Scientific Method,” GWPF Report 24, The Global Warming Policy Foundation.

DOE (2025) “ICYMI: Secretary Wright Powers up American Energy at CERAWeek & the Houston Rodeo,” March 14.

E&E News (2025) “4 lessons from the ‘Make Energy Great Again’ CERAWeek,” March 17.

EIA (2023a) *Annual Energy Outlook 2023*, U.S. Energy Information Administration, March 16.

EIA (2023b) “Electricity Explained: Electricity in the United States,” U.S. Energy Information Administration.

EIA (2025) *Annual Energy Outlook 2025*, U.S. Energy Information Administration, April 15.

European Commission (2014) *Energy Economic Developments in Europe*, European Economy 1, Brussels: European Commission.

European Commission (2019) “Energy efficiency first: accelerating towards a 2030 objective of 32.5%,” September 25.

Eurostat (2023) “Electricity Production, Consumption and Market Overview,” February.

Federal Register (2025a) “Unleashing American Energy,” January 20.

Federal Register (2025b) “Declaring a National Energy Emergency,” January 20.

Federal Register (2025c) “Putting America First in International Environmental Agreements,” January 20.

Federal Register (2025d) “Temporary Withdrawal of All Areas on the Outer Continental Shelf From Offshore Wind Leasing and Review of the Federal Government's Leasing and Permitting Practices for Wind Projects,” January 20.

Financial Times (2025a) “US Challenges Asset Managers over Antitrust Risks in ESG Policies,” May 22.

Financial Times (2025b) “India’s Coal Champion Reopens Dozens of Mines,” June 9.

Goklany, Indur M. (2021) “Impacts of Climate Change: Perception and Reality,” The Global Warming Policy Foundation, Report 46.

Grimes, Robin W., Chamberlain Yuki, and Oku Atsushi (2014) “The UK Response to Fukushima and Anglo-Japanese Relations,” *Science and Diplomacy*, June.

GX 実行推進担当大臣 (2022) 「GXを実現するための政策イニシアティブの具体化について」 11月29日.

GX 実行推進担当大臣 (2023) 「我が国のグリーントランスフォーメーション実現に向けて」

12 月 15 日.

Hannun, Kathy (2016) “Three Things I Learned from Turning Seawater into Fuel,” December 8.

IEA (2021) “The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions,” May, International Energy Agency.

IEA (2023) “Electricity Market Report Update: Outlook for 2023 and 2024,” July, International Energy Agency.

IPCC (2023) “IPCC Sixth Assessment Report –Technical Summary (IPCC 第 6 次評価報告書 技術要約暫定訳),” Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jorgenson, Dale W., Koji Nomura, and Jon D. Samuels (2016) “A Half Century of Trans-Pacific Competition: Price Level Indices and Productivity Gaps for Japanese and U.S. Industries, 1955–2012,” in D. W. Jorgenson, et al. (eds.) *The World Economy – Growth or Stagnation?*, Cambridge: Cambridge University Press, Chap. 13, 469–507.

Juhász, Réka, Nathan Lane, and Dani Rodrik (2023) “The New Economics of Industrial Policy,” paper prepared for the *Annual Review of Economics*.

KPMG (2024) “24th Annual Global Automotive Executive Survey: Getting Real about the EV Transition,” January.

Koonin, Robert E. (2021) *Unsettled: What Climate Science Tells Us, What It Doesn't, and Why It Matters*, BenBella Books. (三木俊哉訳・杉山大志解説 (2022) 『気候変動の真実：科学は何を語り、何を語っていないか？』 日経 BP 社).

Lindzen, Richard and William Happer (2025) “Greenhouse Gases and Fossil Fuels Climate Science,” April 28.

Mauritsen, Thorsten and Erich Roeckner (2020) “Tuning the MPI-ESM1.2 Global Climate Model to Improve the Match With Instrumental Record Warming by Lowering Its Climate Sensitivity,” *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12(5).

Monnet, Antoine, Sophie Gabrie, and Jacques Percebois (2016) “Statistical Model of Global Uranium Resources and Long-term Availability,” *EPJ N-Nuclear Sciences & Technologies*, 2, 17.

Muller, Richard A. (2012) *Energy for Future Presidents: The Science Behind the Headlines*, New York: W. W. Norton & Company. (二階堂行彦訳 『エネルギー問題入門』 楽工社、2014 年) .

Mulligan, James G. (1983) “The Economics of Massed Reserves,” *The American Economic Review*, 73 (4), 725–734.

Murphy, Laura and Nyrola Elimä (2021) “In Broad Daylight: Uyghur Forced Labour and Global Solar Supply Chains,” Sheffield, UK: Sheffield Hallam University Helena Kennedy Centre for International Justice.

NHK (2024) 「ウクライナ軍の攻撃でロシアの石油精製量 4%減少」 2 月 7 日.

Nomura, Koji (2023) *Energy Productivity and Economic Growth—Experiences of the Japanese Industries, 1955–2019*, Springer.

- Nomura, Koji and Sho Inaba (2024) “Post-Pandemic Surges of Real Unit Energy Costs in Eight Industrialized Countries,” *RCGW Discussion Paper*, 70, Research Center of Global Warming, Research Institute of Capital Formation, Development Bank of Japan, March.
- OECD (2009) “Measuring Capital—OECD Manual: Second Edition”, Paris: OECD.
- Ohashi, Masahiro and Hiroshi L. Tanaka (2010) “Data Analysis of Warming Pattern in the Arctic,” *SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere)*, 6A, 1–4.
- OHCHR (2022) “OHCHR Assessment of Human Rights Concerns in the Xinjiang Uyghur Autonomous Region, People's Republic of China,” Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights, August 31.
- Oka, Yoshiaki (2022) “Risks and Benefits of Evacuation in TEPCO’s Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident,” *Progress in Nuclear Energy*, 148, June, 104222.
- Pielke, Roger Jr. (2023) “What the IPCC Actually Says About Extreme Weather,” *The Honest Broker*, July 20.
- Politico (2025) “The End of Germany’s Climate Crusade,” February 20.
- Rasool, S. I. and S. H. Schneider (1971) “Atmospheric Carbon Dioxide and Aerosols: Effects of Large Increases on Global Climate,” *SCIENCE*, 173.
- Robinson E. Austen G. (1931) *The Structure of Competitive Industry*, Cambridge University Press.
- Shell (2025) “Shell LNG Outlook 2025,” February.
- SIDLEY (2025) “SEC Ends Defense of Climate-Related Disclosure Rules,” April 1.
- Slovic, Paul (1987) “Perception of Risk,” *Science*, 236, 280–285.
- Slovic, Paul and Elke U. Weber (2002) “Perception of Risk Posed by Extreme Events,” Conference of Risk Management Strategies in an Uncertain World, New York, April 12–13.
- Soon, Willi, Ronan Connolly, Michael Connolly, Syun-Ichi Akasofu, Sallie Baliunas, Johan Berglund, Antonio Bianchini, William M. Briggs, C. J. Butler, Rodolfo Gustavo Cionco, Marcel Crok, Ana G. Elias, Valery M. Fedorov, François Gervais, Hermann Harde, Gregory W. Henry, Douglas V. Hoyt, Ole Humlum, David R. Legates, Anthony R. Lupo, Shigenori Maruyama, Patrick Moore, Maxim Ogurtsov, Coilín ÓhAiseadha, Marcos J. Oliveira, Seok-Soon Park, Shican Qiu, Gerré Quinn, Nicola Scafetta, Jan-Erik Solheim, Jim Steele, László Szarka, Hiroshi L. Tanaka, Mitchell K. Taylor, Fritz Vahrenholt, Víctor M. Velasco Herrera, and Weijia Zhang (2023) “The Detection and Attribution of Northern Hemisphere Land Surface Warming (1850–2018) in Terms of Human and Natural Factors: Challenges of Inadequate Data,” *Climate*, 11(9).
- Spencer, Roy (2021) “An Earth Day Reminder: “Global Warming” is Only ~50% of What Models Predict,” April 22.
- Spencer, Roy (2024) “Global Warming: Observations vs. Climate Models,” *The Heritage Foundation*, January 24.
- Sustainable Future News (2023) “IPCC Chief Warns Apocalyptic Messaging Paralyzes Public,”

August 1.

Tanaka, Hiroshi L. and Mina Tamura (2016) “Relationship between the Arctic Oscillation and Surface Air Temperature in Multi-Decadal Time-Scale,” *Polar Science*, 10 (3).

Taylor, Charles A., and Wolfram Schlenker (2021) “Environmental Drivers of Agricultural Productivity Growth: CO₂ Fertilization of US Field Crops,” *NBER Working Paper*, 29320.

TDB Report (2023) 「EV 普及、自動車関連企業の約 5 割で「マイナス」」 10 月 6 日.

Teller, Astro (2016) “Tackle the Monkey First,” December 8.

The Telegraph (2010) “Taxpayers’ Millions Paid to Indian Institute Run by UN Climate Chief,” January 16.

Thomson Reuters (2025) “New SEC guidance impacting corporate governance in wake of strengthened anti-ESG environment,” April 7.

UNFCCC (2023) “Draft Decision -/CMA.5 Outcome of the First Global Stocktake,” United Nations Framework Convention on Climate Change.

UNSCEAR (2022) “UNSCEAR 2020/2021 Report Volume II–Scientific Appendix B,” United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

Vatman and Hart (2024) “Russia’s Attacks on Ukraine’s Energy Sector Have Escalated Again as Winter Sets in,” IEA, 17 January.

Voosen, Paul (2016) “Climate Scientists Open Up Their Black Boxes to Scrutiny,” *Science*, 354 (6311), 401–402.

Walker, M. David (2004) “Key National Indicator Systems: An Opportunity to Maximize National Progress And Strengthen Accountability,” World Indicators Forum, Palermo, Italy, November 11, Unites States Government Accountability Office.

Wall Street Journal (2025) “,The Soul-Sapping Grind of Doing Business in Bureaucratic Germany” May 30.

WeLT (2025) “Höchster Wert seit mehr als einer Dekade – Deutschlands alarmierendes Firmensterben,” May 22.

West, Geoffrey F. (2017) *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability and The Pace of Life in Organisms, Cities, Economics and Companies*, Penguin Press (山形浩生・森本正史訳 (2022) 『スケール』 早川書房)

White House (2021) “National Climate Task Force,” January 27.

Yale Center of the Study of Globalization (2015) “Global Harmonization Carbon Pricing: Looking Beyond Paris,” International Conference held on May 27–28.

朝倉正 (1972) 『異常気象と環境汚染』 共立出版.

朝倉正 (1985) 『気候変動と人間社会』 岩波書店.

朝野賢司 (2011) 『再生可能エネルギー政策論—買取制度の落とし穴』 エネルギーフォーラム.

朝野賢司 (2017)「固定価格買取制度 (FIT) による買取総額・賦課金総額の見通し (2017 年版)」電力中央研究所, 研究資料 Y10567.

朝日新聞 (1976)「異常気象を考える」12 月 3 日.

有馬純 (2015)『地球温暖化交渉の真実—国益をかけた経済戦争』中央公論新社.

有馬純 (2023)「G7 気候・エネルギー・環境大臣会合について」国際経済環境研究所, 4 月 24 日.

有馬純 (2024)「COP28 の結果と評価 (1)」国際経済環境研究所, 1 月 4 日.

石垣泰司 (2000)「戦後の欧州情勢の変化とフィンランドの中立政策の変貌」『外務省調査月報』, 2, 85–117.

エネルギー・金属鉱物資源機構 (2023)「海外水素最新動向 (容量見通し、企業取組例、公的支援の展開)」12 月 21 日.

江澤誠 (2000)『欲望する環境市場』新評論.

岡敏弘 (2012)「放射性汚染食品規制のリスク便益分析」環境経済政策学会 2012 年大会, 9 月.

岡敏弘 (2015)「放射能汚染食品のリスク評価と規制・対策の費用便益分析」原発事故 4 年目における風評被害の構造と食と農の再生, 郡山市役所, 3 月 14 日.

岡芳明 (2023)「日本の原子力発電の課題」東大原子力専攻講演資料, 11 月 28 日.

岡芳明 (2024a)『原子力発電と社会：経済・安全・廃棄物・法制度の課題』AMAZON, 3 月

岡芳明 (2024b)「原子力発電の役割と課題」キャノングローバル戦略研究所, 3 月 7 日.

岡芳明 (2024c)「東電福島事故の避難のリスク・便益分析と安全・規制・防災の課題」キャノングローバル戦略研究所, 5 月 10 日.

岡芳明 (2024d)「原子力発電の安全性とリスクコミュニケーション」キャノングローバル戦略研究所, 5 月 10 日.

岡芳明 (2024e)「原子力発電はなぜもっとも危険と考えられるようになったのか」国際環境経済研究所, 4 月 23 日.

岡芳明 (2024f)「日本には行政の「結果に対する責任 (アカウンタビリティ)」を問う仕組みがない」国際環境経済研究所, 10 月 3 日.

岡芳明 (2024g)『発電用原子炉の開発：歴史・技術・教訓』AMAZON, 5 月.

岡芳明 (2024h)「議会制民主主義のもとでの原子力、対談 (岡芳明、山田修)」Energy for the Future, 1, 10–15.

岡芳明 (2025)「東電福島事故の避難のリスク・便益分析、リスクの認知と心理、省庁の「アカウンタビリティ」土木学会 原子力土木委員会 複合災害下での原子力防災における避難の課題と対応に関する研究小委員会, 第 3 回小委員会 資料, 3 月 17 日.

岡野邦彦 (2025)『核融合炉入門—プラズマエネルギーへの道』コロナ社, 5 月.

岡野邦彦・杉山大志 (2023)「核融合も中国か」キャノングローバル戦略研究所, 12 月 28 日.

岡本浩一 (1992)『リスク心理学入門：ヒューマン・エラーとリスク・イメージ』サイエンス

社, 11 月.

外務省 (2015) 「2015 G7 エルマウ・サミット首脳宣言 (仮訳)」 6 月 8 日.

外務省 (2020) 「ビジネスと人権に関する指導原則」 3 月.

外務省 (2022) 「日米エネルギー安全保障対話」 12 月 2 日.

海洋研究開発機構 (2021) 「IPCC 第 6 次評価報告書 (第 1 作業部会) の公表—JAMSTEC 研究者たちの貢献とメッセージ第 3 話: 累積炭素排出量に対する過渡的気候応答 (TCRE) およびそれを用いた残余カーボンバジェット推定」 10 月 25 日.

核融合科学技術委員会 (2018) 「原型炉研究開発ロードマップについて (一次とりまとめ)」 7 月 24 日.

核融合科学技術委員会 (2023a) 「核融合科学技術委員会における今後の対応案」 2 月 1 日.

核融合科学技術委員会 (2023b) 「原型炉開発に向けたアクションプラン (令和 5 年 7 月改訂版)」 7 月 24 日.

核融合有識者戦略会議 (2024) 「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略～国家戦略を踏まえた最近の取組～」 3 月 29 日.

原子力産業新聞 (2023) 「米ニュースケール社の SMR 初号機建設計画が打ち切り」 11 月 10 日.

堅田元喜 (2022) 「技術革新の裏にあった CO2 施肥効果の恩恵」 国際経済環境研究所, 7 月 8 日.

堅田元喜 (2024) 『データで読み解く地球温暖化の科学』 10 月.

環境省 (2024) 「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」 (令和 6 年版).

環境省・国立環境研究所 (2023) 「2021 年度温室効果ガス排出・吸収量 (確報値) 概要」 環境省脱炭素社会移行推進室・国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス.

関西電力株式会社 (2023) 「和歌山発電所建設計画の見直しおよび計画予定地の新たな活用に向けた取組みについて」 12 月 19 日.

気象庁 (2022) 「気候変動監視レポート 世界と日本の気候変動および温室効果ガス等の状況」 3 月.

気象庁 (2023) 「中心気圧が低い台風 (統計期間: 1951 年～2023 年第 17 号まで)」

熊倉潤 (2022) 「新疆ウイグル自治区の人権問題に関する国連報告書について」 日本国際問題研究所「研究レポート」 9 月 29 日.

経済産業省 (2003) 「今後の望ましい電気事業制度の骨格について」 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会報告.

経済産業省 (2013) 「電力システム改革専門委員会報告書」 2 月.

経済産業省 (2010) 「第 3 次エネルギー基本計画」 6 月 28 日.

経済産業省 (2017) 「日米戦略エネルギーパートナーシップ (JUSEP)」 11 月 7 日.

経済産業省 (2021) 「第 6 次エネルギー基本計画」 10 月 22 日.

経済産業省 (2025a) 「第 7 次エネルギー基本計画」 2 月 18 日.

経済産業省 (2025b) 「GX2040 ビジョン～脱炭素成長型経済構造移行推進戦略 改訂～」2月18日.

経済産業省 (2025c) 「エネルギー基本計画の概要」2月18日.

経済産業省 (2025d) 「再生可能エネルギーの FIT 制度・FIP 制度における 2025 年度以降の買取価格等と 2025 年度の賦課金単価を設定します」3月21日.

経済産業省 (2025e) 「2025 年度夏季の電力需給対策を取りまとめました」5月23日.

経団連 (2024) 「日本産業の再飛躍へ～長期戦略にもとづく産業基盤強化を求める～」4月16日.

経団連 (2025) 「2024 年度 カーボンニュートラル行動計画 第三者評価委員会 評価報告書」3月31日.

原型炉開発総合戦略タスクフォース (2016) 「原型炉開発に向けたアクションプラン」.

原子力委員会 (2018) 「我が国におけるプルトニウム利用の基本的考え方」7月31日.

原子力委員会 (2023) 「令和4年度版 原子力白書」7月.

厚生労働省 (2024) 「毎月勤労統計 令和6年4月速報」6月5日.

国連人権理事会 (2011) 「ビジネスと人権に関する指導原則: 国際連合「保護、尊重及び救済」枠組実施のために (A/HRC/17/31)」3月21日.

小松左京編・根本順吉・竹内均・飯田隼人・立川昭二・西丸震哉 (1974) 『異常気象: 地球が冷える』旭屋書店.

コールダー, N. (1979) 『ウェザーマシーン—気候変動と氷河期』原田朗訳, みすず書房.

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 (2017) 「水素基本戦略」12月26日.

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 (2023) 「水素基本戦略」6月6日.

佐藤正久 (2023) 『中国の侵略に打ち勝つハイブリッド防衛: 日本に迫る複合危機勃発のXデー』徳間書房.

澤昭裕 (2012) 「電力システム改革 小売りサービス多様化モデル」『一橋ビジネスレビュー』春号.

シェーデ・ウリケ (2025) 「米国はもちろん中国も韓国も追従できない...日本が1995年から1位独占の経済ランキングとは?」『文藝春秋』6月.

資源エネルギー庁 (2018) 「あらためて考える、日本における「石炭」の役割」6月19日.

資源エネルギー庁 (2020) 「令和元年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2020)」.

資源エネルギー庁 (2021a) 「日米クリーンエネルギーパートナーシップ (JUCEP)」6月11日.

資源エネルギー庁 (2021b) 「発電コスト検証について」8月4日.

資源エネルギー庁 (2021c) 「廃棄等費用積立ガイドライン」9月.

資源エネルギー庁 (2022a) 「2050 年カーボンニュートラルを目指す 日本の新たな「エネルギー基本計画」」1月14日.

資源エネルギー庁 (2022b) 「日本のエネルギー エネルギーの今を知る 10 の質問」2月.

資源エネルギー庁(2022c)「令和3年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2022)」
6月7日.

資源エネルギー庁(2023a)「令和4年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2023)」.
資源エネルギー庁(2023b)「電力・ガス小売全面自由化の進捗状況について」8月8日.

資源エネルギー庁(2024a)「令和5年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2024)」.
シュナイダー, スティーブン H. (1990)『地球温暖化の時代—気候変化の予測と対策』内
藤正明・福岡克也監訳, ダイヤモンド社, 1990年.

消防庁(2013)「太陽光発電システムの設置された一般住宅における消防活動上の留意点」
3月26日.

杉山大志(20181212)『地球温暖化問題の探究: リスクを見極め、イノベーションで解決する』デジタルパブリッシングサービス.

杉山大志(20210207)『地球温暖化のファクトフルネス』電子書籍出版代行サービス.

杉山大志(20210510)「気候モデルは海水も熱過ぎる」アゴラ言論プラットフォーム, 5月10日.

杉山大志(20210720)『脱炭素のファクトフルネス』電子書籍出版代行サービス.

杉山大志(20211004)「【研究ノート】「クリーン投資」で進む鉱物資源の中国依存」キャノ
ングローバル戦略研究所, 10月4日.

杉山大志(20211106)「IPCC 報告の論点⑳: やはりモデル予測は熱すぎた」アゴラ言論プラ
ットフォーム, 11月6日.

杉山大志(20211219)「IPCC 報告の論点㉑: 自然吸収が増えて CO2 濃度は上がらない」ア
ゴラ言論プラットフォーム, 12月19日.

杉山大志(20220123)『亡国のエコ: 今すぐやめよう太陽光パネル』ワニブックス.

杉山大志(20220605)「東京都の「太陽光パネル義務付け」はこんなにヤバイ! カネ持ちだ
けが得して、一般国民が負担する「カラクリ」現代ビジネス, 6月5日.

杉山大志(20221124)「【研究ノート】中国製太陽光パネルの CO2 排出量試算」キャノング
ローバル戦略研究所, 11月24日.

杉山大志(20221206)「なぜキャベツは年中食べられるのか? 日本庶民の食文化を作ったイ
ノベーション」JBpress, 12月6日.

杉山大志(20230105)「【研究ノート】メガソーラーの所要面積試算」キャノングローバル戦
略研究所, 1月5日.

杉山大志(20230106)「「北海道の米は不味い」はなぜ変わったのか? 高い適応力を持つ日本
の農業」JBpress, 1月6日.

杉山大志(20230110)「CO2 濃度上昇と地球温暖化は農業にはプラスも、目の敵にするだけ
でいいのか」JBpress, 1月10日.

杉山大志(20230115)「有事こそ原子力が真価を発揮する、「ウクライナで原発攻撃だから脱
原発」の愚」JBpress, 1月15日.

杉山大志 (20230223) 「中国を抑止する継戦能力は日本にあるのか」 JBpress, 2 月 23 日.

杉山大志 (20230315) 「九州で進む脱炭素 原子力で「3E」同時達成」 日刊工業新聞, 3 月 15 日.

杉山大志 (20230623) 「「トウモロコシが温暖化で被害」はモデルの中だけの話」 アゴラ言論プラットフォーム, 6 月 23 日.

杉山大志 (20230626) 「台湾有事を抑止するエネルギー政策とは？日本の備えはこれで大丈夫なのか」 JBpress, 6 月 26 日.

杉山大志 (20230704) 「リスク高まる台湾有事、食料と半導体という「2 つのコメ」に備えはあるか」 JBpress, 7 月 4 日.

杉山大志 (20230926) 「IPCC は異常気象について本当は何を言っているか—知って仰天」 国際経済環境研究所, 9 月 26 日.

杉山大志 (20231002) 「パリ協定離脱を公約したデサンティス大統領候補」 国際経済環境研究所, 10 月 2 日.

杉山大志 (20231208) 「離島への小型原子炉 SMR 導入は一石二鳥、エネルギー確保に加え安全保障にも」 JBpress, 12 月 8 日.

杉山大志 (20231218) 「政府の脱炭素投資はグーグルに学べ！予算の浪費を防ぐモンキーファースト原則」 JBpress, 12 月 18 日.

杉山大志 (20231219) 「COP28 「化石燃料からの脱却に合意」とは本当か」 アゴラ言論プラットフォーム, 12 月 19 日.

杉山大志 (20231231) 「石器時代が終わったのは政府が禁止したからではない」 アゴラ言論プラットフォーム, 12 月 31 日.

杉山大志 (20240517) 「電気代の定義を捻じ曲げて国民を欺く日本政府」 アゴラ言論プラットフォーム, 5 月 17 日.

杉山大志 (20241203) 「気候変動の賠償が年間 48 兆円で日本は何兆円払うのか？」 アゴラ言論プラットフォーム, 12 月 3 日.

杉山大志 (20250320) 「英保守党も脱・脱炭素で、オール与党で脱炭素はもう日本だけ」 アゴラ言論プラットフォーム, 3 月 20 日.

杉山大志 (20250412) 『データが語る気候変動問題のホントとウソ』 電気書院.

杉山大志 (20250502) 「脱炭素利権はどのように形成されてきたのか」 キャノングローバル戦略研究所, ディスカッションペーパー, 5 月 2 日.

杉山大志 (20250505) 「【図解】オール与党で脱炭素万歳は今や日本だけ」 アゴラ言論プラットフォーム, 5 月 5 日.

杉山大志 (20250529) 「米国グリーン法は瀕死だが日本は政府も国会もグリーンに邁進」 アゴラ言論プラットフォーム, 5 月 29 日.

杉山大志・木村幸・野田冬彦 (2010) 『省エネルギー政策論—工場・事業所での省エネ法の実効性』 エネルギーフォーラム.

石平・峯村健司 (2023)『習近平・独裁者の決断』ビジネス社.

総合科学技術・イノベーション会議 (2023)「ムーンショット型研究開発制度が目指すべき「ムーンショット目標」について」12月26日.

総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ (2021)「発電コスト検証に関する取りまとめ(案)」8月3日.

泰中一樹 (2022)「火力発電への脱炭素化技術導入に対する経済性と環境性を評価」電力中央研究所 Annual Report, 22-23.

巽直樹 (2024)「トランプエフェクト、化石燃料復活、クリーンエネルギー...2025年のエネルギー業界10大テーマを徹底解説!【前編】」ダイヤモンド・オンライン, 12月3日.

巽直樹 (2025)「「こんなドイツに誰がした」エネルギー政策の矛盾露呈で独政権は混乱!トランプ氏が連発した“エネ関連の大統領令”も徹底解説!」ダイヤモンド・オンライン, 2月4日.

田中博 (2024)「地球温暖化仮説の崩壊」, 杉山大志編著『SDG's エコバブルの終焉』第3章 宝島社.

田中正之 (1989)『温暖化する地球』読売新聞社.

土屋巖 (1975)『地球は寒くなるか—小氷期と異常気象』講談社.

テイラー, G.R. (1998)『地球に未来はあるか (新装版)』大川節夫訳, みすず書房.

手塚宏之 (2024)「ドイツの30年気候目標達成は喜ぶべきことか? エネルギー政策の他山の石」アゴラ言論プラットフォーム, 3月29日.

手塚宏之 (2025)「ドイツ産業は手術台の上の瀕死の患者」アゴラ言論プラットフォーム, 7月21日.

寺師茂樹 (2020)「2030年に向けたトヨタの取組みと課題」第2回 モビリティの構造変化と2030年以降に向けた自動車政策の方向性に関する検討会, 資料4, 9月14日.

電力広域的運営推進機関 (2023)「2023年度供給計画の取りまとめ」3月.

電力中央研究所 (1998)『どうなる地球環境—温暖化問題の未来』エネルギーフォーラム.

電気新聞 (2022)「再エネ発電の一部で規律に課題、停電に至ったケースも」6月13日.

東京電力パワーグリッド株式会社 (2025)「2025年度 出力制御見通しについて」1月23日.

統合イノベーション戦略推進会議 (2023)「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」4月14日.

トーマス・コーベリエル、ロマン・ジスラー (2020)「フランスとスウェーデン：風力発電が原子力発電を追放する」自然エネルギー財団, 4月24日.

内閣官房・環境省・経済産業省 (2025)「地球温暖化対策計画の概要」2月.

内閣府 (2021)『令和3年度 年次経済財政報告(経済財政政策担当大臣報告) —レジリエントな日本経済へ：強さと柔軟性を持つ経済社会に向けた変革の加速—』9月.

内閣府経済社会総合研究所 (2024)「2023年度国民経済計算(2015年基準・2008SNA)」12月23日.

内閣府政策統括官（経済安全保障担当）（2022）「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律（経済安全保障推進法）」.

中道宏・大串和紀（2015）「エネルギーを消費する食料農業農村」 Seneca 21st.

中村広次（1975）『迫りくる食糧危機』 三一書房.

中村政雄（1976）『気象資源』 講談社.

南部鶴彦（2017）『エナジー・エコノミクス 第2版』 日本評論社.

南部鶴彦（2020）「電磁気学と経済分析の接合の試み—電力供給の合理的メカニズム」『公益事業研究』, 72 (1).

南部鶴彦（2022）「経済学の視点から見た電磁気学の電場メカニズム」『学習院大学経済論集』, 59 (3).

南部鶴彦（2023）「ランジュバン方程式（確率微分方程式）による設備投資行動の分析：Uzawa-Penrose 効果の再評価」『学習院大学経済論集』, 60 (1).

日本エネルギー経済研究所（2022）「IEEJ アウトルック 2023—エネルギー安全保障と脱炭素化の両立に向けた挑戦—」 10 月 18 日.

日本経済新聞（2022a）「LNG 消えた年 500 万トン 安定供給の責任は誰に」 6 月 9 日.

日本経済新聞（2022b）「自衛隊「2 カ月で弾切れ」 有事想定足りぬ装備・施設」 7 月 26 日.

日本経済新聞（2024）「GX 債 1.6 兆円支援、日鉄の水素製鉄やホンダの EV 電池開発」 2 月 4 日.

日本原子力文化財団（2023）「エネルギーの安定供給の確保」.

日本政府（2009）「新成長戦略（基本方針）」 12 月 30 日閣議決定.

日本鉄鋼連盟（2023）「マスバランス方式を適用したグリーンスチール」 10 月 26 日.

日本鉄鋼連盟（2024）「地球温暖化対策への取組状況について～カーボンニュートラル行動計画報告」 産業構造審議会 鉄鋼 WG 報告資料, 2 月 14 日.

日本鉄鋼連盟（2025）「カーボンニュートラル行動計画報告」 経団連カーボンニュートラル行動計画第三者評価委員会, 2 月 16 日.

日本貿易振興機構（2019）「ドル建て貿易概況」.

日本貿易振興機構（2022）「ドイツ化学大手 BASF、広東省湛江市で建設中の化学品統合生産拠点の一部操業開始」 JETRO ビジネス短信, 9 月 21 日.

日本貿易振興機構（2023）「米ウイグル強制労働防止法、施行 1 年で輸入差し止め 4,000 件超、中国以外からの輸入も対象に」 JETRO ビジネス短信, 7 月 26 日.

日本貿易振興機構（2024）「フーシ派の攻撃により紅海航路から喜望峰迂回の動きが顕著に、IMF 推計」 JETRO ビジネス短信, 1 月 10 日.

根本順吉（1976）『氷河期が来る—異常気象が告げる人間の危機』 光文社.

根本順吉（1989）『熱くなる地球：温暖化が意味する異常気象の不安』 NESCO books.

野村浩二（2021）『日本の経済成長とエネルギー：経済と環境の両立はいかに可能か』 慶應義塾大学出版会.

- 野村浩二 (2023a) 「エネルギー投入と経済成長—日本経済の経験から何を学ぶか?」『経済分析』内閣府経済社会総合研究所, 206, 24–53.
- 野村浩二 (2023b) 「1000 兆円の与信」電気新聞, 12 月 12 日.
- 野村浩二 (2024) 「エネルギー多消費産業を国内から追いやってはいけない」国際経済環境研究所, 3 月 18 日.
- 野村浩二 (2025a) 「戦後日本経済における鉄鋼の間接貿易」*KEO Discussion Paper*, 184, 慶應義塾大学産業研究所, 2 月.
- 野村浩二 (2025b) 「企業は GX にどう向き合うべきか—脱炭素政策の虚構、生じる歪み、そして軌道修正へ」『SBI 金融経済研究所 所報』SBI 金融経済研究所, 2 月.
- 野村浩二・稲場翔 (2023) 「実質的なエネルギーコスト負担に関する高頻度指標の開発—月次 RUEC とその変化要因—」*RCGW Discussion Paper*, 68, 日本政策投資銀行設備投資研究所地球温暖化研究センター, 3 月.
- 野村浩二・稲場翔 (2025) 「ポストパンデミックのエネルギー価格高騰と実質格差拡大：主要 7 か国の比較分析」*KEO Discussion Paper*, 185, 慶應義塾大学産業研究所, 3 月.
- 野村浩二・稲場翔・吉田満咲 (2025) 「エネルギーコスト・モニタリング (ECM_JPN_202408)」慶應義塾大学産業研究所, 9 月 6 日.
- 野村浩二・浜田宏一 (2023) 「日本経済には持続的円安の高压経済が望ましい」, 原田泰・飯田泰之編『高压経済とは何か』金融財政事情研究会, 第 3 章, 43–65.
- 八田達夫 (2004) 「電力競争市場の基本構造」, 八田達夫・田中誠編著『電力自由化の経済学』東洋経済新報社, 第 1 章.
- 防衛省 (2023) 「南シナ海情勢 (中国による地形埋立・関係国の動向)」8 月.
- 堀川恵子 (2021) 『暁の宇品 陸軍船舶司令官たちのヒロシマ』講談社.
- マイケル・ピルズベリー (2015) 『China 204 : 秘密裏に遂行される「世界覇権 100 年戦略」』(野中香方子訳) 日経 BP.
- 毎日新聞 (2019) 「おとぎ話語るな」9 月 25 日.
- 松島斉 (2022) 「社会的共通資本のための制度設計」*CARF Working Paper*, CARF-J-115, 東京大学大学院経済学研究科附属 金融教育研究センター.
- みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 (2021) 「副生水素供給ポテンシャルに関する調査」.
- 初山政子 (1971) 『疾病と地域・季節』大明堂.
- 薬師院仁志 (2002) 『地球温暖化論への挑戦』八千代出版.
- 矢島正之 (2002) 『エネルギー・セキュリティ: 理論・実践・政策』東洋経済新報社.
- 米本昌平 (1994) 『地球環境問題とは何か』岩波書店.
- 読売新聞 (2002) 「本よみうり堂」12 月 22 日.
- 読売新聞 (2012) 「「エコ」への補助金 功罪」9 月 18 日.
- 李宝楽・胡紅波・張景陽 (2019) 「レアアース産業の革新で内モンゴル自治区の質の高い発

展を促進」科学技術振興機構, 8 月 1 日.

劉明福 (2023) 『中国「軍事強国」への夢』(峯村健司監訳、加藤嘉一訳) 文春新書.

ロイター (2023a) 「世銀、ウクライナに 2 億ドル融資へ エネルギーインフラ再建で」 4 月 13 日.

ロイター (2023b) 「太陽光発電供給網、中国が 26 年まで世界シェア 8 割超独占」 11 月 8 日.

ロイター (2023d) 「中国、石炭生産備蓄システムを 2027 年までに構築へ」 12 月 6 日.

ロイター (2024a) 「ロシア巨大製油輸出施設の操業停止、ウクライナのドローン攻撃で火災発生か」 1 月 22 日.

ロイター (2024b) 「ドイツ経済成長率、2024 年はマイナス 0.5%に＝商工会議所」 2 月 16 日.

ロイター (2025) 「トランプ米政権、発電所からの CO₂ や水銀の排出抑制規則の廃止提案」 6 月 17 日.

和田英夫・安藤隆夫・根本順吉・朝倉正・久保木光熙 (1965) 『異常気象—天明異変は再来するか』 講談社.

ワン, シーバー (2025) 「気候のティッピングポイントなど存在しない (その 1) —「ティッピングポイント」という用語がいかに関気候変動に関する議論に浸透し、状況を悪化させたか」 国際環境経済研究所, 6 月 6 日.

編著者略歴および執筆分担

杉山大志（すぎやま・たいし）

キャノングローバル戦略研究所研究主幹。東京大学理学部物理学科卒業、工学部物理工学修士。温暖化問題およびエネルギー政策を専門とする。経済産業省産業構造審議会等の委員、国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）、米国ブレークスルー研究所フェロー、慶應義塾大学特任教授、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）技術委員、公益財団法人 地球環境産業技術研究機構（RITE）イノベーション・投資促進検討 WG 主査等を歴任。産経新聞「正論」レギュラー執筆者。著書に『省エネルギー政策論：工場・事業所での省エネ法の実効性』（エネルギーフォーラム 2010 年）、『地球温暖化問題の探究：リスクを見極め、イノベーションで解決する』（デジタルパブリッシングサービス 2018 年）、『地球温暖化のファクトフルネス』（電子書籍出版代行サービス 2021 年）、『メガソーラーが日本を救うの大嘘』（宝島社 2022 年）、『脱炭素が日本を救うの大嘘』（宝島社 2023 年）、『亡国のエコ』（ワニブックス 2023 年）、『SDGs エコバブルの終焉』（宝島社 2024 年）、『データが語る気候変動問題のホントとウソ』（電気書院 2025 年）等多数。

分担：本計画の全体を共同で編著。本計画のすべての内容に同意する。

野村浩二（のむら・こうじ）

慶應義塾大学産業研究所 所長・教授。慶應義塾大学商学部卒業、商学研究科修士課程修了・博士課程単位取得退学。博士（商学）。1996 年慶應義塾大学産業研究所助手、2003 年同准教授、2017 年より教授。この間、ハーバード大学ケネディスクール CBG フェロー、OECD エコノミスト、国際機関アジア生産性機構 PDB プロジェクトマネージャー、日本政策投資銀行設備投資研究所客員主任研究員、内閣府経済社会総合研究所客員主任研究官、国連経済社会局コンサルタント、経団連 21 世紀政策研究所研究主幹、国連アジア太平洋経済社会委員会コンサルタント、公益財団法人 地球環境産業技術研究機構（RITE）経済分析 WG 主査等を歴任。著書に『資本の測定—日本経済の資本深化と生産性』（慶應義塾大学出版会 2004 年）、『日本の経済成長とエネルギー：経済と環境の両立はいかに可能か』（慶應義塾大学出版会 2021 年）、*Energy Productivity and Economic Growth—Experiences of Japanese Industries, 1955–2019*（Springer 2023）、*Hydropower-Led Economic Growth in Bhutan: Development of Industry-Level Productivity Account, 1990–2022*（Springer 2025）等。

分担：本計画の全体を共同で編著。本計画のすべての内容に同意する。

岡芳明（おか・よしあき）

東京大学名誉教授。前・内閣府原子力委員会委員長。東京大学工学部原子力工学科卒業、工学系研究科修士課程・博士課程修了。博士（工学）。1974年東京大学工学部助手（原子力工学研究施設）、講師、助教授を経て、1989年教授。東京大学で原子力工学の研究教育に従事。東大研究用原子炉など原子炉施設の運営管理と共同利用も担当した。専門分野は原子炉設計工学。考案した超臨界圧軽水炉は第四世代原子炉として世界で研究されている。2005年に原子力工学研究施設の教員定員を母体に、原子力国際専攻と原子力専攻（専門職大学院）の設立を主導。2007年に原子力分野の文部科学省グローバルCOEプログラム代表者。2010年に東京大学を定年退職し、早稲田大学理工学術院共同原子力専攻の設立と運営に従事。2014年から2020年まで原子力委員会委員長。以来、原子力発電と社会との接点の課題を検討している。日本原子力学会会長（2008年）、米国原子力学会理事（2001–2004年）。著書に『原子炉設計』（オーム社 2010年）、*Super Light Water Reactors and Super Fast Reactors* (Springer 2010)、「原子力発電と社会」（日本語版 AMAZON 2024年、英語版 Springer 2024年）、「発電用原子炉の開発」（日本語版 2024年、英語版 Springer 2025年）等。研究論文は約230編。メタの関連会社の ScholarGPS が AI を使って作成した世界の学者のランキングでは、原子炉分野で世界第2位にランクされている。

分担：「II.2 原子力の最大限の活用」において II.2.1 節から II.2.11 節までを執筆。

岡野邦彦（おかの・くにひこ）

元慶應義塾大学理工学部教授。東京大学工学部原子力工学科卒、同大学院博士課程修了。東芝 研究開発センター、電力中央研究所での核融合研究開発を経て、2011年から日欧協力で設立された国際核融合エネルギー研究センター副事業長・原型炉設計活動リーダー、2013年から慶應義塾大学理工学部特任教授、2017年慶應義塾大学理工学部機械工学科教授。2022年より同大学訪問教授。著書に『核融合エネルギーのきほん』（誠文堂新光社 2023年）、『人類の未来を変える核融合エネルギー』（C&R 研究所 2016年）、『プラズマエネルギーのすべて』（日本術業出版社 2007年）、『核融合炉入門—プラズマエネルギーへの道』（コロナ社 2025年）等多数。

分担：「II.6.6 核融合は原型炉への2兆円の投資の時機にある」を執筆。

加藤康子（かとう・こうこ）

一般財団法人 産業遺産情報センター センター長。1959年東京生まれ。慶應義塾大学文学部卒。ハーバード大学ケネディスクール都市経済学修士課程修了。国内外の企業城下町の研究に取り組みながら、「明治日本の産業革命遺産」の世界文化遺産登録で中心的役割を果た

す。2015–2019 年内閣官房参与。一般財団法人 産業遺産国民会議 専務理事。著書に『産業遺産：地域と市民の歴史への旅』（日本経済新聞出版 1999 年）、『EV 推進の罨』（ワニブックス 2021 年）等。

分担：「II.5 内燃機関で自動車産業を振興する」を執筆。

巽直樹（たつみ・なおき）

アクセンチュア株式会社ビジネスコンサルティング本部マネジング・ディレクター。中央大学法学部卒業後、1989 年東洋（現三菱 UFJ）信託銀行入社。国際資金為替部・香港支店でディーリング業務等に従事。2000 年東北電力に転じ、電力自由化対応・電力取引・海外事業等を担当。2012 年インソース執行役員、2015 年新日本（現 EY 新日本）監査法人エグゼクティブ・ディレクター、2016 年 KPMG コンサルティングディレクター・2019 年プリンシパルを経て 2024 年から現職。東北大学大学院経済学研究科博士課程修了、2007 年博士（経営学）。学習院大学経済学部特別客員教授（2005–2007 年）。国際公共経済学会監事（2017–2019 年）、同理事（2019 年）。2025 年立命館大学大学院経営管理研究科客員教授。編著書に『まるわかり電力デジタル革命 EvolutionPro』（日本電気協会新聞部 2021 年）、『カーボンニュートラル もうひとつの“新しい日常”への挑戦』（日本経済新聞出版 2021 年）等。

分担：「I.3.3 世界は低炭素へ回帰」を執筆。

田中博（たなか・ひろし）

筑波大学名誉教授。筑波大学第一学群自然科学類卒業、同地球科学研究科中退、米国ミズリー大学コロンビア校大気科学教室博士課程修了、1988 年 Ph.D 取得。1981 年ミズリー大学大気科学教室主任研究員。1988 年アラスカ大学地球物理学研究所助教。1991 年筑波大学地球科学系講師。2001 年同助教授。2005 年同教授。2018 年生命環境科学研究科長。2023 年定年となり名誉教授。1994–2016 年日本気象学会常任理事。気象集誌編集委員長。SOLA 創刊号編集委員長。著書に『偏西風の気象学』（成山堂 2007 年）、『地球環境学』（古今書院 2007 年）、『はじめての気象学』（放送大学教育振興会 2015 年）、『地球大気の科学』（共立出版 2017 年）、*Modal View of Atmospheric Variability*（Springer 2020）、高校教科書『地学基礎』（実教出版 2012–2024 年）、NHK 高校講座『地学』（放送講師 1995–2004 年）、放送大学『はじめての気象学』（放送講師 2015–2025 年）等。

分担：「II.10 CO₂ 排出総量を制約としない」において、「II.10.8 大気科学的には地球温暖化の暴走など起きない」、「II.10.9 地球温暖化の半分は自然変動か」、「II.10.10 太陽強度が一定とは仮説に過ぎない」および「II.10.11 気候科学は抑圧され誤った政策を正当化している」を執筆。

戸田直樹（とだ・なおき）

東京電力ホールディングス株式会社経営技術戦略研究所チーフエコノミスト。1985 年東京電力（現東京電力ホールディングス）入社、企画部、国際部、外務省経済局派遣、電力中央研究所派遣（経済社会研究所上席研究員）、経営技術戦略研究所経営戦略調査室長等を経て、2016 年より同チーフエコノミスト。現在に至る。著書に『エネルギー産業の 2050 年 Utility 3.0 へのゲームチェンジ』（日本経済新聞出版 2017 年）、『カーボンニュートラル実行戦略－電化と水素、アンモニア』（エネルギーフォーラム社 2021 年）、『未来のための電力自由化史』（日本電気協会新聞部 2021 年）、『エネルギー産業 2030 への戦略 Utility 3.0 を実装する』（日本経済新聞出版 2021 年）等。

分担：「II.8.1 震災前の電力システム改革」および「II.8.2 震災後の電力システム改革」を執筆。

中澤治久（なかざわ・はるひさ）

東京大学工学部電気工学科卒業後、1981 年東京電力に入社。主に火力電源の計画・運用・保守に携わる。同社志木支社長、千葉火力発電所長、環境部部長代理を経て、2016 年から 2023 年まで一般社団法人 火力原子力発電技術協会 専務理事。

分担：「II.3.3 火力発電インフラの充実」および「II.4.5 送電線、揚水発電、蓄電池による対応の限界と費用」を執筆。

南部鶴彦（なんぶ・つるひこ）

学習院大学名誉教授。東京大学経済学部卒業、同大学院経済学研究科博士課程満期退学。1970 年武蔵大学経済学部助手、1973 年専任講師、1975 年助教授、1976 年 9 月学習院大学経済学部助教授、1979 年教授、2013 年定年となり名誉教授。1978–1980 年ルヴァン大学経済学部客員教授。著編書に『産業組織と公共政策の理論』（日本経済新聞社 1982 年）、『テレコム・エコノミクス 競争と規制のメカニズムを探る』（日本経済新聞社 1986 年）、『エナジー・エコノミクス 電気・ガス・石油：理論・政策融合の視点』（日本評論社 2002 年）、『医薬品産業組織論』（東京大学出版会 2002 年）、『電力自由化の制度設計 系統技術と市場メカニズム』（東京大学出版会 2003 年）、『クリーンエネルギー国家の戦略的構築 二十一世紀の電気文明時代を生きる知恵』（財界研究所 2012 年）、『エナジー・エコノミクス 電力システム改革の本質を問う 第 2 版』（日本評論社 2017 年）等多数。

分担：「II.8 電気事業制度を垂直統合型に戻す」において II.8.3 節から II.8.7 節までを執筆。

平井宏治（ひらい・こうじ）

経済安全保障アナリスト。株式会社アシスト代表取締役。大手電機会社、外資系証券会社、国内 M&A 会社、メガバンク系証券会社、外資系会計アドバイザー株式会社で勤務後、株式会社アシスト設立。M&A アドバイザリー業務を手掛ける傍ら、日本の尊厳と国益を護る会、上場企業などで講演多数。著書に『新半導体戦争』（WAC 2024 年）、『メガソーラーが日本を救うの大嘘』（宝島社 2022 年）、『経済安全保障のジレンマ』（扶桑社 2022 年）、『トヨタが中国に接收される日』（WAC 2022 年）、『経済安全保障リスク』（育鵬社 2021 年）ほか。ネット番組「あさ 8」、「デイリー WiLL」、「文化人放送局」などに出演。早稲田大学大学院ファイナンス研究科 修了。

分担：「II.6.8 ウイグル人権問題に関する経済安全保障」および「II.6.9 グリーン経済安全保障」を執筆。

松田智（まつだ・さとし）

放送大学非常勤講師。京都大学工学部化学工学科卒業、東京工業大学大学院総合理工学研究科化学環境工学専攻修士課程、同博士課程修了、1983 年工学博士（東京工業大学 工博第 1054 号）。1983 年東京工業大学資源化学研究所助手、1985 年長岡工業高等専門学校工業化学科助手、1991 年同助教授、1992 年静岡大学工学部化学工学科助教授（その後改組により物質工学科、化学バイオ工学科、職名も助教授から准教授に変更）。定年までの間に数年ずつ豊橋技術科学大学、静岡文化芸術大学、静岡理工科大学などの非常勤講師を兼務。2020 年定年退官。2022 年より現職。査読付き論文 44 編、その他論文 62 編、著書 18 件（うち単著 6 件）、国際学会発表 39 件（うち招待講演 12 件）、取得済特許 2 件、受賞 1 件。主な著書は『選択のエネルギー』（分担）（日刊工業新聞社 1987 年）、『廃棄物工学』（共著）（培風館 1995 年）、『幻想のバイオ燃料』（分担）（日刊工業新聞社 2009 年）、*The Research into Environmental Issues*（単著）（LAMBERT Academic Publishing 2018 年）、『エネルギー資源の世界史』（分担）（一色出版 2019 年）、『「脱炭素」が世界を救うの大嘘』（分担）（宝島社 2021 年）、『SDGs エコバブルの終焉』（分担）（宝島社 2024 年）等。

分担：「II.6.4 挫折の憂き目に遭うグリーン水素構想」および「II.6.5 水素関連技術が本質的に困難な理由」を執筆。

薬師院仁志（やくしいん・ひとし）

帝塚山学院大学総合心理学部教授。関西学院大学社会学部、京都大学教育学部卒業、京都大学大学院教育学研究科教育方法学専攻修士課程修了、同研究科教育社会学専攻博士後期課程中退。仏レンヌ第二大学社会学博士。1992 年京都大学教育学部助手、1995 年帝塚山学院

大学文学部専任講師、1998 年同助教授、2007 年 同教授。著書に『禁断の思考 社会学という非常識な世界』（八千代出版 1999 年）、『地球温暖化論への挑戦』（八千代出版 2002 年）、『英語を学べばバカになる グローバル思考という妄想』（光文社新書 2005 年）、『日本とフランス二つの民主主義 不平等か、不自由か』（光文社新書 2006 年）、『民主主義という錯覚 日本人の誤解を正そう』（PHP 研究所 2008 年）、『社会主義の誤解を解く』（光文社新書 2011 年）、『日本語の宿命 なぜ日本人は社会科学を理解できないのか』（光文社新書 2012 年）、『政治家・橋下徹に成果なし。』（牧野出版 2015 年）、『「文明の衝突」はなぜ起きたのか：対立の煽動がテロの連鎖を生む』（晶文社 2017 年）、『ポピュリズム：世界を覆い尽くす「魔物」の正体』（新潮社 2017 年）等。

分担：「I.2 人為的温暖化論の社会学」を執筆。

山本隆三（やまもと・りゅうぞう）

国際環境経済研究所副理事長兼所長、常葉大学名誉教授。香川県生まれ。京都大学工学部卒、住友商事入社。石炭部副部長、地球環境部長等を経て、2008 年プール学院大学（現桃山学院教育大学）国際文化学部教授。2010 年富士常葉大学（現常葉大学）経営学部教授。2021 年常葉大学名誉教授。財務省財務総合政策研究所「環境問題と経済・財政の対応に関する研究会」委員、経済産業省「産業構造審議会環境部会 地球環境小委員会 政策手法ワーキンググループ」臨時委員、国連気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価レポート査読者などを歴任。現在、経済産業省「JCM 実現可能性調査（FS）採択審査委員会」委員、日本商工会議所及び東京商工会議所「エネルギー環境委員会」学識委員などをつとめている。著書に『経済学は温暖化を解決できるか』（平凡社新書 2010 年）、『間違いだらけのエネルギー問題』（Wedge 社 2022 年）等多数。

分担：「II.6.10 洋上風力発電が日本を貧しくする」を執筆。

小島正美（こじま・まさみ）

科学ジャーナリスト。「食品安全情報ネットワーク」共同代表。1951 年愛知県犬山市生まれ。1974 年愛知県立大学外国語学部（英米研究科）卒業。同年毎日新聞社入社。サンデー毎日、松本支局などを経て、1987 年から東京本社生活報道部に配属。食の安全、環境問題、医療・健康問題を担当。2018 年退職。東京理科大学非常勤講師、食生活ジャーナリストの会代表、農林水産省など各種審議会委員を歴任。著編書に『誤解だらけの遺伝子組み換え作物』（エネルギーフォーラム 2015 年）、『メディアバイアスの正体を明かす』（エネルギーフォーラム 2019 年）、『みんなで考えるトリチウム水』（エネルギーフォーラム 2021 年）、『フェイクを見抜く』（ウエッジ出版 2024 年）等多数。

分担：本計画の全体を読み同意する。

澤田哲生（さわだ・てつお）

エネルギーサイエンティスト。1957 年兵庫県生まれ。京都大学理学部物理学科卒業後、三菱総合研究所に入社。ドイツ・カールスルーエ研究所客員研究員をへて、東京工業大学ゼロカーボンエネルギー研究所（旧原子炉工学研究所）助教（2022 年 3 月まで）。専門は原子核工学。著書に『誰でもわかる放射能 Q&A』（イーストプレス 2011 年）、『誰も書かなかった福島原発の真実』（ワック 2012 年）、『御用学者と呼ばれて』（双葉社 2013 年）、『原発とどう向き合うか—科学者たちの対話 2011~14』（新潮社 2014 年）、『やっちはいけない原発ゼロ』（エネルギーフォーラム 2020 年）等。

分担：本計画の原子力に関する部分を読み同意する。

室中善博（むろなか・よしひろ）

大阪大学基礎工学部化学工学科卒業、同大学院基礎工学研究科修了、化学工学修士、千代田化工建設に入社、MIT 留学 CAES フェロー。環境や石炭液化設備の技術開発・プロセスシミュレーション・設計、技術協力等に携わる。1990 年アプライドマテリアルズ・ジャパンに入社、CVD やリスクマネジメント担当、万有製薬では新型インフルエンザ等のリスク対策に従事。2009 年以降、千代田化工建設等で石炭ガス化、水素、炭素関連の内外調査や研究を行う。2016 年に技術士事務所を開設、技術士（環境部門）。共著に『半導体工場ガス事故の実態と環境安全対策』（サイエンスフォーラム 1998 年）、『PRTR 推進実務マニュアル』（通産資料調査会発行 2001 年）、『国際環境関連法規制ハンドブック（CD-ROM）』（（社）日本半導体製造装置協会 2003 年）等、論文に「地球温暖化と我が国におけるカーボンリサイクルの動き」（月刊『技術士』2020 年）等。

分担：本計画の全体を読み同意する。

山口雅之（やまぐち・まさゆき）

元大阪府警警視。静岡県函南町「軽井沢のメガソーラーを考える会」、「全国再エネ問題連絡会」の共同代表として、大規模太陽光発電所など再生エネルギー施設の建設計画を巡り、自然環境や住民生活への影響を無視した開発に異を唱える市民活動を牽引。

分担：本計画の全体を読み同意する。

渡辺正（わたなべ・ただし）

東京大学名誉教授。東大工学部工業化学科卒業、同大学院工学系研究科博士課程修了、工学博士（1976 年）。専門は生体機能化学（光合成の分子機構など）。東大工学部助手を経て 1985 年生産技術研究所講師、1986 年助教授、1992 年教授（2006–2008 年副所長）、2012 年に定年退職。2012–2020 年東京理科大学教授。1979–1980 年西ドイツ（当時）Fritz Haber 研究所研究員、2006–2007 年日本化学会副会長。著訳書は『電子移動の化学』（朝倉書店 1996 年）、『電気化学』（丸善出版 2001 年）、『「地球温暖化」神話』（同 2012 年）、『アトキンス 一般化学』（東京化学同人 2014 年）、『「地球温暖化」狂騒曲』（丸善出版 2018 年）、『「地球温暖化」の不都合な真実』（日本評論社 2019 年）、『「気候変動・脱炭素」14 のウソ』（丸善出版 2022 年）、『アインシュタイン回顧録』（筑摩書房 2022 年）、『奇跡の薬 16 の物語』（化学同人 2024 年）など 200 点余。

分担：本計画の科学面に同意する。