

パリ協定の下における電力部門の早期脱炭素化の
必要性および重要性についての意見

2026年7月1日

田村堅太郎*

公益財団法人地球環境戦略研究機関

はじめに

2023 年から 2025 年にかけての 3 年間は観測史上最も暑い 3 年間となり、世界各地で高温・熱波、多雨、少雨などによる甚大な気象被害が発生した。そうした中、国際司法裁判所（ICJ）は、2025 年 7 月、国家には国際法上、気候系を保護するための適切な措置を採る義務がある、との勧告的意見を示した。同勧告的意見では、パリ協定締約国が設定する排出削減目標は、各国が完全に自由に設定できるわけではなく、パリ協定が目指す、地球温暖化レベルを産業革命前に比べて 1.5°C 以下に抑えようとする目標（1.5°C 目標）の達成に十分な貢献を可能にするものでなければならないとも指摘している。

その一方で、世界最大の経済大国であり、世界第二位の温室効果ガス排出国である米国は、パリ協定および国連気候変動枠組条約からの離脱通知を行うとともに、国内外の気候変動対策を大きく後退させている。また、ウクライナ戦争に続き、イラン戦争も始まり、エネルギー供給の不安定化が進んでいる。こうした中、世界の温室効果ガス排出量の増加傾向は続いており、1.5°C 目標の達成が難しくなってきた。1.5°C を超過することで、気候システムにおいて不可逆的かつ連鎖的な大規模事象が起こるリスクが高まっていく。各国は、今後の気温上昇を最小限に抑える形で、いかにして地球温暖化を止めるかが問われている。

本意見書では、これまでの気候科学およびエネルギー政策についての知見に基づき、パリ協定が目指す温度目標を実現するためには、電力部門の脱炭素化を他部門に先行して実施することが重要であり、必要であることについての意見を述べる。

具体的には、1) これまでの人類が排出してきた累積排出量は、1.5°C 目標達成に向けて許容される今後の排出量（残余カーボンバジェット）の大半を使いきっており、1.5°C 目標の達成が非常に難しくなっているが、オーバーシュート（1.5°C をいったん超過したのちに戻すこと）あるいは 2°C より十分低く（例、1.7°C）抑制することを目指す場合でも、それぞれの残余カーボンバジェットは限られており、いずれにおいても即時の大幅削減が不可欠となること、2) そのような制約の中で、経済全体のネットゼロを達成するためには、電力部門を他の部門に先駆けて脱炭素化することが合理的な戦略であり、特に石炭火力の早期廃止が有効であること、3) こうした科学的知見に基づき、電力部門の早期脱炭素化に向けた国際的な合意が形成されてきており、多くの先進国がその国際合意に沿った国内の取り組みを進めていること、4) 日本の取り組みはこうした科学的知見や国際的な合意内容・動向に照らして不十分であり、電力部門の早期脱炭素化に向けた取り組みを強化する必要があること、である。

* 本意見書の内容は執筆者の見解であり、所属組織の見解を述べたものではない。

1. カーボンバジェットの制約と即時的排出削減の必要性

1.1 カーボンバジェットとは

地球温暖化を1.5℃というレベルで抑えることができるかどうかは、2020年代に温室効果ガス排出量をどれだけ削減できるかにかかっている。削減対策を先延ばしにできない理由は、カーボンバジェットという考え方にある。図1は、横軸が累積CO₂排出量(年間排出量の合算)、縦軸が温度変化を表し、過去の温暖化傾向を黒線、将来の排出シナリオ(超低排出シナリオ(SSP1-1.9)から超高排出シナリオ(SSP5-8.5)までの5つの例示的シナリオ)をシナリオ別に色付けして示したものである。この図から、累積CO₂排出量と温度上昇がほぼ直線的な関係、つまり、比例関係にあることがわかる。比例関係にあるということは、人為的なCO₂の排出が続く限り、地球温暖化は進むことを意味する。そのため、地球温暖化による昇温を止めるには排出量を正味ゼロにしなければならない、ということになる。これは気候政策の基本となる科学的知見であり、「今世紀後半中に温室効果ガスの人為的な排出量と人為的な吸収源による除去量との均衡を達成する」とするパリ協定の根本にある考え方である。

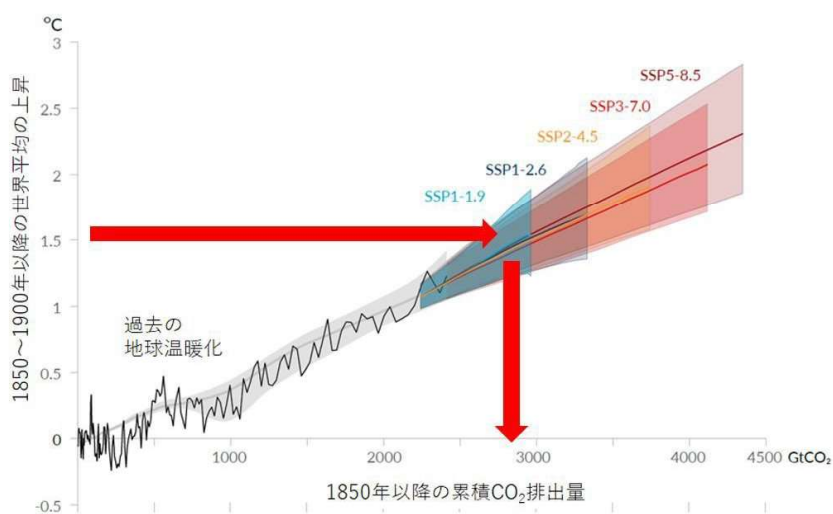


図1 累積CO₂排出量と温度変化の関係

出典：気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書(AR6)

SYR Longer Report (2023) Figure 3.5 (一部、追記)

また、比例係数(傾き)が一定であるため、地球温暖化を一定のレベルで抑えるために排出できるCO₂の総量がどの程度になるかということも推定することができる。これがカーボンバジェット

である。例えば、温暖化を1.5℃以下に抑えるためのカーボンバジェットは2兆9000億トンと推定される(図1の赤い矢印)。

与えられた温度目標に対応するカーボンバジェットがわかれば、これまで人類が排出してきたCO₂総量やCO₂以外の温室効果ガスの効果などを考慮して、その温度目標達成のために今後排出することができるCO₂総量を推定できる。これは「残余カーボンバジェット」と呼ばれる。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次評価報告書(AR6)では、例えば、温暖化を50%以上の確率で1.5℃以内に抑える場合、2020年以降の残余カーボンバジェットは約500Gt、67%の確率で抑えようとした場合は約400Gtとしている(表1の左パネル)¹。

表1 各温度目標に対応する残余カーボンバジェット:2020年以降と2025年以降の比較

各温度目標に対応する2020年1月1日 以降の残余カーボンバジェット推計値 (中央値、Gt CO ₂)				各温度目標に対応する2025年1月1日 以降の残余カーボンバジェット推計値 (中央値、Gt CO ₂)		
	50%*	67%*			50%*	67%*
1.5℃	500	400	高排出のまま 5年経過	1.5℃	130	80
1.6℃	650	550		1.6℃	310	240
1.7℃	850	650		1.7℃	490	390
1.8℃	1,000	850		1.8℃	680	550

出典：IPCC AR6 WG1 (2021)に基づき作成
注：* 気温上限までで地球温暖化を抑制できる可能性

出典：Indicators of Global Climate Change 2024に基づき作成
注：* 気温上限までで地球温暖化を抑制できる可能性

また、2025年1月1日起点の残余カーボンバジェットを示す表1右パネルは、AR6 WG1の手法を踏襲した更新値であり、別個の枠組みではない²。2025年以降の1.5℃(>50%)の残余カーボンバジェットは、2020年以降の残余カーボンバジェット(約500 GtCO₂)から7割以上減り、約130 GtCO₂ となっている。これは、2020年以降も世界の排出量が高排出で推移したことに起因している。

カーボンバジェットは、温度目標を達成するための重要な政策的指針をあたえる。人為的な温暖化を止めるためには人為的なCO₂排出量をネットゼロにする必要があること、そして、その温暖化レベルはネットゼロ達成時までの累積CO₂排出量によって決まるということである。つまり、温暖化レベルを1.5℃以下に抑えるためには、1.5℃の残余カーボンバジェットを使い果たす前に、ネットゼロを達成する必要となる。これは、今後の排出経路によって決まる累積排出量が残余カーボンバジェットに達する前にネットゼロにする必要があるということの意味する。つまり、CO₂排出量をネットゼロにするタイミングに加え、どのような排出経路をたどってネットゼロを達成

¹ IPCC 第6次評価報告書(AR6) 第1作業部会(WG1) [Climate Change 2021: The Physical Science Basis | Climate Change 2021: The Physical Science Basis](#)

² Forster et al., "Indicators of Global Climate Change 2024," Earth System Science Data 17, 2641–2680 (2025), DOI: 10.5194/essd-17-2641-2025. <https://ember-energy.org/ja/>

するかが鍵となる。

1.2 カーボンバジェットを巡る国内の議論

日本国内では、カーボンバジェットに対して二つの異なる見解が見受けられる。若干古くなるが、パリ協定採択後の日本の長期戦略策定を巡る議論における見解を整理する。一つは、カーボンバジェットという概念を、気候変動科学から導出される本質に基づく合理的なものにとらえる³。環境省『長期低炭素ビジョン』(2017)においても、パリ協定で合意された長期温度目標の達成に向けて、「残されたカーボンバジェットを世界全体で効率よく使いながら、今世紀後半までに脱炭素社会を構築していくことが気候変動対策の根幹である」としている⁴。

他方、カーボンバジェットへの批判あるいは強い拒否反応も見られた⁵。経済産業省の『長期地球温暖化対策プラットフォーム報告書』(2017)では、カーボンバジェットの発想は温室効果ガス削減のみを絶対的な制約条件として強調し、経済成長やエネルギー安全保障といった他の重要政策課題への配慮を軽視するものであるとし、パリ協定においても「カーボンバジェット」については合意されておらず、「カーボンバジェット」の存在とその制約の受け入れに関する国際的な合意は存在していないとする。また、カーボンバジェットの大きさに関しては未だ不確実性が非常に大きく、科学的知見のさらなる蓄積が求められる、と主張している。つまり、カーボンバジェットは気候政策の根幹とはなりえないし、そうすべきではない、ということである。

なぜ、このような見解の相違がでてくるのであろうか。立場の違いに加え、カーボンバジェットが持つ二つの意味合いが混同されていることも原因と思われる。一つ目の意味合いは、前述のとおり、地球の平均気温を一定の上昇に抑えるために許容される CO₂の排出総量を指すものであり、IPCC でも、この意味で使われている⁶。

もう一つの意味合いは、その排出許容量をどのように「管理」するのかという側面に焦点を当てたものである⁷。もともと、英語の *budget* には日本語でいう「予算」という意味に加え、その予算の「管理」や「執行計画」という意味も持つ。つまり、カーボンバジェットは「炭素管理計画」といった意味になる。英国では気候変動法により、自国の温室効果ガス排出量を2050年までにネットゼロとするために、5年毎に排出できる総量を「カーボンバジェット」として規定しており、まさに一

³ 田村堅太郎・倉持壮・西岡秀三 (2015) 「カーボン・バジェット概念による気候政策促進」『季刊環境研究』第 178 号。

⁴ 環境省 (2017) 『長期低炭素ビジョン』中央環境審議会環境部会。

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lc_vision.html

⁵ 有馬純. (2017). カーボンバジェットについて考える. 東京: 国際環境経済研究所。

<https://ieei.or.jp/wp-content/uploads/2017/02/special201511021.pdf>; 経済産業省 (2017) 『長期地球温暖化対策プラットフォーム—我が国の地球温暖化対策の進むべき方向—』経済産業省長期地球温暖化対策プラットフォーム。

<https://www.env.go.jp/content/900530094.pdf>

⁶ IPCC AR6 WG1 (2021) 再掲。

⁷ 有馬 (2017) 再掲; 経済産業省 (2017) 再掲。

定期間の中での排出総量の管理という意味でカーボンバジェットという言葉が使われている⁸。さらに、長期温度目標に対応する許容排出量のグローバルなレベルでの管理方法として、責任（歴史的排出量）、能力（GDP）、平等（一人当たり排出量）等の基準に基づいて許容排出量を各国に配分するアプローチが提起されている⁹。

気温目標に対応する許容排出量とその分配・管理という二つの考え方は相容れないものではなく、むしろ連動するものである。前者の意味で使っても、どのように許容量内に収めるのかという含意を持つものでもあるし、後者の意味で使ってもその前提には許容される総排出量の存在がある。しかしながら、国内のカーボンバジェットを巡る論争では、この二つの意味が混同されており、議論が必ずしもかみ合っていない。以下で、カーボン・バジェットが二つの使われ方をすることを意識しつつ、パリ協定とカーボンバジェットの関係についての議論を整理する。

有馬（2017）は、環境省『長期低炭素ビジョン』においてカーボンバジェットが気候変動対策の根幹と位置づけられていることに疑問を呈し、そもそも「パリ協定において締約国がカーボンバジェットに基づいて温室効果ガス削減を行うことに合意したかのような議論はパリ協定の交渉経緯の事実と反する」と主張する¹⁰。経産省の『長期プラットフォーム報告書』（2017）では、カーボンバジェットが否定された一因として、その考え方が京都議定書型の先進国と途上国の二分論に基づく排出枠の分配につながるという懸念があったことを挙げている。さらに、「パリ協定では『温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量の均衡を達成する』とされ、カーボンバジェットではなく、将来の吸収量を考慮した合意がされている」と指摘している¹¹。

確かに、パリ協定に至る国際交渉においてボリビアらが主張した、歴史的責任や能力等の基準に基づいて世界全体のカーボンバジェットを各国間で公平に配分するといった総量管理の発想はパリ協定にはない。締約国はそれぞれの国情に照らして、自らの排出削減目標の内容やレベルを決定するというアプローチとなっている。しかし、これはパリ協定で特定の管理方法（一定の基準に基づく配分）が採用されなかったということであり、許容排出量としてのカーボンバジェットの考え方自体が否定されたということではない。

むしろ、前節で述べたように、パリ協定が目指す1.5℃という気温目標を達成するためには、究極的には温室効果ガス排出をほぼゼロにしなければならない。そして、IPCC AR6が明記するように、1.5℃より十分低く抑えるための許容排出量を考えると、2025年頃には世界の温室効果ガス排出量増加を反転（頭打ち）させ、その後、大規模な排出削減を実現させ、2050年頃にはネットゼロ CO₂排出を達成する必要がある。このことは、まさに（第一の意味での）カーボンバジェットの発想に基づくものである。実際、パリ協定4条では、「今世紀後半中に人為的な排出量と人為

⁸ <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/contents>

⁹ IPCC 第5次評価報告書（AR5）第三作業部会（WG3）の6章がさまざまなアプローチを整理している。[AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change — IPCC](#)

¹⁰ 有馬（2017）再掲。

¹¹ 経済産業省（2017）再掲。

的な吸収量の均衡を達成する」ために「なるべく早期の排出ピークを実現し、その後、最良の科学的知見に基づき迅速な削減に取り組むことを目指す」としている。つまり、カーボンバジェットはパリ協定の根本にある考え方である。

また、このことは、経産省(2017)の指摘とは異なり、カーボンバジェットという考え方と排出と吸収の均衡の達成の必要性が対立するものではないことを意味する。1.5℃目標を達成するためには、累積排出量が1.5℃目標に対応する許容排出量の上限に達するより前にネットゼロ排出を達成することが求められる。パリ協定では「人為的な排出量」と「人為的な吸収量」の均衡を目指しているが、これが実現すると、自然の吸収量によって大気中濃度は減少し始めることになる。海洋の熱容量による温度上昇の遅れで気温が上がり続けようとする効果が、大気中のCO₂濃度が減少することによる気温を下げようとする効果により打ち消されて、気温上昇が頭打ちとなる。つまり、パリ協定で人為的排出量と人為的吸収量のバランスをめざすことに合意したことは、カーボンバジェットを否定したのではなく、言い換えたということである。

なお、経産省(2017)が指摘するとおり、カーボンバジェットの推定には不確実性、あるいは推定の幅が伴う。科学的な不確実性としては、正味ゼロ達成後の温度変化、過去の温暖化の推定値、永久凍土の融解による将来の排出量などがある。また、今後、CO₂以外の温室効果ガスに対する対策が想定より進んだ場合(カーボンバジェットは大きくなる)、あるいは進まない場合(カーボンバジェットは小さくなる)、といった将来の行動選択の差によっても幅がでてくる。さらに、温度目標の達成確率をどの程度にするか、といった価値判断もカーボンバジェットの大きさに影響する。しかし、これらの不確実性が、温暖化を止めるためにはCO₂排出を正味ゼロにしなくてはならず、その温暖化レベルは累積排出量によって決まるという基本的な結論を変えるものではない。さらに、現在のCO₂排出量のペースを続ければ、1.5℃目標に対応する残余カーボンバジェットは2028年に使い果たしてしまうこと¹²、地球温暖化が現在のペースで進めば2029年1月には1.5℃を超えてしまうこと(図2)を考慮すると、現在推定されているカーボンバジェットの規模は妥当であるといえる¹³。

¹² 表1の右パネルの1.5℃に対応する2025年以降の残余カーボンバジェット(130Gt CO₂)を2025年の世界CO₂排出量(42.2Gt CO₂)で除すると約3.1となり、その水準で排出を続けた場合、3年余で使い切ってしまうことを意味する。2025年の排出量はGlobal Carbon Budget Projectを参照(<https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>)。

¹³ 地球温暖化は20年～30年といった時間スケールでの気候システムの変化を指し、単年や月での変動とは異なることに注意が必要である。

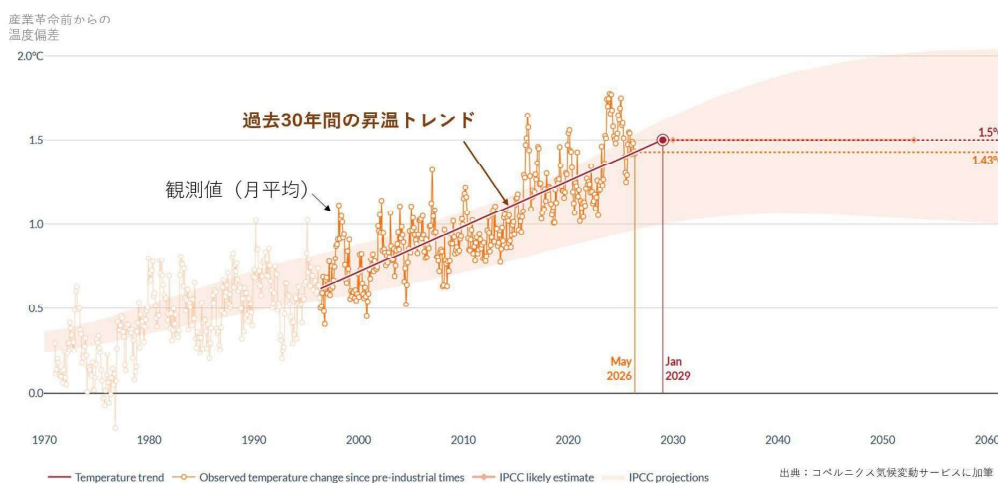


図2 過去30年間の昇温トレンドと1.5°C

出典:コペルニクス気候変動サービス(<https://climate.copernicus.eu/>)に加筆

このように、排出許容量としてのカーボンバジェットは広く受け入れられており、繰り返しになるが、パリ協定の根本となる考え方である。その最大の政策的指針は、気温目標(例えば1.5°C)を達成するためには、地球温暖化が1.5°Cに達する前(つまり、残余カーボンバジェットを使い果たす前)に世界のCO₂排出量をネットゼロにする必要があるということである。しかし、世界全体での対策の遅れから、1.5°C目標に対応する残余カーボンバジェットが残り僅かとなっており、即時かつ大規模な排出削減が必要とされる。そして、そのような制約のなかでは、電力部門の他部門に先駆けた排出削減、ネットゼロ達成が必要であることは科学的に確立しており、国際的な政治プロセスにおいても合意されている。この点については別節で改めて論じる。

1.3 1.5°C目標の行方

1.5°Cの残余カーボンバジェットは、現在の排出ペースを継続すればあと数年で使い果たす状況にあり、1.5°C目標の達成は極めて困難になりつつある。図3は、IPCC AR6で評価された、今世紀末の温暖化レベルをオーバーシュートがない、あるいは限定的な形で1.5°C以下に抑えるシナリオ群(以下、1.5°Cシナリオ)を示す(橙色太線が中央値)¹⁴。2020年を起点した残余カーボンバジェットは、この橙色太線の2020年からネットゼロ達成年までの積分値に概ね相当する。1.5°Cシナリオは2020年までに排出量のピーク(反転)を想定しているが、実際の排出量(赤色太線)は2020年を超えても増加を続けている。将来の累積排出量を限られた1.5°Cの残余カーボン

¹⁴ 限定的なオーバーシュートとは0.1°C以下の超過を意味する。

バジェットに抑えなければならないため、排出削減の着手が遅れるほど、排出ピーク通過後に必要となる削減速度は急激になり、技術的のみならず政治的にも実現不可能な速度となる。

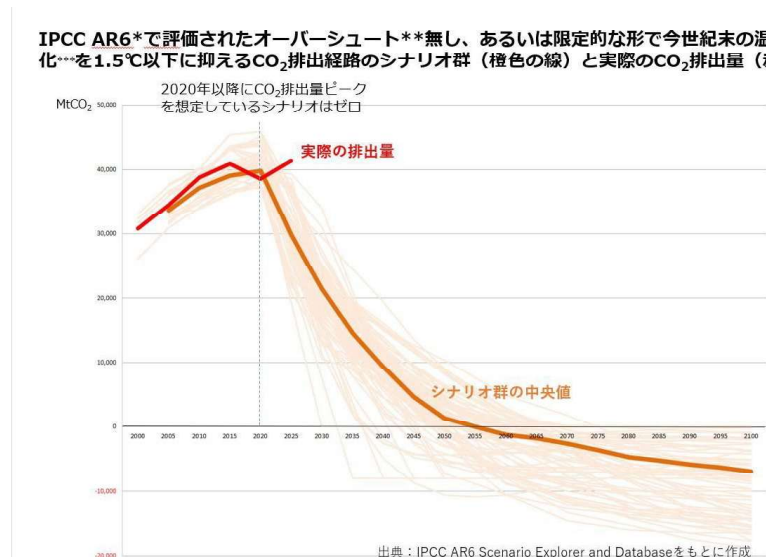


図3 50%の確率で今世紀末の温暖化レベルをオーバーシュートがない、あるいは限定的な形で1.5℃以下に抑えるシナリオ群（1.5℃シナリオ）

注 * IPCC AR6：気候変動に関する政府間パネル第六次評価報告書

** オーバーシュート：温暖化が一時的に目標温度（例、1.5℃）を超えた後、大気中からCO₂を取り除くことにより、温度を下げ、2100年までに1.5℃に抑えること。限定的なオーバーシュートとは0.1℃以下の超過を意味する。

*** 温暖化：20～30年平均でみた地球表面温度の上昇のこと。

1.5℃シナリオの実現が難しくなった今、温暖化レベルは1.5℃を一時的に超過してしまうが、CO₂排出量のネットゼロ達成後、正味マイナス（ネガティブ排出）を続けること、つまり大気中からCO₂を除去することで、今世紀末までに1.5℃に低下させる「オーバーシュート（OS）シナリオ」が次善策として関心を集めている。しかし、OSシナリオであっても、早期かつ大規模な排出削減の必要性が免れるわけではない。図4は、IPCC AR6で評価されたOSシナリオ群のうち2025年以降に世界のCO₂排出量が反転するもののみを抽出したものである（緑色太線が中央値）。2025年に排出量がピークとなったあと、10年後の2035年にピーク比49%削減、15年後の2040年に同70%削減という削減速度・規模が想定されている。これは、1.5℃シナリオで想定される排出ピーク後の削減速度・規模（ピークに比して10年後に48%削減、15年後に65%削減）とほぼ同等である¹⁵。

¹⁵ OSシナリオは1.5℃シナリオに比べて、排出ピークが5年、排出ネットゼロが10年程度、後ろ倒しなるが、それに伴う1.5℃カーボンバジェットの超過分を、ネットゼロ達成後にネ

つまり、1.5℃シナリオの実現に向けては社会システムの変革が必要とされたが、同等の変革が OS シナリオの実現でも必要となる。

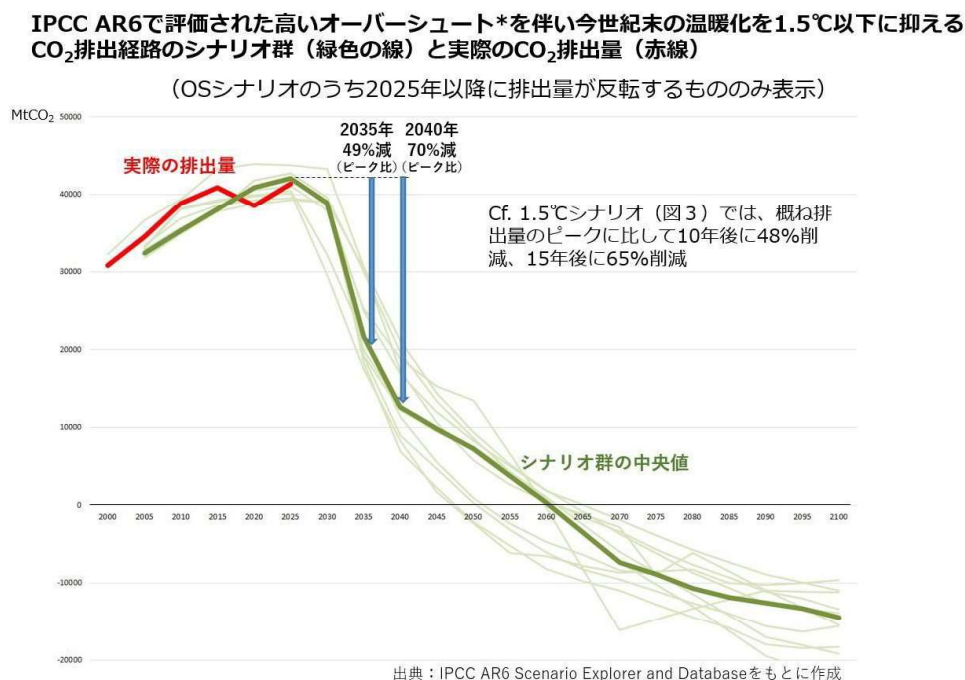


図 4 50%の確率で今世紀末の温暖化を高いオーバーシュートを伴い 1.5℃以下に抑えるCO₂ 排出経路のシナリオ群（オーバーシュートシナリオ）

注 * 高いオーバーシュート（OS）シナリオとは、温暖化が 1.5℃を一時的に 0.1℃～0.3℃超過した後、大気中から CO₂ を取り除くことにより、温度を下げ、2100 年までに 1.5℃に抑えるシナリオのこと。

また、温度超過の規模が大きく、その期間が長引くほど、生態系や社会は広範な悪影響に晒され、気候システムの不可逆的な大規模事象を引き起こすティッピングポイントを超えるリスクも高まる。温度超過の規模は、累積排出量が 1.5℃のカーボンバジェットをどれだけ超過するかで決まるため、規模を小さくするには、早期かつ大幅な排出削減が必要となる。また、温度超過の期間は、どれだけ早くネット・ネガティブ排出を実現し、大気中の CO₂ 濃度を低下させられるかで決まる。しかし、必要とされる規模のネガティブ排出技術が普及できるかについては不確実性が高い。したがって、今からの対策を強化して、なるべく温度超過させないことで、不確実なネガティブ排出技術の必要量を最小限にすることが、1.5℃目標の実現可能性をつなぎとめることに貢献する。すな

ガティブ排出によって大気中から除去することによって大気中の CO₂ 濃度を下げ、今世紀末の温暖化レベルを 1.5℃に抑えようとするためである。

わち、温度超過の規模・期間を最小限に抑えるためにも、早期かつ大幅は排出削減が不可欠となる¹⁶。

また、仮に 1.5°C 目標を断念し、2°C 目標（2°C より十分低く抑制）を目指す場合であっても、現在残されたカーボンバジェットは、2020 年時点で 1.5°C 目標達成のために想定されていた量よりも少ない。2°C より十分低く抑制という表現が、具体的に何度を指しているのかは定かではないが、仮に 1.7°C とした場合、1.7°C に抑制するための 2025 年 1 月 1 日以降の残余カーボンバジェット（表 1 の右パネルの赤線枠）は、1.5°C 目標を達成するために 2020 年 1 月 1 日以降に想定されていたもの（表 1 の左パネルの赤線枠）より少ない。この点を数値で確認すると、2025 年初頭時点で 1.7°C に 67% の確率で抑えるための残余カーボンバジェット（約 390 GtCO₂）は、5 年前の 2020 年初頭時点で 1.5°C に 50% の確率で抑えるために想定されていた残余カーボンバジェット（約 400 GtCO₂）より若干少ない水準まで減少している¹⁷。両者は起点を異にするが（前者は 2025 年起点、後者は 2020 年起点）、それゆえにこそ、この比較は次のことを端的に示している。すなわち、これから 1.7°C に抑えるとしても、5 年前に 1.5°C 目標のために想定された規模・速度での大幅な排出削減を実行しなければならない。

つまり、今から 2°C 目標を達成するためには、2020 年頃に 1.5°C 目標を達成するために想定されたような社会経済・エネルギーシステム全体の変革を実現する必要がある（ただし、OS シナリオと違い、大規模なネガティブ排出は想定していない）。ゆえに、パリ協定のいずれの温度目標を達成するためにも「即時かつ大幅な排出削減」は不可欠である。

2. 電力部門における先行的な脱炭素化の合理性

限られた時間とカーボンバジェットの制約下において、他の部門に先駆けて電力部門の脱炭素化をすすめることは、社会経済全体の脱炭素化へスムーズに移行するための極めて合理的な戦略となる。その第一の理由は、早期の大規模普及が可能な再生可能エネルギーという実証済みの脱炭素化オプションが存在することである。世界での再生可能エネルギーの普及拡大は急速に進んでおり、2024 年の世界の電力需要増加分の 3/4 は再生可能エネルギーで賄われた（太陽光のみで 40%）¹⁸。第二に、脱炭素化された電力の供給は、交通、家庭、産業部門の電化を通じた排出削減の前提条件となる。電化は需要現場で直接、化石燃料を燃焼させるよりもエネルギー効率が高く、全体的なエネルギー需要の抑制にも貢献する。第三に、電力部門が先行して排出を削減することで、素材産業、長距離交通などのいわゆる「排出削減が困難な部門」において、革新的な技術が普及するまでの時間的猶予を確保することが可能となる。

¹⁶ COP30 決定で（Decision 1/CMA.7 パラグラフ 7）、オーバーシュートの可能性と、その規模と期間を抑制するための努力を追求することが初めて言及された。[cma2025_19a01E.pdf](#)

¹⁷ IPCC AR6 WG1 (2021) 及び Forster et al., (2025) 再掲。

¹⁸ <https://ember-energy.org/ja/>

これらの観点から、IPCC AR6 第3 作業部会報告書（政策決定者向け要約）は、温暖化を 1.5°C（>50%）にオーバーシュートなし又は限定的オーバーシュートで抑える経路において、世界全体として CO₂排出量ネットゼロに 2050 年代前半に達するとした上で（C.2）、その時点で「世界全体の排出削減量のうち約 74%〔54～90%〕が、エネルギー供給・需要における CO₂排出量削減によって達成され」と評価し（C.3.4）、また「エネルギー供給部門が、建築、産業、及び運輸部門よりも早く GHG 排出量の正味ゼロに達する」と明示している（C.3.3）¹⁹。さらに、既存の化石燃料インフラ由来の今後の累積 CO₂排出量の「大部分が電力部門」とであるとされ（B.7.1）、電力部門こそが早期かつ大幅な排出削減を担うべき部門であることが示されている。実際、IPCC が評価した 1.5°Cシナリオのうち約 75%以上が、エネルギー供給部門が 2050 年より前にネットゼロを達成することを想定している（図 5）。

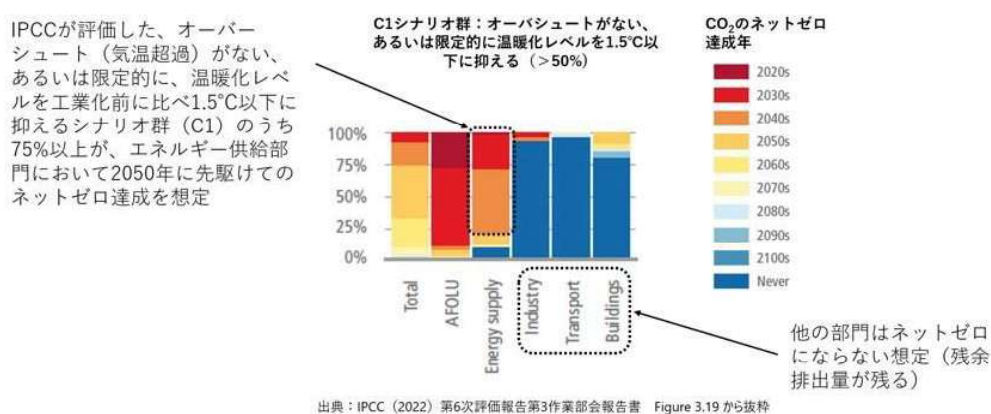


図 5 各セクターの CO₂ 排出量が初めて正味マイナスとなる 10 年間

出典：IPCC（2022）第6 次評価報告書第3 作業部会報告書 Figure 3.19 から抜粋・加筆

国際エネルギー機関（IEA）の『2050 ネットゼロ・ロードマップ』でも、電力部門の排出削減幅が最も大きく、他部門に先駆けて 2040 年頃にはネットゼロを達成している（図 6）²⁰。国別にみると、先進国は 2035 年まで、その他の国は 2045 年までに電力部門のネットゼロを達成することが想定されている。

¹⁹ 経済産業省仮訳『IPCC AR6 第3 作業部会報告書（政策決定者向け要約）』
[202310ipccwg3spmthirdversion.pdf](https://www.iaea.org/publications/2023/10/ipccwg3spmthirdversion.pdf)

²⁰ International Energy Agency (IEA) *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach (2023 Update)* [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach – Analysis - IEA](https://www.iea.org/publications/2023/10/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-1.5-c-goal-in-reach-analysis-iaea)

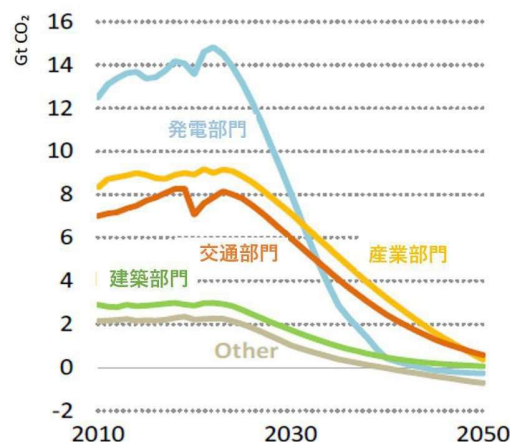


図 6 IEA ネットゼロ・シナリオにおける部門別排出量の推移

出典：IEA. *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach (2023 Update)*, Figure 2.2 より抜粋

電力部門の早期の脱炭素化において大きな役割を果たすのが石炭火力の早期閉鎖である。石炭の CO_2 排出係数は $3.7278\text{GgCO}_2/10^{10}\text{kcal}$ であるのに対して、輸入天然ガスの排出係数は $2.1295\text{GgCO}_2/10^{10}\text{kcal}$ と石炭の 57%である。つまり、発電効率が同じであれば、同じ発電電力量を得るために排出される CO_2 は、ガス火力発電の場合は石炭火力発電と比較して 43%削減されることになる。火力発電部門からの排出量を削減するためには、石炭火力発電から再生可能エネルギーに転換することが効果的である。再生可能エネルギーの供給が十分でない間の次善の措置として、ガス火力発電など排出係数の小さい発電への転換がありえるが、それ自体が脱炭素化の到達点ではない。天然ガス火力も CO_2 を排出し、最終的に排出削減対策が講じられていない (unabated) ガス火力もまた段階的に縮小・廃止される対象となる。化石燃料火力から再生可能エネルギーへの早期の転換を急ぐ必要がある。

3. 電力部門の早期脱炭素化に向けた国際合意事項と主要国の政策動向

前述の通り、カーボンバジェットについての科学的理解が進み、また限られたカーボンバジェットの中でどのようにネットゼロを達成するのかについての科学的知見が深まるにつれ、国際社会の中でも、電力部門の早期脱炭素化や石炭火力に対する取り組みの強化が進んできている。

2018 年の IPCC 1.5°C 特別報告書では、1.5°C と 2°C の温暖化における悪影響には明確 (robust) な違いがあることが示された²¹。また、今世紀末までの温暖化レベルを

²¹ IPCC (2018) *Special Report on Global Warming of 1.5°C*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

1.5℃に抑えるためには世界のCO₂排出量を2050年までにネットゼロにする必要性も示された。これを受け、2019年にグテーレス国連事務総長は、自らが主催した国連気候行動サミットで、1.5℃目標を国際規範とするべく、各国に対して1.5℃目標に沿った排出削減目標の引き上げ、2050年までのネットゼロ達成を呼びかけた。2020年以降、欧州連合（EU）、中国、日本、米国などの主要国が相次いで2050年あるいは2060年までのネットゼロ／カーボンニュートラル目標を宣言した。2026年6月時点で、世界の排出量の74%を占める139か国がネットゼロ／カーボンニュートラル目標を掲げている²²。

2021年11月の第26回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP26）において「1.5℃目標の追求を決意する」ことを明記したグラスゴー気候合意が採択され、パリ協定の軸足はそれまで努力目標と位置付けられていた1.5℃目標へと移った²³。また、同合意の中で、対策が講じられていない石炭火力の段階的削減（phase-down）が盛り込まれた。これは、COP決定の中で初めて個別燃料・技術に踏み込んだものであった。さらに、2023年のCOP28で採択されたグローバルストックテイク成果文書では、2030年までに再生可能エネルギー容量を世界全体で3倍にすることや、エネルギーシステム全体における化石燃料からの脱却が盛り込まれた。

G7においても、2021年6月のコンウォール・サミットを皮切りに、電力部門の早期脱炭素化や石炭火力に関する議論が進んだ。同サミット首脳宣言では、「石炭火力発電が温室効果ガス排出の唯一最大の原因」であることを認識し、「排出削減対策が講じられていない石炭火力発電からの脱却を更に加速させる技術や政策の急速な拡大にコミット」することに加え、「排出削減対策が講じられていない石炭火力発電に対する新規の国際的な直接支援の終了」に合意した²⁴。2022年6月のエルマウ・サミットでは「2035年までに電力部門の完全（fully）又は大宗（predominantly）の脱炭素化の達成」、「国内の排出削減対策が講じられていない石炭火力発電の段階的廃止（phase-out）を加速」、「排出削減対策が講じられていない国際的な化石燃料エネルギー部門への新規の公的 direct 支援の2022年末までの終了」が合意された²⁵。そして、2024年6月のプーリア・サミットでは、「2030年代前半、もしくは各国のネットゼロの道筋に沿って、1.5℃目標と整合的なスケジュールで削減対策を講じていない既存の石炭発電を段階的に廃止」することが合意された²⁶。

このようなCOPやG7での動きを背景に、G7各国は石炭火力からの脱却を加速させている。英国は2024年に石炭火力を廃止し、イタリアは2025年²⁷、フランスは2027

²² <https://zerotracker.net/>

²³ 1/CP.26 Glasgow Climate Pact <https://unfccc.int/documents/460954>

²⁴ 外務省 仮訳『G7 カービスペイ首脳コミュニケ』[100200083.pdf](#)

²⁵ 外務省 仮訳『G7 首脳コミュニケ』[100376624.pdf](#)

²⁶ 外務省 仮訳『G7 プーリア首脳コミュニケ』[100704489.pdf](#)

²⁷ イタリアは、2026年3月にエネルギー危機を理由に石炭火力廃止時期を2038年に後倒しした（Italy to postpone shutdown of coal-powered plants by 13 years | Reuters）。ただ

年、カナダは 2030 年までの廃止目標を掲げ、ドイツも電力部門の早期脱炭素化を進めている。対照的に、日本は、非効率石炭火力（発電効率が 42%以下）の 2030 年度までのフェードアウト（fade out）を掲げているが、2030 年度の電源構成において依然として石炭火力を 19%見込んでいる。石炭火力の廃止や電力部門全体の脱炭素化目標の明確化を打ち出していないのは、第 2 次トランプ政権により大きな政策変更のあった米国と日本のみであり、他国に後れを取っていると言わざるをえない。

表 2 G7 各国の石炭火力および電力部門における取り組み

国名	石炭火力及び電力部門に関する方針
日本	2030 年度の発電電力量の 19%を石炭火力発電
ドイツ	2038 年までに石炭火力*廃止（2030 年までの廃止をも目指す） 2035 年までに電力部門の脱炭素化
米国	2035 年までに電力部門の脱炭素化→第 2 次トランプ政権により撤回
カナダ	2030 年までに石炭火力*廃止 2035 年までに電力部門の脱炭素化
イタリア	2025 年までに石炭火力*廃止→2038 年に後倒し
英国	2024 年 9 月末までに石炭火力*廃止 2035 年までに電力部門の脱炭素
フランス	2027 年までに石炭火力*廃止

注：*削減対策を講じていない石炭火力

出典：各国政策文書を基に作成

4. 日本の取り組みと課題

日本政府は 2050 年の GHG ネットゼロ達成に向けて、2030 年度に 2013 年度比 46%削減、2035 年度に同 60%削減、2040 年度に同 73 %削減を掲げている。しかし、前述の通り、電力部門の早期脱炭素化や石炭火力全体の早期廃止といった方針はとっておらず、2030 年度において発電電力量の 19%を石炭火力で賄うことを想定している。この場合の電力部門の排出原単位は 2019 年度の 0.47kg/kWh から、2030 年度に 0.25kg/kWh となる。しかし、IPCC AR6 で評価された 1.5℃シナリオで想定される世界全体での電力部門の排出原単位は 2019 年の 0.52kg/kWh から 2030 年に 0.13kg/kWh まで低減する。排出原単位の削減という視点からみても、日本のそれは不十分といえる。

日本の火力発電対策の柱の一つがゼロエミッション火力である。これは、化石燃料を燃やす代わりに、燃焼時に CO₂ を排出しない燃料（水素、アンモニア等）を使用したり、化石燃料の燃焼時に排出される CO₂ を回収して地中に埋めたりする炭素回収貯留

し、2025 年の時点で国内発電電力量に占める石炭火力発電の割合は既に 3%程度まで低下している。

(CCS : Carbon Capture and Storage) 技術により、火力発電所の CO₂ 排出量をゼロ（ゼロエミッション）にすることである。

ガス火力発電では、現在、既存のガス火力に水素を一部混ぜて燃やす水素混焼の段階であるが、2030 年代の 100%専焼化に向けて大型タービンの開発が進んでいる。石炭火力発電では、石炭との燃焼速度に近いアンモニアを既存の石炭火力に混ぜて燃やす技術（アンモニア混焼技術）の開発が進んでいる。20%混焼の実証試験に成功しており、2030 年までに 20%混焼の商業化、2050 年までにアンモニア 100%（専焼）による CO₂ 排出ゼロを目指している。

CCS に関しては、日本政府は CO₂ の分離・回収から輸送、貯留までのバリューチェーン全体を一体的に支援する「先進的 CCS 事業」として 9 つの案件を指定し、2030 年までの商用化（年間 600 万～1,200 万トンの貯留達成目標）を目指している²⁸。また、2024 年 5 月には、貯留事業の許可制度等を盛り込んだ「二酸化炭素の貯留事業に関する法律」が成立し、CCS 事業化に向けた法整備が進んでいる。

しかし、ゼロエミッション火力については、課題が多い。まず、混焼・専焼技術に関しては、現在、混焼率 20%程度の実証段階であり、専焼化までには技術的な課題が残る。さらに高コストの問題がある。日本政府の 2040 年発電コストの試算では、水素専焼、アンモニア混焼、アンモニア専焼は非常に割高な電源に位置づけられている（図 7）²⁹。

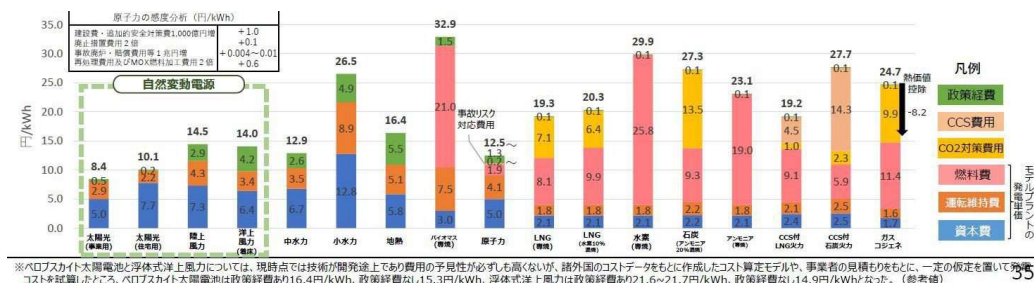


図 7 電源別の発電コスト

出典：発電コスト検証ワーキンググループ『発電コスト検証に関するとりまとめ』（2025）

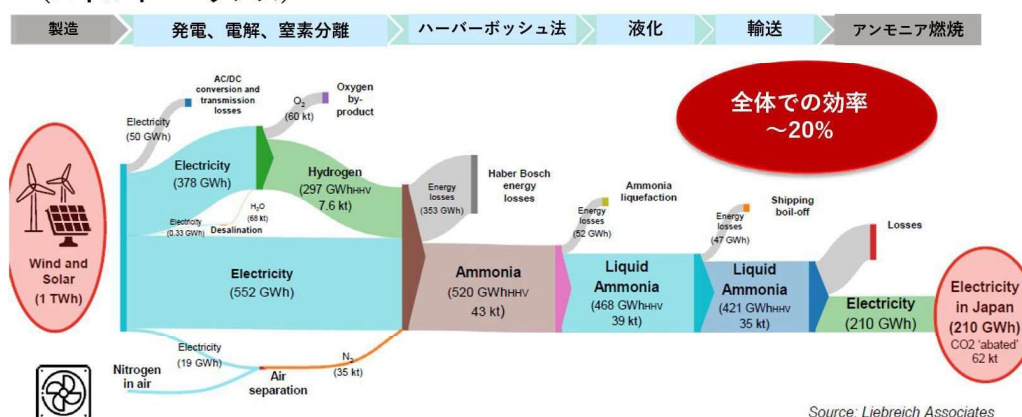
²⁸ [CCS 事業化に向けた先進的取組（METI/経済産業省）](#)

²⁹ なお、発電コスト検証ワーキンググループ『発電コスト検証に関するとりまとめ』では、自然変動電源（太陽光や風力）を大量導入した場合、その変動性に対処するための電力システム全体での追加コスト（統合コスト）が増加するとしている（変動再エネ容量 6 割の場合、統合コストも加味した業務用太陽光の発電コストは 36.9 円/kWh）。しかし、『とりまとめ』の注にもあるように、電力システムに柔軟性を提供するさまざまなオプションのうち一部を想定しているのみであり、需要者側の取り組み（ディマンドレスポンス）などを組み込むことで統合コストはより低いものとなる。

水素およびアンモニアは一次エネルギー源ではなく、他のエネルギー源を使って製造する二次エネルギーであるため、水素およびアンモニアによる発電は必然的に高コストになる。再生可能エネルギー電気を利用して製造した水素で発電した場合、そのコストは不可避免的に再生可能エネルギー電気より割高になる。あるいは、その水素を利用してアンモニアを製造し、そのアンモニアで発電した場合はさらに割高になる。エネルギー形態を転換するたびにロス（損失）が発生するため、最初の再生可能エネルギー電気の量に対してアンモニア発電により最終的に得られる電気は 2 割程度となる（図 8）。

グリーンアンモニア発電の効率 (エネルギーバランス)

Liebreich
Associates



Source: Liebreich Associates

図 8 グリーンアンモニア発電のエネルギーバランス

出典: Liebreich Associates に加筆

次に供給量の課題である。日本の石炭火力発電所で 20%アンモニア混焼をした場合に必要アンモニアは、年間約 2000 万トンとなる。これは現時点での全世界アンモニア貿易量に匹敵する量である。現在、日本政府は水素・アンモニアの需要と供給を同時に喚起するために、製造時の CO₂ 排出量を問わずに支援を行っているが、大量供給の見通しが立っているわけではない。最終的には安価で大量の低炭素な水素およびアンモニアを調達できるかが鍵となるが、現在、「低排水素不足」のリスクが指摘されている³⁰。そのため、他の排出削減手段が限られており、かつ低排水素・アンモニアが最も費用対効果の高い選択肢となり得る分野、例えば排出削減が困難な産業プロセス（化学、鉄鋼など）や国際海運において、これらの技術の利用を優先することを検討すべきである³¹。

³⁰ Odenweller, A. and F. Ueckerdt, 'An Adjusted Strategy is Needed to Ground Green Hydrogen Expectations in Reality' (2025) 10 Nature Energy, 19. <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01682-9>.

³¹ OECD (2025) Environmental Performance Reviews: Japan 2025.

最後に水素やアンモニアの混焼による排出削減効果である。水素、アンモニアは、化石燃料から製造した水素やアンモニアを発電に使用した場合、発電時に CO₂ を排出しなくとも、製造時や輸送時も加味したライフサイクル CO₂ 排出量はむしろ増加する可能性がある³²。また、低排水素やアンモニアを使った場合でも、混焼は G7 合意で廃止の対象となる「排出削減対策が講じられていない (unabated)」火力に該当する可能性がある。「対策が講じられていない」火力について、IPCC は「ライフサイクル全体を通じて排出される温室効果ガスの量を大幅に削減する措置を講じずに生産・使用される化石燃料を指す。例えば、発電所からの CO₂ の 90% 以上、あるいはエネルギー供給過程からのメタン漏出排出量の 50~80% を回収する措置を講じていない場合などがこれにあたる」と定義している (IPCC 報告書は科学的知見に基づくが、政府間の合意文書でもある)³³。この基準に照らし合わせると、水素やアンモニアの混焼は、90% 以上の専焼に近いものを除いて、「対策が講じられている」と見なすことは難しい。

なお、石炭火力における CCS についても、技術的な回収率は 85~95% とされる一方で、これまでの実績値は 65~70% にとどまっており、有効性に課題を残していると同時に高コストの問題もある³⁴。現在の炭素回収率であれば、CCS 付き石炭火力発電であっても、IPCC が定義する「対策が講じられた」と見なすことは難しい。

したがって、水素・アンモニア混焼や CCS 技術が日本のエネルギー基本計画において「脱炭素燃料」あるいは脱炭素化手段として位置づけられているが、限られた残余カーボンバジェットの下で求められる 2030 年、2035 年という時間軸において、実証済みかつ費用対効果のある形で大幅な排出削減をもたらすとはいいがたい。前述のとおり、混焼は商用化に至っておらず (2030 年度の電源構成に占める水素・アンモニア発電の比率は約 1% にとどまる見込み)、ライフサイクルでみた排出削減効果も乏しく、かつ高コストである。OECD は、水素やアンモニアの混焼・専焼技術が費用対効果の高い形で拡大できるかどうかについては「相当な不確実性」があると評価している³⁵。CCS についても、有効性、コストの問題を抱える。すなわち、これらの技術は、計画上の位置づけにかかわらず、求められる時間軸において電力部門の早期脱炭素化を実現する手段とはなり得ない。

このように、日本政府が掲げている発電部門、特に石炭火力政策では「2035 年までに電力部門の完全又は大部分の脱炭素化の達成」や「2030 年代前半、もしくは各国のネットゼロの道筋に沿って、1.5℃目標と整合的なスケジュールで削減対策を講じていな

³² Stocks, M., Fazeli, R., Hughes, L., & Beck, F. J. (2022). Global emissions implications from co-combusting ammonia in coal fired power stations: An analysis of the Japan-Australia supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 336.

³³ IPCC AR6 第 3 作業部会 *Summary for Policymakers*, footnote 54.

³⁴ Muhammad Hammad Rasool and Syed Abdul Moiz Hashmi (2026) 'Carbon capture and storage: An evidence-based review of its limitations and missed promises' *Petroleum Research*, Volume 11, Issue 1, Pages 176-205.

³⁵ OECD (2025) *Environmental Performance Reviews: Japan 2025*.

い既存の石炭発電を段階的に廃止」という G7 合意を十分に順守することにならない可能性が高い。日本は、脱炭素社会の実現に向け、科学的知見と国際的合意に基づく電力部門の早期脱炭素化に向けた取り組みを急ぐ必要がある。

最後に、日本の中でも電力部門は、社会経済全体のネットゼロ達成のために、他の部門に先駆けて、かつ世界全体の平均的な削減速度を上回る速度で脱炭素化を進めるべき部門であることを強調したい。世界全体の CO₂ 排出削減水準（2019 年比で CO₂ を 2030 年に 48%、2035 年に 65% 削減）は³⁶、相対的に削減が容易であり、かつ実証済みの脱炭素化オプション（再生可能エネルギー）が存在する電力部門にとっては、達成すべき削減水準の上限ではなく、むしろ最低限の水準と解すべきである。経済全体で 48%・65% の削減を達成するためには、電力部門がそれを上回る削減を担い、削減困難部門（素材産業、長距離交通等）の遅れを補う必要があるからである。したがって、電力部門に属する事業者に対して、少なくとも世界全体の削減水準と同等の削減を求めることは、科学的知見に照らして合理的であり、むしろ控えめな要求といえる。

出典：経済産業省仮訳・前掲 SPM C.1.2（CO₂・2030 年 48% 減）／IPCC AR6 統合報告書（SYR, 2023）（2035 年 65% 減）／IEA (2023) Net Zero Roadmap, <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>

³⁶ 本意見書が用いる残余カーボンバジェットの二つの基準時点（2020 年 1 月 1 日（表 1 左パネル）及び 2025 年 1 月 1 日（表 1 右パネル））と、削減率の基準年（2019 年）は、いずれも IPCC 第 6 次評価報告書（AR6）に由来する一連の整合的な数値である。すなわち、削減率の基準年である 2019 年は AR6 の評価時点で利用可能な最も新しい実績年であり、残余カーボンバジェットの起点である 2020 年 1 月 1 日はその実績年の翌日、つまりバジェットに算入される最初の将来時点である。また、2020 年 1 月 1 日を起点とする残余カーボンバジェットと 2025 年 1 月 1 日を起点とするものについては、前述のとおり、後者が前者と同じ手法を用いた年次更新値であり、整合的な数値である。なお、1.5°C シナリオに整合した削減率は、1.5°C 目標に対応する残余カーボンバジェットを超えないように、社会経済的・技術的なアプローチからみて、2100 年までの各年で世界全体の排出量をどれだけ減らしていけばいいかを示した排出経路に基づいている。ゆえに、「2020 年 1 月 1 日を起点とするカーボンバジェット」と「2019 年を基準とする削減率」とは、同じ気温目標を、物理的に許容される排出量と社会経済・技術的な視点からみた排出経路という、それぞれ異なる角度から表現したものとして相互に整合する。

著者略歴

田村 堅太郎

（公財）地球環境戦略研究機関 リサーチディレクター

横浜国立大学エコテクノロジー・システム・ラボラトリー講師を経て、2003 年に地球環境戦略研究機関（IGES）に入所。研究テーマは、気候変動政策の国際協力、主要国における気候・エネルギー政策の比較分析。ロンドン・スクール・オブ・エコノミクス（LSE）大学院博士号（国際関係論）取得