

温暖化の現状と緩和策の課題

—IPCC第6次評価報告書の教訓—

専門研究員 渡部 英洋

目次

- | | |
|---------------|--------------------|
| 1. はじめに | 4. IPCC報告書（AR6）の概要 |
| 2. 温暖化の現状 | 5. 今後の目標と緩和策 |
| 3. 温室効果ガスの排出量 | 6. おわりに |

1. はじめに

コロナ禍がほぼ収束し、世界の経済が回復基調にある中、温室効果ガス（以下「GHG」）の世界の排出量はコロナ禍前を上回り、温暖化も進行している状況にある。ウクライナ情勢などによるエネルギー供給見通しの不透明さも、GHG削減を進める上での障壁となっている。

このような状況下、本年3月20日、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、第6次評価報告書（AR6）統合報告書を採用、公表した。その内容は、温暖化の直近の科学的知見を明らかにするとともに、各国への対策強化・新たな目標設定の必要性を明示するものとなった。

本稿では進行する温暖化の現状とともにIPCCの報告書の概要と教訓を踏まえ、今後の温暖化緩和策の留意点を概観する。

2. 温暖化の現状

(1) 進行する気温上昇

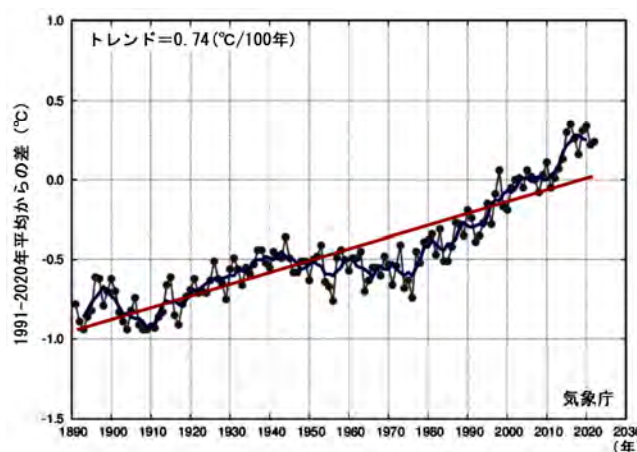
AR6 WG1（『自然科学的根拠』）において、世界の気温は産業革命前より既に1.1℃上昇しており、人間の活動により引き起こされたことは疑う余地がないとしている。2022年の世界の平均気温はラニーニャ現象¹の冷却効

果等により最近の急上昇に歯止めがなかったものの、100年あたり0.74℃の割合で上昇するトレンド直線を上回る値を記録し、温暖化は進行している（図表1）。

また、世界気象機関（WMO）は1月12日、2015～22年の世界の年平均気温は、観測開始以来、最も高い8年だったと発表し、22年単年の平均気温は産業革命前から約1.15℃上昇したと報告した。

さらにWMOは5月17日、今後数か月以内に発生するエルニーニョ現象¹やGHGの濃度上昇により、世界の年平均気温が今後5年間のうち少なくとも1年、産業革命前よりも

（図表1）世界の年平均気温



（出典）気象庁 2023年2月1日

1 ラニーニャ現象は、太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年より低くなり、その状態が1年程度続く現象。逆に、同じ海域で海面水温が平年より高くなる現象はエルニーニョ現象と呼ばれ、それぞれ数年おきに発生し、世界中の異常な天候の要因となり得るとされる。直近ではラニーニャ現象は本年3月に終息し、6月9日、気象庁よりエルニーニョ現象が発生したとみられる旨の報道がされた。

1.5℃を超える可能性が66%になるとした。恒常的に1.5℃を超えることを意味するものではないものの、1.5℃を突破する頻度が増えると警鐘を鳴らしている。

(2) 海域の蓄熱増加と海水温上昇

また、最近では気温だけではなく、海水温の上昇が問題視されている。図表2のとおり海水への蓄熱が進んでおり、後述のIPCC・AR6においてもその増加率が上昇していることが指摘されている。海水温は全球で100年あたり0.60℃の上昇率となっており、海面水位の上昇と台風の強大化等の異常気象をもたらす要因となることが懸念されている。

特に、日本近海においては、2022年までの平均海面水温（年平均）の上昇率が+1.24℃/100年と、世界全体平均の海面水温の上昇率（+0.60℃/100年）よりも大きくなっている。

また、海洋はCO₂の重要な吸収源でもあるが、吸収量の増加によって海水の酸性化が進んでおり、CO₂の吸収力が弱まるとともに、生態系に悪影響が及ぶ。

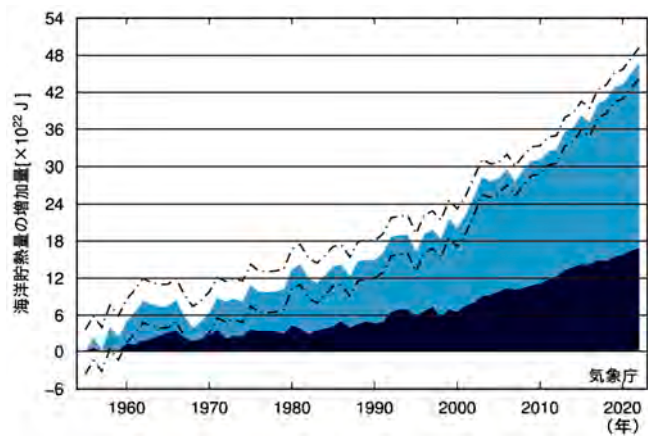
3. 温室効果ガスの排出量

(1) コロナ禍前を上回る世界の排出量

現状においてCO₂がGHGの大半を占めるが、本年3月2日に国際エネルギー機関(IEA)が発表した報告書(「CO₂ Emissions in 2022」)によれば、エネルギー関連のCO₂の世界排出量は2021年にコロナ禍前(2019年)の水準を上回り、2022年はさらに増加し、368億トン(2021年比0.9%増)に達した(図表3)。

2022年は世界的なエネルギー危機の影響で、中国を除くアジア・新興国を中心にガスから石炭への転換が進んだ反面、欧州でのクリーンエネルギー技術の導入拡大により、増加量を抑え込んだ面があるが、それでも、2020

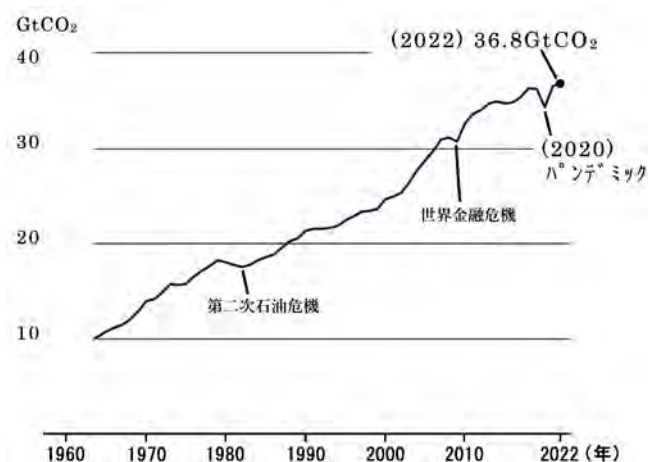
(図表2) 海洋貯熱量の長期変化傾向(全球)



(注) 薄い陰影は海面から深さ700mまで、濃い陰影は深さ700mから2000mまでの貯熱量を示す。

(出典) 気象庁 2023年2月20日

(図表3) エネルギー燃焼および産業プロセスからの世界のCO₂排出量、1960~2022年

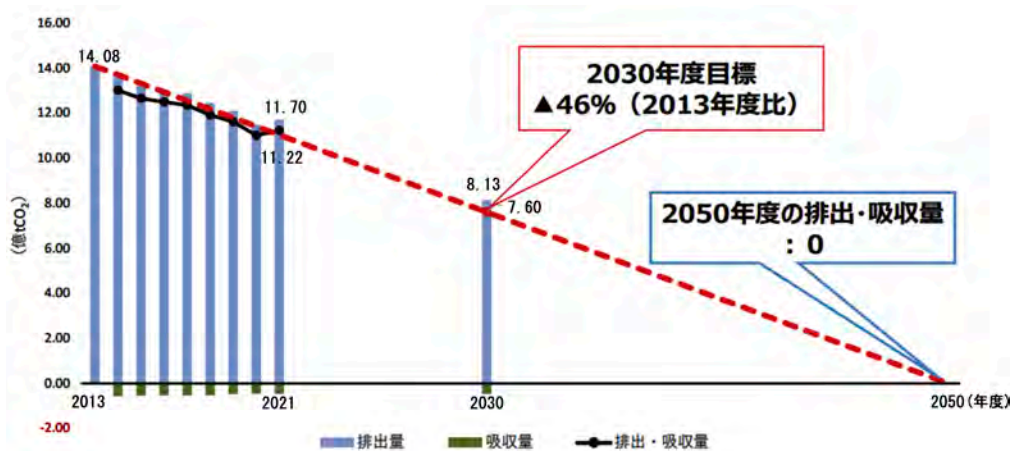


(出典) IEA「CO₂ Emissions in 2022」(2023. 3. 2)より抜粋・加筆

年のパンデミックにおいて近年における記録上最大の減少量を記録したにも拘らず、収束後はそれを上回る量の排出量増加となった。

封鎖が解かれた中国を含めて今後も経済活動の回復は続くことから排出量の増加基調が続くことが想定され、国際的な排出削減目標の達成に向けてより強い行動が求められるとIEAは警告している。

(図表 4) 2030年度目標及び2050年カーボンニュートラルに対する進捗



(出典) 環境省・国立環境研究所「2021年度温室効果ガス排出・吸収量(確報値)概要(2023年04月21日)抜粋

(2) 目標達成が懸念される日本の排出量

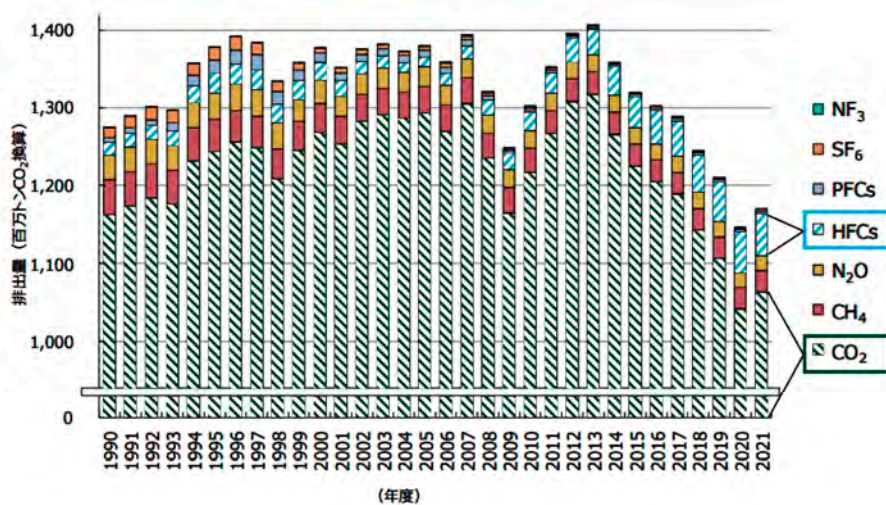
日本においては本年4月21日に2021年度の排出量までが確報値として公表されており(図表4)、CO₂以外を含めたGHG全体の2021年度の排出量は11億7,000万トン(CO₂換算)、吸収量を加味した実質排出量は11億2,200万トンで、コロナ禍からの経済回復により前年度比2.0%(2,150万トン)の増加となったが、2019年度からは3.4%減少となった。

2013年度比でみると2021年度は20.3%(2億8,530万トン)の減少となる。このペースで直線的に削減する場合、2030年は43%減となるが、現在我が国が掲げている削減目標は「2030年度に2013年度比46%減」(図表4の破線の過程を辿る必要)であり、この達成に向けては2021年度の増加基調を直ちに反転させ、継続させられるかがポイントとなる。

後述するようにIPCCはAR6で「1.5℃に気温上昇を抑えるためには、2035年までに世界全体でGHGを2019年比60%の削減が必要」との新たな知見を示しているが、我が国の現在のペースでは2035年に2019年比で約47%程度の削減にとどまることになる。目標設定の見直しと抜本的な施策が求められる。

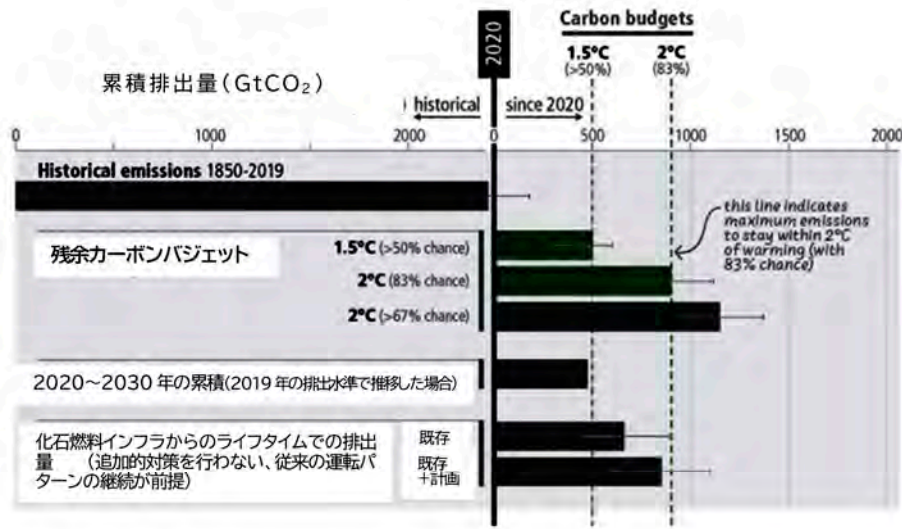
また、排出量のガス別構成をみると、図表

(図表 5) 各温室効果ガス(GHG)の排出量の推移



(出典) 環境省・国立環境研究所「2021年度(令和3年度)の温室効果ガス排出・吸収量(確報値)について」(2023年04月21日)図3

(図表6) カーボンバジェットと排出量



(出典) IPCC AR6 SYR (統合報告書) Longer Report Figure 3.5 a) 等から作成・加筆

5のとおりCO₂は減少傾向にあるが、その他のガス、特にHFCs（ハイドロフルオンカーボン類）の増加率が高い（2013年比66.7%増加）。従来のフロンガスがオゾン層を破壊することからNF₃、SF₆、HFCsなどがその代替として冷媒等に用いられるようになったが、いずれも温室効果が大きく、HFCsの場合は大きいものでCO₂の一万倍以上の温室効果があるとされ、影響が問題視されてきており、他の温室効果の低い冷媒への転換が求められている。しかし他の冷媒は燃焼性があることや、コスト面から容易に転換できない事情が続いている。これ以外にもメタンなど、CO₂以外の温室効果が非常に大きいガスの削減に向けて、技術的な課題が多く存在する。

4. IPCC報告書（AR6）の概要

(1) 残りわずかな炭素予算（カーボンバジェット）

AR6は、温暖化をある水準までに抑制するかは、主に正味ゼロのCO₂排出を達成するまでの累積炭素排出量によって決まると

し、気温上昇を産業革命前から1.5°Cに抑えるために今後残された炭素排出量（残炭カーボンバジェット）について、2020年からの累積排出量は500GtCO₂と記している。

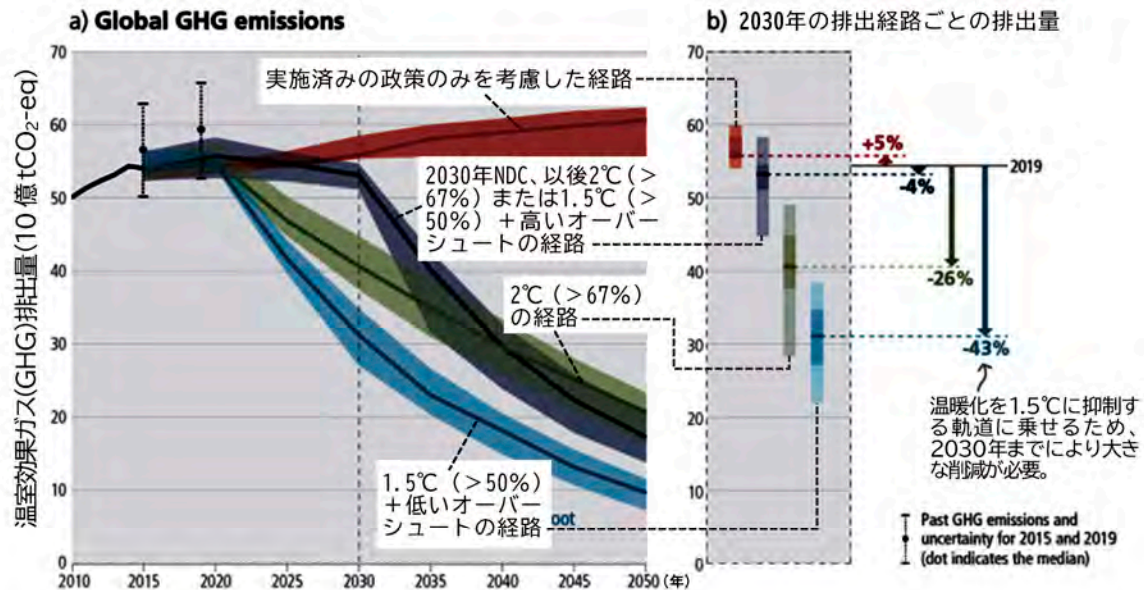
図表6はカーボンバジェットと排出量を示した図であるが、2019年の排出量と同等レベルの排出を2030年まで続けた場合、1.5°Cの温暖化を抑えるためのカーボンバジェットをほぼ使い果たすことになる。

既存の化石燃料インフラを稼働させた場合の排出量については図表6の下部に示しているが、過去と同じ運転パターンで追加的対策を施さずに耐用年数での稼働を続けた場合、1.5°Cのカーボンバジェットを超えると予測され、さらに計画段階のインフラによって排出される量も加えると、高い確信度で2°Cに抑えるためのカーボンバジェットも使い果たす水準に近づくと想定されている。

(2) 温暖化水準と排出経路

AR6では温暖化の水準別に排出量の経路をグラフとして示している（図表7）。

(図表 7) 将来の気温上昇水準に応じた排出経路とNDCとの関係



(出典) IPCC AR6 SYR Longer Report Figure 2.5に加筆

(図表 8) 温暖化を1.5°C又は2°Cに抑える経路における温室効果ガス (GHG) 及びCO₂削減量 (2019年比)

		2019年の排出水準からの削減量 (%)			
		2030	2035	2040	2050
オーバーシュートしない又は限られたオーバーシュートを伴って温暖化を1.5°C(>50%)に抑える	GHG	43 [34-60]	60 [48-77]	69 [58-90]	84 [73-98]
	CO ₂	48 [36-69]	65 [50-96]	80 [61-109]	99 [79-119]
温暖化を2°C(>67%)に抑える	GHG	21 [1-42]	35 [22-55]	46 [34-63]	64 [53-77]
	CO ₂	22 [1-44]	37 [21-59]	51 [36-70]	73 [55-90]

(出典) 環境省「IPCC 第6次評価報告書 (AR6) 統合報告書 (SYR) の概要」(2023年4月) P. 4

1.5°Cに抑えるためには2030年にGHGの排出量を19年比で43%削減する必要があるが、2021年10月までに各国が示したGHG排出削減目標 (=国が決定する貢献 (NDC)) を合計した世界全体のGHG排出量では2030年に4%減少にとどまる。仮に現時点で実施済みの政策のみで推移した場合には2030年には5%増となる (図表 7 b))。

1.5°Cに抑えるためには2050年にCO₂排出をネットゼロとすることが条件となる (図表 8)が、そのためには毎年約1.3Gt (=36.8/28) の削減が必要となり、これはパンデミックによるロックダウンで見られた排出量減

少に匹敵するレベルで、抜本的な対策が求められることを示している。

5. 今後の目標と緩和策

(1) 求められる新たな目標設定

このように、2030年に仮に各国の現在のNDCが達成されても、図表7のように温暖化2°Cの経路をも大きく上回ることになる。

温暖化が進むと気候の極端現象が拡大する。今日実現可能で効果的な適応オプションであっても、温暖化の漸増に伴って制限され効果が減少するため、温暖化が進まない早い段階で、より強力な削減施策を直ちに実行す

る必要があることをAR6は指摘している。この点からも今後10年の取り組みが重要と明示している。

パリ協定²では5年ごとの目標の更新・提出が求められており、次の2035年の削減目標が焦点となっているが、同目標は今年11月に開催予定のCOP28での議論を経て2024年末のCOP29において各国が提出する予定となっている。

AR6では図表8のとおり、1.5℃に抑えるため、2035年にGHGを2019年比60%削減(CO₂は65%削減)、2050年には84%削減(CO₂はほぼ100%削減・カーボンニュートラル)が必要と明示した。

2030年に向けてのNDCも含めてさらなる引き上げとともに、より実効性の高い温暖化対策の策定を各国に求めている。

(2) 我が国の目標・課題

残余カーボンバジェットが500Gtという状況で、これを国別にどのように割り当てれば公平かについては様々な議論があり得る。一つの妥当な方法として人口割が考えられ、それによれば我が国の割り当て分は1.25億人/80.4億人で1.5%の7.5Gtとなる。我が国

は2021年度に約1.1Gtを排出しており、2050年のカーボンゼロの目標に向けて直線的に削減したとしても約15Gtを排出することになり、大幅に超過する。

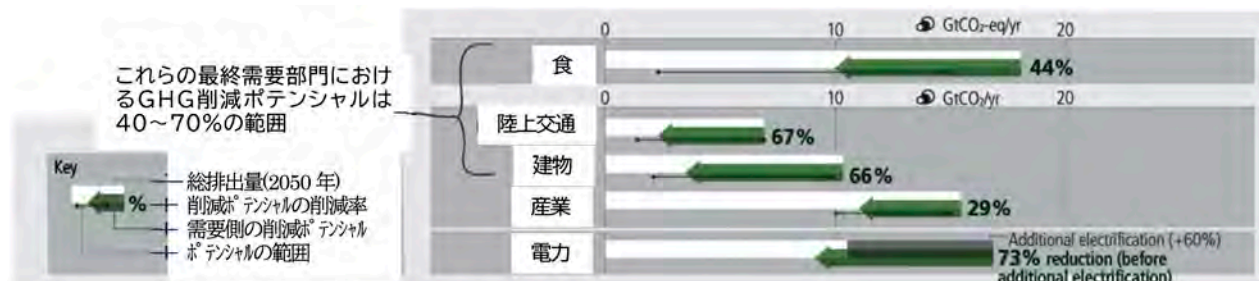
先進国としてのこれまでの排出分を考慮すればさらに削減を求められる可能性もあり、直線的な削減では1.5℃に抑える国際的な責任を到底満たすことができない状況にあることから、より大胆な目標設定と迅速な施策が必要となる。

(3) 緩和策の可能性

このような切迫した状況下で、AR6は「全ての人々にとって住みやすく持続可能な将来を確保するための機会の窓が急速に閉じている。この10年間に行う選択や実施する対策は、現在から数千年先まで影響を持つ。」と記し、急速かつ大幅な削減施策の必要性を示しているが、政策・規制・資金面等の強化により、適応・緩和策の実現は可能としている。

いくつかの緩和オプションは技術的に実行可能になりつつあるとし、特に太陽エネルギー、風力エネルギー、都市システムの電化、都市グリーンインフラ、エネルギー効率、需要側管理、森林および農作物・草地の管理の

(図表9) 2050年までの需要側の緩和オプションのポテンシャル



(出典) IPCC AR6 SYR SPM (統合報告書政策決定者向け要約) Figure SPM. 7 b) より作成

2 パリ協定：国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）（2015年11月30日～12月13日）において採択された協定。長期目標として2℃目標の設定、1.5℃に抑える努力を追求し、主要排出国を含む全ての国が削減目標を5年ごとに提出・更新することなどを協定している。（現在では2℃目標より1.5℃に抑える目標が世界の共通認識として定着している。）

改善、食料の無駄と損失の削減などを挙げている。

特にこれらの費用対効果が高まっているとし、2010年から2019年にかけて、それぞれの単価が太陽光エネルギー：85%、風力エネルギー：55%、リチウムイオン電池：85%と継続的に低下し、地域によって異なるものの、その導入は大幅に増加したとしている（太陽光発電は10倍以上、電気自動車（EV）では100倍を超える導入）。これらのコストを削減・導入を促進した政策手段として、公的研

究開発、実証および試験プロジェクトへの資金提供、導入補助金などの需要喚起手段が一層重要と強調している。

(4) 需要側のポテンシャル

これらの施策の中で、今回のAR6での新しい内容の一つとして「需要側対策」がある。近年、需要側対策に関する知見が多くの文献等により急速に深まっていることに加えて、不確実性が高く、早期実施も不透明である供給側技術（CO₂除去対策等）への依存度を

(図表10) 需要側対策の具体例・2050年までの温室効果ガス（GHG）削減ポテンシャル

需要分野	食	産業	陸上交通	建物
サービス	栄養	製造品	モビリティ	住まい
社会文化的要素	<ul style="list-style-type: none"> バランス健康食事・植物ベース 食品廃棄物削減・フードシェア 過剰摂取回避・ライフスタイル見直し 賞味期限延長 削減ポテンシャル 7.20 G t	<ul style="list-style-type: none"> 長寿命設計製品の使用持続 標準化・モジュール化による寿命延長 低排出製品のラベル付け 削減ポテンシャル 0.77 G t	<ul style="list-style-type: none"> テレワーク・在宅勤務 徒歩・二輪などのアクティブモビリティ 地産・地消文化の定着 削減ポテンシャル 0.35 G t	<ul style="list-style-type: none"> 省エネに関する社会慣行・ライフスタイルの変容 温度設定適正化 不要な家電の電源オフ 削減ポテンシャル 1.55 G t
インフラの利用	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物管理・リサイクルインフラ 高エネルギー食品の市場規制、食のガイドライン・情報提供 廃棄物の飼料活用 温度管理活用による食品ロス削減 削減ポテンシャル 0.76 G t	<ul style="list-style-type: none"> リサイクル・再製造のために確立されたネットワーク（古い自動車の解体時に故障車の修理部品に活用、スクラップ金属としてリサイクルなど） 削減ポテンシャル 0.73 G t	<ul style="list-style-type: none"> 公共交通機関 シェアモビリティ コンパクトシティ ※ インフラ利用による陸上交通のGHG排出削減ポテンシャルは20~50%に及ぶ。 削減ポテンシャル 1.97 G t	<ul style="list-style-type: none"> コンパクトシティ 居住床面積の合理化 緑化等建築デザイン 削減ポテンシャル 1.75 G t
最終需要側技術の導入	(現状は研究ベースで、削減量推計に利用できる文献・情報なし)	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー効率の高い素材へのアクセス 脱物質化・シェアリング 削減ポテンシャル 2.92 G t	<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車 高効率自動車 スマートカー 削減ポテンシャル 2.29 G t	<ul style="list-style-type: none"> 高効率エネルギー技術での新築・改修 再エネシフト 高効率家電制御 削減ポテンシャル 3.50 G t
2050年までのGHG削減量推計 ^(注)	8.0 G t (44%) 削減	4.4 G t (29%) 削減	4.6 G t (67%) 削減	6.8 G t (66%) 削減

(注) () 内の%数値は各分野ごとの需要側対策で削減できるポテンシャルの割合である。

(出典) IPCC AR6 WG3 SPM Figure SPM. 6 および Chapter 5 Supplementary Material II Table 5. S.M. 2 より代表的な具体例を抜粋・作成

下げる趣旨がある。

図表9は、2050年までの需要サイドの緩和オプションのポテンシャルを示したものであるが、「食」・「建物」・「陸上交通」といった最終需要部門の対策と需要側サービスの新しい提供方法によって2050年までにGHG排出量を40～70%削減し得るとしており、実現できれば非常に効果が大きい。

需要側対策を進めるためにはいくつかの要素が必要であり、とりわけ「個人の行動」・「社会文化」の変化が重要となる。図表10にAR6で示している代表的な事例を抜粋した。既に同様の取り組みが一部で実施されているものもあるが、今後取り組みを進めて2050年までに需要側対策が排出量を削減できるポテンシャルとしては、各分野ごとに、「食」部門では44% (8.0 G t)、「建物」部門では66% (6.8 G t) 削減が期待できるとしている。具体的な内容をみると、まさに日常の身近な取り組みとして、「個人の意識」を変えることで進めることができる項目が多い点がポイントと言える。

6. おわりに

今年の5月に開催された主要7か国首脳会議（G7広島サミット）ではIPCC報告を踏まえての気候・エネルギー問題が主要議題となり、4月のG7札幌気候・エネルギー・環境大臣会合では脱炭素化の取り組み方針を含む共同声明が採択された。この声明において日本と他国との間で調整を要した項目の一つが石炭火力へのスタンスである。

アジア等途上国への石炭火力の技術支援を行っている日本の立場として、各国のエネルギー事情を考慮し、共同声明では「各国の事情に応じた多様な道筋を認識しつつ、それらがネットゼロという共通目標に繋がる」という文言や「水素・アンモニアが様々な分野・

産業、さらに「ゼロエミッション火力」に向けた電力部門での脱炭素化に資する」という文言も入っている。

脱炭素化に資する火力発電とはアンモニア混焼石炭火力のことであるが、当該技術が実用化され、本格稼働するのは30年代以降とも言われており、AR6が示す2035年の60%削減目標に間に合わせるのは容易ではない状況にある。

ネットゼロに向けて、大気からCO₂を除去する技術などの開発も取り組みが進められているが、実用化の時期と効果については現時点では全く未知数という現状である。

電力の再エネ化も、コスト的に有効度が高まっていることは前述のとおりであるが、温暖化の進行や直近のエルニーニョによって気候変動が頻繁となり、太陽光や風力の安定的な稼働・供給面での信頼度が十分なものとはなり難い。

そのような状況下で今回のIPCCで取り上げられているのが需要側の対策であり、日常の習慣で対応できる点で直ちに実行できるものが多い。SDGsとの相乗効果も高いというのがAR6での分析であり、しかも削減ポテンシャルが大きいという結論である。

個々の幸福度を高める効果も高いとも分析されており、個人一人ひとりの意識変革が最大の緩和策になり得るという認識を持つことが重要となろう。

(2023年7月3日 記)