

JPN

Climate Action Tracker

日本の1.5°Cベンチマーク
～ 2030年温暖化対策目標改定への示唆～

2021年3月



要旨

本稿は、クライメート・アクション・トラッカー (CAT) 並びにその構成団体であるNewClimate InstituteとClimate Analyticsの分析に基づき、パリ協定の1.5°C目標達成に向けた日本の2030年とそれ以降の経済全体及び部門レベルのベンチマークを提示するものである。これらベンチマークは、今世紀後半に世界が、実証されていない二酸化炭素 (CO₂) 除去技術に過度に依存する必要がないよう設定されている。

日本の温暖化対策をパリ協定の1.5°C目標と整合させるには、国内の温室効果ガス (GHG) 排出を2030年までに2013年比で60%以上削減する必要がある。本稿では、様々な対応策やシナリオを分析した上で、この野心的な目標を達成するための方策を提案している。そのため日本が現在掲げている2030年目標 (国が決定する貢献:NDC) の改定に当たっては、本稿のベンチマークと同等かそれ以上の目標が検討されることを期待したい。

部門レベルでは、すべての部門において2030年までに根本的な変化が引き起こされなければならない。例えば発電部門では、2030年までにCO₂回収・再利用・貯留 (CCUS) の備えのない石炭火力を廃止し、再生可能エネルギー (以下、再エネ) 発電を60%程度かそれ以上にする必要がある。そうすることで現状不透明な原子力やCCUS付火力発電への過度な依存を防ぎ、また2050年再エネ100%達成を視野に入れることもできる。電源構成の低炭素化に加え、エネルギー効率の上昇やインフラ改革によるエネルギーサービス需要の低減、さらには行動変容を促すことで、エネルギー需要を徹底的に削減することも重要である。

更には、エネルギー最終消費部門の電化を進める必要がある。発電量の増加が見込まれるものの、変動性のある再エネを統合するための方法も増えつつある。また再エネ由来のグリーン水素は、電化の困難な産業プロセスや重量物輸送・航空の脱炭素化に向けたカギとなる。この際、水素は再エネによって生産され、他の代替手段が存在しない場合に限り使用される、ということが極めて重要である。

日本のグリーン成長戦略による革新的技術の開発・展開は、脱炭素化への後押しとなり得る。しかし、既に存在する技術 (洋上風力を含む風力、太陽光発電、ZEB/ZEH、EV等) をまずは2030年までに徹底的に展開することが、2050年GHG排出実質ゼロ目標の達成において非常に重要であることを強調したい。

目次

要旨	1
1. はじめに	3
2. パリ協定と整合する日本のGHG排出経路.....	4
3. 部門別の1.5°C目標と整合するベンチマークとNDC改定における主要検討事項.....	5
3.1 発電部門	5
3.2 産業部門	6
3.3 運輸部門	8
3.4 家庭・業務部門.....	9
3.5 最終消費部門におけるエネルギー需要削減の重要性	10
4. まとめ.....	11
付録	12
参考文献	13

1 はじめに

2020年10月に菅義偉首相は、日本が2050年までに温室効果ガス(GHG)排出量の実質ゼロを目指すと言明し、積極的な温暖化対策が経済に大きな恩恵をもたらすと強調した(Prime Minister of Japan and His Cabinet, 2020)。

この宣言は、現行水準から排出量を2050年までに80%削減し、21世紀後半の「できるだけ早期に」実質ゼロを実現するという従来の目標からの大きな前進である(Government of Japan, 2019)。政府は現在、「国が決定する貢献(NDC)」の改定作業を進めている。現在のNDCでは2030年度に2013年度比で26%削減を目標としているが、この新しい2050年GHG排出実質ゼロ目標と整合させるには、2030年目標もより高い削減率へと改定する必要がある(MOEJ, 2020)。

この宣言後の2020年12月には、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が発表された(Government of Japan, 2020)。この戦略全体で重視されているのが、水素・アンモニア燃料等の「カーボンリサイクル」(炭素回収・貯留付きバイオエネルギー(BECCS)を含む)や次世代型太陽光等の革新的技術、並びにこれらがカーボンニュートラル経済で果たす役割である。一方で、2050年GHG排出実質ゼロを達成するために必要な、既存の低炭素技術の中期的な展開戦略(2030~2040年)については、あまり触れられていない。

こうした背景を踏まえ、本稿はパリ協定の長期目標と整合する、日本の2030年とそれ以降の国内経済全体及びセクター別のベンチマーク(GHG排出量、電源構成や各種技術指標等)を提示する。これらベンチマークを通じ、2030年目標をより野心的なものにするための政策決定者の議論を促したい。

なおこのベンチマークは、未だ実証されていないBECCS等の二酸化炭素(CO₂)除去技術や土地利用の吸収源に、世界が今世紀後半に過度に依存せずに1.5°C目標を達成できるよう設定されている。本稿は、クライメート・アクション・トラッカー(CAT)並びにその構成団体であるNewClimate InstituteとClimate Analyticsの分析に基づき、主に日本に焦点を当てた分析結果を提示しているが、比較対象として適切な場合、他先進国の事例等も取り上げる。

2 パリ協定と整合する日本のGHG排出経路

日本の現在のNDCは、気温上昇を1.5°Cに抑制するパリ協定の目標や日本の2050年GHG排出量実質ゼロ目標を達成出来るほど野心的なものではない(Climata Action Tracker, 2020c)。CATは、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の1.5°Cシナリオデータベースに報告されている総合評価モデル(IAM)のシナリオ(Huppmann et al., 2019)に基づき、1.5°Cと整合する国レベルの排出曲線の分析を実施した(Climata Action Tracker, 近日公表)。これらシナリオは世界全体での総費用最小化に基づく、つまり世界で一律のカーボンプライシングが適用された排出経路を示している(方法論については付録A1を参照)。本分析では、気温上昇の一時的な1.5°C超過が0.1°C未満(オーバーシュートなし・限定的)かつBECCSおよび土地利用によるCO₂吸収への依存度が持続可能な範囲内に抑制されているシナリオのみを検討している。なお、これらシナリオにおいては、責任や負担能力などの公平性指標は考慮していない。

分析の結果、日本のGHG総排出量(土地利用、土地利用変化および林業(LULUCF)を除く)は、2030年までに2013年度比で62%、2040年までに82%削減される必要があることがわかった(共に中央値、図1)¹。1.5°C目標を達成するには2020~2030年に世界全体でGHG排出量を半減させる必要があるが、日本の分析結果はこれと概ね一致している。

日本の排出量は2013年以降減少傾向にある一方、1.5°Cと整合した排出経路をたどるには大幅かつ急速な排出削減が必要である。しかし日本の現在のNDCは、パリ協定以前の「2°C未満に抑える」国際目標とも整合していないのが現状である(中央値:2013年度比40%削減)(図1)。

様々な公平性指標を考慮した場合には、2°Cおよび1.5°C目標と整合する2030年の排出許容量は、世界全体での最小費用シナリオに基づく排出経路よりさらに低いものとなる(図1)(Robiou du Pont et al., 2016も参照されたい)²。これはつまり、先に述べた国内のGHG排出削減(2030年までに2013年度比で62%、2040年までに82%削減)以上の削減を行うか、財政支援によって海外(途上国)の排出削減により貢献する必要があることを意味している。

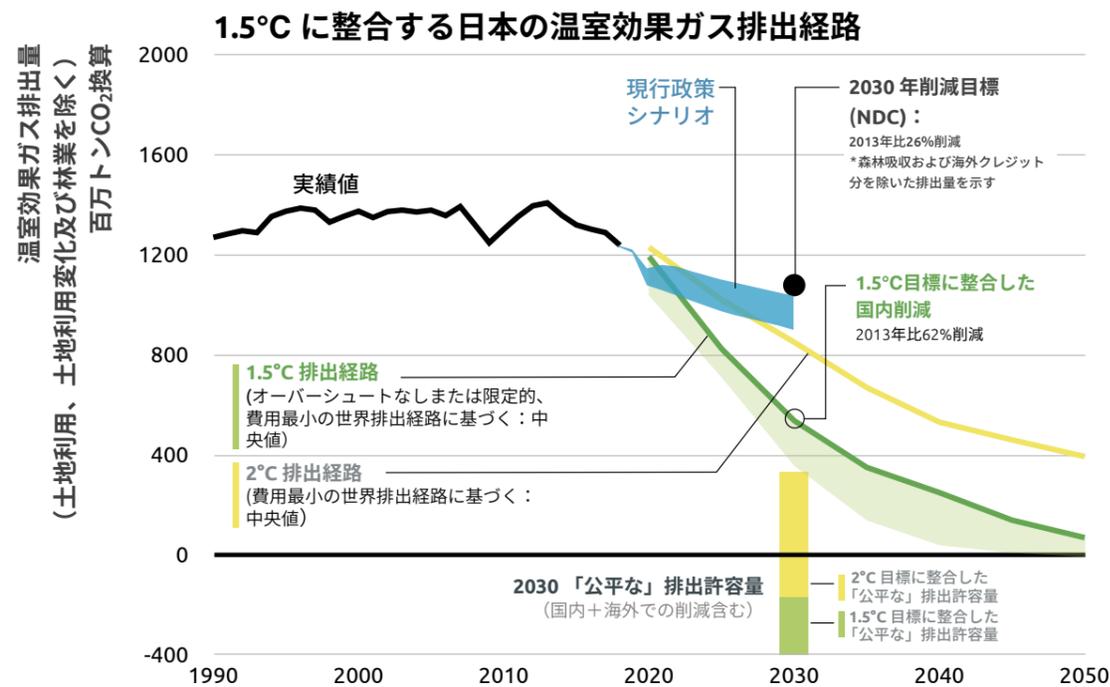


図1: 1.5°C目標に沿った、世界全体での最小費用シナリオと整合する日本のGHG排出経路(土地利用、土地利用変化および林業(LULUCF)を除く)。過去の排出実績値(1990-2018)、現行政策シナリオ下の排出見通し並びに2°C目標と整合した排出経路も示す。

出典: クライメート・アクション・トラッカー(近日公表; 2020c)

1 1990年比58%および80%削減に相当する。
2 2つの公平性指標に基づいた2°C目標に整合する(定型化された)排出経路については、本稿やRobiou du Pont et al. (2016)の試算より多めの排出許容量を示唆した過去の研究もある(Kuramochi et al., 2016)。

3 部門別の1.5°C目標と整合するベンチマークとNDC改定における主要検討事項

3.1 発電部門

発電部門は2018年度に国内CO₂総排出量の40%を占めている(GIO, 2020)。福島原子力発電所の事故後に排出量が過去最大となった2013年度と比べれば13.3%減であるとはいえ、1990年度と比較した場合には30.9%増加している(GIO, 2020)。

日本の現在のNDCにおける2030年エネルギーミックス目標は、2015年の「長期エネルギー需給見通し」に基づき、原子力20~22%、再生可能エネルギー(以下、再エネ)22~24%、火力発電56%となっている(METI, 2015)。この目標値は、2018年の「エネルギー基本計画」並びに2019年の「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」にて再確認されている(METI, 2018a; Government of Japan, 2019)。

2050年に向けた「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」では、脱炭素電源構成として再エネ50~60%、原子力とCO₂回収・再利用・貯留(CCUS)前提の火力発電が30~40%、残りの10%は水素・アンモニア発電が想定されている(Government of Japan, 2020)。

1.5°C目標と整合する2030年と2040年のベンチマーク

1.5°C目標の達成には、日本の発電部門は急速に排出削減する必要がある(表1)。Climate Analyticsの分析によれば、日本が1.5°C目標と整合するには、2030年までに再エネおよび他のゼロ/低炭素エネルギー源(原子力やCCUS付きの火力発電等)が60%以上、2040年には80%を超える必要がある(Climata Analytics, 2021の基礎データに基づく)。なおこれらのベンチマークは、世界全体の再エネ発電のベンチマークとも整合している(Climata Action Tracker, 2020d)³。

対照的に、削減対策なし(=CCUSなし)の石炭火力発電は、2030年までにほぼ全廃される必要がある(Climata Analytics, 2021の基礎データに基づく)。この結果は、過去の関連研究においてもたびたび指摘されていた(Climata Analytics and Renewable Energy Institute, 2018; Climate Action Tracker, 2020d)。更には、削減対策なしの天然ガス火力発電も2050年までに全廃されなければならない。

総発電量に占める再エネおよび他のゼロ/低炭素エネルギー源の割合については、関連した研究として、Oshiro et al. (2018)の日本2050年実質ゼロ排出シナリオ分析がある。ここで報告されている2030年時点の割合は表1で示す幅の下方に位置する⁴。またWWFジャパンの委託で実施された積み上げ型の分析においては、再エネの割合は低く(2030年に約45%)、原子力はほぼなく、CCUS前提の火力発電がゼロとなることが示されている(Research Institute for Systems Technology, 2020)。

2030年における低炭素電源の内訳は、Climate Analytics (2021)及び本稿で分析したシナリオ間で大きく異なる⁵。しかし2030年およびそれ以降の電源構成に原子力とCCUS前提の火力発電が大きく寄与すると想定するのは、現状を踏まえると想定し難い。

日本における原子力発電の未来は、現在の訴訟問題(National network of legal teams for nuclear phase-out, 2020)や様々な技術的問題点(既存並びに新設の発電所が満たすべき安全規制等)(Renewable Energy Institute, 2020の例を参照)、新設には約20年という長いリードタイムが必要であること(Cabinet Secretariat of Japan, 2011)を考えると、極めて不確実性が高い。CCUS前提の火力発電は、日本でまだ商業運転が行われておらず、2020年末現在、発電所レベルの具体的な設置計画もない(Kiko Network, 2019)。世界全体でも商用運転しているのは1基のみである(Global CCS Institute, 2021)⁶。

こうした背景や再エネのコスト競争力が継続的に高まっていることを踏まえると、日本の1.5°C目標達成のためのゼロ/低炭素発電は主に再エネで実現されると想定するのが合理的だろう。これは、再エネが2030年度の総発電量の60%程度かそれ以上を占める必要があることを意味している。その実現によって2050年再エネ100%の達成も視野に入れることができる(Research Institute for Systems Technology, 2020)。

3 3 2030年に55~90%、2040年に75~100%、2050年に98~100%。

4 この研究はAIM/Enduse [Japan]モデルに基づく。本稿では、その分析結果のうち、2030年に排出規制のない2つの2050年実質ゼロCO₂シナリオ(技術の利用可能性に制約がない「1.5deg」並びに2050年までに原子力が段階的に廃止される「1.5deg_NucPO」)を参照した。CO₂地下貯留は、2050年までに約200 MtCO₂/年までの規模拡大が想定されている。

5 Sugiyama et al. (2019)など他のモデル比較研究においてもモデルやシナリオ間で電源構成や電力需要レベルに大きな違いがみられる。

6 世界で唯一商業運転しているカナダのBoundary Dam3号機(SaskPower, 2020)については、様々な技術・経済的問題が指摘されている(Climata Action Tracker, 2020a)。

表 1: 日本の発電部門において2030年、2040年、2050年に世界全体での最小コストシナリオに基づき、1.5°C目標と整合するCO₂排出原単位と、総発電量に占める再エネおよび他のゼロ/低炭素エネルギー源と削減対策なしの石炭火力発電の割合
出典: Climate Analytics (2021), Climate Analytics and Renewable Energy Institute (2018)の基礎データに基づく。

国・地域	年	CO ₂ 排出原単位 gCO ₂ /kWh	再エネ、CCUS付火力発電、原子力が総発電量に占める割合	削減対策なし (CCUSなし) の石炭火力が総発電量に占める割合
日本	2017 (実績値)	520	20%	34%
	2030	90-200 ¹⁾	63-87% ²⁾	<5%
	2040	10-110 ¹⁾	81-99% ²⁾	0%
	2050	<0-40	94-100%	0%

¹⁾ CATによる世界平均のベンチマークは2030年に50-125 gCO₂/kWh、2040年に5-25 gCO₂/kWh と、より低いものとなっている(Climate Action Tracker, 2020d)。

²⁾ CATによる世界平均のベンチマークは、2030年に55~90%、2040年に75~100% である(Climate Action Tracker, 2020d)

この想定では、削減対策なしのガス火力が残りのほぼすべてを供給することを意味するが、このガス火力も2050年を前に全廃されなければならない。ガス火力への依存を最小限に留めるには、エネルギー最終消費部門の電化を同時に進める必要がある。更には電力需要を最大限削減することも重要だ。技術面およびインフラ面での措置を講じ、さらには行動変容も促すことで省エネを推し進めることが極めて重要となるだろう(詳細は3.5節を参照)。

発電部門の脱炭素化には大きな経済効果が期待できる。最新の関連研究結果は、火力発電に依存したベースラインに比べ、脱炭素化が正味の国内雇用を増加させ、また地方により多くの安定した雇用をもたらすことを示唆している (Kuriyama and Abe, 2021)。火力発電所の操業停止に関する早期決定とプランニング並びに影響を受ける労働者への十分なサポートが前提となるが、発電部門の脱炭素化は、地方経済の活性化のみならず労働者人口間の不平等の解消への貢献することが示唆されている(Kuriyama and Abe, 2021)。

3.2 産業部門

産業部門の排出量は、2018年度の日本のエネルギー起源CO₂の39.5%に相当する(電力由来排出量も含める場合)。この排出量は減少傾向にあり、2018年度は2013年度比で14%減、1990年度比で21%減となっている。また本部門においては、CO₂以外のGHGも様々な産業プロセスから相当量が排出されていることに注意が必要である。なお現在のNDCにおいて産業部門は、2030年度のエネルギー起源CO₂を2013年度比で8.7%削減を目標としているが、最新の政府資料によると本目標は既に達成済みである(MOEJ and METI, 2021)。

エネルギー集約型産業においても、例えば日本鉄鋼連盟の最近の発表に見られるように、2050年までにGHG排出量ネットゼロを達成するための動きがみられる(JISF, 2021)。

1.5°C目標と整合する2030年と2040年のベンチマーク

1.5°C目標の達成には、エネルギー集約型産業からの排出量が今後数十年間に大幅削減される必要がある。これは2020年以降に新設される全ての工業施設が低炭素である必要性を意味している(Kuramochi et al., 2018)。産業部門を脱炭素化するには、熱エネルギーや供給原料の(再エネをベースとしたグリーン水素利用による)電化を促し、直接的または間接的に化石燃料を置き換えることが重要である(Climate Action Tracker, 2020d)。

また1.5°C目標を達成するには、世界レベルで2030年までに生産量1トン当たりのCO₂排出量を製鉄では25~30%、セメントは40%削減する必要がある(表 2) (Climate Action Tracker, 2020d)。日本が2050年までに完全な脱炭素化を実現するには、エネルギー需要のさらなる電化に加え、既存産業政策の転換が極めて重要となる(Ju et al., 2021)。

排出原単位を大幅に改善するには、脱炭素エネルギーや原料を用いた生産技術の迅速かつ大規模な展開が必要である(Climate Action Tracker, 2020d)。鉄鋼業界の技術的なオプションとしては、鉄鋼くずのリサイクル向上、グリーン水素を用いた水素製鉄法への転換、木炭やバイオガスの活用などが挙げられる。世界第2位の鉄鉄・粗鋼生産国である日本においてグリーン水素を活用し、排出量を大幅削減することが特に重要である。

セメント業界の技術的なオプションとしては、クリンカ/セメント比の低減、新しいセメント材の展開、CCUSの大規模展開(2050年までに65~80%の設備への普及)、更には熱エネルギーの電化などが挙げられる(Climate Action Tracker, 2020d)。本業界においては、長期的には排出原単位100%削減を目指し、革新的な技術に向けた更なる研究開発努力が望まれる。

また技術革新に加え、サプライチェーンの変革を検討することも重要である。例えば日本の鉄鋼業界は、主にオーストラリアから輸入した鉄鉱石とコークスを使って製鉄している。Gielen et al. (2020)は、オーストラリアの大きな再エネのポテンシャルに目を付け、現地の再エネ由来の水素で直接還元鉄(DRI)を生産し、それを日本が輸入して最終鉄鋼製品を製造することを提案している。このインフラ移転によって、67米ドル/tCO₂という比較的lowコストで日本の鉄鋼業界のCO₂排出量を3分の1程度削減できる可能性がある(Gielen et al, 2020)。

その他の重要な排出削減策として、例えば、家庭・業務部門におけるセメントの代替製品の使用促進や、マテリアル効率の改善等が挙げられる。オーストラリアを含む他先進国の事例研究によれば、産業部門の2050年までの排出量ネットゼロの実現は可能であり(Climate Action Tracker, 2020a)、本稿はそうした研究結果を世界全体のセメント業と鉄鋼業のベンチマークとして設定した(Climate Action Tracker, 2020d)。

表 2: 世界全体の産業部門における1.5°C目標と整合するベンチマーク
出典: Climate Action Tracker (2020d)より作成。

国・地域	年	セメントCO ₂ 排出原単位 (2015年比)	鉄鋼CO ₂ 排出原単位 (2015年比)	最終エネルギー消費に占める電力の割合 (2018年の日本:36% (IEA, 2020a))
世界	2030	40%	25-30%	35%
	2040	N/A	N/A	45-55%
	2050	85-90% (長期的には100%)	95-100%	50-55%

3.3 運輸部門

運輸部門の排出量は、日本の2018年度のエネルギー起源CO₂総排出量の18%を占めている(GIO, 2020)。本部門においては、附属書I国全体が平均年率3%で増加しているのとは対照的に、日本では2001年以降減少傾向が続いている(UNFCCC, 2020)。

現在のNDCによると、日本は、運輸部門の排出量を2030年度までに2013年度比で27%削減することを目指している(Government of Japan, 2015)。これは昨年10月の2050年GHG排出実質ゼロ目標発表以前の目標であるが、具体策として2030年度までに「次世代自動車」⁷の乗用車新車販売に占める割合を50~70%⁷とし(METI, 2018a)、2050年には、日本国内で生産されるすべての乗用車新車の「Tank-to-Wheel」(車単体のCO₂排出量)を2010年度の水準から90%削減するとしていた(METI, 2018c, 2018b)。

2050年GHG排出実質ゼロ目標発表後の新たなターゲットとして、日本は現在、遅くとも2035年までに乗用車新車販売で「電動車」100%の実現を目指している(ただし、この「電動車」にはプラグインではないハイブリッド車(HV)及びプラグインハイブリッド車(PHV)も含まれる)(NHK, 2021)。なお東京都知事はさらに早い期限である2030年という目標を示している(Nikkei Asia, 2020)。

1.5°C目標と整合する2030年と2040年のベンチマーク

1.5°C目標の達成には、ガソリン・ディーゼル車からの転換を急速に進める必要がある。2018年のCAT分析(Kuramochi et al., 2018)によれば、2050年に排出量ゼロを達成するには、世界全体で2035年までに乗用車新車販売からガソリン・ディーゼル車を完全に廃止する必要がある。

より最新の分析(Climate Action Tracker, 2020d)においても、電気自動車(EV)が2030年までに世界全体で軽量自動車(LDV)の新車販売の75~95%を占め、2040年までには100%を占める必要性が示されている(表3)。欧州連合(EU)と米国のベンチマークは、2030年の新車販売の95~100%と、より野心的な数値が設定されている。EUの場合、これは2030年までにLDV車両の半分以上がEVである必要性を意味している(Climate Action Tracker, 2020d)。日本のベンチマークもおそらく同レベルであろうと考えられるが、更なる精査が必要である。

表3: 世界全体の運輸部門(国際航空・海運を除く)における1.5°Cと整合するベンチマーク
出典: Climate Action Tracker (2020d)より作成。

国・地域	年	年間車両販売に占めるEV販売の割合(%)	最終エネルギー消費に占める電力、水素、およびバイオ燃料の割合(%) (日本の2018年実績値: 2.7% (IEA, 2020a)) ¹⁾
世界 (内はEUと国)	2030	75-95% (95-100%)	15% (15-20%)
	2040	100%	40-60% (45-60%)
	2050	100%	70-95% (75-100%)

¹⁾ 2018年の実績値: 2.7% (IEA, 2020a)

EVの急速な普及に加え、今後数十年間で運輸部門全体に占める低炭素燃料の割合を劇的に増加させる必要があり、この実現のカギを握るのは電化であろう(表3)(Climate Action Tracker, 2020d)。この点において留意すべきは、ゼロ/低炭素な技術的選択肢に比較的乏しい貨物輸送業と航空業に2050年に許容される非低炭素燃料消費の全てかそのほとんどを振り分ける必要があるということである(Climate Action Tracker, 2018, 2020d)。

日本が示した新たな100%ゼロエミッション目標は、世界の車市場に変革をもたらす可能性がある。2020年11月時点で17の中央政府や地方政府がガソリン車の段階的な廃止目標を掲げており、これは2019年の世界の乗用車新車販売の13%に相当する(Cui and Wappelhorst, 2020)。日本の自動車製造業が国内のみならず世界においても重要な存在であることに鑑みれば、世界レベルにおけるゼロエミッション車の製造や展開においてリーダーシップを発揮するチャンスである。

⁷ 次世代自動車には、バッテリー電気自動車(BEV)と燃料電池電気自動車(FCEV)のほか、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、「クリーン・ディーゼル」車、天然ガス(CNG)自動車も含まれる。

しかし、ガソリン車の廃止を万能薬と考えるべきではない。EVの展開には更なる政策プッシュが必要であり、またモーダルシフトや輸送需要の全体的な低減も重要である(EUにおける運輸部門の脱炭素化に係る議論については(Emmrich et al., 2020)を参照)。日本において低排出ガス車の購入を更に促進するには、行動変容へのインセンティブ(駐車料金の無料化や道路通行料の免除など)や金銭的インセンティブ(EVの購入補助金や付加価値税の減税)などの政策パッケージを導入する必要がある(Steinbacher, Goes and Jörling, 2018; Emmrich et al., 2020)。

3.4 家庭・業務部門

日本の家庭・業務部門のCO₂排出量は1990年以降増加しており、電力由来排出量も含めた場合、2018年度に日本のエネルギー起源CO₂総排出量の32%を占めている(GIO, 2020)。

現在のNDCによると、本部門における削減目標は他部門に比べて野心的であり、エネルギー起源CO₂排出量(電力由来排出量を含む)を2030年度までに2013年度比で40%削減するとしている。なお2018年度の排出量は2013年度比で19%減だった。日本政府はゼロ・エネルギー・ハウス(ZEH)とゼロ・エネルギー・ビル(ZEB)を推進しており、2030年までに新築住宅・ビル全体でネット・ゼロ・エネルギーの実現を目標に掲げている(METI, 2014)。

1.5°C目標と整合する2030年と2040年のベンチマーク

家庭・業務部門においても、1.5°C目標の達成には急速な脱炭素化が求められており(表4)、遅くとも2040年には既存の建築物の年間改築率が3.5%/年に達する必要がある。さらに新築の建築物は全てネット・ゼロであるべきで、これは全世界共通のベンチマークである(Climate Action Tracker, 2020d)。既存技術の活用で2050年までに本部門の排出量をゼロにすることは可能である一方、再エネまたは電化によるゼロ・カーボン冷暖房設備と建物外皮の性能向上に相当な投資も必要となる。

2018年時点で、日本の新築住宅のうちZEHまたは「ほぼZEH」は13%に限定されており、「エネルギー基本計画」(METI, 2018a)に明記されている2030年までに100%という目標達成にはまだほど遠い。加えてZEBに至っては未だ普及の初期段階にある(Sustainable open Innovation Initiative, 2019b, 2019a)。こうした現状を踏まえると、2030年までに新築の建築物の一次エネルギー消費を実質ゼロにするという政府目標の達成には、より踏み込んだ政策が必要である。

表4: 世界全体の家庭・業務部門における1.5°C目標と整合するベンチマーク
出典: Climate Action Tracker (2020d)より作成。

国・地域	年	排出原単位kgCO ₂ /m ² (2015年比での削減率%)	改築率(%/年)
世界	2030	-	2.5-3.5%
	2040	90% (住宅) 90-95% (業務)	3.5%
	2050	95~100% (住宅) (OECD/先進国では100%) 100% (業務)	-

既存建築物における大幅な排出削減は、そのほとんどが私有財産であるため実現が難しい(Murakami, 2017)。日本においては、既存建築物のほとんどが2050年までに建て替えられる見込みであることを踏まえると、建築基準の強化に加え、建て替えを加速させるための措置を講じることが得策かもしれない(Murakami, 2017)。さらには省エネ家電や照明、持続可能な熱供給システム、スマートなデマンドサイドマネジメントの促進によってエネルギー需要を減らしつつ、オンサイトで再エネによるエネルギー供給を行うことが重要である(Sterl et al., 2017; Carnevale et al., 2019; IEA, 2019; Climate Action Tracker, 2020d)。

2018年時点で、日本の新築住宅のうちZEHまたは「ほぼZEH」は13%に限定されており、「エネルギー基本計画」(METI, 2018a)に明記されている2030年までに100%という目標達成にはまだほど遠い。加えてZEBに至っては未だ普及の初期段階にある(Sustainable open Innovation Initiative, 2019b, 2019a)。こうした現状を踏まえると、2030年までに新築の建築物の一次エネルギー消費を実質ゼロにするという政府目標の達成には、より踏み込んだ政策が必要である。

3.5 最終消費部門におけるエネルギー需要削減の重要性

先に述べた通り、2050年GHG排出実質ゼロを達成するには、全ての部門においての排出削減行動を大幅に強化する必要がある(Sugiyama et al., 2021)。国内では発電部門の脱炭素化、とりわけ電源構成への関心が高いが(Hanawa, 2020)、最終消費部門におけるエネルギー需要の削減や電化の推進も重要である。エネルギー需要の大幅な削減は、排出量の緩和オプションにおける制約(例えば、負の排出技術への依存や気温上昇を1.5°C以内に抑える緩和コスト等)を軽減することができる(Rogelj et al., 2015; Grubler et al., 2018)。

輸入化石燃料に依存し続けてきた日本にとって、長期脱炭素化はエネルギー安全保障にも寄与するだろう(Oshiro, Kainuma and Masui, 2016)。一方、将来のエネルギー需要が大幅に削減されない場合、脱炭素化の過程でエネルギー安全保障が低下する可能性もある。大きな懸念の1つが、特に発電部門で石炭火力発電の割合を劇的に低減させる場合に「つなぎの燃料」として高コストな液化天然ガスの輸入が増加する可能性である(Akimoto et al., 2012)。2011年の福島第一原子力発電所の事故を受け原子力発電所が運転停止となった後、ガス火力が2010年の326 TWhから2014年には438 TWhに増加した。なおそれ以降は減少に転じ2019年には340 TWhであった(IEA, 2020a)。

3.1節(発電部門)に示した2030年の1.5°C目標と整合する発電のベンチマークは、それまでに石炭火力発電を段階的に廃止する場合、ガス火力が引き続き総発電量の40%程度を占める可能性があることを示唆している。ガス火力を例えば年間320-340 TWhに維持する場合、年間総発電量は約800-850 TWhに抑えられる必要がある。推定される総発電量は、Oshiro et al. (2018)で吟味された原の段階的廃止を徐々に行う1.5°Cシナリオと概ね整合しており、2019年の水準から20%の削減となる(IEA, 2020a)⁸。エネルギー最終消費部門の電化を進めながら、このような電力需要の大幅削減を達成するには、抜本的な社会変革の実施が求められる(Oshiro, Masui and Kainuma, 2018)。

4 まとめ

本稿で示したように、日本の中長期の温暖化対策を1.5°C目標と整合させるには、現在のNDCの野心度を大きく高める必要がある。具体的には、経済全体で国内のGHG排出を2030年までに2013年比で60%以上削減する必要があることが示された。上記の排出削減率は、気温上昇を産業革命以前に比べ1.5°Cに抑制するために必要な世界全体での排出削減率とも整合している。そのため日本が現在掲げている2030年目標(国が決定する貢献:NDC)の改定に当たっては、本稿のベンチマークと同等かそれ以上の目標が検討されることを期待したい。

部門レベルの分析では、2030年までにすべての部門において根本的な変化が引き起こされる必要性を示した。例えば発電部門では、2030年までにCCUSの備えのない石炭火力を廃止し、再エネ発電を60%程度かそれ以上に必要がある。そうすることで現状不透明な原子力やCCUS付き火力発電への過度な依存を防ぎ、また2050年再エネ100%の達成を視野に入れることもできる。

電源構成の低炭素化に加え、エネルギー効率の上昇やインフラ改革によるエネルギーサービス需要の低減、さらには行動変容を促すことで、エネルギー需要を徹底的に削減することも重要である。

更には、エネルギー最終消費部門の電化を進める必要がある。発電量の増加が見込まれるものの、変動性のある再エネを統合するための方法も増えつつある。再エネ由来のグリーン水素は、電化の困難な産業プロセスや貨物輸送・航空の脱炭素化に向けたカギとなる。この際、水素は再エネによって生産され、他の代替手段が存在しない場合に限り使用されることが必要不可欠である。

本稿では取り上げていないが、2030年までにCO₂以外のGHGを大幅に削減することも極めて重要である。特に近年排出量が著しく増加しているハイドロフルオロカーボン(HFCs)への対策を強化する必要がある(GIO, 2020)。また農業など、脱炭素化が困難な部門で残存する排出を相殺するため、CO₂除去技術の役割も、2節で議論したように持続可能なレベルに抑制されることが前提であるが、今後重要となる。

日本のグリーン成長戦略による革新的技術の開発・展開は、脱炭素化への後押しとなり得る。しかし、既に存在する技術(洋上風力を含む風力、太陽光発電、ZEB/ZEH、EV等)をまずは2030年までに徹底的に展開することが、2050年GHG排出実質ゼロ目標の達成において非常に重要であることを強調したい。

⁸ 国際エネルギー機関(IEA)の『世界エネルギー展望(WEO)2020』の総発電量予測によれば、公表政策シナリオ(STEPS)では2030年までに2019年の水準から1.3%減、持続可能な開発シナリオ(SDS)でも5.6%減に留まると想定されている(IEA, 2020b)。WWFジャパンの2050年実質ゼロシナリオでは、2030年度の総発電量が約900 TWhと推計され、そのうち400 TWh近くがガス火力発電である(Research Institute for Systems Technology, 2020)。

A1: CATの1.5°C目標と整合する国内排出経路に関する方法論の概要

日本の1.5°C目標と整合するGHG排出経路は、van Vuuren et al. (2007)が開発し、Gidden et al. (2019)により改良された、IPAT方程式(環境影響I=人口(P)×豊かさ(A)×技術(T))をベースとした方法を用い、OECD地域の排出経路を各OECD加盟国に配分したものである。この方法論では、日本の単位GDP当たりのGHG排出量が2100年にはOECD平均に収斂すると想定している。この国毎の配分を各シナリオについて実施し、それらの中央値を「パリ協定の長期目標に整合した排出経路」の上限として示している。

- Akimoto, K. et al. (2012) 'Consistent assessments of pathways toward sustainable development and climate stabilization', *Natural Resources Forum*, 36(4), pp. 231–244. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2012.01460.x>.
- Cabinet Secretariat of Japan (2011) Keikakukara kadoumade no kikan ni tuite [Regarding lead time required for the construction of power plants]. Available at: <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20111125/siry06-1.pdf>.
- Carnevale, P. et al. (2019) Roadmap to 2050: A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century. Available at: <https://roadmap2050.report/static/files/roadmap-to-2050.pdf>.
- Climate Action Tracker (2018) Highway to Paris: Safeguarding the Climate by Decarbonising Freight Transport, CAT Decarbonisation Series. Available at: https://climateactiontracker.org/documents/353/CAT_20180522_DecarbSeries_FreightTransport.pdf (Accessed: 4 July 2018).
- Climate Action Tracker (2020a) Canada | September 2020 Update. Climate Action Tracker (Climate Analytics, NewClimate Institute). Available at: <https://climateactiontracker.org/countries/canada/> (Accessed: 30 September 2020).
- Climate Action Tracker (2020b) CAT Scaling Up Climate Action series. Australia. Climate Action Tracker (Climate Analytics, NewClimate Institute). Available at: https://climateactiontracker.org/documents/806/CAT_2020-11-10_ScalingUp_AUSTRALIA_FullReport.pdf.
- Climate Action Tracker (2020c) Country assessment: Japan. September 2020 Update, Climate Action Tracker. Climate Action Tracker (Climate Analytics, NewClimate Institute). Available at: <https://climateactiontracker.org/countries/japan/2020-09-22/> (Accessed: 16 December 2020).
- Climate Action Tracker (2020d) Paris Agreement Compatible Sectoral Benchmarks: Elaborating the decarbonisation roadmap. Climate Action Tracker (Climate Analytics, NewClimate Institute). Available at: https://climateactiontracker.org/documents/753/CAT_2020-07-10_ParisAgreementBenchmarks_FullReport.pdf.
- Climate Analytics (2021) 1.5°C National Pathway Explorer. Berlin, Germany: Climate Analytics. Available at: <http://1p5ndc-pathways.climateanalytics.org>.
- Climate Analytics and Renewable Energy Institute (2018) Science Based Coal Phase-out Timeline for Japan: Implications for policymakers and investors. Climate Analytics, Renewable Energy Institute.
- Cui, H. and Wappelhorst, S. (2020) 'Growing momentum: Global overview of government targets for phasing out sales of new internal combustion engine vehicles', *The International Council on Clean Transportation*, 11 November. Available at: <https://theicct.org/blog/staff/global-ice-phaseout-nov2020>.
- Emmrich, J. et al. (2020) A radical transformation of mobility in Europe : exploring the decarbonisation of the transport sector by 2040 Explorative scenario & related policy packages.
- Gidden, M. et al. (2019) 'Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century', *Geoscientific Model Development*, 12, pp. 1443–1475. Available at: <https://gmd.copernicus.org/articles/12/1443/2019/>.
- Gielen, D. et al. (2020) 'Renewables-based decarbonization and relocation of iron and steel making: A case study', *Journal of Industrial Ecology*, 24(5), pp. 1113–1125. doi: 10.1111/jiec.12997.
- GIO (2020) The GHG Emissions Data of Japan (1990–2018). Greenhouse Gas Inventory Office of Japan, National Institute of Environmental Studies. Available at: http://www.nies.go.jp/gio/en/aboutghg/jqjm1000000kb5qe-att/L5-7gas_2020-GIOweb_1.0.xlsx (Accessed: 13 August 2020).
- Global CCS Institute (2021) CO₂RE: The CCS Database. Facilities Database. Global CCS Institute. Available at: <https://co2re.co/FacilityData> (Accessed: 21 February 2021).
- Government of Japan (2015) Submission of Japan's Intended Nationally Determined Contribution (INDC). 17 July, 2015. Bonn, Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change. Available at: <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published Documents/>

- Japan/1/20150717_Japan's INDC.pdf.
- Government of Japan (2019) The Long-term Strategy under the Paris Agreement. Available at: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The Long-term Strategy under the Paris Agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The%20Long-term%20Strategy%20under%20the%20Paris%20Agreement.pdf) (Accessed: 23 July 2020).
- Government of Japan (2020) Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality. Tokyo, Japan: Government of Japan. Available at: <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>.
- Grubler, A. et al. (2018) 'A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and sustainable development goals without negative emission technologies', *Nature Energy*, 3, pp. 515–527. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>.
- Hanawa, K. (2020) Japan's Koizumi ups climate ante with goal of 40% renewable power. 16 December, 2020. *Nikkei Asia*. Available at: <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Environment/Climate-Change/Japan-s-Koizumi-ups-climate-ante-with-goal-of-40-renewable-power> (Accessed: 24 February 2021).
- Huppmann, D. et al. (2019) 'IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA.' Laxenburg, Austria: IIASA. doi: 10.5281/zenodo.3363345.
- IEA (2019) Perspectives for the Clean Energy Transition - The Critical Role of Buildings. Paris, France: International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org/reports/the-critical-role-of-buildings>.
- IEA (2020a) World Energy Balances 2020 Edition. Paris, France: International Energy Agency.
- IEA (2020b) World Energy Outlook 2020 . Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020> (Accessed: 16 October 2020).
- IPCC (2018) Global Warming of 1.5°C: Summary for Policymakers. Available at: http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf.
- JISF (2021) Basic policy of the Japanese iron and steel industry in relation to our nation's 2050 carbon neutrality goal. 15 February, 2021. In Japanese. Tokyo, Japan: Japan Iron and Steel Federation. Available at: <https://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/CN2050.pdf> (Accessed: 15 February 2021).
- Ju, Y. et al. (2021) 'Industrial decarbonization under Japan ' s national mitigation scenarios : a multi - model analysis', *Sustainability Science*. Springer Japan. doi: 10.1007/s11625-021-00905-2.
- Kiko Network (2019) CO₂ kaishu, riyo, choryu (CCUS) e no kitai wa ayau [Hopes for CO₂ capture, utilisation and storage (CCUS) is in jeopardy]. Available at: <https://www.kiconet.org/wp/wp-content/uploads/2019/07/press-release-2019-position-paper-CCUS-1.pdf>.
- Kuramochi, T. et al. (2016) 'Comparative assessment of Japan's long-term carbon budget under different effort-sharing principles', *Climate Policy*, 16(8), pp. 1029–1047. doi: 10.1080/14693062.2015.1064344.
- Kuramochi, T. et al. (2018) 'Ten key short-term sectoral benchmarks to limit warming to 1.5°C', *Climate Policy*, 18(3), pp. 287–305. doi: 10.1080/14693062.2017.1397495.
- Kuriyama, A. and Abe, N. (2021) 'Decarbonisation of the power sector to engender a "Just transition" in Japan: Quantifying local employment impacts', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 137(December 2020), p. 110610. doi: 10.1016/j.rser.2020.110610.
- METI (2014) 2014 Basic Energy Plan. Tokyo, Japan: Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry.
- METI (2015) 'Enerugii juyou mitooshi ni tsuite' (Document regarding the energy demand outlook). In Japanese. Tokyo, Japan: Document No.2 of the 7th meeting of the subcommittee on the long-term energy demand and supply outlook, Advisory Committee for Energy and Resources. 22 April. Agency for Natural Resources and Energy (ANRE), Ministry of Economy, Trade and Industry.
- METI (2018a) Japan's Fifth Strategic Energy Plan (provisional translation). Available at: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/5th/pdf/strategic_energy_plan.pdf.
- METI (2018b) Japan Promotes Electrified Vehicle (xEV) Strategy ahead of 2050. Available at: <https://www.meti.go.jp/english/mobile/2018/20180911001en.html> (Accessed: 18 December 2020).
- METI (2018c) 'Jidousha shinjidai senryaku kaigi chuukan seiri [Interim report of the panel on the new era strategy for vehicles]. 20 August'. Tokyo, Japan: Ministry of Economy, Trade and Industry. Available at: http://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jidosha_shinjidai/pdf/20180831_01.pdf.
- MOEJ (2020) Subcommittee on mid- to long-term climate change countermeasures. Ministry of the Environment, Japan. Available at: <http://www.env.go.jp/council/06earth/yoshi06-20.html> (Accessed: 21 January 2021).
- MOEJ and METI (2021) Onshitsu kouka gasu haishutsu no genjou nado [Current status of greenhouse gas emissions]. Material No.3. 3rd MOEJ/METI joint advisory subcommittee meeting on mid- to long-term climate change countermeasures. 26 February, 2021. Tokyo, Japan: Ministry of the Environment, Japan, and Ministry of Economy, Trade and Industry. Available at: <http://www.env.go.jp/council/06earth/y0620-3b/mat03.pdf>.
- Murakami, S. (2017) 'Kenchiku bumon no datsutan-soka [Decarbonisation in the buildings sector]. In Japanese', in IPCC Symposium 2017. Available at: www.rite.or.jp/news/events/pdf/IPCCsympo-sium2017_murakami_ppt.pdf.
- National network of legal teams for nuclear phase-out (2020) Overview of court cases. Last updated 7 July, 2020. Datsu Genpatsu Bengodan Zenkoku Renrakukai (National network of legal teams for nuclear phase-out). Available at: <http://www.datsugenpatsu.org/bengodan/list/> (Accessed: 13 August 2020).
- NHK (2021) Zenbun: Suga shushou shisei hoshin enzetsu [Full text: Prime Minister Suga's policy speech]. In Japanese. 18 January, 2021. Tokyo, Japan: NHK. Available at: <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20210118/k10012820521000.html> (Accessed: 20 March 2021).
- Nikkei Asia (2020) 'Tokyo one-ups rest of Japan with 2030 electric vehicle goal', 8 December. Available at: <https://asia.nikkei.com/Business/Automobiles/Tokyo-one-ups-rest-of-Japan-with-2030-electric-vehicle-goal>.



執筆者



NewClimate Institute

倉持 壮
ヴァイソープト・マリー
Niklas Höhne

鈴木 暢大
(Central European University)



Climate Analytics

Ursula Fuentes Hutfilter
Bill Hare
Matthew Gidden
Marie-Camille Attard
Jonas Hörsch

デザイン・編集

Cindy Baxter
Dilara Arslan
Matt Beer

クライメート・アクション・トラッカーについて



The Climate Action Tracker (CAT) is an independent scientific analysis produced by two research organisations tracking climate action since 2009. We track progress towards the globally agreed aim of holding warming well below 2°C, and pursuing efforts to limit warming to 1.5°C.



Climate Analytics is a non-profit climate science and policy institute based in Berlin, Germany with offices in New York, USA, Lomé, Togo and Perth, Australia, which brings together interdisciplinary expertise in the scientific and policy aspects of climate change. Climate Analytics aims to synthesise and advance scientific knowledge in the area of climate, and by linking scientific and policy analysis provide state-of-the-art solutions to global and national climate change policy challenges.

Contact: Dr. h.c. Bill Hare, +49 160 908 62463



NewClimate Institute is a non-profit institute established in 2014. NewClimate Institute supports research and implementation of action against climate change around the globe, covering the topics international climate negotiations, tracking climate action, climate and development, climate finance and carbon market mechanisms. NewClimate Institute aims at connecting up-to-date research with the real world decision making processes.

Contact: Prof. Dr. Niklas Höhne, +49 173 715 2279