

第 22 号 (発行: 2022 年 1 月)
論説 Editorial

脱炭素化と国際開発協力 Decarbonization and International Development Cooperation

山岡 和純

国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター

東洋大学非常勤講師

YAMAOKA, Kazumi

Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS)

Lecturer, Toyo University

Abstract

This article reframes decarbonization not as a narrowly defined environmental policy, but as a structural transformation shaped by the interaction of global political economy, industrial competition, and the persistent gap between institutional design and on-the-ground implementation. Drawing on developments surrounding COP26, it analyzes shifting power relations between developed and developing countries, alongside the simultaneous reconfiguration of energy security and industrial strategies, and highlights the limitations of conventional carbon-pricing-centered approaches. As an alternative, the paper introduces the concept of Virtual Carbon Emission Reduction (VCER), which evaluates emissions reductions across borders over the full life cycle of goods and services. By integrating trade, investment, and development cooperation, the proposed framework emphasizes market incentives and consumer choice as practical drivers of mutually beneficial decarbonization pathways.

要約

本論説は、脱炭素化を、環境政策にとどまらず国際政治経済の力学、産業競争、制度設計と現場実装の乖離が絡み合う構造転換として捉え、国際開発協力の再設計を論じる。COP26以降に顕在化した先進国と途上国の力関係の変化や、エネルギー安全保障と産業構造転換の同時進行を踏まえ、従来のカーボンプライシング中心の制度主導型アプローチの限界を指摘する。その代替として、貿易・投資・援助を横断し、ライフサイクル全体での排出削減効果を国境横断的に評価する「仮想炭素排出削減量 (VCER)」の概念を提示し、市場競争と消費者選好を梃子に、先進国と途上国が相互利益を得る実装志向の協力モデルを提案している。

【多重連鎖危機〇、多元協働型地政学〇、多元連関型経済網◎】

脱炭素化と国際開発協力

山岡 和純

国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター
東洋大学非常勤講師

イントロダクション

「脱炭素化」は今、国際的に最もホットなワードのひとつであろう。筆者は農業水利や水資源開発利用の専門家でこの分野は門外漢なのだが、SRID ジャーナル編集委員会から原稿執筆依頼があり、不肖ながらお引き受けした。見渡せば確かに「脱炭素化と国際開発協力」は新しいテーマで、頭を整理する良い機会でもある。このテーマに関心の高い読者の皆様からのご批判を受けつつ共に学びを進め、論考を試みたいと思う。

折しも本稿執筆のさ中、10月31日から11月13日まで、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)を批准する全ての国(締約国)が参加する第26回締約国会議(COP26)が、英国北部スコットランド最大の都市グラスゴーで開催された。これは2020年9月に同市で開催予定のものが、COVID-19 パンデミックのため延期され、より正確には、京都議定書の第16回締約国会議、パリ協定の第3回締約国会議等を束ねて開催されたものである。

COP26は連日の深夜にわたる緊迫した交渉を経て、予定の会期を1日延長し、2021年11月13日に成果文書を採択した。温室効果ガス(GHG)排出大国インドや中国の要求で、石炭使用の「段階的な廃止(phase-out)」の文言が「段階的な削減(phase-down)」に表現を弱められるなどの妥協も強いられたが、産業革命前からの気温上昇を1.5℃に抑える努力を追求するとの文言や、GHG排出を今世紀半ばには実質ゼロにするという一節も明記された。2週間の会期中に各国の削減目標の引き上げ表明が相次ぎ、今世紀半ばごろの排出実質ゼロを掲げる国も140を超えたほか、世界の石炭火力発電を40年代までに段階的に廃止する宣言や、新車販売のすべてをCO₂(二酸化炭素)排出実質ゼロの「ゼロエミッション車」に変えていく宣言には、国だけでなく自治体や企業による署名が相次いだ。後ろ向きとみられていた排出量世界第3位のインドも、2070年までのGHG排出実質ゼロを会期中に宣言し、30年には再生可能エネルギーの比率を50%にする目標も打ち出して存在感を示し、交渉の進展に弾みをつけた。

197もの加盟国・地域が地球温暖化対策の意欲的な目標を維持することで一致し、成果文書には各国に5年に1回のペースで求めていた削減目標の見直しを年1回とすることが盛り込まれたほか、過去2回のCOPで先送りされ6年越しの交渉が続いたカーボンクレジット取引市場を創設する枠組みも一部を妥協することで決着がついた。今回の成果は、例年のCOPにない初めての試みとして、本格交渉に入る前に首脳級会合を開

き、各国の対策強化を引き出すという手順が功を奏したとも言える。今回の「グラスゴー気候合意」はパリ協定を前進させ、1.5℃を事実上の新目標に据えることに成功したが、中国、米国、インドなど GHG の主要排出国が今後数十年に渡り約束を守るという前提に依存しており、約束どおりに実行に移せるかが今後の課題となる¹⁾。

脱炭素化（カーボンニュートラル）が市民権を得るまで

「脱炭素社会」「脱炭素経済」など「脱炭素〇〇」といった用語は、国際的にトレンド急上昇中であるが、一過性の流行語とは異なり今世紀半ばを見据える息の長いキーワードになりそうである。「脱炭素化」は英語では Decarbonization と表記されるが、これは本来、化学反応における脱炭、即ち鉄鋼など金属中の炭素含有量の減少を意味している。したがって、英語で「脱炭素社会」は Decarbonized society でも間違いではないが、Carbon-free society あるいは Carbon neutral society と表現する方が当を得ているようだ。

既に、21 世紀初頭には Low-carbon society が概念化されていた。炭素排出量を削減した低炭素社会の実現へ向けた取り組みの必要性が背景にあり、2007 年 2 月に公表された IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第 4 次報告書で、CO₂、CH₄（メタン）、N₂O（亜酸化窒素）などの人為起源の温暖化因子が定量化され、年間 280 億 t（C 換算。CO₂ 換算では約 3.67 倍）の炭素が人為的に排出されていることが示されて、一般化された。同報告書では、人為起源の炭素排出のうち 248 億 t が吸収され、残りの 32(±1)億 t が毎年大気中に蓄積されて地球温暖化を進行させている（1990 年代の平均値）とされた。このうち化石燃料の利用による炭素排出量は 1990 年代平均値で年間 64(±4)億 t、2000-2005 年平均値では 72(±3)億 t に達するとされ、これを半減させる必要性が指摘された²⁾。

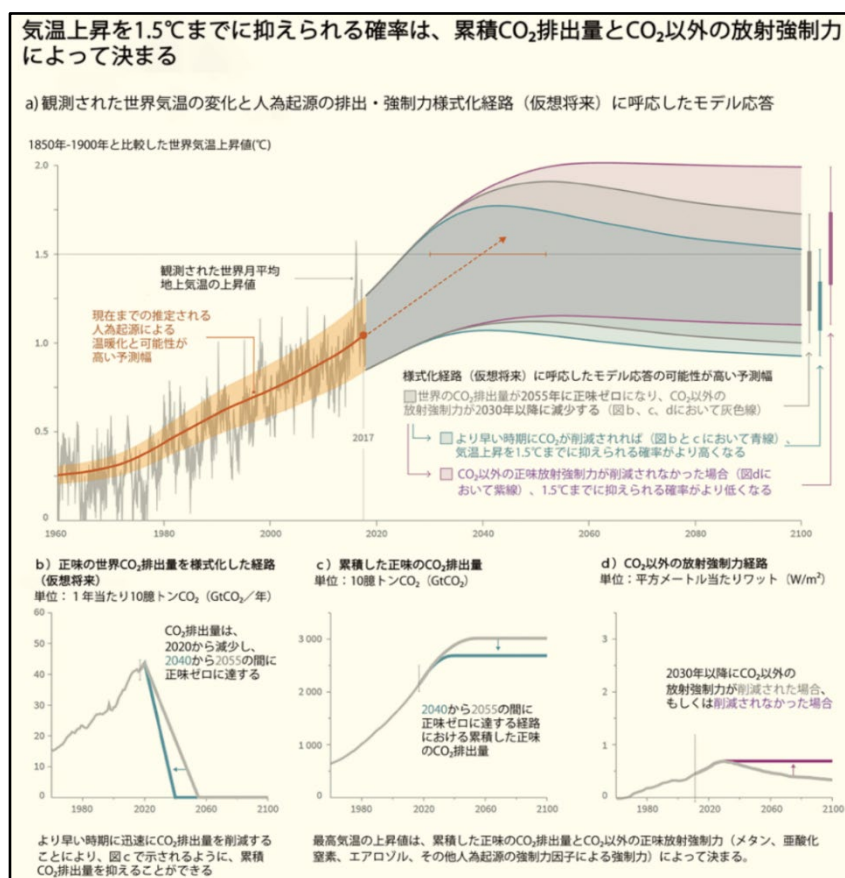
1997 年に定められた京都議定書の後継であるパリ協定は、産業革命以前に比した世界の平均気温上昇を 2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をすること、そのため世界の GHG 排出量を可能な限り早くピークアウトし、21 世紀後半には GHG 排出量と吸収量のバランスをとることを目標に定めた。パリ協定は、2015 年 12 月に締結され、発効要件である途上国を含む 55 カ国以上、かつ、世界の総排出量のうち 55%以上をカバーする国々による批准が達成された 2016 年 11 月に発効し、2017 年 8 月時点では 159 カ国・地域、2019 年 12 月時点では 187 カ国・地域が締結（米国は 2020 年 11 月に正式離脱し 2021 年 1 月に復帰）する協定となった。同協定では、途上国を含む全ての参加国と地域に、2020 年以降の「温室効果ガス削減・抑制目標」の策定を求め、長期的な「低排出発展戦略」の作成、提出努力を規定している³⁾。

¹ Bloomberg（11/14）、朝日新聞（11/13、14）、日本経済新聞（11/13、14）各記事

² <https://ja.wikipedia.org/wiki/低炭素社会>（「Wikipedia」低炭素社会）

³ <https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/ondankashoene/pariskyotei.html>（「経済産業省資源エネルギー庁 HP」今さら聞けない「パリ協定」）

2015 年 12 月に開催されパリ協定を採択した UNFCCC 第 21 回締約国会議(COP21)は、「工業化以前の水準から 1.5℃の気温上昇にかかる影響や関連する地球全体での温室効果ガス排出経路」に関する特別報告書を 2018 年に完成させることを IPCC に対して要請した。これを受けて作成された略称「IPCC1.5℃特別報告書」では、1.5℃上昇を抑えるためには、CO₂ 排出量を 2030 年までに 2010 年比約 45%削減、2050 年前後には正味ゼロに達する必要があると示唆している⁴⁾。また、CH₄、N₂O、ハイドロフルオロカーボン（代替フロン）などの CO₂ 以外の温室効果ガスの排出量は正味ゼロにすることが難しく、これをカバーするためには「DACCS」や「BECCS」などのネガティブエミッション技術を開発して CO₂ 排出を正味ゼロ以下に抑えることも視野に入れる必要があるとも指摘している⁵⁾。



<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/201901/337002.html> (1.5℃特別報告書のポイントと報告内容が示唆するもの、社会環境システム研究センター 地域環境影響評価研究室長 脇岡靖明)
出所：IPCC「1.5℃特別報告書」

⁴ 「IPCC1.5℃特別報告書」ハンドブック：背景と今後の展望（改訂版），（公財）地球環境戦略研究機関（IGES），2019 年 2 月，164p.

⁵ https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/carbon_neutral_01.html（「経済産業省資源エネルギー庁 HP」「カーボンニュートラル」って何ですか？（前編））
DACCS（direct air capture with carbon storage）は大気中にすでに存在する CO₂ を直接回収して貯留する技術、BECCS（bioenergy with carbon dioxide capture and storage）はバイオマス燃料の使用時に排出された CO₂ を回収して地中に貯留する技術。

こうした議論の積み重ねにより、どの程度 Low-carbon な society を目指すべきなのかを端的に表した言葉として、炭素排出量とその吸収量が釣り合った状態、即ち「脱炭素化＝Carbon neutral」という用語が正々堂々と市民権を得るに至ったと筆者は考えている。未来の地球に脱炭素社会が必要なことはもはや議論の余地はなく、それをいつまでに達成すべきなのかということに議論の中心が移ってゆく。

各国に先駆けて英国は 2019 年 6 月に改正した気候変動法の中で、2050 年カーボンニュートラルを規定した。EU は「2050 年までに気候中立（Climate Neutrality）達成」を目指す長期戦略「欧州気候法案」を 2020 年 3 月に提出、そして中国の習近平国家主席は 2020 年 9 月の国連総会で 2060 年までのカーボンニュートラルを発表した。中国にまで先を越された日本は、2050 年までに GHG の排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを菅総理が 2020 年 10 月に国会で宣言した。トランプ大統領の主導でパリ協定から離脱していた米国は、バイデン次期大統領が 2020 年 11 月の大統領選挙戦の中で 2050 年以前の GHG 排出ネットゼロを表明し、主要国が相次いで今世紀半ば頃までのカーボンニュートラルにコミットするという流れとなった。

向上した途上国のプレゼンス

「脱炭素化と国際開発協力」について論考を進めるには、まず、カーボンニュートラルを巡る先進国と途上国の立場の違いを理解する必要がある。再び COP26 での「グラスゴー気候合意⁶⁾（Glasgow Climate Pact）」を紐解いてみよう。

日本政府代表団発表の「国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会合（COP26）結果概要⁷⁾」によれば、交渉の結果、パリ協定 6 条（市場メカニズム）の実施指針、第 13 条（透明性枠組み）の報告様式、NDC 実施の共通の期間（共通時間枠）等の重要議題で合意に至り、パリルールブックが完成したと報告されている⁸⁾。全体決定の文書には、今世紀半ばでの GHG 実質排出ゼロ及びその経過点である 2030 年に向けて野心的な緩和策、適応策を締約国に求める内容が盛り込まれたとのことである。

パリルールブックは、先進国と一部途上国との対立で 6 年間店晒し状態であった。主要な対立点は、GHG 削減量の二重計上防止のルール、京都議定書下の古い CDM（クリー

⁶⁾ Pact は通例「協定」または「条約」と訳されるが、本邦の報道機関の多くが「グラスゴー気候合意」と訳して紹介しており、また、環境省、農林水産省等から 11 月 15 日付で記者発表された日本政府代表団名のプレスリリース「国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会合（COP26）結果概要」には当該文書の名称への言及がない。なお、京都議定書の英語名は Kyoto Protocol、パリ協定は Paris Agreement である。

⁷⁾ <http://www.env.go.jp/press/files/jp/117098.pdf>

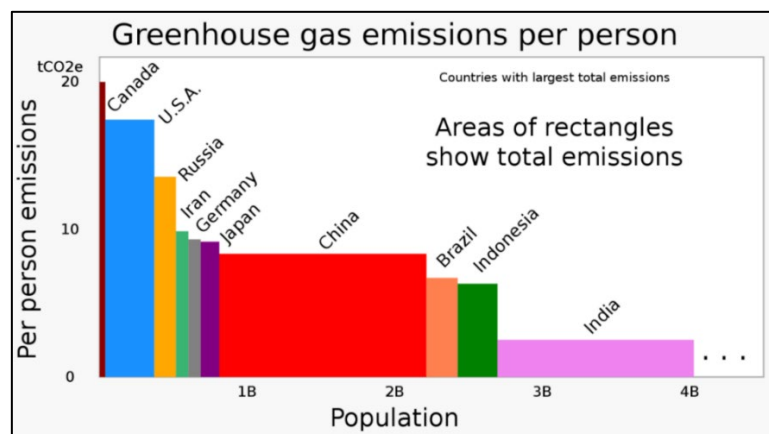
⁸⁾ NDC（Nationally Determined Contribution）は、パリ協定締結国が自主的に決定した基準年、実施期間、対象範囲（分野とガス種）、方法論等を GHG 排出削減と隔離に関する貢献としてまとめたもの。パリルールブックは、NDC の記載に関するルール、報告・審査方法（透明性枠組み）に関するルール等を規定した実施指針。

ン開発メカニズム) 活動/クレジットの一部のパリ協定への移管などであったが、議長国英国の強いリーダーシップもあり今回ようやく決着となった。途上国が望む先進国からの支援の拡大については、先進国による長期気候資金の 2020 年までの年間 1000 億ドル拠出目標が未達成である現状に鑑み、2025 年の気候資金に関する情報が公表される 2027 年まで本議題を継続すること、先進国全体で 2025 年までに途上国への適応支援を 2019 年の水準から倍増することを求める旨の文言が盛り込まれた。グラスゴー気候合意により、先進国と途上国の間に積み残されていた鋭い対立案件は、ほぼ解決を見た。次回 COP27 は 2022 年 11 月 7 日から 18 日の日程で、エジプトでの開催が合意された。

振り返れば 1997 年の京都議定書の締結時には、「先進国の結果責任に基づいて自主的に二酸化炭素排出量を減らす努力義務を途上国に負わせるのは身勝手」との意見が途上国には根強く、GHG の削減義務を負う国・地域（附属書 I 国＝先進国及び市場経済移行国）に途上国は含まれていない。気候変動問題では当時、先進国と途上国が全面的に対立していた。同議定書に署名後も批准しない国が多く、日本の批准は 2002 年 5 月、発効は採択から 8 年後の 2005 年であった。その 10 年後の 2015 年に、途上国を含む全ての参加国と地域に GHG 削減・抑制目標の策定を求めるパリ協定が採択され、翌年 9 月にこれを米中が同時に批准するサプライズもあり、採択の僅か 1 年後に発効したことは画期的と言えた。先進国と途上国の対立の構図は、10 年間で大きく変わってきた。そして、今回の COP26 に先立ち、中国の習近平国家主席が昨年 9 月の国連総会で 2060 年までのカーボンニュートラルを発表し、COP26 の会期中にはインドが 2070 年までの GHG 排出実質ゼロを宣言するなど、気候変動問題に関して途上国がイニシアティブを発揮した。COP26 議長国の英国が強い意欲で臨んだ石炭使用の段階的な廃止に抵抗する印・中の後ろに隠れ、文言が「段階的な削減」に緩められ胸を撫で下ろしている日本の影はこれまでになく薄く、NGO から「化石賞」に選ばれて話題を集めたのは皮肉であった。

もはや先進国の一員というべき中国

世界の GHG の排出量を国単位で見ると、人口を横軸、一人当たり排出量を縦軸にして描いた右図は、たいへん示唆に富んでいる。右図は GHG 排出量（長方形の面積）の上位 10 カ国を抽出したものである。排出量世界 1 位の中国の面積の大きさは嫌でも目に付き、次いで米国とインドが縦横正反対の長方形

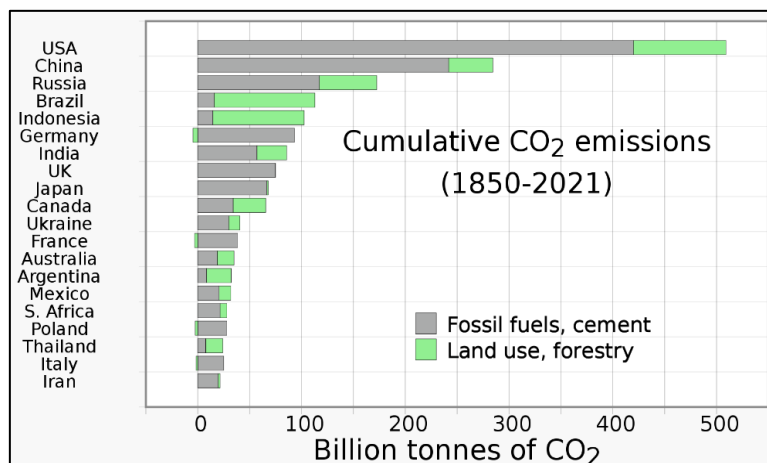


https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas_emissions

"Historical GHG Emissions / Global Historical Emissions". ClimateWatchData.org. Climate Watch. 2021. Archived from the original on 21 May 2021.

で目を引く。ここで読者は、中国の一人当たり排出量がドイツや日本のそれと同レベルであることに気づくはずだ。ここには描かれていないが EU28 カ国（人口は米国と同レベルで約 3 億人弱、中国の約 1/5）の平均もほぼ同レベルなのである。これを見れば、中国はもはや「先進国の結果責任に基づいて自主的に二酸化炭素排出量を減らす努力義務を途上国に負わせるのは身勝手」などと言える立場ではない。それはこの図に示された他の途上国でも同様であり、インドの一人当たり排出量は際だって低い、イラン、ブラジル、インドネシアのそれは、EU 諸国や日本と同レベルなのである。

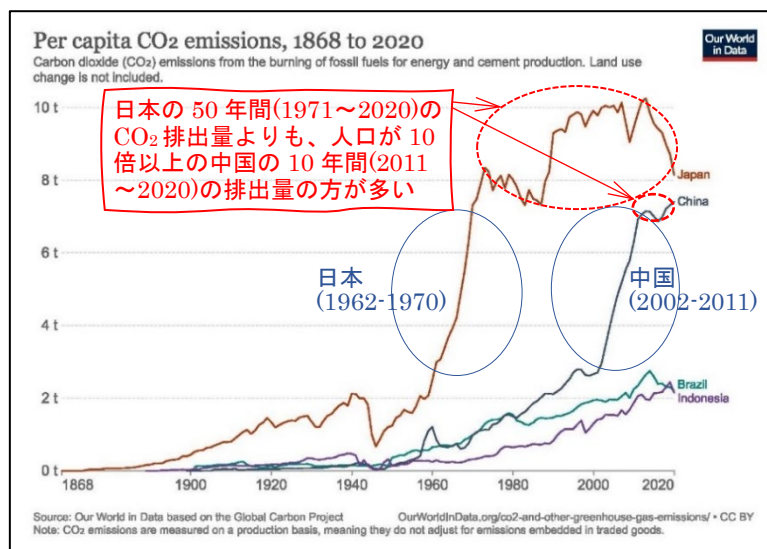
また右図は、産業革命の時代である 1850 年から現在までの CO₂ 累積排出量を国別に示したものである。中国は堂々の 2 位であり、4 位にブラジル、5 位にインドネシアが続く。インドも 7 位で、これらの国は英国、日本、カナダなどよりも CO₂ 累積排出量が多い（但し、化石燃料からの排出に加え、土地利用、森林伐採も含む）。



https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas_emissions

Evans, Simon (5 October 2021). "Analysis: Which countries are historically responsible for climate change? / Historical responsibility for climate change is at the heart of debates over climate justice". CarbonBrief.org. Carbon Brief. Archived from the original on 26 October 2021. Source: Carbon Brief analysis of figures from the Global Carbon Project, CDIAC, Our World in Data, Carbon Monitor, Houghton and Nassikas (2017) and Hansis et al (2015).

中国の一人当たり CO₂ 排出量は、20 年前の今世紀初頭は 3t にも満たなかったが、2002 年以降に急増し 10 年後の 2011 年には 7t に達した。それは丁度日本が 1962 年から 1970 年にかけて歩んだ道そのものである。日本はその後 8-10t で推移し、2020 年時点で中国は約 7.4t、日本は約 8.2t である。中国の人口は日本の 10 倍以上あるわけだから、この 10 年間だけを見れば中国は日本のほぼ 10 倍の CO₂ を排出している。その結果が上記の CO₂ 累積排出量グラフであり、今後中国は日本の 10 倍の速度でこれを積みあげていくことになる。



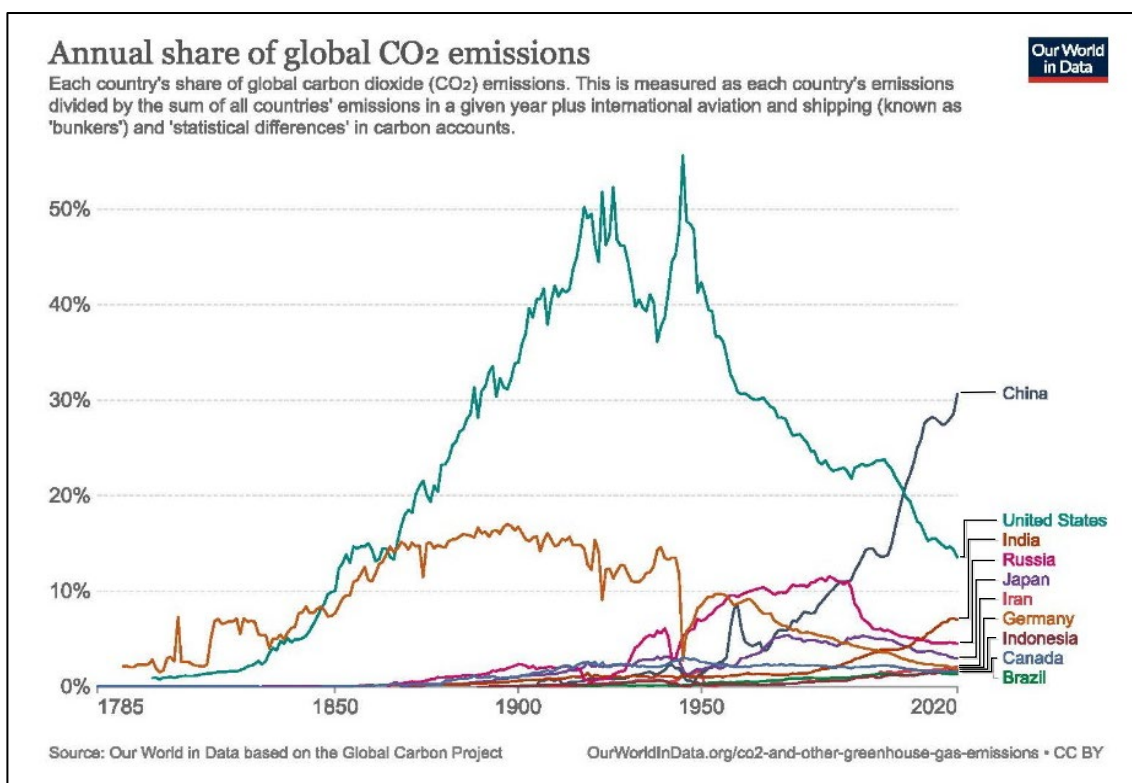
<https://ourworldindata.org/co2/country/china>

Our World in Data based on the Global Carbon Project

<https://doi.org/10.18160/gcp-2021>

中国は今、飛躍的な経済成長と引き換えに大気、河川、土壌などの深刻な環境汚染という副作用に苦しみ、その原因である重厚長大産業への依存度の高さと効率の低い石炭火力発電からの脱却と、付加価値の高い産業への転換が急務である。CO₂排出に限れば中国はれっきとした先進国の一員であり、OECD 諸国と同等の責任を負うべき立場にある。しかも国内の環境と産業構造を急速に転換しなければ、地球の未来よりも先に自分たちの未来が危ういのである。国際社会で米国と並ぶ大国としてのプレゼンスを示したいという下心があったにせよ、2016 年 9 月のパリ協定の批准や 2020 年 9 月の国連総会での脱炭素化プレッジは驚くに当たらず、やむにやまれぬ必然的な行動であったと言えよう。

下図に見る通り、世界の CO₂ 総排出量に占める割合は、19 世紀後半以来米国が凌駕してきたが、2006 年に中国がトップに躍り出て 2020 年には 30.7%を占め、2 位米国の 13.5%の 2 倍以上となっている。もし、頭の中の中国のイメージが 15 年以上前の姿のままアップデートできていない可能性があるなら、これを機会に速やかに認識を更新すべきである。下図で 2020 年のインドは 7.0%、イランは 2.1%、インドネシアは 1.7%、ブラジルは 1.3%で合わせて約 12%を占めている。一方、G7 諸国から米国を除いた加・英・仏・独・伊・日 6 カ国の合計は 9.0%である。国内の環境汚染への対応と産業構造の転換の必要性は、インド、イラン等の途上国でもやがて中国と同じプライオリティを持つ政策課題となるであろう。



<https://ourworldindata.org/co2/country/china>

Our World in Data based on the Global Carbon Project

P.5 の一人当たり GHG 排出量グラフに描いた 10 カ国を抽出（19 世紀以前はここにはない英国のシェアが大きかった）

脱石炭を巡る先進国と途上国の駆け引き

1999年にドイツで行われた COP5 以来、世界 130 カ国の 1500 以上の団体からなる世界最大の気候変動 NGO ネットワーク Climate Action Network (CAN: 気候行動ネットワーク) は、気候変動交渉・対策に消極的な国に対し COP のセレモニーの一環として「化石賞」を授与している。この不名誉な賞を COP26 で日本が受賞したが、その理由は日本が 2050 年に向けて 2030 年以降も石炭火力発電を使い続ける意思を示したことによる。COP26 冒頭の「ワールド・リーダーズ・サミット」という折角の機会に、CO₂ を排出しないアンモニアで石炭の一部を代替し既存の火力発電をゼロエミッション発電に転換するとの、技術的な裏付けが未熟な主張を展開し、自国優先で火力発電に固執する本音を吐露して世界を失望させた⁹⁾。10月に閣議決定されたエネルギー基本計画でも、2030年度の時点で発電量の19%を石炭火力で賄う見通しを示している。日本は、続く11月4日に英独仏や欧州連合(EU)など46カ国・地域が署名した「GHGの排出対策を取っていない石炭火力発電の廃止(主要国は2030年代に、他の国は40年代)を盛り込んだ声明」に米・中・印・豪と共に署名せず、インドネシア、ベトナムなどへのODAで石炭火力発電プロジェクトを推進している。中国やインドは発電量の7割前後を石炭火力発電が占めるが、インドネシアやベトナムも5割程度を占めており、これらの国が中・印の状況に近づいていくことを日本は国民の税金を使いODAで支援している。

前項で述べたように、中・印は国内の環境汚染問題への対応と産業構造の転換の必要性を痛感しており、地球環境への貢献云々以前の国内問題としてこれらを大胆に進めたい本音がある。しかしこれを自力で進めるのは大きな痛みを伴うため、「気候変動対応」の大義名分を渡りに船と都合よく利用して先進国から可能な限り協力と支援を引き出し、「脱石炭」の取り組みを加速させようと大きく舵を切ったのではないか。声明に署名しなかったのは、今後先進国から協力と支援を継続的に引き出すために安易に手を挙げなかっただけで、最も効果的なタイミングを伺っているように筆者には見える。上記の石炭火力発電廃止の声明には、世界の石炭火力発電量上位20カ国のうち、インドネシア(7位)とベトナム(9位)を含み、韓国(5位)、ポーランド(13位)、ウクライナ(19位)が署名している¹⁰⁾。石炭火力発電廃止の世界の流れは止められないところまで来ており、インドネシアやベトナムが本音で石炭火力発電のODAの推進を望んでいるのか、日本政府やJICA、JBICは予断なく確認する必要がある。高レベルの経済成長を目指すインドネシアやベトナムにとっては、目先の多少安価な電力の増強よりも、大胆で抜本的な産業構造の転換の方が将来へ向けてより魅力的で優先順位が高いのではないか。日本の産業界の都合を優先させることを彼らに忖度させてはならないだろう。

⁹ https://japan.kantei.go.jp/100_kishida/statement/202111/_00002.html (首相官邸 HP 2021年11月2日「COP26 世界首脳会議 岸田文雄首相の声明」)

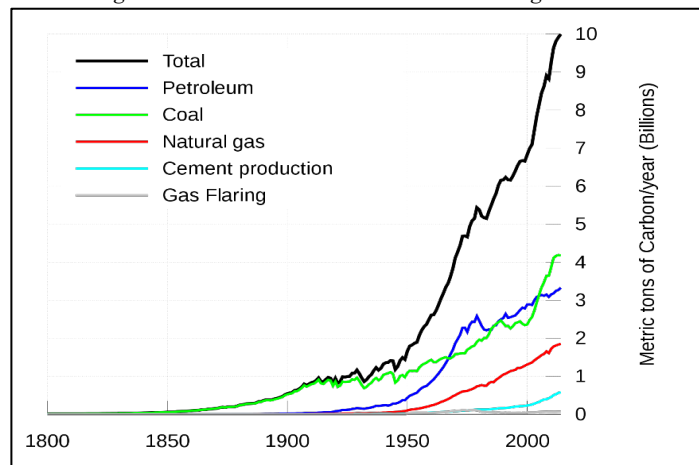
¹⁰ <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/11/979db1017f8e7435.html> (JETRO 2021年11月05日ビジネス短信「COP26で190の国・企業が石炭火力からの脱却に関する共同声明発表」)

脱石炭火力とゼロエミッション車

日本自身も国内の脱石炭に手をこまねいている時間的な余裕はない。即断即決、可能な限り早い行動が必要なことを示そう。「グラスゴー気候合意」の表現は、当初英国が目論んでいた「石炭の段階的廃止を加速させることを求める」から日々後退し、最終的には「削減対策のない石炭火力発電の段階的な削減に向けた努力を加速させることを求める」となった。全ての国が受け入れられる文言としてやむを得ない妥協であろう。しかし、これで問題を先送りできたと考えるのは甘すぎる。世界全体で化石燃料の利用により排出される CO₂ の量は、この 100 年間でほぼ 10 倍に膨れ上がった。20 世紀初頭には化石燃料のうち石炭からの CO₂

排出量がほぼ 100% を占めていたが、現在でも 40% 強を占めている（右図）。しかも、石炭火力発電は液化天然ガス（LNG）の 2.1 倍、原油の 1.1 倍の CO₂ を排出するとされている。このため英国は COP26 開幕前から「脱石炭」を最重要課題に掲げ、先進国は 30 年、途上国は 40 年までの石炭火力発電廃止を求めてきた。石炭火力発電廃止の声明には、46 カ国以外にも 31 の組織が声明に署名を済ませ、金融機関や企業などを加えると 190 の国・組織が賛同した¹⁰⁾。

Modern global CO₂ emissions from the burning of fossil fuels



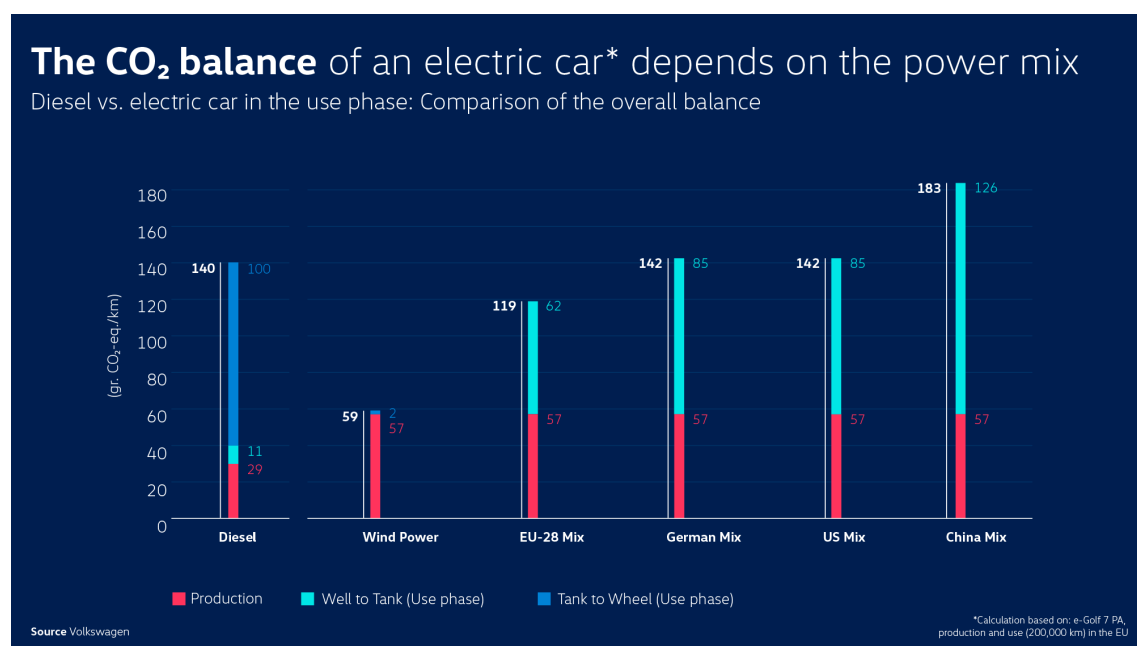
https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas_emissions#cite_note-79
<http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/CSV-FILES/> and Global_Carbon_Emission_by_Type_to_Y2004.png Original Data citation: "Marland, G., T.A. Boden, and R. J. Andres. 2007. Global, Regional, and National CO₂ Emissions. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, United States Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A." Global annual fossil fuel carbon dioxide emissions through year 2007, in million metric tons of carbon, as reported by the Carbon Dioxide Information Analysis Center (<http://cdiac.esd.ornl.gov/home.html>).

もうひとつ COP26 では、販売さ

れる全ての新車を主要市場で 2035 年までに、世界全体では 2040 年までに電気自動車（EV）などのゼロエミッション車とすることを目指す共同声明を 11 月 10 日に発表した。英国やスウェーデン、カナダ、チリ、オランダなど 28 カ国と、ドイツのメルセデス・ベンツ、米国のゼネラルモーターズ（GM）、フォードなどの自動車メーカー 11 社などが同声明に署名した¹¹⁾。国は手堅く約束し、より慎重に動くものであるが、企業にはライバル他社との競争がある。ビジネスの世界ではライバル他社に出遅れることは死活問題だから、国が動くのを待つよりも先に動き始めて機先を制することが重要だ。そうした競争原理による動機を見越した「有志連合」にリードさせる手法の導入は、時宜を得ている。意外なことにこの 2 つの宣言、石炭火力発電廃止とゼロエミッション車は、全く別々の事案に見えて実は深い関係がある。

¹¹ <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/11/05ffaf2d7bcbd10d.html>（JETRO 2021 年 11 月 12 日ビジネス短信「COP26 で新車販売のゼロエミッション化に関する共同声明を発表」）

1 台の車から排出される CO₂ の計量は、車両の原材料の調達時から始まり、製造過程、運転走行時から最後に廃車となり次の車両製造の原材料としてリサイクルされるまで、トータルで考えねばならない。走行時だけのカーボンニュートラルではゼロエミッション車とは言えない。フォルクスワーゲン社によれば、EV 車の製造過程で CO₂ 排出量が最も高いのはバッテリーで、製造過程全体の 43.3% を占め、鉄材の 18.4%、アルミニウムの 5.7%、エンジン（モーター）の 4.8% などを凌駕している。それ故、車体製造時の CO₂ 排出量はガソリン／ディーゼル車と比較して EV 車の方が高くなる。具体的には下図に示すように、20 万 km 走行した際の平均値として、車体製造時の CO₂ 排出量はディーゼル車（Golf）が 29g/km であるのに対して、EV 車（e-Golf）は約 2 倍の 57g/km である。これに走行中の CO₂ 排出量を加えると前者が 140 g/km であるのに対して、後者はどのような発電方式の電源を使用するかで差が生じるが、風力発電の場合の 59 g/km から火力発電主体（China Mix）の場合の 183 g/km まで幅がある。まだ火力発電の割合が大きいドイツや米国の電力ではディーゼル車を上回ってしまい、EU 圏内の電力の平均である EU-28 Mix でやっと辛うじて 119 g/km とディーゼル車を下回ることができる¹²⁾。



クリーンな電力を使えば CO₂ 排出量が減るというのは、走行時だけでなく車体製造過程の CO₂ 排出量でも同様だ。現行のディーゼル車の 2 倍の排出量を効果的に削減するには、部品工場や組み立て工場に自然エネルギーのクリーンな電力を導入して製造するほか、サプライチェーン部分での原材料の調達の際でも、同様にクリーンな電力をチャージした EV トラックで輸送するなどして、CO₂ 排出量を削減していくことができる。

もし、火力発電主体の電力しか調達できなかったら、上記の China Mix の場合のように、

¹² <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/co2-neutral-id3-just-like-that-5523> (Volkswagen HP “CO₂ neutral ID.3: just like that”)

その他の部分でいくら努力しても CO₂ 排出量の削減は追いつかなくなる。建設業や製造業にとって重要な素材である鉄鋼ひとつとっても、石炭高炉で製造した製品とクリーンエネルギーを電源とする電炉で製造した製品のどちらがより好まれるか、消費者の選好と他社との競争を考えれば、将来は「価格と品質」だけでなく「脱炭素化度」が選択の基準に加わり、比重を増してくるのではないだろうか。今後は経済のグローバル化が益々進展し、途上国もそれぞれ自国の得意の分野でしっかりと輸出産業を育てていく必要がある。その産業が国際競争に晒されたときに、石炭火力発電による電力が製造業の足を引っ張ることも十分に予想される。世界的な脱炭素化の流れの中では、近い将来、石炭火力発電施設の資産価値は不良債権化、座礁資産化するリスクが高いとも言える。恐らく中国はそのことにも気づき、大胆な方向転換を模索し始めたのだろう。

VCER の概念で作る先進国と途上国の新たな関係

ここで、筆者の専門である農業水利や水資源開発利用の分野で培った経験からアイデアを一つ提案したい。それは、国境を越えたライフサイクル全体での CO₂ 排出量の削減概念のひとつで、この概念自体は新しいものではない。しかし、従来の制度議論では CO₂ 排出削減を消費者や企業が意欲的に取り組む姿が見えない。そこで筆者は、専門分野のヴァーチャル・ウォーター（VW：仮想水）という、20 年ほど前に提案され活用されてきた概念を CO₂ 排出に当てはめて、新たにヴァーチャル・カーボンエミッションリダクション（VCER：仮想炭素排出削減量）¹³⁾という概念を考えてみた。もちろんこの議論は Green House Gas 分野でも先行概念が考えられてきた¹⁴⁾。自国の産業の脱炭素化を技術開発と設備投資だけで進めていくのは、資金力のない途上国には特に荷が重い。これを克服するための仕組みとして、これまでは二国間クレジット制度（排出量取引制度）が主に議論され、現実的に推進されつつある。しかしこれは、排出量削減の義務化などのネガティブインセンティブを伴う制度であるため、企業等が先を争って削減に勤しむ姿はイメージできず、早晚限界に達するであろう。そこで、企業等が先を争い競争する市場の機能に活路を見出し、先進国も途上国も、その国の社会経済条件の特性から脱炭素化を低コストで進められる産業分野ではこれを推進しつつ、そうでない産業分野では当該分野で脱炭素化が進んだ国からの輸入を増やすことで事実上の脱炭素化を進めるという、シンプルな考え方を併用して上記の限界を打破する一案である。

1998 年にロンドン大学のアラン教授が提唱した VW（仮想水）の概念では、水利用が逼迫している国で、ある物財の輸入により、水利用のシフトが起きて逼迫度が緩和された

¹³⁾ ここで論じる VW（仮想水）の概念では、その輸入量そのものよりも、輸入による利水転用（可能）量の議論がより意味があり、その観点からは VW は仮想節水量ともいえる。これと同様の考えから、仮想炭素排出量（VCE）ではなく、仮想炭素排出削減量（VCER）と称して、その輸入量の議論を行うこととする。

¹⁴⁾ Virtual Greenhouse Gas and Water Footprints Reduction: Emissions, Effluents and Water Flows Embodied in International Trade, CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS, VOL. 56, 2017 など

とすると、その物財の輸入は仮想水を輸入したのと同等のものと考える。1tの小麦の生産に1,000tの水が必要なとき、この1tの小麦のいわゆるウォーターフットプリントは1,000tである。しかし、世界のどこでも1,000tの水で1tの小麦を生産できるわけではない。1tの小麦の生産に2,000tの水が必要な国（この国では水利用が逼迫しているとす）に、1,000tの水で生産した1tの小麦を外国から輸入した時、VWは1,000tではなく2,000tとなる。それは、輸入によりこの国で生産していた1tの小麦の生産が不要となり、2,000tの水が他の用途に利用できるようになるから、新たに2,000tの水を仮想的に輸入したのと同等であると言えるからである。

水分野の専門家でもVWを単純に生産物のフットプリントと混同している節が時々見られるが、上記のようにVWは輸出される生産物の（輸出国での）フットプリントではなく、輸入国で代替される生産物の（輸入国での）フットプリントである点に大きな特徴がある。したがって、もし輸入国で、そもそも小麦を全く生産していない場合や、生み出された余剰水の用途先が全くない場合には、VWはゼロということになる。あるいはその国の食生活が変化していて、1tの小麦の輸入によって1tのコメの生産が不要となる場合は、その国で1tのコメの生産に必要であったウォーターフットプリントがVWとなる。これについて詳しくは、拙著「ヴァーチャル・ウォーターの議論の発展性に関する考察¹⁵⁾」を参照されたい。

仮想炭素排出削減量（VCER）は、このアラン教授のVW概念から発想を得たものである。従来は例えば、生産地（輸出国）におけるカーボンフットプリント（「生産ベース」排出量）という概念と、これにサプライチェーンを通じた排出量（輸送、保管、廃棄等に伴う排出量）を加えた消費地（輸入国）におけるカーボンフットプリント（「消費ベース」排出量）という概念で議論していた。中国、インドやロシアでは、CO₂排出規制が緩い状況下での生産物を輸出し、より厳しい状況下での生産物を米国やEU等から輸入するので、「消費ベース」排出量が「生産ベース」排出量より低くなり、米国やEUは逆に高くなるといった議論である。これに対してVCERは、「生産地（輸出国）＋サプライチェーンのカーボンフットプリント」（輸入品の陸揚げ時点までのカーボンフットプリント）と、「消費地（輸入国）で生産する同一物財のカーボンフットプリント」を比較し、前者が後者より小さければその差分だけのCO₂排出量が削減されたと仮想する概念である。消費地で生産される物財は、輸入品と同一の物財でもよいし、輸入により代替される物財でも良い。（例えば、スマホの輸入で代替されるカメラ＋携帯電話）

さて、「価格と品質と脱炭素化度」が商取引の判断基準となる社会では、先ほどのフォルクスワーゲンの事例で明らかなように、原料調達・製造・使用・廃棄リサイクルまで、その物財・サービスのライフサイクル全般にわたるCO₂排出量が重要となる。これを仮

¹⁵⁾ 丹治肇・山岡和純，2004年，ヴァーチャル・ウォーターの議論の発展性に関する考察，農業土木学会誌，第72巻4号：33-36

にカーボンエミッション・フットプリント（CEFP）と称して考えてみると、完全なゼロエミッションやカーボンニュートラルとなるのはどの分野でもまだ 20～30 年も先の話であるから、それまでは過渡期として脱炭素化への貢献度の大小を CEFP の低さで競う時代が続く。それを正攻法で追求しようとするれば、膨大かつ継続的な技術開発と設備投資が必要で、明らかに途上国には不利な競争条件である。それを是正するために先進国から途上国に投資する排出量取引制度を導入するのであるが、投資の規模に見合う排出量削減効果を生み出せるマッチングの組み合わせは限定的だ。しかし途上国にも CEFP で比較的競争力の高い既存の分野がある。すぐに思いつくものとして、肥料投入や機械設備によるエネルギー投入が少ない低投入型の農業を筆頭に、化石燃料由来の素材ではない素朴な植物性素材を多用し人手をかけて生産するアパレル産業、軽工業など、技術開発と設備投資にコストをかけるまでもなく、同じ物財を生産する先進国より CEFP が低い既存分野があるのではないか。これらは先進国での生産物より多少品質が劣るかもしれないが、現在でもオーガニック農産物やフェアトレードなどでは、「価格と品質」の物差しに新たな別の価値観を加えて貿易が成り立っている。先進国も途上国も、自国で生産するよりも他国で生産する方が低い CEFP の物財があれば、その物財の輸入を積極的に増やして自国での生産を抑制していくことで、結果的に CO₂ 排出量をより削減できる、というシンプルな考え方だ。

先進国は重厚長大産業や、自動車、家電、OA 機器などの分野で技術開発と設備投資にカネをかけ、CEFP を削減していけばよい。一方、途上国には同じことを求めるのではなく、先進国は自国より CEFP が低い分野の物財を途上国から積極的に輸入して、CEFP が高い先進国自身のその分野を縮小していくのである。先進国と途上国がお互いに、自国の CEFP の削減を考慮したヴァーチャル・カーボンエミッションリダクション（VCER：仮想炭素排出削減量）の輸入に努めるという構図である。勿論、排出量取引制度を導入し CEFP が低い物財を途上国で生産して、それを積極的に輸入するという一種の開発輸入も大いにありだ。輸入の拡大により先進国の当該分野の生産は縮小していく。いや、むしろ積極的に縮小させる補助金、就業支援等の産業転換政策を合わせて展開するのだ。VCER のモニタリング方法としては、例えば国内生産品と輸入品の単位重量当たり CEFP の差を示し、これに輸入量を乗じて関税分類毎に毎年公表するのも良いだろう。途上国で生産する物財の CEFP をより下げていくには、途上国の電力や動力にクリーンエネルギーを導入することが効果的である。多くの途上国で適用可能な、低緯度の立地で有利な太陽光発電や多雨地域で有利な水力発電を ODA で積極的に開発し、生産現場だけでなく人の移動にも建物の冷房にもカーボンニュートラルを積極的に導入していく。物財の輸送、とくに途上国から先進国への輸送手段に対しても、自然エネルギーを動力源とする輸送船を開発するなど徹底的に脱炭素化を図ることで、途上国で生産された物財が先進国に陸揚げされた時点で先進国の物財より CEFP が遥かに低ければ、当該先進国は当該物財の生産から撤退することで、当該物財の自国での生産に係る技術開発と設備投資を行うことなく、その分野での CO₂ 排出量を大幅に削減できる。

これこそが先進国と途上国が Win-Win の関係で推進する脱炭素化国際協力である。本稿のテーマ「脱炭素化と国際開発協力」の議論を今後さらに深め、関係各方面での更なる議論を喚起していく素材のひとつとして、筆者からはこのような国際開発協力の在り方を提案するとともに、これを今世紀後半へ向けた日本社会のパラダイムシフトの好機と捉えたい。キーワードは、「脱大量生産大量消費」と「洗練されたリテラシーの高い消費者層の主流化」である。

2050 年を見据えた日本の未来戦略

国際開発協力の分野では、これまでのところ主流とされている二国間クレジット制度（排出量取引制度）の推進に加えて、ヴァーチャル・カーボンエミッションリダクション（VCER）の概念に基づく貿易を最大限利用した脱炭素化推進手段と、その効果を最大化するクリーンエネルギー発電による電力供給のシステム整備を、カーボンニュートラル推進関連 ODA の 2 本柱としていく。となれば、これを実現するための必要条件として、価格と品質と脱炭素化度が商取引の判断基準となる社会を先取りすること、それを日本の未来戦略とすべきである。まずは、かかる判断基準で公正に競争できる国内市場をひとつひとつ整備していくことであり、透明性の高い情報リソースと情報へのアクセスシステムを構築し、大量生産大量消費による利便性への卒業を誓った、洗練されたリテラシーの高い消費者層を育てて主流化することである。

EU の消費者や産業界も洗練されているが、COVID-19 に右往左往したこの 2 年間を振り返ると、日本の消費者行動や政府に対する産業界の協力姿勢は一段と優れたものであったと筆者は評価している。感染がこれだけ下火になってもほぼ 100% マスク着用、産業界も感染防止対策を継続している。社会で必要なことだとの理解が進めば、ある意味でのソフトな同調圧力も絡めて、横並びで徹底する国民性がある。政府がやる気と知恵さえ出せば、一步進んだ国内市場や消費者層の創出はそれほど難しいことではないだろう。それと同時並行か後追いする形で、かかる戦略の必然性とメリットを途上国にも粘り強く浸透させ、日本の開発協力にこれらの経験とノウハウをビルトインして、日本政府・企業と途上国政府・企業による「有志連合」を形成し、国際社会をリードしていく。ただし、押しつけはいけない。LLDC を含めた全ての途上国で行うのは無理があるので、そうではなく、この路線で意気投合できるパートナーを途上国の国々や企業から探すのだ。100% 自然エネルギー電源の電力を供給するクリーンエネルギーモデルビジネスパーク開発、生産量に対する肥料投入比やエネルギー投入比を極小化したカーボンニュートラルモデル農牧林整備など、日本が得意とするモデル事業を立案・実施し、展示効果を念頭に置いて、周りの途上国に波及させていけばよいのではないか。

フォルクスワーゲン社は今回の「カーボンニュートラル車」の宣言に署名していないが、先ほどのようなデータを 3 年近く前の 2019 年 1 月に既に公表している。データを公表することで、カーボンニュートラルリテラシーが高い消費者層への訴求、あるいは妥協

しない本気の取り組みを目指す自社の社員や関係者の士気高揚という、先を見据えた戦略を進めているようにも見える。そして、脱炭素化の取り組みを強化したモデル工場を立ち上げ、自社のEV車にチャージする充電スタンドにはクリーンエネルギー電力を導入し、バッテリーをはじめ様々なパーツのリサイクルによるサプライチェーンの脱炭素化を最大化するなど、カーボンニュートラル車の実現へ向けた検討と試行錯誤を着々と進めている。今回の共同宣言への署名を見送ったのは、多くの経験から問題点を熟知しているだけに、技術的な確信が持てない今の時点では時期尚早と考えたのかもしれない。あるいはこれだけ取り組みを先行させ知見を蓄積しているので、焦る必要はないとの判断もあるだろう。今回は他社に花を持たせておいて、カーボンニュートラル車を一般化する流れの本格化を見届けようという姿勢なのかもしれない。日本の自動車メーカー各社が、フォルクスワーゲン社と同様の立ち位置で今回の署名を見送ったのであれば良いのだが、ただ手をこまねいて様子見を決め込んだのだとしたら、あるいは単に問題の先送りを期待しての行動であったとしたら、とても残念でならない。

現段階で世界の議論はカーボンプライシングが主力で、ただしそれを炭素税として制度化するのか、あるいは排出量制限と排出権取引（いわゆる Cap and Trade）にするのか、意見は分かれている。しかし、カーボンプライシング制度等のネガティブインセンティブだけでは企業からの抵抗等により限界があり、対症療法に留まるであろう。企業マインドの革命を起こし、自主的な脱炭素化を競い合う市場を作る大手術が必要ではないか。炭素税などの課税措置が企業に脱炭素化のインセンティブを与える可能性は、所詮税率の差の範囲内である。税率が極めて高く、脱炭素化に後ろ向きだと税負担額が相当に重くなり、経営に影響が出るほどであるなら機能するかもしれないが、そうでなければ企業にとっては、著しく不利を被らない程度にお付き合いはするものの、真剣に向き合う意欲が湧くものではないだろう。これらの制度は、行政から世間への掛け声として、脱炭素の取り組みを美德とするアナウンス効果は期待できると思うが、低税率に留まるならば、せいぜい無いよりはあった方が良い程度のものだと筆者は考える。排出量制限と排出権取引も同様で、一般的に企業は制限が強まることに抵抗し、緩いままの制限の範囲内での排出量取引でお茶を濁すだろう。為政者がコントロールする税制など諸制度には必ず例外規定や抜け穴が付き纏うのも問題だ。電力会社等の企業は大口の献金で政治に働きかけ、期限猶予や緩和措置の規定を盛り込ませようとするだろう。CO₂排出量の30%削減、半減程度が目標の時代ならば、これらの使い古されたシステムで対応する発想でも間に合ったかもしれない。しかし今や、目標年次はだいぶ先ではあるが、CO₂排出量実質ゼロを目標に掲げる時代であり、対症療法ではなく大手術が必要なのだ。

企業が自主的に先を争って脱炭素化に取り組むように仕向けるには、炭素税のようなネガティブインセンティブの導入だけに頼るよりも、脱炭素化が売り上げを伸ばすという事実を企業に認識させ、競争を促す取り組みを推進すべきである。そのために政府がとるべき行動としては、補助金や課税で誘導するという古典的な手法ではなく、パラダイムシフトした市場環境の整備にコストをかけるべきだ。かかる市場で「価格と品質と脱

炭素化度」で価値判断をする、脱大量生産大量消費の意識とカーボンニュートラルリテラシーが高い消費者層が主流化することで、市場の選好性をテコにして企業マインドに革命を起こす。消費財を提供する最も川下の企業から革命が始まり、その影響は徐々にサプライチェーンを上流に遡っていき、素材やエネルギーを提供する最も川上の企業に及ぶ。マインド革命に乗り遅れた企業は時間をかけて淘汰されていく。その方が長期的に見てより効果的であり、行政コストの観点からも効率的なのではないだろうか。

繰り返しになるが、筆者は本論説を通じて読者の皆様に一つの議論の素材を提供したいと考えている。筆者の提案はまだまだ荒っぽいもので、実現に当たって議論すべき余地が多分にあるものと心得ている。どのような制度設計が有効で効果的なのか、現存のカーボンプライシング諸制度に留まることなく、これから様々な分野から画期的アイデアが出され検討されなければ、今世紀半ばまでのカーボンニュートラルは大幅な達成不可能に終わるであろう。この分野の専門家を自認する皆さんも、これまでの議論の積上げの実績はさておいて、全く新しい発想にも拒否反応を示さず、チャレンジして欲しいと思う。それが、門外漢でもある筆者が本論説の執筆を引き受けたことの意義であり、これを奇貨として関係各方面での更なる議論が喚起されるならば望外の喜びである。

今回の COP26 の議長国を務めた英国の 2020 年の発電に占める再生可能エネルギーの割合は 43%と、天然ガスの 36%を上回っている。中でも、24%を占める風力発電では、20 年末時点で洋上風力発電所が 40 カ所あり、計 2,291 基の風車が回っているそうだ。発電能力は 2015 年の 2 倍に増えて 10.4 ギガワットと世界首位を誇る。政府はさらに建設を加速させる方針で、昨年 10 月には 30 年までの洋上風力の発電能力の目標を、30 ギガワットから 40 ギガワットに引き上げた¹⁶⁾。英国が何故莫大な巨費を投じてまでこの路線を信じて邁進しているのか。彼らの真の狙いがどこにあるのか。それが単なる地球環境への貢献という美辞麗句の世界に留まっていないことは、読者の皆さんはすでにお見通しに違いない。いつまでも EU 諸国や英米の後塵を拝する日本の姿は、次の世代には見せたくないものである¹⁷⁾。

¹⁶⁾ 朝日新聞（11/16）記事「大風力時代こぎ出す英」

¹⁷⁾ 本稿の文責は全て山岡和純個人に帰属し、国際開発研究者協会（SRID）、（国研）国際農林水産業研究センター（JIRCAS）及び東洋大学は、本稿の内容に如何なる責任も負わないものとします。なお、本稿に対するご意見、ご質問、ご批判等は、ご遠慮なく山岡和純（kaz59@fmail.plala.or.jp）までお寄せください。