

序論：ネットゼロに向けた世界の中での日本

Editorial: Japan in the world aiming at net zero

増井 利彦*・高橋 潔・亀山 康子

Toshihiko MASUI*, Kiyoshi TAKAHASHI and Yasuko KAMEYAMA

国立研究開発法人 国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies

摘 要

気候変動影響を最小限に抑えるための努力が進展しつつある。2015年に採択されたパリ協定で、長期的な気温上昇幅を2℃、さらに、1.5℃以内に抑える目標が明記された後、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）から1.5℃に関する特別報告書が2018年に公表され、2℃ではなく1.5℃をまずは目指すべきという認識が世界中で共有された。そのためには、世界の二酸化炭素排出量を2050年までにネットゼロ（カーボンニュートラル、脱炭素、実質ゼロとほぼ同義）まで減らさなくてはならない。この目標を踏まえ、多くの国がネットゼロを長期目標として掲げるようになった。本特集号では、このような状況の中で、日本が2050年までにネットゼロに至るための技術的課題や、政策パッケージ、そして、社会経済的な状況まで、多彩な学問分野での議論を包括する。単に排出量削減の問題としてではなく、社会変革としての提起を目的とする。

キーワード：気候変動，社会変革，ネットゼロ，パリ協定，モデル分析

Key words：climate change, social transition, net zero, Paris Agreement, model analysis

1. はじめに

気候変動影響を最小限に抑えるための努力が進展しつつある。気候変動枠組条約第2条には「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする。そのような水準は、生態系が気候変動に自然に適応し、食糧の生産が脅かされず、かつ、経済開発が持続可能な態様で進行することができるような期間内に達成されるべきである」と規定されているものの、条約が採択された1992年時点では、これが具体的にどれほどの水準であるのかについて合意できない状況だった。その後、科学的知見が集積され、また、気候変動が一部原因とされる異常気象等が増大するにつれ、同水準に関する議論が深まってきた。2015年に採択されたパリ協定では、長期的な気温上昇幅を2℃より十分低い水準、そして更に1.5℃以内に抑える努力をするという目標が明記された。

その後、2018年には、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)から1.5℃に関する特別報告書(IPCC 2018)が公表され、2℃と1.5℃を比較すると、1.5℃に抑えた時の方が、気候変動影響の程度がより軽微

で済むことが示され、まずは1.5℃を目指すべきという認識が世界中で広まった。気温上昇幅を1.5℃以内に抑えるためには、世界の二酸化炭素排出量の総量が2050年までにネットゼロに達しなければならないと言われる。「ネットゼロ」とは、カーボンニュートラル、脱炭素、あるいは実質ゼロ、とほぼ同義で用いられており、排出した分はすべて何らかの方法で吸収するという意味である(本稿では以下、ネットゼロで統一する)。この目標を踏まえ、2019年のイギリスを筆頭に、多くの国が長期目標としてネットゼロを掲げるようになった。

日本では、2020年10月、菅義偉内閣総理大臣(当時)が日本として2050年までに温室効果ガス排出量をネットゼロまで減らす目標を掲げた。また、翌2021年には、この長期目標と整合性を保つために、2030年目標を見直し、2013年比で46%削減、更に50%削減の高みを目指す、という目標を掲げ直した。その後、この目標を目指して、各種政策が検討・導入されつつある。

数パーセントの排出削減ならともかく、究極的にネットゼロを達成することは、決して簡単なことではない。技術的な課題やコストの観点からの問題も残されているが、このような技術や経済の課題を国

* 〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2, E-mail: masui@nies.go.jp

として乗り越えるためには、人々の賛同が不可欠である。人々が賛同するためには、ネットゼロに向かうことが、社会全体にとって望ましいことであるという認識が共有される必要がある。

本特集号は、この問題意識に立ち、日本としてネットゼロに至るための条件を様々な角度から検討する。日本では温室効果ガスの9割程度がエネルギー起源であることから、エネルギー関連の技術革新が重要であることは当然だが、そのような社会を実現するために必要な諸条件を、社会経済的な側面から議論する。

2. ネットゼロを達成した時の世界観

ネットゼロ達成が成功するような社会とは、いかなる社会だろうか。日本を対象とした検討を始める前に、日本を取り巻く世界の状況に目を向けてみよう。

まず、緩和策の観点からである。2021年秋にイギリスのグラスゴーで開催された国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)では、各国が2050年あるいはそれ以降の時期までにネットゼロを達成する目標を掲げた。また、それに合わせて2030年目標が再提出された。図1は、2022年に公表されたIPCC第3作業部会の第6次評価報告書にて公表されている図である(Figure SPM.5(e), IPCC 2022)。左端には、2019年時点での世界の温室効果ガスが排出部門ごとに提示されており、その右に、2050年の排出量が比較されている。2050年のものについては、複数のシナリオで計算されており、1種類にま

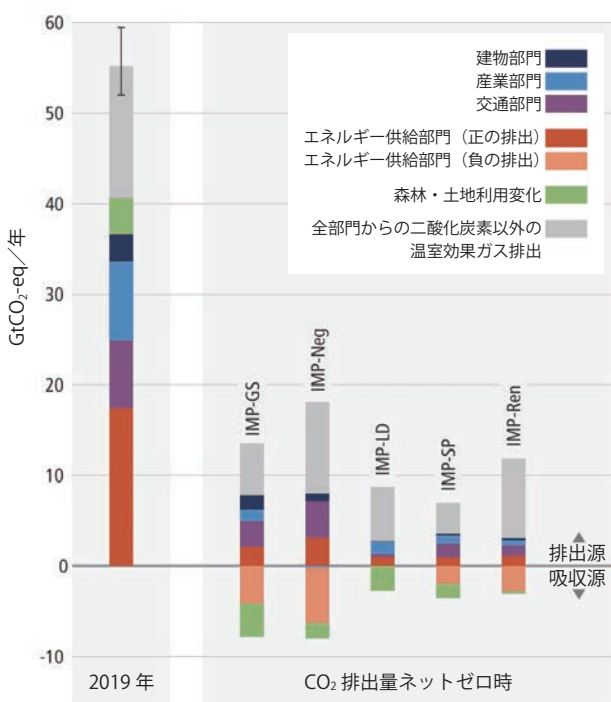
とめられるわけではないが、いくつかの点が共通している。

第1に、二酸化炭素に関して、当然のことだが、多く排出する余地を残すシナリオほど、より多く吸収する必要がある点である。排出については、すべての部門において徹底的な対策が求められる。いくつかのシナリオで、建物分野からの排出はゼロとなる。つまり、世界中で暖房は電気あるいはバイオマスが用いられることが想定される。交通部門の排出がゼロとなるシナリオでも、化石燃料に代わって電気や水素が主な動力源となることが想定される。

吸収については、森林による吸収力を強めることだけでは間に合わず、エネルギー燃焼部門において炭素吸収・貯留(CCS)が不可欠となる。現時点では、炭素吸収・貯留は貯留できる場所が近いところにある限定的な地域で進んでいるが、それ以外の地域で実施するにはコストが見合わないと考えられている。貯留必要量の観点からも楽観的になれない。

第2に、森林や土地利用からの排出は、早期にゼロにする必要がある。2019年時点では、同部門はまだ排出側である。しかし、先述のとおり2050年では吸収する側として役立つ必要があり、早急な転換が必要である。

第3に、二酸化炭素以外の温室効果ガスについても取り組む必要があるという点である。これまでの緩和策は、エネルギー起源二酸化炭素を主に議論されることが多く、実際それが今でも重要な対策のポイントであることには変わらないのだが、二酸化炭素の削減がより厳しい目標を目指すほど、二酸化炭素以外のガスに目が向くようになる。代替フロンや



- IMP (Illustrative Mitigation Pathways) 例示的な緩和経路
- IMP-GS (With gradual strengthening of mitigation measures) 現状政策を徐々に強化
 - IMP-Neg (Resulting in net negative global GHG emissions) 産業や発電において大規模ネガティブ排出に依存
 - IMP-LD (Leading to low demand for resources) 社会・行動変容によりエネルギーに対する需要が低減
 - IMP-SP (With shifting of global pathways toward sustainable development) 幅広い持続可能な開発の文脈での緩和と開発経路のシフト
 - IMP-Ren (Emphasizing renewables) 再生可能エネルギーに強く依存

図1 CO₂ 排出量ネットゼロ時のセクター別 GHG 排出量(モデル化された2019年排出量との比較)。

表1 1.5°Cあるいは2°Cに気候変化を抑制できた場合の影響(環境省(2021)を基に作成)。

現象	1.5°C上昇での影響	2°C上昇での影響
陸の生態系	・昆虫の6%, 植物の8%, 脊椎動物の4%が生息域の半分以上を失う(M)	・昆虫の18%, 植物の16%, 脊椎動物の8%が生息域の半分以上を失う(M)
人間の生活	・年間漁獲量が約150万トン損失(M) ・世界のトウモロコシの作物生産が約10%減少	・年間漁獲量が300万トンを超える損失(M) ・1.5°C未満よりもトウモロコシの作物生産が約15%減少
河川洪水	・1976年~2005年を基準として、洪水の影響を受ける人口が、100%増加(M)	・1976年~2005年を基準として、洪水の影響を受ける人口が、170%増加(M)
海	・サンゴ礁の70%~90%が失われる(H) ・100年に1度、夏の北極海の海水が消失(M)	・サンゴ礁の99%以上が失われる(VH) ・10年に1度、夏の北極海の海水が消失(M)

VH: 確信度が非常に高い; H 確信度が高い; M 確信度が中程度

メタンの対策が2050年に向けて必須である。

COP26では、森林保全やメタン対策などに関して、個別のアライアンス(連携)が成立した。今後、国だけでなく民間企業を含めた取組の進展が求められる。

次に、気候変動影響と適応策の観点からである。上述のIPCCの1.5°Cに関する特別報告書(IPCC, 2018)では「1.5°Cの地球温暖化における自然及び人間システムに対する気候に関連するリスクは、現在よりも高く、2°Cの地球温暖化におけるものよりも低い。これらのリスクは、昇温の程度及び速度、地理的な位置、開発及び脆弱性のレベル、並びに適応及び緩和の選択肢の選定と実施に依拠する。」との結論が示された。表1では同特別報告書に示された1.5°Cあるいは2°Cに気候変化を抑制できた場合の社会・経済の影響リスクをまとめている(環境省, 2021)。なお、前述のように気温上昇幅を1.5°C以内に抑えるためには、世界の二酸化炭素排出量総量について、2050年までにネットゼロに達しなければならないが、2°C以内に抑える場合でも、いくらかの時間的余裕は生じるものの、21世紀後半にはやはりネットゼロに達することが求められる。仮に21世紀中にネットゼロを達成できず、2°Cに気候変化を抑制できずより大きな気候変化が生じた場合には、その影響は更に甚大化する。なお、表1からも読み取れるように、1.5°Cあるいは2°Cに気候変化を抑制できた場合であっても一定の気候影響が生じることから、ネットゼロが達成できた場合でも地域や部門によっては適応策が必要となる。更に大きな気候変化が生じると、適応策の有効性が次第に低下し、適応によって回避できない悪影響が残り始め、それが許容できない水準にまで達するようになるが、これは「適応の限界」と呼ばれる。

3. 本特集号の概要

冒頭に述べたとおり、本特集号では、特に日本のネットゼロに焦点を当てた分析を紹介する。

この後に続く論文では、まず、日比野らが日本の

2050年目標についてより詳しく分析する。アジア太平洋統合評価モデル(AIM)のうち、一般均衡モデル、技術選択モデル、電源計画モデルを用い、将来の経済とエネルギー需要の整合性、技術導入速度の合理性、地域・時間単位での電力需給バランス等を担保しつつ、2050年に温室効果ガス排出量ネットゼロを実現する対策の組み合わせを模索した。エネルギー需要側の対策やエネルギー転換により排出量を現状の1割程度に抑制できるが、残存する排出を相殺するネガティブエミッション技術が必要となることが示されている。

2つ目の論文(西田)は、エネルギー転換の中でも特に自然エネルギーの利用に焦点をあて、自然エネルギー財団とドイツのシンクタンク、アゴラエネルギーベンデ、フィンランドのラッペンランタ工科大学(LUT)の共同研究として、LUTエネルギー・システム・トランジション・モデルを用いて日本のエネルギーシステムをモデル化し、日本においても自然エネルギー100%による2050年脱炭素化が可能であるかどうかを検証、その際のエネルギーシステムの態様について分析している。その結果、日本においても100%自然エネルギーによるネットゼロ目標達成が可能であることを示した。

技術的に目標達成が可能であっても、それに莫大な費用がかかる場合は、その費用を工面するかが問題となる。田村と栗山論文では、日本の電力部門におけるトランジション・ファイナンスについて、国際的な開示原則に照らしながら、早期の脱炭素化へ貢献する上での政策的な課題を検討し、その課題を踏まえた対応を提示した。国、電力部門、個々の電力会社、そして金融機関それぞれに役割に応じた対応が求められている。

さらに、ネットゼロ社会では、エネルギーの効率的な利用を最大限に進めるための情報技術の発展が求められる。張らは、ICT分野の発展動向及びICTに関する環境影響評価手法の関連研究をレビューするとともに、今後のICT導入による社会の環境負荷削減ポテンシャル及び経済発展への効果を推計した。ICTサービスの導入により、BAUシナリオ(特

に気候変動対策を講じない場合のシナリオ)と比較して2030年までに経済発展と環境負荷のデカップリングの可能性が示された。今後もICTの導入拡大による経済発展のみならず、脱炭素社会の実現に向けたグリーンICTの普及が期待される。

ネットゼロに向かう社会においては、経済活動全体の変革が求められる。その中で金融界の果たす役割は大きい。鈴木論文では、ネットゼロに加え、パリ協定と同年に採択された持続可能な開発目標(SDGs)にも配慮し、金融界で主流となりつつあるESG投資を対象に論じている。金融・産業界を取り巻く状況の変遷をレビューし、株式投資とグリーンボンドの動向を探ると共に、それぞれの可能性と課題を指摘する。都市と地方の格差や高齢化という日本の社会的課題の文脈で金融界と産業界双方共に脱炭素化への取組を進める必要性を提起している。

次の金森論文では、日本の家庭に目を向ける。日本政府は、2030年目標達成のための計画の中で、家庭部門に2013年度比で66%削減という野心的な削減を求めている。家庭部門の排出量の推移とその変化の原因を示したうえで、家庭部門の削減目標の達成に向けた分析結果を紹介し、分析結果に影響を与えるいくつかの変化について考察を行った。その結果、2030年目標の達成にむけ、確実かつ適切な機器への更新が重要になることが示された。

日本の温室効果ガス排出量の中で、フルオロカーボン類(フロン類)の排出量は未だに増加傾向にある。花岡論文では特に冷媒フロン類に注目し、ネットゼロ目標にむけて期待される主な対策とその障壁、回収・破壊処理対策による削減量及び費用対効果について分析した。日本における対策の強化のみならずアジア途上国への支援を進めていく必要性を述べている。

ネットゼロ達成にあたって、長期的には、化石燃料に頼らずともゆたかに暮らせる街づくりが必要となる。芦名論文は、日本の地方自治体での取組に着目する。全国大でのカーボンニュートラル実現に向けた対策を地方自治体で一律に実施した場合の効果を定量的に評価し、地方自治体レベルでの脱炭素化の実現可能性を評価した。その結果、全体としては地方自治体レベルでも二酸化炭素排出量の大幅削減が実現可能であることを示した。

ネットゼロに至る過程では、人々の同意が求められる。三上論文では、ネットゼロ社会の構築に向けた議論を市民参加で行うための新たな仕組みとして、2019年から欧州諸国を中心に広がっている無作為選出型の気候市民会議を取り上げ、日本でも全国に先駆けて札幌市と川崎市で行われた経験を踏まえ、気候変動対策と民主主義の刷新を同時に進めようとする「気候民主主義」が日本でも芽生えつつあると論じつつ、課題も明らかにしている。

また、ネットゼロ社会への移行に対する人々の受容性の観点から、政策ツールを検討する必要がある。山口論文では、炭素の社会的費用(SCC)という概念に注目する。将来予想される気候変動関連の被害額が大きいほど、ネットゼロを目指す価値がある。米国の政策評価に用いられているSCCの概要を説明しつつ、その問題点も示し、ネットゼロ目標と整合的な費用対効果アプローチにも触れつつ、手法の今後の課題を示している。

最後に、世界がネットゼロを達成したとしても、気候変動による悪影響がなくなるわけではないことから、緩和策と適応策の両立が求められる。高橋論文では、ネットゼロ社会と気候影響に強い社会の両立に必要な変革に向けて、緩和と適応の統合的な取組の加速化を促すべく、2つの取組が相互に及ぼす効果を切り分け、気候変動影響及び適応からみた脱炭素社会構築の論点について整理している。

以上、全体をつうじて、日本としてのネットゼロ達成は不可能ではないものの、ネットゼロ社会への移行期においては、様々な観点からの配慮や工夫が不可欠であることも示された。ここで得られた知見を参考に、今後、日本の気候変動対策の更なる進展が期待される。

4. 終わりに

2022年秋にエジプトのシャルム・エル・シェイクで開催されたCOP27では、開催前に起きたいくつかの異常気象が、議論にも影響を及ぼした。特に同年6月から10月にかけてパキスタンで生じた長雨と熱波による氷河融解は、大規模な洪水となり、1,000人以上の死者と国土の3分の1の浸水につながった。このような災害はもはや適応策では間に合わず、国際的な支援としての「損失・損害」基金の設立につながった。このような支援は、かつてから途上国が求めてきたものだが、被害が目に見える形で生じるようになり、緊急性が高まってきたものである。

世界が2050年ネットゼロを実現したとしても、また、気候変動影響に対する適応策が進んだとしても、気候変動が起きる以前の地球に戻れるわけではない。各地での被害は今後も続くことが予想される。本特集号は日本に焦点をあてているが、今後、日本国内で生じる被害への対処方法を含めた分析がより重要になっていくだろう。また同時に、国外での緩和、適応、そして、損失・損害も含めた上での総合的な分析評価が求められていくだろう。いずれの場合も、単に温室効果ガス排出量の削減だけに注目するのではなく、社会全体をより持続可能なものへと変革していく足がかりとしてネットゼロを検討していく姿勢が重要である。

謝 辞

本稿は、国立研究開発法人国立環境研究所戦略的研究プログラム「脱炭素・持続社会研究プログラム」及び、環境再生保全機構環境研究総合推進費2-2102「気候変動の複合的リスクへの対応に関する研究」並びに、2-2002「世界を対象としたネットゼロ排出達成のための気候緩和策及び持続可能な開発」の成果の一部です。

引用文献

IPCC (2018) Summary for Policymakers. *In*: Global Warming of 1.5° C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization.

IPCC (2022) Summary for Policymakers. *In*: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

環境省(2021)IPCC AR6 特別報告書. <https://www.env.go.jp/content/900442320.pdf>(2022年12月6日確認)



増井 利彦 / Toshihiko MASUI

国立研究開発法人国立環境研究所社会システム領域長。大阪大学大学院工学研究科にて学位取得。国立環境研究所に1998年入所。2022年4月より現職。東京工業大学工学部にて客員教授を務めている。専門は応用一般均衡分析であり、国立環境研究所で開発されたアジア太平洋統合評価モデルを構成するモデル群の1つである。これを用いて気候変動緩和策の評価分析を行っている。



高橋 潔 / Kiyoshi TAKAHASHI

1973年山形県鶴岡市生まれ。博士(工学)。専門は、環境システム工学、地球環境モデリング。1996年7月に国立環境研究所に入所。環境計画研究室、温暖化リスク評価研究室、統合評価モデリング研究室、広域影響・対策モデル研究室を経て、現在は社会システム領域副領域長。経済・政策研究室長を兼務。大学在学時より気候政策分析のための統合評価モデル開発に携わり、特に全球規模の気候影響予測の部分を担当。近年は地球規模の脱炭素と持続可能性の同時達成に関する研究に取り組んでいる。



亀山 康子 / Yasuko KAMEYAMA

東京大学大学院新領域創成科学研究科附属サステイナブル社会デザインセンターセンター長・教授。前職は国立研究開発法人国立環境研究所社会システム領域長。専門は国際関係論。気候変動に関する国際協調や政策、意思決定、気候変動と安全保障、持続可能な発展概念の計測等を研究テーマとしてきた。主な著書として、Climate Change Policy in Japan: From the 1980s to 2015 (Routledge, 2017)がある。