

カーボンニュートラル化という波とこれを乗り越えるための技術

国立研究開発法人産業技術総合研究所
再生可能エネルギー研究センター
研究センター長

古谷博秀



筑波大学大学院工学研究科博士課程修了。通商産業省工業技術院機械技術研究所入所 エネルギー部研究官、工業技術院 NSS 計画推進本部開発官付併任、産業技術総合研究所エネルギー利用部門入所。国家プロジェクトの PL、国家省エネ技術戦略ロードマップ主査、新燃料自動車技術研究センターチーム長、環境・エネルギー分野企画室室長を経て、現在、再生可能エネルギー研究センター研究センター長（燃焼学会理事、東北大学客員教授など）。

地球温暖化というキーワードは約 30 年前に筆者が研究職になったときには耳にしていた。その当時は、気候に関わる研究者の間で将来重要な問題になるとの議論はあったが、エネルギー変換機器である内燃機関の研究開発に携わっていた筆者にとっても、頭の片隅にあった程度である。これが大きく動き出したのは、1997 年の「京都議定書」の策定だったと記憶している。ただ、このときも、二酸化炭素の排出削減は必要だが、カーボンニュートラルにするとの認識はあまりなかったように思える。この「京都議定書」の後、2015 年 12 月にフランスのパリで開催された COP21（第 21 回気候変動枠組条約締約国会議）で合意されたのが「パリ協定」で、その目指すところが、「世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して、2℃より十分低く抑え、1.5℃に抑える努力を追求する」となり、「京都議定書」と違い主要な二酸化炭素排出国を含め、世界約 200 か国が合意した。この当時の日本の二酸化炭素排出削減目標は 80%であった。それでもその高い削減目標に驚いたが、残りの 20%にいかんに下げていくかという、ゼロエミッションに近づけるための技術目標を意識して研究開発を実施してきた。

この方向性がさらに大きくカーボンニュートラルに変わったのは、2020 年にパンデミックとなった COVID-19（新型コロナウイルス感染症（2019 年））の影響が大きく、世界は大きなダメージを受け、この大きなダメージからの復活にヨーロッパを中心に「グリーンリカバリー」という方向性が打ち出された。これは、この大きな災いからの復興には巨額の投資が必要になるため、災いの始まる前の世界に戻るのではなく、より良い世界に戻るようにと

のグリーンリカバリーの意識が大きく働き、パリ協定での 1.5℃に当たる「カーボンニュートラル」の議論が一気に世界中に広まった。

日本においても、2020 年 10 月 26 日に、菅義偉首相が 2050 年に日本もカーボンニュートラルを目指すことを表明、その後、2050 年にいかにカーボンニュートラルにするのか？という波が日本国中に急激かつ強力にきている。アメリカも大統領の交代により、急激にこの方向が進んでいるように思える。また、中国も 2060 年にはカーボンニュートラル化することを表明しており、まさに、世界がカーボンニュートラルに動き出していると感じられる。

この「カーボンニュートラル」について、海外にとっても、日本にとってどのくらいのハードルがあるかを考えてみたい。いち早くカーボンニュートラルを表明したヨーロッパについては、北部には水力が豊富な地域があり、西部で偏西風に支えられた風力が豊富にあり、南部およびアフリカ大陸の北側との連携ができれば、膨大な太陽光のポテンシャルをもち、フランスが原子力でこれらを支えることができる形となっている。ヨーロッパ全体がすでに再生可能エネルギーを軸とした大規模なエネルギーミックスが可能のように見える。さらに、これらの再生可能エネルギーをベースとしたエネルギーミックスをより有効に活用するために、再エネ水素を積極的に活用することも考えられている。アメリカにおいても広大な国土に支えられ、その再生可能エネルギーのポテンシャルは非常に高く、新しい政権の下では、2 兆ドル規模のクリーンエネルギーへの投資により、2035 年に電力セクターでのネット・ゼロ、遅くとも 2050 年までに社会全体としてネット・ゼ

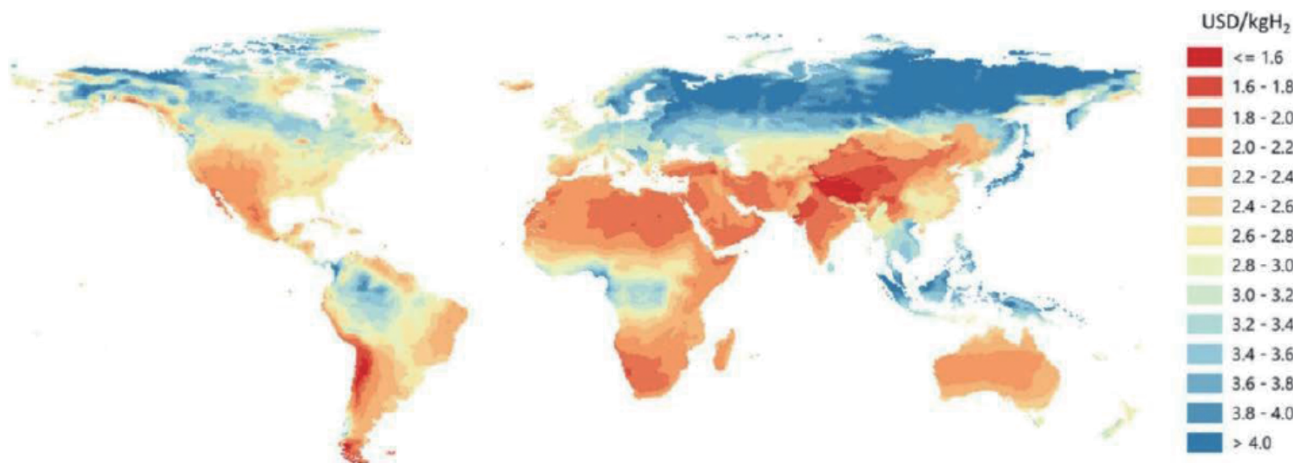
口を達成することを目指すことを表明している。また、中国も、2020年9月の国連総会のビデオ演説で習近平国家主席が2060年にカーボンニュートラルを目指すことを表明しており、実際に、世界で一番再生可能エネルギーを導入している。その膨大な水力エネルギーも含め非常に高いポテンシャルをもつ。全世界でみても、2050年までのカーボンニュートラルに賛同する国は100か国を優に超え、これにアメリカ、中国が加わると、現在の排出量の60%以上が削減される計算になる。

直接ではないが、世界の再生可能エネルギーのポテンシャルは、国際エネルギー機関 (International Energy Agency : IEA) が発表した水素製造コストの分布図を見ると、どの地域が容易でどの地域が難しいのかが明確に分かれています (第1図)。

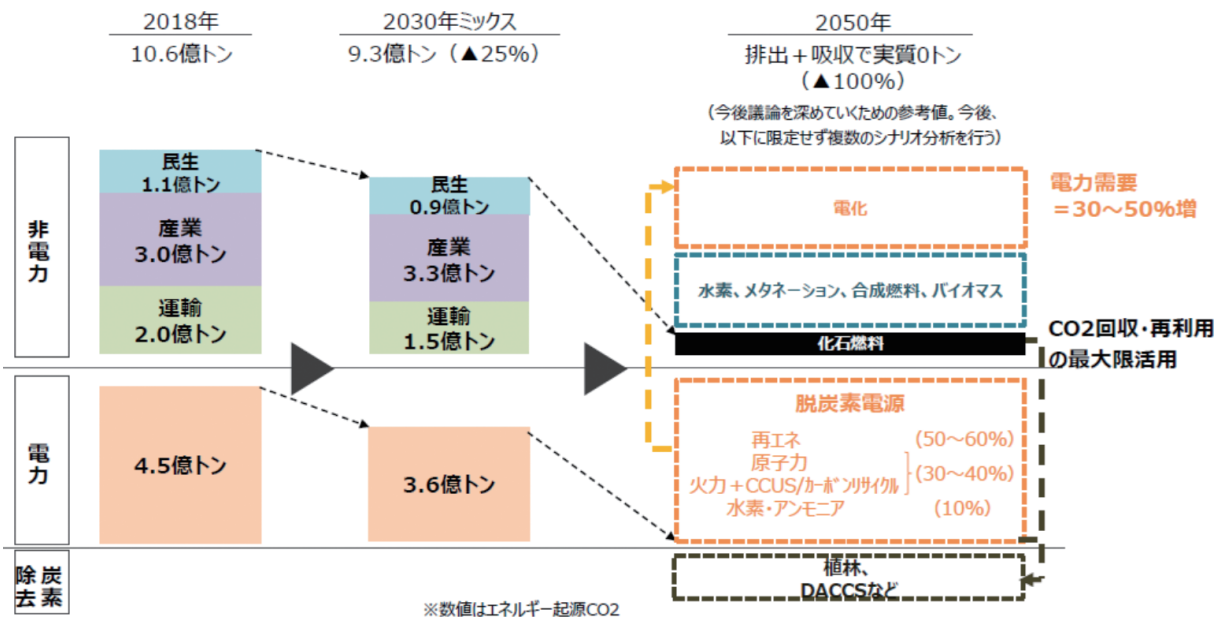
日本にとってはどうであろうか? エネルギー資源の多くを海外から輸入し、再生可能エネルギーも決して豊富ではない。電力グリッドも電力会社単位に分かれ広域での電力融通に制限があり、そのなかで大規模発電を軸として電力網が構成されている日本にとっては難題である。これらの状況を解決し、カーボンニュートラルを推し進めるため、2020年末に政府は「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。これまで日本は海外からのエネルギーの輸入をできるだけ抑えるようにとの省エネルギーの努力を常に行い、石炭から石油、天然ガスへのエネルギーの転換や、多くのエネルギーを同時に使用し使いこなす技術を実現してきており、技術的な側面では優位性をもっている。政府が推し進める「カーボンニュートラル」には、日本自身を「脱炭素」するだけでなく、それに関わる新しい技術をイノベーションにより生み出し、この技術を輸出し、明日の日本の糧とすることを目指している。

現在、新しいエネルギー基本計画が議論されているが、この成長戦略では、2050年のカーボンニュートラルを実現するエネルギー構成として、電力の総量について現状より30~50%増加した約1.3兆~1.5兆kWhとし、非電力のエネルギー消費を電化することが提案されている。また、その電源構成については、二酸化炭素排出の少ない再生可能エネルギーで50~60%、原子力と火力 (二酸化炭素回収・貯留 (Carbon dioxide Capture and Storage : CCS) またはカーボンリサイクル付き) の組み合わせで30~40%、これに加えて、水素とアンモニアで10%とする電力ミックスが示されており、カーボンリサイクルや、水素やアンモニアのカーボンニュートラル燃料の重要性が明確となっている。また、2050年においても、どうしても化石燃料を利用しなければならないプロセスがあることも示されており、これを補完するためのバイオマス燃料を活用した CCS 付きバイオマス発電 (Bio-energy with Carbon Capture and Storage : BECCS) や、空気中からの二酸化炭素の直接的回収となる直接空気回収技術 (Direct Air Capture : DAC) の必要性も同時に示されている (第2図)。

成長戦略でも示されているように、日本および世界でカーボンニュートラルに必要な技術 (第3図) として、再生可能エネルギーと水素やアンモニアなどのカーボンニュートラル燃料、カーボンのリサイクルを可能にするカーボンリサイクルなどが必須の技術であるが、これまで IHI は、これらにつながる重要な技術開発を着実に実施してきている。再生可能エネルギーについては、太陽光はもちろん、カーボンリサイクルともつながるバイオマス発電から洋上風力発電、海流発電など多くの技術開発を実施してきている。特に、バイオマス発電においては、石炭燃料



第1図 長期的な太陽光・陸上風力からの水素製造コストの分布 (出典: IEA「The Future of Hydrogen」)



第2図 カーボンニュートラル実現時のエネルギーミックス（出典：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」）



第3図 カーボンニュートラル実現に必要な14の重点分野（出典：経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」）

で培ってきた酸素燃焼の技術と組み合わせると、二酸化炭素を高濃度で回収することも可能で、これを貯留できれば、BECCSとして、バイオマスを利用した発電とともに、マイナスの二酸化炭素排出となる技術につながると期待している。さらに、バイオマスを利用した液体燃料は航空機の世界ではカーボンニュートラルのカギとなり、IHIが実施してきた微細藻類から製造するバイオジェット燃料が国際規格の認証を取得したことは、航空の世界でのカーボンニュートラル化の重要な一歩と考えられる。また、カーボンニュートラル燃料としては、産業技術総合研究所も参画した内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のエネルギーキャリアプロジェクトにおいて、IHIはアンモニアを燃料として利用する技術開発をリードして

きた。世界で初めて商用レベルでの石炭への混焼が成立することを証明するとともに、ガスタービンでも2 MW級のアンモニアの直接燃焼での混焼技術実証を世界に先駆けて成し遂げた。これらの成果は、成長戦略でアンモニアがカーボンニュートラルに必須な技術として、14の重点分野の一つとなる根拠となっている。また、水素についても、長年研究を実施し、その一つの形として、福島県の相馬市に「そうま IHI グリーンエネルギーセンター」を2018年4月に開所した。太陽光のエネルギーから水素を作り出し、カーボンリサイクルに資するメタネーションなどの研究開発を実施、今後、その技術開発や成果は、より一層重要性を増してくると考えられる。