

カーボンニュートラルに向けた社会の動向と取組例

拓殖大学工学部 教授 早川 信一

はじめに

2015年COP21⁽¹⁾のパリ協定が採択されて以降、世界各国でカーボンニュートラルの実現を目指すという表明が聞かれるようになった。2021年4月の時点で「2050年までのカーボンニュートラル実現」を表明しているのは、125か国・1地域である。日本でも2020年10月の臨時国会で、政府は「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル、脱炭素社会を目指す」ことを宣言した。そして、最近では多くのメディアが関連した情報を取り上げている。脱炭素社会については、先進国から途上国に至るまで、世界各国で様々な取組がなされており、その背景には地球温暖化の深刻化があることは承知の通りである。

毎年のように日本においても台風の大型化、突発的な豪雨、それに伴う大規模な土砂崩れなどが全国各地で発生している。すでに様々な気象変動による生活への影響は大変大きなものになっている。これ以上の温暖化は、干ばつや生態系への影響、水・食料不足を招くなどますます深刻化していくことが懸念されている。これらの現状を見れば、少しでも早く脱炭素社会に向けた取組、温暖化を食い止めるための対策が求められるのは当然のことである。

では、このカーボンニュートラルや温室効果ガス、脱炭素社会に私たちはどのように対処していくべきなのか。二酸化炭素（以下、CO₂）を減らさなければいけない、ということは何となく想像ができて、その現状や内容をしっか

り理解できているのだろうか。ここでは、はじめに現在動き始めた脱炭素社会への取組とその現状を整理してみたい。

1. カーボンニュートラルと温室効果ガス

はじめに、政府の宣言にも述べられている「カーボンニュートラル」である。様々な場面で耳にする言葉であるが、その意味は「温室効果ガスの排出量全体をゼロにする」ということであり、それは「排出量から吸収量と除去量を差し引いた合計をゼロにする」という考え方である。また、政府は「温室効果ガスの排出量実質ゼロ」を目指す社会としていることから、CO₂だけでなく、メタン(CH₄)や一酸化二窒素(N₂O)、フロンガス(Chloro Fluoro Carbon)なども対象にしているということになる。

脱炭素社会の実現に向けた取組は、多くの業種、とくに製造業にとっては大変重要であり避けられない大きな課題でもある。そして、今後はこのカーボンニュートラルと経済成長をいかに両立させていくかが問われているのである。では、そのカーボンニュートラルの実現とともに経済を成長させる新しい産業政策とはどのようなものなのか。

2. グリーン成長戦略⁽²⁾

2020年12月に開かれた成長戦略会議の実行計画として「2050年カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略」が発表された。「グリーン成長戦略」とは、カーボンニュートラルの実現に向けた取組を経済成長の機会とする産業政策をいう。そして、それはCO₂などの温

表1 成長が期待される14分野



出展：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」

室効果ガス排出量を「全体としてゼロ」の実現に向けて「経済と環境の好循環」をつくるための産業政策や、成長の期待できる産業分野の実行計画をまとめたものである。国の方針では、脱炭素社会の実現のために民間企業のイノベーションの創作に対して投資をするなど、カーボンニュートラルに向けた技術開発、設備投資などの企業の取組を支援するとしている。

これは、脱炭素社会へ向かうこのタイミングをビジネスチャンスとして捉えて大胆な投資を行うことで、イノベーションを起こそうとする企業の挑戦を支援するというものであり、成長が期待されている分野には表1にある14の産業分野が示されている。「エネルギー関連産業」が4分野、「輸送・製造関連産業」が7分野、「家庭・オフィス関連産業」が3分野選定されている。3. では事例として「エネルギー関連産業」について取り上げる

2050年のカーボンニュートラルの実現に向けた国のおもな政策は、革新的な技術の研究開発から社会実現までを支援するというもので、具体的には次のような政策があげられている。カーボンニュートラルに向けた投資促進優遇税制、グリーンイノベーション基金（最長10年・2兆円など）の創設、ファイナンス資金活用のための金融市場の整備、規制改革・標準化など

がある。また、中小企業への支援策としては、事業再構築補助金に「グリーン成長枠」が新設されている。これは研究開発や技術開発、人材育成を行うとともに「グリーン成長戦略」の14分野の課題解決に向けた取組を行っている事業者を支援するという枠である。さらに「ものづくり補助金」にもグリーン枠が新設されている。このグリーン枠は、温室効果ガスの排出の削減に資する革新的な製品やサービスの開発、炭素生産性の向上を伴う生産プロセス・サービス提供方法の改善等を行う業者が対象になっている。

3. 地方自治体・企業等の脱炭素へ向けた取組

これまで温室効果ガスの削減には、植林や緑化を進める、地中や海中に吸収させる、埋めるなどの取組がある。また、化石燃料の代わりにバイオマス資源から作られるバイオ燃料を利用することで、カーボンニュートラルにつなげる取組も始まっている。次に、具体的な取組例をあげる。

(1) バイオ燃料

植物等のバイオマス資源より作られる燃料のことをいう。原料となる植物は成長する際に大気中のCO₂を光合成により吸収・固定している。そのため燃料として使用し、燃焼させても

それまで（過去）に吸収している CO₂ を放出するだけで理論的に大気中の CO₂ を増加させてはいないという考えである。この考え方が「カーボンニュートラル」につながるのである。また、化石燃料に対して、植物は太陽光と水と CO₂ によって持続的に成長・栽培できるため、枯渇を懸念することなく持続的に利用できる燃料であるとも考えられている。

おもなバイオ燃料には「バイオディーゼル燃料」と「バイオエタノール」があるが「バイオガス」「バイオマス発電」などもバイオ燃料として捉えられている。

① バイオディーゼル燃料 (Biodiesel fuel : BDF)⁽³⁾

カーボンニュートラルの代表として取り上げられる燃料の例である。実際に植物由来のこの「バイオディーゼル燃料」は日本各地で開発・普及が進んでいる。家庭などから出た使用済みのてんぷら油などの廃食用油を原料として製造される燃料（ディーゼルエンジン用の軽油代替燃料）であるため、その回収は消費者の地球温暖化対策への協力・意識の向上という意味でも有効であると考えられている。

例えば、京都市では平成9年から家庭から出る使用済みてんぷら油などの廃食用油からバイオディーゼル燃料を製造している。令和2年4月現在、ごみ収集車（39台：100%バイオディーゼル燃料、135台：軽油に5%混合）、市バス（112両：軽油に5%混合）の燃料として利用している。廃食用油を資源としてリサイクルするとともに、CO₂ の排出抑制にも貢献している。

このバイオディーゼル燃料は、脂肪酸メチルエステルという物質であり、製造原理はエステル交換反応である。図1のように、廃食用油とメタノールなどのアルコールとの反応によって製造される。

トリグリセリド1に対して、メタノール3を

反応させ、BDF 3とグリセリン1が生成されるイメージである。しかし、実際は廃食用油には水分や遊離脂肪酸のような不純物が含まれるため、エステル交換では原料と同量のBDFを得るのは難しいといわれている。

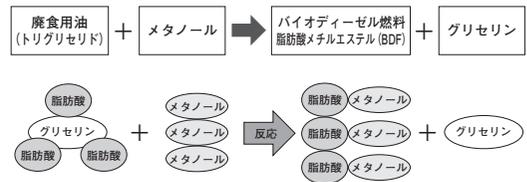


図1 植物油を原料とするBDF合成反応模式図

このバイオディーゼル燃料を軽油の代替燃料と使用した場合の最も大きな利点は、先に示したように植物が大気中の CO₂ を固定化して得られる燃料であるため、発生する CO₂ は食用油の原料となる植物の栽培によって再び固定化でき、原料を生産する農業と炭素資源の循環というサイクルが形成できることである。また、硫黄化合物を含んでいないので、排気ガス中に酸性雨の原因となる硫黄酸化物 (SO_x) を排出しないことや黒鉛の発生量が少ないなども利点である。

このバイオディーゼル燃料については、以前から工業高校の実習でも製造実験が行われており、課題研究でも取り上げられている。また、大学においても様々な種類の食用油を使用した実験や分析が行われており、より効率の良いバイオ燃料を開発する研究が進められている。

② バイオエタノール

サトウキビやトウモロコシなどの糖類を発酵させたり、トウモロコシ等のデンプンを加水分解して得られたブドウ糖を発酵させた後、蒸留してつくられる燃料用のエタノールのことをいう。アメリカでは以前からガソリンに添加して利用されている。バイオエタノールは、穀物などの糖蜜などから作られるため食料と競合するということが問題視されてきた。そのため、最近では間伐材や廃木材等のセルロースを原料にしてつくることが検

討されている。こうして作られたバイオエタノールは、食料とは競合しないため環境保全にもつながるが、発酵させる必要があるため、効率的には課題が残るといわれている。

③ 微細藻類油燃料

微細藻類とは、水中に存在する微細な藻のことである。多くの藻は地上の植物と同様に太陽光を利用してCO₂を固定し、炭水化物を合成する光合成を行っている。その代謝の副産物として油を産生するのである。藻類のバイオマスの特徴は、植物由来のものと比較して油の生産性が高く、食料との競合も少ないため、次世代のバイオ燃料として注目されている。

(2) 燃料電池 (Fuel Cell: 水素と酸素の反応で水と電気をつくる)⁽⁴⁾

東京都では「水素は新しいエネルギー」水素からエネルギーをつくる (Producing Energy from Hydrogen) を打ち出しており、2050年までにCO₂の排出量を実質ゼロにする目標を掲げている。実際に都民にも水素エネルギーについて理解を深めてもらうために「水素情報館東京スイソミル」という施設を設置し、水素に関する情報発信を行いながら、環境に優しいエネルギーについて学べる場を提供している。

水に電解質を加えて電流を流すことで水素と酸素が発生するという「電気分解」の原理は中学校でも学習する。燃料電池はその逆で水素と酸素を反応させ水をつくるときに電気を発生させる反応である。

水素は石油などの化石エネルギー燃料とは違い、使用するときCO₂を出さない環境に優しいクリーンなエネルギーである。また、この水素エネルギーは災害時の非常用電源としても期待されている。例えば、燃料電池自動車は車で発生させた電気を変換させ、それを家庭用の電源として利用することが可能である。自動車に水素が満タンの状態であれば4人の家族が一週間暮らせるだけの電気が作れるという。将来

的には、水素で走るバスやトラックが災害で停電した学校や病院などの避難所に駆けつけて、非常用電源として利用・活動することも期待されている。

現在、都内には水素ステーションが約23カ所あり、今後も拡大される予定である。さらに、東京都板橋区では企業と連携して電気で走るバイクの普及に取り組んでいる。

東京都では、2035年までに新車販売のバイクを非ガソリン化することを目指している。現在、電気で走るEVバイクを貸し出してその普及に向けた実証実験を行っている。バッテリーは家庭用コンセントで充電が可能で、約3時間、電気代約14円で約29Km走行できるという。同時にバッテリーの交換ステーションなどの実証実験も行われている。

(3) 水素への期待と課題

CO₂の排出量の削減を目指すなか、水素が有望なエネルギー源になる可能性があることは触れてきた。しかし、水素の価格を下げて化石燃料と同等の水準にするには、大量生産が可能であることや輸送網等を整備する必要があることなど、いくつかの課題がある。

水素の輸送には、パイプラインやポンペ、トラックなどの輸送が考えられるが、例えば、川崎重工では世界で初めて液化水素運搬船(すいそふろんていあ)⁽⁵⁾を建造し、船級を一般財団法人日本海事協会より取得している。この「すいそふろんていあ」は、気体の水素をマイナス253℃に冷却して体積を1/800に縮小した液化水素を断熱技術によって高い保温性能を有した液化水素用タンクで、一回に75トンの液化水素を運搬できると言われている。燃焼時にCO₂を排出しないクリーンエネルギーである水素は、発電や自動車・二輪車・船舶・航空機などの燃料として世界的で利用の拡大が見込まれている。現在、これからの水素社会の実現に向けて、各企業が様々な研究や取り組みを重ねて

おり、水素をつくる、最新の技術で輸送する、販売する、使用するというようなサプライチェーンの構築を目指している。

(4) アンモニアの燃料としての役割

アンモニアと聞くと強い刺激臭を持つ、常温で無色透明の気体であり、水に溶かしたアンモニア水を想像するでだろう。その工業的製法は、高等学校「化学」の授業では必ず学ぶハーバー・ボッシュ法である。アンモニアの化学式は水素Hと窒素Nで構成されるNH₃と表記される物質であり、世界全体で約80%の用途は肥料とされている。その他、ナイロンなどの合成繊維や樹脂などの工業材料、医薬品、染色用など、その用途は大変広い。そのアンモニアが脱炭素で注目されているのである。アンモニアは燃焼してもCO₂を排出しないカーボンフリー⁽⁶⁾の物質である。現在では石炭による火力発電の際に混ぜて燃やすなど、CO₂の排出量を抑えることにも利用されている。このような火力発電へのアンモニアの利用については、JERA（国内最大の火力発電事業者）が「JERA ゼロエミッション2050」のロードマップの中でアンモニアの火力発電への混焼、専焼について示しており、政府も含め研究が進められている。

また、アンモニアは先に示したように水素分子を含む物質である。そこで大量の輸送が難しい水素を輸送する際に、生産や輸送技術、貯蔵方法が確立し、安全対策やガイドラインが整備されているアンモニアの形に変換して輸送し、その後水素に戻すという手法も研究されている。さらに、水素と比較すると発電コストが低いのもアンモニアが期待されている要因である。経済産業省の資料では、1kWhあたりの発電コストを比較すると、水素だけで発電（2020年時点の試算）した場合は97.3円かかるが、アンモニアだけで発電（2018年時点の試算）した場合は23.5円という試算があり、その発電コストは約1/4である⁽⁷⁾。ただ、アン

モニアを安定的に確保することや肥料としての市場にも影響を与えることなど、他への対策が必要になるのは、この分野でも同様である。

4. おわりに

多くの情報が溢れている社会の中で、2050年までにカーボンニュートラルの実現がなぜ必要なのかを各人がもう一度よく考えてみる必要がある。

カーボンニュートラル、脱炭素については経済産業省のホームページ等で様々な情報を得ることができるし、各メディアからも多くの情報が流れている。しかし、本稿で紹介したように各自自治体や企業によって、実は身近な場所で具体的に取り組まれている試みなどを知っておくことは、自分たちが脱炭素に取り組む際にも参考になるだろう。そして、今後カーボンニュートラルの実現を目指すうえで、実際に私たちはどのように行動すればよいのか、自分たちには何ができるのかを具体的に考えていく必要がある。

現状の気候変動問題や脱炭素社会を見据えて自分の意見や考えを整理し、これまでの行動を振り返りながら、2050年に向けて積極的に取り組むことが大切である。

資料

- (1) 国連気候変動枠組条約締約国会議：温室効果ガス削減に関する国際的取り決めを話し合う会議
- (2) 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」2021年6月18日
- (3) BDF：バイオディーゼル燃料BDF（及びVDF）は（有）染谷商店が商標登録。BDF製造技術の中で、安価で、工業プロセスとして実用化されているのは、アルカリ触媒法の一部に限られる
- (4) 東京サイト「新たなエネルギー 水素」2022年2月22日
- (5) 液化水素運搬船。日本海事協会から船級（構造や状態を検査し、公式に証明したもの）を取得
- (6) プラス、マイナスがゼロという考えではなく、はじめから排出をゼロにするというもの
- (7) 経済産業省資源エネルギー庁：発電コスト検証WGより試算。アンモニア専焼設備、発電コスト：事業者へのヒアリング等をもとに資源エネルギー庁試算