

# カーボンニュートラルとゼロカーボンシティ



国際大学国際経営学研究科教授 橘川 武郎

## 1 「カーボンニュートラル2050宣言」

2020年10月、就任直後だった菅義偉前首相は、所信表明演説で、2050年に国内の温室効果ガスの排出量を「実質ゼロ」にする方針を打ち出した。この「カーボンニュートラル2050宣言」は、国内外で、サプライズとともに共感を呼んだ。

菅前首相の所信表明演説の1週間後、20年11月に行われたアメリカ大統領選挙で民主党のジョセフ・R・バイデン候補が勝利し、気候変動対策を新政権の重点政策とすることを明らかにするとともに、ドナルド・J・トランプ前大統領時代に離脱したパリ協定へ復帰する措置をとった。この結果、カーボンニュートラルをめざす動きは、世界中で加速することになった。

このような流れを受けて、翌21年10月には、菅政権に代って発足した岸田文雄内閣が、第6次エネルギー基本計画を閣議決定した。この計画は、2050年の電源構成見通しについて、複数シナリオの必要性に言及しながらも、ひとまずの「参考値」として、再生可能エネルギー50～60%、水素・アンモニア火力10%、CCUS（二酸化炭素回収・有効利用・貯留）付き火力及び原子力30～40%という数字を示した（閣議決定2021年：23頁）。また第6次エネルギー基本計画は、30年度の電源構成見通しについては、再生可能エネルギー36～38%、原子力20～22%、水素・アンモニア1%、火力41%、とした（同前：106-107頁）。

## 2 カーボンニュートラルへの3分野での施策

日本政府は、どのような道筋で2050年までにカー

ボンニュートラルを実現しようとしているのだろうか。その方策は大きく「電力分野における施策」「非電力分野における施策」「二酸化炭素除去に関する施策」に分れるが、その主要なものをまとめると、別表のようになる。

### 「カーボンニュートラル2050」を実現するための 日本政府の主要な施策

#### (1) 電力分野での施策

- \* 既存のゼロエミッション電源（再生可能エネルギー・原子力）の拡大・活用
- \* カーボンフリー火力（水素・アンモニア・CCUS [二酸化炭素回収・利用、貯留] 付き火力）の普及

#### (2) 非電力分野での施策

- \* 電化の進展（EV [電気自動車] やヒートポンプの普及など）
- \* 水素の利用拡大（水素還元製鉄やFCV [燃料電池車] の普及など）
- \* 合成メタン、合成プロパン、合成液体燃料（e-fuel）の利用
- \* バイオマスの利用拡大

#### (3) 二酸化炭素除去に関する施策

- \* 植林
- \* DACCS（二酸化炭素直接空気回収・貯留）
- \* BECCS（CCS [二酸化炭素回収・貯留] + バイオマス利用）

（出所）資源エネルギー庁「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」（2020年11月17日）にもとづき、筆者作成。

以下では、表中の(1)(2)(3)について、順次掘り下げてゆこう。

### 3 電力分野：カーボンフリー火力の登場

(1)の電力分野での施策に関しては、まず、再生可能エネルギーと原子力という既存のゼロエミッション電源の拡大・活用を取り上げる。内閣官房が関係各省庁と連携し2021年6月に発表した改定版の「2020年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(以下、「改訂版グリーン成長戦略」)においても、重点14分野のうちの1番目に「洋上風力・太陽光・地熱産業(次世代再生可能エネルギー)」を、4番目に「原子力産業」を、それぞれ挙げている。

このうち第1分野の中核を担う洋上風力については、「2030年までに1,000万kW、2040年までに浮体式を含む3,000万kW～4,500万kWの案件を形成する」(内閣官房ほか2021:31頁)ことを、政府の導入目標とする。そして、「我が国におけるライフタイム全体での国内調達比率を2040年までに60%にすること、着床式の発電コストを、2030～2035年までに、8～9円/kWhにすること、という2つの目標を設定」(同前:32頁)する。

問題は、第4分野の「原子力産業」である。小型モジュール炉(SMR)、高温ガス炉、核融合等の開発に取り組むとしているが、一方で、岸田政権は、安倍晋三政権や菅政権と同様に、原子力発電所の増設やリプレース(建て替え)を行わないという姿勢を崩していない。新しい原子炉の建設・稼働には少なくとも30年前後の歳月を必要とするから、現時点ですぐに増設・リプレース方針を打ち出さなければ、2050年には間に合わない。つまり、「技術開発はするが国内には作らない」というのが政府方針であり、「絵に描いた餅」の域を出ない話だということになる。

21年10月末時点で存在する33基の原子炉について言えば(建設中の中国電力・島根3号機と電源開発・大間は、運転開始時期が未定のため、ここでは

議論から除外する)、たとえ、これらのすべてについて運転期間の60年間への延長が認められたにしても、50年末に稼働しているのは18基にとどまる。その後、短期間のあいだに、稼働中の原子炉基数は急減する。60年末には5基(北海道電力・泊3号機、東北電力・東通/女川3号機、中部電力・浜岡5号機、北陸電力・志賀2号機)、65年末には2基(泊3号機、志賀2号機)となり、69年12月に北海道電力・泊3号機が停止すると、皆無となる。政府が増設・リプレースを回避する方針を変えていない以上、50年以降次々と廃炉に追い込まれる原子力は、「脱炭素の有力な選択肢」にはなりえないのである。

ここで注目したいのは、第6次エネルギー基本計画が2020年12月に示した50年の電源ミックスの参考値において、原子力の比率を、水素・アンモニア火力以外のカーボンフリー火力(CCUS付き火力)の比率と一括して、30～40%とした点である。この一括視は、明らかに奇妙である。水素・アンモニア火力を大規模に導入するためには、再生可能エネルギー発電と結びつけて水の電気分解を行い生産するグリーン水素・グリーンアンモニア以外に、CCUSを使って「カーボン(二酸化炭素)フリー」の措置を講じて調達するブルー水素・ブルーアンモニアを大量に活用せざるをえない。一方、「水素・アンモニア火力以外のカーボンフリー火力」とは、CCUSに立脚した火力発電のことである。つまり、「水素・アンモニア火力以外のカーボンフリー火力」と一括されるべきは水素・アンモニア火力であって、原子力ではけっしてない。本来、「再生可能エネルギー」/「水素・アンモニア・CCUS付きカーボンフリー火力」/「原子力」と分類すべきだったにもかかわらず、政府はあえて、「再生可能エネルギー」/「水素・アンモニア火力」/「CCUS付きカーボンフリー火力と原子力」という3分割を採用した。もし、「原子力」を単独で取り出していたとすれば、現時点で増設・リプレースを避けている以上、50年の電源構成に占める原子力の比率が

10%以下にとどまる事実を隠すことはできなかったことであろう。政府は、原子力施設立地自治体などに配慮して、そのような事実が顕在化することを避けたかった。水素・アンモニア火力以外のカーボンフリー火力（CCUS付き火力）と原子力を一括するという奇策に出た背景には、このような事情が存在する。

そもそも、政府公約の「再生可能エネルギーの主力電源化」とは、裏を返せば、「原子力の副次電源化」のことである。新增設・リプレースが現時点でも打ち出されていない以上、われわれは、日本における原子力の未来について、きわめて厳しい見方をとらざるをえない。

ここで言及したカーボンフリー火力の普及が、(1)の電力分野での施策のもう一つの柱となる。改訂版グリーン成長戦略は、重点分野の2番目に「水素・燃料アンモニア産業」を挙げている。

冒頭でふれた菅前首相の所信表明演説に関して見落としてはならない点は、その直前にJERA（東京電力と中部電力との折半出資会社）が、50年までに二酸化炭素排出量実質ゼロ化をめざす方針を明らかにしたことである。日本最大の火力発電会社であるJERAがカーボンニュートラル方針を表明したため、所信表明演説のリアリティがある程度担保されることになった。JERAの方針は、アンモニアや水素を活用することによって火力発電のゼロエミッション化をめざすという新機軸を打ち出したものであった。「カーボンフリー火力」という概念はそれ以前から存在していたが、火力発電最大手はその追求を公式に表明したことによって、社会的実装への期待が一挙に高まったと言える。

これまで、再生可能エネルギー電源の利用拡大によるカーボンニュートラルの達成には、一つの大きなボトルネックがあった。今後伸びしろが大きい再エネ電源は風力と太陽光であるが、これらは出力変動が激しいため、電力システムに負担をかけないよう何らかの形でそれらをバックアップする調整装置が必

要不可欠となる。出力調整装置として蓄電池への期待が高まっているが、蓄電池には、まだコストが高いという難点だけでなく、原料調達面で中国に大きく依存するという問題点もある。そうなると出力調整装置としては火力発電にたよらざるをえないが、従来型の火力発電は二酸化炭素を排出するからカーボンニュートラルは実現できない。これが、これまで存在していたボトルネックである。

しかし、JERAが打ち出した「カーボンフリー火力」の登場は、このボトルネックを解消する意味合いをもつ。「カーボンフリー火力」を出力調整装置として使えば、再エネ電源の利用拡大によるカーボンニュートラルの達成が可能となる。アンモニア・水素・CCUSを活用する「カーボンフリー火力」こそが、ゲームチェンジャーとなったのである。

#### 4 非電力分野と二酸化炭素除去：鍵握る水素

別表の(2)の非電力分野での施策としては、まず、EV（電気自動車）やヒートポンプの普及による電化の進展がある。ただし、2020年12月に2050年の電源ミックスの参考値を示した際に、政府は2050年の電化率を38%と想定していた。つまり、電化の進展によってもエネルギー需要の6割以上は非電力分野に属したままということになり、じつは、非電力分野の施策こそがカーボンニュートラル2050を実現するうえで鍵を握ることになる。

電化以外の非電力分野での施策の一番手にあがるのは、水素還元製鉄の導入やFCV（燃料電池車）の普及などからなる水素の利用拡大である。それ以外の施策である合成メタン・合成プロパン・合成液体燃料（e-fuel）も、じつはすべてが水素と二酸化炭素から合成するものであるから、水素利用の一環ととらえることができる。端的に言えば、非電力分野でのカーボンニュートラルへ向けた取組みの成否を決するのは、水素なのである。

2番目の重点分野として「水素・燃料アンモニア産業」を挙げた改訂版グリーン成長戦略は、「水素

は、発電・輸送・産業等、幅広い分野で活用が期待されるカーボンニュートラルのキーテクノロジーである」(内閣官房ほか2021:41頁)、との認識に立つ。そして、「2050年には2,000万トン程度の供給量を目指す」(同前:41頁)としている。

ここまで述べてきた(1)や(2)の施策を完遂したとしても、2050年の時点で、電力分野でも非電力分野でもなお少々の二酸化炭素排出は残るだろう。その分を相殺し、カーボンニュートラルを真に実現するためには、別表の(3)の二酸化炭素除去に関する施策が必要になる。

(3)の施策としてはまず、植物の炭酸同化作用の規模を拡大する植林を挙げることができる。そのほか、二酸化炭素を空気中から直接回収して貯留するDACCSや、CCS(二酸化炭素回収・貯留)をバイオマス利用と結びつけるBECCSも、有効である。

## 5 3つの落とし穴

ここまで述べてきたように、別表の(1)(2)(3)で示したカーボンニュートラルを実現するための諸施策は、いずれも重要な意味をもつ。ただし、それらには、「3つの落とし穴」とでも言うべき問題点があることも、見過ごしてはならない。

第1は、諸施策がいずれも供給側からの視点に立つものであり、需要側からのアプローチが弱い点である。カーボンニュートラルを真に実現するためには、供給側からのアプローチだけでなく需要側からのアプローチも必要であることは、言うまでもない。

第2は、電力分野と非電力分野を截然と区分してしまったため、デンマークなどで「パワー・トゥ・ヒート」と呼ばれる熱電併給の視点が欠落している点である。「パワー・トゥ・ヒート」とは、「電気が足りないときないし電気の市場価格が高いときには再生可能エネルギーで電力を生産し、電気が余っているときには再生可能エネで発電した電力を使って温水を作り、それを貯蔵する」(橘川2021:57頁)仕組みである。

世界的には経済性が高く評価されて急速に普及している再生可能エネルギーに関して、日本では、「コストが高い」という真逆の印象が広がっている。この「日本のガラパゴス化」とさえ言える不思議な現象の背景には、わが国では再生可能エネがほとんど発電用にしかならわれておらず、熱供給用として利用されていないという事情がある。もし、再生可能エネを熱電併給の形で発電用にも熱供給用にも活用することができれば、単位当たりのコストは大幅に低減することになるだろう。

第3は、地域を担い手とする観点が弱い点である。別表の(1)(2)(3)の施策は、技術開発や社会的実装のために、膨大な資金を必要とする。そうだとすれば、カーボンニュートラルの担い手は大企業に限定されることになる。

カーボンニュートラルを実現するうえで、消費者や中小企業の役割は、本当に僅少なのだろうか。この問いに対する答えは、断じて「否」である。大企業による集中型の取組みだけでなく、消費者・中小企業による分散型の取組みもまた成果をあげない限り、カーボンニュートラルが達成されることはない。ただし、消費者や中小企業の場合には、ばらばらのままでは十分な力を発揮できないという問題がある。この問題を克服するためには、消費者や中小企業の取組みを束ねる「場」が不可欠だということになるが、そのような「場」として最もふさわしいのは地域であろう。カーボンニュートラルの担い手は、大企業に限定されない。地域もまた、重要な担い手となりうるのである。

## 6 地方自治体の役割

つまり、カーボンニュートラルを真に実現するためには、別表の諸施策だけでなく、①需要側からのアプローチ、②熱電併給、③担い手としての地域、という3つの点が欠かせないわけである。これら3点を推進するうえで、地方自治体が果たすべき役割は大きい。

環境省の集計によれば、2021年10月29日時点で、40都道府県、287市、12特別区、116町、24村の合計479自治体が、「2050年二酸化炭素排出実質ゼロ」を実現し、ゼロカーボンシティになると宣言している。それらの自治体の総人口は、都道府県と市区町村の重複分を除外して計算しても、約1億1,177万人に達する（以上、環境省：2021a参照）。

環境省は、「2050年にCO<sub>2</sub>（二酸化炭素）を実質ゼロにすることを目指す旨を首長自らが又は地方自治体として公表された」場合、その自治体をゼロカーボンシティと呼んでいる（環境省：2021b）。このゼロカーボンシティについては、20年12月に策定されたもともとの「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」も、重点分野の一つとして取り上げた「ライフスタイル関連産業」の項で、次のように言及している。

「都市炭素マッピング手法を用いて、脱炭素プロシューマー化に向けた技術導入のポテンシャル評価等を通じてゼロカーボンシティの実現に向けた将来

のシナリオや施策の検討が全国の自治体で活用が可能となるよう地域が汎用的に活用できるツールを開発する。分散型エネルギーシステムを備えたスマートシティの構築を、セキュリティの確保を図りつつ、全国的に推進する」（経済産業省ほか2020：60頁）。

官僚作成の文章にありがちなわかりにくさは否定できないものの、「グリーン成長戦略」がゼロカーボンシティやスマートシティを構築するうえで主導的な役割を果たすのは地方自治体だと認識していることは、間違いのない事実である。なお、文中の「都市炭素マッピング手法」とは、広域的に観測された二酸化炭素排出量を細分化することによって、各都市・各地域の排出量を把握する手法である。また、「脱炭素プロシューマー」とは、再生可能エネルギーで作り出すエネルギー量が消費量よりも多い経済主体のことであり、屋根の上の太陽光発電で自家消費分を上回る電力を生産する家庭などがこれに当たる。

2050年カーボンニュートラルを実現するうえで、地方自治体が果たすべき役割は大きい。

## 参考文献

- ◎閣議決定（2021年10月）『エネルギー基本計画』。
- ◎環境省（2021年a）『地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況 これまでに表明した地方公共団体（2021.10.29時点）』。
- ◎環境省（2021年b）『2050年ゼロカーボンシティの表明について』。
- ◎橘川武郎（2021年）『エネルギー・シフト 再生可能エネルギー主力電源化への道 第5刷』、白桃書房。
- ◎経済産業省ほか（2020年12月25日）『2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略』。
- ◎内閣官房・経済産業省・内閣府・金融庁・総務省・外務省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・環境省（2021年6月18日）『2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略』。

## 寄稿者 PROFILE

**橘川 武郎**（きっかわ たけお）

国際大学国際経営学研究科教授

**経 歴**：1951年生まれ。和歌山県出身。1975年東京大学経済学部卒業。1983年東京大学大学院経済学研究科博士課程単位取得退学。同年青山学院大学経営学部専任講師。1987年同大学助教授、その間ハーバード大学ビジネススクール 客員研究員等を務める。1993年東京大学社会科学研究所助教授。1996年同大学教授。経済学博士（東京大学）。2007年一橋大学大学院商学研究科教授。2015年東京理科大学大学院イノベーション研究科教授。2020年より現職。東京大学・一橋大学名誉教授。総合資源エネルギー調査会委員。前経営史学会会長（在任期間2013～16年）。