

第7章 ロシアのウクライナ侵攻とエネルギー

沖村 理史

ロシアのウクライナ侵攻を受け、世界が揺れてはや二年が経過している。本稿では、注目される分野の一つであるエネルギーに焦点を当て、ロシアのウクライナ侵攻が、エネルギー自給率の低い日本にどのような影響を与えるかを考察する。

主要国の二〇二〇年の一次エネルギー自給率を見ると、日本は一一・三%、韓国は一九・一%であり、経済協力開発機構（OECD）諸国の中でも極めて低位にある。主要欧州諸国では、イギリスが七六・〇%、フランスが五四・九%、ドイツが三四・七%であり、日韓よりも高い。なお、アメリカは一〇六%、ロシアは一八九%であり、両国ともにエネルギーを自給している。近隣のアジアの大国では、中国が七九・九%、インドが六五・一%で、両国

ともに日韓よりもはるかに高い（日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット 2023: 224）。この数字から見られる通り、日本を含め、多くの国々にとって、エネルギー安全保障が各国の関心事となっている。

ロシアのウクライナ侵攻をきっかけとして生じているエネルギー危機には、エネルギーの量的な遮断と、エネルギー価格の高騰という二つの側面が存在する。次に日本の状況を中心に、この二つの側面を検討する。

1 ロシアのウクライナ侵攻による影響

エネルギーの量的遮断

すでに述べた通り、日本はエネルギー自給率が低いが、欧州諸国もエネルギー自給は達成していない。特にドイツは、ロシアへのエネルギー依存度が高く、石油は三四%、天然ガスは四三%、石炭は四八%をロシアに依存している。イタリアも同様で、石油は一一%、天然ガスは三一%、石炭は五六%をロシアに依存している。これに対し、日本のロシアへの依存度は、石油は四%、天然ガスは九%、石炭は一一%であり、欧州に比べてロシア依存度は低い（資源エネルギー庁 2023: 26）。そのため、ロシアのウクライナ侵攻によるエネル

ギーの遮断は、欧州ではより切迫した課題となっている。

ロシアから欧州への天然ガスの輸出の多くは、パイプラインを用いている。ロシアと欧州を結ぶ天然ガスパイプラインは複数ルートが存在するが、このうちロシアとドイツをバルト海経由で直接結ぶノルドストリーム経由での天然ガスが、二〇二二年に遮断した。その経緯であるが、二〇二二年六月に、カナダで修理中のタービンの返却が遅れていることを理由として、ロシアの天然ガス生産者のガスプロムはノルドストリーム1のガス供給量を四〇％に削減し、七月には二〇％に削減した。さらに、二〇二二年八月末には、ガスプロムは設備点検を理由に供給を停止した。二〇二二年九月には原因不明のパイプライン損傷が起き、ノルドストリーム経由の天然ガスは途絶した。

では欧州はエネルギー危機にどのように対応したのか。欧州委員会は、二〇二二年五月にロシア依存を低下させる「リパワーEU」を発表した。この計画では、省エネルギー、エネルギー調達の多様化、クリーン・エネルギーの拡大の三点を強調している（竹内 2023: 159-161）。ロシアからの天然ガス輸入が激減した二〇二二―二三年の冬は、省エネルギー、液化天然ガス（LNG）の輸入、ノルウェーからの天然ガス輸入で乗り切った。ロシアからの輸入は五〇〇〇万トン以上減少したが、約四五〇〇万トンの省エネルギーを実施し、

LNG輸入を約四〇〇〇万トン増やし、ノルウェーから約二〇〇〇万トン調達を増やした（資源エネルギー庁 2023: 34）。欧州は、ロシアからのパイプライン経由での天然ガス輸入を代替するLNGの輸入量を増やすため、既存の大西洋岸や地中海沿いのLNG受け入れ基地に加え、短期間で稼働可能な浮体式LNG貯蔵再ガス化設備（FSRU）を設置した。例えば、ドイツでは、二〇二二―二〇二四年の冬までにドイツ政府がFSRU五隻をチャーターすることを発表した（日本貿易振興機構ホームページ 2022）。これにより、LNG輸入量を増加することができた。また二〇二二年九月に開通したバルト海パイプラインはノルウェーからポーランドに向けたパイプラインであり、欧州への天然ガス供給増加に貢献した（原田 2022）。二〇二二―二〇二四年の冬の需要期に向けて、欧州諸国はあらかじめ多めに天然ガスを輸入し、備蓄を増やす試みを行っている。その結果、暖冬という追い風もあり、本稿執筆時（二〇二四年三月）までは、天然ガス不足で欧州各国が苦境に迫られることはなかった。

次にロシアから日本に向けたエネルギー輸出の変化を整理する。ロシア連邦税関庁データによると、日本向けの原油、天然ガス輸出量（二〇二二年一月）は、それぞれ一二万トン（原油）、七六万トン（天然ガス）である（エネルギー・金属鉱物資源機構 2022: 6）。日本では、原油も石炭も備蓄や在庫があり、その上他国から代替輸入も可能である。また、日本がLN

Gの形で輸入している天然ガスは、長期契約が主であり、ロシア以外からの輸入量が減少することは想定されておらず、日本では欧州ほどエネルギー遮断状況は切迫していない。実際に、東アジア諸国の状況を確認すると、日本と韓国のLNG輸入は横ばいで、中国は低下している（資源エネルギー庁 2023: 34）。他国との天然ガスパイプラインが接続していない日本と韓国は、天然ガス輸入をLNGに依存しており、ほぼ前年と同様のLNGを輸入した。中国は、国内の景気低迷とロシアからのパイプライン経由での輸入増加により、LNG輸入が減少した。

日本に限らず、韓国や中国もLNGを長期契約している。長期契約によりLNGを確保していた日本は、あらかじめエネルギー源に関わる多様なリスクの分散化を行っていたと言えよう。ただし、二〇二〇年頃をピークに、日本が長期契約で確保しているLNGの量は減少し、とりわけ電力会社が契約量を減らす予定である。電力会社は、脱炭素達成に向けて火力発電の新設を抑制し、再生可能エネルギーや原子力からの電力調達の拡大を目指しているためである。これに対し、ガス会社は代替するエネルギー源のオプションが乏しいため、電力会社に比べLNG輸入の減少は緩やかである。最終的に電力会社もガス会社も二〇四〇年頃には契約量はほぼゼロになっている。これに対して、中国が長期契約して

いるLNGの契約量は、二〇二〇年代末がピークで、二〇四〇年代にも、契約量は二〇〇〇万トン程度ある（資源エネルギー庁 2023.36）。このように確保したLNGの量が日本と中国で異なるのは、脱炭素目標の違いが反映しているからである。日本は、二〇三〇年度までに温室効果ガスを二〇一三年度比で四六%削減することを目標としている。また、菅首相は二〇二〇年一〇月の臨時国会の所信表明演説で二〇五〇年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち二〇五〇年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことも表明した。これに対し、中国の脱炭素目標は、二酸化炭素排出量のピークを二〇三〇年より前にすることと、GDP当たりの二酸化炭素排出量を二〇〇五年比で六五%以上削減することであり、二酸化炭素排出のネットゼロの目標年は二〇六〇年である。

エネルギー価格高騰

次に、エネルギー価格高騰について検討する。原油・天然ガスの輸出大国であるロシアのウクライナ侵攻により、天然ガス価格は二〇二二年に高騰し、天然ガスの平均価格は二年前の倍以上になった。さらに、スポット価格はかつてない価格にまで上昇した。二〇二二年三月には、欧州の天然ガス取引の価格指標であるTTFは、一時七二・三ドル／百万英

国熱量単位(MMBtu)、アジアの天然ガス取引の価格指標であるJKMは、八四・八ドル/MMBtuという高値をつけた。欧州では、ノルドストリームの供給停止の情報を受けて、八月末に九九・五ドル/MMBtuという最高値をつけた。その後、ロシア以外の地域からLNGの輸入が進み、価格は低下したものの、二〇二二年は例年に比べ高い水準にあった。二〇二三年に入ると、天然ガス需要期の冬を乗り切ったために価格が低下し、ロシアのウクライナ侵攻前の水準以下になっている(原田 2023: 61-66)。日本のLNGの月次価格は欧州ほどではないが、二〇二二年九月にかけて上昇し、一三・七三ドル/MMBtuとなったが、二〇二三年四月以降二〇二四年二月まで、一二・一四ドル/MMBtuの価格帯に収まっている(World Bank 2024)。欧州と比べ価格の変動が少ないのは、既に述べたとおり、LNG輸入が長期契約であり、かつ契約が遵守されたことにある。

天然ガス価格の高騰の結果、ガス輸入価格も二〇二二年に上昇した。もともと、コロナ禍後の経済活動の拡大で二〇二一年からガス輸入価格は上昇していたが、ロシアによるウクライナ侵攻の影響を受け、二〇二二年は欧州で急騰した。中でも、ドイツは二〇二〇年一月に比べ、二〇二二年八月には九・八一倍に価格が上昇した。月ごとの変動はあるものの、イタリア、オランダもロシアのウクライナへの侵攻以降、価格上昇が起きている。し

かし、日本はLNGを長期契約していたため、高騰したLNGをスポット価格で調達する必要があった欧州に比べて、ガス輸入価格は比較的低位で安定している（資源エネルギー庁 2023: 29）。

LNG価格の高騰やガス輸入価格の上昇の度合いに比べて、ガス料金の消費者物価指数はそれほど上昇していない。最もガスの消費者物価指数が上昇したのはイタリアで、二〇二〇年一月比で、二〇二二年一月に二・五九倍に上昇しているが、ドイツ、フランス、米国、日本は全て二倍以内に収まっており、中でも日本は、二〇二三年一月の一・三一倍が最高である（資源エネルギー庁 2023: 30）。その理由は、各国政府が補助金を出したことで、消費者が支払うガス料金の価格高騰に一定の歯止めがかかったことにある。

ロシアのウクライナ侵攻により原油価格も高騰した。欧州の原油価格指標である北海ブレント先物価格は二〇二二年三月に一時一三〇ドル／バレル台へ上昇した。月次価格では、二〇二二年六月が最高値の一二〇・八／バレルになったが、その後低下し、二〇二二年九月以降は侵攻前の価格を下回っている（World Bank 2024）。

石炭価格も天然ガスや原油と同様に、ロシアのウクライナ侵攻直後に上昇したが、天然ガス価格の高騰に比べるとやや緩やかである。そもそも、石炭はコロナ禍からの経済回復

を反映し、ロシアのウクライナ侵攻以前から価格が上昇していた。ロシアのウクライナ侵攻後の価格の上昇は、特に需要増に対応可能な豪州産で見られ、原油と同様に、二〇二二年六月に最高値を付けた。しかし、二〇二三年二月以降は、侵攻前の価格を下回っている (World Bank 2024)。

これまで見てきたように、ロシアのウクライナ侵攻直後から夏にかけて、エネルギー価格は上昇したが、その後価格は低下し、二〇二三年に入ると侵攻前の価格を下回るようになってきている。日米欧の対応が進んだことや、中国の経済活動の低下などがその背景にある。

原子力発電所のリスクの顕在化

ロシアのウクライナ侵攻がエネルギー問題に与える影響として、さらに三つのリスクを指摘したい。まずは、ウクライナ戦争でザポリージャ原子力発電所が砲撃されたという衝撃的なニュースにより、原子力発電所が直接攻撃されるリスクが顕在化したことである。原子力発電所は国際法上保護される施設であり、交戦中も攻撃されることは考えられていなかった。しかし、ザポリージャ原子力発電所では施設内の建物に直接砲撃があったため、原子力発電所が直接攻撃対象になるリスクが顕在化した。さらに、ザポリージャ原子力発

電所では、原子力発電所に電力を送る外部電源や送電線が攻撃対象になっており、冷温停止状態を維持するための電力が安定的に確保できない状態にある。ここからわかるとおり、原子力発電所に電力を送る外部電源や送電線が攻撃対象になることもリスクである。外部電源に接続していない場合には、原子力発電所内のさまざまな機器の運用に必要な電力を緊急用の自家発電機などに頼らざるを得なくなり、その発電機の燃料切れによる原子炉や使用済み核燃料の冷却不足のリスクを抱えることになる。最後に、ロシアのウクライナ侵攻が長期化するにつれて、原子力発電所従事者の疲弊による操作ミスが起こるリスクもある。

これらのリスクに対応した今後の原子力発電所政策を再考する上では、すでに原子力規制委員会などで検討されてきた原子力発電所事故に加え、戦争やテロなどの武力攻撃による様々なリスクを検討する必要性があることが顕在化したといえよう。

2 日本のエネルギー利用状況

本節では、日本のエネルギー利用状況を確認したい。二一世紀に入り、日本の最終エネルギー消費は減少しているが、消費のピークは分野別に異なる。産業分野は一九九〇年に

ピークを迎えたのに対し、運輸分野は二〇〇〇年に、民生、電力分野では二〇一〇年にピークを迎えている。つまり、産業分野でのエネルギー消費がまず低下し、続いて運輸分野で、さらに民生や電力分野でエネルギー消費が減少していることがわかる（日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット 2023: 228-233）。

続いて、日本の一次エネルギー消費と燃料別の消費状況を見ると、近年石炭は横ばいから減少傾向に変わっている。その背景としては、石炭火力発電所から二酸化炭素が排出されるので、脱炭素という観点から石炭に代わり天然ガス利用が拡大していることがあげられる。石油消費は二一世紀に入ると減少しているが、これは運輸部門における省エネルギーが進んだことが背景にある。また、原子力は福島第一原子力発電所事故以降、激減している（日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット 2023: 216-221）。

さらに、電力に焦点を当てる。日本の電源別発電量は、二〇一九年時点で、化石燃料が約八割、非化石燃料が約二割である。二〇〇〇年以降は、石油・天然ガスによる発電が石炭を上回っているが、これは、石炭に比べて天然ガスの方が二酸化炭素の排出が少ないことや、熱効率が高いことなどから、火力発電を新設する際に天然ガス火力発電を優先したことが背景にある。実際、二〇〇〇年以降二〇一九年までに、四〇キロワットを超える出

力を発生する石炭火力発電所は、大手電力では一七機稼働した。他方、同じ時期に四〇キロワットを超える出力を発生する天然ガス火力発電所は、大手電力では二七機稼働している。なお、一九九八年九月に運転を開始した、北海道電力の知内二号機以降、大手電力は石油火力発電所を新設していない。ここからわかるとおり、大手電力は二〇〇〇年以降、石油・石炭火力発電の新設を抑えており、日本の火力発電は天然ガスにシフトしている。天然ガスに依存する傾向は、福島第一原子力発電所事故後にはより強化されている。同事故以降、順次原子力発電所が停止する過程で、当初は老朽化した石油火力発電所を再開して当面の需要を満たしてきたが、その後は天然ガス火力発電所からの発電量で補っている。近年は先進国を中心に脱炭素目標をかかげるようになったため、日本企業が石炭火力発電事業から撤退を表明することも増えている。脱炭素社会形成に貢献する再生可能エネルギーによる発電も増えているが、二〇二〇年の太陽光・風力他が全発電量に占める割合は、一〇・七%にとどまっている（日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット 2023: 226）。

3 短期的・中期的対策

日本のエネルギー安全保障のための短期的対策としてまずあげられるのが、化石燃料輸

入の量的確保である。欧州では、天然ガス途絶という状況に直面したため、化石燃料の量的確保が喫緊の課題となった。日本では、欧州ほど深刻ではないものの、ロシアからの化石燃料輸入が減少した場合に備えて、短期的には事業者間での原燃料融通、中期的には化石燃料輸入の脱ロシア化の動きが重要になった。このうち、石油と天然ガスについては中東から、石炭についてはオーストラリアやインドネシアからの輸入によってロシアからの輸入量を代替しようとしている。また、化石燃料の輸入価格高騰への対策として、日本ではガソリン価格への補助金を支出し、市民生活や社会経済への影響を軽減しようとしている。

次に、原子力政策の転換も進んでいる。日本では、福島第一原子力発電所事故以降、原子力規制制度と規制基準が変更された。福島第一原子力発電所事故までは原子力発電所を推進する経済産業省の一部局であった原子力安全・保安院が原子力発電の規制を行っていたが、事故後は、国家行政組織法の規定に基づく原子力規制委員会が設置され、独立性の高い原子力規制体制の確立を目指した。規制基準の強化としては、福島第一原子力発電所事故による貴重な教訓に基づく地震に付随する様々なリスク（断層評価の厳格化、断層上の重要施設設置禁止、津波対策の強化など）に加え、重大事故対策として、様々な放射性物質の拡散

抑制やテロなどによる施設の大規模な損壊への対応などが新たな規制基準に含まれることになった。さらにこれらの強化された新規制基準は、原子炉等規制法改正に基づき、既存施設へ適用されることとなった。その上、原子力規制委員会は、最新規制に適合しない発電用原子炉施設の使用の停止、改造、修理または移転等の保安のために必要な措置を命ずることができるとされた。このため、二〇一一年の福島第一原子力発電所事故時に運転していた日本各地の原子力発電所は、定期点検の時期を迎えるにつれて順次停止し、その後は新規制基準に適合するように外部電源の強化や防潮堤などの各種施設を整備するまで原則停止することになり、二〇一三年の九月から二〇一五年の八月までの二年弱にわたり、日本国内の原子力発電所は稼働停止状態にあった。また、原子炉等規制法改正では、発電用原子炉を運転することができる期間は、四〇年と明記され、原子力規制委員会の認可によって、一回に限り延長（上限二〇年）することができるとされる、いわゆる四〇年ルールも導入された。

これらの厳格なルールの導入により、日本の原子力発電は転換期を迎えた。運転開始から長期間を経た原子炉は、厳しい規制を守るために必要な投資に対し、利用可能な年数に限りがあるため、経済性の観点から廃炉する原子炉も出てきた。中国地方では、島根原子

力発電所一号機がそれにあたる。また、新規の原子炉建設や既存の原子炉の更新も、原子力依存度の低下という政策目的から、実質的に凍結されてきた。しかし、ロシアのウクライナ侵攻後のエネルギー安全保障確保の観点から、既存の原子炉の有効活用が議論されるようになり、原子力規制委員会の審査を通った安全性の高い原子炉については四〇年ルールを見直すことや、原子炉の更新や新型原子炉の研究開発といった方向性が議論されるようになり、GX（グリーン・トランスフォーメーション）脱炭素電源法で認められることとなった。

さらに、ロシアのウクライナ侵攻から得た教訓は、原子力発電所攻撃のリスク回避策を考慮・実施する必要があるということである。特に、北朝鮮は、ミサイルなどにより原子力発電所を遠隔から攻撃する能力を持っている。武力攻撃に限らず、ひとたび原子力発電所が事故を起こすと、運転再開までには時間がかかる。例えば、マグニチュード六・八を観測した二〇〇七年の新潟県中越沖地震の震央は、柏崎刈羽原子力発電所から一六キロメートルの近さにあった。新潟県中越沖地震は柏崎市で震度六強を観測した地震であり、柏崎刈羽原子力発電所も大きな揺れを観測した。運転中の三機と起動中の一機は自動停止し冷温停止したものの、地震により設備の損傷や火災などが発生した。このため、柏崎刈羽原

子力発電所は、地震後営業運転を再開するまでに二年五カ月もの時間がかかっている（東京電力プレスリリース 2009）。二〇二四年の元日に起こった能登半島地震でも、志賀原子力発電所が立地する志賀町では震度七を観測した。志賀原子力発電所は運転停止中であつたため、放射能漏れは生じなかつたが、機器の一部は損傷し、使用済み燃料棒の冷却プールの水が地震によつてこぼれるという出来事も起こつた。今後、機器の損傷を修理し、他の機器に問題が無い点検を行うために、多くの時間がかかると予想されている。

原子力発電所は原因が何であれ、一度事故が起きると再開までに大変時間がかかる。その間に代替電源を探す必要がある、大規模集中型の電源のリスクが存在している。このようなりスクに対処するために、地域分散型エネルギーシステムの構築が提起されている（大島 2021）。

4 中長期的な方向性

省エネルギーの推進

中長期的な方向性としては、まず省エネルギーの推進をあげたい。原料別にみると、石炭火力発電での省エネルギーはエネルギー安全保障に加え、気候変動対策としても重要で

ある。石炭火力発電所の熱効率向上に日本は取り組んでおり、先進的な取り組みも多くなされているが、効率を劇的に改善するブレイクスルー技術はなかなか見つかっていない。欧米諸国は、脱炭素の第一歩として、二酸化炭素の排出係数が高い石炭火力発電所を減らしているのに対し、日本では既存の石炭火力発電所を改修し、石炭専焼からバイオマス燃料との混焼を進め、石炭火力発電所の延命策をはかっている。これは、省エネルギーではなく、燃料転換を通じた二酸化炭素排出削減の試みであるといえよう。次に、天然ガス火力発電所の省エネルギーであるが、コンバインドサイクルなど設備は導入されてきており、新たな設備の導入による劇的な省エネルギーは難しい。このように発電部門における省エネルギーのポテンシャルは限定的なものになっている。

これに対して、エネルギー使用段階での省エネルギーは大いに可能性がある。産業部門では、省エネルギーや脱炭素型技術の開発・普及は、生産コストの低減につながるため、企業も積極的である。民生部門でも、省エネルギー機器の導入や断熱住宅の普及など、可能性は十分ある。運輸部門では、燃費が大幅に改善されたエコカー（ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車）が普及しつつあり、この傾向が乗用車のみならず商用車にも拡大することで、省エネルギーが進む可能性は大きい。

再生可能エネルギーの推進

もう一つは、再生可能エネルギーの推進である。太陽光、風力、地熱といった再生可能エネルギーには様々なメリットがある。第一に、国産エネルギーであり、エネルギー安全保障に貢献する点である。第二に、非枯渇型資源で資源枯渇を心配する必要がない点である。第三に、従来型電源よりも低コストで経済的な発電技術が確立しつつある点である。近年日本で議論されているカーボンプライシングが導入されれば、非化石燃料である再生可能エネルギーは、より経済的になる。第四に、脱炭素に寄与し、気候変動対策にも貢献する点である。最後に、再生可能エネルギーの利用は、環境、社会、ガバナンスに配慮した投資であるESG投資に敏感な事業者にとってメリットがある点である。近年、事業者は温室効果ガスの直接・間接排出量を算定・報告を求める動きが高まっており、ESG投資を受け入れたい事業者にとって、化石燃料利用よりも再生可能エネルギー利用の方が温室効果ガス排出量が減るため、有利である。

このように日本は、様々なメリットがある再生可能エネルギーを推進する政策をとっている。例えば、再生可能エネルギー全般を推進する固定価格買取制度を、日本では二〇一二年から導入した。この制度は再生可能エネルギー由来の電力を一定期間一定金額で電力

会社がい取り取る仕組みで、再生可能エネルギーへの投資を進めるきっかけとなった。また、洋上風力発電の促進のため、再エネ海域利用法（海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律）が二〇一九年に施行された。これにより、国が洋上風力の促進海域を指定し、長期（三〇年）にわたる海域利用を可能にする制度を創設し、海運や漁業などの地域の先行利用者との調整の場である協議会を設置して風力発電事業者の負担を軽減することで、洋上風力発電を大規模に開発することを目指している。これらの取り組みを通じて、二〇二一年三月に閣議決定された第六次エネルギー基本計画では、二〇五〇年カーボンニュートラルに向けて、二〇三〇年の再生可能エネルギーによる発電比率の目標を三六―三八%に高めることとしている。

再生可能エネルギーの課題

しかし、再生可能エネルギーの開発・普及においては、さまざまな課題が示されている。第一に、消費地と生産地のずれである。日照時間が長く太陽光発電所の適地である九州や、風況がよく風力発電の適地である日本海側は、電力消費地である都市部から離れている。再生可能エネルギーの生産地の余剰電力を電力消費地である都市部に送電できれば良いが、

日本では、電力会社（一〇社）ごとに送配電網が整備されており、電力会社間の連系線のネットワークは整備が遅れている。例えば、再生可能エネルギー資源に恵まれている九州電力から中国電力管内へ送電する連系線の容量には限界があり、晴れた九州の太陽光発電所で発電された電力を中国電力や関西電力に送電できる量に限界がある。さらに歴史的経緯から東日本と西日本では使用する電気の周波数が異なる。全国系統の運用容量を確保するために、五〇ヘルツの東日本と六〇ヘルツの西日本の間では、周波数変換所を介して連系しているが、最も大きい東京電力と隣の中部電力との連系能力には上限があるため、電力の融通には限界がある。

したがって、再生可能エネルギーの電力消費地と生産地のずれに対する対応策として、電力会社間で電力を融通するための広域送電網の整備が課題となっている。日本では沖縄電力を除く九電力間のネットワークの強化が必要であり、政府も広域送電網の整備の必要性を認識している。資源エネルギー庁の資料によると、風力発電ポテンシャルが高く、洋上風力の促進地域となっている東北地方の日本海側からの基幹送電線の新設や、北海道電力と東北電力間の連系線強化などが既に対応済みで、今後の対応が期待される取り組み例として、九州における再生可能エネルギーの出力制御緩和に向けた連系線の強化などがある。

げられている。また、これらの送電網の強化は、地震を含む多様な事故やリスクに対する強靭性を確保することにもつながる。電力広域的運営推進機関では、二〇二三年三月に広域系統長期方針を策定し、洋上風力の今後の導入が見込まれる北海道、東北および九州といった再生可能エネルギー適地から大消費地への送電（北海道→東京、九州→関西・中部）を念頭において広域連携系統の増強を検討している（電力広域的運営推進機関 2023: 13）。これに基づき、電力広域的運営推進機関の広域系統整備委員会では、北海道と東北、新潟を結ぶ北海道本州間連系設備（日本海ルート）の検討や、九州と中国を結ぶ中国九州間連系設備の検討が進んでいる。

次の課題が、不安定な運転である。太陽光発電は夜間に発電が不可能であり、昼間であっても天候次第で発電量が低下する。風力発電の発電量は風次第であり、風が弱ければ発電できない。また、風が強すぎる場合にも風力発電の設備の安全性の関係から、風車を回さずに運転を止めることもある。このように、太陽光発電も風力発電も、ともに天候に左右されやすいという課題があり、需要と供給のバランスを保つための工夫が必要になる。

太陽光発電については、昼の余剰電力を多様な形で活用している。例えば、春や秋などの晴れた日中は冷暖房需要が少ないが、太陽光発電の発電量が多いため、発電量が需要を

上回る。この場合、連系線で他電力に電力を融通したり、揚水発電所で上流のダムに水をくみ上げるために電力を用いたりすることで、太陽光発電の余剰発電量を活用している。しかしそれでも発電量が需要を上回る場合は、太陽光発電所に出力制御を求めている。太陽光資源に恵まれている九州電力では、二〇二一年度の出力制御が年間九二回にも及んでおり、二〇二二年度からは九州以外の電力会社でも出力制御が行われている（日本総合研究所、井熊、木通 2023: 152）。今後連系線が拡大し、蓄電が普及すれば、太陽光を昼間に抑制する必要がなくなり、さらに太陽光発電所を拡大する余地が出てくる。

風力発電については、広域で風力発電を行うことにより、一部地域で風が弱くても、他地域で補うことが可能になり、風力発電の出力変動の緩和が可能になる。風力発電については、日本では山間地の風況が良かったため、内陸部の立地が多い。しかし、低周波騒音などの悪影響を訴える人も多く、山林を伐採して作る風力発電施設を環境破壊だと捉える人もいる。これらの課題を緩和するためにも、比較的安定的な風が吹く環境にある洋上風力発電の活用が進められている。

第三の課題として、風力・太陽光発電設備や蓄電池原料など、再生可能エネルギーの技術資源の偏在がある。太陽光発電のパネルに必要な多結晶シリコンを製造する世界の大手

シリコンメーカー五社のうち四社が中国の新疆ウイグル自治区にあり、製造量のシェアは約五〇%を占めている（日本総合研究所、井熊、木通 2023: 161）。また、シリコンウエハーの九三%、太陽電池セルの七五%、太陽電池モジュールの七三%の生産を中国企業が担っている（平田 2023: 177）。電気自動車やリチウムイオン電池の生産に必要なりチウムやグラファイトの生産は中国が主である（山下 2022: 112-122）。新疆ウイグル自治区の人権問題、米中対立の激化、ロシアのウクライナ侵攻の余波などによって、米中で経済安全保障を重視する傾向が高まっており、供給網が分断され、原料の輸入が困難になる可能性がある。これは、太陽光発電を普及する上で不安要素となっている。そのため、再生可能エネルギーの資源を確保するための外交が重要になる。

次世代エネルギーの開発と普及

最後に、次世代エネルギーとして注目されている水素の開発と普及について説明したい。水素の生産に当たっては、化石燃料を原料に用いる場合と、水を電気分解して生産する場合の二種類がある。化石燃料由来の水素は、生産過程で二酸化炭素が発生するので、この二酸化炭素を処理せずに生産される水素をグレー水素、地中に埋めるなどの処理をして生

産される水素をブルー水素と呼ぶ。環境負荷が少ない水素の生産は、再生可能エネルギー由来の電気で水を電気分解して作るグリーン水素である。そのため、石油や天然ガス生産を通じて、地中に二酸化炭素を埋める潜在力があり、かつ豊富な太陽光発電の潜在力がある中東諸国が注目されている。途上国への水素技術の移転は、水素外交による途上国の取り込みにつながる。水素の貯蔵、運搬、供給技術については、日本企業による技術開発が進んでおり、今後これらの技術協力を通じて、新たな形での国際技術協力と水素外交の可能性が出てくる。

これまでの議論のまとめとして、ロシアのウクライナ侵攻によって生じたリスクを三つあげたい。第一に、エネルギーの量的遮断の問題である。この問題は、日本では対応が進んでいる。次に、エネルギー価格の高騰の問題である。化石燃料の価格高騰は、現在は価格のピークを越えており、各国政府の補助金を通じて、消費者に対する価格高騰の悪影響を緩和することができた。第三に、原子力発電所攻撃のリスクがあげられる。原子力発電所を沿岸部に多く抱える日本は、この問題に対する適切な対応へ向けた準備が必要である。

ロシアのウクライナ侵攻によるエネルギー安全保障確保に対して、日本は、省エネルギーと再生可能エネルギーの推進によって対応している。この政策を通じて、エネルギー危機への対応と同時に、脱炭素への貢献も目指しており、エネルギー政策に加え脱炭素を目指すGX政策に注目する必要がある。また、中長期的には、エネルギーの視点から見た外交政策も重要である。

追記 本研究はJSPS科研費JP222K01375の助成を受けたものです。

《参考文献》

- エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) (二〇二二)「ロシア情勢 (二〇二二年八月モスクワ事務所)」
(https://oilgas.nfo.jogmec.go.jp/_res/projects/default_project/_page/001/009/471/202208_monthly_report_r.pdf 二〇二四年三月一八日閲覧)
- 大島堅一 (二〇二二)『炭素排出ゼロ時代の地域分散型エネルギーシステム』日本評論社
- 資源エネルギー庁 (二〇二二)『エネルギー白書2023』
- 竹内康雄 (二〇二二)『環境覇権——欧州発、激化するパワーゲーム』日本経済新聞出版
- 電力広域的運営推進機関 (二〇二二)「広域系統長期方針 (広域連系系統のマスタープラン)」(<https://www.>

octo.or.jp/kouikikeitou/chokinoushin/files/chokinoushin_23_01_01.pdf 110114年三月一八日閲覧)

東京電力プレスリリース (110009) 『新潟県中越沖地震後の当社柏崎刈羽原子力発電所7号機の営業運転再開にこころ』 (<https://www.tepco.co.jp/cc/press/09122802-j.html>) 110114年三月一八日閲覧)

日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット (110113) 『EDMC / エネルギー・経済統計要覧 (2023年版)』理工図書

日本総合研究所、井熊均、木通秀樹 (110113) 『岐路にある再生可能エネルギー』エネルギーフォーラム

日本貿易振興機構ホームページ (110112年九月13日) 『政府、5隻目のFSRUの詳細を発表、グリーン水素インフラ整備も進む』 (<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/09/64f8ad07e46fa331.html>) 110114年三月一八日閲覧)

原田大輔 (110113) 『エネルギー危機の真相——ロシア・ウクライナ戦争と石油ガス資源の未来』筑摩書房

平田竹男 (110113) 『世界資源エネルギー入門——主要国の基本戦略と未来地図』東洋経済新報社

山下真一 (110111) 『資源カオスと脱炭素危機』日経BP

World Bank (2024), Commodity Markets, “Pink Sheet” Data, Monthly prices, <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> (last visited, March 18, 2024)

《より深く知るために》

大島堅一 (110111) 『炭素排出ゼロ時代の地域分散型エネルギーシステム』日本評論社

- 太田宏（二〇一六）『主要国の環境とエネルギーをめぐる比較政治——持続可能社会への選択』東信堂
- 高橋洋（二〇一七）『エネルギー政策論』岩波書店
- 原田大輔（二〇二三）『エネルギー危機の真相——ロシア・ウクライナ戦争と石油ガス資源の未来』筑摩書房
- 平田竹男（二〇二三）『世界資源エネルギー入門——主要国の基本戦略と未来地図』東洋経済新報社

