

特集

「日本のエネルギー安全保障と長期安定電源化」

技術経営士の会 三木 一克



2015年9月に国連で採択された、2030年までの国際開発目標 SDGs (Sustainable Development Goals、持続可能な開発目標) の中で、エネルギーに関連した目標 7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」では、「全ての人に手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する」がテーマになっている。目標に対する5つの具体的なターゲットの中で、特に、再生可能エネルギーの拡大など、クリーンエネルギーへの施策があげられている。

しかし、2022年2月24日のロシアによるウクライナ侵攻により、世界のエネルギー情勢は大きく変化し、国によっては、今後、エネルギーの確保が困難になる事態も懸念される状況となっている。

以下では、ロシア産エネルギー資源の輸入抑制に伴う欧州各国及び日本への影響を示すとともに、日本のエネルギー安全保障と長期安定電源化の現状と課題について述べる。



世界のエネルギー危機

ロシアによるウクライナ侵攻により、原油価格の代表的な指標であるWTI(West Texas Intermediate)の先物価格は、1バレル120ドルを超える記録的な水準に跳ね上がった。その後、中国の石油需要減少の報道で、1バレル95ドル前後まで下がったが、再び上昇し高値のまま、乱高下している。天然ガスは、さらに激しく高騰し、原油価格とほぼ同時に、欧州のガス価格も最高値を記録し、原油換算で1バレル400ドルを超える異常な高値をつけた。4月7日には、先進7カ国(G7)がロシア産石炭の輸入禁止・段階的廃止を発表し、石炭価格も急上昇している。

ロシア産のエネルギー資源は、世界市場で大きなシェアを占めており、原油の輸出では世界の11%、天然ガスは25%、石炭は18%と非常に大きい。特に、ドイツやイタリアをはじめとする欧州諸国は、ロシアへの天然ガスの依存度が非常に高く、今後、天然ガスの確保が困難になる事態も懸念される [1] 。

EUのロシア産天然ガス依存・脱炭素政策の転換

ロシア産天然ガスは世界第1位の輸出量を占め、主な輸出ルートは、①LNG輸出(西回り、スエズ運河経由)、②LNG輸出(東回り、北極海航路経由)、③サハリンLNG輸出、④パイプラインガス輸出の4ルートがある。①~③はLNG、④は天然ガスで、LNG100万tを天然ガス1.4BCM(1BCM=10億 m^3)として換算すると、2020年の輸出量は、①~③合計で42.4BCMに対して、④は203BCMで圧倒的に大きい [2] 。

国別の輸入量の上位3カ国は、ドイツ38.1BCM(ルート④)、フランス25.5BCM(ルート①、④)、イタリア20.5BCM(ルート④)である。これら3カ国では、ロシア産天然ガスの輸入割合が近年増加傾向にあり、2020年はドイツが43%、フランスが27%、イタリアが31%と極めて高い [3] 。一方、日本の輸入量は、ルート③から8.4BCMで、ロシアからの輸入割合は9%と小さい。

EUでは、これまで急進的な脱炭素政策のもとで、CO₂排出量の多い石炭火力を縮小し、ガス火力への依存度を増大し、特にロシア産天然ガスに大きく依存してきた。また、風力発電を大量に導入し、発電量不足時には起動が容易なガス火力でバックアップする方策を取ってきた。

しかし、ウクライナ危機で天然ガス価格が高騰する中で、石炭火力と原子力が最大限利用される傾向にあり、光熱費高騰要因の再生可能エネルギー(以下、再エネ)等の脱炭素政策には急ブレーキがかかる状況となっている。

日本のエネルギー政策：第6次エネルギー基本計画

一方、日本では、2021年10月に第6次エネルギー基本計画が閣議決定され、エネルギー政策目標(2030年度)として、S+3Eすなわち、①Safety(安全はエネルギー政策の大前提)、②Energy Security(自給率30%)、③Environment(CO₂排出量46%削減)、④Economic Efficiency(電力コスト引き下げ、再エネの導入と国民負担抑制)の4つの目標が設定された[4]。電源構成は、2010年度火力65%、原子力25%、再エネ9%だったが、2011年の福島第一原子力発電所(福島原発)事故後、原子力はゼロになり、2021年度に6%まで立ち上がったが、原子力をカバーするため、火力が72%、再エネが22%に増えた。2030年度は、原子力を21%に増やす計画だが具体策は明確に示されていない。火力は41%に減少し、再エネが主力電源化を目指して37%に増加し、その中で太陽光が水力11%を抜いて15%を占める計画である。

2030年に30%を目指すエネルギー自給率は、2010年度20.2%だったが、福島原発事故後、2014年度に6.3%まで低下した。2019年度には12.1%にまで回復したが、OECD加盟36カ国中35位の位置にあり、化石燃料の価格変動による影響を非常に受けやすい状況にある[5]。

国内電気料金は、福島原発事故以降、大幅な上昇が続いている。電気料金の国際比較では、家庭用が米国の2.0倍、フランスの1.3倍、産業用が米国の2.4倍、フランスの1.4倍で、海外との産業競争力の観点からも大きなマイナスとなっている。

上昇の要因は燃料費の高騰だけでなく、①再エネ賦課金導入と②原子力発電所の停止がある。要因①に関して、再エネの固定価格買取制度(FIT、Feed-in Tariff)により、2021年度の買取費用総額は3.8兆円に上り、この内、国民負担となる再エネ賦課金2.7兆円が電気料金に3.36円/kWh加算されている[6]。要因②に関して、福島原発事故以降、原子力の長期停止により、火力発電が大幅に増加し、2011年度からの6年間で約15.5兆円の追加燃料費が発生した。2016年度の約1.3兆円の追加燃料費は、4人家族では約4万円/年を追加的に資源国へ支払っていることになる[7]。

一方、変動再エネの導入拡大により、電力各社は稼働率が低下し採算性が悪化した火力発電所の休廃止を加速しており、予備率減少で電力の需給逼迫の懸念が顕在化してきた。2012年導入以来初となる「電力逼迫警報」が、2022年3月21日東京電力管内に発令され、節電と揚水発電フル稼働で停電を回避できた。同年6月末の猛暑で経済産業省が26日に初めて「需給逼迫注意報」を東京電力管内に発令し、節電を呼び掛ける事態となった。さらに2023年1月、2月には東京電力管内の予備率は▲0.6%、▲0.5%と見込まれ電力不足が予想されている。節電などの応急処置ではなく抜本的な電力供給拡大対策を早急に実施する必要がある[8]。

太陽光・風力発電の問題点と課題

太陽光・風力発電は広大な敷地を必要とし、例えば、100万kWの原子力発電が1年間に発電するのと同じ電力を太陽光・風力で発電するとしたら、太陽光は原子力の97倍、風力は367倍の敷地面積が必要となる[9]。日本の国土面積はイギリス、ドイツ、フランスとほぼ同じだが、平地面積が欧州3カ国の半分以下で、森林が国土の66%と多くを占める。

陸上風力では年平均風速6m/s以上が必要とされ、適地は東北、北海道の沿岸部と山地に集中しており、洋上風力は、日本では定置式に適した海底に限られるため、浮体式が今後、導入されていくが、運転までのリードタイムが長く、大幅なコスト低減が必要である。

主力電源化を目指す太陽光・風力発電には以下の問題点がある。①低い設備利用率、②不安定な電源、③系統安定性への影響、④景観・自然環境の破壊、⑤森林伐採によるCO₂吸収量減少、⑥自然災害による事故の多発、⑦太陽光パネルの大量廃棄処理、⑧太陽光パネルの中国依存。

特に、⑧はエネルギーの安全保障、長期安定電源化の観点から非常に大きな問題である。2019年の世界のパネル生産量の71%が中国で、原料のポリシリコンの生産量も80%を中国が占め、その50%が新疆ウイグル自治区で生産されている[10]。日本は国内生産が17%、輸入が83%で、その内79%が中国という状況にある。2022年6月米国でウイグル禁輸法が施行され、今後、日本にも米国並みの対応が迫られると予想される。現状、日本は太陽光発電の中核技術や生産拠点を国内に保有せず中国からの輸入に依存しており、長期的視点からの対策が必要である。

原子力の再稼働による長期安定電源化

福島原発事故で国内全ての原子力発電所54基 (BWR30基、PWR24基)が運転停止した。年間総発電電力量の29.3%に相当する。準国産エネルギーとして安定供給に寄与してきた原子力は、その後、大幅に稼働制限され、世界一厳しいとされる新規規制基準が策定されて10年以上が経過した現在でもなお、再稼働を果たした原子力発電所はPWRの10基に過ぎない。原子炉設置変更許可済が7基(713万kW)、審査中が10基(1053万kW)あり、合計17基が再稼働すれば1766万kWの電力が追加でき、日本のエネルギー危機を大きく改善することになる [11]。

原子力は、燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きい。出力100万kW発電所の1年間の発電量に必要な燃料は、原子力が21tに対して、天然ガス、石油、石炭はそれぞれ95万t、155万t、235万tと膨大な量になる。また、原子力は2年11ヵ月間、国内保有燃料だけで発電を維持できるが、天然ガス、石油、石炭はそれぞれ20日間、200日間、29日間しか維持できず、海外の燃料価格変動が直ちに電気料金に影響する。さらに原子力は国産化率90%を超え、国内企業に技術が集積し、部品点数約1,000万点のサプライチェーンを国内に持ち、国際的に強い競争力を保有している [12]。

2020年代末に運転開始のSMRプロジェクト

福島原発事故を契機に、日本をはじめ世界各国では現行の原子力発電所に対して、より一層の信頼性・安全性の向上を図る施策が進められている。さらに、根本的に全く新しい原子炉SMR(Small Modular Reactor)の開発が、米国、イギリス、フランス、ロシア、中国、日本で進められている。特徴の第1は、安全システムのシンプル化・高信頼化で、現行の原子炉の1/3から1/5に小型化し、ポンプ等による強制冷却から自然循環冷却に変更し、ヒューマンエラーと機器故障を回避する。特徴の第2は、初期投資を縮小し、規格化された部材一式の工場生産・現地組み立により建設期間を従来の5~7年から3年に短縮する。特徴の第3は、熱貯蔵や水素製造などの多目的利用を進めており、特徴の第4は、軽水炉、高速炉、高温ガス炉などの多様な炉型を対象としている。

米国のGEH社と日本の日立GE社が共同開発中のBWRX-300は、出力30万kWのBWRタイプで、①配管破断による冷却材喪失事故を排除、②電源喪失時に運転員操作なしで7日間冷却可能、③負荷変動への対応などの特徴を持つ。2021年12月にカナダ電力OPG(Ontario Power Generation)から受注し、Darlington原子力発電所に最大4基を建設、2028年に初号機を完成する予定 [13]。

SMRは、炉内の核燃料が少なく事故時の放射性物質放出量が少ないこと、電源喪失時7日間の炉心冷却維持により緊急措置に余裕があることなどの固有の特性を持つことから、米国では、半径16kmの緊急時防護措置準備区域EPZ(Emergency Planning Zone)を発電所敷地境界レベルまで縮小することを検討しており、これが実現するとSMRに対する社会的受容性の向上に寄与すると期待される。

エネルギー産業のゲームチェンジャー「Natrium™」

GEH社とTerraPower社が共同開発中のNatrium™は、高速炉タイプのSMRで、GEH社の小型モジュール式高速炉PRISMとTerraPower社の熔融塩エネルギー貯蔵システムを組み合わせたものである。高速炉PRISMは、Naの高熱伝導率により全電源喪失時にも自然循環で除熱でき、長半減期核種である超ウラン元素(TRU)を炉心で燃焼消滅できる。原子炉本体の地下設置と免震装置採用により立地自由度が大きい。電気出力は34.5万kWであるが、再エネの出力変動に対応してエネルギー貯蔵システムを使って最大5.5時間、50万kWの電力供給が可能である [14]。

Wyoming州の石炭火力跡地に実証炉を建設し、2028年運転開始を目指すことが2021年6月に発表された。日本原子力開発機構(JAEA)と三菱重工業がTerraPower社と覚書を締結し、①高速炉(常陽、もんじゅ)の経験、ノウハウ、試験設備、②JAEA保有の大型ナトリウム試験設備 (AtheNa)、③日本企業が持つ機器設計・製造技術の3点で技術協力する。

TerraPower社は、Bill Gates氏が2006年に創設した次世代型原子炉の研究開発企業で、同氏は原子力に対して下記の考えを表明している。「原子力は、気候変動対策において理想的なエネルギー。事故のリスクは、イノベーションにより解決可能。TerraPower社は、安全性が非常に高い第4世代原子炉を開発する。社会の認識を変えるには、劇的に違うものを出す必要がある。「Natrium™」は、エネルギー産業のゲームチェンジャーになる。」

21世紀が始まって20年以上が経過した。今後、革新的な技術開発によって21世紀に相応しい持続可能な原子力利用が実現されるものと期待している。エネルギー戦略は、日本経済や国民生活に大きな影響を及ぼし、国や企業の盛衰をも左右する重要な問題である。日本の過去の経緯やエネルギー資源、国土、自然環境、さらに蓄積されてきた技術力や生産力を踏まえて、10年、20年先の中長期的な視野に立った戦略が必要と考える。

参考文献

- [1] NHK解説委員室(出川展恒解説委員)(2022.4.25)
- [2] JOGMEC石油・天然ガス資源情報「ロシア情勢(2021年8月)」(2021.9)
- [3] 資源エネルギー庁「電力・ガスの原燃料を取り巻く動向について」(2022.5)
- [4] 資源エネルギー庁「エネルギー基本計画について」(2021.10)
- [5] 資源エネルギー庁「日本のエネルギー2021年度版」
- [6] 資源エネルギー庁「今後の再生可能エネルギー政策について」(2022.4)
- [7] 関西電力HP「事業概要・エネルギー(日本のエネルギー事情)」
- [8] 資源エネルギー庁「2022年度の電力需給見通しと対策について」(2022.5)
- [9] 九州電力HP「太陽光発電Q&A」
- [10] JETROビジネス短信「太陽光パネル生産地の分散化」(2022.7.13)
- [11] 資源エネルギー庁「原子力産業を巡る動向について」(2022.3)
- [12] 資源エネルギー庁「原子力政策の課題と対応について」(2021.2)
- [13] 日立評論「日立的原子力ビジョンと新型炉開発」2020 Vol.102 No.2
- [14] 資源エネルギー庁「エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の価値」(2021.5)