

## 要 約

中国から感染が広まった新型コロナは、未だ収束の見通しは立たず、世界の感染者数及び死者数は増加傾向にある。感染症リスクの高まりの背景には、生態系の破壊や人と自然の関わり方の変化がある。一方、各国で新型コロナ対策として都市のロックダウンなど経済活動を制約する措置が導入された結果、温室効果ガスの排出量が減少し、世界のエネルギー消費が激減していることも事実である。しかし、そのような環境改善は一時的で、パンデミック収束後に経済活動が元に戻ると温室効果ガスの排出もリバウンドすることが明らかになっている。現実に、過去にも主要な経済危機の後に温室効果ガス排出量は減少しているが、その後にはすぐ戻っている。

新型コロナ対策として経済活動や人の移動を制約する措置により、短期的には世界の二酸化炭素排出量は減少し大気汚染も改善した。しかし、これを一時的な現象で終わらせずパンデミックが起こりにくい社会を構築し気候変動の危機を回避できる持続可能な経済につくり変えようという動きが欧洲を中心に進んでいる。それが「グリーン・リカバリー(緑の復興)」であり、その中核をなすものがエネルギー転換である。エネルギー転換は、化石燃料を減らし、原発を撤廃して再生可能エネルギー（以下、再エネ）中心の経済へ転換することを意味する。化石燃料から再エネに切り替えるエネルギー転換は歴史の必然であり、かつ最も合理的な選択である。既に世界の主要国では、再エネの大幅な導入を進めており、気候変動対策を活かした経済発展を図ろうとしている。21世紀は再エネ中心の時代に転換することが想定されているが、それは単なるエネルギー転換ではなく、世界の政治経済や国際関係に大きな影響をもたらすことが予想される。

そこで本稿では、化石燃料から再エネへエネルギー転換が進む中で、その構造的变化が国際政治経済関係にどのような影響をもたらしていくのか分析し、今後拡大していく各の再エネシステムを支える国際送電網について欧洲の事例をもとに考察し北東アジアにおける可能性について検討していく。

まず、第Ⅰ章では新型コロナの影響により世界の二酸化炭素排出量とエネルギー需要が減少していることを考察し、エネルギー源別でみれば化石燃料の需要が大幅に低下している一方で、再エネのみが増加していることをみていく。再エネの増加は、世界的なトレンドとして動き出しており、併せてその増加要因を五つの視点から検討していく。

第Ⅱ章では、世界がカーボン・ニュートラルへ向けてエネルギー分野の構造的な転換を

加速させており、その変化が今後の国際経済と国際政治にどのような影響をもたらすのか考察していく。このままエネルギー転換が進めば化石燃料の消費量が世界的に減少し貿易量も減り、化石燃料の偏在性の問題はなくなり戦略的重要性は下がる。各国が自国の再エネに立脚すれば、すべての国々が持てる国となり、そのうえで一定の割合を相互に融通することになる。そうなれば、資源保有国による輸出停止措置のリスクもなくなりエネルギーをめぐる対立や紛争はなくなる。世界各国は協調せざるを得ず、欧州のように再エネをめぐって能動的に協調し相互依存が深まるような国際関係を構築する動きが今後でてくることが予想される。つまりエネルギー転換が化石燃料の有無に決定づけられる非対称で対立的な国際関係から、自国のエネルギー（再生）を基盤とする対等で協調的な国際関係への移行が促進されるであろう。

一方で再エネは多くの国に遍く賦存しており地政学的及び地質学的にもリスクは解消するが、これまでコスト高のために導入が限られていた。しかし、この数年程度の間に、太陽光パネルや風力発電のコストが大幅に低下し、中国を中心に発展途上国でも大量導入が加速している。しかし、変動性が高いために供給上のリスクが依然として存在する。この課題に対して、欧州諸国は電力システムの柔軟性を向上させる対策を実施しており、そのツールの一つが国際送電網の設置である。国際送電網は国境を超える送電線（連系線）のネットワークであり、エネルギー転換の先進地域である欧州では近年、国際送電網が拡大している。

そこで第Ⅲ章では、世界でもっとも電力貿易が活発な欧州における国際送電網の現状をみていく。国際送電網を活用した欧州の電力貿易は全体的に割合が高く自国内の発電電力量の11%程度を輸出し、ほぼ同量を輸入しており連系が活発である。特に欧州は、陸続きの先進国が多いため相対的に国際連系線の距離や費用を抑えることができること、そしてある程度市場の大きい国が隣接していることや自然エネルギーの系統統一が推進されているために電力貿易の便益が高い条件がそろっている。しかし、各のおかれた電力の状況は様々であるため、相互補完性及び便益性について、具体的に電源構成、電力価格差、需給パターンの面から考察していく。

第Ⅳ章では、北東アジアにおける国際送電網の可能性を検討していく。現在、北東アジアは世界地図上、電力を含めてエネルギー連携協定のない空白地域である。しかし、北東アジアで国際送電網が注目される理由としては、大規模需要が見込まれる国が隣接していること、世界有数のポテンシャルを誇る自然エネルギー豊富な地域であること、日中韓の

3か国の世界に占める再エネ特許数シェアが52%を占めているなど技術的なイノベーションで優位に立てる事などが挙げられる。また、北東アジアでは欧州に比較すれば電力自由化の歩みが遅いものの、日本以外では送電会社が独立し、国際送電網にも積極的な関心を示しており各国政府間で合意すれば異なる制度や規制を緩和・調整することは可能である。北東アジアでは国際送電網の可能性はあるのか、電源構成、電力価格差、需給パターンの面から考察するとともに、併せて二国間で実施されている国際送電網の事例をみていく。

そして、近年活発に議論されている「アジアスーパーグリッド」構想と「浮体式洋上風力発電」構想をみていく。「アジアスーパーグリッド」構想は、アジア各国をEUのように送電線で結び、風力や太陽光など再エネで発電した電力を各国間でやりとりする構想である。もう一つの「浮体式洋上風力発電」構想は、海上に洋上風力を建設してそこで生み出される電力をスーパーグリッドによって各国に送電する仕組みである。今後世界の経済成長を牽引する北東アジアは世界有数の市場規模と自然エネルギーのポテンシャルを有しており、また日中韓3か国が再エネの技術的イノベーションに優位性をもっているなど条件は揃っている。今後、北東アジアが世界の主導権を握ることは十分可能である。従来は化石燃料輸入国として極めて地政学的に不安定な外部エネルギーに依存していた日中韓の3か国が世界の脱炭素社会構築に向けてエネルギー構造の転換に寄与できる好機が到来しているといえよう。

いずれにせよ、国際政治のリアリズムの立場からは、以上の取り組みは過度な楽観主義ではとの批判を受けるかもしれないが、だからこそ政治的決断がなければ進まないことも事実である。もはや、気候変動問題という人類共通の敵に対して世界はお互いにいがみ合っている状況ではない。今こそ、求められるのは各国の危機意識の共有であり、エネルギー資源ナショナリズムを超越した連帯と協働である。化石燃料時代における非対称的な関係を受け入れ続けるのか、それともエネルギー転換時代における相互依存関係を前提にした国際送電網を積極的に構築するのか、今我々には国際関係のパラダイムシフトをめぐる方向性について選択が問われているのである。

## はじめに

世界は新型コロナの収束がまだ見えず、感染者数及び死者数は増加傾向にある。感染症リスクの高まりの背景には、生態系の破壊や人と自然の関わり方の変化が要因として挙げられる。一方、各国で新型コロナ対策として都市のロックダウンなど経済活動を制約する措置が導入された結果、温室効果ガスの排出量が減少し、世界のエネルギー消費も激減している。新型コロナ対策として経済活動や人の移動を制約する措置により、短期的には世界の二酸化炭素排出量は減少し大気汚染も改善した。これを一時的な現象で終わらせば、パンデミックが起こりにくい社会を構築し気候変動の危機を回避できる持続可能な経済につくり変えようという動きが欧州を中心に進んでいる。その中核をなすものがエネルギー転換である。既に世界の主要国では、化石燃料から再生可能エネルギー（以下、再エネ）の大幅な導入を進めており、気候変動対策を活かした経済発展を図ろうとしている。21世紀は再エネ中心の時代に転換することが想定されているが、それは単なるエネルギー転換ではなく、世界の政治経済、そして国際関係に大きな影響をもたらしていくことが予想される。本稿では世界的に顕在化しつつあるエネルギー転換の構造的变化を対象に、その変化が今後の世界の経済と政治にどのような影響をもたらすのか考察するとともに、再エネ拡大を支える国際送電網の可能性を先進的な欧州の取り組みの現状と今後拡大が見込まれる北東アジアの取り組みの可能性についてみていくことにしたい。

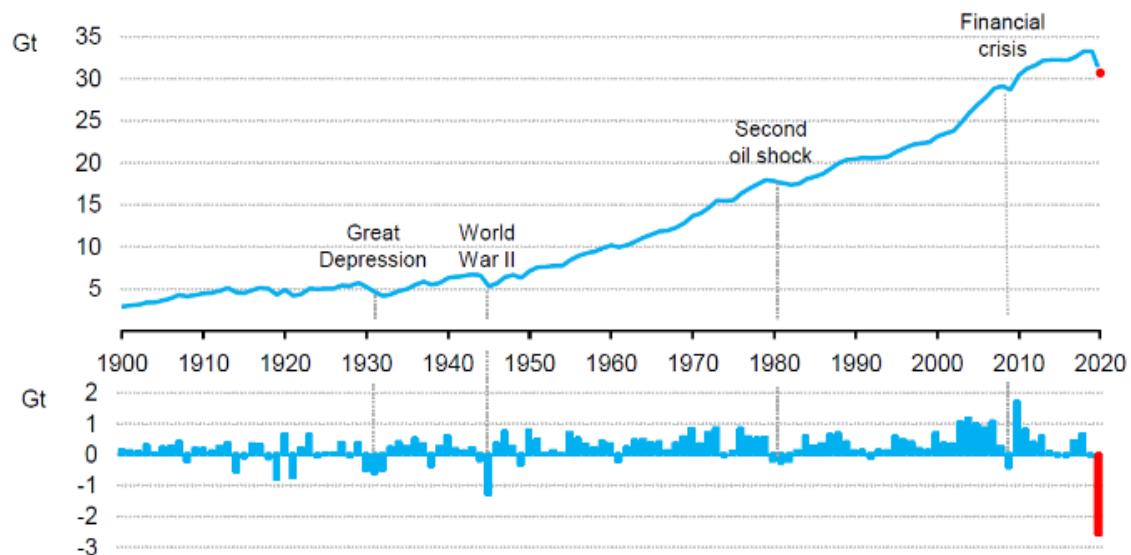
### I. 新型コロナウイルスの気候変動へのインパクトと再生可能エネルギー

#### I-1. 新型コロナウイルスの気候変動へのインパクト

世界に拡大した新型コロナの感染により、世界の CO<sub>2</sub> 排出量とエネルギーに大きな影響がでている。国際エネルギー機関（以下、IEA）によると、全世界で 2020 年にはエネルギー需要が対前年比で 6% 減少し、世界の年間 CO<sub>2</sub> 排出量は前年の 33.2Gt から 2.6Gt 減少（減少率 8%）し 30.6Gt と見込まれている。（**図表 1**、**図表 3**）これは、CO<sub>2</sub> 排出量の減少量として第二次世界大戦の年変化における減少幅の 2 倍であり、リーマンショックによる 2009 年の低下量の約 6 倍の大きさである。（**図表 1**）また、新型コロナによるパンデミックで都市封鎖が行われた結果、昨年 4 月上旬の時点で 1 日当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が一昨年に比較して 17%（日量 1700 万トン）減少したことが指摘されている。（英科学誌ネイチャー・

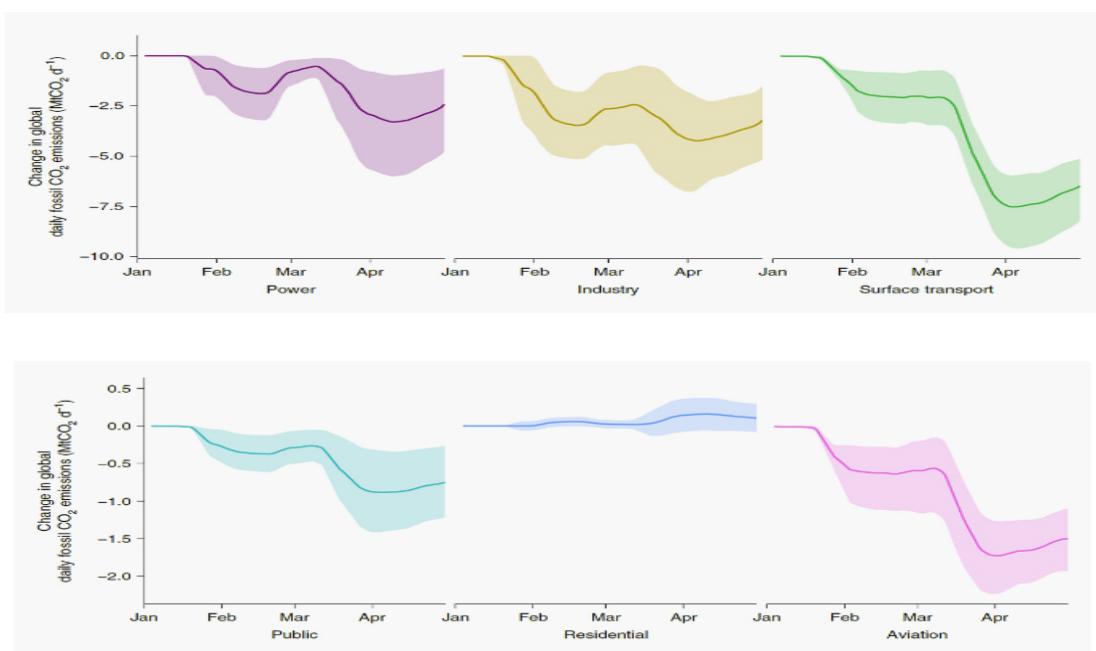
クライメート・チェンジ) その大きな要因は移動・輸送の減少である。図表 2 をみれば、削減量ベースでは航空輸送 (Aviation) 及び陸上輸送 (Surface Transport) の CO<sub>2</sub> 排出量の削減が最も大きい。結果的に新型コロナの影響により一時的に CO<sub>2</sub> 削減量は増加して 2010 年レベルの CO<sub>2</sub> 排出量まで改善し、気候変動問題に関してはプラスの影響をもたらしている。

図表 1 世界の CO<sub>2</sub> 排出量の推移(1900~2020 年)と年間変化量



出所：2020 年 4 月, International Energy Agency, Global Energy Review 2020.

図表 2 セクター別の CO<sub>2</sub> 排出量の変化

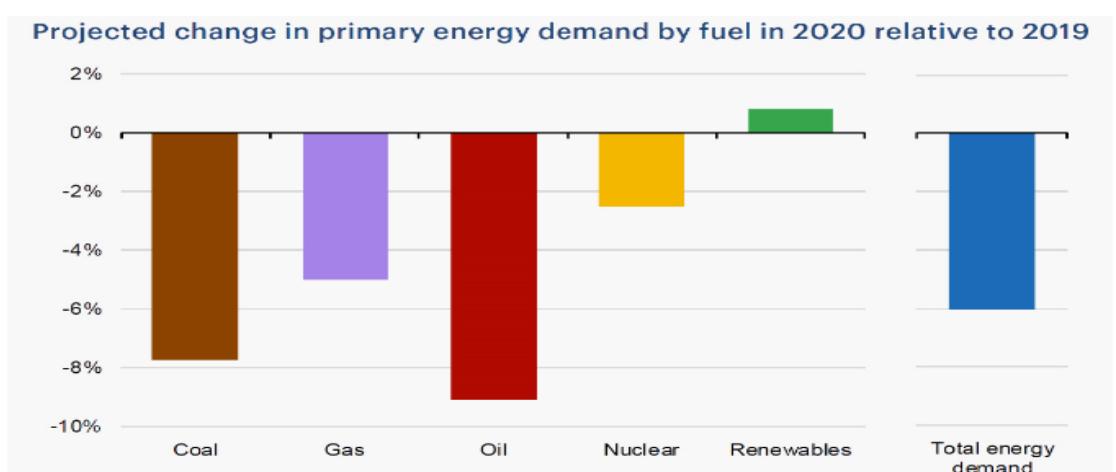


出所 : Le Quere, C, et al. Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. Nature Climate Change (2020. 5).

## I -2. 世界の電力需要の減少と再生可能エネルギー増加

IEA によると新型コロナの感染拡大の影響により世界の電力需要は大幅に減少し、2020年の世界の電力需要は 2019 年対比で 6%減少となる見込みである。(図表 3) これまで増加の一途を辿ってきた途上国でも前年対比で減少し中国では 4%以上、インドでも減少となる。また、欧州や米国など先進国でも前年対比で 10%前後の減少となる見込みである。図表 3 でその内訳をみてみよう。まず、石油の需要は前年対比で 9%低下する見込みである。その主な要因は、航空燃料やガソリンなど輸送部門の需要が激減することによるものである。石炭需要は、前年対比で 8%低下する見込みであり、その要因としては電力需要の低下であり石炭火力による発電量を押し下げている。また、ガス需要も前年対比で 5%低下する見込みであり、これは発電部門及び産業部門の需要減によるものである。一方、再エネ需要であるが、再エネ電力は設備が大幅に増加しているとともに、ほとんどの電力システムで優先接続されて運用コストも低いことから増加が見込まれ、感染拡大の中で再エネのみが前年対比で 1%増加する見込みである。

図表 3 2020 年の世界の電力需要と各電源別発電量の予測（対前年比）

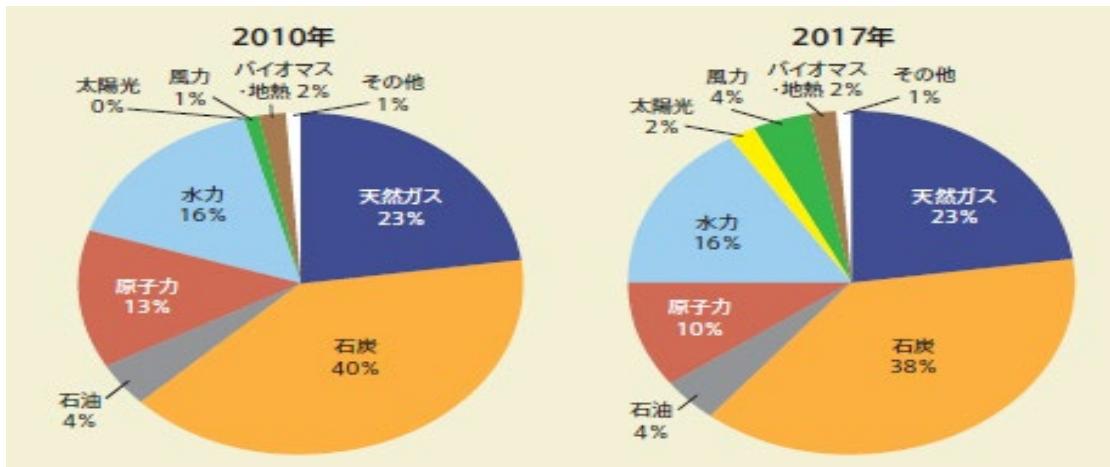


出所 : 2020 年 4 月, International Energy Agency, Global Energy Review 2020.

それでは現在、再エネはどこまで拡大しているのか。図表 4 で世界の発電量のエネルギー源別シェアをみると、2010 年には 3%に過ぎなかった水力以外の再エネ(太陽光、風力、バイオマス、地熱)のシェアは 2017 年には 8%まで拡大している。この間に再エネは 5 ポイントシェアが増加しているが、天然ガス (23%)、石油 (4%)、水力 (16%) のシェアは

7年間で全く変動していない。世界の発電量全体で5%ものシェアが増加することは大きな変化である。これが、今起こっている世界的な再エネへのエネルギー・シフトである。なお、IEAでは将来の世界エネルギー需要予測を行っているが、いずれのシナリオでも再エネ（特に風力や太陽光）は増加の見通しが顕著になっている。<sup>1</sup>（図表5）

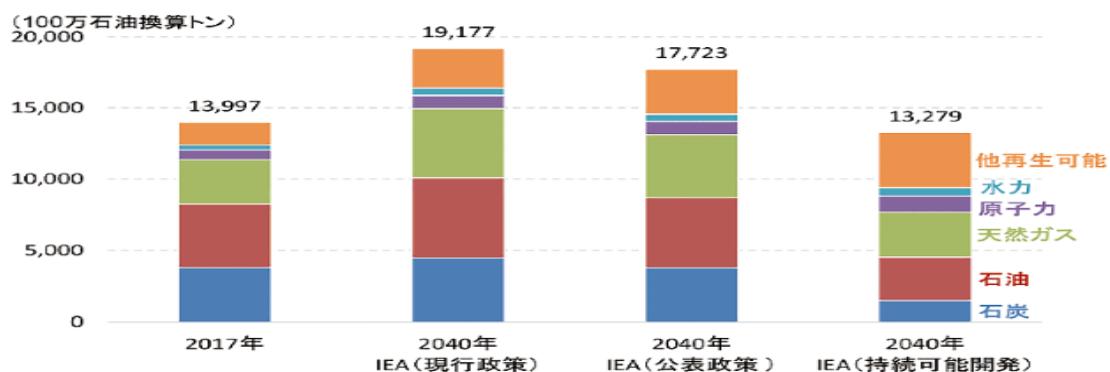
図表4 世界の発電量のエネルギー源別シェア（2010年と2017年の比較）



出所：BP Statistical Review of World Energy June 2018. mizuho global news /2018

DEC&2019JAN vol. 100 二宮論文より抜粋。

図表5 世界のエネルギー需要展望



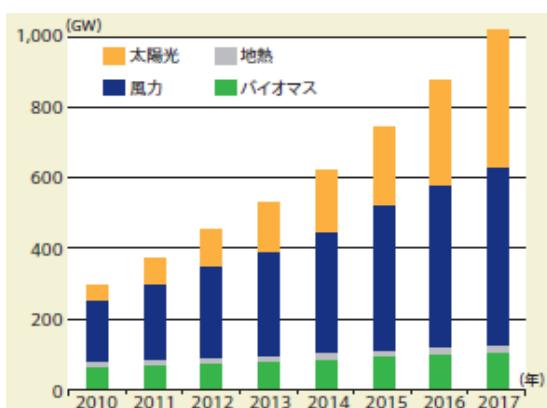
出所：IEA : World Energy Outlook 2019. 資源エネルギー庁 HP より抜粋。

そして再エネの中でも、特に太陽光と風力発電のシェアは今後も増加を続けることは確実視されている。このペースで増加が進めば世界の発電量に占める再エネの割合は2025年には3割を超えることが予想されている。発電量の増加をもたらしているのは、世界各国で導入されている再エネ発電設備の急増である。図表6は世界のエネルギー源別再エネ発

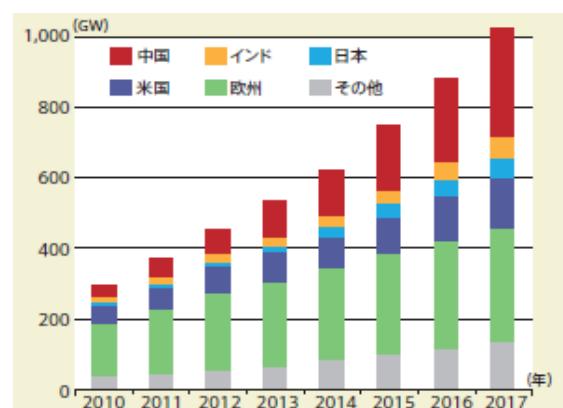
<sup>1</sup> 国際エネルギー機関（IEA）は世界の需要予測を2017年の実績と比較して、現行シナリオ、公表政策シナリオ、持続可能開発シナリオに分けて想定している。

電設備容量（2010年～2017年）である。この7年間で3倍以上に増加し、増加のほとんどが太陽光と風力発電である。この太陽光と風力発電は今後とも増加を続けるであろう。一方、図表7は再エネ発電設備容量を国・地域別にみたものである。すべての国や地域で増加しているが、特に中国は2010年から2017年の7年間で9倍以上に増加している。世界中ですべての国や地域で再エネ発電設備容量が増加している事実は、再エネへのエネルギー転換が全世界で進行しており、不可逆的なトレンドになっていることを示している。

**図表6 エネルギー源別再エネ発電設備容量  
(2010年～2017年の推移・水力除く)**



**図表7 国・地域別再エネ発電設備容量  
(2010年～2017年の推移・水力除く)**



出所：IRENA Renewable Energy Statistics 2018. mizuho global news /2018 DEC&2019JAN

vol. 100 二宮論文より抜粋。

### I-3. 再生可能エネルギー拡大の要因

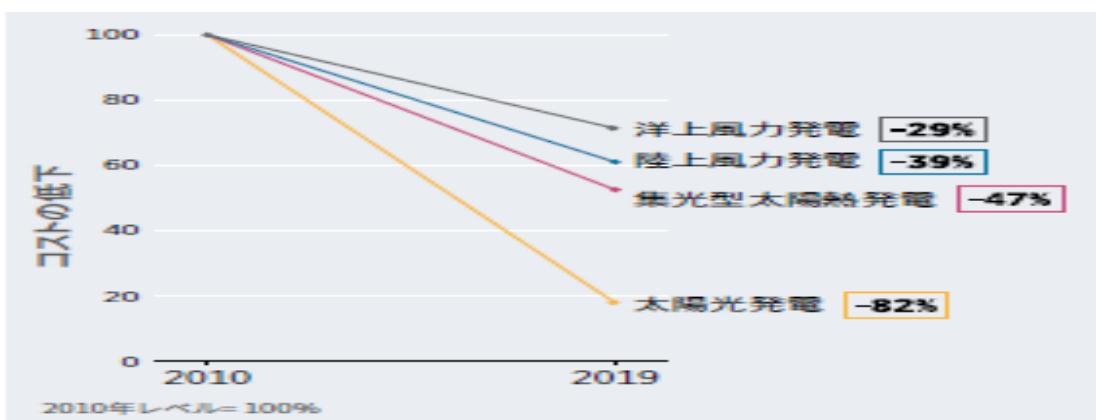
それでは、なぜこれまで再エネが増加しているのか。<sup>2</sup>その要因としては以下のとおりである。

一つ目に、風力や太陽光の発電コストが大幅に低減したことである。図表8のとおり、再エネの発電コストは、技術の進歩、規模の拡大、開発企業による経験の蓄積により過去10年間で大きく低下している。国際再生可能エネルギー機関（以下、IRENA）が2019年に収集したコストデータによると、太陽光発電（PV）のコストは2010年から82%低下し、集光型太陽熱発電（CSP）は47%、陸上風力発電は39%、海上風力発電は29%低下した。その背景には、導入拡大のための再エネ発電設備の量産効果が影響している。大量導入が

<sup>2</sup> 再生可能エネルギーの特徴としては、1) あらゆる国・地域で利用できること、2) 無限かつ無尽蔵の「フロー」の資源であること、3) 分散型で利用できるためエネルギーの民主化が進むこと、4) 限界費用がゼロであり技術学習効果により初期コストも低減し加速化していくことが挙げられる。なお、文明批評家のジェレミー・リキンは資本主義がデジタルテクノロジーと結びついた先に必然的に到達する社会を「限界費用ゼロ社会」と表現している。

コスト低減をもたらし、それがさらに大量導入をもたらすという好循環を生んでいる。例えば、洋上風力発電はブレードの大型化が進み設備利用率を上げている。そして設備容量に対して機数が少なくてよいため、設置や保守費用のコストを下げていく。再エネは水力や地熱を除いて「新興型」エネルギー<sup>3</sup>であるため火力や原子力と比較して技術革新の余地が大きい。また、火力は燃料費が高く、原子力は運転制御や核燃料の消費・処分のコストを加えると限界費用が高くなるが、再エネは燃料を必要としないため限界コストはゼロに近づき、さらに最小限の人数でオペレーションも可能となる。つまり、再エネは、世界で最も新型コロナの影響を受けにくい、レジリエントが高い電源であることが証明されており改めて注目が集まっている。

図表8 再生可能エネルギーによる発電技術：2010年以降のコスト削減



出所：IRENA(2020)Renewable power generation costs in 2019.

二つ目に、再エネの出力変動対策が進んでいることである。基本的に電力は、その特性上、大量に貯めておくことはできないので、瞬時に電力の需要と供給を合わせておく必要がある。したがって、使用量と発電量のバランスが崩れると周波数や電圧が上下して電力の品質を保つことができなくなる。そこで、導入拡大時に電力の品質を維持するための取り組みを行う必要になる。例えば、変動電源の増加に対してエネルギー転換が進む欧州では、出力変動対策として送電網の広域運用や市場制度を変えることで対応している。需給調整を行う送電会社は、国内外の広域送電網の運用により電力の過不足を周辺地域と調整したり、そのための送電網の強化、既存の火力や水力との精緻な出力調整、時間帯別

<sup>3</sup> 「従来型再エネ」として水力、地熱、「新興型再エネ」として風力、太陽光が挙げられる。両者は再エネとして同じ特徴を有するが、後者は前者に比較してエネルギー密度が低いが賦存量は無限であり変動電源であることが特徴である。

料金など需要側のデマンドレスポンスの活用、天気予報の精緻化による変動再エネの出力予測など様々な手法を組み合わせて送電システムの運用を柔軟に行っている。

三つ目に、セクターカップリングを実施して需給調整の範囲を電力以外の消費セクターまで広げていることである。今後変動性エネルギー電源の割合が50%を超えると出力変動対策では限界に達すると言われている。本来、風力や太陽光では天候に応じて極端な供給過剰や供給不足が生じるが、火力発電による出力調整や隣国地域との広域調整だけでは十分ではなくなる。再エネ発電を大量に設置する一方で、供給過剰のために出力抑制することでは再エネ発電の効率性が著しく低下する。そこで電力セクターで需要と供給を一致させることができない場合には、需給調整の範囲を電力以外の消費セクターまで広げることが必要となる。これが欧州で注目を集めているセクターカップリングである。例えば、再エネ電力が供給過剰の場合には、都市ガスで行っていた暖房を電力で行い、逆に供給不足の場合には自動車の蓄電池から電力を供給する。電力では貯蔵が難しいため需給調整に手間がかかるが、熱供給網や自動車の蓄電池であれば貯蔵が容易にできる。再エネ電力がセクター別の壁で仕切られていたエネルギー消費部門と相互に連系・融合できれば需給調整を柔軟に行うことができる。

四つ目に、上記と関連するが今後さらに余剰が増える再エネ電力をエネルギー sistem全体で有効活用することが進んでいることである。例えば、今後は運輸部門や産業部門でも再エネ電力が大量に使われるようになる。運輸部門の大半を占める自動車は現在ほぼ石油に依存しており電化は始まったばかりである。熱部門では、バイオマスや地熱で熱供給も可能だが、賦存量（理論的に算出された潜在量）の大きい風力や太陽光が発電用途には有利である。そのため脱炭素化のためにも再エネ電力を利用できるよう電化の領域を拡大することが不可欠となる。とはいえた最終エネルギー消費に占める電力の割合は、先進国でも20%～30%に止まる。電力部門のみ再エネ化を進めても社会全体で脱炭素化は進まないので、今後セクターカップリングの普及によりエネルギー sistem全体の再エネ化と電化が増々拡大することが予想される。

五つ目に、エネルギー転換政策が国際的に波及していることである。エネルギー転換はドイツが先行して取り組んでいるが、それ以外の国々も含めてエネルギー転換を競って進めている。その理由としては、エネルギー転換が気候変動問題とエネルギー安全保障を同時に解決する手段だからである。これまで欧州は気候変動対策に前向きな地域として京都議定書やパリ協定でも高い削減目標を掲げるなど気候変動枠組条約における国際レジーム

の先導的な役割を果たしてきた。欧州委員会はその先頭に立っており、IPCC の「1.5 度特別報告」を受けて 2050 年までに温室効果ガスの排出実質ゼロ（カーボン・ニュートラル）を掲げ、2030 年の EU の目標値として最終エネルギー消費の 32% を再エネ化し、エネルギー効率を 32.5% 向上して温室効果ガス削減目標を 50%～55% へ引き上げた。一方、欧州のエネルギー安全保障は、化石燃料の巨大輸入国としてロシアなどの輸出国に対してエネルギー安全保障上のリスクを抱えてきた。そのため、欧州は化石燃料から再エネへの転換をエネルギー安全保障のリスクを解消する有効な手段として推進してきた。このように、欧州では気候変動政策とエネルギー安全保障の観点から長期的にエネルギー転換を進めることで一致している。また、欧州ではイギリスを中心に脱石炭火力政策を進めており、フランス、イタリア、オランダ、デンマークなども脱石炭火力を宣言している。また、カナダとイギリスは 2017 年 11 月に COP23 ボン会議で「脱石炭火力連盟」を立ち上げ、2021 年 2 月末現在で 34 の加盟国、35 の地方政府・地方自治体、44 の企業等が加盟している。<sup>4</sup>

## II. 再生可能エネルギー時代の国際政治経済関係はどう変化するのか

この 10 年間で世界はカーボン・ニュートラルへ向けてエネルギー転換を加速させており、再エネのコスト低下と脱石炭火力政策が国際的に波及している。このままエネルギー転換が進めば、21 世紀には化石燃料の消費量が世界的に減少して貿易量も減るであろう。賦存量に限りがなく基本的に枯渇しない再エネが普及すれば資源の偏在性の問題はなくなり、どの国も自国で開発が可能となり一定の資源国になりえる。そして各国が自国の再エネに立脚すれば、エネルギーをめぐる対立や紛争はなくなるであろう。つまり、再エネは安全保障の対象にはならず国際政治経済関係に大きな影響を与えることが予想される。<sup>5</sup> それでは、エネルギー分野の構造変化が、今後の国際経済と国際政治にどのような影響を及ぼすのか具体的にみていきたい。

### II-1. 国際経済に与える影響 ~化石燃料の貿易量は減少、電力貿易は拡大~

<sup>4</sup> その他エネルギー転換を進めるものとしては、投資家の立場から環境を配慮した ESG 投資や国連による SDGs など企業や市民に環境配慮行動を促す取り組みが挙げられる。また、再エネ普及のための企業連合として RE100 によるイニシアティブが挙げられる。(2020 年 11 月現在で、世界の大企業 269 社が加盟)

<sup>5</sup> 2019 年に IRENA が発表した『新たな世界 エネルギー変容の地政学』によると、再エネの大量導入を柱とするエネルギー転換の進展が、各国の権力構造を変化させ国家や地域社会のエネルギー自立への期待を高め、エネルギー安全保障や民主的な権利拡大を促進するなど地政学的影響を与えることを指摘している。

2050 年に向けて非資源国のエネルギー転換が進めば、化石燃料の貿易量は消費量全体よりも大きな割合で減少することが予想される。図表 9 は、高橋洋氏が 2050 年のエネルギー輸出額を試算したものである。<sup>6</sup>この表によると、化石燃料全体（石油、石炭及び天然ガスの合計）では、2016 年の 15,006 億ドルから 2050 年には 4,988 億ドルに低下するとみている。一方で電力のみ 264 億ドルから 2,112 億ドルと約 8 倍に増加する。しかし、これを加えたエネルギー輸出額全体では、15,270 億ドルから 7,100 億ドルへと半減する。このように貿易量の減少により、まず貿易収支が大きく変わることである。

具体的には、化石燃料輸入国の貿易収支は大幅に改善し、輸出国の貿易収支は大幅に悪化する。また、併せて世界全体の貿易額が減少していくであろう。そのため、石油や石炭の関連企業の売上は減少し、世界的な石油系の多国籍企業は 2050 年以降、存亡の危機に直面することになるであろう。<sup>7</sup>当然、商社や石油精製プラントも影響を受ける。一方で、太陽光パネルや風力タービン、蓄電池、EV といった関連製品の貿易は拡大していく。また、これらの生産に必要なレアメタルの貿易が増え、全体として資源国よりも技術保有国が有利になる。

図表 9 2050 年のエネルギー輸出額の試算値（単位：億ドル）

	石油	石炭	天然ガス	電力
2016年輸出額	12,270	817	1,919	264
2018年輸出額	19,886	1,432	2,720	348
2050年輸出額	3,750	106	1,132	2,112

出所：高橋 洋著『エネルギー転換の国際政治経済学』152 頁より。

第二に、化石燃料の国際輸送が減少し、石油やガスのパイプライン、そして石炭運搬船や LNG タンカー、石油備蓄基地も不要になるであろう。これらの関連設備を段階的に減らさなければ座礁資産になる可能是高い。さらに、海運会社やパイプライン会社も負の影響を受ける。一方、再エネ自体はバイオマスを除けば輸送されないが、再エネ電力に関する輸出入が増大するため太陽光パネル、風力タービン、蓄電池、EV といった国際輸送は増加する。

第三に、国際エネルギー取引市場が衰退することである。近年の石油市場はますます国際市場での取引を拡大しているが、化石燃料市場の規模が縮小となれば、先物取引も不要になることも予想される。常に需給が緩み、投機が起こりにくくなり価格変動が起きなくなる。

<sup>6</sup> 高橋洋著『エネルギー転換の国際政治経済学』152 頁。

<sup>7</sup> 石油王のロックフェラーは石油メジャーのエクソンモービルの株式売却を発表した。(2016 年 3 月)。また、北欧最大の石油・ガス企業のエクイノールは 2030 年までに年間投資額の 2 割を再エネに投資する取り組みを進めている。

なる。対照的に再エネは、バイオマスを除けば市場取引の対象にはならなくなるであろう。

一方、エネルギーの輸出入が減少し貿易や輸送に構造的な影響を与える中で、貿易拡大が見込まれるのが電力貿易である。IRENA の予測によると、今後世界で電化が進めば、2050 年に世界の発電電力量は 2 倍以上に増えるとしている。現状で世界の輸出電力量は発電電力量に対して 2.83% と限定的であるが、これは欧州の 4 分の 1 に該当する。（世界の発電電力量に対して欧州の輸出率は約 11%）図表 9 の推計で高橋洋氏は、2050 年の世界の電力輸出額は 2016 年の輸出額の約 8 倍になると予測している。その根拠としては、2050 年の世界の輸出電力量は 2016 年の 2 倍の供給増となり、2050 年には世界の電力輸出額が欧洲並みの 4 倍の電力輸出率になり、掛け合わせると 8 倍になると推定していることだ。

基本的に再エネ導入が拡大していくれば、電力の安定供給と出力変動対策のために隣接する周辺国と広域運用をしていかざるをえない。地域を超えて電力を隣国から融通し合うことができれば、ブラックアウト発生による停電を回避できる。また、他国からの供給ルートの存在は国際供給体制のリスクの観点からも重要である。また再エネ電力は、一定量を自国で発電するために絶対的に不足する国は少ない。化石燃料と比較して偏在性が低いが必要性は高いため、それを海外から安価に輸入できれば経済的メリットは大きい。さらに、セクターカップリングが普及すれば、電力市場は電力部門に限らず運輸部門や熱供給部門、水素部門にも広がっていく。これまで仕切られていたエネルギー媒体別の壁を ICT の活用により相互に連結・連動させることができれば需給調整は容易になり、さらに電力市場は拡大していくことが予想される。

## II-2. 化石燃料の収奪に依存しない国際政治へ ~エネルギー安全保障のリスクは低下~

エネルギー転換が国際経済に大きな影響を及ぼすならば、国際政治においても必然的に大きな影響をもたらすと考えられる。その一つが、エネルギー安全保障に及ぼす影響である。再エネは国内外に存在し、まずは国内で開発するため国家間で争奪する必然性がなくなる。一方、化石燃料は国際エネルギー市場で価格がつかなくなり経済安全保障の対象ではなくなり戦略的重要性が相対的に低下し、エネルギーをめぐる国家間の対立が減少していく。そのため、シーレーン防衛の重要性や石油危機もなくなり、消費国は防衛することもなく資源国は経済的手段として行使もできなくなる。資源国と消費国が疎遠となり、米国や日本は中東への関与をしなくなることも想定される。貿易を行わなくなるため地政学的风险から解放されていく。

他方で、電化社会への移行が進み電力貿易が拡大すれば、かつての石油と同じように電

力が安全保障の争いの原因となるのではないかとの議論もある。しかし、基本的にはその可能性は低い。その根拠としては、再エネ電力が中心になれば電気事業は本質的に自國の中で多くを発電するために、他国に依存することが低いからである。自国内の消費電力の大半を輸入に頼る国はなく、EUのようにエネルギー安全保障を集団的に実現することを考えている地域は、実質輸入率を抑えていくであろう。化石燃料とは異なり電力は多様な電源によりつくり出す二次エネルギーでありエネルギー安全保障のリスクは低い。

そして、自国で消費電力を賄うにしてもエネルギー転換の時代には出力変動対策として国家間で双方向の輸出入が不可欠となり相互依存関係が増加するため安全保障上の懸念は低下する。たとえば、各国で変動電源の割合が高まるにつれて供給力が豊富な輸出超過の国であっても時間帯によっては需給調整が難しくなる。風力発電大国デンマークと水力発電大国ノルウェーのように、電源ミックスの異なる国同士が日時に応じて双方向で貿易することが増えていく。安定供給面から相互依存が進む中で純輸出国でも電力の輸入が必要となる。つまり、各國は電力を自國で大半を確保し残余部分を相互調整で補うため再エネ電力の安全保障は化石燃料の安全保障とは構造的に異なるのだ。化石燃料のように一方の貿易に基づく非対称な関係ではなく、双方向で相互依存的な国際関係を構築するので再エネは安全保障上の争いの原因にはならない。そのため再エネ電力を増やすほど出力変動対策として国家間で電力貿易を通じて協調的になることが不可欠となってくる。

以上を踏まえれば、国家にとってエネルギー問題は、国内供給体制整備と運営監視の問題となり、自給率を考慮することなく気候変動問題や大気汚染問題も改善に向かうであろう。政府は国内で開発された再エネ電力が他の消費部門を含めて取り引き出来るように市場を整備し、その運営を監視することが役割となる。まずは、国内問題であり補完的に国際協調が必要になる。国際協調で重要なことは電力貿易であり、欧州のように地域間で貿易されることになるであろう。

### II-3. 国際レジームへの影響 ~プラス・サム的な国際関係へ~

また、エネルギー転換は国際レジームにも影響を及ぼすであろう。エネルギー関連の国際レジームはエネルギー転換により OPEC/OAPEC など化石燃料を主体とした国際レジームはなくなるかもしれない。その理由としては、持てる国家と持たざる国家の非対称的な関係の中で国益（ナショナル・インタレスト）をめぐる対立が解消され、政治的行使と防護的確保が不要となりエネルギー安全保障問題がなくなるからである。一方、気候変動レジームはエネルギー転換が進むことでより協調的に機能していくであろう。これまで気候変

動レジームは各国の様々な対立により十分に機能してこなかった。しかし、気候変動は旧来の環境問題の射程を超えており地球環境問題は国境を越えて生態系全般を脅かすために国際的協調が求められている。各国からより高い削減目標が提示され、先進国による発展途上国への技術支援の促進など協調的な気候変動危機を解決する取り組みがより進展していく。

そして注目すべきは再エネへの転換の時代には、相互依存的な電力貿易を必要とするために、将来的に電力貿易をめぐる新たな国際レジーム形成が可能となることである。既に指摘したように、再エネへの転換が進めば、化石燃料の戦略的重要性が低下しエネルギーをめぐる対立が減少する。そうなれば、エネルギー問題は国内供給体制の問題となり需給調整のために国境を越えて相互に電力貿易が促進され、これまでのように電力の政治的な輸出停止<sup>8</sup>は難しくなり、エネルギーの集団的な安全保障がむしろ促進される。電力貿易は欧州のように地域的に貿易が行われていくが、これまで電力貿易が盛んでなかつたアジアやアフリカでも地域単位で構築され、そのための国際交渉が行われることは想像に難くない。このように考えれば、世界は欧州のように再エネをめぐって能動的に協調し、相互依存が深まるような国際関係を構築する動きが今後でてくることは想定される。つまりエネルギー転換が化石燃料の有無に決定づけられるゼロ・サム的な国際関係から、自国の再エネを基盤とするプラス・サム的国際関係への移行を促進することである。

こうしたリベラリズム的な国際関係の構造的变化に対しては、リアリズム的論者から批判を受けるかもしれない。<sup>9</sup>近年、自国第一主義が幅を利かせている中で、米国ではトランプ政権が4年も続き、イギリスはEUを離脱し、フランスやドイツでは極右勢力が台頭し、米中対立は覇権争いに領域を拡大している。このような国際情勢のもとで、各国はゼロ・サム的思考に陥りやすく、再エネをめぐり国際協調は生まれるのかという批判もあり得るだろう。しかし、気候変動危機の世界的課題の顕在化に対して世界は協調していかざるを得ない。確かに自国第一主義のトランプ政権はパリ協定を離脱したが、世界の気候危機をみても対応は待ったなしである。民主党のバイデン政権は既にパリ協定への復帰を宣言し、

---

<sup>8</sup> 近年では2006年及び2009年のロシア国営企業ガスプロムのウクライナへの天然ガス供給の停止などが挙げられる。

<sup>9</sup> 「二国間或いは多国間で貿易や投資が活発化すれば国家はそれを途絶させる紛争や戦線を回避するようになる」という相互依存論は、古くはイマニエル・カントが『永遠の平和のために』で指摘しており、実証的にはブルース・ラセット等の国際政治学者が膨大なデータをもとに明らかにした。それに対して、リアリストである国際政治学者のジョン・ミアシャイマーは、相互依存は協調だけでなく紛争もたらすこともあると主張している。

気候変動サミットを開催している。また、エネルギー転換は自国第一主義でも進めることはできる。エネルギー転換は分散型<sup>10</sup>でありローカリズムに基づく部分が大きく、まずは各国が自国のエネルギー自給のために再エネ導入を促進することは可能であり合理的である。したがって、リアリズム的な国際環境と相容れないわけではない。自国第一主義がなくなるわけではないが、エネルギー転換は、地域の共同利益（コモン・インタレスト）を優先していくような協調的な関係醸成には寄与するであろう。

### III. 欧州における国際送電網の現状

#### III-1. 国際送電網を活用した電力貿易の現況とその必要性

再エネは、偏在性はなく多くの国に遍く賦存しており、国産であれば輸送の必要もなくバイオマスを除けば限界費用はゼロになり、枯渇しないために争奪をめぐり対立することもない。地政学的及び地質学的にもリスクは解消するが、これまでコスト高のために導入が限られていた。しかし、この数年程度の間に、太陽光パネルや風力発電のコストが大幅に低下し、中国を中心に発展途上国でも大量導入が加速している。しかし、電源として変動性が高いために供給上のリスクが依然として存在する。この課題に対して、欧州諸国は電力システムの柔軟性を向上させる対策を実施しており、そのツールの一つが国際送電網の設置である。

国際送電網を活用した欧州の電力貿易は、図表10のとおり全体的に割合が高く、自国内の発電電力量の11%程度を輸出し、ほぼ同量を輸入しており連系が活発である。その中でも、デンマークはともに30%を超えており、輸入率が高いベルギーやイタリア、輸出率が高いフランスやノルウェーといった特徴がある。その他の地域では、米国、中国、ロシアは輸出入とともに1%前後と低い数値を示している。なお、日本、韓国、オーストラリアなどは、国際送電を行っていないため、輸出率及び輸入率ともに0%である。このように地域によっては幅があるが、電力貿易は可能であり一定の条件では十分に合理性があることがわかる。それでは、なぜ国際送電網が必要とされるのか改めて整理しておこう。

第一に、国際送電網の新設・拡張により石油に比較して国際的な相互依存関係による便益が生じやすいことである。一定程度の国内供給力を前提として国際送電網を設置すれば、

<sup>10</sup> 分散型電源とは、再エネや小規模な自家発電などを指す。発展途上国では投資額が大きく建設に時間がかかる送電網や大型発電所が電化の障壁となっているため、送電網を必要としない短期間かつ少額投資で導入できる太陽光発電など「分散型オフグリッド発電」の導入計画が進められておりエネルギー貧困問題解決の手段になりえる可能性がある。

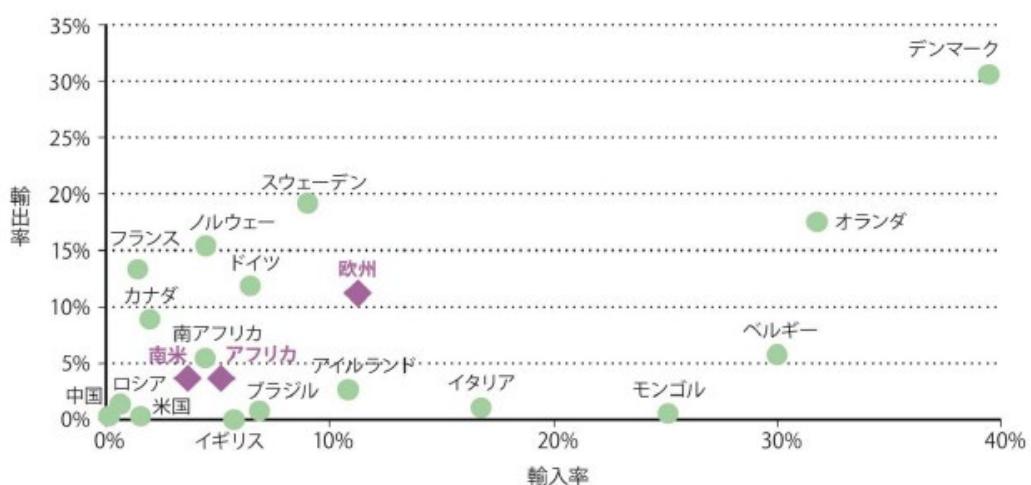
多様な輸出入ルートが供給予備力の補完的役割を果たし安定した供給が高まり、供給コストを抑えることもできる。また、電力価格の高い国が安い国から輸入すれば価格が下がり、価格差が大きいほど価格平準化の効果が大きくなり貿易の便益は大きくなる。

第二に、広域運用により電力の安定供給に寄与できることである。1国だけでなく複数の国と複数の連系線で送電網のネットワークが大きくなれば、多くの発電所と消費者を統合できるため需給のバランスが容易になる。突発的な変動が起きたときに柔軟に対応する柔軟性が高くなり、特に電源構成や需給パターンが異なる国家同士をつなぐ際には相互補完性が高くなる。

第三に、出力変動対策として再エネ導入に寄与することである。風力や太陽光の割合が増えることは、天候などに応じて供給パターンのブレが大きくなるので、その変動を国際送電網のネットワークで平準化する効果が発揮されることである。

以上のように電力貿易により相互依存性を深めれば双方の便益が大きくなり、長期的に良好な外交関係を築くことができる。

**図表 10 主要国・地域の電力輸出率と輸入率（2014 年度）**



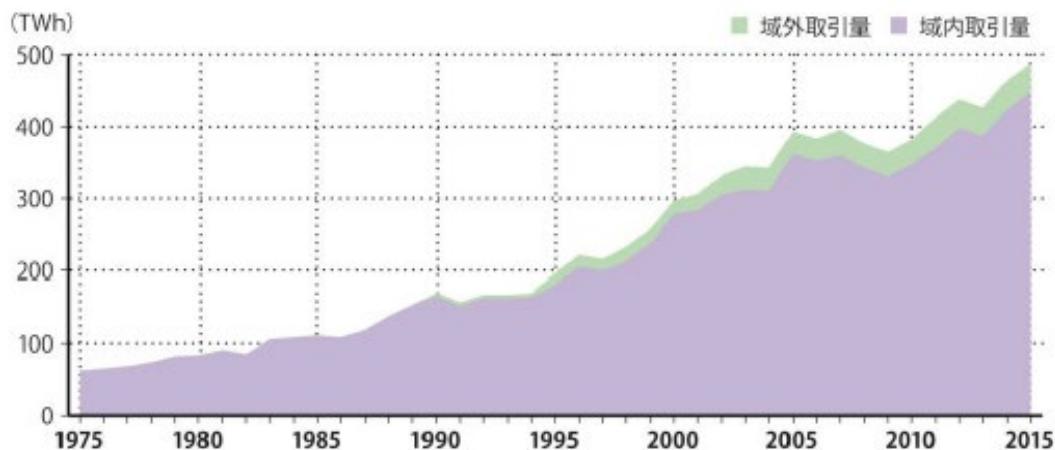
出所：IEA Electricity Information 2016. 『アジア国際送電網研究会中間報告書』3 頁より抜粋。

### III-2. 欧州における電力貿易とエネルギー転換

上記のように、世界でもっとも電力貿易が活発なのは欧州であり、近年国際送電網が拡大している。欧州には陸続きの先進国が多いため、相対的に国際連系線の距離や費用を抑えることができること、そしてある程度市場の大きい国が隣接しているために電力貿易の便益が高い条件がそろっている。また、第二次大戦以降、外交関係が安定し、欧州委員会

が域内の市場統合を推進してきたこともあり、電力貿易もその例外ではなかった。図表 11 は、欧州における国際送電量の推移である。時系列でみると増え続けており、特に 1990 年代以降が大きく増加している。

図表 11 欧州の国際送電量の推移



出所：ENTSO-e Statistical Yearbook 2011, Statistical Factsheet2015。『アジア国際送電網研究会中間報告書』3 頁より抜粋。

それでは、なぜ 1990 年以降増加しているのか。その背景としては、以下の要因が挙げられる。

第一に、電力の自由化である。欧州の電力自由化は 1990 年代のイギリスから始まった。国営電力会社を分割・民営化し、新規参入を促し市場での自由取引を活性化させ、併せて送電事業を分離した。その後は、北欧やドイツでも同様の改革が行われた。発送電一貫体制のもとでは、既存電力会社は国外からの新規参入者や安価な電力が入ってくることに難色を示すため国際連系は進まなかった。また、主役となる送電部門は、地域単位の電力安定供給に責任を持たされるので国境を越えて広域運用を進めるインセンティブは弱かった。しかし、電力自由化により大きな市場を求めて国境を越えて電力取引は拡大していく契機となり、そのためには国際送電網の拡大が必要となりその役割を送電会社が担っている。

第二に、電力自由化に伴う卸電力取引市場の統合である。欧州では 1990 年代から卸電力取引市場が開設され国際的な統合が進められた。北欧では 1993 年にノルウェーで Statnett Marked が設立され電力売買が行われ、1996 年にはスエーデンがこの取引市場に加わった。その後、1998 年にはフィンランド、2000 年にはデンマークも参加した。これがノルドプール (Nord Pool) といわれる国際取引市場である。2010 年から 2013 年にはバルト三国へ拡

大し、2014年以降はスポット市場での市場連結の仕組みで欧州の統一プールを形成した取りが行われている。国際的に市場が連結されたことで、発電設備の広域的メリットオーダー<sup>11</sup>が可能となり、スポット価格は欧州で単一に決定され、全体の電力コスト低減をもたらしている。

第三、自然エネルギーの電力系統への統合である。欧州では1980年代から2000年代にかけて各国が政策的に再エネ導入を推進してきた。特に、デンマークは風力発電（1980年代）を普及・促進し、ドイツは固定価格買取制度（2000年代）を導入して、2000年代後半からその成果が現れてきたが、それに伴い出力変動対策が各国で必要になり電力システムに柔軟性が求められるようになった。そのツールとして利用されたのが国際送電網であった。欧州でここまで再エネの拡大が進んだのは、多様な再エネと国・地域を跨いで張り巡らされた国際送電網の活用により風力や太陽光の変動性を緩和できたことが大きい。

第四に、送電関連技術の進歩である。2000年頃より高圧直流送電技術が飛躍的に進歩し、これまで以上に低コストかつ少ない送電ロスで長距離の送電が可能になった。送電網建設には費用と時間がかかるが、欧州では電力市場が国境を越えてつながっているため一定のコスト低減が進んだ。そしてICT技術の進展により多数の分散型電源を接続し国境を越えて送電網ネットワークを維持することが可能となったことである。<sup>12</sup>

### III-3. 欧州における国際送電網の相互補完性と便益性

これまでみてきたように、欧州の国際送電網は欧州の統一市場の実現や自然エネルギーの系統統一に向けて推進されてきたが、一方で各のおかれた電力の状況は様々である。そこで具体的に相互補完性と便益性について、電源構成、電力価格差、需給パターンからみていきたい。

#### (1) 電源構成

まず、電源構成であるが、一般的に欧州では電源構成の相互補完性が高く供給力を相互に利用している。たとえば、イギリスは火力や原子力発電の比率が高く北欧や欧州大陸の国々と比較して卸売電力価格が高いため、それらに代わる電源を確保するために国際連系

<sup>11</sup> 変化する電力需要に応じて電力を供給するために、電力会社が燃料代など限界費用の安い順番に電力を卸売電力市場に供給することをメリットオーダーと呼ぶ。メリットオーダーの並びをみれば、限界費用のかからない再生可能エネルギーで需要を満たし、それでも足りない場合には原子力、石炭火力、天然ガス、石油火力発電の順番で買われていく。

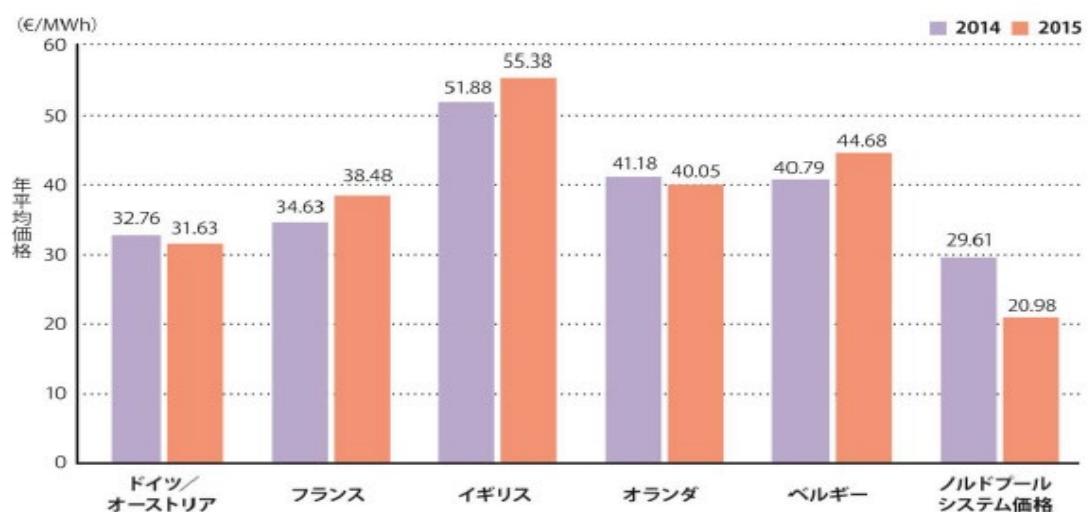
<sup>12</sup> エネルギー転換によりエネルギーシステムは「集中型」から「分散型」へ構造が変わっていく。各地に分散する再エネや省エネを管理していくには、送電網をICTによりスマートグリッド化する必要がある。

線の建設を強化している。また、ノルウェーは98%の電力を水力によって供給しているが、水力発電は安価な一方で渇水時の供給力の確保が課題となっている。一方、デンマークは風力発電を有効活用しているが、風力発電の最大出力は時間帯別で需要を上回るため、風力発電利用の最適化が課題となっている。そして、オランダでは電源構成はガス火力の比率が高く電力価格が高いため、ノルウェーの水力やフランスの原子力から安価な電力を輸入することで価格平準化を期待できる。また、反対にオランダがガス火力の調整力をもとにノルウェーやフランスの供給力を補完することも可能となる。

### (2) 電力価格差

次に、各国の卸電力取引の価格差である。図表12は欧州主要国（ノルドプール）の前日スポット価格（2014年～2015年）を比較したものである。北欧（ノルドプール）が最も安く、イギリスが最も高い。ドイツとフランスでは比較的安いがオランダとベルギーは比較的高い。一般的にスポット価格が高い国は、安価な国と連系を強化することで電力価格の低下を期待できる。スポット価格は時々変化し、季節や日により変動パターンが異なってくる。変動する価格で売り手と買い手の国が変化して相互にメリットを受けることができ便益性を高めている。

図表12 前日スポット価格（年平均）の比較



出所：EPEX, “Press release”, Nordpool spot “Elspot prices”, APX, “Annual Report 2014”. 『アジア国際送電網研究会中間報告書』14頁より抜粋。

### (3) 需給パターン

三つ目に、需給パターンである。基本的に欧州では、再エネ（変動電源）の割合が高ま

っているため、気候条件や地理的条件によって出力変動が生じる。たとえば、ドイツでは気象状況に応じて風力と太陽光に出力変動に変化が生じるため、その調整を石炭火力による発電で行う。そして、不足時には電力の輸入を行い、風力と太陽光の好条件が重なり余剰電力が生じた場合には電力輸出を行っている。デンマークでも、風力は主力電源ではあるが、需給調整は石炭火力で行い、足りない時間帯では電力輸入を行い、過剰の場合には電力輸出を行っている。また、欧州大陸では電力需要が午前六時前に上昇を始めるが、イギリスでは午前六時以降に上昇を始める傾向がある。両者には1時間の時差があるため需給パターンの相違は大きくなる。上述のスポット価格に大きな差がなかったとしても、時間帯別の需給変化による価格差で国際連系線のメリットが生じる場合もある。このように、欧州では、再エネ電源の構成割合が高まっているため、これを電源系統に統合するツールとして国際連系線の活用が加速化されている。

以上のように、電源構成、電力価格差、需給パターンにより各国が抱える課題は様々であるが、国際送電網の活用により各国の相互補完性と便益性を高めている。

## IV. 北東アジアにおける国際送電網の可能性

### IV-1. 北東アジアが注目される根拠

次に、国際送電網の可能性について北東アジア（日本、中国、韓国、モンゴル、ロシア）に視点を移してみていきたい。現在、北東アジアは世界地図上、電力を含めてエネルギー連携協定のない空白地域である。<sup>13</sup>しかし、なぜ国際送電網の対象地域として北東アジアが注目されているのか、その根拠は以下のとおりである。

#### (1) 大規模需要が見込まれる国が隣接していること

一つ目に、北東アジアは大規模需要が見込まれる国が隣接していることである。経済規模をみれば、中国（2015年GDP世界第2位）、日本（同世界第3位）、韓国（同世界第11位）を中心に相対的に大きな国が隣接する。北東アジア地域で日中韓3か国のエネルギー総需要量は世界の4分の1を占めており、3か国とも世界の5大石油輸入国に入るエネルギー消費国である。世界のどこよりも、大量のエネルギーを消費し、温室効果ガスを排出し、世界のどこよりも脱炭素社会へのパラダイムシフトの実現が求められる地域である。

#### (2) 自然エネルギーが豊富な地域であること

<sup>13</sup> 進藤栄一・朽木昭文・松下和夫共編『東アジア連携の道をひらく 脱炭素社会・エネルギー・食料』199頁。

二つ目に、世界有数の自然エネルギー豊富な地域であることである。北東アジアに再エネの普及の実現性を担保する有効な処方箋として注目を集めている国際連系を活用した送電網を構築することで、世界随一の潜在供給力を誇るアジアの豊かな自然エネルギーを活かすことができれば、喫緊の課題となっている気候変動問題解決とパリ協定目標達成に向けて大きな貢献ができる。

(3) 日中韓 3 か国の世界に占める再エネ特許数が 52% であり技術的な優位性があること

三つ目に、再エネの日中韓の 3 か国の世界に占める再エネ特許数シェアが 52% を占めることである。<sup>14</sup> 従来は、化石燃料輸入国として極めて地政学的にも不安定な外部エネルギー依存状態にあった北東アジアが再エネ主流の時代には化石燃料の呪縛から解き放たれると同時に、再エネ特許累積による圧倒的なイノベーションの比較優位で世界におけるエネルギー構造の逆転的な地位を挽回できる好機が到来している。

(4) 国際送電網が北東アジアの恒久平和のプラットフォームになること

四つ目に、北東アジアはエネルギー資源をめぐる紛争や戦争危険の潜在的リスクを抱えている地域である。そこで、各国が国際送電網で結ばれエネルギー生産の連帶性が強くなれば、不毛な戦争や紛争の可能性を制約する安全装置になるばかりではなく恒久平和のためのプラットフォームとしての貢献が期待できることである。

#### IV-2. 北東アジアの電力産業の現状と国際送電網の可能性

それでは、実際に北東アジアでの国際送電網検討の前提条件として各国の電力産業の現状についてはどうなっているのか。主な特徴を挙げると以下のとおりである。<sup>15</sup> 第一に、各國とも発電部門に外資を含む民間参入が可能であること、第二に、日本以外の国は発送電分離が完了しており、国営会社が系統運用（発電、送電、配電、小売り）の主体であること、第三に、北東アジアでは国際的な卸電力取引市場は存在しないこと、第四に、電力貿易を行うのは、中国とモンゴルでは国営送電会社、ロシアでは電力商社の一部であり、その他の国は電力貿易を行っていないことなどが挙げられる。このように、欧州に比較すれば、電力自由化の歩みが遅いものの、日本以外では送電会社が独立し、国際送電網にも積極的な関心を示しており、各國政府間で合意すれば、異なる制度や規制を緩和・調整することは可能である。以下では、『アジア国際送電網研究会中間報告書』をもとに、国際送電

<sup>14</sup> IRENA 『新たな世界 エネルギー変容の地政学』再生可能エネルギー累積特許件数の内訳（2016 年末現在）による。

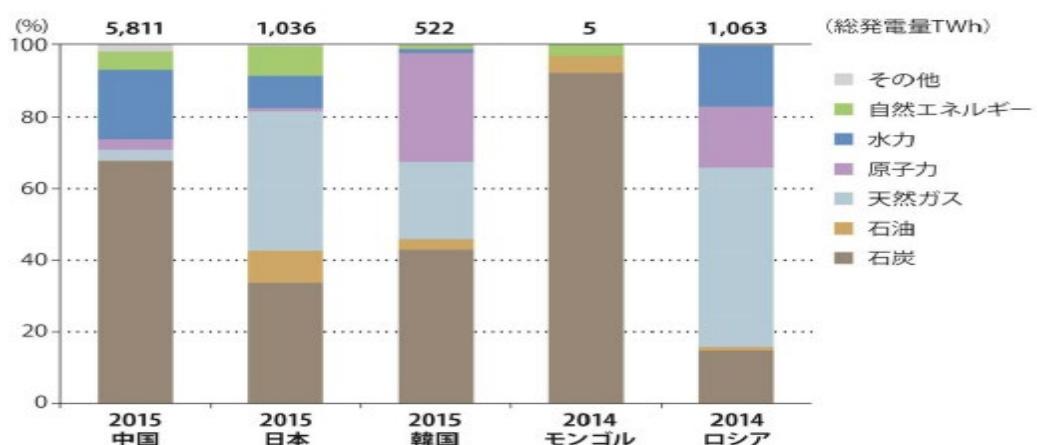
<sup>15</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』15 頁。

網の可能性について、電源構成、電力価格差、需給パターンからみていきたい。

### (1) 電源構成

まず、北東アジアの電源構成（図表13）をみると、各国では6割以上が火力発電に依存していることがわかる。そして特に中国とモンゴルの石炭依存度は高い。この状況からすれば、各国間の電源構成の相互補完性は高くないようと思われる。しかし、各国では深刻な大気汚染の問題や再エネ運用コストの低下を背景に再エネへの投資が進んでおり、北東アジア各国の風力・太陽光の累積発電設備量は増加している。（図表14）国際機関が発表した将来予測によれば、2030年の北東アジアの各国の発電電力量の30%～50%が再エネで供給される見通しである。<sup>16</sup>2050年までみると中国では発電電力量の80%が再エネになると予測している。特に、北東アジアにおける再エネによる電力供給の潜在力を考慮するにあたって重要なのはモンゴルの存在である。南部ゴビ砂漠を中心に風力発電や太陽光発電のポテンシャルは高く評価されており、中国と日本の電力総需要を上回る発電ポテンシャルが見込まれている。<sup>17</sup>このように北東アジアは、経済規模が大きい国が隣接しているだけでなく、再エネの発電ポテンシャルが高い地域もある。拡大していく再エネを活用していくために、北東アジア全域で電力を融通し合う必要性が高まっている。

図表13 北東アジアの電源構成（発電電力量ベース）



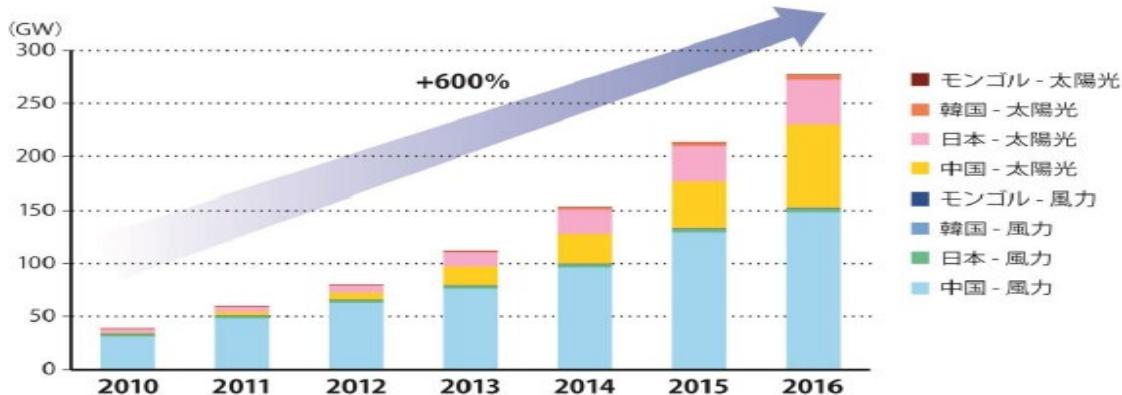
出所：CEC “Annual Data”, IEA “Statistics by countries” “Electricity Informations 2016” BP “Statistical Review of World Energy 2016”. 『アジア国際送電網研

<sup>16</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』25頁。

<sup>17</sup> 特に、モンゴルの自然エネルギーのポテンシャルは15,000TWh（風力：10,673TWh+太陽光：4,777TWh）で、2015年の中国（5,693TWh）と日本（949TWh）の総需要合計よりもはるかに大きい数字である。

究会中間報告書』24頁より抜粋。

図表14 北東アジアの風力・太陽光累積発電設備量（2010～2016）



出所：IRENA Renewable Capacity Statistics 2017. 『アジア国際送電網研究会中間報告書』25頁より抜粋。

## (2) 電力価格差

次に電力価格差<sup>18</sup>であるが、家庭向け電力料金については日本の料金水準は比較的高く、モンゴルや中国の一部、ロシア極東では日本に比べて3分の1程度であることだ。そして同じ国の中でも中国では沿岸部よりも内陸部の料金が低く、ロシア極東では周辺国に接する南部地域が相対的に安いなど地域の間にも価格差があることも特徴として挙げられる。そして、実質的な価格を比較するには卸電力取引をみることが必要であるが、北東アジアでは欧州のような卸電力取引市場はない。例えば日本と韓国の各国の卸電力取引所のスポット価格については、両国とも電源構成も類似しており平均のスポット価格も近いが、その変動は時期に応じて大きな価格差が生じることが指摘されている。<sup>19</sup>日本と韓国を結ぶ国際送電網があれば、こうした価格差が生じたタイミングで価格の低い地域から高い地域に安価な電力を供給する選択肢が生じてくることも想定される。

## (3) 需給パターン

さらに、電力需給パターンをみれば、三つの特徴的な違いがある。<sup>20</sup>まず、日本、中国、韓国は夏と冬の年2回の電力需要のピークがあるのに対して、モンゴルとロシアではピークは冬のみである。モンゴルやロシアでは、夏に発電容量に余剰が生じた場合には隣国の

<sup>18</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』27頁～29頁。

<sup>19</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』29頁。

<sup>20</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』29頁～30頁。

ピーク需要を満たすための電力を供給することが可能である。二つ目に、同じ冬でもモンゴルやロシアは10月から電力需要が高まるのに対して日中韓では時期が1か月ずれて11月以降に需要が高まっていくことである。また三つ目に、各国のピーク時間帯にも差が生じることである。例えば、韓国では冬場のピーク時間帯は午前になるが、日本、モンゴルやロシアは夕方である。国際送電網があれば、このような地域間の需給パターンを想定して発電量の余裕のある地域から需要がひっ迫している地域に相互に電力を融通することが可能となる。

一方、国際送電網の事例であるが、北東アジアでは、1) モンゴル-ロシア、2) モンゴル - 中国、3) 中国 - ロシアの二国間で国際送電網があり電力貿易が行われている。<sup>21</sup> 1)については、モンゴルが冬場のピーク時に北中央部の供給力が不足するためロシアから国際送電網を通じて電力を輸入していることによるものである。2)は、モンゴル南部のオユトルゴイ銅鉱山での電力需要を満たすために隣接の中国の内モンゴル自治区から輸入していることによるものである。3)は、中国黒竜江省の発電設備容量に占める石炭火力の比率が高く大気汚染も深刻である地域であり、その解決策のためにロシアのアムール河流域の豊富な水力発電を活用して中国北東部に電源を供給していることによるものである。

このように、北東アジアでの国際送電網は、ピーク需要のために隣国の電源を活用するという一定の便益はあるが、一方通行の輸出が主で需給パターンを考慮した電力融通にはなっていないこと、そして価格が二国間の長期の相対契約であることやロシアの对中国電力輸出は必ずしも再エネを広域で活用する目的ではないことなど北東アジアの国際送電網の現状にはいくつかの課題が挙げられる。<sup>22</sup>

#### IV-3. 日中韓を中心とした国際送電網構想と国際関係の行方

それでは、北東アジアでも巨大な経済規模を誇る日中韓の国際送電網の現状はどうであろうか。3国の中では、日本と韓国は電力貿易を一切行っていない。中国は上述のとおりロシアやモンゴルとの間で若干の電力貿易があるが、発電電力量の1%以下である。しかし、今後再エネが増加していくば状況は変わる可能性がある。これまで述べてきた国際送電網による電力貿易は、我々日本人にとって机上の空論かと思われるかもしれない。しかし、北海道の宗谷岬からロシアのサハリンまでは43km、福岡市から韓国の釜山市までは200kmに過ぎない。欧州のNorNedが583km（ノルウェー - オランダ間）であることを踏ま

<sup>21</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』30頁～33頁。

<sup>22</sup> 『アジア国際送電網研究会中間報告書』33頁。

えれば、物理的に国際送電網を検討することは非現実的ではない。実際に北東アジアを中心とした国際送電網の構築を目指す構想はいくつかある。

その一つが、ソフトバンク・グループの孫正義会長による「アジアスーパーグリッド」構想である。<sup>23</sup>これは、アジア各国をEUのように国際送電網で繋ぎ、風力や太陽光など再エネで発電した電力を各國間でやりとりする構想である。これを受け、中国政府は2015年に「グローバル・エネルギーインターラクション(GEI)」構想を発表した。<sup>24</sup>また、韓国政府も2014年には韓国電力公社を中心に「北東アジアスーパーグリッド」構想<sup>25</sup>を提示し、さらに2016年には東京で行われた国際会議で北東アジア諸国をつなぐ「北東アジア電力連系線構想」を提示している。いずれにせよ中国政府も韓国政府も国際送電網には積極的な姿勢を示している。

もう一つが、「浮体式洋上風力発電」構想である。これは、世界第六位の海洋面積を占める海洋大国日本の再エネ導入ポテンシャルを活かす構想である。「浮体式洋上風力発電」とは洋上に浮かんだ浮体式構造物を利用する風力発電である。日本近海の水深は50メートル以上と欧洲沿岸に比べて深く、欧洲のように海底に基礎をおきその上に発電機を搭載しタワーを立ち上げる「着床式」の設置が難しく、風力発電機を海の上に浮かべる「浮体式」の設置方法が主力になると考えられている。設置場所は、東シナ海が想定されている。この地域は「尖閣列島問題」等で、アジアにおける火種となるリスクの高い地域である。

東シナ海はリスクが高い地域ではあるが、かつて欧洲石炭鉄鋼共同体(ECSC)が石炭エネルギー豊富なアルザス地域を共同管理にしたように、この地域でも共同管理による経済的手段によって戦争や紛争をなくす<sup>26</sup>という安全保障上の目的を達成するモデルの最適な候補地になると言える。この東シナ海地域で日本、中国、韓国など関係当事国の合作で共同出資により海上に幾多の「浮体式洋上風力発電」を設置し、そこで生み出される電力を「アジアスーパーグリッド」に

<sup>23</sup> 福島原発事故のあと、孫正義氏以外に増田寛也元総務大臣もオーストラリアの再生エネルギーを含めた「アジア大洋州電力網」を提唱。こうした取り組みは、やがてASEAN地域に拡大してアジア全体の地球環境問題解決と平和構築に貢献し、さらには新たな国際関係のパラダイムに進化していく可能性も秘めている。

<sup>24</sup> この構想は中国国家電網公司(SGCC)が打ち出した世界を高圧送電網で繋ぐ壮大な構想であり、中国政府の一帯一路構想の一翼を担うものである。

<sup>25</sup> この構想では、日中韓露モンゴルをつなぐ「Smart Energy Belt」というコンセプトを打ち出している。

<sup>26</sup> 欧州で誕生した「欧洲石炭鉄鋼共同体(ECSC)」は資源収奪をめぐって戦争の火種となる石炭と鉄鋼を敵同士であった国家間で共有することで新しい国際パラダイム構築を目指した政治的なイノベーションであった。このECSCの現代版が、「デザーテック」構想である。その目標は、中東・北アフリカの自然エネルギープラントからの電力により2050年までに欧州連合(EU)の電力需要の15%を供給することにあったが、推進母体が解散して未実現となっている。

よって各出資国に送電することができる仕組みを構築できれば、地球環境及び北東アジアの平和構築に大きな貢献ができる。

以上のように、日中韓の間でも前向きな構想は提示されているが、欧州とは異なり北東アジアでは領土問題が複数存在し、各国の政治体制も異なる中で外交的な対立が続いていることは周知のとおりである。非友好国と国際送電網をつなぐことはリスクが高いと考える意見もあるだろう。しかし、これまでみてきたように、電力の安全保障は化石燃料の安全保障とは構造的に異なる。各地に賦存する再エネから国内で自発的に発電を行った上で、一部を輸出入し合う相互依存関係が構築されるため関係国双方は協調的になり平和をもたらしていくと考える。さらに、日本は毎年ロシアから天然ガスの 9%を輸入しているが、これに代えて電力を輸入できる国際送電網の体制を構築すれば、輸入ルートを分散化することでむしろエネルギー安全保障のリスクを低減できるであろう。政治的には難しいが、北東アジアで経済的な便益の観点から国際送電網の設置を進めたうえで、国際関係の改善につながることを期待することは合理的な選択であると考える。

### おわりに～再生可能エネルギー転換時代の新たな選択肢～

再エネの導入が世界的に拡大していく中で、化石燃料の一方通行の輸出入を想定する必要がない時代が現れつつある。逆に、気候変動問題こそが、人類共通の安全保障上のリスクになりつつあり、世界各国は協調してこの問題に対処していく必要がある。再エネの導入に寄与する国際送電網はその有力な手段であり、化石燃料時代に不利な立場にいた欧州は、その未来を先取りしようと積極的に動き出している。それは、単に地球環境保護のためだけではなく、経済安全保障のためもあり、自国産業を潤す産業政策としてもエネルギー転換は政策的な意義が大きい。中国はこれに追随し、米国は立ち止まっていたが、バイデン政権になり急速に方針を転換した。

世界は新型コロナの収束がまだ見えず、2021 年或いは今後に新型コロナの状況がどうなるのか予測ができない。確かに、新型コロナの影響により、短期的にエネルギー消費が減り二酸化炭素排出量が減ることはマイナスにはならないが、それらが元に戻っては意味がない。復興のための投資を少しでもエネルギー転換の促進に振り向けることができればプラスの方向に働く。それを意図的に先導しているのが欧州である。一方、北東アジアにおいても脱炭素経済へのイニシアティブを各国が競っており、特にアジアの電力使用量の 70%以上を占める日中韓 3 か国の努力は気候変動の動向に大きな影響を与える。日中韓の 3 か国が、国際送電網に接続し再エネを通

じた協力を推進することは喫緊の課題である。しかし、国際政治のリアリズムの立場から北東アジアでの国際送電網の構築は安全保障上の問題が懸念されるという意見があるかもしれない。

とはいっても、気候変動問題という人類共通の敵に対して世界はもはやお互いにいがみ合っている状況ではない。今こそ、求められるのは諸国間の危機意識の共有であり、エネルギー資源ナショナリズムを超越した連帯と協働である。国際社会に求められるのは、「ナショナル・ステート」の原理から地域のレベルで共同利益(コモン・インタレスト)の管理と保全を優先していく「リージョナルな原理」である。この原理を具体化しつつあるのがこれまで述べてきた再エネを軸とした欧洲での国際送電網の取り組み、そして北東アジアでの国際送電網構想である。こうした取り組みや構想が夢物語で終わることなく、やがて地球全体の環境問題解決と平和構築に貢献する恒久的な装置として進化し、さらには地球環境と人間に優しい新たな国際関係パラダイム構築の一石となることを期待したい。化石燃料時代における非対称的な関係を受け入れ続けるのか、それともエネルギー転換時代における相互依存関係を前提にした国際送電網を積極的に構築するのか、今我々には国際関係のパラダイムシフトをめぐる方向性について選択が問われているのである。

### 【参考文献】

- ・松下和夫著『気候危機とコロナ禍～緑の復興から脱炭素社会へ』知の新書、2021年2月28日。
- ・高橋 洋著『エネルギー転換の国際政治経済学』日本評論社、2021年1月31日。
- ・西岡秀三著『低炭素社会のデザイン-ゼロ排出は可能か』岩波新書、2011年8月19日。
- ・カント著、宇都宮芳明訳『永遠平和のために』岩波書店、2005年。
- ・高橋 洋著『電力自由化 発送電分離から始まる日本の再生』日本経済新聞社、2011年10月21日。
- ・大島堅一・高橋 洋編著『地域分散型エネルギーシステム』日本評論社、2016年9月20日。
- ・寺西俊一著『地球環境問題の政治経済学』東洋経済新報社、1999年12月24日。
- ・飯田哲也、金子 勝著『メガ・リスク時代の「日本再生」戦略』筑摩書房、2020年9月15日。
- ・平沼 光著『資源争奪の世界史 スパイス、石油、サーキュラーエコノミー』日本経済新聞出版、2021年5月24日。
- ・進藤栄一・朽木昭文・松下和夫共著『東アジア連携の道をひらく 脱炭素社会・エネルギー・食料』花伝社、2017年9月25日。
- ・国際アジア共同体学会編『東アジア共同体と日本の戦略 - 何をどう進めるべきか』桜美林大

学北東アジア総合研究所、2011年3月30日。

- ・クラウス・シュワブ、ティエリ・マルレ著『グレート・リセット ダボス会議で語られるアフターコロナの世界』日経ナショナルジオグラフィック社、2020年12月10日。
- ・レスター・R.ブラウン、枝廣淳子『データでわかる世界と日本のエネルギー大転換』岩波ブックレット943、2016年1月8日。
- ・ジェレミー・リフキン著『スマート・ジャパンへの提言 日本は限界費用ゼロ社会へ備えよ』NHK出版、2018年4月25日。
- ・みずほ銀行『mizuho global news 特集 転換期を迎える世界のエネルギー需給動向』2018 DEC & 2019 JAN vol. 100.

<https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/world/info/globalnews/backnumber/pdf/global1812-1901.pdf>

- ・古屋 力論文『東アジアエネルギー共同体の意義（アジア研究所平成26・27研究プロジェクト「東アジア地域における環境エネルギー政策共同体の可能性に関する考察」）』2017年。

<https://www.asia-u.ac.jp/uploads/files/20180207105833.pdf>

- ・公益財団法人自然エネルギー財団『アジア国際送電網研究会中間報告書』2017年4月19日。

[https://www.renewable-ei.org/activities/reports/img/20170419/ASGInterimReport\\_170419\\_Web.pdf](https://www.renewable-ei.org/activities/reports/img/20170419/ASGInterimReport_170419_Web.pdf)

- ・公益財団法人自然エネルギー財団『アジア国際送電網研究会第二次報告書』2018年6月。

[https://www.renewable-ei.org/activities/reports/img/20180614/20180614\\_ASG\\_SecondReport\\_JP.pdf](https://www.renewable-ei.org/activities/reports/img/20180614/20180614_ASG_SecondReport_JP.pdf)

- ・公益財団法人自然エネルギー財団『アジア国際送電網研究会第三次報告書』2019年7月。

[https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/ASG\\_ThirdReport\\_JP.pdf](https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/ASG_ThirdReport_JP.pdf)

- ・IRENA（日本語版）『新たな世界 エネルギー変容の地政学』2019年。

[https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/JP\\_A\\_new\\_world.pdf](https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/JP_A_new_world.pdf)

- ・『2019 FUTURE CONSENSUS DIALOGUE 日米韓協力の持続可能な繁栄と未来を目指して』成果報告書。

- ・IEA World Energy Outlook 2019.

- ・IEA Global Energy Review 2020.

- ・IRENA Renewable Energy Statistics 2018.

- ・IRENA『A New World :The Geopolitics of the Energy Transformation』, 2019.

- ・IRENA Renewable Power Generation Costs in 2019.

- Russett, Bruce, and John Oneal (2000) *Triangulating Peace : Democracy, Interdependence, and International Organizations*, W.W. Norton & Company.
- Mearsheimer, John J. (1990) *Back to the Future : Instability in Europe after the Cold War*, *International Security*, Vol 15, No. 1, pp. 5–56.