

東アジア圏電力網の可能性 —資源供給における中国リスクに対応する洋上風力発電—

氏居綾香¹

1. はじめに

カーボンニュートラルは、パリ協定などにも見られるように、今やエネルギー分野だけにとどまらない社会的かつ世界的な潮流となっている。カーボンニュートラルは温室効果ガス（GHGs）の排出量と吸収量を等しくし、実質排出量をゼロにすることを目指す動きである。発電分野における排出量を低減することに大きく貢献するとされているのが、再生可能エネルギーによる発電である。その中でも風力発電は、石炭や石油などの化石燃料と異なり、偏在性がなくエネルギーの地産地消に貢献できるため、日本のエネルギー安全保障を確保するという文脈において鍵となるエネルギー源である。また、周囲を海に囲まれている日本にとって洋上風力発電は大きなポテンシャルがあると言える。2019年4月には「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促進に関する法律」（再エネ海域利用法）が施行され、2021年からは促進区域における事業者選定が開始された。

しかし、洋上風力発電の発電機材には重要鉱物が使用され、重要鉱物は偏在性が高く、産出国の中には政治状況が不安定な国も含まれる。つまり、洋上風力発電拡大を推し進めるためには、この重要鉱物の安定供給が必要不可欠である。しかし、次節で詳しく述べるが、この重要鉱物の上流および下流における中国の存在は大きく、洋上風力発電関連設備のサプライチェーンにおいてもその存在感は大きい。高木（2016）²は2010年の中国による対日レアアース輸出の停止を事例に、供給源の多角化を目指すレアメタル・レアアース資源開発において、資源価格変動など民間企業による開発は高リスクであり限界があることを指摘している。また、宮脇（2023）³は中国と欧州を陸路と海路でつなぐインフラとサプライチェーンの構築をその本質におく「一帯一路」構想のなかで海路から陸路へと流れていた動きが、ロシアのウクライナ侵攻後に海路への揺り戻しが起こる可能性を指摘した。

そこで本稿は、日本の洋上風力発電を取り巻くサプライチェーンおよびその課題、東アジア圏における洋上風力発電のポテンシャルを分析する。その上で重要鉱物の安定供給およびサプライチェーンにおける中国リスクを包摂する東アジア圏の電力網の可能性について考察する。

¹ 秋田大学大学院国際資源学研究科博士後期課程資源学専攻1年

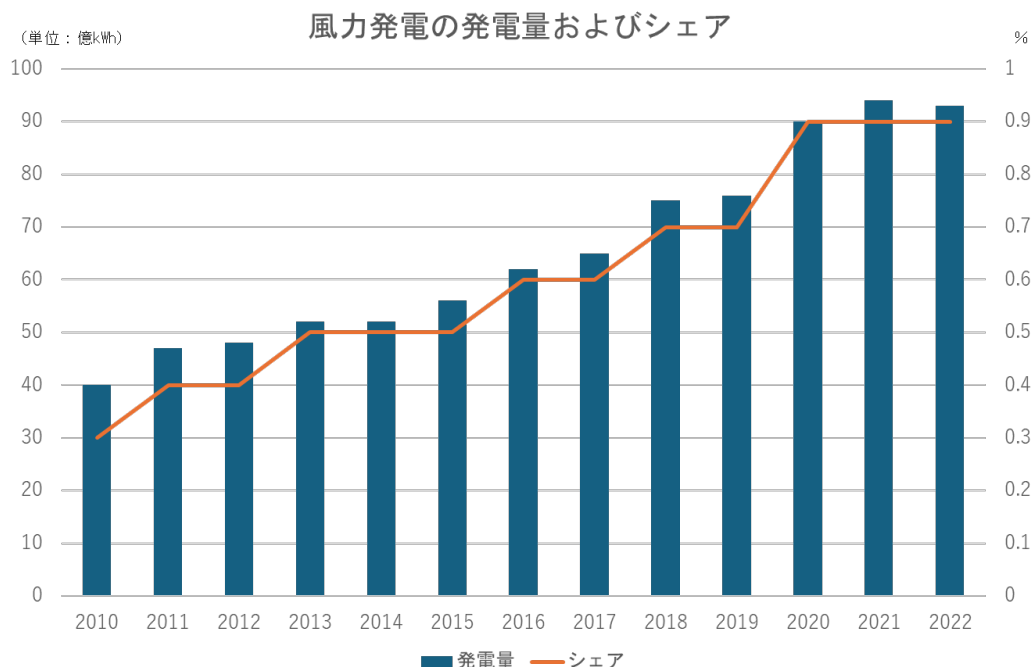
² 高木哲一（2016）「レアメタル資源の安定供給を目指して—レアアース資源確保のための取り組みと課題」『Synthesiology』9巻1号、pp.15-25。

³ 宮脇昇（2023）「ウクライナ侵攻後のエネルギー安全保障—接続性の時代から地戦略の時代へ」『国際安全保障』第50巻第4号、pp.1-16。

2. 洋上風力発電の課題

再生可能エネルギーの一つである風力発電は、日本におけるその発電量および電源構成におけるシェアは増加している（図1参照）。

図1：2010年から2022年までの日本の風力発電発電量およびシェア



(資源エネルギー庁資料4より筆者作成)

この増加の背景には、福島第一原発事故の影響により稼働停止した原子力発電や、それに伴い中東依存度が高まった化石燃料による発電など、エネルギー安全保障のリスク軽減のための代替エネルギーであったことが考えられる。また、パリ協定をはじめ ESG 投資などに見られるようにカーボンニュートラルへの世界的機運の高まり、そして発電時の CO₂ 排出量削減への貢献も、その増加の要因と考えられる。

風力発電には、陸上風力発電と洋上風力発電の二つの方法がある。文字通り、陸上風力発電は風車を陸地に建設し風車が回ることで発電する。それに対し、洋上風力発電は洋上に風車を建設し発電する方法であり、洋上では風が安定して同じ向き同じ強さで吹くというメリットがある。その洋上風車には大きく分けて二種類ある。一つ目は着床式風車で、二つ目は浮体式風車である。着床式風車は水深が浅い場所に風車を建設するため、設置場所が限られるという弱点はある。浮体式風車は風車を海に浮かべるため設置場所に左右されず大量に導入しやすい。着床式洋上風力発電の拡大が著しい欧州に比べ、日本の海上は遠浅な場所が少ないため、浮体式風車の設置に注目が集まっている。また、日本風力発電協会によると、日本沖の洋上風力発電のポテンシャルは、着床式洋上風力発電で約 128GW、浮体式洋

⁴ 資源エネルギー庁 (2024) 「令和 4 年度 (2022 年度) におけるエネルギー需給実績 (確報)」 https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/honbun2022fykaku.pdf

上風力発電で約 424GW あるとされている⁵。今年 6 月には浮体式洋上風力発電の実証事業の公募結果が公表され、秋田県南部沖（由利本荘市およびにかほ市沖を含む）と愛知県田原市・豊橋市沖の二つの海域が選ばれた⁶。さらに、「洋上風力産業ビジョン（第 1 次）」⁷では、2030 年までに 10GW、2040 年までに 30～45GW の導入目標を掲げている。

以上のような洋上における風力発電を推進するため、2019 年 4 月には再エネ海域利用法が施行され、促進区域の指定に向け有望区域等が公表された。その際に公表された 4 つの促進区域（長崎県五島市沖、秋田県能代市・三種町・男鹿市沖、秋田県由利本荘市北側・南側、千葉県銚子市沖）は 2021 年に公募により事業者選定が行われた。この 4 区域のうち五島市沖が浮体式で、その他の区域では着床式である。その後、2022 年末から促進区域である秋田県男鹿市・潟上市・秋田市沖、秋田県八峰町・能代市沖、新潟県村上市・胎内市沖、長崎県西海市江島沖、の 4 区域における事業者選定の公募が開始され、八峰町・能代市沖を除く 3 区域が 2023 年 12 月に事業者が公表され、残りの区域は 2024 年 3 月に公表された。また今年 1 月からは、青森県沖日本海（南側）と山形県遊佐町沖の 2 区域における事業者選定の公募が開始された。現在の促進区域で導入された量は約 4.6GW で、上記に示した洋上風力産業ビジョンの 2030 年目標のおよそ半分に到達した。有望区域の推定導入量が約 5GW であるため、2030 年目標達成からそう遠くない位置につけていると言える⁸。図 2 に表されるように、現在の促進区域および有望区域は主に北海道、東北、九州に集中していることがわかる。つまり、偏在性が低いとされる風力発電だが、日本国内においては洋上風力発電が日本海側に集中しているために偏在性があると言える。また、これらの区域は電力需要が高い都市圏や中部、関西などから離れているため、送電網の構築も課題となる。

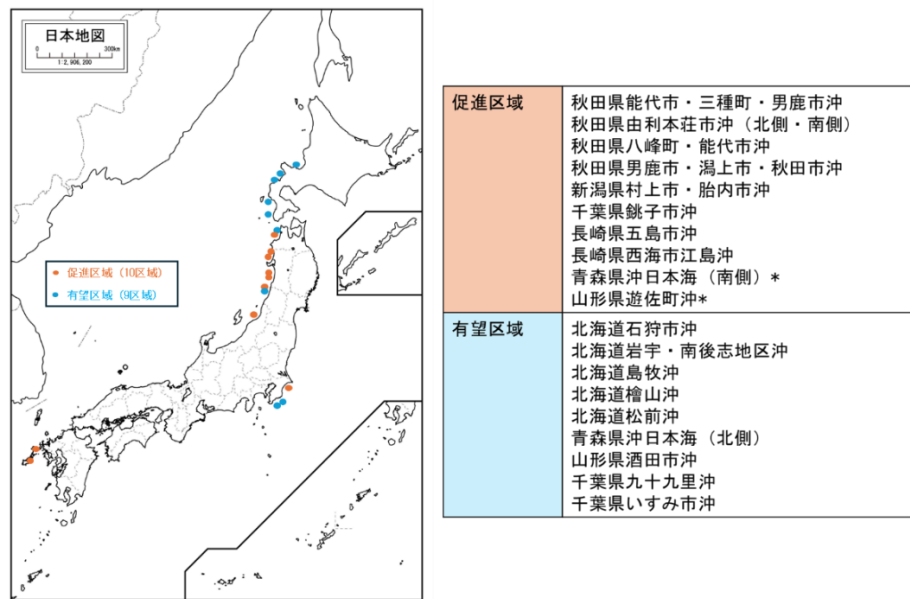
⁵ 日本風力発電協会「洋上風力の主力電源化を目指して」（洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会第 1 回会合資料、2020 年 7 月 17 日）

⁶ NHK「洋上風力発電「浮体式」の実証事業 秋田県南部沖が選ばれる」
<https://www3.nhk.or.jp/lnews/akita/20240611/6010021286.html>（最終アクセス 2024 年 9 月 5 日）

⁷ 洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会（2020）「洋上風力産業ビジョン（第 1 次）」
<https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001382705.pdf>

⁸ 資源エネルギー庁（2023）「洋上風力発電に関する国内外の動向等について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/green_power/pdf/008_04_00.pdf

図 2：再エネ海域利用法により指定された促進区域および有望区域



国土交通省資料もとに筆者作成

2020年に公表された「洋上風力産業ビジョン（第1次）」において、大量導入およびその経済波及効果が期待される洋上風力発電の課題がいくつか示された。その中で、洋上風車の大量導入に伴い、発電された電力を風車から需要の高い地域まで送電する大規模な送電網などの系統インフラの整備が重要となる。系統インフラ整備の早期課題としては、送電線利用ルールの見直しや実潮流ベースによる系統連系の実現がある。最適なルートおよびその敷設費用などの経済面と交流送電よりも安価な直流送電の技術開発の両面⁹がある。

それらに加えて、風力発電設備におけるサプライチェーンにおいて、GWEC（世界風力エネルギー協会）によると、全世界の風力発電の約64%を中国が占め、2023-2025年の近い将来に計画されている導入量では58%を占めている。また、レアアースの製錬、ギアボックス、コンバーター、鋳物および発電機の製造においても中国への一極集中が強い。¹⁰

3. 東アジア圏電力網の可能性

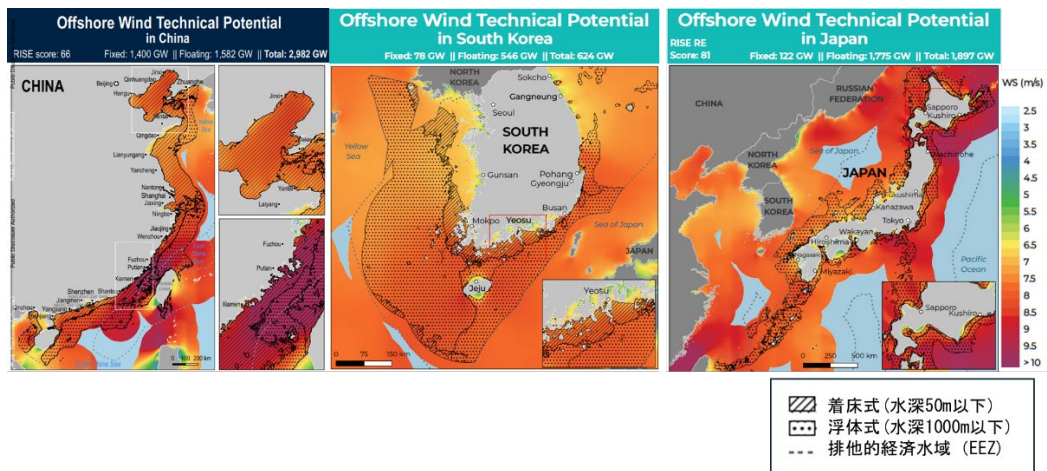
まず、東アジア（日本、中国、韓国）の洋上風力発電のポテンシャル、また計画およびその区域を地図上にマッピングし、おおよその電力網構想を概観してみる。

図3が示すのは、日本、中国、韓国それぞれの国の洋上風力発電のポテンシャルである。着床式・浮体式合わせて三国のポテンシャルは5503GWになる。各国がこのポテンシ

⁹ 吉川信明（2017）「次世代洋上直流送電システム開発事業の概要」『電学誌』137号11号、pp747-748。

¹⁰ GWEC（2023）「MISSION CRITICAL: BUILDING THE GLOBAL WIND ENERGY SUPPLY CHAIN FOR A 1.5° C WORLD」

図 3：日中韓の洋上風力発電のポテンシャル



World Bank Data より筆者作成

図 4：各国における洋上風力発電所および計画区域



Orrick Offshore Wind Energy Update and Outlook 2022/2023、資源エネルギー庁「洋上風力発電に関する国内外の動向等について」、Yuhan Chen, Heyun Lin¹¹の論文を基に筆者作成

図 3 が示すのは、日本、中国、韓国それぞれの国の洋上風力発電のポテンシャルである。

¹¹ Chen, Y. & Lin, H. (2022) “Overview of the development of offshore wind power generation in China” *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 53 <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102766>

シャルを最大限に活かすためには、さらなる洋上インフラの整備が必要となることは容易に予想される。そして図 4 は、現在各国の洋上風力発電所および計画の場所を表した図である。日本と韓国に関しては、詳しい発電所および計画場所のデータがあるが、中国のデータに関しては制限があったためおおよその位置を示した。

東アジア圏電力網を整備する場合、1) 日本・韓国間、2) 中国・韓国間、3) 日本・中国間の 3 ルートが考えられる。1) 日本・韓国間では、長崎県沖から韓国沖まで最短約 160 km、長崎県沖から韓国済州島沖まで最短で約 190 km である。2) 中国・韓国間では、中国上海沖から韓国済州島沖まで最短約 380 km、山東省東部沖から韓国仁川沖で最短約 300 km である。3) 日本・中国間での考える最短ルートは、長崎県五島市沖から中国上海沖で約 560 km である。他にも沖縄県沖と中国福建省沖または中国広東省沖を結ぶルートも考えられるが、現時点で沖縄県沖での洋上風力発電の計画がなく実現性が低いため省略する。現在イギリス北部において住友電気工業が約 330 km の海底ケーブル敷設を計画しているため、日本・韓国間の 2 ルート、中国・韓国間の 1 ルートの実現可能性は高いことがわかる。また、大規模な送電網構築においては、交流・直流交換所を人工島に設け洋上に接続点となるハブを造るオフショアグリッドの建設もその視野に入れることができる。

次に、東アジア圏電力網の可能性と課題について考察していく。まず、エネルギー安全保障の文脈における国際的な電力網を敷設する意義について考察する。エネルギー安全保障の文脈において、越境する接続性を持つ資源およびエネルギー資源はその特性上国際関係の舞台において政治的武器になりやすく、外交上のレバレッジとして利用される。例えば、1970 年代のオイルショックや 2010 年の中国による対日レアアースの輸出停止などがある。また、2022 年ロシアによるウクライナ侵攻前後にロシアがウクライナに対して行ったガスパイプラインでのガス供給の停止もそれに該当する。しかし、電力はそれらの資源やエネルギー資源と異なり、需要と供給のバランスが保たれていなければならない。つまり、急激な供給停止はそのバランスを崩す要因となり、停電や電力網につながる一帯に影響を与える。したがって、日本以外の国が電力の供給を一時的に停止することは日本に影響を与えられるが、同時に自国の電力供給に影響を及ぼすため、国際関係上の政治的武器としての脅威はその他の資源・エネルギー資源と比べると少ないと言える。

電力網構築がエネルギー安全保障を強化に寄与が期待される二つ目の理由は、海底ケーブル需要の高まりによる日本産業の世界シェア拡大に貢献できることである。すでに、住友電気工業や古河電気工業など日本企業が活躍しており、海底ケーブルの世界シェアにおける日本企業の割合は低くはない。例えば、住友電気工業は今年 5 月にイギリス北部における海底電力ケーブルの受注が内定したと公表し、そのケーブルの長さは約 330 km であり 2 本敷設予定である¹²。

¹² 日本経済新聞「住友電工、英国で海底電力ケーブル受注 過去最長」

一方で、東アジア圏の洋上風力発電拡大を通して日中韓を電力網によって連結させることには課題がある。1つ目の課題は、洋上風力発電所および電力網のメンテナンスと需給バランスを調整する送配電センターについてである。先述したように電力はその需要と供給のバランスを一定に保つことが重要であるため、送配電センターが、電力網に接続された全ての発電所と利用者のデータを管理する必要がある。さらに、沖から離れた場所に位置することもある洋上風力発電では、洋上風力発電の定期的なメンテナンス、つまりバードストライクや天候不順など外部要因による損傷など問題が発生した際の早急な対応が難しく、人為的なメンテナンスおよび監視には限界がある。その対応として、ドローンなどの無人航空機（UAVs）や水中ドローンなどの機材や人工知能(AI)を使ったシステムの構築が有効であろう。また、無人航空機は遠隔で洋上風車に近づき状況をリアルタイムで確認できる上に、船舶と航空機との間の高度の低い空間を担うことができる。つまり、洋上風力発電をメンテナンスするための UAVs や AI を利用したシステムは、画像解析技術や UAVs の運転プログラムの向上などで安全保障に応用することができる。

もちろん、電力網を構築できたとしても電力価格で売り負けてしまっただけでは洋上風力発電の投資における損益分岐点に達するのに時間がかかるため拡大が伸び悩む。洋上風力産業ビジョン（第1次）においては2030～35年までに8～9円/kWhを目指すがあるが、欧州において既に6円/kWhを切るプロジェクトもあるためさらなるコスト低減が求められる。また電力網を介した電力取引における決済方法および決済通貨の統一も避けられない課題である。仮にどこか一か国の通貨を採用した場合、その通貨が他の国の経済に与える影響が大きくなるため決済通貨の決定は東アジア圏の経済安全保障においても重要な項目となる。さらに、電力取引において送配電の分離も必要となる。送配電分離が進んで日が浅い日本にとっては送配電分離の徹底は他国に売り負けないためにも進めていくべき課題となる。

さらに、洋上風力発電の拡大や主電源化を進めていったとしても、風力発電の弱点である安定した発電ができない点および需要の増減に合わせた発電ができない点は拭うことができない。言い換えれば、洋上風力発電の補完となるベースロード電源を何にするかという課題である。やはりエネルギー自給率の向上やエネルギー安全保障を考えると、原子力発電の可能性は無視することはできないであろう。この点にはより深い議論が必要であるが、本稿の趣旨とは外れてしまうためこれ以上の言及はしない。

最後に、電力網構築が関連各国のエネルギー安全保障を危険にさらす可能性があることである。本構想では、電力網構築は世界的な洋上風力発電における対中国のリスクを軽減する目的があるが、その一方でその電力網を破壊することで一度に日本・韓国・中国の三国に影響を与えることができる。そのため、安全保障上の脅威となる北朝鮮やロシアからの攻撃に対して、三国が連携を取らなくてはならない。しかし、現在安全保障上での三国は密な関

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUF14A9U0U4A510C200000/>（最終アクセス：2024年9月9日）

係であるとはいいがたい。したがって、エネルギー安全保障確保のための電力網構築が、日本および三国の安全保障を毀損するというトレードオフの関係に成り得る。

以上より、東アジア圏の洋上風力発電拡大に伴う電力網構築には国際関係上の政治的武器になりづらいことや日本企業の世界シェア拡大への貢献など良い影響を与える一方で、メンテナンスや監視における技術面、電力価格や決済通貨等の経済面、安全保障面での課題も残ることが分かる。

4. おわりに

本稿では、洋上風力発電の日本における状況の整理を行ったうえで、東アジア圏の洋上風力発電拡大に伴う電力網構築の可能性について考察を行った。その結果、電力網構築がエネルギー安全保障を確保に貢献する可能性があることが示された一方で、安全保障や経済安全保障の担保には貢献しないことが明らかになった。しかし、洋上風力発電拡大を支える送電網の構築は日本企業の海底ケーブル分野の世界シェア拡大につながるなど良い経済効果も生み出す。さらに、日本国内のみの電力網構築にもメンテナンスや監視における無人航空機の活用や送配電分離の徹底など必要であることがわかる。しかし、本稿では十分な議論ができなかった電力取引の国際化や洋上風力発電の補完となるベースロード電源のあり方についてはさらなる研究が必要であると言える。