

福島県における陸上および洋上風力発電の開発可能量の推定

宇都宮大学工学部建設学科 学生会員 ○嶋村 魁太

宇都宮大学地域デザイン科学部 正会員 山岡 暁, 近藤 伸也, 松本 美紀

1. 背景

我が国では、2011 年に発生した東日本大震災以後、原子力発電所の相次ぐ停止による電力不足や、火力発電に依存したことによる燃料の輸入価格の高騰が問題となった。このため、火力発電や原子力発電に代わる再生可能エネルギーをはじめとした、発電方法が不可欠となってきた。中でも特に注目を集めているのは風力発電(以下、風力とする)である。陸上風力は適地の制約が厳しく、毎年の風力開発量が減少している。一方で、洋上風力の開発可能性が注目されている。既に海外では大規模な洋上風力の商業運転も実施されている。

2. 既往研究と本研究の目的

我が国における風力に関する研究は、人体影響に関する研究、生態系に与える影響に関する研究、発電システムの技術開発に関する研究など様々な分野で行われてきた。その中でも、洋上風力の開発可能量の推計については、数多くの先行研究がある。

JWPA(日本発電協会)は 2010 年に、沿岸距離 30km 以内、高度 60m で年間平均風速 7m/s 以上の海域を適地とし、着床式は水深 50m 未満、浮体式は水深 50~200m に設置できると仮定して推計を行っている。対象地域は全国であり、地方別に開発可能量を示している。

山口・石原(2007)²⁾は、関東沿岸を対象に沿岸距離 50km 以内で、水深 20m 以下に着床式、水深 500m 以下に浮体式を設置すると仮定した洋上風力開発可能量の推計を行っている。対象地域は全国であり、地方別に結果を示している。

このように、洋上風力の開発可能量の推定を行った研究は数多くあるが、条件として高度 60m 地点での風速、沿岸距離 30km 以内や 50km 以内といった値が設定されている。これらの値は、風車のハブまでの高さや風車から変電所、あるいは発電所までの送電網の接続距離、ケーブル埋設コストの急激な増加といった技術やコストの増加などの問題を考慮し、設定された数値である。しかし、近年では風車のハブまでの高さは定格出力 2000kW 級で製品差はあるが、平均 80m である。また、送電網の接続距離問題については、海外の事例を見ると、ヨーロッパですでに離岸距離 100km 地点で洋上風力は開発されており、技術的に可能なことが分かっている。上記のいずれの研究も 2010 年前後に発表された論文であり、当時の技術で可能な条件を用いて風力開発可能量を推定している。よって、近年の技術開発により風力の開発可能となりうる設置条件には適さない。また、国内で陸上風力と洋上風力とで適地面積やコストを比較した研究は少ない。

本研究は、まず、このような風力発電を取り巻く現状を踏まえ、東日本大震災による影響で原子力発電の事故が起こり、復興ビジョンとして「原子力に依存しない、安全・安心で持続的に発展可能な社会づくり」を基本理念に掲げ、再生可能エネルギー導入に積極的であり、また、最先端である浮体式洋上風力発電の実証研究もされている福島県及び周辺海域を対象とした。海外の実績などを参考に近年、技術的に可能となっている最新の条件を設定し、陸上・洋上それぞれの風力開発可能量を推定し、比較・検討することで今後の風力開発可能量を示した。風力発電の事業関係者となりうる福島県や風力発電関連企業への参考資料となることも目的とする。

3. 調査方法

調査方法は以下に記す通り 2 つの段階に分かれる。

(1)陸上・洋上それぞれの風力開発可能量を推定するために、Arc GIS を用いて風車設置可能面積を算出し、その面積から設置可能本数、定格出力時の総出力を求める。陸上・洋上風力開発可能量推定時に考慮した条件をそれぞれ表 1、表 2 に示す。また、採用した着床式及び浮体式の風車設置可能条件を表 3 に示す。自然条件である風速データは環境省の風況マップ、水深データは日本海洋データセンターからそれぞれ入手した。社会条件や法制度等、土地利用等のデータは国土数値情報ダウンロードサービスから入手した。

キーワード 福島県 風力発電 洋上風力 GIS 再生可能エネルギー

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 マネジメント研究室 TEL.028-689-6223 FAX.028-689-7038

(2)Arc GIS で得られた結果を内閣府が無償で提供している「発電コスト試算シート」³⁾に入力し、建設費、資本費、修繕費、人件費、発電コスト、事故リスク対応費用といった総コストを算出する。また、陸上と洋上との比較は洋上風力は2010年度の実績が無いので2020年度時点とした。さらに、求めたコスト等を踏まえ、風力開発可能量を陸上と洋上とで比較・検討する。最後に、電源別に2010年、2020年、2030年モデルの発電原価を算出し、電源別発電原価を比較した。コスト試算に用いた条件は、関連事業者へのインタビューや実績のデータを元に作成された「コスト等検証委員会報告書」⁴⁾による想定値を参考にした。風力発電のコスト試算条件を表4に示す。

表1 風力開発可能量推定に用いた条件(陸上)

区分	項目	開発不可条件
自然条件	風速	6.5m/s未満
社会条件 法制度等	法規制区分 (自然的条件)	国立・国定公園 都道府県立自然公園 厚生自然環境保全地域 鳥獣保護区
土地利用等	土地利用区分	市街化区域 市街化調整区域 その他用途地域

表2 風力開発可能量推定に用いた条件(洋上)

区分	項目	開発不可条件
自然条件	風速	6.5m/s未満
	水深	200m超
	離岸距離	沿岸部から100km超
社会条件 法制度等	法規制区分	国立・国定公園 漁業権設定区域 漁港・港湾

表3 着床式及び浮体式の風車設置可能条件

区分	設置条件
着床式	平均風速6.5m/s以上
	水深50m以下
浮体式	平均風速7.0m/s以上
	水深50m超200m以下
設置不可	平均風速6.5m/s未満 または水深200m超

表4 風力発電のコスト試算に用いた条件

項目	陸上	洋上
設備利用率	20%	30%
稼働年数	20年	20年
固定資産税率	1.4%	1.4%
人件・修繕費(建設費による比率)	1.4%	2.3%
諸費(建設費による比率)	0.6%	0.6%
業務分担費(建設費による比率)	14.0%	14.0%

4. 調査結果と考察

Arc GIS を用いた福島県及び福島県沖の風車設置可能本数の算出には、陸上では国内で既存最大規模の定格出力2MWの風車を1km²に3本設置すると仮定した。洋上では世界最大規模の定格出力7MWの風車を2km²に1本設置すると仮定した。これは、山口ら(2007)²⁾において、ロータ直径の8倍の間隔を確保すれば、風車同士の後流の影響は無いと仮定していることによる。陸上・洋上とで想定している風車のロータ直径はそれぞれ80m、167mなので、1本あたり半径320m、668mで設置すれば十分な間隔を保てる。半径320m、668mの円の面積はそれぞれ約0.32km²、1.4km²となるためである。なお、洋上は安全性を考慮し面積を余分に確保している。GISによる陸上風車設置可能エリアマップを図1に、洋上風車設置可能エリアマップを図2に示す。

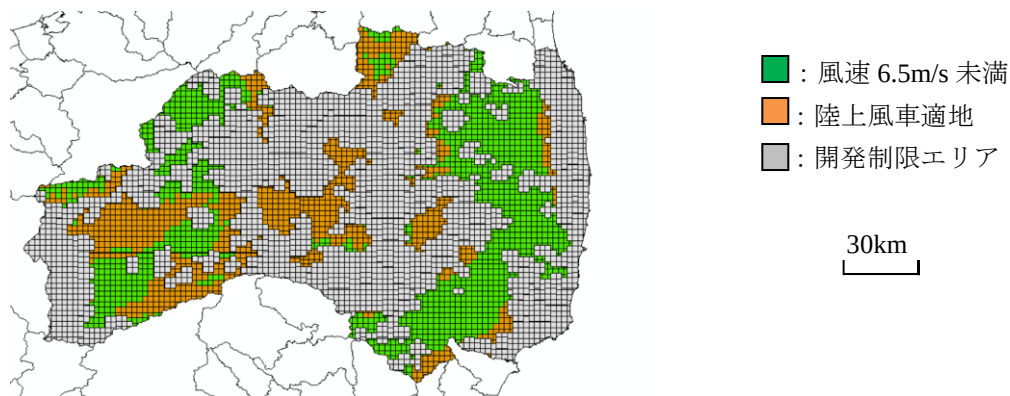


図1 GISによる福島県の陸上風力開発可能エリアマップ(1/3,000,000)

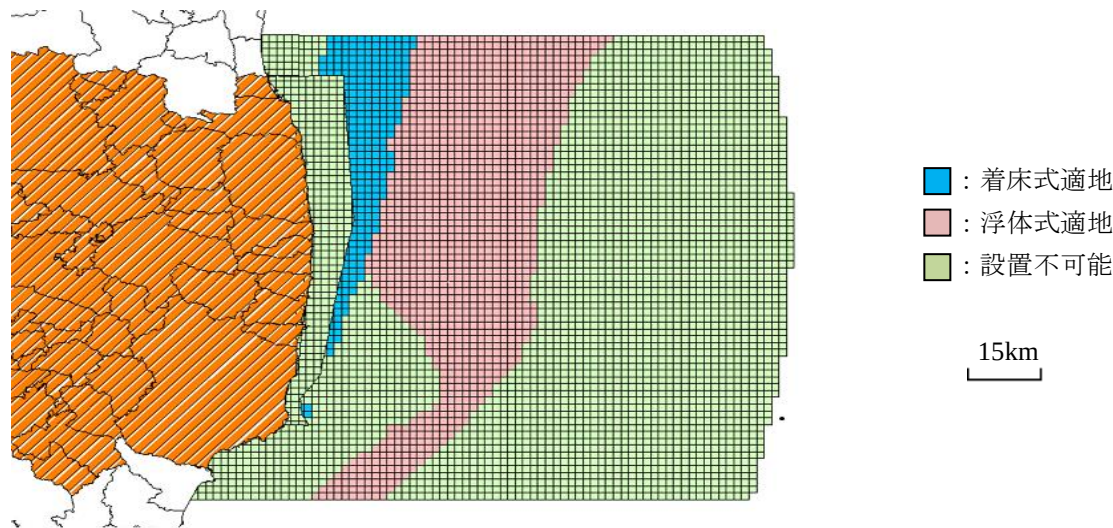


図2 GISによる福島県沖の洋上風力開発可能エリアマップ(1/1,500,000)

GISによる陸上、洋上の風力開発可能量の推定結果をそれぞれ表5、表6に示す。(面積は小数点第3位を四捨五入、本数は小数点以下切り捨てである。)

表5 陸上風力開発可能量推定結果	
福島県面積(km ²)	13783.74
設置可能面積(km ²)	3308.67
設置不可面積(km ²)	10475.07
設置可能本数(本)	9926
総出力(万kW)	1985.2

表6 洋上風力開発可能量推定結果			
項目	着床式	浮体式	合計
面積(km ²)	991.86	3842.47	4834.33
設置可能本数(本)	495	1921	2416
総出力(万kW)	346.5	1344.7	1691.2
設置不可面積(km ²)	9319.33		

表5、表6の結果を用いて「発電コスト試算シート」に入力した試算結果を表7に示す。また、電源別の発電コストより作成したグラフを図3に示す。なお、上限値は国内の価格、下限値は国際価格に収斂した場合の価格である。

表7 試算結果(2020年度モデル上限値)

項目		陸上	洋上
総出力(万/kW)		1985	1691
建設費単価(万円/kW)		35	70
資本費(円/kWh)	減価償却費	11.2	15
	固定資産税	1.2	1.5
運転維持費(円/kWh)	給料手当・修繕費	2.8	6.1
	諸費	1.2	1.6
	業務分担費	0.6	1.1
発電原価(円/kWh)		17.0	25.4
総建設費(円)		6兆9,475億	11兆8,370億
総発電量(kWh/年)		347億7,720万	444億3,948万

表5、表6および表7によると、福島県の洋上風力開発可能面積は、陸上風力のおよそ1.46倍である。総出力では洋上は陸上のおよそ0.85倍となったが、総発電量は1.3倍となる。風車単体の最大出力が陸上は2MW、洋上は7MWを想定しており、風車の出力が大きいほど発電量は大きいので、陸上と比べ大型な風車を設置できる洋上風力の発電量が大きくなったと考えられる。また、東北電力の平成27年度火力発電実績は、総出力1,227万kW、総発電量572億2,120万kWh/年であった。⁵試算結果と比較すると、総出力は陸上で約1.6倍、洋上で約1.4倍となる。総発

電量は陸上で約6割、洋上で約8割に相当する。このことから、火力発電の代替可能な開発可能量が十分あることが分かる。2020年時点の陸上風力の発電原価は17.0円/kWhに対し、洋上風力は25.4円/kWhと、およそ1.5倍の価格となった。洋上は陸上より発電量が多いが、コストも高くなる。しかし、今後の技術開発などにより開発費や維持費などの全体的なコストダウンが実現できれば、陸上風力より発電量の多い洋上風力の導入が期待できる。

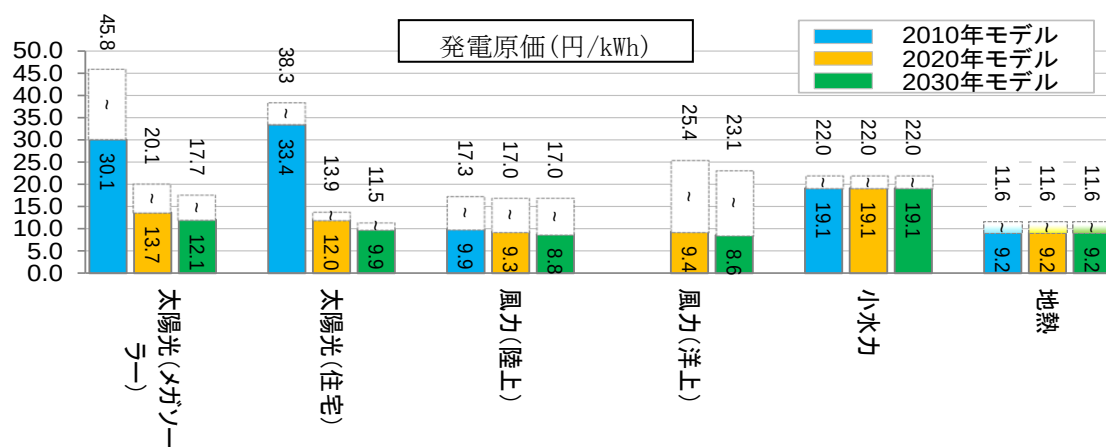


図3 電源別発電コスト試算結果(グラフ上記の数値は上限値, 下部の数値は下限値)

図3の電源別の発電コスト試算結果では、陸上風力は2020年度で9.3～17.0円/kWh、2030年度で8.8～17.0円/kWhとなった。洋上風力は2020年度で9.4～25.4円/kWh、2030年度で8.6～23.1円/kWhとなった。2030年時点での下限値は陸上風力より洋上風力の方が安くなる試算結果となった。洋上風力の上限値は再生可能エネルギーの中でも比較的高いが、2030年度時点の下限値では洋上風力が最も安くなっている。国際価格に収斂すれば発電原価は、最も安価になる発電であることが分かる。

5. 結論と課題

1) 結論

福島県における風力開発可能面積は、洋上の方が広く、十分な開発量が見込めることが分かった。総出力では、陸上で1985万kW、洋上で1691万kWと膨大な開発可能量を持つ。しかし、洋上風力は陸上風力と比べ発電原価が1.5倍ほど高いため、現状の発電原価で導入するのは難しい。日本の気象や海底地盤の形状、波の高さなどに適応した大型の洋上風車の開発ができれば、洋上風力の開発量拡大が可能となる。まずは、陸上で風力の開発を拡大し、同時に洋上の技術開発やデータ収集を行い、発電効率が良い大型の洋上風車の開発により、発電原価を下げることを期待される。

2) 課題

以下に本研究の課題を記す。

- ・洋上で風車の設置を確実にするために、海底の形状や地盤の固さの調査が必要である。
- ・風車の構造によって建設費用が変わると予想されるので、構造別に建設費を算出する必要がある。
- ・送電網の開発費用を試算条件に入れて算出していないので、陸上と洋上で建設費に差が出ることを考慮する必要がある。

参考文献

- 1) JWPA「風力発電の賦存量とポテンシャルおよびこれに基づく長期導入目標とロードマップの算定」2010年
- 2) 山口, 石原「メソスケールモデルと地理情報システムを利用した関東地方沿岸域における洋上風力エネルギー賦存量の評価」日本風工学会論文集第32巻第2号 pp. 63-75 2007
- 3) 内閣官房 国家戦略室 「発電コスト試算シート」
- 4) 内閣官房 国家戦略室 「コスト等検証委員会報告書」
- 5) 東北電力 ファクトブック 「電力供給」の数値を利用