

研究指導 石光 真 教授

洋上風力発電の可能性

石山清人

1. 研究動機・研究目的について

東日本大震災以降、原子力発電所が稼働停止になったことにより原子力発電の代替エネルギーとして再生可能エネルギーに関心が集まっている中で、ポテンシャルの大きい風力発電に注目した。

陸上風力ではブレード運搬の都合から、2000kW が限界だが、船で運べる洋上ではさらなる大型化が可能になる。さらに洋上は風を遮るものがないので、陸上よりも安定して風力発電を行うことができる。よって今回、私は洋上風力発電について研究するにいたった。

本研究の目的は養生風力発電が発展する上での問題点とその打開策を探ることである。

2. 風力発電・洋上風力発電

2.1 風力発電・洋上風力発電とは

風力発電とは、風の力を利用して風車の羽を回して発電するものであり、洋上風力発電とは海の上で発電するものはもちろんだが、湖の上などで発電するものも含まれている(淡水湖での風力発電計画を一時停止、カナダ・オンタリオ湖、出力 30000kW タービン数 130 基)。

洋上風力発電には着床式と浮体式がある。

- ・着床式とは陸に近い沿岸部分の海底に風力タービンを建設する方法である。
- ・浮体式は水深が深いために着床式ができない場合に用いられる方法である。この場合には浮体式構造物を利用する。

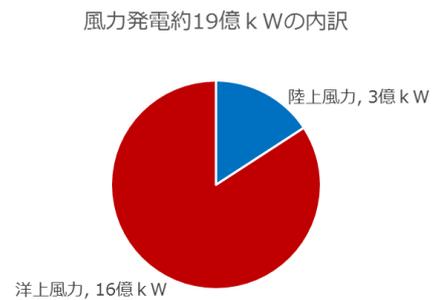
2.2 風力発電の国内ポテンシャル

2011 年 4 月に環境省が行った、日本の再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査の結果、再生可能エネルギーは約 22 億 kW の導入ポテンシャルが存在することがわかった。

中でも風力発電は約 19 億 kW と圧倒的である。さらに内訳を示すと、陸上風力発電は約 3 億kW の導入ポテンシャルなのに対して、洋上風力発電は約 16 億kW

の導入ポテンシャルが存在する。

図 1 風力発電の内訳



出典 牛山泉『風力発電が世界を救う』より石山が作成

この数値はあくまで技術的開発可能量であり、経済性を十分に加味してはいない。しかし、発電技術の低コスト化が軌道に乗れば、洋上風力が再生可能エネルギーの本命になる可能性を示す。

2.3 風力発電の発電コスト

風力発電の発電に関するコストは以下のとおりになっている。

この図よりわかることは、風力は太陽光よりkW あたりのコストが低く、規模を大きくするほどコストが低くなるということである。また、上限と下限の差のあるものにはその差が示されている。

図 2 発電コストの比較



出典 牛山泉『風力発電が世界を救う』より石山が作成

3. 風力発電のメリット・デメリット

3.1 メリット

- ・発電の際にごみが出ない。
- ・二酸化炭素の温室効果ガスを出さない。
- ・夜間発電ができる。
- ・長期に渡って持続的に電力が得られる。
- ・燃料にコストが要らない。

3.2 デメリット

- ・風量が安定しないことからエネルギー供給量が定まらない。系統安定性(乱れたときに周波数変動、停電などが起こる)に負担がかかる。
- ・広大な立地面積を要する。
- ・洋上の場合は建設、メンテナンス、送電などのコストが地上の倍以上といわれている。
- ・バードストライク¹が起こる。

風力発電の問題の中で系統安定性の問題が第一に挙げられる。電力需給は同時同量が必要であり、風力発電から電力系統への流入(逆潮流)が過大になったときに出力を落としたり、過小になったときにバックアップ電源を起動させたりしなければ周波数変動や停電が生じる²。

4. 系統安定化

4.1 系統遮断(解列)

系統遮断とは、夜間など電力消費量が減ったときに風力発電機を電力系統から切り離す方法である。これによって余分な投資をしなくてすむようになる。スペインでは実施されている。

4.2 均し効果

HVDC(高压直流送電)、FC(周波数変換設備)、BTB(同一変換所内において順変換および逆変換を行うシステム)等を導入することにより電力融通範囲を拡大し、広範囲に分散できる調整力を活用することにより風力発電による供給量の変動に対する調整量を拡大して

¹ ここでは鳥が風車に衝突する事故を指す。

² そのため、電力会社によっては風力発電の連係可能量(上限)を設定している(北海道電力では36万kW[6%]、東北電力では118万

いく。

4.3 蓄電システム

蓄電システムとは、風力発電機に蓄電池を併設し、電力が不足しているときに蓄電池に蓄えておいた余剰電力を放出するというものである。

実際に風力発電に使われている蓄電池として、NAS(ナトリウム硫黄)電池がある。

NAS電池の利点としては

- ・出力変動の大きな風力発電・太陽光発電と組み合わせ出力を安定化、需要家に設置し、割安な夜間電力の利用とともに、停電時の非常時電源を兼用できる。
- ・構成材料が資源的に豊富かつ長寿命である。
- ・自己放電が少なく、充放電の効率も高い。
- ・量産によるコストダウンができる。

などがあり、次に欠点として

- ・常温では動作しないため、ヒーターによる加熱と放電時の発熱を用いて、作動温度域(300℃程度)に温度を維持する必要がある。
- ・充放電特性が比較的長い時間率(6~7時間)で設計されている。また一定期間内に満充電リセットの必要がある。などが挙げられる。
- ・量産によるコストダウンができる蓄電池だが、電池ひとつの価格が高いため結局コストがかかってしまう。この価格を抑えることが重要な課題である。

ちなみにこのNAS電池を用いた大容量蓄電池併設発電所が青森県六ヶ所村の二又風力発電所である。1,500Kw×34基の総出力51,000Kwという発電設備である。

5. その他のデメリットへの対策

1. 立地面積を要するために陸上の設置場所が枯渇することの対策として、洋上風力発電の建設が挙げられる。
2. 洋上の場合は建設、メンテナンス、送電などのコストが地上の倍以上といわれているが、洋上ではFIT

kW[8%]。東京電力、中部電力、関西電力は系統規模が大きく、風況もよくないので設定していない。

による電力買取価格がコストに合わせて倍近くである。

3. バードストライクへの対策が日本野鳥の会会員の仲津氏により 6 つ挙げられている。
 - ① あらかじめ野鳥の生態、生息数を調べ、影響の少ない場所、風車の形式を選定する。
 - ② 野鳥の渡りのコースを把握し、そのルートでの風車の設置を避ける。
 - ③ 野鳥の渡りの時期には、レーダーで渡りを探知し、風車を止める。
 - ④ 風車を彩色し、野鳥を近づけないようにする。
 - ⑤ 低回転の風車を採用する(騒音を下げる効果もある)。
 - ⑥ 風レンズ³風車を採用する。コンパクトな風力発電設備でありバードストライクの実例は聞かれていない。但し、コスト高にはなる。

6. 日本の洋上風力発電施設

日本には 4 つの洋上風力発電施設が存在している。

表 1 日本の洋上風力発電施設と発電容量

| 所在地 | 事業名 | 発電容量 |
|------------|--------------------------|------------------------|
| 福岡県北九州市沖 | 着床式洋上風力発電実証研究事業 | 2000kW |
| 千葉県銚子市沖 | 着床式洋上風力発電実証研究事業 | 2400kW |
| 長崎県五島市五島列島 | 商用規模浮体式洋上風力発電施設「はえんかぜ」 | 2000kW |
| 福島県いわき沖 | 福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業 | 一期2000kW 二期14000kW(2機) |

出典 Electrical Japan を参考に石山が作成

6.1 実証研究事業福島沖プロジェクトの概要

福島県の沖合約 20km、福島第1原子力発電所から 30km ほどの太平洋上に、2013 年以降、巨大な風力発電設備が建設されている。

<進捗状況>

- ・2013 年、7 月 2,000kW の浮体式風車と浮体式洋上変電設備を福島県沖に設置、同年 11 月運転開始。

6.2 第 1 期、第 2 期実証研究事業

第 1 期では 2000kW のダウンウインド型浮体式洋上風力発電設備 1 基と、世界初となる 25MVA 浮体式洋上サブステーション、及び海底ケーブルを設置する。

第 2 期では 7000kW 浮体式洋上風力発電設備 2 基 (14000kW) を新設する。総事業費は 188 億円。東日本大震災復興関連の 2011 年度第3次補正予算で開始が決まった。

現在稼動しているのは、第 1 期で設置した発電設備のみである。

事業目標として発電設備の建設や運転にかかわる雇用を生み出していくことが期待される。プロジェクトが成功すれば、同様の発電設備を同じ太平洋側にある岩手県や宮城県、茨城県といった被災地の近海に展開することも可能になるであろう。

6.3 コンソーシアムメンバー

表 2 コンソーシアムメンバーと主な役割

| コンソーシアムメンバー | 主な役割 |
|--------------------------|--------------------------|
| 丸紅株式会社 [プロジェクトインテグレーター] | 事前協議・許認可、維持管理、漁業との共存 |
| 国立大学法人東京大学 [テクニカルアドバイザー] | 観測予測技術、航行安全性、国民との科学・技術対話 |
| 三菱商事株式会社 | 系統連携協議、環境影響評価 |
| 三菱重工業株式会社 | V 字型セミサブ浮体 (7MW) |
| ジャパン マリンユナイテッド株式会社 | アドバンストスパー浮体、浮体サブステーション |
| 三井造船株式会社 | コンパクトセミサブ浮体 (2MW) |
| 新日鐵住金株式会社 | 高性能鋼材の開発 |
| 株式会社日立製作所 | 洋上変電所の開発 |
| 古河電気工業株式会社 | 大容量ライザーケーブルの開発 |
| 清水建設株式会社 | 海域調査、施工技術 |
| みずほ情報総研株式会社 | 浮体式洋上風力発電に関する情報基盤整備 |

出典 福島洋上風力コンソーシアムより石山が作成

福島沖の実証事業を統括するのは、海外の発電事業で豊富な実績のある丸紅、メーカーには大型風力と造船の両技術を持つ三菱重工業のほか日立製作所、新日本製鉄、IHI、マリンユナイテッド、古河電気工業、清水建設など日本の重工業や素材産業を代表する企業が名を連ねる。

³ 風力を効率よく利用するための構造になっており、効果としては 2

倍から 5 倍程度効率が上がる。

7. まとめ

洋上風力発電は約 16 億kWの導入ポテンシャルが存在する。また、原子力発電反対派の多い中で再生可能エネルギーを推進する声が高まっている。ならば再生可能エネルギーの一角を担う洋上風力発電も導入して、日本の電力供給に役立てる必要があると考える。だが、上記したように洋上風力発電には問題があるのも事実である。

研究動機で述べた陸上よりも安定するという点について比較しても、風況は良いが系統安定性についてはどちらも大きな差はないと言える。

・今後の展望

風力発電を基幹電源の1つとするためには、風況のよい北海道と東北で風力発電を十分に開発する必要がある。

しかし北海道と東北は連係可能量が弱いので電力系統連係を強化することによる全国でのバックアップ等が必要である。そのバックアップに対するコストダウンが今後、洋上風力発電を推進することにつながるだろう。

洋上風力発電を全国で大規模に開発することも、そうした系統安定化のための対策によって初めて可能になる。

参考文献・URL

岩本晃一

『洋上風力発電 次世代エネルギーの切り札』(日刊工業新聞社)2012

牛山 泉

『風力発電が世界を救う』(日経プレミアシリーズ)2012

『トコトンやさしい風力発電の本』(B&T ブックス日刊工業新聞社) 2010

『風力発電の歴史』(株式会社オーム社)2013

甲斐 隆章・藤本 敏朗

『太陽光・風力発電と系統連携技術』(株式会社オーム社)2010

加藤政一

「エネルギー問題からみた再生可能エネルギー」

IEEE 仙台支部講演 2013 11/15

オーム社

『技術総合誌 OHM 9月』2013

斉藤純夫

『こうすればできる! 地域型風力発電』(B&T ブックス日刊工業新聞社)2013

武田 恵世

『風力発電の不都合な真実』(アットワークス)2011

竹生修己

『風力発電導入のための電力系統工学』(オーム社)2013

環境省

<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=13331>

電気事業連合会

http://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_kaisetsu/1224366_4141.html

日刊工業新聞

<http://www.nikkan.co.jp/toku/smartglid/sg20130228-10n-366ps.html>

日本経済新聞

http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK1002H_Q2A510C1000000/

日本再生可能エネルギー総合研究所

http://www.jrri.jp/report_germany3.html

風力発電とバードストライク

<http://www.asahi-net.or.jp/~vb7y-td/L0/200428.htm>

福島県

http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-4/20130811_kyogikai_shiryo4-1.pdf

福島洋上風力 コンソーシアム

<http://www.fukushima-forward.jp/gaiyou/index.html>

マイナビニュース

<http://news.mynavi.jp/photo/news/2012/03/07/015/images/002l.jpg>

三菱重工

<http://www.mhi.co.jp/discover/graph/news/no171.html>

1

ITmedia

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1309/25/news018.html>

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1310/15/news067.html>

<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1304/09/news007.html>

MERIT DEMERIT

<http://jp.meritdemerit.com/topic/421>

NEDO 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

http://www.nedo.go.jp/activities/ZZ_00373.html