

# 港湾・沿岸域における風力発電推進に関する研究

## A Study on the Wind Power Generation Promotion in Harbors and Coasts

西 和宏\*・成瀬英治\*\*  
NISHI Kazuhiro and NARUSE Eiji

\* 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員  
\*\* (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹兼第二調査部長

This paper introduces the results of study on the wind power generation promotion in harbors and coasts. Wind energy is viewed as a promising new energy resource and coastal areas are considered to be suitable for constructing wind power energy systems. The joint study group consisted of industrial, administrative and academic sectors was started, and it inquired about both the environment and technology of offshore wind power generation promotion.

Key Words : offshore wind energy, wind power generation

### 1. はじめに

わが国の風力発電は2010年迄に300万kw導入を目標としており、図-1に示すように2004年度末時点で90万kwを越えている<sup>1)</sup>。その中で風力発電施設の多くは陸上に設置されたものであり、図-2に示すように港湾空間への導入量は全体の7%にすぎない<sup>2)</sup>。

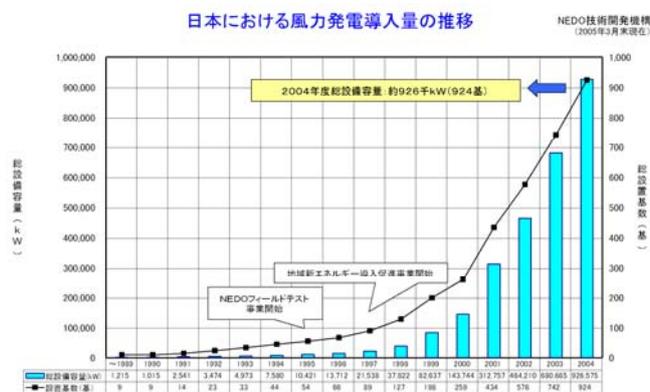


図-1 風力発電施設の導入量

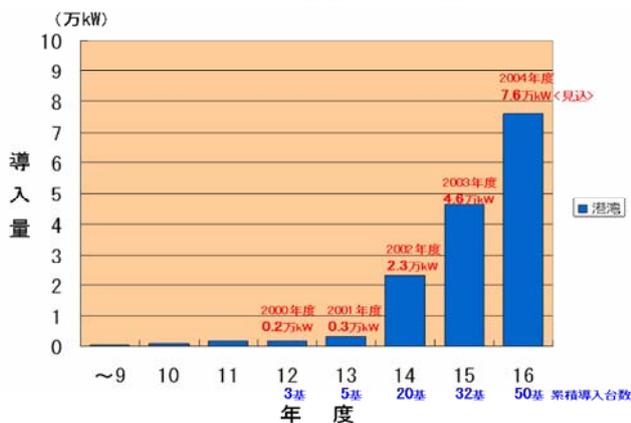


図-2 港湾空間における導入量

洋上は陸上に比べて風速が大きく、国土が狭いわが国において陸上での適地が少なくなっていく現在、港湾や沿岸域に風力発電施設を建設していくことが有望といえる。しかしながら、洋上への風力発電施設導入は陸上に比べて立地条件が厳しいことや法制度の面でも課題が多く、洋上への展開に向けこれらの解決が急がれる。

そこで(財)沿岸技術研究センターでは、洋上での風力発電施設導入促進に向け、風力発電に関する情報共有と環境・技術両面での課題検討を行なうため、産官学の連携による「港湾・沿岸域における風力発電推進研究会」(以下研究会と称する)を2003年9月に立ち上げ2年間にわたる研究活動を行った。本稿では研究会の活動内容と成果の一部について述べる。

### 2. 研究会の概要

#### 2.1 会員組織

研究会の会員は「特別会員」、「正会員」、「アドバイザー会員」、「オブザーバー会員」および「事務局」で構成される。研究会の運営体制を図-3に示す。

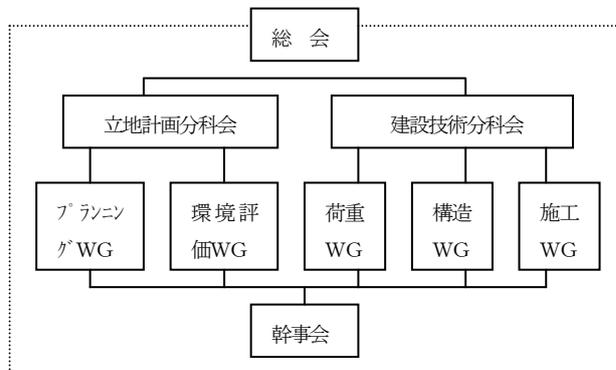


図-3 運営体制

「特別会員」は自然エネルギーや環境・海洋技術など専門知識を有する学術経験者 13 名, 「正会員」は建設会社や鉄鋼メーカーなど民間企業 42 社, 「アドバイザー会員」, 「オブザーバー会員」は自治体や経済産業省など 35 団体が参加し, 「事務局」を沿岸センターが努めた。研究会は 2 つの分科会に分かれ, 正会員はどちらかに所属し研究活動を行い, 各分科会の下に 5 つの WG (ワーキンググループ) を設置して専門的な検討を実施した。

## 2.2 活動概要

### (1) 立地計画分科会

#### ①分科会長・副会長 (特別会員 3 名)

会長 牛山 泉 足利工業大学 教授  
副会長 瀨岡 和夫 東京工業大学 教授  
副会長 長井 浩 日本大学 助教授

#### ②環境評価WG (正会員 6 社)

#### ③プランニングWG (正会員 10 社)

#### ④主な研究テーマ

- ・環境影響評価
- ・海域総合利用に関する調査研究
- ・適地の選定
- ・洋上風力発電施設の環境調査
- ・ケーススタディの検討

### (2) 建設技術分科会

#### ①分科会長・副会長 (特別会員 3 名)

会長 関 和希 東海大学 教授  
副会長 清宮 理 早稲田大学 教授  
副会長 関田 欣治 東海大学 教授

#### ②荷重WG (正会員 9 社)

#### ③構造WG (正会員 12 社)

#### ④施工WG (正会員 14 社)

#### ⑤主な研究テーマ

- ・荷重と設計手法
- ・構造・材料の研究
- ・施工技術について
- ・維持管理・リニューアル
- ・ケーススタディの検討

## 3. 研究成果

### 3.1 洋上風力発電の導入効果と制約条件

風力発電施設の導入実績を図-1, 2 に示したが, このうち洋上に設置された風力発電施設の事例は北海道瀬棚港と山形県酒田港の 2 箇所しかない。

洋上は風速が強いなど風力発電に対する大きな優位性がある反面, 建設コストの問題や漁業調整など解決すべき課題も沢山あり, わが国では洋上風力発電施設の建設があまり進んでいない状況である。

ここで洋上風力発電のメリットとデメリット, 課題についてまとめる。

### (1) メリット

#### ①風力発電に適した海上風

一般に洋上の風速は陸上に比較して強い。わが国でも陸上風と洋上風の比較例が複数あり, 本研究会でも瀬棚港における風速観測調査を行い, 同時間帯での陸上と洋上 (防波堤上) の風速計の測定から既往の研究と同様の結果が得られた。また, 洋上は陸上に比べ高度による風速変化が少ない安定傾向もみられた。風のエネルギーは風速の 3 乗とローター面積に比例するため, 強く安定した風は発電量に大きく寄与する。すなわち, 洋上風の特徴が洋上風力発電の最大のメリットといえる。

#### ②大型風車の設置・運搬が可能

風車は大型化するほど経済的であり, 近年の風車の技術開発にともない 2000kw 以上のクラスの風車が建設されている。洋上風力発電施設の場合, 海上を利用した一括輸送が可能であり大型作業船による施工も容易である。

#### ③騒音の問題が小さい

洋上風車の場合, 住宅等から離れているため, 風車自身が発生する騒音や振動音について制約が少ない。

#### ④そのほか

- ・水産協調型の施設としての活用が可能である。
- ・海や陸からのシンボルタワーとして利用できる。
- ・港湾施設や水産施設への電力利用が可能である。
- ・広大な設置空間がありエネルギー賦存量が大きい。

### (2) デメリット

#### ①建設コスト

海外や日本での実績をふまえると, 洋上風力発電基礎の建設費は陸上と比較して割高になる。建設コストと発電単価を抑える方策として大型風車の複数配置・一括施工がコストダウンにつながる。

#### ②系統連系

風力発電により得られた電力は一部施設への電力利用を除き, 電力会社へ売電する方法が一般的である。洋上風力発電の場合, 海底ケーブルを使用して陸上の受電口まで接続するため, 設置場所や条件によって長い耐久性に優れた海底ケーブルが必要となる。

#### ③塩害対策

洋上風力発電施設では, 基礎やタワーには耐候性の強い塗装仕様や電気防食など腐食対策を行う必要がある。海洋土木や建築での防食方法や考え方が適用できる。

#### ④漁業との調整

洋上風力発電施設が設置海域の漁獲に与える影響は小さいと考えるが, 漁業関係者との十分な事前調整が必要となる。

### (3) その他の課題

#### ①風況調査

日本の風は年間を通じての変動風が大きく, 台風時の設計風速も大きいため事前に十分な風況調査が必要である。洋上に風向・風速計を建設し管理することは費用面での負担が大きいため, 今後の本格導入促進に向けた準

備として国の支援による洋上での風況観測や洋上風況マップの作成、賦存量データなどの基礎資料も必要である。

②鳥類への影響 (バードストライク)

洋上における渡り鳥の飛行ルートや高度、海鳥の生態・行動圏等に関わる知見が不足している。国内の沿岸や洋上における鳥類の生息環境を調査した概略マップ作成など環境に調和した洋上風力発電の立地が必要である。

③設計手法

洋上は風況が良い反面、風力だけでなく波力や流れも作用し水深の影響もあるため、基礎やタワーが陸上に比べ大きくなることが予想される。また日本では台風や地震の影響も考慮する必要があることから、海外の設計基準や手法がそのまま適用しにくいという問題があり日本の自然条件を考慮した設計手法の確立が必要である。

④関係機関への手続き

洋上は公共用物であり、原則として特定の人だけが排他的に利用することが出来ないため「水域の占有許可」を得る必要がある。わが国の水域はその用途により港湾区域・海岸保全区域・漁港区域・一般海域等に分けられ、管理する法律も所管も異なるためそれぞれの規定にもとづいた申請手続きが必要となる。

⑤維持管理

洋上風力発電施設の維持管理・補修・点検には船舶の利用が予想される。そのため費用面での負担が陸上に比べ大きい。また荒天時に船舶航行ができない状態も考慮し、速やかな対処を行うための遠隔操作や管理のための付属設備が望まれる。

3.2 港湾空間における風力発電の取り組み

港湾における風力発電の導入方針として、国土交通省港湾局では、次の2つの柱で検討を進めている。

①自然エネルギー利用の場としての港湾空間の活用

②港湾管理者による風力発電導入の促進

①については、港湾本来の目的に支障のない範囲において港湾空間(陸上・洋上)への民間事業者等による風力発電の導入を図るものである。

②については、港湾の維持管理や環境保全・災害時の非常用電源としての導入を促進するとともに、港湾管理者が港湾環境整備事業で整備する緑地の照明・手洗いなどに付帯する電源施設への補助制度(補助率 1/2)の積極活用を促進し、必要に応じて制度改正を検討することになっている。写真-1に示すように千葉港の南袖ケ浦緑地(袖ケ浦海浜公園)には、千葉港港湾環境整備事業として国土交通省の補助制度(補助率 1/2)を活用して建設された風力発電施設がある。

①②の方針に沿って港湾空間への風力発電の導入により、港湾のグリーン化を促進することが地球環境問題への貢献とともに臨海部における新規産業の創出や地域の活性化、環境学習への活用などの効果や港湾空間のアメニティ向上につながる。

さらには港湾区域への導入実績や技術の蓄積が今後沖合に展開していく可能性の高い洋上風力発電の建設促進に資するものと考えている。また港湾の環境保全に係るエアレーションや海水交換施設・岸壁や道路の融雪などは不安定電力を許容することができるため、風力発電の導入モデルのひとつとして積極的な推進も考えている。本研究会では港湾・沿岸域に風力発電施設を建設する目的として、売電以外に港湾施設への電力使用やエコロジー港湾としての取り組み、環境教育への利用についてもまとめている。



写真-1 千葉港風力発電施設 (250kw×1基)

3.3 洋上風力発電の事業計画

(1) 事業計画の仕組み

洋上風力発電は設置する意義や目的を十分に検討し、周辺住民の意見や周辺施設との調和を考慮する必要がある。特に港湾エリアへの設置を検討する場合、地方公共団体や港湾管理者その他団体と十分協議したうえで事業スキームや電力利用方法を決定する事が望ましい。

①関係法規

港湾・沿岸域で事業検討を行なう場合、表-1に示す法規に従い許可あるいは届出が必要となる。

表-1 港湾・沿岸域に特化した法規

法律名	条 項	内 容	許可・審査窓口	備 考
港湾法	37	港湾区域内の工事等の許可	港湾管理者	
	38条の2	臨港地区内における行為の届出等	港湾管理者	
	40	分区内の規制(建築物の制限)	港湾管理者	
	56	港湾区域の定め(風力)等		
海岸法	7	海岸保全区域の占用	海岸管理者	
	8	海岸保全区域における行為の制限	海岸管理者	
	37条の4	一般公共海岸区域の占用	海岸管理者	
	37条の5	一般公共海岸区域における行為の制限	海岸管理者	
航空法	49	物件の高さ制限等	航空局	告示の高さを超えて建設できない
	51	航空障害灯(60m以上の高さの物件)	航空局	障害灯の設置
	51条の2	風洞障害物(60m以上の高さの物件)	航空局	障害物の設置
	56条の4	制限表面以上の高さの構築物設置制限	航空局	告示の高さを超えて建設できない
海上交通安全法	30	航路及びその周辺の海域における工事等	海上保安部	
	31	上記以外の海域における工事等	海上保安部	
港則法	31	工事等の許可及び進水等の届出	海上保安部	
航路標識法	9	工事等の制限	海上保安部	
森林法	34	保安林における制限	都道府県	
	2	行為の制限		
自然環境保全法	17	行為の制限	環境省	
	25	特別地区	環境省	
	27	海中特別地区	環境省	
	28	普通地区	環境省	
瀬戸内海環境保全特別措置法	12条の6	自然海岸保全地区内における行為の届出	府県	府県が定める条例に則った届け出
国有財産法	18	国有の行政財産の貸付等	主務庁一主務大臣	
	22	補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律	港湾管理者一主務大臣	

②環境影響評価項目

騒音・水中音・電波障害・景観・動物(鳥類・水生生物)・人と自然のふれあい活動など陸上も洋上も環境影響

の考え方は基本的に同じである。また瀬棚港における水中音や生物調査結果では、風力発電施設の稼働状況（稼働時・停止時）の違いによる水中音圧や魚類の生息状況に変化はみられなかった。

(2) 洋上風力発電の建設技術

①設計荷重

風車基礎及びタワーの設計に対する荷重の考え方を整理し、設定方法や組合せ・照査方法についてまとめる。主な検討フローを図-4に示す。

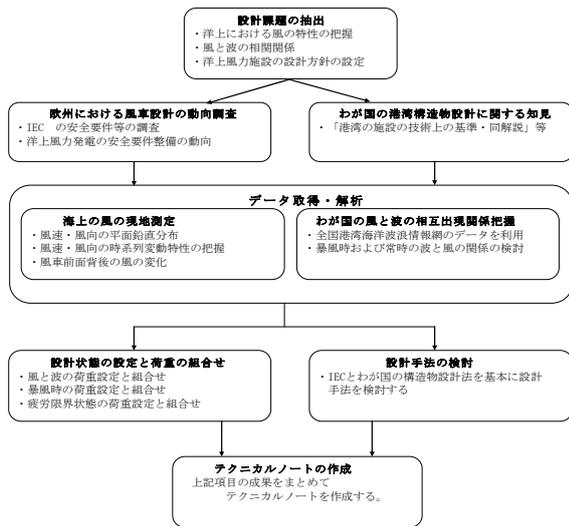


図-4 検討フロー

②構造形式

洋上風力発電施設の基礎構造は、設置位置での水深や波浪条件・経済性によって最適な構造形式が決定されるが、水深の浅い場合はケーソン式やドルフィン式・モノパイル式が適当であり、水深が深い場合にはジャケット式や浮体式が有利と考えられる。国内の事例としては、現在ドルフィン式のみが施工されている。

4. 今後の課題

洋上における風力エネルギーの賦存量は莫大であり、わが国の風力発電の導入促進に向けて洋上風力発電の研究・開発は不可欠である。本研究会はそれに先立ち水深が浅く系統連系も比較的容易と考えられる港湾・沿岸域をターゲットに着床式基礎の風車を建設するための環境・技術的な課題等を検討している。また洋上風力発電施設の検討例として、わが国に実績がない防波堤上に風車タワー基礎を建設する場合やモノパイル式基礎など、基礎構造や立地条件に着目し複数のケースについて検討結果をまとめている。

いずれのケースにしても、わが国の海洋土木や造船などの優れた技術力を活かせば洋上風力発電の立地が可能と考えられるが、以下のような課題があることも事実である。

①洋上風力発電事業手続きの確立

水域区分、漁業権、関係法規など

②洋上の風況特性

洋上風況データの蓄積、日本特有の風況把握など

③設計手法

波と風の重合せ、設計手法の整理など

④建設技術の改良

大口径杭の打設方法、専用作業船開発、施工管理など

⑤風車の性能

塩害対策、落雷対策、寿命・機能向上など

⑥社会・自然環境への影響

沿岸域での鳥類生息環境、バードストライクなど

⑦発電電気の有効利用

不安定電力の系統連系対策、蓄電技術など

今後、新エネルギー導入を長期的に強力に推進していくことを念頭においた場合、大規模な洋上風力発電施設が不可欠であるが、これらの計画・建設を地方公共団体や民間事業者だけに依存することは技術面・経済面での負担も大きく、現状の知見だけでは解決できない日本特有の問題もある。そこで産官学が連携した調査や基礎研究を継続し、法制的取り扱いや系統連系を含めた総合的な検討をすすめていくことが洋上に展開する風力発電施設の建設技術向上にもつながると考えている。

エネルギー政策も視野にいれた地球環境問題に対する国際的関心が高まる中、環境負荷が小さい国産エネルギーとして、あるいは石油依存度低下につながる石油代替エネルギーとして風力発電導入の意義は大きく、地域の経済活性化も期待できる。

これらの点をふまえ、最初の一步として国内における大規模な洋上ウインドファーム建設が可能な海域を選定し、同場所での技術・環境課題などを把握した上で解決に向けての検討と国による導入支援を進めていくことが重要と考えている。

5. おわりに

本稿は研究会での成果の概要を述べたものであり、洋上風力発電に関する詳しい内容については、本研究会の報告書ならびに「港湾・沿岸域における風力発電推進シンポジウム」の資料<sup>3)</sup>を参照していただきたい。

最後に、本研究会での研究活動や成果をまとめるにあたり、積極的にご協力・アドバイスをいただいた特別会員や各会員の皆様に対して深く感謝の意を表します。

また瀬棚港での風速や水中音などの計測作業に対して快く協力していただきました北海道瀬棚町、国土交通省北海道開発局ほか関係者の皆様にも深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構ホームページ
- 2) 国土交通省港湾局開発課ホームページ
- 3) 港湾・沿岸域における風力発電推進シンポジウム (H17.7.19開催) 資料