

■ウインドウズ オブ Wind (風の窓) 欧州洋上風力会議参加報告

風力エネルギー研究所 今村 博

1. はじめに

本稿は2007年12月4日～6日にベルリンのEstrel Convention Centerにおいて開催された欧州洋上風力会議 (European Offshore Wind 2007: eow2007) の参加報告である。

本調査は、平成19年度NEDO調査事業「洋上風力発電実証研究 F/S に係る先行調査」の海外調査として、委託先のイー・アンド・イー ソリューションズ (中尾氏)、ネクストエナジー (東野氏) および弊社から3名で参加し、資料収集を行ったものである。日本からは他に大学、メーカーおよび事業者等から10名程参加されていた。

欧州洋上風力会議は2年毎に開催され、前回は2005年コペンハーゲン (COW05) で開催されている⁽²⁾。ベルリンは、2006年11月にドイツ連邦参議院においてドイツにおける洋上風力発電開発が承認された記念すべき場所である⁽³⁾。

筆者は洋上風力発電の会議に参加するのは初めてであったが、「洋上風力発電」に関連するトピックだけでこれ程大きなイベントになっていることに、会場では大変驚かされた(図1)。eow2007のウェブサイト⁽¹⁾の情報によると、

サイドイベント数8、セッション数23、展示数100、総参加者は2000名以上とある。

以下、会議の後に公開された資料も参考にして、eow2007におけるトピックスを報告する。



図1 発表および展示会場の様子

表1 eow07における発表件数とキーワード

session	oral	poster	total	key words
others	7	18	25	DOWNVInD, BARD, tripile, Italy
operation & maintenance	10	10	20	multi-dimensional optimization, IEC61400-25, condition based O&M, costs
gird	10	7	17	transmission networks, German grid, HVDC, SUPERGRID, VSC
economics	5	8	13	cost, financing, insurance, BALTIC I
foundations	4	9	13	new concepts, jacket, concrete, universal foundation, fatigue, cost, monopile, floating
national policy and programmes	6	6	12	TPWind, 2020, Germany, UK, France, US, RES-E
technology	5	7	12	magnetic bearing, DOWNVInD, TPWind, Truss Structure, floating wind turbine
research & test facilities	5	7	12	EOLIA project, RAVE, tripod
resource assesment	5	7	12	Upwind, LIDAR, POWWOW, wake, mesoscal model, RADAR
environment	6	6	12	future offshore wind power, integrated maritime policy
case studies	5	7	12	UK, DK, NL, FINO1, Egmond Aan Zee, scour depth prediction, bucket
operational & control	5	3	8	SVCs, FRT, short-term prediction, GPS, PHASOR
deliverability & installation	5	2	7	AMPELMANN, supply chains, jack-up vessel, new concepts
regional development	6	0	6	north sea, power network
project management	5	1	6	certification, multi-contracting, due diligence
synergies with offshore industries	5	1	6	floating, BARD offshore 1, tripile, oil&gas industry
modelling	4	0	4	ANNEX XXIII, OC3, FINO1, FINO3, Monopile, LIDAR
total	98	99	197	

注: TPWind: European Wind Energy Technology Platform, DOWNVInD: Distant Offshore Windfarms with No Visual Impact in Deepwater, Upwind: European project funded under the EU's Sixth Framework Programme (FP6), POWWOW: Prediction Of Waves, Wakes and Offshore Wind

2. 会議の報告

発表件数および内容

表1は、会議のプログラム⁽¹⁾を参考にしたセッションタイトルに関連した項目（口頭およびポスター発表）、発表件数および各セッションのキーワードを示す。ポスター発表については、会場に貼られていないものもあったが、ここではプログラムに掲載されているものを用いた。発表件数は全体で200件ほどであり、維持管理、系統連系、経済性、計画、研究開発、ケーススタディ等が多い。

筆者は、技術、研究開発、モデリング、賦存量評価、支持構造、輸送・施工等のセッションに参加した。

会議で行われたプレゼンテーションの一部はウェブサイト上⁽¹⁾で閲覧可能である。また、会議の発表資料はウェブサイトからダウンロードできるが、URLは参加者にのみ知らされている。（コスト・速報性を優先しているためか、最近ではEWEAの会議の論文集は冊子体としては提供されていない。ただ、論文が一部掲載されていないこともある。）

欧州の戦略

EUは2020年に再生可能エネルギーを20%（RE20）導入する目標としており、EWEAは洋上風力発電の推進がこの目標達成に大きく貢献するものとしている。洋上風力発電を推進する理由として、

- ・エネルギー安全保障
- ・内部電力市場の拡大
- ・地球温暖化対策
- ・リスボン戦略の達成
- ・地域振興
- ・海洋事業の活性化

等が挙げられている⁽⁴⁾。デンマーク、スウェーデンの大臣によるプレゼンテーションもあり、欧州における風力に対する力の入れ方が実感できた。

欧州における洋上風力発電の累計設備容量は、2007年末で1,083MWに達している⁽³⁾（図2）。機数では、350機になる。ただ、風車の市場シェア1位のVestas社における洋上風車の比率は2%に過ぎない。このため、洋上に特化した仕様の風車の開発を進めない理由の一つとなっている。図3は2007年～2015年間の欧州における洋上風力発電の設備容量の見積もり⁽³⁾を示しており、2020年に最大40GWの導入を目標としている。目標達成には平均して年間600機の

5MW機の導入が必要となる。40GWを導入することにより、欧州の電力消費量の4%を賄い、CO2をおよそ1000万トン（京都議定書の目標値の30%に相当）削減できるとしている。

図4は欧州における洋上ウインドファーム（以下WF）の位置⁽³⁾を示している。図4には既設WF（図中の▲）に加え、建設予定（図中の・）の位置も記されている。

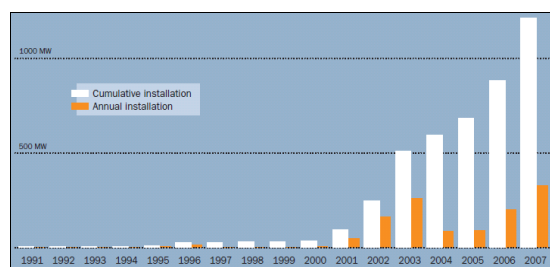


図2 欧州における洋上風力発電の設備容量の推移⁽³⁾（白：累積導入量、色つき：年間導入量）

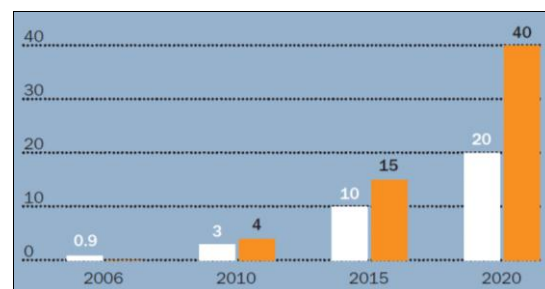


図3 2020年までの欧州における洋上風力発電の設備容量の目標⁽³⁾（白：実績値または下限予測値、色つき：上限予測値）



図4 欧州の洋上ウインドファーム⁽³⁾（▲：既設、・：計画）

2008年～2009年の国別の予定設置容量はイギリス（800MW）、デンマーク（200MW）、スウェーデン（140MW）、オランダ（120MW）、フランス（105MW）、ドイツ（60MW）、ベルギー（30MW）等となっている。各国における計画の概要については、文献⁽⁴⁾を参照されたい。

イギリスでは景観問題等で陸上における風力開発は進まなかったが、景観の問題がある程

度解決し、かつ風況の良い洋上での開発が進められ、また、ドイツでは陸上での導入が進んだことから立地の問題により適地の開発が困難となり、「リパワリング」および「洋上」を指向したものと考えられる。

ドイツにおけるプロジェクト (RAVE/BARDOffshore1)

遅れていたドイツの洋上風力開発であるが、2025年までに北海で25(内10サイトが審査中)、バルト海で9(内4サイトが審査中)ものプロジェクトが計画されており、総計5,000台以上の風車の設置が予定されている。これはドイツの電力供給の15%に相当する。

2008年からの建設予定としては、ドイツによるはじめての洋上風力である ALPHA VENTUS における RAVEプロジェクト⁽⁵⁾や BARD offshore1⁽⁶⁾等がある。洋上風車の実証研究を行う ALPHA VENTUS サイトは、排他的経済水域内 (EEZ) における風力発電特別適合海域であり、FINO1 近傍である⁽³⁾ (図5)。RAVE プロジェクトは実証試験であり、以下に概要を記す。

- 水深：30m, 離岸距離：43km
- 設備容量：60MW (Multibrid M5000 ×6 台 (2008), REpower M5×6 台 (2009))
- 支持構造：トリポッド
- 研究予算：50mill.€ (80 億円) (産業界からは175mill.€ (280 億円) 投資されている。)

また、BARD Engineering 社 (ドイツ) は、自社で 5MW 風車を開発し、EEZ 内に水深 40m, 離岸距離 100m の場所に、5MW×30 機からなる BARD offshore1 を建設予定である。BARD offshore1 では、トリパイル式の支持構造を採用している。トリパイルは海中に3本のパイルを打ち込み海上で3本を結合させる形状である⁽³⁾ (図6参照)。また、BARD Engineering は着床式の ACE プラットフォームも開発しており、年間 40 台の設置を目標としている。

洋上風車のサイズは大型化が進んでおり、今後は 5MW クラスが標準となるものと考えられる。表2に洋上風車の例を示す⁽³⁾。ただし、パネルディスカッションの席上、今後の洋上風車のサイズについての質問について Vestas の担当者は慎重に言葉を選んでいった。

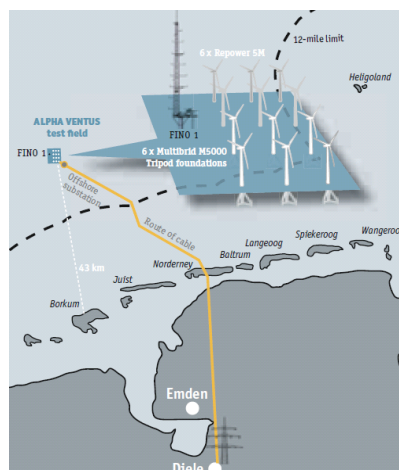


図5 RAVE プロジェクト(ALPHA VENTUS)⁽³⁾

表2 欧州における大型洋上風車⁽³⁾

製造社	型名	定格出力	07 年末台数	08/09 年計画台数
MURTIBRID	M5000	5MW	2	27
REPOWER	5M	5MW	10	12
BARD	VM	5MW	2	30
SIMENS	SWT3.6	3.6MW	17	84



図6 支持構造の種類⁽³⁾(左からトリパイル, トリポッド, ジャケット, 重力およびモノパイル。図中の矩形は、上が海面, 下が海底である。)

支持構造

支持構造の形式は、水深に応じたコストに見合うように選択され、20m 程度であれば重力式やモノパイルが最適であるが、50m 程度に対しては Scottish North Sea における Beartice プロジェクトのジャケット式や、上で紹介したトリパイル、トリポッド式等が採用されている (図6)。会議では、ジャケット式支持構造の空力-波力非定常連成解析モデルや運搬・施工方法についての発表があった。

トリパイルやトリポッド式等の新しい支持構造の形式はまだ実績はほとんどなく、今後実証によってその有効性、経済性などが評価される。

風況観測

風況観測では、これまでの FIN01（北海）、FIN02（バルト海）風況観測塔に加えて、新たにデンマーク沖合 80km、水深 23m のサイトに FIN03⁽⁷⁾が建設されることとなった。FIN03 の周辺には 320 機の洋上風車が建設される予定である。

FIN01 での風況観測結果についての報告があり、矩形断面トラスの張り出し棒に設置された風速計には、トラス構造の後流の影響があることから、後流の影響を減らすために FIN03 では 3 角形断面の構造が採用されている。

また、最近その利用が広がっている LIDAR による風況観測についても報告が行われていた。LIDAR による計測は平均風速についてはかなり精度が高く、そのコンパクト性から、高所風況観測に有効な方法と考えられる。

建設・施工

施工方法については、イギリスの Scottish North Sea で実施された Beatrice プロジェクトの総括がサイドイベントで行われた。このプロジェクトは深水域の洋上風力発電プロジェクトである DOWNVinD（Distant Offshore Windfarms with No Visual Impact in Deepwater）⁽⁸⁾のサポートを受けている。その高いコストと厳しい施工条件にもかかわらず、年間 50 台の建設体制にすることが発表されたのは、驚きであった。

施工船については、従来 A2SEA 社（デンマーク）⁽⁹⁾が保有している SEP では水深 30m 程度のものから、45m 深さ対応のジャッキアップバージも実際に建造されており、目を引いた（図 7）。

A2SEA では、これまで 3 隻の SEP でおよそ 300 台の洋上風車を建設しているが、今後拡大する洋上風力発電に対応するため、SEP 等の専用船の保有台数を順次増やす予定で、2012 年には 10 数隻を保有する計画である。

維持管理

洋上風力発電は、陸上と比べてアクセス性が悪いことから、風車の信頼性の向上、維持管理運用の改善等、洋上に特化した技術等が必要である。

一方、維持管理についてはアクセス性を向上させるためにいくつかの新しい方法が開発されている。デルフト工科大学では数年前からス

チュワートプラットフォームをヒントにした作業船 Ampelmann⁽¹⁰⁾の開発を行ってきたが、2007 年に行われた実証試験についての報告があった。揺動する作業船上のプラットフォームが水平に保たれている動画にインパクトはあったが、会場の反応は冷静であり、まずは様子見という雰囲気であった。



図 7 水深 45m 対応のジャッキアップバージの模型（写真左、右はトリパイル式支持構造に設置された洋上風車）

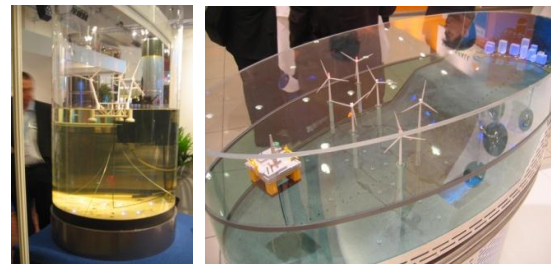


図 8 浮体式洋上風車の模型（左：BlueH 社の SDP、右：StatoilHydro 社のコンクリートフロート式）

浮体式洋上風力発電

浮体式洋上風力発電は、我が国においても精力的に研究が行われているが、BuleH 社（オランダ）による南イタリアの 19.6km 沖合でセミサブ式洋上風車（SDP：Submerged Deepwater Platform）の世界初の実証試験が開始された⁽¹¹⁾。実証試験機の風車はかつての Lagerwey（オランダ）の小型風車のようなものである。更に 2MW 機にスケールアップした風車による計画もあるようである（図 8）。

また、ノルウェー石油会社 StatoilHydro 社のブースでは、5M 機の浮体式洋上風車による Hywind コンセプトが展示されていた⁽¹²⁾。こちらは、コンクリートフロートによる浮体を採用している（図 8）。いずれの浮体式洋上風車も水深 100m 以上のサイトである⁽¹³⁾。

系統連系

系統連系やケーススタディについては残念ながら拝聴していないが、資料によると、欧州においても風力発電の設備容量の増加に伴い、国との調整問題が顕在化してきており、洋上風力発電の設備容量が増加していることから、洋上の WF 間を連系する Supergrid の計画がある⁽¹⁴⁾。

3. おわりに

昨年 12 月にベルリンで開催された eow07 について、筆者が参加したセッションを中心に、展示会の情報も含めて報告を行った。

会議では、プロジェクト、建設、支持構造、浮体式等に関する発表が目についたが、洋上風車本体についての発表はほとんど見られなかった。また、洋上風車の技術は、石油ガスプラットフォーム技術と密接に関連しており、石油ガスエンジニアリング会社による参入が目を引いた。

洋上風力発電は欧州では 1990 年代から始められているが、未だ成熟した産業ではなく、次世代大型風車、系統連系等に係る技術革新、技術者スキルの向上、施工・作業船の性能向上、環境影響の低減、他の海洋事業者との連系等、今後解決すべき多くの課題がある。我が国においても、本年度より洋上実証研究へ向けての調査⁽¹⁵⁾が始まることになっており、実証試験の早期の実現化が望まれる。

今回の会議では日本からの参加者は多くはなかったが、東大の石原先生・山口先生と神戸大の香西先生・大澤先生が発表されていた。

次回は 2009 年 9 月 14 日～16 日にストックホルム⁽¹⁶⁾で開催される予定である。

本調査は、平成 19 年度 NEDO 調査事業「洋上風力発電実証研究 F/S に係る先行調査」の費用で行ったものである。関係各位に感謝致します。

なお、本稿は風力エネルギー (Vol. 32, No. 85) に掲載されたものに加筆・修正したものである。

余談：

会議最終日の夜、あこがれのベルリンフィルを聴く幸運に恵まれた。コンサートがはねた後、にわか雨も降って来たので、タクシーで帰ることにした。タクシーは次から次へとやって来るが、誰も並ばないで、我先に次から次へとタクシーに殺到し、我々は唾然としてそれを見ていた。ベルリンフィルを聴きに来る位だから、それなりの方々だとは思いますが、特に年配の方の割

り込みは激しく、かなり衝撃的であった(帰りの飛行場でも同様な事あり、老若男女関係ない模様)。10 数年前に初めて行ったベルリンの美しい思い出は遠い昔、文字通りカルチャーショックを受けて帰ってきました。

<参考資料>

- (1) <http://www.eow2007.info>
- (2) <http://offshore.windpower.org/>
- (3) <http://www.windenergie-agentur.de>, OFFSHORE Wind Energy, 2007.
- (4) Wind directions, Nov./Dec. 2007, pp.20-44.
- (5) <http://www.rave-offshore.de/>
- (6) <http://www.bard-engineering.de/>
- (7) <http://www.fino3.de/>
- (8) <http://www.downvind.com/>
- (9) <http://www.a2sea.dk/>
- (10) <http://www.ampelmann.nl/>
- (11) <http://www.bluehgroup.com/>
- (12) <http://www.statoilhydro.com/>
- (13) WIND TECH, Vol.4, No.1, 2008, pp.7-9.
- (14) <http://www.airtricity.com/>
- (15) <http://www.nedo.go.jp/jigyuu/>
- (16) <http://www.offshorewind2009.info/>

TOPICS BOX



【‘エコツアーが壊す進化論の島’】

チャールズ・ダーウィンが「進化論」のヒントを得たことで知られる南米エクアドルのガラパゴス諸島。そこが今、危機に瀕している。

赤道直下の太平洋に浮かぶガラパゴス諸島は、南米大陸から約 1000 キロ離れた隔離した環境にあるため、生物が独自の進化を遂げ、ゾウガメやイグアナなど多くの固有生物が暮らす。

78 年には「野生生物の楽園」として世界遺産に登録された。それを機に、観光客は 80 年の年間 4000 人から、06 年には 14 万 8000 人へと激増。人口も 5 倍以上の約 3 万人に増えた。

同時に、環境破壊が深刻化。問題はゴミの投棄や地下水の汚染。下界から持ち込まれて定着した外来植物は 55 種類にのぼり、生態系に深刻な影響を及ぼしつつある。昨年 6 月ついにガラパゴスは危機にさらされている世界遺産のリストに加えられた。

「観光客の目につく範囲は整備されているので、逆に環境破壊の現状が見えにくい」と指摘される。

未来の世代に残すべき自然環境を「エコツアー」が破壊していることを、ダーウィンは大いに嘆いているに違いない。

(ニューズウィーク日本版 2008.3.26 より)

