

## 福島を洋上風力発電の一大拠点にしたい——世界最大！浮体式洋上風力発電が福島県沖 20km で稼働(前編)

<http://www.mugendai-web.jp/archives/933>

日本のエネルギー創出に新たな一歩が踏み出された。2013年11月、福島県沖 20km で「浮体式洋上風力発電」が始動した。海に巨大な浮体を浮かべ、その上で風車を回す。日本の技術力を結集したこのプロジェクトは、2018年の実用化を目指し実証研究が始まったばかりだが、実用化すれば日本の再生エネルギーの主役に一気に躍り出る可能性が出てきた。それだけではない。洋上風力発電は部品を約 2 万点必要とし、自動車産業にも匹敵するほど裾野が広い産業だ。福島の復興、新産業の創出といったさまざまな波及効果が期待できる。この福島洋上風力プロジェクトを率いる技術面でのリーダーが、東京大学大学院工学系研究科の石原孟教授だ。「日本に浮体式の洋上風力を」と訴え続け、実用化への扉をこじ開けた。今の日本に必要なものは「覚悟」だと話す石原教授に、今回のプロジェクトの意味するものや、日本が“浮体式洋上風力発電大国”になる上での見通しや課題を伺った。



図 1 浮体式洋上風力発電設備の「ふくしま未来」(出典: 福島洋上風力コンソーシアム)

---

### 2013年11月、浮体式風車が稼働

---

福島県の海岸線から約 20km 沖、水深 120m の太平洋上で、ブレード(羽)の直径 80m、水面から約 106m の高さというまるで高層ビルを思わせる風車が稼働を始めた(図 1)。

出力は 2000kW で、一般家庭約 1700 世帯分の消費電気を賄える規模を持つ。また、電力の損失を少なくするため、世界初の試みとして高電圧に変電する設備などを載せた浮体式洋上サブステーションも設けた(図 2)。2015 年度中にはさらに、世界最大級の直径 164m、出力 7000kW の風車 2 基がこの海域で稼働する計画だ。これが稼働を始めれば合計 1 万 6000kW となり、浮体式では世界最大となる。



図 2 浮体式洋上変電設備の「ふくしま絆」(出典:福島洋上風力コンソーシアム)

プロジェクトの名は「福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業」。経済産業省からの委託事業として、日本を代表する 10 企業と 1 大学が「福島洋上風力コンソーシアム」を結成し、2012 年から総力を挙げて事業を進めてきた。

イギリスでの洋上風力発電に実績を持つ丸紅が統括役を担い、東大の石原孟教授が技術アドバイザーを担うほか、三菱商事(系統連携協議などを担当)、三菱重工業、ジャパンマリンユナイテッド、三井造船(いずれも浮体開発)、日立製作所(洋上変電所開発)、新日鐵住金(腐食及び疲労に強い鋼材開発)、古河電工(送電ケーブル開発)、清水建設(施工技術)、みずほ情報総研(情報基盤整備)といった、日本の代表的企業がスクラムを組んでいる。いわばこのプロジェクトは、組織・企業の垣根を超え日本の技術力が結集したオールジャパンの国家プロジェクトだ。

今後、出力 7000kW の風車 2 基も稼働して実証試験を完遂できれば、日本の技術力をあらためて世界に示すとともに、商用化に向けて日本が風力エネルギー活用国となるための橋頭堡が築かれることにもなる。事業期間は第 1 期(2011~13 年度)と第 2 期(2014~2015 年度)。総事業費は 500 億円である。

風力発電設備は「ふくしま未来」、変電設備は「ふくしま絆」と名付けられた。プロジェクトに関わる全員の福島復興への思いが込められている。

事業名に「浮体式」とある。洋上風力発電には、風車などの発電設備を海底に固定する「着床式」と、風車を載せる台そのものを海に浮かべる「浮体式」の 2 つの方式がある。石原教授は言う。



「着床式は、イギリス、デンマーク、オランダ、ドイツを始め、欧州で 20 年以上前から実施され、最近ではアメリカや中国なども加わり商用ベースの大規模開発に拍車がかかっています。ただ、着床式は水深 50m を超えると建設コストが跳ね上がることから、遠浅が少ない日本の環境には大規模開発が難しいとされ、我が国での洋上風力の開発は世界の動きから大きく出遅れてきました。

一方、浮体式洋上風力発電は係留チェーンと海底のアンカー(碇)をつないで固定し、暴風や高波などによって倒壊したり流されないようにする方式です。この方式は、数年前からノルウェーやポルトガルで実証研究が一部始まったばかりです。基本的には造船や海底油田の洋上基地の建設にも使われている技術であり、日本企業にはそのノウハウや実績があります」

---

## 地元住民との合意形成なしには成り立たない

---

福島の復興を掲げるプロジェクトである以上、まず初めに地元住民の理解が欠かせない。漁業関係者との合意形成は特に慎重に進めた。

「原発事故が発生する前、福島沖は豊かな漁場だった。事故で致命的なダメージを受けた漁場に、この上巨大な風力発電施設を設置するなど論外。漁師にとって死活問題だ」

「調査と言っておきながら、いったん作業が進みだすと、途中で問題が起きても最後まで作業をゴリ押しするのではないか」

このような不安や不信を抱く漁業関係者に対し、石原教授たちは調査の段階から実証研究の段階に至るまで、粘り強く説明をし、“ステップ・バイ・ステップ”で地元の合意形成を得ていった。

海上のどの地点に施設を建設すべきかについても、漁業関係者の声を聞いた。彼らから出てきた要望は「沖合20kmぎりぎりのところ」だった。

「20kmというのは、当時の福島第一原子力発電所事故の警戒区域の半径でした。もちろん海でも、20km圏内には入れませんでした。そこで、20km沖に風車があれば、警戒区域の境界の目印にもなるということになり、いまの場所に落ち着いたのです」

福島県内の地元企業とは「お見合いもした」と言う。県内にどのような中小企業があるかをいわき市などの協力でリストアップし、コンソーシアムの参加者と共有した。その上で、風車の製造および風力発電設備の建設や維持のための要求仕様を地元の中小企業にも公開し、一緒に協力できないかを検討してもらうようにした。

---

## 建設は困難の連続だった

---

「運転開始まで、毎週のように計画を変更してきました。“想定外”の出来事が常に起きるといった感じでした」。石原教授は、運転開始までの道のりを、率直にこう振り返る。

浮体を係留するためのチェーンのリングは1個が210kgもある。それを1330個ほど連ねた巨大かつ長大な鎖を6本用意し、浮体と海底を結ぶ。ところがその1本が途中で、係留索を引き込むためのロープ(メッセンジャー)が切れ、海底に落ちてしまったことがある。安定性を保つための鎖なので、ねじれたまま繋ぐわけにはいかない。1個210kgのリングを連ねた巨大な鎖を引き上げるだけでも至難の業だ。それでも何とか作業船を使ってねじれを戻し、浮体に繋ぐことに成功した。そんな苦労を重ねながら工事は進められた。

2013 年は、19 年ぶりに 30 を超える台風が発生し、いくつもの台風が日本列島を直撃した。東日本と北日本を縦断した 9 月の台風 18 号や、伊豆大島に甚大な被害をもたらした 10 月の 26 号などだ。そのたびに福島沖は猛烈な荒海と化し、作業の中断を余儀なくされた。

「特に台風 26 号が近づいた時には、浮体式変電所の”ふくしま絆”はまだ作業途中であったため、喫水(水面から船底までの垂直距離)を 32m と浅くしていました。完成していれば安定するため、一刻も早く 50m に沈降させなければなりません。

ところが台風の接近とともに波はますます高くなり、浮体に船を近づけることは至難の業でした。荒れ狂う波をくぐり抜け船を操る漁師の方々の腕前に助けられ、何とか浮体に移り、それから一晩徹夜で作業して、明け方に無事沈降させました。台風 26 号がやってきたのはその直後です。間一髪のタイミングでした。

風車を載せる浮体を係留する工事は、日本で初めての試みでした。海底ケーブルも、陸から 20km 離れた現場まで引っばって来なければなりません。でも、いろいろな試練を乗り越え、最終的にチームワークで無事完成することができ、自信ができました。まさに、実証を果たしたという思いです」



---

## 福島でモデルをつくりたい

---

日本の洋上風力発電の潜在力は莫大なものがある。環境省は東日本大震災後の 2011 年 4 月、日本における風力発電の導入ポテンシャル、つまり利用可能なエネルギー量を発表した。

風力の場合、陸上と洋上を合わせると 18 億 5556 万 kW。日本の領海と排他的経済水域 (EEZ) を合わせた面積は世界 6 位であり、四方を海に囲まれた日本は、うち洋上風力だけで 15 億 7262 万 kW にのぼる。太陽光の 1 億 4929 万 kW や、地熱の 1420 万 kW などの導入ポテンシャルとは桁が違う。

その莫大な潜在力を持った洋上風力がほとんど使われてこなかった。これだけあった“再生可能な宝”を、これまでほとんど使ってこなかったのだ。

実用化の前段階の実証試験とはいえ、今回のプロジェクトで風車が実際に回り始めたことは、日本が浮体式洋上風力発電大国になるための大きな前進といえるだろう。その道のりはまだ始まったばかりだ。

「福島でプロジェクトでモデルをつくりたい」。石原教授が描いている未来像は、どのようなものだろうか。

## 福島を洋上風力発電の一大拠点にしたい——世界最大！浮体式洋上風力発電が福島県沖 20km で稼働(後編)

<http://www.mugendai-web.jp/archives/946>

日本のエネルギー創出に新たな一歩が踏み出された。2013年11月、福島県沖20kmで「浮体式洋上風力発電」が始動した。海に巨大な浮体を浮かべ、その上で風車を回す。日本の技術力を結集したこのプロジェクトは、2018年の実用化を目指し実証研究が始まったばかりだが、実用化すれば日本の再生エネルギーの主役に一気に躍り出る可能性が出てきた。それだけではない。洋上風力発電は部品を約2万点必要とし、自動車産業にも匹敵するほど裾野が広い産業だ。福島の復興、新産業の創出といったさまざまな波及効果が期待できる。この福島洋上風力プロジェクトを率いる技術面でのリーダーが、東京大学大学院工学系研究科の石原孟教授だ。「日本に浮体式の洋上風力を」と訴え続け、実用化への扉をこじ開けた。今の日本に必要なものは「覚悟」だと話す石原教授に、今回のプロジェクトの意味するものや、日本が“浮体式洋上風力発電大国”になる上での見通しや課題を伺った。



---

### 日本の技術力の結集が福島沖に

---

2013年11月、いよいよ福島県沖20kmの洋上で、2000kWの風車1基が稼働を始めた。このプロジェクトでは、さらに2015年度までに、より大きな7000kWの風車2基を海に浮かべて実証実験を行う(図3)。

再生可能エネルギーの中でも、浮体式洋上風力発電が持つ大きなメリットは、大規模集中型の発電所を実現できる点だ。2015年度中に稼働を目指す7000kW級の大型風車を将来100基設置すれば、大型火力発電所や中型原子力発電所に匹敵する。イギリスなど欧州が洋上風力の大型化を目指して力を入れるゆえんである。日本は世界第6位の領海と排他的経済水域を持ち、狭い国土では難しい「規模の経済」を浮体式風力発電に託すことができそうだ。

しかし大きなメリットを持つことは理解できる半面で、素人には浮体式の風力発電装置に対し、素朴な不安や疑問が残る。例えば天変地異による風車や洋上変電所の倒壊などだ。石原教授は、浮体式の風力発電設備の建設途中、台風の影響などにより何度も作業中断を余儀なくされたと明かすが、工事完成後はどうなのだろうか。

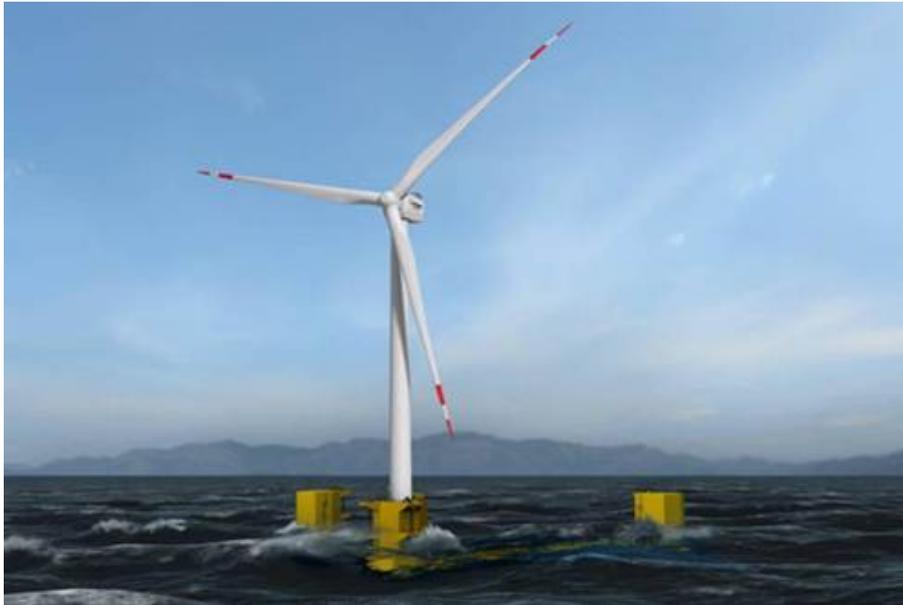


図3 7000kW 浮体式洋上風力発電設備の完成予想図(出典:福島洋上風力コンソーシアム)

「実は台風などによる倒壊を心配しなければならないのは、建設途中の場合です。完成した後の浮体式洋上風車は714mのチェーン6本、洋上変電所は656mのチェーンが4本係留されていますので、史上最大級の台風が襲来してもまったく問題ない安全率を確保して運用しています。将来的にはコストを低減しなければならないので、その場合の安全率をどう確保するか研究していく必要はあります」

では東日本大震災のような大津波に対してはどうか。

「津波については影響を受けません。津波の直後に船が沖合に避難しますが、あれは海岸付近と違って沖合のほうが長い周期の水面変動を受けるだけで済むからです。浮体式洋上風力発電施設も同じことがいえます」

---

## 風力に対する「長期的目標設定」と「法整備」を

---

日本が浮体式洋上風力発電を本格的に実用化させていくため、石原教授は「技術開発」「価格設定」「長期目標」「法整備」という4つのキーワードを挙げる。

「技術開発」と「価格設定」については明るい見通しを持っているという。

技術開発面では、自らが作成し導入しようとしているハイレベルな世界的安全基準に対して、日本はそれをクリアする技術開発力を持っていると太鼓判を押す。価格については、「洋上風力の調達価格に係る研究会」が2013年1月に洋上風力発電の建設コストの試算結果を発表した。早ければ2014年度から、洋上風力の買い取りの新設定価格が適用される。発電事業者は陸上風力などよりも高い値段で電力を買い取ってもらえるので、洋上風力事業に着手する事業者も増えそうだ。

その一方で、「長期目標」と「法整備」について、国の覚悟が必要だと石原教授は語る。

「日本には風力発電に対する明確な目標が示されていませんでしたが、東日本大震災を経て2013年6月に、浮体式洋上風力発電は2018年ごろまでの商業化を目指す(「日本再興戦略」閣議決定)という方針を打ち出しました。

しかしその先、2020年、2030年に向けての明確なロードマップはどうか。本来は国が戦略を練り目標を掲げ、実現のためのロードマップを作るべきであり、国による明確な戦略と目標の設定は普及への近道です。

欧州はこれまで浅瀬を利用した着床式が主流ですが、遠からず浮体式に移行してくるのは明らか。日本がこの分野で世界をリードできるかどうかは、将来を見据えた戦略と目標に沿ったここ数年の開発にかかっています」

法整備についても、「国は海を利用するための法整備をやってほしい」と願う。「欧米のように洋上風力開発のための法律を整備すれば、風力発電産業が成長していきます」



---

## 現場近くの港に組立拠点を

---

風力発電の普及は、さまざまな波及効果も生み出す。「目指しているのは、風力などの再生可能エネルギーの利用による新しい社会を実現していくことです」と石原教授は語る。

風力発電の普及を本気で目指そうとすれば、必然的にインフラストラクチャーの強化が必要となる。それに伴った産業も創出されていくことになる。一例として、石原教授は、洋上風力発電設備を組み立てる基地の構築をあげる。

「風車は巨大です。高層ビルを1年で20棟や30棟造るような工事が近い将来、必要になってきます。ブレード、ナセル、チェーンといった巨大部品を、遠くから輸送してくるのではなく、洋上風力発電施設近くの港で作ることを考えなければなりません。

福島県のいわき市には小名浜港という良港があります。その広大なスペースや、そこから北に広がる浜通り地域などに洋上風力発電のための工場や研究開発施設など、大きな産業を集積させ、新しい産業を起す拠点の構築が必要です」

洋上風力の先進国ドイツでは、風車が並ぶ北海を臨む港湾都市ブレーマーハーフェンに風力発電関連設備の一大集積地がある。1980年代に造船業の撤退などで廃れていたこの港は、風力発電の組立拠点として息を吹き返した。「ブレーマーハーフェンのような例を参考に、福島県を風力発電産業の一大集積地とする計画を確実に実現していきたいと考えています」

世界で稼働している風力発電装置では、これまで日本の企業が製造した部品が多く使われてきた。風力発電に要する部品の数は2万種類以上にも及び、自動車産業に匹敵する。日本の自動車産業の強みは、高度な素材技術とともに数万点に及ぶ部品の設計と製造をサプライヤーとともに綿密に打ち合わせながら、高精度につくり上げて行く力だ。それは日本が誇る“すり合わせ”といわれるノウハウで、浮体式洋上風力発電には、この両方の技術とノウハウが必要とされる。石原教授は、福島県を中心にした東北地方にはそれに応える力を持った多くの中小



企業があると強調する。

「ベアリング部品の約半分が日本製だったという時期もありました。風車の発電機も日本企業の製品が使われています。他国では、日本などの外国の製品に頼る部分が多い。でも、日本には、自分たちで作れるという強みがあります」

海岸から数十キロ沖合の海上には莫大な風力が存在する。その風をエネルギーとして活用するため、日本が持っている技術力がついに浮体式洋上風力発電に活かされようとしている。

そしてその技術力は、日本の活力にも転換されていくことになる。

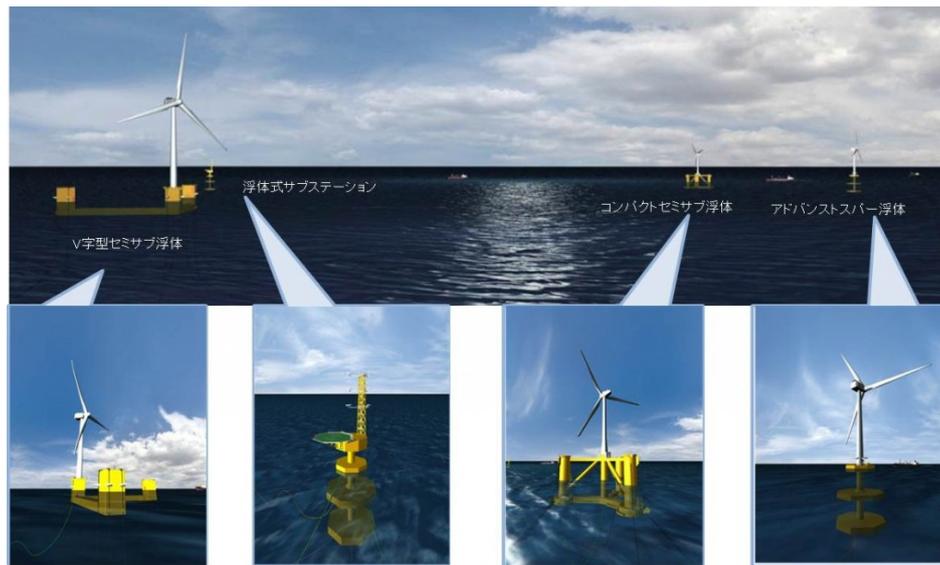


図 4 世界初の浮体式洋上ウインドファームの完成予想図(出典:福島洋上風力コンソーシアム)



いしはら・たけし

石原 孟

東京大学大学院工学系研究科教授。

1962 年北京生まれ。清華大学工学部工程力学系卒業後、東京工業大学理工学研究科土木工学専攻博士課程修了。清水建設(株)技術研究所に研究員として入社。超高層建築物の耐風設計、建物内外の環境シミュレーションおよび関連技術の開発に従事。2000 年 4 月、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻助教授。2004 年 11 月より総合研究機構連携工学部門助教授として「安全安心社会の構築のための短・長期風環境予測システムの開発」「気象予測に基づく風力発電量予測システムの開発」「浮体式洋上風力発電に関する研究」などのプロジェクトを推進する。2008 年 4 月より現職。長大橋をはじめ、電力システム、交通システムにおける耐風工学の研究に従事するとともに、風力エネルギー利用のための賦存量評価、風力発電量のリアルタイム予測、風力発電設備の耐風・耐震設計、浮体式洋上風力発電システムの開発などの研究を行っている。