

非常事態！日本のエネルギー④

福島沖で洋上風力発電に挑む意味

石原 孟

東京大学大学院教授

聞き手◎中央公論編集部 安部順一

陸上風力から洋上風力へ 設備利用率は陸上の二倍

丸紅など一〇の企業と東京大学による「福島洋上風力コンソーシアム」が、福島県沖約二〇キロで洋上風力発電の実証研究を進めています。今、なぜ洋上風力発電なのか。

まず世界の洋上風力発電の状況から説明しましょう。洋上風力発電は英国を中心に拡大し、欧州では二〇一四年までに累計導入量が八〇〇万キロワッ



いしはらたけし 一九六二年北京生まれ。東京工業大学大学院理工学研究科博士号（工学）取得後、清水建設技術研究所に勤務。二〇〇〇年東京大学大学院助教、〇八年より現職。現在、日本風力エネルギー学会会長。福島復興、浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業に参画。

ットで、五〇万世帯に電気を供給することができず。一つの都市の電気をすべて、この洋上風力発電所で供給するレベルなのです。

また、風力発電は風が吹かないと発電しないわけですが、洋上風力発電は設備利用率が四〇％程度で、陸上風力発電の二倍です。例えば、福島の沿岸で風速を測ると、年平均で約五・五メートルですが、実証研究を進めている沖合では約七・五メートル。発電量は風速の三乗に比例するので、その分設備利用率が上がります。だから、大規模な発電所を造りやすいのです。

遠浅の海が少ない日本 「浮体式」の実用化がカギ

なるほど。それなら、海に囲まれた島国の日本は洋上風力発電に向いているのですね。

私たちはそう考えています。ただ、欧州の場合は、海岸から一〇〇キロ離れても水深が五〇メートルもない遠浅

の海が多く、洋上風力発電も海底に固定する「着床式」がほとんどです。ところが、日本はちよっと沖合に行くと水深一〇〇メートルにもなり、着床式では難しい。船の上に風車を取り付けた「浮体式」洋上風力発電を実用化する必要があります。浮体式もアンカーを下ろしますから、水深五〇〜二〇〇メートルの海に向いていて、それより深く、例えば水深一〇〇〇メートルとかになると利用できません。

風を考えたとき、日本では北海道や九州なら季節風が吹くので、陸上風力発電でもいいのですが、電気は消費地まで送らなければなりませんから、送電線を引かなければいけない。そのコストを考えると、首都圏など電気の大消費地に近いところで発電するのがいい。関東エリアは陸上では風力発電をできるような風が吹きませんが、洋上に目を向けると、千葉県銚子沖はいい風が吹きますし、福島沖もいい。

銚子沖は水深二一メートルと浅いの

トを超えました。今後の導入量の見通しだと、陸上風力は二〇二〇年頃にピークを迎えて、それ以降は洋上風力が主力になります。洋上風力発電が最も多く導入されているのは英国で、次がデンマークです。英国政府は二〇二〇年までに、洋上風力発電によって消費電力の三分の一を賄おうという非常に壮大なプロジェクトを進めています。規模も非常に大きくなって、世界最大の洋上風力発電所ロンドンアレイの設備容量（発電能力）は六三万キロワ

で着床式の実証研究をしています。福島県沖は水深一〇〇〜一五〇メートルなので、浮体式というわけです。

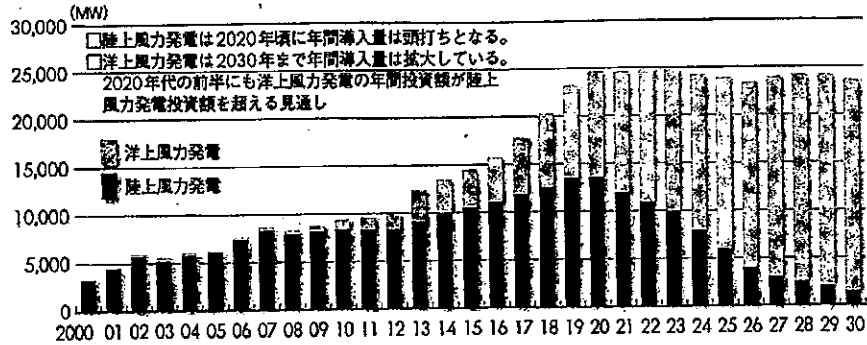
洋上には「変電所」も 高圧電力にして陸上に

浮体式洋上風力発電は、具体的にどのような施設なのですか。

「浮体」にはいくつかタイプがあるのですが、一つは浮き輪の原理を使ったものです。浮き輪は半分が水の中にあって、半分が水の上に出ています。一方が傾いても、もう一方に浮力が発生するので、その復元力でもとに戻ります。もう一つは釣りの浮きの原理を使ったもので、下の方に重りがあって、多少傾けても、もとに戻ります。

浮体の上に風車を載せて、アンカーをいくつか下ろしているわけです。第一期は出力二〇〇〇キロワットの風車でしたが、第二期は六月にまず七〇〇〇キロワットの風車が完成しました。さらに、今年度中に五〇〇〇キロワッ

欧州における洋上風力導入量見通し

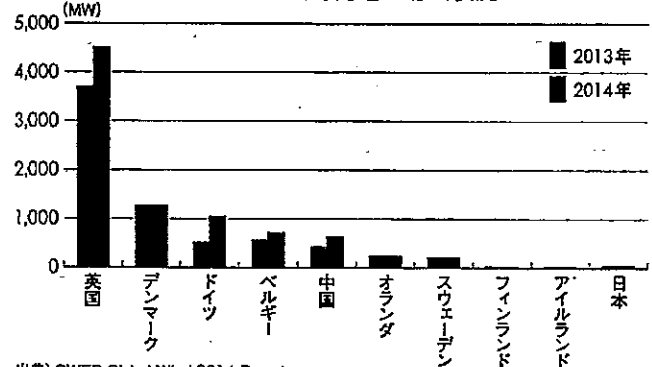


出典) EWEA [Pure Power wind energy target for 2020 and 2030] (2011年)

トの風車を造ります。ほかに、第一期ではサブステーションとして変電所を造りました。変電所は必ずしも造る必要はないのですが、風車からケーブル(送電線)で陸上に電気を送ると、ものすごくロスが生じます。そこで、発電した電気を変電所で昇圧し、高い電圧にしてから、陸上に送っているのです。将来的に大規模な洋上風力発電をやる時には必ず必要になるので、今回の実証研究に入れました。

風車とサブステーションを結ぶケーブルは海底に固定しないで、海中に浮かせています。なぜかと言うと、洋上なので浮体が100メートルぐらいい動いてしまうからです。海底に固定してしまったり、引っ張られてケーブルが切れてしまいますから。サブステーションから陸上へのケーブルも、途中までは浮かせてあって、あるところで海底に着床させています。底引き網漁にしても、ケーブルが引っかかるからという、一メートルほど埋めています。

世界の洋上風力発電の導入状況



出典) GWEC-Global Wind 2014 Report

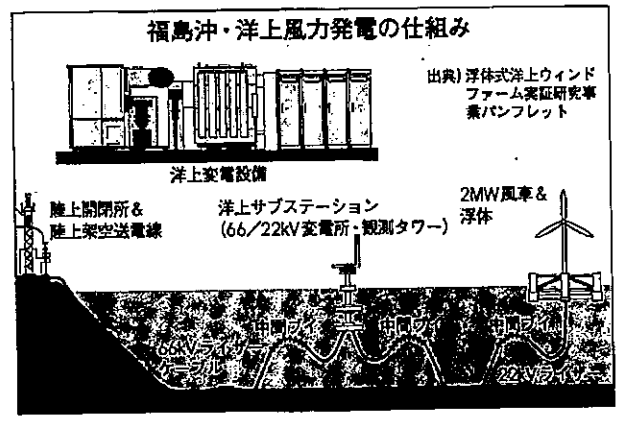
液化現象を利用するのです。海底は砂ですから、そこに水を注入して振動させると液化現象が起きて、ケーブルが自重で自然と沈むのです。

実は、日本で洋上風力発電を施工するのは大変です。第一期のサブステーション

な洋上風力発電を開発しているところとあるからと、北海油田の問題がク時の五分の一まで採掘量が減り、枯渇しようとしています。それでは、北海油田で働いている人は将来どうなるのかという問題です。

英国は海洋国家ですが、大陸棚は王室の所有です。北海油田の開発では、発電事業者が鉱区を貸して、リース料をくださいとやってきました。洋上風力発電のモデルも全く同じで、発電事業者に一定の海域を貸すから、リース料をくださいというわけです。要するに、英国政府は送電線だけ敷けば、後は発電事業者が英国に工場を造って、英国人を雇用して、英国のエネルギーをちゃんと作って、「一石三鳥」をしてくれる。

福島は「3・11」まで、原子力発電所で収入を得、雇用も確保してきました。しかし、それはもう難しい。そうになると、原発でこれまで落ちたお金は



189 | 福島沖で洋上風力発電に挑む意味

シオンを建設する際は、喫水(水面から船底までの垂直距離)を本来50メートルにするところ、作業途中で三二メートルと浅くしていたときに台風が接近し、荒れ狂う波の中、徹夜の作業で五〇メートルまで沈降させました。その台風が次から次へ来るわけで、そうしたことも考えながらの施工が必要になるのです。

▼日本の海洋開発のモデル「福島復興」の切り札にも

—実証研究には、「福島復興」とうたつてあります。

洋上風力発電は二酸化炭素を出しませんから、もちろん環境にいいのですが、私がやろうと考えたのは、実は産業、雇用の問題も大きいのです。どの国も再生可能エネルギーをやる際は、単にエネルギー・ベスト・ミックスだけでなく、その国の産業をどのような方向に持って行くかを考えています。

例えば、英国がなぜそんなに大規模

他の県はどうするのか。

福島がエネルギーを作れば、だれも邪魔をしません。それが洋上風力発電という新しいエネルギーなら、海洋開発の一つのモデルになるし、雇用も創り出すことができます。経済、エネルギー、環境の課題を満たし、「一石三鳥」で、福島の復興と同時に、日本の未来をそこで創ることができるとです。

▼施設の下に集まる魚群 「漁業との共存」目指す

洋上風力発電の実証研究が行われる福島県沖は、良好な漁場としても知られています。漁業協同組合からの反対もあつたようですが。

確かに、日本有数の漁場ですから、漁業関係者、特に底引き網漁をやられている方は皆さん不安を持たれ、いろいろな方が反対されました。

私たちは当初から、漁業との共存が非常に重要なテーマだと考えていましたので、例えば、この洋上風力発電施設

設の下には必ず魚が集まるから、新しい漁を始めようと提案しました。

実際に今、水中カメラで見ると、魚がたくさん集まって来ています。施設の下になつているので、魚が安心して来るというのがありますし、アンカーをつなぐチェーンや構造物に藻などが付くと、それを食べる小さな魚が集まり、その小さな魚を食べる魚がまた集まりという食物連鎖なのです。

それなら、その魚を捕ればいいし、養殖を始めた方がいい。水中カメラの映像は漁業関係者がインターネットで見られるようになっていますが、若い人たちが大変興味を持ってきています。漁をするとなれば、底引き網ではなくて、施設と海底との間の中間層の魚を捕るようになりますが、福島にはそういう漁法がありません。そこで、山口県や沖縄県、さらに養殖についてはノルウェーまで漁業関係者に行つてもらつて、実際に見てもらいました。実は、私たちは最初、将来的に若い

目指そうと考えています。

▼東西で異なる周波数問題 洋上風力から直流送電で解消

日本の洋上風力発電の可能性をどう考えていますか。

先程もお話ししましたが、陸上風力発電だともっぱら北海道や九州になります。日本列島そのものが大きな山で、海の風がほとんど通りませんから、通らなかつた風は全部海に回って、太平洋沿岸にはすごくいい風が吹いている



ので、洋上風力発電にはいいのです。

コストの問題もあります。一つは技術に関連するコストですが、もう一つは時間に関連するコストです。例えば用地買収です。風力発電に力を入れているドイツでも、北部の風力発電で生まれた電気を南部に送ろうと思つても、送電線の用地買収ができていません。しかし、洋上風力発電なら、送電ケーブルを海底に埋めてしまえばいい。用地買収をして陸上に送電線を敷くよりも、はるかに安くできます。また、陸上の送電線は必ず二本の線があつて、落雷で一本が使えなくなつたときなどに備えています。しかし、風力発電はそもそもコンスタントに発電しないのですから、一本で構わない。その分コストが下がります。

英国政府の洋上風力発電計画では、ラウンド1で一五〇万キロワット、ラウンド2で七一〇万キロワット、ラウンド3で三三〇万キロワットを造ることだとしていて、すべて契約は終わっ

人たちには洋上風力発電所で仕事をしてもらえればいいと思つていたので、「そうじゃない。我々は若い人に漁を続けてもらいたいんだ」と言われました。

漁業というのは文化で、それをちゃんと守りたい、だから邪魔物造つてもらつては困るというわけで、邪魔物ではなく、漁業の振興になるのであれば、一緒にやりましょうというのが漁業関係者のスタンスなのです。

洋上風力発電が始まつて、漁業との共存が本当にできそうだというのが、少しずつ見えてきました。魚が集まつてくるのはわかつたし、そこで魚を捕ることもできるし、栄養がたくさん含まれている海底の水を上の方まで汲み上げれば、餌場にもできるという可能性も見えてきました。

私たちは今、洋上風力発電をやることで、この漁が盛んになつて、皆でハッピーになることを目指そう、漁業もエネルギーもという「一石二鳥」をしています。ラウンド1、ラウンド2は沿岸でしたが、ラウンド3は沖合で、最初から海底送電ケーブルを敷いて、ノルウェーまで輸出しようという計画になっています。ケーブルで結ぶことで、ノルウェーやスウェーデンの水力発電で生まれた電気を、風車があまり回っていないときの調整電源として輸入しようというわけです。

日本の場合、東西で五〇ヘルツ、六〇ヘルツと周波数が違い、日本全体の大きな送電網ができていないという問題があつて、周波数を統一しようとする、一〇兆円規模の投資が必要だとされています。しかし、日本の沿岸に直流の高圧送電のシステムを作るというやり方もあります。直流送電は数百キロ送つてもロスが少ないので、日本の沿岸にそのシステムを作れば、洋上風力発電から電気を供給できます。交流に変換するのも簡単で、周波数の問題もなくなります。洋上風力発電は様々な可能性を秘めているのです。