



RIETI Policy Discussion Paper Series 16-P-004

洋上風力産業拠点の形成による地域振興・雇用創出

岩本 晃一
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

洋上風力産業拠点の形成による地域振興・雇用創出¹

岩本晃一（経済産業研究所）

要 旨

本稿は、「洋上風力発電」（2012年12月、日刊工業新聞社、岩本晃一著）を出版以降、全国各地で講演を行ってきたものの集大成である。地方での主な関心は、電力市場や原子力の動向などよりむしろ「地元経済にどのような恩恵があるか」「自分の会社が参入できそうな仕事があるか」という点であることから、この点を重点的に調査分析した内容になっている。日本では風力発電の正確な姿が必ずしも国民に伝わっていないため、可能な限り世界常識の観点から講演を行ってきた。例えば、風力分野における技術革新はめざましいものがあり、三菱重工・ベスタスが生産を開始した8MW機タービンの出荷先である英国北西部の沖合35kmのウォルニー洋上風力発電所は、102万kWであり、世界で初めて100万kWを超える風力発電所が間もなく誕生する。2015年末の世界の風力の設備容量は累計で約41500万kWであり、原子力の設備容量を超えた。また、風力発電の産業集積拠点が生み出す雇用は規模が大きく、ドイツのブレーマーハーフェン、クックスハーフェン、デンマークのエスビアノ、英国のグリーンポートハルなどが産業拠点として出現している。このように世界の新設電源の主流は風力発電であることを講演では強調してきた。日本でも、北九州市響灘地区、石狩湾新港地域、秋田などで、大規模な風力産業の拠点化が進んでいるが、なかでも北九州市のプロジェクトは、欧州に比肩する規模のビッグプロジェクトであり、北九州市経済に大きな恩恵を与えるものとして市を挙げて取り組んでいる。最後にゾーニングルールの重要性を提言する。

キーワード：洋上風力発電、産業集積の拠点港、雇用創出効果、ゾーニングルール

JEL classification:L00,L6,R1

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策を巡る議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

¹この論文は、RIETI の研究成果である。本稿の原案に対して、大橋弘教授（東京大学大学院）、資源エネルギー庁新エネルギー対策課ならびに経済産業研究所ポリシー・ディスカッション・ペーパー検討会の方々から多くの有益なコメントを頂いた。ここに記して、感謝の意を表したい。

1. はじめに
2. 本稿のスタンス
3. 洋上風力の長所
4. 世界の洋上風力発電所の事例
5. 洋上風力発電所の工程の流れ
6. 地域経済循環における再生エネの特徴
7. 洋上風力産業の拠点化
8. 日本における主な拠点化の動向
9. 欧州における拠点化の動向
10. 実体上の市場分割が進む日本の洋上風力発電市場
11. 中小企業のビジネスチャンス
12. 洋上風力産業拠点港が具備すべき条件
13. 洋上風力産業拠点振興のために必要なゾーニング・ルール
14. 洋上風力への進出を促す電力市場改革
15. さいごに

1. はじめに

(1) 洋上風力との出会い

2010年3月、私は洋上風力の調査のため、欧州に出張した。初めて見た洋上風車は、青い空、青い海を背景に真っ白な羽根が回り、とても美しかった。こんな美しいものを日本にも導入できたらいいなあ、と感じたのが、私が洋上風力に没頭するきっかけだった。私が欧州で調査した結果は、2010年6月の政府の「成長戦略」に反映され、そのなかに初めて洋上風力を推進するという表現が盛り込まれた。

だが、欧州出張報告書が、ボツになるのはもったいなく、いつの日か、本として出版しようと思ひ、定期的に情報収集を行い、内容を充実させていた。やがて原発事故が起こり、世の中が再生可能エネルギーに関心が向くようになると、本を出版しても構わないという出版社と巡り会い、2012年12月、目出度く、出版となった(岩本晃一(2012))。

本を出版すると、あちこちから講演依頼が入って

きた。いろいろな地方に赴いて講演するうちに、地方の関心は、「地域振興・雇用創出」「中小企業のビジネスチャンス」にあることがわかってきた。地方にとっては、電力市場がどうなるか、原子力や再生可能エネルギーがどうなるか、などといったことよりも、「自分の会社にとって参入できる何か新しい仕事はあるか」、「地域に経済的なメリットはあるか」、ということが関心の中心であった。そのため、講演するたびに、「地域振興・雇用創出」に関する内容が充実してきた。

2010年3月に私が初めてドイツのブレーマーハーフェンを訪問した頃、日本人で同市を知る人は数えるくらいしかいなかったが、今では風力に関心を持つ人ならほとんどの方が、その名を知っている。我が国への再生エネの導入は、様々な紆余曲折があるが、着実に進んでいる。

本稿は、本を出版して以降、各地域で講演し、聴衆者と質疑応答し、これまでの調査してきた結果を集大成したものである。

(2) FIT制度の導入

FIT制度(Feed In Tariff System)は、1990年代にデンマークにおいて現在の姿に似た原型が作られ、2000年から本格導入されたドイツに於いて制度の完成形をみた。日本では、固定価格買取制度と呼ばれ、ドイツと比較して極めてシンプルな形として2012年7月から導入された。ドイツの制度では、リパワリングのケースや経営合理化を促す買取り価格低減制度など多彩に富んでいる。いずれの国においても、同制度が、再生可能エネルギー普及の最も大きな原動力となったことについては、誰も否定しない。

だが、デンマーク、ドイツ、英国、オランダ、ベルギーでは、試行錯誤を繰り返しつつも再生可能エネルギー、なかでも風力の導入が着実に進んでいるが、日本では、再生エネの導入が必ずしも着実に進んでいるとは言い難い。

FIT制度が導入された時点で、日本は欧米の15-20年遅れと言われていた。だが、試行錯誤した欧米から学習できる立場にある日本は、短期間で欧米にキャッチアップできると思われていたが、実際はそうではなかった。例えば、太陽光発電導入に関する制度設計などを見ると日本は欧米の試行錯誤の経験から学んでいるものは少ないと感じる。

しかし、私は、日本は欧米の後を追いつき、必ずキャッチアップできるものと信じている。今、欧米で起きている現象は、15-20年後には日本で起きるものと思っている。

FIT制度の功罪については多くの識者による多くの議論がなされているので、ここでは筆者の考え方を簡単に述べておきたい。諸外国や日本の事例を見ても、FIT制度が再生エネを拡大される牽引役となったことは誰も否定できないだろう。だが、他の電源よりも高い固定価格で長期間買い取るというビジネスは、他分野ではなかなか見られない大きな優遇措置である。その優遇措置は、消費者に高い電力を買わせるという負担を前提に成り立っている。それは再生エネを普及させるという公益目的のための負担であると筆者は理解している。それであるが故に、その負担は当初のドライブイングフォースとして活用されるのであって、発電事業者は、技術の発展を促し、規模の経済性を加速し、経営の合理化を進めることで早く価格を下げ、他の電源と同様、優遇措置のない形で電力を販売するという状態に早く達するべきなのである。産業組織論の教科書にも「幼稚産業保護論」が掲載されているが、産業が優遇措置を享受して保護されることが正当化されるのは、産業の立ち上がり段階だけなのである。

(3) 電力系統の整備

再生エネ電源を開発する際、電力系統を新たに建設しなければならないとの点がよく指摘される。だが、この

問題は、再生エネに限ったことではない。例えば、ある地域に新たに原発を建設する場合、そこで発電した電力を送る電力系統を新たに建設しなければならない。また、その建設費はこれまで総括原価方式の下で電力価格に上乗せされてきた。再生エネの場合も、新たに電源を建設する場合、発電した電力を既存の電力系統で運ぶことができる場合は、新たな系統建設は不要であるが、できない場合は新たな系統建設が必要である。その状況は、どの電源であっても変わらない。

ただ、現在、電力会社は発電部門と送配電部門の両部門を保有しているため、新たに電源を建設する場合、同時に電力系統も建設してきたため、問題が生じなかった。だが、新規参入の発電事業者が再生エネを建設する場合、既存の電力会社は、競争相手のためにわざわざ系統を建設することに保守的であったに過ぎない。

だが今後、発電部門と送配電部門は分離されれば、送配電会社にとっては、どの発電会社も同じ位置付けになるため、いかなる種類の新設電源に関しても、同じ問題が発生する。かつて、ドイツの北海で発生した問題のように、海域のなかに風車を建設したが、系統の建設が間に合わず、風車は電力を販売できない状態が長く続いたことがあった。このように、発電を分離すると、発電所の建設と系統の建設が同時に進まない可能性が出てくる。さらに、系統建設の確証がない地域で新たに発電所の建設を始めようという事業者がなかなか現れない、若しくは、発電所の建設が行われる確証がない地域に向けた系統の建設をなかなかスタートできないなどといった両棘みの状態が出現する可能性が高い。国はそうした問題が発生したとき、どのように解決すべきか、現時点から考えておく必要がある。現にドイツの北海で生じた前例があるのであるから、日本は同じ間違いをしないよう、ドイツの経験を学ぶことが重要と言える。(注1)

2. 本稿のスタンス

電源には、100%パーフェクトなものはない。長所もあれば欠点もある。だからこそ、日本は、その時代、その時代の環境に応じたベストミックスを決めてきたし、今後もそうすることが大切なのである。それぞれの電源は、技術開発で切磋琢磨し、お互い競い合うことで、日本にとってメリットのある電源が生まれる。

風力の最近の技術進歩は目覚ましいものがある。その理由は、風力に対する世界市場の需要が急速に拡大しているからである。だが、残念ながら、日本では風力発電の正確な姿が必ずしも国民に伝わっていない。特にエネルギー技術者やエネルギー専門家と言われる人のなかに、その目覚ましい技術進歩を理解せよとせず、風力の欠点を強調する人がいる。素人はそれら専

門家の言うことを容易に信じてしまうのである。

私はこの現象を「日本の常識は世界の非常識」と呼んでいるが、この日本の非常識と戦い、世界の常識を日本に普及しようと努めている人に、安田陽准教授(関西大学)がいる(注2、注3)。

本稿は、世界の常識に沿って調査分析した洋上風力の姿を記述したものである。

3. 洋上風力の長所

洋上風力は多くの長所があるが、短所は、いくら探してみてもほとんどないさえ思えるくらいすばらしい電源である。世間では、発電原価が高いという人がいるが、欧州では規模の経済性を追求した結果、10円/kWh以下の電源が出現している。すなわち、発電原価は設計次第なのである。

(1) 雇用創出効果が大いこと

洋上風力産業の裾野はとても大きい。製造業のみならず、輸送業、海洋産業、教育訓練産業、セキュリティ産業など多岐の分野に渡っている。そのため以下に述べるドイツのプレーマーハーフェンやクックスハーフェン、デンマークのエスピアノに見られるように、産業集積拠点を形成することで、数百人から数千人規模の新たな雇用を生み出すことが可能である。

(2) 電源の大規模化が可能であること

北九州市沖、鹿島沖、秋田沖、石狩湾沖などで計画されている発電所は、いずれも中規模程度の高圧送電の容量を持っている。欧州で設置されている発電所やこれから設置されようとしている発電所は更に規模が大きい。

エネルギー専門家でさえ、洋上風力のことを小規模分散型電源と呼ぶ人がいるが、そういった人々は昨今の目覚ましい技術進歩を理解しようとしていない。洋上風力は、原発に代替可能な大型電源となっている。欧州では将来、最も発電原価が安い電源となることが期待されている。(注4)

(3) 事故が起きても人間に対してほとんど損害を与えないこと

中国では、広大な土地に数百本、数千本の風車が建っているところがある。風車のなかには故障して止まっているものもあるが、そんなことはおかまいなしである。数百本の風車のうち数本が故障して止まっても大勢に影響はない。ましてや人間には何も害を与えない。

風車の事故とは、倒壊、羽根の落下、雷による出火、油漏れなどである。沖縄で一度、台風来襲時に風車の

倒壊事故が発生したが、調査の結果、施工が手抜きだったことがわかった。その後、建築基準法が風車に適用され、ビル並の強度が要求されるようになった。その後、倒壊事故は起きていない。最近、ビル並の強度は過剰であるとして規制緩和が行われた。

羽根の落下は、調査の結果、きちんとメンテナンスを行ってれば、防げたものであった。風車の構造に対する無知からメンテナンス経費を省略するという無謀な経営が招いたものである。こうした無謀な経営を規制すれば、羽根の落下はほとんど無くなるだろう。

落雷による出火については、最近の日本の風車には、日本特有の過大電流が流れても大丈夫な避雷針が羽根に組み込まれており、出火事故はほとんど起きない。

羽根が落下したとき、そこに人間がいれば別だが、海上での事故であれば、人間の生活圏と遠く離れているため、何も影響がない。福島原発の事故が人間に与えた深刻な影響とは大きな違いがある。(注8)

4. 世界の洋上風力発電所の事例

日本にはまだ本格的な洋上風力発電所、すなわち世界でオフショア・ウインド・ファームと呼ばれるような発電所はどこにも存在しない。そのため日本人には洋上風力発電所といってもイメージできないかもしれないので、世界の代表的な事例を挙げる。

<デンマーク Horns Rev- I >

欧州における初の本格的な洋上風力発電所として、当時、風力で最も先進国だったデンマークにおいて設置された。2MW×80基=160MW、2002年に運転開始した。2MWという容量は、5MWが当たり前になり、間もなく7MW、8MWが市場投入される現在と比較すれば小さいが、当時としては最先端であった。わずか10年余でここまで技術が進歩したことは感慨深い。(図表1)



(図表1) デンマーク Horns Rev- I

<デンマーク Nysted- I、Nysted- II >

その後、デンマークでは次々と大型の洋上風力発電所が運転開始された Nysted-1 は、2.3MW×72 基＝166MW、2003 年に運転開始した。Nysted-2 は、2.3MW×90 基＝207MW、2010 年に運転開始した。(図表 2、図表 3)



(図表 2) デンマーク Nysted- I



(図表 3) デンマーク Nysted- II

<ベルギー Thorntonbank >

ベルギー沖の EEZ に設置されたベルギー初の洋上風力発電所である。2013 年 9 月運転開始、総投資 1.3 億ユーロ、SENVION(旧 Repower)社製 5MW×6 基、6.15MW×48 基、計 54 基、325MW である。

ベルギー政府は景観上の問題から、沿岸に近い領海には風車を設置することを認めず、EEZ に設置しなければならないとしている。私が 5 年前に初めて欧州に洋上風力調査のため出張した際、訪問した発電所である。当時、丁度フェーズ 1(5MW×6 基)が終了したところであり、これからフェーズ 2、3 に着手するとの説明だった。フェーズ 1 の最中にドイツの Repower 社が 5MW のタービンを発表し、そのタービンを使うため、また最初から設計を変更したとの説明を受けた。フェーズ 2、フェーズ 3 でも Repower 社の 5MW を使用すると言っていたが、結果的に 6.15MW を使ったと言うことは、大規模化による規模の経済を追求するためには一端計画を白紙に戻す柔軟性があるということであろう。(図表 4、図表 5)



(図表 4) ベルギー Thorntonbank



(図表 5) ベルギー沖で Thorntonbank が設置されている EEZ の海域

<英国 London Array >

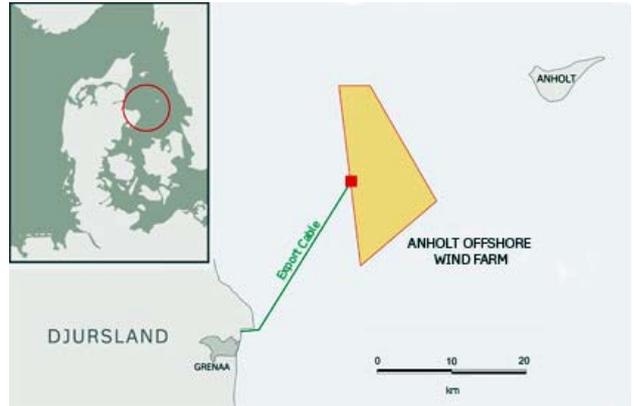
シーメンス製 3.6MW×175 基＝630MW、2013 年 7 月に運転開始した。現時点で世界最大の洋上風力発電所である。福島第一原発 1 号炉が 460MW なので、同発電所は、それを凌ぐ容量を持っていることになる。(図表 6、図表 7)

先述した Nysted- I が 166MW、London Array が 630MW なので、最大規模が、わずか 10 年の間に 3 倍以上拡大したことを示している。今後、シーメンスの 5MW、7MW が、ベスタスの 8MW などが投入されるようになるため、まもなく発電所 1 ヶ所だけで 1GW を超えるようになるだろう。

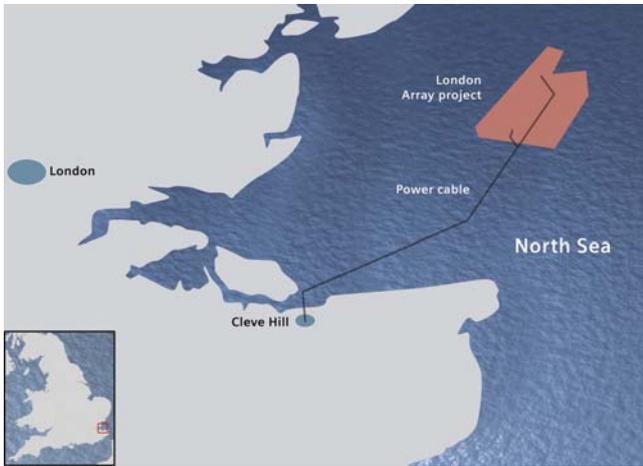
英国北西部の沖合 35km のウオルニー洋上風力発電所に向けて MHI ベスタスが 40 基、シーメンスが 7MW を 47 基納入し、最終的には 1.02GW となる。1GW を超える発電所が登場する。



(図表 6) 英国 London Array



(図表 9) デンマーク Anholt の場所



(図表 7) 英国 London Array の場所

<デンマーク Anholt>

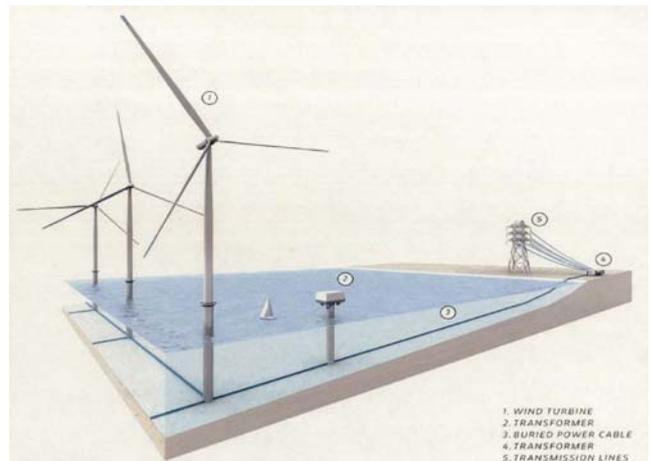
シーメンス製 3.6MW×110 基=400MW、2013 年 9 月に運転開始したデンマークで最大の洋上風力発電所である。現在、欧州の大部分の洋上風力発電所は北海にあるが、Anholt はバルト海にある。バルト海での初の大型洋上風力発電所と言ってよい。(図表 8、図表 9)



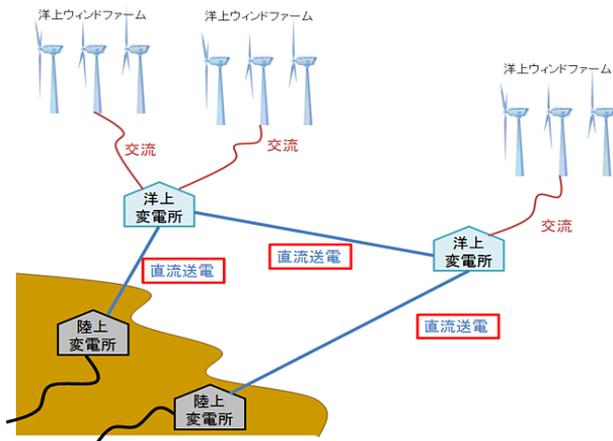
(図表 8) デンマーク Anholt

5. 洋上風力発電所の工程の流れ

(図表 10、図表 11)は、洋上風力発電所の全体構造である。風車が作った電力を、洋上変電所を介して海底電力ケーブルで陸上まで送り、陸に上がったところで変電所に接続するというシンプルな構造である。洋上変電所は設置されることが多いが、その役割は 2 つある。第 1 は、陸上まで電力ロスが少ない状態で電力を送るためには高電圧直流送電が適していること、第 2 に、羽根の回転は常に変動しているため、正確に 50/60 ヘルツとはならない。そのため、一旦、直流にして全ての風車が作った電力を一括してまとめ、その後陸上で綺麗な 50/60 ヘルツの形に戻すのである。



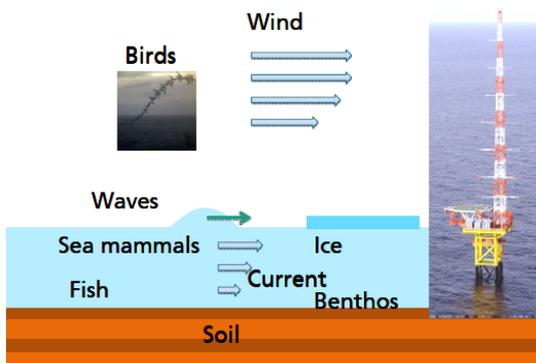
(図表 10) 洋上風力発電所の全体構造



(図表 11) 複数サイトの洋上風力発電所の全体構造



(図表 12) 基礎部 Gravity Foundation の組立



(図表 12) 海洋調査

工程の最初は、海洋調査である(図表 12)。風力発電とは、空気の運動エネルギーを羽根で回転エネルギーに変え、それを電気エネルギーに変換するものである。そのため、1年間の風の持つエネルギーを観測することで、それにFIT価格を乗じると1年間の売上高が算出される。この売上高の下で、利益を確保するため、どこに何を発注すればよいか、全てが決まってくる。ビジネスモデルを策定する上でベースになる数字である。

環境影響調査は、環境アセスメントに必要なデータをとるために行うものであり、鳥、海洋動物、魚、景観、雑音等について行われる。

海流は、風車の底をえぐることもあるので、注意深い配慮が必要である。

海底調査は、風車を設置する海底がどのような状態になっているか、調査するもので、海底掘削など、どのような工事が必要か、検討するためにデータを提供するものである。

調査が終われば、いよいよ加工組立工程に入る。(図表 12、図表 13)は、基礎部(Gravity Foundation, Tripod)の加工組立の様子である。



(図表 13) 基礎部 Tripod の組立

各部品が出来上がれば搬送することになるが、風車の部品は巨大で大重量あるため、特殊な搬送機器を使用し、土地が沈まないように道路などは耐荷重性を高め、導線ロジステイクスを確保しなければならない(図表 14~18)。



(図表 14) Jacket の搬送の様子



(図表 15) Tripod の搬送の様子



(図表 16) Pole の搬送の様子



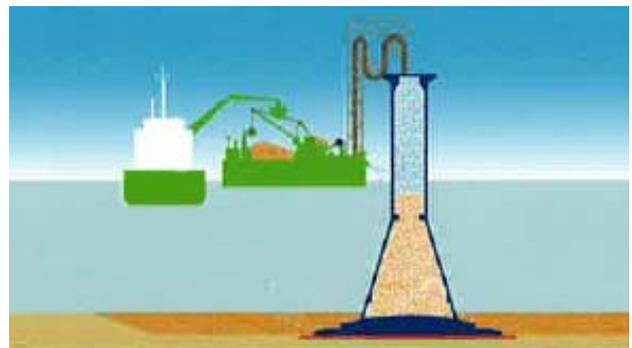
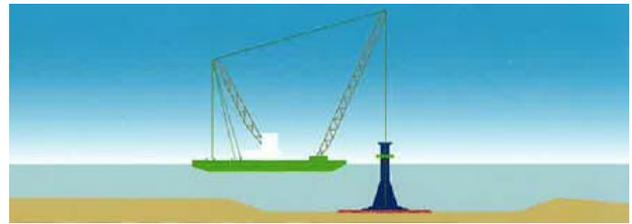
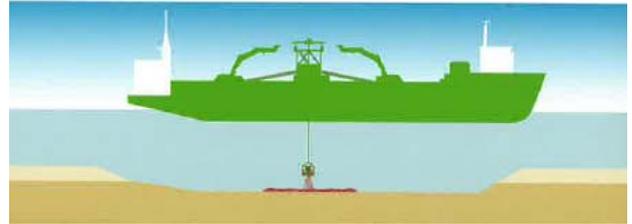
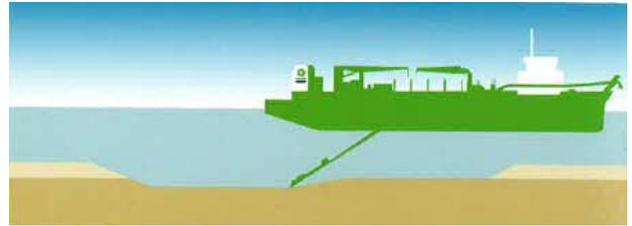
(図表 17) ナセルの搬送の様子



(図表 18) ブレードの搬送の様子

基礎部を海底に設置するためには、海底の浚渫工事が
必要である。重力式基礎部を設置する場合、海底に置

いて斜めになると危険であり、また海底との間に隙間が
あると海流が土を削る。そのため、海底を水平で平らに
するための工事が必要である。(図表 19)



(図表 19) 重力式基礎部を設置するための海底浚渫
工事の様子

そして、いよいよ本格的な風車の設置工事である。基礎
部を設置し、ポールを建て、ナセルを取り付けて、ブレ
ードを設置する。海底電力ケーブルを敷設し、洋上変
電所を設置する(図表 20~23)。(図表 24)は陸上に設
置する制御室である。



(図表 20) 重力式基礎部の設置工事



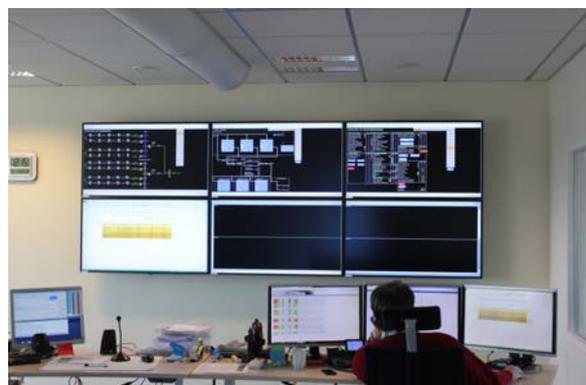
(図表 22) 海底電力ケーブルの敷設工事



(図表 21) ナセルとブレードの設置工事



(図表 23) 洋上変電所の設置工事

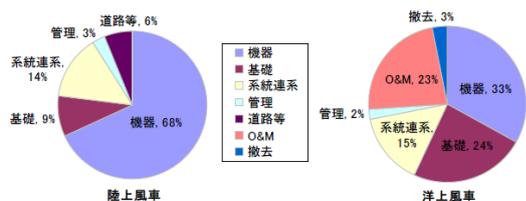


(図表 24) 制御室

ところで、洋上風力のコスト上の特徴は、建設費や維持管理費のコストが高いこと、海底に設置する基礎部のコストが高いこと、である。このコストを如何にして低減する

か、各社とも知恵を絞っている(図表 25)。ところで、建設費や維持管理費のコストは、洋上風力の拠点港の状況に大きく左右される。例えば、部品を港湾にまとめて保管しておけるくらい広い土地があれば、そこから船で多くの部品を一度に運び出し、一気に維持管理作業を終わらせることができる。このように、地方自治体による拠点港の作り方が競争力を大きく左右するため、競争力のある拠点港は、広い海域を市場としてカバーすることが可能となる。

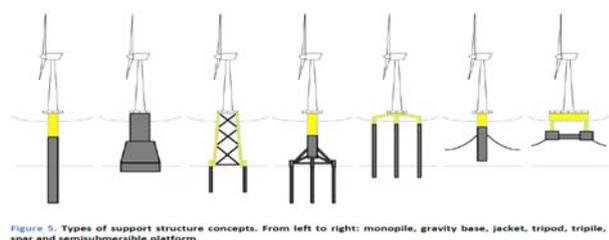
図表 3.45 発電コストの内訳



出典：Dunwind(2001): "Offshore Wind Energy Ready to Power a Sustainable Europe Final Report", NNE5-1999-562, 289p より作成

(図表 25) 陸上風力と洋上風力とのコスト比較

洋上風力は、海の深さによって基礎部が異なってくる。最も浅い場所では、最もコストが安いモノパイル方式が採用されることが一般的である。現在、世界中では、この方式が最も多用されている。次いで多いのが、重力式である。更に深くなるに従って、ジャケッ式、トライポッド式、浮体式となっていく。ジャケッ式以降の方式は現在、世界を見渡してもほとんど使用されていない。浮体式は、モノパイル式の3倍以上のコストを要するとして、日本、スウェーデンなどで実験をしている段階であり、まもなくフランスも浮体式の実験を開始する予定である。浮体式が、十分なコストに見合って実用化されるには、まだまだコスト低減のための技術開発が必要である。(図表 26、図表 27、図表 28)



(図表 26) 基礎部の各種方式

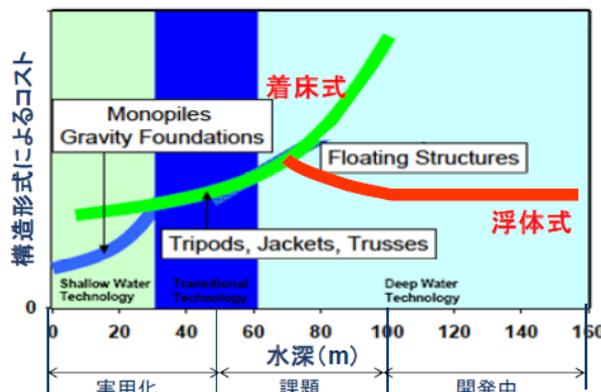
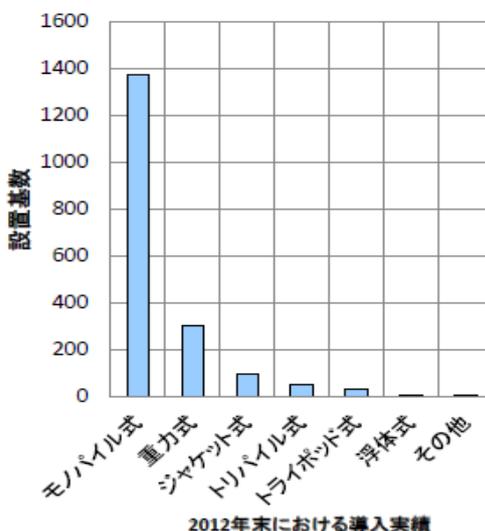


図-3 支持物コストの水深による変化

(図表 27) それぞれの基礎部によるコスト変化

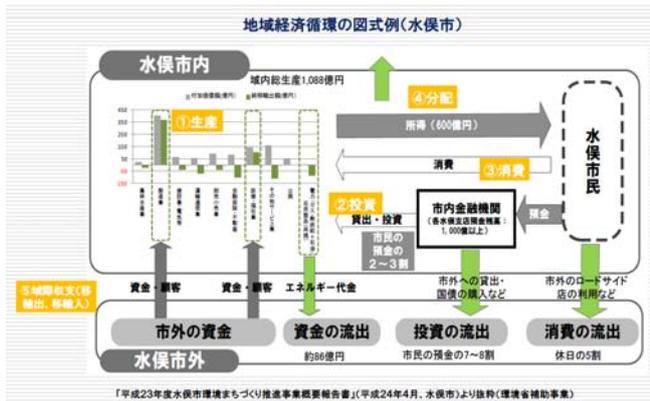


(図表 28) 各基礎部の方式ごとの設置基数

6. 地域経済循環における再生エネの特徴

エネルギーを地域外から購入する場合は、マネーは地域外へと流出する。だが、再生エネを導入することで、エネルギーの自立化が図れれば、域外へのマネー流出は無くなり、更にエネルギー生産が増えれば、エネルギーを域外に販売して付加価値を獲得することが可能であり、その付加価値を地元で落とすことで地域雇用を創出することができる。

例えば、(図表 29)は、熊本県水俣市における域外と域内とのマネーフロー図である。同市では市外からエネルギー約 86 億円分を購入しており、その分だけ同市は貧しくなっている。今後、同市は地域資源を活用した再生エネ事業を導入することでエネルギーの地産地消を進め、地域内のマネー循環量を増やすことで、地域をより豊かにすることができる。



(図表 29) 熊本県水俣市の地域経済循環
出典)環境省

こうした試みを国ぐるみで実践したのがデンマークであり、その政策は、“Local and Community based Policy”と呼ばれた。

デンマークはかつて一次エネルギー供給の90%以上を輸入原油に依存していたため石油危機で大きな打撃を受けた。そのため省エネと再生エネの推進が国家政策の中核となり、一次エネルギーの自給率は、2005年は155%を達成し、石油による発電量は全発電量の1.3%(2011年)に低下した。

デンマークは、世界の中で最も早く風力発電の大量導入に成功した国であり、全発電電力量の27.8%(2011年)を占めるに至っている。1990年代に急速な発展をしたが、その原動力になったのがLocal and Community based Policy(1976-2000)と呼ばれる政策である。その考え方は、地域住民を調整対象者として捉えるのではなく、利益を得る事業主体として位置付け、風力から一定範囲の住民を事業主体として囲い込み、大きな利益を与えたことである。本政策の大部分の受益者は、風車設置の土地を提供した農民であった。風車メーカーは大部分が農業機械メーカーであった。本政策が余りに成功したため、デンマークの主力産業である牧畜業が衰退するという現象が起きたくらいである。当時の世相は、「農夫が金の子牛の周りで踊っている(Farmer is dancing around the golden cow.)」とまで言われた。すなわち映画「モーゼの十戒」の中で、割れた海を越えた人々は歓喜の余り金の子牛の周りでモーゼの教えを忘れて飲めや歌えの踊る日々を過ごす場面にも例えられたのである。(図表 30)

地域住民に与えられた利益は以下のとおりであった。

- 1 発電電力量に比例して与えられる補助金 DKK 0.23/kWh (1981-1991), DKK 0.17/kWh (1992-1999)
- 2 炭素税の払い戻し DKK 0.10/kWh (1992-)
- 3 電力市場小売価格の85%に相当するFIT価格(1984-)

4 投資の100%の税控除(1976-1996), 部分控除(1997-)

5 小型の風車を大型かつ高効率の風車に交換した場合、初期投資に対する補助金(1994-1996), 又はFIT価格に上乗せするプレミアム価格(2001-2004)

6 風車の所有者が優先的に無料で配電(所有者=消費者のルール)

ここにFIT制度(Feed In Tariff System)の原型を見ることがはできる。



(図表 30) デンマーク・コペンハーゲン沖のMiddelgrunden Offshsore Windfarmの投資説明会
出典)Jens L Larsen

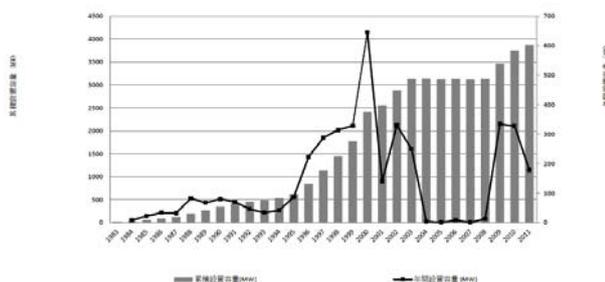
こうした大きな利益を得られる風車の所有者は、風車の周囲に住む個人又は共同組合に限定され、「地元所有のルール」(Turbine Ownership Regulation)と呼ばれた。法律には「所有する土地に吹く風のエネルギーを利用する権利は土地所有者のものである」という条項がある。1979年、風車の所有者は半径3km以内に住民であったが、やがて半径10km以内となり、更に所有者の半数が周囲に住んでいれば良いなどと順次緩和され、所有者が受ける無料配電も35%以下などと制限が課され、2000年4月にはルールそのものが廃止された。この結果、デンマークは今でも約8割の風車が、Local and Communityの所有であり、約15万人存在する。

このルールが廃止されてからは風車設置に対するインセンティブが失われてしまったため、デンマークにおける風車建設はほとんどが停止してしまった。ここ最近、再び復活しているが、ほぼ全てが洋上風力である。(図表 31)

1990年代、デンマーク市場における市場の急拡大とともに急速に成長した風車メーカーがベストাসである。だが2000年に入り、ベストাসは国内市場を失ったため、米国に進出し、更に日本を有望市場として、三菱重工と組んで日本市場進出を狙っている。

近藤かおり(2013)は、デンマークの風力政策につ

いて、「デンマークでは風力エネルギーを地元住民固有の資源として位置付けている。地元住民の出資を促す形で風力発電の建設が進められ、地域住民が経済的メリットを得ることができる仕組みが確立されており、出資を希望する住民も多い。このため、風車を迷惑施設として考えるのではなく、許容するようになっている。」「デンマークの成功例をそのまま日本に当てはめることは難しいが、自らが有するエネルギーをできる限り有効に利用できるよう、合理的な政策を打ち出す姿勢には学ぶべき点が多いと思われる。」と評価している。



(図表 31) デンマークにおける風力発電容量の推移

豪州ギュッシング市(人口 4000 人)では、1992 年から地域資源である自然エネを用い、地元でエネルギーを自給自足できる仕組みを作り、エネルギー調達に伴う域外へのマネー流出を防ぐ取り組みを進め、2005 年にはエネルギー調達による域外へのマネー流出ゼロを達成した。その結果、市内への企業進出が進み、2005 年には 50 社、1100 人の雇用が新たに創出された(図表 32)。

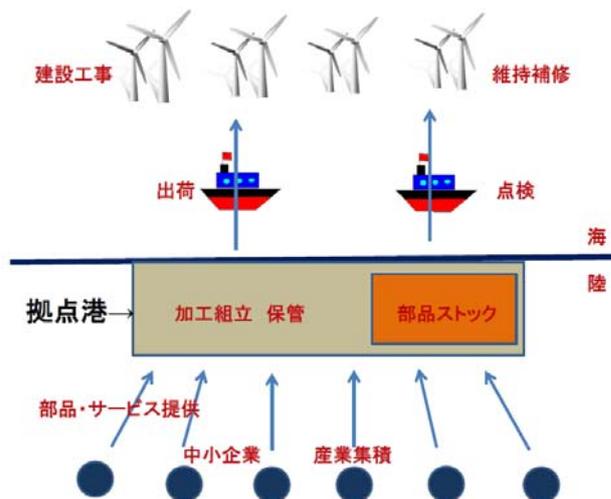
| | 1991年(取組前) | 2005年(実績) | 将来(計画) |
|------------|------------|-----------|----------|
| 域外流出額 | 620万ユーロ | - | - |
| 域内循環額 | 65万ユーロ | 1360万ユーロ | 3700万ユーロ |
| 市税収入 | 40万ユーロ | 120万ユーロ | - |
| 誘致企業数 | 0 | 50社 | - |
| 新規雇用 | 0 | 1100人 | - |
| 木質バイオマス消費量 | 0 | 44,000t/年 | - |

(図表 32) 豪州ギュッシング市における再生エネ導入による地域経済循環 出典) 日本政策投資銀行

7. 洋上風力産業の拠点化

(図表 33) は、洋上風力産業拠点のイメージを示したものである。後背地に立地する中小企業から供給される部品・材料・サービスに基づき、拠点港に立地した加工組立メーカーの生産ラインにおいて量産し、それを広大

な拠点港の土地の上に保管しておく。全ての部品が揃った段階で、船に積んで一気に海上に積みだし、短期間で風車設置工事を済ませてしまう。拠点港には常に部品がストックされ、風車の維持補修点検の際には、ここから一気に補修部品を積み出して短期間で補修工事を終わらせる。



(図表 33) 洋上風力産業拠点のイメージ

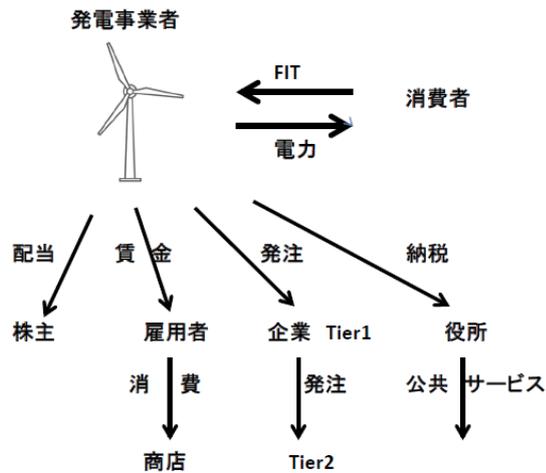
以上の説明からわかるように、洋上風力の拠点港となるために必要な主なポイントは、

- 1 洋上風車の市場があること
- 2 拠点港は、① 広い土地があること、② 重い部品を置いても崩れない耐荷重性があること
- 3 部品・サービスを供給する産業集積が後背地にあること
- 4 産業集積から拠点港までの導線が確保されていること
- 5 必要な人材がいること

という条件を満たしていることである。

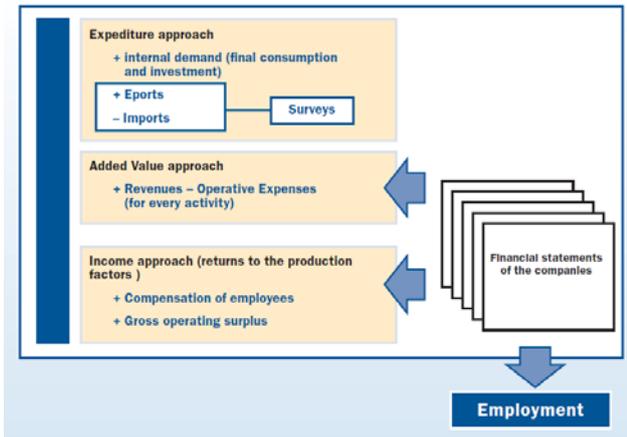
(図表 34) は、電力を販売することによるマネーの流れを示したものである。消費者が払った電力代は、発電事業者に入り、それが株主への配当、雇業者への賃金、下請け企業への発注、役所への納税などと流れる。

この図からわかるように、地域に大きな恩恵をもたらすのは、発電所を設置することではなく、産業拠点を形成することであることがわかる。



(図表 34) 風力発電事業者を取り巻くステークホルダーとマネーの流れ

欧州では、国民に対して風力を導入した場合のメリットについて、広報を目的に経済波及効果を算出し、公表している。すなわち、EWEA (European Wind Energy Association) では、風力企業にアンケート調査を行い、産業連関分析を実施し、2012 年 4 月、経済波及効果・雇用効果を発表した。企業は、産業連関表の入力に必要な事項をアンケートとして回答したため、その煩雑さを上回る効果があると判断したため、アンケート調査に協力したのであろう。(図表 35)



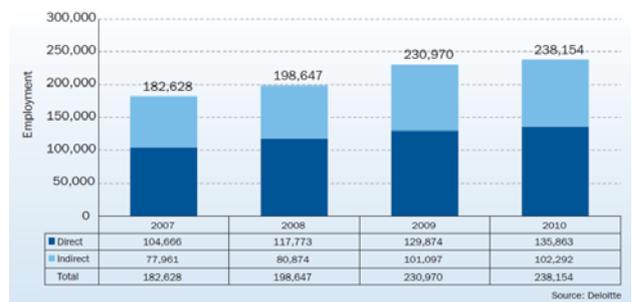
(図表 35) 調査分析のフロー図 出典)EWEA

分析結果は以下のとおりである。すなわち、雇用創出効果は、2010 年で直接雇用と間接雇用で合計 238,154 人の雇用が創出(実績)、2030 年で直接雇用と間接雇用で合計 794,079 人の雇用が創出(予測)。(図表 36、図表 37)

経済波及効果は、2010 年で直接効果と間接効果で合計 324.3 億€(実績)、2030 年で直接効果と間接効果で合計 1,732.7 億€(予測)の効果がある。(図表 38、図

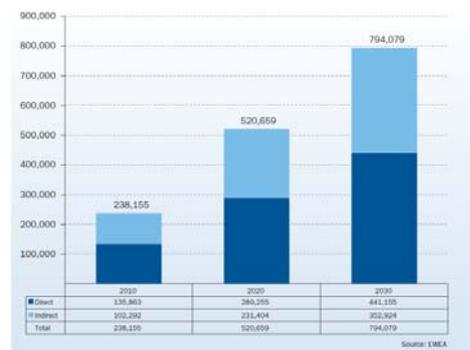
表 39)

FIGURE 5.5 EVOLUTION OF DIRECT, INDIRECT AND TOTAL EMPLOYMENT OF THE WIND ENERGY SECTOR IN NUMBERS OF FTE JOBS



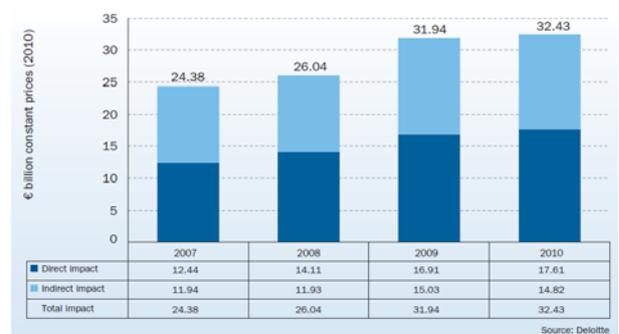
(図表 36) 雇用創出効果(過去の実績)

FIGURE 7.6 FORECAST OF DIRECT AND INDIRECT EMPLOYMENT IN WIND ENERGY SECTOR IN 2030 AND 2030 IN NUMBERS OF JOBS



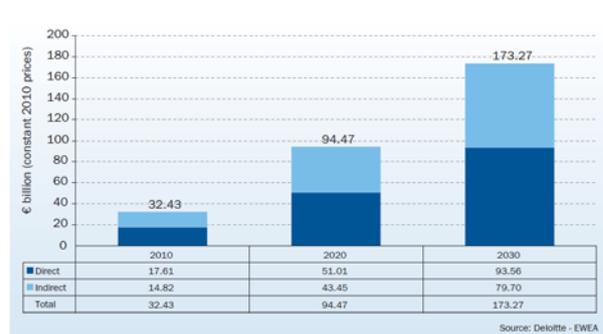
(図表 37) 雇用創出効果(将来の推計)

FIGURE 5.1 DIRECT AND INDIRECT IMPACT OF WIND ENERGY ON THE EU ECONOMY (2010 CONSTANT PRICES)



(図表 38) 経済波及効果(過去の実績)

FIGURE 7.1 WIND ENERGY SECTOR'S CONTRIBUTION TO EU GDP (€ BILLION IN CONSTANT PRICES, 2010)

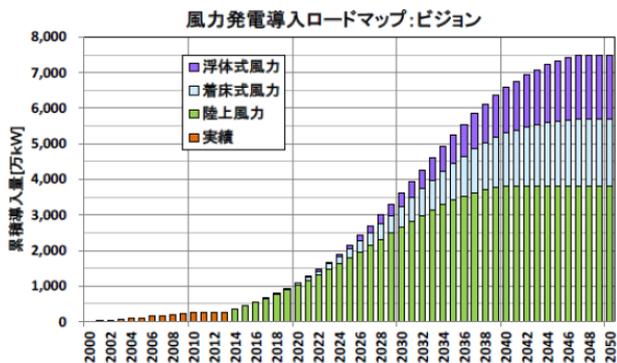


(図表 39) 経済波及効果(将来の推計)

一方、我が国では日本風力発電協会が、産業連関表を用いて、経済波及効果と雇用創出効果を算出している。その前提は、同協会が策定した 2050 年導入目標を達成できるとした場合を想定している。すなわち、2050 年度の推定総需要電力量のうち 20%を風力で供給するというものであり、陸上風力 38GW、着床式洋上風力 19GW、浮体式洋上風力 18GW、合計 75GW というものである。算出に当たっては、早稲田大学の鷺津教授の研究成果を用いている。その結果、2050 年で経済波及効果は 4 兆 4840 億円、雇用創出効果は 29 万人となっている(図表 40、図表 41)

| 年度 | 内訳 | 単位 | 合計 | 建設 | 運転・保守・保険 |
|------|----------|----|--------|--------|----------|
| 2020 | 総建設費、直接費 | 億円 | 6,140 | 4,980 | 1,160 |
| | 経済波及効果 | 億円 | 11,330 | 8,980 | 2,350 |
| | 雇用創出効果 | 千人 | 74 | 59 | 15 |
| 2030 | 総建設費、直接費 | 億円 | 16,350 | 10,090 | 6,260 |
| | 経済波及効果 | 億円 | 30,440 | 18,030 | 12,410 |
| | 雇用創出効果 | 千人 | 197 | 121 | 76 |
| 2050 | 総建設費、直接費 | 億円 | 22,810 | 8,110 | 14,700 |
| | 経済波及効果 | 億円 | 44,840 | 14,520 | 30,320 |
| | 雇用創出効果 | 千人 | 290 | 97 | 193 |

(図表 40) 日本風力発電協会の試算による経済波及効果と雇用創出効果



(図表 41) 日本風力発電協会が策定した 2050 年導入目標

8. 日本における主な拠点化の動向

現在、我が国では海洋に面しているほぼ全ての地方自治体で何らかの洋上風力開発計画が進行しているが、ここでは主な事例のみ挙げる。(図表 42)



(図表 42) 代表的な開発事例地点

8-1. 石狩新港湾

石狩湾新港地域は、札幌圏の産業物流の拠点とされ、札幌中心部から 15km、車で 30 分の距離にあり、開発規模約 3000ha、企業立地数約 750 社である。石狩市によれば、この 750 社のうち一定数が洋上風力設備に機器・サービスを提供可能である。すなわち洋上風力産業拠点の形成に必要な中小企業の産業集積が既に後背地に存在しているということである。同港湾地区には現在、大規模 LNG 火力発電所が建設中であり、洋上風力と合わせて道内への電力供給拠点と発展する見込みである。北海道電力は保有する泊原子力発電所は 3 基あり、3 号機が現在、再稼働申請中であるが、洋上風力発電所と LNG 火力発電所が稼働すれば、泊原子力発電所の 1 号機と 2 号機の発電能力を十分代替できる規模がある。

2013 年 12 月、石狩湾新港港湾計画の一部変更を行った。2014 年 10 月、洋上風力発電事業検討協議会が設置され、2015 年 8 月、石狩湾新港洋上風力発電施設の設置運営事業者の公募が行われ、発電事業者が決定された。事業者はグリーンパワーインベストメントの 100% 子会社である株式会社グリーンパワー石狩である。

洋上風車の設置候補海域は石狩湾新港の港湾区域内の約 500ha、発電能力は 5MW × 20 基 = 100MW 規模となる予定である。(図表 43)

○H25.12 港湾の管理運営との共生を目的に、港湾計画を一部変更



(図表 43) 石狩湾新港湾洋上風力予定海域
出典) 石狩市

今後のスケジュールとしては、2017 年夏頃に着工、2020 年春頃に商業運転を開始する予定である。将来的には、「洋上風力のハブ機能」を目指すとしており、①製造; 部品供給、海上工事、②保守; メンテナンス技術指導、部品修繕・供給の機能を目指すこととしている。

石狩市によれば、今後の洋上風力開発計画に必要な港湾や道路などのインフラは現時点で完全に整備されており、改めて整備する必要はないとのことなので、石狩市の構想は一旦進み始めるとスピードは早いのではないと思われる。

8-2. 鹿島港

茨城県鹿島港では、株式会社小松崎都市開発が洋上風力事業用として設置したウインドパワー・エナジー株式会社が、洋上風力発電事業を行っている。

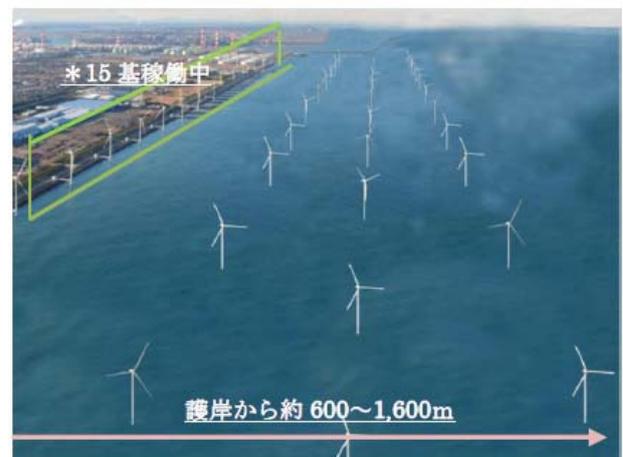
現在、陸地から数メートルの場所に 15 基の風車が設置され、発電を行っている。この 15 基は、東日本大震災の際、地震と津波を被ったが、被害なく商業運転を続けたことで世界中から日本の技術力の高さの象徴であるとして賞賛されたものである。

15 基のうち、7 基は、第 1 洋上風力発電所、8 基は第 2 洋上風力発電所である。後者は 2013 年 3 月に稼働した。そして現在、第 3 洋上風力発電所計画が進んでいる。(図表 44)



(図表 44)かみす第一、第二洋上風力発電所

<全体完成イメージ図>



(図表 45)かみす第三洋上風力発電所(計画案)



(図表 46)かみす第三洋上風力発電所の設置海域

茨城県が鹿島港のなかに約 680ha の海域を開放して洋上風力発電所を設置する事業者を公募していたが、2012 年 8 月、ウインドパワー・エナジー社と丸紅の 2 社に決まると発表した。事業規模は現時点で両者とも正

式発表していないが、茨城県は5MW×50基=250MW程度の規模となることを想定している。なおソフトバンクは、間もなくネット事業が飽和に達することを見越して様々な分野に進出しているが、再生可能エネルギーも重点分野であり、同社の子会社SB エナジー社がウインドパワー・エネジー社に出資し、それを受け、同社が多くの銀行からの協調融資を受け、事業を実施できる資金的な目処が立ったと思われる。(図表 45、図表 46)

日立製作所は、同社が開発した5MWのダウンウインド風車を、同社に採用してもらうべく営業活動を実施しており(現時点の状況は不明)、2015年3月、神栖市東和田に実証基1台を設置し、発電実験を行っている。今後、試運転、パワーカーブなどの検証・評価を経て、2015年夏に、日立キャピタル株式会社と日立製作所の共同出資会社である日立ウインドパワー株式会社に納入し、「鹿島港深芝風力発電所」として商用運転が開始される予定である。(図表 47)

同風車は、ローターを風下側に配置する日立独自のダウンウインド方式であり、暴風時にもローターが横風を受けない向きを保持し、風荷重を低減することが特長である。また、ナセルを効率的に冷却する構造と、スリムで景観に配慮したデザイン性の両立が高く評価され、公益財団法人日本デザイン振興会が主催する「2014年度グッドデザイン賞」を受賞している。



(図表 47) 日立製作所 5MW ダウンウインド型風車「HTW5.0-126」初号機 出典) 日立製作所

8-3. 秋田港・能代港

秋田県は、2013年度から、秋田沖に洋上風力発電所を設置するプロジェクトを実施している。本プロジェクトのきっかけになったのは、NEDOの洋上風力フェーズビ

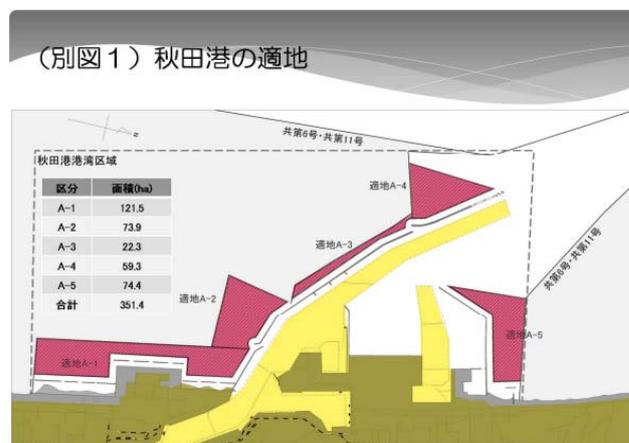
リテイ調査事業のうちの1つとして、コンサルタント会社が秋田沖を仮想海域として事業性を試算したレポートを発表したことである。そのレポートの結果、秋田沖には良好な風況が存在し、年平均40%前後の設備利用率が可能であることがわかった。さらに、秋田県庁には、洋上風力事業に詳しい職員もいたことから、プロジェクトの開始となった。(図表 48)



(図表 48) 秋田港と能代港の位置

秋田県は、秋田港と能代港の両港においてゾーニングを行い、発電事業者の公募を行ったところ、2社から応募があり、2015年2月、丸紅に決定したと公表した。

具体的な事業規模は現時点で詳細が公表されていないが、新聞情報によれば、秋田港では616ha、能代港は626haの海域で事業を実施し、秋田港では、5MW×14基=70MW程度、能代港では5MW×20基=100MW程度、合計170MW程度を想定していると推察される。(図表 49、図表 50、図表 51、図表 52)



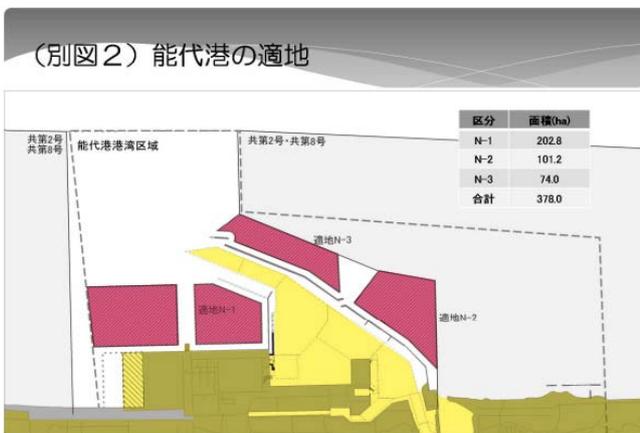
(図表 49) 秋田港の開放海域



(図表 50) 秋田港の外観

2 つめは、地元からの雇用創出である。2014 年 10 月、秋田県は、風車 80 基を建設した場合、国内経済への波及効果が約 7920 億円、新規雇用創出が約 5 万人との試算を公表した。だが、現時点では風車を建設できる県内企業はなく、県内企業が参入できる分野は設計や測量、風車運搬など波及効果の少ない分野に限られるため秋田県は県内企業の参入を増やすため、技術支援や風車メーカーとのマッチング機会を提供することで、部品などの発注増を目指すとしている。2015 年 5 月、秋田県は、地元企業による受注、地元雇用の創出を目指すため、「秋田洋上風力発電関連産業フォーラム」を設置した。

8-4. 村上市岩船沖



(図表 51) 能代港の開放海域

新潟県村上市岩船沖洋上風力発電推進委員会(会長;大滝村上市長)が、岩船沖約 2km 先の水深 10m から 35m の一般海域約 2700ha を対象に、応募した事業企画に対して、2015 年 2 月、日立造船を主幹事とする 10 社によるコンソーシアムが採択された。

コンソーシアムが想定している事業規模は、5MW × 44 基 = 220MW 程度である。事業費は概算 1430 億円、年間売電収入は 240 億円程度を見込んでいる。事業の実現可能性が確認できた場合、2020 年 4 月から着工し、2024 年に運転開始を目指す。(図表 53、図表 54)

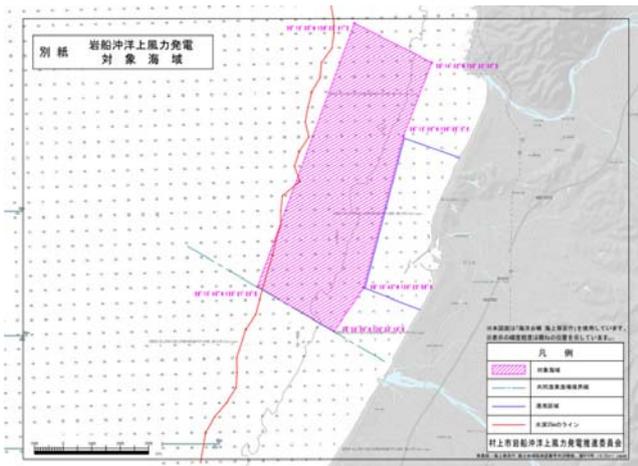


(図表 52) 能代港の外観

| メンバー企業 | 役割および担当業務 | |
|------------|---------------------|--------------|
| 日立造船(幹事会社) | 全体設計、基礎構造の検討 | |
| ウェンティ・ジャパン | 事業開発、事業運営に関する検討 | |
| 住友電気工業 | 変電設備、送電ケーブルおよび架設の検討 | |
| 日立キャピタル | ファイナンス、事業運営に関する検討 | |
| 日立製作所 | 風車の性能および設置の検討 | |
| 三菱商事 | 事業開発、事業運営に関する検討 | |
| 協力会社 | 第四銀行 | ファイナンスに関する検討 |
| | 東亜建設工業 | 建設工事に関する検討 |
| | 本間組 | 建設工事に関する検討 |
| | 三菱東京UFJ銀行 | ファイナンスに関する検討 |

(図表 53) 日立造船を主幹事とするコンソーシアム

地元では同プロジェクトに対して 2 つの期待が高まっている。1 つめは、秋田銀行と北都銀行にとって大きな融資案件となることである。経済状況が厳しい秋田経済のなかで久々のビッグプロジェクトとして期待されている。



(図表 54) 開発が想定されている海域

ところで、同プロジェクトは、別の意味で風力関係者から注目を集めている。いま、日本なかで計画されている洋上風力は全て港湾区域内であるが、ここだけ港湾区域外の一般海域なのである。港湾区域内であれば、港湾管理者が海域の利用調整を行い、ゾーニングを実行するという法的裏付けがあるが、一般海域にはそうした法的ルールがない。そうしたなかで、海域を利用しているステークホルダーとどのように利用調整するのか、という意味で注目されている。

8-5. 福島県小名浜港

福島県沖では今、資源エネルギー庁により、浮体式の実証実験が行われている。NEDO の補助金により開発された三菱重工の7MW基と日立製作所の5MW基(先述)の2基をアドバンストスパー方式とセミサブ方式で浮かべて発電し、洋上変電所を経由して陸上の電力系統に接続する。(図表 55)



(図表 55) 福島復興浮体式洋上風力発電所実証研究事業

実証実験に使用する風車の製造は、対岸である福島県小名浜港の最南端の藤原埠頭である。NEDO による

実証実験終了後、藤原埠頭を産業拠点化し、ここから福島沖に風車を出荷してウインドファームを作っていくものと思われる。藤原埠頭の広さは32.6ha、地盤強度補強工事を行い、1平米当たり2トンだったものを20トンにした。また最高235mのクレーンを設置した。整備費用は30億円程度である。(図表 56)



(図表 56) 小名浜港藤原埠頭

8-6. 北九州市響灘地区

北九州市は、工業都市としてのインフラを整えている町であり、工業化に伴って発生する産業廃棄物のために響灘地区に広大な廃棄場を稼働させていた。ところが昨今の産業構造の変化に伴い、産廃用地がほとんど使用されなくなったため、同地区に広大な未利用地が出現した。私が知る限り、地方自治体のトップが議会やマスコミに向かって「ドイツのブレーマーハーフェンを目指す」と最初にコミットしたのは北九州市である。当時、日本の風力関係者でさえブレーマーハーフェンを知っていた人は、ほんのわずかでしかなかった時代、市をあげてそこを目指すと言言していたのである。私は、北九州市の先見性と世界に向ける視線の感性に感動したことを今でも覚えている。(図表 57)



(図表 57) 響灘地区のエネルギー開発拠点
出典)北九州市

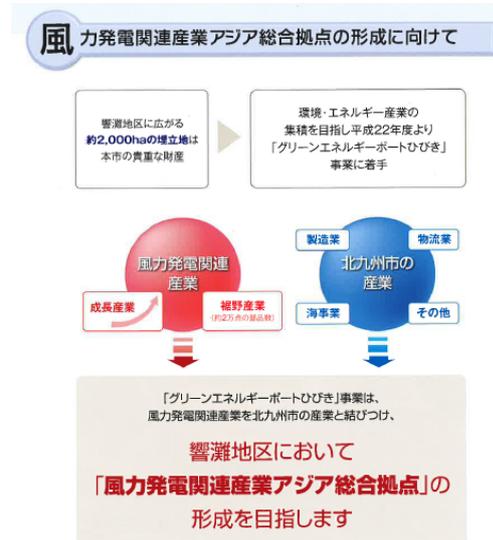
北九州市の構想の大きな特徴は2つある。1点目は、産業拠点の形成に最も重点を置いている点である。響灘の海上に設置する洋上風力発電所は、産業拠点を作るための手段のように見える。だが、他の地域では、洋上風力発電所の設置が最優先であり、地元で産業拠点を形成することの優先度は低い。だが私が本誌で何度も強調しているように、地域経済への波及効果や雇用創出といった点では、洋上風力発電所を設置するよりは、産業拠点を形成の方が遙かに効果は大きい。北九州市は、この点を良く理解していると評価している。

2点目は、北九州市自身が強いリーダーシップを発揮して主導している点である。現在、海に面している地方自治体の多くが何らかの洋上浮力計画を有していると言っても過言ではないが、そのなかでも私が知る限り、地方自治体自身が開発計画を主導している地域は、北九州市、秋田県及び石狩市の3地点しか知らない。御前崎は残念ながらドロップアウトしてしまった。太平洋側にもいくつか洋上風力発電所の開発計画が進行しており、産業拠点到発展するであろう可能性をもった地点もあるが、上記3地点に比べて地方自治体のリーダーシップが弱い。ドイツのプレーマーハーフェン、クックスハーフェン、デンマークのエスビアノの例を見てもわかるように、港湾、道路、工業団地、空港などインフラ整備は地方自治体でしかできないとても重要な役割であるため、地方自治体の強力なリーダーシップなくしては産業拠点の形成は難しいと言わざるを得ない。

北九州市の開発計画については、入札で事業者が決まり、計画が明確になった時点で改めて本誌で詳しく報告したい。

北九州市から同心円を引くと響灘港から出荷可能なターゲットとなる市場は、九州全域、四国全域、山陰山陽全域に及ぶ。私自身は、北陸あたりまでアクセス可能ではないかと思っている。そして最も大きな特徴は、朝鮮半島をも市場としてすっぽりとターゲットに収まることである。この広大な市場をターゲットとする響灘港が稼働

を始めると、上述したとおり、その市場の対象となる地域では、もはや拠点港を作ることがほとんど不可能になる。(図表 58～61)



(図表 58) 風力産業のアジアの拠点になるとする北九州市のパブリック



(図表 59) 現在、稼働している陸上風力、遙か向こうにNEDOの実証実験用風車が見える、この全面的に海に80～100基の風車が建つことになる



(図表 60) 風車の部品の保管場所として土地の耐荷重性を上げる工事を行う予定の岸壁



(図表 61) NEDO の委託により J パワーが行っている実証実験と風況観測

以上が、日本国内での主要な洋上風力拠点港の動向である。間もなく韓国・中国においても洋上風力の本格導入が計画されていることから、韓国・中国においても拠点港が出現する可能性が高い。西日本や日本海側の我が国の洋上風力発電所建設地に向けて、韓国・中国の港湾から出荷されるような事態は好ましくない。そのため、韓国・中国よりも先に競争力のある拠点港を日本国内に整備することが重要である。

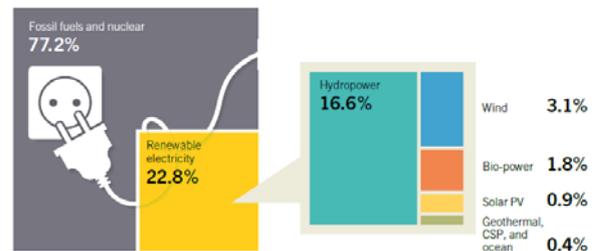
風車の競争力は、単にコストだけでなく品質も重要である。5MW 以上の大型タービンになると 1 基当たり十数億円であり、それが故障して動かないリスクが少しでもあれば、銀行はプロジェクトファイナンスを付けない。銀行は、風力発電事業者に対して稼働率保証を要求するのが通常である。また、国際スタンダードを満たす認証を得ていない風車にもプロジェクトファイナンスはつかない。こうした事情などもあり、しばらくの間、安い中

国製の風車が日本市場で使われるという事態は予想しがたい。そもそも太陽光が国民の支持を失った大きな背景に、中国製太陽光パネルが大量に日本市場に侵入してきたため、国民が支払った電気代、すなわち国富が中国に流出し、日本人の雇用にほとんど結びつかなかったという点がある。こうした太陽光の反省を踏まえると、風力においては、日本人の雇用につながるよう制度設計を考えるという姿勢が必要と考える。

9. 欧州における拠点化の動向

9-1 数字で見る欧州の動向

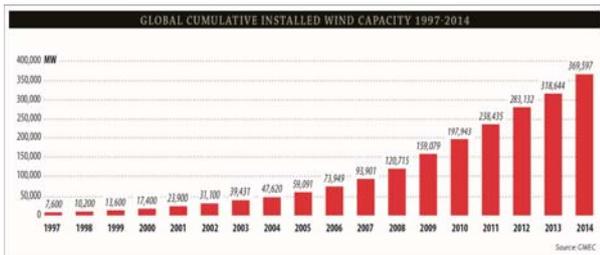
世界では、総発電量の 22.8% が再生エネ (2014 年末時点) であり、うち 1 位は水力、2 位は風力、3 位はバイオ、4 位は太陽光となっている。日本と異なり、世界では風力は太陽光の約 3 倍となっている。各国が保有する再生エネの各分野ごとの設備容量を見ると、日本は太陽光分野で世界 2 位に入っているのが、その他の再生エネ分野では、世界 5 位にも入っていない (2014 年末時点)。(図表 62)



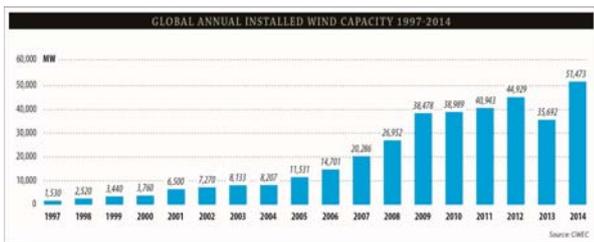
(図表 62) 世界の再生エネの発電電力量
出典) Renewable 2015 Global Status Report, REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21th Century

風力発電は、世界中で急増中であり、2014 年末時点で 369.6GW となっている (GWEC; Global Wind Energy Committee)。一方、2014 年 9 月 22 日時点で世界の原発は 435 基、373GW となっている (IAEA, 日本原子力産業協会)。すなわち風力の設備容量は、原発の 99% に達している。間もなく原発を抜く見込みである。では、なぜ、世界中で風力が急成長しているか、それは発電コストが安いからである。(図表 63)

こうした姿は日本とは大きく異なる。日本の状況を見てみると、世界でも風力はさほど進んでいないのではないかと思いついでいる人が大部分だが、世界の趨勢は、いまや原発ではなく風力なのである。

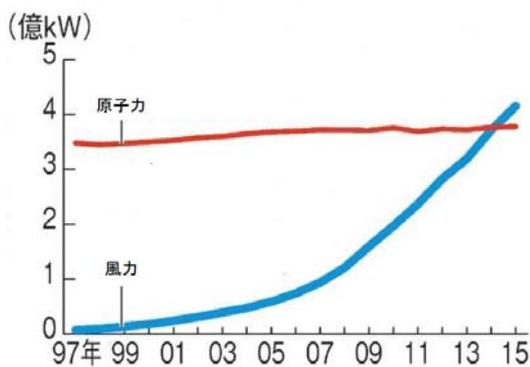


(図表)世界の商業運転中の風力発電設備(累計)の推移 出典)GWEC



(図表 63)世界の商業運転中の風力発電設備(毎年の設置ベース)の推移 出典)GWEC

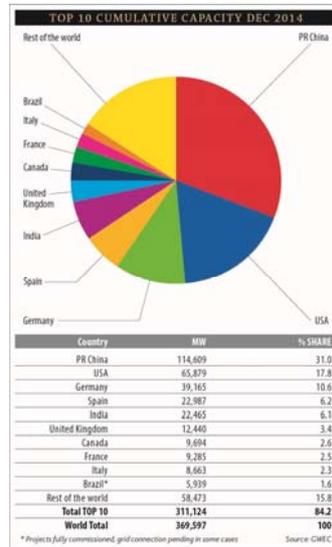
風力発電の専門誌「ウィンドパワーマンスリー」の発表(2015年12月27日)によれば、2015年末時点での風力発電の設備容量は、414.96GW に達する見通しである。一方、世界原子力協会によれば、原発は2015年12月1日時点で 382.25GW となっていて、風力が原子力を超えたと推察される。(図表 64)



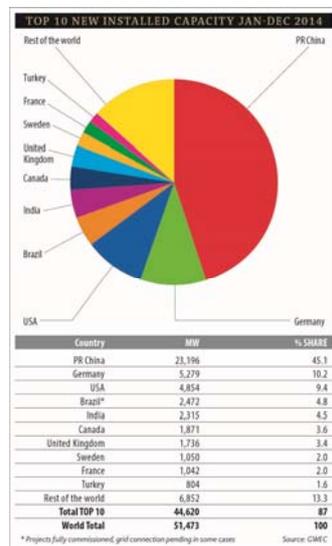
(図表 64)世界における風力と原子力の発電設備容量の推移

これを各国別に見れば、中国・米国は陸上、欧州は洋上と大きく 2 分されることがわかる。中国・米国は、広大で安価な土地が存在するため、そこに風車を数千本設置し、多少、故障して動かなくても放置しているという風土である。一方、欧州は土地が狭く人口密度が高いため、陸上にはもはや風車を建てる場所が無くなりつつあり、洋上へと進出している。中国は、沿岸部では、原

発を積極的に建てている原子力大国であるが、風力にも積極的である。日本のように、原発と風力が対立軸で語られることはない。こうした事情を見ても、日本の常識は世界の非常識であることがわかる。(図表 65 、図表 66)



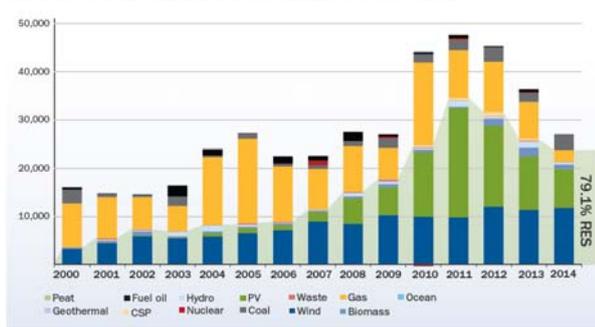
(図表 65)各国別の風力発電設備容量(累計) 出典)GWEC



(図表 66)各国別の風力発電設備容量(毎年の設置ベース) 出典)GWEC

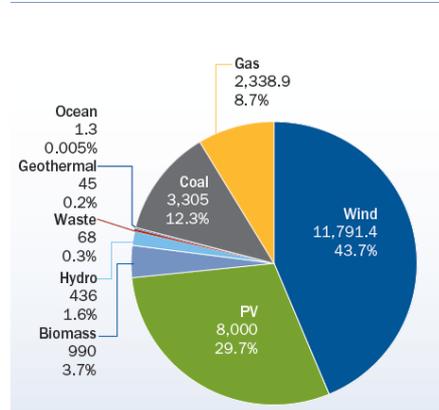
欧州は再生エネに積極的であるが、それを数字で見れば、EU における 2014 年の 1 年間の新設電源のうち 79.1%が再生エネである。各電源別に見れば、1位が風力 44%、2位は太陽光 30%、3位は石炭 12%、4位がガス 9%となっている。(図表 67、図表 68)

FIGURE 5: INSTALLED POWER GENERATING CAPACITY PER YEAR (MW) AND RENEWABLE SHARE (%)



(図表 67) EU における毎年の電源別新設電源の推移 (出典)EWEC

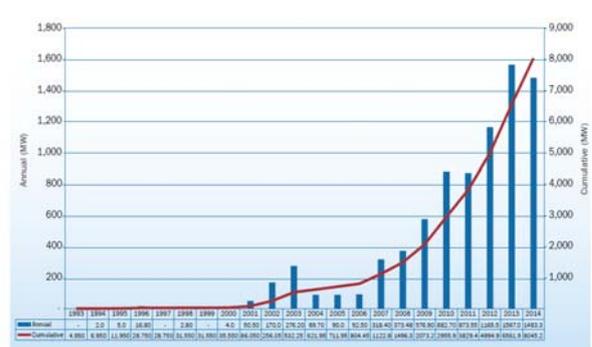
FIGURE 2: SHARE OF NEW POWER CAPACITY INSTALLATIONS IN EU (MW). TOTAL 26,975.5 MW



(図表 68) EU における 2014 年の電源別新設電源 (出典)EWEC

EWEA(European Wind Energy Association)によれば、EU において 2013 年末時点で、グリッドに接続されている洋上風車は 2,080 基、5,567MW であったが、2014 年に 408 基、1,483MW が新たに接続され、2014 年末時点で 2,488 基、8,045MW となった(実績)。今後、2015~16 年に 2.9GMW が新しく接続され、10.9GMW となる見通しである。更に長期の見通しとしては、2020 年には 40GW、2030 年には 150GW となる見通しである。(図表 69)

FIG 11: CUMULATIVE AND ANNUAL OFFSHORE WIND INSTALLATIONS (MW)



(図表 69) EU においてグリッドに接続されている洋上風力発電の設備容量の推移 (出典)EWEC

現在、グリッドに接続されて発電している洋上風車の設備容量を各国別に見れば、第 1 位英国、第 2 位デンマークの 2 ヶ国が、他国を大きく引き離しているが、将来計画まで含めると、英国とドイツの 2 ヶ国が最大の洋上風力国家になる(図表)。EU 全体では、計画まで含めれば 141GW であり、うち英国が 49GW、ドイツが 31GW を占める(図表 70)。

TABLE 1.1 TOTAL OFFSHORE WIND CAPACITY INSTALLED, UNDER CONSTRUCTION, CONSENTED, PLANNED ON 30 JUNE 2011 AND SIZE OF GOVERNMENT CONCESSION ZONES OR FORESEEN FUTURE TENDER ZONES IN MW

| | Online | Under construction | Consented | Planned | Total projects | Size of government concession zones or foreseen future tender zones |
|---------------------|--------------|--------------------|---------------|----------------|----------------|---|
| Belgium | 195 | 462 | 750 | 450 | 1,857 | 2,000 |
| Denmark | 854 | 0 | 418 | 1,200 | 2,471 | 4,600 |
| Finland | 26 | 0 | 765 | 3,502 | 4,294 | n/a |
| Estonia | 0 | 0 | 1,000 | 0 | 1,000 | n/a |
| France | 0 | 0 | 0 | 6,000 | 6,000 | 6,000 |
| Germany | 195 | 833 | 8,725 | 21,493 | 31,247 | 8,000 |
| Greece | 0 | 0 | 0 | 4,889 | 4,889 | n/a |
| Ireland | 25 | 0 | 1,600 | 2,155 | 3,780 | n/a |
| Italy | 0 | 0 | 162 | 2,538 | 2,700 | n/a |
| Latvia | 0 | 0 | 200 | 0 | 200 | n/a |
| Malta | 0 | 0 | 0 | 95 | 95 | 95 |
| Netherlands | 247 | 0 | 1,792 | 3,953 | 5,992 | 6,000 |
| Norway | 2 | 0 | 350 | 11,042 | 11,394 | n/a |
| Poland | 0 | 0 | 0 | 900 | 900 | n/a |
| Portugal | 0 | 0 | 0 | 478 | 478 | n/a |
| Spain | 0 | 0 | 0 | 6,804 | 6,804 | n/a |
| Sweden | 164 | 0 | 991 | 7,124 | 8,279 | n/a |
| UK | 1,586 | 4,308 | 588 | 42,114 | 48,596 | 47,000 |
| Total Europe | 3,294 | 5,603 | 17,341 | 114,737 | 140,976 | 73,695 |

(図表 70) EU 各国別の工程別の洋上風力設備容量 (出典)EWEC

英国では、クラウン・エステイトと呼ばれる王室の財産を管理する役所が、海底の土地の所有者として法律で明記されている。そのため、英国の領海及び EEZ で活動する者は、全て同役所の許可を得る必要がある。クラウン・エステイトは、洋上風車の建設を進めるため、ステークホルダーがいらないことを確認した海域、又はステークホルダーと利用調整を行った海域を、洋上風車を建てても良い海域として順次、ラウンド 1、ラウンド 2、ラウンド 3 として公表している。ドガーバンクは 900 万 kW、ノーフォークバンクは 420 万 kW と巨大電源であることがわか

る。発電事業者を公募した後、入札で決まった発電事業者は、クラウン・エステイトと海底の土地及びその上部の使用権を賃貸する契約書を締結し、発電事業を開始する。(図表 71)

日本は、広大な領海及び EEZ を保有しながら、海底の土地の所有者が一体誰なのか不明である。海岸線に至るまでの陸上の土地は所有権が明確に決まっていながら、海岸線から海に入ったとたんに、その土地は誰のものなのかわからない。ここにも日本常識は世界の非常識という姿が見える。

このように英国では、発電事業者はステークホルダーと利用調整する必要がなく、発電事業だけに専念できる環境が整っている。そのため、日本の風力関係者からは、英国のように、明確な土地所有権限に基づく国による利用調整を求める声は強いが、日本の海底の土地に関する法的曖昧さからすれば、無理であろう。

英国は、フランスに並ぶ原子力大国であるが、英国でも原発と再生エネが対立軸として議論されていない。そのため、原発も再生エネも、特に洋上風力が強力に推進されている。その理由は、北海油田の多くが閉山したため、かつて北海で働いていた男たちに仕事を与える必要がある。英国には英国の国内事情に基づき、エネルギーベストミックスが決められている。

Offshore UK wind farm zones



| 風力発電所名 | 計画出力 (MW) | 発電所所有者 |
|----------------------|-----------|--|
| Dogger Bank Zone | 8000 | SSE Renewables, RWE Nipower Renewables, Statoil, Statkraft |
| Norfolk Bank Zone | 7200 | Scottish Power Renewables, Vattenfall Vindkraft |
| Irish Sea Zone | 4200 | Centrica Renewable Energy |
| Hornsea Zone | 4000 | Mainstream Renewable Power, Siemens Project Ventures |
| Firth of Forth Zone | 3500 | SSE Renewables, Fluor |
| Bristol Channel Zone | 1500 | RWE Nipower Renewables |
| Moray Firth Zone | 1300 | EDP Renewables, SeaEnergy Renewables |
| Isle of Wight Zone | 900 | Eneco New Energy |
| Hastings Zone | 800 | E.ON Climate, Renewables UK |

(図表 71)英国のラウンド 1、ラウンド 2、ラウンド 3 出典)BBC News, 'New UK offshore wind farm licences are announced', Friday, 8 January 2010

今、注目すべきはフランスである。北海に面した国々、すなわちデンマーク、ドイツ、ベルギー(先述した Thorntonbank)、オランダ、英国は洋上風力開発を進めてきた。そうしたなかにあつて、イギリスに次ぎ第 2 位の洋上風力発電のポテンシャルがあると言われながら、洋上風力への進出が遅れていたフランスの洋上風力開発計画の全体像がこのほど明らかになった。フランスでは正にこれから洋上風力の建設が始まろうとしている。

今、フランスの国会で審議中の新しいエネルギー法では、1 年間の最終エネルギー総消費量に占める再生可能エネルギーの割合を、2020 年までに 23%、2030 年までに 32% にすることを目標とし、その目標を達成するため、3 期に分けて、着床式と浮体式の双方の洋上風力発電所の開発を進め、洋上風力発電の設備容量を 2020 年までに 6GW とする目標を掲げている。それが「エネルギー長期プログラム 2010-2014」に盛り込まれている。そして、3 期のそれぞれの具体的内容が明らかになった(図表)。

<ラウンド 1> 2011 年、フランス政府は、以下の 4 つの海域においてラウンド 1 をスタートした。4 ヶ所で合計 2GW の洋上風力発電所を建設するものである。

| | |
|---------------------|-------|
| Saint-Nazaire | 480MW |
| Courseulles-sur-Mer | 450MW |
| Fe'camp | 498MW |
| Saint Brieuc | 500MW |

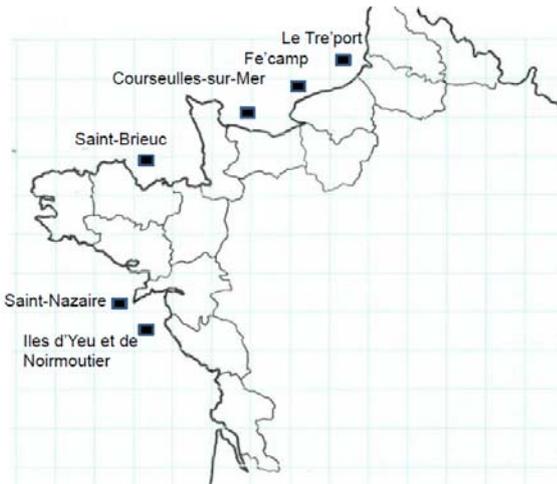
前 3 者の海域の開発権は、2012 年、EDF EN, DONG Energy, Wpd, Alstom から成るコンソーシアムが獲得した。最後の海域の開発権は、Iredrola-Eole-RES コンソーシアムが獲得した。

<ラウンド 2> 2014 年、フランス政府は、以下の 2 つの海域においてラウンド 2 をスタートした。2 ヶ所で合計 1GW の洋上風力発電所を建設するものである。

| | |
|-----------------------------|-------|
| Le Tre'port | 496MW |
| Ile d'Yeu et de Moirmoutier | 504MW |

これらの開発権は、CDF Suez, AREVA, EDP Renwables, Neoen Marine から成るコンソーシアムが獲得した。

<ラウンド 3> 第 3 ラウンドは、フランス政府環境省が、2015 年末、着床式と浮体式のパイロットプラントを建設することを発表する予定である。(図表 72)



(図表 72)フランスの洋上風力発電所開発の予定海域「ラウンド 1」「ラウンド 2」 (出典) 岩本作成

これまでフランスの陸上風力発電所の建設では、ドイツやデンマークの企業に依存してきたが、ようやくフランス自身で洋上風力発電所が建設できるまで技術力が向上してきたことが、ラウンド 1,2,3 の計画発表に至った背景にあるといえる。

ラウンド 1 に参加する EDF EN は、これまでイギリス、ドイツ、スペインなどの洋上風力発電の開発に参加することでノウハウを蓄積してきた。EDF EN は、これまで 10GW の再生可能エネルギーの運転及び建設に携わってきている。10GW のうち、85% が風力である。洋上風力発電についていえば、これまで 1 ヶ所の発電所を商業運転中であり、2GW 以上を建設中である。

EDF EN が手がけた最初の洋上風力発電所は、ベルギー沖の C-Power による Thornton Bank Offshore Wind farm である。同発電所は、2013 年夏に第 3 フェーズが商業運転を開始し、今後、110.7MW が追加され、最終的には 325.2MW となる計画である。

EDF EN が手がけた第 2 の洋上風力発電所は、イギリスの Teeside Offshore Wind Farm 27 基、62MW である。EDF EN は、EDF グループの総力をあげて、設計、エンジニアリング、建設を担当した。

EDF EN は、現在、イギリスのラウンド 3 の Navitus Bay Offshore Wind farm 970MW を実行中である。

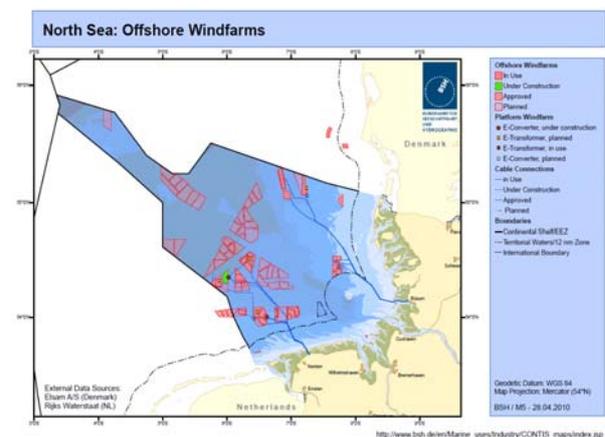
2014 年 12 月、Alstom は、Saint-Nazaire 向けにナセルと発電機を供給するため、2 つの工場を建設した。フランス国内で洋上風力発電所向けに出荷する工場としては初の工場である。2015 年前半に工場を稼働開始し、Haliade150-6MW タービンの生産を開始する。直接雇用で約 300 人の新規雇用が生まれる予定である。今後とも Alstom は事業の拡張を計画しており、間接雇用まで含めれば、将来的には、5,000~7,000 人の新規雇用が生まれると見込まれている。(図表 73)

また、フランスは、洋上風力の加工組立や保管などを行うための拠点港として、Dunkerque, Cherbourg, Rouen/le Harve, Brest, Nantes Saint-Nazaire, Bordeaux の整備を進めている。



(図表 73)洋上風力発電所向けフランス初の工場 (出典) Alstom

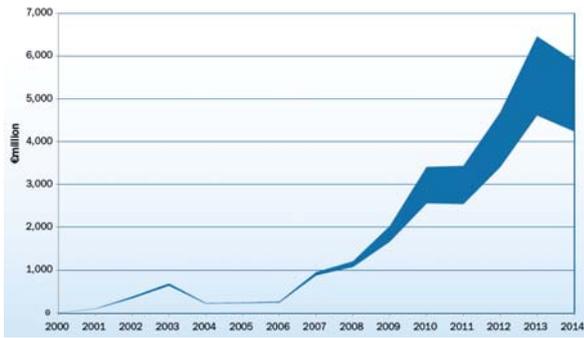
近い将来、欧州第 2 位の洋上風力大国になる予定のドイツでは、北海とバルト海の両海域で、開発が進められているが、規模が大きいのは北海側である。ドイツでも、国の役所が海域の利用調整・ゾーニングを行い、風車を建てても良い海域を公開し、発電事業者を公募している。(図表 74)



(図表 74)北海におけるドイツの洋上風力ゾーニング海域

設備投資を見れば、2014 年に 1 年間で、EU において約 42~59 億ユーロの投資が行われた。(図表 75)

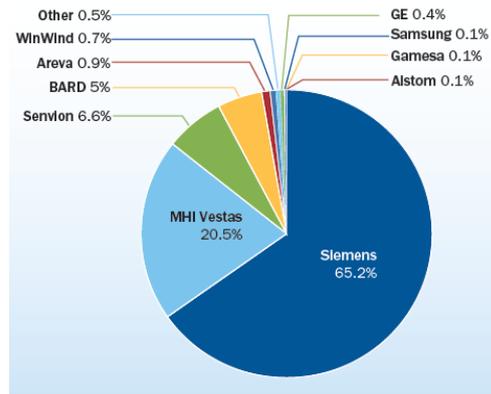
32: RANGE OF ANNUAL INVESTMENTS IN OFFSHORE WIND FARMS



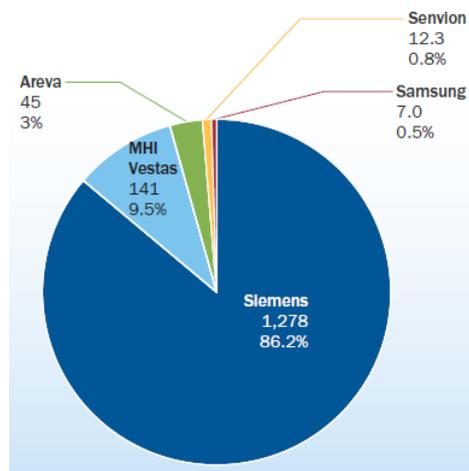
(図表 75) EU における洋上風力への設備投資額の推移 (出典)EWEA

欧州の最近の動向で注目すべきは、タービンメーカーの動向である。2014 年末の累計ではシーメンスが 65%、MHI ベスタスが 21%であるが、2014 年の 1 年間だけを見ると、シーメンスが 86%、MHI ベスタスが 10%となり、他メーカーのシェアは全て合算しても 4%以下となり、シーメンスの独走態勢が見えてきた。(図表 76、図表 77)

シーメンスがここまで強い支持を受けている理由としては、1 つめは、洋上では塩害により変速機が最も故障しやすいが、シーメンス製はギアがないギアレスのダイレクトドライブ方式であること。2 つめは、巨大な風車となれば羽根の先端はレーシングカー並の速度で空中を回っている。風車の寿命は約 20 年とされているので、羽根の先端も、雨、風、太陽光線などに耐えながら 20 年間、猛スピードで周り続けなければならない。通常、羽根は 2 枚のブレードをボンドで接着したものであるが、シーメンス製は 1 枚のブレードで作られている。こうした特許で守られた 2 つの特徴ある技術上の優位性から、シーメンス製は、メンテナンスフリーを目指した機械である点が高く評価されている。先述したように、メンテナンスには多額の費用を要するため、発電事業者はそのコストを如何に抑えるか、知恵を絞っている。そうした事業者にとっては、まさに待望した機械なのである。日本でもシーメンスファンは多く、日本の洋上風力発電所の中でも、シーメンスはある一定程度のシェアを占めることになろう。



(図表 76) EU における洋上風車のメーカー別シェア (2014 年末、累積ベース)



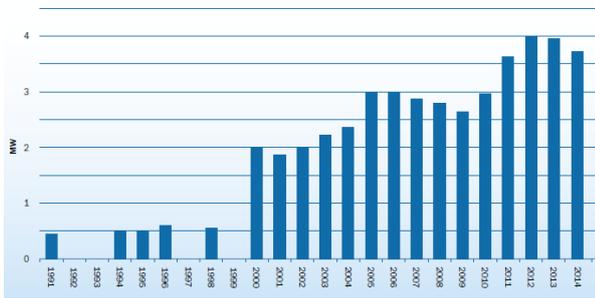
(図表 77) EU における洋上風車のメーカー別シェア (2014 年の 1 年間の新設ベース)

欧州では、当然の経済原理である規模の経済性の追求が行われている。第 1 は、タービン容量の大型化である。1 基当たりの 2012 年、2013 年、2014 年稼働分の平均は、4MW、4MW、3.7MW と推移している。2015 年もほぼ同程度の見込みとなっている。(図表)

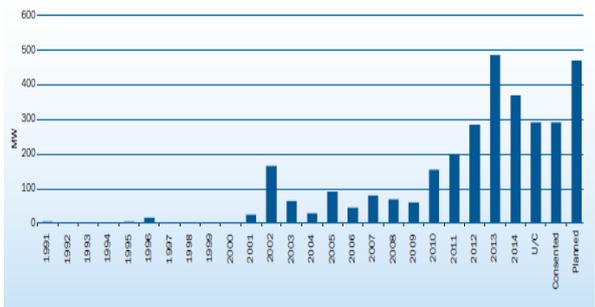
第 2 は、発電所設備容量の大規模化である。2013 年稼働分は平均 485MW、2014 年稼働分は平均 368MW となっている。ほぼ中小型原発 1 基分と同じ規模である。これから見ても、もはや欧州では、洋上風力発電所を 1 ケ所建てるということは、原発 1 基分の電源を建てることとほぼ同じ程度の規模なのである。(図表 78、図表 79)

一方、日本ではこれまで陸上風力では、風車が数本程度しか建っていないことが多く、規模の経済性を追求してこなかった。そのため、当然の帰結として、風力の発電コストは高いものになり、日本では風力は高い、という認識が国民の間に浸透している。これは、風力ビジネスを知らない者が日本に広めた悪しき広報であった。

こうした点でも、日本の常識は世界の非常識といえる。

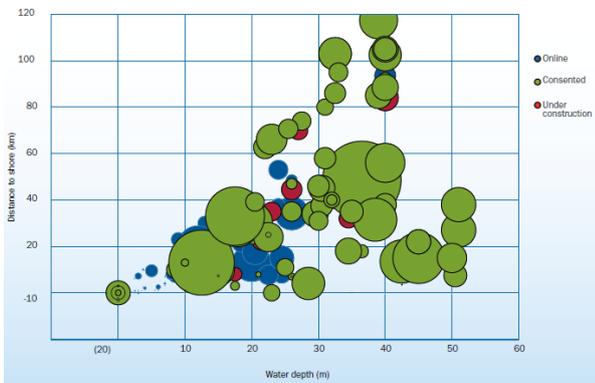


(図表 78) EU においてグリッドに接続されて商業運転を開始した洋上風力発電所の風車 1 基当たりの平均設備容量の推移 (出典)EWEA



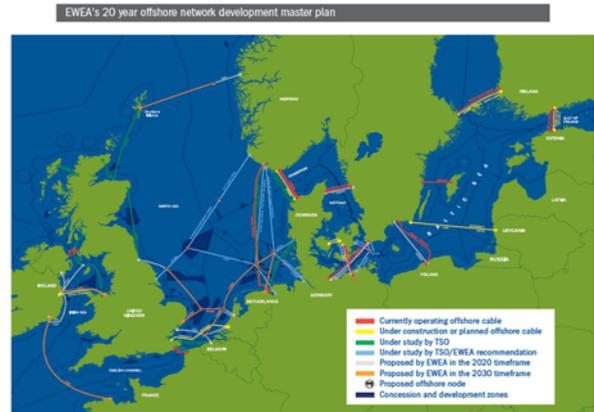
(図表 79) EU においてグリッドに接続されて商業運転を開始した洋上風力発電所の 1 ケ所当たりの平均設備容量の推移 (出典)EWEA

風車の設置場所は、より深い海へ、より沿岸から遠くへと移動している。2014 年末の累積実績は、平均水深 22.4m、沿岸から 32.9km である。2014 年の 1 年間に建った風車の実績は、新規グリッド接続分は平均水深 22.4m、沿岸から 32.9km である。(図表 80)



(図表 80) EU における洋上風車の水深及び沿岸からの距離 (出典)EWEA

欧州では、海底電力網の建設工事が進んでいる。洋上風力発電所を設置する事業者は、海底電力網の最寄りのノードまで電力ケーブルを引けば、欧州全体の電力網につながることになる。(図表 81)



(図表 81) 2020 年欧州海底電力網開発計画 (出典)EWEA

更に欧州では意欲的な技術開発がなされている。EWI; European Wind Initiative が、EU 及び EU 各国と共同で実施する研究開発計画(2010–2015)のなかには、新しいタービン開発では、10-20MW 機の実証試験、洋上風力技術では、ライフサイクルコストの最小化を目指した風車構造の設計、などが盛り込まれている。 欧州は将来に渡って技術的に世界のリーダーであるという強い意志が感じられる。(図表 82)

New turbines and components

- introduce large scale turbines and innovative design for reliable turbines rated 10–20 MW;
- improve reliability of large wind turbines and wind farms;
- optimise and demonstrate turbines for complex terrain and cold climates;
- define methods and standards for testing large wind turbine components;
- improve size and capabilities of system-lab testing facilities for 10 - 20 MW turbines;
- provide field testing facilities for 10 - 20 MW to increase reliability;
- encourage mass production of large scale turbines, and develop cost effective methods to transport and install these machines.

Offshore technology

- introduce new bottom fixed substructures minimising lifecycle costs;
- devise new modelling techniques;
- facilitate mass manufacturing of substructures and improved logistics;
- develop and demonstrate multi-MW floating platforms;
- improve facilities, infrastructures and logistics for offshore wind;
- reduce installation noise and environmental impact;
- increase reliability and improved O&M strategies;

(図表 82) EWI 研究開発計画(2010–2015)

また、EWI ; European wind Initiative による TPWind プロジェクト Strategic Energy Technology Plan は、開始が 2006 年 10 月、参加者は産業界、政府、市民団体、研究機関、金融機関、風力関係団体である。予算は2010～2020年=60億€、その内訳は31億€(民間)、18.6億€(EU)、10億€(各国)となっている。EU から提供される資金としては、6th Framework programme (FP6) WindSec project 及び 7th Framework programme (FP7) TOPWind project がある。

EWI が掲げる目標としては、第 1 に風力分野における欧州の優位性の確保、第 2 に陸上風力は 2020 年まで、洋上風力は 2030 年までに他の電源の発電コスト以下とすること、第 3 に 2020 年までに EU の総電力消費量の 20%以上のシェアとすること、第 4 に 2020 年までに EU において 25 万人の熟練労働者の新たな雇用を創出することである。Strategic Research Agenda (SRA) として、1 External conditions : climate, waves, and soil、2 Wind turbine systems、3 Grid integration、4 Offshore technology を挙げている。なかでも Offshore technology 分野における最優先事項はコスト低減であり、2030 年までに他の電源の発電コスト以下を目指すとしている。

9-2 ブレーマーハーフェン Bremerhaven

洋上風力産業の拠点化は、地元の中小企業に与える幅広いメリットから、ドイツの地方政府は地域振興・雇用創出の大きな期待をかけている。(注 5)

ブレーメン の音楽隊で有名なブレーメンは、1358 年に加盟したハンザ同盟の港町として栄え、市庁舎とローラント像は世界遺産に登録され、今も古い町並みが残り、おしゃれな店が多く、夏には多くの観光客で賑わう。日本人観光客は残念ながら少ない。ブレーメンからウェザ

ー川に沿って約 50km, アウトバーンにのって車で約 30 分の距離にある北海に面した人口 11.3 万人の港町がブレーマーハーフェンである。(図表 83)

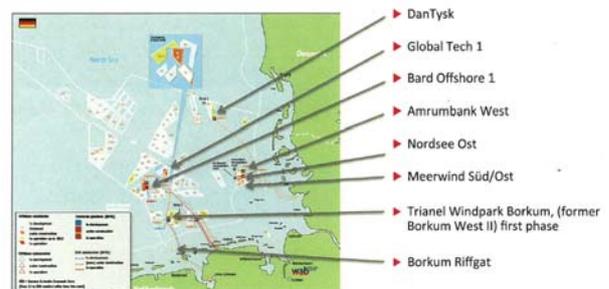


(図表 83) ブレーマーハーフェンの位置

ブレーマーハーフェン市の経済復興は、「サクセス・ストーリー」としてマスコミで報じられている。ブレーマーハーフェンの成功は、経済状況が厳しい北ドイツにおける輝くような実績である。(注 6 、注 7)

ブレーマーハーフェン市政府は、2030 年までにドイツが北海で進める 25GW が、北海全体では 2040 年までに 4,500 基が、ブレーマーハーフェンから出荷可能な市場として見込めるとしている。(図表 84)

Offshore wind farms in the German North Sea under construction



(図表 84) ブレーマーハーフェン市政府が市場対象と想定するドイツが北海で進める洋上風力発電所計画

ブレーマーハーフェンの南部にあるラブラドルハーフェン地域は、1999 年にはまだ出荷用の自動車が多く

野積みされていたが、2012 年の上空写真を見ると、全て取り払われ、風車メーカーの工場が進出しているのがわかる。また北部地域には、トライポッドを保管する場所が整備され、その後方に風車が建っているが、これは市政府が風車メーカーの要望に沿って、新しく開発した風車の実証試験サイトを提供したものである。

また現状では出荷港が狭いため、北海に面した箇所新しい港湾 OTB の建設が進んでいる。また隣のニーダーザクセン州と共同で一体的な開発を計画しており、現在の狭い飛行場は工場用地となり、ジェット機が離発着可能な広い空港が計画されている。(図表 85～88)

Southern fishery harbour, Labradorhafen
1999



(図表 85) 1999 年のラブラドルハーフェン地域の状況

Offshore-wind industry in the south of Bremerhaven in 2012



(図表 86) 2012 年のラブラドルハーフェン地域の状況

Offshore-wind energy in the north of Bremerhaven



(図表 87) 北部地域の状況

Future planning: Base port for offshore-wind industry



(図表 88) 整備が進む OTB とその周辺

こうしたブレーマーハーフェンの努力の結果、大手企業がブレーマーハーフェンに進出した。その誘致努力を現地を訪問し、ヒアリングしたところ、以下の通りであった。すなわち、市政府は、各企業を現地に招き、現場を見せ、希望するインフラ内容を丁寧に聞き取り、希望に沿って開発を実施。たとえば、

- 発電機メーカーは、新しく開発した発電機の実証実験の場所を希望したため、市政府は港湾の周辺に実証実験の土地を提供した。
- AREVA は、工場の拡張計画があり、広い土地を希望したため、ラブラドルハーフェンにあった古い建屋を撤去、地盤沈下対策を施して土地を提供した。
- Weser Wind は、トライポッドを工場から直ちに海に出荷可能な環境を求めたため、市政府は線路を敷設し、出荷港近くの土地を提供した。

ブレーマーハーフェンの後背地には、風車メーカーに対して部品・サービスを供給可能な産業集積が存在していたことも大きな要因である。すなわち、北海に面した一帯は、かつての北米大陸への移民の送り出し港であり、海軍の軍艦 U ボート等の建造補修や造船メーカー等に機械部品、電機、プラスチック、海洋サービス、メンテナンス等を提供していた中小企業の集積が存在していた。それら中小企業が今では洋上風車向け部品・サ

ービスを提供しているのである。

後背地の産業集積が、上記港湾都市の経済活動を支えている。日本でもこうした産業集積が存在する地域では、洋上風力の拠点となり得る。(図表 89、図表 90、図表 91)

同市の経済は、駐留米軍、海運業、造船業、水産加工業の 4 分野に依存していたが、東西統一後、米軍が去り、1980 年代にアジア・東欧が造船業に参入し、2 分野が一気に失われ(造船業では直接雇用 3 千人が失業)、失業率は 5.8%(1980)から 25.6%(2005)へと一気に悪化、人口も 13.4 万人(1985)から 12.1 万人(2005)へと一気に減少した。2001-02 年、市政府のなかに経済復興チームが結成され、同市に造船業があったことで蓄積された施設や人的資源、ノウハウなどを活かし、北海で開発中の洋上風力サイトが 2~300 カイリという地理的好位置にあるとし、同市に洋上風力企業を誘致し、地元の部品メーカーが供給し、風車を加工組み立て、北海の洋上風力開発サイトに向けて出荷するビジネスモデルで復興する計画を策定、EU、州政府、市政府等から資金が拠出された。2008 年以降、新たに直接雇用で洋上風力分野で 3 千人、港湾全体では 1.7 万人が創出され、失業率は 25.6%(2005)から、わずか 4 年後には 15.3%(2009)にまで低下した。2020 年目標に更に 1 万人の雇用創出を予定している。

Companies in the Wind Energy Industry in Bremerhaven



(図表 89) ブレーマーハーフェンが誘致に成功した主要企業



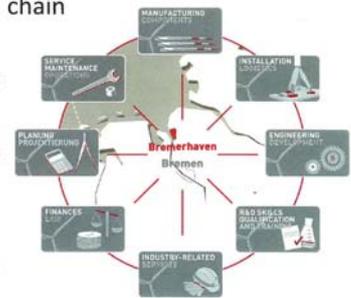
Bremerhaven has a long tradition as a location for service and maintenance. Numerous companies are at site to offer high quality services:

| | | | |
|--|---|--|---|
| | Cranes, e.g. crawler cranes for "alpha ventus" (JB 114) | | Steel engineering and construction, ship sections building |
| | Shipping company with tugs and floating cranes (ENAK) | | Ship building yard for jack-up barges, repair- and equipping of serviceships |
| | Port logistics | | Logistics planners and service providers, e.g. vessel coordinator at "alpha ventus" |
| | Logistics services providers, e.g. for REpower | | Offshore consulting |
| | Cable laying | | Experts bureau/marine surveyor |
| | Cable production and cable laying | | Service and maintenance |
| | Steel engineering and plant construction | | |

(図表 90) ブレーマーハーフェンが誘致に使用していた産業集積の存在を PR する資料

Along the value-added chain

- ▶ The BIS has advanced the development of suitable industrial areas at the sea deep-water for production, logistics and service of offshore wind turbines and the necessary port infrastructure
- ▶ Leading manufacturers of offshore turbines and other components of wind turbines have set up their production facilities in Bremerhaven and operate them successfully
- ▶ No other location has such a strong cluster of offshore wind energy producers and service providers on all levels along the value-added chain as in Bremerhaven



(図表 91) ブレーマーハーフェンが誘致に使用していた産業集積の存在を PR する資料

ブレーマーハーフェン市政府は、企業の活動環境を整備するため、作業員の訓練所 Falck Nutec、ブレーマーハーフェン大学風力エネルギー学科、フラウンホーファー研究所 IWES (Wind Energy and Energy System technology)、世界最大級のローターブレード風洞実験設備 Wind Guard、産業クラスター WAB; Windenergie Agentur Breme を設置した。(図表 92~96)

Offshore-Safety-Training-Centre Bremerhaven Falck-Nutec



(図表 92) 作業員の訓練所 Falck Nutec

Research & development



ForWind
 Division of Wind Energy
 Universities:
 • Oldenburg
 • Hannover
 • Bremen
 Hochschule Bremerhaven
 University of Applied Sciences
 Master Course for Wind Energy
 at the University of Applied
 Sciences Bremerhaven

29



(図表 93) ブレーマーハーフェン大学風力エネルギー学科

Research & development



Deutsche **WindGuard**
 acoustically optimized wind tunnel in Bremerhaven

30



(図表 96) Wind Guard

Research & development



Testing centre for rotorblades in Bremerhaven

Fraunhofer
 Institut
 Windenergie und
 Energiesystemtechnik

28



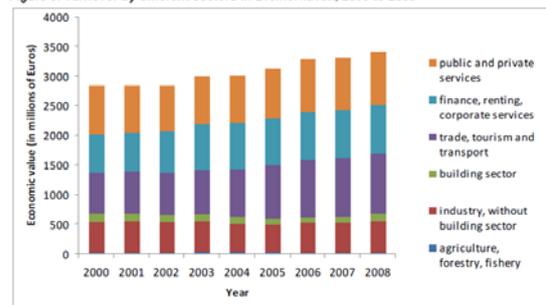
(図表 94) フラウンホーファー研究所 IWES ブレード試験装置



(図表 95) フラウンホーファー研究所 IWES ナセル試験装置

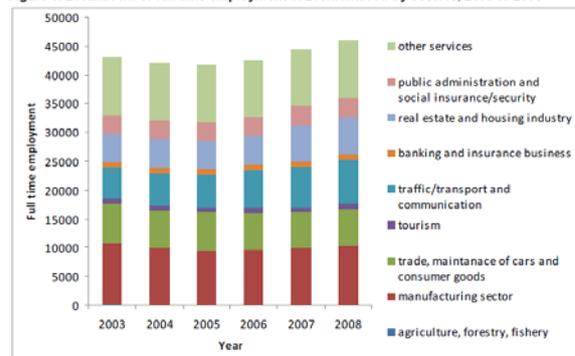
ブレーマーハーフェンにおける以上の取組みの結果、事業所売上高計は継続的に増加し、就業者数は売上高にやや遅れて増加開始した。(図表 97、図表 98)

Figure 3. Turnover by different sectors in Bremerhaven, 2000 to 2008



(図表 97) ブレーマーハーフェンにおける事業所売上高の推移 (出典) Assessment of the status, development and diversification of fisheries-dependent communities, Bremerhaven Case Study Report, European Commission, July 2010

Figure 5. Breakdown of full-time employment in Bremerhaven by sectors, 2003 to 2008



(図表 98) ブレーマーハーフェンにおける就業者数の推移 (出典) Assessment of the status, development and diversification of fisheries-dependent communities, Bremerhaven Case Study Report, European

Commission, July 2010

ブレーマーハーフェン市長 Mr. Melf Grantz による以下の発言（2012年9月）から、復興チームを立ち上げてわずか約10年間で、ここまで実績があがったことに、深い感慨を覚えている様子が伺える。（図表99）

「洋上風力はブレーマーハーフェンにとって決定的に重要な産業である。この地は巨大な市場が生まれる新しい産業の地域である。今やブレーマーハーフェンは、洋上風力分野におけるドイツの中心地としてその名を世間に知らしめている。ここ数年、我々は失業者が顕著に減り、社会保障費や税金を納める労働者が増えていく光景を見た。今年7月、私は Weser Wind's Family Day Event に招待された。そこで誇りをもって仕事をしている人々の姿を見た。スイスのプロノゴス研究所（注：欧州の地方都市経済の将来予測）に調査してもらったところ、我々の将来は複数のシナリオが想定されるが、2040年までに7000～14,000人の新しい雇用が生まれる。」



From left: Bremerhaven's lord mayor Melf Grantz, Jens Böhrnsen (president of the senate and mayor of the Free Hanseatic City of Bremen) and Martin Günthner (minister for economics, labour and ports of the Free Hanseatic City of Bremen)

（図表99）ブレーマーハーフェン市長は左端

9-3 クックスハーフェン Cuxhaven

ニーダーザクセン州 (Niedersachsen, Lower Saxony) クックスハーフェン (Cuxhaven) は人口4.9万人、北海に面する伝統的な港湾都市であり、ドイツ最大の干潟地帯で、ドイツでも自然風景が残された数少ない一帯である。歴史的に、漁業、水産加工業、海運業が盛んであったが、近年は経済危機に至ったため、新たな産業として洋上風力による地域経済の復興を期待し、タービンと土台の製造、組立、メンテナンスの拠点を目標に、専用港湾

の整備、耐荷重性の道路の整備、企業誘致、実証実験場等を進めている。

2003年、州政府は同港湾地区を洋上風力の拠点とする旨を決定し、年間80基の風車の出荷を目標としてEU、州、市、民間合わせて1.25億€の投資を行い、2006年に耐荷重性90t/m²という類を見ないターミナルIが整備され、70m長、600tのガントリークレーンが設置され、大型部材の荷役作業が可能となっている。

最終的に2つのターミナルと4つのバースを整備するため4.5億€を投資する計画である。面するエルベ川は水深13.5m～15.8mを確保可能。整備された港湾には、2007年にCSC社 (Cuxhaven Steel Construction)、2008年にはAMBAU社、STRABAG Offshore wind社が進出。ここから洋上風力市場が拡大するアジアへも出荷を予定している。

AMBAU社は、同港湾で直径の大きいタワーを製造しており、同市を含めドイツ全体で850人を雇用している。CSC社は、同港湾において約120人を雇用し、北海で建設中の80基のBARD Offshore1向けトリパイル式土台を製造し出荷中である。STRABAG社は、同港湾内で重力式の土台の実証実験中である。同重力式土台は2012年にAlbatros1向け出荷が認められた。モノパイル式はFINO3に出荷済み。クックスハーフェンにおける上記中核3社における2010年時点の雇用者数は900人 (AMBAU 200人、CSC 200人、STRABAG 500人)、2014年には1,500人に拡大している。（図表100）



（図表100）クックスハーフェンの拠点港

9-4 エスビアノ Esbjerg

エスビアノは、デンマークにおけるシーメンスの工場から北海に向けて出荷する拠点港である。ブレーマーハーフェンとクックスハーフェンは、複数の企業が共同で使用する拠点港であったが、エスビアノはシーメンスが独占して使用する拠点港である。（図表101～103）



(図表 101) デンマークにおけるシーメンスの製造拠点 Aalborg



(図表 102) デンマークにおけるシーメンスの製造拠点 Engesvang



(出典 103) 北海の洋上風力開発サイトに向けた出荷港 Esbjerg (出典) Robert Nelson(2008), Manager, Siemens Wind Turbine, Shimens Wind Power; Technical Development, 2008.11.05

デンマークにおけるシーメンス(Siemens Wind Power)の活動概要を簡単に説明すると以下のとおりである。先述したように、シーメンスは欧州の洋上風力市場で最大シェアを有しており、ブレードは Aalborg と Engesvang の工場で作られ、北海向け出荷用拠点港エスビアーノ(Esbjerg)やバルト海向け出荷用拠点港グレノー

(Grenaa)の港に運ばれ、北海の洋上風力開発サイトやバルト海のアンホルト(Anholt)洋上風力開発サイトに向けて出荷する。

シーメンス製タービンを使用した大型洋上風力は、欧州最大のロンドン・アレイ(2013年7月運転開始、3.6MW×175基=630MW)、デンマーク最大のアンホルト(2013年9月運転開始、3.6MW×110基=400MW)である。シーメンスは今後、6MW機を Dong Energy・丸紅向けに300基(1,800MW)出荷予定であり、うち英国ウェスタモスト・ラフに35基210MWである。2004年から2011年の間に雇用を800人から7,200人に増加した。

デンマーク第5番目の7万人都市であるデンマークのエスビアーノ市エネルギーメトロポリスを目指すことを目標に掲げている。具体的には同市は、以下のようにエネルギーの産業クラスター及び教育研究の集積地を目指している。

ー産業クラスター; 洋上風力産業界、デンマーク風力産業協会(Danish wind Industry Association)、デンマーク再生可能エネルギー洋上風力センター(Offshore Center Denmark Renewable)

ー教育研究; デンマーク洋上風力アカデミー(Danish Offshore Academy)

デンマークで製造された風力タービンの75%は、エスビアーノ港から出荷されており、エスビアーノ市でエネルギー分野に従事する者は13,500人(洋上風力分野は2,500人)、企業は250社、コンサルタントは1,000人となっている。同市に立地する大企業としては、Maersk,Ramboll,StimwellServices,ABB,Schumberger,COWI,Atkinsがある。

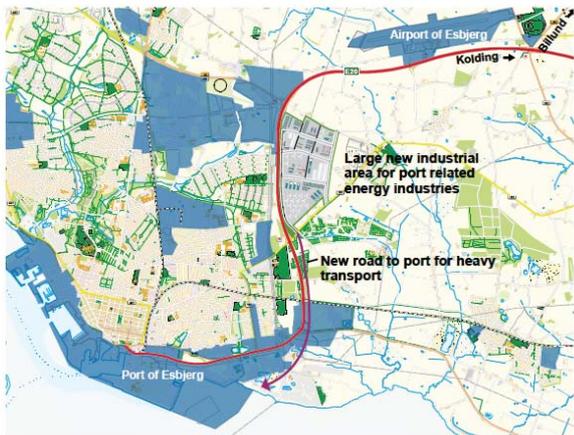
エスビアーノ市から30分圏内でグリーン分野に従事可能な労働者は108,000人、60分圏内では200,000人いると同市は説明している。2つの大学(University of Southern Denmark, Aalborg University and IT Academy West)を含む高等教育機関は5つ設置されており、学生数は5,500人、洋上風力を含むエネルギー分野の高等教育は60コースある。

エスビアーノ市政府は、2020年までに25GWが同港から出荷可能なターゲット市場とみている。(図表 104)



(図表 104) エスビアノ港から出荷可能な対象市場 25GW

エスビアノ市政府は、エスビアノ港の近くに、空港、広大な工場団地、耐荷重性道路、デンマーク最大のヘリポートを整備した。(図表 105)



(図表 105) エスビアノ市政府が整備した空港、工場団地、耐荷重性道路、ヘリポート

また、デンマーク政府の気候エネルギー省 (Ministry of Climate and Energy) は、エスビアノ港から 250km 内に実証実験サイトを 5 ヶ所用意した。(図表 106)

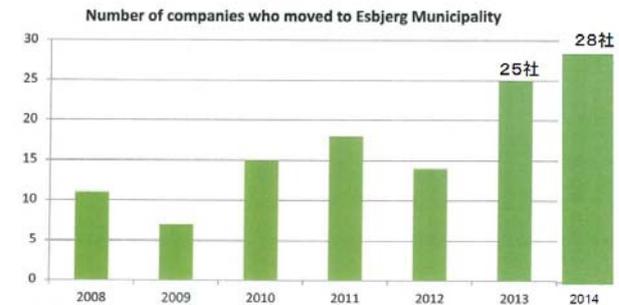


(図表 106) デンマーク政府気候エネルギー省が整備した実証実験サイト

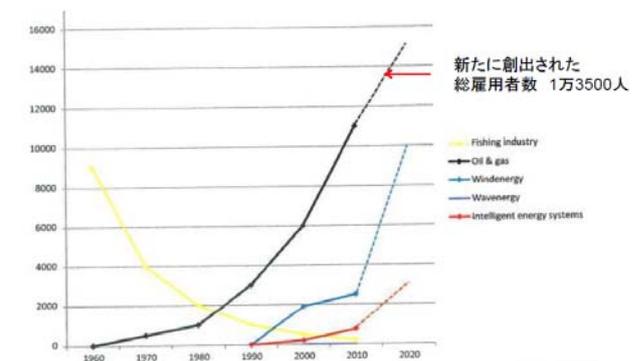
エスビアノ港湾拡張計画は、第一期が 2013 年第 1 四半期に終了し、65 万㎡となった。第二期は、2016 年までに完了し、100 万㎡となる予定である。エスビアノにお

いて、耐荷重性の道路、港湾等に投入されたインフラ投資は、1 億 3500 万ユーロ(2009~2014 年)である。

そうした努力の結果、エスビアノには多くの企業が移転している。また、2010 年までに新たに創出された総雇用者数は 1 万 3500 人に上っている。(以上、エスビアノ市政府へのインタビューから)(図表 107~109)



(図表 107) エスビアノに移転してきた企業数の推移
出典) エスビアノ市政府資料



(図表 108) エスビアノで創出された雇用者数の推移
出典) エスビアノ市政府資料



(図表 109) エスビアノ拠点港の上空からの外観

9-5 グリーンポートハル Green Port Hull

一方、北海に面した英国でも拠点港の整備が進んで

いる。グリーンポートハルもまたシーメンスによる独占的な使用が行われる拠点港である。グリーンポート・ハル港からの出荷対象となる英国洋上風力市場は、当面はドガーバンク Dogger Bank (2016 年運転開始)であり、2 年以内 10GW、2020 年まで 14GW、中長期では 40GW が対象市場となる。

2014 年 3 月 25 日、シーメンス発表は以下のプレス発表を行った。

ー 英国北東部ハル(Hull)地域に £ 1.6 億(1.9 億€)を投入。ABP による港湾整備費 £ 1.5 億を含めると合計 £ 3.1 億を投資。

ー ハル地域では、直接雇用で 1,000 人の新規雇用を創出。建設分野、サービス分野、サプライチェーンなど間接雇用まで含めると更なる雇用が生まれる。

グリーンポートハル拠点港整備については、シーメンスは、6MW 洋上風力タービン(SWT-6.0-154)の加工・組立及びサービス施設を整備する。ABP;Associated British Ports は、£ 1.5 億を投じて拠点港グリーンポート・ハルを整備する。そこで 450 人の新規雇用が生まれる。

シーメンスは、ポール(Paul in East Riding)に新たに 75m のローターブレード工場を建設し、そこで 550 人の新規雇用が生まれる。

シーメンスは、英国内で 13,700 人の新規雇用を生み出し、うちエネルギー部門で 4,000 人としている。(図表 110、図表 111)



(図表 110)グリーンポート・ハル港 出典)シーメンス



(図表 111)シーメンスのローターブレード工場の建設予定地であるポール 出典)シーメンス

10. 実体上の市場分割が進む日本の洋上風力発電市場

我が国では、本格的な洋上風力発電所がまだ 1 ヶ所も稼働していないにも関わらず、将来の巨大市場を目指し、先に市場に参入した者勝ちの論理で、実態上の市場分割が進んでいる。市場分割が進み、寡占状態が形成されつつあるのは、地方自治体による拠点港の分野である。拠点港の開発は、開発のリードタイムが長く、開発費が巨大であり、一旦、生産・出荷を始めると、規模の経済性(スケールメリット)によるコストダウン効果が大きく、後発者がもはや市場に参入できなくなってしまうという特徴を有する。

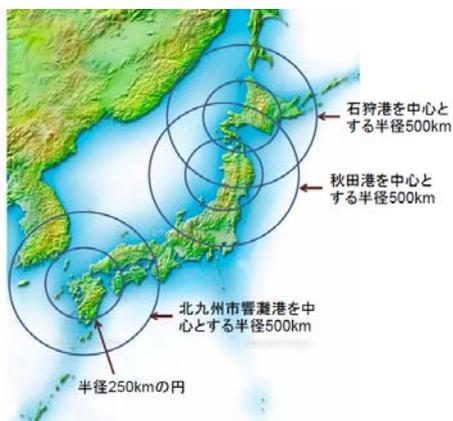
例えば、北九州市が 100 億円を投じて響灘を拠点港として整備し、そこに進出した風車メーカーが響灘海域に 100 基出荷した頃、そこから 200km 離れた地方自治体が 100 億円を投じて響灘と同様の拠点港を作り、そこから風車メーカーが生産・出荷しようとしても、北九州市の拠点港から出荷される機器との間には大きな価格差が生まれている。

以上は、経済学の教科書に書いている経済原理そのものであるが、逆に言えば、地方自治体を作る拠点港の数は、日本の洋上風力市場の需要を満たす程度で丁度良く、もしそれ以上の数の拠点港が出来、供給力が需要を大幅に上回れば、これもまた経済学の教科書に書いているとおり、価格は下がり、ダンピング競争に陥り、双方とも赤字で共倒れしてしまう。

電化製品が、激しい競争のなかで技術革新が進み、価格が下落しても利潤が出るという競争状態とは異なり、地方自治体による拠点港どうしの競争は、一旦、ダンピング競争が始まれば、赤字が積み重なるだけである。

数年前、海に面した地方自治体のかなり多くが、洋上風力発電所設置構想を発表し、そのなかに少なからず、

拠点港の形成も含む構想が存在していたことを知り、将来を懸念していたが、近年、それが顕在化しつつあるように思える。(図表 112)



(図表 112) 北九州市、秋田県及び石狩市の各港湾から洋上風力機器を出荷可能なターゲットとなる市場の範囲

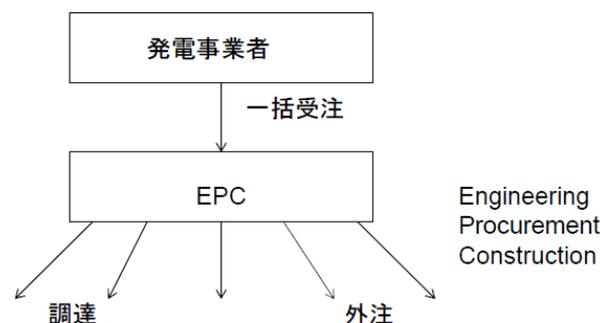
私は石狩湾と秋田港の近さがとても気になる。両港は、いずれ拠点港へと成長していくものと思われる。そのとき両港の関係はどうなるのだろうか。両港の近くで洋上風力発電所の開発計画が目白押しになり、両港とも利益が出るくらい健全な競争が行われるのだろうか。それとも赤字のダンピング競争に陥るのだろうか。それとも片方が他方を圧倒するのだろうか。私はとても気になるのである。

11. 中小企業のビジネスチャンス

地方の中小企業にとって、最も関心が高い「自分の会社にとって何かおいしい話はないか。」という点については、以下の3点が挙げられる。

- 1 自ら発電事業者となること
- 2 発電事業に投資すること
- 3 EPC への納入企業となること(第一次、第二次・・・)

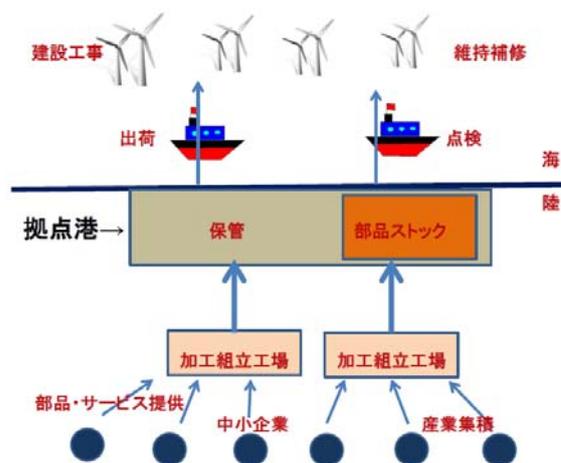
洋上風力発電ビジネスに必要な機材・サービスであって、欧州にはあるが日本にはないものは山のようにある。例えば、陸上にケーブルを揚げる場所付近に設置する制御室で使用する制御システムは、まだ日本にはない。ヘリで作業員を風車まで運ぶというサービスもない。鹿島では小松崎という小さな企業でも大型発電所に乗り出している。デンマークでは、多くの住民が投資した。地方の中小企業にとっては、まさに「おいしい話だらけ」である。(図表 114)



(図表 113) EPC の位置

12. 洋上風力産業拠点港が具備すべき条件

洋上風力産業拠点港には、拠点港で加工組立を行う場合のサプライチェーンの形態(代表例はブレイマーハーフェンのケース)と内陸の工場加工組立を行い、拠点港まで搬送する場合のサプライチェーンの形態(代表例はエスピアノのケース)がある。(図表 115)



(図表 115) エスピアノの拠点港のケース

地方には、将来を期待して港湾を整備したものの、リーマンショック等で目論見が外れ、未利用の土地が残されているところが多い。未利用の土地がある港湾こそ、洋上風力の拠点港として絶好の場所である。だが、未利用の土地さえあれば、どこでも「洋上風力産業拠点港」になれる訳ではない。また、拠点港の条件は満たされていても、拠点港を作り上げるためには地方自治体は様々な事業に取り組まなければならない。それら事業を遂行するためには地方自治体の強力な政治的リーダーシップが必要である。

洋上風力関係者の間では、これまで風車などの機器設備関係の技術開発だけでは洋上風力事業は進まず、

拠点港というインフラがなければ、本格的な洋上風力発電所は出来ないという思いがある。地方自治体が拠点港を整備することは、洋上風力関係者にとって大きな期待となっている。

最近、再生可能エネルギーが地域振興に貢献するという論調をあちこちで散見するようになってきた。だがどうも世論は勘違いをしているように思える。世論では、再生可能エネルギーによる発電所を地元設置することが地域振興に貢献するという論調が多いが、風車や太陽光パネルを設置し運転する「発電事業」による地元の雇用創出効果は微々たるものでしかない。だが、風車や太陽光パネルの部品・サービス供給、加工組立、搬送等の「製造・運輸事業」では、数百人規模で雇用が生まれる。電源を設置することと産業集積拠点を作ることとは、まるで比較にならないほど、その効果に差がある。その事情をよく理解している地方自治体は、早くから産業集積拠点の形成に熱心に取り組んでいる。

ドイツのブレーマーハーフェンやクックスハーフェン、デンマークのエスピアノやグレノー、イギリスのグリーンポートハルなど欧州の先行事例を参考に、「洋上風力の拠点港」として十分に機能するためには、どのような条件を具備しなければならないか、以下に述べてみたい。

(1) 拠点港から出荷可能な範囲内に、一定規模の洋上風力市場が見込まれること。

風車の加工組立メーカーであれ、部品・サービスを供給するサプライヤーであれ、一定規模の市場が見込めなければ設備投資、特に生産ラインへの投資はしない。量産が見込めなければ赤字になるからである。欧州の例では、拠点港から約 200 海里、やや無理をすれば 300 海里程度が出荷可能な範囲であるようだ。例えば北九州市からだ朝鮮半島も出荷可能な市場として視野に入る。300 海里以上遠くになると搬送コストが高くなりすぎて採算に合わないといわれる。また一旦出航しても途中で天候が悪化し引き返さなければならなくなる確率が高くなり、それがまたコスト上昇を招く。

洋上風力発電所が、ある一定規模を有するには、発電した電力を系統に接続し輸送できる環境が必要である。その点を地域別に検討すると、

- ・東京、関西、中部の各電力管内は、多くの発電設備容量を持ち、大きな需要地も抱えているので、変動する再生エネの電力を十分吸収可能であり、太い系統も整備されている。
- ・上記以外の電力管内では、発電設備容量は比較的小さく、需要も小さいので、大消費地まで電力を送り届ける系統が存在する地域が、一定規模の洋上風力発電所サイトの候補地となろう。
- ・北九州市のように独自に地域エネルギー供給会社を

設立し、電力会社に頼らずに独自に電力の地産地消を行うことができる地域。

などの地域でなければ一定規模の洋上風力発電設備を作ることはなかなか難しいだろう。この第一の要件で拠点港となる可能性がある日本の港湾はかなり絞られる。

(2) 「スピード工法」に対応可能な土地の広さ、耐荷重性、水深、岸壁の長さがあること

洋上風力の発電コストは、陸上風力のそれと比べて、建設・維持補修と基礎部の 2 つの要素が主なコスト上昇要因となっている。欧州ではそれらに係るコストを可能な限り低減させるため、「スピード工法」と呼ばれる工法が用いられている。すなわち、基礎、ポール、タービン、ブレードなどを拠点港に積んでおき、工事が始まると複数の部品を船に乗せて出航し、1 回の出航で複数の風車の工事を済ませるものである。部品を 1 つずつ船に積んで港湾と往復していると、工期が長くなって重油や人件費がかさみ、天候が悪化すると工期が延び、下手をすると海が荒れはじめて翌年に繰り越すこともある。欧州の金融機関では、洋上風力プロジェクトの最大リスクは「工期の遅延」だとされている。金融機関から資金提供を受けるためにも、工期リスクは可能な限り低減させる必要がある。

「スピード工法」に対応するためには、風車の部品を大量に船付き場に積んでおくことになる。そのため、重い部品であっても地盤が崩れない耐荷重性のある「Heavy Load Platform」でなければならない。ブレーマーハーフェンでは 50 トン/m²、クックスハーフェンでは 90 トン/m²である。一方、日本の一般的な港湾では 3 トン/m²程度であるから、そのままでは重いタービンを乗せたときに岸壁が崩れてしまう。拠点港を整備する上で、最も大きな投資が必要なのが、港湾の耐荷重性を上げる土地改良工事である。

また「スピード工法」で一気に積み出すための部品を積んでおくためには「広い」土地が必要になる。ドイツのクックスハーフェンやブレーマーハーフェン、デンマークのエスピアノなどの上空写真を見て頂くと、その広さをご理解できよう。

船が接岸する埠頭の水深と長さは、ブレーマーハーフェンでは水深 10~12m、長さ 500~900m、クックスハーフェンでは水深 13~15m程度である。

以上、土地の「広さ」、耐荷重性、岸壁の水深と長さという第二の要件で、日本の拠点港の候補地は更に絞られることとなろう。

(3) 部品・サービスが供給可能な中小企業の産業集積が後背地に立地すること

ブレーマーハーフェンは戦前、北米大陸への移民の送り出し港であり、戦時中はUボートなどドイツ海軍の艦

船の建造補修が行われ、戦後は造船所が並んでいた。ところが、1990年代、東欧とアジア諸国が低価格の造船建造に乗り出したため、造船所は一斉に閉鎖された。だが、ブレーマーハーフェン港に部品・サービスを供給していた、ウエザー川周辺に長い時間をかけて集積した中小企業の産業集積は健在であった。それら産業集積があったからこそ、ブレーマーハーフェンは洋上風力産業の拠点港として機能することが可能であった。

なおデンマークのエスピアノは、拠点港の構造が若干異なっている。ブレーマーハーフェンでは、風車の加工組立を行う工場が港湾内に立地しているが、エスピアノでは、内陸の加工組立工場からエスピアノ港まで巨大な部品を搬送している。そのため必然的に、道路は広くかつ耐荷重性が要求される。

洋上風車での作業は危険を伴うため、作業員の訓練所及び緊急救命のためのヘリコプター又は救命艇が必要である。ブレーマーハーフェンでは、Falck Nutecが作業員の訓練を行っており、ウエザー川の河口付近に緊急ヘリが待機している。我が国では、作業員の訓練所が1ヶ所あれば、全国が共同で使用することも可能だが、緊急時のヘリ又は救命艇は、拠点港ごとに設置が必要であろう。

(4) その他

ブレーマーハーフェンでは、以上に加え、企業の期待に応じて以下のような施設を具備している。

- ・風車の実証実験場
- ・洋上風力に関する研究機関

フラウンホーファー研究所は、100mまで対応可能なブレードの試験設備を備え、2014年には10MWまで対応可能なタービンの試験設備を備える。ドイツ・ウィンドガードは、世界最大級の洋上風車用風洞実験設備を備えている。

・ブレーマーハーフェン工科大学に世界で初めて風力エネルギー学科を設置した。

(5) 地方自治体の役割

洋上風力の拠点港を作るのは地方自治体である。産業界や国が動いてくれるだろうという淡い期待をしているだけでは物事は何も進まない。地方自治体が拠点港を作りたいのなら、実施すべき主な内容は以下の2点と言える。

- a; 海域をゾーニングし、発電事業者を募集すること。

地方自治体が、自分の海に発電事業者が来て欲しい、と漠然とした期待を持っていても事業者は来ない。地方自治体が自ら海域のステークホルダーと利用調整を行ってゾーニングを行い、発電事業者を公募することで、初めて事業者が手を上げてくる。

- b; 土地を用意すること。

地方自治体が工場団地を整備し、企業を募集しなければ工場が来ないのと同様である。地方自治体は、港湾内の土地を、拠点港として使用できるように整備し、また、内陸の工場から港に搬送する場合は、「導線ロジスティックス」を確保することである。

13. 洋上風力産業拠点振興のために必要なゾーニング・ルール

我が国において約20GWの洋上風力発電市場が必要だという意見を様々な方々から伺う。その根拠は以下のとおりである。すなわち欧州の事例を見ればわかるように、洋上風力発電が産業として成り立つためには、地方政府は洋上風力の拠点港として耐荷重性のあるHeavy Load Platformを整備しなければならない。またメーカーは一旦生産ラインを作れば、ある程度の量産規模がなければ採算がとれない。SEP船(Self Elevating Platform、自己昇降式作業台船)を建造するにしても借りてくるにしても、ある程度の仕事量がなければ採算がとれない。洋上風力発電機の寿命は約20年なので、毎年約1GWの市場が生まれれば、20GWの市場は20年で一巡し、21年目からはリプレース市場が生まれるため、継続的な生産活動や事業活動が可能となる、ということである。20GWという数字の根拠については、今後正確な議論を待たないといけませんが、少なくとも、ある一定程度の市場規模が見通せなければ、地方政府も民間企業も巨額の投資にはなかなか踏み出せないことは確かであろう。

2014年3月に洋上風力に関するFIT価格(Feed-in Tariff price、固定買取価格)が発表されてから、全国各地で弾みがついたのか、海に面している都道府県のなかで、何らかの洋上風力開発計画を持っている都道府県の方が、そうでない都道府県の数を上回るほどになっている。だが、それらプロジェクトをよく見れば、設置場所は大部分が港湾区域内である。港湾区域内であれば、国交省港湾局が定めたガイドラインに従って港湾管理者が海面の利用調整を行い、洋上風力発電所の設置エリアを確保することが比較的容易である。すなわち、ゾーニング・ルールが既に確立しているのである。だが、港湾区域内だけでは、洋上風力発電の市場規模は多く見積もっても数GW程度しかない。我が国で、洋上風力発電産業を本格的に離陸させるためには、どうしても港湾区域外の領海及びEEZ(Exclusive Economic Zone、排他的経済水域)において、港湾区域内よりも1桁多い市場規模を確保することが必要である。またEEZは、海岸から12海里(約22km)から200海里(約370km)までの海域であり、沿岸に良好な風が吹いておらず、多少沖合に出て浮体式を建設しようとするれば、簡単に

EEZ 内に入ってしまう。ところが EEZ は、海洋法上、領海とは異なった国際法のルールが支配しており、EEZ には特別なゾーニング・ルールが必要となる。

洋上風力発電プロジェクトは、数十億～数百億円を投資する巨大プロジェクトであり、もしゾーニング・ルールがない無法状態であれば、リスクが大きく、民間の発電事業者は、怖くて投資する気になれないかもしれない。特に、日本では本格的な洋上風力発電所はまだ存在しないことから、初期に洋上風力発電プロジェクトを手がける企業は、これまでほとんど体験がない企業であろう。そうした企業に対し、全て自己リスクで港湾区域外の領海又は EEZ に進出せよ、というのは余りに酷ではないだろうか。

現在、洋上風力分野において活発な投資が行われている欧州の例を見ても、例えば FIT 価格のような発電事業者が収益をあげる仕組みやステークホルダーとの利害調整をスムーズに進めるゾーニング・ルールの導入などの関連制度や電力系統などが整備されるに従い、一気に投資に弾みがついた。いまの欧州における盛んな投資の背景の 1 つに、ゾーニング・ルールの存在があることには誰も異論はないであろう。

日本の風力分野の技術レベルは、これまで長く欧米に比べて著しく遅れていた。その理由は、日本国内に大きな市場がなかったからである。工業製品は、売れなければ技術的進歩はない。今、国内のある地域の一部で公費による洋上風力分野の技術開発が行われているが、このような状態が今後とも長く続くことはなかなか考えられない。企業の技術力を高めるためにこそ、市場を創出する必要がある。

日本において洋上風力を発展させるためには、整備すべき「制度」のなかで、FIT 価格とゾーニング・ルールの 2 点が最も重要であることは関係者の間で早くから認識されていた。既に FIT 価格は導入されたので、残るはゾーニング・ルールだけとなった。(洋上風力を発展させるためには、この 2 点以外にも電力系統整備、周波数変動対策、需要管理、需要予測など多くの課題があるが、これらはむしろ技術開発や整備などの問題であり、「制度」の問題からは少し離れる。)

欧州の代表的なゾーニング・ルールの概要をまとめると以下のとおりである。英国、ドイツ、ベルギーいずれの国も、国がステークホルダーがいなくても確認し、又は国がステークホルダーと利用調整を終えた海域を洋上風車向けに開放している。

英国：海洋空間計画は国の機関である Crown Estate が策定。海底の土地は Crown Estate が所有する不動産であるとし、土地の上部(海中、空中)及び下部(地中)の使用権を与えるリース契約を締結する形態を取っている。このため洋上風車向けに開放していない海域で

はリース契約は結ばれず、了解なく風車を設置すれば Crown Estate に対する権利侵害となる。

ドイツ：海洋空間計画は連邦政府 BSH(Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Federal Maritime and Hydrographic Agency) が策定。Maritime Facilities Ordinance 第 5 条において、海洋環境に脅威を与えないこと、船舶の安全に脅威を与えないこと、国防の安全に脅威を与えないこと、海洋空間計画など他の法令を遵守していること、以上 4 条件を満たすことを確認したうえで許可 (approval) を与える。(図表 116)

ベルギー：海洋空間計画は環境省が策定。領海では洋上風車の設置許可を与えないため、EEZ のみを対象。EEZ において管理・保護が適切に成されていることを確認したうえで許可を与える。洋上風車向けに開放した海域のみで許可を与え、それ以外の海域では許可を与えず。

以上からすれば、私は日本が導入するに相応しいゾーニング・ルールに最も近い形は、ドイツではないかと思っている。すなわち、洋上風車の設置許可は、海洋空間計画を遵守しているのみならず、環境アセスメント、建築基準法、電気事業法、基準認証などさまざまな必要な条件を全てクリアしていることを最終確認する機会として用いられるという考え方が、日本では比較的受け入れられやすいのではないだろうか。



| No. | x-coordinate | y-coordinate | No. | x-coordinate | y-coordinate |
|-----|--------------|---------------|-----|--------------|----------------|
| 1 | 6°04'17.04"E | 54°04'09.13"N | 4 | 6°55'60.00"E | 54°05'54.01 "N |
| 2 | 6°06'24.97"E | 54°00'59.97"N | 5 | 6°11'12.11"E | 54°30'18.71 "N |
| 3 | 6°17'53.39"E | 54°00'59.21"N | 6 | 6°23'18.13"E | 54°22'31.19 "N |
| 4 | 6°17'40.54"E | 54°05'12.32"N | 7 | 6°26'25.92"E | 54°33'19.51 "N |
| 5 | 6°24'27.73"E | 54°05'31.04"N | 8 | 6°22'20.42"E | 54°34'42.66 "N |
| 6 | 6°24'53.08"E | 53°58'12.51"N | 9 | 7°38'15.61"E | 54°32'12.01 "N |
| 7 | 6°29'24.00"E | 53°54'53.00"N | 20 | 7°38'15.61"E | 54°30'13.79 "N |
| 8 | 6°30'49.57"E | 53°54'53.00"N | 21 | 7°38'26.02"E | 54°28'14.99 "N |
| 9 | 6°37'36.00"E | 53°55'50.75"N | 22 | 7°38'28.68"E | 54°20'48.12 "N |
| 10 | 6°37'36.00"E | 54°05'40.61"N | 23 | 7°46'02.06"E | 54°23'07.2 "N |
| 11 | 6°44'24.00"E | 54°05'45.56"N | 24 | 7°45'06.81"E | 54°30'13.8 "N |
| 12 | 6°44'24.00"E | 53°55'48.70"N | 25 | 7°46'22.19"E | 54°30'13.7 "N |
| 13 | 6°55'60.00"E | 53°58'27.49"N | 26 | 7°46'22.19"E | 54°32'12.0 "N |

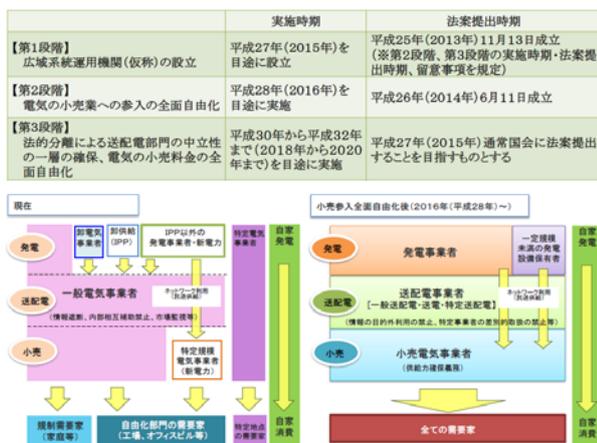
(図表 116) 北海におけるドイツ政府による洋上風力発電サイトのゾーニング 出典)ドイツ政府

デンマーク・コペンハーゲンの Mittelgrundten 洋上風力発電所の開発に従事した Dr. Jens Larsen 氏は私に向かって「まず最初を作るのはマップだ。」「最初から詳細なマップを目指したらいつになっても出来ない。まず荒いマップでいいのでとにかく作ることが大切だ。そして議論を積み重ね、詳しいマップにしていくことが重要だ。」と強調した(岩本(2012))。

14. 洋上風力への進出を促す電力市場改革

電力システムとは、発電所で電力を発電し、送電、配電を介して、消費者に電力を届けるという一連のシステムのことである。

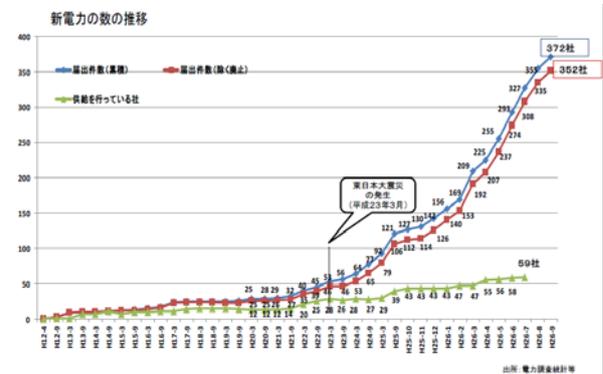
いま我が国では、電力の自由化と呼ばれる電力システム改革が進んでいる。その内容は、広域潮流制御、発送電分離、小売自由化の3点である。それら一連の改革によって、新しい発電事業者の参入や再生エネの拡大といった供給構造の多様化、電力系統の増設や変動する再生エネを組み込んだ全系統の潮流制御といった送電事業者の役割の増大、消費者の選択肢の多様化といった小売事業者による競争が実施される。すなわち、これまでの安定的でほとんど変化のない市場構造から競争的市場への転換であり、その巨大な市場を目指して早期の新規参入者にチャンスがあるして多くの事業者が参入しようとしている。(図表 117)



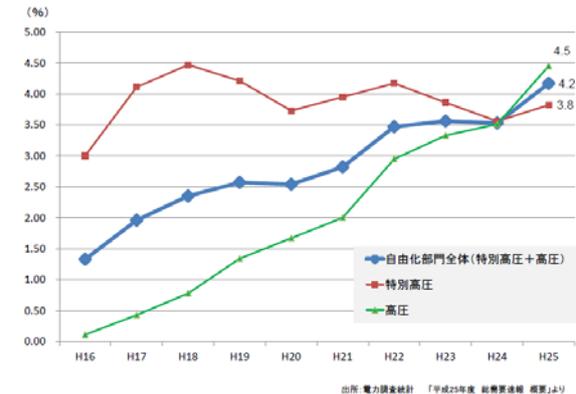
(図表 117) 電力市場改革の概要 出典)資源エネルギー庁

これまで既に新電力とよられる呼ばれる事業者者に電力市場は開放されており、総電力量の4%程度を供給するまでに至っている。だが、今回の電力市場改革では、

発電、送電、小売りを全て分離するもので、電力市場16兆円のうち7.5兆円が自由化される。こうした電力市場の自由化も、洋上風力発電分野に新しい事業者が相次いで参入している背景といえる。(図表 118、図表 119、図表 120)



(図表 118) 新電力の数の推移



(図表 119) 新電力の販売電力シェア



(図表 120) 今回開放される電力市場分野

15. さいごに

私は、洋上風力自体が優しさと美しさを内包していると感じている。核分裂、再処理、放射性廃棄物処理のような難解な技術とは異なり、人間がコントロール可能な古典的物理技術である。例えば、羽根は、風の運動エネルギーを回転エネルギーに変換す

る空力学、発電機は、回転エネルギーを電気エネルギーに変換する電気工学、ポール・土台は、回転モーメントに対する耐久性としての建築土木工学である。要は、川の流れの中に水車を入れて発電することと、ほぼ同じ原理である。また、日本のような凹凸のある陸上では、風は乱れて乱流となり、風向きが常に変化し、風力にも強弱の波がある。風車は、構造上、一定方向に連続的に吹くのなら、強力な風であっても容易に耐えるが、乱流、風向きの急な変更、風の強弱には、とても弱い。金属疲労が進行しやすく、寿命 20 年もたないことが多い。だが洋上では風の方向と強さがほぼ一定であるため、設備利用率は陸上風力の約 2 倍、かつ風車の寿命が長い。機械を長く大切に扱う日本人にとって相性がよく、機械にも優しい。かつ、真っ青な海と空を背景に舞う白鳥のような美しさがある。人工的構築物が人類に長く受け入れられるためには、美しくなければならない。洋上風力は、その美しさを具備している。

洋上風力は、3.11 の一連の出来事がなければ、未だに表舞台に立つこともなかっただろう。わずか数年前まで、日本で洋上風力に耳を傾ける人は極めて少なかった。ところが今では一般ビジネスマンでもかなり詳しい知識を持っている。ここ数年の大きな変化にただ驚くばかりである。こうした宿命を負って日本の表舞台に立つことになった洋上風力だからこそ、孫の世代にも自慢できる技術立国日本の持続的な発展のシンボルであって欲しい、広く人々から愛され大切に育てられる存在であって欲しいと願うものである。

バイエルン州政府日本代表クリスティアン・ゲルティンガー氏へのインタビューによれば「自分の知る限り、FIT による電力料金上昇に産業界は反対しなかった。むしろ新しい市場が生まれるので、支払う電気代以上を取り返せと意気揚々だった。」と伺った。日本では、FIT は電力価格を上昇させ、製造業の競争力を削ぐという論調をよく見かけるが、ドイツの産業界は新しい市場が生まれることのほうを歓迎したようだ。それがまたドイツの電機分野の産業競争力を伸ばし、「独り勝ちのドイツ」と言われるほど強固な産業基盤を作っていたのだろう。かつて日本でもオイルショックで石油価格が上昇したが、産業界は果敢にチャレンジし、産業競争力を高めたことがあった。ピンチをチャンスに変えることは、日本のお家芸ではなかったのだろうか。かつての日本人の精神はいまドイツで生きていくと感じた。

本稿の誤りは全て筆者に帰す。意見に属する部分は私見である。

注釈

(注1) ドイツでは 2011~2012 年頃にかけて次のような問題が発生した。TenneT は、北海でのグリッド建設について、当面、5.5GW 分の投資 6B€ をコミットしていたが、多くのプロジェクトが目白押しで、資金調達、人材配置等が間に合わず、風車が建設されてもグリッドへの接続契約を拒否する事態が発生していた。一方、発電事業者 RWE, EnBW, Dong Energy 社は風車を建設してもグリッドに接続できないため稼働出来ず、多額の損失が発生、下請け数社が倒産し、風車建設が停滞していた。一方、バルチック海でグリッドを建設している 50Hertz 社には、プロジェクトが少ないこともあり、そうした問題は発生していなかった。

そうした事態を解決するため、政府は、2012 年 12 月、Third Act Revising the Legislation Governing the Energy Sector を成立させ、Federal Network Agency ; BNetzA は 2013 年 3 月、Offshore Grid Development Plan 2013 の第一次案を公表した。今後、数度のコンサルテーションプロセスを通じて 2013 年末に決定した。

同プランは、向こう 10 年間の洋上グリッド建設計画を定めたもので、毎年更新する。その後、送電会社は、風車の建設工程に合わせる必要はなくなり、代わって同プランに従って建設する義務が発生する。

同プランには、グリッドの容量と時期、グリッドのスタート地点と終了地点が記されている。以下の整備に必要な投資総額は 22B€ である。

- ・北海 ; 5.4WG に対応するため、1,720km の DC グリッド接続システム

- (1,125km HVDC ライン、595km AC コネクター)

- ・バルト海 ; 1.0GW に対応するため、430km の AC グリッド接続システム

- (370km AC ライン、60km AC コネクター)

もし発電事業者が、同プランに合わせて風車を建設したものの、送電会社の工事の遅れにより、本来グリッドに接続する予定だった日に間に合わなかった場合、送電会社は発電会社に対して、接続予定日の 11 日目以降、FIT 価格の 90% に相当する違約金を払わなければならない。

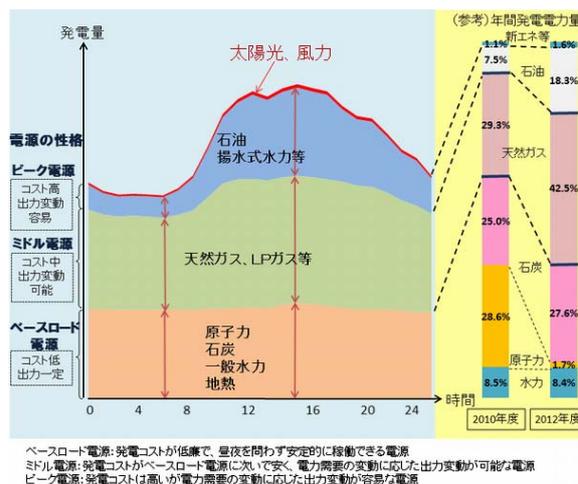
同プランにより、ドイツ開発銀行 KfW による融資に急速な期待が高まっているが、同プランが自動的に送電会社が必要な資金調達を保障する訳ではなく、TenneT 社の Mr. Lex Hartmant 氏は、北海で目白押しのプロジェクトに 1 社だけで対応するのは困難であり、同プランを契機に新規参入を期待すると

声明を発表した。また発電事業者 RWE, EnBW, Dong Energy 社は、洋上風力発電の事業化のためには、技術的安全性、金融面の安定性、法的安定性の3点が必要とのコメントを発表した。

(注2) 安田陽(2015)によれば、日本で流布している通説は、

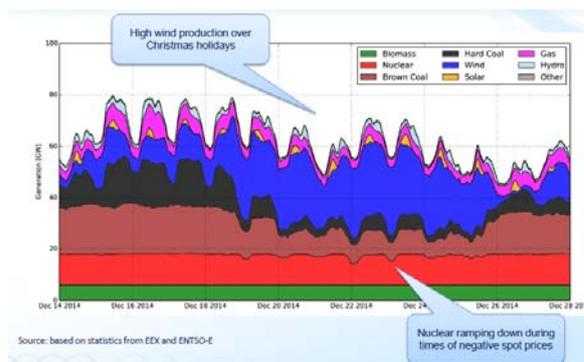
- ・再エネといえば太陽光発電。
 - ・再エネがたくさん入ると大停電が発生する。再エネ導入に技術的課題は多い。
 - ・再エネを導入できる量は限られていて、日本はもうそろそろ限界に近い
 - ・再エネの変動を押さえるには蓄電池が必要。
 - ・再エネはコストが高くてたくさん入ると経済成長に悪影響を及ぼす。
- などが挙げられる。しかし同氏が海外の研究者や実務者と議論をしたり海外文献を調査する限りでは、
- ・近年最も導入が進んでいる再エネは風力発電。
 - ・再エネを大量に電力システムに接続するための技術的問題はほとんど解決可能。
 - ・世界中で再エネ導入するための技術的上限を定めている国は日本以外にはほとんど見られない。
 - ・再エネの変動性を管理するのに蓄電池は最初の選択肢とはならない。
 - ・再エネのおかげで経済が活況で、電力システムに対する投資も進んでいる。
- という言説のほうがむしろ多く聞かれるとしている。

(注3) 「日本の常識は世界の非常識」の事例を1つ紹介しよう。日本では、まず常にフル出力で運転するベースロード電源があり、その上に、多少の出力調整を行うミドル電源があり、その上に、きめ細かく受給調整する小型火力、揚水式水力等がある。更にその上に出力変動の大きい再生エネを乗せようとする、再生エネはほとんど入らない、という議論がなされている。(図表121)



(図表121) 日本で行われている潮流制御

だが、いま欧州で行われている電力の受給調整は、まず出力変動の大きい再生エネをフルに組み込み、残りの全ての電源と再生エネの全ての電源をもって出力調整している。こうした潮流制御をすると、図からわかるように、再生エネは、4割、5割、6割は簡単に入ってしまう。すなわち、日本と欧州とは電力の潮流制御の方法自体に対する思想の違いがある。これは単に思想の違いだけであって、欧州のような制御方法を採用すれば日本も再生エネを大きく組み入れることが可能になる。要はそういった制御方法をやるかやらないかだけの違いなのである。なのに、日本ではそもそも出力変動の大きい再生エネは電力網に組み入れられないという議論がまかりとおっているが、これは技術論的に間違っている。(図表122)



(図表122) 欧州で行われている潮流制御

ただ現時点では、欧州では各国の電力網が接続しているため、欧州全体で潮流制御しやすいが、一方、日本では各電力会社の管内でしか潮流制御できないため、欧州のような制御の仕方は、欧州に比べれば難かったといえる。だが、今後、我が国で電力市場が自由化され、日本列島全体で潮流制御が可能になると、もはや日本の特殊事情ではなくなり、本当に思想の違いだけにな

る。

コスト上の問題を議論するなら、欧州的な制御の方が、発電コストの安い火力を長時間切断することになるので、全体の電力価格は上昇する。だからこそ、電力制御において、一体何を最優先するのかという思想の違いだけになってくる。

(注 4) 発電事業者は、なかなか発電原価を公表しないが、あるとき、雑誌「WAB Newsletter NO.4 July 2014」を読んでいたとき、Mr. Klaus Horstick, the managing director of Trianel Windkraftwerk Borkum へのインタビュー記事のなかで、同氏がぼろっと数字を言った。それでいまの欧州のおおまかな発電原価を知ることができた。

すなわち同社が北海にて運転開始した Borum West I (5MW×40基=200MW)の総投資額が18億ユーロと説明していたのである。すると以下の通り発電原価が計算できる。

○ 単位投資額

1基当たり 18億ユーロ÷40基=4500万ユーロ=58.5億円 58.5億円÷50MW=11.7万円/kW

○ 発電原価

年間維持管理費 1.5万円/kW(出典;洋上風力の調達価格のかかる研究会報告書 欧州の調査結果)とすると、10年又は20年で投資を回収すると想定(2ケース)する。稼働率は30%とする。

$(11.7万円 + 1.5万円 \times 10年) \div (24h \times 365日 \times 10年 \times 0.3) = 10.1円/kWh$

$(11.7万円 + 1.5万円 \times 20年) \div (24h \times 365日 \times 20年 \times 0.3) = 7.9円/kWh$

となり、ほぼ10円を切る当たりであることがわかった。欧州のように既に2500基も洋上に設置するくらい規模の経済性が進めばここまで安くなるということがわかった。

日本において原子力の発電原価が安い背景には、国内に45基の原発が稼働するまで規模の経済性が進んだことも一因といえる。風力に関しても、原子力と同規模の国家予算が投入されて技術開発が行われ、かつ欧州程度まで規模の経済性が進めば、原子力を十分下回る発電原価となることも予想される。

(注5)2012年05月28日版の日経ビジネス Digitalによれば(抜粋)、「浮体式洋上風力」は第2の自動車産業であり、産業の裾野広い点を強調している。すなわち、陸上の風力発電設備の製造に必要な部品点数は、約2万点と言われる。これは、ガソリン自動車の約3万点、電気自動車(EV)の約1万点に匹敵する。洋上になれば、さらに部品点数は増える。各国政府が洋上風力に力を入れるのは、風力や太陽光発電の陸上での立地に限

界が見え始めたなか、残された再生可能エネルギーのフロンティアとしての期待とともに、部品や素材など、裾野に幅広い産業を生み出すことを期待している。

(注 6) 例えば、以下のような報道がある。冒頭部分のみ抜粋した。

Boomtown Bremerhaven: The Offshore Wind Industry Success Story

By Elize de Vries, Wind Technology Correspondent

2009/03/13 | 3 Comments

Formerly a region of high-unemployment, the German port of Bremerhaven has experienced a remarkable economic upturn, transforming into a major offshore wind power know-how centre and more.

(注 7) ブレーマーハーフェンの経済復興面からとらえた分析は、岩本晃一(2015a)参照。

(注 8) 最近、欧州において洋上風力の現場で作業する作業員のHSE(Health, Safety and Environment、労働安全、衛生及び環境)に関する検討が着実に進んでいる。これまでイケイケドンドンで開発を進めてきた洋上風力分野であるが、次第に成熟した段階に入りつつあることを示しているものと思われる。

事故に関するデータなども積極的に公表しはじめたことは、洋上風力を国民社会のなかに広く浸透させ、長期的に持続可能な産業として、国民的コンセンサスの形成を狙い始めたものと思われる。欧州の背中を追いかける日本としては、こうした欧州の動向を常に把握し、少しでもキャッチアップできるようにと願っている。

本稿は、欧州のこうした調査、分析、提言等に関する最近の動向を簡単にとりまとめ、紹介するものである。詳しい内容に興味がある方は、原本に当たられたい。

(1) 洋上風力発電所の事故及び対策の特徴

陸上風力であれば、事故があった場合、設備から陸上に逃げ、陸上で暫く待機しておくことが可能であり、連絡すれば消防車と救急車が駆けつけてくれる。そのため例えば、出火事故の場合、ある程度の時間、作業員自ら消火活動を実施することができる。

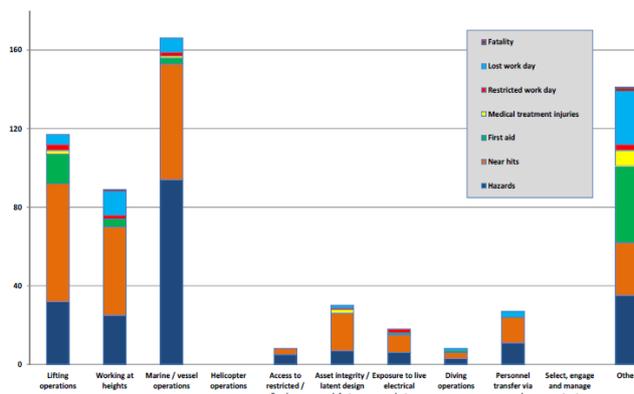
だが洋上風力の場合、海に逃げる他ないため、作業員は救出されるまでの間、海でのサバイバルが必要である。また消防車や救急車が助けに来てくれることは期待できないため、作業員を救出し搬送するための特別な対策が必要である。このため例えば出火事故の場合、初期消火で消せなかった場合は、直ちに脱出するなど陸上風力の場合とは異なる対応が必要である。

また個々の下請け工事業者が、バラバラに自社の作業員のみを救出搬送を実施したとすれば極めて非効率でコスト高となるため、事故全体を把握し、かつ各所に

指示を出す中央指令所のような部署を設置しておくことが必要である。その中央指令所が事故に備えて、工事期間中、スタンバイ・ボート、緊急救命艇、緊急救命ヘリ、緊急搬送先の病院などを一括して確保しておく必要がある。私が昨年に調査訪問したブレーマーハーフェンでは、ドイツの北海の洋上風力サイトのいずれの場所にも 1 時間以内で到着できる緊急ヘリが用意されていた。また民間企業 Falck Nutec が危険な作業に従事する作業員の訓練を民間ビジネスとして実施していた。

(2) 欧州における事故の特徴

Centrica Energy, Dong Energy, e-on, RWE, Scottish Power Renewables, SSE, Starkraft, Statoil, VATTENFALL の 9 社は、G9 Offshore Wind Health and Safety Association を結成し、今年初めてレポート「2013 Annual Incident Data Report」を公表した。9 社 35 サイトにおける HSE の状況に関するデータを公表したもので、同協会の Benj Sykes 会長 (Dong Energy Wind Power) は、同レポートの冒頭で「HSE に関するデータを公表するのは、我々の責任である」と述べている。今後とも毎年、HSE 統計を公表するとともに公表内容を改良するとしている。(図表 123、図表 124)



(図表 123) 2011-12 年に 9 社 35 サイトで発生した事故の場所

出典) G9 Offshore Wind Health and Safety Association

| | |
|-----|----------------------------|
| 0 | fatalities |
| 66 | lost work days |
| 12 | restricted work day |
| 30 | medical treatment injuries |
| 61 | first aid |
| 345 | near hits |
| 102 | hazards |
| 616 | reported incidents |

(図表 124) 2013 年に 9 社 35 サイトで発生した事故の

件数

出典) G9 Offshore Wind Health and Safety Association
注釈)

fatalities: 死亡事故、ただし事故発生後、一定時間が経過した後に事故を直接原因として死亡した場合を含む。

lost work days: 業務上の負傷事故により日にちを休むこととなった場合、ただし休む日は、労働日のみでなく、週末、祝日、休暇日などを含む。

restricted work day: 日にちを休むまでではないが業務上の負傷事故により労働時間内をフルに働けなかった場合

medical treatment injuries: 労働を休み、治療することとなった負傷事故を負った場合

first aider: 労働を休んだり、長期の治療には至らなかったが、first aider、医師、看護師により治療を受けた場合

near hits: 業務上の事故に分類される場合

hazards: 事故になりそうだった場合

同レポートから、欧州の 9 社 35 サイトにおいては、2013 年に死亡に至った事故は発生していないものの、欠勤せざるを得なくなった負傷事故は 66 件ある。最も事故が起きやすい工程は、船を動かしているときと風車を吊り上げているときである。大きくて重い物体が動いているときに事故が起きやすいものと推察される。

Camilla K Tveiten.et.¹⁾ の分析によれば、洋上風力発電所において発生確率が高い事故原因として、以下を挙げている。

- ・建設時の羽根や建築物の落下によるダメージ
- ・火災
- ・動いているクレーンやリフトが設備に与えるダメージ
- ・海への転落
- ・挟まれ事故
- ・衝突
- ・ケーブルの配線ミスや裸ケーブル

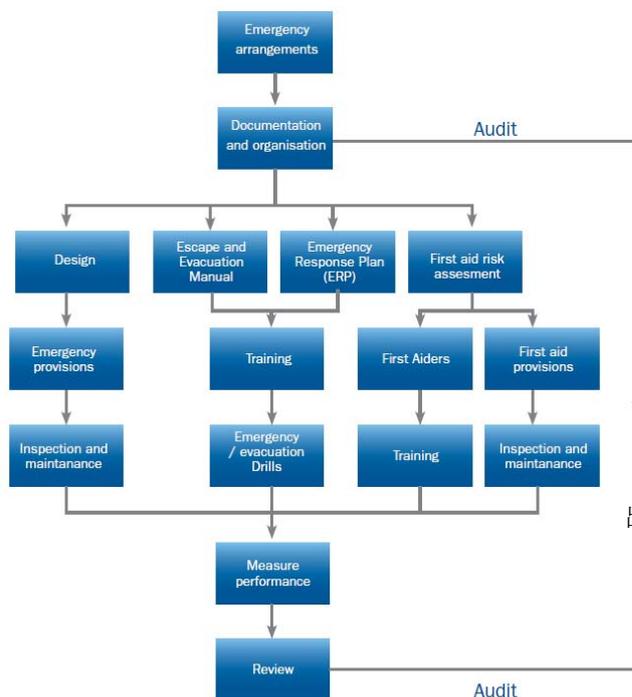
(3) 事故への対応策

2013 年 12 月、EWEA は、洋上風力で働く作業員のための安全ガイドライン「Working the wind safety, Guidelines on emergency arrangements including first aid」を発表した。そのレポートのなかには、以下の内容が盛り込まれている。(図表 125~128))

- ・機器の設計段階で作業員の安全を考慮した設計とすること。
- ・危機に対応した組織及び関係文書「脱出及び避難マニュアル」を作ること。
- ・「危機対応計画」(Emergency Response Plan, ERP)を策定すること。洋上風力発電所サイトで使用される船舶

は、国際海事機関 (International Maritime Organization, IMO) の規定に従った「緊急時対応計画」を持っておくこと。

- ・作業員に訓練をさせること。特に、緊急時に使用する船舶及びヘリコプターを用いた訓練を推奨する。
- ・危機時に対処するための機材設備、例えば消火設備、First Aid、避難設備、担架などを備えておくこと。
- ・リスクアセスメントを実施すること。
- ・本格的な治療までの応急処置のための訓練と機材を用意すること。
- ・洋上風力は、特に固有の危機時対応があること。



(図表 125) 事故への対応策フローチャート
出典) EWEA

Camilla K Tveiten.et. の分析によれば、洋上風力発電所の事故への対応を困難にする要因として以下を挙げている。

- ・事故が直ちに発見されない場合、更なるダメージへとつながる可能性がある。
- ・負傷者を救出するために、タービンやタワーにアクセスすることが制限される場合がある。
- ・火災への消防士のアクセスは、困難な場合がある。
- ・海に落ちた人やナセルから脱出しようとしている人をヘリコプターで救出するのが困難な場合がある。
- ・タワーの中の階段を用いてナセルにいる人を救出しようとする際、階段を上り下りするときに両手を使うため、救出が極めて困難である。
- ・悪天候の際、救出しようとする船舶が大きく揺れるため、

救出が困難である。

- ・洋上風力発電所のサイト内には多くのインフラが作られているため、海に落とした物体を拾い上げることは困難な場合がある。
- ・洋上風力発電所に適用される救出ルールと、洋上石油掘削基地の場合のルールとの違いが不明確な場合、現場が混乱する。
- ・緊急時における最終責任者を決めていない場合、救出が困難になる。



Source: <http://www.telegraph.co.uk/>

(図表 126) 羽根が折れる事故
出典) Camilla K Tveiten.et.



Source: <http://wind-energy-gemzies.com/>

(図表 127) 発電機が燃える事故
出典) Camilla K Tveiten.et.



(図 129) 羽根がひび割れる事故
出典) Camilla K Tveiten.et.

特に政府から要請された訳でもなく、発電事業者9社がG9 Offshore Wind Health and Safety Association という組織を作り、事故に関するデータを自主的に公表しはじめ、それを同協会会長は「私たちの責任」と述べている。事故に関する統計がとられ、分析が行われ、事故対応策作りが進められている。欧州の産業界の成熟度合いを感じることができる。これが岩本晃一⁴⁾で言及した「技術立国日本の持続的発展のための産業のかたち」でもある。早く日本も同じレベルに到達するよう期待したい。

参考文献

- ・岩本晃一(2012),「洋上風力発電」,日刊工業新聞社、2012年12月
- ・岩本晃一(2014a),論文「港湾区域外の領海及びEEZへのゾーニング・ルール導入に関する考察」『日本風力エネルギー学会誌』,2014,通巻第111号
- ・岩本晃一(2014b),基調執筆「技術立国日本の持続的発展のための産業のかたちとは何か」『日本風力エネルギー学会誌』,2014,通巻第109号
- ・岩本晃一(2015a),Policy Discussion Paper「『独り勝ち』のドイツから日本の『地方・中小企業』への示唆」,経済産業研究所RIETI,15-P-002,2015年3月
- ・岩本晃一(2015b),一般投稿原稿「再生エネ増・電気代上昇は製造業の国際競争力を失わせるか」『日本風力エネルギー学会誌』,2014,通巻第110号
- ・岩本晃一(2015c),一般投稿原稿「欧州における洋上風力発電所の事故の特徴及び対応策」『日本風力エネルギー学会誌』,2014,通巻第111号
- ・岩本晃一(2015d),一般投稿原稿「洋上風力の拠点港について」『日本風力エネルギー学会誌』,2015,通巻第112号
- ・岩本晃一(2015e),一般投稿原稿「全体像が明らかになったフランスの洋上風力発電開発計画」『日本風力エネルギー学会誌』,2015,通巻第113号
- ・岩本晃一(2015f),一般投稿原稿「ケーススタディ、御前崎洋上風力開発計画のケース」『日本風力エネルギー学会誌』,2015,通巻第114号
- ・岩本晃一(2015g),平成27年7月30日,北九州市における響灘エネルギー産業拠点化推進期成会設立総会の記念講演、「響灘地区におけるエネルギー産業拠点形成に向けて」(岩本晃一),北九州港響灘エネルギー産業拠点化推進期成会-HP,北九州市港湾空港局整備保全部 開発課
- ・岩本晃一(2013),平成25年6月27日,北九州市でのシンポジウム「洋上風力産業による港湾都市ドイツ・ブレーマーハーフェンの経済復興成功物語」(岩本晃一) NEDO-HP「北九州市・NEDO 洋上風力発電シンポジウム」 開催レポート
- ・岩本晃一(2014c),洋上風力の産業集積化による地域振興・雇用創出ー洋上風力の拠点港の整備ー,平成26年3月24日,経済産業省岩本晃一,NEDO-HP
- ・岩本晃一(2014d),欧州における最近の洋上風力の動向,平成26年3月24日,経済産業省岩本晃一,NEDO-HP
- ・近藤かおり(2013),国立国会図書館調査及び立法考査局経済産業課,デンマークのエネルギー政策についてー風力発電の導入政策を中心にー,レファレンス2013.9,平成25年9月号,PP103-119
- ・齋藤純子(2013),統合的海洋政策の理念と展開ーEUとドイツを中心にー,海洋開発を巡る諸相,国立国会図書館調査及び立法考査局,2013年3月
- ・水野瑛己(2012),風力発電の技術革新と普及を支える市場:デンマーク・ドイツからの教訓,日本風力エネルギー学会,風力エネルギー2012 3 vol.36,通巻103
- ・森田倫子(2013),我が国の海域利用調整の現状と英米における海洋空間計画の策定,海洋開発を巡る諸相,国立国会図書館調査及び立法考査局,2013年3月
- ・内閣官房(2013),海洋再生可能エネルギーの利用促進のための海外情報収集に関する調査,三菱総合研究所,2013年3月
- ・安田陽(2015) 再エネの技術的問題は克服可能、メディアを含め情報鎖国の日本、Journalism 2015.11
- ・Camilla K Tveiten, Eirik Albrechtsen, Jorn Heggset, Matthias Hofmann, Per Kristian Norddal, Erik Jersin, HSE challenges related to offshore renewable energy, SINTEF
- ・Captain Hans-Peter Zint(2012), Managing Director Cuxport GMBH, Member of the Board - Port Association of Cuxhaven, Base Port for the Offshore-Wind Industry And Maritime Gateway

Offshore Wind China Conference, 31st May 2012,
Shanghai

- Copenhagen Environmental Energy Office, the Middelgrunden Wind Turbine Cooperation, From Idea to Reality
- Emi Mizuno (2007), Cross-border Transfer of Climate Change Mitigation Technologies: The Case of Wind Energy from Denmark and Germany to India, JUNE 2007, Unpublished PhD Dissertation, Department of Urban and Regional Planning, Massachusetts Institute of Technology.
- EWEA(2012), European Wind Energy Association, Seanergy 2020, May 2012
- EWEA(2013), European Wind Energy Association, Working the wind safety, Guidelines on emergency arrangements including first aid, December 2013
- G9 Offshore Wind Health and Safety Association(2014), 2013Annual Incident Data Report, 2014
- Steffen.Shleicher(2010), WAB Bremerhaven
- Robert Nelson(2008), Manager, Siemens Wind Turbine, Shimens Wind Power; Technical Development, 2008.11.05