

# CDIT

Coastal Development Institute of Technology

〈CDIT鼎談〉

## 海洋再生可能エネルギーの実用化に向けて

牛山 泉 氏〔足利工業大学学長〕

辰巳 菊子 氏〔日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会常任顧問〕

〈特集〉

## 海洋再生可能エネルギー



## 表紙写真

読者の皆様に機関誌「CDIT」の発信する情報を、よりダイレクトにお伝えするために、毎号ご紹介する記事内容より写真等を一部抜粋・掲載しております。記事内容ともども毎号変化する表紙写真にもご注目ください。

○鼎談 (牛山氏)	○鼎談	○特集 Part3	○特集 Part2
○特集 Part3	○特集 Part1		○【特別 講演会】
	○沿岸 レポート	○特集 Part1	○鼎談 (辰巳氏)

3

## 新春所感

金 和明 一般財団法人 沿岸技術研究センター 評議員会会長  
 関田 欣治 一般財団法人 沿岸技術研究センター 代表理事・理事長  
 太田 昭宏 国土交通大臣

8

## CDIT鼎談

# 海洋再生可能エネルギー の実用化に向けて

ゲスト

牛山 泉氏

足利工業大学学長

辰巳 菊子氏

日本消費生活アドバイザー・  
コンサルタント協会常任顧問

## 特集 海洋再生可能エネルギー

14

### Part 1 コースタル・テクノロジー 2012特別記念講演

我が国の洋上風力発電の技術課題と将来展望

石原 孟 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 教授

20

### Part 2 大規模な事業展開が期待される着床式洋上風力発電

港湾における風力発電の導入円滑化について

高橋 岳太 国土交通省 港湾局 海洋・環境課海洋利用開発室 管理係長

日本初本格着床式洋上風力発電事業の現状と展望

小松崎 衛 株式会社ウィンド・パワー代表取締役

28

### Part 3 海洋再生可能エネルギーの研究開発 ～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

福島沖浮体式洋上ウィンドファームの実証研究

石原 孟 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 教授

波力発電と越波式波力発電装置の研究開発

田中 博通 東海大学大学院総合理工学研究科教授、海洋学部環境社会学科教授

関門潮流を利用した新たなエネルギーの検討

北九州市環境未来都市推進室

海洋温度差発電

實原 定幸 株式会社ゼネシス 代表取締役社長

世界における海洋再生可能エネルギー活用の現状

—浮体式洋上風力と海洋エネルギーの事業化の夜明け—

山田 博資・蓮見 知弘 みずほ情報総研株式会社

岩手県における海洋再生可能エネルギーの導入・利活用による復興の実現

佐々木 淳 岩手県 商工労働観光部 科学・ものづくり振興課 総括課長

40

## 参考資料

42

### 【特別講演会】一般財団法人移行記念特別講演会

国土とインフラストラクチャー

中村英夫 東京都市大学 総長

46

## 沿岸レポート

第4回 日韓沿岸防災技術研究ワークショップ  
(The 4th CDIT - KIOST Joint Workshop)

高瀬英悟 一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

47

## CDIT News



# 新年の「いあこさし

釜和明

一般財団法人 沿岸技術研究センター 評議員会会長

平成25年の新春を迎え、謹んでお慶び申し上げます。

昨年の6月に開催された評議員会において、沿岸技術研究センターの一般財団法人化に伴い新たに設置された評議員会会長をお引き受けすることになりました。沿岸技術研究センター会長から評議員会会長へと立場は変わりましたが、引き続き、当センターの発展のために尽力してまいる所存ですので、皆様の変わらぬご支援ご協力のほど、よろしくお願ひ申し上げます。

さて、リーマンショック等を契機に深刻な景気後退に陥つた世界経済は、各国の積極的な政策措置により平成21年春には底打ちし全体として緩やかな回復傾向をたどっているものの、平成23年に入り、欧州債務問題の深刻化や米国の景気回復の陰りにより景気回復速度は減速に転じ、未だ減速局面から脱していません。

日本経済も平成24年上半年までは回復に向かっていたものの、7・9月期の実質GDP成長率は、国際経済が減速するなかで、輸出が大幅に減少したことに加えエコカー補助金が終了したこと等により、前期比▲0・9%（年率▲3・5%）と大幅なマイナス成長

長を記録するなど、厳しい状況が続いています。

我が国は、人口減少に伴う国内市場の縮小やグローバルな競争圧力の強まりなどに直面しており、事業環境の国際的なイコール・フッティングの確保などにより、民間主導の持続的な経済成長を実現し、今後とも経済大国の地位を維持できるのか、今、正念場を迎えています。

そのような状況のなか、昨年末に発足した第一次安倍内閣においては、デフレ対策と行き過ぎた円高からの脱却による経済の再生を旨として、大胆な金融緩和と政策、公共事業を中心とした機動的な財政政策及び民間投資を喚起する成長戦略に積極的に取り組んでいくこととしており、その成果が大いに期待されます。

その際、人口、産業、資産の多くが集積し、前面が海に開かれているという我が国の沿岸域の特性を考慮すると、今後、我が国の経済を再生し、安全・安心で豊かな国土を形成していくうえで、沿岸域の役割は極めて重要であり、その開発、利用、保全及び防災について豊富な調査研究実績と高い知見を有する当センターへの期待が大きくなっていると

考えています。

まず、一昨年3月に発生した東日本大震災は、我が国の国土が巨大災害に対して極めて脆弱であることを知らしめました。4つのプレートの上にいる我が国は、常に巨大地震と大津波の脅威にさらされており、東日本大震災からの早急な復旧・復興とともに、巨大地震や大津波に対する防災対策が強く求められています。

昨年12月に中央自動車道で発生した笹子トンネル天井板落下事故は、我が国の社会基盤施設の老朽化対策の必要性を浮き彫りにしました。我が国においては、戦後の高度成長期に多くの社会資本が整備されており、今後、社会資本全体の高齢化が急速に進行していくことが懸念されています。1980年代初頭、アメリカにおいて、道路の維持管理に十分な予算が投入されなかつたため老朽化による崩壊、損傷、通行止めが相次ぎ「荒廃したアメリカ」と呼ばれた二の舞にならぬよう、既存施設を適切に維持管理し、社会基盤施設の安全性に対する国民の信頼を取り戻すことが不可欠です。

一方、目を海洋に転じますと、我が国は、国土の約11倍にも及ぶ広大な排他的経済水域

を有し、しかも、その海域にはメタンハイドレートなどの資源が豊富に存在していると言われています。こうした資源を実用化し利用できるようにすることは我が国のエネルギー政策にとつても、新たな産業の創出という観点からも極めて重要です。また、原子力発電に替わる再生可能エネルギーとして海洋エネルギーの利用が期待されており、洋上風力発電施設の立地の促進や波力、潮流、海水温度差等を活用した発電の実用化に向けた研究開発の積極的な展開が望まれています。

今後、当センターが、今まで蓄積した技術力やノウハウを活用して、以上申し上げたような沿岸域や海洋に関する社会的なニーズに積極的に対応し、我が国の経済の発展と安全・安心の確保に貢献することを期待して、私の新年のご挨拶とさせていただきます。





新年明けましておめでとございます  
 沿岸技術研究センターは、昨年4月、一般財団法人に移行しましたが、移行が円滑に行われ、移行後も引き続き順調に活動を展開できていますのは、関係各方面の皆様のおかげで支え、ご協力の賜であり、厚く御礼申し上げます。改めて、ご挨拶いたします。

さて、当センターは、昭和58年に設立してから今年で30年目を迎えます。この間、社会的要請の変化や多様化、高度化に対応するため、平成16年に、「国際沿岸技術研究所」、平成17年に「沿岸防災技術研究所」を創設するなど、組織体制を整備し、沿岸域や海洋に関する様々な技術的課題に対応した調査、研究を適時、適切に実施するとともに、技術の普及啓発に積極的に取り組んでまいりました。また、業務内容につきましても、時代の要請に対応し拡大してきており、平成19年には、港湾法に基づき港湾の施設を建設又は改良する場合に技術基準との適合性を確認する「確認業務」を開始しました。また、港湾施設等の維持管理に関する人材育成を旨として「海洋・港湾構造物維持管理士制度」を平成20年度に創設したのに加えて、港湾の施設の設計体系の性能設計移行に伴い、海洋・港湾



# 年頭の「ご挨拶」

関田 欣治

一般財団法人 沿岸技術研究センター 代表理事・理事長

構造物の性能設計に係る技術者の専門的な知識及び技術について審査し、その専門性を認定する「海洋・港湾構造物設計士資格制度」を平成22年度にスタートさせました。

当センターとしましては、今までの実績や経緯を踏まえながら、引き続き、沿岸域・海洋における状況や社会的要請に的確に対応して、新しい分野にも果敢にチャレンジしつつ、必要な事業を迅速かつ積極的に実施していくことが極めて重要だと考えております。

特に、東日本大震災の復旧・復興やこれを踏まえての我が国沿岸域における地震・津波・高潮対策等については、国を挙げて取り組んでいるところであり、当センターとしても、最も重要な使命と考え、発生直後より精力的に対応してきましたが、未だ、道半ばであり、今後とも全力を傾注して協力・支援していく所存であります。

また、当センターでは、平成16年に発生したインド洋大津波を契機に、津波による被害を極力少なくすることを目的として、津波の知識と生き延びる方法について記述した「TSUNAMI」という書籍と、それを絵本にした「津波は怖い」を出版し、前者は英語、インドネシア語、韓国語、後者は、イ

ンドネシア語、スペイン語にも翻訳されました。引き続き、東日本大震災の体験を踏まえて、改訂版を出すこととし、既に、「津波は怖い」については、東日本大震災の津波の実態等のビデオを収録したDVDも付けた改訂版を昨年2月に出版するとともに、沿岸域の図書館、関係各機関に配布したところであります。「TSUNAMI」についても、有識者のご協力を得て、現在、改訂作業中であり、早期に出版して、津波防災知識について、国内外に発信・啓発してまいりたいと考えています。

一方、海洋立国を目指す我が国にとって、海底にメタンハイドレートや海底熱水鉱床等のエネルギー・鉱物資源の存在が確認されたことは朗報であり、これらの科学的な調査研究や探査・掘削技術等の開発、実用化が急務となっております。また、福島第一原子力発電所の原発事故以来、洋上風力発電をはじめとした海洋再生エネルギーを活用した発電に対する期待が高まり、各地でプロジェクトが動き始めています。当センターは、今まで、洋上風力発電施設の立地可能性や波力発電の実証実験に関する調査研究等を実施してきており、こうしたノウハウや実績を活用し、さら

に、私自身、企業と大学で長く海洋構造物の設計や研究に携わってきた経験も活かして今後、海洋開発に関する技術的課題について、センター全体として積極的に取り組んでいく所存であります。

いつの時代も、経済を活性化し、人々の利便性を向上させる原動力は技術開発であります。当センターは、今後とも、産・学・官と連携を図りながら、質の高い調査、研究を実施することにより技術開発を推進し、沿岸域・海洋に関する様々な課題やプロジェクトに全力で対応していくとともに、技術の啓発・普及及び人材の育成等に努め、我が国のみならず世界の沿岸域・海洋の発展と安定に貢献してまいりたいと考えております。

結びに、皆様の今年の益々のご健勝、ご発展、ご多幸を心から祈念いたしますとともに、当センターへの変わらぬご支援、ご協力を賜りますよう、衷心よりお願い申し上げます。新年のご挨拶とさせていただきます。



# 新年のはじまりにあたって

太田 昭宏 国土交通大臣

平成25年という新しい年を迎え、謹んで新春のごあいさつを申し上げます。

昨年は、年末の総選挙の結果、安倍内閣が成立したところです。私も新たに国土交通大臣を拝命し、総理の下で内閣一丸となって、社会資本の整備や交通政策の推進など国土交通行政の各種課題の解決に向け、全力を挙げて取り組んでまいります。

安倍内閣の重要課題は、景気・経済を再生すること、被災地の復興を加速すること、防災・減災をはじめとする危機管理を構築することです。私自身も現場の声をくみ取るよう取り組んでまいりましたが、今後はさらに、国土交通行政を預かる身として、特に防災・減災対策など国民の命を守る公共事業について、中長期的な幅広い視野をもって、国民の皆様にご理解いただける形で着実に実施してまいります。さらに、震災から二度目の冬を迎える中、被災地で本当に悩んでいる方々が復興の加速を実感できるよう全力で取り組んでまいります。国土交通省は、海上保安庁、気象庁、観光庁などの外局も含め多数の現場組織を有しており、これらの組織が一丸となつて必要な施策を講じていく決意です。

新政権において、国土交通行政に対する皆様の益々の御支援・御協力をよろしくお願いいたします。

東日本大震災からの復旧・復興は、国土交通行政として取り組むべき最優先の課題の一つであります。本年は復旧・復興を加速化するため、所要の予算と人材の確保に全力を挙げてまいります。

復旧・復興の推進に当たっては、地方整備局、地方運輸局、海上保安庁等がそれぞれの現場でしっかりと対応し、被災自治体、住民の方々など現場の声をしっかりと反映させるとともに、関係省庁と緊密に連携することが極めて重要と考えております。

被災市街地の復興に向けたまちづくりについては、被災状況や地域の特性、地元の意向等に応じた様々な復興の在り方に対応できるように、安全性確保のための集団移転、都市基盤の再整備、復興拠点の整備などを支援してまいります。また、住宅を失った被災者の居住の安定確保のため、地方公共団体が行う災害公営住宅等の整備を支援してまいります。その際、復興事業の事務負担が増大している中、市町村が能力を最大限発揮できるように

要な支援を行うとともに、復旧・復興事業の円滑な施工を確保するため、不足する人材や資材の確保などに取り組んでまいります。

さらに、被災地の早期の復興を図るため、三陸沿岸道路等の復興道路・復興支援道路の重点的な整備を推進するとともに、三陸鉄道をはじめ、国民生活や経済活動を支える被災したインフラの復旧を支援してまいります。

我が国は、地震・津波や火山災害・風水害・土砂災害・雪害・高潮災害など、自然災害に対して脆弱な国土条件にあります。今後予想される首都直下地震や南海トラフが引き起こす巨大地震などに備えるため、防災・減災の考え方に基つき、国民の生命と財産を守る取組を強化してまいります。

その際、東日本大震災の教訓を踏まえ、たとえ被災したとしても人命が失われないことを最重視し、また、経済的被害をできるだけ少なくする観点から、防災対策に加え、ソフト・ハードの適切な組み合わせによる減災対策も重要です。

具体的には、耐震診断等による防災・減災に対する点検の結果を踏まえ、住宅・建築物、命を守るインフラとしての公共施設、交通施設等の耐震性向上、津波防災地域づくりをはじめとする津波対策の強化、密集市街地の改善整備、地籍整備を推進します。また、災害発生時の緊急輸送路の確保に向け、高速道路のミッシングリンクの解消等や陸・海・空の多様なモードが連携したバックアップ体制の強化に取り組むとともに、産業・物流・エネルギー機能が集積する三大湾における総合的な地震・津波対策を進めてまいります。さらに、地球温暖化に伴う海面上昇や豪雨の増加等が懸念されており、昨年7月の九州の豪雨災害等を踏まえた水害・土砂災害対策、都市部のゲリラ豪雨対策等を着実に推進してまいります。海上保安庁やTEC-FORCEの体制強化などによる初動体制の強化、地震・津波・火山・洪水・地殻変動等の観測体制の強化等による防災気象情報の改善・警戒避難体制の強化、災害時の円滑な支援物資物流の確保に向けた民間物流事業者の施設・ノウハウを活用した災害に強い物流システムの構築や海上輸送路の確保、BCP(業務継続計画)の策定、災害時の避難者・帰宅困難者対策などソフト面の災害対策についても進めてまいります。

昨年12月には、中央自動車道笹子トンネルにおいて天井板が落下し、9名の尊い命が失われる事故が発生しました。

事故発生の日から、笹子トンネルと同様の吊り天井板を有する施設を対象に緊急点検を実施し、必要な措置を講ずるとともに、現在、トンネル内の付属物等についても点検を実施しているところであり、これらの結果等を踏まえて所要の対策を実施してまいります。

中央自動車道は下り線を12月29日に対面通行で開通したものの、上り線は通行止めのみであり、輸送や観光等国民生活への影響を最小限に留めるよう取り組んでまいります。

また、今後、高度経済成長長期に集中投資した社会資本の老朽化の進行が見込まれる中、戦略的な維持管理を推進しつつ、必要不可欠な社会資本を整備するなど、防災や安全・安心といった観点から、社会資本の再構築を進めていくことが必要です。このため、施設の点検を行うとともに、今後戦略的な維持管理を行うための必要な諸課題について早急に検討を行うてまいります。

公共交通の安全確保につきましても、全力で取り組んでまいります。昨年4月に発生した関越自動車道における高速ツアーバスの事故を受けて、過労運転防止の基準強化等のバス事業の安全基準の強化と監査体制の強化、処分の厳格化を行うとともに、新高速乗合バスへの早期の移行促進を進めます。また、バス事業のあり方に関して更なる検討を進め、安全確保と事故防止に万全を期す所存です。このほか、鉄道駅のホームドアの整備、モ一

ド横断での運輸安全マネジメントの推進等国民生活に直結する交通の安全確保とあわせて被害者等への支援に関する取り組みを進めます。

長期にわたるデフレと歴史的な円高から脱却し、持続的な経済成長を目指すため、需要創出策と日本の強みを活かした成長戦略の着実な実行に国土交通省としても積極的に取り組んでまいります。

経済活動の基盤となる社会資本につきましても、人口減少や急速な高齢化、深刻な財政状況などの状況を踏まえつつ、コストの削減PPP／PFIの活用促進などを通じて、真に必要な基盤を整備し、我が国の経済活性化に向けた取組を加速させていくことが重要と考えております。

大都市を国全体の成長エンジンとしつつ、地方の中核都市を地域経済の活性化の牽引役としていくため、主要都市間、都市と港湾・空港等を連絡する高規格幹線道路や大都市圏環状道路、地域の経済・産業を支える港湾・大都市拠点空港等の基盤強化、都市鉄道ネットワークの充実・強化に取り組んでまいります。また、国際戦略港湾や資源エネルギー等の輸入効率化等に資する港湾の機能強化を推進するとともに、安全運航の確保を大前提としつつ、国際競争力の強化に向けて、首都圏空港の抜本的な機能強化、首都圏空港を含むオープンスカイの実施、LCCの参入促進、空港経営改革等の施策を推進します。さらに、基幹的な高速輸送体系を形成する整備新幹線については、広域的な地域間の交流・連

携の強化や地域の活性化を図る観点から、今後とも着実に整備を進めてまいります。

陸・海・空の多様なモードが連携した総合的な交通体系の整備を図ることが重要であり、そのために必要な施策を一体的に講じてまいります。

我が国の経済・社会の基盤となる物流分野につきましても、サプライチェーンのグローバル化に対応した我が国物流システムの海外展開や、環境対策の推進、安全・安心な物流の確保等を図るため、新たな「総合物流施策大綱」を策定し、物流政策を総合的かつ一体的に実施します。

観光分野では、東北観光博、東北・北関東への訪問運動等による観光振興を通じ、被災地の早期復興に貢献するほか、無電柱化の推進などによる良好な景観の形成など国内外の観光客から選ばれる魅力ある観光地域づくり、オールジャパンによる訪日プロモーションや国際会議の誘致の強化、急成長するアジアのクルーズ需要の取り込みに向けたクルーズ船の日本寄港促進のための環境整備、昨年11月の中国の万里の長城遭難事故も踏まえた旅行の安全確保の推進、我が国観光産業の強化等、観光立国の実現に向けた総合的な取組を強化してまいります。

アジアをはじめとする海外の成長を取り込み、我が国の経済成長につなげていくため、我が国が有する高い技術と知見を活かし、ハード・ソフトのインフラの海外展開を強力に支援してまいります。このため、国際会議といった機会の活用も含めて官民一体となってトップセールスを展開するほか、多様な案件

形成、技術・システムの国際標準を獲得するための取組等を一層推進してまいります。

防災分野では、タイの洪水被害を教訓とし、アジア地域をはじめとする災害に脆弱な国に対して、産や学と協働、関係官庁・機関で連携し、調査・計画段階から整備、管理・運用段階まで一貫して、防災情報、警戒避難体制、インフラ、土地利用規制、制度・体制を組み合わせた対策をヒト・モノ・ノウハウを合わせ、戦略的に世界に展開してまいります。

住宅、不動産分野においては、リフォーム投資の促進と既存住宅をはじめとする不動産の流通拡大や老朽不動産の再生など都市機能の更新への民間資金の導入促進を通じた不動産投資市場の活性化などに取り組めます。消費増税に伴う住宅取得に係る措置については、消費税法改正法等に沿って、十分な給付等住宅取得に係る負担を増やさないための措置や住宅ローン減税をはじめとした住宅税制の拡充を総合的に検討し、住宅取得者に対する負担軽減策が十分なものとなるよう、しっかりと取り組んでまいります。また、防災機能の向上を図りつつ戦略的に大都市の再生を推進してまいります。

海運・造船分野では、日本船舶及び船員の確保等を進めて我が国の経済安全保障上重要な安定的海上輸送を確保するとともに、天然ガス燃料船や船舶の革新的省エネ技術などの研究開発・普及促進や海洋開発分野への進出支援など、我が国の強みを活かした国際競争力の強化に取り組めます。少子・高齢化が進む中、子育て世代・高齢



者の快適な暮らしの創出等豊かな暮らしを実現するため、コンパクトシティの形成、子育て世代や高齢者向けの住宅、地域の公共交通システムの充実、超小型モビリティの導入促進、通学路の安全確保、バリアフリー化の推進、自転車利用者の安全な環境の確保を推進してまいります。

離島や豪雪地帯など、生活条件の厳しい地域においては、改正離島振興法等を踏まえ、生活や地域産業に対する支援を進めるほか、地方都市の再生を図るなど、地方の活性化にも取り組めます。

また、国土を守り、地域の発展と安全を支える建設産業については、経営環境の整備や技能・技術の承継、海外展開の促進等を図り、その再生・発展に取り組んでまいります。

21世紀はエネルギー需給ひっ迫、地球温暖化が進行し、世界における省エネ・再エネに対する需要が高まっています。このため、エネルギー・環境分野を日本最大の成長分野に育てあげていくことに取り組みつ、低炭素社会づくり・生物多様性の保全等を一層推進してまいります。例えば、低炭素社会づくりにおいては、国内の二酸化炭素排出量の5割以上を占める民生・運輸部門を所管する国土交通省が先頭に立って、省エネ・低炭素化対策に取り組んでいくことが重要です。

このため、都市の低炭素化への取り組みや地域社会・国民生活の構成要素となる住宅・建築物、公共施設、自動車・船舶・鉄道などの輸送機関の省エネ・低炭素化等を推進するため、省エネ住宅等の普及を支援し、公共建

築物・施設の率先した低炭素化を推進するとともに、電気自動車等次世代自動車の普及の加速等に取り組んでまいります。また、再生可能エネルギーの導入・普及を促進するため、着床式・浮体式洋上風力発電の普及拡大、下水熱・汚泥等のエネルギー利用のための革新的技術開発・普及促進、小水力発電に係る規制緩和等に取り組むとともに、次世代ITS（高度道路交通システム）、公共交通機関の利用促進、鉄道輸送や海上輸送へのモーターシフト等を推進してまいります。

海洋における治安の維持と権益の確保は、国土交通省に課せられた重要な使命です。

我が国の国土と経済社会の存立基盤である海洋については、その主権を確保し、治安と安全を守ることが必要であり、特に、尖閣諸島周辺の領海警備につきましては、現下の情勢を踏まえ関係大臣と緊密に連携し、国際法及び我が国の法令に基づき適切に対処致します。そのために必要となる巡視船艇等の装備と要員の充実等、海上保安庁の体制強化に早急に取り組んでまいります。

また、国土面積の約12倍に及ぶ我が国の領海及び排他的経済水域における海洋権益の保全と海洋資源の開発及び利用等を図っていくことは極めて重要であります。このため、低潮線の保全や遠隔離島における活動拠点の整備、海洋調査の推進、海洋産業の育成等にも積極的に取り組めます。

また、ソマリア周辺海域や東南アジアにおける海賊対策等を進めてまいります。

以上、新しい年を迎えるにあたり、国土交通省の重要課題を申し述べました。国民の皆様のご理解をいただきながら、防災・減災により強い国土をしっかりと作り、経済を活性化するという御期待に応えることができるよう、諸課題に全力で取り組んでまいれる所存です。

国民の皆様の一層の御支援、御協力をお願いするとともに、新しい年が皆様方にとりまして希望に満ちた、大いなる発展の年になりますことを心より祈念いたします。

# 海洋再生可能 エネルギーの実用化 に向けて

CDIT鼎談  
沿岸域・海洋の  
未来を見据えて



2011年の東日本大震災とそれともなう大津波による東京電力福島第一原発事故によって、日本のエネルギー問題は新たな局面を迎えている。そうした中で、「海洋再生可能エネルギー」は、環境への負荷が小さいことなどから脚光を浴びている。今回は、海洋再生可能エネルギーの実用化について、専門的なお立場および国民目線の観点からさまざまな議論をしていただいた。



辰巳 菊子氏

日本消費生活アドバイザー・  
コンサルタント協会常任顧問



牛山 泉氏

足利工業大学学長



関田 欣治

一般財団法人沿岸技術研究センター  
代表理事・理事長

## はじめに

**関田(司会)** ▽本日は足利工業大学学長牛山泉様と日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会常任顧問の辰巳菊子様をお迎えし、「海洋再生可能エネルギーの実用化」をテーマにお話を伺ってまいりたいと思います。

牛山先生はわが国の風力発電に関わる研究に先鞭をつけられ、2003年には当センターの「港湾沿岸域での風力発電推進委員会」委員長としてご指導頂いたほか、最近ではNEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の実証研究、また経済産業省が進めています福島県沖の浮体式洋上風力の実証実験に携わられるなど、わが国の洋上風力発電の研究や普及の第一人者として御活躍されています。

一方、辰巳常任顧問は総合資源エネルギー調査会基本問題委員会や中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会の廃棄物処理制度専門委員会の委員として活躍され、消費者にとつての環境情報の重要性を広く発信しておられます。

さて、平成23年10月28日の国家戦略会議決定として開催されることになったエネルギー・環境会議において、平成24年9月14日





に革新的エネルギー・環境戦略が策定されました。このエネルギー戦略は新しい未来の創造に向けた実現可能な戦略とされています。国民的な議論を踏まえ、原発に依存しない社会の二日も早い実現、グリーンエネルギー革命の実現、エネルギー安定供給の確保という3本の柱が掲げられています。

まず初めに、一連の革新的エネルギー・環境戦略についてどのようなお考えをお持ちでしょうか、牛山先生からお願いします。

### 原発依存から再生可能エネルギー拡大に舵を切るべき

**牛山**▽日本はもともと資源に乏しい国です。特にオイルショックの反省から原子力を選んだのがこれまでの方向だったと思います。ただ、幾分強引にその路線が進められてきた感じがします。それに対して「これは間違ってい

たのではないか」ということを平成23年3月11日に発生した東日本大震災により教えられたのではないかと思います。日本にとって原子力発電所（以下、原発と略す）はどうあるべきか、というより原発は日本になじまないのではないかと。地震列島で活断層がこんなにある国の上に54基も原発があったこと自体、いま考えますと異常なことだったのではないかと思います。

廃棄物処理そのものも、確立されていないわけですが。普通、企業が工場をつくろうとしますと廃棄物をきちんと処理できないと操業そのものが成り立ちません。それを40年間、稼働させて来たこと自体非常に不思議なことです。

では原発に代わるものがあるかと言いますと、いま日本のエネルギーの自給率は大体4%程度といわれています。国産のエネルギーを使わないと自給率は高まりませんが、再生可能エネルギー、自然エネルギーは国産ですので、導入すればするほど自給率は高まりエネルギーのセキュリティも高まります。これが国を活性化し、雇用も生み出すことになり。日本の路線をきちんと決めて、ぶれずに進めていくことが大事です。日本にはポテンシャルも技術も十分にあります。そこらに舵を切るべきだと思います。

**関田**▽わが国は脱原発、自然再生エネルギーの方向に舵を切るべきだというお話でした。辰巳さんはどのようにお考えですか。

**辰巳**▽資源エネルギー庁の基本問題委員会では、3・11の事故を受けてこれまでの延長上の委員会ではなく、ゼロから考え直すというところを基本に議論してきました。政府からは、これからの20年、30年、50年、100年、200年先でもちゃんと使い続けられるエネル

ギーのことをみんなで考えてください」と投げかけられました。原発は上流でも問題があると理解していますが、廃棄物の処理・処分が片づけができないことは持続可能性からほど遠い気がします。そういうことを総合的に考えて新たなエネルギー政策が生まれました。この過程で委員会の委員だけではなくて国民の声も聞いてほしいという提案を私たちの側から行い、今回、国民的議論を初めての経験として実施しました。それもこの中に織り込んだという意味では非常に価値のあることだと思っています。

取りまとめの最後の段階になって「社会の状況を見直しながら進めます」と書かれていますところが少し尻すぼみだなとは思いましたが、最初に「未来への設計」と書いているように、将来のビジョンを見据えて国としての戦略を出されたことは大歓迎です。ぜひみなさんの方向で進めていくべきだと思います。

**関田**▽持続可能な社会を実現するために、国民一人ひとりも議論に加わって将来の世代へのエネルギービジョンが決定されたという評価です。

**辰巳**▽そうです。

### 省エネは熱の有効利用と国民ひとりひとりが取り組むことが必要

**関田**▽革新的エネルギー・環境戦略の第2の柱として位置づけられているグリーンエネルギー革命の実現は、節電・省エネルギー、再生可能エネルギーの開発により達成することになっています。このうち節電・省エネルギーは消費者を含む多様な担い手が主役になるも

のであり、多くの国民の協力を得ることが必要です。

具体的な節電・省エネルギーの目標として、節電は、2030年までに2010年比で1100億kWh、すなわち2010年の総発電電力量1・1兆kWhの10%以上の削減を実現するとされ、省エネルギーは最終エネルギー消費3・9億klに対して、2030年までに7200万kl以上の削減を実現するとされています。この点についてどう評価されますか。

**牛山**▽日本は省エネが非常に進んだ国だと言われてきました。もちろんそういう点もありますが、日本全体で考えたときわれわれが番



福島県の布引風力発電所

問題にしている電気は、実際に発電所から得られているエネルギーのうち24〜25%です。放熱が50%ぐらいいり、この熱をどう有効利用するかが非常に重要です。いままでの日本のエネルギーシステムですと、たとえば原発は遠隔地で発電していますので発生する熱はみんな捨てざるをえません。大型火力発電所もそうですが、熱は殆ど捨てています。デンマークやドイツではコージェネレーションによって、それまで捨てていた熱を地域暖房に使ったりしています。日本でもシステム全体を考えてもつと革新的にエネルギー効率を高める取り組みを進める必要があります。とにかく熱を捨てない努力、これは非常に重要なことだと思います。

**辰巳**▽生活者の立場からの省エネや節電の話をお願いしますと、いままであまりエネルギーに関心がなく、電気を当たり前のように使っていた人たちも、かなり意識は高まっていると思います。エネルギーはそんなに簡単に手に入るものでもないことに皆さん、気づいてきた。節電についてもだんだん分かってきました。具体的に何をしたら節電に役立つのか、方法論はまだ分かっていないところも結構あると思います。いままでの便利さはなかなか捨てがたくて、不便な暮らしはしたくないと思う人も多いでしょう。

ただ不便にならなくても節電は可能だと思っています。もちろん、基本的にこまめな節電は重要で、つけっぱなしがいけないのは当たり前ですが、暮らしの中で数字でものを捉えていくべきだろうと思います。いま使っている機器の消費電力は数値にしてどのぐらいのキロワットだろうとかですかね。

**牛山**▽見える化ですね。

**辰巳**▽そのとおりです。数字を見ることで



「あー」とびつくりします。簡単な話で、たとえば掃除機には強弱がありますが、強だと約900kW、それを弱にすると半分以下の300kWです。しかし、もし帚を使えばそれが0です。というように数字を見せて、どうしたら減るかを知ることによって進みます。生活者の省エネはなかなか難しいのですが、具体的な話を上手に伝えることで、まだまだ可能性はあります。国が設定した10%は非常に控えめな数値だと思います。

### 我が国の再生可能エネルギーに係わる技術力とポテンシャルは高い

**関田**▽グリーンエネルギー革命の実現のために、もう一つの重要なテーマとして再生可能エネルギーの開発があります。実現目標として

で運転されていた54基の原発トータル設備容量は、だいたい4800万kW強ですが、日本の自然エネルギーのポテンシャルとして太陽光、陸上・洋上風力、小水力、地熱、バイオマス、これらをみんなカウントすると原発の4800万kW強の44倍になります。これは大変な量です。

日本では自然エネルギーは全然だめだ、特に風力はだめだと言われてきましたがそうではないのです。実際はこんなにあるじゃないか、海に向かつて開けているじゃないかということですね。

そしてこれだけあるポテンシャルをどう使うかですが、我が国の技術は世界のトップレベルにあります。日本企業はこうした分野において海外で大活躍しています。イギリスは洋上風力発電が盛んですが、日本の技術力を大変評価して採用しています。

地熱発電も世界の地熱発電所はどこへ行っても日本のメーカーがその発電プラントの7割ぐらいを納めています。技術はものづくり大国としてすごいものがあるわけです。では日本国内に自然エネルギーを導入するにはどうするか。それは日本の条件に見合った制度・仕組みをつくることです。

1番のポイントは何かというと、たとえば北海道の風力発電賦存量は6500万kW分あります。北海道電力の発電設備容量600万kWの10倍強のポテンシャルです。そこで北海道で発電した電気を関東まで運べば良いわけですが、現状では送電網が不十分でできない。例えばドイツでは電力アウトバインといて、基幹電力網を設置することによって

北海で発電した電気をドイツの南、ミュンヘンやシュトゥットガルトの工業地帯に送電する計画を進めています。こうした取り組みを日本



でも見習う必要があります。北海道で発電した電気を東北電力につなぎます。東北電力と東京電力の会社間連系も現状では細いですが、容量を大きくしてつなぎ北海道、東北で効率的に発電した電気を関東地区で使えるようにする。ポテンシャル、技術ともあるわけですから今後は未整備となつているこうした電力網の強化に繋がる仕組みを整えて強化していくことだと思えます。

## FIITは概ね国民的理解を得ている

**関田**▽2030年代に原発稼働ゼロを目指すとなると、火力発電への依存度を高めることに伴う燃料費増大の恐れがあります。また現時点ではコスト高である再生可能エネルギーの導入拡大にあつて平成24年7月1日から再生可能エネルギーの固定価格買取制度、いわゆるFIIT(Feed In Tariff)が開始され、再生可能エネルギーの買取りに要する費用を再生可能エネルギー発電促進賦課金として消費者が負担することになりました。その結果、電気料金が値上げされました。このような電気料金の値上げについて、消費者・国民の目線からはどのように捉えられているでしょうか。

**辰巳**▽毎月、電気のお知らせが電力会社から届きますが、あれを見ると自分が使った消費電力量、FIITのための賦課金の料金が明確に書かれています。「数値に関心を持ちましょう」と言いましたが、そういうお知らせをちゃんと見ると、今月どれだけ使い、賦課金はいくら払ったのかがわかります。電気料金は総括原価方式で算定されるので個別の発電の電

源種別がわかりませんが、FIITで払う賦課金は再生可能エネルギーのために払うということで、非常に明確です。しかし、再生可能エネルギーがどんどん開発され、導入が進みますと、FIITの賦課金もどんどん上がつて行く可能性があります。それでもこれを払うことで再生可能エネルギーが増え、原子力を使わなくて済むとの理解につながれば、限度はありますが反対にはならないと思えます。またCO<sub>2</sub>の問題はこれからきちんと考えていかなければいけません。自然エネルギーが飛躍的に増えてくれば、少なくとも火力発電を増やす必要はないわけです。片方を増やして片方を少しずつ減らしていくかたちが目に見えれば理解されるのではないかと思います。

**関田**▽FIITについては、主婦もそれを通して、自身が教育されたり、数字に関心を持つて、それを省エネにも生かせるということによって歓迎していただいている。将来、自然エネルギー導入で金額が高くなるかもしれないが、そのときにも数字をきちんと見ることで理解できるだろう、ということでした。ありがとうございます。

## 洋上風力に大きな期待

**関田**▽ここからは再生可能エネルギーの実用化についてお伺いしたいと思います。既に陸上では太陽光発電、風力発電に関わる事業が全国規模で実施されていますが、風力発電について見ると陸上の適地は限られてきています。太陽光発電についても、やがてそのような状況になっていくだろうと思えます。

NEDOの実証実験のための風車が、銚子沖に1基設置され、ついで北九州沖に今年度末には1基設置される予定です。茨城県鹿島

港では2017年春までに、民間の事業者により5000kWの風車を98基設置する事業も進められています。山口県の下関では建設業者自らが事業主体となつて、2017年春までに3000kWの風車を20基設置する事業も計画されています。

このように、ようやく洋上風力発電について大規模な事業化が進められている状況です。現在は着床式ですが浮体式も含め、わが国の洋上風力の今後の展望について、牛山先生はどのように見えておられますか。

**牛山**▽日本の排他的経済水域は世界の6位です。この海洋を使わない手はありません。日本は海のポテンシャルを生かすことが非常に重要です。ただヨーロッパの国々と日本の違いは、我が国は浅海域が少ないことです。北海にはたくさん風車が建っていますがその水深は50m以下の海域が多く、着床式で建てられています。日本の場合はそのエリアが比較的少ないですから、水深50m以上では浮体式が中心になります。その分野について日本の技術は非常に高いですから、これを生かしていくべきだろうという気がします。

またポテンシャルとしてはNEDOが以前出した数字でも洋上風力だけで日本の電力の4倍を賄えます。環境省の試算でもっと多いです。控えめに言つてもそういうことです。ポテンシャルもある、技術もある。日本だけではなくて、これからの持続可能な社会を世界的に実現していくためにも、日本がモデルを示すばらしいチャンスだと思えます。

**関田**▽洋上風力発電はポテンシャルも高く、日本は技術も有している。特に浮体式風力については、日本は広い海域面積を有しており事業手法も含めて日本の企業はヨーロッパで





フローティング・パワー・プラント社のポセイドン(風力発電と波力発電の複合施設)

## 先行する欧州の成功例を 日本は見習うべき

**関田**▽英国の洋上風力発電は、計画どおり実行されると2020年までに4000万kW強に達する見込みです。またスコットランドでは沿岸波力発電設備の実験が行われ、総発電量は2400kWに達するとされています。このほかデンマークでも2020年までに風力発電で電力供給の50%を確保すると言われています。他にも北アイルランドの潮流発電や日本ではあまり研究されていませんが、ノルウェーの塩分濃度差発電等の実証研究などもあります。このようにヨーロッパでは、積極的に海洋再生可能エネルギーの実証研究や導入が図られています。こうした動向について、日本はどのような点を参考にしていいたらよいとお考えでしょうか。

**牛山**▽イギリスの洋上発電の設備容量は出力4000万kWで日本の原発全体の設備容量とほぼ同じです。自然エネルギーの中でも、風力発電は新エネルギーというより今や完全な実用エネルギー源になっています。イギリスは自国の特徴を生かして取り組んでいます。日本も同じ海洋国で、排他的経済水域はむしろ日本のほうが大きい。だとすれば、これを生かさないと手はないですね。

ドイツやイギリスと日本の違いは、彼らは海の中に直流高圧送電とかスーパーグリッドなどのネットワークを先行的につくっています。日本はそれを学ばなければいけないと思います。ただそうした技術そのものは日本にあります。日本は技術がありながら生かし切れていない。それをいかに国策として取り込んでいくかが大事です。

ですからヨーロッパから学ぶべきことは、技術よりもこうした政策面、ソフト面の充実だと思えます。たとえばヨーロッパのエネルギー供給は、国を越えてEUという全体の中でやっています。日本は海に囲まれて孤立した国だと言いますが、韓国や中国とは海底ケーブルでつながりだすぐです。韓国と中国と仲良くし、きちんとした信頼関係を築くことが大事で、その結果としてエネルギーはいくらでも行ったり来たりできます。

またロシアとガスのパイプラインをつなぐ計画も、稚内とサハリンは42kmしか離れていません。パイプラインを引くのは簡単です。大事なことは信頼関係がきちんとできているかどうかです。海が隔てているのではなく、海が繋がいでくれていると考えるべきではないと思います。いずれにしても信頼関係を築いて、エネルギーもお互いに融通できるようにする。これは非常に重要なことだと思います。日本もそのへんを学ばなくてはいけないのではないのでしょうか。

**関田**▽ヨーロッパの送電網は国々が繋がっているからネットワークが組めるのだと発想してききましたが、隣の韓国、中国とも信頼関係を築きながら電力を融通し合う。そのための技術は日本が持っている可能性がある、というお話です。目からうろこが落ちたようです。

**辰巳**▽ヨーロッパでは国を越えた国際送電網があるというお話ですが、残念ながら日本は国内でさえネットワークがうまく出来ておりません。関東圏と関西圏の融通も難しいような状況です。まずは国内の電気の行き来をもっと太く、ちゃんと融通できるようにしてほしいと思います。そして先ほど牛山先生のお話にもありましたが、ポテンシャルが大きい北海道の電気を需要の大きい首都圏の人たちが

使えるような取組を進めて欲しいと思います。嫌な言葉ですが、「自然エネルギーはふらふら電気だ」とよく言われます。しかし電力網が繋がっていれば風力発電は少なくとも一日中どこかで回っていますから、数が増えればふらふらになりません。

**牛山**▽広域で使うと平準化できます。

**辰巳**▽ネットワークがちゃんとつながれば「ふらふら電気」などと言われなくなると思います。

**牛山**▽そのためにはネットワークを新たに作ることに同時に、原発用に整備してある送電網を自然エネルギーで使えばいい。原発は揚水発電所を調整用に使っていますので、そういうものも利用できるようにすれば良いと思います。

## 海洋再生可能エネルギー 普及のために

**関田**▽諸外国における状況についてお話を伺いましたが、送電網を融通し合うことで偏在性変動を吸収できるし、原発が元々セットで持っている揚水発電、あるいはそこに繋がっている送電網を使うなど既存インフラを利用することが大事だ、というお話でした。わが国が海洋再生可能エネルギーの実用化を進めていくためには、景観・環境等への配慮や、近隣住民、特に洋上では漁業関係者の理解を得る必要があります。

沿岸域から沖合へ出ようとすると、かえって関係者の数が増える現実もあります。わが国の沿岸域や海上において海洋再生可能エネルギーの実用化を図るためには、このような問題の解決が必要です。非常に難しいテーマですが、どのように対応したらよいとお考えでしょうか。

**牛山**▽洋上風力の前に陸上のお話ですが、日

いろいろな事業をして経験を積んでいる。そういったことを総合的に判断すれば非常に有望であるというお話でした。また我が国は洋上風力のほかにも、波力発電、潮流・海流発電、海洋温度差発電などさまざまな海洋再生可能エネルギーが期待されています。辰巳さんは海洋再生可能エネルギーについては、どのようなイメージをお持ちでしょうか。

**辰巳**▽洋上の着床式、浮体式風力はぜひ進めたい。いまはまだ残念ながらFITの対象になっていませんが、これから事例も増えてくるとコストも明確になってきますので、FITとしての買い上げ価格も固まってくると思います。また風力の他にも波力や潮流、海洋温度差発電など可能性は沢山あるだろうと思います。目先のエネルギーだけではなく長期的に海からいただけるもの、可能性のあるものを探っていただきたいと期待しています。



本では景観、騒音、バードストライクの問題などがあり、他にも低周波音を指摘する方もおられます。この問題に関連しましてデンマーク大使館が集まりがあったときにデンマークの方がおっしゃっていたのですが、「自分の敷地の中で牧畜をやつて風車を回している。風車の音がしないと不安だ」と言うのです。要するに、風車が回っていると儲かっている(笑)。自分の収入になると思うとうれしい。人間の心理です。

要するに当事者になつてもらえたい。洋上風力を建設しようとするのと反対する漁協も出て来ると思っています。これからは洋上風車が海の中にたくさん設置されるようになると思いますが、洋上風車では月に1回は現場に行つて目視点検する必要がありますし、1年に1回ぐらいは風車を停止して、タワーが上がつてメンテナンスをしなければなりません。そのときの操船は漁協の人たちによつてもらふ事が出来ます。定期的に毎月仕事が出るわけで、そういう技術を持つている人たちにとっては稼ぎになります。仲間に入つてもらつて、「これなら儲かる」と判れば「じゃあ、協力しよう」となると思えます。

また海の中に構築物ができると湧昇流が発生して、そこに魚が集まつてきます。いままでと違う魚が獲れるようになることもあり、魚礁効果をねらうことも含めてプラスの面が結構ある。たぶんこれが一番いいやり方ではないかという気がします。

**辰巳**▽まったく同感です。将来のエネルギーを自分たちが担うのだという意識の共有化も重要です。さらに収入にもなる。そういうことも事業前進のためには必要なことだと思えます。いまおつしやつた具体的なお話は非常に参考になると思えます。

**関田**▽解決する手法は仲間に引き入れる、当事者になつてもらふことですね。

**牛山**▽ステーキホルダーです。原発の補償では、1度お金をもらつておしまいです。そうではなくて風車がある限り継続的に仕事はあるわけです。これからどんどん洋上風力は増えますので良い仕事になると思えます。

**関田**▽仲間になつてもらふために、いろいろな知恵を出していくことが必要ですね。実用化のためには規制緩和や制度上の課題もあるかと思えます。こうした中で、港湾域に風車を普及する制度を国土交通省がスタートさせています。平成24年6月に国交省と環境省で、港湾における風力発電導入を円滑に進めるマニュアルができ上がりました。港湾域には風況データが蓄積されているほか、水深、海底地形・海底土質データも揃っています。沿岸センサーもCOMEINSという波浪情報を提供していますので、こういったものが役に立つと思えます。今後海洋再生可能エネルギーを実用化していくために取り組むべき課題や方策について辰巳さんはどう思われますか。

**辰巳**▽風力の場合、大きな建屋を建ててどうこうするわけではありません。海もそうだと思います。規制ばかりだと前に進みません。良い事例をどんどん広げること、規制緩和につながるのではないかと思つています。

**関田**▽認可基準手続きをワンストップにするとか。

**辰巳**▽アクセスは充分に、しかし短くとかですね。

## 海と共生し「国家百年の計」で取り組むことが必要

**関田**▽2030年代に原発稼働をゼロにする、あるいは15%、20~25%にするといったシナリオが議論されましたが、どのシナリオでも洋上風力、波力発電等の海洋再生可能エネルギーを大量導入していくことが必要だと考えられています。そしてグリーンエネルギー革命の実現のため、あらゆる政策資源を投入するとされています。最後に海洋再生可能エネルギーの実用化に取り組んでいる人たちへのエールをお願ひできますでしょうか。

**牛山**▽国の方針がぶれないように望んでいます。国家百年の計と言います。持続可能な社会をつくっていくためには「こうしていくのだ」という方針を国がきちんと決めて実行する。そして、わが国は世界のリニアブルエナジーのモデルの国になる。「あれほど高い授業料を払ったのだから日本はこうしていくぞ」と国の決意を見せる。それに対して若い人たちが「われわれもやろうじゃないか」という機運になることが大事だと思います。それには国がゴールを示すことです。ビジョンなき国は滅びる。ビジョンを与えることが大事だと思います。

**辰巳**▽若い人が自分の将来のためのエネルギーを検討しよう、持続可能なエネルギーを考えようということ、持続可能なエネルギーを考えようということ、持続可能なエネルギーを考えようという素晴らしいと思つています。海は私たち生命が生まれた発祥の場所で、生物の多様性がある。すごく豊かである。その海を使つてこれからは何かやつていこうと考えるのであれば、海との共生を考えていた方がいいと思います。そうすれば間違いなく良い方向へ進むと思えます。

**牛山**▽そうですね。非常に重要な指摘だと思います。たとえばドイツで原発を止めたのはエネルギーの専門家ではありません。哲学者や社会学者のグループの人たちの報告書を見て、メルケル首相は最終決断しています。もの

づくり国家としての日本はすばらしいポテンシャルを持っています。「日本の行く道はこうだ」と国際的に成程と頷かせるような政治家がいなくてはいけないと思えます。品格ある国家としての哲学ですね。

**関田**▽技術面から自然エネルギー問題についての哲学まで、非常に広いご指摘をいただきました。持続可能な社会を実現していくにあたり、お一人のご意見はわが国の今後のエネルギー政策だけではなく国民の生き方の帰趨に関わるほど、非常に重要なお話、示唆に富むさまざまなご意見をお聞きできました。

沿岸技術研究センターとしても本日伺ったご意見をよく勘考し、海洋再生可能エネルギーの実用化促進に生かすよう、できる限り努力を尽くしていきたいと思えます。本日は誠にありがとうございました。



今日は「我が国の洋上風力発電の技術課題と将来展望」について皆さんと一緒に考えていきたいと思います。この秋、我が国初の外洋における洋上風力発電設備が銚子の沖合にできまして、銚子の「地球の丸く見える丘展望台」に行けば、すぐ目の前に見えます。様々な新聞やテレビでも紹介されています。

風力発電に関する国際会議が2001年にデンマークのコペンハーゲンで開催された時、2000年にできたコペンハーゲンの沖合にある、初めての商業ウィンドファームといわれている非常に美しい洋上風力発電所を、私は初めて見ました。

今日の講演では、まずこれまで私が関係者とともに調査した欧州の洋上風力発電の現状を紹介し、そして、NEEDOの着床式洋上風力発電の技術開発について紹介させていただいた後に、今後日本の洋上風力発電がどういう方向に進めば良いか、将来展望について少しお話ししたいと思います。

### 洋上風力発電の現状

洋上風力発電については、2000年に初めて本格的な洋上ウィンドファームができ、2008年から本格的に普及し始めました。今のところは大体400万kW、陸上に比べるとまだ少ないですが、成長率は非常に高く、2017年には現状の17倍7100万kWに増えると予測されています。

ヨーロッパにおける洋上ウィンドファームについては、これまでに2回調査し、『風力エネルギー』という雑誌に調査結果

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



Part  
1

コースタル・テクノロジー 2012 特別記念講演 (2012年12月3日)

## 我が国の洋上風力発電の 技術課題と将来展望

石原 孟

東京大学 大学院工学系研究科  
社会基盤学専攻 教授

洋上風力発電の第一人者である東京大学大学院工学系研究科教授の石原孟教授にご講演いただいた。  
本稿ではその講演内容を編集して掲載する。



写真1 建設中のLillgrund洋上風力発電所(スウェーデン)

を詳しく紹介しています。これらの調査では各国に最初にできたウィンドファームを調査しました。その目的は各国の洋上風力発電における政策、そして技術、さらに何に苦勞して何が失敗したかということ等を学ぶことにより、今後日本の洋上風力発電の普及に役立てることです。それにはやはり現地に行かないとなかなかわからないというところで、2回調査に行きました。

1回目は、2007年にスウェーデンとデンマークのウィンドファームを調査しました。48基建設されているスウェーデンの最初の洋上ウィンドファームを見に行きました。当時ちょうど建設中であり、施工できないほど海が荒れていたのですが、せっかく日本から来たのでぜひ見せてくださいと頼み、荒天の中を船に揺られて現場に行き、いろいろ見させていただきました。残念ながらその日は施工していなかったため、施工の様子は工務所に飾っていたパネルを撮影しました(写真1)。この場所は非



写真3 Scroby Sands洋上風力発電所(イギリス)



写真2 完成したLillgrund洋上風力発電所(スウェーデン)

常に浅いので、基礎そのものがそれほど大きくなく、日本ではこんな小さい基礎でもとても台風や地震の力に耐えられないと思われました。

ウインドファームになると変電所が必要ですが、変電所を陸上で組み立てて丸ごとを洋上に持っていき、大がかりな海洋工事になります。完成したウインドファームは非常に美しく、感動を覚えました(写真2)。

各国の最初のウインドファームはいろいろな失敗がありました。デンマークでは最初にできたウインドファームの20基の風車のうち、17基の風車の変電設備が壊れました。何でそういうことが起こるかという、洋上にウインドファームをつくるためには、まず海岸に近い陸上で経験を積むのですが、洋上では、陸から2、3キロしか離れていなくても、湿度は常時ほぼ100%であり、空調がないと、結露するなどいろいろなことが起きます。結局、洋上は陸上とは全く違うということがわかりました。

2回目の調査は2009年にイギリス、ドイツ、ベルギーとオランダのウインドファームを調査しました。その1例は、2MWの風車が30基建設されていたイギリスのウインドファームです(写真3)。この場所の特徴は砂がよく動きます。日本では砂が動くことながら洗掘対策の工法を考えるのですが、ここでは何も対策をとっていないという事でした。なぜかと聞いてみると、7mぐらい動いても、杭を長くして10mぐらい打ち込めばいいではないかという事でした。ああ、こういう考え方もあるのかと非常に勉強になりました。洗掘があるからといって、必ずしも洗掘防止と

いうことではないという考え方に衝撃を受けました。

風力発電の場合には、設備の稼働率は重要です。このウインドファームでは95%という高い稼働率を維持しています。30基の風車のうち常に1基が止まってメンテナンスとしており、30基が1カ月で一巡します。これで計算すると、稼働率は大体95%になります。この稼働率が非常に重要で、稼働率が下がるとプロジェクトが失敗することもあります。洋上の場合には、稼働率を高めるために、いかに風車の故障率を下げるかが一番重要だということを教えていただきました。

洋上風力発電というのは非常に大きな産業になっており、きちんと整備された港湾がないと、大規模洋上ウインドファームを展開できません。イギリスでもドイツでも洋上ウインドファームを展開するために非常に大がかりな港湾整備を行ってきました。もう一つは、冬は発電の一番多い時期で



- 風車停止による損失を避けるにはアクセスが最も重要である。
- 嵐や冬季には天候また波浪条件によってアクセスの制限を受ける。
- アクセスの時間は重要である。小さな船が遠い洋上風力発電所に行くために6時間かかることもある。
- 海岸から遠い洋上風力発電所を開発する場合には、新しい維持管理方法が必要であり、例えば、ヘリや高速船が必要である。

資料1 洋上風力開発におけるアクセス確保の重要性

**事業目的**

○ 早期における洋上風力発電の導入は国産向けに、山形県ではアクセス道路整備などのコスト負担が増加していることから、今後の風力発電導入には高い信頼性の特長を備えた洋上風力発電の導入が不可欠である。本研究開発では、我が国独自の海上風力発電の導入を促進し、実証研究を通じて、我が国の自然条件に適合した洋上における風力発電の導入を促進する。

**事業の概要**

○ 研究の概要(2010年度) 実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2011年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2012年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2013年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。

**事業の進捗**

○ 研究の概要(2010年度) 実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2011年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2012年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2013年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。

**事業の成果**

○ 研究の概要(2010年度) 実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2011年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2012年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2013年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。

**事業の課題**

○ 研究の概要(2010年度) 実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2011年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2012年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。  
 ○ 研究の概要(2013年度) 洋上風力発電(環境)実証研究の概要について詳細を説明。

資料2 NEDOにおける洋上風力発電技術研究開発

### 日本における洋上風力発電の技術開発

日本の場合、ヨーロッパといくつかの点で異なり、台風や地震など自然環境が非常に厳しいとともに、太平洋側はうねりが非常に高く、当然ながらそれが洋上風力発電所の建設にかかります。また、台風の影響は、ただ風が強いということだけではなく

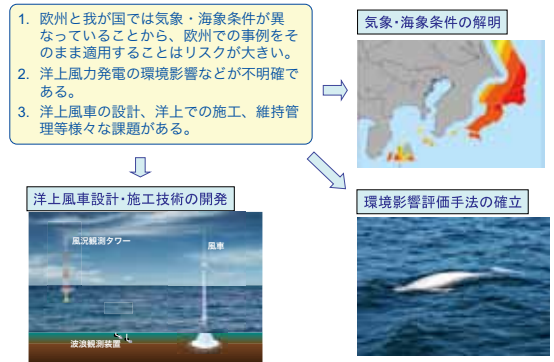
く、太平洋のどこかで台風が来ると、台風による波が日本にやってきて、日本で一般に使われている作業船では施工できず工事がなかなか進まないという影響もあります。太平洋側と日本海側でも自然環境条件は違うし、外洋での洋上風力発電は非常に大きなチャレンジだと思えます。

このようなことから、日本でも実証実験を行わないと、いろいろなことが判らず、リスクが高過ぎて誰も手を出せません。外洋でウインドファームをつくる際に一体どういうリスクがあるのかということも明らかにするために、先ほど紹介した2007年、2009年の2回の海外調査を実施しました。このようにして、2009年から太平洋側の銚子の沖合に観測タワーと洋上風車を建設することになり、また2010年から日本海側の北九州の沖合にも同じように観測タワーと洋上風車を建設するという日本初の外洋における洋上風力発電の実証研究が開始されました(資料2)。

### 気象・海象の観測

日本の気象・海象条件はヨーロッパと大きく違うため、安全性、信頼性、そして経済性の高い洋上風力発電システムを開発するために、どのように設計し、どのような施工方法を用いなければならないか、そしてどういったインフラ整備をしなければならないかという問題を、この実証研究の中で明らかにしなければなりません(資料3)。

北九州は台風がよく襲来する日本海側の代表地点です。一方、銚子沖は、太平洋側でうねりが非常に高く、施工が非常に難しいといわれています。今回の実証研究では、このような二つの代表的な地点を選び



資料3 わが国の洋上風力発電における技術課題

ました。今、世界最大級の7メガの風車のハブ高さは大体100mです。今回の実証研究で建てる風車のハブ高さは80mですが、将来風車の大型化を考え、100mの観測タワーを建てて実証研究を行うことにしました。

観測タワーと風車は、海底ケーブルを通して全て陸上から制御できるようにしています。観測データも全部海底ケーブルを通して陸上へ送り、リアルタイムでデータを観測することのできるようなシステムを構築しています。来年の1月から、発電と観測を開始する予定です。

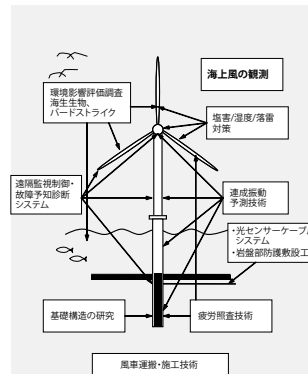
観測タワーに加え、ドップラーライダーを用いて200mになる7メガの風車のブレードの先端までの風を観測し、風車が発電するときの風の鉛直分布を調べます。また、タワーには3方向に風速計をつけて、観測タワーの後流の影響を受けないよ

うに風を計測することができるようになっています。なぜ日本で観測を実施するのか、ヨーロッパではいろいろ観測タワーを建てて風観測を行っているのではないかと、質問をよく受けますが、日本の場合は台風というヨーロッパにはない風があり、季節風と台風の鉛直分布や乱流強度は同じなのか、違うのかについて、実際に洋上で測ったことがないので、分かっていないことが多いです。

季節風と台風の両方の影響を受ける混合気候は日本の自然環境条件の特徴です。設計風速については、その両方をきちんと評価しなくてはいけないということで、台風シミュレーションと観測を組み合わせるような手法を開発し、今IECに提案しています。乱れに関しては海洋構造物にとって重要ではありませんが、洋上風車の疲労は乱れによって決定されるので、洋上風の乱れについても詳細に調べる必要があります。

風だけではなく、実は波もヨーロッパと違います。結論から言うと、やはりうちの影響が非常に大きく、うねりと風波の両方を評価しなくてはなりません。観測タワーが完成されないと風が測れませんが、波の観測は、既に2010年から開始し、波と流速の分布を測れるようになりました。また、台風の影響は風だけではなく、波についても非常に大きな影響を与えます。風の前測がきちんとできれば、波の前測もかなりできるといえることは最近の研究によってわかってきました。しかし、台風の前測がなかなか難しい。今の気象シミュレーションは、季節風を非常に精度よく予

- わが国の洋上環境に適する洋上風車を開発
- 風車の遠隔監視制御と故障予知診断システムの開発
- 安全性、信頼性、経済性の高い基礎構造の開発
- 風車と支持構造物の連成振動解析技術と疲労照査技術の開発



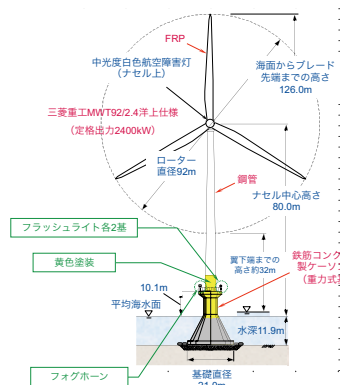
資料4 洋上風力発電に関する研究課題

測できます。顕著な台風に関しては、過小評価する可能性があることも最近わかってきました。今後台風の予測精度を向上させ、そして、それを生かす波浪推算の研究を進めていきたいと思っています。

#### 洋上風力発電設備

洋上風力発電に関する問題は、これまでに環境条件について話しましたが、ここからは設備の話に入りたいと思います。例えば洋上風車で一番重要なのは、やはり信頼性の問題です。天候が悪いとなかなか洋上に行けないので、信頼性の高い設備が必要であり、遠隔監視システムとして監視だけではなく、故障予知や診断も実施するようなシステムを開発し、必要な時にメンテナンスを実施するとともに、風車と支持構造物の連成振動を考慮した疲労評価も行います（資料4）。

今回のNEDOの実証研究に使用される風車は、一つは2・4メガの三菱の風車



資料5 風車の実証研究設備

で、もう一つは日本製鋼所の2メガの風車です。銚子の海底地盤は非常に固く、ほとんど岩なので、重力式のPCCケーソンを採用しました。最終的な目標は現在洋上で使われている5メガ、さらに開発中の7メガ、将来的には10メガの大型風車を載せられるような基礎が必要ですので、北九州ではジャケットと重力式のハイブリッド式の基礎を選び、実証研究を行う予定です。

資料5には実証研究で使われている風車のブレード、ナセル、タワーを示しています。船舶の航行安全のため、海面から数メートルまでは黄色にすることが世界的なルールで決められています。また、洋上では霧がよく発生するため、音を出すフォグホーンをつけています。

風車に関する塩害の問題については、いろいろと研究されています。陸上の場合、風車は基本的にナセルの前から空気を吸い込み後ろから出すという空冷式が使われて





いるのですが、これをそのまま洋上で用いると、塩害でやられてしまいます。現在ヨーロッパでは、100%密封して熱交換で対応していますが、設備費用が高くなるので、この研究ではナセルを密封するものの、一部は熱交換 一部は外気をフィルターで除塩・除湿した後にナセルの中に入れて空冷するというハイブリッド方式を採用し実証します。そのほか、落雷の問題や、ブレード表面のエロージョンという腐食の問題について実証試験で研究する予定です。先ほど少し紹介しました、遠隔監視と予知システムも開発する必要があります。陸上では風車が止まった場合に、人が現地に行つて、再開していいかどうかを判断しますが、洋上では行きたくないと思つても人はなかなか行けないので、陸上から再開していいかどうかを判断する必要があります。さらに、メンテナンスの効率を上げるために、例えば潤滑油の供給方法の改良などの工夫をしています。風車を停止する時間をなるべく短くするという維持管理手法を開発しています。

洋上風車の基礎は普通のケーソンと違い、波の荷重を減らすために、首のところを細くしています。初めは10メートルあった直径を6メートルまで絞りました。また地震力に抵抗するために、下の部分を広げています。基礎の設計を行う際には、水理実験を行い、波力、碎波力を具体的に実験から計測し、国際基準と比べてその予測精度を評価しました。PC構造についても実験と解析を実施し、安全性を確認しました(資料6)。

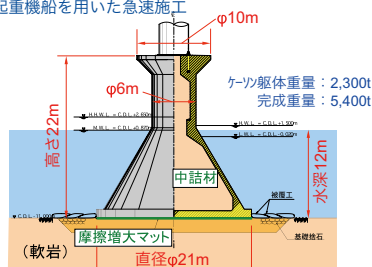
風車は普通の構造物と違つてところが幾つ

● 開発した基礎の特徴

- ① 三角フラスコ形状による波力の低減
- ② プレストレスト鉄筋コンクリート壁によるひび割れ防止と耐久性向上
- ③ 躯体の軽量化による起重機船を用いた急速施工

● 使用材料の特徴

- ① 高比重中詰材(銅水砕スラグ)
- ② 摩擦増大マット



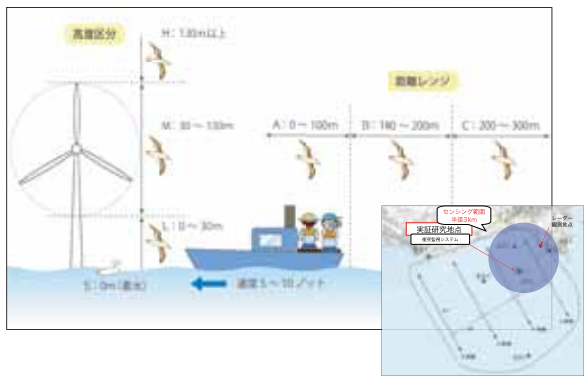
資料6 基礎の設計

かあります。1つは風車が動くということ。ローターが回るだけではなく、それを支持しているシャフトそのものが風荷重を吸収するために少し風方向に動きまわす、もちろん発電機も動いています。一般的にタワーの1次固有振動数は簡単に再現できますが、これ以外にもたくさんピークが出ています。これらのピークはブレード、シャフト、発電機の影響です。今回の実証研究では加振もできアクティブ制御もできる装置を開発し、風車タワーの中間部に設置しました。来年の初めに実験を行います。風車の特性を明らかにする予定です。

● 環境影響評価

洋上に構造物をつくる際には、漁業関係者だけではなく、野鳥の会や、海洋関連の様々な団体から出される意見にしっかりと対応しなければなりません。実証研究を契機に、今後役に立つようなたくさんの方々の意見を取得することが重要です。

魚については、建設前、建設中、建設後でどうなるかを調査します。漁業関係者からは魚をたくさん取らないでほしいと依頼され、一方、先生方からは量が少ないと代表性がないのではないかと主張されます。この点は非常に難しいですが、少ないデータでちゃんと精度を出すというのは、学術的にも興味がありますし、非常に重要です。海鳥については、船を出して望遠鏡を使い、ビデオ撮影とともに目で見て数えています。数だけではなく、飛んでいる高さも測るようになっています。なぜかという、低い所と高い所では風車に当たることがありませんが、風車のローターが回転している中間の高さに当たってバードストライクが起る可能性があるからです。また、陸上の場合には、鳥がブレードにぶつかって地面に落ちれば見つけることができますが、洋上の場合にはそのまま海に落ちてし



資料7 海鳥の調査



資料8 基礎の製作

まつて判らないので、風車に特殊なカメラをつけて常に録画して、バードストライクが発生しているかどうかきちんと評価します(資料7)。

● 洋上風車の施工

次に、施工について説明します。事前調査では船を出して、海底の状況を調べ、ボーリング調査も行いました。ボーリング調査のためのやぐらを設置したのですが、そこで3日間帰れなくなりました。なぜかという、海が荒れて船がSEPPにアクセスできないからです。今回の観測用の設備と風車の中に1週間用の食料を備え、観測タワーにはシャフトも用意しました。何かあった時にはしばらくそこで待機できるようにしています。

資料8には基礎製作の過程を示しています。3・11の影響で工事が1年遅れました。幸い去年の8月に、基礎の製作が再開でき

ました。完成した基礎は大変重く陸上に上げるため、岸壁の補強も行いました。今年5月に撮影したこの写真は非常に貴重で、いま基礎が海の中に設置され、もう一度と見ることができません。

銚子沖の海は4月まで大変きれいだったのですが、5月になると突然視程が悪くなり、30cm先も見えないような状態になってしまいました。このような状態での海中工事が非常に難しく、NHKの「プロフェッショナル」という番組の中でも紹介されました。私も今年現地に何回も行きましたが、天候の関係で、基礎の設置工事がなかなか実施できない現場状況を実際体験しました。今年は台風が6月に発生し、さらに9月に立てつづけに何個も台風が来たので、海上工事は大変難航しました。24時間というか、昼夜を問わず、施工できると



写真4 風車の組み立て

きに施工するというような状況でした。その他、海底ケーブルの敷設工事も実施しました。通常、うねりの周期は8秒程度ですが、12秒のような非常に長い周期のうねりが来ることもありました。そのため、敷設船が大きく動き、ケーブルも引張られてしまいました。日本で海上工事を行う際には、常にうねりに注意しなければいけないということがよくわかりました。

写真4は風車のブレード、ナセル、タワーを実際に組み立てている時の様子をしてしています。「くろしお」というSEPP船を使用しました。何でこんなに足を高く上げるのかというと、この場所は水深約11メートルなので、高い波が来ても砕波するので、10メートルの高さ上げておけばどんな波が来ても当たらないからです。SEPP船は波に当たると一発で壊れます。

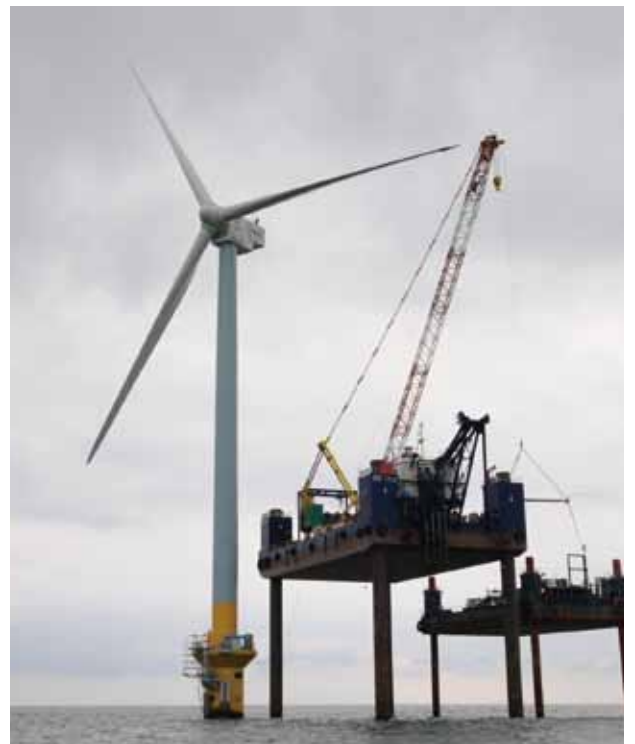


写真5 建設完了した洋上風車(10月14日)

設置時や移動時に細心の注意を払う必要がありますが、設置してしまえば、安全です。最終的に風車の設置工事は10月14日に無事完了しました(写真5)。

**洋上風力発電の将来展望**

最後に、洋上風力発電の将来展望について説明いたします。ヨーロッパでは、1992年から陸上風力は増え続け、2004年をピークに、その後は減っています。ヨーロッパでは陸上風力がある意味で飽和状態になっているので、洋上風力に力を入れています。しかし、洋上風力も陸上とほぼ同じような形で2020年にピークを迎えると予測されています。日本はのんびりやっていると、世界の洋上風力の市場は終わってしまうということもぜひ理解していただきたいのです。洋上風力に

参入するのだしたら、今だということでは。これは単なる希望ではありません。洋上風力の場合は、リードタイムが非常に長いので、実は、2009年時点には既に2010年、2011年の投資が確定しています。なぜならば、何百基の風車を建設するためには長いリードタイムが必要です。数年間のデータがあれば、2020年までの導入量を理論から予測することが可能です。

次に、イギリスの例を見てみます。皆さんもご存じの通り、イギリスも海洋国家です。2030年までには3300万kWの洋上風力を開発する戦略が立っています(資料9)。ラウンド1の計画では、陸に近いところで洋上風力を開発し、その入札は2001年に終わっています。ラウンド2では700万kW、ラウンド3は陸から50キロも離れて、水深も30から60メートルと離れたところに3200万kWを開発する予

2030年までに3300万kWの洋上風力

世界中の風力発電企業の研究施設や製造拠点を集積し、国の一大産業として発展させる

- 2007年、政府は2030年までに3300万kWという開発目標を発表
- 事業規模は13兆円、2030年までに7000基以上の洋上風車を設置し、国の全消費電力の3分の1を賄う
- 英国国王の資産管理を行う政府系特殊法人が開発区域を指定、北海海底油田鉱区のように入札を実施

ラウンド1	18区域	150万kW	2001入札完了
ラウンド2	15区域	710万kW	2003入札完了
ラウンド3	9区域	3200万kW	2010入札完了

\*計画通りに行けば、設備容量は4060万kWに達する

資料9 イギリスの洋上風力開発の戦略



写真6 世界最大級の5メガ風車(ドイツ)

定です。このラウンド3の入札は2010年に終わりました。日本の三菱重工業もラウンド3に参加するため、7メガの風車を開発しています。日本だけではなく、韓国でも7メガの風車を開発している会社は3社あります。5メガの風車を開発しているのは3社で、3メガの風車を開発しているのも2社があります。日本の大型風車のメーカーは3社しかないのに対して、韓国では日本の3倍の風車メーカーが今の分野に参入しようとしています。洋上風力の分野では、欧州だけではなく、韓国も中国

も日本の競争相手だと認識する必要があります。

アメリカも、昨年2月に、内務省とエネルギー省がアメリカ史上初の洋上風力に関する省庁横断的な計画として、「洋上風力促進計画」と「国家洋上風力戦略」を共同で発表しました。実際、大規模なウィンドファームを開発できるように海域を指定し、そこで洋上風力の実証研究、さらに大規模な洋上ウィンドファームを開発するための海域の入札を実施しています。

今、世界で建設している一番大きい洋上

ウィンドファーム、ロンドンアレイの設備容量は68万kWに達しています。今年中に完成し、来年にも電気を送る予定です。最終的には原子力発電基1基分と同じ設備容量の100万kWに拡張する予定です。ヨーロッパの開発状況を見てみると、ウィンドファームは陸に近い所から遠い所に、水深も浅い所から深い所もついでという傾向があり、その

ためにはもっと大きな風車が必要になってきます。現在、大型風車を開発しているのはヨーロッパだけではなく、中国、韓国、日本、アメリカでも開発しています。風車の大きさも、年々大きくなってきており、今ではブレード1本の長さは80mとジャンボジェット機と同じ長さです(写真6)。なぜ大きな風車が必要なのかというと、発電量はローターの面積に比例しますので、風車を大きくすれば発電量は大きくなり、一方、風車の重さは長さの3乗に比例しますので、基本的に風車を大きくすると、風車本体のコスト高となるのですが、支持構造物、設置費用、送電ケーブル、メンテナンスが安くなりますので、風力発電システム全体のコストを安くしていくという戦略です。これだけ大きな風車を早く設置するためには、風車は風車メーカー、基礎は建設会社というやり方は、もはや通用しません。今年の実証研究では、風車と観測タワーを1基ずつ建てるのに1年かかりました。ヨーロッパでは長くて1週間、大体3日間とか4日で1基建てております。風車と基礎を含めた全体システムを考え、統合設計しないとできません。

風車のタワーと基礎をつなぐトランジションピースは450トン、ナセルも大体500トンです。風車のブレードからナセル、タワー、基礎、トランジションピースまで全ての部品を500トン以下にすることができれば、一隻の船で風車から基礎まで建設することができます。最近では、作業船まで自分たちで造って、洋上ウィンドファームの建設を行っています。

### おわりに

今年の10月14日に、銚子沖に我が国初の外洋における洋上風車と観測タワーの実証設備が完成しました(写真7)。今後実証研究を通じて、わが国近海における気象・海象条件を明らかにすると共に、安全性、信頼性、経済性の優れた洋上風力発電技術の確立を目指しています。我が国における洋上風力発電の導入可能量は約16億kWと、全国の10電力会社の総電力設備容量2億kWの約8倍であり、わが国の再生可能エネルギーの導入拡大を考える上では洋上風力発電をどこまで活用できるかが成功のカギだと思います。銚子沖および北九州沖における実証研究は今後わが国の洋上風力発電の導入拡大の起爆剤になることを期待しています。



写真7 我が国初の洋上風車と観測タワー実証設備

## 導入

港湾における風力発電の導入ニーズの高まりを受け、その円滑な導入や利活用の推進について、平成23年度より国土交通省と環境省が連携して取り組んでいるところである。本稿では、検討結果を踏まえて平成24年6月に公表した風力発電の導入マニュアルと、同じく平成24年より開始する再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせた電力供給システムの実証事業について、その内容を概説するとともに、今後の更なる円滑な導入のために検討を進めている事項について、紹介させていただくものである。

## 背景

平成23年3月11日の東日本大震災時を契機に、再生可能エネルギーを活用した発電（以下、「再生可能エネルギー発電」という。）の普及の必要性が高まっているところである。現在既に一定の普及が進んでいる再生可能エネルギー発電と例えば、太陽光・風力・バイオマス・小水力・地熱発電であり、政府は、これら再生可能エネルギー発電の普及をさらに後押しするため、再生可能エネルギー発電事業に一定期間の事業インセンティブを付与する「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」（以下、「固定価格買取制度」という。）を、平成24年7月からスタートさせた。同制度により、再生可能エネルギー発電事業全般として、事業採算性の確保が比較的容易となったが、風力発電においては、別の課題が発生している。それは大規模な事業展開の可能な箇所が減少しているという課題であ

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



Part  
2

## 大規模な事業展開が期待される着床式洋上風力発電

# 港湾における風力発電の導入円滑化について

高橋 岳太

国土交通省 港湾局 海洋・環境課  
海洋利用開発室 管理係長

港湾における大規模な風力発電の導入が期待されている。

本稿は、その具体的な進め方と今後の課題について紹介していただいた。

国	累計導入量 (MW)
イギリス	2093.7
デンマーク	857.3
中国	258.4
オランダ	246.8
ドイツ	200.3
日本	25.2

表1 各国の洋上風力発電導入状況

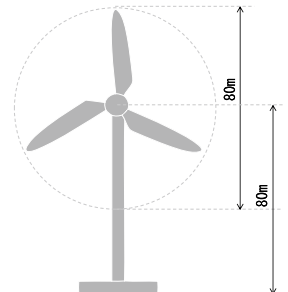


図1 出力2000kW風車の標準仕様



図2 着床式洋上風力発電の構造



図3 浮体式洋上風力発電の構造

る。

風力発電は、風の力を利用して風車の羽を回し、その回転運動を発電機に伝えて電気を起こす仕組みとなっており、その効率も風速の3乗に比例すると言われていたため、強く安定した風が吹く場所をいかに探すかが、風力発電を事業として成功させる際の鍵となる。

我が国においては、これまでその場所を、主に建設コストの観点から山岳地帯周辺などに求めてきた。しかし、そういった地帯には、道路や送電線といった、風力発電事業を行う上で必要なインフラが整備されている場合が少なく、また、条件の整った場所では既に進出がなされていることから、今後の事業展開においては、新たなインフラの整備も必要になる。その結果、事業コストの増大や、山を切り開くことなどによる周辺環境への負荷の発生など、円滑な事業実施における障害が生じることが懸念されている。また、風力発電に関する技術も発展を続けており、数年前であれば1

基あたり出力2000kW程度の規模の風車（標準的な仕様については、図1を参照）が主流であったが、既に国内においても3000kW基が導入され、5000kWの超大型風車の研究開発も実施されているところである。そうした超大型風車は、そもそも陸域での輸送が現実的ではない規模であり、新たな事業適地の開拓が求められている。

そこで注目を集めているのが、海域である。海上は、風を遮るような障害物が少ないため、特に北海道・東北・九州周辺の海域において強く安定した風が吹いており、また、陸上では事業実施が困難なほどの、前述のような大型風車を大規模に展開できる可能性を秘めた空間が広がっている。

海上での風力発電（以下、「洋上風力発電」という）は、その構造上の特徴から、風車の基礎部が海底に直接設置される「着床式」（図2）と、風車を海中に浮かべ、海底に係留する「浮体式」（図3）の2種類に分けられる。一般的には、水深50m以



写真1 瀬棚港における洋上風力発電

浅では着床式、以深では浮体式が、建設コストの点で有利と言われている。浮体式洋上風力発電は、国内外で現在研究開発が進められているものであるが、着床式洋上風力発電については、既に海外では大々的に展開が進んでいるものの（表1参照）、日本国内においては未だ本格的な展開の段階には至っていない。建設コストの問題により普及が進まず、2012年11月末現在において、北海道瀬棚港（写真1）・山形県酒田港・茨城県鹿島港周辺海域での計14基の導入に留まっている。しかしながら、先に述べた固定価格買取制度の導入や、海上施工技術の発展などにより、その本格的な展開が現実的になってきている。その中でも、現状で本格的な事業が可能な空間として、港湾が注目を集めている。

機器の確保や組み立てに必要な作業ヤードの確保など、実際の施工において必要な環境が整っていること、港湾管理者という海域を管理する公的主体が明確になっていることなどから、洋上風力発電の重要な展開場所としての期待が集まってきている。

しかし、港湾は本来、物流や人流の結節点としての機能を有しており、洋上風力発電の導入においては、そのような本来の機能と共生して行う必要がある。国土交通省港湾局では、環境省と連携し、この課題について検討を行い、港湾へ風力発電を円滑に導入するための手順などを示したマニュアル（「港湾における風力発電について」港湾の管理運営との共生のためのマニュアル）。以下、「マニュアル」という言葉を平成24年6月に公表している。また、洋上風力発電をはじめとする再生可能エネルギーの港湾での利活用についても検討を進めており、平成24年度より環境省と連携して、再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせた電力供給システムに関する実証事業に取り組んでいる。このマニュアルと実証事業について概要的な説明を以下に示す。

### マニュアルについて

港湾における海域は、港湾区域と呼ばれる。この港湾区域において洋上風力発電設備を設置する場合、港湾法第三十七条に基づく港湾管理者の占用許可が必要になる。この占用については、港湾法において「港湾の利用若しくは保全に著しく支障を与え」る場合には許可してはならないと定められているが、風力発電の導入においてこういった場合が支障を与えるのか、その基

準は明確にされていない。この基準を明確にすることで、港湾における風力発電の円滑な導入を推進するため、平成23年6月に国土交通省港湾局が、「港湾区域等に風力発電施設を設置する場合の占用等の許可基準等の参考指針」を作成し、公表していた。

しかしながら、この参考指針は、従来のような数基程度の小規模な風力発電事業を想定して作成されたものであり、現在風力発電事業者が計画するような、大規模な事業を想定するものではなかったため、そうした社会的ニーズに対応して、どのようにその導入を進めればよいか、国として一定の方向性を示すことが求められていた。そこで、国土交通省港湾局が、地球温暖化対策全般を所掌する環境省と連携し、そうした課題について平成23年度に検討を行い、円滑な導入手順などについてマニュアルと

してとりまとめたものである。マニュアルは、強制力を持ったものではなく、各港湾での事業ニーズに港湾管理者が円滑に対応するための参考となるように作成したものであるため、一義的には港湾管理者を対象としたものである。しかしながら、港湾での事業展開において留意が必要事項の周知を図る意味で、風力発電事業者も対象としている。また、喫緊の導入ニーズへの対応を主眼に置いているため、基本的には着床式の洋上風力発電を想定して作成されているが、港湾の臨港地区など、陸域における導入においても、準用できる要素は多いと考えられる。マニュアルの対象規模としては、平成24年9月より風力発電事業者が環境影響評価法の対象となったことから、第一種事業の規模を参考に、10000kW以上と設定した。

マニュアルにおける導入手順については

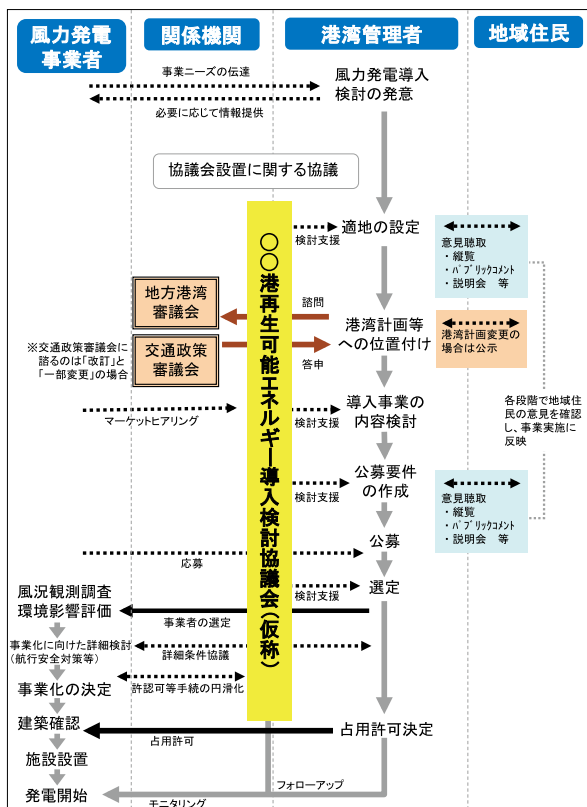


図4 港湾における風力発電導入手順

分類	関係機関等の例
(A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・港湾管理者 <b>事務局</b></li> <li>・地方整備局等(国有港湾施設等及び港湾計画関連)</li> <li>・地方自治体(都市計画、景観・環境保全関連等)</li> <li>・管区海上保安本部、海上保安部、港長(船舶航行関連)</li> <li>・地方環境事務所(環境影響評価法等関連)</li> <li>・地方経済産業局(エネルギー施策関連等)</li> </ul>
(B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域電力会社(系統連系関連)</li> <li>・海岸管理者(海岸保全関連)</li> <li>・空港事務所等(航空保安無線施設関連)</li> <li>・水産業関係者(水産業への影響が見込まれる場合)</li> </ul>
(C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地方運輸局</li> <li>・地域代表(自治会等)</li> <li>・水域利用者</li> <li>・立地企業関係者</li> <li>・学識経験者</li> </ul>
※	<p><b>(A) 協議会への参画が必要と考えられる関係機関</b>          港湾における風力発電の導入に関して許認可権限若しくは行政処分権を有している、又は現行法において積極的な関与が想定される行政機関</p> <p><b>(B) 地域の実情によっては、協議会への参画が必要と考えられる関係者・関係機関</b>          地域の実情によっては、港湾における風力発電の導入により直接的な影響を受けることが想定される関係者・関係機関</p> <p><b>(C) 地域の実情によっては、協議会への参画が適当と考えられる関係者・関係機関</b>          地域の実情によっては、積極的に情報提供や意見聴取を行うことで、港湾における風力発電の導入に関する検討の円滑化が見込まれる関係者・関係機関</p>

表2 協議会の構成員例

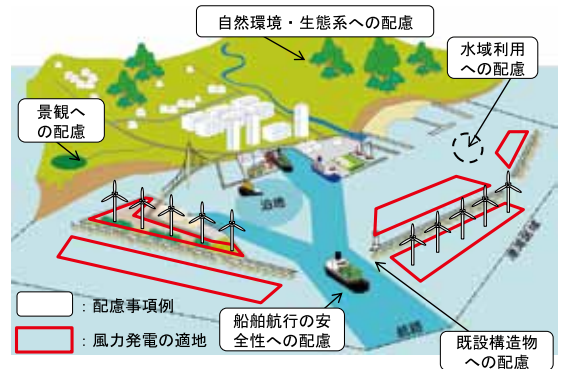


図5 港湾における風力発電の適地イメージ

図4に示すとおりである。順に解説を行う。なお、この手順の順番についても、各地域の実情等により前後することも考えられる。

### ① 起点

風力発電の導入に関する検討が開始されるタイミングは、基本的には風力発電事業者が港湾管理者へ、港湾での事業展開の希望を伝えたときに始まると考えられる。しかし、その自治体などの施策を背景に、港湾管理者が主体となって検討を開始させる場合もあり得る。その場合においては、各港湾管理者が、自らが管理する港湾での風力発電の導入の可能性について一定の把握がなされていることが前提となり、例えば客観的に整理された要件を基に算出した、各港湾での風力発電導入ポテンシャルのよきな指標が準備されていることが望ましい。

### ② 協議会の設置

港湾管理者は、自らが管理する港湾での風力発電の導入可能な範囲を、港湾の管理運営の観点では判断できるが、大規模な風力発電の導入の場合においては、その観点だけでは不足が生じる可能性もある。そこで、マニュアルにおいては、風力発電の導入において港湾管理者の検討を支援することを目的とした「協議会」の立ち上げを提案している。この協議会における構成員の例は、表2に示している通りである。構成員は、風力発電の導入において許認可権限等を有する公的団体を基本とすることを想定しており、その他の関係者については、各港湾が存する地域の実情により、参画することが適当と港湾管理者が判断した場合において、加わることが適当としている。協議会の事務局は、風力発電の導入における中心的な役割を担い、かつ最終判断を行う港湾管理者が担当することが適当と考えられるが、例えば国土交通省地方整備局等

限を有する団体等が一堂に会し、同じ情報を共有することが、も一つ一つの目的である。それにより、事業化に際し、事業予定者が各団体等へ協議・申請等を行う際の間や労力を一定程度削減できるとマニュアルにおいて提示している。

### ③ 適地の設定

前述の協議会において、港湾の本来の機能と共生できる風力発電設備の立地可能な範囲を様々な観点から議論し、様々な留意事項を考慮した結果定められた範囲を、マニュアルにおいては「適地」と呼んでいる。そのイメージは、図5に示すとおりである。この適地は、港湾の本来の機能との共生を第一の目的としたものであるため、定められた適地が、事業性の観点から見れば「最適地」とはならない場合も考えられるものである。こうした適地を、あらかじめ港湾管理者という公的団体が定めておくことで、港湾での乱開発を避け、主体的に

と共同で事務局を務め、適切に役割分担を行うことについても提案している。

この協議会は、前述のとおり、港湾管理者へ様々な助言を行うことを第一の目的としているが、事業化に係る許認可権

その導入をコントロールしていくことが可能となる。

なお、この適地の設定においては、法的な規制区域や地元漁業の実態、また船舶の航行実態等について、既存の資料等を参考に一定の検討を行うことで、その後の導入をより円滑化させることができるが、その検討において港湾管理者が過度な負担を課せられることは適当ではない。よって、実際に事業を行う事業者が詳細に検討するべきことと、港湾管理者として最低限検討しておくべきこととの線引きは、各協議会で適地を設定する段階において、整理しておくことが望ましい。

### ④ 港湾計画等への位置付け

港湾の本来の機能との共生が可能な風力発電の立地可能な範囲を適地として定める場合、その事項を広く周知することは、その後の導入の円滑化にも資するものである。そこで、マニュアルにおいては、適地を「再生可能エネルギーを利活用する区域」として、各港湾でのマスタープランである「港湾計画」へ位置付けることを提案している。また、港湾計画を持たない地方港湾においても、港湾整備計画など、公的な計画への位置付けが可能と提示している。この計画への位置付けについては、港湾法に定められた手続きによって行う必要があるが、港湾管理者の一定の労力と時間を必要とするものであるが、より港湾管理者の方針を明確にするためには有効な手段である。また、そうした公的な計画へ位置付けられることで、民間事業者が事業内容を計画する際にも、非常に有用な参考情報となり、円滑な導入に寄与するものである。



### ⑤事業の公募

風力発電の適地を港湾計画へ位置付けた後に、風力発電事業の公募を行うことをマニュアルでは提案している。この公募とは前述の適地における、風力発電事業の企画提案を求めることである。公募の目的は主に2つあり、1つ目は、公平性・透明性の確保である。つまり、港湾という公共空間において、結果的に特定の事業者が大規模に占用を行うことについては、当然そのプロセスにおいて公平性や透明性が求められることから、その対応として最も効果的なのが公募というプロセスではないかとの考え方である。また、2つ目の目的は、企画提案を求めること、結果的に、より適切な事業の導入を達成できることである。

一方、公募に際しては、その要件を定めて事前に公表することが必要であり、その要件を定める場面においても、協議会の構成員が適切な助言を港湾管理者へ行うことで、結果的に、より熟度の高い企画提案が行われることが期待される。この公募要件については、港湾の管理運営に関するものや、適地設定の際には基礎的な検討・調査にとどめた周辺への影響に関するものなどであるが、加えて、導入する港湾周辺地域への貢献について提案を求めるともマニュアルにおいて提案している。この地元への貢献提案を1つのきっかけとして、導入される風力発電と地域住民との連携が深まり、地元で愛される「おらが風車」が全国に普及していくことも期待される。

### ⑥モニタリング

公募により最も優秀な企画提案を行った応募者を、事業予定者として選定し、そ

の後、当該事業予定者によって必要な調査（風況調査・環境影響調査等）や設計及び手続き（建築確認等）等が行われ、現地着手となる段階において、港湾管理者は占用許可を付与することになるとマニュアルでは想定している。なお、それまでのプロセスや実際の事業化の後において、公募時に付した要件や事業者からの提案事項が適切に遵守されているか、モニタリングを実施していくことが必要である。このモニタリングについては、港湾管理者が単独で行っていくことも考えられるが、より専門的な分野でのモニタリングについては、協議会と連携して行っていくことも適切としている。

以上が、マニュアルにおいて提示している、港湾への風力発電の導入手順の概要である。より詳細に内容を把握する必要がある場合には、参考文献欄に記載したURLにてマニュアル本体が確認できるので、参考としていただきたい。

### 実証事業について

上記において、港湾における風力発電の導入円滑化のための施策について紹介したが、導入された風力発電設備の利活用についても検討を進めている。平成24年7月から開始された固定価格買取制度により、現在の再生可能エネルギー発電事業は、ほぼ全てが電力会社への売電事業であると推察される。しかしながら、将来その発電コストが縮小し、その結果、買取価格も下がった場合、加えて、関係する法規制が緩和されていけば、港湾のスマートグリッド化が現実化していく時代も来ることが考えられ

る。また、現時点においても、東日本大震災での教訓として、非常時の避難、及び緊急物資の荷役等の観点で、港湾への非常用電源の必要性が確認されているところであり、その1つの手段として、再生可能エネルギー発電を含めたバستمックスな電力供給システムが考えられている。

しかし、そうしたシステムの検討を行う段階に入る前に、解決しておかなければならない技術的課題が存在することも事実である。例えば風力などの再生可能エネルギー発電の多くは、その出力が不安定なため、発電された電気をそのまま需要側へ送ることはできず、蓄電池などの設備で出力を均一化する必要がある。その制御については、一般家屋やビル等において実証が各地で行われているが、港湾のような大規模な電力負荷のかかる施設が多い空間では、未だ実証がなされていない。特に、大型荷役機械などは、そもそも蓄電池だけで稼働させられるのかについても、実証がなされていない。

そこで、国土交通省港湾局では、環境省と連携し、港湾において再生可能エネルギー発電設備と蓄電池を組み合わせ、平時においては当該設備で港湾の低炭素化を推進し、非常時には非常用電源として活躍するシステムについて、その運用ノウハウの獲得や適切な規模・組合せの検証を目的とした実証事業を、平成24年から3年間実施することとしている（図6にイメージを示す）。本実証事業においてモデル的な取り組みを推進し、獲得した知見を活用していくことで、国内外の他の港湾へ普及させていくことも視野に取組を進めている。

### 今後の課題について

マニュアルにおいて提案している、港湾の本来の機能と共生可能な適地の設定に際しては、様々な技術的配慮事項が存在すると考えられる。この配慮事項について、現在のマニュアルにおいては、参考数値として取り扱われているところであるが、その事項の中には、詳細な検討の上で国として一定の基準を表すことにより、更なる安全性の向上や、検討の円滑化及び迅速化に資するものも存在すると考えられる。そこで、現実のニーズにも対応した、港湾へ風力発電設備を導入するにあたっての技術的課題について、今年度より、その検討を本格的に開始しており、さらには、マニュアルの全体的な向上にも取り組むこととしている。

- 平常時**
  - 港湾の各施設へ、再生可能エネルギー発電設備による電気を供給し、低炭素化を推進
  - 不足分は、一般系統から補充、余剰分は売電
- 非常時（停電時）**
  - 各港湾施設は、蓄電池から電力を受ける。
  - 再生可能エネルギー発電による電力は、蓄電池の充電に充てる。

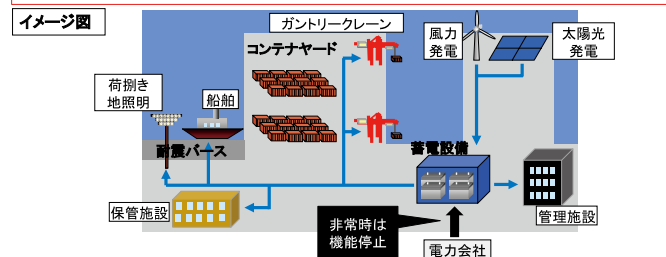


図6 再生可能エネルギー・蓄電池を活用した電力供給システムに関する実証事業

※参考資料 港湾における風力発電について -港湾の管理運営との共生のためのマニュアル- ver.1 [http://www.mlit.go.jp/report/press/port06\\_hh\\_000077.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/port06_hh_000077.html)

## 外洋50mのなせる業

2010年6月、「ウインド・パワーかみす」第1洋上風力発電所が本格稼働を始めた。

日本で初めて外海（そとうみ）にモノパイル基礎で建設した本格着床式の洋上風力発電所である。（写真1）

2000kW×7機、総出力14000kW、東日本大震災の巨大地震と大津波に耐え、現在稼働して3年目となる。

このサイトの最大の特徴は護岸から50m離れた外海に建設した点である。

多くの方は海の中でも陸側でも変わらないのではないかと質問をする。しかし今回のタイトルである「本格着床式洋上発電事業」を現段階から実施運営する上では護岸からたった50mの外海の中であることが日本の洋上風力発電の展望には不可欠であったと考える。

さらに3年前にはF-Tは無い。すなわち陸上風車と同等の厳しいコストで完成しなければ事業として成り立たないという条件もあった。

風力発電事業は洋上であれ陸上であれ事業として成り立たなければ普及もしなければ持続もしない。それが事業者としての持論である。

当時、欧州、中国では大規模な洋上風力発電所の建設ラッシュのさなかで、日本は低迷のスパイラルに突入、様々なトラブルが過大に報道され風力発電は無用の長物のように言われていた時、海に風車を立てなければ日本での風力発電事業の拡大は無かったという思いを感じていた。

Part  
2

大規模な事業展開が期待される着床式洋上風力発電

# 日本初本格着床式 洋上風力発電事業の現状と展望

小松崎 衛 株式会社ウインド・パワー  
代表取締役

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



茨城県神栖市沖合にある洋上風力発電所の建造に携わった企業からの報告。

今後の洋上風力の行く末を占う意味でも参考になるだろう。



写真1 ウインド・パワーかみす洋上風力発電所全様





写真2 タワー据付



写真3 基礎モノパイル打設



写真4 導枠

どのようにしたら洋上風力発電が実現できるのか、私は土木技術者として陸からの施工を提案してみた。

何故ならば風車を建設できる大型作業船は当時（4年前）日本には無い。欧州のように海からの作業はできないという事であった。

洋上風車を陸から建設する。そこからが知力と工夫そして経験の総決算である。

工法の発想の転換ともいえる陸からの施工を可能にできたのは護岸から50mしか離れていない洋上であったからだ。

50mのなせる業であった。陸からの施工ができれば工事の工程もつかめる、コスト

### 挑戦したい企業だけが残った

も優位になる。事業として稼働後のメンテナンスを陸上レベルの安全にそしていつでも対応可能にするには栈橋を架けることで事態の好転を招いたと振り返る。（写真2）すでに欧州では着床式洋上風車は何百機という実績があった。沖から20km〜60kmも離れた遠い海である。

「外海に風車を建てる」というのは、日本では未知の工事であった。沿岸部に盛り土をして海に作業ヤードを造作する案などいろいろの提案の中で工事業者の決定にも時

間がかかった。

最後には挑戦をしたいという企業だけが残った。

基礎部の施工を担当することになった熊谷組は早速欧州へ研究者を派遣、現地での検証、ヒアリング等施工についての準備が始まった。

ジョイント部の取り扱い、塩害の検証等々、すでに欧州で問題になっていた事象つづしが始まった。

風車メーカーの日立製作所と富士重工業は応力の計算に波の影響が加わり風車の設計が新たに始まった。この設計は平成23年の大震災と津波において大きな功績を当事

業に与えてくれた。

もともと土木工事は日本のセネコンが海外で多くの実績を積んでいた。もう橋ではなく超高層ビルでもなく洋上風力だという機運は既にあつた。海上工事の実績は少なくても陸からであるならば全く問題なしという回答であった。

電気工事の取りまとめは東光電気工事。国内で最多の風力発電機の組み立ての実績を誇る。何と言っても日本の風力発電の黎明期を歩んできた実績は大きかった。

よく言う「回らない風車」など全国の風車の実状と問題点を知り尽くしていた。海上でハンマーを操縦するのは森長組。



写真5 第2計画海上施工



写真6 第2計画基礎モノパイル打設1



写真7 第2計画基礎モノパイル打設2

当時は新羽田空港の現場の次が弊社の工事であった。工事の規模の違いはあれ海上の森長組の技術は信頼が大きかった。(写真3、4)

大型クレーンはM・I・C。国内最大級の750tクレーンを駆使しての工事であった。

つまり国内の技術でWPかみず洋上風力発電所は無事完成したのである。

着床式洋上風力発電は技術的に多くの実績を有している。洋上風力発電では遅れ感のある日本ではあるが、後発の利益を享受できることは事業リスクの軽減につながり更なる事業へと推進できるのである。

世界各地から着床式のデータが送られてくる。学会やシンポジウムを通して点検が必要とされる様な施工例の情報が提供される。

それらをWPかみず第1、WPかみず第2計画に反映し少しでも事業性が向上するように工事業者、メーカーや弊社のメンテナンス部隊との協議が日々行われている。

更なる取り組みとして現在「ウィンド・パワーかみず洋上風力発電所第2計画」が工事中である。この工事はモノパイル基礎部を全て洋上から海上施工した国内で初めての工事であった。(写真5、6、7)

大型SEP船2隻を駆使しての工事は予

想以上に海の海象条件が厳しく多くの経験を積んだ。

何故か、SEP船で海上施工したかという点、その先に大規模な洋上風力発電事業が控えているからであった。すでに弊社は茨城県鹿島沖の広い海域の測量や地質調査を終え、大規模洋上風力発電所建設に向け準備を始めている。

## 日本の洋上風力の トップランナーとして

弊社の洋上風力発電への取り組みは自社で経験を積み、次に繋げる事業である。

時間と労力が莫大にかかるが、この工程

がなければ日本の洋上風力のパイオニアとしての歩みはできないと考えている。

また一つ一つの実績と誠意ある説明が、地元自治体を始め漁業関係者の方々からの理解をいただける唯一の方法であると確信する。

日本でも着床式洋上風力発電所の適地がまだまだ全国各地に点在している。これからも適地がある限り事業を展開し、再生可能エネルギーの主力となるような洋上風力発電事業の展開を実現していきたい。



写真8 第2計画ブレード据付

### 事業概要

#### ② ウィンド・パワーかみす第2洋上風力発電所

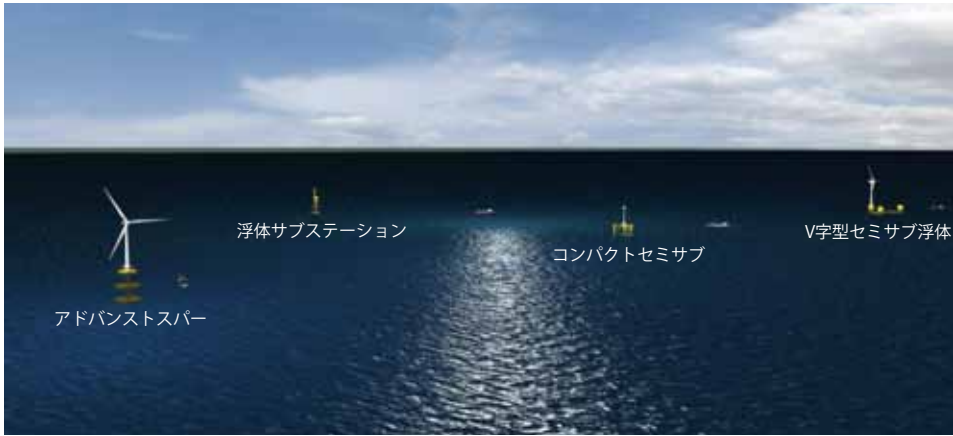
通称：第2計画 2013年3月稼働予定  
 ○仕様等は第1工事とほぼ同等  
 ○2000kW日立製風車ダウンウインド型 8基  
 年間発電量 約40,000,000kWh  
 ○着床基礎部は全て洋上からの海上施工  
 ○第1計画の北側 2013年3月フル稼働を目指し現在建設中  
 (写真8)

#### ③ 新エネメガサイト

茨城県鹿島港沖400m～2000mの海域  
 着床式5000kW風力発電機50基  
 総出力250,000kW 建設予定  
 現在、茨城県の公募事業期間中

#### ① ウィンド・パワーかみす第1洋上風力発電所

通称：第1計画 2010年6月稼働  
 茨城県神栖市南浜地先  
 護岸から約50m外洋  
 水深約3m～5m  
 基礎：鋼製モノパイル 直径φ=3.5m L=25m t=44m/m  
 風車：2000kW日立製風車 ダウンウインド型  
 年間発電量は約35,000,000kWh  
 ○建設工事は陸上から大型クレーンによる施工  
 ○洋上風力発電所と陸を50mの栈橋で繋ぎ陸上風車と同等のメンテナンスを可能にした。  
 ○海からの安定的な風をうけ発電し、綿密なメンテナンスを可能にしたハイブリット洋上風力発電所といえる。



Part  
3

海洋再生可能エネルギーの研究開発～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

# 福島沖浮体式洋上 ウィンドファームの実証研究

石原 孟 東京大学 大学院工学系研究科  
社会基盤学専攻 教授

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



世界最大級の風車を用いた実証研究が福島沖で実施されることとなった。  
本稿ではその取り組みについて紹介していただいた。

## 世界初の浮体式洋上 ウィンドファーム

東日本大震災および原発事故の被害を受けた福島県の復興のために、政府は2011年度3次補正予算で125億円を計上し、福島県沖合の海域に世界初の浮体式洋上ウィンドファームを建設する実証研究を開始させた。本実証研究を通じて、我が国の自然環境条件に適合し、安全性、信頼性、経済性の高い浮体式洋上風力発電技術を確立すると共に、福島県が風力発電関連産業の一大集積地となることを目指している。

現在、丸紅、東京大学、三菱商事、三菱重工業、ジャパン マリンユナイテッド、三井造船、新日鐵住金株式会社、日立製作所、古河電気工業、清水建設およびみずほ情報総研の11社からなるコンソーシアムは、経済産業省から委託を受け、福島県ならびに周辺海域の漁業関係者と共に、オールジャパンの体制で実証研究を進めている。

浮体式洋上風力発電は、数年前からノルウェーやポルトガルで実証研究が始まったばかりである。ノルウェーのHwindプロジェクトではSiemens社の2300kW風車搭載のスパーク型浮体式洋上風力発電設備を用い、一方、ポルトガルのWindFloatプロジェクトではVestas社の2000kW風車搭載のセミサブ型の浮体式洋上風力発電設備を用いている。いずれの実証研究でも浮体式洋上風力発電設備1基のみを建設し、将来大規模浮体式洋上ウィンドファームを実現するためにはいくつかの技術的な課題が残されている。

以上の状況を踏まえ、今回の福島県沖合の実証研究では、世界最大級の7000kW風車を用いることにより、浮体式洋上風力発電の事業性の検証を可能にする。世界初の浮体式洋上変電設備および66kVの大容量ライザーケーブルを開発することにより、浮体式洋上ウィンドファームの建設を可能にする。また本実証研究では世界初の浮体式洋上観測システムを構築し、浮体の動揺を考慮した気象・海象の観測手法を確立すると共に、浮体式洋上風力発電の性能評価を可能にする。さらに複数タイプの風車と浮体を用いることにより、各種浮体式洋上風力発電システムの特性および制御効果を明らかにすると共に、腐食および疲労に強い高性能鋼材の開発も行う。

図1には本実証研究の計画を示す。第1

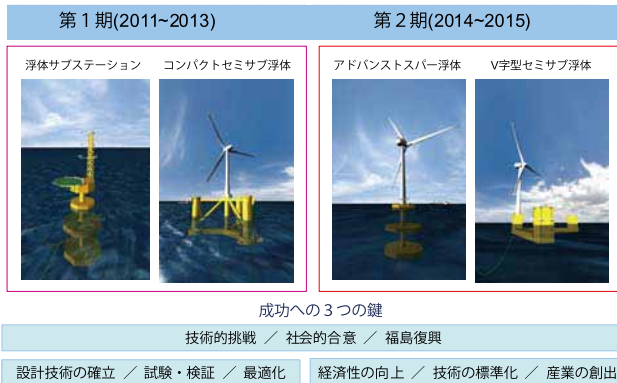


図1 本実証研究の計画

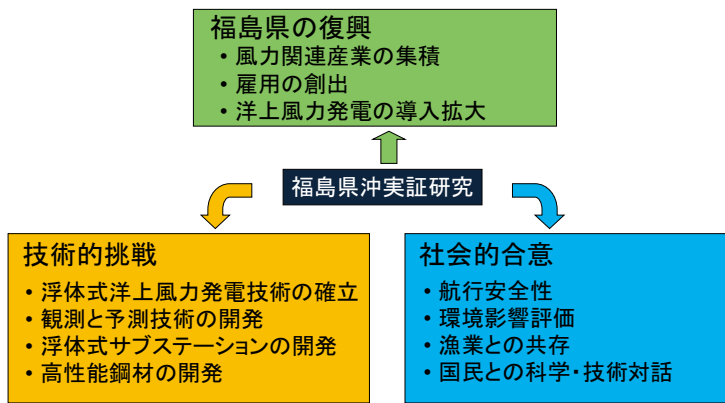


図2 本実証研究の目的

### 実証研究が目指すもの

図2には本実証研究の目的を示す。本実証研究では、様々な技術課題に挑戦すると共に、将来大規模な洋上風力発電を実現するために欠かせない漁業との共存、航行安全性と環境影響の評価手法も確立する。また本実証研究の目的および実証研究から得られた成果を広く社会や国民に対して分かりやすく説明し、国民との科学・技術対話等にも積極的に取り組む予定である。

陸上風力に比べ、洋上風力が様々なメリットがある一方、建設、送電、メンテナンス等でコストが高いとの指摘がある。この問題を解決するために、本実証研究では世界最大級の7000kW風車を採用し、従来の2000kWに比べ、発電コストを半分に減らす。図3には浮体式洋上風車の完成予想図を示す。風車ローターの直径は165mに達する。風車の翼端までの高さは約200mに達し、新宿の超高層ビルの高さにもなる。

社会的合意も洋上風力発電を行う上で極めて重要である。今回の実証研究の中では、浮体式洋上風力発電と漁業との共存方法を具体的に検討し、周辺海域の調査、漁獲試験の実施、漁船の安全操業、集魚効果の把握、新たな漁法の検討等を地元漁業関係者と一緒に行うと共に、漁船の備船、計測作業、海上移動および試験操業等にも参画して頂く。このような調査や漁獲試験等の経験を生かし、将来の大規模事業化海域で最大限の漁獲量を安全に確保できる方法を地元漁業関係者と協同で確立する。海から魚を獲りながら、エネルギーも作り、本

実証研究が目指しているのは海の高度利用である。洋上ウィンドファームは石油のような狩猟型ではなく、農耕型のエネルギーである。将来事業化された場合に、海域を提供してくれた漁業関係者に、発電事業の収益を分配する仕組みを考え、ウィンウィンの関係を構築していきたい。

今回の実証研究の目的の一つは福島県の復興のために、風力発電関連産業の集積である。陸上の風力発電設備の部品点数は、約2万点と言われ、ガソリン自動車の約3万点に匹敵する。1MWの風車を生産すると、15人の雇用が生まれると言われており、一方、洋上風力発電の場合には、支持構造物、送電ケーブル、海上工事、メンテナンス等にさらに雇用が増え、22人となる。各国政府が洋上風力発電に力を入れるのは、洋上風力発電による雇用創出への期待とともに、部品や素材などの裾野に幅広い産業を生み出すことを期待している。福島県の製造品出荷額は東北随一である。飛行機や自動車など機械産業の他、電池やモーターの工場も多い。風車は組み立て産業であり、福島県の企業との親和性が高い。今回の実証研究を通じて、福島県が風力発電関連産業の一大集積地となることを目指す。

### 日本の躍進を期待して

浮体式洋上風力発電は、世界でもまだ新しい技術であるが、重電、海洋、造船、素材等、これまでの日本の誇る技術を活かして、世界で優位に立っていく可能性がある。洋上風力発電分野でいち早く世界トップレベルの技術を確立できれば、今後成長

が予想される世界の洋上風力発電市場でも活躍でき、また裾野の広い風力発電設備の導入拡大は国内産業への波及効果も大きい。世界の風力開発では、土地の制約が少なく、大型化と大規模化の容易な洋上風力発電に大きく舵を切っており、今後その市場規模はさらに拡大していく。その二つに日本が浮体式洋上風力発電技術で応えることができれば、産業的に大きな成長を期待できる。

環境省の調査によると、わが国における洋上風力の導入可能量は約15億7000万kWであり、太陽光の1億5000万kW、地熱と中小水力の1400万kWに比べ、圧倒的なポテンシャルを誇る。2009年度の全国10電力会社の総電力設備容量が2億397万kWであることを考えると、洋上風力のポテンシャルがいかに高いかが分かる。わが国の再生可能エネルギーの導入拡大を考える上では、洋上風力発電をどこまで活用出来るかが成功のカギとなり、今後の進展を大いに期待する。



図3 浮体式洋上風車の完成予想図

## 国内外の波力発電の研究開発と波エネルギー賦存量

地球温暖化防止対策として再生可能エネルギーの開発と普及が急務となっている。再生可能エネルギーとして太陽光、風力、バイオマス、地熱等は、既に実用化されているが、海洋エネルギーに関しては1970年代後半から世界に先駆けて実験船「海明」で実用化研究が行われ、その後様々な機関で波力発電実証試験を行ったが実用化に至っていないのが現状である(表1)。

一方、近年欧米諸国特に欧州では欧州委員会の地球温暖化対策としての再生可能エネルギーの利用を基本においた政策に支えられ、様々なタイプの波力発電が開発されており地域の送配電網への接続が実現している(表2)。

わが国の波力発電の研究は、1970年代に波力発電用の往復流型タービンであるウエルズタービンが開発されたことと相まって、多くは振動水柱式であった。しかし、欧米諸国は様々なタイプの波力発電装置を考案している。

今後、わが国でも海洋基本法および海洋基本計画の制定および策定とエネルギー基本計画に海洋エネルギーの研究開発と利活用が明記され

実験名および実験機関	実施年	発電方式
海明	海洋科学技術センター 1977~1985	振動水柱型
振り子式装置	室蘭工大 1979~1990	振り子式
沿岸固定式	海洋科学技術センター 1983	振動水柱型
海陽	日本造船振興財団 1984~1986	振り子式
定圧化タンク方式	ソシエティ・振興協会 1988~2000	振動水柱型
波力発電防波堤	運輸省 1990~1991	振動水柱型
水弁集約式	東北電力 1996	振動水柱型
マイティ・ホエール	海洋科学技術センター 1998~2002	振動水柱型
ジャイロ式	神戸大・維アルファ技研 2001~	ジャイロ式

表1 わが国の波力発電の開発  
(出展：田中博通ら、海洋開発論文集、第25巻、2009)

プロジェクト名及び装置名	国名	社名及び事業名	実施年	発電方式
Pico	ポルトガル	Wave Energy Centre	1998	振動水柱型
Archimedes Wave Swing	スコットランド	AWS Ocean Energy Ltd	2004	没水圧力差型
WaveDragon	デンマーク	WaveDragon ApS	2005	越波式
Port Kembla	オーストラリア	Oceanlinx	2005	振動水柱型
Pelamis	イギリス	Pelamis Wave Power	2006	越波式
AquaBuOY	アフリカ	AquaEnergy Group	2006	点吸収型
PowerBuoy	アフリカ	Ocean Power Technologies	2006	点吸収型
Wavebob	アイルランド	Marine Institute	2006	点吸収型
OE Buoy	アイルランド	Ocean Energy	2007	振動水柱型

表2 海外の波力発電の開発  
(出展：田中博通ら、海洋開発論文集、第25巻、2009)

特集  
海洋再生可能エネルギー



### Part 3

海洋再生可能エネルギーの研究開発～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

# 波力発電と越波式波力発電装置の研究開発

田中博通 東海大学大学院総合理工学研究科教授、  
海洋学部環境社会学科教授

実用化に向けた道筋が見えてこない我が国の波力発電システム。

ここでは、将来有望な越波式波力発電の可能性と研究開発の現状をご報告いただいた。

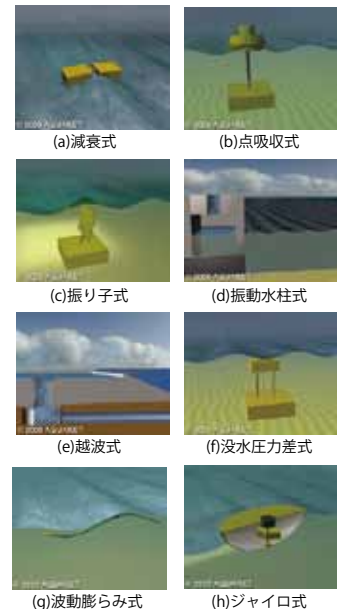


図1 波力発電の波エネルギー変換方式  
(出展：http://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/)

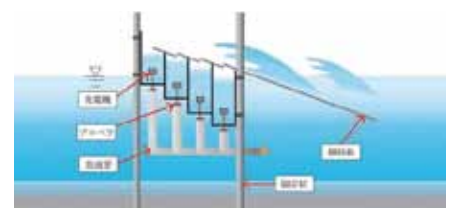


図2 越波式波力発電装置の概要

たことにより、海洋エネルギーの研究開発が進展するものと考えられる。

海洋エネルギーの中でもここでは波力発電に限定して論じることとする。また、波力発電は波エネルギーを電気エネルギーに変換する方式から8種類に大別されるが(図1)、著者が現在開発しているタイプは越波式に属する。国内外の越波式波力発電の開発は、Wave Dragon ApS社(Denmark)のWave Dragon、WAVEnergy AS社(Norway)のTheSSG(Sakawa Sutcone Generator)と現在著者が研究開発中の固定型の越波式波力発電装置がある。

日本沿岸の波エネルギーは全国平均で6 kW/mと推定され、沿岸域に沿う直線的な周囲距離5200 kmから算定される賦存量は31200 kWとなると言われている。この未利用な波エネルギーを設置条件と波浪条件を考慮して設置することによってかなりの電力を得ることが期待できる。

## 越波式波力発電装置の研究開発

### 越波式波力発電の原理と開発フロー

越波式波力発電の原理は、波が斜面を遡上することにより波エネルギーが位置エネルギーに変換され、貯水槽の水位と周囲海域の水位差に

よって自然放流するときの運動エネルギー(送水エネルギー)をプロペラが受けるトルクにより発電機で発電する方式である(図2)。貯水槽は、海象状況によって異なる波高を効率よく捉えるために多段式とし、潮位変化に対応するために構造をフロート式とせず、実海域に設置するときは期望平均干潮面(LWL)を考慮した高さに貯水槽を設置することとする。越波式波力発電装置は、長周期の潮汐による海面変動と短周期で不規則である波浪を考慮していかに多くの越波量を得るかが最大のポイントである。

越波式波力発電を開発し、実用化するために必要な項目の基礎研究が必要である。①波力発電に関する国内外の文献と特許の調査、②波エネルギー・波浪特性調査、③波の打ち上げ高さの特性調査、④越波量の特性調査、⑤波の打ち上げ高と越波量のシミュレーション、⑥波力発電要素技術開発、⑦総合的な検討と総合評価である。

これら一連の基礎研究・調査を経て発電コストを検討し、経済的に見合う時は実証試験を行うことになる。

### 波をより高く、より多く

従来、土木工学では防災の観点からいかに消波するかと言った消波構造物や耐波設計がおも

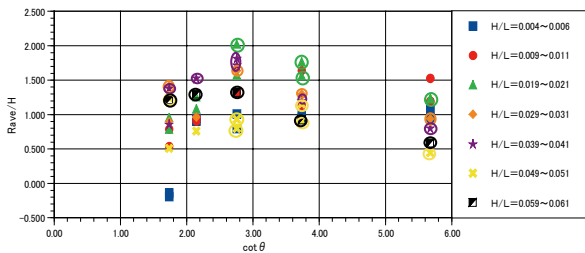


図3 各 $H_{1/3}/L$ における $\cot \theta$ と $Rave/H_{1/3}$

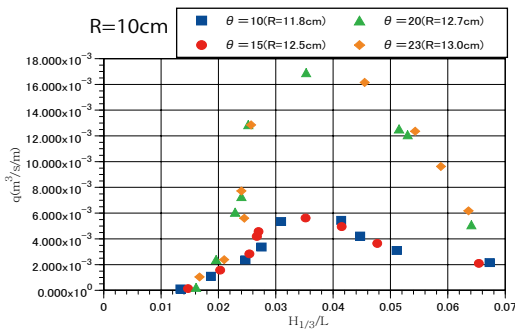


図4 各傾斜板角度に対する波高勾配と越波量の関係(R=10cm)

今回の研究において、平均効率(波パワーに対する発電機出力の比)の最大は $\eta = 10.22\%$ であった。波力発電要素技術開発を行った結果、越波量に見合った水槽の大きさの決定と不規則に変動するトルクに適切でこれらの一連の研究による

な課題であった。しかし、越波式波力発電では、いかに波を高く越えさせ、多くの越波量を得ることが課題となる。  
そこで、波力発電の効率を上げるためには、波の打上げ高をより大きくして位置エネルギーを増加することであることから、最も波が打ち上がる傾斜板の角度を求めた。  
その結果、不規則波の場合、どの波形勾配( $H_{1/3}/L$ )に対しても傾斜板の角度が $20^\circ$ ( $\cot \theta = 2.75$ )の時が最も高く打ち上がった。(図3)ここで $Rave$ は平均打ち上がり高さであり、 $E_{in} = 10.016 \sim 0.021$ では波高に対して2倍近く打ち上がった。なお、規則波の場合は $15^\circ$ であった。  
次に、波の条件(波高・周期)に対して効率良く越波量を得る傾斜板角度と越波揚程を検討するために、傾斜板の角度( $\theta$ )と越波揚程( $R$ )を変化させて実験を行い、効率良く越波量を得られる傾斜板の角度を求めた。越波揚程とは、静水面と傾斜板上端との距離である。

この実験は、東海大学海洋学部臨海実験所にある縦 $22\text{m}$ 、横 $23\text{m}$ 、深さ $1.2\text{m}$ の平面水槽内に幅 $2\text{m}$ 、奥行き $1\text{m}$ の貯水実験水槽を設置して、Breuschneider光易型を目標スベクトルとする不規則波によって実験を行なった。模型縮尺は $1/10$ とし、越波揚程は $8\text{cm}$ から $25\text{cm}$ までの4段階、縦横 $2\text{m}$ の傾斜板は角度 $10^\circ$ から $23^\circ$ までの4段階にして実験を行った。  
その結果、越波量は越波揚程に大きく左右され、越波揚程が増加するにつれ越波量は急激に減少する。波パワーは、波高と波の周期に関係することから越波揚程をパラメータとして越波量を波形勾配との関係でまとめた。傾斜板角度が $10^\circ$ と $15^\circ$ のときの越波量は、それより大きい傾斜板角度のときの越波量よりかなり小さくなった。越波量の効率の良い傾斜板の角度は、 $20^\circ$ となった。この角度は、不規則波において効率良く波が打ち上がる傾斜板角度と同じ値となった。

#### 波から発電する

平面水槽内に設置した波力発電用貯水実験水槽を使って越波揚程を変化させて不規則波による実験を行い、波パワーに対する流水パワーと発電機出力を求めた(写真1)。傾斜板の角度は、不規則波において波の打ち上げ高と越波量で効率が良かった $20^\circ$ に固定して実験を行った。この時の排水管径は $\phi = 20\text{cm}$ 、模型縮尺は $1/10$ である。

#### 越波式波力発電の発電量と波及効果

知見を基に、総合発電効率 $15\%$ 以上を目標に目標に研究開発を行ってきたい。

全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)の2004年の波高・周期別頻度統計を使って、酒田観測所、御前崎観測所の波エネルギーを見積り、稼働率(80%)と発電効率(15%)として年間発電量を算定するとそれぞれ $6940\text{kW}$ 、 $4843\text{kW}$ になる。わが国の沿岸における波パワーは地域で異なるが、その年間発電量は標準的な太陽光発電と比較してそれぞれ69倍、48倍となる。ことが分かる。

越波式波力発電の利点は、稼働波高が小さい、装置の構造がシンプル、建設費が安価、長距離の送電ケーブルを敷設する必要がない、特に海洋構造物で重要となる維持・管理費がそれほどかからない点である。反面、短所とまでは言えないが、設置場所が海岸線と沿岸にある海洋構造物周辺であるため、より波条件の良い沖合いに展開される点吸収式や減衰式の波力発電よりも発電出力は少なくなる。しかし、波力発電は波エネルギーを線(ライン)で受けることから、より多くの電力を得たいならば装置の長



写真1 越波式波力発電装置の発電実験の様子

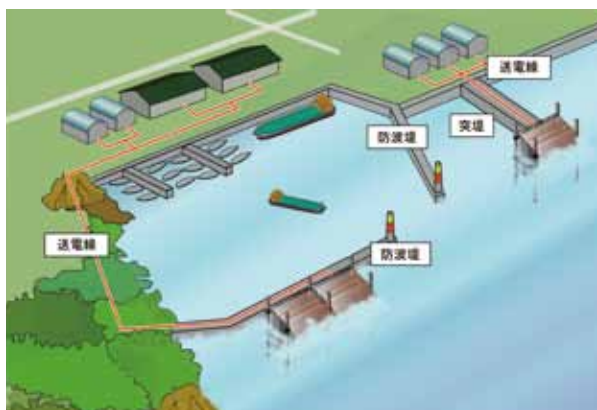


図5 固定型越波式波力発電装置の鳥瞰図

さを延長すればよい。  
越波式波力発電は、建設業や電気業等の産業界への波及効果が期待できる。実用化された際には、装置の構造が単純であるため地方の中小の建設業者も施工することができ直接的雇用が確保できる。得られた電力は、工業港や漁港の倉庫・冷蔵庫等の設備、海上空港の施設、発電コストの高い島嶼部など地産地消として電気を利用することを想定している(図5)。  
更には、越波式波力発電装置の排水管から有酸素水が排水されることにより、閉鎖的領域の海水交換や比較的貧酸素な海域の水質改善に役立ち、その結果、生物生産が盛んになることも想定される。

今後、わが国でも海洋エネルギー研究開発が国の政策に支えられ、先行する欧米の技術を凌駕することにより、未来を生きる若者たちが、持続可能な自然環境と社会システムを創造するための方策として、海洋エネルギーの研究開発に興味と夢を抱くことを期待する。

## はじめに

九州と本州との間に位置する関門海峡は、昔から強い潮流で知られていました。北九州市では、この強い潮流を利用した実証実験を行っています。本稿では、この取組について、ご紹介させていただきます。

本市は、1901年の官営八幡製鐵所の操業以来、日本の経済発展を支える産業都市として成長してきました。1960年代には、高度経済成長の一方、“七色の煙”、“死の海”といわれた深刻な公害も経験しました。その公害を、産学官民の取り組みによって克服し、その後、その経験を生かした環境都市として、発展してきました。これらの取組が評価され、平成20年に環境モデル都市、平成23年12月に環境未来都市に選ばれています。このように、本市は環境への取組を積極的に進めており、エネルギー分野はその大きな柱の一つです。特に、再生可能エネルギーについては、その導入に力を入れてきました。平成23年度末までに、太陽光発電では、住宅用、公共・民生用を含め、約30000kW、風力発電は、約17000kWが導入されています。中小水力発電では、水道用の貯水池に、約1700kWが設置されています。今年度も民間主導によるメガソーラーの設置や、大規模な洋上風力発電の実証実験が進められており、来年度にも、陸上風力発電が設置される予定になっています。また、本市は、様々なエネルギー関連施設を学ぶことができる次世代エネルギーパークの指定も受けており、若松区響灘地区を中心に、エネルギー関連施設の見学も行っていきます。

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



Part  
3

海洋再生可能エネルギーの研究開発～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

# 関門潮流を利用した 新たなエネルギーの検討

北九州市環境未来都市推進室

潮流発電の可能性について、実際に実証実験を行っている北九州市から報告をいただいた。  
地域特性を活かした新たな発電に注目が集まっている。



図1 設置場所

このような取組の中で、関門海峡の速く強い潮流を本市特有の再生可能エネルギーとして活用できないか、と以前から考えられてきました。その利用に向け、平成21年度、総務省による「緑の分権改革推進事業」を活用し、賦存量や利用可能量をはじめとした実施可能性調査から着手しました。

## 関門海峡における 潮流発電実施可能性調査

この調査において、潮流の流速を調査するとともに、海峡の断面積の数値も用いて関門海峡における潮流発電の“賦存量”を算出しました。賦存量については、5m×5mの水平軸水車を設置したと仮定したところ、225万MWh（66万世帯分）という大きなエネルギーが得られる、という結果が示唆されました。

関門海峡は、一見潮流のスピードも速く、発電には有望な場所に見えます。しかし、海峡の幅や地形によって流速は異なり、有望な場所の多くは、漁業権、航路や岸壁の状態により、設置が難しい状況です。関門海峡は日本の航路の要所であり、

水産物の宝庫であるため、海域の利用には多くの制限があります。そこで、これらの発電設備の設置が難しい区域を除いた、“利用可能量”について、より小型の水車（1m×1mのダリウス型水車）を想定し算出しましたが、それでも5・5万MWh（1万6千世帯分）の発電量が得られる、という可能性が示唆されました。

この上で、さらに、設置コスト、保守管理についても、実際の発電設備運用では、考慮する必要があります。保守管理については、発電設備へのアクセスのしやすさが1つの鍵になります。また、送電も重要であり、発電した電気を利用する場所に近いくことがコスト面からも求められるため、できるだけ陸に近い場所に設置することが望ましいと考えられています。こういった保守のしやすさを考えると、岸壁近くに岩礁があり、浅くなっている海岸線沿いでは、保守のための船を寄せることが難しく、設置・運用が難しい、ということになります。これらの点を考慮し、実証実験を行うのに最適な場所として、3箇所が候補に挙がりました。関門橋の橋脚付近、ノーフォーク広場付近とニッカウチスキー株式会社門司工場の棧橋です。この中でも、航路からの距離も十分にとれ、岸壁側に岩礁などの障害物がないことや、保守点検時のしやすさも考慮し、ニッカウチスキー株式会社門司工場の棧橋がもっとも適していると判断されました。その後、ニッカウチスキー株式会社と協議した結果、保守点検時や発電電力の活用などについて、全面的な協力を得ることができ、実証実験機の設置場所となりました。



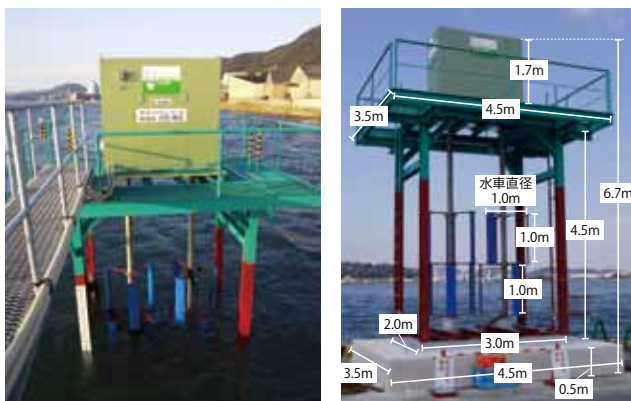


写真1、2 ダリウス型水車を用いた潮流発電装置

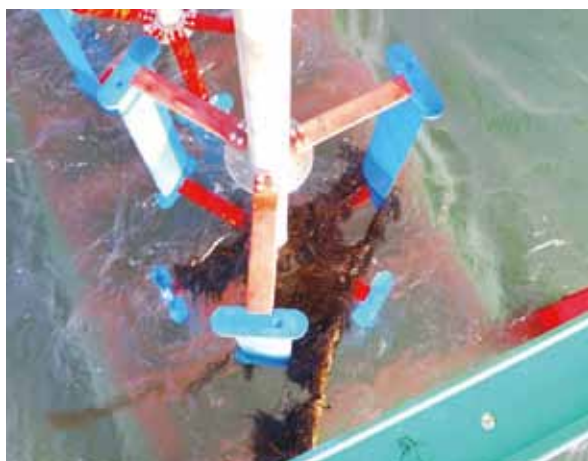


写真3 ブレードに藻が絡まった様子



写真4 潮流発電によるイルミネーションの様子

## 実証実験機の設置

実証実験を始めるにあたって、より効率的に発電を行える技術を開発することになりました。そのため、今回、実験する発電システムでは、相反転という、発電機の軸とその周りの枠を逆方向へ回転させることにより、小型でもより大きな発電効率を得られるシステムも採用しました。潮流を受けて回転するブレードなどの発電システムについては、国立大学法人九州工業大学平木講義准教授の研究技術を用いています。また、発電システム全体は、本市内で環境関連の業務を行っている株式会社九州テクノリサーチが総括的に開発しました。

なお、発電システムについては、公益財団法人北九州産業学術推進機構が実施する

低炭素化技術拠点形成事業・ミニ実証の助成を受けて実施されています。

実験機の高さや概観を写真1と2に示しています。満潮時には、水車のブレード全体が水中に沈む形になっており、この装置で定格電力1・4kWとなっています。

この実証実験機を2012年3月17日に関門海峡に面するニッカウヰスキー株式会社専門工場橋先に設置しました。

## 実証実験の状況

当初は、発電機に接続せず、水車だけで回転を行い、相反転による回転が確認できました。その後、流れてきた海藻がブレードに絡まったことによるブレードの停止や海藻の除去、といったトラブルも発生しました。また、後述の制御回路不具合によるブレードの無回転状態の際に、フジツボの発生が見られ、回転が連続的に起こる際に

は、フジツボ発生が抑制される状態が観察されました。このようなデータは、実際の海域で実証実験を行わなければならないことであり、解決方法の立案と実施も含め、得られる知見が、今回の成果の1つと考えています。

その後、ブレードを実際に発電機に接続し、どのような挙動を示すかの実験に移りました。

発電機に接続すると、発電電圧や実際の潮流によるトルクなど、電子回路の設計において、当初の想定とは異なる点がでてきました。それは、発電・充電の制御が機能せず、発電・充電できない状況が発生したことです。その後、実際の発電電圧やブレードの回転データを下に、制御システムを再検討しています。現在は、まだ改造の途上ですが、大潮・中潮の際には発電・充電が確認できるなど、概ね良好な結果が得

られています。

今年度は、発電回路の見直しなどについて、独立行政法人国立高等専門学校機構北九州工業高等専門学校の協力も得て、さらに実験を進めていく予定です。

## 見える化に向けた取組

この実証実験により、発電やブレードの状況などのデータを収集し、今後の検討に活かしたいと考えています。

また、発電した電気を見える化するため、蓄電池に充電し、ニッカウヰスキー株式会社専門工場にある赤レンガ倉庫前の花壇において、イルミネーションを12月7日に開始しました。平成25年3月31日まで点灯し、発電量や売電の状況についてのデータを収集する予定です。

この赤レンガ倉庫は、国道199号線に面しており、多くの市民の皆様が目にするところである場所です。このイルミネーションの点灯は、潮流発電の発電電力のみで行う予定であり、電力が十分得られない小潮などの際は、消灯してしまうことも考えられます。しかし、点灯・消灯双方を含め、普段はあまり目にする事ができない自然エネルギーを「見える化」できることが重要であり、多くの市民が自然エネルギーについて考えるきっかけとなればと思います。

現在、地球規模での温暖化、エネルギー危機、水・食糧問題が差し迫っている。日本は資源を輸入に依存する国であるため、その受ける影響は極めて大きい。加えて、特に3・11東日本大震災と福島第一原子力発電所災害に見舞われ、とりわけエネルギー供給システムの新たな構築が急がれている。そのためには様々な自然エネルギーの利用が必要不可欠であり、今年7月からは、再生可能エネルギーの固定価格買取制度がスタートするなど、自然エネルギーを利用する社会環境や制度が整備されつつある。

自然エネルギーの中では、特に注目されるのに海洋エネルギーが挙げられる。幸いにも日本は四方を海に囲まれており、海の積極的な活用によりエネルギー供給はもとより、水・食糧問題にも活路を見出す事が出来る。

海洋温度差発電（OTEC：Ocean Thermal Energy Conversion）は、海洋エネルギーの一つで、海洋の表面を太陽が温めることで蓄えられた膨大な熱量と冷たい深層水との温度差を利用して発電するもので、海と太陽がある限り利用可能な再生可能エネルギーである。発電の仕組みは難しいものではなく、火力発電や原子力発電と大きくは変わらない。火力発電や原子力発電では、ボイラや原子炉で水を沸騰させてその蒸気でタービン発電機を回す。一方、OTECは温かい表層水で沸点の低いアンモニアを沸騰させてそのアンモニア蒸気でタービン発電機を回して発電する。タービン発電機を回した後のアンモニア蒸気は、深層水で冷やして液体に戻し、ポンプで庄

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



Part  
3

海洋再生可能エネルギーの研究開発～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

## 海洋温度差発電

實原 定幸 株式会社ゼネシス  
代表取締役社長

海洋再生可能エネルギーの中で発電ポテンシャルが高いと注目されている海洋温度差発電。  
本稿は海洋温度差発電の実用化に向けたレポートである。

力を上げてから再び表層水で蒸発させることで連続的に電気が作り出される。(図1) OTECで経済性のある発電をするためには、出来るだけ表層と深層の海水温度差が大きい方が望ましい。出来れば年間を通して20℃程度の温度差があるところが適地といえる。この範囲は南北緯20度を越える範囲にも広がり、100に近い国や地域で適用が可能である。(図2)

また、OTECは適用地域の広さだけでなく、その発電ポテンシャルは、他の再生可能エネルギーに比べて高いものがある。平成23年度に実施されたNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）による「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」によれば、現状技術で173569MW（沖合浮体式で離岸距離に制限を付けない場合で、温度差が20℃以上の条件）との試算結果が報告されている。これは、日本の総発電設備容量の半分以上に相当する量にものぼる。

### OTEC 開発の歴史

この夢のようなエネルギーの利用を実現させようと、多くの人々が努力を重ねてきた。

OTEC開発の歴史は古く、今から120年以上前の1881年に始まる。その後、1973年の第一次エネルギーショックをきっかけにして、石油の代替エネルギー候補として日本と米国で本格的な研究が行われ、OTECは実現可能な発電技術であることが実証された。しかし、建設に多大な費用を要しながら、熱源となる温海水と冷却源となる冷海水との小さな温

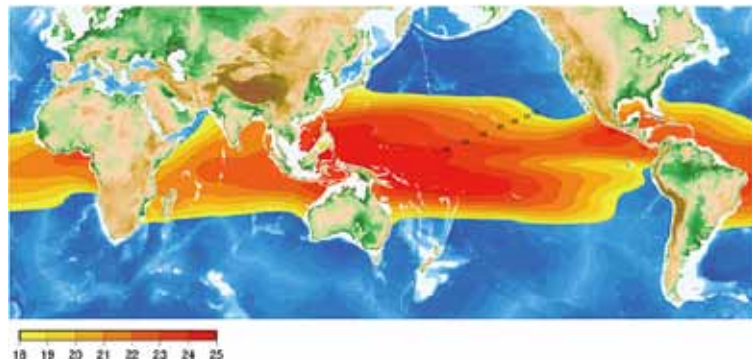


図2 表層と水深1,000mの海水の温度差の分布

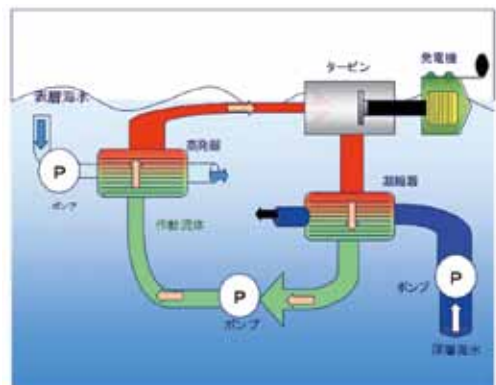


図1 OTECの原理

度差を発電に利用するため、サイクル効率  
が低く、必要な温海水と冷海水の量が多い  
ことなど、商業利用は難しいと考えられて  
きた。

## 再び注目を集める 海洋温度差発電

それが今再び世界から熱い注目を集めて  
いる。その理由の一つに、発電システムを  
構成する機器や原油生産における深海技術  
などの関連技術が成熟してきたことが挙げ  
られる。

また、深層水の複合利用の進展も大き  
く関わっている。海洋深層水には、「低温  
性」、「清浄性」、「富栄養性」の三大特性が  
あるとされ、その特長を利用して、近年、  
日本各地で海洋深層水を利用した様々な商  
品が出回るようになってきている。発電の  
ために汲み上げた深層水は、海水淡水化や  
海洋肥沃化、水素製造、リチウム回収と  
いった種々のシステムと複合利用すること  
で経済性が飛躍的に向上するとともに、こ  
れまでエネルギー資源や水資源の確保が困  
難で目立った産業がなかった地域におい  
ても産業振興の有効な手段となる。(図3)

さらには、社会情勢の変化が大きく関連  
していることは言うまでもない。二酸化炭  
素排出量削減、化石燃料の需給不安定化  
は、再生可能エネルギー業界全体を活性化  
させている。太陽光発電、太陽熱発電、風  
力発電といった再生可能エネルギープロ  
ジェクトへの投資額は桁違いに増え、今や  
メガワット級のプロジェクトまで提案され  
る時代となった。特に「電力の質」という  
意味において、他の再生可能エネルギーが

日照や風の強さなどに影響され、発電出力  
が変動してしまうのに対し、OTECでは  
海水の温度は急に変動しないため、出力が  
火力発電並みに安定しているという際立っ  
た特長があることが注目を得ている。

## 現在の開発動向

現在の開発動向をみるに、技術的にリー  
ドしている日本を、米国が猛追し、フラン  
スが続き、実証プラント建設の先陣争いを  
している状況にある。

米国ではロッキード・マーチン社  
が、直径約4mの大口径の深層水  
取水管の開発、そして、OTECの  
心臓部である熱交換器の実験設備も  
建設し、積極的な活動を展開してい  
る。(写真1)

フランスでも、海軍造船局を起源  
とするDCNS社が、2009年か  
らインド洋のレユニオン島で海洋温  
度差発電の実現可能性調査を行なっ  
ている。その結果に基づき、5  
10 MWの実証設備を2015年までに  
完成したいとしている。

一方、日本では、2010年7月  
に刊行された「NEEDO再生可能エ  
ネルギー技術白書」で、2015年  
までに1 MWの実証、2020年まで  
に10 MW級の商用プラントの運用開始  
と国内導入の推進が目標として掲げ  
られている。

## 沖縄県のOTEC実証事業

2012年度、沖縄県は、久米島  
町にある沖縄県海洋深層水研究所に

において、沖縄県内で実現可能性が高いとさ  
れている海洋温度差発電の実証事業に着手  
した。これは、将来のプラントの大型化、  
商用化に向けたもので、年間を通じた安定  
運転と発電技術に関する実証試験を行う。  
当社も発電ユニットの製造・組立を担当し  
ている。(図4)

## 将来展開

日本で、1 MW級実証を実施した後、宮古  
島、石垣島等の離島への展開を経て、沖縄  
本島のグリーン電力化に寄与できる。普及

が進めば沖縄本島の電力需要のすべてを賅  
えるだけのポテンシャルを持っていて、そ  
の実現も夢ではない。

さらには、海外に目を向ければ、沖縄よ  
り表層水と深層水との温度差が大きい台  
湾、フィリピン、インドネシア、そして南  
太平洋の島嶼国がある。発電はもちろん、  
深層水の複合利用による産業振興も期待で  
き、日本にとっては相手国地元にも喜ばれ  
るグリーンインフラ輸出の種となり、ある  
意味「エネルギー輸出国」になれるチャン  
スかもしれない。



図3 OTECの複合利用



写真1 ハワイ州自然エネルギー研究所に  
設置された熱交換器実験設備  
(出典：Makai Ocean Engineering社ホームページ)



図4 沖縄県OTEC実証装置イメージ(沖縄県提供)

## はじめに

現在、世界における海洋再生可能エネルギー活用を中心は、着床式の洋上風力発電である。本稿では、次の世代の研究開発として脚光を浴びる浮体式洋上風力発電と海洋エネルギー発電の諸外国の先端事例を紹介する。

## 浮体式洋上風力発電の最先端 ―海に浮かぶ風車の実力は？―

浮体式洋上風力発電は、水深が50mよりも深い海域では着床式よりもコスト的に有利であるとされ、浅海域が少ない地域に適した洋上風力発電として推進されている。既に風車部分、浮体部分の個々の技術はほぼ確立しており、現在は全体システムの最適化、揺動による発電損失の最小化、水深での施工方法の確立が課題となっている。ここでは、世界で発電を開始している3つのプロジェクトのうち、ノルウェーのHywindプロジェクトとポルトガルのWindFloatプロジェクトを紹介する。

浮体式洋上風力発電の代表ともいえるのが、2009年にスタートしたノルウェーのHywindプロジェクトである。水深200mの場所に2300kWの風車が浮かんでおり、年間 $10 \cdot 1 \text{ GWh}$  (2200世帯分) を発電している。このプロジェクトでは、海底に3本の鎖で係留された筒状の浮体の上に、高さ約65m (16階建てのビルの高さに相当) の風車が搭載されている (図1)。この筒状の浮体は喫水が深いため、着床式の設置と同様に専用船を用いて施工された。2011年の設備利用率は

特集  
海洋再生可能  
エネルギー



Part  
3

海洋再生可能エネルギーの研究開発～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

# 世界における海洋再生可能エネルギー 活用の現状

―浮体式洋上風力と海洋エネルギーの事業化の夜明け―

山田博資・蓮見知弘 みずほ情報総研株式会社

次世代海洋再生可能エネルギーとして注目を集める浮体式洋上風力発電。

ここでは、その可能性と事業化について海外での最新のプロジェクトについて報告していただいた。

想定を上回る50%を超え、着床式も含めた洋上風力発電の中でも上位に位置する。しかも風による悪天候 (40m/sの強風や19mの高波) にも耐えた実績を持っている。しかし、事業化に向けてはさらに発電コストを削減する必要がある、喫水を浅くする、大型風車を搭載する、プロジェクトの規模を大きくするなどの方法が検討されている。今後、2015年頃からスコットランドやアメリカで20MW規模のパイロットパークの建設が計画されており、最終的には500MW～1000MW規模のウィンド

が、大幅なコストの削減を実現した。実際、風車を海底に係留する作業には、12時間かからなかったという。事業化に向けて、この設置方法の強みを活かしつつ、大型風車の搭載などによる更なるコストの削減を目指している。今後、5000kWクラスの風車を3～5基配列する25MW規模のプロジェクトを計画しており、最終的には150MWのウィンドファームがターゲットとされている。

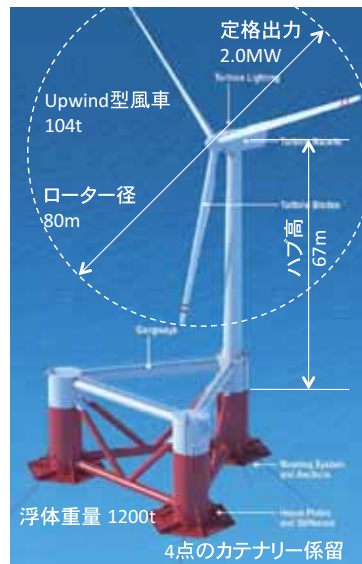


図2 WindFloat

PrincipalPower社の資料にみずほ情報総研が加筆  
(参考情報: <http://www.principalpower.com/>)

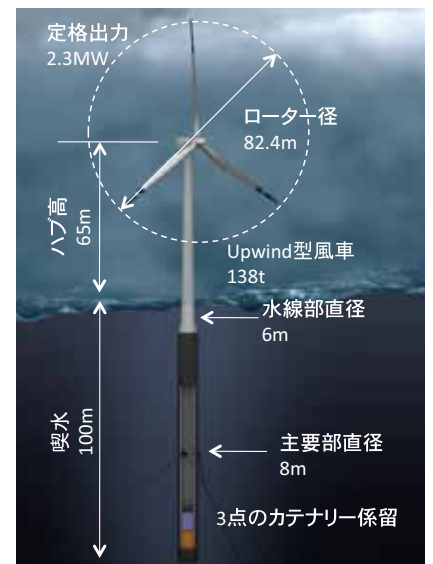


図1 Hywind

Statoil社の資料にみずほ情報総研が加筆  
(参考情報: <http://www.statoil.com/en/>)

ファームで事業化を目指している。

ポルトガルではWindFloatプロジェクトが2011年の秋からスタートしている。水深およそ50mの場所に2000kWの風車が浮かんでおり、運転が開始されたから約3GWhを発電している。このプロジェクトでは、海底に4本の鎖で係留された三角形の浮体の上に、高さ約67mの風車が搭載されている (図2)。施工は、風車部分と浮体部分の組立てを陸上のドック内で行い、入水後タグボートで曳航し設置する方法が取られた。そのため、専用船を用いる必要がなく、工期の短縮にもつな

## 海洋エネルギー発電の最先端 ―最初の事業化はどこか？―

海洋エネルギー発電では、洋上風力発電における「風車」に相当する実用的な発電技術が未だ確立していない。そのため、実海域における試験で発電した実績が、現時点での技術レベルを判断する良い指標となる。敢えて大胆な概観を述べると、潮流は10 MW級、波力は1 MW級、海洋温度差は100 kW級の発電技術の実証に挑戦している。本稿では欧州を中心に活発に研究開発されている潮流発電と波力発電のトップランナーについて紹介する。

潮流発電は、時々刻々の潮流が概ね予測可能でほぼ12時間の周期性を持つことから、発電量を事前に見込める安定した再生可能エネルギーとして推進されている。世界で競って開発されている発電デバイスの主流は風車のような形をした1 MW機であり、水中に適したブレードの開発、耐久性の高い発電機の開発、容易なメンテナンス方法の確立などに力が入れられている。

その中でも1 MW級の発電技術の実証を成功させ、世界初の商業規模の潮流発電を実施したことで有名なのが、イギリスのSeaGenプロジェクトである。このプロジェクトでは、2008年に北アイルランドのストラングフォード海峡にMarine Current Turbines社（以後MCT社と呼ぶ）の潮流発電デバイスSeaGen（1200 kW）が設置され、その後4年間運用されている。SeaGenは、海底に据え付けられた支柱に昇降可能なアームが取り付けられており、アーム両端にある直径16 mの水平軸ロー

ターでそれぞれ600 kWの発電が可能である。実際に、1潮汐で約10 MWh、1年間で約7 GWh（1500世帯分）相当を発電している。

MCT社では、このプロジェクトの経験を活かし、より低コスト化し、信頼性と保守性を向上させたSeaGen S、SeaGen Cという定格出力2000 kWを超える潮流発電デバイスを開発中である。また、それらをイギリス国内で複数機配列する10 MW級のプロジェクトを計画中である。MCT社は、2020年までに洋上風力発電と競争可能な発電コストを実現する目標を掲げており、その試金石となる最初の小規模複数機配列プロジェクトの成否に高い関心が持たれている。

一方、波力発電は数時間から半日程度の波浪が概ね予測可能なことから、潮流発電と同様に、発電量を事前に見込める再生可能エネルギーとして期待されている。潮流発電と異なり、発電方式にさまざまなコンセプトが存在し、現時点ではどの発電デバ

イスも1 MW級のスケールで長期間運転することに成功していない。ここでは、その突破口を開くと考えられる有望なデバイスを3つ紹介する。

Pelamis Wave Power社の波力発電デバイスP2（750 kW）は、直径4 mの円筒チューブが4〜5基連結した形をしており、波の動きに合わせて「ウミヘビ」のように動くことで発電を行う（写真1）。さながら、4〜5両編成の新幹線が海に浮かんでいるような外観である。このデバイスは、現在、発電事業を見込む東海地域の近くで試験中である。今後、嵐などの厳しい海況を含むような長期間の運用実績を積み上げ、一気に10 MW級の複数機配列プロジェクトが進むと思われる。

Ocean Power Technology社の波力発電デバイスPB150（150 kW）は、直径9・5 mのフロート（浮体部分）を持つ、高さ45 mほどのブイの形をしており、フロートが上下運動することによりラック・ピニオンで発電を行う。40 kWの小型スケールのプ

ロトタイプ機は東海域で複数年運用されハリケーンや12 m以上の波浪にも耐えた実績を持っている。アメリカのオレゴン州沖で、PB150を使った波力発電所の計画が2012年8月に認可され、第一段階としてPB150を10基配列した1・5 MWのプロジェクトがスタートした。同プロジェクトでは、最大で50 MWまでの拡張を狙っている。

最後に、ユニークな戦略を持つデバイスとして、Carnegie Wave Energy社のCETO5（240 kW）を紹介する。CETO5は「クラゲ」のような形をした直径10 mほどのフロートが係留ロープで海底に固定された形をしており、フロートの上下運動を使って地上へ高圧水を送り、地上でペルトン水車を回し発電する。確立したシンプルな技術を組み合わせて利用していることに加え、フロート部分が水没しており、嵐などの厳しい海況でも生存性が高い。フランスのレユニオン島で、CETO4を複数基配列した2 MWの実証プロジェクトが進行中であり、最大15 MWまで拡張する計画を持っている。

### おわりに

諸外国では浮体式洋上風車を複数機配列した実証プロジェクトが2015年頃から立ち上がり、その経験を活かして事業化へ進むと見られる。この洋上風力発電の進展を追いかける形で、世界最初の10 MW級の潮流発電プロジェクト・波力発電プロジェクトが、2015〜20年頃から立ち上がると見られる。世界のさまざまな海域が有する特徴に応じて、海洋再生可能エネルギーが活用される日は近い。



写真1 波力発電デバイスPelamis  
提供：Pelamis社（参考情報 <http://www.pelamiswave.com/>）

## 東日本大震災津波による被害の概要

平成23年3月11日、東日本を直撃したマグニチュード9.0の大地震とそれに伴う巨大津波によって、多くの尊い命と財産が奪われた。

今般の津波は、明治29年、昭和8年の三陸地震津波、昭和35年のチリ地震津波を凌ぐ大規模なものであり、平成24年12月31日現在、岩手県では死者は4672名、行方不明者は1171名に上り、家屋倒壊数は24871棟と、かつて経験したことのないような大災害となった。

多くの住民の皆さんがかげがえのない家族や財産を失い、今なお仮設住宅などで不便な生活を送っている。復興は緒に就いたばかりであり、引き続きの長い御支援を心よりお願いしたい。

## 岩手県東日本大震災津波復興計画

いのちを守り 海と大地と共に生きる

ふるさと岩手・三陸の創造

岩手県では、この大災害からの復興を早期に、確実に進めるため、平成23年8月11日、「岩手県東日本大震災津波復興計画」を策定した。

本計画では、「安全」の確保、「暮らし」の再建、「なりわい」の再生を基本3原則に掲げ、最初の3年間は基盤復興、次の3年間は本格復興、最後の2年間は更なる展開への連結期間とし、計画期間は、平成23年度から平成30年度までの8年間とした。取組内容は、3原則のもとに、「防災のま

特集  
海洋再生可能エネルギー



Part  
3

海洋再生可能エネルギーの研究開発～夢のプロジェクトの実用化に向けて～

# 岩手県における海洋再生可能エネルギーの導入・利活用による復興の実現

佐々木 淳 岩手県 商工労働観光部  
科学・ものづくり振興課 総括課長

海洋再生可能エネルギーを活用した復興について、東日本大震災の津波による被害を受けた岩手県から報告をいただいた。

いのちを守り 海と大地と共に生きる  
ふるさと岩手・三陸の創造

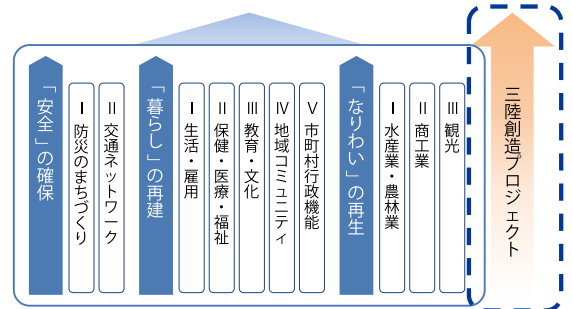


図1 岩手県東日本大震災津波復興計画イメージ

## 新しい三陸地域の創造を目指すプロジェクト

ちづくり、「生活・雇用」、「水産業・農林業」などの10分野の施策を進めることとし、加えて、中長期的な視点に立ち、世界に誇る新しい三陸地域の創造を目指す「リーディング・プロジェクト」として「三陸創造プロジェクト」を掲げた。(図1)

三陸創造プロジェクトは、横断性・創造性・独自性・長期性・多様な主体との連携といった5つの視点を重視し、地域の新しい価値の創造を目指すものである。

その中の一つ、「国際研究交流拠点形成」プロジェクトは、国内外の研究者による調査研究やネットワーク形成などを通じて国際的な「知の集積」を目指すもので、「国際海洋研究拠点」、「国際防災研究拠点」、「国際素粒子・エネルギー研究拠点」の3



図2 国際研究交流拠点形成プロジェクト  
～三陸から世界をリードする国際研究交流拠点の形成～

## 海洋再生可能エネルギーの導入・利活用構想

つで構成されている。

この国際海洋研究拠点において、「三陸沿岸をフィールドとした海洋再生可能エネルギーの研究」の実施を位置付けた。(図2)

本県沿岸部は、海岸線のほぼ中央に位置する宮古市より北では典型的な隆起海岸で海食崖や海岸段丘が発達し、宮古市より南側では北上高地の裾野が沈水してきた我が国を代表するリアス式海岸となっており、多様な海底地形を有している。

このため、沿岸北部では遠浅、中部では急深かつ多様な海象(海流や波力等)を持つ海域であることから、研究から実証まで幅広く活用できる可能性が高い。

こうしたことを背景に、本県では、「いわて海洋資源活用研究会」を設置して、平成

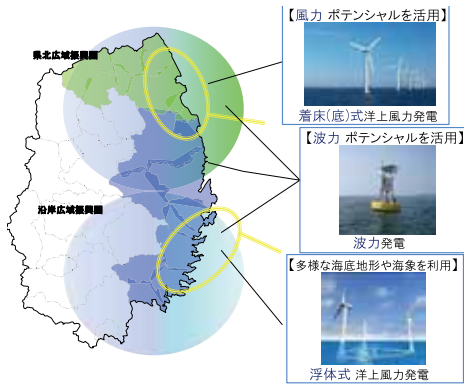


図3 岩手県における海洋再生可能エネルギー研究・導入の構想

22年3月に、特に有望な資源として、「石油・天然ガス」、「風力や波力などの海洋再生可能エネルギー」、「深海生物や微生物などの生物資源」を挙げ、これらに関する研究プロジェクトの導入を進めるべきとする「岩手県三陸海域における海洋資源の活用に関する調査報告書」を取りまとめた。

平成23年度には、本県沿岸の最北端（青森県との県境）に位置する洋野町沖合海域における着床式洋上ウインドファームや沿岸南部の釜石市沖合海域における浮体式洋上ウインドファームの事業化可能性調査（FS）が実施されている。

これらの結果から、沿岸北部では、風力ポテンシャルが高く、遠浅な海底地形を活用した着床式洋上ウインドファームの事業化を、沿岸中部では、多様な海底地形や海象を利用した新エネルギー技術（浮体式洋上風力発電や波力発電等）の実証試験フィールドの整備など、将来の産業化を視野に具体の検討を進めている。（図3）

### 着床式洋上風力発電の事業化に向けた取組

沿岸北部では、前述の事業化可能性調査（FS）が実施されるなど、海洋再生可能エネルギーを活用した新たな地域振興への期待が大きい。

このため、平成24年5月には、地元の岩手県立大学や岩手大学、地域の漁業協同組合などの関係団体及び市町村などの行政機関等と連携しながら、海洋再生可能エネルギーに関する調査、研究や活用方策を検討すること等を目的として、「いわて沿岸北部海洋再生可能エネルギー研究会」を立ち上げ、有識者や専門家を講師に招き、海洋再生可能エネルギーの現状や漁業との協調の在り方等について議論し、理解を深め、着床式洋上風力発電の事業化に向けた取組を進めている。



写真1 いわて沿岸北部海洋再生可能エネルギー研究会

### 海洋再生可能エネルギー実証フィールド誘致に向けた取組

国において、平成24年5月に「海洋再生可能エネルギー利用促進に関する今後の取組方針」を決定し、その中で、実証試験のための海域、いわゆる「実証フィールド」の整備を掲げた。

本県では、沿岸部における海洋再生可能エネルギーの導入・活用及び研究拠点化を目指していることから、国の実証フィールドの誘致に向け取組を進めている。

平成24年度は、全沿岸域を対象とした海洋エネルギー・ポテンシャルの実測調査や海域利用状況調査をはじめ、11月には、釜石市と東京大学（OETR（海洋エネルギー東北再生）連携研究グループ）との共催で、海洋再生可能エネルギーの活用と漁業との協調や関連産業の育成、地域の活

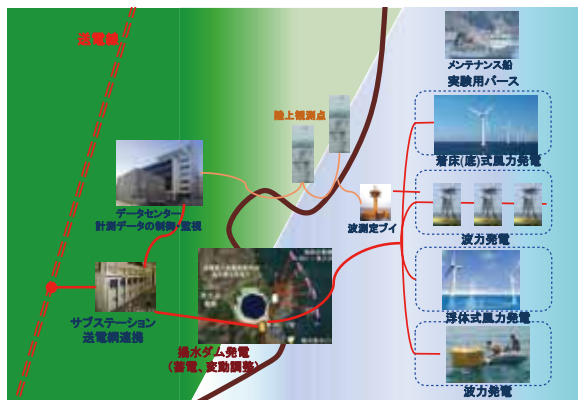


図4 岩手県における実証フィールドのイメージ

性化方策などをテーマとしたシンポジウムを開催し、地元の機運醸成を図る取組も行っている。

アジア初となる海洋再生可能エネルギーの実規模での実証フィールドは、研究者や企業をはじめ世界中の人々の知の集積が進むほか、研究機関や関連企業の立地・集積、雇用の創出などの大きな経済効果が期待される。

今後も、本県への実証フィールドの誘致に向け、学術研究者や地元市町村との連携の強化、国や関連企業等への要望・提案活動などを積極的に実施していく。

### 世界に誇る新しい三陸の実現に向けて

震災前、かつて知事は沿岸の研究機関の連担を「海洋版シリコンバレー」と称した。これは「海洋関連の研究機能を集約し関連産業の誘致育成に結び付け、シリコンバレーのような研究・産業創出の一大集積地としていくことで沿岸振興を図る」というものであり、震災後にあつては、その実現がより重要になった。

日本で初めての海洋再生可能エネルギー実証フィールドと漁業との協調による新しい価値を創出し、研究者や企業に魅力のある国際研究拠点の構築を進め、最先端の情報を国内外に発信し、我が国はもとより、「世界に誇る新しい三陸」を創造していきたい。

今後の岩手県の取組に対しての関係各位の御支援、御協力をよろしくお願いしたい。

# 革新的エネルギー・環境戦略(概要)

<平成24年9月14日エネルギー・環境会議決定>

## 1. 原発に依存しない社会の一日も早い実現

### (1) 原発に依存しない社会の実現に向けた3つの原則

- 3原則
  - ・40年運転制限を厳格に適用
  - ・規制委員会の安全確認を得たもののみ、再稼動
  - ・原発の新設・増設は行わない
- 2030年代に原発稼働ゼロを可能とするよう、グリーンエネルギーを中心にあらゆる政策、資源を投入。その第一歩として、政府は本年末までに「グリーン政策大綱」をまとめる。

### (3) 原発に依存しない社会への道筋の検証

- 原発に依存しない社会への道筋について、いかなる変化が生じて柔軟に対応できるよう、**検証を行い、不断に見直し**

《検証のポイント》

- ・グリーンエネルギー拡大の状況
- ・国際的なエネルギー情勢
- ・使用済核燃料の処理に関する自治体の理解と協力の状況
- ・国民生活・経済活動に与える影響
- ・原子力や原子力行政に対する国民の信頼の度合い
- ・国際社会との関係

### (2) 原発に依存しない社会に向けた5つの政策

- 核燃料サイクル政策
  - ・国際的責務を果たしつつ再処理事業に取り組む
  - ・**関係自治体や国際社会とコミュニケーションを図りつつ、責任を持って議論**
    - ・直接処分の研究に着手
    - ・もんじゅは、高速増殖炉開発の取りまとめ、廃棄物の減容等を目指した研究を行うこととし、このための**年限を区切った研究計画を策定**、実行し、成果を確認の上、研究を終了
    - ・廃棄物の減容・有害度低減等を目的とした処理技術、専焼炉等を研究開発
    - ・バックエンド事業は国も責任を持つ
    - ・**国が関連自治体や電力消費地域と協議する場を設置し**、使用済核燃料の直接処分のあり方、中間貯蔵の体制・手段の問題、最終処分場の確保に向けた取組など、結論を見出す作業に直ちに着手
- 人材や技術の維持・強化
  - 〔・**人材や技術の維持・強化策(本年末まで)**〕
- 国際社会との連携
- 立地地域対策の強化
- 原子力事業体制と原子力損害賠償制度

## 2. グリーンエネルギー革命の実現

- 「**グリーン政策大綱(本年末目標)**」
  - ・節電:2030年までに1,100億kWh以上の削減
  - ・省エネ:2030年までに7,200万kl以上の削減
  - ・再生可能エネルギー:2030年までに3,000億kWh(3倍)以上開発  
(数値はいずれも2010年比)

## 3. エネルギー安定供給の確保のために

- 火力発電の高度利用
- コジェネなど熱の高度利用
  - ・コジェネ:2030年までに1,500億kWh(5倍)導入
- 次世代エネルギー関連技術
- 安定的かつ安価な化石燃料等の確保及び供給  
(数値は2010年比)

## 4. 電力システム改革の断行(「電力システム改革戦略(仮称)」(本年末目標))

## 5. 地球温暖化対策の着実な実施(2013年以降の「地球温暖化対策の計画」(本年末まで))

十分に透明性を確保したプロセスで丁寧に  
情報開示し、**検証を行い、不断に見直し**





# 新たな海洋基本計画の策定に向けて、 総合海洋政策本部参与会議の基本的な考え方

＜総合海洋政策本部参与会議（第11回／平成24年12月5日）の資料より抜粋＞

## 1. 参与会議における議論の取りまとめ

- (1) 現行の海洋基本計画の実施状況の評価、現下の経済社会情勢の変化等を踏まえると、今後の当面の海洋政策については、海洋再生可能エネルギーや海洋エネルギー・鉱物資源等を活用した海洋産業の創出と振興、海洋環境の保全及び海洋の安全の確保が特に重要な課題となる。また、これらの政策を実現していく上での基盤整備を図る観点から、海洋情報の一元化と公開、海洋に関わる人材の育成、海洋の総合的管理等も重要な政策課題となる。
- (2) こうした基本的認識の下、関係者も含め幅広く議論することが特に必要と考えた5つの課題について、重点的に議論を進めてきたところである。今後、各課題については、以下に述べる方向性に沿って、計画を策定することが必要であると考えます。

海洋エネルギー・鉱物資源開発と海洋再生可能エネルギー利用については、これまでの進捗状況を踏まえ、産業化を念頭に官民を挙げて技術開発や開発体制の整備を伴う事業を推進する。加えて、我が国の海洋資源開発関連プロジェクトを活用した新しい海洋産業が世界市場で活躍できるよう、日本の関係企業の国際競争力を戦略的に強化するとともに、海運等についても戦略的に施策を展開する。また、海洋産業関連の技術開発・人材育成における民間企業間の連携強化により、海洋産業を支える共通基盤の構築を図る。

### ① 海洋産業の振興と創出

海洋資源の活用等の海洋政策の推進に必要な海洋調査について、宇宙の利用を含めて充実させるとともに、国等の有する海洋情報の一元化や利便性の向上を図る。これらにより、海洋情報の利用を促進するとともに、海洋情報産業の創生を促す。また、海洋情報のインターネット上での公開に関し、検索機能を強化する等利便性の向上を図る。

### ② 海洋情報の一元化と公開

小学校、中学校及び高等学校等において海洋への理解の増進を図る。また、地域における産学官連携のネットワーク作りを促進し、基礎研究の強化、地域の特色を活かした海洋産業の創出、人材の育成を推進する。

### ③ 人材育成

我が国の領海及び排他的経済水域等の保全を図るため、海上保安庁及び海上自衛隊の体制強化や能力向上を図るとともに、両者間の連携を強化する。また、必要に応じ予算の拡充や法整備を行い、我が国の安全保障の確保や海洋に関する国際秩序維持に貢献する。

### ④ 沿岸域の総合的管理と計画策定

### ⑤ 海洋の安全保障 (海洋の安全確保)

## 2. 今後の計画策定について

- (1) 上記1. の議論のとりまとめは、各施策に関する全ての課題を網羅したものではなく、各プロジェクトチームの検討結果も、その具体性等の点で多様なものとなっている。また、上記1. に掲げる施策以外の施策も引き続き重要な課題であり、海洋の開発・利用と海洋環境の保全との調和や地球温暖化対策等の環境保全対策、海洋科学技術に関する研究開発の推進、水産資源の持続的利用、排他的経済水域・大陸棚の総合的管理の推進、海洋権益確保等の観点からの離島の保全・管理・振興等についても、さらに検討を進める必要がある。さらに、各施策を推進するためには、必要に応じ法制度を整備すること等も重要となる。参与会議としても、引き続き海洋政策に関する議論を継続することとするが、このような点に十分配慮して、今後計画策定に取り組むことが必要である。
- (2) また、計画策定に当たっては、これまでの計画に基づき行われた施策の厳正な評価と、施策実施に当たっては評価に基づき選択と集中を図ることが重要である。参与会議の提案及び評価に係る機能の強化を含めた総合海洋政策本部の機能強化に向け、その方向性や内容等についてさらに検討を進めることが必要である。



【特別講演会】

一般財団法人移行記念  
特別講演会

# 国土とインフラ ストラクチャー

国土とは何かということと、  
それを踏まえて必要な事業、  
さらには日本の未来を見据えた  
国土のかたちを中心に、  
ご講演いただいた。

東京都市大学 総長

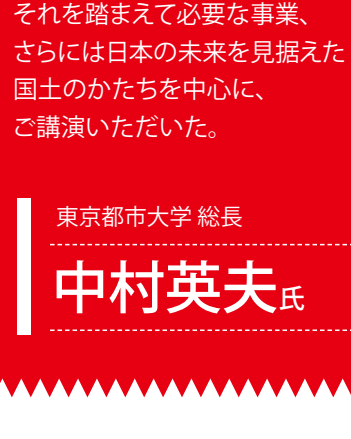
中村英夫氏

## はじめに

今日はここで皆さんと一緒に、国土とは一体どういうものなのか、について考えたいと思っています。ここでは、3つのお話をしたいと思います。一つ目は、日本の国土についてもう一度皆さんと再確認しておきたいと思います。二つ目は、我々は本当にどんな事業をやらなければいけないのか、について真剣に考えなければならぬと思っています。そして、最後に、この国に我々の子孫が未来永劫住むためには、どうしておけばよいかということをご皆さんと一緒に考えてみたいと思います。

## 国土の特徴とインフラへのニーズ

まず最初に、日本の国土について考えていきたいと思います。日本の国土というのは、毎日天気予報の時に絵を見ますが、本当に変な格好をした不便な国土です(図1



参照)。北から南、東から西へと細長い国土で、しかも、4つの大きな島に分かれています。また、大変険しい地形で、山脈が列島全体を通して走っており、平地は乏しい。しかも、火山帯、地震帯があり、この小さな国の大部分に大きな地震が起こるのです。4つものプレートに乗っている国は、他にはありません。台風の経路上にも位置している。それから、日本の何割かは大変豪雪地帯で、これくらいのサイズの国で、こんなに大きな豪雪地帯があるのも珍しい。そして、地質は極めて複雑な構造をなしています。一方で、鉱物資源、エネルギー資源というのはほとんどない。ただ、日本は資源がないとよく言われますが、よく考えてみれば、周りは全部海洋です。海洋ほど大きな資源はないのです。日本に在ると、周りに海があるなんて当たり前みたいに思っていますが、例えば、内陸国が海を求め、港を求め、どういふつ

な苦勞をしてきたかを考えてみれば明らかです。海洋があるために、漁業もあれば、環境上の負荷も減らすし、そして、海運という極めてエフィシエンシーの高い交通手段が提供されるのです。

もう一つは、繰り返しますが、日本列島ですが、本当に不便な格好をしています。ドイツと日本は、面積はあまり違いませんが、ドイツはどこへ行くのだから、高速列車に乗れば3時間くらいで到達できる。日本は、札幌から鹿児島まで鉄道で行くものなら大変なことになります。このような地理的、地勢的条件のため、ある場所は過密な地域、ある場所は過疎な地域ということにもつながっています。一方、日本が他国と比べて大変優れていると思われるのは、北から南まですべて緑で覆われていて、自然環境はとても美しく豊かです。

さらに、これに社会的な条件が幾つか重なります。ここに1億2000万もの人が住んで、レベルの高い生産活動を行っているのです。しかし、例えば、土地保有への執着が強い、あまり他国ではない権利である水利権や漁業権などが存在し、さらには、公共の利益のための主権制限が不徹底である、という問題があります。このような状況で公共事業が長期化する、高コスト化する。さらには、景観は極めて乱雑なものになっていき、皆さんが日常的に苦しんでおられるようなことが起こっているのだと思います。

このような状況で、一体どんな仕事を我々はしなければいけないのかを考えたいと思います。その一つのヒントになると私と思うのは、有名なマズローの欲求5段階

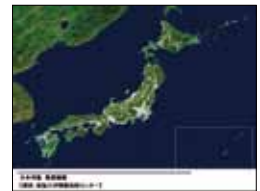


図1 日本列島

個人の欲望 (マズロー)	インフラストラクチャーへの社会要望
生理的	① 衣食住の確保
安全	② 安全性の向上
帰属	③ 効率的な活動
尊敬	④ 快適な生活
自己実現	⑤ 品格ある社会

図2 インフラストラクチャーへの社会の要望

説で、個人の欲望には5段階あるという説です。一番下位の欲望は、食欲、性欲、睡眠欲等々といった生理的な欲望です。次は安全への欲望。それから、何かのメンバーになりたいという帰属への欲望。さらに、尊敬されること。そして、最後は、自己実現と彼は言いますが、いろいろなこと、やりたいことをやれるような環境にしたいという欲望です。私たちの持っている欲望は、このようにだんだん上の段階になっていくと言っています(図2参照)。

これを社会に置き換えると、社会のインフラに対する欲望と言った、ニーズにも、それには段階があると言えるのです。1段階目は衣食住、もっと言うと、とにかく食べるためのインフラづくりで、社会がその次に欲しいのは安全です。自然災害や、犯罪等から自分たちの身の危険のない安全を可能とするインフラを求めます。それから、もっと社会のレベルが上がってきますと、効率的な活動ができるようになります。さらに、その次には、我々の生活をもっと快適なものにしたい、と願います。あまり環境の良くない所に住みたくない、となるのです。最後の段階に相当するのが、社会



全体をもっと品格のあるものにした、といつことず。

日本は明治以降も、食へるために大変苦労してきました。例えば、安積疎水ですが、明治政府では東北を何とか開発しなければいけないと、猪苗代の水を郡山の方まで持ってきて、開墾、開拓するため安積疎水を造りました。

そして、安全への対策というのも、勿論数多くやってきました。古くは、江戸時代の初めから、江戸を洪水から守るためもあって、利根川の東遷事業を行います。特に近代になってからは、東京に流れ込む荒川によって起こる洪水から安全にするために、荒川放水路を造っています。

さらに、その次の段階となると、もっと効率的な活動をしたいと願うのです。初めの鉄道は国の生存のための交通手段であつたでしょうが、それだけでは満足できない、もっと効率的な交通手段が必要という

ことになり、新幹線、高速道路や、コンテナ港を造り、交通の効率を高めることをやってきたのです。

そして、昭和の終わりになると、快適な暮らし、より豊かな暮らしを求めて、ニュータウンを造る、あるいは下水道、廃棄物処理場等の整備をする事に力点が移ってきます。

そしておそらく、国づくりの最後のレベルの仕事だろうと私は思うのですが、品格のある国土、都市を造りたいということになります。日本の国土そして都市は、大半のところでは、まだまだとても品格のあるというふうな状況にはなっていない。これが自分の国だ、自分の故郷だと言つて誇りを持って外国の人々に示せるような所は、まだまだ私共の所には少ないのです。

これは、皆さんよくご存知の、横浜の山下公園(図3参照)です。山下公園は、関東大震災で壊れた建物等のがれきをここに



図3 山下公園



図4 東京のターミナル地区

埋めて造りました。そして、1923年の関東大震災から、今では90年たつているわけですが、90年たつと、ここは横浜の最も代表的な市民の憩いの場になっているし、これは横浜の誇りとなっているのです。一方、これは東京の1つのターミナル地区(図4参照)ですが、悲しい光景です。現在の日本の国土とか都市とかを眺めていると、やっぱり圧倒的にこのような状況が多いのです。

このような状況を見ると、我々は、「今何をやらなければいけないのか」ということを考えるのです。特に昨今の日本は、本当に元気がない。しかし、昭和30年代、40年代、大きなプロジェクト、あるいは大きくなくても立派なプロジェクトを私たちはやってきたのです。例えば、昭和30年代ごろに鹿島港、あるいは東海道新幹線を造った頃、それらは一体どんな経緯で実現してきたのか。必ず誰かが言い出して、構想して、そして、それを事業化していつているのです。そして、それが日本の国土をつくり、日本の元気を造つて、競争力も増していったのです。

昨今、このようなプロジェクトはどこにあるのかと言いたいのです。「これが早くできればいいな。」と私共が心をとくめかすプロジェクトは、最近見たことがあるのだろうか。そういうことを誰かが考へて、誰かが実行していくことが必要になっているのです。

### 進めるべき発展へのプロジェクト

一体どんなプロジェクトがあるのかの一例を、私が紹介するので、皆さんにも考えたいです。

1つ目は、これは東京の外濠ですが、これに沿って中央線が走っており、反対側には外堀通りが走っている。ここにとても大きな水面があります。しかし、この水面は、ほとんど使われていない。一方、外堀通りは、いつも混雑しているのです。これだけの貴重な空間は、もう少し何かになるだろうと思つたのです(図5参照)。

そこで、この外堀通りを地下に入れる。そして、沿道の建物をセットバックして、この通りを拡幅し容積を増して、ここに新たな都市開発をする。さらに、この急な法面を緩傾斜にする。そして、元の道路面を公園化し、プロムナード化する。ここを親水空間として人々がアクセスできるようにする。さらに、この濠の貯留機能を地下

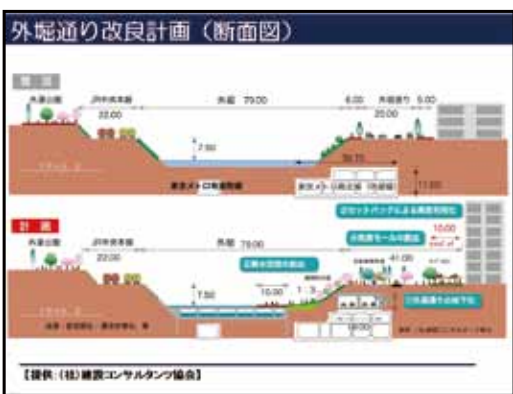


図5 東京・外堀通り改良計画(上:現況、下:計画)



図6 外堀改良後のイメージ

にもっていき、上部は30cm程度の浅い水面にする。これを飯田橋から四谷まで実施することはできるだろうと考えるのです。

では、どのようになるかをイメージとして描いたら、こうしてお濠があった、そこにアクセスできるようになるのです(図6参照)。そこで、お年寄りも、若い人も、子ども達も、みんなの憩いの空間になる。さらに大事なものは、この界限で大地震が起こったとき、ここは大変貴重な避難空間になるのです。また、救助の拠点となる空間にもなるのです。

このように、この本当に乱雑になった都市をもっとすばらしいものにする。そして、みんなの生活も快適なものにする。さらに、安全性の向上にもなる。そして、日本の東京の誇りにもなる。勿論、コストも考えなければなりません。結論から言うと、コストパフォーマンスはもう極めて良いということになると思います。



図7 ドイツ・デュッセルドルフの変遷

これを100%の人々が欲しい、と思わなくてことは絶対あり得ないわけですが、ただ、6割、7割の人は、「ああ、こういうふうになればいいな」と多分思うのではないかと推測します。このようなものがかつては地元の人を考えたり、あるいは、地元の有力者がそれをリードし、地元の自治体が一所懸命にプッシュしたりし、さらに、中央の行政がそれを引っ張り、支援するといったことをやってきたのです。ところが、昨今の世の中は、中央も、地方も、民間も、行政も、だれが問題だとか、お金がないとか、そんなことばかり言っていて、自分たちで何をすべきかを考えようとしないうのです。私は、それをみんなが考えなければいけないと考えますし、特にそれを考える中心は、土木をはじめとする経験のある専門の方々だろうと思うのです。

このようなプロジェクトというのは、外国では以前から行われているのです。例え



図8 リスボン大地震の記録絵

ば、これはドイツのデュッセルドルフです(図7参照)。ライン川沿いですが、ドイツが再統一する89年では、この国道は車で溢れかえっていて、人は渡れない。そこで計画されたのが、この道路を地下へ入れる、というプロジェクトでした。それが完成して、今ではここは、この下に道路が走り、上はオープンスペースとなり、そして、都心で食事をしたり、飲んだりした人は、こちらの河岸へ出てきて、憩いの時を持つことができます、というものであります。こういうすばらしい空間が2・2キロの長さにわたってつくられているのです。

区域でも全く同じことだと思えます。大きなプロジェクト、小さなプロジェクト、いろいろあるかと思いますが、まだまだ欲しいものがいっぱいある。是非そういう事業を考えていきたいと思います。

**持続可能な安全な国づくりへ**

3つ目の話をしますが、災害に対する対策に力を注ぐべきであることは言うまでもありません。大地震、大津波、これはいつ来るかわかりませんが、何百年というスパンで考えれば、再び起こることは間違いないのです。

多くの方が今ではご存知かと思いますが、リスボン大地震というのがありました。1755年、マグニチュード8・5の大きな地震で、死者が5万人から6万人も出ました。ヨーロッパでは、南イタリアとかバルカンを除けば大きな地震がない、と言われていますが、そんなことはありません。ただ、日本のように頻繁に来ないというだけです。ともかく、リスボンで大地震が起こって、15mの大きな津波が来た。これで、当時のポルトガルに大きな打撃を与えた。この当時のポルトガルというのは、世界の大国でした。日本の種子島へ鉄砲を持ってきたのもポルトガル人ですし、ブラジルを発見したのもポルトガル人です。この地震の後、ポルトガルは社会的に経済的に大変苦しくなるわけで、多くの人はブラジルへ移住したりしました。南米は全部スペイン語ですが、ブラジルだけはポルトガル語であるということは、ご存知のとおりであります。この1755年のリスボンの大地震、大津波、そのところですからこの被害を示す写真があるわけではない。しかし、今も、こういうふうな絵が幾つも残されているのです(図8参照)。

この過去においては立派であった国が、近年では1人当たりの所得が日本の約半



分、失業率は、10何%という状況でありま

す。ここで日本のことを考えると、ポルトガ

ルにはブラジルがありますが、日本にはブ

ラジルのような土地はなく、日本の人々は

どこへも行くところはない。だから、何と

してもこの国を安全で強靱なものにしなけ

ればいけないのです。

私たちは、長期的、全国的視野に立つ

て、何としても安全な国土にして、持続可

能な国を造らなければならないのです。自

然災害というのは、言うまでもなくこれは

稀にしか起こらないから災害なのです。稀

だから、私どもはそれに対して常日頃から

手を打たなければならない。そのためにも

必要な公共事業を進めなければならない。

こう言うと、すぐ世間は、「いつ来るかわ

からないものへの対策より現在の必要な政

策の方が大切だ。無駄な事業に大きな投資

をすべきではない」と片づけがちです。こ

のように、幾ら無駄だと言われても、土木

の關係の人は自分たちのやる仕事が欲しい

からそんなことを言っていると聞かれて

も、断固として防災事業を進めるべきこと

を主張する。それだけの勇氣と責任が私た

ちにはあると思っています。(図9参照)

巨大な災害の全てを物理的に防御するこ

とはできない。だけど、あるところまでは

物理的にできるからそれを進める。しか

し、全国多くの所で必要である。どこから

手を付けなければいけないのか、これはや

はり優先度というのを考えなければいけな

いのは当然です。神戸の地震ののち、構造

設計は2段階で考えるということになりました

した(図10参照)。レベル1の災害に対し

ては物理的に耐えるけど、レベル2に対し

ては、人命を失ったり、回復するのに時間

がかかることのないようにすることになっ

ているのですが、津波に対しても同じこと

だと思ふのです。こうして段階的に密集市

街地の改造と建造物の耐震強化、全国的に

波及・影響する施設の重点強化、重要施

設・機能の地域分散及び代替施設の整備、

避難施設と避難路の確保等を進めるので

す。

その時、新たな制度をつくらなければい

けないと考えています。すなわち、まず一

つは、災害に対しては、既設のもの、こ

れから造るものと、分けて考えざるを得な

### 新たな制度の提案

#### (1) 既設重点施設の防災性能検査と対策立案

- 我が国社会全体に長期的に深刻な被害を及ぼす可能性のある施設・地域(特別重要施設・区域)については災害に対しての安全性の検査(ストレステスト)と必要な強化対策
- 強化対策では不十分とされる場合は代替施設・区域を整備

#### (2) 開発事業の災害アセスメント\*

- 総合的災害アセスメント  
国土・都市計画等の上位計画の段階で災害への検討、対策の評価を義務化  
例・交通網の避難窓口への確保、地盤経路活動の確保、リダンダンシーの確保等、の観点からの検討評価  
・土地利用用途の災害安全性からの評価
- 事業別災害アセスメント  
個別の開発事業における災害への安全性及び災害時の避難効果などの評価

図11 新たな制度の提案

### 国土政策としての大規模災害対策

- 従来の国土政策では産業振興や福祉整備に重点、防災重視が不十分
- 自然災害は稀な頻度で起こる
- 災害後の年月と共に防災事業は無駄な事業と指摘  
例・阪神高速大宮回線の避難機能移転、第二東名高速道路
- 日本国民は未来永劫にこの国土に住み、必ず大災害に見舞われる
- 国土政策に携わる者は防災事業の必要性を常にアピールするべき
- 強靱な国土づくりへ必要な規制、誘導、投資を

図9 国土政策としての大規模災害対策

### 大災害への二段階対処

- 数十年に一度の頻度で起こる大災害(IA #1)には構造強化、施設整備で対処
- 数百年に一度の頻度で起こる巨大災害(IA #2)には人命の犠牲をなくすべく避難施設の整備、避難行動の教育、訓練で対処

図10 大災害への二段階対処

県内を走るようになりりましたが、この意義は大変大きい(図11参照)。私たちの寿命の範囲というのは、ここにいる多くの方の大半は20年、あるいは30年とか、そのオーダーでしかないのです。しかし、我が国民は、この国土にこれからも何百年、何千年も住むのです。だから、この現実をみんなで真剣に考えて、今後長期

にわたり国土をこういふふうにしていくのだという青写真を描き、着実に実行していくことが絶対的に必要と思っております。私達は、社会が要求するニーズをいろいろ多面的に考えて、それが満たせるような事業をみんなで考え、世間が何と言おうが、きちんと説得していく努力というのが我々に課せられた使命と考えます。



# 第4回 日韓沿岸防災 技術研究ワークショップ

(The 4th CDIT - KIOST Joint Workshop)

一般財団法人 沿岸技術研究センター  
調査部 主任研究員 高瀬英悟

はじめに

沿岸技術研究センターは、2009年に韓国海洋科学技術院(KORDI)と沿岸技術の共同研究の実施・学術情報の交換等に関する研究交流協定を締結し、2009年より毎年、日韓交互にワークショップを開催し、2012年11月7日(水)、第4回ワークショップを我が国で開催しました。

また、今回のワークショップに合わせ、我が国の関係者と韓国の代表団は、東北太平洋沖地震による震災からの復興に取り組む地域(相馬港、女川港、塩釜港)を視察しました。

有益な情報交換がなされた  
ワークショップ

ワークショップは、韓国の代表者および来賓としてお越しいただいた国土交通省港湾局・山縣局長よりご挨拶をいただき、当センターの関田理事長より

## 復興に取り組む東北 沿岸域の現場視察

初日は相馬港において、津波で倒壊した沖防波堤の被災状況を海上から確認するとともに、沖防波堤の復旧に使用するケーソンの製作現場や護岸の復旧工事現場を間近で見ました。2日目は、まず女川港に行き、高台に位置する町立病院から町全体を見渡し、その後、

「日本における海洋再生可能エネルギー開発の展望」と題する基調講演から始まりました。(表1)この基調講演では、我が国における海洋再生可能エネルギーに関する研究開発の動向と、港湾エリアにおける取り組みの重要性などが述べられました。その後、「沿岸防災」、「沿岸管理」、「波浪解析」、「技術開発・普及」の4つのテーマに分けて、日韓それぞれの研究者15名より、自国で取り組んでいる研究内容や成果の発表が行われました。「沿岸防災」に関しては、津波対策や防波堤による効果に関する研究成果が発表され、「沿岸管理」に関しては、別府港海岸における里浜づくりと韓国東海岸の浸食状況等について発表が行われました。また、「波浪解析」に関しては、第三世代のCOME I NSの紹介と韓国の沿岸災害と低減対策等について発表され、「技術開発・普及」に関しては、洋上風力発電の現状と韓国のサクシヨンパイルの基礎に関する発表が行われました。なお、各テーマにおける研究者の発表の後に設けた質疑応答の時間では、たいへん活発な意見交換が行われ、ワークショップは成功裡に終了しました。(写真1)

第4回 日韓沿岸防災技術研究ワークショップ

日時 2012年11月7日(水) 10:00-17:40  
場所 KFCホール (〒130-0015 東京都墨田区横綱1-6-1)

プログラム		(敬称略)	
開会 10:00	開会挨拶	沿岸技術研究センター理事長	関田欣治
	共催者挨拶	韓国海洋科学技術院院長	姜正植
	来賓挨拶	国土交通省港湾局長	山縣宣彦
基調講演 10:10		「日本における海洋再生可能エネルギー開発の展望」	
		沿岸技術研究センター理事長	関田欣治

セッション	コーディネーター	発表
沿岸防災(1) 11:00~12:00	CDIT 審議役 八尋明彦	港湾内に立地する企業の事業継続の観点からみた津波対策 CDIT 研究主幹 廣松智樹 最大クラスの津波に対する防波堤の津波減災効果について CDIT 調査役 金正植 高潮浸水被害予測システムの適用と高潮災害防止施設の開発研究 KIOST 特性化研究室 沈載高
= 昼食 =		
沿岸防災(2) 13:00~14:00	KIOST 名譽研究委員 安熙道	東日本大震災を踏まえたGPS 波浪観測情報の活用について CDIT 調査役 菊地洋二 東北地方太平洋沖地震時における防波堤による浸水低減効果検討 PARI アジアン・太平洋沿岸防災研究センター 研究官 藤原善 数値モデリングを活用した津波防災対策 KIOST 研修研究員 河巻敏 地域住民が参画した別府港海岸における里浜づくり (北浜地区1、上ヶ浜地区)
沿岸管理 14:00~15:00	PARI 海洋情報研究 領域長 河合弘泰	CDIT 主任研究員 菅井剛 消波ブロック被覆堤ブロック下部の高麗量の推定について 国土交通省 横浜港湾空港技術調査事務所 鈴木高二朗 関東地方整備局 韓国東海岸の浸食現況 KIOST 東海研究所長 朴賢弘
= コーヒーブレイク =		
波浪解析 15:30~16:30	KIOST 責任研究員 李光守	第三世代COME I NSの開発 CDIT 調査役 関田弘三 WOPHASが捉えた日本沿岸の波浪特性 PARI 海洋情報研究領域長 河合弘泰 最近韓国で発生した沿岸災害と今後の低減対策 KIOST 主任研究員 吳相 沿岸域および洋上の風力発電の実用化をめざした最近の活動状況 CDIT 客員研究員 永井紀彦
技術開発・普及 16:30~17:30	CDIT 沿岸防災 研究所長 高山知司	KIOST 責任研究員 朴佑善 韓国における海上風力発電の現況 KIOST 責任研究員 李光守

表1 ワークショッププログラム

石巻港に移動して高台の日和山公園から付近一帯を眺望した後、雲雀野地区に行き岸壁の復旧状況を確認しました。視察団は、時間の許す限り現地に滞在し、現地の説明者に積極的に質問するとともに、震災前の写真とあまりにも変貌してしまった現況を見て、改めて想像を絶する被災状況に胸が締め付けられる想いと大きなショックを受け、被災地の早期の復興を願いました。

今回の現場視察を通して、東北太平洋沖地震によって生じた甚大な被害の大きさと、技術的な課題を早急に解決することの重要性について、日韓双方ともこれまで以上に理解を深めました。

まとめ

今回ご講演いただいた皆さま、現場視察にお付き合いただいた東北地方整備局及び宮城県石巻港湾事務所の皆さま、本当にありがとうございました。本紙面を借りて改めて心より感謝申し上げます。



## NEWS 03

## 第13回北東アジア港湾シンポジウム

平成24年10月9日、北海道札幌市において、日本、韓国、中国による北東アジア港湾局長会議の開催に合わせ、第13回北東アジア港湾シンポジウムが開催され、3カ国の港湾関係者約250名が集まり、沿岸技術研究センターからも3名が参加しました。

このシンポジウムは、急速な経済発展を続ける北東アジアの港湾における近日的なテーマについて、情報と意見を交換することによって3カ国の港湾の発展を図るもので、今年は、テーマ①「港湾における地球温暖化対策」及びテーマ②「港湾開発・利用と地域振興」について、それぞれの国の研究者から発表があり、その後、熱心な質疑応答が行われました。また、特別講演として中松義治小樽市長から国際クルーズに関する発表がありました。



## NEWS 04

### 平成25年度 「海洋・港湾構造物維持管理士資格認定試験」 「海洋・港湾構造物設計士資格認定試験」 に関するお知らせ

平成25年度の資格認定試験について、下記のとおり予定しています。実施の詳細や募集の案内は、沿岸技術研究センターホームページ(<http://www.cdit.or.jp/>)に適宜掲載致します。この機会に資格取得に向けて是非チャレンジしてください。

#### 【平成25年度 海洋・港湾構造物維持管理士資格認定試験】

申込受付期間：8月中旬～9月下旬  
試験日程：10月下旬頃  
試験場所：東京、大阪(2会場を予定)  
なお、平成25年度から講習会の内容等が変わります。詳細については、平成25年4月頃に当センターホームページにてご案内致します。

#### 【平成25年度 海洋・港湾構造物設計士資格認定試験】

●1次試験  
申込受付期間：4月～5月頃  
試験日程：7月上旬頃  
試験場所：東京、大阪、福岡(3会場を予定)

●2次試験(1次試験 合格者対象)  
申込受付期間：8月中旬～9月中旬頃  
試験日程：11月中旬～下旬頃  
試験場所：東京(1会場を予定)

## NEWS 05

### 平成24年度 海洋・港湾構造物設計士研修会

平成24年9月28日(金)に海洋・港湾構造物設計士研修会を弘済会館にて開催しました。

本研修会は、海洋・港湾構造物設計士(有効期間5年)の資格更新のために必要な継続学習の一助として開催しました。研修会では、日下部東京工業大学名誉教授他から海洋・港湾構造物の設計に関わる最新のテーマについて講演していただきました。



## 【編集後記】

謹んで新春のごあいさつを申し上げます。東日本大震災から約2年が過ぎ、昨年末の安倍内閣の発足により、これまで以上に被災地の復興が加速されることを願いたいと思います。さて、CDITの編集委員として、20数年ぶりに印刷物の出版業務に携わりましたが、昔と違い編集作業がパソコンとメールで簡単にできるようになり、随分楽になったものだと感じ、技術の進歩に深く感銘しました。ということで、あまり本紙の編集作業をしたような実感は無いのですが、冊子として出来上がったものを見れば、達成感が感じられると思います。(Y.S)

沿岸技術研究センターは、今後の誌面づくりに反映させるため、皆様のご意見ご感想をお待ちしております。詳細は沿岸技術研究センター HPをご覧ください。

URL:<http://www.cdit.or.jp/>

## NEWS 01

### 韓国 光陽港視察と 麗水(ヨス)世界博覧会への参加

去る平成24年5月31日(木)から6月3日(日)の4日間、光陽港視察と麗水世界博覧会に近藤日本大学教授を団長とする視察団の一員として沿岸技術研究センターから2名参加しました。

光陽港は、韓国第2の国際コンテナ港湾で、人工防波堤がなくとも静穏水域の確保が可能な天然の良港です。現在、16のコンテナバース(-15～-17m)が稼働しています。さらに、300万TEUを達成するまで港湾施設使用料を免除する等、利用船会社の安定的な寄港を誘導するための各種インセンティブが付与されています。コンテナの取扱量も現在の約200万TEUから2015年までに300万TEUを目標としており、改めて韓国の勢いを感じました。

麗水世界博覧会では、「生きている海、息づく沿岸」をテーマに掲げ、世界各国から海洋と沿岸に関するテーマ館が展覧されていました。日本は「森・里・海、つながり紡ぐ、私たちの未来」をテーマに東日本大震災による未曾有の災害からの立ち上がり、未来を向いて歩んでいく様子等が紹介されていました。



光陽港視察



船上での意見交換会

## NEWS 02

### CDITセミナーを実施

平成24年度より、沿岸技術研究センターの技術力の向上と高度な技術的知見の共有を目的として、主に当センターで調査研究に従事する職員を対象に計5回のセミナー(下記表参照)を実施しました。今後は、外部からも参加者を募り、より活発な議論を展開し、海洋・沿岸に関する技術力を高める所存です。

	日時	講演
第1回	7/25(水)16:00～17:30 沿岸センター大会議室	東日本大震災における防波堤被災のメカニズムについて 沿岸防災技術研究所長 高山知司
第2回	8/29(水)16:00～17:30 沿岸センター大会議室	波変形計算法の発展と今後の方向 沿岸防災技術研究所長 高山知司
第3回	9/28(金)15:15～16:45 弘済会館	港湾の設計法の変遷 業務執行理事 山本修二
第4回	10/31(水)16:00～17:30 沿岸センター大会議室	日本における沿岸災害の歴史—高潮・高波災害を中心にして— 沿岸防災技術研究所長 高山知司
第5回	11/28(水)16:00～17:30 沿岸センター大会議室	技術の国際化と技術行政 業務執行理事 山本修二

# CDIT

Coastal Development Institute of Technology

発行 一般財団法人 沿岸技術研究センター  
〒102-0092 東京都千代田区隼町3-16 住友半蔵門ビル6F  
TEL. 03-3234-5861 FAX. 03-3234-5877  
URL <http://www.cdit.or.jp/>  
2013年1月31日発行