特集

再エネ大国への道程

鍵を握る、洋上風力と太陽光による創エネへの挑戦

かつて日本は再エネ大国だった。1950年代、日本のエネルギー自給率は約60%。その大部分を水力で賄っていた。
しかし、高度成長期を迎えエネルギー需要は急激に増大、石油やLNGなどの海外資源に依存せざるを得なくなる。更に1970年代、日本は二度のオイルショックを経て、エネルギーは無限ではないことを再認識した。
そして地球温暖化、環境問題が顕在化する。2020年10月、日本は「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2050年までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにする目標を掲げた。
地球環境の保全とエネルギーの確保を両立させる再生可能エネルギーの開発は、現在エネルギー自給率が13%に満たない日本ばかりではなく、人類共通の課題となっている。
太陽光と洋上風力による大容量発電に向け、次世代型とも言える技術の研究・開発が加速している。再エネ大国の復権を目指し、構想や理念を超えてリアルな社会実装に挑む再エネの最先端を取材した。

「代エネ」から「創エネ」へ世紀を超えた挑戦

産油諸国の混乱に端を発した一九七〇年代の石油危機は原油価格を四倍に跳ね上げ、全国に不安感が連鎖的に広がった。日本はこれを機に改めてエネルギー供給の重要性を認識し、以降のエネルギー政策のあり方に大きな影響をおよぼすことになる。

そこで一九七四年にスタートしたのが「サンシャイン計画」だ。太陽、地熱、そして石炭の液化やガス化、水素、風力といった石油に代替可能な資源の活用により、エネルギーの長期的な安定供給を確保するための技術開発を目的とした産官学の総力を結集する取組みだった。この計画の推進機関として、一九八〇年に設立されたのが「新エネルギー総合開発機構」、現在の「新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）」である。同年十月には「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」、いわゆる「代エネ法」が施行され、現在の再生可能エネルギーにつ

文：楢田波留基

ながる技術開発の基盤が形成された。

「代エネ」「省エネ」から「再エネ」、そして「創エネ」へ。NEDOは半世紀を超える日本のエネルギー技術の研究、開発を推進するエンジンとなってきた。同機構の再生可能エネルギー部の上坂真課長はこう語る。「これまでの官民の連携による再生可能エネルギーに関する研究、開発によって様々な成果と課題が見出されてきました。太陽光にしても風力にしても長期的な開発プログラムと補助制度により、一定の導入が進みました。これを礎としてエネルギー政策と産業政策を一体化させ、次世代型の再エネの現実的な社会実装に向けた取組みを加速させなければなりません」。

NEDOは、技術戦略の策定、プロジェクトの企画・立案を行い、プロジェクトマネジメントとして、産官学の強みを結集した体制構築や運営、評価、資金配分などを通じて技術開発を推進し、成果の社会実装を促進することで、社会課題の解決を目指している

野心的な挑戦を促すGI基金

カーボンニュートラルの取組みは、電力創出の現場においても大きな課題だ。経済と環境の好循環につなげるため、国は総力を挙げて産業政策とエネルギー政策の両面から民間企業の挑戦を後押ししている。

その一環として二〇二一年、NEDOに創設されたのが「グリーンイノベーション基金（GI基金）」である。「二〇五〇年カーボンニュートラル宣言」を受けて「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、成長が期待される技術分野において、民間の野心的な挑戦を、過去に例のない二・七兆円超という大規模な基金によって支援する活動が始まっている。「二〇五〇年カーボンニュートラル宣言の達成は、国の予算だけでは到底賄うことができません。GI基金は、コミットする企業や団体といった民間の活力や意識、そして資金力を誘発するものとして創設されました」と上坂氏は話す。民間にしても、単独の資金で研究開発を進めることは困難だ。GI基金は民間が「野心的な挑戦」に挑もうとする大きな動機付けになっている。企業にとって「コスト」と認識されていた環境事業は、新たなビジネスを生み出すチャンスとしても捉えられつつある。

GI基金によって環境課題を克服しながら、エネルギー分野の新たな地平を拓く。その先陣を切る民間企業には、社会的な責任と強い志が求められる。「各企業が策定する長期的な事業戦略や経営計画において、エネルギー事業、環境事業に向けた積極的な投資を行い、そこから着実に利益を生むことを目指していただきたい。国はその取組みに全力で伴走していきますが、最終的には各社が自走できる事業環境を創造する。それがGI基金プロジェクトの目指すところです」。上坂氏は民間企業の意識改革と実践に、大きな期待を寄せている。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
再生可能エネルギー部 統括課
課長

上坂 真 *Shin Uesaka*

超高層ビル級の風車が海上で回る

洋上風力発電は大量導入によるコスト低減が期待されることから、再エネの重要な切り札とされている。四方を海に囲まれ急深な海域を有する日本において、そのポテンシャルは高い。NEDOは二〇二一年度から浮体式を中心としたGI基金事業として「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクトを開始。風車技術や浮体式の基礎構造、その設置、運転保守にかかわる各分野での

サンシャイン計画を起点としたNEDOと再生可能エネルギー開発の変遷

NEDO提供資料を元に本誌にて編集

凡例：太陽光発電　風力発電

●第1次オイルショック
●第2次オイルショック
●新エネルギー総合開発機構（NEDO）の設立
●石油代替エネルギーの開発および導入の促進に関する法律を制定（石油代替エネルギーの供給目標を初めて設定）
●「サンシャイン計画」開始
●IPCC（気候変動に関する政府間パネル）設立
●NEDOに産業技術研究開発業務が追加され「新エネルギー・産業技術総合開発機構」に改称
●地球サミット国連気候変動枠組条約（UNFCCC）採択
●「ニューサンシャイン計画」開始
●気候変動枠組条約締結国会議（COP3）において「京都議定書」採択
●地球温暖化対策の推進に関する法律を制定（政府が地球温暖化対策推進大綱をまとめる）
●新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）を制定
●京都議定書発効（日本は削減量6%が義務に）
●「エネルギー基本計画」策定
●新・国家エネルギー戦略を発表
●エネルギー政策基本法制定（エネルギー安定供給、環境保護、経済成長の3Eの同時達成を目標に掲げる）
●首相が「Cool Earth 50」を提唱
●「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」（FIT法）成立
●再生可能エネルギー固定価格買取制度を開始
●パリ協定発効
●気候変動枠組条約締結国会議（COP21）において「パリ協定」採択
●グリーンイノベーション基金（GI基金）造成
●日本政府が「2050年カーボンニュートラル」を宣言
●「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」策定
●「GX実現に向けた基本方針」閣議決定
●「GX推進法」「GX脱炭素電源法」成立
●「GX推進戦略（脱炭素成長型経済構造移行推進戦略）」閣議決定

1970年代

1980年代

●1976年
・単結晶Siソーラー電卓発売（シャープ）

●1980年
・世界初のアモルファスSiソーラー電卓発売（三洋電機）

●1981年
・100kW級試験機の開発

●1982年
・300kWピッチコントロール機の開発（MWT-300, MHI）

●1983年
・太陽電池和瓦を開発発売（三洋電機）

●1983年
・「NEDO光発電シンポジウム83」開催

●1984年
・太陽光国際会議（兵庫県神戸市）

●1985年
・沖縄県座間味島で50kWの離島用電力供給システム運転開始

●1986年
・洋上太陽光発電システム運転開始

●1987年
・放送サテライト局用太陽光発電システム運転開始
・トンネル照明用太陽光発電システム運転開始

●1991年
・大型風力発電システム500kW級機の開発に着手
・沖縄県宮古島西平安名岬でウインドファーム着工

●1992年
・公共施設に太陽光発電を設置するフィールドテスト事業を開始
・民間企業が余剰電力の買い取りを開始

●1993年
・IEA「太陽光発電システム研究協力実施協定」の締結

1990年代

●1994年
・太陽光発電による離島用電力供給システムの運転研究開発開始（沖縄県宮古島）

●1994年
・「建材一体型太陽電池モジュールの研究開発」の開始

●1995年
・宮古島風力発電サイトにおける集合型風力発電システム実証試験用設備が完成（沖縄県）

●1996年
・「風力開発フィールドテスト事業」の開始
・青森県竜飛崎における国内最大の500kW大型風力発電システムの試運転開始

●1997年
・HIT太陽電池の発売（三洋電機）

●1998年
・工場に太陽光発電を設置する産業専用太陽光発電フィールドテスト事業を開始
・アモルファスSi太陽電池の発売（カネカ）

●1998年
・500kW機の開発（風力）

●1999年
・日本の太陽電池生産量が米国を抜いて世界一になる（1999年～2007年）

2000年代

●2000年
・シャープが世界一の太陽電池生産メーカーになる

●2003年
・2MW可変速ギアレス同期機（MWT-S2000, MHI）
・風力発電系統連系安定化等技術開発

●2004年
・2030年に向けた「太陽光発電ロードマップ（PV2030）」公開

●2005年
・日本型風力発電ガイドライン策定（～2007年）
・2MW機（Subaru80/20, FHI）

2010年代

●2008年
・日本の環境に適した次世代の風力発電技術の研究開発開始
銚子沖・北九州市沖での2000kW級着床式洋上風力発電の実証事業開始

●2009年
・「太陽光発電ロードマップ（PV2030+）」公開

●2009年
・洋上風力発電等技術研究開発を開始

●2010年
・太陽電池の国内市場規模が5000億円を突破

●2010年
・「太陽光発電システム次世代高性能技術開発」を開始

●2012年
・太陽電池の世界の累積導入量が100GWを突破
・住宅用太陽光発電システムの累積導入数が100万件を突破
・有機系太陽電池実用化先導技術開発を開始

●2012年
・大成建設株式会社技術センターZEB 実証棟外壁ユニットに、NEDOプロジェクトで開発した三菱化学株式会社製の有機薄膜太陽電池を導入

●2012年
・ペロブスカイト太陽電池の開発を開始

●2013年
・太陽電池の国内市場規模が1兆円を突破化合物3接合型太陽電池で世界最高変換効率44.4%を達成

●2013年
・着床式洋上ウインドファームの導入促進及び事業費・運転保守費の資産設備利用率向上や風車部品の高度化に向けた研究開発

●2013年
・NEDOプロジェクトで、シャープ株式会社が化合物3接合型太陽電池で世界最高記録となるセル変換効率44.4%（集光倍率302倍）を達成

●2014年
・50mから100m程度の水深の海域を対象とした浮体式洋上風力発電システムの研究開発実証
・環境アセスメント調査の期間を短縮する手法の実証

●2014年
・「太陽光発電開発戦略（NEDO PV Challenges）」を策定

●2015年
・国内最大級5MWの大型風力発電設備が完成（茨城県神栖市）

●2015年
・実用サイズの両面電極型結晶シリコン太陽電池で変換効率25.1%を達成

●2015年
・有機系太陽電池の実証試験を開始

●2016年
・株式会社カネカが実用サイズ（180cm²）のペロ接合バックコンタクト型結晶シリコン太陽電池で世界最高記録となるセル変換効率26.3%を達成

●2017年
・CIS系薄膜太陽電池セルで世界最高変換効率22.9%を達成

●2017年
・風況情報などを一元化した国内初の「洋上風況マップ（全国版）」を公開

●2018年
・面積世界最大（703cm²）のフィルム型ペロブスカイト太陽電池モジュールを開発

●2019年
・福岡県北九州市沖で浮体式洋上風力発電システム実証研究（パージ型）の運転開始

2020年代

●2020年
・太陽光発電の主力電源化に向けた技術開発を開始

●2020年
・世界最高水準の高効率な太陽電池セルを活用し、電気自動車用太陽電池パネルを製作

●2021年
・次世代型太陽電池実用化事業（GI基金）基盤技術開発及び実用化事業の実施体制決定

●2022年
・洋上風力発電の低コスト化（GI基金事業）フェーズ1の実施体制決定

●2023年
・化合物・シリコン積層型太陽電池モジュールで世界最高のエネルギー変換効率33.66%を達成

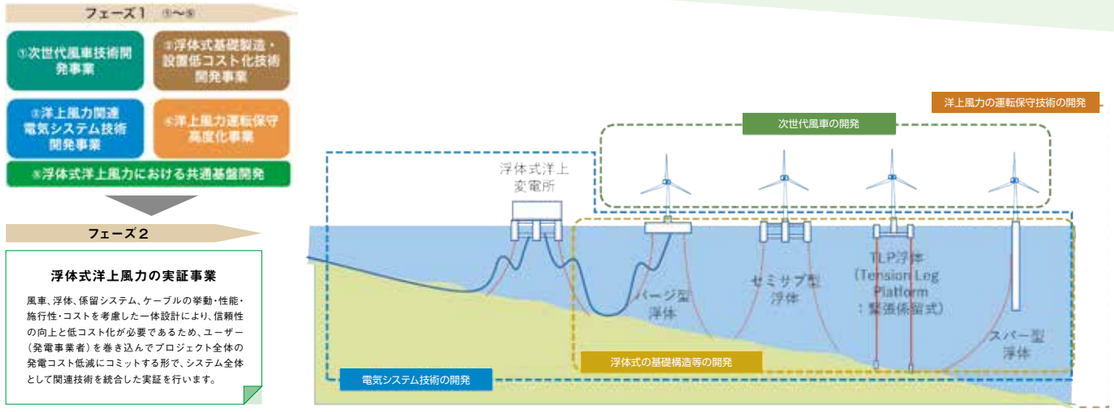
●2024年
・次世代型太陽電池実用化事業（GI基金）実証事業の実施体制決定

●2024年
・洋上風力発電の低コスト化（GI基金事業）フェーズ2の実施体制決定

●2024年
・国内初、洋上風力発電における風況観測機器の精度検証試験サイト産学官連携により整備完了、本格運営を開始

NEDOは今年2月に「第19回再生可能エネルギー世界展示会 & フォーラム（RE2025）」に出展いたしました
完全版の年表や展示会のパネルは、こちらからご確認いただけます

洋上風力発電の低コスト化（GI 基金事業）概要

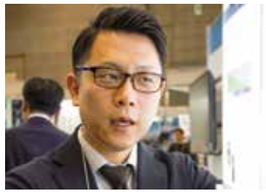


要素技術の開発に取り組んできた。浮体式は二〇三〇年度の商用化を目標に掲げており、その先鞭をつけると目されているのが、鋼材を用いたセミサブ型だ。NEDOの米倉秀徳チーム長はこう説明する。「多様な浮体式があるなかで、セミサブ型は商用化に向けて最も確度が高い方式と言えます。二〇二一年に着手したGI基金事業のフェーズ1の開発事業の成果を踏まえ、二〇二四年六月からフェーズ2として二つのコンソーシアムによる実証事業が進行中です。商用化に向け、浮体式によるプラントのリーディングを期待しています」。

鋼製の浮体構造物とは、つまるところ船舶と言える。法的な認証上でも「船」として扱われる。その製作には造船業界の知見が欠かせない。建設業も海洋土木分野で、防波堤などのコンクリート構造物を構築し、曳航・設置する技術を追求してきた。「大型の浮体式洋上発電の風車の高さは、二五〇㍍にもおよびます。横浜ランドマークタワーほどの構造物が海に浮かんで風車を回しているようなもの。それほどの施設を洋上に浮かせるという、過去にない挑戦。造船とマリコンのコラボレーションがあってこそ、実現し得るプロジェクトです」と米倉氏は二つの業界の連携が鍵になると言い切る。

一年で二〇〇基の浮体を供給

国は二〇四〇年の洋上風力による案件形成目標として、三〇〜四五GW（ギガワット）を目指している。米倉氏はこの目標を達成するには、単純計算で年産およそ二〇〇基の浮体を製作することが必要になると言う。「パーツを造船ヤードで造ってこれを別途組み立てるといった施工法を検討しています。どこまで陸上で製作するのか、どの工程から洋上で組み立てるのか。そもそも巨大な風車を揚重するクレーンを調達できるのか。そうした事業インフラの構築が課題になります」。必要となるヤードの整備・確保も、大きな課題だと米倉氏は話す。


国立研究開発法人新エネルギー・
産業技術総合開発機構
再生可能エネルギー部
プロジェクトマネージャー
風力・海洋ユニット
システム開発チーム チーム長
米倉 秀徳 *Hidenori Yonekura*

風車の規模についても合理性を検証する必要がある。二MW（メガワット）の風車を一〇基製作するよりも、二〇MWを一基建てた方が施工と躯体全体のコストは削減できる可能性があるが、どの程度の大きさが最適となるかは様々な要素が絡む。「躯体の構築と設置や施工という双方の効率化、低コスト化がどこまで進展するかが今回の実証事業の肝です。いずれにしても、知恵を絞るほどコストは低くなる。実証事業でその道筋を官民を挙げて探っていきます」と米倉氏は意気込む。

フレキシブルな太陽電池

太陽光発電も新たな局面を迎えている。現在、注目を集めているのが次世代型と言われるペロブスカイト太陽電池だ。平地が少ない日本の国土において、従来のシリコン型の太陽光パネルで構成されるメガソーラーなどの設置が困難になりつつある。ペロブスカイト太陽電池は、薄く軽量で柔軟性があるのが特徴で、建築物の壁面などに設置できる。広大な敷地を必要としない太陽電池として、その研究・開発が急速に進展している。国は二〇四〇年までに原子力発電所二〇基分に相当する二〇GWまで普及させるとしている。

NEDOはGI基金事業として二〇二一年度から次世代型太陽電池の開発を後押ししてきたが、二〇二四年度に新たな実証事業を採択。ペロブスカイト太陽電池の大量生産に道筋をつけ、設置方法や施工法などを検証するフィールド実証に着手している。現状と課題について、NEDOの鈴木敦之チーム長代行に伺った。「ペロブスカイト太陽電池の開発は二〇一〇年頃から急速に進み、これまでにシリコン型と比肩する発電効率を達成できるようになりつつあります。課題となるのはその耐久性。シリコン型で二〇年から三〇年と言われている耐用年数はその半分程度とみられている。GI基金事業としていかに製造コストを抑え、耐久性も高めていくかを検証していきます」。

フィルム型ペロブスカイト太陽電池（提供：積水化学工業）

国立研究開発法人新エネルギー・
産業技術総合開発機構
再生可能エネルギー部
プロジェクトマネージャー
太陽光発電ユニット
太陽光発電チーム 主査 チーム長代行
鈴木 敦之 *Atsuyuki Suzuki*

ペロブスカイト太陽電池の主な原料となるヨウ素は、日本の産出量が世界二位であることから、その供給を国内で確保できる点も大きな強みだ。シンプルな製造工程であるため低コスト化も期待できる。

一方で設置、施工にかかわるコストも低減する必要があると鈴木氏は話す。「一つひとつのモジュールを設置場所に合わせてオーダーメイドで作製すると、どうしても単価が高くなってしまいます。そこでメーカーは軽量・柔軟といった特徴を生かした設置工法を開発したり、架台と一体化させたり、屋根瓦や窓ガラスに組み込むなど、多様な製品の開発を進めています」。

建築物の意匠を優先すると、モジュールは特注品になり、量産化は更に難しくなる。規格化され、これを大量生産する製造設備や工場などの施設が確保されれば、低コスト化の道も見えてくる。更に、施工上の合理性を考慮する必要もある。「国としてはペロブスカイト太陽電池の導入支援の準備を進めています。建設業界にも製品化を待つのではなく、早い段階から開発に参画いただいて、施工上の課題の洗い出しなどにご協力をいただきたい。国とメーカー、施工者の更に強固な連携が、次のステップへ歩を進めていくことになると考えています」と鈴木氏は期待を寄せている。

風力と太陽光を資源とした次世代型の再生可能エネルギーは、研究・開発の段階を経て、実証のステージに上がった。今後、低コスト化を前提として面的に拡大し、新しい市場を目指していくことになる。上坂氏はこう話す。「カーボンニュートラルの技術は国内で達成するだけではなく、世界に通用するものにしなければなりません。イノベーションの社会実装とグローバル化の加速を通じ、GX産業構造への転換を進める必要があります。そのためにも、まずは国内でスケールメリットを見出せる実績を着実に積み上げていくことが重要だと考えています」。その主たるプレーヤーの一人が、日本の建設業界であることは間違いない。

新市場向け次世代型太陽電池の開発

浮体式洋上風力発電

社会実装に向けた新たな一歩

秋田県沖二五キロメートルの海域を舞台に

二〇二四年六月に採択されたNEDOのGI基金事業、洋上風力発電の低コスト化プロジェクトのフェーズ2における浮体式洋上風力発電実証事業の一つが「低コスト化による海外展開を見据えた秋田県南部沖浮体式洋上風力実証事業」だ。提案事業者である丸紅洋上風力開発㈱、ジャパンマリンユナイテッド㈱（以下、JMU）、東亜建設工業㈱をはじめとする九社からなるコンソーシアムは、秋田県南部沖約二五キロメートル、水深約四〇〇メートルの海域に一五MW級のセミサブ型の風力発電機二基を設置する実証事業に着手した。

JMUと東亜建設工業は、フェーズ1においてもEPCI（設計・調達・建造・据付）を通貫して浮体基礎の量産化、設置にかかわる低コスト化に取り組み、多くの知見と技術を確立した。フェーズ2ではその成果を最大限に活用し、EPCI分野に加え、O&M（運転時の維持管理）においても浮体式洋上風力発電の社会実装に向けた技術的な課題解決に挑む。フェーズ1では実験としてモデルブロックの製作に取り組んだが、今回は実機の製作と施工だ。

JMUの奥井啓悦部長にフェーズ2の自社での研究内容について伺った。「将来的に浮体の大量生産とコストダウンが課題になりますが、現状では既存の造船用ドックだけで、船建造と併用すると国が目標に掲げる基数に届きません。どのようにすれば目標機体数を製作することができるのか、問題を抽出してそのボトルネックを一つずつ潰していき、実効的な製作法、施工法を研究・開発することが一つの目的です」。

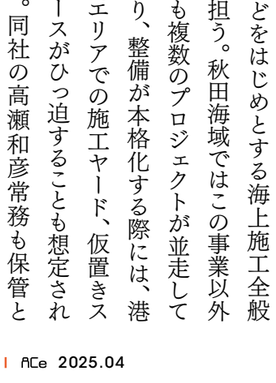
JMUが有する国内のドックをすべて浮体の建造に当てれば達成できる数量ではあるが、船建造と併用しているためそうもいかない。奥井氏はコンソーシアムを超えて他の造船、鉄鋼、橋梁といった企業との連携強化を重要視している。「一社で建造できる数ではありません。アライアンスを組むことによる最適な建造体制と工法の確立が求められます。私は長年造船の現場にいましたが、プロフェッショナルが連携するものづくりの重要性は、身体が覚えている。その知見を今回の実証事業に最大限生かしていきます」と自信を見せた。

フェーズ1での実海域試験の様子

ヤードの確保と静穏域の活用が鍵

フェーズ2では四本のコラムを十字型のロワーハルで接続したJMUの独自開発によるセミサブ型浮体構造物を主軸として実証を行う。浮体の幅は約八〇メートルに達する。今回の実証事業で製作、設置するのは二基だが、将来的には数十、数百の風力発電機で構成される発電プラント、洋上のウィンドファームの構築が最終目標だ。この大量の巨大構造物をいかにして継続的に供給するかが、最大の課題になる。JMUの吉本治樹グループ長は一時保管がキーワードになるとこう話す。「巨大な部材や構造物をいくつも保管するだけのスペースを確保することは非常に困難です。とにかく次々と風車を建てていき、ジャストインタイムで浮体を供給し続けることが理想。そのためにどのようなインフラ、建造の手順、施工法が必要になるのか、様々なオプションを想定しながら最適化を図ることが効率化、ひいてはコスト削減につながると考えています」。

東亜建設工業はフェーズ2において所定の海域までの浮体基礎の曳航、風車の搭載、係留場所への曳航などをはじめとする海上施工全般を担う。秋田海域ではこの事業以外にも複数のプロジェクトが並走しており、整備が本格化する際には、港湾エリアでの施工ヤード、仮置きスペースがひっ迫することも想定される。同社の高瀬和彦常務も保管と


ジャパンマリンユナイテッド株式会社
商船・海洋・エンジニアリング事業本部
海洋・エンジニアリング事業部
建造管理部 部長

奥井 啓悦 *Hiroyoshi Okui*

東亜建設工業株式会社
執行役員常務 洋上風力推進部 部長

高瀬 和彦 *Kazuhiko Takase*

こで得られた成果とマリコンの雄として蓄積してきた技術を総動員して、この課題に挑むと高瀬氏はこう言葉を続ける。「かつて茨城県の常陸那珂港で行った総延長約六キロメートルという大規模な防波堤築造工事で、年間二四函の長大ケーソンを製作しながら据え付けた。その際は延伸する防波堤の港内側背後の静穏域を仮置場として、気象と海象を睨みタイミングを計りながら施工を進めました。静穏域が施工上の重要なインフラになります。その経験をブラッシュアップして課題をクリアしていきます」。

エネルギー問題にインパクトを

浮体の建造、保管スペースの確保以外にも、検証すべき事項は多岐にわたる。大型浮体の構造解析もその一つだ。浮体式の研究・開発は世界でも横一線で競争が展開されており、現時点において参考にできる設計上の事例が少ない状況にある。

更に、大水深での浮体の係留も課題だ。秋田沖の水深は四〇〇メートルだが将来的には一、〇〇〇メートルクラスでの係留も予想される。係留索もチェーンやワイヤー、繊維索と多彩だ。どの材料を選定するのか、その併用も含め、施工にかかわる費用を勘案しながら、最も合理性の高い材料と手法を見出していかなければならない。

O&Mにおいては、継続的に浮体の健全性を担保することが求められる。そのために高精度なモニタリングシステムの開発にも力を入れる。理想的な浮体の状態をデジタルで複製し、そこにセンサーで得られたリアルタイムのデータを付与することでパフォーマンスを監視、評価、予測するデジタルツインを開発する。設備の延命化はコスト削減にも大きく影響することになる。

「フェーズ2では検討した手法を実機に適用し、実際に動かしてみて、得られたデータから設計や構造の妥当性を検証することになります」と吉本氏は話す。曳航から係留、そして稼働後の維持管理にいたるコストも、採用する材料や工法によって大きく異なってくる。秋田沖、日本海の気象、海象、風況を見極めることも重要な視点だ。「ケーススタディがないなか、秋田沖における洋上風力発電の最適なパフォーマンスを見出すことは、容易ではありません。いずれにしても設計や構造解析、建造、施工の標準化がなされていない状況。その最適解を見出すことが主要な研究テーマです」。

そして簡単ではないからこそやりがいを感じるとこう言葉を継いだ。「この事業がエネルギー問題に大きなインパクトをもたらすことは間違いありません。世界的にも例がない、人類共通の課題解決に貢献できる仕事。技術者冥利に尽きます」。

EPCIテーマ「一時保管浮体を最少化する浮体輸送の効率化」のイメージ

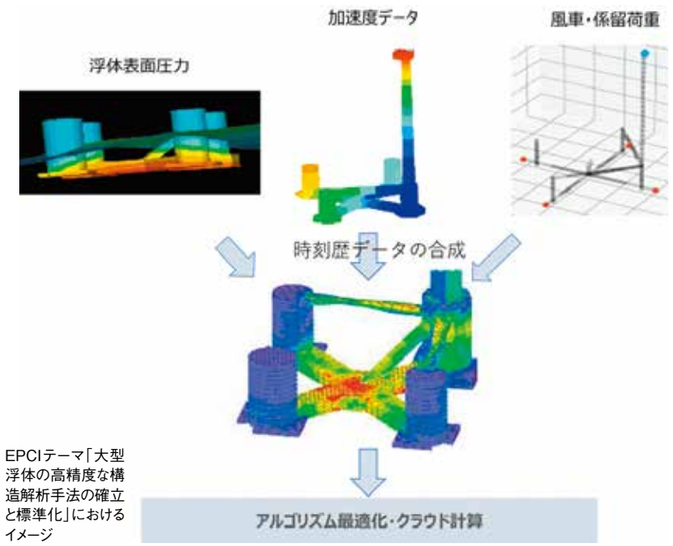
ジャパンマリンユナイテッド株式会社
商船・海洋・エンジニアリング事業本部
海洋・エンジニアリング事業部
洋上風力プロジェクト部
浮体技術グループ グループ長
吉本 治樹 *Haruki Yoshimoto*

東亜建設工業と大林組が共同で建造したSEP船・柏鶴（はっかく）。基本設計から建造までをJMUが一貫して行い、日本特有の建設条件に幅広く対応できる仕様になっている（提供：東亜建設工業）

新たな事業領域を創造する

建設業界としても、これまでの土木や建築の知見だけで完結できる仕事ではない。高瀬氏は建設業にとって洋上風力という新たな事業のあり方が着実に見え始めていると今後をこう展望する。「建設における事業領域の拡大に向けた大きな試金石になると考えています。今回の実証事業は、洋上のウィンドファームの実現というとても意義のあるプロジェクトで、これが社会実装に直結する可能性が非常に高い。チャレンジングな事業ではありますが、緊張感をもって成功に導いていきたいと考えています」。

昨年三月には主に発電事業者で構成する浮体式洋上風力技術研究組合（ＦＬＯＷＲＡ）が結成された。今年一月には建設、鉄鋼系エンジニアリング及び、造船・重機関連の各社が名を連ねる浮体式洋上風力建設システム技術研究組合（ＦＬＯＷＣＯＮ）が国土交通省の認可を受けて発足した。海を、船を、創エネを知り尽くしたプロフェッショナルたちが、業種や業界を横断して洋上風力発電の実現に動き始めている。



EPCIテーマ「大型浮体の高精度な構造解析手法の確立と標準化」におけるイメージ

ペロブスカイト太陽電池

軽量で曲がる！次世代太陽電池の可能性

大阪・関西万博では、交通ターミナルの屋根にフィルム型ペロブスカイト太陽電池が設置された

曲がる太陽電池

太陽光発電と言えば、広大な地面に埋め尽くされた黒いパネル群の風景。このシリコン系太陽電池に変わる次世代型の発電デバイスとして注目を集めているのが、ペロブスカイト太陽電池だ。

ペロブスカイト太陽電池は、材料をフィルムやガラスなどの基盤に塗布して製造する。工程が少なく大量生産が見込まれ、低コスト化も期待できる。またその名の由来でもある結晶構造の層が薄い膜になっていることから、曲げやゆがみに強く、重量もフィルム型であればシリコン系の約十分の一。シリコン系の適地がひっ迫するなか、想定される設置場所や用途が格段に多様化する。また、ヨウ素をはじめとする原料も国内で調達でき、サプライチェーンを他国に依存する懸念も少ない。

NEDOはGI基金によって二〇二一年度からその研究開発を後押ししており、昨年度には第三段階となる実証事業に着手。採択された積水化学工業㈱、東京電力ホールディングス㈱がフィールド実証を通して量産技術や設置、施工方法の開発、発電コストの低減化に取り組んでいる。

ペロブスカイト太陽電池の社会実装をリードする積水ソーラーフィルム㈱の上脇太社長にお話を伺った。「二〇年ほど前から積水化学グループは『環境』を経営戦略の中核に位置付けてきました。環境問題、社会課題の解決に資するプロダクツをサステナビリティ貢献製品として認定し、これをエンジンとして業容拡大に取り組んでいます。その象徴的な製品が、フィルム型ペロブスカイト太陽電池（以下、PSC）です」。太陽光発電の次代を拓く、まさに次世代型の環境製品だと話す。

磨き上げた匠の技で差別化を図る

上脇社長は長年にわたって新規事業の開拓に携わってきたが、その際重要になる視点が「事業軸」と「技術軸」のバランスだと話す。「お客さまへ確かな価値を提供できるか、同時に社会的な課題の解決が事業として成立するか、そしてこれを実現する技術が他社にはない独自性に基づいているか、そうした評価手法が積水化学グループには根付いている。PSCもそうした文脈から生まれてきた製品です」。次世代太陽光発電は一企業の新たな取組みに留まらず、国家的な新規事業とも言える。そうだとしても、事業軸と技術軸の視座は変わらないと上脇社長は考えている。

ペロブスカイト太陽電池の開発には、電機や建材をはじめ多岐にわたる業界からの参入が相次ぐ。積水化学工業は液晶フィルムの製造などで必須となる封止・成膜・精密塗工において、世界最高峰の技術を誇る。独自性の高い匠の技が次世代型太陽光発電の開発を加速させる確信があった。「当社が有する技術をうまく使えば、ペロブスカイトの分野でも差別化ができるのではないか。技術の強みで時代のニーズに応えられる有望テーマとして位置付け、研究所で開発を始めました。それが一〇年ほど前のことです」と上脇社長は話す。

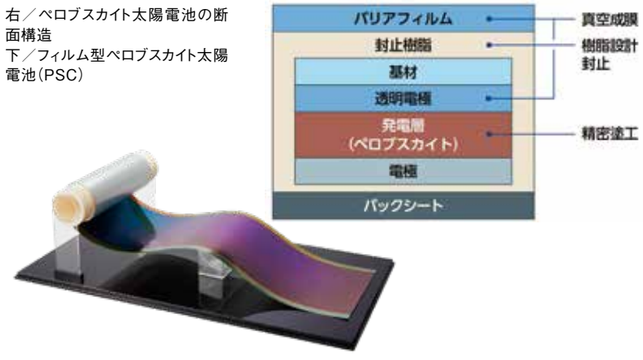
ロール状の発電モジュール

ペロブスカイト太陽電池の開発において、最大の課題となるのが耐久性だ。積水化学工業が有する封止技術は、この耐久性のハードルを超える大きなキーになる。PSCの厚さは約一㍉だが発電層はわずか数㍃。この中に真空成膜や精密塗工を施し、水分の侵入を防止する。この封止技術が発電層への影響を最小限に抑え、製品の長寿命化を向上させると言う。「液晶ディスプレイや自動車の合わせガラスに使われる中間膜などで培われた技術が耐久性に貢献することになる。当社はこの耐久性をいかに高めるかを至上命題とし、他社とは異なる視点から開発に着手した経緯があります」と上脇社長は説明する。同社は二〇三〇年度内にシリコン系と同等の耐久年数二〇年相当を目標に掲げ、これを実現するめどが立ってきたと言う。

発電効率の向上も課題になる。およそ二〇年前、この技術が発表された際に三%だった発電効率は現在までに飛躍的に向上し、積水化学工業は一五%を達成している。耐久性能の向上と並行して発電効率においても、二〇%まで引き上げていくことがもう一つの大きな目標だ。

発電効率と生産効率を並行して向上させるのが「ロール・ツー・ロール」というコア技術だ。ロール状の基材フィルムに順次材料を積層するように精密塗工を施し、再びロールにして完成させる。「巻物からフィルムを巻き出して材料を塗って再び巻き取る、まさに印刷に近い工程で大量生産が可能となります。現在、三〇㌢幅の製造を達成していますが、これをつなぎ合わせる場合、接合部は発電しませんから発電効率が良くない。これを一㍍幅まで持っていく。難易度は格段に上がりますが、懸命に開発を進めているところです」と上脇社長は説明する。耐久性と発電効率、量産化、コスト

右／ペロブスカイト太陽電池の断面構造
下／フィルム型ペロブスカイト太陽電池（PSC）



積水ソーラーフィルム株式会社
代表取締役社長
上脇 太 *Futoshi Kamiwaki*

削減が社会実装のキーポイントになることは明らかだと言う。

設置や施工のバリエーションを模索

PSCという次世代型太陽電池の製品化への道筋が見えてきた。これをどのように設置、施工するか、その手立ての模索も続けられている。薄くて柔らかく、軽いという特性は設置場所の可能性を劇的に広げることになる。ビルの屋上や壁面、工場や倉庫の屋根、耐荷重に制限のある建築物や曲面を多用する施設など多様な形態に対応できる。積水化学工業は公共施設やオフィスビルだけではなく、鉄道の遮音壁やプールの水面、円筒状の石油タンクの曲面などを使い多角的な実証を進めている。上脇社長はその目的をこう説明する。「設置場所ごとに施工法がすべて異なってきます。支障なく設置することができるか、剥落することはないか、実証の場で課題を抽出し、ノウハウの高度化を図っています。そのために部材の製造や加工にかかわるメーカーや施工者の技術、知見は必須になる。連携を深めながら検証を進めています」。

東京都千代田区内幸町で進む再開発事業では新築される高層ビルに設置されることになった。発電容量は一、〇〇〇kW超。窓と窓の間隙のスパンドレル部に設置され、高層ビル自体が世界初のメガソーラー施設になる可能性がある。得られた電力は売電せず、ビル内へ供給される。PSCの普及にはこの電力の地産地消が前提になると言う。

高層ビルへの設置には耐荷重や風圧、更新時のコストといった障壁があるがPSCならこうした課題を克服できる。「例えば屋内からスパンドレル部に差し込むように装着するなどいくつかの方法を組上にあげて検討を進めています。内側からの設置なら施工効率も高まり、建設の工程との干渉も抑えられる。メンテナンスも容易になり大幅なコスト削減につながります」。今後、建設を担う清水建設㈱との本格的な協議が始まることになる。

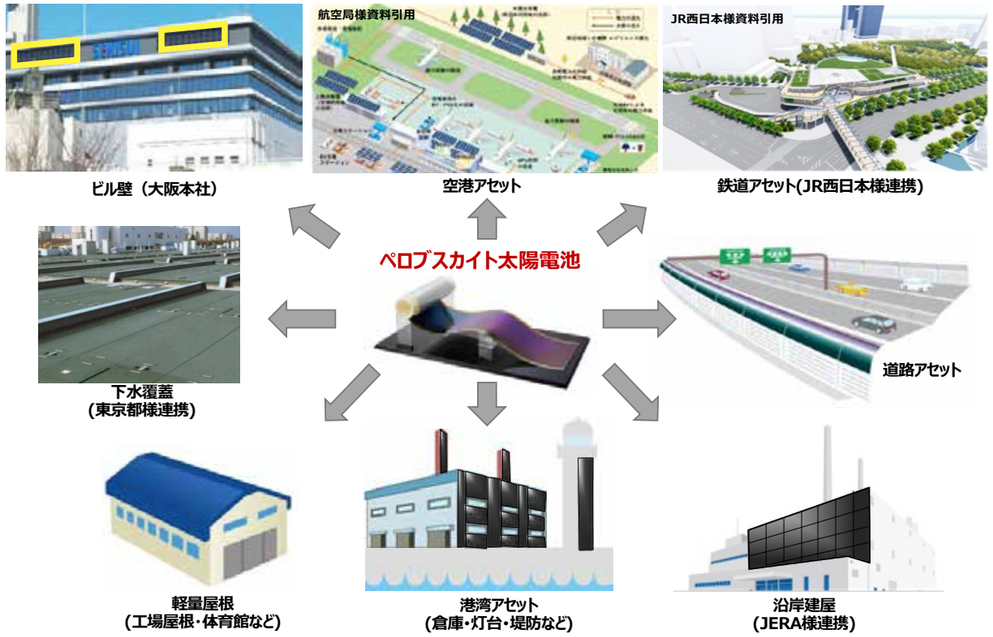
上脇社長はPSCの新設は公共性の高い施設での採用が先行することになると予測する。例えば学校の体育館の屋根に設置すれば、災害時に避難の拠点となっても電力の自給自足が可能だ。建設業界には技術的な連携に留まらず、上脇社長は施主に対するそうしたメリットの積極的な訴求にも期待を寄せる。「多様な付加価値の提案が考えられると思います。その施設の利用者であるエンドユーザーにクリーンな電力をお届けし、共感を得られるのであれば、最終的には建物の施主やオーナー企業に対するイメージも向上するでしょう。発注者に一番近い建設業界とともにその付加価値をどのように高め、ビジネスモデルを構築していくか考えていきたいですね」。一般市民の目に触れる施策にも力を入れる。現在開催中の大阪・関西万博では、全長約二五〇㍍のPSCが披露されている。そうしたアピールは建設業界も得意とするところだ。

30㎝幅でのロール・ツー・ロールの要素技術が完成

積水化学工業㈱の大阪本社が入居する堂島関電ビル。2023年10月に国内で初めてPSCをビル外装に実装した

「日本中の屋根、屋上が待っている」

PSCの新設、新規事業では思い切ったトライアルができるが、当面はやはり既設の建築物が主たる対象になる。ビルの壁面や住宅の屋根に限らず、円柱に巻き付ける、水面に浮かべる。街なかの光景を想うとここにも、あそこにもという気分になる。設置場所は無限と言ってもいい。これまで六〇万棟以上を提供してきた積水ブランドの戸建住宅には、その屋根にシリコン系の発電施設を搭載したものが数多く含まれる。耐用年数を過ぎたその装置の架台を活用してPSCに置き換えることも想定される。「日本中の家の屋根、ビルの屋上がPSCを待っている」と笑いながら上脇社長は最後にこう抱負を語ってくれた。「既設の建築物は無数にあります。これまで採用できなかった場所に設置できるPSC。施工や設置の方法、品質と安全性を更に高度化させて、太陽光発電のブルーオーシャンを拓いていきます」。もしかしたら洋上で発電する風車の太い柱にも巻き付けることができるかもしれないと、また笑みを重ねた。

左／PSCが設置された東京国際クルーズターミナル
右／4階デッキ部の柱に設置され、発光サインの電源となっている。「これが太陽電池？」と利用者から注目を集めている

設置例イメージ