

西日本技術開発の風力発電への取組み

西日本技術開発株式会社 古賀和宏、川島泰史、大内田憲一、楠 貞則、原田圭助

1. はじめに

西日本技術開発は、電力・エネルギー、環境、社会基盤整備に係る総合建設コンサルタント企業として、人と環境の調和を図り、豊かな社会づくりに貢献してきました。

2. 会社概要

西日本技術開発の創業は、1967年(昭和42年)で、土木、建築、火力、原子力、地熱、環境の6つの技術部門からなるエネルギー・環境・社会基盤の総合技術コンサルタントです。

九電グループの一員として、九州の電力事業と社会基盤整備を支えてきた確かな技術力を地域社会と世界に向け発信していきます。

現在の従業員数は約630人、福岡市中央区渡辺通の本社を中心として東京事務所、九州管内6営業所、原子力事業本部2事業所、九州管内4出張所、海外(ジャカルタ)事業所を拠点に事業展開を行っております。

西日本技術開発での風力発電への取組みは、1989年(平成元年)に九州電力において実用機として鹿児島県甕島に三菱重工製250kW風車を設置されたことが始まりであり、その後、九州電力の大型ウインドファーム開発の調査・設計業務の他、民間企業や自治体の風力開発の案件に多数携わり、火力、土木、環境の部門においてスペシャリストを養成し、風力発電の建設コンサルタントとして成長してきました。



図1 組織体制

直近では、2023年3月に工事を開始した北九州響灘洋上ウインドファームの開発業務にも携わっており、洋上ウインドファームに係る技術的ノウハウの蓄積を行っているところです。

西日本技術開発では、火力、土木、環境の部門が連携し、FS(事業化検討)～運用支援までワンストップで対応可能です。

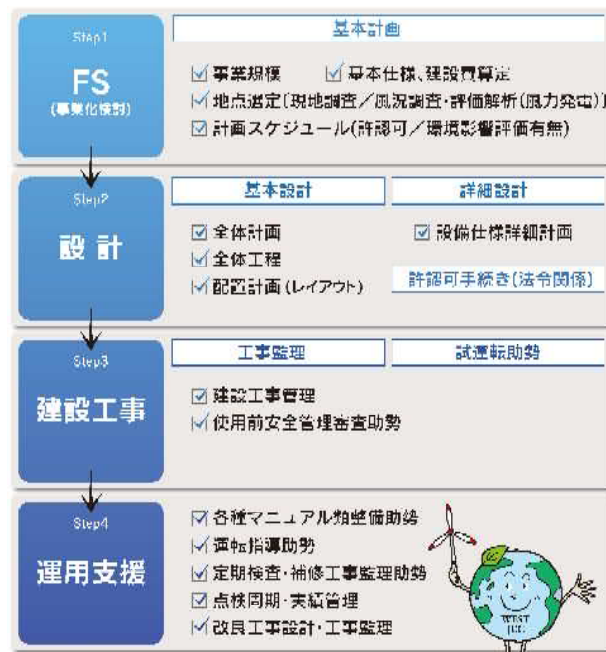


図2 風力発電所運転開始までの流れ

3. 火力部の取組み

火力部では、風力発電事業に係る適地選定、基本・詳細設計業務や風力発電設備の保守・運転管理のコンサルティングを実施しています。本報では、特に風況解析と電気信号による設備診断技術について紹介します。

陸上風力においては、すでに日本各地で風力発電が設置されたことで山間部などで適地は少なくなっています。また、風力発電を設置したものの、発電効率が計画を下廻ったり、設備トラブルが発生するケースも見受けられます。こうした課題を解決するために九州大学応用力学研究所で開発された実地形版 RIAM-COMPACT®ソフトウェアを用いて解析された3次元気流解析データと、風車機器の状態を評価可能な電気信号解析技術により、問題特定や運用方法のアドバイスをを行っています。

3.1 RIAM-COMPACT®ソフトウェアによる風況診断 (3次元気流解析)

風車近傍の地形起伏の変化を起源として発生する風の乱れや風車干渉(ウエイク)に対して RIAM-COMPACT®を用いることによって、風車地点の風況特性評価(ウインドリスクの影響調査)を実施しています。また、九州大学(内田教授)と共に、風況特性がもたらす風車構成機器への局所的負荷の影響を特定するための共同研究を継続的に行っています。本報では

地形性乱流の影響が比較的大きいと推察される風車に対して、当該シミュレーション技術により風況の実態を3次元的に再現することによって、風向別にブレード面に入力される気流特性を分析するものです。(図3参照)

一般的に、速度シアは5~7程度の経験則的な、べき法則に従う分布が前提となっていますが、当該結果では大きく逸脱した分布となっています。このことから、風向によっては風況が風車の振動発生を助長あるいは誘発し、構成機器の疲労強度に影響を及ぼすことが予想されます。

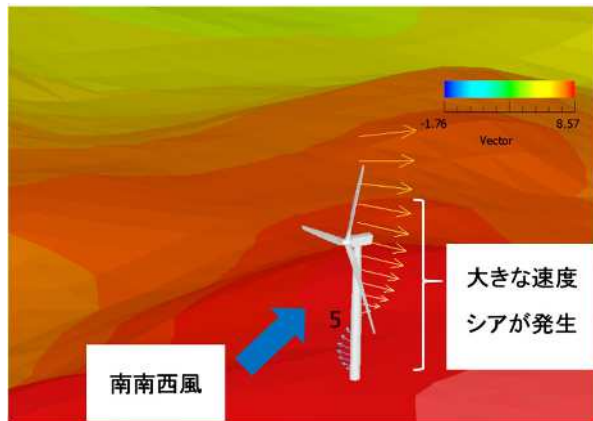


図3 南南西風時における速度ベクトル図(瞬間場)

3.2 電気信号解析技術による動力伝達機構の劣化診断 (電流及び電圧に基づくコンディションモニタリング)

電気信号解析技術は、米国 Framatome 社のエンパス (EMPATHTM; Electric Motor Performance Anapysis & Trending Hardware) と呼ばれる設備診断システムを導入しています。



図4 EMPATH™システム一式

当該技術は、発電機そのものに加え、発電機に接続される多段増速機からブレードに至るまでの回転機械の問題を迅速に診断する機能を有しており、タワー基部またはナセル内の制御盤から電流と電圧を測定することによって実現します。

従来のようにセンサーを多数台設置する必要がなく、一箇所から動力伝達機構の問題を纏めて診断できるため、風車のダウンタイム削減や運転維持コストの低減に効果の高い技術です。図5に示すように、診断は運転中の電流および電圧デ

ータを、タワー基部(一部のメーカーや機種においてはナセル内)の制御盤から取得することによって行います。測定時間は、カットイン風速に到達した後の任意の風速にて1回あたり60秒以内で完了します。



図5 タワー基部での測定状況(国内発電所での実績)

電気信号解析では、交流信号の電流と電圧に含まれる変動成分をスペクトル解析によって各周波数成分に分離することで、収集した時系列データの時間的変化の振幅と周波数成分の混在傾向から、発電機の磁気的なアンバランスによる障害(中性点用バスバーやスリップリングなどの損傷など)から軸受や歯車など不良箇所の特定、ブレードのアンバランスまで、詳細且つ幅広くカバーすることができます(図6参照)。

前項3.1に示した大きな速度シアが発生した風車を対象に診断を行った結果、図7に示すような発電機軸受の劣化兆候を早期に特定することができ、部品交換及び補修時期の戦略的決定など、現場メンテナンス力の向上に貢献しました。

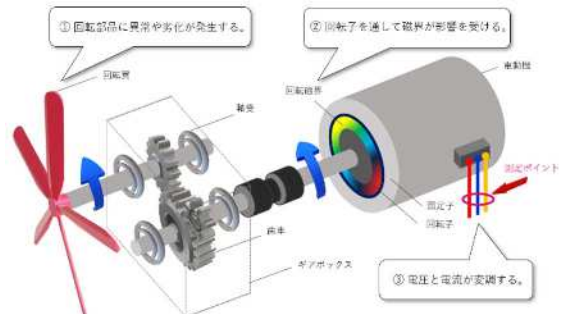


図6 電気信号解析技術の理論概念図

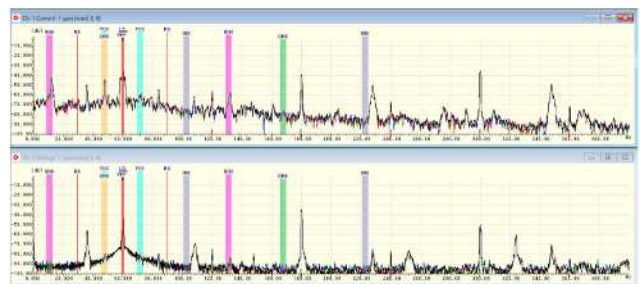


図7 スペクトル解析による発電機軸受の故障周波数検出

4. 土木部の取組み

土木部では、資機材運搬・風車建方や法規則を考慮した、進入路からサイトの基本計画、設計及び法規制対応を行っています。また、基礎設計、地震応答解析、風車タワー・基礎診断などの業務も行っています。本報では特に風車基礎コンクリート健全性の診断について紹介します。

4.1 健全性の着目点

風車は、大きく上部（ブレード・ナセル・タワー）と基礎部に大別されます。上部は日常管理も含めて多くの監視がなされていますが、基礎構造部はメンテナンスフリー的に思われることも多く、上部ほど注視されることはありません。しかし、基礎部は上部の荷重、地震、風等の外力も含めて風荷重が確実に伝達され受け止める機能を有しており、上部の異常や風車そのものの経年劣化（耐力低下）等を全て監視できる部位でもあります。弊社は、この基礎部に着目し、長年、稼働中の風車や撤去された風車のコア抜きサンプル調査により、様々な知見を得て、風車の安全運転に寄与する健全性の診断ノウハウを取得しています。

4.2 風車基礎構造部で取り扱う調査項目

弊社が風車基礎部で実施する調査項目として、下記に示すものがあります。実際の調査に当たっては、現地調査、施設の環境条件、設計資料等の調査を踏まえて、調査項目を絞り、現地調査を行い、健全性を評価します。また、経年での損傷の度合い等によっては、モニタリングに移行し、変化の推移を常時監視しながら、運用制御の管理指標の一つとして活用することもあります。

- ・傾斜（測量）
- ・外観目視調査（ひび割れ発生箇所・範囲、幅）
- ・鉄筋調査（配筋状況）
- ・破壊試験
（コア観察、圧縮強度試験・静弾性係数試験）
- ・基礎コンクリート内部調査（衝撃弾性波試験）
- ・振動計測（固定型・簡易型）
- ・ボルト調査（アンカーボルト長測定）
- ・塩分調査・中性化調査

上記の調査の一部を以下に紹介します。

4.3 基礎コンクリート内部調査の紹介

風車基礎部は、図8に示すように複数の杭に接続して配置されます。このうち杭の健全性判定は「杭の損傷調査方法」として確立されていますが、コンクリート部（フーチング部分）は未確立です。弊社では、非破壊の衝撃弾性波法（インテグリティ試験機）を用いて、コンクリート内部の損傷の有無を調査する方法を提案し、特許も取得しました（特許第6806836号）。

コンクリート基礎表面に生じたひび割れのうち、構造上問題となるものは、基礎コンクリート内部に埋込まれた鋼材部が起

点となり生じているものも多く、これが経年の繰返しで表面まで達すると、大掛かりな対策が必要となることもあります。長期間使用した風車において、基礎コンクリート内部の損傷を把握・評価するのは、その後の風車運用の可否判断も含め、維持管理の上で重要な情報となります。

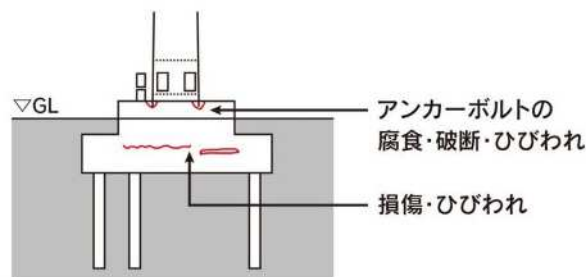
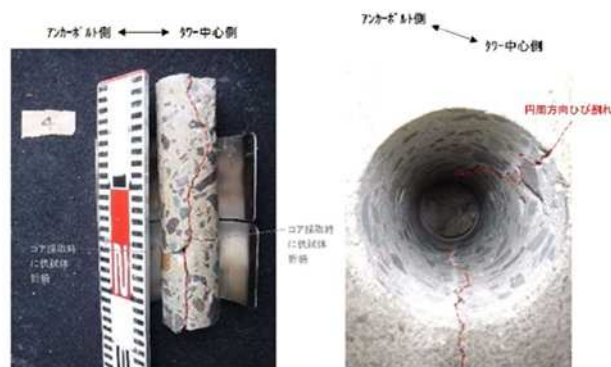


図8 風車基礎部の損傷例



(1)インパルスハンマー (2)調査状況

図9 基礎コンクリート内部調査



(1)採取コア (2)採取コア孔

図10 基礎コンクリート損傷ひび割れ（コア試験）

この方法は、図9にあるように基礎部表面より、加速度計内蔵のインパルスハンマーで打撃し、その情報から判断するシンプルなもの。この結果より、①弾性波速度に異常は無い、②反射波形の再現性はあるか、③反射波形に異常はないかを分析し、内部損傷の有無を評価します。

実際に、異常が認められたものは、図10にあるように、その後の調査で内部ひび割れが顕著となり、各種計測を伴った運用管理に移行したケースもあります。

4.4 基礎部の重要性

近年、台風・低気圧等の暴風により、風車基礎等に甚大な損傷を与えた事故が発生しており、基礎部は、風車全体の健全性を評価する上での重要な部位です。今後、風車も長期運

用が検討される中で、基礎部を活用した維持管理は、安全性、経済性の面でも有効と考えています。

5. 環境部の取り組み

環境部では、風力発電事業に係る環境影響評価手続きとそれに伴う保全措置について業務を行っています。発電所の運転開始前と後に分けて、環境部の取り組みを紹介します。

5.1 発電所運転開始までの取り組み

(1)環境アセスメントの実績

弊社は通産省の省議アセスの時代から発電所の環境アセスメントを実施してきており、火力、水力、原子力、地熱、風力発電所の環境アセスメント実績を有しています。発電所以外にもダム、道路、土地区画整理事業等のアセスメントの実績もあります。また、九州全県においてアセスメントの審査対応実績があるため、各県での事情に精通しており、九州で事業を行う際には、発電事業者の片腕として、十分力になれることと思います。

(2)風力発電に伴う環境アセスメントの実績

風力発電に関しては、九州内では6件の法アセス(手続き中を含む)、九州外では1件の条例アセス(手続き中)の実績があります。この他、法令によるアセスメント規模以下であるものの、環境に配慮した自主アセスについて、数多くの事業をサポートしてきました。

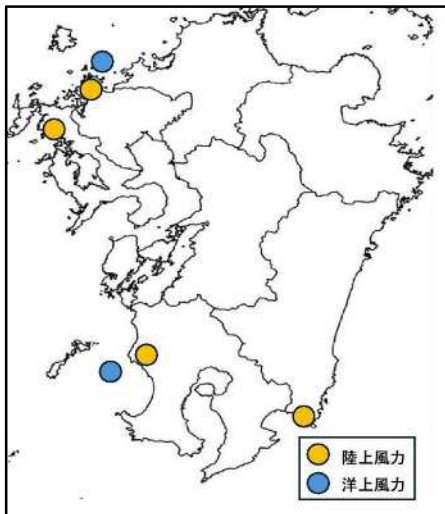


図 11 法アセスメント実績(手続き中含む)

(3)弊社の強み

弊社の強みとして、①全ての環境影響評価項目(環境要素)において専門の担当者があること、②地域の専門家に関する精通度があります。

①については、各項目を専門とする担当が直接調査・予測・評価を行うことにより、国や自治体の専門家による審査にも十分に耐えうる図書作成を可能にしています。

②については、過去の環境アセスメントの経験だけでなく、環境アセスメント以外の一般業務(官公庁業務含む)において

も地域の専門家との協力関係が多数あり、地場企業の強みとも言えるところです。地域において知見を有する専門家に対して、配慮書及び方法書段階において十分なヒアリングを行い、課題を事前に洗い出すことで、円滑なアセスメント手続きを可能にしています。

このほか、九州電力からの委託を受け環境アセスメントを長年行ってきた経験があることから、アセスメント手続き(行政との打合せ、手続き)を一部代行することも可能です。もちろん、事業者が先頭に立ち行政と打合せながら手続きを進めていくことが理想ですが、諸事情により事業者の対応が難しい場合は、弊社が代行して実施するケースも多数あり、打合せ資料等のノウハウも多く有しています。

5.2 発電所運転開始後の取り組み

運転開始後の取り組みとして最も多いのは、事後調査及び環境監視の実施並びに手続きです。

事後調査及び環境監視については、騒音、水質(水の濁り)、風車の影、動物、猛禽類(生態系上位性含む)、植物に関して、多くの実績を有しています。

騒音及び風車の影については、環境アセスメント時の予測の検証を実施するなど、地域の住民の不安払拭に繋がる事後調査を実施しています。

鳥類については、バードストライクの死骸調査を計画・立案し、結果を踏まえて事業者をサポートしています。また、猛禽類、特にクマタカ、サシバについて、専門家との協議も踏まえながら、多数の事後調査を実施してきており、安定的な発電に貢献する結果となっています。

植物については、風力発電以外の事業も含めると、100種を超える保全措置の実施経験を有しており、種の特性に応じた保全措置を立案することが可能です。

いずれの取り組みも、環境アセスメントの調査・予測・評価を行った担当者が継続して実施することで、一環した保全対策とスムーズな手続きを実現しています。

5.3 今後の取り組み

環境部では、陸上風力発電所を中心に環境アセスメントの実績を積むことで、風力発電固有の環境影響評価に関する技術を蓄積してきました。風力発電の新規開発が徐々に洋上風力にシフトしていることから、海域調査やレーダーを使ったコウモリ類・鳥類の調査に関する研究開発を行っており、引き続き発電事業者へのサポートを行っていきます。

6. おわりに

西日本技術開発では、大自然の恵みと科学技術が融合した風力発電システム等が、将来の主力エネルギー源となることを期待して、これまでの技術的蓄積を生かし、さらに新たに時代を先取る技術力により、脱炭素化に貢献し、地球温暖化防止と持続可能な社会の実現に向けて努力していきたいと考えています。