

市村賞受賞者訪問

第54回(令和3年度)市村賞 市村地球環境学術賞 貢献賞

「洋上風力発電所の採算性および
耐久性の評価に資する
日本型風車ウエイクモデルの開発」

*受賞業績概要を27頁に掲載

<技術開発者>

九州大学

応用力学研究所 准教授 内田 孝紀さん

東芝エネルギーシステムズ株式会社

エネルギーシステム技術開発センター

シニアマネジャー 谷山 賀浩さん

日立造船株式会社

脱炭素化事業本部 グループ長 吉田 忠相さん

<内田 孝紀 准教授 プロフィール>

1971年、福岡県生まれ。94年、熊本大学工学部卒業。96年、九州大学総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻 後期博士課程修了、工学博士。99年、同大応用力学研究所COE研究員。2000年、同研究所助手。07年、同助教。11年、同准教授、現在に至る。専門分野:風力発電、風工学、数値流体力学、実験流体力学、野外風況観測。主な受賞歴:令和3年度 新エネ大賞「審査委員長特別賞」一般社団法人新エネエネルギー財団2022、九州先端科学技術研究開発表彰IT賞 ISIT 2015、第11回産学官連携功労者表彰・環境大臣賞 内閣府2013、科学技術分野の文部科学大臣表彰「若手科学者賞」文部科学省2010など。ほか論文、特許多数。

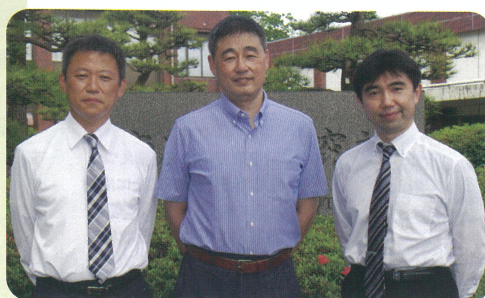
風力発電の風速欠損領域「ウエイク」を解明

いま、自然エネルギーとして注目される風力発電。そのブレード(羽根)は風を受けて回るが、この回転が抵抗になって下流に風速の欠損領域が生まれる現象が「ウエイク」である。現在、日本では各地の沿岸域で洋上ウインドファームを計画しているが、欧米のように洋上の広大なエリアを占有することはできない。限られたエリアで複数の風車群が混み合うため、互いに干渉し合い、ウエイクが下流に直接的な影響を与え、発電量の減少や故障の誘因となると想定される。これまで風車ウエイクの影響評価には、数値シミュレーションで風の動きを再現するモデルが多く使われてきたが、そのどれもが膨大なパラメータや計算時間を要するか、複数ウエイクの相互干渉といった複雑な現象の予測ができないなど、実用性が低かった。この問題の解決には、ウエイクとその相互干渉現象を正確に予測し、シミュレーションする技術の確立が必要だった。そこで九州大学では、風力発電事業でかねてより連携関係にあった東芝(現・東芝エネルギーシステムズ)および日立造船との三者共同研究を2018年からスタート。研究のコア技術には、内田准教授が開発責任者だった数値風況予測モデル「RIAM-COMPACT®(リウムコンパクト)」を応用した。これは、風向変化や大気安定度を考慮しつつ、ブレードの回転に起因したウエイクと、その非線形・相互干渉を時間の経過とともに忠実に再現できる計算手法だ。本研究では、ここに産学連携ならではの知見を加え、ウエイクの相互干渉現象をより正確に数値予測でき、風力事業者側が事業性評価の目的で扱える、「CFDポーラスデイスク・ウエイクモデル」の開発に成功した。

風とブレードの関係を幾何学的に計算

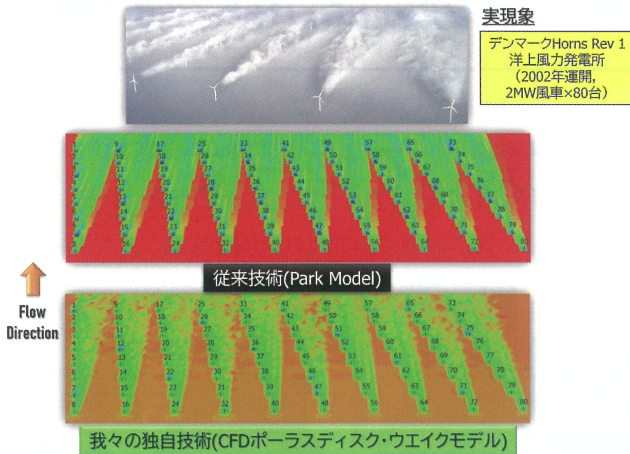
ウエイクモデルを考える際に最も重要な要素は、流入した風がブレードの回転によってどの程度弱められるかを定量的に評価することである。しかし、同様の回転機構を持つ航空機のジェットエンジンは、プロペラが四方を覆われているのに対し、発電用の風車は野ざらしで全方位から様々な風を受けるため、その予測計算が難しい。本研究ではそのメカニズムをコンピューターで再現するために、抵抗係数の与え方、風の実態に即した数学的表現に

腐心した。まずは風車の抵抗係数が風車のサイズにはあまり左右されないことに着目し、新たなモデルパラメータを導入。さらに、ブレードと風の関係性をより緻密に解析するた



左から、吉田さん、内田准教授、谷山さん

風車ウエイクモデルの比較—従来技術と我々の独自技術との比較—



上から、デンマークの洋上ウインドファーム(Horns Rev1)の実現象、従来技術のモデル、新たなCFDポーラスディスク・ウエイクモデル。新開発のモデルはウエイクの相互干渉を再現できる。

めに、風車の受風面を網目状にイメージ。網の隙間部分はその大小によって「風の通りにくさ」が変わり、網の線の上は風の抵抗を受ける想定で、ブレード各面に抵抗係数値を配置した。この試みによって、受風面内の抵抗係数の空間分布と、風車下流側のウエイク(風速減速率)に強い相関性があることを見出した。

“事業者目線”での徹底した実地検証

本研究では産学連携の成果も大きい。「どれほどシミュレーションの数値が良くても、再現性がなければ利用も普及もしない」という“風力事業者目線”のもと、徹底した実地検証を行った。コンピューター上や風洞実験の結果を、実物大の風車に反映する実証に加えて、鹿児島県新長島の山間部の複雑地形や、秋田県沿岸部の平坦地形で風車の実測データを収集。同時に、大気レーザー照射など最新のリモートセンシング技術による気流場計測も行い、実環境下でのウエイクモデルの予測精度を高めてきた。こうして得られた風車ウエイクの風速データベースに基づき、「CFDポーラスディスク・ウエイクモデル」の検証を行うと、10%以下の誤差率でシミュレーションの数値を再現可能という高い精度が得られた。一連の操作は、一般的なPC1台で実施が可能で、ここにも事業者の利便性への配慮が伺える。

仮定の洋上ウインドファームの諸条件 (参考: 経済産業省 資源価格等決定委員会 2020年9月15日 資料2)

●設備容量:500MW、●調達期間:20年間、●設備利用率:33.2%、●買取価格:20円/kWh

【設備利用率33.2%の場合】

設備容量500 × 1000kWh × 24時間 × 365日 × 設備利用率33.2% × 買取価格20円/kWh = 290.8億円 / 年

↓ 「CFDポーラスディスク・ウエイクモデル」の利用によって設備利用率が1ポイントUP (A)

【設備利用率34.2%の場合】

設備容量500 × 1000kWh × 24時間 × 365日 × 設備利用率34.2% × 買取価格20円/kWh = 299.6億円 / 年

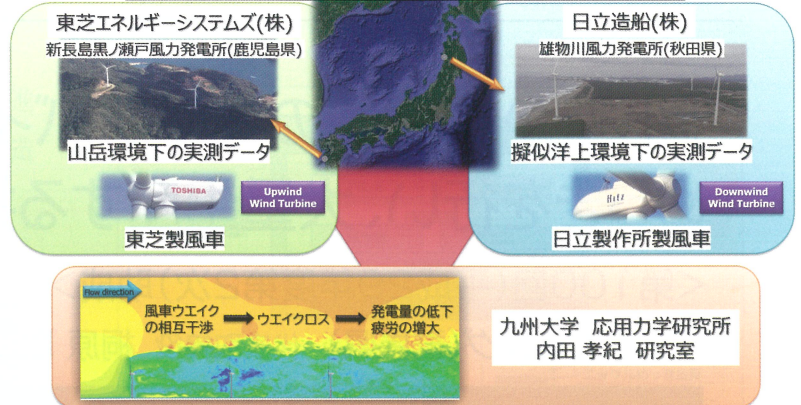
(B) - (A) = 約8億7600万円 / 年 (B)

20年間では、175億2000万円の収益を生む！ (逆は収益の悪化)

将来的には、電気料金の低下として国民にとっても大きなメリットをもたらすことになる。

「CFDポーラスディスク・ウエイクモデル」の有効活用による経済効果

九州大学 応用力学研究所 内田 孝紀 研究室(風工学分野)、
東芝エネルギーシステムズ、日立造船との
三者間の産学連携・共同研究が遂行中(2018.4～)



九州大学、東芝エネルギーシステムズ(株)、日立造船(株)三者の産学連携

風車ウエイクの予測で、日本版ウインドファームを実現

資源や環境問題から世界では再生可能エネルギーの活用が進み、日本も再エネ電源の開発が盛んだ。そのなかで、洋上風力発電は風車の故障が莫大な機会損失につながるため、運用には日本特有の気象条件を踏まえた、長年にわたる多額の保守が必須だ。メンテナンス費用の回収は発電収益に依ることを考えれば、事前のシビアな発電予測や事業性の評価が欠かせない。こうした背景のなか、「CFDポーラスディスク・ウエイクモデル」は、風車ウエイクの相互干渉を正確に予測するシステムの確立に成功し、ひとつの洋上風力サイトあたり、数十～数百億円規模の収益増加に繋がることが期待できる。これは今後、日本版大規模洋上ウインドファームを実現するにあたり、より適地に風車群を配置し、事業の採算性と耐久性を同時に充足する根拠となるだろう。将来的には、日本のインフラを自国技術で賄う「エネルギー安全保障」の点でも有益だ。

開発陣は、「早くても2030年以降ですが、産学連携の技術で設計したウインドファームの実現が夢です。そして、稼働した風車が当モデルの予測通りか否かを三者で検証し、より良い研究への一助、ひいては地球環境への貢献としたいです」と、未来への抱負を語った。



九州大学 応用力学研究所 (春日市春日公園)

(取材日 令和4年5月16日 福岡県春日市・九州大学 応用力学研究所)