風力エネルギー
Journal of Japan Wind Energy Association
（日本風力エネルギー学会誌）
令和6年5月　第48巻 第1号（通巻 第149号）
pp.57-59

九州大学応用力学研究所の
地球大気動態シミュレーション装置（大型境界層風洞）の紹介

九州大学応用力学研究所／再生可能流体エネルギー研究センター　**内田　孝紀**

1. はじめに

九州大学応用力学研究所の地球大気動態シミュレーション装置（大型境界層風洞）は，強風による災害の防止や地球環境に関する研究に資するため，1998年3月に設置された(図1を参照) [1]．本風洞は回流式で2機の送風機で駆動されている．測定胴の大きさは縦2.0m，横3.6m，長さ15.0mであり，最大風速は30.0m/sである．さらなる強風が必要な際は，測定胴内に第2の縮流胴・測定胴・拡散胴を設け，1/2に縮流することで60.0m/sの最大風速を得ることが可能である．本風洞は巨大な建造物に対する風の影響や高速に運動する車両や航空機などの運動物体に対する空力特性を調べるための主要な手段となっている．近年では，(陸上/洋上における)風力エネルギーの有効利用に関する研究に活用されている．本報では，特に風車ウエイク研究(洋上風力分野)に関する最新の状況について紹介する．

2. 大型風洞設備を用いた風車ウエイク研究の紹介

一般に洋上風力発電の設置方法は，「着床式」と「浮体式」に大別される．着床式は水深60m未満の海域に適しているとされ，海底に固定した基礎に風車を設置する方式である．モノパイル型およびジャケット型が一般的である．一方，水深60mを超える際には浮体式にコスト優位性があると言われている．浮体式は浮体構造物に風車を設置する方式であり，主にセミサブ型，バージ型，スパー型の3種類に分類される．

以降の章では，大型風洞設備を用いた着床式と浮体式における風車ウエイク研究(JSTやNEDOの大型プロジェクト)における利用状況を紹介する．

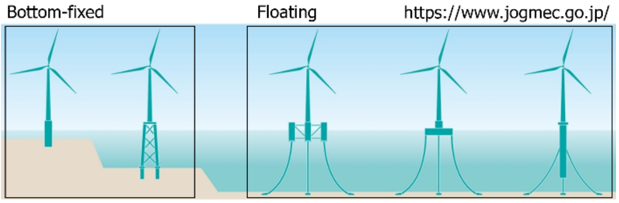


図2　洋上風力発電設備の形式

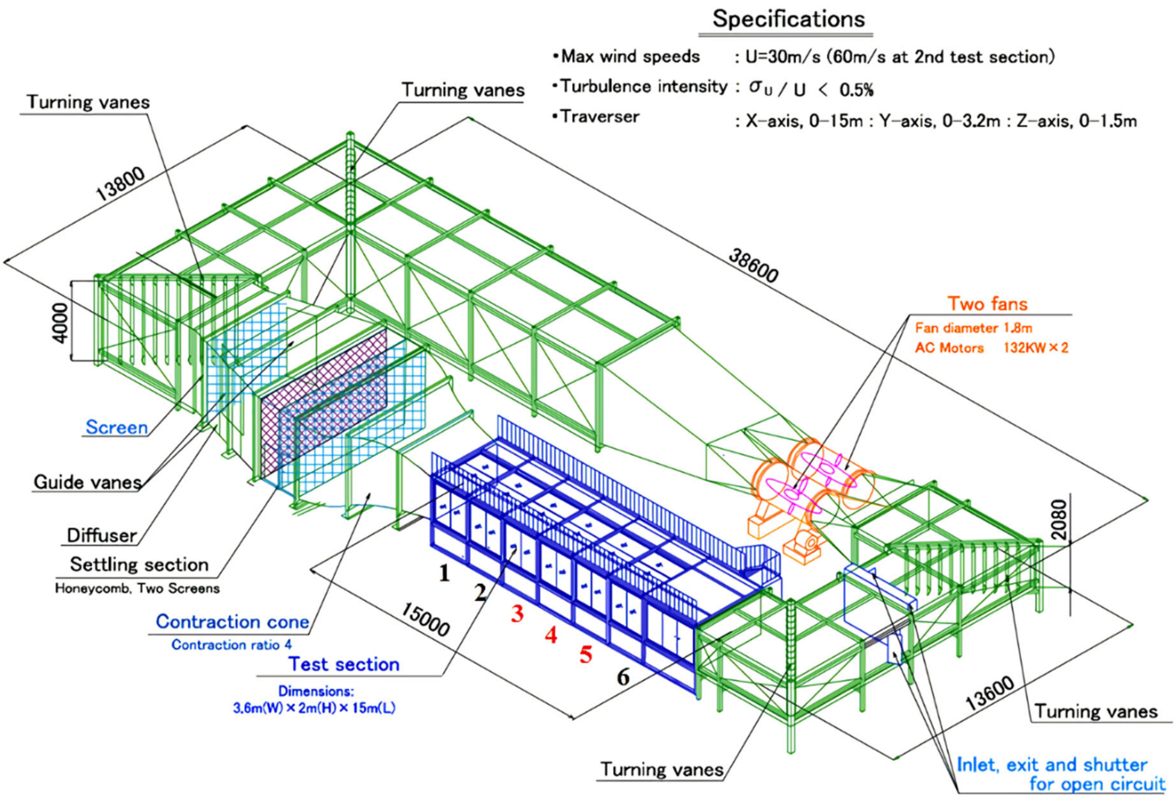


図1　大型境界層風洞の概観図

3. 着床式風車のウエイク研究(JSTプロジェクト)

一般的に，風車ブレードの回転に伴い，その下流側に「風車ウエイク」と呼ばれる風速欠損領域が形成される．複数の風車群から構成される大規模洋上ウィンドファームでは，風車ウエイクが相互に干渉し，下流側の風車群の発電量低下や風車内外の突発的な故障や事故に繋がる恐れがある(図3を参照)．よって，風車群から形成される風車ウエイクの挙動とその相互干渉現象(強非線形現象)を事前に数値予測し，ウィンドファーム全体の経済性と各風車の耐久性に関する最適設計をウィンドファームの建設前に完了しておく必要がある．

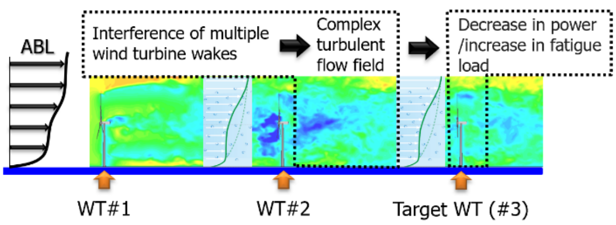


図3　研究開発のモチベーション(着床式)

こうした状況を受け，日本の技術による，日本の環境に調和した，日本版洋上風力発電(大規模洋上ウィンドファーム)を早期に，かつ適切に実現するためには，融資適格性評価や低コスト化に直結する日本独自の風車ウエイクモデルの開発とその予測精度の検証が最重要課題であった．当研究室は，ジャパン・リニューアブル・エナジー株式会社，東京ガス株式会社と国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)のA-STEP産学共同（本格型）に採択され，2022年10月1日～2025年3月31日まで「洋上ウィンドファームの採算性と耐久性の最適設計に資する日本型ウエイクモデルの開発と社会実装(JPMJTR221C)」を実施中である．本プロジェクトでは，響灘ウインドエナジーリサーチパーク合同会社が所有する福岡県北九州市響灘地区の風力発電設備(3.3MW風車×2基)を対象とし，風洞実験等を実施している．

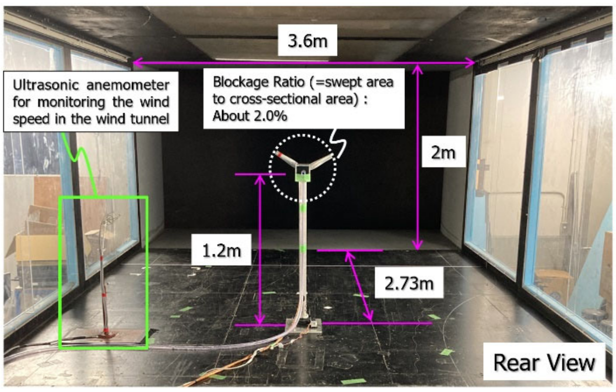


図4　風車模型を設置した様子(Rear View)

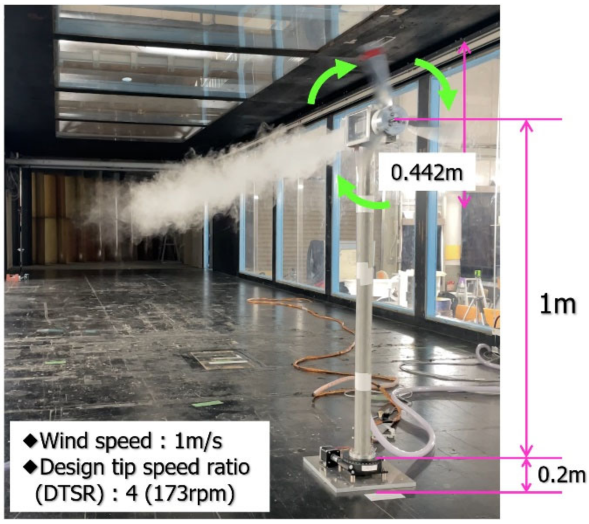


図5　ナセル後方から放出した煙による可視化(Front View)

図6　ウエイクステアリングの事例(Front View)

本プロジェクトでは，風車ブレードの回転数制御や発電性能(トルク)を抽出可能な精密な風車模型を複数台製作している．これらの風車模型群を用いて，風車ウエイクの気流計測，流れの可視化，下流側風車の発電性能や風荷重などを系統的に計測している(図4，図5を参照)．さらに，ウエイクステアリングなどの風車ウエイクの制御手法なども検討している(図6を参照)．

4. 浮体式風車のウエイク研究(NEDOプロジェクト)

今後，国内で導入が期待される浮体式風車では，風と波が同時に作用するため，極端な速度シアーの発生や乱流強度の増大などが懸念される(図7を参照)。よって，浮体式風車特有のウエイク現象とその相互干渉現象を正確に理解するとともに，それらの予測評価技術を早急に開発することが重要である．

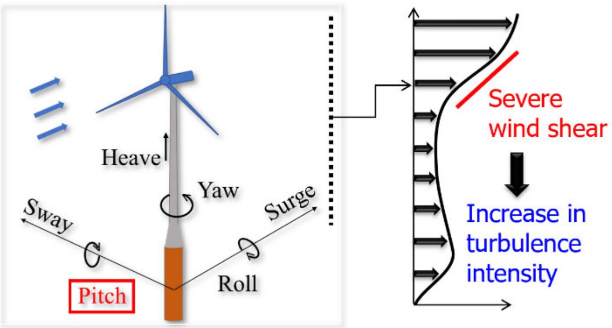


図7　研究開発のモチベーション(浮体式)

当研究室，九州大学情報基盤研究開発センター，東芝エネルギーシステムズ株式会社，日立造船株式会社，日本精工株式会社は，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の2023年度「先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」に採択され，「大型風洞設備による浮体式風車ウエイク現象の評価技術の研究開発(JPNP14004)」を実施中である(2023年5月10日～2025年3月31日)．大型風洞設備を基礎とした浮体式風車ウエイクの評価手法は世界的にもほとんど例がない．本研究を遂行することで，大規模浮体式洋上ウィンドファームの技術的課題を順次解決し，その導入拡大に多大な貢献を果たすことが期待される．

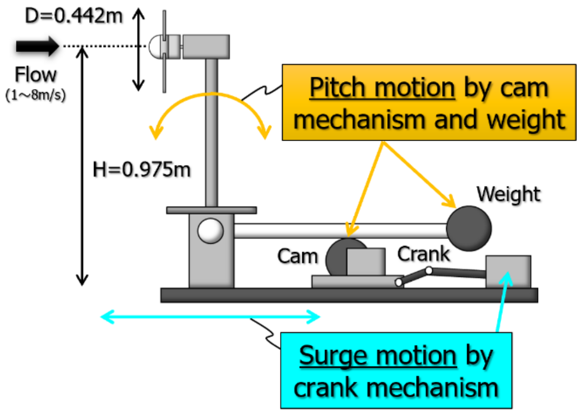
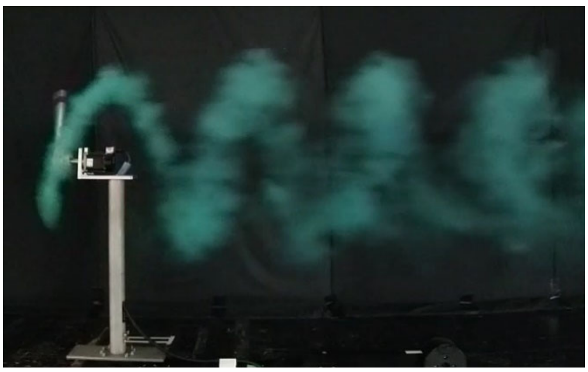


図8　浮体式風車ウエイクを再現するための加振装置



(a)ピッチ動揺なし

(b)ピッチ動揺あり：ピッチ角±5deg，周期0.8s
図9　翼先端から放出した煙による可視化(Side View)

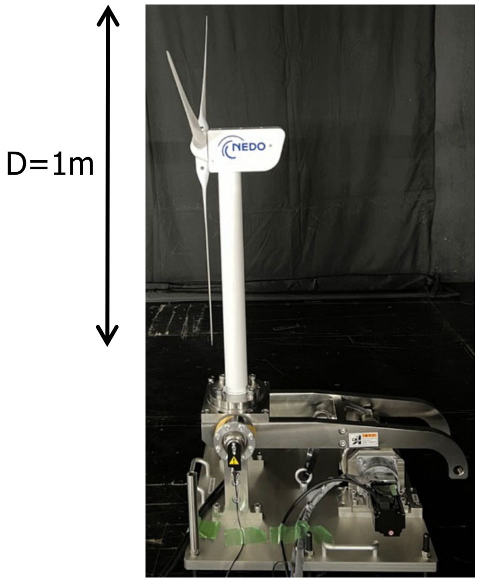


図10　NEDOプロジェクトで製作した
浮体式風車模型(15MW級)

本NEDOプロジェクトにおける風洞実験は，当研究室，東芝エネルギーシステムズ株式会社，日立造船株式会社の産学共同研究(2021年～)で得られた研究成果(図8，図9を参照)を踏まえながら進めている．本NEDOプロジェクトでは，15MW級浮体式風車のウエイク特性を評価することを目的とした風洞実験を行う予定である(図10を参照)．

5. おわりに

風車ウエイク研究には，大型風洞設備が不可欠であり，我々は今後も精力的に活用を進めていく．

参考文献

1)　烏谷　隆，大屋　裕二，鵜野　伊津志，辰野　正和，内田孝紀，深町　信尊，渡辺　公彦，石井　幸治，杉谷　賢一郎，地球大気動態シミュレーション装置の紹介，九州大学応用力学研究所所報，第 120 号(2001)，pp.35-39