

2023年度成果報告会 プログラムNo.26

NEDO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／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

発表日：2024年2月1日

13時40分～14時00分(発表時間：15分、質疑5分)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 内田 孝紀

*団体名(企業・大学名など) : (国)九州大学(応用力学研究所), 東芝エネルギーシステムズ(株)
日立造船(株), (国)九州大学(情報基盤研究開発センター), 日本精工(株)

問い合わせ先 内田 孝紀 E-mail: takanori@riam.kyushu-u.ac.jp TEL: 092-583-7776

事業概要



1. 目的

大規模洋上ウインドファームの国内導入促進には、風車ウエイクの相互干渉現象の高精度予測と、それに対応する風車運用制御が重要です。特に風と波が同時に作用する浮体式では未解明な点が多く、世界的にも要素技術開発の事例はほとんどありません。本研究では、浮体式風車ウエイク現象の評価技術の研究開発を行います。

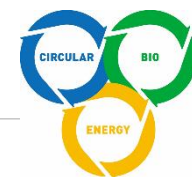
2. 期間：2023年度～2024年度

3. 目標（中間・最終）

- 浮体式風車ウエイクの風洞実験技術の開発
- 大型風車のラボスケール風車模型の開発
- セミサブ型に対応可能なラボスケール浮体動揺模擬加振装置の開発(図4)
- 浮体式風車ウエイクの工学数式モデルの開発
- 状態監視技術を活用した風車ウエイク影響評価法 の開発

4. 成果・進捗概要

現在、定期的な議論のもと、上記の開発目標に向けて研究開発を実施中である。



大型風洞設備とは

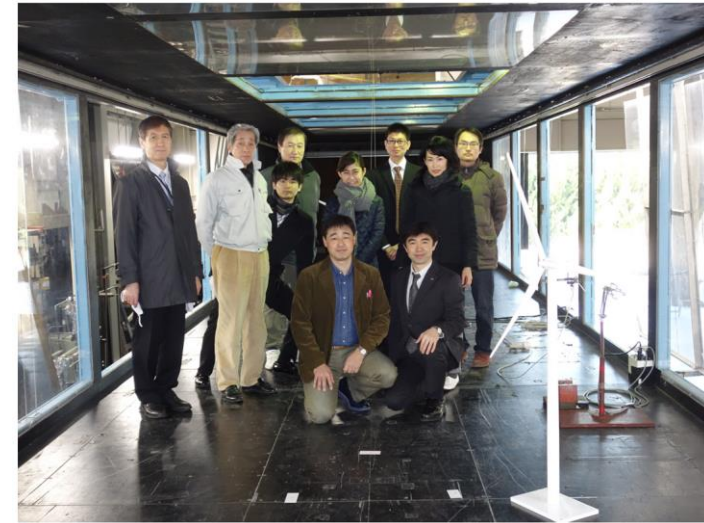
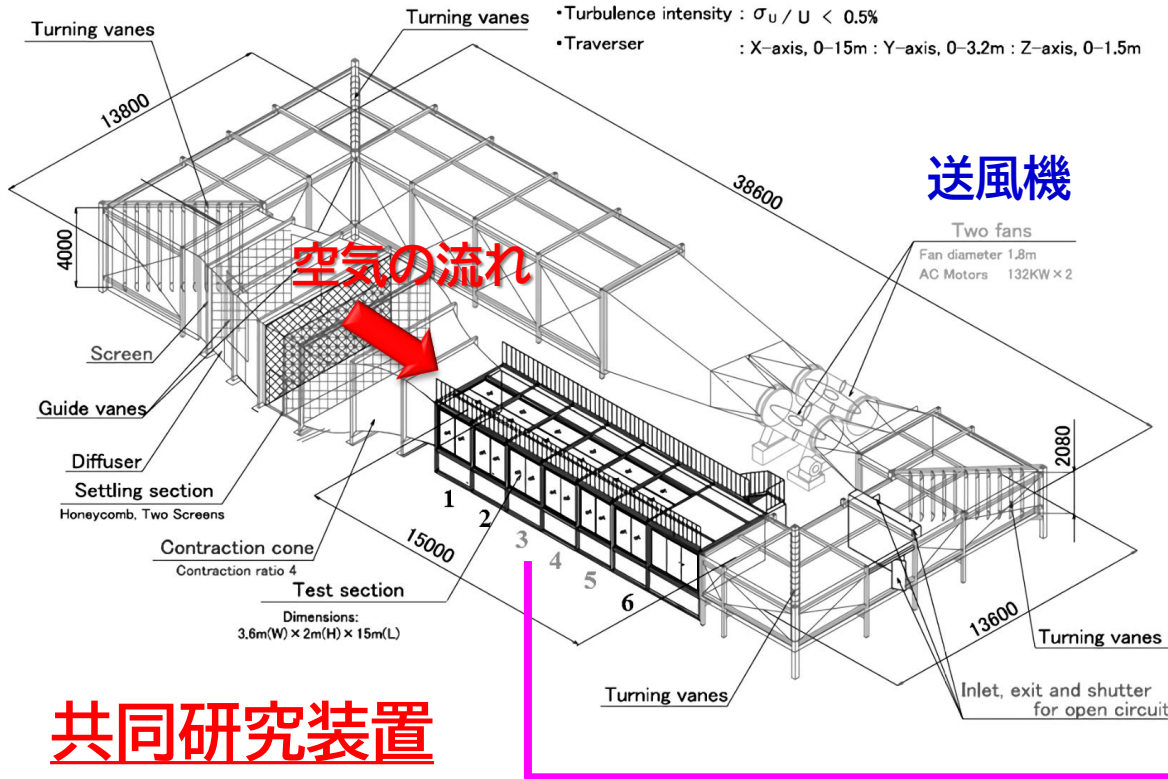
- 巨大な扇風機のような送風機で人工的に空気の流れをつくるためのトンネル形の装置
- 世界有数の大型風洞設備。数多くの実験実績を有し、海外研究者との共同研究も多数

大型境界層風洞

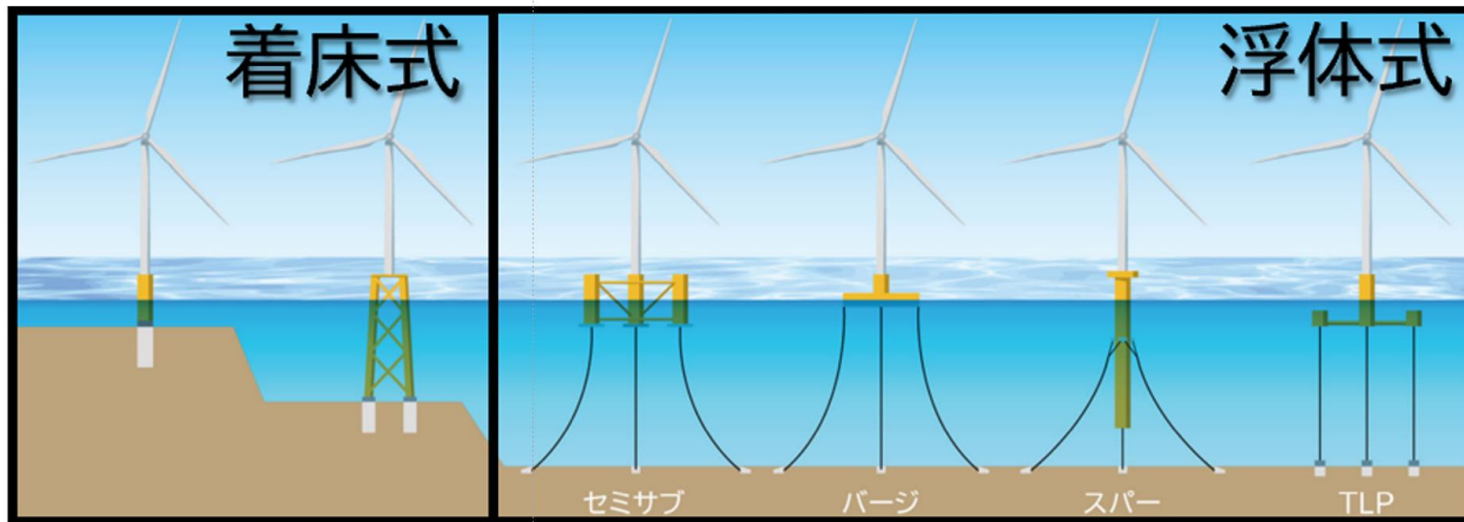
(測定胴:長さ15m×幅3.6m×高さ2m)

Specifications

- Max wind speeds : $U=30\text{m/s}$ (60m/s at 2nd test section)
- Turbulence intensity : $\sigma_U / U < 0.5\%$
- Traverser : X-axis, 0-15m : Y-axis, 0-3.2m : Z-axis, 0-1.5m



浮体式とは



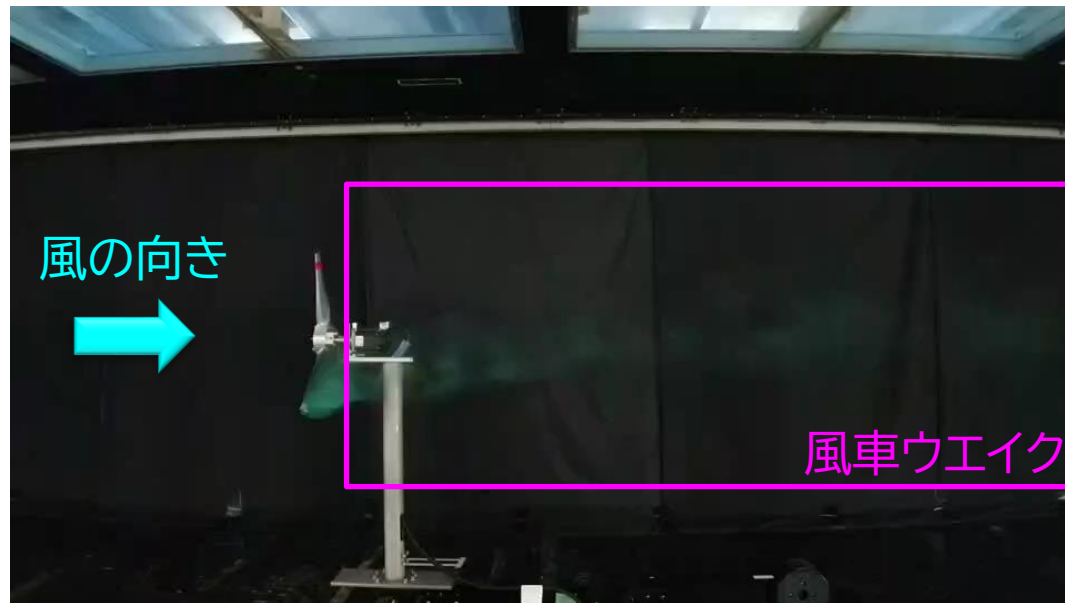
セミサブ (Semi-Submersible)	半潜水型の浮体構造物
バージ (Barge)	箱舟型の浮体構造物
スパー (Spar)	低重心の円筒状の浮体構造物
TLP (Tension-Leg Platform)	緊張係留で固定する半潜水型の浮体構造物

日本の場合、風車を海に浮かべる「浮体式」が有望視される主な理由とは… 参考:日経BizGate

- ◆ 「着床式」は、海底に基礎を設置するもので、水深が浅い海域に向いている。
- ◆ 水深が深い海域では、海に浮かべた構造物に設置する「浮体式」が適している。
- ◆ 日本は遠浅の海域が少なく、「浮体式」の導入拡大に注目が集まっている。

風車ウエイクとは

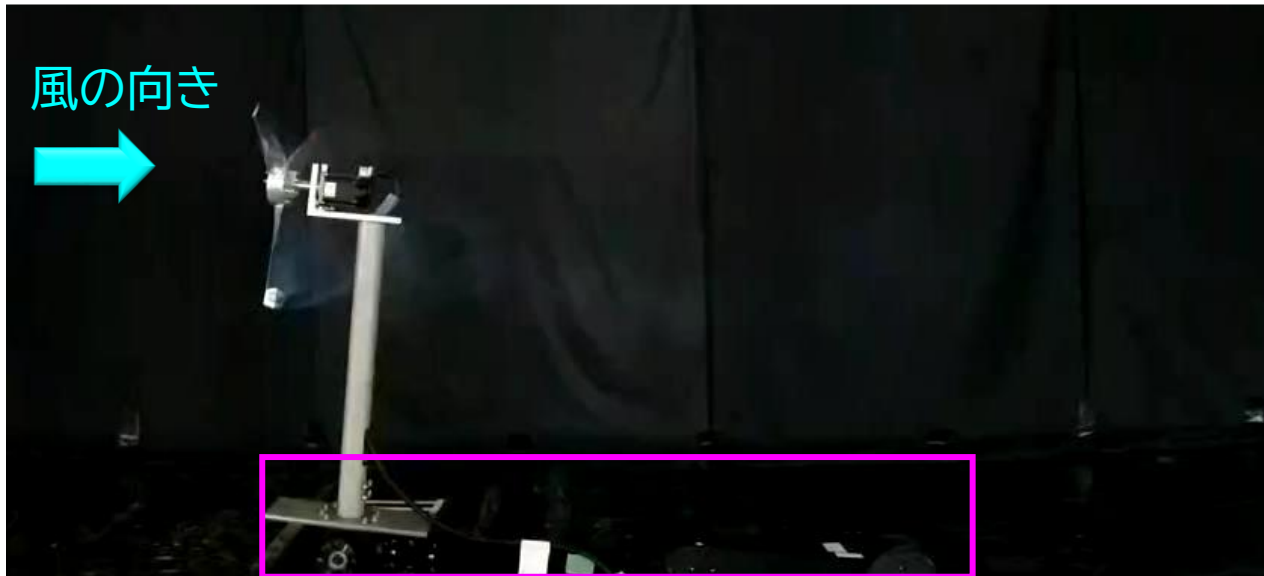
着床式風車



霧による可視化事例, 2008
(Denmark, Horns Rev 1)

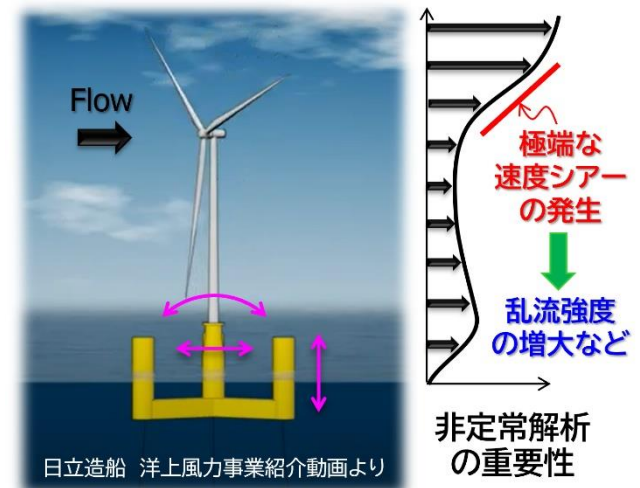
- 風車ブレードの回転に伴い、その下流側には風車ウエイクと呼ばれる風速の欠損領域が形成される。
- 風車群から構成される大規模洋上ウインドファームでは、風車ウエイク現象が相互に干渉し、複雑大気乱流場を形成する。
- 風車ウエイクの相互干渉現象は、下流側の風車群の発電量の低下や風荷重の増大などに直接的な影響を与える。
- 風車ウエイクの相互干渉現象の正確な理解と、その予測は洋上風力分野における最重要検討課題である。

本研究で対象とする 浮体式風車ウエイクの可視化



加振装置製作し、浮体の動揺を再現

- ✓ 今後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、風車ウエイクは複雑な様相を呈する。
- ✓ 極端な速度シア（速度差）の発生や乱流強度の増大などが懸念される。
- ✓ 未だ未解明な現象が極めて多い。

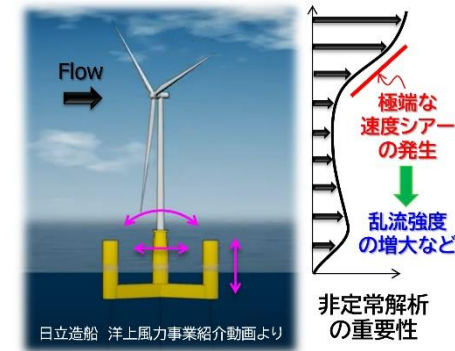
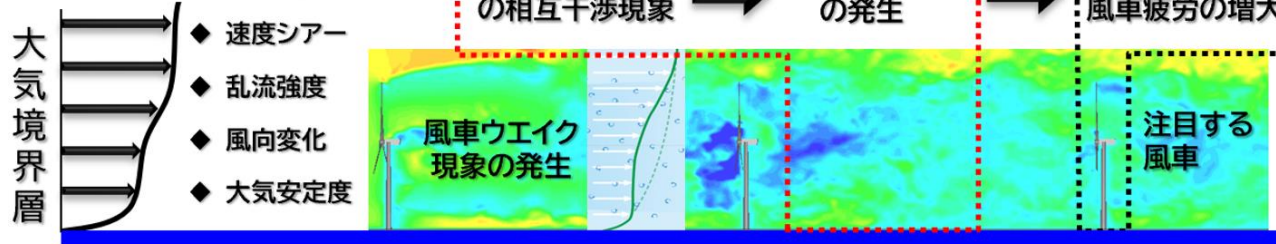


本研究開発の革新性・独創性

◆浮体式洋上windファーム開発における主な課題

- ①風車ウエイクの相互干渉現象の正確な理解、およびそれらの予測評価技術手法の開発
- ②数値シミュレーションによるアプローチの予測精度検証のための基礎データの不足
- ③国際連携(国際共同研究)の重要性

※ウエイク現象へ影響する風況特性の明確化
※ウエイク現象が顕在化する気象条件の明確化



◆当該研究開発技術の優位性や革新性・独創性

- 本研究では、大型風洞設備を用いて浮体式風車特有のウエイク現象とその相互干渉現象の正確な理解、およびそれらの予測評価技術を研究開発する。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無い。
- 本研究開発を遂行することで、日本の環境に調和した浮体式大規模洋上windファームの実現と普及に多大な貢献を果たす。

本研究開発の研究開発項目

1. 浮体式風車ウエイクの風洞実験技術の開発(図1)
2. 大型風車のラボスケール風車模型の開発(図2)
3. セミサブ型に対応可能なラボスケール浮体動揺模擬加振装置の開発(図3)
4. 浮体式風車ウエイクの工学数式モデルの開発(図4)
5. 状態監視技術を活用した風車ウエイク影響評価法の開発(図5)



図1 浮体式風車ウエイク現象の可視化

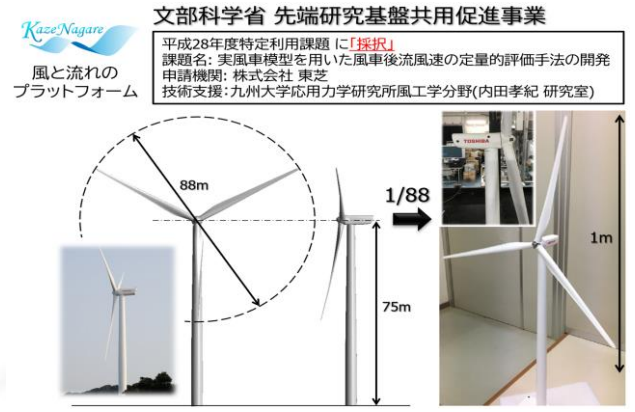


図2 風洞実験用ラボスケール風車模型の開発実績

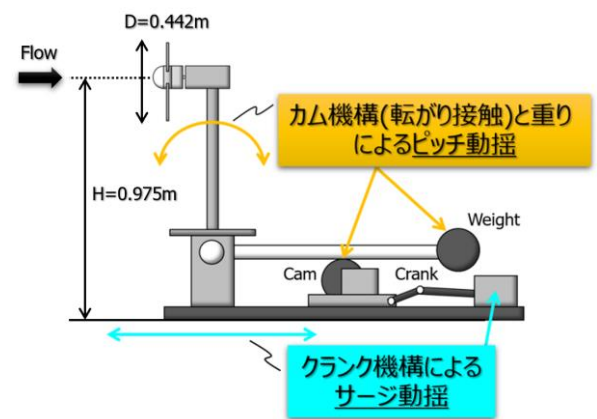


図3 風洞実験用ラボスケール浮体加振装置の試作

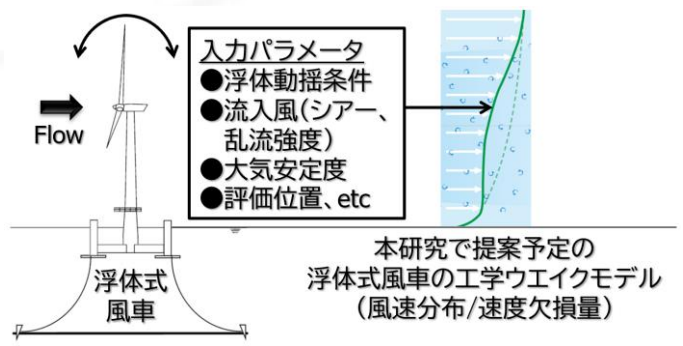


図4 浮体式風車ウエイクの工学数式モデルの作成イメージ図

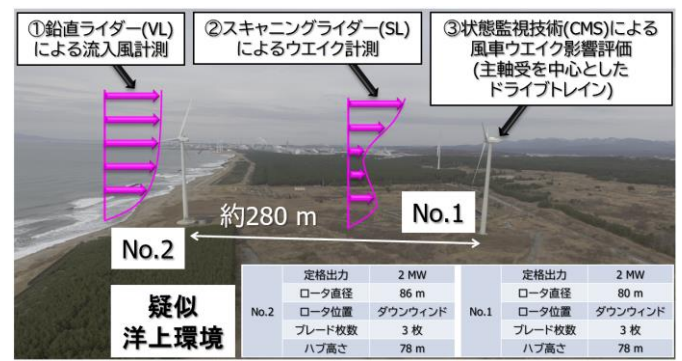


図5 秋田県雄物川風力発電所を活用した風車ウエイク影響評価

本研究開発成功時の波及効果・インパクト

	現状	先導研究プログラム 終了時	国家プロジェクト 終了時	2030年代 前半～中盤	2040年ごろ	浮体式洋上WFによる CO ₂ 削減量@2040年 (2018年度の日本の CO ₂ 排出量に対する割合)
既存・競合技術 の性能 (本技術が無い場合)	浮体式風車ウエイク の予測評価手法が 無い	同左	同左	•欧米で浮体式風車 ウエイクの予測評価 手法が確立	•欧米手法の国内事業への 適用開始 •国内累計導入12.9GW	約2370万ton-CO ₂ /年 (2%)
本技術の 目標性能	—	•浮体式風車ウエイクおよび その相互干渉現象の理解 •風洞実験をベースとした 予測評価技術の開発完了 •今後の技術開発方針の 提案	•左列の課題を解決する ガイドラインの発行 •今後国内で新設される 浮体式洋上ウインド ファームの設備利用率 1%向上	•国内標準化 •国内で新設される全て の浮体式洋上ウインド ファームの設備利用率 1%向上	•国際標準化 •今後全世界で新設される 浮体式洋上ウインドファームの 設備利用率1%向上 •国内累計導入量40GW •国産浮体式風車の海外展開	約7540万ton-CO ₂ /年 (6.5%)
解決すべき課題 必要な取り組み	•浮体式風車ウエイク およびその相互干渉 現象の解明 •上記予測評価手法 の開発	上記成果をベースとした •浮体式洋上ウインドファーム の発電量評価手法の確立 •浮体式風車の安全性評価 手法の確立 •実際のウインドファームでの 検証 •ガイドラインの発行	•国内標準化 •実案件への展開	•国際標準化	—	

我々の技術を有効活用して、平均的な洋上ウインドファーム
(15MW×40基, 600MW) において設備利用率が1%向上した場合、

◆ 年間約5億円、20年間で約100億円の売電収入増

◆ 約59万t-CO₂/年の削減

が期待される。

※風車ウエイクに起因する年間発電量の減少は、5～7%にも及ぶ、との先行研究あり