

地球大気動態 シミュレーション装置 (大型境界層風洞)

BOUNDARY LAYER WIND TUNNEL

2017年3月

九州大学応用力学研究所
新エネルギー力学部門
風工学分野





【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、平成10年3月に設置された。

本風洞は回流式で2機のファンで駆動されている。測定洞の大きさは縦2.0m、横3.6m、長さ15.0mあり、このときの最大風速は30.0m/sである。さらなる強風が必要なときには、測定洞の内部に第2の縮流洞・測定洞・拡散洞を設け1/2に縮流することにより、60.0m/sの最大風速を得ることができる。

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。また、近年では、汚染物質や廃熱の振る舞いを調べるなど、環境の評価や風力エネルギーの利用に関する研究を行うためにも利用されている。

【風洞仕様】

風洞の名称	地球大気動態シミュレーション装置(大型境界層風洞)	
所有機関・部局	九州大学 応用力学研究所 新エネルギー力学部門 風工学分野	
風洞所在地	〒816-8580 福岡県春日市春日公園6丁目1番地	
製造年	1998年3月	
製造会社	株式会社西日本流体技研	
風洞の特色	<ul style="list-style-type: none"> ・回流式（送風機は2台を並列に配置） ・広く長い測定洞（縦2.0m×横3.6m×長さ15.0m） 測定洞に第2の縮流，測定，拡散洞を設置することにより、最大60.0m/sの風速が可能 左右の壁と天井はアクリル樹脂製で取り外し可能であり、天井と側壁を取り去ることにより吹き出し型の風洞としても利用可能 流路の途中に空気の吸入・排出口を設置	
基本仕様	吹き出し口 寸法	縦2.0m×横3.6m
	測定部長さ	15.0m
	風速範囲	0.5～30.0m/s
	乱れ強さ	0.3%以下
	その他	一様性は±1%以内
主な利用目的	<ul style="list-style-type: none"> ・強風災害対策 ・構造物や輸送機器の空力特性 ・大気境界層の挙動や風環境の予測 ・風力エネルギーの利用 	
参考資料	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	



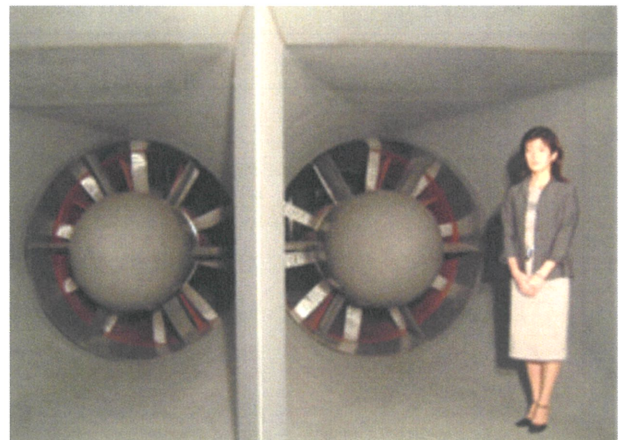
【風洞仕様の続き】

試験能力と計測システム	可能な試験項目	抗力、圧力、可視化
	風速計測	超音波風速計、熱線風速計
	トラバーサ	流れ方向11.0m、横方向2.6m、高さ方向1.1m
	温度計測	抵抗温度計
	空気力計測	3分力検出器
	圧力計測	圧力変換器
	可視化	スモークワイヤー法
	データ処理	8chA/D変換器、2chFFT
交通アクセス	http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/center/access.html	

【風洞写真】



風洞建屋正面



2台の送風機(下流側)



測定洞

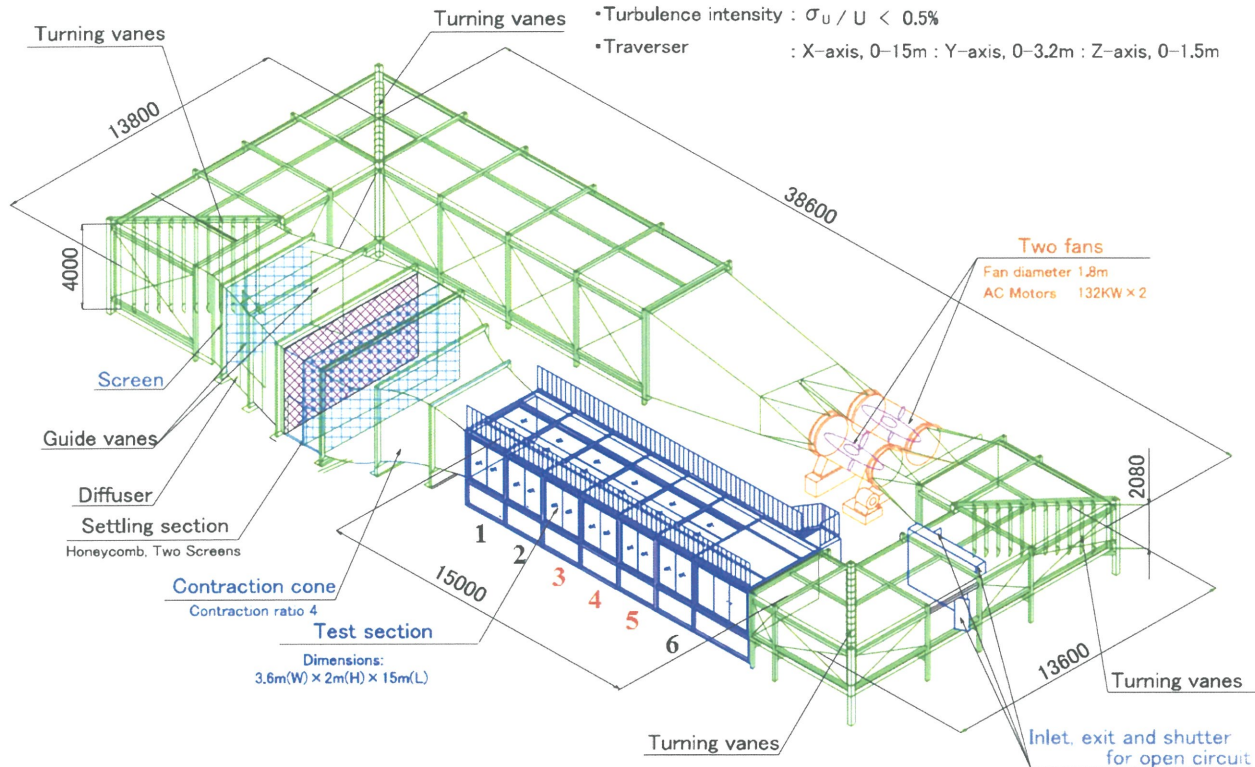


測定洞に設置した第2縮流洞

【風洞図面】

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



現在、九州大学応用力学研究所風工学分野は、下記に示す文部科学省の大型プロジェクトに参加しています(研究代表者：内田 孝紀 准教授、期間：2016年度～2020年度)。

■先端研究基盤共用促進事業（共用プラットフォーム形成支援プログラム）

「風と流れのプラットフォーム」

<http://www.jamstec.go.jp/ceist/kazenagare-pf/>

風と流れのプラットフォームは、文部科学省 先端研究基盤共用促進事業（共用プラットフォーム形成支援プログラム）の支援を受け、国内5機関（風洞実験施設を有する機関である、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、国立大学法人東北大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人九州大学と、数値シミュレーションを行う計算機施設を有する国立研究開発法人海洋研究開発機構）が実施する事業です。風と流れのプラットフォームでは、産学官が共用可能な研究施設・設備等の整備・運用を含めた施設間のネットワークを構築し、高度な計測分析機器・計算機を中心としたイノベーション創出のためのプラットフォームを形成するとともに、日本の研究開発基盤の持続的な維持・発展に貢献することを目的としています。

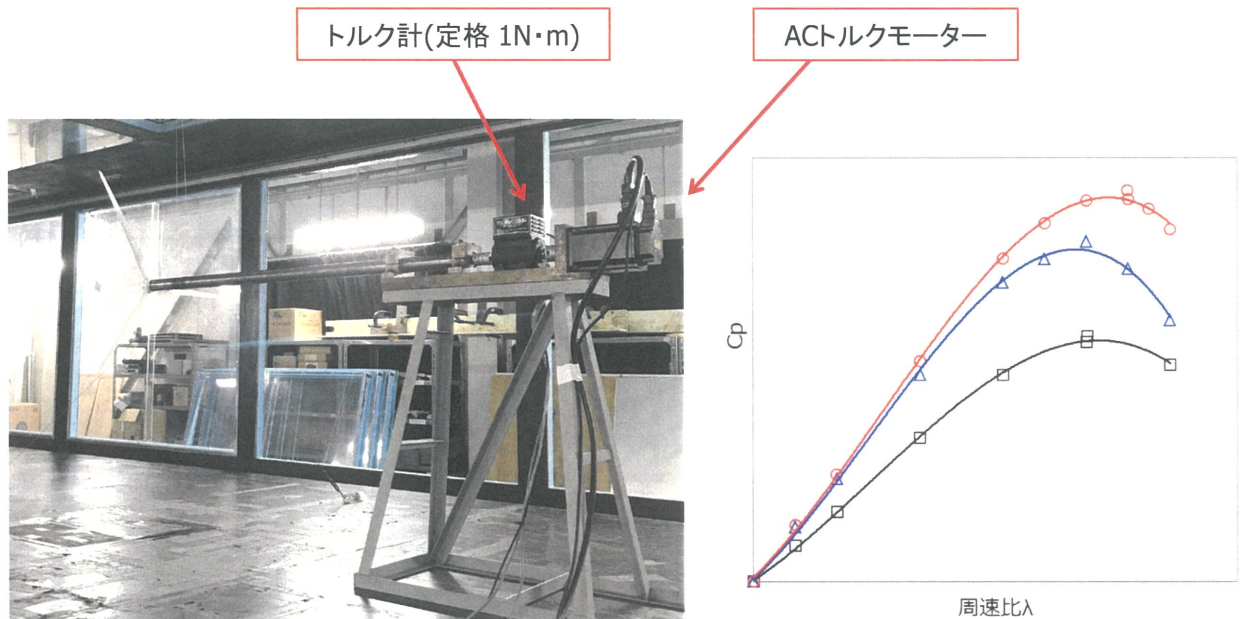
2016年度には、「風と流れのプラットフォーム」において、風洞実験と数値流体シミュレーションを融合した、企業による製品開発・イノベーションに資する意欲的な課題が公募され、株式会社東芝の「実風車模型を用いた風車後流風速の定量的評価方法の開発」が採択されました。本課題における風洞試験の実施に関して、九州大学応用力学研究所風工学分野(内田孝紀 研究室)は技術支援を実施しました。

平成28年度特定利用課題

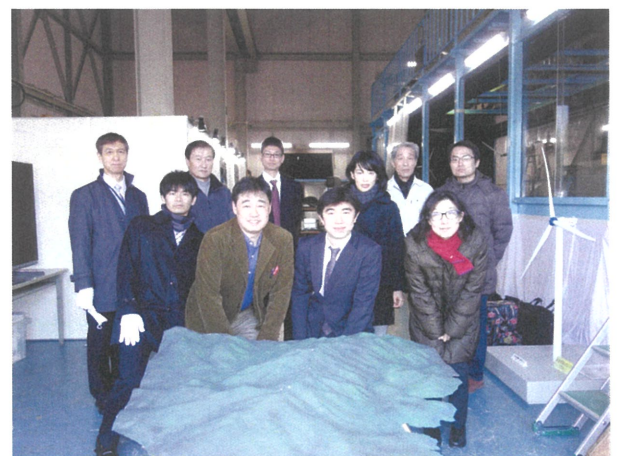
課題名: 実風車模型を用いた風車後流風速の定量的評価手法の開発

申請機関: 株式会社 東芝

技術支援: 九州大学応用力学研究所風工学分野(内田孝紀 研究室)



風車模型の性能試験



文部科学省「風と流れのプラットフォーム」および「ポスト京」課題6Cの合同シンポジウムにおいて
特定利用課題に関する風洞試験の見学会を実施、平成29年2月27日(月)～28日(火)

九大応力研および東芝メンバー

【お問い合わせ】 応用力学研究所 准教授 内田 孝紀(うちだ たかのり)
電話: 092-583-7776 FAX: 092-583-7779
Mail: takanori@riam.kyushu-u.ac.jp



新聞報道等一覧

- 文部科学省 先端研究基盤共用促進事業における特定利用課題に採択
ー 風力発電の効率向上を実現する、新たな評価手法の開発を開始ー
東芝プレスリリース 2016年12月27日

- 東芝 新たな風況評価手法で風力の事業性向上へ
電力時事通信社 第7464号 2017年1月16日

- 東芝、新たなウエイク評価手法開発指導
風車の最適配置や設計目指す
新エネルギー新聞 2017年1月23日

- 文部科学省「風と流れのプラットフォーム」および「ポスト京」課題6Cの
合同シンポジウムを九州大学応用力学研究所にて開催
九州大学プレスリリース 2017年2月10日

- 風車への風向 精密解析 東芝、九大などと 発電量を最大化
日本経済新聞 2017年2月28日 朝刊

- 風向解析し発電拡大 乱流で風車停止 最小限に 東芝と九大
日経産業新聞 2017年3月2日 朝刊



2016年12月27日

株式会社 東芝

エネルギーシステムソリューション社

文部科学省 先端研究基盤共用促進事業における特定利用課題に採択
—風力発電の効率向上を実現する、新たな評価手法の開発を開始—

当社は、文部科学省の先端研究基盤共用促進事業（共用プラットフォーム形成支援プログラム）において、国内の大規模風洞設備を有する機関が連携、研究施設等を提供する「[風と流れのプラットフォーム](#)」における平成28年度特定利用課題に対して、「実風車模型を用いた風車後流風速の定量的評価手法の開発」を提案し、12月26日に採択されました。

本開発では、実風車1/88の縮小模型を用いた風洞試験により、風車通過後の流れを詳細に計測・評価します。これにより、風車の最適配置や風車設計に向けたデータの取得が期待されます。本風洞試験は、九州大学応用力学研究所の内田孝紀研究室の技術支援を受けて、同研究所の地球大気動態シミュレーション装置にて実施します。

また、同プラットフォームにてスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を活用し、数値解析による山岳地形の乱流評価も行います。

当社は、自社の風車が稼動する新長島黒ノ瀬戸風力発電所にて大規模計測プロジェクトを実施しています。その成果に加え、今回新たに開発する評価手法をとおして、より高効率な風力発電システムの導入を促進し、風力発電の経済性・事業性向上に貢献していきます。

本開発成果は2017年2月27日（月）、28日（火）に九州大学筑紫キャンパスにて開催される「風と流れのプラットフォーム」と「ポスト『京』重点課題6」の合同シンポジウムで紹介する予定です。



新長島黒ノ瀬戸風力発電所
東芝ブランド2000kW風車



九州大学応用力学研究所
地球大気動態シミュレーション装置

以上

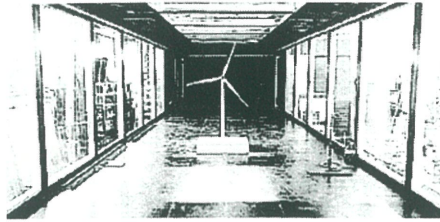


■東芝、新たなウエイク評価手法開発指導

風車の最適配置や設計目指す

新エネルギー新聞 2017年1月23日

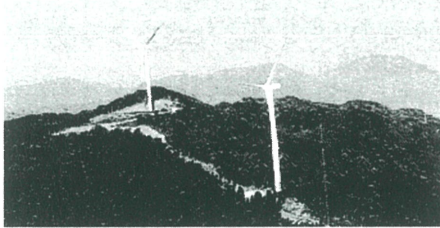
九州大学応用力学研究所に設置されている、地球大気動態シミュレーション(提供:東芝)



「風と流れのプラットフォーム」は、様々な技術のイノベーションを創出するため、高度な文部科学省の先端研究基盤共用促進事業(共用プラットフォーム)形成支援プログラム)において形成された。大規模風洞設備を有する国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)、東北大学、京都大学、九州大学と連携して、流体技術研究において補完関係にある風洞試験設備(アナログ風洞)とスーパーコンピュータ

東芝、新たなウエイク評価手法開発始動 風車の最適配置や設計目指す

東芝の新たな風力発電技術開発がスタートし、課題に対して、「実風車」を構築し、連模を用いた風車後流風速の定量的評価手法の開発を提案し採択された。平成28年度特定利用と、数値シミュレーションを行う計算機施設を持つ国立研究開発法人海洋研究開発機構の5機関が中心だ。流体に関する利用支援を行い、流体科



新長島黒ノ瀬戸風力発電所(鹿児島県出水郡)で稼働中の2000基の東芝ブランド風車(提供:東芝)

「風と流れのプラットフォーム」事業に採択

学に立脚する科学技術イノベーションを促進することを旨としている。なお、プラットフォームの活用は原則無料となつてい

今年度の特定利用課題は昨年11月から公募されていた。東芝は本課題において、実風車88分の1スケールの縮小模型を用いた風洞試験により、風車通過後の風の流れ、後流(ウエイク)を詳細に計測・評価する。この検討により、風車の最適配置や風車設計に向けたデータの取得が可能だ。風洞試験は、九州大学応用力学研究所・内田孝紀研究室の技術支援を受けて、同研究所の地球大気動態シミュレーション装置にて実施する。

また、同プラットフォームでは、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を活用し数値解析による山岳地形の乱流評価も行う。

東芝は、新長島黒ノ瀬戸風力発電所(鹿児島県出水郡)にて大規模計測プロジェクトを実施している。同発電所は2015年11月に連開し、出力2000基の東芝ブランドの風車が2基稼働して、発電所運営は東芝子会社であるシクマパワー社が行っている。

この計測事業での成果に加え、今回新たに開発する評価手法とおして、より高効率な風力発電システムの開発を推進させる。



PRESS RELEASE (2017/02/10)

文部科学省「風と流れのプラットフォーム」および「ポスト京」課題6Cの
合同シンポジウムを九州大学応用力学研究所にて開催

この度、九州大学応用力学研究所主催にて、文部科学省「風と流れのプラットフォーム」および「ポスト京」課題6Cの合同シンポジウムを開催いたしますので、ご案内いたします。

主 催：九州大学応用力学研究所
協 力：国立研究開発法人海洋研究開発機構、ポスト「京」重点課題⑥事務局
日 時：平成29年2月27日（月）～28日（火）
場 所：九州大学筑紫キャンパス 応用力学研究所 6階多目的研究交流室（W601）
(<http://www.riam.kyushu-u.ac.jp/center/access.html>)
参加費：無 料
※参加をご希望される方は、お手数ですが、お問い合わせ先(内田)までご連絡ください。

九州大学応用力学研究所の内田孝紀准教授は、下記に示す文部科学省の2つの大型プロジェクトに参加しています。

- 先端研究基盤共用促進事業(共用プラットフォーム形成支援プログラム)「風と流れのプラットフォーム」
<http://www.jamstec.go.jp/ceist/kazenagare-pf/>
- ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発
重点課題⑥：革新的クリーンエネルギーシステムの実用化
サブ課題C：洋上風力発電(高効率風力発電システム構築のための大規模数値解析)
http://postk6.t.u-tokyo.ac.jp/research/sub_c.html

風と流れのプラットフォームは、文部科学省 先端研究基盤共用促進事業(共用プラットフォーム形成支援プログラム)の支援を受け、国内5機関(風洞実験施設を有する機関である、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構、国立大学法人東北大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人九州大学と、数値シミュレーションを行う計算機施設を有する国立研究開発法人海洋研究開発機構)が実施する事業です。風と流れのプラットフォームでは、産学官が共用可能な研究施設・設備等の整備・運用を含めた施設間のネットワークを構築し、高度な計測分析機器・計算機を中心としたイノベーション創出のためのプラットフォームを形成するとともに、日本の研究開発基盤の持続的な維持・発展に貢献することを目的としています。

同じく文部科学省では、スーパーコンピュータ「京(けい)」の後継機で、2020年頃の運用開始を目指している次期スパコンの「ポスト京」の開発(フラッグシップ2020プロジェクト)に2014年度より着手しています。「ポスト京」では、国家基幹技術として国家的に解決を目指す9つの重点課題が選定されています。その中の課題6サブ課題Cでは、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京大学生産技術研究所、国立大学法人豊橋技術科学大学、国立大学法人九州大学応用力学研究所、株式会社風力エネルギー研究所が中心となり、大規模洋上風力発電の高効率化(風車同士の相互干渉による発電量の減少を防ぐこと、風車ブレードの疲労破壊を防ぐこと、期待通りの発電量を得るために最適な風車の配置方法を探ること等)を実現するための研究開発を行っています。

上記の2つのプロジェクトは、「流体(りゅうたい)」、特に「風(かぜ)」を取り扱い共通点も多いため、関係者の相互連携を図り、かつ産業界に対して広く情報を発信して情報交換を行うため、今回の合同シンポジウムを企画しました。参加をご希望される方は、お手数ですが下記のお問い合わせ先(内田)までご連絡ください。

【お問い合わせ】 応用力学研究所 准教授 内田 孝紀(うちだ たかのり)
電話:092-583-7776 FAX:092-583-7779
Mail:takanori@riam.kyushu-u.ac.jp

プログラム

【第①部】

平成29年2月27日(月):司会 内田(九大応力研)

- 10:00-10:10 : 「風と流れのプラットフォーム」の事業説明 (JAMSTEC 浅野 俊幸)
- 10:10-10:40 : 東北大学低乱風洞実験施設の紹介 (東北大流体研 太田 福雄)
- 10:40-11:10 : 風洞試験とCFDを融合した研究開発の取り組み事例紹介 (JAXA 加藤 裕之)

基調講演①

- 11:10-12:00 : 大型風洞と温度成層風洞で行った実験 (九大応力研 大屋 裕二)
- 12:00-13:30 : 昼 食
※希望者は地球大気動態シミュレーション装置(大型風洞)にて
「特定利用課題:実風車模型を用いた風車後流風洞試験」の見学会
- 13:30-14:00 : 地球シミュレータでの産業利用の取り組み事例紹介 (JAMSTEC 廣川 雄一)
- 14:00-14:30 : 「ポスト京」課題6「革新的クリーンエネルギーシステムの実用化」の全体計画
および研究開発の趣旨 (東京大 吉村 忍)
- 14:30-15:00 : 「ポスト京」課題6C「高効率風力発電システム構築のための大規模数値解析」
に関する全体計画および研究開発の趣旨 (豊橋技科大 飯田 明由)
- 15:00-15:10 : 休 憩

基調講演②

- 15:10-16:00 : 大規模数値解析の産業利用の現状と将来展望
(東大生産研 加藤 千幸)
- 16:00-16:30 : 総 合 討 論

【研究紹介】



数値風況診断技術RIAM-COMPACTによる風車ウエイクの数値風況シミュレーションの例
(流れ方向の風速成分の分布図)



【第②部】

平成29年2月28日(火):司会 内田(九大応力研)

- 9:30— 9:40 : 「風と流れのプラットフォーム:特定利用課題」の説明 (JAMSTEC 浅野 俊幸)
課題名: 実風車模型を用いた風車後流風速の定量的評価手法の開発
申請機関: 株式会社 東芝
- 9:40—10:00 : 「特定利用課題」の活動報告①
実風車模型を用いた風車後流風速の定量的評価 (東芝 谷山 賀浩)
- 10:00—10:20 : 「特定利用課題」の活動報告②
地球シミュレータを利用した「RIAM-COMPACT」による地形風解析
(九大応力研 内田 孝紀)
- 10:20—10:30 : 地球大気動態シミュレーション装置(大型風洞)へ移動
- 10:30—11:30 : 東芝の実風車模型を用いた風車後流風洞試験の見学会
- 11:30—12:30 : 昼 食

「ポスト京」課題6Cの活動報告

- 12:30—12:50 : 「RIAM-COMPACT」による北九州市響灘地区における
洋上・陸上ウィンドファームの大規模風況解析について
(九大応力研 内田 孝紀)
- 12:50—13:10 : 「FrontFlow/blue」による風車周りの流体解析について
(みずほ情報総研 山出 吉伸)
- 13:10—13:30 : 風車ブレード周りの風洞実験について (日本大 鈴木 康方)
- 13:30—13:50 : 「ADVENTURE」による風車ブレードの構造解析について
(東京大 吉村 忍)
- 13:50—14:05 : 「IEA Wind Task31 ウェイクベンチ2」について
(風力エネルギー研究所 植田 祐子)
- 14:05—14:25 : 「NEDO風況マップシステム」について
(風力エネルギー研究所 今村 博)
- 14:25—14:30 : 休 憩

産業界からの話題提供

- 14:30—15:00 : (風車メーカー)
日立風車におけるサイト疲労評価について (日立製作所 清木 荘一郎)
- 15:00—15:30 : (風力事業者)
JPOWERグループにおける解析技術の展開
(JPビジネスサービス 石井 英俊)
- 15:30—16:30 : 総 合 討 論



■風車への風向 精密解析 東芝、九大などと 発電量を最大化

日本経済新聞 2017年2月28日 朝刊

風車への風向精密解析

東芝、九大などと 発電量を最大化

東芝は九州大学などと共同で風向と風の影響を精密に解析して、風力発電の発電量を最大化する技術を開発した。これまでの20倍以上の細かさで風向を予測・解析し、乱流による風車の停止を最小限に抑える。複数の風車を林立させるウインドファーム時代の到来に備

え、風車の運用管理を1台ずつ精緻に行い、設備利用率を上げ、風車群全体の発電量を増やす。東芝は愛媛県で8基建てる予定の風車でこの技術を導入予定。新技術で設備利用率を数倍上げられれば、年間発電量は1割前後増えるとみられる。

東芝は鹿児島県長島町の風車に多数のセンサーを付け、前方の風車が風下の風車に与える影響と、山の尾根が作る乱流の影響を研究してきた。九大の内田孝紀准教授が風の予測技術で協力した。

乱流が風車に当たると過大な負荷がかかり故障の原因になるため、従来は東北東、南南西など360度の方位を16分割(22・5度)して、乱流が発生する方位の風が来ると風車を止める。新技術は風向を1度単位で分析し、止める時間を最小限にする。さらに年明けから九大の大型風洞施設と海洋研究開発機構のスーパークンピューターを使って、風車の起こす乱流が風下の風車に与える影響の研究に着手した。文部科学省の風と流れに関する問題解決支援を受け、風車の起こす気流のデータとスパコンのシミュレーションを重ね合わせる。

■風向解析し発電拡大 乱流で風車停止 最小限に 東芝と九大

日経産業新聞 2017年3月2日 朝刊

風向解析し発電拡大

乱流で風車停止 最小限に

東芝と九大

東芝は九州大学の内田孝紀准教授らと共同で、風向と風の影響を精密に解析して風力発電の発電量を最大化する技術を開発した。これまでの20倍以上の細かさで風向を予測・解析し、乱流による

風車の停止を最小限に抑える。複数の風車を林立させる時代の到来に備え、風車を1台ずつ精緻に運用管理して設備利用率を上げ、風車群全体の発電量を増やす。

東芝は愛媛県で8基建てる予定の風車で、新技術を導入する方針。設備利用率を数割上げられれば、年間発電量を1割前後増やせるとみている。東芝は鹿児島県長島町の風車に多数のセンサーを付け、前方の風車が風

下の風車に与える影響と、山の尾根が作る乱流の影響を研究してきた。九大は風の予測技術で協力している。

乱流が風車に当たると過大な負荷がかかり故障の原因になる。従来は東北東、南南西など360度の方位を16分割(22.5度)し、乱流が発生する方位の風が来ると風車を止めていた。新技術は

風向を1度単位で分析し、止める時間を最小限に抑える。

今年からは、九大の大型風洞施設と海洋研究開発機構のスーパーコンピュータを使って、風車の起こす乱流が風下の風

車に与える影響の研究も始めた。文部科学省の支援も受け、風車の起こす気流のデータとスパコンのシミュレーション(模擬実験)を重ね合わせる。風力発電技術の高度化を目指している。