



Task54

寒冷地における風力発電

2025年度 第14回 IEA Wind セミナー

プログラム No.6

TASK54の経緯

2002年Task19 'Wind Power in Cold Climates' 設立

2022年1QまでTask19を継続

2022年2Qから2025年1QまでTask54として継続

2025年2QからTask54第2フェーズを4か年計画で開始

Task19の成果

寒冷地の風力に関連する一般的な慣行と用語を推進

多くのTask 19の取り組みは、業界標準として採用

IEA Windの出版物や会議で共有

ワークショップを開催

公開ウェビナーを開催

成果物を発表（Webサイトで公開）

TASK54フェーズ2

2024年末までに208 GWの設置容量が見込まれ、寒冷気候は大きな市場。

寒冷気候の大気条件は、タービン、発電所、電力網に影響を与える。

産業協力の良好な経験と業界標準が存在。

推奨実践の更新が必要。

欧州、北米、中国、日本での風力産業の活発な活動。

#	国	機関	概要
1	オーストリア	Energiewerkstatt Verein	再生可能エネルギーの利用を研究
2	カナダ	Nergica	再生可能エネルギー産業の応用研究
3	デンマーク	DTU Wind Energy	風力発電技術の研究と開発
4	フィンランド	VTT	研究・技術の商業・社会への活用を促進する研究機関
5	ドイツ	Fraunhofer IFAM Fraunhofer IEE	材料技術研究機関 エネルギーシステム研究機関
6	ノルウェー	Kjeller Vindteknikk	風力発電コンサルタント
7	スウェーデン	WindREN Vattenfall	風力発電コンサルタント 電力会社
8	スイス	Meteotest	気象・気候・環境の調査・分析
9	UK	DNV	第三者認証機関

Task54フェーズ2のワークパッケージ

#	コンテンツ	内容
1	Operational strategies	風車運用戦略
2	Managing the ice throw risk	アイススローリスク管理
3	Wind turbine and blade heating performance	風車とブレード加熱性能
4	Offshore wind	洋上寒冷気候
5	Icing events complexity	氷付着イベントの複雑さ
6	Uncertainty	不確実性の検証と改善
7	Climatic wind tunnel validation	気候風洞の検証と校正
8	Dissemination	普及活動

ワークパッケージ 1 (風車運用戦略)

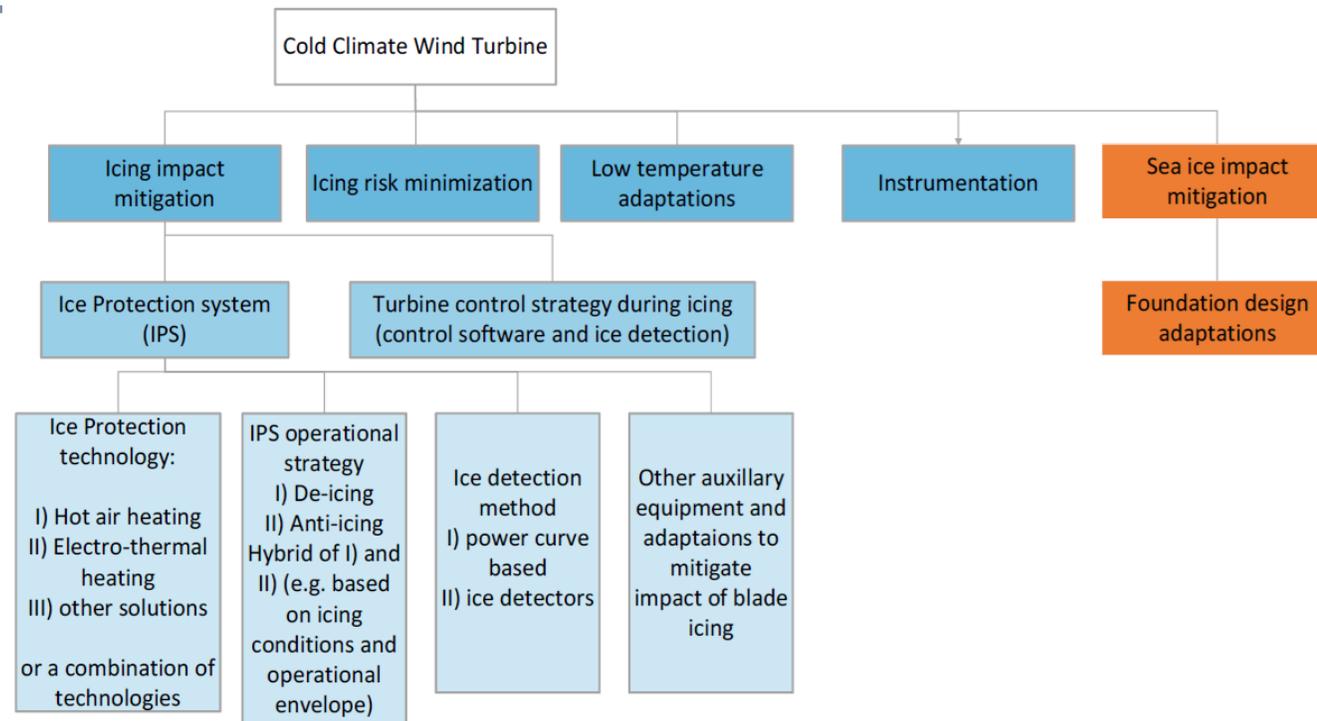
洋上における運用戦略の策定

寒冷気候における風力タービンの運転は、以下の4つのバランスをとる作業です。

- 氷の落下による安全性
- 生産の最適化
- 収益に基づく最適化
- 寿命の維持

業界の経験に基づき、寒冷気候におけるモニタリングのためのKPIを提案する

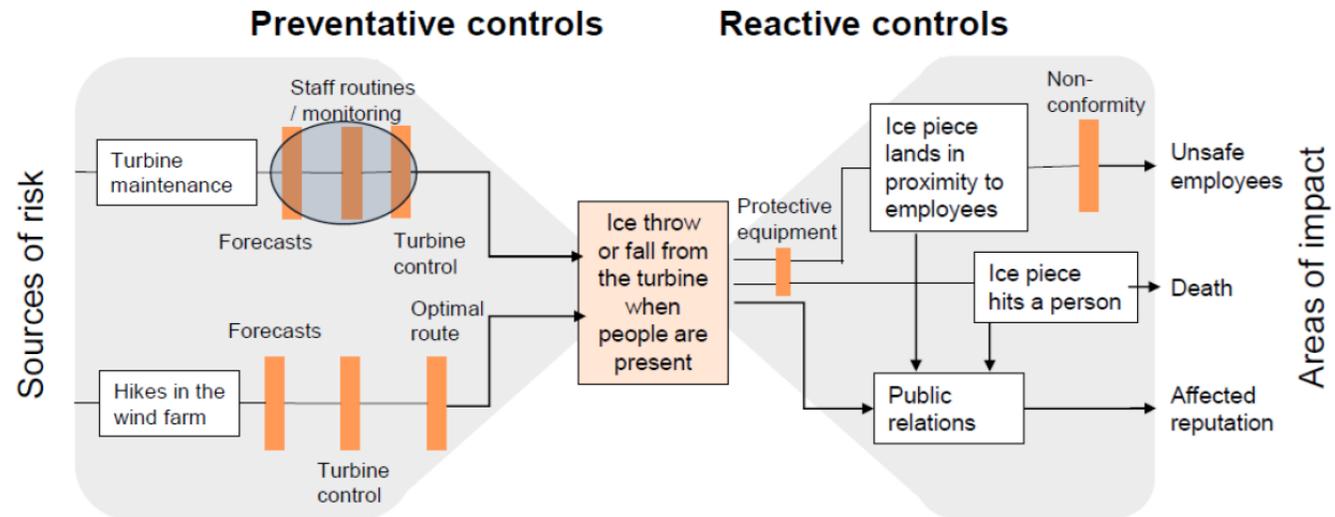
運用に関する推奨プラクティス



ワークパッケージ 2 (アイススローリスク管理)

各国の現状を整理

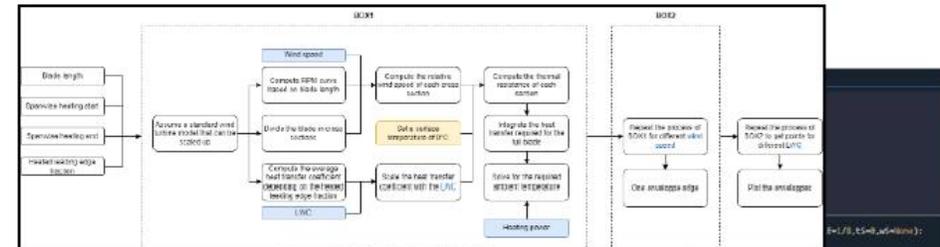
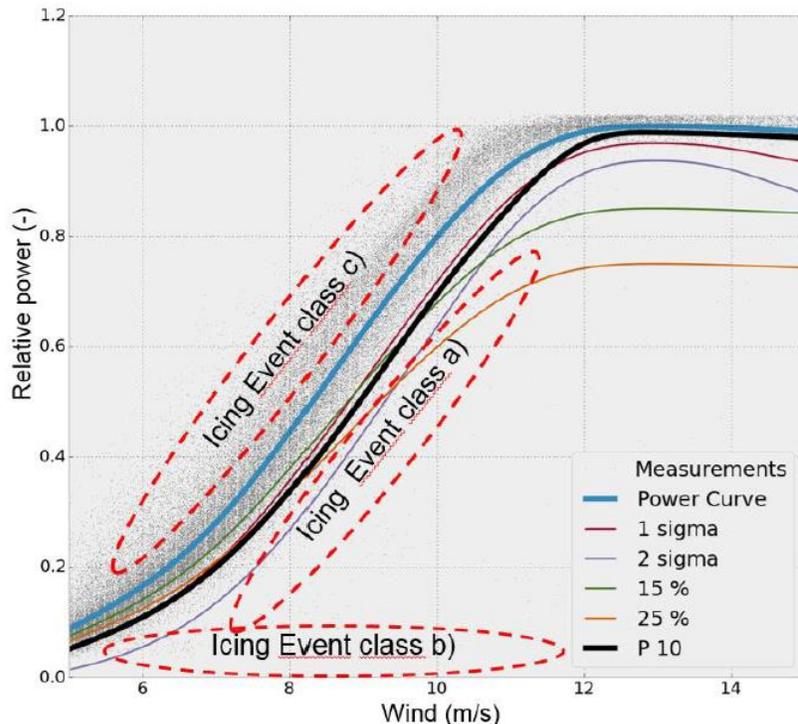
- 地域ごとの法律やルールが異なる。
- 各国のリスク管理戦略を収集し、ベストプラクティスを編纂。
- 年間変動の影響や氷投げリスク低減技術の効果を評価。



ワークパッケージ 3 (風車とブレード加熱性能)

ブレード加熱システム

- ブレード加熱性能の評価とオープンソースツールの開発。
- 業界ワークショップを開催し、経験と要件を収集。



The screenshot shows a software interface with a code editor on the left and a performance envelope plot on the right.

- Code Editor:** Contains Python code for calculating the heating power and thermal resistance. Key variables include `bladeLength`, `heatedFraction`, `windSpeed`, `minTemp`, `maxTemp`, `lwc`, `h`, `h0`, `h1`, `h2`, `h3`, `h4`, `h5`, `h6`, `h7`, `h8`, `h9`, `h10`, `h11`, `h12`, `h13`, `h14`, `h15`, `h16`, `h17`, `h18`, `h19`, `h20`, `h21`, `h22`, `h23`, `h24`, `h25`, `h26`, `h27`, `h28`, `h29`, `h30`, `h31`, `h32`, `h33`, `h34`, `h35`, `h36`, `h37`, `h38`, `h39`, `h40`, `h41`, `h42`, `h43`, `h44`, `h45`, `h46`, `h47`, `h48`, `h49`, `h50`.
- Performance Envelope Plot:** A graph of Temperature [°C] vs Wind Speed [m/s]. The y-axis ranges from -30 to 0, and the x-axis ranges from 0 to 25. The plot shows a curve that starts at approximately -30°C at 0 m/s and rises to 0°C at 25 m/s. The curve is color-coded by temperature, with a legend on the left showing a scale from -32.5°C (purple) to 11.5°C (yellow).
- Control Panel:**
 - De-icing
 - Blade Length [m]: 50
 - LWC [g/m³]: 0.3
 - RPS Power per Blade [kW]: 25
 - Heat Loss [%]: 30
 - Heated Fraction of the leading edge [%]: 12.5
 - Blade surface temperature [°C]: 3
 - Buttons: Update Plot, Clear Plot

ワークパッケージ 4 (洋上寒冷気候)

洋上における寒冷地気候

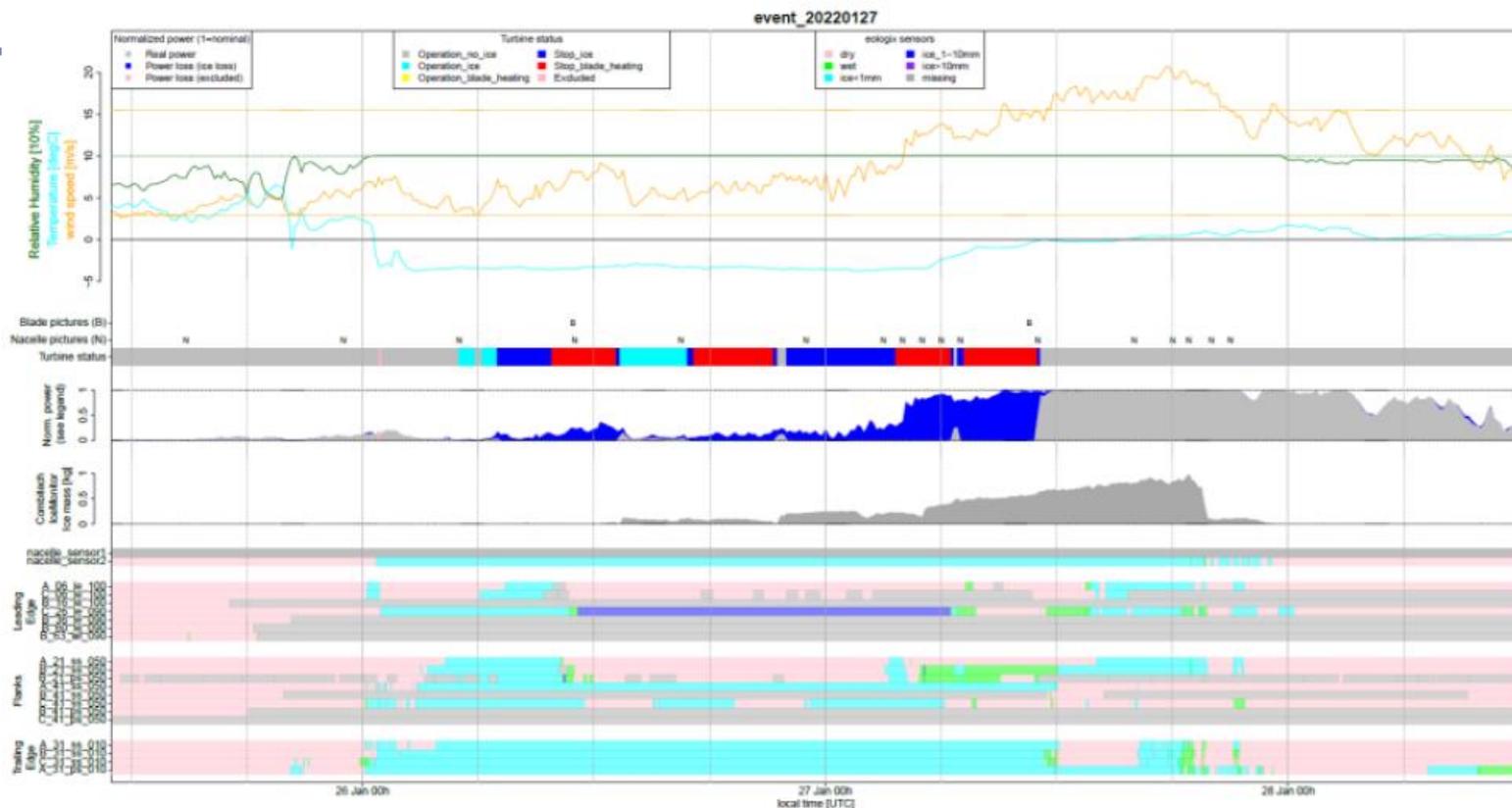
- 海氷に関する業界のベストプラクティスを収集。
- 海上での氷付着の評価と気象モデルの検証。



ワークパッケージ 5 (氷付着イベントの複雑さ)

現状の整理

- 氷付着の影響は地域やイベントによって異なる。
- 現在の知識のレビューと将来の研究ニーズをまとめた文書を発表予定。



ワークパッケージ 6 (不確実性)

IEC標準の更新

- 氷付着に関する不確実性が多く存在。
- 不確実性指標を開発し、IEC標準を更新。
- 予測フレームワークを構築し、氷付着の影響を伝達。

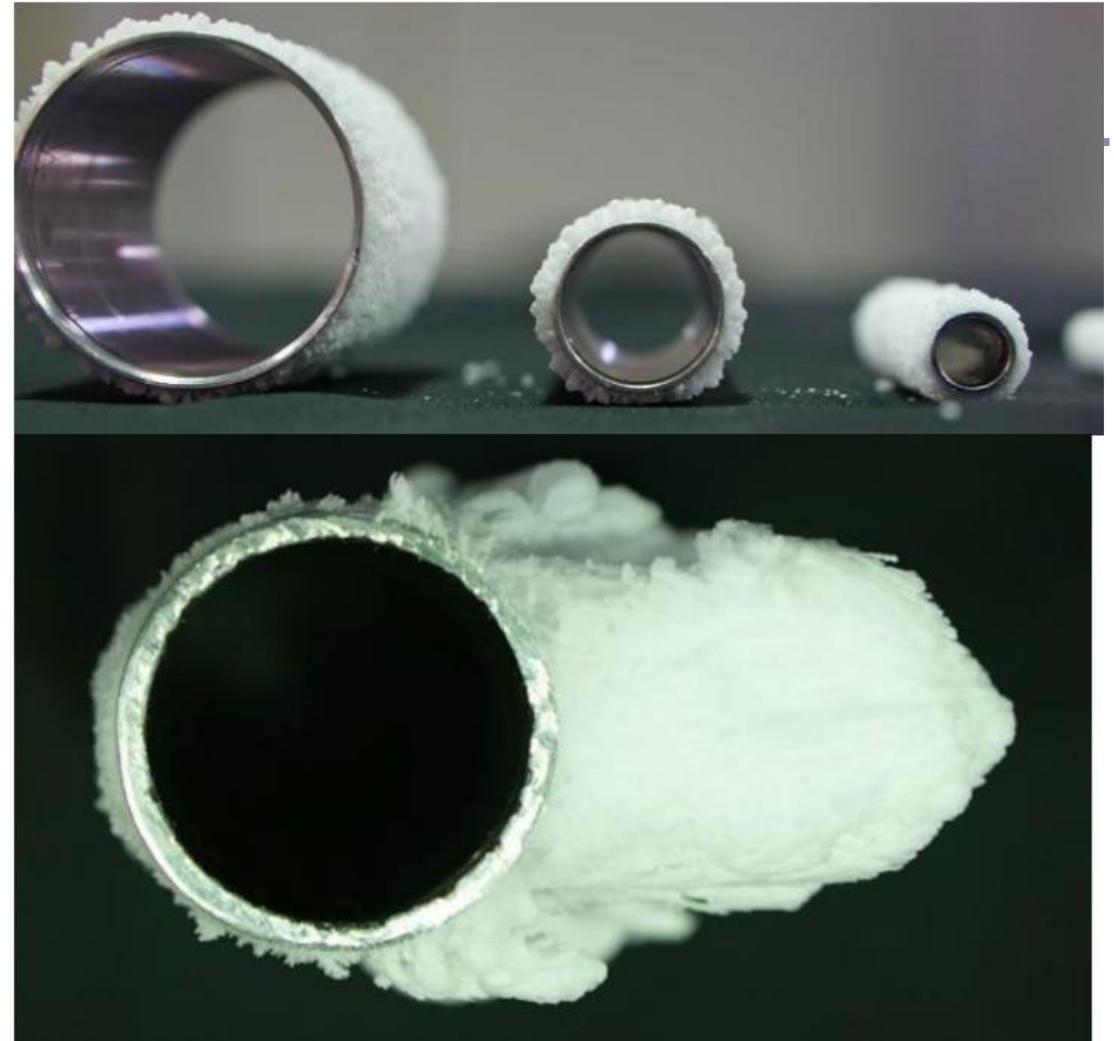
着氷クラス

IEA Ice Class	Duration of Meteorological Icing [% of Year]	Duration of Instrumental Icing [% of Year]	Production Loss [% of AEP]
5	>10	>20	>20
4	5-10	10-30	10-25
3	3-5	6-15	3-12
2	0.5-3	1-9	0.5-5
1	0-0.5	<1.5	0-0.5

ワークパッケージ7 (気候風洞の検証)

着氷風洞ラウンドロビンベンチマークテスト

- ラウンドロビンは、一部のケースでは同等の結果を示したが、すべてのケースで同等の結果を示したわけではない。
- 特に空気中の液体水分量に関しては、校正が課題とみなされた。
- 校正装置は高価で、専門家の使用が必要である。
- 着氷風洞で液体水分量を測定できる低コストの汎用校正方法を開発し、試験を行い、その方法を公開する予定。



ワークパッケージ 8 (普及活動)

着氷が市場に与える影響

- 1 - 業界への周知：会議への参加、公開レポート、ソーシャルメディア
- 2 - 他のタスクとの連携：合同会議（タスク41、51、52）、共同出版物、プレゼンテーション
- 3 - 寒冷地市場規模調査（2025～2030年）：タスク54は、これまでに市場予測を発表し、a) 寒冷地の風力市場の成長を評価し、b) 以前の予測が達成されたかどうかを検証してきました。
- 4 - 推奨プラクティスの更新：作業計画の4年目は、新期間（サブタスク1～7）のすべての作業を活用し、IEA Wind TCP 推奨プラクティス13「寒冷地における風力エネルギー」の更新に充てられます。この文書の第2版は2017年に発行されており、2028年（第3版の発行予定年）には、ベストプラクティスは大幅に進化しているでしょう。

Task54フェーズ2の目標

- 2028年に推奨実践文書の改訂を予定。
- このフェーズの鍵となるのは、フェーズ2終了時に推奨される実践文書です。タスク19は2017年にRP 13. 寒冷地における風力エネルギープロジェクトを公開しました。それ以来、多くの変更があり、一部は古くなっています。

スケジュール

- 各作業パッケージ
に対する具体的な
成果物と期限を設定。

WP	Title	Deliverable	Due date
1	Operational strategies	1 - Review of operational strategies of wind turbines in cold climates	Q3/2026
2	Managing the ice throw risk	1- Comparative study of the handling of ice throw risk in wind farm licensing and operation	Q1/2028
3	Wind turbine and blade heating performance	1 - IceLoss 3.0 2 - IEA Ice Class 2.0 3 - Framework for field validation of blade heating systems performance	Q1/2027
4	Offshore wind	1 - State-of-the-art of offshore icing assessment	Q1/2028
5	Icing events complexity	1 - Review of current knowledge 2 - Future research needs	Q1/2028
6	Uncertainty	1 - Review of uncertainty in cold climate wind projects	Q2/2028
7	Climatic wind tunnel validations	1- Technical report on measurement technique recommendations and impact of surface roughness	Q1/2028
8	Dissemination	1 - Industry awareness 2 - Collaboration with other tasks 3 - Cold climate market size study (2025-2030) 4 - Recommended practices	1- Continuous 2- Continuous 3- Q1/2026 4- Q4/2028

日本の取り組み（寒冷地風車の制御戦略）

寒冷地風車開発の経緯

- 2011年 インフラ・システム輸出促進調査等委託事業として、独立系統地域における風力発電を利用したスマートマイクログリッドシステムの導入可能性を調査
- 2016年 国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業として、独立電力系統地域における寒冷地気候に対応した風力発電システムを実証
- 2017年 エネルギーの消費効率化等に資する我が国技術の国際実証事業として、風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業可能性を調査
- 2021年 エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業として、風力発電システムを含むエネルギーインフラ実証事業を実施
- 2022年 IEA Wind Task54開始

寒冷地仕様風車の設計は、IEC61400-1第4版附属書L（委員会草案：2014年）およびGLテクニカルノート「寒冷地における極度の温度に対する風力タービンの認証 Rev.4（2013年）」を参照して開発された

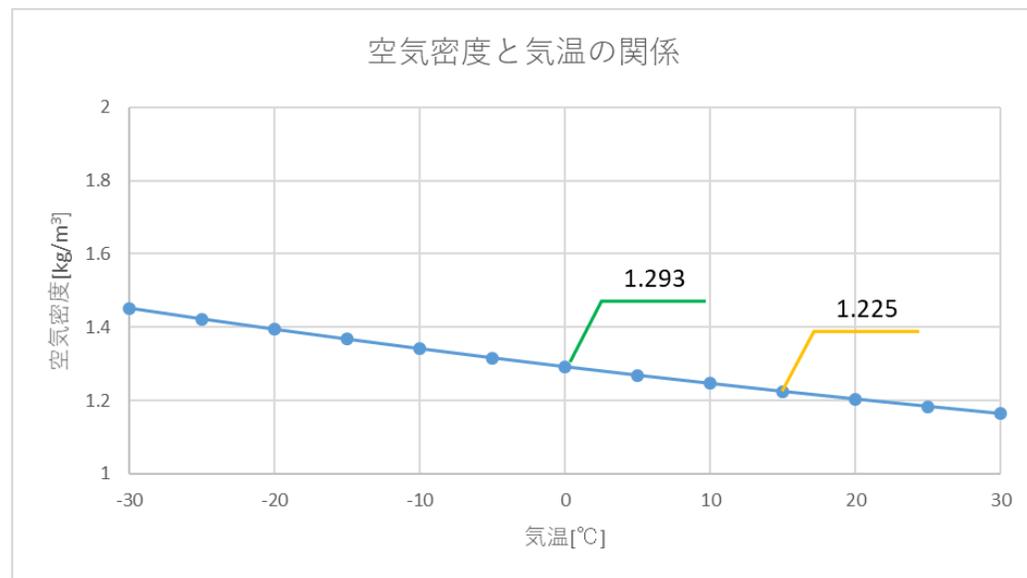
日本の取り組み（寒冷地風車の仕様比較）

項目	標準仕様	寒冷地仕様	極寒冷地仕様	
設計条件（外気温）	15℃	0℃		
風速条件	カットイン	3.0m/s		
	カットアウト	25m/s	22m/s	
停止時ピッチ角	88°		85°	
温度仕様	運転温度	-15℃～+45℃	-30℃～+30℃	-35℃～+30℃
	停止温度	-20℃～+55℃	-40℃～+40℃	-50℃～+40℃
低温時出力制御	なし	-15℃以下	-30℃以下	
センサー	風向風速計	風速計：カップ式×2 風向計：矢羽根式×2	超音波風向風速計の併用	
	気象センサー	なし	温湿度計、感雨計	温湿度計、感雨計
	着氷センサー	なし	あり(着氷予測)	あり(着氷検出)
材料	タワー	-20℃ (Charpy=27J)	-40℃ (Charpy=27J)	-50℃ (Charpy=27J)
	ブレード	普通コーティング	着氷防止コーティング	
ヒーティング	なし	FANヒータ 低温停止時のヒータON/OFFの切替え可能	FANヒータ 低温時は常にON	
断熱材（ナセルカバー）	なし	5cm	8cm	
その他	---	---	非常用発電機 (電源喪失時対策)	

日本の取り組み（寒冷地風車の設計）

風車設計要件（荷重）

- 風車に作用する風荷重は、温度で変化する空気密度に依存する



風車設計要件（温度）

- 風車に使用する機械部品のほとんどの温度保証は -30°C であるため、機器の保護のため室内にヒーターや断熱材を設置（図は冷凍庫試験の様子）



日本の取り組み（寒冷地風車の気象観測）

気象観測機器

- カップ式や矢羽根式の風況観測機器は凍結する可能性があるため、超音波風速計を使用
- 積雪と風速の関係を確認した
(図は着氷風洞試験の様子)



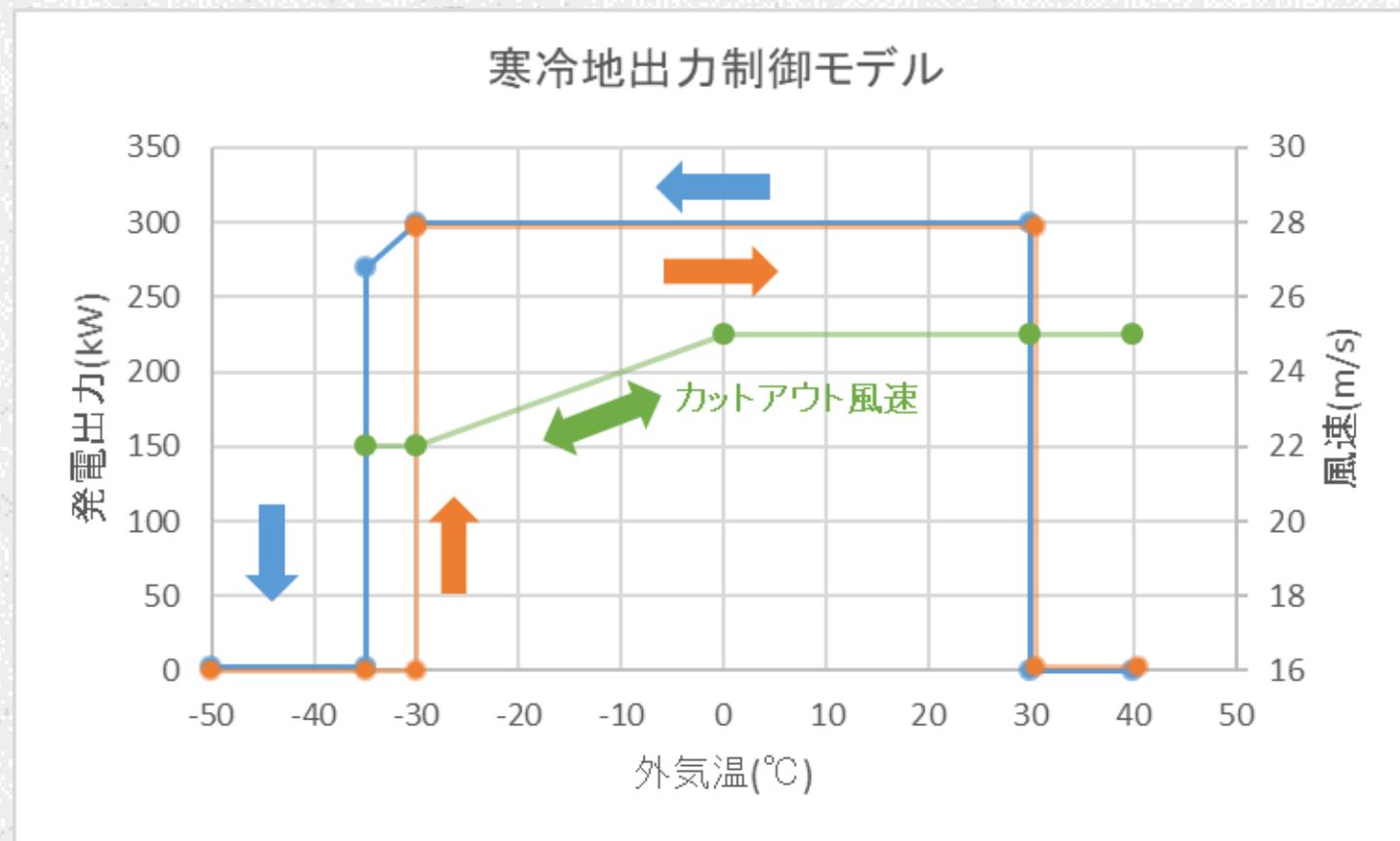
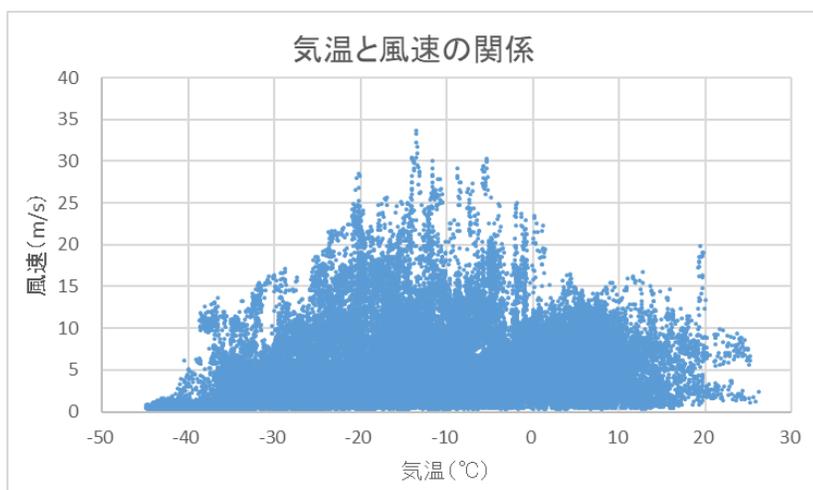
着氷検出機器

- 着氷の可能性を判断するための気象観測機器として、温湿度計や感雨計を追加
- 着氷センサーを追加し、着氷環境を判断
(図は着氷風洞試験の様子)



日本の取り組み (寒冷地風車の 運転制御)

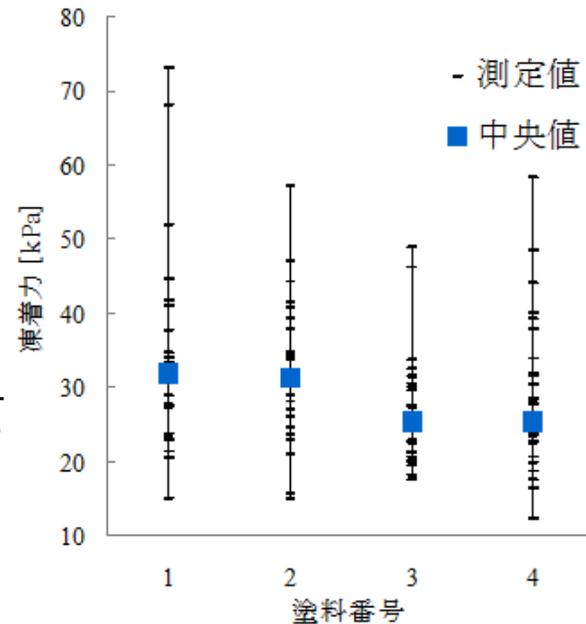
風車の荷重設計計算は、気温0℃を基準として計算されているが、0℃以下で風車を運転する場合、カットアウト風速の判定基準を下げることで、風車にかかる荷重を低減する。また、-30℃を下回る環境では、定格出力を下げることで風車荷重を低減する



日本の取り組み（ブレード塗料試験）

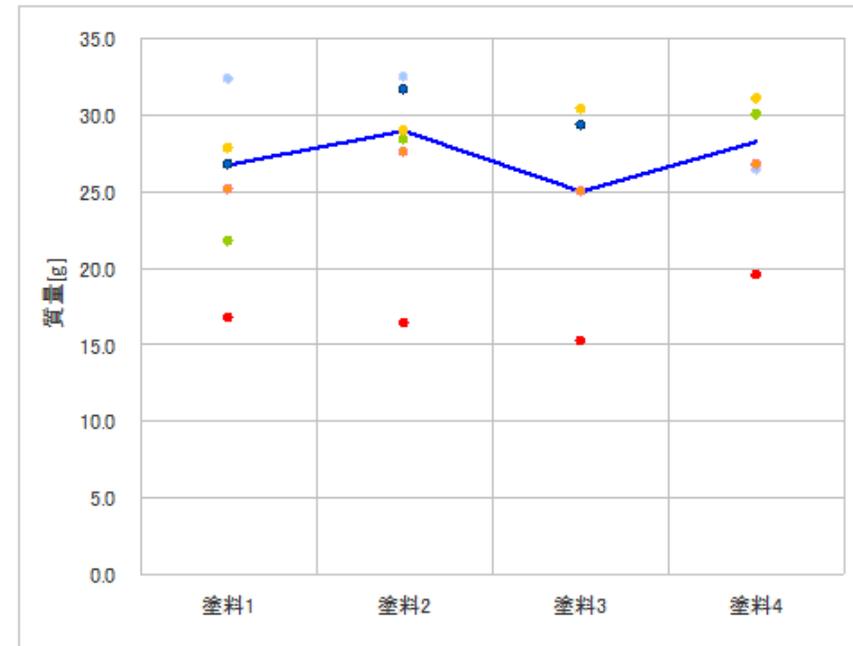
親水性試験

- 予め選定した4種の塗料より、親水性および撥水性の試験を実施
- 凍着力は、付着力試験装置で計測したせん断応力
- 塗料3、4が塗料1、2に比して20%低い



撥水性試験

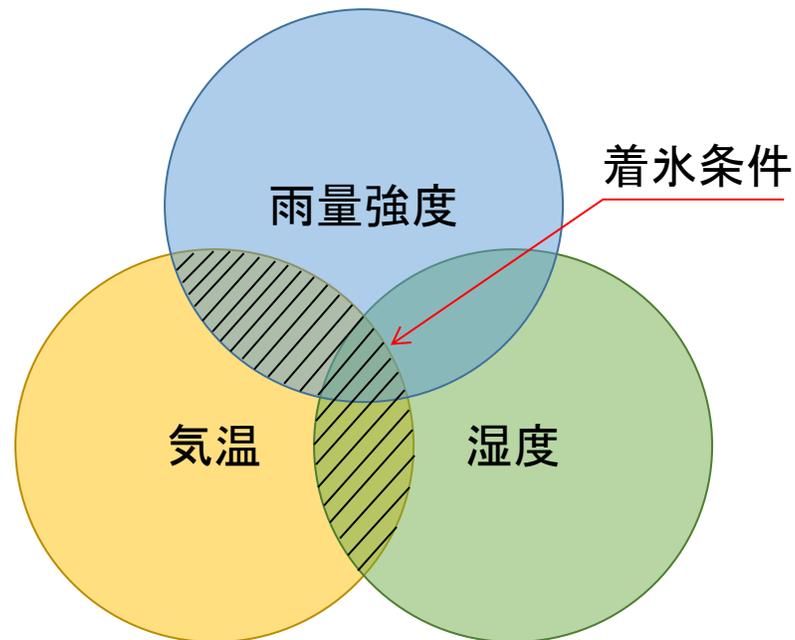
- 縦軸は試験体に付着した氷の質量。着氷質量は、塗料3が最も小さい



日本の取り組み（寒冷地風車の着氷対策）

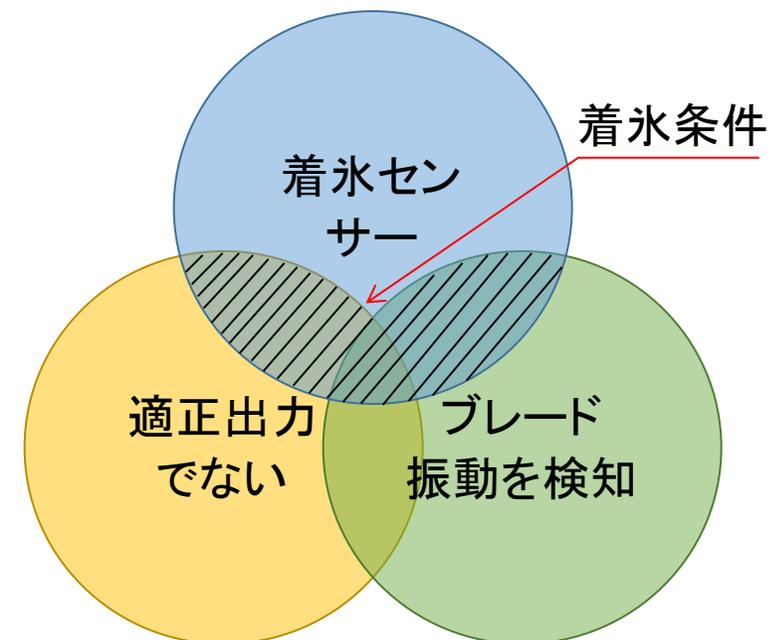
着氷予測

- 温湿度計と感雨計を用いて、着氷環境を判断し、運転を停止する



着氷検出

- 着氷センサーと風速に対する発電出力値およびナセル内の加速度計で運転状況を判断する





ありがとう
ございました

株式会社駒井ハルテック