

2021年度成果報告会

分野：風力・海洋

風力発電等導入支援事業／ 着床式洋上ウィンドファーム開発支援事業／ 着床式洋上ウィンドファーム開発支援事業 （洋上風力発電設備にかかる落雷リスク）

【委託】

（株）東洋設計
（学）中部大学

【再委託】

（国）東海国立大学機構 岐阜大学
（学）足利大学 足利大学
（株）応用気象エンジニアリング

問い合わせ先
株式会社 東洋設計 西沢良史
E-mail:yoshifumi.nishizawa@toyosk.co.jp
TEL:03-6662-7511

事業概要

1. 期間

開始 : 2020年10月
終了（予定） : 2023年2月

2. 最終目標

- ① 洋上落雷リスクマップの作成
- ② 洋上風力発電設備の有効な落雷対策法の提示
- ③ 洋上風力発電設備の状態遠隔監視手法の開発

3. 成果・進捗概要

- ① 運用中の陸上風力発電設備で観測されている落雷データ（冬季雷地域を中心としたデータ）を入手し、落雷位置標定データと合わせ、分析を開始した。また、一部離島（洋上相当）の高構造物に落雷計測装置を設置し観測を開始した。
- ② 既存文献や報告書等を調査し、これまでの雷被害関連データを集約して整理した。その結果に基づき、国内外で行う今後の調査項目について整理した。
- ③ カメラを用いたシステムについてはデモ機を完成させ、試験観測を開始し、課題の抽出・改善を実施。その他、狭域での落雷検知・電荷量を算出するシステム設計・制作に取り掛かり、一部実験室レベルでの検証を終えた。

はじめに

事業の目的

洋上風力発電の事業化を加速するために必要な情報の収集や支援として、我が国の厳しい気象条件の一つである落雷に関して、洋上風力発電設備にかかるリスク等を明らかにすることを目的とし、リスクマップ及びリスクを最小限とするために必要な手法を取りまとめて提示する。

本事業では以下の項目を実施する。

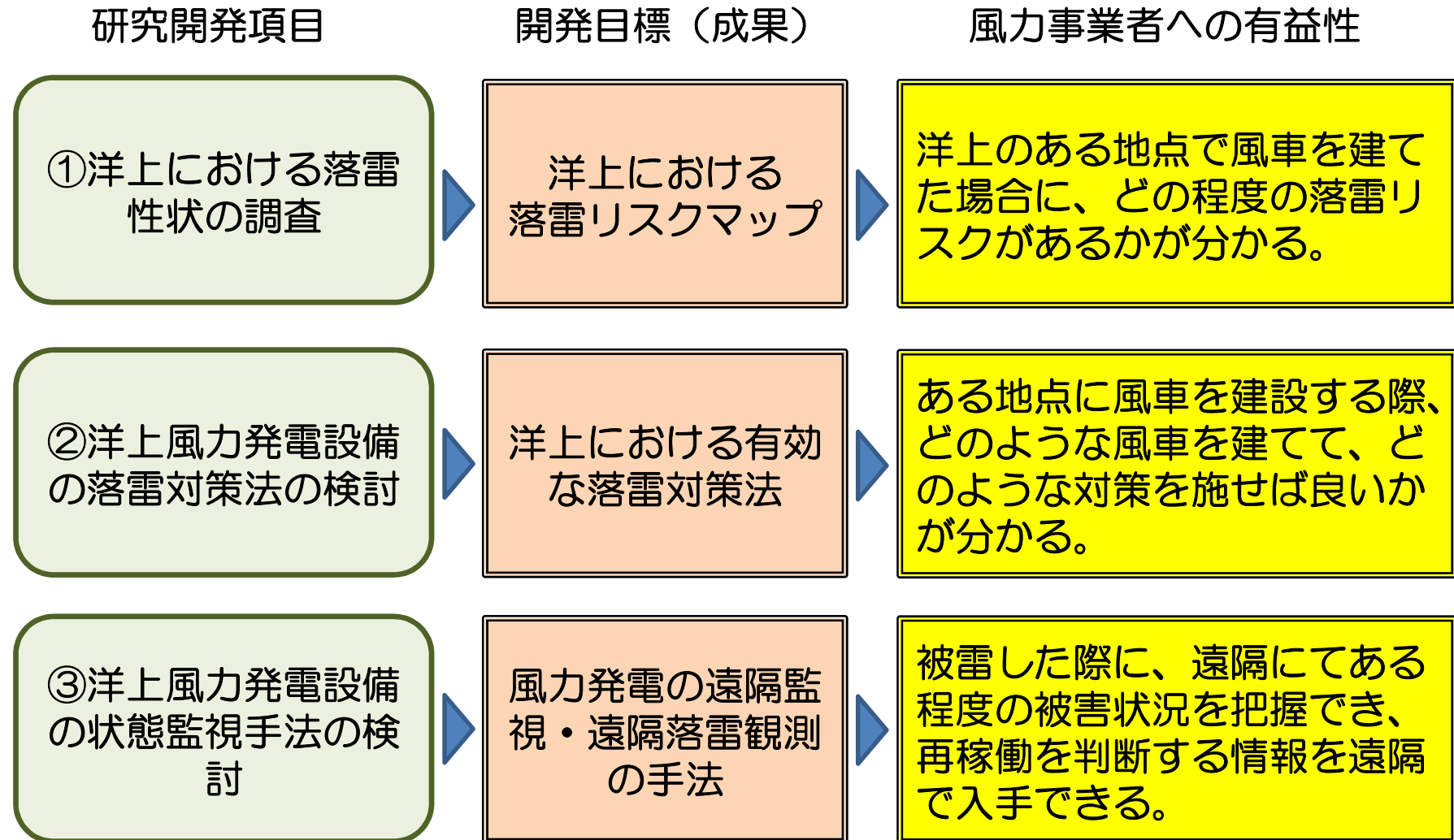
- ①洋上における落雷性状の調査（CU, TO, OU）
- ②洋上風力発電設備の落雷対策法の検討（TO, OU）
- ③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討（CU, GI, AS）

ただし、CU：中部大学、TO：東洋設計、OU：応用気象エンジニアリング、GI：岐阜大学、AS：足利大学

本事業は、2020年度～2022年度の3年間で計画されており、本報告は、3年事業のうち1年目の報告である。

はじめに

研究開発の目標

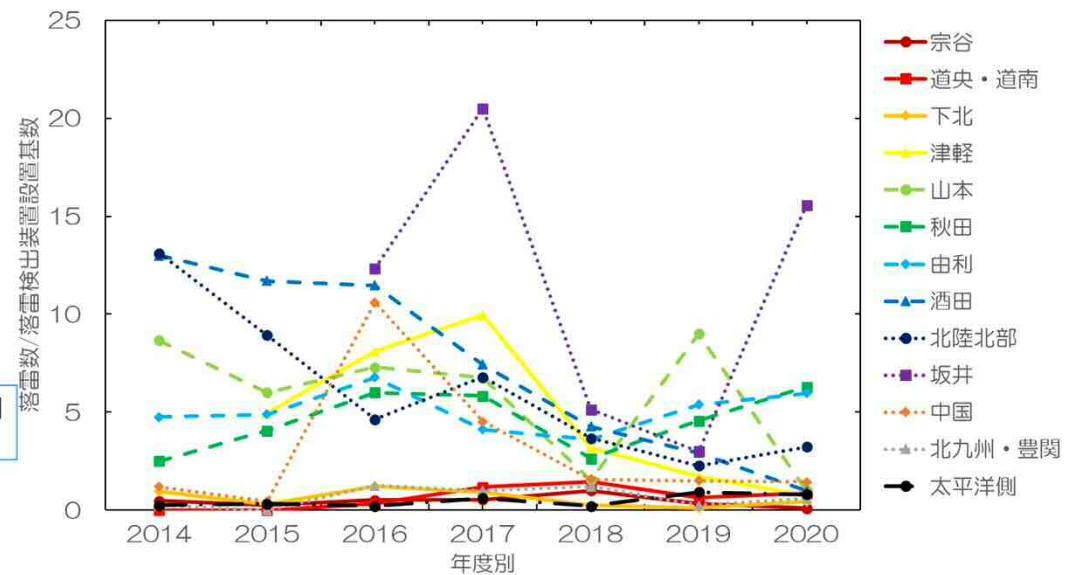
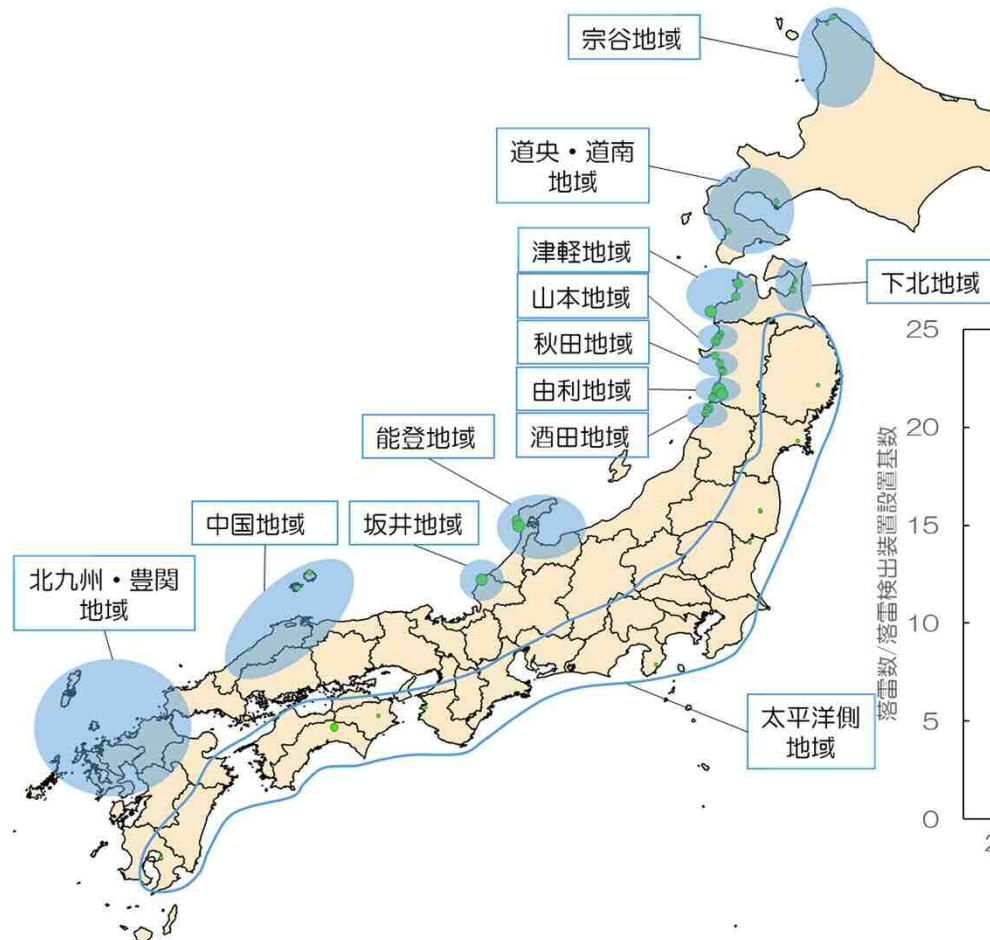


①洋上における落雷性状の調査

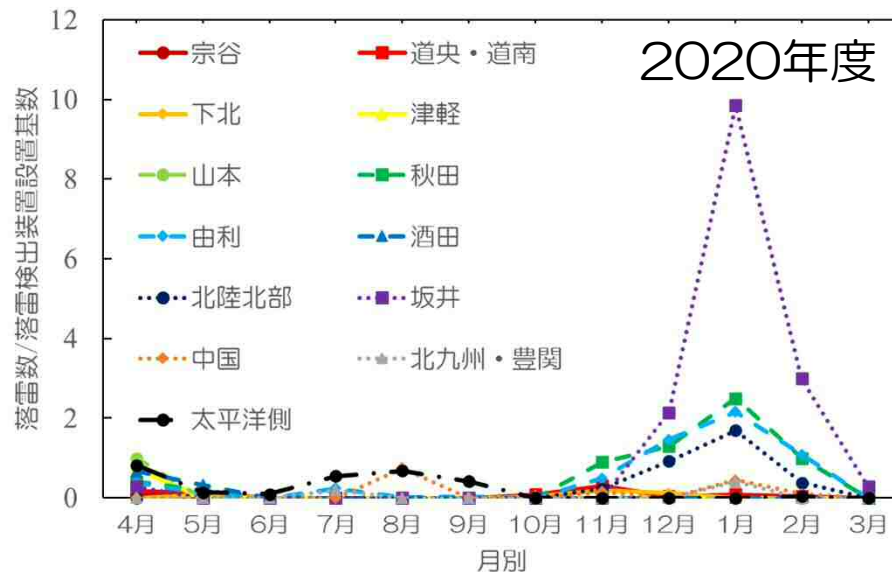
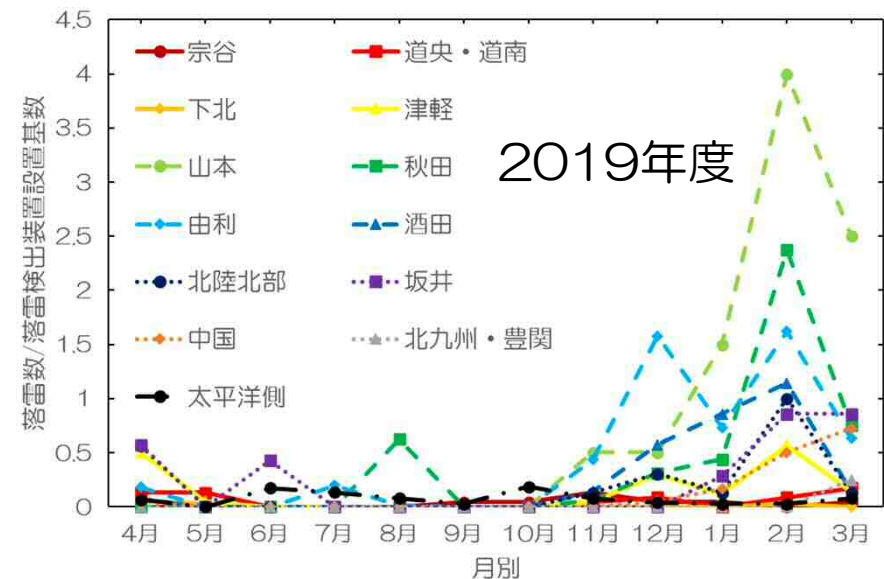
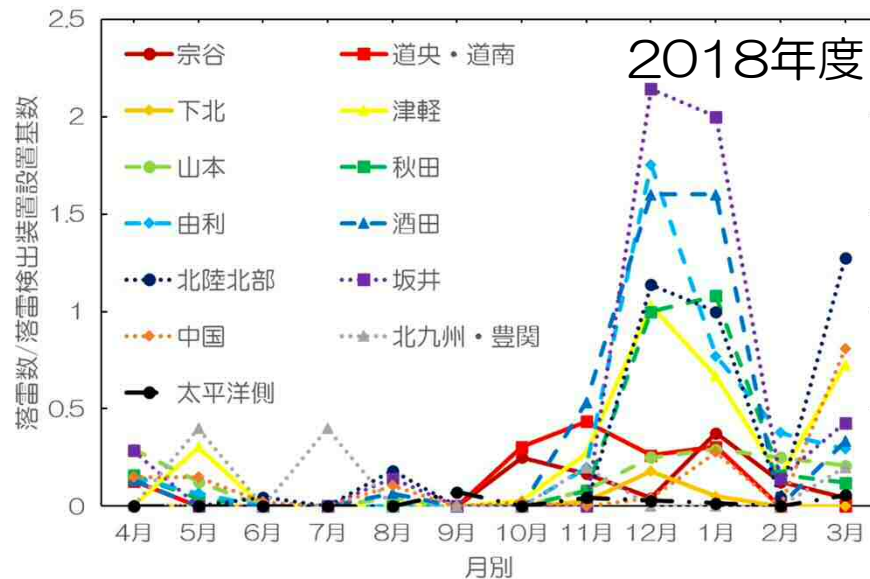
沿岸部を中心とする風力発電設備への落雷

日本海沿岸の冬季雷地域を中心に78サイト、464基分の風車への落雷データを整理・分析を開始

日本海沿岸の冬季雷地域を中心に、78サイト、464基分の風車への落雷データ（6225回）を収集、それらのデータの整理・分析を開始。



①洋上における落雷性状の調査



- 雷の多い地域は毎年変化（1日で数十回の落雷が一つの風車に発生することもある）
- 九州や北海道は落雷特性を精度よくデータ収集できる落雷検出装置がまだ少ない
- 多くの地域では11月以降に冬季雷シーズン開始、12月から1月にピークとなることが多い
- 一冬に50回以上の落雷を受けた風車も

各地域の風車1基あたりの月別落雷数

①洋上における落雷性状の調査

落雷リスクマップの検討

LLSデータと風車への落雷データを
比較分析し冬季雷地域を確定

冬季の落雷位置標
定 シ ス テ ム
(LLS) のデータ

10kA以下の最大
電流値の小さな冬
季雷を見逃してい
ることが多く風車
への落雷の多くの
逃している

風車への落雷の
データを用いLLS
データの補正

十分なデータ数あり、
風車が建っていない
場所を補完

全国の風車への信頼
できる落雷データ

- 1.信頼できる落雷検出装
置が普及し始めて日が浅
く、データ数が不足
- 2.風車が建っていない場
所は検証できない

①洋上における落雷性状の調査

洋上相当での雷観測

洋上の落雷リスクの推定にあたり、実洋上風力のデータは乏しく、算出されたりリスクの妥当性を確認するためにも、洋上相当の構造物での雷性状調査を実施

観測地点

- 離島の既存鉄塔：機器設置済

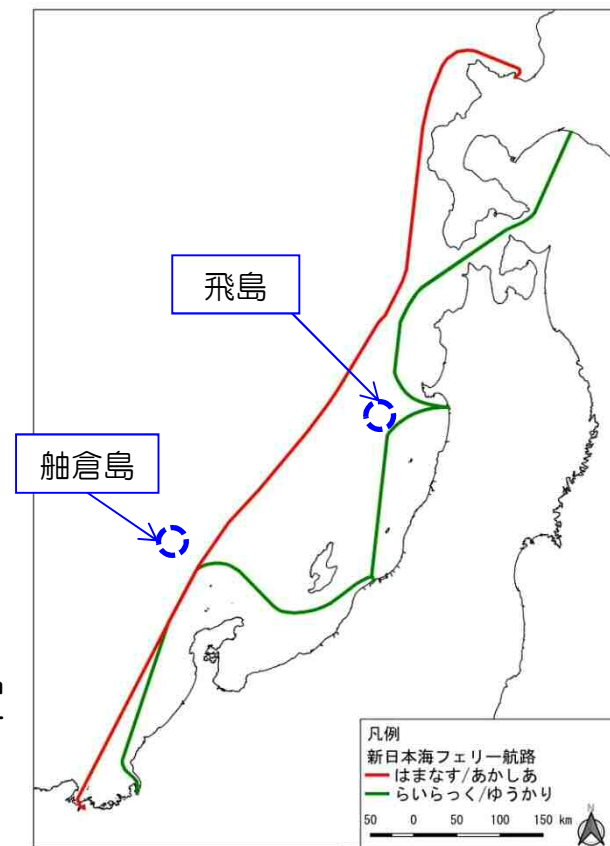
日本海沖合の離島にて雷観測を実施する。

対象地点：飛島（山形県）、舳倉島（石川県）

理由：東北～北陸の冬季雷地域で小面積の離島



- 移動体観測（定期船）：2021年9月より観測予定
日本海を運航する船舶上で雷観測を実施する。
対象航路：舞鶴～小樽、敦賀～苫小牧



②洋上風力発電設備の落雷対策法の検討

洋上風力発電設備の落雷対策法の検討方法

既存の報告資料を中心に、（陸上風力の）落雷被害・事故データを収集、既存文献調査と合わせて有効な対策・点検手法を抽出する。
洋上での課題や対策の適合性を検討するため、洋上事業者や有識者へヒアリングを行う。

●既存の報告資料

	事故報告委員会、報告資料等	資料範囲
1	電力安全小委員会 新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ	2013年(第1回)～ 2020年(第25回)
2	経済産業省 電気保安統計 各産業保安監督部 電気事故情報	平成12年～平成30年
3	北海道における風力発電の現状と課題 北海道産業保安監督部	平成17年～平成22年 平成26年～令和1年
4	JWPA 風車事故報告	2001年～2020年
5	NEDO 風力発電故障・事故調査委員会 報告書	平成18年～平成22年
6	NEDO 落雷保護対策	平成20年～平成24年

整理するポイント

項 目	確認項目
仕様等	機種・配置・ブレード/SPD等の 対策仕様等
被害状況	発生日時、天候、稼働状況、被 雷位置、破損状況等
修理対応	修理内容、停止期間、費用等
対策	再発防止策等あるか
保守点検	普段の保守点検体制、被害前 後で変更した点等

●文献調査

既存の雷対策・被害報告・対策に関する研究等、広く文献を調査

②洋上風力発電設備の落雷対策法の検討

既存の落雷データ・被害状況等の収集例

●被害データ整理例

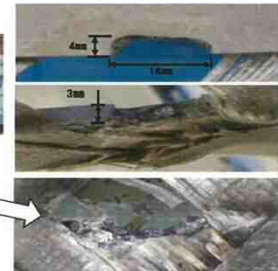
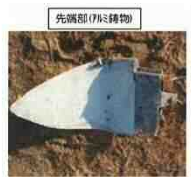
事故報告抜粋

風車情報	サイト名	
	風車No	
	風車情報	
	ブレード情報	
事故情報	雷検出装置	
	風車No	
	被害日時	
	被害時刻	
	雷検出時刻	
	天候	
	ピーク電流(+)	
	ピーク電流(-)	
	電荷量	

1) 落雷の状況(ライブカメラの映像から抜粋)



2) 風力発電機の被害状況



●文献収集例

収集項目	資料数	概要
風車の被雷 (洋上風車雷 事故)	17	海外事例では雷撃によるブレードの 損傷報告はあるが、ブレード飛散等 の発生・事故分析報告はない。
雷リスク・ 分布	22	LLSでの雷密度、上向き雷増加率で のリスク評価が多い。
雷観測・雷性 状(冬季雷)	37	海外論文は主としてタワーでの上向 き雷観測。海陸の雷性状比較は、 LLSでの実施報告例がある
CFRP、汚損 ブレード等	17	汚損されたブレードへの着雷実験で は、沿面放電が発生し表面貫通の報 告がある（実雷の影響不明）。
雷対策・保守	46	新規雷対策の研究事例等

②洋上風力発電設備の落雷対策法の検討

ヒアリング調査

洋上で有効な落雷対策法を整理する等、国内外の洋上風力発電に関する知見を集約することを目的に、主に海外事業者・有識者を対象とするヒアリング調査を行う

●調査対象

- 1) 海外のメーカー・事業者
- 2) 海外の有識者
- 3) NEDO事業等
洋上風力の実証試験事業者（及び報告書）

●ヒアリング項目

- 1) 対策・保守の事例について、雷保護の考え方
事故事例について
- 2) 海外の落雷に対する考え方、規格・法規制の流れ
対策等の研究情報について
- 3) 実証事業の中での落雷に関する課題・トラブルの有無、
洋上風力で求められる雷対策に関する要件
陸域の事例を元に抽出した落雷対策の洋上での適応性

③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討

カメラを用いた監視システムの構築

カメラシステムの特徴

落雷位置や故障状態を遠隔で判別可能なカメラ（超高感度グローバルシャッターカメラ）を用いて、監視システムを構築する。

①グローバルシャッター

- ・一眼レフカメラのバルブ撮影と等価な動画撮影が可能
→閃光を逃すことなく撮影

②超高感度

- ・炎天下～暗黒までダイナミックレンジが非常に広い（60dB以上）
→夜間でも照明光不要、自然光下で閃光に加え風車や周辺状況も撮影

③近赤外線撮影モード

- ・霧などで可視光では見えない状況下でも鮮明に撮影

④撮影パラメータ外部制御可

- ・絞り、感度ゲイン、ガンマ等々、全ての撮影パラメータを最適な組み合わせで撮影

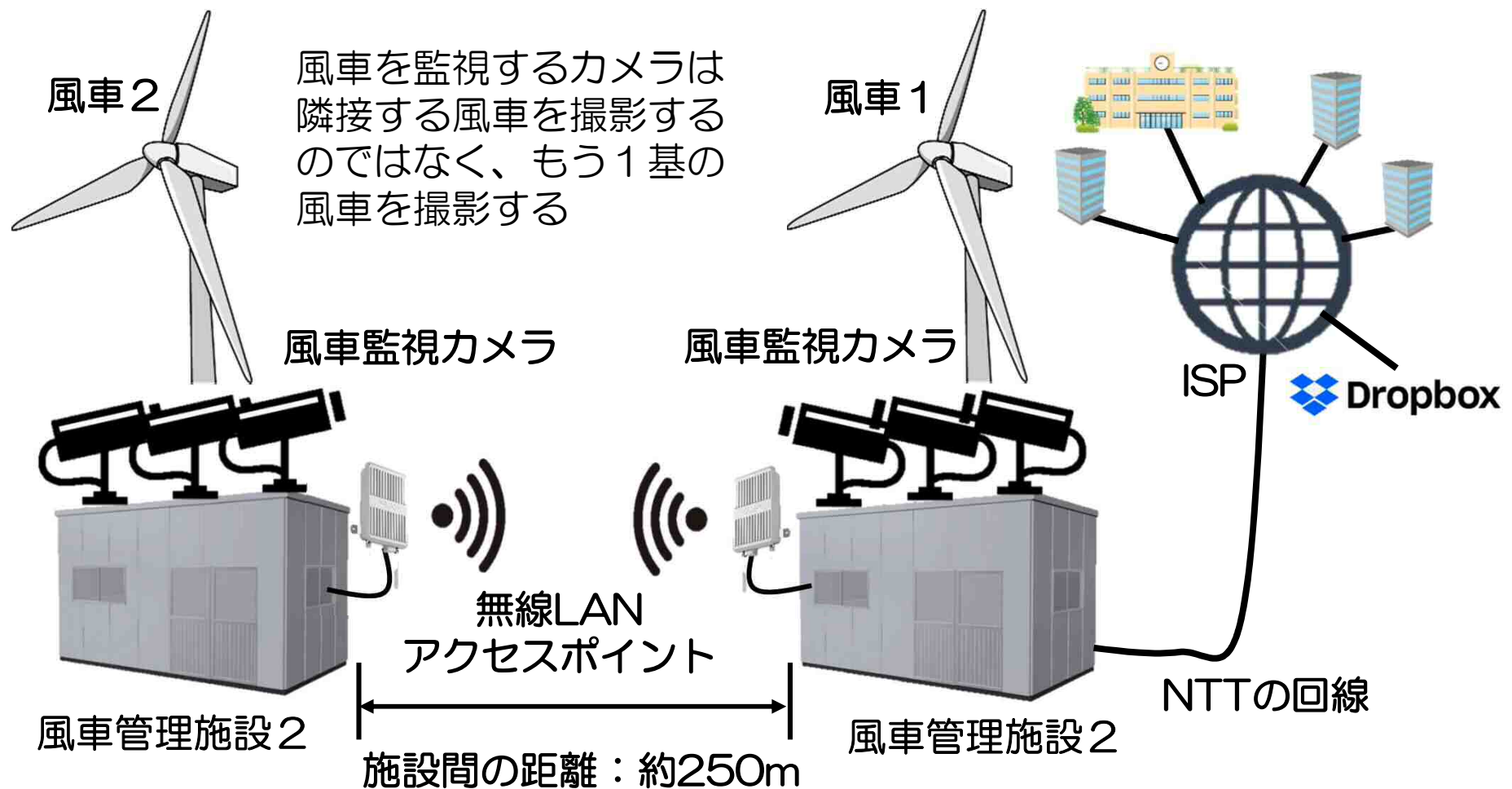
陸上の風力発電設備にて実証

システムの製品化

③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討

カメラを用いた監視システムの構築

機器構成



③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討

カメラを用いた監視システムの構築

機器構成

カメラ本体はすべて

フルHD(1920x1080)、30fpsの可視光～近赤外線までの高感度グローバルシャッターカメラ

カメラA

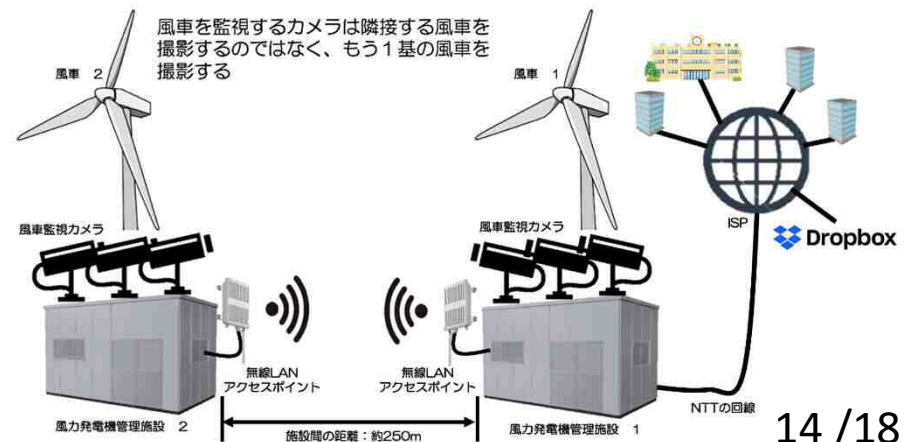
- 落雷時の稲妻の軌跡を撮影するためにNDフィルタ（色合いを変えずに光量を落とすフィルタ）を取り付けている

カメラB

- 落雷時にカメラAの画像と合わせ落雷位置を測定するため風車の向き、回転半径を撮影するカメラ（現在はNDフィルタなし）

カメラC

- 近在の他の風力発電所を遠景から監視するカメラ 1号機が南側、2号機が北側を監視中



③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討

カメラを用いた監視システムの構築

落雷捕捉の一例

(Aカメラ落雷発生時)



(Bカメラ落雷発生時)



←夜間のAカメラでとらえた落雷と昼間のBカメラの画像を合成したサンプル

現在は手動での合成であるが将来的には落雷点の自動検知ができるよう改良

③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討

狭域での落雷位置標定システムの構築

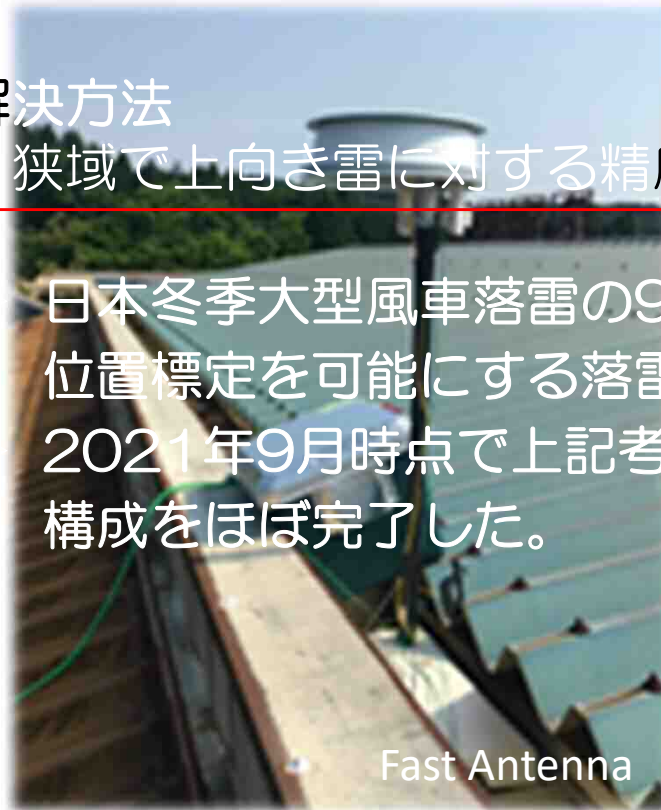
課題

洋上WFにおいては落雷計測にかかるコストが高い。
既存のLLS活用が考えられるが、冬季雷に多いとされる上向き雷
の補足精度が課題。

解決方法

狭域で上向き雷に対する精度が高いLLSを開発する。

日本冬季大型風車落雷の9割以上を占める上向き雷の識別・
位置標定を可能にする落雷位置標定方法を考案。
2021年9月時点で上記考案方法を実現するためのシステム
構成をほぼ完了した。



Fast Antenna



Discone Antenna

③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討

地上静電界計測による雷電荷量推定システムの構築

主目的：

遠隔での雷電荷量の簡易推定法開発

(1): 静電界計測システムの開発

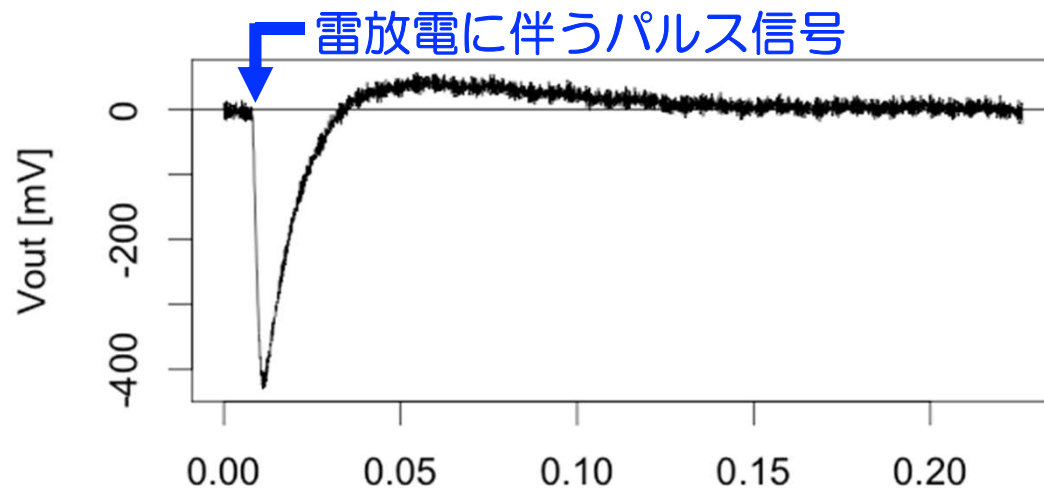
→ 開発完了、動作検証・改良は継続

(2): 北関東での試験観測

→ 2021年夏季に実施

(3): 冬季雷地域での実証試験

→ 2021年冬季の観測を準備中



2021/08/12 22:35:08.3664[UT]に取得した
雷放電に伴うパルス雷信号



センサーシステムの外観

最後に

今後のスケジュール

	2020年度	2021年度	2022年度
①洋上における落雷性状の調査	洋上落雷リスクマップの作成 洋上相当の雷観測		洋上落雷リスクマップの補正
②洋上風力発電設備の落雷対策法の検討	文献等収集・整理	ヒアリング	有効な雷保護対策の整理
③洋上風力発電設備の状態監視手法の検討	各監視システム検討・構築	運用テスト（実証・改良等）	状態監視手法整理

ご清聴ありがとうございました