



# 風車耐雷性能向上に向けた試み と今後のシナリオ

山本 和男(中部大学)

2019年1月21日

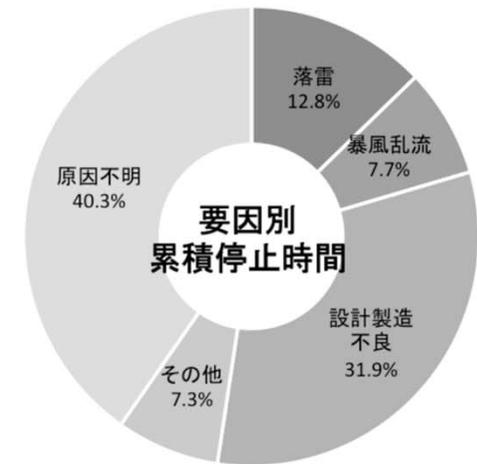
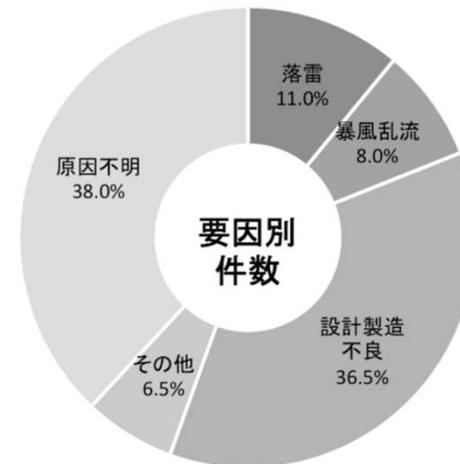
# 自然災害のリスク

風力発電事業の健全性を損なう気象現象には、**台風**、**乱流**、**落雷**などがあり、ブレードや電気電子機器の損傷、風車の倒壊被害が発生している。特に**落雷**による風車の被害は近年問題視されている。

風車故障・事故の要因分析(2008～20014 年度)

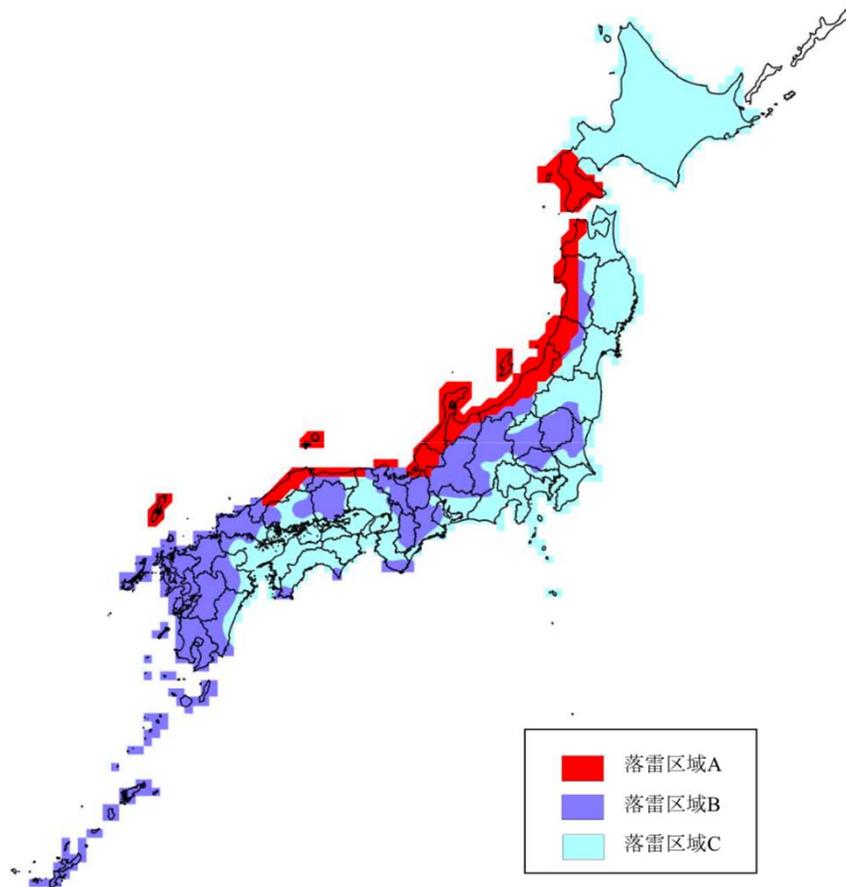
## 故障・事故発生原因の大分類

本報告での大分類	NEDO 報告書記載事例
落雷	落雷
暴風乱流	暴風, 乱流, 竜巻, 特異風況
設計製造不良	設計不良, 製造不良, 施工不良, メンテナンス不備, 経年劣化
その他	浸水, 地震, 動物, 振動, 凍結, 塩害, 塵埃, 系統故障, 短絡, 偶発的な故障, 機器異常・誤動作
原因不明	特定できず, 調査中



\* 安田他, 「修理コストと停止時間の相関に着目した風車雷事故統計分析」, 電気学会高電圧研究会資料, HV-16-037

# 自然災害のリスク(雷)



「風力発電のサイト適合性評価手法 2015.3  
JEMA」から抜粋

基数ベース A: 25.5 %  
B: 25.6 %  
C: 49.6 %

¼以上の風車が冬季雷  
地域に建設されている!

容量ベース A: 28.8 %  
B: 24.6 %  
C: 46.7 %

# 落雷検出装置の性能評価方法の確立

雷撃により風車ブレードが被害を受けるケースが多発

## 技術基準の解釈の一部改定(2015.2)

冬季雷地域では

- (イ) 風車への雷撃の電荷量を600クーロン以上と想定して設計すること
- (ロ) 雷撃から風車を保護する効果が高く、かつ、容易に脱落しない適切なレセプタを風車へ取り付けること
- (ハ) 雷撃により生ずる電流を風車に損傷を与えることなく安全に地中に流すことができる引き下げ導体等を施設すること
- (ニ) 風車への雷撃があった場合に直ちに風車を停止することができるように非常停止装置等を施設すること。

落雷の誤検知、非検知が多く、性能向上が早急の課題

NEDO スマートメンテナンス技術研究開発(雷検出装置等の性能・評価技術の開発)により、**落雷検出装置の性能評価方法確立**(2018.3)

# 落雷検出装置の性能評価方法の確立

現状，風車への落雷を検出する装置として設置されている各種の検出装置を選定



## 雷検出装置の種類

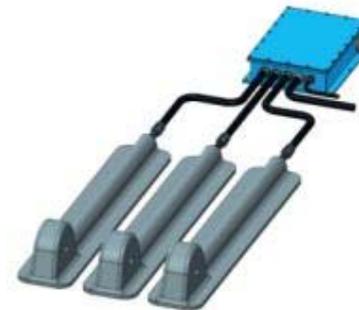
大口径ロゴスキー・タワー型  
(4種類)



ソレノイド・タワー型 (3種類)



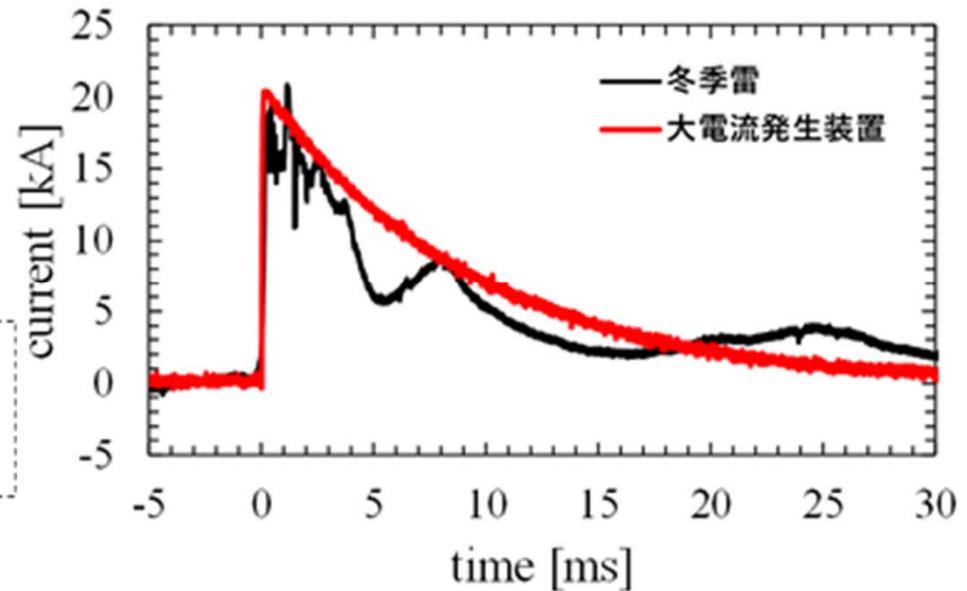
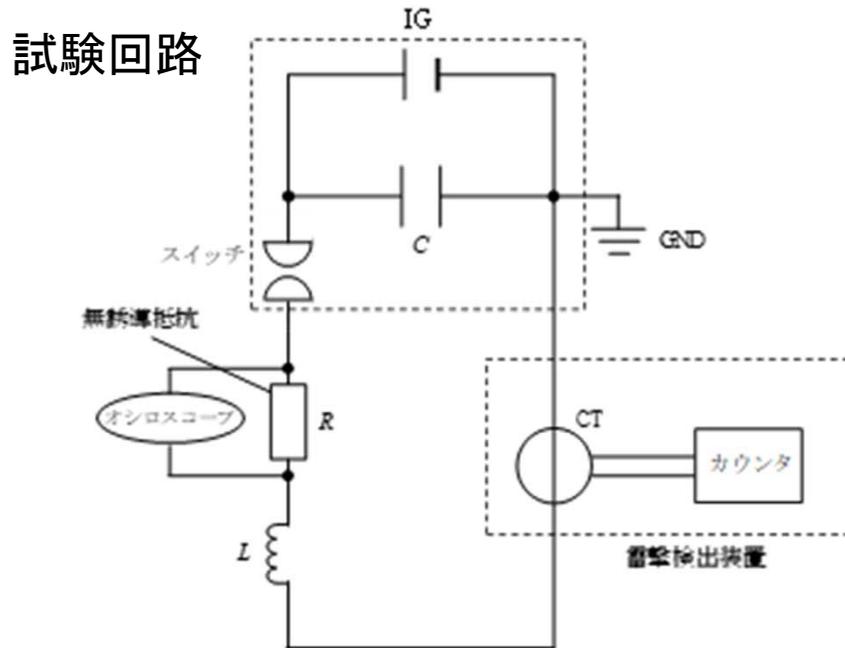
小型ロゴスキー・ブレードダウンコンダクタ型  
(2種類)



CT・接地線型  
(3種類)



# 落雷検出装置の性能評価方法の確立

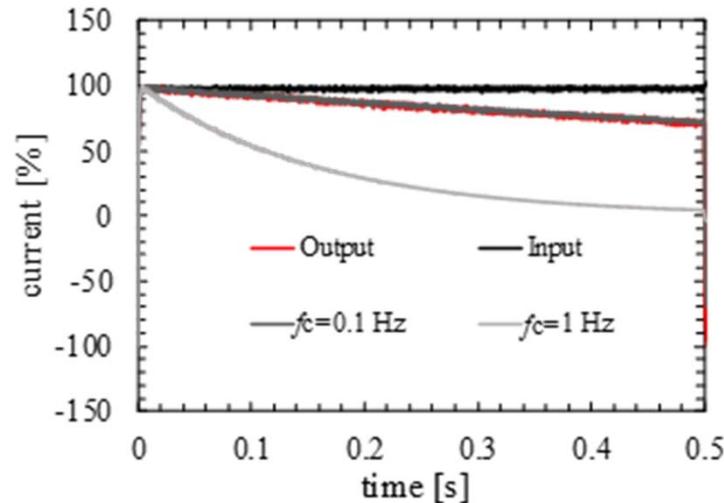


冬季雷電流波形と長波尾大電流発生装置の出力電流波形の比較

- 冬季雷は夏季雷に比べて波尾長(電流持続時間が数十ミリ秒)が長いいため、冬季雷を検出できる大電流雷検出装置の評価には特殊な大電流発生装置が必要。

# 落雷検出装置の性能評価方法の確立

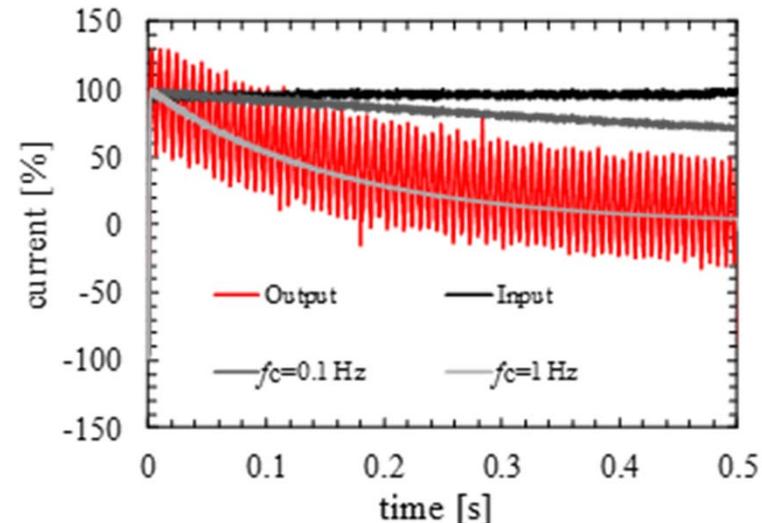
- 低周波数領域の雷電流測定精度確保にはステップ応答特性の評価も重要  
(冬季雷のような波尾の長い雷電流を精度よく検出するにはステップ波の入力(黒の実線)に対し、検出装置の出力(赤の実線)が波尾部で追従できている必要がある)



低域カットオフ周波数: 0.1Hz

ノイズ: 小

落雷検出装置 (J)



低域カットオフ周波数: 1Hz

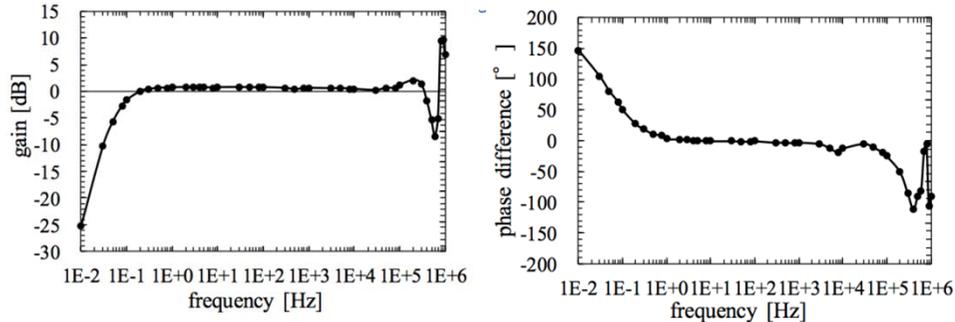
ノイズ: 大

(K)

落雷検出装置のステップ応答特性

# 落雷検出装置の性能評価方法の確立

➤ 検出装置の性能を把握するにはまずは周波数特性を取得することが重要



落雷検出装置Jの周波数特性取得結果の例

実フィールドにおいて実雷検証



出典: 国土地理院ウェブサイトのデータに加筆



出典: 研究実施者撮影

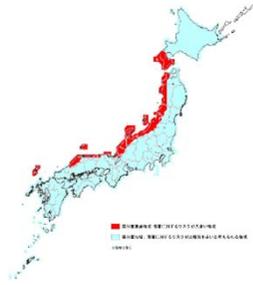
➤ 実フィールドにおける実雷検証結果

	雷撃検出装置	検知回数	捕捉率	誤検知回数
大口径 ロゴス キ・タ ワー型	G	13	100%	2
	I	10	77%	0
	J	13	100%	0
	K	8	62%	4
CT・接地 線型	A	9	69%	2
	C	4	31%	-
ソレノイド・タ ワー型	D	11	85%	0
	E	13	100%	2
	F	-	-	-

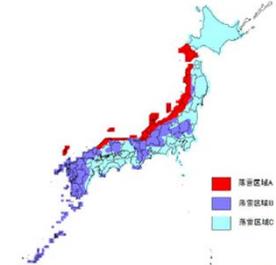
落雷と断定できる回数は13回あり、捕捉率 = 検知回数 × 100/13 (%) で計算した。

# 風車雷対策規格の改定の動き

NEDO 日本型風力発電ガイドライン(落雷対策編)2008.3など



「風力発電のサイト適合性評価手法」2015.3 JEMA」



JIS C 1400-24:2014でJクラスが規定

技術基準の解釈の改定(2015.2)

IEC 61400-24(現在FDIS版完成)

省エネルギー等国際標準開発「風力発電システムの雷保護等に関する国際標準化」

1. JIS C 1400-24:2014の改定作業開始
2. 付属書「落雷検出装置」が規定として追加予定(付属書の内容をもとにIECにNP提案予定)

NEDO スマートメンテナンス技術研究開発(雷検出装置等の性能・評価技術の開発)により, 落雷検出装置の性能評価方法確立(2018.3)

# 風車雷対策規格の改定の動き

IEC規格に準拠する最新風車は600Cの雷に耐えることができるように設計されている



ただし、レセプタに正常に着雷することを想定したものであり、異常着雷を想定したものではない



日本のみならず世界の風車に精度の高い落雷検出装置が設置されれば、風車自身の耐雷性能の向上につながる

# ダウンコンダクタの断線検出方法の確立

定期安全管理審査開始(2017.4)

ブレード内ダウンコンダクタの断線検査必須

約5%のブレードでダウンコンダクタが断線していることが明らかに

しかしながらダウンコンダクタは密封状態で断線位置不明

断線位置を精度よく検出できる安価な手法の確立が必須

# ダウンコンダクタの断線検出方法の確立

➤ ダウンコンダクタの断線及びその位置を特定する手法(4方式)のを考案し実用化

(1) 進行波を送りその反射波により断線位置を検出する方法

ダウンコンダクタの根元からステップ波状の進行波を送り、その反射波から断線の有無、位置を特定。

(2) 2本のブレード間の静電容量の変化から断線位置を検知する手法

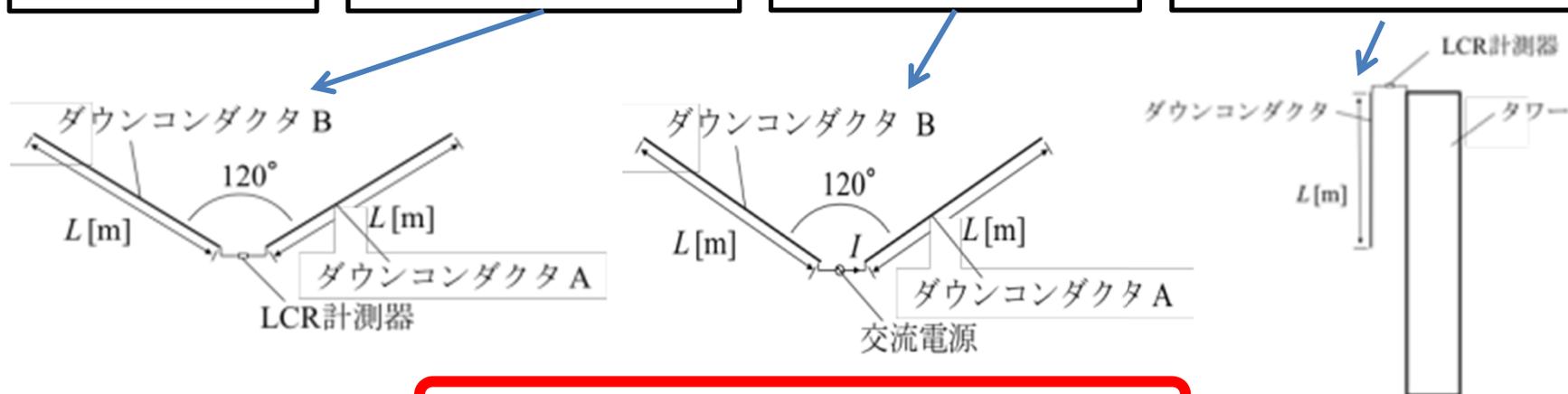
2本のダウンコンダクタ間の静電容量をLCRメータにより計測し、通常時のダウンコンダクタ間の静電容量と比較することで断線の有無、位置を特定。

(3) 2本のダウンコンダクタ間の共振現象を利用する方法

2本のダウンコンダクタをダイポールアンテナにみたくて、共振周波数を有する電圧を印加する。その時の電流の大きさにより断線の有無、位置を特定。

(4) ダウンコンダクタとタワー間静電容量の変化から断線位置を検知する方法

ダウンコンダクタとタワー間の静電容量をLCRメータにより計測し、通常時の静電容量と比較することで断線の有無、位置を特定。



実機における検証も終了し、実用化

# 今後の風車ブレード雷対策技術の向上のシナリオ

定期安全管理審査開始(2017.4)

定期的にブレード落雷痕などの情報が収集されるようになる

ブレードの内部構造等の特徴を含めた耐雷性能評価が可能になる

耐雷性能を向上させたブレードの開発

洋上・陸上問わず活躍が期待

落雷検出装置の性能評価方法確立(2017.4)

良質の落雷検出装置の普及拡大  
良質の落雷検出装置を分類可能

落雷データの収集がしやすくなる