

# 風力大量導入を支える被災地発 ウインドファーム安定運用支援技術の開発

福島県再生可能エネルギー関連産業推進研究会 令和元年度第1回風力分科会



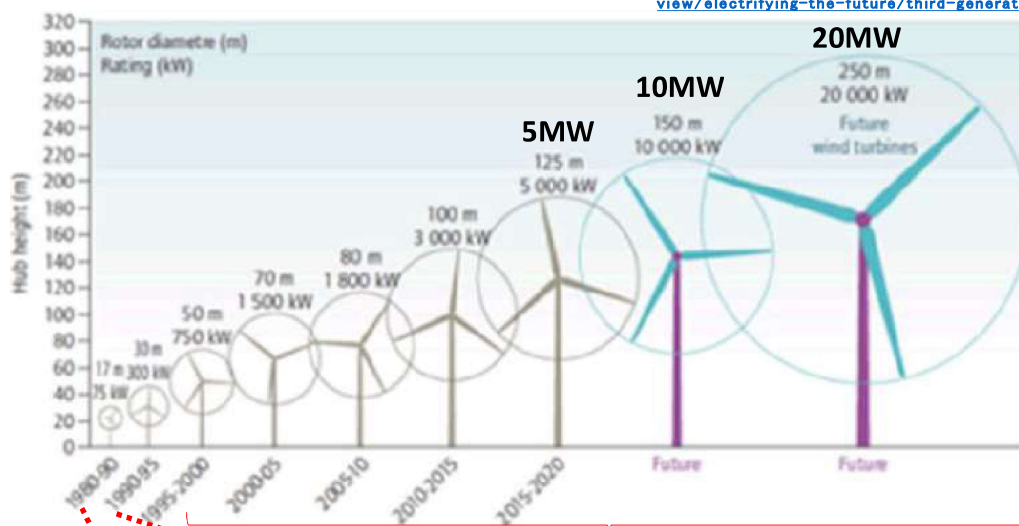
・日時: 令和元年9月5日(木)  
14:55~15:45

株式会社北拓 取締役副社長 吉田 悟

(国研)産総研 FREA「平成31年度被災地企業等再生可能エネルギー  
技術シーズ開発・事業化支援事業」代表法人

## 世界における風力発電の状況

出典: DNV・GL Rated power and rotor size  
<https://www.dnvgl.com/technology-innovation/broader-view/electrifying-the-future/third-generation-wind-power.html>



デンマークの  
エネルギー  
政策として  
開発が開始。  
30kW程の風車



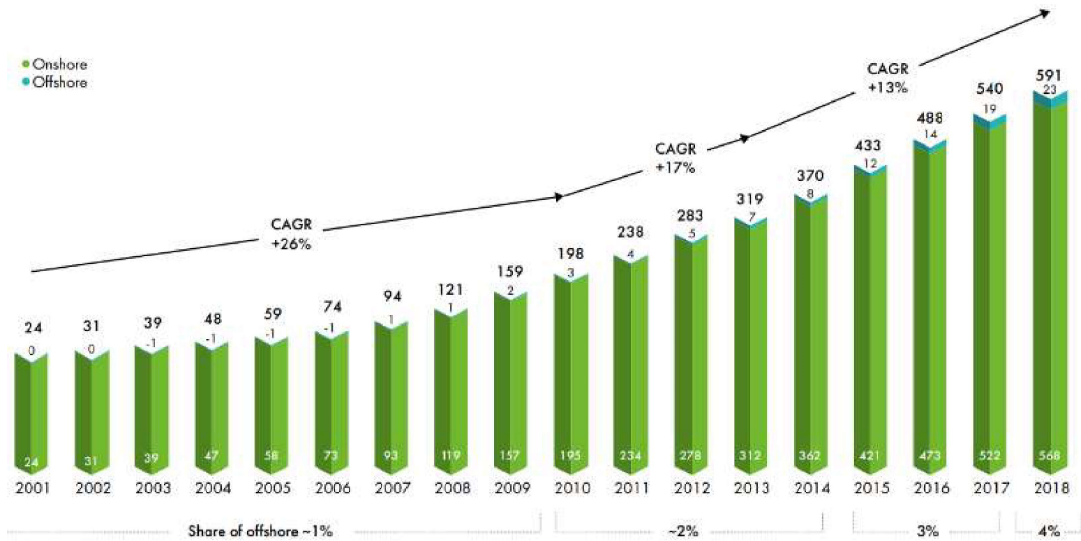
デンマークで  
100kW程の風  
車から実用化



その後、200kW→500kW →  
750kW → 1000kW →  
1500kW → 3000kWと  
凄まじい速度で開発

## 世界における風力発電の状況

### 世界の風力発電の設備容量 <世界風力会議 (Global Wind Energy Council:GWEC)>

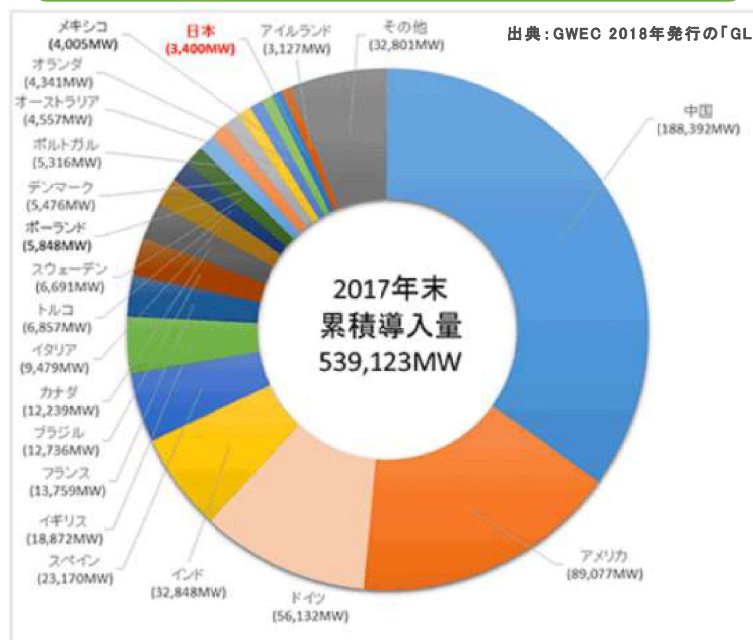


出典: GWEC 2019年発行の「GLOBAL WIND REPORT 2018 - Historic development of total installations」

2018年（2018年12月末まで）の世界の風力発電の設備容量は、  
**2017年の540GWから591GWに増加。**

## 世界における風力発電の状況

### 世界の風力発電の設備容量 <世界風力会議 (Global Wind Energy Council:GWEC)>



出典: GWEC 2018年発行の「GLOBAL WIND REPORT 2017」

1位は中国 188,392MW (34.9%)、2位はアメリカ 89,077MW (16.5%)、3位はドイツ 56,132MW (10.4%)、4位はインド 32,848MW (6.1%)、5位はスペイン 23,170MW (4.3%) だった。日本は 3,400MW\* (0.6%) で19位だった。  
 \*2017年12月末までの実績

## 世界における風力発電の状況

### デンマーク Denmark



デンマーク政府が補助金で開発された風車をエネルギー政策として考えていた。

### ドイツ Germany

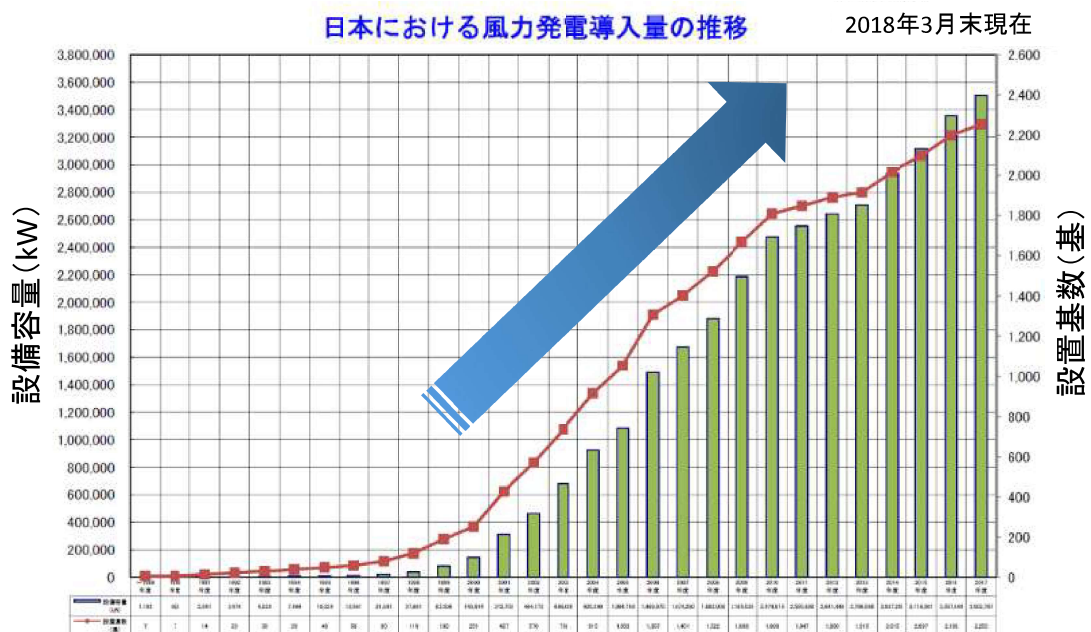


ドイツはいち早く脱原発を打ち出していたが、この時期と風車の開発時期が重なったこともありドイツはエネルギー政策を産業政策にラップさせたと考えられる。

⇒ ドイツは風車の産業政策を地域自治体、民間企業、国が一体となり進めて来た結果、現在の状況になっている

## 日本における風力発電の状況

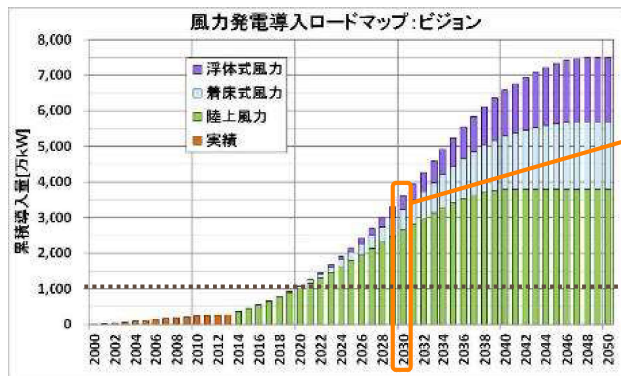
- 日本における風力発電導入量の推移を下図に示す。2017年度の日本の風力発電設備の導入量は、設備容量約350万kW、設置基数2,253基となっている。



出典:「NEDO日本における風力発電の状況」を基に北拓作成 <http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/reference.html>

## 日本における風力発電の状況

- 風力発電については、1997年度に開始された設備導入支援や2003年度のRPS法の施行以後、導入量が増加してきた。固定価格買取制度が2012年から導入されたが、大規模案件は買取制度と同時期に導入された**環境アセスメント**の影響もあり、現在、日本の風車は運転ベースで**約二千基を超え**設備容量は**約300万kW**であるが、今後アセスメント終了後のサイトから**随時建設され、2020年以後1000万kWが早期に達成見込み**である。



年度	風力発電導入実績と導入目標値 (万kW)				発電電力量 (億kW)
	合計	陸上	着床	浮体	
2010	248	245	3	0	43
2020	1,090	1,020	60	10	230
<b>2030</b>	<b>3,620</b>	2,660	580	380	840
2040	6,590	3,800	1,500	1,290	1,620
2050	7,500	3,800	1,900	1,800	1,880

国の発電導入見通し  
2030年に1,000万kWh  
(長期エネルギー需給見通し)

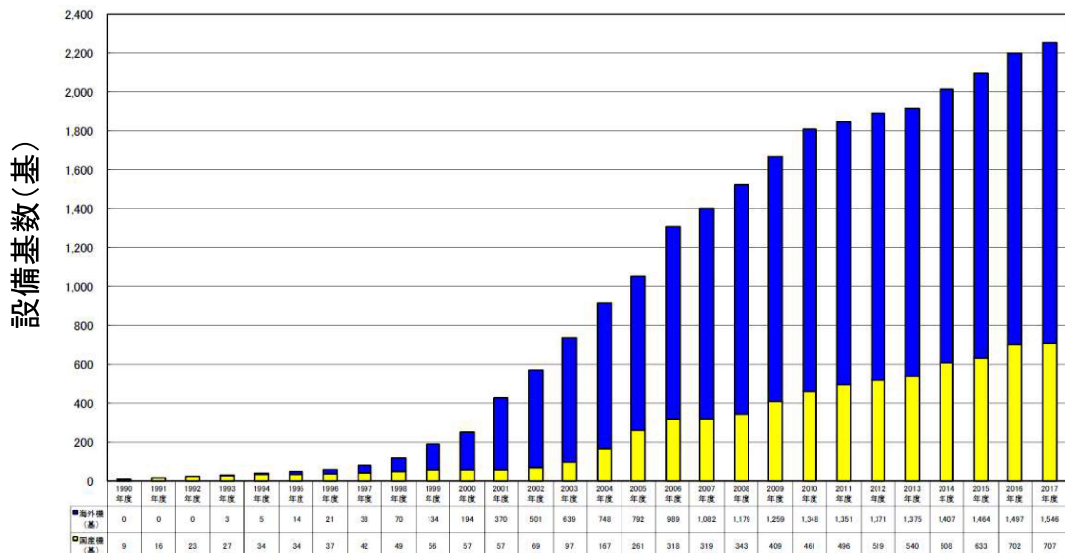
出典: 日本風力発電協会(JWPA)

## 日本における風力発電の状況

- 導入基数で見た国産機の割合でも、設備容量と同様、徐々に国産機の導入が進んだが、2017年度の**海外機の導入量は、全体の約69%** (2,253基のうち、海外機は1,546基) となっている。

### 海外機・国産機の導入基数の推移(累積)

2018年3月末現在

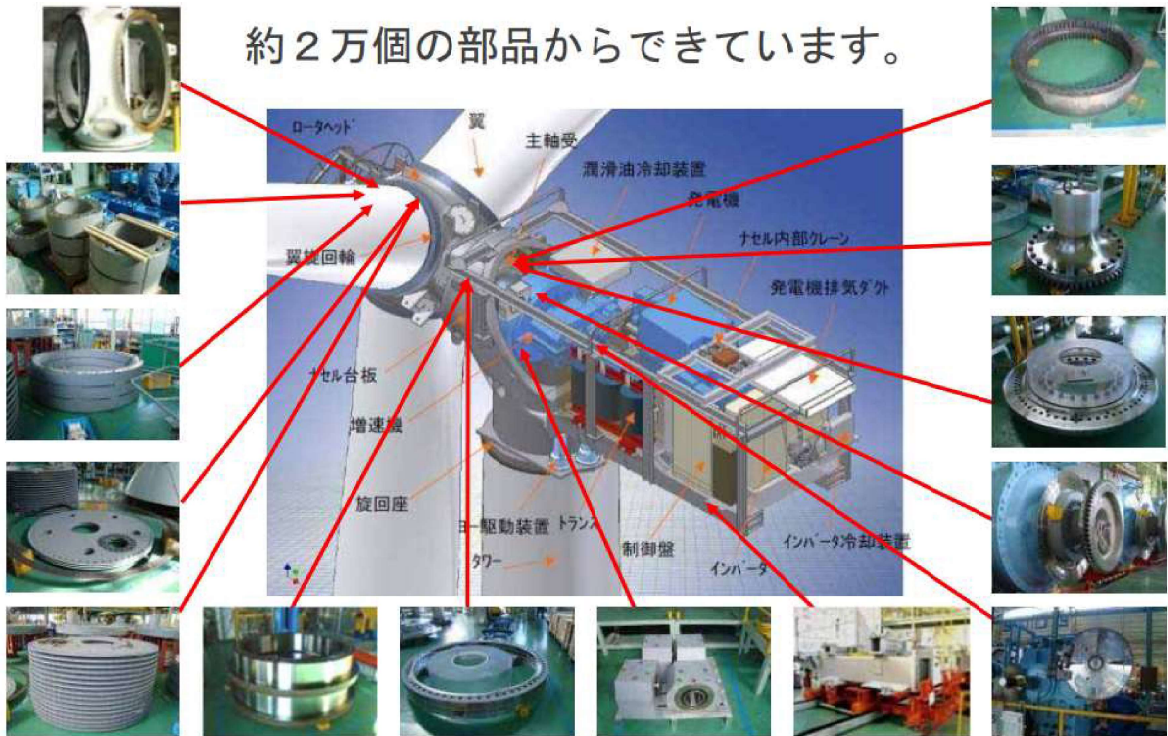




## 風力発電のメンテナンス

- 風車は多くの部品から構成 → すそ野が広い

約2万個の部品からできています。



## 風力発電のメンテナンス

- 主な業務内容
  - 機械制御系装置のメンテナンス・交換・修理
  - 駆動系装置のメンテナンス・交換・修理
  - 電気系統装置・配線類のメンテナンス・交換・修理
  - F R P 製装置のメンテナンス・修理
  - 高所作業
  - 機械、工具等の高所吊り下げクレーン操作
  - 風力発電設備制御用コンピュータ端末の操作

良好な保守管理状態を保つためには2～3メガ規模の風車で技術員1名が管理できる風車は延べ人数で計算すると3基程度である。



# 風力発電のメンテナンス

風車の高い稼働率を維持する為には **保守点検が必要不可欠** である。

定期点検



自主保安



定期安全管理審査



アベイラビリティーの向上



サイト特有の条件を考慮した  
オペレーション技術



適正な

- 各風車の運転・停止の指示
- 保安停止のタイミング
- 各種部品の交換周期
- 日本の季節を考慮した大型ユニット（増速機等）の交換時期
- …

# 保守メンテナンス技術者に必要な資格

No.	区分	資格	資格の解説等	免許	技能講習	特別教育	教育講習訓練
1	電気	第一種電気主任技術者	すべての事業用電気工作物の工事、維持及び運用	○			
2		第二種電気主任技術者	電圧17万V未満の事業用電気工作物の工事、維持及び運用	○			
3		第三種電気主任技術者	電圧5万V未満の事業用電気工作物（出力 5kW以上の発電所を除く）の工事、維持及び運用	○			
4		第一種電気工事士	最大電力500kW未満の自家用電気工作物の需要設備及び一般用電気工作物の電気工事	○			
5		第二種電気工事士	一般用電気工作物の電気工事	○			
6		低圧電気取扱	低圧（直流750V以下、交流600V以下）の充電回路の敷設、修理の業務等				○
7		高圧電気取扱	高圧（直流750V超、交流600V 超～7,000V 以下）、特別高圧（7,000V 超）の充電回路等の敷設、修理又は操作の業務				○
8	車両船舶	普通自動車	普通自動車免許	○			
9		大型自動車	大型自動車免許	○			
10		小型船舶操縦士	一級、二級、特殊	○			

## 保守メンテナンス技術者に必要な資格

No.	区分	資格	資格の解説等	免許	技能講習	特別教育	教育講習訓練
11	クレーン等	フォークリフト運転	最大荷重1 t 以上 最大荷重1 t 未満		○		
12		クレーン・デリック運転	つり上げ荷重5t以上（運転士免許） つり上げ荷重5t未満	○			○
13		移動式クレーン運転	つり上げ荷重5t以上（運転士免許） つり上げ荷重1 t 以上5 t 未満 小型移動式クレーン つり上げ荷重1 t 未満	○	○		○
14		揚貨装置運転	制限荷重5 t 以上（運転士免許） 荷重制限5 t 未満	○			○
15		床上操作式クレーン運転	つり上げ荷重5 t 以上		○		
16		巻上げ機運転	動力駆動による巻上げ機 ナセル内サービスクレーン（吊能力200kg程度）等				○
17		玉掛け作業	つり上げ荷重1 t 以上のクレーン等 つり上げ荷重1 t 未満のクレーン等		○		○
18		高所作業車運転	作業床高さ10m以上 作業床高さ10m未満		○		○

## 保守メンテナンス技術者に必要な資格

No.	区分	資格	資格の解説等	免許	技能講習	特別教育	教育講習訓練
19	危険有害作業等	有機溶剤作業主任者	屋内作業場、タンク等で有機溶剤及びその含有量が5%を超えるものを扱う作業		○		
20		有機溶剤作業					○
21		研削砥石取替試運転作業	研削砥石の取替、取替時試運転作業				○
22	指揮者	職長	作業中の労働者を直接指導又は監督する者（建設業、電気業等）、職長等教育：当該業務に初めて就くとき				○
		安全衛生責任者	50人以上の作業現場（建設業等）で下請けで工事を実施する場合、安全衛生責任者選任時教育：新たに選任されたとき				○
23	風車固有	メーカー研修受講	風車メーカーが実施する研修				○
24		社内認定資格	事業者等が独自に設定する資格				○
25	安全訓練	GWO基本安全訓練	防火と消火、高所作業、マニュアル・ハンドリング、応急処置、シーサバイバル				○
26	危険有害作業等	酸素欠乏危険作業主任者	酸素欠乏危険場所での作業		○		
27		酸素欠乏危険作業					○
28		酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者	酸素欠乏症、硫化水素中毒のおそれがある場所		○		
28		足場の組立て等作業主任者	つり足場、張出足場又は高さが5m以上の足場の組立、解体、変更の作業		○		
29		刈払機取扱作業					○

## 保守メンテナンス技術者に必要な資格

No.	区分	資格	資格の解説等	免許	技能講習	特別教育	教育講習訓練
30	検査	非破壊検査技術者	PT・MT・UT検査等				○
31	高所作業	ロープ高所作業	作業床設置が困難な高さが2メートル以上の箇所、昇降器具により身体を保持しつつ行う作業				○
32-1		ロープアクセス講習 (IRATA)					○
32-2		特殊高所技術講習 (TKGS)			○	○	○
33	建設機械	車両系建設機械運転	整地・運搬・積込・掘削・基礎工事用機械の運転		○		
34	指揮者 管理者	安全管理者	常時50人以上の事業場（建設業、電気業等） 安全衛生業務のうち、安全に係る技術的事項を管理				○
35		衛生管理者	常時50人以上の事業場（建設業、電気業等） 安全衛生業務のうち、衛生に係る技術的事項を管理				○
36		雇用管理者	常時50人以上の事業場（建設業） 建設業の労働者の労務面を管理				○
37		監理技術者	4000万円以上の下請契約を締結した工事（電気工事等） 一級国家資格等の保有が必要				○
38		作業指揮者	電気工事、高所作業車、移動式クレーンを用いる作業等				○
39		KYTトレーナー	危険予知訓練				○
40		RSTトレーナー	職長教育を実施する講師 労働省方式現場監督者安全衛生教育トレーナー				○
41	安全救急講習	赤十字救急法救急員		○			○
42		普通救命講習					
43		安全教育受講					
44	語学	英会話読解・会話					
45		ドイツ語・デンマーク語読解・会話					

# 風力発電メンテナンスの 効率化・高度化のための 技術開発と導入



Hokutaku  
Renewable  
Energy  
Service



# 1) タブレットを用いた定期点検作業

## 点検項目を電子化

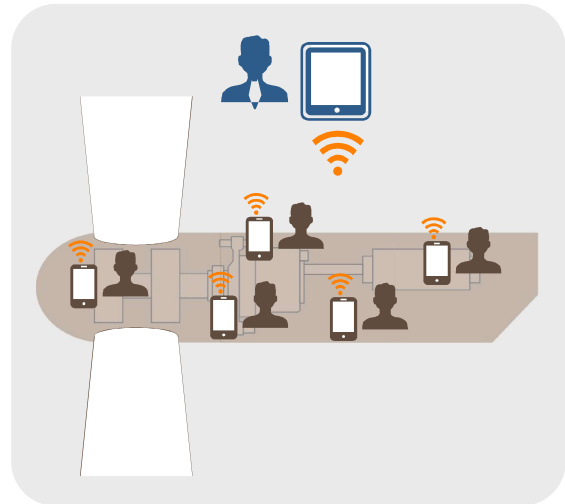
電子台帳化した点検項目を作業用端末（タブレット）に取り込んで点検結果を入力

## 点検時間の短縮

洋上風車の点検は時間が限られており、複数人が点検箇所に分かれ、効率的に短時間で作業を終了しなければならない

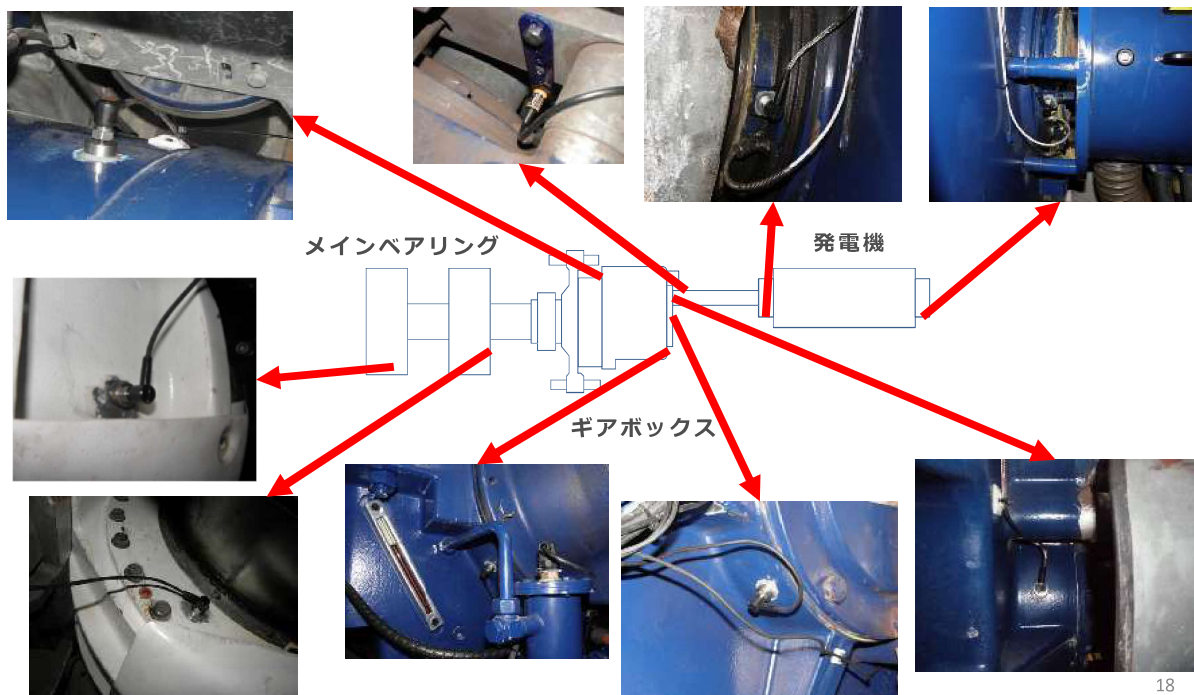
## リアルタイム一括管理

責任者のタブレットの端末に各スマートフォンから点検の結果データが集約され、点検漏れ、損傷劣化を同時発見



# 2) CMS (Condition Monitoring System)

重故障の異常を予兆段階でいち早く知らせる **→** 未然の対策が可能  
 SKFコンディション・モニタリング・システムではメインコンポーネンツに振動加速度計を設置することで、通常の定期点検では不可能であったデータの取得を含め、**異常を兆候段階から察知できるため、手遅れになる前に最善の対策が可能**

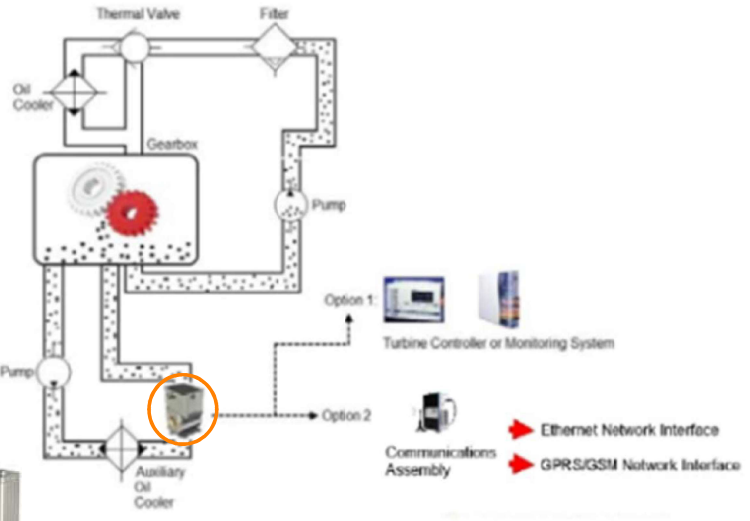


### 3) 鉄粉濃度センサー

劣化の発見が難しいギアボックス自体の監視が可能

■ 定期点検でチェックするオイルの劣化ではなく、大規模事故故障修繕を引き起こす、ギア自体の摩耗、損傷、刃渡り（機器自体の問題）による、鉄粉濃度の変化を早期に発見可能

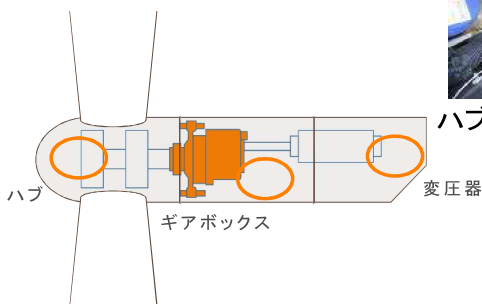
■ ギアボックスの定期点検は、点検口からの目視確認のみであるため、早期の故障劣化の発見が難しい



### 4) オイルリークモニタ

漏油事故の事前予防が可能

光ファイバーを利用して受光部の光量の減少を察知。  
ギアボックスの潤滑油漏れを早期発見することで漏油事故を事前に予防が可能



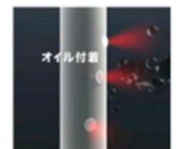
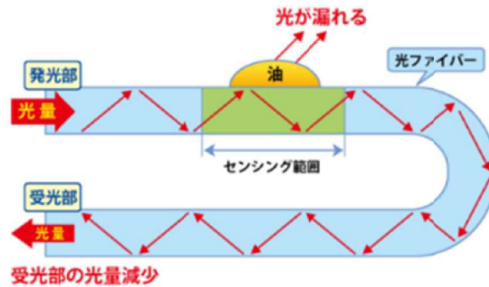
ハブ内の漏油感知



増速機の漏油感知



変圧器の漏油感知



#### 検知原理

油がセンシング範囲内に付着すると、光ファイバー内を通過している光が屈折率の違いにより外に漏れ、受光部の光量が減少することを応用している

## 5) プラズマ気流制御

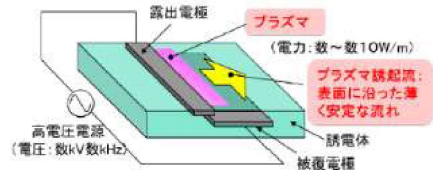
### 翼面に空力制御装置設置で発電効率向上

■ 風速・風向変動の激しい地域で発電効率を上げるには、ロータの可変速制御およびヨー制御をいかに速く行うかが重要となる

■ 翼面に空力制御装置を設置することで、部品の摩耗防止や慣性による応答遅れなく、エネルギー変換効率を向上させるスマートロータ技術を開発

■ 誘電体を挟んで設置した2枚の金属電極の表面に沿ってプラズマ誘起流という噴流を発生させることで、**流体機器の空気力学特性をアクティブに制御可能**

### プラズマ電極



プラズマOFF プラズマON:プラズマ誘起流発生



## 6) ブレード用フッ素樹脂コーティング

### 保護コーティング

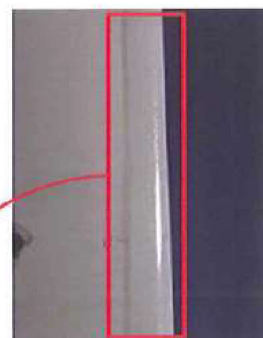
風力発電機は、沿岸地域など過酷な自然環境に曝されています。ブレードリーディングエッジは運転中には時速200kmの速さに達し、空気中の汚れや微細な飛来物などと常に衝突しているため、耐衝撃性が求められています。フッ素樹脂コーティングは、約1年間の暴露において比較対象としたフィルム以上の効果を確認することができました。



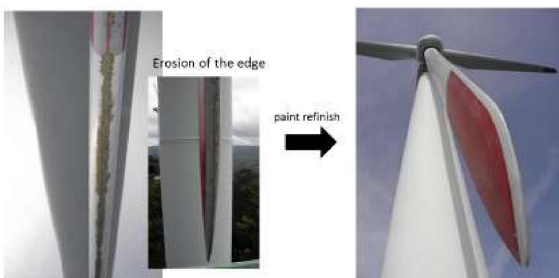
風力発電機



施工風景



施工後



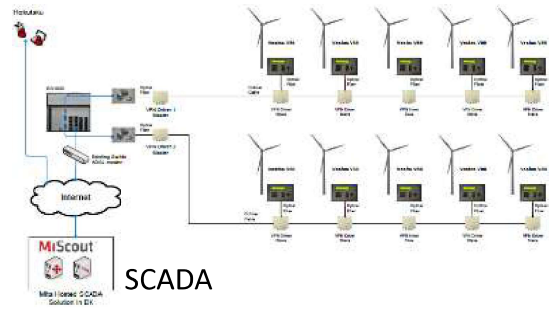


## 7) 冗長型無線通信システム

共同開発

### ・ 陸上風力： SCADAの通信断の要因

- ①台風・落雷等の自然災害
  - ②ネットワーク装置の故障
  - ③ネットワーク回線の断線
- 等々



**SCADAの通信断** ⇒ モニタリング・センシング・遠隔操作等の機能が失われ、風車の安全運用及び連続稼働の阻害要因となる。

### ・ 洋上風力： SCADAの通信断の要因

- ①SEP船のジャッキアップによる海底ケーブル損傷
  - ②アンカーによる海底ケーブル損傷
  - ③海底ケーブルの折れ曲がり（キンク）による損傷
- 等々



出典: <https://www.maritime-executive.com/article/somalia-detains-boxship-over-cut-internet-cable>

## 7) 冗長型無線通信システム

共同開発

風車に台風・落雷・災害等、いかなる事象が発生しても、安定的な通信を実現

### 冗長型無線通信システム



自動的に  
回線を切り  
替える

ADSL、光、  
3G, 4G,  
衛星電話  
対応可能

SCADAの  
種類を  
問わない

落雷の  
影響を  
受けない



## 7) 冗長型無線通信システム

### ■ 北九州ひびき風力発電所

#### 各製品の構成



Docomo 4G



Netgear ルータ①&②



Vestasボトムコントローラ



Ciscoファイアウォール & NTT光モデム

Copyright © Hokutaku Co., LTD. All Rights Reserved



## 7) 冗長型無線通信システム

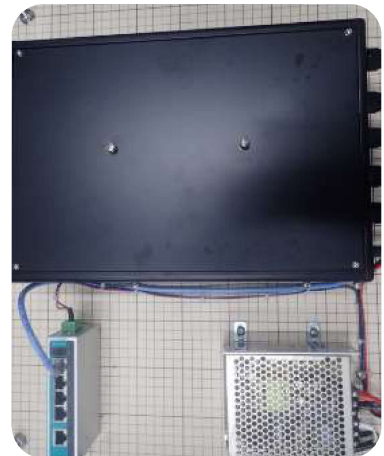
### • 5G（第5世代移動通信システム）との融合

- ①超高速：最高伝送速度が10Gbpsとなり、現行LTEの100倍
- ②多数同時接続：現行LTEの100倍である100万台/km<sup>2</sup>の接続機器数が可能
- ③超低遅延：現行LTEの10分の1である1ミリ秒程度の遅延に留まる



出典：総務省 <http://www.soumu.go.jp>

5G



冗長型無線通信システム

Copyright © Hokutaku Co., LTD. All Rights Reserved



## 8) ボルト軸力管理システム



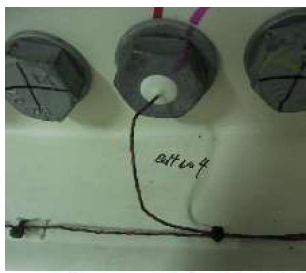
ひずみゲージ埋込ボルト  
ケーブルの長さは約3m  
左からM24×L240  
M30×L160  
M33×L280

計測



メモリハイコーダ  
HIOKI 8860-50  
電圧計測・データ蓄積

通信



PC  
タブブック  
計測データ回収・確認



## 9) 新遠隔監視システム MiScout

1つのMiScout スキャダシステムで全風車メーカーの遠隔監視が可能

