

状態監視振動診断技術者コミュニティ
第9回ミーティング

風力発電機用 状態監視装置
の適用状況

1. 会社紹介

2. 風力発電とCMS

2.1 風力発電機の動向、他

2.2 状態監視装置

2.3 適用状況(NEDO事業)と課題

3. 軸受の損傷事例



1. 会社紹介

2. 風力発電とCMS

2.1 風力発電機の動向、他

2.2 状態監視装置

2.3 適用状況(NEDO事業)と課題

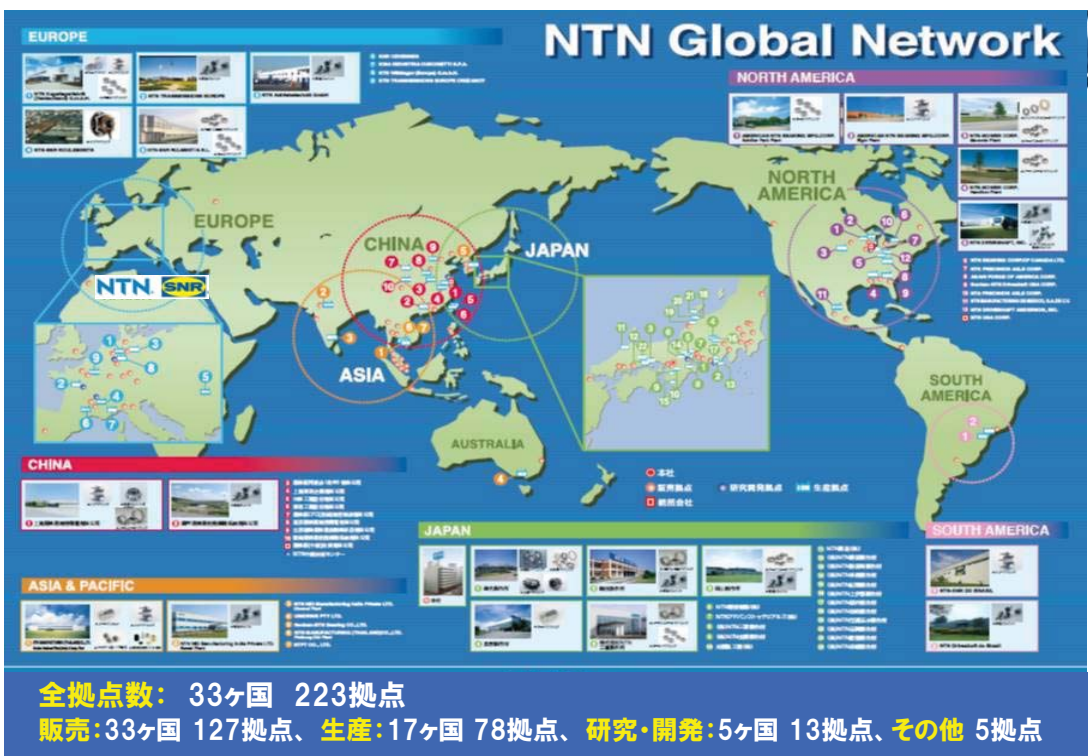
3. 軸受の損傷事例

1. 会社紹介



社名	NTN株式会社
創業	1918年(大正7年) 3月
本社	大阪市西区京町堀1丁目3-17
代表者	代表取締役社長 大久保 博司
従業員	5,301名(連結14,665名) ※2017年3月末現在
決算期	3月31日
売上高	6,833億円(連結) ※2017年3月期
事業内容	軸受、ドライブシャフト、 精密機器商品等の製造及び販売

新しい技術の創造と新商品の開発を通じて国際社会に貢献する
For New Technology Network: 新しい技術で世界を結ぶ



1. 会社紹介
2. 風力発電とCMS
 - 2.1 風力発電機の動向、他
 - 2.2 状態監視装置
 - 2.3 適用状況(NEDO事業)と課題
3. 軸受の損傷事例

2. 風力発電とCMS



風車発電機の動向



陸上風車

・超大型化
 ・発電コスト削減
 ・環境対策



洋上風車

軸受に対する
要求事項

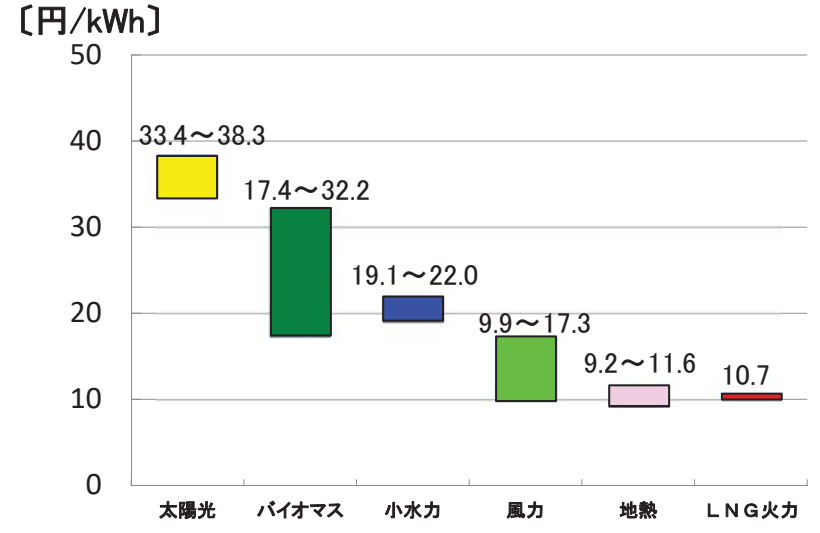
- ◆大型・高剛性・軽量
- ◆高負荷容量
- ◆高信頼性
- ◆高効率メンテナンス

風車CMS
ニーズ拡大

2. 風力発電とCMS



再生可能エネルギーのコスト比較



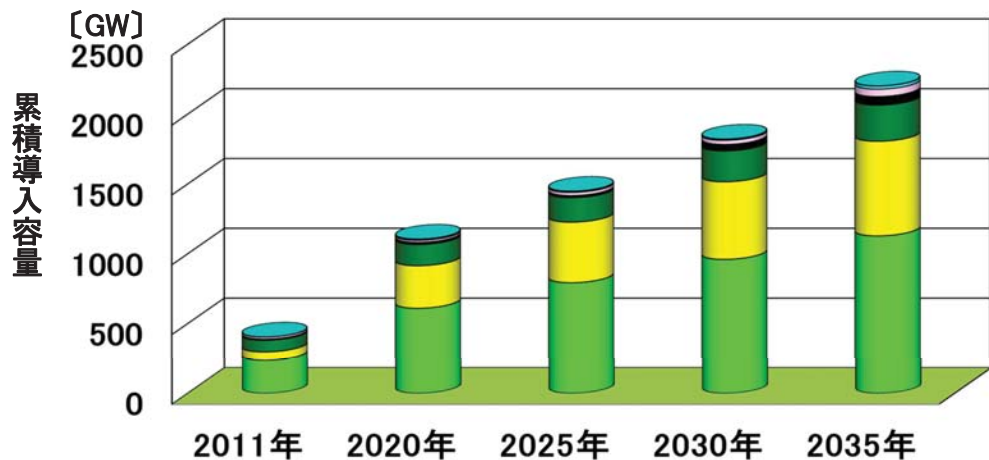
出典: NEDO再生エネルギー技術白書 第2版

2. 風力発電とCMS



再生可能エネルギー グローバル累積導入予測

■風力 ■太陽光 ■バイオマス ■太陽熱 ■地熱 ■海洋エネルギー



出典: NEDO再生エネルギー技術白書 第2版

2. 風力発電とCMS



日本の風力発電事業の課題

日本特有の現状問題

- 地形(断崖、山頂)・土地面積
- 回転音、低周波騒音
- 環境アセスメント
- 落雷
- 突風、乱流
- 台風

建設コスト増大

近隣居住者の許諾

環境負荷対策

早期故障要因

故障時の問題

- アクセスし難い立地場所が多い
- ナセルが高所にあり重機が必要
- 補修工事が大規模(費用・期間・逸失利益)

設備利用率(発電稼働率)の低迷
 欧米: 約30%
 日本: 約18~20%

2. 風力発電とCMS



風力発電機のメンテナンス課題

① これまでは...

トラブル発生後の対処 = 『事後対応』

- 不具合・トラブル原因の検証と特定に時間を要する(熟練・経験の差が大きい)
- 応急処置や修復・交換作業による長期停止(機会損失)

② 今後... 予兆把握と早期異常検知の重要性

『予防保全』と『予測処置(=事前対応)』

➡ 設備利用率の向上とメンテナンスの高効率化

- 計画的なメンテナンス、事前部品手配
- 突発故障を避けるための低負荷運転等の実施
- 機会損失の最小化

1. 会社紹介

2. 風力発電とCMS

2.1 風力発電機の動向、他

2.2 状態監視システム Wind Doctor®

2.3 適用状況(NEDO事業)と課題

3. 軸受の損傷事例





Condition Monitoring System=CMS 状態監視システムの利点

損傷の早期発見

二次的損傷の防止

設備利用率の向上

リモート監視・精密診断

13



システム構成



14



システム構成



15



GL認証取得

- DNV・GL※のCMSガイドラインに適合
- 2012年5月に日本メーカーで初取得
- 2016年6月に認証更新
- 欧州ではGL認証済みCMSを風車に設備していない場合、保険会社が4万時間または5年間ごとの開放点検を義務付け
- 欧州洋上風車ではGL認証CMS必須

※DNV・GL: ノルウェー・オスロに本部をおく第三者認証機関



16

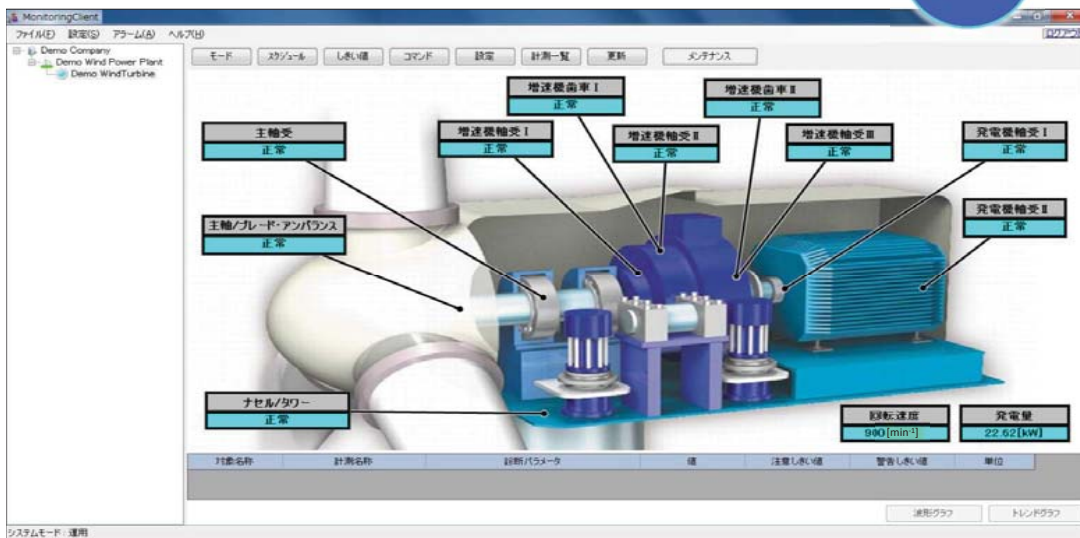
2. 風力発電とCMS Wind Doctor®



監視・分析ソフトウェア

正常時

監視画面



17

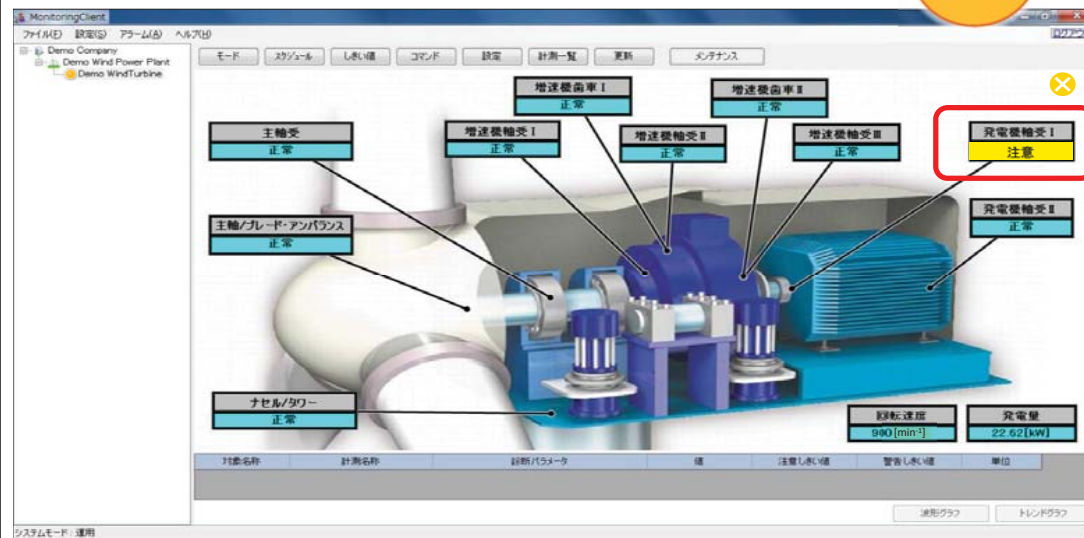
2. 風力発電とCMS Wind Doctor®



監視・分析ソフトウェア

異常時

監視画面



18

2. 風力発電とCMS Wind Doctor®

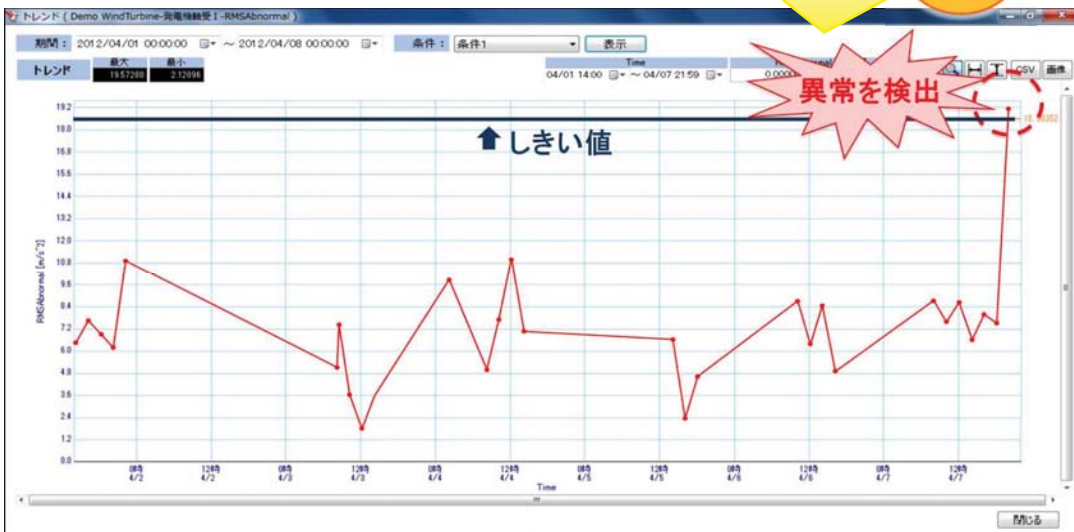


監視・分析ソフトウェア

異常部位のトレンドグラフ

異常時

アラーム発信



19

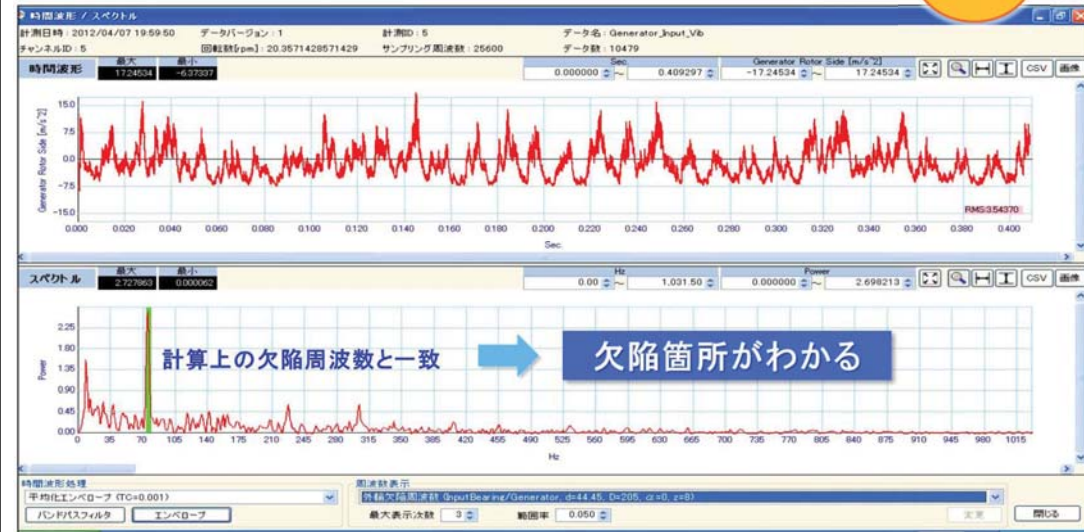
2. 風力発電とCMS Wind Doctor®



監視・分析ソフトウェア

異常時

精密な分析・診断



20

1. 会社紹介

2. 風力発電とCMS

- 2.1 風力発電機の動向、他
- 2.2 状態監視装置
- 2.3 適用状況(NEDO事業)と課題

3. 軸受の損傷事例

2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)
 スマートメンテナンス・プロジェクト参画
 <東京大学、産業技術総合研究所と連携>

事業テーマ

- ◆ スマートメンテナンス要素技術研究開発・CMS高度化
- ◆ 国内外風力発電事業運用実態調査
- ◆ スマートメンテナンスプラットフォーム開発によるメンテナンス効率化

NTNの役割

スマートメンテナンスシステム(SMS)用
 伝達系状態監視システムの開発と実証

2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

NEDOプロジェクトでの取り組み

物理モデルアプローチ

- 部品の構造、力学的破損メカニズムを適切に把握推定
- 部品メーカーならではの緻密な予測評価と故障分析
- 信頼性の高い部品開発、運用方法への展開を示唆

機械学習アプローチ

- 事前の専門的知識・情報は不要
- 例: 損傷周波数 → 各機器の設計情報(歯車の数、回転数etc.)
- データのみで正常/異常を判断

正常なデータが共通して持つ性質

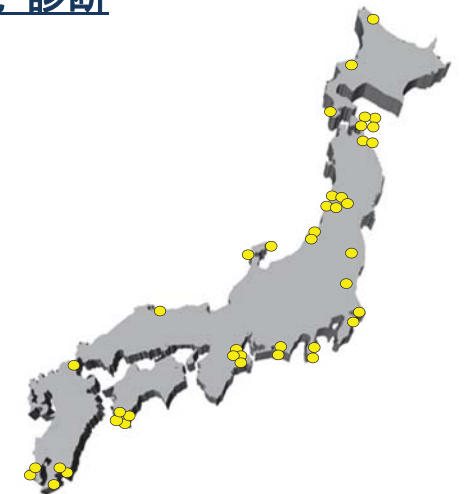
2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

NEDOプロジェクトでの取り組み

実機風車へのCMS設置と監視・診断

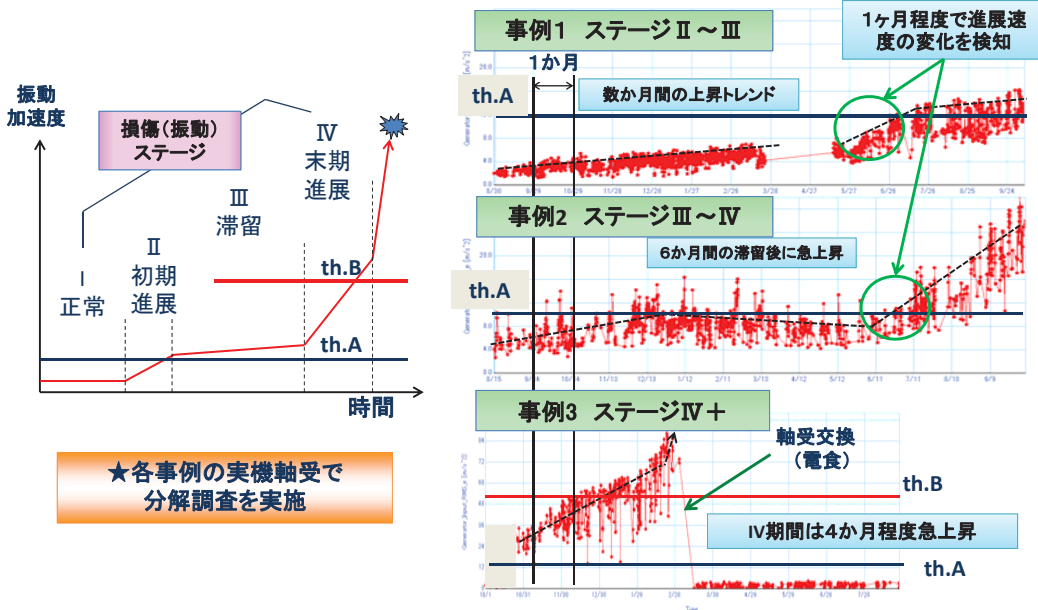
- ◆ 全国の様々な地形・天候・風況、多彩な機種に設置
- ◆ 21基で部品交換や振動異常が発生、貴重なデータを記録

協力事業者	9事業者
設置サイト数	27サイト
設置台数	合計 41台
	(10メーカー、16機種)



2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

発電機軸受の損傷による振動進展観測例

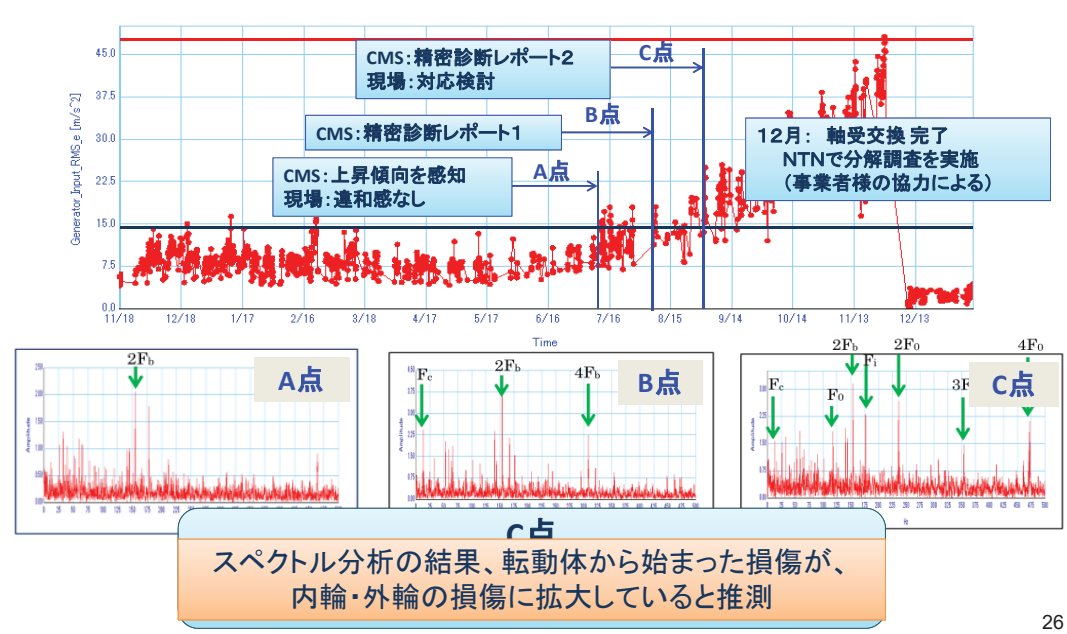


25



2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

発電機軸受の振動トレンドと現場感覚の比較

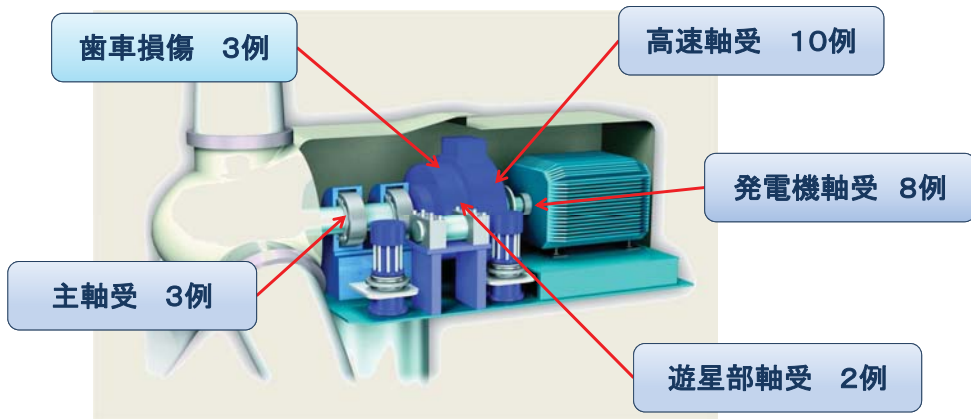


26

2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

部品の故障・損傷事例に対する予兆検出状況

● 21基/41基で発生した計26事例の分析結果



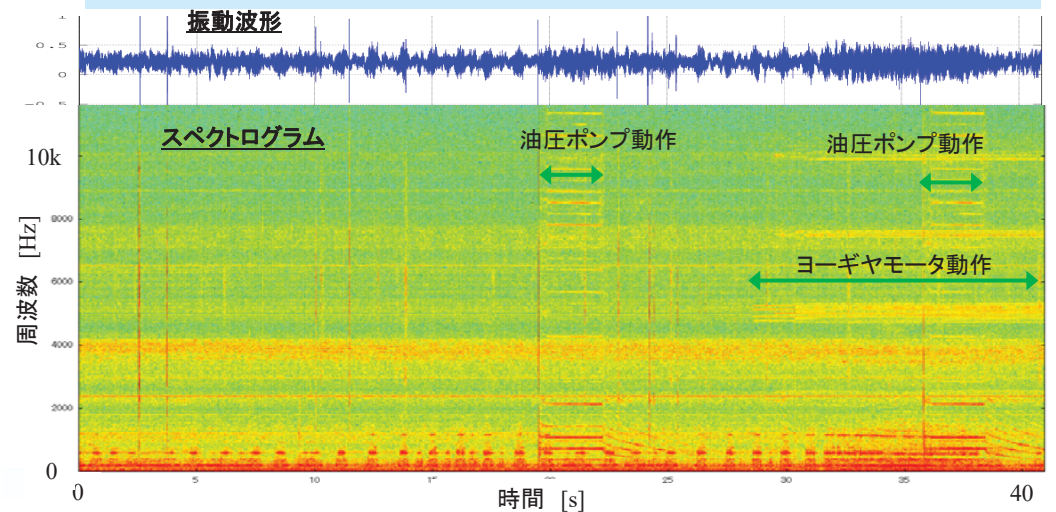
※ 主軸受・増速機歯車・低速部は事例が少なく、汎用性の検証が課題

27

2. 風力発電とCMS [適用状況と課題]

課題例) 主軸受振動データへの外乱振動の混入

- 現象: 通常運転状態でも補機類の動作振動ノイズ等が混入
- 対策: 混入波形の特徴により識別 ⇒ 混入部分を除外して信号処理



28

1. 会社紹介

2. 風力発電とCMS

- 2.1 風力発電機の動向、他
- 2.2 状態監視装置
- 2.3 適用状況(NEDO事業)と課題

3. 軸受の損傷事例と対策

3. 軸受の損傷事例と対策 ①

フレーキング(Flaking):

転がり接触面への繰り返し応力により生じる材料の疲れ損傷



アンギュラ玉軸受 外輪
主原因)取扱不良



深溝玉軸受 内輪
主原因)過大アキシャル荷重



自動調心ころ軸受 内輪
主原因)過大アキシャル荷重

主な対策:

- (1)異常荷重要因の除去、ミスアライメントの防止
- (2)使用条件に適した潤滑剤の選定
- (3)軸受仕様の再検討

出典:NTN ベアリングの健康管理

3. 軸受の損傷事例と対策 ②

ピーリング(Peeling):

相手部品の表面粗さや潤滑不良で生ずる微小はく離、微小き裂



自動調心ころ軸受 ころ
主原因)潤滑不良



円すいころ軸受 内輪,ころ
主原因)潤滑不良

主な対策:

- (1)表面粗さの管理、異物浸入防止
- (2)使用条件に適した潤滑剤の選定
- (3)馴染み運転

出典:NTN ベアリングの健康管理

3. 軸受の損傷事例と対策 ③

かじり:

焼き付き現象を伴う摺り傷



円筒ころ軸受 内輪
主原因)過大荷重



円すいころ軸受 内輪
主原因)潤滑不良

主な対策:

- (1)取扱い方法の改善
- (2)予圧量、使用条件の見直し
- (3)潤滑剤、潤滑方法の改善

出典:NTN ベアリングの健康管理

3. 軸受の損傷事例と対策 ④

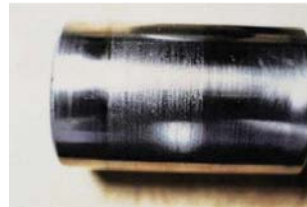


スミアリング (Smearing) :

摩擦による局所的な溶着、表面荒れ



円筒ころ軸受 内輪
主原因) 異物噛み込み、滑り



円筒ころ軸受 ころ
主原因) 異物噛み込み、滑り

主な対策:

- (1) 小ラジアルすき間へ変更
- (2) 潤滑剤、潤滑方法の改善
- (3) 適正な予圧

出典: NTN ベアリングの健康管理

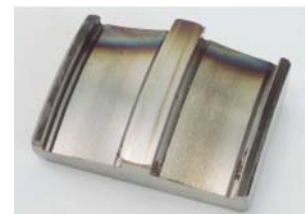
33

3. 軸受の損傷事例と対策 ⑤



圧痕:

固形異物の噛み込みや衝撃荷重による軌道面の変形



自動調心ころ軸受 内輪
主原因) 異物噛み込み



自動調心ころ軸受 ころ
主原因) 異物噛み込み



円すいころ軸受 内輪
主原因) 異物噛み込み

主な対策:

- (1) 異物浸入防止
- (2) 取扱い、組込み方法の改善
- (3) 潤滑油のろ過

出典: NTN ベアリングの健康管理

34

3. 軸受の損傷事例と対策 ⑥



フレットイング: =フォールス ブリネリング (False brineling: 疑似圧痕)

振動荷重による軌道面の転動体ピッチ凹み、接触面の摩耗



円筒ころ軸受 内輪
主原因) 振動



深溝玉軸受 内輪
主原因) 振動

主な対策:

- (1) 輸送時の分離梱包、予圧
- (2) 耐振動性を考慮した潤滑剤
- (3) 締め代の見直し

出典: NTN ベアリングの健康管理

35

3. 軸受の損傷事例と対策 ⑦



クリープ (Creep):

固定力不足による接触面の滑り摩耗



深溝玉軸受 内輪
主原因) 締め代不足



円すいころ軸受 内輪
主原因) 締め代不足

主な対策:

- (1) 締め代の見直し、固定力の強化
- (2) 軸、ハウジングの加工精度の改善

出典: NTN ベアリングの健康管理

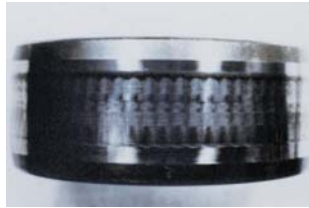
36

3. 軸受の損傷事例と対策 ⑧



電食 (Electrolytic corrosion):

電流通過によるスパークで生ずる軌道面の溶融



円筒ころ軸受 内輪
主原因) 電流通過



円すいころ軸受 ころ
主原因) 電流通過

主な対策:

- (1) ブラシ、スリップリング等での電流バイパス
- (2) 絶縁軸受の採用

出典: NTN ベアリングの健康管理

37

3. 軸受の損傷事例と対策 ⑨



保持器破損:

保持器の緩み、摩耗、破断



自動調心ころ軸受 保持器
主原因) 過大モーメント荷重、
潤滑不良、異物噛み込み



円すいころ軸受 保持器
主原因) 過大モーメント荷重、
潤滑不良、異物噛み込み

主な対策:

- (1) 荷重条件の見直し
- (2) 潤滑剤、潤滑方法の改善
- (3) 異物浸入防止

出典: NTN ベアリングの健康管理

38

Thank you for your attention



We make
Bearings.



世界を
なめらかに
する仕事。

NTN

NTN corporation
<http://www.ntn.co.jp>

100th
ANNIVERSARY

39