

# 洋上風車の構造安全性

～ ウィンドファーム認証 ～

2021年1月29日

一般財団法人 日本海事協会  
事業開発本部 環境・再生可能エネルギー部  
赤星 貞夫

- 1899年（明治32年）帝国海事協会として設立
- NKの略称またはClassNKの通称で活動し、世界で運航される商船の約20%のシェアを持つ世界最大級の国際船級協会
- 世界約130か所に事務所を置き、24時間365日サービスを提供
- 2010年より風力発電に係る認証機関としての活動開始



## 沿革

**1899** 帝国海事協会創立  
(明治32年)

日本海事協会の前身となる帝国海事協会が創立されました。初代総裁は、有栖川宮威仁親王です。ClassNKは当初、皇室と関わり合いの深い協会でした。

**1920** 船級船第一船  
“華南丸”竣工  
(大正9年)

創立して約20年、浦賀造船所で建造された貨物船“華南丸”が初めて入級しました。以降、入級船は着実に増加し、9年後の1929年には、100万総トンを突破しました。

**1946** 日本海事協会に改名  
(昭和21年)

戦後の混乱がまだ取まらない中、名称を日本海事協会と改めました。以降、頭文字を取ったNKという略称で親しまれ、1992年にClassNKのロゴと通称を制定しました。

**1962** 海外初の事務所をロンドンと  
ニューヨークに開設  
(昭和37年)

船級船の増加に伴い、世界のどこでも検査が行えるように、海外事務所を開設しました。現在では、130箇所・50か国以上の拠点到事務所を配置しており、世界各地で検査を行っています。

**2011** 一般財団法人への移行、  
子会社を傘下に  
(平成23年)

公益法人認定法によりClassNKは一般財団法人に移行しました。これに伴い、子会社を傘下に入れることによって、より幅広いサービスを業界全体に提供することができるようになりました。

**2012** 世界初、船級登録船合計  
2億総トン突破  
(平成24年)

ClassNKが検査する船級船は、造船・海運業界の発展と共に着実に伸び、1965年には1000万総トンを突破、約30年後の1997年には10億の1億総トンを突破、15年後の2012年には世界で初めて2億総トンを突破しました。

## 型式認証

### 大型風车型式認証

設計適合評価や試験機による型式試験の評価など風力発電機に関連する様々な技術規格に基づいた評価を行い、最終的には型式認証書を発行。



### 小形風车型式認証

小形風車について、国際・国内規格（IEC61400-2, JIS C 1400-2）の要求事項（性能及び安全性）への適合性を評価し、型式認証書を発行。



## 風力発電所の認証

### ウインドファーム認証

風力発電所を建設するサイトの環境条件の評価を行い、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度及び安全性が設計上担保されていることを評価・確認し、適合証明書を発行。

→ 電気事業法による工事計画審査において活用されている。



# ウィンドファーム認証の概要

## ウィンドファーム認証の概要

風力発電所を建設するサイトの環境条件の評価を行い、その環境条件に基づいて風車及び支持構造物の強度及び安全性が設計上担保されていることを確認する。（電気事業法による工事計画届の審査において活用されることを考慮したNK独自の認証）

### <ウィンドファーム認証に関する技術資料（抜粋）>

- ウィンドファーム認証は、日本国内において電気事業法の適用を受ける1基又は複数の風車を設置するプロジェクトを対象とする。認証の対象範囲は、風車又は／及びその基礎を含む支持構造物とする。
- ウィンドファーム認証の目的は、**型式認証された風車及び認証対象となる基礎を含む支持構造物の設計が、環境条件及び電気事業法に基づく要求事項に適合しているかどうかを評価することにある。**

### <主な準拠基準>

- ◆ 発電用風力設備に関する技術基準を定める省令（経済産業省 平成九年三月二十七日通商産業省令第五十三号，最終改正：平成二九年三月三十一日経済産業省令第三二号）
- ◆ 風力発電設備支持物構造設計 指針・同解説（土木学会 2010年）

### <その他、参照基準・規格（洋上風車の場合）>

- 洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説（令和2年3月版）
- IEC61400-1, IEC61400-3-1, IEC61400-3-2
- ISO / API 等の海洋構造物に対する国際規格
- DNVGLなど海外認証機関のガイドライン

## ウィンドファーム認証のモジュール

### (1) サイト条件評価

- 建設場所の環境条件の評価（環境条件には風条件、気温条件、湿度の条件、といった一般的な気象条件や海象条件（洋上の場合）、高度条件、地形、地勢、地震、落雷、系統連系に係る運転方法の変化等を含む。）

### (2) 設計基準評価

- 安全な設計及びプロジェクト遂行のために、型式認証の際に適用した設計基準を踏まえて、サイトの条件を考慮した適切な設計基準（設計方針など）が設定されていることの評価

### (3) 全体荷重解析

- 風車に加え、支持構造物及び支持地盤を含む風車構造全体へのサイト固有の環境条件に対する荷重及び荷重の影響が設計基準に適合するように算定されているかどうかの評価

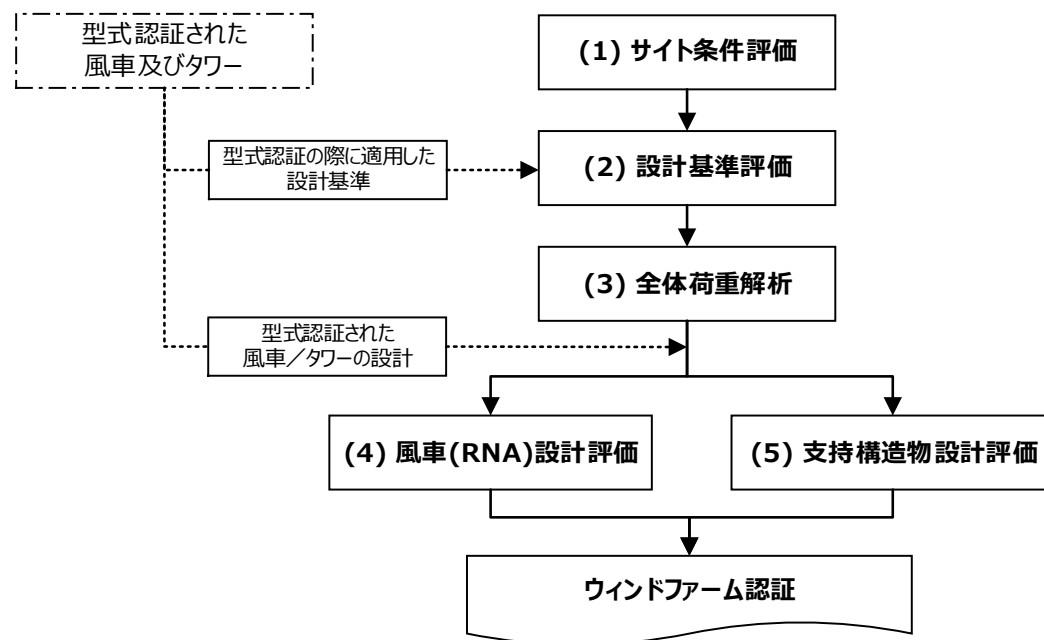
### (4) 風車(RNA)設計評価

- 建設場所の環境条件に対して、型式認証された風車(RNA)が構造的な健全性を有することの評価

※RNA: Rotor Nacelle Assembly

### (5) 支持構造物設計評価

- 建設場所の環境条件に対する支持構造物の構造的な健全性の評価



風力発電設備の供用期間（一般的に20年～25年）に対して、

再現期間50年（50年に一度の発生が見込まれる）の強風、波浪条件、流れの条件に対して構造上安全であることを確認

- ➡ 想定する条件のもとでは、以下のような状況が発生しないことが設計で確認される
- ❑ 強風によって風車のブレードが飛散
  - ❑ 強風によって風車タワー・基礎が倒壊

地震については、建築基準法で規定される稀に発生する地震動及び極めて稀に発生する地震動に対して構造上安全であることを確認（陸上風車と同様で、かつ超高層建築物に対する要求事項に準拠している。）

- ➡ 想定する条件のもとでは、以下のような状況が発生しないことが設計で確認される
- ❑ 地震によって風車タワー・基礎が倒壊

建設中の状態、試運転中の状態、供用期間、運転停止後撤去までの状態における風、波浪条件、流れの条件に対して構造上安全であることを確認

- ➡ 想定する条件のもとでは、以下のような状況が発生しないことが設計で確認される
- ❑ 風力発電設備の強度部材での疲労損傷の発生



## (1) サイト条件評価 ①

- 建設場所の環境条件・外部条件について、事業者が設定した以下に示す設定値が妥当であることについて評価を行う。

分類	項目	設定手法など
風況	① 風車運転時の風況（風車位置・ハブ高さ） ・10分間平均風速、乱流強度、ベキ指数 空気密度など	① 風車運転時の風況 現地での観測データ及びシミュレーションに基づいて 各風車位置・ハブ高さでの値を算定
	② 風車暴風待機時の風況（風車位置・ハブ高さ） 【50年再現期間】 ・10分間平均風速、乱流強度、3秒間平均風速 ベキ指数、空気密度など	② 風車暴風待機時の風況 建築基準法に基づく基準風速、シミュレーションに 基づいて各風車位置・ハブ高さでの値を算定
海況	① 通常時（風車運転時）の海況（風車位置） ・有義波高、有義波周期、潮位、流れなど	① 通常時の海況 現地での観測データ及びシミュレーションに基づいて 各風車位置での値を算定
	② 暴風波浪時の海況（風車位置） 【50年再現期間】 ・有義波高、有義波周期、潮位、流れなど	② 暴風波浪時の海況 既存の波浪観測や波浪推算情報等に加え、近 隣の港湾・海岸防護施設に対する設計値等を参 考にして各風車位置での値を算定



## (1) サイト条件評価 ②

- 建設場所の環境条件・外部条件について、事業者が設定した以下に示す設定値が妥当であることについて評価を行う。

分類	項目	設定手法など
地盤・地質	① 海域の海底地形	① 海底地形調査
	② 風車位置での地盤の構成や構造、地盤物性（物理的特性、力学的特性など）	② 物理探査、地盤ボーリング及びサンプリング、原位置試験及び室内試験などの結果に基づき、各風車位置での設計に必要な値を設定
地震	風車位置における地震波	①及び②については、「発電用風力設備の技術基準の解釈について」に規定される稀に発生する地震動及び極めて稀に発生する地震動として設定  ③については、港湾の施設の技術上の基準に規定される港湾レベル1 地震動として設定（必要に応じて港湾レベル2地震動も考慮する）
	① スペクトル適合波	
	② 観測波	
③ サイト波		
その他環境条件	津波、積雪、海氷・着氷、海中付着生物 温度・湿度、海水密度、落雷	関連法規、周辺自治体の条例、現地での観測データ等に基づき、サイト固有の値を設定

## (2) 設計基準評価

- 安全な設計及びプロジェクト遂行のために、型式認証の際に適用した設計基準を踏まえて、サイトの条件を考慮した適切な以下に示す設計基準（設計方針など）が設定されていることを評価する。

設計基準 Part A サイト条件	設計基準 Part B 風車及びタワー関連	設計基準 Part C 基礎関連
作成者：事業者	作成者：風車メーカー	作成者：基礎設計者
1) 風車の設置地点 2) 風条件 3) 波条件 4) その他の海象条件 5) 地盤・地質条件 6) 地震条件 7) その他の環境条件 8) 制約条件など ※サイト条件評価と重複	1) 適用基準及び規格 2) サイト条件 3) 風車・タワーの仕様 4) 設計方針（要求性能と照査項目、使用材料など） 5) 荷重計算に関わる設計パラメータ、及びその荷重解析手法の妥当性 6) 荷重ケース表 7) 部分安全係数 8) 荷重解析モデルの概要 9) シミュレーションの詳細 10) 極値及び疲労に関する設計荷重及び応答解析 11) 材料及び溶接 12) 塗装及び防蝕システム	1) 適用基準及び規格 2) サイト条件 3) 支持構造物の仕様（付帯設備を含む） 4) 設計方針（要求性能と照査項目、使用材料など） 5) 荷重計算に関わる設計パラメータ、及びその荷重解析手法の妥当性 6) 荷重ケース表 7) 部分安全係数 8) 荷重解析モデルの概要 9) シミュレーションの詳細 10) 極値及び疲労に関する設計荷重及び応答解析 11) 材料及び溶接 12) 塗装及び防蝕システム

## (3) 全体荷重解析評価

- 風車に加え、支持構造物及び支持地盤を含む風車構造全体へのサイト固有の環境条件に対する荷重及び荷重の影響が設計基準に適合するように算定されているかどうかを評価

＜主な評価項目＞

### 1. 外部条件と設計条件の組み合わせ

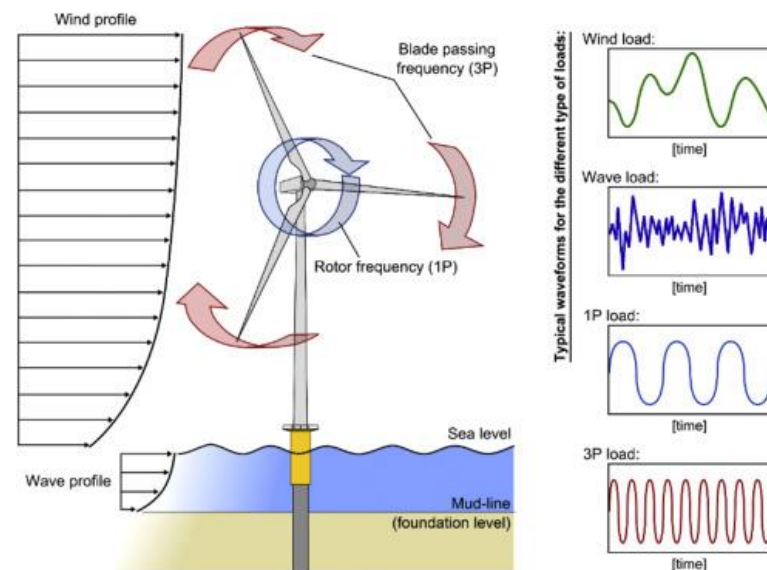
- 風車運転状態（風車運転時の風況＋通常海況）
- 風車暴風待機状態（風車暴風待機時の風況＋暴風波浪時の海況）
- 地震発生時（風車運転時／風車緊急停止時／風車待機時）

### 2. 現場の状況と風車の運転および安全システムを参照して定義された設計荷重ケース

### 3. 部分安全係数

### 4. 計算方法（シミュレーション手順、シミュレーションの数、および風と波の負荷の組み合わせなど）

### 5. 全体荷重解析として実施する解析モデル及びその結果の妥当性検証結果



風車運転状態の解析イメージ  
 （風車運転・風・波・流れ・地盤の影響を同時に考慮して解析を実施）

図の出典：Wind Energy Engineering, A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines, P276

## (4) 風車 (RNA) 設計評価

- 建設場所の環境条件に対して、型式認証された風車(RNA)が構造的な健全性を有することの評価

＜主な評価項目＞

- 以下の項目の内容を精査することにより、全体荷重解析で得られたサイト条件に基づくサイト固有の荷重に対して、風車が構造上安全であることの確認
  - ① 型式認証時に設定した設計荷重（認証設計荷重）と全体荷重解析から得られたサイト固有の荷重との比較
  - ② サイト固有の荷重が型式認証時に設定した設計荷重（認証設計荷重）を超えた場合の、各コンポーネントの詳細な計算／分析結果。
  - ③ 型式認証では完全に包含されていない、サイト向けに新たに変更された、または強化された部品およびシステムに関する仕様及びその妥当性検証結果。

## (5) 支持構造物設計評価

- 建設場所の環境条件に対して支持構造物が構造的な健全性を有することの評価

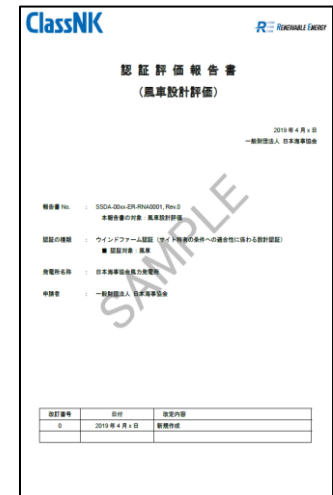
＜主な評価項目＞

- 以下の項目の内容を精査することにより、全体荷重解析で得られたサイト条件に基づくサイト固有の荷重に対して、支持構造物が構造上安全であることの確認
  - ① 全体荷重解析の結果に関する支持構造の詳細設計計算書
  - ② 支持構造の詳細な構造設計の設計図と計算書
  - ③ 洗掘防止工、着船設備等の支持構造物に関連する付帯設備に係る設計図と計算書

## ウィンドファーム証明書及び認証評価報告書の発行体系



適合証明書の例



認証評価報告書の例

認証番号	目的	発行内容
001	2019年4月6日	風車設計

最新の情報は、

ClassNK

検索

トップページのクイックリンク  
「再生可能エネルギー」  
をクリック

<風力発電に係るお問い合わせ先>

一般財団法人 日本海事協会 環境・再生可能エネルギー部

E-mail: re@classnk.or.jp