

再生可能エネルギー普及に向けた 標準・認証制度の活用 ～ 風力発電の例 ～

2024年9月19日

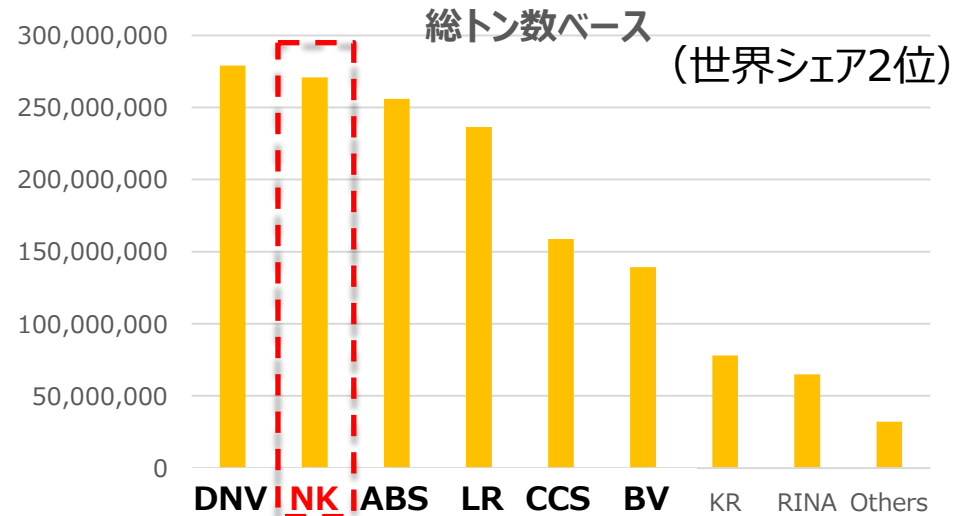
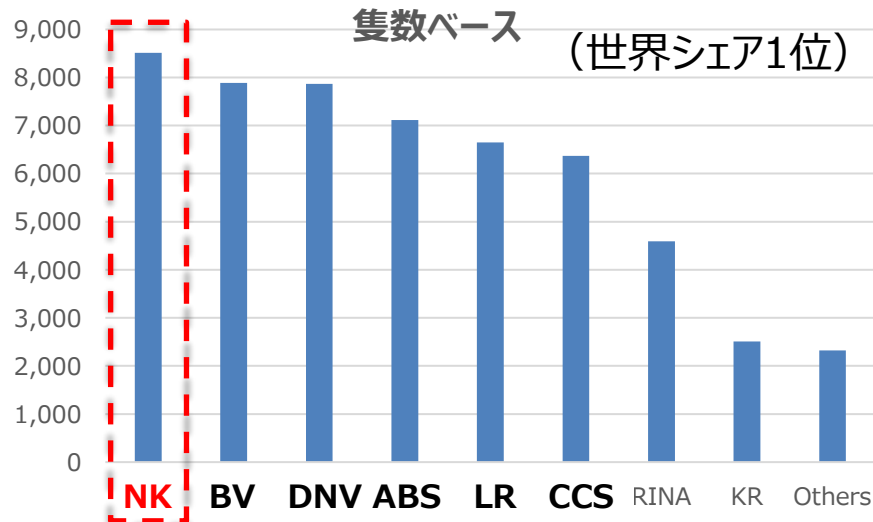
一般財団法人 日本海事協会 認証本部
再生可能エネルギー一部 部長 赤星 貞夫

【説明要旨】

- ✓ 近年の地球環境問題への対応を背景に、風力発電の必要性が増大
- ✓ その安全と経済性を両立するためには、リスクを勘案した合理的な設計が必要であり、これを実現するための様々な国際標準（IEC規格）の策定が進展
- ✓ 併行して、製品及びシステムの信頼性証明のため、規格への適合性評価（認証）制度が導入され、国際的に普及
- ✓ 日本でも国際規格を国内に取り入れるとともに、国際標準化活動に参画、東アジアの自然条件等に係る提案を実施
- ✓ また、国内法令に基づく構造安全基準に国際標準を取り入れるなどして、風力発電所の安全・安定操業の確保に活用

- 船舶の安全及び海洋汚染防止のための検査及び登録を実施
- 世界約130か所に事務所を置き、24時間365日のサービスを提供
- 船級、海運顧客が必要とする事業（マネジメントシステム・環境関連の認証、教育・訓練等）を展開するとともに、船級業務で培った知見を活用して新事業を開拓
- **2010年より風力発電関連の事業を開始**
- 独自の研究開発及び新たな技術開発プロジェクトに参加し、新技術が社会的に受容されるよう、安全・環境等について評価手法を開発

登録船舶の世界シェア

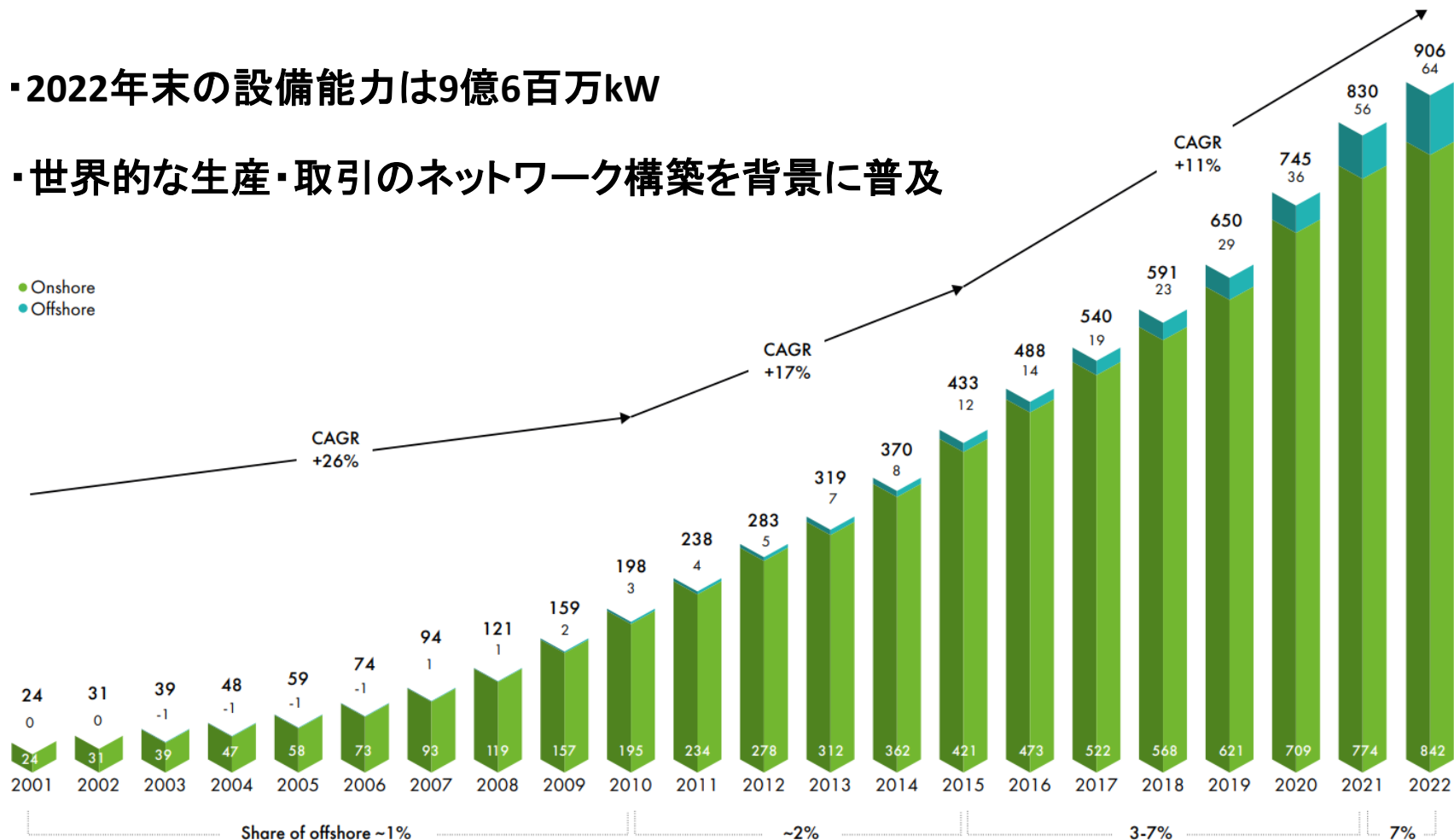


出典：Clarkson Research Services Limited 2023

1. 風力発電の普及とリスクマネジメントの必要性

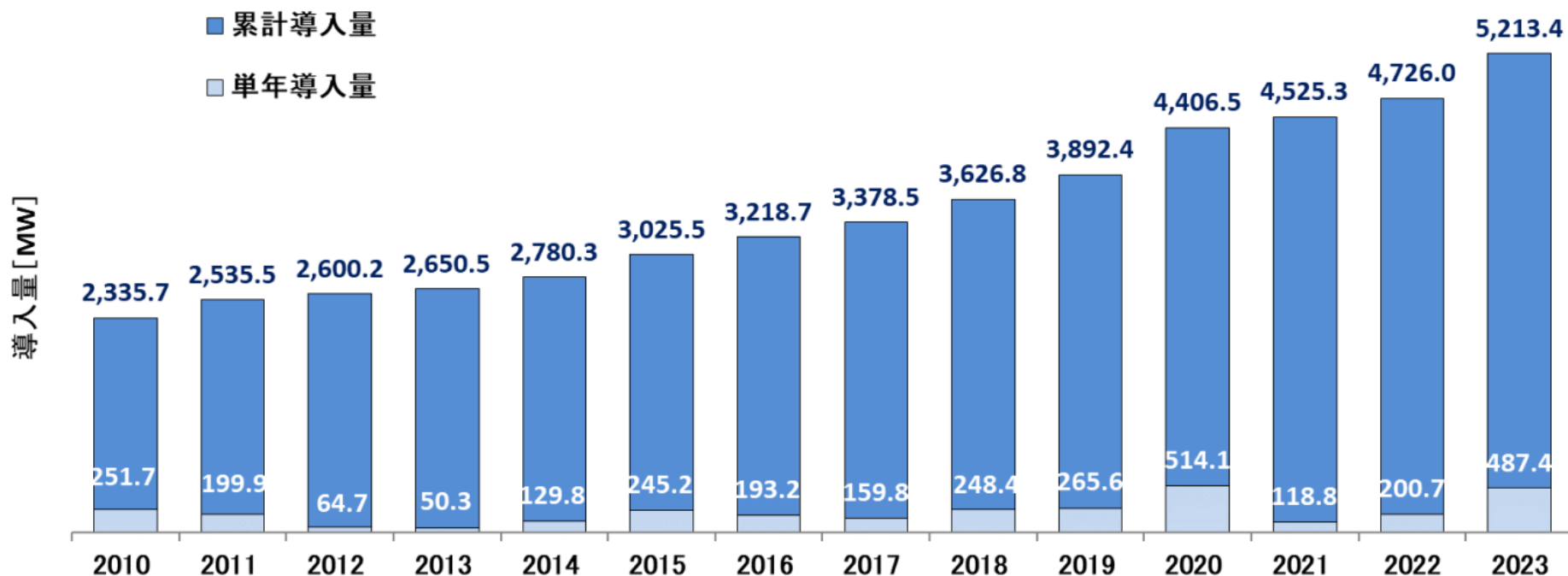
単位:GW(=百万kW)

- ・2022年末の設備能力は9億6百万kW
- ・世界的な生産・取引のネットワーク構築を背景に普及



出典: Global Wind Report 2023 by Global Wind Energy Council

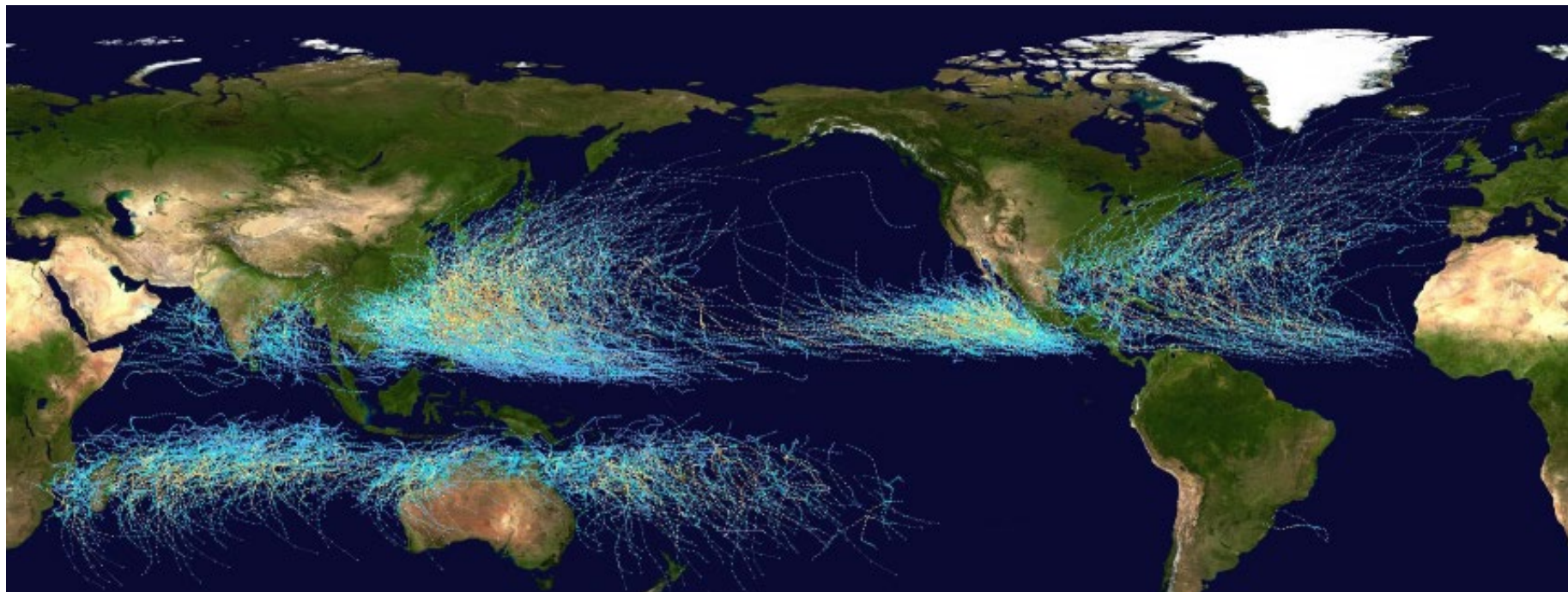
累計：2,626基



出典：日本風力発電協会公表データ

- 本格的洋上風力は、15.4万kW、39基、6サイト(2023年12月末時点)
 - ・秋田13基、能代20基
 - ・入善3基
 - ・NEDO銚子(着床実証)1基、NEDO北九州(浮体実証)1基
 - ・環境省 五島(浮体実証) 1基

Source: http://rs.resalliance.org/wp-content/uploads/2007/10/tropical_cyclone_tracks.gif



Tower buckled by Typhoon
(Happened on 2003/9/11 at Miyako island in south of Kyusyu, JP)



Tower collapsed by Typhoon

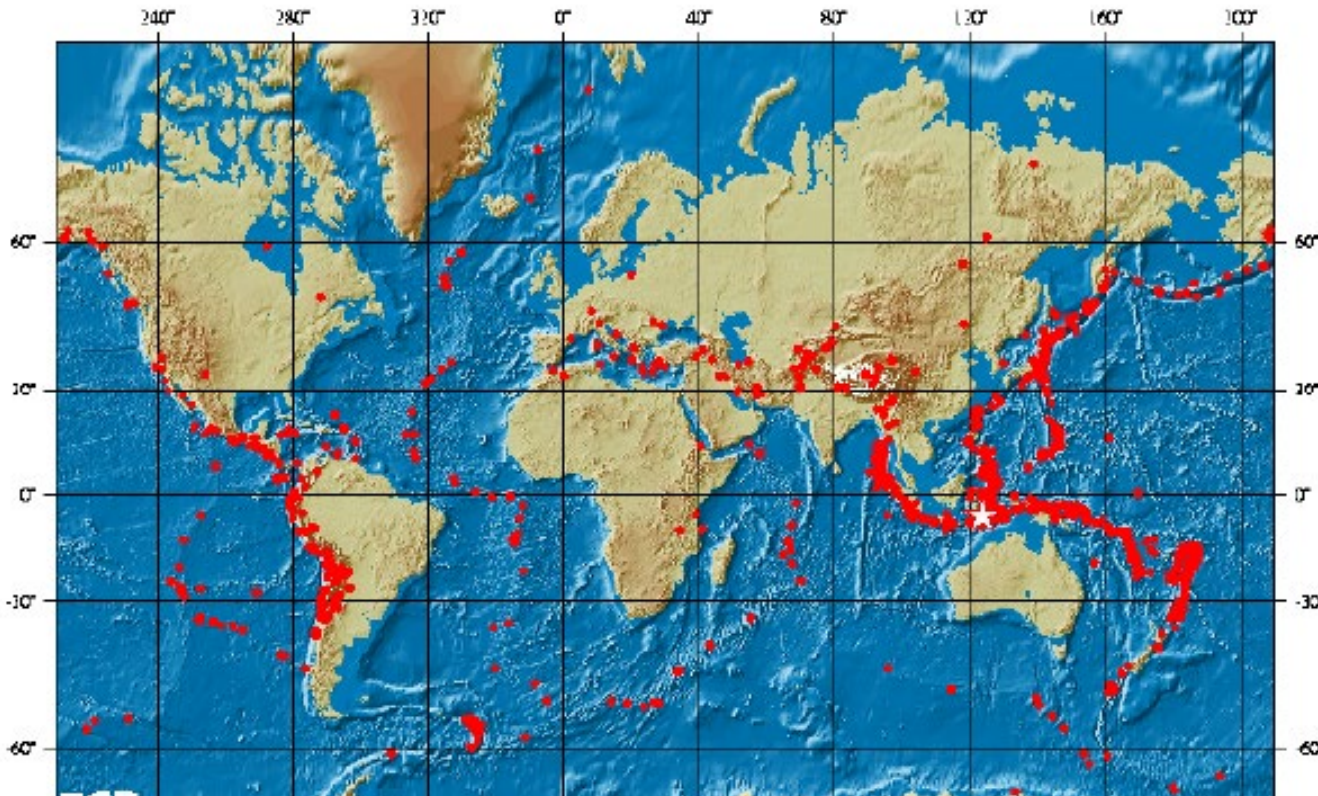


Broken Blades Typhoon
(Happened on 2016/9/20 at Kimotsuki, Kagoshima, Kyusyu JP)



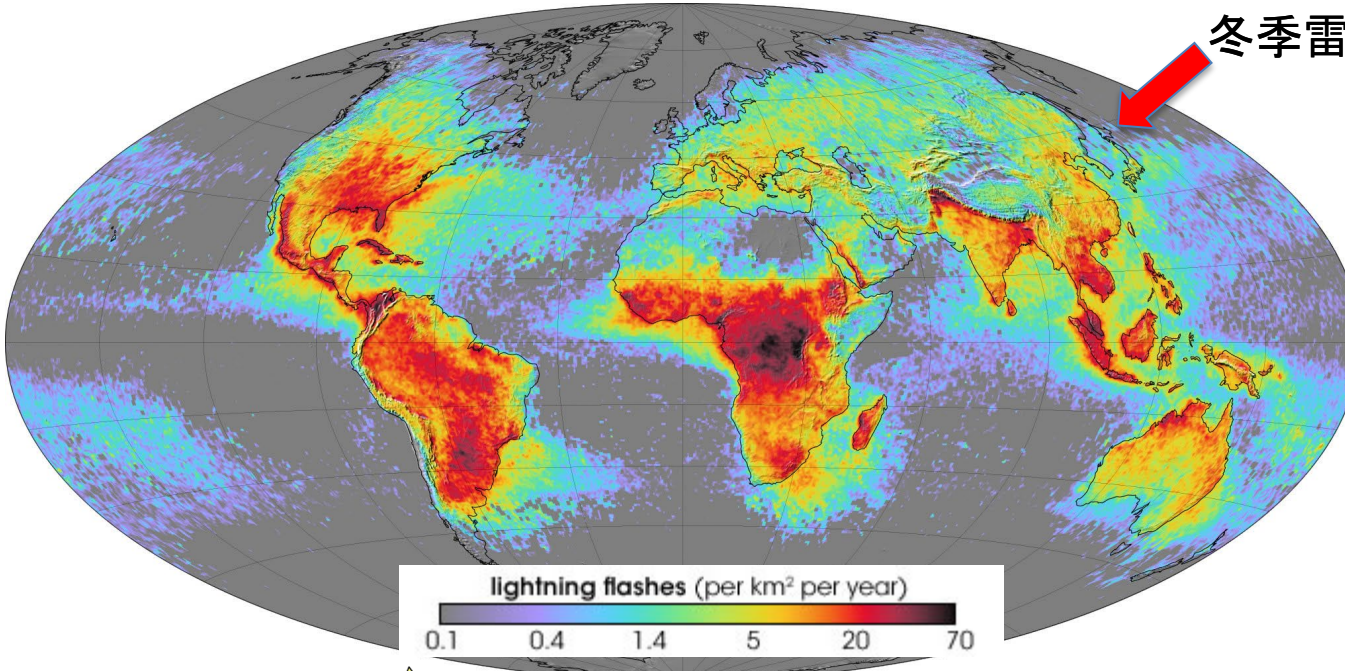
Tower buckled by Typhoon

Earthquakes with magnitudes ≥ 5.0 since 02/03/2004

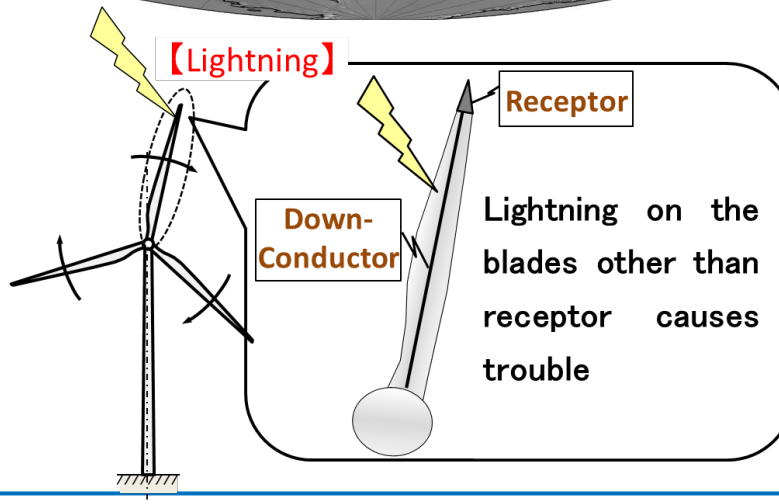
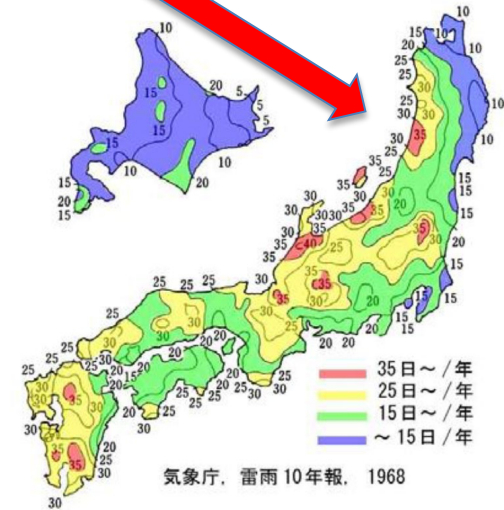


Depression of the ground due to “**liquefaction**” caused by earthquake, it could happen on seabed

<https://geology.com/articles/lightning-map/lightning-strikes-map-lg.jpg>



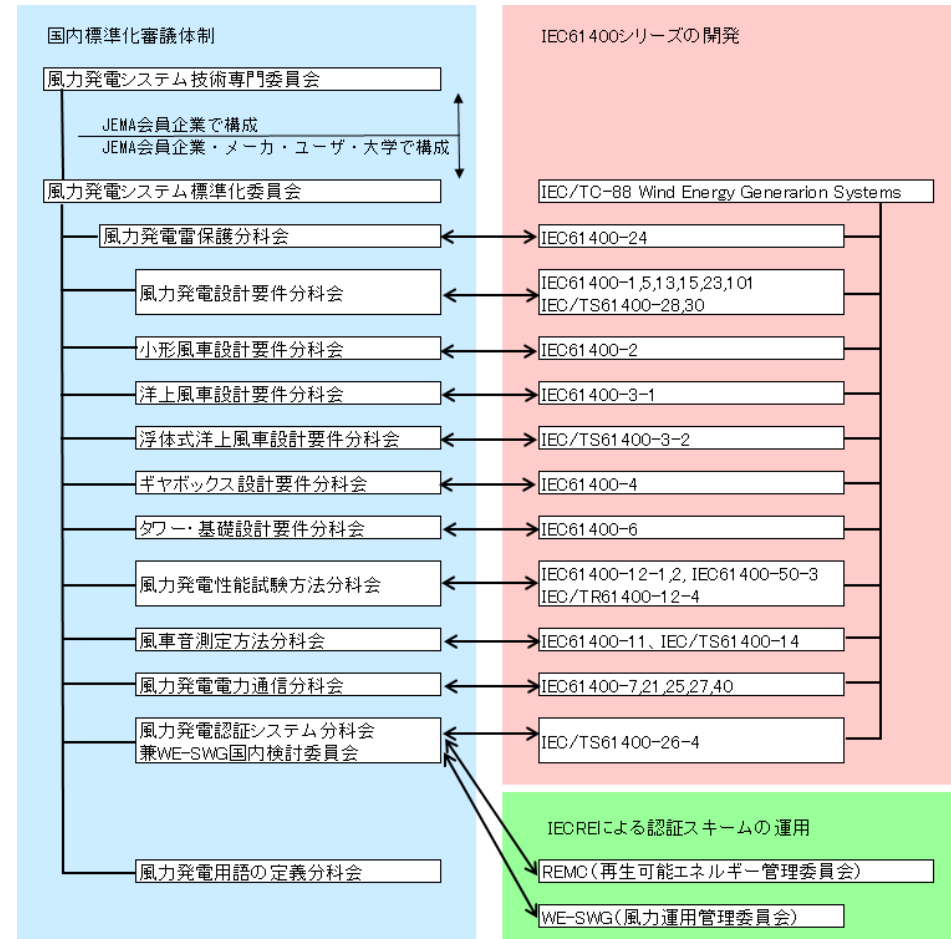
冬季雷地域



雷によるブレード折損

2. 風車の標準化（規格策定）と認証システム

- 風力発電技術の分野における標準化活動は、1988年に**国際電気標準会議**（IEC：International Electrotechnical Commission）のなかに風力発電技術の標準化を審議する技術委員会となる**IEC/TC88**（Wind energy generation systems）を設置して標準化を推進。
- 風力発電に係るIEC規格は、IEC61400シリーズ。
- 一般社団法人**日本電機工業会**が**IEC/TC88の国内審議団体**として活動。国際及び国内の標準化対応のための委員会として「風力発電システム標準化委員会」及びその傘下に分科会を組織し、**国際規格案審議への参画・貢献、国内規格（JIS）原案作成**などを実施。



出典：一般社団法人日本電機工業会 ホームページ

風力発電システム－第1部：設計要件 JIS C 1400-1:2017

1. 序文：

2005年に発行されたIEC 61400-1 及び Amendment 1:2010 をもとに、技術的内容を変更することなく作成した日本工業規格であり、風車に関する最小限の設計要件を概説。（ただし、附属書JA 及び規格中、点線の下線を施してある参考事項は、対応国際規格にはない事項）

2. 適用範囲：

- 風車の技術的な健全性を確保するために不可欠な設計要件について規定。
- 設計寿命を通じて生じる全ての危険要因による損傷に対して、適切なレベルの保護措置を講じることが目的。
- 全てのサイズの風車に適用。
ただし、小形風車の場合には、JIS C 1400-2を適用してもよい。
また、洋上風車の設計要件は、JIS C 1400-3を参照する。

設計方法：

1. 据付けしようとするサイトの風条件に応じて風車を分類する。
⇒この分類を“**風車クラス**”という。
2. “**構造動力学モデル**”を使用して設計上の荷重を予測する。
⇒規定された風条件と設計条件を用い、ある定められた風速範囲にわたって荷重を決定。
⇒関係する外部条件と設計条件との組合せの全てを解析。
⇒この組合せの最小セットを“**設計荷重ケース(DLC)**”という。
3. 設計の妥当性の検証は、計算及び/又は試験で実施する。
⇒ **終極強度、疲労強度、安定性、臨界変形**を解析評価。
⇒予測設計値の信頼性を高め、かつ、構造動力学モデル及び設計条件を検証するために、風車のフルスケール試験データを用いることが可能。

表 1－風車クラスの基本パラメータ ^{a)}

パラメータ	風車クラス			
	I	II	III	S
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	設計者が指定する数値
乱流カテゴリ A における I_{ref} (-)		0.16		
乱流カテゴリ B における I_{ref} (-)		0.14		
乱流カテゴリ C における I_{ref} (-)		0.12		

50年に1回程度おきる強風(10分間平均の風速)最大瞬間風速(3秒平均)に換算すると、この1.4倍になる

乱流強度とは、風速の一定時間内のばらつきの標準偏差 σ を風速で割った値。

この表の値は、ハブ高さにおいて適用する。
 V_{ref} : 10分平均基準風速
 A : 高乱流カテゴリの場合に選定
 B : 中乱流カテゴリの場合に選定
 C : 低乱流カテゴリの場合に選定
 I_{ref} : 風速が 15 m/s のときの乱流強度 ^{b)} の期待値
 注記 風車クラスは、乱流カテゴリと組み合わせて用いられる (例 乱流カテゴリ A を想定したクラス I の場合、クラス IA)。
 注 ^{a)} 年平均風速 V_{ave} は、この規格の風車クラスの基本パラメータとして用いない。これらのクラスの風車設計に対する年平均風速は、式(9)で表す。
^{b)} I_{ref} は、この規格では代表値ではなく、平均値として定義されていることに注意する。

表 JA.1－日本における風車クラス及び乱流カテゴリの追加

パラメータ	風車クラス
$V_{ref,T}$ (m/s)	57
乱流カテゴリ A ⁺ における I_{ref} (-)	0.18

この表の値は、ハブ高さにおいて適用する。
 $V_{ref,T}$: 熱帯性低気圧襲来地域に適用する 10分平均基準風速
 A⁺ : 極高乱流カテゴリの場合に選定

Tクラスとは、**日本が提案した台風やサイクロンの襲来地帯にも対応可能な強風に強い風車**
 (Cf. 日本は**雷対策でも多くの提案**)

○サイトの固有条件に対する風車の評価（JIS C1400-1）

風車は、環境条件及び電氣的条件(風車の荷重、耐久性及び運転に作用する隣接風車の影響を含む)に加えて、風車サイトの地形条件、地震条件及び土壌条件等を考慮しても構造的な健全性を損なわないこと。

⇒「**サイトの固有条件が風車の設計で仮定する条件よりも過酷でないこと**」の証明

OR

⇒「**サイトの固有条件以上の厳しい条件に対する構造的な健全性**」の証明

- ① サイトの地形的複雑さの評価（平面に対する地形の傾斜及び地形の変化を考慮）
- ② 風条件の評価（再現期間50年のハブ高さ風速、周囲乱流標準偏差、ウインドシア等々の考慮）
- ③ 隣接風車の後流の影響評価（風上に位置する風車の後流乱流、風車間隔等の考慮）
- ④ その他の環境条件の評価
（温度範囲、着氷・あられ・雪、湿度、雷、日射、化学的活性物質、大気中塩分濃度等の考慮）
- ⑤ 地震条件の評価（地震荷重ケースが重要な場所では、地表面加速度は、再現期間475年に対して評価）
- ⑥ 電力系統条件の評価（計画されているサイトにおける風車接続端の外部電気条件を考慮）
- ⑦ 土壌条件の評価（入手可能な特定地域の建築基準を参照して、専門の有資格土質工学技術者によって評価）
- ⑧ その他

<風車認証の制度及び手順の規格>

- 風車本体の型式認証、及び風力発電所のプロジェクト認証に係る適合性評価手続きは、認証機関がそれぞれ独自の制度として運用していた。代表的な認証スキームはドイツGermanischer Lloydの“GL Guideline”。
- IECにおいて、適合性評価に係る手続きを国際的に共通化しようという機運が高まり、2010年に“IEC 61400-22”（JIS C 1400-22）が発行された。
- さらに近年、IEC REにおいて、風力、太陽光、海洋の3セクターの認証スキーム開発が進められ、風力は“OD-501”が2018年に発行された。

GL Guideline for the Certification of Wind Turbines 2003, 2010
風車の認証要領

JIS C 1400-22: 2014
風車 – 第22部：風車の適合性試験及び認証

OD-501 Type and Component Certification Scheme: 2018
型式及び部品認証スキーム

<認証種別>

部品認証
(IEC, IECRE)

主要な部品の技術規格への適合性を確認

プロトタイプ認証
(IEC, IECRE)

試験開発中の風車の安全性を確認

型式認証
(IEC, IECRE)

風車本体の技術規格への適合性を確認

風車本体の認証

風力発電所の認証

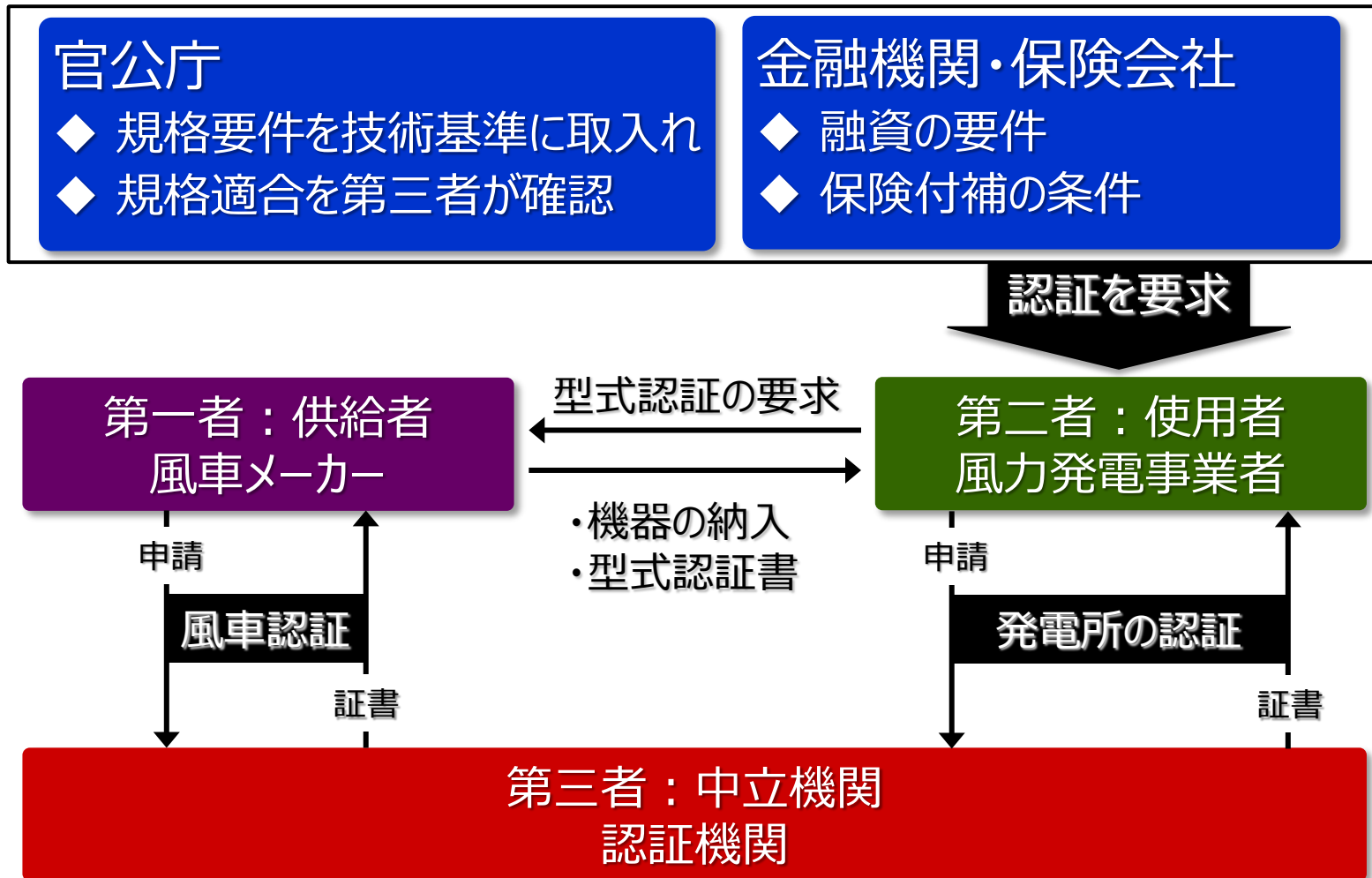
プロジェクト設計認証
(IECRE)

風車本体に加えて支持構造物の安全性、風力発電サイトの環境条件の評価など、風力発電所全体の技術規格への適合性を確認

プロジェクト認証
(IEC, IECRE)

プロジェクト設計認証の内容に加えて、設置される風車の構成要素にわたる製造、試験、輸送、設置の評価、設置後の維持管理まで含めて技術規格への適合性を確認

規格・認証制度の活用例



3. NKによる風車認証

風車本体の型式認証

風車型式認証

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。



小形風車型式認証

小形風車について、国際・国内規格等の要求事項（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

ウィンドファーム認証

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。



風車支持構造物 材料認証

風車支持構造物に以下のいずれにも該当しない材料を使用する場合を想定した認証。

- 建築基準法第37条の「指定建築材料」
- 国土交通大臣の認定を受けている材料
- 発電用風力設備に関する技術基準適合に係る性能評価に対する認定を受けている材料

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。

- ウィンドファーム認証は、原則として日本国内において電気事業法の適用を受け1基又は複数の風車（RNA）及びその支持構造物（タワー及び基礎）を設置する、出力が500キロワット以上の風力発電所を対象とする。
- ウィンドファーム認証の目的は、型式認証された風車（RNA）及びその支持構造物（タワー及び基礎）の設計が、外部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。

<ウィンドファーム認証の主な準拠基準>

- ◆ 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9年3月27日通商産業省令第53号）
- ◆ 発電用風力設備の技術基準の解釈（経済産業省，改正20230310商局第2号 令和5年3月20日）
- ◆ 風力発電設備支持物構造設計 指針・同解説（土木学会 2010年）

一般財団法人日本海事協会は、公益財団法人日本適合性認定協会が当該協会の認定基準「風力発電システム：ウィンドファーム」に基づき、ISO/IEC 17065（JIS Q 17065）の製品認証機関として認定した認証機関です。



- 公益財団法人日本適合性認定協会ホームページ、認定された製品認証機関：<https://www.jab.or.jp/system/service/product/accreditation/detail/453/>

ウィンドファーム認証のモジュール <洋上風力発電所の場合>

(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、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

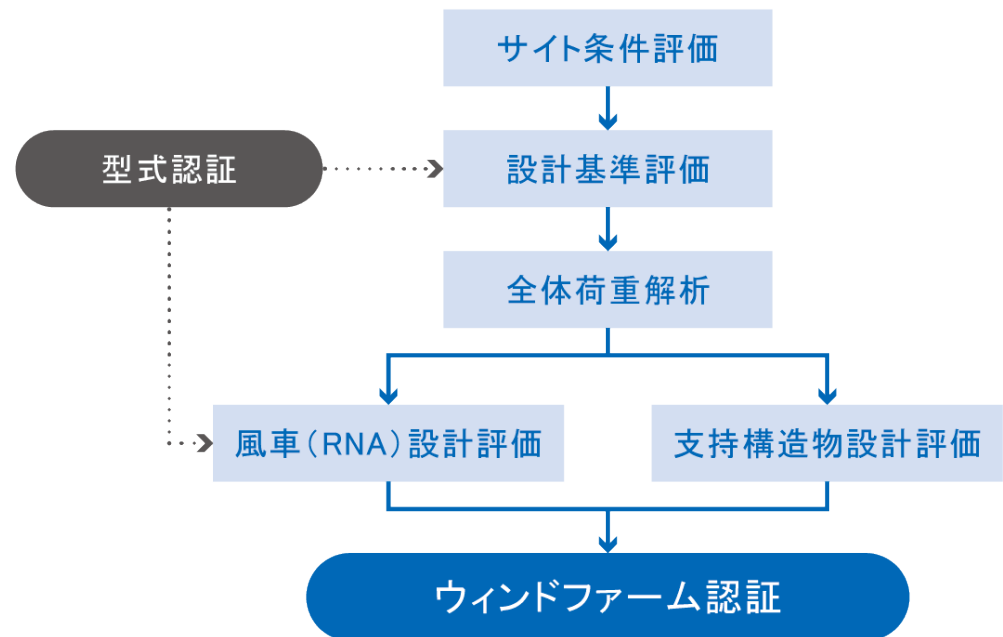
(4) 風車（RNA）設計評価

- 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



※ 洋上風力発電所の場合は、発電事業者からの審査申請のみ可能。
(モジュールごとに分割した審査申請は不可。)

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

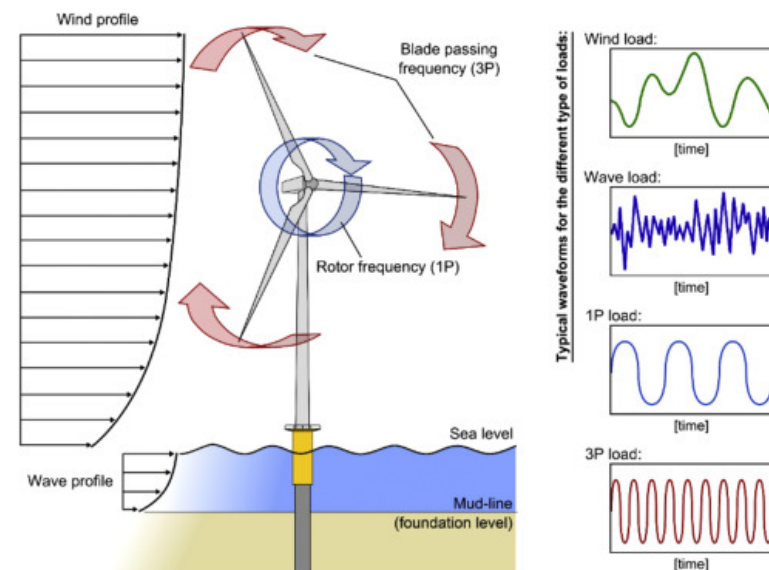
- 風車運転状態（風車運転時の風況＋通常海況）
- 風車暴風待機状態（風車暴風待機時の風況＋暴風波浪時の海況）
- 地震発生時（風車運転時／風車緊急停止時／風車待機時）

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、及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)

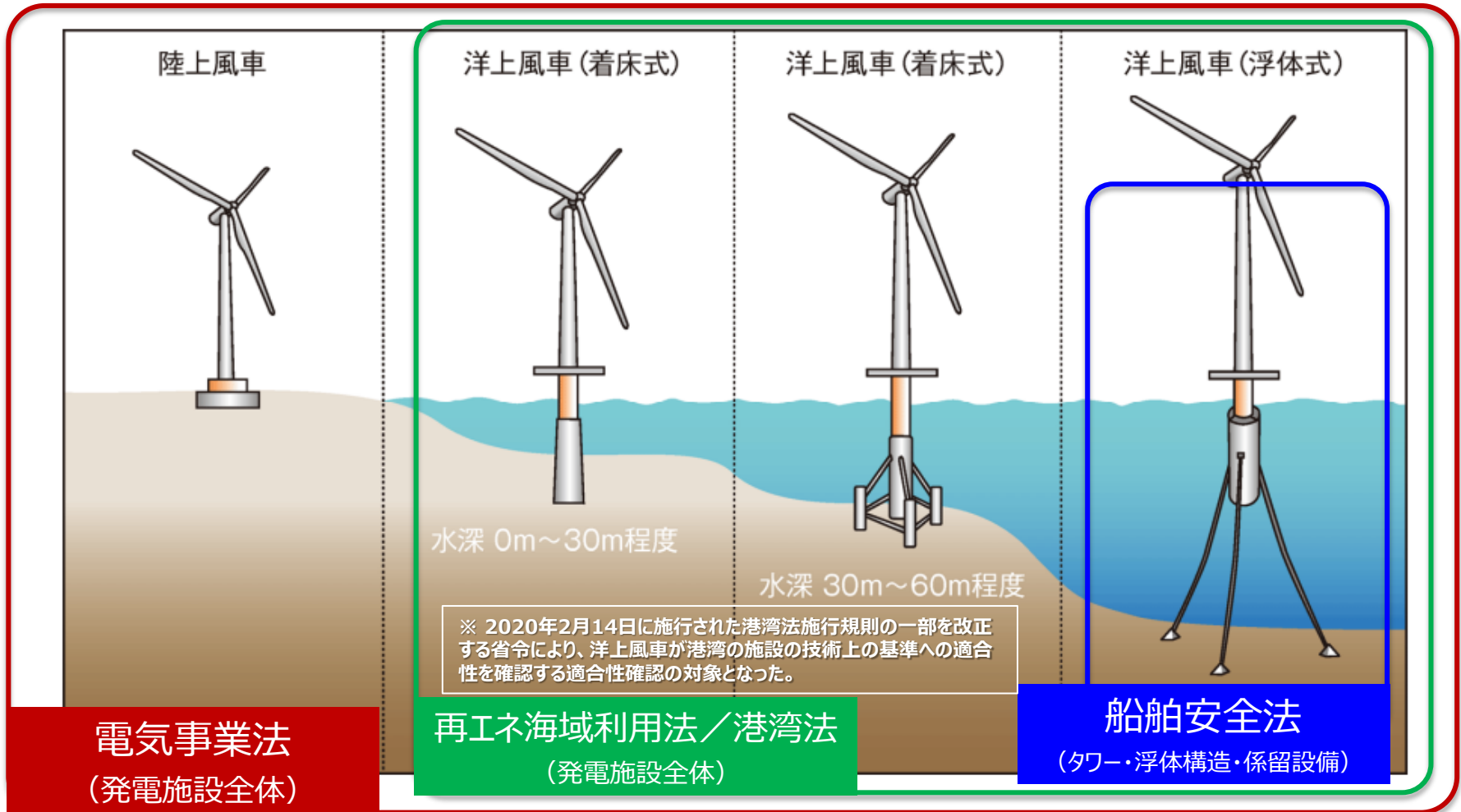
図の出典：Wind Energy Engineering, A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines, P276

4. 風車の構造安全規制と規格・認証の活用

<風力発電所の構造安全に係る法規制>

風車・発電所全体：電気事業法

洋上風車（着床式・浮体式）：港湾法／浮体構造・係留（浮体式）：船舶安全法



図の出典：NEDO再生可能エネルギー白書

電気事業法による規制

- 事業用電気工作物設置者に対して、第三十九条によりその事業用電気工作物を経済産業省令で定める一定の技術基準に適合するように義務を課している。

- 風力設備の場合：**発電用風力設備に関する技術基準を定める省令**

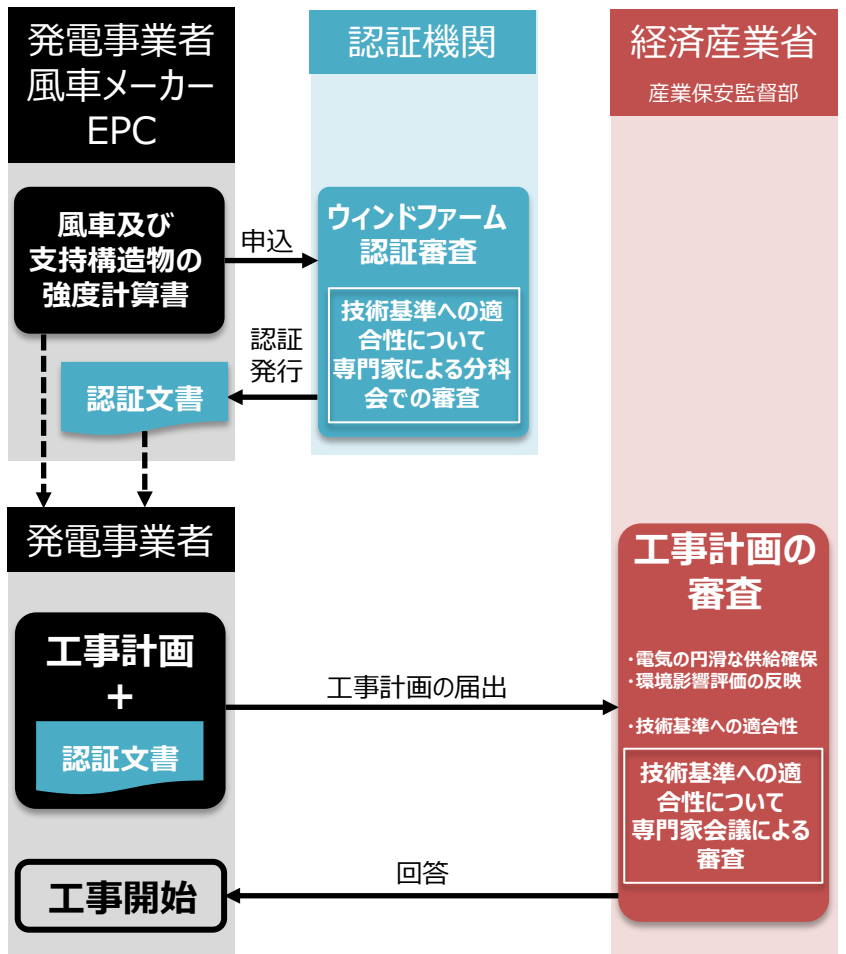
発電用風力設備に関する技術基準を定める省令の解釈
洋上風力発電設備に関する 技術基準の統一的解説

- IEC国際規格を取り入れたJISの要件を導入
- 商業用発電風車については型式認証が必要

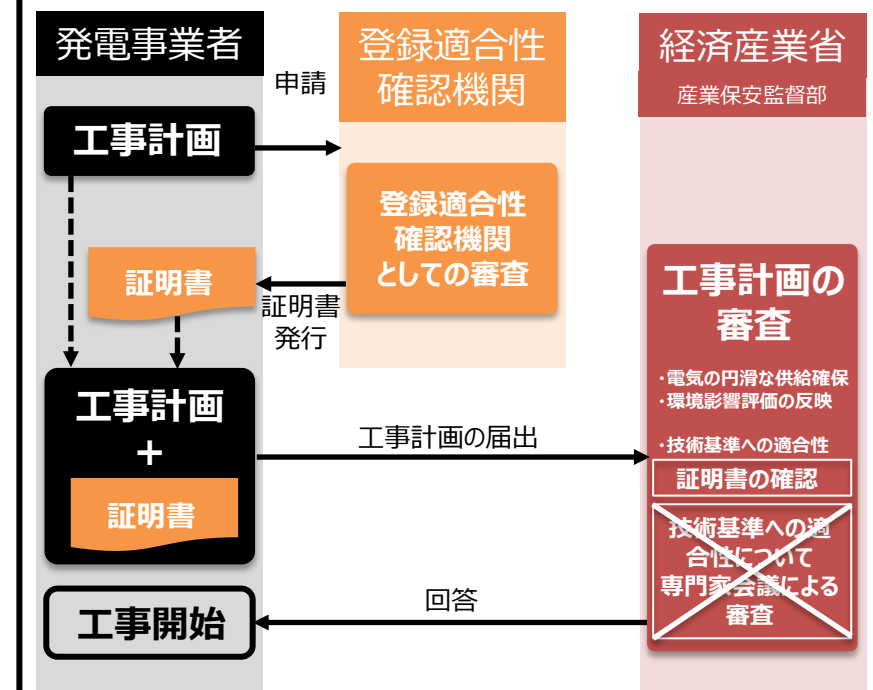
- **風力発電所の工事**（出力500kW以上の場合）については、電気事業法 第四十八条により**工事計画の届出**が必要。
- 電気事業法 第四十八条の二により、「特殊電気工作物」の場合は、電気事業法 第三十九条で定める技術基準に適合することについて、「**登録適合性確認機関**」による**事前確認**が必要。
 - 「特殊電気工作物」とは、風力発電設備のうち、風車及び風車を支持する工作物

- 発電用風力設備に関する技術基準を定める省令（風技）の第四条、第五条及び第七条への適合について、「登録適合性確認機関」が事前に審査し、その結果について証明書を発行。
- 国は風技の第四条、第五条及び第七条への適合について、「登録適合性確認機関」が発行した証明書を確認する。

～2023年3月



2023年4月～

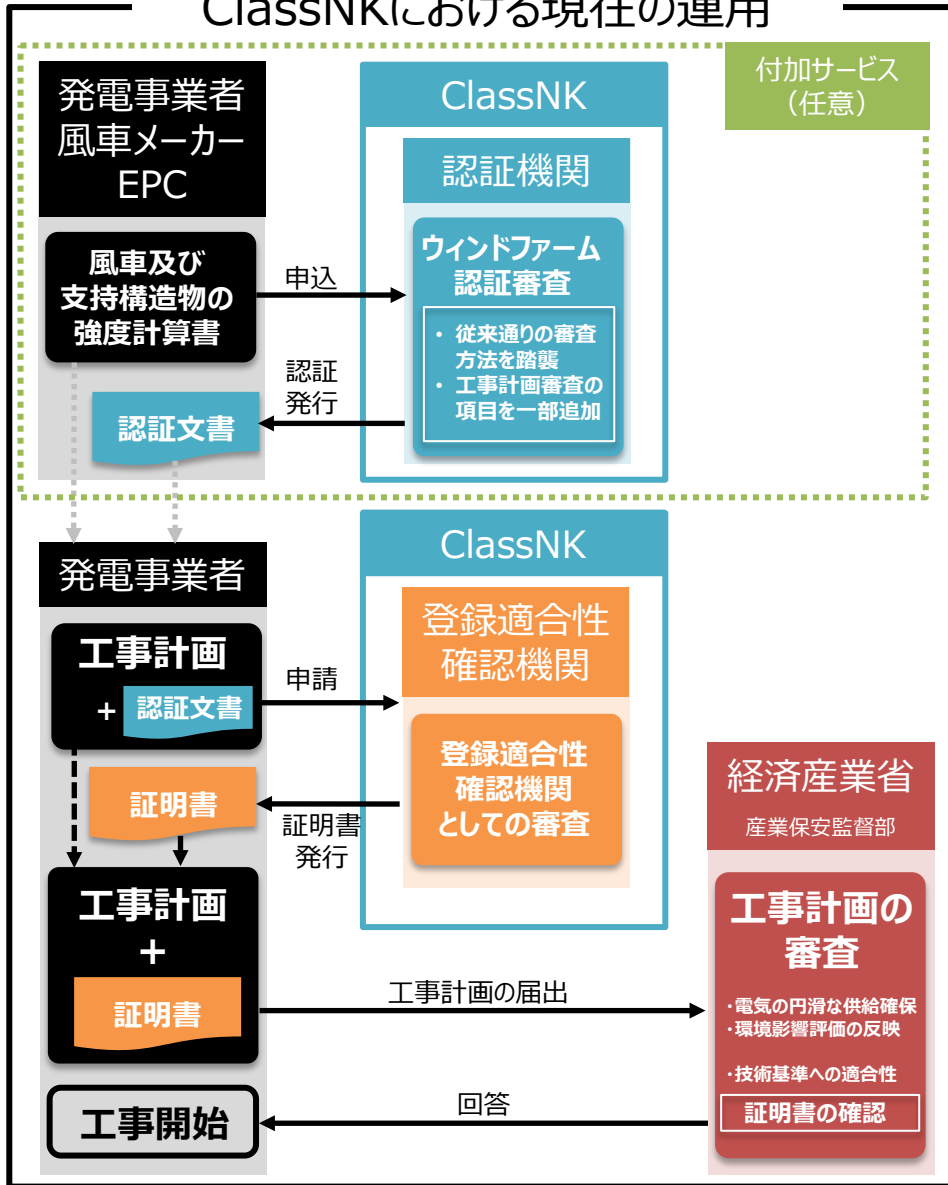


■ 専門家会議による審査は廃止。

- これまでの、一般設備／特殊設備の分けも廃止。
- 風技の第四条、第五条及び第七条への適合について、全て「登録適合性確認機関」において確認。（その他は従前どおり発電所の所在地を管轄する産業保安監督部で確認する。）

■ ClassNKはウィンドファーム認証は廃止せず、「登録適合性確認機関」制度と融合させたサービスを提供。（次頁参照）

ClassNKにおける現在の運用



- ClassNKは令和5年3月31日付で経済産業大臣の登録を受けた者として登録された。
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/furyoku.html#onshore
- 業務範囲は、陸上／洋上（着床式）／洋上（浮体式）【ClassNKが届け出た業務規程による】
- 令和5年4月5日より「登録適合性確認機関」としての業務を開始。

【ClassNKの方針】

- ◆ 従来のウインドファーム認証（WF認証）のスキームは従前のまま残す。
 - 工事計画届出及びその添付資料（電気事業法施行規則 別表第三に規定）の全てが整っていない状態での審査開始を可能とする。
 - 発電事業者だけではなく、風車メーカーやEPCなどの様々なニーズに対応できる体制を維持する。
- ◆ WF認証を取得せず、「登録適合性確認機関」に直接申請することも可能であるが、以下の条件を満足する必要がある。
 - 申請者は発電事業者のみに限定される。
 - 申請時に、工事計画届に添付する添付書類（電気事業法施行規則 別表第三に規定）の全てが整っていること。（日本語以外は不可）

船舶安全法による規制

船舶安全法

第二条 船舶ハ左ニ掲グル事項ニ付国土交通省令（漁船ノミニ関スルモノニ付テハ国土交通省令・農林水産省令）ノ定ムル所ニ依リ施設スルコトヲ要ス

- 一 船体
- 二 ～ 十三（略）

船舶安全法施行規則第1条第4項の特殊な構造又は設備を有する船舶を定める告示

船舶安全法施行規則第1条第4項の告示で定める**特殊な構造又は設備を有する船舶**は次のとおりとする。

- 一 ～ 三（略）

四 浮体式洋上風力発電施設

浮体式洋上風力発電施設技術基準

国海安第194号 平成24年4月23日付
一部改正 国海安第286号 令和2年3月3日付

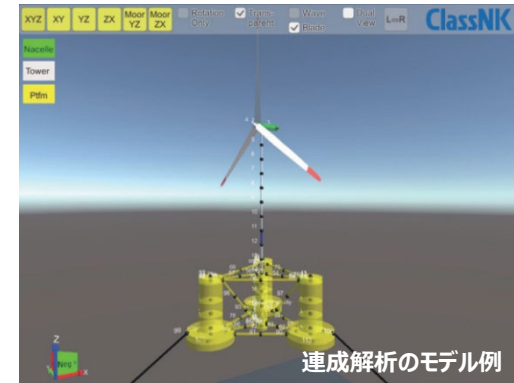
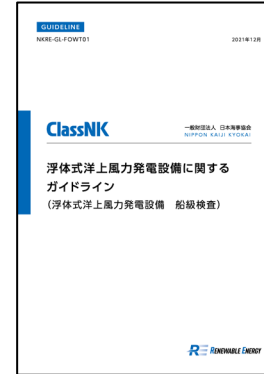
IEC TS 61400-3-2
浮体式風車の設計要件

国土交通省ホームページ：浮体式洋上風力発電施設の普及促進について - 安全確保のための技術基準の制定等 -
https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_fr6_000006.html

船級検査（国土交通大臣の登録を受けた船級協会としてNKが実施）

設計審査

- 浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン（浮体式洋上風力発電設備 船級検査）に基づき、浮体・タワー・係留設備に関する設計審査を実施。
- サイト条件（風況・海況など）の設定、風車／浮体連成解析、支持構造物の設計評価は、ウィンドファーム認証と同時に審査。
- 使用する鋼板・艀装品はNK承認品であることを確認。



建造・ 現地工事 の検査

- 以下の項目に係る立会検査を実施。
 - 浮体構造・タワーの製造中立会検査
 - 係留設備に使用するチェーン・アンカー等の出荷検査
 - 製造工場での試験（水圧試験など）、設置工事での試験（把駐力試験など）への立会



完成検査

- 現地サイトへの設置完了後に、風車の制御システムや浮体のバラストシステムなどの確認試験に立会する。



	電気事業法（現行）	港湾法	船舶安全法
陸上風力発電所	○	×	×
洋上風力発電所 （着床式）	○	○	×
洋上風力発電所 （浮体式）	○	○	○
許認可の形式	工事計画届 【国が直接審査】 + 【登録適合性確認機関】	国土交通大臣の登録を 受けた確認機関である 沿岸技術研究センター （CDIT） による適合性確認	国土交通大臣の登録を 受けた船級協会である 日本海事協会 （ClassNK） による船級検査

NK Wind Farm 認証
の審査結果を参照

- ClassNKは、洋上風力発電設備の支持構造物及びその付帯設備に対する共通する審査項目について、Wind Farm 認証において沿岸技術研究センター殿と合同審査。
- この合同審査の結果については、「登録適合性確認機関」として申請を受けた際にも有効に取り扱われる。

<風力発電の認証に係るお問い合わせ先>

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



ウェブサービスポータル >

海運ビジネスの課題解決へ共に歩みます

マイページログイン >

- クイックリンク
- レジスターオブシッピング
- 技術規則・検査要領
- 鋼船規則C編全面改正 特設サイト
- テクニカルインフォメーション
- Approval in Principle (AIP)
- ClassNK 技報
- マネジメントシステム認証
- 再生可能エネルギー**
- पोर्टステートコントロール
- バラスト水管理条約
- EEXI
- e-Certificate Verification
- サイバーセキュリティ UR E26/27
- 採用情報



認証フィールドの拡大を通じ、社会全体へ貢献します



<お問い合わせ先>
一般財団法人 日本海事協会
再生可能エネルギー部
TEL: 03-5226-2032
E-mail: re@classnk.or.jp