

北九州市沖 洋上風況観測システム実証研究及び 洋上風力発電システム実証研究の経過



電源開発株式会社
環境エネルギー事業部
風力事業室 吉村 豊

平成25年6月27日

ご説明内容

1. 実証研究概要
2. 洋上風況観測システム実証研究
3. 洋上風力発電システム実証研究
4. 環境調査

(1)実証研究全体概要

洋上風力発電技術等研究開発 工程(北九州市沖)

対 象	H21年度				H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H26年度			
洋上風況観測システム	システム設計、事前解析等								許認可・製作				設置		実証研究（観測）									
洋上風力発電システム									設計・許認可				製作・設置・試運転				実証研究							

洋上風況観測システム 実証研究 *

【概況】

H24.4月洋上工事開始

H24.10月観測開始

【研究内容概要】

- 風波のシミュレーションの構築
(統合解析システム)
- 気象・海象の特性把握
- 風・波の同時生起性等
- ライダーの適用性評価

洋上風力発電システム 実証研究 *

【概況】

H24.5月洋上工事開始

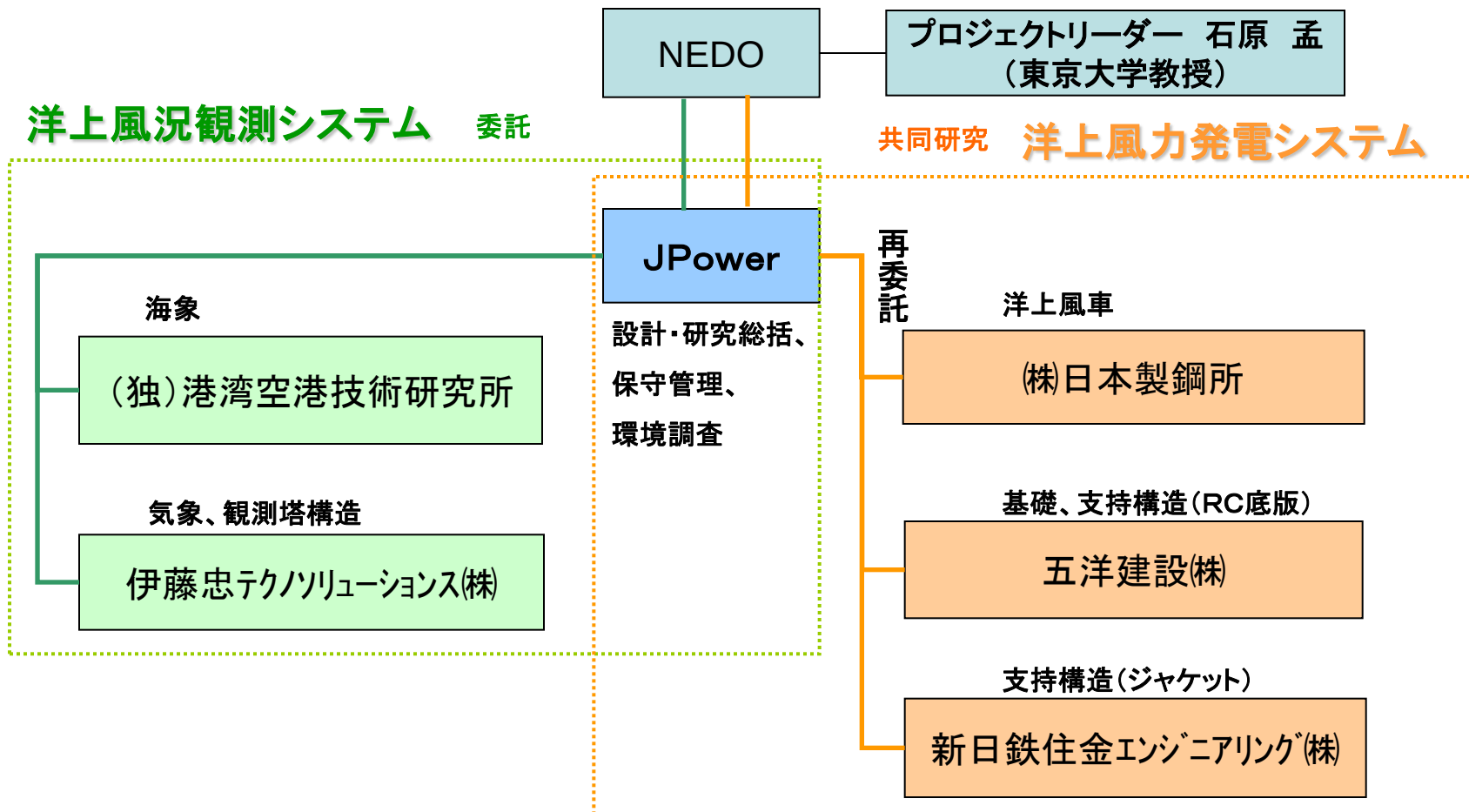
H25年6月 使用前自主検査合格・運転開始

【研究内容概要】

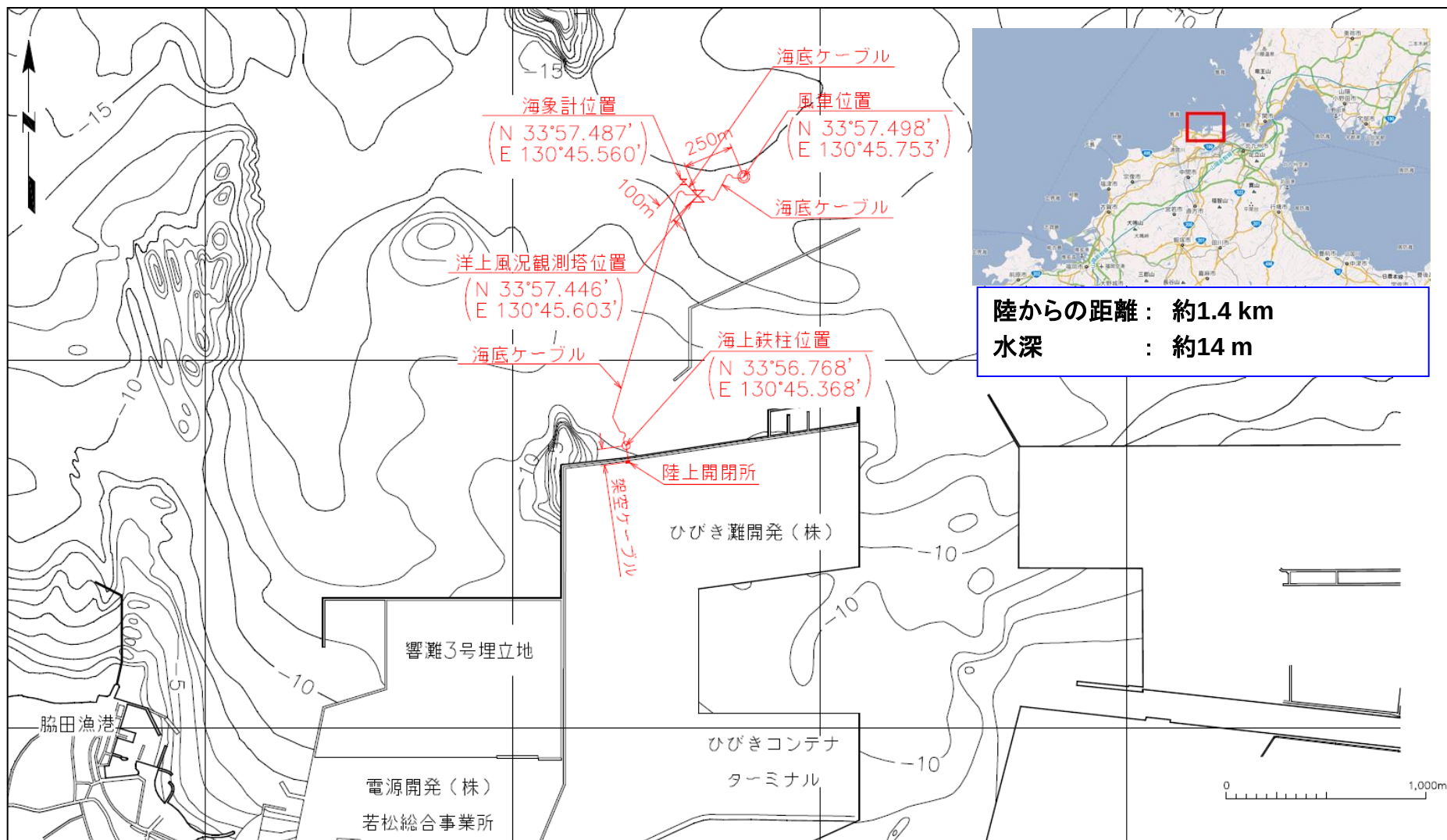
- ハイブリッド重力式支持構造の設計手法の構築
- 風・波荷重評価手法の確立
- 洋上仕様風車の設計と耐久性検証
- 施工方法の開発
- コンディションモニタリング等保守管理技術の開発

* :環境調査含む

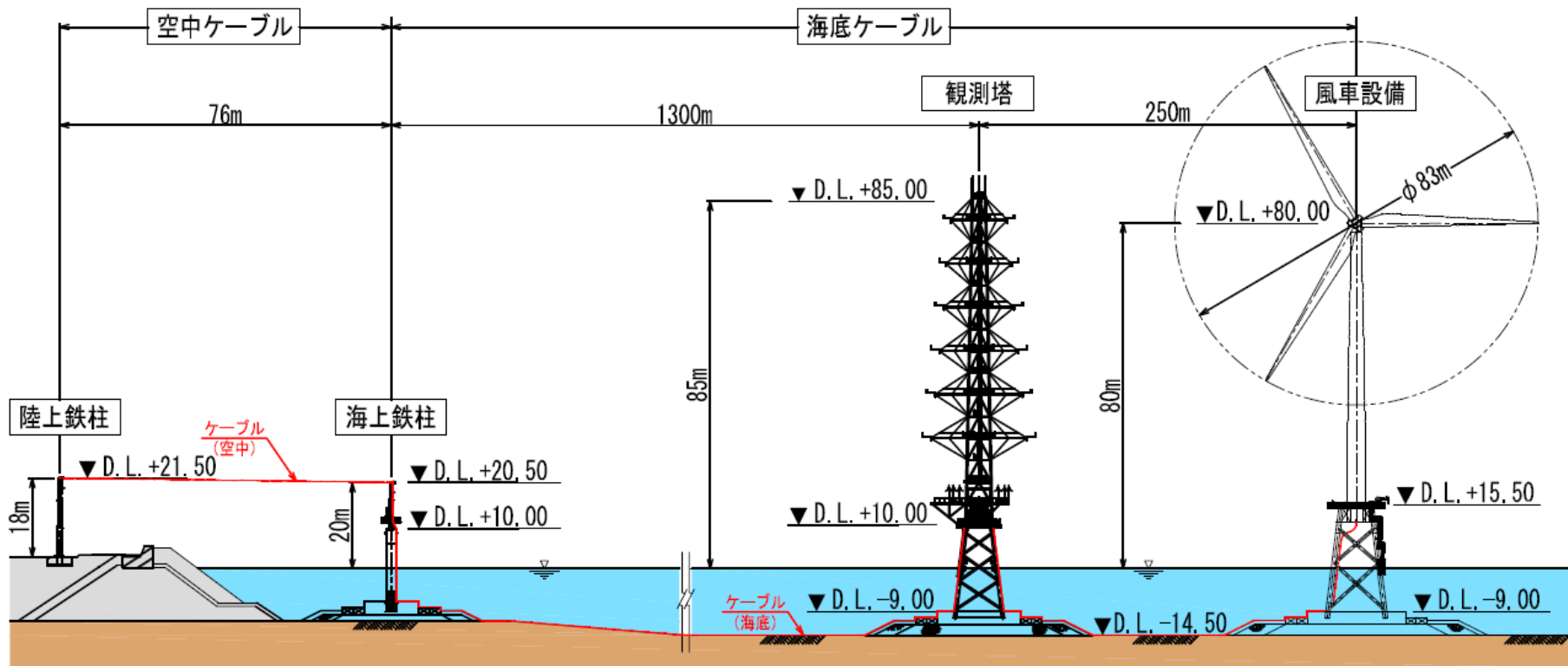
(2) 研究の実施体制



(3) 実証研究設備レイアウト



(4) 実証研究設備模式図



風車仕様

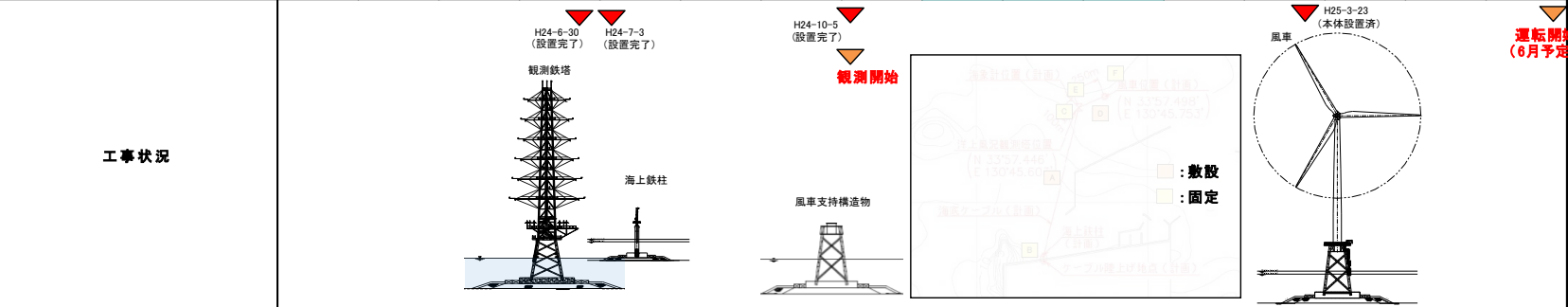
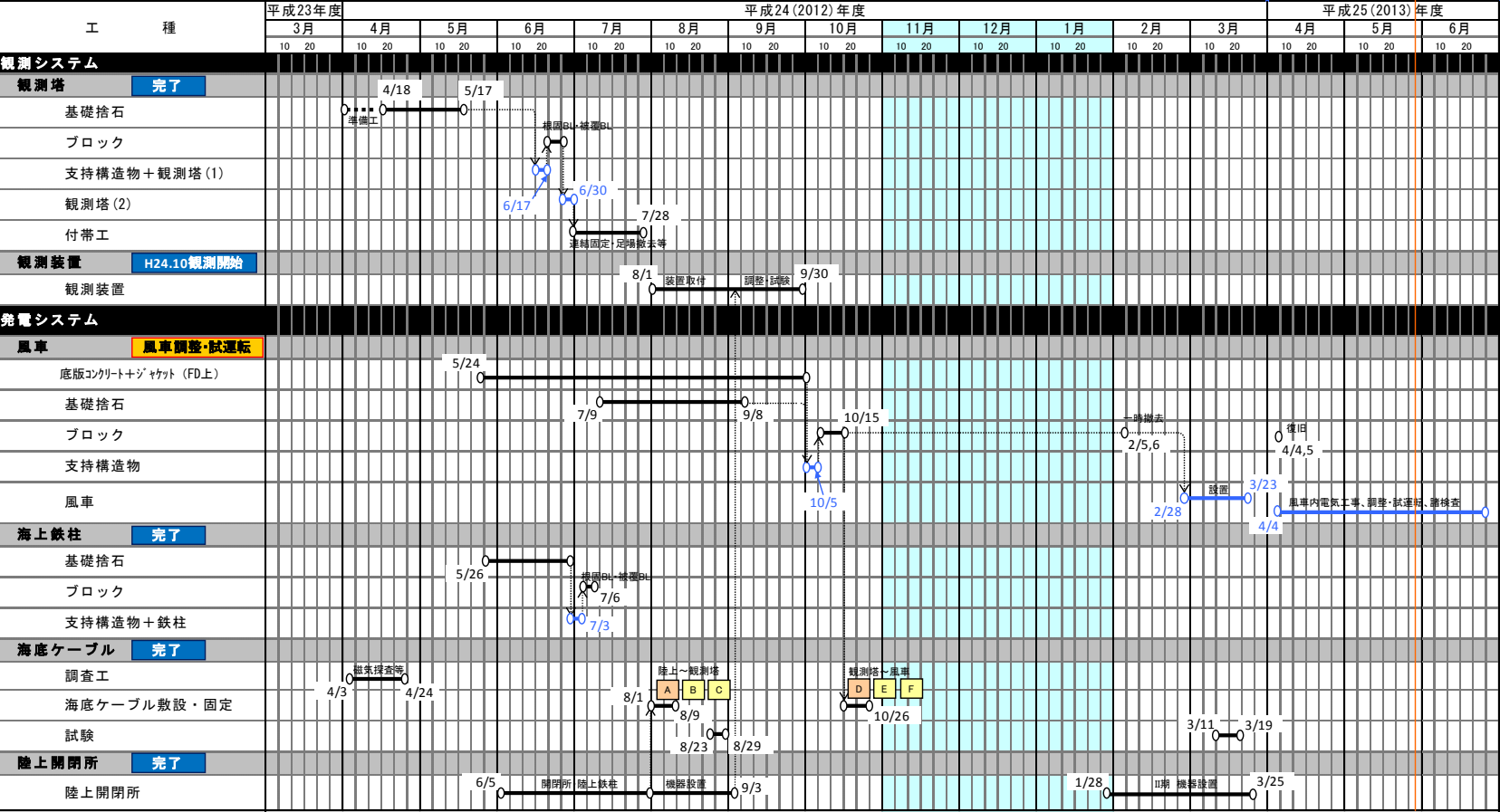
設計項目	単位	仕様
定格出力	kW	2,000 (1,980)
設計風速 カットイン/カットアウト	m/s	3.5/25
定格風速	m/s	13
定格回転数	rpm	19
IEC Class		S
発電機		ダイレクトドライブ 多局同期発電機

1. 実証研究概要

(5) 工事進捗状況

洋上風力実証研究 全体工程概要

2013-05-27



(6) 設備設置状況 (1/3) 風車及び観測塔



(6) 設備設置状況 (2/3) 海上鉄柱



(6) 設備設置状況 (3/3) 陸上開閉所

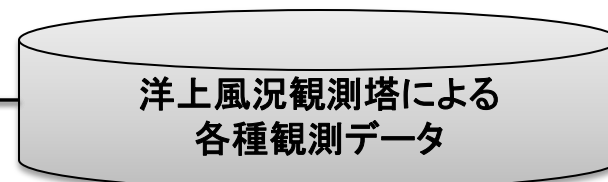
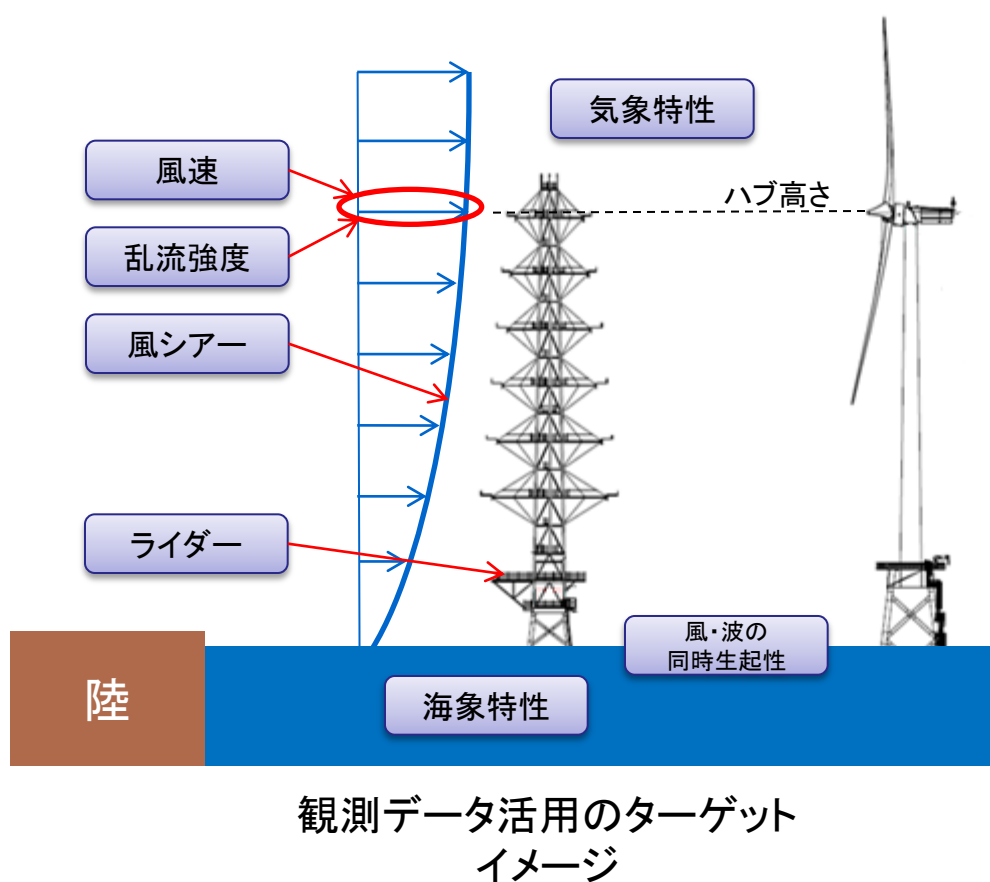


(7) 工事用ヤード概要



(1) 洋上風況観測システム 研究概要

観測データ取得開始後、観測データのチェックを経て、以下に示す各種検討を実施する。



洋上風・波の特性評価

実観測データをもとに、欧州との差異が想定される我が国固有の気象・海象条件を明らかにする。

- ◆ 風速（ハブ高さの風速）
- ◆ 乱流強度（風の乱れ）
- ◆ 風シアー（風の高度分布）
- ◆ 風・波の同時生起性（同時出現特性）
- ◆ 気象特性（気温、湿度、気圧など）
- ◆ 海象特性（波高、周期、流れなど）

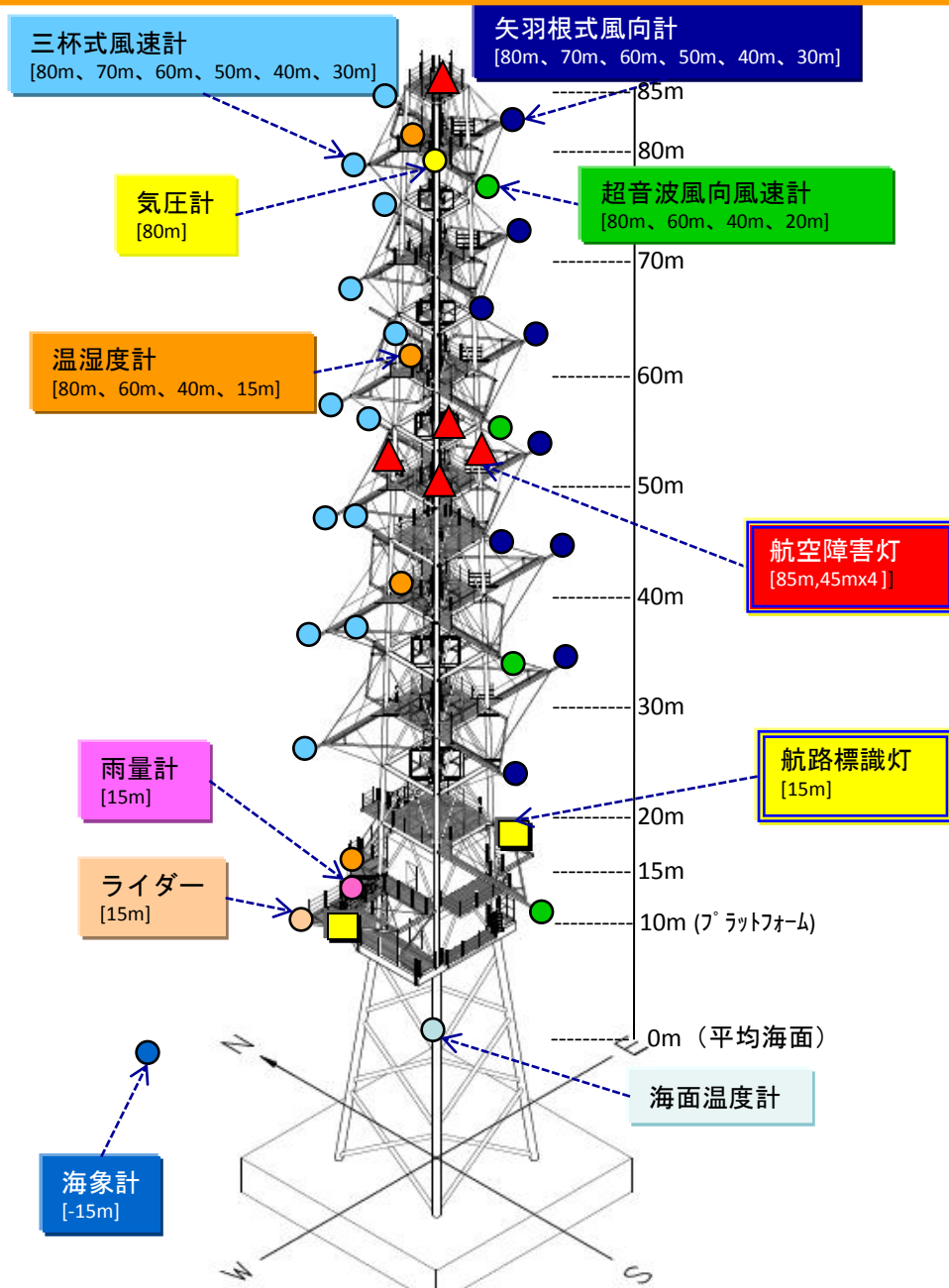
ライダーの適用性評価

- ◆ 従来風観測データとの比較検証
- ◆ 風車性能評価への活用検討

統合解析システム （シミュレーション）への適用

- ◆ 統合解析システムの精度検証
- ◆ 統合解析システムの高度化

(2) 洋上風況観測システム (1/2) 観測機器 配置



No.	観測機器	観測要素	サンプリング 周波数
1	三杯式風速計	風速	4Hz
2	矢羽根式風向計	風向	4Hz
3	超音波風向風速計	風速・風向	20Hz
4	ライダー *1	風速・風向	1Hz
5	温度計	温度	4Hz
6	湿度計	湿度	4Hz
7	気圧計	気圧	4Hz
8	雨量計	雨量	1Hz
9	海面温度計	海面温度	4Hz
10	海象計	波高・周期・波 向・流れ・潮位	2Hz
11	その他	Webカメラ, 設備状態	-

*1:大気中にレーザー光を発射し、微粒子や分子からの散乱光(反射光)のドップラーシフトを検出することで、流れ(風)を解析するもの

(2) 洋上風況観測システム (2/2) 観測機器

三杯式風速計



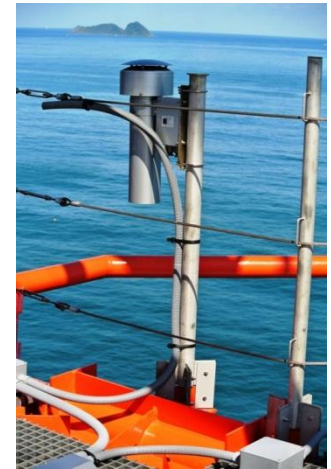
矢羽根式風向計



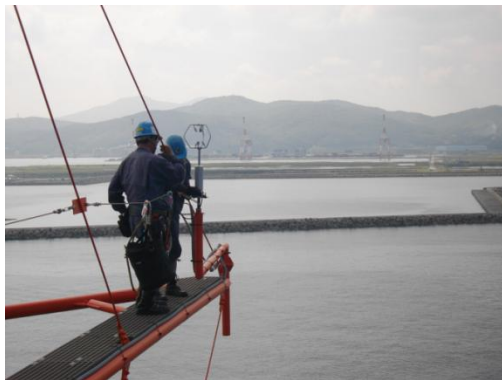
気圧計



温湿度計



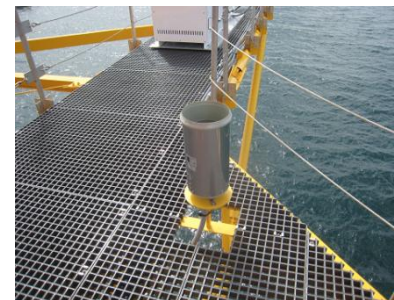
超音波風向風速計



ライダー



雨量計



海面温度計



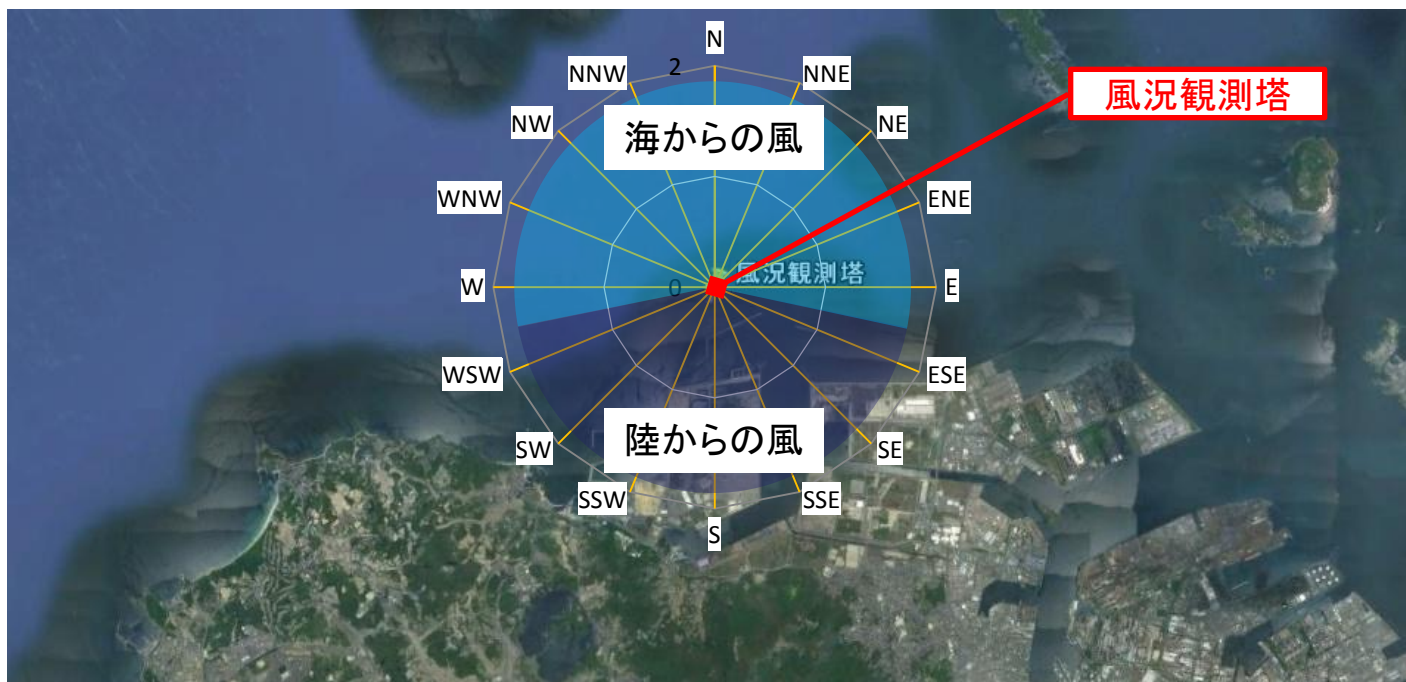
海象計



(3) 観測事例 (1/2) 風速鉛直分布(ウィンドシア) 風向の区分

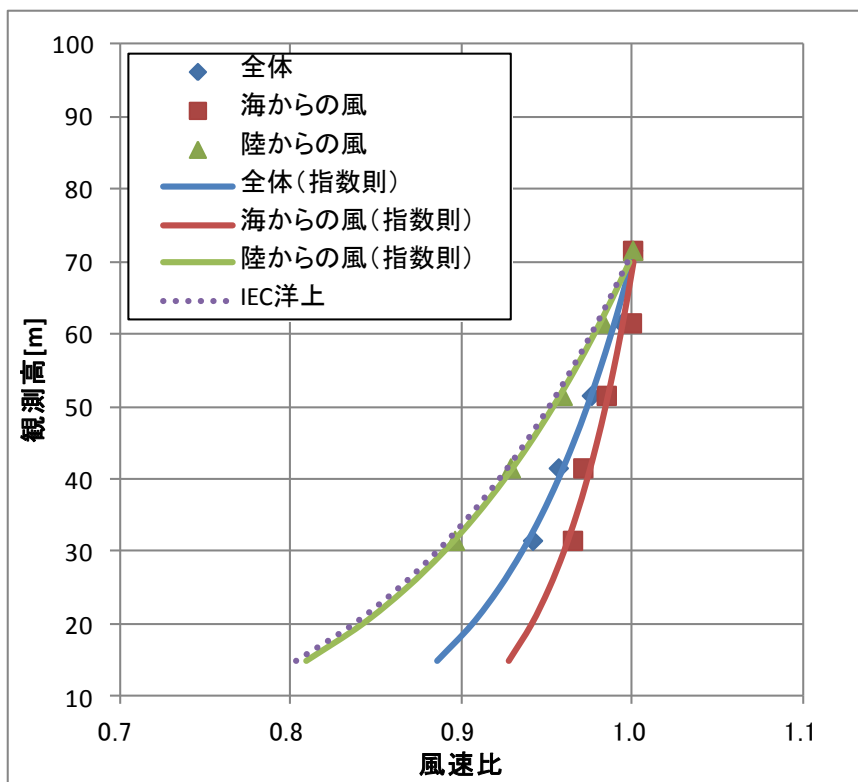
純粋な洋上風と、陸の影響を受けた風の特徴を確認するために、以下の定義により、「海からの風」と「陸からの風」に分けて分析を実施した。

- 海からの風 W – E (北周り)
- 陸からの風 ESE – WSW (南周り)

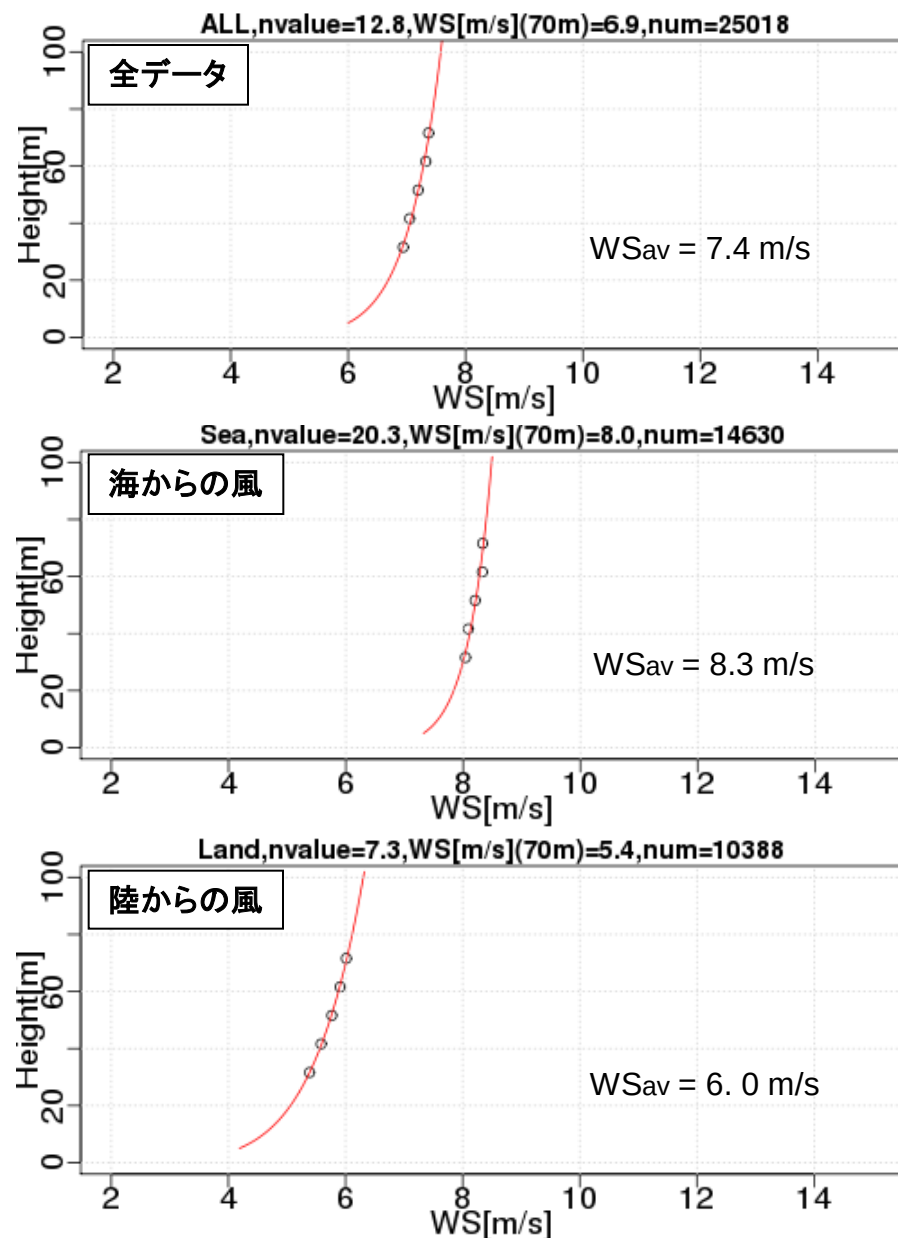


(3) 観測事例 (1/2) 風速鉛直分布(ウィンドシア) 解析

- ◆海からの風(純粋な洋上風)のシアーは小さい
→ N値で20.3
- ◆陸からの風(陸の影響を受けた洋上風)はシアー
が大きい。
→ N値で7.3 (IEC洋上と同程度)



	全体	海からの風	陸からの風	IEC洋上
頻度[%]	100%	58%	42%	-
N値	12.8	20.3	7.3	7.1
α (1/N)	0.08	0.05	0.14	0.14



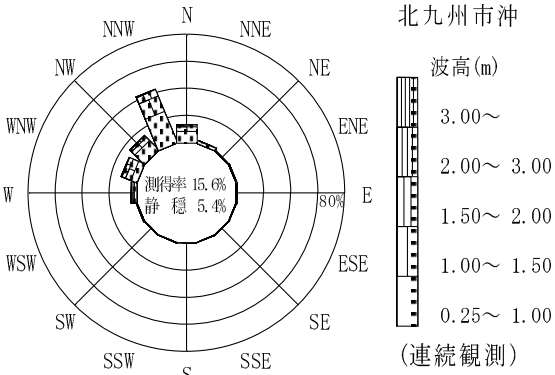
(3) 観測事例 (2/2) 波高・周期 出現頻度

北九州市沖 波高・周期別出現頻度 (2012年10月~2013年1月)

2012年～2013年(通年)		波高・周期別度数分布表 (有義波)																			観測地点: 北九州市沖			
波高	周期	～3	3～4	4～5	5～6	6～7	7～8	8～9	9～10	10～11	11～12	12～13	13～14	14～15	15～16	16～17	17～18	18～19	19～	合 計	未超過	補足1	補足2	
1201～																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
1101～1200																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
1001～1100																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
901～1000																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
801～900																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
701～800																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
651～700																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
601～650																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
551～600																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
501～550																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
451～500																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
401～450																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
351～400																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
301～350																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
251～300																				0	8201	8201	8201	
																				(0)	(1000)	(1000)	(1000)	
201～250				1	93	18	3													116	8201	116	8201	
				(0)	(11)	(2)	(0)													(14)	(1000)	(14)	(1000)	
176～200				2	54	230	66	1												353	8085	353	8085	
				(0)	(7)	(28)	(8)	(0)												(43)	(986)	(43)	(986)	
151～175				1	267	237	71	14												612	7732	612	7732	
				(0)	(33)	(29)	(9)	(2)												(75)	(943)	(75)	(943)	
126～150				27	416	266	62	37												841	7120	841	7120	
				(3)	(51)	(32)	(8)	(5)												(103)	(868)	(103)	(868)	
101～125				193	434	346	112	50												1174	6279	1174	6279	
				(0)	(24)	(53)	(42)	(14)												(143)	(766)	(143)	(766)	
76～100				14	317	283	331	165												1308	5105	1308	5105	
				(2)	(39)	(35)	(40)	(20)												(159)	(622)	(159)	(622)	
51～75				75	245	377	338	265												1424	3797	1424	3797	
				(0)	(9)	(30)	(46)	(41)												(174)	(463)	(174)	(463)	
26～50				84	396	456	488	301												1933	2373	1933	2373	
				(10)	(48)	(56)	(60)	(37)												(236)	(289)	(236)	(289)	
～25				31	165	181	43	14												440	440	440	440	
				(4)	(20)	(22)	(5)	(2)												(54)	(54)	(54)	(54)	
合 計				116	651	1423	2363	2156	928	394	136	34	0	0	0	0	0	0	0	8201	8201	8201	8201	
				(14)	(79)	(174)	(288)	(263)	(113)	(48)	(17)	(4)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1000)	(1000)	(1000)	(1000)	
未超過				116	767	2190	4553	6709	7637	8031	8167	8201	8201	8201	8201	8201	8201	8201	8201					
(0.1%)				(14)	(94)	(267)	(555)	(818)	(931)	(979)	(996)	(1000)	(1000)	(1000)	(1000)	(1000)	(1000)	(1000)	(1000)					

周期11秒以下

波高2.5m以下



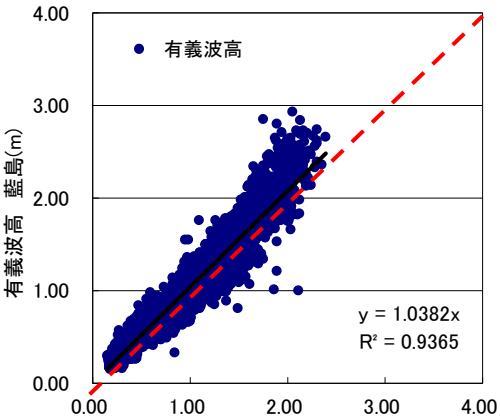
波高階級別の波向出現状況
(2012年10月~2013年1月)

北~西系が卓越

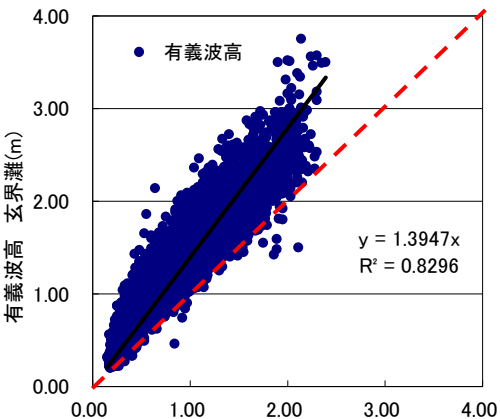
NOWPHAS藍島および玄界灘との比較
(2012年10月~2013年1月)

距離的に近い藍島との相関がより高い

北九州市沖及び藍島 有義波高の相関

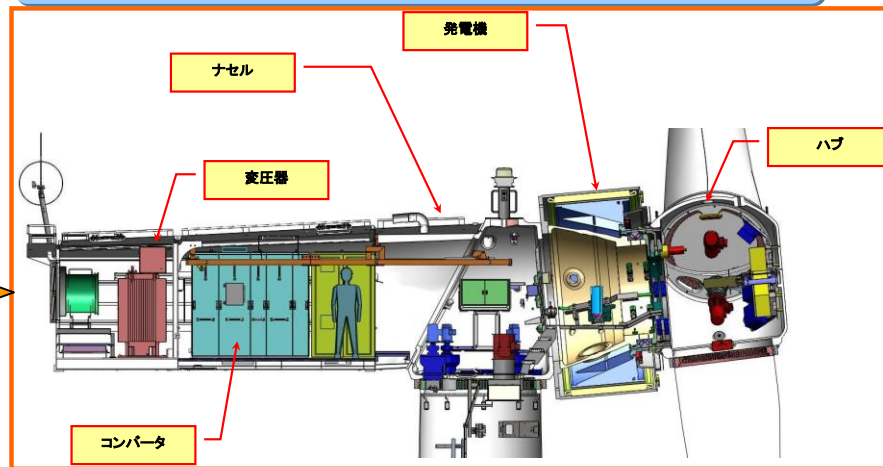


北九州市沖及び玄界灘 有義波高の相関

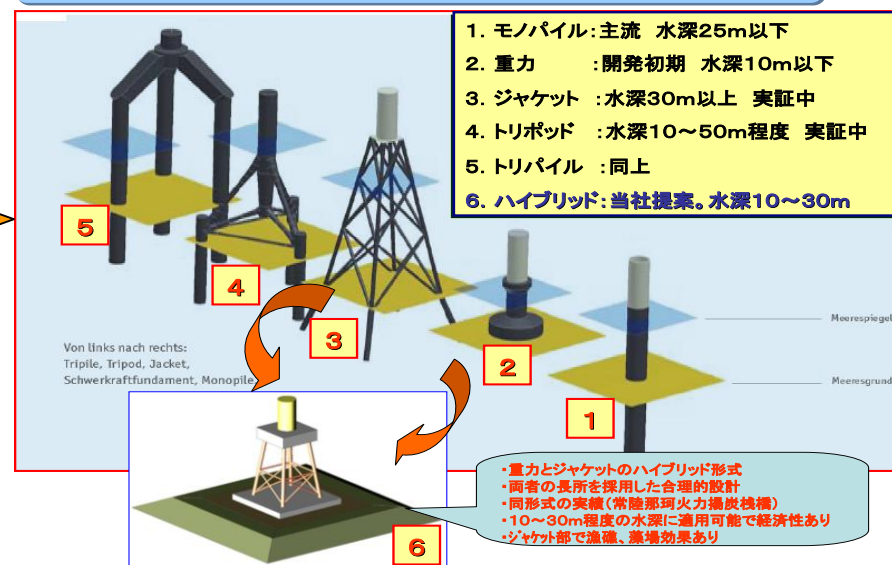


(1) 風力発電システムの特徴

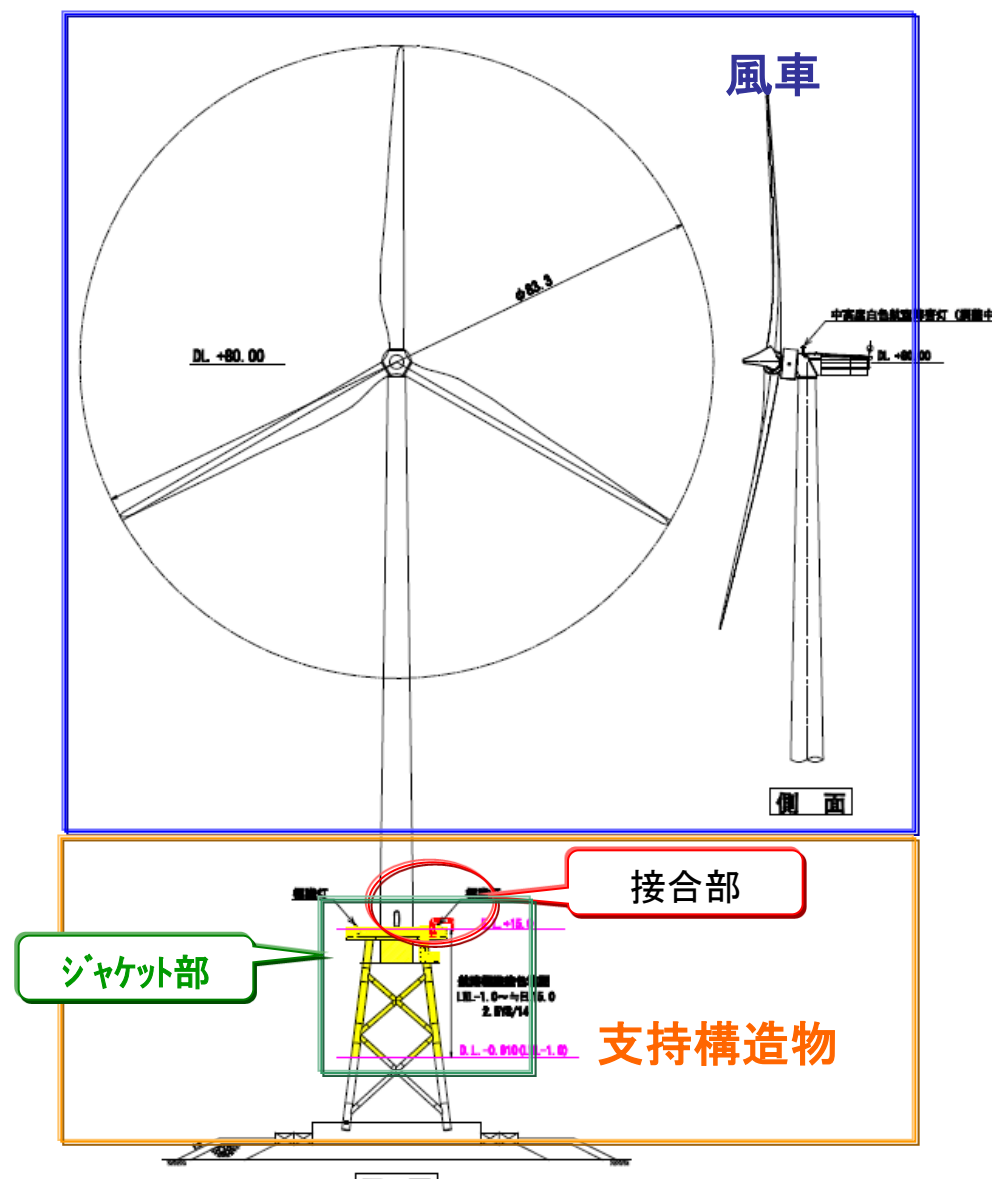
ギアレス(同期発電機)式風車の採用



ハイブリッド重力式支持構造形式の開発

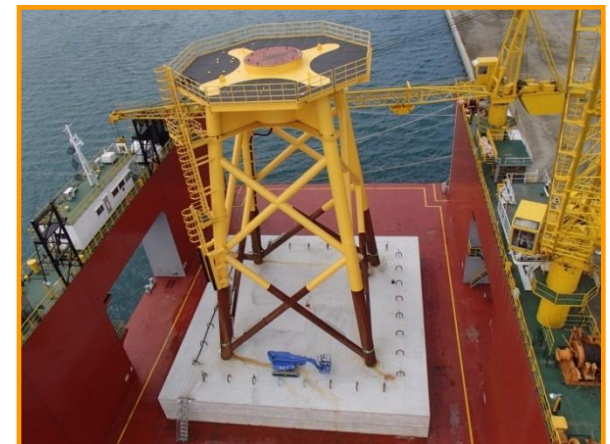
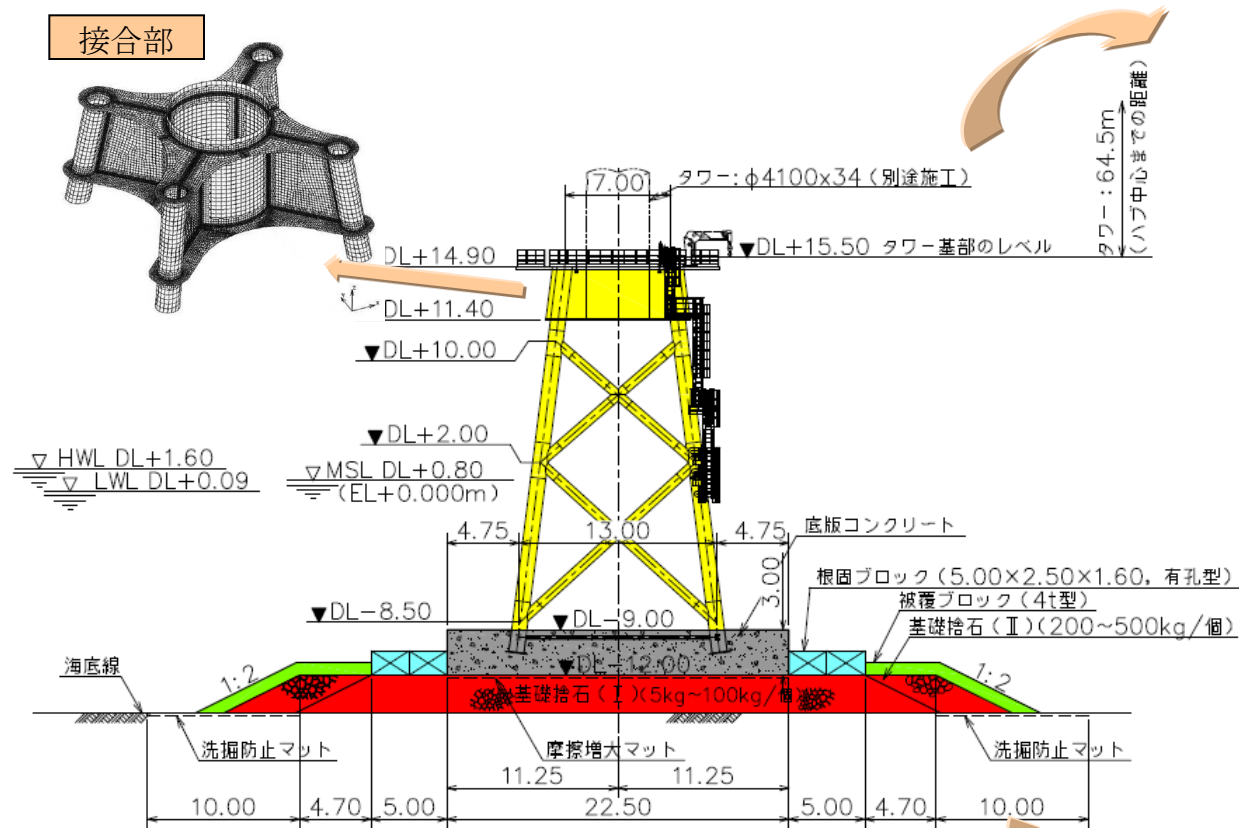


(2) 風力発電システムの構造



設計仕様		単位	J82(日本製鋼所製)
基本仕様	定格出力	kW	2000 (1.980)
	カットイン風速	m/s	3.5
	定格風速	m/s	13
	カットアウト風速	m/s	25
	IEC Class		S
	耐風速(IEC-1)	m/s	70
ロータ	ブレード材質		GFRP
	ロータ径	m	83.3
	定格回転数	rpm	19
タワー	ハブ高さ	m	80
発電機	形式		ダイレクトギアレストドライブ 永久磁石, 多極同期発電機 AC-DC-ACフルコンバータ
	出力電圧	V	660
	周波数	Hz	50/60
制御	出力制御		ピッチ制御、可変速
質量	ロータ	t	42
	ナセル	t	34
	発電機	t	60
	タワー	t	170

(3) 支持構造物



外洋に設置する海洋構造物としての条件

- ① 波荷重の低減
- ② 海上設置作業期間の短縮化
- ③ 安定を保ち、ねばり強い構造

**ハイブリッド
重力式**

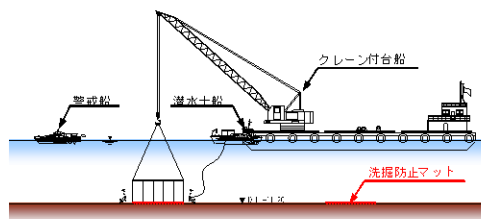
- ① ジャケット式で波荷重の低減
- ② 陸上でのプレキャスト化が可能
- ③ 鋼材とコンクリート併用 (ハイブリッド構造)

(4) 支持構造物の施工方法 (1/2)

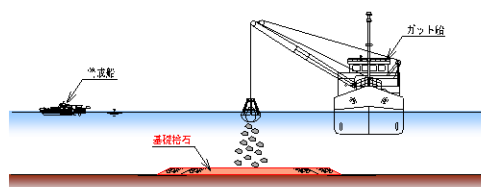
平成24年5月中旬～平成24年10月下旬)

(1) 基礎工事

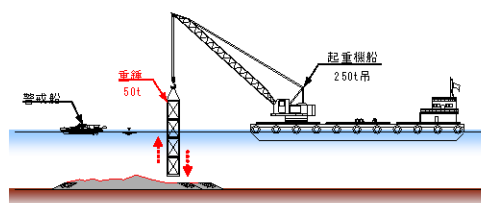
①洗掘防止マット敷設



②基礎捨石投入

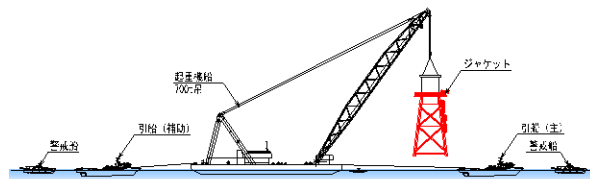


③基礎捨石表面整理

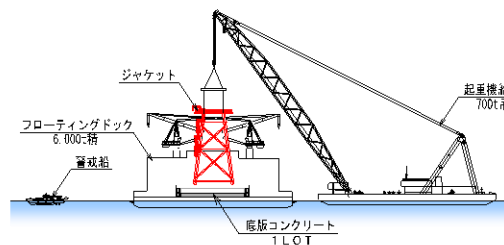


(2) 本体工事

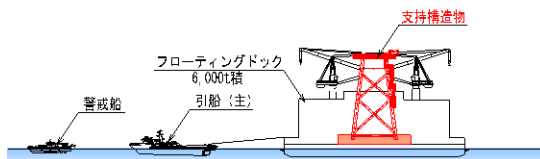
①ジャケット海上運搬 (NTB若松工場～D地区)



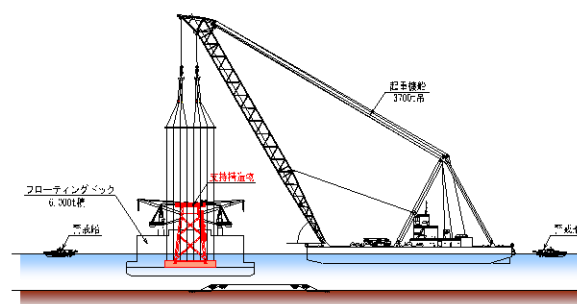
②ジャケット設置 (D地区にてフローティングドック上に設置)



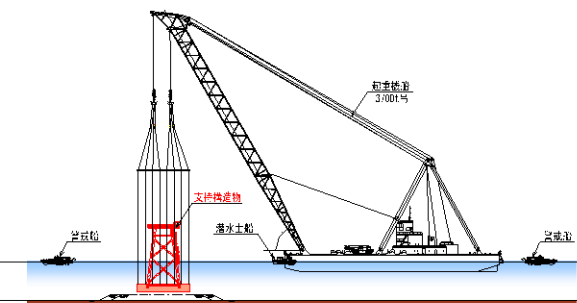
③支持構造物海上運搬 (FDにて、D地区→設置区域)



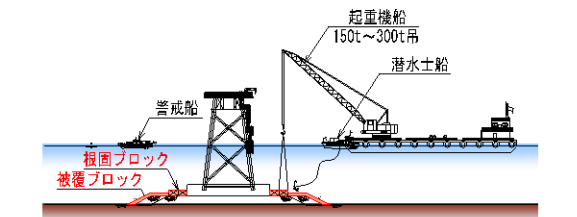
④支持構造物吊り上げ(※FD進水後) (設置区域)



⑤支持構造物据付 (設置区域)



⑥根固・被覆ブロック据付 (設置区域)



(4) 支持構造物の施工方法 (2/2)

支持構造物 ジャケット製作状況



支持構造物 係留状況



FD1次注水、FCアプローチ状況



支持構造物 玉掛状況



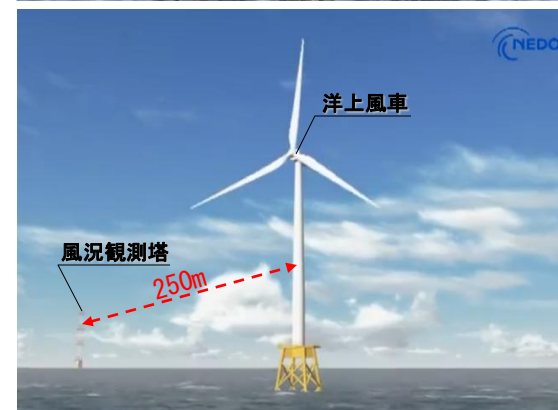
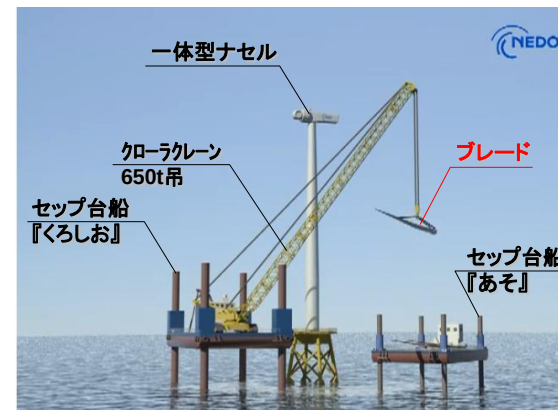
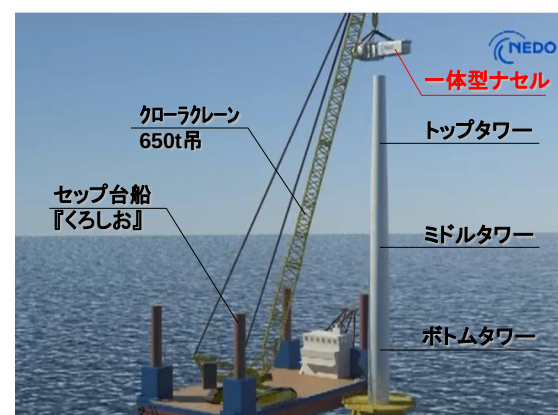
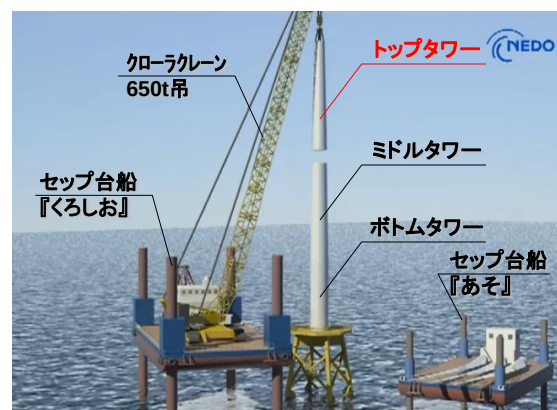
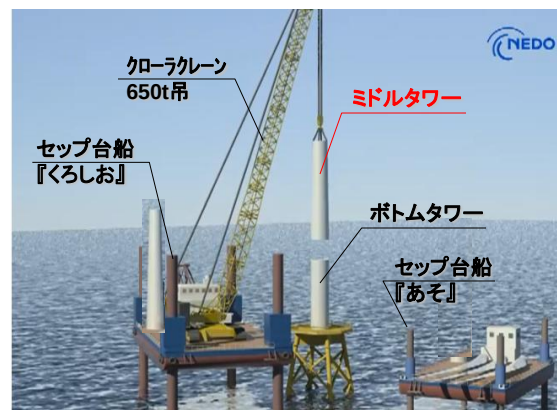
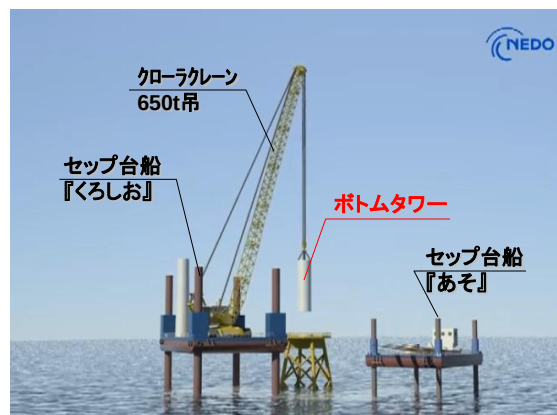
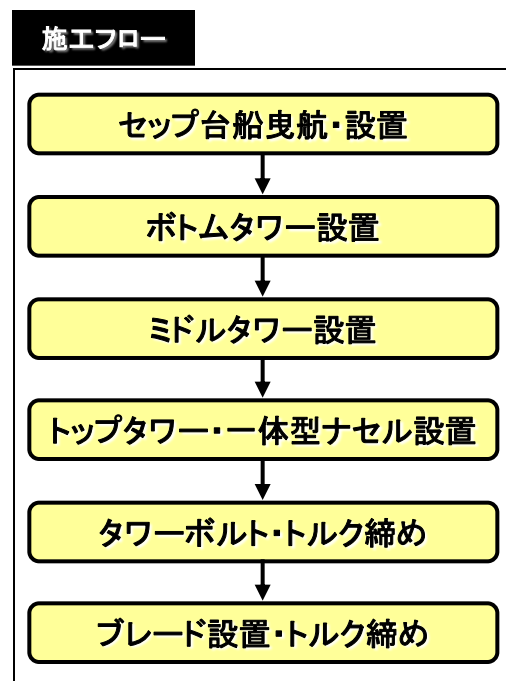
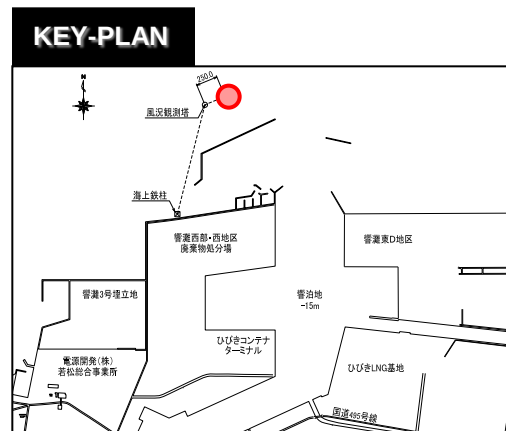
FD2次注水、位置合わせ状況



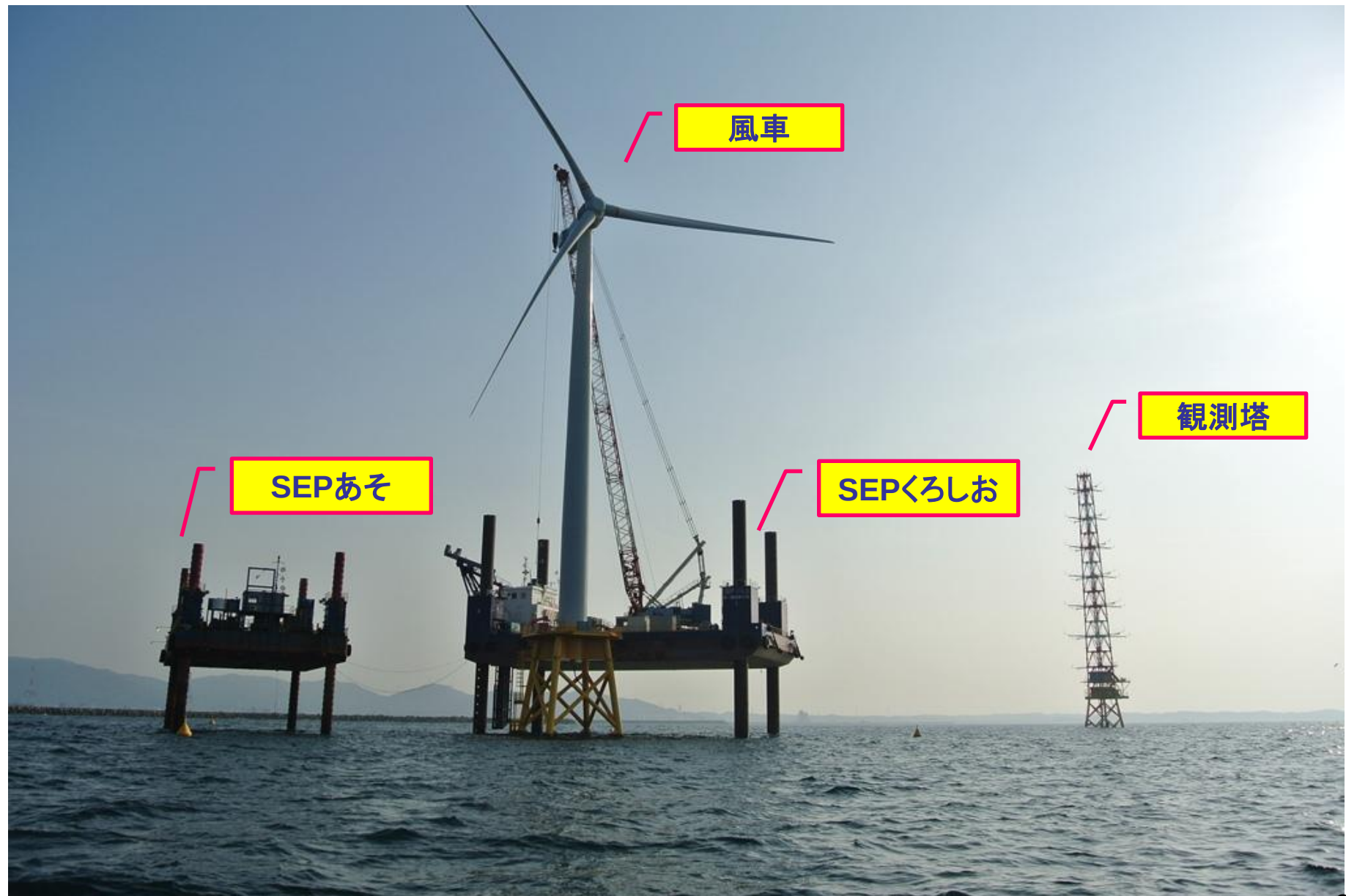
支持構造物設置完了



(4) 風車本体の施工方法 (1/3) 施工フロー



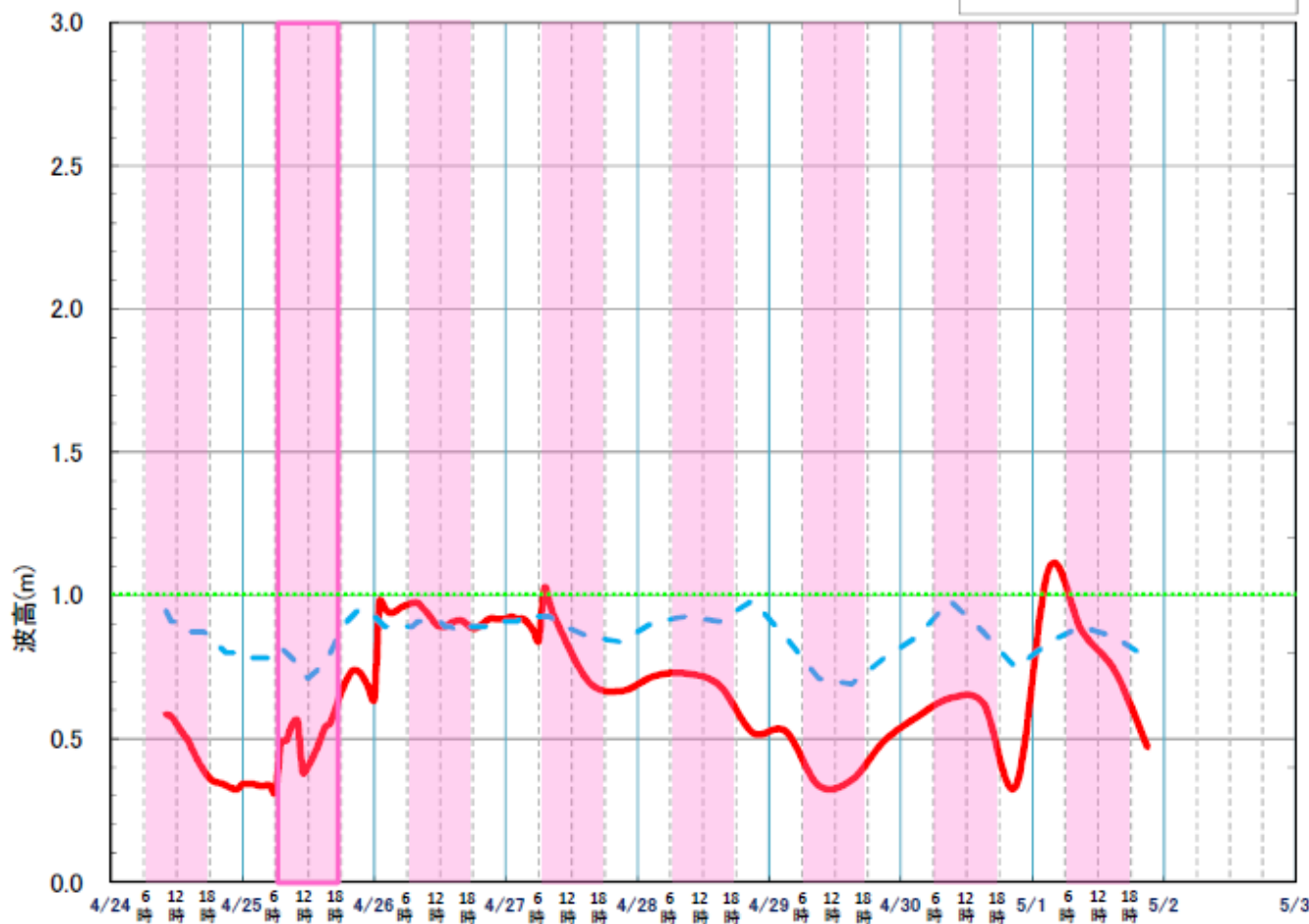
(4) 風車本体の施工方法 (2/3) 風車本体設置状況



(4) 風車本体の施工方法 (3/3) 波高の予測

波浪予測 4月 24日15時予報

波高(m) 周期(s)



日時	波高	周期	波向
2013/4/25 0:00	0.34	3.9	W
2013/4/25 1:00	0.34	3.9	W
2013/4/25 2:00	0.34	3.9	W
2013/4/25 3:00	0.34	3.9	W
2013/4/25 4:00	0.34	3.9	W
2013/4/25 5:00	0.34	3.9	W
2013/4/25 6:00	0.31	4.0	WNW
2013/4/25 7:00	0.49	4.1	WNW
2013/4/25 8:00	0.49	4.0	WNW
2013/4/25 9:00	0.55	3.9	WNW
2013/4/25 10:00	0.56	3.8	WNW
2013/4/25 11:00	0.38	3.6	W
2013/4/25 12:00	0.40	3.5	W
2013/4/25 13:00	0.44	3.6	W
2013/4/25 14:00	0.49	3.7	W
2013/4/25 15:00	0.54	3.9	W
2013/4/25 16:00	0.55	4.0	WNW
2013/4/25 17:00	0.61	4.2	WNW
2013/4/25 18:00	0.66	4.4	WNW
2013/4/25 19:00	0.71	4.5	WNW
2013/4/25 20:00	0.74	4.6	WNW
2013/4/25 21:00	0.74	4.7	WNW
2013/4/25 22:00	0.71	4.7	WNW
2013/4/25 23:00	0.68	4.7	WNW

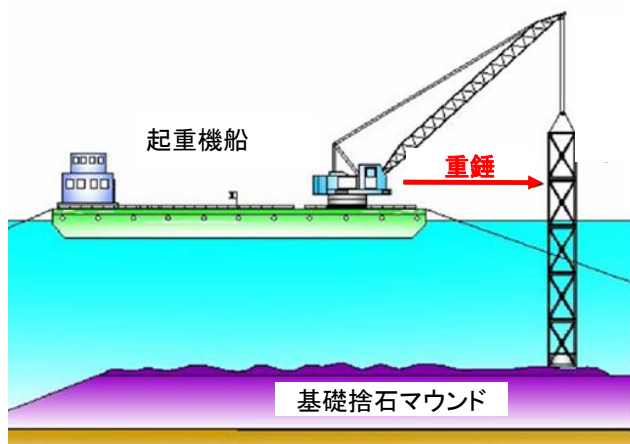
(5) 支持構造物 据付手法の開発 (1/2) 工法

- 風車設置に要求される水平精度を基礎部の造成及び支持構造の製作精度で確保
- 支配的な基礎部造成及び設置時の精度に対する管理手法の構築と検証を実施

- ✓ 基礎捨石マウンドは重錘落下による機械均し
- ✓ 重錘落下の位置管理はRTK-GPSを利用、高さ管理は自動追尾型トータルステーションを利用
- ✓ 支持構造物の設置精度には据付管理システムを適用



基礎部の重錘均し(イメージ)



基礎部の重錘均し状況

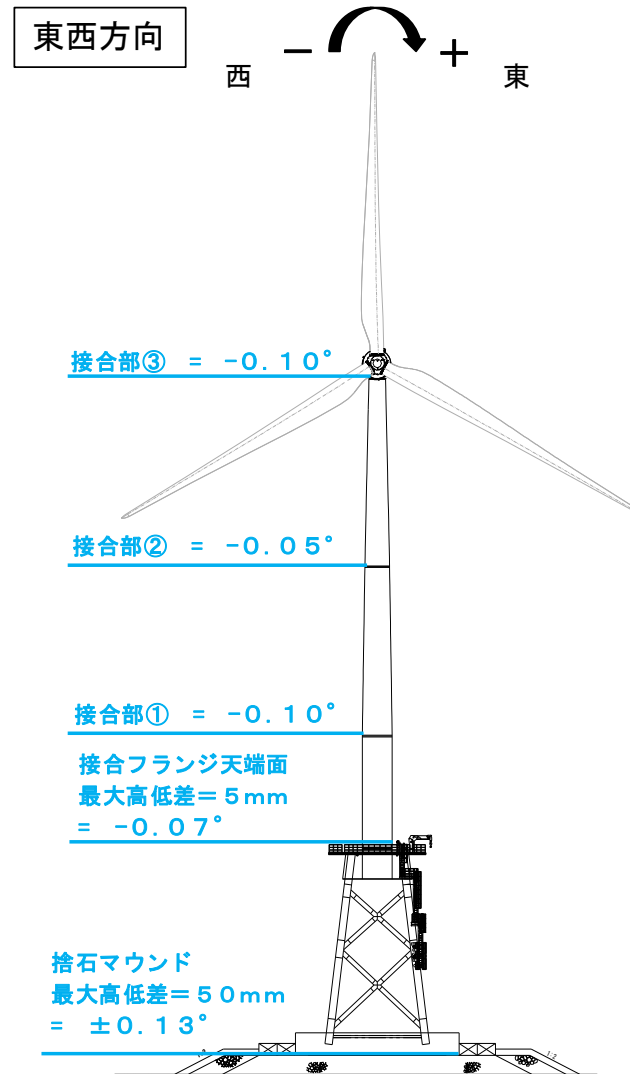
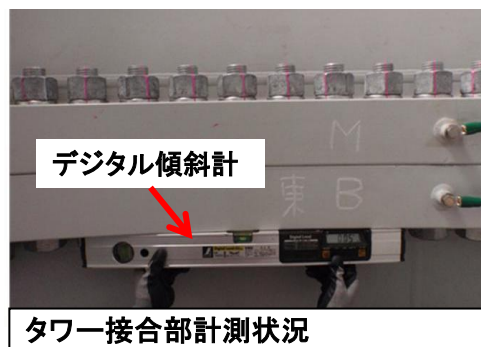
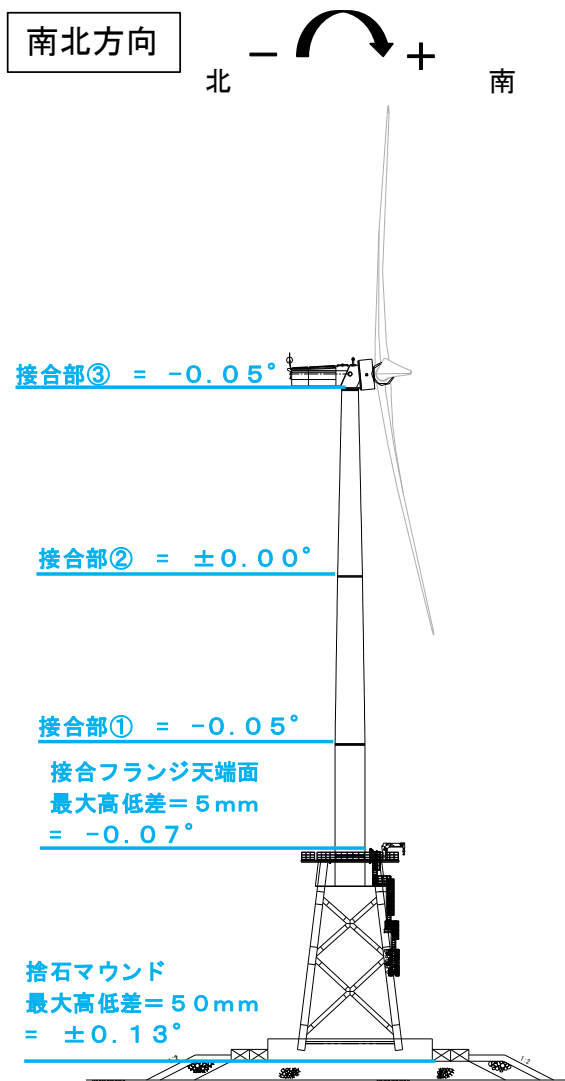


設置精度の確認状況



(5) 支持構造物 据付手法の開発 (2/2) 据付精度

管理基準値 = $\pm 0.25^\circ$

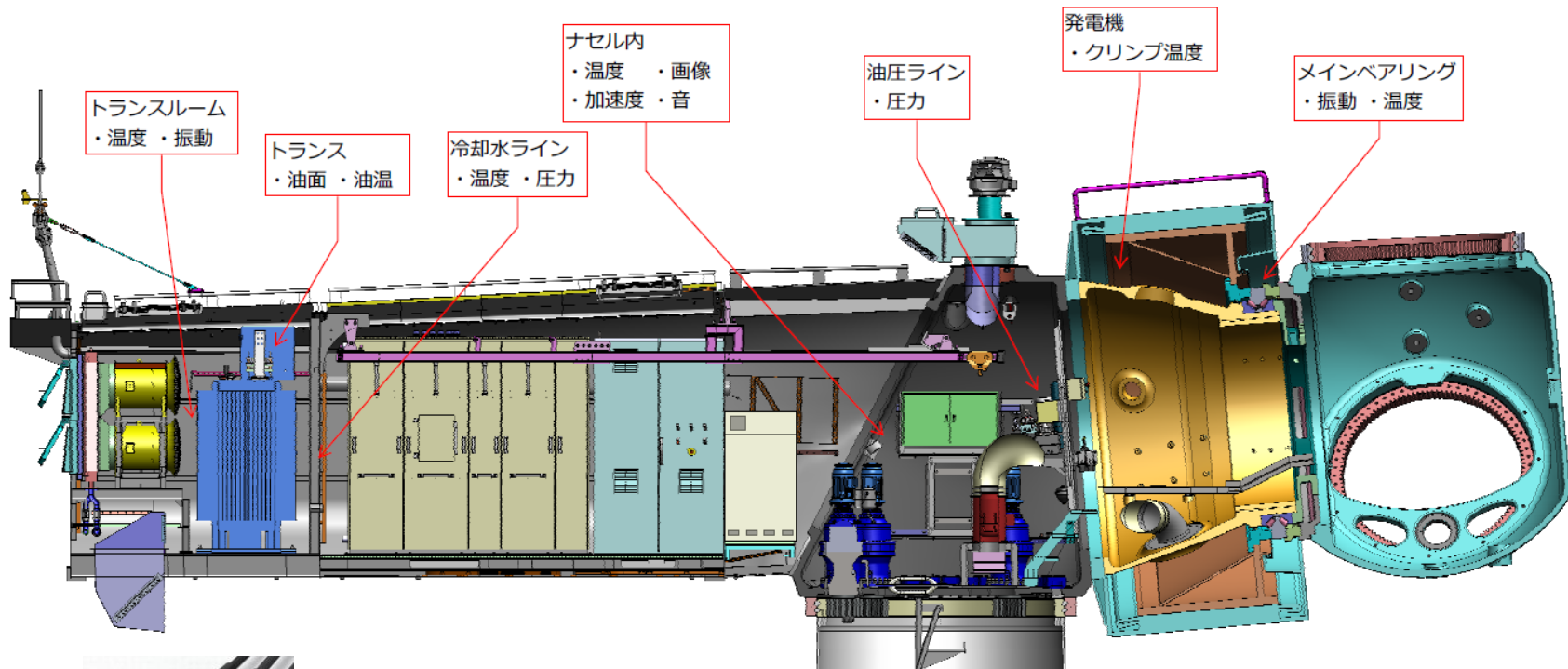


(6) 洋上風車 研究事例:コンディションモニタリング

洋上では、一つの故障が与える**損失(費用、時間)**の**インパクト**が、陸上と比較し大きい

正確な寿命予測、健全性判断へコンディショニングモニタリングを適用

1. モニタリング項目の最適化
2. CM機器構成の最適化
3. 異常状態の判断基準の確立



加速度変換器



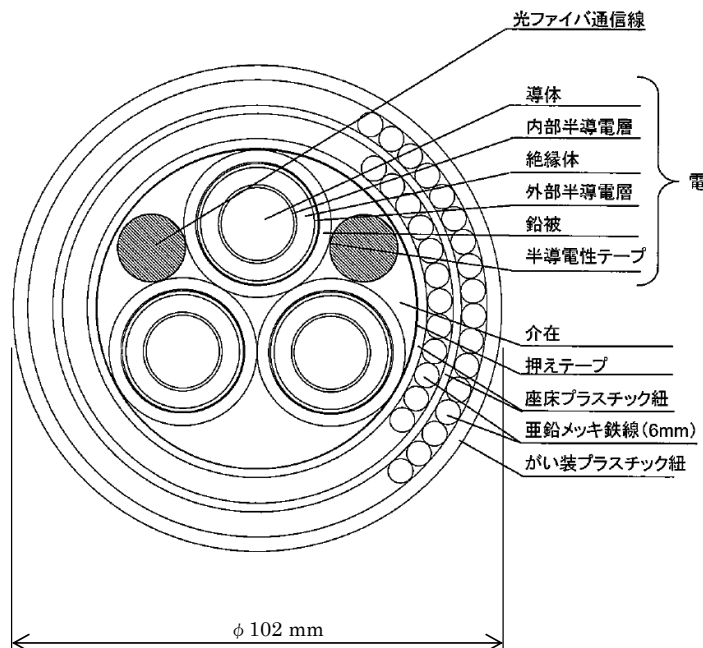
温湿度トランスミッター



冷却水ライン/圧力計

(7) 海底ケーブル

海底ケーブル断面



海底ケーブル仕様

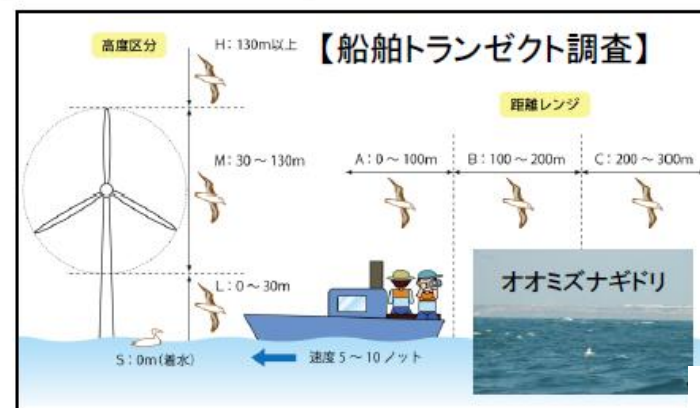
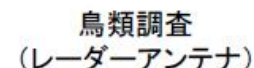
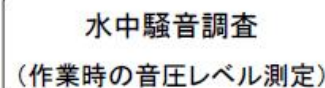
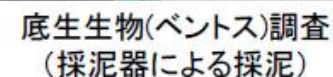
- ・三相一括 二重鉄線鎧装鉛被遮水層付
- ・6.6kV架橋ポリエチレン絶縁海底ケーブル
(6.6kV WCLWWAケーブル)
- ・光ファイバー複合 6心
- ・全長 1,770m

海底ケーブル端末処理状況



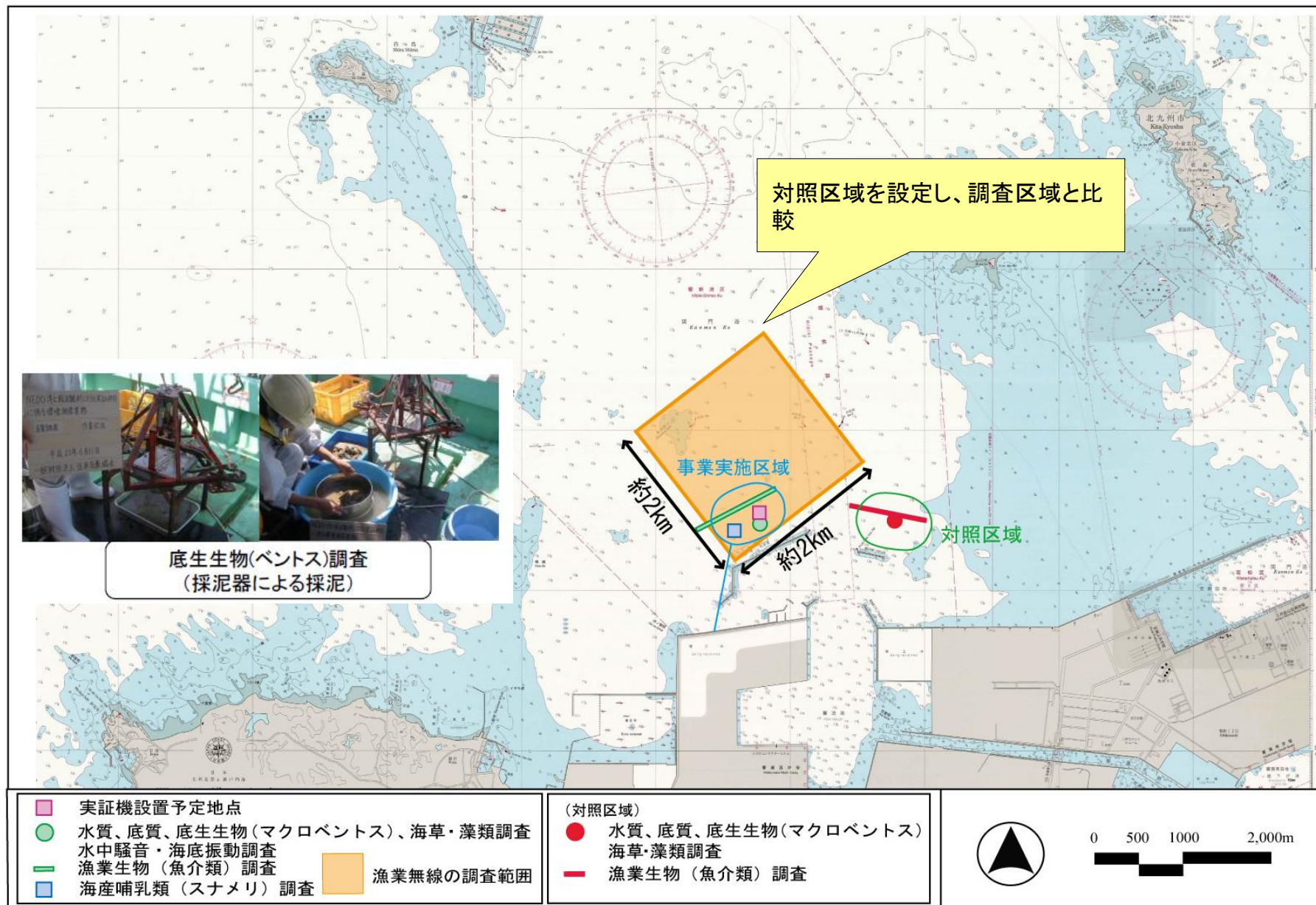
(1) 環境調査 概要

- 1 水質
- 2 底質
- 3 底生生物（ベントス）
- 4 動物プランクトン
- 5 植物プランクトン
- 6 魚卵・稚仔
- 7 漁業生物
- 8 海草・藻類
- 9 海産哺乳類（スナメリ）
- 10 鳥類（船舶トランセクト外）
- 11 鳥類（定点調査）
- 12 鳥類（渡り鳥調査）
- 13 鳥類（夜間調査）
- 14 水中騒音・振動
- 15 電波障害
- 16 景観
- 17 漁礁効果



4. 環境調査

(2) 調査地点 (1/2) 水質、底質、水中騒音・海底振動、海洋生物、海産哺乳類及び電波障害



(2) 調査地点 (2/2) 鳥類：船舶トランゼクト調査、レーダー調査

白島のレーダー画像例

