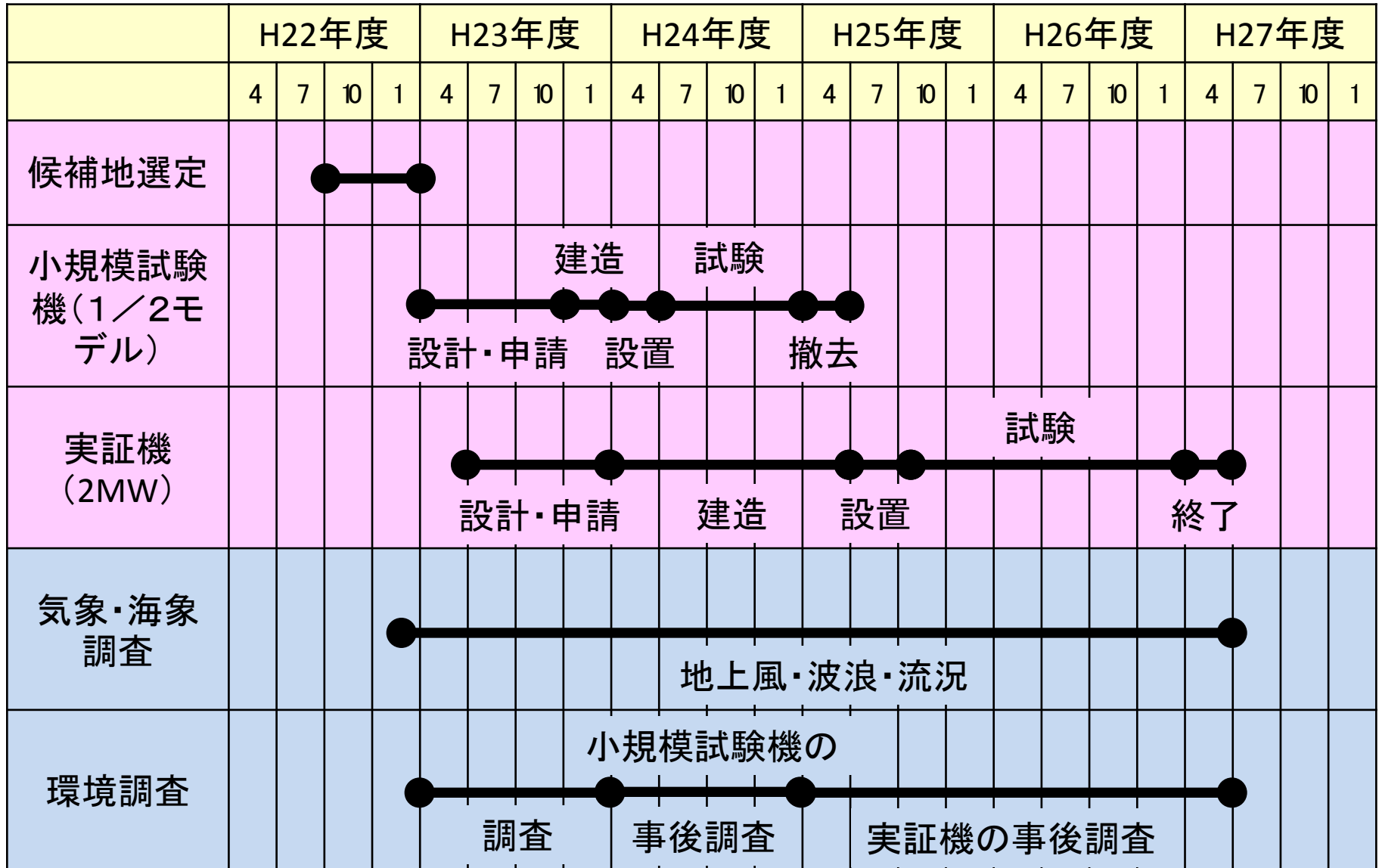


# 浮体式洋上風力発電 五島沖プロジェクト

2013年12月2日

京都大学大学院工学研究科  
宇都宮智昭

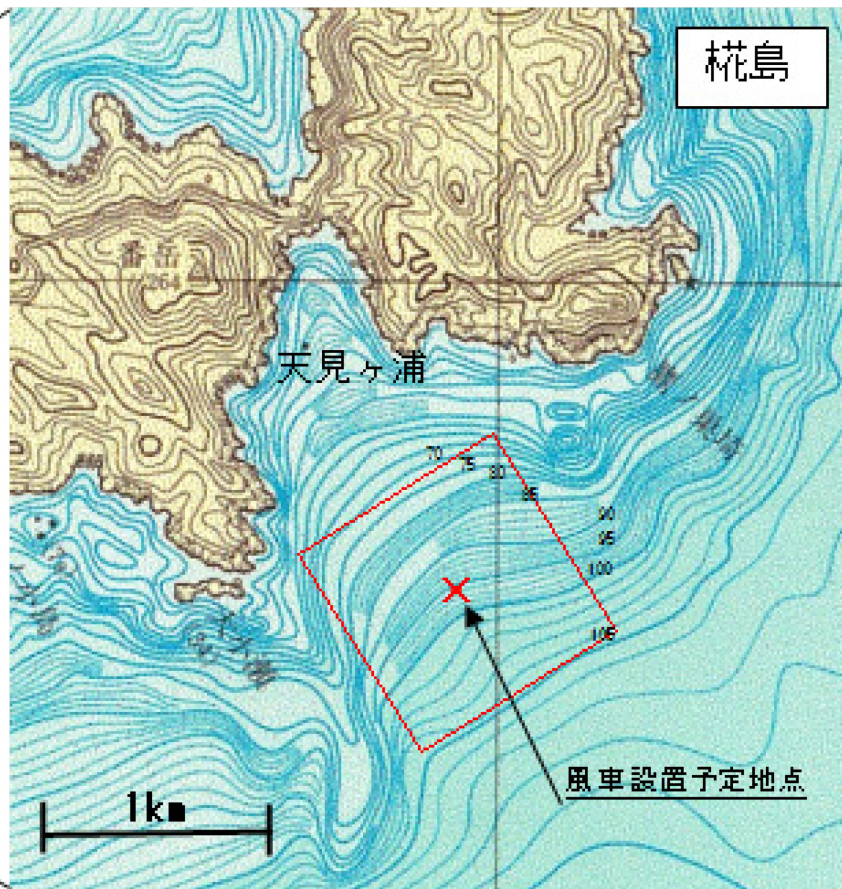
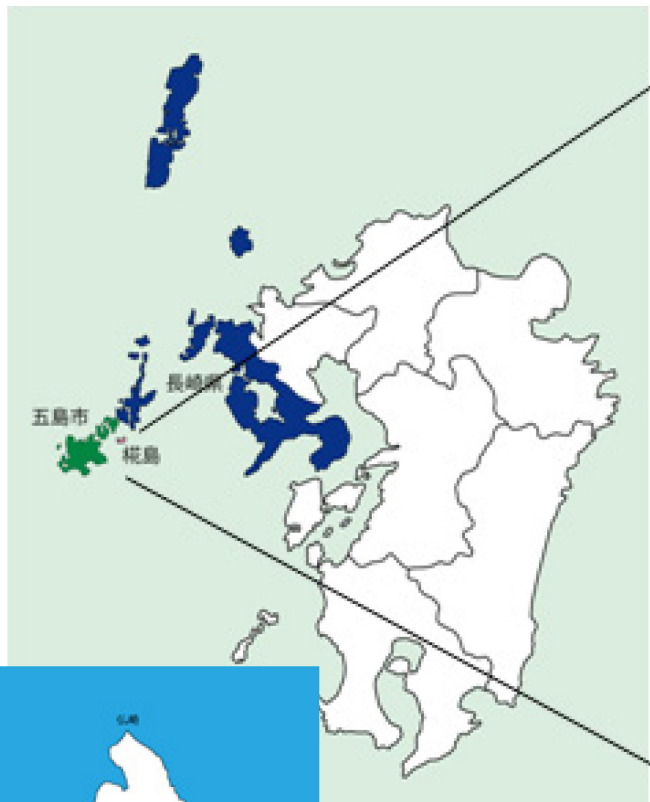
# 実証事業の全体工程



# 実証事業の受託者グループ

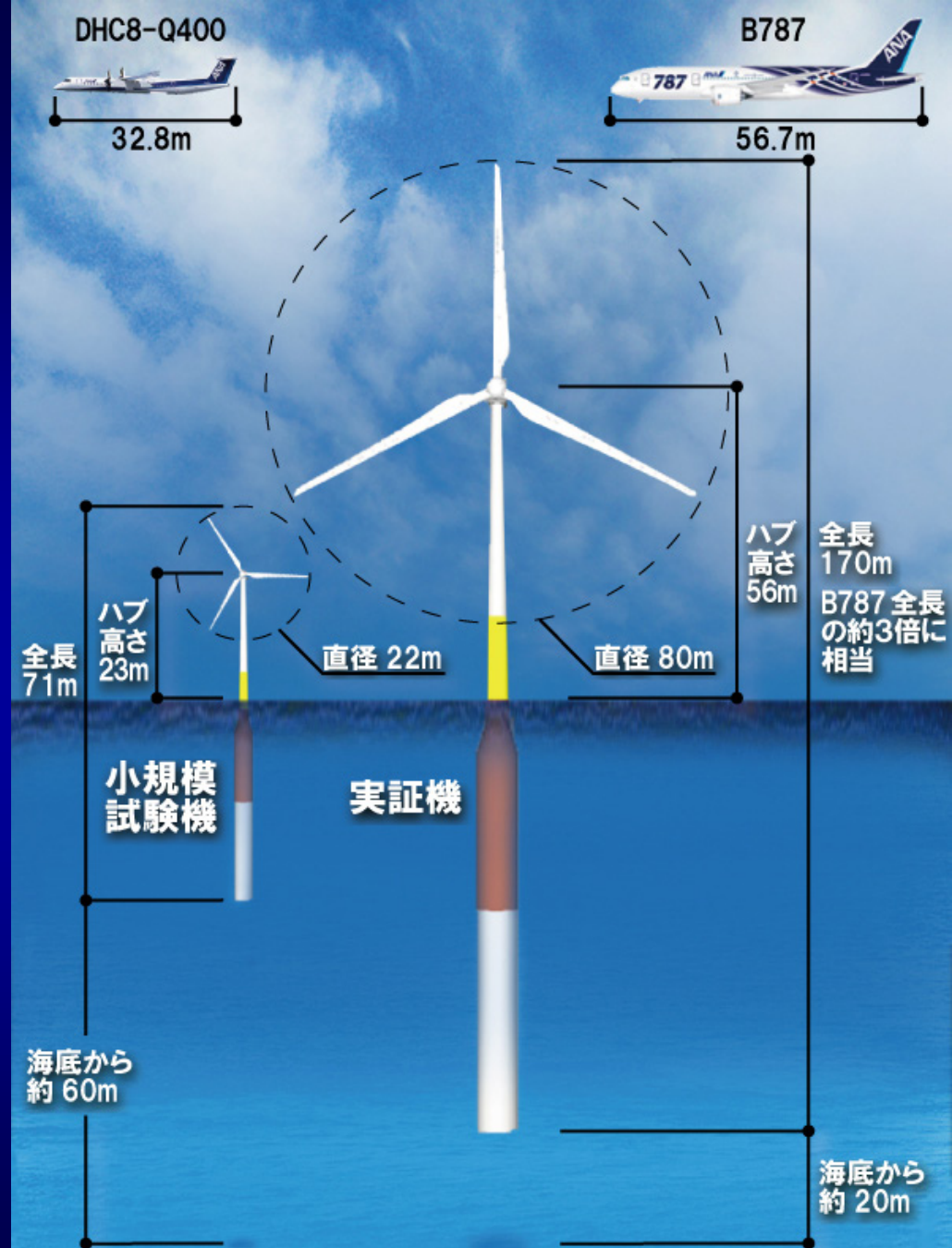
- 戸田建設(株) 受託者代表
  - プロジェクト・マネジメント
  - ハイブリッドスパーの製作、洋上設置
- 日立製作所(株)
  - 風車(タワーを含む)の設計、製作
- 芙蓉海洋開発(株)
  - 気象・海象調査、環境影響調査
- 京都大学
  - 基本設計と解析
- (独)海上技術安全研究所
  - 実海域計測、水槽実験

# 設置海域の選定



# 主要諸元

- 100kW Model
  - ハブ高さ: 23m
  - 喫水: 37m
  - 係留チェーン: 3
  - ダウンウィンド型
- 2MW Model
  - ハブ高さ: 56m
  - 喫水: 76m
  - 係留チェーン: 3
  - ダウンウィンド型



# 小規模試験機の建造

PCリングの接合



岸壁での建造の様子



# 小規模試験機の設置

建起しの様子



曳航の様子



# The first grid-connected FOWT in Japan



Moored on 11<sup>th</sup> June, 2012



# 台風16号通過(9月16-17日)

中心気圧: 940hPa (最接近時)

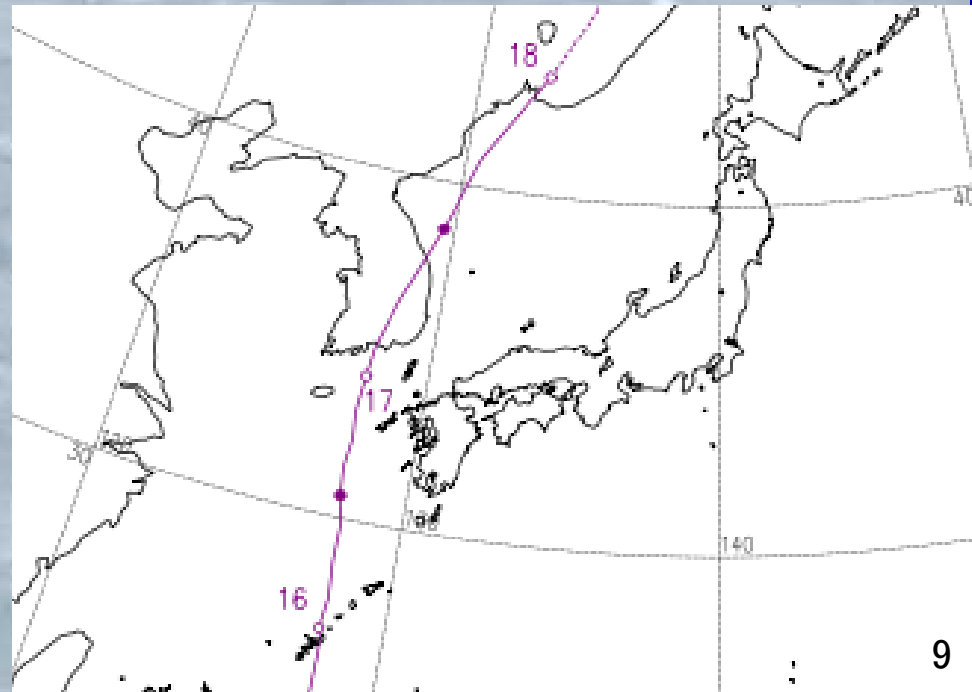
最大風速: 45m/s (気象庁発表)

最大風速: 36.8m/s (ナセルでの実測値)

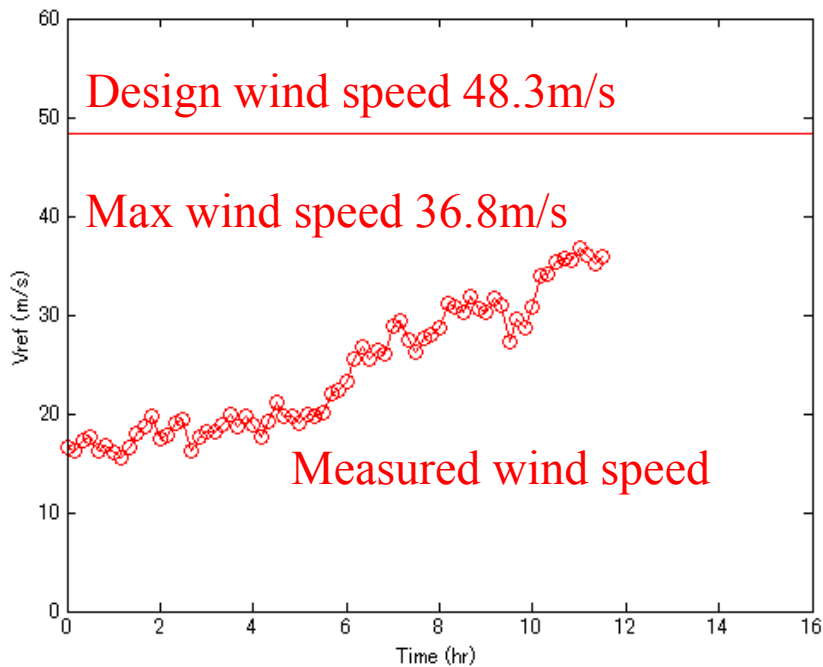
最大瞬間風速: 53.5m/s (ナセルでの実測値)

$H_{1/3} = 9.5\text{m}$ ,  $T_{1/3} = 13.0\text{s}$  (評価時間1時間)

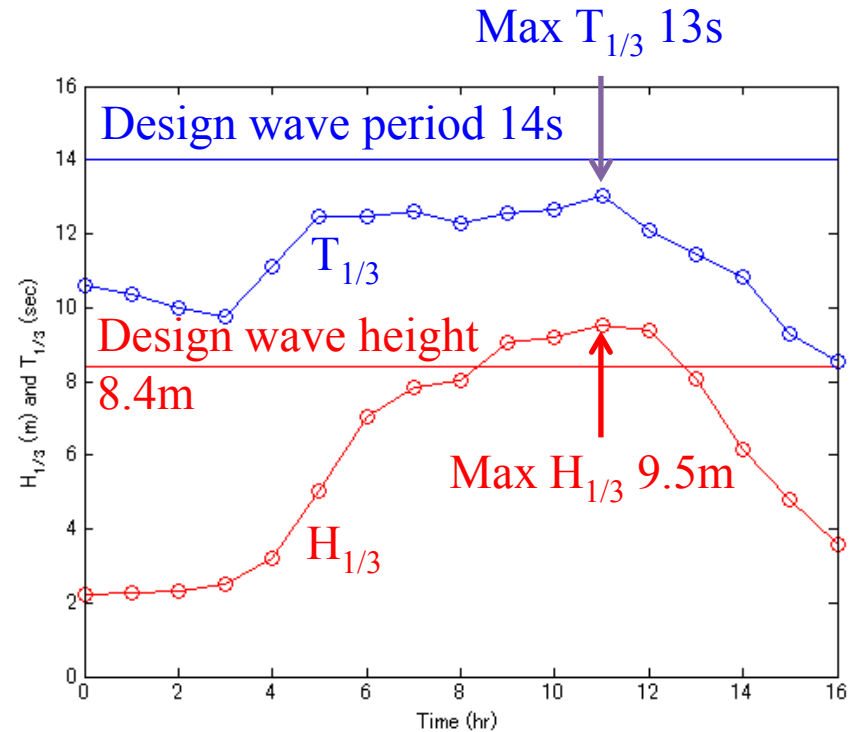
$H_{\text{max}} = 16.9\text{m}$ ,  $T_{\text{max}} = 17.0\text{s}$



# Wind speed and wave height/period during the typhoon event



10-min average wind speed at hub-height



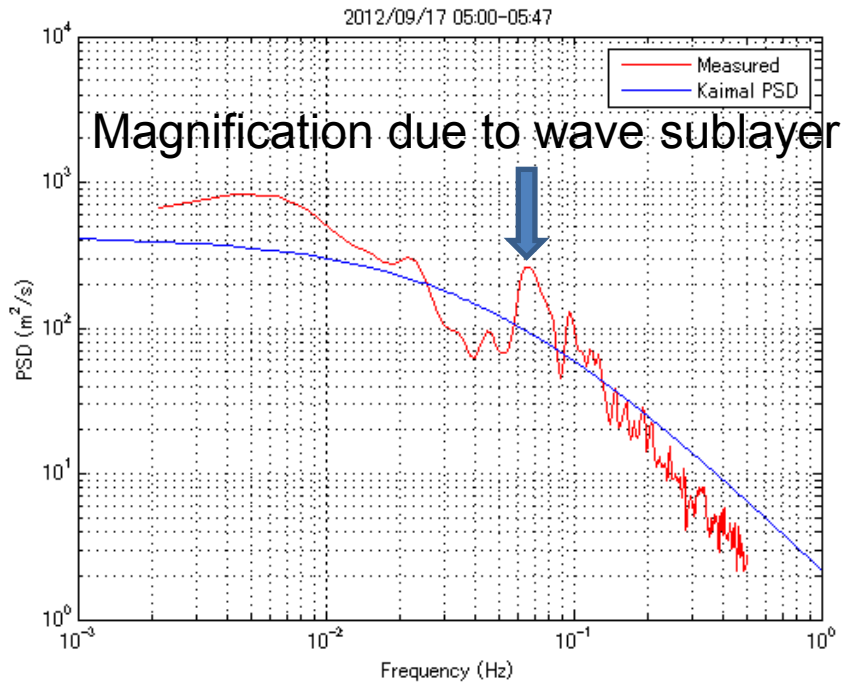
Significant wave height and period

Max wind speed, max wave height and max wave period occur in the same 1-hour slot

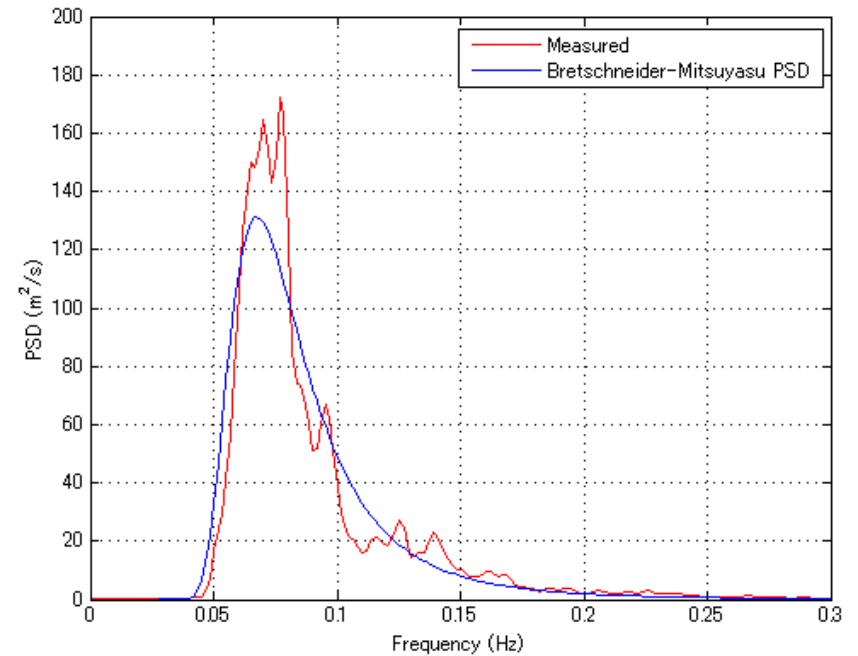
# Environmental conditions

Date and time (JST)	$V_{\text{hub}}$ (m/s)	$I_1$ (%)	Mean wind direction (deg)*	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	Wave direction (deg)*	$U_w(0)$ (m/s)	$U_{ss}(0)$ (m/s)	Water depth (m)
9/16 18:00-19:00	16.8	10.2	40.2 (NE)	2.2	10.6	174.4 (S)	0.15	0.0	98.3
9/16 19:00-20:00	17.4	13.1	45.7 (NE)	2.3	10.3	187.0 (S)	0.16	0.0	98.7
9/16 20:00-21:00	17.9	11.6	42.5 (NE)	2.3	10.0	178.6 (S)	0.16	0.0	98.8
9/16 21:00-22:00	18.9	10.0	47.8 (NE)	2.5	9.8	188.4 (S)	0.17	0.0	98.6
9/16 22:00-23:00	19.4	9.7	56.5 (ENE)	3.2	11.1	181.4 (S)	0.18	0.0	98.2
9/16 23:00-24:00	20.5	11.3	78.5 (ENE)	5.0	12.5	191.3 (SSW)	0.19	0.0	97.6
9/17 00:00-01:00	25.6	11.9	102.4 (ESE)	7.1	12.5	178.6 (S)	0.23	0.0	97.0
9/17 01:00-02:00	27.9	12.5	107.2 (ESE)	7.8	12.6	180.0 (S)	0.25	0.0	96.5
9/17 02:00-03:00	30.5	15.5	114.3 (ESE)	8.0	12.3	180.0 (S)	0.28	0.0	96.3
9/17 03:00-04:00	29.7	<b>18.2</b>	129.6 (SE)	<b>9.1</b>	12.5	174.4 (S)	0.27	0.0	96.5
9/17 04:00-05:00	34.2	<b>18.3</b>	146.3 (SSE)	<b>9.2</b>	12.7	173.0 (S)	0.31	0.0	97.0
9/17 05:00-05:47	35.6	15.0	154.0 (SSE)	<b>9.5</b>	13.0	161.7 (SSE)	0.32	0.0	97.6
design value	<b>45.9</b>	<b>15.5</b>	<b>ALL</b>	<b>8.4</b>	<b>14.0</b>	<b>ALL</b>	<b>0.40</b>	<b>0.56</b>	<b>99.1</b>

# Power Spectrums



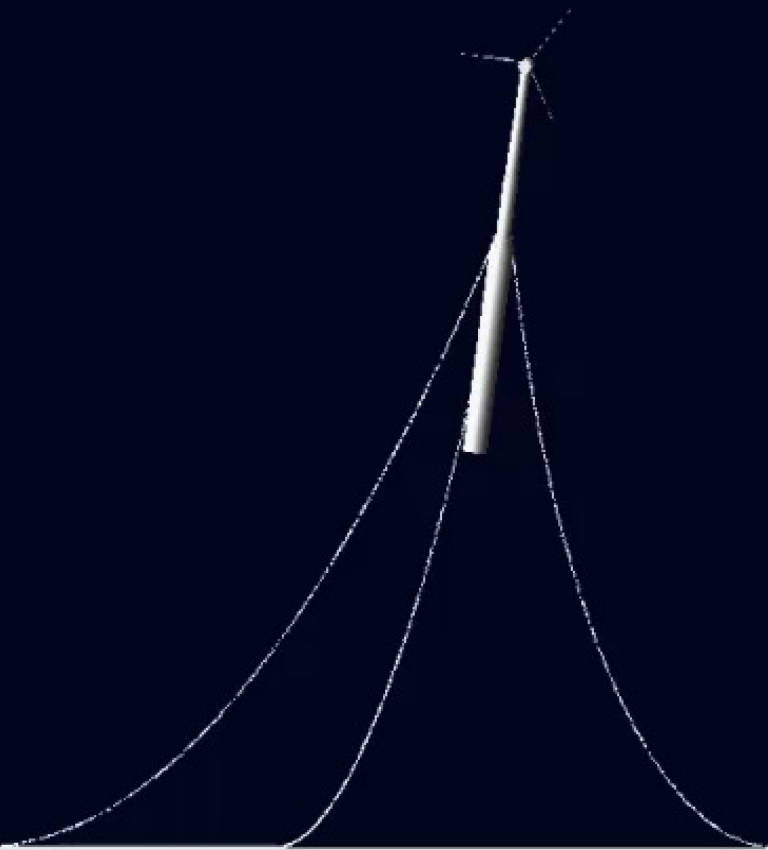
Wind speed



Wave height

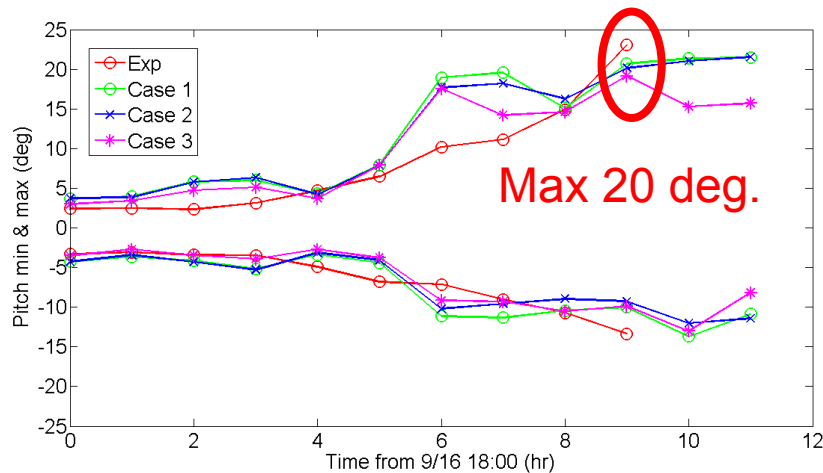
# Simulation with dynamic mass-spring mooring model

0050 Frame=05000

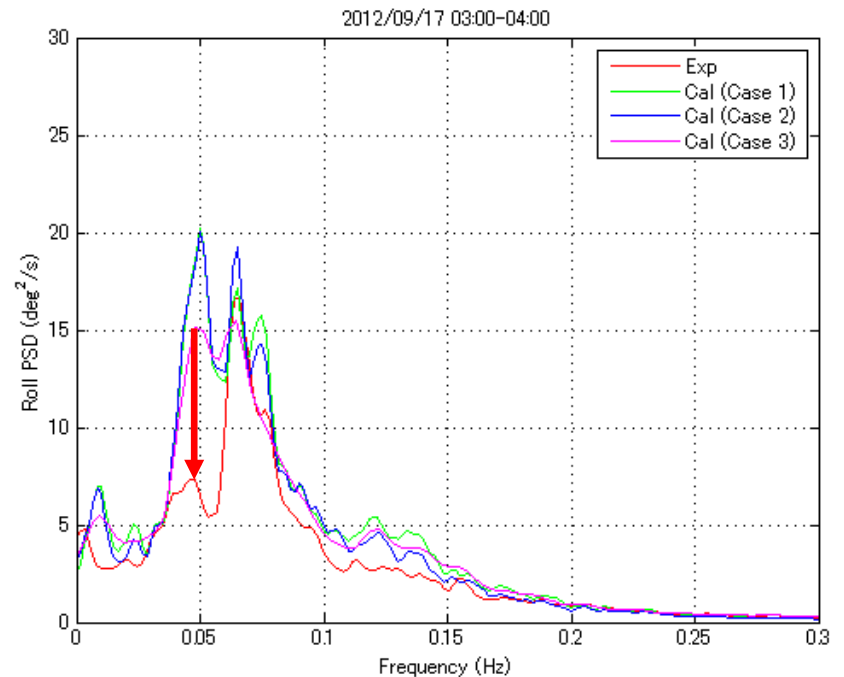


# Platform Motions

## Pitch max & min

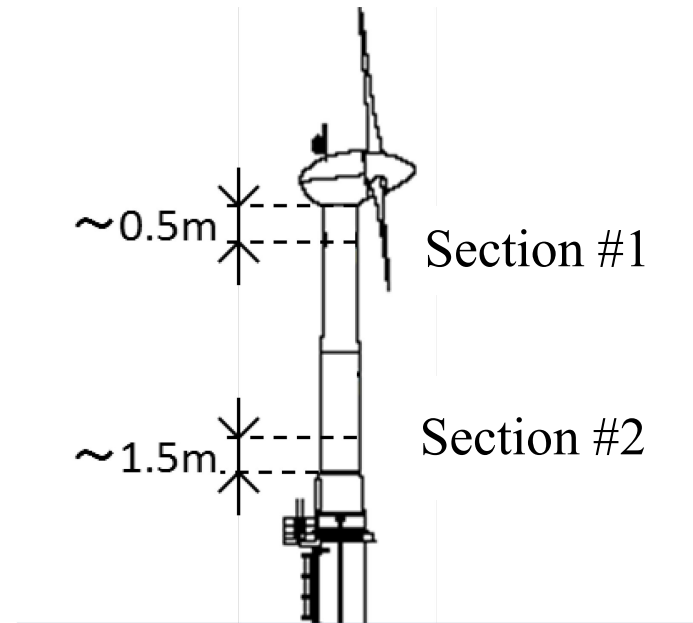
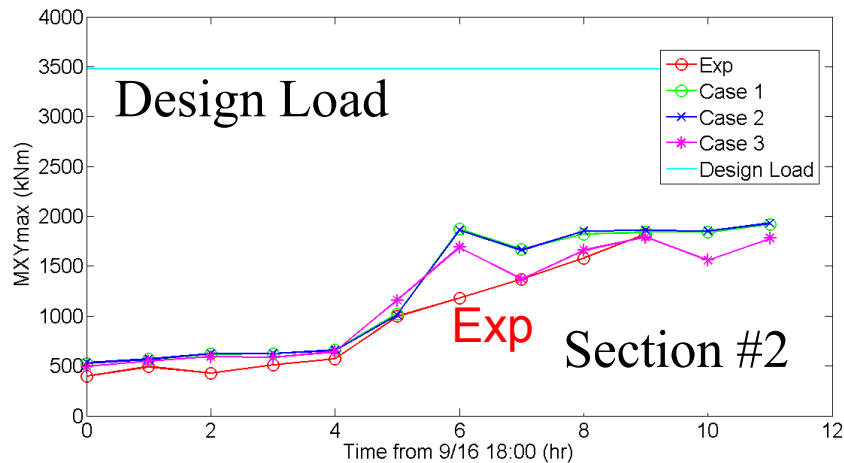
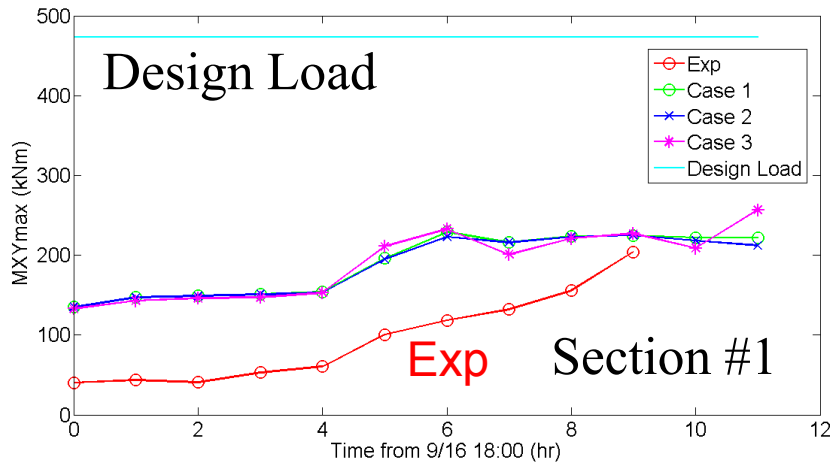


## Pitch PSD

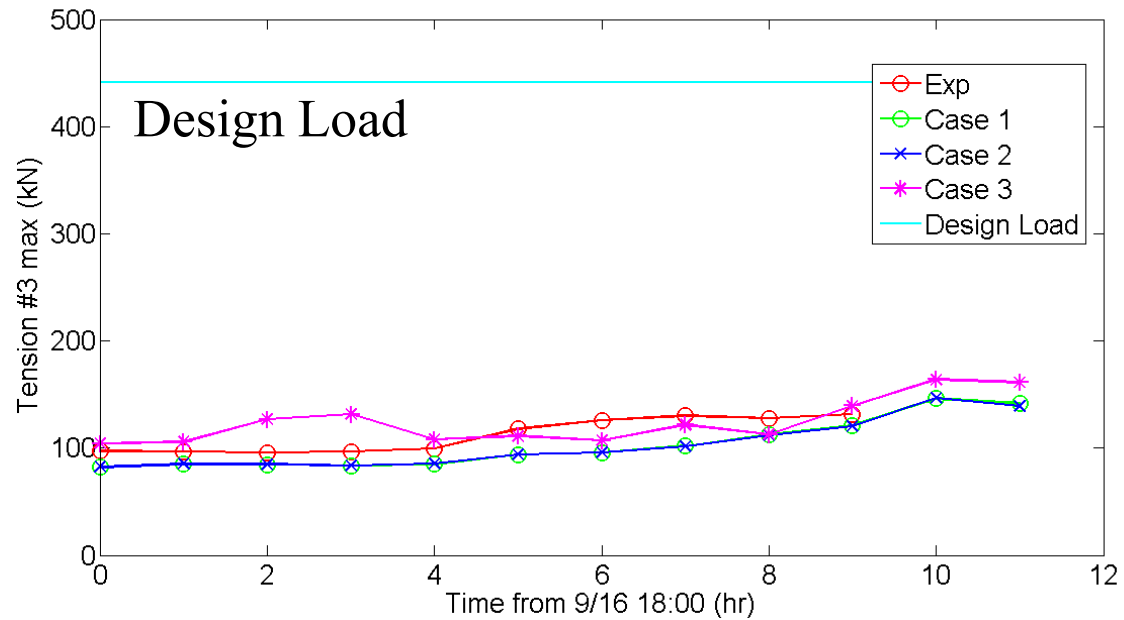


In reality, larger damping (than simulation) mitigates the pitch motion

# Bending Moments



# Chain Tensions





## 設計値と実測・解析値の比較・評価

項目	設計値	実測・解析値	評価
設計風速	45.9m/s	35.6m/s	安全側の妥当な設定であった
乱流強度	15.5%	15.0%	一部で超過が見られたが、概ね妥当
パワースペクトル	Kaimal	実測形状	Kaimalスペクトルで近似可能
有義波高	8.4m	9.5m	50年確率波を超過し、 <u>ほぼ既往最大値9.4mに相当する波高が発生した</u>
有義波周期	14s	13s	妥当な設定であった
パワースペクトル	B-M	実測形状	B-Mスペクトルで近似可能
風向・波向	全方向	SSE・SSE	実現象を含む安全側の設定であった
潮流+吹送流	0.96m/s	?	5mの水平移動に相当する南西流が存在した可能性がある
浮体動揺			解析手法の妥当性が確認された
タワー中段荷重	3480kN	1990kN	安全側の妥当な設定であった
係留鎖張力	441kN	177kN	安全側の妥当な設定であった

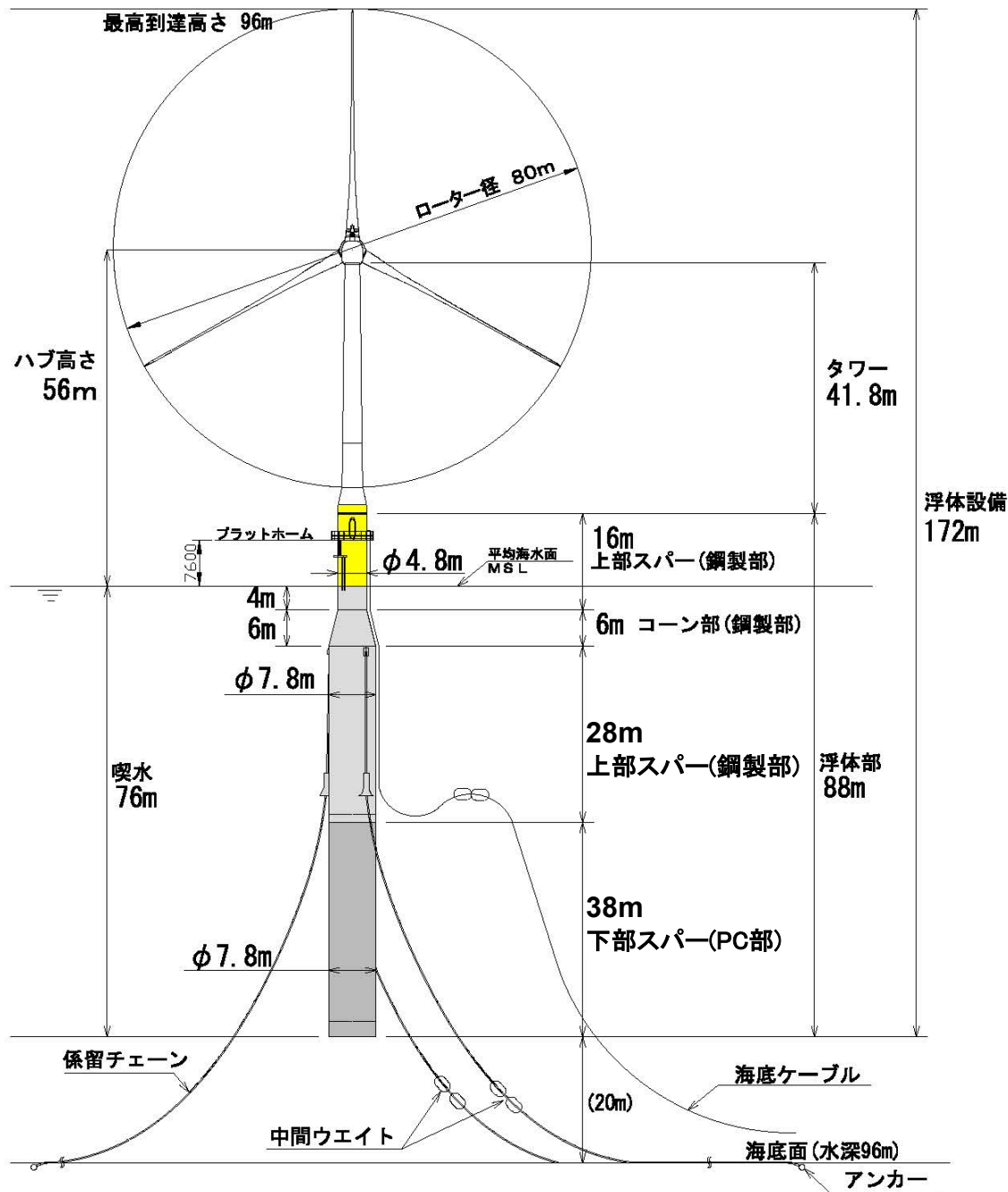
# 実証機の詳細設計

## 設計条件の見直し

- ・H1/3=12.1m
- ・T1/3=16.1s

## 主な見直し内容

- ・水密隔壁の配置
- ・材料の変更
- ・板厚の変更
- ・PC部、鋼製部高さ比率
- ・中間ウェイト導入(係留鎖)



# 実証機の建造

## PCリングの接合



## PCリングの連結完了

# 実証機の建造

## 鋼製部の組立て



## PC部と鋼製部の連結



浮体部の曳航(松浦市→五島市)

# 浮体の建て起こし



風車の組立(タワー2節、ナセル、ロータ)



栴島南海域への曳航



2013年10月18日 栲島南海域への設置完了



# 2013年10月28日 開所式 命名「はえんかぜ」





# 成果と今後の展望

- スパー型洋上風力発電施設は、わが国における最大級の台風に対しても耐えうることを実証
- 洋上風力発電実証事業は、わが国における浮体式洋上風力発電施設の設計・施工技術の確立に大きく貢献
- 実用化に向けて、さらなる経験の蓄積が必要