

海洋教育フォーラム

福島沖
浮体式洋上風力発電の現況



今北明彦
三井造船株式会社

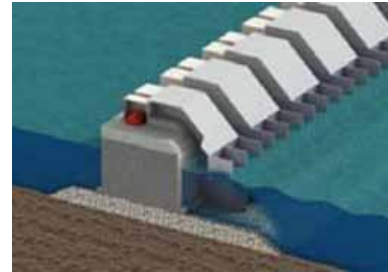
内容

1. 福島実証試験映像
2. 日本における
海洋再生可能エネルギー開発
3. 風力発電
4. 浮体式洋上風力発電
5. 福島プロジェクト

日本における海洋再生可能エネルギー開発



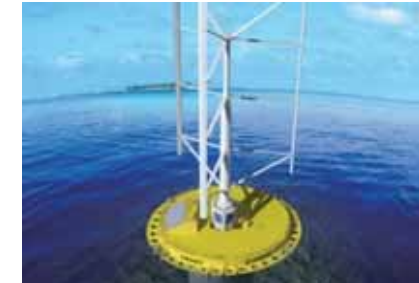
Wave Power Buoy
Generators (MES)



Oscillating Water
Column Wave Power
Generator (MHI Eng.)



Bottom-mounted
Tidal Current
Generators (KHI)



Floating Wind-Tidal
Current Turbine
(MODEC)



Hydraulic Tidal
Current Generator
(Sasebo H.I.)



Floating Thermal
Conversion Generator
(JMU)



Moored Current
Generators (IHI)



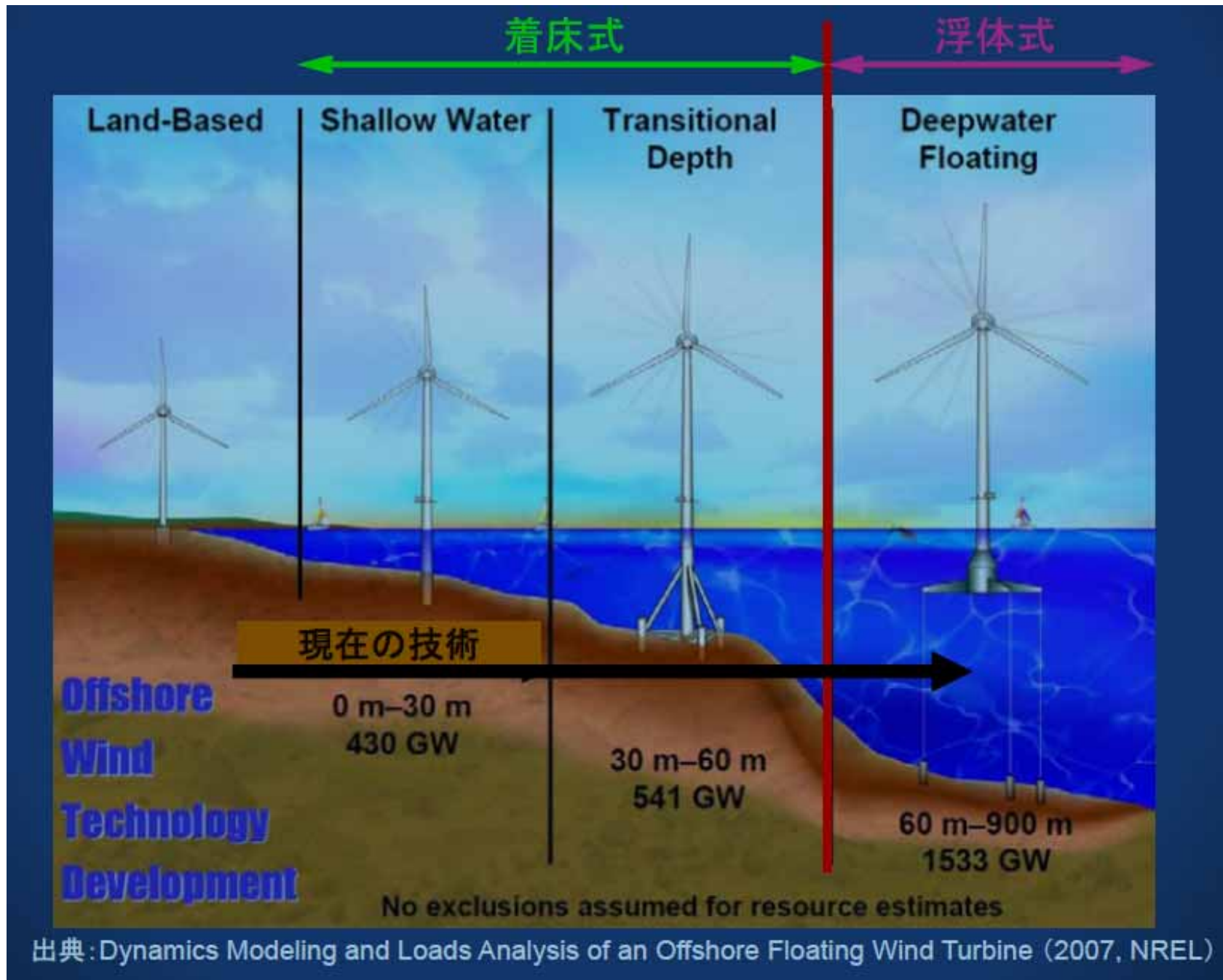
Floating Wind turbine
Fukushima Project
(MES, JMU, MHI, etc)

ASEF, 2014, KOREA

内容

- 1 . 福島実証試験映像
- 2 . 日本における
海洋再生可能エネルギー開発
- 3 . 風力発電
- 4 . 浮体式洋上風力発電
- 5 . 福島プロジェクト

陸上→洋上→着床式から浮体式へ



洋上風力発電の現状

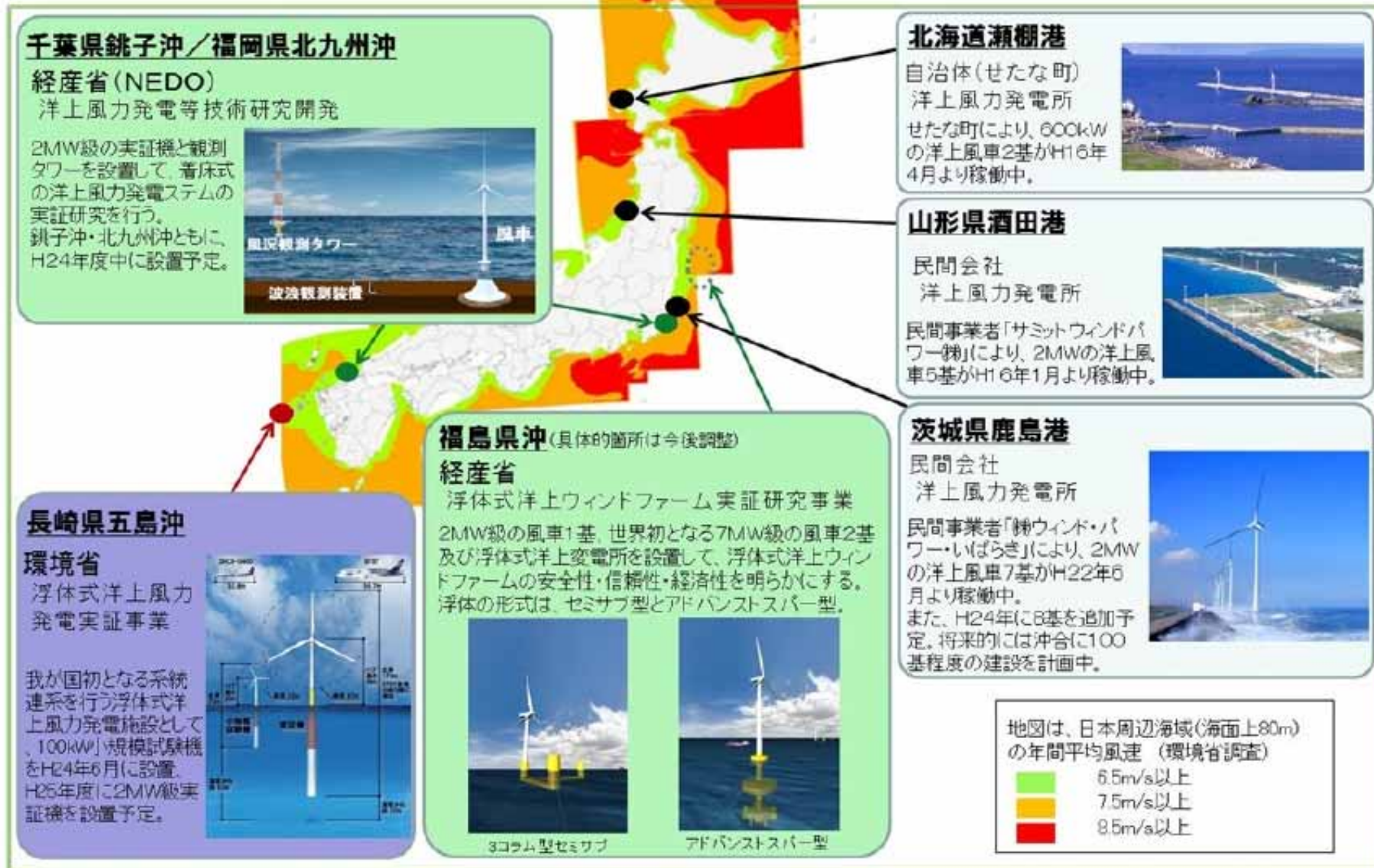
欧州や中国を中心に洋上風力発電の導入が増加

- ・世界の風力発電導入実績(2015年末): 4億3288万kW
17%以上の成長率(累積ベース前年比)
- ・世界の洋上風力発電の導入実績(2015年末): 1211万kW
38%以上の成長率(累積ベース前年比)
- ・日本の風力発電導入実績(2015年末): 304万kW(世界の0.7%)
- ・日本の洋上風力発電導入実績(2015年末): 5.3万kW
内浮体式は1.1万kW→ 世界をリード

日本では

- ・陸上は山岳地、公園、居住地域などの制約
- ・着床式に適した遠浅の海に限られる
- ・浮体式が有望

我が国の洋上風力発電の現状(現在稼働中及び実証実験予定のもの)



総合海洋政策本部 平成24年度版「海洋の状況及び海洋に関して講じた施策」

内容

1. 福島実証試験映像
2. 日本における
海洋再生可能エネルギー開発
3. 風力発電
4. 浮体式洋上風力発電
5. 福島プロジェクト

浮体式風力発電

波、風、潮流による傾斜、動揺を小さくする工夫

→ 海洋石油・ガス用浮体構造を適用し、さらなる工夫をする



ブレード
ピッチ制御、FRP製、雷対策

ナセル
発電機、増速機、(変圧器)

タワー
エレベータ、制御盤、(変圧器)

アップウィンド型(大多数)

ダウンウィンド型(日立)

ブレードピッチ制御: 回転数一定

ヨー制御: 風に向ける(アップウィンド)

新形式提案例



WINFLO



Vertiwind



GICON TLP



IDEOL



SPINFLOAT



Deepwind

主な浮体形式



セミサブ
(緩係留)



SPAR
(緩係留)



TLP
(緊張係留)

動揺	有	有	小
適用水深	50 ~ 300m	100 ~ 300m	60 ~ 300m
建設コスト	中	小	大
課題	動揺、コスト	動揺、曳航、設置、水深	コスト、曳航、設置
搭載風車	耐動揺風車	耐動揺風車	陸上用風車可能



Conical Type

Name
KULLUK
Owner
Gulf Canada Resources Inc.

Classification
ABS
Registration
Canada
Delivery
April, 1983
Max. Operable Water Depth (m/f)
55/180
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000

L x B x D (m)
83.8 x 84.5 x 18.5
Complement
108



Jack Up Type

Name
TRANSWORLD RIG 60
Owner
Transworld Drilling Co.

Classification
ABS
Delivery
March, 1971
Max. Operable Water Depth (m/f)
61/200
Max. Drilling Depth (m/f)
4,572/15,000

L x B x D (m)
37.0 x 46.9 x 4.9
Complement
42



Jack Up Type

Name
HAKURYU IV
Owner
Japan Drilling Co., Ltd.

Design
Levingston III (Slot type)
Classification
ABS
Registration
Japan
Delivery
May, 1975
Max. Operable Water Depth (m/f)
91/300
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000

L x B x D (m)
63.3 x 54.2 x 7.0
Complement
92



Jack Up Type

Name
NORGSTEN DOLPHIN
Owner
Fred Olsen & Co.

Design
Levingston III (Slot type)
Classification
ABS
Registration
Norway
Delivery
February, 1976
Max. Operable Water Depth (m/f)
91/300
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000

L x B x D (m)
63.3 x 54.2 x 7.0
Complement
80



Semi-submersible Type

Name
ALEUTIAN KEY
Owner
Keydrill Company

Design
Pacesetter
Classification
ABS
Registration
Panama
Delivery
March, 1976
Max. Operable Water Depth (m/f)
305/1,000
Max. Drilling Depth (m/f)
9,145/30,000
Speed (knot)
6

L x B x D (m)
79.2 x 61.0 x 33.8
Complement
80



Semi-submersible Type

Name
BORGILA DOLPHIN
Owner
Fred Olsen & Co.

Design
Aker H-3
Classification
NV
Registration
Norway
Delivery
August, 1976
Max. Operable Water Depth (m/f)
183/600
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000
Speed (knot)
8.8

L x B x D (m)
108.2 x 67.4 x 36.6
Complement
86



Semi-submersible Type

Name
DAN QUEEN
Owner
J.L. Offshore Drilling

Design
Aker H-3
Classification
NV
Registration
Denmark
Delivery
August, 1977
Max. Operable Water Depth (m/f)
305/1,000
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000
Speed (knot)
8.8

L x B x D (m)
108.2 x 67.4 x 36.6
Complement
88



Semi-submersible Type

Name
PETROBRAS IX
Owner
Petroleo Brasileiro S.A.

Design
Enhanced Aker H-3
Classification
ABS
Registration
Brazil
Delivery
May, 1982
Max. Operable Water Depth (m/f)
366/1,200
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000
Speed (knot)
7.5

L x B x D (m)
108.2 x 68.8 x 36.7
Complement
92



Jack Up Type

Name
KEY BERMUDA
Owner
Keydrill Company

Design
Mitsui-Levingston III (Slot type)
Classification
ABS
Registration
Panama
Delivery
September, 1980
Max. Operable Water Depth (m/f)
61/200
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000

L x B x D (m)
75.0 x 64.5 x 5.9
Complement
84



Jack Up Type

Name
TRIDENT VI
Owner
Forex Neptune

Design
MODEC 300C (Cantilever type)
Classification
ABS
Registration
Panama
Delivery
March, 1981
Max. Operable Water Depth (m/f)
91/300
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000

L x B x D (m)
67.0 x 61.0 x 7.4
Complement
101



Jack Up Type

Name
TRIDENT VIII
Owner
Forex Neptune

Design
MODEC 300C (Cantilever type)
Classification
ABS
Registration
Panama
Delivery
September, 1981
Max. Operable Water Depth (m/f)
91/300
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000

L x B x D (m)
67.0 x 61.0 x 7.4
Complement
101



Jack Up Type

Name
KEY HAWAII
Owner
Keydrill Company

Design
Mitsui JC300 (Cantilever type)
Classification
ABS
Registration
U.S.A.
Delivery
July, 1983
Max. Operable Water Depth (m/f)
91/300
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000

L x B x D (m)
67.5 x 59.0 x 7.4
Complement
84



Semi-submersible Type

Name
JOHN SHAW
Owner
Sonat Offshore Drilling Inc.

Design
Larger Pacesetter
Classification
NV
Registration
U.S.A.
Delivery
September, 1982
Max. Operable Water Depth (m/f)
457/1,500
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000
Speed (knot)
7.6

L x B x D (m)
85.7 x 66.7 x 35.4
Complement
100



Semi-submersible Type

Name
SEDCO 710
Owner
SEDPX, Inc.

Design
SEDCO 700
Classification
ABS
Registration
Canada
Delivery
March, 1983
Max. Operable Water Depth (m/f)
1,820/6,000
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000
Speed (knot)
8.5

L x B x D (m)
89.9 x 75.9 x 34.3
Complement
118



Semi-submersible Type

Name
PETROBRAS XII
Owner
Petroleo Brasileiro S.A.

Design
Enhanced Aker H-3
Classification
ABS
Registration
Brazil
Delivery
April, 1983
Max. Operable Water Depth (m/f)
366/1,200
Max. Drilling Depth (m/f)
6,096/20,000
Speed (knot)
7.5

L x B x D (m)
108.2 x 68.8 x 36.7
Complement
92



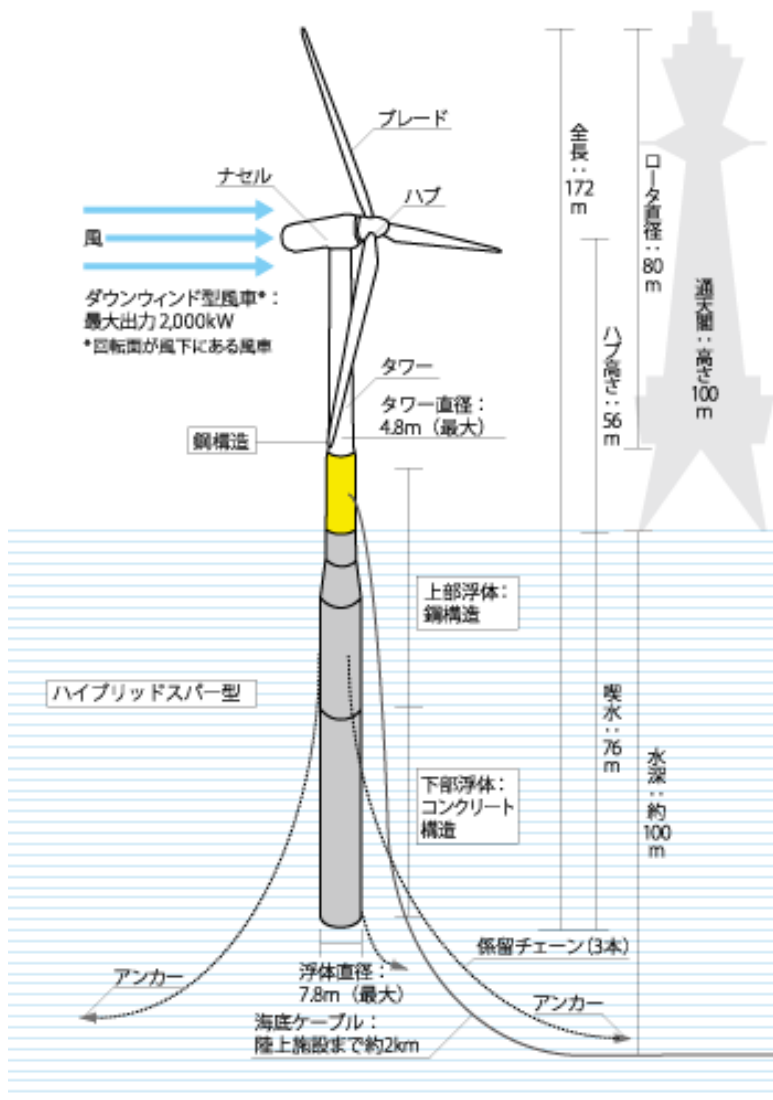
Semi-submersible Type

Name
HENRY GOODRICH
Owner
Sonat Offshore Drilling Inc.

Design
Mitsui/Sonat SES-5000
Classification
NV
Registration
U.S.A.
Delivery
July, 1985
Max. Operable Water Depth (m/f)
610/2,000
Max. Drilling Depth (m/f)
7,620/25,000
Speed (knot)
8

L x B x D (m)
96.4 x 76.5 x 40.0
Complement
150

環境省 実証試験



実証機の仕様

名称:	(非自航船) はえんかぜ
設置場所:	長崎県五島市椋島 鷹ノ巣鼻灯台の南西方約1.7km 北緯 32度44分27秒 東経 128度59分45秒
形状寸法:	全長 172m (喫水：76m、ハブ高さ：56m、ロータ直径：80m) 浮体直径 最大 7.8m タワー直径 最大 4.8m 重量：約3,400ton
構造形式:	ハイブリッドスパー型
係留:	3点係留カテナリー方式 (鋼製チェーン)
風力発電機:	ダウンウィンド型 (最大出力：2000kW)
その他:	海底ケーブル 延長 約2km

<http://goto-fowt.go.jp/home/spec/>

内容

- 1 . 福島実証試験映像
- 2 . 日本における
海洋再生可能エネルギー開発
- 3 . 風力発電
- 4 . 浮体式洋上風力発電
- 5 . 福島プロジェクト

福島浮体式洋上ウィンドファーム 実証研究事業

Fukushima Floating Offshore Wind Farm
Demonstration Project
(Fukushima FORWARD)

Fukushima Offshore Wind Consortium
Fukushima FORWARD

<http://www.fukushima-forward.jp/>

福島洋上風力コンソーシアムは、経済産業省からの委託事業として、福島浮体式洋上ウィンドファーム実証研究事業を推進しています。本実証研究事業は、既設の2MW風力発電設備1基、7MW風力発電設備1基及び浮体式洋上サブステーションに加えて2016年夏に増設予定の5MW風力発電設備で構成され、世界初となる浮体式洋上風力発電所を実現するため福島県沖で浮体式洋上風力発電システムの実証研究を行い、安全性・信頼性・経済性を明らかにします。

福島洋上風力コンソーシアム



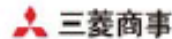
丸紅株式会社

〒100-8088 東京都千代田区大手町1丁目4番2号



国立大学法人東京大学

〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3番1号



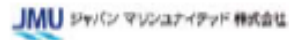
三菱商事株式会社

〒100-8086 東京都千代田区丸の内二丁目3番1号



三菱重工業株式会社

〒108-8215 東京都港区港南2-16-5



ジャパン マリンユナイテッド株式会社

〒108-0014 東京都港区芝五丁目36番7号



三井造船株式会社

〒104-8439 東京都中央区築地5-6-4



新日鐵住金株式会社

〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1



株式会社日立製作所

〒100-8280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号



古河電気工業株式会社

〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号



清水建設株式会社

〒104-8370 東京都中央区京橋2-16-1



みずほ情報総研株式会社

〒101-8443 東京都千代田区神田錦町2-3

研究課題

観測と予測技術の確立

浮体式洋上風力発電技術の確立

浮体式送変電技術の確立

洋上風力発電用浮体の事前調査及び施工技術

高性能鋼材の開発

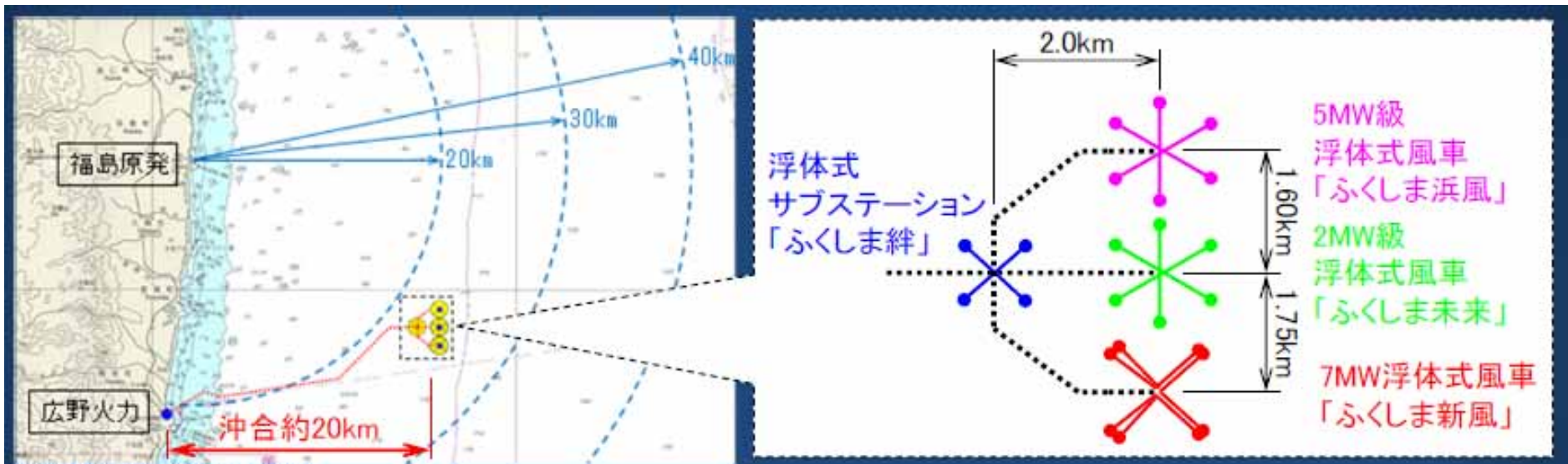
航行安全性

環境影響評価

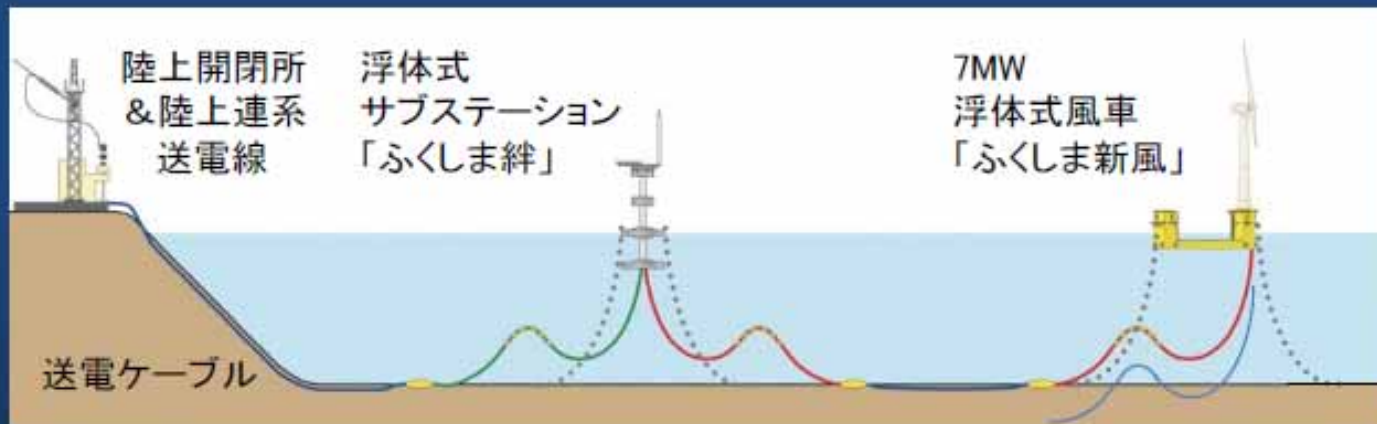
漁業との共存

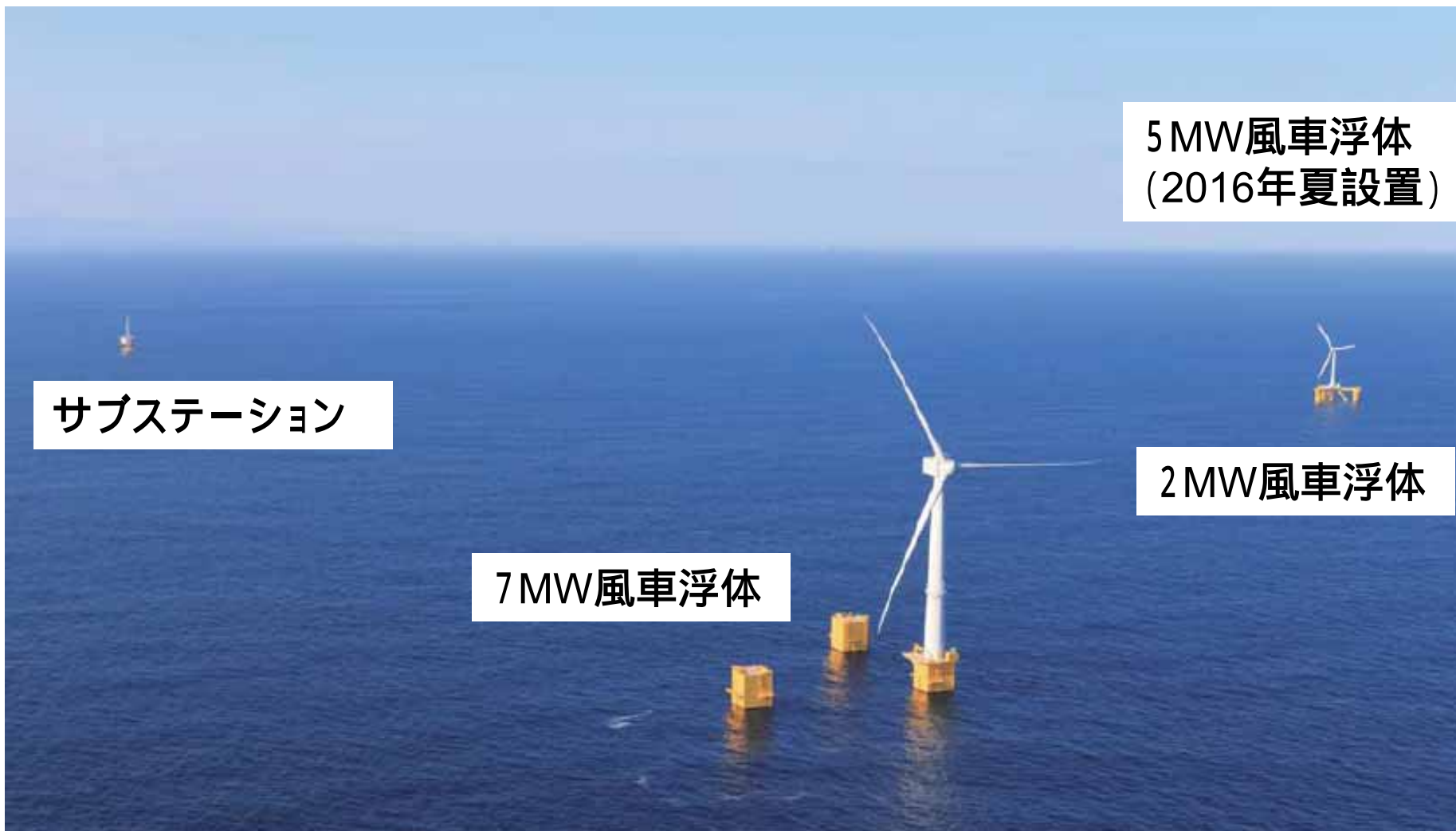
世界初浮体式洋上ウィンドファーム

構成: サブステーション、2MW、7MW、5MW (合計14MW)



※ 海上保安庁刊行の水路図誌を編集
水路通報 (W1098) 平成18年(2006)・・・792・・・23年(2011)・・・1200・・・1386





サブステーション

5 MW風車浮体
(2016年夏設置)

2 MW風車浮体

7 MW風車浮体

福島洋上風力コンソーシアム パンフレット

浮体式ウィンドファーム

サブステーション(ふくしま絆)

浮体形式:アドバンストスパー

機能:変電所、気象海象観測

2MW風車浮体(ふくしま未来)

浮体形式:コンパクトセミサブ

機能:2MW風車搭載

7MW風車浮体(ふくしま新風)

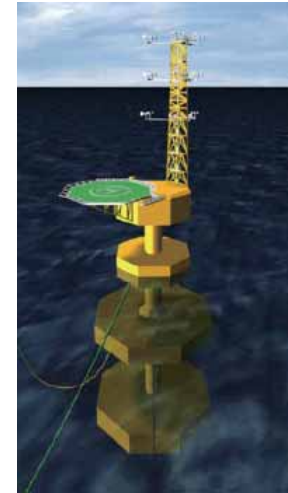
浮体形式:V字型セミサブ

機能:7MW風車搭載

5MW風車浮体(ふくしま浜風)

浮体形式:アドバンストスパー

機能:5MW風車搭載



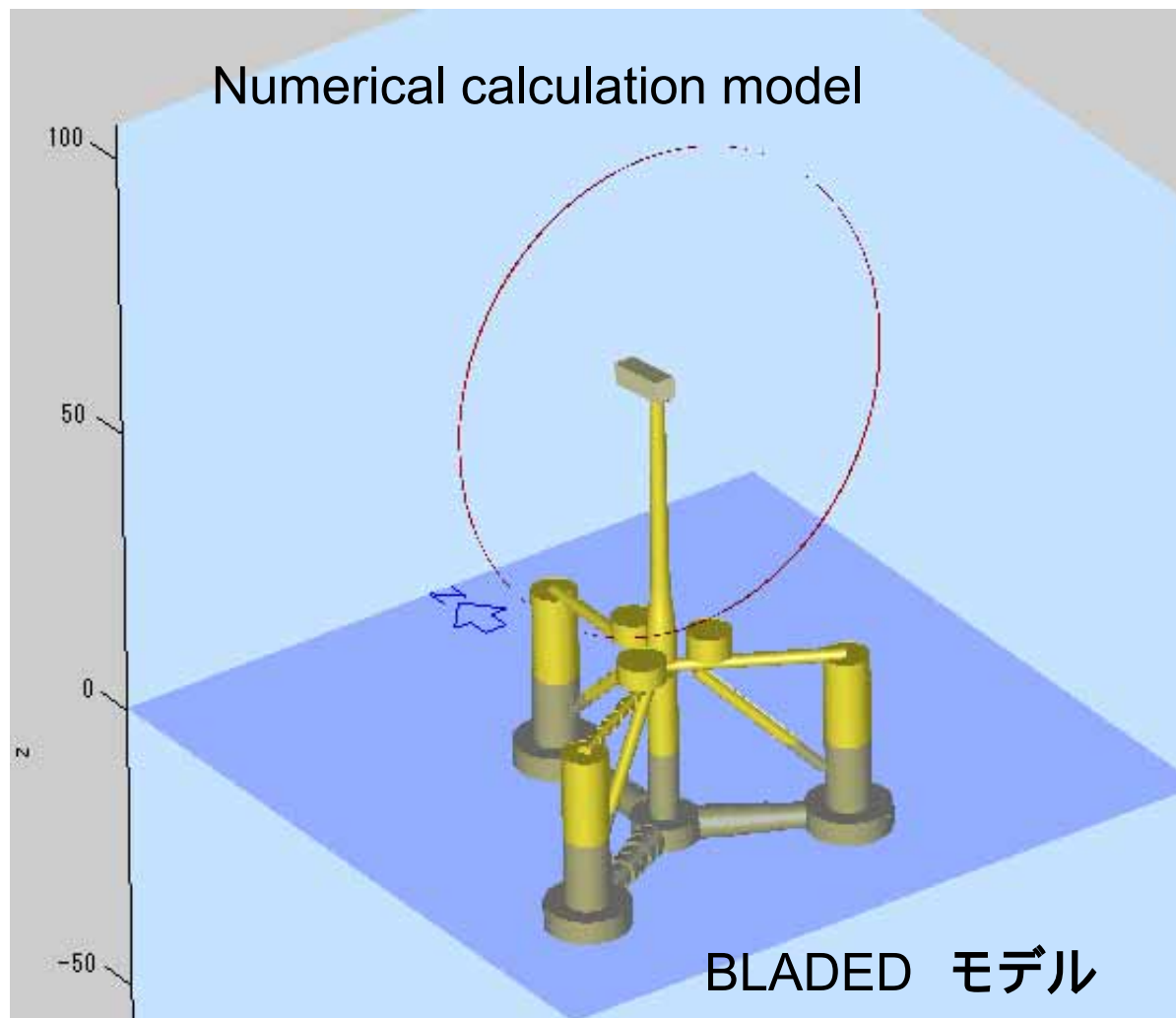
風車浮体概要

	ふくしま未来	ふくしま新風	ふくしま浜風
風車	2MW (日立製作所)	7MW (三菱重工)	5MW (日立製作所)
ロータ径	80m	167m	126m
ハブ高さ	65m	105m	86m
ブレード 先端高さ	105m	189m	150m
浮体			
深さ	32m	32m	48m
稼働喫水	16m	17m	33m
長さ	57.5m	85m	59m
幅	64.2m	150m	51m
係留	カテナリ係留 6本	カテナリ係留 8本	カテナリ係留 6本

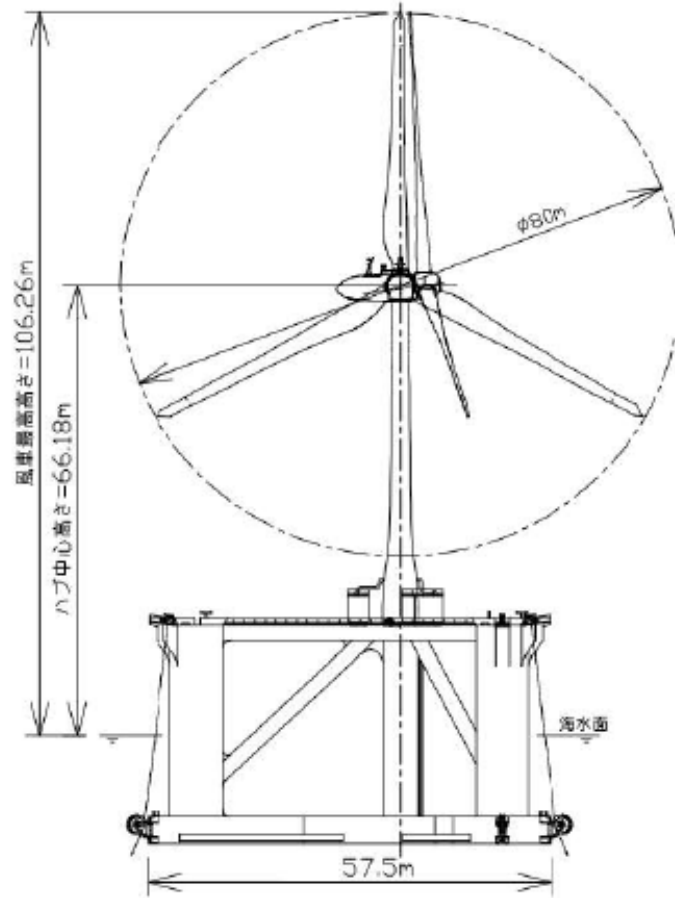
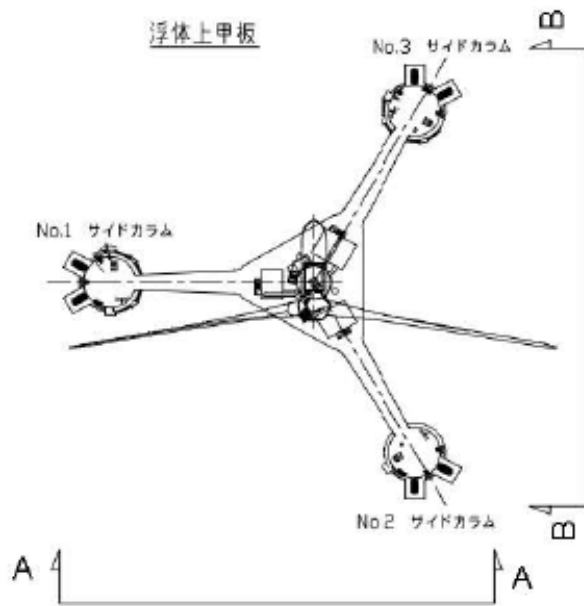
設計

- ・無人の施設
遠隔監視
(SCADA, 警報, 浮体挙動、構造歪 etc.)
- ・規則
浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン
日本海事協会 2012年7月
- ・設計寿命: 20 years
強度、疲労強度、腐食
50年再現の波風潮流に耐える
- ・風車と浮体の連成
浮体動揺と風車挙動
- ・風車からの条件
加速度、傾斜
- ・送電線からの条件
移動範囲
- ・航行安全性
AIS, 航路標識灯, 霧笛
- ・O&M
乗り込み梯子, アクセス船用ガード

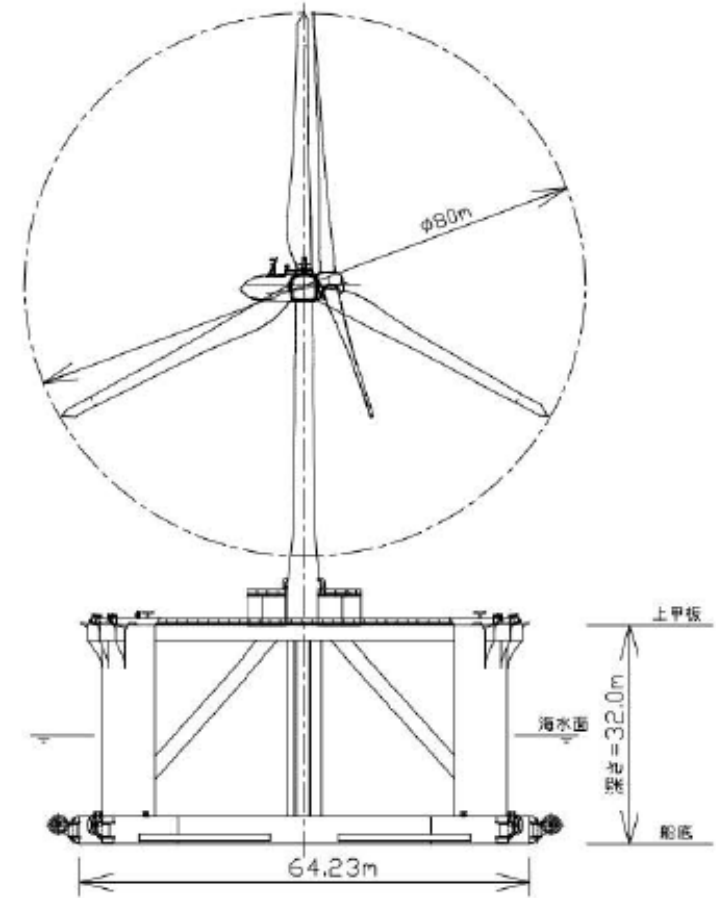




- 数値解析
風車と浮体の連成解析
係留解析
強度解析、疲労解析



A-A 矢視

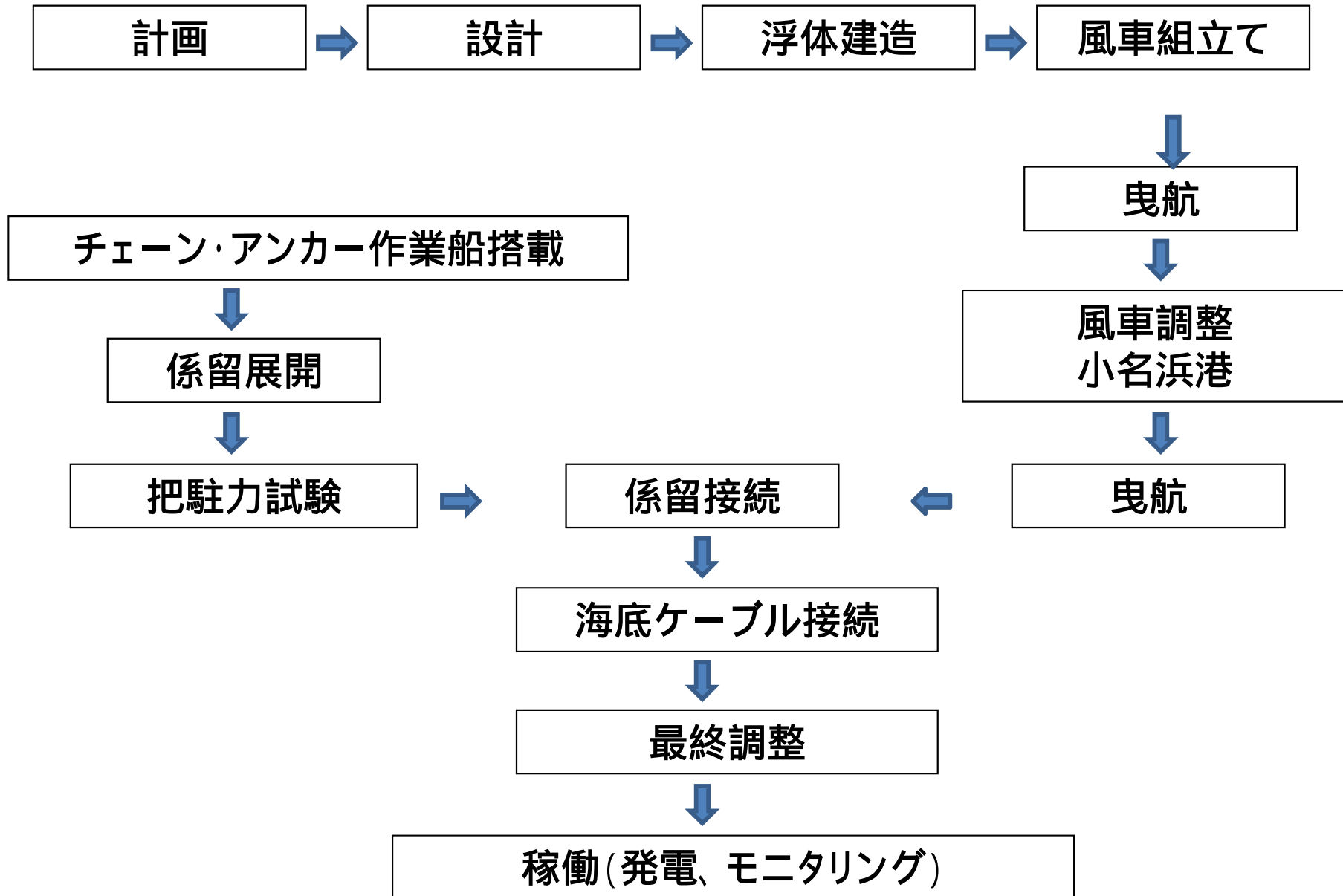


B-B 矢視



ふくしま未来

完成までの作業



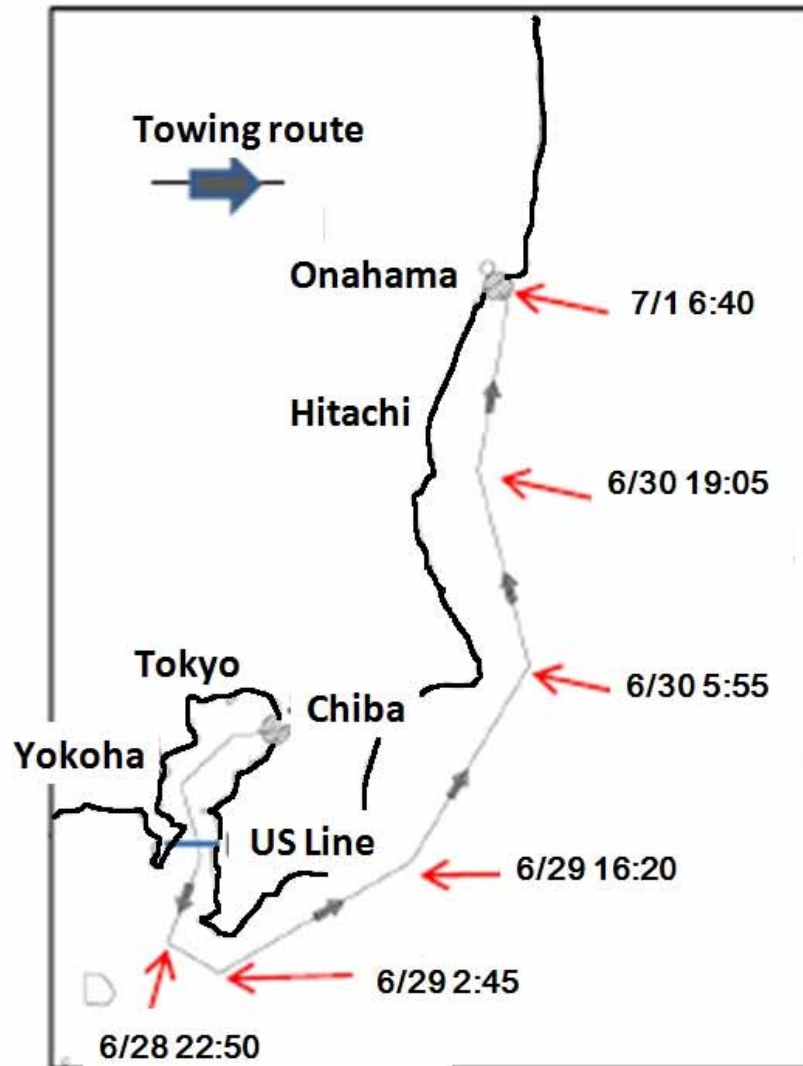
浮体建造



風車組立て



曳航



Towing route



Towing boat arrangement

小名浜港着岸





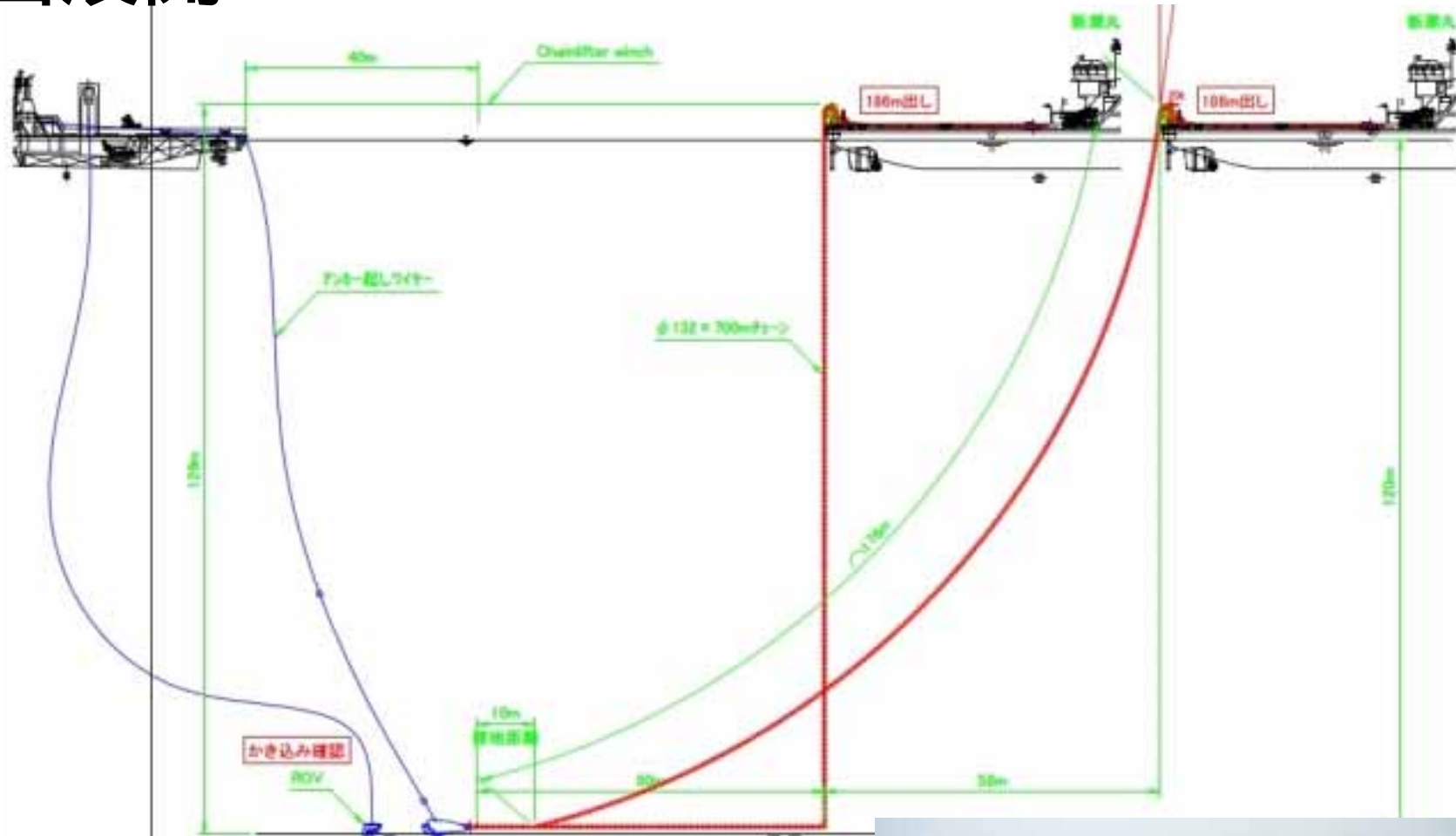
チェーン準備



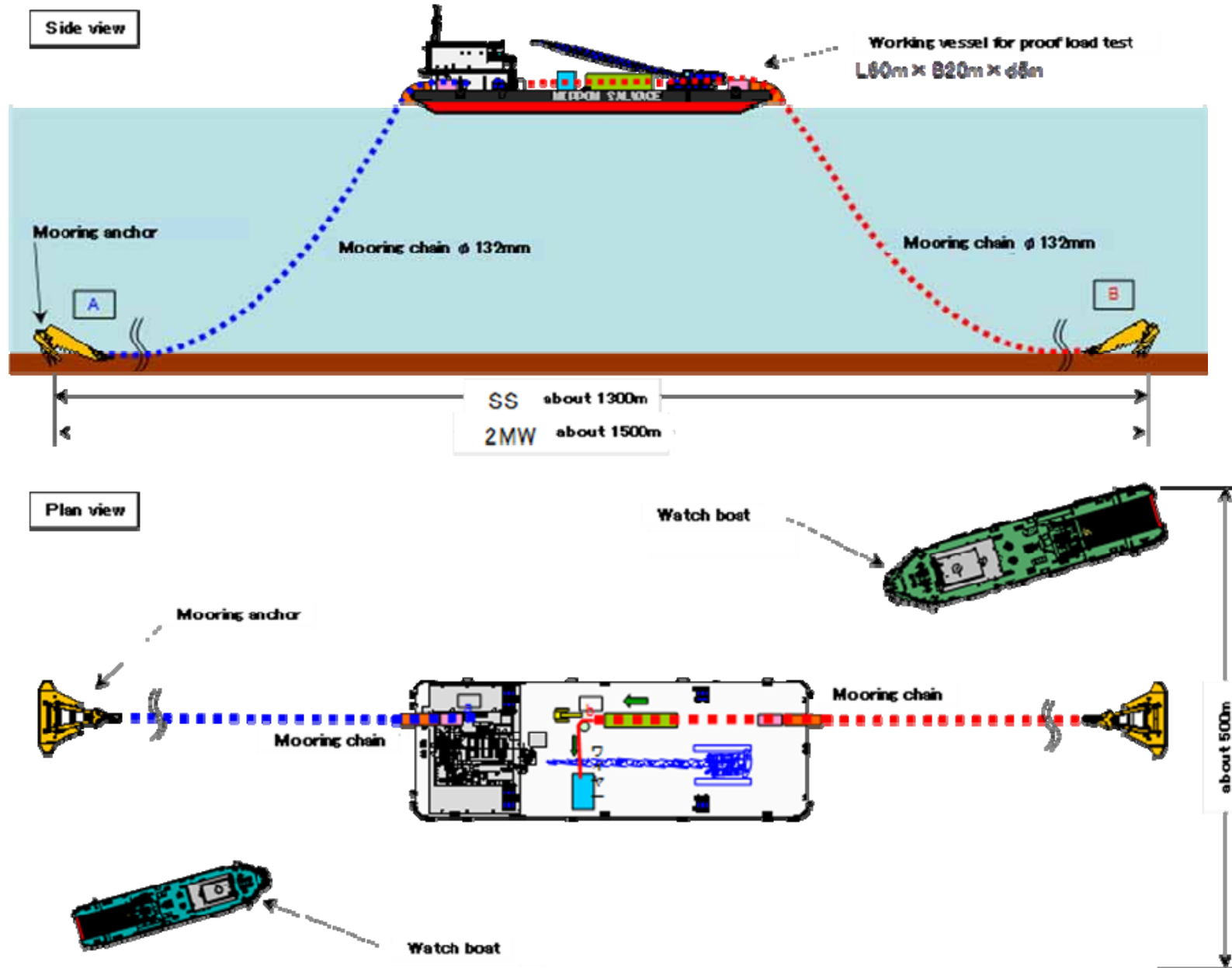
アンカー準備

(Photo credit: Shimizu Shinnittetsusumikin-enji JV (SSE JV))

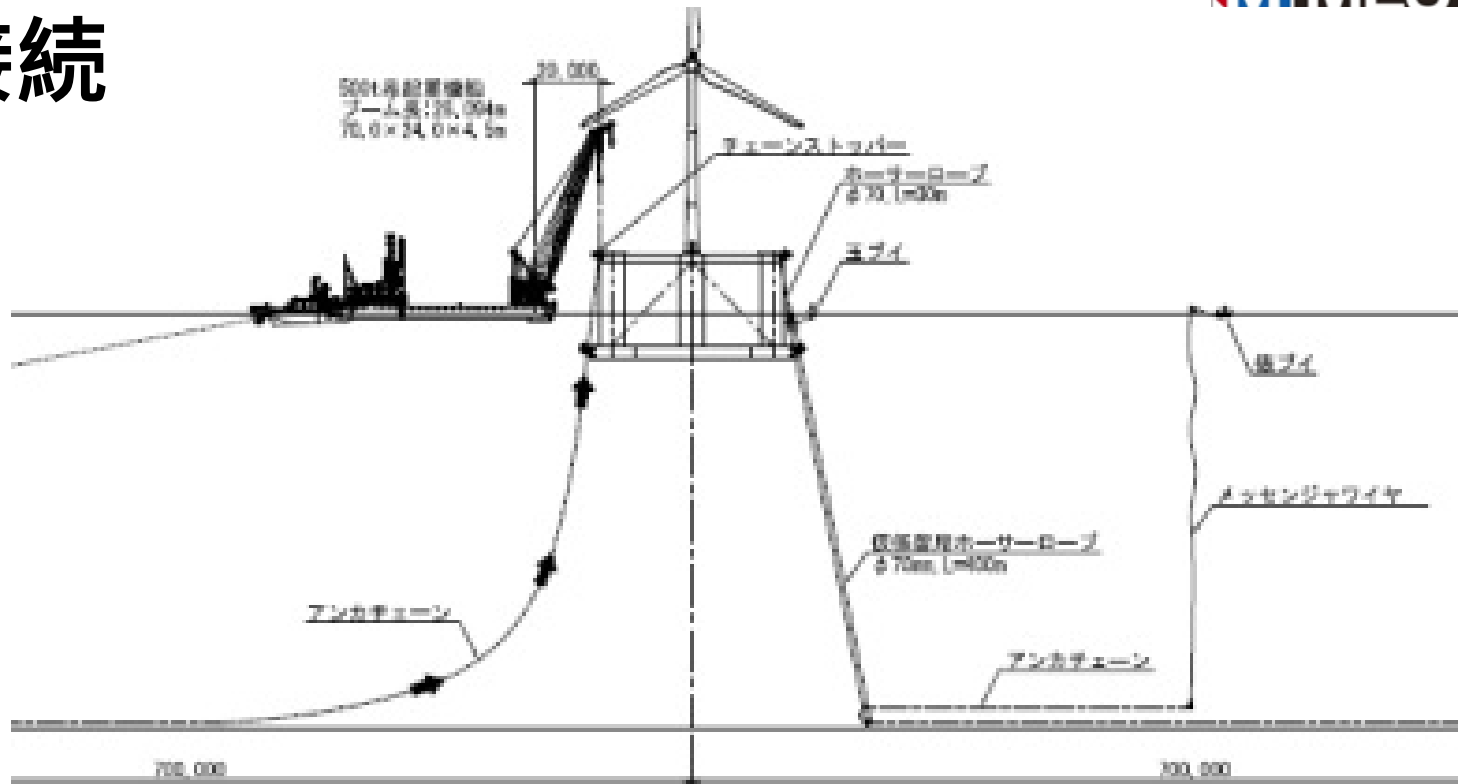
係留展開



把駐力試驗



係留接続



Connecting chain to the floater

海底ケーブル接続



Power cable connection
(Photo credit: Furukawa Electric Co.,LTD)

ふくしま未来 発電状況

年	月	利用率 %	利用可能率 %	平均風速 m/s	備考
2016	2	30.0	84.3	7.0	
	1	31.5	99.2	7.0	
2015	12	31.5	95.1	6.8	
	11	30.6	99.8	7.0	
	10	30.6	99.8	7.0	
	9	15.0	53.5	6.1	6カ月点検15日間
	8	18.0	99.5	4.9	
	7	22.0	99.0	5.5	
	6	30.0	96.8	6.1	
	5	34.0	99.1	6.6	
	4	38.0	98.7	7.1	
	3	35.0	98.5	6.7	
	2	29.5	73.3	7.3	1月27日から2月4日まで陸上電源設備点検
	1	32.8	84.4	7.4	1月27日から2月4日まで陸上電源設備点検
2014	12	44.4	93.3	8.0	
	11	30.8	86.9	6.8	ブレード補修
	10	27.9	86.4	6.6	
	9	17.4	98.0	5.0	風速低
	8	17.8	100.0	4.9	風速低
2013.12~2015.11					
		28.7	89.4		
2015.12~2016.6					
		32.2	95.8	7.1	

(出典:福島洋上ウインドファーム実証事業 研究通信)



Akihiko Imakita
Mitsui Engineering and Shipbuilding Co., Ltd