

参考資料

- (1) 東北復興次世代クリーンエネルギー研究開発プロジェクト関連資料
- (2) 福島県沖浮体式洋上風力発電機設置実証事業関連資料
- (3) 千葉県銚子沖洋上風力発電関連資料
- (4) 福井県：ブローホール波力発電システムの実証研究関連資料
- (5) 福岡県北九州市：潮流発電システム関連資料
- (6) 長崎県五島市：環境省浮体式洋上風力発電実証事業関連資料

(1) 東北復興次世代クリーンエネルギー研究開発プロジェクト関連資料

東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト【H24～28】

平成24年度予算：1,999百万円（新規）
（うち復興特別会計：1,999百万円）

概要

東日本大震災の被災地の復興と我が国のエネルギー問題の克服に貢献するため、①福島県への革新的エネルギー技術研究開発拠点の形成、②被災地の大学等研究機関の強みを活かしたクリーンエネルギー技術の研究開発を推進する。

①革新的エネルギー研究開発拠点の形成 平成24年度予算：1,185百万円

○復興基本方針に基づき、福島県において再生可能エネルギー等に関する開かれた世界最先端の研究拠点の形成を実現するため、経済産業省と連携し、エネルギー分野のトップレベルの研究者の参画を得て、超高効率太陽電池等に関する基礎から実用化まで一貫した研究開発を推進する。

②東北復興のためのクリーンエネルギー研究開発の推進 平成24年度予算：814百万円

○復興基本方針に基づき、①被災地へのスマートエネルギーシステムの導入や環境先進地域としての復興、②再生可能エネルギーに関する革新的研究開発を実現し、東北地方の復興と我が国のエネルギー問題を克服するため、先進的なエネルギー技術の研究開発を推進する。

○東北の風土・地域性等を考慮し、将来的に事業化・実用化され、新たな環境先進地域として発展することに貢献する再生可能エネルギー技術の研究開発を実施

○東北地方の大学を中心に内外の研究機関等の協力を得て被災地自治体からのニーズを踏まえて実施し、被災地の復興につながる研究課題を推進。

【研究課題】＜中核機関：東北大学＞

◆三陸沿岸において活用が期待される波力など海洋再生可能エネルギー

平成24年度事業費（調整中）：225百万円

＜実施主体：東京大学、岩手県久慈市、宮城県塩竈市＞

◆微細藻類のエネルギー利用

平成24年度事業費（調整中）：180百万円

＜実施主体：筑波大学、東北大学、宮城県仙台市＞

◆再生可能エネルギーを中心とし、人・車等のモビリティ（移動体）の視点を加えた都市の総合的なエネルギー管理

平成24年度事業費（調整中）：360百万円

＜実施主体：東北大学、東京大学、宮城県石巻市・大崎市 等＞



海洋再生エネルギーの利用



油を生産する微細藻類

実施体制

◆東北大学を中核として、大学等の研究機関・地方自治体・企業等が協働して事業を実施。



三陸沿岸へ導入可能な波力等の海洋再生可能エネルギーの研究開発

＜実施主体＞東京大学、岩手県久慈市、宮城県塩竈市 等

■ 事業概要

- ✓ 東北に豊富に存在する海洋再生エネルギーを活用した波力発電及び潮流発電システムの実証を被災地自治体と協力して実施
- ✓ 発電装置を地元企業と協力して製作・設置し、近隣の観光施設や漁業施設などへ試験的な電力供給を予定
- ✓ 災害時の非常用電源としての利用なども含め、電力の地産地消を目指す



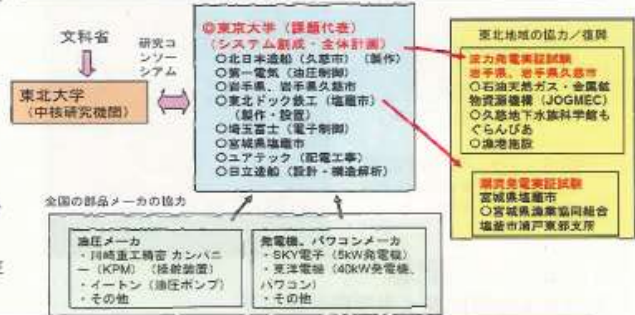
波力発電システムの実証試験サイト＜久慈市＞
 ・岩手県沿岸は波浪エネルギーが豊富
 ・久慈湾は湾口が広く、多方向からの波が侵入
 日本の南西部に比べ、台風の影響（高波浪）は少ない

実証試験サイト

潮流発電システムの実証試験サイト＜塩竈市＞
 ・松島湾の浦戸諸島は海底ケーブルが破断するなど
 甚大な被害
 ・島間の水路に潮流エネルギー（流速1m/s程度）が存在

海洋再生可能エネルギー発電の研究協力体制

東京大学が新システムを考案・創成し、全国の部品メーカーの協力を得て設計図を完成させ、久慈市、塩竈市の地元企業で製作・設置し、発電した電気を地元へ供給（地産地消）。クリーンビジネスを育成し、東北復興に貢献

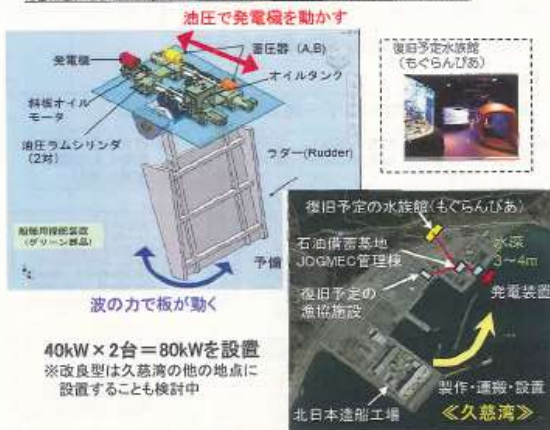


■ 5年間の研究スケジュール

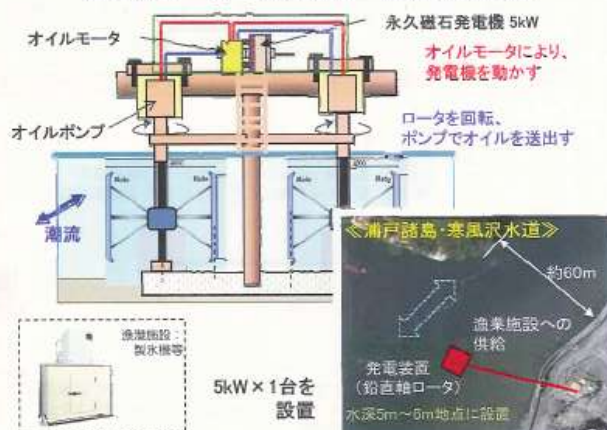
H24	H25	H26	H27	H28
波力発電（久慈市）		○プロトタイプ（40kW）の設置	○改良型の設置	○まとめ
現地観測、要素技術開発		電力試験供給		
潮流発電（塩竈市）		○プロトタイプ（5kW）の設置		○まとめ
現地観測、要素技術開発		電力試験供給		

三陸沿岸へ導入可能な波力等の海洋再生可能エネルギーの研究開発

船舶用操舵装置を改造した波力発電装置



鉛直軸ロータ・油圧連結・潮流発電装置



■ 平成25年度計画

波力発電装置開発＜岩手県久慈市＞

- ・波力発電装置のプロトタイプ（40kW）の油圧・発電装置の制御ロジックを完成させる。
- ・久慈湾に台風時に来襲する高波浪にも十分安全な海洋構造物とするため、ラダー（波受け板）、海中構造物（ジャケット）の構造解析を行い、プロトタイプの設計図を完成させる。

潮流発電装置開発＜宮城県塩竈市＞

- ・潮流発電装置（5kW）を開発するため、油圧・発電装置の制御ロジックを完成させる。
- ・景観に配慮した潮流発電装置のプロトタイプ（5kW）の設計図を完成させる。
- ・年度末に地元造船会社により1台（5kW）を製作設置する（地元業者）。

※その他、自治体と協力し、公有水面利用申請及び景観配慮事項について文化庁に相談するなど設置許可に向けた手続きを実施。

平成24年度
東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト
「東北復興のためのクリーンエネルギー研究開発推進事業」

課題1 (H24年度～H28年度、5年間)

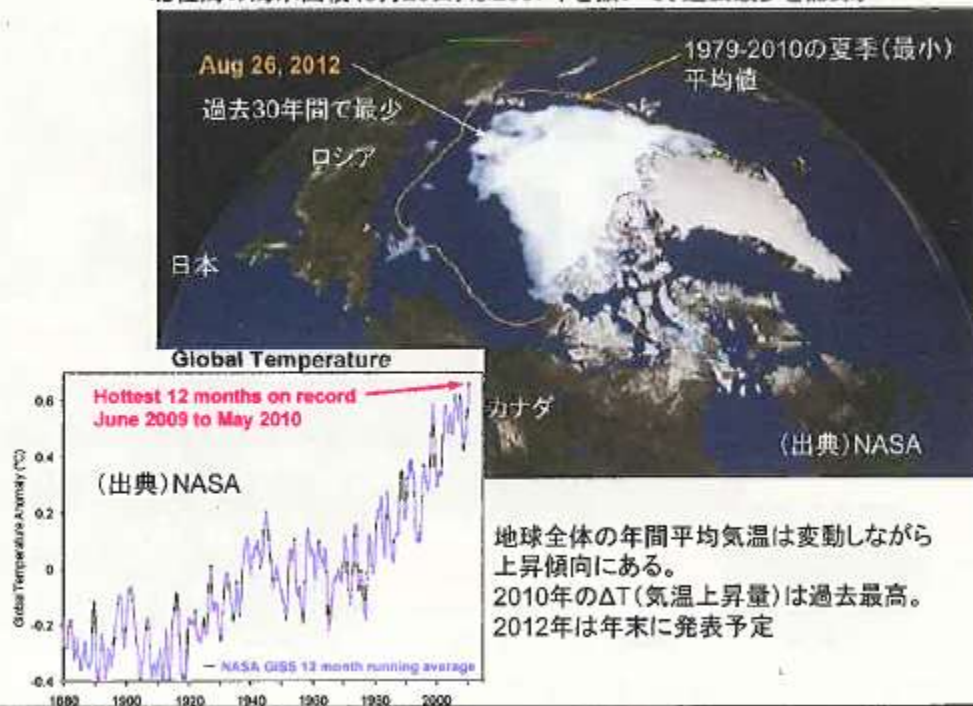
三陸沿岸へ導入可能な波力等の海洋再生可能エネルギーの研究開発

課題代表 東京大学 生産技術研究所
林 昌奎教授、木下健教授、丸山康樹客員教授
発表: 丸山康樹

1

背景(1) 地球温暖化の傾向が続いている(観測値)

北極海の海水面積(8月26日)は2007年を抜いて、過去最少を記録。



2

背景(2) 世界の現状(2008年):再生可能エネルギー

(注)原子力は世界のエネルギーの2.0%(熱量ベース)に過ぎない。温暖化防止には、再生可能エネルギー開発が不可欠

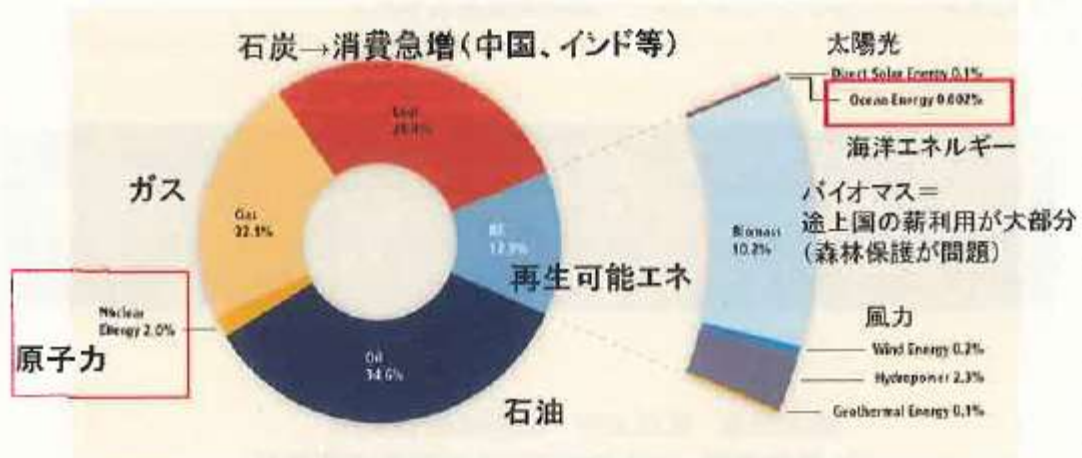


Figure SPM.2 | Shares of energy sources in total global primary energy supply in 2008 (492 EJ) Modern biomass contributes 38% of the total biomass share. [Figure 1.10, 1.1.5]. Notes: Underlying data for figure has been converted to the 'direct equivalent' method of accounting for primary energy supply [Box SPM.2, 1.1.9, Annex II].

(出典)IPCC 再生可能エネルギー特別報告書

http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/ipcc33/SRREN_FD_SPM_final.pdf

3

背景(3) 欧米: 海洋エネ発電の研究開発が活発化



(出典)岩手シンポジウム Richard Morris 資料より

4

背景(4)エネルギー高騰と東北地域産業の復興

今後、懸念される燃料価格高騰



原油価格の急騰



NY原油スポット価格の変動(WTI)



復興が進む北日本造船
波力発電のグリーンビジネスが育成できれば、地元雇用創出が期待

5

課題1: 東北地方に豊富に存在する海洋再生エネの利用



波力発電システムの実証試験サイト: 久慈市

岩手県沿岸は波浪エネルギーが豊富
久慈湾は湾口が広く、多方向からの波が侵入
日本の南西部に比べ、台風の影響(高波浪)は少ない

実証試験サイト

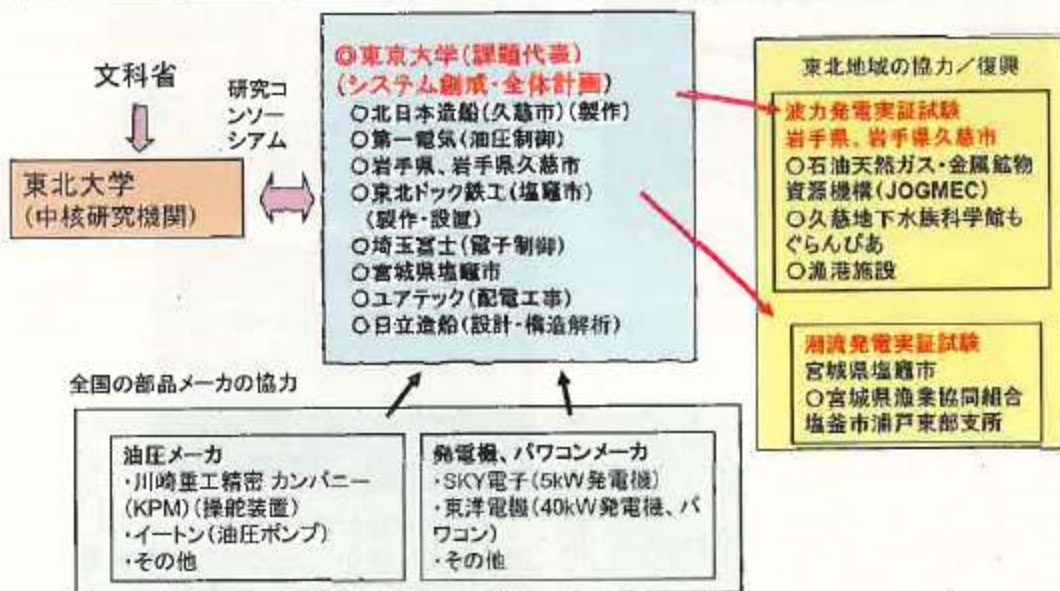
潮流発電システムの実証試験サイト: 塩竈市

・松島湾の瀬戸諸島は海底ケーブルが破断するなど甚大な被害
・島間の水路に潮流エネルギー(流速1m/s程度)が存在

6

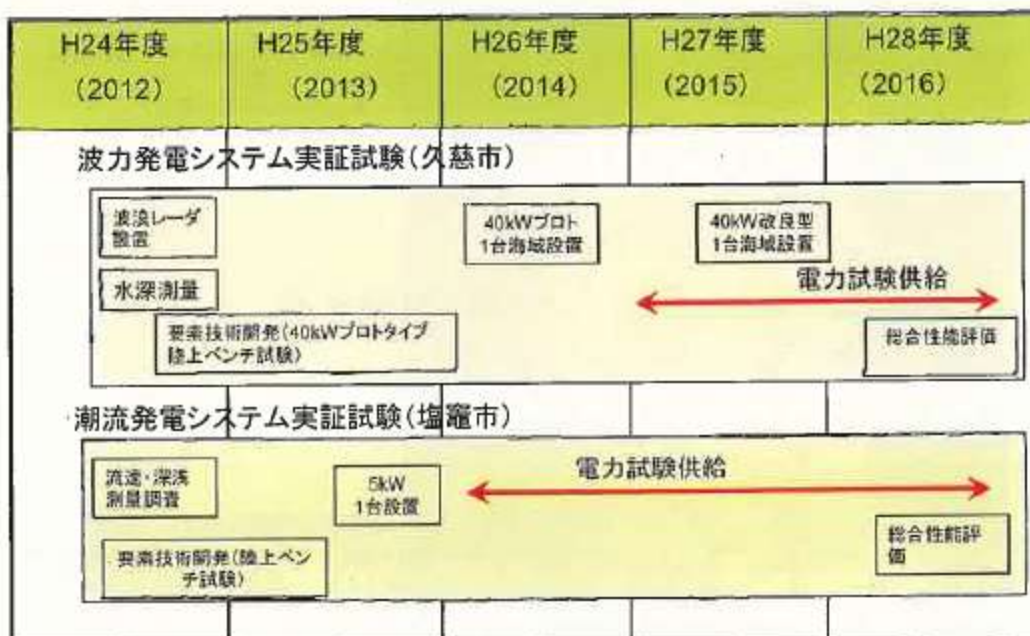
海洋再生可能エネルギー発電の研究協力体制

東京大学が新システムを考案・創成し、全国の部品メーカーの協力を得て設計図を完成させ、久慈市、塩竈市の地元企業で製作・設置し、発電した電気を地元へ供給（地産地消）。クリーンビジネスを育成し、東北復興に貢献



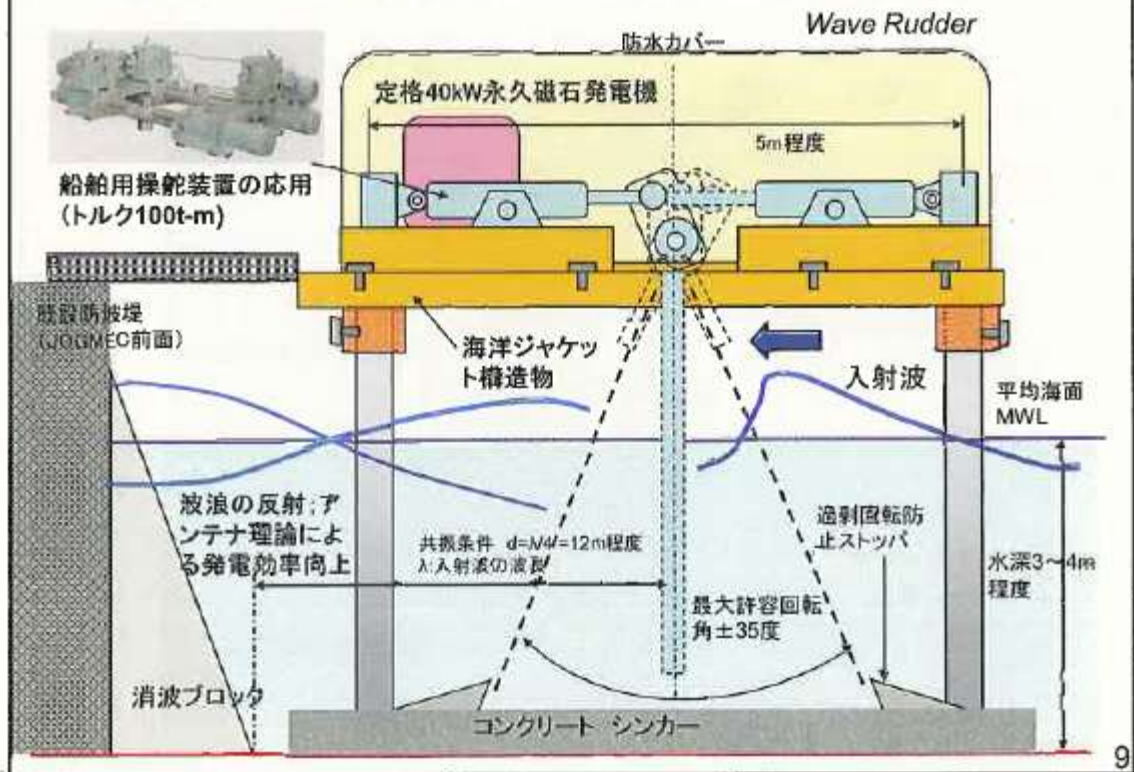
7

海洋再生可能エネルギー研究開発(波力、潮流) 概略スケジュール(案)



8

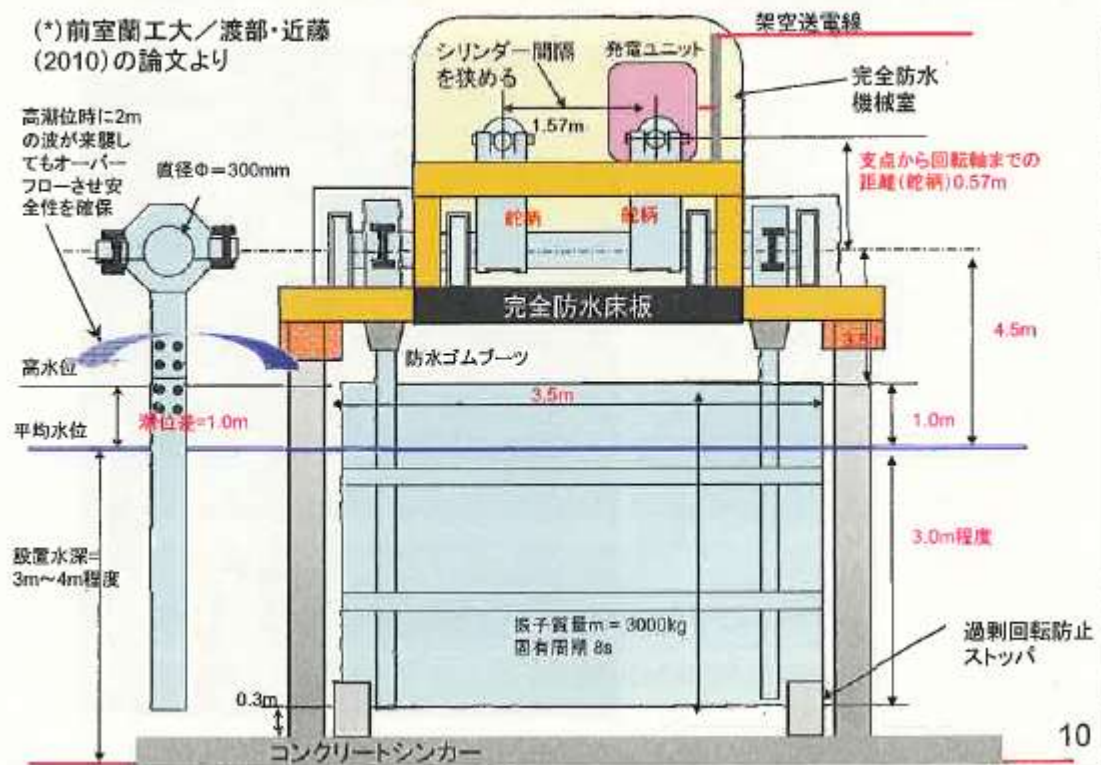
共振アンテナ理論を応用した波力発電装置のコンセプト



9

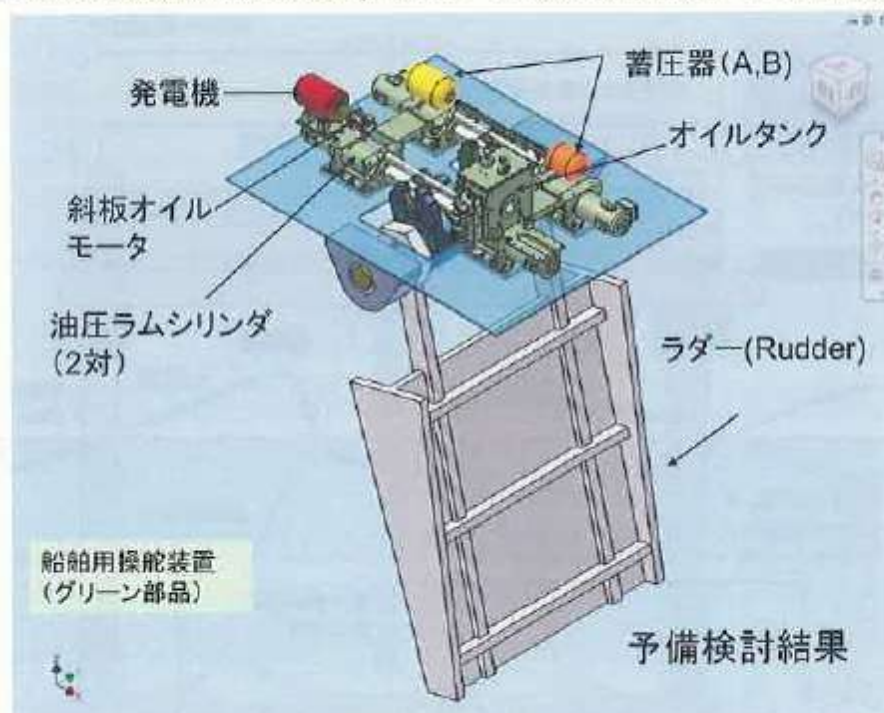
Rudder(舵)の構造と固有周期:計算モデルは開発済み(*)

(*)前室蘭工大/渡部・近藤
(2010)の論文より



10

船舶用操舵装置(Rudder)を用いた波力発電装置の作動原理



(出典)協力:川崎重工精密機械カンパニー(KPM)

波力発電装置設置場所(案):久慈湾・石油備蓄基地・前面海域



(出典) Googleマップ

(参考)イスラエルの低コスト波力発電装置

防波堤や岩礁前面に浮体を設置し、上下動を油圧シリンダーの油圧に変換して発電。
 イスラエルSDEが中国上海東平路(Dong Ping Lu)に中核部品を売却(50 kW
 ×3台=150kW, US1.2 million dollars(=約1億円))予定。チリ、メキシコ、タンザニア、ケニア等に
 輸出実績。発電コストは2セント/kWhと主張。



初期型

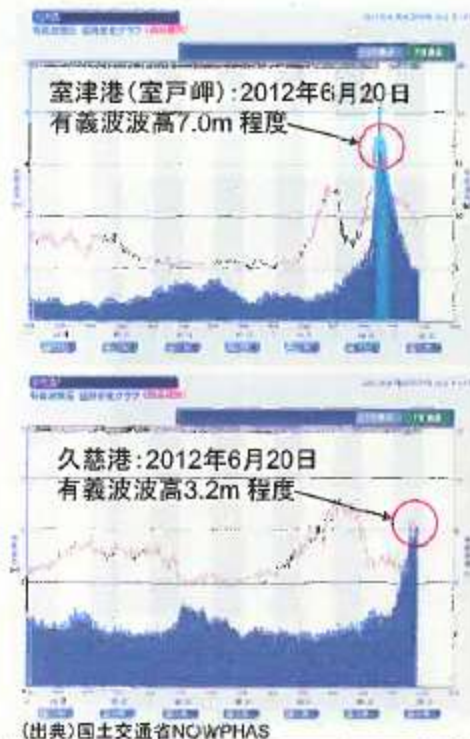


改良型:出力40kW

(出典)イスラエル SDE社の波力発電装置
<http://www.sde.co.il/mission.html>

13

台風4号(H24年,6/19-20)時の高波比較(室戸岬と久慈港)



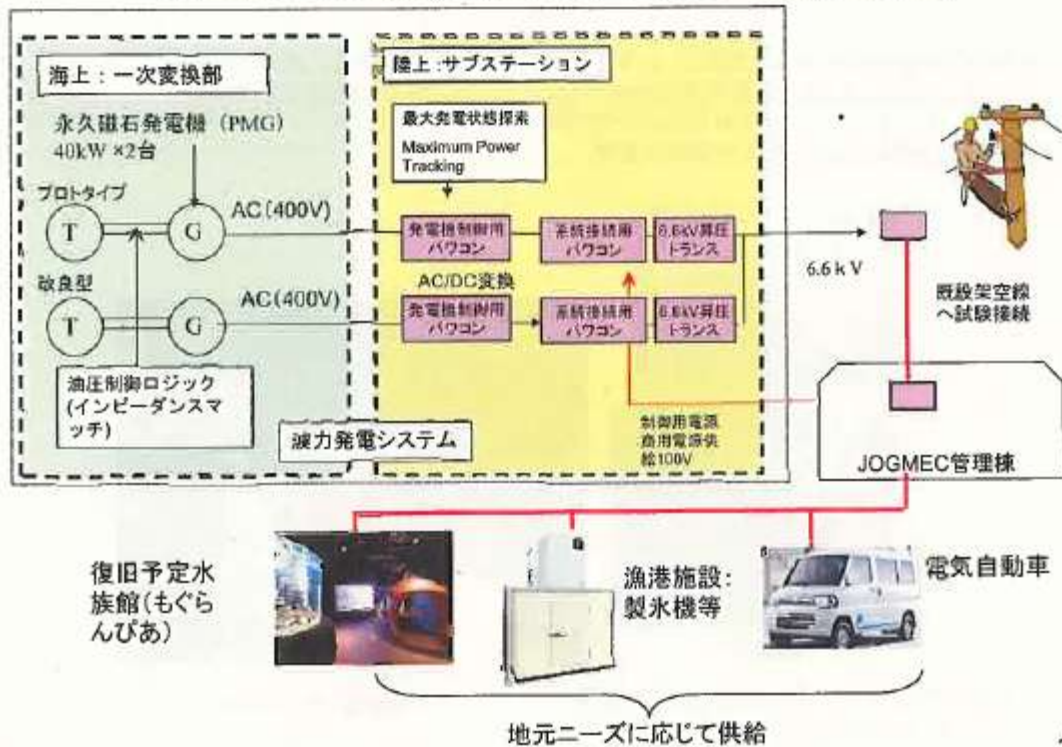
- 台風は岩手県沿岸では勢力が弱まるので、高波の影響を受けにくい。波力発電の構造安全上有利である
- 台風時の異常高波は沖側で碎ける(砕波)ので、波力発電装置の設置地点(水深3m~4m)の波高は最大でも2m以下。
- 通常波はそのまま入射するので、高い稼働率(設備利用率)が期待できる



(出典)久慈市役所撮影

14

配電計画:試験接続(案)(地元へ電力供給)



15

平成24年度実施予定:波浪観測用マイクロ波レーダ設置

- ・波浪観測用レーダは東大(林研究室)で開発した装置
- ・東大の平塚波浪観測タワー(相模湾)、網走等に設置実績
- ・波力発電の性能評価(波浪エネルギー変換効率)に使用
- ・高波時等の事故の未然防止に活用



16

平成24年度実施予定:久慈湾水深測量海域 3箇所



17

潮流発電設置地点(案):宮城県塩竈市・浦戸諸島

宮城県塩竈市 浦戸諸島:寒風沢水道



18

潮流発電実証試験候補地:宮城県・塩竈市寒風沢水道の様子

流速観測を実施し、漁船通過等を考慮し、適地を選定(地元と相談)



水処理施設前の突堤先端



沈下した護岸



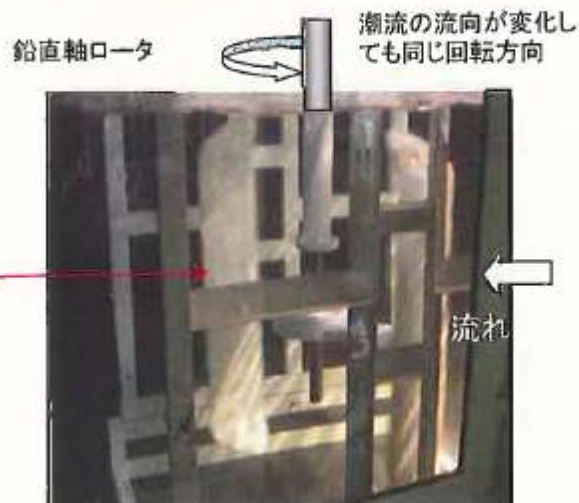
19

予備研究成果:風力発電の高性能ロータの潮流発電への応用

潮流は重力(月、太陽、地球)で発生する規則的な流れ(周期約12時間、2回潮汐)
水の密度は空気の約800倍:風力発電よりもコンパクトになる利点がある

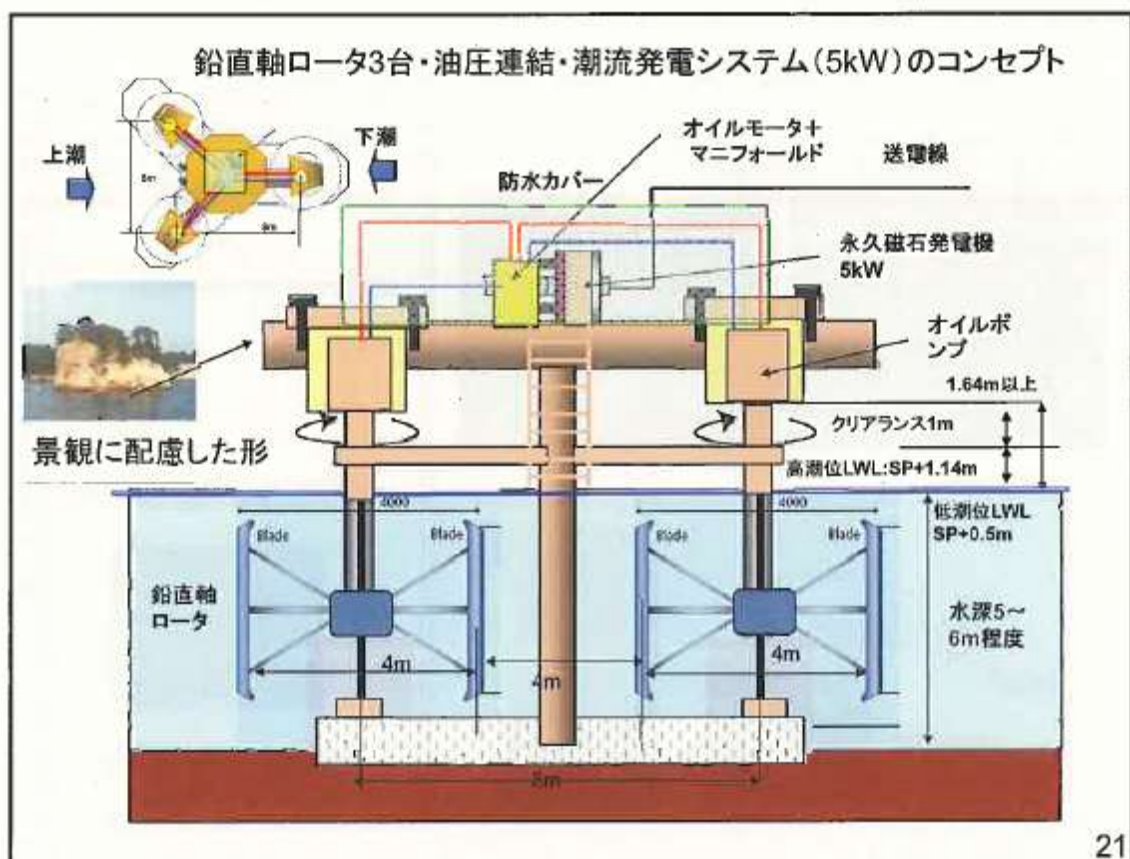


(出典)グローバルエナジー社
八丈島ふれあい牧場設置例



(出典)東大生産技術研究所:林研究室
グローバルエナジー社との共同研究

20



21

地元関係者との意見交換会：理解と協力が不可欠

塩竈市役所、浦戸寒風沢区、宮城県漁業協同組合塩釜市浦戸東部支所の皆さんへのプロジェクトの概要説明と意見交換
(平成24年8月24日)。



○発電した電力の利用方法、○船舶(漁船、工事用使役船、フェリー)への安全対策
○流れ藻対策 ○松島特別区のため景観配慮等について意見交換を行った。

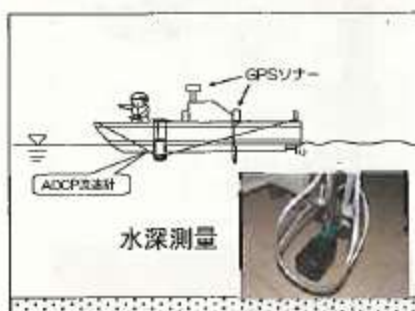
22

平成24年度実施予定：寒風沢周辺の潮流・水深調査

(1)潮流流速調査(空間分布調査)：年2回
上げ潮、下げ潮時の最大流速を調査



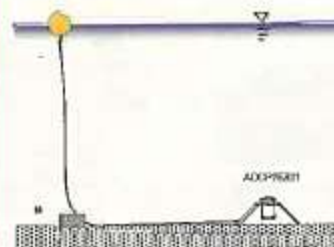
(出典) Googleマップ



ADCP流速計



(2)定点潮流流速連続調査：年
2回：多層の流向・流速、潮位
を15日間連続して測定(1点)



海底設置式ADCP流速計

23

(参考) 北九州市の潮流発電プロジェクト(H23-24年度)



(出典) 北九州市の資料より



鉛直軸ロータ2軸
発電出力1.4kW



24

(参考) 米国ニューヨーク市における潮流発電の環境影響評価例



Fig. 3 - RITE Demonstration Site (Aerial View)



Fig. 4 - RITE Demonstration Site and Surrounding Area



超音波レーダ(魚探)による魚群観測例

タービン回転の魚群への影響評価

- ・タービン回転数は毎分20～30回転と低速
- ・超音波による魚群モニタリングを2年間実施
- ・様々な角度(雑音、振動等)から問題ないことを科学的データで証明。
- ・米国の規制当局(環境保護庁、沿岸警備隊、海軍、NY市等)が1000kW施設の設置を許可(2012年)

- 米国 Verdant Power社:
- 1MW (35kW/基 × 30基)
 - ・タービン直径=5.5m
 - ・増速ギア、三相交流発電機
 - ・パイロンは河床の杭基礎に固定
 - ・流向に応じて回転する
 - ・流速2m/s ~ 1m/s
 - ・水深6.5m以上
 - ・定格35KW

(出典) <http://verdantpower.com/>

25

まとめ: 課題1のねらい

- 東京大学が東北大学と協力して、新システムを考案・創成し、全国の部品メーカーの協力を得て設計図を完成。
- 久慈市、塩竈市の地元企業で製作・設置し、発電した電気を地元へ供給(地産地消)。
- クリーンビジネスを育成し、東北復興に貢献



皆さんの協力をお願いします。

26



福島県における取組

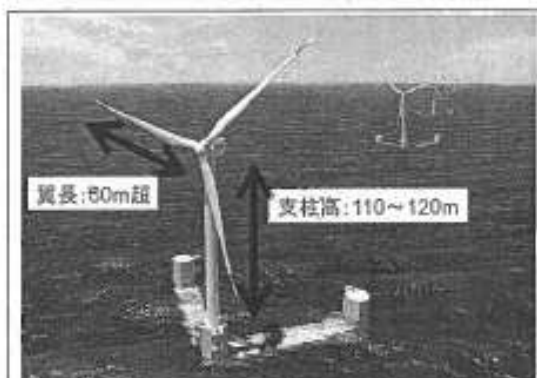
浮体式洋上風力発電実証研究事業

- 「再生可能エネルギーの先駆けの地」とするためのシンボルとして、世界をリードする浮体式洋上風力発電技術の実用化を目指す。

- 平成26年までに、
2MW(=2,000kW) 1基
7MW(高さ約200m) 2基 を整備

- 予算額: 125億円(総額188億円)
H23~27の5カ年事業

- 福島県内の主な風車
H11 猪苗代町 250kW 1基
H12 天栄村 750kW 4基
H18 いわき市 100kW 1基
H18 郡山市 2,000kW 32基等
H23 田村市 2,000kW 14基



資料提供 上:三菱重工業㈱ 下:丸紅㈱

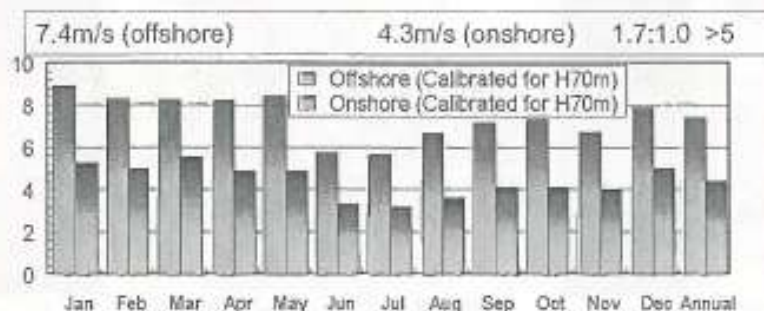
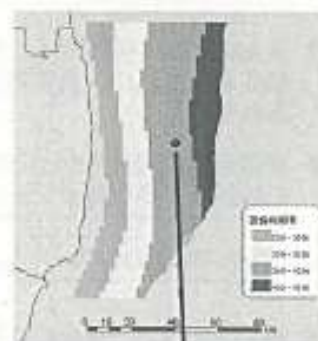


14

実証研究の背景

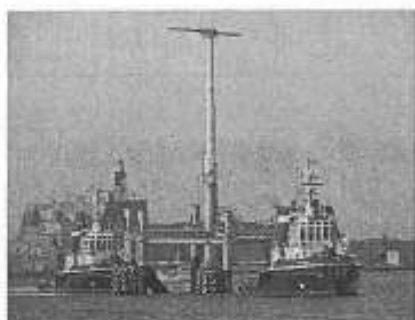
□ 福島県の強み

- 大規模洋上風力発電に適した海域は、離岸距離20km-50km, 水深100m-200m。
- 大きな発電所のための強い電力系統がある。
- 洋上風力発電所建設のために必要な港湾施設が存在する。



17

海外の浮体式洋上風力発電の実証研究



BlueH社

- 2007年12月 イタリア南部設置
- 出力80kW
- 設置水深108m
- 離岸距離20km
- 鋼製セミサブ・TLP緊張係留

StatoilHydro社HyWind

- 2009年9月Karmoy沖設置
- 風車: Siemens製 2.3MW
- 設置水深200m
- 離岸距離10km
- 鋼製スパー・トート係留

18

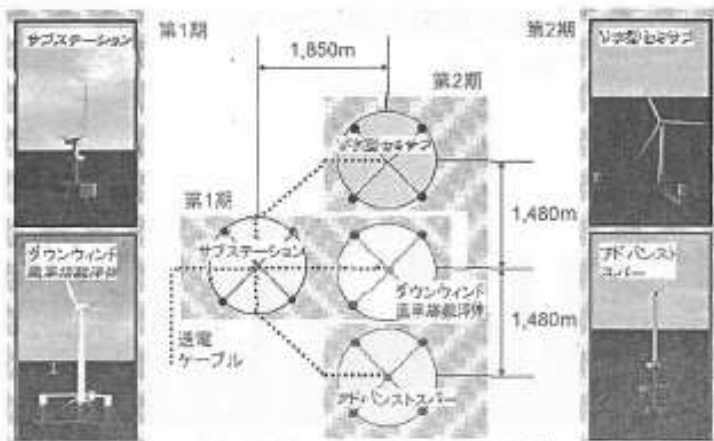
福島沖実証研究の概要

第1期(平成25年度～)

- 第1期では、浮体式洋上サブステーションと海底ケーブルを設置し、本実証研究の基盤を構築するとともに、既存の2MW商業風車搭載の浮体式洋上風力発電設備1基を建設し、実証研究を行う。
- 要素技術の開発を行うと共に、気象・海象・浮体動揺・応力などの浮体式洋上風力発電設備の設計に必要な基礎データを取得する。

第2期(平成26年度～)

- 第2期では、今後の事業化を見据えて、世界最大級の7MW商業風車搭載の浮体式風力発電設備を建設し、実証研究を行う。
- 第2期の建設単価は第1期の半分に低減させ、大型風車搭載の浮体式洋上風力発電設備による大規模洋上ウィンドファームの事業性を検証する。



(福島洋上風力コンソーシアム提供)

19

福島洋上風力コンソーシアム

コンソーシアム メンバー	担当する主な研究項目
丸紅株式会社	【プロジェクトインテグレーター】 事前協議、許認可、維持管理、漁業との共存
国立大学法人東京大学	【テクニカルアドバイザー】 観測と予測技術、航行安全性、国民との科学・技術対話
三菱商事株式会社	系統連系協議、環境アセスメント
三菱重工業株式会社	3コラムセミサブ型浮体
株式会社アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド	サブステーションとアドバンストスパー浮体
三井造船株式会社	4コラムセミサブ型浮体
新日本製鐵株式会社	高性能鋼材
株式会社日立製作所	浮体式変電所
古河電気工業株式会社	大容量ライザーケーブル
清水建設株式会社	海域調査、施工技術
みずほ情報総研株式会社	浮体式洋上風力発電に関する情報基盤整備

Marubeni
CORPORATE

東京大学
The University of Tokyo

Mitsubishi Corporation

三菱重工業
Mitsubishi Heavy Industries

IAI
MARINEUNITED

MIMES 三井造船株式会社

NIPPON STEEL

HITACHI
Imagine the Next

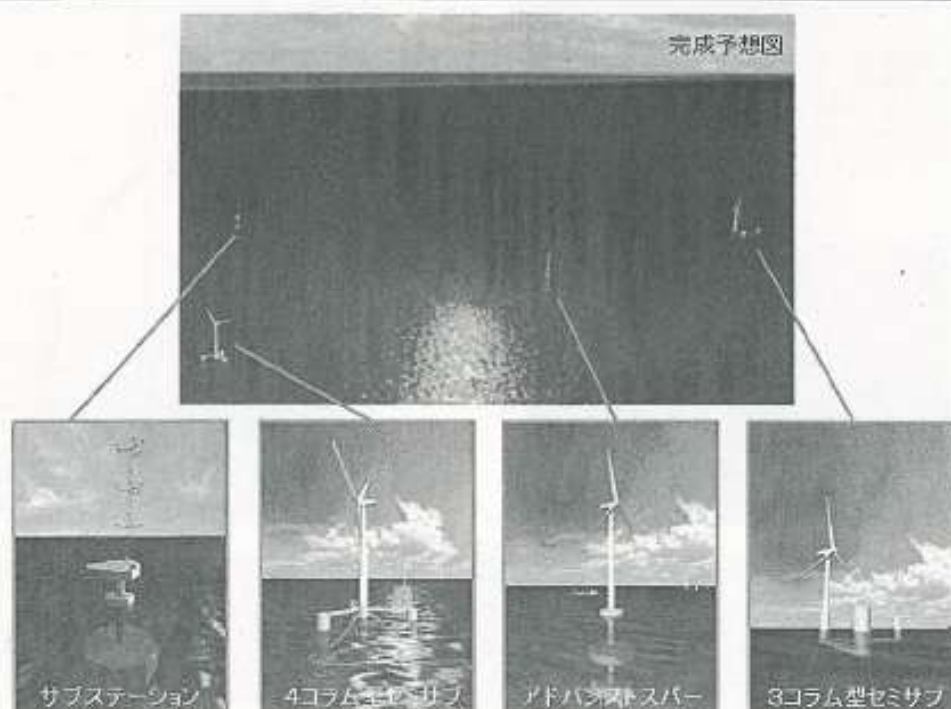
FURUKAWA ELECTRIC

清水建設
SHIMIZU CONSTRUCTION CO., LTD.

MIZUHO

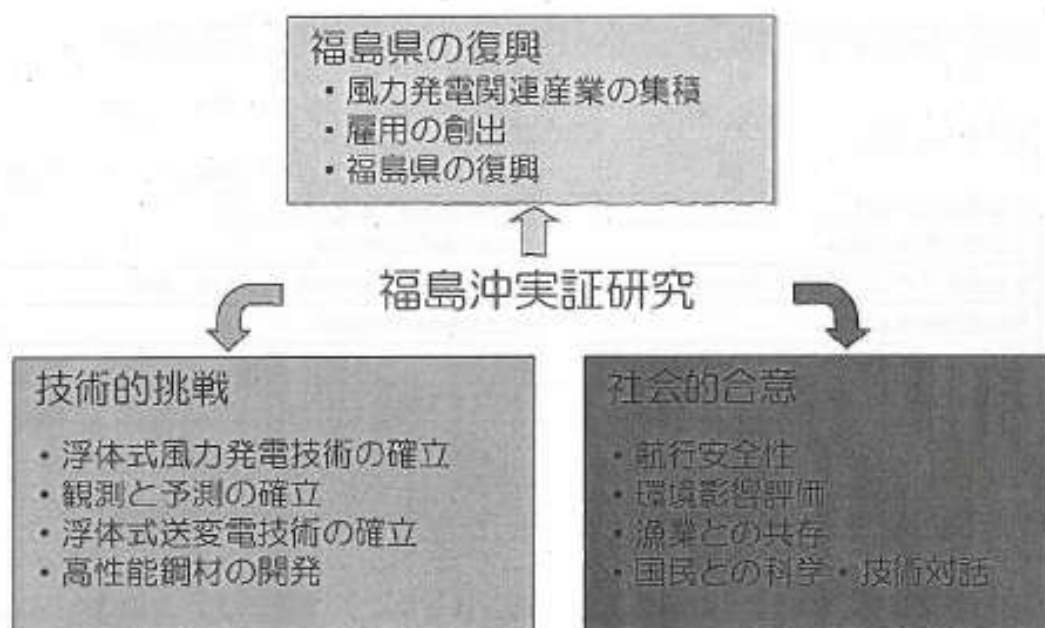
20

完成予想図



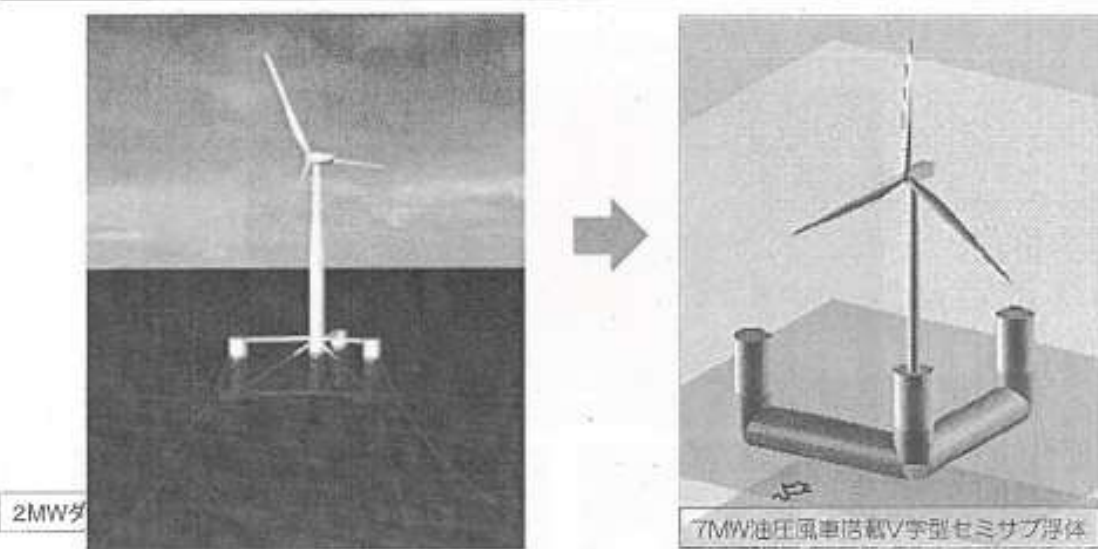
(福島洋上風力コンソーシアム提供) 21

福島沖実証研究の目指すもの



22

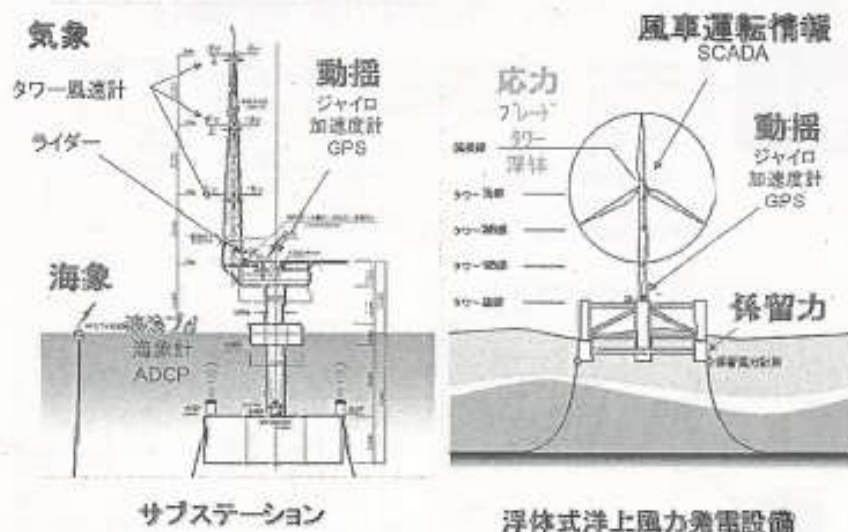
浮体式洋上風力発電技術の確立



- 2MWダウンウィンド型風車搭載浮体を建設し、風車・浮体・係留に作用荷重や応答等を計測することにより、設計方法の検証と浮体の最適化を行う。
- 7MW油圧風車を搭載したV字型セミサブ浮体を建設し、安全性、信頼性、経済性を検証すると共に、世界初の商業用浮体式洋上風力発電システムを実現する。

23

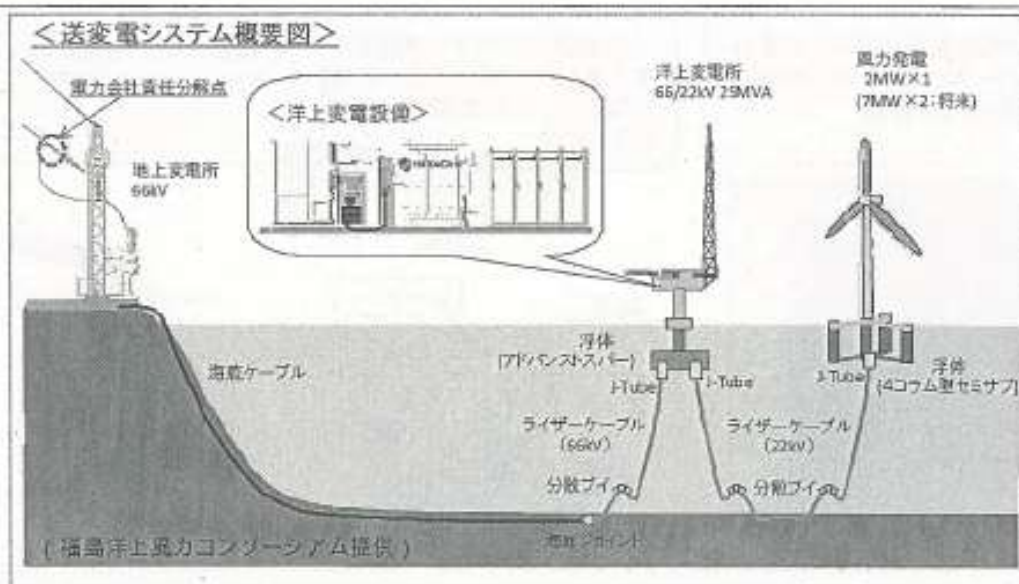
観測と予測技術の確立



- 浮体式サブステーションを用いて、設計に必要な気象、海象の観測を行うとともに、浮体動揺の影響に対する補正技術を開発する。
- 浮体式洋上風力発電設備において浮体動揺、応力・係留力に関する計測を行い、設計手法および動解析モデルを検証する。

24

浮体式送変電技術の確立

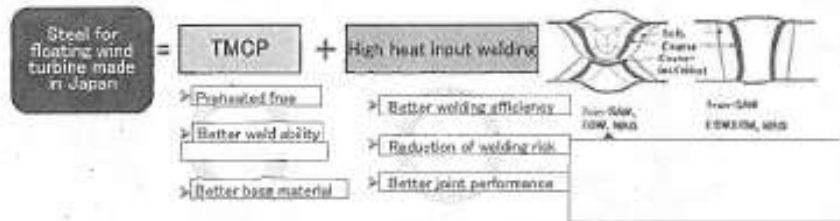


- 浮体式風力発電から洋上変電所、陸上変電所に至る送変電システムを開発すると共に、動揺の小さい浮体および動揺に強い変電設備、大容量ライザーケーブルを開発する。

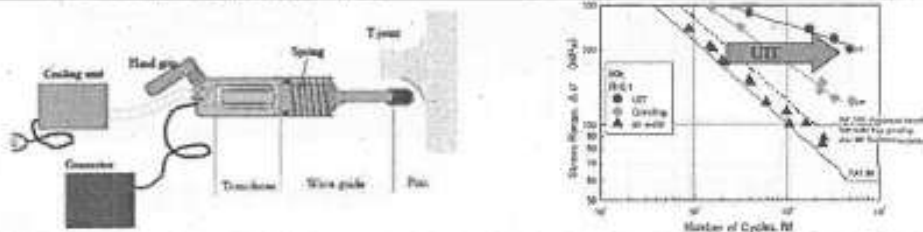
25

高性能鋼材の開発

□ 洋上風車タワー、浮体、係留用の高性能鋼材



□ UITによる疲労性能の向上

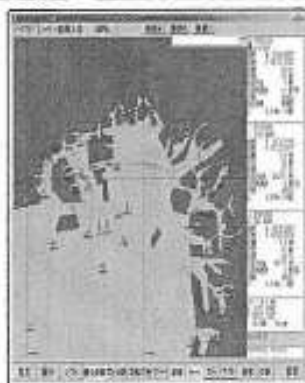


- 日本独自のハイテン鋼TMCPを適用することにより、溶接時間の短縮により、建設時間の短縮および建設コストの削減を実現する。
- 溶接部の超音波衝撃処理を実施することにより、疲労強度を向上させると共に、室内実験および実証試験を通じてその効果を確認する。

26

航行安全性

・AIS調査から得られた航行データによる大型船舶の衝突リスクを評価



・小型船舶の航行データ調査をする為にレーダーにより観測を実施し、小型船舶の衝突リスクを把握



・漂流リスクの評価のためのシュミレーション法の開発

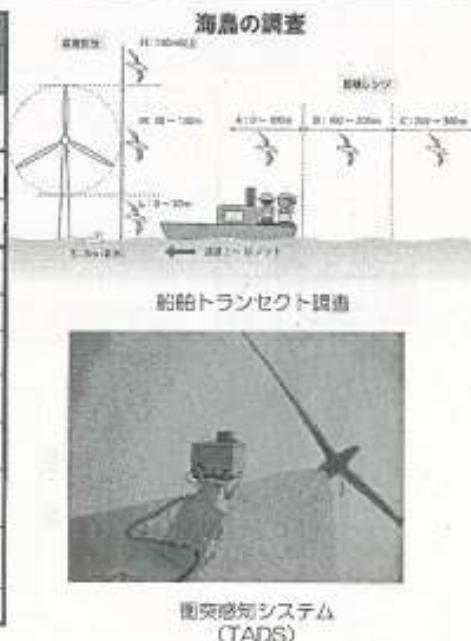


- 航行シミュレーション等の予測技術を開発すると共に、対象海域の航行船舶の調査を実施することにより、衝突リスクを定量的に評価し、低減対策を提示する。

27

環境影響評価

対象	調査	調査内容	モニタリング	
			調査 項目	調査 方法
海鳥	増殖	採餌・産卵に利用する機種の生息状況、遊牧地の利用状況等	●	●
哺乳類	海産哺乳類	クジラ・イルカ類等の生息状況等	●	●
	水中聴音	鯨類等の水中における音響特性、その水圧分布状況	●	●
漁業	漁業生物	魚類、エビ・カニ類、イカ・タコ類等の漁獲・動物の生息状況	●	●
	魚類・稚魚	魚類及び稚魚の分布及び生息状況	●	●
	稚・植物 アサガサ	動物・植物プランクトン等の分布及び生息状況	●	●
	藻類等生物	沿岸及び水深3m程度までの付着生物及び底生生物の生息状況	●	●
	海藻・藻類	海藻を構成するホンダワラ、アラメ等大型海藻の生息状況	●	●
	ワカメ等	長巻藻、二枚巻藻、巻藻類、甲殻類等の内産性生物の生息状況	●	●
	海藻付着生物 アサガサ	沿岸・沿岸の付着生物及びワカメ・ナマコ・ヒトデ等の底生性生物の生息状況等	●	●
	その他	海水、底面の土砂や堆積物の性状把握	●	●



- 海鳥、海洋哺乳類、魚などについて調査すると共に、風車の設置および海底ケーブル敷設に関連する環境影響評価を行う。

28

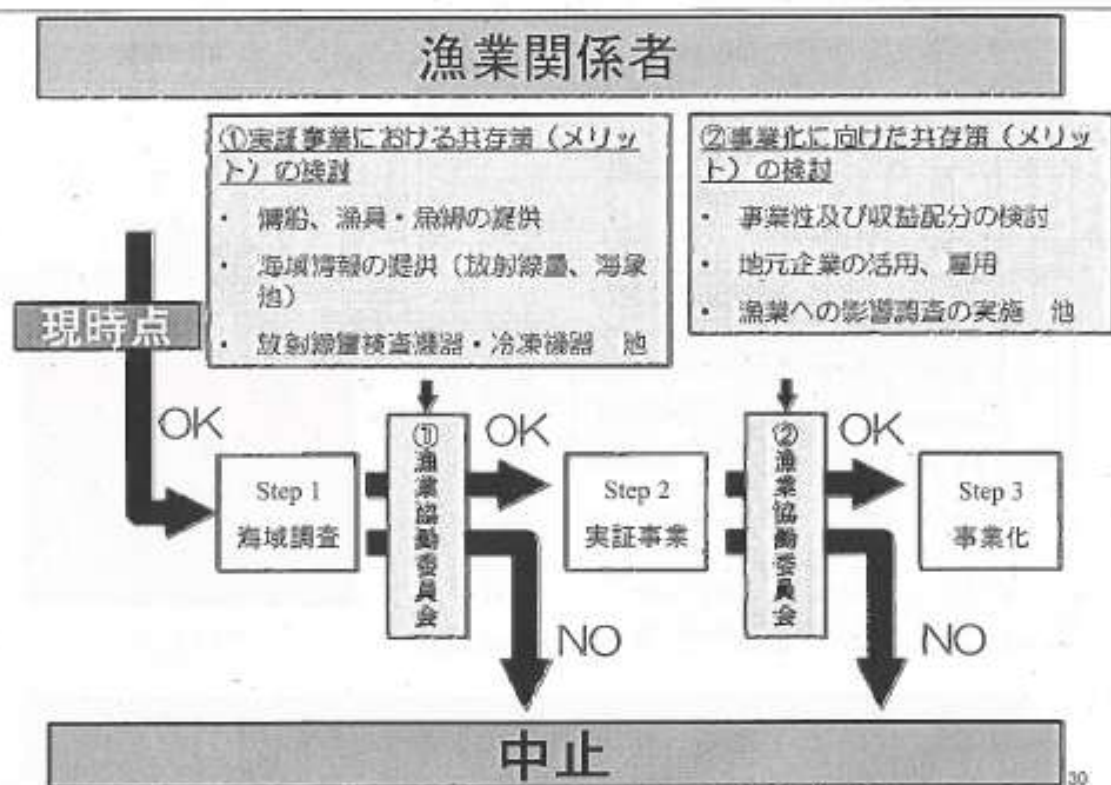
漁業との共存



- 浮体周囲の魚の状況をROV等により調査し、浮体構造物の集魚効果を明らかにする。
- 水質および周辺海域動植物の変化に関する基礎データを収集すると共に、浮体、係留を利用して自動給餌装置等を整備し、新たな漁場を形成する。

29

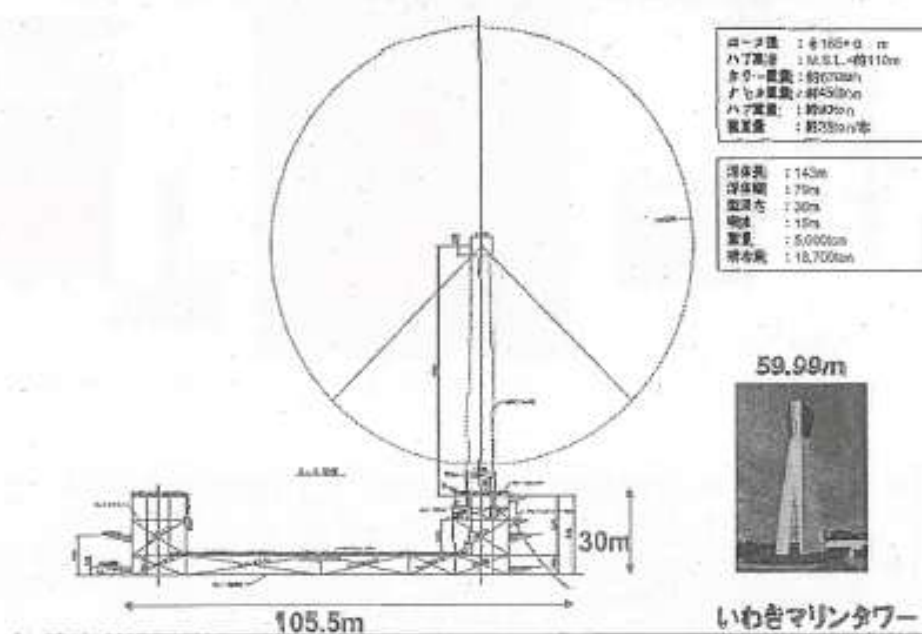
今後の進め方



7MW級浮体式洋上風車

1. 浮体式洋上風車の寸法・重量（1）

いづみ興業

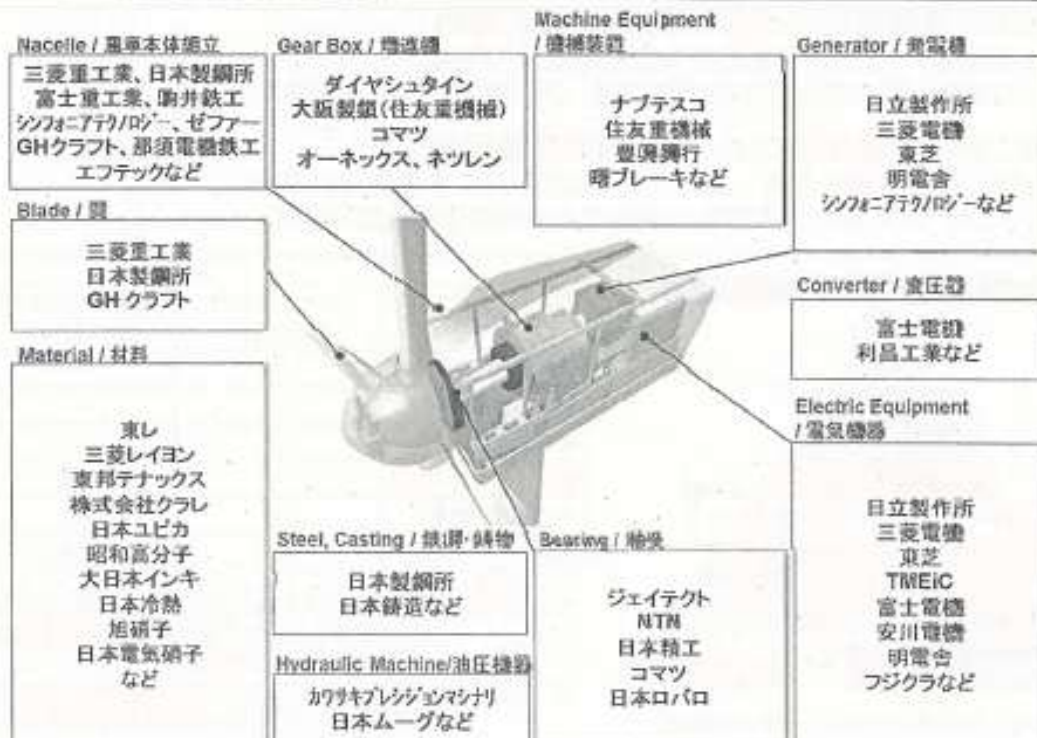


大型クレーンの設置



32

主な風力発電機部品メーカー



33

風力発電関連産業の集積



34

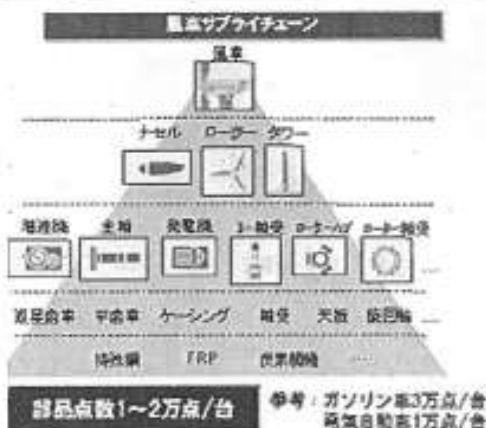
雇用の創出

□風力発電関連企業の誘致による産業の集積

- ・風車は1～2万点の部品からなる自動車型産業
- ・100万kWの洋上風力発電につき、2万2000人の雇用を生む

□風力発電関連産業による持続可能な雇用創出

- ・風力発電設備の生産・組立の70%を県内にする雇用の確保
- ・メンテナンス及び発電所の建替による持続可能な雇用創出



(出典：みずほコーポレート銀行の資料)

産業	雇用者数/新規 設置量 MW	雇用者数/既存 設置量 MW
風車製造(直接雇用)	7.5	—
風車製造(間接雇用)	5.0	—
風車設置	1.2	—
保守・メンテナンス	—	0.33
その他直接雇用*	1.3	0.07
合計	15.1	0.40

陸上風力発電：雇用者数は年間新規導入の場合風1MWあたり15.1人となっており、その大半は風車製造に関わるものである。

洋上風力発電：雇用者数は22人と推計しており、陸上風力発電に比べ1.5倍の雇用効果が見込まれる。

35

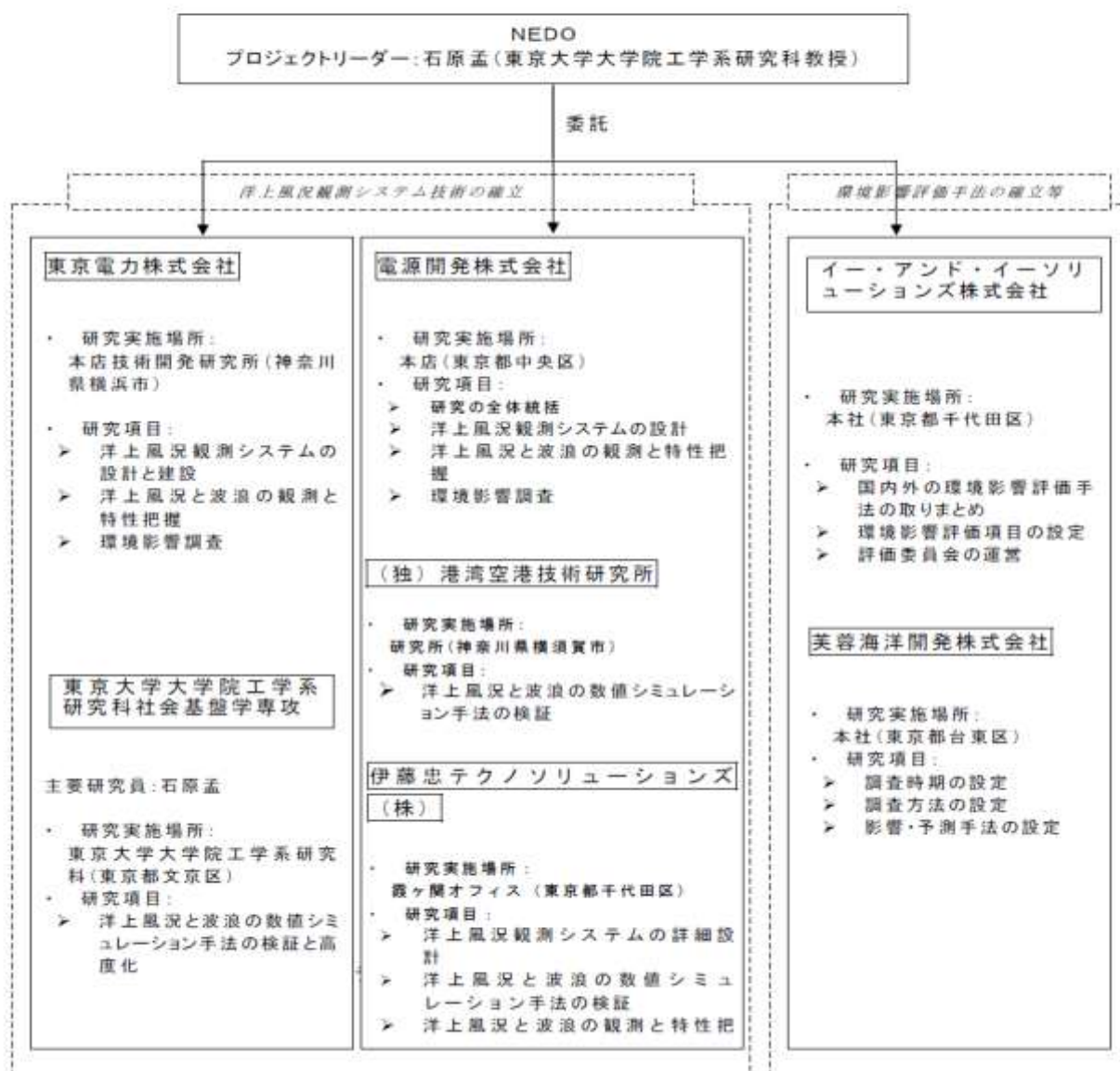
(3) 千葉県銚子沖洋上風力発電関連資料

平成24年度事業実施体制図

②「洋上風力発電等技術研究開発」

(2) 洋上風況観測システム実証研究

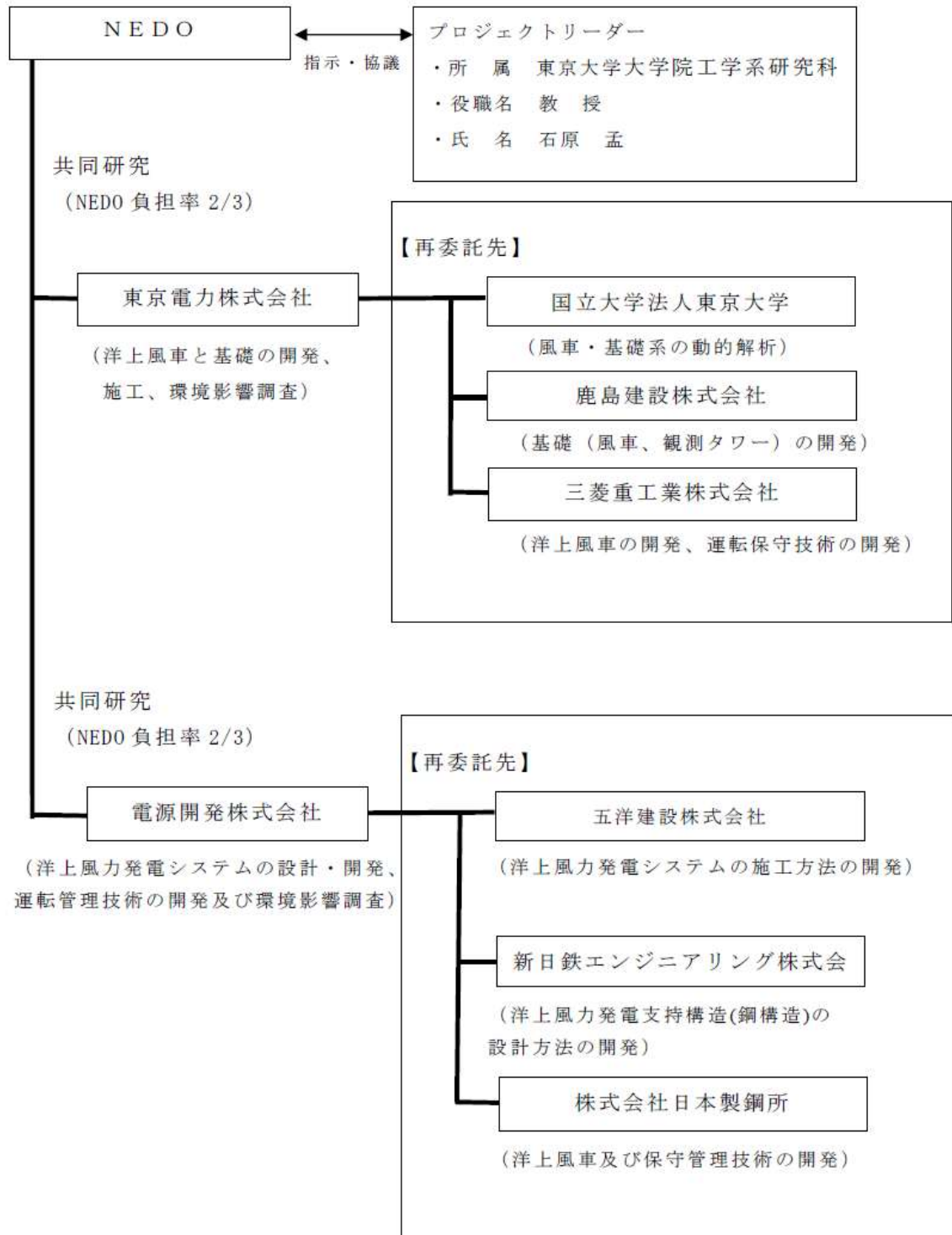
【実施体制図】



平成24年度事業実施体制図

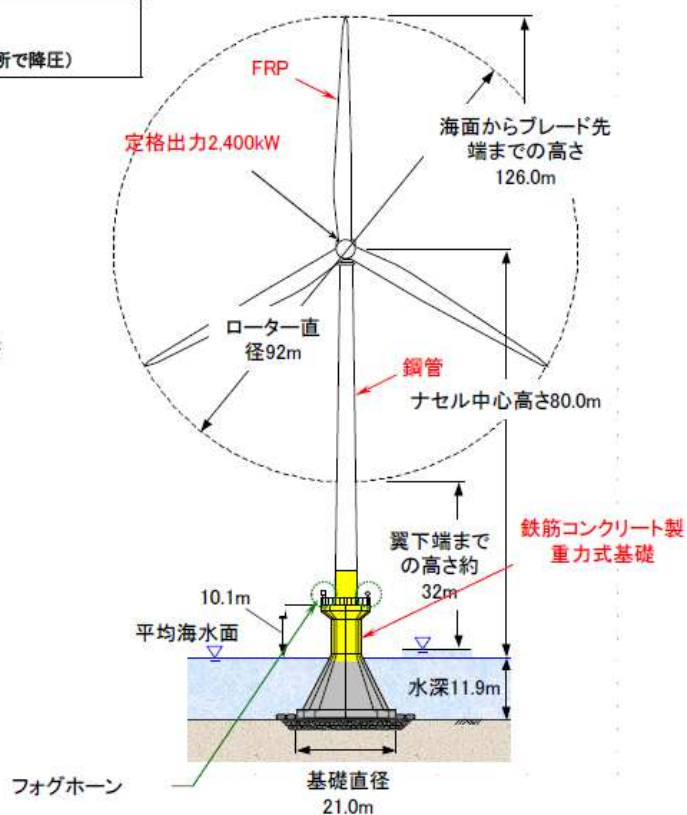
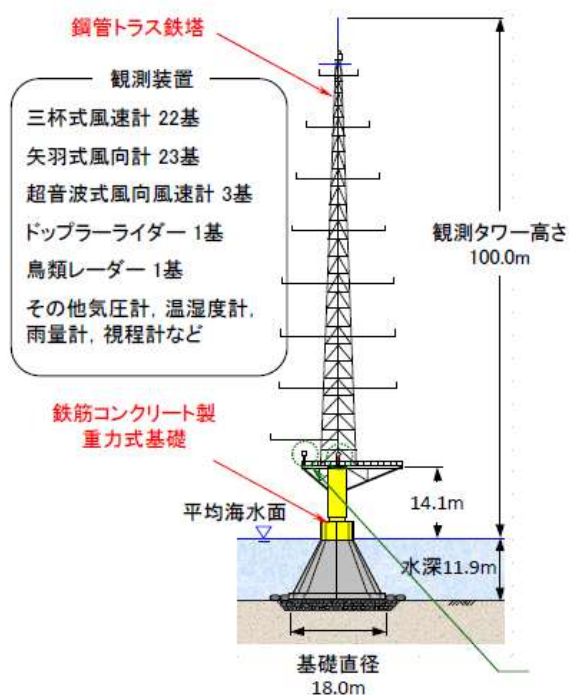
②「洋上風力発電等技術研究開発」

(6) 洋上風力発電システム実証研究



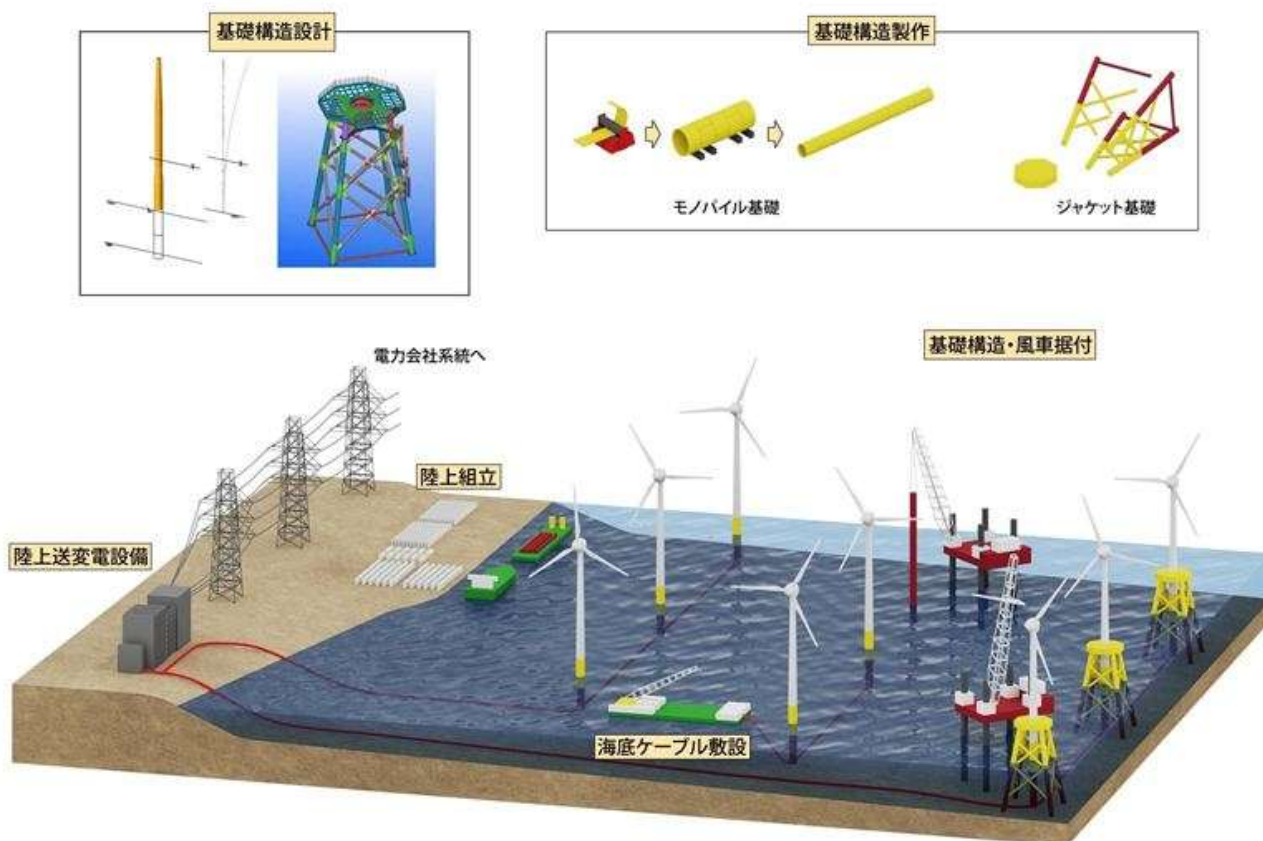
洋上風況観測タワー及び洋上風車の概要

基本情報	・離岸距離 約3.1km、水深 約11.9m ・風車と観測タワー間距離 約285m ・海底ケーブル22kV、陸上ケーブル6.6kV(陸上変電所で降圧)
------	---



出典：NEDO ホームページ

【洋上風力発電施設の建設イメージ】



工事概要

工事名 : 洋上風力発電システム建設工事、洋上風況観測システム建設工事

発注者 : 東京電力株式会社

設計者 : 風車 --- 鹿島建設株式会社、株式会社小堀鐸二研究所、三菱重工業株式会社

観測タワー --- 鹿島建設株式会社、株式会社小堀鐸二研究所、株式会社巴コーポレーション

施工者 : 鹿島建設株式会社

工事場所 : 千葉県銚子沖約 3km

工期 : 2010 年 12 月～2013 年 1 月

工事概要 : 風車 --- 海面からの高さ 126m、ローター径 92m、定格出力は 2400kW（一般家庭 1200 戸分）

風況観測タワー --- 海面からの高さ 100m の鋼管トラス鉄塔、風向・風速計他各種観測装置装備

出典：鹿島ホームページ

工事の経緯

●基礎の設計、製作

洋上風車の基礎の設計では、陸上風車の設計で考慮する荷重に加えて、波浪による力（波力）を考慮する必要があります。設計用波力は、水理模型実験から得られた波浪の不規則性等も考慮して設定しています。さらに、風力と波力が作用する同時性や、地震発生時の海水の影響を考慮するなど、陸上風車基礎とは大きく異なる設計方法を採用しています。また、建設に先立ち実施した建設地点での波浪観測により、東北地方太平洋沖地震で襲来した銚子沖の津波が観測でき、水理実験で本基礎模型に同様の津波を作用させて安全性を確認しました。

基礎の構造は、施工時の可搬性（陸上で製作した基礎を建設地点まで輸送する）を考慮して中詰め材を後施工できるケーソンタイプの重力式コンクリート基礎としています。形状はより大きな波力が作用する海面付近を出来る限り細くした三角フラスコ型を採用し、波の影響を小さくするための設計的配慮をしています。また、ケーソン外壁は、軽量化とひび割れ対策のために、プレストレストコンクリート（PC）壁構造としています。PC 鋼材の配置には、PC 卵形消化槽の PC 鋼材の螺旋状配置技術を応用し、耐荷性能と耐久性を確保しています。さらに、基礎底面には摩擦を増大させるためのアスファルトマットを取付けることで安定性を確保しています。



風車ケーソン基礎の鉄筋、PC 鋼材の配置



完成した風車、観測タワーケーソン基礎

●基礎の据付

太平洋の大きなうねり波の影響の中でケーソン基礎の運搬・据付を実施するため、水理実験を実施し起重機船の船体中央部で吊ることにより動揺を最小限に出来ることを確認しました。その結果を施工に反映するため、既存の船としては日本最大級の 1,600 t 吊全旋回起重機船の船体中央の舷側に櫓を艀装し、浮力を利用することで 2,400 t の重量のケーソンを半潜水式で運搬、据付けることに成功しました。据付後、ケーソンの中詰材として比重の大きな銅水砕スラグを投入し、トータル 5,400 t の重力式基礎が完成しました。



銚子沖の風車ケーソン基礎据付状況

●風車の設置

風車の設置には2隻の大型SEP（Self Elevating Platform）を使用しました。銚子沖のうねりの中では、台船に部材を載せてSEP上の650tクレーンで吊り上げることが困難であるため、静穏な東京湾内で全ての部材をSEP2隻に積み込み、銚子沖へ曳航し組立てました。

作業員の輸送方法として、銚子のうねりに対応できる大型のサプライボートとバスケットで吊移動する方法を採用することで、人員の安全な輸送を可能にし、高い作業稼働率を達成しました。



風車のナセル取り付け



風車のブレード取り付け状況



サプライボートとバスケットによる作業員吊移動

出典：鹿島ホームページ