浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）
設置実証研究事業
及び
浮体式洋上超大型風力発電機 設置実証事業

環境影響評価 報告書

令和 3 年 10 月

経済産業省資源エネルギー庁

目　次

Ⅰ．対象事業の計画概要 1
1．事業者の名称、代表者の氏名及び主たる事務所の所在地 1
2．対象事業の目的 1
3．対象事業の名称、種類及び規模、対象事業が実施された区域の位置 1
4．対象事業実施区域の位置 3
5．各風力発電設備の概要 5
6．工事の実施に係る工法、期間及び工程計画に関する事項 10
7．環境影響評価手続きの経緯 15
8．調査を委託した事業者の名称、代表者の氏名及び主たる事務所の所在地 15
Ⅱ．事後調査の項目、手法及び結果 16
1．事後調査の項目 16
2．事後調査の手法 16
3．事後調査の結果 19
Ⅲ．環境保全措置の内容、効果及び不確実性の程度 47
1．環境保全措置の内容及び不確実性の程度 47
2．環境監視の項目、手法及び結果 48
Ⅳ．環境の状況に応じて講ずる環境の保全のための措置の内容、効果及びその不確実性の程度 49
Ⅴ．専門家等からの助言 50

Ⅰ．対象事業の計画概要

1. 事業者の名称、代表者の氏名及び主たる事務所の所在地

事業者の名称　　：経済産業省　資源エネルギー庁
代表者の氏名　　：資源エネルギー庁長官　保坂 伸
主たる事務所の所在地　：東京都千代田区霞が関一丁目３番１号

2. 対象事業の目的

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・経済性を明らかにすることである。

3. 対象事業の名称、種類及び規模、対象事業が実施された区域の位置

本書は、同海域に設置された浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）設置実証研究事業と浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業をまとめ作成した。前者は、浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）、浮体式洋上サブステーション（ふくしま絆）及び海底ケーブル等を対象として自主的な環境影響評価が行われている。後者は、浮体式洋上風力発電設備（ふくしま新風）（評価書時は（仮称）三菱重工業風力発電所と呼称）と浮体式洋上風力発電設備（ふくしま浜風）（評価書時は（仮称）ジャパンマリンユナイテッド風力発電所と呼称）を対象として法に基づき環境影響評価が行われている。各事業における概要は表 1 のとおりである。

なお、評価書確定後、採用した風力発電機に一部変更があった。以下に変更点を示す。

浮体式洋上風力発電設備（ふくしま浜風）
評価書時の採用予定風力発電機：定格出力 7MW 機（機種：MWT7.0/167）
変更後の採用風力発電機　　：定格出力 5MW 機（機種：HTW5.0-126）

表 1　各事業の概要

<table>
<tr><td colspan="2">対象事業の名称</td><td>浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）設置実証研究事業及び
浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業</td></tr>
<tr><td rowspan="2">対象事業
実施区域</td><td>所在地</td><td>福島県沖約 18km</td></tr>
<tr><td>位置</td><td>「4．対象事業実施区域の位置」に示すとおり</td></tr>
<tr><td colspan="2">発電所の原動力の種類</td><td>風力（洋上）</td></tr>
<tr><td colspan="2">発電所の出力</td><td>浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）設置実証研究事業：2,000kW（定格出力 2,000kW 風力発電機を 1 基設置）
浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業：12,000kW（定格出力 5,000kW 風力発電機を 1 基、定格出力 7,000kW 風力発電機を 1 基設置）</td></tr>
<tr><td colspan="2">配置される主要設備の概要
（外形図は、「5．各風力発電設備の概要」に示すとおり）</td><td>
<table>
<tr><th>名 称</th><th>項 目</th><th>諸元</th></tr>
<tr><td rowspan="9">浮体式洋上風力発電設備
（ふくしま未来）</td><td>機種</td><td>HTW2.0-80（日本製）</td></tr>
<tr><td>定 格 出 力</td><td>2,000kW</td></tr>
<tr><td>ハ ブ 高 さ</td><td>66.0m</td></tr>
<tr><td>ローター直径</td><td>80.0m</td></tr>
<tr><td>定格風速</td><td>12.0m/s</td></tr>
<tr><td>カットアウト風速</td><td>25.0m/s</td></tr>
<tr><td>定格回転数</td><td>17.5rpm</td></tr>
<tr><td>発電機の種類</td><td>同期発電機</td></tr>
<tr><td>増速機</td><td>あり</td></tr>
<tr><td>耐用年数</td><td>設計規格 20 年以上
（IEC61400-1）</td></tr>
<tr><td rowspan="9">浮体式洋上風力発電設備（ふくしま新風）</td><td>機種</td><td>MWT7.0/167（日本製）</td></tr>
<tr><td>定 格 出 力</td><td>7,000kW</td></tr>
<tr><td>ハ ブ 高 さ</td><td>105.0m</td></tr>
<tr><td>ローター直径</td><td>167.0m</td></tr>
<tr><td>定格風速</td><td>15.0m/s</td></tr>
<tr><td>カットアウト風速</td><td>21.0m/s</td></tr>
<tr><td>定格回転数</td><td>10.3rpm</td></tr>
<tr><td>発電機の種類</td><td>同期発電機</td></tr>
<tr><td>増速機</td><td>なし</td></tr>
<tr><td>耐用年数</td><td>設計規格 20 年以上
（IEC61400-1）</td></tr>
<tr><td rowspan="9">浮体式洋上風力発電設備（ふくしま浜風）</td><td>機種</td><td>HTW5.0-126（日本製）</td></tr>
<tr><td>定 格 出 力</td><td>5,000kW</td></tr>
<tr><td>ハ ブ 高 さ</td><td>86.4m</td></tr>
<tr><td>ローター直径</td><td>126m</td></tr>
<tr><td>定格風速</td><td>13m/s</td></tr>
<tr><td>カットアウト風速</td><td>25m/s</td></tr>
<tr><td>定格回転数</td><td>11.7rpm</td></tr>
<tr><td>発電機の種類</td><td>同期発電機</td></tr>
<tr><td>増速機</td><td>あり</td></tr>
<tr><td>耐用年数</td><td>設計規格 20 年以上
（IEC61400-1）</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

4. 対象事業実施区域の位置

図 1(1)　対象事業実施区域の位置（広域）

図 1(2)　対象事業実施区域の位置（福島県）

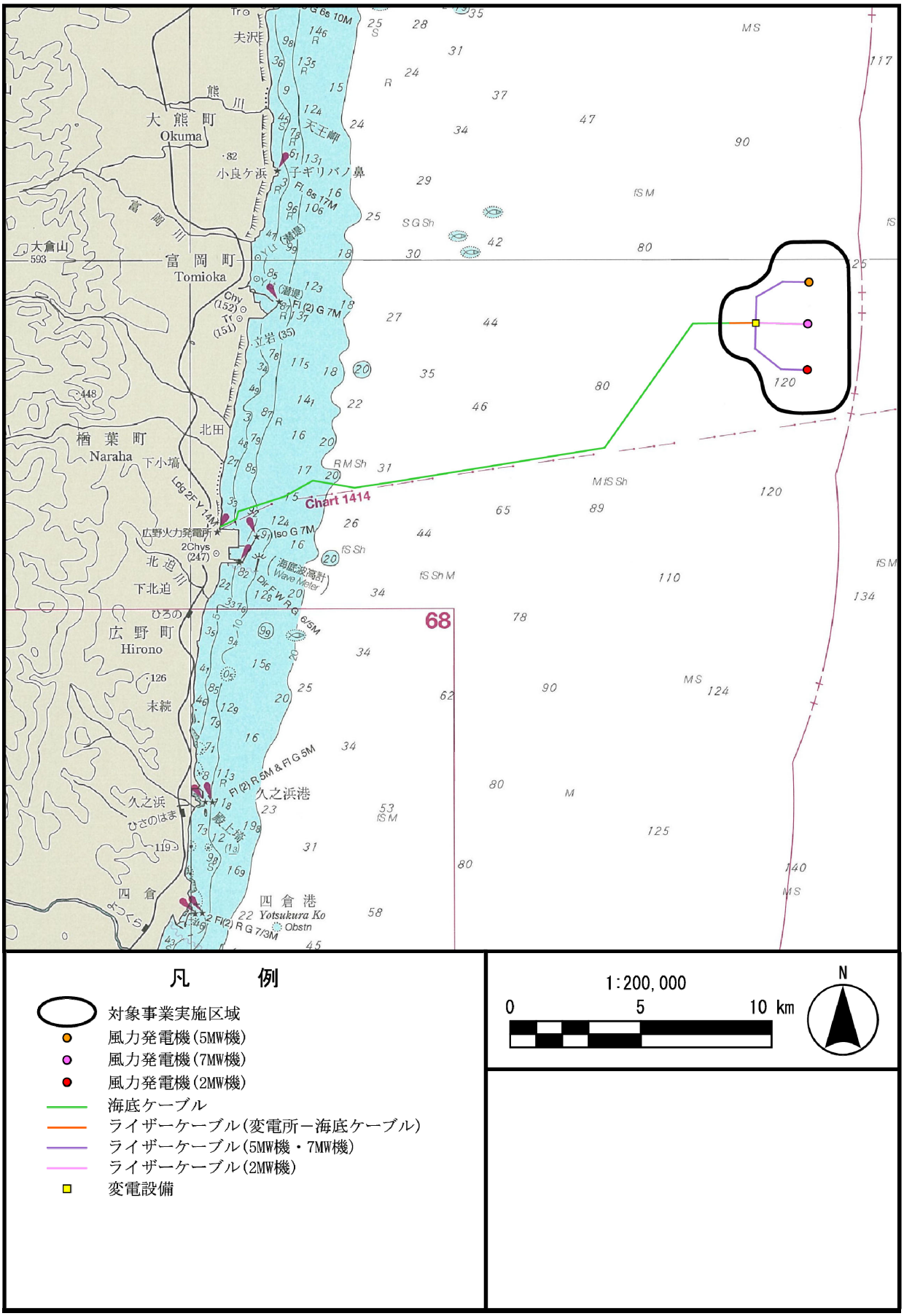


図 1(3)　対象事業実施区域の位置

5. 各風力発電設備の概要

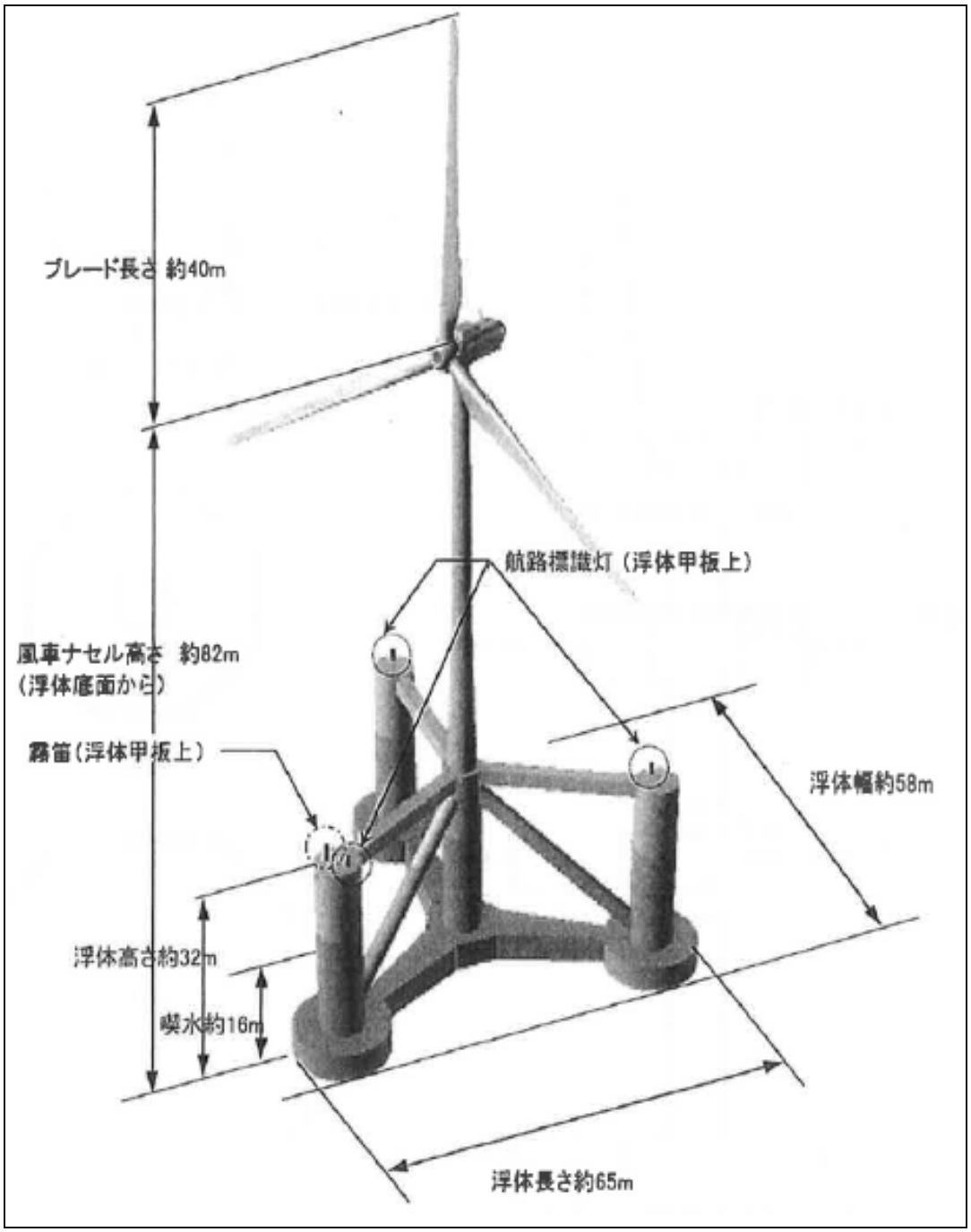


図 2(1)　浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）　概要

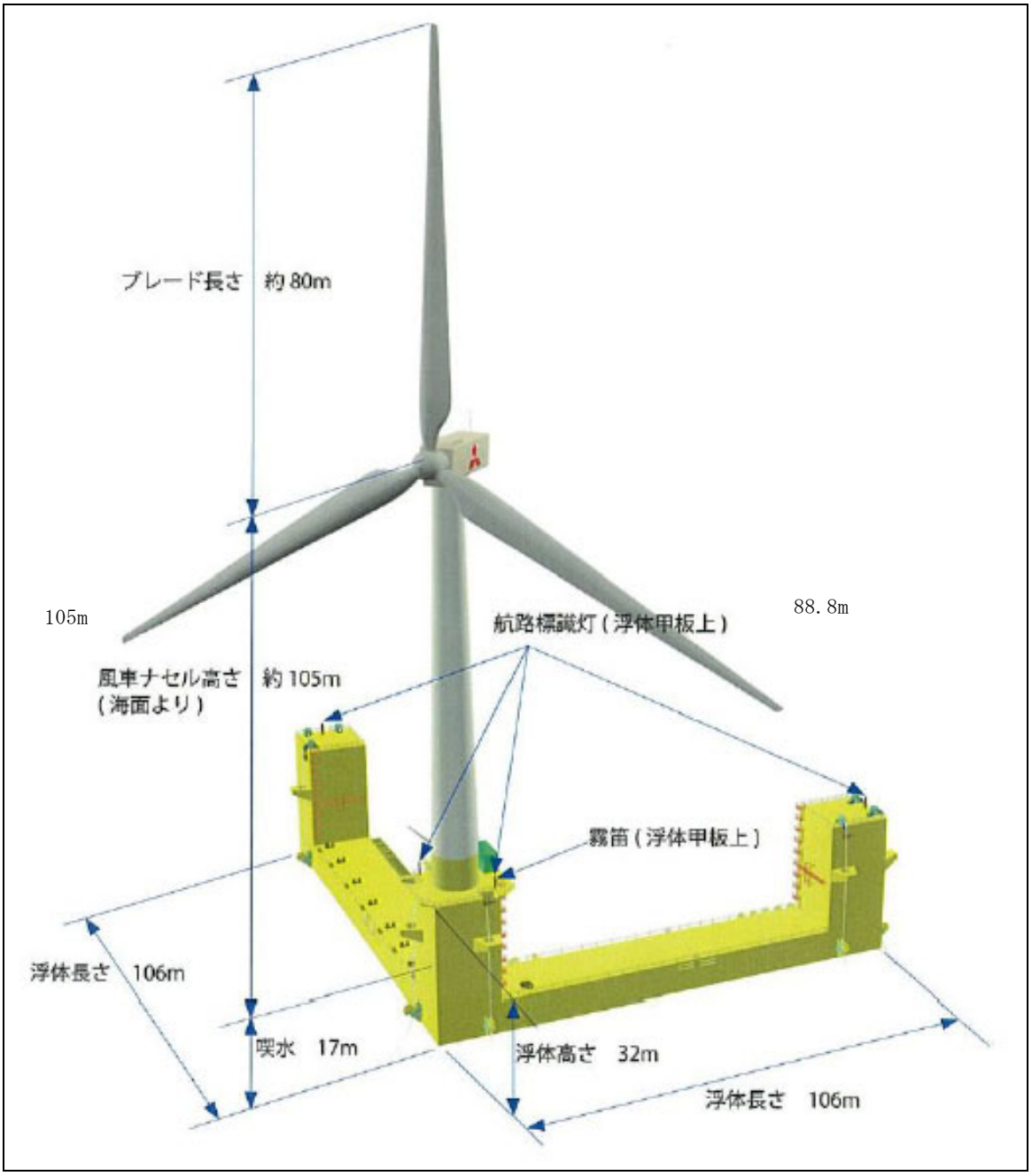


図 2(2)　浮体式洋上風力発電設備（ふくしま新風）　概要

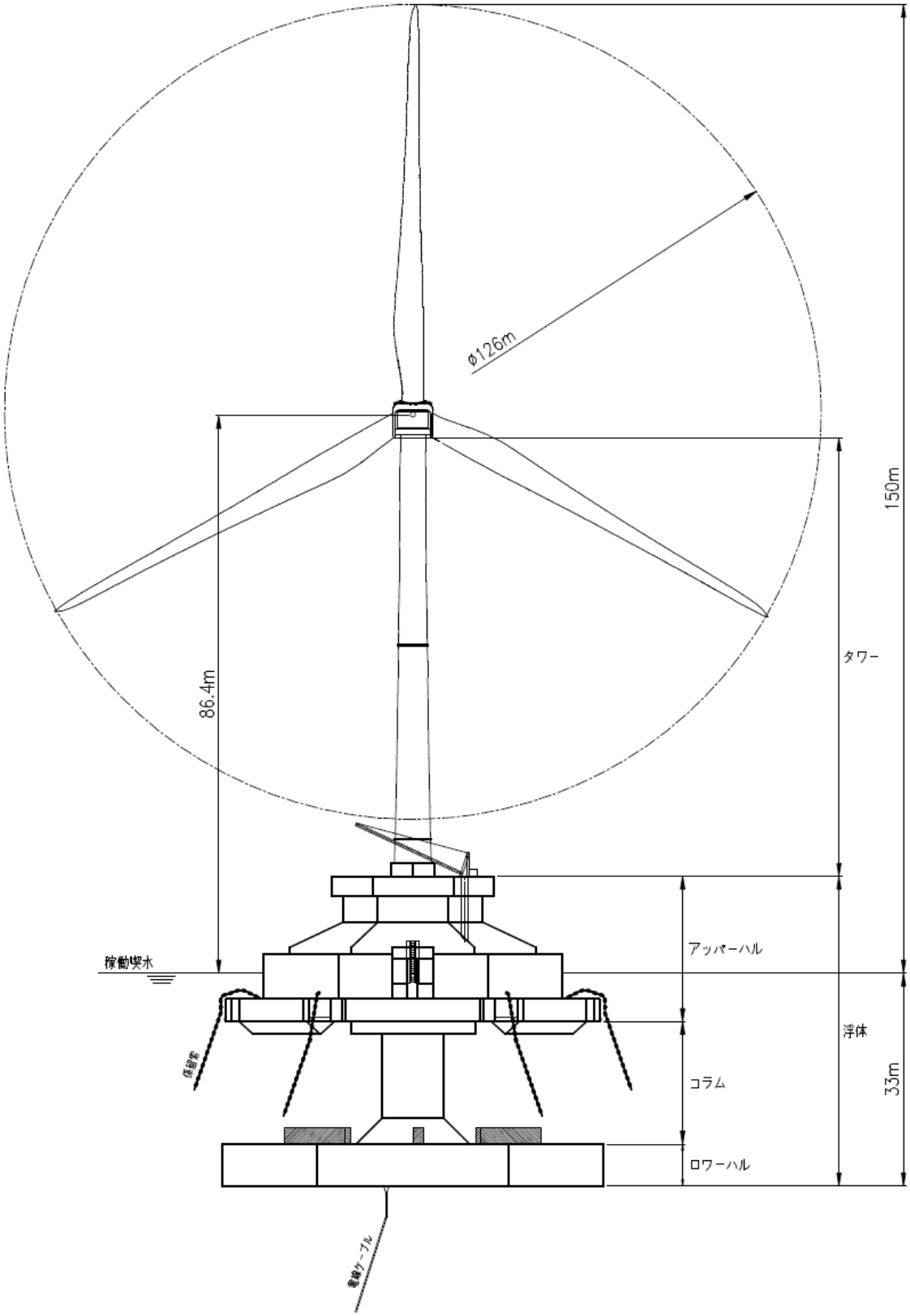
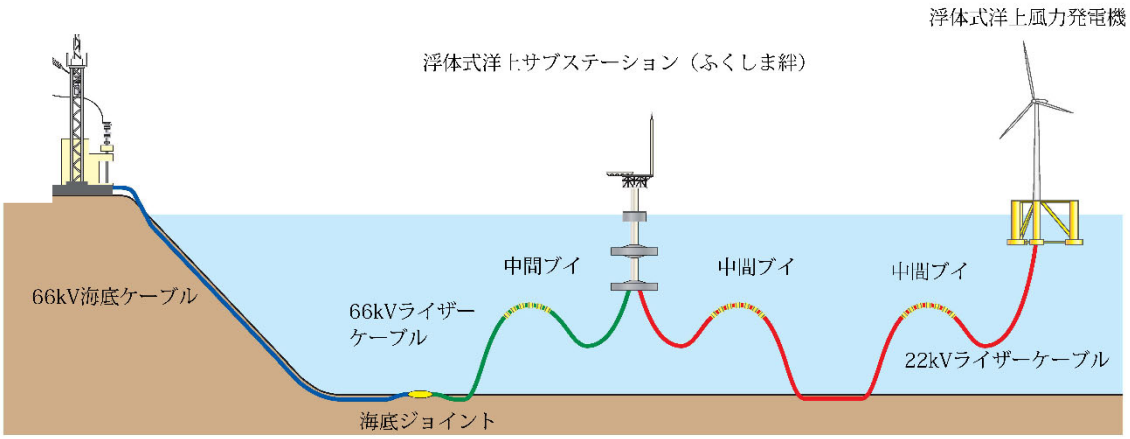


図 2(3)　浮体式洋上風力発電設備（ふくしま浜風）　概要



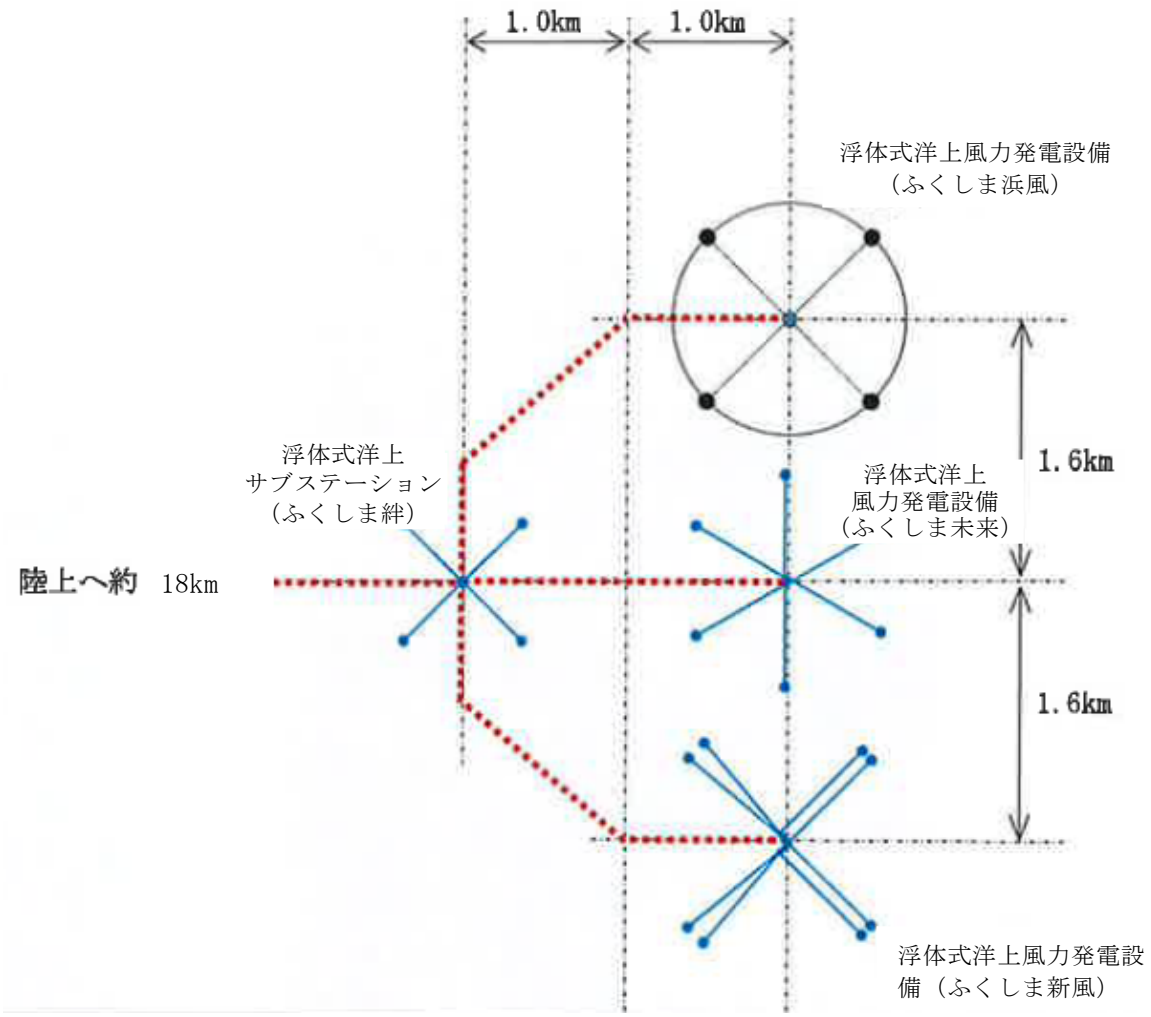
浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）設置実証研究事業での設備

項　目	概　要
風力発電機	1 基（2MW）
浮体式洋上変電所	1 基
ライザーケーブル(22kV)	約 530m
ライザーケーブル(66kV)	約 700m
海底ケーブル(66kV)	約 22,900m
開閉所（陸上）	1 箇所
架空送電線（陸上）	約 2,720m

浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業での主要設備

項　目	概　要
風力発電機	2 基（7MW×1、5MW×1）
ライザーケーブル(22kV)	約 6,780m

図 3(1)　主要設備の配置計画（その 1）



名称	緯度			経度		
	度	分	秒	度	分	秒
浮体式洋上風力発電設備（ふくしま浜風）	37	19	30	141	15	48
浮体式洋上風力発電設備（ふくしま新風）	37	17	41	141	15	44
浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）	37	18	38	141	15	45
浮体式洋上サブステーション（ふくしま絆）	37	18	39	141	14	24

図 3(2)　主要設備の配置計画（その 2）

6. 工事の実施に係る工法、期間及び工程計画に関する事項

(1) 工事期間

工事実施時期は下記のとおりである。

◆浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）

浮体の曳航　開始時期　：平成 25 年 6 月
係留アンカー・チェーン運搬・設置開始時期：平成 25 年 5 月
把駐力テスト開始時期　：平成 25 年 6 月
ライザーケーブル設置開始時期　：平成 25 年 8 月
試運転開始時期　：平成 25 年 10 月
運転開始時期　：平成 25 年 11 月

◆浮体式洋上風力発電設備（ふくしま新風）

浮体の曳航　開始時期　：平成 26 年 10 月
係留アンカー・チェーン運搬・設置開始時期：平成 26 年 6 月
把駐力テスト開始時期　：平成 26 年 7 月
ライザーケーブル設置開始時期　：平成 26 年 7 月
試運転開始時期　：平成 27 年 9 月
運転開始時期　：平成 28 年 3 月

◆浮体式洋上風力発電設備（ふくしま浜風）

浮体の曳航　開始時期　：平成 28 年 7 月
係留アンカー・チェーン運搬・設置開始時期：平成 27 年 7 月
把駐力テスト開始時期　：平成 27 年 9 月
ライザーケーブル設置開始時期　：平成 28 年 8 月
試運転開始時期　：平成 28 年 6 月
運転開始時期　：平成 29 年 5 月

(2) 主要な工事

① 風力発電機工事

浮体製作工事、風力発電機組立工事及び風力発電設備設置工事からなる。浮体製作工事は造船所内で、風力発電機組立工事は対象事業実施区域付近の小名浜港内で実施した。風力発電設備設置工事に伴う主な作業は以下に示すとおりである。

a. 浮体の曳航

浮体をメーカー工場で製作し、対象事業実施区域付近の港まで曳航した。同港内の岸壁に浮体を係留した後、風力発電機を浮体の上に陸上クレーンで組み立て、対象事業実施区域の海域まで曳航した。メーカー工場から対象事業実施区域付近の港までの曳航は以下のとおり実施した。各風力発電機の曳航状況を図 4 に示す。

ふくしま未来：平成 25 年 6 月 26 日～7 月 4 日
ふくしま新風：平成 26 年 10 月 30 日～11 月 10 日
ふくしま浜風：平成 28 年 7 月 2 日～10 日

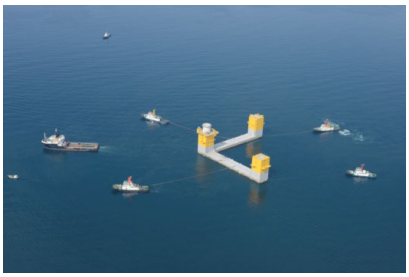
		
ふくしま未来　浮体曳航状況	ふくしま新風　浮体曳航状況	ふくしま浜風　浮体曳航状況

図 4　各風力発電機の浮体曳航状況

b.　**係留アンカー・チェーンの運搬・設置**

係留アンカー・チェーンをメーカー工場から対象事業実施区域付近の港に海上輸送し、クレーン船にて岸壁に陸揚げ・仮置きした。係留アンカー・チェーン 1 条分を 2 つに割分し、敷設作業船にクレーン船で積み込んで対象事業実施区域の海域に移動し、専用機器で係留アンカー・チェーンを下して設置した。係留アンカー・チェーンの運搬・設置は以下のとおり実施した。アンカー設置及びチェーン展張、ROV 画像による確認状況を図 5 に示す。

ふくしま未来：平成 25 年 5 月 11 日～6 月 24 日

ふくしま新風：平成 26 年 5 月 19 日～7 月 22 日

ふくしま浜風：平成 27 年 7 月 31 日～9 月 5 日

アンカー設置	チェーン展張	ROV 画像による確認

図 5　アンカー設置及びチェーン展張、ROV 画像の状況

c.　**把駐力テスト**

係留アンカー・チェーンを設置した後、向き合う 1 組の係留チェーンの各端末を作業台船に引き上げ、専用機器で係留チェーン端末を牽引して張力を作用させることにより係留アンカー・チェーンの効果を確認した。把駐力テストは以下のとおり実施した。把駐力テスト状況等を図 6 に示す。

ふくしま未来：平成 25 年 6 月 26 日～7 月 22 日

ふくしま新風：平成 26 年 7 月 12 日～8 月 20 日

ふくしま浜風：平成 27 年 9 月 14 日～30 日

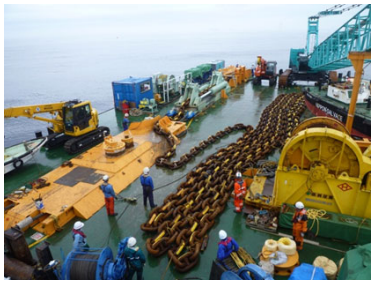
		
把駐力テスト状況	把駐力テスト状況	把駐力テスト状況時の水中映像

図 6　把駐力テスト状況及び水中映像

d.　**浮体係留作業**

把駐力テストにより設置した係留アンカー・チェーンの効果を確認した後、曳航した各浮体にクレーン船にて係留チェーンの端末を接続した。浮体係留作業は次のとおり実施した。浮体係留作業及び製鎖器の接続後の状況は図 7 のとおりである。

ふくしま未来：平成 25 年 7 月 25 日～8 月 29 日

ふくしま新風：平成 26 年 7 月 29 日～8 月 14 日

ふくしま浜風：平成 28 年 7 月 8 日～20 日

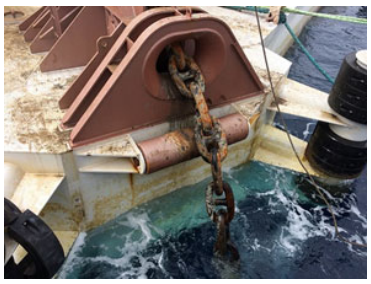
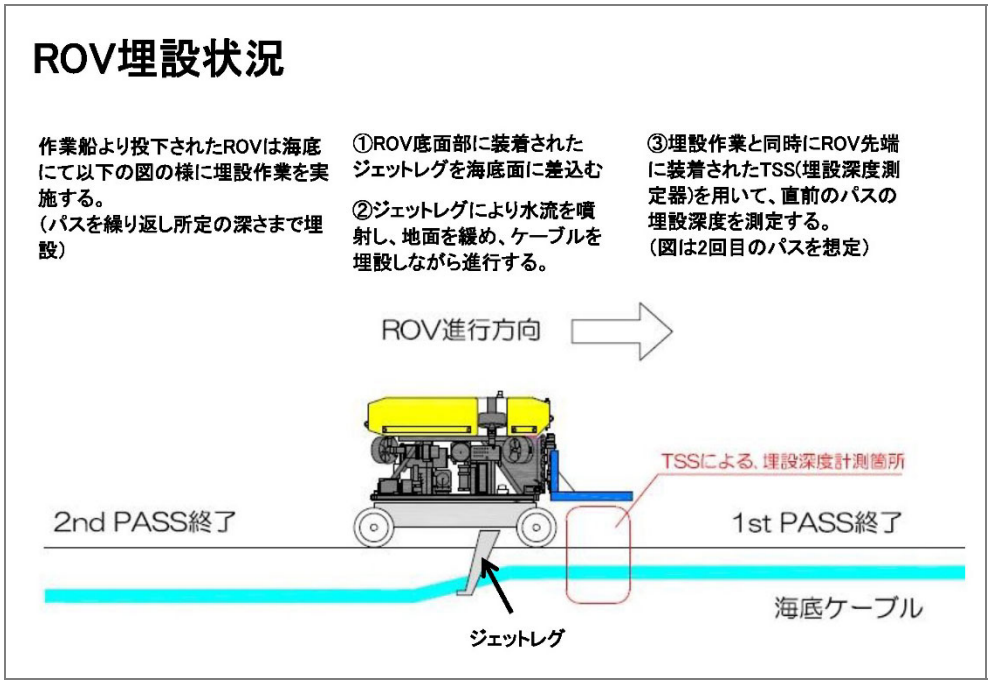
		
浮体係留作業状況	接続後の製鎖器	浮体係留作業状況

図 7　浮体係留作業状況及び接続後の製鎖器

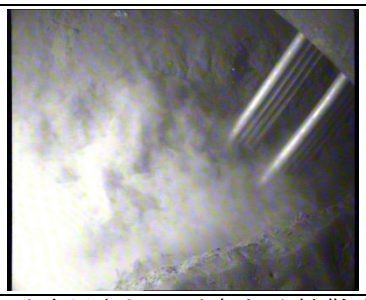
② **ライザーケーブル(22kV)**

敷設はケーブル敷設船により、埋設は基本的に水中ロボット（ROV：Remote Operational Vehicle）により行った。作業内容としては、作業船に艤装された ROV を海底に向け投入し、海底に到着した後、ROV 本体の底部に装備されているジェットレグを海底面に差し込み、水流を噴射してケーブルを埋設した。作業の模式図等を図 8 に示す。海底の改変範囲は、海底ケーブル幅（最大 17.5cm）とその周辺で、全幅 30cm 程度であった。深さは埋設されたケーブルの底部までで最大 1m 程度であった。

ライザーケーブル設置は以下の期間で実施した。このうち、各浮体式洋上風力発電設備において ROV を使用する期間は 1 ヶ月程度である。また、作業時の海底の状況を図 8 に示す。



埋設機設置



埋設機装着状況：部分的に濁りが確認されるが大きく拡散することはなかった。

図 8　ROV による海底ケーブル埋設の模式図及び現地作業状況

③　海底ケーブル

敷設はケーブル敷設船により、埋設は基本的に水中ロボット（ROV：Remote Operational Vehicle）により行うが、必要に応じて潜水作業を実施した。海底ケーブル埋設の現地作業状況は図 9 のとおりである。

海底ケーブル敷設状況

埋設機装着状況

埋設状況：部分的に濁りが確認されるが拡散なし

図 9　海底ケーブル埋設の現地作業状況

(3)工事用資機材等の運搬の方法

関係船舶及び車両の日最大時におけるそれぞれの運行台数を表 2 に示す。

表 2　関係船舶及び車両の運行台数

	種　別		車両等台数 (台/日･往復)
浮体式洋上風力発電設備 (ふくしま未来)	船舶	主作業船(7500ps クラス、Dynamic Positioning system 搭載)	1
		補助作業船(4000ps クラス、 DP 搭載)	1
		主曳船(5000ps クラス)	1
		主曳船(4000ps クラス)	2
		補助曳船(5000ps クラス)	1
		起重機船(500t 吊クラス)	1
		主曳船(5000ps クラス)	1
		補助曳船(5000ps クラス)	1
		補助曳船(4000ps クラス)	2
		楊錨船(3000ps クラス)	1
		作業台船 (DP 搭載)	1
		警戒船	2
浮体式洋上風力発電設備 (ふくしま新風)	船舶	主曳船(10000～7000ps クラス)	2
		補助曳船(4000～3000ps クラス)	2
		曳船 (ハーバータグ、4000～3000ps クラス)	4
		主作業船(7500ps、DP 搭載)	1
		補助作業船(4000ps クラス、DP 搭載)	1
		起重機船(500t 吊クラス)	1
		曳船(3000ps クラス)	1
		チェーン運搬船(499GT クラス)	4
		作業台船(DP 搭載)	1
		曳船(4000ps クラス)	1
		起重機船(1800t 吊クラス)	1
		楊錨船(3000ps クラス)	1
		警戒船	2
浮体式洋上風力発電設備 (ふくしま浜風)	船舶	主曳船(10000ps クラス)	1
		補助曳船(5000ps クラス)	3
		曳船(3000ps クラス)	3
		作業台船(DP 搭載)	1
		曳船(4000ps クラス)	4
		起重機船(3700t 吊クラス)	1
		警戒船	1
ライザーケーブル工事 海底ケーブル工事	船舶	布設船	1
		主曳船 (4000ps クラス)	1
		警戒船	2

7. 環境影響評価手続きの経緯

環境影響評価書縦覧までの手続きの経緯は表 3 のとおりである。なお、下記のほか、浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）、浮体式洋上サブステーション（ふくしま絆）及び海底ケーブル等を対象とする事業（浮体式洋上風力発電設備（ふくしま未来）設置実証研究事業）に関して、自主的な環境影響評価が行われている。

表 3　環境影響評価書縦覧までの手続きの経緯

項　目	内　容
対象事業の区分	風力発電事業（陸上）
対象事業の名称	浮体式洋上超大型風力発電機設置実証事業
事業者名	経済産業省資源エネルギー庁
事業計画	位置　　：福島県沖約 18km 発電所の出力：14,000kW（7kW 級風力発電機を 2 基設置） 運転開始時期：平成 26 年 10 月
実施根拠	環境影響評価法及び電気事業法
環境影響評価方法書	
知事への送付	平成 25 年 1 月 22 日
知事意見	平成 25 年 5 月 17 日
経済産業大臣勧告	平成 25 年 6 月 25 日
環境影響評価準備書	
知事への送付	平成 25 年 9 月 6 日
知事意見	平成 25 年 12 月 3 日
経済産業大臣勧告	平成 25 年 12 月 20 日
環境影響評価書	
評価書確定通知受領	平成 26 年 3 月 27 日
評価書の縦覧	平成 26 年 4 月 8 日～5 月 9 日

8. 調査を委託した事業者の名称、代表者の氏名及び主たる事務所の所在地

第一次委託先	第二次委託先
丸紅株式会社 代表取締役社長　柿木 真澄 東京都中央区日本橋二丁目 7 番 1 号 三菱商事株式会社 代表取締役社長　垣内 威彦 東京都千代田区丸の内二丁目 3 番 1 号	一般財団法人日本気象協会 代表理事会長　春田　謙 東京都豊島区東池袋三丁目 1 番 1 号

Ⅱ．事後調査の項目、手法及び結果

1．事後調査の項目

事後調査項目及び事後調査を実施することとした理由は表 4 のとおりである。

表 4　事後調査項目及び事後調査を実施した理由

影響要因	環境要素	事後調査時期	事後調査を実施した理由
建設機械の稼働	騒音（水中騒音）	工事中	浮体式洋上風力発電での工事音の観測事例は極めて少ないため、予測には不確実性を伴うことから、事後調査を実施した。
施設の稼働	騒音（水中騒音）	稼働後	風力発電機からの水中騒音に関しては、現時点では実用的な予測モデルは整備されておらず、予測には不確実性を伴うことから、事後調査を実施した。
地形改変及び施設の存在・施設の稼働	電波障害（漁業無線）	稼働後	漁業無線への影響に関しては、現時点では実用的な予測モデルは整備されておらず、予測には不確実性を伴うことから、事後調査を実施した。
	重要な種及び注目すべき生息地（海域に生息するものを除く。）	稼働後	浮体式洋上風力発電に対する鳥類の動態（誘因あるいは忌避）に関しては知見が少なく、予測には不確実性を伴うことから、事後調査を実施した。
	海域に生息する動物	稼働後	浮体式洋上風力発電に対する海域に生息する動物への影響に関しては知見が少なく、予測には不確実性を伴うことから、事後調査を実施した。

2．事後調査の手法

事後調査の手法の概要は表 5 のとおりである。また、各浮体の設置状況と事後調査の実施状況については、表 6 の工程のとおりである。

表 5(1)　事後調査の手法の概要

環境要素	調査項目	調査地域・地点	調査方法
騒音（水中騒音）	工事中の水中騒音	作業船舶（係留アンカー・チェーン敷設にあっては敷設作業船、高把駐アンカー設置にあっては作業台、発電船係留作業にあっては起重機船）の船体中央部から作業船舶体軸の直交方向に、船舶から 200m 付近、500m 付近、2000m 付近で測定した。	各調査地点において、水深 15m、45m、75m の 3 水深で水中音を測定した。測定は 1 地点・1 水深あたり 5 分間とした。なお、測定中は測定船及び警戒船のエンジンを停止させた。
	稼働時の水中音	2MW 洋上風力発電機及び 5MW 洋上風力発電機について、それぞれ単機稼働時の水中音の測定を実施した。調査地点は、2MW 風車の場合は、風車浮体から 0m、200m、500m、1000m 程度離れた地点の 4 地点で測定した。5MW 風車の場合は、風車浮体から 200m、500m、1000m 程度離れた地点の 3 地点で測定を行った。ただし、測定中は測定船のエンジンを切っていたことから、海流に流された。	2MW については、浮体に直接マイクロフォンを設置した地点では秋及び冬に 48 時間連続測定を、移動測定（200m、500m、1000m 地点）では、秋に風車の稼働を ON/OFF し、測定を行った。各地点、風車稼働中 30 分程度、停止時 30 分程度測定を行った。5MW については各地点で水中音圧レベルを測定した。

表 5(2)　事後調査の手法の概要

環境要素	調査項目	調査地域・地点	調査方法
電波障害（漁業無線）	電波障害（漁業無線）	設置された浮体式風力発電機及び洋上変電所と電波到来方向を踏まえ調査範囲を設定した。	漁船を用いて、基地局から送信される船舶無線電波の受信レベル（受信入力電圧）を測定した。
重要な種及び注目すべき生息地（海域に生息するものを除く。）	海鳥（目視による調査）	対象事業実施区域及びその周辺において、評価書と同様の 7km×4 測線（船舶トランセクト調査）と 4 地点での定点調査を行った。	船舶トランセクト調査：一定の速度（5～10 ノット程度）で航行しながら、幅 300m ずつの範囲に出現する鳥類を記録した。 船舶定点調査：設定した地点において船舶から種を確認し、記録を行った。調査時間は 1 地点あたり 30 分とした。 浮体利用状況調査：上記の調査時に、浮体甲版等を利用する鳥類を記録した。
	海鳥（バードストライクに関する調査）	2MW 風力発電機及び 7MW 風力発電機とした。	風力発電機下部に設置した赤外線ビデオカメラにより、ブレード付近を通過する鳥類の状況を記録し、衝突の有無等を確認した。
	海鳥（船舶レーダによる飛翔状況調査）	船泊レーダは浮体式洋上変電所上に設置し、その周辺を調査範囲とした。	「平成 19～21 年　風力発電施設バードストライク防止策実証業務」（環境省）において開発された船舶レーダーによる鳥類飛来監視システムを用い、鳥類の飛翔軌跡を画像ファイルから抽出、風力発電機周辺の飛翔頻度等を記録した。
海域に生息する動物	海産哺乳類	対象事業実施区域及びその周辺の、7km×4 測線（船舶トランセクト調査）、4 地点（船舶定点調査）、3 地点（定点音響調査）とした。	船舶トランセクト調査及び船舶定点調査では目視により海産哺乳類の生息状況を確認した。 定点音響調査では、音響データロガー（A-tag）を用い、定点観測を実施した。
	魚類	底魚調査：対象事業実施区域及びその周辺の 10 地点とした。 浮魚類定点観察調査：各浮体及び対照区とした。	底魚調査：底魚類を対象とした底曳き網漁法による漁獲調査を実施した。 浮魚類定点観察調査：各浮体に水中カメラを設置し、一定時間ごとに撮影し、そこに写る魚類を記録した。

表 6　事後調査の実施状況

（年度）	H24		H25				H26				H27				H28				H29			
（四半期）	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
◆アセス手続（水色：自主アセス（2MW）、緑色：法アセス（5MW・7MW））																						
方法書																						
準備書																						
評価書																						
事前調査	—	—	—																			
◆工事工程（設置：浮体設置，運開：運転開始）																						
2MW（ふくしま未来）				設置	運開																	
7MW（ふくしま新風）												設置						運開				
5MW（ふくしま浜風）																設置			運開			
◆事後調査																						
水中騒音（工事中）				●								●										
水中騒音（稼働時）								●														●
漁業無線											●			●						●		
海鳥・海産哺乳類（目視）							●		●	●	●		●	●					●		●	●
海鳥（バードストライク：2MW）							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
海鳥（バードストライク：7MW）															—	—	—	—	—	—	—	—
海鳥（船舶レーダ：洋上変電所）						—	—	—	—	—	—	—	—	—					—	—	—	—
海産哺乳類（定点音響）								—	—	—	—	—	—	—					—	—	—	—
底魚調査							●		●	●	●		●	●					●		●	●
浮魚類定点観察調査								—	—	—	—	—	—	—					—	—	—	—

3. 事後調査の結果

事後調査結果の概要は表８に示すとおりである。

事後調査の詳細な結果については別冊の調査結果報告書を参照されたい。

また、各項目の事後調査結果の概要と影響の程度について、表７に抜粋しまとめた。

表７　事後調査結果の概要と影響の程度（抜粋）

事後調査項目	事後調査結果の概要	影響の程度
水中騒音(工事中)	・作業音のうち、船舶等から出ている定常的な音については、約350m範囲が「威嚇レベル（140dB～160dB、魚が驚いて深みに潜るか、音源から遠ざかる反応を示す)」を超過すると考えられた。 ・作業音のうち、アンカー・チェーンが船体に当たることで発生する衝撃音は、作業船から約500m範囲が「威嚇レベル」を超過すると考えられた。	・影響が及ぶ範囲は限定的であること、工事後も浮体周辺で魚類等が確認されていることから、影響が及んだとしても一時的であり、かつ軽微であると考えられた。
水中騒音(稼働後)	・2MW 稼働時の水中音について、定格運転時における 100m 離れの水中音圧レベルは128～129dBであり、この値は「誘致レベル（110～130dB、魚にとって快適な音の強さ、興味のある音であれば音源方向に寄ってくる)」に該当した。 ・5MW稼働時の水中音について、ほぼ定格運転時に174m離れの水中音圧レベルは 134.5dB であり、これは「誘致レベル」と「威嚇レベル」の間であった。なお、測定時は海象が悪く、風力発電機以外の何らかの音の影響を受けた可能性がある。	・左記の結果や、浮体周辺を魚類が利用していることも考えると、風力発電気の稼働による水中音が魚類に与える影響は小さいか、ほとんどないものと考えられた。
電波障害(漁業無線)	・調査の結果、小名浜無線局及び原釜無線局より発信される電波は、風力発電所及び浮体式洋上変電所による受信レベル低下は認められなかった。	・事業実施による影響はないと考えられた。
海鳥	・設置海域における全体的な出現状況については大きな影響はないと考えられた。また、浮体付近の出現状況についても、主な変化の要因は分布の年変化によるものと考えられ、顕著な影響は生じていないと考えられた。ただし、ミズナギドリ科とウミスズメ科では浮体近傍での確認数の減少が見られた箇所もわずかにあったことから、影響はわずかながら生じた可能性も考えられた。なお、ハヤブサについては、浮体が新たな採餌場所として利用される結果となり、評価書時の予測と異なった結果となった。 ・バードストライクに関する調査では、2MW 機について、3年半弱観測し、衝突事例は7例であった。7MWはほとんど稼働しておらず衝突はなかった。 ・船舶レーダによる飛翔状況調査では、風力発電機設置後も渡り鳥も含めて利用されていること、また、飛翔高度は0-50m高度の個体が卓越していた。	・事業実施後も当該海域を利用していること、浮体付近や浮体そのものを利用する鳥類が確認されていること、施設設置後も昼夜鳥類が飛翔していることが確認されたものの、衝突事例も少ないことから、影響は総じて小さいものと考えられた。
海産哺乳類	・船舶による目視確認調査では、浮体設置後もミンククジラ、カマイルカ、イシイルカ、オットセイが確認された。 ・定点音響調査（イルカ類のソナー音のモニタリング調査)では、浮体設置直後から当該海域での利用が確認されたものの、設置後2～3年程度は対照区と比較すると浮体付近のソナー音受診回数は少なくなっており、設置前と同様のレベルに回復するには3～4年程度の期間を要する可能性が考えられた。	・浮体の存在そのもの、あるいは施設の稼働による小型鯨類に与える影響は考えられたものの、その期間は限定的で、一時的なものであることが示唆された。
魚類	・底曳き網漁法による底魚調査では、調査海域および浮体付近においても施設設置前と設置後での顕著な変化等は確認されなかった。 ・浮魚類定点観測調査により、浮体周辺の方が対照区と比べると魚類確認頻度が高かった。浮体付近では、ブリ等の回遊魚のほか、イシダイやメバル属の数種など、岩礁帯に生息する種も確認された。	・事業実施による魚類への影響は総じて小さいと考えられた。浮体が設置されることで、当該海域に新たな生息環境が創出され、多様な種が生息可能になったと考えられた。

表 8(1)　事後調査結果の概要

騒音（水中騒音）　｜　工事中の水中騒音

【調査時期及び作業船】

工事工程表から最も大きな水中音を発生させると想定される工種を抽出し、その工事中に測定を実施した。具体には、2MW 風力発電機については係留アンカー・チェーン敷設、変電設備については高把駐アンカー設置、7MW 風力発電機については発電船係留とした。測定対象とした作業用船舶の概要は表 9 のとおりである。

表 9　作業用船舶の概要

	船種	船名	総トン数	全長	型幅	型深
係留アンカー・チェーン敷設（2MW 風力発電機）	敷設作業船	新潮丸	2,096t	70.7m	16.0m	6.8m
	姿勢補助船	新世丸	697t	60.98m	11.8m	5.45m
高把駐アンカー設置（変電設備）	作業台船	第二芳洋	6,137t	110.0m	32.0m	7.0m
	主曳舟	むさし丸 2	186t	38.02m	9.6m	3.97m
	補助曳舟	福隆丸	198t	30.51m	9.2m	3.98m
発電船係留作業（7MW 風力発電機）	起重機船	第一豊号	27,000t	106.0m	43.0m	10.0m
	曳舟	武蔵丸	186t	38.02m	9.6m	4.38m

【調査地点・方法】

測定点は、作業船船体体軸の直交方向に、作業船から 200m 付近、500m 付近、2000m 付近の 3 地点とした。各地点について水深 15m、45m、75m の 3 水深で測定を行った。1 地点・1 水深あたり 5 分間測定した。測定中は測定船のエンジンを停止させた。

【調査結果の概要】

作業船舶からの水中音の距離減衰性状を図に示す。作業音のうち、船舶等から出ている定常的な音については、音が最大の工種（係留アンカー・チェーン敷設）で、作業船から約 350m 範囲が「威嚇レベル（表 10 を参照）」を超えると考えられる（そのほかの工種では作業船から約 100m 範囲が「威嚇レベル」に相当した）。

作業音のうち、アンカー・チェーンが船体に当たることで発生する衝撃音が確認された。その衝撃音は、作業船から約 500m 範囲内が「威嚇レベル」を超えると考えられた。

これらから、影響が及ぶ範囲は限定的であること、工事後も浮体付近で魚類等が確認されていることを考え合わせると、影響が及んだとしても一時的であり、かつ軽微であると考えられた。

表 8(2)　事後調査結果の概要

騒音（水中騒音）　｜　工事中の水中騒音

表 10　水中の音圧レベルと魚類の反応

段階	摘要	音圧レベル
感覚閾値	魚にようやく聞こえる最小知覚レベル	60～ 80dB(特に感度の良い魚) 90～110dB(一般的な海産魚)
誘致レベル	魚にとって快適な音の強さ 興味のある音であれば音源方向に寄ってくる	110～130dB
威嚇レベル	魚が驚いて深みに潜るか、音源から遠ざかる反応を示す	140～160dB
損傷レベル (致死レベル)	魚の内臓やうきぶくろの破裂	220dB 以上(水中穿孔発破の場合)

出典：(社) 日本水産資源保護協会　水中音の魚類に及ぼす影響　平成 9 年 10 月　P16-17 より作成

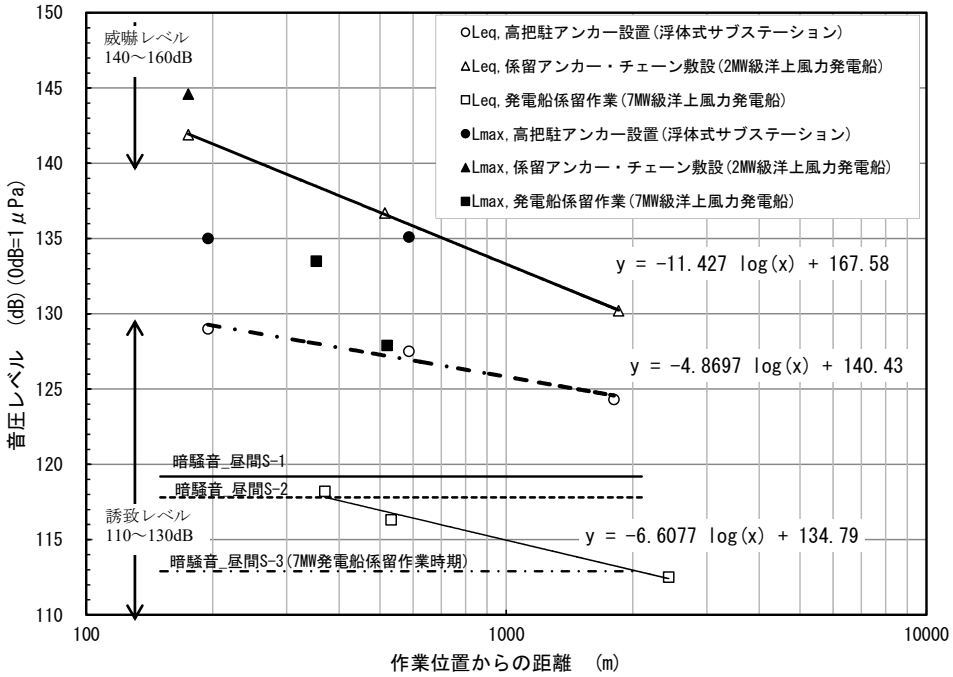


図 10　作業船舶からの水中音の距離減衰性状

Lmax はアンカー・チェーンが船体に当たることで発生する衝撃音を示す。Lmax は定常的な作業音よりも 6～10dB ほど大きくなる。係留アンカー・チェーン敷設では、定常的な工事音において威嚇レベルとなる 140dB を超えるのは作業船から 350m 以内と考えられる。そのほか高把駐アンカー設置及び発電船係留作業のいずれにおいても定常的な工事音については 100m 程度においても威嚇レベルを超えないと考えられる。

表 8(3)　事後調査結果の概要

騒音（水中騒音）　｜　稼働時の水中騒音

2MW 機（ふくしま未来）及び 5MW 機（ふくしま浜風）を対象に、稼働時の水中音の距離減衰性状及び風速と発生音圧レベルの関係を把握するため、調査を行った。

○2MW 機（ふくしま未来）

【調査方法及び地点】

調査地点は、P0（基準点）から P3 の 4 地点とした。測定水深が異なるのは、係留しているチェーンに接触するのを避けたためである。調査は平成 26 年 9 月に実施した。なお、補足として、平成 29 年 12 月には P0 地点のみ調査を実施した。P0 は 48 時間連続測定を実施した。

表 11　各調査地点の位置情報（2MW 機）

調査地点	位置	水深(m)
P0(基準点)	発電機の浮体の点検用梯子に取り付け	10m
P1	風力発電機から 200m 程度離れた水域	25m
P2	風力発電機から 500m 程度離れた水域	25m、50m
P3	風力発電機から 1000m 程度離れた水域	25m、50m、75m

【調査結果】

図 11 に基準点（P0）と各地点での風車 ON/OFF 時の測定結果を示す。P0（基準点）では ON/OFF による音圧レベル差が確認できたが、P1～P3 においては、レベル差はほとんど見られなかった。

図 12 に P0（基準点）における風速と水中音圧レベルの関係を整理した。風速はナセルにおける 10 分間平均値を、水中音圧レベルは 10 分間平均値を用いた。9 月調査時には、風車稼働に伴い、10Hz～160Hz 付近で音圧レベルの上昇がみられた。また、周波数毎の特性として、10～50Hz では風速の上昇とともに音圧レベルは同じか上昇する傾向にあるが、63Hz～80Hz では逆に低下していた。12 月調査時には、おおよそ 20Hz～160Hz で停止時と比べて風車音が観測されている。特に 25Hz、50Hz、63Hz、125Hz で大きな音圧上昇が認められた。

地点 P0 は 48 時間連続測定を行っている。これらの観測結果から、風速と音圧レベルの傾向を模式的に示すと、一定値 L1（カットイン風速未満）→右上がりの直線（カットイン風速～定格風速）→一定値 L2（定格風速以上）となり、「一定→右上がり→一定」の傾向となった。

稼働時の水中音について、2 日間の測定結果から、距離減衰を推定したところ、$L_p = -7.290 * \log_{10}(d) + 136.20$ 及び $L_p = -8.453 * \log_{10}(d) + 137.49$ が得られた。

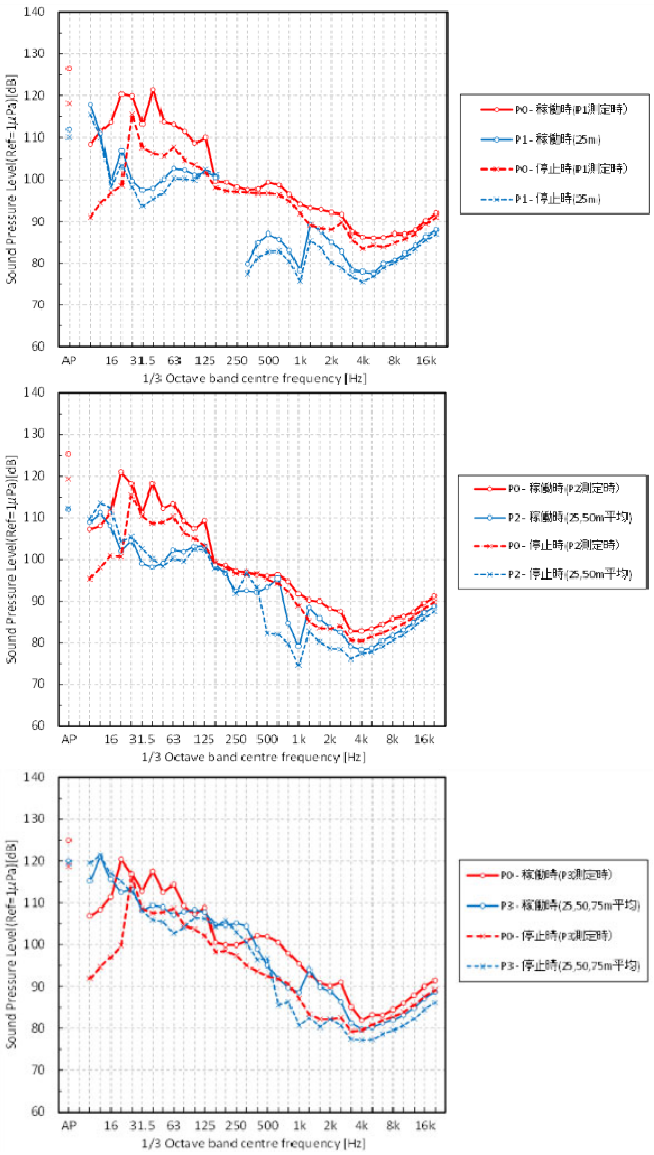
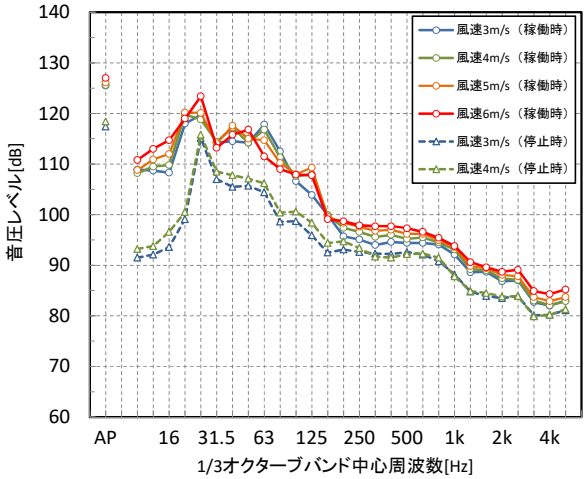


図 11　水中音の周波数特性・深さ方向の平均値（上：P0 と P1、中：P0 と P2、下：P0 と P3 の結果を示す。P1 では遠方の船舶音の影響を大きく受けていると思われた帯域は除外している）

表 8(4)　事後調査結果の概要

騒音（水中騒音）　｜　稼働時の水中騒音



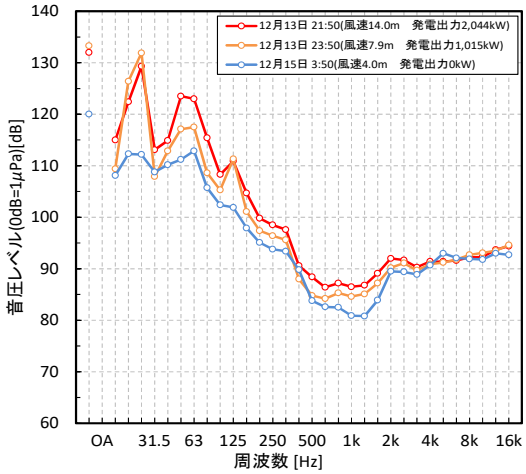


図 12　P0（風車浮体）における風速階級別の水中音の周波数特性（左：9 月調査、右：12 月調査）

表 12　各調査地点の位置情報（5MW 機）

調査地点	位置	海底までの水深(m)
P1	風力発電機から 200m 程度離れた水域	25m
P2	風力発電機から 500m 程度離れた水域	25m
P3	風力発電機から 1000m 程度離れた水域	25m、50m、75m

○5MW 機（ふくしま浜風）

【調査方法及び地点】

調査地点は、P1 から P3 の 3 地点とした。測定水深が異なるのは、係留しているチェーンに接触するのを避けたためである。調査は風力発電機の調整が済んだ平成 29 年 12 月に実施した。

【調査結果】

調査は 2 日間実施したが、うち 1 日は風況が悪く風車は運転していなかった。もう 1 日は強風で海象が悪く、稼働/停止による調査は安全の観点から P3 のみで実施した。

図 13 に風車からの測定距離別の水中音圧レベルを示す。3 地点を移動測定したため測定時の風車の発電出力が一定ではなく単純な比較はできないが、P1（風車から 93m）及び P2（同 174m）では、20Hz～50Hz の周波数域において風車の稼働による音圧上昇がみられた。一方で、63Hz～3.15kHz の帯域では P3 において他と比べて音圧レベルが大きい結果となっており、P3 において風車以外の何らかの音の影響を受けた可能性が考えられた。

図 14 に地点 P3 における風車 ON/OFF 時の測定結果を示す。稼働時と停止時のレベル差はほとんど見られなかった。

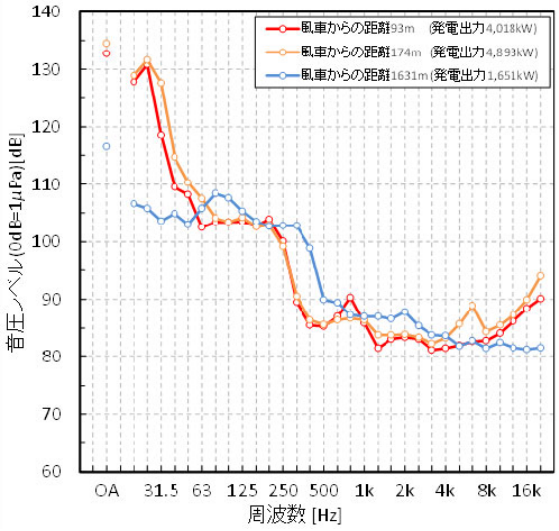


図 13　水中音圧レベルの周波数分析結果（風車からの距離別）

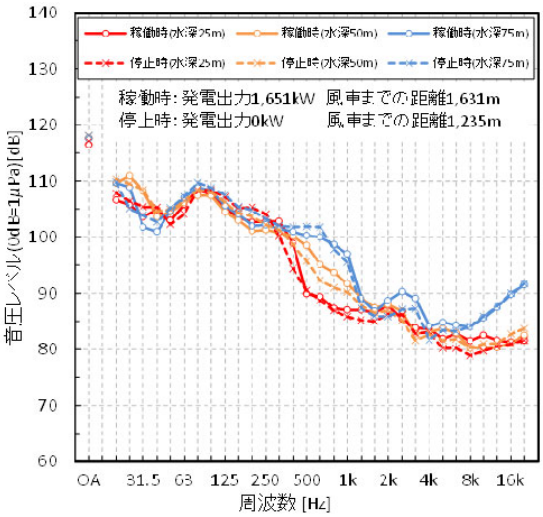


図 14　水中音圧レベルの周波数分析結果（水深別、ON/OFF 調査）

表 8(5)　事後調査結果の概要

騒音（水中騒音）　｜　稼働時の水中騒音
○影響の程度の検討 2MW 稼働時の水中音について、調査により得られた距離減衰式と、実測した定格発電時の P0（風車浮体の地点）の水中音圧レベル 133dB（風速 8m/s 以上でほぼ上限となるレベル）から求めた、100m 離れの水中音圧レベルは 128～129dB となった。この値は「誘致レベル（魚にとって快適な音の強さ）」の上限付近であった。 5MW 稼働時の水中音について、ほぼ定格運転時（出力 4893kW）に測定を行った P2（風車から 174m）における水中音圧レベルは 134.5dB であった。このレベルは「誘致レベル（魚にとって快適な音の強さ）」と「威嚇レベル（魚が驚いて深みに潜るか、音源から遠ざかる反応）」の間であった。なお、測定時は海象が悪く、風車以外の何らかの音の影響を受けた可能性が考えられた。 これらの結果や、魚類の稼働後の事後調査においても魚類等の確認がなされていることも考え合わせると、風力発電機の稼働による水中音が魚類に及ぼす影響は小さいか、ほとんどないものと考えられた。 なお、評価書予測時には、既存文献をもとに音源の水中音圧レベルを推定しており、7MW 機は 129dB として予測を行っていた。実測した値も予測で利用した数値と大きく異なるものではなく、予測との大きな乖離はなかった。

表 8(6)　事後調査結果の概要

電波障害（漁業無線）

【調査方法】

漁業無線調査海域を漁場としている船舶を用いて、基地局から送信される船舶無線電波の受信レベル（受信入力電圧）を海上にて測定した。設置されている風力発電機及び浮体式洋上変電所について電波到来方向に対して垂直に航行し、受信レベルを測定した。なお、最寄りの基地局は小名浜無線局及び原釜無線局である。調査は平成 27 年 6 月、平成 28 年 3 月、平成 29 年 7 月にそれぞれ実施した。

【調査結果】

調査の結果、小名浜無線局及び原釜無線局より発信される電波は、風力発電所及び浮体式洋上変電所による受信レベル低下は認められず、建造物による影響はないと考えられた。

表 13　調査結果のまとめ

変電所・発電所	無線局	施工前と施工後の受信レベル	建造物の陰による受信レベル低下
風力発電所（2MW）	小名浜	ほぼ同レベル	なし
	原釜	ほぼ同レベル	なし
風力発電所（5MW）	小名浜	ほぼ同レベル	なし
	原釜	ほぼ同レベル	なし
風力発電所（7MW）	小名浜	ほぼ同レベル	なし
	原釜	ほぼ同レベル	なし
浮体式洋上変電所	小名浜	ほぼ同レベル	なし
	原釜	ほぼ同レベル	なし

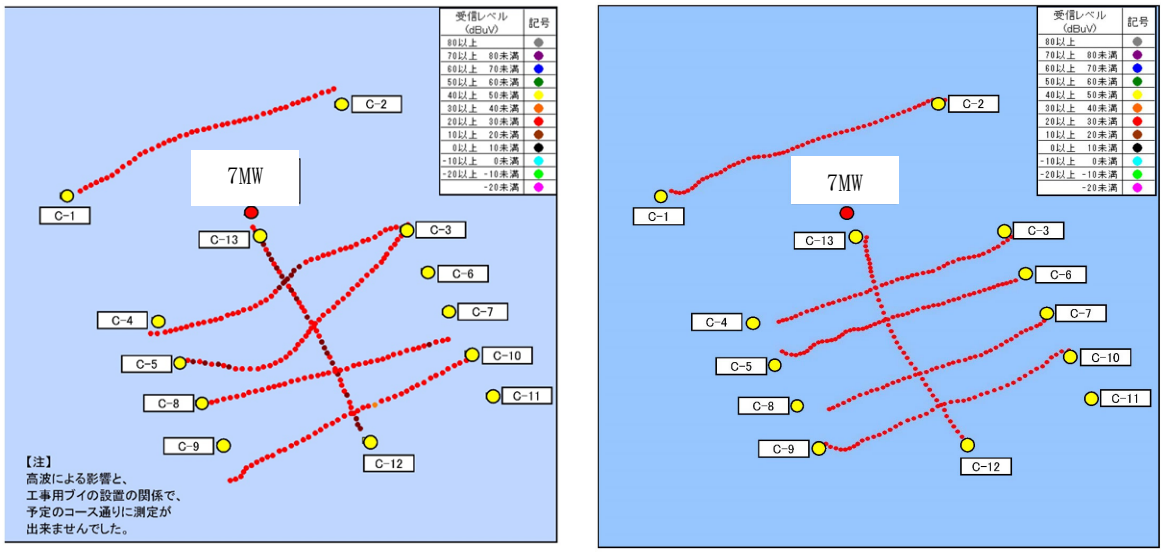


図 15　受信レベル結果分布（例）（左：設置前、右：設置後）

表 8(7)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船舶による目視確認調査

【調査方法及び地点】

調査は図 16 のとおり、船舶トランセクト調査（A 測線～D 測線）及び船舶定点調査（定点 a～h）にて実施した（定点 e～h は事後調査で新設）。また、事後調査では浮体の利用状況も調査した。

調査実施時期は、評価書時（平成 24～25 年度）、事後調査（平成 26 年度、平成 27 年度、平成 29 年度）の 4 回実施した。それぞれ、春季（4 月）、春季（5 月）、夏季（6～7 月）、秋季（11 月）、冬季（1～2 月）に実施した。

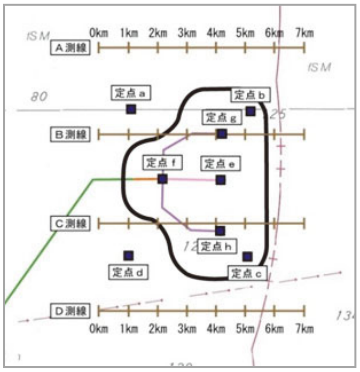


図 16　船舶トランセクト調査及び船舶定点調査

【調査結果の概要】

・鳥類相及び当該海域の特性

調査の結果、12 目 20 科 59 種の鳥類が確認された。評価書時は 41 種、事後調査（3 カ年分）時は 49 種であった。事後調査時の方が種数が多い要因としては、事後調査は 3 カ年実施したこと、浮体を利用する種（ハヤブサやドバト、渡り鳥等）が出現したことによると考えられた。また、調査を通じて、調査海域周辺を生息環境とする種は総じて確認種数に大きな変化はなかったことから、浮体を新たな生息環境として利用する種の出現を除いて、事業実施による確認種への変化はほとんどないと考えられた。

当該海域の特性を把握するため、図 18 に 4 カ年分の種別の確認個体数をまとめ示した。春季(4 月)ではミズナギドリ科のオオミズナギドリやハシボソミズナギドリがやや多く(約半数を占める)、ウミネコ、シロエリオオハム、ハイイロヒレアシシギ、ウミスズメ、ウトウ等、様々な分類群の種が残りの半数を占めていた。冬鳥として渡来していた種がまだ残っている、あるいは北上途中である、夏鳥が渡来し始めている、南半球から北半球へ渡り途中である、という様子が見られた。春季(5 月)と夏季では確認のうちの大部分がオオミズナギドリ(日本の周辺で繁殖する個体等が採食に利用)やハイイロミズナギドリ、ハシボソミズナギドリ(南半球から北半球へ渡り中)であった。また、ごく少数ながらコアホウドリとクロアシアホウドリが出現するのもこの時期であった(繁殖を終えた個体や春に巣立った個体が分散途中)。秋季はオオミズナギドリが半数以上を占めていた。また少数ながらオオセグロカモメ、ウミスズメといった冬鳥も見られ始めた。冬季は特に優占する種はなく、ウミネコ、シロエリオオハム、オオセグロカモメ、ウミスズメ、ミツユビカモメ、ウトウといった冬鳥が幅広く見られた。これまでの時期で見られていたオオミズナギドリ等のミズナギドリ類は冬季ではほぼ見られなかった。

・調査海域全体の出現頻度

調査海域全体における出現頻度の変化を把握するため、船舶トランセクトの結果を用いて、分類群別の測線毎に、距離区分別の出現頻度を算出し、図 19 に示した。図では代表的な 5 分類群を示した。これらから、調査海域全体では、浮体設置による出現傾向の大きな変化は認められず、事後調査 3 カ年における各測線の距離区分毎の出現割合の変化は、各分類群の分布の年変化によるものと考えられた。

表 8(8)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船舶による目視確認調査
・浮体周辺の海鳥の出現傾向 浮体直近での海鳥の出現傾向を確認するため、船舶定点調査の結果を用いて、分類群毎に、定点別の出現個体数を比較した（図 20）。アビ科、アホウドリ科について、浮体設置地点では事後調査の 3 カ年で目立った変化がなく、また、周辺海域の地点とも出現個体数に顕著な差はないことから、出現状況の変化は、浮体設置による影響よりもこれら分類群の分布の年変化による可能性が高いと考えられた。ミズナギドリ科及びウミスズメ科については、事後調査の 3 カ年で浮体設置地点での調査結果が地点により異なり、特定の傾向は認められなかったことから、総じてこれら分類群の分布の年変化により出現状況が変化していると考えられた。ただし、ミズナギドリ科では、定点ｅとｆでは浮体設置後に出現個体数が増加し、定点ｇとｈでは設置後減少する傾向があったこと、ウミスズメ科では、定点ｅやｇでは浮体設置後に顕著な変化はなかったものの、定点ｈでは設置後に出現個体数が減少したことから、浮体直近の利用に関しては影響がわずかに及んだ可能性も考えられた。カモメ科についても、出現状況の変化は、総じて本分類群の分布の年変化による可能性が高いと考えられた。ただし、浮体にとまり休息する個体も確認されたことから、浮体設置により出現個体数の増加への影響がわずかながら及んだ可能性も考えられた。 ・事業実施前後の飛翔高度の比較 行動の変化として、飛翔高度が変化しているかを把握するため、図 21 に 5 分類群における飛翔高度を整理した。アビ科は事後調査時に高度 M（ブレード回転域内）の飛翔高度が確認されているが、これは千嶋（2016）*1 の報告にもあるように、アビ科の種は海面付近のほか、特に渡り時では高度 30～50m ほどの高さも飛翔し、飛翔している際にはその高さを不規則に変える傾向があるという生態的な行動によるものと考えられた。そのほか、高度 M の確認数が多いものにカモメ科があげられる。浦（2015）*2 によると、カモメ科は主に海面付近から高度 M にかけての高度を飛翔する分類群とされている。今回の調査結果では、評価書時（事前調査時）と事後調査時を比較しても高度区分に大きな変化はないこと、風力発電機設置地点周辺で確認された個体についても、風力発電機を忌避して飛翔高度を変えるといった行動は確認されなかったことから、飛翔高度の顕著な変化はなかったものと考えられた。なお、浮体設置後に、甲板等を休息場所として利用する個体も確認されたものの、評価書時と比較して、浮体の高さに該当する高度 M の利用個体数の目立った増加はなかった。アホウドリ科、ミズナギドリ科、ウミスズメ科については各調査回でほぼ変化はなかった。 このほか、図示していないが、カモ科、カイツブリ科、ウ科、シギ科、トウゾクカモメ科についても各調査回で顕著な変化は認められなかった。これらを踏まえ、事前及び事後調査の 4 カ年のデータをもとに、各種の飛翔頻度を整理し、巻末に資料として示した。 *1　千嶋淳（2016）北海道の海鳥 4 アビ類．道東鳥類研究所． *2　浦達也(2015) 風力発電が鳥類に与える影響の国内事例．Strix, 31: 3-30.

表 8(9)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船舶による目視確認調査

・浮体利用状況

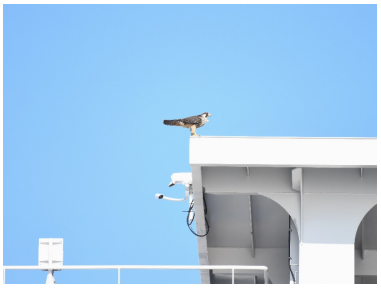
浮体を休息場所や止まり場、あるいは狩場として利用していた鳥類も確認された。表 14 に確認された種と確認された浮体を示す。カモメ類が休息場所として利用していたほか、キジバトやドバト、クロツグミも休息場所として利用していた。また、ハヤブサは各浮体を採餌場所や休息場所として利用していた。また、図 17 に浮体を利用していた鳥類の様子を示す。

表 14　浮体を利用していた鳥類

種名	2MW（ふくしま未来）	5MW（ふくしま浜風）	7MW（ふくしま新風）	洋上変電所（ふくしま絆）
キジバト	○		○	
ドバト（レースバト）		○		
ミツユビカモメ			○	
ウミネコ	○		○	○
ワシカモメ			○	
セグロカモメ	○			
オオセグロカモメ	○	○	○	○
ハヤブサ	○	○	○	○
クロツグミ		○		

休息するカモメ類

休息するドバト



洋上変電所を利用するハヤブサ

図 17　浮体を利用していた鳥類の様子

【事業実施による影響の程度の検討】

事後調査の結果から、調査海域における全体的な出現状況については、顕著な影響はないものと考えられた。浮体周辺の出現状況についても、主な変化の要因は分布の年変化によるものと考えられ、顕著な影響は生じていないと考えられた。ただし、ミズナギドリ科とウミスズメ科では浮体近傍での確認数の減少が見られた箇所もわずかにあったことから、影響はわずかながら生じた可能性も考えられた。

評価書時に影響予測の対象種としてとりあげた 19 種の重要な種について、事後調査の結果から 18 種は予測とほぼ同様の結果となったが、ハヤブサについてのみ、浮体が新たな採餌場所として利用される結果となり、予測と異なった結果となった。

これら事後調査の結果を考え合わせると、本事業の実施に伴う鳥類への影響は総じて小さいものと考えられた。

表 8(10)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船舶による目視確認調査

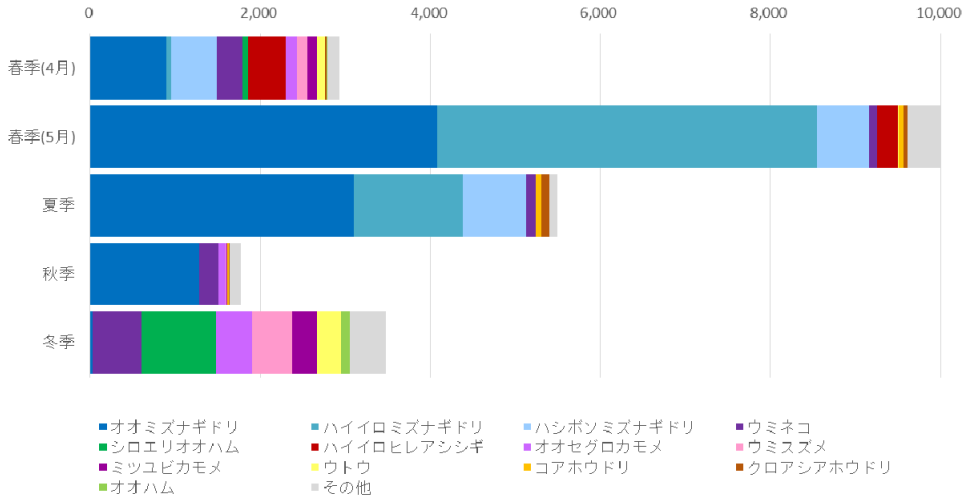


図 18　4 調査年間分の種別の 1 調査回あたりの確認個体数

定点調査（午前）及びライントランセクト調査の結果を使用。なお、定点及び測線は調査年度や調査時期により実施回数が異なるため、各調査年度において定点及び測線の 1 調査回あたりの確認個体数を算出し、その個体数を 4 調査年間分合計した。図には、各季節で 100 個体以上出現した種を図示し、それ以外の残りの種は、その他の種として記載した。

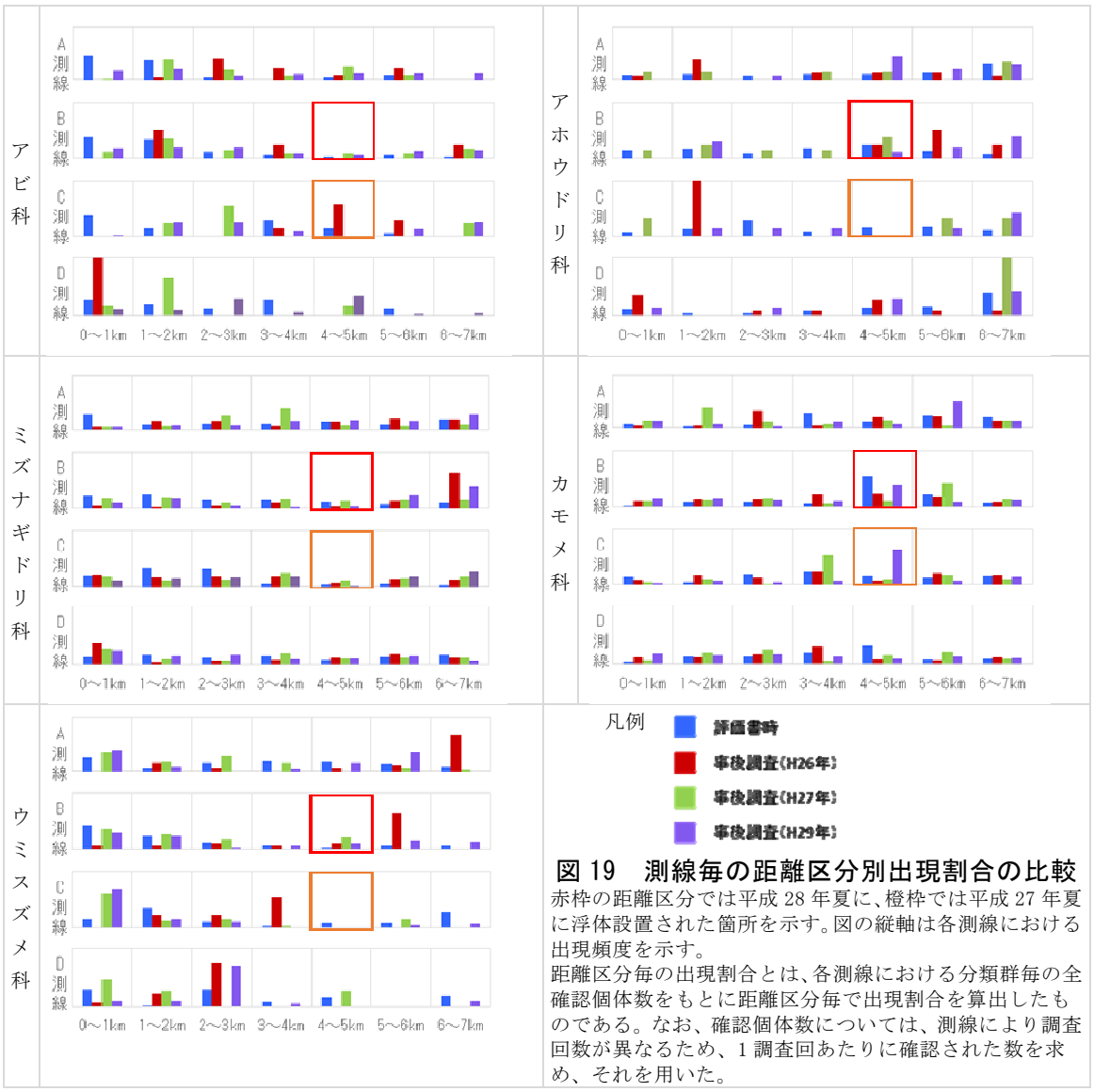


図 19　測線毎の距離区分別出現割合の比較

赤枠の距離区分では平成 28 年夏に、橙枠では平成 27 年夏に浮体設置された箇所を示す。図の縦軸は各測線における出現頻度を示す。
距離区分毎の出現割合とは、各測線における分類群毎の全確認個体数をもとに距離区分毎で出現割合を算出したものである。なお、確認個体数については、測線により調査回数が異なるため、1 調査回あたりに確認された数を求め、それを用いた。

表 8(11)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船舶による目視確認調査

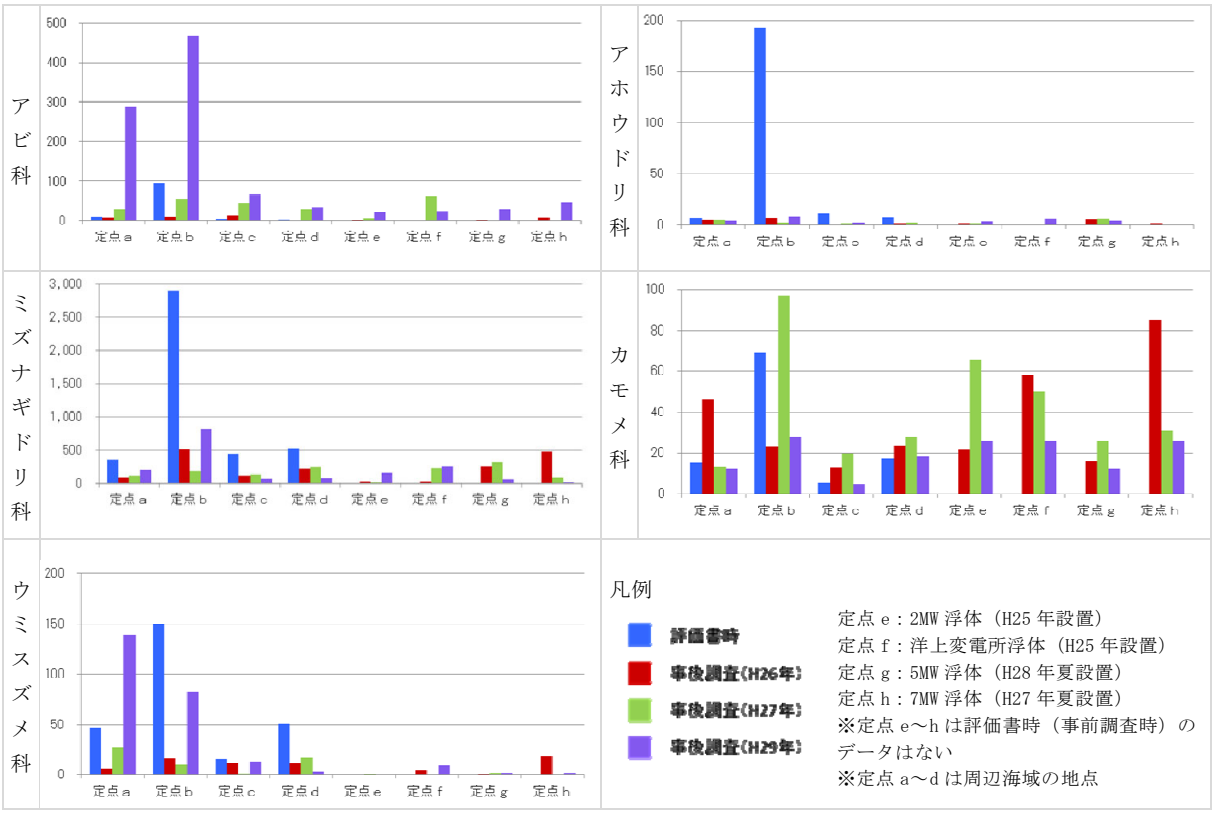


図 20　定点における各分類群の出現個体数の比較

縦軸は出現個体数を示す。なお、各定点において各調査時季に確認された個体数を 1 調査回あたりの個体数に換算し、調査努力量を均一化させた。得られた個体数を調査年度毎に合計し、それを出現個体数とした。

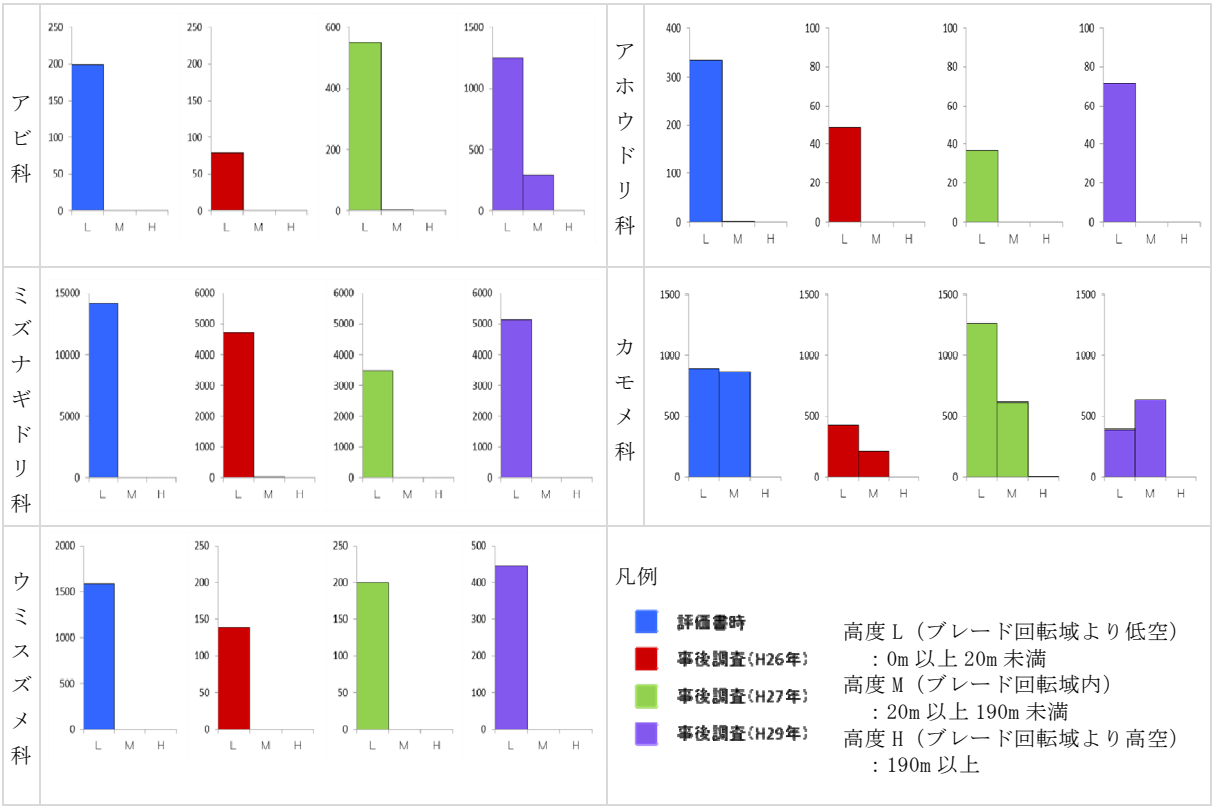


図 21　高度区分別の確認個体数の比較

縦軸は調査で確認された個体数を、横軸は高度区分を示す。

表 8(12)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　バードストライクに関する調査

【調査方法】

2MW 風力発電機及び 7MW 風力発電機を対象とし、赤外線ビデオカメラによる鳥類等の飛翔状況の調査を実施した。録画は 24 時間行った。また、飛翔物体を自動検知するシステムを構築し、反応があった箇所を再生し確認を行った。なお、自動検知の箇所だけでなく、録画されたすべての動画を再生することによる目視確認も行い、確認漏れが極力なくなるよう努めた。図 22 に録画データの確認画面を示す。

調査期間は、2MW は平成 26 年 9 月～平成 30 年 1 月、7MW は平成 28 年 3 月～平成 30 年 1 月とした。

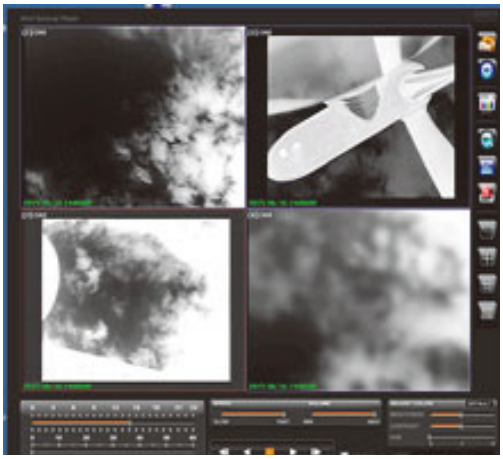


図 22　録画データの確認画面

【調査結果】

観測期間中に画角にうつった鳥類の確認例数は、2MW では 12,966 例、7MW では 11,494 例であった。なお、7MW は観測期間中ほとんど運転しておらず、それを反映して鳥類の確認例数が多くなっている。これらの確認例数は、ブレード回転域付近での飛翔のみならず画角に入った高空や周辺部も含め、飛翔が確認された例数となっている。なお、2MW の調査結果から、ブレード回転時にブレード回転域の高度を飛翔していたと考えられた鳥類は全体のおよそ 9%であった。画角内に入っていない周辺部の飛翔もあることを鑑みると、その割合は高くないものと考えられた。

表 15　飛翔物の確認例数

	鳥類	コウモリ	飛行機	不明	計
2MW	12,966	1,647	1,456	19,430	35,499
7MW	11,494	4	5	5,059	16,562

※2MW の観測期間は H26 年 9 月～H30 年 1 月、7MW は H28 年 3 月～H30 年 1 月である。
※7MW でコウモリや飛行機の確認数が極端に少なくなっているのは、カメラ設置位置がブレードから遠く、コウモリ等の小さな移動物は検知出来ない大きさに写るため記録されないことによる。

衝突が確認されたのは 7 例（いずれも 2MW 機での確認。7MW では確認されなかった）であった。表 16 に確認された状況を、図 24 に衝突時のキャプチャ画像例を示す。動画のみでは種の判別は困難であるが、飛翔の仕方から夜間に衝突した事例はコウモリ類の可能性も考えられた。観測期間は 3 年半弱で、7 例の衝突例であることからも、個体群へ及ぼす影響の程度は小さいと考えられた。

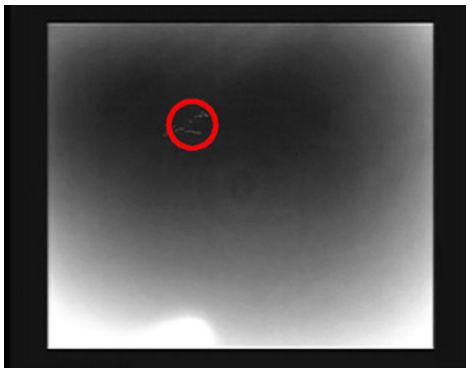
表 16　衝突確認事例（2MW）

年月日	時刻	個体数	種類等	出力(kW)	風速(m/s)
平成 26 年 9 月 18 日	20:15	1	種不明（小鳥類？）	411.1	5.7
平成 27 年 4 月 8 日	10:02	1	種不明（鳥類）	506.1	5.7
平成 27 年 4 月 8 日	10:32	1	種不明（鳥類）	317.4	5.0
平成 28 年 12 月 13 日	12:23	1	種不明（鳥類）	292.0	5.1
平成 29 年 4 月 12 日	23:05	1	種不明（小鳥類？）	1775.4	10.1
平成 29 年 8 月 26 日	19:44	1	種不明（コウモリ類？）	15.7	3.1
平成 29 年 10 月 10 日	23:15	1	種不明	76.6	3.6

注：発電機出力並びに風速ともに 10 分間の平均値を示す。風速は 2MW 風力発電機ナセルでの測定値を示す。

表 8(13)　事後調査結果の概要

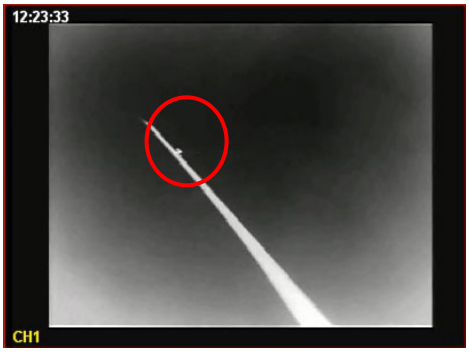
海鳥　｜　バードストライクに関する調査



夜間の群れでの移動
2015/04/16　06:16　(2MW)

カモメ類の飛翔（風車停止時）
2017/04/01　15:09　(7MW)

図 23　確認された鳥類のキャプチャ例



日時	平成 28 年 12 月 13 日　12 時 23 分発生
確認種	不明種
確認状況	ブレード近辺で飛翔。ブレードを避けようとするがその後衝突。

図 24　衝突確認例

表 8(14)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　バードストライクに関する調査

【参考：コウモリの音声モニタリング調査】

赤外線ビデオカメラの映像を確認していたところ、コウモリ類と思われる飛翔が確認された。沖合約 18km でコウモリ類が飛来するのか、またどういった種群のコウモリが飛来しているのかを確認するため、2MW 風車タワー基部に自動録音機能付きバットディテクター（SM4bat, Wildlife Acoustics 社製）1 台を平成 29 年 9 月 14 日～11 月 20 日まで試験的に設置した。

その結果、10～30kHz にピーク周波数がある種群（ヒナコウモリやヤマコウモリ等高高度を飛翔する種群）が 1,596 通過事例、30～60kHz の種群（アブラコウモリやユビナガコウモリ等、飛翔高度が低い種と高い種の両方が含まれる種群）が 6 事例確認された。また、10～30kHz の種群は、採餌音と思われる音声も 42 例確認されたことから、渡り等の一時的な通過のみではなく、採餌に訪れている可能性も考えられた。陸地からかなり離れた場所で、餌となる昆虫類がどれほど存在しているのか、季節に応じて飛翔頻度が異なるのかなど不明点が多い。風力発電機や浮体設置前のコウモリ類の利用状況の把握や、沖合に飛来する目的等の把握などが今後の課題であると考えられた。

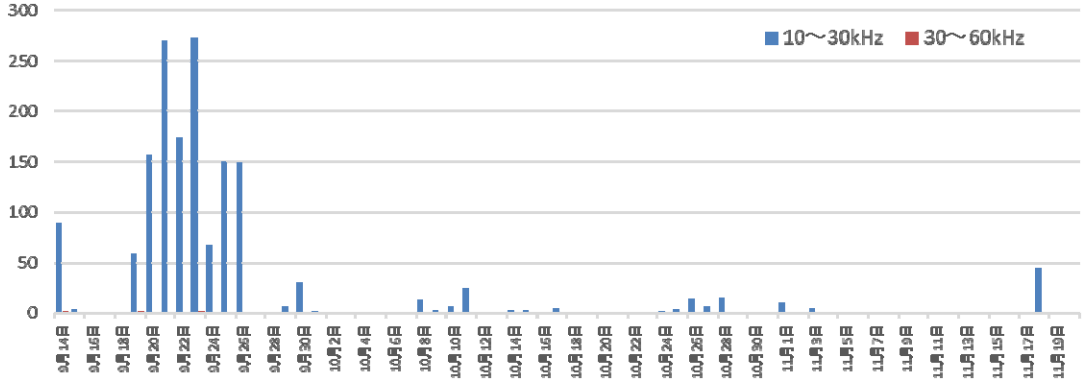
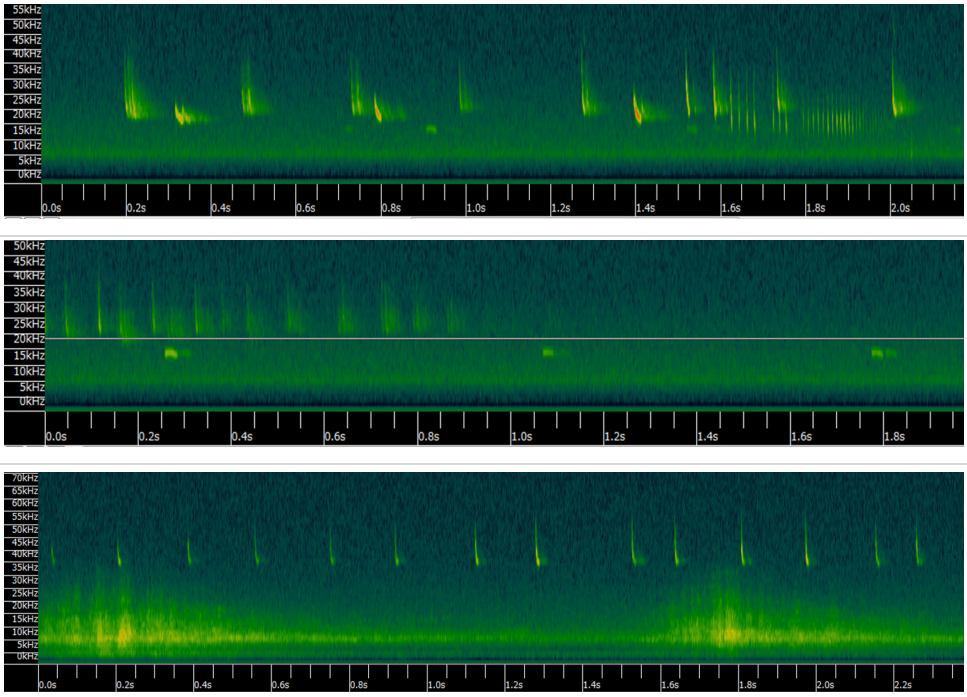


図 25　コウモリ類の日毎の通過事例数

縦軸は通過事例数を示す。30～60kHz の種群は 9/14、9/19、9/23 にそれぞれ 2 例確認されている。
観測時間は各日 17 時～翌 6 時までとした。



	10 ～ 30kHz の種群①：ヒナコウモリの可能性が考えられる。
	10 ～ 30kHz の種群②：ヒナコウモリ及びヤマコウモリの可能性が考えられる。
	30 ～ 60kHz の種群：アブラコウモリやユビナガコウモリ等の可能性が考えられる。

図 26　録音されたコウモリの音声波形

表 8(15)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船泊レーダによる飛翔状況調査

【調査方法】

船舶レーダを洋上サブステーション上に設置し、風力発電機設置後の周辺海域における鳥類の飛翔状況を把握した。調査には、「環境省 平成 19～21 年 風力発電施設バードストライク防止策実証業務」で開発された船舶レーダによる鳥類飛来監視システム（仮称）を用いた。これはレーダで観測した映像をパーソナルコンピュータに画像ファイルとして連続記録し、動体監視ソフトにより画像データ群から鳥類と判断される移動物体を飛翔軌跡として抽出するものである。

観測期間は表 17 のとおりである。

表 17　観測状況

観測期間	稼働時間	照射方向	観測範囲
平成 26 年 3 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日	連続	水平	半径 3.0 km
平成 29 年 4 月 1 日～平成 29 年 6 月 30 日	連続	水平	半径 3.0 km
平成 29 年 7 月 1 日～平成 29 年 12 月 17 日	連続	垂直	半径 1.5 km

【調査結果：水平照射】

悪天候時や波高が高い場合には観測できず、特に 11 月～3 月頃は欠測率が高くなった。また、海面付近は波浪の影響を受け、飛翔高度が低い鳥類は観測しにくい面があった。

月別に、昼夜の飛翔頻度や主な飛翔方向を表 18 にまとめた。各月とも昼夜問わず飛翔が確認された。出現頻度では、7 月と 8 月に高まる傾向があったが、欠測率が低いことも反映された結果となっている可能性がある。夜間は 5 月と 9 月に飛翔頻度が高まる傾向があり、その飛翔方向はそれぞれ北方向及び南方向であったことから、渡り鳥が当該海域を利用している可能性が考えられた。また、日中の主な飛翔方向は季節問わず北あるいは西の方向であった。

表 18　水平照射結果のまとめ

月	欠測率	出現頻度		飛翔方向	
		昼	夜	昼	夜
3 月	高			N	NE
4 月	中			W	NE
5 月	中			W	NE
6 月	中			W	NW
7 月	低			NW	SE
8 月	低			NW	SE
9 月	中			NW	SE
10 月	中			NW	SW
11 月	高			N	S
12 月	高			N,W	SW
1 月	高			N	SE,N
2 月	高			N	N

欠測率：高（50%以上），中（25%以上），低（25%以下）を示す。
出現頻度：薄青は 6～20 回/1 時間より小さい頻度を、濃青はそれ以上の頻度で確認されていることを示す。

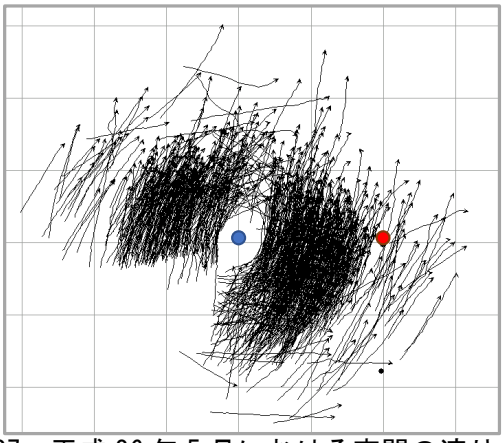


図 27　平成 26 年 5 月における夜間の渡りの可能性がある軌跡図

矢印は飛翔方向を示す。得られた飛翔軌跡をもとに、北あるいは西方向に飛翔し、軌跡長が全年平均値より長いものを図示した。
青丸はレーダ設置位置（洋上サブステーション）を、赤丸は 2MW 機を示す。主に北東方向へ直線的に伸びる飛翔軌跡が得られている。なお、マス目は一辺 1km である。SS 中心部や南西側の空白部分は構造物によるノイズ部分でありデータを削除している。設置点から 2km 以遠でデータ量が少なくなるのはレーダ設定上の特性であり、実際の飛翔数が少ないことを示すものではない。

表 8(16)　事後調査結果の概要

海鳥　｜　船泊レーダによる飛翔状況調査

【調査結果：垂直照射】

図 28 に飛翔高度別の出現頻度を示す。観測期間中、飛翔軌跡数が多かった 7 月、9 月、12 月を図示した。7 月は日中と夜間の出現頻度に大きな差は見られなかった。9 月は夜間の飛翔が多くなった。10 月も同様に夜間の飛翔が多くなった。11 月及び 12 月は日中と夜間で大きな差が見られなかった。また、飛翔高度が高高度になるにつれ、夜間の飛翔が多数を占める傾向が認められた。

陸上で実施されたレーダによる夜間の飛翔高度では、300～400m にピークがくる一山型の分布となる*3 が、海上では飛翔高度の低い 0～50m が卓越していた。海上は陸上と異なり構造物等もないため飛翔高度をあげる必要性がないことも関係していると思われるが、詳細は不明であり、今後の課題であると考えられる。

*3 田悟和己・髙橋明寛・萩原陽二郎・益子 理・横山陽子・近藤弘章・有山義昭・樋口広芳(2020)レーダーを用いた夜間の渡り鳥の飛翔数，飛翔高度，渡り経路の追跡．日本鳥学会誌 69(1) 41-61.

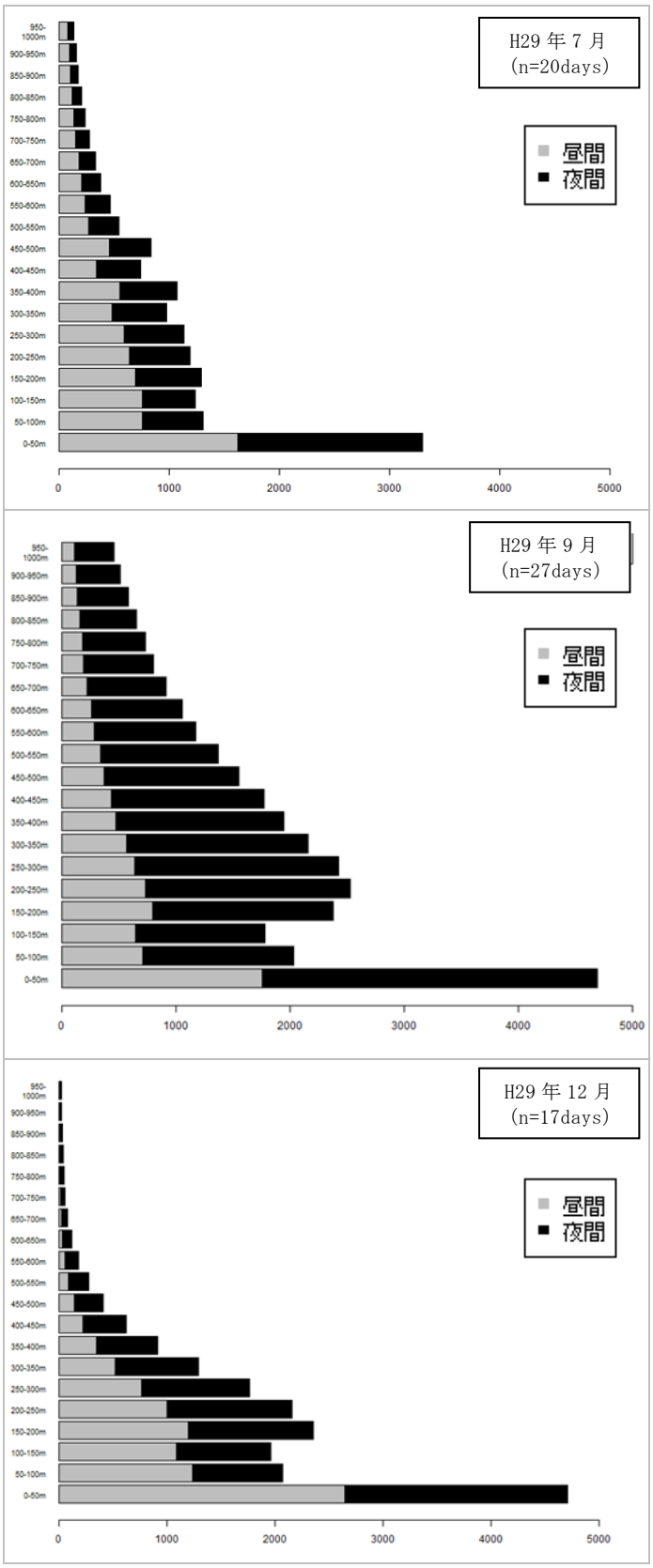


図 28　高度別の飛翔軌跡数

縦軸は 50m 毎の高度を、横軸は飛翔軌跡数を示す。

表 8(17)　事後調査結果の概要

海産哺乳類　｜　船舶による目視確認調査・定点音響調査

○船舶による目視確認調査

【調査方法】

船舶による目視確認調査を実施し、海産哺乳類の種名、個体数等を観察、記録を行った。調査実施時期は、評価書時（平成 24～25 年度）、事後調査（平成 26 年度、平成 27 年度、平成 29 年度）の 4 回実施した。それぞれ、春季（4 月）、春季（5 月）、夏季（6～7 月）、秋季（11 月）、冬季（1～2 月）に実施した。

【調査結果】

調査の結果、ミンククジラ、カマイルカ、イシイルカ、オットセイの 4 種が確認された。浮体設置後も海産哺乳類は当該海域を利用しており、生息種数については設置による影響の程度は小さいものと考えられた。特にオットセイやカマイルカは浮体直近でも確認された。

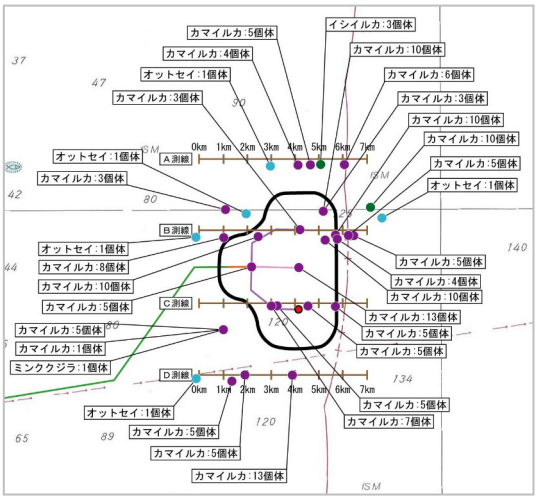


図 29　船舶による目視確認調査
平成 29 年調査の結果

○定点音響調査

【調査方法】

水中音響装置（A-tag）を、2MW 浮体、5MW 浮体、7MW 浮体、対照区（5MW 浮体より北側に約 3km の地点）の 4 地点に設置した。なお、A-tag は 360 度集音可能であるが、浮体に設置した地点では、180°分は構造物があるため、集音可能な範囲は半分となっていることに留意が必要である。なお、洋上サブステーションの浮体にも設置する予定であったが、構造上潜水により設置が困難であり、調査を実施できなかった。

調査は平成 26 年 7 月～12 月、平成 27 年 4 月～平成 28 年 2 月、平成 29 年 4 月～平成 30 年 1 月にかけて実施した。これら調査期間のうち、各浮体が設置されたあとそれぞれの箇所で調査を実施した。

【調査結果】

水中音響装置（A-tag）のソナー音の記録特性から、当該海域にはマイルカ科及びネズミイルカ科が利用していることが把握できた。目視確認調査の結果を踏まえると、マイルカ科はカマイルカ、ネズミイルカ科はイシイルカと考えられた。

各地点におけるソナー音受信回数を調査年毎に日別で整理した（図 30 参照）。浮体設置海域では 5 月下旬頃～6 月にかけて生物ソナー音受信回数が増加し、その後減少、11 月中旬頃から増加するパターンが確認された。また、浮体付近でもイルカ類の採餌と思われるソナー音が一定の割合で確認された。

表 8(18)　事後調査結果の概要

海産哺乳類　｜　船舶による目視確認調査・定点音響調査
【影響の程度の検討】 図 30 に示すとおり、ピーク時に来遊する個体数にも年変動があり、浮体設置の影響を単純に数の経年変化で検討することは難しいと考えられることから、各調査年度で地点間の比較を試みる。 生物ソナー音受信回数が多かった 11 月下旬から 1 月中旬頃に着目すると、2MW 浮体設置から 4 年経過した平成 29 年度では、浮体に設置した A-tag の集音範囲を考慮すると、2MW 地点と対照区の生物ソナー音受信回数はほぼ同程度であると考えられた。浮体設置から 3 年経過した 7MW も、A-tag の集音範囲を考慮した場合、対照区とほぼ同程度の出現傾向が認められた。これらから、設置された浮体周辺で小型鯨類が設置前と同様のレベルに戻るまでには 2 年～4 年程度の期間を要する可能性が考えられた。 浮体の存在そのもの、あるいは施設の稼働による小型鯨類に与える影響は考えられるものの、その期間は限定的で、一時的なものであることが示唆された。浮体周辺での採餌行動も確認されていることを鑑みると、魚礁としての蝟集効果の高まりとともに、小型鯨類の利用頻度もさらに高まる可能性も考えられた。

表 8(19)　事後調査結果の概要

海産哺乳類　｜　船舶による目視確認調査・定点音響調査

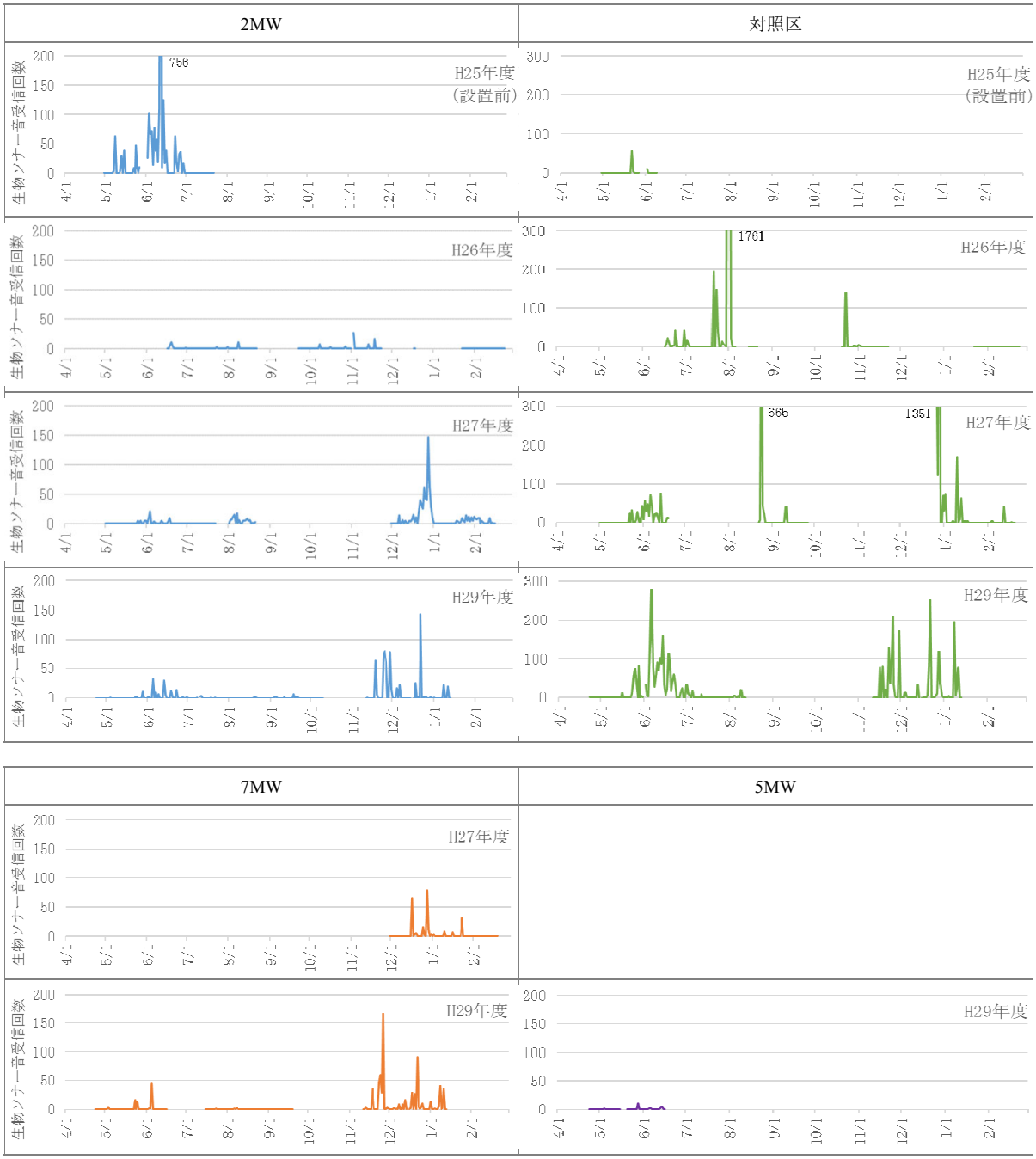


図 30　イルカ類のソナー音受信回数

実線がひかれていない期間は観測期間外あるいは欠測を示す。H25 年度は評価書時（事前調査時）の結果であり、浮体は未設置である。そのため、2MW 地点はブイ設置により観測している。H25 年度及び対照区以外は浮体に A-tag を設置し観測したため、集音可能範囲が半減している可能性があることに留意。

表 8(20)　事後調査結果の概要

魚類　｜　底魚調査

○底魚調査

【調査方法】

底魚を対象とした底曳き網漁法による漁獲調査を実施した。曳網時間は 10 分、曳網速度は約 3～4 ノットとした。調査地点は図 31 に示す 10 地点とした。

調査実施時期は、評価書時（平成 24～25 年度）、事後調査（平成 26 年度、平成 27 年度、平成 29 年度）の 4 回実施した。それぞれ、春季（4 月）、夏季（6～7 月）、秋季（11 月）、冬季（1～3 月）に実施した。

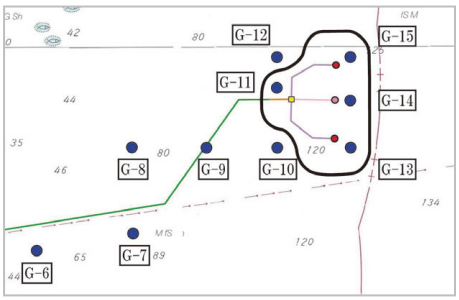


図 31　底魚調査地点

【調査結果】

・調査海域全体

調査海域全体の傾向を把握するため、全地点における漁業生物の季節別の出現状況を図 32 にまとめた。年変動はあるものの、海域全体としては、種類数、平均出現個体数、平均出現湿重量について、事業実施後も顕著な変化は認められなかった。

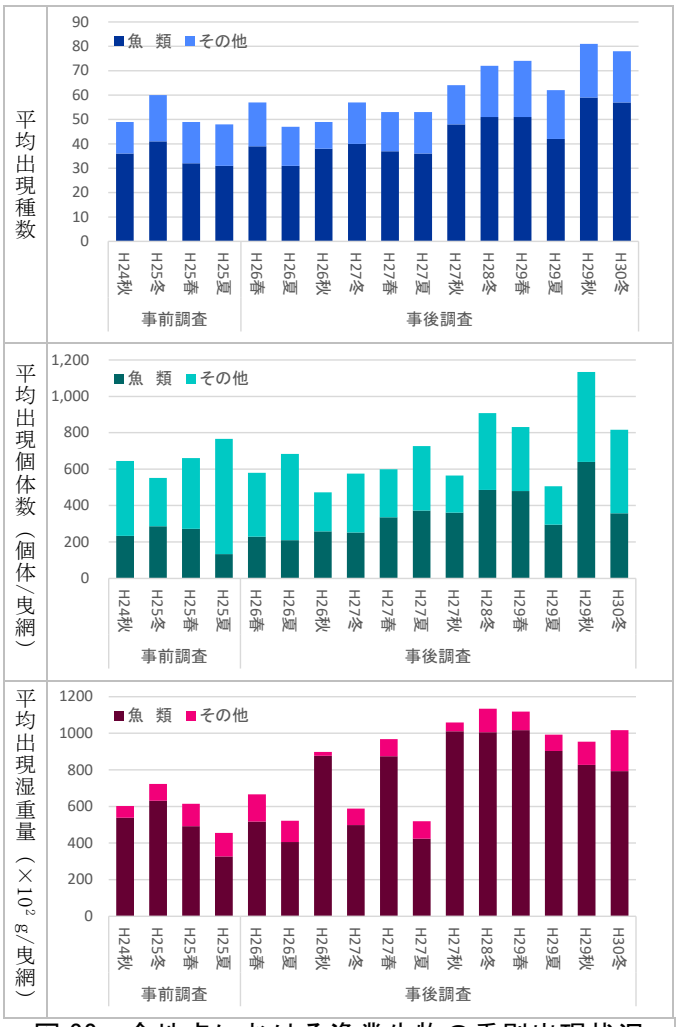


図 32　全地点における漁業生物の季別出現状況

表 8(21)　事後調査結果の概要

魚類　｜　底魚調査
・浮体設置箇所付近の地点での傾向 地点 G-13～15 は風力発電機設置箇所に該当するため、それぞれの地点において調査年度別に季節毎の結果を整理した（図 33）。魚類の出現種数について、いずれの地点でも浮体設置後において増加あるいは変化なしとなっていた。出現個体数及び出現湿重量については明確な傾向はなかったものの、設置後顕著な減少等は見られなかった。 また、G-13～15 について、優占種についても事前と事後で類似しており、顕著な影響は認められなかった。

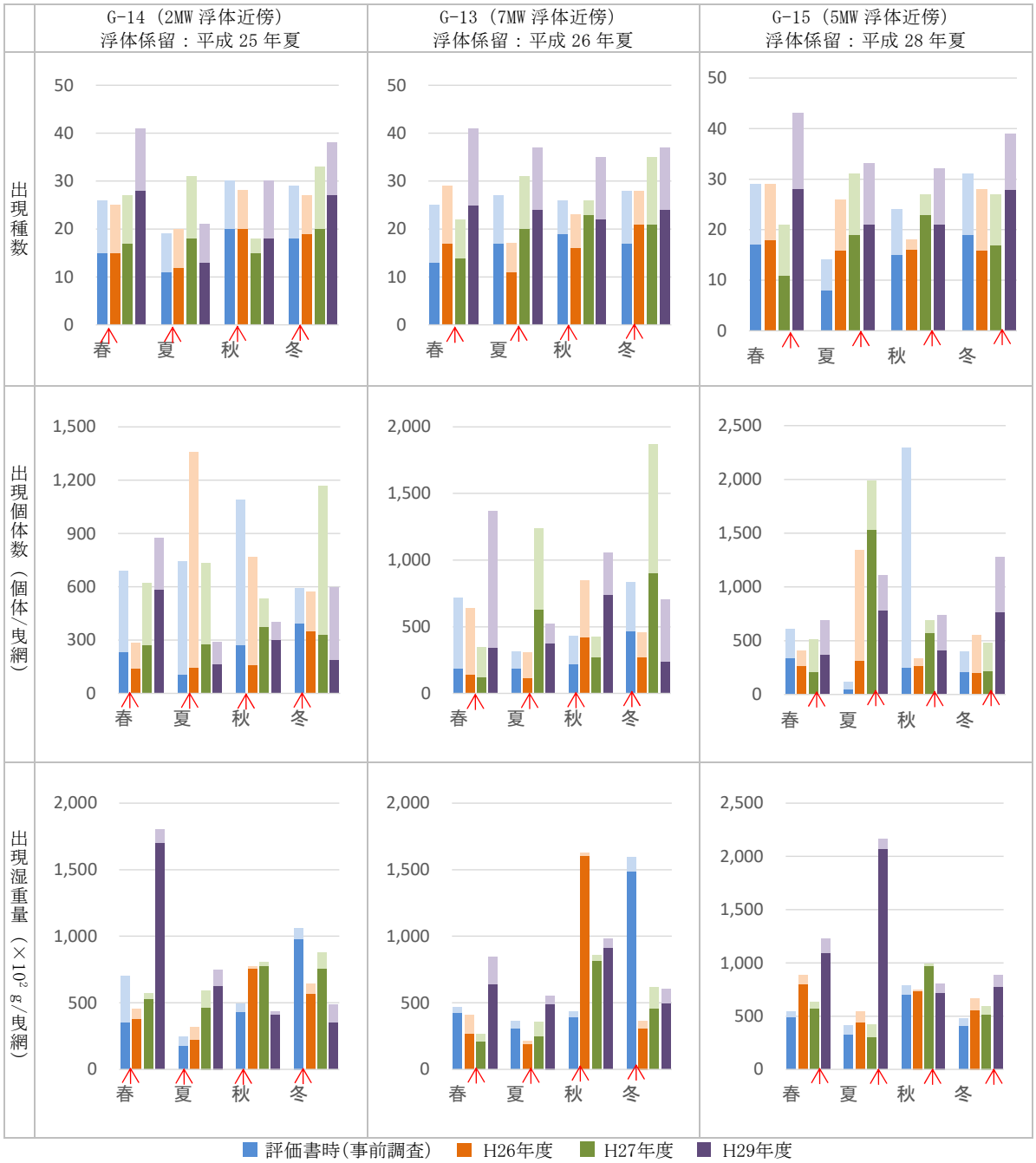


図 33　浮体設置箇所付近の 3 地点における季節別の出現状況

濃い色は魚類を、薄い色はその他を示す。赤矢印は各季節の浮体設置前・設置後の境を示す。

表 8(22)　事後調査結果の概要

魚類　｜　底魚調査
・主要種の出現状況 出現頻度や出現量が多く、水産利用の価値が高く、有用魚種としても知られているマアナゴ、マダラ、カナガシラ、ヒラメをとりあげ、経時変化を図 34 に示した。 マダラについて、秋季から冬季にかけて個体数が減少し、春季から夏季にかけて回復する傾向が認められた。東北太平洋沿岸におけるマダラの産卵期は12～3 月*4で、産卵期には水深100m 以浅に移動することが知られている*5。秋季から冬季にかけての減少は、産卵に伴う季節的な移動が要因と考えられた。なお、平成 27 年冬季の調査で個体数が多かったのは、他の年と比べ調査の実施が遅く、マダラが移動してきたことによるものと考えられた。また、春季と夏季には小型個体が確認されたことから、浮体設置後も再生産されていることがうかがわれたこと、設置後も設置前の個体数と大きく異なることはなかったことから、影響は小さいと考えられた。 マアナゴ及びヒラメについては、浮体設置後も設置前と同様に漁獲されており、大きな影響はないものと考えられた。 カナガシラについては、浮体設置後、個体数は減少しているように見えるが、浮体から離れた地点（G-10）においても年変動があり、平成 24 年度の調査では比較的出現しているものの、平成 29 年度の調査では個体数が少なくなる傾向があった。また、浮体設置後も継続して確認されていることからも、設置そのものの影響は顕著ではなく、自然要因による変化に依存するものと考えられた。 *4 福島県水産試験場（https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/405980.pdf，H30 年 2 月閲覧） *5 成松庸二（2006）マダラの生活史と繁殖生態－繁殖特性の年変化を中心に―．水産総合研究センター研究報告 別冊 4 号，137-146. 【影響の程度の検討】 調査海域及び浮体付近においても底魚全体への影響は考えられず、主要 4 種についても設置後に顕著な変化が確認されていないことから、事業実施による影響の程度は小さいものと考えられた。

表 8(23)　事後調査結果の概要

魚類　｜　底魚調査

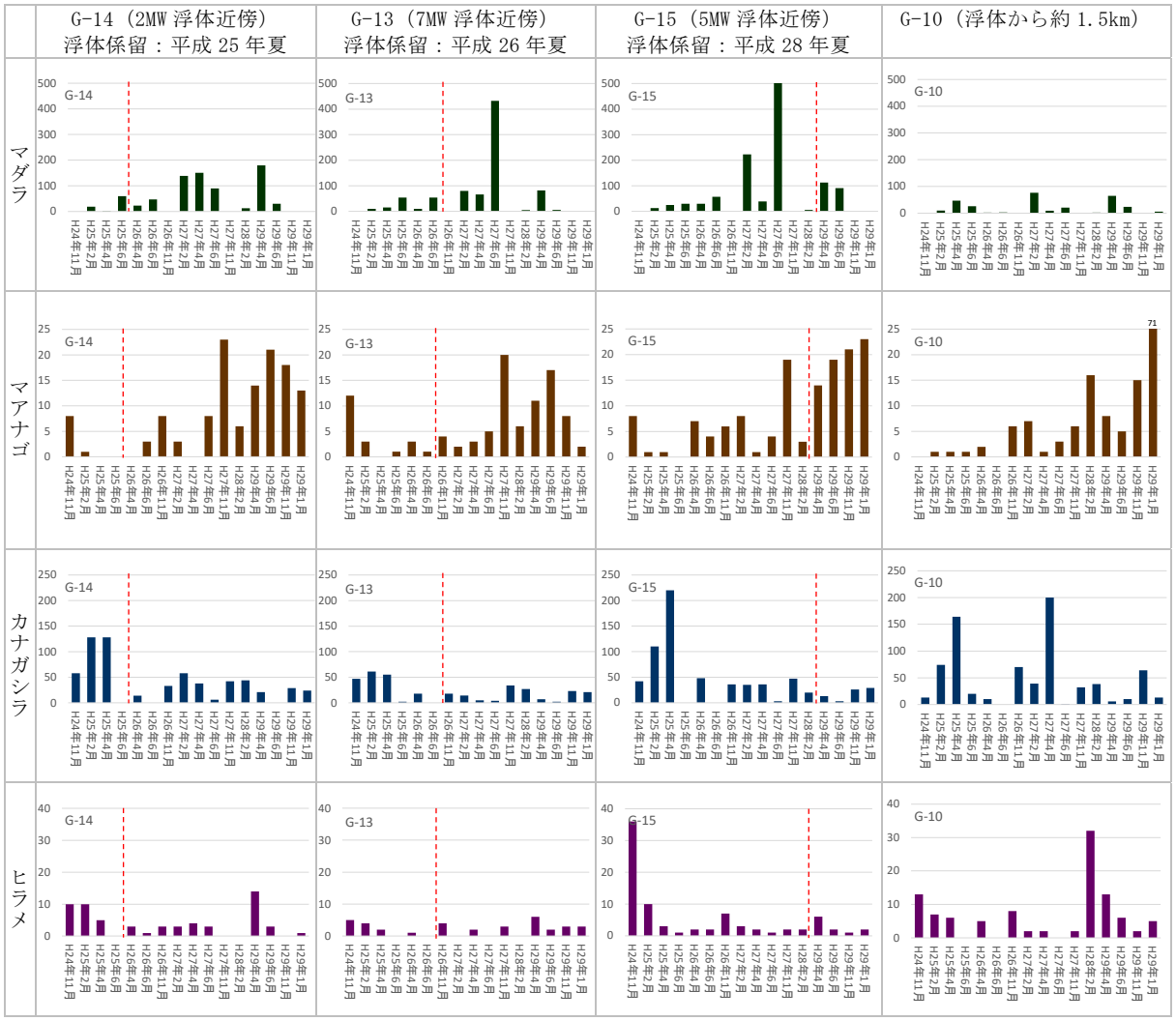


図 34　主要 4 種の経時変化

縦軸は個体数を、赤点線は浮体が設置された時期を示す。

表 8(24)　事後調査結果の概要

魚類　｜　浮魚類定点観測調査
○浮魚類定点観測調査 【調査方法】 各浮体及び対照区（事業実施区域から北に約 3km の地点、係留系を設置）に水中カメラを設置し、魚類の生息状況を確認した。水中デジタルカメラは RICOH WG シリーズを使用し、1 時間おきに 1 回インターバル撮影を実施した。また、カメラは 1 ヶ月に 1 回、潜水作業により回収・再設置を行った。 各浮体におけるカメラの設置個数について、2MW 浮体には主として水深 5m～9m の 3 箇所に、7MW 浮体には水深 5m～9m の 4 箇所に、5MW 浮体には水深 2.5m～3.5m の 2 箇所に、洋上変電所は水深 1m の 1 箇所に、対照区は水深 10m の 1 箇所に設置した。なお、5MW 浮体及び洋上変電所浮体は構造上、浮体に潮流が接触し乱流が生じており潜水作業が困難であり観測できない期間も多かった。 調査期間は平成 26 年 6 月～平成 27 年 2 月、平成 27 年 4 月～平成 28 年 2 月、平成 29 年 4 月～平成 30 年 1 月とした。また、上述のように海象によって設置・回収が困難であったり、機材が破損し、観測できない期間もあった。 【調査結果】 表 19 に、調査年度別の各地点における魚類の出現状況を示した。2MW、7MW、洋上変電所に関しては対照区と比べ魚類出現比率が高かった。また、ブリ等の浮魚類のほか、メバル属の数種（ウスメバル等）やイシダイ、メジナ等、岩礁域に生息する種も確認された。そのほか、不明魚種に含まれているが、イワシ、アジなどと思われる群の画像も確認された。 平成 29 年度調査時の潜水時に確認した結果では、2MW、7MW 及び洋上変電所の浮体においては、表面はフジツボ類やムラサキイガイなどの二枚貝類などの付着生物に加えて、キタムラサキウニなどの大型の底生動物、小型の多毛類や甲殻類、海藻類が生息し、その被覆率は潜水目視によりほぼ 100%であった。魚類出現比率についても、2MW 及び 7MW では調査初年度よりも次年度の方が数値が高まっており、付着生物群集の定着や遷移とともに、それらを餌とする魚類が生息あるいは生産できる環境が創出されていると考えられた。なお、5MW において調査実施できたのは平成 29 年 4 月～6 月と設置されてから間もなかったこともあり、付着生物の密度は低かったこと、及び観測できた期間が短かったことが、魚類が撮影されなかったことにつながっている可能性が考えられた。 また、季節によっても魚類撮影比率が異なっていた。2MW 浮体では、平成 27 年度は夏と冬、平成 29 年度は夏～秋に魚類の撮影枚数が多く、春は両年とも少ない傾向にあった。7MW 浮体でも、平成 29 年度の結果では、夏が多く春は少ない傾向であった。夏はブリ属やイシダイ、メジナなどの撮影頻度が高かった。冬は魚種不明として集計しているが、イワシやアジなどと思われる群が連続的に確認されるなど、一定期間滞留していたものと考えられた。 【影響の程度の検討】 風力発電機の運転開始後にも、浮魚礁としての蝟集効果が確認されたこと、浮体が岩礁の代わりとなり、付着生物群集が定着することで餌場やシェルターとして機能していたことから、新たな生息環境が創出され、多様な種が生息可能となったと考えられた。

魚類　｜　浮魚類定点観測調査

表 19　定点観測調査における魚類の出現状況

表中の数字は魚類が写っている写真の枚数を示す。H29 年度の洋上変電所ではカメラ設置できなかった。魚類出現比率は、出現合計枚数／撮影画像枚数×100 の値を示す。

種名	水中カメラを設置した浮体と調査年度											
	2MW			7MW		5MW	洋上変電所			対照区		
	H26	H27	H29	H27	H29	H29	H26	H27	H29	H26	H27	H29
メバル属の数種	26	0	7	0	1	0	0	0	－	0	0	0
アナハゼ属の一種	1	0	0	0	0	0	0	0	－	0	0	0
カンパチ	0	0	0	0	1	0	0	0	－	0	0	1
ブリ	8	0	3	0	0	0	2	0	－	0	0	0
ブリ属の一種	0	8	22	1	11	0	0	4	－	0	1	1
オヤビッチャ	0	2	7	0	4	0	0	0	－	0	0	0
イシダイ	17	2	107	0	117	0	0	0	－	0	0	0
イシガキダイ	0	0	2	0	11	0	0	0	－	0	0	0
カゴカキダイ	0	22	0	0	0	0	0	0	－	0	0	0
メジナ	2	0	15	0	8	0	6	0	－	0	0	0
ベラ科の数種	32	0	0	0	1	0	1	0	－	0	0	0
ツバメウオ	0	0	0	0	20	0	0	0	－	0	0	0
サバ科の一種	0	0	0	0	0	0	0	0	－	0	0	0
カワハギ科の一種	0	0	0	0	0	0	0	0	－	0	1	0
マンボウ	0	0	0	1	0	0	0	0	－	0	0	0
不明魚種	46	237	42	7	107	0	9	2	－	1	2	0
魚類出現合計枚数	132	271	205	9	281	0	18	6	－	1	4	2
撮影画像枚数	8074	4823	6701	3082	9369	591	940	476	－	1602	1336	1613
魚類出現比率	1.6	5.6	3.1	0.3	3.0	0.0	1.9	1.3	－	0.1	0.3	0.1

ブリ（H29.8.29 撮影、2MW 浮体）

イシダイ（H29.9.20 撮影、7MW 浮体）

不明魚種（H27.12.6 撮影、2MW）

図 35　定点観測調査で確認された魚種の例

魚類　｜　浮魚類定点観測調査

○参考：潜水時における目視確認調査

【調査方法】

水中カメラ設置の際など、可能な範囲で魚類や付着生物の生息状況を補足的に記録した。ここでは調査回数が多かった 2MW 及び 7MW 浮体について、平成 29 年度の確認結果を整理した。

【調査結果】

表 20 に魚類の確認状況を示す。定点観測調査と同様に夏から秋にかけて多く確認された。イシダイについては、冬季は確認されず、表層付近の水温低下に伴い深場へ移動したことや逸散したと考えられた。8～9 月にはカンパチやブリといった魚食性の回遊魚も確認されており、浮体付近が餌場環境として利用されていることと考えられた。

表 20　潜水時における浮体付近に生息する魚類の確認状況（平成 29 年度調査）

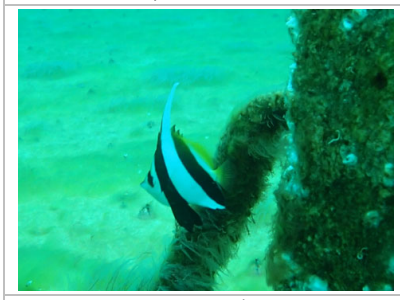
種名	4 月		5 月		6 月		7 月		8 月		9 月		10 月		11 月		12 月		1 月	
	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ	Ⅱ	Ⅶ
ウスメバル						－	◎													
メバル属						－	○													
クジメ					○	－	○		○											
カンパチ						－			○			○								
ブリ					○	－					○									
ハタタテダイ						－			○			○								
オヤビッチャ						－			◎		○	○			○		○			
ソラスズメダイ						－					○									
イシダイ						－			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
イシガキダイ						－			○			○								
イスズミ						－			○		○	○								
メジナ						－			◎	◎	◎	◎	○	○		◎	○			
ホシササノハベラ					○	－	○				○						○			
イソギンポ科						－	○													
ツバメウオ						－				○		○								

注）Ⅱは 2MW 浮体を、Ⅶは 7MW 浮体を示す。○は各調査回で 10 個体未満、◎は 10 個体以上確認された種を示す。空欄は確認なし、－は潜水調査不実施を示す。

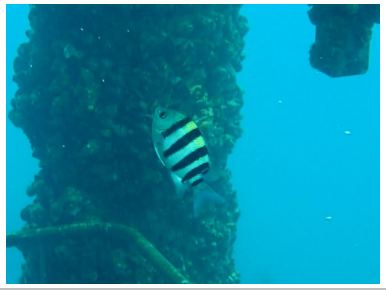
ウスメバル

メジナ

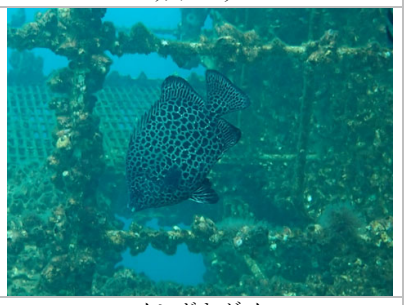
カンパチ



ハタタテダイ



オヤビッチャ



イシガキダイ

図 36　浮体周辺で確認された魚類の例

魚類　｜　浮魚類定点観測調査

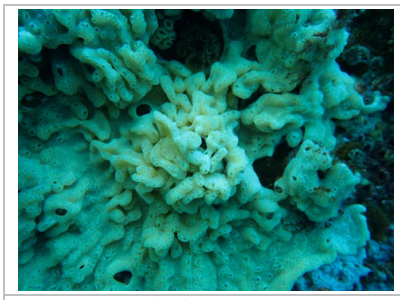
表 21 に付着生物の確認状況を示す。2MW は 7MW に比べ、付着生物の種類が多く、生物相と出現量は時間の経過とともに増加しながら遷移してきていると考えられた。7MW における付着生物はフジツボ類やヒドロ虫綱が主であったが、2MW はこれらに加え、移動性の貝類やカニ類、ヒトデ類などが確認された。

ヒトデ類はいずれも肉食性であるため、その餌となるムラサキイガイなどが多い 2MW でより多く確認されたと考えられる。キタムラサキウニやエゾアワビは海藻類を餌としており、浮体壁面に付着した海藻類を摂食していることが推察された。このほか、小型のカニ類やフジツボ類は、定点観測浮魚調査で平成 29 年 8、9 月に多かったイシダイやイシガキダイの餌となることが知られており、浮体壁面における付着生物は周辺の魚類の餌としても利用されていることが推察された。また、ムラサキイガイやフジツボ類の隙間では、ショウジンガニなどのカニ類やイソギンポなどが確認され、外敵からの逃避や住み家として付着物を利用していることがうかがわれた。

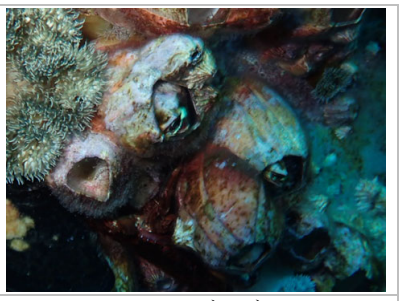
付着生物の出現状況からみた場合、風力発電設備は漁礁、藻礁にも通ずる効果を有していると考えられた。

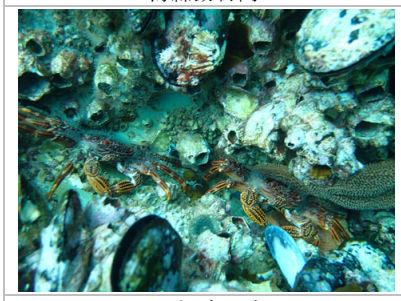
表 21　潜水調査により浮体で確認された付着生物及び底生生物（平成 29 年度調査）

門	目	和名/項目	生息・生育形態	出現状況	
				2MW	7MW
海綿動物	-	海綿動物門	固着	○	○
刺胞動物	-	ヒドロ虫綱	固着	○	○
	磯巾着	磯巾着目	固着	○	○
軟体動物	古腹足	エゾアワビ	移動	○	
	新腹足	レイシガイ	移動	○	
	アメフラシ	アメフラシ	移動	○	
	側鰓	ウミフクロウ	移動	○	
	イガイ	ムラサキイガイ	固着	○	○
	カキ	アカザラガイ	固着	○	
		イワガキ	固着	○	○
節足動物	無柄	アカフジツボ	固着	○	○
		チシマフジツボ	固着	○	○
	十脚	ショウジンガニ	移動	○	
棘皮動物	ヒメヒトデ	イトマキヒトデ	移動	○	
	キヒトデ	エゾヒトデ	移動	○	
		キヒトデ	移動	○	
	ホンウニ	エゾバフンウニ	移動	○	
		キタムラサキウニ	移動	○	
	マナマコ	マナマコ	移動	○	
原索動物	マボヤ	マボヤ	固着	○	
緑色植物	アオサ	アオサ属	固着	○	○
	-	珪藻綱	固着	○	○
黄色植物	コンブ	ワカメ	固着	○	
紅色植物	スギノリ	フダラク	固着	○	
	イギス	イギス科	固着	○	○


海綿動物門

エゾアワビ


アカフジツボ


ショウジンガニ

イトマキヒトデ

マボヤ

図 37　浮体で確認された付着生物の例

Ⅲ．環境保全措置の内容、効果及び不確実性の程度

1．環境保全措置の内容及び不確実性の程度

環境影響評価書に記載した環境保全措置の効果及び不確実性の程度は以下のとおりである。

(1)「工事の実施」に係る環境保全措置

① 大気環境

影響要因	環境要素	措置の効果	実施状況	不確実性の程度 (なし=○、あり=×)
建設機械の稼働	騒音（水中騒音）	対象事業実施区域において実施する工事内容を最小化することで、騒音の発生を抑制する。	対象事業実施区域において実施する工事内容を最小化することで、騒音の発生を抑制した。	○

② 水環境

影響要因	環境要素	措置の効果	実施状況	不確実性の程度 (なし=○、あり=×)
造成等の施工による一時的な影響	水の濁り	浚渫を行わないことにより、底土の巻き上げを最小限に抑え、水の濁りの発生を抑制する。	浚渫を行わないことにより、底土の巻き上げを最小限に抑え、水の濁りの発生を抑制した。	○
		海上作業は約 5 ヶ月間程度とし、可能な限り短期間で敷設を終了させる。	海上作業は可能な限り短期間で敷設を終了させた。	○

③ 動物・植物

影響要因	環境要素	措置の効果	実施状況	不確実性の程度 (なし=○、あり=×)
造成等の施工による一時的な影響	重要な種及び注目すべき生息地（海域に生息するものを除く。）	海上作業は約5ヶ月間程度とし、可能な限り短期間で敷設を終了させる。	海上作業は可能な限り短期間で敷設を終了させた。	○
	海域に生息する動物･海域に生育する植物	浚渫を行わないことにより、底土の巻き上げを最小限に抑え、水の濁りの発生を抑制する。	浚渫を行わないことにより、底土の巻き上げを最小限に抑え、水の濁りの発生を抑制した。	○
		海上作業は約5ヶ月間程度とし、可能な限り短期間で敷設を終了させる。	海上作業は可能な限り短期間で敷設を終了させた。	○

(2)「土地又は工作物の存在及び供用」に係る環境保全措置

① 動　物

影響要因	環境要素	措置の効果	実施状況	不確実性の程度 (なし=○、あり=×)
地形改変及び施設の存在	重要な種及び注目すべき生息地（海域に生息するものを除く。）	白色閃光灯を用いた航空障害灯及び閃光灯を用いた航路障害灯を採用することで鳥類の風力発電機への誘引を回避する。	白色閃光灯を用いた航空障害灯及び閃光灯を用いた航路障害灯を採用し、鳥類の風力発電機への誘引を回避に努めた。	○

② 景　観

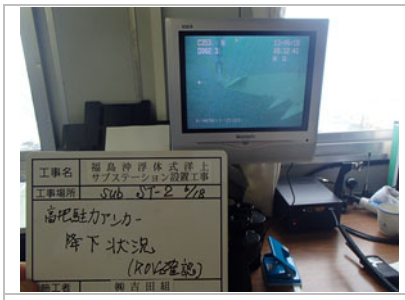
影響要因	環境要素	措置の効果	実施状況	不確実性の程度 (なし=○、あり=×)
地形改変及び施設の存在	主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観	風力発電機の色彩を、背景になじみやすいとされる薄いグレーとすることで、景観への影響を低減できる。	風力発電機の色彩を、背景になじみやすいとされる薄いグレーとすることで、景観への影響を低減に努めた。	○

2. 環境監視の項目、手法及び結果

事後調査を実施するもののほか、事業特性の観点から、自主的な環境監視を行うことが適切と考えられる事項について、環境監視を行った。環境監視項目及びその結果の概要を表 22 に示す。

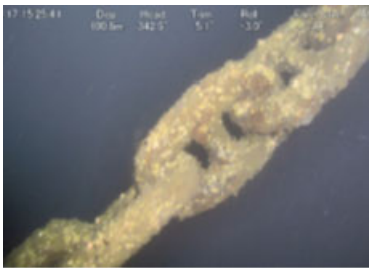
表 22　環境監視項目及びその結果

影響要因	環境要素	監視項目	実施内容	結果
造成等の施工による一時的な影響	水環境	水の濁り	アンカー・チェーンやライザーケーブルの敷設工事等の状況を水中カメラで遠隔監視し、底土の巻き上がりの状況を把握する。	底土の巻き上がりについて、ROV 画像により船上より監視した。結果として、想定外の陥没等による大規模な水の濁りはなかったことを確認した。
	廃棄物等	産業廃棄物	工事に伴い発生する産業廃棄物の種類、発生量、処分量及び処分方法を把握する。	対象事業実施区域における建設工事に伴い発生した産業廃棄物はなかった。
施設の稼働	大気環境	騒音(水中騒音)	騒音等を生じさせる可能性のあるアンカー・チェーンの緩み等の有無を監視する。	ROV 画像による確認を実施し、騒音等を生じさせる可能性のあるチェーンの緩みは認められなかった。
	その他	電波障害（漁業無線）	対象事業実施区域周辺を航行する船舶からヒアリングを行い、漁業無線の送受信状況を把握する。	漁業者等から聞き取りを実施したが、送受信状況に特に問題はないとの結果であった。
	動物	海域に生息する動物等	風力発電機のメンテナンス時にも鳥類等の死骸等の痕跡の確認に努め、何らかの痕跡が確認された場合には回収、記録に努める。	2MW 浮体において、ドバト（レースバト）の採食された跡の死骸が 2 例確認された。浮体を餌場として利用していたハヤブサにより捕食されたものと考えられた。



ROV による監視状況

牽引試験後のアンカーチェーンの状況



水深 100m 地点のチェーンの状況

図 38　環境監視の状況

Ⅳ．環境の状況に応じて講ずる環境の保全のための措置の内容、効果及びその不確実性の程度

事後調査の結果を受けて、追加的に講じる環境の保全のための措置はない。

Ⅴ．専門家等からの助言

専門家等からの助言は以下のとおりである。有識者からの助言を踏まえ、事後調査結果の詳細な内容については別冊で取りまとめ、公表することとした。

・有識者 A（専門分野：動物（鳥類））

所属	意見の概要
大学名誉教授	・レーダ調査の結果をみると、9 月の夜間は、他時期の夜間よりも飛翔数が多く、渡り鳥が通過している可能性があると思われる。 ・バードストライクの事例は少なく、重大な影響はないと考えられた。 ・とくに、カモメ類はブレード回転域を飛翔する割合が高い種群だが、多数の衝突は確認されておらず、ブレードが回転している場合には避けていると考えられる。海外の文献では、カモメ類の回避率は 99.5%ほどとなっており、高い回避率をもった種群であると考えられる。 ・猛禽類のうち、ハヤブサに関しては新たな狩場として利用していることが確認されている。こういった構造物を 20km 程度沖合に設置した場合でも陸側と沖合の浮体を行き来しているようであり、今後の影響予測においては念のため取り上げておくのがよいだろう。 ・ミサゴについては、浮体設置により、浮体付近に餌場となる比較的水深の浅い場所が創出されたわけではないため、餌場としての価値は低く、利用しなかったものと考えられる。この点が島嶼等と異なっており、ミサゴが確認されなかった要因ではないかと考えられる。 ・衝突監視のビデオカメラにもコウモリ類と思われる個体が多数確認されており、また、バットディテクターを用いた調査でもコウモリ類の音声が確認されている点、非常に興味深い。秋の渡り時期のみならず、日常的に飛来してきている様子もうかがえる。なぜこれほど沖合の風力発電所にコウモリ類が飛翔してきているのか、採餌音が入っているとのことだが、どういった餌をとっているのか等、不明な点は多い。また、衝突している様子も確認されていることから、実態の解明は今後の課題であろう。 ・調査結果の公表にあたっては、今後の知見となるよう、要約版のみではなく、年度毎に調査した詳細な結果を別途公表するなど対応することが望ましい。

・有識者 B（動物（海産哺乳類・海洋音響学））

所属	意見の概要
研究所研究員	＜海産哺乳類＞ ・海産哺乳類の音声調査の結果、春先と冬に当該海域に来遊するという、季節変動の傾向については風力発電所設置前後で大きな変化はないと捉えられる。大きなスケールでの海水温の変動で、季節的にこの海域を使う、使わないが決まっているものと考えられる。 ・浮体設置後も、当該海域に小型鯨類が来遊してきており、顕著な影響は生じていないと考えられる。調査結果から、設置直後はイルカ類の利用頻度は減ったと捉えられると思うが、その後、回復してくる傾向が認められることから、影響は限定的なものだと考えられるだろう。 ・浮体式洋上風力の工事後あるいは設置後の調査は限られたものとなっており、事後調査の結果については要約のみではなく詳細な結果を別途提示するのがよいだろう。 ・定点音響調査の結果について、当該海域の利用の日周変動に関しても触れられるとよいだろう。加えて、採餌を行っているかどうかもソナー音の音響探索距離から考察できるため、これも触れられるとよいだろう。 ＜水中音＞ ・工事中の調査結果をみても、大きな音は出ておらず、生物への影響は大きくないと言えるだろう。 ・稼働時の水中音の結果から、おおよそ 500m も離れると背景雑音に紛れる程度の大きさであり、影響の程度は小さいと言えるだろう。 ・風が強い場合でも、水中音はそれほど大きくならず、また、背景雑音も低周波領域が卓越するため、稼働音の主成分である 50～100Hz の低周波音はマスキングされやすく、その結果影響は小さいと言えるだろう。 ・工事中並びに稼働中の水中音について、大きな影響はないものと考えられる。

・有識者 C（動物（魚類））

所属	意見の概要
大学名誉教授	・事後調査の結果からは魚類への大きな影響はないものと考えられるが、調査そのものが十分かどうかに関しては議論の余地がある。 ・稼働時の水中音に長期間暴露されることによる影響については不明な点もある。長期的に影響がないかを把握する点は今後の課題で、実験的な研究が必要であろう。 ・浮体式洋上風力発電所が設置されると、そこでの漁は出来なくなるかもしれないが、ある意味保護区のような場所となり得るのではないか。そういった場所があると、そこから周辺へ漁業資源が滲みだし、長期的に見ると漁獲量なども増加してくる可能性も考えられる。 ・保護区のような場所が出来るメリットと、漁業が出来ないデメリットが考えられる事業なので、そのメリットとデメリットを極力把握していくことが今後の課題と言えるだろう。今後実施される沖合での浮体式洋上風力発電の調査に際しても、このような視点を持って対応することが重要であると考えられる。

・有識者 D（動物（コウモリ類））

所属	意見の概要
大学教員	・20km 沖合でコウモリ類の音声が確認されたとのことは非常に興味深い。これほど沖合まで飛んでいる事例はあまり確認されたことがないのではないか。貴重な記録である。 ・秋の記録しかないため何とも言えないが、渡りの可能性もあるだろう。 ・探餌音のようなものも確認されているが、これはねぐらがあるかを探している音である可能性もある。餌場として利用されている場合は、さらに音声が記録される回数が多くなる可能性もある。 ・ヒナコウモリやヤマコウモリは時速 30km/h くらいで飛翔できる能力があり、1 時間弱飛べば本海域まではたどり着くことが可能であろう。 ・実際にコウモリ類と思われるブレードへの衝突事例も確認されていることから、一定程度の影響が生じていると考えられるだろう。 ・今後の課題として、音声モニタリング調査については、秋だけでなく、通年で実施し、利用状況を把握することが重要と考えられる。また、何のために沖合まで飛翔してくるのかを推測できるよう餌の調査も実施し、実態を把握することがあげられる。

巻末資料

鳥類の飛翔高度別確認個体数

資料　表(1)　重要な種及びその他の鳥類の飛翔高度別確認個体数（全調査）

種名		高度S	高度L	高度M	高度H	合計
重要な種	オシドリ	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	コアホウドリ	171(42.0)	235(57.7)	1(0.2)	0(0.0)	407(100.0)
	アホウドリ	1(6.3)	15(93.8)	0(0.0)	0(0.0)	16(100.0)
	ヒメウ	0(0.0)	107(86.3)	17(13.7)	0(0.0)	124(100.0)
	ササゴイ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	チュウサギ	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)
	ウミガラス	0(0.0)	8(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	8(100.0)
	マダラウミスズメ	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)
	ウミスズメ	50(3.0)	1,640(97.0)	0(0.0)	0(0.0)	1,690(100.0)
	カンムリウミスズメ	16(94.1)	1(5.9)	0(0.0)	0(0.0)	17(100.0)
	ハイタカ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	ハヤブサ	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	2(100.0)
その他の種	オナガガモ	0(0.0)	0(0.0)	4(100.0)	0(0.0)	4(100.0)
	コガモ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	スズガモ	0(0.0)	46(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	46(100.0)
	クロガモ	0(0.0)	12(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	12(100.0)
	ホオジロガモ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	ウミアイサ	0(0.0)	45(93.8)	3(6.3)	0(0.0)	48(100.0)
	アカエリカイツブリ	1(5.6)	17(94.4)	0(0.0)	0(0.0)	18(100.0)
	キジバト	0(0.0)	1(50.0)	1(50.0)	0(0.0)	2(100.0)
	アビ	2(2.1)	93(96.9)	1(1.0)	0(0.0)	96(100.0)
	オオハム	21(8.4)	212(84.5)	18(7.2)	0(0.0)	251(100.0)
	シロエリオオハム	148(8.1)	1,435(78.9)	236(13.0)	0(0.0)	1,819(100.0)
	ハシジロアビ	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)
	アビ科	54(12.6)	336(78.1)	40(9.3)	0(0.0)	430(100.0)
	クロアシアホウドリ	68(22.1)	240(77.9)	0(0.0)	0(0.0)	308(100.0)
	フルマカモメ	0(0.0)	7(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	7(100.0)
	オオミズナギドリ	3,371(17.9)	15,435(82.1)	1(>0.1)	0(0.0)	18,807(100.0)
	ハイイロミズナギドリ	9,886(59.6)	6,710(40.4)	0(0.0)	0(0.0)	16,596(100.0)
	ハシボソミズナギドリ	507(10.3)	4,420(89.7)	0(0.0)	0(0.0)	4,927(100.0)
	アカアシミズナギドリ	26(21.3)	96(78.7)	0(0.0)	0(0.0)	122(100.0)
	ミズナギドリ科	485(67.2)	237(32.8)	0(0.0)	0(0.0)	722(100.0)
	アシナガウミツバメ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	カワウ	1(1.5)	64(94.1)	3(4.4)	0(0.0)	68(100.0)
	ウミウ	0(0.0)	6(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	6(100.0)
	アオサギ	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)
	ダイサギ	0(0.0)	4(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	4(100.0)
	アマツバメ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	チュウシャクシギ	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	2(100.0)
	アカエリヒレアシシギ	40(19.5)	165(80.5)	0(0.0)	0(0.0)	205(100.0)
	ハイイロヒレアシシギ	259(12.7)	1,780(87.3)	0(0.0)	0(0.0)	2,039(100.0)
	シギ科	5(1.7)	293(98.3)	0(0.0)	0(0.0)	298(100.0)
	ミツユビカモメ	93(8.5)	858(78.4)	143(13.1)	0(0.0)	1,094(100.0)
	ユリカモメ	2(8.3)	17(70.8)	5(20.8)	0(0.0)	24(100.0)
	ウミネコ	456(15.2)	1,550(51.6)	995(33.1)	5(0.2)	3,006(100.0)
	カモメ	10(20.0)	16(32.0)	24(48.0)	0(0.0)	50(100.0)
	ワシカモメ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	セグロカモメ	17(10.1)	81(47.9)	71(42.0)	0(0.0)	169(100.0)
	オオセグロカモメ	62(4.2)	432(29.5)	972(66.3)	0(0.0)	1,466(100.0)
	アジサシ	0(0.0)	3(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	3(100.0)
	カモメ科	10(7.6)	3(2.3)	118(90.1)	0(0.0)	131(100.0)

注1：括弧内は種類毎の全確認個体数に対する割合（百分率）を示す。
注2：飛翔高度の区分は以下に示すとおり。
　　S：0m（着水）　L：0m以上20m未満　M：20m以上190m未満　H：190m以上
注3：高度区分Mを跨ぐ飛翔が確認された場合には、高度区分Mとして扱った。

資料　表(2)　重要な種及びその他の鳥類の飛翔高度別確認個体数（全調査）

種名		高度 S	高度 L	高度 M	高度 H	合計
その他の種	オオトウゾクカモメ	0(0.0)	8(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	8(100.0)
	トウゾクカモメ	2(2.8)	57(80.3)	12(16.9)	0(0.0)	71(100.0)
	シロハラトウゾクカモメ	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	トウゾクカモメ科	0(0.0)	4(80.0)	1(20.0)	0(0.0)	5(100.0)
	ハシブトウミガラス	2(28.6)	5(71.4)	0(0.0)	0(0.0)	7(100.0)
	ウミオウム	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	ウトウ	90(11.6)	688(88.4)	0(0.0)	0(0.0)	778(100.0)
	ウミスズメ科	4(11.4)	31(88.6)	0(0.0)	0(0.0)	35(100.0)
	ツバメ	0(0.0)	2(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(100.0)
	キビタキ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	ハクセキレイ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
	カシラダカ	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
合計		15,863(28.3)	37,433(66.9)	2,670(4.8)	5(>0.1)	55,971(100.0)

注 1：括弧内は種類毎の全確認個体数に対する割合（百分率）を示す。
注 2：飛翔高度の区分は以下に示すとおり。
　　S：0m（着水）　L：0m 以上 20m 未満　M：20m 以上 190m 未満　H：190m 以上
注 3：高度区分 M を跨ぐ飛翔が確認された場合には、高度区分 M として扱った。