

令和4年度第2回岩手県海洋エネルギー産業化研究会（2023.3.17）

洋上風力発電施設と漁業協調

一般財団法人 漁港漁場漁村総合研究所
常務理事 伊藤 靖 (Ph.D.)

目次

- 1 海洋における再生エネルギー
- 2 洋上風力発電と漁業協調
- 3 洋上風力発電稼働時の水中音と海洋生物の行動
- 4 洋上風力発電施設と魚礁との関係（可能性）
- 5 漁港内での有効活用事例

再生可能エネルギーとは

- 太陽光や地熱，風や水などのように，自然界に存在する環境や資源を利用するエネルギー
- くり返し使えて枯渇しないことから「更新性エネルギー」

再生可能エネルギー

✓ メリット

- 発電の際にCO₂を出さない
- エネルギー源が枯渇する心配がない
- 太陽光、風は常に存在するエネルギー

✓ デメリット

- 気候条件によっては安定した発電が難しい
- 発電所を建設する適地が少ない



(@関西電力グループHP)

洋上風力発電について

- 洋上に風車を持っていき，そこで風力発電を行う。
- 四方を海に囲まれた日本に適した発電方法

✓ メリット

- 陸上に比べて強い風が吹くことが多い
- 障害がないため安定した風を得られる
- 大型風車が設置可能
- 住宅から離れているため騒音問題などが発生しにくい
- 発電にあたる二酸化炭素が発生しない

✓ デメリット

- 陸上に比べて建設コストが高い
- 塩害や強風の被害でメンテナンス費用がかかかかる
- 陸まで送電線を引く必要がある

洋上風力発電について

■規格

- 着床式（重力式・モバイル基礎・ジャケット式）
- 浮体式（バースジ型またはセミサブ型）
- 係留系
 - カテナリー式が一般的で実績も多い
 - TLPは専有面積が小さく動揺は小さいものの，施工が難しい



模式図出典；笹川平和財団「最近の浮体式洋上風力発電の動向」 図1 洋上風力発電の種類

	カテナリー式	TLP
レイアウト		
メリット	一般的で実績多。	専有面積小。動揺小。
デメリット	専有面積広。	施工難。実績少。

模式図出典：洋上風力発電施設検討委員会(2020)「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一解説」

波力発電

- 波の力を利用した発電方法
- 波の力は大きく、それをタービンで回す動力として使用
- 四方を海に囲まれた日本に適した発電方法

✓ メリット

- エネルギー効率が高い
- 景観問題が少ない
- 波の状況は比較的予測しやすい

✓ デメリット

- 設置費用やメンテナンス費用が大きい
- 海洋生物への影響が考えられる



(@エムエムブリッジHP)

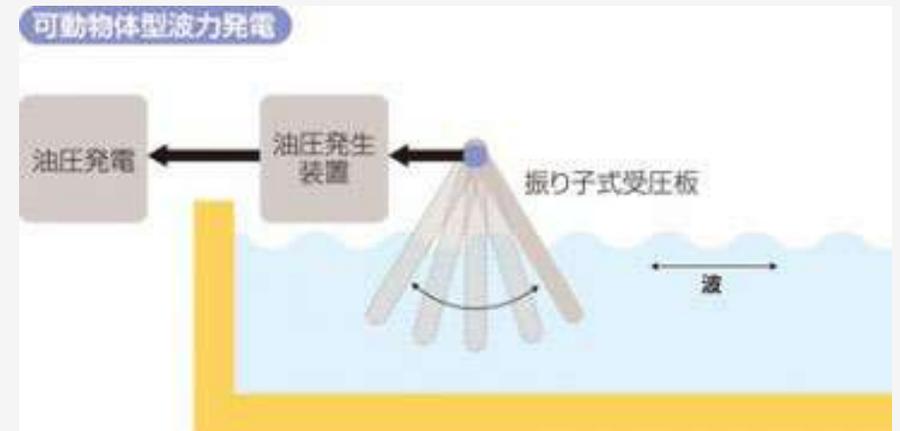
➤ 振動水柱型

- 航路用のブイなどの電源として利用
- 波のエネルギーを利用して空気を動かし、空気でタービンを回して発電



➤ 可動物体型

- タービンを用いずに波エネルギーを振り子の運動エネルギーに変換し、油圧モーターを回転させて発電



➤ 越波型

- 貯留池の水面と海面の高低差を利用してタービンを回転させ発電



潮力発電・潮流発電・潮汐発電

- 潮の満ち引きでおこる海水の流れによる運動エネルギーを利用して発電する方法

✓ メリット

- 発電時に温室効果ガスを排出しない
- 水の状態が悪くても、大量の電力を生産できる可能性
- 発電がいつできるか容易にわかる
- 二酸化炭素が発生しない

✓ デメリット

- 設置場所が限られる
- 建設費用が高い
- 海洋生物との衝突の可能性

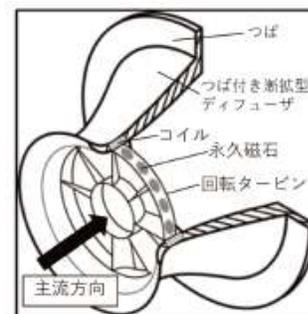
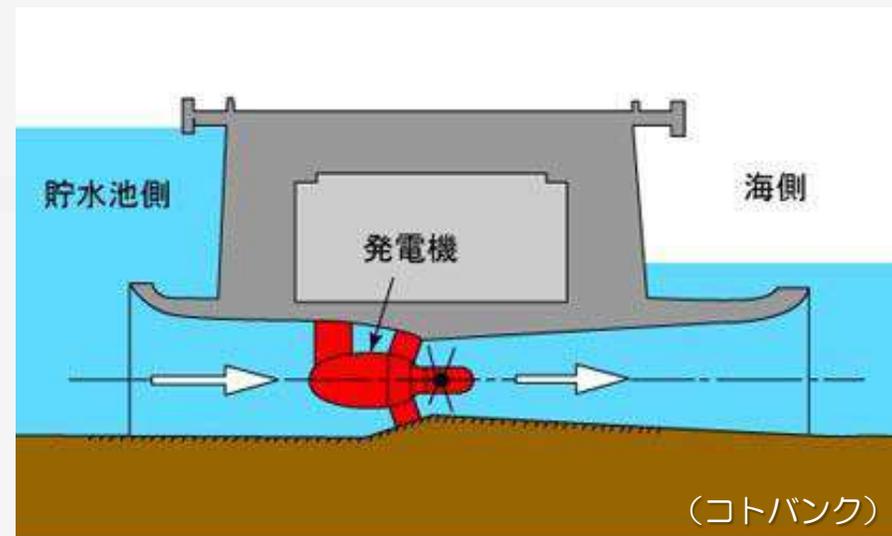


図-1 潮海流発電装置概要図



図-2 最適化したディフューザ2次元断面形状

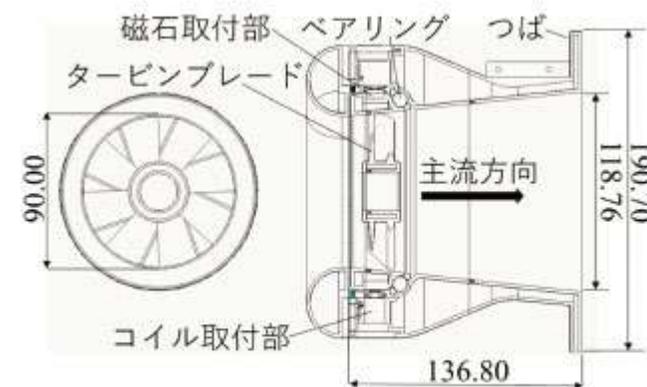


図-3 発電模型装置概要図(単位: mm)

(齋藤ら 2021)

海上プラットフォームの太陽光発電エネルギー

✓ メリット

- 水面から数mほど離れており、波への耐久性、空気の循環、水面への日当たり、遮断率減少のため環境影響が少ない

✓ デメリット

- 設置コストが高い
- 運用実績もまだ未熟



(@pvマガジンフランス)

今後の海洋再生可能エネルギー利用

✓ 課題

- 発電する量が自然環境に左右される。
- 必要な分だけ発電量を確保することが難しい。
- 発電所を設置する場所に限りがある。
- 狭い国土の中では、より効率的に発電設備を設置する技術や、発電効率を高める技術を進化させることが必要。



目次

- 1 海洋における再生エネルギー
- 2 洋上風力発電と漁業協調
- 3 洋上風力発電稼働時の水中音と海洋生物の行動
- 4 洋上風力発電施設と魚礁との関係（可能性）
- 5 漁港内での有効活用事例

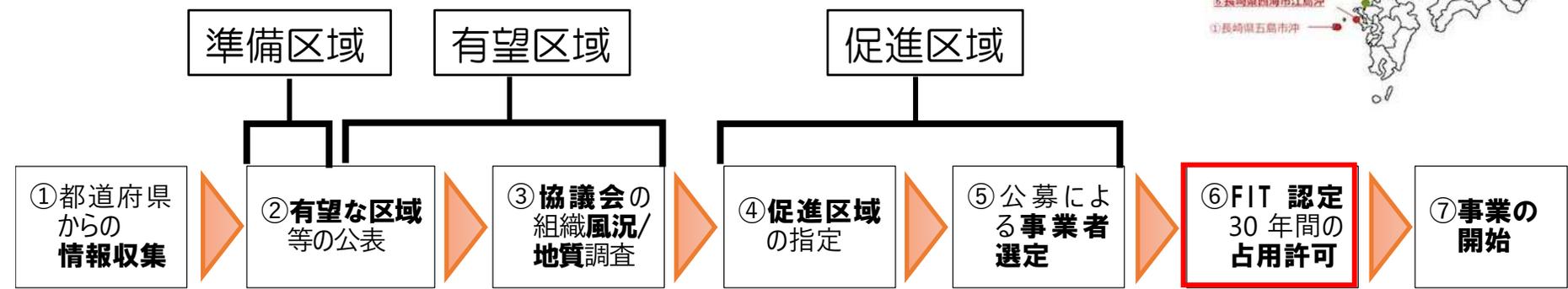
促進区域及び有望な区域等の指定に係る現状

- 令和3年9月13日、経済産業省、国土交通省から久慈市沖が岩手県からの情報提供により、再エネ海域利用法等に基づく「一定の準備段階に進んでいる区域」に整理された。
- 今回の指定は第4回目。これまで22海域（23か所）が区域指定されている。

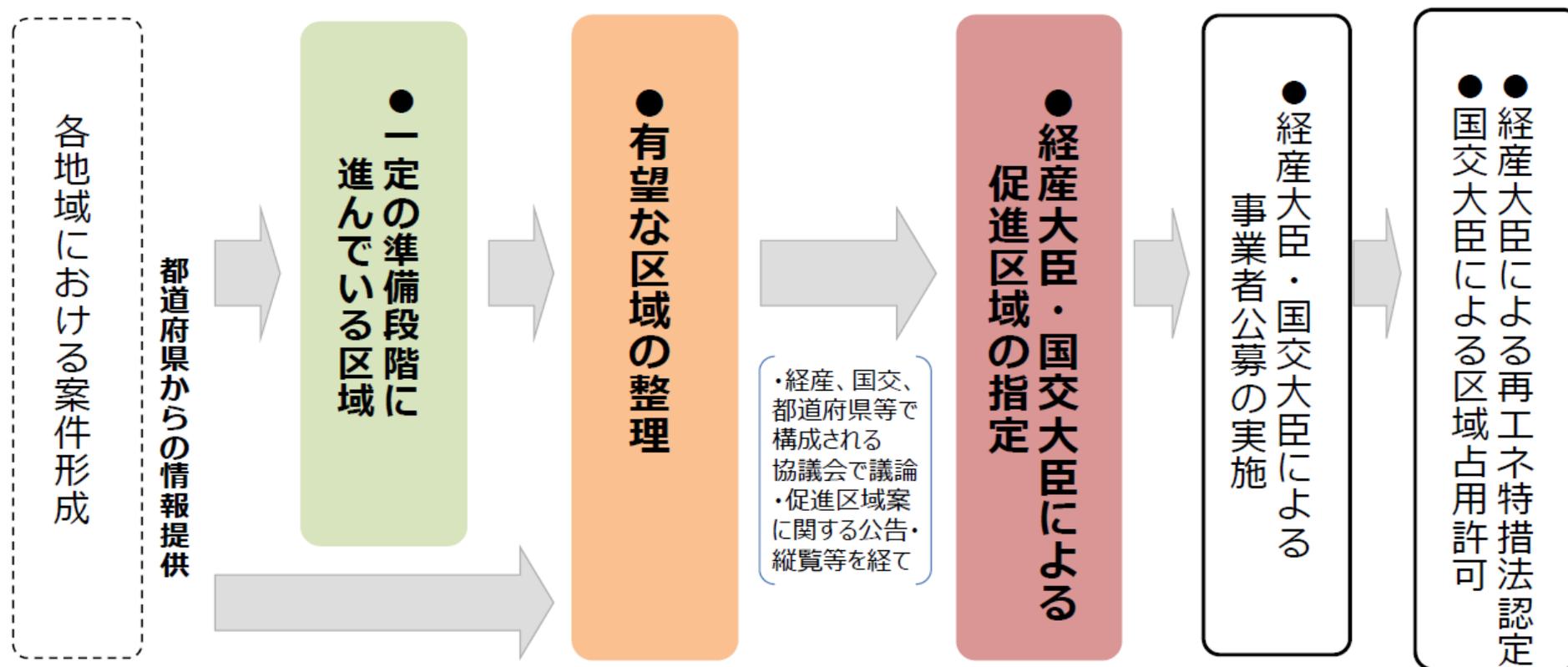
■一定の準備段階に進んでいる区域 ★印：新たな指定区域	■有望な区域 ★印：新たな指定区域 ◎：準備区域からの昇格	■促進区域 ◎：有望区域からの昇格
北海道石狩市沖★ 北海道岩宇及び南後志地区沖★ 北海道島牧沖★ 北海道檜山沖★ 北海道松前沖★ 青森県陸奥湾 岩手県久慈市沖★ 福井県あわら市沖★ 福岡県響灘沖★ 佐賀県唐津市沖★	青森県沖日本海（北側） 青森県沖日本海（南側） 長崎県西海市江島沖 秋田県男鹿市、鴻上市及び秋田市沖◎ 山形県遊佐町沖◎ 新潟県村上市及び胎内市沖◎ 千葉県いすみ市沖★	長崎県五島市沖 秋田県八峰町及び能代市沖◎ 秋田県能代市、三種町及び男鹿市沖 秋田県由利本荘市（北側・南側） 千葉県銚子沖



プロセス



再エネ海域利用法に基づく区域指定・事業者公募の流れ



有望な区域の要件（促進区域指定ガイドライン）

- (1) 促進区域の候補地があること
- (2) 利害関係者を特定し、協議会を開始することについて同意を得ていること（協議会の設置が可能であること）
- (3) 区域指定の基準（系統確保、風況等の自然的条件、航路・港湾との調整等）に基づき、促進区域に適していることが見込まれること

促進区域の要件（再エネ海域利用法）

- (1) 自然的条件が適当で発電設備出力が相当程度見込まれること。
- (2) 航路等へ支障を及ぼさないこと
- (3) 港湾との一体的な利用が可能であること
- (4) 系統の確保が適切にみこまれること。
- (5) 漁業への支障を及ぼさないことが見込まれること
- (6) 他法令で指定された海域、水域（漁港区域や港湾区域、海岸保全区域等）と重複しないこと

洋上風力発電施設の建設等の手順と漁業影響調査

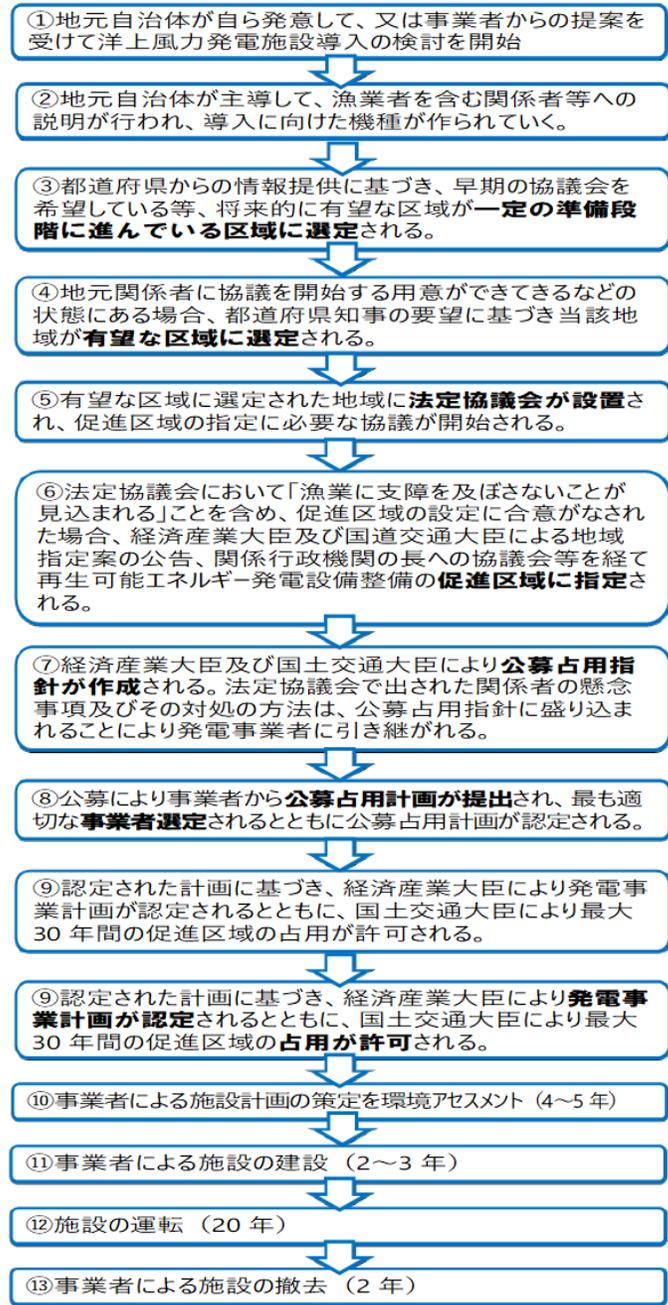
- 洋上風力発電の事業イメージは事業者選定後に環境アセスメントを実施（4～5年）、発注や建設（2～3年）、事業実施（20年）、撤去（2年）で合計約30年
- これまでは、事業者が公募に応募する前に環境アセスメントに着手している例が多かった。
- 今後、セントラル方式が導入された場合、どのようになっていくか注意する必要がある。

漁業影響調査の目的

- 導入可能な漁業協調政策の検討に資するために、現地調査及び資料調査結果により漁業の現況と影響を考察
- 現地調査及び資料調査結果に基づき、魚類の動向と環境（水温）との関係や音の影響を把握

（@洋上風力発電の動向が気になっている）

【発電事業の段階】



【漁業影響調査の段階】

第一段階：漁業等関係者調査

- 実施者：
- ・ 地元自治体
 - ・ 国（セントラル方式）

第二段階：漁業実態調査

- 実施者：
- ・ 地元自治体、国
 - ・ 国（セントラル方式）

第三段階：ベースライン調査

- 実施者：
- ・ 発電事業者
 - ・ 漁業振興の基金を管理する法人

第四段階：モニタリング調査

- 実施者：
- ・ 発電事業者
 - ・ 漁業振興の基金を管理する法人

漁業影響調査の重要性について

洋上風力発電施設の漁業影響調査実施のために（2022年6月 海洋水産技術協議会）

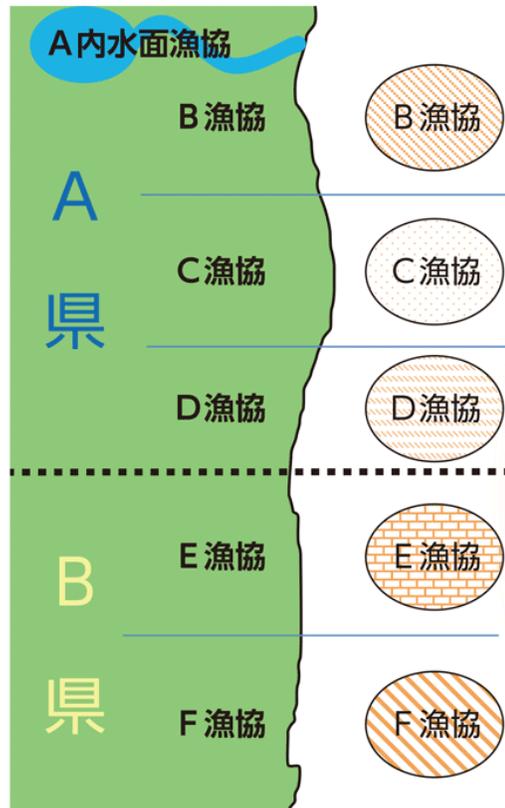
- ① 漁業関係者調査：関係漁業者の特定←☆ここがまず肝心
- ② 漁業実態調査：漁業への影響として懸念される事項を検討・整理
（底びき網，まき網，はえ縄などは物理的に操業が困難に）
※①，②は個別事業者ではなく政府主導で調査することが望ましい。
これをもとに風力発電の受け入れ可否を判断。
次の③，④は事業者が選定された後行われる。
- ③ ベースライン調査：建設前に現状を把握。
漁業影響を予測し，悪影響の軽減措置の検討や事業計画の見直しも行う。
- ④ モニタリング調査：建設中，建設後に於いて，漁業者の懸念事項について影響が予測の範囲か，想定外の影響がないか確認。悪影響にはその軽減策を検討。

各漁業種類と洋上風力発電施設との関係

- 底びき網漁業は風車があれば操業が困難
- 釣り漁業，固定式刺し網による伊勢海老漁，潜水による磯根資源の漁などは，風車基礎部に魚礁効果を期待

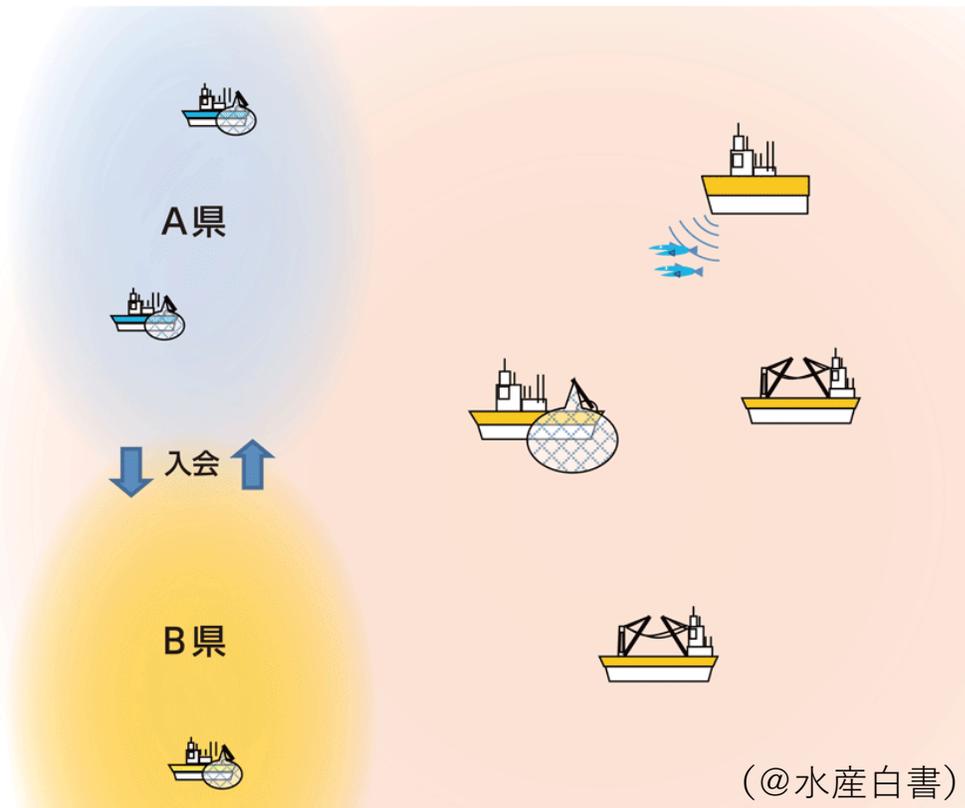
漁業権漁業

知事が漁協又は個人・法人に対し、特定の沿岸漁業・養殖業等を排他的に営む権利を免許



知事許可漁業

都道府県の沖合等で操業する漁業について知事が許可



大臣許可漁業

複数県の沖合や外国へ出漁する漁業について国（農林水産大臣）が許可

関係漁業者

種類	団体	主な漁法	備考
大臣 許可	(一社)全国底曳網漁業連合会	沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業：底びき網	全国
	(一社)全国いか釣り漁業協会	いか釣り漁業：釣り	全国
	(一社)全国近海かつお・まぐろ漁業協会	かつお・まぐろ漁業：浮きはえ縄又は釣り	全国
	全国さんま棒受網漁業協同組合	北太平洋さんま漁業：棒受網	全国
	北部太平洋まき網漁業協同組合連合会	大中型まき網漁業：まき網	全国
知事 許可	岩手県漁連		県
	岩手県沿岸漁船漁業組合		県
	岩手県近海漁船漁業協会		県
	岩手県底曳網漁業協会		県
	青森県機船底曳網漁業連合会		隣県
	青森県3漁協(三沢・大間・奥戸：イカ釣り)	いか釣り漁業：釣り	隣県
	久慈市漁業協同組合(久慈市漁船漁業者協議会)	固定式刺し網漁業、かご漁業、いか釣り漁業、たらはえ縄漁業等	市内
地先	漁業組合	採介藻漁業、定置網漁業等	市内

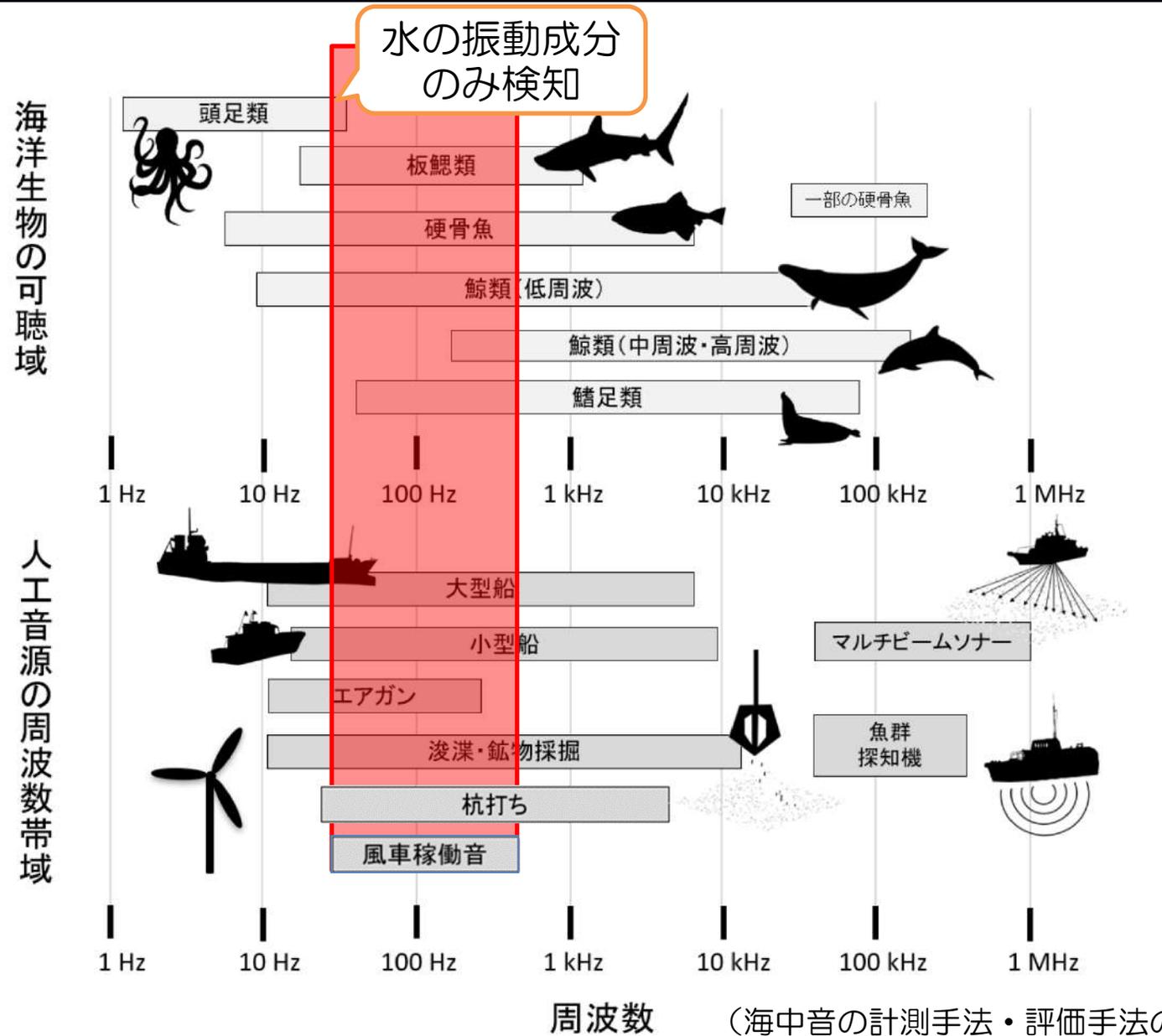
漁業振興策の必要性について

- 漁業への支障があり共存が出来ないと判断するなら、洋上風力発電施設の受入れを拒否するののも一つの選択。
- 一方、全ての影響が事前にすべて分かるはずもないとの前提に立ちつつも、それでも地域の漁業振興に資するようにと洋上風力発電との共生を選ぼうとする漁業者たちに対しては、その決断を支える様々な漁業振興策のアイデンティティが欲しいところ。
- 磯根資源について、着床式の基礎部を活かし、それと連続した魚礁を作るのは最も分かりやすい振興策。浮体式についても浮魚礁としての効果を期待（ただし、回遊魚については他地区の漁業者への目配りが特に必要）。
- 例えば、高齢化が進み、洋上での養殖適地が少ないなら後継者の洗浄創出のためクリーンエネルギーとしての付加価値もある洋上風力の電力を活用して陸上養殖を始める、種苗生産施設の電力に充てるといった提案があってもいい。

目次

- 1 海洋における再生エネルギー
- 2 洋上風力発電と漁業協調
- 3 洋上風力発電稼働時の水中音と海洋生物の行動
- 4 洋上風力発電施設と魚礁との関係（可能性）
- 5 漁港内での有効活用事例

海洋生物の可聴域と洋上風発に関する騒音



目的

- 海洋水産技術協会 (2022) によると、漁業影響は主に以下の2点に大別
 - ✓ 建設工事や施設の存在により漁業の操業が制限される影響
 - ✓ 工事や施設の運転により発生する水中音等による漁業環境の変化が水産生物の現存量や来遊量を変化させる影響

洋上風発からの水中音が、回遊性並びに定着性魚類の群れあるいは個体の行動に与える影響を飼育実験によって精査



洋上風発の設置予定海域の海洋生物群集の忌避・蟄集などに対する影響評価の基礎的知見として活用

青森特別水槽を用いた水中音の生物影響実験



18種223匹



長さ : 13m
海水容量 : 30t
水温 : 18℃

対象魚種	個体数				
イシダイ	60	クロソイ	10	シロメバル	20
イシガキダイ	10	クロダイ	4	タケノコメバル	3
ウマツラハギ	50	コショウダイ	1	マダイ	15
カワハギ	10	コブダイ	2	ムラソイ	4
ギスカジカ	5	マフグ	10	キジハタ	2
キツネメバル	6	フガンフグ	10	メジナ	1

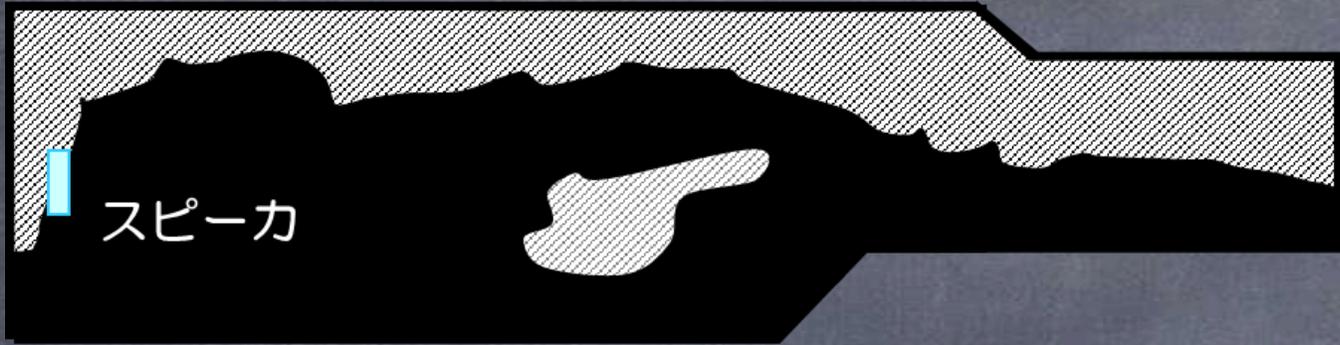
注目

①水中音測定
(100Hz)

②行動観察

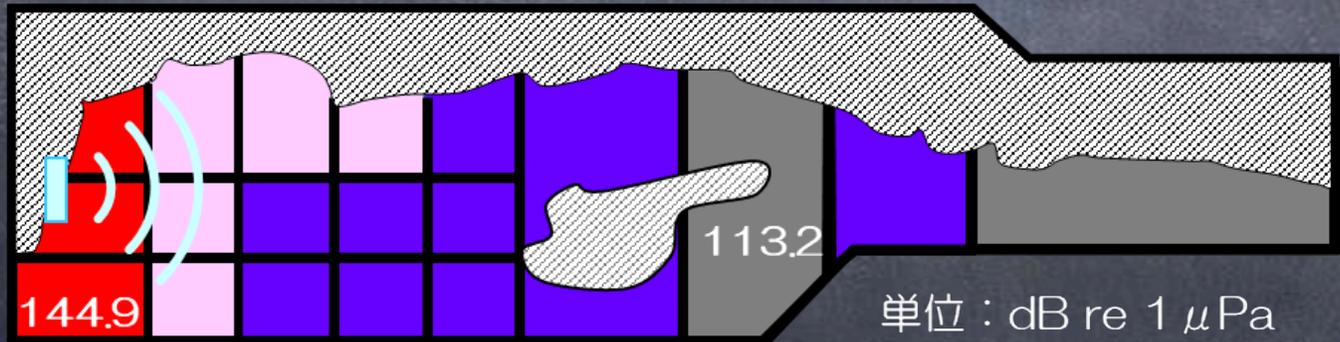
①水中音測定

無音

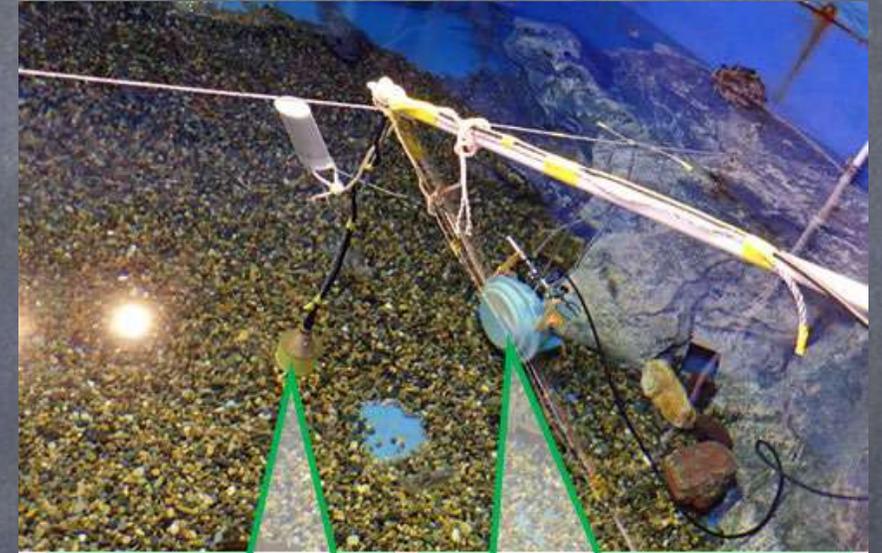


□ <110

放射 (100Hz)



■ 110~120 ■ 120~130 ■ 130~140 ■ >140

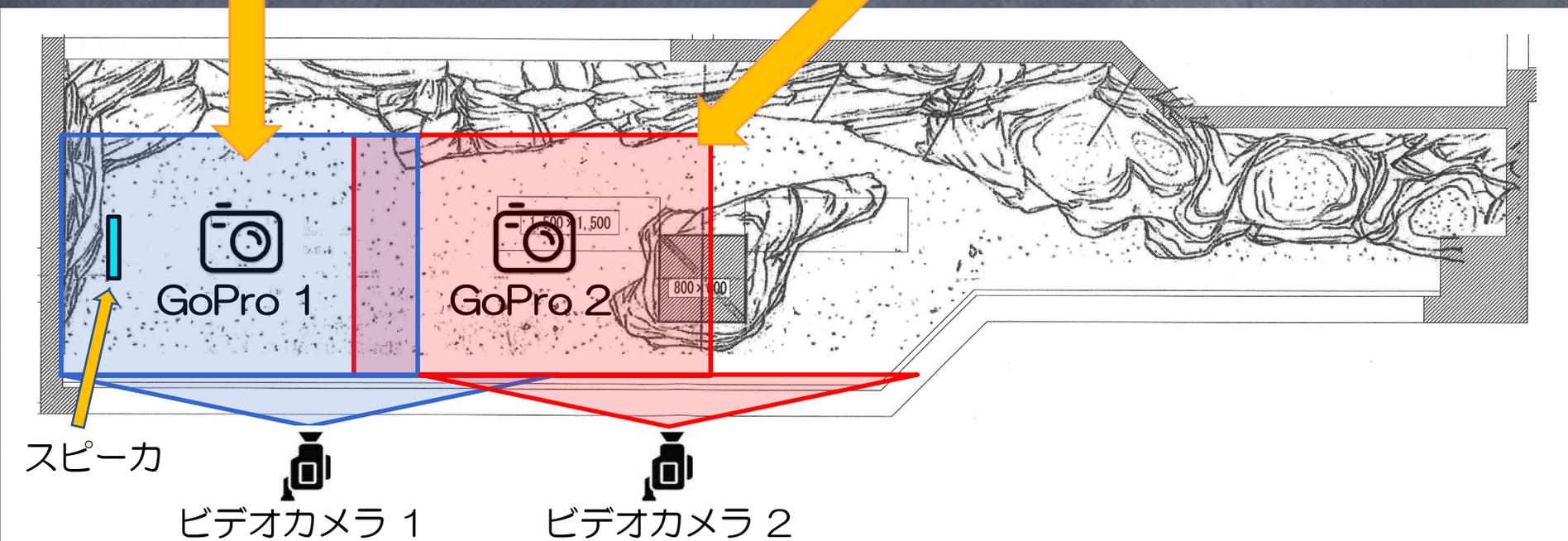


水中マイク

水中スピーカー

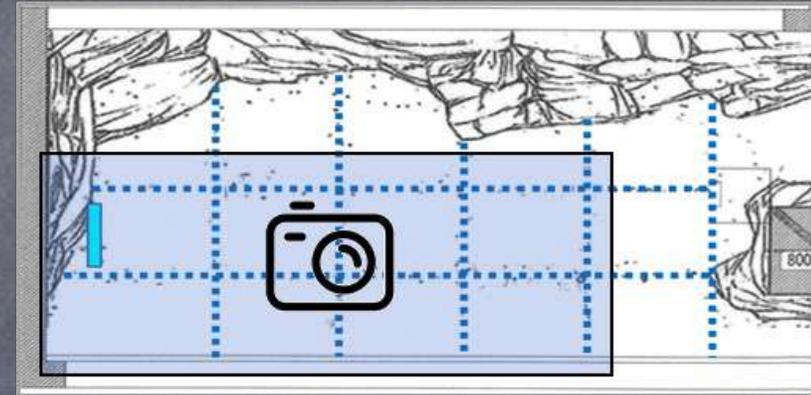
【音圧レベル】 水中スピーカー付近：最大 擬岩裏：最小

②行動観察



②行動観察

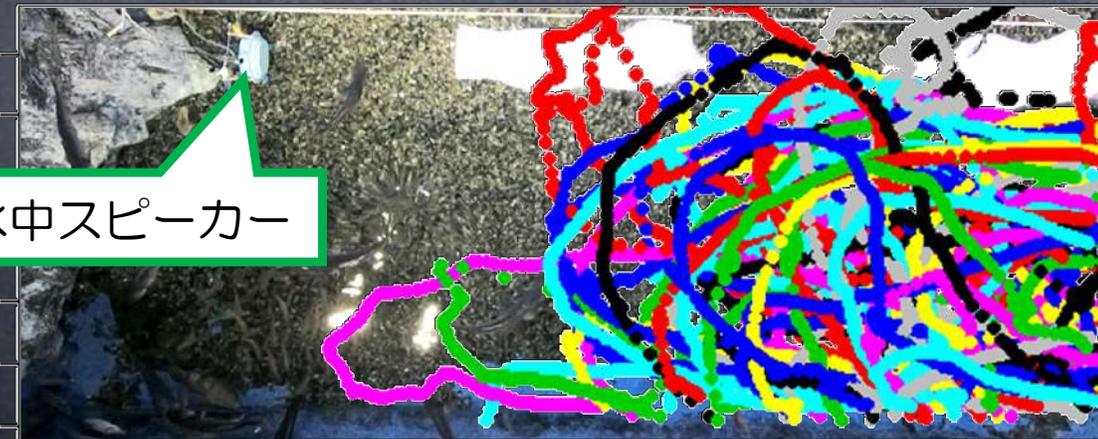
- 無音 (2分, 18軌跡)



マダイ15匹

- 放音 (15分, 68軌跡)

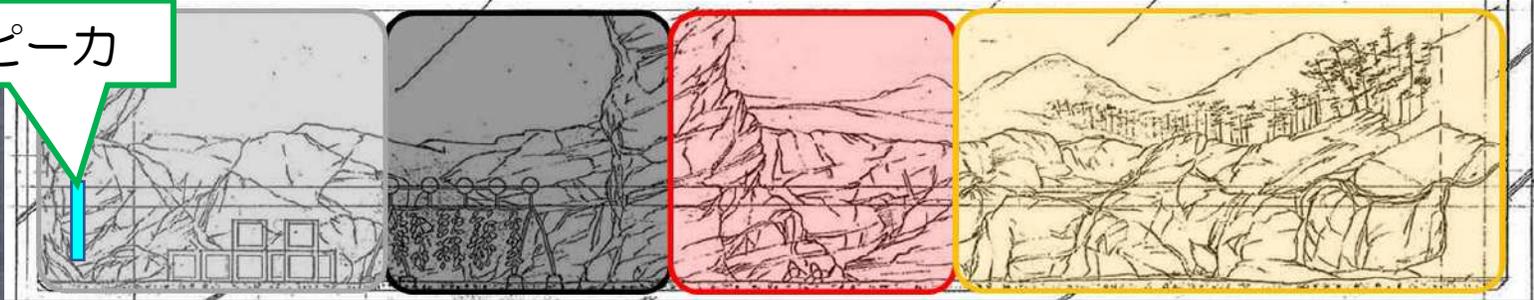
* 各色線はそれぞれマダイの遊泳軌跡を表す



水中音の有無でターンの位置が変化 (強い音源域を回避)

②行動観察

水中スピーカ



滞在時間 (sec) (試行1回目)

150 100 50 0 50 100 150

通常（無音時）は
中央の擬岩を周回し、
左側の広いエリアを
遊泳

無音：15分

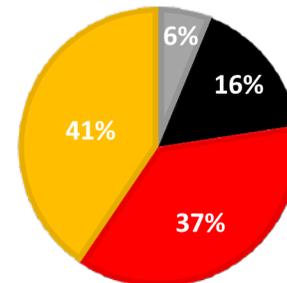
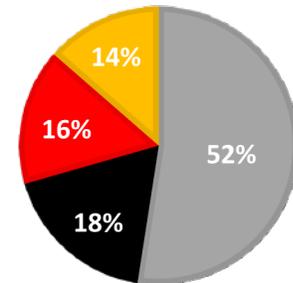


マダイ大型個体

放音：15分

放音時は
中央の擬岩を周回し、
右側の狭いエリアを
遊泳

遊泳頻度



放音時には擬岩より右側の区域を遊泳

まとめ (マダイ)

マダイの大型個体は、音圧レベル130dB以上のエリアを回避して遊泳したことから、100Hz純音は遊泳行動に一時的な影響を及ぼすと考えられた

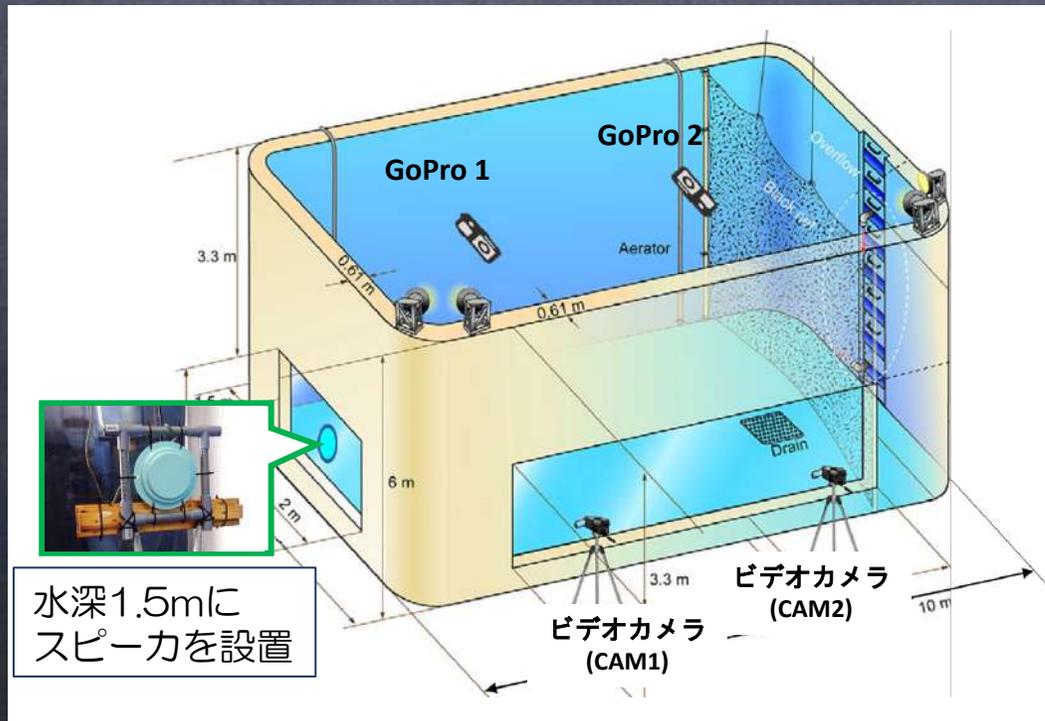
- 洋上風力発電施設の海底部分に魚礁などの構造物を配置し、水中音を減衰させ、回遊性並びに定着性魚類への影響を減らす
- 人工魚礁の設置により、水産資源の蛸集や資源培養効果にも期待



大型実験水槽を用いた水中音の生物影響実験

対象種：スルメイカ
(n=181, ML: 約16cm)

場所：函館市国際水産・
海洋総合研究センター
大型実験水槽 (150 t)
水深 3 m, 水温 15 °C



実験1回の内容

※

無音

40 Hz



無音

125 Hz



無音

160 Hz



※各15分

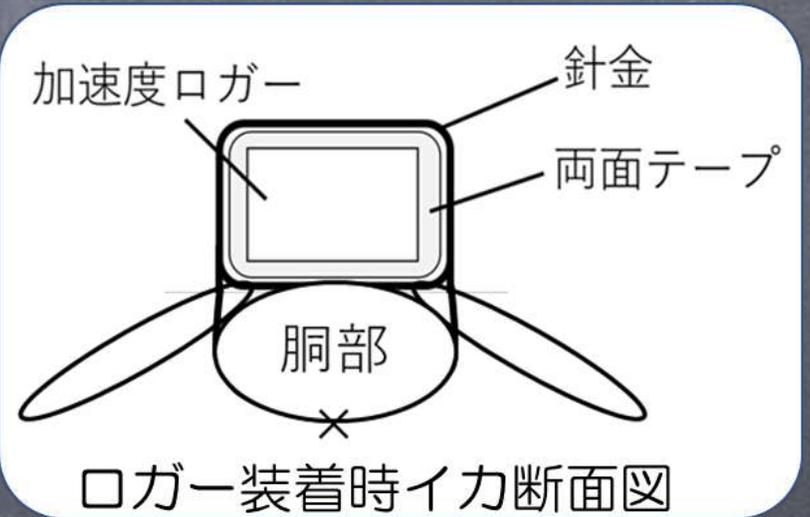
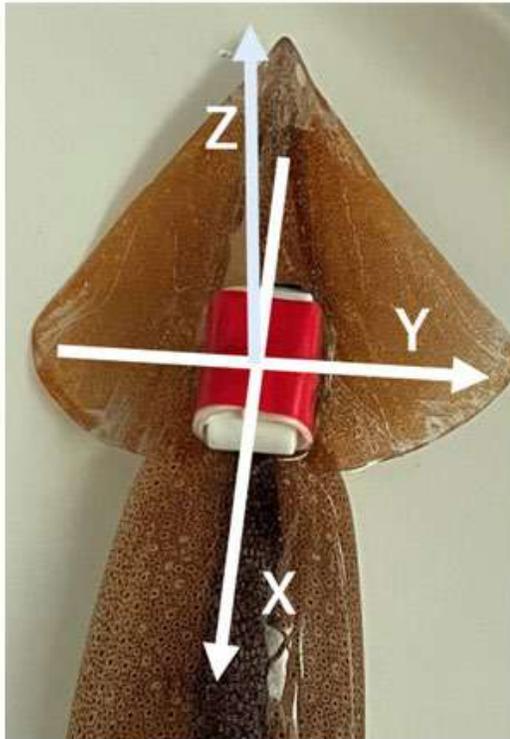
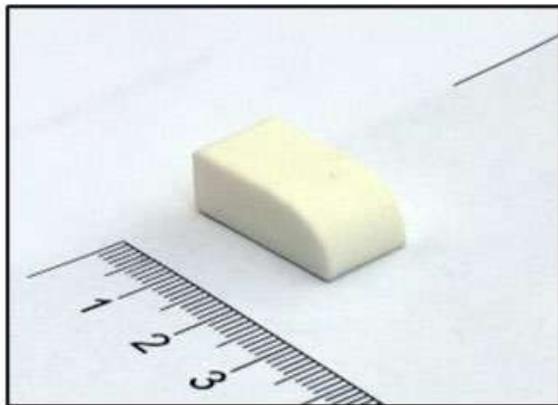
実験方法

- ログ装着したスルメイカ (n=8) の遊泳深度の時系列変化を解析

✓ Axy5 Depth (TechnoSmArt社製)

サイズ12×31×11mm
7.5 g

サンプリングレート
加速度 : 50Hz
深度 : 1 Hz



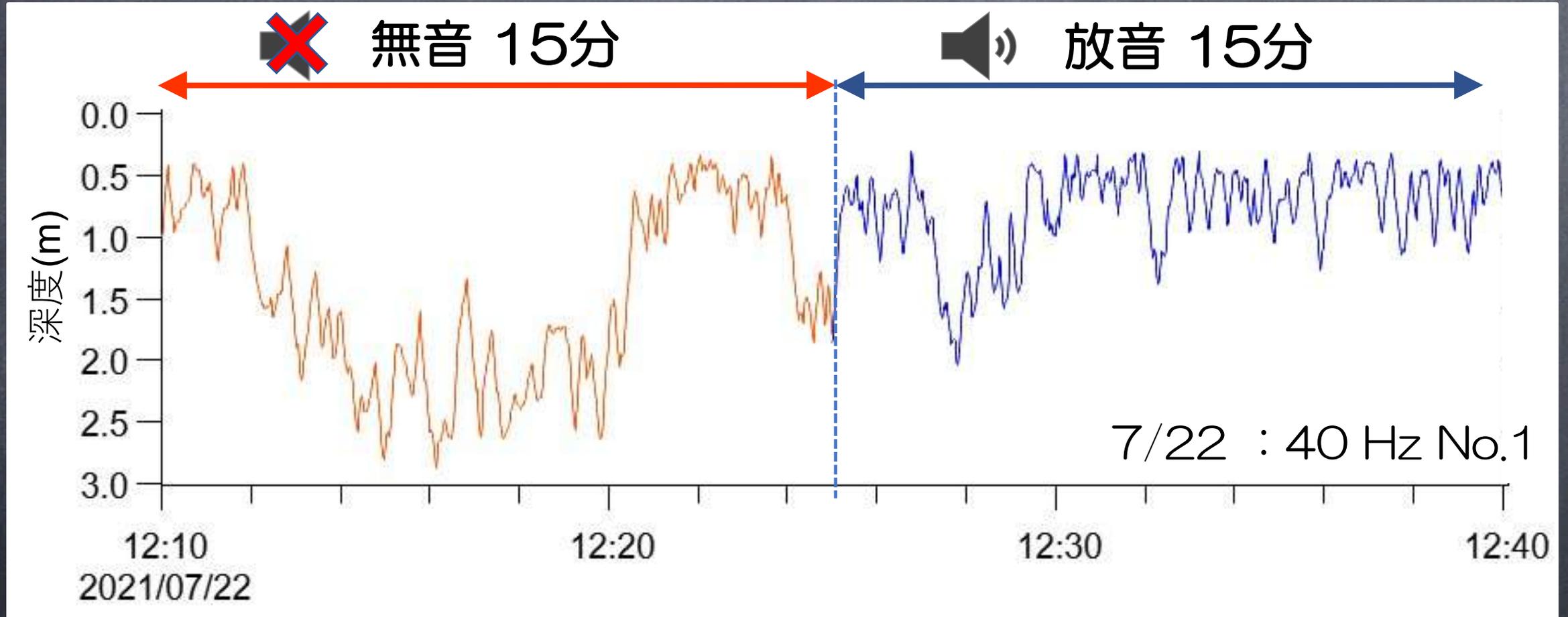
①水中音測定



下層ほど大きい音 ➡ 遊泳水深に着目

②行動観察

- データロガーによる遊泳深度の時系列変化



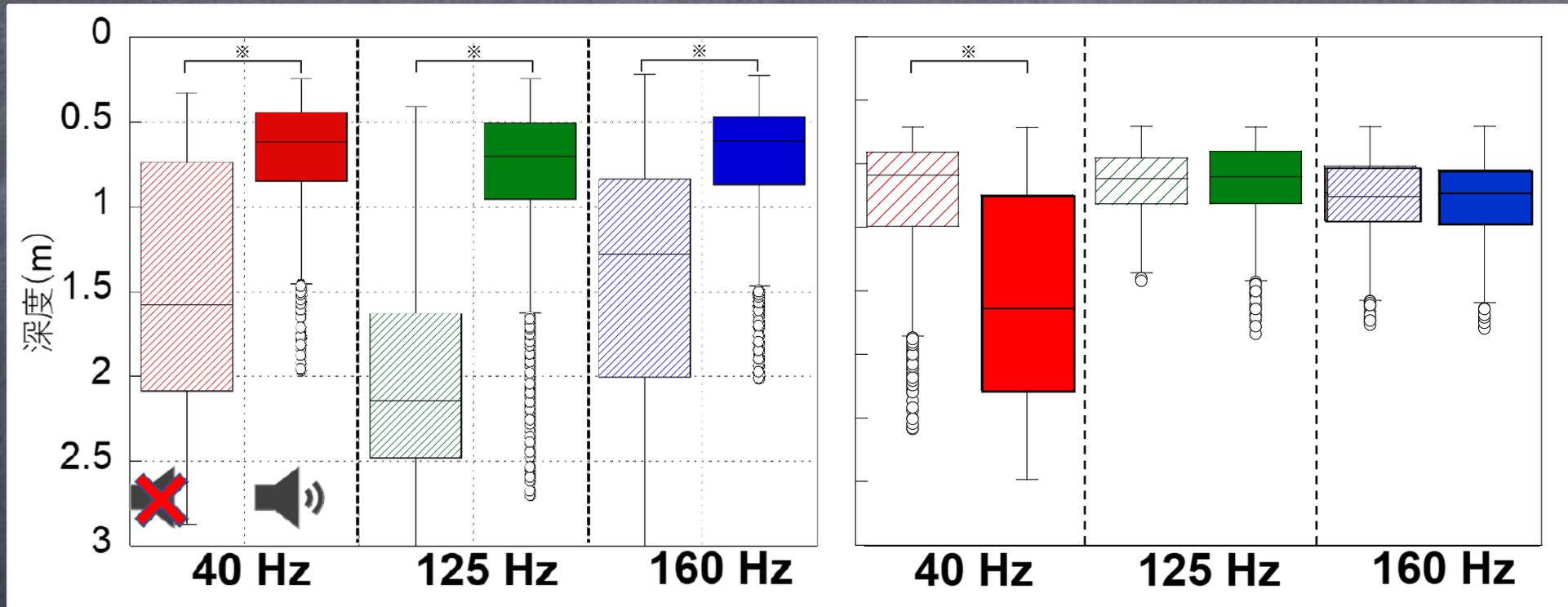
無音時に比べ上層にいる傾向が見られた

②行動観察

• 1回目

• 2回目

(※ : U-test, $p < 0.05$)



無音時に比べ上層にいる傾向が見られた($p < 0.05$)

2回目は125, 160Hzの放音時には遊泳深度に変化なし