

沖合海洋構造物設置に伴う 回遊性魚類への影響調査手法（案）について（概要）

内閣府総合海洋政策推進事務局

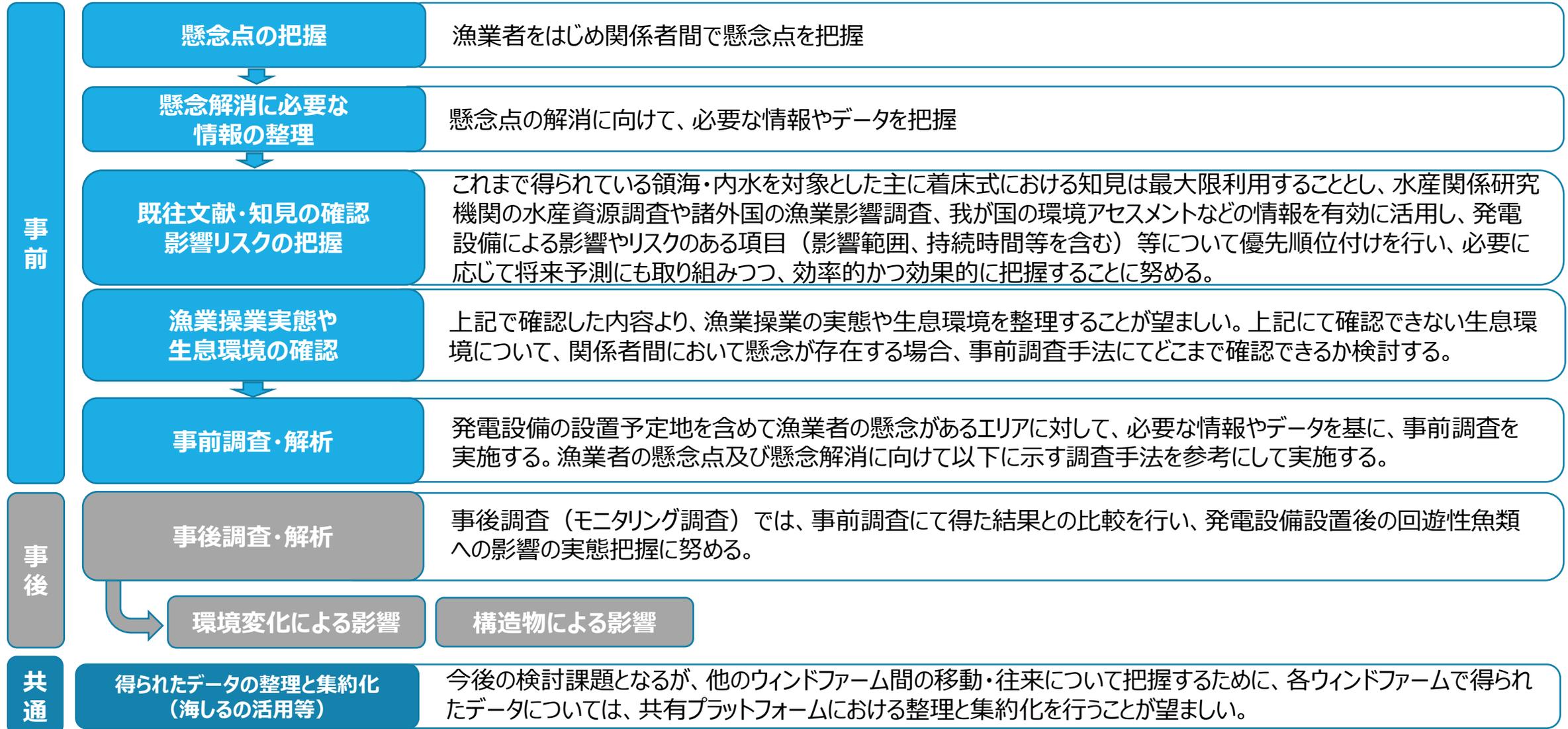
本文書の趣旨

海洋開発等重点戦略に基づき海洋開発を進めていくにあたり、海洋への構造物の設置の可能性は高くなってきている。こうした状況を踏まえ、漁業との共存共栄を図る必要や、海洋生物の保全を図っていく必要などの様々な視点から、水産資源、特に魚類の回遊に係る調査を進めておくことが必要である。

直近の課題として、EEZ内での洋上風力発電設備の設置が検討される中、漁業者から構造物設置後の回遊の変化について心配の声が挙げられており、関係者調整にあたって、魚類の回遊への影響に関する知見は特に重要である。

上記のような課題から、回遊性魚類の回遊行動の実態や回遊する海洋環境についての調査を、入手可能かつ継続性のあるデータを活用し、効率的かつ効果的に進められるよう、本文書にて洋上風力発電設備の設置に伴う回遊性魚類への影響の調査手法の考え方について記載する。なお、各調査手法の選択については、コスト面も考慮した上で行われるものである。

調査・検討の流れ



■ 懸念事項の把握と懸念解消に必要な情報の整理

沖合域ゆえに懸念される点を抽出し、周辺海域の現状把握とともに事業化により漁業環境に変化が生じる可能性がある場合の要因を把握したうえで、適切な対処方策を検討する。このため、必要な情報とともに何を確認すべきかを整理する。

懸念事項の整理（浮魚の場合）	懸念解消に必要な情報の取得	取得情報をもとに確認する事項の整理
<ul style="list-style-type: none"> 洋上風車の設置海域に産卵場が存在すると、産卵後の索餌回遊が制限される 漁場が形成されている場所に洋上風車が設置されると、物理的に操業困難なため、漁場消失につながる 洋上風車周辺に餌料生物等が蟄集すると魚類が蟄集・滞留行動を引き起こすことが予想され、操業機会の喪失につながる 	<p>◎対象魚類における産卵場、主要漁場</p> <p>◎対象漁業の操業エリア</p> <p>◎海水温や海流分布等の情報 など</p>	<p>●当該海域を取り巻く状況の把握</p> <ul style="list-style-type: none"> 対象魚類の資源量や生息環境（産卵場、主要漁場等）の情報等から当該海域の水産生物の成長に必要な環境の確認 漁業者聞き取りのほか、AISや漁獲成績報告書や漁船の航行情報から操業実態等の確認 <p>上記のプロセスで得た情報から、当該海域の水産生物の資源確保における役割や重要性の高さなどについて把握を行う。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 洋上風車の設置により周辺域において潮流など海洋環境が変化すると、魚類の回遊ルートが変化。漁場把握が困難、また 魚類の生育不良を引き起こす 回遊ルート上に洋上風車施設が設置されると、遮蔽や振動等の影響により、魚類が異常行動を引き起こす（沖側の回遊ルートの変化により、川下側での漁業に影響（固定漁業である定置網や母川回帰をねらうサケ漁業等が成り立たなくなる可能性） 	<p>◎対象魚類の沖合域を移動する回遊パターン（について 注）</p> <ul style="list-style-type: none"> 周辺海域の回遊パターンの位置情報（好適水温、選好餌料の情報を含む） 洋上風車に対する障害物の回避・忌避行動の情報、その後の回遊情報 洋上風車への蟄集・滞留行動の情報、その後の回遊情報 など <p>注）対象域内のウインドファーム間の移動を含む</p>	<p>●沖合漁場や操業への影響の把握</p> <p>提案する調査手法を用いてモニタリング調査をすることにより回遊パターンの変化を把握する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 沖合域内の回遊経路の推定。また回遊経路に影響を及ぼす環境要因（水温、水中音、海流、クロロフィル等）の確認 ウインドファーム、発電施設群からの回避・忌避行動の確認 ウインドファーム内への蟄集・滞留行動の確認。またその要因である餌料生物の分布状況や対象種の被食状況の確認 など <p>上記のプロセスで得た情報から回遊経路の変化を推定し、魚種ごとの漁獲量の経年変化などの情報を踏まえ漁場や操業への影響の把握を行う。</p>
<p>沖合域、浮体式構造物故の懸念点の抽出 それ以外については既存知見にて対応</p>	<p>◎対象魚類の沖合と沿岸域を移動する回遊パターン（について 注）</p> <ul style="list-style-type: none"> 周辺海域の回遊パターンの位置情報（好適水温、選好餌料の情報を含む） 洋上風車に対する回避・忌避行動後の回遊情報 洋上風車への蟄集・滞留行動後の回遊情報 など <p>注）対象域内のウインドファーム間の移動を含む</p>	<p>●沿岸漁業への影響の把握</p> <p>提案する調査手法を用いてモニタリング調査をすることにより沿岸へつながる回遊パターンの変化を把握する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 沖合域～沿岸への回遊経路の推定。また回遊経路に影響を及ぼす環境要因（水温、水中音、海流、クロロフィル等）の確認。 沿岸固定漁具等の漁獲量などの変化の確認 <p>上記のプロセスで得た情報から回遊経路の変化を推定し、漁船や固定漁具等の漁獲量の経年変化などの情報を踏まえ漁場や操業への影響の把握を行う。</p>

調査対象範囲や項目の把握

■ 既往文献・知見の確認（漁業操業エリアと生息海域の確認）

懸念事項に対する実態を把握する上で、これまで領海・内水で得られた知見等を基に、沖合域を対象とした場合にも参考となる情報や評価内容については整理することが望ましく、既往知見については最大限活用する。その上で、既往知見で賄えない実態については、調査手法の特徴を踏まえ、中心的な調査及びそれらを補完する調査について検討する。

確認項目	既往情報
対象魚の選定（優占種）	漁獲成績報告書における水揚げ量の確認
漁業実態	AISの航行情報や漁獲成績報告書の確認
産卵場、滞留、回遊海域等	各都道府県の水産試験場等より確認
その他（補完情報、環境情報等）	<ul style="list-style-type: none"> ■ 洋上風力発電所に係る環境影響評価手法 海域に生息する動物（魚等の遊泳動物、卵・稚仔、動物プランクトン等） （洋上風力発電所に係る環境影響評価手法の技術ガイド）
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 洋上風力発電におけるモニタリング（予定） 水中音の伝播状況、濁りの拡散状況、海生哺乳類の生息状況の変化、 風力発電設備への付着生物等の状況等 （洋上風力発電におけるモニタリング等に関する検討会（第3回）より）

上記で得られる**漁業操業データ等により操業実績や、対象魚類の生息環境（産卵・滞留・回遊）等を確認する。**

上記にて確認できない生息環境について、関係者間において懸念が存在する場合、他の調査手法にて確認を行い、利用頻度を面的に可視化することが望ましい。

回遊の分布頻度

（イメージとして北大西洋海域の例を示す）

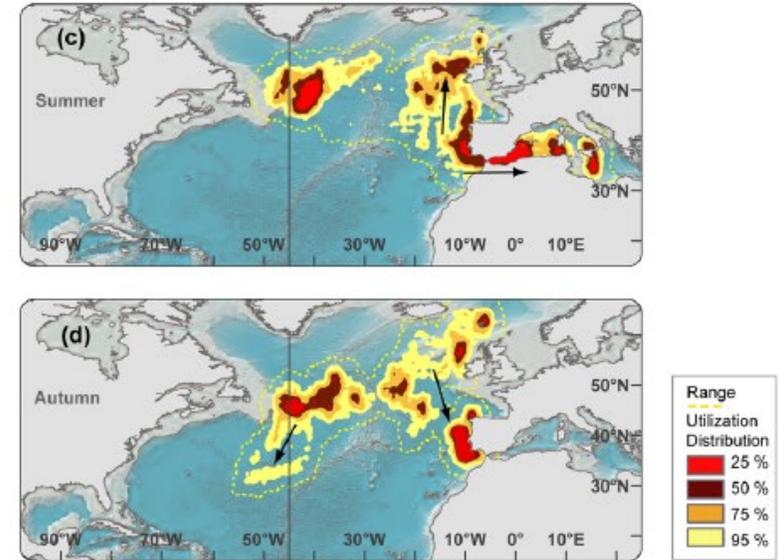


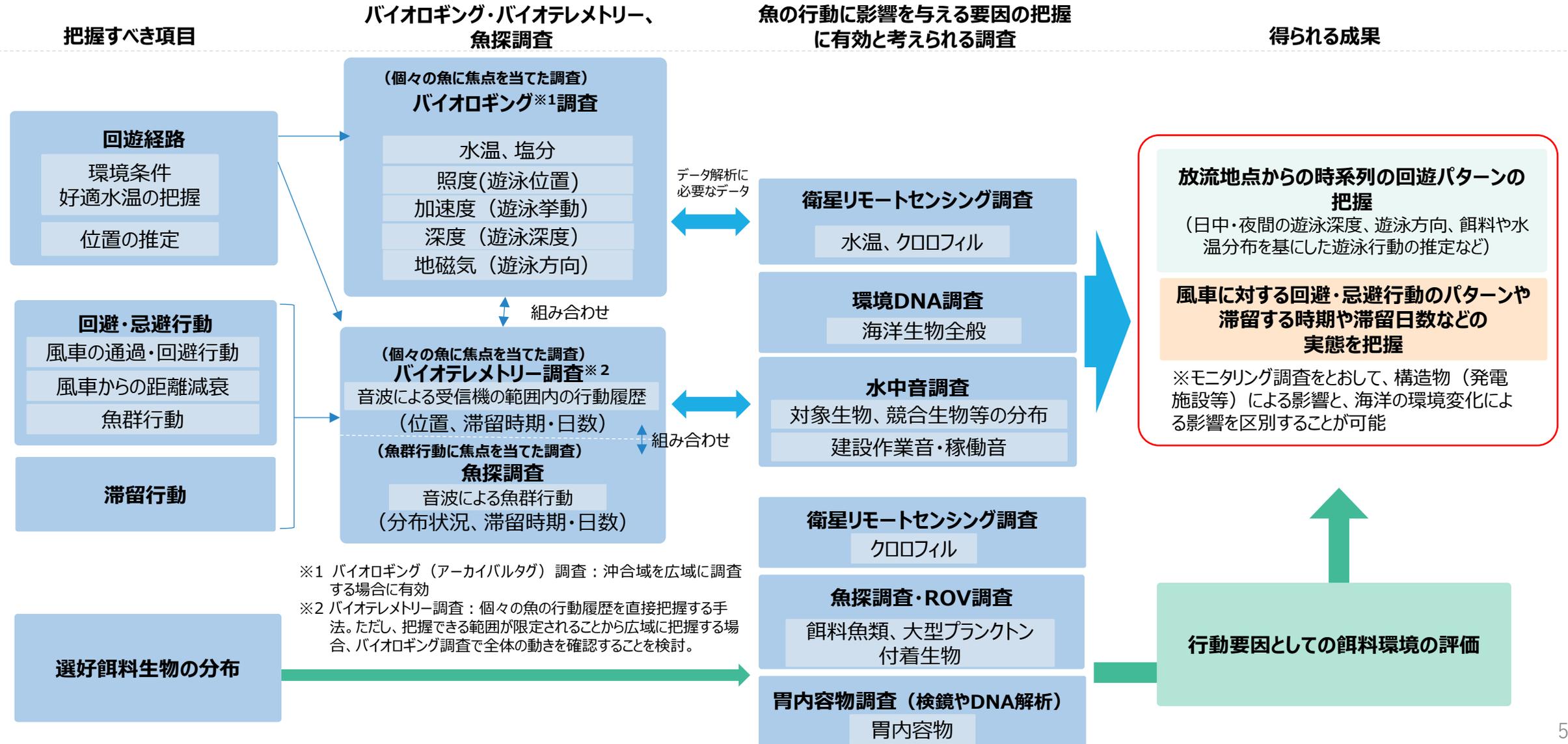
Figure 5. Seasonal utilization distributions of bluefin tuna in trans-Atlantic movement pattern (n=21, 232±14 cm CFL). Black arrows in ocean depict general direction of movements during relevant season. (a) Winter. Grey arrow in North Carolina depicts approximate deployment location. (b) Spring (c) Summer (d) Fall. doi:10.1371/journal.pone.0006151.g005

Walli, A., Teo, S. L., Boustany, A., Farwell, C. J., Williams, T., Dewar, H., ... & Block, B. A. (2009). Seasonal movements, aggregations and diving behavior of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) revealed with archival tags. *PLoS one*, 4(7), e6151.

■ 回遊パターンと行動要因を把握するための調査

既往情報にて確認できなかった調査項目については、下記の調査手法例が考えられる。

なお、回遊パターンはモニタリングを通して把握することが望ましく、事前調査においても事後調査と同様の調査手法にて環境状況を把握しておくことが望ましい。



■ 発電設備設置後の回遊性魚類への影響を把握するための事後調査（モニタリング調査）

事後調査においては、対象魚類の漁獲量の変化を確認する。その上で、一定期間にわたり明らかに漁獲量に変化が生じている場合には、回遊パターンについて、事前調査との比較により、発電設備の設置後にこれらの影響による変化の有無を確認する手法が有効と考えられる。まずは、衛星リモートセンシングなどにより広域の海洋環境の変化を確認し、ウインドファーム付近の環境要因（水温や潮流、餌料環境など）の変化がある場合には、それが自然環境の変化による影響なのか、発電設備の設置・稼働等による影響なのかを検討する。その上で、回遊性魚類の回遊パターンが変化している可能性について、モニタリング調査にて回遊性魚類への影響の要因を把握することが考えられる。

事後調査における環境要因データの把握 ※事前調査と同様の手法や環境アセスメント、漁業影響調査の情報を主に活用して実施

海洋環境の変化に伴い、回遊パターンに影響を及ぼす要因

- ・ 産卵場
- ・ 餌料生物（餌料生物、クロロフィル（プランクトン）等）の分布変化とこれに伴う魚類分布、漁場分布
- ・ 対象魚の餌料選好性の変化（主な餌料生物）等

発電設備の設置・稼働等に伴い、回遊パターンに影響を及ぼす要因

- ・ 水中音・振動の変化
- ・ 潮流の変化
- ・ 餌料生物の分布変化（ウインドファーム周辺）等

※環境アセスメントや漁業影響調査等のデータがある場合はできるだけ活用することで、調査の重複を防ぐことが有効

※発電施設を、その後の調査のプラットフォームとして活用する等、調査コストの低減につながる工夫を講じていくことが重要

モニタリング調査における回遊パターンの確認

事前調査で確認した下記の①～③の回遊パターンについて、発電設備設置後の事後調査（モニタリング調査）にて変化が見られた場合、**回遊性魚類への影響**（海洋環境の変化又は発電設備の設置・稼働等による回遊パターンへの影響）の**要因を把握**することに努める。

モニタリング①回遊経路の推定 : 主にウインドファーム周辺～沿岸域への回遊魚の行動変化

モニタリング②回避・忌避/蜻集・滞留行動 : 主にウインドファーム周辺海域を対象とした回遊パターンの変化

モニタリング③選好餌料生物の分布

◎ 得られたデータの整理と集約化（海するの活用等）

共有プラットフォーム情報の整理と集約化（情報共有による効率化）

■得られたデータの整理と集約化（海しるの活用等）

今後の検討課題となるが、他のウィンドファーム間の移動・往来について把握するために、各ウィンドファームで得られたデータについては、共有プラットフォームへの整理と集約化が必要である。

既に海しるには、地形・地質、海象（水温、海流、潮流、塩分等）の他、下記の項目が公表されており、これらのデータとあわせた可視化ができる点で、現状では海しるが最も優れていると考えられる。

集約するプラットフォームやデータの整理・集約の方法について今後の検討課題となり得る。

海しるの掲載項目

[地形・地質]

- ・ 海底地形図、等深線、海岸線 等

[海象]

- ・ 水温、海流、潮流、塩分 等

[インフラエネルギー]

- ・ 洋上風力発電
- ・ 海底ケーブル
- ・ 洋上風力ゾーニング基礎情報
- ・ 海洋エネルギー・ポテンシャルの把握 等

[海洋生物・生態系]

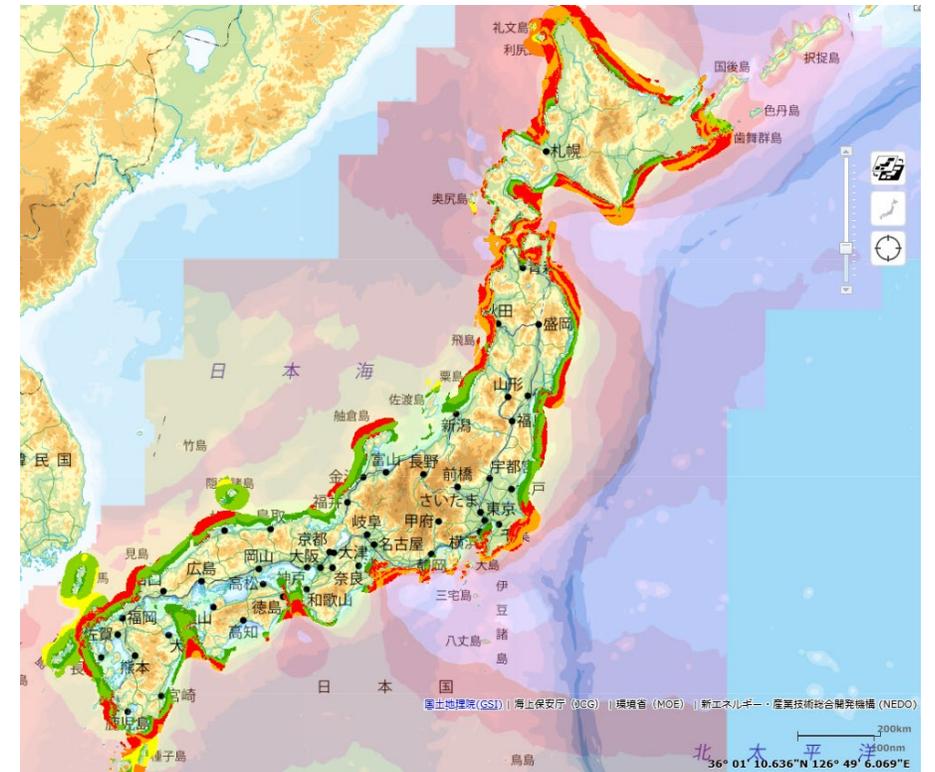
- ・ 重要海域
- ・ クロロフィルa、湿地、海獣類生息地、哺乳類生息地、鳥類生息地、藻場、干潟 等

[水産]

- ・ 漁業権 等

[海域保全]

- ・ 自然環境保全地域 等



海しる（インフラ・エネルギー）

■ 回遊パターン調査（バイオロギング、バイオテレメトリー）の供試魚放流尾数と回収率等について

バイオロギングやバイオテレメトリーの調査において、**供試魚放流尾数とデータ回収率**は重要であり、こうした調査計画を適切に立てることが調査の信頼性に影響する。対象魚や既存知見を元に放流尾数等を設定する場合には、**実施した調査からのフィードバックにより最適化していくこと**が課題である。

回遊パターンの変化を確認するにあたり、バイオロギングやバイオテレメトリーの調査前に、水温変化や餌料生物の分布状況の変化といった環境変化を確認することで可能な限り変化を推測できるようにしておくことも有効である。

個々の魚体の行動を把握する調査手法であることに鑑み、魚群行動特性として把握する場合、放流尾数を増やすことも考えられるが、魚探調査等と組み合わせることで、コスト低減に努めることも有効と考えられる。

■ 工事期間中・事後調査の実施継続性について

発電設備設置後の事後調査（モニタリング調査）については、継続してモニタリングして発電設備の影響を押えられるだけの十分な調査範囲や項目をコスト面も含めて検討することが課題である。回遊パターンの変化の確認には非常にコストがかかるため、**変化の要因の監視などにより調査頻度の最適化など、適切な調査を検討**することが考えられる。また、事前調査と比較し、**設置工事期間中の変化が事後の影響の程度を大きく左右させる可能性もあり、工事期間中からの調査の実施も検討**することが課題である。

■ データの統計解析について

回遊パターンの変化については、**取得した点や線の情報を面的に整理**するとともに**データの統計的な解析**について、今後統計手法に関する情報収集を行い、整理検討を行うことが課題である。

環境要因の変化による回遊パターンの変化の予測等についても、モデル化の検討が課題である。

発電設備の設置による影響やその程度の解析についても、これらの手法を活用することが考えられる。

■ データ共有プラットフォームの整理

各事業において調査した結果は、共有プラットフォーム上に整理統合し、**事業間や地域間の情報共有を図り有効活用すること**を検討することが課題である。

特にウインドファーム間など、回遊パターンの変化に相互作用が懸念される場合などの状況把握や将来予測に重要なデータとなると考えられる。どのようなフォーマットで統合し、相互利用できる環境をどのように整備していくかについて検討することが課題である。

■ 関係機関等への周知について

調査を実施する際には、**関係機関（漁業団体、水産関係研究機関、環境調査機関、港湾関係団体、関係省庁・自治体、事業者）等への周知徹底と関係構築**が課題である。

バイオリギング調査

海洋生物に行動記録計（データロガー）やGPS装置などの機器を取り付け、生物、行動、周囲の環境情報を記録する手法
 回遊魚を対象にする場合、回遊経路上流でデータロガー等を装着し、海洋経路下流で回収することで、環境条件の時系列データの回収や環境条件の時系列データを計測し、回遊、分布の全体像を把握することが可能

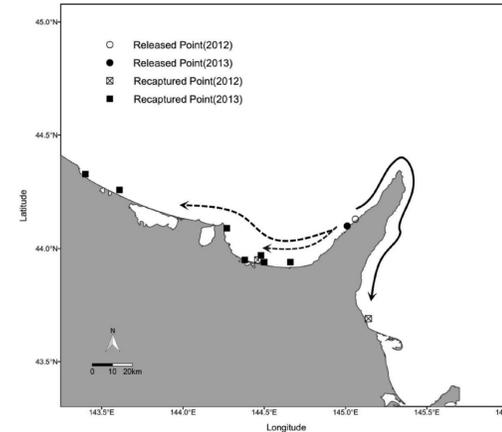
	通常のデータロガー	ポップアップ式アーカイバルタグ
取得データ	深度、水温、塩分、加速度、地磁気、照度	深度、水温、塩分、加速度、照度、位置（緯度経度）
機器を回収する必要性	データロガーの回収が必要	データロガーを一定期間後に海面に自動的に浮上させ、衛星通信によりデータを取得する機能が備わっていることから、データロガーの回収は必要ない
調査エリア	広域エリアに対応（沿岸周辺など、水質調査ができる範囲が望ましい）	都道府県をまたぐ広域エリアに対応（海面水温等の衛星データ精度を考慮した範囲が望ましい）
補完調査（データロガーの情報と環境情報の照合）	位置データ（緯度経度）の取得はできず（移動ルートは不明）、水質調査により水温等の補完データを得ることで、解析により回遊ルートを推定する	沖合域においては、都道府県をまたぐ広域の環境情報が必要となることから、衛星リモートセンシング調査を補完調査として実施することが有効である（※1）
データ取得期間	測定頻度により1年程度は観測可能だが、再捕獲する必要がある	測定頻度により1年程度は観測可能であり、再捕獲の必要がないが、機器の故障などを考慮し、数か月を対象とするのが妥当
機材コスト（※2）	約2.5万円/台から10万円/台	約50万円/台

※1：アーカイバルタグで得られた情報と環境情報を照合して位置推定を行ってきたが、昨今ではクラウド上で位置推定できるソフトウェアが開発されている。

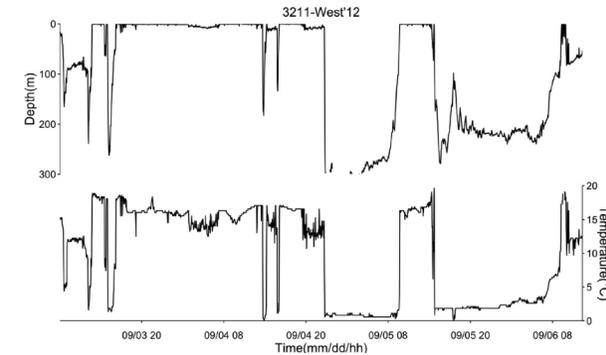
※2：備船費、供試魚購入費用、調査人件費等については別途必要となる。



バイオリギング調査の機器装着イメージ（サケ）

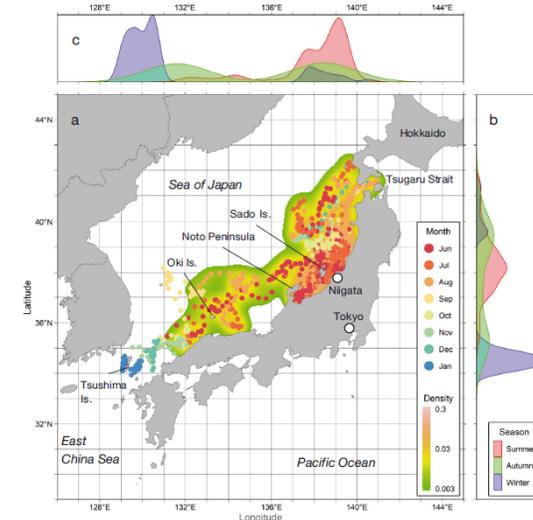


放流および回収地点のイメージ



遊泳深度と周辺温度のイメージ

Li, X., Yamaguchi, H., Shirakawa, H., Minami, K., Sato, N., Zhu, Y., Miyakoshi, Y., & Miyashita, K. (2023). Impact of multiple water temperature structures on the behavioral pattern of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) on the coast of the Shiretoko Peninsula. *Journal of Marine Science and Technology*, 31(4), Article 14.



ポップアップ式アーカイバルタグ調査のイメージ

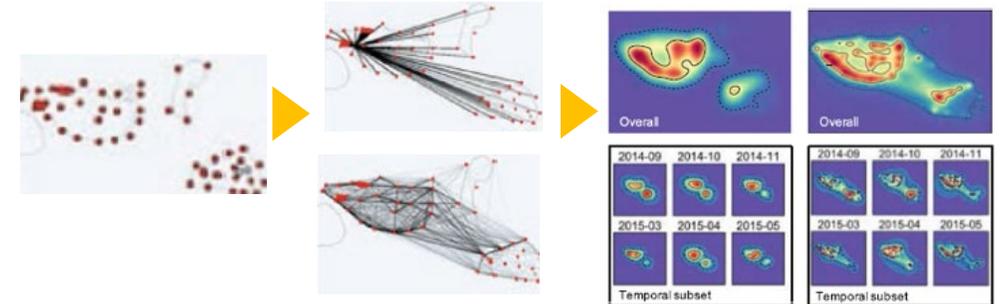
Fujioka, K., Sasagawa, K., Kuwahara, T., Estess, E. E., Takahara, Y., Komeyama, K., ... & Suzuki, N. (2021). Habitat use of adult Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* during the spawning season in the Sea of Japan: evidence for a trade-off between thermal preference and reproductive activity. *Marine Ecology Progress Series*, 668, 1-20.

バイオテレメトリー調査

バイオテレメトリー調査とは、海洋生物に発信機を装着し、受信機などとの間で送受信される電波の情報から海洋生物の移動を追跡する手法であり、移動経路や生息域、中継地点等の重要なデータを得ることが可能である。

発信機を装着した魚類が受信機の範囲内（200～500m）に入り、受信機がデータを記録することで、魚類の位置の追跡と具体的なルート確認を行う。

取得データ	深度、水温
データ取得	受信機周辺に発信機が入れば位置の判別は可能 水面上に機器がないと衛星よりデータ収集ができない
個体の環境データ	発信機が経験した環境の時系列データは得られない ※バイオロギング調査においては、機器の時系列データが得られることから、組み合わせることで、魚類の位置追跡と同時に環境時系列データの把握ができる
調査エリア	沿岸域やウインドファーム周辺などの狭い範囲に対応 受信機の受信範囲は約200～500m
データ取得期間	受信範囲内（～数百m程度）にいる限り発信機ごとに連続観測可能
機材コスト（※）	発信機：約8万円/台、受信機：約30万円/台



バイオロギングテレメトリー調査のイメージ

※参考図改変

Udyawer, V., Dwyer, R. G., Hoenner, X., Babcock, R. C., Brodie, S., Campbell, H. A., ... & Heupel, M. R. (2018). A standardised framework for analysing animal detections from automated tracking arrays. *Animal Biotelemetry*, 6, 1-14.

計量魚探調査

計量魚探とは、水中に音波を発し、魚に当たって返る音波の強さを測定することで、魚のサイズやボリュームを定量化する魚群探知機を使用した手法である。曳航式計量魚探においては、構造物周辺に蟄集する魚類の空間的な分布とバイオマスを定量的に把握することができ、設置型計量魚探においては、構造物直下に蟄集する魚類及び大型プランクトンの分布の時間的な変化を定量的に把握することが可能である。

	曳航式	設置型
取得データ	音響データ（魚類と大型プランクトンの生物量を定量的に把握）	
調査エリア	広範囲（空間分布） 空間的な分布調査は可能だが、個体を追跡することはできないのと、連続観測ができない	定点観測（時間分布） 水深約500m程度（38kHz）の計測が可能 1点/1台の連続観測が可能
補完調査（照合）	胃内容物調査（胃内容物） 環境DNA（海洋生物全般） 衛星リモートセンシング調査（クロロフィル）	ROV調査 （魚類、付着生物の確認）
データ取得期間	一時間あたり7km程度	約1か月程度
機材コスト（※）	機材損料：約20万円超/台日	

※備船費、供試魚購入費用、調査人件費等については別途必要となる。

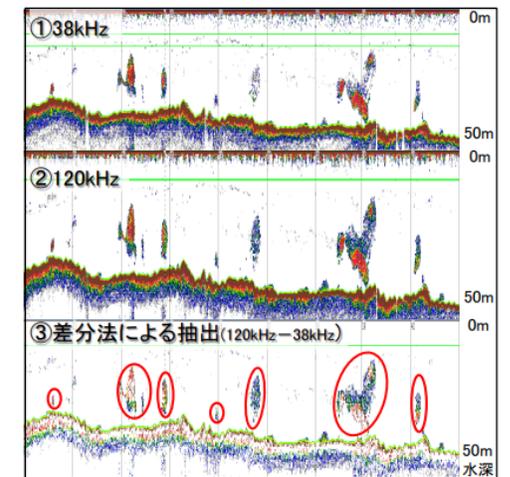


図4：計量魚群探知機による魚群反応
（利尻島本泊沖 約2マイル；5月20日15:10～15:20）
○：ホッケ魚群

曳航式計量魚探調査のイメージ

Hokkaido Research Organization. (2019). ホッケの資源管理に関する研究報告. Retrieved from <https://www.hro.or.jp/upload/35045/hokke201905.pdf>