

洋上風力発電施設の漁業協調型活用方策の提案

1. 背景

1. 1 洋上風力発電施設の導入に向けた経緯

我が国は、国土面積の 12 倍にあたる 447 万 km² におよぶ世界第 6 位の排他的経済水域 (EEZ) を持つ。近年、この排他的経済水域は、海洋が持つ生態系サービスに加えて、潮流発電、波浪発電、風力発電、海洋温度差発電等、再生可能なエネルギーの供給源として注目を集めつつある。風力発電は世界的に実用化が進んでおり¹⁾、2010 年末の風力発電の累計導入量は世界の電力需要量の 2.3% に相当する 194.4GW (前年に比べ 22% 増加、アジアでの伸びが顕著で特に中国の導入量は 42GW) に達しており、2020 年には電力需要量の 4.5-11.5% になると推測されている。一方、立地の確保、景観、騒音の問題を緩和できる海上で行う風力発電は洋上風力発電と呼ばれ²⁾、地形による影響が少なく安定した風力発電が可能であるため、2010 年末時点で、欧州を中心に 3GW 程度発電が行われている。我が国においても、風力発電が普及しつつあり、大規模な洋上風力発電施設の建設が始められつつある¹⁾²⁾。

陸上の風力発電は、太陽光発電に比べ発電コストが低く施設を大規模化し易いが、風況 (欧州のような安定した風力、風向の地域が少ない)、雷や台風等の気象条件、環境への影響 (騒音、バードストライク、景観) 等が課題となり、導入可能な地域が我が国では限られる。一方、洋上の風力発電は風況が安定、騒音や景観等への影響が少なく、より大規模な施設を設置できる等のメリットがある反面、設置工事や送電線の敷設、メンテナンスのコストが高い等の課題がある。洋上風力発電のうち、着底式風力発電は既に実用レベルに達しており、福岡県北九州沖³⁾、千葉県銚子沖³⁾ で 2MW 級風力発電の実証試験が行われている (日本各地で建設計画有り)。一方、沖合大水深域における洋上風力発電施設としては「浮体式」洋上風力発電の研究が進められており⁴⁾、2009 年に世界で初めてノルウェーに浮体式洋上風力発電施設が建設された。我が国では 2012 年 6 月に長崎県五島市柁島沖 (離岸距離 1km、水深 100m) に 100kW の浮体式洋上風力発電の実験施設が設置され、研究が進められつつある。

1. 2 我が国の洋上風力発電施設の導入に向けた取り組み

内閣官房総合海洋政策本部が、平成 24 年 5 月に示した「海洋再生可能エネルギー利用促進に関する今後の取組方針」⁵⁾ では、今年度内に海洋再生可能エネルギーの実証フィールドの要件を公表し、来年度内には実証フィールドの選定を行ない、実用化・事業化を促進するために地域協調型・漁業協調型の海洋再生可能エネルギーを利用するためのメニューを作成し公表することとしている。

洋上風力発電施設の整備は、技術的、経済的な視点から、陸域に近い沿岸域から始まり、徐々に沖合域への展開が図られると思われる。沿岸域のうち港湾区域は、立地工場や進出企業のために電力網が整備されており、かつ港湾管理者という公物管理主体が明確であるため、洋上風力発電施設の本格的な導入場所として有力視されている。そのため、平成 24 年 6 月時点で、瀬棚港 (北海道)、酒田港 (山形県)、鹿島港 (茨城県) において計 14 基の

洋上風力発電施設が設置されている⁶⁾。国土交通省は、平成24年4月に浮体式洋上風力発電施設の技術基準⁷⁾を定めるとともに、環境省と共同で、平成24年6月に、港湾の管理運営との整合性のとれた風力発電施設の導入の円滑化を図る「港湾における風力発電について～港湾の管理運営との共生のためのマニュアル～⁸⁾」(以下、マニュアル)を定め、本格的な洋上風力発電施設の導入に備えている。また、マニュアルの参考資料⁹⁾の中に、洋上風力発電施設の設置等に関する配慮事項として、洋上風力発電施設周辺を航行する一般船舶の安全性を確保するための最小保安距離として、2D(D:プロペラ直径)が示されている。

一方、「発電用風力設備に関する技術基準」を定める省令^{10) 11)}には、『風力発電所を施設するに当たっては、取扱者以外の者に見やすい箇所に風車が危険である旨を表示するとともに、当該者が容易に接近する恐れがないように適切な措置を講じなければならない』と規定されており、陸域の風力発電施設では、施設周辺に柵や塀を設け、出入口付近に立入禁止の表示、出入口には施錠が施されている。洋上風力発電施設の場合、施設周辺に柵や塀を設けることが困難なこと、アクセスできる者も限られていること、漁業との調和を図る必要があることから、陸域の風力発電施設とは異なる保安基準を検討する必要がある(漁業協調方策として整備した養殖施設や養殖物の管理のために、洋上風力発電施設の最小保安距離2D以内への日常的な立入は、制限される可能性がある)。

2. 水産工学研究所の提案

洋上風力発電施設の建設は、対象海域で営まれる漁業や漁場の消失等、沿岸漁業に直接的な影響を及ぼすのみならず、沿岸域の生態系に多大な影響を及ぼすことが懸念されることから、①洋上風力発電施設の建設は、漁業者を始めとする幅広い利害関係者間の合意に基づくこと、②洋上風力発電施設の建設がもたらす生態系への影響を事前に充分検討するとともに、その対策を講じておくこと、③沿岸域の漁業や生態系は不確実性が高いことから、洋上風力発電施設の建設前から建設中のみならず、建設後においても定期的に環境モニタリングを行い、その観測結果に合わせて対応を変えるフィードバック管理(順応的管理)の実施が不可欠である。

(独)水産総合研究センター水産工学研究所は、洋上風力発電施設周辺の安全対策や前述の①②③を前提にして、発電事業者と漁業者が共に利益を共有する方式が可能となる漁業協調型海洋再生可能エネルギー利用¹²⁾を目指して、その具備すべき要件について取り纏めた。具体的には、魚類等の水産資源生物の分布・量、動き(回遊)を把握するシステム「海洋情報や水産資源の動態把握のためのモニタリングネットワーク」構築のために、沿岸域に設置される洋上風力発電施設に、長期間・連続観測可能な海洋観測プラットフォームとしての機能を付加することと、施設の基礎マウンド部を有機懸濁物をトラップし生物の多様性を高める新たな魚礁として活用することを提案する。

なお、洋上風力発電施設の整備状況に応じて、実証段階と実用段階の2段階に分けて漁業協調方策について提案する。実証段階とは、1海域に概ね2-3基の洋上風力発電施設が整備され、提案された漁業協調方策を試験的に実施し、その効果を検証している段階とする。実用段階とは1海域に数十基の風力発電施設が整備される、あるいは数海域で洋上風力発電施設群が形成されている段階とする。

2. 1 海洋生物資源および海洋生態系のモニタリング体制の構築について

(1) モニタリングの必要性¹³⁾

海洋生物資源は、それ自体が自律的に再生産を行うことが特徴であり、適切な管理により持続的に利用することができる。しかし、近年、沿岸環境の劣化、地球温暖化の影響、外来生物の侵入等により、我が国沿岸における多くの水産資源が横ばいあるいは低水準の状況にある。適切な漁獲により、水産資源量を維持していくためには、資源量の推定が極めて重要である。このためには、海洋環境観測（流れ、水質、基礎生産等）、対象資源のサンプリング（漁獲、音響機器観測等）などを継続的に行い、得られた海洋情報を総合的に解析する必要がある。今後とも、海洋生態系のモニタリングは継続的に行い、さらに精度の向上と効率的に実施していかなければならない。

(2) モニタリングの現状・開発状況

我が国周辺海域に配置された調査定線（点）は、都道府県等により実施され、調査船観測データの蓄積が継続的に行われてきた。一方、調査船以外の観測法についても、以下のように近年の海洋観測機器の進歩は著しい。

- ①流動、波浪、水質に関する多様な海洋観測機器が開発されている（水中グライダーによる環境モニタリング技術、昇降式水質環境モニタリング技術、ADCP を使った流況の多層観測、音響トモグラフィ、HF・VHF 海洋レーダー等）
- ②アルゴスブイ、アルゴフロート、トライトン（海洋観測係留ネットワーク）等の活用により、沖合・浅海定線等観測データとの同化を前提として、海洋モデルによる流動現象や水質（水温、塩分）の解析結果の再現性、予測性が向上している。陸棚・沿岸海域においては、高分解能モデルによる流動や低次生態系の再現精度が向上している。
- ③光学機器により水産資源の行動把握が近年著しく高度化されている（ステレオカメラによる魚種判別、体長推定、懸濁物の定量的推定が可能）。
- ④広帯域音響ソナー等海洋音響調査機器開発の新たな技術開発が行われ、これまで以上の分解能向上、魚種判別、数量、体長の推定精度の向上が近い将来可能となる。
- ⑤受動的音響機器による水産資源の行動把握の試みが始められた（鳴声による海洋生物の種や量の推定技術が向上）。

(3) 洋上風力発電施設を活用したモニタリングのメリット

現在、都道府県等が実施している調査船観測データを同化して、精度の良い予測データを配信する海況予測モデルの実運用が行われており（FRA-ROMS、JADE 等）、漁業者への情報提供や研究等に利活用されている。例えば、沿岸域に配置された複数施設を利用することで、良好な同化データの連続的な入手が可能となり、予測モデルのさらなる精度向上が期待される。モニタリングネットワーク整備の初期投資は洋上風力発電施設本体の整備費に比べて極めて少額で賄え得ることから、沿岸域に配置された洋上風力発電施設は、海洋生物資源および海洋生態系の長期連続モニタリングをするためのプラットフォームとして利用可能である。また、沖合大水深域に展開される浮体式洋上風力発電施設を使用すれば、沖合大水深域での長期連続観測も可能となる。

洋上風力発電施設は、施設自体が発電施設であることから、長期間連続観測に必要な電力供給が可能であるとともに、陸上基地への観測データの送受信のための通信施設の設置も容易である。また、豊富な電力供給を利用した海洋観測機器の自動メンテナンスが可能（例えば計測器の生物付着防止のための紫外線照査、空中待機など）である。以上のように、洋上風力発電施設に海洋生物資源および海洋環境をモニタリングするための機能を付加するメリットは極めて大きい。

2. 2 実証段階における「海洋環境や水産資源の動態把握のためのモニタリングネットワーク」の検討

(1) 海洋観測プラットフォームとしての活用

漁業との協調を目指して、実証段階においては、沿岸域に設置される洋上風力発電施設を、長期連続して水産資源、海洋環境をモニタリングする海洋観測プラットフォームとして活用するために必要な検討項目について以下に示す。

① 観測項目の明確化

洋上風力発電施設において、海洋情報や水産資源の長期連続した動態観測に活用する「海洋情報や水産資源の動態把握のためのモニタリングネットワーク」が具備すべき諸条件を明確に示す（例えば、観測項目毎に必要な性、観測方法や機器配置、電源、陸上基地との通信方法、観測機器の保守点検方法等）。想定される観測項目は以下の通り。

ア 「魚の種、量、分布を知る」のための観測

(ア) パッシブ、アクティブソナーによる種判別、数量の面的、時間的分布を把握する（参考1、2参照）

魚が発する音を計測し、その種類、量を推定する（パッシブ）。魚種毎の出す音のデータベース化及び生データからの抽出手法、一匹当たりの出す頻度や出す時間帯などの発音特性に基づく数量推定手法の開発が現在行われている。

広帯域音響ソナー（アクティブ）を用いて、魚の種類、大きさ、量を計測する。分解能は8cm以下であり、高分解能である。現在、複数の船舶に登載して、実証のための計測を行っている。音源に対する魚種別の向き及び周波数毎の反射特性のデータベースに基づく魚種判別の汎用化を行っている。

(イ) 光学観測（ステレオカメラ）を活用した施設周辺に蟄集する魚介類の種判別、数量、サイズ特性、分布特性のモニタリング（参考3参照）

視点の異なる二つのカメラにより、施設に蟄集する魚の種類、大きさ、量を計測する（視差により、施設からの距離、大きさを推定することができる）。ステレオカメラは観察範囲が透明度により制限されるが、種の判別やサイズの測定については音響機器以上の精度がある。

イ 「海の状態を知る」ための観測

(ア) 気象観測（気温、湿度、気圧、雨、風、光、等）

(イ) 海洋観測（波浪、水温、塩分、流向流速、水質（クロロフィル含む）等）により、鉛直方向の分布及びその時間的変化を把握する（参考4参照）。例えば、ADCP（超音波多層流向流速計）による流速分布、波浪観測、昇降装置による多項

目水質分布観測（水温、塩分、クロロフィル、懸濁物）などにより、精度の良い海洋環境計測を行う。

② 漁業者への情報発信システムの構築

洋上風力発電施設に試験設置された観測機器において取得した海洋情報、水産資源情報、生物分布情報に基づき、施設周辺の海洋環境や水産資源の動態を可視化し、その地域の漁業者など利用者にリアルタイムで情報発信するシステムを構築する。

③ 周辺海域の漁場形成推定モデルの開発

洋上風力発電施設の周辺海域を対象に、①のイの海洋環境データを取り込み、高分解能な流動・低次生態系モデルを適用することにより（参考5参照）、観測データに基づいた対象海域の海洋環境の時空間変動を再現・予測する。観測データの空間配置によって、どの程度精度向上が図れるか検討を行い、実用段階への基本フレーム（モニタリング点の配置等）を構築する。

魚の分布は、海的环境動態と密接に関連しているため、魚介類の分布がどう変わるか、流動・低次生態系モデルを用いて推定した海域の環境動態と、周辺海域の魚の分布情報（①のアや漁海況予報）との比較検討を行い、「魚が、どこに、どの位いるか、どのように分布しているか」、周辺海域の漁場形成推定モデルの開発を行い、実用段階における漁業操業や資源管理への活用方策を検討する。

（2）魚礁、藻礁、養殖施設としての活用

洋上風力発電施設に、海洋観測プラットフォームのみならず、施設の基礎マウンド部に集魚機能や、藻類・貝類・餌料生物等の増殖機能を付加させることが可能であり、漁業生産の場としての利活用を併せて検討する（参考6参照）。主な検討項目は次のとおりである。

① 施設基礎マウンド部の空隙が持つ魚礁機能の評価

施設基礎マウンド部に、魚礁が形成する空隙とは異なる、複雑性に富んだ空隙を持つブロックを使用することにより、砂泥域とは異なる表面積の大きな、多様な空隙を持った空間を創出する。基礎マウンド部周辺に、海域で生産された有機懸濁物を集積（トラップ）させ、また有機懸濁物を餌料とする底生生物を蝟集させることで、洋上風力発電施設の基礎マウンド部周辺に多様で豊かな生態系を創出する。これらの空隙には、稚仔魚の保護機能や、餌生物の供給機能を付加することが可能である。この機能を定量的に評価するために、前述（1）で述べた海洋観測プラットフォームの観測システムを利用する。これまで、洋上において安定的かつ長期間、海洋観測できるプラットフォームは限られていたので、このような機能を定量的に評価した例はこれまでにない。しかしながら、規模が異なるものの、同様の構造をもつ湧昇マウンドでは、マウンドの空隙周辺に多くの稚仔魚や小型魚の蝟集が観察されていること¹⁴⁾、湧昇マウンド周辺では有機物量が増加していることが明らかにされている¹⁵⁾。従って、施設基礎マウンド部は、湧昇マウンドと同様に単なる集魚だけではなく、周辺海域への有機物供給源や増殖機能も兼ね備えた施設となり得る可能性を秘めている。

② テラス式藻場造成の検討

光環境及び流動環境の良い水深帯にテラス式の藻場造成施設を設置し、メンテナンスフリーの藻場を小規模ながら造成する。このことにより、施設基礎マウンド部の魚

礁機能に加えて多様な生態系が形成される。また、小規模ながらも、このような藻場は周辺海域への藻類・貝類等の卵・遊走子の供給源となり、周辺海域の藻場形成に貢献する可能性がある（核藻場機能）。なお、テラス式藻場は任意の水深に造成できるため、適度な流動環境であれば、ウニ等植食動物による食害を抑制することが可能であり、維持管理を必要としない藻場を造成出来るのみならず、これまでにない新しい藻場造成が可能となる（参考6参照）。

③ 養殖施設の検討

瀬棚港に設置された洋上風力発電施設において、地元漁業との共存を図るため、施設の一部をウニやアワビの餌用コンブ養殖施設として利用した事例があり¹⁶⁾、洋上風力発電施設に、給餌を必要としない藻類や二枚貝を対象にした養殖施設の併設は漁業協調方策して有効な活用と考えられる¹²⁾（但し、技術的、経済的に克服すべき課題は多いことに留意する必要がある）。

④ 浮魚礁の検討

浮体式洋上風力発電施設は、施設自体を浮魚礁として活用できる¹²⁾。また、浮体式洋上風力発電施設の設置海域が海洋深層水の取水適地であれば、発電した電力を利用した海洋深層水の汲上げ、放水による新たな漁場造成の可能性はある¹⁷⁾（但し、技術的、経済的に克服すべき課題は多いことに留意する必要がある）。

2. 3 実用段階における「海洋情報や水産資源の動態把握のためのモニタリングネットワーク」の漁業への利活用について

実用段階では、沿岸域のみならず、沖合域に整備された洋上風力発電施設群について、図1に示すように、個々のプラットフォームを有機的に結びつけ、水産生物や海洋環境を長期間、連続観測する広域的海洋観測プラットフォームとして、効果的、効率的に運用し、得られた情報を統合化する。この統合化した情報に基づき、根付き魚、回遊してくる魚介類、餌料生物の種類・数量の時空間分布データをリアルタイムで把握・蓄積し、実証段階で開発した漁場形成推定モデルを用いて解析することで、周辺海域に形成される漁場の位置や規模を漁業者向けに情報発信することが可能となる¹⁷⁾。特に、観測拠点の少ない沖合域に整備される浮体式洋上風力発電施設は、沿岸域に展開する広域的海洋観測網を補完し補足する有効な観測拠点となり得る。

さらに、実用段階においては、隣接する海域に展開する洋上風力発電施設群から得られるデータを含め、他の調査により多くの情報が得られることとなるので、ネットワークシステムの精度の向上、広域的な回遊魚を対象とした漁場形成予測モデルの開発などを行い、これまで以上に広範囲で高精度の資源管理や漁業管理に繋げることが可能と考えられる。こういったデータの活用は、減少しつつある我が国海洋観測データを補完補足する資料としても有効なものとなる（図2に実用段階における海洋データの利活用のためのフローを示す）。また、実用段階における「海洋情報や水産資源の動態把握のためのモニタリングネットワーク」で取得し解析されたデータは、海上保安庁が運営する海洋情報クリアリングハウス（マリンページ）¹⁸⁾との連携を図ることで、漁業者を含めた、より広範囲の利用者に情報提供することが可能になる。

実証段階では、増殖機能を付加した基礎マウンド部やテラス式藻礁などにより、小規模

ながらも多様な生態系を有する空間造成が可能となる。実用段階では洋上風力発電施設が集中的かつ多数設置されることから、水産資源を含めた多様な生物を涵養する空間、複数の施設基礎マウンド部やテラス式藻礁から、周辺の海域に、有用水産物の稚仔魚の”染み出し”効果も期待できるため、洋上風力発電施設群全体として、新たな漁場創出機能が生じることが予測され、その評価を定量化することで新たな漁場整備の開発法に繋がるであろう。

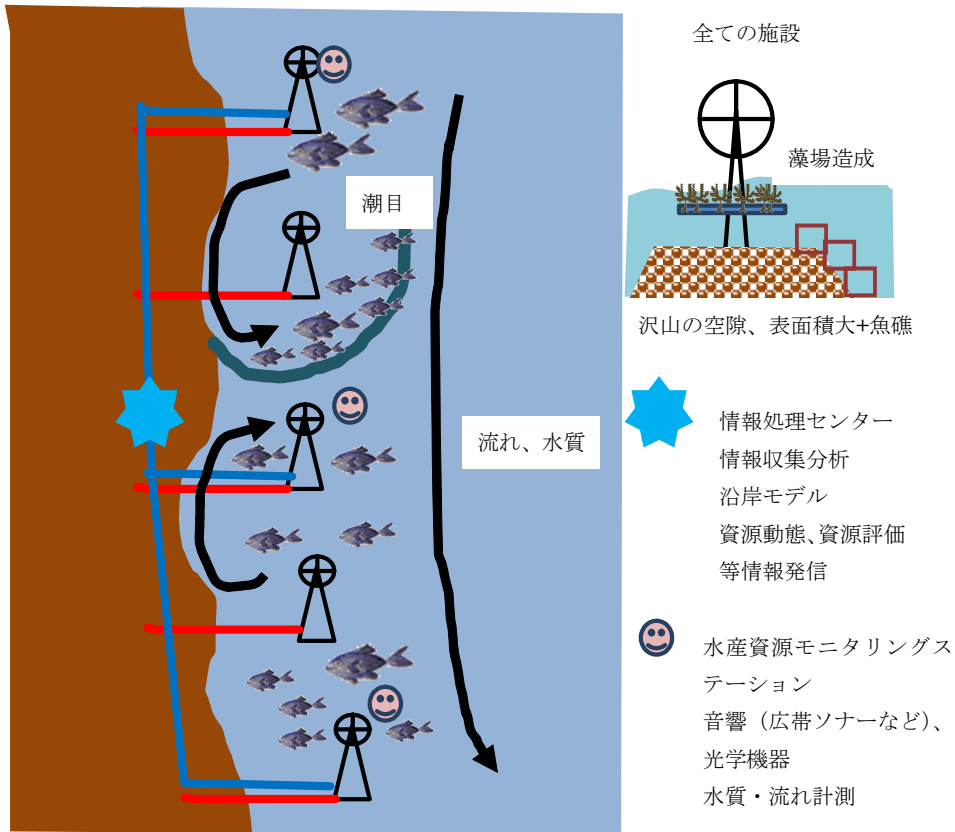


図1 洋上風力発電施設群を使ったモニタリングネットワークのイメージ

- ①モニタリングデータ（海洋情報、生物情報）の収集蓄積、データベース化
 - ↓ 音響機器を用いて、魚の種識別、分布を観測（参考1、参考2）
 - ↓ 光学機器を用いて、魚の種識別、分布を観測（参考3）
 - ↓ 海洋観測機器を用いて、海洋データを観測（参考4）
 - ↓ リアルタイムで観測データを情報発信
- ②海洋・低次生態系モデルを使った解析、データベース化
 - ↓ 活用例：FRA-ROMSによる解析事例（参考5）
 - ↓ 活用例：東京湾貧酸素水塊予測¹⁹⁾を参照（参考7）
 - ↓ 必要に応じて、検討結果を情報発信
- ③資源動態予測モデルを使った解析、データベース化
 - ↓ 海洋動態（潮流や水質の変化、潮目等）の変化に伴い、周辺海域に分布する魚介類の分布がどのように変化するのか検討する。検討には、周辺海域で観測される海洋観測結果や、①で取得した海洋情報、生物情報の点情報、②で解析し得られた面情報をデータベース化する。
- ④漁場形成予測
 - ↓ 周辺海域の海洋動態の変化に伴い、魚介類分布（漁場）がどう変わるか。
 - ↓ 周辺海域の漁海況予報結果と、③を用いて推定した魚類分布予測との比較検討を行い、周辺海域の漁場形成予測を定期的に漁業者に提供する。
- ⑤広範囲の資源管理、漁業管理に貢献
 - ↓ 隣接する海域に展開する洋上風力発電施設から提供される④や、漁業者から提供される実際の漁獲情報を活用して、広範囲の資源管理や漁業管理に貢献する。

図2 実用段階における海洋データ利活用のためのフロー

参考文献

- 1) <http://ja.wikipedia.org/wiki/風力発電>（H24.11.12 最終アクセス）
- 2) <http://ja.wikipedia.org/wiki/洋上風力発電>（H24.11.12 最終アクセス）
- 3) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：国内初、沖合における洋上風力発電への挑戦、<http://www.nedo.go.jp/fuusha/>（H24.11.12 最終アクセス）
- 4) <http://ja.wikipedia.org/wiki/浮体式洋上風力発電>（H24.11.12 最終アクセス）
- 5) 総合海洋政策本部：海洋再生可能エネルギー利用促進に関する今後の取組方針（案）、2012.5 <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/sanyo/dai6/houkoku1.pdf>
- 6) 国土交通省海事局・港湾局・海上保安庁：洋上風力発電普及促進に向けた国土交通省の取り組み、一般社団法人日本風力発電協会誌、2012.8
http://jwpa.jp/2012_pdf/88-19tokusyuu.pdf#search=%E6%B4%8B%E4%B8%8A%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%99%AE%E5%8F%8A%E4%BF%83%E9%80%B2%E3%81%AB%E5%90%91%E3%81%91%E3%81%9F（H24.12.30 最終アクセス）
- 7) 国土交通省海事局安全基準課：浮体式洋上風力発電施設技術基準、2012.4
<http://www.mlit.go.jp/maritime/safetyenv/yojyofuryoku/kijyun.pdf#search=%E6%B5%AE%E4%BD%93%E5%BC%8F%E6%B4%8B%E4%B8%8A%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%96%BD%E8%A8%AD%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%9F%BA%E6%BA%96>（H24.12.30 最終アクセス）
- 8) 国土交通省港湾局・環境省地球環境局：港湾における風力発電について～港湾の管理運営との共生のためのマニュアル ver.1～、2012.6
<http://www.mlit.go.jp/common/000216101.pdf>（H24.12.30 最終アクセス）
- 9) 国土交通省港湾局・環境省地球環境局：港湾における風力発電について～港湾の管理運営との共生のためのマニュアル ver.1 参考資料～、2012.6

- <http://www.mlit.go.jp/common/000216102.pdf> (H24.12.30 最終アクセス)
- 10) 経済産業省：発電用風力設備に関する技術基準を定める省令、平成 21 年 12 月
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H09/H09F03801000053.html> (H24.12.30 最終アクセス)
- 11) 経済産業省原子力安全・保安院電力安全課：発電用風力発電の安全基準の解釈について、2012.7
http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/huugi.pdf#search=%E7%99%BA%E9%9B%BB%E7%94%A8%E9%A2%A8%E5%8A%9B%E8%A8%AD%E5%82%99%E3%81%AB%E9%96%A2%E3%81%99%E3%82%8B%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%9F%BA%E6%BA%96%E3%82%92%E5%AE%9A%E3%82%81%E3%82%8B%E7%9C%81%E4%BB%A4 (H24.12.30 最終アクセス)
- 12) 社団法人海洋産業研究会：洋上風力発電等における漁業協調の在り方に関する提言（中間とりまとめ）、2012.3
http://www.rioe.or.jp/pdf23/03rioe_.pdf (H24.11.12 最終アクセス)
- 13) 海洋技術フォーラム・海洋生物資源タスクフォース：海洋生物資源の持続的利用と新しい産業・社会の創出のためのマスタープランー海洋生物資源に立脚した新しい海洋国家の創造を目指してー、2007.8
- 14) <http://www.youtube.com/watch?v=LCDwcKfxUWk> (H24.11.12 最終アクセス)
- 15) 岡野崇裕他 8 名：湧昇マウンド礁周辺における懸濁態有機物に関する現地観測、土木学会論文集 B2、pp.1401-1405、2010
- 16) 社団法人海洋産業研究会：<http://www.rioe.or.jp/windfarm.htm> (H24.11.12 最終アクセス)
- 17) 一般社団法人マリノフォーラム 2 1：海洋肥沃化装置「拓海」の開発、
http://www.mf21.or.jp/20years_pdf/116_海洋肥沃化装置「拓海」の開発.pdf (H25.1.10 最終アクセス)
- 18) 海上保安庁：海洋情報クリアリングハウス
<http://www.mich.go.jp/> (H24.12.30 最終アクセス)
- 19) 千葉県：東京湾貧酸素水塊推定システム
<http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/hinsanso/index.html> (H24.11.20 最終アクセス)

(参考1)パッシブ音響機器を使った水産資源の観測例

洋上風力発電施設の設置海域について、施設周辺で魚類の蝟集効果が期待されている。受動的音響手法を利用して、周辺に集まる水産資源を長期間にわたり自動的に観測する。

期待される成果

洋上風力発電施設の周辺海域における漁業資源の定量的把握は、漁獲や映像装置では極めて困難である。近年、生物の発する音声をを用いて存在確認や資源量推定が試みられるようになってきた。特に洋上風力発電施設の建設地のようなピンポイントでの影響評価や資源変動をみるために受動的音響手法が期待されている。

現状

鳴音により建設水域周辺の魚類の存在を、長期間に渡って時系列的に確認することができるようになってきた。日本初の洋上風力発電施設の実海域試験（NEDOが主導、銚子沖）（<http://www.nedo.go.jp/fuusha/>）海域において、水産工学研究所は受動的音響モニタリング装置を設置し、イシモチと思われる魚類の鳴音を明瞭に捉えた。

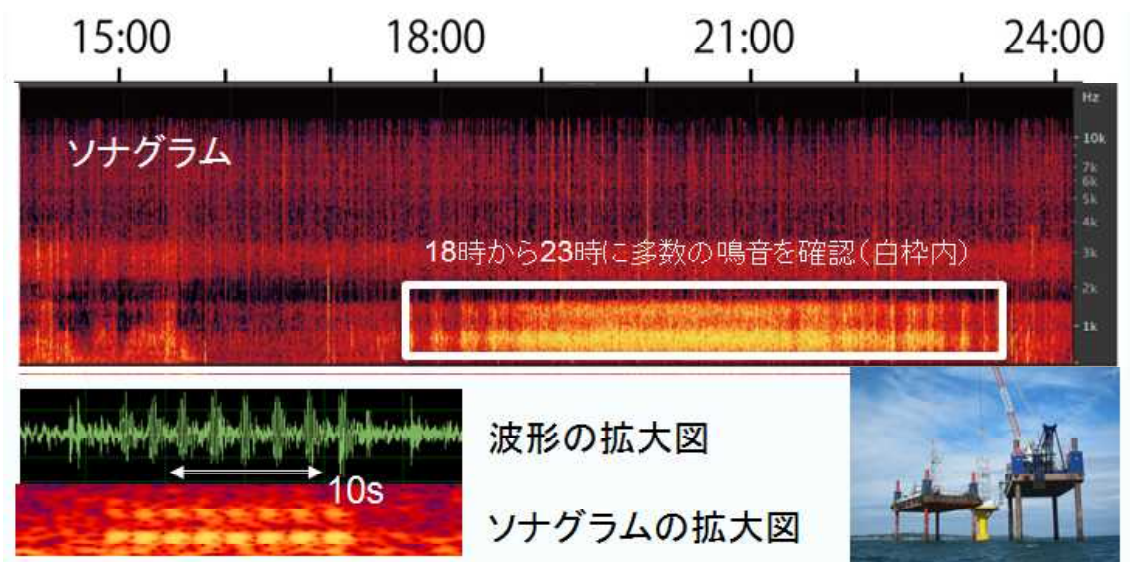


図 銚子沖の洋上風力発電実証プラント付近で記録された魚類鳴音

夜間に集中的に鳴き声が記録された。パルス構造をもち、1kHz以下の周波数帯域に多くのエネルギーが集中していた。これまで水産工学研究所で収集した魚類の音声ライブラリと比較すると、イシモチの音声に近い構造を持っている。

(参考2) アクティブ音響機器を使った水産資源の観測例

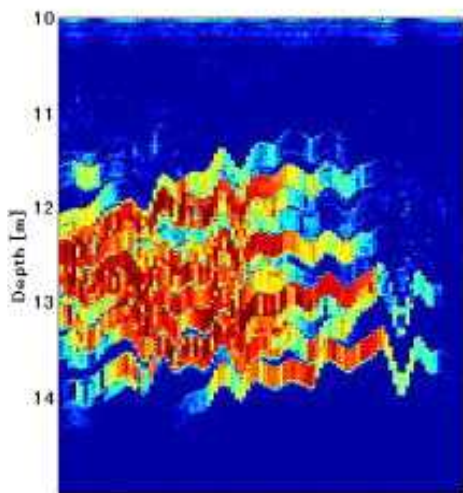
我が国水産業の安定的な発展を図るためには、多様な魚種に恵まれた沿岸漁業資源の適正な管理と利用が重要であるが、現状では魚種ごとの資源量を的確に把握できる技術がない。イルカの持つ優れたソナー能力をモデルとし、魚を効率的に探索し判別するための次世代型魚群探知技術（イルカ型ソナー）を開発した。

期待される成果

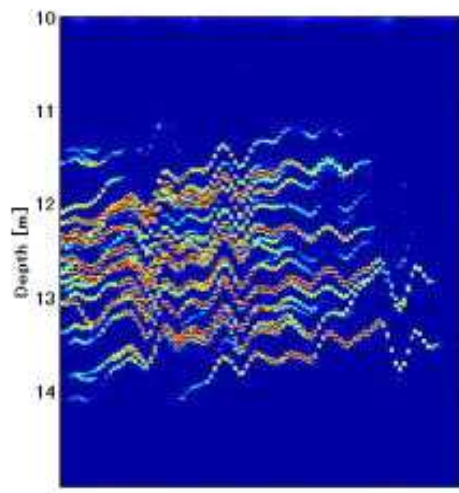
イルカ型ソナーは、個体間距離 0.08 m以上の対象物（魚）のエコーを分離することができ、従来型の魚群探知機に比べて高い空間分解能が確認された。広帯域信号の散乱特性より、限定的な種類ではあるが、魚種判別が可能であることも示され、イルカのように、目標とする魚を素早く的確に認知し判別することが可能になった。

イルカ型ソナーを用いることで、これまで困難であった多数の希少水生動物のモニタリングが可能になった。音響調査は天候の影響をほとんど受けず、夜間でも実施可能で無人自動運転ができる。また観察者の能力によるバイアスを受けず、濁った水中に動物がいても検知可能である。このような特徴を生かすことで、新しい調査手法として広く用いられ始めた。

高分解能、魚種判別高精度ソナー



従来型魚群探知機



イルカ型ソナー

アナログテレビとハイビジョンテレビほどの違い

図 高分解能な魚群分布の把握が可能

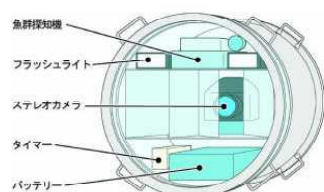
(参考3) ステレオカメラと魚群探知機を組み合わせた魚群観察

魚礁効果調査の高度化を図るため、魚類蝟集モニタリングシステム FISCHOM (Fish SCHOOL Monitoring system)を開発した。FISCHOMはステレオ方式のデジタルカメラ、魚群探知機を耐圧容器に格納した魚類蝟集モニタリングシステムである。

期待される成果

魚類蝟集モニタリングシステム FISCHOM は、ステレオ方式のカメラと魚群探知機を同期させて魚群を記録することで、FISCHOM 前方における蝟集魚群の分布位置、密度、魚種構成、サイズ組成などの時系列変化を知ることが出来る。従来の魚礁効果調査では、調査時に撮影された写真(動画)から蝟集状況を判断しているため、定性的な蝟集状況の確認に留まるが、FISCHOM が持つ魚群探知機記録と組み合わせることで、定量的な蝟集効果の確認が可能になった。なお、FISCHOM は1週間~最大1ヶ月程度の連続定点観測が可能である。

[具体的データ]



FISCHOMの内部構成
FISCHOMは、ステレオ式デジタルカメラ、魚群探知機及びこれらを駆動・制御する装置類を搭載する。カメラは、鏡により撮影範囲を分割してステレオ化した。筐体はステンレス製で耐圧深度80m、前面は窓として透明アクリルガラスを使用した。

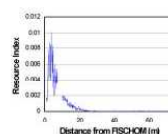
人工魚礁に設置されたFISCHOM
FISCHOMは人工魚礁の任意の箇所に設置可能である。任意の時間間隔でカメラと魚探によるデータ収録を繰り返し、長期間の無人定点観測を行う。これまでに最長9日間の連続定点観測(データ収録間隔は1回/時間)に成功した。



Fish	Fork Length (cm)	Distance (cm)
A	27.0	290.3
B	24.5	395.1
C	28.5	145.4
D	23.7	236.1
E	29.4	301.6
F	27.5	518.1
G	24.1	235.5

撮影した画像(マアジ魚群)とステレオ計測例(魚体の記号は撮影画像に対応)カメラの撮影範囲は左右に分割され、異なる方向から同時に観察できる。左右の撮影範囲に同時に捉えた魚について、ステレオ計測により三次元位置が推定でき、姿勢や大きさ等がわかる。表は撮影された魚(A-F)のステレオ計測結果である。

FISCHOMからの距離別魚群量分布



魚群探知機は、広範囲にわたる魚群の把握に用いられる。魚群探知機の情報から、魚礁から20m以内の魚群密度が高く、それより遠方にはあまり魚群が存在しないことが判った。このように音響情報によって、魚礁の蝟集効果範囲を定量的に示すことができる。

図 魚類蝟集モニタリングシステム FISCHOM の特徴

(参考 4 - 1) 観測機器を使った水質連続観測

24時間連続観測が可能な気象・海象観測機器を用いて、観測データをリアルタイムで公表するシステムが各地で整備され始めている。観測項目の多くは定点観測であるが、下図に示した(独)水産総合研究センター西海区水産研究所が管理運用する自動昇降式水質観測ブイには自動昇降装置が付加されており、定期的(例えば1時間1回)に鉛直方向(海面から海底まで0.1m毎の水温、塩分、クロロフィル等)の水質観測を行なうことができる http://ariake-yatsushiro.jp/bui/yatsushiro_top.htm 参照。

なお、東京湾、大阪湾、伊勢湾等においても、水質連続観測が行われており、観測機関のHP上で公表されている。

(東京湾)

東京湾水質連続観測 <http://www.tbeic.go.jp/MonitoringPost/index.asp>

(大阪湾)

大阪湾水質定点自動観測データ配信システム <http://222.158.245.253/obweb/index.aspx>

大阪湾・紀伊水道海洋短波レーダ表層流況配信システム <http://www.kouwan.pa.kkr.mlit.go.jp/hf-radar/>

(伊勢湾)

水質定点観測リアルタイム情報 http://www.isewan-db.go.jp/real_web/REAL_WEB_buoy/PointSelect/Index.asp

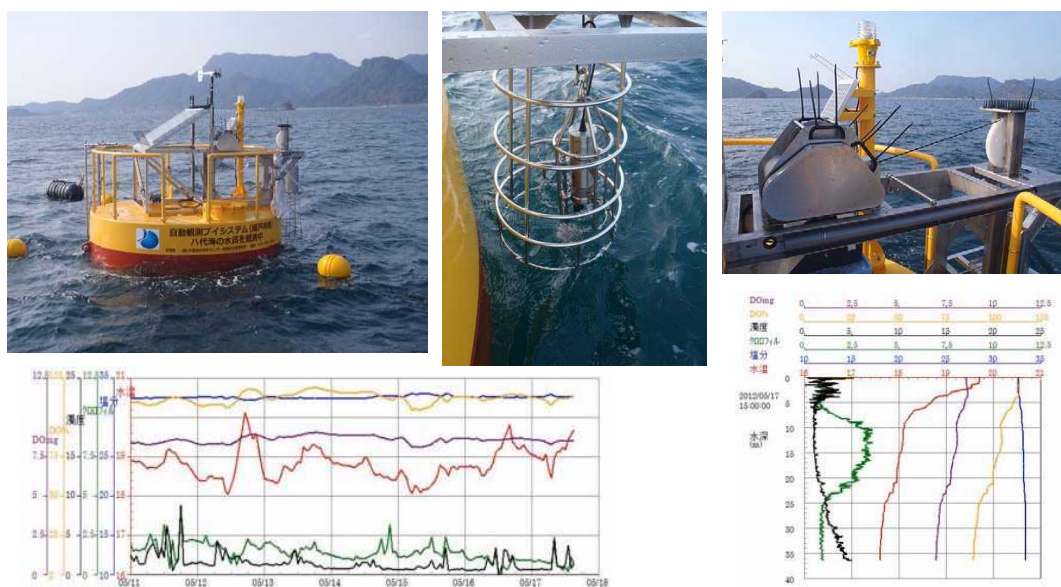


図 八代海の自動昇降式水質観測ブイ(西海区水産研究所)

自動昇降式水質観測ブイ(左上)、多項目水質計(中上)、自動昇降装置(右上)、水質観測結果の経時変化(左下)、鉛直方向の水質観測結果(右下)

(参考 4 - 2) 観測機器を使った水質鉛直方向分布観測例

大陸棚海域は、排他的経済水域の貴重な再生産資源である水産資源を持続的に利用して行くために重要な海域である。現在、人工海底山脈、保護育成礁等の整備が進められつつあるが、陸棚海域の海洋環境については未解明な点が多い。今後、このような海域環境の実態を明らかにしていくために、比較的簡便にかつ詳細に陸棚海域・開放性沿岸域の水質流動環境を計測する手法が求められている。海域環境を把握する上で重要となる詳細な鉛直構造計測を可能とする可搬型観測プラットフォームを開発し、それを夏季仙台湾沿岸域の水塊構造計測に適用した結果、多項目水質量の連続的な鉛直分布計測に成功し、夏季仙台湾沿岸域の基本的な流動・水質鉛直構造の特徴とその内部潮汐による変動、外海水の中層進入などを示した。

期待される成果

フロンティア漁場開発として陸棚海域に整備が進められている人工湧昇マウンドの生産性の定量的な評価などに適用されることが期待される。

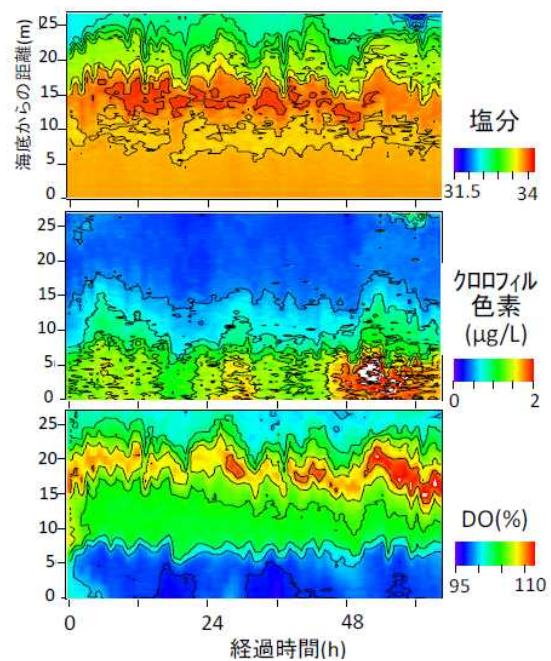


図 可搬型観測プラットフォーム (左)、計測された夏季仙台湾沿岸域 (阿武隈川河口沖 12km, 水深 32m 地点) の塩分、クロロフィル色素量、DOの時空間分布 (右)

(参考5-1) 高分解能な流動・低次生産モデルの開発 (閉鎖性海域)

沿岸域は多様性に富み生産性が高く、漁業生産上重要な領域であるが、沿岸域の生産構造の基礎をなす流動現象の評価予測が重要となる。沿岸域の流動現象は、①地形が複雑、②河川からの陸水や土砂の流入、③波浪の影響、④干潮部を有する等の理由から複雑である。そこで、⑤外洋との相互干渉を考慮しつつ、外洋影響、河川水影響が複雑に絡み合い、干潟等のある半閉鎖性海域、瀬戸内海全域を対象に、高分解能で高精度な流動・低次生産モデル (FRA-ROMS 等) の開発を行った。これまでに瀬戸内海を対象とした外洋モデル (FRA-JCOPE 等) ~ 内湾モデル ~ 極浅海域モデルの多重ネスティング計算 (瀬戸内海 ~ 周防灘 ~ 中津干潟) とそのマコガレイ稚仔魚、アサリ浮遊幼生分散シミュレーションへの適用、鹿島灘を対象とした開放性沿岸の流動・低次生態系モデルの開発とそのチョウセンハマグリ幼生分散への適用などを行っている。

期待される成果

瀬戸内海の残差流構造 (左上)、瀬戸内海への栄養塩供給 (右上)、豊後水道に外海から波及する急潮現象 (右下)、アサリの浮遊幼生分散等の漁場間生態系ネットワーク (左下) 等、沿岸域の漁業生産の基礎となる流動場、低次生態系の再現が可能となる。

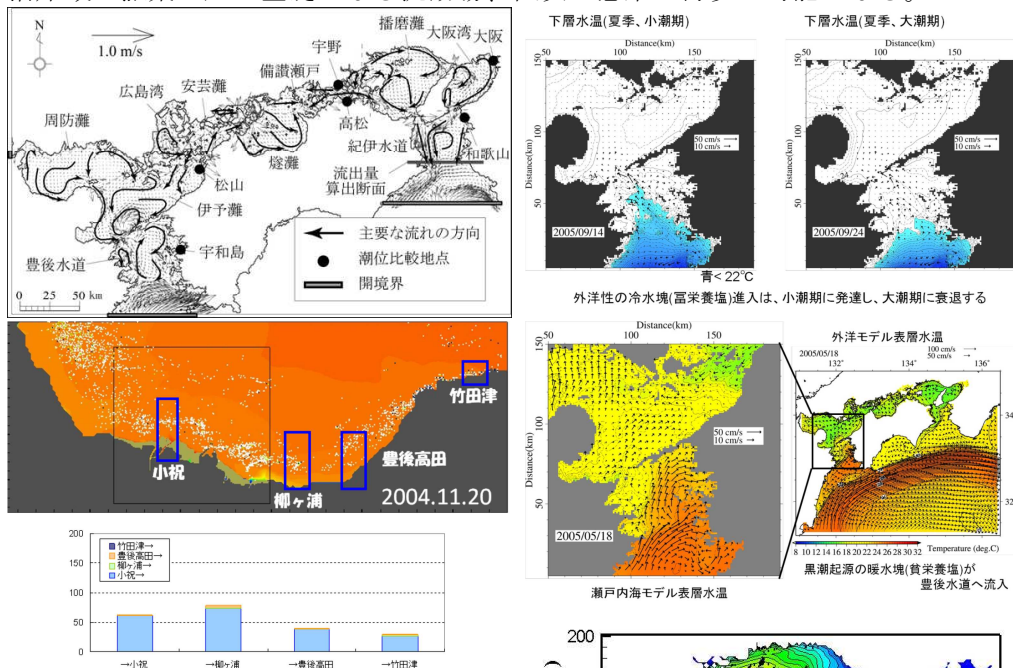


図 解析結果の一例

瀬戸内海の残差流構造の再現 (左上)、アサリの浮遊幼生分散を介した漁場間の生態系ネットワークも計算可能 (左下)、瀬戸内海の栄養塩供給に重要な底入り潮も再現 (右上)、豊後水道に外海から波及する急潮現象の再現 (右中)、播磨灘におけるマコガレイ稚仔魚の分散プロセス (右下)

(参考5-2) 高分解能な流動・低次生産モデルの開発 (外海域)

沿岸域は多様性に富み生産性が高く、漁業生産上重要な領域であるが、沿岸域の生産構造の基礎をなす流動現象の評価予測が重要となる。沿岸域の流動現象は、①地形が複雑、②河川からの陸水や土砂の流入、③波浪の影響、④干潮部を有する等の理由から複雑である。そこで、⑤外洋との相互干渉を考慮しつつ、外洋影響、河川水影響が複雑に絡み合う鹿島灘・九十九里沿岸域を対象に、高分解能で高精度な流動モデル (FRA-ROMS 等、沿岸の高分解能流動低次生産モデル) の開発を行った。

期待される成果

外洋や河川の影響が複雑に絡み合う外海域 (鹿島灘・九十九里沿岸) の流動場や基礎生産の時空間的構造、例えば、外海性二枚貝チョウセンハマグリ の卵稚仔の移動過程 (浮遊～着底) の把握が可能となる。

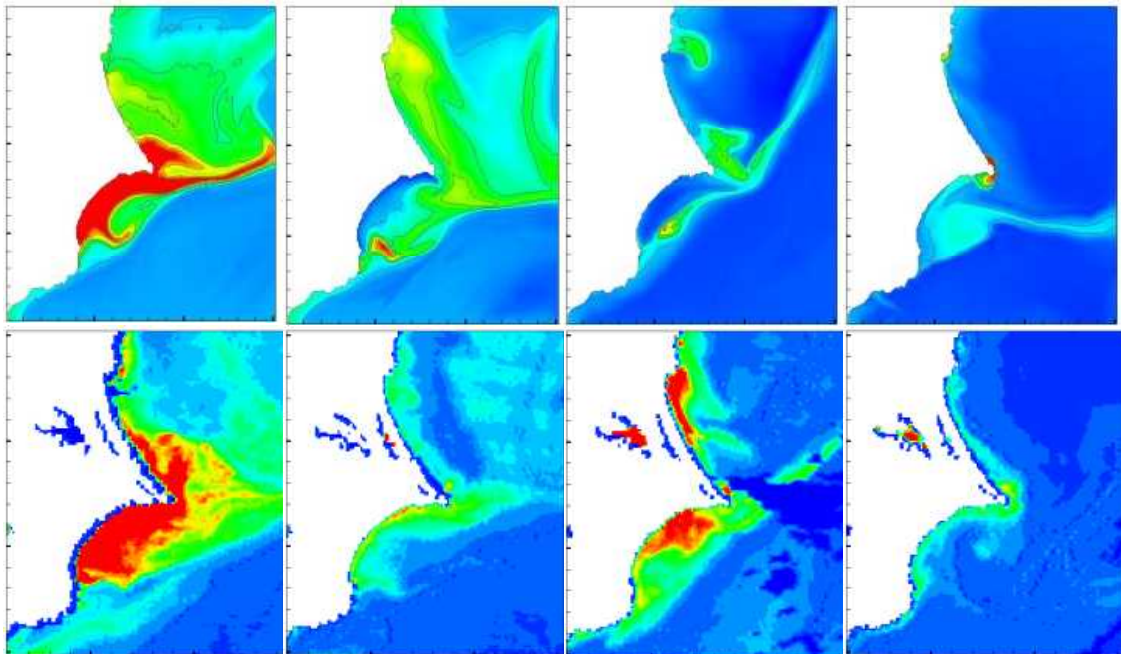


図 表層クロロフィル量の解析結果 (上) と MODIS 衛星データ (下) との比較
クロロフィル量濃度 (植物プランクトン分布) の解析結果は、実測値、衛星データを概ね再現できるようになってきた。

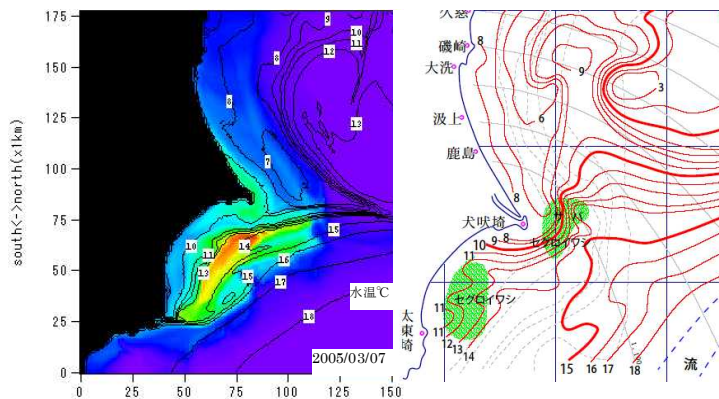


図 クロロフィル空間分布の解析結果とイワシ漁場との関係

(参考6)基礎マウンドが持つ魚礁としての機能

海図に「瀬」「根」と示される天然礁は、魚の生活史の上で必要不可欠な「隠れ場」「休み場」「産卵場」「餌場」機能を持つため、周年を通じて様々な種類の魚が蟄集することが知られており、従来より、漁業生産をあげる施策の一環として、集魚を目的に、天然礁を倣った魚礁を設置してきた。

実証段階では、洋上風力発電施設の漁業協調型方策として、洋上風力発電施設の基礎マウンドを「魚礁」として活用できないか検討する。施設を支持する基礎マウンドは、通常コンクリートブロックで被覆されるが、その被覆ブロックに間隙の多いブロックを使用することで、①間隙は魚の「隠れ場」となり、②間隙で形成された多様なブロック表面は餌料生物の「棲み場」となり、魚の「餌場」となる。また、基礎マウンド周辺の流れが遅くなる渦流域は魚の「休み場」となる。さらに、有機物の集積や堆積が見られる基礎マウンド周辺の海底は、餌料生物の「棲み場」となり、魚の「餌場」となる。一方、砂浜海岸や磯焼け地域に整備される洋上風力発電施設に付加するテラス式藻礁は、周辺海域に海藻胞子を供給する「核藻場」となりうる。施設に整備される各種モニタリング機器を用いた蟄集魚のモニタリングを通じて、基礎マウンドの「魚礁」としての機能を評価検討する。

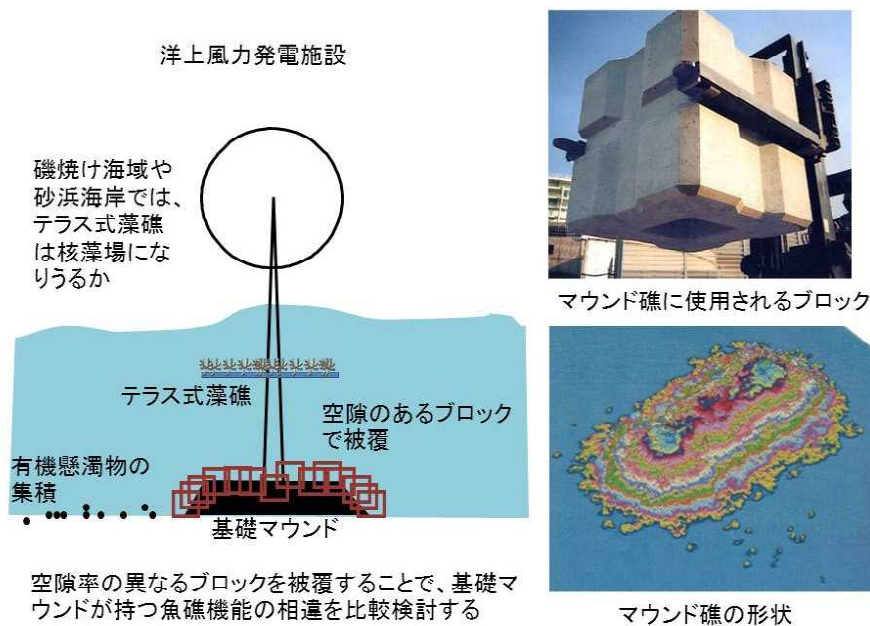


図 基礎マウンドの魚礁機能の検討

空隙率の異なるブロックを被覆することで、基礎マウンドの魚礁機能に相違が出るか検討する。直轄漁場整備で建設されるマウンド礁の形状（右下）と使用されるブロック（右上）を参考に示す。

魚礁があることで、魚礁周辺では音や影、流れの変化があり、魚が誘引されるとともに、有機懸濁物の集積と堆積が見られる。ここで、魚礁の機能のうち、「隠れ場」は小型魚が大型魚に襲われたときに身を守る場所。「休み場」は流れの速い海に、流れの緩やかな場所であり、魚が休息できる場所。「産卵場」「餌場」は産卵に必要な海藻や岩場が多い、多くの種類や大きさの違う魚が集まる、餌生物が多数棲息する場所。

(参考7) 漁業者向け情報発信の事例

千葉県水産総合研究センターは、関係機関（神奈川県水産技術センター、内湾底びき網研究会連合会、東京都環境局、千葉県環境研究センター等）とともに、観測データから週1回の頻度で貧酸素水塊速報を発行している。この他に、底層の貧酸素水塊の分布状況をモデルにより推定し、定期的（6時間毎）に情報発信している。なお、貧酸素水塊の推定精度を確保するために、千葉県水産総合研究センターや関係機関の観測データ、東京湾モニタリングポスト観測データ等を用いて補正を行っている。

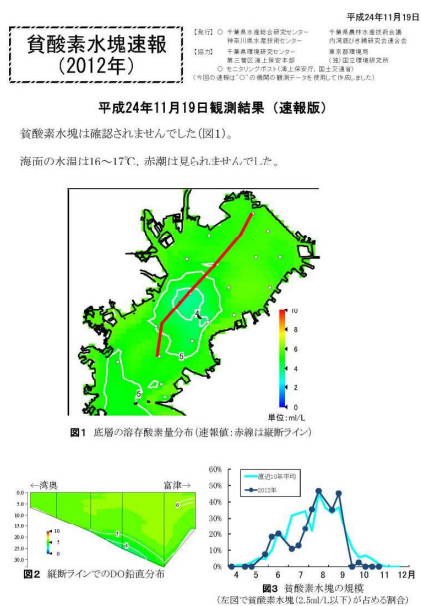


図 千葉県水産総合研究センターが行う東京湾貧酸素水塊速報

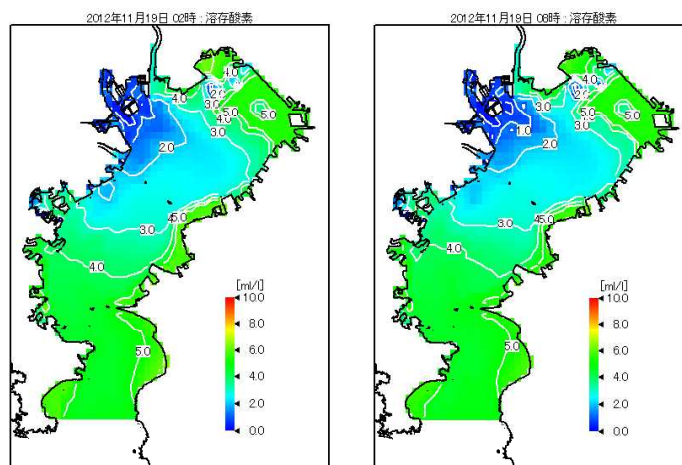


図 東京湾貧酸素水塊推定システム（6時間毎に表示）

<http://www.pref.chiba.lg.jp/pbcbisuishi/cbtk/04tk-hinsanso/hinsanso.pdf>
<http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/hinsanso/index.html>

(参考7は、千葉県水産総合研究センターより情報提供して戴きました。)