



しおり
研究の 葉

平成28年3月

国立研究開発法人 水産総合研究センター

水産工学研究所

「研究の栞(しおり)」

平成27年度 水産工学研究所 主要研究成果情報リーフレット

目次

No	表 題	所 属 部 等	著 者
1	漁港の防波堤に作用する波力算定法	水産土木工学部	水産基盤グループ:大村智宏・杉松宏一 水産土木工学部:中山哲巖 防衛大学校:八木宏
2	漂流アマモによる炭素堆積量の推定	水産土木工学部	水産基盤グループ:杉松宏一 水産土木工学部:中山哲巖 防衛大学校:八木宏
3	漁港のコンクリート構造物に対する簡易機能診断手法の開発	水産土木工学部	水産基盤グループ:中村克彦・佐伯公康
4	漁港における衛生管理対策の評価手法の開発	水産土木工学部	水産基盤グループ:中村克彦 水産業システム研究センター:上野康弘・山本潤 中央水産研究所:里見正隆
5	確認された海洋保護区の重要性:捕食者によって維持される藻場	水産土木工学部	生物環境グループ:川俣茂
6	チョウセンハマグリ浮遊幼生モニタリング	水産土木工学部	生物環境グループ:宇田川徹・南部亮元 水産基盤グループ:杉松宏一 水産土木工学部:中山哲巖
7	コンブ乾燥施設のエネルギー消費の見える化	漁業生産工学部	漁船工学グループ:長谷川勝男
8	省エネルギー型底びき網を設計するために	漁業生産工学部	漁具・漁法グループ:藤田薫・山崎慎太郎・高橋勇樹・越智洋介
9	サケ稚魚の音響調査に適切な音響周波数?	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:澤田浩一
10	漁船活用型音響調査マニュアルの作成	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:安部幸樹
11	「忍者」タチウオの音響計測	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:安部幸樹 北海道大学大学院:富安信
12	マルチビーム計量魚探機による浮魚の観測	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:安部幸樹・松裏知彦 西海区水産研究所:福若雅章・安田十也
13	陽光丸の音響による浮魚類の資源調査	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:安部幸樹・松裏知彦 西海区水産研究所:福若雅章・黒田啓行・依田真理・安田十也
14	計量魚群探知機を用いた大型クラゲのサイズ推定手法の開発	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:松裏知彦・安部幸樹
15	広帯域計量魚探機を用いた海底付近の小型マアジの体長推定	漁業生産工学部	水産情報工学グループ:今泉智人
16	待って取る新しい漁具の研究その2	水産業システム研究センター	水産業システム研究センター:上野康弘
17	マコガレイにとって見えやすい光とリラックスできる光	水産業システム研究センター	エネルギー・生物機能利用技術グループ:柴田玲奈
18	イカ釣り用LED漁灯の効果的な使い方	水産業システム研究センター	エネルギー・生物機能利用技術グループ:高山剛 開発調査センター:高橋晃介・平野満隆・阿呆純一・谷口皆人
19	漁業用軽労化支援スーツの開発	水産業システム研究センター	生産システム開発グループ:高橋秀行
20	養殖魚の赤潮プランクトン曝露試験	水産業システム研究センター	生産システム開発グループ:伏屋玲子 エネルギー・生物機能利用技術グループ:高山剛
21	DNAを用いたハイガイの種判別技術の開発	水産業システム研究センター	生産システム開発グループ:伏屋玲子 国際農林水産業研究センター:塚本達也
22	イカ釣り漁業の改善効果を定量化する手法	水産業システム研究センター	生産システム開発グループ:田丸修
23	海面養殖施設の波に対する動揺シミュレーション	水産業システム研究センター	生産システム開発グループ:田丸修 水産土木工学部:大村智宏 漁業生産工学部:三好潤
24	アマゾン川における音響を用いた水中生物音モニタリング	水産業システム研究センター	エネルギー・生物機能利用技術グループ:山本友紀子
25	水中音モニタリングを利用した水中生物の分布域及び密度推定手法の開発	水産業システム研究センター	漁業生産工学部:今泉智人 エネルギー・生物機能利用技術グループ:高橋竜三

漁港の防波堤に作用する波力算定法

水産土木工学部

研究の背景・目的

漁港の防波堤に作用する波力(壁面に波の山が作用する場合の水平方向の波の力)の算定においては、水深が浅く波が崩れる砕波領域と非砕波領域の各領域で波力算定式の使い分けがこれまで行われてきました。しかし、この手法では各領域の間で算定される波力が大きく異なることとなり、これが防波堤の設計や安定性に及ぼす影響について課題となっていました。また、漁港の防波堤の被災実態調査から、算定された波力が実際に作用する波力よりも過小であると推察される事例が確認されました。そこで、水産工学研究所では、水路と平面水槽において水理模型実験を行い、合理的な漁港の防波堤の波力算定法について検討しました(図1)。

研究成果

防波堤の波力は不規則に作用するため、実験で計測した波力を用いて防波堤の移動量を推定し、この移動量が実際の防波堤の利用に支障をきたさない場合の波力を算出して採用しました。この方法に基づいた波力算定法について検討し、防波堤の実際の調査結果も踏まえて、合理的な漁港の防波堤の波力算定法を提案しました。また、波力算定法の違いが防波堤の設計に及ぼす影響についても検討しました(図2)。

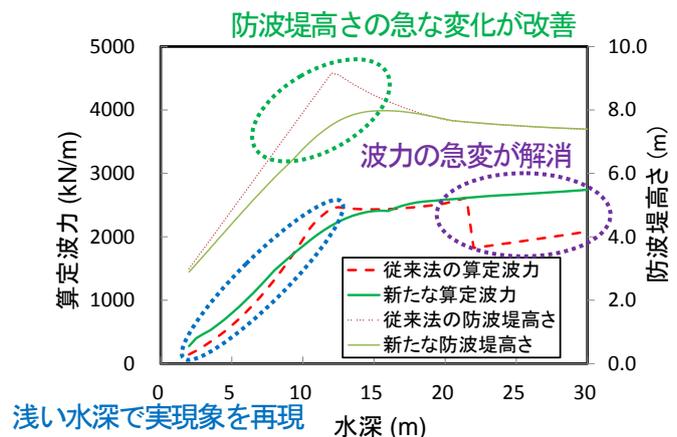
波及効果

この成果は、水産庁より公表された新たな漁港・漁場の施設の設計手法にも反映されており、台風や冬季風浪等による高波が来襲した際の漁港施設の防災・減災に貢献します。

(本研究は、運営費交付金研究および水産基盤整備調査委託事業で実施しました。)



図1 消波工付き防波堤の実験模型
(砕石マウンド上に直立堤を置いた防波堤)



浅い水深で実現象を再現

図2 標準の高さの防波堤に作用する波力の試算例
(波高 8.0m, 周期 13.0s, 消波工なし, 海底勾配 1/30)

(水産基盤グループ: 大村智宏・杉松宏一、水産土木工学部: 中山哲巖、防衛大学校: 八木宏)

漂流アマモによる炭素堆積量の推定

水産土木工学部

研究の背景・目的

沿岸・内湾域においては、海草藻場が温暖化ガスのひとつである二酸化炭素の吸収源として機能することが知られています。海草藻場における炭素吸収量を把握し、海底への炭素固定量を推定するためには、海草藻場から流出する海草由来の有機炭素量を評価する必要があります。海草藻場の主構成種の1つであるアマモ(図 1)に注目し、海域へ流出する漂流アマモを起源とする炭素の循環過程を表現可能な海洋数値モデルを構築して、瀬戸内海全域における炭素の循環過程や堆積量を定量的に評価することを目的としました。

研究成果

海洋数値モデルを活用し、海流に乗って表層を浮遊する漂流アマモを表現しました(図 2)。さらに、漂流アマモが海底に沈降し、分解され海底に堆積する、または流れによって再び巻き上がる炭素循環過程を、数値モデル上で再現しました。海底に堆積する炭素量の空間的な分布を予測することが可能となりました(図 3、図 4)。

波及効果

海草藻場が吸収した炭素のうち、海底へ堆積する炭素堆積量を推定でき、地球温暖化予測のための国際的な議論に向けた重要な知見を提供します。



図 1 海中のアマモ。多年草。夏季に繁茂し、秋季に衰退。衰退期には古い葉が流出。

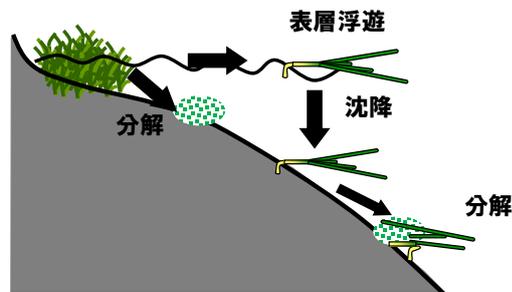


図 2 アマモ場から流出する漂流アマモの移流拡散・分解シナリオ

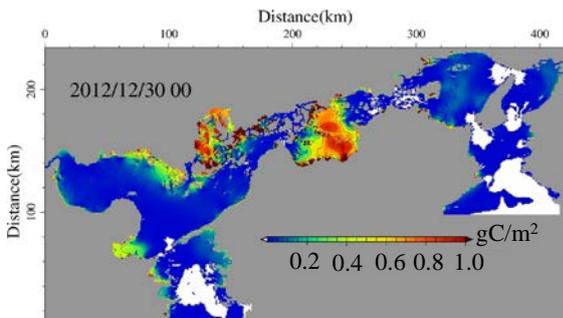


図 3 瀬戸内海の海底に1年間に堆積する炭素堆積量分布

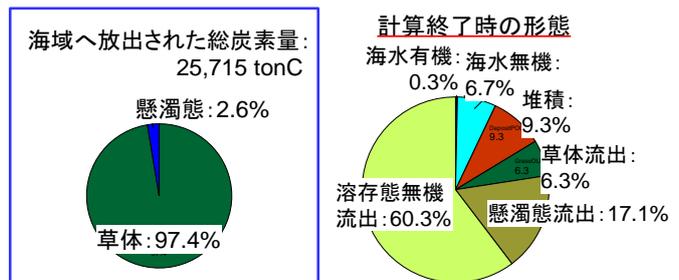


図 4 アマモ場から海域へ流出した年間の炭素収支

(水産基盤グループ: 杉松宏一、水産土木工学部: 中山哲巖、防衛大学校: 八木宏)

漁港のコンクリート構造物に対する 簡易機能診断手法の開発

水産土木工学部

研究の背景・目的

これまで整備されてきた漁港施設の延長は 5,000km を超え、毎年、維持・補修などに膨大な費用がかかります。今後、これらの施設の効率的な維持管理を行うためには、個々の構造物について老朽化の状態を正確に把握する必要があります。そこで漁港施設の大半を占めるコンクリート構造物について老朽化の状態を把握できる簡易な機能診断手法を開発しました。

研究成果

コンクリートをハンマーでたたいた時に生じる衝撃波の伝わる速さ(表面P波速度、図1参照)と、コア(コンクリート構造物から抜き取ったサンプル)の強度試験などを行い、設計上の強度と表面P波速度の関係を明らかにしました。これにより、詳細調査(図2参照)の実施箇所を基準値(表参照)と比較して選定することが可能となりました。

波及効果

ハンマーの打撃による調査のため、長大な構造物でも簡易に短時間(1ヶ所あたり数分間)で調査ができます。簡易な診断により、詳細調査箇所を適切に特定できることから、漁港施設の維持コスト縮減や効率的な管理が可能となります。

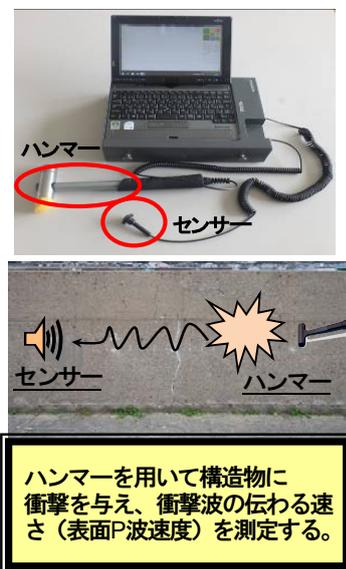


図1 表面P波速度の測定

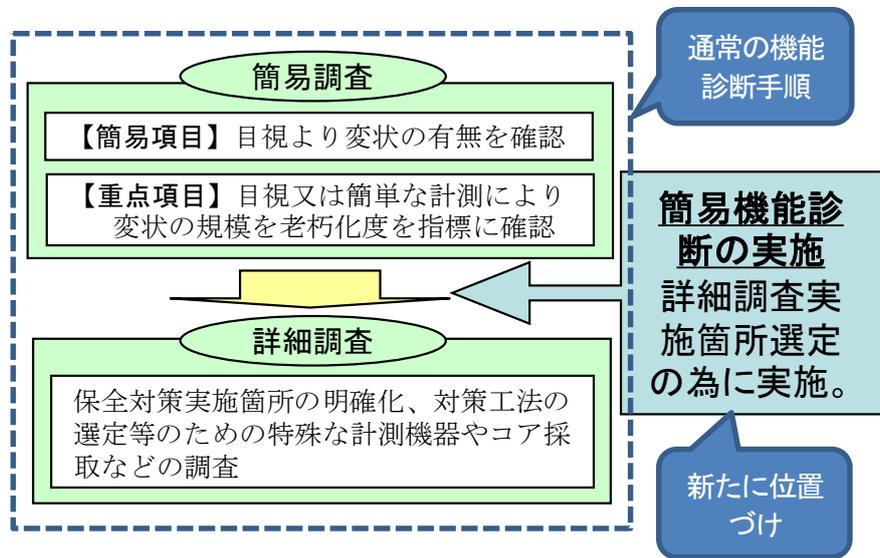


図2 簡易機能診断手法の位置付け

表 各設計基準強度における表面P波速度の基準値

設計基準強度(N/mm ²)	18	21	24	27	30
表面P波速度(m/s)	3800	3900	4000	4100	4200

(水産基盤グループ:中村克彦・佐伯公康)

漁港における衛生管理対策の評価手法の開発

水産土木工学部

研究の背景・目的

食品の安全・安心に対する国民の関心が高まる中、水産物に対してもより高度な衛生管理対策が求められています。また、漁業者の収入向上などを目的として水産物の輸出が進められていますが、輸出を促進するためには輸出先国の衛生管理基準を満たす必要があります。このため、漁港においては従来にも増して効果的な衛生管理対策が要求されます。これまでに衛生管理対策の課題整理や生菌増殖の数値モデル化などを行ってきましたが、これらの成果を活用し、衛生管理対策の定量的評価手法を開発しました。

研究成果

ヤリイカ等の魚体表面の生菌数調査等により、生菌の増殖数値モデルを高度化し、衛生管理対策の効果を生菌数の推定により定量的に把握することが可能となりました(下図)。本手法により、魚体が汚染源に接触した場合の危険性、滅菌海水等での洗浄効果、漁獲後の温度管理の重要性について定量的に評価することができます。

波及効果

有効な衛生管理対策や今後必要な衛生管理対策について、具体的かつ定量的に議論し、検討ができます。この結果、衛生管理対策への関係者の認識が向上するとともに、必要とされる衛生管理対策を確実に講じることが可能となります。

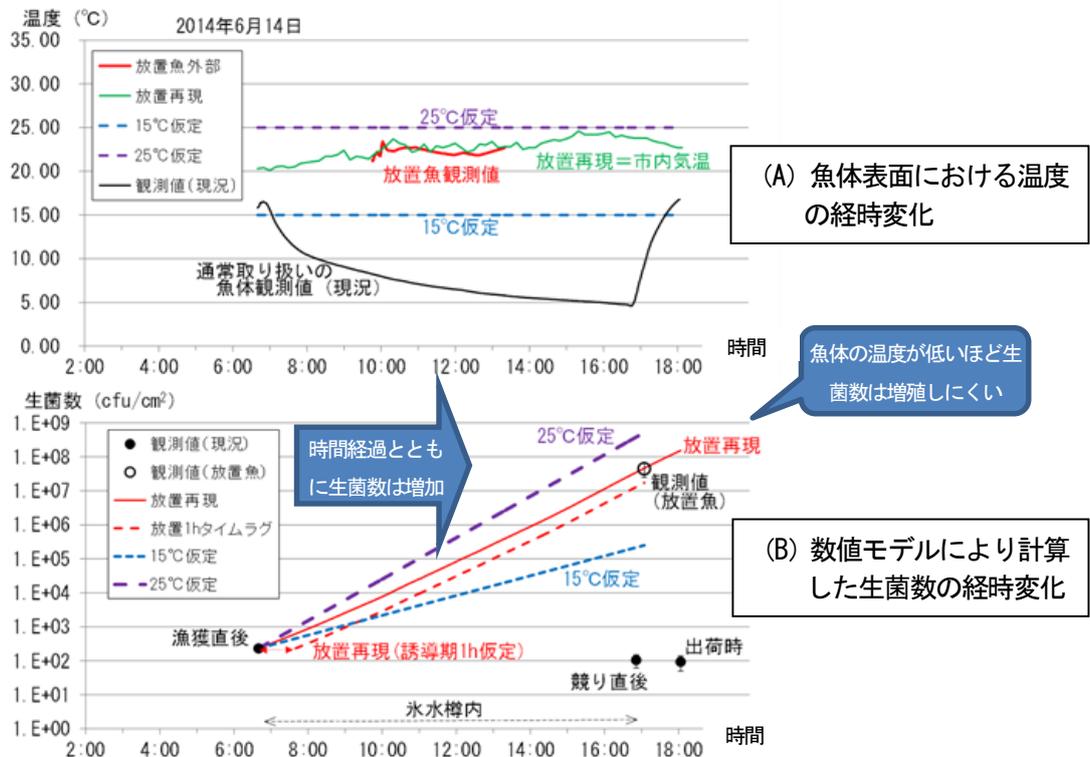


図 沖合底曳き網漁業によって漁獲したヤリイカの温度と生菌数の経時変化

(水産基盤グループ: 中村克彦、水産業システム研究センター: 上野康弘・山本潤、中央水産研究所: 里見正隆)

確認された海洋保護区の重要性： 捕食者によって維持される藻場

水産土木工学部

研究目的

世界各地の沿岸で、生産性の高い藻場が消失し、ウニの優占する磯焼け場へ置き換わっていることが報告されています。その原因として、ウニの捕食者の乱獲がウニを大量発生させ、その結果、大型海藻の過剰摂食が起こるとい説(図1)があります。この説は、海外では海洋保護区での研究によって実証され、現在では広く受け入れられていますが、我が国では知られていません。本研究では、温暖化した高知県沿岸の禁漁区でイセエビが殖え、ウニを捕食し、大規模な藻場が維持されていることを我が国初の事例として示します。

研究成果

高知県沿岸の漁場の岩礁には、ウニが高密度に生息し、磯焼け状態になっている場が広くみられますが、対照的に禁漁区内のサンゴ域とその周辺にはウニはほとんど出現せず、大規模な藻場が形成されています(図2)。禁漁区内のサンゴ域には、隠れ家を必要とするイセエビが特異的に高い密度で生息し、ウニの係留実験(図3)により、その周辺でのウニの死亡率がイセエビの捕食によって非常に高くなっていることが示唆されました。

波及効果

我が国でも捕食者(イセエビなど)―ウニ―海藻の食物連鎖を通じた、保護区の効果が注目され、藻場造成手法に新たな道が開かれることが期待されます。

(本研究は JSPS 科研費 26450251 の助成を受け、高知県との共同研究により実施しました。)

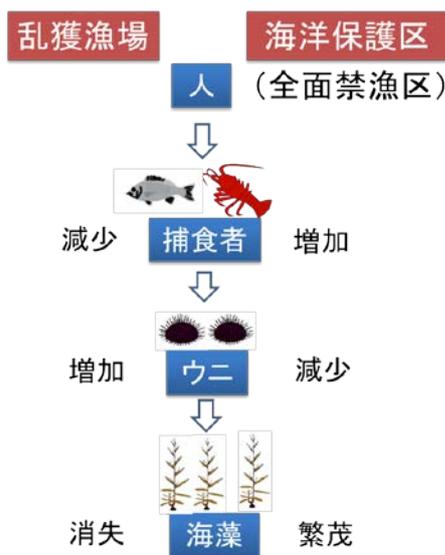


図1 乱獲漁場と海洋保護区での捕食者、ウニおよび海藻の捕食・被食関係とそれらの量的変化の模式図。



図2 イセエビの隠れ場となっているサンゴ域の縁辺から繁茂するホンダワラ類。

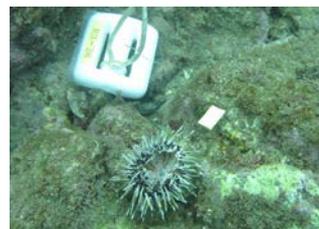


図3 サンゴ域周辺に釣り糸で重りに係留されたウニが捕食された後の様子。残った殻にはイセエビ特有の捕食痕(穴)がみられます。

(生物環境グループ:川俣茂)

チョウセンハマグリ浮遊幼生モニタリング

水産土木工学部

研究の背景・目的

1990年以降、鹿島灘から九十九里沖に生息するチョウセンハマグリの資源に大きな変化がみられます。鹿島灘の漁獲量は1993年の1750トンピークとして減少し、現在は100トン前後です。この間、九十九里沖の漁獲量は100～500トンでしたが、2012年に急増、以降は1000トン以上が続いています。年、時期および海域による浮遊幼生の変動を明らかにするため、2011年から、チョウセンハマグリの産卵期(7～9月)に、鹿島灘・九十九里沿岸の23定点で浮遊幼生調査を行い(図1)、得られたチョウセンハマグリの浮遊幼生を瀬戸内海区水産研究所で開発した手法(リアルタイムPCR法の応用)で定量しています。

研究成果

リアルタイムPCR法で得られるチョウセンハマグリのDNA配列のコピー数を個体数に換算するために、浮遊幼生(茨城県提供の種苗)1個体あたりのコピー数を特定しました。浮遊幼生の個体数は、鹿島灘・九十九里沖とも、年、時期、場所で大きく変化することがわかりました(図2)。

波及効果

浮遊幼生の空間分布データを蓄積して、沿岸流動モデルと連動させることによって、鹿島灘と九十九里沖との間の移動分散や、産卵親貝の分布の推定が可能になります。

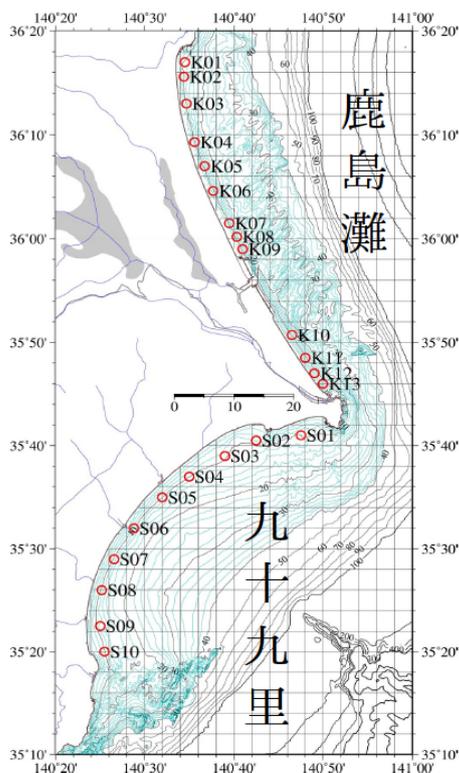


図1 浮遊幼生調査地点

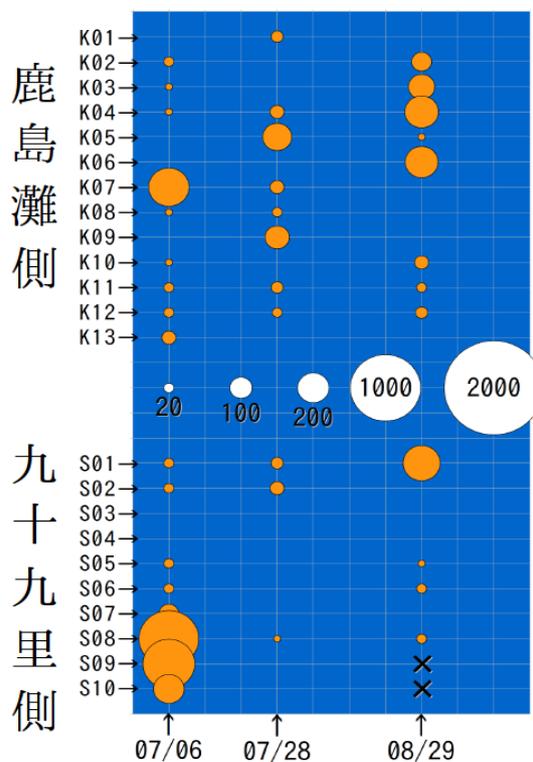


図2 2012年の浮遊幼生個体数(×は欠測点) 500リットルあたりの個体数で表示

(生物環境グループ: 宇田川徹・南部亮元、水産基盤グループ: 杉松宏一、水産土木工学部: 中山哲巖)

コンブ乾燥施設のエネルギー消費の見える化

漁業生産工学部

研究の背景・目的

コンブ養殖業では収穫したコンブを主に乾燥品として出荷しています。岩手県沿岸では、東日本大震災により海岸近くのコンブ乾燥施設が被災し、再建された共同利用の乾燥施設には間熱式(吸気を燃焼ガスと熱交換して高温で吹き出す方式)の乾燥機が導入されました。これにより新たな乾燥施設の運用方法の確立が必要となりました。そこで、新設されたコンブ乾燥室内の温度、湿度分布をモニターし、燃油消費や電力消費の経時的変化を捉えることができるシステムを新たに導入することにより、コンブ乾燥施設の効率的運用法を検討しました。

研究成果

コンブ乾燥施設(図1)内の温度、湿度、露点、乾燥機の吸気と吹き出し温度、電力消費量および燃油消費量を表示する(見える化)装置を開発しました(図2)。見える化装置の画面は数値表示とトレンド表示の二つの表示モードを備えています。これにより、乾燥施設内温度・湿度の経時変化と乾燥に係わる操作条件(扉・シャッター開閉度、排気ファン運転など)との関係が明らかになり、最適な操作時間等を設定することが可能となります(図3)。本システムを導入することで、コンブ乾燥施設の効率的運用、即ち省エネルギー化が図れます。

波及効果

コンブ乾燥施設の見える化装置の導入により、温度・湿度データ等の乾燥施設の状態変化が把握可能です。得られた知見をもとに作成した省エネルギー化のマニュアルを活用することで、コンブ乾燥に係る燃油経費の削減が図れます。

(本研究は、食料生産地域再生のための先端技術展開事業の中課題「天然資源への影響を軽減した持続的な漁業・養殖業生産システムの実用化・実証研究」(農林水産技術会議, H24-28)により実施しました。)

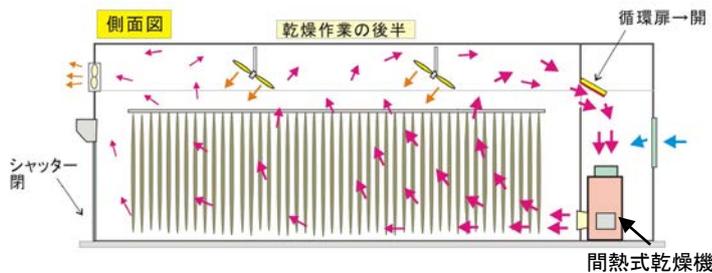


図1 コンブ乾燥施設の概略

乾燥開始後の 3~4 時間は循環扉を閉、シャッターを開として湿気の排出を優先している。

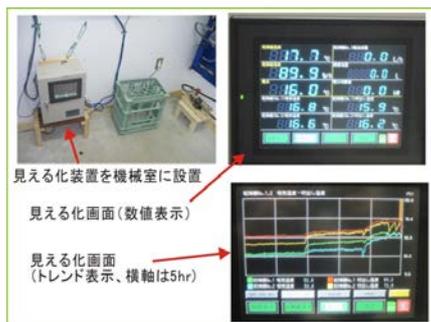


図2 コンブ乾燥施設の見える化装置

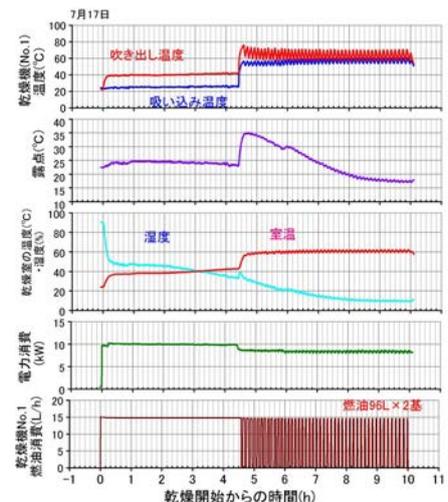


図3 コンブ乾燥施設データの一例

(漁船工学グループ:長谷川勝男)

省エネルギー型底びき網を設計するために

漁業生産工学部

研究の背景・目的

底びき網は我が国の漁業生産量の約2割を占める重要な漁業です。この漁業では、海底付近に生息する生物を獲るために、海底に接した袋状の大きな網を数 km の距離にわたってひくので、他の多くの漁業と異なり、漁具が受ける水の抵抗が大きく、多くのエネルギーを要し、燃油代がかかる点が特徴です(図1)。底びき網漁具にかかる抵抗を減らして操業中の燃油消費量を削減するために、漁具の構造や曳網条件と漁具にかかる抵抗との関係などを明らかにしました。

研究成果

模型漁具を使った水槽実験と、実際の漁具を調査船で曳網する実海域試験により、底びき網を構成する網系の太さ、網目の大きさなどの漁具の構造や、曳網する際の船速などの曳網条件を変更して、漁具にかかる抵抗や漁具の水中形状がどのように変化するかを計測しました(図2)。また、漁具にかかる抵抗と燃油消費量の関係を調べました。これらの結果を用いて漁具構造や曳網条件の各要素の省エネルギー効果を定量化したところ、例えば、船速を3ノットから25ノットに変えると、今回の調査条件では漁具の受ける抵抗は19%減少し、燃油消費量は7%減少することがわかりました(図3)。

波及効果

省エネルギー型底びき網の設計指針を示し、これまで経験的に行われてきた漁具改良が科学的裏付けを伴ったものになると期待されます。

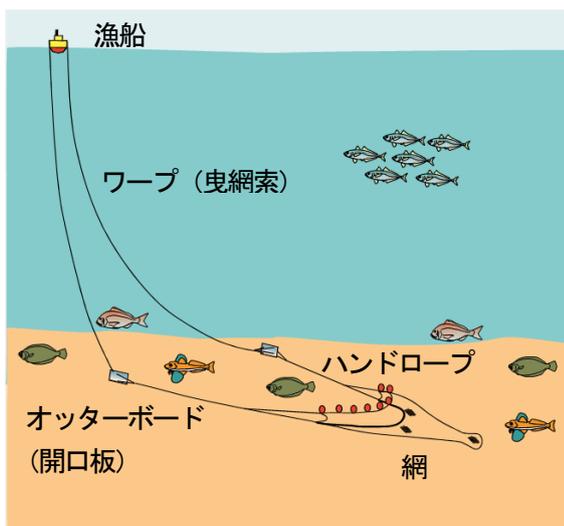


図1 底びき網(オッタートロール)の模式図



図2 水槽実験に用いた模型漁具

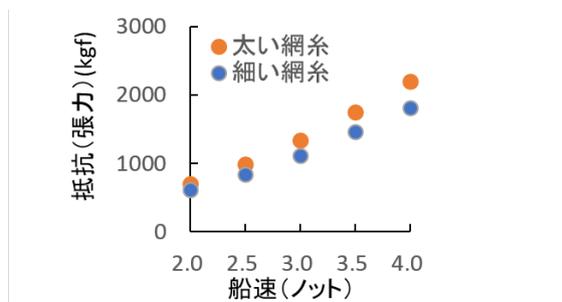


図3 網系の太さと船速による抵抗の変化

(漁具・漁法グループ: 藤田薫・山崎慎太郎・高橋勇樹・越智洋介)

サケ稚魚の音響調査に適切な音響周波数？

漁業生産工学部

研究の背景・目的

太平洋側のサケの回帰率が低下し、大きな問題になっています。サケ稚魚は外洋での生活ができるようになるまで、沿岸域で過ごします。しかしながら、この時期の分布はネットによる採集でしかわかっておらず、より迅速で広域のモニタリングが可能な計量魚群探知機を使用した音響調査が必要とされています。音響調査にあたり、分布密度の推定誤差ができるだけ小さくなるような音響周波数を選ぶ必要があります。そこで、一般的な4つの周波数でサケ稚魚の音響反射強度(以下 TS と略)を計算し、モニタリングに適切な周波数を調べてみました。

研究成果

標準体長 34 mm から 76 mm のサケ稚魚(生体、66 尾)を孵化場から送ってもらい、しばらく水槽で馴致しました。その後、鰭形状を軟 X 線撮影装置で計測し(図1上)、計算モデル(中空回転楕円体級数理論モデル)により、姿勢に対する TS の特性(TS パターン)を計算しました(図1下)。次に、サケ稚魚の複数の姿勢分布を仮定して求めた姿勢平均 TS を体長の 2 乗で規準化し、姿勢分布の違いによる平均 TS の変動を求めました(図2)。平均 TS が大きいほど探知しやすく、その変動はなるべく小さい方が測定誤差は小さくなります。4 周波の中では、38kHz が最適であることがわかります。

波及効果

適切な周波を用いることによりサケ稚魚の現存量推定誤差を小さくできるとともに、それぞれの周波数を使った場合の推定誤差の程度も把握することができました。

(本研究は、食料生産地域再生のための先端技術展開事業の中課題「三陸サケ回帰率向上のための放流技術の高度化実証研究」(農林水産技術会議, H24-29)により実施しました。)

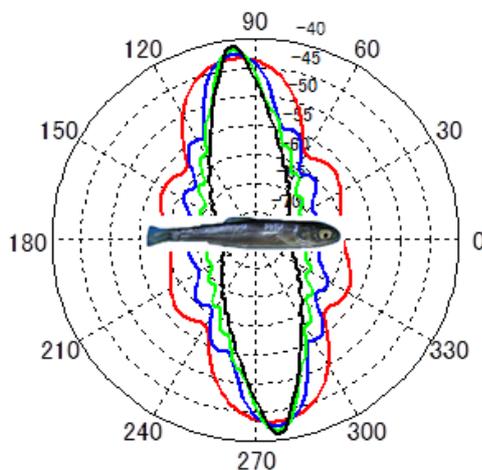
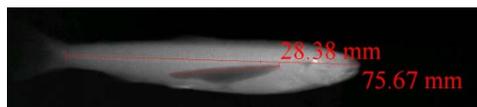


図 1(上) 鰭の軟 X 線画像、(下) TS パターン。
実線は、それぞれ 38 kHz(赤)、70 kHz(青)、
120 kHz(緑)、200 kHz(黒)の TS を示す。

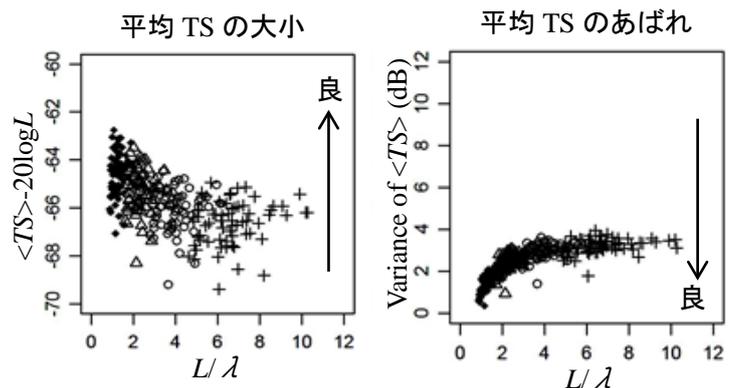


図 2(左) L/λ 体長の 2 乗で規準化した TS との関係 (λ 波長)、(右) L/λ と平均 TS の変動との関係
それぞれ、◆38kHz、△70kHz、○120kHz、+200kHz を示す。図中に判断基準を示す。

(水産情報工学グループ:澤田浩一)

漁船活用型音響調査マニュアルの作成

漁業生産工学部

研究の背景・目的

近年、水産資源の管理において、生態系基準の資源管理(EBM)という話をよく聞きます。国際機関である南極海洋生物保存委員会 CCAMLR(図 1)においても、この EBM の考え方が取り入れられ始めました。ナンキョクオキアミ(図 2)は、南極海の生態系において、魚類、鯨類、アザラシ類、ペンギンを含む海鳥類など、あらゆる生物の「餌」として重要な位置にあります。一方で、食用、釣り餌、養殖の餌、近年では健康医療成分として油脂(クリルオイル)抽出用途など、漁獲対象種としても重要です。CCAMLR では EBM の視点から、ナンキョクオキアミの資源評価、資源管理を推進しており、南極海で操業するナンキョクオキアミ漁船を活用した、音響資源調査の可能性を模索しています。

研究成果

CCAMLR の音響調査専門部会(SG-ASAM)に出席し、関連諸国と漁船活用型音響調査について議論しています。直近では、2015 年 3 月に韓国の釜山で開催された SG-ASAM15 に参加し、漁船活用型音響調査マニュアルを作成し、同年の CCAMLR 科学委員会へ提出しました。

波及効果

公海における資源保護・管理のために、遠洋漁業では、地域漁業管理機関(RMFO)に加盟し、国際ルールに従った操業を行うことが重要です。また、漁業当事国による適切な資源管理努力も求められます。各 RMFO は CCAMLR の動向に影響されること、遠洋における調査努力を確保するという観点から、今後、「漁船活用型音響調査」という考え方は、世界中に広がっていくことが予想されます。

(本研究は、水産庁事業「国際資源評価事業(委託)」により実施しました。)

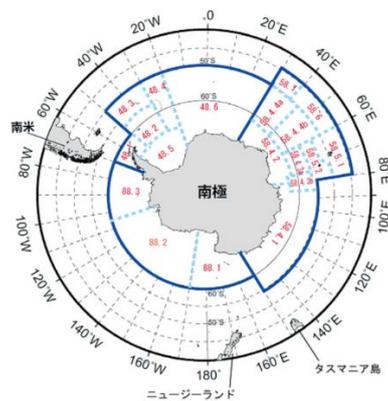


図 1 CCAMLR の管理区域(青枠内)



図 2 ナンキョクオキアミ

(水産情報工学グループ:安部幸樹)

「忍者」タチウオの音響計測

漁業生産工学部

研究の背景・目的

タチウオは漁獲対象種として重要ですが、その姿から「太刀魚」と名付けられたという説や、垂直に泳ぐ姿から「立ち魚」と名付けられたという説もあります。一方で、漁業者は、「タチウオは魚探に映りづらい」、「タチウオは魚探反応が突然消える」ということを言っています。それは音響的な「忍者」のように感じられますが、そのような現象がなぜ起こるのか、水槽実験で確かめました。

研究成果

水槽にタチウオを懸垂して、立って泳ぐ姿勢の魚探反応を計測したところ、反射強度が非常に小さいことがわかりました。また、泳ぐ姿勢を1度刻みに水平へ変化させていったところ、反射強度は上がり下がりを繰り返し、水平な遊泳姿勢の場合に一番強くなるということもわかりました(図1)。また、この計測結果は、鰮(うきぶくろ)形状(図2)をモデル化した理論計算からも確かめることができました。普段垂直に泳ぐことが多いタチウオは魚探に映りづらく、また、遊泳姿勢の変化で魚探映像から突然消えたりすることを、一連の実験で証明できました。

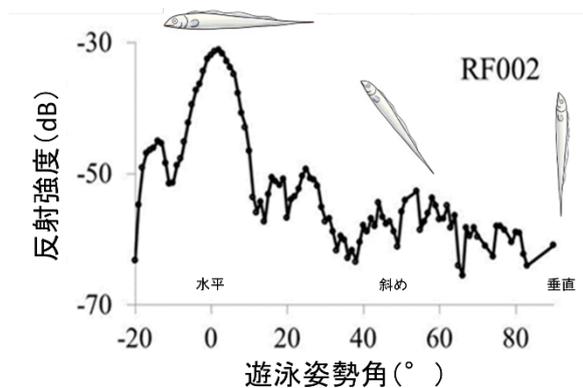


図1 タチウオの反射特性パターン

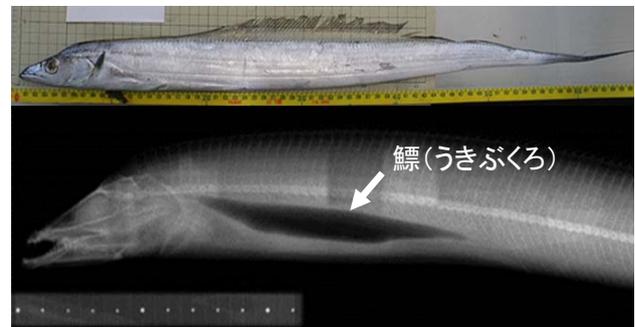


図2 タチウオの魚体と鰮の軟X線画像

波及効果

この内容については、NHKの番組「ダーウィンが来た！」(2015年1月25日放送、「大追跡!“タチウオ千本刀”」)でも紹介されました。また、海洋生態系の音響調査国際シンポジウムにおいて、最優秀プレゼンテーション賞を受賞しました。今回の実験で得られたタチウオの音響反射特性は、同魚の音響調査に活かされることが期待されます。

(本研究は、北海道大学北方生物権フィールド科学センターとの共同研究として実施しました。)

(水産情報工学グループ: 安部幸樹、北海道大学大学院: 富安信)

マルチビーム計量魚探機による浮魚の観測

漁業生産工学部

研究の背景・目的

西海区水産研究所漁業調査船陽光丸には、新鋭機のマルチビーム計量魚群探知機 SIMRAD ME70 が搭載されています。従来のマルチビーム音響機器は、主に海底探査などに用いられてきましたが、ME70 は魚類探査を目的に開発されたものです。扇状の「ファンビーム」で魚群の断面を観測し、それを重ね合わせることで、魚群を三次元的に把握することができます。西海区水産研究所と共同で、マルチビーム計量魚探機による魚群探査手法の開発を行っています(図 1, 2)。

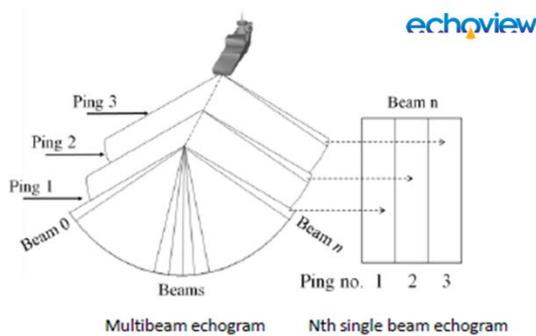


図 1 マルチビーム表示の概念図。各送信(Ping)は 0 番から n 番に区分けされた細い音響ビームで扇状の「ファンビーム」を構成する。N 番目のビームを並べて、ある角度(Nth)の魚群断面を観測する。

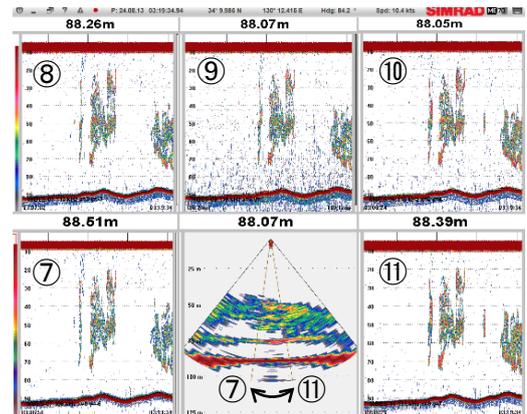


図 2 ME70 の表示例。中央下側にマルチビーム表示、他が 7 番から 11 番ビームの断面図表示がされている。

研究成果

浮魚類の魚群の形を立体的に表現することができました。これまでの計量魚探機では断続的に見えていた魚群が、実は連続した魚群(図 3)であることを可視化することができました。

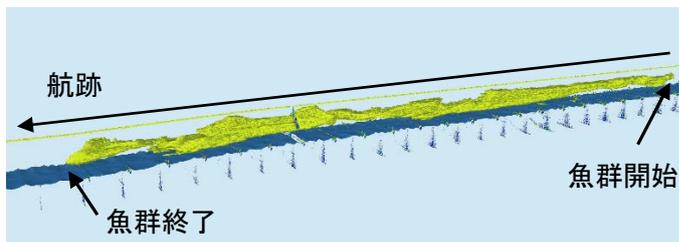


図 3 魚群を立体的に表現した例。青い部分が海底で、黄色い部分が魚群である。調査船の航跡に沿って長く魚群が繋がっていることがわかる。

波及効果

魚群を立体的に表現することにより、魚群の内部構造や行動パターンを精度よく把握できます。今後は、この成果を資源評価などの調査研究に活かすことができます。

(本研究は、西海区水産研究所との共同研究として実施しました。)

(水産情報工学グループ: 安部幸樹・松裏知彦、西海区水産研究所: 福若雅章・安田十也)

陽光丸の音響による浮魚類の資源調査

漁業生産工学部

研究の背景・目的

対馬暖流系浮魚類の資源評価については、西海区水産研究所が主に担当しています。水産工学研究所は西海区水産研究所と共同で、対馬東水道、五島西沖、五島灘の浮魚類を対象とした、計量魚群探知機による音響資源調査を実施しています。調査には、西海区水産研究所所属の陽光丸(692 t, 58.6 m)が従事しており、SIMRAD EK60 計量魚群探知機、4 周波(18, 38, 70, 120 kHz)を用いています。

研究成果

計量魚群探知機で得られた魚群の音響反応を中層トロールの漁獲結果と照合します。照合した結果から、音響反応を仕分け、海域における魚種ごとの「音響指標」を算出します(図 1, 2)。音響指標は、水産資源を「直接的」に計測した結果であり、コホート解析などによる、漁獲結果から導いた「間接的」な資源評価の結果を検証するための「違う角度からの視点」として機能しています。

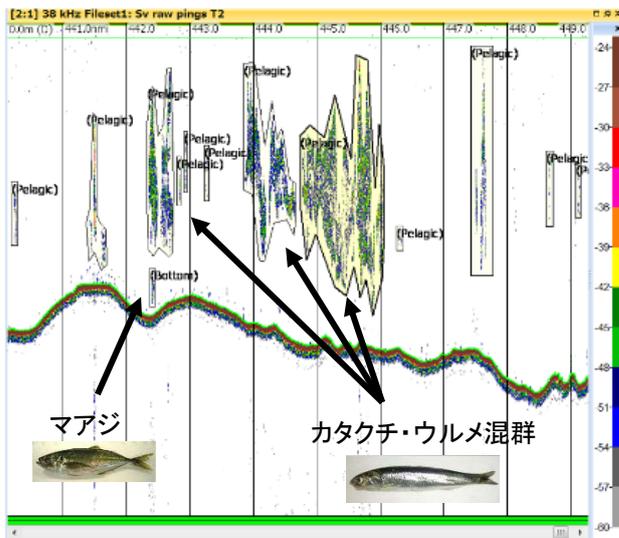


図 1 照合作業中の魚探反応の例

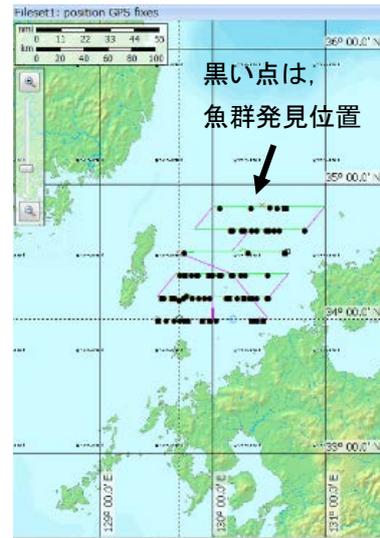


図 2 対馬東水道の調査グリッド図

波及効果

得られた調査結果は、資源評価や漁海況予報作成のための、基礎的なデータとなります。また、音響を用いた資源評価手法の精度向上のために、有効に利用されています。

(本研究は、西海区水産研究所との共同研究として実施しました。)

(水産情報工学グループ: 安部幸樹・松裏知彦、
西海区水産研究所: 福若雅章・黒田啓行・依田真理・安田十也)

計量魚群探知機を用いた 大型クラゲのサイズ推定手法の開発

漁業生産工学部

研究の背景・目的

クラゲ類の中で最大級のエチゼンクラゲ(以下大型クラゲ)は東シナ海から対馬海域を經由して日本海に流入し、日本海沿岸漁業に甚大な被害を与えてきました。水産工学研究所では来遊予測のため、対馬海域において大型クラゲのモニタリングを行っています。これまでの手法では大型クラゲの分布や来遊個体数は推定出来ましたが、被害規模予測に必要な成長度や総重量を推定するためのサイズがわからなかったため、本研究では計量魚群探知機を用いた大型クラゲのサイズ推定手法を開発しました。

研究成果

図1のように計量魚群探知機によって得られた大型クラゲのエコーの縦幅 E_H を計測し、大型クラゲの形状や音波の進行方向に対する大型クラゲの姿勢角分布を仮定することにより、実際の大型クラゲの傘径を推定しました。また、同海域において網を用いて採集を行い計測した傘径と比較した結果、平均傘径はよく一致しました(図2)。

波及効果

計量魚群探知機を用いた大型クラゲのサイズ推定手法が確立されたことによって、目視調査では観測出来ない深さでもサイズの把握が可能となりました。目視調査と併用することで、表層から 100m までモニタリングが出来ます。本手法は調査船だけではなく、魚群探知機が搭載されている漁船等でも適用可能なため大規模な調査も可能となります。

(本研究は、水産庁補助事業「大型クラゲ国際共同調査事業」により実施しました。)

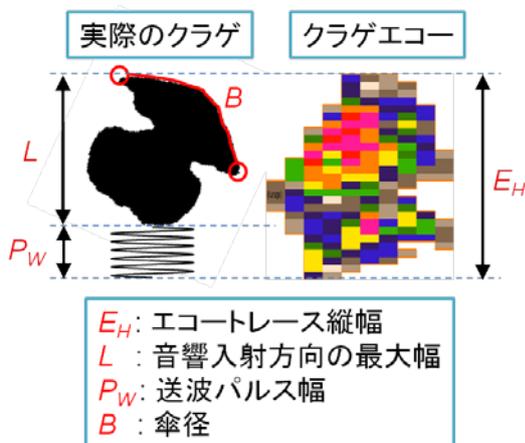


図1 実際の大型クラゲとエコーの関係

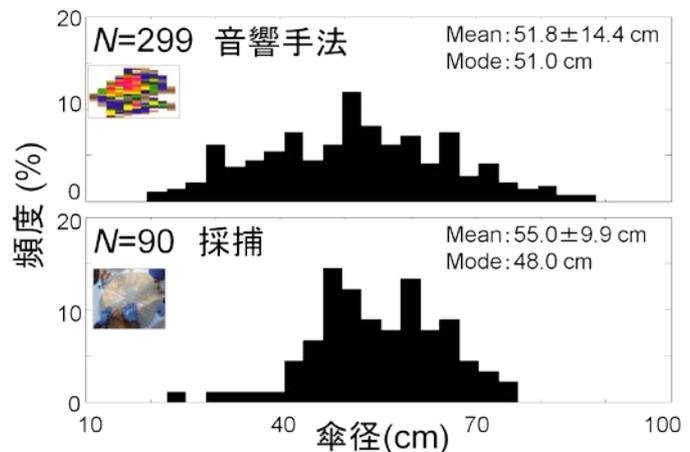


図2 音響手法の推定値と網による採捕実測値

(水産情報工学グループ: 松裏知彦・安部幸樹)

広帯域計量魚探機を用いた海底付近の 小型マアジの体長推定

漁業生産工学部

研究の背景・目的

水産資源の持続的利用のためには、資源のモニタリング精度を高め、漁獲対象とならない小型魚に対する不必要な漁獲を行わないことが重要です。計量魚群探知機を用いてモニタリングを行う手法（音響手法）は世界で一般的に行われており、従来のネットを用いた漁獲手法に比べ、広範囲に亘り迅速かつ連続的にモニタリングできる大きな利点があります。一方では、音響手法では魚種や体長の判別・推定精度の向上が課題です。そこで、新たに開発した計量魚群探知機を用いて、判別・推定精度の向上をめざしました。

研究成果

水産工学研究所調査船たか丸に搭載の新規開発した広帯域計量魚探機を用い、これまで困難だった海底付近の魚の検出および体長推定を可能にしました（図1）。海底から1.5 mの範囲に分布する魚群のエコーを個体別に解析し、個体当たりの反射強度を正確に推定できました。音響手法により推定された体長は、実際に漁獲したマアジの体長のモードとよく一致しました（図2）。

波及効果

広帯域魚探知機を活用すれば、操業前に魚体サイズ推定が可能となり、小型魚など不必要な漁獲を減らし、大型魚を選択的に漁獲でき、漁業収益増にもつながります。また、多数の漁船が音響データを収録・共有できるようなネットワークを構築できれば、資源量推定精度の向上や資源管理にも大いに貢献できます。

（本研究は戦略的創造研究推進事業 JST CREST 海洋生物の遠隔的種判別技術の開発の一部として実施しました。）

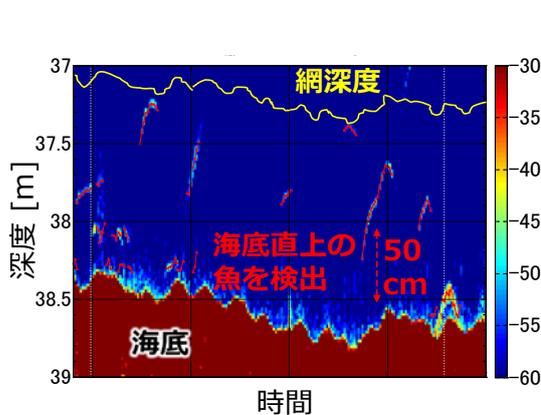


図1 広帯域計量魚群探知機を用いて海底直上の魚を検出

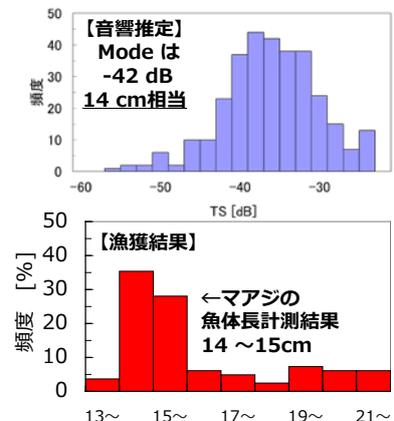


図2 音響で推定したモード(上)と漁獲により得られたマアジの体長測定結果(下)

(水産情報工学グループ: 今泉智人)

待って取る新しい漁具の研究その2

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

燃料消費を大幅に削減するため、沖合域において漁具をほぼ固定し、回遊してくる魚群の魚道を遮断して、漁獲を行うことを考えました。平成26年度はシミュレーションにより大型のトロール様の漁具を小さい漁具抵抗で海中に展開できることを明らかにしました。平成27年度は回遊中の魚群を効率よく捕捉できるような非常に大型の漁具を設計し、海中で固定・展開できるか検討し、運用に必要な燃料費の試算も行いました。

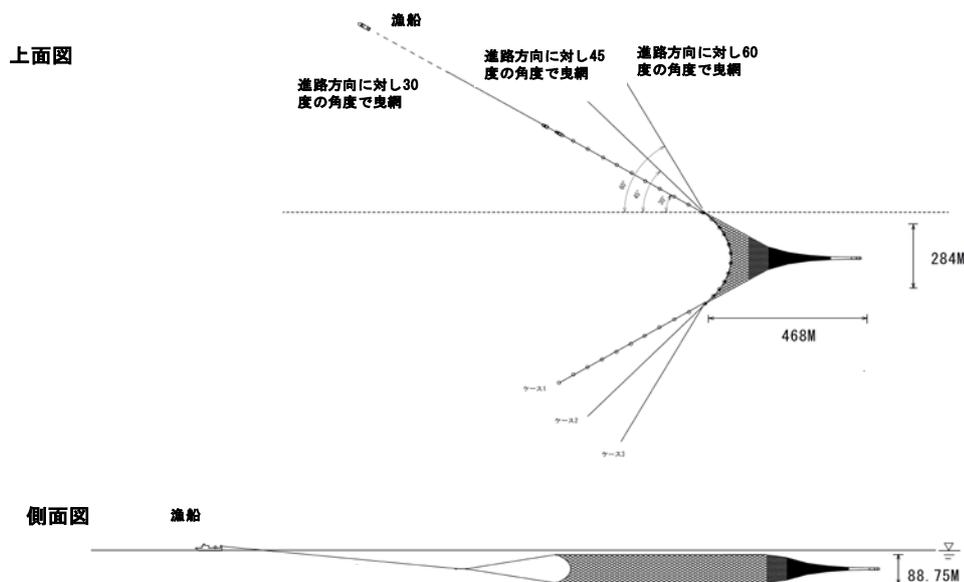
研究成果

中層性魚類の省エネ漁獲を想定して、沖合中層で固定して展開する超大型のトロールタイプの漁具を設計しました（網口幅 1,160m、網口高さ 90m、身網全長 970m）。漁具形状・荷重シミュレータ NaLA を用いて、対水速度、曳網角度を変えて、曳網した場合の網なりと漁具抵抗を推定しました。その結果、対水速度が遅い場合（0.4ノット以下）でも網の拡がりは良好で、漁具抵抗・燃料使用量を極めて小さくできることが分かりました。

波及効果

この漁具は沖合定置網とも言えるものであり、本研究の結果は、燃料消費を抑えつつ、超大型の網を海中に広く展開できる可能性を具体的に示しました。将来はこのタイプの省エネ漁具により表中層魚を大量に漁獲することができるかもしれません。

（本研究は日東製網株式会社および北海道大学水産学部との協力により実施しました。）



（水産業システム研究センター：上野康弘）

マコガレイにとって見えやすい光と リラックスできる光

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

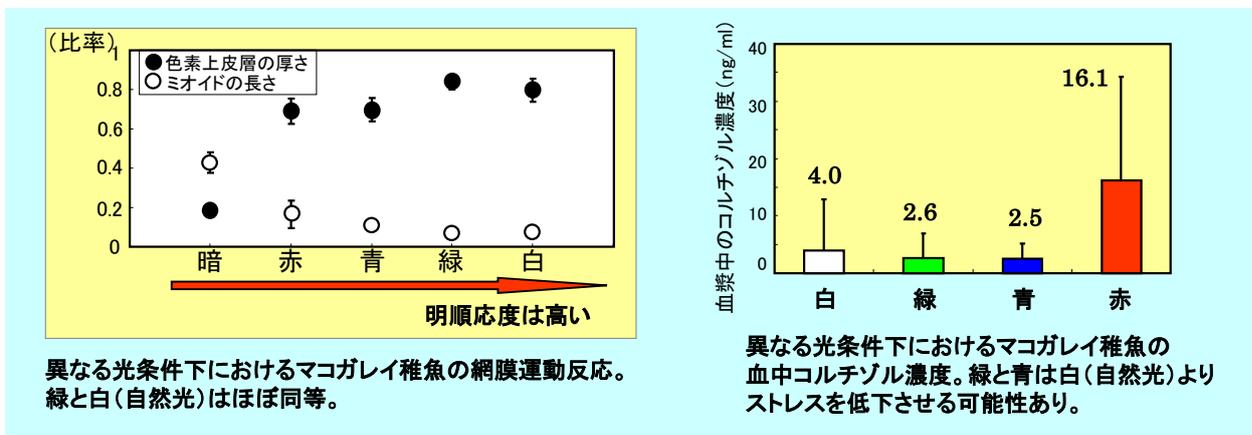
マコガレイはヒラメに次いで多くの種苗生産が行われており、国内の需要が高い魚種の1つです。しかし、マコガレイの生産現場では高い割合で噛み合いによる尾鰭欠損が生じることが問題視されてきました。尾鰭欠損は、遊泳に影響を及ぼすだけでなく、欠損部分から細菌が繁殖し、生残率にも悪影響を及ぼすと考えられています。そこで千葉県や増養殖研究所と共同して、噛み合いによる尾鰭欠損を防除する技術の開発に取り組んでいます。

研究成果

マコガレイ稚魚に異なる波長(赤 660nm、青 470nm、緑 525nm)のLED 照明および対照区として2区、すなわち自然光(以下、白)、全暗黒(以下、暗)を設定して飼育実験を行い、光の違いによる網膜の状態(明順応度)の比較を行いました。また、ストレスの度合を評価するために光別の稚魚の血液を採取して、血漿中のコルチゾル濃度を調べました。その結果、網膜の状態は最も見えやすい自然光と緑が同等の明順応度を示し、緑の光はマコガレイにとって見えやすい光であることがわかりました。また、血中コルチゾル濃度を比較した結果、青や緑色光で飼育したマコガレイのコルチゾル濃度は自然光の値より低く、よりストレスを低下させる可能性が考えられました。

波及効果

飼育する光環境によりマコガレイの攻撃性を抑制し、落ち着かせることができれば、高密度でも健苗性の高い稚魚を大量に生産することができます。また、将来的にLED照明を使用できれば、省エネ効果も期待できます。



異なる光条件下におけるマコガレイ稚魚の網膜運動反応。緑と白(自然光)はほぼ同等。

異なる光条件下におけるマコガレイ稚魚の血中コルチゾル濃度。緑と青は白(自然光)よりストレスを低下させる可能性あり。

(エネルギー・生物機能利用技術グループ: 柴田玲奈)

イカ釣り用 LED 漁灯の効果的な使い方

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

燃料油価格の高騰を背景に、漁灯用の光源として LED の利用が始まっています。サンマ棒受け網漁業では既に漁灯の LED 化による省エネ操業が実現しています。しかし、イカ釣り漁業では、効果的な LED 光源の使い方(どれくらい?、どのように?)がよくわからなかったため、実用化が進んでいません。本研究では、コンピュータシミュレーションによって漁灯の光の拡がり方を予測し、効果的な使い方を検討しています。

研究成果

実際の船体の形や漁灯固有の光の拡がり方を計測し、シミュレーション上で再現したところ、海面での照度分布は、実測に近い値となることがわかりました。通常の方法で LED 漁灯を甲板上に直線的に配置した場合、船体の前後の領域が従来型のメタルハライド漁灯と比べて暗くなると予測され(図)、このような暗がりを解消すると漁獲性能が向上することが確認されました。また、メタルハライド漁灯では、漁灯システム全体から発生する光線のうち、約 1.5 割しか海面に届かないのに対して、LED 漁灯では約 3 割が海面に到達し、従来型の漁灯のおよそ 2 倍の効率であると推定されました。

波及効果

漁灯の光をシミュレーションする方法が確立されたことによって、どれくらいの LED 漁灯を、どのように使えば効果的なイカ釣りができるか、予測が可能になりました。研究成果をもとに、開発調査センターによる実証試験も始まっており、この技術によって、試行錯誤的に進められてきたイカ釣り用 LED 漁灯の開発が加速することが期待されます。

(本研究は開発調査センターとの連携プロジェクトにより実施されました。)

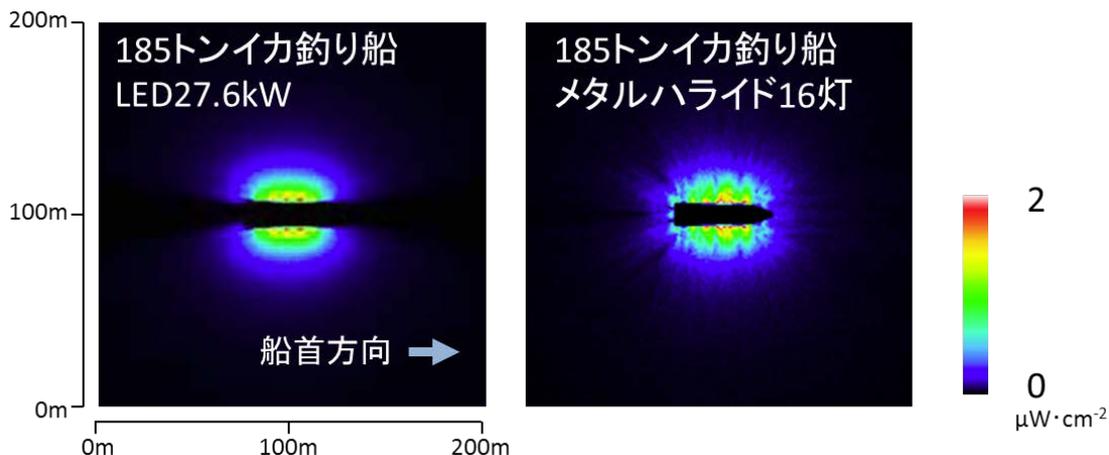


図 LED 漁灯と従来型漁灯(メタルハライド灯)の海面放射照度分布
(船体の真横 50m から見た明るさが等しい場合)

(エネルギー・生物機能利用技術グループ:高山剛、
開発調査センター:高橋晃介・平野満隆・阿保純一・谷口皆人)

漁業用軽労化支援スーツの開発

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

漁業には操業時に身体負担の大きい作業が多くあり改善が求められています。しかし、様々な作業が順不同で複雑かつ連続的に組み合わせられることも多く、機械化などによる改善が難しい場合もあります。機械化が難しい作業でも適切な身体負担で行えることを目的として、前屈み姿勢の際の腰痛発症リスクを軽減する漁業用軽労化支援スーツを開発しました。

研究成果

漁労作業で生じる様々な姿勢に対応するため、腰部支持機構としてストレッチ FRP アクチュエータ^{*1} (S-FRP)を装備するスーツを試作しました(下図)。S-FRPは樹脂製のロッドとパイプをスプリングで接続したもので、ロッドが屈曲した際に生じる反発力で前屈みの際の腰部負担を軽減するとともに、S-FRPが持つ伸縮構造によって様々な姿勢に柔軟に追従します。評価試験では10kg荷物の持ち上げ動作において約2割の腰部負担軽減効果を確認しました。

*1 北海道大学、(地独)北海道立総合研究機構、(株)スマートサポートによる特許願技術。

波及効果

漁業用軽労化支援スーツの導入により、機械化が困難な作業での腰痛発症リスクの低減が期待されます。また、機械化とは異なり、作業自体は漁業者が自らの身体で行いますので、身体機能を維持し高齢に至るまで就労を継続できる可能性を高めることが期待されます。



(本研究は、北海道大学・(地独)北海道立総合研究機構・(株)スマートサポートの方々と協力して実施しました。)

図 軽労化支援スーツ(左:前面, 右:背面)。
背部に2本のS-FRPを装着している。

(生産システム開発グループ:高橋秀行)

養殖魚の赤潮プランクトン曝露試験

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

赤潮とは、植物プランクトンが大量発生・増殖することにより水の色が赤褐色に変化する現象です。近年、有明海・八代海では赤潮の発生により、魚類養殖に甚大な被害が生じ、赤潮被害軽減のためにさまざまな対策が検討されています。赤潮でなぜ魚が死んでしまうのか原因は解明されていません。養殖現場での被害の様子を調べるために赤潮プランクトンの1種であるシャトネラ(*Chattonella antiqua*)を培養し、マダイやブリに曝露して魚の行動を観察しました。

研究成果

培養したシャトネラの濃度を変えて魚に曝露した結果、魚種によって濃度の違いはありますが、高い濃度でへい死がみられ、低い濃度では生き残っていました。へい死した魚の鰓を顕微鏡で観察したところ、シャトネラ細胞が多数確認されました。曝露試験でへい死した魚は、通常の泳ぎからおかしな泳ぎに変わり、だんだん横に倒れるようになってへい死しました。ほかにシャトネラを曝露せず、エアレーションを入れない無酸素試験を行った結果、魚は酸素が少なくなると水面に口を出してぱくぱくし、呼吸ができなくなると鰓を開いたまま沈んでへい死しました。鰓にシャトネラが詰まることによる窒息死の可能性もありましたが、酸素欠乏によるへい死とは様子が違っていました。



シャトネラの濃度を変えてブリに曝露。



鰓にシャトネラの細胞が詰まっています(矢印)。

波及効果

シャトネラの濃度によっては魚が生き残ることができることがわかりました。また、単純な窒息死ではないことも明らかになりました。さらに研究を進めて赤潮による魚類のへい死機構の解明、赤潮対策に貢献します。

(生産システム開発グループ: 伏屋玲子、
エネルギー・生物機能利用技術グループ: 高山 剛)

DNA を用いたハイガイの種判別技術の開発

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

アカガイやサルボウなどはフネガイ科アカガイ属 (*Anadara*) の二枚貝です。アカガイ属の貝は見た目(形態)がよく似ており、主に貝殻の表面のスジのような肋(ろく)の数で見分けます。ハイガイは、アカガイ属の中でも東南アジアで漁獲量が多く、また盛んに養殖も行われています。そのハイガイ類は同じような場所に形態が似ている種が多く生息しています。肋の数が同じ種がいくつもいるので、その肋のでこぼこ状態や貝殻に生えている毛の様子、貝殻の形などを観察して見分ける必要があります。形態では簡単に見分けられないため、貝の DNA 情報を用いて、ハイガイだけを見つけ出す種判別方法について開発しました。



研究成果

ハイガイとよく似ている近縁種や同じ場所にいるアカガイ属の他の貝を収集し、DNA を抽出し、塩基配列を調べました。ハイガイだけが持つ配列を探し出し、その配列をプライマーとして PCR を行い、電気泳動によって結果を見ると、ハイガイだけに特異的反応(バンド)がみられました。

1, 2 : ハイガイ

3 : *A. nodifera*

4 : *A. globosa*

5, 6 : *A. gubernaculum*

7, 8 : *Trisidos semitorta*

9, 10 : リュウキュウサルボウ

11, 12 : アカガイ

13, 14 : サルボウ

15, 16 : クマサルボウ



波及効果

開発したハイガイのプライマーを用いることにより、形態の似ている成貝だけでなく、さらに判別が難しい幼生や稚貝についても、DNA で種判別が可能になりました。この種判別法により、今後はハイガイの資源管理を行うために、幼生発生量によるモニタリングなどに貢献することが期待されます。

(本研究は、国際農林水産業研究センターとの共同研究により実施しました。)

(生産システム開発グループ: 伏屋玲子、国際農林水産業研究センター: 塚本達也)

イカ釣り漁業の改善効果を定量化する手法

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

沿岸イカ釣り漁業は長距離の漁場移動と、夜間操業に用いる高出力の集魚灯による燃油コストがかさみ、効率的な操業方法の構築が望まれている漁業種です。一方で、様々な機関によりイカ釣り集魚灯のLED化や水中集魚灯の導入、船速の低減による燃費削減、漁獲物の高鮮度化による魚価向上、漁獲方法の改良等の技術開発や、イカの対光行動の把握やイカ資源量の分布予測といった科学的知見の蓄積が行われています。しかしながら、開発された技術要素および科学的知見と漁業者の経験を組み合わせ、時々刻々と変化する社会情勢や漁場条件の変化に対応した操業方法を漁業現場で選択していくのは非常に困難です。そこでシステム工学的な手法であるシステムダイナミクス(以下SD)を用いて、イカ釣り漁業を取り巻く要因のつながりを可視化し、システムとしてイカ釣り漁業を扱う手法を研究しています。

研究成果

イカ釣り漁業の所得の維持策としては、多くの場合に集魚灯のLED化や移動船速の低減、近場の漁場選択等を検討されます。しかしながら、これらを導入することで燃料消費量の減少による一定のコスト削減は得られるものの、同時に漁獲量の低減に繋がる可能性も高くなります。このようにトレードオフの関係にある各要素をシステムとして扱い、改善効果を定量的に示すためSDを用いています。イカ釣り操業における漁業所得の変動要因を構造化し(図1)、SDに組み込むことで漁場までの距離やイカ単価などの操業を取り巻く諸条件の変化に応じた経済船速(図2)を抽出しました。

波及効果

これまで漁業者の勘や経験の蓄積により漁業の効率化を目指すことの多かった沿岸漁業において、システム工学的な手法を用いた効率策が検討できるようになりました。今後は自動的に漁場選択や操業方法の選択を行う意思決定支援ツールの構築に繋がっていきたいと考えています。

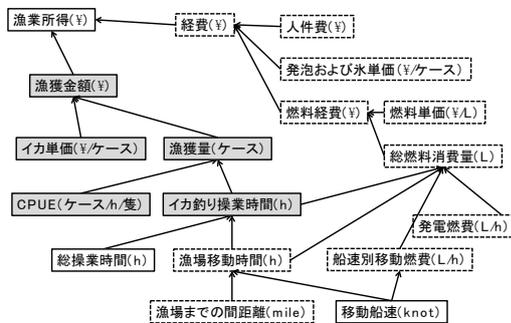


図1 イカ釣り漁業における所得変動要因の構造化

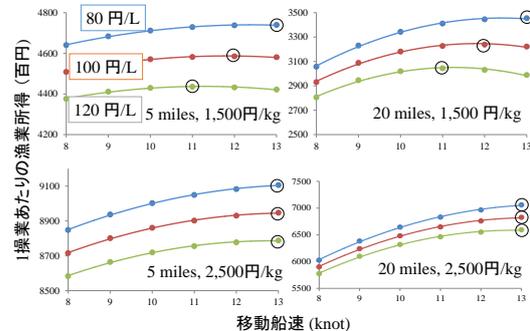


図2 燃料単価、魚価、漁場距離別の経済船速

(生産システム開発グループ:田丸修)

海面養殖施設の波に対する動揺シミュレーション

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

我が国沿岸域の海面養殖施設は、度重なる台風被害や東日本大震災を始めとする津波被害を受けてきました。しかしながら、養殖施設の耐波安定性等に関する知見は乏しく、筏やロープを用いた養殖施設の構造や運用方法はこれまで大きく改良されることは少なく、現状では各養殖業者による経験的な施設の補強や、漁業共済への加入により自然災害に対するリスク回避を行っています。海面養殖施設は地域、養殖対象種、時期、養殖業者ごとに形状や材質、運用方法が大きく異なるため、様々な条件下における耐波安定性を実測により明らかにすることは、時間的かつ経済的に大きなコストを伴います。将来的に様々な条件下における海面養殖施設の耐波安定性を検討することができるように、汎用性の高い数値流体力学(以下、CFD)ソフトを用いた耐波安定性シミュレーションモデルを構築しました。

研究成果

一般的なCFDソフトであるANSYS Fluentを用いて、海面養殖施設の波浪中での安定性や、施設周りの流場を再現するシミュレーションモデルの構築を行いました(図1)。計算負荷軽減のため、シミュレーション時には海面養殖施設はひと塊の剛体として扱うとともに、波浪進行方向(X軸方向)への平行移動をプログラム上で制御することで、施設が係留されている状態を再現しています。

波及効果

シミュレーションモデルは、海面養殖施設に対する台風や津波による被害の軽減策を検討する際の強力なツールとなることが期待されています。また、貝類養殖等で用いられるカゴの動揺や、魚槽内の漁獲物の状態を可視化することにも活用できます。

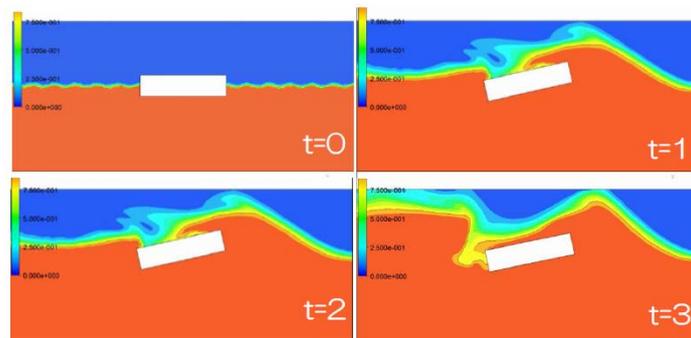


図1 耐波安定性シミュレーションモデルの計算例

(生産システム開発グループ:田丸修、水産土木工学部:大村智宏、漁業生産工学部:三好潤)

アマゾン川における音響を用いた 水中生物音モニタリング

水産業システム研究センター

研究の背景・目的

ブラジル、アマゾン川では魚類や甲殻類、水生哺乳類など多くの水中生物が水産資源や観光資源として利用されています。これらの水中生物は仲間とのコミュニケーションや敵への威嚇などさまざまな用途で音声を発していることが知られています。本研究では、水中マイクを設置し水中の音を連続的に録音することで、周辺に生息する生物の種類や資源量、生態を明らかにすることを目的としています。

研究成果

アマゾン川中流域のノボアイラオに水中生物音モニタリングシステムを設置し、水中音の連続録音を開始しました。また、周辺に生息する魚類の音声データベースを作成するためにトロールにてナマズ類を捕獲し5種の音声を記録することができました(図1)。

波及効果

録音された音データは、データベースをもとに魚類などの生物音や船のノイズなどの人工音に分類し、周辺に生息する水生生物の資源量の季節変動や繁殖期の行動を明らかにしていきます。近年、船のノイズなどの人工音が水中生物へ与える影響が懸念されています。このような人工音がアマゾンの生物へどのような影響を与えているのかを調べ、アマゾン川の水産資源の管理に役立てます。

(本研究は JST/JICA SATREPS プロジェクト”フィールドミュージアム構想によるアマゾンの生物多様性保全”の一部として実施されました。)

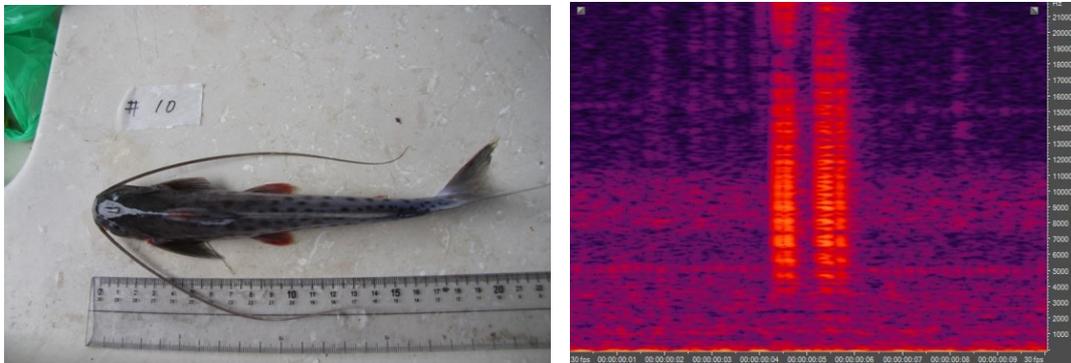


図 アマゾン川で捕獲したナマズの1種(左)とその音声(右)

(エネルギー・生物機能利用技術グループ:山本友紀子)

水中音モニタリングを利用した 水中生物の分布域及び密度推定手法の開発

漁業生産工学部

研究の背景・目的

魚類や甲殻類、水生哺乳類などいくつかの水中生物は、仲間とのコミュニケーションや敵への威嚇などさまざまな用途で音を発していることが知られています。本研究では、水中マイクを定点に設置するなどのモニタリング手法を用いて、水中の音を連続的・広域に録音することで、周辺に生息する生物の種類や資源量、生態を明らかにすることを目的としています。

研究成果

千葉県館山湾の調査点で水中音を分析したところ、航行する船舶の人工音とは識別可能な、生物から発する鳴音が収録されていました。生物鳴音は、周期的な鳴音と非周期的な鳴音が混在していました。また、時間帯により鳴音数が異なる事が判りました。同日に行われた移動式水中マイクでも、同様の鳴音を捉えており、場所による鳴音数、音圧レベルに違いがあり、対象生物の生息環境範囲を推定するための基礎データを取得しました。

波及効果

光、塩分、水温、流れといった複雑な環境要因に加え、生物鳴音を用いた生息分布域推定を行う事で、対象生物の生息環境や生態などの理解が深まります。さらに、定点計測は、近傍を通過する船舶ノイズなど人工音レベルなども計測でき、生物音と人工音を識別・解析することで水中構造物建築におけるアセスメント指標作成などが考えられます。

(本研究は戦略的創造研究推進事業 JST CREST 海洋生物の遠隔的種判別技術の開発の一部として実施しました。)

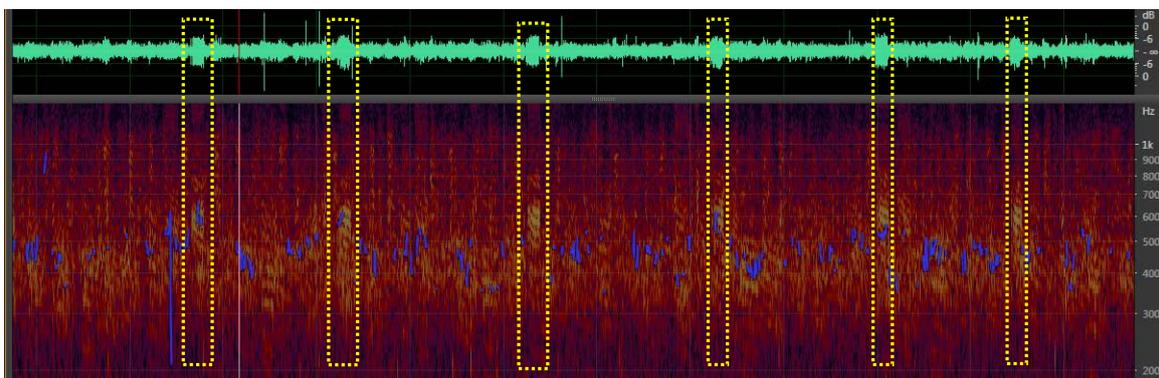


図 1 定点型ハイドロフォンシステムを用いて収録された水中音(グラフ上)に対し、スペクトラムピッチ検出などを用いた自動鳴音検出結果(グラフ下)。約 1 分間に周期的な鳴音(黄色点線部)と、非周期的な鳴音(青実線)が混在している。

(水産情報工学グループ: 今泉智人、エネルギー・生物機能利用技術グループ: 高橋竜三)

研究の葉

平成27年度

発行 平成28年3月

国立研究開発法人水産総合研究センター

水産工学研究所 渡部 俊広

〒314-0408茨城県神栖市波崎7620-7

TEL. 0479-44-5929

FAX. 0479-44-1875

<http://nrife.fra.affrc.go.jp/>

E_mail: www-nrife@fra.affrc.go.jp

本誌の文章・画像の無断転載を禁じます。