

# 炭化処理による FRP 漁船廃船処理技術の開発

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

近年、老朽化し耐用年数の過ぎた FRP 漁船が河川や漁港に放置される等、FRP 漁船の廃船処理の遅れが社会問題化している。今後、廃 FRP 漁船が相当数発生することが見込まれるが、埋立処分場の適地が無くなりつつあるなど効率的経済的な処理システムの速やかな構築が要請されている。FRP 漁船の廃船処理問題の解決並びに沿岸漁業資源の確保や水域環境の改善に資するため、①廃 FRP 材の炭化技術の開発、②FRP 炭化材の安全性の確認、③FRP 炭化材を用いた魚礁化、について検討した。

## 研究の成果

1. FRP 廃船の原形有姿での炭化は可能であるが、前処理に多大な費用と労力を要する。有価物や禁忌物を取り除いた後、FRP 廃船を 50cm 程度に破砕することで、大量に炭化処理することが可能となる。
2. FRP 炭化材からの重金属の溶出は見られず、水質汚染の危険性は極めて低い。さらに、九州北部海域で最も清浄な海域(玄海、五島、壱岐、対馬等)の水底土砂に含まれるダイオキシン類濃度と比較しても、FRP 炭化材に含まれるダイオキシン類濃度は微量であった。
3. FRP 炭化材は、貝殻魚礁に使用される貝殻充填材と同等の餌料生物の培養機能を持ち、魚礁材料としての活用が期待される。

## 波及効果

1. FRP 漁船の廃船処理の推進
2. FRP 炭化材の魚礁材や水質浄化材への活用



FRP 漁船の炭化処理(左:炭化前、右:炭化後)

(上席研究員・明田定満)

# 漁場における実用的な物理場評価手法の構築

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

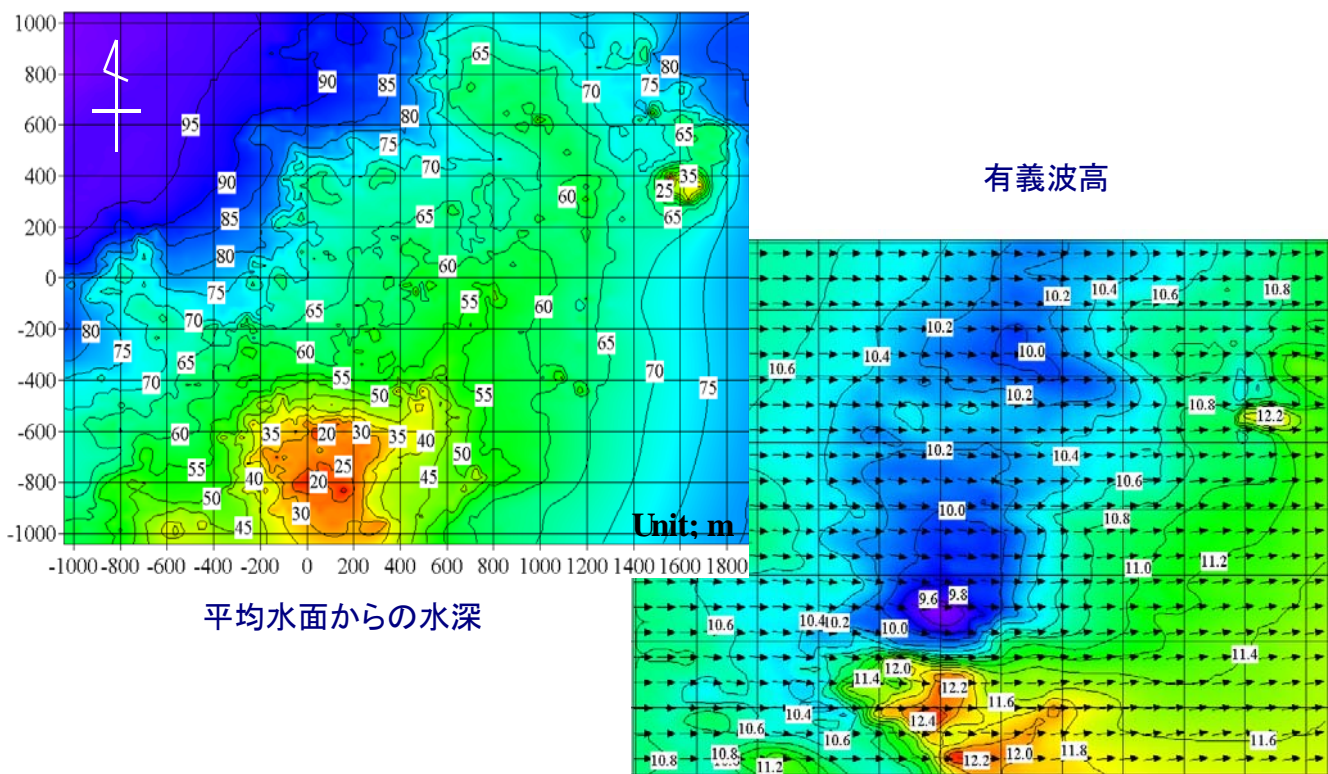
1. 魚礁漁場・増殖場等において精度の高い海底地形の把握のためには、現場海域での測深が必要
2. 効率的かつ効果的な漁場の整備あるいは漁場の高度な利活用にあたっては、物理場の評価が必要

## 研究成果

1. 地元の小型漁船を用いる安価、かつ簡便な海底地形データ取得システムの構築
2. 実際場を対象とした、実用的な波・流れ・漂砂等の物理場数値計算法の構築

## 波及効果

1. 漁場の機能性の解明に寄与することが期待
2. 安全かつ合理的な漁場施設の設計に寄与することが期待



大規模天然礁海域における海底地形の測深結果及び数値計算結果の一例

(開発システム研究室, 漁場施設研究室・大村智宏)

# 波を利用する多機能型の漁港・漁場施設の開発

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

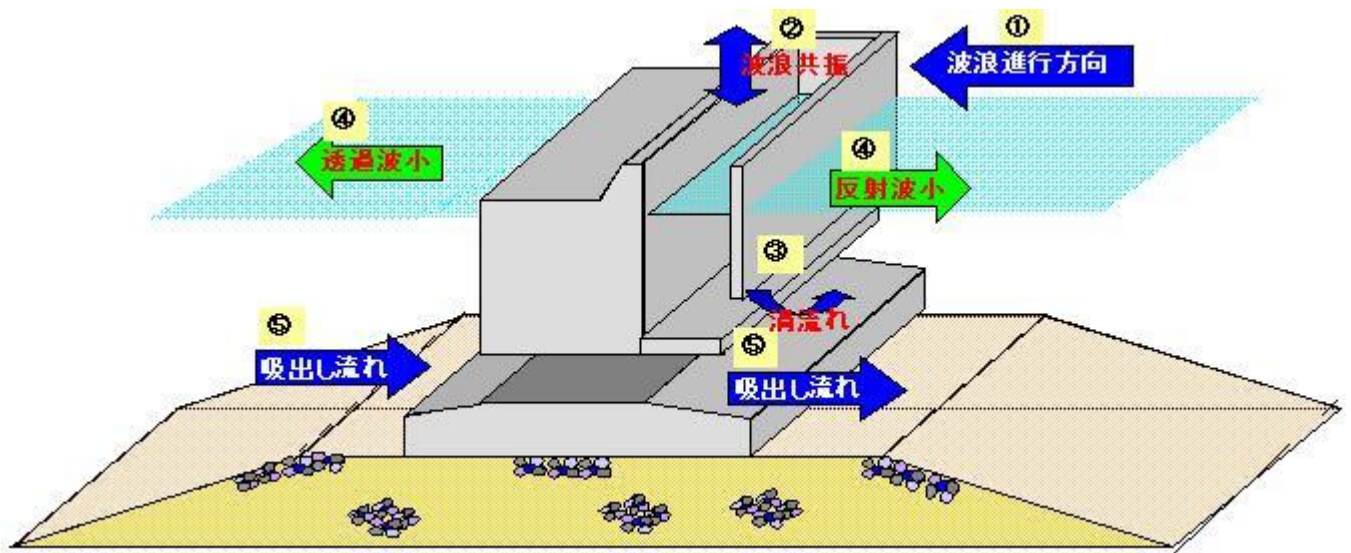
1. 海水交換の促進による水産資源の生息環境となる漁港・漁場海域の積極的な保全・創造
2. 消波構造体を用いた漁港・漁場海域の静穏化

## 研究成果

1. 多段潜堤式や円孔式といった波を利用する海水交換施設の開発
2. 波による渦流れを制御する海水交換促進型防波堤の開発及びその内部渦流を利用する波力発電の基本原理の開発
3. 高い消波性能を実現する消波構造体の開発

## 波及効果

1. 良好な水環境を創出することにより衛生的かつ安全な水産物の供給体制の確保及びつくり育てる漁業の推進に寄与
2. 自然エネルギーのひとつである波浪エネルギーを利用した波力発電が期待
3. 港口部や港内の静穏性が高まることに伴う海難事故の防止や出漁機会の増加



波による渦流を利用する海水交換促進型防波堤

(開発システム研究室, 水理研究室・大村智宏)

# ウニ漁場造成に係わる事前評価手法の開発

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

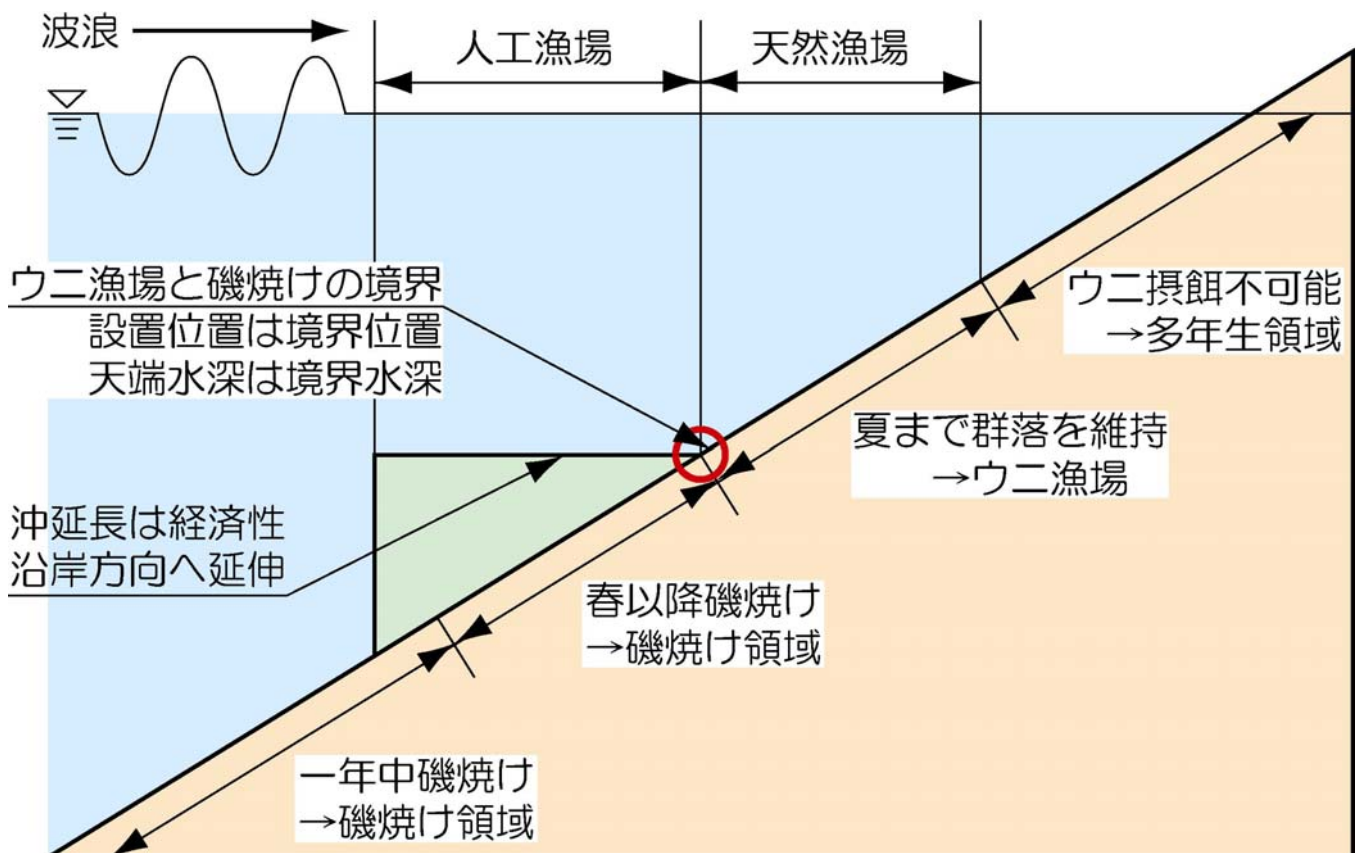
1. 造成後、数年で元の磯焼けに戻り問題となる場合が多い
2. 持続的に利用可能なウニ漁場造成のため事前評価が必要

## 研究成果

1. 嵩上げ(かさあげ)による流速増大で、ウニの摂餌量と海藻の生産量のバランスをとる
2. ①構造物の設置位置と天端水深の算定、②ウニ加入個体数の推定、③構造物の岸沖・沿岸延長の算定、による評価手法の開発

## 波及効果

1. 設計指針のバージョンアップ
2. 現地試験による本手法の検証(北海道寿都町地先で実施中)



(環境分析研究室・桑原久実)

# アマモ場の再生と保全への取り組み

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

「埋立」や「埋立護岸」で破壊されたアマモ場の再生には港の防波堤のようなものを沖側に作って物理環境を緩和することが近道だが、莫大な費用を要するだけでなく、周辺に及ぼす影響が懸念される。

## 研究成果

1. 底質を安定化する機能を有する座布団状の施設を海底に敷き詰め、その中に予めアマモの種を仕込んでおいた。
2. 海域の特性に応じて使い分けるよう安定化の機構として物理的制御と化学的制御の2種を考案。その結果、天然と同程度の濃密なアマモ群落形成された。
3. しかし、その群落を長期間維持するには至っていない(「多様性」の問題)。

## 波及効果

埋立護岸などにより地形が単調になり生産力の低下した海域で、水産関係者が主導する魚礁や増殖礁を群体として用い、アマモ場再生を含む多様性に富む生産性の高い海域を創り出す



物理的底質安定化手法による  
形成アマモ群落とアオリイカの産卵



化学的底質安定化手法による  
形成アマモ群落

(漁場施設研究室・森口朗彦, 高木儀昌)

(追 補)

### ■なぜ減っていくのか

「埋立」でアマモ場が潰されるという直接的な原因の他、埋立護岸で海岸線が単調になり、波・流れの物理環境が激化、アマモが根を張る海底の砂泥(底質)が不安定になってアマモが流失することも要因と考えられます。アマモ場の再生には港の防波堤のようなものを沖側に作って物理環境を緩和することが近道ですが、莫大な費用を要するだけでなく、周辺に及ぼす影響が懸念されます。

### ■底質安定化による再生の試み

できるだけ簡易な手法として、底質を安定化する機能を有する座布団状の施設を海底に敷き詰めることを考えました。その中に予めアマモの種を仕込んでおき、空隙を設ける等の工夫によりアマモが出芽・成長するのです。海域の特性に応じて使い分けるよう安定化の機構として物理的制御と化学的制御の2種を考案、室内実験により基本的な機能を把握した後、実海域における造成試験を行いました。その結果、天然と同程度の濃密なアマモ群落が形成されました。しかし、その群落を長期間維持するには至っていません。



造波水路での底質安定機能模型実験

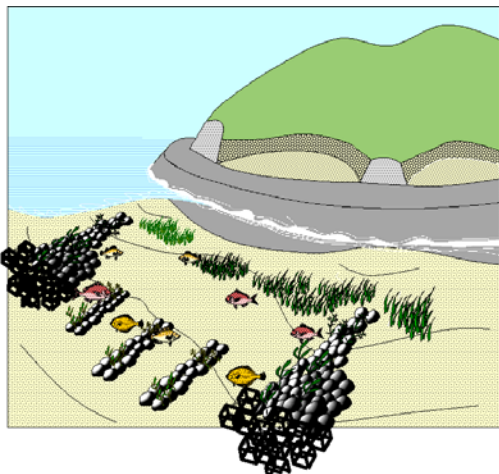
### ■なぜ維持されないのか

いろいろな意見があります。広範囲の底質安定化が必要、栄養が不足、草食魚による食害、種子の供給、等々。また、アマモ場だけを考えていてよいのか、との問いかけもあります。議論を重ねるうち、キーワードが見えてきました。「多様性」です。

### ■「多様性」に富む海域整備

人の手の入らない生産力に富む砂泥海域には「根」や「鼻」、海底面も谷峰状の起伏があるなど多様な地形が散在し、流れの遮蔽域や渦流域など多様な物理環境を作るとともに、波エネルギーを分散して底質の安定化が図る機能があります。またガラモ場等の岩礁性藻場と砂泥性のアマモ場が形成され、多様な水産生物が生息しています。

埋立護岸などにより地形が単調になり生産力の低下した海域で、水産関係者が主導する魚礁や増殖礁を群体として用い、アマモ場再生を含む多様性に富む生産性の高い海域を創り出す、このような概念による新たな沿岸域整備手法を「人工暗礁」と名付け、実現に向けての検討を進めています。



「人工暗礁」の概念の模式図

### ■「保全」、アマモ場を守るために

私たちの仕事は食料としての水産物の安定・持続的供給体制の構築です。アマモ場に関しても、そこから毎年何万トンの水産資源が添加されており、アマモ場を潰すことは永年その食料を破棄すること、そう言えるための調査研究を進めることがアマモ場を守ることにつながると考えます。

# 山形県大瀬海域における高層魚礁

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

1. 未利用な大水深域の漁場化
2. 大水深域の漁場造成に効果的的人工魚礁の開発

## 研究成果

1. 礁高35mの高層魚礁を開発
2. ウスメバル、ブリ、マグロ、マダイなどの大量の鯖集を確認

## 波及効果

今まで未利用であった大水深域帯での漁場造成が可能となる。



山形県酒田港で製作中の35m高層魚礁



ブリの群



クロマグロの群



マアジの群



高層魚礁上部のウスメバルとホッケの群



タワー付近の大型マダイ

(漁場施設研究室 高木儀昌)

# 漁港の就労環境の総合的評価

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

1. 漁港では「陸揚げ・積み込み」、「仕分け・運搬」および「漁具手入れ・整理」の作業が行われる
2. 就労環境の総合的な把握、評価がなされていない

## 研究成果

1. 漁港における就労環境要素(温度、照度等)の計測と評価
2. 作業姿勢に基づく身体負荷の評価
3. 漁港における就労環境の総合評価

## 波及効果

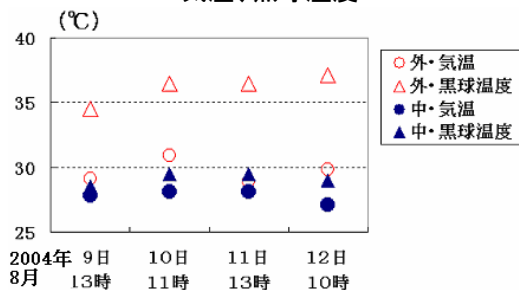
1. 漁港における作業の実態に即した改善技術の開発
2. 作業の安全性、快適性および利便性の向上

<漁具手入れ作業時の暑さの不快感の評価>

<仕分け作業時の作業姿勢の評価>



気温、黒球温度



PPD(予測不満足率)※

日時	小屋の中	小屋の外
2004.8.9 13時	38%	99%
8.10 11時	60%	≒100%
8.11 13時	40%	≒100%
8.12 10時	42%	≒100%

※PPD (Predicted Percentage of dissatisfied): 寒暑に不満足を感じる人の割合の予測。ファンガーによる

作業形態	魚を入れる容器が		
	床上のトロ箱	タルの上のカゴ	
例			
つらさ評価指数※による	多く現れた作業姿勢のタイプ	タイプ「5」 83.1%	タイプ「4」 50.5%
		タイプ「8」 11.3%	タイプ「6」 21.1%
	平均つらさ指数	5.15	4.44

※つらさ指数法: 作業姿勢の評価法。長町らによる

(漁港施設研究室 佐伯公康)



# 海域の一次生産に河川が及ぼす影響

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

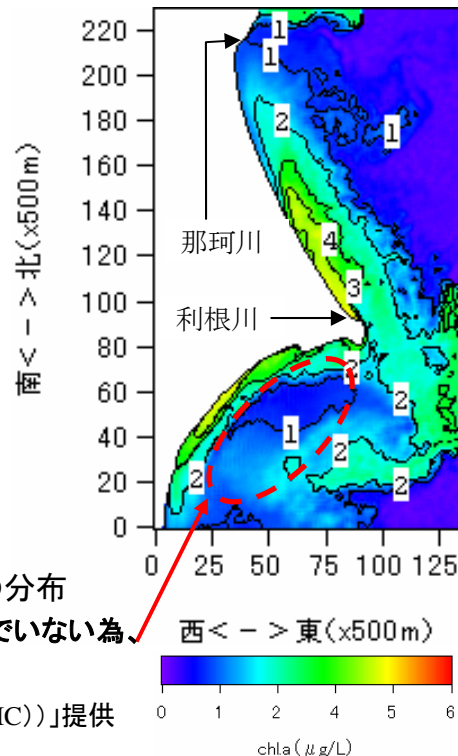
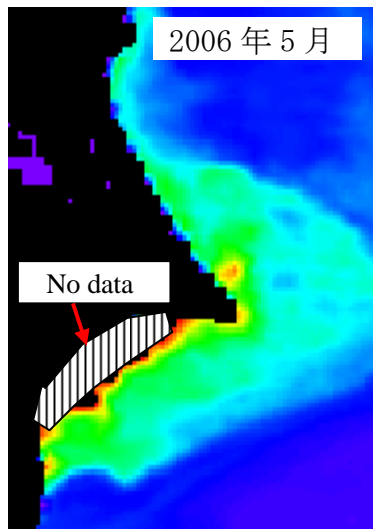
鹿島灘沿岸は開放性の代表的な海域である。当海域は、二枚貝をはじめ浮魚の漁場となっており、豊富な一次生産によって支えられている。鹿島灘から九十九里沿岸域に着目し、水質・底質分布に関する現地調査を実施した。また、利根川河川水の水質を定期的に分析した。その結果に基づき、数値計算により、河川水が沿岸河口域における一次生産へ与える影響を検討した。

## 研究成果

1. 数値計算により、鹿島灘から九十九里浜沿岸域の一次生産に及ぼす河川水の影響を概ね把握できた。当海域では那珂川に比べて、流量の多い利根川からの栄養塩が海域の一次生産に大きく貢献していることがわかった。
2. 計算結果と衛星画像を比較すると、沿岸部の chl.a 濃度の分布を表現できていない。これは、九十九里浜沖を北東に流れる黒潮の影響を計算に取り込んでおらず、黒潮に伴う九十九里浜沿岸の補償流や、黒潮による沖側(東側)への移流を表現できていないためであると考えられる。そのため、黒潮を計算に取り込んだ改良プログラムを作成中である。

## 波及効果

海域の生産環境を把握することにより、資源管理や漁場造成などの基本ツールとなることが期待される。



左図;衛星データ, 右図;計算結果によるchl.a の分布  
現時点では、外洋の流れ(黒潮等)を計算に取り込んでいない為、  
右図の赤丸部分の再現性が良くないと考えられる。

左図は「宇宙航空研究開発機構(JAXA/東海大学(TSIC/TRIC))」提供

(水理研究室・中山哲巖、新井雅之、 開発システム研究室・足立久美子)

# ウニの磯焼け域に海藻群落 維持される環境条件

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

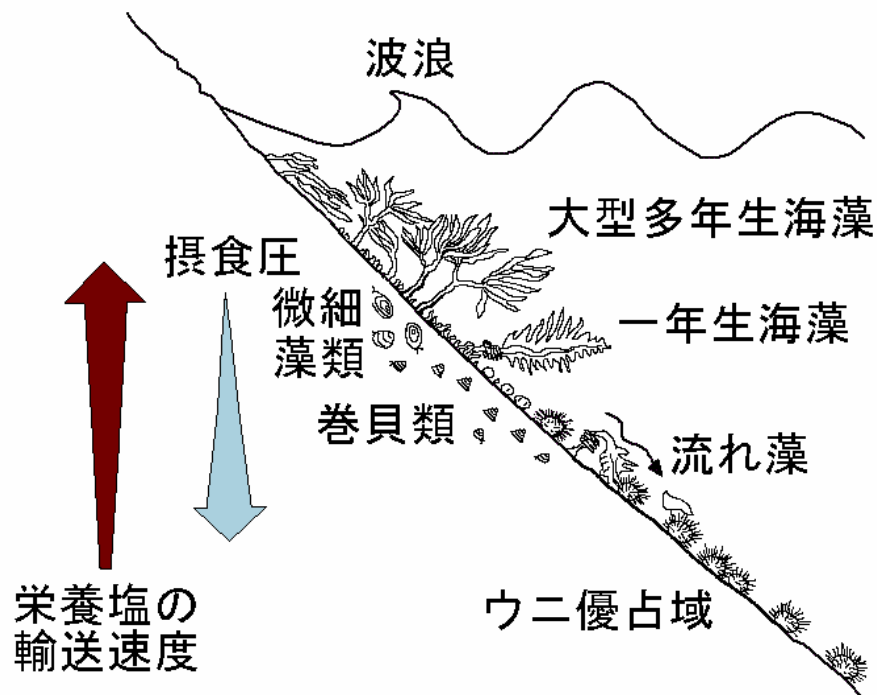
1. 岩手県南部～千葉県銚子市沿岸ではアラメなどの藻場がキタムラサキウニ（以下、ウニという）の摂食によって全滅した海域がある。
2. しかし、ウニが高密度で生息する磯焼け状態の海域でも局所的に海藻群落が毎年維持される場があり、その環境条件を明らかにした。

## 研究成果

多年生のアラメが群落を維持するためには、ウニの移動や付着を制限するほど強い波動流が定期的にあることと、流動に強い巻貝類の餌となる微細藻類が常にあることが必要

## 波及効果

1. ウニの磯焼け域で藻場造成を行うための環境造成の設計指針
2. アラメの移植可能な環境条件の把握



(水理研究室 川俣 茂)

# 漁船船体の副部改造による省エネ技術の開発

漁業生産工学部

## 背景・目的

採算性の向上、地球温暖化防止のため漁船の省エネルギー技術の開発が重要になっている。そこで船体副部に着目し、流体力学による科学的な改良を試みた。

## 研究成果

漁船副部のうちビルジキール、防腐板、送受波器カバーに対し、従来にない新しい形状を生み出した(特許申請中)。一例として、従来型と改良型の防腐板を図1に示す。新型は表面流れがスムーズで渦発生がなく、低抵抗であることが分かる。

## 波及効果

本技術はすべての既存漁船に応用できる(図 2, 3)。効果量は対象漁船により変わるが、10%以上の馬力削減を目標としている。エンジン換装の効果は2%程度とされているので、本技術の費用対効果量は抜群である。ただし不明点の多い問題のため、集中的な研究が必要である。

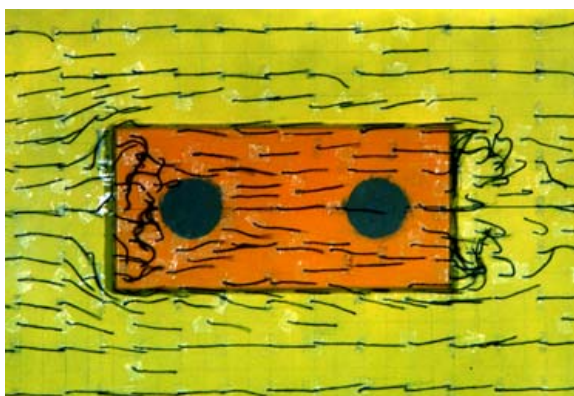


図1-A 従来型の防腐板

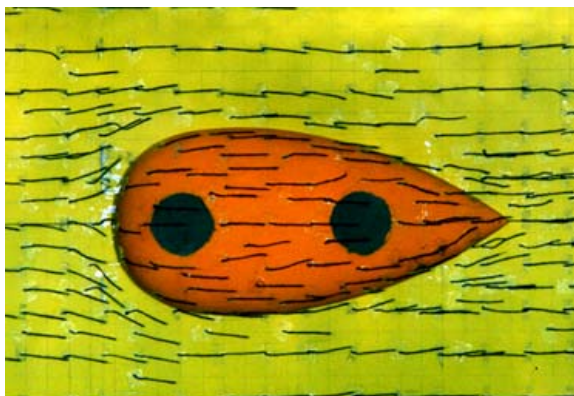


図1-B 新型の防腐板



図2 新型送受波器

図3 新型ビルジキール  
(上席研究員・川島敏彦)

# 漁船の総合性能評価法に基づく船型改良法の開発

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

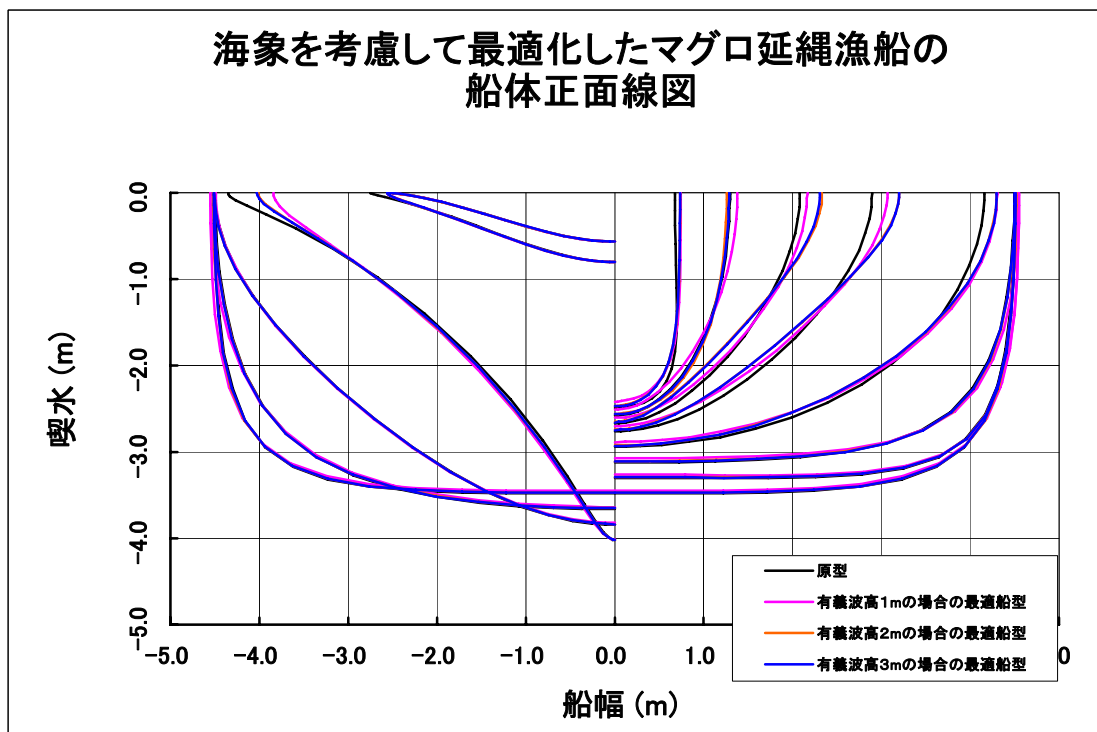
1. 燃油価格の高騰と地球温暖化への対策から漁船の省エネ化を進める必要があり、平水中だけではなく実際の海象条件下においても一層の省エネ化を達成することが必要。
2. 省エネ化に際して、耐航性、復原性、作業性など漁船が海上における漁業のプラットフォームとして機能するために必要な要件は、直接担保しなければならない。

## 研究の成果

1. 耐航性、復原性、作業性など必要な機能を直接担保した上で、波浪中航行時の馬力の増加を数%低減する手法を開発した。低減率は漁船種と設計条件による。
2. これにより、平水中ではなく、漁船が航海・操業する海域の海象条件に応じたより実際的な船型改良・開発を行うことが可能となる。

## 波及効果

1. 省エネ化により採算性の向上を図り、燃油価格の高騰に対応。
2. 燃料消費量の減少により、地球温暖化防止へ貢献。



有義波高の設計条件が異なるという設定で船型を最適化した439トン型マグロ延縄漁船に対する計算例（改良前の原型と有義波高1, 2, 5m対応する改良船型の比較）

（船体研究室・升也 利一）

# ワカメ養殖業の省力化技術の開発

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

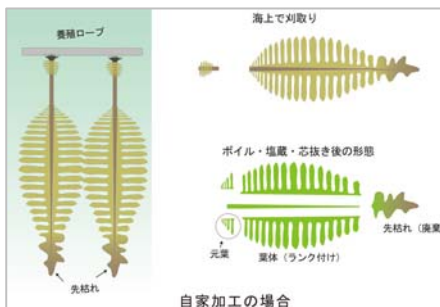
1. 労働集約的な作業に依存するワカメ養殖業の生産性向上のため、ワカメ収穫から塩蔵加工に至る生産工程を見直し、ネックとなる工程の省力化技術を開発する。
2. 小型船外機船での原藻の刈り取り作業を、短時間で安全に行えるようワカメ自動刈り取り機を開発する。

## 研究成果

1. 船外機船を対象としたワカメ刈り取りシステムを構築。
2. 新たな塩蔵加工工程の提案。生原藻段階の新抜きと連続処理式のボイル装置の開発。

## 波及効果

1. ワカメ自動刈り取り機は漁業者の実用化段階にある。実証後に普及をはかる。
2. 塩蔵加工システムは、要素機械として実用化が進展しつつある。作業の省力化の他にも製品の品質を向上できる要素がある。



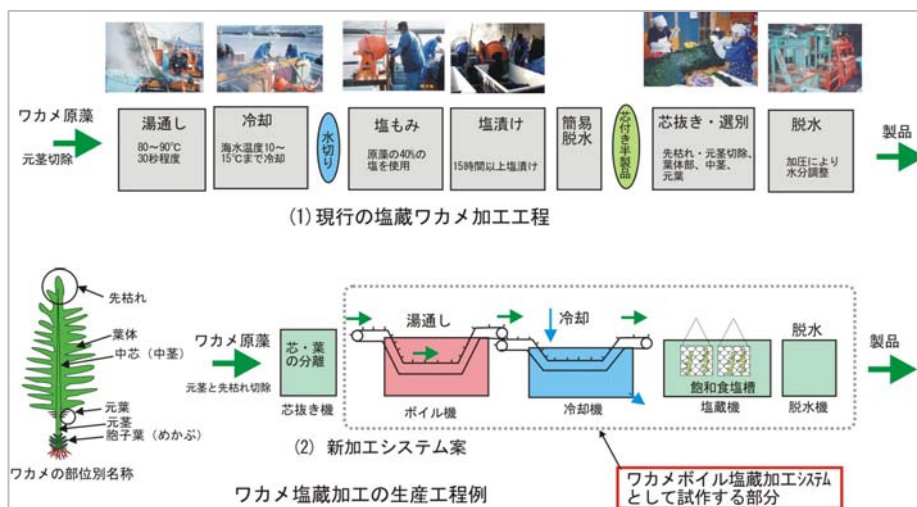
ワカメの加工形態



ワカメ刈り取り機開発実験の様様



刈り取り機と桁送り機



ワカメ塩蔵加工の生産工程景

(機械化研究室・長谷川勝男)

# 定点観測型ステレオカメラを用いた 定量的な人工魚礁調査手法の開発

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

1. ダイバーによる人工魚礁調査の限界（潜水時間， 定量性）
2. 人工魚礁の大型化、設置海域の大深度化によるダイバー調査のリスク増大
3. ダイバー調査を補完し、定量性を向上する人工魚礁調査手法の必要性

## 研究成果

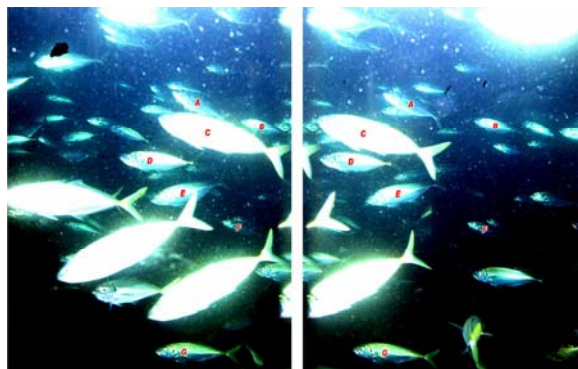
1. 長期間にわたり間欠撮影が可能なデジタルカメラを搭載した魚類蝸集モニタリングシステム FISCHOM（フィスコム）を開発
2. ステレオ計測により魚体長， 魚礁に対する位置等を推定可能
3. 人工魚礁の各部に配置すれば， 魚礁近傍の魚群の魚種別・魚体長別の時空間変動を定量的に把握可能

## 波及効果

1. 人工魚礁に限らず様々な海域での魚群調査に応用可能
2. 画像解析で得られる魚体長や遊泳姿勢等は音響資源調査にも重要な情報



人工魚礁に設置した  
フィスコム試作機



No.	尾叉長(cm)	フィスコムからの 鉛直距離(cm)
A	27.5	295.3
B	24.5	396.1
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

フィスコムで撮影した  
魚群画像と画像解析結果の例

（機械化研究室・高橋秀行）

# 小型表層曳網によるサンマの漁獲

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

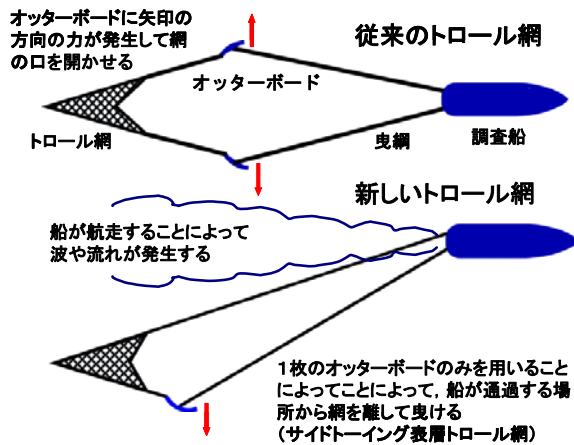
1. サンマの成魚のサンプリングは大型表中層トロール網でおこなっており、小型の曳網ではサンプリングが難しかった。
2. サンマの小型定量採集具を開発するために、さより二艘曳漁業で用いられている曳網を航跡から離れた位置で曳網(サイドトローイング曳網)して、サンマの採集を試みた。

## 研究成果

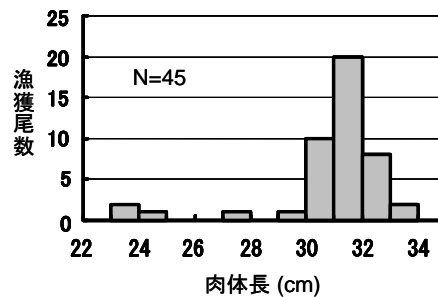
1. さより二艘曳漁業で用いられている曳網をサイドトローイング曳網することにより、肉体長が30cm~33cmの大型魚を採集することができた。
2. サヨリ曳網は、遊泳力のついたサンマ稚魚を定量的に採集するための小型採集具の基本形になる。

## 波及効果

遊泳力のついた稚魚類を定量的に採集するための小型採集具の開発が可能となる。



サイドトローイング曳網概念図



採集されたサンマの肉体長組成

(漁法研究室・渡部俊広)

# さより二艘曳の単船操業化

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

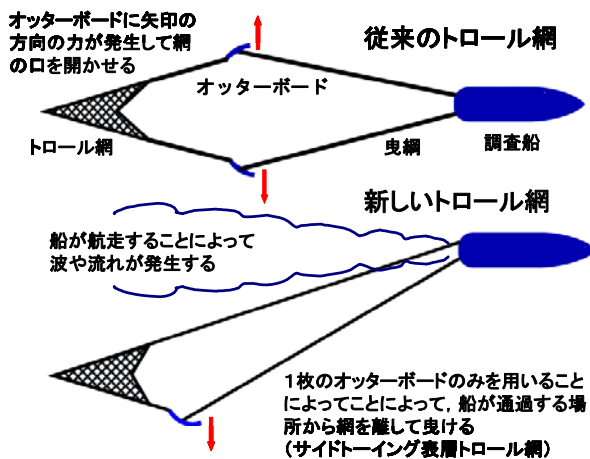
1. サヨリは、二隻の漁船で袋状の網を曳く二艘曳漁法により漁獲される。
2. サヨリ以外の種は一般に単船操業で漁獲している。
3. 単船操業化することにより操業の選択肢が広がり、経営の安定につながる。

## 研究成果

1. さより二艘曳漁業で用いられている曳網を航跡から離れた位置で曳網(サイドトローイング曳網)することにより、単船操業の実用化に大きく前進。
2. サイドトローイング曳網用カイトを開発した。

## 波及効果

さより二艘曳の単船操業化は全国的に要望が大きく、新しい漁法として普及する。



サイドトローイング曳網概念図



開発したキャンバス製カイト



さより網のサイドトローイング曳網

(漁法研究室・渡部俊広, 山崎慎太郎)



# 離着底兼用トロール漁具(開口板)の開発

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

1. 海底付近の魚介類(シャコ、マアナゴ等)が減少傾向(伊勢湾)
2. そこで海底から離れた魚(あじ類、かます類等)を対象として設計した離着底兼用トロール網とともに、この網を効率よく開かせるための開口板を開発

## 研究成果

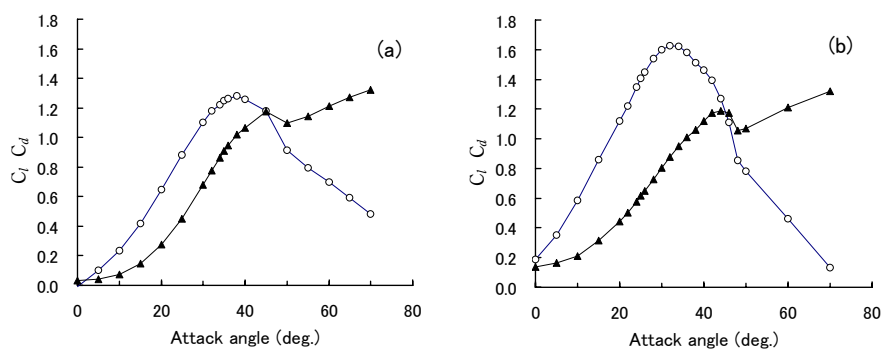
1. 揚抗比(開きの効率)は現用開口板の 1.4 倍(模型実験)
2. 離底曳網時の試作開口板間隔(水平方向の開き)は、現用開口板の着底曳網時の 1.1~1.2 倍(操業実験)

## 波及効果

離着底兼用トロール網との組み合わせにより、濾水容積が従来の網よりも増加、海底から離れた魚も漁獲対象に



試作した開口板



揚力係数(網を開かせる方向の力、○)・抗力係数(流れの方向の力▲)と流れに対する角度との関係を模型実験から調べ、開口板の性能を把握。(a)、現用開口板、(b)、試作した開口板

(漁法研究室・山崎慎太郎)

# トロール網に対するズワイガニ類の行動

漁業生産工学部

(協力: 東北区水産研究所八戸支所)

## 研究の背景・目的

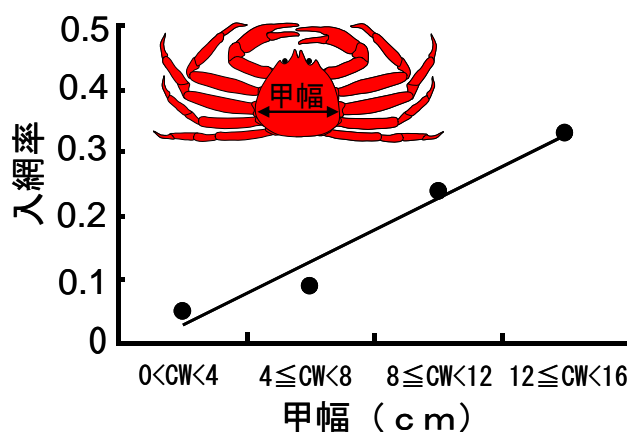
1. トロール網を用いたズワイガニ類の資源量推定の精度向上のためには、漁獲効率の推定が必要。
2. 一般的に、トロール網に対する生物の行動は漁獲に大きく影響する。
3. 漁獲効率に関する基礎的知見を得るため、トロール網に対するズワイガニ類の行動を観察した。

## 研究成果

1. ほとんど(94%)のズワイガニ類はトロール網が接触するまで動かなかった。
2. 大きいズワイガニ類ほど入網しやすかった。
3. ズワイガニ類に対するトロール網の漁獲特性が明らかになった。

## 波及効果

ズワイガニ類の資源量推定の精度が向上し、資源管理に役立つ。



※漁獲効率: トロール網が通過した範囲にいる生物のうち、実際に漁獲された生物の割合

※入網率 = グランドロープを乗り越えたズワイガニ類の個体数 ÷ 全観察個体数

(漁法研究室・藤田薫)

# 大型クラゲによる漁業被害を軽減する装置の開発

漁業生産工学部  
(協力:千葉県銚子水産事務所)

## 研究の背景・目的

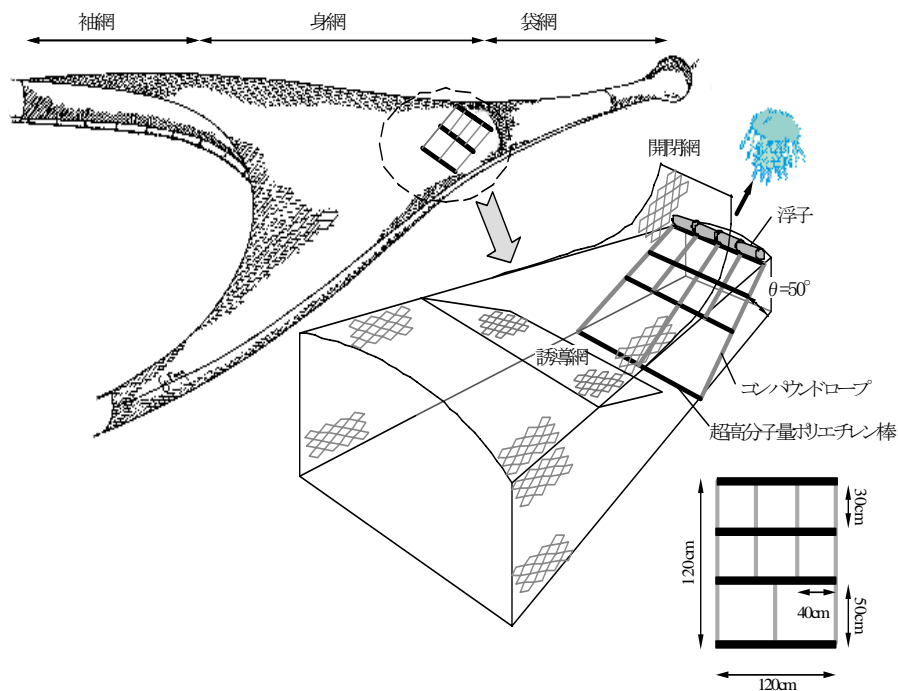
1. 底びき網に大型クラゲが入ると、網を巻き上げられなくなったり、漁獲物の品質が低下したりするなどの漁業被害が生じる
2. これまでに開発した、大型クラゲを排出する装置は金属製のグリッド(スノコ)があるため、ネットウインチに巻き込めないなどの問題が生じる場合があった
3. この問題を解決するため、柔軟な構造を持つグリッドを開発する

## 研究成果

1. 堅い材料(プラスチックの棒)と柔らかい材料(コンパウンドロープ)を組み合わせ、柔軟な構造を持つグリッドを製作した
2. 本グリッドは、金属製のグリッドに比べて甲板上での取り扱いが容易になり、ネットウインチへの巻き込みにも対応できた
3. 本グリッドを装着した底びき網は、漁獲対象となるヒラメやカレイ類を逃避させることなく、重量比で65%の大型クラゲを網から排出した

## 波及効果

1. 漁具や対象生物にあわせてグリッドの間隔や角度を調整することで、他地域でも適用が期待される



(漁法研究室・藤田薫)

# 大型クラゲの遊泳行動

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

1. 日本周辺海域に大量出現する大型クラゲ(エチゼンクラゲ)による漁業被害を防ぐためには、大型クラゲの遊泳深度や行動特性の把握が不可欠

## 研究成果

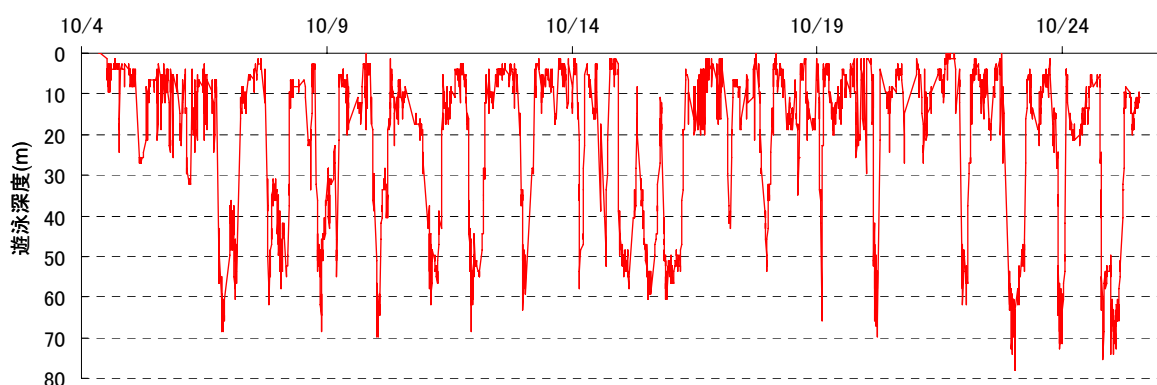
1. 大型クラゲ 4 個体に電子標識(ポップアップアーカイバルタグ)を装着して遊泳行動を調査
2. 遊泳深度は最大 50~78m、平均 21~28mで、鉛直移動を繰り返していた

## 波及効果

1. 遊泳深度の把握により、海流の速度から詳細な来遊予測ができる
2. 効果的な洋上駆除や、被害を防除するための漁具や方法の開発に役立つ



大型クラゲへの電子標識の装着



記録された遊泳深度の例

(漁法研究室・本多直人)

# 植食性魚類アイゴの漁獲方法

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

1. 植食性魚類であるアイゴなどによる過剰な海藻の食圧が磯焼けの一因となっている
2. 藻場からアイゴを減らすために、効果的なアイゴの漁獲方法が求められている

## 研究成果

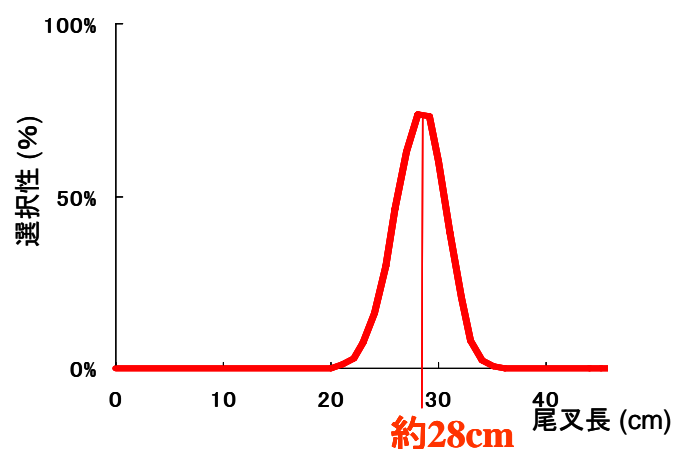
1. 沖縄では刺網と定置網で特に多くのアイゴ類が漁獲されていることから、藻場においても刺網と定置網による漁獲が効果的
2. 産卵期である7月頃の漁獲が効果的な駆除に適する
3. 漁獲されやすい刺網の目合は尾叉長の約0.3倍
4. 刺網の下端から約1.5~2mの高さで漁獲されやすい

## 波及効果

1. 藻場における効果的なアイゴの漁獲方法の検討に役立つ



アイゴ *Siganus fuscescens*



目合 2.8 寸刺網で推定されたサイズ選択性曲線

(漁法研究室・本多直人)

# 漁船の安全性を確保するための研究

漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

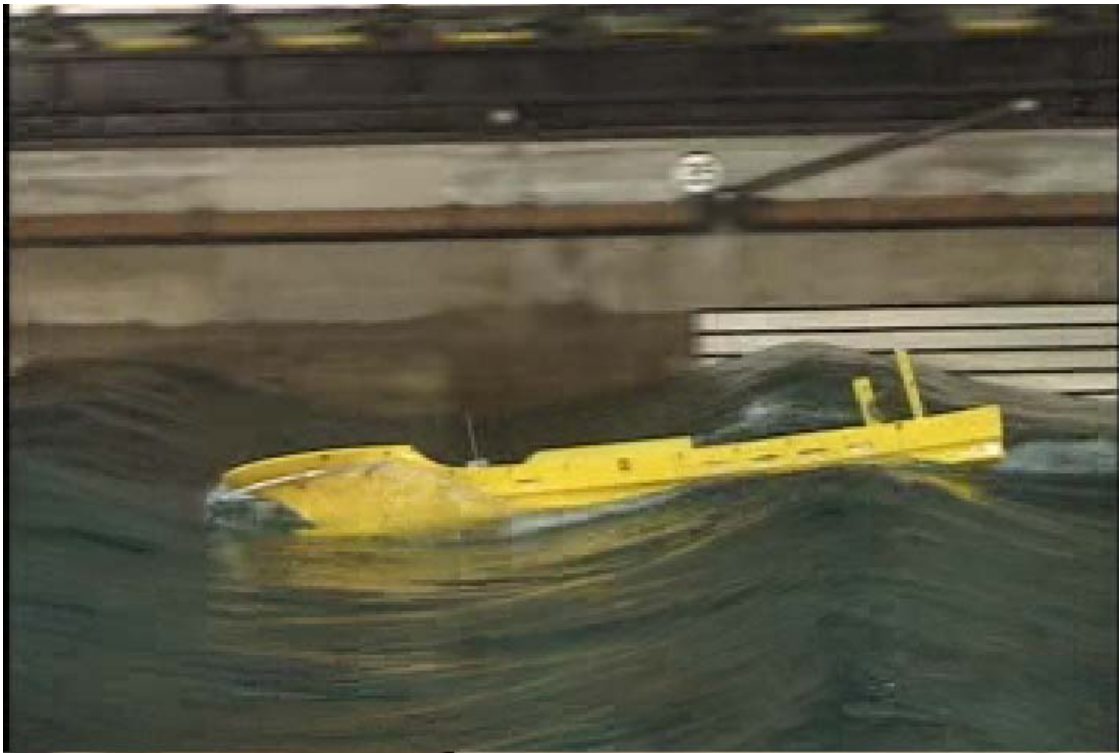
1. 漁船漁業は危険な産業の一つとされており、転覆などの重大事故を防ぎ漁船の安全性を高めることは急務である。
2. 国際的にも漁船の安全性確保は重要視されており、国際海事機構で漁船の安全性を確保するためのガイドライン作りが行われている。

## 研究成果

1. まき網漁船の模型船を用いて、重心を高くした状態での実験や追波中を高速航行する実験を行い、転覆する条件等について検討を行った。
2. その結果、横波中、向かい波中、追波中の順で転覆の危険が増すことが分かった。

## 波及効果

1. これらのデータを元に、漁船の安全性を確保するための性能基準、安全に航行するための運行指針などの策定を行う。
2. 既存の船を改造したり、操船に留意することにより、安全性をより高めることが出来る。



写真：追波中を高速航行するまき網漁船の模型船

(安全性研究室・松田秋彦)

# 魚群の集中分布域(ホットスポット)の検出

水産情報工学部

## 研究の目的・背景

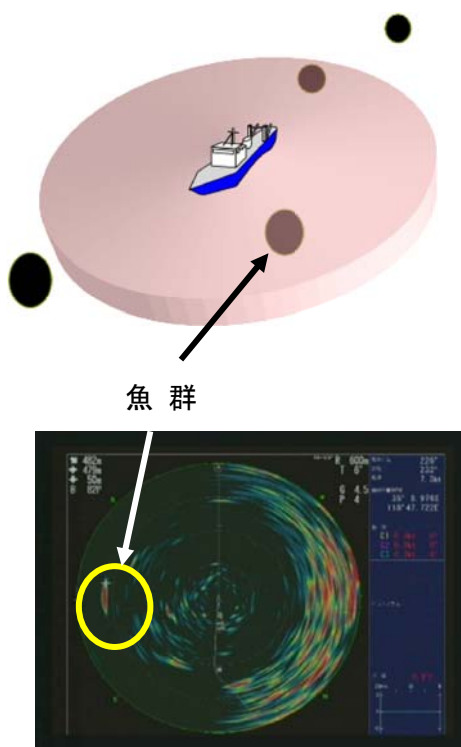
1. ソナーによる浮魚資源調査で得られる情報は、魚群の発見位置
2. 魚群の分布状態を把握するには、疎密の度合の地域的な推定が必要

## 研究成果

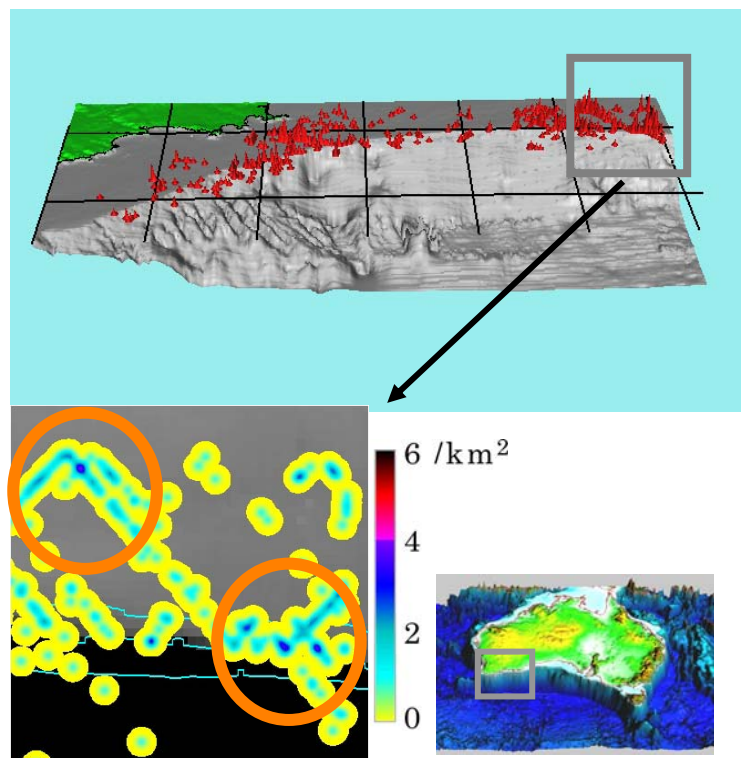
1. カーネル密度推定法によって、点の位置データから魚群の分布密度を算定
2. 浮魚魚群は、調査海域の西側に偏って、最高6群/km<sup>2</sup>程度の密度で出現

## 波及効果

1. 資源現存量の指数として有用
2. 位置の情報さえあれば、どのような調査データでも同様の分析が可能



スキャニングソナーによる魚群の探索



オーストラリア南西岸での浮魚類の分布 (2005年)

(上席研究員・渡辺一俊)

# ミナミマグロの魚肉内音速測定

水産情報工学部

## 研究の背景・目的

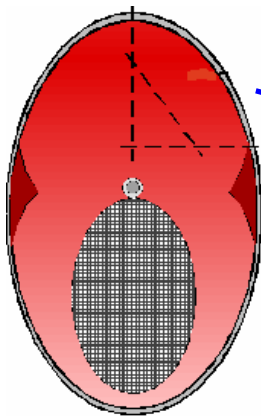
1. ミナミマグロの音響資源調査をオーストラリア南西海岸域で実施しているが、ミナミマグロ幼魚1尾の音響反射の実測は難しい。
2. 音波は媒質と媒質の境界で反射し、音響インピーダンス(密度と音速の積)の差が大きいほど反射が強い。
3. ミナミマグロ幼魚の魚肉音速と体密度がわかれば、海水の音響インピーダンスとの差から、音響反射特性を数値モデル計算によって推定することができる。

## 研究成果

1. 医療用骨密度測定器(古野電気製 CM-100)の音速測定機能を用いて、ミナミマグロ幼魚の魚肉内通過音速を、調査船上で測定した。
2. 可搬型の装置であり、調査現場に持ち込んで、新鮮な魚肉について直ちに測定を行うことができる利点がある。
3. 測定結果は、より高精度な屋内大型機器による値と大差なく、モデル計算には十分な精度が得られた。

## 波及効果

1. 数値モデル計算によれば、魚体の多方向の反射特性を推定することができ、計量魚群探知機のみならず、計量式のソナーに必要なパラメタを得ることができる。
2. 本手法は、他の魚種、特に大型で鰾を持たない種について応用可能である。



ミナミマグロ胴体の断面  
背側の肉を切り出して使用



骨密度測定器(CM-100)の外観



魚肉を挟み込んで、通過音速を測定中

(資源情報工学研究室)



# 動物プランクトンの音波反射特性の精密測定

水産情報工学部

## 研究の背景・目的

1. オキアミ類やカイアシ類といった動物プランクトンは、生態系を支える重要な餌生物であり、水産資源の管理・変動予測のために分布量の把握が求められている
2. 計量化した魚群探知機などによる分布量の推定手法では、1 個体あたりの音波反射強度が必要であるので、事前に音波反射特性を測定する必要がある

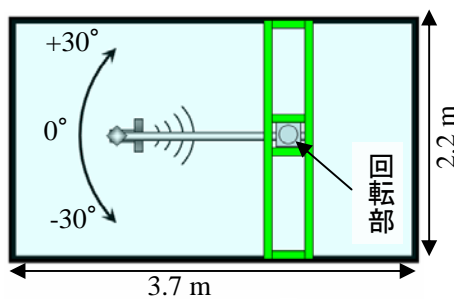
## 研究成果

1. 音波反射特性測定システム(図 1)により、ツノナシオキアミ 12 個体(体長 16.2~28.3mm)の音波反射特性の測定に世界で初めて成功した
2. 実測値は理論値とよく一致し、極めて精密に測定できた(図 2)

## 波及効果

1. 計量魚群探知機などによる動物プランクトンの分布量推定の高度化に寄与し、水産資源の資源予測・管理に役立つ
2. 本手法は、これまで実測が困難であった動物プランクトンの音波反射特性を、実測面から明らかにできるとともに、理論モデルの検証にも有効である

上面図



側面図

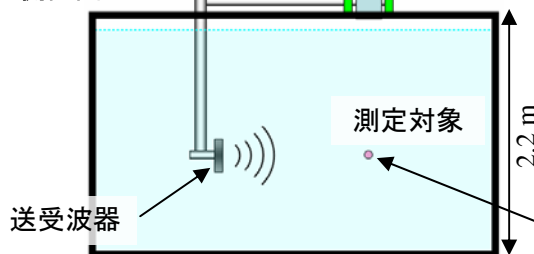


図 1. 音波反射特性の測定システム

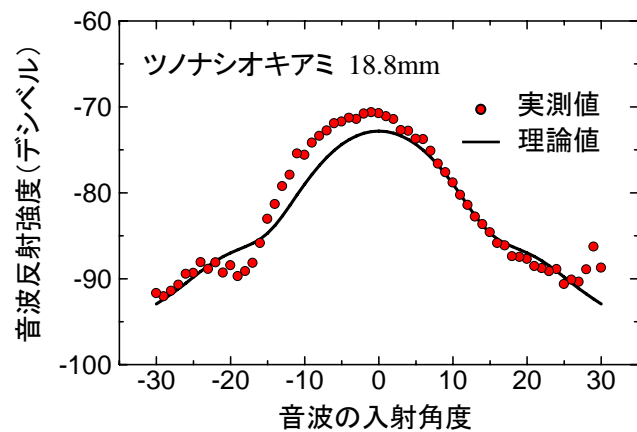
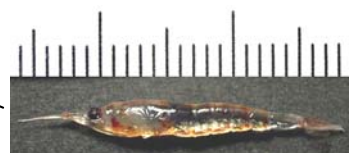


図 2. 音波反射特性の測定結果



(資源情報工学研究室, 海洋情報工学研究室)

# ミナミマグロ幼魚の行動追跡

水産情報工学部

## 研究の背景・目的

1. オーストラリア南西海岸域に来遊するミナミマグロ幼魚を対象に、ソナーを使った資源調査を実施している。
2. 調査設計や加入量解析の過程で必要となる、調査海域へのミナミマグロ幼魚の出入りのパターンや、海域内での平均滞留時間などの情報を得ることを目的とする。

## 研究成果

1. ミナミマグロ1才魚、2才魚に、個体識別可能なピンガーを装着して放流し、ライン状に設置した水中マイクロホン(約 70 地点)によって受信し、来遊・滞在状態を記録した。
2. 沿岸に存在する、いくつかの小さな天然魚礁(ホットスポットと呼ばれる)は幼魚の滞留場として重要であることが認められた。調査海域への進入率や滞留日数を解析中。

## 波及効果

1. 得られた行動パターンと環境要因を統合的に解析することにより、調査海域への到来時期の予測等が可能になる。
2. 本手法は、他の回遊性魚種についても有効な手法であり、行動と環境間の関係を解析して、漁場形成予測技術等に発展させることができる。

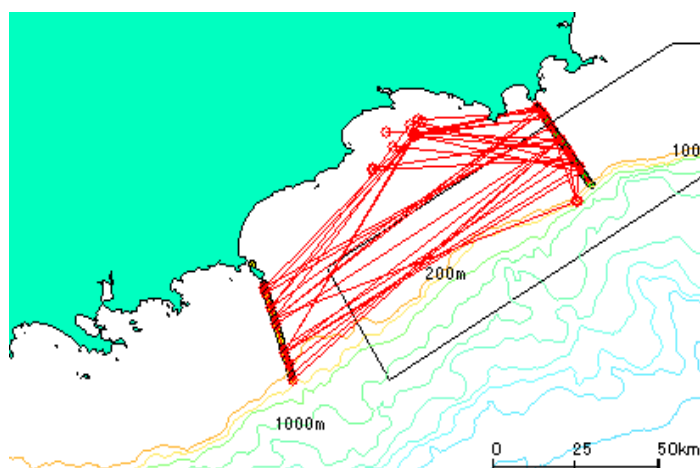


ミナミマグロ1才魚(体長 50cm)

+



腹腔内に挿入するピンガ



2003年12月から2004年3月にかけて得られた、回遊パターン(赤線)

(資源情報工学研究室, 上席研究官)

# 音響・光学複合システム（J-QUEST\*） による水生生物の近接・精密測定

水産情報工学部・漁業生産工学部

## 研究の背景・目的

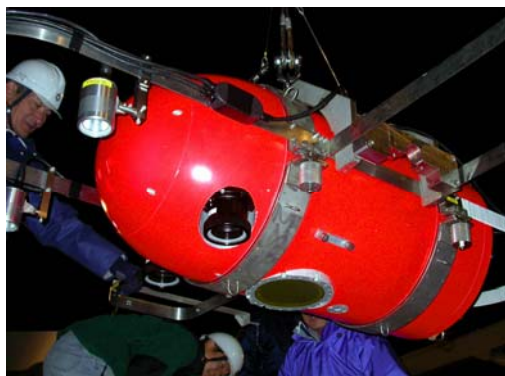
1. 直接人間の食糧となる水産資源生物だけでなく、生態系で重要なオキアミ類、ハダカイワシ類、小型イカ類などのバイオマスの推定が求められている
2. 水中に超音波を発射し、対象生物から返ってきたエコーの強さからその量や大きさを推定する音響機器と、特殊なテレビカメラを装備した耐圧容器を対象生物の層に近接させ、エコーの強さを測定し、カメラで種の識別、遊泳姿勢、速度、体長などを推定する

## 研究成果

1. 北太平洋において、バイオマス推定の基礎となるタコイカ、カタクチイワシ、サンマのエコーの強さの他、遊泳速度、姿勢分布、体長を得ることができた
2. タコイカがカタクチイワシを捕食する様子を映像として捉えることができた

## 波及効果

1. 本手法は、エコーの強さからバイオマスを推定する場合の誤差要因である体長分布、遊泳姿勢分布などを直接測定し、より高精度な資源量推定を可能とする
2. これまで生態がよくわからなかった生物の行動のTV映像は、理科教材としても活用できる



音響・光学複合システム



カタクチイワシを襲うタコイカ(カメラ下向き)

\* Japan Quantitative Echo sounder and Stereo TV camera system

（資源情報工学研究室，機械化研究室）

# ヤリイカのターゲットストレングスパターンの測定システムの開発

水産情報工学部

## 研究の背景・目的

水中に超音波を発し、対象生物から返ってきたエコーの強さからそのバイオマスや体の大きさを推定することができる。この手法では、対象生物 1 個体当たりの反射の強さ(ターゲットストレングス, TS)を明らかにする必要があるが、いかたこ類については、魚よりも反射が弱く、形状も不安定で、測定が困難であった。そこで、新たな測定手法を開発する必要がある。

## 研究成果

サンプルを水中に固定する懸垂機構を開発し、循環浄化式水槽内(淡水)で、外套長 145mm のヤリイカに対し、周波数 76.9kHz の超音波(入射角度 $\pm 30^\circ$ )を当て、TS を計測した。この装置は、中央で一括してテグスを繰り出すことができる。また、従来は不可能だった、横糸の任意の位置での停止が可能となった。さらに、サンプルと送受波器の相対的な位置関係も、鉛直、水平方向の水中ラインレーザーを装備し効率的に設定できる。TS 値は $-66.8 \sim -41.8$ dB の値をとり、複数のピークが見られたが、往復のデータはよく一致し、再現性があった。

## 波及効果・留意点

近年、音響手法は生態系における海洋生物間の相互作用を解明するための複合技術として、魚以外の各種水棲生物のバイオマスモニターにも利用されている。また、送受波器を搭載するプラットフォームは、繫留されたソナーや曳航体搭載型が出現し、多様化している。それに伴い背方向に加えて腹方向からの TS データが必要になっている。今後、背方向に加え腹方向の TS パターンを測定することによって、これらのモニタリングに必要な基礎データを提供できる。また、生きたサンプルを海水水槽で測定を行うことにより、さらに高精度の計測が可能となる。

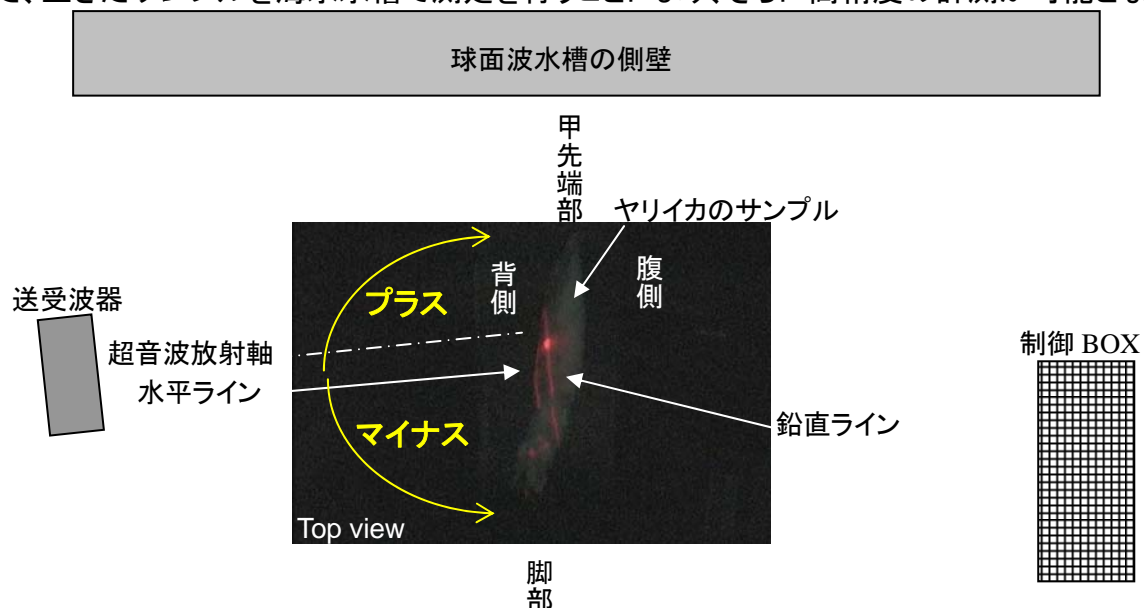


図1. 鉛直ラインと水平ラインによるヤリイカの姿勢角度の検証(姿勢角 $-5$ 度の例)

(海洋情報工学研究室・石井 憲, 資源情報工学研究室・澤田浩一)

# 魚群の幾何学

水産情報工学部

## 背景・目的

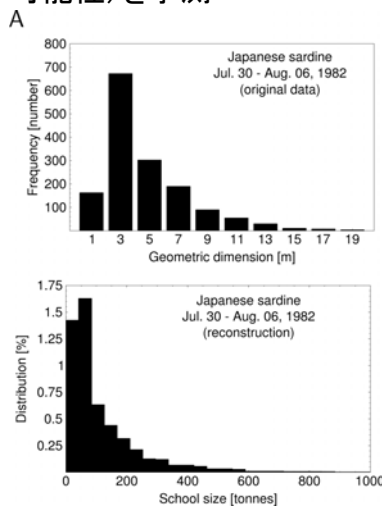
マイワシなどの集群性浮魚類の行動生態を資源量評価へ応用する。  
 魚群の大きさと構成尾数の関係は？ 魚群規模の頻度分布と海域全体の魚の量との関係は？

## 研究成果

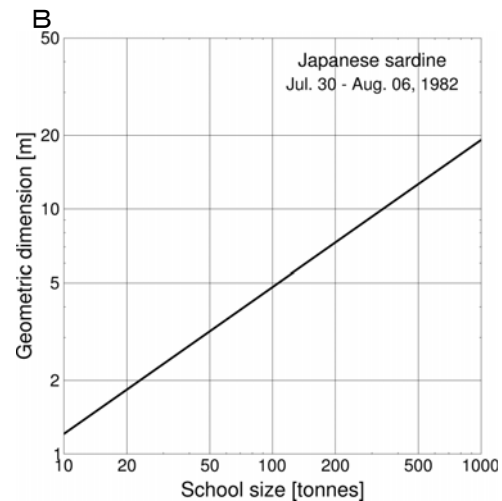
浮魚の群れ生態に関する上記2つの自然法則(ベキ則スケール関係)の発見

## 波及効果

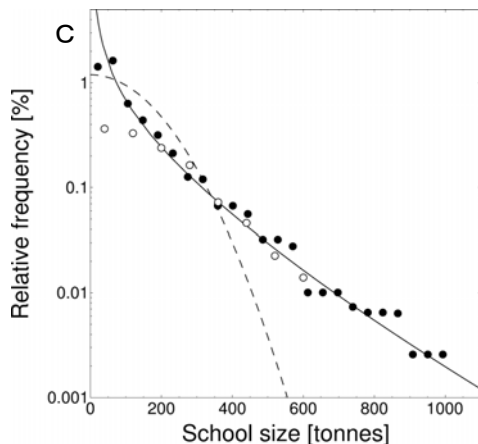
1. 通常の魚群探知機によって群の構成尾数を統計的に計量
2. 浮魚資源の現存量の推定精度(計測データの信頼度)を計量
3. 現実の浮魚漁場をシミュレーションによって再現
4. 漁獲過程をシミュレーションして、まき網漁業の漁獲リスク(予想される漁獲量の実現できない可能性)を予測



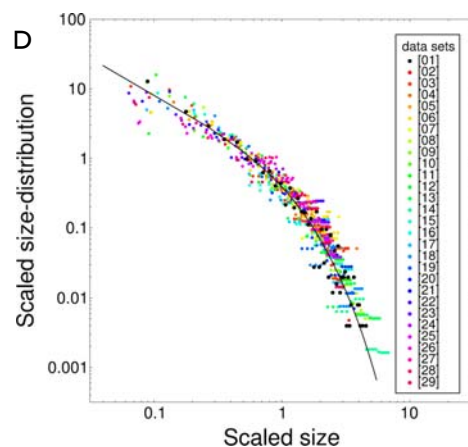
通常魚探機によって計測されたマイワシ魚群の垂直厚さ(m)のヒストグラム(A上図)は、A下図のように魚群を構成する魚のトン数の頻度分布に引き直すことが出来る。



左の群れの寸法サイズからトン数への変換は、魚群がスケール則に従うこと、すなわち、B図のように(両対数プロット)、魚群の厚さは構成尾数の0.6乗に比例するという幾何学則に従うことによる。



C図は、A下図のヒストグラムの片対数プロット(●)で、実線は理論曲線、(○)はまき網漁業による一まき当たり漁獲量を表す。即ち、集群性浮魚資源を漁獲、あるいは調査計測するとき、データ処理にガウス統計を適用(C図破線)した場合には、漁獲量の不確実性あるいは資源量の推定誤差は過小評価される。



さらに、魚群の相対的な分布は一つの法則で表すことができ、様々な魚種で同一の分布曲線上に乗ることが判明した(D図: 両対数プロット)。

データは Hara (1984, 1990), Smith (1970), Bonabeau et al. (1999) および Reid et al. (2000) による。  
 (行動生態情報工学研究室・丹羽洋智)

# 声でイルカの数进行勘定する

～音響観測門によるスナメリの回遊モニタリング～

水産情報工学部

## 研究目的

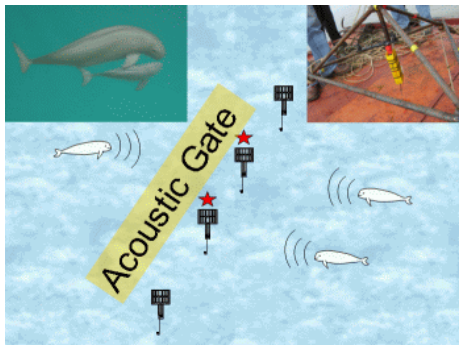
イルカの自動的な個体数観測技術を確立する。経済発展著しい中国の揚子江に生息するイルカの動態を、最新の音響技術を用いて観測し、その保全に役立てる。

## 研究成果

1. イルカがいることだけでなく、その最低個体数を簡便に観測する手法が開発された。
2. 揚子江と中国最大の淡水湖であるポーヤン湖にいる2つの個体群間で、日常的な移動が行われている可能性が示された。
3. 長寿命高感度型に改良された音響データロガーは、24時間以上連続で300mまでの範囲内のスナメリの個体数と遊泳方向を計測できることが確認された。

## 波及効果

1. これまで困難であった目視によるイルカ類(小型ハクジラ類)の頭数推定が、簡単かつ自動で行うことが出来るようになった。小型鯨類の管理に即役立てることが出来る技術である。
2. 世界でもっとも絶滅が危惧される水生哺乳類であるヨウスコウカワイルカの観測に、本技術が応用可能である。
3. 経済発展の代償としての生態系破壊がすすむ中国揚子江でスナメリの動態を把握し、環境の早期警戒指標として用いることができる。



スナメリの母子と音響観測門概念図

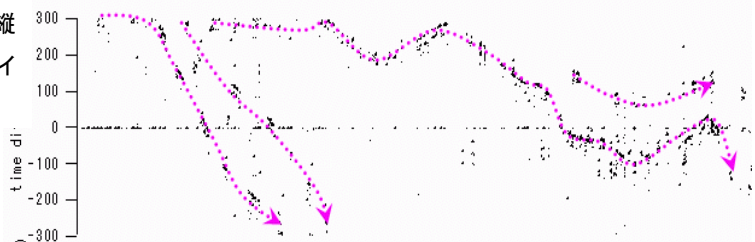
イルカの声を自動的に記録する装置は、鉄パイプを組み合わせた三脚様の固定具のなかに取り付け(図左上写真の中央の黄色い物体)、水底に沈めた。

桃色の矢印は、4頭のイルカが湖の下流側から上流側に移動した様子を示している。図の縦軸は、イルカの相対方位(図ではステレオマイクrohホンで計測された時間差で表している)。

※本研究は、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」(若手研究者支援型)の援助をうけて実施された。

【研究協力 中国科学院水生生物研究所】

### 通過するイルカの最低頭数が、声で勘定できる



(行動生態情報工学研究室・赤松友成)

# 海の中で二人がいつ出会ったかを知る技術

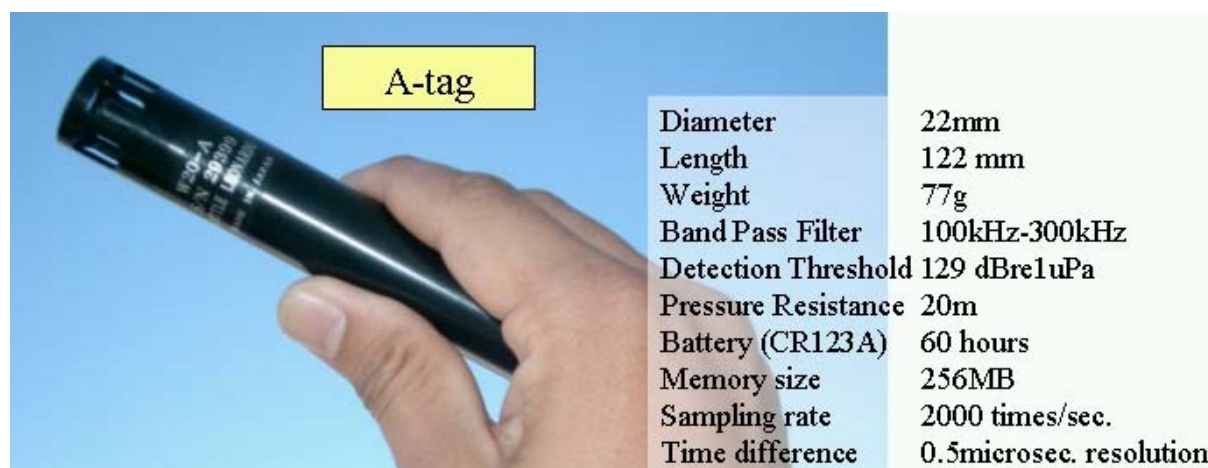
水産情報工学部

## 研究目的

水中遊泳動物あるいは漁具などに装着し、当該物と近接して存在する他の個体との相対位置を連続して測定する方法を開発する。

## 研究成果

1. 超小型ステレオ超音波記録装置(通称Aタグ)を開発した。
2. Aタグの動物への装着方法および自動切り離し装置による回収方法を確立した。
3. Aタグで水中マイクロホンアレイを構成し、水中の発音物体の位置特定が可能であることを示した。



## 波及効果

以下に挙げるような、これまできわめて困難とされていた水中でのさまざまな位置計測が可能となる。

1. クジラ、マグロ、くらげなどの海洋中での群集行動を直接計測
2. 海中敷設を行った漁具の位置計測、漁具に対する魚群行動の計測などの漁業的な応用
3. 複数のAUV、ROVなどの海中ロボットの協調的オペレーション
4. マリンデブリなど海中浮遊物体や深層海流の局所的な挙動観測

※特許出願済み: 小型ステレオ超音波受信装置およびそれを用いた水中物体の位置測定方法(特願2005-369121号)

※本研究は、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」(若手研究者支援型)の援助をうけて実施された。

(行動生態情報工学研究室・赤松友成)

# 海底で 120 時間耳を澄ます自動機械

水産情報工学部

## 研究目的

漁業や基地移転問題に関連して、沖縄のジュゴンを保全する動きが高まっている。本研究では、ジュゴンの鳴き声を利用した存在確認技術を開発する。

## 研究成果

1. 自動水中音録音装置(AUSOMS-D)を開発した。CD音質のステレオ録音が 120 時間連続で可能なデジタル録音機で、耐圧筐体に収まっているため、海底設置が可能である。
2. この装置を、タイ国ラン県タリボン島沖合に沈め、これまでに20日間以上の録音観察を行い、ジュゴンの存在確認や摂餌行動モニタリングに有効であることが示された。

## 波及効果

1. 目視調査では非常に困難であったジュゴンの観察を、昼夜連続で行うことができるようになり、本種の観測に新しい手法を提供した。
2. 沿岸域で人間活動との競合が多いジュゴンの保全と、漁業との共存のための、基礎的な分布、行動データを提供することができるだろう。
3. この装置を使うことで、人間が実行するのは難しい環境でも、海中雑音の無人自動記録ができる。



## 発表文献

堤千華, 市川光太郎, 赤松友成, 荒井修亮, 新家富雄, 原武史, Kanjana Adulyanukosol, (2005), 干潟の海草藻場におけるジュゴンの摂餌行動モニタリング, 海洋理工学会誌 11(1), 77-80.

市川光太郎, 新家富雄, 伊藤万祐子, 荒井修亮, 赤松友成, 細谷誠一, 原武史, Kanjana Adulyanukosol, 2004.3, ジュゴンの位置を声で確認するー水中音響工学の可能性ー, 海洋理工学会誌, Vol. 9 No.2, 221-226.

※協力: 内閣府、水産庁生態系保全室、日本水産資源保護協会、京都大学、システムインテック、プーケット海洋生物センター

(行動生態情報工学研究室・赤松友成)



# ガンジスカワイルカの潜水行動

水産情報工学部

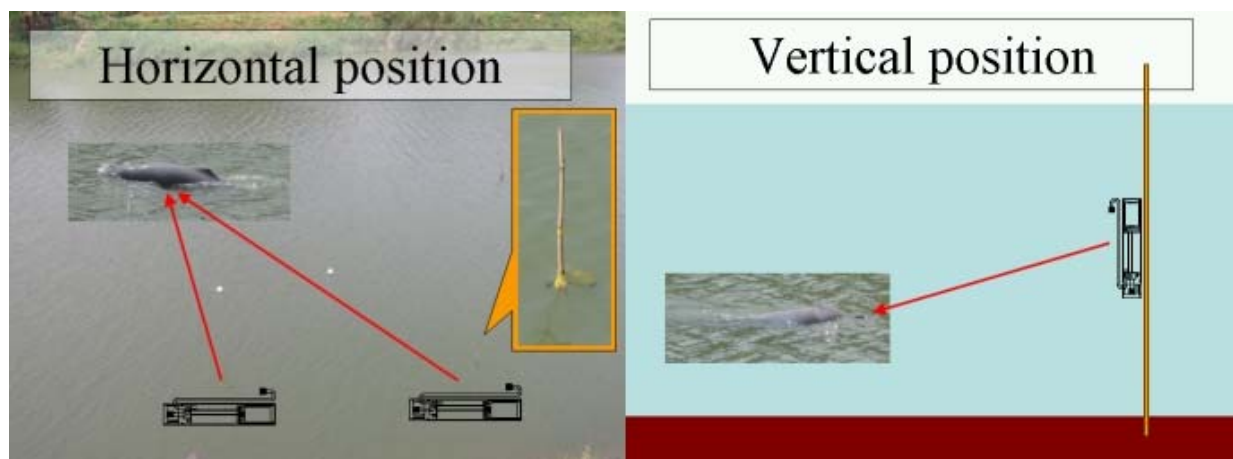
## 研究目的

ガンジスカワイルカの潜水行動を、受動的音響観測技術(本葉「海の中で二人がいつ出会ったかを知る技術」を参照)で明らかにする。



## 研究成果

1. 水産工学研究所で開発され音響データロガー技術を応用して、希少な水生生物であるガンジスカワイルカの水中行動を記録することに成功した。
2. 水平方向と垂直方向で3つのデータロガーを組み合わせることにより、鳴いた動物の三次元的な位置を特定できた(下図)



## 波及効果

1. 濁った水環境のため、これまで全く未知であったガンジスカワイルカの水中行動が明らかになり、本種のモニタリングや混獲・衝突などの事故防止に役立つ。
2. 動物にまったく触れず、観測用の音波や光も用いないため、行動への影響が極めて少ない野外での観察手法が提供できる。

※研究協力: 東大生産技術研究所、インド工科大学、WWWF インドほか

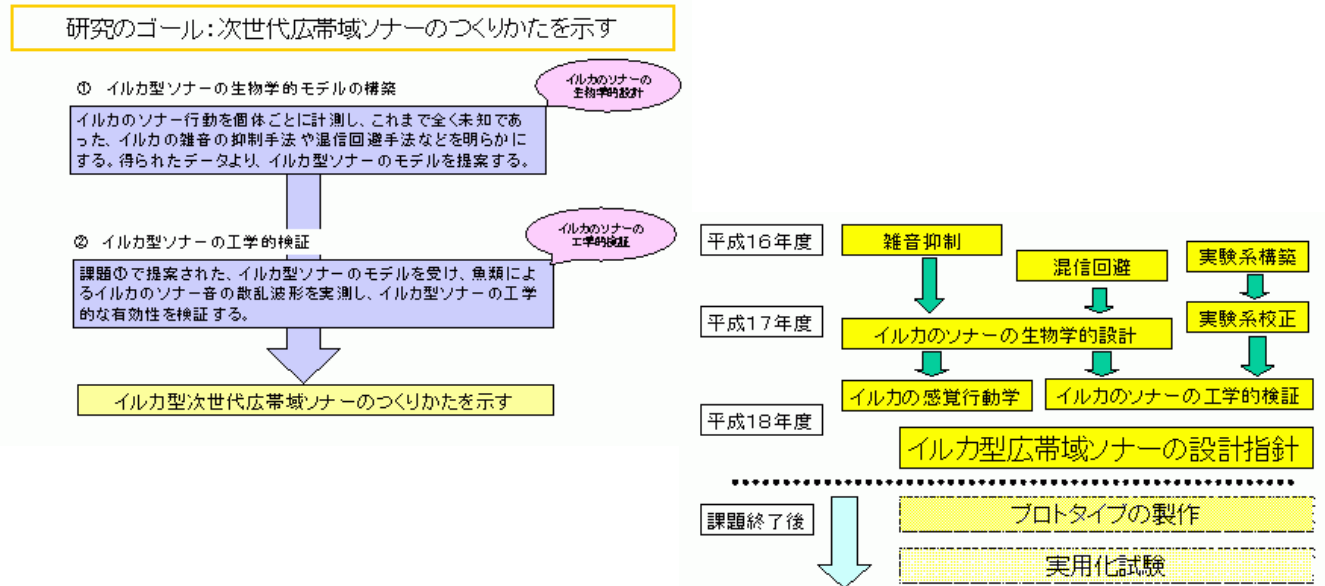
※本研究は科学技術振興調整費「アジア水圏観測ロボットシステムの開発戦略」の援助を受けて実施された。

(行動生態情報工学研究室・赤松友成)

# イルカ型ソナーをモデルとした 次世代魚群探知技術の研究

水産情報工学部

## 研究の背景・目的



## 研究成果

1. イルカ型ソナーが、約7cmの位置計測精度をもつことを確認した。これは、従来型の魚群探知機にくらべ、一桁以上精度が良い。
2. 送信制御が明らかになり、広帯域ソナーの信号雑音比を向上させる手法が見つかった。
3. イルカのソナー行動を直接計測できる、動物装着型の音響データロガーを開発した。
4. イルカの注意深さが計測され、巧みな感覚能力の運用方法が明らかになった。
5. イルカのソナー音を用いて、複数の魚種の弁別確度の評価を行った。

## 波及効果

1. 高精度かつ豊富な対象弁別情報を得ることが出来る「資源管理型ソナー」が実現できれば、TAC制度のもとで魚種別資源管理を容易に行うことができるようになる。
2. これまで野外での直接計測がほとんど不可能であった動物の感覚能力を記録することで、新しい行動学の分野を切り拓く可能性がある。
3. 魚群やクラゲなどの海中での群集行動。あるいはイルカとマグロなどの同所性など、漁業資源を個体レベルで観察し、行動予測し、管理する、生物装着型タグ技術ができる。

研究協力: 中国科学院水生生物研究所、東京海洋大学、古野電気、南デンマーク大学ほか

※本研究は、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」(若手研究者支援型)の援助をうけて実施された。

(行動生態情報工学研究室 赤松友成)

# マイワシは救急車の音が聞こえる

水産情報工学部

## 研究目的

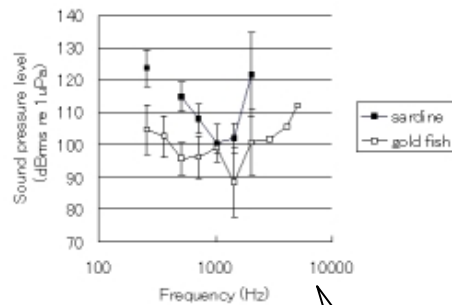
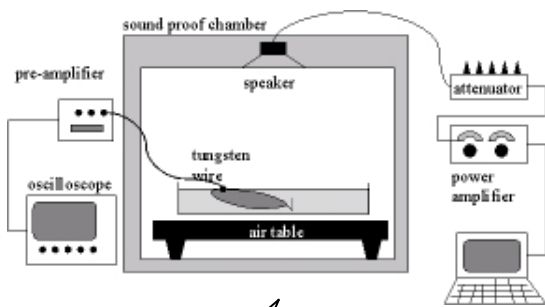
1. 主要水産資源であるマイワシは、意外にもその聴覚特性が測られていなかった。漁船のエンジン音による行動変化や、海中騒音の影響評価に、聴覚特性の計測は不可欠である。
2. 最新の電気生理手法により、マイワシの脳波を測り、マイワシが救急車の音のような高い周波数をウキブクロで聞いていることを明らかにした。

## 研究成果

1. 調整脳幹反応の計測により、マイワシが 1kHz という高い音を聞くことが出来ることが判明した。これは、救急車のピーポー音のピーの高さに相当する。ふつう海の魚は 1kHz より低い数百 Hz 程度の周波数で感度がよい。
2. X線写真から得られたウキブクロの大きさから、その共振点も 1kHz 付近にあることが示され、音波吸収実験でも、マイワシが 1kHz 付近の音をウキブクロで聞いている可能性が高いことを示した。

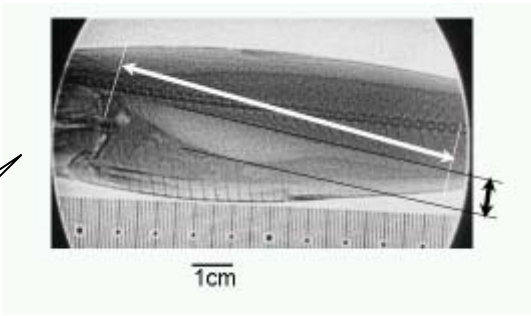
## 波及効果

1. マイワシの騒音影響評価を行う足がかりが出来た。
2. 他の海産魚と異なった聴覚を持つため、マイワシのみを音波により行動制御することが可能になるかもしれない。
3. 本手法を応用して、イカナゴなどの水産有用魚種や、魚類聴覚計測の手法比較などがすでに行われた。



計測装置の概要

X線写真によるウキブクロの計測



マイワシと金魚の結果比較

(行動生態情報工学研究室・赤松友成)

# 港内埋没対策技術と地形変化予測モデルの開発

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

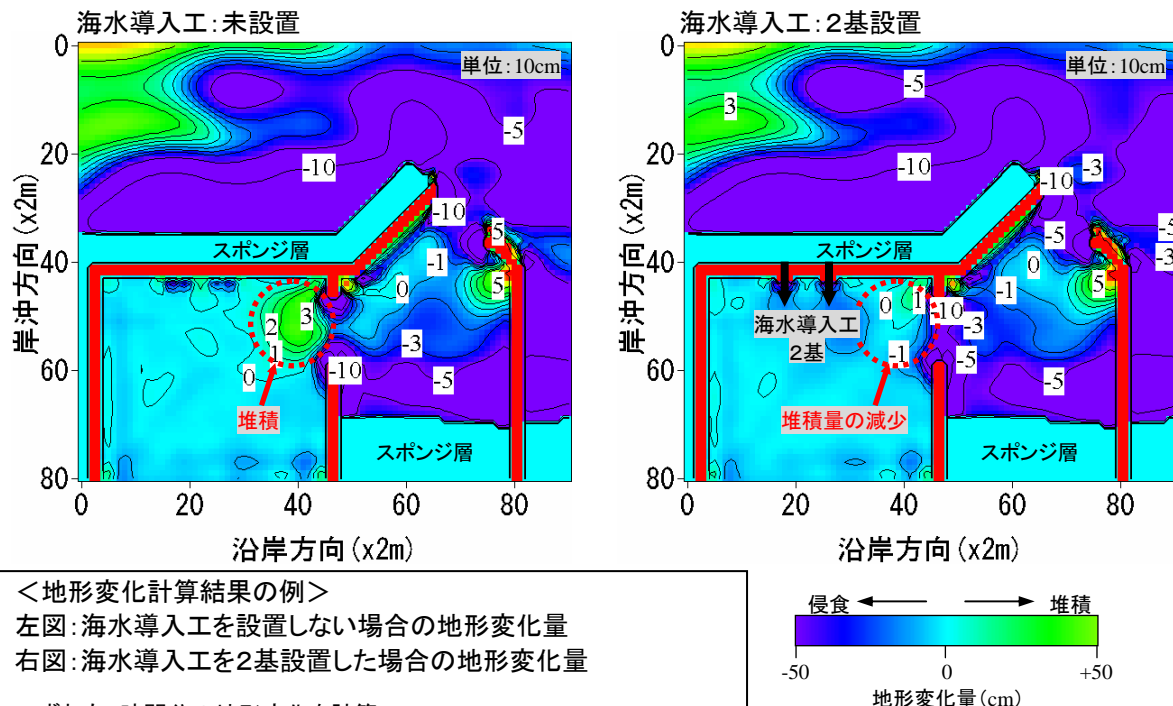
- ・ 砂浜海岸に位置する漁港周辺は、高波浪時には碎波帯に含まれるため漂砂移動が激しく、多くの漁港において浮遊砂の侵入による航路埋塞、泊地埋没が問題となっている。本研究は、効果的な港内埋没対策工法の開発および高濃度浮遊砂の輸送過程を適切にモデル化したソフトウェアの開発を目的としている。

## 研究成果

1. 波浪、海浜流およびサーフビートを考慮した波浪モデルと浮遊砂輸送モデルを結合し、従来の3次元海浜変形解析では再現不可能な港内での堆積や構造物端部の洗掘が評価できるようになった。
2. 海水導入工は港外へ向かう流れを生じさせ、港内への浮遊砂の侵入に対して効果的である。また、港内突堤をT型突堤とすると、渦による浮遊砂輸送の影響を軽減する効果が期待できる。

## 波及効果

- ・ 適切な港内埋没対策により、漁港の機能維持に対する経済的負担を軽減できる。
- ・ 漁港や海岸構造物の漂砂対策を検討する上での基本ツールとなることが期待される。



<地形変化計算結果の例>  
 左図: 海水導入工を設置しない場合の地形変化量  
 右図: 海水導入工を2基設置した場合の地形変化量  
 いずれも2時間分の地形変化を計算。  
 海水導入工を設置すると、港奥の泊地において堆積量が減少している。

(水理研究室・中山哲蔵、新井雅之、 開発システム研究室・大村智宏)

# 鹿島灘南部沿岸域における栄養塩変動

水産土木工学部

## 研究の背景・目的

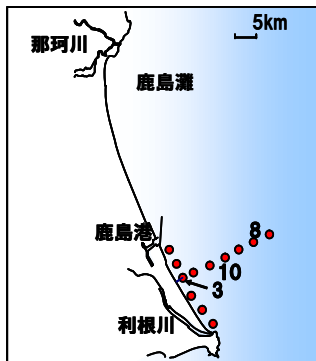
当所調査船「たか丸」により、開放性沿岸域である鹿島灘において、沿岸域の一次生産を支える栄養塩動態を把握するための海洋観測を季節毎に実施した。

## 研究成果

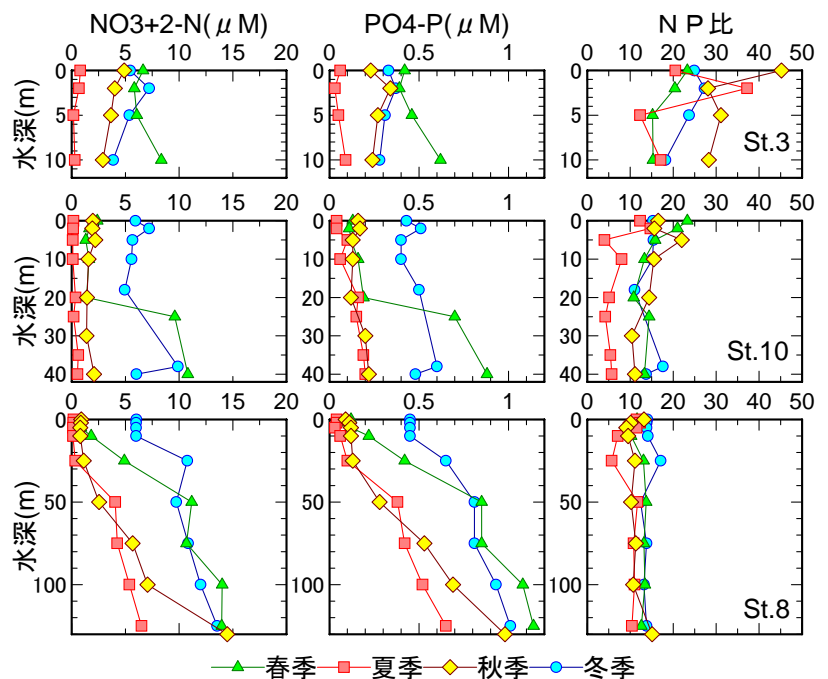
1. 栄養塩濃度は、海水の鉛直混合がさかんな冬季には高濃度だが、植物プランクトン増殖期に当たる春季には表層で濃度が低下し、成層化する夏季には水深50m以浅で枯渇状態となった。陸岸に近い地点ほど、陸水の影響が大きく、河川流量の小さい夏季を除いてNP比が大きくなる傾向がみられた。沖合部では、NP比はレッドフィールド比(N/P=16)に比較的近いが、夏季には硝酸塩の枯渇が著しく、NP比が小さくなる傾向が示された。
2. 表層で栄養塩が枯渇しやすい夏季には、河川流量が浅部の栄養塩濃度や chl.a 濃度に大きく関与していることが示された。

## 波及効果

海域の栄養塩動態を把握することにより、生物生産構造の解明につながり、資源管理や漁場造成などの基本ツールとなることが期待される。



写真： たか丸による海洋観測  
下図： 調査地点



図： 地点ごと・季節ごとの硝酸(亜硝酸)塩、リン酸塩の鉛直分布(1996-2002年観測値の平均値)

(開発システム研究室・足立久美子、水理研究室・中山哲蔵)