

機関番号：17701

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21880047

研究課題名（和文）養殖クロマグロの養成環境の変化に対する反応行動の分析

研究課題名（英文）Analysis of the swimming behavior of cultivated Pacific bluefin tuna following a change in environment

研究代表者

米山 和良 (KOMEYAMA KAZUYOSHI)

鹿児島大学・水産学部・助教

研究者番号：30550420

研究成果の概要（和文）：

本研究では、浮沈式沖合養殖施設内においてクロマグロの養成に必要な情報となる行動記録の計測を実施し、養成環境の変化に対するクロマグロの反応行動を分析した。本研究では、冷水塊の差し込みによる養魚の顕著な遊泳深度の変化をとらえた。また、養魚の3次元遊泳経路の計測に成功し、浮沈操作による養成空間の強制的な変化、潮流による生簀容積の減少がクロマグロの遊泳行動にどのような影響をもたらすのかを本研究で具体的に評価できるようになった。

研究成果の概要（英文）：

To examine responses to environment changes, we monitored the behavior of cultivated Pacific bluefin tuna in a submerged aquaculture net cage. We confirmed notable changes in the swimming depth of fish when cold water was added to the aquaculture net cage. Additionally, we successfully measured the three dimensional swimming path of the fish. This will enable us to evaluate which factors (i.e., a change in the living space of the submerged net cage by upward or downward movement or a decreased volume caused by ocean currents) affect the behavior of the fish by reconstructing their swimming paths.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度			
2007年度			
2008年度			
2009年度	1,110,000	333,000	1,443,000
2010年度	1,010,000	303,000	1,313,000
総計	2,120,000	636,000	2,756,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：浮沈式生簀、沖合養殖、養殖クロマグロ、養成環境、バイオロギング

## 1. 研究開始当初の背景

沿岸域で行われている今日のクロマグロ養殖施設では、設置場所が飽和状態であることや水質が安定しない等の問題を抱えていることから、今後のクロマグロ養成場の確保に課題を残している。一方、沖合域では、高

い流動性により水質がクリアで安定し、大規模な生簀を設置できる点から、新たなクロマグロの養成場として期待されている。しかし、沖合域の厳しい海象に耐えるためには波浪の影響が少ない10m以深にまで埋沈できる沈下式の施設である必要がある。これまでに

沖合養殖施設の研究・開発では、耐潮流・耐波浪性を評価した沖合養殖施設の技術開発に取り組みまれてきたが、クロマグロの養成空間として適した環境であるかについて検討する必要があり、沖合養殖施設の開発に生物学的な評価を組み込む必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、国内のクロマグロ沖合養殖を実現させるために不可欠な情報となる、浮沈式沖合生簀内における養成環境の変化に対する養殖クロマグロの反応行動を明らかにすることを目的とした。クロマグロの行動計測を通して、浮沈操作による養成空間の変化や潮流による生簀容積減少がもたらすクロマグロへの影響を行動的側面から把握することを本研究の目標としている。

## 3. 研究の方法

超音波発信機と行動記録計を養殖クロマグロに装着して養殖生簀内の遊泳行動と摂餌行動を測定するとともに、養成環境の測定を行い、取得されたデータから養成環境の変化に対する養殖クロマグロの反応行動を分析した。

高知県幡多郡大月町沖に設置されている浮沈式の沖合生簀において、クロマグロ当歳魚（尾又長約 50～70cm）に小型記録計を取り付け、遊泳行動を測定した。2009 年度の行動実験では、記録計の回収に失敗したため、記録計の確実な回収が課題となったことから、2010 年度の行動計測実験では、記録計を指定時刻に回収できるポップアップシステムと、超音波発信機を用いた遠隔測定システムを用いて、行動記録の確実な回収を行った。

(1) クロマグロの腹腔温は摂餌によって変化することから、腹腔温を測定することができる超音波テレメトリーを用いた行動計測により、摂餌行動の把握が可能である。深度センサと温度センサのついた超音波発信機を養殖クロマグロの腹腔内に外科的手術により挿入し、生簀内に放流した。同時に、浮沈式生簀の各所に水温・深度記録計を取り付け、生簀深度と環境水温を測定した。潮流にともなう生簀底網の上昇、浮沈式生簀の沈下・浮上作業や冷水塊の差し込みなど著しい環境変化が観測された場合の実験個体の摂餌行動と遊泳深度をモニタリングした。

(2) (1)の手法では遊泳深度のように 1 次元の行動記録にとどまり、3 次元で変化する壁面に対する養魚のターン行動を分析するためには行動を 3 次元で評価する必要がある。遊泳速度、遊泳深度、経験水温、3 軸加速度と遊泳方位を記録できる小型記録計を養殖

クロマグロに装着し（写真 1）、生簀内の遊泳行動を 3 次元で可視化することで、養成環境の変化がどのように遊泳行動に影響を与えているのかをモニタリングした。

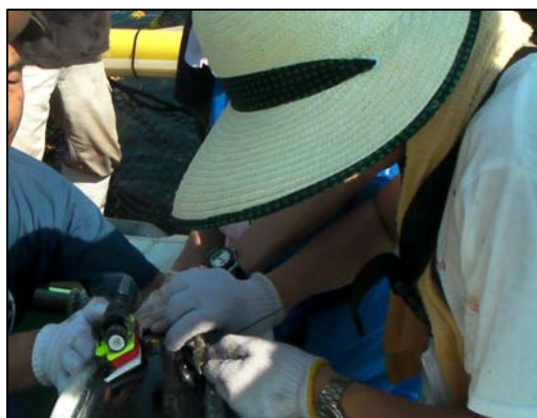


写真 1 養殖クロマグロに行動記録計を装着している様子。

## 4. 研究成果

(1) 浮沈式沖合生簀において、養殖クロマグロ当歳魚に超音波発信機を取り付け遊泳深度と摂餌行動を測定した。浮沈式生簀の浮沈操作時に取得された行動記録から養成環境の変化に対するクロマグロの反応行動の分析を行った。行動計測期間中には幾度も生簀底網の上昇が観測され、実験個体は底網の上昇とともに遊泳深度を上昇させた。また、浮沈操作を 2 度実施したが、生簀の深度変化にあわせて遊泳深度を変化させている様子を確認することができた。急激に温度躍層の深度が上昇するとともに、実験個体の遊泳深度も上昇した。冷水塊の差し込みによる養殖クロマグロの顕著な行動変化をとらえた。温度躍層下に浮沈式生簀を急激に沈下させることに注意を払う必要があることをこの結果は示している。

これらの養成環境の変化を経験したクロマグロはその後も通常通りに摂餌行動を行っていたことから、これらの養成環境の変化は摂餌行動に著しく影響を及ぼすものではないことが伺えたが、今後もデータを十分に蓄積したうえで検討する必要がある。

(2) 行動記録計を養殖クロマグロに装着し、ポップアップシステムにより個体から切り離し浮上させて回収した記録計のデータから、約 33 時間にわたる行動記録を取得した（図 1）。取得された遊泳速度、遊泳深度、遊泳方位の記録を推測航法の原理で魚の遊泳軌跡を明確に推定することができる。これにより、クロマグロの 3 次元遊泳経路の可視化に成功した（図 2）。この成果により、浮沈操作による養成空間の強制的な変化や潮

流による生簀容積の減少がクロマグロの遊泳行動や、壁面に対するターン行動などに、どのような影響をもたらすのかを具体的に評価できるようになった。

本研究で取得された遊泳行動記録を数値流体力学解析することにより遊泳時抵抗の算出が可能となったことから、実験個体の遊泳速度、加速度記録から姿勢角を割り出すことで、遊泳に使用したエネルギー量を見積もることが可能となるため、これについては現在解析中である。

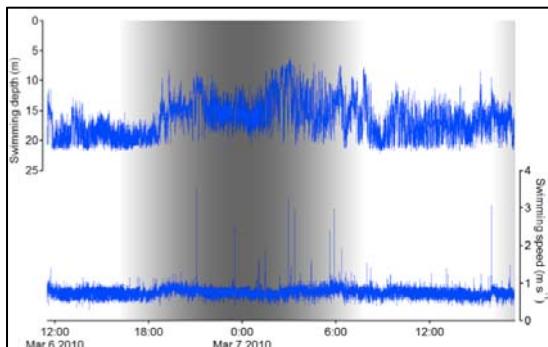


図1 浮沈式生簀内における養殖クロマグロの遊泳速度（下）と遊泳深度（上）

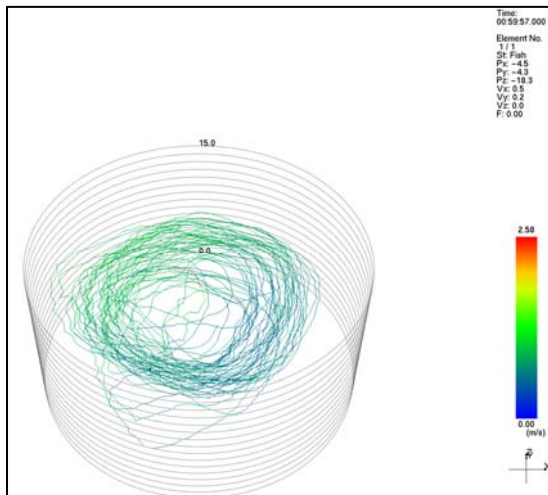


図2 可視化された養殖クロマグロの3次元遊泳経路

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 5 件）

① K. Komeyama, M. Kadota, S. Torisawa, K. Suzuki, Y. Tsuda and T. Takagi,

Measuring the swimming behaviour of a cultivated pacific bluefin tuna in a submerged aquaculture net cage. Aquatic Living Resources. (in press) (査読有り)

② K. Komeyama, T. Takagi, S. Torisawa, K. Suzuki, Y. Tsuda, S. Asaumi, T. Kobayashi. Measuring the swimming behaviour of a cultivated pacific bluefin tuna in an aquaculture net cage. Proceedings of French-Japanese Symposium Kinki Ifremer 2010 p136-137, 2011 (査読無し)

③ K. Komeyama, K. Suzuki, S. Torisawa and T. Takagi. Statistical model for the occurrence of common carp at a lakeshore. Mathematical and Physical Fisheries Science 7, p97-104, 2009 (査読無し)

〔学会発表〕（計 12 件）

① 米山和良, 門田実, 鳥澤真介, 高木 力, 津田裕一, 鈴木勝也, 浅海 茂, 小林次彦. クロマグロ沖合養殖施設の研究開発'10-IV 養殖生簀内の養殖クロマグロの遊泳経路. 平成 23 年度日本水産学会春季大会, 2011 年 3 月 29 日, 東京海洋大学 (東日本大震災のため中止、講演要旨にて発表)

② 米山和良, 山田裕允, 門田実, 鳥澤真介, 高木 力, 浅海 茂, 小林次彦. クロマグロ沖合養殖施設の研究開発'10-III 養成環境の変化に対する養殖クロマグロの行動. 平成 23 年度日本水産学会春季大会, 2011 年 3 月 29 日, 東京海洋大学 (東日本大震災のため中止、講演要旨にて発表)

③ K. Komeyama, T. Takagi, S. Torisawa, K. Suzuki, Y. Tsuda, S. Asaumi, T. Kobayashi. Measuring the swimming behaviour of a cultivated pacific bluefin tuna in an aquaculture net cage. How minimizing the footprint of the aquaculture and fisheries on the ecosystem? French-Japanese Symposium, 2010 1 September, France

④ 米山和良, 高木 力, 鳥澤真介, 鈴木勝也, 津田裕一, 浅海 茂, 沼口隆之, 小林次彦. クロマグロ沖合養殖施設の研究開発'09-III 養殖施設における養殖クロマグロの行動計測. 日本水産学会, 2010 年 3 月 29 日, 日本大学

⑤ K. Komeyama, K. Suzuki, S. Torisawa, T. Takagi. Statistical model for the occurrence of common carp at a lakeshore. Mathematical and Physical Fisheries Science, 2009 7 November, Nara

〔図書〕（計 1 件）

① 米山和良. 「エリ漁」の伝承を科学する (分担執筆). 「バイオロギング—最新科学で解明する動物生態学」 (日本バイオロギング研

研究会編). 京都通信社, p142-145, 2009

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

米山 和良 (KOMEYAMA KAZUYOSHI)

鹿児島大学・水産学部・助教

研究者番号：30550420

### (3) 研究協力者

高木 力 (TAKAGI TSUTOMU)

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：80319657

鳥澤 眞介 (TORISAWA SHINSUKE)

近畿大学・農学部・研究員

研究者番号：80399097

鈴木 勝也 (SUZUKI KATSUYA)

独立行政法人水産総合研究センター・水産

工学研究所・研究員

研究者番号：70449841

門田 実 (KADOTA MINORU)

近畿大学・農学部・研究員

研究者番号：00596231