

氏名	みつなが やすし 光 永 靖
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	論農博第 2324 号
学位授与の日付	平成 12 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	バイオテレメトリー情報によるマダイの行動・生理に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 坂本 亘 教授 田中 克 教授 中坊 徹次

### 論文内容の要旨

我が国の沿岸漁業・養殖業における最も重要な魚種の一つである、マダイの行動生態の把握は、漁獲効率の改善や養殖生産の効率化に資するばかりでなく、資源の変動解明と管理における定量的な根拠を与える。本研究の目的は、自由に遊泳する個体の行動や周囲の水温など直接測定することが可能なバイオテレメトリー(生物行動遠隔測定)を用いて、海洋における個体の代謝量を見積もることである。海洋における総代謝量は、標準代謝量と活動に伴う代謝量の和で表すことができる。これを見積もるために、本研究では室内実験と海洋実験を組み合わせ、以下の項目について明らかにした。

#### 1. マダイ成魚の標準時の代謝量と水温との関係

水温と標準代謝量との関係を室内実験で明らかにした。ここでは、代謝量の定量的な指標として酸素消費量と、酸素を体内に循環させる心拍数に注目した。長時間連続して酸素消費量と心拍数の測定が可能な装置を開発し、マダイが実際に海洋で経験すると考えられる 10°C から 30°C の水温範囲で測定を行った。水温: T (°C) と、酸素消費量: OC (mg/min. kg<sup>0.8</sup>) および心拍数: HR (bpm) との関係は以下の関係式で表わせた。

$$OC = 0.25 + 0.20 \times 1.11T$$

$$HR = -13.2 + 4.4T$$

#### 2. 小型記録計(ロガー)によるマダイ成魚の標準時の代謝量

長期間の水温と遊泳水深が記録できる小型ロガーをマダイ成魚に装着、若狭湾に放流した。1997年12月1日に放流した個体が、翌1998年5月5日に再捕された。回収したロガーから約5ヶ月間にわたる水温と遊泳水深の記録を得た。4月上旬に水温が12°Cに達した後、マダイは激しく遊泳水深を変化させた。水温12°Cにおける酸素消費量の $Q_{10}$ は2.0で、一般に生体反応の下限とされる値であった。生理的な側面からも、12°Cはマダイの適水温の下限であり、水温の上昇がトリガーとなって越冬から索餌へと行動を変化させたことが明らかになった。

#### 3. 超音波発信器(ピンガー)によるマダイ成魚の標準時の代謝量

連続した測定に適したピンガー(超音波発信器)を用いて、マダイ成魚の行動と周囲の水温を測定した。マダイ成魚にピンガーを装着、若狭湾に放流し、約1ヶ月にわたって間欠的に追跡することに成功した。調査期間中マダイは特定の礁の周辺にとどまっていたが、18.5°Cから23.0°Cの水温変化を経験した。室内実験で求めた関係式からこの水温範囲での酸素消費量を見積もると、1.63~2.46mg/min. kg<sup>0.8</sup>となった。酸素消費量の $Q_{10}$ を算出したところ、生体反応の範囲内である値2.5であった。この範囲の水温変化はマダイの適水温内で、水温変化に伴う行動変化はなかったことが分かった。

#### 4. 心拍数と多項目ロガーによるマダイ成魚の活動時の代謝量変化

活動に伴う代謝量の増加を見積もるために、2つの新しい測器、心拍数ピンガーと多項目(2方向加速度・遊泳速度・水深)ロガーを用いた。実験は、個体が自由に遊泳できる広さを持ち、かつロガーの回収が確実にできるよう、海水池(125m×42m×3m)で行った。マダイ成魚にピンガーとロガーを装着、海水池に放流した。マダイは、日の出と共に行動が活発になり、それに伴って心拍数も上昇した。室内実験で求めた関係式から、マダイの酸素消費量は日の出後の活動によって

約18%増加したことが明らかになった。心拍数の上昇をもたらした行動を、多項目ロガーの記録から解析した。その結果、前後方向の加速度を積分することで変位が求まり、個体の移動を2次的に捉えることができた。また、加速度の変動周期から尾鰭の振動数が解析可能となった。

以上のように、マダイ成魚の海洋における代謝量変化を見積もり、マダイが自然環境下で示す行動は、水温とともに変化する代謝量が鍵となって引き起こされることを明らかにした。これにより、海域の水温記録からマダイの行動変化を予測することが可能となる。すなわち、産卵親魚の保護時期等を決定する上での重要な知見をもたらす、効果的な資源管理に資することが期待される。

## 論文審査の結果の要旨

自然環境下での海洋生物の行動を正確に把握することは、海洋環境変化が生物行動に及ぼす影響を解明する上で重要であるばかりでなく、水産生物の再生産機構の解明や、資源管理を行う際にも有効である。謎の多かった海洋生物の生態及び大規模な回遊経路に関する研究が、手法の開発された1990年代後半から急速に発展してきた。本論文は、バイオテレメトリー（生物行動遠隔測定）の手法を用いて、海洋を自由に遊泳するマダイ成魚の行動測定と代謝量の見積もりを行った。海洋での生物の行動は、代謝量を急激に変える水温変化に起因することを明らかにしたものであり、評価できる主な点は以下の通りである。

1. 従来、別々に行われてきた室内水槽での生理研究と、海洋でのバイオテレメトリー研究を融合し、包括的なアプローチを行った。室内実験で水温と酸素消費量・心拍数との関係を定量化し、基礎的な知見を得るとともに、実際の海洋に適用し、個体の代謝量変化を明らかにした。酸素消費量は養殖施設や活魚輸送における収容可能量を推定する場合の基礎的なパラメーターであり、養殖および栽培漁業の分野においても有益な知見である。

2. 工学的なアプローチも取り込み、自ら新しい測定システムを開発した。これらの測器を用いて、世界でも例を見ない記録の数々を得た。データロガーを用いた約半年間におよぶ海洋でのマダイの行動記録と、ピンガーを用いた約1ヶ月間にわたる同一個体の追跡は、世界でも最長の部類に入る。また、世界で初めて魚類の遊泳時の加速度を遠隔的に測定し、これまで捉えることのできなかつた詳細な遊泳行動について解析した。

3. 水温変化に伴う代謝量変化が、マダイの行動を決定する要因であることを明らかにした。冬期の若狭湾では、水温12°Cがマダイ成魚の行動に変化を及ぼす臨界水温であること、その他の時期の水温変化は、マダイの遊泳行動には影響を及ぼさないことが分かった。これまで、漁業者の経験に頼るところが多かつたマダイ成魚の周年行動の知見を、定量的に検証することができた。特に冬季から春季の行動変化は産卵行動への移行を示していると考えられる。この結果は、海域の水温記録から産卵時期を正確に予測し、効果的な資源管理のための産卵親魚の保護時期を決定する上での重要な知見である。

以上のように本論文は、海洋生物の行動と水温変化との関係を理論的、実証的に明らかにしたものであり、海洋生物環境学、水産資源学、魚類生理学などの発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成12年7月25日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。