

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 中村 乙水

マンボウ *Mola mola* は世界中の熱帯から温帯の外洋域に生息し、全長 3m、体重 2t 以上になる世界最重量の硬骨魚類である。クラゲやサルパといったゼラチン質動物プランクトンを主食とすると考えられていたが、甲殻類や貝類、クモヒトデ類、魚類なども胃内容物に含まれることが報告されている。海面に浮遊する姿がしばしば観察されることから、浮遊性の魚であると考えられてきたが、深度記録計を用いた最近の研究により、海面と深度 100m 以深を頻繁に移動することが明らかになってきた。この鉛直移動は深度 100m 以深における採餌を示唆しているが、その実態についてはよく分かっていない。また、海面における浮遊行動の機能としては、体温回復や海鳥を用いた寄生虫の除去などがあげられているが、明確な証拠は得られていない。そこで本研究では、岩手県三陸海岸に設置された定置網で捕獲されるマンボウを対象に、2009 年から 2013 年にかけて、津波により操業が行われなかった 2011 年を除く毎年、野外調査を実施した。夏と秋の調査期間中、毎日漁船に乗り漁獲情報を集めることで、調査海域における来遊の実態を把握した。得られたサンプルを元に食性解析を行うと共に、生きて捕獲された個体に各種記録計を取り付けて行動追跡と体温連続測定を行った。

マンボウの成長段階毎の食性を把握するために、胃内容物調査と安定同位体比分析を行った。全長 50cm 以下の小型個体 (n=12) のうち 8 個体より胃内容物が得られ、その全てに十脚類のメガロパ幼生や端脚類といった甲殻類が含まれていた。全長 50-200cm の個体 (n=3) からは胃内容物は得られず、全長 200cm 以上の個体 (n=2) の胃内容物にはクラゲ類が含まれていた。安定同位体比分析によると、大型個体ほど、 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ 共に高い値を示し、全長との相関を LOSS 回帰すると全長 80-100cm において区切り点が存在した。クラゲ類の $\delta^{15}\text{N}$ はマンボウ小型個体の値より大きな値を示し、マンボウ大型個体のみがクラゲ類を餌としている可能性が示唆された。これらの成果は、マンボウが成長段階に応じて餌生物を甲殻類からクラゲ類に変えていくことを示している。

マンボウの採餌行動を調べるために、23 個体に 3 軸加速度・3 軸地磁気・深度・水温・遊泳速度を計測する行動記録計を装着し、その内の 10 個体には動物搭載型カメラも同時に装着し、計 22 個体から半日から最長 6 日間に及ぶ水中 3 次元遊泳行動、その内 9 個体から前方視界の画像を得た。データが得られた 7 月と 11 月の間でマンボウの滞在深度には違いが見られた。海面から季節躍層が発達する 7 月は深度 20m 以浅に長時間滞在し、混合層が 100m 以上に発達する 11 月は深度 50-100m に長時間滞在した。いずれの季節でもマンボウの平均経験水温は約 13-16°C であった。7 月の小型個体 (全長 60cm 以下; n=5) のうち 1 個体で、海底付近で採餌していると思われる動きが測定された。7 月の大型個体 (全長 120cm 以上; n=6) では全ての個体に明瞭な日周性が見られ、夜間は深度 20m 以

浅で不活発に過ごし、日中は海面付近での滞在を挟んで深度 100m 以深への潜水を繰り返していた。大型個体から得られた画像には、キタユウレイクラゲなどのハチクラゲ類やアイオイクラゲの仲間を含むクダクラゲ類が記録されており、中にはマンボウが明らかにこれらを捕食している画像もあった。特に、深度 120-170m でクダクラゲ類を捕食する様子が多く記録されていた。画像に記録されていた捕食行動と、行動記録計によって得られた行動データを照合すると、捕食行動は突進遊泳ないし減速遊泳で特徴付けられた。そこで、画像情報が得られていない個体も含めて行動データを解析し、捕食行動を抽出したところ、減速を伴う捕食行動は深度 100-170m で多く検出され、これは画像から得られたクダクラゲの分布深度と一致した。一方、突進を伴う捕食行動は深度 50m 以浅で多く検出された。いずれの個体においても捕食行動は昼間に多く検出され、夜間に不活発であったことと合わせると、本種は昼行性である事が示唆された。この研究成果は、これまで断片的情報しか無かった本種の採餌生態に関して、詳細な行動を最初に報告したものとして価値が高い。

中型から大型の個体が主に食べていたクラゲ類、特に多く捕食していたクダクラゲは水温が 10℃以下となる深度 100m 以深に分布している。一方、マンボウは水温が 15℃以上となる時期に調査海域に来遊する個体数がピークになることから、本種の好む水温は 16-17℃前後であると考えられる。マンボウが水温 10℃以下となる深度 100m 以深へ採餌のために潜水を行った後に、水温約 17℃の海面付近でしばらく滞在する行動は、潜水中に低下した体温を表層の温かい海水で回復するために行っていた可能性がある。これを検証するために、全長 105-191cm の 3 個体において、行動記録に加えて、体表から 15cm の深さの筋肉温度も同時に測定した。潜水中、冷水に晒されたマンボウの体温はゆっくりと低下し、表層の温水中では急速に上昇するという結果が得られた。熱収支モデルを使って体温と水温の時系列データを解析したところ、推定された熱伝達係数は冷却時に比べて体温回復時に 3-7 倍大きくなり、マンボウは潜水中に低下した体温を回復させるために海面の温水中に滞在することが示唆された。マンボウは平均体温を外部水温よりも 1-2℃高く保ちつつ、適温よりも冷たい水塊にいるクラゲ類を餌として捕食していることが判明した。

以上、本研究により、マンボウは成長とともに底生の甲殻類食からゼラチン質動物プランクトン食に移行し、それに合わせて採餌行動も変化することが示された。また、大型のマンボウは、深度 100m 以深の冷水塊中に生息するクダクラゲ類を採餌するために、熱伝達係数を生理的に調節しながら海面と深度 100m 以深を往復するといった、生理的手段と行動的対応を組み合わせた能動的な体温調節を行っていることが判明した。研究目的を達成するために複数の手段を組み合わせながら粘り強く野外調査を実施し、マンボウの採餌生態を明らかにした本研究は、観察が難しい外洋性の大型硬骨魚類の採餌生態研究分野において新しい手法論を提示している。よって審査委員一同は、本論文の学術的価値が高く、博士（農学）学位論文に十分値するものと認めた。