

氏 名 大 谷 誠 司

学位（専攻分野） 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大甲第401号

学位授与の日付 平成11年3月24日

学位授与の要件 数物科学研究科 極域科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 ネズミイルカの連続潜水行動に関する行動・生理学的研究

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 神田 啓史
教 授 内藤 靖彦
教 授 福地 光男
教 授 宮崎 信之（東京大学）
教 授 河村 章人（三重大学）

論文内容の要旨

鯨類は水中生活に最も適応している哺乳類と言われている。しかしその水中での行動は、未だにほとんど分かっていない。自然環境下における鯨類の潜水行動の研究は、古くから主にソナーなどの水中音響技術を用いて行われていた。しかしながら、それらの研究から得られた情報は断片的なものであり、連続的かつ詳細に鯨類の潜水行動が調査された例はほとんどない。近年の技術革新の結果、装着型の小型データロガーが様々な潜水動物の潜水行動を時系列的に記録するために用いられている。この測器はデータを得るためには回収を必要とするため、動物の再捕獲、測器の回収が陸上で比較的容易に行える海鳥類や鰭脚類で広く用いられている。鯨類の場合、回収が問題となり、潜水行動の研究を行うのにデータロガーが使用された例は非常に少なかった。

そこで本研究は、データロガーを用いて鯨類の潜水行動研究を行う際に最も大きな問題となる回収方法を確立し、それによって得たデータから海洋生態系の高次捕食者である鯨類の自然環境下における潜水・遊泳行動とエネルギー消費を推定することを目的とし、北海道茅部郡南茅部町臼尻地方に毎春来遊するネズミイルカ(*Phocoena phocoena*)を用いて実験を行った。

まずデータロガーの回収方法を確立するために、データロガーを装着して放流したネズミイルカとスジイルカ(*Stenella coeruleoalba*)から三種の方式(漂着回収方式、ラジオ発信機を用いる方式、アルゴス送信機を用いる方式)によって測器の回収を試み、それぞれの回収方式の比較検討を行った。その結果、どの方式においても回収率は66.7~100%と高かったが、それぞれ一長一短があり、目的にあわせた使用法を選ぶのが望ましい。中でも測器の位置情報を常に知ることができるアルゴス送信機を用いる方式が、最もコストはかかるものの確実に回収しうる方法であった。

次に、上記の回収方式を用いて自然環境下におけるネズミイルカの潜水行動記録を得ることに成功した。潜水中の小型鯨類の遊泳速度を記録した例は本研究が最初である。自然環境下においてネズミイルカは昼夜を問わず連続的に潜水を行っていた。この連続潜水行動はネズミイルカの他は、キタゾウアザラシ(*Mirounga angustirostris*)とミナミゾウアザラシ(*Mirounga leonina*)で報告されているのみである。ネズミイルカの潜水は、90%以上の潜水が20m以浅の浅いもので、ほとんどの時間を水深20m以浅で過ごしていた。ネズミイルカは比較的ゆっくりと遊泳をしており、その平均遊泳速度は0.9m/sであった。また、底生生物を捕食している潜水動物に特有の潜水様式を示し、さらに、底に滞在している間の遊泳速度が遅くなっており、その間に索餌をしていると考えられた。ネズミイルカの潜水は、その潜水深度によって潜水を始める時点で潜行速度も潜行角度も変化していた。深い潜水時には潜行角度が大きく、また潜行速度が速くなっており、一気に潜行して目標水深での索餌に多くの時間を割けるようになっていたと考えられた。また、浮上時には潜水深度の増加によって浮上速度はあまり変化しないが、角度が大きくなっており、潜行時に比べ浮上時に水平方向への遊泳距離が大きかった。水平成分の大きい浅い潜水を多く行った結果、水平方向への移動距離が大きくなっており、ネズミイルカは水平方向への移動を効率的に行うために浅い潜水の多い連続潜水をするのかも知れないと考えられた。

次に、なぜネズミイルカは連続潜水することが可能なのか、エネルギー消費の側面から解

明するために、飼育下でネズミイルカの運動時の酸素消費速度を測定した。その結果、酸素消費率は遊泳速度が約1.2m/s以上になると速度の増加と共に増加し始めることが分かった。また、酸素消費率と平均遊泳速度から求められた単位距離あたりの移動コストが最小になる値(minimum cost of transport: MCT)は 2.25 ± 0.05 kJ/kg/m で、その時の遊泳速度すなわち最適遊泳速度は 1.4m/s であった。飼育下においては、最適遊泳速度で泳ぐことはまれで、移動コストも酸素消費率も共に低い 0.9m/s 付近の比較的遅い速度で頻繁に泳いでいた。酸素消費率は、遊泳速度だけでなく、給餌の有無によっても変化し、給餌時には非給餌時よりも約 1.12~1.38 倍酸素消費率が高くなっており、消化・吸収の影響があると考えられた。

過去に報告された種々の情報から推定したネズミイルカの体内酸素保有量と、実験より得られた平均遊泳速度に対応した酸素消費率を用いて算出した有酸素代謝潜水限界(aerobic dive limit: ADL)は、平均遊泳速度が速くなるほど短くなる傾向があり、特に平均 1.5m/s 以上の潜水では、潜水時間が極端に短くなった。本研究で、自然環境下において記録された潜水のうち ADL を越えたと思われる場合はほとんどなく(全潜水回数の 0.5%)、ネズミイルカはほとんどの潜水を酸素代謝によって行っていた。したがって、無酸素代謝に伴う乳酸の蓄積もなく、乳酸の代謝のために必要とされる長い水面滞在時間も必要がないこととなる。また、全遊泳速度の頻度分布を見ると、0.9-1.0m/s 付近に分布のピークがあり、全潜水を通してエネルギーをあまり消費せずに、かつ水平方向への遊泳距離も増加する速度で遊泳していることが明らかとなった。このように、連続潜水を行っている時の代謝量は比較的強く抑えられており、さらに、長い休息時間を必要とする無酸素代謝による潜水を行っていないため、ネズミイルカは連続潜水をすることができると考えられた。

野外で得られた潜水・遊泳行動記録と飼育実験より得られた運動時の酸素消費率から、自然環境下におけるネズミイルカのエネルギー消費量を推定した。その結果、このネズミイルカ一日あたりの代謝エネルギー量は、9,292kJ/day - 13,015kJ/day と推定された。

論文の審査結果の要旨

大谷誠司君は、北太平洋沿岸域に生息する寒冷性ネズミイルカが水面で長く休息することなく数分間の潜水と数秒の水面滞在を昼夜の区別なく繰り返すことを鯨類で始めて発見した。彼はこの行動について、行動的解析と代謝生理的解析を行い、このイルカの潜水行動の生態的、生理的意義を検証した。

論文は、4章からなり、第1章において従来の方法ではイルカから詳細な水中の行動情報を得ることは困難であるため、マイクロデータロガー、切り離し装置、衛星追跡装置を用い、データ収録後装置を切り離し、衛星位置情報により回収する方法を開発し、技術的問題点を含め詳細にまとめている。鯨類の水中遊泳速度計測は初めての例であり、これを可能にした新しい手法の開発が高く評価された。第2章においては、毎秒毎にサンプリングされた遊泳速度、水深データの解析を行い、潜水開始時の潜行率、角度、速度が潜水到達深度によって異なることから、イルカは潜水開始時に最大潜水深度を決めていることを発見している。また、潜水深度が20mを越えない潜水が90%を占めていること、これらの潜水、浮上角度は浅いことから、イルカは多くの潜水を水平移動に用いているとしている。深い潜行においては、潜水のプロファイルにボトムタイムが見られること、この時に遊泳速度は低下していることから、深い潜水は海底にまで達する餌探索行動であると推定している。またこの時の深い潜行・浮上角度、早い潜行速度はボトムタイムを最大にとるためと説明している。第2章で述べられていることは全て新しい発見であり、価値のある研究と評価されたが、移動と索餌については仮説の段階であると評価された。第3章においては、飼育実験により遊泳潜水行動時の酸素消費量を求めている。イルカは飼育実験環境下においても自然環境下と同様のインターバルで連続的に潜水を繰り返すことが確認され、酸素消費量と速度の関係が3次式で求められた。また、この量は餌の消化・吸収により影響され、その影響は給餌後8時間におよび、酸素消費量は絶食時の1.12-1.38倍になるとしている。従来報告されていなかった詳細な測定による速度とエネルギーの関係式が明らかにされた点はイルカ類で初めてであり大きな成果として評価された。第4章においては、自然遊泳するイルカの代謝量の算出を行っている。上記の3次式を用い、実験と同一の測器で得られた野外のイルカの遊泳速度データから野外でのイルカの一日の代謝エネルギー量は9,292-13,015kJ/dayと求めた。この要求量は周辺の海域に生息し、餌になっていると思われる魚に換算するとイルカの体重の5-7%となり、連続潜水行動を行っている動物と比較して大きい値ではなく、連続潜水行動が効果的行動としている。また、イルカの体内酸素保有量と酸素消費速度から求めたイルカの無酸素代謝潜水限界(ADL: Aerobic Dive Limit)は2.6-4.6分であり、実際にADLを越える潜水はほとんどなく(全潜水回数の0.5%)、ネズミイルカが連続して潜水しても代謝的には全く問題ないとしている。これらの結果は新しい知見であり、イルカの代謝量が明らかになったことは今後の生態系研究に大きな前進をもたらすとして評価された。

本論文で得られた結果のほとんどの部分が新しい発見である。これは、従来の方法では全く困難であった水塊中の動物の行動を詳細に計測することに成功したためであり、その多くの部分が回収技術を確立したことによっている。この方法は今後この方面の研究に大きなインパクトを与えるものと評価された。さらに、この方法と飼育実験を上手く併用し

て従来困難であった野生イルカの瞬間瞬間の代謝量のモニターを可能にし、餌要求量まで求めたことは高く評価される。研究者としての資質の高さが示された。さらに、イルカの飼育実験をはじめ現場実験は容易なことではないが、ほとんどを独力で行ったことは実験計画の立案、準備、実施においても高い能力があることが示された。これらから博士（理学）論文に値すると判断した。

審査委員会では、動物行動学、生態学、海洋生態学、海生哺乳動物について、また発表論文について口述諮問の形式で学力試験を行った。質問に対して適切な回答があり、その結果、委員会は基礎的学力、専門的知識を十分に備えていると判断した。

また、大谷君の公開論文発表会においては研究目的、研究の経過、実験の組立、解析と結果について明確に分かりやすく発表した。また、質問に対して的確に対応した。今後の抱負についてもすでに次の段階の実験準備が示され、専門的研究に対する強い積極性も認められた。語学力については、すでに専門の国際学術雑誌に発表されていることから、研究者として必要とされる英語力を有していると判断した。