

# 南極海に生きる動物たち

内藤靖彦

総合研究大学院大学教授極域科学専攻／国立極地研究所教授



ナンキョクオキアミ

## 生命を育む豊かな南極海

南極大陸を取り囲んで、太平洋、インド洋、大西洋の南に広がる大きな海は「南大洋」とよばれる。この南大洋の南緯60度付近には、南極収極線という海洋前線が発達し、南大洋を南北に分けている。前線の南側に広がる低水温の海は海洋物理学的に独立しており、「南極海」とよばれる。この南極海が世界でも有数の生物生産の場であることは、実はあまり知られていない。南極海には、数億トンとも推定される、単一動物種としては地球上最大の生物量を有するナンキョクオキアミが分布し、これを中心にクジラ、アザラシ、ペンギンなどによるユニークな生態系が形成されている。

南極研究科学委員会(SCAR)などの国際研究機関は、南極海の豊かな生物資源の管理と生態系の保護を目的に、生態系研究計画を立案し国際共同研究の推進をはかってきた。一方で、資源の合理的利用と生態系保護のための国際条約を締結させ、南極海洋生物資源保存委員会(CCAMLR)を発足し、継続的に調査研究

活動を行っている。こうした努力の結果、南極海生態系について常識を覆す事実が次々と報告され、新しい知見がもたらされた。

## 氷の海の生態系解明に挑む

生態系研究の最初の課題は、厚い氷に被われた海において、「動物がどこで、何を、どれだけ捕食し、そのためにどれだけのエネルギーを消費し、その結果繁殖がどのように成功したか」という生態系についての情報をいかにして得るかであった。この課題は、1980年代においては極めてハードルの高いものであったが、生態系の主役となるナンキョクオキアミを突破口に調査が始められた。ナンキョクオキアミを捕食する動物は、ペンギンやアザラシなどの比較的大型の動物である。彼らは水中に潜って餌を採るので、水中でどう行動しているかを、まず調べることにした。

その方法は極めて単純で、動物体に記録計を装着し、必要なデータを得るだけである。彼らは大型であるため、小型化された記録計の装着に大きな問題はなか

った。しかも、これらの動物は陸上で繁殖を行うので、記録計の装着と回収が容易であるという大きな利点ももっていた。さらに、これらの動物は羽毛や毛皮に覆われているため、接着剤を用いれば数分間で記録計を装着することができる有利さと、万一回収に失敗しても換羽、換毛により記録計が脱落し、体に大きな影響を残さないだろうという救いもあった。

当初、記録計は水深のみを記録するアナログ式で、小型化が進まず調査方法として広く普及しなかった。しかし1990年代に入ってデジタル化が進むと、記録計は小型化(径15mm、長さ45mm)され、水深に加えて、速度や加速度、地磁気などを、高速かつ長時間計測できるように高性能化された。こうした状況にともない、動物の水中での姿勢や行動が手にとるように分かるようになった。「どこで何をしていたか」という生態情報が飛躍的に増大することで、研究は大きく発展していった。

## 深層に存在していた第二の生態系

これまでの表層生態系の理解は次のようであった。「ナンキョクオキアミは植物プランクトンに依存するため光が届く浅い層、いわゆる有光層に出現する。ペンギン、アザラシ、クジラなどの捕食動物は、この層に潜水して、これらのオキアミやオキアミを捕食する魚類やイカなどを食べている」。しかし、1980年代末から1990年代はじめに行われたアザラシ類の潜水行動研究では、ゾウアザラシが有光層よりはるかに深く、1000mを超えて潜水することがわかり、ウェッデル



ウエッデルアザラシ  
背中にデジタルカメラをつけている。

アザラシや海鳥であるコウテイペンギンでさえ500mを超えて潜水することも明らかになった。これらの想像を絶する結果を受け、その後多くの動物で精力的に研究が進められ、南極海の高次捕食動物の約30%（重量換算）が、有光層よりも深い層で捕食活動を行っていることがわかった。従来の南極海の生態系の概念を変更せざるをえなくなったのである。南極海の生態系は、新たに中深層、あるいは中底層が加わることで、にわか二段、三段重ねの重箱構造を呈してきた。

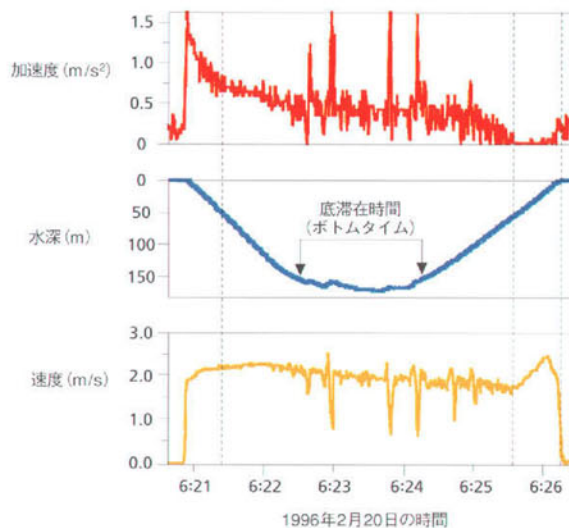
生態系構造の複雑さは、最新の研究から次第に明らかになってきているが、複雑性が何によるのかについての追求はまだ始まったばかりである。作業仮説として、私たちは、南極の極端な季節性、海水、深い海などの環境を要因としてあげている。「夏に集中する日射により植物生産にも強い季節性がみられ、しかもその大半は水に付着する珪藻として生産される。夏の強い日射は植物の生産を促すが、同時に海水の融解を進行させ、生産された付着珪藻を急激に水中に放出させる。放出された珪藻は通常の水中に漂う植物プランクトンと異なり、表層に長く留まることなく下層に沈降することとなる。その結果、下層に生物エネルギーが蓄積される」というシナリオである。

南極海沿岸の大陸棚は通常の200mよりもはるかに深く、700~800mにも及び、沿岸といえどもエネルギーは深層に輸送される。しかし、広大な南極海においては、海水の発達や、日射や植物生産の季節性が緯度的にも経度的にも異なり、さらに複雑なシナリオが必要である。今や、動物の行動研究からアプローチする生態系の謎解き競争が、各国で展開されている。

### 動物行動の謎、謎、謎

動物の行動にも、多くの不思議がある。例えばゾウアザラシは20分間の潜水と2分間の表面滞在を何か月も休むことなく規則正しくくり返す。いったいいつ休むのか、いつ睡眠をとるのか？

クジラでは左右の脳を使い分けて休むという説もあるが、最近の研究によると、



オオサマペンギンの潜水プロファイルの例

ペンギンは潜水を開始すると、すぐに加速して最高速度の約2m/秒に達し、潜水の大部分の時間をこの速度で泳ぐ。潜水の底に到達すると、加速度や速度を大きく変化させている。餌採りを行なったためである。ペンギンは浮上をはじめて水深50m付近に達すると、運動を停止するが、速度は上昇しつづける。これは肺に空気を持ったまま潜水したことを示し、速度の上昇は、水圧の減少とともに肺が膨張して浮力が大きくなった結果と考えられている。しかし、水面付近では速度を急に減少させ、急速浮上を避けているように思われる。私たちは、「潜水病」対策ではないかと考えているが、実証には至っていない。

アザラシには水中で何も運動せずに潜行したり、浮上したりという行動がみられ、その間に眠っているのではないかとの説もある。こうした状態では体温が低下し、代謝も低く保たれる。ほかの動物ではどうかというと、ネズミイルカで同様にくり返し潜水するのが観測されており、マッコウクジラなど大型で深く潜水するクジラも同様だと考えられている。これらの動物は極端な例だが、多くの動物が一旦潜水を始めると、「バウト潜水」とよばれる一連のくり返し潜水を必ず行う。これらの潜水行動がなぜ行われるのかについて、乳酸蓄積や採餌効率などの面から理論的解析が進められているが、謎解きはまだ終わっていない。

さらに、動物がどこまで餌のありかを予知しているかも大きな謎である。私たちの研究から、潜水行動には潜水最深部に滞在するボトムタイムという時間があることがわかってきた（上図）。ボトムタイムの謎を解き明かすために、動物の食道に温度センサーを設置し、低温の餌をいつ食べているかをモニターしてみた。

その結果、実験に用いた2種類のペンギンでは、潜水の降下中は全く餌を採らず、潜水の底に達してから餌を採り始めることがわかり、ペンギンたちは潜水前に潜水する餌の深度を予測していることが確かめられた。さらに、餌を採る角度が下から上に向かっていくことがわかり、餌採りにはシルエット効果を利用し

ていること、すなわち、視覚を使って餌を採っていることも次第に明らかになってきた。「潜水前に吸い込む呼吸量を決めている」という私たちの浮力調節の研究からも、ペンギンたちが事前に深度を決めていることが示唆される。しかし、「なぜ深度を事前に決められるのか」という謎はまだ解明されていない。

潜水行動のさらなる謎に、「動物はなぜ移動する時にもくり返し潜水をし、深く鉛直的に泳ぐのか、なぜ浅く水平に泳ぐことをしないのか」ということがある。多くの動物が餌場と繁殖場を移動しているはずであるが、潜水プロファイルからは移動と餌採りの行動は区別できない。水平移動に鉛直的な動きも必要であるという仮定は、肺呼吸動物だけでなく、サケ、ヒラメなどの魚類でも広く認められている。

水平移動として、ペンギンでは水面近くをイルカのように飛び跳ねて移動している姿がよく知られている。この泳ぎは「水面直下を泳ぐことによる造波抵抗を避けるため」と説明されてきたが、私たちの研究からは、この行動を造波抵抗から説明することはできず、むしろ捕食者からの逃避的行動で、一般的移動行動ではないように思える。水平移動の謎は、まだ深い海の闇にある。潜水病にならないのはなぜか、水中で動物の代謝はどのように調節されているのかなど、謎はつきない。