

## 論文の内容の要旨

論文題目 バイオテレメトリーを用いた東京湾における  
アカエイの生息場利用に関する研究  
(Studies on habitat use of red stingray (*Dasyatis akajei*) in Tokyo Bay  
with use of biotelemetry systems)

氏 名 大瀧 敬由

### 1. 緒言

アカエイは、扁平でひし形の胴部と背面に独占を備えた尾棘を有する尾部からなる底生魚である(金澤 2003)。日本から東南アジアの沿岸域に分布し(Taniuchi and Shimizu 1993)、生態系内において高次捕食者や生態系エンジニアとしての役割を担っている。また、混獲などによる個体数の減少が予測されることから、IUCNのレッドリストで準絶滅危惧種に指定されている(IUCN 2013)。一方、日本沿岸では個体数の増加が報告され(e.g. Kodama et al. 2010, 山口 2012)、アカエイの尾部の毒針により刺される事故が報告されている(e.g. 日本ライフセービング協会 2014)。以上のことから同じ空間を利用する人とアカエイの共存に向けた対策が急務となっているが、科学的な調査に基づいたエイ類の管理方法や被害の防除方法は、未だ確立されていない(山口 2005)。そのため、一部の地域ではアカエイを駆除することで対応している。しかし、それらは、混獲による個体数の減少が危惧されるアカエイの最適な管理方法とは言えない。アカエイが準絶滅危惧種であることを考慮し、生物多様性の観点から、駆除することは避け、人とアカエイが共存できる持続的な社会・環境を目指すべきである。そのためには、人とアカエイが共に利用する沿岸域でのアカエイの生息場利用や行動を把握する必要がある。

我が国においては、アカエイは漁業対象種ではないため、漁業から得られる情報は少なく、生態に関する知見はほとんどない。アカエイの生息場利用を解明するためには、いつ、どこで、何をしていたかということ把握する必要がある。そこで、本研究ではバイオテレメトリーと呼ばれる超音波発信器による測位とマイクロデータロガーによる行動計測と、ソナーによる海底地形計測を行うことでアカエイの生息場利用に関する知見を得ることにした。

## 2. ピンガーによるアカエイの生息場利用

ピンガーによるアカエイの行動解析では、発信機としてコード化された周波数69kHz、音圧156dB、発信間隔約1分の深度センサー付きピンガー(V13P-1H, Vemco)と受信機として無指向性の受信機(VR2W, Vemco)で構成するシステムを使用した。調査海域にて受信機が受信できる範囲を計測し、対象とした海域を隙間なく受信できるように受信機を配置し、計測範囲とした。ピンガーは、調査海域において採集したアカエイに外科的手術により腹腔内にピンガーを挿入した。2012年に5個体のアカエイを7-8月の約1.5か月間、2014年に5個体のアカエイを7-9月の約2か月間、計測を行った。得られたデータは、超音波受信機解析ソフトVUE(ver. 2.2.2, Vemco)を用いて解析し、VR2W Positioning Systemによる3次元測位を行った。また、サイドスキャンソナー(Geo Swath Plus Compact, Kongsberg)およびマルチビームソナー(Sonic 2020, R2Sonic)により調査海域の海底地形測量を行った。測量データは、2種類のソフト(GS+ver.3.60o, Kongsberg; HYPACK MAX and HYSWEEP ver. 2015, HYPACK)で処理を行い、地図表示ソフト(Google Earth, ver. 7.1.2.2041, Google)および地理情報システムソフト(ArcGIS, ver10.3, Esri)を用いて表示し、アカエイ行動を解析した。

放流した全個体からデータを取得し、3次元測位によりそれらの位置をマッピングできた。放流した10個体のうち、放流直後から動かず、ピンガーが脱落したと推定された1個体を除く他の9個体を解析に使用した。アカエイの測位点を昼夜で比較すると、昼の測位点数が多い個体が4個体、夜の測位点数が多い個体が4個体、そして、1個体は昼夜で同数であった。しかし、アカエイが計測範囲内に入り、そこから出るまでを1回の観測として数えたところ夜間に多く観測がされた。

アカエイが計測範囲内に入ってきた方向および範囲内から出た方向を北側、南側、岸側、沖側の4つに分類して海底地形の測量結果と合わせると、アカエイが利用していた沖側から計測域への入り口は、沖側にほかの場所と比べて谷状に深くなる、計測範囲に向かって急激に浅くなる傾斜地であり、それよりも岸側の計測範囲は底深が15mから台地状に岸に向かって緩やかな浅場となっていること、南側から出るところには岩場が広がっていることが明らかとなった。これらのことから、生息場として計測範囲よりも深い海底も使用していること、海底の谷筋に沿って深い海底から浅い海底に移動していくこと、緩やかな浅場を利用していること、岩礁域を利用していること、が明らかとなった。

### 3. アカエイの行動と生息場

マイクロデータロガーを用いた行動計測では、加速度を用いて行動を判別できる (e.g. Komatsu et al. 2011). そこで、水槽実験と野外実験により、加速度を用いてアカエイの行動を判別できるか検討した。その結果、判別が可能であったことからこの判別手法を用いてマイクロデータロガーおよびピンガーを併用した調査を行い、海底地形と合わせてアカエイの行動と生息場利用の関係を調べた。

水槽実験では2個体のアカエイを使用し、合計約51.5時間の計測を行った。アカエイの頭背部に外科的手術によりロガー(D3GT, Little Leonard)を装着し、水槽に放流後、目視とビデオカメラによる観察を行ない、時間をもとに加速度との比較を行った。その結果、遊泳時には加速度の振幅が $\pm 0.2 \text{ m s}^{-2}$ 以上あり、周期的な加速度波形を示すこと。定位時には加速度の振幅が $\pm 0.2 \text{ m s}^{-2}$ より小さく、ほぼ振幅のない加速度波形を示すこと。潜砂時には加速度の振幅が潜砂行動の開始時には小さく、終盤に最も大きくなる、三角形型の加速度波形を示すこと、が明らかとなった。

野外実験では、2011年の8-12月の期間に5個体のアカエイを用い、マイクロデータロガー(PD3GT, Little Leonard)とビデオカメラロガー(Gloridge)を回収用の浮力体(日油技研)、電波発信器(mm130B, Advanced Telemetry System)、超音波発信器(V13-1H, Vemco)とを一纏めにし、タイマー式切り離し装置を介してアカエイ背部に装着した。ロガーを取り付けたアカエイは、捕獲場所付近で放流し、タイマーにより切り離され浮上したロガーを回収し、データを解析した。その結果、水槽実験で判別された潜砂、遊泳、定位の加速度波形を確認し、ビデオデータと比較してそれらの加速度波形が野外でも正しく行動を示していることを明らかにした。また、羽ばたきをせずにそれまでの推進力もしくは自身の負の浮力によって潜行する行動であるグライディング、周期的でなく瞬間的なバースト行動を新たに判別できた。

アカエイの行動と生息場利用の計測では、2011年の8-12月、2012年の7-8月、2013年の8-11月と2014年の7-8月に計測を行った。2011年と2013年の野外実験では、上述の野外実験と同じ型式のロガーとビデオカメラロガーを用い、2012年と2014年の野外実験では、3軸地磁気も計測可能なロガー(3MPD3GT, Little Leonard)を使用し、2011年と2012年は短時間の計測を行い、2013年と2014年は一昼夜を超える計測を行った。その結果、2011年と2012年に放流した10個体すべてから合計約26時間のデータを、2013年と2014年に放流した8個体のうち、計測器の回収に成功した4個体から合計約196時間のデータを取得した。その結果、アカエイが岩場の岩礁性藻場を利用していることが明らかとなり、第2章の結果が裏付けられた。アカエイの行動を昼夜で比較すると、昼に潜砂を行う回数が多く、定位している時間も長かった。

#### 4. 総合考察

本研究では、アカエイが岸から緩やかに深くなる台地状の浅場から、急に深くなる場所までを覆う計測範囲を設定し、アカエイにピンガー装着し、1-2ヶ月間にわたり行動を記録した。アカエイの生息場の詳細な海底地形が得られたことにより、アカエイがこの浅場を利用する場合に、深場からは海底の谷に沿って入ってくることで、浅場の砂地から岩場へ出て行くこと、が多いという知見が得られた。このような知見をもとに、刺し網などの漁具を設置する場合には、浅場への入り口となる谷筋や浅場の砂地から岩場へ出て行く場所を避けることで、大型のアカエイが網に絡むことによる漁具被害と網にかかるアカエイの死亡を防ぐことができるだろう。

ピンガーとマイクロデータロガーを同時に装着し、アカエイの行動と位置情報を計測するとともにソナーを用いてアカエイが使用していた海域の海底地形を計測することで、アカエイがいつ、どこで、なにをしていたかといった生息場利用に関する情報を得ることに成功した。岩場には岩礁性の藻場が形成されており、甲殻類などの餌となる生物が分布していることから、索餌のために利用していることが示唆された。つまり、砂地に適応していると考えられているアカエイにとっても、岩礁性藻場が重要である可能性が高い。このような情報は今まで得られておらず、アカエイ生態の解明に向けた大きな一歩といえる。今後、さらに多くの個体について長期間継続して計測することで、アカエイと人間との沿岸域における棲み分けが可能になるだろう。

以上のようにアカエイの行動と生息場利用に関する知見を集積し、利用することで人とアカエイの共存をはかることができるようになるものと期待される。