

水産総合研究センター研究開発情報 | 編集:国際水産資源研究所

ななつの海から

● Na · na · tsu · no · u · mi · ka · ra

第3号

2012年9月



独立行政法人 水産総合研究センター

CONTENTS >>>



● Topics

- ・特集1：カツオの移動回遊特性解明を目的としたアーカイバルタグ放流調査……3
- ・特集2：センチメンタルジャーニー：南氷洋ミンククジラ個体数推定の思い出……8

● Research

- ・ミニシンポジウム「動物の移動・行動、環境選択解析の最新手法と応用例」開催報告……15

● Column

- ・連載コラム：海と漁業と生態系
【第1回】漁業をめぐる生態系の動き……20

● Publication

- ・刊行物ニュース……24

● Activity

- ・主な出来事……26

表紙写真解説

2012年4月に与那国島近海において標識を装着したカツオ。日本近海におけるカツオの移動、回遊については不明な点が多く、水研センターにおいては近年力を入れて取り組んでいます。詳しくは本誌掲載の記事p.3～8をご参照ください。

(撮影場所：与那国島近海

提供：味の素株式会社)

特集1：カツオの移動回遊特性解明を目的としたアーカイバルタグ放流調査



かつお・まぐろ資源部 かつおグループ主任研究員 松本 隆之

調査の背景

カツオは三大洋の熱帯域を中心に温帯域にかけて広く分布し、その中でも中西部太平洋は世界で最大のカツオ漁場である。漁獲の主体は熱帯域での日本、台湾、韓国、中国、米国などのまき網漁業によるものである。日本近海では冬から晩秋にかけて中南海域（北太平洋の亜熱帯域）から南西諸島海域、四国・紀州、伊豆諸島、房総・東北沖にかけての幅広い海域で竿釣り、まき網、曳縄等によって漁獲される。生食用のカツオの多くはこれらの近海域で漁獲されたものである。カツオを主対象とした竿釣り船の操業は2月頃に小笠原諸島南方や沖ノ鳥島周辺等の中南海域から始まり、時期の経過と共に徐々に漁場が北上し、5月頃には伊豆諸島周辺および房総沖、8月頃には東北沖に達し、10～11月まで東北沖で操業を行う。また、西日本沿岸域では春～初夏にかけて盛漁期を迎える。これらの時期的・空間的な操業パターンをもとに、日本近海におけるいくつかのカツオの回遊経路が想定されるようになり（図1）、

その過程で「カツオは黒潮に乗って回遊する」という概念が生まれたと考えられる。

近年日本近海では、西日本沿岸（四国から紀伊半島にかけての沿岸海域）において曳縄および竿釣りの漁獲不振が続いており（小倉 2009）、日本近海で最大の漁場である東北沖においても、2009年に漁獲量および釣獲率（1日1隻あたりの漁獲量）が過去最低となり話題となった（ただし、2010年は平年並みの漁獲となった）。このような日本近海における不安定な漁獲はカツオ漁業において近年問題となっている。一方、中西部太平洋におけるカツオ漁業の中心である熱帯域では、漁獲量はほぼ一貫して増加しており、資源状態には乱獲傾向は見られないとされているが、現状レベルもしくはさらなる漁獲は資源の減少につながるという予測や、熱帯域における大量の漁獲が資源の縮小を招き、日本近海を含む温帯域（分布縁辺域）への来遊減少につながるという懸念も示されている（WCPFC 2011）。

日本近海におけるカツオの漁獲量の変動の理由については、「中西部太平洋全域におけるカツオ資源の減少」、「日本近海への来遊量の減少」、「海洋環境等の変化により来遊経路に変化」が考えられる。しかしながら、日本近海へ来遊するカツオが「どの海域で生まれ、いつ回遊を始め、どのような経路・過程をたどって日本近海に来遊するか？」についての知見は乏しく、変動の主たる要因についてはよく分かっていない。

このような背景から、近年水研センターではこれらのカツオ資源問題に対し、「日本近海における来遊実態の把握」「日本近海への来遊特性の解明」、「来遊元と考えられる中南海域と日本近海における漁獲の関係把握」といった調査研究を都県の水産試験場等の関係機関と連携して実施しており、その中の一つとして「標識放流による来遊特性の解明」に取り組んでいる。

過去の標識放流調査結果からは「熱帯域（北緯10度以南）で放流したカツオの日本近海への移動例は少数である」、「中南海域から放流した標識魚は日本近海で多く再捕される」ことが明らかになっている（図2）。



図1 熱帯域から日本近海に向けたカツオ来遊想定図
(赤:主要海流、青:カツオ北上来遊経路、灰:南下海域経路)
(清藤 2010)

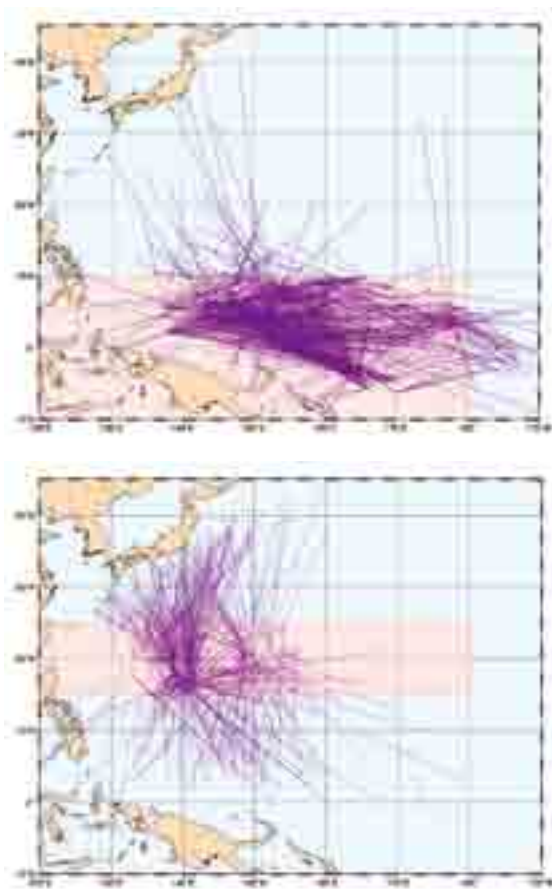


図2 標識放流に基づく中西部太平洋熱帯域（南緯10度～北緯10度、東経120～180度）（上図）および中南海域（北緯15～25度、東経120～180度）（下図）からのカツオの移動（水研センターによる調査、1988～2010年放流）

さらに、「東北沖等の日本近海において放流した個体は熱帯域でも再捕される」、「熱帯域で放流した個体が中南海域で再捕される」といった事例も報告されており、これらのことから3海域間（日本近海、中南海域、熱帯域）をカツオが回遊し、そして日本近海へ来遊する個体の来遊元は中南海域であることが想定される（図1）。



図3 2011年度以降の調査に用いたアーカイバルタグ（Lotek製 LAT2910）（左）およびアーカイバルタグ（矢印）を装着したカツオ（右）

なお、本稿は、水産総合研究センター交付金プロジェクト研究、水産庁委託事業、および味の素（株）委託事業により、国際水産資源研究所が中心となって実施したカツオの移動回遊特性解明に関する調査研究の成果であることを申し上げる。

どこでどのサイズの魚に標識を装着すれば再捕が期待されるのか？

体長組成のデータからは、日本近海において最大の漁場である夏季の東北沖における漁獲の主対象となるのは尾叉長55cm前後であり、西日本沿岸域における春～初夏の漁獲の主体は尾叉長45cm前後の個体であることが示されている。これらの個体は1～2月には40cm台前半であることが、年齢と成長の関係から想定される。これらの事から、1～2月に中南海域において40cm台前半の個体を対象として標識を装着すれば、標識魚が日本近海へ来遊すると考えた。さらに、日本国内において黒潮沿い経路の上流にあたる南西諸島海域から同様の個体の標識を装着することにより、「黒潮に乗ってカツオが西日本沿岸域に来遊するのか？」についての検証を試みた。

従来の標識放流調査では通常標識（ダートタグ）を主体に使用してきた。しかしながら、通常標識では放流と再捕の2点の情報しかわからず、なおかつ再捕は漁業に完全に依存し、回遊の詳細、そのメカニズム（途中の移動経路、滞留の有無、移動と海洋環境との関係等）を知るためには非常に制約が大きい。このような状況のもと、水研センターでは2010年度以降、従来の標識に加えてアーカイバルタグ（データ記録型標識）を用いた調査を実施してきている。本稿では、それらの標識放流調査のうちアーカイバルタグを用いた最近

表 1 水研センターで近年実施したカツオアーカイバルタグ（記録型標識）放流調査

事業	海域	調査時期	使用船舶	放流尾数	
				合計	うちアーカイバルタグ
水研センター交付金プロジェクト研究・水産庁委託調査	奄美大島周辺	2010年6月	小型竿釣船	62	44
水研センター交付金プロジェクト研究・水産庁委託調査	中南海域(沖合海域)	2011年1～3月	公庁船(竿釣り)	198	83
味の素(株)共同調査	与那国島周辺	2012年2月	小型曳縄船	2180	71
水産庁委託調査	中南海域(沖合海域)	2012年2～3月	中型竿釣船	3308	109
水産庁委託調査	中南海域(沖合海域)	2012年2～3月	公庁船(竿釣り)	84	79
味の素(株)共同調査	与那国島周辺	2012年4月	小型曳縄船	992	98

の調査活動とその結果に焦点を当てて紹介する。

アーカイバルタグとは

アーカイバルタグ(図3)は、データ記録型標識(電子標識)の一種で、一定時間間隔で水深、温度(水温、体温)、照度データを記録し、照度による推定日出・日没時刻に基づき水平位置の推定を行う。データの収集には標識魚の再捕、タグの回収が必要である。1990年代後半以降、まぐろ類をはじめとした大型浮魚類の遊泳行動調査に広く用いられている。近年、小型のアーカイバルタグが開発され、国際水産資源研究所では2009年以降ダミータグを用いた予備実験を数回実施しており、通常標識並みの再捕が得られ、体長40cm程度の小型カツオにも適用可能であることが示された(松本 2010)。2011年後半には、さらに小型(本

体部分長さ2.6cm、空中重量2.5g)でなおかつ大容量(記憶容量8MB、30秒間隔の水深、水温等のデータを1年以上記録可能)のアーカイバルタグ(Lotek製LAT2910)が開発され、我々の調査でも2011年度以降に導入している。

実施した調査の内容

アーカイバルタグ放流を含んだ調査は、表1に示すように、2010年度以降いくつかの事業により水研センターが主体で実施した。調査(事業)の種類としては、民間企業の味の素(株)の委託による共同調査(太平洋沿岸カツオ標識放流共同調査)、宮崎県水産試験場の調査船みやざき丸との共同調査、水研センター交付金プロジェクト研究、水産庁委託調査によるもので、これらの事業により沿岸域(南西諸島周辺)から沖合域(中南海域:小笠原周辺等)までの広い範囲をカバーしている。上述の理由により、南西諸島海域においては漁期前半から半ばの2～6月、中南海域においては中型竿釣りの漁期初めの1～3月に実施した。ま

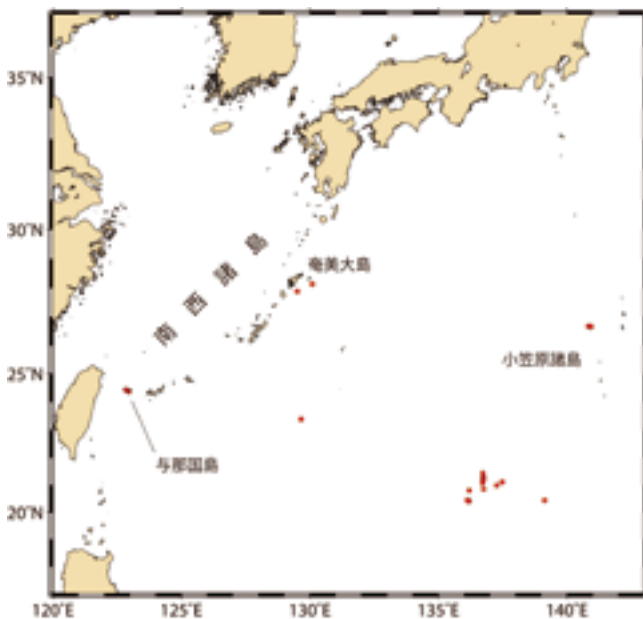


図4 水研センターによる調査において2010年以降にカツオをアーカイバルタグ装着放流した場所(表1の調査に対応)

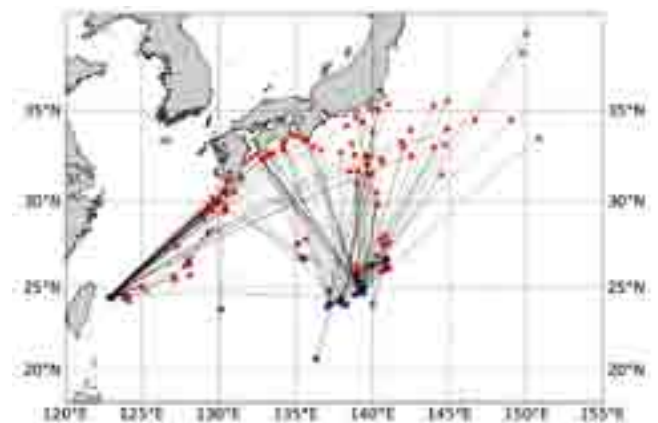


図5 2012年2～4月に放流したカツオの移動(2012年8月時点)。青丸および赤丸はそれぞれ放流、再捕場所を表す。

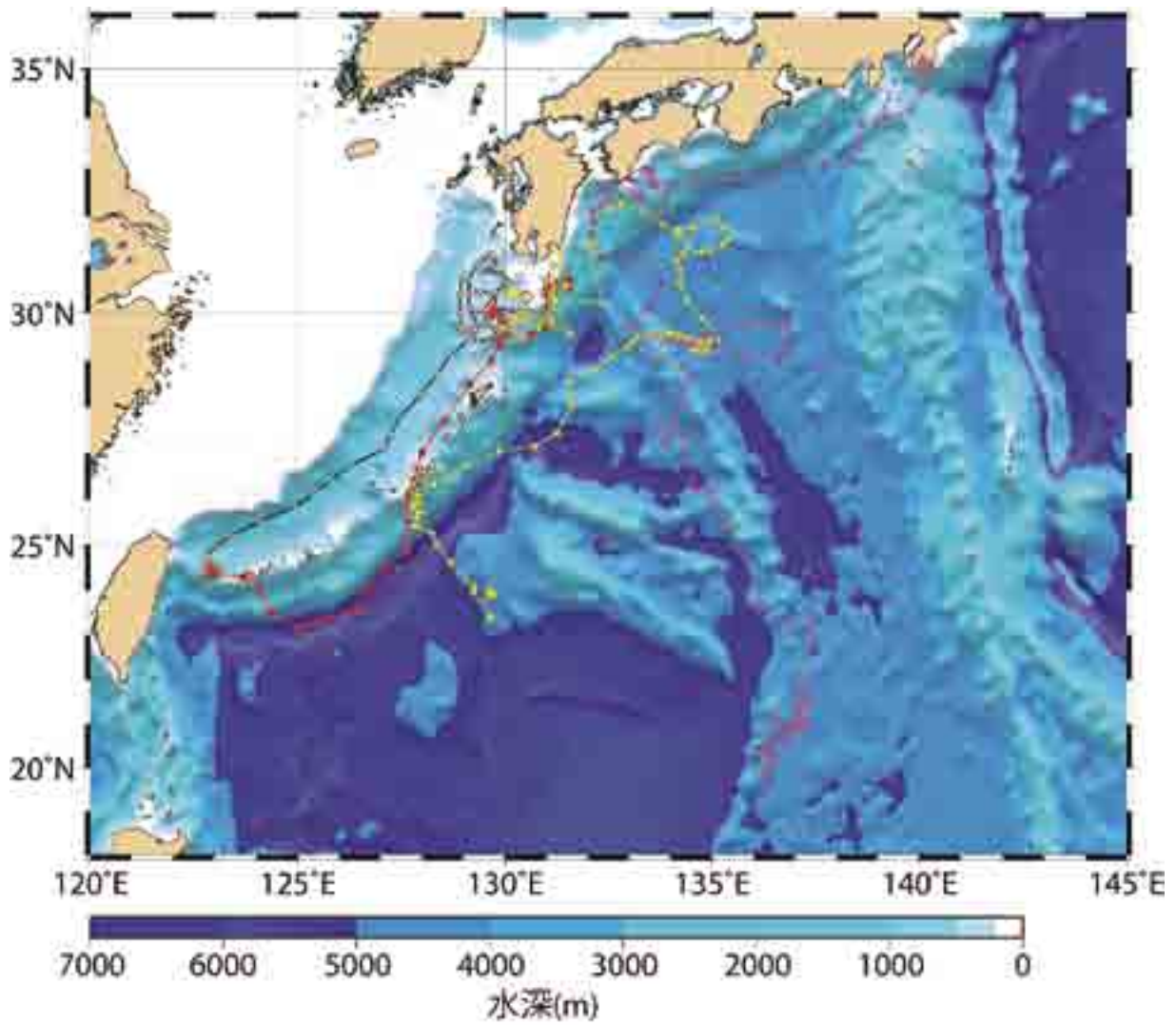


図6 アークイバルタグによるカツオ推定移動経路の例（4個体分）。異なる色は異なる個体を、★と▲はそれぞれ放流、再捕位置を表す。

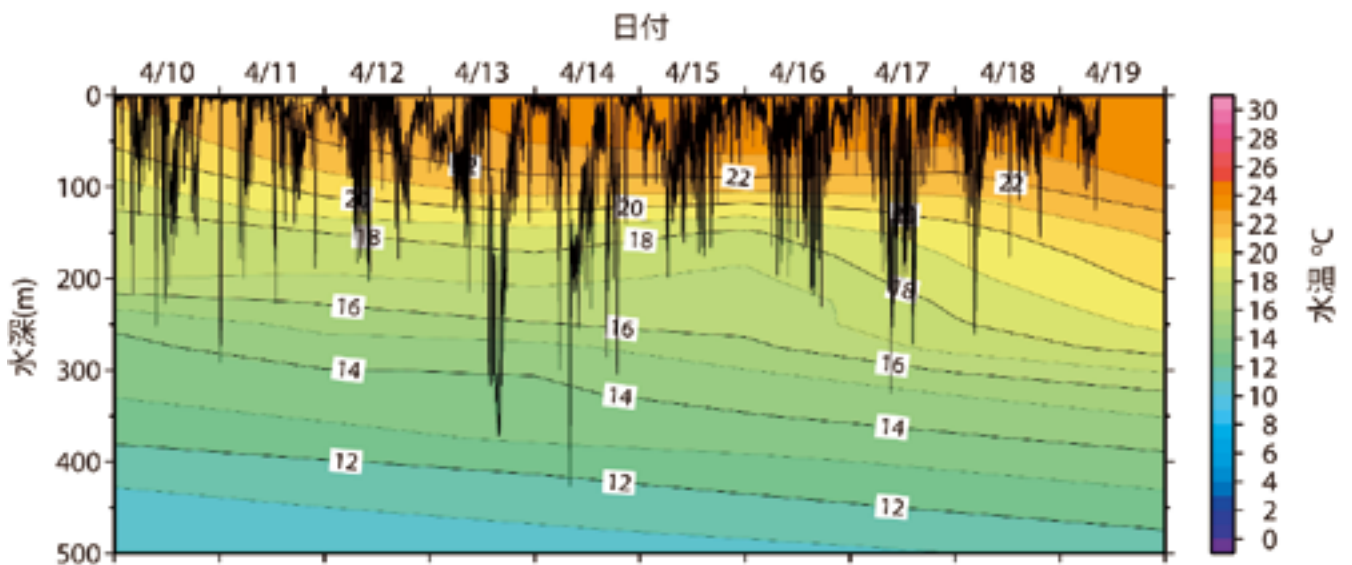


図7 アークイバルタグによるカツオ遊泳水深および水温断面図の例

た、魚体サイズは、日本近海に來遊すると考えられる40cm台前半を主体で放流した。表1の調査に対応する放流場所を図4に示す。

結果の概要

2010年以降放流された6,824個体のうち、表1の通り484個体にアーカイバルタグを装着放流した。図5に2012年に放流し、再捕された182個体の放流・再捕地点（2012年8月時点）を示している。放流後、南西諸島（与那国島）から放流した個体の大部分は琉球・トカラ列島沿いに鹿児島沖、四国から房総沖で再捕され、中南海域から放流された個体は主に本州南岸の九州から同じく房総沖に北上していることが伺える。アーカイバルタグについては、2011年2月に中南海域で放流したものから最初（今回の一連の調査の中で）の再捕（2個体）が得られ（岡本ら、2011）、その後、2011年度および2012年度に放流したものからいくつかの再捕が得られて（中南海域および与那国海域放流）、現時点での回収本数の合計は16個体（うち南西諸島海域6個体）に及んでおり、現在解析を進めているところである。暫定的な解析結果として、水平移動および鉛直移動の例をそれぞれ図6および図7に示す。水平移動について、まだ個体数が限られているが、解析した範囲では、北上しているものの、推定された移動経路は必ずしも直線的ではないこと、また、途中で一時滞留することもあることがわかる。鉛直移動としては、昼間には夜間より深く潜水する日周鉛直移動を行い、時には400m以上潜水することもわかってきている。なお、日本近海におけるアーカイバルタグによるカツオの遊泳行動調査は、本稿の調査を除いて、2001～2002年に遠洋水産研究所（当時）が房総・常磐沖において放流（位置推定機能を有しないタグを使用）しいくつかの再捕が得られたもの（Ogura 2003）以外には報告がない。そのため、当該海域（中南海域および南西諸島海域）において初めて得られたデータであると考えられる。

2009年以前にも水研センターによるカツオ標識放流調査は実施してきたが、日本近海の漁場への來遊特性解明を主眼に置いた、漁期前もしくは漁期前半における小型個体主体のアーカイバルタグの装着放流を実施したということで、今現在カツオの調査研究が抱えて

いる課題に対応し、その点において目新しさがあるといえる。

再捕されたアーカイバルタグの解析から今後期待されること

これらの調査を通じて、少しずつではあるが、日本沿岸におけるカツオの來遊を検討するための情報を収集しつつある。再捕データは継続して収集し、得られたデータを用い、來遊経路、來遊時期、分布・移動と海洋環境との関係、漁場位置との比較等、今後詳細な解析を実施していく予定である。具体的には、海洋環境データ（表面水温、海流等）と合わせることで、カツオの環境嗜好性を明らかにし、海洋変動がもたらす來遊経路の変化について推定できるものとする。また、來遊経路という線的な側面だけではなく、水平および鉛直的な分布特性を把握することによって資源量の分布変動や來遊資源量の変動を推定することが可能になるだろう。当然、鉛直移動、体温の変化により、カツオの生理学的特性も合わせた環境選択、体温の変化による摂餌時刻の推定、それに基づく餌環境の把握等、生物学的な特性に関する知見も得られるに違いない。冒頭でも述べたとおり、日本近海というのは、決してカツオの主分布域ではなく、その分布の縁辺に相当する。そのため、熱帯域とは異なり日本近海への來遊には季節性を伴うが、その來遊およびそのメカニズムについてはまだまだ不明な点が多い。アーカイバルタグから得られる情報が、これまで多くの先人が探究してきたこの課題の解明への大きな推進力となることを期待している。

謝辞

本調査を実施するにあたりご協力いただいた、関係各位、特に、調査船みやざき丸および宮崎県水産試験場の方々、標識放流および再捕にご協力いただいた各漁協、漁業者、各県水産試験場等の方々に感謝の意を表す。

引用文献

- 清藤秀理（2010）：カツオの分布・回遊。遠洋リサーチ&トピックス，9：p21-26。
松本隆之（2010）：カツオへのアーカイバルタグ装着

の試み. 遠洋リサーチ&トピックス, 7: p12-13.

Ogura M (2003) : Swimming behavior of skipjack, *Katsuwonus pelamis*, observed by the data storage tag at the northwestern Pacific, off northern Japan, in summer of 2001 and 2002. SCTB16 SKJ-7 10pp.

小倉未基 (2009) : 中西部太平洋のカツオ資源. 遠洋リ

サーチ&トピックス, 6: p2-6.

岡本 俊・清藤秀理・竹井光広 (2011) : 北太平洋亜熱帯海域におけるカツオ若齢魚の鉛直遊泳行動と生息環境. 2011年度水産海洋学会研究発表大会要旨集, p19.

WCPFC (2011) : Summary report of the seventh regular session of the scientific committee (Adopted version). 166pp.

特集2：センチメンタルジャーニー：南氷洋ミンククジラ 個体数推定の思い出



中央水産研究所 資源管理研究センター 資源管理グループ長

(外洋資源部 鯨類資源グループ併任) 岡村 寛

プロローグ

人生は各駅停車

鞆に夢を詰め込んで

人生は各駅停車

乗り換えながら また急ぐ

—歌：高倉 健 作詞：たきのえいじ

作曲：宇崎竜童「各駅停車」より

パナマシティは、高層ビルが建ち並び、数年前に訪れた同じ中米のグレナダやセントキッツとはまた違う雰囲気だった。蒸し暑く、歩いているだけでじんわりと汗をかく。2012年6月パナマシティに来たのは、第64回国際捕鯨委員会/科学委員会 (IWC/SC) に出席するためである。南氷洋ミンククジラ (クロミンククジラ) の個体数推定値に関して議論するのが目的だ。10年間の長い長い闘いに決着をつけるために、私はここにやってきたのだ。

クロミンククジラの個体数は、南氷洋周回調査 (IWC/IDCR-SOWER) によって得られた目視データにより推定される。これまでの分析で、クロミンククジラの個体数推定値は急激な減少を示していた (Branch and Butterworth 2001)。そのような減少が真実のものであるかということが疑問視された。2001年、ロンドン (ハマースミス) で開かれたIWC/SCでのことだった。

クロミンククジラの個体数は1980年代に76万頭ほどであると推定されており (加藤・藤瀬・岡村 2011)、当時日本政府が調査捕鯨によって捕獲しているミンククジラは、年間440頭であった。440頭は、76万頭の0.1%にも満たない。そのような小さな捕獲数が個体数を急減させるとは考えられなかった。種間の競合だろうか、氷海の中にクジラが入っていたのではないか、多くの意見が出された。その中のひとつに、推定方法そのものに問題があるのではないか、というものがあつた。クジラの個体数は通常、ライントランセクト法と呼ばれる方法による目視データを使って推定される。このとき、船が走行する調査線 (トラックライン) 上にクジラがいれば、それを見落とすことはない、という仮定が用いられる。しかし、ミンククジラは発見が難しい種である。この仮定が間違っていたら?、昔と今で見落とし率が変わっていたら?、という疑問が呈された。

そのIWC/SCが終わっての帰り道、空港だったであろうか、日本代表団の団長であった畑中さん (当時日本鯨類研究所の理事長) が私に話しかけてきた。畑中さんは言った。クロミンククジラの個体数推定方法を考えなさい、岡村の方法と呼ばれるようなオリジナルな手法で勝負しろ、日本がクロミンククジラの個体数を推定しないでどうするのだ、外国の研究者が数を出すのを指をくわえて見ているつもりか、と (実際には

出ていなかったと思うが、私には頭から湯気が出ているのが確かに見えた)。現在の(すれた)私なら、丁重にお断りするところである。しかし、当時はまだ素直であった。それに10年もかかるなんて思いもしなかった。そのとき、どのような返事をしたか覚えていない。しかし、やってやろうじゃないか、という気持ちにはなつたのであろう。帰国早々、調査線上の発見率推定の論文を読み漁つたことを覚えている。使用済みの封筒に論文を入れていっていたのだが、そのような封筒がすぐにいくつもできていった。長い旅路の始まりだった。そして、振り返れば、それは、まるで背中に石になった子泣き爺を背負つての旅のようであった。

個体数推定値合意までの10年の歳月を振り返る前に、クジラの個体数推定について簡単に説明しよう。そして、調査線上の発見確率、我々が $g(0)$ (ジーゼロ、あるいはジーノート)と呼ぶものであるが、の推定の問題について説明する。それから、パナマのIWC/SCで合意された個体数推定値がどのようなものであったか、そして今後の課題としてどのようなものがあるか、を述べて筆をおくとしよう。少々センチメンタルな思い出を交えつつ。

クジラの個体数推定

クジラの個体数を知るには、海に出て、そこにいるクジラを数えれば良い。しかし問題がある。クジラはいつも海の上に浮いているのではないのである。たとえそれが浮いていたとしても、それが遠くにいれば、見落としてしまうかもしれない。

船で海に出て、クジラを1頭発見したとしよう。そこにいるクジラは1頭だろうか?最低1頭はいるだろう。しかし、もう1頭いたのに見落としたかもしれない。もし2頭に1頭を発見するということを知っていたなら、1頭発見したなら、そこには2頭のクジラがいたと考えられる。3頭に1頭を発見するなら、1頭の見落しは3頭のクジラがいることを意味する。それ故、鍵となるのは、発見率(あるいはその裏返しの見落とし率)を知ることである。

海の上に調査コースとして線を引く(ライントランセクト法)。その線の上を、クジラを探しながら船で行こう。その結果、調査線上で100頭のクジラを発

見した。また、(調査コースからの距離で)100m先で50頭を発見した。調査線上では発見確率が1で見落としはないと仮定しよう。100m先で50頭の見見だから、100m先における発見確率は $50/100=1/2=0.5$ なので、実際そこにいたクジラは $100/1+50/0.5 = 200$ 頭と考えることができる。

しかし、これはたまたま調査線上と100m先で発見があったのであって、他の距離での見落としもあるはずである。その点で、調査線上と100m先だけを考えることは、個体数の過小推定になるかもしれない。モデルを使って考えてみよう。発見確率は、距離の関数であると仮定する。簡単に、発見確率 $p = 1+by$ とする。 b は推定するパラメータで、 y は調査コースから発見までの距離である。 $y = 0$ のとき、 $p = 1$ なので、調査線上では、必ずクジラが発見される。 $y = 100$ のとき、 $p = 50/100 = 0.5$ であるとする、 $b = (1 - p) / y = -0.5/100 = -0.005$ 。 $p = 1 - 0.005y$ は、 $y = 200$ のとき0になる。したがって、調査線上から距離200mまでの平均発見確率は、 $(0, 1)$ と $(200, 0)$ を結ぶ直線下の面積を底辺の長さ200で割れば良いので、 $1 \times 200 \div 2/200 = 0.5$ となる。全体の発見数は150でそれを平均発見確率で割ると、見落としを補正した存在数は $150/0.5 = 300$ 頭となる。実際にはもう少しコムズカシイ方法を使うのであるが、この方法では発見距離から発見確率を推定するところが味噌であり、距離採集法(Distance Sampling Method)と呼ばれ、クジラの個体数推定の標準的な方法になっている(Buckland et al. 2001)。

上の方法で重要な仮定は、調査線上で見落としがなく、発見確率が1であるということである。しかし、ミンククジラは見ん苦クジラと言われるほどに(注:実際には誰もそんなこと言わないので信じて誰かに言わないように)発見するのが難しいクジラである。最初に書いたように、クジラはいつも海の上に浮いているわけではない。海の上にいる時間の方がずっと短いのである。また、調査員の経験によっても発見能力は変わるだろう(Mori et al. 2003)。クロミンククジラに対して、調査線上の発見確率を推定することが、正しい個体数の把握に肝要になることが予想された。

調査線上の発見確率 ($g(0)$) 推定

南氷洋のクジラの個体数は、IWC/IDCR-SOWERによって調べられていた。幸いにも、2回目の周年調査から、調査線上の発見確率を推定するためのデータが集められていた。独立観察者 (double platform) データである。

独立観察者データによって、なぜ調査線上の発見確率が推定できるか？原理はこうである。ひとりの観察者が調査線上でクジラを100頭発見した。別の(独立)観察者もまた100頭発見した。しかし、その2人が共通に発見したクジラの本数は50頭であった。ということは、残り50頭はお互い見落とししているのである。調査線上には実際何頭のクジラがいたのであろうか。100頭のうち、50頭を見落とししているので、各観察者の発見確率は $50/100 = 0.5$ である。発見したクジラの本数は100頭なので、 $100/0.5 = 200$ 頭のクジラが調査線上にいたことになる。この方法は、標識再捕法と言われる方法に基づいており、ライントランセクト法と標識再捕法を組み合わせることにより、調査線上の見落とし率を含む個体数の推定が可能となる。

しかし、ことはそれほど簡単ではない。同じ船の上の独立観察者による発見は実際には独立ではないのである。天候が悪い時、どちらの観察者もクジラを発見するのは難しく、また逆も然りである。では、天候の情報を入れて、天候が良い時と悪い時に分ければどうだろうか。それでもまだ独立性は保証されない。どちらの観察者も発見できるのは、クジラが浮上している時だけだからである。

そこで、クジラの浮上プロセスをモデル化し、発見の独立性をクジラの実見ではなく、クジラを発見する手掛かりの独立性に置き換えたモデルが開発された。ハザード確率モデルと呼ばれるモデルで、ノルウェーのTore Schweder博士を中心にして開発が行われたものである (Schweder et al. 1997)。

クロミンククジラにもこのモデルを使えるのではないかと考えられた (Okamura et al. 2003)。しかし、クロミンククジラには別の問題があった。それは群れサイズである。群れサイズが大きいと発見がしやすいので発見確率は大きくなるはずである。したがって、観察された群れサイズの平均値をそのまま個体数推定に使うわけにはいかない。なぜなら、それは発見しや

すい大きい群れサイズのものに偏っているからである。これは、通常、観察した群れサイズを発見関数で回帰して、調査線上の群れサイズを推定し、それを平均群れサイズとすることによって解決する。しかし、調査線上の群れサイズが正しいと考えられるのは、 $g(0) = 1$ のときだけである。真の群れサイズを知るためには、発見後クジラに接近して群れサイズを確認すれば良い。だが、接近してしまうと、観察者の独立性は保たれないので、 $g(0)$ を推定するためには接近すべきではない。そこで、IWC/IDCR-SOWER調査では、 $g(0)$ を推定するための通過方式と、群れサイズを推定するための接近方式を併用することになった (Matsuoka et al. 2003)。接近方式は密度推定にバイアスをもたらすことが知られている (Branch and Butterworth 2001)。観察された群れサイズは、接近方式の方がずっと正確で、通過方式では過小推定になると想像される。そこで、2つの情報をあわせて、真の群れサイズと $g(0)$ を同時に推定する必要があるが、これには複雑な統計モデルを使った計算が必要になる (Okamura et al. 2005)。

さらにもうひとつの問題は測定誤差の問題だ。 $g(0)$ 推定のためには、両方の独立観察者による二重発見が重要である。しかし、二重発見の判定はそれほど容易ではない。さらに、我々のモデルでは、同時二重発見 (独立観察者が同時に同じ発見手掛かりを目視) か遅れ二重発見 (独立観察者が同じクジラを見たが、同時に発見手掛かりを見たわけではなく、時間遅れを伴ったもの) かを区別する必要がある。同時、遅れの区別をするのは難しく、また、遅れ二重発見で時間的に遅い発見だったとしても、はるかに遠い距離の発見になっているデータもあった (これは、距離の測定誤差が大きいということを示唆するもの)。この不確実性を考慮するために、さらに統計モデルに工夫を加える必要があった。

そのような、いくつかの要因を考慮した統計モデルを作るために随分頭を悩まし、東京海洋大学の北門利英先生には何度も相談に乗っていただいた。同先生の部屋の横のセミナー室 (?) のホワイトボードに数式を書き連ねて議論したことが懐かしい思い出である。我々のモデルは、二人の名前の頭文字をとってOKモデルと呼ばれるようになった。最初からOKなモデル

みたいでややこしいと言うものもあったが、こちらとしては、いつOKでなくなるか、いつKOされちゃうか、名前負けしないように、というプレッシャーのある名前だった。

当初、3つのモデルがあった。我々のOKモデル、Mark Bravington（豪）/Sharon Hedley（英）のSPLINTRモデル、Justin Cooke（独）のIntegrated Modelである。OKモデルの特徴は、ハザード確率モデルに基づき、クロミンククジラにあわせて群れサイズの推定モデルを組み合わせたものであり、測定誤差を考慮するための工夫もなされていた。SPLINTRは、空間モデルに焦点をあてたものであり、一般化加法モデル（GAM）と呼ばれる柔軟なモデルをライントランセクト法に活用したものとなっていた。SPLINTRでは、ハザード確率モデルは使われず、かわりにトラックライン独立モデル（発見関数が全体では独立ではないが、調査線上でだけ独立というもの）というものが使われていた。CookeのIntegrated Modelは、ハザード確率モデルと空間モデルを組み合わせたものであり、最初のころのシミュレーションデータに対するパフォーマンスも良かったが、途中から開発されなくなってしまった。

モデルの開発過程で、何度かワークショップが開催された。シアトルのワークショップは、ホテル内で行われ、昼になるとみんなで外食に行くのだが、なぜか我々以外の皆がいつもインド料理を食べたがり、量も多いので、北門先生と私はもういいかげんにインド料理はやめてくれえ、と思ったものだった（インド料理がまずかったわけではない）。

合意された個体数推定値

クロミンククジラ個体数推定モデルとして、OKモデルとSPLINTRの2つに絞られた。シミュレーション試験の結果から（54シナリオに亘り、大量の計算をする必要があった。コンピュータ数台で計算していると、研究室の気温が3度上がるのでやめてくれ、と言われた）、どちらのモデルも良い推定性能を持つと考えられた。しかし、実際のデータにモデルを適用した結果、2つのモデルから得られた個体数推定値は大きく離れていた。シミュレーション結果から想像されるものよりもはるかに大きい差だった。

いつだったかのIWC/SCの間の休憩時間、モデル開発者のひとりだったJustin Cookeが“never ending story…”と言って笑っていた。そしてそれは、その時、ほとんど真実であった。この話がいつ終わるのか、誰にも分からなかった。問題は山積みで、どちらへ行くべきか方向性は見えなかった。

ノルウェーのHans Skaugは、シミュレーションの結果を用いて、OKモデルの結果とSPLINTRの結果を単純に平均したものは、より良いパフォーマンスを持つということを示した。しかし、それでは2つのモデルの差がいったいどこから来ているのか分からないままであり、それは科学的敗北を意味する暗黒の解決策だった。

ひとつの転機は、2011年にノルウェーのベルゲンで行われたワークショップだったろう。我々とMark Bravingtonは、示し合わせたわけでもないのに、互いに独立にハザード確率モデルとトラックライン独立モデルの仮定の違いがその差を生んでいるというドキュメントを用意していた。しかし、さらにいくつかのモデルの設定の違いがあり、どうやって個体数推定値をひとつのものにするか、良いアイデアは出ていなかった。ここで、南アフリカのDoug Butterworthが大きなリーダーシップを示した。彼は、両モデルの仮定における相違点を手際よくリストアップし、それらの異なる要因をできる限りなくした形で計算することを提案した。そして、ひとつずつ異なる要因を取り除いた計算結果から、すべての要因を含むモデルまでの結果を一通り計算し、それらの要因の合理性の議論を通して、調整を行った推定値を統一したものとして出そうというのであった。一方、Mark Bravingtonは、自分たちのモデルをハザード確率モデルに変えることを考えていた。予備的な結果ではあるが、SPLINTRをハザード確率モデルに変えた結果は、OKモデルの結果に非常に似たものになるという報告がなされた。

2011年の科学委員会では、ハザード確率モデルを用いたとき、二重発見パターンへのモデルの当てはまりが十分でないということが問題として取り上げられた。さらに、OKモデルは、原点（つまり船がいる場所）近くの距離での発見を過小推定する傾向があり、これに対して、発見関数の形を変えるべきではないか、という提案がなされた。IWC/IDCR-SOWERの中で実施

された実験で、別の方法を用いて $g(0)$ の推定がなされた。その $g(0)$ の値は、OKモデルの結果より高かった（これは、当時のOKモデルが個体数を過大推定していることを示唆するものである）。

2012年、科学委員会の約1ヶ月前に再びノルウェーのベルゲンで行われたワークショップで、我々は発見関数をこれまで使用していたものからノルウェーのプロダクトモデル（Schweder et al. 1997）と呼ばれるものに変えた結果を提出した。プロダクトモデルを使った時、発見関数のあてはまりは少し改善したが、個体数推定値はこれまでよりも低くなった。また、二重発見パターンへのあてはまりはまだ十分ではなかった。ハザード確率モデルでは、通常、発見手掛かりがランダムに発生するという仮定をしている。しかし、この仮定が正しくないのではないかと、それが二重発見パターンのミスフィットにつながっているのではないかという議論がなされた。Butterworthは、南極海で収集されていた発見手掛かりの平均発生率をモデルにインプットし、その部分をモデルで推定しない方法を提案した。発見手掛かりの平均発生率を代入した予備的な $g(0)$ 推定値は、別の方法を用いて推定された $g(0)$ に良く似た値を与えた。

これを受けて、基本的なオプションが設定された。OK、SPLINTRとも、ハザード確率モデルの考え方を使用し、発見関数として、プロダクトモデルを使うこと、発見手掛かりの発生率は観測値を代入し、モデルの中で推定しないこと、が決められた。その他の要因に関して、できる限り共通の条件にあわせた計算オプションを設定し、各要因を変えた影響の効果を調べることにした。この効果の推定値は、個体数推定値を補正するために使用される。また、発見手掛かりの発生率に関する感度解析を行うことになった。さらにモデルのデータに対する当てはまりを調べる診断のリストが整理された。

2012年6月にパナマで行われたIWC/SCで、OK、SPLINTRによる2つの結果が提示された。SPLINTRの結果は、別の方法を用いた $g(0)$ よりかなり低い $g(0)$ 推定値を与え、群れサイズが大きいときにより低い $g(0)$ を予測するなど、信頼性が低いと判断された。一方で、OKは、別の方法を用いた $g(0)$ と似た $g(0)$ 推定値を与えた。推定値の群れサイズによる変化なども特

におかしなところはなかった。診断の結果不十分なところはあったが、それが推定値に深刻な影響を及ぼすとは考えられなかった。基本的に、OKからの結果を使うことが合意されたが、バイアス要因として、調査線（トラックライン）のランダム配置の不足が大きいと考えられた。OKモデルは、トラックラインのランダム配置を仮定している。一方、SPLINTRは、空間モデルを利用して、トラックラインの偏りの影響を補正することを試みていた。SPLINTRのハザード確率モデルを利用した結果は信頼性が低いので、トラックライン独立性を仮定したモデルの結果を使うことになった。その結果、2回目の南極周回調査（1985/86-1990/91）では15%個体数を過大推定し、3回目の南極周回調査（1992/93-2003/04）では3%個体数を過大推定するということが分かり、OKで得られた推定値をこの割合で補正したものを個体数推定値とすることが合意された。

南極海全体は非常に広いため、個体数を一度に知ることはできない。そこで、毎年一部だけを調査して、数年をかけて全体を調査することになる。このとき、クジラの回遊による不確実性が生じる。この不確実性を考慮した誤差の推定値を利用して、全体の個体数とその信頼性を推定した結果、2回目の周回調査の個体数推定値は72万頭、95%信頼区間は[512千頭, 100万頭]となった。3回目の周回調査の個体数推定値は51万頭、95%信頼区間は[361千頭, 733千頭]となった。1回目の周回調査では、 $g(0)$ を推定するための独立観察者実験が行われなかったため、1回目の周回調査の個体数は推定されなかった。

かくして、10年に及ぶ南極海のクロミンクジラの個体数推定値の議論は決着し、OKモデルからの結果を調整した個体数推定値は、IWC/SCによって信頼に足るものとして合意された。2回目と3回目の周回調査による個体数の比率は（比較可能な範囲に推定値を制限した場合）およそ69%、95%信頼区間[43%, 113%]となった。これは、Branch and Butterworth (2001)の比率よりかなり大きなものだった。

個体数推定に関する分科会が終了後、分科会議長Lars Walløeから、推定作業を行った開発者、調査に従事した調査員・乗組員への感謝を込めて、分科会メンバーにビールやワインがふるまわれた。Mark

Bravingtonは、大変な道のりであったが、自分にとって得難い貴重な経験であったと私に述べた。私も同じ思いだった。研究、モデル、論文、プログラミング、コミュニケーション、プレゼン、…現在、私が研究に使うすべての手段について、教えてくれたのは南氷洋のクロミンクジラの個体数を推定する取り組みだった。

今後の課題

推定値は合意され、その値は頑健であると考えられたが、二重発見の予測が十分でないという不満が残った。これに対して、ランダムな発見手掛かりの発生を仮定しないモデルを開発する必要がある。Okamura et al. (2012) は、テレメトリーデータから得られた潜水・浮上パターンを利用して長時間潜水するクジラの個体数を推定する新しいハザード確率モデルの提案を行っている。このモデルは、発見手掛かりのランダムな発生を仮定しないので、クロミンククジラにも有効かもしれない。

OKモデルはトラックライン配置の偏りを扱う空間モデル的な拡張を持たなかった。それ故、豪州のSPLINTRモデルの結果から調整を行ったが、OKモデル自身が空間モデル成分を取り込むことは精度の改善につながるだろう。空間モデルへの拡張は容易な仕事ではないが、取り組むべき価値のある重要な作業である。

また、大量に作られたシミュレーションテストは、結局、南氷洋の複雑な状況を完全に再現しきれていないという批判があった。今後、モデルの更なる開発と同時進行で、より拡張的なシミュレーションテストを行うことがモデル開発に有用となるだろう。

さらに改良を進めたモデルは、クロミンククジラだけでなく、他の様々なクジラの個体数推定に有用なものとなることが期待されている。

エピローグ

本年度のIWC/SCで、個体数推定値は合意に向かって進み、そして淡々と合意された。IWC/SCの中では珍しい祝賀ムードの中、しかし、開発者たちに大きな感動があるわけではなかったのではないかと、瞬間の感動は、アイデアが出てきたときであり、結果を得て、それを整理しているときには感動の余地はない。安心

もなく、達成感もなく、それは、でも、すべての研究はそうなのかもしれない。終わりは始まりで、たどり着いたと思ったら、それは蜃気楼のようにすぐに消え去り、はるかかなたにあるのかなのか分からないような場所がある。そこに行くべきなのか、行かない方が良いのか、それは分からない。しかし、そこに行くしか道はないのである。ここにいる限り、前に進むしかない。我々は片道切符を持った因果鉄道（根本1993）の乗客なのだ。そして、明日も、決して終わらない旅を続けていくのである。終着駅で待っているのがあなたであることを願いながら…（スズキ 1990）。

人生は各駅停車

筋書きのない物語

人生は各駅停車

おもいでだけを道づれに

—歌：高倉 健 作詞：たきのえいじ

作曲：宇崎竜童「各駅停車」より

引用文献

- Branch, T. A. and Butterworth, D. S. (2001) : Southern Hemisphere minke whales : standardized abundance estimates from the 1978/79 to 1997/98 IDCR-SOWER surveys. J. Cetacean Res. Manage. 3 : p143-174.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L., and Thomas, L. (2001) Introduction to Distance Sampling : Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford: Oxford University Press.
- 加藤秀弘・藤瀬良弘・岡村 寛 (2011) : H23年度国際漁業資源の現況：クロミンクジラ 南極海 - 南半球. http://kokushi.job.affrc.go.jp/H23/H23_49.pdf
- Matsuoka, K., Ensor, P., Hakamada, T., Shimada, H., Nishiwaki, S., Kasamatsu, F. and Kato, H. (2003) : Overview of minke whale sightings surveys conducted on IWC/IDCR and SOWER Antarctic cruises from 1978/79 to 2000/01. J. Cetacean Res. Manage, 5 : p173-201.

- Mori, M., Butterworth, D. S., Brandao, A., Rademeyer, R. A., Okamura, H., and Matsuda, H. (2003) Observer experience and minke whale sighting ability in IWC/IDCR-SOWER surveys. *J. Cetacean Res. Manage*, 5 : p1-11.
- 根本 敬 (1993) : 因果鉄道の旅—根本敬の人間紀行. KKベストセラーズ, : 375pp
- Okamura, H., Kitakado, T., Hiramatsu, K., and Mori, M. (2003) : Abundance estimation of diving animals by the double-platform line transect method. *Biometrics* 59 : p512-520.
- Okamura, H., Kitakado, T., and Mori, M. (2005) : An improved method for line transect sampling in Antarctic minke whale surveys. *J. Cetacean Res. Manage*, 7 : p97-106.
- Okamura, H., Minamikawa, S., Skaug, H. J., and Kishiro, T. (2012) : Abundance estimation of long-diving animals using line transect methods. *Biometrics*, 68 : p504-513.
- Schweder, T., Skaug, H. J., Dimakos, X. K., Langaas, M., and Óien, N. (1997) Abundance of northeastern Atlantic minke whales, estimates for 1989 and 1995. *Rep. int. Whal. Commn*, 47 : p453-483.
- スズキコージ (1990) エンソくん きしゃにのる. 福音館書店, : 32pp

ミニシンポジウム「動物の移動・行動、環境選択解析の最新手法と応用例」開催報告



くろまぐる資源部 温帯性まぐるグループ 主任研究員 高橋 紀夫

2012年2月28日、中央水産研究所（横浜市金沢区）・第2会議室において、国際水産資源研究所（国際水研）主催によるミニシンポジウム「動物の移動・行動、環境選択解析の最新手法と応用例」を開催しました。このミニシンポは国際水研・平成23年度所内シーズ研究「移動・行動及び環境選択解析手法の水産動物への適用可能性の検討」の一環として企画されたものです。当日は、大学・研究機関、NPOや企業から60名を超える参加があり、活発な議論と交流が行われました。この誌面をお借りして、ミニシンポの概要を報告させていただきます。

ミニシンポの企画趣旨

陸域・海域の別を問わず、野生動物の適切な保護管理を行うためには、対象とする動物の移動・回遊生態及びハビタット（生息地）選択のパターンやプロセスを明らかにすることが欠かせません。情報技術の進歩にともない動物追跡機器はめざましい発展を遂げ、現在ではGPSや記録型標識などにより詳細かつ大量の追跡データを容易に収集できるようになりました。また、リモートセンシングや地理情報システム（GIS）を利用して広域にわたる分布情報の集積も可能となっています。

近年、このような追跡データや分布データを使って野生動物の移動や行動、ハビタット選択を定量的に解析するための様々な新しい手法が、海外の研究グループを中心に開発されています。しかし、これらの手法を適用した研究事例は国内ではまだ非常に少なく、研究推進のためには専門家間の相互啓発と、新たな研究に向けた人材ネットワークの形成が必要です。そこで国際水研では、国内の大学・研究機関において、これらの最新の手法を野生動物の追跡データや分布データに適用して移動生態やハビタット選択の解析に取り組んでいる専門家の方々を招いて、手法の理論的背景や応用事例を紹介していただき、解析上の問題や今後の課題などを議論、意見交換することを目的にこのミニ

シンポを企画しました。

プログラムと各発表の概要

ミニシンポのプログラムは前後半の2部に分け、前半4題、後半3題の発表とその後の総合討論という形で構成し、前半は状態空間モデルなどの枠組みを使った移動解析に、後半は資源選択関数や多変量解析などを用いたハビタット解析にスポットを当てました。

前半：移動のモデリングと解析手法

前半の導入として、筆者から状態空間モデル（State-space model, SSM）の基礎概念を紹介しました。SSMは時系列解析に用いられている枠組みで、近年、生態学の分野でも動物の移動だけではなく、個体群動態などの解析にも広く応用されているものです。SSMは、観測できない真の「状態」（移動の場合なら、動物の位置や移動速度など）の時間的変化を表すプロセスモデルと、その「状態」に関するデータがどのように得られるかを記述した観測モデルの2つから構成されます。SSMの枠組みは、プロセスモデルによって行動変化に応じて異なる移動パターンの同定や移動に影響する環境要因の推定・定量化ができると同時に、観測モデルによって移動データの欠損や観測誤差を柔軟に扱えることから、移動解析への様々な応用が有望視されています（Patterson et al. 2008）。発表では、観測できない真の「状態」をデータからSSMを用いて推定するための統計学的手法の概念について説明しました。

続いて、国際水研の境磨研究員から、記録型標識によって得られた魚の位置データをカルマンフィルタを用いて補正する方法とその適用事例が紹介されました。マグロなどに装着した記録型標識（アーカイバルタグ）は、タグに記録された照度データより日出及び日没時刻を求め、その情報から魚が移動した緯度と経度を推定するため、魚が深く潜ってしまい十分な照度データが得られなかった場合などの推定値には大きな誤差が

生じます。また、緯度は日長から推定するため、昼夜の時間差が小さい春分・秋分の時期には緯度の推定ができなくなってしまう。ここで紹介された補正方法はSibert et al. (2003) によって開発されたもので、魚の移動プロセスとタグの観測誤差に関して記述したSSMをカルマンフィルタというアルゴリズムを用いて計算して、魚の真の移動位置をデータから推定するというものです。境研究員はこの手法をミナミマグロ幼魚のタグデータの位置補正に適用しました。従来、オーストラリア南岸に來遊するミナミマグロの幼魚は、陸棚斜面より沖合で漁獲された記録がほとんどありませんでしたが、補正された記録型標識の移動位置を検討した結果から沖合にも分布していることが示唆されました。最近では、従来の補正方法に表面水温や深度などの環境データも取り込んで解析し、推定精度を向上させる方法も開発されているそうです。

次に、東京農工大学の有本勲博士が、東京都奥多摩に生息するツキノワグマの移動軌跡をGPS首輪のデータを使用して解析した結果を紹介しました。クマをはじめ動物の移動軌跡の解析では、「滞在」や「移動」などの異なる行動モードを区別して考えることが重要ですが、行動モードが変化する境界は移動軌跡を目で見て判断するのではなく、客観的な基準で決めなければなりません。さらに、境研究員が紹介した魚の記録型標識の場合と同様、クマのGPSデータにも様々な原因により測位誤差や欠損が生じるため、位置データの補正や補間も行う必要があります。そこで、有本博士はJonsen et al. (2005) が開発したスイッチング状態空間モデル（スイッチングSSM）をクマのGPSデータに適用しました。JonsenらのスイッチングSSMは、観測モデルで位置データの測位誤差や欠損を考慮し、プロセスモデルで「滞在」と「移動」という行動モードに対応する異なる2つの移動パターンを記述する形になっており、行動モードの区分の推定と位置データの補正・補間を同じモデルの枠組みの中で統一的に行うことが可能です。発表では、スイッチングSSMによりクマの移動データの補正・補間と行動区分が適切にできたことが示され、その結果と現地調査により収集された利用環境や採食物に関する情報を組み合わせることで、クマの採食生態研究が飛躍的に進む可能性があることが議論されました。

前半の最後は、首都大学東京（現在は上越教育大学大学院）の矢部直人博士から、GPSデータへの配列解析の応用が観光客の行動分析の事例とともに紹介されました（研究分野が異なる矢部博士をこのシンポに招聘した経緯は「所感」でお話しします）。観光学では、観光資源の魅力を認知・行動科学の観点から解明するため、また、観光地・観光施設の経営に資する情報を得るため、観光客の行動を調査し分析します。近年、GPSデータから観光客の行動を分類し、分類ごとに観光資源の魅力度と満足度・滞在時間との相関関係を分析することが行われるようになってきました。矢部博士は、遺伝子解析の分野で用いられてきた配列解析をGPSデータの分析に応用し、観光行動の分類・類型化を試みました（矢部 2010）。配列解析は滞在時間だけでなく、見学や訪問する順序も考慮することができるため、観光客の行動パターンをより詳細に分類することが可能です。発表では、上野動物園の来園者の協力により収集されたGPSデータの解析事例が紹介され、来園者には7つの行動パターンがあることが示されました。また、この結果をGPS調査と同時に行ったアンケート調査からの属性情報と照合することで、見学の順序が各動物展示への評価や満足度に与える影響なども分析できることが議論されました。野生動物の研究でも、GPSデータから配列解析によって行動パターンを類型化し、各行動パターンと餌資源の分布などの環境要因との関係を解析することができるかもしれません。

後半：ハビタット解析のためのモデリングのアプローチ

後半は、まず、国際水研の清田雅史グループ長が移動軌跡のシミュレーションによる資源選択関数（Resource selection function, RSF）の解説と評価について発表しました。RSFはManly et al. (1993) が提唱した資源選択解析のためのモデリングのアプローチで、海外ではハビタット解析にも頻繁に用いられている手法です。ハビタット解析の場合のRSFは、ある場所を動物がハビタット（生息場所）として選択する確率の相対値がその選択に影響を与える要因（植生や性別など）の関数という形で表されます。解析に用いる関数（統計モデル）の型は収集されたデータの型に応じて異なり、例えば、利用の有無（在/不在、0/1）デー

タのときはロジスティックモデル、利用回数（カウント）データの場合はポアソンモデルなどのRSFが用いられます。発表では、4種のハビタットがモザイク状に分布する空間を動き回る仮想動物の移動シミュレーションデータを使い、サンプリング方法（追跡データのまとめ方）の違いによって得られるデータの型が異なることや、データの型に対応して異なる関数型のRSFを用いなければならないことが解説されました。また、代表的な関数型のRSFの推定パフォーマンスをシミュレーションにより調べた結果も示され、RSFを用いたハビタット解析はデータの追跡期間やサンプリング間隔に影響を受けることなどが議論されました。

次に、横浜国立大学の土光智子博士から空間分布モデルの枠組みとそれを適用したツキノワグマ生息地解析の事例が紹介されました。生物の空間分布モデルはSpecies distribution model (SDM) あるいはEcological niche modelingと呼ばれ、「生物の生息」と「環境」との関連性をモデリングすることで生物の分布予測を行う枠組みです。清田グループ長が解説した利用の有無（生息の在/不在）データを使ったロジスティックモデル型のRSFも空間分布モデルの1つと言えます。SDMでは、生物の生息や環境変数のデータ作成・整備からモデル（アルゴリズム）の適用とキャリブレーション、生息予測マップ作成とモデルの予測精度検証まで、一連のモデル構築の手順がすでに確立されており、モデリングの部分に関しては専用のソフトウェアもいくつか開発されています（Pearson 2007）。土光博士はこの手順に則り、ツキノワグマに関するロジスティック回帰型の生息分布モデルを構築しました（土光ほか 2009）。発表では、クマの生息に影響を与えていそうな10種以上の環境変数を、生息有無との関係や変数間の相関などの観点から吟味・選定して15個の分布モデルの候補を作成、AIC（赤池情報量基準）など複数の基準を総合的に用いてモデル選択を行い、最終的な分布モデルが「徒歩道・庭園路等への距離」と「標高」を環境変数とするモデルになったことが示されました。また、モデル構築に用いたものは独立のデータでモデルの精度が検証され、分布予測のパフォーマンスが良いことも示されました。その他、解析に生息の不在データが不要なMaxent (Phillips et al. 2006) というアルゴリズムを用いたクマの分布

予測と、その結果を利用したギャップ分析（予測生息域と現在の保護区域との隔たりを分析する手法）についても紹介されました（Doko et al. 2011）。

最後の発表は、国際水研の金治佑研究員による多変量解析手法を用いた小型ハクジラ類のハビタット解析についてでした。発表では、正準判別分析（Canonical discriminant analysis, CDA）を小型ハクジラ16種の生息域グループ分けに適用した事例、主成分分析（Principle component analysis, PCA）及び生態的ニッチ因子分析（Ecological niche factor analysis, ENFA, Hirzel et al. 2002）を南方型コビレゴンドウの空間分布推定に適用した事例が紹介されました。CDAはいくつかの要因についてグループごとに与えられたデータにより、個々がどのグループに属するかを判別する方法です。一方、PCAは相関のある多数の要因を1つまたは少数個の合成変数（主成分）で表す手法であり、現象を多数の要因ではなく、少数にまとめられた主成分で要約して説明したいときに有効な方法です。ENFAもPCAと似たような手法ですが、要因の扱い方に生態学でいうニッチの概念を取り入れているところが異なっています。金治研究員は、水温や海底水深など9つの海洋環境要因を考慮してCDA解析を行い、北太平洋に分布する16種の小型ハクジラ類は生息する海洋環境によって7つのグループに分類できることを示しました。コビレゴンドウのハビタット分布推定では、生息の在データのみを用いてPCA及びENFAにより解析した結果と、在/不在データを使ってロジスティック回帰モデルで解析した結果とが比較検討されました。どの手法による結果でも、コビレゴンドウは主に亜熱帯循環域に分布するという全体的な傾向は似ており、努力量データを欠く（不在データがない）ような状況ではPCAやENFAを用いることで在データのみからでも分布推定が可能であることが分かりました。

総合討論

時間の関係で、最後の総合討論では十分な議論をすることができませんでしたが、今後は移動モデルとハビタット解析をどのように結び付けていくかが課題であるとの指摘がありました。それに対し、移動解析のための状態空間モデルにRSFの概念を取り込んだモデ

ルも開発されつつあること (Schick et al. 2008) が紹介されました。

所感

ミニシンポには関東周辺からだけではなく、遠くは北海道や宮崎などからも参加があり、移動やハビタット選択の解析手法への関心の高さが窺われました。ミニシンポの終了後も会場では積極的な交流が行われ、非常に実りのあったシンポになったと思います。ただ、企画者としては、総合討論で十分な議論ができなかったことや、他の移動モデルやハビタット解析手法を取り上げられなかったことには悔いが残りました。国内の研究の進み具合を見ながら、近い将来、ミニシンポの第2弾を企画したいと考えています。

ミニシンポの企画趣旨のところで述べたように、野生動物の移動やハビタットを定量的に解析した国内の研究事例は少なく、特に移動モデルを用いた解析はほとんど行われていないと言ってよいでしょう。有本博士が紹介した状態空間モデルの枠組みを使ったツキノワグマの移動軌跡の解析は、筆者が知る限り、国内では初めての大型哺乳類への適用事例です (ちなみに、有本博士は、今春、この研究で学位を取得したばかりのほかほかの博士1年生です)。また、矢部博士は、移動モデルなどのキーワードでネット検索してヒットした数少ない研究者の1人でした。観光学という耳慣れない分野の方でしたが、ウェブサイトの研究内容を読み、矢部博士が人間の行動分析に用いている手法は野生動物の移動生態に関する研究にも応用できるのではないかと、異分野間の交流で新たなアイデアが生まれる可能性もあるのではないかと考え、今回アウェイでの講演を依頼しました。

最後に、年度末のご多忙の中、ミニシンポでの講演依頼を快く承諾して下さった全ての演者の方々と、シンポ開催までの様々な場面で協力して下さったシーズ研のメンバーにこの場をお借りして心よりお礼を申し上げます。

引用文献

Doko T., Fukui, H., Kooiman, A., Toxopeus, A. G., Ichinose, T., Chen, W. and Skidmore, A. K. (2011) : Identifying habitat patches and

potential ecological corridors for remnant Asiatic black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) populations in Japan. *Ecological Modelling*, 222: p748-761.

土光智子・福井弘道・大澤啓志・一ノ瀬友博 (2009) : ロジスティック回帰モデルを用いた環境指標によるツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) の生息確率予測モデル. *環境情報科学論文集*, 23: p107-112.

Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D. and Perrin, N. (2002) : Ecological-Niche Factor Analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 83: p2027-2036.

Jonsen, I. D., Flemming, J. M. and Myers, R. A. (2005) : Robust state-space modeling of animal movement data. *Ecology*, 86 : p2874-2880.

Manly, B., McDonald, L. and Thomas, D. (1993) : Resource selection by Animals - Statistical design and analysis for field studies. Chapman & Hall, London, 177 pp

Patterson, T. A., Thomas, L., Wilcox, C., Ovaskainen, O. and Matthiopoulos, J. (2008) : State-space models of individual animal movement. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: p87-94.

Pearson, R. G. (2007) : Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Synthesis. American Museum of Natural History. Available at <http://ncep.amnh.org>.

Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapire, R. E. (2006) : Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190 : p231-259.

Schick, R. S., Loarie, S. R., Colchero, F., Best, B. D., Boustany, A., Conde, D. A., Halpin, P. N., Joppa, L. N., McClellan, C. M. and Clark, J. S. (2008) : Understanding movement data and movement processes: current and emerging directions. *Ecology Letters*, 11 : p1338-1350.

Sibert, J. R., Musyl, M. K. and Brill, R. W. (2003) : Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus*

obesus) near Hawaii determined by Kalman filter analysis of archival tagging data. Fisheries Oceanography, 12: p141-151.



ミニシンポ会場の様子。当日は日本各地から60名を越える野生動物研究者が集まりました。

矢部直人 (2010) : GPSデータに対する配列解析の援用. 地理情報システム学会講演論文集, 19: p181-190.



質疑応答の様子

連載コラム：海と漁業と生態系 【第1回】 漁業をめぐる生態系の動き



外洋資源部 外洋生態系グループ長 清田 雅史

近年、環境意識の高まりとともに『生態系』や『エコ』がキーワードとして色々な場面で使われるようになってきた。海や水産を巡っても、『生態系に優しい漁業』、『生態系に基づく管理』、『生態系アプローチ』といった言葉をしばしば見かける。しかし、これらの言葉はイメージが先行しがちで、生態系の語に込められた意味が使い手と受け手で微妙に異なっていることも少なくない。

遠洋水産研究所に外洋生態系研究室（現在の国際水産資源研究所、外洋生態系グループ）が発足して3年あまり経過した。私はこのグループ最初のリーダーとして生態系研究に着手するにあたり、水産と生態系のあり方に関する様々な考え方に接し、漁業データを活かした研究の方向性を探ってきた。ここではその経験に基づき、水産と生態系を巡ってどのような懸案事項があり、どのような取り組みが可能であるか、連載コラム形式で紹介してみようと思う。まず第1回目は、漁業を取り巻く生態系の論議を、私なりに整理してみる。

水産をめぐって生態系が意識されるようになった背景にはいくつかの異なる動機があり、それぞれ目指すものが異なっている。ここでは、漁業をめぐる生態系の考慮を求める動きを、次の5つに要約する。

1) 平衡理論に基づく単一魚種管理への批判（理論的背景から）

水産資源管理のオーソドックスな手順は、資源の動態と現状を推測し、資源と漁業を持続可能なレベルに維持するものである。資源状況の予測には、個体群動態モデルが用いられる。例えば、最も単純なモデル

では、 $\frac{dN}{dt} = rN(1 - \frac{N}{K})$ のように、個体数の変化速度を密度効果をもった微分方程式で表す。 N は個体数、 r は最大増加率、 K は環境収容力である。このモデル（ロジスティック・モデル）では、個体数 N が時間に

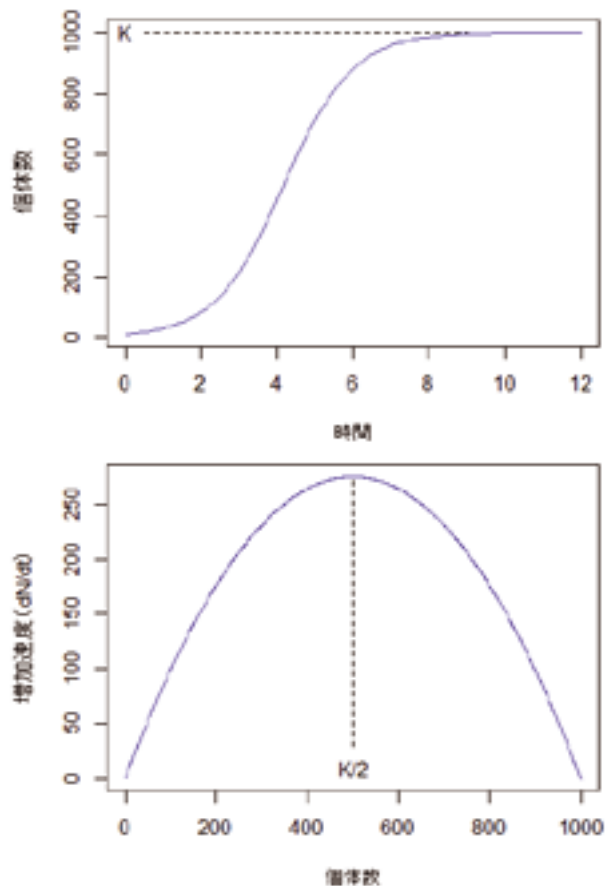


図1. ロジスティック・モデルにおける時間と個体数の関係（上）および個体数と増加速度の関係（下）。

対してS字型の増加曲線を描いて K に収束し、 $\frac{dN}{dt}$ が N の2次関数になっていることから、 $N = \frac{K}{2}$ のときに

最大の増加速度が得られる（図1）。 r や K の算定値から適正な資源レベルや間引き率（漁獲率）を求め、資源や漁業の状況を判定する基準として用いる。より複雑なモデルでは、 N を年齢別に考えたり、重量として表したり、 r を自然死亡、成長、再生産、移動などに分解するが、密度効果を考えた資源量の増減モデルを考える点は共通している。従来こうした資源モデルでは、資源の増減を表す r や環境収容力を表す K を一定と見なし、観測された変動は誤差として扱われてきた。しかし r は餌や捕食者の量や環境条件によって当

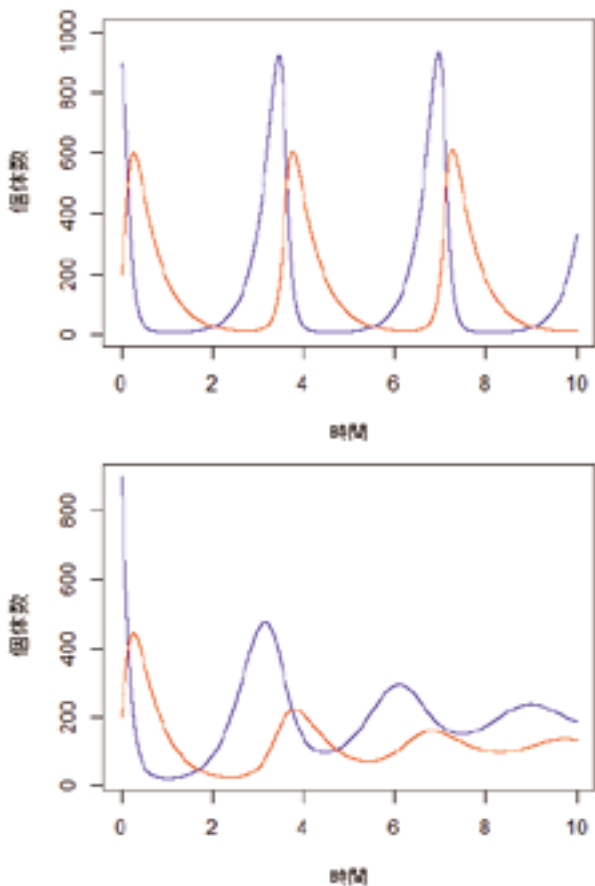


図2. ロトカ・ボルテラのモデルにおける餌生物(青)と捕食者(赤)の個体数変動の例。通常モデル(上)および餌生物に密度効果があるモデル(下)。

然変わるものであり、 K も餌や住み場所をめぐる他種との競合関係等によって変わり得る筈である。例えば、1種の餌生物と1種の捕食者の個体数変動を表すロトカ・ボルテラのモデルでも、微妙なパラメータの違いによって複雑な変動が起こることが知られている(図2)。まして現実の海の中の資源変動を一定の r や K で表せる訳がなく、他種との関係、すなわち生態系の考慮が必要であろうと主張するのがこの流れである。生態学的な正論を背景にした説得力のある主張である。しかし、実際の複雑な種間関係をモデル化するためには大量の情報が必要となり、結局データ不足に起因する不確実性を抱え込んで予防的対応を求めるだけに終わる恐れもある。元々モデルとは複雑なシステムの中で関心のない部分を簡略化し、興味の対象に重点を置いて関係を数式化した実用的ツールである。そう考えると、単一魚種管理において、環境や捕食・被食関係を定数や誤差として扱うことに問題があるとも言いきれず、結局この議論はモデリングの信条をめぐる水掛

け論に陥りがちである。しかし、複数漁業管理、多魚種管理は単一資源モデルの枠組みで対応することがむずかしく、また、単一魚種管理においても数十年以上前の初期状態をそのまま現在の評価基準とすることに疑問が投げかけられるようになっており、環境変動や種間関係を考慮した評価の重要性が、以前に比べ高まっていることは間違いない。

2) 環境改変に対する危機感と将来予測のニーズ

温室効果ガスによる地球温暖化は21世紀の人類が直面する深刻な問題である。海洋の構造や動態にも大幅な変化が起こると考えられ、水温上昇や酸性化と相まった環境変化が、海洋生物群集にどのような変化をもたらすか科学的に予測し、対策を検討しておく必要がある。このように変動する環境の下での生態系の応答予測と管理手法の検討は、社会的に重要な命題となっており、モニタリング網の整備と将来予測に重点を置いた大気と海洋の動態モデルの開発が進められている。

過去にも同様に人間活動の生態系影響評価が求められたことがあった。1960-70年代の高度成長期には、有害物質の環境蓄積と人体への影響が『公害』として初めて認識され、食物連鎖を通じた濃縮が社会的にも注目を集めた。また、産業排水や都市排水に含まれる多量の有機物や栄養塩は赤潮、青潮など生態系に変化を引き起こし、富栄養化メカニズムの解明のために水圏の物質循環モデルやプランクトン動態モデルが開発された。その流れは現在の生態系モデルに受け継がれている。また、1990年代には北海のアザラシの大量死などにより有機塩素の生物濃縮と野生生物被害が世界的な問題になり、環境ホルモンや環境リスク評価といった概念が発達した。

3) 非漁獲対象種への影響懸念(絶滅の恐れのある野生生物保護の観点から)

3つめは、漁獲の対象ではない生物に漁業が与える影響に着目したもので、いわゆる混獲問題はその典型例である。漁業活動が海生哺乳類、海鳥類、サメ類などの大型海洋生物の生存を脅かし、そのために絶滅の危機に瀕している種がいるという問題指摘で、動物保護、環境保護運動の流れを汲んでいる。その後、深海

に生息する冷水性サンゴ等の脆弱な生態系（VME）や、熱水生物群集なども保全対象として掲げられ、生物多様性や遺伝資源を次世代に残すべきであるという方向に議論が発展している。この主張は、食物網の頂点に位置する大型動物の減少や、サンゴのように立体的な構造を作る底生生物の消失によって、生態系の構造や機能に変化が生じているという4)の問題認識とも関連している。

4) 漁業による生態系の構造と機能の変化

漁獲による生物の間引きが、食物網を通じて間接的な影響をもたらしたり、生息環境を改変したりすることによって、生態系に大規模な変化が起こり海の生態系機能が低下しているという指摘である。この論陣の筆頭格はブリティッシュコロンビア大学のD. ポーリーやダルハウジー大学の故R. マイヤーズである。漁業は価格の高い大型魚を主対象とし、3)の混獲も伴うことにより生態系の高次捕食者を枯渇させ、小型の餌生物が逆に増える。こうした捕食・被食関係を通じた間接効果（栄養カスケード、図3）によって、最

終的に海の中には寿命が短い小型生物ばかりが残る、といった仮説（フィッシングダウン説）がセンセーショナルに繰り返られていることは、ご存知の方も多であろう。栄養カスケード効果は理論的には予測されていたものの、従来湖沼等の閉鎖水域における例証しかなかった。この論理を展開する科学者達は、外洋でも浅海域でも漁業の間接効果が観察され、二枚貝の減少はサメの漁獲によって間接的にもたらされたエイの増加によって、クラゲの大発生も漁業等の人間活動による環境と生態系の改変によって説明できると主張している。これに対し、観察された現象を短絡的につなぎ合わせるだけでは不十分であると指摘し、慎重なデータの吟味と因果関係の検証を求める研究者もいる。近年では双方の立場の研究者が協力して状況分析を行う試みも始められている。

5) 多角的な生態系サービスを求める動き（社会経済的観点から）

ここまで紹介した動きは、変動する環境の下での漁業と生態系のあり方を問うもので、漁業か保護かの二元論になりがちであった。しかし、海を利用しているのは水産業だけに限らない。埋め立て、海運、発電、海底鉱物資源利用、観光、レクリエーションなどの産業活動や市民活動も海を舞台としており、水産業と利害が対立する場面も少なくない。さらに環境浄化作用や温度調節機能、水資源のプール機能や文化人類学的な側面まで含めると、人間が海から受ける恩恵（生態系サービス）には様々な価値が認められる。海からの生態系サービスを持続的に享受するためには、生態系の構造と機能を維持することが必要だが、どのサービスにどれだけの価値を見出すかは人によって異なる。従って、海の持続的利用と保全を推進するためには、異なる文化的背景や多様な価値観を持った利害関係者の意見調整と合意形成が重要である。こうした一連の問題解決プロセスは生態系アプローチと呼ばれている。生態系の価値を定義し、利害関係者の意見を調整しながら管理目的を設定し、管理施策を定め、目的に照らし合わせて管理効果をモニタリングして評価する『保全計画の体系的な立案』（systematic conservation planning）が具体的手順として提唱されており、そこでは海洋保護区やゾーニングなどの空間管理が重要な

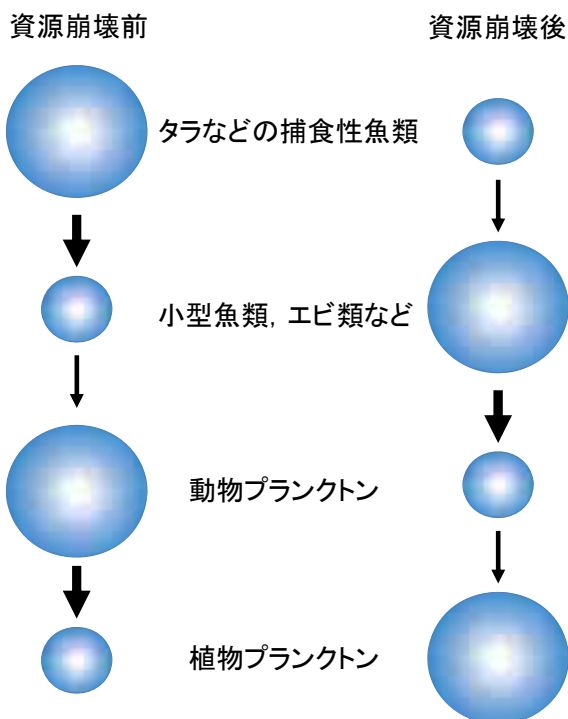


図3. タラなどの高次捕食者の資源崩壊が栄養カスケードを通じて低次生物に及ぼす影響を示す模式図。左は捕食性魚類の資源崩壊前、右は崩壊後の状態、円の大きさはバイオマス、矢印の太さは捕食圧を表す（Scheffer et al. 2005 *Trends Ecol. Evol.* 20: 579-581を改変）。

保全ツールと考えられている。生物多様性条約はこのような生態系アプローチを主軸としている。また、我が国の水産基本計画は、『自然環境や生態系の保全等の水産業・漁村が有する多面的機能に対する国民の期待の高まり』を掲げ、水産業界自体の生態系機能を多角的に評価する姿勢を示している。

以上のように、海と漁業をめぐる生態系の論議は、平衡理論をベースとした単一魚種管理への批判、地球温暖化や汚染の影響予測、動物保護などに端を発し、環境変動と漁業の影響を考慮しながら、多様な生

態系サービスを持続的に享受するために生態系の構造や機能を維持する方向に向かいつつあるようだ。このように最近の生態系論議は学際的に幅が広がっている。個々の論点を理解する上で、本コラムがお役に立てば幸いである。ここで挙げた以外にも論点は色々あり、例えば、外来種や種苗放流が生態系に及ぼす影響や、漁業と海生哺乳類や海鳥との魚をめぐる競争関係なども注目されている。読者の皆さんも、それぞれの立場から海の価値や水産と生態系の関係について思いを巡らせてみていただきたい。

刊行物ニュース (平成23年1月~平成23年12月:2011)

(下線を付けた著者は国際水産資源研究所の研究者を示す)

学術雑誌・書籍等

- Amano, T., Kusumoto, Y., Okamura, H., Baba, Y. G., Hamasaki, K., Tanaka, K. and Yamamoto, S. (2011) : A macro-scale perspective on within-farm management: how climate and topography alter the effect of farming practices. *Ecology Letters*, 14 : p1263-1272.
- Amano, T., Okamura, H., Carrizo, S. F. and Sutherland, W. J. (2011) : Hierarchical models for smoothed population indices: the importance of considering variations in trends of count data among sites. *Ecological Indicators*, 13 : p.243-252.
- Chow, S., Andrew, J., Miyake, Y., Konishi, K., Okazaki, M., Suzuki, N., Muhamad, A., Imai, H., Wakabayashi, T. and Sakai, M. (2011) : Genetic isolation between the Western and Eastern Pacific populations of pronghorn spiny lobster *Panulirus penicillatus*. *PLoS one*, 6 (12) : pe29280
- Fujioka, K., Hobday, A. J., Kawabe, R., Miyashita, K., Takao, Y., Sakai, O. and Itou, T. (2011) : Departure behavior of juvenile southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from southern Western Australia temperate waters in relation to the Leeuwin Current. *Fisheries Oceanography*, 21 (4) : p269-280.
- Fukuda, H., Sawada, Y. and Takagi, T. (2011) : Ontogenetic changes in behaviour transmission among individuals in the schooling of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Aquatic Living Resources*, 24 (2) : p113-119.
- Fukuda, H., Torisawa, S., Yamane, T. and Takagi, T. (2011) : Concernment of rheotactic reaction and schooling behaviour traits of the dwarf sweetfish, *Plecoglossus altivelis* on a capture process of the set-net "Eri". *水産工学*, 48 (2) : p117-124.
- Ichii, T., Kedarnath, M., Sakai, M., Wakabayashi, T., Okamura, H., Igarashi, H., Inagake, D. and Okada, Y. (2011) : Changes in abundance of the neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in relation to climate change in the central North Pacific Ocean. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, 441 : p151-164.
- 五十嵐弘道・淡路敏之・浦地政文・石川洋一・杉浦望実・増田周平・土居知将・碓氷典久・藤井陽介・豊田隆寛・日吉善久・佐々木祐二・齊藤誠一・酒井光夫・加藤慶樹・佐藤晋一 (2011) : 気候変動に伴う水産資源・海況変動予測技術の革新と実利用化. *土木学会論文集G (環境)*, 67 : p9-15.
- Itou, T., Kenps, H. and Totterdell, J. (2011) : Diet of young southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* in the southwestern coastal waters of Australia in summer. *Fisheries Science*, 77 : p337-334.
- Iwami, T., Naganobu, M., Taki, K. and Kiyota, M. (2011) : Annual changes in species composition and abundance of myctophid fish in the north of South Georgia (subarea 48.3) , Antarctica, during austral winters from 2002 to 2008. *CCAMLR Science*, 18 : p155-165.
- Kadota, M., Torisawa, S., Takagi, T., Komeyama, K. and Fukuda, H. (2011) : Analysis of juvenile tuna movements as correlated random walk. *Fisheries Science*, 77 : p993-998
- Kanaji, Y., Okamura, H. and Miyashita, T. (2011) : Long-Term abundance trends of the northern form of the short-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus*) along the Pacific coast of Japan. *Marine Mammal Science*, 27 : p477-492.
- 木白俊哉・吉田英可・田村 力・小西健志・上田真久・岡本亮介・加藤秀弘 (2011) : 秋季釧路沖におけるミンクジラの成熟と摂餌生態の関係. *水産海洋研究*, 75 (3) : p175-176.
- 清田雅史・米崎史郎・香山薫・馬場徳寿 (2011) : オットセイの捕獲と取り扱い方法. *哺乳類科学*, 51 (1) : p115-138.
- 前原太治・青木一郎・米崎史郎・渡邊 光・村瀬弘人・山口 篤 (2011) : 夏季の本州東方沖合域におけるカタクチイワシの摂餌生態. *水産海洋研究*, 75 (3) : p.187.
- 森 光代・渡邊 光・袴田高志・田村 力・小西健志・村瀬弘人・松岡耕二 (2011) : エコパス・エコシムを用いた北西太平洋の生態系モデルの構築. *水産海洋研究*, 75 (3) : p189.
- Minamikawa, S., Watanabe, H. and Iwasaki, T. (2011) : Diving behavior of a false killer whale, *Pseudorca crassidens*, in the Kuroshio-Oyashio transition region and the Kuroshio front region of the western North Pacific. *Marine Mammal Science*, doi : 10.1111/j.1748-7692.2011.00532.x
- 宮下和士・松倉隆一・東条齊興・南 憲史・安間洋樹・永島 宏・小野寺恵一・渡邊 光・米崎史郎・村瀬弘人 (2011) : 計量魚探による鯨類餌生物のモニタリング. *水産海洋研究*, 75 (3) : p.183-184.
- Murase, H., Kawabata, A., Kubota, H., Nakagami, M., Amakasu, K., Abe, K., Miyashita, K. and Oozeki, Y. (2011) : Effect of depth-dependent target strength on biomass estimation of Japanese anchovy. *Journal of Marine Science and Technology*, 19 (3) : p267-272.
- 村瀬弘人・田村 力・磯田辰也・岡本亮介・加藤秀弘・米崎史郎・渡邊 光・東条齊興・松倉隆一・宮下和士・木和田広司・松岡耕二・西脇茂利・稲掛伝三・岡崎 誠・岡村 寛・藤瀬良弘 (2011) : 北西太平洋沖合域におけるミンクジラ、イワシクジラ、ニタリクジラの餌選択性. *水産海洋研究*, 75 (3) : p.180-181.
- Okamura, H. and Takasuka, A. (2011) : A bootstrap method for testing equality of peak months. *Population Ecology*, 54 : p169-176.
- 小野寺恵一・永島 宏・松倉隆一・宮下和士・米崎史郎・村瀬弘人 (2011) : 仙台湾における鯨類餌生物・海洋調査. *水産海洋研究*, 75 (3) : p.184-185.
- Pastene Luis・畑中 寛・藤瀬良弘・上田真久・村瀬弘人・田村 力・宮下富夫・加藤秀弘 (2011) : 第二期北西太平洋鯨類捕獲調査 (JARPNI) : 調査目的と現況. *水産海洋研究*, 75 (3) : p172-173.

- Pastene Luis · 畑中 寛 · 藤瀬良弘 · 上田真久 · 村瀬弘人 · 田村 力 · 安永玄太 · 木白俊哉 · 吉田英可 · 宮下富夫 · 加藤秀弘 (2011) : 第二期北西太平洋鯨類捕獲調査 (JARPNI) : その起源, 調査目的及び最初の6年間 (2002-2007年) の調査進捗状況と今後の調査に対する科学的検討. 海洋と生物, 33 (2) : p171-185.
- Sakai, M., Burunetti, N., Ivanovic, M., Elena, B. and Sakurai, Y. (2011) : Useful techniques for artificial fertilization of the ommastrephid squid *Illex argentine*. JARQ, 45 : p301-308.
- 酒井光夫 (2011) : 平成23年度における外洋性アカイカ類の資源状況. 全国いか組合報, 519 : p36-39.
- 佐々木裕子 · 齊藤誠一 · 松岡耕二 · 村瀬弘人 · 木和田広司 (2011) : イワシクジラとニタリクジラの空間分布特性. 水産海洋研究, 75 (3) : p.179-180.
- Suzuki, G., Kai, S., Yamashita, H., Suzuki, K., Iehisa, Y. and Hayashibara, T. : Narrower grid structure of artificial reef enhances initial survival of in situ settled coral. Marine Pollution Bulletin, 62 : p36-39.
- 鈴木 豪 · 新垣誠司 · 下田 徹 · 名波 敦 · 山下 洋 · 甲斐清香 · 林原 毅 · 奥世田兼三 (2011) : 石西礁湖における枝状ミドリイシ群集の回復阻害要因の検討. 日本サンゴ礁学会誌, 13 : p1-13.
- Taki, K., Kiyota, M., Ichii, T. and Iwami, T. (2011) : Distribution and population structure of *Dissostichus eleginoides* and *D. mawsoni* on Banzare Bank (CCAMLR division 58.4.3B) , Indian Ocean. CCAMLR Science, 18 : p145-153.
- Torisawa, S., Fukuda, H., Suzuki, K. and Takagi, T. (2011) : Schooling behaviour of juvenile Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* depends on their vision development. Journal of Fish Biology, 79 : p1291-1303.
- 若林敏江 · 和田志郎 · 越智洋介 · 一井太郎 · 酒井光夫 (2011) : mtDNAデータに基づく北太平洋と南西大西洋のアカイカ集団の遺伝的差違. Nippon Suisan Gakkaishi, 78 (2) : p198-203.
- 山口 篤 · 花宮由理佳 · 村瀬弘人 · 渡邊 光 (2011) : 大型動物プランクトンの日周鉛直移動に伴う物質鉛直フラックス. 水産海洋研究, 75 (3) : p185-186.
- 柳本 卓 · 若林敏江 · 重信裕弥 · 小林敬典 (2011) : 次世代シーケンサーRoche454を用いた水産生物のマイクロサテライトマーカー探索について. DNA多型, 19 : p126-128.
- 柳本 卓 · 若林敏江 · 重信裕弥 · 小林敬典 · 中村洋路 · 五條堀孝 (2011) : 高速シーケンサーによる水産生物の遺伝マーカーの探索. DNA鑑定, 3 : p29-36.
- Yokota, K., Minami, H. and Kiyota, M. (2011) : Effectiveness of tori-lines for further reduction of incidental catch of seabirds in pelagic longline fisheries. Fisheries Science, 77 (4) : p479-485.
- Yokota, K. and Kiyota, M. (2011) : Performance of side-setting method as a mitigation measure for reducing incidental catch of seabirds on a large-sized pelagic longline vessel. Fisheries Engineering, 48 (1) : p7-14.
- Yonezaki, S., Kiyota, M., Baba, N., Koido, T. and Takemura, A. (2011) : Prey size reconstruction based on myctophid otoliths in scats of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) . Mammal Study, 36 (3) : p159-163.
- 吉田英可 · 木白俊哉 · 後藤睦夫 · 坂東武治 · 田村 力 · 小西健志 · 岡本亮介 · 加藤秀弘 (2011) : 春季の三陸沖におけるミンククジラの摂餌生態. 水産海洋研究, 75 (3) : p177-178.

主な出来事 (平成23年10月1日～平成24年3月31日)

●国際会議

月	用 務	出張先
10	IATTC科学ワークショップ「Including Oceanography in Fisheries Stock Assessment and Management」(竹内、岩田、境)	ラホヤ (アメリカ)
10	IOTC熱帯性まぐろ作業部会 (西田、岡本、佐藤 (主)、清藤)	マレ (モルディブ)
10	PICES 2011の年次会合 (酒井、加藤)	ハバロフスク (ロシア)
10	IOTC生態系作業部会 (余川、仙波、平岡)	マレ (モルディブ)
10～11	CCAMLR科学委員会・年次会合 (清田、瀧)	ホバート (オーストラリア)
11	インドネシア水産資源管理ワークショップ (西田)	ジャカルタ (インドネシア)
11	ICCAT年次会合 (中野)	イスタンブール (トルコ)
11	小型鯨類捕殺方法ワークショップ (岩崎)	コペンハーゲン (デンマーク)
11	空間生態系資源動態モデルによる日本近海のカツオ資源分布動態の把握に関する打ち合わせ (清藤)	トゥールーズ (フランス)
11～12	19th biennial conference on the biology of marine mammals (金治)	タンパ (アメリカ)
11～12	ISCサメ作業部会・年齢査定ワークショップ・IATTCクロトガリザメ資源評価会合 (余川、仙波、平岡)	ラホヤ (アメリカ)
12	ISCカジキ類作業部会 (余川、宮部、木元)	ホノルル (アメリカ)
12	IOTC第8回統計作業部会・第14回科学委員会 (西田)	ビクトリア (セーシェル)
12	CBD持続可能な漁業に関する専門家会議 (中野)	ベルゲン (ノルウェー)
12	大西洋クロマグロ仔魚と衛星水産海洋学、資源評価プロジェクトチームワークショップ (阿部、土井)	フロリダ (アメリカ)
1	FAOキンメダイワークショップ (本多、西田)	ローマ (イタリア)
1～2	ISCクロマグロ作業部会 (竹内、大島、甲斐、岩田、藤岡、福田)	ラホヤ (アメリカ)
1～2	「国際共同研究」において実施した新型ピンガー実証実験データの共同解析作業 (西田)	ケアンズ (オーストラリア)
2	小型鯨類による漁業被害に関する二国間協議 (宮下、岩崎)	釜山 (韓国)
2～3	海賊が漁業に与える影響に関するワークショップ (西田)	ビクトリア (セーシェル)
3	IOTC-OFCF共同事業 合同委員会 (西田)	マヘ (セーシェル)
3	インドネシアまぐろ類漁獲量推定ワーキングショップ (西田)	ジャカルタ (インドネシア)
3	CITES動物委員会 (余川)	ジュネーブ (スイス)
3	太平洋くろまぐろ資源評価に関する打ち合わせ (中野、竹内)	釜山 (韓国)
3	中西部太平洋まぐろ類委員会 (WCPFC) 年次会合 (宮部、小倉)	グアム (アメリカ)
3	東南アジア漁業開発センター (SEAFDEC) 主催の鯨類目視調査プログラム会合 (吉田)	バンコク (タイ)
3	クサカリツボダイ資源評価ワークショップ (本多、宮下、西田、清田、林原、米崎)	静岡県静岡市
3	CCSBT生態系関連種作業部会 (余川、仙波、南、松永)	東京都

●学会・研究集会

月	用 務	出張先
10	第22回北西太平洋ミンクジラ分科会 (宮下、岩崎、吉田)	東京都
11	日本サンゴ礁学会第14回大会 (林原)	沖縄県那覇市
11	第2回CITES研究会 (宮部、中野、伊藤、高橋、境、余川、仙波)	東京都
11	2011年度水産海洋学会研究発表大会 (西田、酒井、米崎、大前)	北海道函館市
11	日本バイオロギング研究会・第7回シンポジウム (南川)	愛知県名古屋市
11	2011年度勇魚会シンポジウム「みちのくの海と水族館の海棲哺乳類」(米崎)	宮城県松島町
11～12	ISSF まぐろ漁業及びFADに関するシンポジウム (岡本)	パペーテ (フランス)
12	第23回北西太平洋ミンクジラ分科会 (岩崎、木白)	東京都
12	第4回アジア太平洋地域生物多様性観測ネットワーク(AP-BON)ワークショップ (高橋)	東京都
12	特別シンポ「東日本大震災から見た水産業の復興と新たな歩み 研究開発の立場からの支援」(魚住)	東京都
12	研究集会「電子標識を用いた高度回遊性魚類の生態研究の現状」(藤岡)	千葉県柏市

12	東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「混獲と生物多様性保全-非意図的漁獲をいかに軽減するか?」(小倉、南、松永、仙波、岩崎、清田、米崎)	千葉県柏市
12	統数研共同利用研究集会「大型野生動物データと統計数理」(清藤)	東京都
1	第24回北西太平洋ミンククジラ分科会(宮下、木白、吉田)	東京都
2	第25回北西太平洋ミンククジラ分科会(魚住、宮下、吉田)	東京都
2	所内シーズ研究ミニシンポジウム「動物の移動・行動、環境選択解析の最新手法と応用例」(松本、境)	神奈川県横浜市
3	第26回北西太平洋ミンククジラ分科会(魚住、宮下、岩崎、木白、吉田)	東京都

●フィールド調査(海上) 水産庁及び独法所属船

月	調査名	調査海域
10~11	日本東方沖における混獲生物調査(松永:俊鷹丸)	北西太平洋
11~3	アメリカオオアカイカ調査(酒井、加藤:開洋丸)	東部南太平洋

●フィールド調査(海上) その他の船舶

月	調査名	調査海域
11~12	沖合いか釣り調査(加藤:第2吉丸)	日本海

●フィールド調査(陸上)

月	調査名	調査海域
10	和歌山県いるか漁業漁獲物調査(岩崎)	太地町
10~11	カツオ漁況収集、標識広報活動、カツオ標識放流調査(松本)	糸満市、宮古島市、与那国町
11	小型捕鯨漁獲物調査(木白)	石巻市
11	福岡市鮮魚市場におけるまき網船による漁獲物の測定調査(岩田)	福岡市
1	山川町漁港における海まき船水揚げ実態調査(佐藤(圭))	指宿市
2	カツオ標識放流調査(松本)	与那国町
3	サメ類漁業実態についての聞き取り調査(仙波、平岡)	与那国町
1~2	ミナミマグロ加入量モニタリング調査(伊藤、境)	西オーストラリア南岸海域
3	台湾周辺のサメ類の生物サンプリング(平岡)	台北(台湾)

それでも地球は動いている

編集後記

新しい年度がスタートして半年が過ぎようとしています。

さて、昨年9月に遠洋水産研究所の名称を「国際水産資源研究所」に改め、本誌の誌名も「ななつの海から」にリニューアルして1年が過ぎ、第3号をお届けすることになりました。

今号の特集記事「カツオの移動回遊特性解明を目的としたアーカイバルタグ放流調査」は、近年の日本近海におけるカツオ漁獲が不安定となっている原因を解明しようと取り組んで来た電子標識による調査研究の成果の一端をご紹介します。図表や写真を含め詳しい情報を掲載しておりますのでじっくりとご覧下さい。

同じく特集記事「センチメンタルジャーニー：南水洋ミンククジラ個体数推定の思い出」には、国際捕鯨委員会の60年以上の歴史において一つのエポックメイキングな話題として注目される「南水洋ミンククジラ（クロミンククジラ）の個体数推定において我が国の研究者が開発・提案した方法による計算結果が採択された」というビッグニュースの解説を取り上げました。先に、本紙第2号（2012年2月刊行）の特集記事として、ミナミマグロのTAC（総許容漁獲量）を決める管理方式が我が国の研究者をはじめ関係者の10年越し

の努力により完成したことを紹介しました。今回のクロミンククジラの成果も2001年に着手して2012年に採択されるまで実に10年間以上にわたる切磋琢磨の積み重ねがあってこそ得られたものです。記事のタイトル「センチメンタルジャーニー」に込められた開発者である筆者の思いを淡々と綴られた科学解説文と少し感傷的な引用の歌詞に読み取っていただければ幸いです。

話題は変わりますが、夏も終わりの2012年8月下旬に北太平洋漁業委員会準備会合及び科学作業部会に出席するため、米国アラスカ州のジュノーに1週間ほど出張して参りました。ジュノーはアラスカ州の州都であり、アラスカ州南東部の大陸本土（北緯58度）に位置し、人口3万人ほどの同州第3の都市です。19世紀末のアラスカのゴールドラッシュを機に発展した町ということですが、現在は州都としての機能に加え、アラスカ観光クルーズ船の寄港地として賑わっています。ジュノー市街地から20kmほどのところにあるメンデンホール氷河は観光バスでアクセスできるため手軽に見られる氷河として有名です。それではアラスカ・ジュノーの風景写真をご覧くださいながら、本誌のご愛読をお願いして筆を置きます。

（業務推進部長 本多 仁）



ジュノー風景写真（左から、停泊中の観光船と水上飛行機、科学作業部会参加者、会議場風景）



発行／独立行政法人 水産総合研究センター 編集／独立行政法人 水産総合研究センター 国際水産資源研究所

〒424-8633 静岡県静岡市清水区折戸5丁目7番1号 TEL 054-336-6000 FAX 054-335-9642 E-mail : www.enyo@fra.affrc.go.jp

<http://fsf.fra.affrc.go.jp/>