

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24370012

研究課題名(和文) 同所的に生息する大深度潜水ハクジラ類のニッチ分化

研究課題名(英文) Niche division between two sympatric deep diving odontocete species

研究代表者

天野 雅男 (AMANO, Masao)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科(水産)・教授

研究者番号：50270905

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,700,000円

研究成果の概要(和文)：大深度潜水者であるマッコウジラとアカボウジラ科鯨類は、中深層の餌資源を異なった形で利用しているために共存が可能になっているとするいわゆるニッチ分化仮説を、北海道根室海峡に夏季同所的に生息するマッコウジラとツチクジラの生息地利用パターンを調査することで検証した。両者は同じように海峡中央部に出現したが、その主たる利用海域、日周性に差異が見られた。また、データロガー調査の結果、この海域のマッコウジラは極めて定型的な日周海域利用を行なっていることが明らかとなった。両種は根室海峡の中深層を利用しつつもその利用パターンはかなり異なっており、ニッチを分けていることが示された。

研究成果の概要(英文)：It is hypothesized that deep diving sperm whales and ziphiid whales can coexist by utilizing mesopelagic environment differently. We test this hypothesis by examining habitat use of sperm and Baird's beaked whales in the Nemuro Strait, Hokkaido, where the two species are distributed sympatrically. The both species occurred in the middle part of the strait, but distribution and its diel movement pattern was different. Data loggers attached to sperm whales revealed that sperm whales followed simple routine to search prey in the Strait. These results indicate that habitat use pattern is different between these two species.

研究分野：行動生態学

キーワード：種間関係 ハクジラ類 生息地利用 採餌戦略

1. 研究開始当初の背景

マッコウクジラとアカボウクジラ科鯨類は、共に大深度潜水者であり、その能力で中深層性の頭足類を独占的に利用していることから、同じギルドに属していると考えられる。同じギルドに2つの系統のハクジラが存在できる理由として、両者が中深層の餌資源を異なった形で利用できるようになったニッチ分化のためであるという説が提唱されてきた (Whitehead et al. 2003)。これまでの胃内容物の調査結果から、両者の間には食性の幅に違いがあることが示唆されている。つまりマッコウクジラの方がより食性の幅が広いジェネラリスト、アカボウクジラ科鯨類はスペシャリストであり、このニッチ幅の違いにより、両者が中深層性の頭足類を利用しつつ共存できていると考えられる。しかしこの仮説は異なった海域から得られた2、3種の胃内容物分析の結果から示唆されたものであり、実際に同所的に生息する種間で、このようなニッチの分化が実際に生じているのかについては検討されたことはない。また、このニッチ幅の違いは、水平移動のパターンに影響し、ニッチ幅の広い種は広域を移動し、狭い種は局地的な移動をするとの予測がなされているが (Whitehead et al. 2003) これも実際に同所的な2種で確認されたことはない。

北海道知床半島沖の根室海峡は、夏季の間マッコウクジラとツチクジラが採餌のために回遊し、同所的に分布する。この海域では、標本数は少ないものの捕獲されたツチクジラの胃内容物の情報があり、マッコウクジラとの食性の類似性が指摘されており (Walker et al. 2002) 両者は同じギルドに属していると考えられる。根室海峡は狭く深いため、両種の分布域が半島から近く、陸上から観察でき、さらに船舶による分布海域へのアクセスの容易である。この海域で両種の生息地利用を詳細に調査することで、両系統のニッチ分化についての仮説を検証することが可能となると考えられた。

2. 研究の目的

マッコウクジラとツチクジラが同所的に採餌を行う根室海峡において、両種の水平分布と潜水行動を調査することで、両者の間の生息地利用パターンの違いを明らかにし、ニッチ分化仮説を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、夏季に北海道根室海峡に回遊し採餌を行うマッコウクジラとツチクジラに対し、以下の2点の調査を行った。1) セオドライトを用いた陸上からの目視による水平分布調査、2) データロガーによる潜水行動調査。これらの結果を統合することにより、両種の水平的・垂直的な生息地利用の実態とその差異を明らかにすることとした。

(1) セオドライトによる水平分布調査

終日連続的に多数の個体の分布を一度に把握するために、陸上からの目視による水平分布調査を行った。羅臼灯台下のクジラの見える丘公園のウッドデッキにセオドライトステーションを設置した。調査は毎日日出から日没30分前まで、視程5マイル以上、風力5以下、降雨無しの条件で行った。双眼鏡によりマッコウクジラおよびツチクジラを探索し、発見後、その個体、あるいは群れ中央の位置の水平・垂直角をセオドライト (Sokkia DT500S) を用いて計測した。角度データは鯨類追跡ソフト Cycrops Tracker 2.4 で座標データに変換し、地図上にプロットした。2010年以降に同様の調査によって得られたデータをすべて含めて解析を行った。

(2) データロガーによる潜水行動調査

マッコウクジラに対して、吸盤装着型データロガーを取り付けて潜水行動の調査を行った。装着時には小型船舶でクジラに接近し、15mのカーボン製の竿を用いて、クジラの背中に吸盤でタグを装着した。タグはある時間後に脱落して浮上し、電波発信器から電波を発信する。この電波からタグの位置を特定し、回収してデータロガー内のデータを得た。当初ツチクジラについてもロガーの装着を計画したが、接近が困難である本種への機材の改良が間に合わず、実施することができなかった。使用したタグは、深度、温度、速度、3軸加速度、3軸地磁気の測定が可能なりトルレオナルド社製の3M2000PD3GTとSirtrack社製のfast locGPSロガー-F3G133Aを組み込んだタグと、深度、温度、3軸加速度、3軸地磁気、音響が測定可能なCetacean Research Technology社製のAcousonde 3Bタグであった。

4. 研究成果

(1) セオドライトによる水平分布調査

2010年以降のセオドライト調査の結果、マッコウクジラ3817回、ツチクジラ707回の浮上位置のデータが得られた。マッコウクジラとツチクジラはどちらも海峡中央部での発見が多く、両者の発見位置の分布は大きく重なってはいるが、水深帯と日周性には明瞭な違いが見出された。マッコウクジラの実見位置は、水深に規定され、500mから1500mの水深に全体の80%以上の発見があった (図1)。海峡の中央おから東側の海底峡谷部を集中して利用していた。また明瞭な南北の日周パターンを示し、午前中北の深い海域から南の浅い海域へと南下し、午後再び北上する傾向が見られた (図2)。この間、マッコウクジラの南北方向の遊泳方向は約6時間周期で変化していた。

一方、ツチクジラでは、500m~1000mの深度帯を最もよく利用している点はマッコウクジラと同様であったが、マッコウクジラの実見が少ない500m以浅での発見が次いで

多く、マッコウクジラがほとんど利用しない知床半島よりの浅い斜面での発見が多かった。両種の発見深度の分布は有意に異なっていた (Kolmogorov-Smirnov test, $P < 0.0001$)。またツチクジラの分布パターンにはマッコウクジラのような日周性が全く認められなかった (図2)。

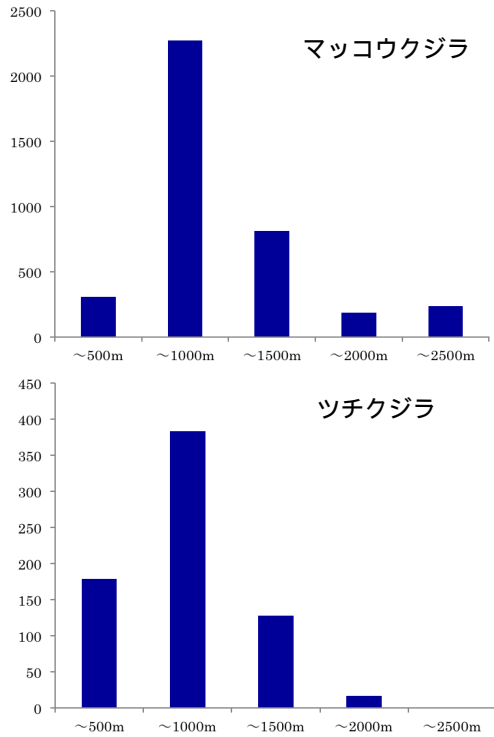


図1. マッコウクジラとツチクジラの発見場所の水深分布。

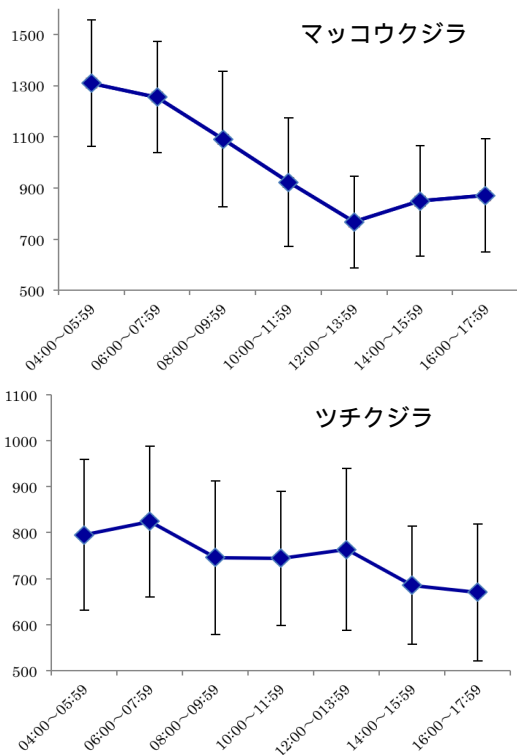


図2. マッコウクジラとツチクジラの発見場所の水深分布の時刻による変化。

(2) マッコウクジラへのデータロガー調査
3年間の調査期間に計10頭のマッコウクジラにデータロガーを装着して、のべ約160時間の潜水行動データを得た。すべてのマッコウクジラは、昼夜で潜水深度が明瞭に異なり、昼間は400m程度と浅く、夜に600-800mへと深い深度への潜水を行っていた(図3)。このように夜間に潜水深度が浅くなるのは、潜水採餌を行う動物では一般的ではない。潜水の底部での体の動かし方も昼夜で異なっていた。昼間の深い潜水では、クジラは体軸を中心に左側に連続的に回転しながら泳いでおり、夜間の深い潜水では、水面方向に腹側を向けて左右に半回転するように泳ぐ傾向が見られた。おそらく昼夜で異なる索餌方法を取っているものと考えられる。GPSのデータから海峡内の南北の移動方向をみたところ、すべてのクジラが数時間おきに移動方向を変化させていた。個体により時間には前後があるが、総じて深夜に南に、早朝北に向かったのち南に向き、昼前から午後にもう一度北向きに方向が変わっていた。つまり1日に4度南北の移動方向を変化させていることが明らかとなった。

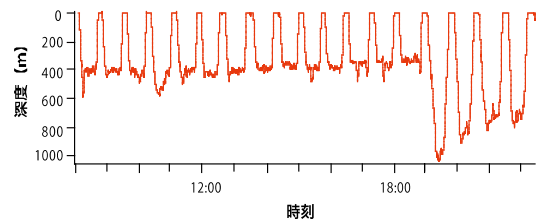


図3. マッコウクジラの典型的な潜水深度プロファイル。日没後(19時以降)に深度が深くなっている。

(3) 総合考察

マッコウクジラとツチクジラの発見水深と位置は一部は重なっているが、マッコウクジラの方が海峡中央部を利用し、ツチクジラはより斜面を利用していた。このことは両種は根室海峡という比較的狭い海峡内で採餌を行いつつも、空間的な住み分けがあることを示唆している。セオドライト調査とデータロガー調査の結果から、マッコウクジラは海峡内を毎日同じループに則って移動しながら採餌していることが明らかとなった。すなわち、早朝に北上し、2000mほどの水深の海域に達すると、反転して南下を開始する。昼ごろまでに水深500m近くの海域に南下し、その後、北に再び向きを変える。この昼の間は400mほどの浅い深度への潜水を行っている。夜間になると潜水深度は600から800mへと深くなるが、北上を続け、2000mほどの~800mの水深に達すると北に反転する。このようなパターンを毎日繰り返しているものと考えられる。この方法で、マッコウクジラは2つの採餌層を昼夜で使い分けるとも

に、各層に対して南北に1往復して索餌を行っている。また、餌を探索している潜水底部での体の動かし方が昼夜で異なることは、昼夜で異なる餌を利用している可能性が高いと考えられる。ツチクジラについては、残念ながら根室海峡で潜水データを得ることができなかったが、これまでに日本近海で得られた潜水データからは、潜水深度には決まった傾向がなく、さまざまな深度に潜水することがわかっている(Minamikawa et al. 2007)。根室海峡でも同様であるとすれば、さまざまな水深の場所を利用しつつ、さまざまな水深に潜るといった特徴があると言えるかもしれない。

以上のことから、マッコウクジラは極めて画一的なパターンで海峡を利用しているのに対し、ツチクジラの海峡の利用方法は変異が激しいと捉えることができる。この2種は根室海峡で同所的に中深層性の餌生物に依存しつつも、細かく見ればその利用のパターンそしておそらく利用している餌生物に違いがあることが示唆される。その意味で、両種の間はニッチを分けていると結論づけることができるであろう。

ニッチ分化仮説による移動範囲の予測によれば、ニッチ幅の広いマッコウクジラの方が利用海域が広いことが予測される。本研究の結果では、利用海域の差異はあるが、その広さは大きく変わらなかった。また、両種の発見回数はマッコウクジラの方がツチクジラの5倍も多く、ツチクジラはマッコウクジラよりもこの海峡の利用頻度が低いと考えられる。このことはツチクジラの方がより海峡外の海域を含めて利用していることを示しており、ニッチ分化仮説の予測を否定する結果である。

また、食性が広いジェネラリストの方が、さまざまな方法で餌を利用できると考えれば、マッコウクジラが極めて画一的な利用パターンを示し、ツチクジラが、水平的垂直的に広く探索を行っているらしいという結果は、マッコウクジラが食性の幅が広く、アカボウクジラ科のツチクジラは食性の幅が狭いというこれまでニッチ分化仮説の理由として説明されてきたことに反する。マッコウクジラの採餌行動では、日本の小笠原周辺海域のように昼深く、夜浅くなるという根室海峡とは逆の日周性を示すものや(Aoki et al. 2007)、熊野灘沖のように特定の傾向を示さないもの(Amano and Yoshioka 1999, Aoki et al. 2007)、ノルウェイ沖のように非常に浅い潜水と深い潜水を組み合わせる例(Teloni et al. 2008)など、種として考えれば、非常に変異に富んでいる。逆にツチクジラを始めアカボウクジラ類の潜水は、種間で比較してみても、浅い潜水を繰り返す間に大深度への潜水を挟む形は共通しており、さらに明瞭な日周性も知られていない(Baird et al. 2006, 2008, Tyack et al. 2006)。このことは、マッコウクジラが餌環境に合わ

せて柔軟に採餌潜水のパターンを変化させることができ、アカボウクジラ科鯨類はそれができないことを示しているのかもしれない。両者のニッチ分化は、食性の幅の違いにより、むしろ潜水能力の差異に起因する採餌効率の違いによるのではないかと考えられる。

(4) 引用文献

- Amano, M. and Yoshioka, M. 2003. Sperm whale diving behavior monitored using a suction-cup-attached TDR tag. *Marine Ecology Progress Series* 258:291-295.
- Aoki, K., Amano, M., Yoshioka, M., Mori, K., Tokuda, D. and Miyazaki, N. 2007. Diel diving behavior of sperm whales off Japan. *Marine Ecology Progress Series* 349:277-287.
- Baird, R.W., Webster, D.L., McSweeney, D.J., Ligon, A.D., Schorr, G.S. and Barlow, J. 2006. Diving behaviour of Cuvier's (*Ziphius cavirostris*) and Blainville's (*Mesoplodon densirostris*) beaked whales in Hawai'i. *Canadian Journal of Zoology* 84:1120-1128.
- Baird, R.W., Webster, D.L., Schorr, G.S., McSweeney, D.J. and Barlow, J. 2008. Diel variation in beaked whale diving behavior. *Marine Mammal Science* 24:630-642.
- Minamikawa S., Iwasaki T. and Kishiro T. 2007. Diving behaviour of a Baird's beaked whale, *Berardius bairdii*, in the slope water region of the western North Pacific: first dive records using a data logger. *Fisheries Oceanography* 16:573-577.
- Tyack, P.L., Johnson, M., Soto, N.A., Sturlese, A. and Madsen, P.T. 2006. Extreme diving of beaked whales. *Journal of Experimental Biology* 209:4238-4253
- Teloni, V., Mark, J.P., Patrick, M.J.O., and Madsen, P.T. 2008. Shallow food for deep divers: Dynamic foraging behavior of male sperm whales in a high latitude habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 354:119-131.
- Walker, W.A., Mead, J.G. and Brownell, R.L., Jr. 2002. Diets of Baird's beaked whales, *Berardius bairdii*, in the southern Sea of Okhotsk and off the Pacific coast of Honshu, Japan. *Marine Mammal Science* 18:902-919.
- Whitehead, H. MacLeod, C.D. and Rodhouse, P. 2003. Difference in niche breadth among some teuthivorous mesopelagic marine mammals. *Marine Mammal Science* 19:400-405.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計8件)

- Aoki, K., Amano, M., Kubodera, T., Mori, K., Okamoto, R. and Sato, K. 2015. Visual and

behavioral evidence indicates active hunting by sperm whales. *Marine Ecology Progress Series* 523:233-241. DOI: 10.3354/meps11141 . 査読有

Amano, M., Kourogi, A., Aoki, K., Yoshioka, M. and Mori, K. 2014. Differences in sperm whale codas between two waters off Japan: possible geographic separation of vocal clans. *Journal of Mammalogy* 95:169-175. DOI: 10.1644/13-MAMM-A-172 . 査読有

Amano, M., Yamada, T.K., Kuramochi, T., Hayano, A., Arai, K. and Sakai, T. 2014. Life history and group composition of melon-headed whales based on mass strandings in Japan. *Marine Mammal Science* 30:480-493. DOI: 10.1111/mms.12050 . 査読有

Aoki, K., Sakai, M., Miller, P.J.O., Visser, F. and Sato, K. 2013. Body contact and synchronous diving in long-finned pilot whales. *Behavioural Processes* 99:12-20. DOI:10.1016/j.beproc.2013.06.002 . 査読有

Van Bresseem, M. F., Shirakihara, M. and Amano, M. 2013. Cutaneous nodular disease in a small population of Indo-Pacific bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus*, from Japan. *Marine Mammal Science* 29:525-532. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2012.00589.x . 査読有

Sato, K., Aoki, K., Watanabe, Y.Y., and Miller, P.J.O. 2013. Neutral buoyancy is optimal to minimize the cost of transport in horizontally swimming seals. *Scientific Reports* 3:2205; DOI:10.1038/srep02205. 査読有

Minamikawa, S., Watanabe, H. and Iwasaki, T. 2013. 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* 29:177-185. DOI:10.1111/j.1748-7692.2011.00532.x. 査読有

Shirakihara, M., Shirakihara, K., Nishiyama, M., Iida, T. and Amano, M. 2012. Long-distance movements of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) and habitat preference of two species of bottlenose dolphins in eastern Kyushu, Japan. *Aquatic Mammals* 38:145-152. DOI 10.1578/AM.38.2.2012.145 . 査読有

〔学会発表〕(計7件)

小林駿・天野雅男・根室海峡に來遊するオスのマッコウクジラの社会構造 . 第 62 回日本生態学会大会 . 2015 年 3 月 18-22 日 . 鹿児島大学 (鹿児島県鹿児島市) .

Amano, M., Kusumoto, M. Abe, M. and Akamatsu, T. Effectiveness of pingers for mitigation of bycatch of finless porpoises. 20th Biennial Conference on the Biology of Marine

Mammals. 9-13 December 2013. Otago University, Dunedin (New Zealand).

Nishita, M., Shirakihara, M. and Amano, M. Social relationships before development of communities in the population of Indo-Pacific bottlenose dolphin around Amakusa, southern Japan 20th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 9-13 December 2013. Otago University, Dunedin (New Zealand).

Taylor, B. Amano, M., Friedlander, A. Dunphy-Daly, M., Hammond, P. Kovacs, K. M. Lowery, L., Morales, B., Norman, S., Phillips, G. Pimper, L., Reeves, R., Smith, B. and Wells, R. All the ingredients—how to succeed at marine mammal conservation. 20th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 9-13 December 2013. Otago University, Dunedin (New Zealand).

天野雅男・青木かがり・興侶あや・南川真吾・佐藤克文・根室海峡におけるマッコウクジラの 3 次元的生息地利用パターン . 第 29 回日本霊長類学会・日本哺乳類学会 2013 年度合同大会 . 2013 年 9 月 6-9 日 . 岡山理科大学 (岡山県岡山市) .

西田美紀・白木原美紀・天野雅男・大きな群れを形成するミナミハンドウイルカ個体群におけるオスの同盟形成 . 第 29 回日本霊長類学会・日本哺乳類学会 2013 年度合同大会 . 2013 年 9 月 6-9 日 . 岡山理科大学 (岡山県岡山市) .

青木かがり・天野雅男・森恭一・岡本亮介・窪寺恒己・佐藤克文・画像ロガーで記録されたマッコウクジラの捕獲行動 . 平成 25 年度水産学会春季大会 . 2013 年 3 月 29 日 . 東京海洋大学 (東京都品川区) .

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕(計0件)

〔その他〕

報道関連情報

「長崎大の羅臼沖クジラ調査、町民も協力」朝日新聞デジタル 2013 年 9 月 13 日, 朝日新聞北海道版 2013 年 9 月 18 日付

アウトリーチ活動

しれとこゼミ講演 「知床羅臼沖のマッコウクジラの生態と社会」2014 年 9 月 11 日, 羅臼ビジターセンター

ホームページ等

<http://www.7b.biglobe.ne.jp/~masaoamano>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

天野 雅男 (AMANO, Masao)

長崎大学・水産・環境科学総合研究科 (水産)・教授

研究者番号 : 50270905

(2)研究分担者

(3)連携研究者

佐藤 克文 (SATO, Katsufumi)
東京大学・大気海洋研究所・教授
研究者番号：50300695

南川 真吾 (MINAMIKAWA, Shingo)
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・研究員
研究者番号：90392919

(4)研究協力者

青木 かがり (AOKI, Kagari)
日本学術振興会・海外特別研究員 (セントア
ンドリュース大学)