

平成 30 年 6 月 29 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K07547

研究課題名(和文) 沖縄来遊ザトウクジラ個体群の集団遺伝的構造と資源動態

研究課題名(英文) Genetic structure and population trend of humpback whales migrating to Okinawa Islands

研究代表者

加藤 秀弘 (Kato, Hidehiro)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：30371917

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本プロジェクトは急速に増加しつつある沖縄系ザトウクジラの保全や本種を含む生態系の管理、また増加に対するリスクの軽減方策の策定のため、沖縄海域に来遊するザトウクジラ個体群を対象に遺伝的系群構造、生物生態特性と来遊個体数の傾向を分析した。分析の結果、沖縄海域に来遊するザトウクジラ個体群は従来単系と見なされてきたが、ミトコンドリアDNA塩基配列構成に変化が見られ、他起源個体の流入が示唆された。また、奄美大島及び八丈島沖合に沖縄系ザトウクジラを含む個体が出現し、新たな繁殖場の形成と交流が示唆された。個体群動態についてはデータの蓄積はあったものの、今後更なるデータ解析が必要と判断された。

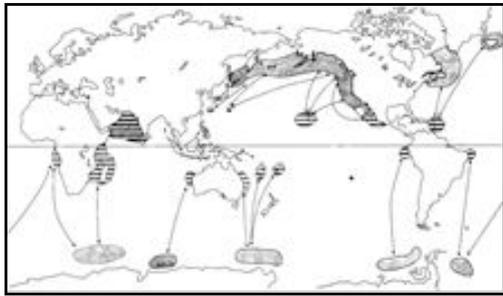
研究成果の概要(英文)：The abundance of the humpback whales migrating to Okinawa waters in winter for breeding has been currently increasing, thus it is necessary to obtain further biological information including genetic structure, vital rate and population trends for management and conservation of this stock as well as minimizing risks due to increasing this stock. While it had been believed that they were genetically monophyletic before starting the present project, additional analyses on new samples revealed some different haplo-types of mitochondrial DNA sequences due to other breeding groups were found among new samples, suggesting some incoming other genetic lineages to Okinawa waters. It was also noted probable new breeding sites are going to be organized in Amami and Hachijo Islands suggesting from the photo-identification. There were accumulations of data on population analyses including local movements and population trends, but further data analysis/analyses are necessary from now on.

研究分野：水産

キーワード：ザトウクジラ 種の保全 ミトコンドリアDNA 個体識別 沖縄海域 奄美大島海域 八丈島海域 バイオプシー

1. 研究開始当初の背景

ザトウクジラは平均成体体長 14m 前後の中型ヒゲクジラであり、周年的回遊生活を送るが、日本近海では、冬季に沖縄海域と小笠原海域に繁殖海域が形成されている。かつては捕鯨業の主要対象種として捕獲が行われていたが、資源減少により国際捕鯨委員会 (IWC; International Whaling Commission) は南半球では 1962 年、北半球でも 1964 年に全域で捕獲を禁止した。しかし、近年各海域で個体群の回復が報告されるようになり (Calambokidis et al., 2008, Matsuoka et al., 2011) 我が国をはじめとして各国で本種対象のホエールウォッチング等が興る一方、近年では鹿児島沖海域で高速船とザトウクジラの衝突事件が生じ、特に回遊ルートが長いと想定される沖縄海域個体群については早急な対策が望まれている。



全海洋におけるザトウクジラの回遊想定図

北太平洋海域の生態学的研究は現在もなお極めて限定的であり、SPRASH 計画によって回遊移動関係は大まかな理解は進んだが (Calambokidis et al., 2008)、西部海域については依然として不十分で、特に高精度の生息数推定と個体群動態については研究が実施されていない。

また、西部海域のザトウクジラ遺伝的特性研究も極めて断片的だったが、堤 (2013) は 2000 年代に採取された当研究グループの試料をもとに予備的解析を行い、沖縄近海に来遊する個体群は他とは交流のない独立した集団からなること、その一方遺伝的多様性が年々増していることを見出し、今後の動静が注目されている。なお、生物学的特性値については 1950 年代後期から 1960 年代前期の沖縄捕鯨時代の分析 (Nishiwaki, 1962) 以後、情報が無い。

一般財団法人沖縄美ら島財団では、1990 年より本種の尾鰭腹面写真を用いた個体識別調査が実施され、現在では 1252 頭を個体識別、うち 200 個体以上のバイオプシー標本を取得しており、本研究実施の環境は十分に整っている。

2. 研究の目的

嘗て大きく資源減少したザトウクジラは、

世界各海域で資源が回復しはじめ、我が国周辺でもその兆候がみられ、繁殖海域の一つ沖縄海域でも急速に回復がうかがわれている。こうした状況を受け、春季の繁殖域から索餌域への北上期には本州沿いの回遊ルートにおける混獲や船舶との衝突も懸念されるようになった。本研究は主として沖縄海域に来遊するザトウクジラを対象に、こうしたリスクへの対処方策の基盤を構築するため、沖縄海域個体群の(1)集団遺伝学的特性、(2)個体識別による資源量による個体群動態、(3)出産間隔等の生物学的特性値を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)採取されたバイオプシー標本から DNA を抽出し、PCR 法によりミトコンドリア DNA (mtDNA) コントロール領域ならびに核 DNA の Y 染色体上の SRY 遺伝子を増幅する。前者の塩基配列を解読し沖縄近海に来遊するザトウクジラの遺伝的特性の把握に努めるとともに、遺伝的多様性に長期間にわたって一定の傾向が認められるか確認する。また、既存データや Genbank に登録されている他海域産の塩基配列と比較することにより、遺伝的分化の程度を明らかにするとともに、海域間の移動の有無や程度に、年にともない変化が認められるか検討する。また後者の増幅の有無により雌雄を判定し、遺伝的特性や海域間移動に性差が認められるか検討する。

(2)奄美大島および八丈島において、陸上からの定点観測および小船舶から鯨類目視調査を実施。また、尾鰭腹面の模様が個体識別形質になる特性を標識として利用し、個体の移動および標識再捕法によって、個体数を推定。さらにその経年動態を分析した。

4. 研究成果

(1)研究期間中、2010-2015 年に採取されたバイオプシーサンプル 222 検体について、mtDNA コントロール領域 470bp を解読するとともに、137 検体の性別を核 DNA の Y 染色体上の SRY 遺伝子の増幅の有無の確認により判定した。解読の結果、計 16 個のハプロタイプを検出した。新規情報と既往知見をあわせ、沖縄近海に来遊するザトウクジラのハプロタイプ多様度や塩基多様度を再計算するとともに、他海域の文献資料 (Baker et al., 2013) を加え遺伝的分化指数を計算した。沖縄海域に来遊するザトウクジラの雌雄の割合はほぼ 1:2 と雄で高かった。ザトウクジラの胎児性比は 1:1 とされており (Chittleborough, 1965)、予想される雌雄構成比から逸脱している。同様の傾向は、他の繁殖海域においても示されており (Baker et al., 2008)、妊娠にエネルギーを費やす必要のある成熟雌個体は、エネルギーの消費を避

けるため、繁殖海域に来遊せず摂餌海域に多くが留まったことから、結果として雄の割合が高まった可能性がある。雌雄間で遺伝的多様性を比較したところ、塩基多様度は雄でより高い値を示したが、ハプロタイプの出現頻度に有意差は認められなかった。

従来、沖縄海域に来遊するザトウクジラは、小笠原海域など他の繁殖海域に来遊するものとは独立した集団に属すると考えられ、資源回復は主として沖縄集団内の再生産によるものと考えられてきた(堤 2013)。しかし本課題で、試料を追加し再解析したところ、他海域との間の遺伝的分化指数は従来の計算結果より低い値となった。先行研究(堤 2013)以降、新たに検出されたハプロタイプは4個あり、うち3個は北米大陸西岸の繁殖海域から、1個はハワイおよび小笠原海域から報告されていたものであった。また、ハプロタイプの出現頻度も、従来卓越していたタイプ1の割合が低下し、小笠原海域でより高い割合で認められていたタイプ7や10の頻度がより高まる傾向にあった。今後、詳細な解析が必要であるが、小笠原など他海域からの個体の流入に伴い分化指数が低下した可能性もある。

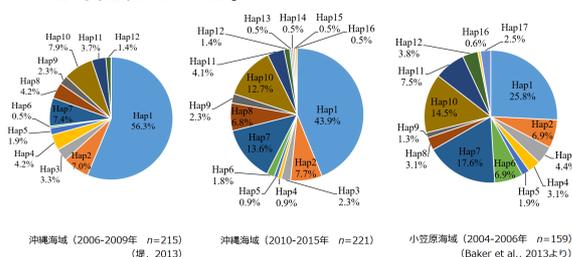


図. ザトウクジラの海域別・年別のmtDNAコントロール領域のハプロタイプの出現頻度。

最終年度、奄美諸島海域にて新たにバイオブシー試料6検体を採集し、集団遺伝学的解析により他海域との比較を行った。その結果、サンプル数が少なく統計的解析は行えなかったものの、ハプロタイプ頻度から見ると奄美諸島に来遊する個体は近隣の沖縄海域でなく、小笠原由来の可能性のあることがわかった。

(2) 沖縄系ザトウクジラの拡張と海域間移動

近年、ザトウクジラの資源回復に伴い、従来知られていなかった海域にも来遊範囲を広げつつあることが示唆されており(加藤ら, 2016)、この関連から奄美大島および八丈島において、鯨類目視調査および定点観測を行った。これらの調査結果を概略すると、両海域共に既知の繁殖場である沖縄あるいは小笠原諸島海域にザトウクジラが卓越する時期と同一時期に、ザトウクジラの回遊盛期があった。つまり、回遊途上に出現するのでは無く、本来既知の繁殖場に回遊すべき個体の生息場が拡張して、それぞれの海域に出現したものと考えられた。

また、奄美大島海域にて2013年~2017年に撮影された520個体分、八丈島海域にて撮影された72個体分の尾鰭腹面写真の照合から、3個体が両海域を移動していることが判明した。これらの知見については東京海洋大学大学院修士学位論文(勝俣, 2017)にて先行報告した。この結果はバイオブシーによる集団遺伝学的分析によると符合し、沖縄海域に小笠原に近い八丈島海域からの流入が存在することを示している。

以上のようにザトウクジラの資源回復に伴い、沖縄海域に来遊するザトウクジラの資源回復のメカニズムに変化が生じている可能性のあることが本課題から明らかとなった。

(3) その他
当初計画していた、沖縄系ザトウクジラの資源動態については、回遊期と研究年度末直前まで続き、連携研究機関による尾鰭写真照合作業が年度内に終了しなかったため、妥当に実施できなかった。今後データ照合作業が終了し次第、早急実施したいと考えている。また、同様な理由により論文投稿も年度内に実施できなかったが、今後早急に包括的な論文をとりまとめ、査読誌への投稿を計画している。

< 引用文献 >

Baker, C.S., Barlow, J., Burdin, M. A., Calambokidis, J., Clapham, P. J., Falcone, E., Ford, J. K. B., Gabriele, M. C., Gonzalez, P. U., LeDuc, R., Mattila, D., Steel, D., Straley, J. M., Quinn, T. J., Rojas-Bracho, L., Taylor, B. L., Urban, J., Vant, M., Wade, P. R., Weller, D., Witteveen, B. H., Wynne, K. and Yamaguchi, M. 2008. SPLASH: An initial, ocean-wide survey of mitochondrial (mt) DNA diversity and population structure among humpback whales in the North Pacific. Final report for Contract 2006-0093-008 to National Fish and Wildlife Foundation. p.6-7.

Baker, C. S., Barlow, J., Burdin, M. A., Calambokidis, J., Clapham, P. J., Falcone, E., Ford, J. K. B., Gabriele, M. C., Gonzalez, P. U., Lorenzo, R. B., Mattila, D., Steel, D., Straley, J. M., Taylor, B. L., Urban, J., Wade, P. R., Weller, D., Witteveen, B. H., and Yamaguchi, M., 2013. Strong maternal fidelity and natal philopatry shape genetic structure in North Pacific humpback whales. Marine Ecology Progress series. 494. p.291-306.

Chittleborough, R. G. 1965. Dynamics of two populations of humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Browski). Australia Journal of

Marine and Freshwater Research. 16(1).
p.33-128.
加藤秀弘・中村玄・服部薫. 2016. 鯨類海産
哺乳類学(三版). 生物研究社. 147pp.
勝俣太貴. 2017. 北西太平洋における
ザトウクジラ *Megaptera novaeangliae*
の新規来遊海域の生態学的評価. 東京海
洋大学. 修士学位論文, 93 pp.
堤 太一. 2013. 沖縄海域におけるザトウク
ジラの集団遺伝学的特性. 東京海洋大学.
修士学位論文, 90 pp.

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4件)
Kato, H., Yoshida, H., Okabe, H., Kobayashi,
N., Okamoto, R. and Matsuoka, K. 2017.
Summary of research activities on
humpback whales in waters around Japan.
SC/A17/G7. IWC 科学委員会公式論文.
8pp. 査読無し.

Kobayashi, N., Okabe, H., Kawazu, I., Higashi,
N., Kato, K., Miyahara, H., Nakamura, G.,
Kato, H. and Uchida, S. 2017. Distribution
and Local Movement of Humpback
Whales in Okinawan Waters Depend on
Sex and Reproductive Status. Zoological
Science, 34:58-63. 査読あり

Kobayashi, N., Okabe, H., Kawazu, I., Higashi,
N., Miyahara, H., Kato, H. and Uchida, S.
2016. Spatial distribution and habitat use
patterns of humpback whales in Okinawa,
Japan. *Mammal Study*. 41:207-14. 査読あ
り.

Kobayashi, N. Okabe, H., Kawazu, I., Higashi,
N., Miyahara, H., Kato, H. and Uchida, S.
2016. Peak Mating and Breeding Period of
the Humpback Whale (*Megaptera*
novaeangliae) in Okinawa Island, Japan.
Open Journal of Animal Science.
6:169-179. 査読あり

〔学会発表〕(計1件)
加藤秀弘・中條謙・柴田知恵理. 2017. 八丈島海
域におけるザトウクジラの特徴～2016/17 年度
のザトウクジラ調査結果より～. 八丈島ザトウ
クジラ調査報告会(招待講演).

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織
(1)研究代表者
加藤 秀弘 (Kato Hidehiro)
東京海洋大学・学術研究院・教授
30371917

(2) 研究分担者
吉田 英可 (Yoshida Hidehiyoshi)
国立研究開発法人水産研究・教育機構・国際
水産資源研究所・グループリーダー
60371936

鈴木 直樹 (Suzuki Naoki)
東京海洋大学・学術研究院・准教授
70293090

(3)連携研究者
()

研究者番号：

(4)研究協力者
河津 勲 (Kawazu Isao)
沖縄美ら島財団総合研究センター 研究係
長

岡部 春菜 (Okabe Haruna)
沖縄美ら島財団総合研究センター 主任研
究員

小林 希実 (Kobayashi Nozomi)
沖縄美ら島財団総合研究センター 研究員