

北海道東部海域におけるシャチの分布と生息環境

宮本 春奈^{1*}・岩原 由佳¹・幅 祥太²・中原 史生³・大泉 宏⁴

斎野 重夫⁵・山本 友紀子⁶・吉岡 基⁷・三谷 曜子⁸

1. 040-0051 北海道函館市弁天町20-5, 北海道大学大学院環境科学院 2. 134-8587 東京都江戸川区臨海町6-2-3, 葛西臨海水族園 3. 310-8585 茨城県水戸市見和1-430-1, 常磐大学コミュニティ振興学部 4. 424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1, 東海大学海洋学部 5. 658-0032 兵庫県神戸市東灘区向洋町中1-16, 神戸動植物環境専門学校 6. 606-8203 京都府京都市左京区田中関田町2-24, 京都大学野生動物研究センター 7. 514-8507 三重県津市栗真町屋町1577, 三重大学 8. 040-0051 北海道函館市弁天町20-5, 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

Distribution and Habitat Conditions of Killer Whales in Eastern Hokkaido

MIYAMOTO Haruna^{1*}, IWAHARA Yuka¹, HABA Shota², NAKAHARA Fumio³,
OHIZUMI Hiroshi⁴, SAINO Shigeo⁵, YAMAMOTO Yukiko⁶,
YOSHIOKA Motoi⁷ & MITANI Yoko⁸

1. Hokkaido University, 20-5 Benten-chō, Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan *✉miyamoto.haruna.0224@gmail.com 2. Tokyo Sea Life Park, 6-2-3 Rinkai-chō, Edogawa-ku, Tokyo 134-8587, Japan 3. Tokai University, 1-430-1 Miwa, Mito, Ibaraki 310-8585, Japan 4. Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka 424-8610, Japan 5. Kobe Animals-and-Plants environmental college, 1-16 Kōyō-chō-naka, Nada-ku, Kobe, Hyogo 658-0032, Japan 6. Wildlife Research Center of Kyoto University, 2-24 Tanaka-Sekiden-chō, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8203, Japan 7. Mie University, 1577 Kurimamachiya-chō, Tsu, Mie 514-8507, Japan 8. Hokkaido University, 20-5 Benten-chō, Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan

Killer whales, apex predators of the seas, have an impact on marine ecosystems, therefore it is important to shed light on their ecology. This study aimed to understand what determined distribution and habitat conditions of killer whales in eastern Hokkaido based on visual observations and collection of oceanographic information such as sea ice condition and bathymetric data. The visual observations were conducted during autumn (Oct.–Nov.) from 2010 to 2015 in Kushiro area and during spring (Apr.–Jun.) from 2012 to 2015 in Nemuro area. The total number of observed killer whales was 199 individuals in 17 groups (excluding 1 indefinite number of groups) in autumn and 567 individuals in 36 groups (excluding 2 indefinite number of groups) in spring. The relationships between the encounter rate, which was calculated by the number of groups seen per minute search effort in each 2.5 km square spatial grid, and the sea ice condition showed that killer whales migration was concerned with when sea ice disappear in Nemuro Strait. Killer whales appeared in Nemuro Strait when sea ice disappeared in April. The encounter rate was significantly different according to water depth and slope in off Kushiro (Mann–Whitney U test, depth $U = 1,431.5$, $p < 0.05$; slope $U = 1,044.5$, $p < 0.05$), while there was no significant difference in Nemuro Strait (depth $U = 2,378$, $p = 0.7116$; slope $U = 2,002$, $p = 0.2926$). The reported distribution patterns and habitat use of Dall's porpoise, which was considered as either one of killer whales' prey or competing top predator sharing same prey sources, were compared with our killer whale data and there was no significant difference between species in each area. These results suggested that migration of killer whales was related to sea ice and distribution of killer whales matched with water depth, slope and their prey.

はじめに

シャチ *Orcinus orca* は鯨偶蹄目ハクジラ亜目マイルカ科に属し、世界中の海洋に広く分布する(笠松ら2009; Hassanin et al. 2012). シャチは海

洋の生態系の頂点に位置する最高次捕食者であり、分布する海洋環境の豊かさや特性を多角的に評価する上で重要な指標種のひとつである(佐藤ら2006). また、高次捕食者による捕食は、トッ

プダウン効果やカスケード効果によって餌生物の個体数に大きな影響を与えるため (Williams et al. 2004), 本種が生態系に与える影響は大きい (Estes et al. 1998; Williams et al. 2004). そのため, 世界各国において利用海域や食性, 群構成の研究が進んでいる (Ford & Fisher 1982; Ford 1984; Morton 1990; Ford et al. 1998, 2000; milä et al. 1996; Higdon et al. 2009; Reisinger et al. 2011).

一方, 日本沿岸海域において本種の継続的な研究は比較的最近まで行われておらず, 北海道の利尻・礼文沖, 網走沖, 根室海峡北部, 釧路沖, 襟裳沖, 室蘭沖, 噴火湾, 奥尻近海, 津軽海峡, 三陸沖, 能登半島沖, 東京湾, 和歌山県的那智勝浦町沖および壱岐近海で断片的かつ偶発的な発見情報がある (Nishiwaki & Handa 1958; 田村ら 1986; 高橋ら 2001; 佐藤・佐藤 2002; 佐藤ら 2006; 佐藤 2009; 市森ら 2013; 佐々木 2013; 藤田ら 2014). 中でも, 北海道沿岸でシャチの発見が多数報告されており, 近年, 釧路沖では7月, 8月, 9月の発見に加えて毎年10-11月ごろ, 根室海峡北部では, 毎年4-8月ごろに出現することが知られている (高橋ら 2001; 佐藤ら 2006; 佐藤 2009; 三谷ら 2011; 幅ら 2013; 三谷・岩原未発表). これらの海域では個体識別調査が行われ, 釧路沖で2007年から行われた調査で94個体 (幅祥太・斎野重夫・大泉宏・中原史生・三谷曜子・山本友紀子・青山桜子・吉岡基. 釧路沿岸域に出現したシャチの写真識別カタログ2007-2012年, 東海大学, ftp://ftp.scc.u-tokai.ac.jp/pub/orcinus/kushiro_orcaid_v1_1.pdf, 2016年8月12日閲覧), 根室海峡北部で1990年代から行われた調査で141個体 (佐藤 2009) が識別されている. また, 同一個体が1年のうち数箇月間にわたって確認されていること, 毎年来遊する個体の存在も確認されていることから, この海域は日本沿岸におけるシャチの重要な利用海域であるといえる.

シャチは北極から南極, 沿岸から沖合まで広く分布するが, その分布は一様ではなく, 分布しない海域や, 高密度で分布する海域が存在する (笠松ら 2009; Hauser et al. 2007; Matthews et al. 2011). シャチの分布に影響する要因として, 水温や海底

地形, 海氷などの物理環境や, 餌生物などの生物環境が挙げられている (Similä et al. 1996; Estes et al. 1998; Kanaji et al. 2016; Ferguson et al. 2010; Hanson et al. 2010; Matthews et al. 2011). 例えば, 北極圏で行われた研究では, シャチは海氷を避けて分布することが知られている (Higdon et al. 2009; Ferguson et al. 2010; Matthews et al. 2011). また, シャチが高密度に分布するカナダ西岸や亜南極, ノルウェーにおいても周年分布するのではなく, 海棲哺乳類食性のシャチが餌生物であるアシカ類やアザラシ類の繁殖期に合わせて出現すること (Baird et al. 1995; Reisinger et al. 2011), 魚食性のシャチがタイセイヨウニシン *Clupea harengus* やサケ類の分布に合わせて季節的に移動することが知られている (Nichol 1990; Similä et al. 1996). しかし, 日本周辺でシャチの来遊がよく知られている海域で, その分布と生息環境の関係について調べられたことはない.

これまでの報告から, シャチが出現するのは, 釧路沖では, 大陸棚や海底谷の辺縁部, 根室海峡北部では, 深海に落ち込む斜面付近の200 m等深線であることが知られている (佐藤ら 2006; 笹森ら 2013). 日本沿岸海域におけるシャチの餌生物についての知見は少なく, 他の海域で見られるような魚食性と海棲哺乳類食性に分かれるのかも不明であるが, 1948-57年に日本各地で捕獲された個体の胃内容物や, 2005年に根室海峡北部 (相泊) で海氷に閉じ込められて死亡した個体の胃内容物調査から, タラ類などの底生魚類, 頭足類, アザラシ類, イシイルカ *Phocoenoides dalli* などであることが明らかになっている (Wilke 1954; Nishiwaki & Handa 1958; 谷田部 2011). しかし, これらの研究では空間的な解析は行われておらず, 定量的な分布要因は明らかにされていない.

そこで本研究では, 日本沿岸海域に分布するシャチの生態解明の一助として, 北海道東部海域におけるシャチの分布およびその決定要因の解明を目的とし, 来遊要因の特定, 詳細なスケールにおける分布要因の特定を行うこととした. 根室海峡北部へのシャチの来遊に影響を与える要因として, 1月末から4月初旬ごろまで流れ着く海水を

表. 目視調査概要. Table. Outline of sighting surveys.

Area	Year	Month	Survey efforts (days)	Survey efforts (hour)	Number of days of sightings		Number of groups	
					Killer whale	Dall's porpoise	Killer whale	Dall's porpoise
Kushiro	2010	Oct	5	21.3	2	2	3	5
	2011	Oct	10	52.0	1	7	1	24
	2012	Oct–Nov	8	31.9	6	5	10	27
	2013	Oct	6	30.9	2	6	2	31
	2014	Oct	7	25.1	1	6	1	31
	2015	Oct	4	21.4	1	3	1	5
Area total			40	182.7	13	29	18	123
Nemuro	2012	Apr	5	22.2	5	0	6	0
		May	4	15.5	4	4	6	19
	2013	May	7	45.8	5	8	8	20
		May	4	33.9	0	2	0	4
	2015	Jun	5	22.2	4	5	6	75
		May	6	11.5	5	5	7	15
		Jun	7	31.5	4	5	5	27
	Area total			38	182.7	27	29	38
Total			78	365.3	40	58	56	283

考え(國松ら1993;第一管区海上保安本部.海水統計情報.海水情報センター. <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN1/1center.html>, 2016年8月12日閲覧),年ごと,月ごとの発見記録と海水の関係と比較した.また,詳細なスケールにおいて分布に影響を与える要因として海底地形,餌生物の分布について検討し,水深,傾斜とシャチの遭遇率の関係を明らかにした.さらに,餌生物の一種,または餌を競合していると考えられるイシイルカの分布環境と比較した.

材料と方法

1. 目視調査

調査は,尾田建設(株)の観光船はまなす(全長18.6m,総トン数19.0GT)を用いて,2010–15年の10–11月に釧路沖,2012–15年の4–6月に根室海峡北部で行った(表).自由探索方式により各海域でアッパーデッキ(海面から3.5m)から目視調査を行った.海棲哺乳類の発見があった際は,発見時刻,緯度経度,種名および個体数,水深,水温を記録した.得られたデータのうち,本研究では,ビューフォート階級が4以下の調査時のシャチおよびイシイルカの発見記録のみを用いた.また,他

の個体を追跡・観察中に発見したものは除外した.

調査努力量の記録として,調査航路を30秒毎にGPSで記録し,目視調査開始および終了時に,時間と緯度経度を記録した.また,発見個体の追跡や悪天候などの理由から目視調査を中断する際にも,中断,再開時の時間,緯度経度を記録した.

2. 遭遇率の算出

遭遇率の算出は, ArcGIS 10.2.1 (Esri社)を用いて行った.調査海域を2.5kmのグリッドに区切り,そのグリッドごとにシャチの遭遇率を算出した.遭遇率は以下の式で算出した.

$$\text{遭遇率 grp./min.} = \text{発見群数 grp./調査時間 min.}$$

3. 来遊に影響する要因の特定

来遊要因を特定するために,海水分布とシャチの遭遇率の比較を行った.海水分布情報は National Snow and Ice Data Center (Fetterer F., Savoie M., Helfrich S. & Clemente-Colón P. (comps.). MASIE-NH, ver. 1. NSIDC. <http://nsidc.org/data/G02186>, 2016年1月26日閲覧)の日ごとの海水面積データ (Sea Ice Extent) を引用し,2012–15年の4,

5月の海水分布と2012–15年の4、5月における根室海峡北部でのシャチの遭遇率の比較を行った。

4. 詳細なスケールでの分布に影響する要因の特定
 詳細なスケールにおける各海域内での分布に影響する要因を特定するために、グリッドごとに水深、傾斜を算出し、シャチの遭遇率と比較した。水深のデータは日本海洋データセンター（海上保安庁海洋情報部、500 mメッシュ水深データ、日本海洋データセンター JODC、http://jdoss1.jodc.go.jp/vpage/depth500_file_j.html, 2015年11月18日閲覧）より、500 mメッシュの平均水深データを利用した。グリッド内の水深データを平均し、そのグリッドの水深とした。また、傾斜は、Ingram & Rogan (2002) を参考にグリッド内の最大水深と最小水深の差とした。調査航路の全グリッド、シャチまたはイシイルカの発見地点が含まれるグリッドの水深と傾斜の傾向を調べるため、カーネル密度推定を行った。カーネル密度推定はR version 3.2.3 (R Development Core Team 2015) に実装されている関数densityを用いて行った。また、シャチの発見を含むグリッド、調査航路のグリッド、イシイルカの発見を含むグリッドについて水深と傾斜に差があるかを、それぞれWilcoxon–Mann–WhitneyのU検定を用いて調べた。

結果

1. 目視調査

シャチの発見は、2010–15年の釧路沖で17群199頭以上（頭数不明の1群のデータを除く）、2012–15年の根室海峡北部で36群567頭以上であった（頭数不明の2群のデータを除く、表）。最も発見数が多かったのは2012年5月20日であり、一度に推定100頭の発見があった。イシイルカの発見は、釧路沖で119群517頭以上（頭数不明の4群のデータを除く）、根室海峡北部では160群434頭以上であった。

釧路沖では、釧路海底谷付近でシャチの遭遇率が高く（図1a）、根室海峡北部では、比較的偏りなく海域全体にシャチが分布していた（図1b）。

2. 根室海峡北部での各年の遭遇率と海水との関係

根室海峡北部において、2012–15年の4年間すべてで調査が行われた5月の遭遇率を比較したところ、2014年5月のみシャチの発見がなく（表、図2）、かつ同年の5月1日の時点で根室海峡北部が海水に覆われていた（図2g）。根室海峡北部における平年の流氷終日（視界内の海面で流氷が最後に観測された日）は4月5日であるが、2014年は流氷終日が4月30日であり（霜島史郎、今季の海水状況について、第一管区海上保安本部海洋情報部、http://www.kaiho.mlit.go.jp/01kanku/kouhou/28kouhou/4_konkinokaihyou.pdf, 2016年8月24日閲覧）、衛星画像からは、調査開始日（5月19日）の12日前である5月7日まで海水に覆われていた（図3a, b）。本研究において4月に調査が行われたのは2012年のみであったが、調査開始日（4月21日）からシャチの発見があった（図3c）。一方、海水の状況を見ると、流氷終日は4月4日（服部敏一・佐々田雄二、この冬の海水状況について、第一海区海上保安本部海洋情報部・交通部、http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN1/koho/01_120426.pdf, 2016年8月24日閲覧）であり、衛星画像からは、シャチを発見した8日前（4月13日）まで海水が知床岬先端から国後島・択捉島西岸にかけて海水に覆われていた（図3c, d）。

3. 発見場所の水深、傾斜

各海域において調査航路の全グリッドと、シャチ、イシイルカの発見地点が含まれるグリッドの水深と傾斜の傾向を比較した（図4, 5）。水深の傾向を比較すると、釧路沖では、調査航路とシャチの発見地点が含まれるグリッドに差があり（Wilcoxon–Mann–WhitneyのU検定（以下同じ）、 $U = 1,431.5$, $p < 0.05$ ）、水深300–500 mのグリッドでシャチの発見が多かった（図4a）。一方根室海峡北部では、海域全体が釧路沖よりも深く、調査航路とシャチの発見地点が含まれるグリッドに差はなかった（ $U = 2,378$, $p = 0.7116$, 図4b）。また、傾斜の傾向を比較すると、釧路沖では、調査航路とシャチの発見地点が含まれるグリッドに差があり（ $U = 1,044.5$, $p < 0.05$ ）、調査航路のグリッド

に比べ、傾斜が200 m付近と水深が急激に変化するグリッドにシャチが多く分布していることがわかった(図5a)。一方根室海峡北部では、海域全体で傾斜が大きく、調査航路とシャチの発見地点が含まれるグリッドに差はなかった($U = 2,002$, $p = 0.2926$, 図5b)。

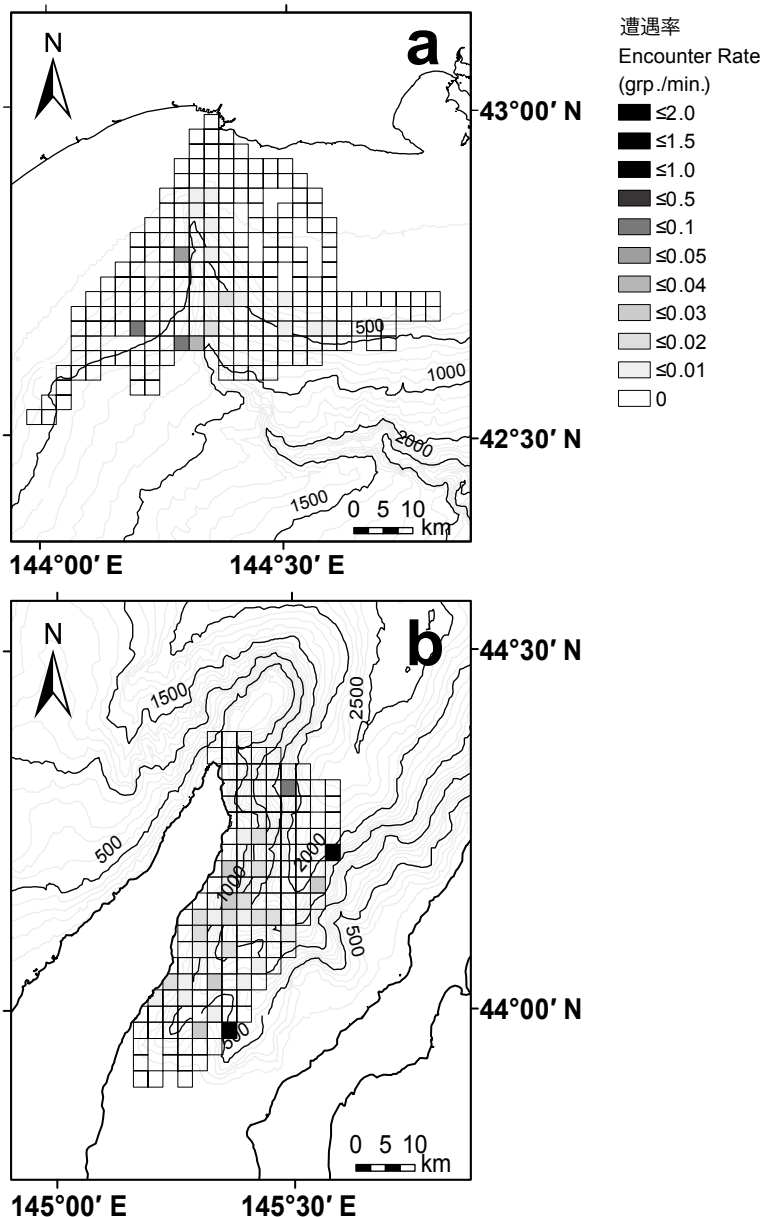
また、イシイルカはどちらの海域とも、シャチと同じような水深、傾斜に分布しており、釧路沖のシャチの分布水深($U = 420$, $p = 0.8539$)、傾斜

($U = 500$, $p = 0.3498$)、根室海峡北部のシャチの分布水深($U = 851$, $p = 0.2736$)、傾斜($U = 1,075.5$, $p = 0.5016$)と有意な差は見られなかった。

考察

海洋生態系の高次捕食者であり回遊性の海棲哺乳類であるシャチは、世界中の海に分布するが、海水が密接する海域のように物理的に障害がある海域には進入しないこと、餌生物の分布や季節的

図1. 調査海域の全年のシャチの遭遇率。a: 2010年から2015年の釧路海域。b: 2012年から2015年の根室海峡北部。Fig. 1. Encounter rates of killer whales for all years. a: Kushiro area, 2010–15. b: Nemuro area, 2012–15.



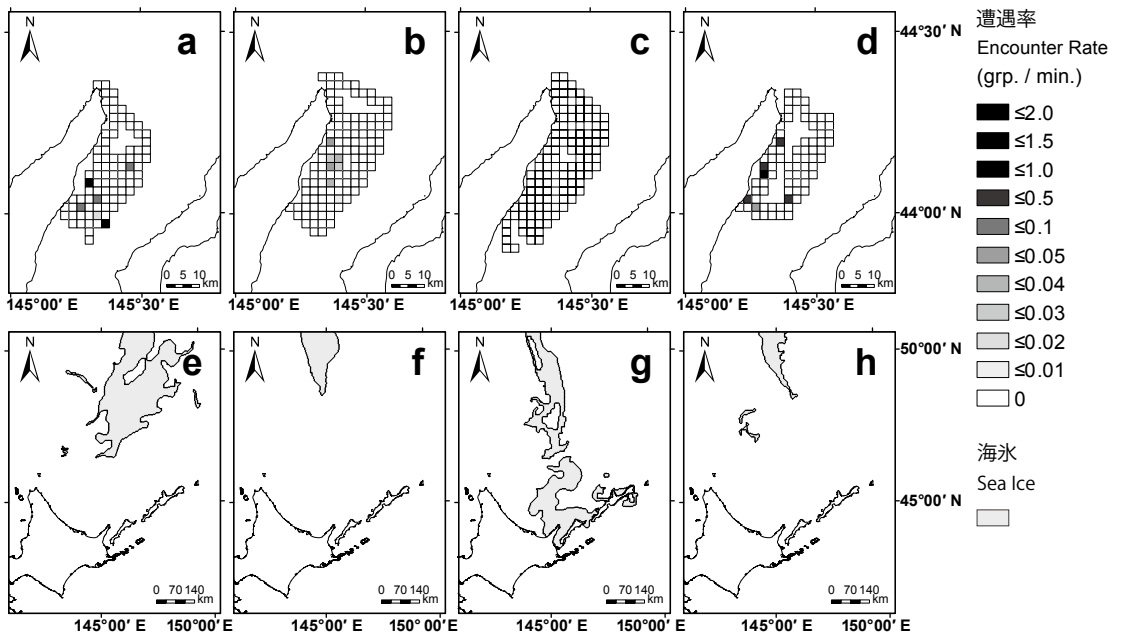


図2. 根室海峡北部の5月のシャチの遭遇率と5月1日の海水分布. a-d: 遭遇率. e-h: 海水分布. a, e: 2012年. b, f: 2013年. c, g: 2014年. d, h: 2015年. Fig. 2. Encounter rate of killer whales and area of sea ice in Nemuro area. a-d: Encounter rate of killer whales in May. e-h: Sea ice extent on May 1. a, e: 2012. b, f: 2013. c, g: 2014. d, h: 2015.

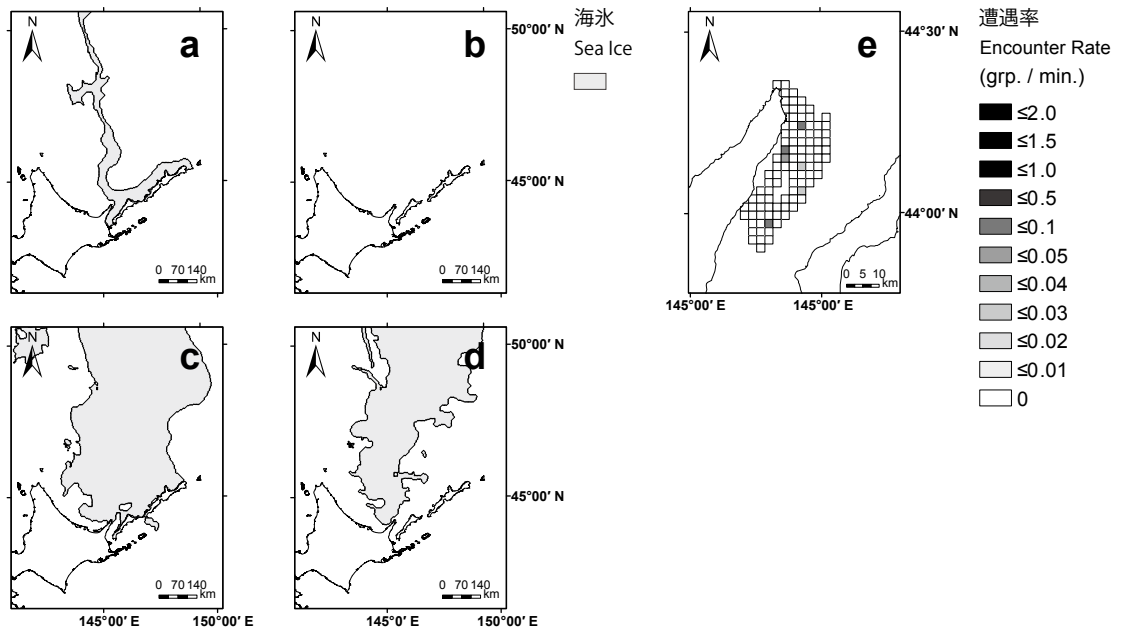


図3. 根室海峡北部における海水分布とシャチの遭遇率. a-d: 海水分布. a: 2014年5月7日. b: 2014年5月19日. c: 2012年4月13日. d: 2012年4月21日. e: 2012年4月のシャチの遭遇率. Fig. 3. Area of sea ice and encounter rate of killer whales in Nemuro area. a-d: Sea ice extent. a: May 7, 2014. b: May 19, 2014. c: April 13, 2012. d: April 21, 2012. e: Encounter rate of killer whales in April, 2012.

図4. シャチの分布水深のカーネル密度推定によって得られた、水深とシャチの密度の関係。 **a:** 釧路海域, **b:** 根室海峡, シャチ (黒線), イシイルカ (灰色線), 調査航路 (破線)。データに対応するx軸上の点に縦線で印をつけた。上軸 (シャチ), 下軸 (イシイルカ, 調査航路)。 **Fig. 4.** Kernel density of killer whales distribution. Plots are according to depth. **a:** Kushiro area. **b:** Nemuro area. Killer whales (black line), Dall's porpoises (gray line), total study area (dashed line). The relative kernel density of data points is shown by the rug plot on the superior x-axis (killer whales) and x-axis (Dall's porpoises and total study area).

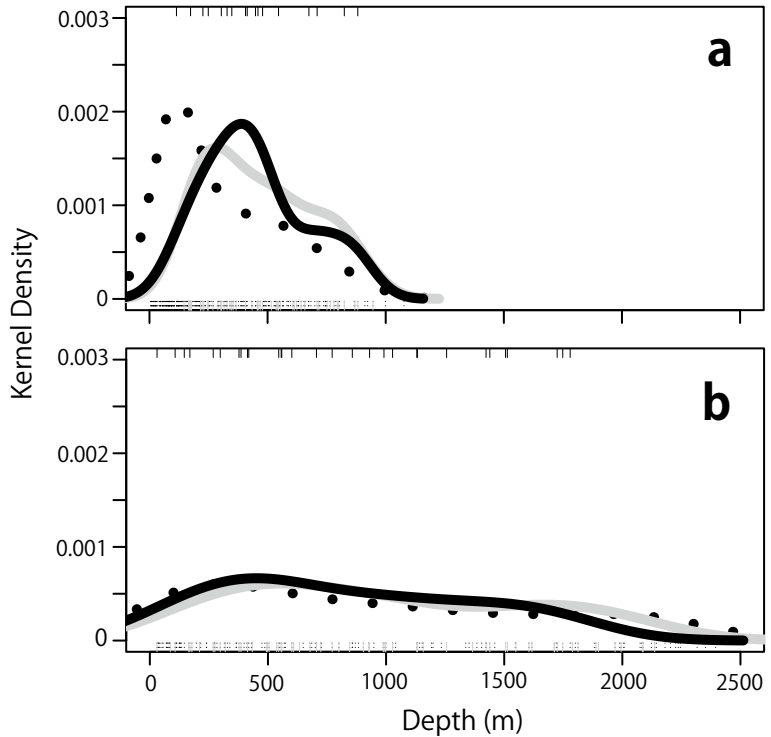
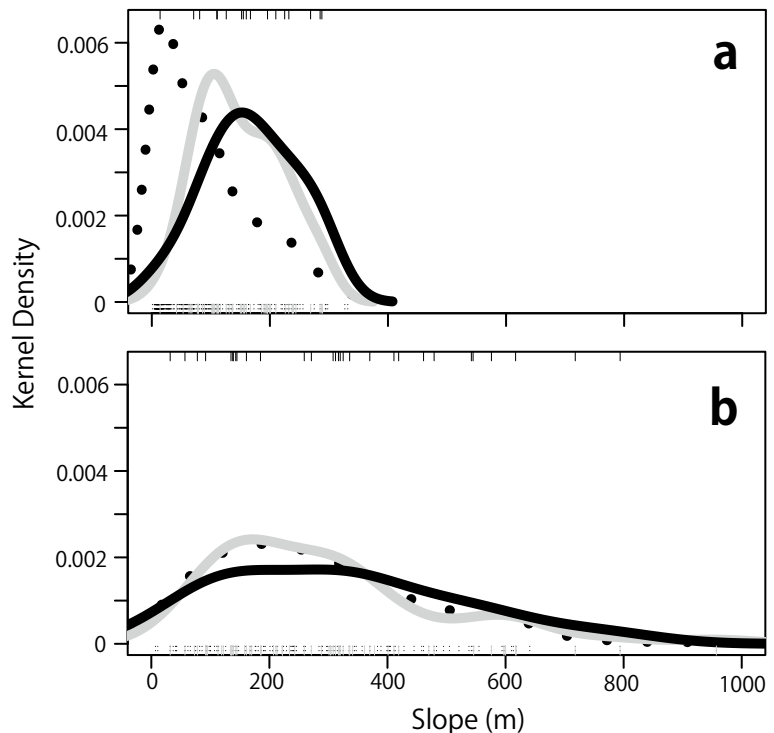


図5. シャチの分布傾斜のカーネル密度推定によって得られた、傾斜とシャチの密度の関係。 **a:** 釧路海域, **b:** 根室海峡, シャチ (黒線), イシイルカ (灰色線), 調査航路 (破線)。データに対応するx軸上の点に縦線で印をつけた。上軸 (シャチ), 下軸 (イシイルカ, 調査航路)。 **Fig. 5.** Kernel density of killer whales distribution. Plots are according to slope. **a:** Kushiro area. **b:** Nemuro area. Killer whales (black line), Dall's porpoises (gray line), total study area (dashed line). The relative kernel density of data points is shown by the rug plot on the superior x-axis (killer whales) and x-axis (Dall's porpoises and total study area).



な移動にもよって分布を変化させることが知られている (Nichol 1990; Baird et al. 1995; Similä et al. 1996; Hauser et al. 2007; Ferguson et al. 2010; Matthews et al. 2011; Reisinger et al. 2011).

まず、本研究の結果から、根室海峡北部において海水はシャチの来遊を制限する要因であるということが示唆された。2014年は、例年4月上旬で消失する海水が5月まで根室海峡北部にあったため、例年根室海峡北部に来遊する時期にシャチが移動できず、5月の発見がなかったと考えられる。本海域においては2005年2月に9個体のシャチが海水に閉じ込められて死亡しており (Amano et al. 2011; 谷田部 2011), シャチにとって海水域に侵入することは危険を伴うことであると考えられる。

2014年は海水が後退してから2週間経ってもシャチは発見されなかった一方で、2012年には海水後退から8日後の4月21日には発見があった。このことから、単に海水の有無だけがシャチの来遊を制限するのではなく、海水がなくなる時期が重要であること、つまり、根室海峡北部にシャチが来遊する要因として、海水がなくなるタイミングが4月であることが重要であると考えられる。根室海峡北部は、ゴマフアザラシ *Phoca largha* やクラカケアザラシ *Histiophoca fasciata* の繁殖場であり、それぞれ3月中-下旬, 4月上-中旬をピークとして氷上で出産が行われる (石名坂・宇仁 2000)。2015年2月に根室海峡北部で死亡したシャチの胃内容物にはゴマフアザラシとクラカケアザラシが含まれていたことや (谷田部 2011), 実際に根室海峡北部ではアザラシの捕食行動も確認されていることから (斎野私信), 根室海峡北部に来遊するシャチの中には海棲哺乳類食性のものがいると考えられる。カナダ西岸や南極においては、海棲哺乳類食性のシャチがアザラシ類やアシカ類の繁殖期に来遊し、捕食することが報告されており (Baird et al. 1995; Reisinger et al. 2011), 根室海峡北部においても、シャチはアザラシ類を捕食するため、アザラシの繁殖期に合わせて来遊していることが考えられる。一方、根室海峡北部でシャチの発見が見られなかった2014年は、これまでシャチの目

撃情報が稀であった襟裳沖で5月8日頃から6月9日頃までシャチが5-6頭観察され、ゼニガタアザラシ *Phoca vitulina stejnegeri* を捕食していると思われる行動も目撃されていた (中岡 2015)。襟裳岬はゼニガタアザラシの北海道最大の繁殖場であり、繁殖期は4月下旬から5月下旬の約1箇月で、5月の中旬ごろにピークを迎える (新妻 1986)。残念ながら襟裳岬に来遊したシャチの個体識別はされておらず、根室海峡北部に来遊する個体との一致は確認することはできなかったが、例年根室海峡北部に来遊する個体が襟裳沖などの根室海峡北部以外に分散し、摂餌場として利用していた可能性が考えられた。海水がなくなる時期とシャチの利用場所の関係を明らかにするためには、今後さらなる事例を集める必要がある。

本研究では、釧路沖ならびに根室海峡北部海域のシャチの分布について、初めて詳細なスケールで定量的な空間解析を行うことで、釧路沖では、水深300-500 m付近、傾斜が200 m付近で高い遭遇率を示すこと、根室海峡北部では、海域全体に広範囲に分布していることが明らかとなった。先行研究では、釧路沖において大陸棚や海底谷の辺縁部、根室海峡北部では、深海に落ち込む斜面付近の200 m等深線によく出現するとされていたが (佐藤ら 2006; 笹森ら 2013), 定量的な空間解析を行うことで、より正確な分布環境を把握することができたといえる。

水深や傾斜などの海底地形がシャチの分布に影響する理由としては、餌生物の分布が考えられる。日本近海におけるシャチの胃内容物において、高い割合を占めていたのは、魚類、頭足類、鯨類であり、魚類のうち最も高い割合を占めていたのはタラ類であった (Nishiwaki & Handa 1958)。タラ類は北海道沿岸に多く生息し、大陸斜面を好んでおり (尼岡ら 2011), 本調査海域の釧路沖、根室海峡北部にはスケトウダラ *Gadus chalcogrammus* やマダラ *Gadus macrocephalus* が生息している (志田 2002; 本田ら 2003; 山内ら 2008)。スケトウダラは水深300 m以浅に多く (志田 2002), マダラはさらに深い水深350-700 mに分布している (山内ら 2008)。釧路沖ではシャチは水深300-500 mに多く分布してお

り、マダラの分布と合わせて分布している可能性が考えられる。マダラは日中は海底に分布しているため、シャチの最大潜水深度(264 m: Baird et al. 2005)よりも深い深度帯にいますと考えられるが、夜間に水深60 m前後まで浮上するため(Nichol et al. 2013)、シャチは浮上したタラ類を捕食している可能性が考えられる。そのため、シャチは餌生物であるタラ類が生息する水深に分布していると考えられる。

タラ類の他にシャチの胃内容物の多くを占めていたのは頭足類である(Nishiwaki & Handa 1958; 谷田部2011)。根室海峡北部で2015年2月に座礁した個体の胃内容物からはアカイカ *Ommastrephes bartramii*、タコイカ *Gonatopsis borealis*、ドスイカ *Beryteuthis magister magister* などのテカギイカ科が出現しており(谷田部2011)、これらの種は根室海峡北部や釧路沖にも分布する(川端ら2007; 奥谷2015)。太平洋沖合で行われた先行研究では、アカイカは日周鉛直移動を行い、日中は水深150–300 m、夜間は水深40 m以浅の層を遊泳することが知られている(中村1994)。また、ドスイカは水深300 m以深に多量に分布し(奥谷2015)、夜間は水温躍層まで浮上することが知られている(Arkhipkin et al. 1998)。釧路沖の9、10月の水温躍層は50–150 m、根室海峡北部の水温躍層は40–150 mであった(三谷未発表)。したがって、シャチはこれらのイカ類を餌生物とし、分布が一致している可能性も高い。

本研究において、シャチとイシイルカは同じような水深、傾斜に分布しており、両種が選択する環境は重複していることが明らかとなった。その理由として、シャチとイシイルカの餌生物が同じである、もしくは、シャチがイシイルカを餌生物としているという2つの可能性を考える。イシイルカは、春から秋に北海道沿岸に分布することが知られている(天野2007; 宮下2013)。また三陸沖では300–500 mの深度に生息するトドハダカ *Diaphus theta* や、シャチと同様にタラ類、タコイカ、ドスイカも餌生物としていること(岡本ら2010)、北海道沿岸の日本海側やオホーツク海側に漂着した死亡個体の胃内容物からは、テカギイカ科が最も多く

出現していることが知られている(松田ら2012)。これらの餌生物の分布深度とイシイルカの生息水深が一致しており、イシイルカの分布は餌生物と一致していると考えられる。そのため、同じ餌生物を捕食するシャチと分布が一致したことが示唆された。その一方で、釧路沖やオホーツク海のシャチの胃内容物には鯨類の中ではイシイルカがもっとも多く含まれていた(Nishiwaki & Handa 1958)。そのため、シャチとイシイルカが同所的に分布するのは、イシイルカを餌生物として利用しているシャチがいるためでもあると考えられる。

本研究では、釧路沖では水深300–500 m、傾斜200 m付近といった、シャチの分布に偏りが見られたのに対し、根室海峡北部では、シャチは広範囲に偏りなく分布するという海域差がみられた。この理由としては、両海域の海底地形の違いが考えられる。釧路沖では沿岸に大陸棚があり、沖合に釧路海底谷がある一方で、根室海峡北部は大陸棚がなく、海域全体で傾斜が大きい。そのため、根室海峡北部では海域全体にこれらの餌生物が高密度に分布し、シャチも海域全体で広範囲に分布していたと考える。

その他に、根室海峡北部で広範囲に分布する理由として、摂餌海域としての目的以外の利用についても考察する。2012年5月20日には100頭ものシャチが羅臼港から知床岬側に10 kmほどの場所で観察された。先行研究において、シャチは繁殖にかかる社会行動や移動などにおいて、ときに複数の群れが一度に集い、数十から100頭以上の大型集団をなすことが知られている(Bigg et al. 1987; Matkin et al. 1999; Ford et al. 2000; Ford 2002)。これまでも、根室海峡北部において一度に数十から100頭以上が集まっているのが観察されている(佐藤ら2006; 佐藤2009)。また、2015年には根室海峡北部で交尾行動のようなものも観察されている(宮本未発表)。シャチが社会行動の場として利用するのは海水がない海域、または摂餌行動や水面行動がよく見られる場所であることが報告されている(Heimlich-Boran 1988)。このようなことから、この海域を摂餌場として利用するだけでなく、他の群れと交流する社会行動の場として利用

している可能性も考えられる。

おわりに

本研究の結果から、北海道沿岸におけるシャチの来遊時期は海氷と関係があること、詳細な分布は海底地形、餌生物と関係がある可能性が示唆された。この結果は、この海域における効率的な本種の探索、および継続的な観察を可能とし、日本沿岸における本種のさらなる生態解明に繋がると考えられる。今後、餌生物と考えられる魚類や海棲哺乳類との分布を詳しく調べることや、個体識別によって群れの構成を明らかにすることで、さらなる分布要因の特定、および分布生態の解明に繋がると期待される。

謝辞

根室海峡北部、釧路沖での調査において多大なるご協力をいただいた、北海道知床・羅臼観光船「はまなす」(尾田建設)の船長をはじめ、乗組員の皆様、また、北海道シャチ研究大学連合の調査に参加して下さった皆様には、多大なる協力を賜った。ここに心より感謝申し上げる。この研究の一部は、プロ・ナトゥーラ・ファンド、およびJSPS 科研費(25870008, 15K07227, 23220006)によって行われた。

引用文献

- 天野雅男. 2007. 日本近海における小型ハクジラ類の個体群構造. 哺乳類科学 47: 115–119.
- Amano M., Yamada T. K., Brownell R. L. Jr. & Uni Y. 2011. Age determination and reproductive traits of killer whales entrapped in ice off Aidomari, Hokkaido, Japan. J. Mammal. 92: 275–282.
- 尼岡邦夫・仲谷一宏・矢部衛. 2011. 北海道の全魚類図鑑. 482 pp. 北海道新聞社, 札幌.
- Arkhipkin A. I., Bizikov V. A. & Verkhunov A. V. 1998. Distribution and growth in juveniles of the squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) in the western Bering Sea. Sarsia 83: 45–54.
- Baird R. W. & Dill L. M. 1995. Occurrence and behaviour of transient killer whales: seasonal and

pod-specific variability, foraging behaviour, and prey handling. Can. J. Zool. 73: 1,300–1,311.

- Baird R. W., Hanson M. B. & Dill L. M. 2005. Factors influencing the diving behaviour of fish-eating killer whales: sex differences and diel and interannual variation in diving rates. Ecology 267: 257–267.
- Bigg M. A., Ellis G. M., Ford J. K. B. & Balcomb K. C. 1987. Killer whales: A study of their identification, genealogy and natural history in British Columbia and Washington State. 79 pp. Phantom Press, Nanaimo, B. C.
- Estes J. A., Tinker M. T., Williams T. M. & Doak D. F. 1998. Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. Science 282: 473–476.
- Ferguson S. H., Dueck L., Loseto L. L. & Luque S. P. 2010. Bowhead whale *Balaena mysticetus* seasonal selection of sea ice. Mar. Ecol. Prog. Ser. 411: 285–297.
- Ford J. K. B. & Fisher H. D. 1982. Killer whale (*Orcinus orca*) dialects as an indicator of stocks in British Columbia. Rep. Int. Whal. Commn 32: 671–679.
- Ford J. K. B. 1984. Call traditions and dialects of killer whales (*Orcinus orca*) in British Columbia. Ph Thesis, University of British Columbia, Vancouver.
- Ford J. K. B., Ellis G. M., Barrett-Lennard L. G., Morton A. B., Palm R. S. & Balcomb K. C. 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. Can. J. Zool. 76: 1,456–1,471.
- Ford J. K. B., Ellis G. M. & Balcomb K. C. 2000. Killer whales: The natural history and genealogy of *Orcinus orca* in British Columbia and Washington (2nd ed.). 104 pp. UBC Press, Canada.
- Ford J. K. B. 2002. Killer whale *Orcinus orca*. In: Perrin W. F., Wüsig B. G. & Thewissen J. G. M. (ed.), Encyclopedia of Marine Mammals. pp. 669–676. Academic Press, USA.
- 藤田弥生・大槻真友子・宮下和士・三谷曜子・北夕紀. 2014. 根室海峡羅臼沖における鯨類目視調査. 東海大学紀要・生物学部 3: 11–17.
- 幅祥太・斎野重夫・大泉宏・中原史生・三谷曜子・

- 山本友紀子・青山桜子・吉岡基. 2013. 釧路沖に出現したシャチの個体識別. 勇魚 59: 22-25.
- Hanson M. B., Baird R. W., Ford J. K. B., Hempelmann-Halos J., Van Doornik D. M., Candy J. R., Emmons C. K., Schorr G. S., Gisborne B., Ayres K. L., Wasser S. K., Balcomb K. C., Balcomb-Bartok K., Sneva J. G. & Ford M. J. 2010. Species and stock identification of prey consumed by endangered southern resident killer whales in their summer range. *Endanger Species Res* 11: 69-82.
- Hassanin A., Delsuc F., Ropiquet A., Hammer C., Jansen van Vuuren B., Matthee C., Ruiz-Garcia M., Catzeflis F., Areskoug V., Nguyen T. T. & Couloux A. 2012. Pattern and timing of diversification of Cetartiodactyla (Mammalia, Laurasiatheria), as revealed by a comprehensive analysis of mitochondrial genomes. *C. R. Biol.* 335: 32-50.
- Hauser D. D. W., Logsdon M. G., Holmes E. E., VanBlaricom G. R. & Osborne, R. W. 2007. Summer distribution patterns of southern resident killer whales *Orcinus orca*: core areas and spatial segregation of social groups. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 351: 301-310.
- Heimlich-Boran J. R. 1988. Behavioral ecology of killer whales (*Orcinus orca*) in the Pacific Northwest. *Can. J. Zool.* 66: 565-578.
- Higdon J. W. & Ferguson S. H. 2009. Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (*Orcinus orca*) over the past century. *Ecol. Appl.* 19: 1,365-1,375.
- 本田聡・志田修・山村織生. 2003. 沿岸親潮域のスケトウダラとその生活史 (シンポジウム: 沿岸親潮). *沿岸海洋研究* 41: 39-47.
- 市森大地・鈴木駿介・小島千里・石森謙太郎・杉谷舞・松田純佳・小野雄大・松石隆. 2013. 10年間にわたる津軽海峡鯨類目視調査にもとづく鯨類出現の季節性と経年変化. *日本セトロロジー研究* 23: 29-33.
- Ingram S. N. & Rogan E. 2002. Identifying critical areas and habitat preferences of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244: 247-255.
- 石名坂豪・宇仁義和. 2000. 海の哺乳類. 斜里町立知床博物館 (編), 知床のほ乳類1. しれとこライブラリー 2. pp.162-225. 北海道新聞社, 札幌.
- Kanaji Y., Okazaki M., Watanabe H. & Miyashita T. 2016. Biogeography of small odontocetes in relation to wide-scale oceanographic structure in the North Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.* 25: 119-132.
- 笠松不二男・宮下富夫・吉岡基・大隅清治 (監). 2009. 鯨とイルカのフィールドガイド. 148 pp. 東京大学出版会, 東京.
- 川端淳・山口閑常・中神正康・巢山哲. 2007. 1984-2002年の東北-北海道太平洋海域の流し網調査における表層性イカ類の出現状況の経年変化. 水産総合研究センター日本海区水産研究所 (編), イカ類資源研究会議報告平成17年度・平成18年度. pp. 146-153. 水産総合研究センター日本海区水産研究所, 新潟.
- 國松靖・原文宏・高橋良正・佐伯浩・榎国夫・今泉章. 1993. オホーツク海沿岸部の海水盤の大きさに関する研究. *海洋開発論文集* 9: 95-100.
- Matkin C., Ellis G., Saulitis E., Barrett-Lennard L. & Matkin D. 1999. Killer whales of southern Alaska. 96 pp. North Gulf Oceanic Society, USA.
- 松田純佳・松石隆. 2012. 北海道におけるイシイルカ漂着個体の胃内容物について. *日本セトロロジー研究* 22: 9-14.
- Matthews C. J. D., Luque S. P., Petersen S. D., Andrews R. D. & Ferguson S. H. 2011. Satellite tracking of a killer whale (*Orcinus orca*) in the eastern Canadian Arctic documents ice avoidance and rapid, long-distance movement into the North Atlantic. *Polar Biol.* 34: 1,091-1,096.
- 三谷曜子・岡崎宏美・関口圭子・宮下和士. 2011. 2003, 2005-2009年, 練習船おしよろ丸からの目視調査によるシャチ (*Orcinus orca*) の写真識別カタログ. *北海道大学水産科学研究彙報* 61: 65-74.
- 宮下富夫. 2013. イシイルカの資源とその動態に関する研究. 91 pp. 博士論文, 東京海洋大学, 東京.
- Morton A. B. 1990. A quantitative comparison of the behaviour of resident and transient forms of the killer

- whale off the central British Columbia coast. Rep. Int. Whal. Commn, Special Issue12: 245–248.
- 中村好和, 1994. アカイカの日周行動と群れ特性. 日本水産学会誌 60: 531–532.
- 中岡利泰, 2015. 2014年北海道襟裳岬に出現したシャチの行動記録. えりも研究 12: 27–32.
- Nichol L. M. 1990. Seasonal movements and foraging behaviour of resident killer whales (*Orcinus orca*) in relation to the inshore distribution of salmon (*Oncorhynchus* spp.) in British Columbia. Can. J. Zool. 74: 983–991.
- Nichol D. G., Korwicky S. & Zimmermann M. 2013. Diel vertical migration of adult Pacific cod *Gadus macrocephalus* in Alaska. J. Fish Biol. 83: 170–189.
- 新妻昭夫, 1986. ゼニガタアザラシの社会生態と繁殖戦略. 和田一雄, 伊藤徹魯, 新妻昭夫, 羽山伸一, 鈴木正嗣(編), ゼニガタアザラシの生態と保護. pp. 59–102. 東海大学出版会, 東京.
- Nishiwaki M. & Handa C. 1958. Killer whales caught in the coastal waters off Japan for recent 10 years. Sci. Rep. Whales Res. Inst 13: 85–96.
- 岡本亮介・大泉宏・内川和久・伊藤正木・岩崎俊秀・加藤秀弘, 2010. 冬季の三陸沖陸棚斜面におけるイシイルカの餌選択性. 日本水産学会誌 76: 54–61.
- 奥谷喬司, 2015. 新編世界イカ類図鑑. pp. 161–162. 東海大学出版部, 神奈川.
- Reisinger R. R., de Bruyn P. J. N., Tosh C. A., Oosthuizen W. C., Mufanadzo N. T., & Bester M. N. 2011. Prey and seasonal abundance of killer whales at sub-Antarctic Marion Island. Afr. J. Mar. Sci. 33: 99–105.
- 佐々木裕子, 2013. 北西太平洋亜寒帯域およびベーリング海・チャクチ海における鯨類の空間分布様式. 128 pp. 博士論文, 北海道大学水産科学院, 函館.
- 笹森琴絵・高橋萌・城者定史・近藤茂則・下田絢・小林万理, 2013. 北海道東部及び北方四島におけるシャチの移動. 桜井泰憲, 大島慶一郎, 大泰司紀之(編). オホーツクの生態系とその保全. pp. 175–185. 北海道大学出版会, 札幌.
- 佐藤晴子・石川聖江・江崎逸郎・笹森琴絵・高橋俊男・増田泰・吉田孝哉, 2006. 1990–2005年の偶発的な目視情報に基づく, 知床・根室海峡におけるシャチ (*Orcinus orca*) の出現傾向と写真識別カタログ. 知床博物館研究報告 27: 9–36.
- 佐藤晴子, 2009. 2006–2008年の偶発的な目視観察に基づく知床・根室海峡に出現したシャチの写真識別カタログ. 知床博物館研究報告 30: 55–82.
- 佐藤雅彦・佐藤晴子, 2002. 利尻, 礼文周辺海域におけるシャチの目撃記録. 利尻研究 21: 35–37.
- 志田修, 2002. 北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラの年齢別分布水深. 北海道水産試験場研究報告 63: 9–19.
- Similä T., Holst J. C. & Christensen I. 1996. Occurrence and diet of killer whales in northern Norway: seasonal patterns relative to the distribution and abundance of Norwegian spring-spawning herring. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 769–779.
- 田村保・大隅清治・荒井修亮, 1986. 漁業公害(有害生物駆除) 対策調査委託事業調査報告書(昭和56–60年度). 285 pp. 水産庁漁業公害(有害生物駆除) 対策調査検討委員会, 東京.
- 高橋俊男・山崎浩靖・山崎弘美・佐藤晴子, 2001. 偶発的な発見情報に基づく, 1990–2001年の北海道沿岸におけるシャチの目撃分布について. 鯨研通信 412: 9–14.
- Wilke F. 1954. Seals of northern Hokkaido. J. Mammal. 35: 218–224.
- Williams T. M., Estes J. A., Doak D. F. & Springer A. M. 2004. Killer appetites: assessing the role of predators in ecological communities. Ecology 85: 3,373–3,384.
- 山内務臣・濱津友紀・大村敏昭・高津哲也・高橋豊美, 2008. 北海道東部沖太平洋大陸斜面における底魚の分布パターンと優占種の食性. 北海道大学水産科学研究彙報 58: 11–19.
- 谷田部明子, 2011. ストランディングした鯨類の食性の研究. 勇魚 55: 24–31.