

研究論文 (短報)

土佐湾のホエールウォッチングにおける鯨類の出現頻度と気象海洋条件との関係

三好智子¹⁾・加藤元海^{1, 2)}*

要 旨

高知県では土佐湾中部から西部において、ニタリクジラを対象としたホエールウォッチングが盛んに行なわれている。ホエールウォッチングでは、鯨類の出現する確率や出現頭数、ブロー頻度は日によって大きく異なることが知られているが、その要因についてはよくわかっていない。そこで本研究では、2012年5-10月の間、土佐湾宇佐港から出航するホエールウォッチング船に乗り、土佐湾における鯨類の出現頻度と気象海洋条件との関係を、ニタリクジラを主な観察対象として調査した。5-6月は鯨類が全く観察されない日があった。7-8月はニタリクジラが観察されない日もあったが、マイルカなど他の種類を含めると鯨類がすべての調査日で見られた。9-10月ではニタリクジラがすべての調査日で観察された。ニタリクジラの出現率と気温や日照時間など気象条件との関係では相関がなかった。ニタリクジラの出現率と海洋条件との関係では、潮汐に関して小潮で出現率が高かった。新月の時期にあたる旧暦28-4日にはすべての調査日でニタリクジラが出現していたのに対して、満月の時期にあたる旧暦13-19日の出現率は最も低かった。日内の潮汐変化に関しては、満潮時刻付近の出現率が高く、下げ潮では低かった。本研究から、ホエールウォッチングでは、旧暦を参考にして新月にあたる晩夏から秋にかけての時期で、かつ、観察時間が満潮にあたる場合に高い確率でニタリクジラが観察できることが示唆された。

キーワード：旧暦、潮汐変化、土佐湾、ニタリクジラ、ホエールウォッチング

高知県では、昔からクジラと人との関わりは深く、室戸市津呂では古式捕鯨の基地になっていた (高知県水産試験場, 1991)。土佐湾での捕鯨は江戸時代から始まり、昭和初期まで行なわれていた (加藤, 2000)。1950年代から60年代にかけて、米国カリフォルニア州やハワイ州など海外では鯨類を観察する対象としての価値が見出されるようになった (水口, 1998)。ホエールウォッチングは、1983年には12ヶ国で行なわれており、1995年には295の地域と65ヶ国にまで広がった (Hoyt, 1996)。日本でもクジラに対する意識が高まり、近年高知県でも観光資源としての価値が認められるようになってきた (高知県水産試験場, 1991)。1989年以降、土佐湾中部から西部にかけてホエールウォッチングが盛んに行なわれるようになった。この海域で観察される鯨類は主に、ニタリクジラ (*Balaenoptera*

edeni)、オキゴンドウ (*Pseudorca crassidens*)、ハナゴンドウ (*Grampus griseus*)、ハンドウイルカ (*Tursiops truncatus*)、マイルカ (マイルカ属, *Delphinus*) であり、これらの中でもホエールウォッチングの主役はニタリクジラである。土佐湾では、日本周辺の海域では珍しく、ほぼ1年を通してニタリクジラが観察できる (加藤, 2000)。

ニタリクジラは、南北両半球の熱帯から亜熱帯にかけて分布し、北緯40度から南緯40度の範囲を回遊する (村山, 2008)。本種はヒゲクジラの仲間成獣の体長は14-15 mであり、他のヒゲクジラが季節的な回遊を行なうのに対し、移動距離が例外的に短く周年暖海域にとどまる (水口, 2010)。一年を通して同じ繁殖域または採餌域に滞留している個体がいることも知られている (上田, 2005)。主な餌生物は、オキアミ類やカイアシ類などの動物プランクトンから、群れを形成するマイワシ、カタクチイワシや未成熟なサバ類といった小型魚などである (小西, 2008)。本種は、春季から夏季にかけて土佐湾の沿岸に來遊し、徐々に土佐湾沖合に分布範囲を広げていくと考えられている

2013年1月31日受領; 2013年3月7日受理

1) 高知大学理学部生物科学コース理論生物学研究室
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

2) 高知大学大学院黒潮圏科学部門
〒780-8520 高知市曙町2-5-1

* 連絡責任者 e-mail address: genkai@kochi-u.ac.jp

(高知県、1997)。土佐湾ではニタリクジラが54頭生息すると推定されている(笠松ほか、2009)。

高知県では、ホエールウォッチングが観光資源として地域経済に与える影響は大きくなりつつある(高知県、1995)。ホエールウォッチングでは、鯨類が観察できるかどうかは日によって大きく異なり、観察される頭数やブロー(呼吸のために水面で吹き上がる水しぶき)の頻度も日によって大きく異なる。観光客の観点からはできるだけクジラを観察したいであろうし、ホエールウォッチングに携わる関係者にとっては鯨類が観察できる確率を予測できれば、海の観光産業の発展につながる。周期的に変動する潮汐は、多くの海洋生物の行動に影響を与えていることが知られている(宇田、1969; Pinet, 2006)。鯨類は海洋に生息する生物であることから、その行動が大潮や小潮、満潮や干潮などの海洋条件と関係していることが考えられる。また、鯨類の生息する表層の水温や一次生産は、気温や日照条件などの気象条件に依存する(Pinet, 2006)。そこで本研究では、ホエールウォッチングにおける鯨類の出現と気象条件や海洋条件との関係を調べた。

材料と方法

2012年5月1日から10月30日にかけて、宇佐ホエールウォッチング協会に所属するホエールウォッチング船に乗り、土佐湾の沖における鯨類の出現位置と出現頻度の調査を行なった。本研究では、主な観察対象をニタリクジラとし、その他のオキゴンドウ、ハナゴンドウ、ハンドウイルカ、マイルカは他の鯨類と総称することにした。ホエールウォッチングでは、ニタリクジラの頭数に加え、ブローが見られる頻度も観光客の満足度に大きく影響を与える。そこで、ニタリクジラが観察された調査では頭数とブローの数を記録し、他の鯨類は頭数のみを記録した。鯨類の観察頭数とニタリクジラのブロー回数に関する月別の調査頻度は、5月は5回、6月は5回、7月は10回、8月は7回、9月は4回、10月は8回であった(合計39回)。また、鯨類の観察頭数のみに関する月別の調査頻度は、5月は9回、6月は7回、7月は16回、8月は18回、9月は12回、10月は11回であった(合計73回)。ホエールウォッチング船は8-13時の時間帯に高知県土佐市の宇佐港から出航し、航行時間は4-5時間程度である。ホエールウォッチングでは、他の船や漁船と互いに連絡を取り合いながら、鯨類の探索が行なわれ

る。鯨類を発見した場合には、観察の開始時刻と終了時刻、位置、種名、頭数、ウォッチング船と漁船の数、鳥山(海鳥の群れ)の有無を記録した。観察時間は平均で2時間12分であった(最小20分、最大6時間30分、 $n = 39$)。位置情報はGPS(eTrex 10J, Garmin)を用いて記録した。鯨類が生息する沖帯と沿岸域の環境の違いを比較するために、土佐湾沖と宇佐港において透明度と水色を測定した。透明度と水色は、5月と6月は各1回、7月は2回、8月は1回の頻度でセッキ板と水色計(Forel, Rigosha)を用いて測定した。

各月の水温、平均気温、最高気温、日照時間は気象庁のホームページを参照した(気象庁、2012)。土佐湾における月内の潮の変化については、「海の暦」(高知海上保安部、2012)を参照して、次の3つを考慮した：(1) 潮条件A、(2) 潮条件B、(3) 旧暦。潮条件Aでは、小潮、長潮と若潮、中潮、大潮の4つに分類した。潮条件Bでは、中潮を小潮から大潮に向かう時期(中潮A)と大潮から小潮に向かう時期(中潮B)に分け、小潮、長潮と若潮、中潮A、大潮、中潮Bの5つに分類した。旧暦では、旧暦28-4日(新月)、5-12日(上弦の月)、13-19日(満月)、20-27日(下弦の月)の4つに分類した。日内の潮汐変化については「海の暦」(高知海上保安部、2012)を参照して、干潮(干潮の時刻とその前後1.5時間)、満潮(満潮の時刻とその前後1.5時間)、上げ潮(干潮から満潮への上げ潮の時間)、下げ潮(満潮から干潮への下げ潮の時間)の4つに分類した。日内の潮汐変化では、ホエールウォッチングの観察開始時刻と終了時刻の中間の時刻が、干潮、上げ潮、満潮、下げ潮のどの時間帯にあたるのかを考慮して分類を行なった。

発見頭数もしくは1時間あたりのブロー数と、気象条件(水温、平均気温、最高気温、日照時間)との関係は、ピアソンの相関分析を用いて解析した。発見頭数もしくは1時間あたりのブロー数と、海洋条件(潮条件A、潮条件B、旧暦、日内の潮汐変化)との関係については一元配置分散分析を用いて解析した。統計解析には、フリーの統計分析ソフトウェアRを用いた(version 2.9.1; R Development Core Team, 2009)。

結果

鯨類が観察された海域は、(1) ニタリクジラに加えて他の鯨類も観察、(2) ニタリクジラのみ観察、(3) ニタリクジラ以外の鯨類を観察、の3通りに分類して

月別に表した (Fig. 1)。ニタリクジラは、どの月も黒潮牧場 (8号、12号、14号、20号ブイ) のいずれかで観察されることが多かった。黒潮牧場は高知県が設置したシイラやカツオなどの回遊魚を集めるための表層型浮き魚礁である (高知県、2010)。特に、9月以降では12号ブイで多く観察された。他の鯨類は、ニタリクジラよりも岸に近い海域で観察される傾向にあり、

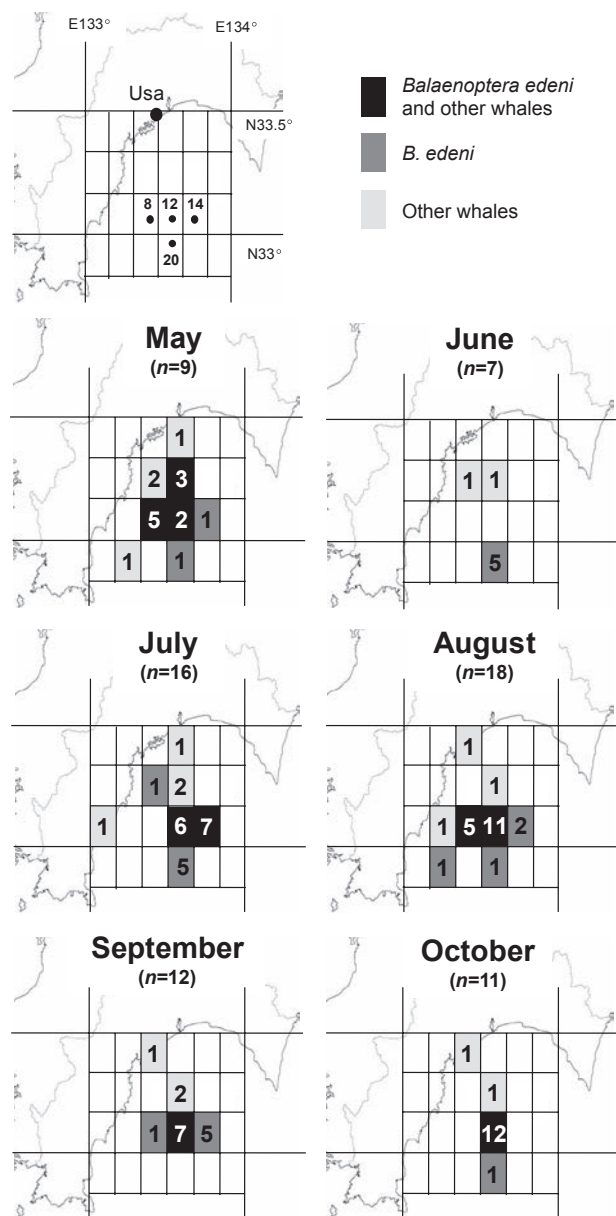


Fig. 1. Map of Tosa Bay and the sites where whales were observed in May–October 2012. The whale watching in this study focused on the Bryde's whale *Balaenoptera edeni*. Other whales include the false killer whale (*Pseudorca crassidens*), Risso's dolphin (*Grampus griseus*), bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), and common dolphin (*Delphinus*). The port of Usa and Kuroshio farms (buoy numbers 8, 12, 14, and 20) were also indicated. *n*: number of cruises in each month. The number on a grid indicates the frequency of observation of whales in the region.

特にマイルカは沿岸域で観察されることが多かった。

土佐湾における透明度は、沿岸の宇佐港では25–5 mであるのに対して、鯨類が見られる沖では18–22 mであった (Fig. 2a)。水色は、宇佐港では6–9であるのに対して、鯨類が見られる沖では常に外洋に相当する値の2であった (Fig. 2b)。土佐湾沖の表層水温は、8月に最高水温に達し、5月、8月、10月でそれぞれ206℃、290℃、258℃を示した (Fig. 2c)。また、いずれの調査月も水温躍層が形成され、海水の鉛直混合が起こりにくい時期であった。

ニタリクジラの各月の発見頭数の平均値、最大値、

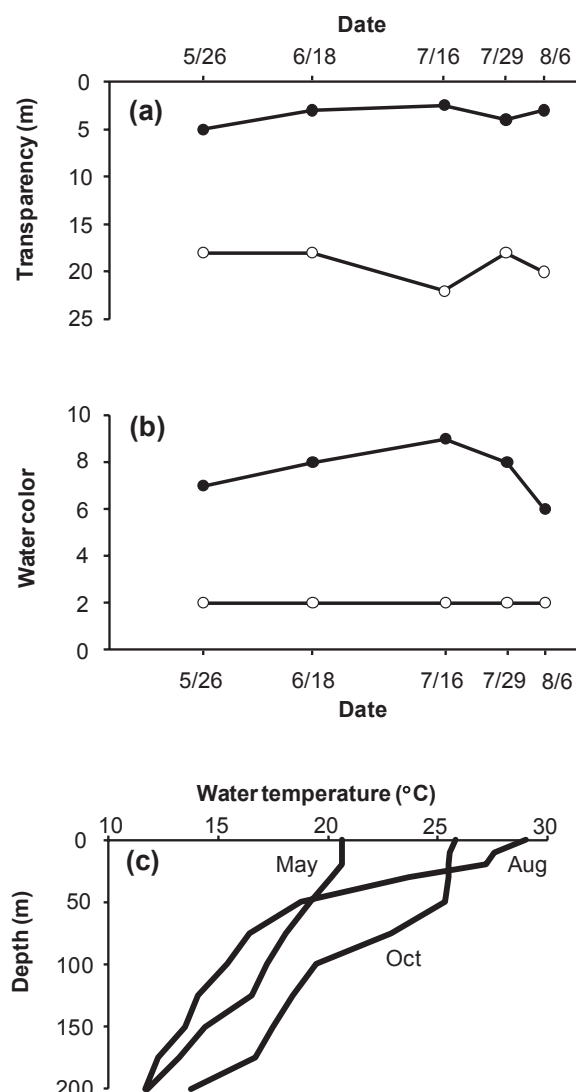


Fig. 2. (a) Transparency by Secchi disk reading and (b) water color measured by Forel water color meter at the port of Usa (open circles) and off Kochi where whales were observed (closed circles) in May–August 2012. (c) Vertical changes in water temperature from the water surface to 200 m deep near the Kuroshio farm buoy number 12 off Kochi in May, August, and October 2012.

最小値をFig. 3aに示した。6月は他の月と比べて観察された海域は狭かったが (Fig. 1)、平均して多く見られた (Fig. 3a)。9月は1回の出航で11頭観察された日もあったが、1頭しか観察されなかった日もあり、変化の幅が大きかった。鯨類の月別の出現率では、9-10月は100%の確率でニタリクジラが観察された (Fig. 3b)。7-8月はニタリクジラが観察されない日もあったが、100%の確率で何らかの鯨類が見られた。5-6月は、鯨類が全く見られない日があった。

各海洋条件とニタリクジラの出現率との関係をFig.

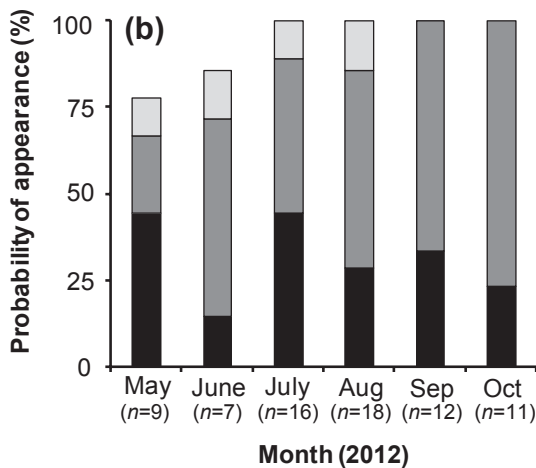
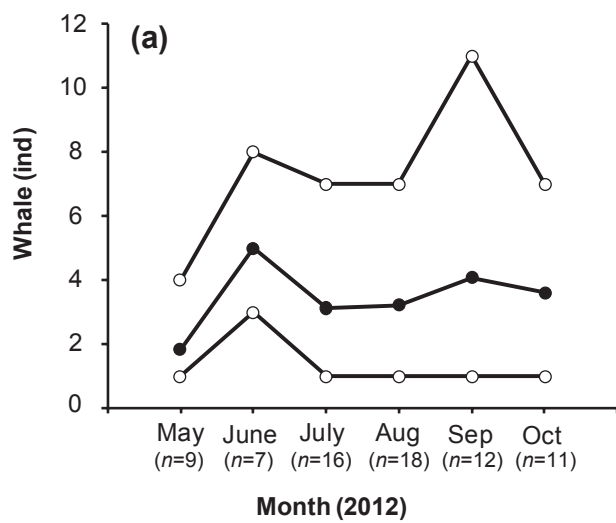


Fig. 3. (a) Maximum and minimum numbers (open circles) and averaged numbers (closed circles) in individuals of *Balaenoptera edeni* per one whale-watching cruise in May-October 2012. (b) Probability of appearance of *B. edeni* and other whales per one whale-watching cruise in May-October 2012. Black bars: *B. edeni* and other whales were both observed, dark gray bars: *B. edeni* was observed (the other whales were not observed), light gray bars: other whales were observed (*B. edeni* was not observed). n: number of cruises in each month.

4に示した。潮条件Aに関しては、小潮で出現率が高く、長潮と若潮では低かった (Fig. 4a)。潮条件Bに関しては、中潮については中潮Aの方が中潮Bよりも高い出現率であった (Fig. 4b)。旧暦に関しては、新月の28-4日には100%の確率でニタリクジラが出現していたのに対して、満月の13-19日の出現率は最も低かった (Fig. 4c)。日内の潮汐変化に関しては、満潮付近の出現率が高く、下げ潮では低かった (Fig. 4d)。

一元配置分散分析の結果、発見頭数は海洋条件間で有意な違いはみられず (潮条件A: $F_{3,37} = 0.125, P = 0.945$; 潮条件B: $F_{4,36} = 1.108, P = 0.368$; 旧暦: $F_{3,37} = 1.463, P = 0.240$; 日内潮汐変化: $F_{3,37} = 1.350, P = 0.273$)、1時間あたりのブロー数もまた、いずれの海洋条件間においても有意な違いはみられなかった (潮条件A: $F_{3,37} = 1.116, P = 0.355$; 潮条件B: $F_{4,36} = 1.008, P = 0.416$; 旧暦: $F_{3,37} = 1.033, P = 0.389$; 日内潮汐変化: $F_{3,37} = 2.327, P = 0.091$)。相関分析の結果、発見頭数といずれの気象条件とも有意な相関はみられず (水温: $r = 0.011, P = 0.956, n = 30$; 平均気温: $r = 0.049, P = 0.796, n = 30$; 最高気温: $r = 0.081, P = 0.669, n = 30$; 日照時間: $r = -0.091, P = 0.632, n = 30$)、1時間あたりのブロー数といずれの気象条件とも有意な相関はみられなかった (水温: $r = -0.289, P = 0.137, n = 30$; 平均気温: $r = -0.385, P = 0.036, n = 30$; 最高気温: $r = -0.308, P = 0.098, n = 30$; 日照時間: $r = -0.018, P = 0.925, n = 30$)。

考察

ニタリクジラは、5月には沿岸域でも観察されたが、6月以降は黒潮牧場8号、12号、14号、20号のいずれかのブイで観察されることが多かった (Fig. 1)。2011年以前は黒潮牧場ブイ付近でニタリクジラが観察されることはあまりなかったが、2012年は黒潮牧場付近で観察される場合が大半であった。また、6月は20号ブイ、7月は14号または20号ブイ、8月は8号または12号ブイ、9月前半は14号ブイ、9月後半から10月は12号ブイでの観察が多く、いずれかのブイで何日か連続して出現することが多かった。黒潮牧場ブイでの観察では、フィーディング (鯨類の採餌行動) が見られることが多く、イワシやカツオ、シイラ、サワラ、マグロの幼魚といった魚群や鳥山も多く観察された。このようなことから、黒潮牧場ブイに集まっているイワシなどを食べるためにニタリクジラも黒潮牧場ブイに出現していたと考えられる。実際に、魚群も鳥山も

見られない黒潮牧場ブイでのニタリクジラの出現はあまりなかった。

5月や6月と比べると、9月と10月では、ニタリクジラの船への接近や、ゆったりした泳ぎが多く見られ、観察しやすい月であった。ニタリクジラは基本的に群れをつくらないが、採餌海域では群れを作る場合があることが知られており（水口、2010）、9月と10月にはそのような場面も観察された。また、9月と10月での出航ではニタリクジラは100%の確率で観察

された（Fig. 3b）。9月はニタリクジラに加え他の鯨類も観察された確率が10月よりも高かった（Fig. 3b）。このことから、月別では9月がホエールウォッチングに最も適していることが示唆される。ニタリクジラは主な餌であるマイワシは、夏に肥満度が最高に達して秋に減少し始める（近藤、1985）。マイワシは大きな群れを形成し、沿岸から沖合の表層付近を回遊する（遠藤、2001）。そのため、餌資源の栄養価の高い9月に表層での採餌活動が活発になり、ホエールウォッチ

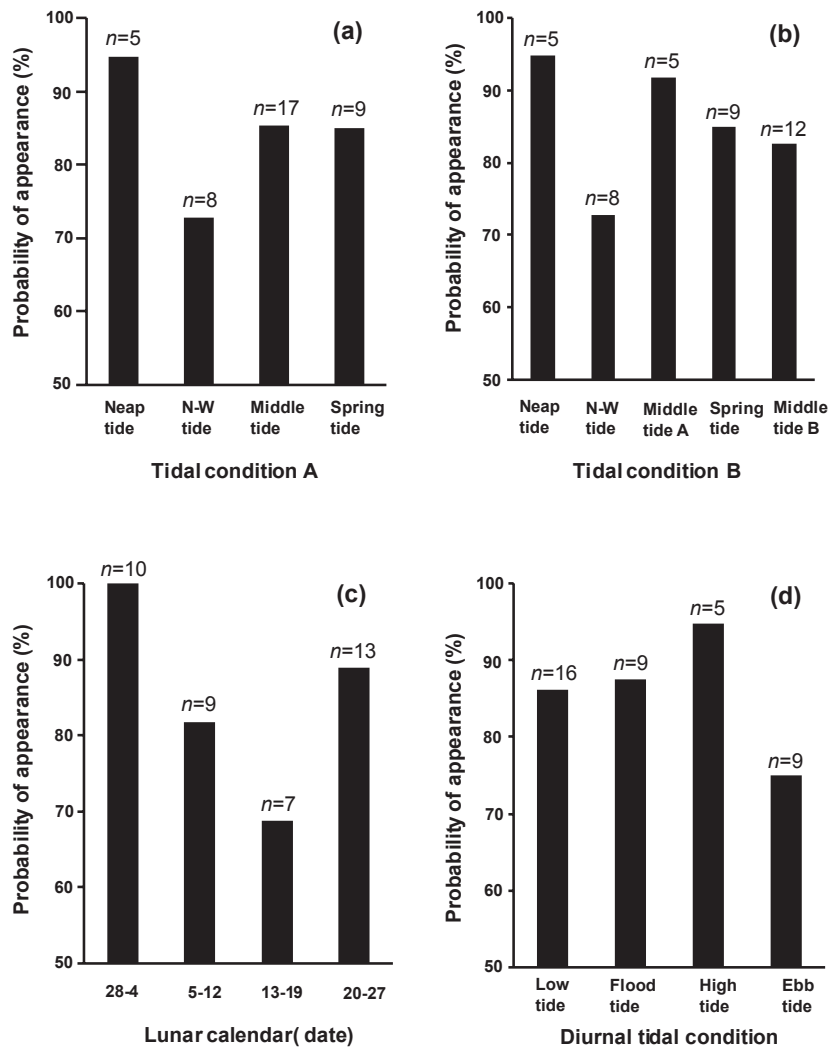


Fig. 4. Relationships between the probability of appearance of *Balaenoptera edeni* and the tidal conditions. (a) The tidal conditions were categorized into four categories: neap, N-W, middle, and spring tides. The N-W tide is a transitional tide from neap to middle tides, called the Nagashio and Wakashio tide. (b) The tidal conditions were categorized into five categories. The middle tide was categorized into two subcategories, middle tides A (midway from neap to spring tides) and B (midway from spring to neap tides). (c) Tidal conditions were categorized according to the lunar calendar. The first day of each month in the lunar calendar corresponds to the new moon and the 15th day approximately to the full moon. The 5th to 12th days correspond to the first quarter moon and the 20th to 27th days to the last quarter moon. (d) The tidal conditions were categorized into four categories based on the diurnal changes in tidal level within a day. n: number of cruises in each category.

ングでは高い頻度で観察されたのかもしれない。

ニタリクジラの出現率と各海洋条件との比較から、大潮、中潮、小潮、長潮と若潮の4つの潮条件のうち、小潮のときに観察できる確率が最も高かった (Fig. 4a)。中潮に関しては、小潮から大潮に向かうとき (中潮A) と大潮から小潮に向かうとき (中潮B) に分けられるが、中潮Aの方が出現率は高かった (Fig. 4b)。大潮に関しても、新月もしくは満月の大潮に分けられるが、本調査では新月では100%の確率でニタリクジラの観察ができた (Fig. 4c)。日内の潮条件に関しては、満潮のときにホエールウォッチングの観察時間帯があたる場合にニタリクジラが観察できる確率が最も高かった (Fig. 4d)。これらの結果から、ホエールウォッチングでは、旧暦を参考にして新月にあたる晩夏から秋にかけての時期で、かつ、観察時間が満潮にあたる場合に高い確率でニタリクジラが観察できることが示唆される。気象条件の場合、観察当日の天候に左右されることから1ヶ月以上前から予測するのは困難である。これに対して、潮見表などから旧暦と満潮時刻は観光客でも予測できる情報であるため、ニタリクジラの出現率と海洋条件との関連が示唆された意義は大きい。

謝辞

本研究を実施するにあたり協力していただいた鳴滝清一郎氏と村松敏勝氏 (宇佐ホエールウォッチング協会) と猪俣仁氏に感謝いたします。査読者の方々からは本原稿に対して有益な助言をいただきました。

引用文献

- 遠藤広光. 2001. マイワシ. 以布利 黒潮の魚. 中坊徹次・町田吉彦・山岡耕作・西田清徳 (編集), 大阪海遊館, p. 150.
- Hoyt, E. 1996. Whale watching: a global overview of the industry's rapid growth and some recent implications and suggestions for Australia. In: Colgan K, Prasser S, Jeffery A (eds) Encounters with whales 1995 proceedings. Australian Nature Conservation Agency, pp. 31-36.
- 笠松不二男・宮下富夫・吉岡基. 2009. 鯨とイルカのフィールドガイド. 東京大学出版会.
- 加藤秀弘. 2000. ニタリクジラの自然誌. 平凡社.

- 気象庁. 2012. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>.
- 高知海上保安部. 2012. 海の暦. 海上保安協会高知支部.
- 高知県. 1995. 1994年度土佐湾ホエールウォッチング育成事業調査報告書. 111 pp.
- 高知県. 1997. 1996年度土佐湾ホエールウォッチング育成事業調査報告書. 121 pp.
- 高知県. 2010. <http://www.pref.kochi.lg.jp/~kaiyou/suisangyou/kuroboku/kuroboku.htm>.
- 高知県水産試験場. 1991. 土佐湾鯨類調査報告書. 22 pp.
- 近藤恵一. 1985. マイワシ. 日本の海洋生物. 沖山宗雄・鈴木克美 (編集), 東海大学出版会, pp. 87-94.
- 小西健志. 2008. ヒゲクジラはコスト至上主義? -クジラの体と食性と栄養のつながり-. 鯨研通信, 438, 10-17.
- 水口博也. 1998. クジラ・イルカ大百科. 阪急コミュニケーションズ.
- 水口博也. 2010. クジラ・イルカ生態写真図鑑. 講談社.
- 村山司. 2008. 鯨類学. 東海大学出版会.
- Pinet, P. R. 2006. Invitation to Oceanography. Jones and Bartlett Publishers.
- R Development Core Team. 2009. R version 2.9.1. <http://www.r-project.org>.
- 宇田道隆. 1969. 海. 岩波新書.
- 上田真久. 2005. ニタリクジラの遺伝学. 鯨研通信, 425, 1-7.

Appearance of whales in whale watching in relation to meteorological and tidal conditions in Tosa Bay off Kochi

Chiko Miyoshi¹⁾ and Motomi Genkai-Kato^{1,2)*}

¹⁾Department of Biology, Faculty of Science, Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho, Kochi 780-8520, Japan

²⁾*Graduate School of Kuroshio Science, Kochi University, 2-5-1 Akebono-cho, Kochi 780-8520, Japan

Abstract

Whale watching is an important activity in tourism in Kochi. Whale-watching cruises in Tosa Bay off Kochi

focus on the Bryde's whale *Balaenoptera edeni*. The probability of encounter with whales at a whale-watching cruise differs greatly from day to day. In this study, we studied the relationships between the probability of appearance of *B. edeni* and meteorological and tidal conditions in May–October 2012. We observed *B. edeni* and other whales (*Pseudorca crassidens*, *Grampus griseus*, *Tursiops truncatus*, and *Delphinus*). In May and June, the probability of appearance of whales (regardless of *B. edeni* or other whales) was 75–85%. In July and August, the probability of appearance of whales (regardless of *B. edeni* or other whales) was 100%, but that of *B. edeni* was lower than 100%. In September and October, the probability of appearance of *B. edeni* was 100%. There was no correlation between appearance of *B. edeni* and meteorological conditions such as water temperature and hours of daylight. In contrast, appearance of *B. edeni* tended to depend on tidal conditions. The probability of appearance of *B. edeni* was higher in the neap tide than other tides such as spring and middle tides. The probability of appearance of *B. edeni* was 100% on the 28th to 4th days in the lunar calendar (corresponding to the phase of new moon). The probability was the lowest on the 13th to 19th days in the lunar calendar (full moon). As for the tidal fluctuation within a day, the probability of appearance was high during high tides and low during ebb tides. The results in the present study suggest that whale watchers increase their possibility of encounter with whales by referring to the lunar calendar and tidal table.

Key word:

Balaenoptera edeni, lunar calendar, tidal condition, Tosa Bay, whale watching