HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	日本周辺海域における小型ハクジラの食性
Author(s)	松田, 純佳
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第12855号
Issue Date	2017-09-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k12855
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90513
Type	doctoral thesis
File Information	Ayaka_Matsuda.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

日本周辺海域における小型ハクジラの食性

(Diet study on small toothed whales around Japan)

北海道大学大学院水産科学院

海洋生物資源科学専攻

Graduate School of Fisheries Sciences

Division of Marine Bioresource and

Environmental Science

松　田　純　佳

Ayaka Matsuda

平成 29 年（2017）

内容

第一章　緒言.....1
第二章　材料.....6
2-1. ネズミイルカ.....6
2-2. イシイルカ.....7
2-3. スナメリ.....8
2-4. カマイルカ.....9
2-5. スジイルカ.....11
2-6. カズハゴンドウ.....11
2-7. ハナゴンドウ.....12
2-8. ハンドウイルカ.....13
2-9. ミナミハンドウイルカ.....13
2-10. コビレゴンドウ.....14
2-11. コマッコウ.....15
2-12. オガワコマッコウ.....15
2-13. セミイルカ.....16
第 3 章　日本周辺海域にストランディングした小型ハクジラの胃内容物分析.....36
3-1　背景.....36
3-2　方法.....36
3-2-1.　胃内容物分析.....36
3-2-2.　餌生物の類似度の算出.....38
3-3.　結果と考察.....39
3-3-1.　ネズミイルカの胃内容物.....39
3-3-2.　イシイルカの胃内容物.....42
3-3-3.　スナメリの胃内容物.....43
3-3-4.　カマイルカの胃内容物.....44
3-3-5.　スジイルカの胃内容物.....46
3-3-6.　カズハゴンドウの胃内容物.....48
3-3-7.　ハナゴンドウの胃内容物.....49
3-3-8.　ハンドウイルカの胃内容物.....50
3-3-9.　ミナミハンドウイルカの胃内容物.....51
3-3-10.　コビレゴンドウの胃内容物.....51
3-3-11.　コマッコウの胃内容物.....51
3-4.　餌生物の類似度.....52
3-5.　考察.....52

第四章　日本周辺海域にストランディングした小型ハクジラの炭素窒素安定同位体比分析.....75
4-1. 背景 75
4-2. 方法 76
4-3. 結果 78
4-3-1. ネズミイルカの安定同位体比分析結果 78
4-3-2. イシイルカの安定同位体比分析結果 79
4-3-3. スナメリの安定同位体比分析結果 81
4-3-4. カマイルカの安定同位体比分析結果.....83
4-3-5. スジイルカの安定同位体比分析結果 83
4-3-6. カズハゴンドウの安定同位体比分析結果.....85
4-3-7. ハナゴンドウの安定同位体比分析結果.....86
4-3-8. ハンドウイルカ, ミナミハンドウイルカ, コビレゴンドウ, コマッコウ, オガワコマッコウ, セミイルカの安定同位体比分析結果.....87
4-4. 考察 88
第五章　各小型ハクジラ類の同位体ニッチの分析.....122
5-1. 背景 122
5-2. 材料と方法.....122
5-3. 結果 123
5-4. 考察 124
第六章　総合考察.....131
6-1. ストランディング個体を用いた食性研究.....131
6-2. 小型ハクジラの食性の特徴と同位体ニッチ 132
第七章　要約.....134
第八章　謝辞.....139
第九章　引用文献.....141

第一章　緒言

鯨類は海洋生態系における最高次捕食者であり，捕食を通じて生態系の構造や機能に影響を及ぼす（Bowen 1997）。日本周辺海域には，約 30 種の小型ハクジラが棲息しており（Ohdachi 2009）それらの捕食は各地域の海洋生態系において大きな役割を持つと考えられるが，鯨類は完全な水中生活を営んでいるため，その捕食の直接観察から食性を知ることは困難である。

日本周辺海域に分布する鯨類の食性研究は，過去には捕獲個体の胃内容物調査により行われ（Wilke et al. 1953; 鳥羽山 1974 など），特に，ヒゲクジラ類や限られた小型ハクジラについては詳細にその餌生物が報告されている（Tamura 2002, Ohizumi et al. 2000）。しかし，捕獲個体の標本は，捕獲対象種かつ捕獲海域に限定されてしまうため，広範な鯨種，海域における食性研究ができない。

日本周辺海域では，年間約 300 件の鯨類のストランディング（漂着・混獲）が発生している（石川 2016）。日本周辺海域で発生したストランディング調査については近年，各地でネットワークが形成され，体系的に調査が行われている。例えば北海道ではストランディングネットワーク北海道が 2007 年に設立され，著者を含む調査員が可能な限り詳細な解剖調査を行っており，著者はこれまでに通算 130 個体の解剖調査に関わった。

一般に，ストランディングは偶発的に発生するため，標本の入手が困難であり，ストランディング個体を用いた胃内容物分析結果の報告は希少種に限定されてきた。例えば，タイヘイヨウアカボウ

モドキ *Indopacetus pacificus*（n=1）（Yatabe et al. 2010）やシャチ *Orcinus orca*（n=9）（谷田部 2015），オウギハクジラ *Mesoplodon stejnegeri*（n=4）（山田ら 1992；1993；1995；中島ら 2005），イチョウハクジラ *Mesoplodon ginkgodens*（n=1）（長澤ら 1994），オガワコマッコウ *Kogia sima*（n=1）とカマイルカ *Lagenorhynchus obliquidens*（n=1）（三井ら 2014）がある。その他頻繁にストランディングのある地域での胃内容物研究例もあり，長崎県におけるスナメリ *Neophocaena phocaenoides*（n=87）（白木原 1994），熊本県におけるミナミハンドウイルカ *Tursiops aduncus*（n=1）の胃内容物報告がある（Yamazaki et al. 2008）。また，過去に北海道におけるネズミイルカ *Phocoena phocoena*（n=20）の混獲個体の胃内容物報告が 1 件（Gaskin et al. 1993），秋田県において漂着したツチクジラ *Berardius bairdii*（n=1）の胃内容物報告が1件（谷田部ら 2011）ある。このように，日本周辺海域におけるストランディング個体を用いた食性研究は，標本の入手困難さから限定的であり，特に小型ハクジラに関するストランディング個体の食性研究は少ない。しかし，例年マイルカ科，ネズミイルカ科のストランディングが多く報告されている（図 1）（石川 2014, 2015, 2016）など，相当数が日本沿岸に生息していることから，マイルカ科やネズミイルカ科といった小型ハクジラの捕食が，日本周辺海域における海洋生態系に与える影響は無視できないと考えられる。

鯨類の食性研究手法として最も広く行われている手法は胃内容物分析である（Barros & Clarke 2002）。胃内容物調査では，具体的な餌生物種の特定が可能である。鯨類の胃内容物調査では，頭足類であれば顎板，魚類であれば耳石を用いた餌生物の種同定が広く行われている（Clarke 1962，Fitch & Brownell 1968）。しかし，胃内容物は死亡する直前の餌しか反映しておらず，また死

亡個体の胃内容物は健康な個体とは異なるが懸念が指摘されている(Santos et al. 2001; Barros & Clarke 2002; Tollit et al. 2003)。

そこで近年, 生物組織中の炭素と窒素の安定同位体の存在比が棲息環境や栄養段階によって変化することを利用して, 捕食者の食性を推定する手法が, 海棲哺乳類研究においても広く用いられるようになってきている(Hobson & Welch 1992; Hobson & Sease 1998; Newsome et al. 2010)。炭素と窒素の安定同位体比は, 食物連鎖を通して濃縮されていく。捕食者―被食者間の同位体比値の差を濃縮係数といい, $\delta^{13}C$ の濃縮係数濃縮率は一般的に約 1‰とわずかであり（DeNiro & Epstein 1978 ; Zanden & Rasmussen 2001）, 食物網の起源を推定するために用いられる。(France 1995）例えばその食物網の属する海域（沿岸域 v.s.沖合域）の情報を得ることができる（Hobson & Welch 1992)。一方, $\delta^{15}N$ の濃縮係数は約 3‰であり, 栄養段階を反映するとされる。(Minagawa & Wada 1984）例えば, 動物プランクトンに比べ, 動物プランクトンを捕食する魚類ではその存在比が高くなる（DeNiro & Epstein 1981)。

日本周辺海域には約 30 種の小型ハクジラが棲息しているが（Ohdachi 2009), 生息地が重複している場合は, 種間競争を避けるために, 少なくとも餌資源のニッチ分割が起こっていることが想定される（Pinela et al. 2010; Kiszka et al. 2011; Fernández et al. 2011; Méndez-Fernandez et al. 2013; Liu et al. 2015)。資源のニッチ分割を考える際は時間・空間・食性といった 3 つの要素を考慮する必要がある（Schoener 1974)。日本周辺の小型ハクジラの空間的ニッチ分割については, 目視調査をもとに, 一定程度明らかにされているが（Kanaji et al.

2016, in press, 岩原 2017)，日本周辺海域における鯨類の食性のニッチ分割については，研究されてこなかった。その主な理由は，捕獲対象以外の様々な鯨種の標本を採取する手段が無かったからである。

ストランディング個体を用いること，胃内容物分析と安定同位体比分析を組み合わせることで種横断的な食性の比較を行い，各種の摂餌特性を明らかにするとともに，ニッチの比較が可能であると考えた。

そこで本研究は，日本周辺海域における小型ハクジラ類 12 種の摂餌特性を，胃内容物分析と安定同位体比分析から明らかにすることで，各種間の食性のニッチ分割を解明することを目的とし研究を行った。

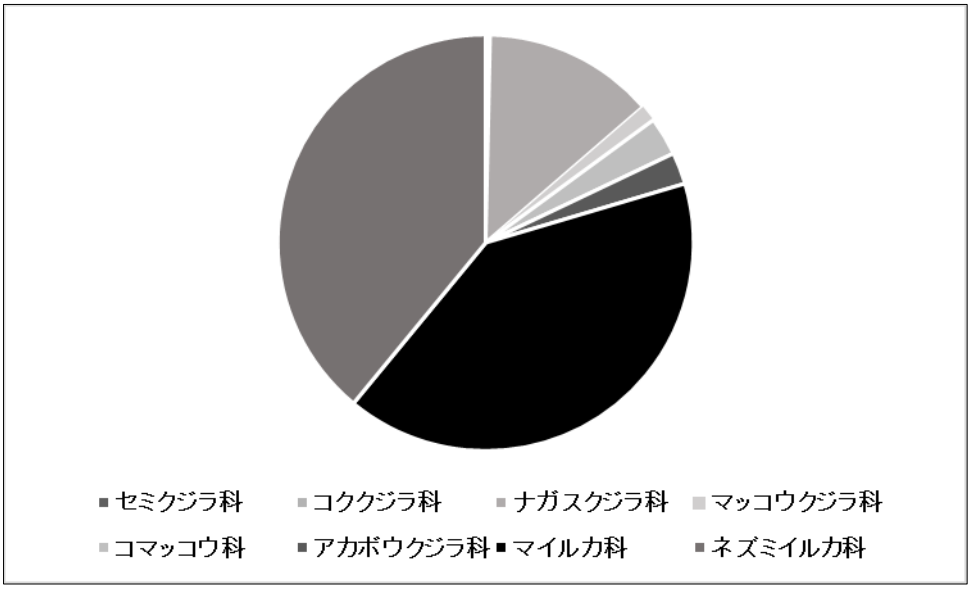


図 1. 2013~2015 年における日本周辺海域における鯨類ストランディング記録（石川 2014, 2015, 2016）

第二章　材料

本研究では，小型ハクジラのストランディング個体を積極的に収集することで，種横断的な食性研究を目指した。収集した小型ハクジラは，ネズミイルカ科 3 種（ネズミイルカ，イシイルカ，スナメリ），マイルカ科 8 種（カマイルカ，スジイルカ，カズハゴンドウ，ハナゴンドウ，コビレゴンドウ，ハンドウイルカ，ミナミハンドウイルカ，セミイルカ），コマッコウ科 2 種（コマッコウ，オガワコマッコウ）の計 3 科 13 種である。なお，ストランディング地点の海域区分は，国際水路機関の海域定義に基づき，日本海を北海道野寒布岬～長崎県野母岬，津軽海峡を尻屋崎～白神岬および恵山岬～竜飛岬，根室海峡を根室半島納沙布岬～知床岬，太平洋を北海道納沙布岬～鹿児島県佐多岬，瀬戸内海を，紀伊日ノ御岬と蒲生田岬を結ぶ線，佐田岬灯台と関崎灯台を結ぶ線，および竹ノ子島台場鼻と若松洞海湾口防波堤灯台を結ぶ線で囲まれた海面に接する海岸線，東シナ海を鹿児島県佐多岬～長崎県野母岬と定義した。

2-1. ネズミイルカ

ネズミイルカは，小型のハクジラであり，北半球北部の穏やかな沿岸域に生息している（Donovan & Bjørge 1995）。ネズミイルカは，日本周辺海域では冬に本州へ回遊し，夏に北上する（Taguchi et al. 2010）。本種は，北海道における鯨類ストランディング報告の中で最も多い鯨種である（ストランディングネットワーク北海道 2015）。1966 年から 2009 年における日本国内のネズミイルカのストランディング報告のうち，70%以上が混獲によるものであり（Taguchi et al. 2010），漁業者と

の餌資源を巡る競合が懸念されている。

ネズミイルカの胃内容物分析には，2010 年から 2016 年に北海道でストランディングした 32 個体を用いた。32 個体中，16 個体がオス，15 個体がメス，1 個体が雌雄不明であった。ストランディング海域は，日本海が 7 個体，太平洋が 21 個体，津軽海峡が 1 個体，根室海峡が 3 個体であった（表 1，図 2）。安定同位体比分析には，2007 年から 2016 年に北海道においてストランディングした 63 個体の筋肉組織を用いた。63 個体中，38 個体がオス，22 個体がメス，2 個体が雌雄不明であった。日本海が 23 個体，太平洋が 21 個体，津軽海峡が 3 個体，根室海峡が 15 個体，おたる水族館における飼育個体の新生仔 1 個体であった（表 1，図 2）。

2-2. イシイルカ

イシイルカは，ネズミイルカ科に属する小型ハクジラであり，北太平洋の寒冷域に広く分布し，日本周辺海域では，分布域内を冬季に南下，夏季に北上する（Amano & Kuramochi 1992）。日本周辺海域には，オホーツク海西南部で繁殖する日本海-オホーツク海イシイルカ型系群と，オホーツク海中部を繁殖海域とし，太平洋側に分布するリクゼンイルカ型系群が存在する（吉岡・粕谷 1991）。本種は，日本周辺海域において，第二次世界大戦前から突きん棒漁業によって捕獲されており（粕谷 1989），その捕獲個体を用いた食性解析が多く行われている（Walker 1996，Ohizumi & Miyazaki 1998，Ohizumi et al. 2000，Ohizumi 2003，榊原 2004）。

イシイルカの胃内容物分析には，2007 年から 2015 年に北海道でストランディングした 42 個体を用いた。42 個体中，28 個体がオス，13 個体がメス，1 個体が雌雄不明であった。体長は 102.9 ㎝

から 222.6 ㎝であり，日本海が 17 個体，太平洋が 2 個体，根室海峡が 11 個体，オホーツク海が 12 個体であった（表 2，図 3）。また，本研究に用いたイシイルカストランディング個体のうち，型が判明している個体は全てイシイルカ型であった。安定同位体比分析には，2005 年から 2016 年に北海道においてストランディングした 45 個体の筋肉組織を用いた。45 個体中，32 個体がオス，11 個体がメス，2 個体が雌雄不明であった。体長は 102.5 ㎝から 223 ㎝であり，日本海が 17 個体，太平洋が 4 個体，根室海峡が 15 個体，オホーツク海が 9 個体であった（表 2，図 3）。

2-3. スナメリ

スナメリは，ネズミイルカ科に属する小型ハクジラである。本種はインド洋から太平洋の熱帯から温帯の沿岸や大きな河川に生息している（Jefferson et al. 2015）。日本国内における分布は不連続的であり（Shirakihara et al. 1992），仙台湾―東京湾，伊勢湾・三河湾，瀬戸内海―響灘，大村湾，有明海・橘湾の 5 海域に主に分布している。これら 5 つの海域において，外部形態（白木原 1994），骨格形態（Yoshida et al. 1995），繁殖期（Shirakihara et al. 1993），mtDNA 塩基配列（Yoshida et al. 2001）に違いが見出されており，各海域において異なる系群に分かれていると考えられている。

本種の食性は伊勢湾ではイカナゴ，イカ，甲殻類（片岡ら 1976），橘湾ではアジ，イワシ，イカ類（水江ら 1965）を摂餌していたことが報告されている。また，大村湾及び有明海。橘湾における食性は，白木原（1994）において詳細に明らかにされている。白木原（1994）では，1987～92 年に長崎沿岸で収集されたスナメリ，87 個体の胃内容物を調査している。87 頭のうち餌生物のみが確認されたのは 65 頭であり，魚類が 42.1%，頭足類が 54.7%を占めている。最も個体数組成が大きか

った種はハゼ科で次にコウイカ科ないしはダンゴイカ科，タコ類，ジンドウイカ科（現在ヤリイカ科の一部に属する），コウイカ科と続いている。またコノシロ，カタクチイワシ，マイワシおよびサッパのニシン目魚類は 13.2%を占めていた。出現頻度ではジンドウイカ科が 50%以上，タコ類，コウイカ科，小型イカ類が 30%以上，コノシロ，エビ類，テンジクダイ科，ハゼ科が 20%以上を占めていた。個体数組成及び出現頻度ともに高い餌生物は，コノシロを中心としたニシン目魚類，テンジクダイ科，ハゼ科，タコ類，コウイカ科，ジンドウイカ科，小型イカ類，エビ類であった。

スナメリの胃内容物分析には，餌生物が明らかにされていなかった，瀬戸内海において，2014 年と 2016 年にでストランディングした 2 個体の胃内容物を調査した。2 個体ともメスであった（表 3，図 4）。安定同位体比分析には，66 個体の筋肉組織を用いた。66 個体のうち，28 個体がオス，36 個体がメス，2 個体が雌雄不明であった。体長は 65.2 cm から 195.4 cm であり，海域別では，仙台湾―東京湾（ST）の個体が 4 個体，瀬戸内海―響灘（SH）の個体が 19 個体，大村湾（O）の個体が 21 個体，有明海・橘湾（AT）の個体が 21 個体，個体群不明（玄界灘・G）が 1 個体であった（表 3，図 4）。

2-4. カマイルカ

カマイルカは，マイルカ科に属するハクジラであり，北太平洋の温帯に生息する。本種は集団性であり，100 頭以下の群れから時には数千頭の群れを形成する（Black 2009; Iwasaki & Kasuya 1997; Stacey & Baird 1991）。日本周辺に分布するカマイルカは，太平洋側では紀伊半島から千島列島南部，日本海側では東シナ海から日本海，北海道のオホーツク海沿岸まで見られ（岩崎

1996;天野 1998)，夏は北上し冬は南下する季節回遊を行っている(田村ら 1986)。

本種は日本周辺海域における目撃例も多く，また，神奈川県や，新潟県や石川県での混獲も報告されている(石川 2014; 2015)。沿岸域における目撃も多く，混獲報告もある本種の食性を知ることは，人間活動との競合の有無を明らかにする上で必要不可欠である。本種の胃内容物の報告のある海域は，北海道根室海峡，常磐沖海域，壱岐周辺海域，九州北部などの捕獲個体の胃内容物調査や，北海道噴火湾，相模湾におけるストランディング個体の胃内容物調査により報告があり(Wilke et al. 1953, 堀田 1970, 鳥羽山 1974, 粕谷・宮崎 1981, 田村ら 1986, Miyazaki et al. 1991, 田中 1998, 三井ら 2014)，表層から底層までの様々な魚類や表層から中深層性の頭足類，特にイワシ類やスルメイカなどの表層性の餌生物であると報告されている。しかし，日本海北部海域における知見はなかった。

カマイルカの胃内容物分析には，2003 年から 2016 年に日本周辺海域でストランディングした 47 個体の胃内容物を調査した。47 個体中，25 個体がオス，20 個体がメス，2 個体が雌雄不明であった。体長は 150 cm から 237.1 cm であり，日本海が 20 個体，太平洋が 21 個体，津軽海峡が 5 個体，東シナ海が 1 個体であった(表 4，図 5)。安定同位体比分析には，2007 年から 2016 年に日本周辺海域においてストランディングした 34 個体の筋肉組織を用いた。34 個体中，18 個体がオス，16 個体がメスであった。体長は 105.5 cm から 237.1 cm であり，日本海が 9 個体，太平洋が 20 個体，津軽海峡が 4 個体，東シナ海が 1 個体であった(表 4，図 5)。

2-5. スジイルカ

スジイルカは，マイルカ科に属するハクジラであり，温暖な海域に棲息する種である。一般に外洋に分布するが，岸近くでも水深の深い場所に限って分布する（Jefferson et al. 2015）。日本周辺海域において，稀に集団座礁（マスストランディング）が発生している。2013 年 4 月 26 日に鹿児島県南さつま市において 29 個体のスジイルカが集団座礁した。本研究では，集団座礁した 29 個体中 26 個体(NSMT)を胃内容物分析に用い，うちオスは 11 個体，メスは 15 個体で，体長は 205 cm から 251.4 cm であった（表 5，図 6）。また，2007 年から 2016 年までに北海道及び本州太平洋側に単独でストランディングした 8 個体についても胃内容物を分析した。8 個体中，オスが 5 個体，メスが 3 個体であり，体長は 147 cm から 250 cm であった（表 5，図 6）。安定同位体比分析には，集団座礁個体，その他の単独ストランディング個体併せて 43 個体の筋肉組織を用いた（表 5，図 6）。集団座礁個体は，胎児 1 個体を含み，オスは 11 個体，メスは 17 個体で，体長は 90.8 cm から 251.4 cm であった。また，北海道太平洋側でストランディングした 3 個体，本州太平洋側でストランディングした 11 個体，東シナ海においてストランディングした 1 個体についても分析を行った。

2-6. カズハゴンドウ

カズハゴンドウはマイルカ科に属する小型ハクジラであり，主に熱帯，亜熱帯の外洋に棲息している。日本国内では，1965 年から 2011 年の間に 9 回の集団座礁が発生しているが（Brownell et al. 2006），日本における集団座礁個体の食性はこれまでに調査されていない。カズハゴンドウの食性研究例は世界的に見ても数が少ない（Jefferson et al. 1997）。

2015 年 4 月 10 日に茨城県鉾田市において，約 150 個体のカズハゴンドウが集団座礁した。集団座礁の原因を明らかにすることは難しいが，例えばケープコッドにおけるヒレナガゴンドウ *Globicephala melas* では，餌である頭足類を追って浅瀬へ群で進入した例が報告されている（Perrin & Geraci 2009）。

集団座礁したカズハゴンドウの胃内容物を調査することで，食性情報の乏しい本種の餌生物を明らかにすること，食性が，集団座礁と何らかの関係があるかを考察できるのではないかと考えた。胃内容物分析を行った個体は 30 個体で，オスは 19 個体，メスは 11 個体であった（表 6）。体長は 212 cm から 262 cm であった。安定同位体比分析には，集団座礁した個体のうち，胎児 1 個体を含む 24 個体の筋肉組織の安定同位体比を分析した。胎児 1 個体を含むオスが 15 個体，メスは 9 個体であった（表 6）。

2-7. ハナゴンドウ

ハナゴンドウは，世界中の熱帯から温帯域に棲息し，日本周辺海域では，主に温暖域での発見が多い（Amano 2009）。ハナゴンドウの主要な餌生物は頭足類であり，地中海においては，表層性から底層性，中深層性の様々な生息域を持つ 16 科もの頭足類が，胃内容物として出現している（Bello 1992; Carlini et al. 1992; Blanco et al. 2006; Öztürk et al. 2007; Bearzi et al. 2011）。日本近海でも頭足類の補食が確認されており，1951 年から 1979 年にかけて長崎県五島，相模灘，長崎県壱岐における捕獲個体から，イカ類，アカイカ科，ホタルイカモドキ科，ジンドウイカ科，スルメイカ，ニュウドウイカ属の一種，コウイカが餌生物として出現している（堤ら 1961，鳥羽山 1974，粕

谷・宮崎 1981)。

本研究では, 2013 年から 2016 年に日本周辺海域でストランディングした 6 個体の胃内容物を分析した。6 個体中, 2 個体がオス, 4 個体がメスであり, 日本海が 1 個体, 瀬戸内海が 4 個体, オホーツク海が 1 個体であった(表 7, 図 7)。安定同位体比分析には, 2007 年から 2015 年に日本周辺海域においてストランディングした 21 個体の筋肉組織を用いた。21 個体中, 11 個体がオス, 10 個体がメスであった。体長は 156.9 cm から 458 cm であり, 日本海が 7 個体, 太平洋が 13 個体, 東シナ海が 1 個体であった(表 7, 図 7)。

2-8. ハンドウイルカ

ハンドウイルカはマイルカ科に属するハクジラであり, 基本的に世界中の熱帯や温帯海域の沿岸や岸近くで見られる沿岸性種である(Jefferson et al. 2015)。

本研究では, 2012 年と 2013 年に鳥取県と茨城県でストランディングした 3 個体の胃内容物を分析した。3 個体中, 1 個体がオス, 2 個体がメスであり, 日本海が 2 個体, 太平洋が 1 個体であった(表 8, 図 8)。安定同位体比分析には, 2008 年から 2009 年に日本周辺海域においてストランディングした 6 個体の筋肉組織を用いた。6 個体中, 3 個体がオス, 3 個体がメスであり, 日本海が 5 個体, 瀬戸内海が 1 個体であった(表 8, 図 8)。

2-9. ミナミハンドウイルカ

ミナミハンドウイルカは, マイルカ科に属するハクジラであり, 日本周辺海域では伊豆諸島御蔵

島（Kogi et al. 2004）や九州の天草諸島（Shirakihara et al. 2002）などで定着している。ミナミハンドウイルカの胃内容物は，2002 年に熊本県上天草市でストランディングした 1 個体について報告されており，アナゴ科 Congridae やニシン科のヒラ *Iisha elongata*，ボラ科 Mugilidae，ヤリイカ科 Loliginidae といった沿岸性の餌生物が出現している（Yamazaki et al. 2008）。

本研究では，2013 年 5 月に鹿児島県でストランディングしたオス個体の胃内容物分析を行った（表 9，図 9）。また，安定同位体比分析には，2007 年から 2015 年に日本周辺海域においてストランディングした 8 個体の筋肉組織を用いた。8 個体中，5 個体がオス，3 個体がメスであり，太平洋が 1 個体，東シナ海が 7 個体であった（表 9，図 9）。

2-10. コビレゴンドウ

コビレゴンドウはマイルカ科に属するハクジラであり，暖帯から温帯の水深の深い外洋に棲息する（Jefferson et al. 2015）。本種の胃内容物は，過去の捕獲個体について報告があり，アカイカ科イカ類やミズダコが主な餌生物として報告されている（Kubodera & Miyazaki 1993）。

本研究では，2009 年と 2013 年に北海道太平洋側でストランディングした 2 個体の胃内容物を分析した。1 個体がオス，1個体がメスであった（表 10，図 10）。また，安定同位体比分析には，2013 年と 2015 年に北海道太平洋側においてストランディングしたメス 2 個体の筋肉組織を用いた（表 10，図 10）。

2-11. コマッコウ

コマッコウは，コマッコウ科に属するハクジラであり，世界中の熱帯から温帯にかけての水深の深い海域に棲息する（Jefferson et al. 2015）。本種の日本近海における食性は報告されていない。

本研究では，20011 年から 2014 年にストランディングした 8 個体の胃内容物を分析した。8 個体中，4 個体がオス，4 個体がメスで，瀬戸内海が 1 個体，太平洋が 7 個体あった（表 11，図 11）。また，安定同位体比分析には，2009 年から 2016 年にストランディングした 7 個体の筋肉組織を用いた。7 個体中，5 個体がオス，2 個体がメス，2 個体が雌雄不明であった。日本海が 2 個体，太平洋が 4 個体，東シナ海が 1 個体であった（表 11，図 11）。

2-12. オガワコマッコウ

オガワコマッコウは，コマッコウ科のハクジラであり，熱帯から暖帯の海域の，主として沖合に広く分布しているとされているが（Jefferson et al. 2015），生物情報は未だ乏しく，日本周辺海域における食性の報告は三井ら (2014）及び Fitch & Brownell （1968）がある。三井ら （2014）では，2011 年 3 月に相模湾においてストランディングしたオガワコマッコウ 1 個体の胃内容物が報告されており，スイトウハダカやホタルイカ，ホタルイカモドキ，スジイカといった中深層性の餌生物を利用していたことを明らかにしている。

本研究では，胃内容物分析は標本が採取できなかったため行っていないが，2007 年から 2013 年にストランディングした 9 個体の筋肉組織を用いて安定同位体比分析を行った。9 個体中，2 個体がオス，6 個体がメス，1 個体が雌雄不明であった。太平洋が 4 個体，東シナ海が 4 個体，瀬戸

内海が 1 個体であった（表 12, 図 12）。

2-13. セミイルカ

セミイルカは，マイルカ科のハクジラであり，北太平洋寒帯から暖帯に棲息する外洋性種である（Jefferson et al. 2015）。本種の食性は，鳥羽山 （1974）において捕獲個体の胃内容物が報告されており，常盤沖で捕獲された 11 個体の胃内容物中から，ハダカイワシ科が主な餌生物として出現している。

本研究では，2015 年 5 月に，北西太平洋において，北海道大学練習船おしょろ丸が実施した流し網操業実習で混獲したセミイルカ 1 個体（体長 207 cm，メス）の安定同位体比分析を行った（表 13, 図 10）。

表 1. ネズミイルカ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 日本海を SJ, 太平洋を PO, 津軽海峡を TS, 根室海峡を NS, オホーツク海を OS, おたる水族館における飼育個体を O.A.とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34037		✓	2005/6/27	116.7	F	43.220000	141.018055	SJ
M34223		✓	2007/1/17	100.5	F	41.924166	142.863888	PO
HUPP070505		✓	2007/5/5	128	M	43.476388	141.250000	SJ
080112-1		✓	2008/1/12	133	F	43.248805	141.349361	SJ
HUPP20080304		✓	2008/3/4	145	M	43.476388	141.250000	SJ
080401-1		✓	2008/4/1	159	M	43.476388	141.250000	SJ
080401-2		✓	2008/4/1	135	M	43.476388	141.250000	SJ
SNH08004		✓	2008/4/14	150	M	43.166388	141.226666	SJ
SNH08006		✓	2008/4/17	135.5	M	41.939055	140.949361	PO
SNH08007		✓	2008/4/17	146.7	M	41.939055	140.949361	PO
SNH08009		✓	2008/4/21	138	F	41.821611	140.656611	TS
20090108		✓	2009/1/8	147	M	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090303		✓	2009/3/3	147.5	M	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090327-1		✓	2009/3/27	138	M	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090327-2		✓	2009/3/27	128	M	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090331-1		✓	2009/3/31	147.5	M	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090331-2		✓	2009/3/31	133.5	F	43.476388	141.250000	SJ
SNH09002		✓	2009/4/10	100	M	41.774250	140.766888	TS
HUPP090415		✓	2009/4/15	115	M	43.476388	141.250000	SJ
SNH09001-1		✓	2009/4/21	163.5	M	41.937333	140.952694	PO
HUPP100125		✓	2010/1/25	129	M	43.476388	141.250000	SJ
SNH10006	✓	✓	2010/2/26	140	na	42.624580	141.589522	PO
SNH10010	✓	✓	2010/3/31	121.5	F	43.993750	141.649722	SJ
SNH10012	✓	✓	2010/4/4	133	F	41.808705	140.709302	TS
SNH10020		✓	2010/5/6	144	M	41.952555	140.950472	PO
SNH10021	✓	✓	2010/5/7	143	F	42.625038	141.591583	PO
SNH11001	✓		2011/2/4	140.6	M	42.625891	141.601838	PO
SNH11008	✓	✓	2011/4/18	125.5	F	41.952555	140.950472	PO
SNH11018	✓	✓	2011/6/19	174	F	41.935519	140.945083	PO
SNH11039	✓	✓	2011/8/10	119	M	42.336580	141.028941	PO
SNH11041	✓	✓	2011/9/3	128.5	F	42.674658	143.639975	PO
SNH12001	✓	✓	2012/1/12	123.9	F	43.244811	141.344602	SJ
SNH12003		✓	2012/2/7	155	na	43.246547	141.346491	SJ
SNH12004	✓	✓	2012/2/11	154.6	M	43.246700	141.346627	SJ
SNH12006	✓		2012/3/27	130.5	F	42.364527	141.059113	PO
SNH12009-1	✓		2012/4/19	128.5	F	41.936763	140.955619	PO
SNH13002	✓	✓	2013/2/4	160	F	43.238211	141.011433	SJ
SNH13003	✓	✓	2013/2/15	131.2	M	43.594377	141.370352	SJ
SNH13005-1	✓	✓	2013/4/17	157	M	41.936763	140.955619	PO
SNH13005-2	✓	✓	2013/4/17	140.5	F	41.936763	140.955619	PO
SNH13006	✓		2013/4/18	113.8	M	41.936763	140.955619	PO
SNH13009-1	✓	✓	2013/4/23	131	M	41.936763	140.955619	PO
SNH13012	✓		2013/5/17	131	M	43.964447	145.140475	NS
SNH13039	✓	✓	2013/12/11	145	F	43.202833	140.856919	SJ
SNH14006	✓	✓	2014/5/1	120	M	42.565880	141.397622	PO
SNH14007		✓	2014/5/31	130	M	43.885416	145.164138	OS
SNH14011	✓	✓	2014/6/11	182.8	M	43.881833	145.162166	OS
SNH14032	✓	✓	2014/6/30	na	F	42.623861	141.585500	PO
SNH14055		✓	2014/12/1	119.4	M	42.874666	145.095166	OS
SNH14056		✓	2014/12/4	122.5	M	42.874666	145.095166	OS
SNH14057		✓	2014/12/5	124.5	M	42.874666	145.095166	OS
SNH14058		✓	2014/12/24	110.7	F	43.885333	145.164527	OS

SNH15005	✓	✓	2015/2/26	125	F	43.152016	141.188858	SJ
SNH15008	✓	✓	2015/3/16	127.9	M	42.363322	141.057975	PO
SNH15009	✓	✓	2015/4/6	128.9	M	42.341211	141.033652	PO
SNH15014	✓	✓	2015/5/29	125.5	M	42.402902	141.102194	PO
SNH15015		✓	2015/6/2	128	M	43.866666	145.201166	OS
SNH15029	✓	✓	2015/7/18	128.2	F	43.866667	145.201167	OS
SNH15030		✓	2015/7/22	146.6	F	43.888333	145.166250	OS
SNH15031		✓	2015/7/27	177.8	F	43.879500	145.173166	OS
SNH15033		✓	2015/8/10	104.5	M	43.883283	145.170000	OS
SNH15052		✓	2015/12/18	135.7	M	43.864166	145.173666	OS
SNH16201		✓	2016/4/13	135	M	43.886166	145.147500	OS
SNH16009		✓	2016/4/18	na	na	42.472488	140.835255	PO
SNH16011-2	✓	✓	2016/4/26	127.2	M	41.936763	140.955619	PO
SNH16023	✓		2016/7/16	186.5	F	42.777400	143.779900	PO
SNH16031	✓		2016/9/6	138.3	M	41.938820	143.209700	PO
SNH16203		✓	2016/6/4	127	F	43.884333	145.145517	OS
SNH16204		✓	2016/6/16	131.6	M	43.888166	145.153166	OS
SNH15901Calf		✓	2015/5/14	88	M	O.A.	O.A.	O.A.

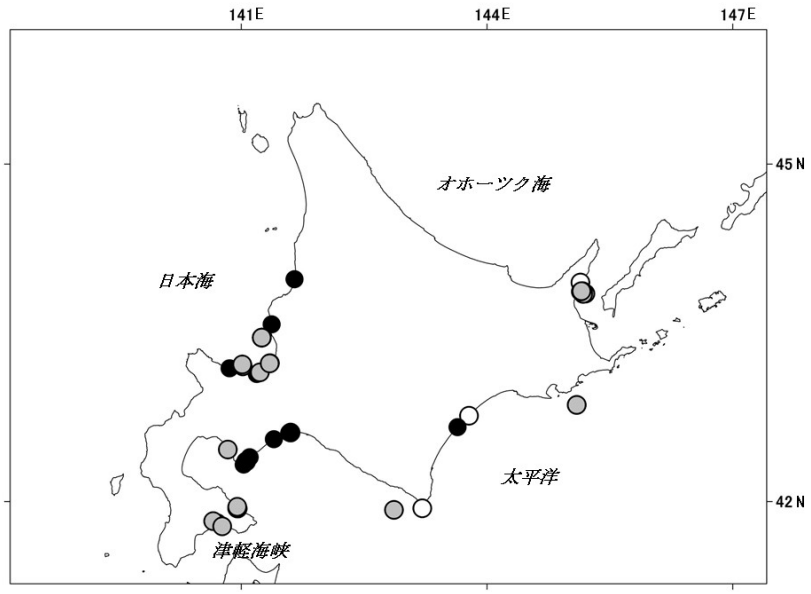


図 2. ネズミイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 2. イシイルカ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 日本海を SJ, 太平洋を PO, 津軽海峡を TS, 根室海峡を NS, オホーツク海を OS とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34038		✓	2005/6/28	114	M	42.6258	141.7231	PO
M34498		✓	2007/4/11	148	M	41.9373	140.9483	PO
SNH070526	✓		2007/5/26	201	F	43.1591	141.2075	SJ
SNH08014	✓	✓	2008/5/15	220	M	43.2046	141.0041	SJ
SNH08021-1	✓		2008/6/8	105	M	43.9793	144.3037	OS
SNH08021-2	✓		2008/6/8	123	M	43.9793	144.3037	OS
SNH08021-3	✓		2008/6/8	108	M	43.9793	144.3037	OS
SNH08022	✓	✓	2008/6/9	121.6	M	43.1582	141.6917	SJ
SNH08025	✓	✓	2008/6/10	206	F	43.2006	140.8544	SJ
SNH08026	✓	✓	2008/6/13	206	F	43.2402	141.3403	SJ
SNH08029	✓	✓	2008/6/17	198.5	M	43.1478	141.1765	SJ
SNH08033	✓	✓	2008/6/21	212.5	F	43.1677	141.2399	SJ
SNH08034	✓	✓	2008/6/22	200	F	43.2537	141.3534	SJ
SNH08036	✓	✓	2008/6/26	214	M	43.3183	141.4154	SJ
SNH08039	✓		2008/6/26	118	F	43.2296	141.3267	SJ
SNH08041	✓		2008/7/1	175	F	43.1446	141.1778	SJ
SNH08072	✓	✓	2009/3/11	150	M	41.8494	140.1254	SJ
SNH08083		✓	2008/6/9	102.5	M	43.5999	141.3844	SJ
SNH11013	✓	✓	2011/5/24	157.2	F	41.4120	140.2163	SJ
SNH12023	✓	✓	2012/6/11	203.5	M	43.1465	141.1729	SJ
SNH13015	✓	✓	2013/6/16	126.2	F	44.4407	143.2234	OS
SNH13017	✓	✓	2013/6/24	126.3	M	44.5837	142.9638	OS
SNH14009	✓	✓	2014/6/9	112.5	M	45.3834	142.0851	OS
SNH14010	✓	✓	2014/6/10	102.9	M	44.6005	142.9501	OS
SNH14017	✓	✓	2014/6/16	118	M	43.9851	144.2968	OS
SNH14018	✓	✓	2014/6/18	118.5	F	44.0340	144.2598	OS
SNH14023	✓	✓	2014/6/23	222.6	M	43.1467	141.1734	SJ
SNH14024	✓	✓	2014/6/23	108.5	M	44.1969	143.8645	OS
SNH14026-1	✓	✓	2014/6/25	219.5	M	43.8768	145.1442	NS
SNH14026-2	✓	✓	2014/6/25	207.7	M	43.8768	145.1442	NS
SNH14026-3	✓		2014/6/25	210.5	M	43.8768	145.1442	NS
SNH14030	✓	✓	2014/5/5	118.8	F	43.5964	141.3710	SJ
SNH14031	✓	✓	2014/5/5	179.3	F	43.5964	141.3710	SJ
SNH14034-1	✓	✓	2014/7/4	193.5	M	43.8768	145.1442	NS
SNH14034-2	✓	✓	2014/7/4	199.5	M	43.8768	145.1442	NS
SNH14034-3	✓	✓	2014/7/4	198.6	M	43.8768	145.1442	NS
SNH14042	✓	✓	2014/8/14	200	na	43.8987	145.0926	NS
SNH14043		✓	2014/8/14	na	na	43.8867	145.0926	NS
SNH14048	✓	✓	2014/9/16	221.9	M	42.3658	143.3557	PO
SNH15004	✓	✓	2015/2/23	213	F	43.6992	145.1094	OS
SNH15017	✓	✓	2015/6/6	175.5	F	43.8768	145.1442	NS
SNH15019-1	✓	✓	2015/6/15	179.3	M	43.8768	145.1442	NS
SNH15019-2	✓	✓	2015/6/15	191.5	M	43.8768	145.1442	NS
SNH15021-1	✓	✓	2015/6/23	211.8	M	43.8768	145.1442	NS
SNH15021-2		✓	2015/6/23	160.4	M	43.8768	145.1442	NS
SNH15022	✓	✓	2015/6/24	110.4	M	44.0254	144.2704	OS
SNH15024		✓	2015/6/24	118.9	M	43.1448	141.1659	SJ
SNH15025	✓	✓	2015/6/27	212	M	45.3837	142.0841	SJ
SNH15040		✓	2015/8/22	212.4	M	43.9693	145.3383	NS
SNH15051		✓	2015/12/17	201.4	M	42.6034	141.4966	PO
SNH16205		✓	2016/6/23	198.1	M	43.8768	145.1442	NS
SNH16206		✓	2016/6/23	223	M	43.8768	145.1442	NS

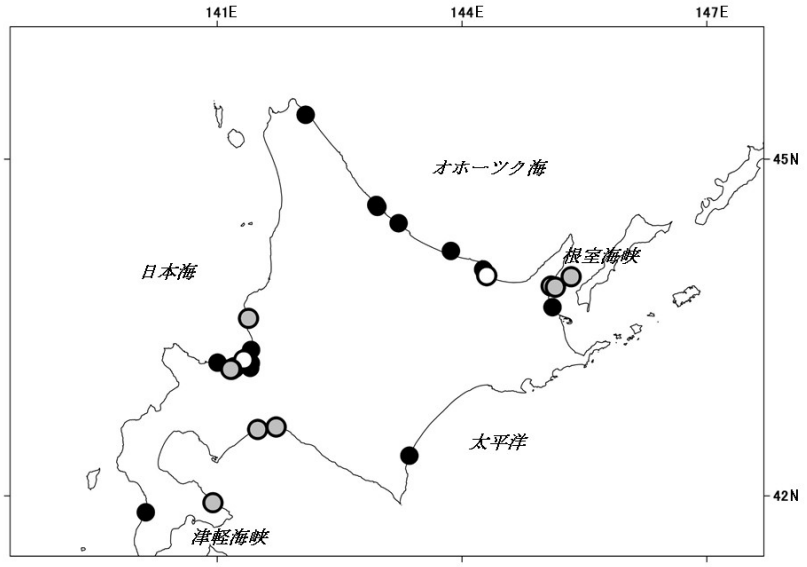


図 3. イシイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 3. スナメリ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 仙台湾―東京湾を ST, 瀬戸内海―響灘を SH, 大村湾を O, 有明海―橘湾を AT とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34244(2)		✓	2007/2/23	103	F	33.011944	129.73569	O
M34248		✓	2007/4/22	160	F	33.268888	131.51444	SH
121201-3		✓	2007/05/01 – 2007/05/31	118.5	M	33.975916	133.06222	SH
M34537		✓	2007/6/12	125.5	F	33.480833	131.74	SH
M34548(2)		✓	2007/8/13	133	F	33.035833	129.80347	O
M35037		✓	2007/11/2	113	F	38.316666	141.16667	ST
M35043		✓	2007/11/12	117	M	33.600000	131.41667	SH
080423Yokizaki		✓	2008/4/23	120	na	34.042472	133.59786	SH
M36190		✓	2008/5/1	152.8	F	33.966666	131.41667	SH
M36191		✓	2008/5/5	113.4	M	33.983333	131.00000	SH
M36318 (101009-6)		✓	2008/11/3	146	M	33.903055	131.00194	SH
M36198		✓	2008/11/27	95.8	M	33.766666	131.03333	SH
100306-13		✓	2008/12/16	112	M	32.886111	129.88056	O
M36319(101009-7)		✓	2009/1/21	130	na	33.643055	130.32139	SH
100306-1		✓	2009/4/2	102	M	32.73750	130.32028	AT
M36320(101009-8)		✓	2009/4/19	108	M	33.903055	131.00194	SH
100505nagayo		✓	2010/5/4	158.5	M	32.854722	129.86056	O
100530nagayo		✓	2010/5/30	132.8	F	32.847222	129.86250	O
100531kazusa		✓	2010/5/31	119.1	F	32.622500	130.16639	AT
101022hondo		✓	2010/10/22	179.6	M	32.463611	130.19611	AT
101227amakusa		✓	2010/12/27	87.4	F	32.529166	130.42917	AT
110126kamiamakusa		✓	2011/1/26	120.5	M	32.517638	130.42889	AT
110131omura		✓	2011/1/31	99.3	M	32.961222	129.92964	O
110307nagayo		✓	2011/3/6	132	M	32.854722	129.86056	O
110315suji		✓	2011/3/15	131.6	F	32.520000	130.34139	AT
110321tameshi		✓	2011/3/21	93.7	M	32.474722	129.83889	AT
110418kunimi2		✓	2011/4/18	93.5	M	32.874444	130.27222	AT
110509miura		✓	2011/5/9	156.9	M	32.855277	129.99167	O
110722oyano		✓	2011/7/22	162.2	F	32.548611	130.42889	AT
M37945		✓	2011/8/22	195.4	M	35.550000	140.48333	ST
110829mogi		✓	2011/8/29	80	F	32.701444	129.91714	AT
110910kuchikida		✓	2011/9/10	86.6	M	33.048222	129.90186	O
110913hishakuda		✓	2011/9/13	111.9	M	33	131	SH
M37979		✓	2011/12/24	191.5	M	35.55	140.48333	ST
121201-2		✓	2011/12/31	150.4	F	34.287222	134.26903	SH
120106sanyo-onoda		✓	2012/1/6	150	F	33.933333	131.18333	SH
120315higashikaratsu		✓	2012/3/15	137.9	M	33.44472	129.9948	G
120412oyano		✓	2012/4/12	114.4	F	32.575000	130.41944	AT
120419minami-arima		✓	2012/4/18	127.6	F	32.610277	130.22722	AT
120528shiki		✓	2012/5/28	101.6	F	32.516666	130.05000	AT
120530matsuo		✓	2012/5/30	102.7	M	32.835555	130.34889	AT
120715hikoshima		✓	2012/7/15	82	F	33.916666	130.91667	SH
120727arao		✓	2012/7/27	75.4	F	32	130	AT
121026usa-2		✓	2012/10/26	142.1	M	33.570277	131.34092	SH
121110ube		✓	2012/11/10	108	F	33.933333	131.25000	SH
121227ainoshima		✓	2012/11/10	115	M	34	130	SH
130214Hamawaki		✓	2013/2/14	138	F	33.269166	131.51278	SH
130311Choshi		✓	2013/3/11	86.4	F	35.69775	140.84808	ST
130317Yasuhisanoura		✓	2013/3/17	118.5	F	33.128291	129.76721	O
140412saijo	✓		2014/4/12	130.5	F	33.947639	133.09542	SH
150429kawatana		✓	2015/4/29	65.2	F	33	129	O
150505omura		✓	2015/5/5	77	F	32.911956	129.924808	O

150507matsubara		✓	2015/5/5	74.9	F	32.983188	129.944138	O
150506terashima		✓	2015/5/5	73.3	F	32.890166	129.95618	O
150520miura		✓	2015/5/20	140.2	M	32.855387	129.992217	O
150701okotone		✓	2015/7/1	140.3	M	33.058051	129.887551	O
150708kuchinotsu		✓	2015/7/8	93.4	F	32.60835	130.19746	AT
150723kawatana		✓	2015/7/23	73.1	M	33	129	O
150907yue		✓	2015/9/7	92	M	32.87	130.31	AT
150505oura2		✓	2015/10/5	99.4	F	32.524733	130.36832	AT
151007okagou		✓	2015/10/7	76.2	F	32	129	O
151204kamiamakusa		✓	2015/12/4	145.2	F	32.528775	130.428620	AT
151228komiyaura		✓	2015/12/28	99.3	F	33.008839	129.781372	O
160114idumi		✓	2016/1/14	109.7	F	32.103850	130.30666	AT
160122tokitsu		✓	2016/1/22	142.2	F	32.832803	129.84743	O
160215nishihi		✓	2016/2/15	87.9	F	33	129	O
160222goshoura		✓	2016/2/22	108.5	F	32.351742	130.356020	AT
160519kanzaki	✓		2016/5/19	122	F	33	131	SH

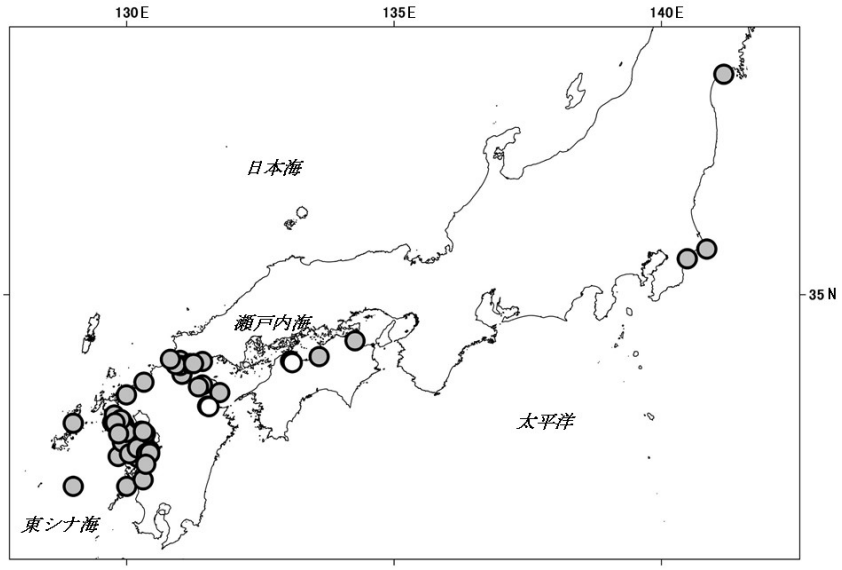


図 4. スナメリのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 4. カマイルカ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 日本海を SJ, 太平洋を PO, 津軽海峡を TS, 東シナ海を ECS とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M33427	✓		2003/3/4	178	M	37.116666	138.033333	SJ
M33572	✓		2004/1/15	157.5	M	35.216666	139.600000	PO
M34031	✓		2005/5/16	187.5	M	37.166666	138.133333	SJ
M36326	✓		2006/3/3	217.7	F	33.65	130.40	SJ
M34083	✓		2006/3/24	156	M	37.266666	138.383333	SJ
M34249		✓	2007/3/20	199	F	37.148055	138.416666	SJ
M34170	✓		2006/5/8	150	M	36.816666	137.033333	SJ
0608 大槌カマ	✓		2006/8	na	na	na	na	PO
M34250	✓	✓	2007/3/12	158.5	F	37.148055	138.068055	SJ
M34253	✓	✓	2007/3/22	158.5	F	37.265555	138.285000	SJ
M34549	✓	✓	2007/8/13	190.5	M	35.784444	139.731944	PO
M35095	✓		2008/4/24	185	F	37.35586	137.250851	SJ
SNH08015	✓	✓	2008/5/22	174.5	F	41.771472	140.769027	TS
SNH09015		✓	2008/6/18	166.5	M	42.625583	141.595833	PO
SNH08037	✓	✓	2008/6/26	200	M	41.7305	140.5715	TS
SNH08044	✓		2008/7/13	220	M	41.759944	140.845861	TS
SNH08045		✓	2008/7/18	177.8	F	42.617305	141.551750	PO
M35156	✓	✓	2009/3/12	152.4	M	38.716666	139.666666	SJ
M35201	✓	✓	2009/5/25	211	M	37.166666	138.166666	SJ
SNH10001	✓	✓	2010/1/4	217.5	F	41.998927	140.122263	SJ
M36237	✓	✓	2010/2/3	181	M	33.370555	129.592777	ECS
M36257	✓	✓	2010/4/16	163.7	F	38	139	SJ
M36294	✓		2010/6/18	187	M	36.816666	137.033333	SJ
SNH10042	✓	✓	2010/7/27	215	F	42.334058	141.025658	PO
SNH10043		✓	2010/7/30	232.5	M	42.334058	141.025658	PO
M37877	✓	✓	2011/4/3	225.6	M	35.083333	139.850000	PO
M37878		✓	2011/4/4	225	F	35	139	PO
SNH11027	✓		2011/7/6	219	M	42.3606	141.055383	PO
SNH11028	✓	✓	2011/7/9	201.5	F	42.574986	140.600305	PO
SNH11029	✓	✓	2011/7/10	215	M	42.415822	141.120200	PO
SNH11038	✓	✓	2011/8/10	218.5	M	42.362977	141.057619	PO
SNH11042		✓	2011/9/7	221.5	M	42.623813	141.583172	PO
M38008	✓	✓	2012/1/29	217.7	M	34.664666	137.712583	PO
M38047	✓		2012/4/14	173	F	36.766666	137.283333	SJ
SNH12032	✓		2012/7/15	215.5	M	42.618611	141.557541	PO
SNH12036	✓	✓	2012/7/30	218	M	42.405941	141.106638	PO
SNH12037	✓	✓	2012/7/31	219.1	F	42.410541	141.062938	PO
SNH12040	✓	✓	2012/8/10	212.8	F	42.360891	141.055600	PO
SNH12043	✓	✓	2012/8/15	214.8	M	43.044930	140.505541	SJ
M42075	✓		2013/2/6	180	F	35.516666	133.883333	SJ
SNH13019	✓	✓	2013/7/8	182	F	41.781369	140.726355	TS
SNH13020	✓	✓	2013/7/15	206	F	42.353122	141.054258	PO
SNH13024-1		✓	2013/8/5	105.5	F	42.333583	141.025308	PO
SNH13024-2		✓	2013/8/5	168	F	42.333583	141.025308	PO
SNH13025-1	✓	✓	2013/8/6	213	F	42.333583	141.025308	PO
M42552	✓		2014/2/22	217.5	F	37.13	138.05	SJ
M42583	✓		2014/4/15	181.6	F	34.83161	139.07618	PO
M42582	✓		2014/4/15	192.4	F	34.83161	139.07618	PO
M42599	✓		2014/4/7	195	M	37.3	138.4	SJ
M42600	✓		2014/4/9	198	M	37.25	138.33	SJ
SNH14022	✓	✓	2014/6/21	223	M	43.309944	141.406805	SJ
SNH14038		✓	2014/7/12	186.5	F	42.326305	141.017333	PO
SNH15020	✓		2015/6/19	167.8	F	42.359383	141.054224	PO

SNH16012	✓	✓	2016/5/14	237.1	M	41.764632	140.730755	TS
SNH16025	✓		2016/8/9	213.4	na	42.380979	141.075647	PO
SNH16034	✓		2016/9/26	195	M	42.613704	141.533573	PO

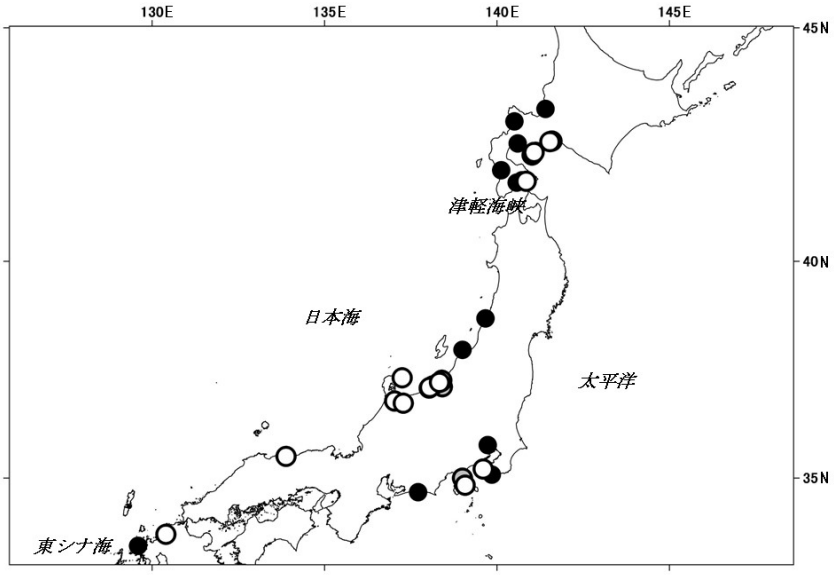


図 5. カマイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 5. スジイルカ標本詳細。胃内容物分析を SCA，安定同位体比分析を SIA とした。また，太平洋を PO，太平洋（北海道）を POh，南さつま市集団座礁個体を NSMT とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34531		✓	2007/6/25	160	F	35.0383	139.8261	PO
M37875		✓	2011/3/15	245	M	31.6333	131.4500	PO
M37978		✓	2011/12/18	240	M	35.70	140.86	PO
120209Kazusa		✓	2012/2/9	219.2	F	32.6245	130.1648	PO
121201-7	✓	✓	2012/3/12	231	M	33.3833	132.1167	PO
130421Takahagi	✓	✓	2013/4/21	221.7	F	36.70	140.71	PO
130427Awashima	✓	✓	2013/4/27	232.4	M	35.0333	138.8833	PO
140526Misho	✓	✓	2014/3/24	227.2	M	33.0258	132.5192	PO
150114Kaiyo		✓	2015/1/14	174.7	M	33.5833	134.3667	PO
150223Mikame		✓	2015/2/23	235.5	M	33.3721	132.3889	PO
150313Kashiwajima	✓	✓	2015/3/13	218.6	F	32.7661	132.6302	PO
SNH15032	✓	✓	2015/7/27	250	M	42.7198	143.6995	POh
SNH16002	✓	✓	2016/1/11	147	F	43.0031	144.298	POh
SNH16019	✓	✓	2016/6/27	244	M	42.5718	140.4468	POh
NSMT1	✓	✓	2013/4/26	224	F	36.1833	140.5667	NSMT
NSMT2	✓	✓	2013/4/26	225	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT3	✓	✓	2013/4/26	205	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT4	✓	✓	2013/4/26	243.5	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT5	✓	✓	2013/4/26	231	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT6	✓	✓	2013/4/26	225	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT7	✓	✓	2013/4/26	229	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT8	✓	✓	2013/4/26	238	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT9	✓	✓	2013/4/26	247	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT10	✓	✓	2013/4/26	234	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT11	✓	✓	2013/4/26	235.3	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT12	✓	✓	2013/4/26	215.3	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT13	✓	✓	2013/4/26	240.5	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT14		✓	2013/4/26	228.5	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT15	✓	✓	2013/4/26	231	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT16	✓	✓	2013/4/26	221.3	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT17	✓	✓	2013/4/26	240.9	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT18	✓	✓	2013/4/26	230.3	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT19	✓	✓	2013/4/26	229.1	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT20	✓	✓	2013/4/26	225.8	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT21	✓	✓	2013/4/26	231.2	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT22	✓	✓	2013/4/26	224.9	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT23	✓	✓	2013/4/26	251.4	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT24	✓	✓	2013/4/26	225.7	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT25	✓	✓	2013/4/26	230.4	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT26	✓	✓	2013/4/26	228.8	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT26fetus		✓	2013/4/26	90.8	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT27	✓	✓	2013/4/26	223	F	31.4166	130.1833	NSMT

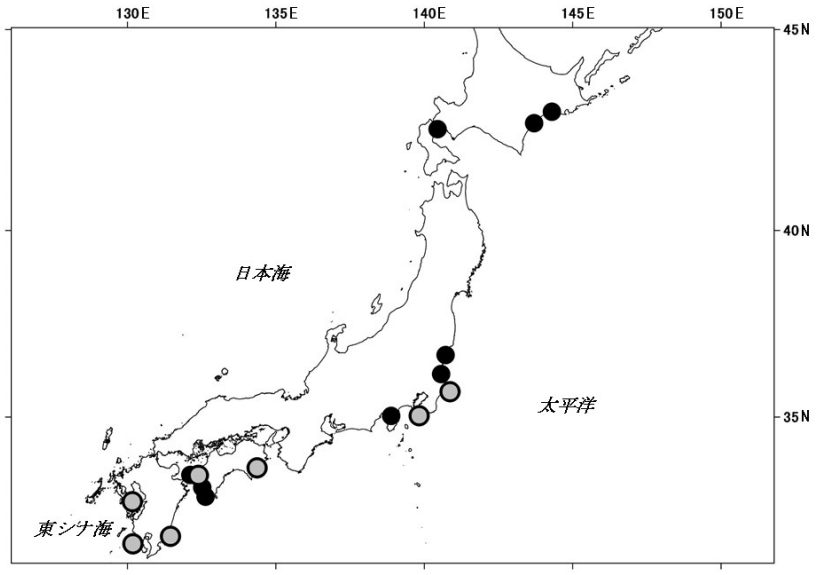


図 6. スジイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表6. カズハゴンドウ標本詳細。胃内容物分析をSCA，安定同位体比分析をSIAとした。全て2015年4月11日，茨城県鉾田市における集団座礁個体（150411 鉾田市カズハ）である。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea1
150411 鉾田市カズハ 1	✓	✓	2015/4/11	261	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 2	✓	✓	2015/4/11	254.7	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 4	✓	✓	2015/4/11	261	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 5	✓	✓	2015/4/11	244	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 6	✓		2015/4/11	248	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 7	✓		2015/4/11	252	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 8	✓	✓	2015/4/11	248.6	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 9	✓	✓	2015/4/11	235.9	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 10	✓	✓	2015/4/11	218.6	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 12	✓		2015/4/11	259.6	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 14	✓	✓	2015/4/11	235.5	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 15		✓	2015/4/11	255.3	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 16	✓	✓	2015/4/11	252	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 17	✓	✓	2015/4/11	253	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 18	✓	✓	2015/4/11	212	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 19	✓		2015/4/11	259.5	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 20	✓	✓	2015/4/11	252	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 21	✓	✓	2015/4/11	248	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 22	✓		2015/4/11	na	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 23	✓		2015/4/11	261.5	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 24	✓		2015/4/11	259.5	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 25	✓	✓	2015/4/11	241.8	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 26	✓	✓	2015/4/11	255	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 27	✓	✓	2015/4/11	261.5	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 28	✓	✓	2015/4/11	251.2	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 29	✓	✓	2015/4/11	248.7	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 31	✓		2015/4/11	na	M	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 32	✓	✓	2015/4/11	235	F	36.1196	140.5931	PO
32fetus		✓	2015/4/11	87	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 33	✓	✓	2015/4/11	237.4	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 34	✓	✓	2015/4/11	na	F	36.1196	140.5931	PO
150411 鉾田市カズハ 35	✓	✓	2015/4/11	262	M	36.1196	140.5931	PO

表 7. ハナゴンドウ標本詳細。胃内容物分析を SCA，安定同位体比分析を SIA とした。また，日本海を SJ，太平洋を PO，津軽海峡を TS，東シナ海を ECS とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34245		✓	2007/3/2	257	F	31.8262	131.4532	PO
M34255		✓	2007/3/29	226.5	F	34.6833	138.2056	PO
M34530		✓	2007/6/18	201.5	M	36.8483	136.9949	SJ
M35054		✓	2008/2/1	263.5	F	37.1666	138.2000	SJ
M35065		✓	2008/3/9	265	M	32.1166	131.5333	PO
M35066		✓	2008/3/11	265	M	37	137	SJ
M35096		✓	2008/4/26	258.5	M	31	131	PO
M35119		✓	2008/6/30	237.5	F	35.4666	140.4167	PO
M35157		✓	2009/3/19	284	M	31.4166	131.3333	PO
M35194		✓	2009/4/5	458	M	32.8027	131.9654	PO
M36183		✓	2009/9/14	156.9	M	36.9166	136.7667	SJ
M36265		✓	2010/5/25	265	F	37	137	SJ
100727Akune		✓	2010/7/27	222.8	M	32.0719	130.2033	ECS
M36397		✓	2011/3/14	201.7	M	36.8333	137.4000	SJ
M37876		✓	2011/3/30	263.7	M	37	137	SJ
130319Aoshima		✓	2013/3/18	251.5	F	31.8	131.4	PO
140526Ainan	✓	✓	2013/12/25	246	F	32.9569	132.5508	PO
140321Uchinada	✓		2014/3/11	276	F	36.6666	136.6500	SJ
140430Mugi		✓	2014/4/30	271	F	33	134	PO
141215Uwajima	✓	✓	2014/12/15	263.9	F	33.0563	132.4539	PO
150311Ainan	✓	✓	2015/3/11	253.1	M	32.9602	132.5442	PO
150311Ainan②	✓	✓	2015/3/11	234.1	F	32.9602	132.5442	PO
SNH16032	✓		2016/9/17	288.7	M	43.9187	144.7029	OS

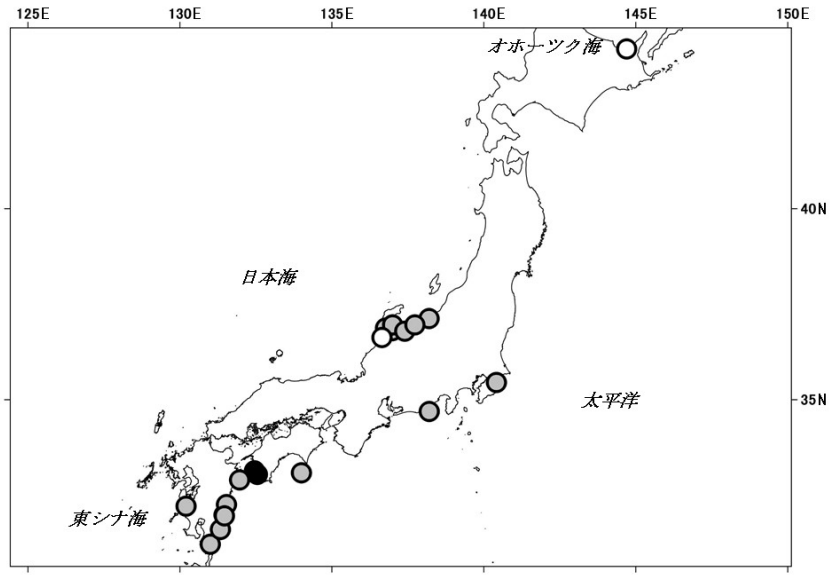


図 7. ハナゴンドウのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 8. ハンドウイルカ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 日本海を SJ, 太平洋を PO とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M35057		✓	2008/2/13	210	M	37	138	SJ
M35058		✓	2008/2/14	215	M	37	138	SJ
M35062		✓	2008/2/27	231	F	37	138	SJ
M35198		✓	2008/4/25	310	F	33.2619	132.5425	IS
M35150		✓	2009/3/3	246.2	F	36	137	SJ
M35202		✓	2009/3/12	206	M	37.1166	138.0167	SJ
M38043	✓		2012/3/24	300	F	35.6	134.3	SJ
M42127	✓		2013/4/4	198	F	35	140	PO
M42147	✓		2013/5/23	184	M	35.7166	134.3167	SJ

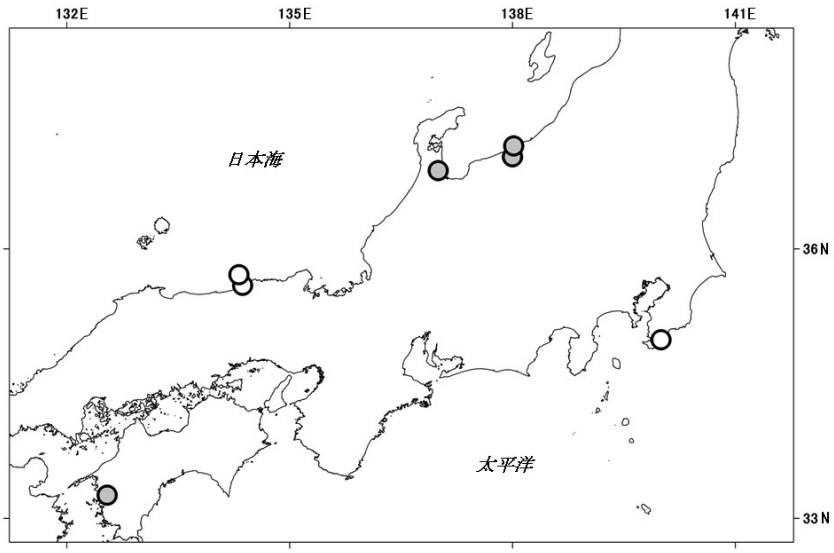


図 8. ハンドウイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体, 白丸が胃内容物のみを分析した個体, 灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 9. ミナミハンドウイルカ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 太平洋を PO, 東シナ海を ECS とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M35035		✓	2007/10/16	150	M	32.5588	130.1147	ECS
M35127		✓	2008/8/27	230	F	35.2666	139.7333	PO
110322Suji		✓	2011/3/22	229.4	M	32.5166	130.3333	ECS
110906Futae2		✓	2011/9/6	139.6	F	32.5500	130.1167	ECS
110906Futae1		✓	2011/9/6	149.7	M	32.5500	130.1167	ECS
111007Kotsuura		✓	2011/10/7	249.5	F	32.4891	130.2897	ECS
111130Oniike		✓	2011/11/30	254.6	M	32.5500	130.1682	ECS
M42144	✓		2013/5/15	265.7	M	31.5333	130.5500	PO
150603chidiwa		✓	2015/6/3	193.1	M	32.785	130.192	ECS

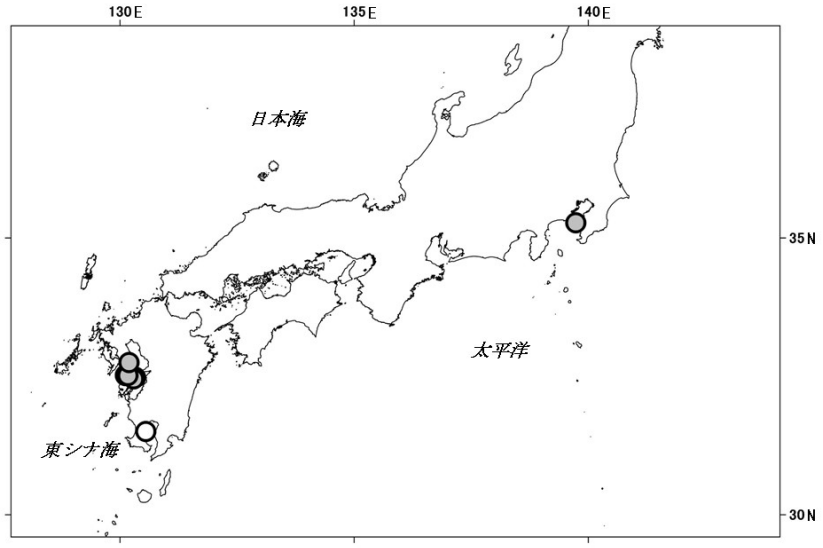


図 9. ミナミハンドウイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体, 白丸が胃内容物のみを分析した個体, 灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 10. コビレゴンドウ標本詳細。胃内容物分析を SCA, 安定同位体比分析を SIA とした。また, 太平洋を PO とした。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
SNH13031	✓	✓	2013/8/18	351.7	F	42.30933	142.40890	PO
SNH09033	✓		2009/9/4	331	M	42.38278	141.07780	PO
SNH15038		✓	2015/8/18	492	F	42.3440	141.0363	PO

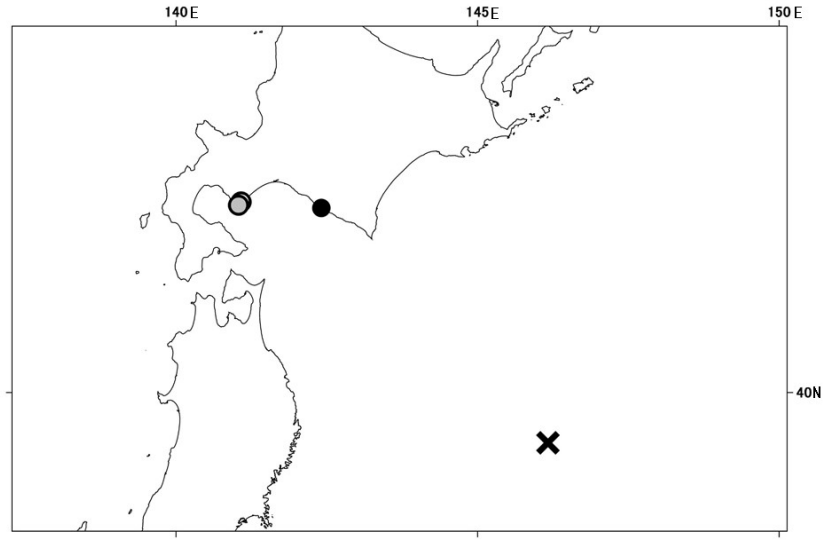


図 10. コビレゴンドウ及びセミイルカのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体, 白丸が胃内容物のみを分析した個体, 灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 11. コマッコウ標本詳細。胃内容物分析を SCA，安定同位体比分析を SIA とした。また，日本海を SJ，太平洋を PO，東シナ海を ECS とした。なお，M32735 と M32734 は，同時漂着個体（マストランディング個体）である。

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea	Remarks
M32735	✓		2001/12/15	163.5	F	34.9666	139.7833	PO	mass
M32734	✓		2001/12/15	190	M	34.9666	139.7833	PO	mass
M35143		✓	2009/1/15	263.5	M	36.3000	136.25	SJ	
M36275	✓	✓	2010/5/27	286.5	F	33.1333	131.8	PO	
M36300		✓	2010/7/23	253.3	M	35.3166	139.4667	PO	
M37891	✓	✓	2011/1/18	177.6	M	33.2641	134.1608	PO	
SNH11043	✓		2011/9/20	222.8	F	42.5847	141.4427	PO	
SNH12011	✓		2012/5/10	210	F	42.64	143.59	PO	
M42149	✓		2013/5/26	294	M	35.01	138.85	PO	
SNH14045	✓	✓	2014/8/26	245.2	M	42.6872	143.6545	PO	
150603karatsu		✓	2015/9/4	223.5	M	33.4527	129.9845	SJ	
160222chidiwa		✓	2016/2/22	219.5	F	32.7860	130.1909	ECS	

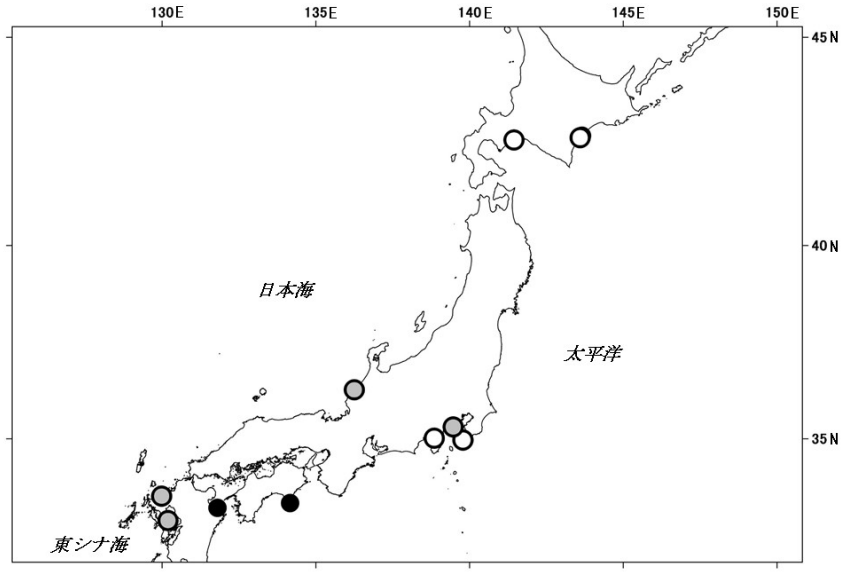


図 11. コマッコウのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 12. オガワコマッコウ標本詳細。胃内容物分析個体はなく，安定同位体比分析個体のみである。また，日本海を SJ，太平洋を PO，東シナ海を ECS，瀬戸内海を IS とした。

ID	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M35042	2007/11/10	107	na	33.25	131.78	IS
M35125	2008/8/1	119.5	F	32.2	130.0	ECS
M35027	2007/9/3	130	M	35.4	140.4	PO
M36331	2010/11/10	201	F	35.7	140.8	PO
M36358	2011/1/26	223.5	M	35.7666	140.8167	PO
M37932	2011/7/22	232	F	35.7166	140.8667	PO
M35124	2008/7/31	237.1	F	32.2166	130.0333	ECS
130523Oseto	2013/5/23	253.3	F	32.9333	129.6333	ECS
120412Shimo-kurosaki	2012/4/12	254.6	F	35.8333	129.7167	ECS

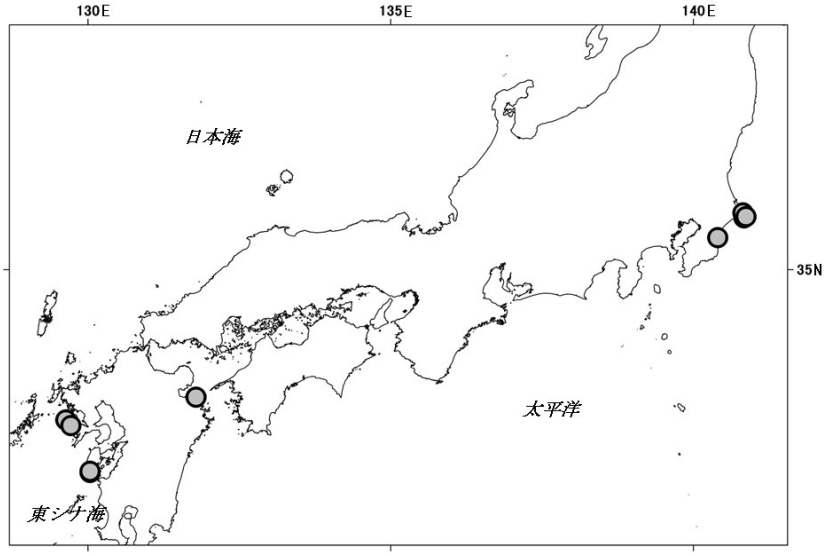


図 12. オガワコマッコウのストランディング地点。黒丸が胃内容物及び安定同位体比を分析した個体，白丸が胃内容物のみを分析した個体，灰色が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 13. セミイルカ標本詳細。胃内容物分析個体はなく，安定同位体比分析個体のみである。太平洋を PO とした。

ID	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea	Remarks
SNH15013	2015/5/17	207	F	39.3557	146.1669	PO	北海道大学練習船おしょろ丸が実施した流し網操業実習で混獲

第 3 章　日本周辺海域にストランディングした小型ハクジラの胃内容物分析

3-1　背景

鯨類ストランディング個体の食性を明らかにするために，最も広く行われている手法が胃内容物分析である。胃内容物分析では，死亡する直前に，その個体が何を食べていたか，具体的な餌生物の特定が可能である。本研究では，日本周辺にストランディングした小型ハクジラのうち，胃が採材できた個体について胃内容物分析を行った。鯨類ストランディング個体について多様な種を用いて胃内容物分析を行った例としては，González et al. (1994)や Sekiguchi et al. (1992)があるが，日本国内では研究例がない。本研究では，ネズミイルカ科については，沿岸性のネズミイルカ，スナメリ，沖合性のイシイルカ，マイルカ科では，カマイルカ，スジイルカ，カズハゴンドウ，ハナゴンドウ，コビレゴンドウ，ハンドウイルカ，ミナミハンドウイルカ，コマッコウ科のコマッコウ，計 3 科 11 種について胃内容物分析を行うことで，それぞれが利用していた餌生物を明らかにした。

3-2　方法

3-2-1.　胃内容物分析

北海道におけるストランディング個体については，現場で食道部と十二指腸膨大部をそれぞれ閉口した状態で胃が冷凍保存されている場合には，その胃を実験室において解凍し，解凍後重量を測定した上，食道側からハサミを用いて切り開き，胃内容物を取り出した。胃内容物が調査時に胃から取り出され，70%エタノール中に保存されていた場合には，その胃内容物を用いた。本州周辺海域における個体については，国立科学博物館に所蔵されていた小型ハクジラ類の胃と，胃

内容物が調査時に胃から取り出され 80%エタノール中もしくは 10%ホルマリンに保存されていた胃内容物を用いた。また，2015 年 8 月 28 日から 31 日に愛媛大学で行われた「茨城県に集団座礁したカズハゴンドウと瀬戸内海に漂着した鯨類の解剖調査」及び 2015 年 10 月 13 日から 16 日に国立科学博物館において行われた「茨城県に集団座礁したカズハゴンドウの一斉調査」のそれぞれにおいて著者自ら採材した胃も胃内容物分析に供した。いずれの場合も，胃の部位ごとに胃内容物を分けることは行わなかった。

胃内容物は，頭足類については，顎板（上下），ペン，眼球，魚類については，耳石，脊椎骨，顎，眼球，甲殻類については眼球，額角，その他寄生虫や異物（ゴミなど）の分類群ごとに分けた後，出現したそれらの数を計数，記録した。鯨類の胃内容物分析では，餌種の同定のため胃内に残った頭足類の顎板や魚類の耳石が用いられている（Clarke 1962, Fitch & Brownell 1968）。本研究では，頭足類に関しては Kubodera（2005）および国立科学博物館の所蔵標本と比較し，魚類の耳石に関しては，Ohe（1985），大泉ら(2001)，渡邉ら（2004），飯塚・片山（2008），山木・椎名（2009）に，魚類の顎については，山崎・上野（2008）に従い，それぞれ可能な限り下位の分類群まで種を同定した。耳石の左右が判別できる場合は左右の数を記録し，多い方の数を採択し，左右の判別が消化により困難な場合は，数えた耳石数を 2 で割った数をそれぞれ魚類出現数として記載した。魚類の耳石が出現せず，魚類顎だけが出現し，その顎が種同定できた場合は前上顎骨及び歯骨の左右を確認し，多い方の数を出現数として記録した。

各餌生物の出現頻度（*F*%），個体数組成（*N*%）を下式から算出した。

$$F_i\% = \left(\frac{m_i}{M}\right) \times 100 \quad (1)$$

$$N_i\% = \left(\frac{n_i}{\sum n_i}\right) \times 100 \quad (2)$$

ここで，m_i は餌生物 i 種が出現したハクジラの個体数，M は胃内容物を調査したハクジラの個体数，n_i は，胃から出現した餌生物 i 種の個体数である。

また，種同定した餌生物種を 1 沿岸性浮魚類, 2 沿岸性浮魚類かつ底魚類（成長によって変化する）, 3 沿岸性底魚類, 4 中深層性魚類, 5 沿岸性イカ類, 6 沿岸性底生イカ類, 7 中深層性イカ類, 8 深海性イカ類, 9 沿岸性底生タコ類, 10 表層浮遊性タコ類, 11 深海性タコ類, 12 沿岸性甲殻類に分類して結果をまとめた。餌生物の分類には，FishBase ver.(02/2017)（Froese & Pauly 2017）及び，SeaLifeBase ver.(02/2017)（Palomares & Pauly 2017）の生物情報を参照した。

3-2-2. 餌生物の類似度の算出

本研究結果によって得られた胃内容物の種間変異を明らかにするために，群集生態学の分野で扱われている，生物群集間の構造を比較するための類似度指数を用いた。各鯨種の胃内容物から種同定された餌生物を科レベルでまとめて計算に用いた。本解析では，下式により百分率類似度指数 PS（Whittaker 1952）を求めた。

$$PS = 1 - 0.5 \sum \left| \frac{n_{iA}}{\sum n_A} - \frac{n_{iB}}{\sum n_B} \right| \quad (3)$$

ここで，$n_{iA,B}$ は，それぞれ鯨種 A,B の i 番目の餌の個体数，$\sum n_{A,B}$ は，それぞれ鯨種 A,B の胃内容物中に出現した餌の総個体数である。なお，スナメリ(n=2), コビレゴンドウ（n=2），ミナミハンドウ

イルカ（n=1），ハンドウイルカ（3 個体中 1 個体が空胃）は，標本数が少ないため類似度の比較からは除外した。

3-3. 結果と考察

3-3-1. ネズミイルカの胃内容物

32 個体中，空胃個体は 1 個体であり，31 個体から胃内容物が確認された。胃内容物は 6 目 15 科 14 属 11 種に同定された（表 14）。最も個体数組成が高かったのはイカナゴ属魚類であり（N%＝74.25%），出現頻度が最も高かったのはダンゴイカ科イカ類であった（F%%＝53.14%）。海域別に評価した結果，日本海において最も個体数割合が高かったのはヤリイカ科イカ類（N%＝43.41%）であり，出現頻度ではダンゴイカ科イカ類が最も高かった（F%＝57.14%）。太平洋では，イカナゴ属魚類の個体数割合が最も高く（N%%＝78.33%），ダンゴイカ科イカ類の出現頻度が高かった（F%=52.38%）。根室海峡では，タラ科魚類の個体数組成が最も高く（N%=39.31%），出現頻度はスケトウダラ，フサカサゴ科魚類，イカナゴ属魚類が高かった（F%=66.67%）。津軽海峡は 1 個体のみであったが，ダンゴイカ科の出現個体数が最も多く，サケ科魚類であるサクラマスが海域別で唯一出現した。ネズミイルカにおいて特異的な餌生物として，エビジャコ科が 2 種出現した。また，太平洋において漂着した SNH14032 の摂餌量が多く，イカナゴ属の耳石が 4470 個体分出現した。餌生物のカテゴリー分けを行った結果，主なカテゴリーの *F*%，*N*%は， 2 沿岸性浮魚かつ底魚類が 68.75%，82.76%，6 沿岸性底生イカ類が 53.13%，13.25%，5 沿岸性イカ類が 37.50%，1.73%であった（図 15，16）。

ネズミイルカは，日本海，津軽海峡，太平洋，根室海峡のいずれの海域においてもダンゴイカ科イカ類を摂餌していた。北海道周辺海域において確認されているダンゴイカ科イカ類はダンゴイカ *Sepiola birostrata*，ミミイカ *Euprymna morsei*，ボウズイカ *Rossia* (*Rossia*) *pacifica* があるが（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター臼尻水産実験所 2012，日本水産資源保護協会 1987），漁獲対象種ではないこともあり，その生態や正確な種数は明らかになっていない。奥谷（2015）によると，ダンゴイカ，ミミイカ，ボウズイカは小型のイカ類であり，ボウズイカが外套膜長 80 mm と最も大きい。砂底に潜って生息しており，ボウズイカは，三陸～北海道にかけて底曳網に大量にかかることから，バイオマスは大きいことが予想される。

また，太平洋において漂着したSNH14032の摂餌量が多く，イカナゴ属の耳石が4470個体分出現し，他の個体と比較し多くの餌生物を利用していた。本個体は，解剖調査の結果胎児を有していた。鯨類において妊娠個体は非妊娠個体よりもエネルギー要求量が増加するため（Blanchet 2008），他の個体と比較して摂餌量が増加したものと考えられる。

胃内容物を調査した32個体のうち，11個体が北海道臼尻地区の定置網もしくは石狩地区，羅臼地区の刺し網における混獲個体であった。混獲個体と漂着個体の胃内容物分析結果を比較したところ，混獲個体では，ダンゴイカ科イカ類を餌生物として利用していた個体の割合が，漂着個体の倍であった（図13）。混獲された定置網及び刺し網における主な漁獲対象種であるサケ科魚類やカレイ科魚類，スケトウダラを捕食する個体の割合は混獲個体と漂着個体で違いは見られなかった。

胃内容物分析の結果から，ネズミイルカは，ダンゴイカ科イカ類やカレイ科魚類といった底生生物や，スケトウダラのように集群性かつ底生生物，イカナゴやカタクチイワシといった集群性かつ表層性の魚類，中深層性魚類であるハダカイワシ科魚類まで，幅広い餌生物を利用していることが明らかになった。北極海では，季節や海域によって，ネズミイルカが選択する餌生物が変化することが示唆されており，底生性，中深層性，表層性の 3 つの餌生物カテゴリーにおいて，バレンツ海では表層性の餌生物，ノルウェー中部沿岸域においては中深層性の餌生物，オランダ及びスカゲラク海峡（北極海）においては底生性の餌生物を選択する頻度が高いことが明らかにされている（Bjørge 2003）。

本研究結果について，餌生物の出現頻度を比較した結果，ダンゴイカ科イカ類はどの海域でも摂餌していたが，根室海峡ではスケトウダラ，フサカサゴ科魚類，イカナゴ属魚類の摂餌頻度が他海域よりも高い傾向が見られた（図 14）。また，中深層性魚類の摂餌が確認されたのは太平洋でのみであった。

ネズミイルカは他のイルカと比較すると，エネルギー貯蔵能が低いため（Gaskin 1982, Yasui & Gaskin 1986, Koopman 1998），1 年中持続的に摂餌を行っている。そのため，餌の栄養価の変化に応じて，餌種や摂餌海域を変化させていることが示唆されている（Bjørge 2003）。

日本周辺海域でも同様の海域による利用餌生物の変化が予想されるが，根室海峡の標本が 3 個体，津軽海峡における標本が 1 個体であったため，今後より標本数を増やすことで，日本周辺海域におけるネズミイルカの食性変異がさらに明らかにされることが期待される。

以上から，ネズミイルカは日本周辺海域において表層から底生までの幅広い餌種を利用していること，その中でも特に底生性の餌生物の利用が多かったこと，漂着個体と混獲個体では食性に大きな違いが見られなかったこと，海域によって利用する餌種が変化しうることが明らかとなった。

3-3-2. イシイルカの胃内容物

42 個体中，空胃個体は 12 個体であり，30 個体から胃内容物が確認された。胃内容物は 4 目 12 科 11 属 11 種に同定された（表 15）。最も個体数割合が高く，出現頻度も高かったのはテカギイカ科イカ類であった（N%＝59.72%，F%＝45.24%）。海域別に評価した結果，日本海においても個体数割合，出現頻度がともに高かったのはテカギイカ科イカ類（N%＝71.48%，F%＝64.71%）であった。太平洋では 2 個体のみの結果であるが，日本海の結果とは異なり，テカギイカ科イカ類の顎板は 1 つしか出現しなかった。また，個体数割合ではホタルイカが高く（N%＝89.58%），その他トビイカが出現した。根室海峡では，テカギイカ科イカ類であるドスイカの個体数割合が高く，出現頻度も最も高かった（N%＝48.75%，F%＝45.45%）。オホーツク海では，12 個体中 8 個体が空胃であり，餌生物が出現した 4 個体のうち，ダンゴイカ科イカ類の個体数割合が最も高かった（N%=50.94%）。餌生物のカテゴリー分けを行った結果，主なカテゴリーの *F*%，*N*%は，7 中深層性イカ類が 59.52%，89.86%，6 沿岸性底生イカ類が 19.05%，6.09%，5 沿岸性イカ類が 19.05%，2.99%であった（図 15，16）。

北海道日本海側における 1995 年，96 年，2001 年，03 年のイシイルカ捕獲個体の主な餌生物はドスイカとスケトウダラであった（Ohizumi et al. 2000，榊原 2004）しかし，本研究での日本海側個

体の胃内容物結果ではスケトウダラは殆ど出現せず，テカギイカ科イカ類が重要な餌資源であった。本種は，過去にマイワシを主要な餌としていたが，マイワシ資源の減少に伴い，主要な餌をマイワシからスケトウダラへシフトさせた（Ohizumi et al. 2000）ことから，近年の北海道日本海側におけるスケトウダラ資源の減少（Funamoto et al., 2014）による主要餌生物の変化を引き起こしている可能性が示唆された。

空胃個体 12 個体は，オホーツク海における漂着個体が 8 個体，根室海峡における混獲個体が 1 個体，日本海における漂着個体が 3 個体であった。オホーツク個体の 8 個体の体長は 102.9cm～126.2cm であり，根室海峡における混獲個体が 191.5 cm，日本海における 3 個体が 118 cm～160 cm であった。イシイルカは，約 100 cm で出生し，最初の 1 年間で約 150 cm まで成長することから（Ferrero & Walker 1999），本研究における 100–150 cm の個体は，離乳前もしくは離乳後直後の個体である可能性が高い。日本周辺海域に生息するイシイルカ型イシイルカの系群のうち，日本海–オホ–ツク海系群のイシイルカの出産期は 5 月から 6 月であることから（Amano & Kuramochi 1992），オホ–ツク海及び日本海で 5 月と 6 月に漂着した小型の個体は，その年に産まれ，授乳中に母親とはぐれてしまったか，離乳後十分に摂餌できず漂着してしまったと考えられる。

3-3-3. スナメリの胃内容物

調査した 2 個体両方から餌生物が確認され，7 目 5 科 3 属 3 種に同定された（表 16）。広島県西条市においてストランディングした個体は，胃内容物が少なく，イイダコと種不明八腕形目があわせて 4 個体分出現し最も多かった。大分県大分市でストランディングした個体は種不明ヤリイカ科

が最も頻繁に出現し，続いて種不明アカイカ科，ネンブツダイと続いた。2 個体共通して出現した餌生物は種不明ダンゴイカ科イカ類，種不明ヤリイカ科イカ類，種不明八腕形目であった。

本研究に用いた胃内容物は 2 個体のみの結果となったが，瀬戸内海における個体の胃からは，大村湾における胃内容物研究結果（白木原 1994）とおおむね同様の餌生物が出現した。今後瀬戸内海におけるストランディング個体の標本を蓄積し，本種の瀬戸内海における食性がより一層明らかになることが期待される。

3-3-4. カマイルカの胃内容物

47 個体中，空胃個体は 2 個体であり，45 個体から胃内容物が確認された。胃内容物は 8 目 22 科 24 属 21 種に同定された（表 17）。最も出現個体割合が高かったのはニシン科魚類であり（N%＝44.48%），出現頻度が最も高かったのはアカイカ科イカ類であった（F%＝44.68%）。海域別に評価した結果，日本海において最も個体数割合が高かったのはイカナゴ属魚類（N%＝28.34%）であり，出現頻度ではアカイカ科イカ類が最も高かった（F%＝45%）。太平洋においてはニシン科魚類の個体数割合が最も高く（N%＝65.14%），また，カタクチイワシの出現頻度が高かった（F%=52.38%）。津軽海峡ではヤリイカ科イカ類の個体数組成が最も高く（N%=28.37%），出現頻度はヤリイカ科イカ類，アカイカ科イカ類が高かった（F%=40%）。東シナ海の標本は 1 個体であったが，テッポウイシモチの耳石が，182 個体分出現し最も多かった。

出現した餌生物についてカテゴリー分けを行った結果，沿岸性浮魚類及び沿岸性イカ類の摂餌が出現頻度，個体数組成ともに高くなった。主なカテゴリーの *F*%，*N*%は，5 沿岸性イカ類が

76.60%, 10.68%, 1 沿岸性魚類が 53.19%, 58.89%, 2 沿岸性浮魚かつ底魚類が 27.66%, 22.32%, 7 中深層性イカ類が 23.40%, 7.51%, 6 沿岸性底生イカ類が 23.40%, 1.08%, 3 沿岸性底魚類が 23.40%, 0.79%であった（図 15, 16）。

カマイルカの餌生物において，日本海，津軽海峡，太平洋の 3 海域に共通していた餌生物は小型ニシン目魚類，イカナゴ科魚類，スルメイカやアカイカといったアカイカ科イカ類であり，表層性，集群性の餌生物を主に利用していることが明らかになった。

表層性，集群性の餌生物が多かったが，日本海ではホタルイカモドキやテカギイカ科イカ類，太平洋ではハダカイワシ科魚類も捕食しており，表層性に限らず，中深層性かつ集群性の餌生物を利用している個体もあった。これまでに日本沿岸域におけるカマイルカの捕獲個体の胃内容物調査の結果，東北沿岸域においてはハダカイワシ科魚類が主な餌生物として出現しており（Wilke et al. 1953; 鳥羽山 1974），海域によって餌生物の種組成は異なると考えられる。本研究においても，カタクチイワシやサッパ，スルメイカなど様々な餌生物が出現したが，海域を通じて共通しているのは，主に集群生の餌生物を利用するという点である。

津軽海峡におけるカマイルカの来遊個体数はマイワシの豊度と相関があることが示唆されており（尾崎ら 2012），本種が集群性の餌生物の移動に伴って回遊し，摂餌していることが考えられる。

カマイルカは海域によって胃内容物の種組成が変化することが他の地域でも報告されており，カリフォルニアでは表層域の集群性魚類や頭足類を，ワシントンではサケ，イカ類，ブリティッシュコロンビアではニシン，サケ，マイワシ，タラ，エビ，カラフトシシャモ，及びイカ類を，外洋域では主に中

深層性の多様な魚類，イカ類を摂餌している（Fiscus & Kajimura 1980; Walker et al. 1986; Walker & Jones 1993; Black 1994; Heise 1997; Morton 2000）ことから，その場で優占する餌生物を捕食すると考えられている。

3-3-5. スジイルカの胃内容物

35 個体中，空胃個体は 3 個体であり，32 個体から胃内容物が確認された。胃内容物は 6 目 13 科 13 属 11 種に同定された（表 18）。最も個体数組成が高かったのは種不明ハダカイワシ科魚類であり（N%＝28.09%），出現頻度が最も高かったのはアカイカ科イカ類であった（F%＝44.68%）。餌生物のカテゴリー分けを行った結果，主なカテゴリーの *F*%，*N*%は，5 沿岸性イカ類が 77.14%，43.86%，7 中深層性イカ類が 22.86%，5.57%，4 中深層性魚類が 11.43%，45.71%，であった（図 15，16）。

南さつま集団座礁個体（NSMT）

胃内容物を調査した 26 個体中，空胃個体は 2 個体であった。未消化もしくは半消化餌生物は出現しなかった。頭足類の顎板は平均して上顎 6.6 ± 5.2 個，下顎 5.8 ± 5.3 個出現した。下顎より，4 科 4 属 2 種の頭足類が同定され（表 18），最も高頻度に出現した餌生物はアカイカ科イカ類（N%=42.38，F%=69.23）であり，次いでヤリイカ科イカ類が高かった（N%=31.79，F%=65.38）（表 18）。また，メス個体からのみ，中深層性頭足類であるツメイカ属，カギイカ，ゴマフイカ科が出現した。

単独ストランディング個体

太平洋側に漂着した個体の胃内容物において個体数割合が最も高かった餌生物は，種不明ハダカイワシ科魚類（N%=34.71）であり，出現頻度が最も高かったのはホタルイカ（F%＝37.5%）であった（表 18）。中深層性魚類であるハダカイワシ科魚類が出現したのは，高知県幡多郡，愛媛県南宇和島郡，静岡県沼津市，北海道釧路市で漂着した個体であった。太平洋側の個体では，その他に，種不明ダンゴイカ科，種不明テカギイカ属，ドスイカ，スルメイカ，アカイカ，カタクチイワシ，種不明イカナゴ属が出現した。瀬戸内海において漂着した個体の胃内容物では，アカイカが最も高い割合で出現した。その他種不明ダンゴイカ科，ヤリイカ科などが出現し，魚類の残渣は出現しなかった。

集団座礁個体の胃から出現したアカイカ科イカ類及びヤリイカ科イカ類の顎板はまだキチン化がほとんど進んでおらず，集団座礁した個体の多くが，沿岸域において幼齢のイカ類を摂餌したことが予想された。鯨類の胃において，耳石やビークなどの硬組織は少なくとも 8 日間残るとされており（Walker et al. 1996），胃内容物が少なかったことも併せて考えると，集団座礁した個体は十分に摂餌していなかったことが示唆された。

集団座礁個体以外の個体の胃内容物分析では，過去の捕獲個体により餌として明らかにされている，ハダカイワシ科の耳石が頻繁に出現した。その他カタクチイワシやダンゴイカ科イカ類，スルメイカ，アカイカなど，中深層から表層までの餌生物を幅広く利用していることが明らかとなった。

集団座礁個体と，単独座礁個体において，胃内容物結果が異なる結果となった。これが，集団

座礁というイベントによるものなのか，東シナ海という別海域における座礁個体であるためなのか，現段階では，東シナ海における単独ストランディング個体の標本が未収集であったため，考察することはできなかった。

3-3-6. カズハゴンドウの胃内容物

胃内容物分析を行った個体は 30 個体では，空胃個体はなく，餌生物は，4 目 10 科 6 属 6 種に分類された。個体数割合が高かった餌生物は，種不明ハダカイワシ科魚類（N%＝17.90%），オオクチイワシ（N%＝16.33%），種不明ハダカエソ科魚類（N%＝13.81%）であり，出現頻度が高かった餌生物はスイトウハダカ（F%=96.67%），オオクチイワシ（F%=93.33%），種不明ハダカエソ科魚類（F%=93.33%）であった（表 19）。餌生物のカテゴリー分けを行った結果，主なカテゴリーの *F*%，*N*%は，4 中深層性魚類が 100.00%，75.98%，7 中深層性イカ類が 86.67%，18.32%，8 深海性イカ類が 70.00%，2.03%，5 沿岸性イカ類が 60.00%，2.95%，1 沿岸性魚類が 40.00%，0.72%であった（図 15，16）。

胃内容物分析の結果，集団座礁した群は全ての個体において餌生物が出現したため，座礁前も十分に捕食ができていたと考えられる。また，出現した餌生物の大部分を占めた，スイトウハダカ，オオクチイワシ，カガミハダカは日中 300–700 m に分布し，夜間表層域に浮上する日周鉛直移動を行う種であるため（Watanabe et al. 1999），集団座礁したカズハゴンドウは，おそらく夜間に表層域へ移動してくる餌生物を利用していた可能性がある。日本周辺海域におけるカズハゴンドウの胃内容物分析は 1982 年に壱岐における捕獲個体について報告があり，スイトウハダカ，ハダカイワシ，

スルメイカ，クラゲイカなどが報告されている（田村ら 1986）。また，他の海域においては中深層性の魚類や頭足類の報告が多かったことから（Perryman et al. 1994, Sekiguchi et al. 1992），中深層での摂餌も行っているのではないかと考えられている（Jefferson & Barros 1997）。本研究結果から，集団座礁した個体が，中深層性の餌生物を利用していたことは明らかとなったが，夜間に表層で利用していたかどうかまでは特定できなかった。しかし，中深層の餌生物を主に利用していたことから，餌を追って浅瀬に進入し，座礁したという可能性は低く，また，空胃個体はなく，十分に餌生物を利用できていたため，栄養状態が悪く座礁したという可能性も考えられない。

3-3-7. ハナゴンドウの胃内容物

胃内容物分析を行った 6 個体中，3 個体が空胃個体であり，他の 3 個体の胃内容物から，5 目 12 科 14 属 12 種に同定され，全て頭足類であった（表 20）。最も個体数組成が高かったのはホタルイカモドキであり（N%＝43.40%），出現頻度が高かったのは種不明ヤリイカ科，ホタルイカモドキ，ユウレイイカ，種不明八腕形目であった（F%＝33.33%）。餌生物のカテゴリー分けを行った結果，主なカテゴリーの *F*%, *N*%は，7 中深層性イカ類が 33.33%, 56.23%, 5 沿岸性イカ類が 33.33%, 20.64%, 8 深海性イカ類が 33.33%, 18.51%, 9 沿岸性底生タコ類が 33.33%, 1.78% であった（図 15, 16）。海域別に評価した結果，日本海における個体は数としてはホタルイカモドキが多かったものの，大型の八腕形目であるミズダコの顎板が 4 個体分出現した。その他，ヤリイカ科，ドスイカ，カギイカ，ユウレイイカなどが出現した。瀬戸内海における 4 個体のうち，2 個体から餌生物が出現し，最も数は多かったのはホタルイカモドキであった。その他，ヤリイカ科，ツメイカ，種不明ゴマフ

イカ科，アカイカ，ユウレイイカ，テナガダコ，ムラサキダコ，種不明ジュウモンジダコなどが出現した。オホーツク海における個体は空胃であった。

他の研究例と同様に頭足類のみの出現となったことから日本周辺海域においても多様な頭足類を餌生物として利用していることが分かった。本研究により出現した頭足類は，表層性，底生性，中深層性といった様々な水深に棲息する頭足類であった。例えば，個体数割合の高かったホタルイカモドキは，北太平洋において，日中 400–600 m に棲息し夜間 20–60 m に鉛直移動することが知られている（Watanabe et al. 2006）が，ムラサキダコは日本周辺海域のうち太平洋・日本海の暖流域において表層を浮遊しているとされている（奥谷 2013）。南カリフォルニア沿岸において，ハナゴンドウは夜間に摂餌していることが確認されている（Soldevilla et al. 2010）ことから，本研究によって得られた餌生物情報と併せて考察すると，日本近海におけるハナゴンドウも夜間表層に浮上してきた頭足類を摂餌していることが示唆された。

3-3-8. ハンドウイルカの胃内容物

胃内容物を調査した 3 個体中，空胃個体は 1 個体であった。餌生物が出現した 2 個体についても，捕食していた餌生物の個体数は少なく，120325 岩見ハンドウイルカ（日本海側）では種不明マダコ科のビークが 1 つ，種不明メバル属の耳石が 1 個体分，種不明コチ科の耳石が 1 個体分，種不明魚類の耳石が 6 個体分であった。130807 鹿島ハンドウイルカ（太平洋側）の胃内容物も少なく，ホタルイカのビークが 11 個と最も多く，ホタルイカモドキ，トビイカ，種不明アカイカ科，種不明マダコ科，種不明メバル属，種不明コチ科がそれぞれ1個体ずつであった（表 21）。

3-3-9. ミナミハンドウイルカの胃内容物

2013 年 5 月に鹿児島県でストランディングしたオス個体の胃内容物調査を行ったが，空胃であったため，餌生物の特定はできなかった。

3-3-10. コビレゴンドウの胃内容物

調査した 2 個体を共通して出現した餌生物は種不明テカギイカ科，種不明アカイカ科であり，出現した個体数組成も，アカイカ科で 97%となり最も多かった。そのほか，ミズダコやヤナギダコも出現した（表 22）。

3-3-11. コマッコウの胃内容物

胃内容物を調査した 8 個体中，全ての個体から胃内容物が確認された。胃内容物は 5 目 12 科 14 属 14 種に同定された。最も個体数割合が高かったのはテカギイカ科イカ類（N%=41.81%），出現頻度が高かったのはテカギイカ科イカ類，種不明ゴマフイカ科イカ類とホタルイカモドキ（F%=50%）であった（表 23）。餌生物のカテゴリー分けを行った結果，主なカテゴリーの *F*%, *N*%は，7 中深層性イカ類が 87.50%, 84.17%, 8 深海性イカ類が 62.50%, 11.57%, 5 沿岸性イカ類が 37.50%, 2.44%, 2 沿岸性浮魚かつ底魚類が 25.00%, 1.83%, であった（図 15, 16）。

海域別に評価した結果，太平洋においても個体数組成が高かったのはテカギイカ科イカ類（41.87%）で，出現頻度が高かったのは，ホタルイカ，テカギイカ科イカ類，ゴマフイカ科イカ類（57.14%）であった。瀬戸内海における個体は，胃内容物が殆どなく，スジイカのビークが 1 つ出現したのみであった。

コマッコウは，主に中深層性，深海性の頭足類を摂餌していたが，他にも，スルメイカやホタルイカといった沿岸性の頭足類や，タチウオ，甲殻類も捕食し，様々な餌生物を利用していた。

3-4. 餌生物の類似度

胃内容物の類似度はネズミイルカと他の鯨種ではカマイルカとの類似度が最も高く（23.46%）カズハゴンドウとの類似度が最も低かった（0.80%）。イシイルカでは，コマッコウとの類似度が高く（71.13%），カマイルカとで低かった（7.98%）。カマイルカでは，ネズミイルカとの類似度が最も高く（23.46%），カズハゴンドウとで低かった（10.20%）。スジイルカでは，カズハゴンドウとの類似度が最も高く（53.97%），ネズミイルカとの間で最も低かった（6.88%）。カズハゴンドウでは，スジイルカとの間で最も高く（53.97%），ネズミイルカとの間で最も低かった（0.80%）。ハナゴンドウでは，コマッコウとの間で最も高く（32.44%），ネズミイルカとの間で最も低かった（1.75%）。コマッコウでは，イシイルカとの間で最も高く（71.13%），ネズミイルカとの間で最も低かった（1.75%）（表 24）。

3-5. 考察

胃内容物分析の結果，ネズミイルカは 2 沿岸性の浮魚類から底魚類（F%=68.75%，N%=82.76%），6 沿岸性底生イカ類（F%=53.13%，N%=13.25%）を，イシイルカは，7 中深層性イカ類（F%=59.52%，N%=89.86%）を，カマイルカは，1 沿岸性浮遊魚類（F%=53.19%，N%=56.89%）や 5 沿岸性イカ類（F%=76.60%，N%=10.68%）を主に摂餌していた。スジイルカは 5 沿岸性イカ類（F%=77.14%，N%=43.86%）や 4 中深層性魚類（F%=11.43%，N%=45.71%）を，カズハゴンドウは

4 中深層性魚類（F%=100%, N%=75.98%）及び 7 中深層性イカ類（F%=86.67%, N%=18.82%）を主に摂餌しており，ハナゴンドウは沿岸性から深海性まで様々な頭足類(5,6,7,8)を摂餌していた。コマッコウは，7 中深層性イカ類（F%=87.50%, N%=84.17%），9 深海性のイカ類（F%=62.50%, N%=11.57%）を主に摂餌していた（図 15, 16, 表 25）。

スナメリとネズミイルカは沿岸性の小型ハクジラであることから，沿岸域に棲息する餌生物の利用が目立った。カマイルカはマイワシやマアジ，カタクチイワシ，スルメイカなどの漁獲対象種を主に摂餌していることが明らかとなった。岩原（2017）では，北海道道東海域におけるカマイルカの餌生物を安定同位体比分析により推定しており，道東海域においてもイワシ類やスルメイカがカマイルカにとって重要な餌生物であることを明らかにしている。日本周辺海域において，カマイルカと漁業との競合は顕在化していないが，例えばブリティッシュコロンビアでは 1980 年代に沿岸海域に来遊するカマイルカが増加しており，その理由の 1 つとしてイワシ類の資源が増加したことが挙げられている（Morton 2000）ことから，今後本種と漁業との競合には注意が必要である。

餌生物の重複度を求めた結果，イシイルカとコマッコウにおいて 71.13%であり，他の組み合わせと比較し，高い値をとった。

コマッコウは主に温暖な海域に生息するが（Rice 1989），イシイルカの日本周辺海域における分布の南限は太平洋側で千葉県銚子北部，日本海側で島根県である。コマッコウとイシイルカは，利用する餌生物は似ていたが，主な分布域が異なるため，餌資源を巡る競合が発生しているとは考えにくい。しかし，コマッコウについては，日本周辺海域における分布や，個体数など，まだまだ不

明な点が多い。コマッコウは海上で発見しにくい種であること，捕獲対象種ではないことから，生物情報には未解明な点が多い。今後ストランディング個体の標本が蓄積されることで，コマッコウの生物情報が更に明らかになることが期待される。

Spitz et al. (2012) では，鯨類の餌選択性は，筋肉の性能によると結論付けている。筋肉中のミトコンドリア量が多いと基礎代謝が高く，少ないと基礎代謝が低いことを示すことと，利用している餌生物のカロリー量から，基礎代謝の高い鯨類は高カロリーな餌生物を選択していることを明らかにした（Spitz et al. 2012）。それによると，コマッコウは基礎代謝が低く，低カロリーな餌生物を利用していた（Spitz et al. 2012）。一方イシイルは，他の研究により，ハンドウイルカ，カマイルカと比較し，最も基礎代謝が高い種であることが明らかとなっている（Ridgway & Johnston 1966）。そのため，代謝コストの観点からは，コマッコウとイシイルカが同じような餌選択を行っているとは考えにくい。

今回，餌生物の重複度を調べる際に科をまとめて計算を行ったため，テカギイカ科を主に摂餌していたコマッコウとイシイルカの餌重複度が高くなったと考えられるが，テカギイカ科イカ類の種は多様であり，現在では 14 種が確認されているものの，研究状況は未記載種が多く，分類学的研究が不十分である（Okutani 2003）とされている。

以上から，コマッコウとイシイルカは，テカギイカ科イカ類を利用している点では重複しているが，餌生物種レベルでは，テカギイカ科の中でも異なる種を利用していることが予想された。

本研究において用いた手法は，ストランディング個体による胃内容物分析であり，更に餌生物個体数による重複度の算出である。今後は，標本数の蓄積と，餌生物重量組成による重複度の算出

を行うことで，各種の餌選択性についてより深い考察が可能となることが期待される。

表 14. ネズミイルカの胃内容物分析結果（n=32）

order	Family	genus	species	all (n=32)			Sea of Japan (n=7)			Pacific Ocean (n=21)			Tsugaru Strait (n=1)	Nemuro Strait (n=3)		
				n	N%	F%	n	N%	F%	n	N%	F%	n	n	N%	F%
SEPIOLIDA ダンゴイカ目	SEPIOLIDAE ダンゴイカ科		SEPIOLIDAE spp. 種不明ダンゴイカ科イカ類	848	12.81	53.13	38	24.20	57.14	750	12.02	52.38	58	2	1.38	33.33
TEUTHIDA ツツイカ目	LOLIGINIDAE ヤリイカ科	*Loliolus* ヤリイカ属	*Loliolus*（*Nipponololigo*）*japonica*（Hoyle, 1885） ジンドウイカ	9	0.14	12.50	5	3.18	14.29	4	0.06	14.29	0	0	0	0
			LOLIGINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類	88	1.33	31.25	68	43.31	28.57	18	0.29	33.33	2	0	0	0
	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Watasenia* ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	4	0.06	3.13	0	0	0	4	0.06	4.76	0	0	0	0
	GONATIDAE テカギイカ科	*Gonatus*	*Gonatus* spp.	7	0.11	3.13	0	0	0	7	0.11	4.76	0	0	0	0
		Berryteuthis ドスイカ属	*Berryteuthis magister*（Berry, 1913） ドスイカ	6	0.09	3.13	6	3.82	14.29	0	0	0	0	0	0	0
			GONATIDAE spp. 種不明テカギイカ科イカ類	3	0.05	3.13	3	1.91	14.29	0	0	0	0	0	0	0
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科		OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	14	0.21	6.25	0	0	0	14	0.22	9.52	0	0	0	0
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明イカ類	18	0.27	3.13	18	11.46	14.29	0	0	0	0	0	0	0
Clupeiformes ニシン目	Engraulidae カタクチイワシ科	*Engraulis* カタクチイワシ属	*Engraulis japonicus* カタクチイワシ	12	0.18	9.38	2	1.27	14.29	4	0.06	4.76	6	0	0	0
	Clupeidae ニシン科	*Sardinops* マイワシ属	*Sardinops melanostictus* マイワシ	1	0.02	3.13	1	0.64	14.29	0	0	0	0	0	0	0
		Clupea ニシン属	*Clupea pallasii* ニシン	2	0.03	6.25	1	0.64	14.29	1	0.02	4.76	0	0	0	0
			Clupeidae spp. 種不明ニシン科魚類	8	0.12	6.25	0	0	0	4	0.06	4.76	4	0	0	0
Salmoniformes サケ目	Salmonidae サケ科	*Oncorhynchus* サケ属	*Oncorhynchus masou* サクラマス	4	0.06	3.13	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
			Salmonidae sp. 種不明サケ科魚類	1	0.02	3.13	0	0	0	1	0.02	4.76	0	0	0	0
Myctophiformes ハダカイワシ目	Myctophidae ハダカイワシ科	*Symbolophorus* ナガハダカ属	*Symbolophorus* sp. 種不明ナガハダカ属魚類	9	0.14	6.25	0	0	0	9	0.14	9.52	0	0	0	0
			Myctophidae spp. 種不明ハダカイワシ科魚類	8	0.12	9.38	0	0	0	8	0.13	14.29	0	0	0	0
Gadiformes タラ目	Gadidae タラ科	*Theragra* スケトウダラ属	*Theragra chalcogramma* スケトウダラ	248	3.75	37.50	1	0.64	14.29	208	3.33	42.86	0	39	26.90	66.67
			Gadidae spp. 種不明タラ科魚類	57	0.86	3.13	0	0	0	0	0	0	0	57	39.31	33.33
Scorpaeniformes カサゴ目	Scorpaenidae フサカサゴ科	*Sebastes* メバル属	*Sebastes* spp. 種不明メバル属魚類	1	0.02	3.13	0	0	0	1	0.02	4.76	0	0	0	0
			Scorpaenidae spp. 種不明フサカサゴ科魚類	36	0.54	15.63	0	0	0	20	0.32	14.29	0	16	11.03	66.67
	Hexagrammidae アイナメ科	*Pleurogrammus* ホッケ属	*Pleurogrammus azonus* ホッケ	39	0.59	9.38	0	0	0	39	0.63	14.29	0	0	0	0
Perciformes スズキ目	Ammodytidae イカナゴ科	*Ammodytes* イカナゴ属	*Ammodytes* spp. 種不明イカナゴ属魚類	4917	74.25	40.63	5	3.18	14.29	4888	78.33	47.62	0	24	16.55	66.67

Pleuronectiformes カレイ目	Pleuronectidae カレイ科		Pleuronectidae spp. 種不明カレイ科魚類	51	0.77	18.75	0	0	0	50	0.80	23.81	0	1	0.69	33.33
			unidentified fish 種不明魚類	187	2.82	50.00	9	5.73	28.57	166	2.66	57.14	6	6	4.14	33.33
Decapoda 十脚目	Crangonidae エビジャコ科	*Crangon* エビジャコ属	*Crangon amurensis* アムールエビジャコ	17	0.26	6.25	0	0	0	17	0.27	9.52	0	0	0	0
			Crangon dalli ミゾエビジャコ	14	0.21	6.25	0	0	0	14	0.22	9.52	0	0	0	0
			Crangonidae spp. 種不明エビジャコ科	7	0.11	6.25	0	0	0	7	0.11	9.52	0	0	0	0
			unidentified crustaceans 種不明甲殻類	6	0.09	6.25	0	0	0	6	0.10	9.52	0	0	0	0

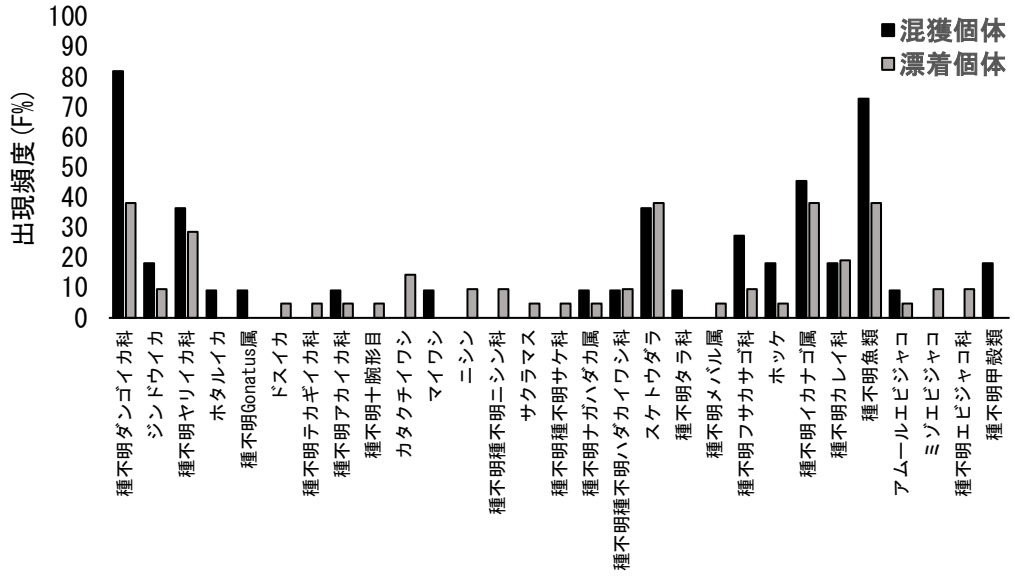


図 13. ネズミイルカの漂着個体, 混獲個体の胃内容物結果(F%)

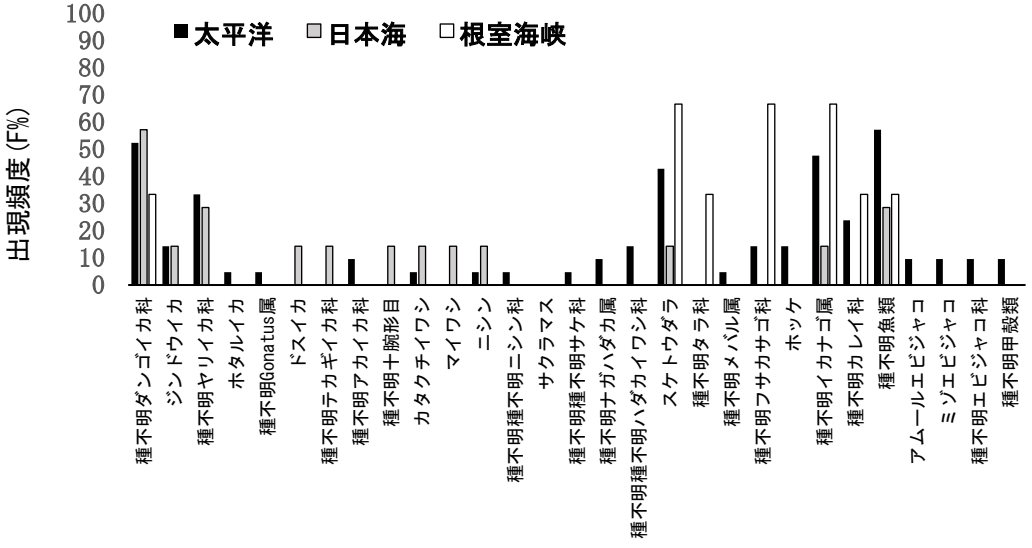


図 14. ネズミイルカの胃内容物結果(F%)の海域ごとの比較

表 15. イシイルカの胃内容物分析結果(n=42)

order	family	genus	species	all (n=42)			Sea of Japan (n=17)			Pacific Ocean (n=2)			Sea of Okhotk (n=12)			Nemuro Strait (n=11)		
				n	N%	F%	n	N%	F%	n	N%	F%	n	N%	F%	n	N%	F%
SEPIOLIDA ダンゴイカ目	SEPIOLIDAE ダンゴイカ科		SEPIOLIDAE spp. 種不明ダンゴイカ科イカ類	171	5.86	16.67	117	5.52	41.18	0	0	0	54	50.94	8.33	0	0	0
TEUTHIDA ツツイカ目	LOLIGINIDAE ヤリイカ科		LOLIGINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類	65	2.23	11.90	64	3.02	29.41	0	0	0	0	0	0	1	0.16	9.09
	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	38	1.30	4.76	38	1.79	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Watasenia ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	48	1.65	7.14	3	0.14	11.76	43	89.58	50	2	1.89	8.33	0	0	0
	GONATIDAE テカギイカ科	*Gonatus*	*Gonatus* spp.	288	9.87	16.67	187	8.82	17.65	0	0	0	0	0	0	101	15.73	45.45
		Gonatopsis	*Gonatopsis borealis* Sasaki, 1920 タコイカ	6	0.21	2.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.93	18.18
			Gonatopsis octopedatus Sasaki, 1920 テナガタコイカ	70	2.40	11.90	70	3.30	35.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Gonatopsis borealis slendaris Kubodera ホソタコイカ	1	0.03	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.16	9.09
		Berryteuthis ドスイカ属	*Berryteuthis magister*（Berry, 1913） ドスイカ	332	11.38	21.43	19	0.90	11.76	0	0	0	0	0	0	313	48.75	72.73
			GONATIDAE spp. 種不明テカギイカ科イカ類	1742	59.72	45.24	1516	71.48	64.71	1	2.08	50	22	20.75	8.33	203	31.62	63.64
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科	*Sthenoteuthis* トビイカ属	*Sthenoteuthis oualaniensis*（Lesson, 1830） トビイカ	1	0.03	0.00	0	0	0	1	2.08	50	0	0	0	0	0	0
			OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	18	0.62	0.00	18	0.85	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明イカ類	42	1.44	19.05	13	0.61	29.41	2	4.17	50	25	23.58	16.67	2	0.31	9.09
Clupeiformes ニシン目	Engraulidae カタクチイワシ科	*Engraulis* カタクチイワシ属	*Engraulis japonicus* カタクチイワシ	6	0.21	0.00	6	0.28	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myctophiformes ハダカイワシ目	Myctophidae ハダカイワシ科		Myctophidae spp. 種不明ハダカイワシ科魚類	2	0.07	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.31	9.09
Gadiformes タラ目	Gadidae タラ科	*Gadus* マダラ属	*Gadus macrocephalus* マダラ	1	0.03	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.16	9.09
		Theragra スケトウダラ属	*Theragra chalcogramma* スケトウダラ	11	0.38	4.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1.71	27.27
Scorpaeniformes カサゴ目	Scorpaenidae フサカサゴ科	*Sebastes* メバル属	*Sebastes* spp. 種不明メバル属魚類	5	0.17	0.00	5	0.24	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Scorpaenidae spp. 種不明フサカサゴ科魚類	1	0.03	0.00	1	0.05	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleuronectiformes カレイ目	Pleuronectidae カレイ科		Pleuronectidae spp. 種不明カレイ科魚類	2	0.07	2.38	2	0.09	11.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			unidentified fish 種不明魚類	37	1.27	19.05	33	1.56	29.41	1	2.08	50	2	1.89	16.67	1	0.16	9.09
Decapoda 十脚目	Penaeoidea クルマエビ科		Penaeoidea sp. 種不明クルマエビ科	1	0.03	0.00	1	0.05	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pinnotheridae カクレガニ科	*Pinnotheres* シロピンノ属	*Pinnotheres pholadis* カギヅメピンノ	1	0.03	0.00	0	0	0	0	0	0	1	0.94	8.33	0	0	0
			unidentified crustaceans 種不明甲殻類	28	0.96	2.38	28	1.32	11.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 16. スナメリの胃内容物分析結果（n=2）

order	family	genus	species	Inland Sea individual 1	Inland Sea individual 2	n	N%	F%
SEPIOLIDA ダンゴイカ目	SEPIOLIDAE ダンゴイカ科		SEPIOLIDAE spp. 種不明ダンゴイカ科イカ類	1	2	3	1.23	100
TEUTHIDA ツツイカ目			LOLIGINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類	1	71	72	29.51	100
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科		OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	0	64	64	26.23	50
Octopoda 八腕形目	Octopodidae マダコ科	*Amphioctopus* 属	*Amphioctopus fangsiao* (d'Orbigny, 1839~41) イイダコ	2	0	2	0.82	50
			Octopodidae sp. 種不明種不明マダコ科	0	4	4	1.64	50
Octopodiformes 八腕形目			Octopodiformes spp. 種不明八腕形目	2	1	3	1.23	100
Clupeiformes ニシン目	Engraulidae カタクチイワシ科	*Engraulis* カタクチイワシ属	*Engraulis japonicus* カタクチイワシ	1	0	1	0.41	50
Perciformes スズキ目	Apogonidae テンジクダイ科	*Ostorhinchus* スジイシモチ属	*Ostorhinchus semilineatus* ネンブツダイ	0	56	56	22.95	50
			unidentified fish 種不明魚類	0	38	38	15.57	50
Decapoda 十脚目			unidentified crustaceans 種不明甲殻類	0	1	1	0.41	50

表 17. カマイルカの胃内容物分析結果(n=47)

order	family	genus	species	all (n=47)			Sea of Japan (n=20)			Pacific Ocean (n=21)			Tsugaru Strait (n=5)			East China Sea (n=1)
				n	N%	F%	n	N%	F%	n	N%	F%	n	N%	F%	n
SEPIOLIDA ダンゴイカ目	SEPIOLIDAE ダンゴイカ科		SEPIOLIDAE spp. 種不明ダンゴイカ科イカ類	85	1.01	23.40	73	3.63	35.00	1	0.02	4.76	8	2.77	40	3
TEUTHIDA ツツイカ目	LOLIGINIDAE ヤリイカ科		LOLIGINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類	231	2.75	29.79	15	0.75	20.00	11	0.19	28.57	82	28.37	60	123
	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	305	3.64	17.02	305	15.17	40.00	0	0	0	0	0	0	0
		Watasenia ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	272	3.24	12.77	272	13.53	30.00	0	0	0	0	0	0	0
	GONATIDAE テカギイカ科	*Berryteuthis* ドスイカ属	*Berryteuthis magister*（Berry, 1913） ドスイカ	3	0.04	2.13	0	0	0.00	3	0.05	4.76	0	0	0	0
			GONATIDAE spp. 種不明テカギイカ科イカ類	12	0.14	8.51	4	0.20	10.00	6	0.11	4.76	2	0.69	20	0
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科	*Todarodes* スルメイカ属	*Todarodes pacicus* Steenstrup, 1880 スルメイカ	235	2.80	34.04	19	0.94	25.00	198	3.49	42.86	18	6.23	40	0
		Nototodarus 	*Nototodarus hawaiiensis*（Berry, 1912） アブライカ	1	0.01	2.13	1	0.05	5.00	0	0	0	0	0	0	0
		Ornithoteuthis 	*Ornithoteuthis volatilis*（Sasaki, 1915） ヤセトビイカ	3	0.04	2.13	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	3
		Eucleoteuthis スジイカ属	*Eucleoteuthis luminosa*（Sasaki, 1915） スジイカ	23	0.27	8.51	3	0.15	5.00	20	0.35	14.29	0	0	0	0
		Ommastrephes アカイカ属	*Ommastrephes bartramii*（Lesueur, 1821） アカイカ	56	0.67	2.13	56	2.78	5.00	0	0	0	0	0	0	0
			OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	293	3.49	44.68	148	7.36	45.00	93	1.64	38.10	19	6.57	60	33
	CHIROTEUTHIDAE ユウレイイカ科		CHIROTEUTHIDAE spp. 種不明ユウレイイカ科	1	0.01	2.13	1	0.05	5.00	0	0	0	0	0	0	0
Octopoda 八腕形目	Octopodidae マダコ科	*Octopus* マダコ属	*Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) マダコ	1	0.01	2.13	1	0.05	5.00	0	0	0	0	0	0	0
		Paroctopus 	*Paroctopus conispadiceus* (Sasaki, 1917) ヤナギダコ	23	0.27	2.13	23	1.14	5.00	0	0	0	0	0	0	0
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明イカ類	18	0.21	10.64	12	0.60	10.00	6	0.11	14.29	0	0	0	0
Anguilliformes ウナギ目	Congridae アナゴ科	*Conger Bosc* (ex Cuvier), 1817 クロアナゴ属	*Conger myriaster* (Brevoort, 1856) マアナゴ	1	0.01	2.13	0	0	0.00	1	0.02	4.76	0	0	0	0
			Congridae sp. 種不明アナゴ科	2	0.02	2.13	2	0.10	5.00	0	0	0	0	0	0	0
Clupeiformes ニシン目	Engraulidae カタクチイワシ科	*Engraulis* カタクチイワシ属	*Engraulis japonicus* カタクチイワシ	509	6.07	38.30	54	2.69	30.00	438	7.73	52.38	17	5.88	20	0
	Clupeidae ニシン科	*Sardinops* マイワシ属	*Sardinops melanostictus* マイワシ	8	0.10	4.26	1	0.05	5.00	7	0.12	4.76	0	0	0	0
			Sardinops melanostictus or *Etrumeus teres* (De Key) マイワシ or ウルメ	9	0.11	6.38	0	0	0.00	9	0.16	14.29	0	0	0	0
		Sardinella サッパ属	*Sardinella zunasi* サッパ	1	0.01	2.13	0	0	0.00	1	0.02	4.76	0	0	0	0

		Clupea ニシン属	*Clupea pallasii* ニシン	13	0.16	2.13	13	0.65	5.00	0	0	0	0	0	0	0
			Clupeidae spp. 種不明種不明ニシン科	3730	44.48	23.40	5	0.25	5.00	3693	65.14	42.86	32	11.07	20	0
Cypriniformes コイ目	Cyprinidae コイ科	*Tribolodon* ウグイ属	*Tribolodon hakonensis* (Günther, 1877) ウグイ	29	0.35	2.13	29	1.44	5.00	0	0	0	0	0	0	0
Myctophiformes ハダカイワシ目	Myctophidae ハダカイワシ科		Myctophidae spp. 種不明ハダカイワシ科魚類	34	0.41	2.13	0	0	0.00	34	0.60	4.76	0	0	0	0
Gadiformes タラ目	Gadidae タラ科	*Theragra* スケトウダラ属	*Theragra chalcogramma* スケトウダラ	20	0.24	14.89	5	0.25	10.00	15	0.26	23.81	0	0	0	0
Scorpaeniformes カサゴ目	Scorpaenidae フサカサゴ科	*Sebastes* メバル属	*Sebastes* spp. 種不明メバル属魚類	4	0.05	6.38	0	0	0.00	4	0.07	14.29	0	0	0	0
	Hexagrammidae アイナメ科	*Pleurogrammus* ホッケ属	*Pleurogrammus azonus* ホッケ	3	0.04	4.26	0	0	0.00	3	0.05	9.52	0	0	0	0
Perciformes スズキ目	Apogonidae テンジクダイ科	*Ostorhinchus* スジイシモチ属	*Ostorhinchus kiensis* テッポウイシモチ	182	2.17	2.13	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	182
			Apogonidae sp. 種不明テンジクダイ科	48	0.57	2.13	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0	48
	Carangidae アジ科	*Trachurus* マアジ属	*Trachurus japonicus* マアジ	164	1.96	6.38	164	8.16	15.00	0	0	0	0	0	0	0
			Carangidae spp. 種不明アジ科	9	0.11	4.26	8	0.40	5.00	0	0	0	0	0	0	1
	Trichodontidae ハタハタ科	*Arctoscopus* ハタハタ属	*Arctoscopus japonicus* ハタハタ	28	0.33	10.64	10	0.50	10.00	18	0.32	14.29	0	0	0	0
	Ammodytidae イカナゴ科	*Ammodytes* イカナゴ属	*Ammodytes* spp. 種不明イカナゴ属	1503	17.92	10.64	570	28.34	5.00	933	16.46	19.05	0	0	0	0
	Sphyraenidae カマス科		Sphyraenidae spp. 種不明カマス科	13	0.16	4.26	5	0.25	5.00	0	0	0	0	0	0	8
	Scombridae サバ科	*Scomber* サバ属	*Scomber* sp. 種不明サバ属	1	0.01	2.13	1	0.05	5.00	0	0	0	0	0	0	0
Pleuronectiformes カレイ目	Pleuronectidae カレイ科		Pleuronectidae spp. 種不明カレイ科魚類	31	0.37	10.64	0	0	0.00	31	0.55	23.81	0	0	0	0
			unidentified fish 種不明魚類	476	5.68	53.19	207	10.29	60.00	143	2.52	52.38	111	38.41	20	15
Decapoda 十脚目			unidentified crustaceans 種不明甲殻類	6	0.07	8.51	4	0.20	10.00	1	0.02	4.76	0	0	0	1

表 18. スジイルカの胃内容物分析結果(n=35)

order	family	genus	species	all (n=35)			Pacific Ocean (n=8)			Island Sea (n=1)	NSMT (n=26)		
				n	N%	F%	n	N%	F%	n	SUM	N%	F%
SEPIOLIDA ダンゴイカ目	SEPIOLIDAE ダンゴイカ科		SEPIOLIDAE spp. 種不明ダンゴイカ科イカ類	29	3.12	8.57	24	3.19	25	5	0	0	0
TEUTHIDA ツツイカ目	LOLIGINIDAE ヤリイカ科	*Loliolus* ヤリイカ属	*Loliolus*（*Nipponololigo*）*japonica*（Hoyle, 1885） ケンサキイカ	5	0.54	11.43	0	0	0	0	5	3.31	15.38
			LOLIGINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類	171	18.41	57.14	117	15.56	25	6	48	31.79	65.38
	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	11	1.18	5.71	10	1.33	12.50	1	0	0	0
		Watasenia ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	21	2.26	8.57	21	2.79	37.50	0	0	0	0
	ONYCHOTEUTHIDAE ツメイカ科	*Onychoteuthis Lichtenstein* ツメイカ属	*Onychoteuthis Lichtenstein* sp. 種不明ツメイカ属	1	0.11	2.86	0	0	0	0	1	0.66	3.85
		Onykia 	*Onykia*（*Onykia*）*loennbergii*（Ishikawa & Wakiya, 1914） カギイカ	1	0.11	2.86	0	0	0	0	1	0.66	3.85
	GONATIDAE テカギイカ科	*Gonatus* 	*Gonatus* spp.	1	0.11	2.86	1	0.13	12.50	0	0	0	0
		Berryteuthis ドスイカ属	*Berryteuthis magister*（Berry, 1913） ドスイカ	3	0.32	5.71	3	0.40	25	0	0	0	0
	HISTIOTEUTHIDAE ゴマフイカ科		HISTIOTEUTHIDAE sp. 種不明ゴマフイカ科	1	0.11	2.86	0	0	0	0	1	0.66	3.85
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科	*Todarodes* スルメイカ属	*Todarodes pacicus* Steenstrup, 1880 スルメイカ	34	3.66	14.29	29	3.86	25	0	5	3.31	11.54
		Ommastrephes アカイカ属	*Ommastrephes bartramii*（Lesueur, 1821） アカイカ	12	1.29	5.71	1	0.13	12.50	11	0	0	0
			OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	85	9.15	60.00	19	2.53	25	2	64	42.38	69.23
	Octopodidae マダコ科		Octopodidae sp. 種不明種不明マダコ科	1	0.11	2.86	0	0	0	1	0	0	0
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明イカ類	28	3.01	51.43	2	0.27	25	0	26	17.22	61.54
Clupeiformes ニシン目	Engraulidae カタクチイワシ科	*Engraulis* カタクチイワシ属	*Engraulis japonicus* カタクチイワシ	1	0.11	2.86	1	0.13	12.50	0	0	0	0
Aulopiformes ヒメ目	Synodontidae エソ科		Synodontidae sp. 種不明種不明エソ科	1	0.11	2.86	1	0.13	12.50	0	0	0	0
Myctophiformes ハダカイワシ目	Myctophidae ハダカイワシ科	*Symbolophorus* ナガハダカ属	*Symbolophorus californiensis* ナガハダカ	25	2.69	2.86	25	3.32	12.50	0	0	0	0
		Lampadena カガミイワシ属	*Lampadena luminosa* カガミイワシ	5	0.54	2.86	5	0.66	12.50	0	0	0	0
		Diaphus ハダカイワシ属	*Diaphus gigas* スイトウハダカ	29	3.12	5.71	29	3.86	25	0	0	0	0
			Myctophidae spp. 種不明ハダカイワシ科魚類	261	28.09	5.71	261	34.71	25	0	0	0	0
Perciformes スズキ目	Ammodytidae イカナゴ科	*Ammodytes* イカナゴ属	*Ammodytes* spp. 種不明イカナゴ属魚類	2	0.22	2.86	2	0.27	12.50	0	0	0	0
			unidentified fish 種不明魚類	201	21.64	8.57	201	26.73	37.50	0	0	0	0

表 19. カズハゴンドウの胃内容物分析結果（n=30）

order	family	genus	species	Pacific Ocean (n=30)		
				n	N%	F%
TEUTHIDA ツツイカ目	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	13	0.46	23.33
		Watasenia ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	164	5.84	83.33
	GONATIDAE テカギイカ科		GONATIDAE spp. 種不明テカギイカ科イカ類	246	8.75	83.33
	OCTOPOTEUTHIDAE ヤツデイカ科	*Octopoteuthis*	*Octopoteuthis sicula* Ruppell, 1844 ヤツデイカ	5	0.18	16.67
	CYCLOTEUTHIDAE ウチワイカ科		CYCLOTEUTHIDAE sp. 種不明ウチワイカ科	2	0.07	3.33
	HISTIOTEUTHIDAE ゴマフイカ科		HISTIOTEUTHIDAE spp. 種不明ゴマフイカ科	9	0.32	23.33
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科		OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	70	2.49	60
	CHIROTEUTHIDAE ユウレイイカ科		CHIROTEUTHIDAE spp. 種不明ユウレイイカ科	43	1.53	63.33
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明イカ類	65	2.31	83.33
Aulopiformes ヒメ目	Paralepididae ハダカエソ科		Paralepididae sp. 種不明種不明ハダカエソ科	388	13.81	93.33
Myctophiformes ハダカイワシ目	Myctophidae ハダカイワシ科	*Notoscopelus* オオクチイワシ属	*Notoscopelus caudispinosus* オオクチイワシ	459	16.33	93.33
		Lampadena カガミイワシ属	*Lampadena luminosa* カガミイワシ	201	7.15	83.33
		Diaphus ハダカイワシ属	*Diaphus gigas* スイトウハダカ	234	8.33	96.67
			Myctophidae spp. 種不明ハダカイワシ科魚類	503	17.90	100
Perciformes スズキ目	Sphyraenidae カマス科		Sphyraenidae spp. 種不明カマス科	17	0.60	40
			unidentified fish 種不明魚類	391	13.91	96.67

表 20. ハナゴンドウの胃内容物分析結果（n=5）

order	family	genus	species	all (n=5)			Sea of Japan (n=1)	Inland Sea (n=4)		
				n	N%	F%	n	n	N%	F%
SEPIOLIDA ダンゴイカ目	SEPIOLIDAE ダンゴイカ科		SEPIOLIDAE spp. 種不明ダンゴイカ科イカ類	4	1.39	16.67	4	0	0	0
TEUTHIDA ツツイカ目	LOLIGINIDAE ヤリイカ科		LOLIGINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類	34	11.81	33.33	22	12	6.70	25.00
	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	125	43.40	33.33	46	79	44.13	25.00
	ONYCHOTEUTHIDAE ツメイカ科	*Onychoteuthis Lichtenstein* ツメイカ属	*Onychoteuthis borealijaponica* Okada, 1927 ツメイカ	2	0.69	16.67	0	2	1.12	25.00
		Onykia	*Onykia*（*Onykia*）*loennbergii*（lshikawa & Wakiya, 1914） カギイカ	1	0.35	16.67	1	0	0	0
	GONATIDAE テカギイカ科	*Gonatus*	*Gonatus* spp.	1	0.35	16.67	1	0	0	0
		Berryteuthis ドスイカ属	*Berryteuthis magister*（Berry, 1913） ドスイカ	27	9.38	16.67	27	0	0	0
	HISTIOTEUTHIDAE ゴマフイカ科		HISTIOTEUTHIDAE sp. 種不明ゴマフイカ科	2	0.69	16.67	0	2	1.12	25.00
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科	*Todarodes* スルメイカ属	*Todarodes pacicus* Steenstrup, 1880 スルメイカ	3	1.04	16.67	3	0	0	0
		Ommastrephes アカイカ属	*Ommastrephes bartramii*（Lesueur, 1821） アカイカ	16	5.56	16.67	0	16	8.94	25.00
		Sthenoteuthis トビイカ属	*Sthenoteuthis oualaniensis*（Lesson, 1830） トビイカ	1	0.35	16.67	0	1	0.56	25.00
			OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	4	1.39	16.67	0	4	2.23	25.00
	CHIROTEUTHIDAE ユウレイイカ科	*Chiroteuthis* ユウレイイカ属	*Chiroteuthis*（*Chirothauma*）*picteti* Joubin, 1894 ユウレイイカ	52	18.06	33.33	1	51	28.49	25.00
Octopoda 八腕形目	Octopodidae マダコ科	*Octopus* マダコ属	*Callistoctopus minor* (sasaki,1920) テナガダコ	1	0.35	16.67	0	1	0.56	25.00
		Paroctopus	*Paroctopus dofleini* (Wulker, 1910) ミズダコ	4	1.39	16.67	4	0	0	0
	Bolitaenidae フクロダコ科	*Japetella*	*Japetella diaphana* (Hoyle, 1885) ナツメダコ	1	0.35	16.67	0	1	0.56	25.00
	Tremoctopodidae ムラサキダコ科	*Tremoctopus* ムラサキダコ属	*Tremoctopus violaceus gracialis* (Eydoux & Souleyet, 1852) ムラサキダコ	2	0.69	16.67	0	2	1.12	25.00
	Stauroteuthidae ジュウモンジダコ科	*Stauroteuthis* ジュウモンジダコ属	*Stauroteuthis*.sp. 種不明ジュウモンジダコ属	1	0.35	16.67	0	1	0.56	25.00
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明十腕形目	2	0.69	16.67	0	2	1.12	25.00
Octopodiformes 八腕形目			Octopodiformes spp. 種不明八腕形目	5	1.74	33.33	0	5	2.79	50.00

表 21. ハンドウイルカ胃内容物分析結果（n=3）

order	family	genus	species	all (n=3)			130525 岩見	120325 岩見	130807 鹿島
				n	N%	F%	SJ		PO
TEUTHIDA ツツイカ目	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	1	4.17	33.33	0	0	1
		Watasenia ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	11	45.83	33.33	0	0	11
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科	Sthenoteuthis トビイカ属	*Sthenoteuthis oualaniensis*（Lesson, 1830） トビイカ	1	4.17	33.33	0	0	1
			OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	1	4.17	33.33	0	0	1
Octopoda 八腕形目	Octopodidae マダコ科		Octopodidae sp. 種不明種不明マダコ科	1	4.17	33.33	0	1	0
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明十腕形目	1	4.17	33.33	0	0	1
Scorpaeniformes カサゴ目	Scorpaenidae フサカサゴ科	*Sebastes* メバル属	*Sebastes* spp. 種不明メバル属魚類	1	4.17	33.33	0	1	0
	Platycephalidae コチ科		Platycephalidae sp. 種不明コチ科	1	4.17	33.33	0	1	0
			unidentified fish 種不明魚類	6	25	33.33	0	6	0

表 22. コビレゴンドウ胃内容物分析結果（n=2）

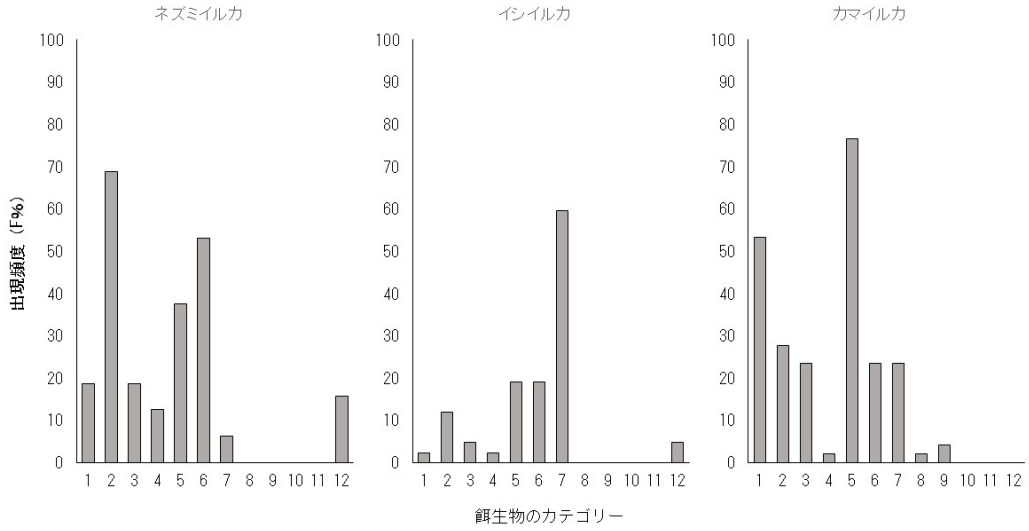
order	family	genus	species	SNH13031 PO	SNH09033 PO	n	N%
TEUTHIDA ツツイカ目	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	4	0	4	3.10
	GONATIDAE テカギイカ科	*Berryteuthis* ドスイカ属	*Berryteuthis magister*（Berry, 1913） ドスイカ	13	0	13	10.08
			GONATIDAE spp. 種不明テカギイカ科イカ類	2	7	9	6.98
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科		OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	83	14	97	75.19
Octopoda 八腕形目	Octopodidae マダコ科	*Paroctopus*	*Paroctopus dofleini* (Wulker, 1910) ミズダコ	2	0	2	1.55
			Paroctopus conispadiceus (Sasaki, 1917) ヤナギダコ	2	0	2	1.55
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明十腕形目	0	1	1	0.78
Perciformes スズキ目	Ammodytidae イカナゴ科	*Ammodytes* イカナゴ属	*Ammodytes* spp. 種不明イカナゴ属	1	0	1	0.78

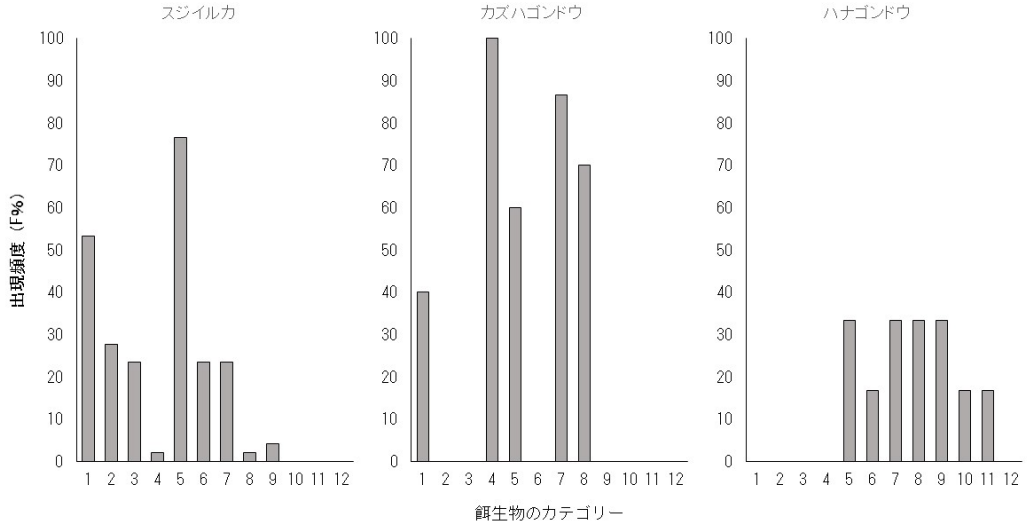
表 23. コマッコウ胃内容物分析結果（n=8）

order	family	genus	species	Pacific Ocean(n=7)			Inland Sea(n=1)
				n	N%	F%	n
TEUTHIDA ツツイカ目	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	*Enoploteuthis* ホタルイカモドキ属	*Enoploteuthis*（*Paraenoploteuthis*）*chunii* Ishikawa, 1914 ホタルイカモドキ	14	2.01	14.29	0
		Watasenia ホタルイカ属	*Watasenia scintillans*（Berry, 1911） ホタルイカ	14	2.01	57.14	0
			ENOPLOTEUTHIDAE spp. 種不明ホタルイカモドキ科	27	3.88	14.29	0
	ONYCHOTEUTHIDAE ツメイカ科	*Onychoteuthis Lichtenstein* ツメイカ属	*Onychoteuthis borealijaponica* Okada, 1927 ツメイカ	2	0.29	14.29	0
			ONYCHOTEUTHIDAE spp. 種不明ツメイカ科	4	0.58	42.86	0
	GONATIDAE テカギイカ科	*Gonatus*	*Gonatus pyros* Young, 1972 ヒカリテカギイカ	8	1.15	28.57	0
			Gonatus spp.	140	20.14	14.29	0
		Gonatopsis	*Gonatopsis borealis* Sasaki, 1920 タコイカ	1	0.14	14.29	0
			GONATIDAE spp. 種不明テカギイカ科イカ類	291	41.87	57.14	0
	OCTOPOTEUTHIDAE ヤツデイカ科	*Octopoteuthis*	*Octopoteuthis sicula* Ruppell, 1844 ヤツデイカ	5	0.72	28.57	0
			OCTOPOTEUTHIDAE spp. 種不明ヤツデイカ科	6	0.86	14.29	0
	CYCLOTEUTHIDAE ウチワイカ科		CYCLOTEUTHIDAE sp. 種不明ウチワイカ科	15	2.16	14.29	0
	HISTIOTEUTHIDAE ゴマフイカ科	*Stigmatoteuthis*	*Histioteuthis hoylei*（Goodrich, 1896） クラゲイカ	8	1.15	14.29	0
			HISTIOTEUTHIDAE spp. 種不明ゴマフイカ科	17	2.45	57.14	0
	OMMASTREPHIDAE アカイカ科	*Todarodes* スルメイカ属	*Todarodes pacicus* Steenstrup, 1880 スルメイカ	12	1.73	14.29	0
		Eucleoteuthis スジイカ属	*Eucleoteuthis luminosa*（Sasaki, 1915） スジイカ	0	0	0	1
			OMMASTREPHIDAE spp. 種不明アカイカ科イカ類	3	0.43	14.29	0
	CHIROTEUTHIDAE ユウレイイカ科	*Chiroteuthis* ユウレイイカ属	*Chiroteuthis*（*Chirothauma*）*picteti* Joubin, 1894 ユウレイイカ	6	0.86	28.57	0
		Chiroteuthis	*Chiroteuthis*（*Chirothauma*）*calyx* Young, 1972 ツクシユウレイイカ	32	4.60	42.86	0
			CHIROTEUTHIDAE spp. 種不明ユウレイイカ科	28	4.03	28.57	0
	MASTIGOTEUTHIDAE ムチイカ科		MASTIGOTEUTHIDAE ssp. 種不明種不明ムチイカ科	10	1.44	14.29	0
	CRANCHIIDAE サメハダホウズキイカ科	*Galiteuthis*	*Galiteuthis phyllura* Berry, 1911 キタノスカシイカ	1	0.14	14.29	0
Decapodiformes 十腕形目			Decapodiformes spp. 種不明十腕形目	29	4.17	71.43	0
Gadiformes タラ目	Gadidae タラ科	*Theragra* スケトウダラ属	*Theragra chalcogramma* スケトウダラ	8	1.15	14.29	0
Perciformes スズキ目	Trichiuridae タチウオ科	*Trichiurus* タチウオ属	*Trichiurus lepturus* タチウオ	4	0.58	14.29	0
			unidentified fish 種不明魚類	7	1.01	28.57	0
Decapoda 十脚目			unidentified crustaceans 種不明甲殻類	3	0.43	42.86	0

表 24. 胃内容物重複度（%）（pp：ネズミイルカ，pd：イシイルカ，lo：カマイルカ，sc：スジイルカ，pe：カズハゴンドウ，gg：ハナゴンドウ）

	pp	pd	lo	sc	pe	gg
pd	9.10					
lo	23.46	7.98				
sc	6.88	10.98	17.60			
pe	0.80	14.26	11.08	53.97		
gg	3.47	17.44	19.65	27.78	22.67	
kb	1.75	71.13	10.20	8.01	22.91	32.44


ネズミイルカ
イシイルカ
カマイルカ
出現頻度（F%）
餌生物のカテゴリー


スジイルカ
カズハゴンドウ
ハナゴンドウ
出現頻度（F%）
餌生物のカテゴリー

（次ページにつづく）

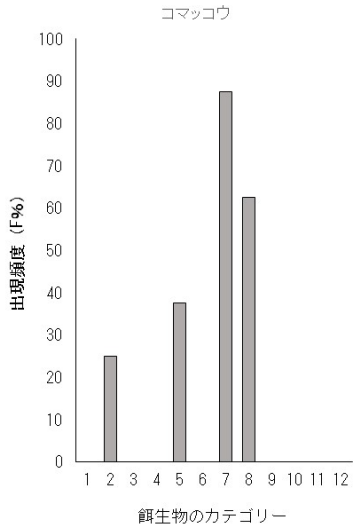
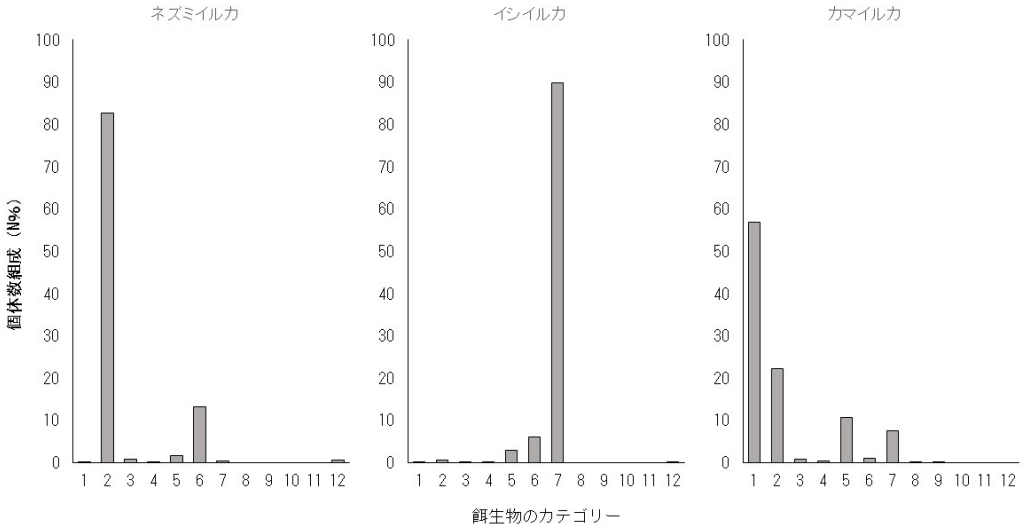
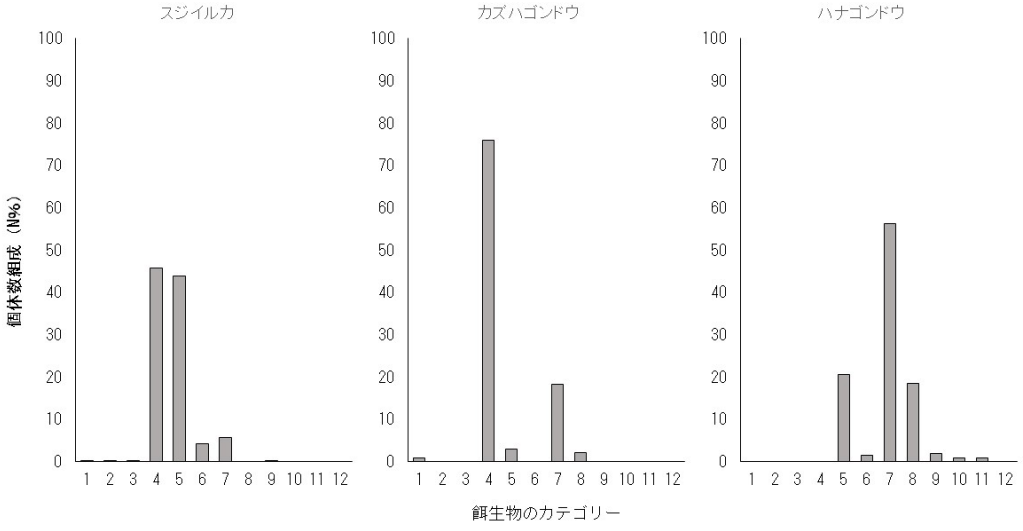


図 15. 各種の胃内容物分析結果（出現頻度），餌生物のカテゴリーを 1~12 で表した。なお，餌生物のカテゴリーについては別表（表 25）において示した。


ネズミイルカ
イシイルカ
カマイルカ
個体数組成（N%）
餌生物のカテゴリー


スジイルカ
カズハゴンドウ
ハナゴンドウ
個体数組成（N%）
餌生物のカテゴリー

（次ページにつづく）

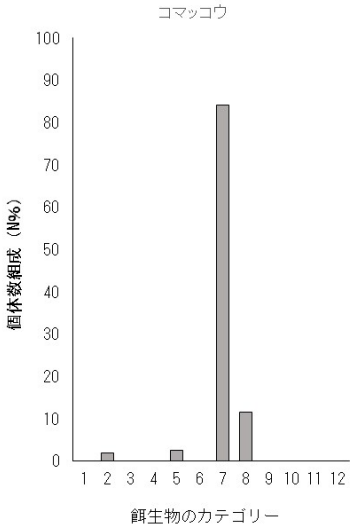


図 16. 各種の胃内容物分析結果（個体数組成），餌生物のカテゴリーを 1~12 で表した。なお，餌生物のカテゴリーについては別表（表 25）において示した。

表 25. 餌生物のカテゴリー。餌生物の分類には，FishBase ver.(02/2017)（Froese & Pauly 2017）及び，SeaLifeBase ver.(02/2017)（Palomares & Pauly 2017）の生物情報を参照した。

カテゴリー	Family
1. 沿岸性浮魚類	カタクチイワシ科
	ニシン科
	コイ科
	サケ科
	アジ科
	サバ科
	カマス科
2. 沿岸性浮魚かつ底魚類	タチウオ科
	タラ科
	フサカサゴ科
	アイナメ科
	テンジクダイ科
	イカナゴ科
3. 沿岸性底魚類	ハタハタ科
	アナゴ科
	エソ科
	カレイ科
4. 中深層性魚類	ハダカエソ科
	ハダカイワシ科
5. 沿岸性イカ類	ヤリイカ科
	アカイカ科
6. 沿岸性底生イカ類	ダンゴイカ科
7. 中深層性イカ類	ホタルイカモドキ科
	ツメイカ科
	テカギイカ科
	ウチワイカ科
	ゴマフイカ科
	サメハダホウズキイカ科
8. 深海性イカ類	ヤツデイカ科
	ユウレイイカ科
	ムチイカ科
9. 沿岸性底生タコ類	マダコ科
10. 表層性浮遊タコ類	ムラサキダコ科
11. 深海性タコ類	フクロダコ科
	ジュウモンジダコ科
12. 沿岸性甲殻類	エビジャコ科
	クルマエビ科
	カクレガニ科

第四章　日本周辺海域にストランディングした小型ハクジラの炭素窒素安定同位体比分析

4-1. 背景

ストランディング個体の胃内容物分析では，死亡する直前の餌生物情報しか反映しておらず，さらに，健康な個体の摂餌状況を反映していない可能性が指摘されている（Santos et al. 2001; Barros & Clarke 2002; Tollit et al. 2003）。

そこで近年，生物組織中の炭素と窒素の安定同位体の存在比が棲息環境や栄養段階によって変化することを利用して，捕食者の食性を推定する手法が，海棲哺乳類研究においても広く用いられてきている（Hobson & Welch 1992; Hobson & Sease 1998; Newsome et al. 2010）。炭素と窒素の安定同位体比は，食物連鎖を通じて濃縮されていく。捕食者―被食者間の同位体比値の差を濃縮係数といい，$\delta^{13}C$ の濃縮係数は一般的に約 1‰とわずかであり（DeNiro & Epstein 1978 ; Zanden & Rasmussen 2001），食物網の起源を推定するために用いられる。（France 1995）例えばその食物網の属する海域（沿岸域 v.s.沖合域）の情報を得ることができる（Hobson & Welch 1992）。一方，$\delta^{15}N$ の濃縮係数は約 3‰であり，栄養段階を反映するとされる。（Minagawa & Wada 1984）

本章では，日本周辺海域においてストランディングした小型ハクジラの筋肉組織の炭素窒素安定同位体比を分析することで，各鯨種の食物網の起源や，各鯨種の栄養段階を明らかにした。

4-2. 方法

標本は 2001 年から 2016 年に日本周辺海域においてストランディングした個体を用いた。安定同位体比分析には，ネズミイルカ 63 個体，イシイルカ 45 個体，スナメリ 66 個体，カマイルカ 38 個体，スジイルカ 43 個体，ハンドウイルカ 6 個体，ミナミハンドウイルカ 8 個体，セミイルカ *Lissodelphis borealis* 1 個体，ハナゴンドウ 21 個体，コビレゴンドウ 2 個体，カズハゴンドウ 24 個体，コマッコウ 7 個体，オガワコマッコウ 9 個体の合計 333 個体である（表 1~13）。2001 年から 2015 年までの個体については，愛媛大学沿岸環境科学研究センター–es–BANK に保存されていた個体の筋肉組織も用いた。また，このうちネズミイルカ 30 個体，イシイルカ 1 個体，カマイルカ 8 個体は北海道医療大学との共同研究により得られた結果を加えた。

冷凍凍結されていた筋肉組織を，解凍後アセトンで洗浄したメスとピンセットを用いて若干量を切り出し，約 50℃で 48 時間乾燥させた後乳鉢を用いて粉砕し，クロロホルム・メタノール混合液（2:1）混合液で脱脂を行った。分析試料は，0.500 ± 0.300 mg ずつ秤量し，スズ製カップに封入した後，元素分析計（EA1108，FISONS（2013 年計測）または FLASH2000，Thermo Fisher Scientific（2014~2016 年計測））を接続した質量分析計（DELTA PLUS, ThermoQuest（2013 年計測），DELTA V, Thermo Fisher Scientific（2014~2016 年計測））に導入し，炭素安定同位体比（$\delta^{13}C$）および窒素安定同位体比（$\delta^{15}N$）を測定した。安定同位体比は，千分率偏差（‰:δ 表示）を用いて次式で表した。

$$\delta^{13}C = \left[\frac{\left({}^{13}C/{}^{12}C\right)_{\text{Sample}}}{\left({}^{13}C/{}^{12}C\right)_{\text{Standard}}} - 1\right] \times 1000 \qquad (4)$$

$$\delta^{15}\mathrm{N} = \left[\frac{\left({}^{15}\mathrm{N}/{}^{14}\mathrm{N}\right)_{\mathrm{Sample}}}{\left({}^{15}\mathrm{N}/{}^{14}\mathrm{N}\right)_{\mathrm{Standard}}} - 1\right] \times 1000 \qquad (5)$$

$\left({}^{13}\mathrm{C}/{}^{12}\mathrm{C}\right)_{\mathrm{Sample}}$, $\left({}^{15}\mathrm{N}/{}^{14}\mathrm{N}\right)_{\mathrm{Sample}}$は，それぞれ炭素安定同位体，窒素安定同位体の標本注の濃度比，$\left({}^{15}\mathrm{N}/{}^{14}\mathrm{N}\right)_{\mathrm{Standard}}$, $\left({}^{15}\mathrm{N}/{}^{14}\mathrm{N}\right)_{\mathrm{Standard}}$は，標準物質における炭素安定同位体，窒素安定同位体の濃度比である。標準物質として，炭素は PDB を，窒素は大気中の窒素を用いた。

安定同位体比分析値に影響を与える要因を調べるために，概ね 30 個体以上のサンプルが確保できた種において，モデル選択を行った。説明変数に線形性が認められないことが想定されるため，下式に示す正規分布を仮定した一般化加法モデル（Generalized Additive Model; GAM）を用いた。

$$\delta^{13}\mathrm{C} \text{ or } \delta^{15}N = \alpha + \sum_{i=1} f_i(X_i) + \varepsilon$$
$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \qquad (6)$$

ここで，αは定数項，fは平滑化関数（スプライン関数）とし，X_iは説明変数を示す。説明変数はストランディングした緯度，海域，体長，体長によるグループ分け，月，性別とした。炭素安定同位体比は，高緯度ほど低くなる傾向があるため（Sackett et al. 1965; Rau et al. 1989; Wada & Hattori 1990 Laws et al. 1995）緯度を，海域による食性の変異を明らかにするため海域を，成長段階に伴う食性の変異の有無を明らかにするため体長を，母乳の影響の有無を明らかにするため，標本に胎児，新生仔を含む場合はグループを分けて，食性の季節変異を調べるために月を，食性の雌雄差の有無を調べるために性別を説明変数とした。漂着場所の海域区分は，胃内容物分析の際に用いたものと同じ定義を用いた。変数選択には AIC を用いた。解析には R（ver. 3.3.3）パッケージ mgcv

(ver. 1.8−17)の gam 関数を用いた。

また，各鯨種の炭素窒素安定同位体比の基本統計量(第 1 四分位数，第 3 四分位数，四分位範囲，尖度)を求めた。四分位範囲は値の幅を示し，尖度は，値の頻度分布が正規分布と比較してピークが鋭いか平坦であるかを表す。炭素安定同位体比は，摂餌海域を，窒素安定同位体比は栄養段階を示すことから，値のピークが鋭い(尖度が正)場合は，炭素であれば，ある一定の海域で摂餌を行っていることを示し，ピークが平坦な(尖度が負)場合は様々な海域で摂餌を行っていることを示すと考えた。また，窒素であれば，値のピークが鋭い(尖度が正)な場合は，ある一定の同じ栄養段階に属する餌生物を利用していたか，もしくは，ある一定の場所において摂餌していたことを示し，ピークが平坦(尖度が負)な場合は様々な栄養段階の餌生物を利用していたか，様々な海域において摂餌を行っていたことを示すと考えた。

4-3. 結果

4-3-1. ネズミイルカの安定同位体比分析結果

ネズミイルカの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−18.81 ± 1.00‰，$\delta^{15}N$ は 13.31 ± 1.04‰となった(図 17)。雌雄別では，オスの $\delta^{13}C$ が−18.91 ± 0.87‰，$\delta^{15}N$ は 13.16 ± 0.99‰，メスでは，$\delta^{13}C$ が−18.78 ± 1.20‰，$\delta^{15}N$ は 13.30 ± 0.95‰であった。海域別では，日本海において $\delta^{13}C$ が−18.97 ± 0.49‰，$\delta^{15}N$ は 13.11 ± 0.93‰，太平洋において $\delta^{13}C$ が−18.18 ± 0.93‰，$\delta^{15}N$ は 13.46 ± 1.25‰，津軽海峡において $\delta^{13}C$ が−18.73 ± 0.57‰，$\delta^{15}N$ は 13.41 ± 0.48‰，根室海峡において $\delta^{13}C$ が−19.50 ± 1.28‰，$\delta^{15}N$ は 13.23 ± 0.86‰であった(表 26，図 18)。GAM の結果，ネ

ズミイルカの $\delta^{13}C$ については，緯度と体長が，$\delta^{15}N$ についてはベストモデルにヌルモデルが採択された（表 26）。$\delta^{13}C$ は，緯度が高くなるほど低くなり，体長が小さい個体と大きい個体で高くなる傾向が見られた（図 19）。しかし，いずれの説明変数についても $p>0.05$ であり（表 27），炭素，窒素安定同位体比に影響する要因を抽出することができなかった。

4-3-2. イシイルカの安定同位体比分析結果

イシイルカの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−19.83 ± 0.75‰，$\delta^{15}N$ は 13.51 ± 0.99‰となった（図 20）。雌雄別では，オスの $\delta^{13}C$ が−19.84 ± 0.75‰，$\delta^{15}N$ は 13.55 ± 1.02‰，メスでは，$\delta^{13}C$ が−19.81 ± 0.86‰，$\delta^{15}N$ は 13.32 ± 0.95‰であった。海域別では，日本海において $\delta^{13}C$ が−19.79 ± 0.83‰，$\delta^{15}N$ は 13.28 ± 0.91‰，太平洋において $\delta^{13}C$ が−19.54 ± 0.74‰，$\delta^{15}N$ は 14.08 ± 0.79‰，根室海峡において $\delta^{13}C$ が−19.75 ± 0.69‰，$\delta^{15}N$ は 13.00 ± 0.75‰，オホーツク海において $\delta^{13}C$ が−20.24 ± 0.66‰，$\delta^{15}N$ は 14.69 ± 0.53‰，であった（表 28，図 21）。

GAM の結果，イシイルカの $\delta^{13}C$ については，体長別グループ（group1 体長 150 cm 未満，グループ 2 の体長 150cm 以上）と緯度が，$\delta^{15}N$ については体長別グループ，月，緯度，体長，海域が選択された。$\delta^{13}C$ は，緯度が高くなるほど低くなり，大型個体ほど高くなった（表 29，図 22，23）。しかし，$\delta^{13}C$ については，選択された説明変数の p 値が 0.05 より大きかった。$\delta^{15}N$ では，グループ 1 の値が大きく，グループ 1 の影響を除くと，体長が大きいほど値が大きく，月によって値が異なること，太平洋における値が他の海域より低いことが分かった。

北海道日本海側における1995年，96年，2001年，03年のイシイルカ捕獲個体の主な餌生物はド

スイカとスケトウダラであった（Ohizumi et al. 2000, 榊原 2004）しかし，本研究での日本海側個体の胃内容物結果ではスケトウダラは殆ど出現せず，テカギイカ科イカ類が重要な餌資源であった。また，Ohizumi & Miyazaki（2010）では，過去の捕獲個体の筋肉組織の安定同位体比を分析している。それによると1996年5月に北海道日本海で捕獲した個体の$\delta^{13}C$は−18.6 ± 0.4‰，$\delta^{15}N$は12.0 ± 0.5‰であった（n=4）。本研究結果では，$\delta^{13}C$が−19.79 ± 0.83‰，$\delta^{15}N$が13.28±0.9‰となり（n=17），$\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ともに同位体比が有意に異なった（t test ，p<0.05）。Ohizumi & Miyazaki (2010)では，分析の際に脱脂を行っていないが，脱脂を行った場合，炭素，窒素ともに値が高くなることが報告されており（Mintenbeck et al. 2008），1996年の個体と本研究結果では，特に$\delta^{13}C$については変化したと考えられる。他の海域では，スケトウダラ（体長200−400 mm）の$\delta^{13}C$が−18.3‰，テカギイカ科であるドスイカ*Berryteuthis magister*は−19 ± 0.4‰であった（西部ベーリング海，Gorbatenko et al. 2008）。$\delta^{13}C$の変異からも，日本海では春季には主に水深200 m層に生息し，秋季の420 m層の中心層に生息するスケトウダラ（髙木ら，1996；亀井ら，1999）から中深層性のテカギイカへ餌利用実態に変化があった可能性が示唆された。

GAMの結果，$\delta^{15}N$において体長別グループ，月，体長，海域が説明変数として選ばれた。生物濃縮により，母乳の$\delta^{15}N$は食物に比べて増加するため，離乳前の幼齢個体の体組織$\delta^{15}N$は授乳期間中に高い値を示す。本研究結果では，イシイルカの体長が小さいほど$\delta^{15}N$が高くなる傾向があった（図21）。イシイルカは，約100 cmで出生し，最初の1年間で約150 cmまで成長することから（Ferrero & Walker 1999），本研究における100–150 cmの個体は，離乳前もしくは離乳後直後

の個体である可能性が高い。本研究において分析した個体では，140–150 cmで値が急激に減少することから，この時点がイシイルカの離乳期を示していると考えられる。δ ^{15}Nが高いグループに含まれる個体は，体長が102.5–148 cmの小型の個体である。そのうち，日本海が4個体でストランディング時期は5月と6月であった。太平洋は2個体でストランディング時期は4月と6月であった。オホーツク海は8個体であり，ストランディング時期は6月に集中していた。日本海の5個体中，SNH14030（体長118.8 cm）及びSNH08022（体長121.6 cm）については，胃内容物調査も行っており，SNH14030は*Gonatus* sp.の顎板が1つ，SNH08022については空胃であった。太平洋の個体については胃が採取できなかったため，胃内容物は不明である。オホーツク海の8個体については全て胃内容物調査を行っており，SNH13017（体長126.3 cm），SNH14018（体長118.5 cm），SNH14024（体長108.5 cm）以外の5個体は空胃であった。日本周辺海域に生息するイシイルカ型イシイルカの系群のうち，日本海−オホーツク海系群のイシイルカの出産期は5月から6月であることから（Amano & Kuramochi 1992），オホーツク海及び日本海で5月と6月に漂着した小型の個体は，その年に産まれ，授乳中に母親とはぐれてしまったか，離乳後十分に摂餌できず漂着してしまったと考えられる。

4-3-3. スナメリの安定同位体比分析結果

スナメリの筋肉組織のδ ^{13}C は−16.50 ± 0.96‰，δ ^{15}N は 15.83 ± 1.46‰であった（図 24）。雌雄別では，オスのδ ^{13}C が−16.53 ± 0.99‰，δ ^{15}N は 15.44 ± 1.50‰，メスでは，δ ^{13}C が−16.61 ± 0.96‰，δ ^{15}N は 16.08±1.39‰であった。海域別では，仙台湾―東京湾においてδ ^{13}C

が−16.97 ± 0.82‰，δ ^{15}N は14.42 ± 2.29‰，瀬戸内海―響灘においてδ ^{13}Cが−16.08 ± 0.86‰，δ ^{15}N は 16.14 ± 1.18‰，大村湾においてδ ^{13}C が−16.88 ± 0.88‰，δ ^{15}N は 15.76 ± 1.12‰，有明海・橘湾においてδ ^{13}C が−16.42 ± 1.06‰，δ ^{15}N は 15.98 ± 1.63‰，玄界灘においてδ ^{13}C が−16.54‰，δ ^{15}N は 13.77‰であった（表 30，図 25）。

GAM の結果，δ ^{13}C についてはヌルモデルが採択され，δ ^{15}N では緯度，体長，海域が選択された（表 31）。δ ^{15}N は緯度が高いほど，体長が大きいほど小さくなった。また，海域によってδ ^{15}N に違いが見られ，玄界灘において他より低く，有明海－橘湾において他よりも高い傾向が見られた

安定同位体比分析の GAM の結果から，δ ^{13}C に影響を与える要因は推定できなかったが，δ ^{15}N については海域間で異なることが示唆された。また体長が小さいほど栄養段階が高い傾向が見られた（図 26）。白木原（1994）では有明海・橘湾において，スナメリの成長段階ごとの食性の変異を明らかにしており，離乳中から離乳後は，ハゼ科，テンジクダイ科など小型の底生魚類や小型イカ類，タコ類，エビ類を摂餌するが，成長とともにマイワシやコノシロなど表層性の群集魚やシログチ，ジンドウイカ科，コウイカ科を摂餌するようになることを明らかにしている。海底面に付着して棲息する底生藻類は植物プランクトンより高いδ ^{13}C 値を示す傾向があるため（Fry & Sherr 1989），スナメリのδ ^{15}N についても，底生の餌生物を利用する小型個体で値が大きくなり，表層の植物プランクトンを起源とする食物網に属する大型個体で値が小さくなったと考えられる。

今後は，他海域におけるスナメリの胃内容物情報を充実させることで，本種の摂餌生態の更なる解明が期待される。

4-3-4. カマイルカの安定同位体比分析結果

カマイルカの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−18.12 ± 0.88‰，$\delta^{15}N$ は 12.15 ± 0.93‰となった（図 27, 表 31）。雌雄別では，オスの $\delta^{13}C$ が−18.09 ± 0.64‰，$\delta^{15}N$ は 12.09 ± 0.72‰，メスでは，$\delta^{13}C$ が −18.15 ± 1.06‰，$\delta^{15}N$ は 12.20 ± 1.10‰であった。海域別では，日本海において $\delta^{13}C$ が −17.97 ± 0.48‰，$\delta^{15}N$ は 11.81 ± 0.89‰，太平洋において $\delta^{13}C$ が–18.15 ± 1.04‰，$\delta^{15}N$ は 12.30 ± 1.00‰，津軽海峡において $\delta^{13}C$ が−18.52 ± 0.68‰，$\delta^{15}N$ は 12.23 ± 0.69‰，東シナ海において $\delta^{13}C$ が−17.29‰，$\delta^{15}N$ は 11.78‰であった（表 32）。$\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$ ともに海域間での有意な差は認められなかった（ANOVA, p=0.63（$\delta^{13}C$），p=0.42（$\delta^{15}N$））（図 28）。

GAM の結果，$\delta^{13}C$ については月，緯度，体長が，$\delta^{15}N$ では月と性別が影響を及ぼす要因として選択された（表 33）。$\delta^{13}C$ は体長が小さい個体と大きい個体で低くなり，$\delta^{15}N$ は 9 月にかけて値が連続的に高くなり，オスの方がメスよりも低くなる傾向が見られた（図 29, 30）。

日本海沿岸系群のカマイルカの出産期は 6~9 月であると考えられており（岩原 2017），カマイルカの母親は，授乳中に最もエネルギーが必要になる（Rechsteiner et al. 2013）。海棲哺乳類の筋肉における安定同位体比の半更新時間は 1 ヶ月程度（Hobson et al. 1996; Kurle & Worthy 2002）であることから，カマイルカは 6〜9 月頃にエネルギー要求量が増加するため，$\delta^{15}N$ の値に変動が見られたと考えられた。

4-3-5. スジイルカの安定同位体比分析結果

集団座礁個体，その他の単独ストランディング個体併せて 43 個体の筋肉組織の炭素窒素安定

同位体比分析を行った。$\delta^{13}C$ が−18.57 ± 0.95‰，$\delta^{15}N$ は 10.77 ± 0.67‰であり（図 31），オスの $\delta^{13}C$ は−18.74 ± 0.90‰，$\delta^{15}N$ は 10.73 ± 0.77‰，メスの $\delta^{13}C$ は−18.42 ± 0.98‰，$\delta^{15}N$ は 10.80 ± 0.58‰であった（表 34，図 32）。

GAM によるモデル選択の結果，$\delta^{13}C$ では緯度と海域が採択され，$\delta^{15}N$ では海域が説明変数として選ばれた（表 35）。しかし，GAM によって選択された説明変数の p 値はどれも 0.05 以上であった。$\delta^{13}C$ は，緯度が高いほど高くなり，$\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$ ともに海域により異なる傾向が見られた（図 33，34）。

集団座礁個体（NSMT）

NSMT のうち，胎児 1 個体を含む 28 個体の筋肉組織の安定同位体比を分析した。胎児 1 個体を含み，オスは 11 個体，メスは 17 個体で，体長は 90.8 cm から 251.4 cm であった。

胎児の安定同位体比は $\delta^{13}C$ が−19.23‰，$\delta^{15}N$ は 13.80‰であり，胎児を除く 27 個体では，$\delta^{13}C$ が−18.27 ± 0.93‰，$\delta^{15}N$ は 10.89 ± 0.74‰であり，オスの $\delta^{13}C$ は–18.31 ± 0.94‰，$\delta^{15}N$ は 10.50 ± 0.19‰，メスの $\delta^{13}C$ は–18.19 ± 0.94‰，$\delta^{15}N$ は 10.95 ± 0.53‰であった。$\delta^{15}N$ でのみ雌雄差が認められた（$p<0.05$）。

単独ストランディング個体

安定同位体比分析は，北海道太平洋側でストランディングした 3 個体，本州太平洋側でストランディングした 11 個体，東シナ海においてストランディングした 1 個体について実施した。北海道太平洋側の個体の $\delta^{13}C$ は–19.30 ± 0.71‰，$\delta^{15}N$ は 11.09 ± 0.52‰，本州太平洋側の個体では，δ

^{13}C が–19.12 ± 0.76‰，δ ^{15}N は 10.42 ± 0.35‰，東シナ海における個体ではδ ^{13}C が–18.27 ± 0.93‰，δ ^{15}N は 10.89 ± 0.74‰であった（表 34）。

集団座礁個体において，δ ^{15}N に雌雄差が認められたことから，雌雄によって利用する餌生物の栄養段階が異なることが示唆された。太平洋においてスジイルカは成熟個体群や成熟個体と未成熟個体の混合群の中には繁殖群と非繁殖群が存在すること（Miyazaki & Nishiwaki 1978; Archer 2002），スジイルカの群のメンバーは固定的ではなく，離合集散性があることが示唆されている（Kasuya 1972）。以上から，集団座礁した群もいつも同じ群のメンバーで摂餌していないことが示唆された。

フランス，ビスケー湾におけるスジイルカとマイルカの安定同位体比分析結果の比較から，スジイルカの窒素安定同位体比の値の幅が広く，本種が日和見主義的な捕食者であることが示唆されている（Das et al. 2000）。本研究において，δ ^{13}C，δ ^{15}N ともに海域間で異なったことから，日本近海においても，本種は様々な場所で様々な餌生物を利用している可能性がある。

4-3-6. カズハゴンドウの安定同位体比分析結果

カズハゴンドウの胎児の安定同位体比はδ ^{13}C が–20.95‰，δ ^{15}N は 13.62‰であり（図 35），胎児を除く 21 個体では，δ ^{13}C が–18.40 ± 0.66‰，δ ^{15}N は 11.60 ± 0.67‰であり，オスのδ ^{13}C は–18.29 ± 0.38‰，δ ^{15}N は 11.51 ± 0.52‰，メスのδ ^{13}C は–18.30 ± 0.41‰，δ ^{15}N は 11.38 ± 0.46‰であり，δ ^{15}N でのみ雌雄差が認められた（p<0.05）（表 36，図 36）。

GAM の結果，δ ^{13}C，δ ^{15}N 両方で体長と性別が説明変数として選ばれた（表 37）。δ ^{13}C は，

体長が低いほど小さく，$\delta^{15}N$ は，体長が大きいほど高くなった（図 37，38）。

同じ群の中で，体長が大きい個体ほど $\delta^{15}N$ が大きくなった。Kurihara (2016)では，カズハゴンドウの年齢に伴って歯が抜け落ちることを報告している。Kurihara (2016)では，考察の中で，歯の多いハクジラ類は，魚類やイカ類といった様々な餌生物を利用するが（Fitch & Brownell 1968; Miyazaki et al. 1973; Perrin et al. 1973; Barros et al. 2000），歯の少ないハクジラ類は主にイカ類を利用することから（Clarke 1986），歯が少なくなるにつれて（年齢に伴って），カズハゴンドウの食性が広食性から狭食性に変化するのではないかと示唆している。本研究における安定同位体比分析結果からも成長に伴って安定同位体比が変化することから，成長に伴って餌生物が変化することが示唆された。

4-3-7. ハナゴンドウの安定同位体比分析結果

ハナゴンドウの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は-16.94 ± 0.51‰，$\delta^{15}N$ は 11.84 ± 1.06‰となった（図 39）。雌雄別では，オスの $\delta^{13}C$ が-16.65 ± 0.47‰，$\delta^{15}N$ は 12.23 ± 1.24‰，メスでは，$\delta^{13}C$ が-17.26 ± 0.34‰，$\delta^{15}N$ は 11.40 ± 0.62‰であった。海域別では，日本海において $\delta^{13}C$ が-16.85 ± 0.34‰，$\delta^{15}N$ は 12.69 ± 1.18‰，太平洋において $\delta^{13}C$ が-17.04 ± 0.56‰，$\delta^{15}N$ は 11.34 ± 0.67‰，東シナ海において $\delta^{13}C$ が-16.20‰，$\delta^{15}N$ は 12.35‰であった（表 38）。

標本数が少なかったため，GAM によるモデル化は行っていないが，$\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$ ともに雌雄差が認められ（$p<0.05$），オスの方がメスよりも $\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$ の値が高い傾向が見られた。また，体長が小さいほど $\delta^{15}N$ の値が高い傾向が見られた（図 40，41）。

安定同位体比分析の結果，オスの方がメスよりも $\delta^{13}C$，$\delta^{15}N$ が高くなる傾向が見られたが，これは，体長が最も小さい個体（156.9 cm）がオスであった影響であると考えられる。この小型個体を除くと，$\delta^{15}N$ の雌雄差は見られなかった（$p>0.05$）が，それでも $\delta^{13}C$ については雌雄差が認められた（$p<0.05$）。

ハナゴンドウの出生体長は 120–150 cm とされており（Perrin & Reilly 1984），授乳期間は 1 歳から 1.5 歳までの間と推定されていることから（Amano & Miyazaki 2004），本研究の 156.9 cm の個体は母親の母乳の値を反映し，他の個体よりも値が高くなったと考えられる。また，炭素安定同位体比は摂餌海域を表すとされており（Hobson & Welch 1992），メスの方が低い値となったことから，雌雄で生息環境に差があることが示唆された。しかし，胃内容物の雌雄差は，標本数が少なかったため，十分確認できなかった。ハナゴンドウの群構造は離合集散性であり（Hartman et al. 2008），他の水域の食性研究の結果は，群で摂餌するのではなく単独で摂餌するとされている（Cockcroft et al. 1993）。単独摂餌が雌雄差となって表されたかは不明であるが，本研究における分析個体についても，個体ごとに餌生物が異なる可能性が考えられた。

4-3-8. ハンドウイルカ，ミナミハンドウイルカ，コビレゴンドウ，コマッコウ，オガワコマッコウ，セミイルカの安定同位体比分析結果

ハンドウイルカの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−16.96 ± 0.45‰，$\delta^{15}N$ は 12.64 ± 0.40‰となった（表 39，図 42）。ミナミハンドウイルカの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−14.64 ± 0.85‰，$\delta^{15}N$ は 15.71 ± 1.25‰となった（表 39，図 42）。コビレゴンドウの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−18.45 ± ± 0.14‰，$\delta^{15}N$ は

12.56 ± 0.33‰となった（表 39, 図 42）。コマッコウの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−17.68 ± 1.00‰, $\delta^{15}N$ は 11.33 ± 0.47‰となった（表 39, 図 42）。オガワコマッコウの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−17.48 ± 0.82‰, $\delta^{15}N$ は 11.16 ± 0.98‰となった（表 39, 図 42）。セミイルカの筋肉組織の $\delta^{13}C$ は−20.04‰, $\delta^{15}N$ は 10.72‰となった（表 39, 図 42）。

4-4. 考察

Hobson et al.（1994）では，炭素の安定同位体比が，沿岸と沖合での餌種の違いを表す指標となることを鳥類の食性と同位体比の関係から示しており，沿岸寄りに属する食物網の方が沖合より同位体比が高くなる。また，$\delta^{13}C$ は，沿岸域において底生系と浮遊系により差異があることも分かっており，底生系に方が $\delta^{13}C$ の値は高い（高井・富永 2008）。更に沿岸域では人工排水などに含まれる窒素の同位体比が高いため（Cabana & Rasmussen 1996），その影響を受けた生物の $\delta^{15}N$ も高くなることが予想される。日本南西部海域では，藍藻類が窒素固定によって大気中の窒素を活発に取り込み，$\delta^{15}N$ 値の低い有機物を生み出し，その有機物が黒潮によって本州太平洋沿岸域に輸送されるため，黒潮影響圏の生物・有機物の $\delta^{15}N$ 値は総じて低くなる（Takai et al. 2007）。このように，炭素窒素安定同位体比は様々な要因で左右され，海域や利用する餌生物によって同位体比は大きく変動しうる。

安定同位体比を鯨種ごとに比較した結果を図 43 に，各鯨種の炭素窒素安定同位体比基本統計量を表 40, 41 に示した。各鯨種の外れ値と，母乳の影響があると考えられた小型個体の値は除外した。各鯨種の炭素安定同位体比の平均値を高い方から並べると，ミナミハンドウイルカ（-

14.82‰), スナメリ(-16.39‰), ハナゴンドウ(-16.93‰), ハンドウイルカ(－16.96‰), コマッコウ(－17.68‰), オガワコマッコウ(-17.73‰), カマイルカ(-18.14‰), カズハゴンドウ(－18.22‰), コビレゴンドウ(-18.45‰), スジイルカ(-18.59‰), ネズミイルカ(-18.78‰), イシイルカ(-19.70‰), セミイルカ(-20.04‰)となった。炭素安定同位体比は沖合域ほど低く(Takai et al. 2007; Tanaka et al. 2008), また低緯度ほど低くなる(Sackett et al. 1965; Rau et al. 1989; Wada & Hattori 1991; Laws et al. 1995)。同じネズミイルカ科の中で, スナメリは東京―仙台湾以南, ネズミイルカは主に北海道周辺海域に, イシイルカはネズミイルカ科の中で唯一の外洋性種であることから, 炭素の値がイシイルカで最も低く, ネズミイルカ, スナメリと続いたと考えられた。

各種の炭素安定同位体比について四分位範囲(QR)に着目すると, コマッコウ(1.41), スジイルカ(1.46), ミナミハンドウイルカ(1.40)で高い値であり, また, 尖度に着目すると, イシイルカ, スジイルカ, ミナミハンドウイルカ, コマッコウ, オガワコマッコウで負の値をとった。このことから, コマッコウ, スジイルカ, ミナミハンドウイルカは他の種と比較して幅広く, 様々な海域において摂餌を行っていると予想される。胃内容物結果と併せて考えると, コマッコウは主に中深層性の頭足類を摂餌するが, 個体によっては甲殻類やタチウオなど様々な餌生物を利用していた。また, スジイルカも沿岸域において小型の頭足類を捕食していたが, 他にも中深層性の頭足類, 魚類も摂餌していた。ミナミハンドウイルカの胃内容物は調査できなかったが, 熊本県天草市に漂着した 1 個体の胃から, アナゴ科魚類やニシン科のヒラ, ボラ科, カワハギ科が確認されており(Yamazaki et al 2008), 天草地方における個体は沿岸域において様々な魚類を摂餌していると考えられる。

各鯨種の窒素安定同位体比の平均値を高い方から並べると，スナメリ（15.55‰），ミナミハンドウイルカ（15.34‰），ネズミイルカ（13.28‰），イシイルカ（12.89‰），ハンドウイルカ（12.64‰），コビレゴンドウ（12.56‰），カマイルカ（12.08‰），ハナゴンドウ（11.68‰），カズハゴンドウ（11.48‰），コマッコウ（11.33‰），オガワコマッコウ（10.89‰），セミイルカ（10.72‰），スジイルカ（10.65‰）となった。炭素と同様に尖度に着目すると，ネズミイルカ，スナメリ，カズハゴンドウ，ハナゴンドウ，ハンドウイルカで負の値となり，QR はネズミイルカ（1.51）とスナメリ（1.41）において高くなった。これらの結果から，ネズミイルカとスナメリでは，他の鯨種と比べて餌生物の栄養段階の種幅が広いことが推察された。

また，各鯨種の炭素安定同位体比に影響を与える要因として，ネズミイルカ，イシイルカ，カマイルカ，スジイルカにおいて緯度が選択された。海産プランクトンの $\delta^{13}C$ は高緯度ほど値が低くなることが知られており（Sackett et al. 1965），高緯度海域で摂餌活動を行うと値が低くなり，低緯度海域で摂餌が行われると値が高くなる（高井・富永 2008）。本研究結果から，小型ハクジラにおいても，高緯度でストランディングした個体では $\delta^{13}C$ が低くなり，低緯度でストランディングした個体では $\delta^{13}C$ が高くなる傾向が見られた。このことから，コマッコウにおいて $\delta^{13}C$ の値の幅が大きかったのは，ストランディング地点が様々であり（日本海，太平洋，東シナ海），また，他種と比較して標本数が少なかったためとも考えられる（n=12）。

高次捕食者の安定同位体比は長期的な食性を推定する上で強力な手法ではあるが，値に影響する要因が様々であるため，標本採取地点や標本数に留意する必要がある。

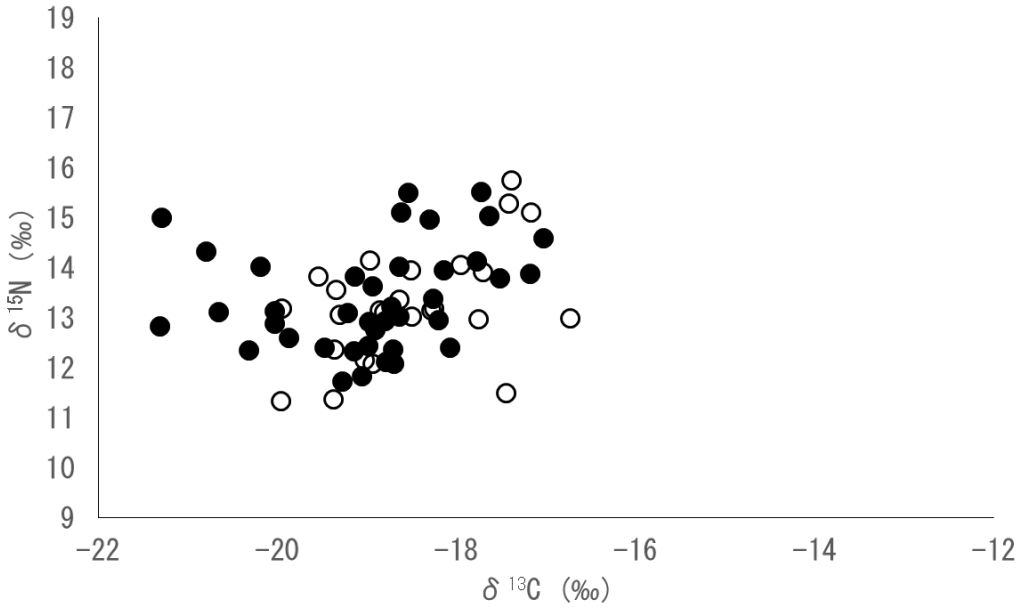


図 17. ネズミイルカ安定同位体比分析結果。黒丸が安定同位体比及び胃内容物を分析した個体を，白丸が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 26. ネズミイルカ安定同位体比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Phocoena phocoena (n=63) ネズミイルカ	−18.81±1.00	13.31±1.04
male (n=38)	−18.91±0.87	13.16±0.99
female (n=22)	−18.78±1.20	13.30±0.95
unknown (n=3)	−17.78±0.47	15.26±0.43
Sea of Japan (n=23)	−17.48±0.82	11.16±0.98
Pacific Ocean (n=21)	−18.45±0.14	12.56±0.33
Tsugaru Strait (n=3)	−18.73±0.57	13.41±0.48
Nemuro Strait (n=15)	−19.50±1.28	13.23±0.86
Otaru aquarium (Calf n=1)	−18.54	15.50

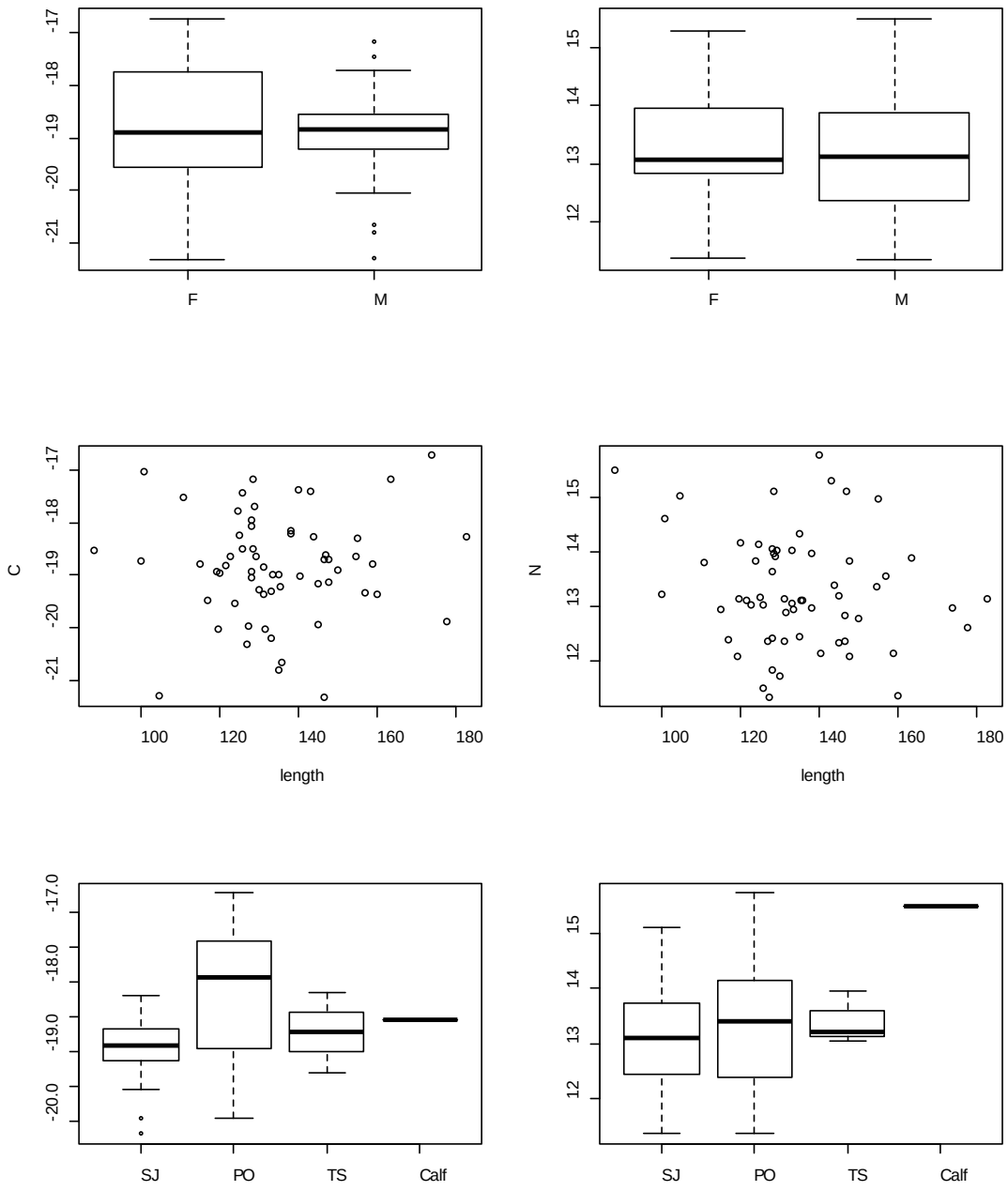


図 18. ネズミイルカの炭素, 窒素安定同位体比と雌雄, 体長, 海域の関係。左側が炭素安定同位体比, 右側が窒素安定同位体比(‰)を表す。SJ が日本海, PO が太平洋, TS が津軽海峡, Calf はおたる水族館における新生仔を示す。ボックスプロットの太線は中央値, ボックスの下線はデータの第 1 四分位数, 上線は第 3 四分位数, ボックスの上下の横線はデータの最小値と最大値を示す。

表 27. ネズミイルカの GAM 分析結果

C ~ s(latitude) + s(length) + 1				(GCV 0.882)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	1.732	2.067	0.611	0.05<
s(length)	1.919	2.408	0.919	0.05<

N ~ 1				(GCV 0.891)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**

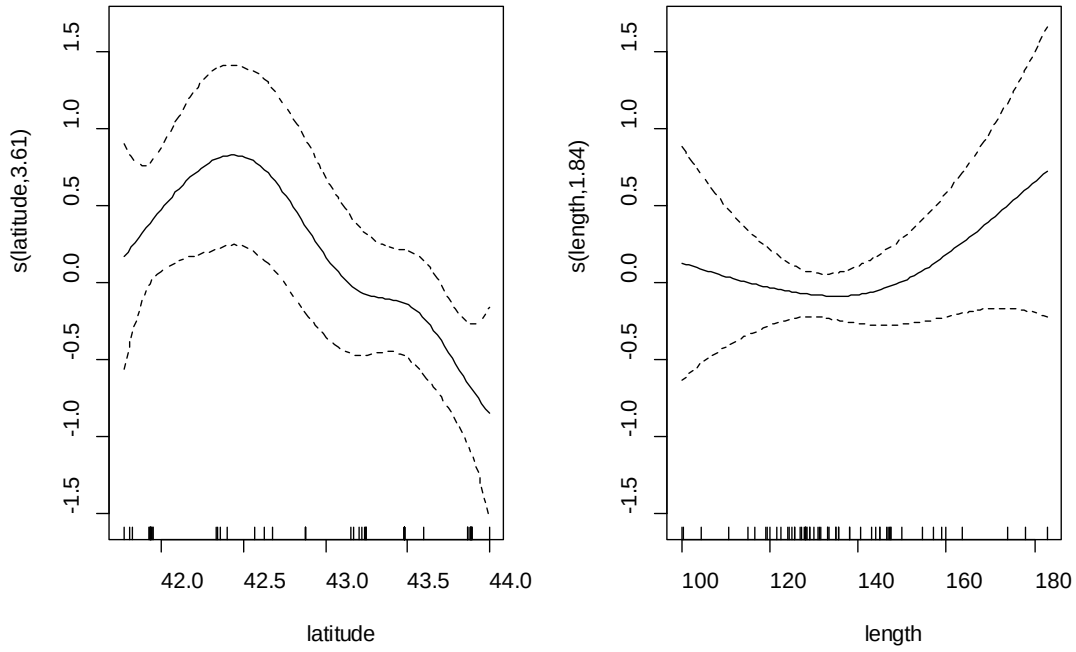


図 19. ネズミイルカの GAM の結果。炭素安定同位体比と緯度，体長の関係。

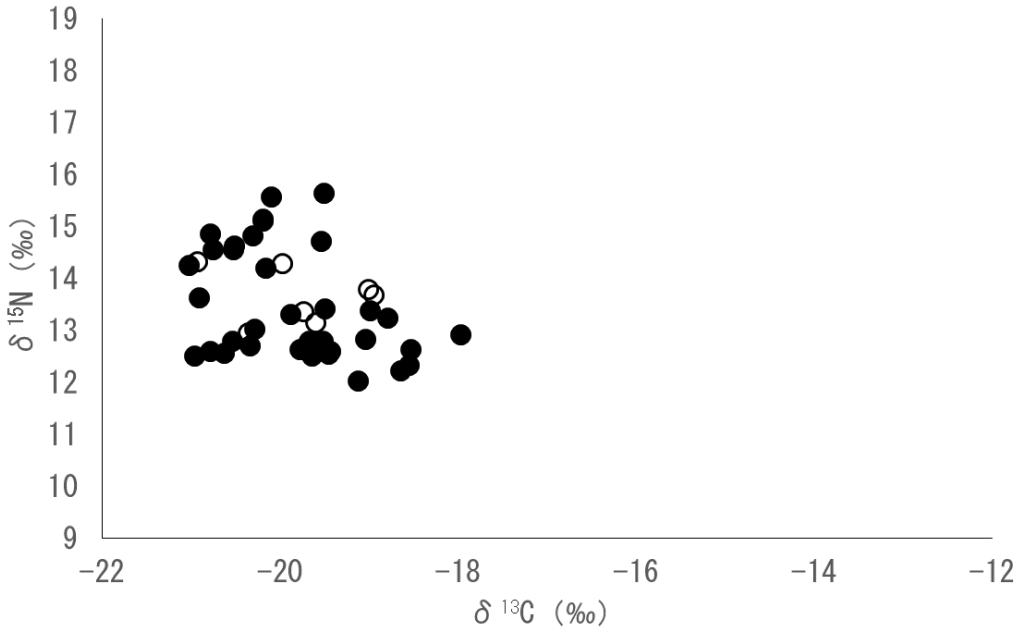


図 20. イシイルカの安定同位体比分析結果。黒丸が安定同位体比及び胃内容物を分析した個体を，白丸が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 28. イシイルカの安定同位体比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Phocoenoidess dalli (n=45) イシイルカ	−19.83±0.75	13.51±0.99
male (n=32)	−19.84±0.75	13.55±1.02
female (n=11)	−19.81±0.86	13.32±0.95
unknown (n=2)	−20.04±0.29	14.54±0.10
Sea of Japan (n=17)	−19.79±0.83	13.28±0.91
Pacific Ocean (n=4)	−19.54±0.74	14.08±0.79
Nemuro Strait (n=15)	−19.75±0.69	13.00±0.75
Sea of Okhotsk (n=9)	−20.24±0.66	14.23±0.86

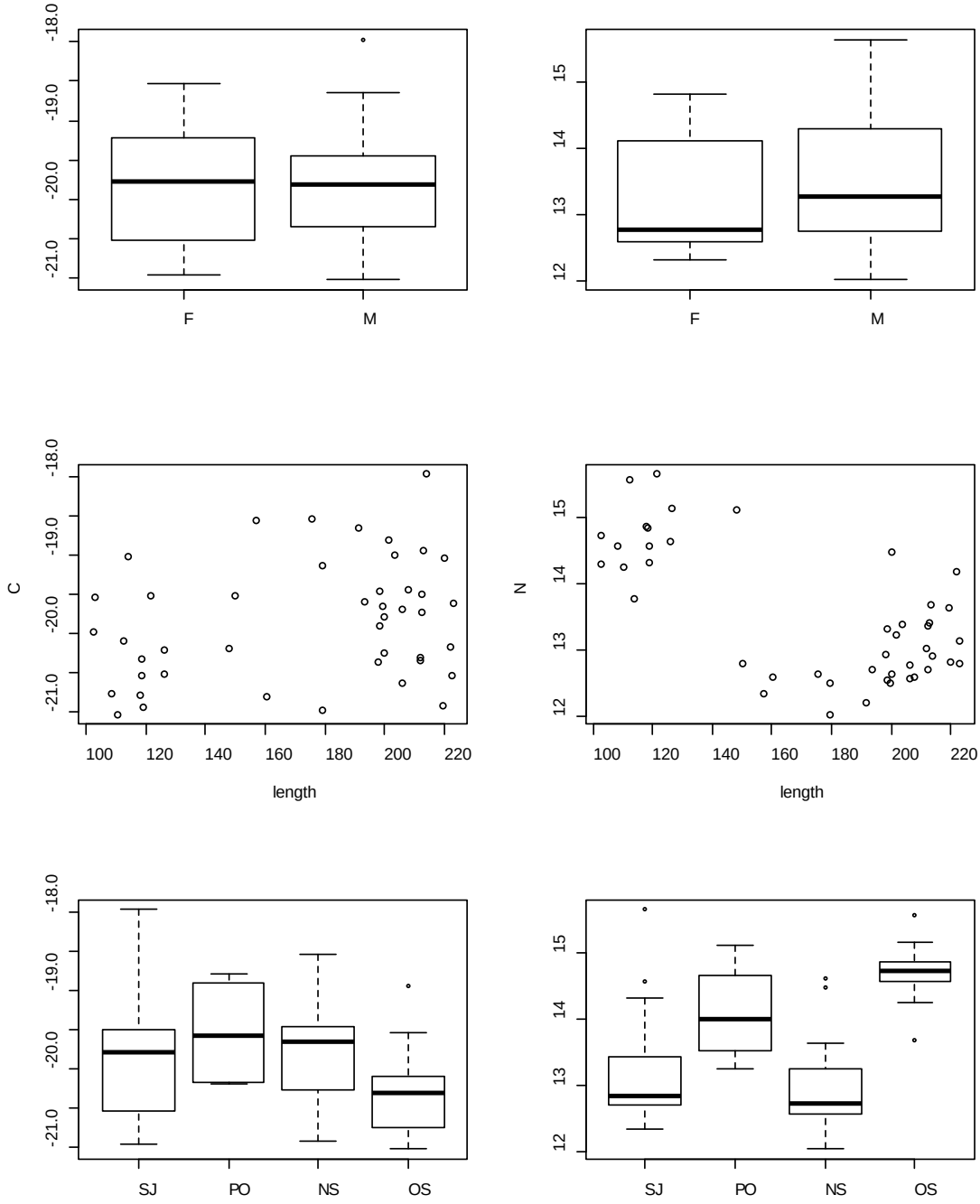


図 21. イシイルカの炭素窒素安定同対比と雌雄, 体長, 海域との関係。左側が炭素安定同位体比, 右側が窒素安定同位体比を表す。NS が根室海峡, OS がオホーツク海, PO が太平洋, SJ が日本海を示す。

表 29. イシイルカの GAM 結果

C ~ group + s(latitude) + 1				(GCV 0.537)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	1.515	1.832	2.205	0.05<
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
group 2		1.01054	1.027	0.05<

N ~ group + month + s(latitude) + s(length) + sea +1				(GCV 0.218)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	3.015	3.606	1.157	0.05<
s(length)	1.000	1.000	5.862	<0.05
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
group2		-3.00520	-5.961	<0.01
month9		1.50854	2.127	<0.05
seaPO		-1.73544	-2.574	<0.05

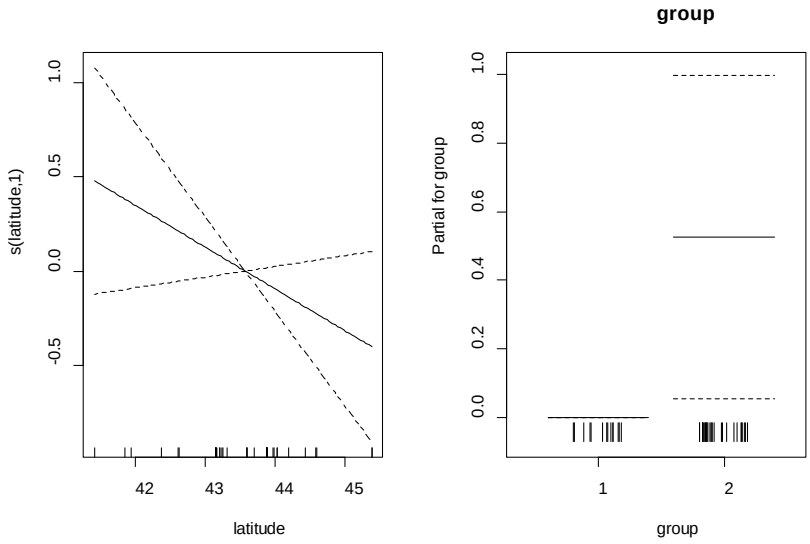


図 22. イシイルカの GAM の結果。炭素安定同位体比と緯度, 体長別グループの関係。

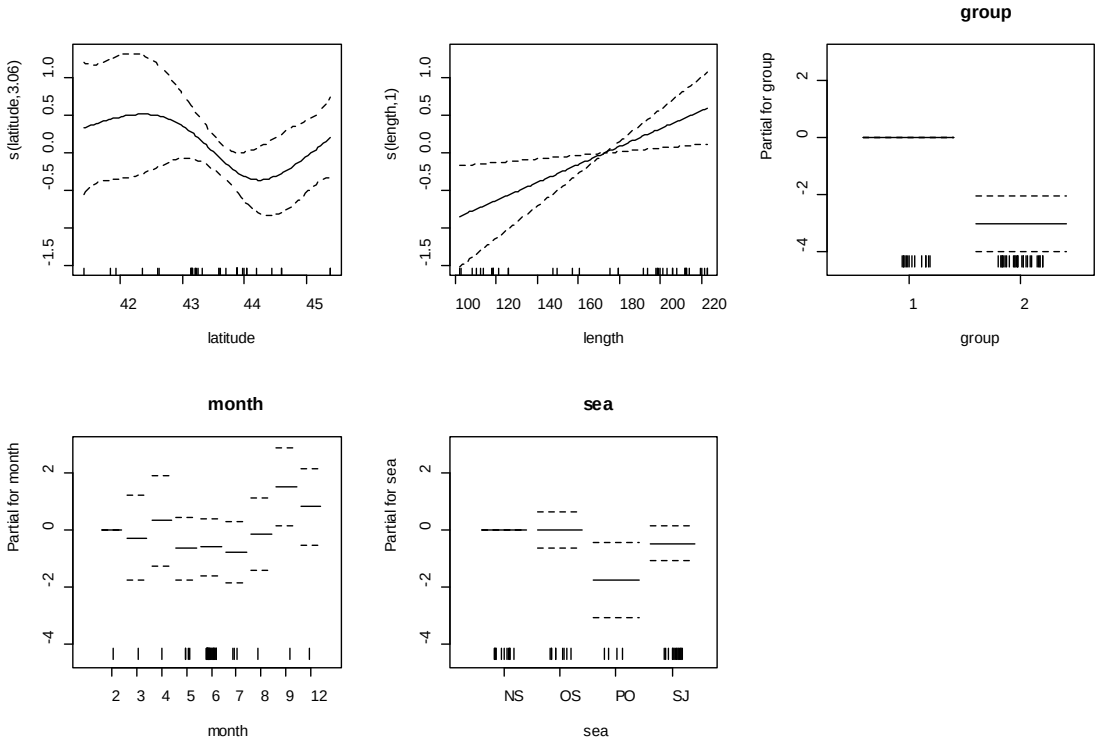


図 23. イシイルカの GAM の結果。窒素安定同位体比と緯度, 体長, 体長別グループ, 月, 海域との関係。NS が根室海峡, OS がオホーツク海, PO が太平洋, SJ が日本海を示す。体長 150 ㎝未満をグループ 1, 体長 150 ㎝以上をグループ 2 とした。

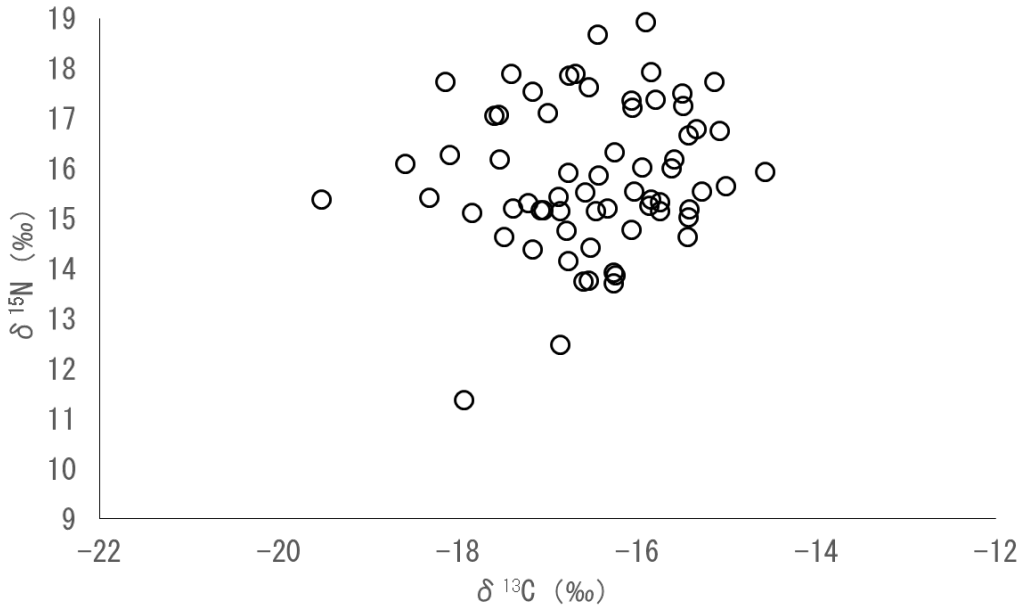


図 24. スナメリの安定同位体比分析結果。白丸は安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 30. スナメリ安定同位体比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Neophociena neophoenoides (n=66) スナメリ	−16.50±0.96	15.83±1.46
male (n=28)	−16.53±0.99	15.44±1.50
female (n=36)	−16.61±0.96	16.08±1.39
unknown (n=2)	−15.03±0.65	16.71±1.12
Sendai Bay—Tokyo Bay (n=4)	−16.97±0.82	14.42±2.29
Inland Sea—Hibiki-nada (n=19)	−16.08±0.86	16.14±1.18
Omura Bay (n=21)	−16.88±0.88	15.76±1.12
Ariake Sea—Tachinaba Bay (n=21)	−16.42±1.06	15.98±1.63
Genkai-nada (n=1)	−16.54	13.77

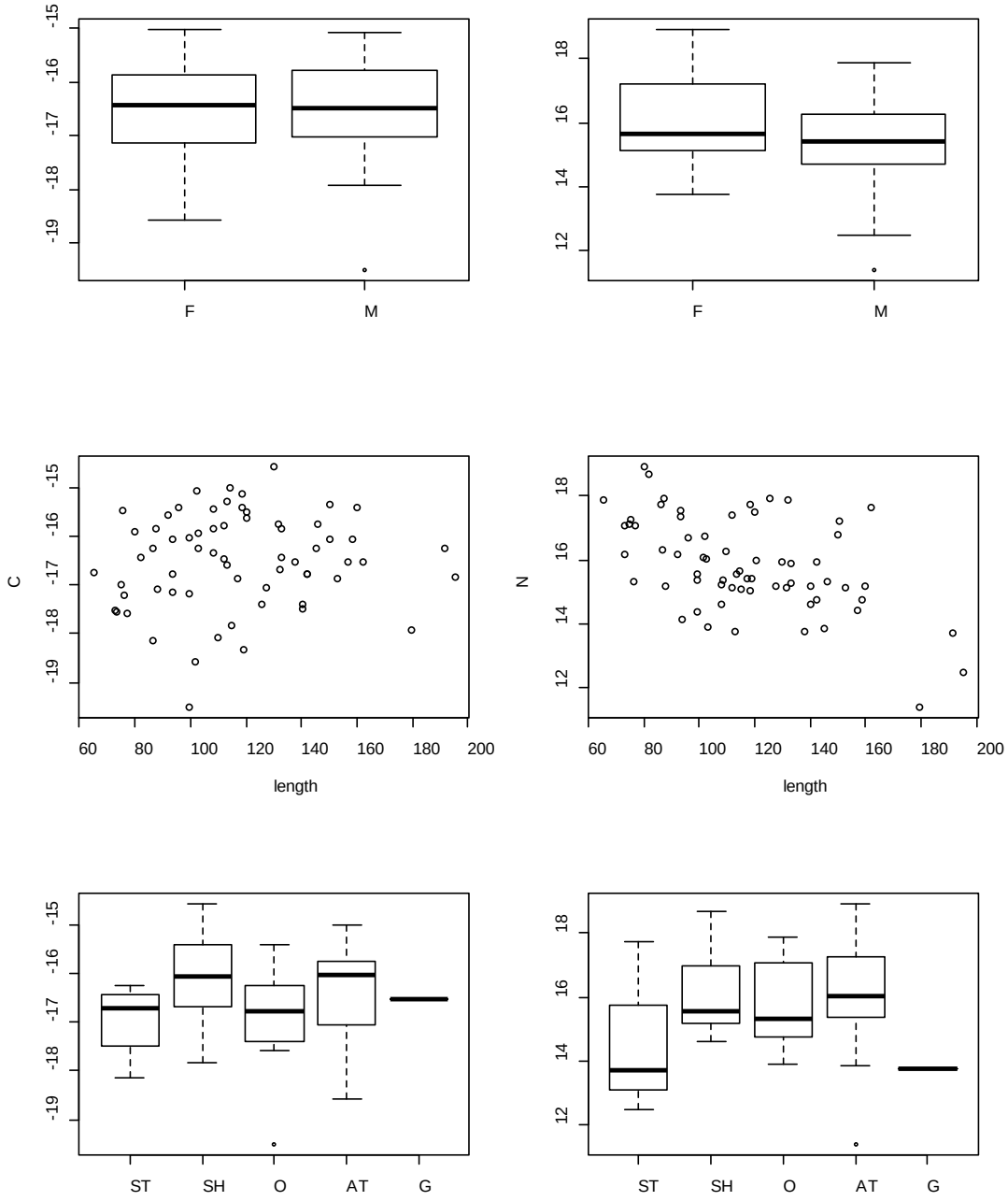


図 25. スナメリの安定同位体比と雌雄, 体長, 海域との関係。左側が炭素安定同位体比, 右側が窒素安定同位体比を表す。AT が有明海―橘湾, G が玄界灘, O が大村湾, SH が瀬戸内海―響灘, ST が仙台湾―東京湾を示す。

表 31. スナメリの GAM 結果

C ~ 1				(GCV 0.895)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**

N ~ s(latitude) + s(length) + sea + 1				(GCV 1.410)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	1.000	1.000	0.001	0.05<
s(length)	2.165	2.819	3.394	<0.05
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
sea G		-2.07538	-1.556	0.05<
seaO		-0.58212	-1.362	0.05<
seaSH		0.66162	1.015	0.05<
seaST		-0.57512	-0.298	0.05<

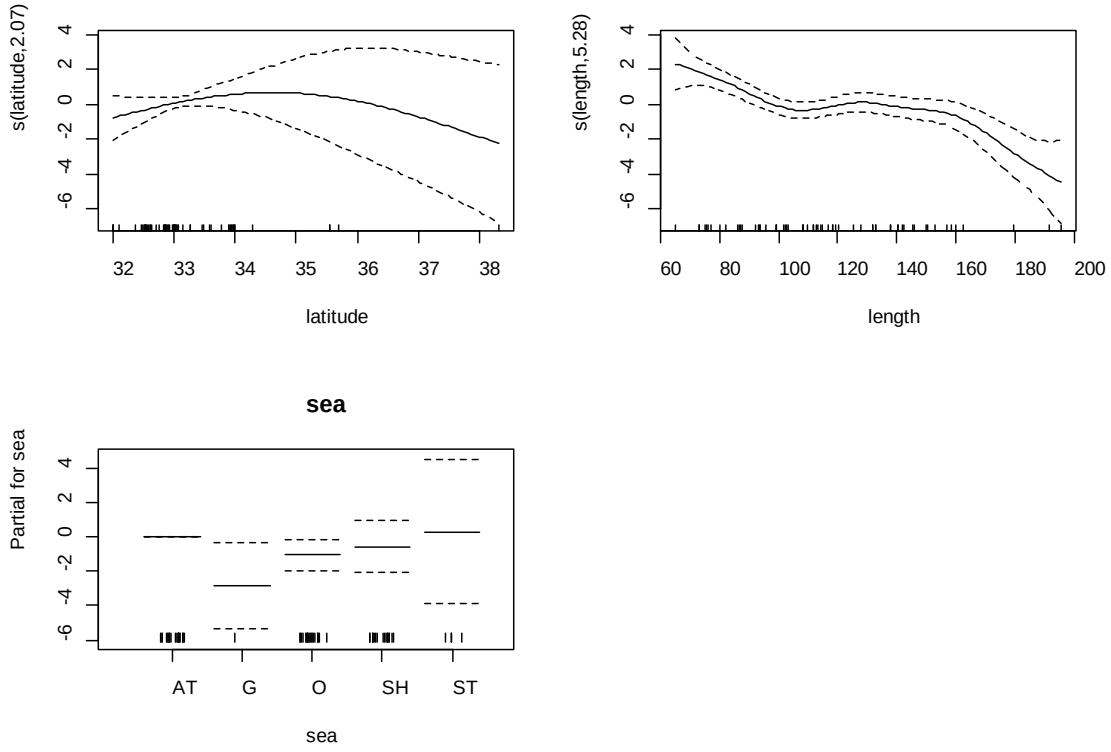


図 26. スナメリの GAM の結果。窒素安定同位体比と緯度, 体長, 海域との関係。AT が有明海―橘湾, G が玄界灘, O が大村湾, SH が瀬戸内海―響灘, ST が仙台湾―東京湾を示す。

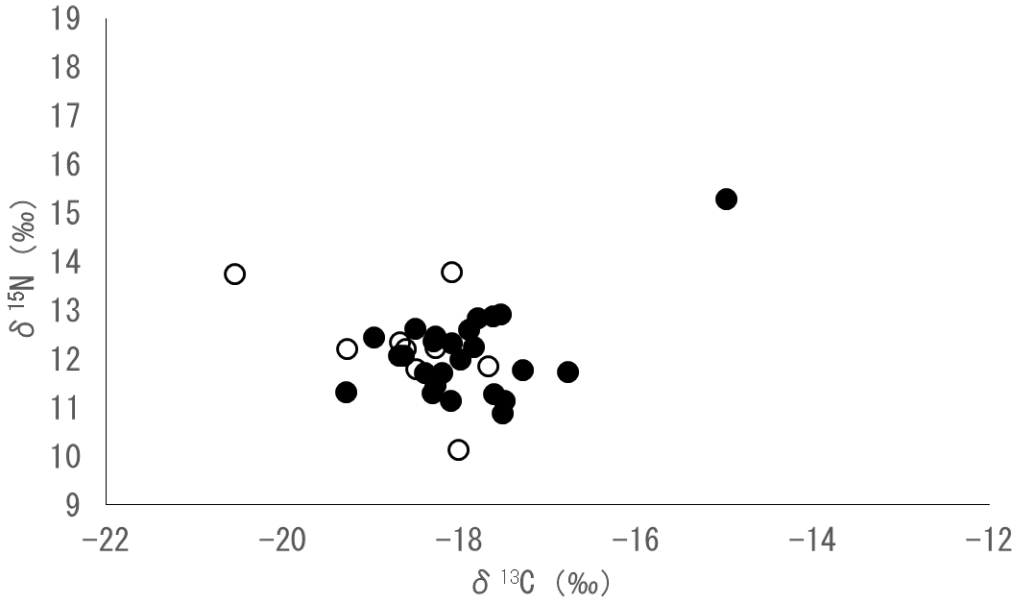


図 27. カマイルカの安定同位体比分析結果。黒丸が安定同位体比及び胃内容物を分析した個体を，白丸が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 32. カマイルカの安定同位体比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Lagenorhynchus obliquidens (n=34) カマイルカ	−18.12±0.88	12.15±0.93
male (n=18)	−18.09±0.64	12.09±0.72
female (n=16)	−18.15±1.06	12.20±1.10
Sea of Japan (n=9)	−17.97±0.48	11.81±0.89
Pacific Ocean (n=20)	−18.15±1.04	12.30±1.00
Tsugaru Strait (n=4)	−18.52±0.68	12.23±0.69
East China Sea (n=1)	−17.29	11.78

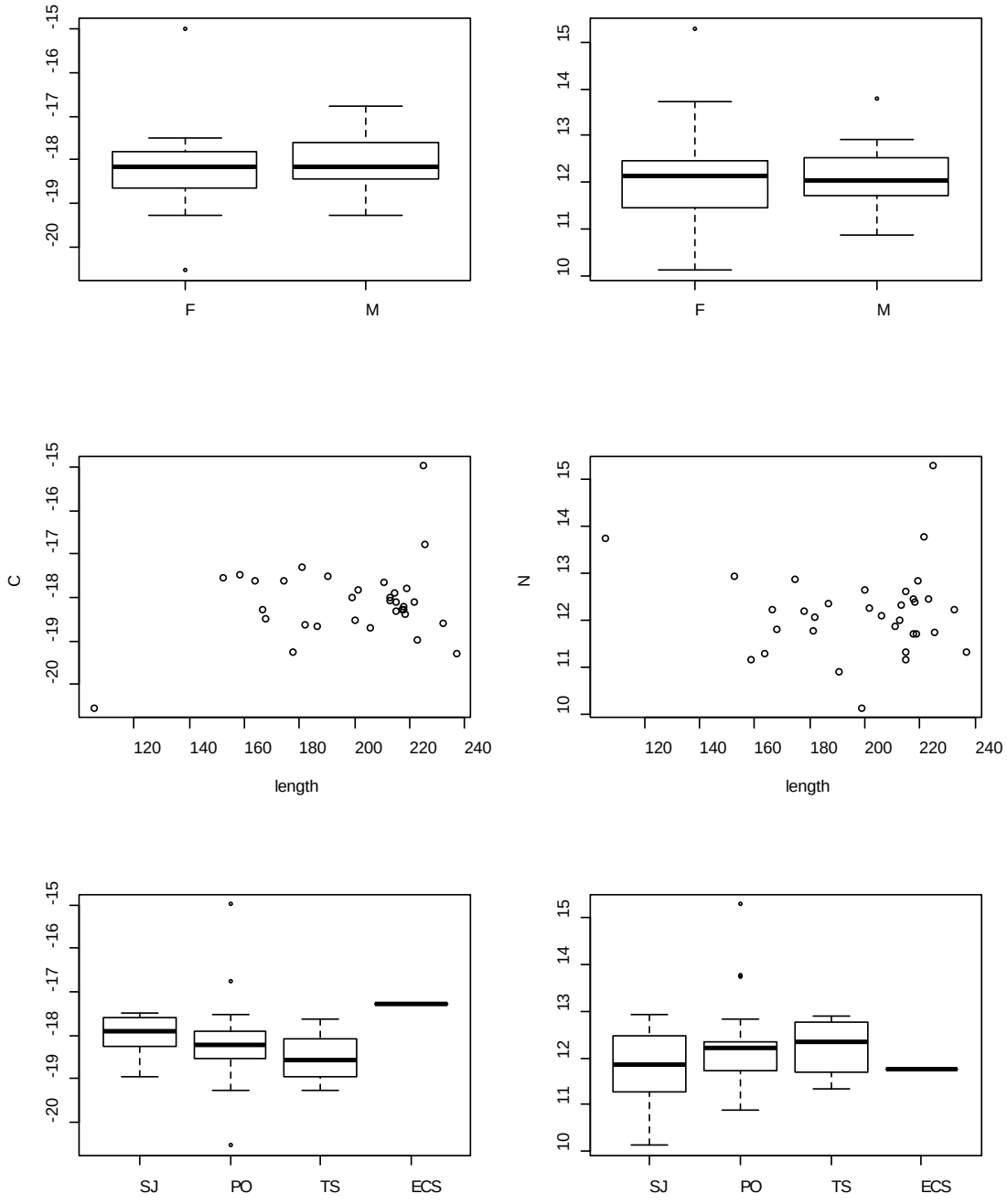


図 28. カマイルカの安定同位体比と雌雄, 体長, 海域との関係。左側が炭素安定同位体比, 右側が窒素安定同位体比を表す。SJ が日本海, PO が太平洋, TS が津軽海峡, ECS が東シナ海を示す。

表 33. カマイルカの GAM 結果

C ~ month + s(latitude) + s(length)+ 1				(GCV 0.438)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	2.086	2.428	2.055	0.05<
s(length)	4.304	5.114	4.661	<0.01
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
month2		-1.96295	-1.834	0.05<

N ~ month + s(latitude) + s(length) + sea + sex				(GCV 1.107)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	4.271	4.915	2.460	0.05<
s(length)	1.416	1.696	2.264	0.05<
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
month9		5.3233	2.150	<0.05
seaSJ		11.6198	1.917	0.05<
sexM		-0.6555	-1.677	0.05<

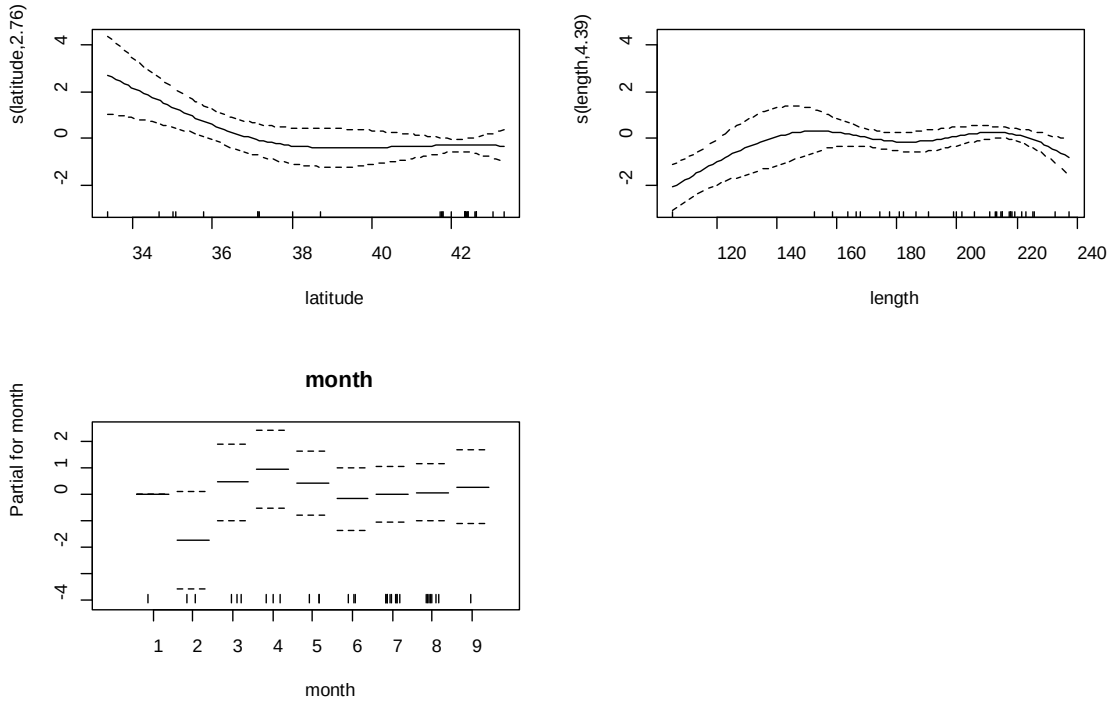


図 29. カマイルカの GAM 結果。炭素安定同位体比と緯度, 体長, 採集月との関係。

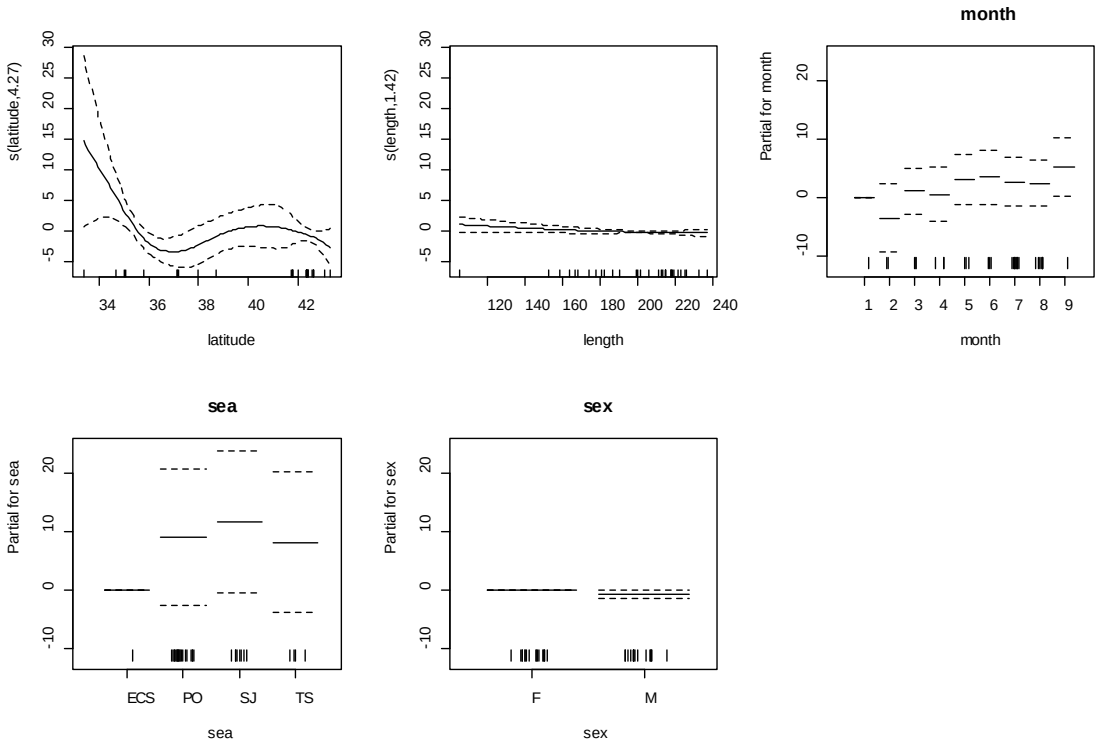


図 30. カマイルカの GAM 結果。窒素安定同位体比と緯度, 体長, 月, 海域, 性別との関係。ECS が東シナ海, PO が太平洋, SJ が日本海, TS が津軽海峡。

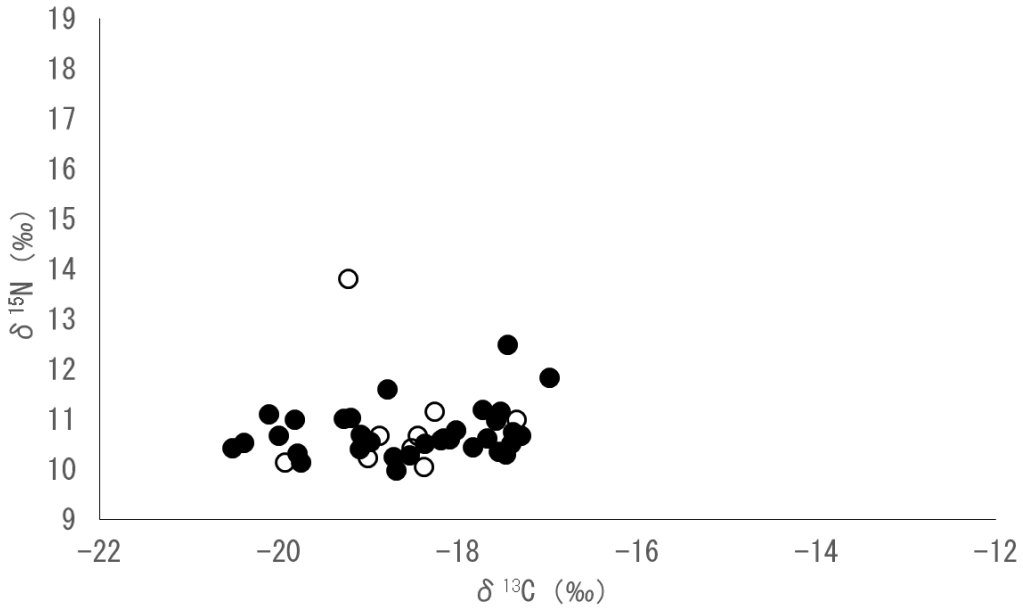


図 31. スジイルカ安定同位体比分析結果。黒丸が安定同位体比及び胃内容物を分析した個体を，白丸が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 34. スジイルカ安定同対比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Stenella coeruleoalba (n=43) スジイルカ	−18.57±0.95	10.77±0.67
male (n=21)	−18.74±0.90	10.73±0.77
female (n=22)	−18.42±0.98	10.80±0.58
Pacific Ocean (Hokkaido) (n=3)	−19.30±0.71	11.09±0.52
Pacific Ocean (Honshu) (n=11)	−19.12±0.76	10.42±0.35
NSMT (n=28)	−18.27±0.93	10.89±0.74
East China Sea (n=1)	−19.01	10.21

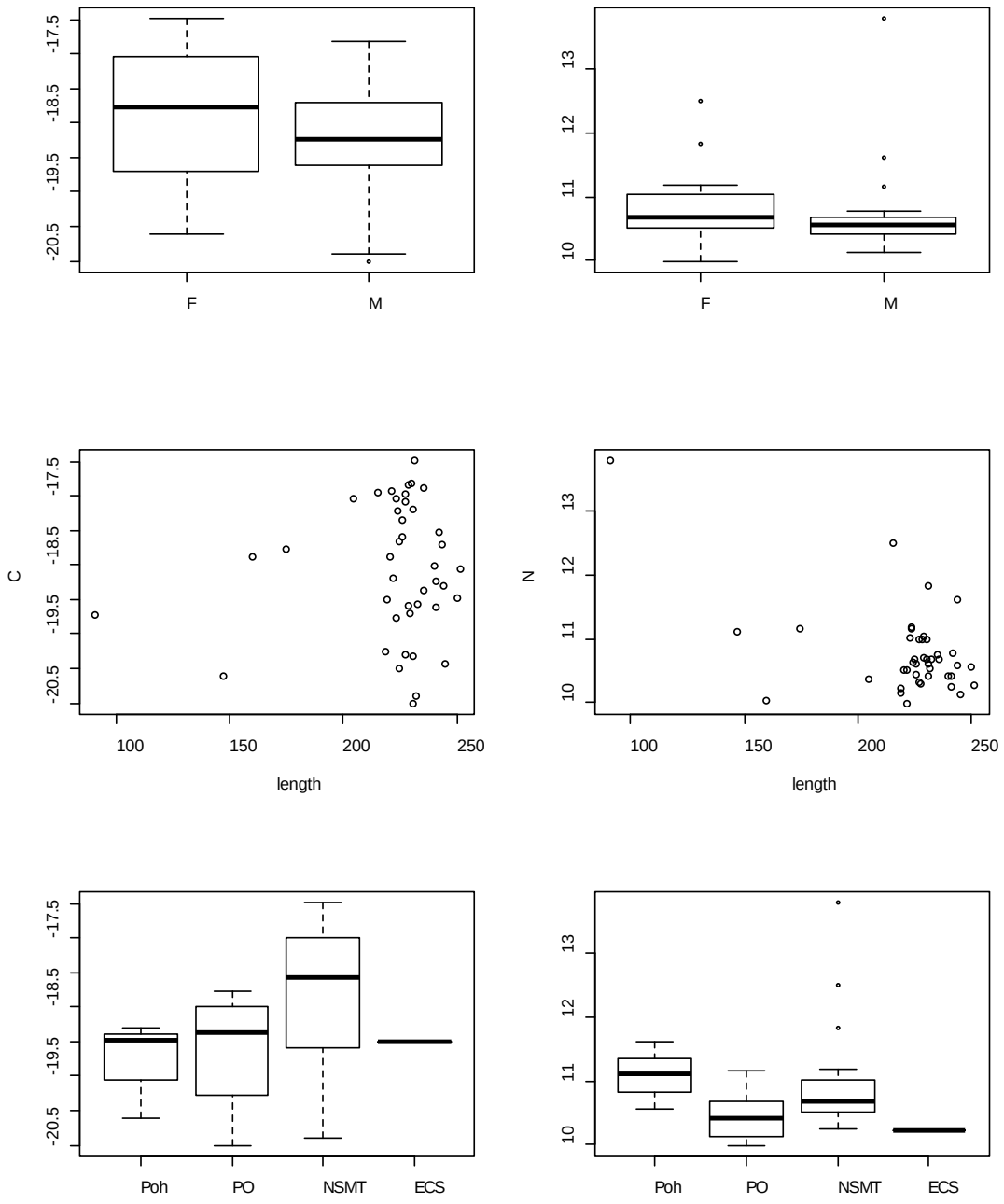


図 32. スジイルカの安定同位体比と雌雄，体長，海域との関係。左側が炭素安定同位体比，右側が窒素安定同位体比を表す。Poh が太平洋（北海道），PO が太平洋（本州），ECS が東シナ海，NSMT が南さつま市集団座礁個体を示す。

表 35. スジイルカの GAM 結果

C ~ s(latitude) + sea + 1				(GCV 0.805)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(latitude)	1.000	1.000	0.205	0.05<
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
seaPO		0.306577	0.137	0.05<
seaPOh		1.201608	0.184	0.05<

N ~ sea + 1			(GCV 0.224)
Variables	**estimated**	***t***	**Pr(>|*t*|)**
seaPO	0.4066	0.212	0.05<
seaPOh	16.7609	1.118	0.05<

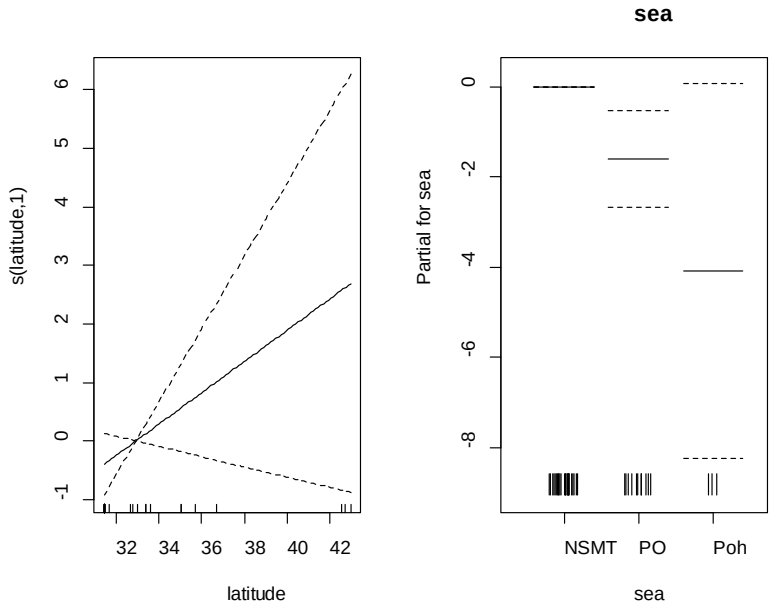


図 33. スジイルカの GAM 結果。炭素安定同位体比と緯度と海域の関係。

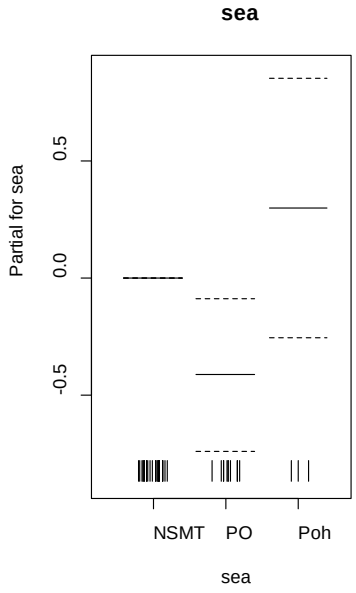


図 34. スジイルカの GAM 結果。窒素安定同位体比と海域の関係。

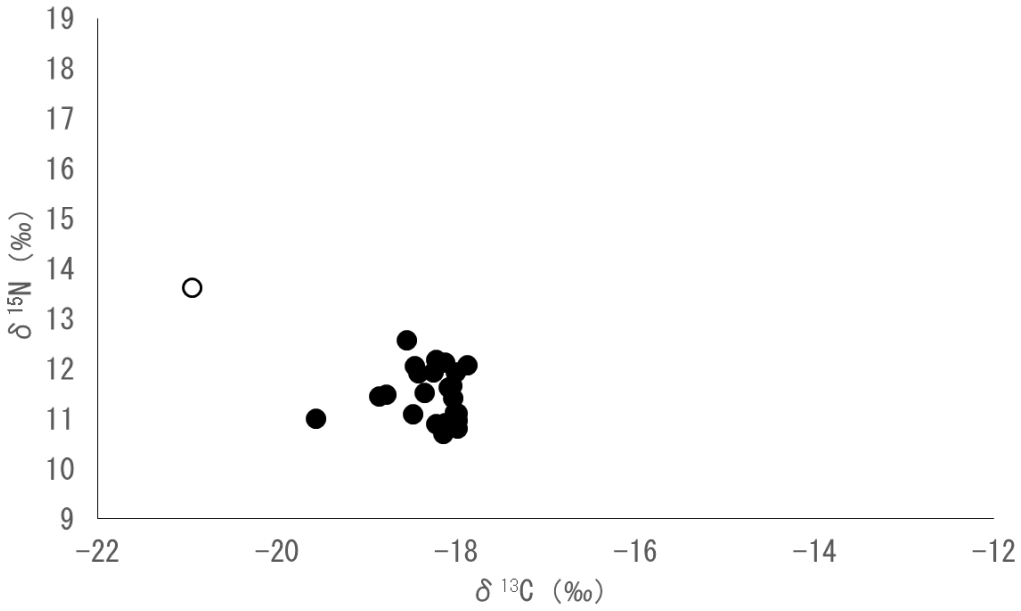


図 35. カズハゴンドウの安定同対比分析結果。黒丸が安定同位体比及び胃内容物を分析した個体を，白丸が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 36. カズハゴンドウの安定同対比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Peponocephala electra (n=24) カズハゴンドウ	−18.40±0.66	11.60±0.67
male (n=15)	−18.81±0.21	11.66±0.55
female (n=9)	−18.77±0.96	11.49±0.86

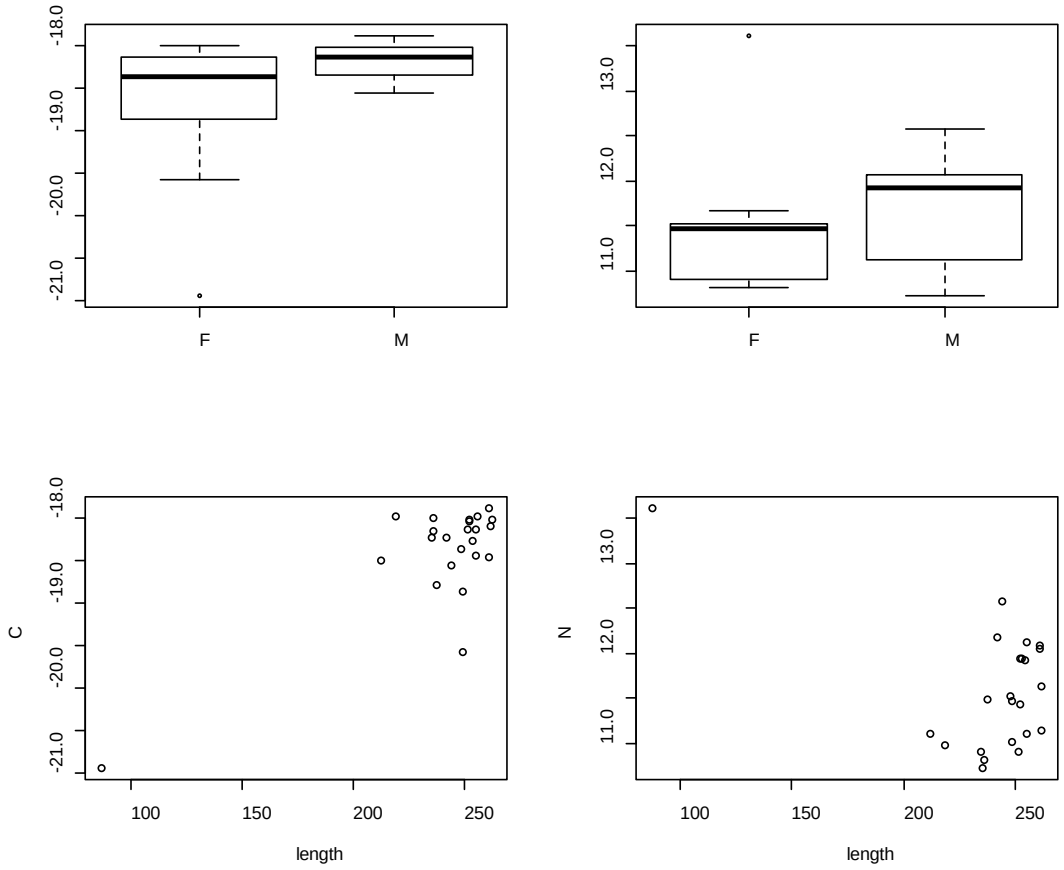


図 36. カズハゴンドウの安定同位体比と雌雄，体長との関係。左側が炭素安定同位体比，右側が窒素安定同位体比を表す。

表 37. カズハゴンドウの GAM 結果

C ~ s(length) + 1				(GCV 0.160)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(length)	1.976	2.256	17.51	<0.001
N ~ s(length) + sex + 1				(GCV 0.293)
Variables	**edf**	**Ref.df**	***F***	**P-value**
s(length)	2.729	3.217	7.156	<0.01
		estimated	***t***	**Pr(>|*t*|)**
sexM		0.3854	1.593	0.05<

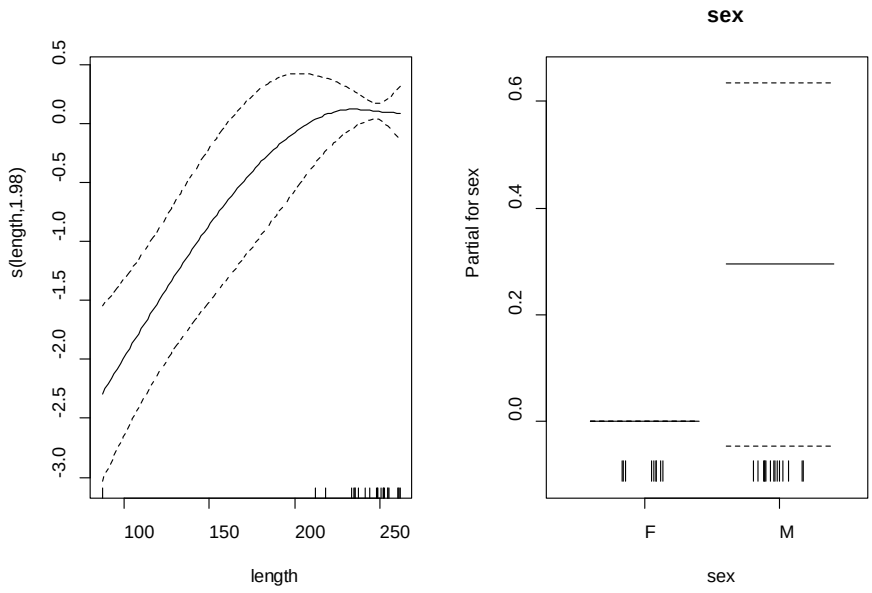


図 37. カズハゴンドウの GAM 結果。炭素安定同位体比と体長, 雌雄との関係。

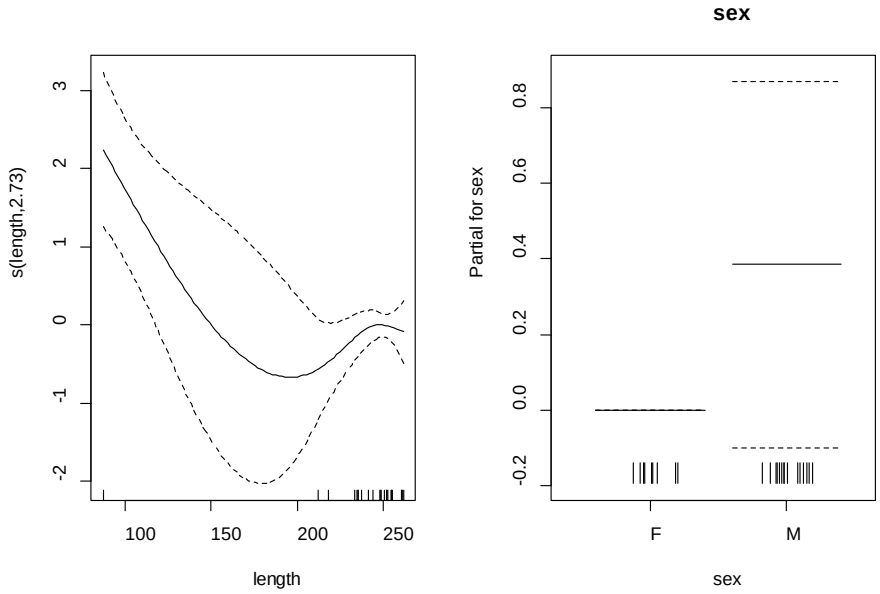


図 38. カズハゴンドウの GAM 結果。炭素安定同対比と体長, 雌雄との関係。

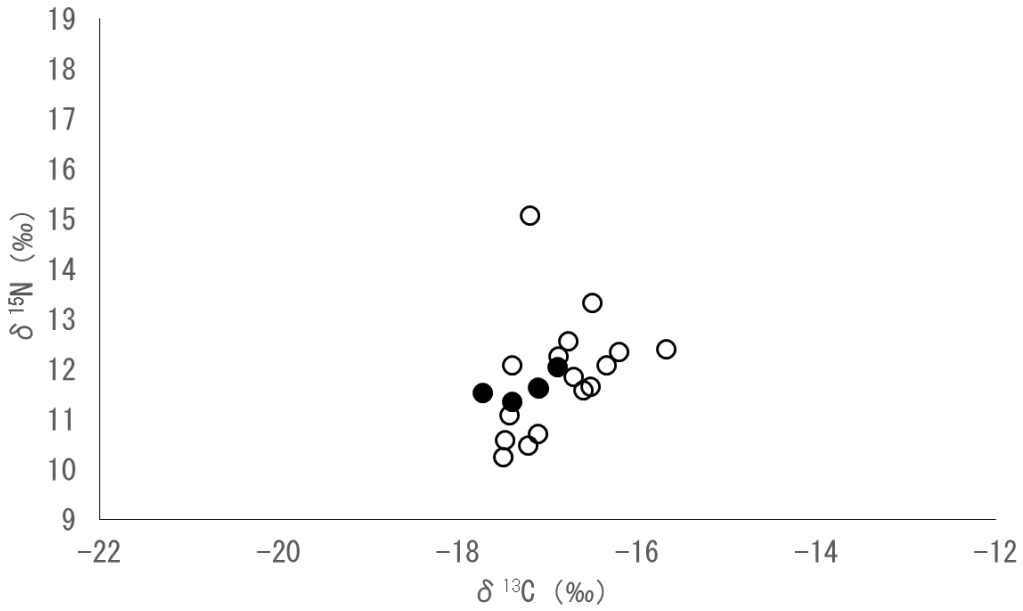


図 39. ハナゴンドウ安定同位体比分析結果。黒丸が安定同位体比及び胃内容物を分析した個体を，白丸が安定同位体比のみを分析した個体を示す。

表 38. ハナゴンドウ安定同位体比分析結果

	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Grampus griseus (n=21) ハナゴンドウ	−16.94±0.51	11.84±1.06
male (n=11)	−16.65±0.47	12.23±1.24
female (n=10)	−17.26±0.34	11.40±0.62
Sea of Japan (n=7)	−16.85±0.34	12.69±1.18
Pacific Ocean (n=13)	−17.04±0.56	11.34±0.67
East China Sea (n=1)	−16.20	12.35

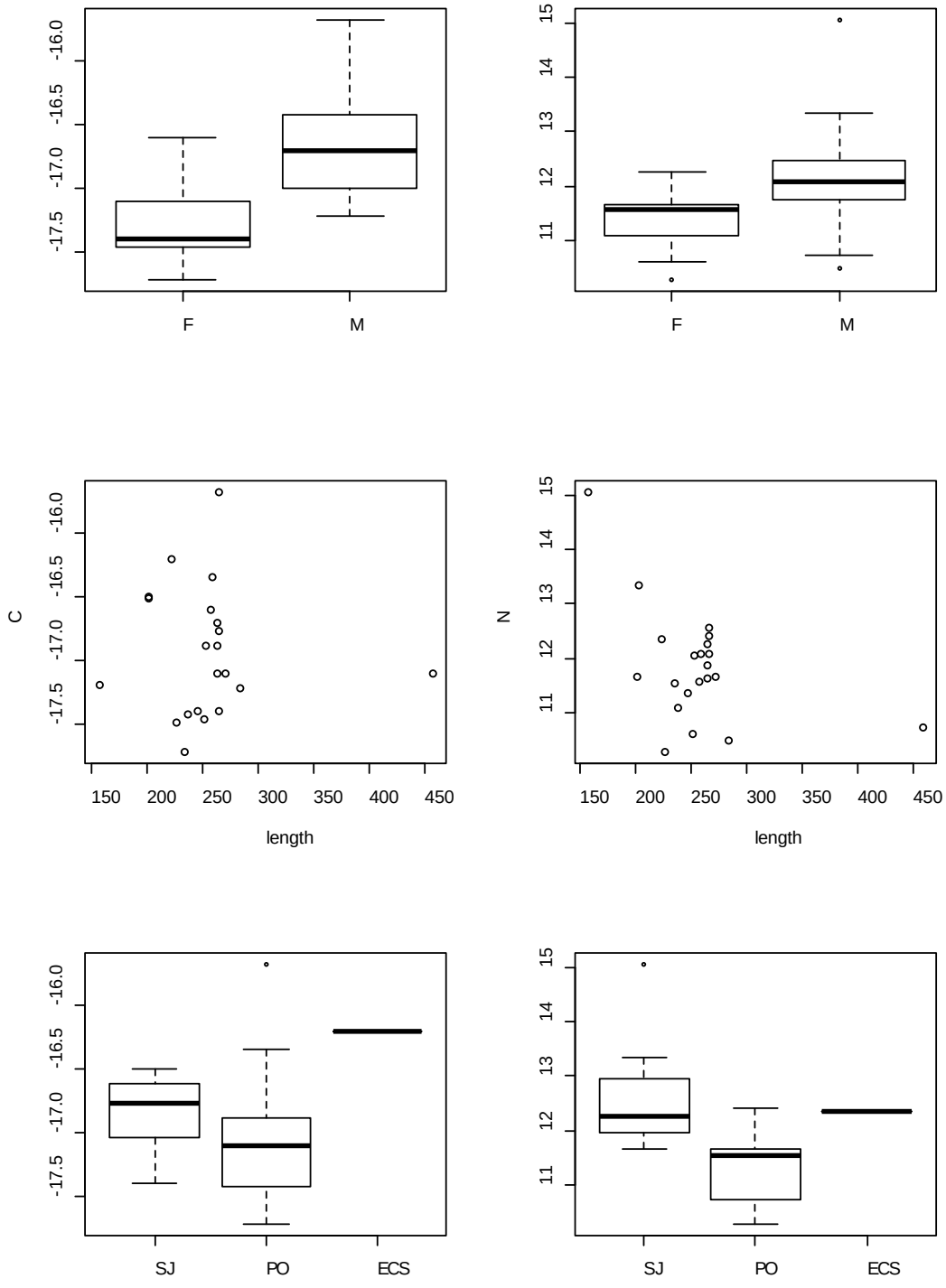


図 40. ハナゴンドウ安定同対比と雌雄，体長，海域との関係。左側が炭素安定同位体比，右側が窒素安定同位体比を表す。また，SJ が日本海，PO が太平洋，ECS が東シナ海を示す。

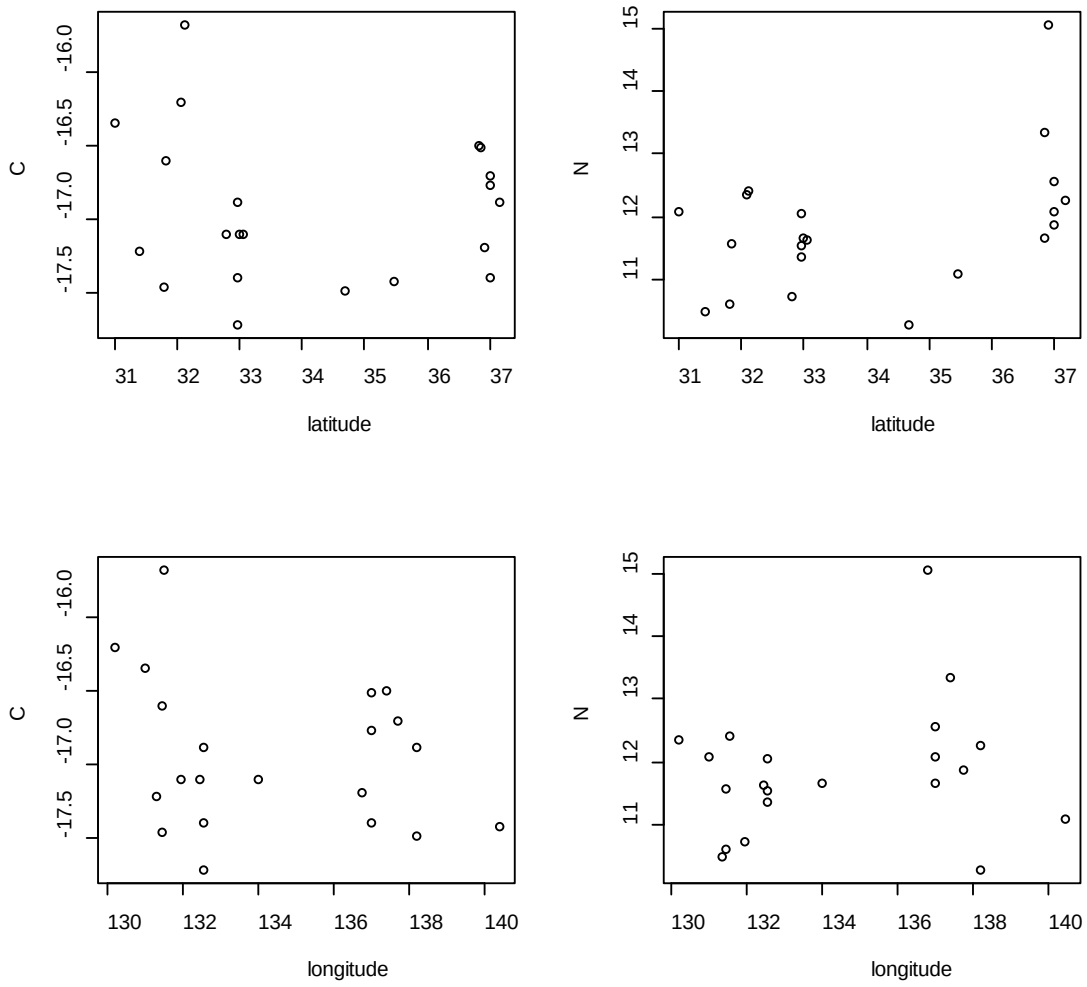


図 41. ハナゴンドウの安定同位体比と緯度, 経度との関係。左側が炭素安定同位体比, 右側が窒素安定同位体比を表す。

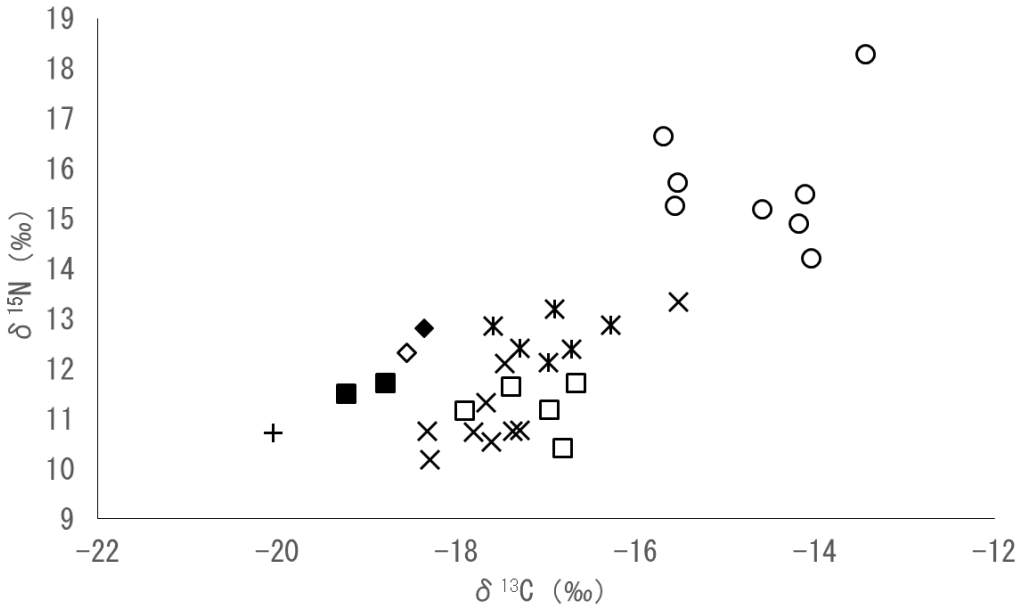


図 42. ハンドウイルカ（⁎），ミナミハンドウイルカ（○），コビレゴンドウ（◇），コマッコウ（□），オガワコマッコウ（×），セミイルカ（＋）の安定同位体比分析結果。黒四角はコマッコウの安定同位体比分析個体のうち，胃内容物分析も行っている個体を，黒ひし形は，コビレゴンドウの安定同位体比分析個体のうち，胃内容物分析も行っている個体を示す。

表 39. ハンドウイルカ, ミナミハンドウイルカ, コビレゴンドウ, コマッコウ, オガワコマッコウ, セミイルカの安定同位体比分析結果

species	C (mean±s.d.)	N (mean±s.d.)
Tursiops truncatus (n=6) ハンドウイルカ	−16.96±0.45	12.64±0.40
Tursiops aduncus (n=8) ミナミハンドウイルカ	−14.64±0.85	15.71±1.25
Kogia breviceps (n=7) コマッコウ	−17.68±1.00	11.33±0.47
Kogia sima (n=9) オガワコマッコウ	−17.48±0.82	11.16±0.98
Globicephala macrorhynchus (n=2) コビレゴンドウ	−18.45±0.14	12.56±0.33
Lissodelphis borealis (n=1) セミイルカ	−20.04	10.72

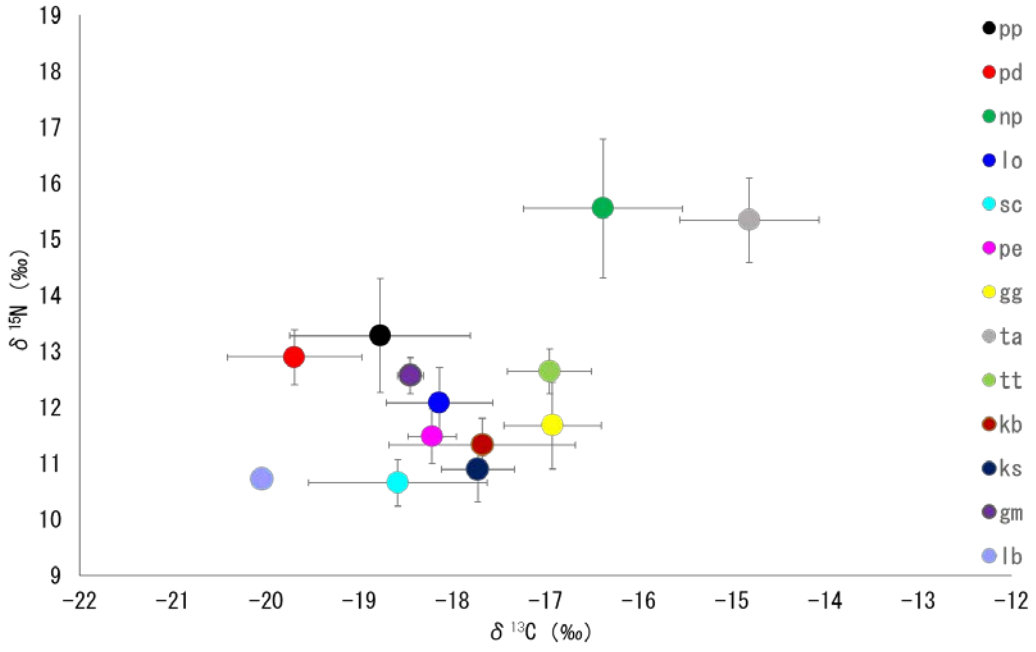


図 43. 全種の安定同位体比分析結果(mean±s.d.)。pp がネズミイルカ, pe がイシイルカ, np がスナメリ, lo がカマイルカ, sc がスジイルカ, pe がカズハゴンドウ, gg がハナゴンドウ, ta がミナミハンドウイルカ, tt がハンドウイルカ, kb がコマッコウ, ks がオガワコマッコウ, gm がコビレゴンドウ, lb がセミイルカを示す。

表 40. 炭素安定同位体比分析結果の基本統計量。QR は四分位範囲を示す。

種	Min	1st Qu.	Med	Mean	3rd Qu.	Max	尖度	QR	s.d.
ネズミイルカ	-21.29	-19.30	-18.80	-18.78	-18.21	-16.73	0.01	1.09	0.97
イシイルカ	-20.97	-20.31	-19.62	-19.70	-19.11	-18.54	-0.89	1.20	0.72
スナメリ	-18.59	-16.86	-16.33	-16.39	-15.75	-15.01	0.03	1.11	0.85
カマイルカ	-19.28	-18.51	-18.15	-18.14	-17.70	-16.77	0.11	0.80	0.57
スジイルカ	-20.52	-19.13	-18.53	-18.59	-17.72	-16.98	-0.88	1.41	0.96
カズハゴンドウ	-18.86	-18.36	-18.13	-18.22	-18.03	-17.88	0.89	0.34	0.26
ハナゴンドウ	-17.73	-17.40	-17.00	-16.93	-16.58	-15.68	0.16	0.82	0.52
ミナミハンドウイルカ	-15.69	-15.55	-14.59	-14.82	-14.15	-14.04	-2.57	1.40	0.75
ハンドウイルカ	-17.59	-17.21	-16.94	-16.96	-16.76	-16.28	0.09	0.45	0.45
コマッコウ	-19.23	-18.35	-17.39	-17.68	-16.89	-16.67	-1.22	1.46	1.00
オガワコマッコウ	-18.33	-17.93	-17.64	-17.73	-17.44	-17.29	-0.84	0.49	0.39
コビレゴンドウ	-18.55	-18.50	-18.45	-18.45	-18.40	-18.36		0.10	0.14
セミイルカ	-20.04		-20.04	-20.04		-20.04			

表 41. 窒素安定同位体比分析結果の基本統計量。QR は四分位範囲を示す。

	Min	1st Qu.	Med	Mean	3rd Qu.	Max	尖度	QR	s.d.
ネズミイルカ	11.34	12.44	13.14	13.28	13.95	15.75	-0.27	1.51	1.02
イシイルカ	12.03	12.59	12.78	12.89	13.25	14.19	0.49	0.67	0.49
スナメリ	12.47	14.78	15.37	15.55	16.19	17.90	-0.17	1.41	1.24
カマイルカ	10.89	11.73	12.14	12.08	12.43	13.78	0.55	0.71	0.63
スジイルカ	9.97	10.39	10.60	10.65	10.98	11.83	0.84	0.59	0.41
カズハゴンドウ	10.71	11.10	11.49	11.48	11.94	12.18	-1.41	0.84	0.48
ハナゴンドウ	10.25	11.30	11.65	11.68	12.13	13.33	-0.05	0.83	0.77
ミナミハンドウイルカ	14.20	15.04	15.26	15.34	15.60	16.64	1.40	0.55	0.75
ハンドウイルカ	12.12	12.40	12.63	12.64	12.87	13.19	-1.30	0.47	0.40
コマッコウ	10.42	11.16	11.50	11.33	11.67	11.71	2.01	0.51	0.47
オガワコマッコウ	10.18	10.68	10.75	10.89	10.91	12.10	2.43	0.22	0.58
コビレゴンドウ	12.33	12.44	12.56	12.56	12.68	12.80		0.24	0.33
セミイルカ	10.72		10.72	10.72		10.72			

第五章　各小型ハクジラ類の同位体ニッチの分析

5-1. 背景

動物の体を構成する物質は，食べたもの，棲息した場所の影響を強く受けている。そのため，近年安定同位体比分析によって得られた結果を同位体ニッチ（isotopic niche）として生態学の分野へ応用されるようになってきた（Genner et al. 1999: Bocher et al. 2000; Newsome et al. 2007）。本研究によって得られた各鯨種の安定同位体比から，各種の同位体ニッチ及びその重複度合いを求めることで，各種の実現ニッチについて検討を行った。

5-2. 材料と方法

第四章において得られた，各鯨種の炭素窒素安定同位体比において，同位体ニッチ範囲（isotopic niche area）を求めた。ニッチ範囲は，ベイズ推定法によりベイズ標準楕円（Standard ellipse）を推定することで算出した。また各鯨種の推定されたベイズ標準楕円の重複割合を求めた。計算には R パッケージ SIBER（Stable Isotope Bayesian Ellipses in R; Jackson et al. 2011, ver. 2.1.2）を用いた。本手法は，標本数によるバイアスを受けない頑健な比較手法である（Jackson et al. 2011）。本研究結果によって得られた，各鯨種の $\delta^{13}C$ 及び $\delta^{15}N$ の範囲に，10,000 回の反復計算によって推定されたベイズ標準楕円（Standard ellipse）を求めた。同位体ニッチ幅はベイズ標準楕円の面積(SEA_B)で、種間の同位体ニッチの重複は SEA_B の重複度よって評価した。なお各鯨種の安定同位体比は，離乳前後により大きく異なるため，用いた標本のうち，離乳後であり，母乳の影響を受けていない体長の個体を用いた。計算に用いた個体はネズミイルカでは水族館飼育個体

の新生仔以外，イシイルカでは体長 150 cm 以上，スナメリでは 90 cm 以上，スジイルカ，カズハゴンドウは胎児以外，ハナゴンドウは 160 cm 以上，コマッコウ，オガワコマッコウ，ミナミハンドウイルカ，ハンドウイルカは全ての個体を計算に用いた。なお，コビレゴンドウとセミイルカは標本数が少ないため，同位体ニッチの推定からは除いた。

5-3. 結果

各鯨種の推定されたベイズ標準楕円の面積（SEA_B）は表 42 及び図 44，45 のようになった。また，種間のベイズ標準楕円の重複度（%）を推定し，表 43 にまとめた。沿岸域に棲息するネズミイルカ科において SEA_B が広かった（スナメリ：3.35‰^{2}，ネズミイルカ：3.03‰^{2}）。同じしかし同じネズミイルカ科であるイシイルカでは SEA_B は狭かった（1.12‰^{2}）。SEA_B が狭かったのは，カズハゴンドウ（0.46‰^{2}）及びハンドウイルカ（0.80‰^{2}）であった。ネズミイルカのベイズ標準楕円と，他種とのベイズ標準楕円との重複割合は，イシイルカとの間で最大値を示し（32.94%），ミナミハンドウイルカとの間で最小値を示した（1.06%）。イシイルカでは，ネズミイルカとの間で最大重複度を示し（90.60%），ミナミハンドウイルカとは全く重複しなかった（0%）。スナメリでは，ミナミハンドウイルカと最大値を示し（29.12%），スジイルカとは全く重複しなかった（0%）。カマイルカでは，ネズミイルカと最大重複度を示し（76.10%），ミナミハンドウイルカとはほとんど重複しなかった（0.02%）。スジイルカでは，コマッコウと最も重複し（48.64%），スナメリ，ミナミハンドウイルカとは全く重複しなかった（0%）。カズハゴンドウでは，カマイルカと最も重複し（86.40%），ミナミハンドウイルカとは重複しなかった（0%）。ハナゴンドウはコマッコウと最も重複し（51.35%），ミナミハンドウイルカとの間で最小重複度を示した

（0.49%），ミナミハンドウイルカでは，スナメリと最も重複し（59.26%），イシイルカ，スジイルカ，カズハゴンドウ，コマッコウとは全く重複しなかった（0%）。ハンドウイルカでは，ネズミイルカと最大重複度を示し（58.28%），ミナミハンドウイルカと最小重複度を示した（0.51%）。コマッコウでは，カマイルカと最も重複し（44.66%），ミナミハンドウイルカとは全く重複しなかった（0%）。オガワコマッコウではスジイルカとで最も重複し（60.70%），ミナミハンドウイルカとほとんど重複しなかった（0.01%）。

5-4. 考察

安定同位体比は，餌の食物網の起源や栄養段階を表す指標として用いられるため，餌生物種は重複していても，摂餌する場所が異なる場合（例えば，沿岸 対 沖合）や，餌生物の大きさが異なる（栄養段階が異なる）場合，同位体ニッチの重複は少ないと推測される。コマッコウは主に温暖な海域に生息するが（Rice 1989），イシイルカの日本周辺海域における分布の南限は太平洋側で千葉県銚子北部，日本海側で島根県である。コマッコウとイシイルカは，利用する餌生物は似ていたが，主な分布域が異なるため，同位体ニッチの重複度は低かったと考えられる。

同位体ニッチの重複度は，イシイルカに対するネズミイルカの重複度と，カズハゴンドウに対するカマイルカの重複度が大きかった（それぞれ 32.94%，86.40%）。しかし，胃内容物の重複は，イシイルカとネズミイルカの間で 9.10%，カズハゴンドウとカマイルカの間で 11.08%であった。同位体ニッチの重複度は，摂餌する餌生物の栄養段階が似通っていること，摂餌する海域が似通っていることを示しているが，具体的な餌生物を特定することはできない。2007 年から 2016 年までの北海道におけるストランディング発生時期と，発生場所から，イシイルカとネズミイルカでは，4～6 月の

日本海，津軽海峡，太平洋，根室海峡，オホーツク海と，7〜9 月の太平洋，根室海峡，オホーツク海で同所的に棲息している可能性が高いが（表 44），胃内容物分析結果による餌生物の重複度は小さく，ネズミイルカは沿岸域においてイカ類や魚類を摂餌していたが，イシイルカは中深層性の頭足類を主に摂餌していた。2013 年から 2015 年までの日本周辺海域におけるカマイルカとカズハゴンドウのストランディングの発生時期と，発生場所から（表 45）（石川 2014, 2015, 2016），1〜3 月の東日本地域において生息域が重複している可能性が高いが，胃内容物分析の結果，カマイルカは沿岸域で表層性の魚類や頭足類を摂餌していたが，カズハゴンドウは中深層性の魚類を主に摂餌していた。そのため，同位体ニッチの重複は見られたが，餌生物資源を巡る競争は起こっていないと考えられた。

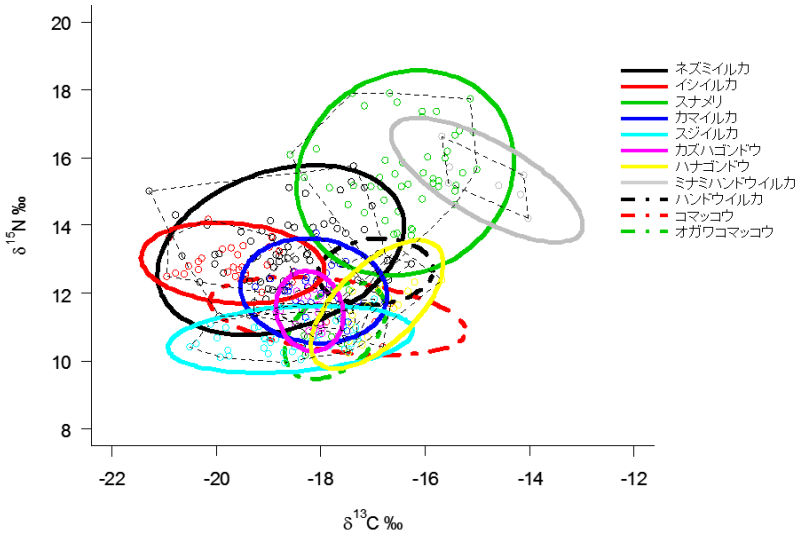


図 44. 各鯨種のベイズ標準楕円推定結果。

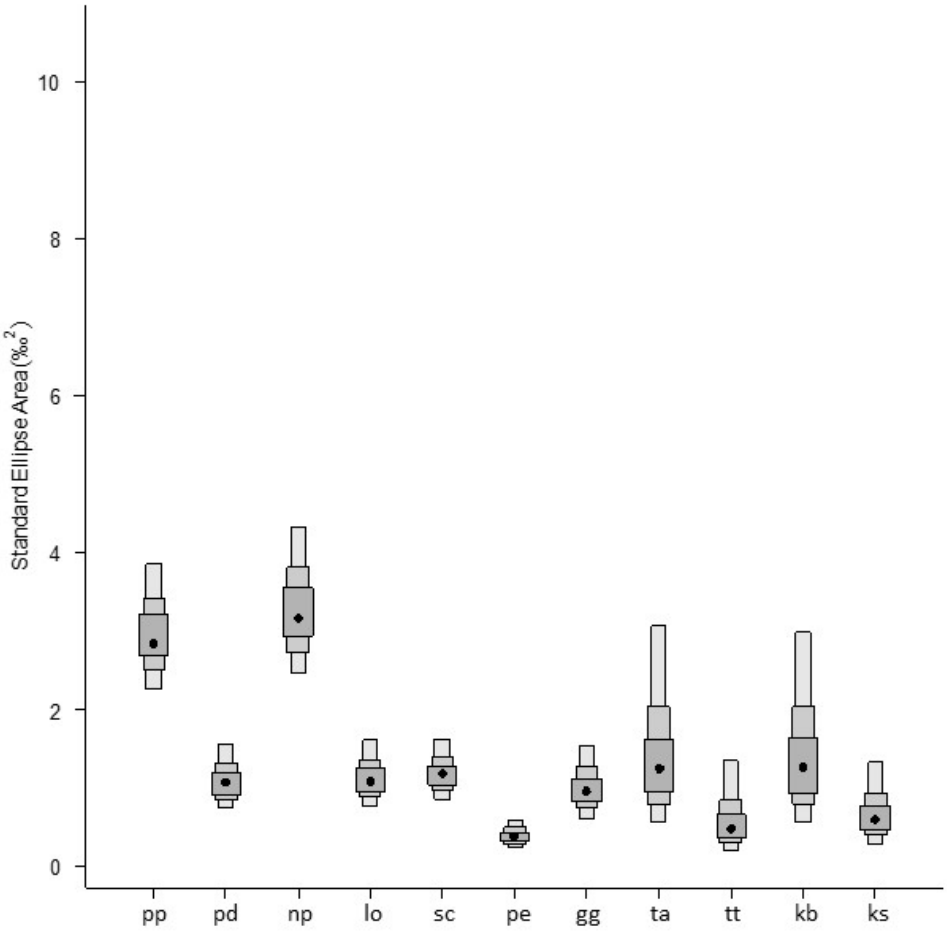


図 45. 推定された各鯨種のベイズ標準楕円の面積(‰²)。pp がネズミイルカ, pe がイシイルカ, np がスナメリ, lo がカマイルカ, sc がスジイルカ, pe がカズハゴンドウ, gg がハナゴンドウ, ta がミナミハンドウイルカ, tt がハンドウイルカ, kb がコマッコウ, ks がオガワコマッコウ, gm がコビレゴンドウ, lb がセミイルカを示す。ボックスプロットは, 95, 75, 50%信用区間(credibility intervals)を示す。

表 42. 各鯨種のベイズ標準楕円の面積の推定値（SEA_B(‰^{2})）。QR は四分位範囲を示す（pp：ネズミイルカ，pd：イシイルカ，lo：カマイルカ，sc：スジイルカ，pe：カズハゴンドウ，gg：ハナゴンドウ）。

SEA.B（‰^{2}）	pp	pd	np	lo	sc	pe	gg	ta	tt	kb	ks
Min.	1.79	0.63	2.09	0.68	0.66	0.19	0.48	0.47	0.17	0.46	0.24
1stQu.	2.74	0.97	3.00	1.01	1.07	0.35	0.88	1.13	0.45	1.14	0.55
Med	3.00	1.10	3.30	1.14	1.20	0.40	1.02	1.46	0.59	1.47	0.69
Mean	3.03	1.12	3.35	1.17	1.22	0.41	1.06	1.63	0.68	1.63	0.76
3rdQu	3.28	1.26	3.64	1.30	1.33	0.46	1.19	1.92	0.80	1.93	0.88
Max	4.92	2.33	5.82	2.39	2.24	0.97	2.38	9.58	4.97	8.67	2.80
QR	0.53	0.29	0.65	0.29	0.26	0.12	0.31	0.79	0.34	0.79	0.33

表 43. 各鯨種のベイズ標準楕円の重複度（%）の推定値。行の鯨種のベイズ標準楕円に対する列の鯨種の重複度を示す（pp：ネズミイルカ，pd：イシイルカ，lo：カマイルカ，sc：スジイルカ，pe：カズハゴンドウ，gg：ハナゴンドウ）。

	pp	pd	np	lo	sc	pe	gg	ta	tt	kb	ks
pp		32.94	27.90	28.79	9.74	8.77	7.22	1.06	11.16	20.47	5.88
pd	90.60		1.72	32.69	1.44	7.13	0.53	0.00	4.68	22.60	1.10
np	26.22	0.59		3.55	0.00	0.07	6.69	29.12	7.87	0.85	1.02
lo	76.10	31.42	9.99		31.03	29.48	33.08	0.02	23.55	56.35	30.41
sc	25.11	1.35	0.00	30.27		19.07	33.00	0.00	4.27	48.64	37.25
pe	67.97	20.08	0.59	86.40	57.32		30.08	0.00	14.61	77.56	48.16
gg	21.55	0.58	21.24	37.36	38.22	11.59		0.49	30.80	51.35	41.19
ta	2.03	0.00	59.26	0.01	0.00	0.00	0.32		0.19	0.00	0.01
tt	58.28	8.89	43.72	46.53	8.64	9.85	53.88	0.51		32.18	20.05
kb	42.87	17.22	1.89	44.66	39.51	20.97	36.03	0.00	12.91		29.03
ks	24.72	1.68	4.55	48.34	60.70	26.12	57.96	0.01	16.13	58.23	

表 44. 2007 年から 2016 年までの，北海道におけるネズミイルカとイシイルカのストランディング発生時期と発生場所。pp がネズミイルカ，pd がイシイルカを示す。

	1~3 月		4~6 月		7~9 月		10~12 月	
	pp	pd	pp	pd	pp	pd	pp	pd
日本海	24	1	7	24	0	2	6	0
津軽海峡	0	0	2	1	0	0	0	0
太平洋	4	0	37	3	14	4	7	1
根室海峡	0	3	22	29	12	16	20	0
オホーツク海	0	0	1	16	1	3	0	1

表 45. 2013 年から 2015 年までの，日本周辺海域におけるカマイルカとカズハゴンドウのストランディング発生時期と発生場所。lo がカマイルカ，pe がカズハゴンドウを示す。

	1~3 月		4~6 月		7~9 月		10~12 月	
	lo	pe	lo	pe	lo	pe	lo	pe
九州	0	1	0	0	0	0	0	0
西日本	0	0	0	0	1	0	0	0
東日本	3	1	0	2	0	10	0	2
北海道	0	0	1	0	7	0	0	0

第六章　総合考察

6-1.　ストランディング個体を用いた食性研究

本研究では，日本周辺海域におけるストランディング個体を用いて，ネズミイルカ科 3 種，マイルカ科 7 種，コマッコウ科 1 種の胃内容物を記載した。ストランディング個体の胃内容物分析では，死亡した個体の死亡原因が明らかになることが少なく，その個体が通常の摂餌行動を行えていない可能性が指摘されている（Santos et al. 2001; Barros & Clarke 2002; Tollit et al. 2003）。一方で，ストランディング個体の胃内容物分析結果と，生存個体の糞の DNA 分析結果を比較し，ストランディング個体が生存個体と変わらない餌利用を行っていることも，一部地域で明らかにされている（Dunshea et al. 2013）。また，ストランディング個体を用いた鯨類の環境汚染物質による汚染状況（Ochiai et al. 2017）や，病理学的研究も進んでおり，環境汚染物質の汚染経路や，病変が確認された個体の摂餌状況を考察する上で，ストランディング個体の胃内容物分析結果は重要な知見となる。

死亡個体のストランディングは，個体の死亡，漂流，漂着，発見という過程を経て偶発的に発生する。漂流により，漂着地点が死亡地点とは大きく異なる可能性もあり，また漂着地点によって発見される可能性も異なることから，漂着場所から生息場所を推定したり，個々の標本個体の食性を生息場所ごとの食性の代表値だと見なしたりすることについては慎重であるべきであるが，今後標本や情報が蓄積されていくことにより，漂流や発見率の違いによる偏りは，標本数の増加によって一定程度減少することが期待される。

安定同位体比分析では，日本周辺海域における様々な地域の一次生産者の同位体比が明ら

かにならなければ，海域ごと，季節ごとの食物網の出発点の値の推定は困難である。また，餌生物についても地域や個体群，大きさ，季節によって炭素窒素の安定同位体比が変化すること（Tanaka et al. 2008），高次捕食者の濃縮係数が未解明である種が多いことから，高次捕食者の餌生物を，安定同位体比から推定するためには，解決すべき問題点が多い。日本周辺海域において，炭素窒素安定同位体比分析を用いた鯨類を含む食物網の解明には，まずは沿岸域で定住性を示す鯨種の食性分析結果を蓄積するとともに，十分量の餌生物についても収集，分析を進めることからはじめるべきであろう。。日本沿岸では，長崎県のスナメリやミナミハンドウイルカ個体群がその対象になる可能性がある。

6-2. 小型ハクジラの食性の特徴と同位体ニッチ

本研究結果から，ネズミイルカは沿岸域において，底生から表層までの魚類や頭足類を，イシイルカは中深層性の頭足類を，カマイルカは沿岸域における浮魚類や頭足類を，スジイルカは沿岸域における頭足類や，中深層性の頭足類，魚類を，カズハゴンドウは中深層性の魚類，頭足類を，ハナゴンドウは沿岸域に生息する頭足類から深海性の頭足類を，コマッコウは中深層性，深海性の頭足類を主に摂餌していたことが明らかとなった。また，コマッコウとイシイルカでは，餌生物の重複度は高くなったが，生息域の違いから，同位体ニッチは小さくなり，ネズミイルカとイシイルカ，カマイルカとカズハゴンドウは同位体ニッチの重複は見られたものの，実際の餌生物の重複が小さかった。したがって，本研究に用いた種については，現段階では餌資源を巡る競合は発生しておらず，そのため，日本周辺海域では 30 種にも及ぶ多様な小型ハクジラが棲息することが可能となっ

たことが示唆された。しかし，ネズミイルカとカマイルカ，スナメリ，ミナミハンドウイルカなどは，安定同位体比分析結果から，他種と比較して，沿岸域での摂餌が推察され，また，ネズミイルカとカマイルカの胃内容物分析結果からはスケトウダラやマイワシ，ニシン，スルメイカ，マアジなどの漁獲対象種が多く出現したため，現在は顕在化していないが，人間活動である漁業との競合に，今後注意する必要があると考えられる。

七章　要約

【背景・目的】

食性情報は，生態系内における生物同士の相互作用を表している。鯨類は，海洋生態系における最高次捕食者であり，捕食を通じて生態系の構造や機能に影響を及ぼす。日本周辺海域には，約 30 種の小型ハクジラが棲息しており，海洋生態系において重要な地位を占める。過去に捕獲対象種については食性研究が行われていたが，その対象種，捕獲時期，捕獲場所が限定される。捕食を通じた生態系の構造や機能への影響，特にニッチ分割等，捕食を通じた種間関係を知るためには幅広い種・地域を網羅する必要があり，そのためには，ストランディング（漂着・混獲）死亡個体を用いることが唯一の手段である。食性研究で広く用いられる胃内容物分析では具体的な餌生物種を特定することができるが，死亡する直前の餌生物しか反映しない。ストランディング個体の食性は健常個体の食性と異なる懸念があり，ストランディング個体を用いた食性研究はほとんど行われてこなかった。そこで，生物組織中の炭素と窒素の安定同位体の存在比から棲息環境や栄養段階を推定する安定同位体比分析を併せて行うことで，ストランディング個体からでも食性の特徴を推定できると考えた。本研究では，日本周辺海域における小型ハクジラ類 12 種の摂餌特性を，胃内容物分析と安定同位体比分析から明らかにするとともに，捕食を通じた種間関係を各種間の食性のニッチ分割から解明することを目的として研究を行った。

【材料・方法】

標本は 2001～16 年に日本周辺海域においてストランディングした死亡個体を用いた。胃

内容物分析および安定同対比分析に使用した個体数は，それぞれネズミイルカ *Phocoena phocoena* 32 / 63，イシイルカ *Phocoenoides dalli* 42 / 45，スナメリ *Neophocaena phocaenoides* 2 / 66，カマイルカ *Lagenorhynchus obliquidens* 47 / 38，スジイルカ *Stenella coeruleoalba* 35 / 43，ハンドウイルカ *Tursiops truncates* 3 / 6，ミナミハンドウイルカ *Tursiops aduncus* 1 / 8，セミイルカ *Lissodelphis borealis* 0 / 1，ハナゴンドウ *Grampus griseus* 6 / 21，コビレゴンドウ *Globicephala macrorhynchus* 2 / 2，カズハゴンドウ *Peponocephala electra* 30 / 24，コマッコウ *Kogia breviceps pygmy* 8 / 7，オガワコマッコウ *Kogia sima* 0 / 9 の合計 208 / 333 個体であった。

胃内容物中の餌種は, 頭足類の顎板や, 魚類の耳石から同定した。各餌種の個体数組成 *N*%と出現頻度 *F*%を算出し，各種の胃内容物の特徴を明らかにした。また，鯨種ごとの餌種の類似度を調べるために，百分率類似度 *PS* を求めた。安定同位体比は，筋肉組織より常法にしたがって $\delta^{13}C$ と $\delta^{15}N$ を測定し，種間重複を明らかにするために，各鯨種の $\delta^{13}C$ と $\delta^{15}N$ のベイズ標準楕円（同位体ニッチ）面積の重複率を算定した。

【結果】

胃内容物分析結果

ネズミイルカはイカナゴ属魚類の個体数組成（*N*%）が最も高く(74%)，出現頻度(*F*%)ではダンゴイカ科が最も高かった（52%)。餌生物種は幅広く，タラ科やハダカイワシ科，ヤリイカ科, エビジャコ科など様々であったが, 主に沿岸域における底生性魚類や頭足類を利

用していた。イシイルカでは，*N*%，*F*%ともテカギイカ科が最も高く（60%，45%），中深層性の頭足類を主に利用していた。スナメリでは，ダンゴイカ科，ヤリイカ科，ネンブツダイなどが出現し，沿岸域における魚類やと頭足類の摂餌が確認された。カマイルカはニシン科の *N*%が最も高く(44%)，*F*%が最も高かったのはアカイカ科であった（45%）。その他，スルメイカやカタクチイワシ，サッパ，イカナゴ属，アジなど，集群性，表層性の餌生物を主に利用していた。スジイルカは，種不明ハダカイワシ科の *N*%が最も高く（22%），*F*%は，種不明アカイカ科が最も高かった（60%）。その他沿岸の頭足類であるヤリイカ科，中深層性頭足類であるカギイカやドスイカを捕食していた。カズハゴンドウでは，種不明ハダカイワシ科の *N*%が最も高く（18%），*F*%が高かった餌生物はスイトウハダカ（97%）であった。ハナゴンドウの胃内容物では，ホタルイカモドキの *N*%が最も高く（43%），*F*%は種不明ヤリイカ科，ホタルイカモドキ，ユウレイイカ，種不明八腕形目で高くなった（33%）。ミナミハンドウイルカは空胃であり，餌生物の特定はできなかった。ハンドウイルカでは，ホタルイカモドキやトビイカ，種不明メバル属などが出現した。コビレゴンドウでは，2 個体の胃から，種不明テカギイカ科，種不明アカイカ科が出現し，*N*%もアカイカ科で 97%となり最も多かった。そのほかミズダコやヤナギダコも出現した。コマッコウの胃内容物では，テカギイカ科イカ類の *N*%が最も大きく（42%），*F*%ではテカギイカ科イカ類，ゴマフイカ科イカ類，ホタルイカモドキが高かった（50%）。各鯨種の胃内容物の類似度を算出した結果，コマッコウとイシイルカで最も類似度が高く（72%），次にスジイルカとカズハゴンドウで

高くなった（54%）。その他の種間の類似度は 0.80～32%であった。

安定同位体比分析結果

各鯨種の筋肉組織における $\delta^{13}C$ は，-20.04 から-14.64‰となり，セミイルカ<イシイルカ<ネズミイルカ<スジイルカ<コビレゴンドウ<カズハゴンドウ<カマイルカ<コマッコウ<オガワコマッコウ<ハンドウイルカ<スナメリ<ミナミハンドウイルカとなった。$\delta^{15}N$ は，10.72 から 15.83‰となり，セミイルカ<スジイルカ<オガワコマッコウ<コマッコウ<カズハゴンドウ<ハナゴンドウ<カマイルカ<コビレゴンドウ<ネズミイルカ<イシイルカ<ハンドウイルカ<ミナミハンドウイルカ<スナメリとなった。

同位体ニッチの面積は沿岸性種であるネズミイルカ，スナメリで広く，沖合性種であるカズハゴンドウで狭くなった。同位体ニッチの面積の重複を算出した結果，イシイルカの同位体ニッチに対するネズミイルカの重複が大きく（91%），続いて，カズハゴンドウに対するカマイルカの重複が大きかった（86%）。

【考察】

胃内容物分析結果から，ネズミイルカ，カマイルカ，スナメリが沿岸域で摂餌を行っていることが明らかとなり，安定同位体比分析の結果から，ネズミイルカが北方域において，ミナミハンドウイルカとスナメリが南方域において，沿岸域で様々な餌生物を利用していることが明らかとなった。また，セミイルカが最も沖合域で摂餌していること，コマッコウやオガワコマッコウは深海性の頭足類を主に摂餌するが，沖合のみでなく，沿岸域も利用して

いることが示唆された。胃内容物分析結果と，安定同位体比分析結果には大きな矛盾は見られなかったが，カマイルカについては，安定同位体比分析結果から，沿岸域での摂餌を行っているという結論を得ることはできなかった。これは，ストランディング個体に限って沿岸域で摂餌を行っていた，もしくは，本種が 1 年を通して日本周辺海域を回遊しているため，棲息環境が様々であり，安定同位体比分析結果の解釈が困難となったためと考えられる。

安定同位体比は，餌の食物網の起源や栄養段階を表す指標として用いられるため，餌生物種は重複していても，摂餌する場所が異なる場合（例えば，沿岸 対 沖合）や，餌生物の大きさが異なる（栄養段階が異なる）場合，同位体ニッチの重複は少ないと推測される。コマッコウは主に温暖な海域に生息するが，イシイルカは北海道を中心とした寒冷域に棲息するため，2 種の利用する餌生物は似ていたが，主な分布域が異なるため，同位体ニッチの重複度は低かった（22.60，17.22%）と考えられる。

本研究結果により，日本周辺海域における小型ハクジラの食性を種横断的に比較し，それぞれの食性の特徴を明らかにした。この成果は，食物網を経て蓄積される化学汚染経路の推定や，餌種との関係，人間活動との競合研究の基礎的知見として活用されることが期待される。

第八章　謝辞

本研究を進めるにあたり，日頃からご指導を賜りました北海道大学水産科学研究院の松石　隆教授に心より御礼申し上げます。また，魚類の種同定につきましてご教授いただき，本論文を作成するにあたり，御校閲の上，有益な御意見と御助言を賜りました，東海大学海洋学部　大泉　宏教授に厚く御礼申し上げます。研究設備を提供してくださり，本論文を作成するにあたり御校閲の上，有益な御意見と御助言を賜りました，北海道大学水産科学研究院　高津哲也教授に心より御礼申し上げます。本論文作成にあたり，丁寧な校閲と御意見をいただきました，北海道大学水産科学研究院　山村織生准教授に厚く御礼申し上げます。本研究では，ストランディング個体の収集に際し多大なるご協力を各方面の方々から賜りました。東京農業大学　小林万里教授，北海道大学三谷曜子准教授，日本鯨類研究所　田口美緒子博士，岩手大学　北村志乃博士，石狩砂丘の風資料館　志賀健司学芸員，北海道博物館　水島未記学芸員，羅臼漁協所属　桜井憲二氏，北海道胆振総合振興局室蘭建設管理部，久二野村水産株式会社，臼尻水産株式会社，石狩湾漁業協同組合浜益支所に心より御礼申し上げます。標本採取について，多大なるご協力をいただきました，国立科学博物館　田島木綿子博士，山田格名誉研究員，長崎大学　天野雅男教授に心より御礼申し上げます。胃内容物分析では，頭足類の種同定につきましてご教授いただきました，国立科学博物館　窪寺恒己博士，元東京海洋大学　谷田部明子博士に心より御礼申し上げます。安定同位体比分析において，多大なるご指導，ご協力を賜りました，東京大学　永田俊教授，横山佑介教授，宮島利宏助教，宮入陽介特任研究員，国立環境研究所　磯部友彦主任研究員，愛媛大学　国末達也教授，落合真理博士，愛媛大学　生物試料バンク　es-BANK 小川次郎様，なら

びに沿岸環境科学センター化学汚染解析分野の皆様，北海道医療大学　遠藤哲也教授に深く感謝いたします。また，データ処理に際し，御助言いただきました，国際水産研究所　金治佑研究員，元北海道大学　馬場真哉氏に心より感謝いたします。ストランディング調査をお手伝いいただきました，帯広畜産大学　中郡翔太郎氏，北海道立総合研究機構　堀本高矩博士，同大学院環境科学院の岩原由佳博士，富安信氏，神保美渚氏，北海道大学　黒田実加氏，松井菜月氏，前田彩貴氏，元松石研究室の皆様，北海道大学鯨類研究会の皆様に，心より感謝申し上げます。本研究はこれら多くの方々の御支援と御協力がなければ成し遂げることはできませんでした。心より感謝し，厚く御礼申し上げます。

最後に，精神面経済面で支えていただきました，父松田頼彦と母松田裕子に心からの感謝を表します。

本研究は，日本学術振興会科学研究費助成事業　課題番号 25281008 及び，26450255，クラーク記念財団　平成 26 年度博士後期課程在学生研究助成，平成 27 年度笹川科学研究助成（研究番号 27-722），平成 27 年度東京大学大気海洋研究所学際連携研究，平成 27 年度東京大学大気海洋研究所共同利用外来研究員事業，平成 28 年度東京大学大気海洋研究所学際連携研究，平成 28 年度東京大学大気海洋研究所共同利用外来研究員事業の助成を受けた。

第九章　引用文献

天野雅男. (1998) 黒潮・親潮移行域における小型ハクジラ類の分布と回遊 (総特集 黒潮親潮移行域の物理・生物・化学過程)--(4 章 黒潮親潮移行域の高次生物生産). *号外海洋*, 13, 187-191.

Amano, M. (2009) *Grampus griseus.* In The Wild Mammals of Japan (eds. Ohdachi, S. D. et al.), pp. 364-365. Kyoto: Shoukadoh Book Sellers.

Amano, M. & Kuramochi, T. (1992) Segregative migration of Dall's porpoise (*Phocoenoides dalli*) in the Sea of Japan and Sea of Okhotsk. *Marine Mammal Science*, 8, 143-151.

Amano, M. & Miyazaki, N. (2004) Composition of a school of Risso's dolphins, *Grampus griseus*. *Marine Mammal Science*, 20, 152-160.

Archer, F. I. (2002) Striped dolphin. In Encyclopedia of Marine Mammals (eds. Perrin, W. F. et al.), pp. 1201-1203, Academic Press, New York.

Barros, N. B. & Clarke, M. R. (2002) Diet. In Encyclopedia of marine mammals (eds. Perrin, W. F. et al.), pp.323-327, Academic Press, New York.

Barros, N. B., Parsons, E. C. M. & Jefferson, T. A. (2000) Prey of offshore bottlenose dolphins from the South China Sea. *Aquatic Mammals*, 26, 2-6.

Bearzi, G., Reeves, R. R., Remonato, E., Pierantonio, N. & Airoldi, S. (2011) Risso's dolphin *Grampus griseus* in the Mediterranean Sea. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 76, 385-400.

Bello, G. (1992) Stomach contents of a Risso's dolphin, *Grampus griseus*: do dolphins compete with fishermen and swordfish, *Xiphias gladius*. *European Research on Cetaceans*, 6, 199-202.

Bjørge, A. (2003) The harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the North Atlantic: variability in habitat use, trophic ecology and contaminant exposure. In Harbour Porpoises in the North Atlantic. Vol. 5. (eds. Haug T., Desportes G., Víkingsson, A. G. and Witting L.), pp.223-228, North Atlantic Marine Mammal Commission Scientific Publications, Tromsø.

Black, N. A. (1994). Behavior and ecology of Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) in Monterey Bay, California (Doctoral dissertation, San Francisco State University, California).

Black, N. A. (2009) Pacific white-sided dolphin *Lagenorhynchus obliquidens*. In Encyclopedia of Marine Mammals. 2nd ed. (eds. Perrin, W. F. et al.), pp. 817-818 Academic Press, New York.

Blanchet, M. A., Nance, T., Ast, C., Wahlberg, M., & Acquarone, M. (2008). First case of a monitored pregnancy of a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) under human care. *Aquatic Mammals*, 34, 9-20.

Blanco, C., Raduán, M. Á., & Raga, J. A. (2006) Diet of Risso's dolphin (*Grampus griseus*) in the western Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 70, 407-411.

Bocher, P., Cherel, Y., & Hobson, K. A. (2000) Complete trophic segregation between South Georgian and common diving petrels during breeding at Iles Kerguelen. *Marine Ecology Progress Series*, 208, 249-264.

Bowen, W. D. (1997) Role of marine mammals in aquatic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 158, 267-274.

Brownell, R. L. Jr. & Yamada, K. T. (2006) Mass strandings of melon-headed whales, *Peponocephala electra*: A worldwide review. SC/58/SM 8.12pp. (Available from IWC, The Red House, 135 Station Road, Impington, Cambridge C24 9NP, U.K.)

Cabana, G. & Rasmussen, B., J. (1996) Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 10844-10847.

Carlini, R., Pulcini, M., & Wurtz, M. (1992). Cephalopods from the stomachs of Risso's dolphins, *Grampus griseus* (Cuvier, 1812), stranded along the central Tyrrhenian coast. *European Research on Cetaceans*, 6, 196-198.

Clarke, M. R. (1962) Stomach contents of a sperm whale caught off Madeira in 1959. *Norsk*

HvalFangstidende, 51, 173-191.

Clark, M. R. (1986) Cephalopods in the diets of odontocetes. In Research on dolphin (eds. Bryden, M. M. & Harrison, R.), pp. 281-321, Clarendon Press, Oxford.

Cockcroft, V. G., Haschick, S. L., & Klages, N. T. W. (1993) The diet of Risso's dolphin, *Grampus griseus* (Cuvier, 1812), from the east coast of South Africa. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 58, 286-293.

Das, K., Lepoint, G., Loizeau, V., Debacker, V., Dauby, P., & Bouquegneau, J. M. (2000) Tuna and dolphin associations in the North-East Atlantic: evidence of different ecological niches from stable isotope and heavy metal measurements. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 102-109.

DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1978) Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 495-506.

DeNiro, M. J. & Epstein, S. (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 341-351.

Donovan, G. P. & Bjørge, A. (1995) Harbour porpoises in the North Atlantic: edited extract from the report of the IWC Scientific Committee, Dublin 1995. *Reports-International Whaling Commission Special Issues*, 16, 3-26.

Dunshea, G., Barros, N. B., McCabe E. J. B., Gales, N. J., Hindell, M. A., Jarman, S. N. & Wells, R. S. (2013) Stranded dolphin stomach contents represents the free-ranging population's diet. *Biology Letter*, 9, 20121036.

Fernández, R., García-Tiscar, S., Santos, M. B., López, A., Martínez-Cedeira, J. A., Newton, J., & Pierce, G. J. (2011) Stable isotope analysis in two sympatric populations of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*: evidence of resource partitioning? *Marine Biology*, 158, 1043-1055.

Ferrero, R. C. & Walker, W. A. (1999) Age, growth, and reproductive patterns of Dall's porpoise (*Phocoenoides dalli*) in the central North Pacific Ocean. *Marine Mammal Science*, 15, 273-313.

Fitch, J. E. & Brownell, R. L. Jr. (1968) Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 25, 2561-2574.

France, R. (1995) Critical examination of stable isotope analysis as a means for tracing carbon pathways in stream ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52, 651-656.

Fry, B. & Sherr, E. B. (1989) $\delta^{13}C$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. In Stable Isotopes in Ecological Research. pp. 196-229, Springer, New York.

Fiscus, C. H. & Kajimura, H. (1980) Food of the Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens*, Dall porpoise, *Phocoenoides dalli*, and northern fur-seal, *Callorhinus ursinus*, off California and Washington. *Fishery Bulletin*, 78, 951-959.

Funamoto, T., Yamamura, O., Shida, O., Itaya, K., Mori, K., Hiyama, Y., & Sakurai, Y. (2014) Comparison of factors affecting recruitment variability of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Pacific Ocean and the Sea of Japan off northern Japan. *Fisheries Science*, 80, 117-126.

Froese, R. & Pauly, D. Editors. (2017) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2017).

Gaskin, D. E. (1982) *The ecology of whales and dolphins*. Heineman, London.

Gaskin, D., E., Yamamoto S., & Kawamura, A. (1993) Harbor porpoise, *Phocoena phocoena* (L.), in the coastal waters of northern Japan. *Fishery Bulletin*, 91, 440-454.

Genner, M. J., Turner, G. F., Barker, S., & Hawkins, S. J. (1999) Niche segregation among Lake Malawi cichlid fishes? Evidence from stable isotope signatures. *Ecology Letters*, 2, 185-190.

Gorbatenko, K. M., Kiyashko, S. I., Lazhentsev, A. Y., Nadtochii, V. A., & Savin, A. B. (2008) Benthic-pelagic trophic interactions within the fish assemblage in the western Bering Sea shelf area according to stomach content analysis and ratios of C and N stable isotopes. *Russian Journal of Marine Biology*, 34, 497-506.

González, F. A., López A., Guerra A., & Barreiro A. (1994) Diets of marine mammals stranded on the

northwestern Spanish Atlantic coast with special reference to Cephalopoda. *Fisheries Research*, 21, 179-191.

Hartman, K. L., Visser, F., & Hendriks, A. J. (2008) Social structure of Risso's dolphins (*Grampus griseus*) at the Azores: a stratified community based on highly associated social units. *Canadian Journal of Zoology*, 86, 294-306.

Heise, K. (1997) Diet and feeding behaviour of Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) as revealed through the collection of prey fragments and stomach content analyses. *Report of the International Whaling Commission*, 47, 807-815.

Hobson, K. A. & Sease, J. L. (1998) Stable isotope analyses of tooth annuli reveal temporal dietary records: an example using Steller sea lions. *Marine Mammal Science*, 14, 116-129.

Hobson, K. A. & Welch, H. E. (1992) Determination of trophic relationships within a high Arctic marine food web using $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 84, 9-18.

Hobson, K. A., Piatt, J. F., & Pitocchelli, J. (1994) Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology*, 63, 786-798.

Hobson, K. A., Schell, D. M., Renouf, D., & Noseworthy, E. (1996) Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, 528-533.

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター臼尻水産実験所. (2012) 「臼尻 海の生き物図鑑」北海道大学北方生物圏フィールド科学センター. 函館.

堀田秀之. (1970) 九州近海域における小型ハクジラ類の食性の研究. *西海区水産研究所研究報告*, 37, 71-85.

飯塚景記, 片山知史. (2008) 日本産硬骨魚類の耳石の外部形態に関する研究. *水研センター研報*, 25, 1-222.

岩原由佳. (2017) 北海道東部沿岸海域を中心としたカマイルカの分布と生息環境に関する研究. 北海道大学大学院環境科学院博士論文, 函館.

石川 創. (2014) ストランディングレコード(2013 年収集). *下関鯨類研究室報告* 2, 21-43.

石川 創. (2015) ストランディングレコード(2014 年収集). *下関鯨類研究室報告* 3, 28-49.

石川 創. (2016) ストランディングレコード(2015 年収集). *下関鯨類研究室報告* 4, 38-61.

岩崎俊秀. (1996) カマイルカ「日本動物大百科 I 哺乳類 (日高敏隆 編)」. pp.70-71, 平凡社, 東京.

Iwasaki, T. & Kasuya, T. (1997) Life history and catch bias of Pacific white-sided and northern right whale dolphins incidentally taken by the Japanese high seas squid driftnet fishery. *Report of the International Whaling Commission*, 47, 683-692.

Jackson, A. L., Inger, R., Parnell, A. C., & Bearhop, S. (2011) Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER–Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology*, 80, 595-602.

Jefferson, T. A. & Barros, N. B. (1997) *Peponocephala electra*. *Mammalian Species Archive*, 553, 1-6.

Jefferson, T. A., Webber, M. A., & Pitman, R. L. (2015) Marine mammals of the world: A comprehensive guide to their identification, 2nd Edition. Academic Press, London.

亀井佳彦, 高津哲也, 高木省吾, 中谷敏邦, 高橋豊美, 前田辰昭. (1999) 北海道南西部における秋季のスケトウダラの分布と成熟. 日本水産学会誌, 65, 223-229.

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. *Fisheries Oceanography*, 25, 119-132.

Kanaji, Y., Okazaki, M., & Miyashita, T. (*in press*) Spatial patterns of distribution, abundance, and species diversity of small odontocetes estimated using density surface modeling with line transect

sampling. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*.

Kasuya, T. (1972). Growth and reproduction of *Stenella coeruleoalba* based on the age determination by means of dentinal growth layers. *The Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 24, 57-79.

粕谷俊雄, 宮崎信之. (1981) 壱岐周辺のイルカとイルカ被害—三箇年の調査の中間報告—, *鯨研通信*, 340, 25-36.

粕谷俊雄, 宮下富夫. (1989) 日本のイルカ漁業と資源管理の問題点. *採集と飼育*, 51, 154-160.

片岡照男, 北村秀策, 関戸 勝, 山本 清. (1976) スナメリの食性について. *動物園水族館雑誌*, 15, 73-76.

Kiszka, J., Simon-Bouhet, B., Martinez, L., Pusineri, C., Richard, P., & Ridoux, V. (2011) Ecological niche segregation within a community of sympatric dolphins around a tropical island. *Marine Ecology Progress Series*, 433, 273-288.

Kogi, K., Hishii, T., Imamura, A., Iwatani, T., & Dudzinski, M., K. (2004) Demographic parameters of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) around Mikura Island, Japan. *Marine mammal science*, 20, 510-526.

Koopman, H. N. (1998) Topographical distribution and fatty acid composition of blubber of harbor porpoise (*Phocoena phocoena*). *Journal of Mammalogy*, 79, 260-270.

国立科学博物館 海棲哺乳類ストランディングデータベース (2017) Retrieved 19 May 2017 from http://www.kahaku.go.jp/research/db/zoology/marmam/drift/index.php

Kubodera, T. (2005) Manual of the identification of cephalopod beaks in the Northwest Pacific. Tokyo: National Museum of Nature and Science. Retrieved 30 April 2012 from http://research.kahaku.go.jp/zoology/Beak-v1-3/index.html

Kubodera, T. & Miyazaki, N. (1993) Cephalopods eaten by short-finned pilot whales, Globicephala macrorhynchus, caught off Ayukawa, Ojika Peninsula, in Japan, in 1982 and 1983. In Recent

Advances in Cephalopod Fisheries Biology (eds. Okutani, T., O'dor, K. R., & Kubodera, T.), Tokai University Press, Tokyo. 215-227.

Kurihara, N., Amano, M., & Yamada, K. T. (2016) Decrease in tooth count in melon-headed whales. *Journal of Zoology*, 300: 8-17.

Kurle, C. M. & Worthy, G. A. (2002). Stable nitrogen and carbon isotope ratios in multiple tissues of the northern fur seal *Callorhinus ursinus*: implications for dietary and migratory reconstructions. *Marine Ecology Progress Series*, 236, 289-300.

Laws, E. A., Popp, B. N., Bidigare, R. R., Kennicutt, M. C., & Macko, S. A. (1995) Dependence of phytoplankton carbon isotopic composition on growth rate and [CO_2]aq: Theoretical considerations and experimental results. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 1131-1138.

Liu, J. Y., Chou, L. S., & Chen, M. H. (2015) Investigation of trophic level and niche partitioning of 7 cetacean species by stable isotopes, and cadmium and arsenic tissue concentrations in the western Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 93, 270-277.

Méndez-Fernandez, P., Pierce, G. J., Bustamante, P., Chouvelon, T., Ferreira, M., González, A. F., Lopez, A., Read, F. L., Santos, M. B., Spitz, J., Vingada, J. V., & Caurant, F. (2013) Ecological niche segregation among five toothed whale species off the NW Iberian Peninsula using ecological tracers as multi-approach. *Marine Biology*, 160, 2825-2840.

Minagawa, M. & Wada, E. (1984) Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}N$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1135-1140.

Mintenbeck K., Brey T., Jacob U., Knust R., & Struck U. (2008) How to account for the lipid effect on carbon stable-isotope ration ($\delta^{13}C$): sample treatment effect and model bias. *Journal of Fish Biology*, 72, 815-830.

三井翔太, 大泉　宏, 樽　創. (2014) 相模湾に漂着したカマイルカおよびオガワコマッコウの胃内容物. *神奈川県立博物館研究報告. 自然科学*, 43, 7-21.

Miyazaki, N., Kusaka, T., & Nishiwaki, M. (1973) Food of *Stenella coeruleoalba*. *The Scientific Reports of the Whales Research institute*, 25, 265-275.

Miyazaki, N. & Nishiwaki, M. (1978) School structure of the striped dolphin off the Pacific coast of Japan. *The Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 30, 65-115.

Miyazaki, N., Kuramochi, T., & Amano, M. (1991) Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) off northern Hokkaido. *Memoirs of the National Science Museum*, 24, 131–139.

水江一弘, 吉田主基, 正木康昭. (1965) 九州西方海域産小型歯鯨類の研究—12: 長崎県橘湾沿岸で捕獲されたスナメリについて.*長崎大学水産学部研究報告*, 18, 7-29.

Morton, A. (2000) Occurrence, photo-identification and prey of Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhyncus obliquidens*) in the Broughton Archipelago, Canada 1984–1998. *Marine Mammal Science*, 16, 80-93.

長澤一雄, 山田　格, 鈴木倫明, 加藤治彦, 進藤順治, 穂苅厚一. (1994) 山形県温海町に漂着したイチョウハクジラ *Mesoplodon ginkgodens*. *日本セトロジー研究*, 4, 35-42.

中島将行, 前嶋謙次, 香山　薫. (2005) オウギハクジラ属 2 種 4 例の座礁・迷入記録. *動物園水族館雑誌*, 46, 97-109.

Newsome, S. D., Martinez del Rio, C., Bearhop, S., & Phillips, D. L. (2007) A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 429-436.

Newsome, S. D., Clementz, M. T., & Koch, P. L. (2010) Using stable isotope biogeochemistry to study marine mammal ecology. *Marine Mammal Science*, 26, 509-572.

日本水産資源保護協会 (1987) 日本陸棚周辺の頭足類. 日本水産資源保護協会. 東京.

Ochiai, M., Nomiyama, K., Isobe, T., Yamada, K. T., Tajima, Y., Matsuda, A., Shiozaki, A., Matsuishi, T. Amano, M., Iwata, H. & Tanabe, S. (2017) Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and their hydroxylated and methoxylated analogues in the blood of harbor, Dall's and finless porpoises from the Japanese coastal waters. *Marine Environmental Research*, 128, 124-132.

Ohdachi, S. D. (2009) *The wild mammals of Japan*. (eds. Ohdachi S. D., Ishibashi Y., Iwasa M. A., & Saitoh T.). p. 544, Shoukadoh Book Sellers, Kyoto.

Ohe, F. (1985) Marine fish-otoliths of Japan. The senior high school attached to the Aichi University of Education, Kariya.

Ohizumi, H. & Miyazaki, N. (1998) Feeding rate and daily energy intake of Dall's porpoise in the Northeastern Sea of Japan. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, 11, 74-81.

Ohizumi, H. & Miyazaki, N. (2010) Differences in stable isotope ratios of Dall's porpoises (*Phocoenoides dalli*) between coastal and oceanic areas of the North Pacific. *Fisheries Oceanography*, 19, 257-261.

Ohizumi, H., Kuramochi, T., Amano, M., & Miyazaki, N. (2000) Prey switching of Dall's porpoise *Phocoenoides dalli* with population decline of Japanese pilchard *Sardinops melanostictus* around Hokkaido, Japan. *Marine Ecology Progress Series*, 200, 265-275.

大泉 宏, 渡邊 光, 杢 雅利, 川原重幸. (2001) 日本近海に生息するハダカイワシ科魚類の耳石による種同定マニュアル. CD-ROM Version 1.1J. 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, 静岡.

Ohizumi, H., Kuramochi, T., Kubodera, T., Yoshioka, M., & Miyazaki, N. (2003) Feeding habits of Dall's porpoises (*Phocoenoides dalli*) in the subarctic North Pacific and the Bering Sea basin and the impact of predation on mesopelagic micronekton. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 50, 593-610.

Okutani T. (2003) Family Gonatidae. In: Union of Japanese Societies for Systematic Biology (Ed.) Japanese Biota Species Number Survey, 1st Edition. http://ujssb.org/biospnum/search.php

奥谷喬司. (2013) 日本のタコ学. 東海大学出版会. 秦野.

奥谷喬司. (2015) 世界イカ類図鑑. 東海大学出版部. 秦野.

尾崎司宙, 黒田実加, 富安 信, 伊藤啓仁, 岩井卓也, 高樹優樹, 水野裕菜, 森光雄大, 岩原由

佳, 松田純佳, 松石　隆. (2012) 津軽海峡におけるカマイルカの推定来遊個体数と餌生物豊度の関係. *日本セトロジー研究*, 22, 1-4.

Öztürk, B., Salman, A., Öztürk, A. A., & Tonay, A. (2007) Cephalopod remains in the diet of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) and Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the eastern Mediterranean Sea. *Life and Environment*, 57, 53-59.

Palomares, M., L., D. & Pauly, D. Editors. (2017) SeaLifeBase. World Wide Web electronic publication. www.sealifebase.org, version (02/2017).

Perryman, W. L., Au, D. W. K., Leatherwood, S., & Jefferson, T. A. (1994) Melon-headed whale *Peponocephala electra* Gray, 1846. *Handbook of Marine Mammals*, 5, 363-386.

Perrin, W. F. & Geraci, R. J. (2009) Stranding. In Encyclopedia of Marine Mammals (eds. Perrin, W. F. et al.), pp. 1118-1123, Academic Press, New York.

Perrin, W. F. & Reilly, S. B. (1984) Reproductive parameters of dolphins and small whales of the family Delphinidae. *Report of the International Whaling Commission* (Special Issue 6), 97-133.

Perrin, W. F., Waner, R. R., Fiscus, C. H. & Holts, D. B. (1973) Stomach contents of porpoise, *Stenella* sp., and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed species aggregations. *Fishery Bulletin*, 71, 1077-1099.

Pinela, A. M., Borrell, A., Cardona, L., & Aguilar, A. (2010) Stable isotope analysis reveals habitat partitioning among marine mammals off the NW African coast and unique trophic niches for two globally threatened species. *Marine Ecology Progress Series*, 416, 295-306.

Rau, G. H., Takahashi, T., & Des Marais, D. J. (1989) Latitudinal variations in plankton C: implications for CO_2 and productivity in past oceans. *Nature*, 341, 165.

Rechsteiner, E. U., Erin, U., Rosen, D. A., & Trites, A. W. (2013) Energy Energy requirements of Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) as predicted by a bioenergetic model. *Journal of mammalogy*, 94, 820-832.

Rice, D. W. (1989) Sperm whale *Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758. *Handbook of Marine Mammals*, 4, 177-233.

Ridgway, H., S. & Johnston, G., D. (1966) Blood oxygen and ecology of porpoises of three genera. *Science*, 151, 456-458.

Sackett, W. M., Eckelmann, W. R., Bender, M. L., & Bé, A. W. (1965) Temperature dependence of carbon isotope composition in marine plankton and sediments. *Science*, 148, 235-237.

榊原瑞樹. 北海道沿岸に来遊する鯨類 2 種の食性に関する研究. (2004) 北海道大学大学院水産科学研究科修士論文, 札幌.

Santos, M. B., Clarke, M. R., & Pierce, G. J. (2001) Assessing the importance of cephalopods in the diets of marine mammals and other top predators: problems and solutions. *Fisheries Research*, 52, 121-139.

Schoener, T. W. (1974) Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185, 27-39.

Sekiguchi, K., Klages, N. T. W., & Best, P. B. (1992) Comparative analysis of the diets of smaller odontocete cetaceans along the coast of southern Africa. *South African Journal of Marine Science*, 12, 843-861.

白木原美紀. (1994) 長崎沿岸域におけるスナメリの生活史に関する研究. 長崎大学海洋生産科学研究科博士論文, 長崎.

Shirakihara, K., Yoshida, H., Shirakihara, M., & Takemura, A. (1992) A questionnaire survey on the distribution of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in Japanese waters. *Marine Mammal Science*, 8, 160-164.

Shirakihara, M., Takemura, A., & Shirakihara, K. (1993) Age, growth, and reproduction of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in the coastal waters of western Kyushu, Japan. *Marine Mammal Science*, 9, 392-406.

Shirakihara, M., Shirakihara, K., Tomonaga, J., & Takatsuki, M. (2002) A resident population of Indo-

Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in Amakusa, western Kyushu, Japan. Marine mammal science, 18, 30-41.

Soldevilla, M. S., Wiggins, S. M., & Hildebrand, J. A. (2010) Spatial and temporal patterns of Risso's dolphin echolocation in the Southern California Bight. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 124-132.

Spitz, J., Trites, W. A., Becquet, V., Amour, B. A., Cherel, Y., Galois, R., & Ridoux, V. (2012) Cost of living dictates what whales, dolphins and porpoises eat: The importance of prey quality on predator foraging strategies. *PLoS ONE*, 7: e50096.

Stacey, P. J. & Baird, R. W. (1991) Status of the Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens*, in Canada. *Canadian field-naturalist. Ottawa ON*, 105, 219-232.

ストランディングネットワーク北海道. (2015) 2014 年度ストランディングネットワーク北海道活動報告書. ストランディングネットワーク北海道. 函館.

Taguchi, M., Ishikawa, H., & Matsuishi, T. (2010) Seasonal distribution of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Japanese waters inferred from stranding and bycatch records. *Mammal Study*, 35, 133-138.

髙木省吾, 前田辰昭, 亀井佳彦, 中谷敏邦, 髙津哲也, 高橋豊美. (1996) 北海道南西部沖合における春季のスケトウダラの分布. 日本水産学会誌, 62, 205-212.

Takai, N., Hirose, N., Osawa, T., Hagiwara, K., Kojima, T., Okazaki, Y., Kuwae, T., Taniuchi, T., & Yoshihara, K. (2007) Carbon source and trophic position of pelagic fish in coastal waters of south-eastern Izu Peninsula, Japan, identified by stable isotope analysis. *Fisheries Science*, 73, 593-608.

高井則之, 富永　修. 安定同位体比分析を始める人たちへ. (2008)「安定同位体スコープで覗く海洋生物の生態」, 恒星社厚生閣, 東京.

Tamura, T. & Fujise, Y. (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 516-528.

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）. 水産庁漁業公害（有害生物駆除）対策調査検討委員会. 東京.

Tanaka, H., Takasuka, A., Aoki, I., & Ohsumi, S. (2008) Geographical variations in the trophic ecology of Japanese anchovy, *Engraulis japonicas*, inferred from carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Marine Biology*, 154, 557-568.

田中美穂. (1998) 室蘭沖に来遊するカマイルカ群の生態学的研究.東京大学大学院農学研究科修士論文. 東京.

鳥羽山照夫. (1974) 小型歯鯨類の摂餌生態に関する研究. 東京大学大学院農学研究科博士論文. 東京.

Tollit, D. J., Wong, M., Winship, A. J., Rosen, D. A., & Trites, A. W. (2003) Quantifying errors associated with using prey skeletal structures from fecal samples to determine the diet of Steller's sea lion (*Eumetopias jubatus*). *Marine Mammal Science*, 19, 724-744.

堤　俊夫, 上村順一, 水江一弘. (1961) 九州西方海域産小型歯鯨の研究―Ⅴ　小型歯鯨の食性について, 長崎大学水産学部研究報告. 11, 19-28.

Wada, E. & Hattori, A. (1990) Nitrogen in the sea: forms, abundance, and rate processes. CRC press, Boston.

Walker, W. A., Leatherwood, S., Goodrich, K. R., Perrin, W. F., & Stroud, R. K. (1986) Geographical variation and biology of the Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens*, in the north-eastern Pacific. *Research on Dolphins*, 441, 465.

Walker, W. A. & Jones, L. L. (1993) Food habits of northern right whale dolphin, Pacific white-sided dolphin, and northern fur seal caught in the high seas driftnet fisheries of the North Pacific Ocean, 1990. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin*, 53, 285-295.

Walker, W. A. (1996) Summer feeding habits of Dall's porpoise, *Phocoenoides dalli*, in the southern Sea of Okhotsk. *Marine Mammal Science*, 12, 167-181.

Watanabe, H., Moku, M., Kawaguchi, K., Ishimaru, K., & Ohno, A. (1999) Diel vertical migration of myctophid fishes (Family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific. *Fisheries Oceanography*, 8, 115-127.

渡邉 光, 大泉 宏, 川原重幸. (2004) 日本近海に生息する魚類の耳石による種類同定マニュアル. CD-ROM Version 1.1J. 独立行政法人水産総合研究センター遠洋水産研究所, 清水.

Watanabe, H., Kubodera, T., Moku, M., & Kawaguchi, K. (2006) Diel vertical migration of squid in the warm core ring and cold water masses in the transition region of the western North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 315, 187-197.

Whittaker, R. H. (1952) A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains. *Ecological Monographs*, 22, 1-44.

Wilke, F., Taniwaki, T., & Kuroda, N. (1953) Phocoenoides and Lagenorhynchus in Japan, with notes on hunting. *Journal of Mammalogy*, 34, 488-497.

山田 格, 相澤幸夫, 穂苅厚一, 斎藤玲子, 中村幸弘. (1992) 新潟県能生町に漂着した *Mesoplodon*. *日本セトロジー研究*, 2, 33-36.

山田 格, 鈴木倫明, 西脇功一. (1993) 新潟市近辺に漂着した *Mesoplodon* について—2.胃内容物の所見. *日本セトロジー研究*, 3, 19-21.

山田 格, 窪寺慎己, 中村幸弘, 天野雅男, 鈴木倫明, 進藤順治. (1995) 漂着したオウギハクジラ(*Mesoplodon stejnegeri*)の胃内容物について. *日本セトロジー研究*, 5, 31-36.

山木 勝, 椎名雅人. (2009) 日本産魚類耳石大図鑑. HP Version 3.0J. 愛媛県立宇和島水産高等学校専攻科水産増殖科, 宇和島.

Yamazaki, T., Oda, S. I., & Shirakihara, M. (2008) Stomach contents of an Indo-Pacific bottlenose dolphin stranded in Amakusa, western Kyushu, Japan. *Fisheries Science*, 74, 1195-1197.

山崎京美, 上野輝彌. (2008) 硬骨魚類の顎と歯. アート&サイエンス工房 Talai, 出版地.

谷田部明子. (2015) 日本近海のシャチは何を食べているか,「シャチ 生態ビジュアル百科(水口

博也 編)」, pp.106-109. 誠文堂新光社, 東京.

Yatabe, A., Kubo, N., Otsuka, M., Shima, S., Kubodera, T., & Yamada, T. K. (2010) Stomach contents and structure of a Longman's beaked whale (*Indopacetus pacificus*) stranded in Kyushu, Japan. *Aquatic Mammals*, 36, 172.

谷田部明子, 山田 格, 南部久男. (2011) 秋田県に漂着したツチクジラの胃内容物. 富山市科学博物館研究報告, 34, 145-149.

Yasui, W. J. & Gaskin, D. E. (1986) Energy budget of a small cetacean. The harbor porpoise, *Phocoena phocoena* (L.). *Ophelia*, 25, 183-197.

Yoshida, H., Shirakihara, K., Shirakihara, M., & Takemura, A. (1995) Geographic variation in the skull morphology of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in Japan waters. *Fisheries Science*, 61, 555-558.

Yoshida, H., Yoshioka, M., Shirakihara, M., & Chow, S. (2001) Population structure of finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in coastal waters of Japan based on mitochondrial DNA sequences. *Journal of Mammalogy*, 82, 123-130.

吉岡基, 粕谷俊雄. (1991) 生態・分布解析による鯨類の系群判別,「鯨類資源の研究と管理(桜本和美, 田中昌一, 加藤秀弘 編)」 pp.53-63. 恒星社厚生閣, 東京.

Zanden, M. & Rasmussen, J. B. (2001) Variation in $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ trophic fractionation: implications for aquatic food web studies. *Limnology and Oceanography*, 46, 2061-2066.