

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
Citation	北海道大学. 博士(水産科学) 甲第12855号
Issue Date	2017-09-25
DOI	10.14943/doctoral.k12855
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/90513
Туре	theses (doctoral)
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	
3-3. 結果と考察	
3-3-1. ネズミイルカの胃内容物	
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
4-2. 方法
4-3. 結果
4-3-1. ネズミイルカの安定同位体比分析結果
4-3-2. イシイルカの安定同位体比分析結果
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
4-4. 考察
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
5-2. 材料と方法122
5-3. 結果
5-4. 考察
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, δ<sup>13</sup>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, δ<sup>15</sup>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 日岬を結ぶ線、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 cm から 222.6 cm 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 cmから 223 cm 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),仙台湾一東京湾、伊勢湾・三河湾、瀬戸内海一響灘、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 湾一東京湾(ST)の個体が4個体, 瀬戸内海一響灘(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

#### 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 *lisha 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		$\checkmark$	2005/6/27	116.7	F	43.220000	141.018055	SJ
M34223		$\checkmark$	2007/1/17	100.5	F	41.924166	142.863888	PO
HUPP070505		$\checkmark$	2007/5/5	128	Μ	43.476388	141.250000	SJ
080112-1		$\checkmark$	2008/1/12	133	F	43.248805	141.349361	SJ
HUPP20080304		$\checkmark$	2008/3/4	145	Μ	43.476388	141.250000	SJ
080401-1		$\checkmark$	2008/4/1	159	М	43.476388	141.250000	SJ
080401-2		$\checkmark$	2008/4/1	135	М	43.476388	141.250000	SJ
SNH08004		$\checkmark$	2008/4/14	150	М	43.166388	141.226666	SJ
SNH08006		$\checkmark$	2008/4/17	135.5	М	41.939055	140.949361	PO
SNH08007		$\checkmark$	2008/4/17	146.7	М	41.939055	140.949361	PO
SNH08009		$\checkmark$	2008/4/21	138	F	41.821611	140.656611	TS
20090108		$\checkmark$	2009/1/8	147	М	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090303		$\checkmark$	2009/3/3	147.5	М	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090327-1		$\checkmark$	2009/3/27	138	Μ	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090327-2		$\checkmark$	2009/3/27	128	Μ	43.476388	141.250000	SJ
HUPP090331-1		$\checkmark$	2009/3/31	147.5	Μ	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		1	2009/4/15	115	M	43 476388	141 250000	SI
SNH09001-1		1	2009/4/21	163 5	M	41 937333	140 952694	PO
HUPP100125		1	2010/1/25	129	M	43 476388	141 250000	SI
SNH10006	1	1	2010/1/25	140	na	42 624580	141 589522	PO
SNH10010	./	./	2010/2/20	121.5	F	43 993750	141.649722	SI
SNH10012	./	./	2010/3/31	121.5	F	41 808705	140 700302	55 ТS
SNH10020	v	./	2010/4/4	133	M	41.000705	140.707302	PO
SNH10020	./	Ň	2010/5/0	144	E	41.52555	140.000472	PO
SNH110021	N I	v	2010/3/7	140.6	M	42.025058	141.591585	PO
SNH11001	N N	./	2011/2/4	125.5	E	41.052555	140.050472	PO
SNH11000	v /	×,	2011/4/18	123.3	Г	41.952555	140.930472	PO
SNH11010	v /	×,	2011/0/19	1/4	Г	41.935319	140.943083	PO
SNH11039	v /	×,	2011/0/10	119		42.330380	141.020941	PO
SNI11041	V	V /	2011/9/5	128.3	Г Г	42.074038	145.059975	PU
SNH12001	V	V /	2012/1/12	125.9	Г	43.244611	141.344002	61 21
SNH12003	/	V /	2012/2/7	155	na M	43.240547	141.346491	21 21
SNH12004	V	$\checkmark$	2012/2/11	134.0	N	43.246700	141.340027	21
SNH12006	V		2012/3/27	130.5	F F	42.364527	141.059113	PO
SNH12009-1	V	,	2012/4/19	128.5	F F	41.936/63	140.955619	PO
SNH13002	V	V,	2013/2/4	160	F	43.238211	141.011433	SI
SNH13003	V	V,	2013/2/15	131.2	M	43.594377	141.370352	SJ
SNH13005-1	V	V,	2013/4/17	157	M	41.936763	140.955619	PO
SNH13005-2	V	$\checkmark$	2013/4/17	140.5	F	41.936763	140.955619	PO
SNH13006	$\checkmark$	,	2013/4/18	113.8	M	41.936763	140.955619	PO
SNH13009-1	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/23	131	Μ	41.936763	140.955619	PO
SNH13012	$\checkmark$		2013/5/17	131	М	43.964447	145.140475	NS
SNH13039	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/12/11	145	F	43.202833	140.856919	SJ
SNH14006	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/5/1	120	Μ	42.565880	141.397622	PO
SNH14007		$\checkmark$	2014/5/31	130	М	43.885416	145.164138	OS
SNH14011	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/11	182.8	Μ	43.881833	145.162166	OS
SNH14032	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/30	na	F	42.623861	141.585500	PO
SNH14055		$\checkmark$	2014/12/1	119.4	Μ	42.874666	145.095166	OS
SNH14056		$\checkmark$	2014/12/4	122.5	Μ	42.874666	145.095166	OS
SNH14057		$\checkmark$	2014/12/5	124.5	Μ	42.874666	145.095166	OS
SNH14058		$\checkmark$	2014/12/24	110.7	F	43.885333	145.164527	OS

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

11-	961	OT :			a	T	· · · · · ·	a
ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34038		$\checkmark$	2005/6/28	114	M	42.6258	141.7231	PO
M34498	,	$\checkmark$	2007/4/11	148	M	41.93/3	140.9483	PO
SNH070526	√ ,		2007/5/26	201	F	43.1591	141.2075	SJ
SNH08014	√	$\checkmark$	2008/5/15	220	Μ	43.2046	141.0041	SJ
SNH08021-1	$\checkmark$		2008/6/8	105	М	43.9793	144.3037	OS
SNH08021-2	$\checkmark$		2008/6/8	123	М	43.9793	144.3037	OS
SNH08021-3	$\checkmark$		2008/6/8	108	М	43.9793	144.3037	OS
SNH08022	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/9	121.6	М	43.1582	141.6917	SJ
SNH08025	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/10	206	F	43.2006	140.8544	SJ
SNH08026	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/13	206	F	43.2402	141.3403	SJ
SNH08029	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/17	198.5	Μ	43.1478	141.1765	SJ
SNH08033	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/21	212.5	F	43.1677	141.2399	SJ
SNH08034	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/22	200	F	43.2537	141.3534	SJ
SNH08036	$\checkmark$	$\checkmark$	2008/6/26	214	М	43.3183	141.4154	SJ
SNH08039	$\checkmark$		2008/6/26	118	F	43.2296	141.3267	SJ
SNH08041	$\checkmark$		2008/7/1	175	F	43.1446	141.1778	SJ
SNH08072	$\checkmark$	$\checkmark$	2009/3/11	150	М	41.8494	140.1254	SJ
SNH08083		$\checkmark$	2008/6/9	102.5	М	43.5999	141.3844	SJ
SNH11013	$\checkmark$	$\checkmark$	2011/5/24	157.2	F	41.4120	140.2163	SJ
SNH12023	$\checkmark$	$\checkmark$	2012/6/11	203.5	Μ	43.1465	141.1729	SJ
SNH13015	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/6/16	126.2	F	44.4407	143.2234	OS
SNH13017	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/6/24	126.3	М	44.5837	142.9638	OS
SNH14009	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/9	112.5	М	45.3834	142.0851	OS
SNH14010	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/10	102.9	Μ	44.6005	142.9501	OS
SNH14017	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/16	118	Μ	43.9851	144.2968	OS
SNH14018	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/18	118.5	F	44.0340	144.2598	OS
SNH14023	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/23	222.6	Μ	43.1467	141.1734	SJ
SNH14024	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/23	108.5	Μ	44.1969	143.8645	OS
SNH14026-1	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/25	219.5	М	43.8768	145.1442	NS
SNH14026-2	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/25	207.7	М	43.8768	145.1442	NS
SNH14026-3	$\checkmark$		2014/6/25	210.5	М	43.8768	145.1442	NS
SNH14030	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/5/5	118.8	F	43.5964	141.3710	SJ
SNH14031	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/5/5	179.3	F	43.5964	141.3710	SJ
SNH14034-1	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/7/4	193.5	М	43.8768	145.1442	NS
SNH14034-2	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/7/4	199.5	М	43.8768	145.1442	NS
SNH14034-3	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/7/4	198.6	М	43.8768	145.1442	NS
SNH14042	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/8/14	200	na	43.8987	145.0926	NS
SNH14043		$\checkmark$	2014/8/14	na	na	43.8867	145.0926	NS
SNH14048	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/9/16	221.9	М	42.3658	143.3557	PO
SNH15004	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/2/23	213	F	43.6992	145.1094	OS
SNH15017	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/6/6	175.5	F	43.8768	145.1442	NS
SNH15019-1	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/6/15	179.3	М	43.8768	145.1442	NS
SNH15019-2	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/6/15	191.5	М	43.8768	145.1442	NS
SNH15021-1	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/6/23	211.8	М	43.8768	145.1442	NS
SNH15021-2		$\checkmark$	2015/6/23	160.4	М	43.8768	145.1442	NS
SNH15022	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/6/24	110.4	М	44.0254	144.2704	OS
SNH15024		$\checkmark$	2015/6/24	118.9	М	43.1448	141.1659	SJ
SNH15025	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/6/27	212	М	45.3837	142.0841	SJ
SNH15040		$\checkmark$	2015/8/22	212.4	М	43.9693	145.3383	NS
SNH15051		$\checkmark$	2015/12/17	201.4	М	42.6034	141.4966	PO
SNH16205		$\checkmark$	2016/6/23	198.1	М	43.8768	145.1442	NS
SNH16206		$\checkmark$	2016/6/23	223	М	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—

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34244(2)		$\checkmark$	2007/2/23	103	F	33.011944	129.73569	0
M34248		$\checkmark$	2007/4/22 2007/05/01	160	F	33.268888	131.51444	SH
121201-3		$\checkmark$	-	118.5	М	33.975916	133.06222	SH
M34537		$\checkmark$	2007/6/12	125.5	F	33,480833	131.74	SH
M34548(2)		ا	2007/8/13	133	F	33,035833	129.80347	0
M35037		1	2007/11/2	113	F	38 316666	141 16667	ST
M35043		1	2007/11/12	117	M	33 600000	131 41667	SH
080423Yokizaki		1	2008/4/23	120	na	34 042472	133 59786	SH
M36190		1	2008/5/1	152.8	F	33 966666	131 41667	SH
M36191		1	2008/5/5	113.4	M	33 983333	131.00000	SH
M36318 (101009-6)		1	2008/11/3	146	M	33 903055	131.00194	SH
M36198		× ./	2008/11/27	95.8	M	33.766666	131.00174	SH
100306-13		× ./	2008/11/27	112	M	32 886111	129 88056	0
M36319(101009-7)		× ./	2008/12/10	130	na	33 643055	120.32139	SH
100306-1		× ./	2009/1/21	102	M	32 73750	130.32137	
M36320(101000 8)		Ň	2009/4/2	102	M	32.75750	131.00104	SU SU
100505pagavo		Ň	2009/4/19	158 5	M	33.903033	120 86056	0
10050511agayo		~	2010/3/4	130.3		32.834722	129.80030	0
10055011agay0		v /	2010/5/30	132.8	Г	32.647222	129.00230	
100551Kazusa 101022handa		V /	2010/3/31	119.1	Г	32.022300	130.10039	
101022nondo		V	2010/10/22	1/9.0	M E	32.403011	130.19011	AI
10122/amakusa		V	2010/12/27	87.4	Г	32.329100	130.42917	AI
110120kamiamakusa		V	2011/1/20	120.5	M	32.51/038	130.42889	AI
1101310mura		V	2011/1/31	99.3	M	32.961222	129.92964	0
11030/nagayo		V	2011/3/6	132	M	32.854722	129.86056	0
110315suji		$\checkmark$	2011/3/15	131.6	F	32.520000	130.34139	AT
110321tameshi		$\checkmark$	2011/3/21	93.7	M	32.474722	129.83889	AT
110418kunimi2		$\checkmark$	2011/4/18	93.5	M	32.874444	130.27222	AT
110509miura		$\checkmark$	2011/5/9	156.9	M	32.855277	129.99167	0
110/22oyano		V	2011/7/22	162.2	F	32.548611	130.42889	AT
M37945		$\checkmark$	2011/8/22	195.4	Μ	35.550000	140.48333	ST
110829mogi		$\checkmark$	2011/8/29	80	F	32.701444	129.91714	AT
110910kuchikida		$\checkmark$	2011/9/10	86.6	Μ	33.048222	129.90186	0
110913hishakuda		$\checkmark$	2011/9/13	111.9	Μ	33	131	SH
M37979		$\checkmark$	2011/12/24	191.5	Μ	35.55	140.48333	ST
121201-2		$\checkmark$	2011/12/31	150.4	F	34.287222	134.26903	SH
120106sanyo-onoda		$\checkmark$	2012/1/6	150	F	33.933333	131.18333	SH
120315higashikaratsu		$\checkmark$	2012/3/15	137.9	Μ	33.44472	129.9948	G
120412oyano		$\checkmark$	2012/4/12	114.4	F	32.575000	130.41944	AT
120419minami-arima		$\checkmark$	2012/4/18	127.6	F	32.610277	130.22722	AT
120528shiki		$\checkmark$	2012/5/28	101.6	F	32.516666	130.05000	AT
120530matsuo		$\checkmark$	2012/5/30	102.7	Μ	32.835555	130.34889	AT
120715hikoshima		$\checkmark$	2012/7/15	82	F	33.916666	130.91667	SH
120727arao		$\checkmark$	2012/7/27	75.4	F	32	130	AT
121026usa-2		$\checkmark$	2012/10/26	142.1	Μ	33.570277	131.34092	SH
121110ube		$\checkmark$	2012/11/10	108	F	33.933333	131.25000	SH
121227ainoshima		$\checkmark$	2012/11/10	115	Μ	34	130	SH
130214Hamawaki		$\checkmark$	2013/2/14	138	F	33.269166	131.51278	SH
130311Choshi		$\checkmark$	2013/3/11	86.4	F	35.69775	140.84808	ST
130317Yasuhisanoura		$\checkmark$	2013/3/17	118.5	F	33.128291	129.76721	0
140412saijo	$\checkmark$		2014/4/12	130.5	F	33.947639	133.09542	SH
150429kawatana		$\checkmark$	2015/4/29	65.2	F	33	129	0
150505omura		$\checkmark$	2015/5/5	77	F	32.911956	129.924808	0

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。

150507matsubara		$\checkmark$	2015/5/5	74.9	F	32.983188	129.944138	0
150506terashima		$\checkmark$	2015/5/5	73.3	F	32.890166	129.95618	0
150520miura		$\checkmark$	2015/5/20	140.2	Μ	32.855387	129.992217	0
150701okotone		$\checkmark$	2015/7/1	140.3	Μ	33.058051	129.887551	0
150708kuchinotsu		$\checkmark$	2015/7/8	93.4	F	32.60835	130.19746	AT
150723kawatana		$\checkmark$	2015/7/23	73.1	М	33	129	0
150907yue		$\checkmark$	2015/9/7	92	Μ	32.87	130.31	AT
150505oura2		$\checkmark$	2015/10/5	99.4	F	32.524733	130.36832	AT
151007okagou		$\checkmark$	2015/10/7	76.2	F	32	129	0
151204kamiamakusa		$\checkmark$	2015/12/4	145.2	F	32.528775	130.428620	AT
151228komiyaura		$\checkmark$	2015/12/28	99.3	F	33.008839	129.781372	0
160114idumi		$\checkmark$	2016/1/14	109.7	F	32.103850	130.30666	AT
160122tokitsu		$\checkmark$	2016/1/22	142.2	F	32.832803	129.84743	0
160215nishihi		$\checkmark$	2016/2/15	87.9	F	33	129	0
160222goshoura		$\checkmark$	2016/2/22	108.5	F	32.351742	130.356020	AT
160519kanzaki	$\checkmark$		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	$\checkmark$		2003/3/4	178	М	37.116666	138.033333	SJ
M33572	$\checkmark$		2004/1/15	157.5	М	35.216666	139.600000	РО
M34031	$\checkmark$		2005/5/16	187.5	М	37.166666	138.133333	SJ
M36326	$\checkmark$		2006/3/3	217.7	F	33.65	130.40	SJ
M34083	$\checkmark$		2006/3/24	156	М	37.266666	138.383333	SJ
M34249		$\checkmark$	2007/3/20	199	F	37.148055	138.416666	SJ
M34170	$\checkmark$		2006/5/8	150	М	36.816666	137.033333	SJ
0608 大槌カマ	$\checkmark$		2006/8	na	na	na	na	PO
M34250	$\checkmark$	$\checkmark$	2007/3/12	158.5	F	37.148055	138.068055	SJ
M34253	$\checkmark$	$\checkmark$	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	SI
SNH08015	√	$\checkmark$	2008/5/22	174.5	F	41.771472	140.769027	TS
SNH09015	•	1	2008/6/18	166.5	M	42.625583	141 595833	PO
SNH08037	$\checkmark$	1	2008/6/26	200	M	41 7305	140 5715	TS
SNH08044	1	v	2008/7/13	200	M	41 759944	140 845861	TS
SNH08045	*	$\checkmark$	2008/7/18	177.8	F	42.617305	141.551750	PO
M35156	1	,	2009/3/12	152.4	M	38 716666	139 666666	SI
M35201	./	./	2009/5/25	211	M	37 166666	139.000000	SI
SNH10001	./	./	2010/1/4	217 5	F	41 998927	140 122263	SI
M36237	./	./	2010/2/3	181	M	33 370555	129 592777	FCS
M36257	./	./	2010/4/16	163 7	F	38	129.592777	SI
M36294	~	v	2010/4/10	187	M	36.816666	137 033333	51
NI30294 SNH10042	N N	./	2010/0/18	215	E	12 334058	141 025658	DU DU
SNH10042	v	Ň	2010/7/27	215	M	42.334038	141.025658	PO
M27977	/	~	2010/7/30	232.5	M	42.334038	141.023038	PO
M37077 M27979	v	× /	2011/4/4	225.0	IVI E	25	139.630000	PO
NI37878 SNH11027	./	v	2011/4/4	223	г М	33 42 3606	139	PO
SNH11027	N N	./	2011/7/0	21)	E	42.5000	140.600305	PO
SNH11020	N N	Ň	2011/7/9	201.5	M	42.374980	141.120200	PO
SNH11029	N N	Ň	2011/7/10	213	M	42.413822	141.120200	PO
SNH11038	v	Ň	2011/8/10	218.5	M	42.302977	141.037019	PO
M29009	/	~	2012/1/29	221.5	M	42.023813	141.363172	PO
M38008 M38047	× /	v	2012/4/14	217.7	IVI E	34.004000	137.712303	FU ST
SNH12022	N N		2012/7/15	215.5	M	12 618611	137.283333	DU DU
SNI112032	N .	1	2012/7/13	213.3	IVI N/I	42.010011	141.337341	
SINT12030	N I	N ./	2012/7/30	∠10 210 1	IVI E	42.403941	141.100030	
SINT12037	N ./	N ./	2012/7/31	219.1 212 0	Г Г	42.410341	141.002938	
SNH12040	× /	× /	2012/8/10	212.0	Г	42.300891	141.055000	FU ST
M42075	v /	v	2012/8/13	214.0	IVI E	45.044950	140.303341	SI
M42075	V /	/	2012/7/9	180	Г Г	33.310000	133.003333	SJ TS
SNI112020	V /	V /	2013/7/8	162	Г Г	41./01009	140.720555	15
SNH13020 SNH12024 1	V	v	2013/7/13	200	Г	42.555122	141.034238	PO
SNH13024-1 SNH12024-2		V /	2013/8/5	105.5	Г	42.333383	141.025308	PO
SNH13024-2	/	V /	2013/8/5	108	Г	42.333383	141.025308	PO
SINTI 5025-1 M42552	v	V	2015/8/0	215	Г	42.555565	141.023508	PU
IV142332 M42582	~		2014/4/15	217.5	Г Г	3/.13 2/ 921/1	138.03	DO DO
IV142383 M42582	~		2014/4/15	181.0	Г Г	54.85101 24.92171	139.07618	PU DO
IV142582	~		2014/4/13	192.4	Г М	54.85101 27.2	139.0/018	PU CT
IVI42099	√ ∕		2014/4/7	195	M	57.5 27.55	138.4	SI
M42600	$\checkmark$	,	2014/4/9	198	M	37.25	138.33	SI
SNH14022	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/6/21	223	M	43.309944	141.406805	SJ
SNH14038	,	$\checkmark$	2014/7/12	186.5	F	42.326305	141.017333	PO
SNH15020	$\checkmark$		2015/6/19	167.8	F	42.359383	141.054224	PO

SNH16012	$\checkmark$	$\checkmark$	2016/5/14	237.1	Μ	41.764632	140.730755	TS
SNH16025	$\checkmark$		2016/8/9	213.4	na	42.380979	141.075647	PO
SNH16034	$\checkmark$		2016/9/26	195	М	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

ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34531		$\checkmark$	2007/6/25	160	F	35.0383	139.8261	PO
M37875		$\checkmark$	2011/3/15	245	Μ	31.6333	131.4500	PO
M37978		$\checkmark$	2011/12/18	240	Μ	35.70	140.86	PO
120209Kazusa		$\checkmark$	2012/2/9	219.2	F	32.6245	130.1648	PO
121201-7	$\checkmark$	$\checkmark$	2012/3/12	231	Μ	33.3833	132.1167	PO
130421Takahagi	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/21	221.7	F	36.70	140.71	PO
130427Awashima	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/27	232.4	Μ	35.0333	138.8833	PO
140526Misho	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/3/24	227.2	Μ	33.0258	132.5192	PO
150114Kaiyo		$\checkmark$	2015/1/14	174.7	Μ	33.5833	134.3667	PO
150223Mikame		$\checkmark$	2015/2/23	235.5	Μ	33.3721	132.3889	PO
150313Kashiwajima	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/3/13	218.6	F	32.7661	132.6302	PO
SNH15032	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/7/27	250	Μ	42.7198	143.6995	POh
SNH16002	$\checkmark$	$\checkmark$	2016/1/11	147	F	43.0031	144.298	POh
SNH16019	$\checkmark$	$\checkmark$	2016/6/27	244	Μ	42.5718	140.4468	POh
NSMT1	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/26	224	F	36.1833	140.5667	NSMT
NSMT2	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/26	225	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT3	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/26	205	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT4	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/26	243.5	Μ	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT5	V	1	2013/4/26	231	F	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT6	$\checkmark$	V	2013/4/26	225	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT7	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/4/26	229	F	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT8	V	1	2013/4/26	238	Ň	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT9	ا	٠ ا	2013/4/26	247	M	31.4166	130.1833	NSMT
NSMT10	V	1	2013/4/26	234	M	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT11	, V	, V	2013/4/26	235.3	M	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT12	, ,	, ,	2013/4/26	215.3	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT13	Ĵ	Ĵ	2013/4/26	240.5	Ň	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT14	•	, ,	2013/4/26	228.5	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT15	$\checkmark$	Ĵ	2013/4/26	231	Ē	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT16	, V	, V	2013/4/26	221.3	Ē	31,4166	130,1833	NSMT
NSMT17	, ,	, ,	2013/4/26	240.9	Ň	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT18	Ĵ	Ĵ	2013/4/26	230.3	M	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT19	Ĵ	Ĵ	2013/4/26	2291	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT20	Ĵ	Ĵ	2013/4/26	225.8	Ň	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT21	Ĵ	Ĵ	2013/4/26	231.2	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT22	Ĵ	Ĵ	2013/4/26	224.9	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT23	,	Ĵ	2013/4/26	251.4	Ň	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT24	,	,	2013/4/26	225.7	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT25	Ĵ	J.	2013/4/26	230.4	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT26	Ĵ	Ĵ.	2013/4/26	228.8	F	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT26fetus	v	J.	2013/4/26	90.8	Ň	31 4166	130 1833	NSMT
NSMT27	$\checkmark$	Ĵ.	2013/4/26	223	F	31 4166	130 1833	NSMT
11011127	v	v	2010/7/20	223	1	51.7100	150.1055	1101111

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。



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	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	261	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 2	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	254.7	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 4	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	261	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 5	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	244	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 6	$\checkmark$		2015/4/11	248	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 7	$\checkmark$		2015/4/11	252	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 8	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	248.6	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 9	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	235.9	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 10	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	218.6	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 12	$\checkmark$		2015/4/11	259.6	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 14	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	235.5	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 15		$\checkmark$	2015/4/11	255.3	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 16	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	252	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 17	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	253	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 18	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	212	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 19	$\checkmark$		2015/4/11	259.5	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 20	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	252	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 21	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	248	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 22	$\checkmark$		2015/4/11	na	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 23	$\checkmark$		2015/4/11	261.5	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 24	$\checkmark$		2015/4/11	259.5	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 25	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	241.8	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 26	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	255	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 27	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	261.5	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 28	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	251.2	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 29	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	248.7	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 31	$\checkmark$		2015/4/11	na	М	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 32	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	235	F	36.1196	140.5931	РО
32fetus		$\checkmark$	2015/4/11	87	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 33	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	237.4	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 34	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	na	F	36.1196	140.5931	РО
150411 鉾田市カズハ 35	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/4/11	262	Μ	36.1196	140.5931	РО

	u,	11 121		, , , <u>, , , , , , , , , , , , , , , , </u>	~	. =0		
ID	SCA	SIA	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea
M34245		$\checkmark$	2007/3/2	257	F	31.8262	131.4532	PO
M34255		$\checkmark$	2007/3/29	226.5	F	34.6833	138.2056	PO
M34530		$\checkmark$	2007/6/18	201.5	Μ	36.8483	136.9949	SJ
M35054		$\checkmark$	2008/2/1	263.5	F	37.1666	138.2000	SJ
M35065		$\checkmark$	2008/3/9	265	Μ	32.1166	131.5333	PO
M35066		$\checkmark$	2008/3/11	265	Μ	37	137	SJ
M35096		$\checkmark$	2008/4/26	258.5	Μ	31	131	PO
M35119		$\checkmark$	2008/6/30	237.5	F	35.4666	140.4167	PO
M35157		$\checkmark$	2009/3/19	284	Μ	31.4166	131.3333	PO
M35194		$\checkmark$	2009/4/5	458	Μ	32.8027	131.9654	PO
M36183		$\checkmark$	2009/9/14	156.9	Μ	36.9166	136.7667	SJ
M36265		$\checkmark$	2010/5/25	265	F	37	137	SJ
100727Akune		$\checkmark$	2010/7/27	222.8	Μ	32.0719	130.2033	ECS
M36397		$\checkmark$	2011/3/14	201.7	Μ	36.8333	137.4000	SJ
M37876		$\checkmark$	2011/3/30	263.7	Μ	37	137	SJ
130319Aoshima		$\checkmark$	2013/3/18	251.5	F	31.8	131.4	PO
140526Ainan	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/12/25	246	F	32.9569	132.5508	PO
140321Uchinada	$\checkmark$		2014/3/11	276	F	36.6666	136.6500	SJ
140430Mugi		$\checkmark$	2014/4/30	271	F	33	134	PO
141215Uwajima	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/12/15	263.9	F	33.0563	132.4539	PO
150311Ainan	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/3/11	253.1	Μ	32.9602	132.5442	PO
150311Ainan2	$\checkmark$	$\checkmark$	2015/3/11	234.1	F	32.9602	132.5442	PO
SNH16032	$\checkmark$		2016/9/17	288.7	Μ	43.9187	144.7029	OS

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。



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		$\checkmark$	2008/2/13	210	М	37	138	SJ
M35058		$\checkmark$	2008/2/14	215	Μ	37	138	SJ
M35062		$\checkmark$	2008/2/27	231	F	37	138	SJ
M35198		$\checkmark$	2008/4/25	310	F	33.2619	132.5425	IS
M35150		$\checkmark$	2009/3/3	246.2	F	36	137	SJ
M35202		$\checkmark$	2009/3/12	206	М	37.1166	138.0167	SJ
M38043	$\checkmark$		2012/3/24	300	F	35.6	134.3	SJ
M42127	$\checkmark$		2013/4/4	198	F	35	140	PO
M42147	$\checkmark$		2013/5/23	184	М	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		$\checkmark$	2007/10/16	150	М	32.5588	130.1147	ECS
M35127		$\checkmark$	2008/8/27	230	F	35.2666	139.7333	PO
110322Suji		$\checkmark$	2011/3/22	229.4	Μ	32.5166	130.3333	ECS
110906Futae2		$\checkmark$	2011/9/6	139.6	F	32.5500	130.1167	ECS
110906Futae1		$\checkmark$	2011/9/6	149.7	М	32.5500	130.1167	ECS
111007Kotsuura		$\checkmark$	2011/10/7	249.5	F	32.4891	130.2897	ECS
111130Oniike		$\checkmark$	2011/11/30	254.6	Μ	32.5500	130.1682	ECS
M42144	$\checkmark$		2013/5/15	265.7	Μ	31.5333	130.5500	PO
150603chidiwa		$\checkmark$	2015/6/3	193.1	М	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	$\checkmark$	$\checkmark$	2013/8/18	351.7	F	42.30933	142.40890	РО
SNH09033	$\checkmark$		2009/9/4	331	Μ	42.38278	141.07780	PO
SNH15038		$\checkmark$	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 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	$\checkmark$		2001/12/15	163.5	F	34.9666	139.7833	PO	mass
M32734	$\checkmark$		2001/12/15	190	Μ	34.9666	139.7833	PO	mass
M35143		$\checkmark$	2009/1/15	263.5	Μ	36.3000	136.25	SJ	
M36275	$\checkmark$	$\checkmark$	2010/5/27	286.5	F	33.1333	131.8	PO	
M36300		$\checkmark$	2010/7/23	253.3	Μ	35.3166	139.4667	PO	
M37891	$\checkmark$	$\checkmark$	2011/1/18	177.6	Μ	33.2641	134.1608	PO	
SNH11043	$\checkmark$		2011/9/20	222.8	F	42.5847	141.4427	PO	
SNH12011	$\checkmark$		2012/5/10	210	F	42.64	143.59	PO	
M42149	$\checkmark$		2013/5/26	294	Μ	35.01	138.85	PO	
SNH14045	$\checkmark$	$\checkmark$	2014/8/26	245.2	Μ	42.6872	143.6545	PO	
150603karatsu		$\checkmark$	2015/9/4	223.5	М	33.4527	129.9845	SJ	
160222chidiwa		$\checkmark$	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。

5(2) 1425	, x      e I	0, /(* / 14				
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	Μ	35.4	140.4	PO
M36331	2010/11/10	201	F	35.7	140.8	PO
M36358	2011/1/26	223.5	Μ	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

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。



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。

11 210 20	100						
ID	Date	Length (cm)	Sex	Latitude (N)	Longitude (E)	Sea	Remarks
SNH15013	2015/5/17	207	F	39.3557	146.1669	РО	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臓標本と比較し、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。

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

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

ここで, *m*<sub>i</sub>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*<sub>i</sub>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。

$$PS = 1 - 0.5 \sum \left| \frac{n_{iA}}{\sum n_A} - \frac{n_{iB}}{\sum n_B} \right|$$
(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 本海ー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。

### 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

## 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	2000US	anaoina		all $(n-32)$			Sea of Japa	n	Р	acific Oce	an	Tsugaru Strait		Nemuro St	trait
order	Failing	genus	species	n	(II=32) N%	F%	n	(II=7) N%	F%	n	(II=21) N%	F%	(II=1) n	n	(II=5) N%	F%
SEPIOLIDA	SEPIOLIDAE		SEPIOLIDAE spp.		10.01	52.12		11/0	1 /0		11/0	1 /0			1470	1 /0
ダンゴイカ目	ダンゴイカ科		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. 毎了明とはくまれくまで	88	1.33	31.25	68	43.31	28.57	18	0.29	33.33	2	0	0	0
	ENOPLOTEUTHIDAE	Watasenia	種不可でリイン科イン類 Watasenia scintillans (Berry, 1911)	4	0.06	3 13	0	0	0	4	0.06	4 76	0	0	0	0
	ホタルイカモドキ科 GONATIDAE	ホタルイカ属	ホタルイカ	-	0.00	3.13	0	0	0	-	0.00	4.70	0	0	0	0
	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
		<i>Berryteuthis</i> 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 十畸形日	2 20 120 H		Decapodiformes spp. 毎不明イカ海	18	0.27	3.13	18	11.46	14.29	0	0	0	0	0	0	0
Clupeiformes	Engraulidae	Engraulis カタカチィロシノ属	1至「ウ」ノス RA Engraulis japonicus カタカチ イロン	12	0.18	9.38	2	1.27	14.29	4	0.06	4.76	6	0	0	0
	Clupeidae	スタクリイシン属 Sardinops	Sardinops melanostictus	1	0.02	3.13	1	0.64	14.29	0	0	0	0	0	0	0
	ニシン科	マイワシ属 Clupea	マイワシ Clupea pallasii		0.02			0.54								
		ニシン属		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	<i>Oncorhynchus</i> サケ属	<b>Oncorhynchus masou</b> 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鱼類	8	0.12	9.38	0	0	0	8	0.13	14.29	0	0	0	0
Gadiformes タラロ	Gadidae タラ利	Theragra スケトウダラ属	Theragra chalcogramma	248	3.75	37.50	1	0.64	14.29	208	3.33	42.86	0	39	26.90	66.67
//4	ア ノ YT	ハノーソン ノ (西	Gadidae spp. 毎天日日本三利 免約	57	0.86	3.13	0	0	0	0	0	0	0	57	39.31	33.33
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	Sebastes	種不明タフ科無類 Sebastes spp.	1	0.02	3 13	0	0	0	1	0.02	176	0	0	0	0
カサゴ目	フサカサゴ科	メバル属	種不明メバル属魚類 Scomeanidea spp	1	0.02	5.15	0	0	0	1	0.02	4.70	0	0	0	0
			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	<i>Pleurogrammus</i> 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	<i>Crangon</i> 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 種不明甲殼類	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)

					all		2	Sea of Jap	ban	Р	acific Oce	ean		Sea of Okho	otk		Nemuro St	rait
order	family	genus	species	n	(n=42)	F%	n	(n=17)	F0/	n	(n=2)	F%	n	(n=12)	F06	n	(n=11)	F%
SEPIOLIDA	SEPIOLIDAE		SEPIOLIDAE spp.	171	5.96	16.67	117	5.50	41.19	0	1 70	1.70	54	50.04	0.22	0	1 70	0
ダンゴイカ目	ダンゴイカ科		種不明ダンゴイカ科イカ類	1/1	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	Enoploteuthis	Enoploteuthis (Paraenoploteuthis) chunii Ishikawa,	20	1.20	170	20	1.70	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ホタルイカモドキ科	ホタルイカモドキ属	1914 ホタルイカモドキ	38	1.50	4.70	38	1.79	17.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Watasenia</i> 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
		<i>Berryteuthis</i> 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
		1	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	<i>Sthenoteuthis</i> 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
// 8	2.2.11	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. 種不明メバル属鱼類	5	0.17	0.00	5	0.24	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 7 7 1 1 1	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 種不明鱼類	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 種不明甲殼類	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)

ondon	family		amoning	Inlan	d Sea			
order	Tanniy	genus	species	individual 1	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
<b>TEUTHIDA</b> 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	<i>Ostorhinchus</i> 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 種不明甲殼類	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 Japa (n=20)	n	]	Pacific Ocea (n=21)	an		Tsugaru Stra (n=5)	iit	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
アツイカ目	ヤリイカ科		EOEIOINIDAE spp. 種不明ヤリイカ科イカ類 Examination (Banaman Latanthia) alumii	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	Enoploteumis (Paraenoploteumis) chunti 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
		<i>Watasenia</i> 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	<i>Berryteuthis</i> 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
		Eucleoteuthus 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 bartramu (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 CHIPOTELITHIDAE spp.	293	3.49	44.68	148	7.36	45.00	93	1.64	38.10	19	6.57	60	33
	こ つ し い し い し い し い し い し い し い し ひ こ し い い し い い い い い い い い い い い い い		THIROTEOTHIDAE 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
八腕形目	Octopodidae マダコ科	Octopus マダコ属	マダコ Record and a contract of the second state	1	0.01	2.13	1	0.05	5.00	0	0	0	0	0	0	0
Decenciformer		Paroctopus	アロアロビロクロS conspanceus (Sasaki, 1917) ヤナギダコ	23	0.27	2.13	23	1.14	5.00	0	0	0	0	0	0	0
中脑形目	Congridae	Congar Bosc (av Cuvier) 1817	Decapointonnes spp. 種不明イカ類 Conger myrigster (Breycort 1856)	18	0.21	10.64	12	0.60	10.00	6	0.11	14.29	0	0	0	0
ウナギ目	アナゴ科	クロアナゴ属	マアナゴ Congridae sp	1	0.01	2.13	0	0	0.00	1	0.02	4.76	0	0	0	0
Clupeiformes	Engraulidae	Fnaraulis	The second sec	2	0.02	2.13	2	0.10	5.00	0	0	0	0	0	0	0
ニシン目	カタクチイワシ科 Cluneidae	カタクチイワシ属 Sardinons	カタクチイワシ Sardinops melanostictus	509	6.07	38.30	54	2.69	30.00	438	7.73	52.38	17	5.88	20	0
	ニシン科	マイワシ属	マイワシ Sardinops melanostictus or Etrumeus teres	8	0.10	4.26	1	0.05	5.00	7	0.12	4.76	0	0	0	0
			(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
		<i>Sardinella</i> 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

		<i>Clupea</i> 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	<i>Tribolodon</i> 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	<i>Theragra</i> 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	<i>Sebastes</i> 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	<i>Pleurogrammus</i> ホッケ属	<b>Pleurogrammus azonus</b> 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	<i>Ammodytes</i> イカナゴ属	<i>Ammodytes</i> 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	<i>Scomber</i> サバ属	<i>Scomber</i> 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 種不明甲殼類	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)

					all			Pacific Oce	ean	Island Sea		NSMT	
order	family	genus	species		(n=35)			(n=8)		(n=1)		(n=26)	
				n	N%	F%	n	N%	F%	n	SUM	N%	F%
<b>SEPIOLIDA</b> 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	<i>Loliolus</i> 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.	171	18.41	57.14	117	15.56	25	6	48	31.79	65.38
	ENOPLOTEUTHIDAE ナタルノカエドた利	Enoploteuthis	Enoploteuthis (Paraenoploteuthis) chunii Ishikawa, 1914	11	1.18	5.71	10	1.33	12.50	1	0	0	0
	ホクルイガモドイ科	Wotasenia	Watasenia scintillans (Berry, 1911)	21	2.26	8.57	21	2.79	37.50	0	0	0	0
	ONYCHOTEUTHIDAE	ホタルイカ属 Onychoteuthis Lichtenstein	ボダルイカ Onychoteuthis Lichtenstein sp.	1	0.11	2.86	0	0	0	0	1	0.66	3.85
	ツメイカ科	ツメイカ属	種不明ツメイカ属 Onykia (Onykia) loennbergii (lshikawa & Wakiya, 1914)	1	0.11	2.00	0	0	0	0	1	0.00	2.05
	GONATIDAE	Οηγκια	カギイカ	1	0.11	2.80	0	0	0	0	1	0.66	3.85
	テカギイカ科	Gonatus	Gonatus spp.	1	0.11	2.86	1	0.13	12.50	0	0	0	0
		Forryleums	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. 種不明種不明エン科	1	0.11	2.86	1	0.13	12.50	0	0	0	0
ーシー Myctophiformes ハダカイワシ日	Myctophidae ハダカイワン科	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
		ンズ・シス病 Lampadena カガミノロシ属	Lampadena luminosa	5	0.54	2.86	5	0.66	12.50	0	0	0	0
		カガマイラン属 Diaphus	Diaphus gigas	29	3.12	5.71	29	3.86	25	0	0	0	0
		ハタルイワン周	Myctophidae spp.	261	28.09	5.71	261	34.71	25	0	0	0	0
Perciformes	Ammodytidae	Ammodytes	種 小 明 ハ タ カ イ ワ シ 科 魚 類 Ammodytes spp.	2	0.22	2.96	2	0.27	12.50	0	0	0	0
スズキ目	イカナゴ科	イカナゴ属	種不明イカナゴ属魚類 unidentified fish	2	0.22	2.86	2	0.27	12.50	U	0	0	0
			 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)

					Pacific O	cean
order	family	genus	species		(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	<i>Notoscopelus</i> オオクチイワシ属	Notoscopelus caudispinosus オオクチイワシ	459	16.33	93.33
		<i>Lampadena</i> カガミイワシ属	Lampadena luminosa カガミイワシ	201	7.15	83.33
		<i>Diaphus</i> 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 So (n=4)	ea
	,	8	-F	n	N%	F%	n	n	N%	F%
<b>SEPIOLIDA</b> ダンゴイカ目	<b>SEPIOLIDAE</b> 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
		<i>Berryteuthis</i> 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
	<b>OMMASTREPHIDAE</b> アカイカ科	<i>Todarodes</i> スルメイカ属	Todarodes pacicus Steenstrup, 1880 スルメイカ	3	1.04	16.67	3	0	0	0
		<i>Ommastrephes</i> アカイカ属	Ommastrephes bartramii(Lesueur, 1821) アカイカ	16	5.56	16.67	0	16	8.94	25.00
		<i>Sthenoteuthis</i> 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	<i>Chiroteuthis</i> 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	<i>Octopus</i> 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	<i>Tremoctopus</i> 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	<i>Stauroteuthis</i> 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
		0	-F	n	N%	F%		SJ	PO
TEUTHIDA ツツイカ目	ENOPLOTEUTHIDAE ホタルイカモドキ科	<i>Enoploteuthis</i> 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)

ordor	femily	000110	species	SNH13031	SNH09033		
order	Tainity	genus	species		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	<i>Berryteuthis</i> 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	<i>Ammodytes</i> 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		cific Ocean	(n=7)	Inland Sea(n=1)	
TEUTHIDA	ENOPLOTEUTHIDAE	Enoploteuthis	Enoploteuthis (Paraenoploteuthis) chunii Ishikawa 1914	n	N%	F%	n	
ツツイカ目	ホタルイカモドキ科	ホタルイカモドキ属	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	<i>Octopoteuthis sicula</i> 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	<i>Chiroteuthis</i> 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	<i>Chiroteuthis</i> ( <i>Chirothauma</i> ) <i>calyx</i> Young, 1972 ツクシュウレイイカ	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	
)ecapodiformes 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	<i>Theragra</i> 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	<i>Trichiurus</i> 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	
)ecapoda 十脚目			unidentified crustaceans 種不明甲殼類	3	0.43	42.86	0	
	рр	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		

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)



(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。



(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。

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
	エン科
	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

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。

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。捕食者一被食者間の同位体比値の差 を濃縮係数といい,δ<sup>13</sup>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,δ<sup>15</sup>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。

75

# 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°C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±0.300mg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(δ<sup>13</sup>C)お よび窒素安定同位体比(δ<sup>15</sup>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。

$$\delta^{13}C = \left[\frac{\binom{1^{3}C}{^{12}C}_{\text{Sample}}}{\binom{1^{3}C}{^{12}C}_{\text{Standard}}} - 1\right] \times 1000$$
(4)

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

(<sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C)<sub>Sample</sub>, (<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N)<sub>Sample</sub>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, (<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N)<sub>Standard</sub>, (<sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N)<sub>Standard</sub>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。

$$\delta^{13}C \text{ or } \delta^{15}N = \alpha + \sum_{i=1}^{N} f_i(X_i) + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$
(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<sub>i</sub>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 150 cm 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δ<sup>13</sup>Cは-18.6±0.4‰,δ<sup>15</sup>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δ<sup>13</sup>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

カギイカヘ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。δ15N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  $\delta^{13}$ C は $-16.50 \pm 0.96$ ‰,  $\delta^{15}$ N は  $15.83 \pm 1.46$ ‰であった(図 24)。雌雄 別では,オスの  $\delta^{13}$ C が $-16.53 \pm 0.99$ ‰,  $\delta^{15}$ N は  $15.44 \pm 1.50$ ‰, メスでは,  $\delta^{13}$ C が  $-16.61 \pm 0.96$ ‰,  $\delta^{15}$ N は  $16.08 \pm 1.39$ ‰であった。海域別では, 仙台湾—東京湾において  $\delta^{13}$ C が-16.97±0.82‰,  $\delta^{15}$ N は14.42±2.29‰, 瀬戸内海—響灘において $\delta^{13}$ Cが-16.08±0.86‰,  $\delta^{15}$ N は 16.14±1.18‰, 大村湾において $\delta^{13}$ C が-16.88±0.88‰,  $\delta^{15}$ N は 15.76±1.12‰, 有 明海・橘湾において $\delta^{13}$ C が-16.42±1.06‰,  $\delta^{15}$ N は 15.98±1.63‰, 玄界灘において $\delta^{13}$ C が -16.54‰,  $\delta^{15}$ N は 13.77‰であった(表 30, 図 25)。

GAM の結果、 $\delta^{13}$ C についてはヌルモデルが採択され、 $\delta^{15}$ N では緯度、体長、海域が選択さ れた(表 31)。 $\delta^{15}$ 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 $\delta^{15}$ N に違いが見られ、玄界灘において他より低く、有明海一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<sup>13</sup>C に影響を与える要因は推定できなかったが、δ <sup>15</sup>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 棲息する底生藁類は植物プランクトンより高いδ<sup>13</sup>C 値を示す傾向があるため (Fry & Sherr 1989)、 スナメリのδ<sup>15</sup>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 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,  $\delta$  <sup>15</sup>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、 $\delta$ 

<sup>13</sup>C が-19.12±0.76‰,  $\delta$ <sup>15</sup>N は 10.42±0.35‰, 東シナ海における個体では $\delta$ <sup>13</sup>C が-18.27±0.93‰,  $\delta$ <sup>15</sup>N は 10.89±0.74‰であった(表 34)。

集団座礁個体において,δ<sup>15</sup>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,  $\delta^{13}$ C,  $\delta^{15}$ 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  $\delta^{13}$ C が-20.95‰,  $\delta^{15}$ N は 13.62‰であり(図 35), 胎 児を除く 21 個体では、 $\delta^{13}$ C が-18.40±0.66‰,  $\delta^{15}$ N は 11.60±0.67‰であり、オスの  $\delta^{13}$ C は-18.29±0.38‰,  $\delta^{15}$ N は 11.51±0.52‰, メスの  $\delta^{13}$ C は-18.30±0.41‰,  $\delta^{15}$ N は 11.38±0.46‰ であり、 $\delta^{15}$ N でのみ雌雄差が認められた(*p*<0.05)(表 36, 図 36)。

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

体長が低いほど小さく、δ<sup>15</sup>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 δ<sup>15</sup>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 $-16.96 \pm 0.45$ ‰,  $\delta^{15}$ N は  $12.64 \pm 0.40$ ‰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 $-14.64 \pm 0.85$ ‰,  $\delta^{15}$ N は  $15.71 \pm 1.25$ ‰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 $-18.45 \pm 0.14$ ‰,  $\delta^{15}$ 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、δ<sup>13</sup>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δ<sup>13</sup>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δ <sup>15</sup>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、δ<sup>15</sup>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δ<sup>15</sup>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, スナメリは東京一仙台湾以南, 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δ<sup>13</sup>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δ<sup>13</sup>C が低くなり、低緯度でストランディングした個体で はδ<sup>13</sup>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δ<sup>13</sup>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	$-18.81 \pm 1.00$	13.31±1.04
male (n=38)	$-18.91 \pm 0.87$	13.16 <u>+</u> 0.99
female (n=22)	$-18.78 \pm 1.20$	13.30±0.95
unknown (n=3)	$-17.78 \pm 0.47$	15.26 <u>+</u> 0.43
Sea of Japan (n=23)	$-17.48 \pm 0.82$	11.16±0.98
Pacific Ocean (n=21)	$-18.45 \pm 0.14$	12.56±0.33
Tsugaru Strait (n=3)	$-18.73 \pm 0.57$	13.41 <u>±</u> 0.48
Nemuro Strait (n=15)	$-19.50 \pm 1.28$	13.23 <u>±</u> 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。

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

表 27. ネズミイルカの GAM 分析結果



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)	$-19.84 \pm 0.75$	$13.55 \pm 1.02$
female (n=11)	$-19.81 \pm 0.86$	13.32 <u>+</u> 0.95
unknown (n=2)	$-20.04 \pm 0.29$	14.54 <u>±</u> 0.10
Sea of Japan (n=17)	-19.79±0.83	13.28 <u>±</u> 0.91
Pacific Ocean (n=4)	$-19.54 \pm 0.74$	14.08 <u>±</u> 0.79
Nemuro Strait (n=15)	$-19.75 \pm 0.69$	13.00±0.75
Sea of Okhotsk (n=9)	$-20.24 \pm 0.66$	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.	イシィ	ルカの	GAM	結果

$C \sim \text{group} + s(\text{latitude}) + 1$ (GCV 0.				
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<
$N \sim group + month + s(latitude) + s(length) + sea +1$ (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 cm 未満をグループ 1,体長 150 cm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 <u>+</u> 1.46
male (n=28)	-16.53 <u>±</u> 0.99	15.44±1.50
female (n=36)	-16.61 <u>±</u> 0.96	16.08±1.39
unknown (n=2)	$-15.03 \pm 0.65$	16.71±1.12
Sendai Bay—Tokyo Bay (n=4)	-16.97 <u>±</u> 0.82	14.42±2.29
Inland Sea—Hibiki-nada (n=19)	$-16.08 \pm 0.86$	16.14±1.18
Omura Bay (n=21)	$-16.88 \pm 0.88$	15.76±1.12
Ariake Sea—Tachinaba Bay (n=21)	$-16.42 \pm 1.06$	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 が有明海一橘湾,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	<b>Pr</b> (>  <i>t</i>  )
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 が有明海一 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 <u>±</u> 0.88	12.15±0.93
male (n=18)	$-18.09\pm0.64$	12.09±0.72
female (n=16)	$-18.15 \pm 1.06$	12.20±1.10
Sea of Japan (n=9)	-17.97 <u>±</u> 0.48	11.81 <u>±</u> 0.89
Pacific Ocean (n=20)	$-18.15 \pm 1.04$	$12.30 \pm 1.00$
Tsugaru Strait (n=4)	$-18.52 \pm 0.68$	12.23 <u>±</u> 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

$C \sim month + s(latitude) + s(length) + 1$				(GCV 0.438)
Variables	edf	Ref.df	F	<b>P-value</b>
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<
$N \sim month + s(latitude) + s(length) + sea + sex$ (GCV 1.107)				
Variables	edf	Ref.df	F	<b>P-value</b>
s(latitude)	4.271	4.915	2.460	0.05<
s(length)	1.416	1.696	2.264	0.05<
		estimated	t	<b>Pr</b> (>  <i>t</i>  )
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 <u>±</u> 0.67
male (n=21)	$-18.74 \pm 0.90$	10.73 <u>±</u> 0.77
female (n=22)	$-18.42\pm0.98$	$10.80 \pm 0.58$
Pacific Ocean (Hokkaido) (n=3)	-19.30 <u>+</u> 0.71	11.09±0.52
Pacific Ocean (Honshu) (n=11)	-19.12 <u>±</u> 0.76	10.42±0.35
NSMT (n=28)	$-18.27\pm0.93$	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	<b>P-value</b>
s(latitude)	1.000	1.000	0.205	0.05<
		estimated	t	<b>Pr</b> (>  <i>t</i>  )
seaPO		0.306577	0.137	0.05<
seaPOh		1.201608	0.184	0.05<
N ~ sea + 1				(GCV 0.224)
Variables		estimated	t	<b>Pr</b> (>  <i>t</i>  )
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 <u>+</u> 0.66	11.60 <u>±</u> 0.67
male (n=15)	$-18.81 \pm 0.21$	11.66 <u>±</u> 0.55
female (n=9)	-18.77 <u>±</u> 0.96	11.49 <u>±</u> 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

$C \sim s(length) +$	1			(GCV 0.160)
Variables	edf	Ref.df	F	<b>P-value</b>
s(length)	1.976	2.256	17.51	<0.001
$N \sim s(length) +$	-sex + 1			(GCV 0.293)
Variables	edf	Ref.df	F	P-value
s(length)	2.729	3.217	7.156	<0.01
		estimated	t	<b>Pr</b> (>  <i>t</i>  )
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.)	
<i>Grampus griseus</i> (n=21) ハナゴンドウ	-16.94 <u>+</u> 0.51	11.84 <u>±</u> 1.06	
male (n=11) female (n=10)	$-16.65 \pm 0.47$ $-17.26 \pm 0.34$	12.23±1.24 11.40±0.62	
Sea of Japan (n=7)	-16.85 <u>+</u> 0.34	12.69±1.18	
Pacific Ocean (n=13)	$-17.04 \pm 0.56$	11.34 <u>±</u> 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(米), 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 <u>+</u> 0.45	12.64 <u>±</u> 0.40
Tursiops aduncus (n=8) ミナミハンドウイルカ	-14.64 <u>+</u> 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 <u>±</u> 0.82	11.16 <u>±</u> 0.98
Globicephala macrorhynchus (n=2) コビレゴンドウ	-18.45 <u>+</u> 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。

種	Min	1 <sup>st</sup> Qu.	Med	Mean	3 <sup>rd</sup> 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 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。

	Min	1 <sup>st</sup> Qu.	Med	Mean	3 <sup>rd</sup> 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			

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。

#### 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δ<sup>13</sup>C及びδ<sup>15</sup>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<sub>B</sub>)で、種間の同位体ニッチの重複はSEA<sub>B</sub>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 の新生存以外, 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(SEAB)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<sub>B</sub> が広かった(スナメリ:3.35<sup>2</sup>, ネズミイルカ:3.03<sup>2</sup>)。 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<sub>B</sub> は狭かった(1.12<sup>2</sup>)。SEA<sub>B</sub> 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(‰<sup>2</sup>)。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。

SEA.B (‰ <sup>2</sup> )	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 42. 各鯨種のベイズ標準楕円の面積の推定値(SEA<sub>B</sub>(‰<sup>2</sup>))。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)。

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)。

	рр	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	

	1~3	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 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。

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	5月	7~	9月	10~	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 P%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 δ<sup>13</sup>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。δ<sup>15</sup>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,宫島利宏助教,宫入陽介特任研究員,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. 2<sup>nd</sup> 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) δ<sup>13</sup>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) Benthicpelagic 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, 2<sup>nd</sup> 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<sub>2</sub>]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 <sup>15</sup>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 ( $\delta$ <sup>13</sup>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<sub>2</sub> 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.
- 高木省吾,前田辰昭,亀井佳彦,中谷敏邦,高津哲也,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 southeastern 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 northeastern 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.