

3 研究内容 (別紙)

国内では毎年 300 件近い海棲哺乳類の漂着が報告されている。こうした個体は、地方自治体が埋設または焼却処分することを国から通達されているが、これらの検体を研究対象とすることで、野生動物に関する実に様々な知見を得ることが可能となる。我々の研究グループは、国立科学博物館を中心として、長年こうした漂着個体を活用し、多様な研究を推進してきた。本セミナーでは鯨類を対象とした共同研究の研究成果報告ならびに情報交換を目的として開催した。

セミナーの参加者は 27 名で、学外からは以下の 13 機関より 19 名が参加した(北海道大学、帯広畜産大学、宇都宮大学、京都大学、高知大学、長崎大学、宮崎大学、国立科学博物館、長岡市立博物館、愛媛県総合科学博物館、愛媛県警察科学捜査研究所、大阪・海遊館、四国自然史科学研究センター)。会議は 9 演題から構成され、鯨類の漂着や混獲の現状、環境汚染物質の蓄積や経年変動、寄生虫感染、疾患・病理、毒性影響評価、食性解析、遺伝学研究や解剖学についての発表があった。漂着鯨類を回収することに尽力頂いている方々にもセミナーに参加していただいたことで、現場の声を聞く機会も得られた。発表後の討論や懇親会では、漂着時の対応や連絡網、サンプリングや今後の共同研究について活発に議論された。漂着鯨類の標本を用いて今後どのような発展的な研究に繋げるかという点について、様々な分野の研究者・教育者が集結して方向性を見いだすことができた。特に鯨類の胃腸から検出されるマイクロプラスチックについて、汚染物質の検出、病理解析、プラスチックの分類等、異分野の研究チームと協力して研究を展開することについて合意が得られ、今後も LaMer 助成により共同研究が促進されることが期待される。

セミナーの概要および発表要旨は以下の通り。

共同利用・共同研究拠点 LaMer セミナー

「LaMer 助成による漂着鯨類個体を活用した 研究成果報告会」

会期：2018 年 12 月 15 日(土) 会場：愛媛大学 総合研究棟 I 会議室

演題 1. LaMer の概要について 国末 達也(愛媛大学)：愛媛大学で 2 つ目の共同利用・共同研究拠点として、「化学汚染・沿岸環境研究拠点 (Leading Academia in Marine and Environment Pollution Research：通称 LaMer)」が文部科学省の認定を受けた(平成 28～33 年度：<http://lamer-cmes.jp/>)。本拠点では、生物環境試料バンク (es-BANK) を共同利用・共同研究施設として機能化し、世界各所から収集した試料の有効利用を体系化するとともに、環境科学関連分野の一層の発展に寄与することを目的としている。大型プロジェクトを通じて、沿岸環境科学研究センター (CMES) が整備した先端的研究施設・設備・研究者ネットワーク資源を活用し、わが国における化学汚染研究や沿岸環境研究など環境科学分野の共同研究を推進・活性化する。そのためには、es-BANK の冷凍試料の共同利用化をすすめ、国内外の共同研究を戦略的に推進し、とくに保存試料数の多い鯨類では共同研究の

成果が期待されている。

演題 2. 大阪湾におけるスナメリの漂着と混獲の現状 石川 恵（海遊館）：海遊館では開館 20 周年（2010 年）記念リニューアルとして、身近な海、大阪湾の水槽展示を目指し「スナメリの海」水槽をオープンした。計画段階よりスナメリの生態を知るため、大阪コミュニケーションアート（現：大阪 ECO 動物海洋専門学校）の近藤茂則氏の協力を得て、大阪湾にて目視調査を開始した。その年に飼育スナメリは死亡し展示は終了となったが、2014 年より漁業者や関係行政担当者などへの聞き取りや情報収集のポスター等の配布を開始した。これにより、生存スナメリの情報に加えて、死亡個体の情報も寄せられるようになった。2014 年から 2018 年 11 月までに年間 10 頭前後の死亡漂着個体・魚網への混獲個体の情報は合計 36 件得ることができた。死亡個体の最小～最大の全長・体重は漂着個体で 118～189cm・25.4～58.0kg、混獲個体で 113cm～176cm・28.3～69.2kg であった。サワラ流し網の漁期にあたる 5 月から 11 月は混獲個体の対応が漂着個体を上回り、遭遇率の増大する 4～6 月（近藤、2010）には漂着・混獲共に対応件数が多い傾向にあった。2018 年は 11 月までに 5 件の死亡漂着、6 件の混獲情報を得た。死亡漂着の場所は主に大阪府阪南市から岬町にあるせんなん里海公園で、公園関係者と周辺住民から連絡を受けた。淡路島からの情報も初めて寄せられた。混獲は関西国際空港周辺でサワラ流し網漁作業中に誤って網に絡まったもので、阪南市の 3 漁協（尾崎・西鳥取・下荘）の漁師から連絡を受けた。調査を通して、意識的に活動を展開することで、寄せられる情報件数や認知度が増加することを実感した。漂着の起こりやすい海岸が特定でき、漁業区域とスナメリの生息区域の重複を知り、漁業とスナメリの関係性について今後考えていく必要性を感じた。現在の調査を継続し新規調査やフィールド調査などを開始し、水族館らしい大阪湾の環境とスナメリの生態を関連づけた教育活動や保全活動へと発展させていきたい。

演題 3. 日本周辺海域における小型ハクジラの食性研究。松田 純佳（北海道大学/日本学術振興会特別研究員 PD）：鯨類の食性研究には胃内容物分析が主に使われる。何を食べていたかという具体的な餌生物の特定は可能であるが、死ぬ直前の餌情報しか反映しないため、長期の食性を把握することはできない。窒素炭素の安定同位体比分析は、大型動物の長期移動や食性履歴を明らかにする強力なツールであり、近年海棲哺乳類研究でも広く用いられている。北海道においてストランディング報告上位のネズミイルカ、イシイルカ、カマイルカの食性について、胃内容物分析結果及び筋肉組織の炭素窒素安定同位体比分析結果により、ネズミイルカは沿岸域においてイカナゴやスケトウダラ、ダンゴイカ科やヤリイカ科といった幅広い餌生物を、イシイルカは中深層性頭足類であるテカギイカ科イカ類を、カマイルカはスルメイカ、カタクチイワシ、マイワシといった漁獲対象種をそれぞれ主に利用していることが明らかになった。

演題 4. 小型鯨類に寄生する Brachycladium 科吸虫の分類と宿主域調査 塩崎 彬 (長崎大学) :ブラキクラディウム科は海棲哺乳類に特有の吸虫類で、消化器系や呼吸器系に寄生する。本研究では日本近海における本科吸虫相の調査を行った。2017年4月から2018年2月にかけて、ユメゴンドウ7頭、スジイルカ5頭、スナメリ5頭のストランディング・混獲鯨類から寄生虫を採取した。ユメゴンドウからは頭蓋洞と胆管からそれぞれ *N. gondo*、*B. nipponicum* を発見した。スジイルカでは、頭蓋洞に *N. gondo* と *N. globicephalae*、胆管には *B. nipponicum* と *O. laevicaecum* を発見した。スナメリからは腸管に *S. tursionis* が見つかった。ユメゴンドウの寄生虫に関する知見は世界的にも少なく、日本では初報告である。*N. gondo* と *B. nipponicum* は日本近海でのみ報告されており、ゴンドウクジラ類に多く見られるがユメゴンドウも宿主とすることがわかった。スジイルカの *B. nipponicum*、*O. laevicaecum* も初記録である。特に後者は沖縄のハセイルカ以来の記録となる珍しい種である。本来は南方に分布する種と考えられ、アジアには未知の鯨類寄生虫相があると予想される。*S. tursionis* は主にハンドウイルカに寄生し、これまで世界中で報告がある。今回、*S. elongatum* として知られていたスナメリの *Synthesium* 属吸虫が *S. tursionis* と同種であることを確認した。汎世界的な分布と沿岸性のスナメリから外洋性のハンドウイルカまで宿主にすることから、本種は様々な生物を中間／待機宿主にする。しかしスジイルカやハナゴンドウなど他の外洋性鯨類では見られないことから、日本近海ではスナメリとハンドウイルカに食性の共通点があることも示している。

演題 5. スナメリに蓄積する環境汚染物質の地理的分布と経年変化 川邊 陸 (愛媛大学) :ポリ塩化ビフェニル (PCBs) やジクロロジフェニルトリクロロエタンおよびその代謝物 (DDTs) などの有機塩素化合物 (OCs) に加え、ポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) やヘキサブロモシクロドデカン (HBCDs) といった臭素系難燃剤 (BFRs) は生物濃縮性を示し、海洋食物網の高次に位置する鯨類に高蓄積する。とくに、沿岸性スナメリは人為的影響を受けやすく、残留性有機汚染物質 (POPs) による曝露リスクが懸念される。事実、環境中の POPs 濃度は低減傾向であるが、瀬戸内海スナメリの脂皮に残留する PCBs 濃度は、定常状態であり、汚染が継続している。さらに、天然由来の有機ハロゲン化合物 (メトキシ化 PBDE 異性体 (MeO-PBDEs)) を POPs と同レベルで蓄積し、その毒性影響も懸念されている。しかし、それらの化合物による複合曝露の実態と経年変化や地理的分布は不明である。本研究では、瀬戸内海および大村湾に漂着したスナメリを化学分析に供試し、有機ハロゲン化合物による汚染実態の解明を試みた。瀬戸内海沿岸および大村湾に漂着したスナメリオスの脂皮 46 検体を化学分析に供試し、定性・定量した。スナメリの POPs 濃度は瀬戸内海および大村湾で差異はなく、濃度順位は PCBs > DDTs > CHLs > HBCDs > PBDEs > HCHs ≅ HCB であった。瀬戸内海の東部で PCBs、DDTs、HBCDs は高値を示し、今後の動向を注視する必要がある。天然化合物は大村湾のスナメリで高値であり、海域に棲息する藻類のバイオマスが要因と考えられた。大村湾スナメリの経年変化は、すべての化合物で

定常状態であり、複合曝露が継続している。規制後も濃度が低減していないことから、汚染が継続することが予想され、今後の動向に加え、影響評価も注視する必要がある。

演題 6. 海棲哺乳類の疾患と汚染物質蓄積との関連性の検討 中郡 翔太郎 (帯広畜産大学)、落合 真理 (愛媛大学) : 海棲哺乳類の病理学的研究は、疾患の有無や病態の一端は解明されてきた。しかし、ストランディングの重要な要因の一つともされる環境汚染物質の蓄積と関連付けられることが少なく、病態の全容を明らかにすることは叶わなかった。一方、環境毒性学的研究では、疾患の有無に関わらず多検体を横断的に解析し、同一海域内における個体群の汚染状況を把握し健康状態への影響を示唆することはできたが、汚染物質の体内蓄積と疾患の関係は不明のままであった。そこで、本課題では、ハブスオウギハクジラを材料に、肝吸虫症への罹患症例に対して汚染物質濃度を測定し、関連性について解析するという新たなアプローチを導入した。肝吸虫が寄生していたオス個体 M46866 に加え、国内で過去に漂着し肝吸虫の寄生がみられなかったハブスオウギハクジラのオス 3 頭を対照検体とし、肝臓と脂皮における残留性有機汚染物質 (POPs) の汚染動態を調べた結果、肝臓では M46866 のみに突出する化合物の値は検出されなかった。しかし、M46866 の脂皮では PCB の値が 30,000 ng/g lipid weight であり、他 3 個体の計測値 $17,000 \pm 7,100$ ng/g lipid weight と比べ、特異的な高値を示した。今回は 1 疾患に対し 1 種 4 頭の検討しか行えず、上記結果の詳細な意義も現段階では不明である。しかし、今後もこうした海棲哺乳類の健康影響評価に着目した学際的研究を増やすし、寄生虫感染やその病態と汚染物質蓄積との関連、ひいては、疾患のより包括的な原因解明に貢献できると考える。

演題 7. 鯨類由来培養細胞を用いた環境汚染物質の毒性影響評価 落合 真理 (愛媛大学)、栗原 望 (宇都宮大学)、塩崎 彬 (長崎大学)、松田 純佳 (北海道大学)、中郡 翔太郎 (帯広畜産大学)、中田 章史 (北海道科学大学) : 鯨類は海洋生態系の頂点に位置し、環境汚染物質を高濃度に濃縮する。これまで多くの動物種の POPs 投与試験より、免疫毒性・生殖毒性・神経毒性等が報告されてきた。鯨類においても健康被害を引き起こすことが注目されている。しかし、鯨類への曝露試験は法的、倫理的、技術的制約に困難である。そのため、著者らは鯨類から細胞を培養し汚染物質の影響評価法の開発に取り組んだ。2015 年から漂着鯨類の細胞培養を開始し、現在、19 種 59 個体の継代細胞を凍結保存した。これらの培養細胞を用いてアッセイ系を構築し、鯨類に対する汚染物質の影響を直接的に評価することを目的とした。スナメリの線維芽細胞にダイオキシン類や PCBs などの残留性有機汚染物質 (POPs) を曝露し、毒性影響をヒトの線維芽細胞と比較した結果、スナメリとヒトで同程度の反応を示した (2,3,7,8-TCDD の EC₅₀ 値 : スナメリ = 2.0 nM、ヒト = 3.2 nM)。複数種の鯨類では、体内に残留する汚染物質濃度でも線維芽細胞の細胞死等の影響が見られ、POPs への曝露により、鯨類体内で細胞毒性が引き起こされていることが考えられた。さらに、単一化合物の曝露より、脂皮より抽出した POPs 混合物の方が数倍以上強い毒性を示した。

この結果は、複数の化合物に同時に曝露されることで、単一化合物よりも影響が増幅されたことを示唆している。鯨類は様々な環境汚染物質による複合的な汚染を受けているため、実環境中に近い状況でのリスク評価が今後ますます必要である。

演題 8. 鯨類における細胞遺伝学的研究—知見の収集と種間比較— 栗原 望 (宇都宮大学農学部) : 鯨類の染色体研究は、鮮度の良い試料を得られる捕鯨に依存し進められてきた。そのため、非捕鯨対象種の知見は少なく、染色体数さえ知られていない種も多い。本研究は、海岸に死亡漂着した鯨類を用いて、染色体に関する知見を収集、種間比較を行うことを目的としている。今年度は、LaMer 所属のネズミイルカ科のネズミイルカとスナメリの核型分析結果を報告する。ネズミイルカ 1 個体 (メス) とスナメリ 1 個体 (オス) の染色体を観察した結果、染色体数はいずれも $2n=44$ であった。核型が既知の鯨類では、一部の分類群 (アカボウクジラ科) を除き、染色体数は $2n=44$ であることから、本研究で分析した 2 種の染色体数は一般的であるといえる。染色体の形を 2 種間で比較したところ、ネズミイルカではメタセントリック型が 7 対、サブメタセントリック型が 5 対、サブテロセントリック型が 5 対、アクロセントリック型が 4 対、X 染色体はサブメタセントリック型であったが、スナメリでは、メタセントリック型が 6 対、サブメタセントリック型が 6 対、サブテロセントリック型が 5 対、アクロセントリック型が 4 対で、X 染色体はメタセントリック型、Y 染色体は不明瞭であるがサブメタセントリック型であった。すなわち、2 種間では、染色体の形に差異が認められた。この差異をより詳細に検討するため、現在 G-バンド核型および C-バンド核型の比較を進めている。

演題 9. 漂着・混獲鯨類を使った眼輪筋形態の種間比較 西間庭 恵子 (長崎大学), 落合 真理・国末 達也 (愛媛大学), 天野 雅男 (長崎大学) : 鯨類は完全な水中適応を果たした特異な哺乳類であり、その解剖学的特徴の整理は、鯨類の進化の過程を論じるうえで基礎的な所見となる。ネズミイルカ科イシイルカの眼周辺の筋肉および神経の観察 (西間庭ら, 2017) では、眼輪筋の上眼瞼部の一部に腱が確認された。マイルカ科鯨類の眼輪筋について Huber (1934) や Lawrence & Schevill (1965) は“よく発達した筋肉が眼裂の周りを覆う”と報告しており、イシイルカで得られた所見と完全に一致しない。本研究では、漂着鯨類を用いて知見が少ない眼輪筋に着目し、イシイルカでみられた腱構造が他鯨類にも見られるのか解剖学的知見の追加を行った。スジイルカ 4 頭、イシイルカ 1 頭、スナメリ 2 頭の左右または片方の眼輪筋を用いた。眼輪筋の上眼瞼部の一部に筋線維ではなく腱があることを確認した。スジイルカとイシイルカの腱構造は明瞭であったが、スナメリはイシイルカほど明瞭ではなかった。また、脂皮を剥離する前のスジイルカとイシイルカの上眼瞼に見られた水平方向に走る溝は、上眼瞼に腱が確認された場所とほぼ一致する。上眼瞼に見られた腱構造と体表にある溝との関係は今後検討する。

