

## 研究課題名

鯨類胃内における海洋プラスチックを介した POP 溶出の検証  
－鯨類胃液の POPs プロファイルに注目して－

研究代表者：大枝 亮（筑波大学大学院）

共同研究者：田島 木綿子（筑波大学大学院・国立科学博物館）

拠点構成員：国末 達也（愛媛大学 CMES）

### 【研究の背景】

近年、様々な海洋生物の体内から海洋プラスチックが発見され、鯨類においてもプラスチック摂食（誤飲）の報告は多い（山下ら、2016.）。プラスチックは海水中で残留性有機汚染物質（POPs）を吸着することが明らかになっている。そうしたプラスチックを鯨類などの海洋生物が摂食（誤飲）することで、プラスチックに吸着した POPs を曝露し、免疫低下や発生異常などを引き起こす可能性が示唆されている。我々はこれまでに鯨類胃内から見つかったプラスチック小片と胃粘膜を用いて POPs 定量分析を行った（2022 年,2023 年 LaMer 共同研究）。

鯨類の胃内プラスチックに吸着していたポリ塩化ビフェニル（PCBs）の塩素数に着目して同族体組成割合を比較すると、鯨類胃内のプラスチックは、鯨類組織に蓄積している PCBs 組成と比べ低塩素化 PCBs の占める割合が高いことが確認された。

プラスチックにおける低塩素 PCBs が多く吸着している組成は、高塩素化 PCBs が高割合で蓄積している鯨類組織の組成（田辺、1998）とは異なり、2～5 塩素化体が大部分を占める海水中の PCBs 組成（津野ら、2007）に近かった。このことから、プラスチックが海水中で POPs を吸着し、鯨類が誤飲することで、鯨類の体内へ低塩素体をはじめとするプラスチックに吸着した POPs が取り込まれている可能性が示唆された。

一方、胃粘膜での分析では、プラスチック検出の有無にかかわらず、すべての検体において 5～7 塩素化 PCBs が PCBs 組成の 9 割を占めていた。プラスチックの PCBs 組成において 3～4 割程度の割合を占めることがあった 3 塩素化 PCBs の蓄積割合は 5%にも満たなかった。胃粘膜の組成は胃液による浸出の影響よりも食物網を介した体内の代謝による影響を受けていると考えられた。

そこで、本研究は、鯨類胃内においてプラスチックに吸着していた POPs が消化液中に溶出し体内へ吸収される可能性について検証するため、胃内プラスチック、胃液（消化液）と脂皮の POPs 定量分析を実施し、これまで分析してきた鯨類の胃内プラスチックと胃粘膜の POPs 組成や濃度などを比較することで、胃内でのプラスチックを介した POPs 移行特性を理解することを目的とした。

### 【材料と方法】

#### ○材料

日本沿岸に漂着したアカボウクジラ科鯨類から採材した脂皮（6 個体 6 サンプル）、胃液（3 個体 7 サンプル）、胃内プラスチック（2 個体 7 サンプル）を分析に用いた。

○方法

各標本に対して、愛媛大学沿岸環境科学研究センターのガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）による POPs 定量分析を実施した。得られた PCBs や有機塩素系農薬類（OCPs）の濃度や同族体組成を、これまで分析してきた鯨類胃液、胃内プラスチック、鯨類胃壁（胃粘膜）の結果と合わせて比較して、プラスチック特有の組成が胃液へ溶出しているかどうかを検証する。

【結果と考察】

●PCBs

脂皮、胃粘膜、胃液、胃内プラスチックの PCBs 同族体組成を個体ごとに示したグラフを下記に示す。

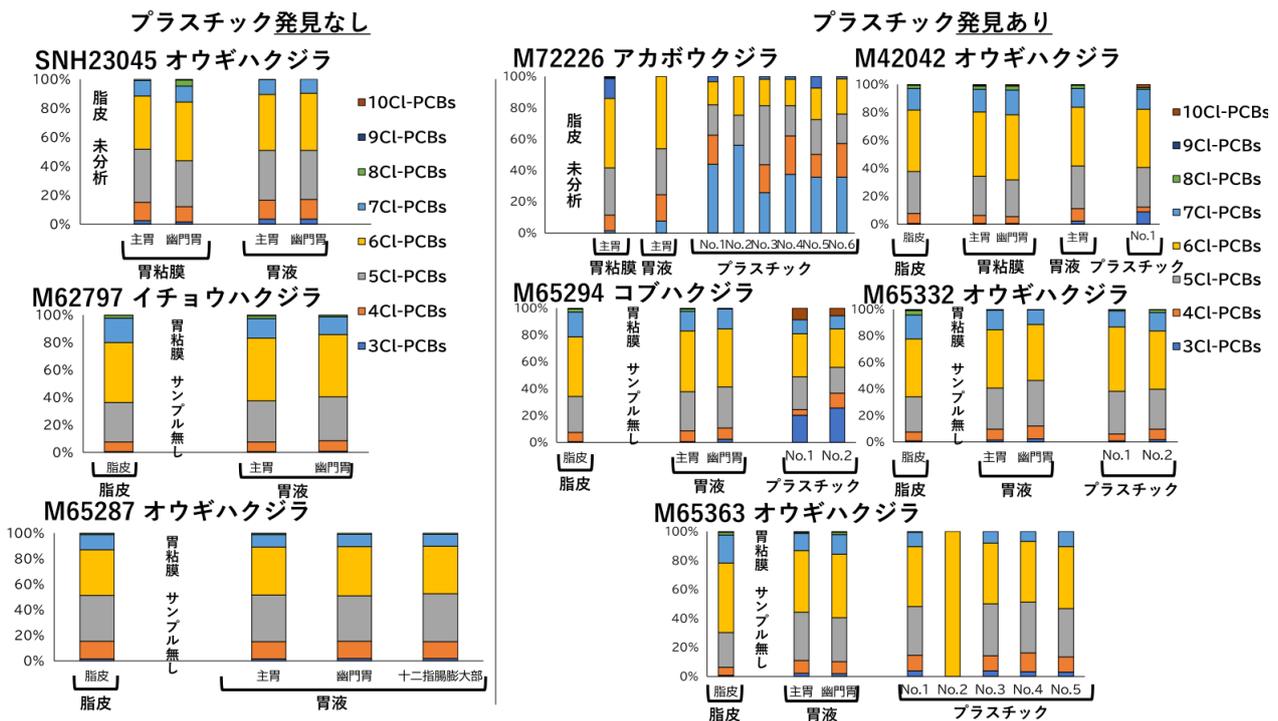


図 1.個体ごとの PCBs 同族体組成

胃内プラスチックが検出されなかった SNH23045、M62797、M65287 の 3 個体においては、食物網を介した組成を示していると考えられる組成を示す胃粘膜や脂皮の結果と、胃液の組成が類似していた。

低塩素 PCBs の吸着割合が大きい胃内プラスチックが見つかった個体（M72226、M65297）では胃液の低塩素 PCBs の割合が他の個体と比較して高くなった。低塩素体の割合が他の個体に比べより高くなった M72226 では 6 つのプラスチック（総重量 100g 以上）が発見された。こうした結果はプラスチックから胃液への PCBs 溶出の可能性を示した。さらに M72226 のように多くのプラスチックを誤飲することは低塩素 PCBs の曝露リスクを高めることにつながる事が考えられる。

一方で M42042、M65332、M65363 では胃内プラスチックの吸着 PCBs 同族体組成は低塩素体の占める割合が低く、これまで分析してきた胃内プラスチックの結果と異なる結果となった。この結果の要因は、胃内プラスチックの胃内に存在した時間が長い（誤飲してからの時間が長い）ことにより、胃液との間で溶出・吸着が起こったことで、胃液の組成に近づいていったという可能性が考えられるが、誤飲のタイミングについては特定が難しい。

●OCPs

脂皮、胃粘膜、胃液、胃内プラスチックの OCPs 組成を個体ごとに示したグラフを下記に示す。

クロロベンゼン (CBz)

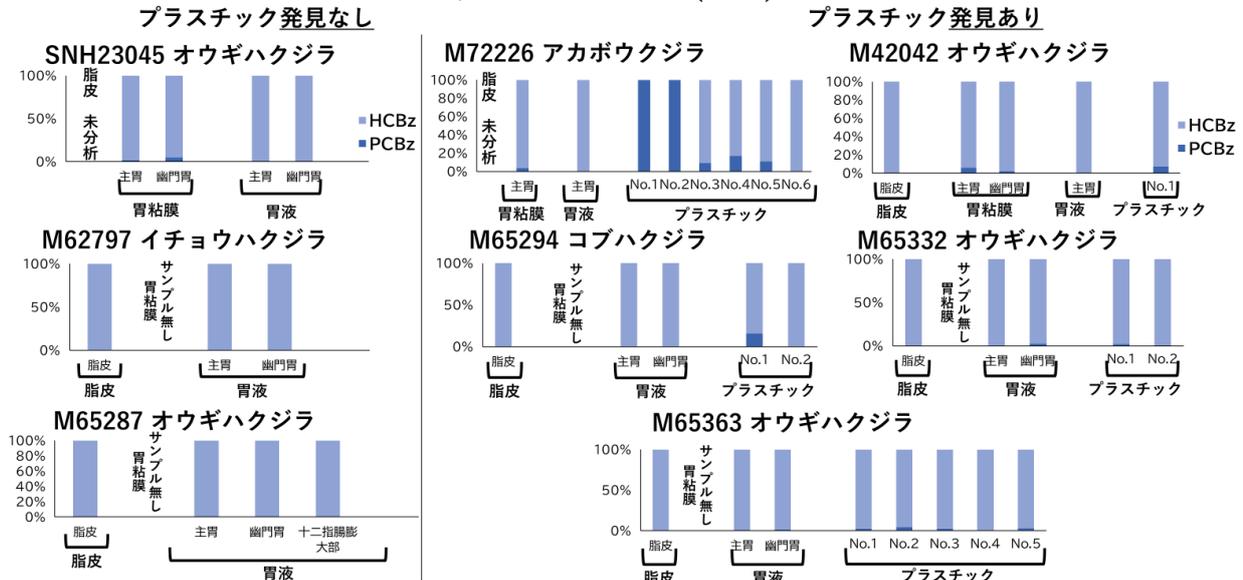


図 2. 個体ごとの CBs 組成

○CBz (クロロベンゼン)

胃液・胃内プラにおいては蓄積量・吸着量がとても小さかった。胃内プラスチック・胃液・胃粘膜・脂皮の間に大きな組成の差異は見られず、HCBz が組成のほとんどを占めたが、一部の胃内プラスチック (M72226) では PCBz の割合が大きい検体も確認されたが、吸着量自体が小さいことにより、測定機器 (GC-MS) の検出限界による影響の可能性が考えられる。

ヘキサクロロシクロヘキサン (HCHs)

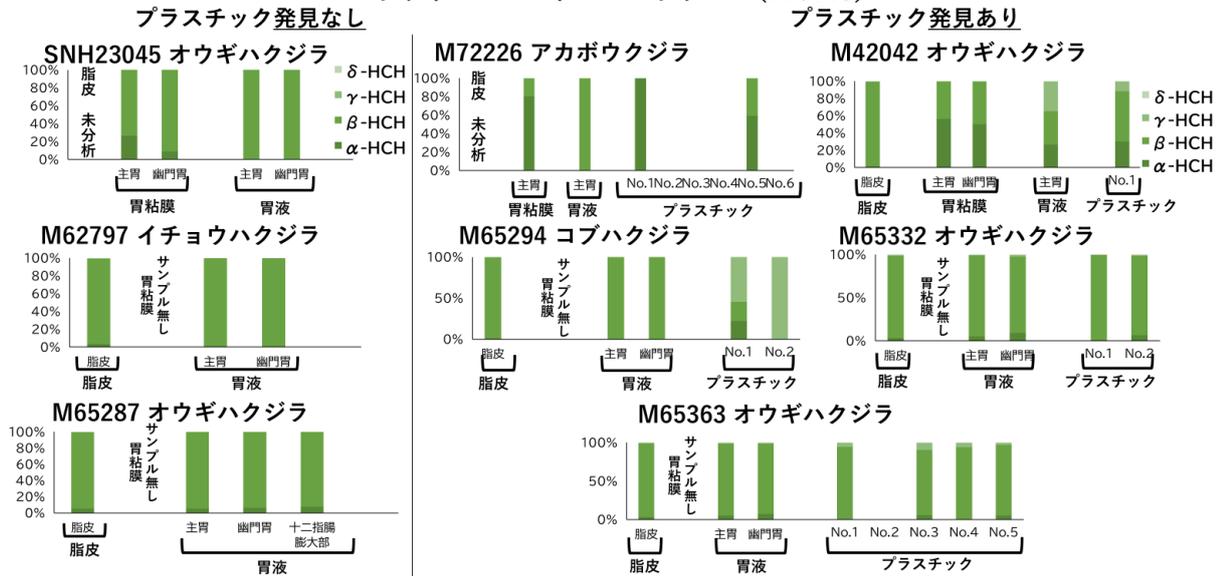


図 3. 個体ごとの HCHs 組成

○HCHs (ヘキサクロロシクロヘキサン)

一部の胃内プラスチックにおいて、胃液・胃粘膜・脂皮と比較して  $\gamma$ -HCH の占める割合が大きくなっている検体が存在するが、吸着量が小さく、測定機器 (GC-MS) の検出限界による影響を否定できない。

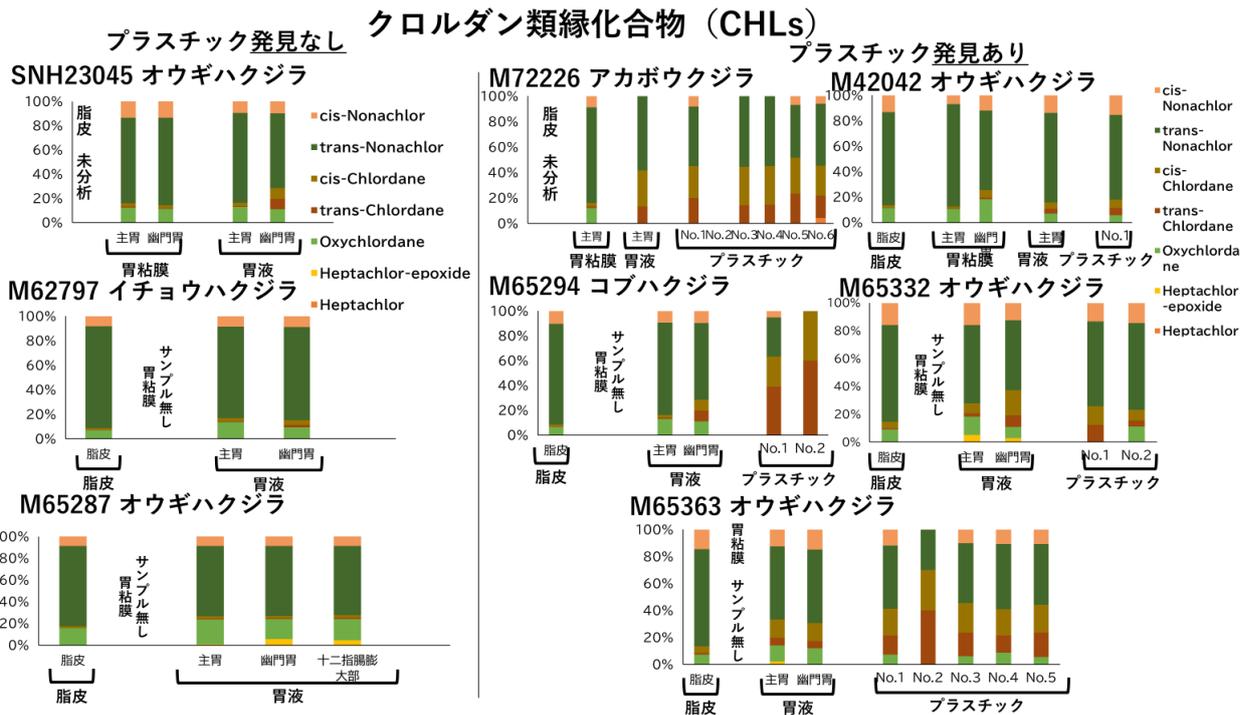


図 4. 個体ごとの CHLs 組成

○CHLs (クロルダン類縁化合物)

胃内プラスチックの組成と食物網を介した組成を示していると考えられる組成を示す脂皮・胃粘膜との間の差が顕著に表れた。プラスチックでは trans-Chlordane と cis-Chlordane がそれぞれ 10%以上程度を占めるのに対して、脂皮と胃粘膜中ではその 2 つの化合物の割合は小さくなり、trans-Nonachlor が 7割程度を占める組成となっていた。

胃液は胃内プラスチックが見つかった個体において trans-Chlordane と cis-Chlordane の割合が高まっており、胃内プラスチックの発見がなかった個体では胃粘膜や脂皮に近い組成を示した。

M65332 と M65363 の脂皮では trans-Chlordane と cis-Chlordane の占める割合が他の 4 個体と比較して大きくなっていた。この結果からプラスチックからの溶出した化学物質が脂皮に蓄積している可能性が考えられる。

また、胃液の組成は、胃液が分泌される主胃の組成と、腸に近い幽門胃や十二指腸膨大部の組成との間で差異が見られる個体 (SNH23045, M65287, M42042, M65294, M65332) が見られ、消化吸収の過程で組成に差が生まれている可能性が示唆された。

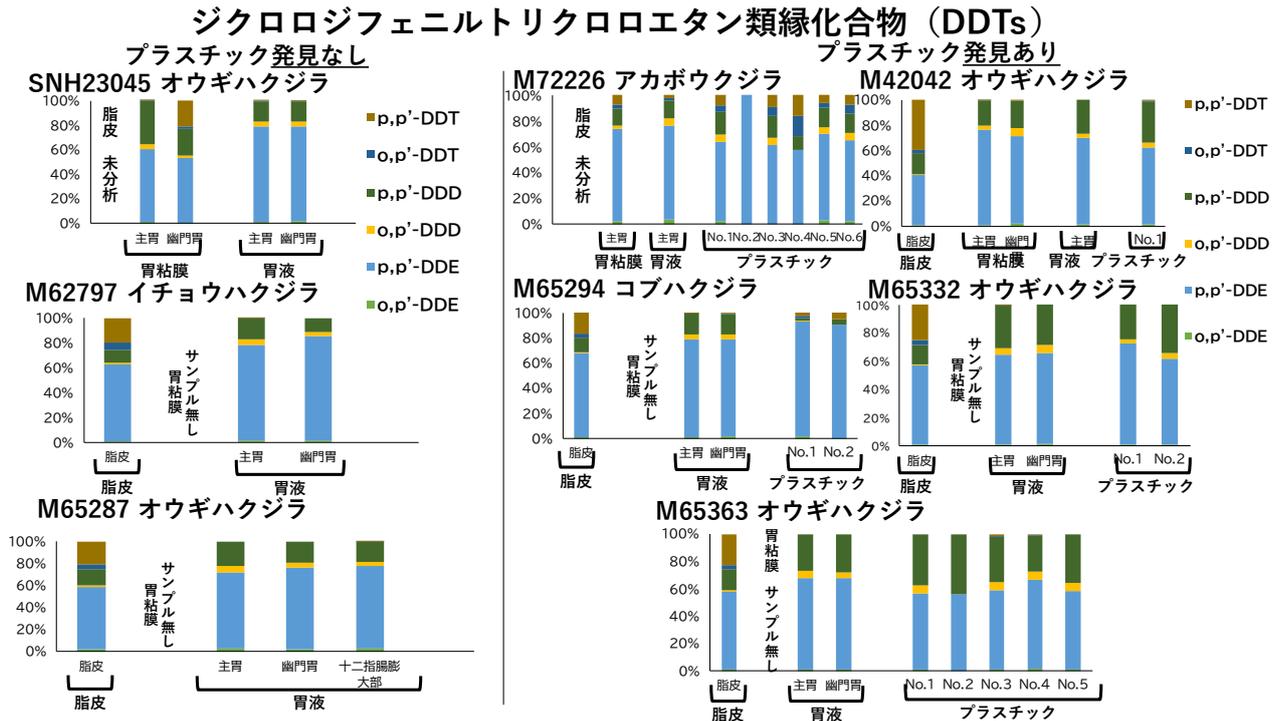


図5. 個体ごとのDDTs組成

○DDTs (ジクロロジフェニルトリクロロエタン類縁化合物)

プラスチックが見つかった個体の胃液と胃内プラスチックが似たような組成を示し、脂皮はその組成とは異なる組成であった。o,p'-DDTとp,p'-DDTが胃液と胃内プラスチックでは低割合だったのに対し、脂皮では2~4割程度を占めていた。この結果から、胃内プラスチックや胃液中胃内での消化、腸での吸収、体内での代謝・蓄積の過程で組成変化が起こることが示唆された。

胃内プラスチックではp,p'-DDDの割合が3~4割程度になる検体 (M42042, M65332, M65363) が見られ、それらの個体の胃液のp,p'-DDDの割合は他の個体と比較して、1割程度の差が見られた。

●まとめ・今後の展開

プラスチックが見つかった個体の一部で胃液の低塩素体 PCBs が高割合となり、OCPs においても、CHLs での trans-Chlordane と cis-Chlordane、DDTs での p,p'-DDD といった化合物の占める割合はプラスチックが見つかった個体の胃液において高くなっており、プラスチックからの POPs の胃液への溶出の可能性を示した。さらに CHLs における trans-Chlordane と cis-Chlordane の割合は、脂皮でもプラスチックの有無により差が見られており、プラスチックからの溶出した化学物質が脂皮に蓄積している可能性が考えられた。

一方で、一部個体の胃内プラスチックの PCBs 組成は低塩素体の割合が大きくない結果となり、これまで分析してきた結果と異なっていた。こうした背景には、漂着地や生息域などの地理的条件、漂着年代や個体の年齢などの経時的条件、胃内プラスチックの胃内に存在した時間 (誤飲してからの時間) や餌生物等の胃内容物などの個体状態、個体が死亡してからの死後変化などが関連してくると考えられるが、現時点では、十分なサンプルを分析することができておらず、原因の特定は難しい。今後さらなる分析を行う中で、個体間での胃内プラスチックや胃液の組成の差について理解できる可能性がある。

さらに、胃液に溶けだした化学物質の体内への吸収という観点では、さらなる分析が必要であり、体内吸収の場である腸や、吸収後の化学物質の代謝や蓄積に係る肝臓や腎臓といった臓器などを分析することで、プラスチックを介した化学物質の体内移行の可能性について検討を進めていく。

また、胃内でのプラスチックから胃液への POPs の脱着について確認するべく、模擬消化液を用いた消化実験の実施も検討している。