

## 研究課題名

鯨類における海洋プラスチックを介した POPs 曝露の実態把握  
—組織中 POPs プロファイルに基づく解析アプローチ—

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）

### 【研究目的】

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。プラスチックは海水中で残留性有機汚染物質 (POPs) などの有害化学物質を吸着することが明らかになっている（間藤ら、2002）。POPs を吸着したプラスチックが鯨類をはじめとする海洋生物に摂食（誤飲）されることで、POPs を曝露させ免疫低下や発生異常を引き起こす可能性が示唆されている。しかし、鯨類においてプラスチックを介した POPs 曝露について実証的に検証した報告は現時点では存在しない。

鯨類には食物網を介した生物濃縮で POPs が高濃度に蓄積している。これらに加えて、プラスチックを介した POPs 曝露のリスクにさらされているとすると、今後も海洋中で増え続けると試算されているプラスチックを介した POPs 曝露の実態をいち早く理解することが求められる。

研究代表者らは昨年度の LaMer 共同研究にて鯨類の消化管内から見つかったプラスチック（17 個体 100 検体）に吸着した POPs の定量分析を行った。その結果、分析した全ての検体において、POPs に指定されているポリ塩化ビフェニル (PCBs) と有機塩素系農薬類 (OCPs) の吸着を確認した。

吸着していた 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。

こうした低塩素化 PCBs 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、2～4 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化体が入り込んでいる可能性、つまり、プラスチックを介した POPs 曝露が示唆された。

そこで、本研究では漂着鯨類の胃壁（胃粘膜）の POPs 定量分析を行い、PCBs や OCPs の組成がプラスチックの有無による影響を受けているかを検証し、プラスチックを介した POPs 移行特性を明らかにすることを目指した。

## 【材料と方法】

### ・材料

日本沿岸に漂着した漂着アカボウクジラ科鯨類 8 個体から採材した主胃と幽門胃の胃壁（胃粘膜）11 検体と、そのうちの 4 個体から検出された胃内プラスチック 10 検体を材料として用いた。

### ・方法

各検体を、先行研究(Kunisue et al., 2021)を参考にガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用いた吸着 POPs 分析を実施した。POPs 分析は先行研究の間藤ら（2002）や山下ら（2016）の成果と、予備研究より得た自家所見をもとにポリ塩化ビフェニル（PCBs）、有機塩素系農薬（OCPs）に注目して実施した。

## 【研究成果】

分析したすべての検体でポリ塩化ビフェニル（PCBs）と有機塩素系農薬類（OCPs）の蓄積・吸着を確認した。

### ・ PCBs

#### ○胃壁（胃粘膜）

塩素数に着目して同族体組成割合を比較すると、5~7 塩素化 PCBs の蓄積割合は 8~9 割程度と大きく、3~4 塩素化体の蓄積割合は 1 割程度と低値だった。

このような組成は、アカボウクジラの皮膚生検サンプルを用いた研究における、蓄積していた PCBs の 8 割以上は 6 塩素化体と 7 塩素化体が占めていたという結果（Baini et al., 2020）と近く、鯨類体内の PCBs 組成を反映しているものと考えられた。

#### ○胃内プラスチック

昨年度の分析結果と同じく 3~4 塩素化体の吸着割合が 4~5 程度を占める検体が多く存在した。

○胃壁と胃内プラスチックにおける PCBs 同族体組成の比較

胃壁は5~7塩素化体が蓄積割合の8割以上を占めた一方で、胃内プラスチックでは3~4塩素化体が半分程度の吸着割合を示した。また、胃内プラスチックが発見された個体（M65399、M72226、M42042、M65294）において、胃壁とプラスチックの間に PCBs 組成の関連性は見られず、プラスチックが発見されなかった個体（M65400、M65402、M72338、SNH23045）との間においても胃壁に蓄積した PCBs 同族体組成に差異は認められなかった。

この結果から、胃壁はプラスチックに吸着している低塩素化 PCBs 中心の組成の影響を受けておらず、鯨類体内の PCBs 蓄積状況を反映しているものと考えられた。

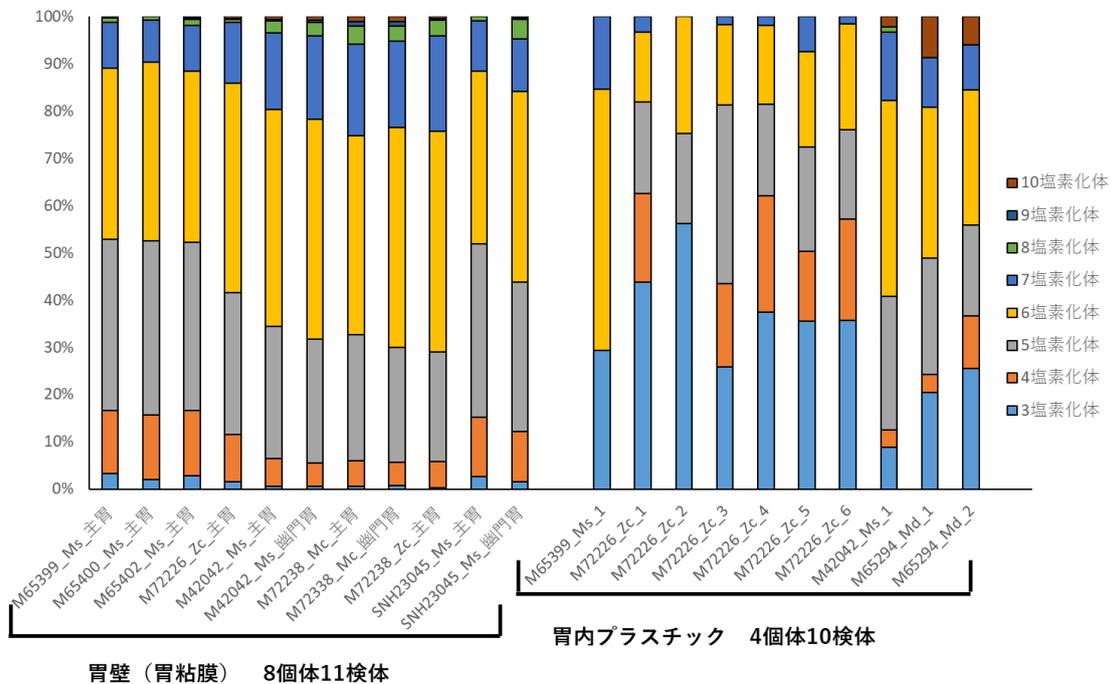


図1. PCBs 定量分析の結果 (PCBs 同族体組成)

左側 8 個体 11 検体が漂着鯨類の胃壁 (胃粘膜) の結果, 右側 4 個体 10 検体が漂着鯨類から見つかった胃内プラスチックの結果を示す。

・ OCPs

○胃壁 (胃粘膜)

クロロベンゼン (CBs) は蓄積量が少なく、0.61~10.0ng/g (Lipid ベース) であった。

ベンゼンヘキサクロリド (HCHs) は  $\alpha$ -HCH と  $\beta$ -HCH が検出され、 $\gamma$ -HCH

と  $\delta$ -HCH の検出はなかった。

クロルダン (CHLs) においては trans-Nonachlor の蓄積割合が他の異性体と比較して著しく大きく全体の 7 割程度を占めた。

ジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDTs) は p,p'-DDE が最も多く蓄積しており、p,p'-DDD がそれに次いで蓄積していた。

これらの結果は鯨類脂皮中の組成と似通っており、鯨類体内の OCPs 蓄積状況を反映していると考えられた。

#### ○胃内プラスチック

CBs は胃壁と同様に吸着量が少なく、未検出の検体もあった。

HCHs も吸着量が少なく、未検出の検体も多かった一方で、M42042 と M65294 から見つかったプラスチックから  $\gamma$ -HCH の吸着を確認した。

CHLs においては trans-Nonachlor の占める吸着割合が胃壁と比較して少なく、trans-Chlordane や cis-Chlordane の吸着割合が大きくなった。

DDTs においては胃壁と同様に p,p'-DDE が最も多かった一方で、各検体間での組成に差異が見られ、同一個体 (M72226) から見つかったプラスチックであっても DDTs 異性体の組成に変動が見られた。

#### ○胃壁と胃内プラスチックにおける OCPs 異性体組成の比較

HCHs において一部プラスチックから  $\gamma$ -HCH が検出され、CHLs においてプラスチックでは trans-Chlordane や cis-Chlordane の吸着割合が大きく、DDTs においてもプラスチックは変動の大きな吸着組成を示しており、胃内プラスチックは胃壁の蓄積組成とは異なる組成を示していると考えられる。

胃壁の OCPs 蓄積組成は鯨類脂肪中の結果と似たものとなっており、鯨類体内の OCPs 蓄積状況を反映していると考えられる。

一方のプラスチックは PCBs と同様に鯨類体内の OCPs 組成とは異なる吸着特性を持ち、従来の食物網を通しての OCPs 曝露とは異なる曝露経路となっている可能性がある。

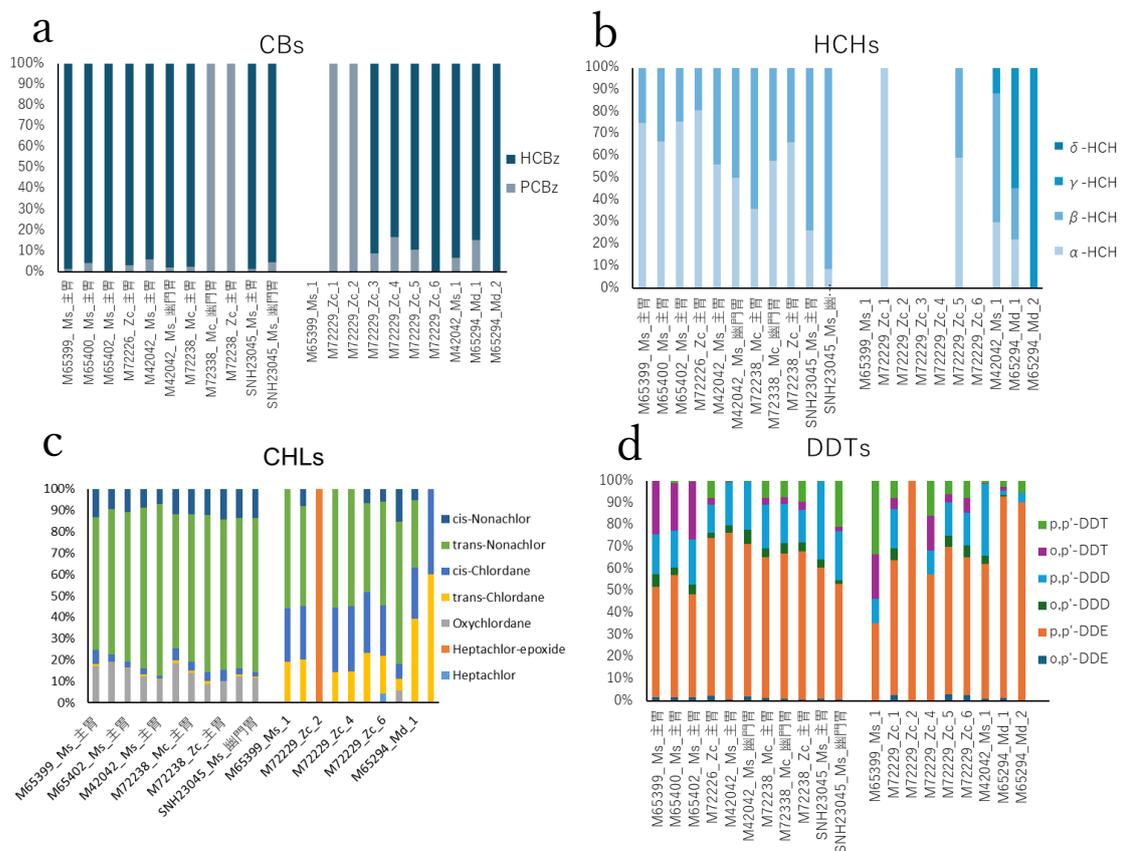


図 2. OCPs 定量分析結果（異性体組成）

a がクロロベンゼン (CBs)、b がベンゼンヘキサクロリド (HCHs)、c がクロルダン (CHLs)、d がジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDTs) の結果を示す。

各グラフの左側 8 個体 11 検体が漂着鯨類の胃壁（胃粘膜）の結果，右側 4 個体 10 検体が漂着鯨類から見つかった胃内プラスチックの結果を示す。

### 【今後の展開】

鯨類の胃壁と胃内プラスチックにおける POPs 定量分析を行い、その同族体や異性体の組成を比較したところ、胃壁と胃内プラスチックの間に関連性は確認されず、胃壁はプラスチック特有の POPs 組成の影響を受けているとは考えられなかった。しかしながら、胃壁は体組織の一部であり、長期間の POPs 汚染を反映しやすく、クジラがプラスチックを取り込むよりも前の食物網を介しての曝露を色濃く反映しているとも考えられる。

今後はプラスチックから POPs が溶け出すと考えられる消化液（胃液）の分析を通して、POPs の消化液中への溶出、吸収について検証していく。