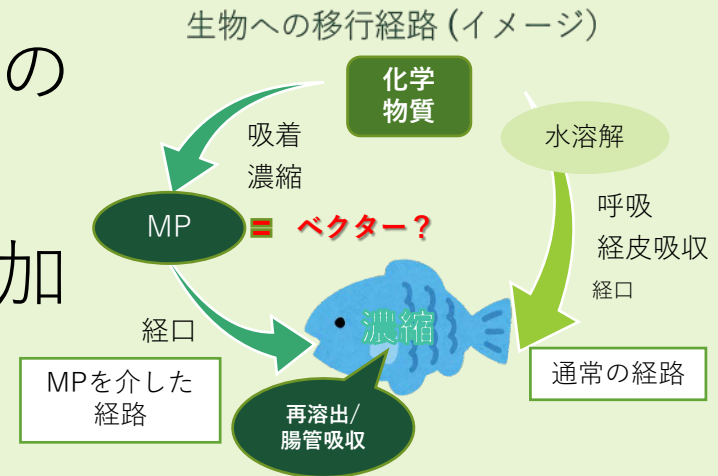


マイクロプラスチックの
存在下、非存在下における
魚類への生物蓄積と生物間濃縮に関する
研究

愛媛大学大学院農学研究科
鑪迫典久

ベクター効果を明らかにするための要点

- マイクロプラスチック (MP) のベクター効果とは
 - ・ 化学物質の体内取り込み増加
 - ・ 脂肪への蓄積促進
 - ・ 生体への影響増大



- MPの素材および吸着している化学物質の種類によって、ベクター効果は変動する。
- 鰓からの曝露量と経口曝露を一律に比較するのは難しい。
 - ・ 経口曝露は[水中濃度]でないのでBCFは計算できない

昨年度までの知見

- MPへの化学物質吸着の程度はlogKowに相関した。
 - ・ 一般に剥離のしやすさは逆相関になる
 - MPがキャリアーとして働くのかは不明
- ポリプロピレン (PP)、ポリエチレン (PE) にはPAHsが吸着するが、テフロンには吸着しない (直径3mmの真球を使用)。
 - 微小径のMPの展着量は分析定量が難しい
 - ポリスチレン (PS) は溶剤に弱いためデータが取れなかった
- 水生生物 (メダカ、ミジンコ) はMPを摂取したが、腸管外には移行していなかった (10~0.19 μm)。
 - ・ 24時間程度で排出された (メダカ)
 - 微小径は水分散PSビーズしか市販されていない

目的

これまでの研究成果から、MPのベクター効果はプラスチックの素材と化学物質の特性が重要であることが示された。また、展着と摂食実験に使ったMPにサイズのギャップがあるため、サイズによる展着量差の確認が必要である。特にPS製ビーズは定量可能な形状で多様な径が市販されており、これを用いて移行・蓄積試験をするうえで、吸着特性を明らかにしたい。

従って以下の2点の検討を行った。

検討1

プラスチックの素材による吸着量の違いを明らかにする。溶剤を使わずに生物影響を利用して測定する。

検討2

MPのサイズによる吸着量の違いを明らかにする。

検討1 実験デザイン

- ・ 13種PAHsのうち、ミジンコ、メダカに急性毒性があったピレンを用いる。
- ・ ピレン水溶液（EC₅₀超濃度）にプラスチック片を添加し、プラスチックにピレンが移行すれば水中濃度が下がり、生物影響（EC₅₀）が減少するはず。

※ここでは、食さないプラスチックサイズを使用

PS、PP、PE、PET、塩化ビニル（VC）、ポリ塩化ビニリデン、ポリエステル（PEs）で試験を行った

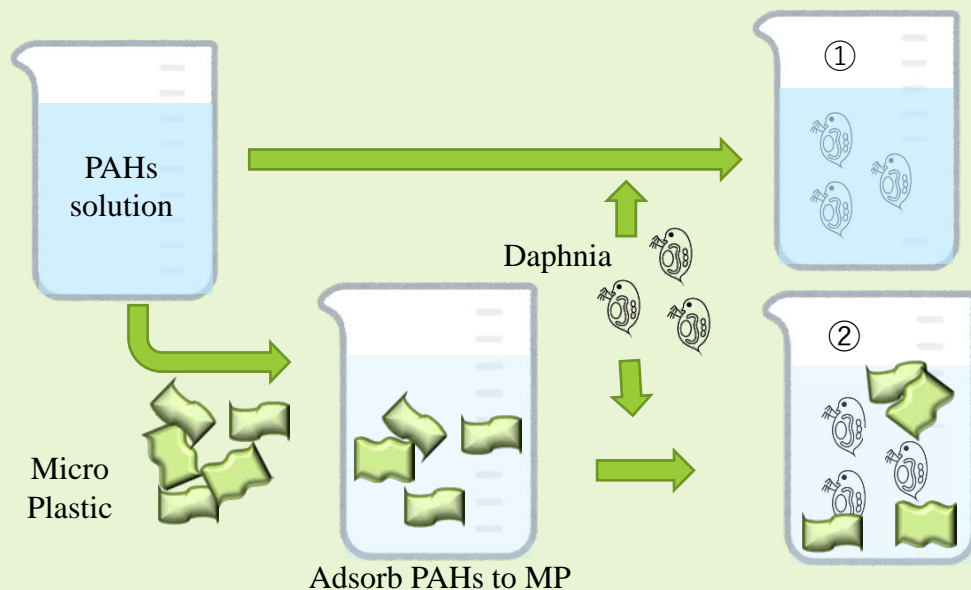


図 ピレン溶液中のプラスチック存在下・非存在下で毒性値の変化を調べる

検討1 結果

- PP、PE、PEs、VCでは明らかな毒性の低下が認められた → **吸着した**
 - PS、PET、ポリ塩化ビニリデンは毒性値に変化がなかった → **ほとんど吸着しない**
- PS、PET等は水からの化学物質の展着が少ないためベクター効果は期待できない。
- PP、PE、PEs、VCはベクター効果を持つ可能性がある素材である。ただし体内に取り込まれたのちに化学物質が剥離するかどうかは不明。

以降ベクター効果の有無はPPを用いて検討した

検討2 実験デザイン

- PPは直径1mm以下のビーズが市販されていないので、小さいサイズを自作する必要がある
 - ・ PP製品をノコギリとやすりで破砕し、2000、300、100 μm メッシュのふるいを用いて、約3mm角（大）、300 μm 超（中）、100-300 μm （小）、100 μm 以下（極小）の画分を集めた。



写真 ふるい分けした破砕ポリプロピレン

検討2 実験デザイン

・検討1と同様の手法において、PPまたはピレンの添加量を変えてEC₅₀を求め、各EC₅₀の変化量からPPへのピレン展着量を定量（推定値）する。

☆実験A;ピレン濃度を固定し、PPのサイズごとに添加量を変えて、各サイズのPP量の違いによるEC₅₀を求めた

☆実験B;上記試験結果よりEC₅₀がおおよそ同程度となるPP量をそれぞれ固定し、ピレン量を変化させEC₅₀を求めた

➡コントロールからの毒性値の差より展着量を求めた

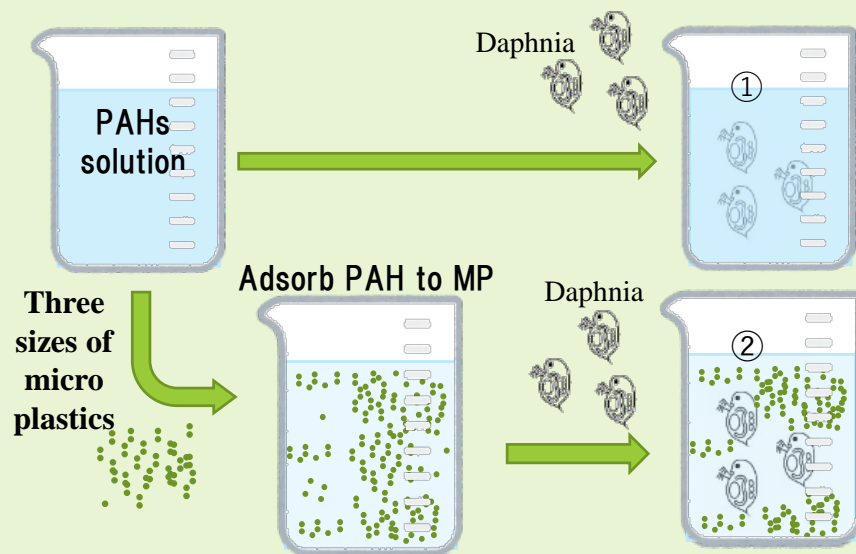
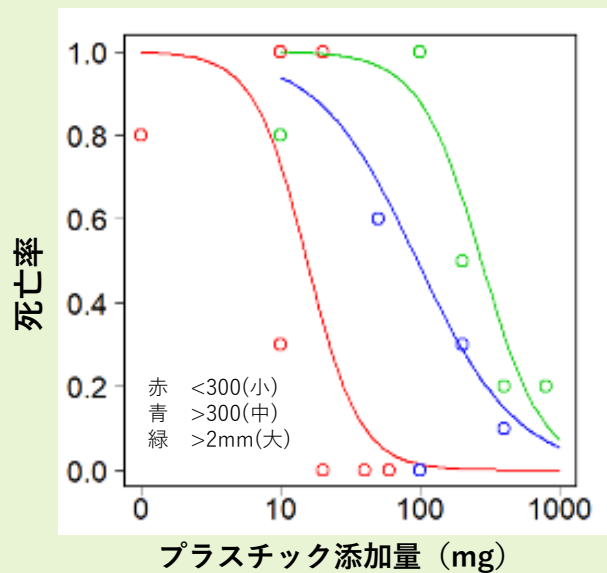


図 ピレン溶液と3サイズのプラスチックの存在下で毒性値の変化を調べる

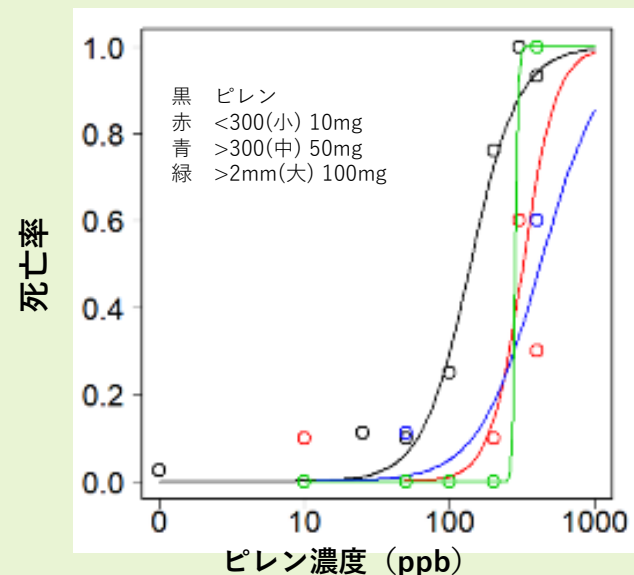
検討2 結果

PPにピレンが吸着して水中濃度が下がり、EC₅₀値はプラスチック量とピレン濃度依存的に変化した。

実験Aより、吸着量は小0.51 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 、中0.082 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 、大0.029 $\mu\text{g}/\text{mg}$ と推定された(図A)。
実験Bより、吸着量は、小0.30~0.54 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 、中0.079~0.17 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 、大0.043 $\mu\text{g}/\text{mg}$ と推定された(図B)。



図A. ポリプロピレンのピレン吸着特性



図B. サイズ別吸着量

検討2 結果

A,Bの結果から1粒当たりのピレン吸着量に対するPPの重量、体積、個数、表面積を比較したところ、面積との相関が高かった ($R^2=0.83$)。

PPの大きさに関わらず、単位面積あたりにおおよそ等量のピレンが吸着している。ちなみに以下グラフより、約 $7.4\text{ng}/\text{mm}^2$ の吸着であった。

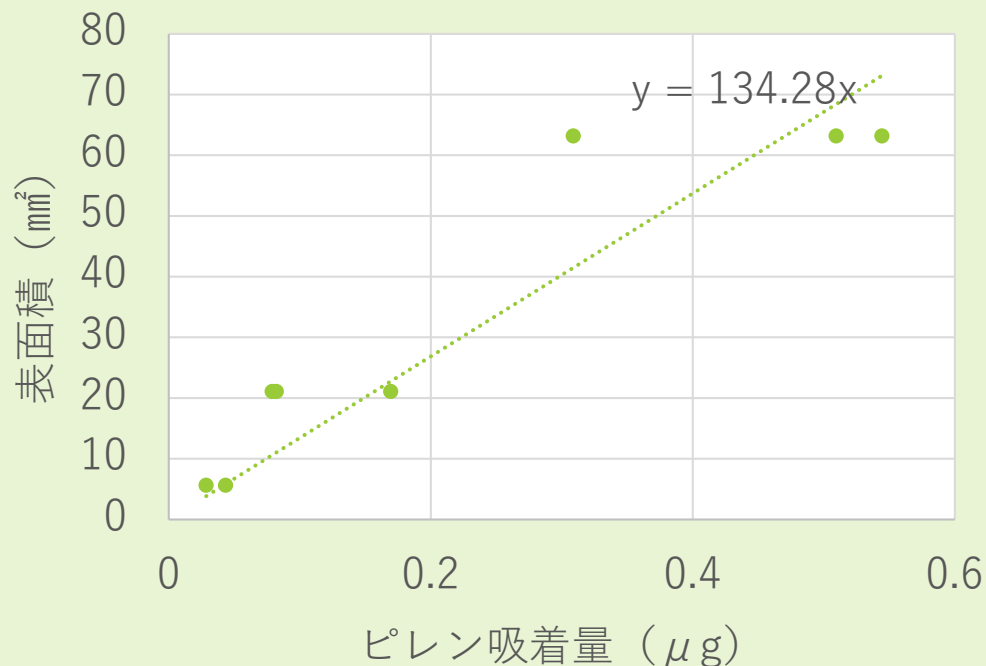


図 吸着量とMPの総表面積の関係

表面積が $1\text{mm}^2 =$ 直径約 $0.57\text{mm} =$ 重さ 0.09mg (比重 0.95)
よって重さ当たりの吸着量は
 $82\text{ng}/\text{mg}$ (82ppm) 展着する。

直径 5mm PP = 表面積 $78.5\text{mm}^2 =$
重さ 62.1mg
展着量は $9.4\text{ng}/\text{mg}$ (9.4ppm)

※重さあたりの展着量は粒径
が大きくなると減少する。

まとめ

- プラスチックの素材によっては化学物質をほとんど吸着しないため、ベクター効果は無い。
- PP、PEなどは化学物質を吸着するので、それが生物体内で剥離することが分かれば、ベクター効果が存在する可能性はある。
- 今回、生物が摂取できないサイズのPPを用いて試験したのでPP添加によって毒性が下がったが、生物が摂取できるサイズ（例えばミジンコだと $50\mu\text{m}$ 以下）で試験して理論値より EC_{50} が下がればベクター効果あり、同等なら摂取後剥離していない（ベクター効果なし）と考える。

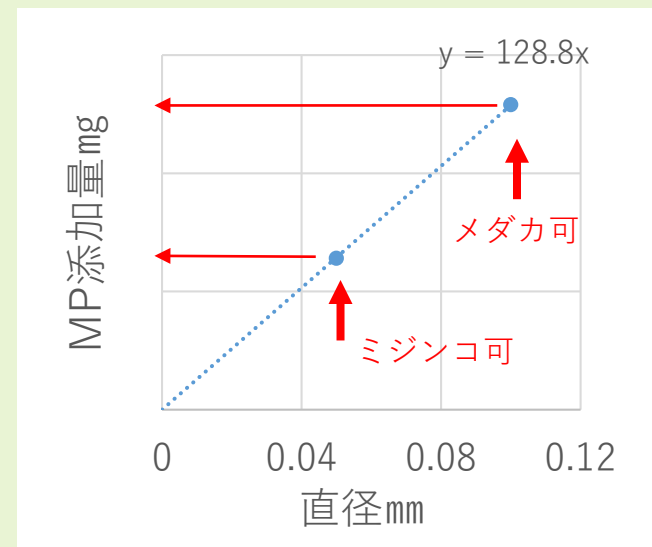


図 検討2から計算される理論必要プラスチック量

今後の予定

当初の計画に則り、化学物質を展着させたMPを魚類に摂取させ、化学物質が移行して蓄積するかどうかを定量分析する。

ただし、水を介した鰓からの移行との比較は、摂取量を同等にすることが難しいため単純な比較はできない。また、化学物質が脂質から検出されなくても（蓄積していなくても）、毒性影響が増加すればベクター効果はあると言える。

今回、MPの化学物質吸着量を、急性毒性値の変動から検出できた。今後、塩化ビニルやPETなどについても検討2の手法で展着量とベクター効果の有無を調べてみたい。