

## 野生哺乳類を用いた微量元素汚染実態の解明と環境影響評価

### —ファイリマングースにおける微量元素の母子間移行—

寶來 佐和子（鳥取大学 農学部）、国末達也（愛媛大学 沿岸環境科学研究センター）

#### 研究の目的

ファイリマングース (*Herpestes auropunctatus*) は食肉目マングース科に属する哺乳類である。原産地は、ミャンマー、中国南部、バングラデシュなどである。昼行性で、食性は肉食の強い雑食性であり、比較的高次栄養段階に位置しているため、環境中の化学物質を濃縮しており、環境モニタリングの有効な指標生物とされている<sup>1)</sup>。日本には、ハブやノネズミの駆除を目的として、1910年インドから沖縄本島に持ち込まれた<sup>2)</sup>。しかし、固有種であるアマミノクロウサギやアマミイシカワガエルを捕食し、生態系のかく乱を引き起こしたことから、現在では駆除対象動物となっている。また本種は、水銀高蓄積種であり、海生哺乳類と同等の水銀レベルを保有している<sup>3)</sup>。さらに、先行研究によって妊娠期間が明らかになっているため、母-胎仔ペアサンプルの入手が比較的容易である<sup>4)</sup>。

日本における水俣病では、多くの乳児が MeHg によって先天性あるいは出生後に発症し、重度の脳性麻痺のような症状を示した<sup>5)</sup>。この胎児性水俣病の発生により、MeHg の高いリスクは世界的に注目されることとなった。動物実験によって、出生前あるいは幼児期の発達中の脳が MeHg 曝露に対して脆弱であることが示されている<sup>6)</sup>。ヒトにおける調査では、2011年より環境省によってエコチル調査が行われている<sup>7)</sup>。近年、環境の汚染や変化が人体に悪影響を及ぼすことが懸念されており、なかでも環境中の化学物質が子どもの発達や成長にもたらす影響について国内外で関心を集めている<sup>8)</sup>。また、胎児期から小児期にわたる化学物質曝露が子供の健康に大きな影響を与えているとされているため、環境要因が与える影響を明らかにすることは重要である。エコチル調査で化学分析に供試される試料は、血液や尿、毛髪など限定的である。一方で、ファイリマングースでは、肝臓や脳、腎臓、脾臓、膵臓、心臓などの臓器および組織の採取が可能である。よって、より詳細な臓器間での母子間移行に関するデータを得ることができる。

現在までの妊娠個体の研究は動物実験あるいはヒトにおける限られた試料でしか行われておらず、生息環境下での化学物質の複合曝露による影響を評価す

る研究は皆無である。そのため、野生動物であるマングースを用いた研究は有効な知見となり得ると考えた。そこで本研究では、フイリマングースにおける微量元素の母子間移行解明を目的とした。

## 研究内容

### 試料と方法

**試料：**2018年5月、6月7月、10月および2019年8月に沖縄県今帰仁村または名護市で捕獲された母親 - 胎仔 7 ペアサンプル（母親供試臓器；肝臓、腎臓、脳、血液、胎仔供試臓器；肝臓、脳）を分析に供試した。

**微量元素分析方法：**乾燥試料約 0.1 g を秤量し、 $\text{HNO}_3$  を 3m l 添加したものを 12 時間常温分解した。その後、マイクロウェーブ分解（120W、10 分×2 回）を行い、放冷後、超純水で約 25m l に希釈したものを溶液試料とした。この溶液試料を ICP-MS (Agilent 7500CX) を用いて 26 元素 (Li、Mg、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Se、Rb、Sr、Mo、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Cs、Ba、Tl、Pb、Bi) の測定を行った。

**Hg 分析方法：**既報<sup>8)</sup>に従って、乾燥試料 0.15g を用いて T-Hg および O-Hg の測定を行った。測定には CV-AAS (還元気化原子吸光光度法) を使用した。

**回収率試験に用いた標準試料：**メカジキ魚肉粉末 (NMIJ CRM 7403-a No.259) および Bovine Liver (NIST SRM 1577c) を用いた結果、回収率は 90.8 (Pb) ~104 (Mn) と良好であった。

### 研究成果 (結果と考察)

肝臓中微量元素レベルの母子間比を図 1 に示す。Cr、Fe、Cu、Zn、Ga、Sr、Ba の 7 元素が 1 を超過しており、これらの元素は母親よりも胎仔でより高い傾向を示すことが示唆された。次に母親の子宮重量と子宮中元素濃度との関係を解析したところ、Zn (図 2) および Mn、Cu、As、Se、Mo は正の相

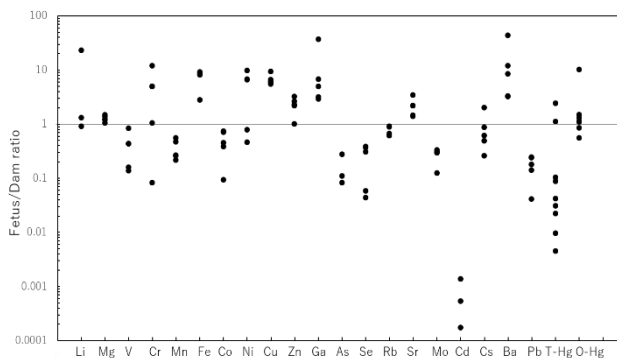


図1 肝臓中微量元素濃度の胎仔/母親レベル比

関を示した。As 以外は必須元素であることから、これらの必須元素は胎仔に積極的に供給されていることが推測された。そこで、母子ペアにおける肝臓と脳中レベルの比較解析を実施した結果、Zn は肝臓、脳、どちらの臓器でも母親からある一定の割合で胎仔に供給される一方 (図 2 上)、As は胎仔に移行しにくいことが示唆された (図 2 下)。このことは胎盤による移行の選択機能が作用し、Zn は胎盤を移行するが、As の移行は制限されることが推察された。

母子肝臓における Hg レベル比は、総 Hg (T-Hg) は 11 ペア中 9 ペアで 1 を下回った一方、有機 Hg (O-Hg) のレベル比は、6 ペアが 1 を超過していた (図 1)。この違いは、T-Hg が無機 Hg (I-Hg) と O-Hg の総和であり、T-Hg と同様 I-Hg の F/D 比は 11 ペア中 10 ペアで 1 を下回ったことや、T-Hg と I-Hg の F/D 比は正の相関を示したことから ( $p < 0.01$ )、母親の T-Hg レベルが高くなると O-Hg の割合が低下することに起因することが推察された。

母親の血液レベルが胎仔体内レベルに反映しうるかどうかが関係解析を行った結果、O-Hg は有意な正の相関を示した ( $p < 0.05$ ) (図 4)。また、Pb の有意性はみられなかったが、正の関係が示された。両者はともに母親の血液中レベルが上昇すると、胎仔肝臓中レベルも増加することが示されたが、そのパターンには違いがみられ、O-Hg は Pb より胎仔肝臓において急激な上昇を引き起こすことが推測された。

Hg 高蓄積種は体内の O-Hg を無機化し、その毒性を軽減することはよく知られている。本種も同様、無機化機構を保有していることが先行研究から予想される。O-Hg の無機化は T-Hg レベルに対する O-Hg の割合から導かれるが、その

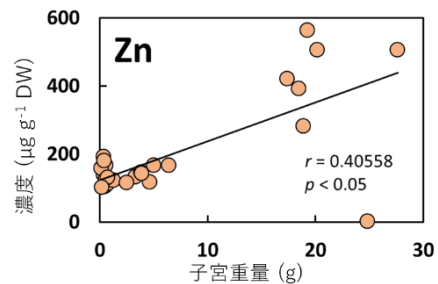


図2 母親子宮重量と子宮中Zn濃度の関係

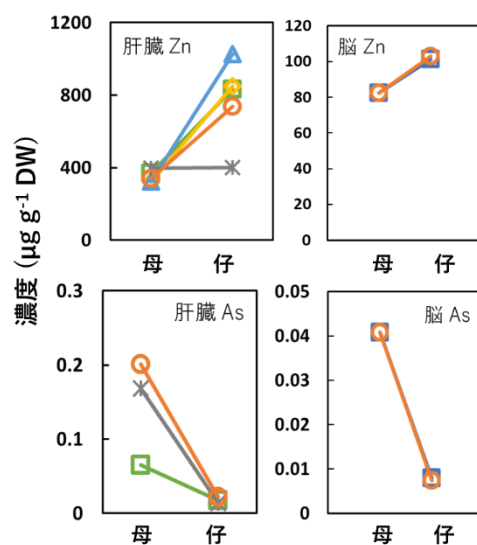


図3 肝臓・脳中Zn (上)、As (下) 濃度の母子ペア比較

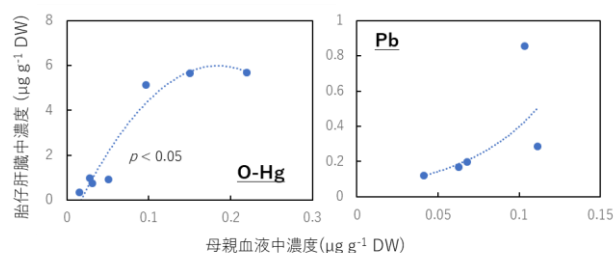


図4 母親の血液中および胎仔肝臓中O-Hg、Pb濃度の関係

割合が最も低い臓器は肝臓である。そこで本研究において、肝臓および脳中 O-Hg/T-Hg (%)の中央値を母子間で比較した結果、肝臓において、母親が 2.2%、胎児が 84.7%、脳において、母親が 45.7%、胎児が 68.7%であった (図 5)。このように中央値を比較すると、母親のほうが胎児よりも低く、無機化能が高いことが示された。一方、胎児の脳と肝臓間で比較すると、母親とは反対に、肝臓よりも脳において、O-Hg 割合が低値であった。脳血液関門が未熟な胎児では、肝細胞より中枢神経細胞の無機化能が卓越しているのかもしれない。

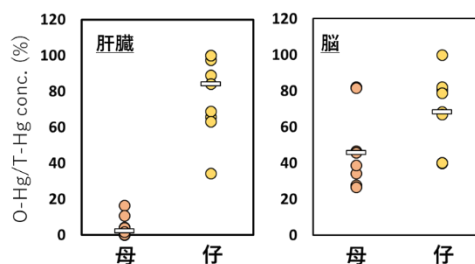


図5 肝臓 (左) と脳 (右) 中O-Hg割合の母子間比較

#### 参考・引用文献

1. 渡邊ら (2010)
2. 環境省
3. Horai et.al (2006)
4. 山田 (2011) 日本の外来哺乳類—管理戦略と生態系保全 東京大学出版会
4. WHO (1990) Methylmercury. Environmental Health Criteria 101. Geneva: World Helth Organization.
5. Takeuchi et al. (1962)
6. NRC (2000) National Research Council. Toxicological Effects of methylmercury. Academic Press, Washington, DC.
7. 環境省 <http://www.env.go.jp/chemi/ceh/>
8. Yamamoto et al. (2017)

#### 成果発表

なし

#### 今後の問題点

データ解析を実施するにあたり、サンプル数をさらに増やす必要がある。今後も継続したサンプリングを実施し、微量元素分析を行い、より信頼性の高いデータを示す必要があると考える。