

モクズガニの中腸腺と筋肉の水銀含有量の分析

—水銀含有量と体重、甲殻幅との関連性について—

Analysis of Mercury Content in Midgut Glands and Muscles of Japanese Mitten Crabs

—Relationship of Mercury Content with Body Weight
and Carapace Width—

足立 達美¹⁾・川西 玲衣¹⁾・飯生 詩織¹⁾・大城 有香²⁾・柳澤 泰任¹⁾・清野 正子²⁾・
小濱 剛³⁾

Tatsumi ADACHI¹⁾, Rei KAWANISHI¹⁾, Shiori IINO¹⁾, Yuka OHSHIRO²⁾,

Yasuhide YANAGISAWA¹⁾, Masako KIYONO²⁾ and Takeshi KOHAMA³⁾

本研究では、国内で採取された雌雄のモクズガニの食用部位である2つの組織（中腸腺、筋肉）における水銀含有量の分析を行い、総水銀濃度の組織間や雌雄間の差の有無を明らかにするとともに、両組織の総水銀濃度の関連性や総水銀濃度と体重や甲殻幅との関係を調べた。雌雄各5匹のモクズガニの中腸腺と筋肉における総水銀濃度についての組織間の比較を行うと、雄では中腸腺の総水銀濃度が筋肉の濃度よりも有意に低く、雌でも同様の傾向が見られたものの有意差はなかった。総水銀濃度の雌雄間の比較を行うと、中腸腺では雌雄差は見られなかったが、筋肉では雄の方が雌よりも有意に高い値を示した。次に、中腸腺と筋肉の総水銀濃度の関係を調べると、両者の間に強い正の相関が認められ、中腸腺の総水銀濃度が高い個体では筋肉の総水銀濃度も高い傾向を示すことが明らかになった。さらに、モクズガニの中腸腺と筋肉における総水銀濃度と体重や甲殻幅との関係を調べると、中腸腺の総水銀濃度は体重、甲殻幅と弱い正の相関があり、筋肉の総水銀濃度は体重、甲殻幅と中程度の正の相関があることが明らかになった。以上の結果から、モクズガニの組織における総水銀濃度には組織間や雌雄間の差が認められる可能性があること、同一個体の両組織の総水銀濃度の間には強い関連性があること、組織における総水銀濃度がカニの大きさと関連している可能性があることが明らかになった。

連絡先：足立達美 tadachi@cis.ac.jp

1) 千葉科学大学薬学部薬学科
*Department of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Chiba Institute
of Science*

2) 北里大学薬学部
School of Pharmacy, Kitasato University

3) 千葉科学大学危機管理学部環境危機管理学科
*Department of Environmental Risk and Crisis Management,
Faculty of Risk and Crisis Management, Chiba Institute of
Science*

(2022年9月30日受付, 2023年1月11日受理)

I. はじめに

水銀は、常温、常圧で液体状態をとりうる唯一の金属元素である¹⁾。水銀は、自然界にもともと存在していたものが多く、地球の地殻から噴出されるガスに含まれているものが主な供給源である^{1,3)}。自然界に存在している水銀は主に無機水銀であるが、微生物によりメチル水銀へと変換され、生成したメチル水銀が魚介類に取り込まれて食物連鎖の過程で生物濃縮されていく^{1,3)}。水銀を含めたほとんどすべての物質は、環境中に放出されると最終的には水系に入り込むため、多くの水産食品の汚染を引き起こすことになる⁴⁾。さらに、水系生物群の食物連鎖による生物濃縮が起こると、水中の汚染物がごく微量であっても食物連鎖の頂点では無視できない濃度になる可能性がある⁴⁾。

日本人の水銀の平均的な摂取量は総水銀として 8.2 μg (1999～2008 年の平均) で、その 88% を魚介類から摂取している⁵⁾。この水銀摂取量は、「ヒトが一生にわたり毎日摂取し続けても健康影響が現れない 1 週間あたりの摂取量 (耐容週間摂取量)」の約 57% である⁵⁾。わが国では、水銀の主な摂取源である魚介類中の水銀に対して、総水銀として 0.4 ppm、メチル水銀中の水銀として 0.3 ppm という暫定的規制値が厚生省 (現厚生労働省) によって定められている^{4,6,7)}。さらに、一部の魚介類中の水銀濃度が高いことや水銀の悪影響を受けやすいのが胎児であることなどを考慮して、「妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項」が厚生労働省によって公表されており、水銀濃度が高い魚介類を偏って多量に食べることを避けて水銀摂取量を減らしつつ、優れた栄養特性を有する魚介類摂取のメリットを活かすことが望まれている⁸⁾。

一方、本大学は、好適環境水を用いた次世代型陸上養殖技術を用いた「フィッシュ・ファクトリー (魚類生産工場)」のシステムを開発して、大学発ブランド水産種の生産を行うことを目指している⁹⁾。モクズガニ (*Eriocheir japonica*) は、イワガニ科に属する降河回遊型のカニで、中華料理の高級食材であるチュウゴクモクズガニ (上海蟹) の同属異種であり、味もほとんど変わらないことから、重要な水産種となる可能性を秘めている。上述したように魚介類には水銀が含まれているが、陸上養殖技術を用いてモクズガニの飼育を行うことで食用部位である中腸腺 (所謂「カニ味噌」) や筋肉などの水銀含有量を低減することができれば、汚染物質のリスクを回避した安心・安全なモクズガニを提供することが可能になると考えられる。

我々は、これまでに国内の河川で採取された 80 匹のモクズガニの中腸腺を試料として総水銀の分析を行っており、モクズガニの中腸腺の総水銀濃度は個体差が大きいことや、採取場所や雌雄間における顕著な差が見られないことを明らかにしてきている¹⁰⁾。しかし、モクズガニの組織水銀濃度に関しては、中腸腺以外の食用部位 (筋肉など) の水銀濃度や組織における水銀濃度とカニ自身の大きさ (体重や

甲殻幅) との関連性の有無など、不明な点が数多く残されている。そこで、本研究では、国内で採取された雌雄のモクズガニの食用部位である 2 つの組織 (中腸腺、筋肉) における水銀含有量の分析を行い、総水銀濃度の組織間や雌雄間の差の有無を明らかにするとともに、両組織の総水銀濃度の関連性や総水銀濃度と体重や甲殻幅との関係を調べた。

II. 実験方法

北海道内の同一河川で同一時期に採取されたモクズガニ (雌雄各 5 匹) の中腸腺 (肝臓) 及び足の筋肉を採取して、既報¹⁰⁾ に準じて、水銀分析マニュアル¹¹⁾ を一部変更した方法によって総水銀測定用の試料溶液を調製した。まず、モクズガニの組織およそ 0.5 g を 10 ml メスフラスコの底部に量りとり、イオン交換水、硝酸 (和光純薬株式会社、有害金属測定用) 一過塩素酸 (和光純薬株式会社、有害金属測定用) (1:1)、硫酸 (和光純薬株式会社、有害金属測定用) を加えて、230°C で湿式灰化を行った。放冷後、イオン交換水を加えて 10 ml にし、この試料溶液をイオン交換水で 5 倍希釈してから、平沼水銀測定装置 HG-450 を用いて水銀濃度の測定を行った。各組織における総水銀濃度は、測定値 (ng/ml) に試料溶液量 (10 ml) を乗じた値を測定に使用した組織の湿重量 (g) で除して求めた。得られたデータは、一元配置分散分析後にダンカンの新多重範囲検定 (Duncan's new multiple range test) を行った。有意水準は 0.05 (5%) とした。

III. 結果・考察

雌雄各 5 匹のモクズガニの中腸腺と筋肉における総水銀濃度を測定した結果を表 1 に示す。雄のモクズガニでは中腸腺の総水銀濃度が筋肉の濃度よりも有意に低かったのに対して、雌のカニでは同様の傾向が見られたものの有意差は見られなかった (表 1)。一方、総水銀濃度を雌雄間で比較すると、中腸腺では既報¹⁰⁾ と同様に雌雄差は見られなかったが、筋肉では雄の方が雌よりも有意に高い値を示した (表 1)。これらの結果から、モクズガニの組織における総水銀濃度は、組織毎に分布範囲が異なるだけでなく、組織によっては雌雄差が認められることが明らかになった。

表 1 モクズガニにおける性・組織別の総水銀濃度

性別	総水銀 (ng/g)	
	中腸腺	筋肉
雄	58.46 ± 24.19	239.15 ± 112.77*
雌	38.87 ± 19.73	124.83 ± 43.27#

それぞれの値は、雌雄各 5 匹のモクズガニの各組織における総水銀濃度の平均 ± 標準偏差を示している。

*中腸腺の総水銀濃度に対する有意差 ($P < 0.05$)

#雄の総水銀濃度に対する有意差 ($P < 0.05$)

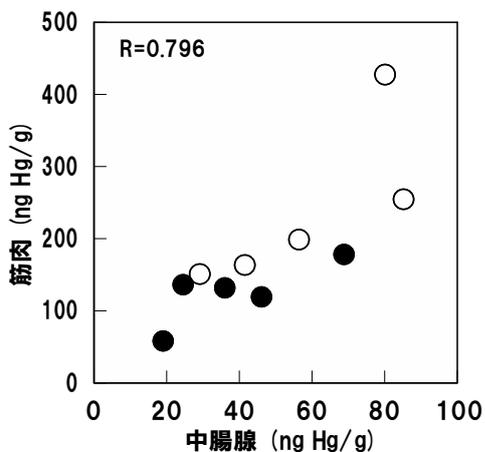


図1 モクズガニにおける中腸腺と筋肉の総水銀濃度の関係

○：雄 ●：雌

次に、中腸腺と筋肉の総水銀濃度の関係を調べた(図1)。雌雄各5匹、合計10匹のモクズガニの中腸腺と筋肉の総水銀濃度から求めた相関係数は0.796で、両者の間に強い正の相関が認められ、中腸腺の総水銀濃度が高い個体では筋肉の総水銀濃度も高い傾向を示すことが明らかになった(図1)。

さらに、モクズガニの中腸腺と筋肉における総水銀濃度について、体重や甲殻幅との関係を調べた(図2)。モクズガニ10匹分のデータから求めた相関係数より、中腸腺の総水銀濃度は体重、甲殻幅と弱い正の相関があり、筋肉の総水銀濃度は体重、甲殻幅と中程度の正の相関があることが明らかになった(図2)。従って、モクズガニの組織の総水銀濃度は、カニの大きさと関連している可能性があり、このことが総水銀濃度の個体差の一因である可能性が考えられる。しかし、体重と比較すると、甲殻幅は個体間のばらつきが著しく小さかったため、カニの大きさと組織の総水銀濃度との関係を明確にするためには、さらに多くの個体を用いた分析を行う必要があると考えられる。

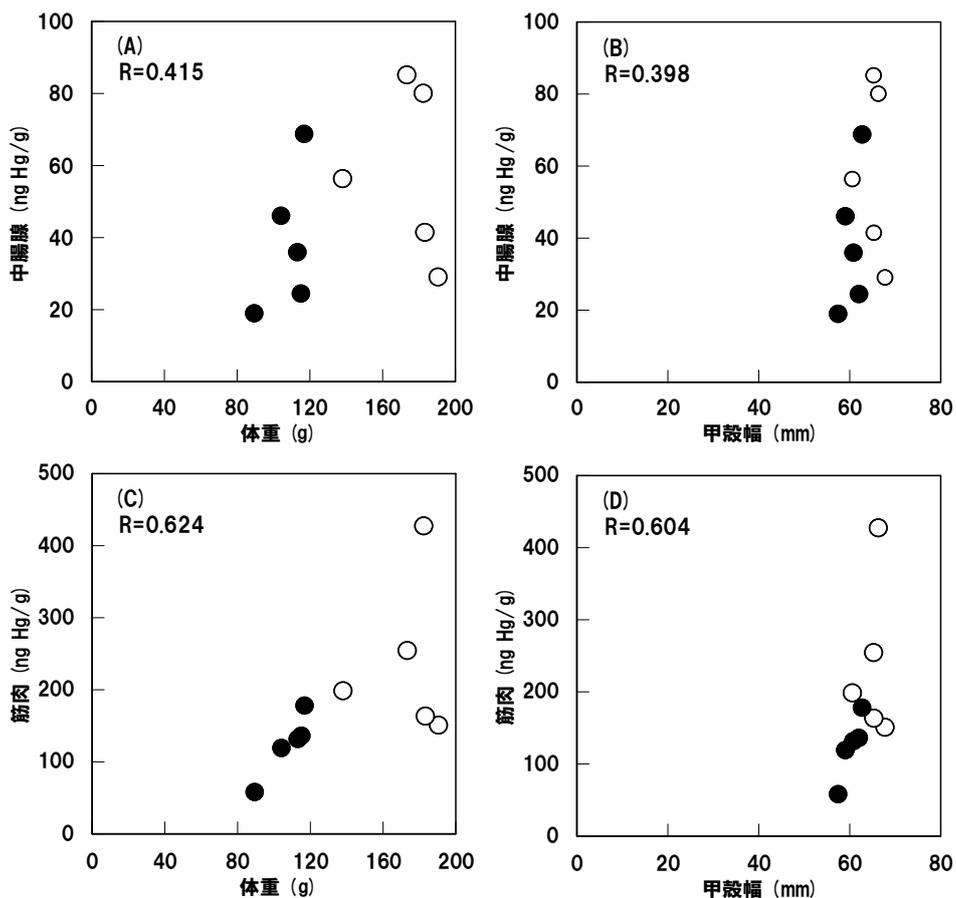


図2 モクズガニの中腸腺 (A, B) と筋肉 (C, D) の総水銀濃度と体重 (A, C) や甲殻幅 (B, D) との関係

○：雄 ●：雌

本研究で得られた結果から、モクズガニの組織における総水銀濃度には組織間や雌雄間の差が認められる可能性があること、並びに、中腸腺や筋肉における総水銀濃度は、個体差が大きいものの、同一個体の両組織の水銀濃度間には強い関連性があることが明らかになった。また、モクズガニの組織における総水銀濃度は、カニの大きさと関連している可能性があることが示唆された。モクズガニの組織における総水銀濃度の個体差の原因は未だに不明のままであるが、今後この原因を調べていくことにより、水銀含有量の低減を目指す上で有用な知見が得られてくると考えられる。

参考文献

- 1) 喜田村正次, 近藤雅臣, 滝澤行雄, 藤井正美, 藤木素士 : 水銀講談社サイエンティフィック, 東京, 1976.
- 2) 日本化学会編集 : 水銀. 丸善株式会社, 東京, 1997.
- 3) 農林水産省 : 水銀の特徴.
https://www.aff.go.jp/j/syouan/tikusui/gyokai/g_kenko/busitu/02a_tokucyo.html, (参照 2022-09-25).
- 4) 上村尚 : 水銀及びその化合物.
https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/hyouka/files/031006cec2_3.pdf#search=%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E9%83%BD%E5%81%A5%E5%BA%B7%E5%AE%89%E5%85%A8%E7%A0%94%E7%A9%B6%E3%82%BB%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC+%E6%B0%B4%E9%8A%80%E5%8F%8A%E3%81%B3%E3%81%9D%E3%81%AE%E5%8C%96%E5%90%88%E7%89%A9, (参照 2022-09-25).
- 5) 農林水産省 : 日本人の水銀の摂取状況について.
https://www.aff.go.jp/j/syouan/tikusui/gyokai/g_kenko/busitu/02h_zyokyo.html, (参照 2022-09-25).
- 6) 厚生労働省 : 魚介類の水銀の暫定的規制値について.
https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=00ta5730&dataType=1&pageNo=1, (参照 2022-09-25).
- 7) 農林水産省 : 我が国のリスク管理措置について.
https://www.aff.go.jp/j/syouan/tikusui/gyokai/g_kenko/busitu/02g_kanri_soti.html, (参照 2022-09-25).
- 8) 厚生労働省 : 妊婦への魚介類の摂食と水銀に関する注意事項, 2010.
<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/suigin/dl/index-a.pdf>, (参照 2022-09-25).
- 9) 千葉科学大学 : ブランディング事業.
<http://www.cis.ac.jp/branding/index.html>, (参照 2022-09-25).
- 10) 足立達美, 土橋夏美, 大城有香, 柴原壽行, 清野正子, 小濱剛 : モクズガニ中腸腺における水銀含有量の分析. 千葉科学大学紀要, 14, 59-63, 2021.
- 11) 環境省 : 水銀分析マニュアル, 2004.
<https://www.env.go.jp/chemi/report/h15-04/>, (参照 2022-09-25).