OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	魚類における水銀の動向に関する衛生化学的研究
Author(s)	山中, すみへ
Citation	大阪大学, 1974, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31276
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【10】

氏名・(本籍)	山中(やまなか) すみへ
学位の種類	薬学博士
学位記番号	第3220号
学位授与の日付	昭和49年11月16日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**魚類における水銀の動向に関する衛生化学的研究**
論文審査委員	(主査) 教授 近藤 雅臣 (副査) 教授 岩田平太郎 教授 上原喜八郎 教授 青沼 繁

論文内容の要旨

緒　言

水俣湾沿岸ならびに新潟県阿賀野川流域で発生した水俣病は，環境からメチル水銀を濃縮した魚介類を原因媒体とする有機水銀中毒である。

したがって，魚類における水銀の動向を知り，その生態学的な意味づけ，ならびに疫学への応用を試みることは，わが国における水銀汚染の実態を把握し，汚染防止の対策を講じるための環境衛生上，極めて重要な課題であるといえる。

また，魚食民族である日本人の食生活からみても，魚類中の水銀の評価は，食品衛生学的にも緊急課題の1つである。

これらの観点に立って，魚類における水銀の動向，ことに濃縮の機序を知るため，水銀の体内分布や，生物学的半減期，生体内メチル化などを検討し，さらに，これらの基礎的な知見に基いて，水銀による環境汚染の原因究明に，魚類を指標生物として利用する疫学的方法の確立を試みた。

第1章　魚類における水銀の動向——その基礎的知見

哺乳動物における水銀化合物の体内分布や生物学的半減期などについては，多くの報告があるが，魚類についてはそれらの基礎的な報告がほとんどない。

そこでまず[^{203}Hg]で標識した水銀化合物を投与したコイについて全身オートラジオグラムを作製して，魚類における体内分布を調べた。表1に示したように，塩化第二水銀と塩化メチル水銀とは，異なる分布を示し，メチル水銀は吸収が速やかであり，特異的に脳や筋肉に分布することがわかった。このことは，自然状態で食餌などを経由して摂取されている場合の分布とも一致していたが，とくに

筋肉質は，メチル水銀蓄積組織であり，また均一的に分布していることが確認された。そこで，魚類の水銀レベルを調べるには，筋肉質を分析することが最もよい方法であることがわかったので，各種魚類の筋肉質について水銀濃度を調べたところ，魚種によって水銀レベルがかなり異なることが判明した。

この魚種特異性の原因を，①生物学的半減期，②生体内メチル化，③食物連鎖，の3点から追求した。

まず[^{203}Hg]で標識した水銀化合物を投与してWhole Body Counting法により求めた生物学的半減期では，表2に示したように，魚種による差がほとんどみられなかったが，水銀化合物間では差がみられ，塩化第二水銀で100日前後，メチル水銀で200日前後と非常に長いことがわかった。

また[^{203}Hg]で標識した無機水銀を投与した魚類体内での[^{203}Hg]メチル水銀の生成を調べた結果，図1に示すようなメチル水銀の生成が，どの魚種にも確認された。しかし，その量は投与した無機水銀量に対しては極微量であり，また，10日目，21日目，101日目と増加する傾向もみられなかったことから，メチル水銀の蓄積を促進する程度ではないことがわかった。

表1 [^{208}Hg] 塩化メチル水銀，塩化第二水銀の体内分布
(0.1μCi/g経口投与24時間後のコイ)

組織	塩化メチル水銀	塩化第二水銀	組織	塩化メチル水銀	塩化第二水銀
血液	127	35	卵巣	118	37
大脳	220	11	腸管(前)	318	20,941
中脳	196	14	〃(後)	602	63,487
小脳	228	9	たんのう	133	43
間脳	213	15	えら	131	103
延髄	234	12	皮膚	48	20
肝すい臓	163	193	血合筋	411	Tr
腎臓	340	729	普通筋	189	Tr
頭腎	187	298	背髄	187	8
心臓	417	50	内臓脂	32	64
脾臓	202	152	頭がい脂	13	7

(単位：10^2cam/g)

表2 [^{203}Hg] 水銀化合物の魚類における生物学的半減期

水銀化合物名	魚類	生物学的半減期(日)
塩化第二水銀	ニジマス	110
	コイ	90
	ナマズ	140
塩化メチル水銀	ニジマス	220
	コイ	230
	ナマズ	190
塩化メチル水銀	ナマズ	160

(腹腔内投与　水温16℃，Whole Body Counting法，3匹平均)

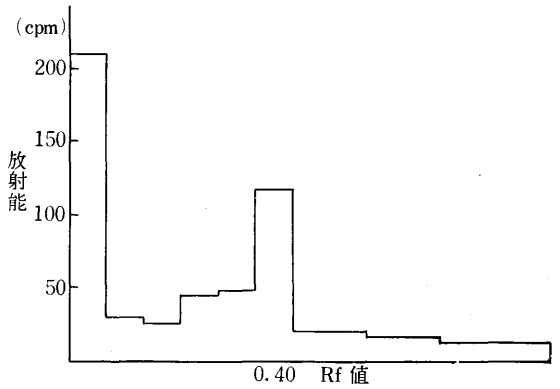


図1　魚類体内で合成された[^{203}Hg]メチル水銀の薄層クロマトグラム ([^{203}HgCl$_2$]投与21日後ニジマス)

このように水銀化合物の生物学的半減期や，無機水銀のメチル化能において魚種差がみられなかったことから，水銀代謝での魚種特異性を考えられなかった。

しかし，高濃度水銀レベルの魚種は，カジキ，マグロ，ナマズなどのように，大型魚や，貪食な魚であり，食餌の摂取量（メチル水銀の摂取量）が多いということから，食物連鎖が最も大きな要因であることがわかった。

また，魚類におけるメチル水銀の減衰は，図2に示すように，非常におそく，哺乳動物に比べて生物学的半減期がかなり長いことがわかった。

このような，メチル水銀の生物学的半減期の長さや，腸管吸収のよいことなどによって，一般的に魚類中のメチル水銀濃度が高いといえるし，さらに，このことが基盤となってその上に魚種による餌の種類や摂取量（すなわちメチル水銀の摂取量）の差によって，魚種に特異的な水銀レベルが形づくられるということが明らかとなった。

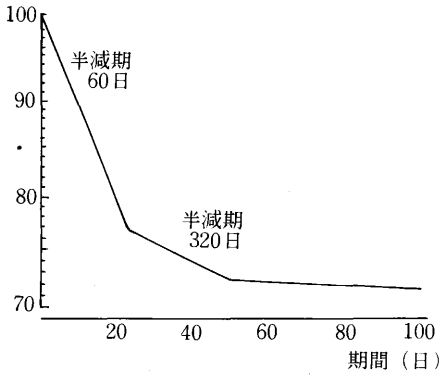


図2　^{203}Hg 塩化メチル水銀の減衰曲線
（コイ腹腔内注射）

したがって，魚類の水銀濃度は，食物連鎖に依存し，魚類の摂取する食餌中の水銀濃度や量が，その魚体中の水銀レベルに敏感に反映することがわかった。

また，水銀汚染のある河川や海域において，プランクトンや藻類などが，水中の微量の水銀を直接的に濃縮している事実があるが，これを摂食する魚類が食物連鎖の列において，上位に位置することから，汚染の実態を更に拡大して示すことが考えられる。

以上のことから，魚類を水銀汚染の指標生物として汚染源の追求ができる可能性がここに示唆されたものといえる。

第2章　魚類における水銀の動向——疫学調査への応用

本章において，魚類を環境汚染の指標として疫学調査へ利用するのであるが，水銀は地球上に自然に存在する元素であるので地球上の生物——魚類にも移向し，特別汚染のない魚類におきても水銀を含有しているのは当然といえる。

したがって，多くの試料について分析し，あらかじめ各種魚類中水銀濃度の一般値を求めたのであるが，とくに川魚の中でどこにでも生棲しているウグイが最も適当であると考え，全国的に調査したところ，富山県の神通川と，北海道の無加川において特異的に高濃度の水銀が検出された。

そこで，まず神通川については，その支流，上流の全水系につき魚類の水銀分析を行ない，図3の結果を得た。神通川下流および熊野川下流において局所的に高濃度の水銀——ことにエチル水銀——を検出したことから，人工汚染の疑いをもち，附近の工場を総点検したところ，その汚染源が未登録の水銀取扱い工場(製薬会社)であり，チメロサール（エチル水銀チオサリチル酸ナトリウム）を製造中に無機水銀およびエチル水銀を熊野川に放出していることをつきとめることができた。そこで直ちに工場は操業を停止し，汚染地域の浚渫が行なわれたのであるが，その後の魚類中水銀の推移を経年的に調査し，図4の結果を得た。

魚類中水銀濃度が半減したのは約1年半後であり，また一般値にもどったのは4年後であったが，

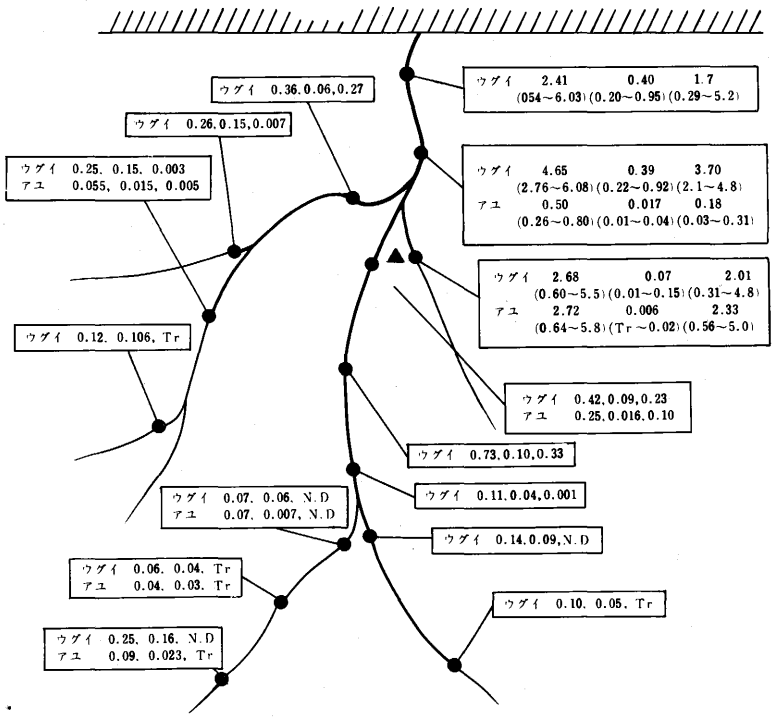


図3　神通川水系魚類水銀濃度（昭和44年度調査）

表示　魚種　総水銀　メチル水銀　エチル水銀

それぞれ平均値（範囲）単位：湿重量当りの ppm

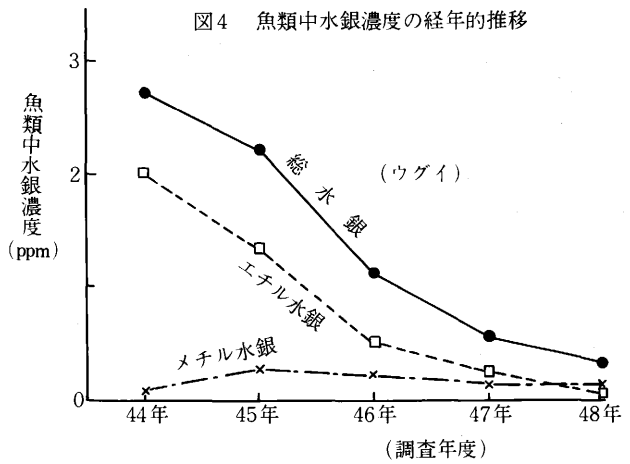
このことから，汚染源を取り除いても，生物界に対する二次的な影響は比較的長期間残存することがわかった。

一方，北海道の無加川についても，同じように全水系につき調査した結果，上流には，良質の金属水銀を産出していたイトムカ鉱山があり，一帯の水銀鉱脈の中を無加川が流れる過程で汚染され，さらに，魚類も地質性の水銀に汚染されていることがわかった。このように，無加川の例によって，水俣湾や神通川のような人工汚染とは別に，自然の鉱脈によっても魚類の水銀濃度が高くなることを確認することができた。

このような地層性汚染の特徴として，魚類の水銀レベルは均一的であり，体長の大きいもの（魚令の大きいもの）ほど高い関係にあった。それに対して，神通川のような人工汚染の場合には，魚類の個体差や変動系数が大きく，又，水銀濃度と魚類の大きさとの相関関係は全くみられなかった。

したがって，魚類中の水銀濃度を分析調査することによって，その流域の汚染状態を判定することが可能となり，さらに人工的汚染かあるいは鉱脈による自然汚染かを区別することができることから，魚類を環境汚染の指標動物として用いることが，水銀汚染調査の最も有効な疫学的方法であるということを証明できた。

図4　魚類中水銀濃度の経年的推移



結　論

魚類における水銀の動向，水銀濃縮の機序について基礎的な検討を加え，さら

に疫学への応用を試みて以下の結論を得た。

1）一般に魚類にメチル水銀濃度の高い理由として，メチル水銀の吸収がよいことや，魚類における生物学的半減期の長いことが基礎となっていることを証明し，また生体内メチル化はどの魚種にもおこるが，蓄積を促進する程度ではないことも明らかにした。したがって，魚類の水銀レベルは，主として摂取する食餌中のメチル水銀量に依存していると考えられる。

このことから，魚類が環境水中の超微量のメチル水銀を蓄積し，反映しうる根拠が明らかとなった。

2）魚類を水銀による環境汚染の指標生物として用いることが，汚染源の追求に最も有効な疫学的な方法であることを，富山県神通川において実証した。

3）水俣湾や神通川のような人工汚染とは別に，地質的な鉱脈による自然汚染によっても魚類の水銀濃度が高くなることを，北海道無加川において確認し，その場合の魚類中水銀の動態は，人工汚染の場合のそれとは異なることを明らかにした。

これらの結果は，現在広く行なわれている疫学的な公害調査の評価に際して，重要な知見を提供するものと思われる。

論文の審査結果の要旨

魚類における水銀の動向ならびに水銀濃縮機序についての基礎的検討を行ない，魚類中の水銀濃度が高い理由として，魚類に対するメチル水銀の易吸収性ならびに生物学的半減期の長いことが基礎となっていることを明らかにし，これらのことから魚類の水銀レベルは主として摂取する食餌中のメチル水銀量に依存しているものと証明した。一方，水銀による環境汚染調査の指標生物としての魚類を用いることがもっとも有効な手段であることを認め，これを根拠として汚染調査の疫学的手法を確立した。これらの研究結果は学位論文に値するものと認めた。