

## 天然魚と養殖魚の水銀含量について

山口県衛生公害研究センター (所長: 宮村恵宣)

熊谷 洋・佐伯 清子

株式会社 品質管理センター (社長: 久保井敬一)

日 佐 和 夫

### Total Mercury Contents of Wild and Cultured Fishes

Hiroshi KUMAGAI and Kiyoko SAEKI

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health (Director: Dr. Shigenori MIYAMURA)

Kazuo HISA

Management Center Co., Ltd. (President: Keiichi KUBOI)

#### はじめに

天然魚と養殖魚とでは、摂取する餌料の種類と量が違うなど、生息環境が大きく異なっている。そこで著者らは、この生息環境の相違が魚類体内の水銀蓄積にどのように影響するかをこれまでマダイ<sup>1)</sup>、ハマチ<sup>2)</sup>及びトラフグ<sup>3)</sup>について調べた。本報ではさらに10魚種、すなわち、ボラ *Mugil cephalus*, イシダイ *Oplegnathus fasciatus*, メジナ *Girella punctata*, クロダイ *Acanthopagrus schlegeli*, マアジ *Trachurus japonicus*, ヒガンフグ *Fugu pardalis*, カワハギ *Stepanolepis cirrhifer*, ウマズラハギ *Navodon modestus*, メバル *Sebastes inermis* 及びカサゴ *Sebastes marmoratus* の天然魚と養殖魚を加え、総水銀 (T-Hg) 含量を成長度を考慮して比較検討した。得られた結果を先に報告したマダイ<sup>1)</sup>、ハマチ<sup>2)</sup>及びトラフグ<sup>3)</sup>の結果を加味して報告する。

#### 実験方法

#### 1 供試試料

供試魚の検体数, 入手年月日, 入手場所, 体長及び体重組成はTable 1のとおりである。

#### 2 試料調製法

いずれも皮を剥ぎ, 3枚におろして, 筋肉を細切均一化して分析試料とした。

#### 3 分析方法

分析試料5gを先に報告した方法で迅速湿式灰化した後<sup>4)</sup>, 還元気化原子吸光法により求めた<sup>5)</sup>。

#### 結 果

#### 1 ボラ

天然及び養殖ボラのT-Hg含量をFig. 1に示す。養殖魚が天然魚よりT-Hg含量は高かったが、両者とも体重の割にはその含量は低かった。また、両者とも体重の増加に伴ってT-Hg含量が減少する傾向にあった。

#### 2 イシダイ及びメジナ

イシダイでは、特に天然魚における含量の変動が大きかった(Fig.2)。しかし、成長度を考慮す

Table 1 Wild and cultured fishes employed for the analysis

Name of fish*	No. of fish used	Date of catch	Location	Body length (cm)		Body weight (g)	
				Range	Mean $\pm$ SD	Range	Mean $\pm$ SD
Gray mullet (Bora)	Wild	3 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	33.5 - 39.0	37.0 $\pm$ 3.0	660 - 1050	865 $\pm$ 196
	Cultured	3 Mar. 8,1978	Nagato	40.8 - 45.0	42.3 $\pm$ 2.4	1020 - 1430	1240 $\pm$ 206
Striped beak-perch (Ishidai)	Wild	3 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	23.5 - 30.0	26.8 $\pm$ 3.3	480 - 1290	842 $\pm$ 409
	Cultured	3 Mar. 8,1978	Nagato	23.9 - 25.2	24.4 $\pm$ 0.7	500 - 650	573 $\pm$ 75
Common nibbler (Mejina)	Wild	15 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	15.5 - 35.0	20.9 $\pm$ 5.1	125 - 1260	383 $\pm$ 293
	Cultured	12 Mar. 8,1978	Nagato	9.2 - 29.2	21.4 $\pm$ 5.7	20 - 800	403 $\pm$ 253
Black sea bream (Kurodai)	Wild	9 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	13.0 - 37.0	22.4 $\pm$ 9.5	80 - 1420	566 $\pm$ 568
	Cultured	8 Mar. 8,1978	Nagato	17.8 - 32.3	26.6 $\pm$ 4.1	180 - 1370	715 $\pm$ 375
Japanese horse mackerel(Maaji)	Wild	3 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	26.0 - 28.0	26.7 $\pm$ 1.2	310 - 425	348 $\pm$ 66
	Cultured	4 Mar. 8,1978	Nagato	23.1 - 25.7	24.3 $\pm$ 1.2	270 - 370	315 $\pm$ 48
Panther puffer (Higanfugu)	Wild	4 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	10.5 - 17.5	12.7 $\pm$ 3.2	60 - 220	103 $\pm$ 78
	Cultured	5 Mar. 8,1978	Nagato	15.6 - 20.8	18.3 $\pm$ 1.9	140 - 300	218 $\pm$ 58
Filefish (Kawahagi)	Wild	3 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	14.0 - 17.0	15.5 $\pm$ 1.5	160 - 210	185 $\pm$ 25
	Cultured	3 Mar. 8,1978	Nagato	19.0 - 22.4	20.6 $\pm$ 1.7	300 - 470	397 $\pm$ 87
Black scaper (Umazurahagi)	Wild	3 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	18.3 - 19.5	18.9 $\pm$ 0.6	165 - 185	175 $\pm$ 10
	Cultured	3 Mar. 8,1978	Nagato	19.2 - 20.4	19.9 $\pm$ 0.6	170 - 230	203 $\pm$ 31
Black rockfish (Mebaru)	Wild	4 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	16.0 - 19.0	17.5 $\pm$ 1.3	165 - 210	188 $\pm$ 21
	Cultured	4 Mar. 8,1978	Nagato	19.7 - 20.6	20.1 $\pm$ 0.4	280 - 300	295 $\pm$ 10
Scorpionfish (Kasago)	Wild	4 Mar. 5 - 19,1978	Hagi	15.5 - 20.0	18.3 $\pm$ 2.0	135 - 235	188 $\pm$ 44
	Cultured	4 Mar. 8,1978	Nagato	18.3 - 20.8	19.6 $\pm$ 1.1	230 - 260	250 $\pm$ 14

\* Japanese name is given in parentheses.

ると、養殖魚が天然魚より T-Hg 含量は高いと考えられる。

Fig. 3 のとおり、メジナでは、小さい時は天然魚と養殖魚の T-Hg 含量には大きな差はなかった。しかし、成長に伴い両者の T-Hg 含量には顕著な差が見られ、養殖魚の方が天然魚よりかなり高い値を示した。両者とも成長に伴って T-Hg 含量は直線的に増大するが、その傾きは養殖魚の方がかなり大きい。天然メジナの体重 (x) と筋肉 T-Hg 含量 (y) との間に  $y = 2.5 \times 10^{-5} x + 2.0 \times 10^{-2}$ ,  $r = 0.699$  の関係式が、養殖メジナで  $y = 2.8 \times 10^{-4} x + 1.5 \times 10^{-2}$ ,  $r = 0.955$  の関係式がそれぞれ得られた。

### 3 クロダイ

クロダイでは、Fig. 4 のとおり、天然魚及び養殖魚とも成長に伴って T-Hg 含量は直線的に増大した。しかし、成長に伴う T-Hg の蓄積は天然魚より養殖魚の方がより顕著であることがわかる。天然クロダイの体重 (x) と筋肉 T-Hg 含量 (y) との間に  $y = 1.4 \times 10^{-4} x + 6.0 \times 10^{-2}$ ,  $r = 0.925$  の関係式が、養殖クロダイで  $y = 2.1 \times 10^{-4} x + 1.0 \times 10^{-1}$ ,  $r = 0.877$  の関係式がそ

れぞれ得られた。

### 4 マアジ

マアジにおける結果を Fig. 5 に示すが、天然魚と養殖魚とはほぼ同じ大きさにもかかわらず、T-Hg 含量は養殖魚の方が天然魚より高かった。

### 5 ヒガンフグ、カワハギ及びウマズラハギ

ヒガンフグにおける結果を Fig. 6 に示す。特に天然魚では大きさによって T-Hg 含量が顕著に異なった。一方、養殖魚は大きさに若干の差はあるものの、T-Hg 含量はほぼ同じ値を示した。しかし、天然魚と養殖魚の T-Hg 含量には、大きさ、すなわち、成長度を考慮すると差がないと見るのが妥当であろう。

次に、カワハギにおける結果を Fig. 7 に示す。体重の増加に伴い天然魚及び養殖魚とも T-Hg 含量は直線的に増加する傾向が見られた。しかし、天然魚と養殖魚とには、成長に伴う T-Hg 含量の増大率に大きな違いが認められた。すなわち、成長に伴って、天然魚の方が養殖魚より水銀含量が増大した。

次に、ウマズラハギにおける結果を Fig. 8 に示す。天然魚及び養殖魚とも T-Hg 含量は低かつ

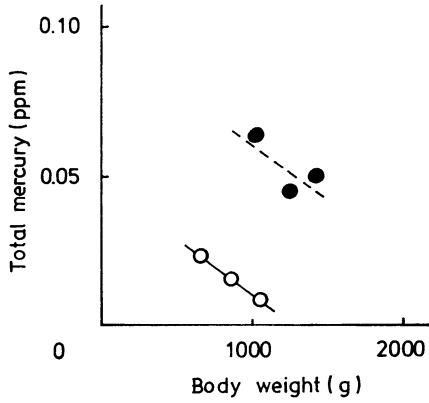


Fig. 1 Relationship between total mercury content and body weight of gray mullet.  
○, Wild; ●, Cultured

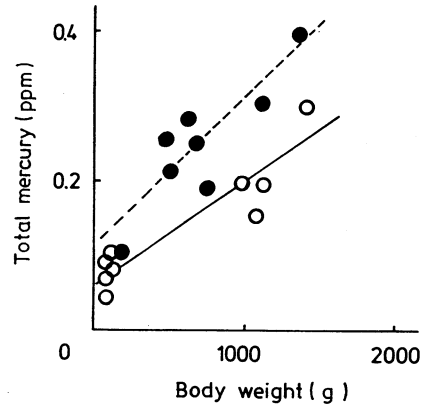


Fig. 4 Relationship between total mercury content and body weight of black sea bream.  
○, Wild; ●, Cultured

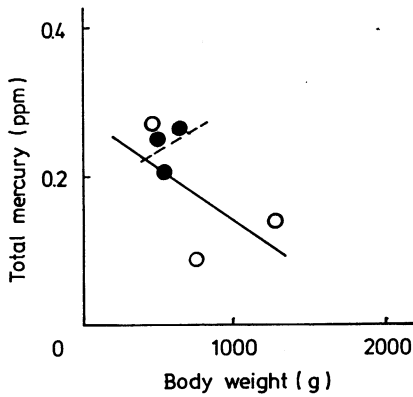


Fig. 2 Relationship between total mercury content and body weight of striped beak-perch.  
○, Wild; ●, Cultured

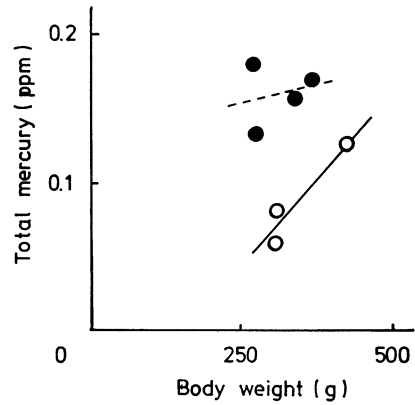


Fig. 5 Relationship between total mercury content and body weight of japanese horse mackerel.  
○, Wild; ●, Cultured

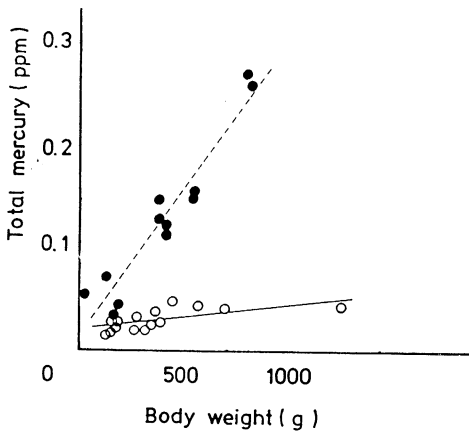


Fig. 3 Relationship between total mercury content and body weight of common nibbler.  
○, Wild; ●, Cultured

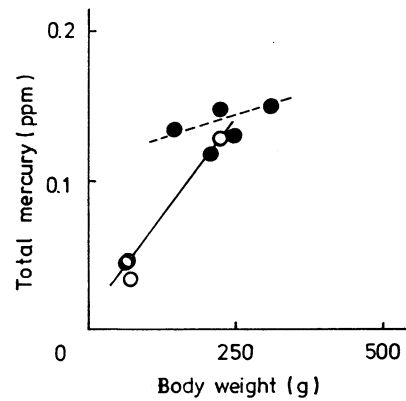


Fig. 6 Relationship between total mercury content and body weight of panther puffer.  
○, Wild; ●, Cultured

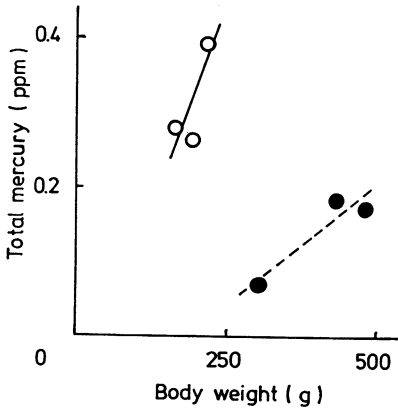


Fig. 7 Relationship between total mercury content and body weight of filefish. ○, Wild ; ●, Cultured

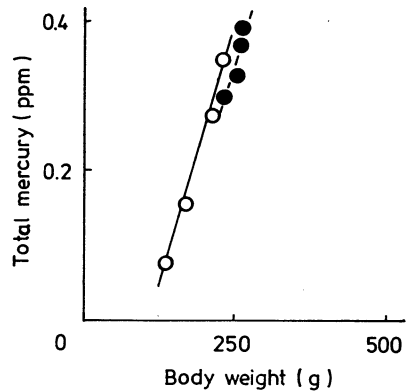


Fig. 10 Relationship between total mercury content and body weight of scorpionfish. ○, Wild ; ●, Cultured

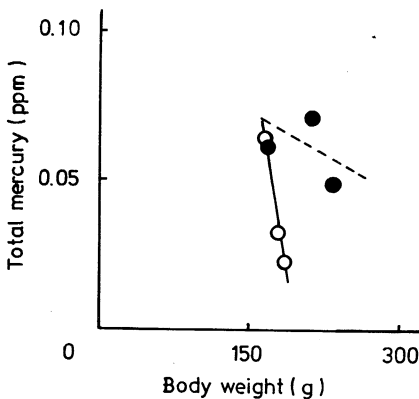


Fig. 8 Relationship between total mercury content and body weight of black scraper. ○, Wild ; ●, Cultured

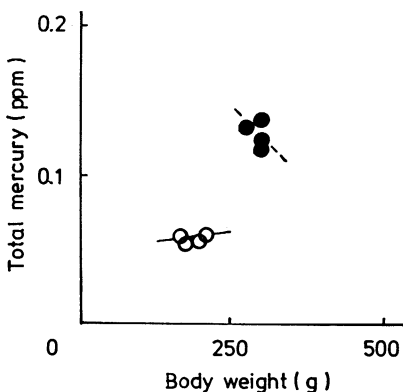


Fig. 9 Relationship between total mercury content and body weight of black rockfish. ○, Wild ; ●, Cultured

た。この結果はボラと一致する。また、両者とも T-Hg 含量には大きさ、すなわち、成長度による差はあまりなく、天然魚と養殖魚における T-Hg 含量には差がないと考えられる。この結果はヒガンフグにおける結果と同じである。

#### 6 メバル及びカサゴ

先ずメバルにおける結果を Fig. 9 に示す。天然魚と養殖魚とでは、大きさに若干違いがあるが、T-Hg 含量には大きな差が見られ、養殖魚が天然魚よりかなり高い値を示した。次に、カサゴにおける結果を Fig. 10 に示すが、成長度、すなわち、大きさを考慮すると、天然魚と養殖魚の T-Hg 含量には差がないと考えられた。

#### 考 察

以上、10種の天然魚と養殖魚の水銀含量を成長度を考慮して比較した。ここで調べた魚種についても、魚種間の水銀含量レベルには顕著な差が認められ、また、成長度によっても顕著な差が認められた。10魚種のうち、天然魚の方が養殖魚より水銀含量が高かったのはカワハギの一種であるが、この結果は先に調べたマダイ<sup>1)</sup>及びトラフグ<sup>3)</sup>における結果と同じである。逆に養殖魚の方が天然魚より水銀含量が高い値を示したのはボラ、インダイ、メジナ、クロダイ、マアジ及びメバルの6魚種であった。また、天然魚と養殖魚の水銀含

量が同レベルであったのはヒガンフグ、ウマズラハギ及びカサゴの3魚種であったが、この結果は先に調べたハマチ<sup>2)</sup>の場合と同一である。このように水銀含量が魚種によって、天然魚の方に高かったり、養殖魚の方が高い値を示したり、また、同レベルであったりするのは以下のような理由と思われる。

魚介類による水銀蓄積は、水中から直接上皮組織を通じて、あるいは餌料を通じての2つの経路が考えられる。現在のところ、いずれが主動的であるか定説はない<sup>6-13)</sup>。

そこで、まず、生息する環境水について見ると、今回、調査対象とした海域は、天然魚及び養殖魚とも環境水中の水銀濃度は極めて低く<sup>14, 16)</sup>、直接汚染をひき起こすことは考えられない。汚染源として問題となるのは摂取餌料である。

天然魚の方が養殖魚より高いT-Hg含量を示したのはカワハギであるが、この理由は先に調べたマダイ及びトラフグの場合と同じと考えられる<sup>1, 3)</sup>。すなわち、摂取する餌料の違いである。カワハギの食性<sup>16, 17)</sup>からして、餌料生物中のT-Hg含量が養殖魚の餌料より高いと考えられる。なぜなら、養殖魚の餌料は主として同養殖場近辺の海域で漁獲されたマイワシ(T-Hg平均0.015ppm)とマサバ(同0.035ppm)であるからである。

養殖魚の方が天然魚より高いT-Hg含量を示したボラ、イシダイ、メジナ、クロダイ、マアジ及びメバルの6魚種について見ると、これらの魚種では養殖魚の餌料生物より天然魚の餌料生物の方が食物連鎖において低位置を占めることが考えられる<sup>16-18)</sup>。また同時に、養殖魚の場合には飽食することが考えられ、摂取餌料量もT-Hgの蓄積量に関係するものと考えられる。養殖魚の主餌料であるマイワシ及びマサバのT-Hg含量について見ると、海産生物の水銀含量としては決して高い方ではない<sup>19, 20)</sup>。事実、著者ら<sup>21)</sup>が調べた山口県沿岸魚介類の水銀含量に比較してかなり低かった。しかし、これらの養殖魚を見ると魚種により多少の差はあるものの、例え、餌料中の水銀含量が低くとも、これを摂取する養殖魚に餌料中の水

銀が確実に移行、蓄積することがわかる。このことは、松井<sup>22)</sup>が報告した餌料中の水銀が次の捕食者に移行、蓄積するという食物連鎖による濃縮説と一致する。

天然魚と養殖魚の水銀含量が同レベルであると考えられたのはヒガンフグ、ウマズラハギ及びカサゴの3魚種であったが、この結果は先に調べたハマチ<sup>2)</sup>における結果と同じである。これらの魚種では、天然魚と養殖魚の餌料生物が食物連鎖において同じ位置にあるものと考えられる<sup>16-18)</sup>。特に、先に報告したハマチの場合では天然魚と養殖魚の餌料生物がほぼ同じと考えられる<sup>16, 17)</sup>。したがって、これらの魚種では、天然魚と養殖魚の水銀含量が同レベルを示すと考えられる。しかし、上記3魚種間にもT-Hg含量にかなりの差が認められ、特に、カサゴとウマズラハギのT-Hg含量の差は顕著であった。これは、摂取する餌料量の差に起因していると考えられる。すなわち、カサゴは貧欲な食性をもっているのに対し、ウマズラハギの場合はその逆であると思われる。

これとは別に、菊池ら<sup>23)</sup>はこれらのことをマダイを用いた飼育実験において認めている。すなわち、マダイにおいては飼育水中の水銀濃度が低い場合、環境水からの水銀の直接とり込みよりも餌料由来の水銀が体内水銀量に影響し、逆に環境水中の水銀濃度が高い場合、餌料中の水銀の影響は無視できるほど小さく、環境水中の水銀を直接とり込み蓄積すると報告している。

著者らの野外調査の結果及び菊池ら<sup>23)</sup>の飼育実験の結果から、環境水中の水銀が極めて低濃度である場合、すなわち、自然水域では、魚類体内の水銀量は餌料中の水銀量に依存する、いわゆる食物連鎖が主動的であると考えられる。このことは、魚類だけでなく広く水生動物一般に適用できるものと考えられる。

## 要 約

生息環境が異なる10種(ボラ、イシダイ、メジナ、クロダイ、マアジ、ヒガンフグ、カワハギ、ウマズラハギ、メバル及びカサゴ)の天然魚と養

殖魚について、両者の水銀含量を比較した。同時に、先に報告した3種(マダイ、ハマチ及びトラフグ)の天然魚と養殖魚の結果も加味し、次の結果を得た。

1 天然魚の方が養殖魚よりT-Hg含量が高かったのはマダイ、トラフグ及びカワハギの3魚種であった。

2 逆に養殖魚の方が天然魚よりT-Hg含量が高かったのはボラ、イシダイ、メジナ、クロダイ、マアジ及びメバルの6魚種であった。

3 天然魚と養殖魚のT-Hg含量が同レベルであったのはハマチ、ヒガンフグ、ウマズラハギ及びカサゴの4魚種であった。

4 以上の結果から、環境水中の水銀が極めて低濃度である自然水域では、魚体内蓄積水銀量は、摂取餌料中の水銀量によって決定されるという、いわゆる食物連鎖が自動的に働くものと考えられ、これは魚類のみならず広く水生動物一般に適用できるものと考えられる。

#### 文 献

- 1) 熊谷 洋, 佐伯清子: 日水誌. 44, 269~272 (1978)
- 2) 熊谷 洋, 佐伯清子: 山口衛研業報. (6), 46~49 (1983)
- 3) 熊谷 洋, 佐伯清子: 山口衛研業報. (7), 13~16 (1985)
- 4) 熊谷 洋, 佐伯清子: 食衛誌. 17, 200~203 (1976)
- 5) 田辺弘也: 食品衛生研究. 23, 999~1012 (1973)
- 6) Hannerz, L.: *Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm, Sweden.*, 120~176(1968)
- 7) Olson, K.R. et al: *J.Fish.Res.Bd.Can.*, 30, 1293~1299(1973)
- 8) Jernelöv, A., Lann, H.: *Oikos.* 22, 403~406 (1971)
- 9) 鈴木輝明, 畑中正吉: 日水誌. 40, 1173~1178 (1974)
- 10) 鈴木輝明, 畑中正吉: 日水誌. 41, 225~231 (1975)
- 11) 藤田昌彦ら: 日衛誌. 30, 562~573 (1975)
- 12) 長倉克男ら: 東海水研報. 78, 41~46(1974)
- 13) 有馬郷司, 長倉克男: 日水誌. 45, 623~626 (1979)
- 14) 松永勝彦: 水処理技術. 15, 431~435(1974)
- 15) Matsunaga, K. et al: *Nature.* 258, 224 (1975)
- 16) Suyehiro, Y.: *Jap. J. Zool.* 10, 1~303 (1942)
- 17) 落合 明, 松村喜代松: 魚類学(下). 東京, 恒星社厚生閣, 1969, P.654~896
- 18) 代田昭彦: 水産餌料生物学. 東京, 恒星社厚生閣, 1975, P.121~127
- 19) 近藤雅臣: 衛生化学. 20, 47~66 (1974)
- 20) 伊藤弘一ら: 東京衛研年報. 25, 141~152 (1974)
- 21) 熊谷 洋, 佐伯清子: 日水誌. 44, 807~811 (1978)
- 22) 松井三郎: 公害研究. 2, 45~57 (1973)
- 23) 菊池武昭ら: 食衛誌. 17, 438~443(1976)