

マグロ類の水銀およびセレン含有に 関する研究—VIII*

インド洋産ビンナガの水銀および
セレンレベル

甲斐徳久・上田 正・武田道夫・片岡昭吉

On Mercury and Selenium in Tuna Fish Tissues—VIII
The Levels of Mercury and Selenium in Albacore
from the Indian Ocean

By

Norihisa KAI, Tadashi UEDA, Michio TAKEDA,
and Akiyoshi KATAOKA

The levels of mercury and selenium in the ordinary muscles and the kidneys of 14 specimens of albacore, *Thunnus alalunga*, from the Indian Ocean are presented. The correlations between the levels of methyl mercury (MeHg) and total mercury (T-Hg) were significant in both tissues. The ratio of MeHg and T-Hg, i.e., MeHg/T-Hg, was about 0.90 in ordinary muscle and only about 0.20 in kidney. T-Hg and MeHg in ordinary muscle also correlated significantly with T-Hg and MeHg in kidney, respectively. As the result, the first-order regression coefficient in case of T-Hg was about 2 and that in case of MeHg was about 1/2. On the other hand, the inverse correlations between T-Hg and the molar ratio of selenium level (Se) and T-Hg i.e., Se/Hg, were observed in both tissues. In ordinary muscle, the value of Se/Hg tended to get nearer to 1 with the increase in T-Hg, but the tendency was not observed in kidney. The correlations between T-Hg and each fish age of several species of tuna are also discussed.

1. 緒 言

我が国にとって、重要なタンパク源である魚介類に含まれる水銀およびセレンレベルについて、近年多くの研究が報告され、関心もたれている。マグロ・カジキ類などの

遠洋性大型魚類の筋肉中には高レベルに水銀が含まれているにもかかわらず、セレンとの拮抗作用により、その毒性が軽減されることが報告¹⁾されている。そこで遠洋性大型魚類に含まれる水銀ならびにセレン量に関する研究の一環として、ビンナガを対象として、普通肉ならびに腎臓中の

* 昭和57年度日本水産学会秋期大会で発表。

* 水産大学校研究業績 第972号, 1983年1月20日受理。

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 972. Received Jan. 20, 1983.

総水銀量, メチル水銀量およびセレン量を測定し, 各測定値と生長との関係ならびに各測定値間を考察したので報告する。

2. 試料および実験方法

2・1 試料

1980年11月から12月にわたり, インド洋 (Fig. 1の斜線部分) で釣獲されたビンナガ, *Thunnus alalunga*, 14尾 (尾叉長96cm~111cm) の普通肉および腎臓を試料とした。

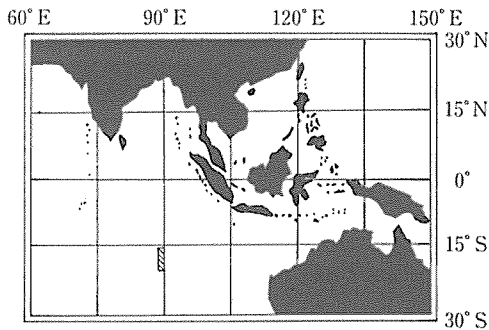


Fig. 1. Locality of fishing (shaded area).

2・2 水銀およびセレン量の測定方法

総水銀量, メチル水銀量およびセレン量 (以下それぞれ T-Hg, MeHg および Se と略記する) の測定はそれぞれ原子吸光法²⁾ ガスクロ法³⁾ および蛍光法⁴⁾ による。

3. 結果ならびに考察

普通肉および腎臓中の T-Hg, MeHg および Se をそれぞれ Table 1 に示す。普通肉中の T-Hg, MeHg および Se は 0.37~1.03 $\mu\text{g/g}$ (平均 0.59 $\mu\text{g/g}$), 0.28~0.96 $\mu\text{g/g}$ (平均 0.48 $\mu\text{g/g}$) および 0.43~1.22 $\mu\text{g/g}$ (平均 0.78 $\mu\text{g/g}$) であった。また, 腎臓中のそれらはそれぞれ, 0.32~1.78 $\mu\text{g/g}$ (平均 0.90 $\mu\text{g/g}$), 0.05~0.31 $\mu\text{g/g}$ (平均 0.19 $\mu\text{g/g}$) および 11.77~17.68 $\mu\text{g/g}$ (平均 13.52 $\mu\text{g/g}$) であった。

3・1 尾叉長と水銀レベル

尾叉長 (対数値) に対する普通肉中の T-Hg (対数値) の 1 次回帰直線を Fig. 2 に示す。得られた相関係数 $r_0 = 0.661$ [$> r(12, 0.01)$] から両者間に有意の相関が認められ

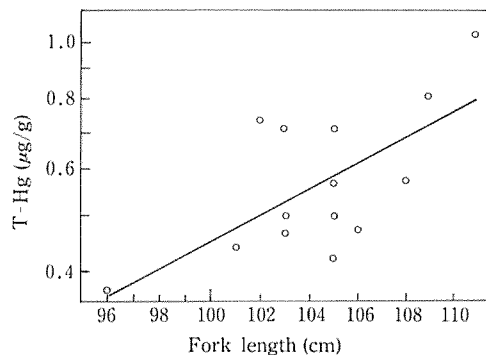


Fig. 2. Relationship between fork length and T-Hg in ordinary muscle.

Table 1. Mercury and selenium levels in muscle and kidney of albacore

Fork length (cm)	Body weight (kg)	Sex.	Ordinary muscle				Kidney			
			T-Hg ($\mu\text{g/g}$)	MeHg ($\mu\text{g/g}$)	Se ($\mu\text{g/g}$)	Se/Hg*	T-Hg ($\mu\text{g/g}$)	MeHg ($\mu\text{g/g}$)	Se ($\mu\text{g/g}$)	Se/Hg*
101	20	F	0.44	0.37	0.82	4.73	—**	—	—	—
105	24	F	0.57	0.50	0.58	2.59	1.41	0.23	11.77	21.21
103	24	M	0.50	0.35	0.99	5.03	0.56	—	12.72	57.70
111	29	M	1.03	0.96	1.22	3.01	1.78	—	17.68	25.23
103	23	M	0.47	0.47	0.84	4.54	0.32	0.15	11.82	93.84
105	26	M	0.42	0.39	0.43	2.60	0.68	0.09	13.34	49.84
102	26	M	0.73	0.43	0.53	1.84	0.46	0.09	—	—
105	27	M	0.71	0.67	0.54	1.93	1.23	—	12.39	25.59
105	26	M	0.50	0.44	0.88	4.47	0.70	—	15.64	56.76
108	24	M	0.57	0.38	0.86	3.83	0.59	—	—	—
109	29	M	0.80	0.66	0.81	2.57	1.27	0.23	—	—
106	25	M	0.48	0.31	0.91	4.82	—	0.19	—	—
96	20	F	0.37	0.28	0.84	5.77	0.42	0.05	—	—
103	25	M	0.71	0.56	0.64	2.29	1.40	0.31	12.78	23.19

* : molar basis

** : not determined

た。また、尾叉長に対する普通肉中の MeHg および腎臓中の T-Hg ならびに MeHg についても有意の相関が観察された。

3・2 普通肉における T-Hg と MeHg の関係

普通肉中の T-Hg に対する MeHg の 1 次回帰直線を Fig. 3 に示す。得られた相関係数 $r_0 = 0.905 [> r(12, 0.01)]$ から両者間に有意の相関が認められた。また、1 次回帰係数から、T-Hg に対する MeHg の占める割合は約 90% と判断した。この値は、既報⁵⁾のビンナガ肝臓および脾臓の値(肝臓: 45%, 脾臓: 23%) に比べて高いが、キハダ普通肉および血合肉の値⁶⁾(普通肉: 100%, 血合肉: 90%) にほぼ一致した。

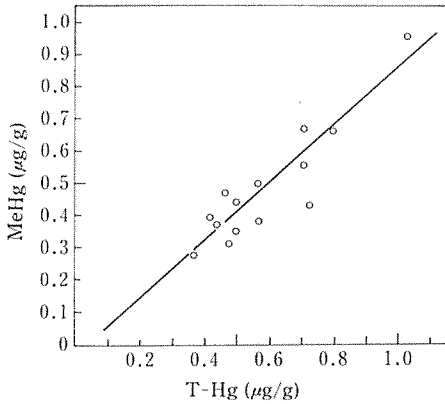


Fig. 3. Relationship between T-Hg and MeHg in ordinary muscle.

3・3 腎臓における T-Hg と MeHg の関係

腎臓中の T-Hg に対する MeHg の 1 次回帰直線を Fig. 4 に示す。 $r_0 = 0.870 [> r(5, 0.05)]$ から、両者間に有

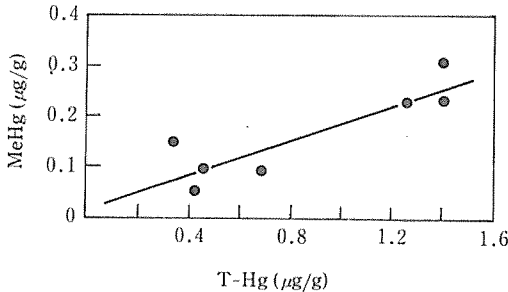


Fig. 4. Relationship between T-Hg and MeHg in kidney.

意の相関が認められた。得られた 1 次回帰係数が 0.17 であることから、腎臓中に含まれる水銀の約 20% がメチル水銀態であると推察される。この値は前述の肝臓および脾臓のそれより低く、ビンナガ腎臓中の水銀の大部分が無機態であることを示唆している。

3・4 普通肉における水銀レベルと腎臓のそれとの比較

普通肉中の水銀レベルに対する腎臓中のその 1 次回帰直線を Fig. 5 に示す。T-Hg および MeHg とともに、両組織のレベル間に有意の相関が認められた。

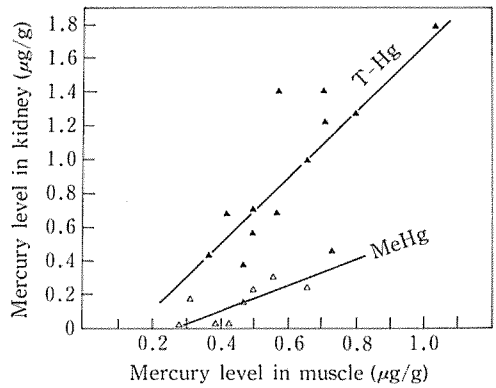


Fig. 5. Relationship between mercury level in muscle and that in kidney.

T-Hg について、得られた 1 次回帰係数がほぼ 2 であることから、腎臓中の濃度は肉中のその約 2 倍であると推察される。一方、MeHg について得られた 1 次回帰係数から、腎臓中の MeHg は普通肉中のそのほぼ 1/2 であることがわかる。これらのことと、前項で述べた、腎臓中の水銀の大半が無機態であることを考えあわせると、腎臓は体内の水銀を無機化して排出する役割をもつことが推測される。

3・5 マグロ類の年齢と普通肉中の T-Hg

本実験に使用したビンナガでは、尾叉長を生長の指標にすると、キハダ⁷⁾およびメバチに比べ高い水銀蓄積が認められる。しかし、藪田らの報告⁸⁻¹⁰⁾によれば、種類が異なるとそれぞれ異なる生長曲線を示すことが知られている。そこで、彼らの示した生長曲線から、本実験に使用したビンナガに加え、比較のため、キハダおよびメバチについての資料からそれぞれ年齢を推定し、その推定年齢に対する T-Hg (対数値) の 1 次回帰係数を求めた。その結果、キハ

グでは $\log y = 0.145x - 1.047$; ($r_0 = 0.816$), ビンナグでは $\log y = 0.179x - 1.587$; ($r_0 = 0.727$) が得られ, 両者間に有意の正相関が認められた。ここで, y は T-Hg, x は推定年齢を示している。しかし, メバチにおいては, 資料数も少なく有意の相関が認められなかった。なお, 3魚種における, 推定年齢と T-Hg の関係を Fig. 6 に示す。この図および1次回帰係数から, キハダおよびメバチでは, 4~5年で筋肉中の T-Hg が $0.5 \mu\text{g/g}$ に達するが, ビンナグでは T-Hg が同じレベルに達するのに7年近くかかると推察される。すなわち, 尾叉長を生長の指標とすると, ビンナグではメバチよりも高い水銀蓄積が見られるものの, 推定年齢を指標とすると, キハダよりも低い水銀蓄積が観察された。

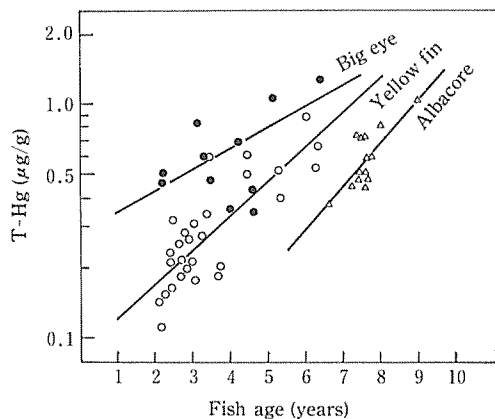


Fig. 6. Relationship between fish age and T-Hg in ordinary muscle.

3・6 普通肉における Se

普通肉中の Se と尾叉長または T-Hg の間にはいずれも有意の相関が認められなかった。Fig. 7 に Se と T-Hg の関係を示す。生長にともない T-Hg は増加するが (Fig. 2), Se は生長や T-Hg には無関係で, むしろ一定値を保持するものと推察された。

次に, 普通肉中の T-Hg (対数値) に対する Se/Hg (モル比) の対数値の1次回帰直線を Fig. 8 に示す。両者間には $|r_0| = 0.672$ [$>r(12, 0.05)$] で有意の負相関が認められた。また, 回帰直線より, T-Hg の増加にともない Se/Hg が1に漸近することが観察される。このことは, 生体の必須元素として存在する一定レベルの Se に対し, 水銀にともなわれて蓄積される Se が少ないことを意味している。

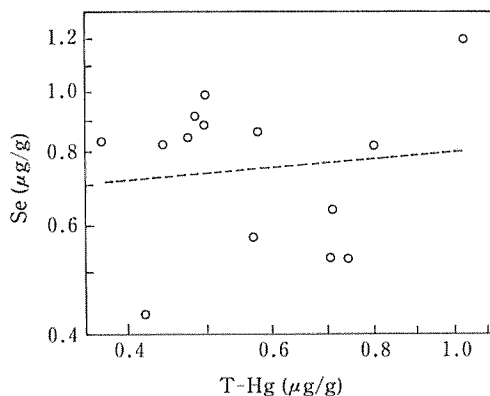


Fig. 7. Relationship between T-Hg and Se in ordinary muscle.

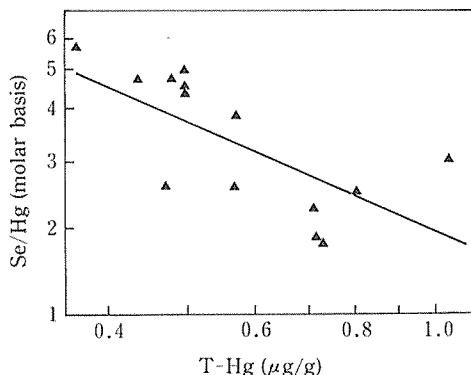


Fig. 8. Relationship between T-Hg and Se/Hg (molar basis) in ordinary muscle.

3・7 腎臓における Se

腎臓中の Se は普通肉中のそれに比べ, 極めて高い値を示した (Table 1)。そのため, 腎臓における Se/Hg (モル比) も普通肉のそれに比較して高値を示した。著者ら⁵⁾はさきに, マグロ類の肝臓および脾臓中の平均 Se はそれぞれ $22.96 \mu\text{g/g}$ および $21.16 \mu\text{g/g}$ であり, これら臓器では basal selenium level が高いことを報告したが, 腎臓についても同様なことが観察された。

次に, T-Hg と Se/Hg (モル比) のそれぞれの対数値間の1次回帰直線を Fig. 9 に示す。両者間には $|r_0| = 0.970$ [$>r(6, 0.01)$] で有意の負相関が認められた。しかし, 本実験の試料魚では, Se/Hg (モル比) が20以下の値は認められず, 普通肉にみられるような1に漸近する傾向は認

められなかった。

GANTHER ら¹⁾は、測定された水銀値を高水銀グループと低水銀グループに分け、それぞれのグループの平均 T-Hg と平均 Se を計算し、グループ間の平均 Se の差 (ΔSe) と平均 T-Hg の差 (ΔHg) との比 ($\Delta Se/\Delta Hg$) を求め、その比が 1 になることを報告している。すなわち、生長にともなう水銀蓄積に際し、同時にほぼ同モルのセレンを蓄積することを示唆している。そこで、同じ計算をピンナガ腎臓に適用した結果、 $\Delta Se/\Delta Hg = 0.80$ が得られた。この結果から、腎臓においては、初期レベル以上のセレンの蓄積はほぼ水銀蓄積にともなって起こることが推論される。

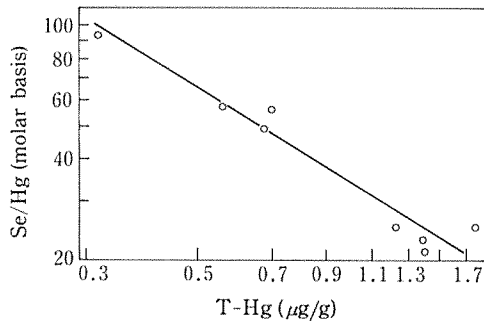


Fig. 9. Relationship between T-Hg and Se/Hg (molar basis) in kidney.

4. 要 約

1980年、11月～12月にインド洋で釣獲したピンナガ (14尾) の普通肉ならびに腎臓中の総水銀量、メチル水銀量およびセレン量を測定し、次の結果を得た。

1. メチル水銀量は、普通肉においては、総水銀量の約90%を占めるが、腎臓では約20%に過ぎなかった。また、普通肉中の水銀量と腎臓中のそれぞれの間には有意の正相関が認められた。

2. 尾叉長を生長の指標にすると、ピンナガではキハダに比べ高い水銀蓄積が認められるが、推定年齢に対する水銀蓄積はメバチおよびキハダに比べ低いことが判明した。

3. 普通肉および腎臓において、セレンと総水銀のモル比と総水銀量との間に有意の負相関を認めた。水銀蓄積にともない、この比は、普通肉では1に漸近するが、腎臓では異常に高い値であった。

文 献

- 1) H. E. GANTHER, and M. L. SUNDE: *J. Food Sci.*, **39**, 1~5 (1974).
- 2) 武田道夫・稲益猷二・富田輝雄・浜田盛承・勝浦洋: *水産大研報*, **23**, 145~153 (1975).
- 3) L. R. KAMPS and B. MCMAHAN: *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **55**, 590~595 (1972).
- 4) W. HORWITZ, (ed): *Official Method of Analysis*, 12th ed., AOAC, Washington, D. C., 1975, pp. 455~456.
- 5) 武田道夫・上田 正: *水産大研報*, **26**, 251~266 (1978).
- 6) 上田 正・武田道夫: *日水誌*, **43**, 1115~1121 (1977).
- 7) 武田道夫・稲益猷二・越川虎吉・上田 正・中野道紀・富田輝雄・浜田盛承: *水産大研報*, **25**, 47~65 (1976).
- 8) 藪田洋一・行繩茂理: *南海区水産研究報告*, **11**, 77~87 (1976).
- 9) 藪田洋一・行繩茂理: *南海区水産研究所報告*, **17**, 111~120 (1963).
- 10) 藪田洋一・行繩茂理: *南海区水産研究所報告*, **19**, 103~118 (1963).