

14年度 厚生労働科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）分担研究報告書

食品中の有害物質等の評価に関する研究

主任研究者 国立医薬品食品衛生研究所 松田 りえ子

分担研究者 大阪府立公衆衛生研究所 堀 伸二郎

協力研究者 大阪府立公衆衛生研究所 桑原 克義, 阿久津 和彦

新潟県保健環境科学研究所 酒井 洋、樋口 鈴輔

PCB 及び水銀試験法の開発に関する研究

要 旨

1. PCB

1) アルカリ分解、フロリジルカラム精製/キャピラリーカラムーガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)による PCB 異性体分析法を確立した。

2) 従来法（アルカリ分解/パックドカラム/ECD-GC、数値化法）と GC/MS 法の比較を行った。魚介類（16 試料）を用いて、分析値の比較を行った結果、総 PCB 濃度においては従来法と GC/MS 法との間で差異が認められた。すなわち、従来法では真値より低い値になることが明らかになった。

2. 水銀

1) 従来法を用いて総水銀及びメチル水銀の測定を行った。

2) メチル水銀については、従来法のパックドカラム ECD/GC 法よりより精密なキャピラリーカラム GC/MS 法を開発した。従来法との比較検討の結果、両分析法の間に高い相関が認められた。

3) マグロ類中メチル水銀の実態調査は、日本で常食されている 4 種類（インドマグロ、キハダマグロ、メバチマグロ、ホンマグロ）のマグロについて総水銀及びメチル水銀を測定した。

各マグロのメチル水銀濃度の平均値は、インドマグロ（10 試料）1.06 mg/kg(0.68-2.0)、キハダマグロ（26 試料）0.24 mg/kg(0.05-0.46)、メバチマグロ（11 試料）0.96 mg/kg(0.41-2.3)、ホンマグロ（12 試料）0.99 mg/kg(0.29-4.2)であった。

I. PCB 試験法の開発に関する研究

(略)

II. 水銀試験法の開発に関する研究

A. 研究目的

魚介類中の総水銀の分析法は環流式湿式分解-還元酸化原子吸光光度法が採用されている。水銀の場合、一般に用いられる高温のフレイム原子吸光光度法を用いるより還元酸化または加熱酸化したのち、室温の吸収セル中に水銀蒸気を導入する冷原子吸光光度法の法が著しく感度が高い。

メチル水銀に関しては塩酸酸性ベンゼン抽出-システイン転溶-塩酸酸性ベンゼン再抽出/パックドカラム-ECD-GC (公定法) が一般的に行われている。しかしながら、検出器であるパックドカラム-ECD/GC は下記のような問題がある。

パックドカラム仕様の GC は現在殆ど生産されていない。ECD 検出器にパックドカラムを装着すると、カラム中の液相が溶出し、ECD 検出器が汚れピークのドリフト等がおこり、正確な定量が困難になる。そこで、パックドカラムをキャピラリーカラムに変更して高感度、高精度のメチル水銀の測定法を開発する。

B. 研究方法

1. 試薬・試料

試料：日本で常食されている4種類(インドマグロ、キハダマグロ、メバチマグロ、ホンマグロ)47試料のマグロについて総水銀及びメチル水銀を測定した(表1)。

試薬：①硫酸：精密分析用、②硝酸：有害金属測定用、③過塩素酸：特級、④尿素溶液(10%)：特級尿素50gを水に溶かして500mLとする。⑤硫酸溶液〔硫酸(1+1)〕：水250mLをビーカーにとり、これを冷却し、かき混ぜながら精密分析用硫酸250mLを徐々に加える。⑥還元液〔塩化すず(II)溶液〕：精密分析用塩化第一すず(2水塩)10gに硫酸(1+20)60mLを加え、かき混ぜながら溶かして水で100mLとする。⑦水銀標準液(10 μ gHg/mL)：

原子吸光分析用水銀標準原液1000ppm(2mLを200mLのメスフラスコにとり、硝酸5mLを加え、水を標線まで加える。⑧校正用水銀標準液(0.1 μ gHg/mL)：100mLのメスフラスコに約80mLの水を入れ、硫酸(1+1)5mLを加えたのち、水銀標準液(10 μ gHg/mL)1mLをとる、水を標線まで加える。本液1mLは水銀100ngを含む。

⑨L-システイン・酢酸ナトリウム溶液：特級L-システイン塩酸塩一水和物1.0g、特級酢酸ナトリウム三水和物0.8g及び一級硫酸ナトリウム(無水)12.5gを水に溶かして100mLとする。(使用時に調製する)⑩塩化メチル水銀標準原液：市販の塩化メチル水銀(II)10 μ g/mL(Hgとして)ベンゼン溶液を用いる。検量線：上記の標準原液をベンゼンで希釈し、0.005~0.1 μ g/mLの標準溶液を段階的に調製する。

2. 装置及び器具

1) 総水銀

水銀測定装置：平沼産業社製

2) メチル水銀

Me-Hg (パックドカラム)

GC：日立 263-50 (ECD)；カラム：3mmI.D. x 1m；
充填剤：10% Thermon-Hg Chromosorb W 80/100
AW-DMCS1m；カラム温度：165 $^{\circ}$ C；注入口温度：
200 $^{\circ}$ C；検出器温度：200 $^{\circ}$ C；キャリアーガス：N₂
(50mL/min)

Me-Hg (キャピラリーカラム)

GC：Agilent Technologies 6890N(ECD)；カラム：
ULBON HR-Thermon-Hg, 0.53mmI.D. x 15m；カラム温
度：160 $^{\circ}$ C；注入口温度：200 $^{\circ}$ C；検出器温度：
230 $^{\circ}$ C；キャリアーガス：He (10mL/min)

3. 分析方法

1) 総水銀

試料を酸分解した後、塩化すず(II)で水銀(II)を還元する。この溶液に通気して発生する水銀蒸気

による原子吸光を波長 235.7 nm で測定し、水銀を定量する、還元気化原子吸光法で測定した。(図 1)。

2) メチル水銀

前処理試料 10 g (0.01 g まで) をビーカー 50 mL に採取し、水 20 mL を加えディスペーサーでホモジナイズする。このビーカーの試料及びディスペーサーに付着した試料を 35 mL で分派ロート (300 mL) に洗いこみ、さらに濃塩酸 14 mL、塩化ナトリウム 10 g、ベンゼン 70 mL を加え約 5 分間激しく振り混ぜたものを 350 mL 遠沈管に移し変え 3000 回転 10 分間遠心分離する。遠沈管のベンゼン層 (上層) 40 mL を 100 mL 分派ロートに分取し、中性になるまで 4~5 回 20% NaCl 溶液で水洗する。これに L-システイン溶液 6 mL を加え 2 分間振とうし 10 分以上静置する。この水層 2 mL を 100 mL の分派ロートに分取し、さらに 6N 塩酸 1.2 mL、ベンゼン 4 mL を加え 10 分間振り混ぜる。10 分間静置した後、水層を捨て、ベンゼン層を脱水して共栓付き試験管に移し、試験液とする (図 2)。

(1) Me-Hg 濃度計算方法

計算式 (定量下限値 0.01 mg/kg)

塩化メチル水銀 (Hg mg/kg) = $A \times B \times D / C \times F / E \times 1/G$

A : 検量線より求めた塩化メチル水銀 (Hg として) mg/L

B : 最終段階で分画のために添加したベンゼン量 mL

C : 分離回収システイン溶液 mL

D : システイン溶液添加量 mL

E : 分離回収したベンゼン量 mL

F : 添加ベンゼン mL

G : 試料採取量 g

(2) Me-Hg 検量線作成方法

検量線: Me-Hg 高濃度液から希釈し、0.005~0.1 ppm の標準溶液を段階的に作成する。

C. 結果及び考察

1. 還元気化原子吸光法のバリデーション

還元気化原子吸光法による総水銀分析法 (ベンゼン

抽出は 2 回行った) を魚類を用いて分析法の評価を行った。

マグロを用いて添加回収試験 (n=6) を行った結果、総水銀の添加回収率は 98% (変動係数は 4.5) と良好な結果が得られた。

2. マグロ中の総水銀分析結果

還元気化原子吸光法を用いてマグロ 47 試料の総水銀を測定した結果を表 2 に示した。

各マグロ中総水銀濃度の平均値はインドマグロ (8 試料) 1.27 ppm (0.79~2.60)、キハダマグロ (16 試料) 0.30 ppm (0.09~0.54)、メバチマグロ (11 試料) 1.23 ppm (0.46~3.10)、本 (クロ) マグロ (12 試料) 1.43 ppm (0.39~6.10) であった。本結果からマグロ類には総水銀が高濃度含まれていることが明らかになった。

他のマグロ類に較べて低い総水銀値を示したキハダマグロの魚体重平均値は 45 kg であり、他のマグロ類 (インドマグロ (85 kg)、メバチマグロ (86 kg)、本 (クロ) マグロ (116 kg)) にくらべて魚体重量が低かった。すなわち、マグロ類の総水銀蓄積量は魚体重 (魚齢) に大きく影響されることが考えられる。

3. マグロ中のメチル水銀分析結果

マグロ類中メチル水銀の実態調査は、日本で常食されている 4 種類 (インドマグロ、キハダマグロ、メバチマグロ、ホンマグロ) のマグロについてメチル水銀を測定した。

各マグロのメチル水銀濃度の平均値は、インドマグロ (10 試料) 1.06 mg/kg (0.68~2.0)、キハダマグロ (26 試料) 0.24 mg/kg (0.05~0.46)、メバチマグロ (11 試料) 0.96 mg/kg (0.41~2.3)、ホンマグロ (12 試料) 0.99 mg/kg (0.29~4.2) であった。(表 2)。

メチル水銀/総水銀比 (%) の平均値はインドマグロ 87%、キハダマグロ 79%、メバチマグロ 79%、本 (クロ) マグロ 73% で、総水銀の 70% 以上がメチル水銀であることが確認できた。

4. メチル水銀分析におけるキャピラリーカラムの検討

ULBONHR-Thermon-Hg (0.53 mm × 15 m) キャピラリーカラムを用いてメチル水銀のカラム分離及びピー

ク形状等を検討した結果、本カラムは分離及びピーク形状等、メチル水銀測定に十分適用できることが明らかになった。検量線も 0.05ppm-0.1ppm の範囲で良好な直線性 ($R^2=0.9999$) が得られた。

マグロ試料 (n=10) 及びその他の魚種 (n=26) についてパックドカラム法及びキャピラリーカラム法によりメチル水銀の定量を試みた。

両測定値の相関係数はマグロで $R^2=0.999$ (図 4)、その他の魚種で $R^2=0.955$ (図 3) というように、キャピラリー法は従来法 (公定法) とよく一致した。この結果は、食品中のメチル水銀測定においてキャピラリーカラム-ECD-GC の可能性を示唆するものである。

D. 結論

1. 従来法を用いて総水銀及びメチル水銀の測定を行った。
2. メチル水銀については、従来法のパックドカラム ECD/GC 法より精密なキャピラリーGC/MS 法を開発した。従来法との比較検討の結果、両分析法の間に高い相関が認められた。
3. マグロ類中メチル水銀の実態調査は、日本で常食されている 4 種類 (インドマグロ、キハダマグロ、メバチマグロ、ホンマグロ) のマグロについて総水銀及びメチル水銀を測定した。

各マグロのメチル水銀濃度の平均値は、インドマグロ (10 試料) 1.06 mg/kg (0.68-2.0)、キハダマグロ (26 試料) 0.24 mg/kg (0.05-0.46)、メバチマグロ (11 試料) 0.96 mg/kg (0.41-2.3)、ホンマグロ (12 試料) 0.99 mg/kg (0.29-4.2) であった。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的所有権の取得状況

なし

表1 分析試料

試料番号	入荷時の状態	種類	総重量 (kg)	産地	試料部分	試料番号	入荷時の状態	種類	総重量 (kg)	産地	試料部分
1	冷凍	インド	63	ケープタウン	尾部	27	冷凍	メバチ	83	太平洋	中央
2	冷凍	インド	106	ケープタウン	頭部	28	冷凍	メバチ	64	大西洋	中央
3	冷凍	インド	64	ケープタウン	頭部	29	冷凍	メバチ	112	太平洋	尾部
4	冷凍	インド	87	ケープタウン	尾部	30	冷凍	メバチ	100	南太平洋	尾部
5	冷凍	インド	69	ケープタウン	頭部	31	冷凍	メバチ	77	太平洋	中央
8	冷凍	インド	96	ケープタウン	中央	32	冷凍	メバチ	61	南太平洋	尾部
9	冷凍	インド	96	ケープタウン	中央	33	冷凍	メバチ	99	大西洋	中央
10	冷凍	インド	98	ケープタウン	尾部	34	冷凍	メバチ	98	南太平洋	中央
11	生	キハダ	51	バリ	中央	35	冷凍	メバチ	88	太平洋	尾部
12	生	キハダ	37	台湾	尾部	36	冷凍	メバチ	80	南太平洋	中央
13	生	キハダ	39	ベトナム	尾部	37	冷凍	メバチ	80	南太平洋	尾部
14	生	キハダ	34	台湾	尾部	101	冷凍(天然)	本(クロ)	96	ニューヨーク	頭部
15	生	キハダ	42	バリ	尾部	102	冷凍(天然)	本(クロ)	106	ニューヨーク	中央
16	生	キハダ	51	バリ	尾部	103	冷凍(天然)	本(クロ)	139	ニューヨーク	中央
17	生	キハダ	48	バリ	尾部	104	冷凍(畜養)	本(クロ)	24.6	クロアチア	尾部
18	生	キハダ	47	台湾	尾部	105	冷凍(天然)	本(クロ)	183	ニューヨーク	頭部
19	生	キハダ	38	バリ	中央	106	冷凍(畜養)	本(クロ)	24.4	クロアチア	尾部
20	生	キハダ	34	台湾	尾部	107	冷凍(畜養)	本(クロ)	24	クロアチア	尾部
21	冷凍	キハダ	43	太平洋	尾部	108	冷凍(畜養)	本(クロ)	56	スペイン	尾部
22	冷凍	キハダ	44	インド洋	尾部	109	冷凍(天然)	本(クロ)	179	ニューヨーク	頭部
23	冷凍	キハダ	20	南太平洋	尾部	110	冷凍(天然)	本(クロ)	195	ニューヨーク	中央
24	冷凍	キハダ	60	インド洋	尾部	6	冷凍	本	164	地中海	中央
25	冷凍	キハダ	60	インド洋	尾部	7	冷凍	本	200	アイルランド	頭部
26	冷凍	キハダ	64	インド洋	尾部						

表2 マグロ類中の総水銀及びメチル水銀濃度

試料番号	種類	総水銀 (mg/kg)	メチル水銀 (Hg mg/kg)	T-Hg/M-Hg %	試料番号	種類	総水銀 (mg/kg)	メチル水銀 (Hg mg/kg)	T-Hg/M-Hg %
1	インド	2.60	2.00	76.9	27	メバチ	1.60	1.30	81.3
2	インド	0.79	0.68	86.1	28	メバチ	1.60	1.20	75.0
3	インド	1.60	1.30	81.3	29	メバチ	0.69	0.46	66.7
4	インド	1.50	1.40	93.3	30	メバチ	1.40	1.10	78.6
5	インド	0.91	0.91	100.0	31	メバチ	0.96	0.75	78.1
8	インド	0.90	0.86	95.6	32	メバチ	0.46	0.42	91.3
9	インド	0.99	0.74	74.7	33	メバチ	1.40	1.20	85.7
10	インド	0.83	0.72	86.7	34	メバチ	0.98	0.75	76.5
平均値		1.27	1.08	86.8	35	メバチ	3.10	2.30	74.2
11	キハダ	0.25	0.19	76.0	36	メバチ	0.55	0.41	74.5
12	キハダ	0.25	0.17	68.0	37	メバチ	0.80	0.66	82.5
13	キハダ	0.35	0.30	85.7	平均値		1.23	0.96	78.6
14	キハダ	0.11	0.10	90.9	101	本(クロ)	2.40	1.60	66.7
15	キハダ	0.20	0.18	90.0	102	本(クロ)	2.50	1.50	60.0
16	キハダ	0.51	0.46	90.2	103	本(クロ)	0.84	0.55	65.5
17	キハダ	0.44	0.33	75.0	104	本(クロ)	0.96	0.72	75.0
18	キハダ	0.23	0.22	95.7	105	本(クロ)	6.10	4.20	68.9
19	キハダ	0.28	0.21	75.0	106	本(クロ)	0.39	0.36	92.3
20	キハダ	0.14	0.12	85.7	107	本(クロ)	0.44	0.29	65.9
21	キハダ	0.33	0.24	72.7	108	本(クロ)	0.58	0.41	70.7
22	キハダ	0.30	0.25	83.3	109	本(クロ)	0.74	0.56	75.7
23	キハダ	0.09	0.05	55.6	110	本(クロ)	0.82	0.62	75.6
24	キハダ	0.54	0.40	74.1	6	本	0.58	0.43	74.1
25	キハダ	0.39	0.28	71.8	7	本	0.78	0.65	83.3
26	キハダ	0.36	0.26	72.2	平均値		1.43	0.99	72.8
平均値		0.30	0.24	78.9					

表3 パックドカラムとキャピラリーカラム分析法によるメチル水銀測定値の比較

試料番号	パックドカラム分析 メチル水銀 (Hg mg/kg)	キャピラリーカラム メチル水銀 (Hg mg/kg)
10	0.72	0.72
11	0.19	0.22
12	0.17	0.19
15	0.18	0.19
20	0.12	0.12
39	1.5	1.5
41	0.72	0.72
42	4.2	4.1
43	0.36	0.34
45	0.41	0.37

図1 総水銀分析フローシート

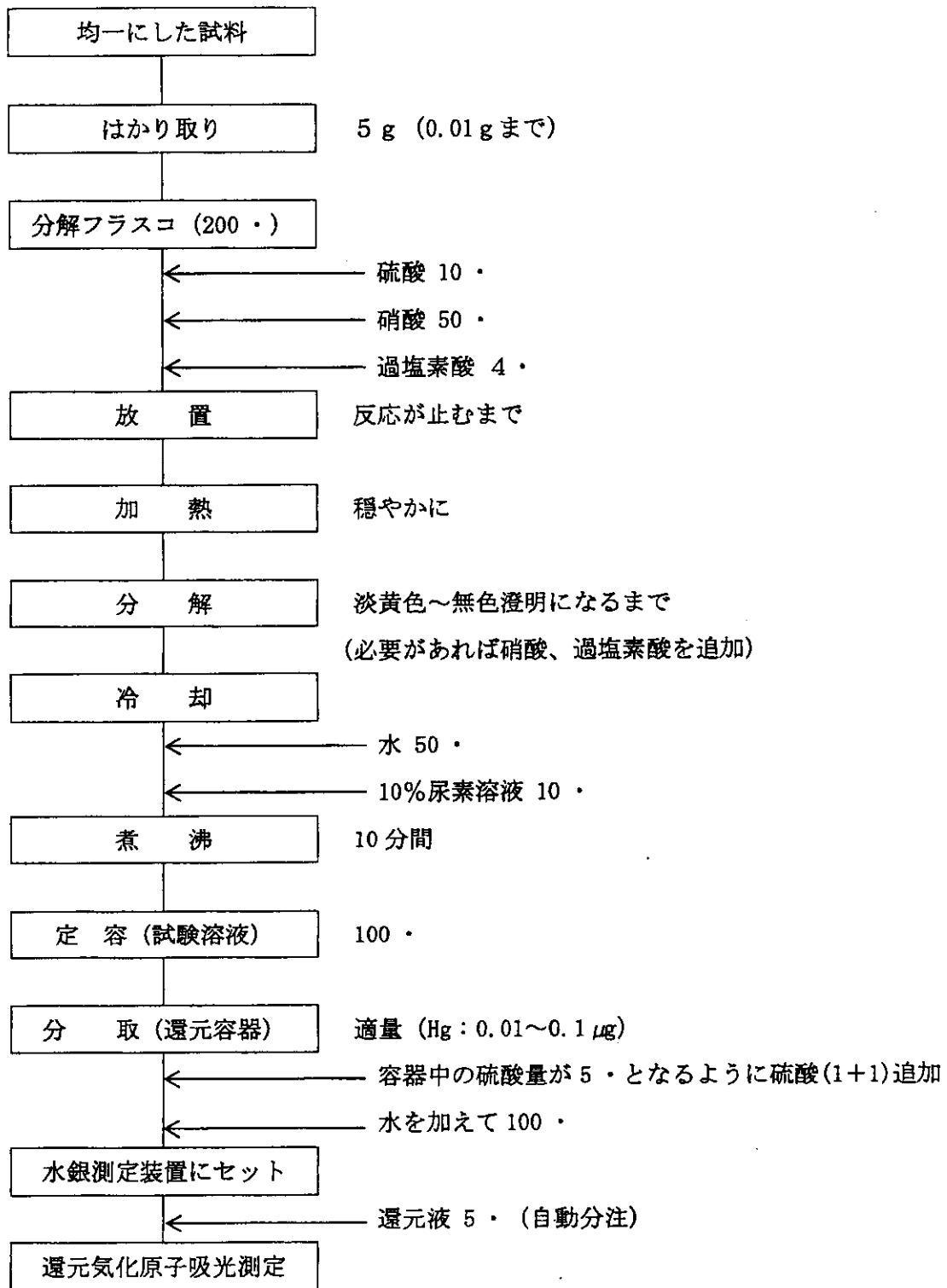
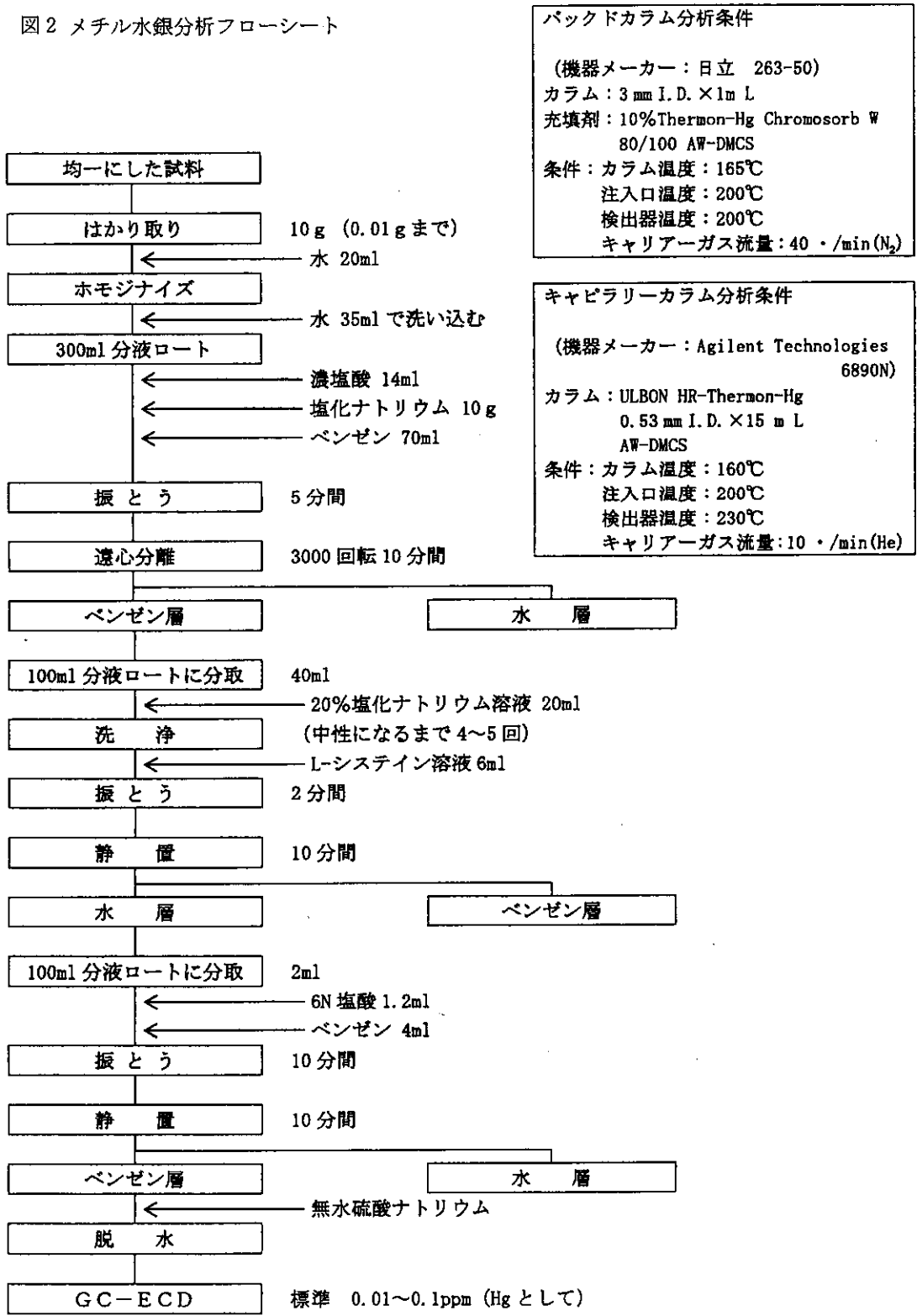
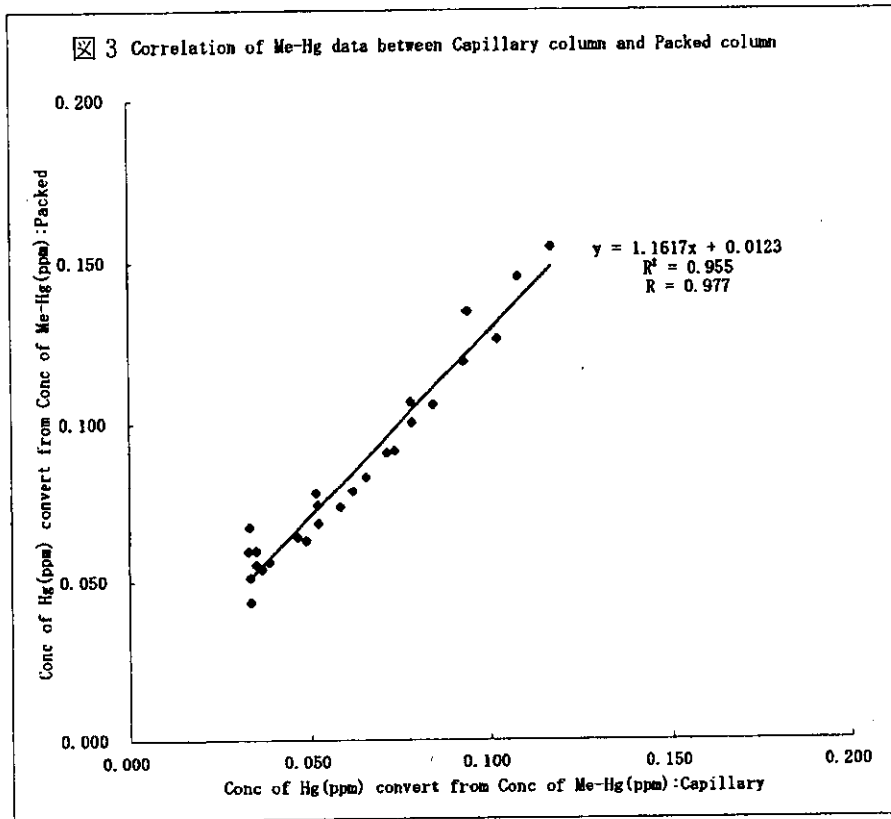


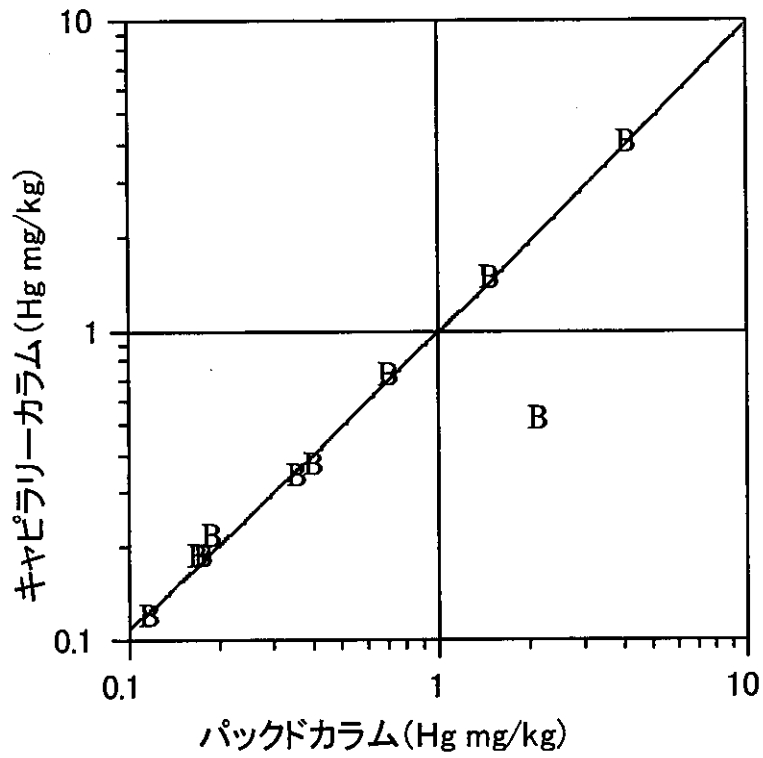
図2 メチル水銀分析フローシート





Sample name	Conc of Hg(ppm) convert from Conc of Me-Hg(ppm):Capillary Column	Conc of Hg(ppm) convert from Conc of Me-Hg(ppm):Packed Column
02-S-01	0.085	0.105
02-S-02	0.079	0.100
02-S-03	0.039	0.056
02-S-04	0.102	0.126
02-S-05	0.037	0.054
02-S-06	0.033	0.051
02-S-07	0.094	0.135
02-S-09	0.117	0.155
02-S-10	0.079	0.106
02-S-11	0.035	0.055
02-S-13	0.034	0.043
02-S-14	0.066	0.083
02-S-15	0.093	0.119
02-K-01	0.074	0.091
02-K-02	0.072	0.091
02-K-03	0.049	0.063
02-K-05	0.046	0.064
02-K-06	0.108	0.145
02-K-07	0.058	0.073
02-K-08	0.052	0.074
02-K-09	0.052	0.068
02-K-15	0.062	0.078
02-K-16	0.033	0.060
02-K-17	0.035	0.060
02-K-18	0.052	0.078
02-K-19	0.033	0.067

図4 マグロ中のメチル水銀分析値の比較



$$f(x) = 9.751998E-1 * x + 1.125379E-2$$

$$R^2 = 9.997149E-1$$

Ⅲ マグロ類からの水銀及びメチル水銀一日摂取量の推定

前章で測定した、マグロ類47試料中の水銀及びメチル水銀濃度の実態調査結果(前章表2参照)と、国民栄養調査に基づくマグロ類一日摂取量から、マグロ類からの水銀及びメチル水銀の一日摂取量の推定を行った。

マグロ中の水銀・メチル水銀濃度

表1には前章表1と2の内容をまとめて示す。また、図1にはマグロの種類毎の水銀及びメチル水銀濃度を図示した。マグロの種類により水銀濃度はかなりの変動を示し、キハダマグロでは全ての試料において水銀及びメチル水銀濃度は1mg/kg以下であり、平均値は水銀0.30mg/kg、メチル水銀0.24mg/kgであった。インドマグロ、メバチマグロ、クロマグロでは、一部の試料で1mg/kgを越える濃度となり、平均濃度も水銀1.3mg/kg前後、メチル水銀1mg/kg前後であった。

天然のクロマグロで水銀濃度が6以上の試料がみられた。これは重量が183kgと非常に大きかった。また、水銀濃度の低いキハダマグロ試料は全て重量が70kg以下で、比較的小さかった。このような事実から、魚体重量と水銀濃度に何らかの関係があることが考えられたため、両者の関係を図2にプロットした。□及び■で示したクロマグロを除くと、重量と水銀濃度には弱い相関が見られるが、クロマグロでは重量と水銀濃度の相関は見られなかった。

試料全体の水銀濃度の平均値は0.97mg/kg、メチル水銀濃度の平均値は0.74mg/kgであった。

総水銀に対するメチル水銀の割合は、50%~100%の範囲で、平均は78.6%であり、水銀のかなりの部分がメチル水銀として存在していた。

マグロ類摂取量

マグロ類の摂取量は、平成10~12年の国民栄養調査結果を、年齢層別に集計した結果を用いた。また、これとは別に妊婦の集計も行った。調査対象者数は38,850人である。

マグロ類として、マグロ赤身、マグロ脂身、マグロフレーク水煮缶詰、マグロフレーク味付け缶詰、マグロ油漬けを集計した。マグロ赤身と脂身については、男女別の集計も行った。集計結果を表2に示す。平均摂取量は非摂食者を含めた全体平均、95%tileは摂食者中の値である。

マグロ類中、最も多く摂取されているのは、赤身であり、男性の摂食者の割合は女性よりも高く、平均摂取量も高い傾向がある。脂身は赤身よりも摂取者割合が低かった。

7-14才のグループは男女ともに、赤身の摂食率が高い。国民栄養調査では、「学校給食」を食べた子供については、学校給食基準に基づく食品構成の食品の組み合わせを当てはめている。この基準にマグロ(赤身)が2g入っており、実際の摂取実態にかかわらず、一律2gのマグロを食べたと計算しているからである。

マグロ赤身を除いては、妊婦のグループは対応する20才以上のグループに比べ、摂取率が高く、フレーク水煮缶詰、フレーク

味付け缶詰、油漬けの平均摂取量の合計は、赤身よりも高い。特に摂食率の高いマグロ油漬けは、1・6才の子供も高率で摂食している。このことから、小さい子供のいる若い世帯では、マグロ赤身とともにマグロ油漬け等の缶詰を摂食する割合が高く、これが妊婦の群にも反映していると考えられる。

水銀及びメチル水銀一日摂取量

表1のマグロ中の水銀及びメチル水銀の平均濃度と、表2のマグロ類摂取量の結果から、水銀及びメチル水銀一日摂取量を計算した。

表1では赤身のみが測定されており、脂身及び缶詰類についてはデータがないため、赤身と同じ濃度として計算した。

計算結果を表3に示す。摂取量平均は各グループのマグロ類の平均摂取量から計算した。摂食量の95%タイルは、摂食者の中での値であるので、全員の中での95%タイルとは異なっている。このため、摂食者の95%タイルに全体での摂食割合をかけたものを、全体の中での95%タイルであると仮定し、計算を行った。結果を表3に示す。

95%タイル値は平均値の数倍以上の場合が多く、20代以上の男性の場合、メチル水銀の平均摂取量は1日当たり $5.7\mu\text{g}$ であるが、95%タイルは $19.2\mu\text{g}$ である。

マグロ類摂食の状況を反映して、20才以下のグループ及び妊婦のグループでマグロ缶詰類からの推定摂取量がかなり高い。計算ではマグロ赤身中の水銀等の濃度を用いているが、缶詰中には調味液、油が含まれており実際の濃度はやや低いと考えられる。英国の調査でも、缶詰の濃度は生のマグロの半分程度である。従って、これらのグル

ープでの水銀摂取量を推定するためには、マグロ缶詰類の水銀及びメチル水銀濃度調査が必要である。

FAO/WHOは、メチル水銀の暫定的週間摂取量(PTWI)として、 $3.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{week}$ を設定している。また、EPAは妊娠中の女性に対して $0.1\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}(=0.7\mu\text{g}/\text{kg}/\text{week})$ を採用し、2003年2月に英国食料基準局が発した勧告にも、同様の値が採用されている。

今回のメチル水銀一日摂取量結果を、体重当たりに変換して表3の右側に示した。どの年齢グループも、平均値・95%タイルともにFAO/WHOのPTWI $3.3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{week}$ を越えていないが、妊娠中女性のグループ及び6歳以下の子供の95%タイル値はEPAの勧告値を越えていた。

表1 マグロ水銀分析結果

マグロ水銀分析結果

サンプル番号	入荷時の状態	種類	総重量 (kg)	産地	サンプル部分	総水銀 (mg/kg)	メチル水銀 (Hg mg/kg)	比
1	冷凍	インド	63	ケープタウン	尾部	2.6	2.0	76.9
2	冷凍	インド	106	ケープタウン	頭部	0.79	0.68	86.1
3	冷凍	インド	64	ケープタウン	頭部	1.6	1.3	81.3
4	冷凍	インド	87	ケープタウン	尾部	1.5	1.4	93.3
5	冷凍	インド	69	ケープタウン	頭部	0.91	0.91	100.0
8	冷凍	インド	96	ケープタウン	中央	0.90	0.86	95.6
9	冷凍	インド	96	ケープタウン	中央	0.99	0.74	74.7
10	冷凍	インド	98	ケープタウン	尾部	0.83	0.72	86.7
平均値			84.9			1.27	1.08	86.8
11	生	キハダ	51	バリ	中央	0.25	0.19	76.0
12	生	キハダ	37	台湾	尾部	0.25	0.17	68.0
13	生	キハダ	39	ベトナム	尾部	0.35	0.30	85.7
14	生	キハダ	34	台湾	尾部	0.11	0.10	90.9
15	生	キハダ	42	バリ	尾部	0.20	0.18	90.0
16	生	キハダ	51	バリ	尾部	0.51	0.46	90.2
17	生	キハダ	48	バリ	尾部	0.44	0.33	75.0
18	生	キハダ	47	台湾	尾部	0.23	0.22	95.7
19	生	キハダ	38	バリ	中央(ハラ)	0.28	0.21	75.0
20	生	キハダ	34	台湾	尾部	0.14	0.12	85.7
21	冷凍	キハダ	43	太平洋	尾部	0.33	0.24	72.7
22	冷凍	キハダ	44	インド洋	尾部	0.30	0.25	83.3
23	冷凍	キハダ	20	南太平洋	尾部	0.09	0.05	55.6
24	冷凍	キハダ	60	インド洋	尾部	0.54	0.40	74.1
25	冷凍	キハダ	60	インド洋	尾部	0.39	0.28	71.8
26	冷凍	キハダ	64	インド洋	尾部	0.36	0.26	72.2
平均値			44.5			0.30	0.24	78.9
27	冷凍	メバチ	83	太平洋	中央	1.6	1.3	81.3
28	冷凍	メバチ	64	大西洋	中央	1.6	1.2	75.0
29	冷凍	メバチ	112	太平洋	尾部	0.69	0.46	66.7
30	冷凍	メバチ	100	南太平洋	尾部	1.4	1.1	78.6
31	冷凍	メバチ	77	太平洋	中央	0.96	0.75	78.1
32	冷凍	メバチ	61	南太平洋	尾部	0.46	0.42	91.3
33	冷凍	メバチ	99	大西洋	中央	1.4	1.2	85.7
34	冷凍	メバチ	98	南太平洋	中央	0.98	0.75	76.5
35	冷凍	メバチ	88	太平洋	尾部	3.1	2.3	74.2
36	冷凍	メバチ	80	南太平洋	中央	0.55	0.41	74.5
37	冷凍	メバチ	80	南太平洋	尾部	0.80	0.66	82.5
平均値			85.6			1.23	0.96	78.6
101	冷凍(天然)	本(クロ)	96	ニューヨーク	頭部	2.4	1.6	66.7
102	冷凍(天然)	本(クロ)	106	ニューヨーク	中央	2.5	1.5	60.0
103	冷凍(天然)	本(クロ)	139	ニューヨーク	中央	0.84	0.55	65.5
104	冷凍(畜養)	本(クロ)	24.6	クロアチア	尾部	0.96	0.72	75.0
105	冷凍(天然)	本(クロ)	183	ニューヨーク	頭部	6.1	4.2	68.9
106	冷凍(畜養)	本(クロ)	24.4	クロアチア	尾部	0.39	0.36	92.3
107	冷凍(畜養)	本(クロ)	24	クロアチア	尾部	0.44	0.29	65.9
108	冷凍(畜養)	本(クロ)	56	スペイン	尾部	0.58	0.41	70.7
109	冷凍(天然)	本(クロ)	179	ニューヨーク	頭部	0.74	0.56	75.7
110	冷凍(天然)	本(クロ)	195	ニューヨーク	中央	0.82	0.62	75.6
6	冷凍	本	164	地中海	中央	0.58	0.43	74.1
7	冷凍	本	200	アイルランド	頭部	0.78	0.65	83.3
平均値			115.9			1.43	0.99	72.8
全体平均			79.2			0.97	0.74	78.6

図1 マグロ類中の総水銀及びメチル水銀濃度（種類別）

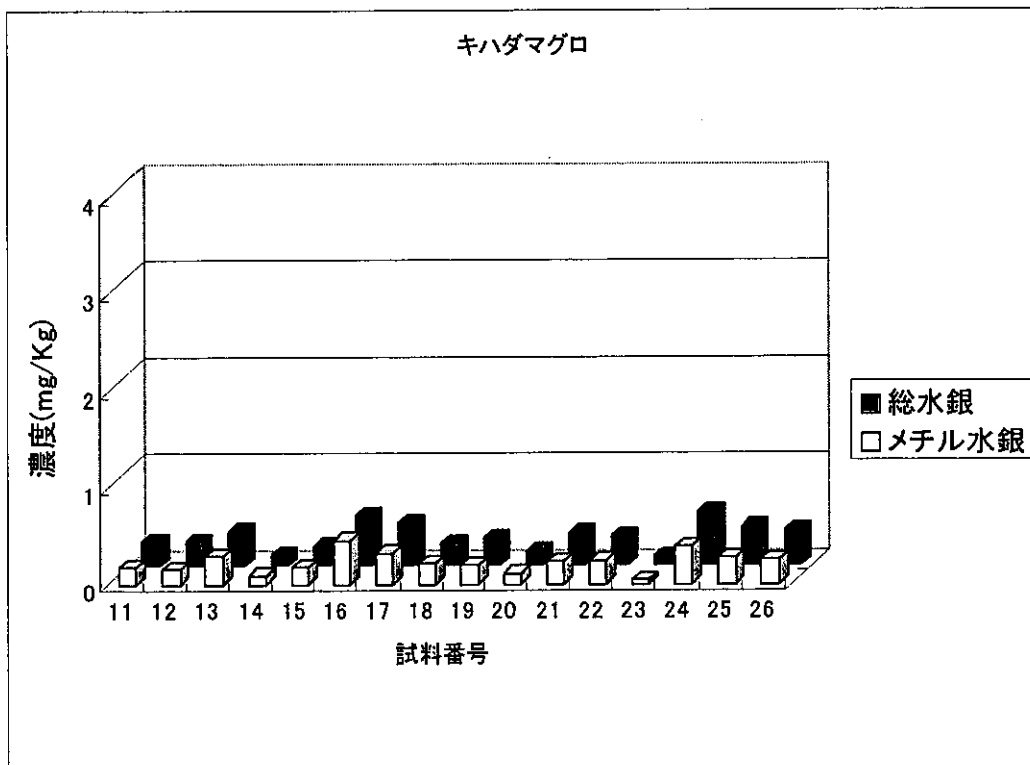
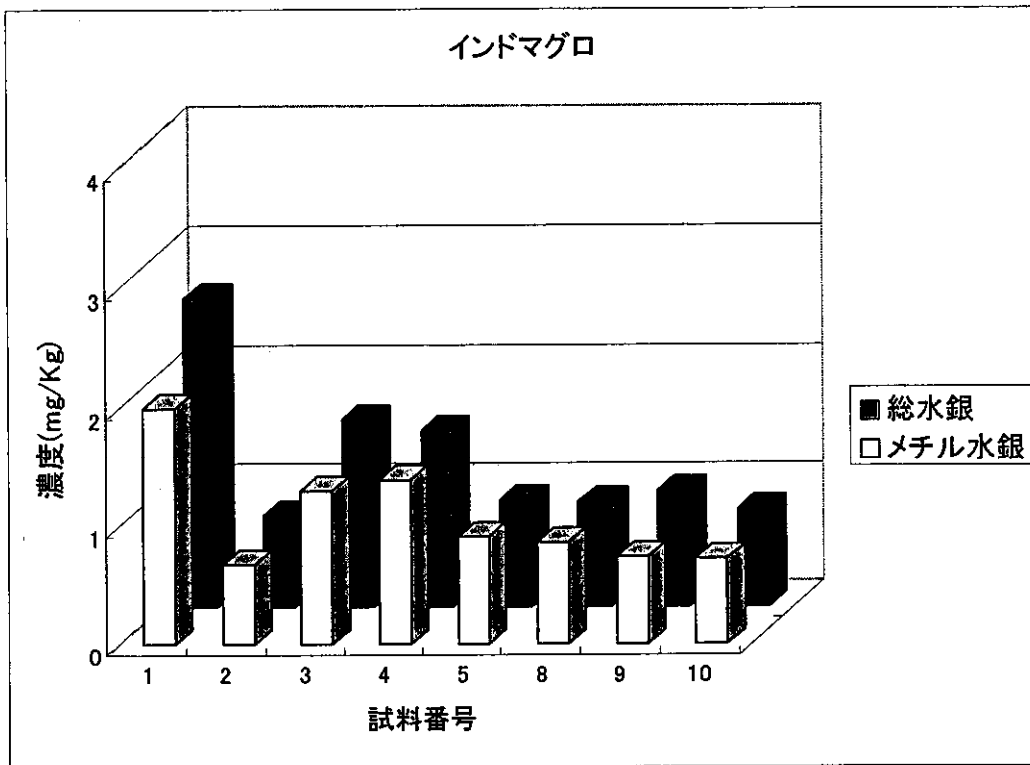
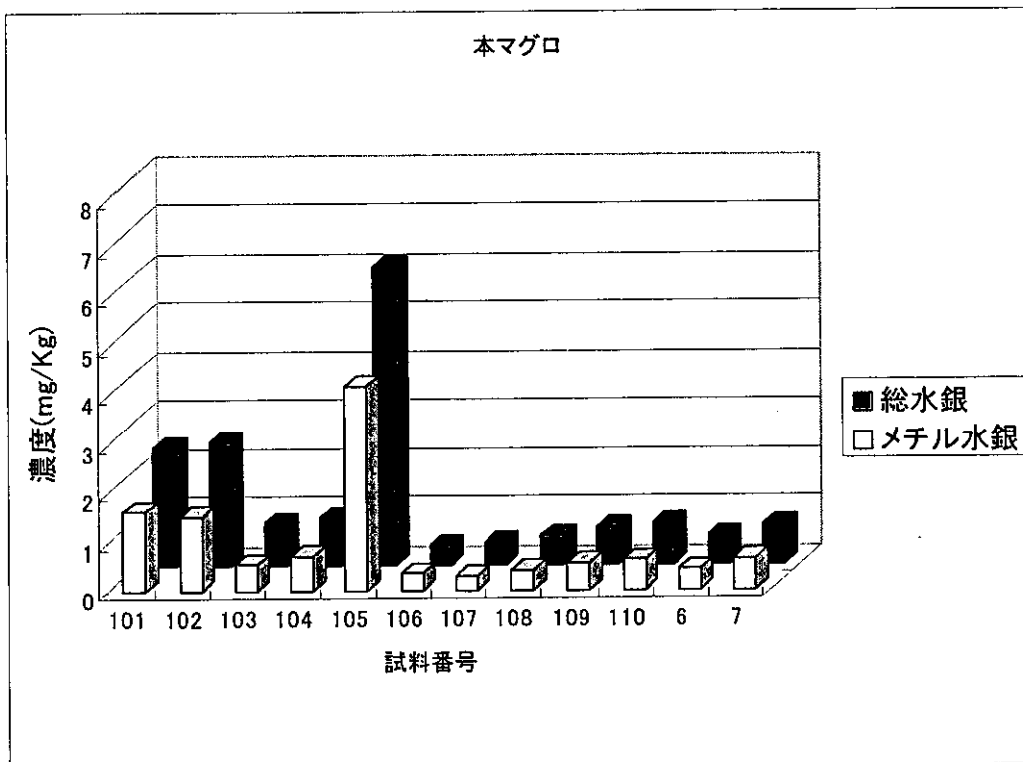
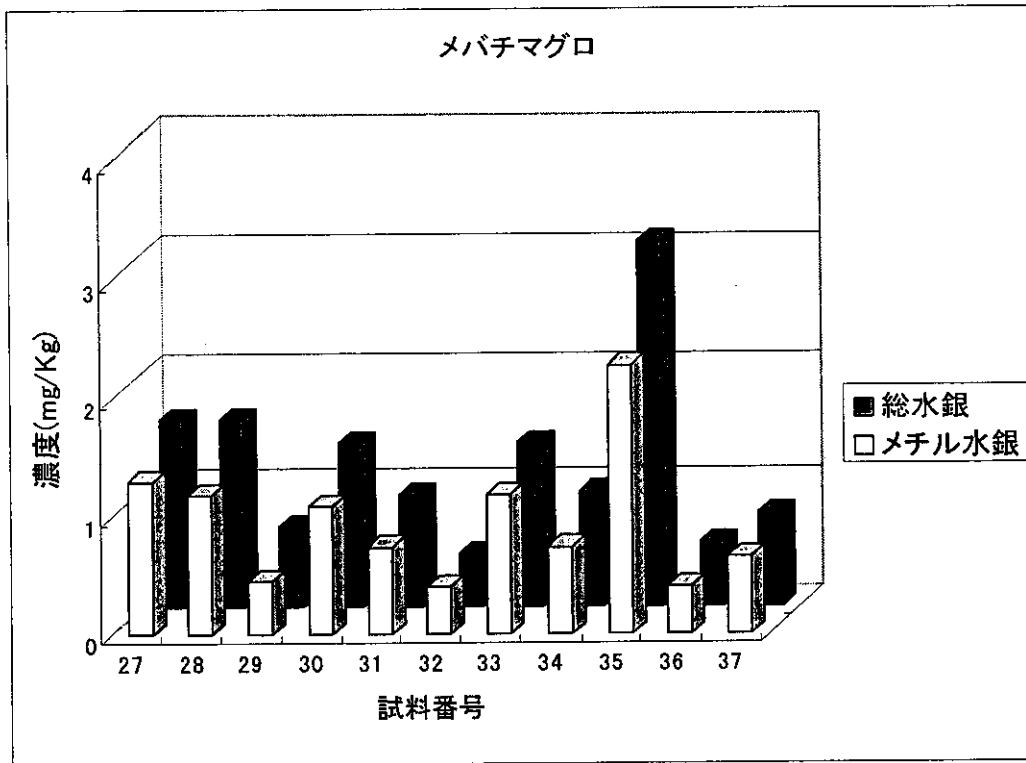


図1 続き



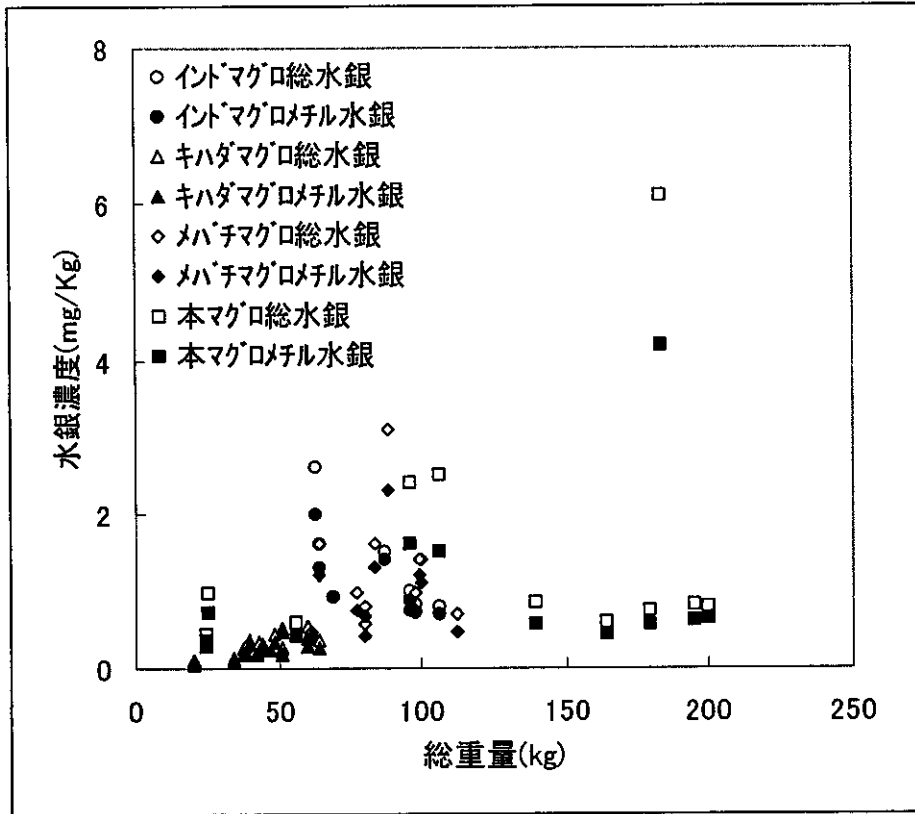


図2 魚重量と水銀濃度の関係

表2 マグロ類一日摂取量

マグロ赤身 年齢	性別	総数	摂食者数	摂食者%	摂取量平均 g	95%tile g
1-6y	F	1101	127	11.5	0.94	32
	M	1213	147	12.1	1.25	50
7-14y	F	1791	1508	84.2	3.60	10
	M	1904	1604	84.2	3.98	20
15-19y	F	1152	193	16.8	2.93	85.3
	M	1128	244	21.6	3.93	92
20y以上	F	16396	2708	16.5	4.59	97.5
	M	14164	3672	25.9	7.67	100
妊婦	F	181	23	12.7	2.17	75
マグロ脂身 年齢	性別	総数	摂食者数	摂食者%	摂取量平均 g	95%tile g
1-6y	F	1101	2	0.2	0.09	61.1
	M	1213	5	0.4	0.22	97.5
7-14y	F	1791	5	0.3	0.29	250
	M	1904	5	0.3	0.14	66.7
15-19y	F	1152	6	0.5	0.43	130
	M	1128	7	0.6	0.25	60
20y以上	F	16396	71	0.4	0.28	133.3
	M	14164	76	0.5	0.39	150
妊婦	F	181	3	1.7	0.94	100
マグロフレーク水煮缶詰 年齢		総数	摂食者数	摂食者%	摂取量平均 g	95%tile g
1-6y		2314	8	0.3	0.05	26.9
7-14y		3695	35	0.9	0.19	40
15-19y		2280	17	0.7	0.21	60
20y以上		30560	159	0.5	0.16	82.5
妊婦		181	3	1.7	1.10	150
マグロフレーク味付け缶詰 年齢		総数	摂食者数	摂食者%	摂取量平均 g	95%tile g
1-6y		2314	13	0.6	0.08	27.5
7-14y		3695	22	0.6	0.11	27.6
15-19y		2280	16	0.7	0.15	52
20y以上		30560	131	0.4	0.13	85
妊婦		181	2	1.1	0.29	32
マグロ油漬け 年齢		総数	摂食者数	摂食者%	摂取量平均 g	95%tile g
1-6y		2314	90	3.9	0.53	40
7-14y		3695	149	4.0	0.75	40
15-19y		2280	113	5.0	1.31	70.2
20y以上		30560	945	3.1	0.79	60
妊婦		181	7	3.9	1.08	87.3

表3 マグロからの総水銀及びメチル水銀一日摂取量及び週当たり摂取量

年齢	性別	一日摂取量				週当たり摂取量			
		平均		95%tile		平均		95%tile	
		水銀 μg/day	メチル水銀 μg/day	水銀 μg/day	メチル水銀 μg/day	水銀 μg/kg/week	メチル水銀 μg/kg/week	水銀 μg/kg/week	メチル水銀 μg/kg/week
マグロ赤身									
1-6y	F	0.914	0.698	3.580	2.731	0.406	0.309	1.588	1.212
	M	1.213	0.925	5.878	4.484	0.525	0.401	2.545	1.941
7-14y	F	3.489	2.662	8.167	6.231	0.665	0.507	1.556	1.187
	M	3.864	2.948	16.343	12.468	0.713	0.544	3.014	2.299
15-19y	F	2.838	2.165	13.862	10.575	0.392	0.299	1.917	1.462
	M	3.813	2.909	19.304	14.727	0.449	0.342	2.272	1.733
20y以上	F	4.457	3.400	15.620	11.916	0.590	0.450	2.069	1.578
	M	7.441	5.677	25.147	19.184	0.811	0.619	2.741	2.091
	妊婦	2.108	1.608	9.244	7.052	0.264	0.201	1.156	0.882
マグロ脂身									
1-6y	F	0.088	0.067	0.108	0.082	0.039	0.030	0.048	0.036
	M	0.209	0.160	0.390	0.297	0.091	0.069	0.169	0.129
7-14y	F	0.281	0.214	0.677	0.516	0.053	0.041	0.129	0.098
	M	0.134	0.102	0.170	0.130	0.025	0.019	0.031	0.024
15-19y	F	0.422	0.322	0.657	0.501	0.058	0.044	0.091	0.069
	M	0.242	0.185	0.361	0.276	0.029	0.022	0.043	0.032
20y以上	F	0.268	0.204	0.560	0.427	0.035	0.027	0.074	0.057
	M	0.378	0.288	0.781	0.596	0.041	0.031	0.085	0.065
	妊婦	0.911	0.695	1.608	1.227	0.114	0.087	0.201	0.153
フレーク水煮缶詰									
1-6y		0.045	0.034	0.090	0.069	0.020	0.015	0.040	0.030
7-14y		0.187	0.143	0.368	0.280	0.035	0.027	0.069	0.053
15-19y		0.206	0.157	0.434	0.331	0.026	0.020	0.055	0.042
20y以上		0.159	0.121	0.416	0.318	0.019	0.014	0.050	0.038
	妊婦	1.071	0.817	2.412	1.840	0.134	0.102	0.302	0.230
フレーク味付け缶詰									
1-6y		0.082	0.062	0.150	0.114	0.036	0.027	0.066	0.050
7-14y		0.102	0.078	0.159	0.122	0.019	0.015	0.030	0.023
15-19y		0.145	0.111	0.354	0.270	0.018	0.014	0.045	0.034
20y以上		0.122	0.093	0.353	0.270	0.015	0.011	0.042	0.032
	妊婦	0.279	0.213	0.343	0.262	0.035	0.027	0.043	0.033
マグロ油漬									
1-6y		0.513	0.391	1.509	1.151	0.225	0.171	0.661	0.505
7-14y		0.730	0.557	1.565	1.194	0.137	0.104	0.293	0.224
15-19y		1.272	0.971	3.375	2.575	0.162	0.123	0.429	0.327
20y以上		0.768	0.586	1.800	1.373	0.092	0.070	0.215	0.164
	妊婦	1.045	0.797	3.275	2.498	0.131	0.100	0.410	0.313

年齢	一日摂取量				週当たり摂取量			
	平均		95%tile		平均		95%tile	
	水銀 μg/day	メチル水銀 μg/day	水銀 μg/day	メチル水銀 μg/day	水銀 μg/kg/week	メチル水銀 μg/kg/week	水銀 μg/kg/week	メチル水銀 μg/kg/week
マグロ赤身								
1y	0.602	0.459	1.596	1.218	0.396	0.302	1.049	0.800
2y	0.656	0.501	2.902	2.214	0.362	0.276	1.600	1.220
3y	0.680	0.519	2.297	1.753	0.326	0.249	1.101	0.840
4y	1.235	0.943	5.040	3.845	0.532	0.406	2.171	1.656
5y	1.338	1.021	4.520	3.449	0.494	0.377	1.670	1.274
6y	1.819	1.387	8.045	6.137	0.589	0.450	2.607	1.989
マグロ脂身								
1y	0	0	0	0	0	0	0	0
2y	0.408	0.311	0.737	0.562	0.225	0.171	0.406	0.310
3y	0	0	0	0	0	0	0	0
4y	0	0	0	0	0	0	0	0
5y	0.354	0.270	0.432	0.329	0.131	0.100	0.159	0.122
6y	0.123	0.094	0.123	0.094	0.040	0.030	0.040	0.030
フレーク水煮缶詰								
1y	0.022	0.017	0.022	0.017	0.015	0.011	0.015	0.011
2y	0.041	0.031	0.042	0.032	0.023	0.017	0.023	0.018
3y	0.026	0.019	0.026	0.019	0.012	0.009	0.012	0.009
4y	0.112	0.085	0.157	0.120	0.048	0.037	0.068	0.052
5y	0.063	0.048	0.063	0.048	0.023	0.018	0.023	0.018
6y	0	0	0	0	0	0	0	0
フレーク味付け缶詰								
1y	0	0	0	0	0	0	0	0
2y	0.120	0.092	0.189	0.144	0.066	0.051	0.104	0.079
3y	0.051	0.039	0.051	0.039	0.024	0.019	0.024	0.019
4y	0.039	0.030	0.039	0.030	0.017	0.013	0.017	0.013
5y	0.077	0.059	0.113	0.086	0.028	0.022	0.042	0.032
6y	0.193	0.147	0.878	0.670	0.062	0.048	0.285	0.217
油漬缶詰								
1y	0.491	0.374	1.901	1.450	0.322	0.246	1.249	0.953
2y	0.384	0.293	0.942	0.718	0.212	0.162	0.519	0.396
3y	0.615	0.469	1.787	1.363	0.295	0.225	0.857	0.654
4y	0.697	0.532	1.650	1.259	0.300	0.229	0.711	0.542
5y	0.311	0.238	0.550	0.420	0.115	0.088	0.203	0.155
6y	0.584	0.445	1.181	0.901	0.189	0.144	0.383	0.292