

阿賀野川生息魚の水銀含有量23年間の推移

大関江美子・蒲澤 泰子・大野 茂*・酒井 洋

Keywords：阿賀野川；ウグイ；体長；総水銀；メチル水銀。

1 はじめに

新潟県では阿賀野川生息魚の水銀含有量について、昭和40年の有機水銀中毒事件以来、監視調査を行ってきている。そして昭和51年以降の監視調査では、上流域（旧鹿瀬電工排水口付近）、中流域（五泉市佐取地先）、下流域（新潟市津島屋地先）の3地点で採捕されたウグイについて、水銀含有量の調査を行っている。

この間昭和54年3月には「阿賀野川水銀汚染総合調査報告書」¹⁾（以下昭和53年度の報告書と略す）が出され、この中で魚類調査データとして、阿賀野川産魚類（ウグイ等）の、総水銀（昭和40～52年）、メチル水銀（昭和46～52年）、セレン（昭和51、52年）、ヒ素・鉛・カドミウム（昭和51年）の項目について、分析結果が報告されている。

そこでのウグイの総水銀（平均値）は、昭和40年は2.19ppmと高かったが、昭和41年には0.24ppmまで減少し、その後は昭和45年に0.68ppmと一時的に増加したものの、昭和52年まで0.2ppm前後で推移している。

そしてこの昭和53年度の報告書では、「阿賀野川の河川環境における人工的な水銀汚染の影響は解消され自然環境の変動幅の範囲にある」と結論づけている。

今回、昭和51～平成10年度までの23年間の監視調査から阿賀野川生息魚（ウグイ）の水銀含有量について、推移及びウグイの体長との関連等を取りまとめたので報告する。

2 調査方法

2.1 検体の種類及び採捕水域

検体は阿賀野川産ウグイを、毎年度各1回次に示す3地点で採捕（採捕時期4～12月）した。

阿賀野川上流域：旧鹿瀬電工排水口付近

　　◇ 中流域：五泉市佐取地先

　　◇ 下流域：新潟市津島屋地先

2.2 調査期間

昭和51～平成10年度（23年間）

2.3 検査項目

体長、総水銀、メチル水銀、メチル比

2.4 検査方法

体長はウグイの吻端から脊椎の後端までの長さを測った。

総水銀は石英管燃焼還元気化法により原子吸光光度計で測定した。メチル水銀は直接抽出法によりガスクロマトグラフィーで測定し水銀量に換算した。メチル比は総水銀に対するメチル水銀（水銀量に換算したもの）の比率とした。

3 結果及び考察

3.1 年度別ウグイの水銀量

表1-1～1-3に各地点毎の年度別水銀量を示した。

昭和51～平成10年度まで、23年間の各地点の体長及び総水銀の範囲は、旧鹿瀬電工排水口付近（以下鹿瀬と略す）で体長10.5～41.5cm（中央値18.5cm）、総水銀0.04～0.71ppm（中央値0.10ppm）、佐取地先（以下佐取と略す）で体長10.5～36.0cm（中央値18.5cm）、総水銀0.03～0.61ppm（中央値0.10ppm）、津島屋地先（以下津島屋と略す）で体長9.0～44.5cm（中央値25.0cm）、総水銀0.03～0.83ppm（中央値0.10ppm）であった。

体長と総水銀の間に相関があることは、既に報告¹⁾されているが、今回のデータで地点毎に体長と総水銀の間の相関係数を求めたところ、鹿瀬で $r=0.63$ （ $n=415$ ， $p<0.01$ ）、佐取 $r=0.43$ （ $n=394$ ， $p<0.01$ ）、津島屋 $r=0.43$ （ $n=422$ ， $p<0.01$ ）であり、いずれも高い相関がみられた。

次に昭和51～平成10年度までの23年間で総水銀が魚介類の水銀の暫定的規制値²⁾の0.4ppmを超え、かつメチル水銀が0.3ppmを超えた尾数は、鹿瀬で11/415尾（3%）、佐取4/394（1%）、津島屋17/422（4%）、全体で32/1231（3%）であったが、平成6年度以降は総水銀0.4ppmを超えるウグイはみられていない。

また、昭和51～平成10年度のメチル水銀の範囲は、鹿瀬で0.03～0.65ppm（中央値0.09ppm）、佐取0.02～0.49ppm（中央値0.09ppm）、津島屋0.02～0.83ppm（中央値0.10ppm）であり、同じく総水銀に対するメチル水銀の比率を示すメチル比の範囲は、鹿瀬40～117%（中央値88%）、佐取50～117%（中央値89%）、津島屋56～117%（中央値90%）であった。

3.2 年度別ウグイの体長の分布

表2に昭和51～平成10年度の間の検査対象としたウグイの体長についての度数分布を示した。体長の区間（cm）に

表1-1 年度別ウグイの水銀量（旧鹿瀬電工排水口付近）

調査年度	例数 (尾)	体長 (cm)		総水銀 (ppm)		メチル水銀 (ppm)		メチル比 (%)	
		範囲	中央値	範囲	中央値	範囲	中央値	範囲	中央値
S 51	20	14.0-22.5	20.0	0.07-0.26	0.10(0)	0.05-0.22	0.09(0)	67-100	87
52	10	12.5-38.5	21.5	0.07-0.57	0.17(3)	0.07-0.55	0.17(3)	82-100	94
53	13	10.5-41.5	19.0	0.06-0.47	0.17(1)	0.06-0.40	0.15(2)	78-117	95
54	15	12.0-27.0	17.5	0.09-0.35	0.24(0)	0.04-0.23	0.17(0)	40-115	75
55	20	11.5-22.0	16.2	0.05-0.21	0.10(0)	0.04-0.16	0.08(0)	67- 88	80
56	20	13.0-21.5	17.8	0.07-0.25	0.14(0)	0.05-0.24	0.13(0)	71-100	88
57	20	14.0-20.5	17.7	0.06-0.29	0.12(0)	0.06-0.27	0.12(0)	90-110	100
58	20	11.5-28.5	17.5	0.07-0.52	0.14(3)	0.07-0.51	0.14(5)	85-113	100
59	21	19.0-30.5	23.0	0.09-0.71	0.19(1)	0.09-0.65	0.17(1)	74-109	92
60	20	16.0-41.0	18.8	0.06-0.61	0.10(3)	0.05-0.58	0.09(3)	78-100	89
61	20	12.5-20.0	16.8	0.04-0.14	0.06(0)	0.04-0.12	0.06(0)	73-100	85
62	18	16.0-25.0	19.0	0.05-0.13	0.09(0)	0.05-0.12	0.08(0)	82-100	87
63	18	17.5-21.5	19.5	0.06-0.20	0.09(0)	0.06-0.16	0.09(0)	80-100	97
H元	18	16.0-18.0	17.5	0.05-0.10	0.08(0)	0.05-0.10	0.07(0)	86-100	100
2	18	17.5-21.0	19.3	0.05-0.30	0.09(0)	0.04-0.25	0.08(0)	75-100	85
3	18	19.0-22.0	19.0	0.06-0.13	0.09(0)	0.04-0.10	0.06(0)	63- 90	75
4	18	18.0-24.0	19.0	0.07-0.34	0.11(0)	0.06-0.27	0.10(0)	75-107	90
5	18	14.5-21.0	18.5	0.04-0.15	0.07(0)	0.03-0.14	0.06(0)	75-100	83
6	18	17.5-22.0	18.8	0.04-0.26	0.07(0)	0.03-0.23	0.06(0)	73-108	85
7	18	18.0-22.0	19.3	0.06-0.16	0.10(0)	0.05-0.17	0.09(0)	71-106	85
8	18	15.0-21.5	18.5	0.04-0.19	0.10(0)	0.04-0.18	0.09(0)	80-114	100
9	18	16.0-20.5	17.3	0.06-0.16	0.09(0)	0.05-0.13	0.07(0)	77-100	86
10	18	19.0-29.0	22.5	0.07-0.26	0.16(0)	0.06-0.26	0.13(0)	73-100	86
合計	415	10.5-41.5	18.5	0.04-0.71	0.10	0.03-0.65	0.09	40-117	88

() 内は総水銀0.4ppm, メチル水銀0.3ppmを超えた例数
合計の中央値は全例数の中央値である

表1-2 年度別ウグイの水銀量（佐取地先）

調査年度	例数 (尾)	体長 (cm)		総水銀 (ppm)		メチル水銀 (ppm)		メチル比 (%)	
		範囲	中央値	範囲	中央値	範囲	中央値	範囲	中央値
S 51	10	21.0-36.0	24.0	0.11-0.61	0.22(1)	0.11-0.49	0.21(1)	72-100	94
52	10	12.5-24.0	18.3	0.09-0.32	0.17(0)	0.08-0.32	0.14(1)	80-100	89
53	10	14.0-18.5	15.8	0.06-0.24	0.12(0)	0.05-0.21	0.09(0)	58-105	85
54	8	14.0-19.0	18.0	0.17-0.51	0.28(1)	0.13-0.40	0.24(2)	75- 89	80
55	20	10.5-23.5	13.8	0.06-0.37	0.11(0)	0.05-0.34	0.08(1)	70- 96	79
56	20	13.0-28.5	16.9	0.06-0.28	0.10(0)	0.05-0.26	0.09(0)	71-100	88
57	20	14.0-18.0	15.2	0.05-0.36	0.10(0)	0.04-0.27	0.09(0)	75-109	92
58	20	15.0-25.0	17.5	0.07-0.28	0.14(0)	0.06-0.30	0.14(0)	85-112	100
59	20	13.5-23.0	17.3	0.05-0.32	0.11(0)	0.05-0.27	0.11(0)	83-113	100
60	20	15.0-21.5	17.5	0.03-0.19	0.07(0)	0.03-0.15	0.06(0)	71-100	85
61	20	17.0-25.0	19.5	0.04-0.22	0.09(0)	0.04-0.20	0.09(0)	71-111	92
62	18	16.5-31.0	21.3	0.08-0.25	0.16(0)	0.06-0.23	0.15(0)	75-100	86
63	18	16.0-21.5	17.8	0.05-0.19	0.10(0)	0.05-0.19	0.09(0)	88-100	100
H元	18	18.0-21.0	19.0	0.05-0.10	0.08(0)	0.05-0.10	0.07(0)	86-100	100
2	18	16.5-22.5	19.0	0.04-0.22	0.08(0)	0.03-0.18	0.07(0)	75-100	87
3	18	17.0-21.0	20.5	0.07-0.10	0.08(0)	0.06-0.11	0.07(0)	67-114	86
4	18	15.5-28.5	18.2	0.03-0.30	0.10(0)	0.03-0.28	0.09(0)	67-114	89
5	18	15.0-25.5	18.3	0.04-0.48	0.10(2)	0.04-0.41	0.10(2)	71-100	100
6	18	15.0-20.5	17.0	0.04-0.10	0.06(0)	0.02-0.10	0.05(0)	50-113	83
7	18	16.0-24.0	18.0	0.05-0.34	0.08(0)	0.04-0.36	0.07(1)	75-113	90
8	18	18.5-22.0	19.5	0.05-0.15	0.10(0)	0.04-0.13	0.08(0)	73-117	88
9	18	17.5-24.0	20.5	0.04-0.29	0.13(0)	0.04-0.23	0.11(0)	79-100	86
10	18	18.0-27.0	20.8	0.04-0.24	0.11(0)	0.04-0.19	0.10(0)	79-100	89
合計	394	10.5-36.0	18.5	0.03-0.61	0.10	0.02-0.49	0.09	50-117	89

() 内は総水銀0.4ppm, メチル水銀0.3ppmを超えた例数
合計の中央値は全例数の中央値である

表1-3 年度別ウグイの水銀量 (津島屋地先)

調査年度	例数 (尾)	体長 (cm)		総水銀 (ppm)		メチル水銀 (ppm)		メチル比 (%)	
		範囲	中央値	範囲	中央値	範囲	中央値	範囲	中央値
S51	10	15.5-31.0	21.8	0.08-0.62	0.24(2)	0.06-0.51	0.20(3)	75-92	85
52	10	10.0-25.0	18.0	0.07-0.43	0.16(1)	0.07-0.33	0.14(1)	73-100	91
53	27	19.5-38.5	28.5	0.05-0.44	0.12(1)	0.04-0.42	0.10(2)	62-112	88
54	18	13.0-44.5	24.0	0.07-0.33	0.12(0)	0.07-0.25	0.11(0)	70-110	86
55	20	13.5-35.5	16.8	0.03-0.48	0.14(1)	0.02-0.43	0.14(1)	67-108	89
56	20	26.5-39.0	34.6	0.06-0.26	0.14(0)	0.06-0.24	0.11(0)	68-100	80
57	20	18.0-31.5	23.2	0.06-0.83	0.15(1)	0.06-0.83	0.15(2)	90-113	100
58	22	9.0-36.0	22.8	0.06-0.27	0.12(0)	0.06-0.29	0.11(0)	80-111	100
59	19	17.0-33.0	22.0	0.06-0.57	0.15(1)	0.06-0.42	0.13(1)	74-110	86
60	20	27.0-41.5	35.0	0.05-0.27	0.12(0)	0.04-0.28	0.11(0)	71-113	100
61	20	12.5-35.5	17.8	0.04-0.27	0.09(0)	0.03-0.22	0.08(0)	75-108	100
62	18	19.5-31.5	24.3	0.05-0.41	0.11(1)	0.04-0.41	0.10(1)	71-100	94
63	18	20.0-32.0	23.0	0.09-0.45	0.20(1)	0.07-0.43	0.19(2)	78-100	90
H元	18	20.0-39.0	29.0	0.09-0.52	0.22(3)	0.09-0.47	0.21(4)	79-100	88
2	18	23.5-37.5	28.3	0.10-0.41	0.22(1)	0.08-0.38	0.21(3)	75-100	92
3	18	25.0-30.0	28.0	0.10-0.35	0.19(0)	0.08-0.26	0.14(0)	56-100	75
4	18	21.5-32.0	26.0	0.06-0.47	0.17(2)	0.05-0.45	0.14(2)	79-100	86
5	18	20.5-30.5	27.8	0.08-0.47	0.19(2)	0.08-0.47	0.19(5)	88-106	100
6	18	21.5-32.0	26.5	0.08-0.36	0.23(0)	0.05-0.31	0.17(1)	63-91	79
7	18	17.5-35.0	25.3	0.03-0.30	0.14(0)	0.03-0.29	0.14(0)	75-114	96
8	18	17.0-26.0	21.5	0.04-0.36	0.08(0)	0.03-0.37	0.07(1)	73-117	83
9	18	17.0-26.5	20.5	0.06-0.32	0.12(0)	0.05-0.28	0.09(0)	75-100	83
10	18	16.5-24.5	19.0	0.03-0.26	0.06(0)	0.02-0.22	0.05(0)	67-100	85
合計	422	9.0-44.5	25.0	0.03-0.83	0.10	0.02-0.83	0.10	56-117	90

()内は総水銀0.4ppm, メチル水銀0.3ppmを超えた例数
合計の中央値は全例数の中央値である

については昭和53年度の報告書と同様とした。ウグイの体長が9.0cm以下の割合は全体の0.1%, 漁獲頻度が比較的高いとされる体長が9.5~25.0cmの割合は、全体の1231尾に対して984尾で79.9%で、25.5cm以上の割合は20.0%であった。

3.3 体長をそろえたウグイの水銀量による年次推移

同一魚種であっても、魚の大きさにより水銀量に差があると考えられる³⁾ことから、体長が一定の範囲のウグイについて水銀量の比較を行うこととし、体長の分布が約80%

と多い、9.5~25.0cmの3地点合わせたウグイを対象とし、図1に体長、総水銀、メチル水銀の中央値の年次推移を示した。

総水銀、メチル水銀の傾向変動⁴⁾を推定するため、まず昭和51~平成10年度(23年間)における総水銀(y)と年数(x)の間で回帰式を求めたところ、 $y = -0.003x + 0.371$ ($r = 0.66, p < 0.01$)となり、減少傾向を示すとともに有意な相関を示すことが分かった。メチル水銀も同様に回帰式を求めたところ、 $y = -0.003x + 0.316$ ($r =$

表2 ウグイの体長別度数分布

区間(cm)	年度																				合計 (%)			
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	元	2	3	4	5	6	7		8	9	10
5.5~9.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1(0.4)
9.5~13.0	0	4	3	2	12	2	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30(2.4)
13.5~17.0	12	4	12	11	26	17	24	18	12	15	21	3	7	9	4	1	4	14	12	4	5	10	1	246(20.0)
17.5~21.0	12	13	8	13	14	18	23	20	18	20	25	26	27	30	31	32	28	20	23	32	35	30	30	528(42.9)
21.5~25.0	10	5	7	6	5	2	8	9	17	2	8	11	15	3	3	4	6	4	5	9	12	12	17	180(14.6)
25.5~29.0	4	0	8	5	1	4	4	8	7	2	2	9	2	5	8	15	11	14	13	8	2	2	6	140(11.4)
29.5~33.0	1	1	7	3	1	4	1	0	6	7	0	5	3	5	7	2	5	2	1	0	0	0	0	61(5.0)
33.5~37.0	1	2	3	0	1	10	0	2	0	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	27(2.2)
37.5~41.0	0	1	1	0	0	3	0	0	0	8	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15(1.2)
41.5~45.0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3(0.2)
合計	40	30	50	41	60	60	60	62	60	60	60	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	1,231(100)

注) 体長は0.5cm単位で計測した。

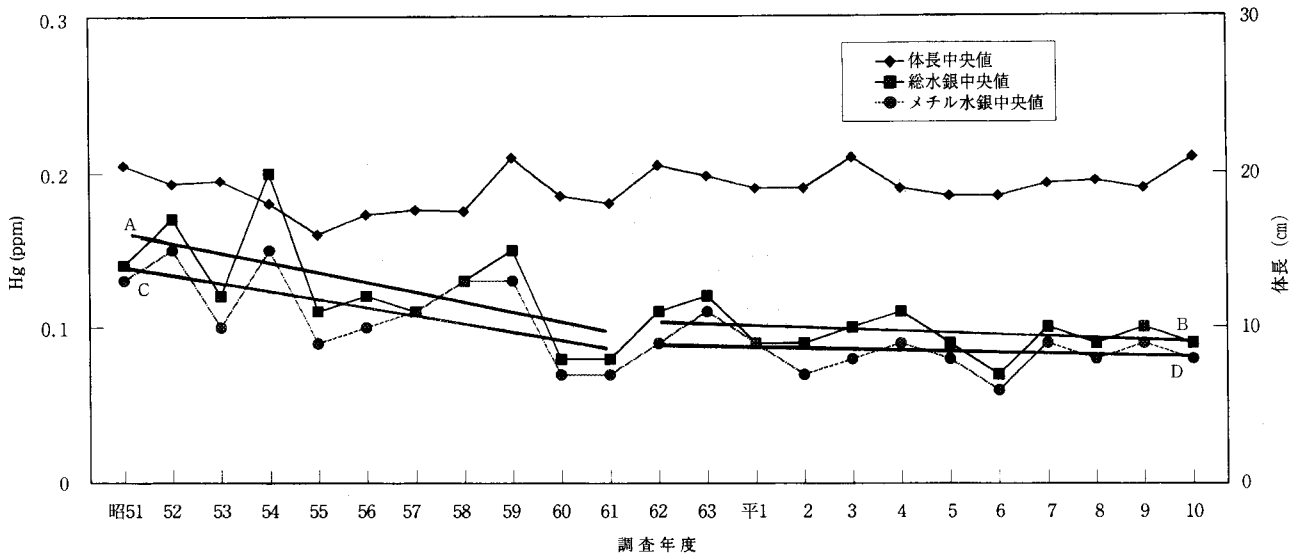


図1 体長をそろえたウグイの水銀量の年次推移 (体長9.5~25.0cm)

- A 総水銀回帰式 (昭和51~61年度) : $y = -0.006x + 0.651$
 $n = 11$ $r = 0.60^*$ * : $p < 0.05$
- B 総水銀回帰式 (昭和62~平成10年度) : $y = -0.002x + 0.245$
 $n = 12$ $r = 0.44$
- C メチル水銀回帰式 (昭和51~61年度) : $y = -0.005x + 0.517$
 $n = 11$ $r = 0.58^*$ * : $p < 0.05$
- D メチル水銀回帰式 (昭和62~平成10年度) : $y = -0.001x + 0.191$
 $n = 12$ $r = 0.34$

0.67, $p < 0.01$) となり, 減少傾向とともに有意な相関を示した。

さらに期間を昭和51~61年度 (11年間) の前期と昭和62~平成10年度 (12年間) の後期に分けて同じように傾向変動を推定するため回帰式を求めた。その結果, 昭和51~61年度は総水銀で $y = -0.006x + 0.651$ ($r = 0.60$, $p < 0.05$), メチル水銀で $y = -0.005x + 0.517$ ($r = 0.58$, $p < 0.05$) となり, 昭和62~平成10年度は総水銀で $y = -0.002x + 0.245$ ($r = 0.44$), メチル水銀で $y = -0.001x + 0.191$ ($r = 0.34$) となった。前期は有意な相関があり減少傾向が認められるが, 後期は有意でなく傾向変動は認められず横ばい状態で推移していた。

3.4 体長と総水銀の相関図による比較

図2に昭和46~50年度の体長と総水銀の相関図と, 今回の昭和51~平成10年度の相関図を示した。なお, 津島屋付近では採捕されたウグイのうち, 汽水域に生息すると言われるマルタ (ジュウサンウグイ)⁵⁾ の占める割合が多く, マルタはウグイと比較すると, 体長に比して総水銀が低い傾向があると言われていたことから⁶⁾, いずれも津島屋で採捕されたウグイのデータを除いて回帰直線を作成した。両者を比較するため, 漁獲頻度が高いとされる体長 (9.5~25.0cm の内9.5cmと25.0cm) を昭和46~50年度の回帰式 (A) と, 昭和51~平成10年度の回帰式 (B) にそれぞれ代入し総水銀の濃度を試算したところ, 体長が9.5cmではAが0.09ppm, Bが0.05ppm, 体長が25.0cmではAが

0.25ppm, Bが0.18ppmとなり, 昭和51~平成10年度の回帰式に代入した方が総水銀濃度は低かった。

図3は昭和46~50年度の体長と総水銀との回帰直線Z (津島屋を除く水域) と, 昭和51~平成10年度の期間を昭和51~61年度 (11年間) の前期と昭和62~平成10年度 (12年間) の後期に分けて総水銀の中央値が高い年度 (前期: 昭和54年度, 後期: 平成10年度) と低い年度 (前期: 昭和61年度, 後期: 平成6年度) を選び, 各回帰直線 (津島屋を除く水域) を比較した。昭和54年度は, 図1からも分かるように総水銀濃度が高かったが, 回帰直線Zと比べても, 上位にあった。それ以外の年度の回帰直線はいずれもZより下位にあり, 昭和46~50年度と比べて, 近年の総水銀の含有量は, 低い傾向に推移している。

4 ま と め

新潟県では, 阿賀野川生息魚 (ウグイ) の水銀含有量について継続して調査を行っている。今回昭和51~平成10年度まで23年間の水銀濃度について推移をとりまとめた。

まず, 今回のデータで鹿瀬, 佐取, 津島屋の地点毎に, 体長と総水銀の間の相関係数を求めたところ, いずれも高い相関がみられた。

次に, 総水銀が魚介類の水銀の暫定的規制値の0.4ppmを超え, かつメチル水銀が0.3ppmを超えた割合は, 昭和51~平成10年度では全体の3%であり, 平成6年度以降は総水銀0.4ppmを超えるウグイはみられていない。

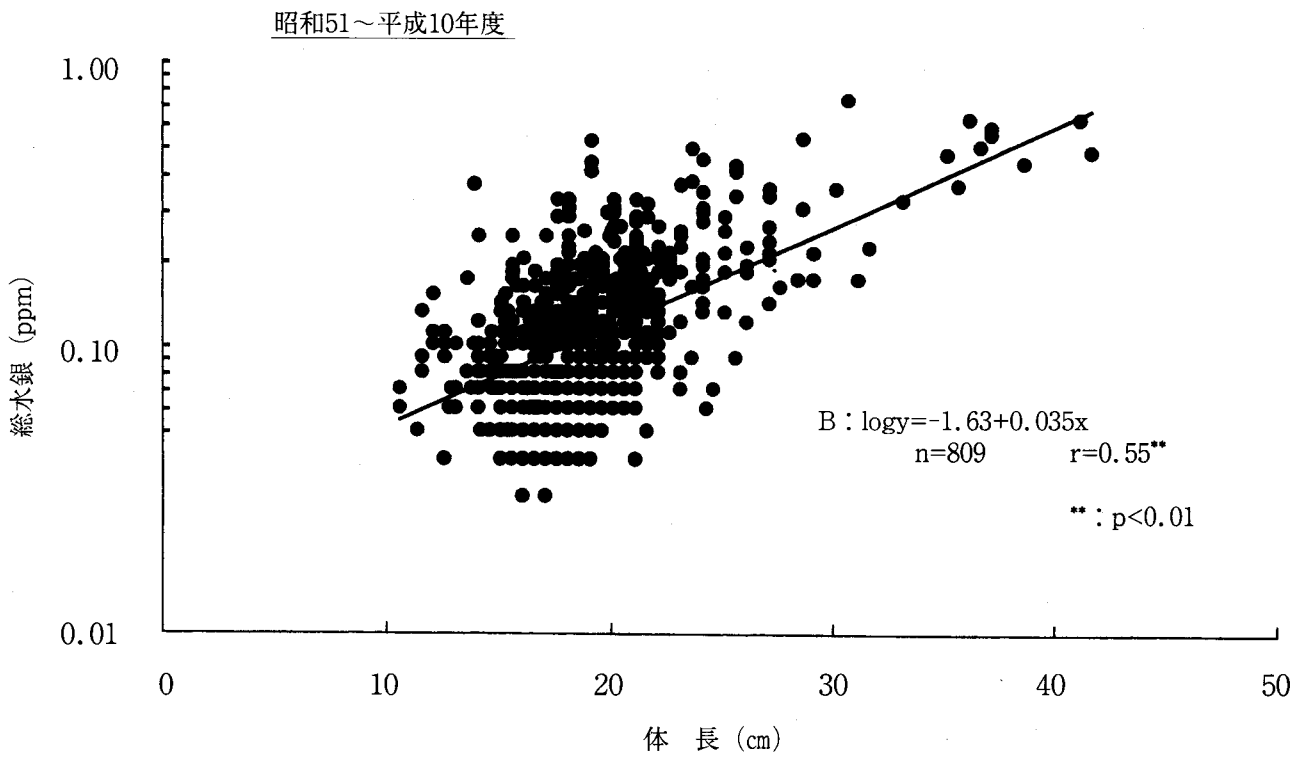
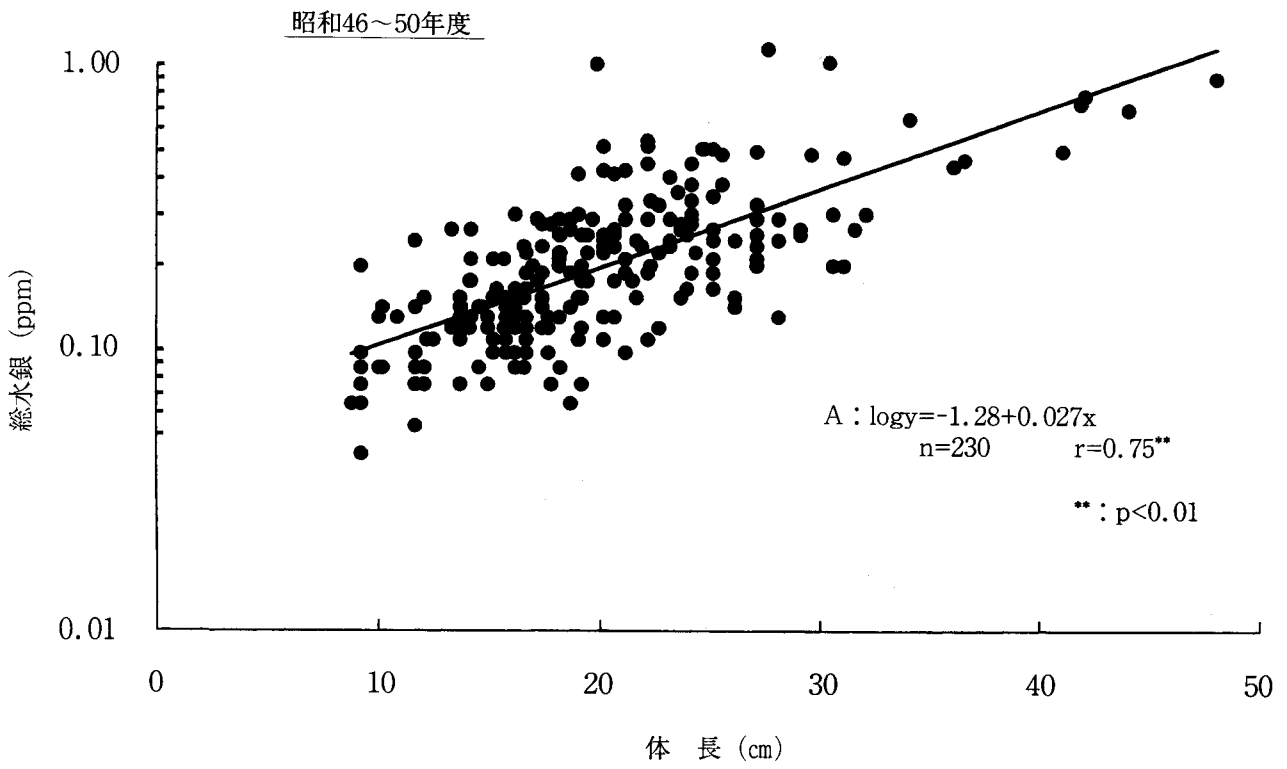


図2 ウグイの体長と総水銀量 (津島屋を除く水域)

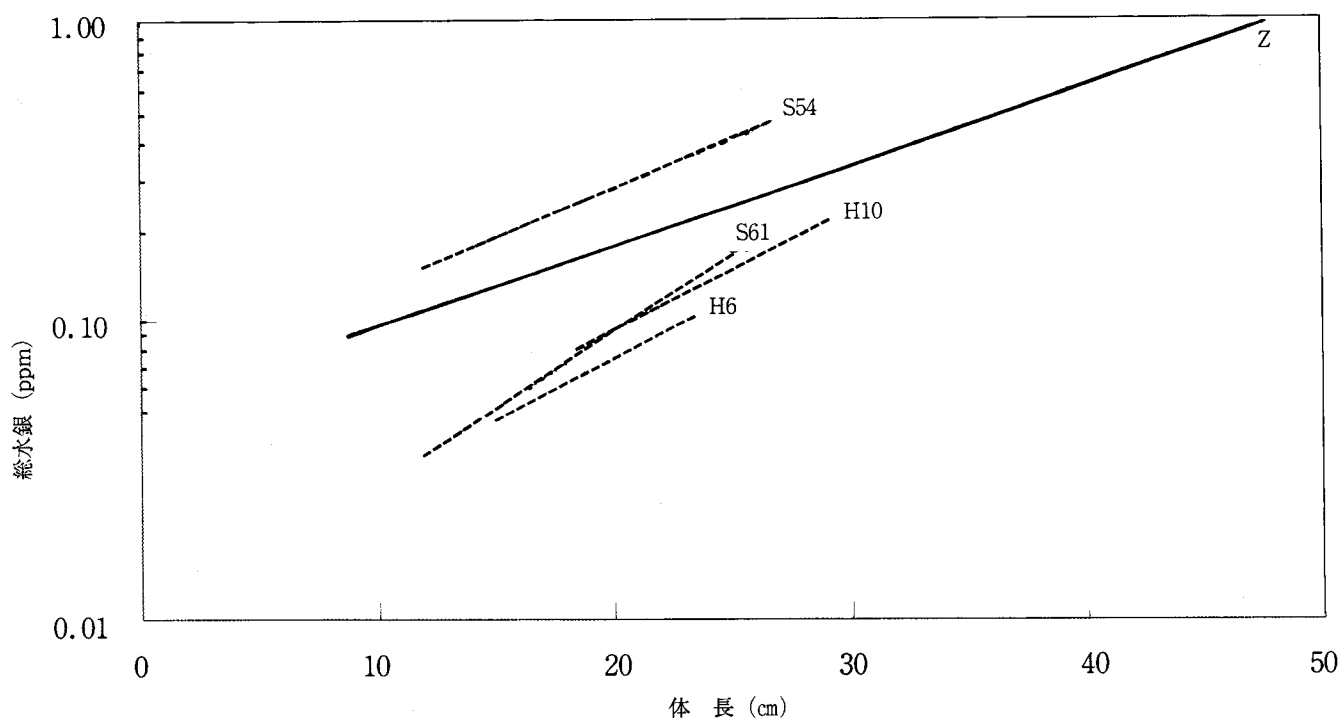


図3 ウグイの年別体長と総水銀の回帰直線（津島屋を除く水域）
Z：昭和46～50年度の回帰直線（津島屋を除く水域）

同一魚種であっても、魚の大きさにより水銀量に差があると考えられることから、体長をそろえた（9.5～25.0cm）ウグイの水銀量を求め、年次推移をみるため、総水銀及びメチル水銀の傾向変動を推定した。その結果、昭和51～61年度では減少傾向がみられたが、昭和62～平成10年度では傾向変動は認められず、横ばい状態で推移している。

体長と総水銀の相関図により、昭和46～50年度の回帰直線（Z）と昭和51～平成10年度の中で総水銀の中央値が高い昭和54、平成10年度と、低い昭和61、平成6年度の各回帰直線とを比べると、昭和54年度の回帰直線はZより上位にあったが、他の年度はZより下位にあり、総水銀量は近年低い傾向に推移している。

文 献

- 1) 新潟県生活環境部：阿賀野川水銀汚染総合調査報告書，p.87 (1979)。
- 2) 厚生省環境衛生局長通知，環乳第99号 (1973)。
- 3) 白井 文雄，他：日本公衛誌，25，10 (1978)。
- 4) 応用統計ハンドブック編集委員会編：応用統計ハンドブック，養賢堂，p.466 (1989)。
- 5) 宮地傳三郎，川那部浩哉，水野 信彦：原色日本淡水魚類図鑑，保育社，p.104 (1973)。
- 6) 白井文雄，上村桂，坂井正昭，本間義治：日本公衛誌，30，1 (1983)。