

多摩川等の環境ホルモン問題に関する研究（その8）

－都内河川におけるコイの精巣等の調査（総まとめ）－

和波一夫 嶋津暉之 宮下雄博* 田村 基**

(*非常勤研究員 **埼玉工業大学)

要 旨

都内河川に生息するコイについて性比、雄コイの血中ビテロジェニン濃度、精巣異常等に関する調査を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- (1) 多摩川水系河川で合計962尾（雌466尾、雄496尾）のコイを採捕した。性比は1：1.06であり雌雄割合に著しい偏りはなかった。
- (2) 多摩川・大丸用水堰下の雄コイから高濃度の血中ビテロジェニンが検出された。この地点は下水処理場の直下であって河川水中のエストロジェン濃度が高く、高濃度のビテロジェニンの検出に下水処理水中のエストロジェンの影響が示唆された。
- (3) 雄コイの生殖腺を観察した結果、こぶ状、ひも状などの異常な精巣が認められた。多摩川水系河川の合計では雄コイの10%に異常な精巣が認められた。

キーワード：内分泌かく乱化学物質（環境ホルモン）、コイ、生殖腺、ビテロジェニン

1 はじめに

日本では、多摩川に生息するコイの生殖異常¹⁾が大きく報道された1998年から、国や地方自治体、大学等において内分泌かく乱化学物質に関する各種調査研究が広く行われるようになった。東京都では内分泌かく乱化学物質に対する取組方針を1998年7月に策定²⁾し、関係行政部局及び試験研究機関が分担して内分泌かく乱化学物質に関する各種調査研究を行っている。当研究所では野生生物への影響の実態調査として多摩川等の都内河川のコイを1998年から4年間にわたり採捕し、コイの性比、生殖腺、雄コイの血中ビテロジェニン濃度等について調査したので、これまでの結果をまとめて報告する。

2 調査方法

(1) 調査対象魚

都内河川に生息し広く分布するコイ [*Cyprinus carpio* Linnaeus] やゲンゴロウブナ [*Carassius auratus*

s. cuvieri Temminck et Schlegel] 等のコイ科魚類を対象種とした。

(2) 調査地点と調査期日

2001年度は図1に示す多摩川・大丸用水堰下、多摩川・大師橋、浅川・中央高速下、平井川・多西橋の4地点と北浦・江川（比較対象地点）の計5地点で調査を実施した。多摩川・大丸用水堰下は、南多摩処理場の放流口直下に位置する。多摩川・大師橋は、多摩川の河口近くにあり潮汐の影響を受ける。浅川・中央高速下の魚類採捕は浅川支川・城山川との合流点の上下流で行った。平井川・多西橋は平井川の最下流地点であり、都内河川の中では水質は比較的よい。都内河川との比較対象地点として選定した北浦・江川は、茨城県鹿島郡大洋村のコイ養殖が盛んな地域にあり、多摩川にはこの地域で養殖された稚魚コイが多摩川漁協によって放流されている。これらの調査地点での採捕場所と採捕期日は表1のとおりである。

(3) 採捕方法

都内地点は投網で魚類採捕を行い、北浦・江川では釣りと仕掛け網による方法を併用した。なお、多摩川・大師橋では採捕作業に船を用いた。

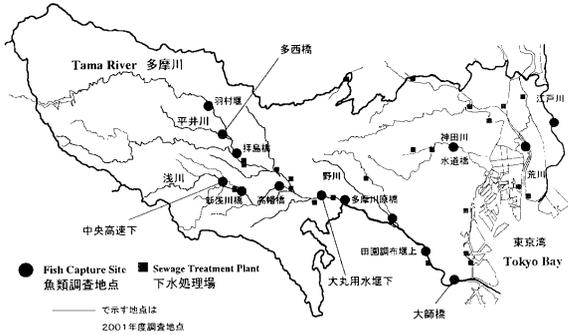


図1 調査地点

表1 調査地点および調査月日 (2001年度)

河川・地点名	採捕場所	採捕年月日
多摩川・大丸用水堰下	稲城市：大丸用水堰の下流から是敷橋上流の区間	01/6/11, 01/9/25, 01/12/11, 02/3/7
多摩川・大師橋	大田区：大師橋から六郷橋の区間	01/6/14, 01/9/27, 01/12/10, 02/3/11
浅川・中央高速下	八王子市：浅川と城山川の合流点の上下流	01/6/20, 01/9/6, 01/12/6, 02/3/4
平井川・多西橋	あきる野市：多西橋付近と御堂会館付近 (2月のみ)	01/6/18, 01/9/17, 01/12/3, 02/2/26
北浦・江川	茨城県鹿嶋郡大洋村江川の湖畔	01/6/7, 01/9/20, 01/12/18, 02/3/19

(4) 計測・採血方法等

魚類の全長・体長・体重を採捕現地で測定後、尾部血管から注射器を用いて採血した。血液は、10mL容量の血漿分離用スピッツ管に入れ、採取血液が少量の場合は1.5mL容量のマイクロチューブに入れてピテロジェニン分析用の試料とした。採血後の魚類、血液試料は実験室に搬入するまで氷を入れたアイスボックス内で保冷した。血液試料は採血当日に遠心分離器を用いて血漿を分離した (4℃、3000rpm×20min)。この血漿を0.5mL容量マイクロチューブに分注後、直ちに-40℃の冷凍庫に収納してピテロジェニン濃度の測定に供するまで凍結保存した。また、実験室に搬入した魚類は採捕翌日に行う解剖作業まで氷づけにして鮮度を保持させた。

(5) ピテロジェニンの測定

ピテロジェニンは、株式会社クマモトトランスジェニク研究所「コイ ピテロジェニンELISAキット」を用い測定した。同キットは、コイのピテロジェニ

ンに特異的な2つの抗体を用いたサンドイッチ型固相ELISA法によるものである。

(6) 雌雄の確認と生殖腺組織標本の作成

魚類の腹部を解剖し、生殖腺観察により雌雄を判定した。生殖腺全体を摘出後、付着している脂肪組織などを取り除き、生殖腺の外観を肉眼観察した。外見に変形や変色などが認められないものを正常、こぶ状やひも状など外見的に明らかな変形などが認められたものを異常とし、また、正常のものと比較してやや異なる形や色のものを所見ありとして記録した。その後、生殖腺の重量を測定し、生殖腺の全体を写真撮影した。

摘出した生殖腺から組織標本用試料として厚さ5mmから10mm程度に横断した組織片を複数採取した。この組織標本用試料をブアン氏固定液につけこんだ後、70%エタノール液に入れ替えて保存した。組織標本用試料は、常法に従い脱水しパラフィン包埋した。これを薄切りし、スライドガラスに貼付けした後ヘマトキシリンとエオシンの二重染色を施した。精巣の生殖細胞の発達状況、構造、組織の変性及び精巣卵の有無等を顕微鏡で組織観察して、その状態を記録した。

3 結果及び考察

2001年度調査結果及び4カ年の調査結果について考察する。

(1) コイ等の性比

都内河川で採捕したコイの雌雄数を表2に、コイ以外のコイ科魚類の雌雄数を表3に示す。また、多摩川水系のコイの性比を図2に示す。2001年度調査地点の多摩川・大丸用水堰下で採捕したコイは雌27尾、雄51尾で雄が多く、多摩川・大師橋では雌25尾、雄12尾で雌が多かった。前年度調査までの雌雄数を加えると多摩川本川の合計では雌164尾、雄197尾で、やや雄が多い結果となった。

次に浅川については、2001年度調査地点の中央高速下で採捕したコイは雌44尾、雄61尾で雄が多かった。前年度調査までの雌雄数を加えると浅川の合計では雌184尾、雄209尾で、やや雄が多い結果となった。

多摩川と、支川である浅川、平井川、野川を合わせた多摩川水系全体では、表2のとおり雌466尾、雄496尾であり、やや雄が多い結果となった。ただし、この雌雄数について統計的検定を行ったところ、多摩川水

表2 都内河川等のコイの雌雄数（1998年度～2001年度）

多摩川水系		1998年度		1999年度		2000年度		2001年度		合計	
		雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌♀	雄♂
多摩川	拝島橋			14	21					14	21
	大丸用水堰下							27	51	27	51
	多摩川原橋			52	59					52	59
	田園調布堰					46	54			46	54
	大師橋							25	12	25	12
上記5地点の合計										164	197
浅川	中央高速下							44	61	44	61
	新浅川橋					64	39			64	39
	高幡橋	18	27	58	82					76	109
	上記3地点の合計									184	209
平井川	多西橋							16	12	16	12
野川	仙川合流点	22	11	80	67					102	78
多摩川水系 上記10地点合計		40	38	204	229	110	93	112	136	466	496
										上記雌雄数合計 962	
その他の水系		1998年度		1999年度		2000年度		2001年度		合計	
		雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌♀	雄♂
神田川	水道橋	5	9	44	61					49	70
江戸川	篠崎水門上	1	0			16	6			17	6
荒川	堀切橋	2	0							2	0
C川	T橋					20	20			20	20
北浦	江川							36(うち10 養殖コイ)	58(うち11 養殖コイ)	36	58

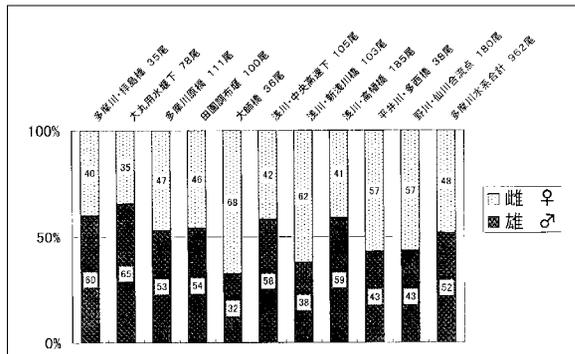


図2 多摩川水系のコイの性比 (1998年度から2001年度)

表3 コイ以外のコイ科の魚類雌雄数 (2001年度)

河川名	地点名	魚種	雌♀	雄♂
多摩川	大丸用水堰下	フナ類	9	3
		ニゴイ	1	0
多摩川	大師橋	フナ類	12	0
		ニゴイ	7	1
		マルタ	13	3
平井川	多西橋	フナ類	0	1
		ニゴイ	1	0
		ウグイ	31	8
		オイカワ	1	3
		カワムツ	4	4
		モツゴ	0	1

系のコイの性比は危険率5%で1:1であり、雌雄数の偏りは無いものと推測された。一方、比較対照地点の北浦・江川のコイについては、雌36尾、雄58尾で雄が多い結果(4回調査のうち1回は養殖コイの雌10尾、雄11尾であり、これを除くと雌26尾、雄47尾)となったが、尾数が多摩川水系に比べ少ないことから、尾数が十分に確保された時点で性比を検討する必要がある。また、コイ以外のコイ科魚類も採捕尾数が少ないことから同様の検討が必要である。

魚類は長期的には河川内を遡上や流下することから、性比はコイが移動可能な水域全体で検討することが必要である。多摩川水系については、表2、図2のように雄が多い地点や雌が多い地点があるが、この調査地点の区間の堰には魚道が整備されていて魚類の遡上・流下は可能であり、上記のように多摩川や浅川等の各地点を合計するとコイの雌雄割合に偏りはみられない。コイの性比を検討する場合は、河川の一地点の雌雄数でのみ評価するのではなく、複数地点で尾数を十分確保したうえで推定することが必要である。

調査回ごとの採捕雌雄数の一例を図3に示す。2000

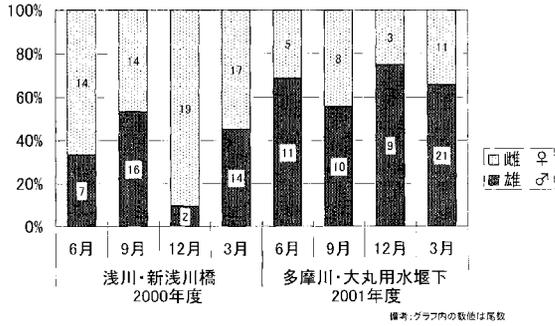


図3 調査回ごとのコイの性比

年度調査地点の浅川・新浅川橋は下水処理場放流口直下であり、採捕された103尾のうち62%が雌で、特に12月の調査では90%が雌であった。中村ら³⁾が北多摩一号処理場放流水路で採捕したコイも雌101尾、雄53尾で雌が多いことから、下水処理水に雌を誘引する要因があるのではないかとこの時点では推測された。しかし、新浅川橋と同様に下水処理場放流口付近にある多摩川・大丸用水堰下（2001年度調査）では、4回調査とも雄が多く新浅川橋とは異なる結果となった。同一河川内の地点によるコイの雌雄割合の違いについては、河川内でコイが雌雄別にグループをつくって遊泳している可能性も考えられるが、現時点では、その要因は不明である。

(2) 血中のビテロジェニン濃度

ア ビテロジェニンの分布

通常、卵黄タンパク前駆物質であるビテロジェニンの産生は雌に限られ、雄にはほとんどビテロジェニンが検出されない。しかし、雄にエストロジェンを投与するとビテロジェニンが検出される^{4) 5) 6)}。すなわち、雄魚にビテロジェニンが検出された場合、天然エストロジェンやエストロジェン様物質に暴露されたことを示す。

2001年度調査地点の雄コイの血中ビテロジェニン濃度を図4に、既報⁷⁾の結果を含め多摩川水系等のビテロジェニン濃度割合を図5に示す。なお、図5のビテロジェニン濃度割合は、凡例に示すランク分けにより濃度割合を表示した。2001年度調査で、ビテロジェニン濃度が著しく高い雄コイの多い地点は多摩川・大師橋で、10000ng/mLより高い雄コイの割合は17%、1000ng/mLより高いものは42%であった。多摩川・

大丸用水堰下もビテロジェニン濃度が高い雄コイが多く、10000ng/mLより高いものは18%、1000ng/mLより高いものは30%であった。一方、浅川・中央高速下、平井川・多西橋、北浦・江川の雄コイは10000ng/mLより高いものはなく、大半は100ng/mLより低かった。

多摩川水系の河川を合計すると、10000ng/mLより高いものは9%、1000ng/mLより高いものは17%であり、神田川では10000ng/mLより高いものは11%、1000ng/mLより高いものは25%である。一方、国の調査⁸⁾から算出すると、全国の河川で採捕された雄コイ456尾のなかでビテロジェニン濃度が10000ng/mLより高いものは4%、1000ng/mL

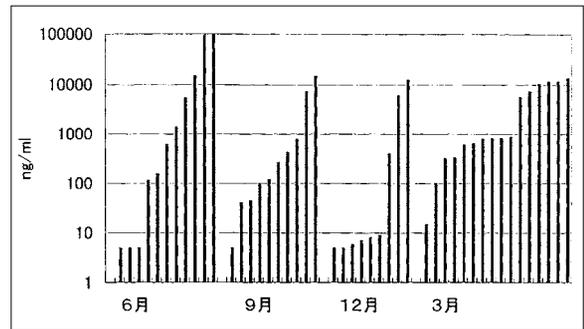


図4-1 多摩川・大丸用水堰下雄コイの血中ビテロジェニン (2001年度)

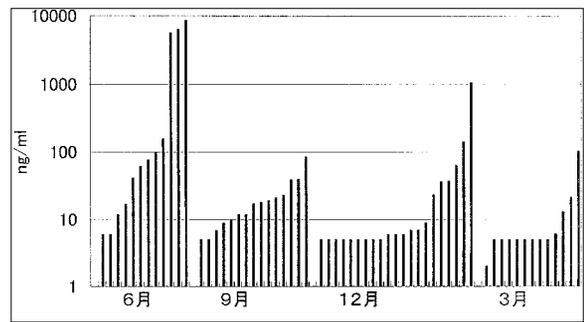


図4-2 浅川・中央高速下雄コイの血中ビテロジェニン (2001年度)

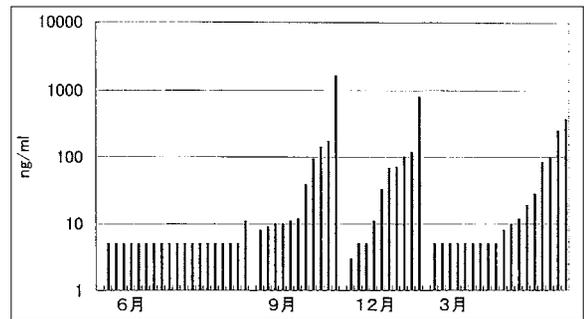


図4-3 北浦・江川雄コイの血中ビテロジェニン (2001年度)

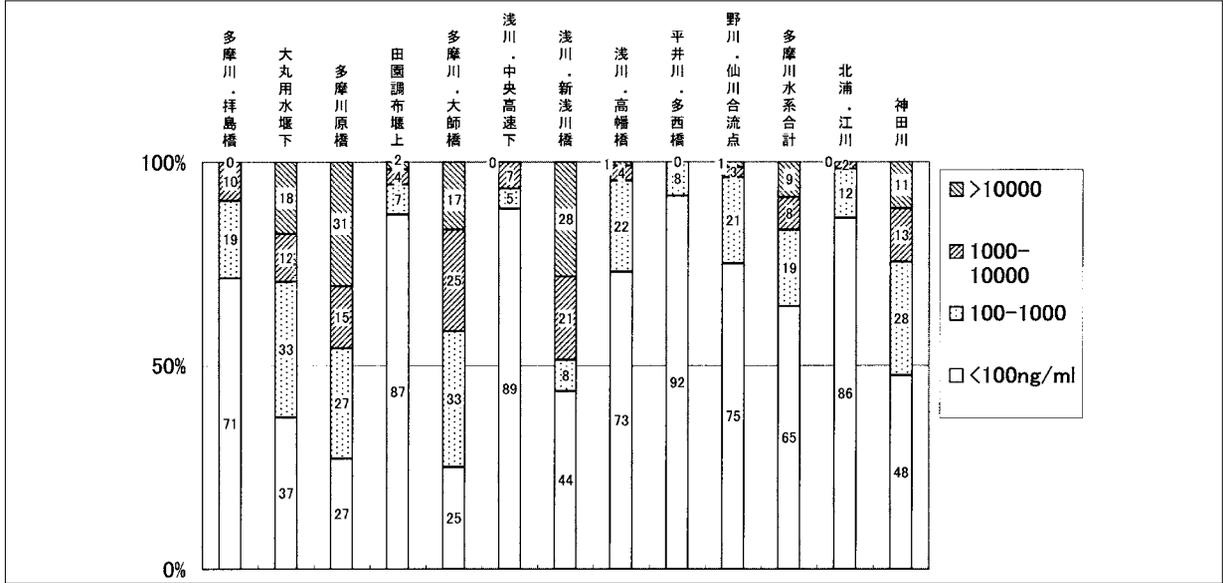


図5 雄コイの血中ビテロジェニン濃度割合 (1999年度～2001年度)

表4-1 魚類調査地点のエストロジェン濃度 (2001年度)

エストロン ng/l	6月	9月	12月	3月
多摩川・大丸用水堰下	26.3	67.0	39.0	69.1
多摩川・大師橋	22.0	22.4	30.3	25.0
浅川・中央高速下	2.5	3.4	1.4	6.8
平井川・多西橋	0.0	0.0	0.6	0.3
北浦・江川	1.3	2.1	0.9	1.5

17β-エストラジオール ng/l	6月	9月	12月	3月
多摩川・大丸用水堰下	2.6	3.5	4.8	13.9
多摩川・大師橋	0.4	1.4	3.7	3.0
浅川・中央高速下	0.0	0.0	1.0	0.9
平井川・多西橋	0.0	0.0	0.0	0.4
北浦・江川	1.2	0.3	1.2	1.0

エストロジェン2成分の作用強度 ng/l (酵母法の強度で換算)	6月	9月	12月	3月
多摩川・大丸用水堰下	9.7	21.6	15.4	32.6
多摩川・大師橋	6.4	7.5	11.9	9.8
浅川・中央高速下	0.7	0.9	1.4	2.7
平井川・多西橋	0.0	0.0	0.2	0.5
北浦・江川	1.6	0.9	1.4	1.4

エストロジェン総合作用強度 ng/l (酵母法総合強度)	6月	9月	12月	3月
多摩川・大丸用水堰下	11.3	13.3	16.4	33.5
多摩川・大師橋	6.4	3.2	13.7	6.8
浅川・中央高速下	0.4	0.4	0.5	1.1
平井川・多西橋	0.0	0.0	0.0	0.3
北浦・江川	0.2	0.3	0.3	0.3

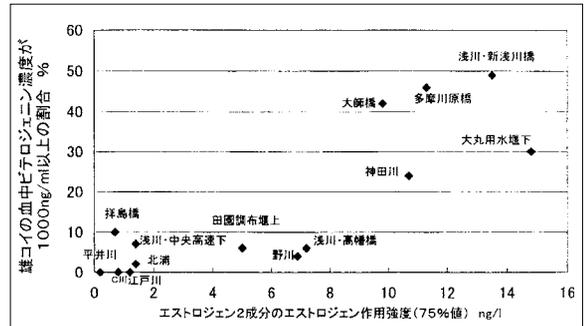


図6 エストロジェン作用強度とビテロジェニン

mLより高いものは7%であり、この数値と比べると都内河川の雄コイのビテロジェニン濃度は全般に高い。ただし、多摩川・田園調布堰や浅川・中央高速下のようにビテロジェニン濃度が低い地点もあり、地点によって雄コイのビテロジェニン濃度はかなり異なる。このことについて次のイの項で考察する。

イ 河川水のエストロジェン濃度との関係

表4に2001年度調査地点のエストロジェン等の濃度を示す。エストロジェン2成分の作用強度は、既報⁹⁾の

表4-2 魚類調査地点の水質 (2001年度4回平均値)

調査地点	E1	E2	E1+E2	酵母法	C-BOD	COD	TOC	T-N	NH4-N	T-P	PO4-P	SS
多摩川・大丸用水堰下	50.4	6.2	19.8	18.6	1.7	5.7	3.5	5.3	0.2	0.48	0.42	6
多摩川・大師橋	24.9	2.1	8.9	7.5	1.3	5.2	3.3	7.1	1.9	0.24	0.25	7
浅川・中央高速下	3.5	0.5	1.4	0.6	2.5	3.3	2.8	4.7	0.9	0.29	0.17	3
平井川・多西橋	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7	1.5	1.3	3.1	0.0	0.05	0.02	2
北浦・江川	1.5	0.9	1.3	0.3	3.9	10.1	3.7	1.7	0.1	0.13	0.04	20

E1:エストロン ng/l E2:17β-エストラジオール ng/l
 E1+E2:エストロジェン2成分の作用強度 ng/l(酵母法の強度で換算 E2+E1×0.27)
 酵母法: Brunel大学酵母法によるエストロジェン作用強度 ng/l
 C-BODからSSまでの単位は mg/l

比活性値を用いて求めたものである。各地点の天然エストロジェンや水質一般項目の濃度レベルは異なり、平井川・多西橋は各項目とも濃度が低く、多摩川・大丸用水堰下は他地点に比べ濃度が高い。なお、河川水のエストロジェンの詳細については、次報¹⁰⁾で報告する。河川水のエストロジェン2成分の作用強度と雄コイのビテロジェニン濃度割合との関係を既報⁷⁾の値を含め図6に示す。同図のエストロジェン作用強度は年4回データの75%値を使用した。ただし、大丸用水堰下については、大丸用水堰下から是政橋までの区間でコイを採捕したので、大丸用水堰下の75%値と次報¹⁰⁾で示す是政橋の75%値を平均した値を使用した。

エストロジェン作用強度とビテロジェニンには図6のとおり明瞭な正の相関関係がみられる。エストロジェン作用強度が高い地点は、下水処理場放流口の直下流点や下水処理水の影響が大きい地点でありビテロジェニン濃度が高い。それに対してエストロジェン作用強度が低い地点は下水処理場放流口から離れた下流点や下水処理場放流口の上流点にあり、ビテロジェニン濃度は低い。ただし、大師橋は上流の下水処理場放流口から離れた場所にあるもののエストロジェン作用強度は比較的高い。これは、大師橋の下流には都内で最大の下水処理場があることから潮汐によって下水処理水が大師橋に遡上することが考えられる。河川水のエストロジェンは次報¹⁰⁾で述べるように下水処理場の放流水に由来している。以上のことから、都内河川の雄コイについては下水処理場由来のエストロジェンが高濃度のビテロジェニンを産生させているものと考えられ、図6からは河川水のエストロジェン作用強度

が10ng/L以上あれば雄コイに高濃度のビテロジェニンを産生させる可能性が高いと推測される。

(4) コイの精巢

ア 肉眼観察の結果

上記2(6)の判定基準にもとづき2001年度調査で採捕した雄コイの観察結果を表5に示す。既報⁷⁾ ¹¹⁾と同様な、こぶ状、ひも状などの異常精巢をもつ雄コイが認められた。これまでの調査で出現した異常精巢の代表的なもので上記既報に掲載した以外のものを写真で示す。なお、正常な形態の精巢は既報で示した。写真1～5は精巢が、こぶ状に膨隆したものである。全体がこぶ状の他に、こぶ状とひも状の両方の形態があるものがある。写真7、8は精巢が極端に萎縮して、左右の精巢がひも状となっているものである。外見的には組織が軟化するなど、放精にともなう正常な萎縮とは異なる萎縮部分が認められる。

イ 組織学的観察の結果

精巢の発達状況、構造、組織の変性などを顕微鏡観察し、その状態を写真記録した。コイの精巢については、組織学的観察にもとづく異常の知見が少ないことから、現時点では精巢内の細胞や組織に顕著な変性等が認められない場合は正常とし、細胞増殖など構造や組織に明らかな変性が認められる場合を異常とした。また、一部に正常なものとする細胞や組織が認められる場合を所見ありとした。既報¹¹⁾の判定基準にもとづき、精巢の組織、細胞の変性に着目して組織学的観察を行った結果、既報⁷⁾ ¹¹⁾と同様な、腫瘍形成、不明細胞増殖などの異常が認められた。観察を行った結果を表5に示し、以下に主な異常の要点を記す。

表5 雄コイの精巢異常観察結果 (2001年度)

河川名	地点名	識別番号	魚種	全長(mm)	体長(mm)	体重(g)	肥満度	生殖腺重量(g)	GSI(%)	VTG	外観観察による精巢の異常区分				組織学本観察による精巢の異常区分				総合判定	
											こぶ状	萎縮(ひも状)	水ぼうし状	変変、くずみ	腫瘍形成	間質肥厚	不明細胞増殖	腫瘍		過剰細胞
多摩川	大丸用水堰下6-O-3	コイ	457	366	1240	130	20	1.6	5											
	大丸用水堰下6-O-16	コイ	484	392	1180	104	27.2	2.3	115											
	大丸用水堰下9-O-10	コイ	511	421	2080	156	24.2	1.2	14738											
	大丸用水堰下12-O-3	コイ	524	410	1640	114	37.8	2.3	7											
	大丸用水堰下3-O-30	コイ	506	404	1350	104	23.9	1.8	102											
	大丸用水堰下3-O-30	コイ	506	404	1350	104	23.9	1.8	102											
津川	中央高速下 6-AC-3	コイ	568	484	2850	145	107.4	4.1	6											
	中央高速下 8-AC-6	コイ	534	445	2050	137	88.6	3.3	3877											
	中央高速下 9-AC-13	コイ	666	553	3300	112	26.2	0.8	5											
	中央高速下 9-AC-18	コイ	505	403	1720	138	105.8	8.1	7											
	中央高速下 12-AC-6	コイ	503	395	1850	154	178.2	9.1	5											
	中央高速下 12-AC-17	コイ	533	421	2050	135	94.3	4.6	5											
	中央高速下 12-AC-23	コイ	563	449	2545	143	149.1	5.9	141											
	中央高速下 12-AC-27	コイ	573	446	2780	148	138.4	5.0	5											
	中央高速下 12-AC-32	コイ	655	523	3690	131	18.3	0.5	6											
	中央高速下 3-AC-8	コイ	582	487	2700	137	145.6	5.4	5											
	中央高速下 3-AC-9	コイ	529	421	1870	126	107.1	5.7	5											
	中央高速下 3-AC-18	コイ	557	448	2500	145	35.9	1.4	5											
	中央高速下 3-AC-19	コイ	531	439	2220	148	8.2	0.4	21											
	中央高速下 3-AC-21	コイ	588	467	2780	151	151.5	5.5	5											
	平井川	多西橋 6-HT-2	コイ	578	427	2120	148	124.4	5.9	8										
多西橋 2-HT-7		コイ	611	505	2840	125	113.4	4.2	5											
多西橋 2-HT-8		コイ	646	529	3420	127	69.5	2.0	80											
北浦	江川 6-U-14	コイ	514	416	1700	125	34.2	2.0	5											
	江川 12-U-22	コイ	587	472	2780	137	24.9	0.9	5											
	江川 3-U-17	コイ	482	394	1640	146	143.6	8.8	5											
	江川 3-U-18	コイ	478	388	1920	176	14	0.7	252											
	江川 3-U-19	コイ	512	422	2110	157	124.9	5.9	97											

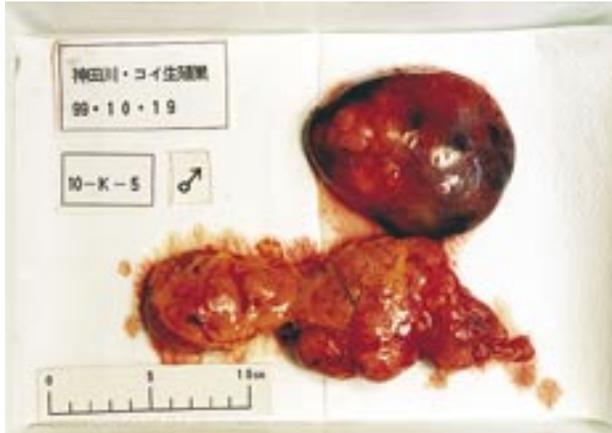


写真1 異常な精巣（こぶ状）



写真2 異常な精巣（こぶ状）



写真3 異常な精巣（こぶ状）

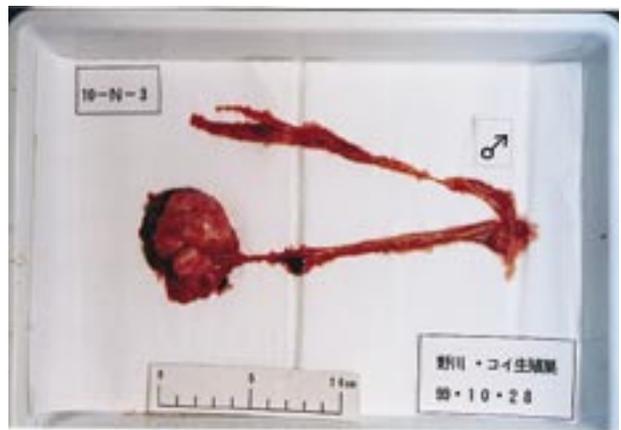


写真4 異常な精巣（こぶ状）



写真5 異常な精巣（こぶ状）

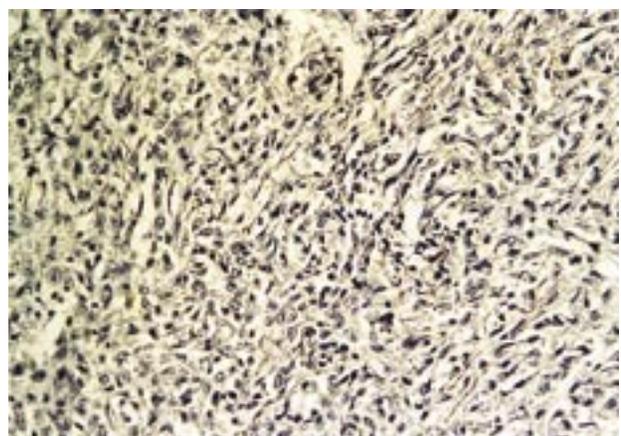


写真6 繊維芽細胞由来の腫瘍

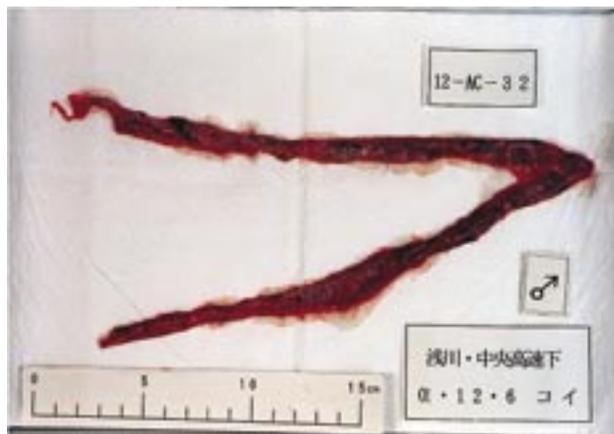


写真7 異常な精巣（ひも状）



写真8 異常な精巣（ひも状）

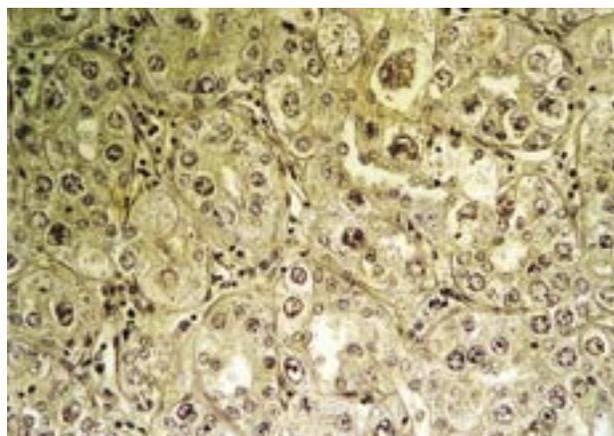


写真9 不明細胞

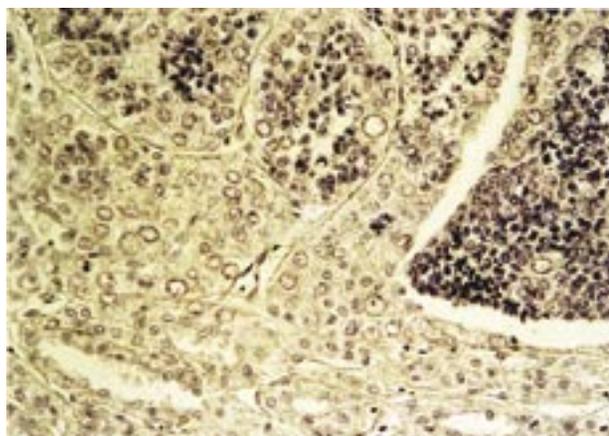


写真10 不明細胞

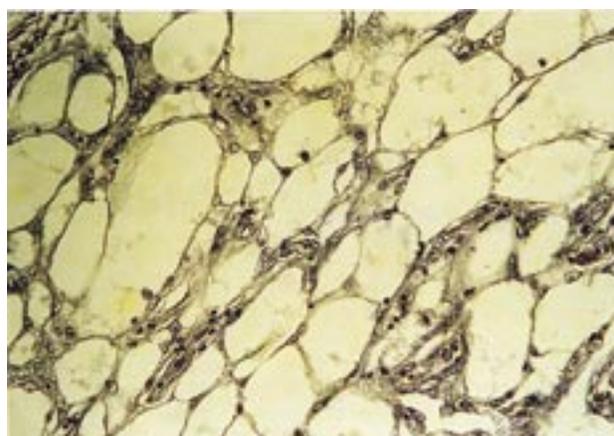


写真11 不明細胞

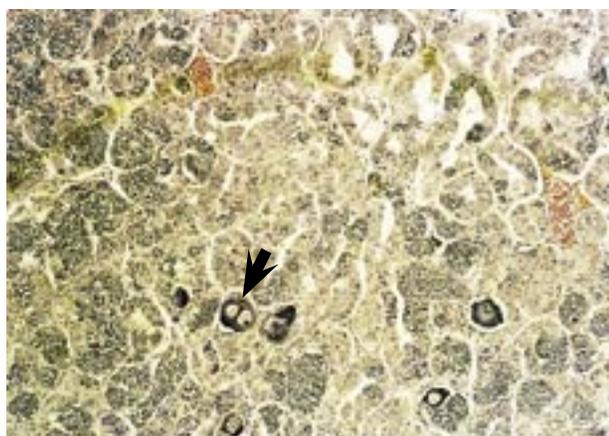


写真12 不明細胞と卵細胞（矢印）

・繊維芽細胞由来と推定される腫瘍の形成
 ヘマトキシリンに濃く染色される核をもち、細胞質が不明瞭な繊維芽細胞と思われる細胞によって結節状に集塊した腫瘍がみとめられるもの。写真6に示すように腫瘍内部は増殖した繊維芽細胞によって占められ、小嚢構造はほとんどみとめられない。

・不明細胞の異常増殖
 精小嚢内に精子形成に関与していないと思われる不明細胞の異常増殖がみられるもので、不明細胞は精小嚢内にあり、その形態は正常精巢の精原細胞と酷似している。写真9は不明細胞の増殖が著しい精巢組織であり、写真10は不明細胞が比較的少ない状態のものである。写真11は不明細胞が増殖後に退縮したために穴があいたようになっている精巢組織である。写真12は不明細胞と卵細胞が同時にみられる精巢組織であるが、組織内の卵細胞数は非常に少ない。精巢内に卵巣起源の雌性生殖細胞が混在する、いわゆる雌雄同体のものは、2001年度調査では所見ありレベルのものが6尾観察（都内河川では

5尾）されたが、前年度の浅川・新浅川橋（コイ個体識別番号6-S-1）のように明確に認められたものはなかった。

ウ 精巢異常の割合

以上の肉眼観察と組織学的観察を合わせてコイの精巢異常の有無を判定した。なお、外観には異常が認められなくても繊維芽細胞や不明細胞増殖が多い場合は異常とした。4ヵ年の観察結果を表6、図7に示す。

多摩川水系では雄コイの10%に精巢異常が認められた。50尾以上のまとまった数の雄コイが採捕された地点で最も精巢異常割合が高かったのは神田川の17%であり、最も低かったのは北浦・江川の3%であった。多摩川で漁協が放流している稚魚コイは、この北浦産である。多摩川に近年は毎年約7万～20万尾もの稚魚コイが放流されており¹²⁾、多摩川のコイは北浦産由来のものが多くと推定される。よって、多摩川と北浦・江川のコイが同じ系群であれば、この2地点の精巢異常割合の有意差は、多摩川の環境要因が影響している可能性が高い。なお、水質が比較的良好な平井川・多西橋やC川・T橋においても、採捕尾数が少ないため異常割合の比較は検討を要するが、精巢異常のコイが認められている。

肉眼観察により、こぶ状の異常とされたものは、上記の繊維芽細胞由来と推定される腫瘍の形成と対応していた。表5のコイのGSI（生殖腺体指数＝〔生殖腺重量／体重〕×100）は、生殖腺の発達状況を量的に検討する場合の指標である。魚類には精子形成が活発に行われる時期や精子形成停止時期があるため、GSIは季節変化するが、これまで採捕した正常な精巢をもつコイのGSIは2～10程度であるのに対し、両側がひも状の萎縮した精巢をもつコイの場合は、GS

表6 雄コイの精巢観察結果 (1998年度～2001年度)

多摩川水系		コイの精巢観察結果			合計(尾)	異常割合 (%)
		正常	所見あり	異常		
多摩川	拝島橋	18	2	1	21	5
	大丸用水堰下	46	2	3	51	6
	多摩川原橋	44	8	7	59	12
	田園調布堰上	45	3	6	54	11
	大鉢橋	12	0	0	12	0
	上記5地点の合計	165	15	17	197	9
浅川	中央高遼下	47	5	9	61	15
	新浅川橋	32	2	5	39	13
	高橋橋	86	10	13	109	12
	上記3地点の合計	165	17	27	209	13
平井川	多西橋	9	1	2	12	17
野川	仙川合流点	62	12	4	78	5
多摩川水系(上記10地点合計)		401	45	50	496	10
その他の水系		コイの精巢観察結果			合計(尾)	異常割合 (%)
正常	所見あり	異常				
神田川	水道橋	50	8	12	70	17
江戸川	篠崎水門上	4	0	2	6	33
C川	T橋	14	2	4	20	20
北浦	江川	53	3	2	58	3

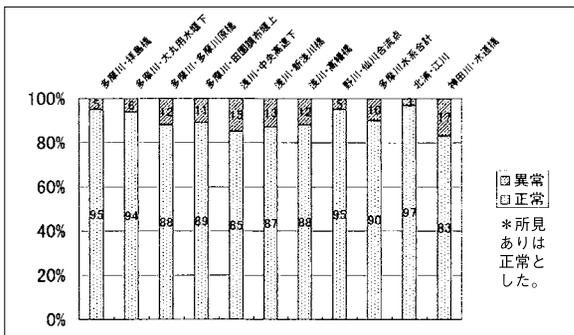


図7 雄コイの精巢異常割合 (1998年度～2001年度)

表7 コイの精巢異常内訳 (1998年度～2001年度)

多摩川水系	外観観察			組織学的観察			総合判定(異常数/尾)	
	こぶ状	ひも状	その他	腫瘍形成	不明細胞	その他		
多摩川	拝島橋	1	0	0	1	0	1	
	大丸用水堰下	0	0	3	0	2	3	
	多摩川原橋	1	5	2	1	2	7	
	田園調布堰上	2	3	2	4	2	6	
	大鉢橋	0	0	0	0	0	0	
	上記5地点の合計	3	8	5	5	7	17	
浅川	中央高遼下	2	6	4	3	7	9	
	新浅川橋	1	2	2	4	3	5	
	高橋橋	3	7	4	6	2	13	
	上記3地点の合計	6	15	6	7	16	22	
平井川	多西橋	0	0	2	0	2	2	
野川	仙川合流点	2	1	1	2	1	4	
多摩川水系(上記各点合計)		11	25	14	14	26	10	
その他の水系		外観観察			組織学的観察			総合判定(異常数/尾)
こぶ状	ひも状	その他	腫瘍形成	不明細胞	その他			
神田川	水道橋	9	2	1	3	3	2	
江戸川	篠崎水門上	1	0	1	0	2	2	
C川	T橋	2	2	1	2	3	4	
北浦	江川	0	0	1	0	2	2	
総合(多摩川水系とその他の水系の合計)		23	30	17	24	36	12	

備考:同一個体で複数の異常形態が見られる場合は両方にカウントした。外観異常のものは組織学的観察を行うを原則としたが、組織学的に外観異常部位以外で作成したものが一部あるため観察内訳の合計数と総合判定数が一致しない地点がある。

Iが1以下である。この萎縮した精巣はほとんど上記の不明細胞が増殖していた。なお、2001年度調査のコイ以外のコイ科魚類については採捕数が少ないが、どの魚種も精巣異常は認められなかった。

精巣異常の内訳を表7に示す。こぶ状の腫瘍を形成した異常やひも状の不明細胞が増殖した異常が精巣異常全体の約8割を占めており、都内河川の雄コイの精巣異常は、この2つのタイプに代表される。腫瘍および不明細胞については次報¹³⁾で検討する。精巣に卵が存在する雌雄同体（精巣卵）の異常は、イギリスに生息するコイ科魚類のローチ [roach:Rutilus rutilus] に多く出現し、内分泌かく乱化学物質に関する魚類の生殖異変の例として知られている¹⁴⁾。一方、都内河川のコイについては、4カ年の調査で明確な精巣卵と認められるのは1尾であることから、都内河川のコイの精巣卵は腫瘍など他の精巣異常に比べ出現率は低いと推測される。

ビテロジェニンの検出と精巣異常の関係については、現段階では明らかにされていない。しかし、精巣異常が認められたコイのビテロジェニン濃度は図8に示すように低いものから高いものまであり、これらの濃度を図9に示す1998年度から2001年度までに採捕し

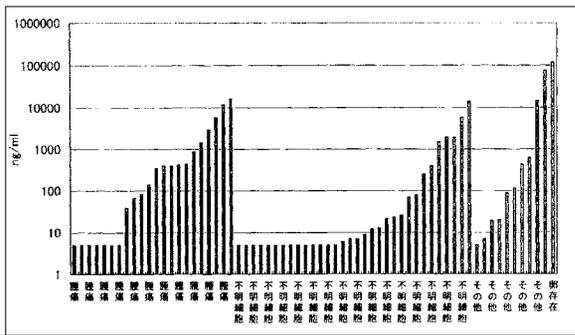


図8 精巣異常の雄コイのビテロジェニン濃度 (1998年度～2001年度)

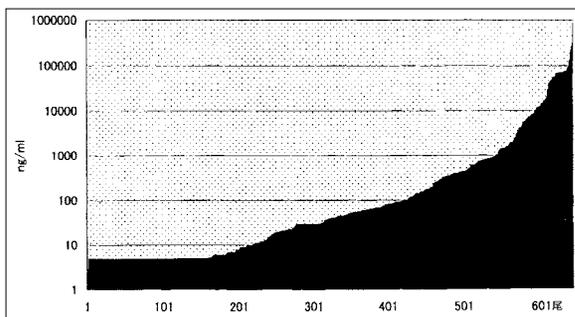


図9 全雄コイのビテロジェニン濃度分布 (1998年度～2001年度)

た全雄コイのビテロジェニン濃度分布と比較しても特異的な傾向はない。なお、卵細胞の存在する1検体についてはビテロジェニンの最高値を示したが、これは、ビテロジェニンが卵黄タンパク前駆物質であることから精巣卵が存在する雄コイではビテロジェニン濃度が非常に高くなる例と考えられる。

一般にエストロジェンを雄魚に投与すると1日以内に血中にビテロジェニンが出現し、その後エストロジェンを含まない水で飼育するとビテロジェニンは1～2カ月以内に消失するといわれており、ビテロジェニンはあくまでもエストロジェンの短期的な影響を示す指標である。短期的なエストロジェン暴露の場合は、ビテロジェニン濃度が高くても精巣への影響は少なく、逆にエストロジェン暴露を長期に受けても、コイがエストロジェンの少ない水域に移動し数週間以上そこに留まっていたなら、ビテロジェニン濃度は下がるものと推測される。すなわち、ビテロジェニンはコイのエストロジェン暴露の指標であるが、エストロジェンの暴露期間の累積に比例する指標ではない。なお、ビテロジェニンについては卵黄生成以外の生理作用をもたないという説もあり、精巣異常とビテロジェニンとの関係については、今後の研究課題である。

魚類の生殖腺の発達、河川水質のほか、水温、個体群密度、餌など、さまざまな要因によって支配されている。エストロジェンをはじめ、どのような要因が生殖腺に大きな影響を及ぼしているか、また、全国のコイと比較して都内のコイの精巣異常割合がどの程度のものかを明らかにしていくことが必要である。

4 おわりに

多摩川水系で採捕されたコイは雌466尾、雄496尾で、性比は1:1.06であった。多摩川水系のコイの性比に著しい偏りはなかった。下水処理場放流口付近の雄コイの血中ビテロジェニン濃度は高く、ビテロジェニンの産生に下水処理水中のエストロジェンの影響が示唆された。コイの生殖腺を肉眼観察および組織学的観察した結果、多摩川水系では雄コイの10%に精巣異常が認められた。精巣異常の原因については現時点では不明であるが、不明細胞の生成に河川水中のエストロジェンが関与している可能性がある。現在、都内水域の魚類の生殖腺実態、河川のエストロジェン等の挙動につ

いては研究を進めており、それらの結果については今後まとめていく予定である。

本研究における魚類採捕は、新日本環境調査株式会社に委託して行った。組織学的観察の所見については、大西悠太氏（国土環境株式会社環境創造研究所）からご教示をいただいた。関係各位に深く感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 中村 將, 井口泰泉: 多摩川にみる魚類の異変, 科学, 68(7), 515-517, (1998)。
- 2) 東京都の内分泌かく乱化学物質問題に対する当面の取組について-東京都環境ホルモン取組方針-, 19pp, 東京都環境保全局環境管理部, (1998)。
- 3) 中村 將: 性分化と環境, 月刊海洋, 31(5), 304-312, 1999。
- 4) 原 彰彦: 魚の血液で環境ホルモン汚染をみる, 科学, 68(7), 591-596, (1998)。
- 5) 原 彰彦: 内分泌攪乱物質の生態影響, 廃棄物学会誌, 10(4), 278-287, (1999)。
- 6) 有蘭幸司: 河川海域などにおける内分泌攪乱化学物質の検出, 資源環境対策 34, 844-848, (1998)。
- 7) 和波一夫ら: 多摩川等の環境ホルモン問題に関する研究 (その6), 東京都環境科学研究所年報, 53-63, (2001)。
- 8) 国土交通省河川局, 都市・地域整備局: 平成12年度水環境における内分泌攪乱化学物質に関する実態調査結果, 平成13年度7月, (2000)。
- 9) 嶋津暉之ら: 多摩川等の環境ホルモン問題に関する研究 (その3), 東京都環境科学研究所年報, 165-175, (2000)。
- 10) 和波一夫ら: 多摩川等の環境ホルモン問題に関する研究 (その10), 東京都環境科学研究所年報, 66-74, (2002)。
- 11) 和波一夫ら: 多摩川等の環境ホルモン問題に関する研究 (その2), 東京都環境科学研究所年報, 153-164, (2000)。
- 12) 東京都の水産: 平成13年度版, 東京都労働経済局農林水産水産課, 90, (2002)。
- 13) 宮下雄博ら: 多摩川等の環境ホルモン問題に関する研究 (その11), 東京都環境科学研究所年報, 56-65, (2002)。
- 14) Jobling, S. et al.: Widespread sexual disruption in wild fish, Environmental Science & technology, 32(17), 2498-2506, (1998)。

Study on Endocrine Disrupters in Tokyo's Rivers (8) Sex Ratio, Plasma Vitellogenin Levels and Gonad Conditions in Common Carp in Tokyo's Rivers

Kazuo Wanami, Teruyuki Shimazu, Takehiro Miyashita* and Motoi Tamura**

* Associate researcher **Saitama Institute of Technology

Summary

The effect of endocrine disrupters was studied in Tokyo's rivers. The male-female ratio of carp, plasma vitellogenin and gonad condition of male carp were investigated. The following results were obtained:

- (1) The ratio of males to females was 496/466 in the Tama River.
- (2) Plasma vitellogenin concentrations in males collected from sites of the lower course of sewage treatment plants were significantly higher than those in males from other sites, suggesting exposure to estrogen and estrogen-like substances in the river water.
- (3) Abnormal gonads such as cancerous tissues were observed in 10% of the males which were captured in the Tama River.

Keywords: endocrine disrupters, carp, gonad, vitellogenin (VTG)