

都内水域の環境ホルモンに関する研究（その4） — 東京湾に生息する魚類の精巣卵とボラのビテロゲニン —

和波 一夫 竹内 健 宮下 雄博* (*前・非常勤研究員)

要 旨

東京都内湾に生息する魚類の生殖異常の実態を把握するため、都内運河などの沿岸域で調査を行った。その結果、主に次のことが明らかになった。

- (1) 2004年度は、合計8種類、1,213尾の魚類を採捕した。生殖腺の観察を行った結果、ボラ、スズキ、マアナゴの精巣組織中に卵母細胞（精巣卵）が認められた。
- (2) 雄ボラの血中ビテロゲニン濃度を測定したところ、下水処理場放流水が流入する運河域で採捕した雄ボラから10,000ng/mlを超える高濃度のビテロゲニンが検出された。
- (3) 東京都内湾のエストロゲンの濃度分布を調査した。その結果、運河域のエストロゲンは沖合い域に比べて高濃度であることが分かった。

キーワード：内分泌かく乱化学物質（環境ホルモン）、エストロゲン、魚類、精巣卵、ビテロゲニン、東京湾

Study on Endocrine Disrupters in metropolitan rivers and Tokyo Bay (4) — Endocrine Disruption in wild fish and concentrations of plasma vitellogenin in male Grey mullet —

WANAMI Kazuo, TAKEUCHI Takeshi, MIYASHITA Takehiro *

* Associate researcher

Summary

Fish were collected in Tokyo Bay (8 species, n = 1213) to investigate the histological condition of the gonads, and plasma vitellogenin (VTG) concentrations in male Grey Mullet (*Mugil cephalus*) were measured. Gonadal abnormalities (testis-ova) in male were seen in three species; *Mugil cephalus* (three out of 23), *Lateolabrax japonicus* (five out of 31), *Conger myriaster* (four out of 328). The VTG concentrations in some male Grey Mullet collected in urban area were higher than 10,000ng/ml. The concentration of estrogen in Tokyo Bay was investigated. As a result, the estrogen of the waters in urban area near to sewage plant was a high concentration compared with the offshore part. These results suggest that male Grey Mullet and other species living in Tokyo Bay were exposed to estrogen and estrogen-like substances from the sewage disposal plants.

Keywords : Estrogen, Estrogen-like substances, Fish, Testis-ova, Vitellogenin (VTG), Tokyo Bay

表 2 主な魚種別採捕数と精巣卵の出現数

2002年度～2004年度合計						単位:尾	
魚種	雄♂	雌♀	雌雄不明	摘出不能	合計数	精巣卵	
ボラ	100	821	157	11	1089	14	
コノシロ	72	222	12	4	310	5	
スズキ	43	234	87	5	369	7	
マハゼ	24	74	0	18	116	0	
シロキス	31	71	0	5	107	0	
クサツグ	24	15	0	0	39	0	
マアナゴ	328	118	0	2	448	15	
ザツバ	9	60	6	0	75	1	
マルタ	162	193	17	0	372	0	
ヒイラギ	9	37	0	1	47	1	
クロダイ*	2	30	0	0	32	0	
合計	804	1875	279	2	3004	43	

*雌雄同体

表 3 ボラの地点別採捕数と精巣卵

地点	雄♂	雌♀	雌雄不明	摘出不能	合計数	精巣卵
A地点(京浜島)	4	43	5	0	52	1
B地点(港南)	5	139	8	0	152	1
C地点(夢の島)	2	68	7	0	77	1
沖合い部	12	109	41	0	162	0
羽田沖	0	67	25	0	92	0
合計	23	426	86	0	535	3
田園調布堰	0	1	0	0	1	0

性比の著しい偏りについては、生活史や生態的な知見を踏まえて検討する必要がある。

(2) 生殖腺異常

魚類の生殖腺異常については、組織学的観察にもとづく知見が少ないことから、現時点では、精巣の細胞や組織に顕著な変性が認められる場合を異常ありと判定した。

雄の生殖腺を観察した結果、すべての魚種で生殖腺に外観上の異常は認められなかった。しかし、精巣の組織学的観察からは、ボラ(23尾中3尾)、スズキ(31尾中5尾)、マアナゴ(119尾中4尾)の精巣組織中に卵母細胞(精巣卵)が認められた。ボラ、スズキ、マアナゴの精巣卵を写真1～6に示す。

表2に示した2002年度から2004年度までに観察したボラ、コノシロ、スズキ、マアナゴについて精巣卵の出現率をみると、ボラは14%(100尾中14尾)であった。コノシロは7%(72尾中5尾)であった。スズキは16%(43尾中7尾)、マアナゴは5%(328尾中15尾)であった。

一般に魚類では、卵巣は精巣よりも初期に分化することが知られている⁸⁾。従って、生殖腺が未成熟で雌雄の判別ができなかった個体については雄の可能性がある。そこで、これら雌雄不明の個体を雄に含めて集計すると、雄ボラの尾数は257尾となり、精巣卵の出現率は5%(257尾中14尾)、コノシロは6%(84尾中5尾)、スズキは5%(130尾中7尾)、マアナゴは5%(328尾中15尾)であった。

以上のとおり、ボラ、コノシロ、スズキ、マアナゴ

について精巣卵の出現率は、雌雄不明の個体を雄に含めて集計すると5～6%であり比率の違いはなかった。ただし、ボラについては、運河域・羽田沖と沖合い域では環境が大きく異なるので、2つの水域分けて精巣卵の出現率をみることにする。2004年度調査で精巣卵が認められた雄ボラ3尾は、すべて運河域で採捕された個体であった。2002年度から2004年度までの生殖腺観察したボラ(雌雄不明の個体を雄に含めて集計)では、運河域・羽田沖では7%(188尾中13尾。精巣卵が疑われる卵母細胞様の細胞がみられるもの2尾を加えると、188尾中15尾で8%となる)に対して、沖合い域では1%(69尾中1尾)であった。この精巣卵出現率について統計的検定を行ったところ、運河部・羽田沖と沖合い域では有意の差が認められた。運河域のボラは、沖合い域のボラに比べて、精巣卵の出現率が高いと推測された。

(3) ボラの血液中ビテロゲニン濃度

通常、ビテロゲニンの産生は雌に限られるが、雄にエストロゲンを投与するとビテロゲニンが産生される。また、環境中に存在するエストロゲン様物質によっても産生される。雄魚にビテロゲニンが検出された場合、エストロゲンやエストロゲン様物質に曝露された可能性が高いとされている⁹⁻¹¹⁾。

本調査で採取したボラのうち、雄および雌である可能性があるものについて血液中ビテロゲニン分析を行った。その結果を図3、表4に示す。高濃度用の測定法であるSRID法でビテロゲニンが検出したものは、いずれも運河域の地点であり、12月のB地点で採捕された雄ボラは、500 μg/ml以上の非常に高い値が検出された。SRID法で不検出であったボラについては、高い感度のELISA法で再測定した。その結果、沖合い域の雄ボラに低濃度ではあるがビテロゲニンが検出された。SRID法とELISA法のビテロゲニン濃度単位をng/mlで表すと、A地点のボラのビテロゲニンはND～73,000ng/ml、B地点は22～500,000ng/ml以上、C地点はND～190,000ng/mlであった。一方、沖合い域はND～86ng/mlであった。運河域のボラは、沖合い域のボラに比べてビテロゲニンの検出率が高く、その濃度も著しく高いことが分かった。

後述の(4)水質分析結果の項で示すように運河域の地点は、下水処理場の放流水の影響を受けエストロゲン濃度が高い。運河域の雄ボラに高濃度のビテロゲニン



写真 1 ポラの精巣卵
採捕時期 2004 年 7 月
識別番号 (7ア2)

体長 400 mm、体重 1,310 g



写真 2 ポラの精巣卵
採捕時期 2005 年 2 月
識別番号 (2イ37)

体長 382 mm、体重 1,030 g

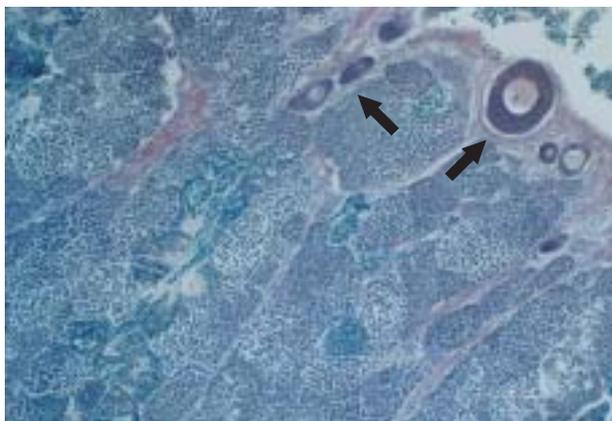


写真 3 スズキの精巣卵
採捕時期 2004 年 11 月
識別番号 (11ウ10)

体長 395 mm、体重 940 g

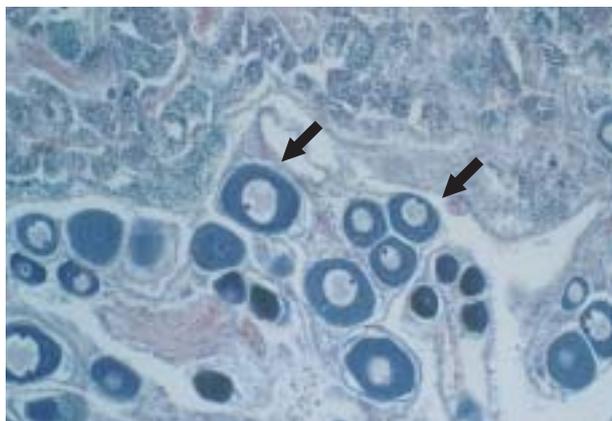


写真 4 スズキの精巣卵
採捕時期 2004 年 11 月
識別番号 (11ウ25)

体長 350 mm、体重 630 g

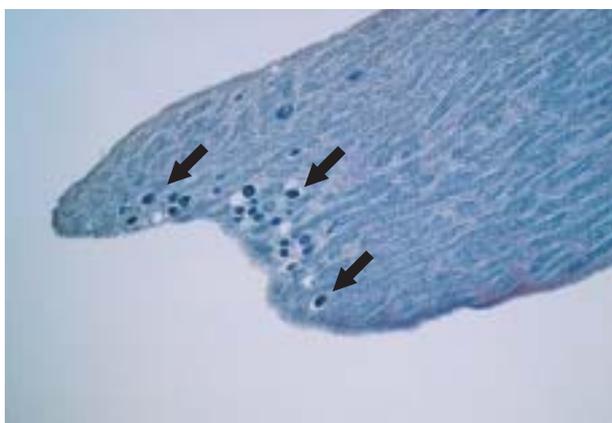


写真 5 マアナゴの精巣卵
採捕時期 2004 年 12 月
識別番号 (12マ5)

全長 414 mm、体重 140 g



写真 6 マアナゴの精巣卵
採捕時期 2005 年 1 月
識別番号 (1マ5)

全長 434 mm、体重 169 g

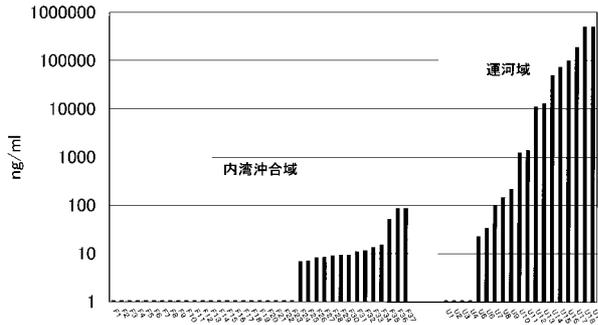


図3 雄ボラの血液中ビテロゲニン

表4 ボラのビテロゲニン測定結果

No.	調査月	地点	識別番号	ELISA法 (ng/mL)	SRID法 (μg/mL)	外觀	組織観察
1	7	A	7-ア-01		N.D.	♂	?
2	7	A	7-ア-02	1208	N.D.	♂	?
3	7	B	7-イ-05	12797	N.D.	♂	?
4	7	B	7-イ-08	147	N.D.	♂	?
5	7	B	7-イ-09	97	N.D.	♂	?
6	7	C	7-イ-05	33	N.D.	♂	?
7	7	C	7-イ-22		N.D.	♂	?
8	7	C	7-イ-19		N.D.	♂	?
9	7	C	7-イ-23	10894	N.D.	♂	?
10	9	C	9-フ-03		N.D.	♂	♂
11	9	B	9-フ-03	22	N.D.	♂	?
12	9	F	9-フ-05		N.D.	♂?	?
13	9	F	9-フ-06	9	N.D.	♂	?
14	9	F	9-フ-09		N.D.	♂	?
15	9	F	9-フ-21		N.D.	♂	?
16	9	F	9-フ-22		N.D.	♂	?
17	9	F	9-フ-24		N.D.	♂	?
18	9	F	9-フ-27	8	N.D.	♂	?
19	9	F	9-フ-28		N.D.	♂	?
20	9	F	9-フ-31	15	N.D.	♂	?
21	9	F	9-フ-33		N.D.	♂	?
22	9	F	9-フ-35	7	N.D.	♂	?
23	9	F	9-フ-38		N.D.	♂	?
24	9	F	9-フ-39		N.D.	♂	?
25	9	F	9-フ-41		N.D.	♂	?
26	9	F	9-フ-49	9	N.D.	♂	?
27	9	F	9-フ-53		N.D.	♂	?
28	9	F	9-フ-56		N.D.	♂	?
29	9	F	9-フ-59		N.D.	♂	?
30	9	F	9-フ-64		N.D.	♂	♂
31	9	F	9-フ-66		N.D.	♂	?
32	9	F	9-フ-67	8.3	N.D.	♂	♂
33	9	F	9-フ-73		N.D.	♂	?
34	9	F	9-フ-74	86	N.D.	♂	?
35	9	F	9-フ-76		N.D.	♂	?
36	9	F	9-フ-78		N.D.	♂	?
37	9	F	9-フ-79		N.D.	♂	?
38	9	F	9-フ-82		N.D.	♂	?
39	11	F	11-フ-06	11	N.D.	♂	♂
40	11	F	11-フ-08		N.D.	♂	♂
41	11	F	11-フ-11	9	N.D.	♂	♂
42	11	F	11-フ-18	7	N.D.	♂	♂
43	11	F	11-フ-23	12	N.D.	♂	♂
44	11	F	11-フ-25	51	N.D.	♂	♂
45	11	F	11-フ-27	13	N.D.	♂	♂
46	11	F	11-フ-28		N.D.	♂	♂
47	11	F	11-フ-30	85	N.D.	♂	♂
48	11	F	11-フ-31		N.D.	♂	♂
49	11	C	11-フ-01		190	♂	♂
50	12	B	12-イ-31		49	♂	♂
51	12	B	12-イ-50		98	♂	♂
52	12	B	12-イ-51		490	♂	♂
53	12	B	12-イ-55		500以上	♂	♂
54	12	A	12-ア-01		73	♂	♂
55	12	A	12-ア-04	214		N.D.	♂
56	12	A	12-ア-11	1371		N.D.	♂

組織観察欄の?は、雄の可能性が高いが、断定できないもの

が検出されたのは、下水処理場の放流水中のエストロゲンに暴露されたからだと考えられる。

(4) 調査地点の水質分析結果

調査地点とその近傍の下水処理場の放流口で水質調査を魚類調査にあわせて行った。その他に東京都内湾のエストロゲン濃度分布を把握するため、内湾環境基準地点等の水質調査を行った。表5に各調査地点のエストロゲン等の濃度を示す。表中のエストロゲン2成分作用強度は、既報⁵⁾の比活性値を用いて17β-エストラジオールとエストロンの値から求めたものである。

ELISA法によるエストロゲン作用強度は、A地点は11～26ng/l、B地点は15～27ng/l、C地点は16～19ng/lであった。LC-MS/MS法による同作用強度は、A地点は4～13ng/l、B地点は7～25ng/l、C地点は9～20ng/lであった。下水処理場の放流水については、ELISA法によるエストロゲン作用強度は、森ヶ崎処理場は17～25ng/l、芝浦処理場は18～28ng/l、砂町処理場は21～25ng/lであった。LC-MS/MS法による同作用強度は、森ヶ崎処理場は6～23ng/l、芝浦処理場は6～24ng/l、砂町処理場は16～55ng/lであった。

以上のように運河域の調査地点と下水処理場は同程度のエストロゲン作用強度であった。閉鎖性の強い運河にあるA、B、C地点は、いずれも近傍に下水処理場があるため、下水処理場からのエストロゲン影響が大きいと考えられる。既報¹⁾で述べたように、河川水のエストロゲン作用強度(ELISA法)が10ng/lを超えると雄コイは高い濃度のビテロゲニンを産生する。ボラがコイと同様なエストロゲンの影響を受けるとすれば、運河域や下水処理場放流水は、十分に高濃度のビテロゲニンを産生させるレベルにあるといえる。

一方、東京都内湾のエストロゲン作用強度は、A、B、Cの各地点に比べると低い値であった。ELISA法によるエストロゲン作用強度は、0.1～6.6ng/l、LC-MS/MS法による同作用強度は、0～0.5ng/lであった。内湾調査地点のうちエストロゲン作用強度が高い地点は、ST.23であったが、これは森ヶ崎処理場の放流水が内湾に流れ出る地点に位置することから、下水処理場の影響と考えられる。

環境省の内分泌かく乱化学物質リストにあげられている4-t-オクチルフェノールと4-ノニルフェノールの測定結果を表6に示す。4-t-オクチルフェノールの測定最大値は150ng/l、4-ノニルフェノールの測定最大値は880ng/lであった。これらは、いずれも砂町処理場の放流水であった。環境省によるメダカの雄にビテロゲニン産生が有意に見られた水中濃度は11,600

表6 ノニルフェノール等の測定結果

調査月	調査地点	(ng/L)		LC/MS/MS法 (ng/L)
		4-t-オクチルフェノール	4-ノニルフェノール	エストロゲン作用強度(E2換算)
3月	A 大田区京浜島	20	90	8.9
3月	B 港区港南	20	470	19.3
3月	C 江東区夢の島	50	380	20.1
3月	森ヶ崎処理場	60	540	16.9
3月	芝浦処理場	30	610	22.6
3月	砂町処理場	150	880	54.9
3月	葛西処理場	30	90	38.0

表5 17β-エストロジオール等分析結果

No.	2004年度 調査月	調査地点	ELISA法 (ng/L)				LC/MS/MS法 (ng/L)			一般項目(mg/L)		
			エストロゲン	17βエストロジオール	エストロン	2成分のエストロゲン作用強度(E2換算)	17βエストロジオール	エストロン	2成分のエストロゲン作用強度(E2換算)	COD	T-N	NH ₄ -N
1	7月12日	A 大田区京浜島	39.9	19.9	19.9	25.3	2.91	32.8	11.8	8.7	10.81	8.71
2	7月12日	B 港区港南	33.4	14.1	19.3	19.3	1.34	21.6	7.2	12.1	8.26	0.48
3	7月14日	C 江東区夢の島	35.4	11.8	23.5	18.2	2.85	31.6	11.4	8.8	6.76	1.46
4	7月12日	森ヶ崎処理場	42.6	15.2	27.4	22.6	6.32	60.4	22.6	17.3	18.19	11.99
5	7月12日	芝浦処理場	37.1	11.4	25.7	18.4	1.29	16.9	5.8	14.3	9.26	0.61
6	7月14日	砂町処理場	41.6	18.4	23.1	24.7	4.20	65.3	21.8	13.1	11.19	2.43
7	7月14日	葛西処理場	32.4	2.5	30.0	10.6	0.37	7.77	2.5	10.9	9.71	0.43
8	9月1日	A 大田区京浜島	30.5	3.7	26.7	11.0	0.90	9.65	3.5	5.3	5.49	3.89
9	9月1日	B 港区港南	44.4	15.1	29.4	23.0	3.35	27.8	10.9	12.3	13.02	5.21
10	8月30日	C 江東区夢の島	41.1	7.0	34.1	16.2	1.56	25.7	8.5	8.7	5.60	1.30
11	9月1日	森ヶ崎処理場	35.2	10.6	24.6	17.2	1.57	16.4	6.0	11.9	10.70	7.43
12	9月1日	芝浦処理場	42.5	20.7	21.8	26.6	3.68	29.3	11.6	14.9	15.27	6.17
13	8月30日	砂町処理場	38.9	14.1	24.8	20.8	3.14	46.3	15.6	10.7	6.13	0.28
14	8月30日	葛西処理場	23.2	8.5	14.7	12.5	0.38	4.23	1.5	7.7	7.35	0.56
15	12月1日	A 大田区京浜島	41.3	19.8	21.5	25.6	4.73	29.6	12.7	6.8	8.59	6.29
16	12月1日	B 港区港南	43.5	20.5	23.0	26.7	6.54	66.4	24.5	9.3	15.26	9.02
17	11月29日	C 江東区夢の島	38.7	9.1	29.6	17.1	4.52	45.6	16.8	4.6	5.25	2.54
18	12月1日	森ヶ崎処理場	40.2	19.2	21.0	24.9	1.99	29.3	9.9	13.0	10.37	5.12
19	12月1日	芝浦処理場	45.8	21.9	23.9	28.3	5.19	68.0	23.6	13.0	17.35	9.79
20	11月29日	砂町処理場	41.9	16.8	25.1	23.6	4.28	57.3	19.7	12.5	13.52	6.62
21	11月29日	葛西処理場	38.0	5.8	32.3	14.5	1.60	31.1	10.0	6.5	10.14	1.18
22	3月3日	A 大田区京浜島	35.5	8.3	27.2	15.6	3.48	19.9	8.9	7.3	11.69	10.34
23	3月3日	B 港区港南	38.8	6.4	32.4	15.1	4.04	56.7	19.3	10.3	17.20	10.40
24	2月28日	C 江東区夢の島	38.2	12	26.2	19.1	8.97	41.1	20.1	7.0	7.22	4.65
25	3月3日	森ヶ崎処理場	37.4	13.8	23.6	20.2	6.31	39.4	16.9	11.5	23.07	22.82
26	3月3日	芝浦処理場	37.4	10.1	27.3	17.5	4.85	65.9	22.6	14.3	22.10	13.42
27	2月28日	砂町処理場	40.8	16.8	24.0	23.3	21.4	124	54.9	13.8	15.8	10.7
28	2月28日	葛西処理場	41.8	12.2	29.6	20.2	7.80	112	38.0	7.8	12.21	3.06
29	7月12日	*A大田区京浜島	5.8	0.9	4.9	2.2	0.60	3.78	1.6			
30	7月12日	*B港区港南	6.1	1.8	4.3	2.9	0.40	4.99	1.7			
31	7月14日	*C江東区夢の島	5.7	1.1	4.6	2.3	0.63	5.03	2.0			
32	12月1日	*A大田区京浜島	5.7	1.2	4.5	2.5	1.20	7.36	3.2			
33	12月1日	*B港区港南	5.7	2.6	3.2	3.4	0.00	15.0	4.1			
34	11月29日	*C江東区夢の島	5.6	0.8	4.8	2.1	0.62	3.75	1.6			
35	7月	ST.2	3.1	2.5	0.6	2.7	0.29未満	0.62	0.2	7.5	2.88	0.46
36	7月	ST.3	5.3	2.1	3.2	3.0	0.29未満	0.97	0.3	7.3	2.24	0.40
37	7月	ST.5	1.7	2.2	0.0	2.2	0.29未満	0.81	0.2	6.9	2.69	0.50
38	7月	ST.6	1.8	0.1	1.7	0.6	0.29未満	0.29未満	0.0	6.5	1.73	0.25
39	7月	ST.7	3.6	0.1	3.5	1.0	0.29未満	0.36	0.1	7.3	1.71	0.19
40	7月	ST.8	4.8	1.2	3.6	2.2	0.29未満	1.02	0.3	5.8	2.15	0.59
41	7月	ST.11	1.7	0.1	1.6	0.5	0.29未満	0.29未満	0.0	5.7	1.78	0.36
42	7月	ST.22	1.0	0.1	0.9	0.3	0.29未満	0.29未満	0.0	5.5	1.01	0.17
43	7月	ST.23	13.3	4.1	9.2	6.6	0.29未満	1.87	0.5	7.5	4.35	1.96
44	7月	ST.25	1.5	0.1	1.4	0.5	0.29未満	0.29未満	0.0	7.7	1.78	0.40
45	7月	ST.35	1.7	0.1	1.6	0.5	0.29未満	0.29未満	0.0	4.4	0.70	0.13
46	1月	ST.1	3.7	0.1	3.6	1.1				1.9	1.48	0.48
47	1月	ST.2	9.3	2.5	6.9	4.3				2.4	2.71	1.37
48	1月	ST.3	2.3	0.1	2.2	0.7				1.7	1.40	0.47
49	1月	ST.5	4.1	0.1	4.0	1.2				2.2	1.99	0.80
50	1月	ST.6	2.1	0.1	2.0	0.6				1.8	1.35	0.42
51	1月	ST.8	3.9	0.1	3.7	1.1				2.5	1.74	0.64
52	1月	ST.11	1.9	0.1	1.8	0.6				1.9	1.28	0.40
53	1月	ST.22	1.2	0.1	1.1	0.4				2.4	1.08	0.23
54	1月	ST.23	6.8	2.3	4.4	3.5				4.6	5.67	3.55
55	1月	ST.25	1.3	0.1	1.2	0.4				2.2	1.36	0.56
56	1月	ST.31	2.4	0.1	2.3	0.7				1.9	1.84	0.70
57	1月	ST.35	0.1	0.1	0.0	0.1				1.9	0.82	0.16

注) *: No. 29～34の試料は底質 検体濃度(ng/g)の値。

ST.1～ST.35は水質測定計画の内湾地点、一般項目の値は、平成16年度水質測定計画の測定結果

ng/ℓ、最大無作用濃度は 6,080ng/ℓ である¹²⁾。これらのことから、4-ノニルフェノールのビテロゲニン産生への影響は小さいものと推測される。

エストロゲンは水中から底泥に移行すること¹³⁾ことが知られているため、一部ではあるが運河域の底質調査を行った。表 5 に示すとおり、ELISA 法によるエストロゲン作用強度は、2.1 ~ 3.4ng/g、LC-MS/MS 法によるエストロゲン作用強度は、1.6 ~ 4.1ng/g であった。これらの底質中のエストロゲンが魚類に影響を及ぼす影響については今後検討していきたい。

4 おわりに

2002 年度から 2004 年度まで都内運河域等の水域で魚類を採捕して、生殖腺の観察を行った。採捕した魚類のうち、ボラ、スズキ、マアナゴ等の雄に精巣卵が認められた。ボラの精巣卵については、運河域で採捕された個体に多く認められた。雄ボラの血液中のビテロゲニンを測定したところ、運河域の雄ボラは、沖合い域の雄ボラに比べて著しく高い濃度であった。2004 年度に行った水質調査では、LC-MS/MS 法によるエストロゲン作用強度は、下水処理場 6 ~ 55ng/ℓ、運河域 4 ~ 25ng/ℓ、沖合い域 ND ~ 0.5ng/ℓ であった。2003 年度調査でも運河域のエストロゲン作用強度は、下水処理場と同レベルであった。林ら¹⁴⁾は、16ng/ℓ の 17 β-エストラジオールにメダカを暴露し、精巣卵が発現することを明らかにした。雄コイは、河川水のエストロゲン作用強度が 10ng/ℓ 以上であると高濃度のビテロゲニンを産生する傾向がみられた¹⁾。これらのことから、都内運河域の雄ボラに認められた精巣卵や高濃度のビテロゲニン産生は、運河域に流入する下水処理場放流水のエストロゲンとの関連性が高いと推測される。

謝辞

(財)東京都内湾漁業環境整備協会からは羽田沖の魚類検体を提供していただいた。マアナゴの生殖腺摘出については、東京都水産試験場の協力を得た。

ここに、関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献

1) 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 8）、東京都環境科学研究所年報、45-55

(2002)。

2) 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 9）、東京都環境科学研究所年報、56-65 (2002)。

3) 和波一夫ら：都内水域の環境ホルモン問題に関する研究（その 1）、東京都環境科学研究所年報、55-62 (2003)。

4) 和波一夫ら：都内水域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、101-109 (2004)。

5) 嶋津暉ら：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)。

6) 東京都環境局、平成 15 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果 (2004)。

7) 堀田秀之：長崎県樺島のいわゆる“カスミボラ”について、魚類学雑誌、162-169 (1955)。

8) 小林牧人；足立伸次：生殖、魚類生理学の基礎、会田勝美編、恒星社厚生閣、155-184 (2002)。

9) 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)。

10) 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)。

11) 有菌幸司：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)。

12) 環境省環境保健部：ノニルフェノールが魚類に与える内分泌攪乱作用の試験結果に関する報告 (2001)。

13) 山下信義ら：柱状底質中の内分泌活性物質、化学総説、50、206-212 (2003)。

14) 林彬勸ら：メダカ (*Oryzias latipes*) 精巣卵の定量的検出のための新手法 (小片化法)、水環境学会誌、725-730 (2003)。