

魚のメス化と環境ホルモンの影響

～これまでの研究結果を総括して～

応用研究部 和波一夫

1 はじめに

内分泌かく乱化学物質(環境ホルモン)によるホルモン作用かく乱は、野生生物等に様々な影響を及ぼすことが懸念されている。なかでも性ホルモン作用のかく乱は、生殖機能に影響する問題であり、この分野の調査研究が進められている。河川水等には天然エストロゲンの様に作用する人工化学物質(エストロゲン様物質)が存在することが知られているが、魚類などの生物に及ぼす影響を把握するためには、人畜から排出され水環境に流入している天然エストロゲンも合わせて調査し、総合的な評価を行う必要がある。

2 環境ホルモン研究の概要

1998年、多摩川のコイに関する生殖異変の調査結果が横浜市立大学等のグループから発表され、「多摩川のコイはメス化している」と大きく報道された。その発表を受けて、当研究所では、都内水域における魚類の生殖異変の実態、その原因物質とされる内分泌かく乱化学物質の水環境中の挙動と下水処理場からの排出実態、メダカを用いた室内曝露試験、環境ホルモン物質の分析法などの検討を行ってきた。ここでは、上記の研究結果を総括して報告する。

3 調査研究の内容と実施年度

- (1) 魚類調査：都内河川に生息するコイの生殖異変の実態を明らかにする調査研究(1998年度から2001年度)、都内海域に生息するボラ等の生殖異変の実態を明らかにする調査研究(2002年度から2004年度)
- (2) 水質調査：ELISA法、遺伝子組み換え酵母法、LC-MS/MS法を利用した水環境中のエストロゲン測定、エストロゲン流入負荷量の把握(1999年度から2004年度)
- (3) 下水処理場調査：下水処理工程におけるエストロゲンの収支等の調査(2000年度から2001年度)

4 調査結果

(1) 多摩川のコイの性比

多摩川とその支川で1998～2001年度合計962尾のコイを採捕した。雌雄数は、雌466尾、雄496尾であり、性比に著しい偏りは認められなかった。

(2) ビテロゲニン

多摩川等で採捕した雄コイの血中ビテロゲニンと調査地点のエストロゲン作用強度の関係を図1に示す。エストロゲン作用強度が高い地点はビテロゲニンが高く、エストロゲン作用強度が低い地点はビテロゲニンも低かった。エストロゲン作用強度が高い地点は、いずれも下水処理水の影響を大きく受けている地点であった。

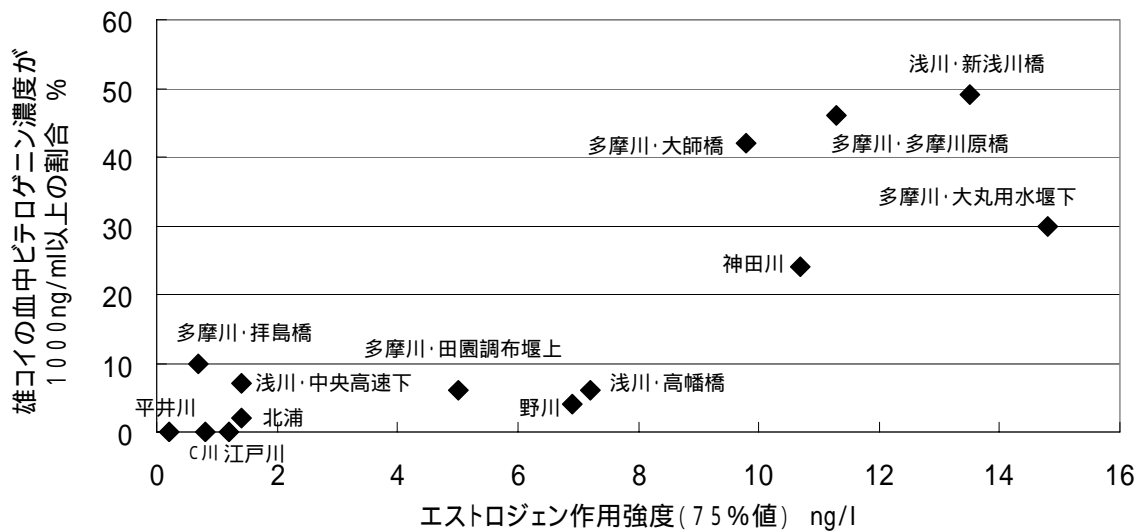


図1 河川水中のエストロゲン作用強度と雄コイのビテロゲニン

(3) コイの生殖腺異常

都内河川のコイの精巣異常出現率は、多摩川では10%、神田川では17%であった。精巣異常の多くは、不明細胞が増殖したものや腫瘍形成したものであった。一方、卵巣異常出現率は多摩川では3%、神田川では2%であり、この卵巣異常のほとんどは退行変性卵（卵が成熟する過程で、水温、光周期、溶存酸素量などの環境条件の変動により引き起こされることが知られている）であった。雄と雌の生殖腺異常の出現率の違いはエストロゲンの影響を示唆しているが、現時点では生殖腺異常の原因は不明である。

(4) 河川水のエストロゲン作用強度の測定

下水処理場放流水の流入で多摩川河川水のエストロゲン作用強度は流入直後に上昇するが、その後、流下とともに速やかに低下することがわかった。この消失機構を明らかにするため、多摩川の縦断調査と模擬河川水路実験を行った。その結果、河川におけるエストロゲン作用強度の消失は主に河床の石に付着した微生物の分解によるものと推測された。

(5) 人工化学物質のエストロゲン作用強度

ノニルフェノール等の人工化学物質のエストロゲン作用強度は、同じ濃度であれば、天然エストロゲンの5000分の1以下であり、極めて小さいことがわかった。多摩川の河川水中の人工化学物質は、河川中の天然エストロゲンに比べて濃度が2桁以上高いことがあるが、エストロゲン作用強度としては天然エストロゲンの数十分の一以下であった。

(6) 下水処理場におけるエストロゲンの収支

多摩川流域の3つの処理場を対象に調査したところ、下水処理場のエストロゲン平均除去率は69%であった。エストロゲン除去率に影響する重要な要因は、ばっ気槽の処理時間であり、処理時間が長くなれば、放流水のエストロゲン濃度が低下することが示唆された。

(7) 都内海域の調査

都内海域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。ボラ、コノシロ、スズキ、マアナゴなどの魚種に精巣卵（精巣組織中に卵母細胞が存在するもの）が認められた（図2）。

雄ボラの血中ビテロゲニンを測定したところ、下水処理場放流水が流入する運河部で採捕した雄ボラから 100,000ng/ml を超えるビテロゲニンが検出された。長崎大学のボラ調査（米山健太ら、第4回環境ホルモン学会研究発表会要旨）では、沖縄 200 ng/ml、八代海 800 ng/ml、長崎港 2300～4100 ng/ml であり、これらに比べると著しく高濃度であった。

河川と下水処理場の水質調査から、都内海域へのエストロゲン流入負荷量を試算したところ、エストロゲン流入負荷量の 30～46%は河川からであり、54～70%は海域に面した下水処理場から流入しているという結果が得られた。

5 まとめ

都内水域に生息する魚類の生殖異変について調査した結果、コイの性比の偏りは認められなかったが、雄魚のビテロゲニン産生がみられた。このビテロゲニン産生の原因は環境ホルモンではなく天然エストロゲンの影響と推測された。精巣異常については、天然エストロゲンの影響が示唆されたが、現時点では原因が不明であり、この解明は今後の課題である。

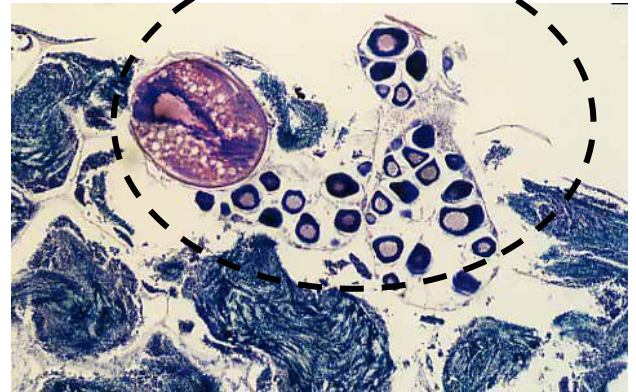


図2 コノシロの精巣卵（点線内）

用語説明

内分泌かく乱化学物質（環境ホルモン）

動物の生体内に取り込まれた場合に、本来、その生体内で営まれている正常なホルモン作用に影響を与える外因性の物質（環境省の環境ホルモン戦略 SPEED 98）。

天然エストロゲン（Estrogen）

女性ホルモンの 17 - エストラジオール、エストロン、エストリオールの総称。女性ホルモンは女性の生殖器官の発育を促進する卵胞ホルモン（エストロゲン）と妊娠に関係する黄体ホルモン（プロゲステロン）があるが、一般には、前者を意味することが多い。

エストロゲン作用強度

ノニルフェノールなどの人工化学物質がエストロゲンとして作用するときの強さをいう。また、人畜由来の天然エストロゲンが流入した河川水等が、エストロゲンとして作用するときの強さもエストロゲン作用強度という。エストロゲン作用強度は、天然エストロゲンの中で最も強い作用強度をもつ 17 - エストラジオールの換算濃度で表示する。

ビテロゲニン（Vitellogenin）

産卵性動物（魚類、爬虫類、鳥類など）の卵黄タンパク質前駆体。雌ではごく普通に存在する物質である。通常、雄はビテロゲニンを産生しないが、天然エストロゲンやノニルフェノールを投与するとビテロゲニンを産生することが知られている。