生物生息環境・自然浄化機能に関する調査研究
― ヤマトシジミの分布と環境因子との関係 ―

石井 裕一　和波 一夫　木瀬 晴美*　安藤 晴夫　石井 真理奈**
（*非常勤研究員　**東京都環境局自然環境部）

要　旨

東京都の沿岸域において、希少種であるヤマトシジミを含む水生生物の生息状況調査および水質・底質の調査を実施し、生息場の環境因子との関係を検討した。都沿岸域においては、ヤマトシジミは、運河部および海浜公園ではその個体数密度は小さく、多摩川や中川等の河川の河口部に多く分布していた。また同一河川の河口であっても、環境因子によってその個体数密度のバラツキは大きかった。底質環境との関係をみると、既往の研究報告と比べ、含泥率が高い地点に分布中心があり、生息限界とされる 50%程度の含泥率であってもヤマトシジミは比較的高密度で生息していた。また酸化還元電位が低く還元的環境下あっても河川河口部では生息していることが確認された。ヤマトシジミの生息場環境評価のため底質環境に関する SI モデル・HSI モデルを構築し、実測データと比較したところ、有意な予測式が推定されたが、その相関性は小さかった。今後は水質・底質等の環境条件のみならず、ヤマトシジミの発生場所等の生態的な条件も考慮する必要があると考えられた。

キーワード：ヤマトシジミ、生息場適性指数、河川河口部、東京湾

1　はじめに

沿岸の浅瀬や干潟、河口域などは、市民にとって身近な水辺空間であると同時に、生物にとっても重要な生息場であり、貴重な生態系が形成されている。こうした沿岸域は、レクリエーションや水質浄化、水産資源などさまざまな生態系サービスを提供している[1~3]。

沿岸の汽水域に生息する二枚貝ヤマトシジミ（*Corbicula japonica*）は、国内の内水面漁業のなかでも重要な資源生物であるが、その漁獲量は激減しており、環境省レッドリストでは準絶滅危惧種に指定されている。その一方で、都内水域においては、水質環境の改善に伴い、近年ヤマトシジミの漁獲量は増大していることが確認されている[4]。東京湾への流入河川である多摩川でもヤマトシジミが増加し、漁業者や市民による採取が盛んに行われるようになり、乱獲による資源枯渇が危惧されている。そのため東京都は、ヤマトシジミの適正な資源管理のため、2013 年 9 月 1 日に多摩川でのヤマトシジミ漁の漁業権を半世紀ぶりに復活させた。

東京都では 2012 年度に生物多様性地域戦略が策定され、生物多様性の保全や希少種の生息場保全に向けた様々な取り組みがなされており、都内水域におけるヤマトシジミの生息状況や生息場の特性の把握は、水産資源の保護という観点だけでなく、希少種の生息場保全や創出のためにも極めて重要であると考えられる。

本研究では、準絶滅危惧種でありながら都内水域では漁獲量が増大しているヤマトシジミの生息場の保全や創出の一助として、運河や河川の河口、海浜公園といった沿岸の身近な水辺において、その生息状況を調査した。さらに、水質や底質の生息場の環境因子を調査し、ヤマトシジミの生息状況と生息場の環境因子との関係を検討した。

2　方法

本調査は、表 1 および図 1 に示したとおり、運河、河川河口および海浜公園において、2010 年度から 2012 年度まで、3 ヶ年に亘り実施された。2010 年度は運河部の 4 ヶ所の水域（森ヶ崎の鼻：10 地点、大井ふ頭中央海浜公園：8 地点、勝島運河：4 地点、大井北埠頭橋付近 2 地点）を対象とし、6 月から 9 月にかけて 1 回/月の頻度で調査を実施した。2011 年度は東京湾への流入河川の河口部を対象とし、9 月から翌年 3 月までの期間に隔月で 5 ヶ所の水域（多摩川河口：21 地点、砂町

表 1　各年度の調査概要

実施年度	2010	2011	2012
	運河	河口	海浜公園
調査水域	・森ヶ崎の鼻 ・大井ふ頭中央海浜公園 ・勝島運河 ・大井北埠頭橋	・多摩川 ・砂町運河 ・荒川 ・中川 ・旧江戸川	・葛西臨海公園東なぎさ ・お台場海浜公園 ・大井ふ頭中央海浜公園夕やけなぎさ ・城南島海浜公園
調査地点数	24	35	23
調査期間・頻度	6～9月・1回/月	9～3月・1回/2月	6～9月・1回/月

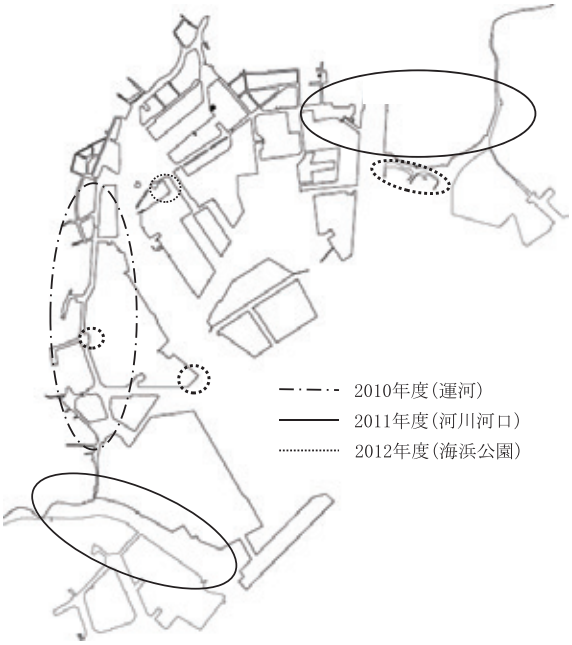

図 1　各年度の調査水域概要

運河：2 地点、荒川河口：7 地点、中川河口：1 地点および旧江戸川河口：4 地点）において調査を実施した。2012 年度は 4 ヶ所の海浜公園（葛西海臨海園東なぎさ：12 地点、お台場海浜公園：4 地点、大井ふ頭中央海浜公園夕やけなぎさ：4 地点、城南島海浜公園：3 地点）を対象とし、6 月から 9 月まで 1 回/月の頻度で調査を実施した。3 ヶ年での調査地点は 13 水域 82 地点である。

各調査地点において、底生動物試料および底泥試料の採取、底生動物の同定・計数および底質試料分析を行った。底生動物の採取は調査船上からエックマンバージ型採泥器（0.15m×0.15m = 0.0225m^2）を用い、調査船の進入が困難な浅瀬や干出している地点では上陸し、ハンドスコップを用いて採泥器と同面積の底泥を深さ 10cm まで採取した。各地点において 3 回底泥を採取し、3 回分の混合試料（0.0225m^2×3 回 = 0.0675m^2）を 1mm メッシュのふるいで選別した。ふるい上に残った底生動物試料はホルマリン溶液で固定し、実験室に持ち帰り種同定および計数を行った。

底泥試料については底生動物試料と同様の方法で採取し、現地にて泥温を計測した。また底泥の還元状態の指標となる酸化還元電位（ORP：Oxidation – Reduction Potential ）を併せて測定した。ORP は実測値を温度補正し、標準水素電極を基準極とした際の電位（Eh）として用いた。採取した底泥試料はスチロール瓶に封入し、冷温状態で実験室に持ち帰った後、有機物量の指標となる強熱減量（IL ：Ignition Loss）および生物対する毒性物質の指標となる酸揮発性硫黄化合物（AVS：Acid Volatile Sulfides）含有量を測定した。さらに、各年度 9 月に採取した底泥試料については粒度分析を行い、中央粒径および泥分率を算出した。

また試料採取時に、同水域内において底泥直上水（底泥上 10cm）の水温、塩分および溶存酸素濃度を多項目水質計を用いて計測した。

各地点におけるヤマトシジミの個体数および生息場の底質に関する環境因子データから、都内沿岸域におけるヤマトシジミの生息状況を整理し、生息場の環境因子との関係を HSI（Habitat Suitability Index：生息場適性指数）を用いて検討した。HSI は、ある種の生物にとっての生息場の適性を表す指数で、対象とする生物とその種の生息場の適正を規定する個々の環境因子との因果関係を示したモデル [5] である複数の SI（Suitability

Index：適性指数）モデルを統合し導出される。対象とする生物種の生息場としての適性度を0から1までの標準化した数値で表現するもので、ある地点の生息場としての「質」を定量的に評価することができる。

3　結果と考察

(1) 運河、河川河口および海浜公園におけるヤマトシジミの分布状況

運河、河川河口および海浜公園におけるヤマトシジミの個体数を図2に示す。各水域（各年度）とも9月調査において各調査地点で採取されたヤマトシジミの個体数の平均値として図示している。　運河部では森ヶ崎の鼻の複数の地点で1～2個体程度が確認されたが、その他の多くの調査地でヤマトシジミは採取されず、その個体数密度（個/0.0675m^2）は24地点の平均で0.3（最小：0～最大：2）と極めて低い値であった。河川河口部のヤマトシジミ個体数密度は、35地点平均で10.7であり、3水域の最も大きい値であった。多摩川河口および中川河口がヤマトシジミの個体数密度が大きく、多摩川河口では21地点平均で14（0～115）、調査地点が1地点の中川河口は63であった。旧江戸川河口は4地点平均で4.5（2～6）と比較的小さい値であり、荒川河口およびそれに接続する砂町運河ではいずれもヤマトシジミは採取されなかった。砂町運河については、ヤマトシジミに限らず底生動物はほとんど生息していないが[6]、　荒川では別途実施したヤマトシジミの分布域把握調査[7]において、葛西橋から小松川橋まで区間で高密度のヤマトシジミの生息が確認されている。本調査の採取地点はそれよりも下流に位置しているが、500m程度しか離れておらず、ヤマトシジミの生息範囲は極めて限定的なものであると考えられる。海浜公園については、運河部と同様にヤマトシジミ生息密度は小さく、23 地点平均で0.6であった。葛西臨海公園東なぎさでは、岸寄りの複数の地点で1～7個体のヤマトシジミが採取されたが、沖合の地点では生息は確認されなかった。大井ふ頭中央海浜公園夕やけなぎさでは最も岸寄りの地点で 2 個体が採取された。お台場海浜公園および城南島海浜公園ではヤマトシジミの生息は確認されなかった。これらの結果から、都沿岸域では、河川の河口部に比較的高密度でヤマトシジミが生息していることが確認された。

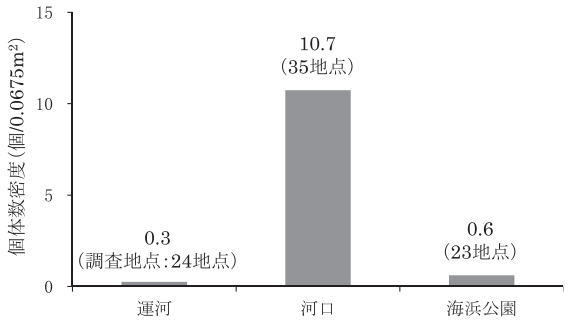

図2　運河、河川河口および海浜公園におけるヤマトシジミ個体数の比較

(2) 河川河口部の底質環境とヤマトシジミの生息状況との関係

ア　SIモデルによる適性な環境条件の検討

上述のとおり、河川の河口部にヤマトシジミの分布が集中していたことから、河口部を対象とてし、ヤマトシジミの生息状況とその生息場の環境因子との関係を検討することとした。

ヤマトシジミの生息地は、淡水と海水が混合する汽水域であるため、その生息条件として水中の塩分との関係[8]が検討されている。また、底生動物の生残に直結する溶存酸素（DO）濃度との関係[9]についても検討がなされている。しかしながら、ここで対象とする河川河口部のような潮間帯では、潮汐の影響によって水質環境は短時間で大幅に変動する。したがって本調査のような1回/月程度の散発的な調査では、時々刻々変化する塩分やDO濃度の代表値（あるいは最低値や最高値）を把握することは難しい。さらに、干潟のように干出する地点においては、水質のみでその場の環境を評価することは妥当ではない。そのため、ここでは底泥に関する環境因子（泥温、含泥率、IL、AVS、Eh）とヤマトシジミとの関係を検討することとした。図 3 に河川河口部各地点におけるヤマトシジミのSI値と生息場の底質に係る環境因子との関係を示す。河川河口部で全4回実施した調査で得られたデータ（n=140）を用いている。含泥率については、底泥粒度分布の分析は2011年9月のみ実施しているため、2011年11月および2012年1月、3月については、各地点とも 9 月時点の値を代用した。SI値はヤマトシジミの個体数密度のデータを最大値で除し無次元化した数値であり、図中の破線はヤマトシジミの各環境因子に対するSIモデルである。なお、河川河

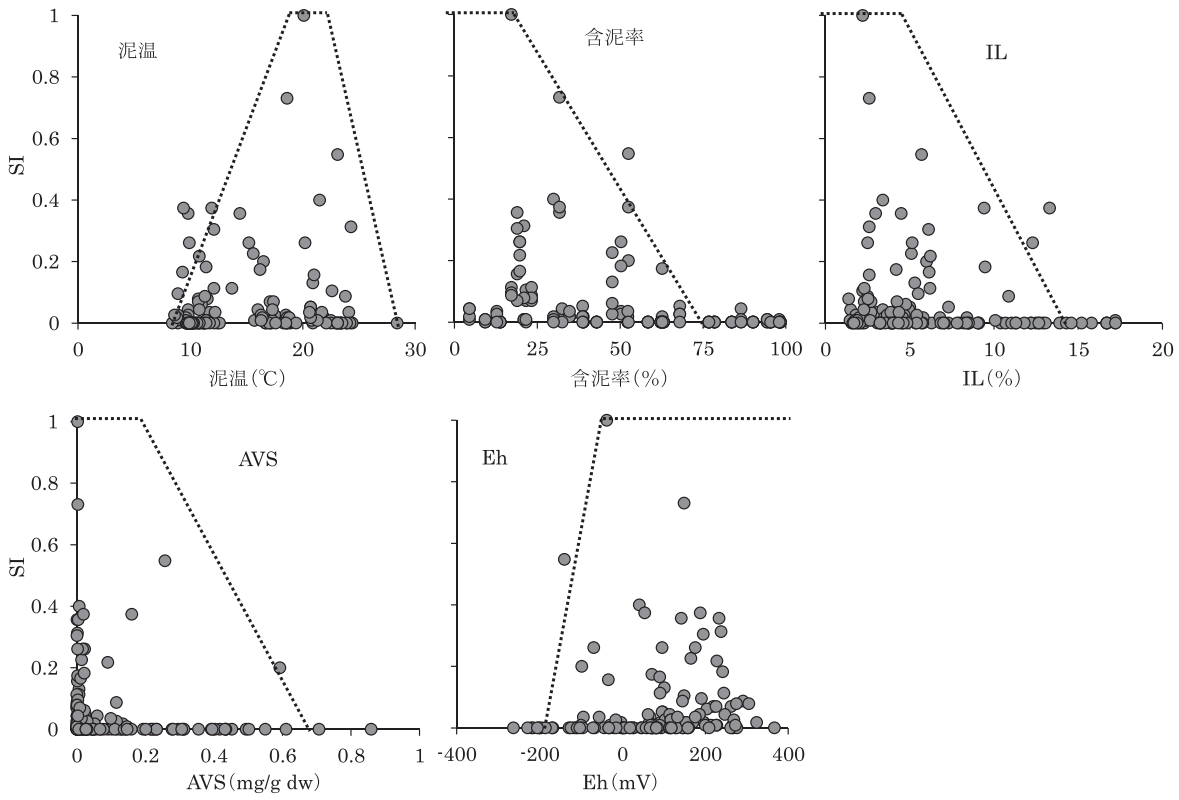

図 3　河川河口を対象としたヤマトシジミの泥温、含泥率、IL、AVS および Eh に対する適性指数 SI

口部における調査地点および底質環境に関するデータの詳細は、著者らによる既報 [6] を参照されたい。

最大個体数密度（115 個体/0.0675m²）となった地点の泥温は 20.1℃であった。小林らは多摩川における調査結果から、ヤマトシジミの生息に対する好適泥温は 19～22.5℃と推定している [10]。本調査で最大個体数密度を記録したさいの泥温度はこの範囲内にあり、妥当であると考えられる。したがって泥温に関する SI モデル（$SI_{泥温}$）では 19.0～22.5℃の範囲を好適条件（=1）とした。また生息下限および上限については、実測データの最低値（8.4℃）および最高値（28.4℃）を $SI_{泥温} = 0$ の境界とした。

含泥率の好適条件については島根県・宍道湖における現地調査結果では 10%以下 [11]、茨城県・涸沼における稚貝の分布調査結果では 5%以下 [12] と報告されている。また両湖沼においてもその 50%程度が生息限界と推定されている。しかしながら本調査においては含泥率 17.2%で個体数密度が最大となった。この値は宍道湖や涸沼における好適条件の範囲外ではあるが、多摩川河口における実測データを優先し、含泥率に関する SI モデル（$SI_{含泥率}$）では 17%以下を 1 とした。また上限値については、生息限界とされる含泥率 50%程度でも比較的高密度で生息していた。したがって実測データのプロットから 75%を生息限界とし、それ以上を $SI_{含泥率} = 0$ とした。

IL については 5%以下が好適条件、14%が生息限界とされている [11]。青森県・小川原湖 [13] における現地調査結果からもほぼ同様な結果が得られている。これは多摩川河口における実測データおいても概ね妥当な条件であると考えられる。したがって、本報の IL に関する SI モデル（SI_{IL}）においても、IL が 5%以下を 1、14%以上を 0 とした。

AVS は、底生動物の分布 [14] や多様性 [6] に影響を及ぼす重要な環境因子である。水産用水基準 [15] において、

AVS を含む硫化物の含有量は 0.2 mg/g-dw 以下が望ましいとされている。多摩川河口のデータをみると、ヤマトシジミが比較的高密度の地点は、AVS が概ね 0.2 mg/g-dw 以下の範囲が多くなっていた。したがって、AVS に関する SI モデル（SI_{AVS}）では水産用水基準の硫化物の基準値を適用し、0.2mg/g-dw 以下を 1 とした。また生息上限値については、実測データのプロットから 0.7 以上を 0 とした。

Eh については、富田ら[16]は 60mV 以上を 1、45mV 以下を 0 として、ヤマトシジミ関する HSI モデルを構築している。ヤマトシジミは貧酸素・無酸素耐性が強く、水温 28℃の実験条件下で、DO 濃度が 1.5mg あれば生存にほとんど影響せず、水温が 20℃であれば、無酸素状態でも 40 日間生存していたことが報告されている[11]。これらの事から、還元的環境ではあるものの、実測データのプロットから-30mV 以上を 1、-200mV 以下を 0 として Eh に関する SI モデル（SI_{Eh}）を構築した。

イ　HSI 値の算出と実測データとの比較

ヤマトシジミの生息場の環境因子に関する 5 つの SI モデルに基づき、HSI（Habitat Suitability Index：生息場適性指数）を次式により算出した。

$$HSI = SI_{泥温} \times SI_{含泥率} \times SI_{IL} \times SI_{AVS} \times SI_{Eh}$$

HSI モデルを作成するにあたり、各 SI モデルの結合式の決定には明確な数学的理論はない[5]。そのため、算術平均や幾何平均等による結合を試行し、実測値との相関係数が最も大きくなった上式を採用した。図 4 に各地点における HSI 値とヤマトシジミの個体数密度との関係を示す。個体数密度をそのまま用いた場合、算出された HSI 値と実測値とは、有意な相関関係（$p < 0.01$）が得られたが、その相関係数は $r = 0.28$ と小さかった。村上らは[5]、底生生物など生息環境により生息密度が大きく異なる種を対象とした SI モデルおよび HSI モデルの構築には、個体数などの生息密度の頻度分布を考慮し、その偏りを小さくするためのデータの変換が重要であると指摘している。村上らによる造成干潟および天然干潟におけるアサリ（*Ruditapes philippinarum*）の HSI モデル[5]にならい、ヤマトシジミ個体数密度に対してルート変換および対数変換を行い比較したところ、アサリでの事例と同様に、無変換に比べいずれも相関係数は大きくなるものの（r=0.35 および 0.36）、弱い相関しか得られなかった。

今回は、底質に関する複数の環境因子を用い、ヤマトシジミの生息場の最適条件を推定することを試みたが、有用な推定式を得るには至らなかった。潮間帯の環境条件の適切な評価のために、今後は塩分や DO 濃度の連続観測を実施し、水質環境を含めた推定式の検討が必要と考えられた。

また久保田ら[9]は、ヤマトシジミの個体数は、IL 等の底質環境のみならず、その発生場所からの距離も大きく影響していることを報告している。さらに、数年に一度のヤマトシジミの大量発生（卓越年級群）が、当該水域におけるヤマトシジミ個体数の維持に大きく影響している可能性についても言及している。したがって、ヤマトシジミの生息場保全や創出を目指した生息適地の

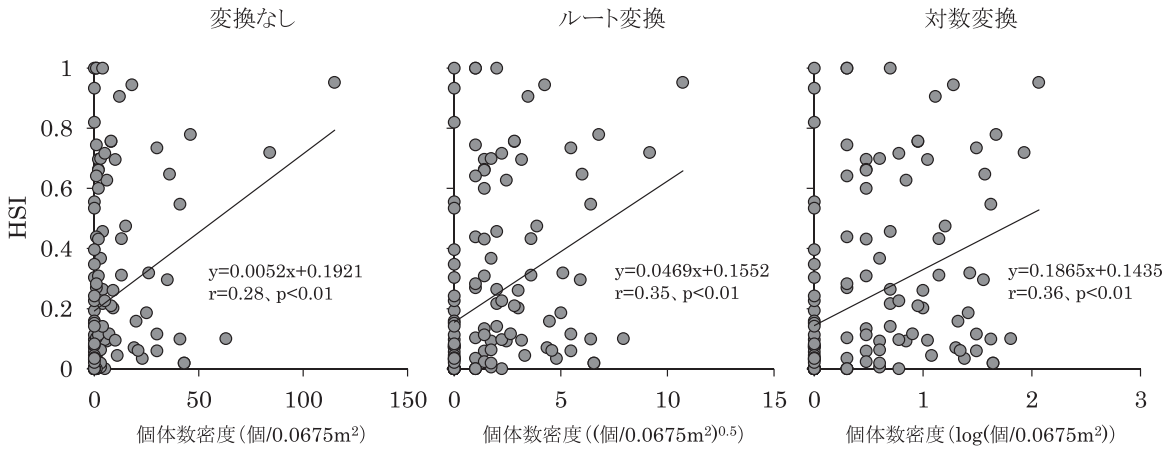

図 4　HSI と個体数密度の実測値、ルート変換値および対数変換値との比較

推定には、水質・底質等の環境条件のみならず、発生場所や卓越年級群等の、ヤマトシジミの生態な条件も考慮する必要があると考えられた。

4　まとめ

都内沿岸域において、3ヶ年に亘って身近な水辺空間である運河、河川河口および海浜公園を対象とし、希少種ヤマトシジミの分布状況の把握、生息場の環境因子との関係を検討した。得られた知見は以下のようにまとめられる。

(1) 都沿岸域においては、ヤマトシジミは、運河部および海浜公園ではほとんど生息しておらず、多摩川や中川等の河川の河口部に多く分布していることを確認した。また同一河川の河口であっても、その個体数密度のバラツキは大きかった。

(2) 既往の研究報告と比べ、含泥率が高い地点に分布中心があり、生息限界とされる 50%程度の含泥率であっても、ヤマトシジミは比較的高密度で生息していた。またEhが低く還元的環境下あっても生息していることが確認された。

(3) ヤマトシジミの生息場環境評価のための底質の環境因子を用いたSIモデル・HSIモデル構築したが、十分な予測式は得られなかった。今後は水質等の環境条件に加え、ヤマトシジミの発生場所等の生態的な条件も考慮する必要があると考えられた。

参考文献

1）木村賢史、鈴木伸治、西村修、稲森悠平、須藤隆一：葛西人工海浜における生物生息環境の不安定化に係わる環境因子の検討、土木学会論文集、664、pp. 55–63（2000）

2）小林達明、野田泰一、鈴木奈津子、稲田陽介、清水良憲、桑原茜、高橋輝昌：東京湾の自然渚・人工渚における底生動物群集のハビタット分析、日本緑化工学会誌、29、pp. 62–67（2003）

3）青木茂、柳内健、水野佑亮、岡本研、日野明徳：東京湾内湾における人工および天然干潟の二枚貝相とその生態系サービス、日本水産学会誌、77、pp. 606–615（2011）

4）和波一夫、石井裕一、安藤晴夫、木瀬晴美：都内水域における二枚貝ヤマトシジミの生息状況、用水と廃水、55、pp. 696–703（2013）

5）村上和夫、田中章、久喜伸晃、林永悟、明瀬一行、宮本由郎、市村康：HSIモデルの構築と干潟の生物生息環境調査、海岸工学論文集、52、pp.1146-1150（2005）

6）石井裕一、和波一夫、木瀬晴美、安藤晴夫：都市河川口域の底生動物と底質環境との関係、東京都環境科学研究所 年報 2012、pp. 9-16（2012）

7）和波一夫、石井裕一、安藤晴夫、木瀬晴美：都内水域におけるヤマトシジミ、ホンビノスガイの分－多摩川・荒川・京浜運河等の調査から－、東京都環境科学研究所 年報 2012、pp. 99-100（2012）

8）梅田信、小西絵里子、田中仁、佐々木幹夫：浅い汽水湖における塩分変動解析、水工学論文集、54、pp.1423-1428（2010）

9）久保田光彦、藤原広和、長崎勝康、吉田由孝、細井崇：小川原湖における水質・底質環境およびヤマトシジミの生息状況、海岸工学論文集、53、pp.1091-1095（2006）

10）小林弘明、永山恵、岩渕美香：多摩川河口干潟の生物及び底質調査結果（2011年度）：川崎市公害研究所 年報、39、pp.57-70（2012）

11）中村幹雄：宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME と環境との相互関係に関する生理生態学研究、島根県水産技術センター 研究報告、9、237pp（1998）

12）山崎幸夫、須能紀之、根本隆夫：涸沼におけるヤマトシジミ稚貝の分布と底質環境、茨城内水面水産試験場研究報告、41、pp.25-31（2008）

13）藤原広和、玉井翠、奥山紘平、河野翔太、長崎勝康、細井崇：現地観測に基づく小川原湖の底質環境とヤマトシジミの分布に関する考察、水工学論文集、53、pp.1309-1314（2009）

14）園田吉弘、滝川清、床次武富、今村義郎、齋藤孝：有明海湾奥部における底質の堆積環境特性と底生生物の分布特性、土木学会論文集 B2（海岸工学）、B2-65、pp.1236-1240（2009）

15）日本水産資源保護協会：水産用水基準（2005年版）、日本水産資源協会、95pp（2006）

16）富田智、岩井克巳、市村康、土屋正隆、阿部徹：太田川市内派川における HSI 手法を用いた場の評価、第60 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集、p.Ⅶ-8（2008）