

宮城県鳴瀬川における底生動植物による水環境の評価及び 魚類の生物的指数による環境構造健全度の評価

白石 一成*1・松崎 圭佑*1・上田 賢一*1・野知里 優希*2

Assessment of water qualities for aquatic animals and diatoms, and assessment of environmental soundness for fishes in the Naruse River in Miyagi Prefecture, Japan.

Kazunari SHIRAISHI*1, Keisuke MATSUZAKI*1, Ken-ichi UEDA*1 and Yuki NOCHIRI*2

キーワード：底生珪藻種, 汚濁指数, 底生動物, 平均スコア, 魚類相

宮城県の河川、湖沼といった内水面水域には、内水面漁業や遊漁の主要な対象となるイワナ、ヤマメ、アユ、ウナギ、ウグイ、フナ類といった多様な淡水魚が棲息している¹⁾。河川域では、種々の要素が魚類やその餌料となる底生動物の生息場所に影響を及ぼす²⁻⁴⁾とされるが、各要素の中でも河川水質は取分け重要である。

底生動物と河川環境との関係性には、多くの研究例⁴⁻⁶⁾があり、また、各種水質への出現特性を利用した生物学的水質判定法が開発されている²⁾。環境省・国土交通省⁸⁾も底生動物モニタリングによる簡易判定法による調査結果について、汚濁原因を考え得るための手法として普及し、その活用を進めている。

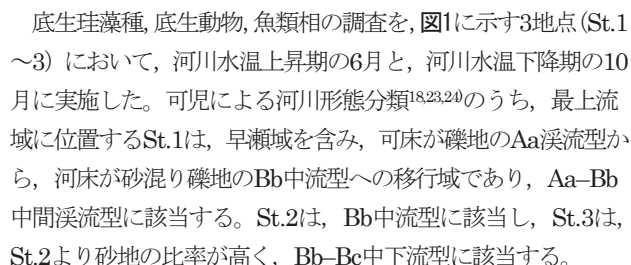
栄養段階が低次の底生珪藻類でも、多くの研究者が水質に対する出現特性を報告している⁹⁻¹¹⁾。底生珪藻類は採集が容易なことから、水質評価の指標として広く活用され、3種の識別珪藻群を用いた方法によって水質が評価されている^{12,13)}。

魚類では、河川環境や河床の性状、植生との関係についての研究^{4,14-18)}が行われ、魚種毎に生息環境の評価も試みられており^{19,20)}、生息環境の環境構造の変遷を考えるための手段として用いられている²¹⁾。

鳴瀬川は、宮城県中央部を横断し、河川法で産業上並びに保全上特に重要と位置づけられた一級河川である。鳴瀬川では、水産技術総合センター内水面水産試験場によって水生生物モニタリング調査が継続的に実施され、1997～2009年の状況が取纏められている²²⁾。ここでは、鳴瀬川における2010年以降の

底生珪藻群と底生動物の結果から水環境を評価し、魚類相の結果から、環境構造の健全度²¹⁾を評価したので報告する。

材料と方法

底生珪藻種、底生動物、魚類相の調査を、に示す3地点 (St.1～3) において、河川水温上昇期の6月と、河川水温下降期の10月に実施した。可児による河川形態分類^{18,23,24)}のうち、最上流域に位置するSt.1は、早瀬域を含み、可床が礫地のAa溪流型から、河床が砂混り礫地のBb中流型への移行域であり、Aa-Bb中間溪流型に該当する。St.2は、Bb中流型に該当し、St.3は、St.2より砂地の比率が高く、Bb-Bc中下流型に該当する。

底生珪藻種調査

底生珪藻種の3群による水質判定手法^{11,12)}に従い、珪藻種を採集した。5×5cm方形枠を用いて、河床の礫に着生する珪藻類をブラシで剥離し採集した。採集作業を隣接する3箇所の礫で行って1つの標本を作製したのち、ホルムアルデヒド液を濃度5%となるように添加した。底生珪藻類は、可能な限り低位の分類群まで同定して殻数の測定を行い、次式により汚濁指数SI (Saprobic Index) ¹²⁾を算出した。

$$SI = \sum nd / \sum n$$

ここで、n：計数した各珪藻種の殻数、

d：各珪藻種に与えられた汚濁階級指数 とした。

*1 水産技術総合センター, *2 水産技術総合センター内水面水産試験場

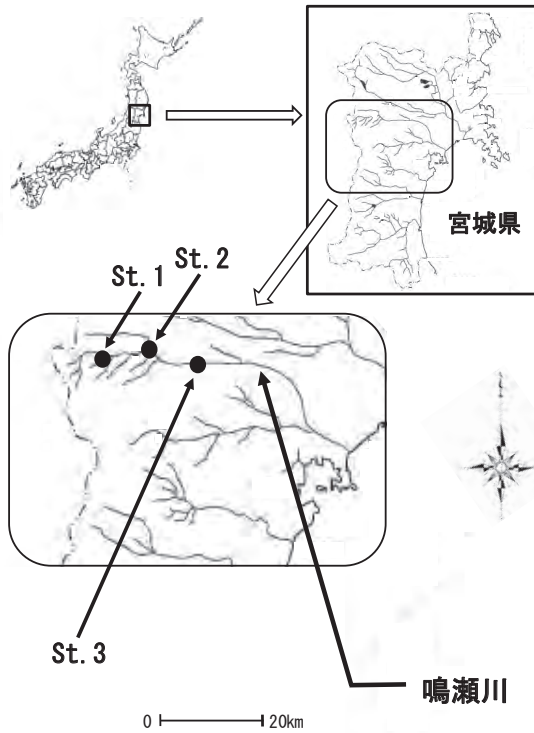


図1 鳴瀬川における底生動物及び魚類相の調査地点

さらに、汚濁指数SIから水域毎に汚濁階級を求めた。各水域の汚濁階級は、1.00以上1.25未満が貧腐水域（綺麗な水域）、1.25以上1.75未満が貧腐水β-中腐水域、1.75以上2.25未満がβ-中腐水域（やや綺麗な水域）である^{9,12}。

底生動物調査

底生動物による水質評価手法^{7,24}に従い、底生動物を採集した。30×30cmのコドラート付きサーバーネットを用い、河床の礫を攪拌し流下した底生動物を採集した。採集作業を隣接する3箇所で行って1つの標本を作製したのち、ホルムアルデヒド液を濃度10%となるように添加した。底生動物は、可能な限り低位の分類群まで同定し、次式により平均スコアASPT (Average Score Per Taxon) ²⁴を算出した。

$$ASPT = \sum ts / \sum t$$

ここで、t：出現動物種の所属する科の数

s：出現した科に与えられたスコア値 とした。

ただし、同一の科内に、複数の種が出現した場合も、出現した科数は1として扱った。

平均スコアASPTの結果から、河川水質環境の良好性²⁴を判

定した。平均スコアの階級は、7.5以上がとても良好、6.0以上7.5未満が良好、5.0以上6.0未満がやや良好、5.0未満が良好とは言えない水質を示す。また平均スコアと環境構成要素の研究結果²⁴から、平均スコアが高ければ水質が良好で、人為影響が少なく自然状態に近い環境を示し、更に8.0以上の値は水質が良好で、かつ周辺には自然要素が多く残された環境を示すことが分かっている。

魚類相調査

河川水辺の魚類調査手法²⁵に従い、投網（目合26節、一目12mm、長さ3m）を用いて魚類を採集した。地点毎に20回の投網採集で得られた魚類を合計して1つの標本を作製した。魚類は種まで同定し、各地点に出現した魚種の結果から、生物学的指数BIを求め、環境構造の健全度²⁶を評価した。

初めに、2002~2017年に出現した記録が残る魚種のリスト（地点別月別のレファランスリスト）に加えて、近年3カ年（2015~2017年）と過去年3カ年（2002~2004年）の地点別月別の出現魚種のリストを作成した。次に、後述する生態的特性に係る要素16項目について、それぞれ該当する魚種の数をカウントして合計した。各項目の結果から、次式により生物学的指数BI (Biological Index) ²⁶を算出した。

$$BI = FL / RL$$

ここで、FL：近年または過去年の魚類リストの該当種数、

RL：レファランスリストの該当種数 とした。

各項目の生物学的指数BIから、レーダーチャート²⁶を作成した。レーダーチャートの各項目は、値が1に近いほど健全度が高く、全体が外枠に近いほど健全度が高いとして評価した。値の低い項目は、環境の健全度が低いと評価した。なお、2（外来種）の項目のみ、1から差引いた値を求め、1に近いほど健全度が高まるように補正した。

表1 生態的特性に関する要素

生態的特性に関する要素	
起 源	1. 在来種, 2. 外来種
希 少 性	3. 希少種
生活史型	4. 純淡水種, 5. 通し回遊性種・汽水性種
遊 泳 層	6. 遊泳性種, 7. 底性種
好適流速	8. 流水性種, 9. 止水性種
生息場所	10. 恒久的水域依存種, 11. 氾濫原水域依存種
産卵環境	12. 植生域, 13. 泥底, 14. 砂礫底, 15. 岩裏, 16. 二枚貝

各項目は、中島ら²⁶の示す「生態的特性に関する要素」16項目とした（表1）。これらの項目のうち、1~5は主にその地点の特性に関するものである。6~11は環境構造の多様性に関

表2 調査期間中に出現した底生珪藻種

底生珪藻種名
【識別珪藻群A (強汚濁耐性種)】 <i>Achnanthydium saprophilum</i> , <i>Eolimna minia</i> , <i>Gomphonema parvulum</i> , <i>Luticola goeppertiana</i> , <i>Mayamaea atomus</i> , <i>Navicula veneta</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Sellaphora seminulum</i>
【識別珪藻群B (中汚濁耐性種)】 <i>Achnandium exiguum</i> , <i>Aulacoseira ambigua</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Bacillaria paxillifer</i> , <i>Cyclotella atoms</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Cyclotella stelligera</i> , <i>Diadesmis confervacea</i> , <i>Eolimna subminuscula</i> , <i>Fistulifera saprophila</i> , <i>Fragilaria vaucheriae</i> , <i>Gomphonema pseudoaugur</i> , <i>Hippodonta capitata</i> , <i>Luticola venticosa</i> , <i>Navicula gregaria</i> , <i>Navicula salinarum</i> , <i>Navicula trivialis</i> , <i>Nitzschia amphibia</i> , <i>Nitzschia clausii</i> , <i>Nitzschia frustulum</i> , <i>Nitzschia hantzschiana</i> , <i>Nitzschia intermedia</i> , <i>Nitzschia solgensis</i> , <i>Nitzschia umbonata</i> , <i>Pinnularia giba</i> , <i>Planothidium delicatulum</i> , <i>Punctastriata linearis</i> , <i>Sellaphora pupula</i> , <i>Stauroneis construens</i> , <i>Stauroneis elliptica</i> , <i>Surirella angusta</i> , <i>Synedra ulna</i>
【識別珪藻群C (弱汚濁耐性種)】 <i>Achnanthydium biasoletiana</i> , <i>Achnanthydium coarctata</i> , <i>Achnanthydium convergens</i> , <i>Achnanthydium crenulata</i> , <i>Achnanthydium gracillimum</i> , <i>Achnanthydium inflata</i> , <i>Achnanthydium japonicum</i> , <i>Achnanthydium lanceolata</i> , <i>Achnanthydium laterostrata</i> , <i>Achnanthydium minutissimum</i> , <i>Achnanthydium pergalii</i> , <i>Achnanthydium pyrenaica</i> , <i>Achnanthydium rostrata</i> , <i>Achnanthydium rupestoides</i> , <i>Achnanthydium septentrionalis</i> , <i>Achnanthydium subhudsonis</i> , <i>Amphora copulata</i> , <i>Amphora mesodon</i> , <i>Amphora montana</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>Amphora pediculus</i> , <i>Asterionella formosa</i> , <i>Aulacoseira distans</i> , <i>Aulacoseira italica</i> , <i>Brachysira neoexilis</i> , <i>Caloneis bacillum</i> , <i>Caloneis silicula</i> , <i>Ceratoneis arcus</i> , <i>Cocconeis placentula</i> , <i>Cyclotella pseudostelligera</i> , <i>Cyclotella radiosa</i> , <i>Cymatopleura solea</i> , <i>Cymbella cistula</i> , <i>Cymbella cymbiformis</i> , <i>Cymbella lacustris</i> , <i>Cymbella leptoceros</i> , <i>Cymbella naviculiformis</i> , <i>Cymbella rheophila</i> , <i>Cymbella silesiaca</i> , <i>Cymbella sinuata</i> , <i>Cymbella tumida</i> , <i>Cymbella trugidula</i> , <i>Diatoma elongatum</i> , <i>Diatoma mesodon</i> , <i>Diatoma tenuis</i> , <i>Diatoma vulgare</i> , <i>Diatoma vulgaris</i> , <i>Diploneis elliptica</i> , <i>Diploneis ovalis</i> , <i>Encyonema minutum</i> , <i>Encyonema silesiacum</i> , <i>Epithemia adnata</i> , <i>Epithemia argus</i> , <i>Epithemia sores</i> , <i>Epithemia turgida</i> , <i>Eunotia arcus</i> , <i>Eunotia bilunaris</i> , <i>Eunotia minor</i> , <i>Eunotia parallela</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Fragilaria capitellata</i> , <i>Fragilaria capucina</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Fragilaria parasitica</i> , <i>Fragilaria rumpens</i> , <i>Frustulia rhomboides</i> , <i>Frustulia saxonica</i> , <i>Frustulia vulgaris</i> , <i>Geisleria decussis</i> , <i>Gomphonema acidoclinatum</i> , <i>Gomphonema acuminatum</i> , <i>Gomphonema angustatum</i> , <i>Gomphonema angustivalva</i> , <i>Gomphonema biceps</i> , <i>Gomphonema clevei</i> , <i>Gomphonema gracile</i> , <i>Gomphonema langenua</i> , <i>Gomphonema longiceps</i> , <i>Gomphonema minutum</i> , <i>Gomphonema okamitai</i> , <i>Gomphonema olivaceum</i> , <i>Gomphonema pumilum</i> , <i>Gomphonema quadripunctatum</i> , <i>Gomphonema rhombicum</i> , <i>Gomphonema sphaerprum</i> , <i>Gomphonema truncatum</i> , <i>Gyrosigma scalpoides</i> , <i>Hannaea arcus</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Hydrosera whampoensis</i> , <i>Karayevia clevei</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Meridion circulare</i> var. <i>constrictum</i> , <i>Navicula amphiceropsis</i> , <i>Navicula bacillum</i> , <i>Navicula capitatoradiata</i> , <i>Navicula clementis</i> , <i>Navicula contenta</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Navicula cryptotenella</i> , <i>Navicula decussis</i> , <i>Navicula exilis</i> , <i>Navicula lacustris</i> , <i>Navicula lanceolata</i> , <i>Navicula minuscula</i> , <i>Navicula mutica</i> , <i>Navicula nipponica</i> , <i>Navicula notha</i> , <i>Navicula protracta</i> , <i>Navicula pseudacceptata</i> , <i>Navicula pseudolanceolata</i> , <i>Navicula radiosa</i> , <i>Navicula rhychocephala</i> , <i>Navicula rostellata</i> , <i>Navicula schroeterii</i> , <i>Navicula subrostrata</i> , <i>Navicula suprinii</i> , <i>Navicula symmetrica</i> , <i>Navicula viridula</i> , <i>Navicula zanonii</i> , <i>Neidium affine</i> , <i>Neidium bisulcatum</i> , <i>Neidium dubium</i> , <i>Nitzschia acicularis</i> , <i>Nitzschia apiculata</i> , <i>Nitzschia archibaldii</i> , <i>Nitzschia brevissima</i> , <i>Nitzschia dissipata</i> , <i>Nitzschia fonticola</i> , <i>Nitzschia fruticosa</i> , <i>Nitzschia inconspicua</i> , <i>Nitzschia levidensis</i> , <i>Nitzschia linearis</i> , <i>Nitzschia littoralis</i> , <i>Nitzschia paleacea</i> , <i>Nitzschia parvuloides</i> , <i>Nitzschia perminuta</i> , <i>Nitzschia sigma</i> , <i>Nitzschia sinuata</i> , <i>Nitzschia sublinearis</i> , <i>Nitzschia tabellaria</i> , <i>Parlibellus protractoides</i> , <i>Pinnularia borealis</i> , <i>Pinnularia brebissonii</i> , <i>Pinnularia intermedia</i> , <i>Pinnularia major</i> , <i>Pinnularia mesolepta</i> , <i>Pinnularia microstauron</i> , <i>Pinnularia subcapitata</i> , <i>Pinnularia obscura</i> , <i>Planothidium lanceolatum</i> , <i>Planothidium rostratum</i> , <i>Planothidium subcapitata</i> , <i>Reimeria sinuata</i> , <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> , <i>Rhopalodia gibba</i> , <i>Rhopalodia gibberula</i> , <i>Sellaphora bacillum</i> , <i>Sellaphora japonica</i> , <i>Stauroneis anceps</i> , <i>Stauroneis japonica</i> , <i>Stauroneis phoenicenteron</i> , <i>Stauroneis smithi</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Surirella biseriata</i> , <i>Surirella elegans</i> , <i>Surirella gracillius</i> , <i>Surirella minuta</i> , <i>Surirella ovata</i> , <i>Surirella pantocsekii</i> , <i>Surirella robusta</i> , <i>Surirella tenera</i> , <i>Synedra acus</i> , <i>Synedra inaequalis</i> , <i>Synedra lanceolata</i> , <i>Synedra rumpens</i> , <i>Synedra ungeriana</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Thalassiosira bramaputrae</i> , <i>Tryblionella apiculata</i>

底生珪藻種の3群による水質判定手法^{11,12)}に従い、識別珪藻群A (強汚濁耐性種)、識別珪藻群B (中汚濁耐性種)、識別珪藻群C (弱汚濁耐性種) に属する種を示した。なお、種まで同定されなかった珪藻種は、識別珪藻群Cに属するものとして扱った。

するものであり、12~16は産卵環境の多様性に関するものである。

地点別月別に求めた生物的指数BIによるレーダーチャートの結果から、近年3カ年 (2015~2017年) の環境構造の健全度を、過去年3カ年 (2002~2004年) の健全度と比較した。

結果

底生珪藻種調査

調査期間中に出現した底生珪藻種を表2に示した。図2には、各調査点における底生珪藻種による汚濁指数SIの推移を示した。6月のSt.1において、2010年は貧腐水β-中腐水域の階級であった。2011年以降は1.25を下回って貧腐水域の階級となり、良好な水質を代表する珪藻 *Melosira varians* と *Nitzschia*

*dissipata*¹⁰⁾や、汚濁域に生息し難い珪藻 *Meridion circulare* var. *constrictum*²⁰⁾が出現した。6月のSt.2において、2010年は貧腐水域であり、2011年には貧腐水β-中腐水域となった。2012年は貧腐水域であり、2013~2014年には貧腐水β-中腐水域となった。2015年以降は貧腐水域で、良好な水質を代表する珪藻種や汚濁域に生息し難い珪藻種が出現した。6月のSt.3において、2010~2011年は貧腐水域であり、2012~2014年は貧腐水β-中腐水域となった。2015年以降は貧腐水域で、良好な水質を代表する種や汚濁域に生息し難い種が出現した。

10月のSt.1において、2010年は貧腐水域であった。2011~2016年は貧腐水β-中腐水域となったが、その内の2013年と2015年は、SIが1.25~1.26と貧腐水域に近い値であり、良好な水質を代表する *M. varians*, *N. dissipata* と *N. fonticola*¹⁰⁾が出現した。2017年は貧腐水域となり、良好な水質を代表する種や

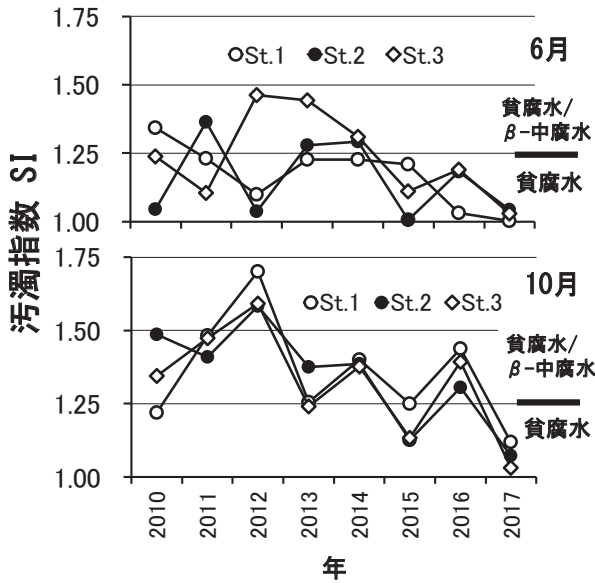


図2 各調査点における底生珪藻種による汚濁指数の推移

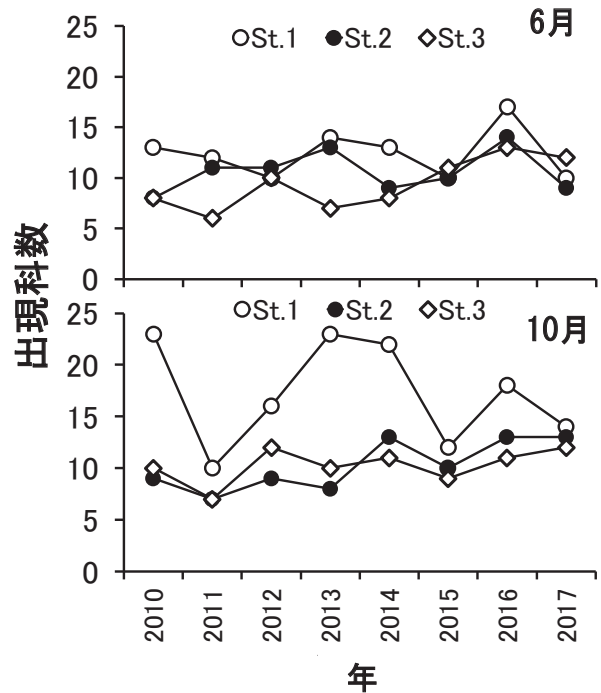


図3 各調査点における底生動物の出現科数の推移

表3 調査期間中に出現した底生動物種の所属する科名

底生動物種の所属科名
【カゲロウ目】ヒメフタオカゲロウ科、テラガゲロウ科、ヒラタカゲロウ科、コガゲロウ科、トビロガゲロウ科、マダラガゲロウ科、ヒメシロガゲロウ科、カワガゲロウ科、モンガゲロウ科
【トンボ目】サナエトンボ科
【カワゲラ目】アミメカワゲラ科、カワゲラ科、ミドリカワゲラ科
【カメムシ目】ナベフタムシ科
【トビケラ目】ヒゲナガカワトビケラ科、クダトビケラ科、イウトビケラ科、シマトビケラ科、ナガレトビケラ科、ヤマトビケラ科、ヒメトビケラ科、カクスイトビケラ科、エグリトビケラ科、ニンギョウトビケラ科、カクツツトビケラ科、ヒゲナガトビケラ科、
【コウチュウ目】ガムシ科、ヒラタドROMシ科、ヒメドROMシ科、ホテル科
【ハエ目】カガンボ科、アミカ科、チョウバエ科、ブユ科、ユスリカ科、ヌカカ科、アブ科、ナガラアブ科
【ウズムシ目】サンカクアタマウズムシ科
【ハマグリ目】シジミガイ科
【ミズミズ類】エラミズミズ類、ミズミズミズ類
【ヒル綱】ヒル類
【ワラジムシ目】ミズムシ科

汚濁域に生息し難い種が出現した。10月のSt.2において、2010～2014年は貧腐水/β-中腐水域であり、2015年には貧腐水域となった。2016年は貧腐水/β-中腐水域で、2017年には貧腐水域となり良好な水質を代表する種や汚濁域に生息し難い種が出現した。10月のSt.3において、2010～2014年は貧腐水/β-中腐水域で、2015年には貧腐水域となった。2016年は貧腐水/β-中腐水域で、2017年には貧腐水域となり良好な水質を代表する種が出現した。

底生動物調査

調査期間中に出現した底生動物種の所属する科名を表3に示した。図3には、各調査点における底生動物の出現科数の推移を示した。6月のSt.1の出現科数は、2010～2017年の期間を通じて10以上であり、このうち2016年には17と高い値を示した。

St.2は、2011～2013年と2015～2016年に10以上の科が出現した。St.3は、2012年と2015～2017年に10以上の科が出現した。6月には上流の調査点ほど多数の科が出現した。

10月のSt.1の出現科数は、2010～2017年の期間を通じて10以上であり、このうち2010年と2013～2014年には20以上と高い値を示した。St.2では2014～2017年に10以上の科が出現した。St.3では2010年、2012～2014年と2016～2017年に10以上の科が出現した。10月には、最上流の調査点であるSt.1で、多数の科が出現した。

各調査点における平均スコアASPTの推移を図4に示した。6月のSt.1において、2010～2011年は河川水質が良好の階級であり、2012年にはとても良好の階級となった。2013～2014年は良好であり、2015年以降はとても良好の階級となった。2016年には8.1の高い値を示し、カワゲラ類、ヒラタカゲロウ類、ナガレトビケラ類、ヤマトビケラ類といった綺麗な水の指標種⁹が認められた。6月のSt.2において、2010年は良好であり、2011～2012年にはとても良好の階級となった。2013年は良好であり、2014年にはとても良好となった。2015～2016年は良好であり、2017年にはとても良好となった。6月のSt.3において、2010年は良好であり、2011～2012年にはとても良好となった。2013年は良好であり、2014～2015年にはとても良好となった。2016～2017年は良好の階級であった。

10月のSt.1において、2010～2011年は良好の階級であった。

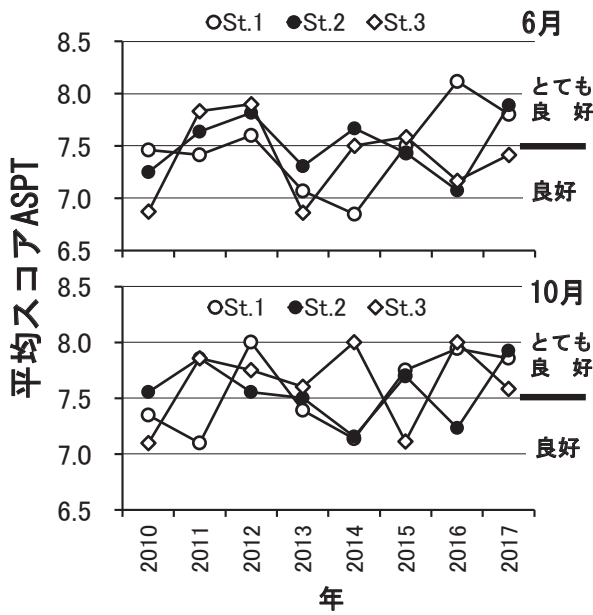


図4 各調査点における底生動物の平均スコアの推移

2012年はとても良好の階級でかつ8.0の高い値を示し、カワゲラ類、ヒラタカゲロウ類、ナガレトビケラ類といった綺麗な水の指標種が認められた。2013～2014年は良好であり、2015年以降はとても良好の階級となった。10月のSt.2において、2010～2013年までがとても良好であり、2014年は良好となった。2015年はとても良好であり、2016年には良好となった。2017年はとても良好の階級であった。10月のSt.3において、2010年は良好であり、2011～2014年はとても良好となった。2014年には8.0の高い値を示しカワゲラ類、ヒラタカゲロウ類、ナガレトビケラ類といった綺麗な水の指標種が認められた。2015年は良好であり、2016～2017年はとても良好となった。2016年には8.0の高い値を示しカワゲラ類、ヒラタカゲロウ類といった綺麗な水の指標種が認められた。

魚類相調査

各調査点に出現した全23魚種のリスト（レファレンスリスト）を、表4に示した。このうちSt.1には、6月と10月を合わせて12種、St.2には同じく16種、St.3には同じく17種が出現した。キュウリウオ目はキュウリウオ科のアユ*Plecoglossus altivelis altivelis*とワカサギ*Hypomesus nipponensis*が出現し、サケ目はサケ科のヤマメ*Oncorhynchus masou masou*が出現した。コイ目では、コイ科魚類のオイカワ*Opsariichthys platypus*、ギンブナ*Carassius auratus langsdorfii*、タナゴ*Acheilognathus melanogaster*、タイリクバラタナゴ*Rhodeus ocellatus ocellatus*、ニゴイ*Hemibarbus barbuis*、タモロコ*Gnathopogon*

表4 各調査点における出現魚種（レファレンスリスト）

	St. 1		St. 2		St. 3	
	6月	10月	6月	10月	6月	10月
【キュウリウオ目キュウリウオ科】						
アユ	+	+	+	+	+	+
ワカサギ				+		
【サケ目サケ科】						
ヤマメ	+	+	+	+		+
【コイ目コイ科】						
オイカワ	+	+	+	+	+	+
ギンブナ			+		+	+
タナゴ					+	+
タイリクバラタナゴ					+	+
ニゴイ	+	+		+		+
タモロコ				+		
モツゴ					+	+
ビワヒガイ			+		+	+
カマツカ	+	+	+	+	+	+
ウグイ	+	+	+	+	+	+
アブラハヤ	+	+	+	+	+	+
【コイ目ドジョウ科】						
ドジョウ		+				
シマドジョウ		+				
【カサゴ目カサゴ科】						
カサゴ	+	+	+	+		
【スズキ目サンフィッシュ科】						
オオクチバス						+
【スズキ目ハゼ科】						
ジュズカケハゼ				+	+	+
ヌマチチブ					+	+
オオヨシノボリ	+	+	+	+	+	+
シマヨシノボリ	+		+	+	+	
トウヨシノボリ				+		

elongatus elongatus, モツゴ*Pseudorasbora parva*, ビワヒガイ *Sarcocheilichthys variegatus microoculus*, カマツカ *Pseudogobio esocinus esocinus*,ウグイ *Tribolodon hakonensis*, アブラハヤ*Rhynchocypris lagowskii steindachneri*に加えて、ドジョウ科のドジョウ*Misgurnus anguillicaudatus*とシマドジョウ*Cobitis biwae*が出現した。さらにカサゴ目カサゴ科のカサゴ *Cottus pollux*に加えて、スズキ目ではサンフィッシュ科のオオクチバス*Micropterus salmonides*と、ハゼ科のジュズカケハゼ*Gymnogobius laevis*, ヌマチチブ *Tridentiger brevispinis*, オオヨシノボリ *Rhinogobius fluviatilis*, シマヨシノボリ *Rhinogobius nagoyae*, トウヨシノボリ *Rhinogobius kurodai*の出現が認められた。

なお、カサゴ目には、スズキ目ワニギス亜目ワニギス科とカサゴ目との近縁性を強調する立場から、カサゴ目の分類階級を亜目としスズキ目に配属すべきとの議論が存在する²⁷⁾が、ここではカサゴ目とスズキ目を別群とするShinoharaの学説²⁸⁾を支持した。

表5には、各調査点で近年3カ年（2015～2017年）に出現し

表5 各調査点における2015～2017年の出現種と出現個体数
各魚種の出現個体数は、3カ年の平均値を示す

	St. 1		St. 2		St. 3	
	6月	10月	6月	10月	6月	10月
アユ	5.7	3.3	20.0	10.0	0.3	1.0
ヤマメ	1.3	1.0	2.3			
オイカワ	1.3	1.3	2.3	21.0	33.0	26.7
タナゴ						0.3
ニゴイ	2.3			8.3		7.3
タモロコ				0.3		
ビワヒガイ						1.0
カマツカ	4.3	0.7	0.3	11.3	6.0	8.0
ウグイ	26.3	7.3	11.0	20.7	10.3	5.7
アブラハヤ			0.7	0.7		0.3
ドジョウ		0.3				
シマドジョウ		0.3				
カジカ	3.3	4.3	1.0			
ジュズカケハゼ				0.7		
オオヨシノボリ			1.7			

表6 各調査点における2002～2004年の出現種と出現個体数
各魚種の出現個体数は、3カ年の平均値を示す

	St. 1		St. 2		St. 3	
	6月	10月	6月	10月	6月	10月
アユ	9.0		32.0	4.3	18.7	2.0
ワカサギ				0.3		
ヤマメ	21.7	2.7		0.3		0.7
オイカワ	0.7		2.7	44.7	11.0	28.3
ギンブナ			0.7		0.3	0.3
タナゴ						0.3
タイリクバラタナゴ					1.0	0.3
ニゴイ				28.3		33.0
タモロコ				0.3		
モツゴ						2.3
ビワヒガイ						0.3
カマツカ	1.3		2.0	6.3	6.0	11.3
ウグイ	14.7	12.7	27.0	66.0	17.0	78.0
アブラハヤ	19.0	1.3	2.7	8.0	2.0	13.7
カジカ	5.7	0.7	0.3	0.3		
オオクチバス						0.3
ジュズカケハゼ					0.3	0.3
ヌマチチブ					0.3	0.3
オオヨシノボリ	16.0	0.7	1.0	0.7	1.3	0.3
シマヨシノボリ			13.0	0.7	3.3	
トウヨシノボリ				1.7		

た全15種のリストと出現個体数を示した。このうち、St.1には9種、St.2には11種、St.3には8種が出現した。各地点各月の全てに、アユ、オイカワ、カマツカ、ウグイの出現が認められた。ニゴイも、St.1～3の各地点に出現した。アユ、オイカワ、ニゴイ、カマツカでは、中下流に位置するSt.2又はSt.3の出現個体数が、上流のSt.1より多い傾向にあった。また、各地点ともウグイの出現個体数が多く、ハゼ科魚類はSt.2にのみ出現した。

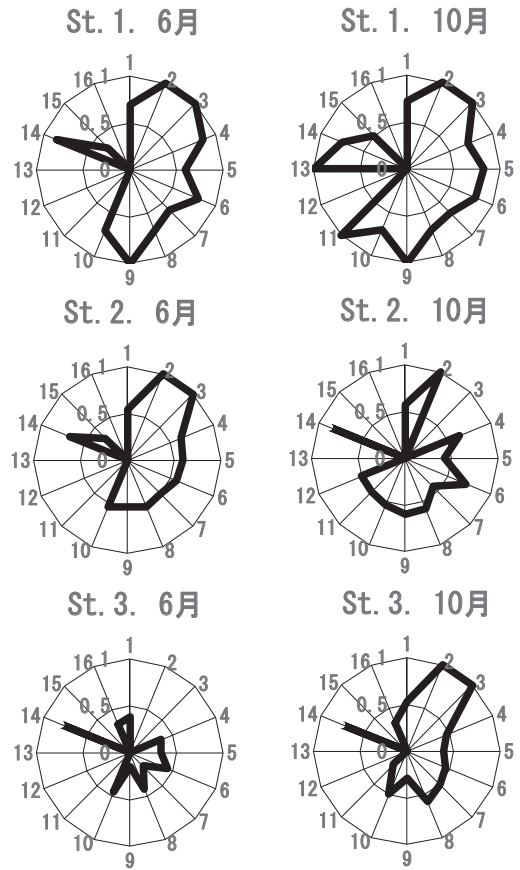


図5 近年3カ年における魚類相の生物学的指数BIによるレーダーチャート（2015～2017年）

表6には、各調査点で過去3カ年（2002～2004年）に出現した全21種のリストと出現個体数を示した。このうち、St.1には8種、St.2には14種、St.3には17種が出現した。各地点各月の全てに、ウグイ、アブラハヤ、オオヨシノボリの出現が認められた。アユ、ヤマメ、オイカワ、カマツカもSt.1～3の各地点に出現した。アユ、オイカワ、カマツカでは、St.2又はSt.3の出現個体数が、St.1より多い傾向にあった。ニゴイとギンブナは、St.2とSt.3に出現し、St.1には出現しなかった。また、各地点ともウグイの出現個体数が多く、ハゼ科魚類は下流側の地点ほど多くの魚種が出現した。外来種であり、在来コイ科魚類の仔稚魚を捕食するオオクチバスは、St.3に出現した。

近年3カ年では、過去3カ年に比べて、St.2とSt.3の出現魚種数が顕著に減少し、特にSt.3は1/2以下に減少した。またオイカワ、ニゴイ、ウグイは、過去の10月に、St.2とSt.3のいずれでも20個体以上が出現していたが、近年の出現個体数は過去年より減少する傾向にあった。

魚類相から求めた生物学的指数BIについて、図5には近年3カ年

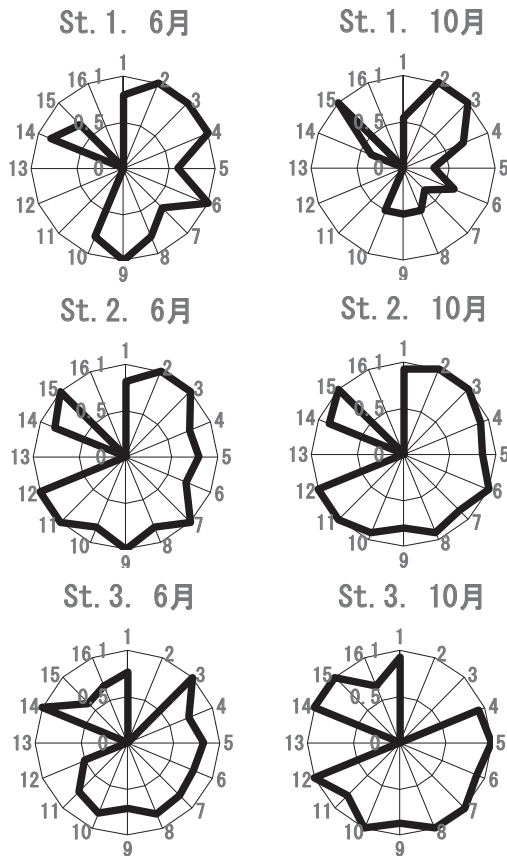


図6 過去年3カ年における魚類相の生物的指数BIによるレーダーチャート (2002~2004年)

(2015~2017年)の結果を、レーダーチャートとして示した。各地点とも多くの項目で、6月より10月のBI値が高く、また上流の調査点ほどBI値が高くなった。St.1では10月に、多くの項目のBI値が0.5以上と高かった。

図6には、過去年3カ年(2015~2017年)の生物的指数BIの結果を示した。多くの項目について、St.1では10月より6月のBI値が高く、St.2とSt.3では6月より10月のBI値が高くなった。St.2では、6月と10月共に、13と16を除く各項目のBI値が0.5以上と高かった。St.3では、6月と10月共に、2と3、13を除く各項目のBI値が0.5以上と高かった。

近年の結果を過去年と比較したところ、St.1の6月には、近年の結果が、過去年とほぼ同様であり、10月には、過去年より近年でBI値の高い項目があった。

St.2とSt.3では、6月と10月共に、多くの項目で近年のBI値が過去年の約半分と顕著に低かった。過去年より近年の値が特に低かったのは、1の在来種、4と5の生活史型、6と7の遊泳層、8と9の好適流速、10と11の生息場所、12と15の産卵環境の項目であった。

考察

底生動植物の調査結果から鳴瀬川の水環境を評価した。底生珪藻種については、最上流の地点(St.1)では、2010~2012年には10月を中心に貧腐水B・中腐水域であったが、2013年以降は、10月の一部を除き概ね貧腐水域となった。中下流の地点(St.2, St.3)では、2010~2014年には10月を中心に貧腐水B・中腐水域であったが、2015年以降は概ね貧腐水域となった。鳴瀬川では、2000年前後にB・中腐水域の階級が認められたが、2007年以降にはこの階級がみられず²⁰⁾、2010年以降も認められていないため、概ね綺麗な水域の状態が維持されていると考えられる。また、2015年以降に、汚濁階級が更に低下したことから、より綺麗な水域へと移行した可能性もある。

底生動物については、6月に上流の地点ほど多数の科が出現し、10月には最上流の地点で多数の科が出現した。最上流の地点では、2015年以降、河川水質の良好性に関する平均スコアの階級がとても良好となった。中下流の地点では、とても良好と良好の2つの階級が認められた。2000年前後の鳴瀬川では良好とやや良好の階級が認められ、特に中下流の調査点でやや良好の階級が多くみられた²⁰⁾。これに対して2010年以降は各地点で、とても良好の階級がみられ、特に良好な河川水質を示す8.0以上の値²⁰⁾が認められた。底生動物の結果では、期間中に値が次第に高くなり、水環境がより良好となったと考えられる。

底生動物による評価法では、期間中の平均スコアが次第に高い値となり、水環境がより良好な状態になったと考えられ、底生珪藻種による評価法でも、概ね綺麗な水域の状態が維持されているとみられた。これらの要因としては、既報²⁰⁾で示された水環境の改善に関する取組み等の効果が顕在化したものと推察される。今後とも、水環境の改善に関する取組みを実施することにより、良好な水環境が継続的に維持されると考えられる。

魚類相の結果から、鳴瀬川の環境構造の健全度を評価した。環境の健全度を示す生物的指数について、最上流の地点(St.1)では大きく変化しなかったとみられるが、中下流域の地点(St.2, St.3)では、6月と10月共に、多くの項目で、近年の値が過去年より顕著に低かった。今回算出したレーダーチャートの数値の変化により、環境構造の評価が可能である²⁰⁾。本調査の結果から、環境構造のうち、好適な産卵環境と採餌環境を含む生息場所が減少したこと、また好適流速と好適遊泳層を確保できなくなったこと、これらに伴い起源や生活史型に関わる出現魚種数が減少したことが示された。

環境構造の変化に関わる因子のうち、産卵環境の変化については、特にギンブナ・モツゴ・タモロコといった植生域産卵種の生物的指数の減少、ハゼ類やカジカ類といった岩裏産卵種の

生物的指数の減少として顕著に認められた。ハゼ類やカジカ類といった岩裏産卵種では、河川改修により浮石と沈石が減少した影響を受けて、生息密度が低下したことが報告されている^{29,30}。また、フナ類のほか植生域に生息するドジョウ類やウグイ類でも、河川改修区間で生息密度が低下している¹⁴。2003年には鳴瀬川中流域に、コンクリート製の取水口と取水堰から成る農業用利水施設が建設された³⁰。本研究の結果から、これらの長期的な影響で、産卵環境が変化したことが推察される。

2015年9月の関東・東北豪雨の際には、St.2とSt.3近辺の中下流域で降雨量が特に多くなり、さらに鳴瀬川水系の渋井川では、鳴瀬川本流と支流に生じた洪水流の効果で水位が上昇した結果、河川水が浸透し堤防の決壊に至った³²。鳴瀬川中下流域においては、急激な増水だけでなく、その後の河道の回復工事や植栽の伐採作業、堤防の復旧工事などが、産卵環境である河床の性状に影響したと推察される。

なお、砂泥域に生息するドジョウとシマドジョウ、早い流れを避けるフナ類やタモロコでは、河川改修による河道直線化の影響を受けて個体数が減少したことが報告されている¹⁹。また、コイ科魚類の研究結果から、仔稚魚の生息場所として、増水時でも流速が緩和されるような環境が重要であることが報告されている¹⁷。好適流速と好適遊泳層の変化について、鳴瀬川では、出現したコイ科魚類とハゼ科魚類の多くで、生物的指数の低下が認められており、中流域の河川改修等が影響して、穏やかな流速や遊泳に適した環境が変化したことが考えられる。

河川増水時には、支流域が魚類の避難場として機能することが知られている³³。支流域は、採餌場や産卵場に加え、遊泳力の乏しい稚仔魚の養育場としての役割も担うため、河川が構造物で分断された場合には、多くの魚類個体群でその存続が困難になる^{16,17,33}とみられている。本研究では、起源や生活史型に関わる出現魚種数の変化について、在来種かつ純淡水性種であるコイ科魚類とドジョウ科魚類で、生物的指数の低下として顕著に認められており、魚類に必要な環境構造が、前述の河川改修等の影響を受けて変化したと推察される。

底生動物、底生珪藻類の結果から、近年の水環境が継続的に良好な状態を維持しているものとみられた。しかし、環境構造の変化は出現魚種の減少として認められており、必ずしも、水環境の改善が魚類にとって良好な環境の変化に繋がっていない。2002年~2009年までの魚類相には、大きな変化が認められていない²²ため、魚類相に関わる環境構造の変化は、前述の河川改修や豪雨の影響等を要因とする近年の現象と考えられる。

このほか、調査期間中にみられた出現魚種の減少に影響した要因として、鳥類のうち特にカワウの食害が挙げられる。カワウは無秩序な狩猟の対象となること等によって、1970年代には全国的に生息個体数が減少したとみられるが³⁴、そのうち水質

改善や鳥獣保護の趨勢に乗じて、1990年代後半から増加傾向が顕著となり、2010~2011年の調査で宮城県にもコロニーやねぐらの分布が確認されている^{34,35}。魚食性のカワウは、1日当たり約500gの魚類を捕食可能であり、また飛翔による移動能力が高いことが知られている³⁵。宮城県では、2016年度から鳴瀬川水系の内水面漁業者が、東北北海道ブロック内水面漁業推進協議会の事業で有害鳥獣と位置づけられたカワウの被害防止対策に取り組んでいる。本事業では、秋季の1日で約900羽もの飛来が確認されているカワウの水面への着水阻止に加えて、繁殖の抑制や駆除等の対策を実施している。また、鳴瀬川水系河川では、内水面水産試験場によるカワウ胃内要物調査（2018年1~5月）でも、1羽当たり70~100gの魚類の食害が確認された。これらのことから、カワウの食害は、鳴瀬川における近年の出現魚種の減少に影響を与えたものと考えられる。

水生生物の生息に必要な河川水質の維持と管理を通じて、汚濁を避けつつ河川環境を保全し、産業上有用な魚類等が分布する河川漁場の生産力を高めるため、水環境の保全や環境構造の多様性の維持に配慮する必要がある。この際には、流入汚濁負荷の低減対策に加えて、河川増水時に支流域への避難場を残すといった環境構造の多様性に配慮した河川改修の実施が求められる。また、今後も、これらの対策等を進めるための基礎資料として、環境構造の評価等を継続的に実施する必要があると考える。

要 約

底生動植物の結果から鳴瀬川の水環境を評価したところ、底生珪藻種による評価法では、貧腐水/β-中腐水域と貧腐水域の汚濁階級が認められ、概ね綺麗な水域の状態で維持されているとみられた。底生動物による平均スコアについては、最上流の地点では2015年以降、水環境がとても良好の階級であった。中下流の地点ではとても良好と良好の双方の階級が認められた。底生動物による評価法では、期間中の平均スコアが次第に高い値となり、水環境がより良好になったと考えられた。一方、魚類相から環境構造の健全度を評価したところ、健全度を示す生物的指数は、最上流地点の6月には、近年（2015~2017年）の結果が、過去年（2002~2004年）とほぼ同様であった。最上流地点の10月には、多くの項目で、近年の値が過去年より高く、健全度が高いことが示された。中下流域の地点では、近年の健全度が過去年より低くなった。

謝 辞

本研究で用いた魚類相のデータについては、宮城県水産技術

総合センター内水面水産試験場の歴代担当職員の方々が、取纏めて資料を利用しました。また鳴瀬川漁業協同組合の担当職員の方々には、魚類の採集作業に尽力して頂きました。ここに記して、深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 宮城県内水面水産試験場 (2004) 宮城の淡水魚. 96pp.
- 2) 山崎正敏・野崎隆夫・藤澤明子・小川 剛 (1996) 河川の生物学的な水環境評価基準の設定に関する研究. 全国公害研究会誌, **21**(3), 114-145.
- 3) 佐合純造・永井明博 (2003) 全国河川の魚類相と河川特性の関係. 土木学会論文集, No.748/VII-29, 11-23.
- 4) 天野邦彦・望月貴文 (2011) 河川水辺の国勢調査結果を利用した魚類および底生動物の水質・水質への依存性評価. 河川技術論文集, **17**, 513-518.
- 5) 伊藤 歩・石毛孝慈・佐々木貴史・相澤治郎・海田輝之 (2002) 河川改修工事後における水生昆虫相の回復過程の評価について. 環境工学研究論文集, **39**, 449-458.
- 6) 新井涼久・糠澤 桂・風間 聡・竹門康弘 (2014) 水温環境の変化に伴う源流域における底生動物群集の将来変化. 土木学会論文集B1(水工学), **70**(4), 1303-1308.
- 7) 野崎隆夫 (2012) 大型底生動物を用いた河川環境評価. 水環境学会誌, **35**(4), 118-121.
- 8) 環境省・国土交通省 (2012) 水生生物による水質判定. 環境省水・大気環境局, 36pp.
- 9) 小林 弘・真山茂樹・浅井一視・中村真一 (1985) 東京およびその近郊の各種汚濁河川から採取したケイソウの出現様式, 特に相対出現頻度とBOD₅との関係について. 東京学芸大学紀要 (第4部門数学・自然科学), **37**, 21-46.
- 10) 福嶋 悟・奥山美峰・青木節男・福島 博 (2000) 他水系の水が流入する都市河川における水質回復に伴う珪藻群集の長期的変化. *Diatom*, **16**, 27-36.
- 11) 真山茂樹 (2012) 環境指数藻類-珪藻類-1. 渡邊 信編, 藻類ハンドブック, 364-366, 東京, 株式会社エヌ・ティー・エス, 824pp.
- 12) 真山茂樹 (2000) 識別珪藻群法-珪藻を用いた河川の水質判定方法-. 東京学芸大学自然科学系真山研究室, <http://www.u-gakugei.ac.jp/~mayama/diatoms/DifferentiatingDiat.htm>.
- 13) 小林啓介・藤澤邦康・野坂元道・林 浩志 (2002) 識別珪藻群法による吉井川の汚濁指数. 岡山水試報, **17**, 46-52.
- 14) 井上幹生・中野 繁 (1994) 小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所. 日生態会誌, **44**, 151-160.
- 15) 島谷幸宏・小栗幸雄・萱場祐一 (1994) 中小河川改修前後の生物生息空間と魚類相の変化. 水工学論文集, **38**, 337-344.
- 16) 藤咲雅明・神宮宇寛・水谷正一・後藤 章・渡辺俊介 (1999) 小河川・農業水路系における魚類の生息と環境構造との関係. 応用生態工学, **2**(1), 53-61.
- 17) 佐川志朗・萱場祐一・荒井浩昭・天野邦彦 (2005) コイ科稚仔魚の生息場所選択. 応用生態工学, **7**(2), 129-138.
- 18) 永山滋也・原田守啓・萱場祐一 (2015) 河川地形と生息場の分類. 応用生態工学, **18**(1), 19-33.
- 19) 伊藤浩文・関根雅彦・中村好希・神野有生・山本浩一・岡室直樹・田部崇博 (2013) 中小河川における魚類生息場の評価手法の利用方法について. 土木学会論文集G (環境), **69**(7), 481-488.
- 20) 伊藤浩文・関根雅彦・中村好希・神野有生・山本浩一・樋口隆哉・今井 剛 (2016) 中小河川における魚類生息場評価のための生態環境多様度指数の提案. 土木学会論文集G (環境), **72**(1), 1-11.
- 21) 中島 淳・島谷幸宏・巖島 怜・鬼倉徳雄 (2010) 魚類の生物的指数を用いた河川環境の健全度評価法. 河川技術論文集, **16**, 449-454.
- 22) 遊佐和洋・縄田 暁・岩淵龍一・藤原 健 (2011) 鳴瀬川中流域の水質と魚類生息環境の改善. 宮城水産研報, **11**, 25-30.
- 23) 可児藤吉 (1978) 溪流棲昆虫の生態. 可児藤吉全集, 3-91. 東京, 思索社, 425pp.
- 24) 環境省 (2017) 水生生物による水質評価法マニュアル. 環境省水・大気環境局, 30pp.
- 25) 国土交通省 (2012) 河川水辺の国勢調査-基本調査マニュアル (魚類調査編). 国土交通省水管理・国土保全局, 87pp.

- 26) 福嶋 悟 (2004) 都市河川の珪藻群集における季節性の再生. *Diatom*, **20**, 171–178.
- 27) Imamura, H. and G. Shinohara (1998) Scorpaeniform fish phylogeny: an overview. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. A.*, **24**(3), 185–212.
- 28) Shinohara, G. (1994) Comparative morphology and phylogeny of the suborder Hexagrammoidei and related taxa (Pisces: Scorpaeniformes). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **41**(1), 1–97.
- 29) 渡辺恵三・中村太士・加村邦茂・山田浩之・渡邊康玄・土屋 進 (2001) 河川改修が底生魚類の分布と生息環境におよぼす影響. *応用生態工学*, **4**(2), 133–146.
- 30) 石田祐子・中林真人・竹門康弘・池淵周一 (2007) 堰堤で仕切られた都市河川の魚類相と生息場の特性. *京都大学防災研究所年報*, **50**(B), 781–788.
- 31) 国土交通省 (2012) 鳴瀬川水系の流域及び河川の概要. *国土交通省水管理・国土保全局*, 68pp.
- 32) 呉 修一・森口周二・堀合孝博・小森大輔・風間 聡・田中 仁 (2016) 2015年9月東北豪雨による渋井川洪水氾濫の特徴. *自然災害科学*, **35**(2), 87–103.
- 33) Koizumi, I., Y. Kanazawa and Y. Tanaka (2013) The fishermen were right: experimental evidence for tributary refuge hypothesis during floods. *Zoological Science*, **30**(5), 375–379.
- 34) 福田道雄・成末雅恵・加藤七枝 (2002) 日本におけるカワウの生息状況の変遷. *日本鳥学会誌*, **51**(1), 4–11.
- 35) 環境省 (2013) 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン及び保護管理の手引き (カワウ編). *環境省自然環境局*, 202pp.