水生植物群落が浮遊微生物現存量に及ぼす影響

Influence of Aquatic Plant Communities for Planktonic Biomass

林 紀男¹・中野芳雄²・尾崎保夫²・稲森悠平³

¹千葉県立中央博物館／〒260-8682 千葉市中央区青葉町955-2

²秋田県立大学／〒010-0195 秋田市下新城中野字街道端西241-438

³福島大学／〒960-1296 福島市金谷川1

NORIO HAYASHI¹, YOSHIO NAKANO², YASUO OZAKI², and YUHEI INAMORI³

¹Natural History Museum and Institute, Chiba/955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan

²Akita Prefectural University/241-438 Kaidoubata-nishi, Nakano, Shimo-shinjo, Akita 010-0195, Japan

³Fukushima University/1 Kanayagawa, Fukushima 960-1296, Japan

Abstract

Planktonic flora and fauna were investigated at the former Hachirogata Lake shore in 2006. A total of 131 species of planktonic microorganisms were recorded including 13 species of Cyanophyceae, 79 species of Protoctista (30 species of Chlorophyceae, 1 species of Ulvophyceae, 17 species of Bacillariophyceae, 2 species of Sarcodina, 11 species of Mastigophora, 10 species of Ciliophora), 27 species of Trochelminthes (20 species of Rotatoria, 1 species of Gastrotricha, 6 species of Nematoda), 8 species of Arthropoda (5 species of Branchiopoda, 3 species of Copepoda), 2 species of Tardigrada, 2 species of Oligochaeta. Dominant species appearing around aquatic plants were *Sida crystalline*, *Alona quadrangularis*, and *Chydorus sphaericus*. These Crustaceans especially related with communities of submergent aquatic plants such as *Potamogeton maackianus* and *Cabomba caroliniana*.

Key words: Aquatic plant, crustaceans, plankton, submergent, *Sida*, *Alona*, *Chydorus*

1. はじめに

水生植物を繁茂させ水生植物による窒素・リン吸収効果により水浄化を目指す各種の水生植物植栽浄化法が生態環境工学的手法¹⁾として近年注目を集めている。同法は植栽した水生植物が生長に資するため底泥および水中から窒素・リンを吸収することにより底質および水塊中に溶存する栄養塩濃度低減化を目指すことを基本原理²⁾とする。同時に植栽した水生植物は、水中に茎や葉を展開することにより、付着生物の基物としての役割を果たす³⁾ことが知られている。さらに水生植物は、ミジンコなどがプランクトン食魚などの捕食者から逃げ隠れる場としても機能し、浮遊微生物の現存量増大にも大きな役割を担っていることが報告⁴⁾されている。

これまで水生植物植栽浄化法には、様々な水生植物が有効活用⁵⁻⁷⁾され、植物による特性が整理され⁸⁾、バイオオフィルター法⁹⁾など有益な処理法の研究成果が集積されている。また、水生植物がアレロパシー物質を分泌して付着生物や浮遊生物に影響を及ぼすことも報告^{10, 11)}されている。しかしながら、各種の水生植物が浮遊微生物相に及ぼす影響を近傍環境において比較検討した知見は乏しく、水生植物と浮遊微生物相との関係に関する基礎的知見が不足しているのが現状である。

そこで本研究では、抽水・浮葉・沈水の生活形をもつ水生植物が繁茂する近接した自然水域を対象に浮遊微生物相の季節的変遷を調査し、植物種が浮遊微生物相および浮遊微生物現存量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした検討を行うこととした。

2. 調査地の概要

八郎潟は1957年からの20年にわたる干拓事業により、日本第二位の水面積(220km²)を約17,000haの干拓地の創出と引き換えに八郎潟調整池の27.7km²(東部および西部の承水路を包含する面積は45.6km²)に減少させたことが広く知られる。同干拓事業にともない、旧湖岸線地先の水域も湖岸から沖帯に向け埋め立てられ水田に改変されたが、旧湖岸線の一部は幅3~10mにわたって残存させ農地灌漑用水路として有効活用されている。旧湖岸線の水路には干拓事業前からの水生植物群落が残存している区域が数多く残されており水生植物のゾーンバンクとして貴重な存在となっている。本調査は、秋田県潟上市の天王・天王大崎・昭和大久保にまたがる八郎潟南部の旧湖岸に残存する水路部(北緯39度53分19秒、東経140度1分7秒を中心とした延長約6km)とした。天王東揚排水機場により八郎潟調整池とつながる同水路は灌漑期には八郎潟調整池の水が導入され、非灌漑期には逆に排水される水循環が行われている。このため、水路内の水質・底質特性が類似し水生植物相のみ異なる条件が整っており、水生植物群落の相違による浮遊微生物相を比較調査する水域として選定することとした。

3. 調査方法

2006年4月から12月の9ヶ月間、八郎潟旧湖岸の水路に残存する表1に示す抽水(アシ: *Phragmites australis*、ヒメガマ: *Typha angustifolia*、マコモ: *Zizania latifolia*)・浮葉(アサザ: *Nymphoides peltata*、コオニビシ: *Trapa natans* var. *pumila*、ヒルムシロ: *Potamogeton distinctus*)・沈水(オオカナダモ: *Egeria dens*、ホザキノフサモ: *Myriophyllum spicatum*、センニンモ: *Potamogeton maackianus*、ハゴロモモ(別名フサジュンサイ): *Cabomba caroliniana*)の各水生植物群落において、群落内表層から浮遊微生物をバケツ採水により採集した。また、水生植物群落のない開放水面を対照系として同様の採集を実施した。採水試料は現場で直ちに網目長径58μm(1インチ四方あたりの網目数196×238)のナイロン製プランクトンネット(NXXX25)により濃縮¹²⁾した。濃縮した試料は、生物顕微鏡および実体顕微鏡を用いて検鏡し生物相を定量的に同定した。この際、ホルマリンやアルコールなどの化学物質による固定は細胞の変形などを生じ同定に支障をきたすため、無固定で検鏡に供した。また、珪藻については、パイプユニッシュ処理

¹³⁾を用いて細胞内容物を除去し殻の模様配列が判別しやすいようにした。生物相は、上野¹⁴⁾、Ruttner-Kolisko¹⁵⁾、水野¹⁶⁾、Corliss¹⁷⁾、猪木¹⁸⁾、堵・水野¹⁹⁾、水野・沈²⁰⁾、扇元²¹⁾、Roundほか²²⁾、水野・高橋²³⁾、小島ほか²⁴⁾、鈴木²⁵⁾、Fourtanier and Kociolek²⁶⁾、田中²⁷⁾、渡辺ほか²⁸⁾などに基づき同定を行なった。

4. 結果および考察

4.1 生物相

八郎潟旧湖岸の水路に残存する水生植物群落において確認された浮遊微生物相は131種であった。八郎潟調整池において報告されている108種²⁹⁾に加えて23種が新たに見いだされている。内訳は、藍藻(藍細菌)13種、原生生物79種(緑藻類30種、アオサ藻類1種、珪藻類17種、肉質虫類2種、鞭毛虫類11種、繊毛虫類18種)、袋形動物27種(輪虫類20種、腹毛類1種、線虫類6種)、節足動物甲殻類8種(鰓脚亜綱5種、カイアシ亜綱3種)、緩歩動物2種、環形動物門貧毛綱2種の合計131種である。八郎潟旧湖岸の水路部のみで出現が確認されたのは、表2に示す23種である。八郎潟調整池には見いだされなかった表2の生物は、主に緑藻類とツリガネムシ類であった。八郎潟旧湖岸の水路と八郎潟調整池とで出現生物種構成の類似性が高いのは、旧湖岸水路が八郎潟調整池と

Table 1 Aquatic plant communities appearing in experimental site

Submergent
<i>Cabomba caroliniana</i>
<i>Potamogeton maackianus</i>
<i>Myriophyllum spicatum</i>
Emergent surface
<i>Egeria dens</i>
<i>Potamogeton distinctus</i>
<i>Trapa natans</i> var. <i>pumila</i>
<i>Nymphoides peltata</i>
Emergent
<i>Zizania latifolia</i>
<i>Typha angustifolia</i>
<i>Phragmites australis</i>
Control
No Vegetation

Table 2 Additional species at channels of former Hachiro Lake shore

Protoctista
Chlorophyta
Chlorophyceae
Chlorococcales
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>
<i>Actinastrum hantzschii</i> var. <i>hantzschii</i>
<i>Tetrastrum heteracanthum</i> var. <i>heteracanthum</i>
<i>Coelastrum shaericum</i> var. <i>sphaericum</i>
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> var. <i>pulchellum</i>
<i>Micractinium pusillum</i> var. <i>elegans</i>
<i>Golenkinia radiata</i> var. <i>radiata</i>
<i>Selenastrum</i> sp.
Zygnematales
<i>Zygnema</i> sp.
<i>Closterium diana</i> var. <i>diana</i> f. <i>diana</i>
<i>Starurastrum dickiei</i> var. <i>dickiei</i>
<i>Desmidium swartzii</i>
Oedogoniales
<i>Oedogonium</i> sp.
Ulvophyceae
Ulotrichales
<i>Ulothrix</i> sp.
Heterokontophyta
Bacillariophyceae
Centrophycidae
Coscinodiscales
<i>Melosira varians</i>
Cliophora
Oligohymenophorea
Peritrichia
Sessilida
<i>Thuricola</i> sp.
<i>Vaginicola</i> sp.
<i>Vorticella campanula</i>
<i>Vorticella convallaria</i>
<i>Vorticella microstoma</i>
<i>Carchesium epistylis</i>
<i>Carchesium gracilis</i>
<i>Epistylis hentscheli</i>

水門において連絡しており、農業用水として八郎潟調整池の水が機場より導水されている³⁰⁾ことに起因するものと考えられる。しかしながら、出現個体密度の点では、水生植物の繁茂する水路部と水生植物が限定的な八郎潟調整池とでは大きな相異が認められた。

4. 2 藍藻類

水の華を形成するアオコとして知られる藍藻類に着目すると、八郎潟調整池における優占種は、*Microcystis aeruginosa* および *M. ichthyoblabe* であり、最大細胞

密度は夏期にそれぞれ390,000 cells/mlおよび140,000 cells/mlであった²⁹⁾。一方、八郎潟旧湖岸の水路部における優占種は、ネンジュモの仲間 *Anabaena smithii* およびサヤユレモ *Lyngbya* sp.、ユレモの仲間 *Planktothrix raciborskii* などで、夏期における最大細胞密度もそれぞれ89,000 cells/mlおよび76,000 cells/ml、51,000 cells/mlであった。このように藍藻類の出現細胞密度は、八郎潟調整池に比較し八郎潟旧湖岸の水路で低く抑えられていた。出現した藍藻13種を全藍藻細胞数として調査対象植物群落別に年間変動幅を箱ひげ図で示すと図1のように示される。分散分析およびポストホックテストとしてScheffe法を用いた統計解析の結果、開放水面（対照）および浮葉植物に比較して、沈水および抽水植物群落において藍藻細胞数が低く抑えられていることが明らかとなった（ANOVA ; $F(10, 331) = 12.25$, $P < 0.0001$ ）。

藍藻類現存量についてアサザ、ヒシ、ヒルムシロの3種の浮葉植物に着目すると、対照系との有意差が存在しないことが明らかとなった（ANOVA ; $F(3, 128) = 0.97$, $P = 0.41$ ）。これは浮葉植物の葉が水面上に展開する特性に起因するものであると考えられる。現場では、水面近くの表層に形成された藍藻類からなる水の華が吹き寄せられ浮葉植物の葉周辺に集積していることが確認された。このことから、葉が水面上に多数広がる構造が、風により集積した水の華を保持する役割を果たしたことが推察される。

4.3 ミジンコ類

観察された浮遊微生物のうち、特に現存量の面で優占種となっていたのは表3に示す広義のミジンコ類（節足動物甲殻綱）であった。これらミジンコ類に着目し、調査植物群落別の年間出現個体密度変動幅を箱ひげ図で示

すと図2のように示される。この図からハゴロモモ、センニンモ、ホザキノフサモ、オオカナダモの4種の沈水植物では、対照系および浮葉植物群落、抽水植物群落に

Table 3 Dominant crustaceans collected around aquatic plants

Crustaceae
Branchiopoda
Cladocera
Sidae
<i>Sida crystallina</i>
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>
Daphniidae
<i>Daphnia galeata</i>
Bosminidae
<i>Bosmina longirostris</i>
Chydoridae
<i>Alona quadrangularis</i>
<i>Chydorus sphaericus</i>
Copepoda
Calanoida
Diaptomidae
<i>Acanthodiaptomus pacificus</i>
Cyclopoida
Cyclopiinae
<i>Cyclops vicinus</i>
Ostracoda
Podocopa
Cypridacea
Candonidae
<i>Physocypria nipponica</i>
Cyprididae
<i>Stenocypris hislopi</i>

Fig. 1 Density of cyanobacteria comparison with various kinds of vegetations

Fig. 2 Crustaceans' biomass comparison with various kinds of vegetations

比較して著しく高い生息密度が認められる。分散分析およびポストホックテストとしてScheffe法を用いた統計解析の結果、沈水植物4種では、他の水生植物や対照系と比較してミジンコ類の生息密度が高まっていることが検証された (ANOVA : $F(10,334)=27.42, P<0.0001$)。

沈水植物において高密度に生息が確認されたミジンコ類の中でも特徴的な出現傾向が認められたのは、甲殻綱 (Crustaceae) 鰓脚亜綱 (Branchiopoda) 枝角目 (Cladocera) シダ科 (Sidae) のシダ *Sida crystallina* および、同マルミジンコ科 Chydoridae のシカクミジンコ *Alona quadrangularis*、マルミジンコ *Chydorus sphaericus* の3種であった。これら3種に着目し、調査対象とした各沈水植物群落における個体密度の季節の変遷を見ると図3のようにまとめられる。この図から (1) 水生植物群落の無い対照系においては調査期間を通じてミジンコ3種の出現密度が低く安定的であること、(2) 夏緑性の沈水植物であるセンニンモおよびハゴロモモでは、植物体が繁茂する夏期にミジンコ3種の出現密度が高くなり、春・秋期は出現密度と植物体の繁茂状況に密接な関係が示唆されること、(3) 常緑性の沈水植物であるオオカナダモおよびホザキノフサモでは、夏緑性のセンニンモおよびハゴロモモに比較してミジンコ3種の出現密度季節変動が小さいこと、などが明らかである。

ミジンコ3種の出現密度が沈水植物の繁茂状態と密接な関係を有していることは、沈水植物がミジンコ3種の生息空間として重要な役割を演じていることを示唆していると考えられる。すなわち、植物体が水中物理構造物としてプランクトン食魚やフサカ幼虫など捕食者からの捕食圧回避に有効に機能していること、換言すればミジンコのニッチ創出を担っていると考えられる。林ら⁴⁾は、水中に疑似沈水植物として接触材を充填し、ミジンコ類

の生息密度が高く維持されることを明らかにしている。本研究により明らかとなった沈水植物の繁茂状況とミジンコ3種の個体密度との関係は林ら⁴⁾の知見と整合的である。

図3に示したシダ、マルミジンコ、シカクミジンコの3種以外のミジンコ類について出現個体密度の季節的変遷を追跡すると、年間を通じて高密度が維持されたゾウミジンコ *Bosmina longirostris*、春および晩秋に高かったオナガケンミジンコ *Cyclops vicinus*、夏期のみ見られたオナガミジンコ *Diaphanosoma brachyurum* など種により特徴的な出現パターンが認められたが、水生植物の繁茂状況と密接な関係が類推される種は認められなかった。これらの事実は、調査対象水域においては、シダ、マルミジンコ、シカクミジンコの3種が特に水生植物、とりわけ沈水植物を棲息場として積極的に活用していたことを示唆するものと考えられる。これら3種は付着性で水生植物帯を棲息場とすることが知られる³¹⁾ 仲間で、特にシダは、後頭部に吸盤状構造物を有し水生植物の葉や茎にくっついて生活する^{32, 33)} ことが知られている。このことから水生植物の繁茂に応じ棲息密度を高めたものと考えられる。

5. 課題および展望

沈水植物繁茂域において、シダ、マルミジンコ、シカクミジンコの3種が植物体の繁茂状態に応じた個体密度増減を見せることが見いだされた。また、調査対象とした沈水植物の中では、センニンモおよびハゴロモモにおいて、3種のミジンコ類の個体密度と植物体繁茂状況との関係が強いことが明らかとなった。

これまでに水生植物では、種間情報物質として他感作用物質 (Allelochemicals) を二次代謝するものが報告されている。ホザキノフサモはアレロパシー物質としてポリフェノール化合物 (ピロガロール、没食子酸、カテキン、エラグ酸など) を産生し藻類増殖抑制効果を発揮することが報告³⁴⁾ されている。オオフサモ³⁵⁾、アジ³⁶⁾、ハープ類³⁷⁾、水辺の湿性植物^{38, 9)} などでも他感作用物質に関する報告がある。藻類増殖抑制効果については、藻類増殖を抑制することにより競争関係にある栄養塩である窒素・リンの枯渇防止、透明度確保による光強度確保などの面から他感作用物質はアロモン (Allomone) と位置づけられると考えられる。本研究にて明らかとなったシダ、マルミジンコ、シカクミジンコの3種のミジンコ類が、センニンモおよびハゴロモモなどが二次代謝す

Fig. 3 Seasonal change of crustaceans' biomass comparison with various kinds of submergents

る他感作用物質に応答した挙動を示しているのか、また、それがアロモン、シノモン (Synomone)、カイロモン (Kairomone)、アンチモン (Antimone) のいずれとして機能しているのか、などについて今後さらなる検討が必要と考えられる。

同時に、水生植物植栽浄化法での水質浄化や物質収支の検討⁴⁰⁾について、場に棲息するユスリカ⁴¹⁾など微小動物などをも包含した系としての検討⁴²⁾を進めることが今後、ますます重要な位置づけになるものと考えられる。

謝辞：本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B)「八郎湖における水生植物群落の水質浄化機構の解析とその機能強化に関する研究：課題番号18310059」の一環として実施されたものである。

引用文献

- 1) 須藤隆一：環境修復のための生態工学、pp.229、講談社、東京 (2000)
- 2) 島谷幸宏・中村圭吾・細見正明：エコテクノロジーによる河川・湖沼の水質浄化—持続的な水環境の保全と再生、pp.325、ソフトサイエンス社、東京 (2003)
- 3) 沖野外輝夫：水生植物による富栄養化湖沼における環境修復、In 生物機能による環境修復、94-108、恒星社厚生閣 (1996)
- 4) 林紀男・浅枝隆・稲森悠平：水生植物の物理的存在が透明度向上に果たす役割、四万十・流域圏学会誌、3 (1)、19-23 (2004)
- 5) 細見正明：水生植物を利用した水質浄化システム、バイオサイエンスとインダストリー、57 (2)、16-21 (1999)
- 6) モンティニーアート パンヤット・中蘭孝裕・岡本智伸・小田原健・菊地正武・桃田聖孝：動物園の富栄養池における水生植物を用いた生物的浄化とその飼料としての利用、日本草地学会誌、44 (2)、115-121 (1998)
- 7) 桃田聖孝：水生植物および微細藻類による水質浄化とそのバイオマス利用、用水と廃水、38、465-470 (1996)
- 8) 森本和花・河野宏樹・森一博・池道彦・藤田正憲：水質浄化に利用可能な水生植物データベースの構築、日本水処理生物学会誌、別巻17、71 (1997)
- 9) 尾崎保夫：バイオジオフィルター水路を用いた農業集落排水の高度処理—自然浄化機能の活用と環境教育を目指した新たな試み、圃場と土壤、38 (1)、14-19 (2006)
- 10) 秋山優・國井秀伸：水草による藻類に対するアレロパシー効果、水草研究会誌、37、11-16 (1989)
- 11) 中井智司・井上豊・細見正明・村上昭彦：ホザキノフサモが放出したアレロパシー物質の藍藻類に対する複合作用及びアレロパシー効果の評価、水環境学会誌、21 (10)、663-669 (1998)
- 12) 大森信・池田勉：生態学研究法講座 動物プランクトン生態研究法、pp.229、共立出版、東京 (1976)
- 13) 南雲保・出井雅彦・長田敬五：微小藻の世界 珪藻の世界 ミクロの宝石 観察と分類、58pp、国立科学博物館、東京 (2000)
- 14) 上野益三：川村多實二原著 日本淡水生物学、pp.760、北隆館、東京 (1973)
- 15) Ruttner-Kolisko, A.: Plankton Rotifers Biology and Taxonomy, Die Binnengewässer, 26 (1), pp.146, Stuttgart E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart (1974)
- 16) 水野寿彦：日本淡水プランクトン図鑑、pp.353、保育社、大阪 (1977)
- 17) Corliss, J. O.: The Ciliated Protozoa. Characterization, Classification and Guide to the Literature 2nd Ed., pp.455, Pergamon Press, London (1979)
- 18) 猪木正三：原生動物図鑑、pp.838、講談社サイエンスフィク、東京 (1981)
- 19) 堵南山・水野寿彦：中国／日本・淡水産枝角類総説、pp.209、たたら書房、鳥取 (1982)
- 20) 水野寿彦・沈嘉瑞：中国／日本・淡水産橈脚類、pp.650、たたら書房、鳥取 (1984)
- 21) 扇元敬司 (訳)：ハウスマン原生動物学入門、pp.252、弘学出版、神奈川 (1989)
- 22) Round, F. E., Crawford, R. M., and Mann, D. G.: The Diatoms, pp.747, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1990)
- 23) 水野寿彦・高橋永治：日本淡水動物プランクトン検索図説、pp.532、東海大学出版会 (1991)
- 24) 小島貞男・須藤隆一・千原光雄：環境微生物図鑑、pp.776、講談社サイエンスフィク (1995)
- 25) 鈴木實：車輪虫類同定学 An Approach to the Identification of the Common Rotifers, pp.151, 三省堂、東京 (1999)
- 26) Fourtanier, E. and Kociolek, J. P.: Catalogue of the diatom genera, Diatom Research, 14, 1-190 (1999)
- 27) 田中正明：日本淡水産動植物プランクトン図鑑、pp.584、名古屋大学出版会、名古屋 (2002)
- 28) 渡辺仁治・浅井一視・大塚泰介・辻彰洋・伯耆晶子：淡水珪藻生態図鑑、群集解析に基づく汚濁指数DAIpo、pH耐性能、pp.784、内田老鶴圃、東京 (2005)
- 29) 林紀男・中野芳雄・尾崎保夫・片野登：八郎湯調整池 (秋田県) の浮遊微生物相、秋田自然史研究、51、1-7 (2007)
- 30) 三浦竹治郎：八郎湯調整池の富栄養化について—八郎湯調整池の形状と過去の水質について—、秋田県公害技術センター年報、7、117-129 (1980)
- 31) 花里孝幸：ミジンコ その生態と湖沼環境問題、pp.320、名古屋大学出版会、名古屋 (1998)
- 32) Vijverberg, J.: Long-term dynamics of small-bodied and large-bodied cladocerans during the eutrophication of a shallow reservoir, with special attention for *Chydorus sphaericus*, Hydrobiologia, 360, 233-242 (1997)

- 33) 花里孝幸：ミジンコ先生の水環境ゼミ、pp.268、地人書館、東京（2006）
- 34) 中井智司・山根小雪・細見正明：ホザキノフサモが放出した4種のアレロパシー物質（ポリフェノール）の藻類に対する増殖抑制効果、水環境学会誌、23（11）、726-730（2000）
- 35) 村越勇・松本誠・関根利一・斉藤和季：水生植物オオフサモによる水質浄化に関する研究—オオフサモによる藍藻類の増殖阻害、千葉大学環境科学研究報告、15、27-31（1990）
- 36) 周 勝・中井智司・細見正明・瀬崎裕子・富永正照：ヨシのアレロパシーによるシアノバクテリアの増殖抑制、日本水処理生物学会誌、40（1）、23-28（2004）
- 37) 猪谷富雄、高木かず美、八木久子、福岡加奈子、福田泰子、森永 力：ハーブのアレロパシーに関する2、3の実験、日本作物学会第216回講演会要旨・資料集、Vol.72、別号2、302-303（2003）
- 38) 岩崎 寛：ため池周縁部におけるクズのアレロパシー効果と光合成特性に関する基礎的研究、環境情報科学論文集、17、323-326（2003）
- 39) Uchida, T., Nishimura, S., and Maruyama, J.: Fundamental studies on waterfront revegetation: 2, Allelopathic potential of interspecies which affects the elongation rate of root, Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology, 27（2）、436-440（2001）
- 40) 山廻辺典夫：水生植物（マコモ）による水質浄化における物質収支的考察、土木学会東北支部平成13年度技術研究発表会講演集、690-691（2002）
- 41) Kondo, S. and Hamashima, S.: Chironomid midges emerged from aquatic macrophytes in reservoir, Japanese Journal of limnology, 46（1）、50-55（1985）
- 42) 林紀男・桑原享史・稲森悠平・須藤隆一：水生植物を植栽した溜池の水質浄化に果たすユスリカ類の役割、四万十・流域圏学会誌、5（2）、34-41（2006）
（受付 2007.3.28）
（受理 2007.5.2）