

# 矢作川中流域の分流における外来水生植物 オオカナダモ (*Egeria densa* Planch.) の生育環境と消長

Growth conditions and temporal changes of the alien aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. in a distributary channel of the middle reach of the Yahagi River, Japan

内田朝子<sup>1)</sup>・白金晶子<sup>1)</sup>・角野康郎<sup>2)</sup>

Asako UCHIDA<sup>1)</sup>, Akiko SHIRAGANE<sup>1)</sup> and Yasuro KADONO<sup>2)</sup>

## 要 約

オオカナダモの発生抑制対策を講じる際の基礎資料とするため、2013年6月から2015年11月までの期間、野外調査を行った。調査は矢作川本流の越戸ダム下流2.0 kmの分流において、流速が異なる2つの場所に横断方向に流れ幅14 m、縦断方向に5 mの調査区をそれぞれ1つずつ設け、オオカナダモ群落の分布、流速、水深、底質を調査した。オオカナダモ群落は流れの緩い区画に多く形成されたが、速い区画ではほとんど形成されなかった。緩い区画では、オオカナダモの分布面積は春季に縮小、春季から秋季にかけて増加した。本調査地においてオオカナダモ群落が定着していた平水時の水深は50 cm前後、流速は20 cm/s前後であった。ダム下流の分流にあたる本調査地は規模の大きな自然出水が起きてもオオカナダモの流失量が小さかったため、下流域への供給源となっている可能性が高い。本調査地のオオカナダモの抑制は現存量の小さい春季に行うことが有効であると考えられた。

## 1. はじめに

南米原産の沈水植物オオカナダモ *Egeria densa* Planch. (トチカガミ科) は北米、オーストラリア、ニュージーランド、南アフリカ、アジアとヨーロッパの一部など、世界各地で野生化している (Gassmann et al., 2006; Yarrowet et al., 2009)。日本には1920年代に植物生理学の実験植物として導入され (Haramoto and Ikusima, 1988)、1940年代には山口県で野生化が確認されている (角野, 1994)。現在では全国の湖沼や河川・水路に侵入・定着し、各地で大繁茂の事例が報告されている (角野, 1994; 水口ほか, 2013; 乾ほか, 2016; 内田ほか, 2016)。オオカナダモは切れ藻によって容易に栄養繁殖することや、冬に植物体が枯れず、春には在来種に先駆けて成長を開始することで群落を拡大してきた (Haramoto and Ikusima, 1988)。

河川でオオカナダモ群落が過度に発達すると、流下能力の低下、利水障害、他の河川一次生産者との競合のほか、河川景観の悪化、釣りや河川リクリエーション活動の質を低下させることが指摘されている (Wilcock et al., 1999; Thouvenot et al., 2013)。オオカナダモは、EUにおいて侵略的外来水生植物にされるなど、繁茂による生態学および経済的影響を最小限に止めるため国際的な規制や法律に基づいた管理対象種に位置づけられ

ている (Getsinger et al., 2014; Brundu, 2015; Hussner et al., 2017)。我が国の『生態系被害防止外来種リスト』 (環境省・農林水産省, 2016) でも、オオカナダモは「重点対策外来種」とされている。

愛知県中央部を流れる矢作川では、2007年以降中流域 (特に、越戸ダム下流の平戸橋から久澄橋の間) でオオカナダモの分布域が拡大し、河川景観が悪化したことに加え、瀬では友釣りアユの釣糸に植物体が絡み漁業に被害を与えた。この事態を受け、2009年から市民活動グループによるオオカナダモの駆除活動が進められた (内田ほか, 2014; 2016)。豊田市矢作川研究所では、オオカナダモの低密度管理の基礎資料とするため、駆除活動が活発に行われていた2010年代前半に、矢作川分流においてオオカナダモの消長を調査した。本報告では、オオカナダモの消長とその調査から示唆された抑制に向けての留意点を整理した。

## 2. 材料と方法

豊田市越戸町の矢作川本流の分流 (河口から約44.0 km地点) において、河川環境が異なる2つの調査区 (流速の緩い上流側の区画と流速の速い白波が立つ下流側の区画; 以後、それぞれ緩い区画と速い区画とする) を設置した (図1-1~2)。調査区は横断方向に14 m、

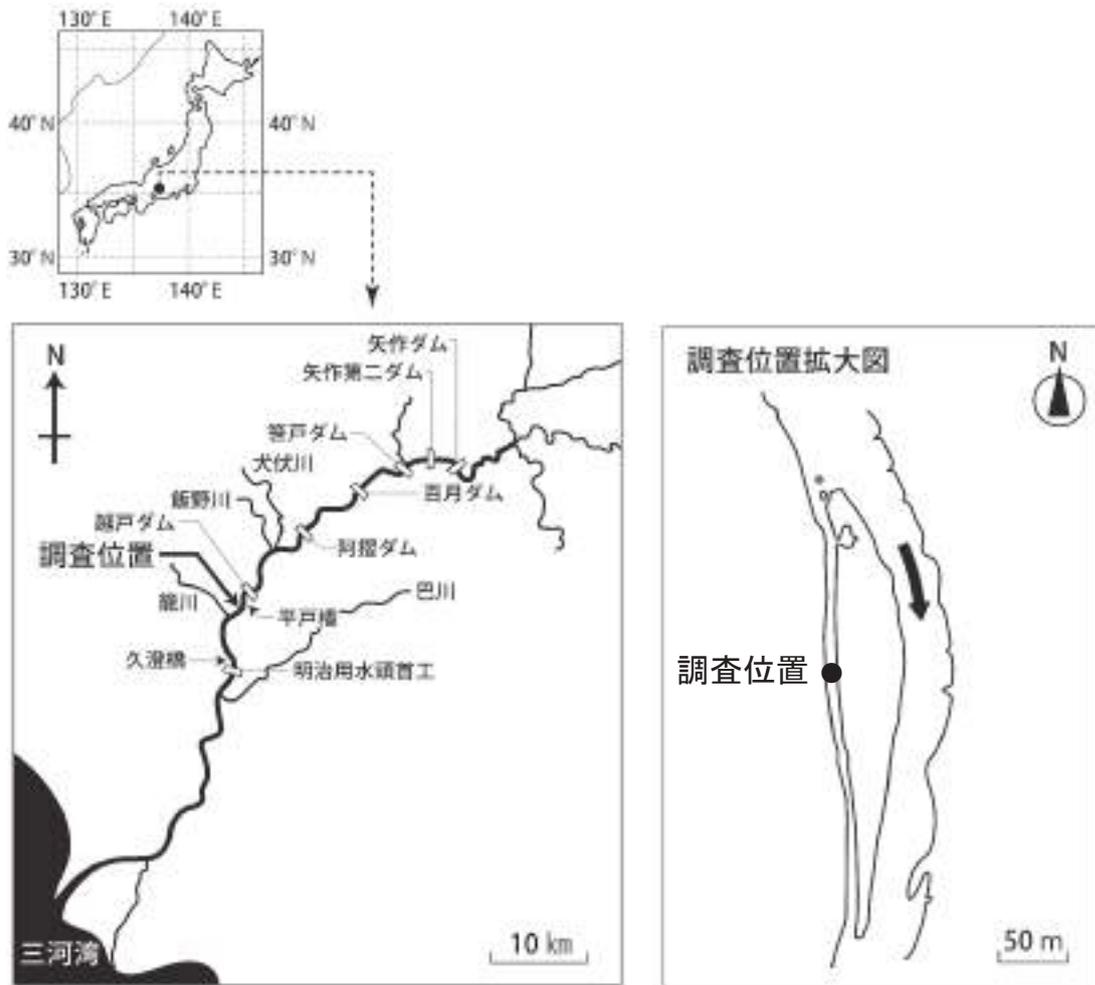


図 1-1 調査位置.



図 1-2 左：調査地全景，右上：緩い区画，右下：速い区画における調査風景.

縦断方向に 5 m とし、縦横に 1 m ピッチでメッシュに区切った。矢作川では出水期には水位が高く、調査ができない期間が継続することが多く、本流では安全を確保した調査を継続的に実施できないため、本研究では比較的調査が可能な分流を対象とした。

調査は 2013 年 6 月、7 月、8 月、9 月、11 月、2014 年 1 月、4 月、5 月、6 月、7 月、9 月、2015 年 1 月-2 月、5 月、11 月の計 14 回実施した。調査時にはメッシュ毎にオオカナダモの生育の有無を確認し、生育が確認された場合は、位置とパッチのサイズ（原則、パッチを楕円に近似し長径と短径を 5 cm 単位で測定）を記録した。本研究では、複数のシュートからなり幅が 5 cm 以上の株もしくは株の集合をパッチとした。

流速と水深はメッシュの各交点で測定した。水深はスライドスケール（バカボー君 MYZOX 長久手市）を用いて 1 cm 単位で測定した。流速は 6 割水深の位置で流速計（CR-7WP コスモ理研 柏原市）を用いて計測した。ただし、2013 年 6 月調査では流速は両区画とも上流および中央の横断ラインのみ、2013 年 7 月調査では水深と流速は欠測、2013 年 8 月調査では流速は両区画とも中央横断ラインのみで測定した。

定着したオオカナダモの茎は下流方向に伸長するため、パッチは株元から下流側に拡大する。パッチの成長や喪失は、パッチ上流端の根部への土砂や水圧によるダメージと考え、本研究では、オオカナダモのパッチと水深および流速との関係は、パッチ上流端に近いメッシュ交点の値を対応させた。底質調査は生育しているオオカナダモ群落に極力影響しないよう現地で河床を乱さず簡便に粒度分布を把握する次の方法で行った（田代、2014）。箱メガネを用いてメッシュ毎に 1 m<sup>2</sup> 内の粒度分布を目視で観察し、粒度組成を 4 段階（砂：2 mm 未満、礫：2-64 mm、大礫：64-256 mm、巨礫：256 mm 以上）に分け、それぞれの粒径の占める割合を 5% 刻みで記録した。なお、2013 年 6 月の調査のみ、粒径区分は 64 mm 未満、64-256 mm、256 mm 以上の 3 区分とした。2013 年 7 月、8 月および 9 月の調査では底質調査は行わなかった。

調査地の流量は調査地と約 2 km 上流の越戸ダム間に主な支流の流入がないため（図 1-1）、越戸ダムの放流量を参照した。

オオカナダモのパッチ形成と水深および流速との関係は Welch の t 検定、パッチサイズと水深との関係については、ピアソンの相関分析で解析した。

### 3. 結果と考察

#### ・オオカナダモのパッチと水深と流速

全調査日の両区画における水深と流速を図 2 に示した。緩い区画の水深は 2.0-84.0 cm（平均 43.5 cm）、流速は 4.6-42.2 cm/s（平均 15.9 cm/s）の範囲にあった。速い区画の水深は 1.0-41.0 cm（平均 19.4 cm）、流速は 4.1-195.5 cm/s（平均 54.2 cm/s）の範囲にあった。

調査区の各メッシュで確認されたオオカナダモのパッチを調査日毎に図 3 に示した。調査期間を通し、オオカナダモのパッチは緩い区画で多く確認され、パッチ数の最多は 2013 年 11 月の 132、最小は 2013 年 6 月の 16 であった。速い区画で確認されたオオカナダモのパッチは少なく、最多は 2014 年 1 月の 10 個に留まった。

各調査日における両区画のオオカナダモの分布面積（パッチ面積の総和）を図 4 に、オオカナダモパッチの形成有無による水深および流速を図 5 に示した。両区画においてオオカナダモのパッチが形成されたメッシュの水深と流速は、それぞれ 47.8 ± 12.4 cm, n = 820（平均値 ± SD, N はサンプル数）および 16.7 ± 8.5 cm/s, N = 770 の範囲にあった。パッチが確認されなかったメッシュでは、それぞれ 25.4 ± 11.70 cm, N = 823, 42.9 ± 34.0 cm/s, N = 818 の範囲にあった。パッチの有無で比較すると、パッチが形成された場所で水深が大

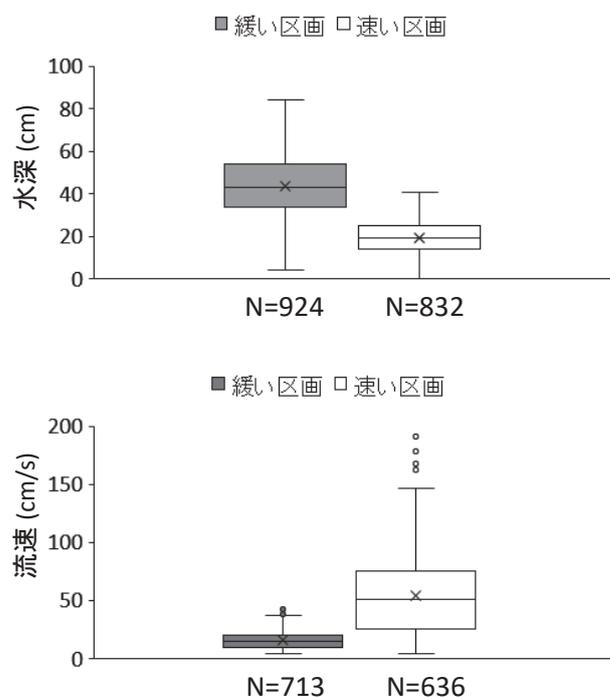


図 2 全調査日、両区画のメッシュ交点の水深と流速。箱ひげ図の四角と中央横線は、25-75% 範囲と中央値、x は平均値、ひげは最大値と最小値、黒丸および白丸は外れ値を示す。

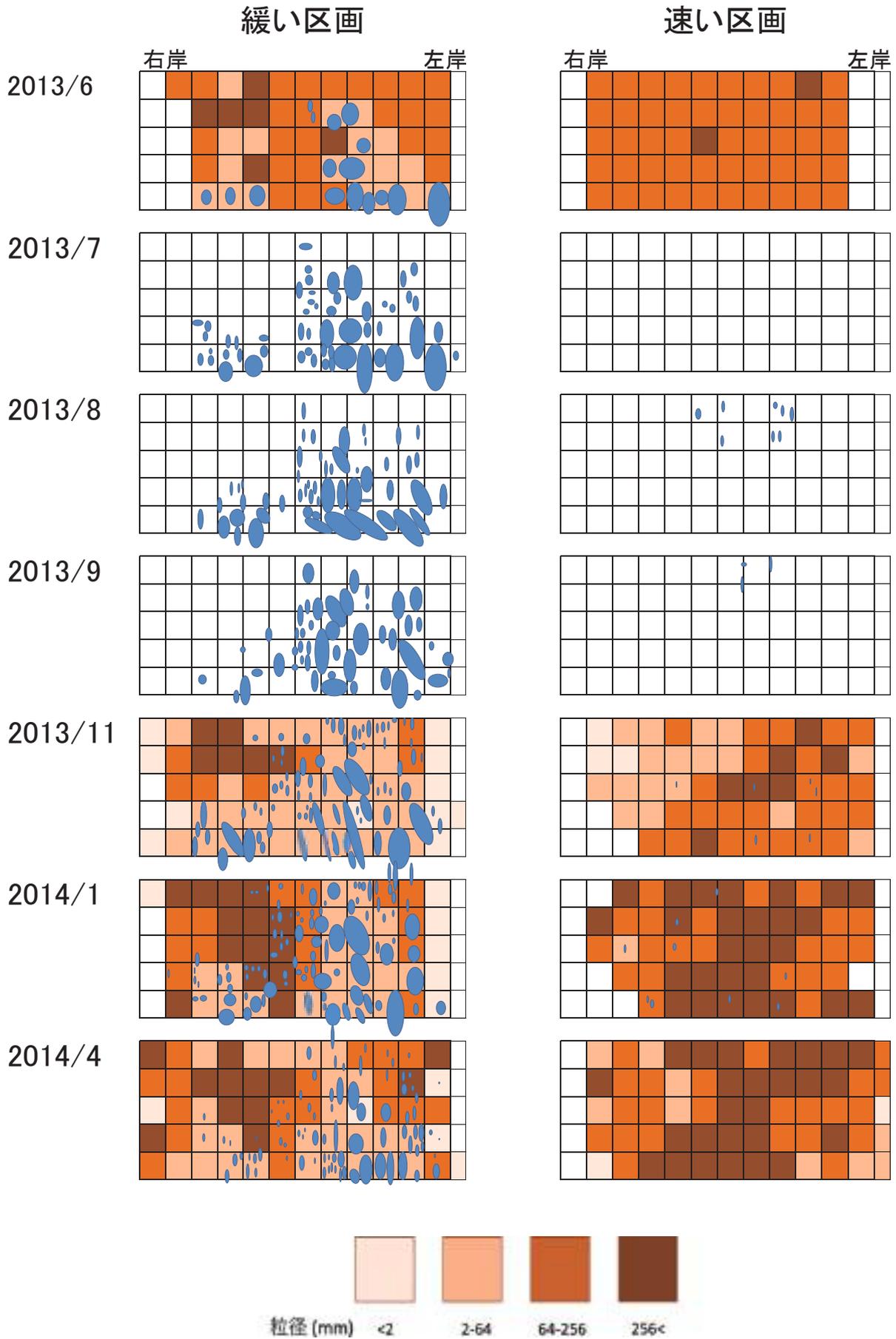


図3 2013年6月から2014年4月までのオオカナダモの分布と底質。メッシュは1×1 m。青色楕円はオオカナダモのパッチを示す。

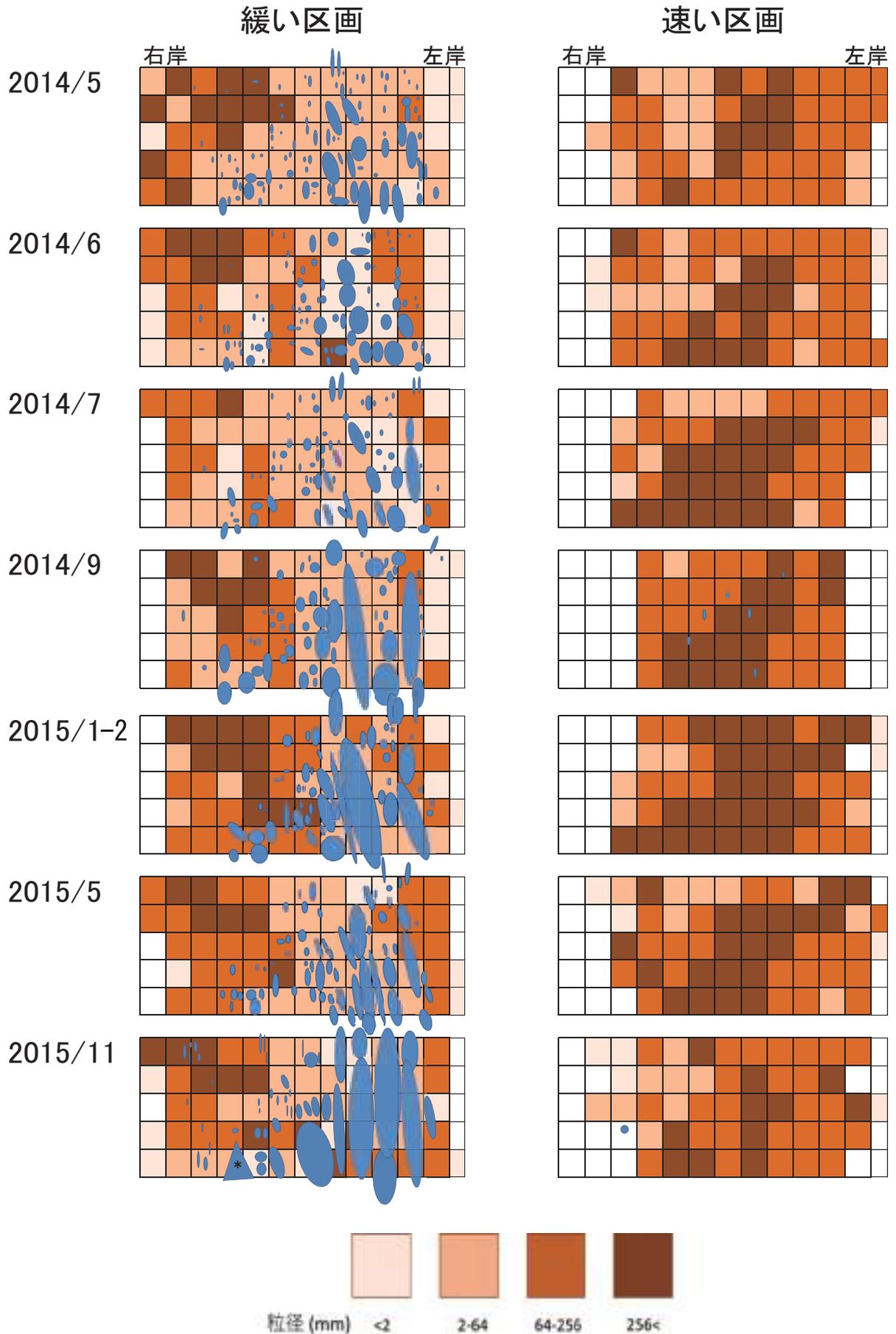


図3 (続き) 2014年5月から2015年11月までのオオカナダモの分布と底質. \* オオカナダモのパッチは原則、楕円に近似したがこのパッチは三角形に形成されていた.

きくかつ流速が遅かった (Welch の  $t$  検定,  $p < 0.01$ ). オオカナダモの群落形成されると流速が弱まり, 流水のダメージが軽減されるためシュートの伸長や分枝が活発になる (Ellawata and Asaeda, 2011). 水深の大きな場所ではシュートを水面まで伸長できるため, 群落の現存量をより増やすことができると考えられる (水口ほか, 2013). しかし, 本研究では, 面積  $1 \text{ m}^2$  を越える大きなパッチが形成された場所の平均水深は  $56.5 \text{ cm}$  ( $N = 16$ , 最小  $42.0 \text{ cm}$ , 最大  $72.0 \text{ cm}$ , 中央値  $57.5 \text{ cm}$ ) であり, 水深とパッチサイズに相関があったものの, その相関係数は小さかった (ピアソンの相関係数;  $r = 0.18$ ,  $p < 0.01$ ). そのため水深は必ずしもパッチサイズを決定する要因ではないと考えられる.

・オオカナダモの分布面積と流量との関係

オオカナダモの分布面積は緩い区画で  $4.9\text{--}21.6 \text{ m}^2$ , 速い区画で  $0\text{--}0.16 \text{ m}^2$  の範囲にあった. 変動幅の大きい緩い区画における季節変化に着目すると, オオカナダモの分布面積は春から初夏には小さく, それ以降, 秋季にかけて増加した. オオカナダモの分布面積は 2013 年 6 月の  $4.9 \text{ m}^2$  から 9 月の  $11.8 \text{ m}^2$  に増加し, 2014 年 1 月の冬季まで大きな変動はみられなかった. 2014 年 4 月

に  $5.7 \text{ m}^2$  に半減したが, 7 月にかけて僅かに増減した後, 9 月には約  $15.0 \text{ m}^2$  まで急増した. 2015 年 1 月の分布面積は晩秋の分布面積と同等であった. 2015 年 5 月には  $7.9 \text{ m}^2$  と半減したが, 11 月には調査期間中最大の  $21.6 \text{ m}^2$  を示した (図 4). 2015 年 11 月の調査では, 緩い区画の中央下流の群落は個々のパッチの境目が不明瞭であったため, 1 パッチとして記録した. このようなパッチには複数の株が含まれている. 一方, 速い区画では, オオカナダモのパッチは少なく, 分布面積の最大は 2013 年 8 月の  $0.16 \text{ m}^2$  であった.

調査期間中の流量変化をみると, 最大流量は 2013 年 9 月, 日最大放流量で約  $1980 \text{ m}^3/\text{s}$  であった (図 6). それを除くと日最大放流量  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  から  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  の規模の出水が 9 回発生した. 最大出水が起きた 2 ヶ月後の 2013 年 11 月の分布面積は出水前の約 85% とほとんど減少しなかった. 2015 年 7 月から 9 月にかけて  $200 \text{ m}^3$  越えの出水が 3 回確認されているが, 同年 11 月の分布面積は出水前の 5 月に比べ大きく増加に転じた (図 4). オオカナダモの流失には河床変動を伴うことが必要であり, 河床材料の移動が起きる規模の出水が必要である (水口ほか, 2013; 後藤ほか, 2018; 栗原ほか, 2018). 分布面積の変化を見る限り, 本流の分流にあたる本調査地

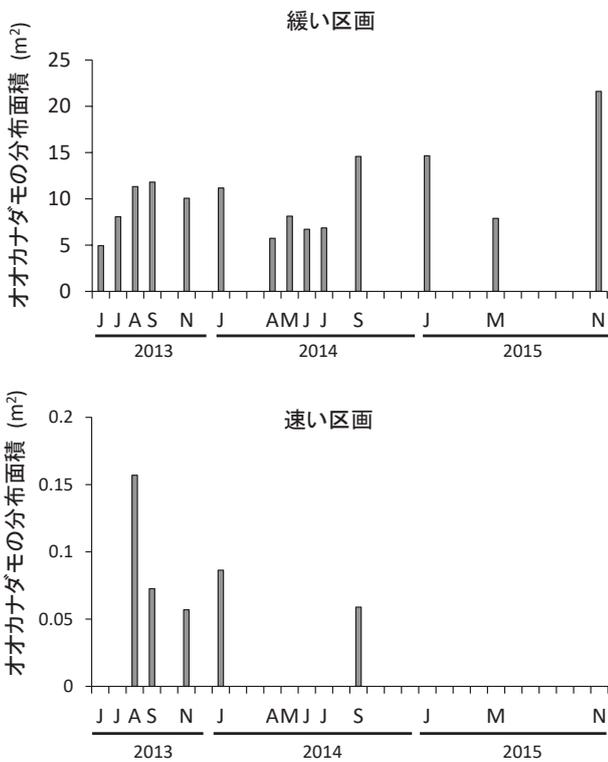


図 4 両区画におけるオオカナダモ分布面積の時間変化. 各調査日の分布面積は各区におけるオオカナダモのパッチの表面積の総和とした.

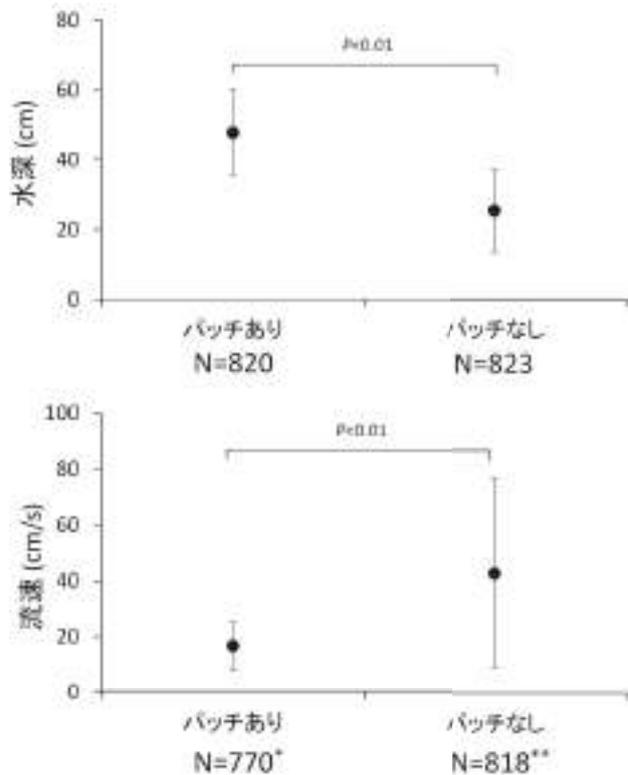


図 5 両区画におけるオオカナダモ群落の有無と水深との関係 (上). 両区画におけるオオカナダモ群落の有無と流速との関係 (下). 黒丸は平均値, バーは標準偏差. \*, \*\* 流速が小さく測定不可の場所を除いた.

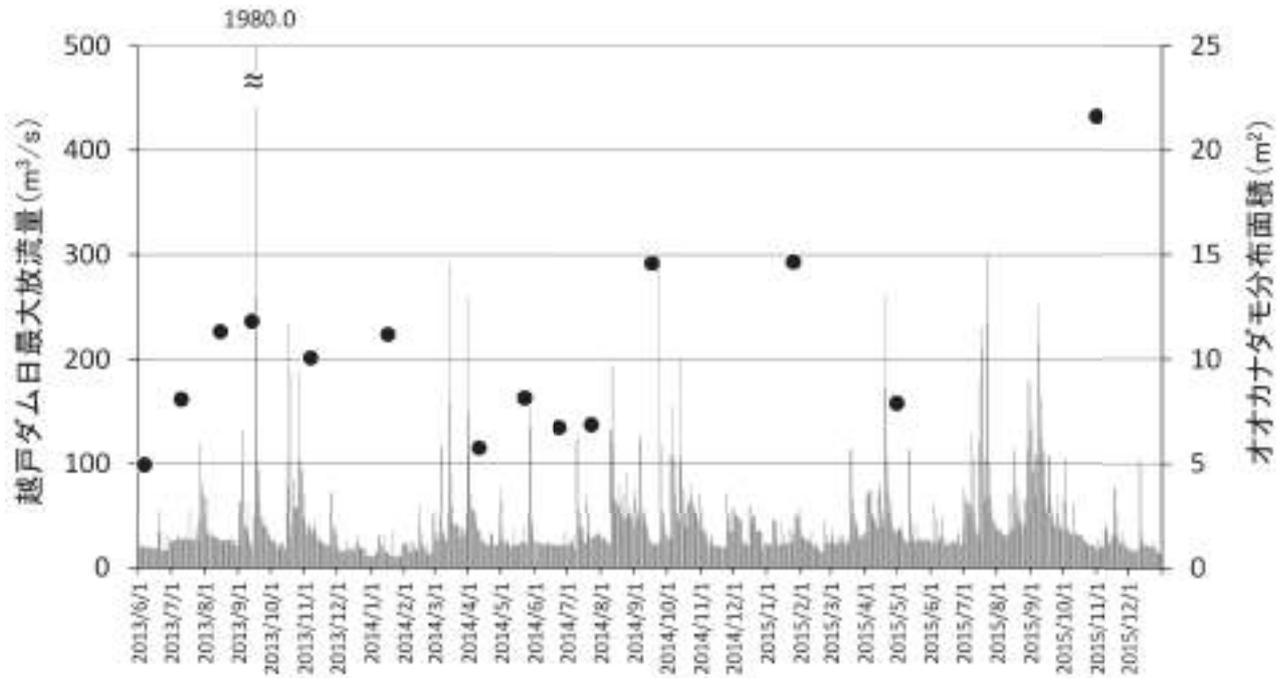


図6 越戸ダム放流量と緩い区画のオオカナダモ分布面積（黒丸）の変化。

では、約 2000 m<sup>3</sup> 規模の出水が起きてもオオカナダモを大きく減少させるだけの河床変動を生じないことが示唆される。一方、平戸橋から久澄橋における本川の全流路を対象に実施しているオオカナダモのモニタリングでは、2013年9月の出水で分布面積は半減した（内田ほか，2022）。これらのことから、分流のオオカナダモが出水により受けるダメージは本流と比べると小さいと考えられる。本調査地の分流のように規模の大きな出水による影響が緩和されている場所のオオカナダモ群落は、下流への切れ藻の供給源となる可能性が高く、分布拡大を抑制する上で注意を要すると考えられる。

#### ・オオカナダモの成長と水温との関係

オオカナダモのシュートの伸長は水温 15℃以上で始まるとされ（Haramoto and Ikusima, 1988），本調査地では5月にその温度域に達することが知られている（白金，2005）。本調査地のオオカナダモの分布面積は、オオカナダモの伸長直前となる4月や伸長の始まる5，6月に小さかった。これらの時期は年間を通してみると現存量の低い時期である（図4）。一方、分布面積の最大値は2015年11月，次いで2014年9月，2015年1月であった。Haramoto and Ikusima（1988）は、霞ヶ浦におけるオオカナダモの現存量のピークは8月と12-1月の年に2回あることを示し，それぞれの生育形を冬型と夏型に分類した。本調査地は河川内であっても出水の影響が緩和される分流であるため，秋の出水攪乱を免れた

11月にも大きな分布面積を示した可能性がある。従って，オオカナダモの現存量の季節変化は水温に応じた成長だけでなく，出水攪乱の影響も合わせて考慮する必要があると考えられる。

#### ・オオカナダモのパッチと底質との関係

各調査日における底質について，4つの粒径区分の中で最も割合の高い区分を図3に，メッシュ毎に色分けして示した。緩やかな区画では，粒径 2-64 mm の割合が高いメッシュが多く，速い区画では，粒径 64 mm 以上の割合の高いメッシュが多かった。

両区画におけるオオカナダモのパッチ面積と底質の粒径との関係を図7に示した。緩い区画で最も多いパッチのサイズは 100-500 cm<sup>2</sup> であり，底質の粒径区分 2-64 mm に集中していた。これに次いで多いパッチサイズは 1000-5000 cm<sup>2</sup>，500-1000 cm<sup>2</sup> であり，いずれも粒径区分 2-64 mm に多かった。速い区画では，確認されたオオカナダモのパッチ数は少なく，その中の最大パッチサイズは 393 cm<sup>2</sup> であった。

Sand-Jensen（1998）は，オオカナダモなど大型の沈水植物の密集は上流側の流速を低下させるため群落の上流側では細かい粒径の堆積物が増加するが，下流側では河床の浸食と堆積物の粗粒化が起きる，つまり，オオカナダモのパッチが発達することで河床環境が変化しうることを報告している。本調査では，オオカナダモが侵入する前の粒径組成を把握していないため，オオカナダモ

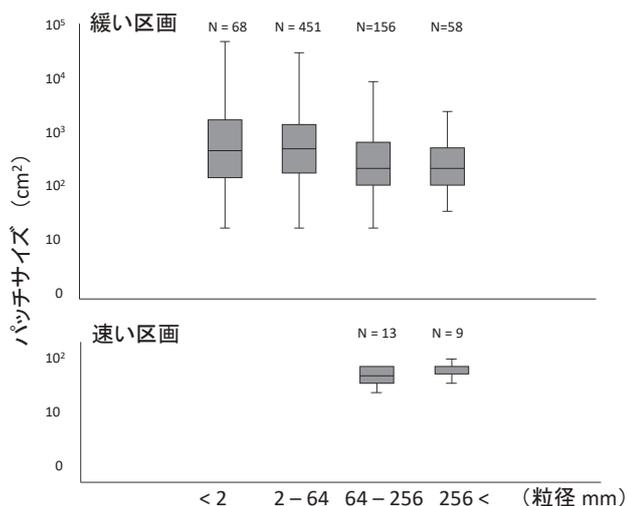


図7 オオカナダモのパッチサイズと底質との関係（4段階の粒径で調査した2013年11月-2015年11月を対象）。N＝パッチ数。箱ひげ図の四角と中央横線は、25-75%範囲と中央値、ひげは最大値と最小値を示す。

群落の発達と河床材料の変化については検証できないが、緩い区画では、パッチの形成されたメッシュの代表粒径は、64 mm以下を示すことが多かった。本調査地においてもオオカナダモ群落が生着した場所では細かい粒径が捕捉された可能性がある。粒径2 mm以下の砂が多い最左岸のメッシュ列でオオカナダモの群落がほとんど確認されなかったが、水位低下時に干上がる場所はオオカナダモの生育に不適な環境であると推察される。

#### ・矢作川分流におけるオオカナダモ管理の重要性

本研究はオオカナダモの発生抑制対策を講じる基礎資料とするために、矢作川の繁茂地で季節的な消長などについて調査を行った。調査対象地は矢作川本流のダム下流であることに加え分流に位置する場所であり、出水によりオオカナダモ群落が生着しにくい環境であることが示唆された。オオカナダモのパッチ形成と水深および流速との関係を見出すために緩い区画と速い区画で調査を行ったが、速い区画では、オオカナダモのパッチはほとんど形成されなかった。速い区画の平均流速は54.2 cm/sと緩い区画の15.9 cm/sを大きく越えており、流速50 cm/sが切れ藻の定着可否の閾地にあたると思われる。速い区画でわずかに確認されたパッチの中央値は40.3 cm/sであり、その多くが閾値を下回ったことも閾値の妥当性を支持すると考えられる。

本調査地のように出水による影響を受けにくい環境のオオカナダモ群落は、出水により現存量が減少した下流域への供給源となる可能性が高い。オオカナダモの供給源となりうる場所では、人海戦術による駆除のほか、分

流入口の堰上げにより局所的なフラッシュ放流など現地状況に応じた手法を検討し、低密度に維持することが望ましい。オオカナダモの抑制には抜本的な対策を講じにくく、対症的な方策となることが多い。本調査から矢作川分流ではオオカナダモ群落の現存量が比較的小さい春から初夏に駆除することが分布拡大の歯止めとなり、駆除作業にかかる経費や努力量も抑えられると考えられる。

## 謝 辞

本研究の現地調査を進めるにあたり、矢作川天然アユ調査会の中根耕造氏、調査協力者の山口健一氏、宇地原永吉氏および豊田市矢作川研究所の皆さまにご協力をいただいた。ここにお世話になった全ての方に心より感謝いたします。

## 引用文献

- Brundu, G. (2015) Plant invaders in European and Mediterranean Island waters: Profiles, distribution and threats. *Hydrobiologia*, 746: 61-79.
- Ellawata, C. and A. Asaeda (2011) The effect of flow turbulence on plant growth and several growth regulators in *Egeria densa* Planchon. *Flora*, 206: 1085-1091.
- Gassmann A, M. J. W. Coek, R. Shaw and H. C. Evans (2006) The potential for biological control of invasive alien aquatic weeds in Europe: a review. *Hydrobiologia*, 570: 217-222.
- Getsinger, K., E. Dibble, J. H. Rodgers and D. Spencer (2014) Benefits of controlling Nuisance aquatic plants and algae in the United States. *Cast Commentary*, QTA2014-1: 12.
- 後藤益滋・赤松良久・乾 隆帝・海老野秀典・河野誉仁・山口皓平・神谷大助 (2018) 土師ダム下流におけるオオカナダモ繁茂・流失要因の検討. *土木学会論文集 B1 (水工学)*, 74(4): I 589-I 594.
- Haramoto, T. and I. Ikusima (1988) Life cycle of *Egeria densa* Planch., an aquatic plant naturalized in Japan. *Aquatic Botany*, 30: 389-403.
- Hussner, A., I. Stiers, M. J. J. M. Verhofstad, E. S. Bakker, B. M. C. Grutters, J. Haury, J. L. C. H. van Valkenburg, G. Brundu, J. Newman, J. S. Clayton, L. W. J. Anderson and D. Hofstra (2017) Management and control methods of invasive alien freshwater aquatic plants: A review. *Aquatic Botany*, 136: 112-137.
- 乾 隆帝・赤松良久・掛波優作 (2016) 佐波川におけるオオカナダモ被度の定量化と繁茂要因の検討. *土木学会論文集 B1 (水工学)*, 72(4): I 1123-I 1128.

- 角野康郎 (1994) 日本水草図鑑. 文一総合出版.
- 環境省・農林水産省 (2016) 日本の外来種対策 <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html> (2022年6月30日閲覧).
- 栗原 淳・道中 貢・赤松良久 (2018) 江の川におけるオオカナダモの繁茂要因と抑制条件に関する検討. 河川技術論文集, 24: 297-302.
- Lamouroux, N. and H. Capra (2002) Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, 47(8): 1543-1556.
- 水口雄介・椿 涼太・川原能久・松原功馬 (2013) フラッシュ放流による沈水植物の流失特性. 土木学会論文集 B1 (水工学), 69(4): I 1351-I 1356.
- Sand-Jensen, K. (1998) Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. *Freshwater Biology*, 39 (4): 663-679.
- 白金晶子 (2005) 矢作川中流の水温の経年変化. 矢作川研究, 9: 55-58.
- 田代 喬 (2014) 河床材料. 日本陸水学会東海支部会 (編集). 身近な水の環境科学 実習・測定編. p. 29-35. 朝倉書店. 東京.
- Thouvenot, L., J. Hauryand and G. Thiébaud (2013) A success story: water primroses, aquatic plant pests. *Aquatic Conservation-marine and Freshwater Ecosystems*, 23: 790-803.
- 内田朝子・白金晶子・洲崎燈子・裕 伸夫・水野 修・椿 隆明 (2014) 矢作川における要注意外来生物オオカナダモ (*Egeria densa*) の繁茂状況と駆除活動. 矢作川研究, 18: 33-40.
- 内田朝子・白金晶子・角野康郎・古川 彰 (2016) 「矢作川オオカナダモ駆除検討会」の記録. 矢作川研究 20: 43-52.
- 内田朝子・白金晶子・椿 涼太 (2022) 矢作川におけるオオカナダモ (*Egeria densa* Planch.) の分布と出水攪乱 (底面せん断応力) との関係. 矢作川研究, 27: 11-17.
- Wilcock, R., P. Champion, J. W. Nagel and G. Croker (1999) The influence of aquatic macrophytes on the hydraulic and physico-chemical properties of a New Zealand lowland stream. *Hydrobiologia*, 416: 203-214.
- Yarrow, M., H. M. Victor, M. Finlayson, A. Tironi, L. E. Delgado and F. Fischer (2009) The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem engineer? *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 299-313.
- ( 1) 豊田市矢作川研究所  
〒 471-0025 愛知県豊田市西町 2-19 豊田市職員会館1階  
2) 神戸大学大学院理学研究科  
〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1