

オオカナダモの繁茂流失プロセス及び河川生物に及ぼす影響の検討

山口大学	創成科学研究科	学生会員	○児玉	貴央
山口大学	創成科学研究科	学術研究員	正会員	宮園 誠二
山口大学	創成科学研究科	教 授	正会員	赤松 良久
山口大学	創成科学研究科	特命 助教	正会員	中尾 遼平
日本工営株式会社	中央研究所	総合技術開発第2部	正会員	山口 皓平

1. はじめに

南米原産の外来沈水植物であるオオカナダモ *Egeria densa* は、切れ藻による栄養繁殖を行うことで分布域を容易に拡大し、大規模な群落を形成する性質を持つことから、日本の河川において様々な問題を引き起こしている。そのため、オオカナダモの適切な防除・管理方法の開発が求められるが、そのためにはオオカナダモの繁茂流失要因並びに繁茂による河川生物への影響の解明が課題となる。

本研究では、生物モニタリング手法として近年注目される UAV や環境 DNA 分析を用いて、オオカナダモとアユの生物量を定量化し、大規模出水時のオオカナダモの流失特性及びオオカナダモの繁茂が河川生物に及ぼす影響に関する検討を行った。

2. 方法

(1) 現地調査

調査区間は、中国地方最大の1級河川である江の川上流域の土師ダム～西城川、馬洗川合流部までの約40kmとした(図-1)。現地調査では、オオカナダモの時空間分布を把握するため、UAV (Phantom4pro, Phantom3pro, DJI 社) を用いて2018年3月27～29日、6月15～16日、7月18～19日、2019年5月22～23日、11月26～27日の5回空撮を行った。また、河川水温を連続モニタリングするため、調査区間内に水温ロガーを5箇所設置し、15分間隔で水温の連続モニタリングを行った。さらに、環境DNA分析によりアユの生物量を定量化するため、2019年8月6日に、土師ダムから坂木川合流部間の18地点において環境DNAサンプル(表層水1L)の採水を行った。

(2) オオカナダモ被度の算出

オオカナダモ被度を定量化するため、まず SfM-

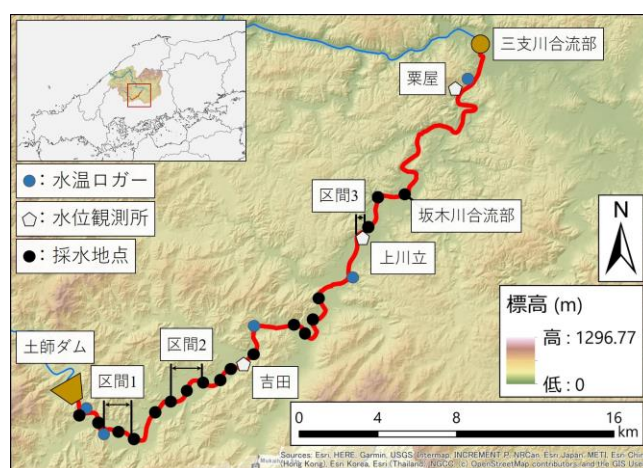


図-1 調査地点

MVS を用いて空撮画像からオルソ画像を作成した。オルソ画像の作成には、SfM-MVS に一般的に用いられる Metashape Professional(Agisoft 社)を使用した。次に、ArcGIS10.6.1 上においてオルソ画像をもとに、オオカナダモ群落と低水路を作成し、200m 距離標位置で分割した後、ジオメトリ演算により200m 区間ごとの面積を算出した。最後に、式(1)からオオカナダモ被度を算出し、200m 距離標の端点を結んで作成したポリゴンに内挿し、被度の段階ごとに可視化した。

$$\text{被度}(\%) = \frac{\text{オオカナダモ群落面積}(m^2)}{\text{低水路面積}(m^2)} \times 100 \quad (1)$$

(3) オオカナダモ流失率と水理パラメータの関係

大規模出水時のオオカナダモの流失特性について検討するため、平成30年7月豪雨に伴う出水前後の被度変化が特徴的であった3区間(区間1:175.2kp～177.0kp, 区間2:169.8kp～172.2kp, 区間3:154.6kp～155.0kp)内におけるオオカナダモ流失率とピーク流量時の流速、無次元掃流力を算出し、それぞれの関係を単回帰分析により解析した。オオカナダモ流失率は、各区間において10m 格子ごとに分割された

キーワード オオカナダモ, UAV, アユ, 環境DNA, 外来生物, 定量PCR

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9339

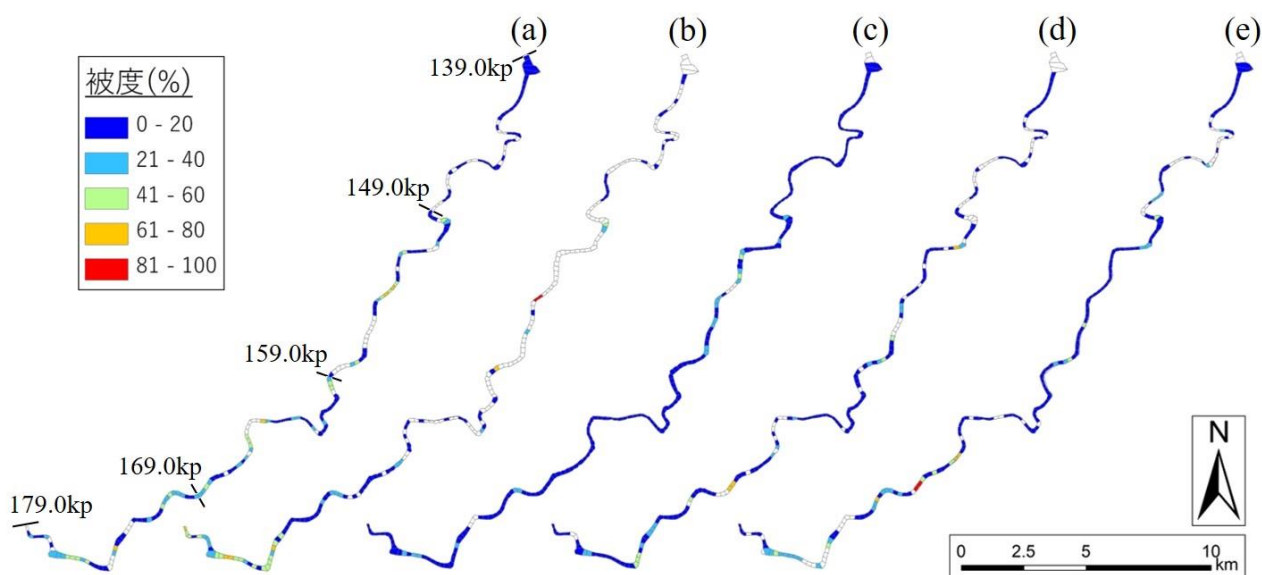


図-2 調査区間におけるオオカナダモのモニタリング結果
(a) 2018 年 3 月被度 (b) 2018 年 6 月被度 (c) 2018 年 7 月被度 (d) 2019 年 5 月被度 (e) 2019 年 11 月被度

2018 年 7 月のオオカナダモ被度から 2018 年 6 月の被度の差をとることで算出した。ピーク流量時の流速，無次元掃流力は，iRIC の Nay2DH ソルバーを用いて出水時の流れ場の再現計算を行うことで算出し，ArcGIS 上でオオカナダモ流失率を算出する際に設定した 10 m 格子内における流速，無次元掃流力の平均値を求めることで算出した。

(4) オオカナダモの繁茂がアユに与える影響の検討

アユの生物量に対するオオカナダモの繁茂の影響について検討するため，アユの生物量を環境 DNA 分析により定量化し，採水地点から上流 200 m のオオカナダモ被度・水深・流速及び濁度・水温との関係を単回帰分析及び一般化線形モデル(Generalized linear model : GLM)を用いて解析した。アユの生物量は，Doi et al.¹⁾ に従いサンプル水のろ過・DNA 抽出・定量 PCR を行い，アユの環境 DNA 濃度を算出することで定量化した。オオカナダモ被度は，2.(2)と同様の手順で，2019 年 5 月における採水地点から上流 200 m のオオカナダモ被度を算出することで定量化した。採水地点から上流 200 m の水深，流速は，iRIC の Nays2DH ソルバーを用いて，調査日の流れ場の再現計算を行い，低水路部の平均をとることで算出した。濁度は，環境 DNA サンプルの採水と並行して採水した水質サンプル 500 mL から，多項目水質計を用いて測定した。水温は，水温ロガーにより得られた調査日の 9 時～15 時の平均水温を，ArcGIS 上で内挿補間し，採水地点の平均水温を抽出することで算出した。

統計解析は，調査区間内に好適環境を求めたアユの移動を制限する可能性がある堰(173.8 kp)が存在したことから，堰上流の 4 地点のデータを除外し行った。このとき，skewness が 1 以上であったアユの環境 DNA 濃度とオオカナダモ被度に関しては平方根変換により正規化した。また，変数間の比較をするため説明変数の標準化も同時に行った。統計解析には，統計ソフト R-3.6.1 (R Development Core Team)を用い，モデル選択のためのパッケージ・ライブラリは MuMIn を使用した。

3. 結果と考察

(1) オオカナダモ被度の時空間分布

オオカナダモ被度は，2018 年 7 月のモニタリング結果を除き，調査区間上流域で高く，下流に行くほど低くなる傾向を示した(図-2)。2018 年 7 月は，調査区間のほとんどの 200 m 区間においてオオカナダモ被度が 20 %以下の低い値を示したが，これは平成 30 年 7 月豪雨に伴う大規模出水の影響を受けたためと考えられる。

(2) 大規模出水時のオオカナダモの流失特性

図-3 に各対象区間におけるオオカナダモ流失率と流速，無次元掃流力の単回帰分析結果を示す。区間 1 ではオオカナダモ流失率と流速，無次元掃流力の R^2 がそれぞれ 0.010，0.002 と，これらの間に相関はほとんど見られなかった。これは，区間 1 内の地形が複雑であったため，200 m 間隔の定期横断測量結果で

は iRIC 上で地形を正確に再現できなかったためと考えられる。区間 2 と 3 において、オオカナダモ流失率は流速($R^2=0.209$:区間 2, 0.191 :区間 3), 無次元掃流力($R^2=0.179$:区間 2, 0.265 :区間 3)とともに弱い正の相関が見られた。また, 区間 2 と 3 を合わせた図では, 流速で $R^2=0.411$, 無次元掃流力で $R^2=0.461$ と顕著な正の相関が見られた。このとき, 流速においては 1.9m/s , 無次元掃流力は 0.03 を超えると流失率が 50% を超えるグリッドが出始めた。

調査区間の中流域である区間 3 において, 無次元掃流力が粒径 3mm 以上の河床材料が動く目安となる無次元限界掃流力 0.05 よりも大きいことから下流においても河床の変動が生じ, オオカナダモの流失が起きていると考えられる。その一方で, 区間 2, 区間 3 において無次元掃流力が 0.05 を越えるような場所でも流失が起きない箇所が存在した。区間 2 においては 6 月の段階で被度が低い箇所であり, 出水によっても流失しきれなかったオオカナダモがひと月の間に繁殖した可能性がある。区間 3 においては 6 月の段階で大規模に繁茂していたためオオカナダモが河床の砂礫を保持する力が強く藻体が流失しなかった可能性がある。

(3) オオカナダモの繁茂がアユに与える影響

図-4 にアユの環境 DNA 濃度の空間分布を示す。アユの環境 DNA 濃度は, 調査区間内において最大 80.26 copies/mL , 最小 1.27 copies/mL , 平均 19.29 copies/mL を示した。また, アユの環境 DNA 濃度の空間分布は, 下流から上流に行くほど高くなり, 堰を境に減少することがわかった。これは堰によりアユの好適環境を求めた移動が制限されたことが考えられる。

図-5 に, 堰上流の 4 地点のデータを除外した場合の単回帰分析を行った結果を示す。アユの環境 DNA 濃度とオオカナダモ被度の R^2 は 0.145 と強い相関は見られなかった。環境条件では調査中の平均水温, 流速, 濁度と負の相関がみられ, それぞれ $R^2 = 0.800$, $R^2 = 0.303$, $R^2 = 0.292$ を示した。表-1 に堰上流の 4 地点を除外した場合の GLM 結果を示す。GLM の結果, ΔAIC が 2 以下の上位 5 モデルのうちオオカナダモ被度の選択回数は 1 回と, アユの環境 DNA 濃度と相関は弱いことが示されたが, 水温は上位 5 モデルすべてにおいて選択され, 最適モデルでは水温のみ

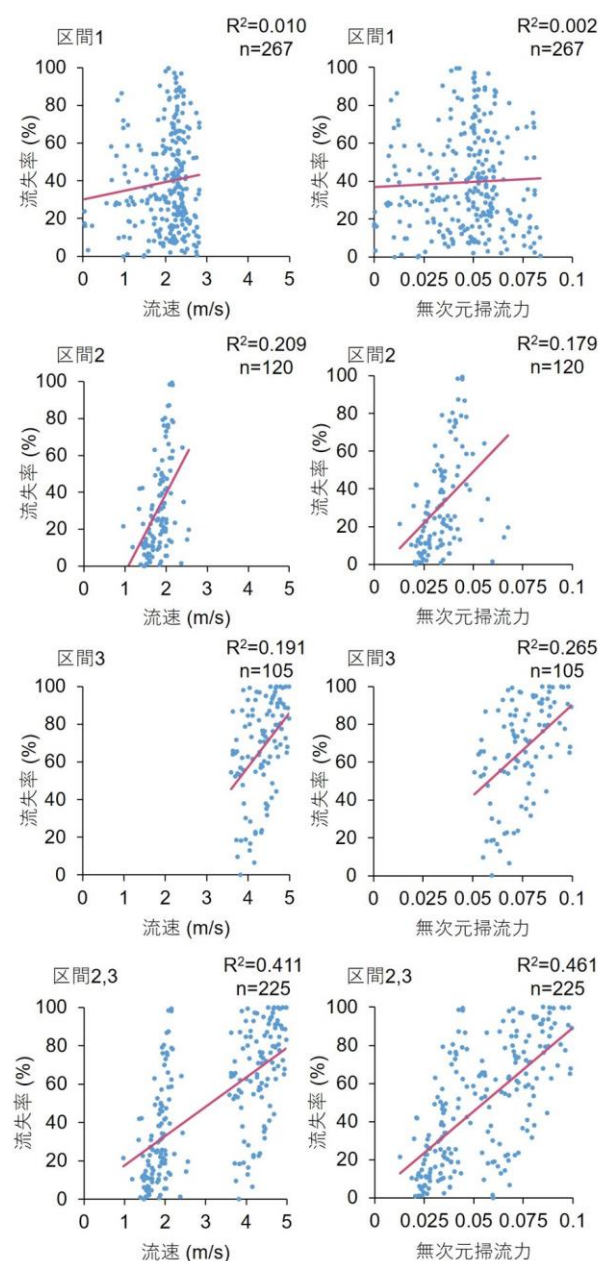


図-3 オオカナダモ流失率と水理パラメータの関係

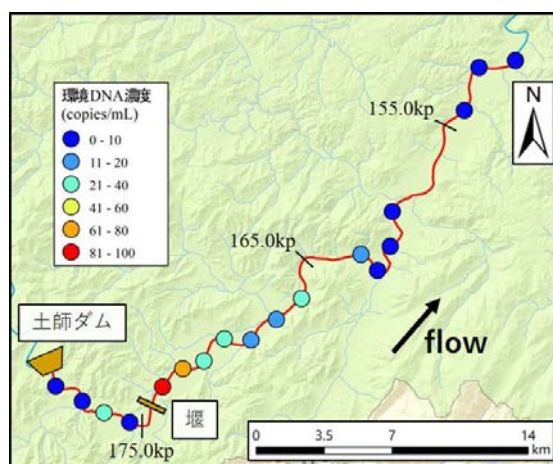


図-4 アユの環境 DNA 濃度の空間分布

が選択されるなど強い負の相関を示した。水温と強い負の相関がみられたのは, 調査中の平均水温が調

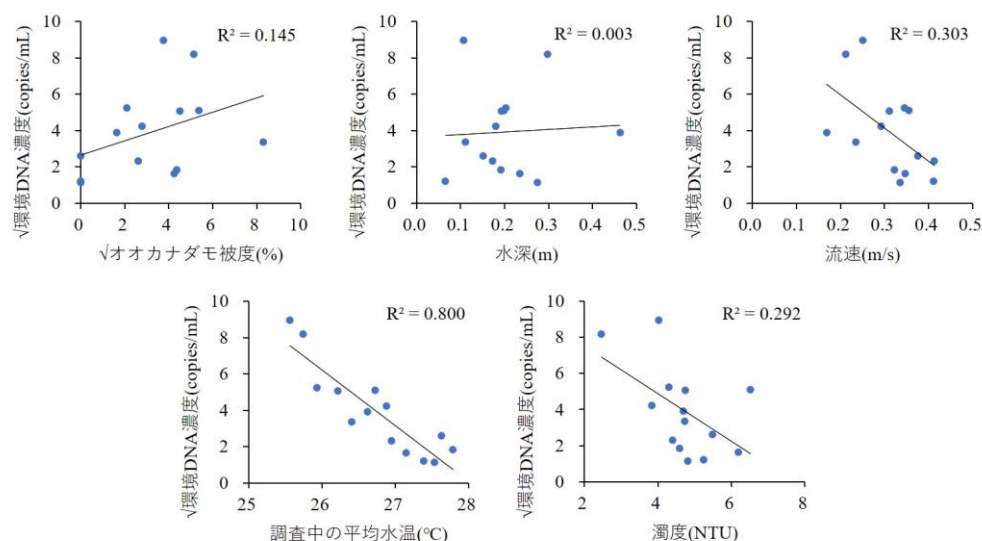


図-5 アユの環境 DNA 濃度とオオカナダモ被度及び環境条件の関係

(a) オオカナダモ被度 (b) 水深 (c) 流速 (d) 水温 (e) 濁度

表-1 GLM 結果

	AIC	オオカナダモ被度	水深	流速	水温	濁度	切片
1	45.60				-0.547		1.222
2	47.40	0.043			-0.529		1.221
3	47.50			-0.028	-0.533		1.222
4	47.50		0.019		-0.546		1.222
5	47.60				-0.546	-0.002	1.222
選択回数		1	1	1	5	1	

査区間最上流で 25.3℃、最下流で 27.9℃と上流から下流にかけて高くなる傾向にあり、アユが好適水温（14℃～25℃²⁾）を求め移動したためと考えられる。これらの結果から、本調査区域における夏季の高水温時のアユの現存量はオオカナダモの繁茂よりも水温の影響を強く受けることが示唆された。

4. 結論

本研究では、オオカナダモの適切な防除・管理手法の開発に資する流失要因と河川生物への影響を解明するため、UAV を用いてオオカナダモのモニタリングを行い、大規模出水時のオオカナダモの流失特性、オオカナダモの繁茂がアユに与える影響について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- ・調査区間内におけるオオカナダモ被度は、出水直後を除き、上流域から下流域にかけて減少傾向を示すことが明らかとなった。
- ・流失率とピーク流量時の無次元掃流力の間には正の相関がみられ、無次元掃流力が 0.03 以上の地点で

流失率が 50 %を超える傾向にあることがわかった。

- ・本調査区域における夏季の高水温時のアユの現存量はオオカナダモの繁茂よりも水温の影響を強く受けることが明らかとなった。

謝辞: 本研究は、国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所受託研究「オオカナダモの除去及び繁茂抑制に関する技術的支援（研究代表者：赤松良久）」の一環として行われた。本研究に際して、国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所から貴重なデータの提供を頂いた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) Doi H, Inui R, Akamatsu Y, Yamanaka H, Takahara T, Minamoto T : Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish, Freshwater Biology, Vol.62, pp.30-39, 2017
- 2) 西田陸：びわ湖のコアユの産卵形態, 日本水産学会誌, Vol.44, N0.6, pp.577-585, 1978