

河床耕耘後の河床環境とアユ生息状況に関する一資料

A note on the riverbed environment and ayu *Plecoglossus altivelis* habitat after river channel plowing

内田朝子¹⁾・間野静雄²⁾

Asako UCHIDA¹⁾ and Shizuo AINO²⁾

キーワード：河床耕耘，光合成速度，コケ植物，なわばりアユ

1. はじめに

河川環境の改変により全国的にアユが釣れなくなったことが報告されており，多くの河川で漁場環境の評価がなされている（全国内水面漁業協同組合連合会，2012；高橋ほか，2015）．愛知県中央部を流れる矢作川においても天然アユの遡上があるにも関わらず，アユ漁の不振が問題となっている（山本，2019）．その一因として，河床のアーマー化による影響が指摘されている（豊田市矢作川研究所，2018）．矢作川中流に建造された横断構造物の下流域では，河床材料が粗粒化して大きな礫が均質化し，それらが互いに噛み合う現象（アーマー化）が確認されている（岡田ほか，2016）．アーマー化した河床では，大規模出水でも河床攪乱が生じにくくなり，生息環境が変化し，底生生物群集に影響を与える（谷田・竹門，1999）．矢作川のアーマー化した河床では，礫表面に糸状緑藻やコケ植物が継続して生育し，これらが優占するとアユの餌料である付着藻類の生育場所が減少すると考えられている（内田，2002；山本ほか，2021）．地元の釣師への聞き取り調査では，矢作川中流域のダム下流において，友釣りの釣果はコケ植物の生育が顕著になった2000年代初期から低下したと指摘されていた（豊田市矢作川研究所，2018）．

アユの漁場環境改善を目的に，土砂で埋もれた河床を重機で河床耕耘した他河川の事例では，耕耘区の方が対照区よりアユの個体サイズが大きかったことや工事の2週間後には生息密度が高かったことが示されている（前，2014；前，2015；吉田，2016；岡地ほか，2019；山本，2019）．矢作川中流域に位置する阿摺ダム下流においても矢作川漁業協同組合によりアユの不漁を解消する目的で1994年および2012年に河床耕耘が行われていた（豊田市矢作川研究所，2018）．しかし，河床耕耘の記録やその効果の検証はなされていない．

2021年2月には新たに愛知県が治水目的で行った河道掘削作業に併せて，矢作川漁業協同組合の中和支部が友釣りの漁場改良を目的にアーマー化した河床の耕耘を実施した．豊田市矢作川研究所では，耕耘前の河床環境とアユの生息状況についてのデータは無いものの，耕耘が河床に与える影響を記録する機会であると捉え，河床耕耘後，約2年間にわたり，耕耘区と非耕耘区（対照区）の付着藻類，コケ植物の分布，河床環境およびアユの生息状況について調査を行った．収集したデータは今後，河床耕耘が行われる時の重要な資料になることが見込まれるため，記録として報告する．

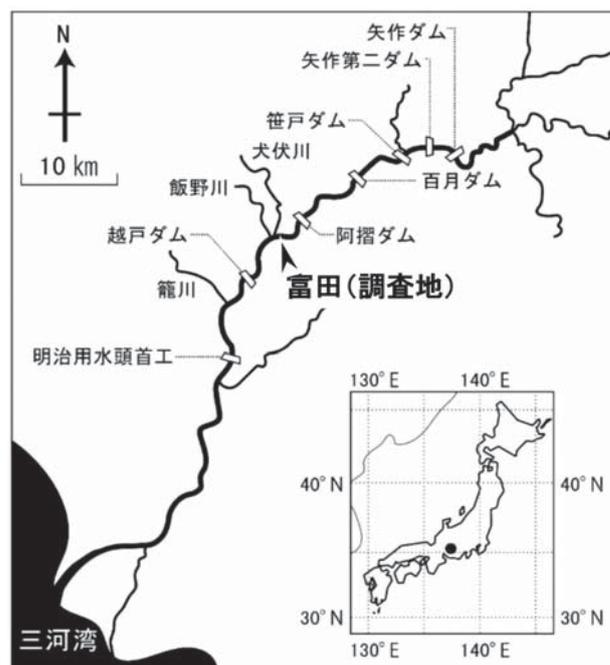


図1 調査位置．

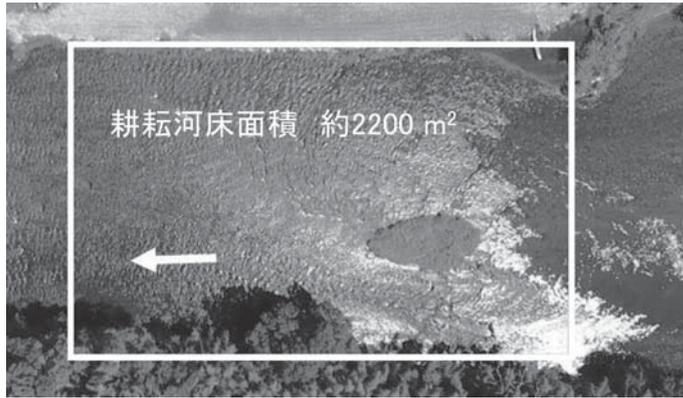


図2 耕耘地の空中写真.

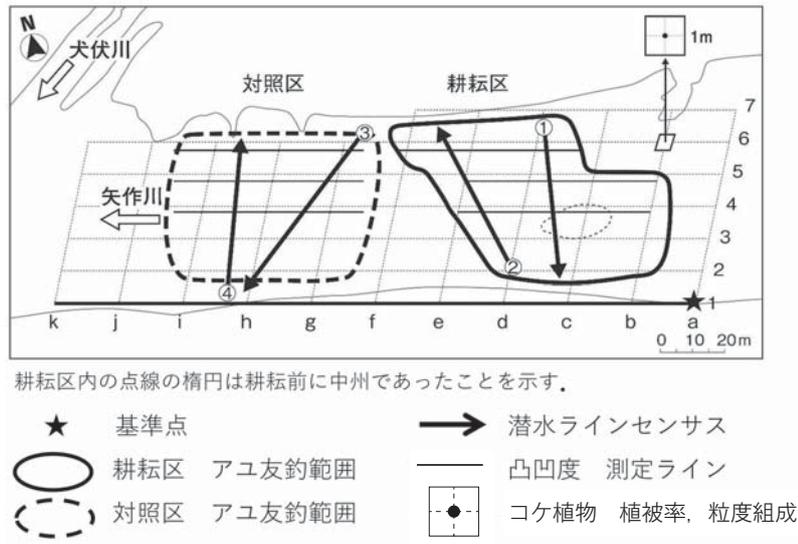


図3 調査項目による調査実施位置.

2. 調査方法

調査地の概要

矢作川漁業協同組合中和支部が河床を耕耘した場所および耕耘後に豊田市矢作川研究所が調査した場所は、矢作川の中流に位置する阿摺ダムの下流 2.5 km、支流犬伏川の合流前の本流に位置する（図 1）。河床耕耘は、2021 年 2 月 21 日に図 2 の枠内の河床礫をコマツ移動式クレーン 2.9 t を用いて天地を返すとともに中州に堆積していた砂礫を滞筋に移動させ行われた。重機により改変された河床面積は約 2200 m² であった（図 2）。耕耘後の河床環境およびアユの生息状況に関する調査は、耕耘した区（耕耘区）とそれに隣接する下流側、支流の犬伏川の合流部より上流部に非耕耘区（対照区）において行った（図 3）。

付着藻類の一次生産量

両区でアユの餌環境の指標として付着藻類群落の一次生産力を測定した。付着藻類群落の一次生産量は袋法を用い、2021 年 10 月 21 日、2022 年 8 月 9 日、2022 年 10 月 21 日に実施した。袋法の手順は内田ほか(2021)に従った。袋法は調査対象地において河床礫を明暗袋に移動させ河川水を満たし、現地で一定時間培養する手法である。耕耘区と対照区において、袋を設置培養した場所の水深はスライドスケール（バカボー君 MYZOX 愛知県）を、流速は川底 10.0 cm 上の位置で流速計（プロペラ式流速計 VR-401 ケネック 東京都）を用いて計測した。

コケ植物の生育状況

コケ植物の生育状況は、耕耘区の上流から対照区にかけて縦断方向に約 200 m の流路内を対象に 2021 年 6 月、2021 年 12 月 12、16 日および 2022 年 12 月に調査した。

調査対象地の左岸に 200 m の基準線を設け、最上流を基点 a-1 (35° 15' 96" N, 137° 23' 26" E) とした。基点から下流方向に 20 m ピッチで 11 の横断ラインを設置し、各横断ライン上に基準線から 10 m 間隔に観察ポイントを設定した(図 3)。観察ポイント毎に 1 m² 範囲内を潜水目視し、Braun-Blanquet (1964) を参考にコケ植物の植被率を 5% 刻みで記録した。各観察ポイントの水深はスライドスケール (バカボー君 MYZOX 愛知県) を用いて行った。耕耘によるコケ植物の分布変化は、コケ植物の植被率を角変換し、対応のある t 検定を用いて解析した。なお、耕耘前のコケ植物の植被率は、2020 年 8 月 22 日の実施データ (内田投稿中) を用いた。

河床の物理環境

河床材料の粒径組成と河床の凸凹度を測定した。両区の河床材料の粒径組成は 2021 年 12 月に実施したコケ植物の植被率の観測と同時に 1 m² 内の礫を 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、それぞれの粒径の頻度を 5% 刻みで記録した (田代, 2014)。両区の河床材料の粒度組成の比較は、各粒度区分の頻度を角変換し、Welch の t 検定を用いた。河床の凸凹度は、松田ほか (2004) に従い、

2022 年 12 月 26 日に実施した。各区において縦断方向に 60 m のチェーンを河床の礫の凸凹に沿わせ、その水面長を測定し、河床長 / 水面長を河床凸凹度とした。チェーンはコケ植物調査の観察ポイントを利用し、耕耘区では、b4-e4, b5-e5, c6-f6 間、対照区では、f4-j4, f5-j5, f6-j6 間の河床に這わせた (図 3)。両区の凸凹度は、Welch の t 検定を用いて比較した。

調査地の流量は調査地と上流の阿摺ダムの間に入流する主な支流がないため (図 1)、阿摺ダムの放流量を参照した。

アユの生息状況

アユの生息状況は潜水目視およびアユの友釣りにより把握した (図 2, 3)。アユの生息密度の推定は、岸から対岸に斜めに横断して潜水観察するラインセンサスにより行った (図 3)。潜水目視調査は 2021 年 10 月 6 日および 2022 年 8 月 9 日に実施した。両区とも 2 ラインを設置し、ラインに沿って観察幅 1 m 内で目視確認されたアユの尾数を記録した。アユ友釣り調査は、2021 年 10 月 8 日, 11 日, 2022 年 6 月 23 日, 30 日, 2022 年 8 月 3 日, 8 日の計 6 回行った。1 回の釣り時間は各区で 2.0 から 3.5 時間の範囲で統一し、友釣り調査は人による力

表 1 袋法実施日の河川環境要因

	2021年10月21日		2022年8月9日		2022年10月21日	
	耕耘区	対照区	耕耘区	対照区	耕耘区	対照区
水温 (°C)	16.9	16.9	24.6	24.6	16.4	16.6
クロロフィル a (mg/m ³)	5.9	15.9	4.3	10.2	14.6	19.6
水深 (cm)	40.0	40.0	60.0	65.0	53.0	48.0
流速 (cm/s)	45.0	41.0	39.0	30.1	41.7	31.2

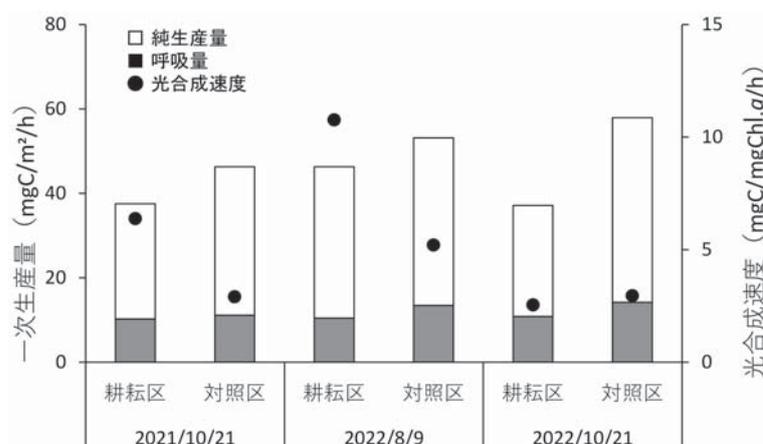


図 4 付着藻類の一次生産量と光合成速度。

量が釣果に反映されないよう、全て同じ調査員が行った。

3. 結果

付着藻類の一次生産量

各調査日の水温、水深、流速およびクロロフィル *a* 量を表 1 に、光合成速度および一次生産量を図 4 に示した。水温は各調査日とも耕耘区と対照区ではほぼ同じであった。クロロフィル *a* 量は、耕耘区では 4.3–14.6 mg/m²、対照区では 10.2–19.6 mg/m² の範囲にあった。2021 年 10 月と 2022 年 8 月には対照区の値が耕耘区の数倍と高い値を示したが、2022 年 10 月には耕耘区との差が小さ

かった。一次生産量をみると、呼吸量は耕耘区では 10.3–10.8 mgC/m²/h、対照区では 11.1–14.2 mgC/m²/h の範囲にあり、各調査日とも両区で差がほとんどなく、ほぼ一定であった。耕耘区と対照区の純生産量は、それぞれ 26.3–35.9 および 35.1–43.7 mgC/m²/h の範囲にあり、各調査日とも対照区で高かった。光合成速度は、耕耘区で 2.6–10.8 mgC/mgChl.*a*/h、対照区で 2.9–5.2 mgC/mgChl.*a*/h の範囲にあり、両区とも 2022 年 8 月に最高値を示した。光合成速度は、2021 年 10 月および 2022 年 8 月には耕耘区が高く、対照区の約 2 倍の値を示したが、2022 年 10 月には両区ともほぼ同じ値となり、ほとんど差がなかった。

表 2 耕耘区と対照区におけるコケ植物の植被率の変化

年月			水深 (cm)	観察ポイント数	植 被 率 (%)		
			平均(標準偏差)		平均	最大	最小
耕耘区	2020年8月	耕耘前	62.5(±24.9)	19	16.3	90	0
	2021年6月	4ヶ月後	n.d.	18	3.6*	20	0
	2021年12月	10ヶ月後	47.1(±18.4)	18	10.0	70	0
	2022年12月	22ヶ月後	43.5(±16.0)	18	13.1	80	0
対照区	2020年8月	耕耘前	62.6(±13.6)	15	12.3	80	0
	2021年6月	4ヶ月後	n.d.	15	3.9	15	0
	2021年12月	10ヶ月後	51.0(±13.7)	15	10.0	25	0
	2022年12月	22ヶ月後	42.5(±16.2)	15	10.8	40	0

* は耕耘前の被度に対して 5%水準で有意差があることを示す。

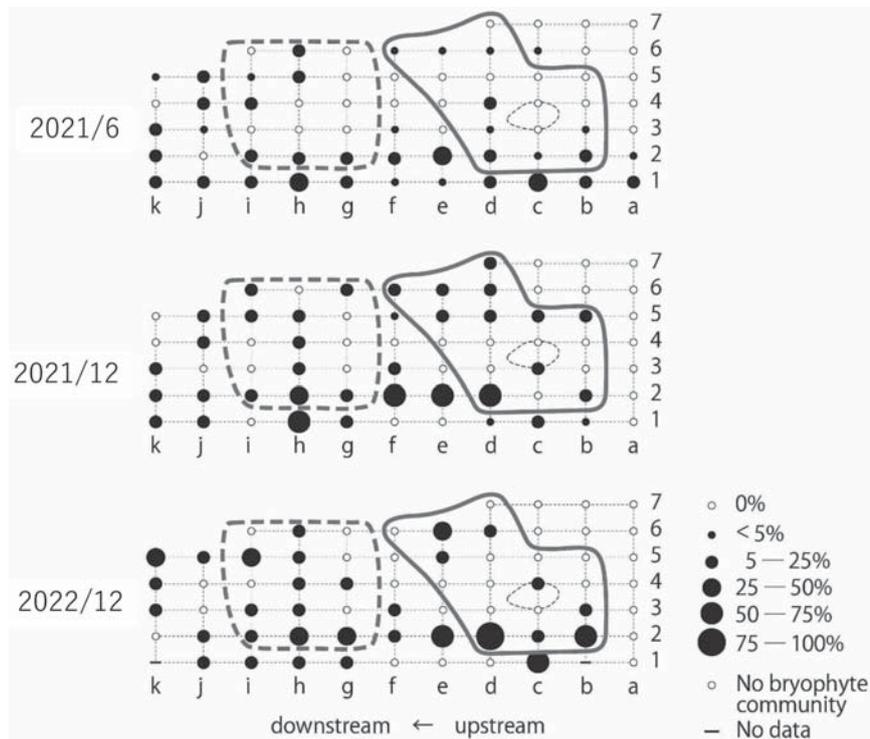


図 5 耕耘後のコケ植物の分布変化。実線は耕耘区、点線は対照区の区分を示す。耕耘区内の点線の楕円は耕耘前に中州であったことを示す。

コケ植物の生育状況

各調査日に測定した両区の水深を表2に示した。両区の水深は、耕耘区では平均47.1（最大85.0，最小17.0）cm，対照区では平均51.0（最大82.0，最小29.0）cmであり，耕耘区での水深幅がやや大きかった。水深は両区で顕著な差はみられなかった。

河床耕耘後のコケ植物の分布を図5に示した。調査区全体のコケ植物の平均植被率は，耕耘前の2020年8月には13.4%であったのが耕耘から4ヶ月が経過した2021年6月には5.2%と減少した。耕耘から10ヶ月経過した2021年12月には9.9%と増加したが，22ヶ月経過した2022年12月には9.4%と変化が小さかった。

耕耘区と対照区におけるコケ植物の植被率の変化を表2に示した。耕耘区のコケ植物の平均植被率は，耕耘前の2020年8月に16.3%であったのに対し，耕耘4ヶ月後の2021年6月には3.6%に減少した ($p < 0.05$)。一方，対照区の平均植被率は，耕耘前の12.3%に対し，耕耘後に3.9%と減少したが，有意な差ではなかった。

河床の物理環境

2021年1月から2022年12月までの流量変化を図6に示した。この期間の最大流量は2021年5月21日に起きた1250 m³/sであった。2022年には9月に500 m³/sを越える規模の出水が確認されているが，1000 m³/sを越える規模の出水はなかった。

両区の河床材料の粒径組成を図7に示した。各粒径区分の頻度の違いを両区で比較すると，64-256 mmの区分のみ耕耘区が高かったが ($p < 0.05$)，他の粒径区分では差がなかった。河床の礫の凸凹に沿って60 m長のチェーンを置いた水面長は耕耘区で50.5-51.5 m，対照区で53.5-54.5 mであった。凸凹度は，耕耘区で1.18±0.01（平均値±標準偏差），対照区で1.11±0.02であり，耕耘区の凸凹度が高かった ($p < 0.05$)。

アユの生息状況

潜水目視によるアユの目視数を表3に示した。潜水で確認されたアユは，2021年10月および2022年8月の調査とも対照区より耕耘区で多かった。耕耘区の上流側のライン①では両調査日とも5尾で対照区とほぼ同じで

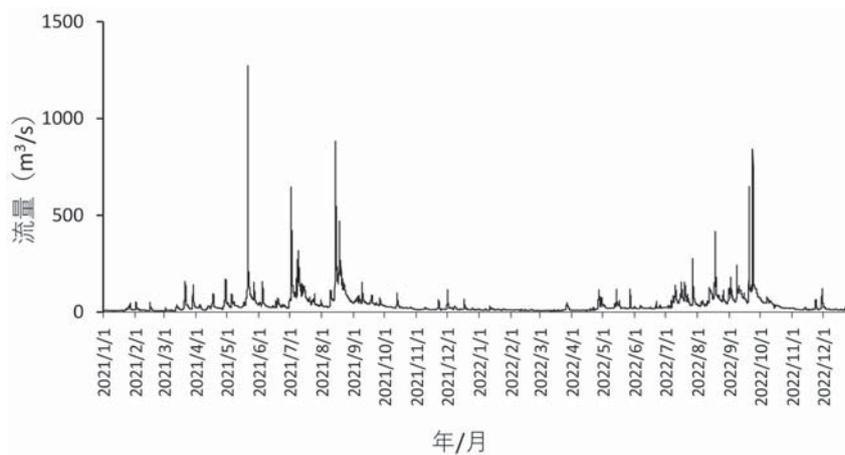


図6 調査地の流量変化。

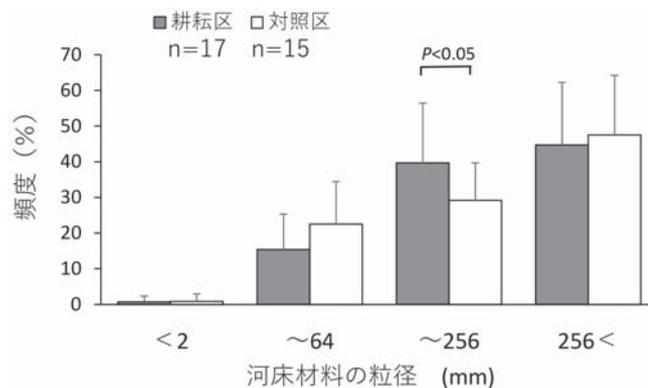


図7 耕耘区と対照区における河床材料の組成。

表3 目視観察によるアユの目視数の比較.

調査区	ライン No.	ライン長 (m)	2021年10月6日		2022年8月9日	
			目視数 (尾)	透視距離 (m)	目視数 (尾)	透視距離 (m)
耕耘区	①	69	5	1.3	5	1
	②	77	11	1.3	18	1
対照区	③	65	3	1.3	6	1
	④	65	3	1.3	4	1

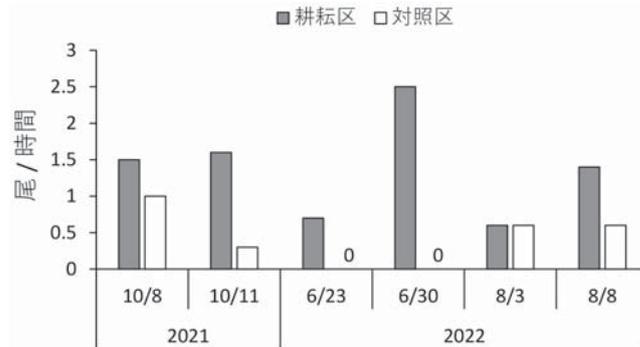


図8 各調査日における友釣りによるアユ釣果.

あったのに対し、下流側のライン②では2から4倍の尾数が確認された。耕耘区および対照区で確認されたアユを1 m²あたりの生息密度に換算すると、2021年10月にはそれぞれ0.11および0.05尾/m²、2022年8月にはそれぞれ、0.15および0.08尾/m²であり、どちらの調査日とも耕耘区が対照区の2倍と高い値を示した。

6回のアユの友釣り調査の結果を図8に示した。耕耘区では、2022年6月30日に最大の2.5尾/時間、2022年8月3日に最低の0.6尾/時間であった。一方、対照区では、最大でも2021年10月8日の1.0尾/時間と小さく、2022年6月23日および30日にはゼロ尾/時間であった。両区の釣果は2022年8月に0.6尾/時間と同じであったが、この日を除く調査日には耕耘区で高かった。

4. 考察

河床耕耘後に耕耘区と対照区でアユの生息状況を見ると、アユの生息密度は耕耘区で高い傾向があり、なわばりアユは耕耘区で多く釣獲された。アユは平滑な河床よりも凸凹の多い場所を選好するとされている(阿部, 2012)。本調査では河床の凸凹度は耕耘区で高い結果が示されたことから、生息場所としてアユが選好する河床の条件は、凸凹の多さが該当する可能性が高い。

次にアユの釣果が耕耘区で高かったことを餌資源の視点から考察する。微細な付着藻類はアユなど水生動物の餌資源であり、特に夏季にはこれら水生動物による捕食や出水による河床攪乱により減少する(内田ほか, 2021)。付着藻類の光合成速度は、付着膜形成の初期段階には光が十分に透過され、高まることが報告されている(相崎, 1980)。このことから、光合成速度は、付着藻類の成長の1つの指標とみることができる(野崎ほか, 2003)。耕耘区の光合成速度は、2021年10月および2022年8月には対照区より高い値を示した。この理由として、耕耘区では、河床表層の平滑化していた礫は耕耘によって起こされ、礫同士の噛み合いが緩んで動きやすくなったと考えられる。そのような不安定な礫に生育した付着藻類は、出水で擦れ剥離しやすくなると考えられる。付着藻類の遷移の初期は、藻類膜が薄く光透過が高まり藻類の成長速度が高まる、つまり、活性の高い新鮮な藻類が生育していると考えられる。豊田市矢作川研究所では、アーマー化した河床に新しい礫を置いた実験において、礫置き区にアユが蝟集し、そこでは付着藻類の光合成速度が高かったことから、アユは付着藻類の遷移の初期の状態を好んで摂餌すると推察されている(内田ほか, 2019; 山本ほか, 2018)。本調査から河床耕耘によっても付着藻類の活性が向上したことでアユにとって守るべき餌場、すなわちアユがなわばりを作りやすい河床環

境ができていたと考えられる。

付着藻類と同所的に生育し、付着藻類の生育場所を狭めるコケ植物は、耕耘4ヶ月後に両区で一時的に減少した。これは2021年5月に起きた調査期間中最大の約1250 m³/sの出水による影響が大きいと考えられる。また、耕耘区のコケ植物の植被率は耕耘前から有意に減少していることから、出水だけでなく耕耘による剥離効果もあったと考えられる。しかし、2021年12月には回復し、両区の植被率は同じ10%になった。コケ植物の植被率に差がみられなくなったと推察される2022年6月および8月のアユの釣果は、耕耘区で高かったことから考えると、植被率10%程度のコケ植物の生育は、アユの生息に影響を及ぼさないものと考えられる。

謝辞

本調査の現地調査では豊田市矢作川研究所の研究員 白金晶子氏、調査協力者 山口健一氏、矢作川漁業協同組合中和支部の大津建男氏にお世話になった。データの取りまとめに関しては、たかはし河川調査事務所の高橋勇夫 博士、豊田市矢作川研究所の小野田幸生 博士、濱崎健児 博士、山本大輔 研究員にご指導ご助言をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 相崎守弘 (1980) 富栄養河川における付着微生物群集の発達にともなう現存量および光合成量の変化. 陸水学雑誌, 41 : 225-234.
- 阿部信一郎 (2012) でこぼこした河床と平坦な河床に対するアユの生息場所選択. 水産増殖, 60 : 445-449.
- Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensoziozoologie. Springer Verlag, Wine 3 Auflage, 865pp.
- 前 雄介 (2014) アユ漁場改善対策事業. 新潟県内水面水産試験所調査研究報告, 38 : 26-28.
- 前 雄介 (2015) アユ漁場改善対策事業. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 39 : 28-31.
- 松田宏典・原 徹・浅野篤志 (2004) アユ漁場の環境差に関する研究. 岐阜水研報 49 : 7-10.
- 野崎健太郎・神松幸弘・山本敏哉・後藤直成・三田村緒佐武 (2003) 矢作川中流域における糸状緑藻 *Cladophora*

- glomerata* の光合成活性. 矢作川研究, 7 : 169-176.
- 岡地恵介・野上泰宏・前 雄介・吉田 稔 (2019) 三面ダム下流域におけるアユを中心とした河川環境調査. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 43 : 1-6.
- 岡田和也・内田臣一・小久保嘉将 (2016) 矢作川における造網性トビケラ類を用いた河床攪乱の評価. 愛知工業大学研究報告 51 : 55-66.
- 高橋勇夫・寺門弘悦・曾田一志・村山達朗・福井克也 (2015) 江の川上流域におけるアユ漁場診断調査. 島根県水産技術センター研究報告, 8 : 39-49.
- 谷田一三・竹門康弘 (1999) ダムが河川の底生動物へ与える影響. 応用生態工学 2 : 153-164.
- 田代 喬 (2014) 河床材料. 身近な水の世界科学 実習・測定編, 日本陸水学会東海支部会 (編集):29-35. 朝倉書店, 東京.
- 豊田市矢作川研究所 (2018) 平成 28 年度 豊田市矢作川研究所シンポジウム記録 天然アユが元気に暮らす川づくり ～ 100 万尾のアユが遡上しても釣れない矢作川を考える ～. 矢作川研究, 22 : 69-106.
- 内田朝子 (2002) 矢作川中流域におけるアユの消化管内容物. 矢作川研究, 6 : 5-20.
- 内田朝子・白金晶子・山本敏哉 (2019) 矢作川のダム下流部におけるアーマー化の改善と付着藻類の一次生産. 矢作川研究, 23 : 41-46.
- 内田朝子・野崎健太郎・山田佳裕 (2021) 室内および野外培養法から推定された矢作川の付着藻の河川一次生産力とその特徴. 応用生態工学, 24 : 1-25.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2018) アーマーコート化した瀬の上に敷設した礫に蟻集したアユ. 矢作川研究, 22 : 51-52.
- 山本敏哉 (2019) アユ漁場の回復を目指した河床改善の先行事例と矢作川の阿摺ダム下流での河床改善実験. 矢作川研究, 23 : 47-50.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2021) 矢作川の川底改善によるアユの生息環境の回復 ～大規模野外実験の3年間の結果～. 矢作川研究, 25 : 67-81.
- 吉田 稔 (2016) アユ漁場改善対策事業. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告, 40 : 29-31.
- 全国内水面漁業協同組合連合会 (2012) 良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針. 全内漁連 漁場環境調査指針作成事業事務局 編. 東京.

- 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 1F
2) 川の研究室
〒 461-0031 愛知県名古屋市中区明倫町 2-41-1302