矢作川研究　No.24：35 ～ 42，2020

矢作川の河床改善によるアユの生息環境の回復：2 年目の結果

Effects of riverbed restoration on the feeding habitat of ayu: Results in the second year

山本敏哉・内田朝子・白金晶子

Toshiya YAMAMOTO, Asako UCHIDA and Akiko SHIRAGANE

要　約

2018 年は阿摺ダム下流のソジバに新たに造成した H30 実験区におけるアユの応答を調査するとともに，2017 年に開始した H29 実験区の 2 年目の経過を追跡した．H30 実験区は 2018 年 3 月に新たに巨石の混じった礫を投入し，凹凸を増した河床を創出した．H30 実験区でのアユの滞在時間は，上流側が 1 分間あたり 2.0–23.5 秒，下流側が 1.1–11.2 秒となり，それぞれに隣接した対照区と比較して，上流側で 1.7–2.3 倍，下流側で 3.9–10.1 倍長かった．潜水目視による観測およびビデオ映像による観測（8 月 31 日実施）からは，なわばりアユは確認できなかったが，友釣りによる採捕では 8 月下旬に上流礫置区で 1 尾，下流礫置区で 2 尾捕獲され，釣獲時の感触からなわばりアユと推定された．H30 実験区下流では，一次生産の光合成速度は，礫置区で高く，対照区で低かった．開始後 1 年が経過した H29 実験区では，礫を敷いた場所でのアユの滞在時間は 1 分間あたり 2.4–5.0 秒の範囲にあり，敷いていない場所（対照区）との間に明瞭な差はみられず，8 月末までの間アユのなわばり行動は確認できなかった．光合成速度は，礫置区と対照区で差がなかった．2018 年に発生した 4 回の出水により，H29 実験区では中礫以下の粒径が減少し，対照区のコケ植物の被度も減少した．また，7 月上旬に起きた 900 $m^3 s^{-1}$ を越える出水は，H30 実験区の付着藻類の現存量と種組成に変化を与えた．

キーワード：野外実験，付着藻類，光合成速度，コケ植物，粒径組成

はじめに

矢作川中流のダム下流では，天然アユが多く遡上するにも関わらず，アユの友釣りの不漁が続く．その原因として，河床のアーマーコート化の進行により，アユの餌となる付着藻類の質が低下したため，アユがなわばりを形成しない可能性が考えられる．そこで，アユの良好な生息環境を回復するため，矢作川中流に建設された阿摺ダムの下流の瀬において，2017 年 4 月に新しい礫（長径約 8–30 cm）を置いて河床を造成した H29 実験区を設け，アユのなわばり行動，餌環境として河床付着物，河床の物理環境等の調査を開始した（白金ほか，2019）．調査の結果，7 月下旬から 9 月下旬にかけてアユの密度が礫置区で 5 倍以上に増加したものの，なわばりをほとんど形成しなかった．なわばりを形成しなかったのは，河床の凹凸が不足したため，なわばり形成に適した良好な摂食と休息環境ができなかったのが原因の可能性が伺われた（山本ほか，2018）．また礫置区と対照区の一次生産量に大きな差はなかったものの，クロロフィル a 量あたりの光合成速度は礫置区で 7 月と 8 月で顕著に高い傾向を示した（内田ほか，2019）．コケ植物の被度は礫置区で調査期間を通じて 5%以下となり，新たに置いた礫にコケ植物が生育することはなかった（白金ほか，2019）．

2018 年は，アユのなわばり行動に着目するために，H29 実験区に隣接した場所に H30 実験区を造成し調査を行った．H30 実験区では，2017 年に 1 尾ではあるがなわばりアユが確認された巨石周辺の環境を参考に，投入する礫に大きなサイズ（長径約 40–90 cm）を混合させ河床に凹凸を増すことで，アユのなわばり形成が促進されるかどうかを実験した．

調査地

本研究は矢作川の下流から 3 番目に設置された阿摺ダムの約 700 m 下流（通称ソジバ，河口から約 51.8 km）に実験区を設けて行った（図 1–1）．

H29 実験区

2017 年 4 月，矢作ダム湖に堆積した砂礫を 8 cm×

8 cm のマス目のスケルトンバケットでふるい，バケットに残った長径約 8–30 cm の礫を用いて，横断方向に約 22 m，縦断方向に約 15 m，厚さ約 20 cm で敷設した「H29 礫置区」を設けた（図 1–2）．また H29 礫置区の上流側に隣接した同面積を「H29 対照区」とした（白金ほか，2019）．

図 1–1　実験区の位置．

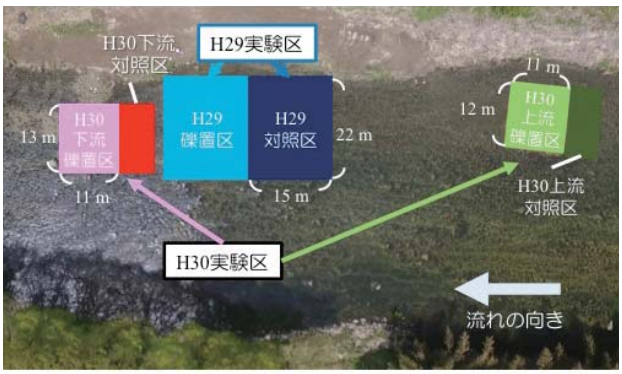

図 1–2　ソジバ実験区の配置．

H30 実験区

2018 年 3 月に河床の凹凸を増すことでアユのなわばり形成が促進されるかどうかを把握するため，H29 実験区の約 30 m 上流のトロ場（H30 上流礫置区・対照区）と直下の早瀬（H30 下流礫置区・対照区）に実験区を設けた（図 1–2）．H29 実験区と同様に矢作ダムに堆積した長径約 8–30 cm の礫を用い，H30 上流礫置区は縦断方向に約 11 m，横断方向に 12 m，H30 下流礫置区は縦断方向に約 11 m，横断方向に 13 m，厚さは両区とも約 20 cm で敷設した．ただし H30 下流礫置区では河川管理者の指示に従い，敷設する分の河床を重機で掘り下げた上で新たな礫を投入し，河床の高さが上がらないように配慮した．さらに両地点では長径約 40–90 cm の巨石を 8 個，一定の間隔を置いて投入することで河床の凹凸を増した．双方の礫置区の上流に隣接して，縦断方向で約 5m の幅で対照区を設定し，3 個の巨石をラベルした．

調査方法

水温，降水量，流量

調査は 2018 年 4 月から 10 月まで行った．水温は水位ロガー（HOBO U20 Water Level Logger）および水温ロガー（HOBO MX2201）で観測した．降水量は気象庁 AMeDAS 観測地点の「豊田」（北緯 35 度 7 分 55 秒，東経 137 度 10 分 37 秒）のデータを収集した（気象庁，2019）．調査地点の上流 700 m に阿摺ダムが位置しており，ダムと調査地の間には主な支流の合流は無いため，阿摺ダムの時間平均および日最大放流量のデータを調査地の流量として用いた（中部電力提供）．

河床環境

H29 礫置区・対照区において，5 m メッシュの交点となる各区 12 交点，合計 24 交点にマーカー礫を置き，4 月，6–8 月，10 月にマーカー礫を中心とした 1 m^2 の面積で河床の粒径組成とコケ植物の被度を調査した．粒径組成は 5 段階（2 mm 未満，2–64 mm，64–256 mm，256–500 mm，500 mm 以上）で各段階の割合を目視観察し，コケ植物の被度は 5%刻みで目視して記録した．

アユ

H29 実験区では 2018 年 7 月より 2 週間に 1 回の頻度で，アユの定着の有無を潜水による目視観察で確認した．調査の時間帯は 10 時より 15 時の間とした．観測にあたり，マーカー礫を中心とした 1 × 1 m の方形区の直下で調査員が 1 分間静止した後，5 分間に方形区内にアユが滞在する時間を礫置区 6 か所と対照区 6 か所でそれぞれ集計して記録した．8 月 23 日のみ観測する時間を 3 分間に短縮した．H30 実験区では巨石（長径約 40–90 cm）の直下で潜水による目視観察を行った（図 1–3）．観測の方法は，H29 実験区と同様に調査員が 1 分間定位した後，5 分間にアユが滞在する時間を，上流側と下流側でそれぞれ礫置区 8 か所，対照区 3 か所で記録した．H30 実験区でも 8 月 23 日のみ 1 分間静止した後 3 分間観測した．アユがなわばりを形成しているかどうかの判定は，目視とビデオによる撮影を併用しておこない，観察時に他のアユに突進するなどの威嚇行動がみられるかどうかで判断した．

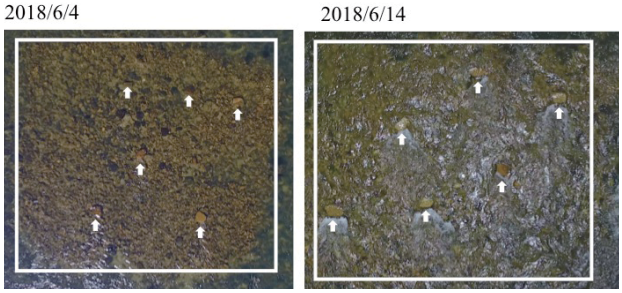

図 1-3　H30上流礫置区（左）および H30下流礫置区（右）のドローン映像.

7 月より 1–2 週間に 1 回の頻度で，友釣りによるサンプリングを行った．1 名の調査員が H29 礫置区･対照区，H30 上流礫置区・対照区，H30 下流礫置区・対照区の 6 か所で 20 分ずつ友釣りを行い，釣れたアユを標本とした．また，釣れたアユがなわばりアユか群れアユかについて，調査員の釣れた感触から推測した．

付着藻類

・現存量と種組成

H29 礫置区・対照区および H30 下流礫置区・対照区において 2018 年 6 月 4 日から 8 月 23 日の間，2 週間に 1 回の頻度で各区の河床から潜水によりランダムに 3 個の礫を採取し，各礫表面から 5 cm × 10 cm の付着物をナイロンブラシで剥がし，蒸留水で洗い流して付着藻類の種組成と，クロロフィル *a*（Chl. *a*）量の分析試料（サンプル数 3）とした．試料は保冷ボックスに入れ持ち帰った．藻類の種組成分析用試料にはホルムアルデヒド液を試料容量の 5–10％加え固定した．固定後，濃縮し，よく攪拌した後，駒込ピペットを用い 1 ml を罫線入りスライドグラス（MATSUNAMI, S6117）に流し入れ，柄付き針で藻類を均等にし，カバーグラスをかけた．光学顕微鏡（SMZ1500，Nikon）下で 200–400 倍で観察し，種および属ごとに計数した．珪藻綱の同定は，小林ほか（2006）および渡辺（2005）に従った．珪藻綱以外の藻類は廣瀬・山岸（1977）に従った．クロロフィル *a*（Chl. *a*）量は試料ガラス繊維濾紙（Whatman GF/C）上に濾過・捕集した試料を 90％エタノールで抽出し，分光光度計（HITACHI U-1500）を用い，Lorenzen 法により分析した（Lorenzen, 1967）．

・一次生産量

2018 年 6 月から 8 月において，月に 1 回の頻度で袋法を用いて測定した．H29 実験区と H30 下流実験区の礫置区と対照区において潜水により付着藻類の付着状態が平均的である礫をランダムに拾い集め 0.35 m×0.25 m×0.07 m のカゴに敷き詰めた．礫をカゴに入れる際，表面の付着物に触れないように注意し，礫底面および側面に付着した底生動物や巣材，ゴミなどを手で剥がし取った．礫を入れたカゴは透明のポリ袋（0.76 m×0.95 m，厚さ 0.1 mm）に入れ，15–20 ℓの河川水を空気の巻き込みをしないように静かに注ぎ入れた．袋内の溶存酸素濃度（DO）を測定（蛍光式溶存酸素計 LDO-HQ30d ハック社）後，中の空気を抜いて袋の口を閉じた（明条件，サンプル数 1）．同様に黒ビニール袋（0.9 m×1.0 m，厚さ 0.05 mm）を二重にして用いたものを暗条件（サンプル数 1）とした．なお，それぞれの袋は各区の平均水深に重りを付けて沈めたカゴ（袋内に入れたカゴと同じサイズ）にセットし，ビニール袋が流れないようにした．約 3 時間後に袋内の DO 濃度を測定した．現地培養時間中に生じた DO 濃度の増減から一次生産量を推定した．

結果

調査期間中の最高水温は 8 月 6 日および 9 日に観測された 26.4℃で，最低水温は 4 月 9 日と 16 日に観測された 10.1℃であった（図 2a）．日降水量は 9 月 4 日に期間中最大となる 74 mm が観測され，この日以外に 50 mm 以上が観測されたのは 4 月 25 日の 56 mm，5 月 7 日の 52.5 mm，5 月 13 日の 71 mm，9 月 30 日の 54 mm であった（図

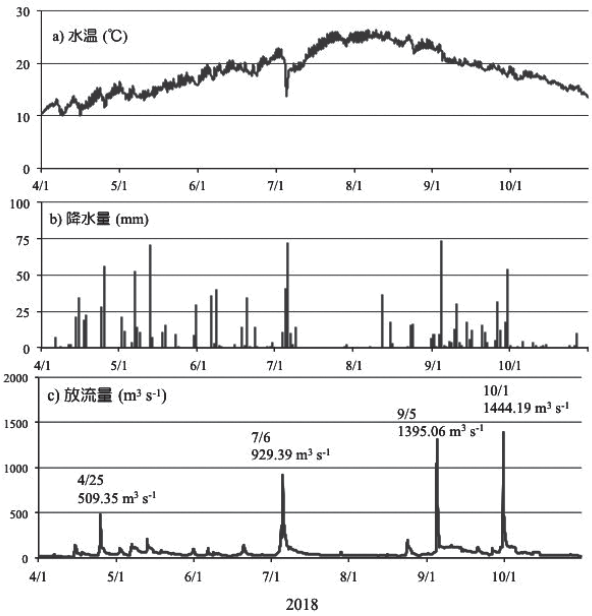

図 2　2018 年の調査期間中の a）水温，b）降水量，c）阿摺ダムの時間平均の放流量（数値はその日の日最大放流量を示す）の変化.

2b)．阿摺ダムの放流量を図 2c に示した．調査期間中に 500 $m^3 s^{-1}$ を超える出水が 4 回発生し，最大放流量はそれぞれ 4 月 25 日に 509.35 $m^3 s^{-1}$，7 月 6 日に 929.39 $m^3 s^{-1}$，9 月 5 日に 1395.06 $m^3 s^{-1}$，10 月 1 日に 1444.19 $m^3 s^{-1}$ を観測した．

1　H29 実験区

河床環境

粒径組成は礫置区で期間中，常に 64–256 mm の割合が高かった．一方，2 mm 未満，500 mm 以上の割合は減少する傾向が見られ，10 月にはほとんど確認できなかった（図 3–1）．対照区でも 64–256 mm の粒径の割合が高かったが，調査期間中に増加する傾向が見られ，256–500 mm はほぼ横ばい，これらの粒径以外は減少傾向であった．コケ植物の被度は礫置区で，調査期間を通して 5%前後で推移したが，わずかに増加する傾向が見られた（図 3–2）．対照区の被度は 4 月，6 月に 30%前後であったが，7 月に半減し，8 月は 25%程度に回復したが，10 月に再び半減した．

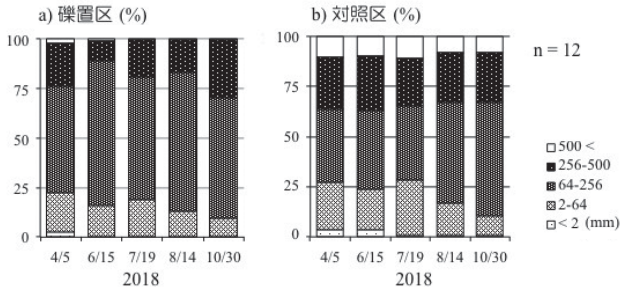

図 3–1　H29 実験区の粒径組成の変化．

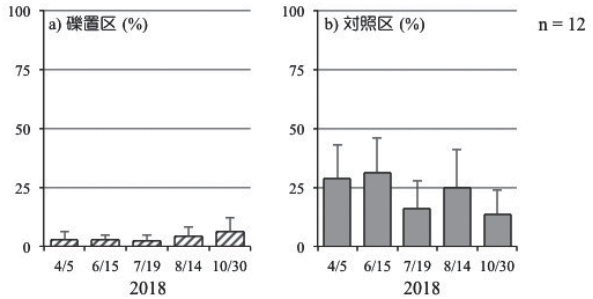

図 3–2　H29 実験区のコケ植物の被度変化．

アユ

アユの滞在時間は礫置区で 1 分間あたり 2.4–5.0 秒の範囲にあり，対照区（1 分あたり 1.7–4.1 秒）との間に明瞭な差はみられず（対応のない t 検定, $p > 0.39$; F 検定, $p > 0.1$）昨年度のようにアユが礫置区に多く集まる現象も確認されなかった（図 4）．調査期間を通じ，アユのなわばり行動は確認できなかった．9 月以降は増水のためデータを取得することができなかった．友釣りによって採集されたアユの個体数を表 1 に示す．調査期間を通じて H29 実験区ではアユは 1 尾も釣獲されなかった．

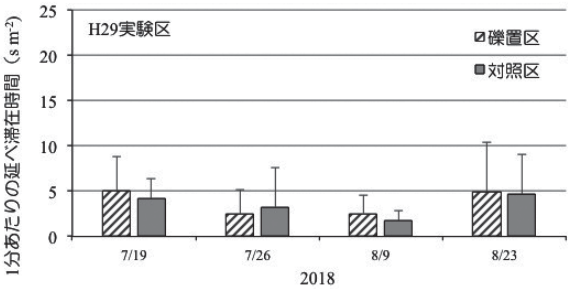

図 4　H29 実験区におけるアユの滞在時間の比較．

付着藻類

・現存量と種組成

付着藻類の指標とした Chl. *a* 量の変化を図 5–1 に示した．礫置区における Chl. *a* 量は 9.3 ± 3.3（平均値±標準偏差，サンプル数 3）－ 27.1 ± 8.9 mg m^{-2}，対照区は 7.5 ± 1.8–33.5 ± 32.4 mg m^{-2} の範囲で変動した．実験開始後，1 年以上経過した H29 実験区では，礫置区と対照区の付着物の Chl. *a* 量はほぼ同等であった．

付着藻類の種組成は，6 月 28 日の礫置区では，藍藻 *Homoeothrix janthina* の優占した礫と珪藻 *Cocconeis placentula* の優占した礫が混在した．対照区では，3 サンプルのうち，1 つのサンプルでは *H. janthina* が優占したが，残りのサンプルでは出現種数および出現量はともに少なかった．7 月 19 日には，両区とも *H. janthina* が優占した（図 8）．

・一次生産量と光合成速度

一次生産量を図 5–2（上）に示した．純生産量（NPP）と呼吸量(R)の月変化は礫置区で 25.9–40.6 mgC m^{-2} h^{-1}，16.8–18.4 mgC m^{-2} h^{-1}，対照区で 32.6–42.1 mgC m^{-2} h^{-1}，10.2–22.5 mgC m^{-2} h^{-1} の範囲にあった．各月，両区とも純生産量が呼吸を上回った．6 月から 8 月の一次生産量はほとんど変化しなかった．

単位 Chl. *a* 量あたりの総生産量で表される光合成速度を図 5–2（下）に示した．光合成速度は礫置区で 2.7–4.4 mgC mgChl. a^{-1} h^{-1}，対照区で 3.0–4.1 mgC mgChl. a^{-1} h^{-1} の範囲にあり，各月とも両区で同程度であった．2018 年の光合成速度を 2017 年（内田ほか，2019）と比較すると，対照区では，年による差がみられないのに対し，礫置区では 2018 年には 2017 年の 1/10 程に低下した．

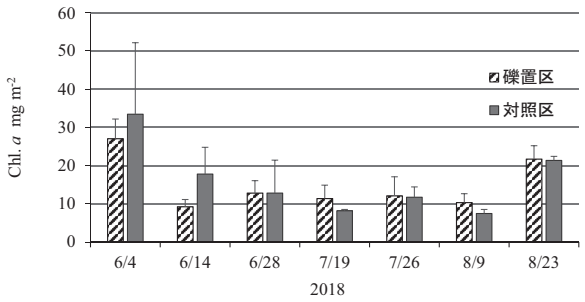

図 5-1　H29 実験区のクロロフィル *a* 量の変化.

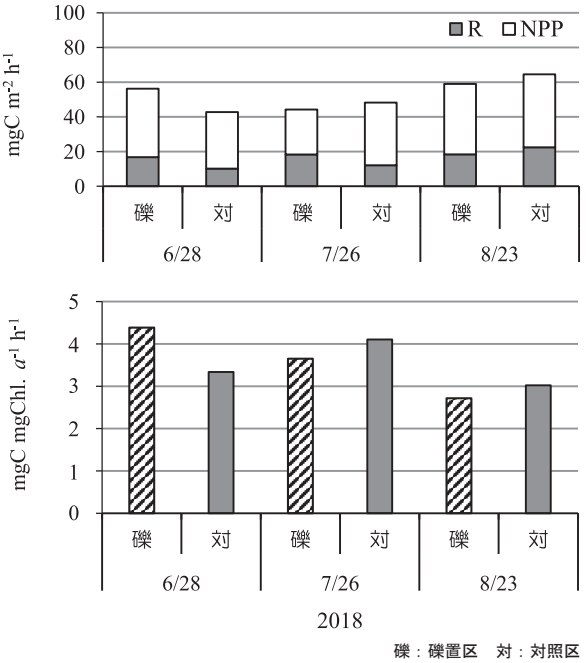

図 5-2　H29 実験区の一次生産量（上），光合成速度（下）の変化.

2　H30 実験区

アユ

H30 上流礫置区での 1 分あたりのアユの滞在時間は 2.0–23.5 秒，H30 下流礫置区での滞在時間は 1.1–11.2 秒であった．両区とも季節の経過とともに滞在時間は増加した．それぞれの隣接した対照区（上流：1.1–13.8 秒，下流：0.3–1.1 秒）と比較して，上流礫置区は 1.7–2.3 倍，下流礫置区は 3.9–10.1 倍長かった（図 6）．潜水目視による観測およびビデオ映像による観測（8 月 31 日実施）からはなわばりアユは確認できなかった．また，アユのなわばり形成が最も盛んとなる 9 月以降は増水のためデータを取得することができなかった．一方，友釣りによる採捕の結果，8 月中旬まで全く釣れなかったが，8 月下旬に上流礫置区で 1 尾，下流礫置区で 2 尾捕獲され，釣獲時の感触からなわばりアユと推定された（表 1）．

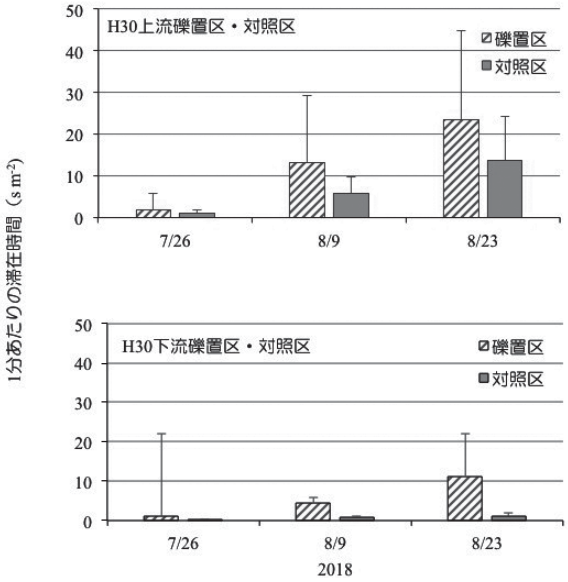

図 6　H30 実験区におけるアユの滞在時間の比較.

付着藻類（H30 下流礫置区・対照区）

・現存量と種組成

Chl. *a* 量の変化を図 7-1 に示した．礫置区における Chl. *a* 量は 2.8 ± 1.2–16.0 ± 4.7 mg m^{-2}，対照区は 8.2 ± 1.6–242.8 ± 283.0 mg m^{-2} の範囲で変動した．対照区で 6 月に大きな Chl. *a* 量を示したのは，コケ植物の現存量を反映した．7 月 19 日の Chl. *a* 量は激減しており，7 月 6 日の出水がコケ植物を剥離したと推測される．

6 月 28 日には，両区とも藍藻 *H. janthina* が優占した．藻類体積は，礫置区ではわずかな量であったのに対し，対照区では多かった．7 月 19 日には，礫置区では，優占種が変化し，珪藻綱が主体となった．対照区では，藻類体積は減少したが，優占種は藍藻 *H. janthina* で変化

表 1　友釣りによる釣果（各地点 20 分あたりの釣果）.

（尾）

	H29礫置区	H29対照区	H30上流礫置区	H30上流対照区	H30下流礫置区	H30下流対照区
2018/7/1	0	0	0	0	0	0
2018/7/18	0	0	0	0	0	0
2018/7/23	0	0	0	0	0	0
2018/7/26	0	0	0	0	0	0
2018/8/4	0	0	0	0	0	0
2018/8/22	0	0	0	0	1	0
2018/8/31	0	0	1	0	1	0

しなかった．

・一次生産量と光合成速度

一次生産量を図 7–2 に示した．純生産量と呼吸量の月変化は礫置区で 44.9–55.7 mgC m^{-2} h^{-1}，8.7–21.1 mgC m^{-2} h^{-1}，対照区で 32.1–52.4 mgC m^{-2} h^{-1}，14.0–25.2 mgC m^{-2} h^{-1} の範囲にあった．各月，両区とも純生産量が呼吸を上回った．両区とも 6 月から 8 月にかけて一次生産量はわずかに増加傾向にあった．

光合成速度は，礫置区で 4.8–13.1 mgC mgChl.a^{-1} h^{-1}，対照区で 1.3–4.3 mgC mgChl.a^{-1} h^{-1} の範囲にあり，各月とも礫置区が対照区を上回った．この傾向は，H29 礫置区の礫投入後 1 年目の傾向と同様であった（内田ほか，2019）．

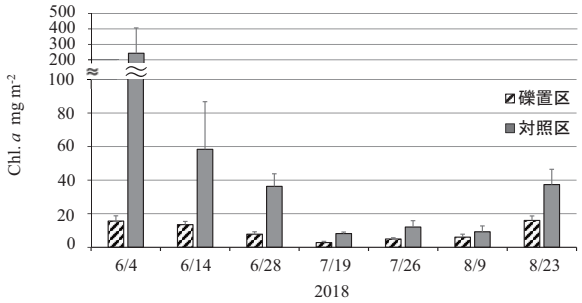

図 7–1　H30 下流実験区のクロロフィル a 量の変化．

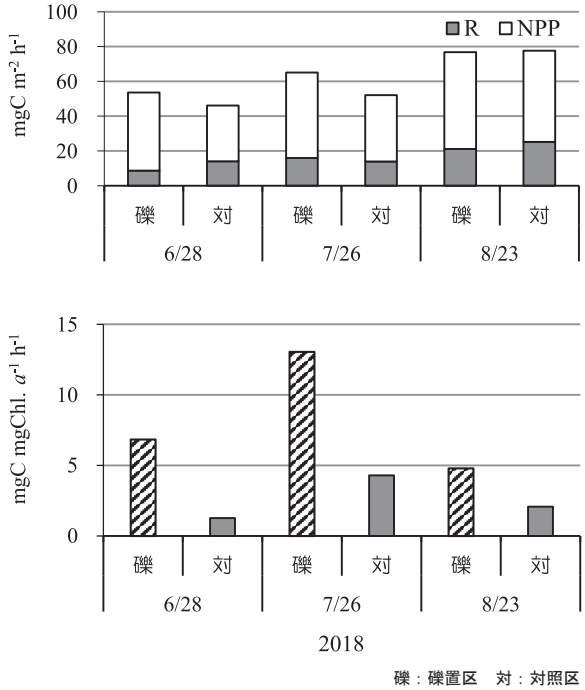

図 7–2　H30 下流実験区の一次生産量（上），光合成速度（下）の変化．

考察

H29 実験区でのアユの蝟集効果の持続性

アユの滞在時間に礫置区と対照区で差はみられなかった．また，光合成速度にも差はみられなかった．2017 年の 7 月下旬から 9 月下旬にかけてみられたアユが新しい礫に蝟集する効果（山本ほか，2018）は，2018 年には 8 月末までの時点で確認できなかった．コケ植物の増加はみられなかったものの，アユが蝟集しない傾向がみられた．このことから，付着藻類の光合成速度の低下に示される餌の付着藻類群集の変化が，アユの摂餌活性の低下に関係している可能性が示唆される．

H30 実験区でのアユのなわばり形成について

H30 実験区では新しい礫を敷くことで，光合成速度の高まりとアユの蝟集が確認されたものの，8 月末までの調査でなわばりアユは確認されなかった．また，凹凸をつくるために投入した巨石の周囲でアユが多くなる傾向はみられなかった．ただ，友釣りによる調査では 8 月下旬以降，なわばりを形成したと思われるアユが巨石の周辺で釣獲された．2017 年にもわずかではあるが礫置区の巨石の周辺で 9 月下旬になわばりアユが 1 個体確認されている．なわばり形成の促進効果が出たと考えられる．

出水による河床環境の変化

2018 年にはアユシーズンである初夏から秋の期間に，500 m^3 s^{-1} を越える出水が 4 回確認された．規模の大きな出水が河床の粒径組成，コケ植物，付着藻類に与えた影響について考察した．

・粒径組成およびコケ植物の被度の変化

H29 実験区の粒径組成は調査期間を追って，両区で 2 mm 未満はほとんど確認されなくなり，2–64 mm も減少する傾向が見られた．2018 年には 500 m^3 s^{-1} を超える出水が 4 回発生したことから，64 mm 以下の粒径は出水により流れ去ったと考えられる．一方，64–256 mm の礫は増加したが，これは 64 mm 以下の砂礫が流れ去ったことで，下層に埋没していた大礫が表層に現れたと推測された．2017 年の調査では出水後に 2 mm 未満の砂の堆積が確認された（白金ほか，2019）ことから，出水の規模，経時的な流動変動の違いにより河床における各粒径の堆積，浸食の作用が異なることが示唆される．

H29 対照区におけるコケ植物の被度は 4 月，6 月，8 月は 30%前後であったが，7 月と 10 月は 15%前後となっ

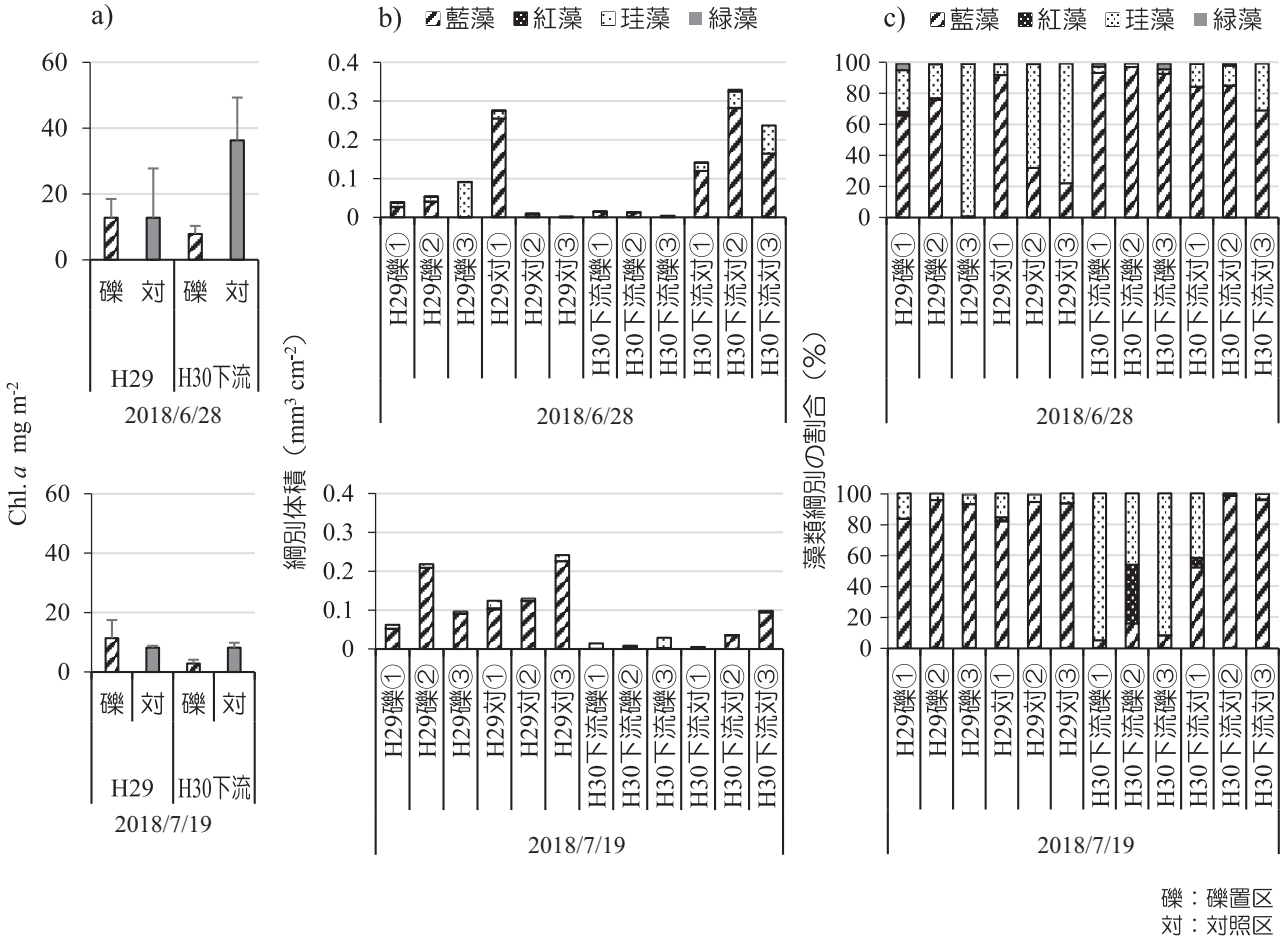

図 8　出水による付着藻類の現存量と種組成の変化．a）クロロフィル *a* 量の変化，b）藻類綱別体積現存量の変化，c）藻類綱別の割合．丸つき数字はサンプル No. を示す

た．7 月中旬，10 月下旬におけるコケ植物の被度の半減は 7 月上旬，9 月上旬，10 月上旬の 3 回の出水による影響が示唆される．一方，4 月下旬にも 500 $m^3\ s^{-1}$ を超える出水が発生したが，その後の 6 月の調査では若干の被度の増加が見られた．出水後に流量の多い日が続き，出水から調査までの期間に開きができたため，出水でコケ植物は剥離したが，その後に生育したと考えられる．

・付着藻類現存量と種組成の変化

出水が付着藻類に与えた影響をみるために，H29 実験区と H30 下流実験区において，2018 年 7 月 6 日の出水（最大放流量 929.4 $m^3\ s^{-1}$）前（6 月 28 日）と出水後（7 月 19 日）の藻類現存量，種組成を比較した（図 8）．

付着藻類現存量の指標 Chl. *a* 量は，H29 実験区では礫置区，対照区ともにやや減少したが大きな変化がみられなかった（図 8a）．H30 下流実験区では，両区ともに減少し，対照区の変化が大きかった．これは，対照区で繁茂していたコケ植物が出水で剥離したためと推測される．

藻類綱別体積およびその割合をみると（図 8b, c），H29 実験区では，両区とも出水後に藻類体積が増加し，藍藻綱の割合が増加した．一方，H30 下流実験区の礫置区では出水前に藍藻綱が優占していたが珪藻綱に変化した．H30 下流実験区の対照区では優占種の変化はないが，藻類体積が減少した．

これらのことから約 900 $m^3\ s^{-1}$ の出水の影響は H30 実験区で大きく，礫置区では種組成を変化させ，対照区ではコケ植物を剥離させる作用をもたらした．H29 実験区への影響は H30 下流実験区に比べると小さいが，対照区の藍藻綱体積を増加させた．4 つの区画の中で，H29 実験区の礫置区は，藻類体積と種組成の変化が小さく，影響の度合いが最も小さい区であった．H29 実験区は H30 下流実験区より流速が遅い場所であること，H29 礫置区では，礫をフラットに敷き詰めているので，出水による礫の転動がより小さかったと考えられる．H30 礫置区は，実験区の施工時に元の礫と投入礫を置き換えたことにより，河床攪乱が働き，付着藻類への影響がより大きかったと考えられる．

謝　辞

本研究の現地調査において，豊田市環境政策課ボランティアの山口健一氏，宇地原永吉氏，愛知工業大学土木工学科河川研究室の大学院生の市川隼人さん，同学科2018年度4年生の柵木大輝さん，豊田市矢作川研究所の濱野綾子さん，中根久代さんに多大なご協力をいただいた．愛知工業大学の八木明彦教授には溶存酸素計の貸与をいただきました．矢作川天然アユ調査会のメンバーにはアユの釣獲で協力いただいた．中部電力株式会社には阿摺ダム放流量データを提供いただきました．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

廣瀬弘幸・山岸高旺（1977）日本淡水藻図鑑．内田老鶴圃．東京．

気象庁（2019）過去の気象データ検索．https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php（2019年11月1日閲覧）．

小林　弘・出井雅彦・真山茂樹・南雲　保・長田敬吾（2006）小林弘珪藻図鑑．内田老鶴圃．東京．

Lorenzen, C.J.（1967）A note on the estimation of chlorophyll a in freshwater algal communities. Limnology and Oceanography, 12: 340–346.

白金晶子・内田朝子・山本敏哉（2019）矢作川の河床改善実験によるアユの生息環境の回復―実験の概要と物理環境・コケ植物について―．矢作川研究，23：35–39.

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，23：41–45.

渡辺仁治（2005）淡水珪藻生態図鑑．内田老鶴圃．東京．

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蝟集したアユ．矢作川研究，22：51–52.

（豊田市矢作川研究所
〒471–0025　豊田市西町2–19）