

滋賀県愛知川における砂礫洲特有の陸生昆虫の微生息場所

太田 真人

滋賀県

目的

砂礫州とは、礫床河川特有の環境であり河川で一定規模の攪乱が起こることにより植生の発達が抑制され維持されてきた。しかし近年、治水事業などにより河川の氾濫は抑えられ、安定化した砂礫州で樹林化が進んでいる。そのため砂礫州に生息する砂礫性生物（カワラバッタなど）が絶滅に追い込まれている。滋賀県の愛知川は天井川であり、河川水位が下がりやすい。灌漑期にはダムの水を圃場に回すため川が涸れ、扇状地より下流にて大規模な瀬切れが起きている。それにもかかわらずカワラバッタなどにとって良好な砂礫州が維持されている。よって本研究では各生物群が砂礫州のどのような微環境を利用しているのか明らかにすることを目的とする。

方法および調査場所

調査は滋賀県東部を流れる愛知川にかかる4か所の橋近くの砂礫州（紅葉橋（河口から約27km、写真1）、八千代橋（河口から約20km）、御幸橋（河口から約10km）、葉枝見橋（河口から約6km））でおこなった。

・昆虫調査

各調査地において決められた面積を2名で歩き回りセンサスを行った。昆虫は直翅目、鱗翅目、鞘翅目に絞り、主に目視と写真撮影による記録および同定を行った（写真2）。目視などで判定が困難であった場合は捕虫網で捕獲し、標本にして同定を行った。

・植生調査

川の流れに対し垂直に50mのライン（岸側（0m）から川の水際（50m）へ向けて）を設定し、5-10m、15-20m、25-30m、35-40m、45-50mの地点に5m×5mのコドラートを設置した。設置したコドラート内に生育する草本植物の種名、個体数（株数）、長径・短径を計測し記録した（写真3）。

・砂礫州の温度調査

植生調査で用いた50mラインの5m、25m、45m地点に長さ2mの杭を頭から20cmほどの深さまで打ち込み、温度・照度ロガーを固定し測定した（写真4）。測定期間は昆虫調査などを行う1週間前からとした。急な台風の発生などの際には、測定が1週間に満たなくても回収した。

・愛知川の水位調査

愛知川の水位変動を把握するために水位データを公開している滋賀県土木防災情報システム (<https://shiga-bousai.jp/index.php?reload=>) からデータをダウンロードし、グラフを作成した。本研究の調査地である八千代橋のみ水位計が設置されていないため、紅葉橋、御幸橋、葉枝見橋の3地点と琵琶湖の水位を示した。

・表層砂礫粒径組成調査

植生調査で設定した 5m 間隔の範囲で 1m × 1m のコドラートを 3 か所きめ、できるだけ高い位置から一眼レフカメラで撮影をした。撮影は 1 か所につき 2 回、両サイドから撮影をした（写真5）。撮影した写真はプリントアウトを行い、正面から 20cm ごと横に区切り、それぞれの区切りごとに縮尺を測定した。区切り内の表層砂礫（n=70、1 コドラート計 350 個）の長径・短径をノギスで測定し、区切りごとの縮尺を用いて実際の粒径を算出した。俯瞰写真ではないため砂礫の傾きなど影響を受けるため 2 枚の写真を見比べながら測定した。

・植被率調査（2020 年度予定）

ドローンにより撮影した俯瞰写真（写真6）を Photoshop などのグラフィックソフトを用いて砂礫州の植被率を求める。当初の予定ではドローンの購入は検討していなかったが、2019 年 11 月に DJI 社より高性能でありながら格安のドローン（本体 200g 以下のトイドローン）が発売されたことから購入機材を変更し、ドローンを購入させていただいた。このドローンによって植被率の測定だけでなく大雨などによる増水の際に水際がどこまで砂礫州に侵攻したかなどを空中写真（写真7）により撮影し、浸水距離などを測定することができると考えている。



写真 1 愛知川紅葉橋（河口から約27km）の砂礫州



写真2 カワラバッタ (写真中央)



写真3 植生調査の様子 (個体数および株サイズの計測)



写真4 温度・照度ロガー設置の様子



写真5 表層砂礫粒径測定のための写真



写真6 ドローンを用いた俯瞰写真(2020年4月7日撮影)

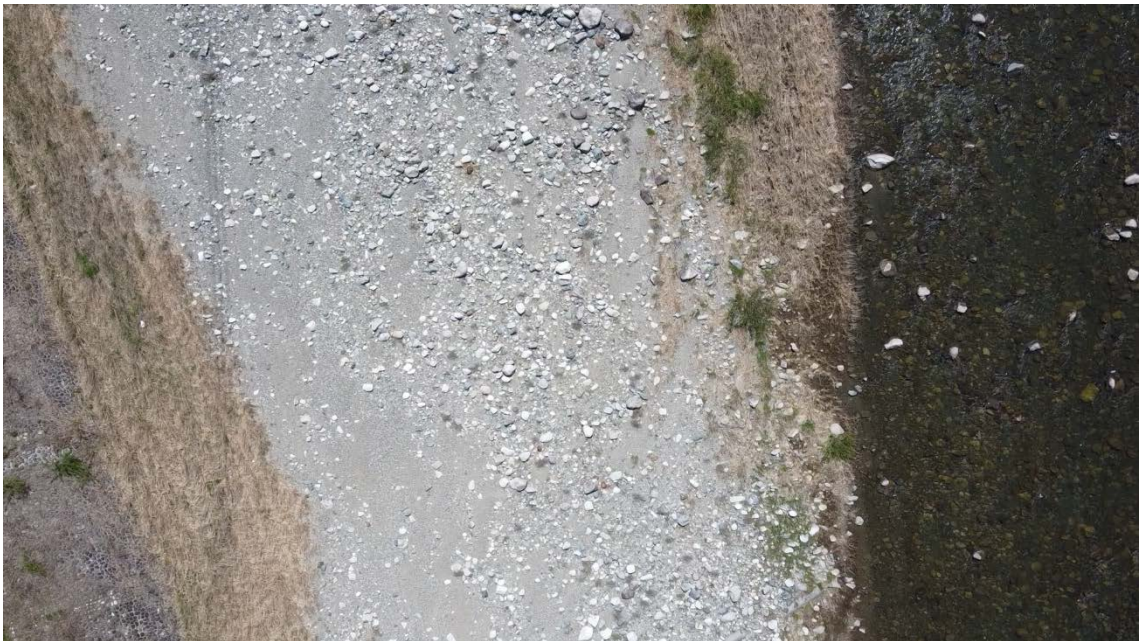


写真7 ドローンを用いた砂礫州全体の写真(2020年4月7日撮影)

結果

4月5月に予備調査を行ったが、その後天候や仕事の都合などにより本調査を始められたのは8月からとなった。また2019年は台風や大雨の影響により当初予定していた4地点のうち、御幸橋と葉枝見橋において調査地の一部が河川内に含まれてしまったことや砂礫州が消失する事態が起こったため調査は上流の紅葉橋と中流の八千代橋のみのデータを解析した。

・昆虫調査

個体数密度を 1a 当たりに換算し、また第二軸に多様度指数 H' を示した (図1)。紅葉橋、八千代橋ともに多く見られたのは砂礫性昆虫であるカワラバッタであった。特に8月は両地点ともカワラバッタのみであり、9月以降にその他の直翅目 (主にトノサマバッタ、クルマバッタ、クルマバッタモドキ) や鱗翅目 (主にヒメタテハ、ベニシジミ) などが確認できた。鞘翅目はナミテントウとナナホシテントウであった。このように観察できた昆虫は多種存在していたわけではなく、1目につき1~2種程度のみであった。これよりカワラバッタは8月から10月まで大方一定数生息していることが分かった。多様度指数 H' は紅葉橋では9月、八千代橋では10月に最も高い値を示した。しかし上でも述べたように、2地点とも昆虫類が多く生息していたわけではないため新たな種が1種確認されるだけで指数に大きな影響が出る。つまり、砂礫州では真夏の8月には暑さに耐えられる砂礫性生物のカワラバッタのみが出現し、秋にかけてその他の草原性の昆虫が出現してくると考えられる。2地点間でカワラバッタの個体数密度にも差は見られなかった (U-test, $P>0.05$, 図2)。

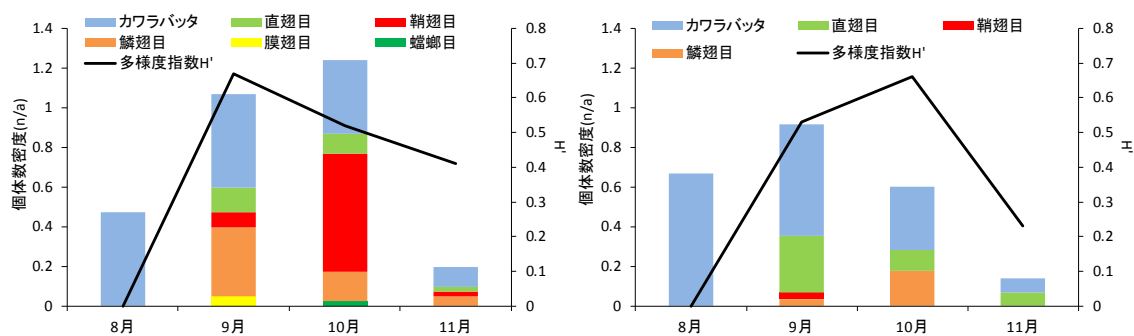


図1 月別の昆虫調査結果と多様度指数 H' (左: 紅葉橋、右: 八千代橋)

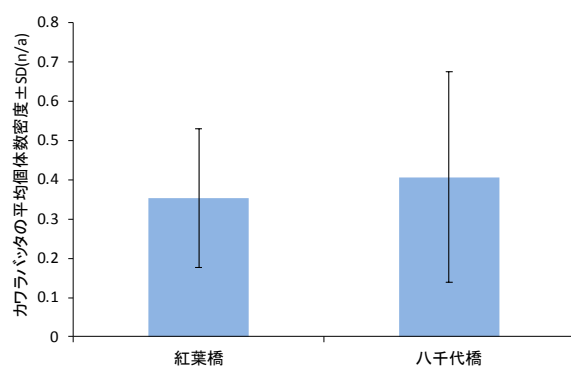


図2 カワラバッタの平均個体数 (U-test, $P>0.05$)

・植生調査

各個体の植生データ (長径・短径) を用いて植被面積を算出し、コドラート当たりの植被率を求めた。その結果、紅葉橋と八千代橋では平均植被率に有意な差は見られなかった (U-test, $P>0.05$)。また調査地ごとの調査月間を比較した結果、紅葉橋では季節が進むに

つれて植被率が増加した。八千代橋では 10 月 11 月がもっとも繁茂していた。しかし、月間において有意な差は見られなかった (Steel-Dwass test, $P>0.05$, 図3)。

次に各調査地のコドラートごとの植被率の特徴を比較した (図4)。紅葉橋では、45-50m のコドラートが最も植被率が高く、平均が40%を越えていた。八千代橋では 35-50m の 2 コドラートで植被率が40%を越えていた。実際に各調査地の特徴は、紅葉橋はラインの両端にあたる 0-5m と50mより奥はツルヨシの群落であり、その間が砂礫州であった。よって5-10m のコドラートはツルヨシ群落と砂礫州の境界であり、秋に進むにつれてツルヨシが進出してきていた。また八千代橋は0-30m 辺りまでが砂礫州であり、そこから50m までの約20m は草本植物が繁茂する草地的環境であった (写真8)。またその 30-50m 間にはトノサマバッタなどの草原性の昆虫は確認できたが、砂礫性昆虫であるカワラバッタは 1 個体も確認できなかった。

草本植物の種ごとの個体数 (株) と植被率を用いて解析を行った。紅葉橋では 15 種、八千代橋では同定不明種も含め 35 種確認した。この結果は図3の多様度指数 H' でも出ており全体的に紅葉橋が低く、八千代橋は高かった。紅葉橋の解析には個体数及び植被率の優占種上位 3 種とその他に分け、八千代橋では紅葉橋では確認されなかったカワラヨモギも多くを占めていたため紅葉橋で用いた 3 種に加えて解析を行った。この結果から特記するのであればカワラハハコの特徴である。紅葉橋では 15-40m のコドラートでカワラハハコの個体数が 200 を超えていた。八千代橋でも 15-20m のコドラートでは 120 個体近く生育していた。しかし、両地点ともカワラハハコの個体数の多かったコドラートにおいて植被率は高くなく、10%未満であった。この理由として、カワラハハコの個体数が多かった場所は砂礫州であり、まず全体的に植被率は低かった。そして、砂礫州に生育しているカワラハハコのほとんどが実生や非常に小さな株の群集であった (写真9)。逆に八千代橋の 35-40m のコドラートにおいてカワラハハコの個体数は 50 程度で 15-20m の半数にも満たないが、植被率は20%を超えていた。これは砂礫州の小さなカワラハハコと異なり、大きな株のカワラハハコが生育していたためである。その他に、全体を見るとやはり八千代橋の 35-50m 区間は草本の個体数は少ないが、植被率が平均的に高い値を示していた。

そこで八千代橋の 35-40m、45-50m のコドラートを草地として分け、紅葉橋と八千代橋の砂礫州、八千代橋の草地の 3 つで平均植被率を比較した (図6)。紅葉橋と八千代橋 (砂礫州) との間には有意な差は見られなかったが、八千代橋 (草地) と紅葉橋、八千代橋 (砂礫州) との間には有意な差が見られ、八千代橋 (草地) の植被率は他の 2 地点よりも有意に高いということが分かった (Steel-Dwass-test, $P<0.01$)。

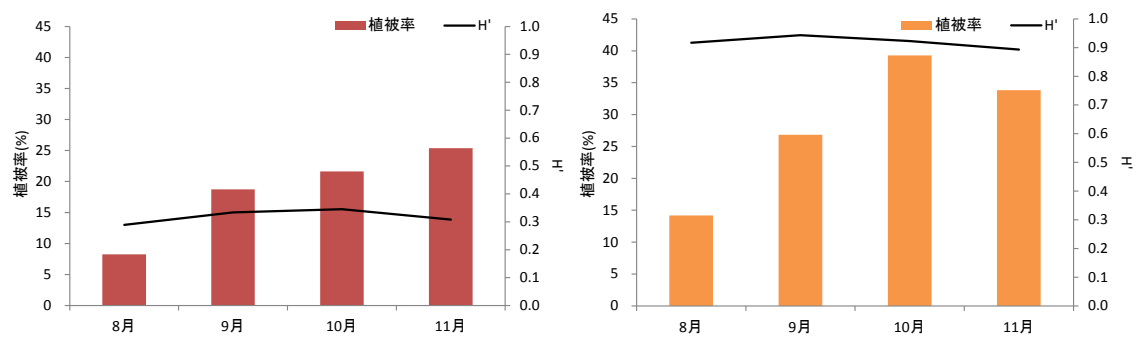


図3 月別の植被率と多様度指数 H' (左：紅葉橋、右：八千代橋)

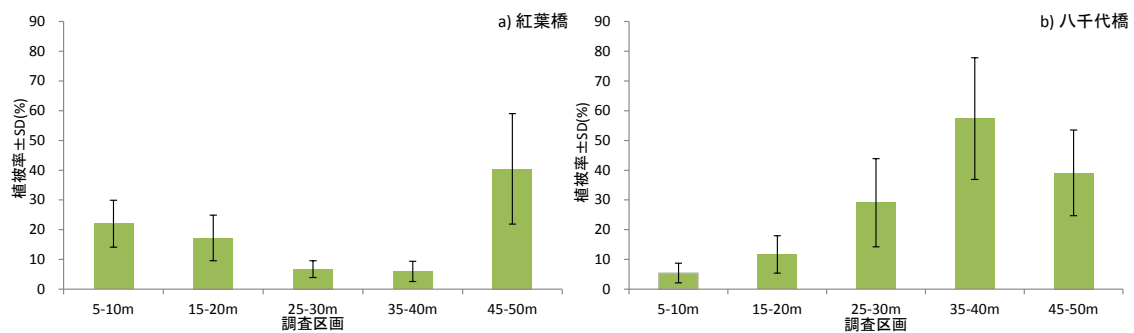


図4 コドラート別の植被率 (左：紅葉橋、右：八千代橋)



写真8 八千代橋 35-40m コドラートの様子

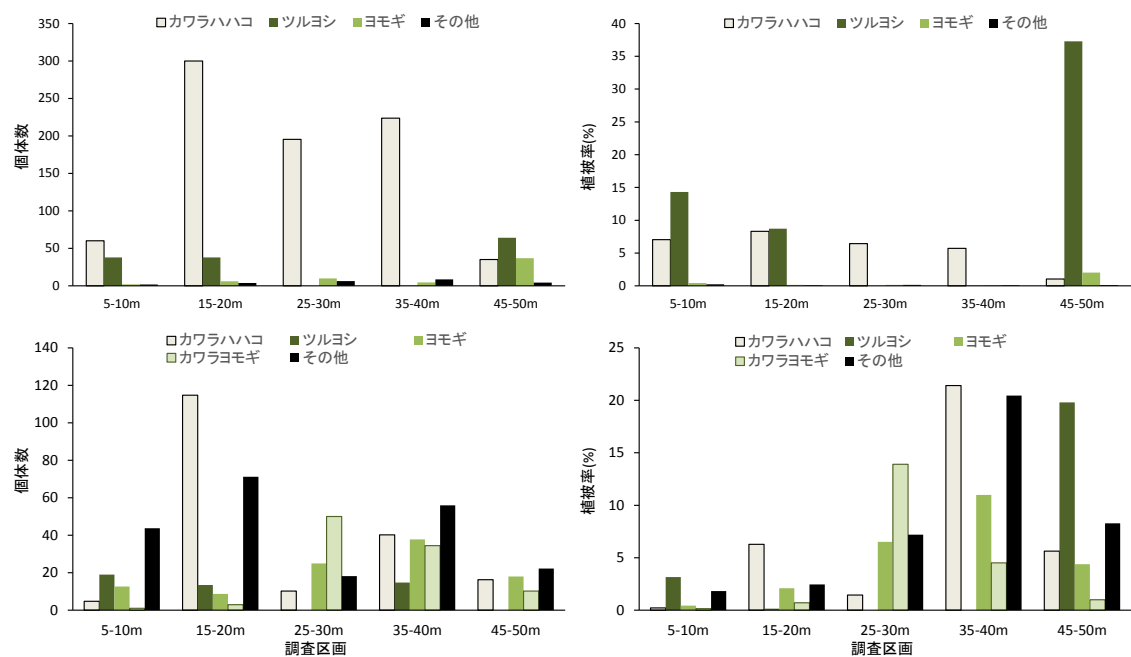


図5 各コドラートの種別個体数および植被率 (上段：紅葉橋、下段：八千代橋)



写真9 カワラハハコの実生群(1株約 5mm、紅葉橋)

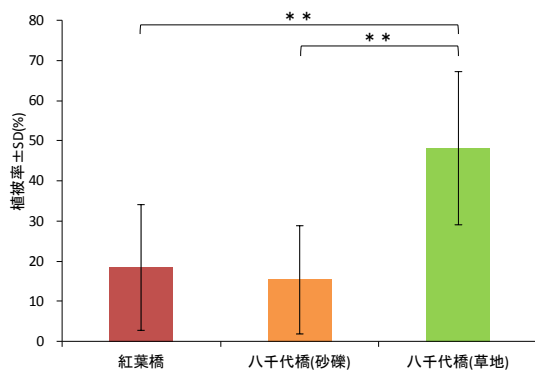


図 6 3 地点の植被率比較 (Steel.Dwass-test, ** : $P < 0.01$)

・砂礫州の温度調査

温度・照度ロガーを用いて各調査地、3か所の測定を行った。その結果、温度・照度ともに多少の違いは見られたが有意な差とまではいかなかった。しかし温度に関して、8月の晴れの日には 50°C を簡単に超えることがわかった。この数値は想像以上であった。図 7 は、8月の気温のデータである。

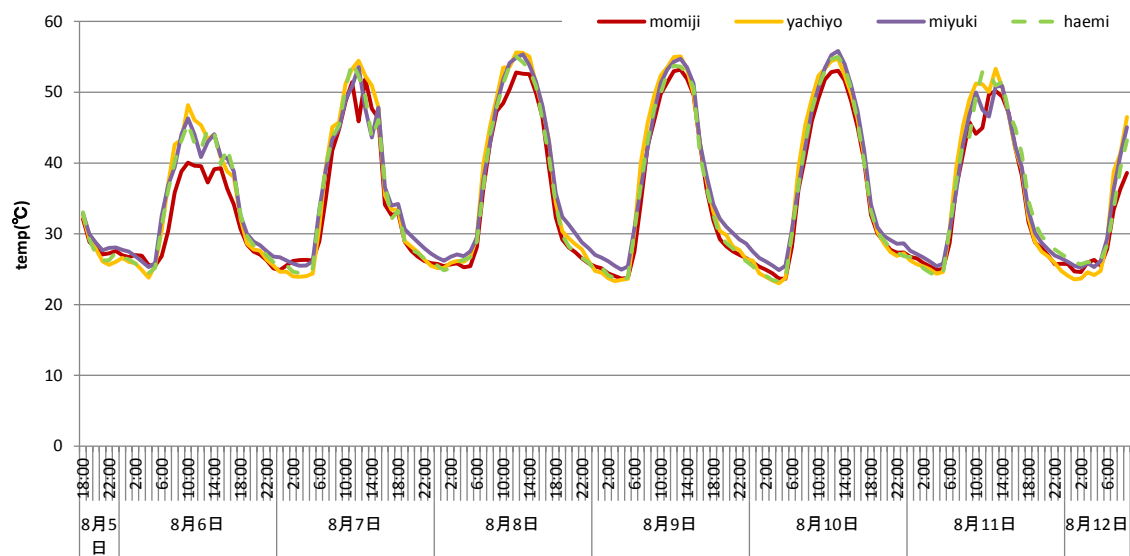


図 7 砂礫州表層約 20cm 上の気温変動 (紅葉橋)

照度は調査地が河原であるためほとんど違いが無く、多少ずれがある日は雲による影響と考えられる (図 8)。

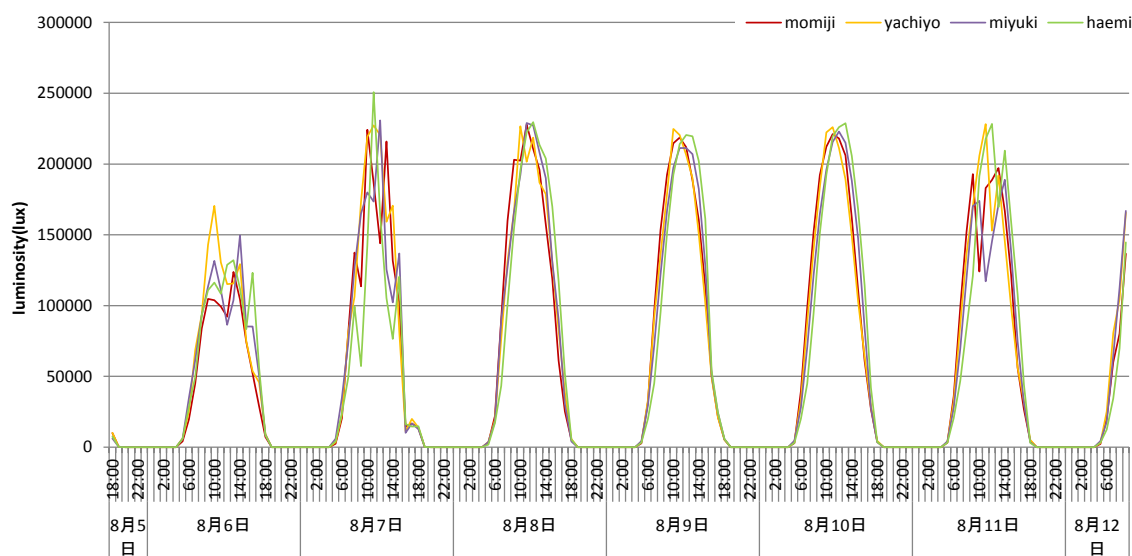


図 8 砂礫州表層約 20cm 上の照度変動（紅葉橋）

・愛知川水位データ

滋賀県が Web 上で公開している滋賀県土木防災情報システムから 2019 年の愛知川の水位データをダウンロードし、作成した（図9）。結果の冒頭でも述べたように 8 月の台風と大雨により水位が増加した。その影響により葉枝見橋に設定した調査対象の砂礫州は消滅し、御幸橋の砂礫州は半分以上が河川内となってしまった。例年であれば夏場に大規模な瀬切れが愛知川では数回発生するが、2019 年は雨が多く水位が低い期間が短かったためか完全な瀬切れを確認したのは 8 月の調査日のみであった。

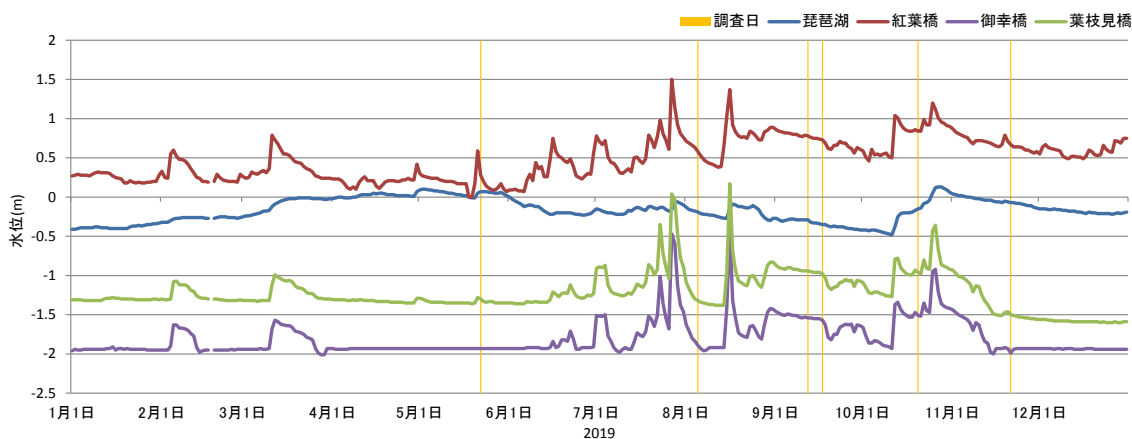


図 9 愛知川の 3 地点および琵琶湖の水位変動(2019)

・表層砂礫粒径組成調査

各調査地の表層砂礫粒径の調査では、八千代橋での植生調査において 5-30m と 35-50m のコドラートで環境の特徴が異なっていることが示唆されたため、35-50m を草地環境として分けて調査を行った。まず表層砂礫の平均粒径を紅葉橋、八千代橋（砂礫）、八千代橋（草地）の 3 地点で比較した結果、八千代橋（砂礫）が最も平均粒径は大きかったが、

3 地点の間に有意な差は見られなかった (Steel-Dwass test, $P>0.05$, 図 10)。次に表層砂礫粒径の組成をヒストグラムで示した (図 11)。紅葉橋は中礫の 8mm より大きく 16mm 以下の粒径が最も多く、次いで 16mm より大きく 32mm 以下の粒径が多かった。また大礫は 1m^2 の中に 18 個、巨礫は 1 つ存在する密度であり、上流としての特徴が見られた。図 11 では、まず八千代橋全体の特徴を示した。全体で見たとき最も密度の高かったのは 16mm より大きく 32mm 以下の中礫であり、それを中心に正規分布のような形を示した。紅葉橋と八千代橋の表層砂礫粒径組成に違いがあるか、コルモゴロフ・スミルノフ検定 (以下、k-s test) を行った結果、有意な差が見られた ($P<0.01$)。八千代橋は、図 12 で砂礫と草地で分けて組成を見たとき、砂礫では 16mm より大きく 32mm 以下の粒径の密度が突出していた。紅葉橋よりもやや大きめの粒径で蘇生されているようだったが、大礫は紅葉橋よりも密度が低く、巨礫については見られなかった。八千代橋の草地では中礫の粒径 32mm 以下が多かったが、紅葉橋と八千代橋の砂礫州に比べ砂礫の密度が全体的に低い値であった。

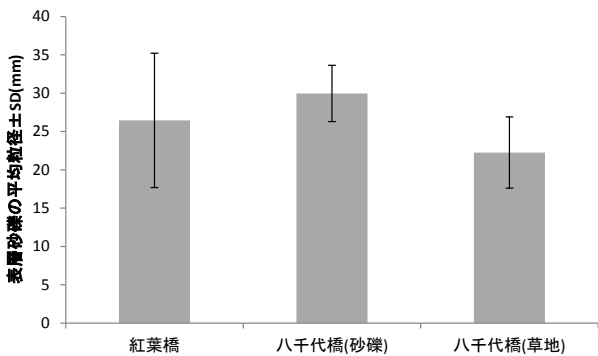


図 10 表層砂礫の平均粒径 (Steel-Dwass test, $P>0.05$)

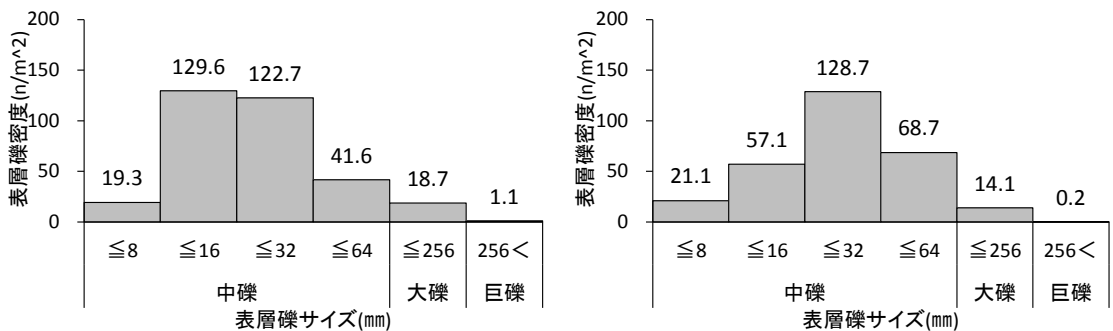


図 11 表層砂礫の粒径組成 (左：紅葉橋、右：八千代橋、k-s test, $P<0.01$)

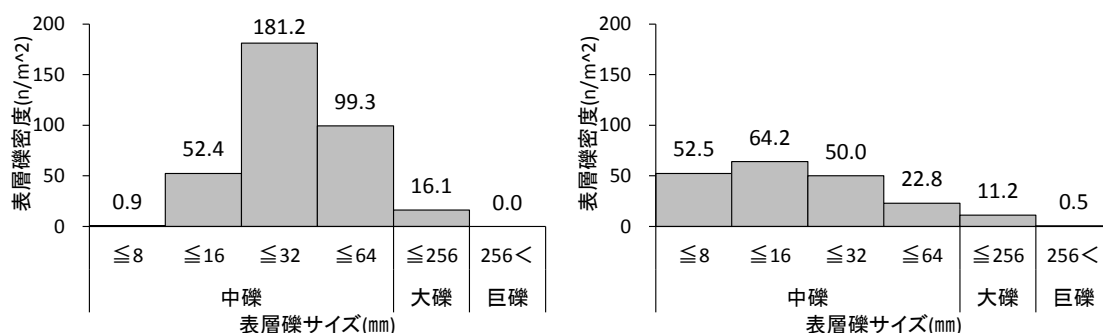


図 12 八千代橋の環境別粒径組成（左：砂礫、右：草地）

考察

滋賀県愛知川の砂礫州ではカワラバッタやカワラハハコ、カワラヨモギなどの砂礫性生物の生息・生育が確認できた。その他、トノサマバッタなど草地性の昆虫も確認できたが種数、個体数ともに多くはなかった。特に8月はカワラバッタのみが観察され、9月以降にその他の昆虫類が観察された。これは気温が影響しているのではないかと考えられる。実際に8月の砂礫州の表面は 50℃を超える日が多かった（図7）が、9月以降は観測期間に 50℃を超えることは無かった。よって砂礫性生物であるカワラバッタは、夏場の砂礫州の温度に適応していると考えられる。また八千代橋の 35-50m に位置する砂礫州の中でも草本が繁茂している場所ではカワラバッタは1個体も確認されず、トノサマバッタなど草地性の昆虫のみ確認された。

植生についても秋に進むにつれて植被率は増加した（図3）。コドラートごとで平均植被率とその標準偏差をみると平均植被率が高いコドラートの方が標準偏差が大きく、平均植被率が低いところは標準偏差が小さかった。これは8月から11月にかけて標準偏差の値が大きかったコドラートは草本の増殖が激しいことから草地の特徴を持つ環境であり、小さなコドラートはあまり草本が増加しなかったことから砂礫州の特徴を持つ環境だと考えられる。実際に紅葉橋の 45-50m はツルヨシの増殖が激しく、八千代橋の 35-40m と 45-50m は8月の時点から草本が多く生育していた。逆に紅葉橋の 5-10m、15-20m、25-30m、35-40m、八千代橋の 5-10m、15-20m は完全な砂礫州であった（図4）。

砂礫州の表層にある砂礫の粒径を調べた結果、表層砂礫の平均粒径では調査地間での差は見られなかった（図10）。粒径の組成は紅葉橋、八千代橋ともに中礫サイズ（8-64mm）が多く存在していた。中礫の中でも紅葉橋は粒径が8-32mmの砂礫が多く、八千代橋は16-32mmのものが占めていた。しかし、昆虫調査や植生調査の結果の際に述べたように八千代橋の 35-50m の区間は砂礫州の中でも草本が繁茂しており、環境が異なっていると考えたため、八千代橋は5-30mの区間を砂礫州、35-50mの区間を草地として分けて改めて組成を確認した（図12）。その結果、八千代橋（砂礫州）の粒径組成は16-64mmのサイズが多く占め、8mm以下の中礫や256mm以上の巨礫はほとんど存在していなかった。それに対し八千代橋（草地）は、中礫の中でも細かいサイズが多く占めていた。八千代橋（草地）の組成をみると全体的に礫数が少なく見えるがこれは方法でも述べた通り、今回の表層砂礫粒径の測定は写真を用いて一つ一つ行った上で、非常に細かい細礫（≤4mm）以下の礫や砂については写真上では測定不可能であった。よって草地においては本来1コ

ドラートにつき 350 個の礫を測定していたが、測定可能な礫が 350 個に到達しないコドラートも存在した。つまり、八千代橋（草地）は 4mm 以下のものがほとんどであったことを示している。

これらの結果から、砂礫性昆虫であるカワラバタが生息可能である砂礫州は、表層粒径が 8mm から 64mm の中礫で占められていると考えられる。中礫が占めていることにより草本植物が根付きにくいと考えられ、結果的に植被率が低く保たれているのであろう。カワラバタはその他の直翅目とは異なり脚にトゲが無いため、植物に捕まるということが出来ない。調査の際も飛び上がったカワラバタがカワラハハコの上に着地するも、そのまま地面に落ちるという場面を何度か見た。つまり、カワラバタにとって砂礫州が植物で覆われるということは生息しにくい環境になるということである。もしかするともっと細かい砂礫のような環境でも生息は可能かもしれないが、そのような環境には草本植物が進出しやすいため、実際のところはなかなか生息を維持することは難しいと考える。今回の昆虫調査では、調査地全体でのデータしかとっていないため、なかなか植生データや表層礫粒径データのコードラートでの違いとリンクさせることが難しい。よって、2020 年は、コードラートデータとリンクできるような調査を行なっていきたい。また、樹林化（草本の進出）がされない砂礫州の特徴を調べた研究があり、そこでは先ほど考察したように中礫と砂の割合などが影響しているとしている。またカワラバタは産卵を地中にするため表層だけでなく地中の構造を知る必要がある。よって、地中の粒度分布や層のパターンなどを調べることにする。

カワラハハコについては全コードラートにおいて生育を確認しているが、コードラートによって株の大きさに違いが見られた。今回の報告書作成までにカワラハハコの株の大きさをまとめてデータに示すまで至らなかったが、調査を行なった感覚では砂礫州では非常に小さな株が非常に多く生育しており、草地では個体数は少ないが一つ一つが大きな株となり生育していたため、砂礫粒径により成長戦略を変えているように感じた。しかしこのような違いを感じたものの今回のデータでは砂礫性植物と砂礫性昆虫（カワラバタ）において生息環境が異なるかどうかは明確には分からなかった。

外部での研究報告

本研究の成果を学会等において発表した。まず 2019 年 12 月に行われた『龍谷大学里山学研究センターシンポジウム 「琵琶湖を中心とする自然共生型社会の実現 ―里山学からの発信―』』でのポスターセッションにおいて『砂礫州に生きる昆虫たち ―植生との関係性―』というタイトルでポスター発表を行った。ここでは昆虫調査と植生調査のデータを主に解析し発表した。

次に、日本生態学会第 67 回全国大会でポスター発表をした。ことらでは、表層砂礫粒径とカワラバタについて発表を行った。日本生態学会は 2020 年 3 月に開催予定であったが、現在も続く新型コロナウイルスの影響により大会実施が中止となった。しかし、大会費に入金および要旨の提出がされたものに対しては、大会にて発表を行ったという形がとられた。

- ・ 2019 年度龍谷大学里山学研究センターシンポジウム ポスターセッション (2019 年

12 月 21 日)

「砂礫州に生きる昆虫たち - 植生との関係性 - 」

・日本生態学会第 67 回全国大会 ポスター発表 (P2-PB-156)

「カワラバタと砂礫河原の環境」

今後の研究予定

2019 年度はカワラバタの成虫のみを対象にしていたため、2020 年度は幼体が発生し始める 5 月 6 月に調査を行う予定であったが、新型コロナウイルスにより他府県への移動などが厳しくなったため、幼体の調査は不可能となった。よって、本年度もカワラバタの成虫やその他の昆虫を対象に調査を行う予定である。

2020 年度新たに行う調査として一つは、考察でも述べたように砂礫州の粒度分布の把握を行う。2019 年度は表層の砂礫粒径のみの把握であった。表層だけでも砂礫性生物との関係性があることが示唆されたが、実際に草本は地中に根を張り、カワラバタは地中に産卵を行うことから表層だけでなく地中 10cm 辺りまでの粒度分布の把握が必要と考える。これに加え、産卵シーズンのカワラバタメス個体を捕獲し、産卵管の長さを測定する予定である。

次に、方法でも述べたように植被率の測定をドローンによる空中 (俯瞰) 写真による解析を試みる。2019 年度は植生データから算出したが、これらはコドラートを真上から見て障害物がなくすべての草本が見えていることが前提となる。しかし、実際に紅葉橋のように大礫などがあり、その脇に群生しているカワラハハコなどは真上から見た際に地面を覆い被さっているようには見えないためである。ただこれらが昆虫目線の場合どちらが影響しているかはわからないため両方のアプローチを試みる。

最後にドローンを用いた浸水距離の測定についてである。これまで、大雨や台風後は河川が増水し氾濫をしていたためそれらが完全に引いてからしか調査を行っていなかった。その調査の際に草本の倒れ方などからどこまで水位が増加していたのかなど推測していた。しかしドローンを用いることにより、増水が引くのを待たずに空中写真 (写真 7) を撮影でき、実際に砂礫州のどのあたりまで浸水していたかを測定できると考えている。これにより河川の氾濫 (大規模、中規模、小規模問わず) の影響が砂礫性生物に与える影響などが推測できると考えている。

昆虫調査は、その他の調査のコドラート別データとリンクすることが出来るように目印などを立てて昆虫を観察した場所がどの区画内か記録できるような工夫を行い進める予定である。植生調査や水位データの扱いは 2019 年と同様に進めたい。ロガーによる調査は温度のみを測定し、測定期間を延ばしたいと考えている。照度は雲などの影響を受けるため 10 分間隔での測定を行っていたが、温度のみの測定で 30 分に 1 度にすることにより長期間の測定が可能となる。

以上