

原著論文

岡山県旭川におけるトウヨウモンカゲロウ(*Ephemera orientalis*)の 生息分布と生息環境について

岡本聖矢¹・齋藤達昭^{1*}

Distribution and habitat conditions of *Ephemera orientalis* (Ephemeroptera: Ephemeridae)
in the Asahi River, Okayama Prefecture, Japan

Seiya OKAMOTO¹ and Tatsuaki SAITO^{1*}

Abstract: We investigated distribution and habitat conditions of *Ephemera orientalis* in the middle and downstream regions of the Asahi River in Okayama Prefecture. We found 11 habitat sites of this species. They co-existed with *E. strigata* upstream of Nakamaki. After two floods caused by typhoons in September and October, 2017, several habitats (e.g. downstream of the Asahikawa Dam, or on artificial crossing structures in river branches) were lost. Their habitats were in stagnant or calmly-flowing water areas (including points higher than 120 m a.s.l.). Multiple regression analysis between their habitat density and the environment conditions revealed a correlation between habitat density and incidence of loose stones.

1. はじめに

モンカゲロウ属(*Ephemera*)は、日本にフタスジモンカゲロウ(*E. japonica* McLachlan), モンカゲロウ(*E. strigata* Eaton), トウヨウモンカゲロウ(*E. orientalis* McLachlan), タイワンモンカゲロウ(*E. formosana* Ulmer)の4種が生息している。タイワンモンカゲロウを除く3種は沖縄以南に生息し、日本各地の河川に広く分布している。このモンカゲロウ属の幼虫は、砂泥底に埋没し掘潜型の生活形を示す(竹門 1989)。このうちトウヨウモンカゲロウは、流れが緩やかな場所や平地の細流や湖沼などにもみられることから(丸山・高井 2016)、止水に近い場所に生息をしていることが知られている。モンカゲロウ属は羽化間近の終齢幼虫には翅芽黒化が見られ、フタスジモンカゲロウは水際羽化、モンカゲロウとトウヨウモンカゲロウは水面で羽化をするとの報告がある(竹門 1989)。モンカゲロウ属は、羽化した時には亜成虫で、再び脱皮して成虫となる。成虫は、その後2~3日の間に交尾し産卵する(大串 2004)。渡辺(1992)は、香川県葛谷川においてトウヨウモンカゲロウが5月~10月中旬にかけて羽化することを、さらに黒田ほか(1984)は、モンカゲロウが5月頃羽化することを報告している。タイワンモンカゲロウを除く3種が同一河川で分布する場合、一般に上流域にフタスジモンカゲロウ、中流域にモンカゲロウ、

下流域にトウヨウモンカゲロウが分布することを示唆している(水野・御勢 1993)。これら3種の生息分布を決定する要因として、夏季の最高水温の影響が示唆されてきたが、黒田ほか(1984)は、香川県葛谷川では水温の影響による差が見られなかったこと、底質の粒度と個体数も関係性がなかったことを報告している。さらに、これら3種の生息分布について香川県内河川においては、標高との傾向はあるものの、分布と標高・勾配との関係は明瞭ではないとしている(渡辺 1985)。加えて、成虫の繁殖行動と周辺環境がモンカゲロウ属の種の分布域を規定する可能性も示唆している(竹門 1989)。福島県浜通り地方では、モンカゲロウとフタスジモンカゲロウは広く分布しているが、トウヨウモンカゲロウは個体数が少なかったと報告している(遠藤 2007)。これまで岡山県内において、高梁川の上中流域でフタスジモンカゲロウ・モンカゲロウが、下流域でトウヨウモンカゲロウが生息すると記載されており(板野ほか 1990)、旭川では、中流域の竹枝地区でトウヨウモンカゲロウ・モンカゲロウが分布することが報告されている(惣川ほか 2016)が、旭川全域での調査した記録は見受けられない。そこで本研究では、基礎的なデータとして岡山県旭川中下流域においてトウヨウモンカゲロウの調査を実施し、生息分布を明らかにするとともに旭川における標高、流速、川幅な

1. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学大学院 理学研究科総合理学専攻 Department of Applied Science, Graduate school of Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan. *Corresponding author

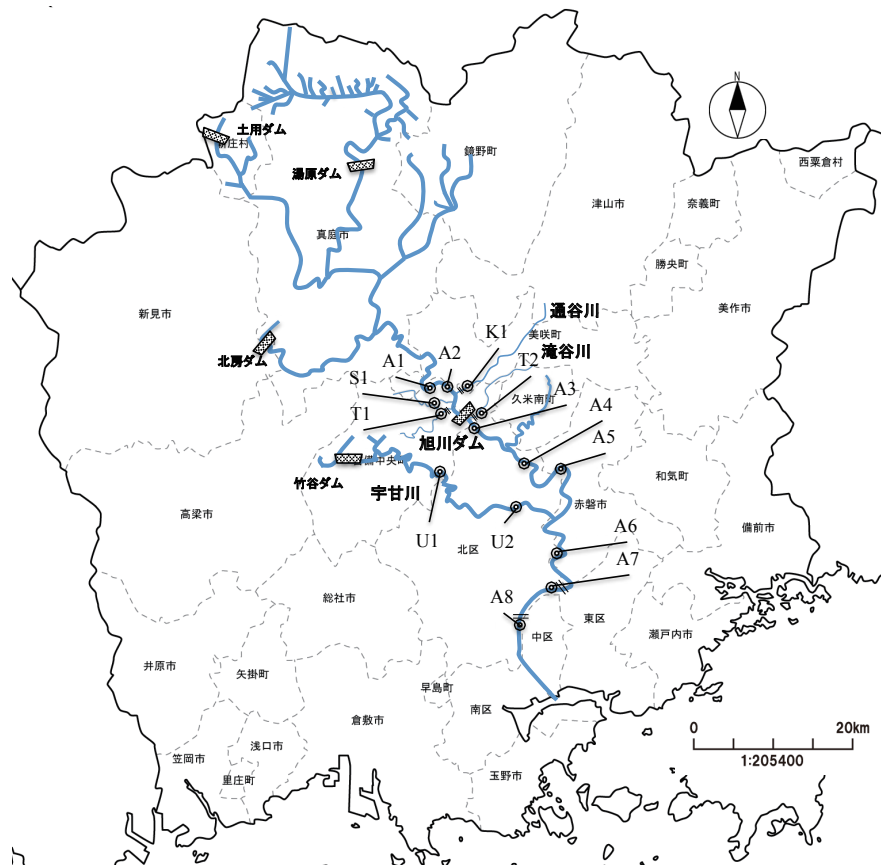


Fig. 1. 旭川水系における調査地点の分布. *地点番号はTable 1 に準ずる.

ど河川環境や底質環境との関係調べた.

II. 調査場所と調査方法

1. 調査場所

調査場所は、岡山県中央部を流域とする一級河川の旭川で行った. 今回は、幹川流路延長約142 kmのうち、約74 kmの中下流域を中心に調査した (Fig. 1, Table 1). 岡北橋下では、流心側の瀬を岡北橋下 (A8-1), 普段は平瀬だが、水位の低下に伴ってワンドとなる場所を岡北橋下 (A8-2) とした. 中牧は、河川が湾曲している地点で、外側の流れのある場所を中牧 (A6-1), 内側の淀んでいる場所を中牧 (A6-2) とした.

2. 調査方法

(1) トウヨウモンカゲロウの採集と固定

2015年4月1日～2017年12月22日まで岡山県を流れる旭川水系においてトウヨウモンカゲロウの採集を行った. サーバーネット (0.4×0.4 m) を下流側に設置し足で砂泥ごと巻き上げてサンプリングを行なった後、バットに移してピンセットを用いて幼虫を採取した. その後、腹部背面にある縦条紋の特徴から種を判別した後、80%エタノールで固定して持ち帰った. この時、若齢幼虫の場合は、頭部の斑紋も参考に同定を行った (黒田・渡辺 1984) (Fig. 2). 調査地点 (Fig. 1, Table 1) で、ランダムサンプリング

を行った場合に、最も多くの幼虫が確認できた調査ポイントの流速、水深を測定し記載した. 個体数密度は、採集された個体数とサーバーネットの面積から算出した. さらに、他のモンカゲロウ属がみられた場合は同時に採集し、個体数を同様に算出した.

(2) 生息環境の測定

水深は、伸縮アルミスケール、流速は、(CMT-10C型電気型流速計: DENTAN製) を用いて測定した. さらに流量は、川幅1 mとその場の水深と流速を乗ずることで簡易的に算出した. 川幅については現地ではメジャーによる測定を行い、標高は岡山河川事務所の岡山市域図と国土地理院のデータを用いた. さらに、方形区 (0.5×0.5 m) 内で、浮き石・載り石が占めている面積割合を被覆率として算出した. 一般に河川において、浮き石は石や礫の上に乗っている石であり、石の下方が基質中に埋没し一部分が水中に出ているはまり石と区別される. また、基質中に埋没していない石を浮石とはまり石の中間的な状態として載り石と区別する場合もある (丸山・高井 2016). なお今回は、中礫 (0.04-0.064 m) より大きい粒径をもつもののみを被覆率の算出の対象とした.

Table 1. 旭川水系における調査地点.

河川名	地点番号	採集地(市/区/郡/町/村)	地点名	緯度 経度
旭川	A1	真庭市勝山	勝山	35°04'49.3"N 133°41'26.1"E
旭川	A2	真庭市古見	川東公園	35°02'34.1"N 133°45'37.0"E
旭川	A3	岡山市北区建部町品田	品田橋下	34°53'37.4"N 133°53'34.4"E
旭川	A4	岡山市北区建部町	品田	34°52'26.7"N 133°54'05.0"E
旭川	A5	岡山市北区建部町吉田	竹枝	34°50'33.6"N 133°55'29.5"E
旭川	A6-1	岡山市北区	中牧	34°45'44.0"N 133°58'09.0"E
旭川	A6-2	岡山市北区	中牧	34°45'44.4"N 133°58'07.8"E
旭川	A7	岡山市北区	玉柏	34°42'51.1"N 133°57'43.9"E
旭川	A8-1	岡山市中区	岡北橋下	34°40'49.9"N 133°56'01.2"E
旭川	A8-2	岡山市中区	岡北橋下	34°40'48.5"N 133°56'01.9"E
通谷川	K1	久米郡美咲町	西川	34°58'26.9"N 133°50'03.8"E
豊岡川	T1	加賀郡吉備中央町	小森	34°56'11.9"N 133°48'40.5"E
曾母谷川	S1	久米郡美咲町	江与味	34°56'35.8"N 133°48'00.3"E
滝谷川	T2	岡山市北区建部町	角石谷	34°54'27.9"N 133°52'46.8"E
字甘川	U1	加賀郡吉備中央町	下加茂	34°51'28.6"N 133°49'13.7"E
字甘川	U2	岡山市北区	中泉	34°48'38.5"N 133°52'55.7"E

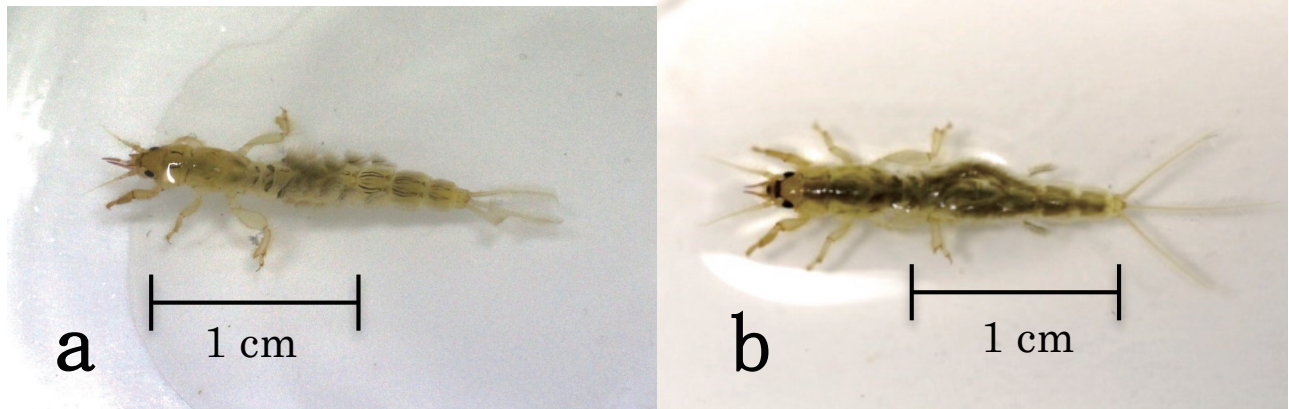


Fig. 2. モンカゲロウ属の幼虫, a: トウヨウモンカゲロウ, b: モンカゲロウ.

III. 結果と考察

1. 生息分布について

調査地点毎のトウヨウモンカゲロウの幼虫の分布状況と環境条件を示した(Fig. 1, Table 2). トウヨウモンカゲロウの採集時, 1回の採集で5匹を越えた場合を生息していると定義して(○)で表示した. また個体は確認出来たが, 数が少なかったものについては(×), 全く確認できなかった場合は(-)で示した. 調査時にモンカゲロウの幼虫が同時に採集された場合は, トウヨウモンカゲロウと同様の形式で表示した. 個体数密度については, 個体サイズが比較的大きく, 羽化が始まって個体数が減る前の2017年4月27日~5月5日の春期に調査したものを採用した. 春期の個体数密度(indiv/m²)は, 品田橋下で最も高く319, 次に竹枝で100, 岡北橋下で63と続いた. 中牧の淀み(A6-2)では44で, 中牧の瀬(A6-1)では生息していなかった. 岡北橋下の瀬(A8-1)では38で, ワンド(A8-2)で63であった. 標高が比較的高い川東公園(標高129m)と西川(標高120m)でも生

息が確認できた. また, モンカゲロウがトウヨウモンカゲロウと同所的に生息していた場所は, 中牧より上流域である本川では中牧, 支川では西川, 角石谷, 中泉であった. 中牧より下流域ではトウヨウモンカゲロウのみが生息していた. これらの分布は, 板野ほか(1990)や水野・御勢(1993)と同じような結果となった. 今年, 岡山県に接近した二度の台風(9月17-18日, 10月23-24日)後の出水(牧山での流量: 約1,000 m³/s以上)の影響を見るために, 11月18日~12月22日までの調査(秋・冬期)の結果を示した(Table 2). その結果, 密度の高かった品田橋下, 品田, 支川の西川, 角石谷などでは確認できなくなり, 常時継続的に生息していると推定される場所は, 川東公園, 竹枝, 中牧, 玉柏, 岡北橋下のワンド, 中泉があげられた. 旭川ダム直下の下流の品田・品田橋下や支川の角石谷では, 出水によって砂の流出とともに堀潜型のトウヨウモンカゲロウが流された可能性が高い(佐藤・土屋 2010). 支川の西川では出水後, 土砂の堆積によって載り石が埋もれ,

Table 2. トウヨウモンカゲロウの生息密度と生息環境. *地点番号はTable 1 に準ずる. (○), 1 回の採集で5匹以上確認できたもの; (×), 個体は確認出来たが, 数が少なかったもの; (-), 記録なし. 個体数密度は, 採集された個体数とサーバーネットの面積から算出した.

地点番号	地点名	環境	トウヨウモンカゲロウ		個体数	個体数密度 (indiv/m ²)	標高(m)	川幅(m)	被覆率(%)	流量(m ³ /s)	モンカゲロウ	
			春期	秋・冬期							春期	秋・冬期
A1	勝山	淵	×	×	2	13	164	9	0	0	×	×
A2	川東公園	岸際	○	○	5	31	129	96	29	0.018	×	×
A3	品田橋下	淵	○	×	51	319	61	68	95	0	-	-
A4	品田	ワンド	○	×	7	44	55	27	35	0	×	×
A5	竹枝	淵	○	○	16	100	40	61	44	0	×	×
A6-1	中牧	瀬	×	×	4	25	18	44	-	0.189	×	×
A6-2	中牧	淀み	○	○	7	44	18	44	32	0.067	×	○
A7	玉柏	岸際	○	○	9	56	7	16	30	0.011	×	×
A8-1	岡北橋下	瀬	○	×	6	38	2	124	21	0.198	×	×
A8-2	岡北橋下	ワンド	○	○	10	63	2	124	19	0.166	×	×
K1	西川	淵	○	×	7	44	120	10	54	0	○	○
T1	小森	淀み	×	×	2	13	105	22	-	-	×	×
S1	江与味	淵	-	-	0	0	104	9	-	-	×	×
T2	角石谷	淵	○	×	5	31	75	11	12	0.018	○	○
U1	下加茂	淀み	×	×	2	13	124	17	5	0.017	×	×
U2	中泉	淀み	○	○	10	63	53	26	26	0.012	×	○

最適な底質環境が失われたことがわかった. 秋に生息が確認できた地点では, 春に比べて個体数密度の減少があったが, 生息場所の移動は見られなかった.

2. 生息環境条件について

次に, 調査地点の4つの環境条件(標高・川幅・被覆率・流量)と個体数密度との関係性を調べた. まず標高が比較的低い地点でトウヨウモンカゲロウの生息が多く確認できたが, 標高129 mの川東公園でも安定した生息が確認できた. 渡辺(1985)で示唆されているように, 標高以外に分布を決定する要因があると考えられる. 品田橋下で個体数が一段と高かった原因の一つとして, 旭川ダムの存在が考えられる. 岡山県の吉井川水系にある苦田ダム直下の下流では, ダム建設後トウヨウモンカゲロウの個体数が増加したという報告がある(中国地方ダム等管理フォローアップ委員会 2015). ダムの直下では流量変動に伴って, 砂の流出や堆積が頻繁に繰り返されるために, 底生動物の個体数密度が変動しやすい(谷田・竹門 1999, 佐藤・土屋 2010). 次に, 川幅については個体数密度との間でほとんど相関が見られなかった. トウヨウモンカゲロウの生息場所は, 淀み, 淵, 岸際, ワンドなど止水性の強い環境(流量0-0.02 m³/s)が多かった. 下流域の中牧と岡北橋下の2つの地点では, 水深が深く比較的流量が大きくなっているが, 中牧の瀬(A6-1)と中牧の淀み(A6-2)では, 淀みのみで生息が確認された. 一方, 岡北橋下の瀬(A8-1)と岡北橋下のワンド(A8-2)では, 両地点で生息が確認されたが, 流れが滞留するワンドの方の個体数密度が高かった. 底生動物の流下は, 出水時だけではなく一般に平常

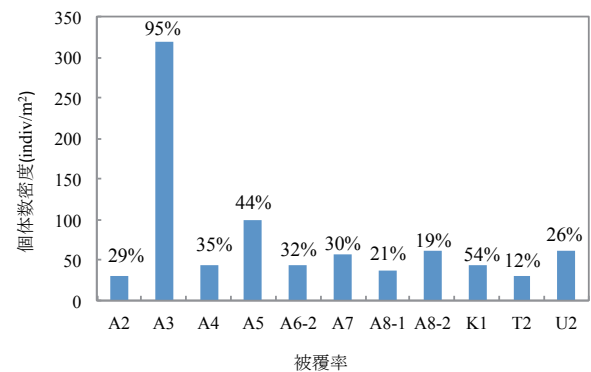


Fig. 3. 調査地点別の被覆率と個体数密度との関係. 横軸の地点はTable 2を参照. 棒グラフの上の%は被覆率を示す.

時にも起こっている(水野・御勢 1993). 特にトウヨウモンカゲロウは, 河川の湾曲する場所やワンドのような流れが緩和される場所で, 個体数密度を増加する傾向がある(渡辺 1985). 被覆率(浮き石・載り石が占有している面積の割合)については, 被覆率が高くなると個体数密度が増える傾向であった(Table 2, Fig. 3). Table 2に示したように, 止水の環境でも被覆率が高い傾向が見られた. 浮き石・載り石が存在すると流速が緩和され, 土砂や有機物の堆積が多くなり, トウヨウモンカゲロウの生息に有利に働くと考えられる.

3. 重回帰分析

トウヨウモンカゲロウの個体数密度と環境条件との関係を確認するため, Fig. 3で示した春期のトウヨウモンカゲロウの生息が確認できた11地点で, 北野(2005)を参考に重回帰分析を行った. その結果をTable 3に示す. トウヨウモンカゲロウの幼虫の密

Table 3. 生息密度を従属変数とした生息環境要因との重回帰分析. 重回帰分析に用いた独立変数を上から寄与率の高い順に配置した. 得られた重回帰式は, $Y=347.4X_4-44.0$, $R^2=0.801$, $P<0.05$.

独立変数	相関係数	標準化 偏回帰係数	重回帰モデルの相加的統計量	
			R	Total F
被覆率(X_4)	0.875	0.878*	0.875	23.867
川幅(X_3)	0.068			
流量(X_2)	-0.280			
標高(X_1)	0.018			

度(indiv/m²)を従属変数Y, 標高(m), 流量(m³/s), 川幅(m), 被覆率(%)を独立変数(X_1)-(X_4)として設定した. トウヨウモンカゲロウの個体数密度との間で相関係数が最も高かった被覆率(X_4)を回帰式に取り込んだ後変数選択を行ったが, 有意水準95%以上になる被覆率以外の独立変数を組み込んだ重回帰式を求めることができなかった. また, 流量については11箇所の生息場所のうち7箇所で0.02 m³/s以下の流量を示し, 止水環境との関連が強いことが示唆されたが, 流量と個体数密度との間の相関は見られなかった. 従って, 被覆率のみが個体数密度との間で, $Y=347.4X_4-44.0$ という重回帰式が得られた.

IV. 総括

岡山県旭川の中下流域で, トウヨウモンカゲロウについて生息分布を調べた結果, 11箇所で生息が確認できた. 特に, 本川の淀み, 淵, 岸際, ワンドなど止水性の強い環境で安定的に生息しているのが確認できた. トウヨウモンカゲロウは, 渡辺(1985)で述べられているように, モンカゲロウより標高の低い地点で採集されやすい傾向にあったが, 標高120mの川東公園でも生息が確認できた. 9月から10月にかけての二度の台風接近による出水で, 支川の人工構造物の上にある地点や本川の旭川ダムの近くの地点で, トウヨウモンカゲロウの生息が確認できなくなった. 生息環境要因と個体数密度との重回帰分析を行い, 被覆率(浮き石・載り石の面積割合)のみが重回帰式に取り込まれた. 今回の結果から, 被覆率と個体数密度との間には正の相関を示した. これは, 載り石や浮石の存在で流れが緩まることで, 砂や有機物の堆積を促し, より生息しやすい場所になるためと考えられる. 一方, 流量については, 下流域の中牧と岡山北橋下の2地点を除いた生息地点では0.02 m³/s以下の流量であった. また, 流量が比較的高い中牧と岡山北橋下の両調査地点においても, 流量が低い調査地点でより高い個体数密度を示した. トウヨウモンカゲロウは, 止水域から緩流域にかけて生息している可能性が示唆されたが, 流量と個体数密度との間には相関は認められなかった. 今回の結果は, 旭川中下流域の各調査地点の最も高

い個体数密度の地点での環境条件を用いて重回帰分析を行っているが, 調査地点内のマイクロハビタットの個体数密度と微小環境要因の関連について今後も調査していく必要がある. また, 上流域に存在する堰やダム等の被覆率の高い土砂堆積場所での同種の生息確認を引き続き進める必要がある.

引用文献

- 中国地方ダム等管理フォローアップ委員会(2015). 苫田ダム定期報告書概要版. pp. 90-96.
- 遠藤絢香(2007). 福島県浜通り地方におけるフタスジモンカゲロウの生活史. 福島大学大学院教育学研究科 平成18年度修士論文.
- 板野道弘・加納純孝・嶋田義弘・山根薫子・恩藤芳典(1990). 高梁川における水質汚濁に関する学際的研究(第1報). 中国短期大学紀要 Journal of Chugoku Junior College (21): 37-47.
- 北野 聡(2005). 生物・社会調査のための統計解析入門: 調査・研究の現場から(その6)-「因果関係を探る」重回帰分析と数量化I類-. 農業土木学会誌73(1): 39-44.
- 黒田珠美・藤本篤子・渡辺 直(1984). 葛谷川(香川県)におけるモンカゲロウ(*Ephemera*)属3種の分布と生活環. 香川生物(12): 15-21.
- 黒田珠美・渡辺 直(1984). モンカゲロウ(*Ephemera*)属3種の斑紋及び形態の比較. 香川生物(12): 23-27.
- 丸山博紀・高井幹夫(2016). 原色川虫図鑑幼虫編(谷田一三監修). 全国農村教育協会, 東京.
- 水野信彦・御勢久右衛門(1993). 河川の生態学(沼田真監修). 築地書館, 東京.
- 大串龍一(2004). 水生昆虫の世界 淡水と陸上をつなぐ生命. 東海大学出版会, 東京.
- 竹門康弘(1989). モンカゲロウ属の羽化・繁殖様式と流程分布. pp. 29-41. 「日本の水生昆虫 種分化とすみわけをめぐって(柴谷篤弘・谷田一三編)」, 東海大学出版会, 東京.
- 谷田一三・竹門康弘(1999). ダムが河川の底生生物へ与える影響. 応用生態工学2(2): 153-164.
- 佐藤勝亮・土屋十囀(2010). 下久保ダムにおける洪水の有無が底生動物の群集構造に与える影響. 水工学論文集(54): 1273-1278.
- 惣川 峻・石原 凌・岡本 真・高尾今日子・増田萌子・山脇広大・黒木 出(2016). かいぼり調査で採集された水生昆虫について. 竹枝学区ふるさと活性化協議会活動報告書2016. 33-37.
- 渡辺 直(1985). 香川県内河川におけるモンカゲロウ属3種の分布-とくに標高・勾配との関係について-. 香川生物(13): 1-7.
- 渡辺 直(1992). 葛谷川(香川県)におけるトウヨウモンカゲロウの生活環. 香川生物(19): 105-109.

要約

岡山県旭川の中下流域で, トウヨウモンカゲロウについて生息分布と生息環境を調べた. トウヨウモンカゲロウは11箇所で生息が確認できた. それら

の生息場所のうちで、モンカゲロウと共存している地点は、中牧よりも上流側の標高の高い場所であった。9月から10月にかけて二度の台風による出水で、支川の人工構造物の上にある地点や旭川ダムの近くの下流地点で、トウヨウモンカゲロウが確認できなくなった。トウヨウモンカゲロウの生息環

境は(120 m以上の標高を含む)、止水あるいは緩流域であった。環境条件との解析について重回帰分析を行い、被覆率(浮き石・載り石の面積割合)のみが重回帰式に取り込まれた。今回の結果から、被覆率と個体数密度との間には、正の相関があることがわかった。

(2018年1月5日受理)