

木曾川水系一支流におけるアジメドジョウ *Niwaella delicata* の 生息環境

小林 尚^{*1}・中野 繭^{*2}・阿部信一郎^{*3}・高田啓介^{*4}

^{*1} 長野県松本蟻ヶ崎高等学校, 〒390-8605, 長野県松本市蟻ヶ崎 1-1-54

^{*2} 信州大学理学部理学科生物学コース, 〒390-8621, 長野県松本市旭 3-1-1

^{*3} 茨城大学教育学部, 〒310-8521, 茨城県水戸市文京 2-1-1

^{*4} 信州大学理学部理学科生物学コース, 〒390-8621, 長野県松本市旭 3-1-1

Habitat factors of *Niwaella delicata* in the Nishino River drainage of Kiso River, Nagano Prefecture.

Sho KOBAYASHI^{*1}, Mayu NAKANO^{*2},
Shin-ichiro ABE^{*3} and Keisuke TAKATA^{*4}

^{*1}Nagano-ken, Matsumoto Arigasaki High School

^{*2}Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu-University.

^{*3}College of Education, Ibaragi University.

^{*4}Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu-University.

(Received 00, 2018)

Abstract

River systems are hierarchically organized from the higher-scale systems to the lower-scale systems. We examined the presence or absence of the Ajime-loach, *Niwaella delicata*, across the Nishino River drainage, a part of the Kiso River systems, Nagano Prefecture, Japan, to determine its habitat characteristics at both high-scale (i.e. topographical and geological) and low-scale (i.e. microhabitat) environmental factors. We found association of Ajime-loach occurrence with high link-magnitude characteristics with relatively low levels of slope and dissolved oxygen. At the high scale environmental factors, the occurrence was associated with the amount of underground riverbed flows. Our results suggest that the Ajime-loach prefers high-scale environmental characteristics that depend on topographical and geological factors.

1. はじめに

アジメドジョウ *Niwaella delicata* はドジョウ科アジメドジョウ属に属し、近畿から中部地方の河川の中上流域に分布する日本固有の純淡水魚である (丹羽 1954; 澤田 1987; 川那部ほか 2001)。丹羽 (1954) は冬季に木曾川において護岸工事を行った際、河床下から 1 尺 5 寸 (約 45cm) の深さからおよそ 5 合 (約 900cm³) もある多数のアジメドジョウ

から成る塊が掘り出された例を紹介し、アジメドジョウは集団で越冬するというドジョウ科としては特異な生活史を有すると報告している。河川内でのアジメドジョウの越冬場所、産卵場所や産卵などの野外での詳細な生態はまだ解明されていないが、森・田口（1978）は礫を人工的に積み上げた産卵床を用いた室内飼育実験で、アジメドジョウの産卵時期は4から5月頃であり、水温10°C以上の温度刺激により礫中で産卵が行われることを確認している。このことから、アジメドジョウは、冬季生息場所は湧水のある礫の積み重なる伏流水中であり、越冬に引き続き湧水のある河床下で産卵していると予想される。

小林ほか（2004）は木曽川本流とその上流域の支流について分布調査を行い、丹羽（1954）が報告した木曽川本流における50年前のアジメドジョウの分布と比較した結果、かつて生息が確認された場所でも現在では生息が確認できない場所がいくつかあることを見出し、この50年間に長野県内の木曽川本流におけるアジメドジョウの生息域は分断され、縮小されてきているとした。また、下流にて合流する隣接した支流であっても、アジメドジョウが生息している支流と生息が確認されない支流のあることを観察している（私信）。しかし、隣接する支流間でアジメドジョウの生息状況が異なる原因については明らかにされていない。平松・細谷（2005）は、大阪府安威川において、アジメドジョウの保全・管理のために、アジメドジョウの生息環境の物理的要因を調査した。そして、アジメドジョウの生息条件は、夏季の水温が低いこと、淵と瀬をセットとする河床型が多様であること、湧水地点や浮石が多いといった環境要因によって決まっていることを報告した。アジメドジョウの生息環境を調査する場合、観察者の抽出する空間の大きさによって、生息場所に影響を与える要因は変わってくると考えられる。そこで、本研究では、木曽川の支流、西野流域において、アジメドジョウの生息がみとめられた西又川と生息が認められなかった藤沢川、西野川と冷川において、平松・細谷（2005）が採用したマイクロハビタットに加え、流域面積や流量のような地形学的・地質学的な広域スケールの環境条件を比較し、支流間でのアジメドジョウの生息の有無に関連する環境要因を検討したので報告する。

2. 材料及び方法

調査河川と調査地点の設定

調査河川は木曽川水系の一支流である西野川の最上流域を対象とした。西野川には3本の支流が合流する。藤沢川と西又川の2支流はほぼ同じ場所で西野川と合流している。また、御嶽山に端を発している支流の冷川はこの合流地点下流約2 km 地点で西野川に合流している（Fig. 1）。調査地点は4河川の中に西又川6地点（st. 1～6）、藤沢川3地点（st. 7～9）、冷川2地点（st. 11～12）および西又川との合流地点より上流の西野川6地点を設定した。アジメドジョウは平瀬で発見されることが多いため、調査は各地点の平瀬で行った。

生息調査

アジメドジョウの生息の有無の確認は、各調査地点で5分間の潜水目視観察によって2009年7月から8月にかけて行った。観察は調査地点の下流から上流に向かって幅1 m長さ5～10 mの水中を歩きアジメドジョウを確認した。調査地点でのアジメドジョウの

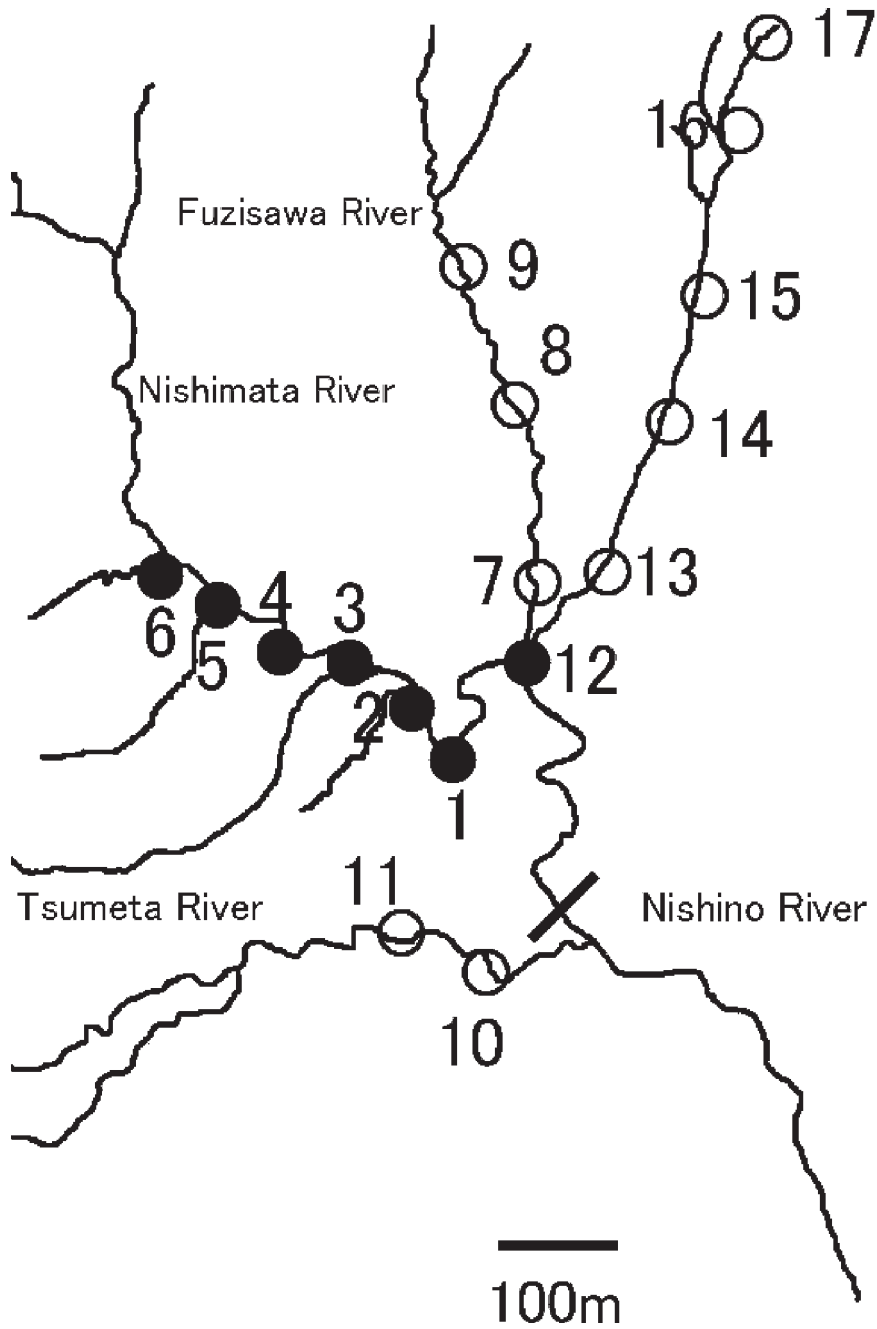


Fig. 1 Location of sample sites in Nishino River drainage in Kaida Vilige of south-western part of Nagano Prefecture. White-filled circles indicate the absence, black-filled circle indicate the presence. Solid line in the river is waterfall.

発見率を一定に保つため、全地点同一の観察者が調査を行った。潜水目視観察により個体を確認した場合、近くにある石の大きさを実測しその石の長さを参考にして、長さを1 cm 単位でアジメドジョウの全長を推定した。

詳細スケールの環境調査

詳細スケールの環境要因として、最大・平均流速、最大・平均水深、川幅、流量、水温、溶存酸素量、湧水温度差、浮石の多さ、河床材料、付着藻類量、および、開空率を計測した。

流速、および水深については、平瀬を横断するライントランセクトを引き、岸から50 cm ごとに観測点を設け流速と水深を計測した。最大流速、および平均流速は水深の水面より40%に当たる箇所、CR-7型回転式小型流速計を用いてそれぞれの観測点で4回ずつ測定し求めた。調査地点の最大水深、および平均水深はライントランセクト上にある各観測点のデータから求めた。

川幅はライントランセクト上に存在した水面の長さとし、流量はライントランセクトの平均水深、川幅と平均流量を掛け合わせ、1秒間に流れる容積 (cm^3/s) で表わした。

水温と溶存酸素量はポータブル溶存酸素計 (DO-24P; 東亜 DKK (株)) を用いてライントランセクト上の中央の河床に測定器を設置し値が安定するまで静置し測定した。湧水温度差はライントランセクト上で岸から100cm ごとに河床に水温計を20cm 下に差込み計測し、測定した水温との温度差を計算しその平均値を求めた。河床の水温はデジタル温度計を用いて計測した。ポータブル溶存酸素計の水温と水温度計の水温の測定値には差がないことを測定前に確認した。

平瀬のライントランセクト上の中央に0.5m×0.5m のコドラートを設定し浮石の多さと粒度を調べた。そのコドラート内の礫について竹門ほか (1997) に基づき浮石、沈み石であるかを目視で判断し浮石の程度を1:はまり石, 2:載り石, 3:浮石 (小間隙), 4:浮石 (大間隙) の4段階の順位変数に分類し浮石の多さとした。粒度も1:泥 (粒径0.125mm 以下), 2:細径 (粒径0.125—1 mm), 3:粗径 (粒径1—4 mm), 4:砂径 (粒径4—50mm), 5:石 (粒径50—250mm), 6:巨石 (粒径250—500mm), 7:岩 (粒径500mm 以上) の7段階に区分し評価した。

平瀬中央に設けられたコドラートの中から石を3個選び、付着藻類定量用マイクロクロスを用いて表面の藻類を擦り取った。後日、この布の水分を除去し、冷暗所において24時間以上99%エタノール30ml でクロロフィル抽出を行い、吸光度計によりクロロフィル量を計測し、付着藻類量とした (谷田ほか 1999)。

付着藻類の生育と関係があると考えられる光の量を相対的に比較するため開空率を用いた。魚眼レンズ (8 mm) により調査地点の河川中央部から全天空を撮影した。撮影した写真はスキャナーでコンピュータに取り込み解析ソフト (Canopon2 for win95) を用いて開空率を求めた。

広域スケールの環境調査

広域スケールの環境要因として、枝路等級、水路次数、勾配、標高、および、流域面積を、2万5千分の1国土地理院地形図を用いて計測した。

枝路等級 (Scheidegger 1965) は調査地点の上流にある一次支流の連結の数で表わさ

れるので、調査地点を地図上にプロットし、調査地点の上流に記入されている一次支流の数を調査地点ごとに数えた。この値の大きさは数が多いほど集水量の多い河川であることを示す (Osborne and Wiley 1992; Chaitin et al., 2007)。

水路次数 (Strahler 1964) は支流と支流の合流点間の区間を上流から順番に数字を当てはめたものである。地図上にある最上流部の支流を1とし、下流に向かって同じ数字の支流が合流するごとに1を追加した。枝路等級は河川に流れ込む支流の合流点数から河川の規模を示しているのに対し、水路次数は河川規模とは関連のない河川形態の複雑さを示す指標となる。

勾配は調査地点の等高線20m内の距離を、物差しを用いて測り計算した。標高は地図上の調査地点の標高を用いた。また、流域面積は2万5千分の1地形図に支流ごと上流から調査地点に流れ込む範囲を尾根伝いに鉛筆で描き、その部分を切り取、切り取った紙の質量を電子天秤ではかり、質量比を面積比に換算した。

統計解析

調査した1~17地点をアジメドジョウの生息の有無に基づきすべての生息環境変数18項目の中央値をMann-WhitneyのU検定を用いて比較した。次に、アジメドジョウの生息を説明する環境変数を明らかにするため、Mann-WhitneyのU検定で有意差の認められた変数を説明変数として主成分分析を行った。相関行列から求められた最も大きな説明力(情報量)のある1以上の固有値を持つ主成分まで採用し、調査地点の主成分得点を平面図に配置した。さらに、各調査地点の主成分得点の類似性を調べるために、Ward法によるクラスター分析を行い、主成分得点のグループ分けを行った。また、アジメドジョウの生息を決める環境要因と、河床下を地下水が流れるような地形学的構造に関係性のある可能性が考えられたので、それに関係している流域面積と流量の比較を各河川間においてBonferroniの多重比較を用いて行った。Mann-WhitneyのU検定、主成分分析、クラスター分析とBonferroniの多重比較にはIBM SPSS Statistics base (ver.19, 2010 SPSS Inc.)を用いて計算した。

3. 結果

木曾川支流西野川上流域に設けた17地点において、アジメドジョウの生息が確認されたのは7地点であった (Fig. 1)。この7地点は西又川6地点と西野川と西又川合流の1地点であり、アジメドジョウは連続した調査地点で確認された。7地点において合計で63個体が目視観察され、推定体長は40~100mmでその平均は65mmであった。また、各地点において1から14個体が確認され、確認個体数は平均9.0個体であった。一方、これら7地点以外ではアジメドジョウはまったく観察されなかった。

各調査地点で測定された環境変数16項目についてアジメドジョウの生息の有無により比較した。その結果、アジメドジョウの観察された地点と観察されなかった地点間において、16項目の環境変数を比較した (Table 1)。その結果、アジメドジョウは溶存酸素量が少なく、勾配が緩やかで、枝路等級の大きい環境に生息する傾向のあることが分かった。アジメドジョウの生息環境条件は、溶存酸素量といった詳細スケールの要因だけでなく、勾配や枝路等級といった広域スケールの要因も関与していることが明らかになった。

Table 1 Comparison of the environmental variables between tributaries of Nishino river watershed where Ajime-loach was present or absent (left : median;right : minimum-maximum) using Mann-Whitney U test. Median and Range (in parentheses) of the environmental variables, and the result of Mann-Whitney rank sum tests (P) comparing stream conditions between tributaries of Nishino river watershed where Ajime-loach was present or absent. * is significant ($P < 0.05$).

	Present (n=7)	Absent (n=10)	P
Limited scale			
Summer water temperature (°C)	15.6 (14.6-16.9)	13.9 (9.9-16.8)	0.0877
Dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	6.3 (6.1-6.8)	6.7 (6.3-7.4)	0.0168*
Temperature difference between stream and groundwater (°C)	-1.0 (-3.4-0.3)	-0.9 (-2.1-0.1)	0.9222
Mean stream surface velocity($\text{cm}/\text{sec}^{-1}$)	45.2 (30.0-58.6)	49.0 (27.1-64.7)	0.3798
Mean depth (cm)	24.3 (18.1-34.8)	24.7 (16.1-38.4)	0.6963
Mean width (cm)	781 (515-1415)	674 (365-950)	0.6256
Cover (%)	91.2 (78.9-99.8)	87.0 (55.6-99.8)	0.4642
Substrate	4.9 (4-5)	5.2 (5-6)	0.2831
Abundance of loose stone	2.3 (1-4)	1.6 (1-2)	0.3291
Attached algae amount ($\text{mg chl. } \alpha\text{m}^{-2}$)	17.7 (2.3-47.0)	8.6 (1.1-19.1)	0.3798
Wale scale			
Gradient (%)	1.7 (1.1-2.5)	3.7 (1.2-10.0)	0.0318*
Tributary order	2.1 (2-3)	2.0 (2-2)	0.2320
The amount of flowing water	9.4 (4.98-22.17)	9.2 (2.71-16.06)	0.5580
Drainage area	0.51 (0.22-1.61)	0.35 (0.11-0.54)	0.9610
Elevation (m)	1179 (1155-1205)	1202 (1164-1280)	0.1432
River confluence	6.7 (5-12)	3.5 (2-8)	0.0220*

Table 2 Eigenvector for sixteen environmental variables and factor loading on each of the five principal components.

	PC1	PC2
Standard deviation	1.46384	1.08898
Proportion of variance	48.8	36.3
Cumulative proportion	48.8	85.1
Dissolved oxygen ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.79437	0.40808
Gradient (%)	0.88671	-0.22674
River confluence	0.00055	0.95792

次に、抽出された枝路等級、溶存酸素量、および、勾配の3つの環境要因による主成分分析において、第一主成分と第二主成分の累積寄与率が85.1%となり、3つの環境要因でアジメドジョウの生息環境を総合的に説明できた (Table 2)。第1主成分負荷量の軸のプラス側においては溶存酸素量が多く勾配が急であり、第2主成分負荷量の軸のプラス側

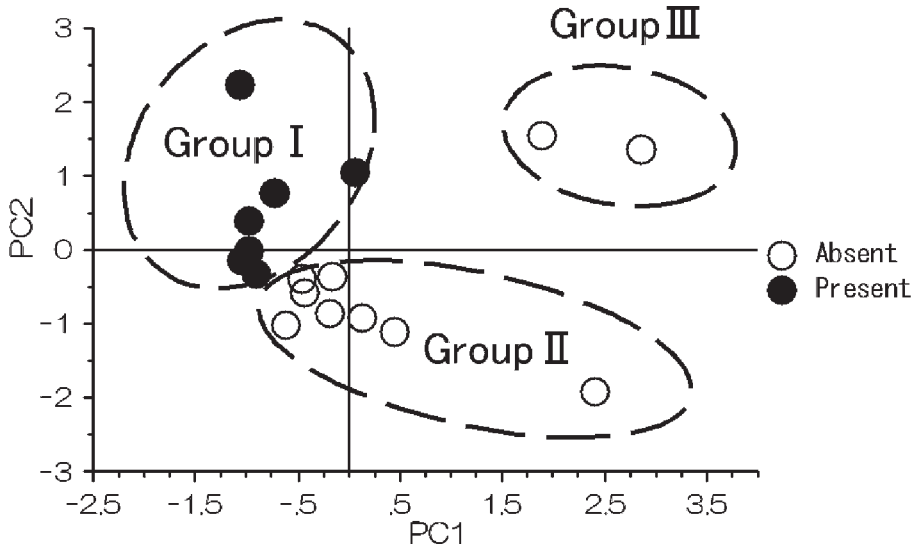


Fig. 2 Ordination of principal component analysis for environmental variables in each study section. Solid and open circles indicate section where Ajime-loach was absent or present. Cluster analysis classified sections into three types. In group I, Ajime-loach is always present. In group II and III, Ajime is absent.

においては枝路等級が大きかった。

アジメドジョウの各調査地点は主成分得点のクラスター分析によって3つのグループに分類された (Fig. 2)。各グループを構成する調査地点の生息状況を見ると、グループ I の調査地点はすべてアジメドジョウが生息する西又川の地点から成り立っていた。グループ I は第 1 主成分と第 2 主成分の軸の成分から、流水中の溶存酸素量が小さく河川勾配が緩やかな条件の中でさらに枝路等級が大きいという特徴を有していた。グループ II は西野川と西又川の合流地点を除く西野川と藤沢川の地点から成り立っており、第 1 主成分に全体に広がり第 2 主成分の特徴により、枝路等級が小さいという特徴を呈していた。グループ III は、冷川の地点から成り立っており、勾配が急で溶存酸素量及び枝路等級が大きい特徴を有していた。

主成分分析の結果からアジメドジョウの生息要因として広域スケールである枝路等級が重要な要因として検出された。枝路等級は河川に接続する一次支流の数なので、河川に流れ込む集水量と関係がある (Osborne and Wiley 1992)。そこで、今回調査した西又川、西野川、冷川、および、藤沢川の 4 支流において、集水量に関係のある各調査地点の流域面積と流量を各支流間で Bonferroni の多重比較を行った。アジメドジョウが生息している西又川は、それが流れ込む西野川、および、藤沢川や下流で西野川に合流する冷川と流域面積には有意な差は認められなかった (Table 3)。しかし、西野川は西又川と流量に有意な差があり、アジメドジョウの分布する西又川の流量は西野川に比べて少ないことが判明した。

Table 3 Matrix of multiple comparison in four rivers. Significant differentiation of pairwise of the amount of flowing water (above diagonal) and drainage area (below diagonal) in four rivers is drawn with the P-value.

	Nishimata R.	Fuzisawa R.	Tsumeta R.	Nishino R.
Nishimata R.	—	ns	ns	0.049
Fuzisawa R.	ns	—	0.047	0.006
Tsumeta R.	ns	ns	—	ns
Nishino R.	ns	ns	ns	—

4. 考察

アジメドジョウの生息に対する広域スケール環境条件の重要性

木曽川支流西野川水系において、アジメドジョウの生息環境を、詳細スケールの環境条件だけでなく、広域スケールの環境条件も含めて調査し解析をした。平松・細谷（2005）は、大阪府安威川の河川内で、アジメドジョウのマイクロハビタットを調査し、夏季の水温の低さ、淵と瀬をセットとする河床型の多様さ、湧水地点や浮石の多さといった詳細スケールの環境要因の抽出を行っている。今回の結果において、アジメドジョウの分布域と非分布域の間に有意な差異が見られたのは、詳細スケールの要因である溶存酸素量だけでなく、広域スケールの要因である勾配・枝路等級であった。3つの要因について主成分分析を行った結果、アジメドジョウの生息には勾配が緩やかな河川の中で枝路等級が大きい河川という地形学的・地質学的な条件が重要であることが示された。枝路等級が大きいこととアジメドジョウの生息条件との間にどのような生物学的な因果関係があるかは明らかでない。しかし、アジメドジョウの越冬繁殖場所が湧水の湧出する礫の下であることを考えると、平松・細谷（2005）が行った河川内のマイクロハビタットのような、河川生態系の階層構造における下位の詳細スケールの環境条件だけでなく、勾配や枝路等級のような河川生態系の階層構造におけるより巨視的な広域スケールの環境条件が重要であることが示唆される（中島ほか 2006；鬼塚・乾 2011）。河川生物が生息する上で重要な環境条件を理解するには、マイクロハビタットなどの詳細スケールの環境条件だけでなく、流域面積や勾配などの河川の規模や形態を示す広域スケールの環境条件も加えて解析することが重要である。

木曽川上流域におけるアジメドジョウの生息場所

今回の調査により、アジメドジョウは緩やかな勾配をもつ河川の中で枝路等級が大きい河川に生息することがわかった。枝路等級は河川に流れ込む集水量の指標となることがわかっている（Osborne and Wiley 1992）。そこで、今回の集水量に関係している各調査地点の流域面積と流量を4河川において比較した。特に生息している河川である西又川とその河川と合流している西野川の2河川について、西又川の調査地点の流域面積は西野川の調査地点と差がなかったが、西又川の表面を流れる流量は西野川に比べて少なかった（Table 3）。このことは西又川では降雨した表層流水のうちかなりの割合が地下に浸み込み伏流水として流れると推定される。そのため、大規模な伏流水が維持できる地下構造

が西野川にはなく西又川には存在し、その地下構造がアジメドジョウの生息を可能にしていると考えられる。これが、西野川と藤沢川は、西又川の下流で合流しているにもかかわらず、西又川にしか生息できない理由であると考えられる。また、今回調査したアジメドジョウの夏季の生息環境は冬季の越冬繁殖場所の環境そのものを示していると推測され、アジメドジョウの生息環境は地形学的・地質学的な要因に大きく依存していることを示唆している。

5. 謝辞

河川のマイクロハビタットの測定についてご助言頂いた長野県環境保全研究所研究員北野聡博士に深く感謝の意を表す。

6. 引用文献

- Allan J.D. and Castillo M.M., 2007, Stream Ecology. Structure and function of running waters. Second edition. Springer.
- Chattin E. Forester D.C. and Snodgrass J.W., 2007, Distribution of rare salamander, *Eurycea junaluska*: Implications for past impacts of river channelization and impoundment. *Copeia*, **4**, 952-958.
- Frissell C.A., Liss W.J., Warren C.E. and Hurley M.D., 1986, A hierarchical framework for stream habitat classification Viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, **10**, 199-214.
- 後藤宮子・後藤 正, 1971, 長良川の魚相, 現状と過去の比較—水質汚染との関係—. *日本生態学会誌*, **21**, 254-264.
- 平松和也・細谷和海, 2005, 大阪府安威川におけるアジメドジョウの河川内分布と生息環境. *魚類学雑誌*, **53** (1), 39-46.
- 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編, 2001, 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚 山と溪谷社, 東京.
- 小林 尚・北野 聡・山形哲也・上原武則, 2004, 木曾川上流域におけるアジメドジョウ *Niwaella delicata* の分布. *長野県自然保護研究所紀要*, **7**, 23-28.
- 森 茂壽・田口錠次, 1978, アジメドジョウの増殖に関する研究—VI 水温について. *岐阜水産試験場研究報告*, **23**, 21-27.
- 中島 淳・鬼倉徳雄・松井誠一・及川信, 2006, 福岡県における純淡水魚類の地理的分布パターン. *魚類学雑誌*, **52** (2), 117-131.
- 丹 羽彌, 1954, 木曾谷の魚—河川魚相生態学・上流編—. 木曾教育会, 読書印刷 木曾福島, 128-181.
- 鬼倉徳雄・乾 隆帝, 2011, 河川生態系保全のための淡水魚類の分布予測の試み. *環境管理*, **7**, 20-28.
- Osborne L.L. and Wiley M.J., 1992, Influence of tributary and spatial position on the structure of warm-water fish communities. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*, **49**, 671-681.
- 澤田幸雄, 1987, ドジョウ類の分布と分化 水野信彦・後藤晃編 日本の淡水魚類—その分布,

- 変異，種分化をめぐって一．東海大学出版会，東京，52-60.
- Scheidegger A.E., 1965, The algebra of stream-order numbers. U.S. Geological Survey Research. Paper 535-B, 187-189.
- Strahler A.N., 1964, Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Section 4-2 in Chow V, ed. Handbook of Applied Hydrology. New York : McGraw-Hill.
- 竹門康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井 宏・川端善一郎，1997，棲み場所の生態学—シリーズ共生の生態学 7，平凡社，東京，11-66.
- 谷田一三・三橋弘宗・藤谷俊仁，1999，特殊アクリル繊維による付着藻類定量法 陸水学雑誌，**60**，619-662.