

平成29年度学生による地域フィールドワーク研究助成事業 研究成果報告書

- ・機関及び学部、学科等名：富山大学 理工学教育部大学院 生物圏環境科学専攻
- ・所属ゼミ等：野生動物保全学研究室
- ・指導教員：横畑泰志
- ・代表学生：鈴木茂信
- ・参加学生：鈴木茂信

【研究題目】富山県の水生昆虫相(水質生物指標)の調査

1. 課題解決策の要約

2016年から2017年にかけて富山県内の16河川水域28ヵ所で水生底生動物相を調査し、得られた水生底生動物から、生物汚濁指数、生物多様度指数を算出した。過去の調査記録と同様の方法で再計算し比較したところ、生物汚濁指数では有意差が検出できなかったが、生物汚濁指数では貧腐水性の水生底生動物類が増加し、また、生物の種多様度の変化から、全ての河川で種の多様度が高まったことが伺える。また希少種も複数存在し、豊かな生物相となっている。

2. 調査研究の目的

水生昆虫は、生活史の一部や全部を水中で過ごす昆虫の総称であり、水質の悪化で昆虫相が変化することを利用して河川水質指標としても活用されている(津田、1962)。その生息域は広く、3000mの高山帯から下流の汽水域、また魚類が住みにくい酸性域の河川にも棲んでいる(小野ら、2007)。富山県の主要5河川を含めた水生昆虫の調査記録では田中(1971)、櫛岡((1978)による調査記録がある。水生昆虫や水生底生動物の種類や分布を調査することで、生物学的な水質判定を行うことができ(津田、1962)、水質の汚濁の程度がわかる(津田・森下、1974)。調査記録は過去との比較が可能であることから、本研究ではあらためて富山県内の主要河川で水生昆虫や底生動物の採取調査をおこない、生物汚濁指数、生物多様度指数を比較、考察することで、河川生物相の変化について検討をすすめる。

3. 調査研究の内容

(1) 採取地域について

富山県の主要5河川(黒部川・常願寺川・神通川・庄川・小矢部川)の上・中・下流域のほか、小川・早月川・片貝川・余川川と、5大河川の支流である大長谷川・野積川・利賀川・和田川・井田川・境川・子撫川の計16河川28地点で、2016年9月2日から11月16日までの秋期、2017年3月1日から6月13日までの春期と、2回採取調査をした(図1)。対象地域を決めるにあたっては、水質化学分析データとの比較も考慮し、富山県環境白書(富山県、1995:2017)で実施している水質汚濁環境基準点と同一、または近い場所とした。

(2) 採取器材

採取網は、HOGA社製のベントス用ハンドサーバーネットHS4051-300 網目0.3mm(w40cm h51cm)を用いた。

(3) 採取方法

水生底生動物の採取方法には、定量採取法と定性採取法の2通りがある。定量採取法は、一定面積内の水生底生動物を採取することによって、どのような種がどれだけいるか個体数と重量から知る方法である。また、定性採取法は、採取面積を決めずに環境の異なる複数の場所で一定時間(多くは30分)採集する方法である(谷田ら、2016)。

今回は、河川にどのような水生底生動物がいるかを目的としたことから、定性採取法を用いた。定性採取法は採取者の能力によって結果に差が生じることから、採取者は著者自身のみとし、また採取地河川を横断

し、平瀬・川底・川淵の各 2 回計 6 回を基準とし、川底はおよそ 10 cm を掘り返し混濁させることで昆虫類を浮かせ、下流側にサーバーネットを受けて、30 分の時間単位採取法とした。

なお、水温と水伝導度の計測には、AquaPro 社 AP-2 デジタル EC メーター(電気伝導率計)温度計・校正機能付、PH 計測には Lovebay 社 デジタル pH 計、ph メーター 水質測定器 LCD 高精度(0.01 精度測定 pH 範囲 0-14)を使用した。

(4) 同定方法

同定には、目視のほか、Olympus 社の実体顕微鏡 SZ60 で細部を 60 倍に拡大し、得られた形態的特徴をもとに川合(1985)、川合・谷田(2005)、谷田ら(2016)に基づき同定した。学名の表記は川合・谷田(2005)に準じた。図 2 は同定作業中のものである。

水生底生動物は、幼虫と成虫の関係がまだ不明なため幼虫段階では同定できないものも多い。そのため、どうしても種で同定ができないものは、科ないし属の範囲として表記した。また、河川にて同属の同定できない複数の種が採取された場合は学名のあとに A、B として区分した。同定が困難だったものは科・属の同定にとどめた。標本は 70%エチルアルコールで固定し、丸山(2014)にもとづき、標本ラベルを作成した。

(5) 生物相の特徴の分析方法

1) 生物汚濁指数

指標生物は、一般に理化学的水質指標である BOD とも関連を示す(森下、1978; 井山ら、1984)。河川の汚濁指数によって生存している生物種も異なる。今回は過去の記録文献との比較を考慮し、Beck-Tsuda β 法と Pantle-Buck 法を用いて指数を示す。尚、対象とした種は河川同地点 2016 年秋期、2017 年春期で採取された種の計である。

① Beck-Tsuda β 法

下記の方法においては、津田・森下(1974)の方法に準拠した。

河川で肉眼的に視覚できる底生動物を、汚濁に耐えられない種 : A と、汚濁に耐えられる種 : B に区分し、

$$\text{汚濁生物指標 Botic Index (BI)} = 2A+B$$

とし、汚水生物体系(Saprobic System)を示す。Beck-Tsuda 法は、汚濁生物指標の違いにより α 法と β 法があり、 α 法は面積や瀬の状態で規定されるが、 β 法は人数と時間で規定される。今回は定性採取法であることから、 β 法とした。汚濁生物指標と汚水生物体系の関係は表 1 のとおりである。汚濁生物指標のスコアは、御勢(1982)に基づいた。

表 1. 汚水生物体系と汚濁生物指標の関係(津田・森下、1974)

汚水生物体系	汚濁生物指標
貧腐水性(Oligosaprobic)	30<
β -中腐水性(β -Mesosaprobic)	15~29
α -中腐水性(α -Mesosaprobic)	6~14

② Pantle-Buck 法

下記の方法については、Pantle and Buck(1955)の方法に準拠した。

得られた種数を示す出現数(h)は、遇在する h=1、多い h=2、とても多い h=3 の順位尺度に変換した。個体数 1 は、偏在する h=1 に、個体数 2-9 は多い h=2 に、個体数 10 以上はとても多い h=3 とした。また、底生動物ごとに定められている汚濁階級(S)は、御勢(1982)のスコアに基づき、貧腐水性の底生動物は s=1、 β -中腐水性の底生動物は s=2、 α -中腐水性の底生動物は s=3、強腐水性の底生動物は s=4 とし、以下の式にて算出した。

$$\text{汚濁指数(PI)} = \Sigma(sh) / \Sigma h$$

汚水生物体系と汚濁指数の関係は以下表 2 のとおりである。

表 2. 汚水生物体系と汚濁指数の関係(津田・森下、1974)

汚水生物体系	汚濁指数(S)
貧腐水性(Oligosaprobic)	1.0~1.5
β -中腐水性(β -Mesosaprobic)	1.6~2.5
α -中腐水性(α -Mesosaprobic)	2.6~3.5
強腐水性(Polysaprobic)	3.6~4.0

2) 生物多様度指数

採取した底生生物の種多様度については、Shannon and Wiener (1963) による方法に準拠し、Shannon-Wiener 関数を算出した。

多様度とは、あるサンプルの中に含まれる種がどれほど多様な構成になっているか、類似度とは、二つのサンプルが、種組成としてどれほど似ているかを測る尺度である。(中略)また、著しく個体数配分が偏っている場合は小さくなる(大垣ら、2008)。種の多様度を調べることで、今回の河川の調査地点の生物多様性の状況を考察した。対象とした種は河川同地点 2016 年秋期、2017 年春期で採取された種の計である。

生物多様度指数(H')は、以下の数式に基づいて算出した。

$$\text{生物多様度指数: } H' = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \log_2 P_i$$

この場合、S は出現種数、P_i は i 番目の個体数が総個体数に占める割合である。

3) 過去の調査記録との比較方法

およそ 40 年前の水生昆虫調査と今とは採取器材や方法も異なる。条件を合わせるために、今回の調査記録からイトミズ目、エビ目、クラゲ目、ダニ目等の底生動物種を除外し、昆虫綱のみで比較した。また、種の比較は秋春の 2 回計ではなく、榎岡 (1978) の採取記録日に近い 1 回分の調査、また採取記録も榎岡 (1978) の方法に従い、個体数ではなく、CR法(少ない=r、ふつう=+、多い=C)と、記録条件を同様にした。Shannon-Wiener 関数の種多様度hも、榎岡 (1978) にあわせて、CR法(少ない r は 1、ふつう+は 2、多い C は 3)に変換した。従って、図 3 の Beck-Tsuda β 法と Pantle-Buck 法、図 4 の Shannon-Wiener 関数の数値とは異なったものになる。

4. 調査研究の成果及び考察

(1) 種の同定

今回の採取調査では、22 目 267 種の水生底生動物が採取できた。

昆虫綱では、広翅目 1 種、甲虫目 20 種、双翅目 28 種、等脚目 2 種、粘管目 2 種、毛翅目 71 種、蜉蝣目 65 種、蜻蛉目 7 種、楯翅目 51 種である。その他は、イトミズ目、エビ目、クラゲ目、ダニ目、ハリガネムシ目、マルスダレガイ目、ミズ目、咽蛭目、三岐腸目、双殻目、端脚目、等脚目、有肺目の計 22 目 16368 個体である。

(2) 生物相の特徴

1) Beck-Tsuda β 法及び Pantle-Buck 法

今回の調査で以下図 3 の結果を得た。BI と PI 指数の関係では、Spearman の順位相関係数で見ると、-0.38 の負の相関であり、危険率 P は 0.045 (P < 0.05) である。

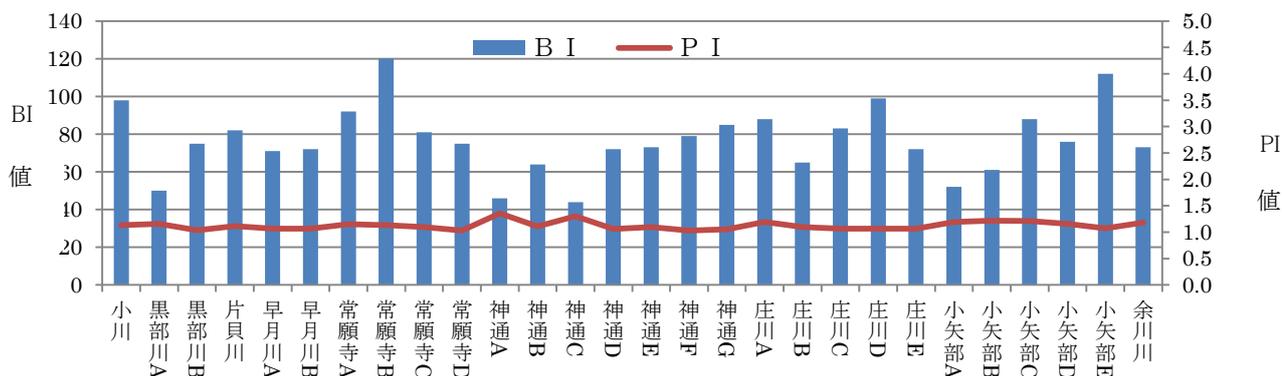


図 3. 富山県内 9 河川流域 28 地点の底生動物相における Beck-Tsuda β 法と Pantle-Buck 法の結果

(BI: 汚濁生物指標、PI: 汚濁指標)

汚濁生物指標 (BI) の低い地点、また、汚濁指数 (PI) の高い地点である、神通川 A、神通川 C、黒部川 A、小矢部 A 地点は、汚濁に耐えられる種であるイトミズ *Tubifex tubifex* やミツゲマダラカゲロウ *Drunella trispina*、ハグロトンボ *Calopteryx atrata* の個体数の多さが指数に反映されている。その他の採取地点では、汚濁に耐えられる種が少なく、河川環境の保全が適正に行われていることが推測される。

3) 生物多様度指数

今回の結果から、図 4 の結果を得た。

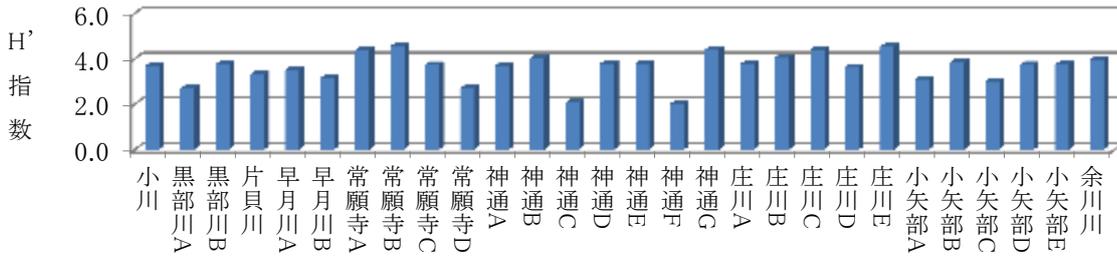


図 4. 富山県内 9 河川流域 28 地点の底生動物相における生物多様度指数(H')

生物多様度指数(H')の高い常願寺川B地点を例にすると、秋期の採取個体は18種、春期の採取個体は51種で多様な種が平均的に存在していることが理由と考えられる。一方、H'が低い神通川C地点は、秋期個体が15種、春期個体は10種であり、イトミズが他の種の合計を超えて優占種だった。また、同様にH'が低い神通川F地点は秋期個体が12種、春期個体は34種であったが、ヒゲナガトビケラ科の一種が他の種の合計を超えて優占種になっていたことが、H'の低さに反映されていた。

4) 過去の調査記録との比較

Beck-Tsuda β 法、Pantle-Buck 法、Shannon-Wiener 関数をもとに今回の結果と榎岡(1978)を比較する。

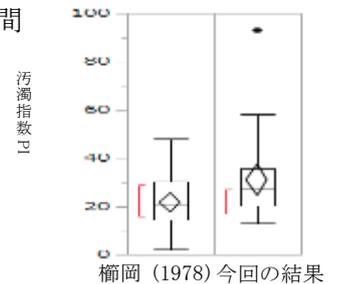
表3が榎岡(1978)と条件を同一にして算出した結果である。

表 3. 今回の結果と榎岡(1978)の汚染生物指標、汚濁指数、種多様度の比較

河川	採取日	採取地	汚濁生物指標2A+B		汚濁指数(PI)		生物の多様度(H')		榎岡1978		
			鈴木2017	榎岡1978	鈴木2017	榎岡1978	鈴木2017	榎岡1978	河川	採取地	採取日
小川	2016.11.5	上朝日橋	22	29	1.0	1.0	4.0	3.8	小川	蛸谷	72.8.30
黒部川A	2016.11.5	黒部川緑地	28	8	1.0	1.0	3.7	1.8	黒部川	河口	72.10.29
黒部川B	2016.11.5	音沢	36	6	1.0	1.0	4.1	1.4	黒部川	音沢	72.10.29
早月川A	2016.10.26	新月形橋	17	16	1.2	1.0	3.1	2.8	早月川	河口	72.10.28
早月川B	2016.10.26	剣橋	27	18	1.1	1.0	3.7	2.4	早月川	鏡橋	72.10.28
片貝川	2016.11.12	東山	26	23	1.0	1.1	3.6	3.5	片貝川	東山橋	72.10.1
常願寺川A	2017.6.13	富立大橋	35	2	1.1	1.0	4.1	0.0	常願寺川	常盤橋	73.6.9
常願寺川B	2017.6.13	龍山大橋	93	12	1.1	1.0	5.5	2.4	常願寺川	立山橋	73.6.9
常願寺川C(和田川)	2016.10.18	有峰口	13	20	1.1	1.0	2.8	3.7	和田川	小見	73.6.10
常願寺川D	2016.10.25	狩名川出合	58	14	1.0	1.0	4.7	2.8	龍野川	狩名川出合	73.6.10
神通川A	2017.6.7	新幹線橋下	21	17	1.1	1.1	3.4	3.0	神通川	成子橋	73.7.15
神通川B	2017.6.7	成子大橋	35	22	1.1	1.1	4.2	3.5	神通川	大沢野大橋	73.7.15
神通川C(井田川)	2016.9.27	高巻寺橋	18	17	1.0	1.3	3.1	3.1	井田川	高巻寺橋	73.8.30
神通川D	2017.6.7	大沢野大橋	58	27	1.0	1.3	4.7	3.9	龍野川	八幡橋	73.7.15
神通川E	2017.5.24	東山寺下	18	28	1.2	1.1	3.2	3.8	龍野川	橋沢橋	73.7.14
神通川F(野瀬川)	2017.9.21	西川倉橋	21	35	1.1	1.0	3.8	4.0	野瀬川	成子橋	73.8.30
神通川G(大長谷川)	2017.9.21	第二集会所	30	31	1.1	1.1	3.8	3.9	大長谷川	花尾橋	74.9.21
庄川A	2017.6.1	大門大橋	52	9	1.0	1.6	4.5	2.5	庄川	大門大橋	74.8.12
庄川B	2016.9.12	龍神橋	20	12	1.2	1.0	3.4	2.5	庄川	龍神橋	74.8.12
庄川C	2016.10.2	龍谷橋	26	24	1.2	1.0	3.7	3.4	利賀川	大崩島	74.8.11
庄川D	2016.9.17	大成橋	31	32	1.1	1.0	3.9	3.7	利賀川	大成橋	74.8.21
庄川E(横川)	2016.10.2	西栗屋橋	25	32	1.1	1.0	3.6	3.8	龍谷	西栗屋橋	74.8.10
小矢部川A	2016.3.4	園東橋	36	16	1.0	1.0	4.1	2.9	小矢部川	園東橋	74.6.1
小矢部川B	2017.3.1	島分橋	17	17	1.1	1.1	3.1	3.0	小矢部川	石動大橋	74.6.1
小矢部川C(子撫川)	2017.3.1	龍宮淵	17	26	1.2	1.0	3.4	3.5	子撫川	一の橋	74.4.29
小矢部川D	2017.3.11	福光橋	27	31	1.1	1.0	3.7	3.8	小矢部川	本巻橋	74.6.2
小矢部川E	2017.4.29	白中ダム	31	49	1.0	1.1	3.8	4.5	打尾川	白中下流	74.6.2
余川	2017.3.4	田地橋	21	31	1.1	1.2	3.8	4.0	余川	八幡橋	74.4.28

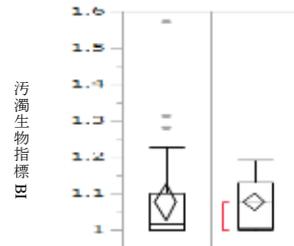
表3を箱ひげ図によって視覚的に表示した(図5~7)。これは、外れ値を除き、区間を四分位でプロットしたものである。

図5は、榎岡(1978)と今回の結果の汚濁生物指数 Beck-Tsuda β 法の比較で、X軸は榎岡(1978)と今回の記録、Y軸は汚濁生物指標(BI)である。Mann-Whitney のU検定では、検定統計量は2.379428であり、危険率Pは0.017 (P < 0.05) で有意である。今回調査では貧腐水性の種が多く、きれいな河川が多いといえる。



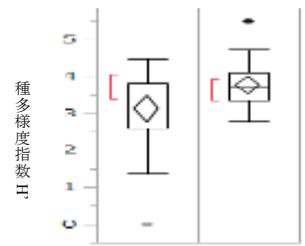
榎岡(1978) 今回の結果

図6は、榎岡(1978)と今回の結果の汚濁指数 Pantle-Buck 法の比較で、X軸は榎岡(1978)と今回の記録、Y軸は汚濁指数(PI)である。Mann-Whitney のU検定では、検定統計量は1.540594であり、危険率Pは0.123 (P > 0.05) と、有意差はない。



榎岡(1978) 今回の結果

図7は、榎岡(1978)と今回の結果の生物の種多様度 Shannon-Wiener 関数の比較で、X軸は榎岡(1978)と今回の記録、Y軸は種多様度指数(H')である。Mann-Whitney のU検定では、検定統計量は2.441681であり、危険率Pは0.015 (P < 0.05) で有意である。今回の調査では種の多様度が高いことがわかる。



榎岡(1978) 今回の結果

図 6. Pantle-Buck 法の比較

図 7. Shannon-Wiener 関数の比較

5) 考察

橿岡(1978)の調査年の1972~1974年とは、採取網(当時は2mm目相)も異なっていたほか、水質汚濁防止法が1971年に施行されるなど、河川の汚染が問題となった頃で、生物の種数も少なかったと思われる。汚濁指数の比較検定では有意差はなく、変化は見られなかったが、汚濁生物指標の変化でみると、この40年の間に大きな変化が伺え、貧腐水性の水生昆虫が回復している。また、生物の種多様度(H')の変化から、全ての河川で種の多様度が高まったことが伺える。

6) 今回採取された特徴的な水生昆虫類

①クロオナシカワゲラ *Indonemoura nohirae*

氷見市余川で採取した(図8)。橿岡(1978)では採取記録はない。富山市山田川羽根及び同市山田川若土(川添、2014)で記録がある。生息地は九州・四国・本州(西日本付近)である(谷田ら、2016)が、温暖化による昆虫分布の北上についての報告(原田、2017)もあり、本種も北上途上の昆虫である可能性が高い。



図8. クロオナシカワゲラ

7) その他希少種

①クチキトビケラ *Ganonema nigripenne*

福井県では県域絶滅危惧に指定されている(福井県、2016)。今回の調査では、下新川郡朝日町山崎、高岡市荒屋敷、小矢部市森屋、南砺市荒木、氷見市余川で採取された(図9(1))。県内には多く生息しているようである。

②ヒメシロカゲロウ属の種 *Caenis* spp.

富山市神通町で採取した(図9(2))。過去に南砺市山田川向野橋で記録されている(井山・安田、1993)。今回は2例目である可能性が高い。

③フライソンアミメカワゲラ *Perlodes frisonanus*

富山市八尾町川住で採取した(図9(3))。環境省カテゴリーは準絶滅危惧(NT)であり(環境省、2017)、長野県では絶滅危惧種1類である(長野県、2015)。

④ヤマトホソガムシ *Hydrochus japonicus* Sharp

富山市葛原で採取した(図9(4))。環境省カテゴリーは準絶滅危惧(NT)(環境省、2017)、石川県では絶滅危惧Ⅱ類である(石川県野生動物保護対策調査会、2009)。

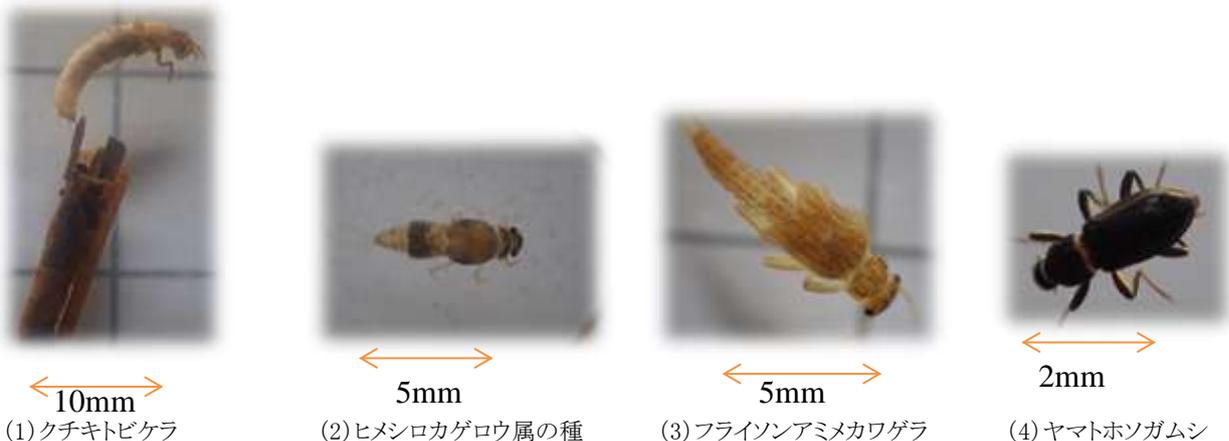


図9. その他希少種

参考文献

福井県(2016) 福井県の絶滅のおそれのある野生動植物. 福井県、福井. 179pp.

御勢久右衛門(1982) 自然水域における肉眼的底生生物の環境指標性について. 文部省「環境科学」研究報告書, B. 実験水路による底生生物の指標性の研究. p. 9-16. 文部科学省、東京.

原田哲夫(2017) 昆虫の生活史と地球温暖化. 時間生物学 23:61-67.

石川県野生動物保護対策調査会(2009) いしかわレッドデータブック動物編 2009. 石川県、金沢. 446pp.

井山洋子・高柳信孝・大浦 敏・安田郁子(1984) 河川の生物学的な水質階級とBODについて. 日本水処理学会誌 20:7-12.

井山洋子・安田郁子(1993) 県内主要4河川(小矢部川・神通川・常願寺川・黒部川)の底生動物. (富山県公害センター 編) 富山県内主要湖沼等の水質と水生生物に関する研究(縄ヶ池) 研究報告. pp.

21-38. 富山県、富山.

川合禎次 編 (1985) 日本産水生昆虫検索図説. 東海大学出版会、秦野. 409pp.

川合禎次・谷田一三 編 (2005) 日本産水生昆虫 一科・属・種への検索. 東海大学出版会、秦野. 1342pp.

環境省 (2017) 環境省. ”環境省レッドリスト 2017 の公表について”,別添資料 5、2017 年 3 月 31 日版、<http://www.env.go.jp/press/103881.html>. (2018 年 1 月 31 日参照).

櫛岡勝英 (1978) 富山県の河川における水生昆虫. (田中 晋 編) 富山県の陸水生物. pp.193-251. 富山県、富山.

川添憲二 (2014) 富山県の十一河川の水生昆虫の分布と河川環境の変遷. 富山県自然保護協会、富山. 62pp.

丸山宗利 (2014) 小型甲虫の台紙貼標本とラベルの基本的な作り方と注意点. 九州大学総合研究博物館研究報告 12:21-32.

森下郁子 (1978) 生物から見た日本の河川. 山海堂、東京. 193pp

長野県 (2015) 長野県版レッドリスト(動物編)2015、無脊椎動物. 長野県、長野. 22pp.

小野美幸・竹内友里・福原晴夫 (2007) 酸性河川・酸川(福島県)におけるカワゲラの生活史. 日本陸水学会甲信越支部会報 33:55-56.

大串龍一 (1981) 水生昆虫の世界一流水の生態. 東海大学出版会、東京. 188pp.

大垣俊一・岡村 寛 (2008) 多様度と類似度、分類学的新指標. 関西海洋生物談話会 Argonauta 15:10-22.

Pantle,R. and Buck, H. (1955) Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserfach 96: 604.

Shannon,C. E. and Wiener, W. (1963) The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Chicago, Illinois. 125pp.

谷田一三・丸山博紀・高井幹夫 (2016) 原色川虫図鑑 幼虫編. 全国農村教育協会、東京. 244pp.

田中忠次 (1971) 富山県産昆虫目録. 宇奈月町、富山. 242pp.

富山県 (1995) 富山県環境白書. 富山県、富山. 392pp.

富山県 (2017) 富山県環境白書. 富山県、富山. 275pp.

津田松苗 (1962) 水生昆虫学. 北隆館、東京. 269pp.

津田松苗・森下郁子 (1974) 生物による水質調査法. 山海堂、東京. 238pp.

5. 調査研究に基づく提言

生物学的な水質判定は、水生底生動物の幼虫が数か月間水中に棲息し、棲みにくければ減少していなくなる虫の反応を利用して生物学的に意味づけられた環境の価値を表している(大串、1981)。一部の種では温暖化による昆虫類の北上の傾向も確認された。引き続き水生底生動物の分布調査をおこなう中で、環境保全意識の向上や環境情操教育等へ応用され、良好な河川環境の保全がなされることを願うものである。

6. 課題解決策の自己評価

富山県各地の 16 河川 28 地点において複数の季節にわたり採集を行うことができ、有意義な調査を行うことができた。今後の県内の水生昆虫相や水生昆虫群集の調査を行う際にも、比較可能な知見となるであろう。本研究の価値は、そうした今後の調査が行われるか否かにも依存しており、現時点での評価は特定できない。しかし、河川環境の改善や水生昆虫相の種多様性の存続が確認でき、一方で地球温暖化の影響とみられる現象も見いだされ、環境科学の見地からも有用な情報が得られた。これは地域課題としての環境教育、環境啓発に貢献する点であろう。また、さらに時間があれば、県内の博物館などに保管されている標本の再同定を行い、過去の情報を再検討して今回の比較よりもさらに正確な比較検討を行うことができたと考えられるが、今後の課題である。