

## 論文

# 栖吉川のプラナリアと河川水質に関する調査 －2016年度プレラボ活動のまとめ－

小川秀<sup>1</sup>・田中一浩<sup>2</sup>・小林青葉<sup>3</sup>・酒井啓伍<sup>3</sup>・和久井勇輝<sup>4</sup>・入田漱一郎<sup>5</sup>・

櫻井莉乃<sup>5</sup>・鈴木統大<sup>6</sup>・小柳早良<sup>2</sup>・井熊倫太郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>一般教育科－化学・生物 (Liberal Arts-Chemistry-Biology, National Institute of Technology, Nagaoka College)

<sup>2</sup>環境都市工学科 (Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

<sup>3</sup>機械工学科 (Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

<sup>4</sup>電気電子システム工学科 (Department of Electrical Electronics System Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

<sup>5</sup>電子制御工学科 (Department of Electronic Control Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

<sup>6</sup>物質工学科 (Department of Materials Engineering, National Institute of Technology, Nagaoka College)

Report on the survey of freshwater planarians and the water analysis in the  
Suyoshi River, Nagaoka City, Niigata Prefecture  
- The result of our Prelab-study in 2016 -

Shigeru OGAWA<sup>1</sup>, Kazuhiro TANAKA<sup>2</sup>, Aoba KOBAYASHI<sup>3</sup>, Keigo SAKAI<sup>3</sup>, Yuki WAKUI<sup>4</sup>, Sohichiro IRITA<sup>5</sup>, Rino SAKURAI<sup>5</sup>, Todai SUZUKI<sup>6</sup>, Sara OYANAGI<sup>2</sup> and Rintaro IKUMA<sup>2</sup>

### Abstract

The Suyoshi River is a first-class river running from Suyoshi, the eastern hill side of Nagaoka city through the central area of the city to join the Shinano River. Living creatures which are closely related to the environmental factors such as water qualities are known as indicator organisms. Planarian is one of the indicator organisms in freshwater environment. This paper reports the survey about the relationship between the distribution of aquatic indicator organisms and water qualities in the Suyoshi River. The concentrations of Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> at downstream sampling sites were higher than those at upstream sites. NO<sub>3</sub>-N was 0.19 mg/L at sampling site No.4. Three species of freshwater planarians; *Phagocata vivida*, *Dugesia japonica* and *Girardia tigrina* were found by different distribution in the Suyoshi River. *G. tigrina* is the first foreign planarian species reported in Niigata Prefecture. This survey was conducted with Pre-laboratorial (Prelab) students during May to October in 2016.

**Key Words** :freshwater planarian, water quality, Prelab, indicator organism

## 1. はじめに

長岡高専では低学年からの学生の研究・教育を活性化するための仕組みとして2015年8月から「プレラボ」と呼ばれる制度の運用が開始された<sup>1)</sup>。著者の一人である小川は本制度を活用するとともに、低学年学生の生命科学への興味・関心を引き出す取組みを考えた。そこで顕著な個体再生能とユニークな形態をあわせもつプラナリアを研究対象とすることにした。研究を立ち上げるにあたっては対象生物の生育環境を知り、採集や飼育を通じた疑問や気づきを得ることが不可欠である。そこでまず、プラナリアの生息環境について調査したいと考えた。というのも身近な環境中にプラナリアが生息していること自体が意外と知られておらず、その生態に関する研究も非常に限定されているのが現状である。実際、新潟県の淡水産プラナリアに関しては1954年の川勝<sup>2)</sup>、1977年の村山<sup>3)</sup>の報告があるが、それ以降の報告がなく、約40年経過した現在の栖吉川のプラナリアの生息状況についてあらためて把握しておく必要もあると考えられた。

一般に知られるプラナリアは扁形動物門渦虫綱三岐腸目に属する淡水生ウズムシである。扁平なプラナリアの体全体に張りめぐらされている腸管は生育環境水と広く接している。そのため本生物は水環境の影響を受け易く、不適な水質、水温におかれると急速に消滅していく。従って日本在来のプラナリアは清流に生息し、河川の水質調査における「きれいな水」の指標生物とされている<sup>4)</sup>。一般に、河川の水質環境をとらえる評価方法としては、BOD（生物化学的酸素要求量）、DO（溶存酸素）、pHなどの分析を通して実施される化学的水質評価と河川環境を反映する生物種からモニタリングする生物学的水質評価が知られる。化学的水質評価は一般に一時的な環境変化を反映しやすいのに対し、川底に生息する生物を対象とした生物学的水質評価は、過去から調査時点までの長い時間の水質を反映するものであると考えられている<sup>4)</sup>。

以上を背景として、長岡高専の「プレラボ」の参加学生にとっても身近な近隣河川である栖吉川を調査地として選定した。さらに、本河川においてプラナリアをはじめとする淡水の指標生物がどのように分布し、それらが化学的水質評価と何らかの相関を持つものであるのかという点にも着目しながら定期的な調査を実施した。本稿はその研究成果について論じるとともに、2016年度「プレラボ：プラナリアグループ」の活動報告も含めた構成としている。

## 2. 調査地概要と調査方法

### 2. 1 調査地概要

栖吉川は長岡市東部に位置する長岡東山丘陵（主峰の鋸山を中心に一般には東山と呼ばれる）から西側へ流下する河川延長13,553メートルの一級河川である。その源流部をもつ長岡市栖吉町は長岡高専の位置する西片貝町の隣町でもある。本河川の上流部約1/4は山間部を流れ、栖吉町、悠久町の田園部、宅地化の進んだ長岡市中心部と流下して信濃川と合流する。この栖吉川において約2 kmごとに計5か所の調査地点（①～⑤）を選定し、化学的および生物学的水質検査を行った（図1-1）。調査地の川幅や水深は天候や河川に流れ込む水量により変動するが、表1に6月の調査時のデータを参考として示した。調査は2016年5月14日、6月12日、7月31日、8月29日、10月22日の5回（5月と10月の調査は予備的な調査）実施した。上流の渓流部は木陰が多く（調査地点⑤）、田園風景に囲まれ（同④）、中流域（同③、②）では川原の草原が目立った。最も下流部の調査地点①ではアシ原が繁茂したことにより7月以降は調査が困難な状況となった（図1-2）。

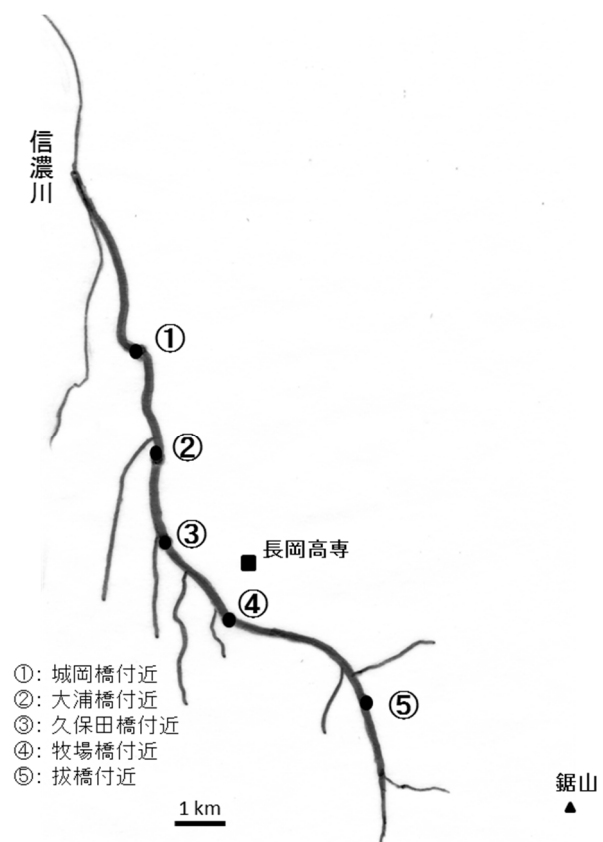


図1-1 栖吉川調査地点（下流から上流に向かって①～⑤が各調査地点）



図 1-2 栖吉川調査地点の様子，(a)調査地点①，(b)同②，(c)同③，(d)同④，(e)同⑤，(f)同⑤における8月の調査風景

表 1 調査地点の川幅と水深（2016年6月12日時点）

調査地点	川幅(m)	水深(cm)
①	4.0	10
②	5.0	15
③	5.5	20
④	3.5	20
⑤	3.0	20

## 2. 2 調査方法

### 2. 2 (1) 化学的水質評価

各調査地点にて河川水を採水し，水温， $\text{Cl}^-$ ， $\text{NO}_3^-$ ， $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{Na}^+$ ， $\text{K}^+$ ， $\text{Ca}^{2+}$ の各イオン濃度を測定した．イオン濃度測定には，イオンクロマトグラフ（ダイオネクス社製 DX-120）を用いた．

### 2. 2 (2) 生物的水質評価

各調査地点における川底に生息するプラナリアおよび水生生物種の調査は，各地点において3名の調査者が10分間の間に確認できた種類および数を記録した．生物種の同定と記録方法は文献4)に従った．

## 3. 結果

### 3. 1 化学的水質評価

各調査地点の水温を図2に示した．

7/31，地点②において，最高水温を観測した．10/31，地点③において，最低水温を観測した．6/12，7/31，8/22の水温は下流に向かうにつれ，水温は上昇する傾向にあった．

各調査地点の $\text{Cl}^-$ ， $\text{NO}_3^-$ ， $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{Na}^+$ ， $\text{K}^+$ ， $\text{Ca}^{2+}$ 濃度を図3に示した．各調査地点について，すべての調査日の値を平均した．

$\text{Cl}^-$ は，地点⑤，④で低く，地点③から地点①で上昇した．最大値は最小値のおよそ2倍であった．支川が南から地点④と地点③の間に合流する．支川からの流入が $\text{Cl}^-$ を上昇させたものと示唆された．

$\text{NO}_3^-$ は，地点②が最大であった．地点④は最小であった．最大値は最小値のおよそ5倍であった．最大値に0.226を掛け，硝酸性窒素に換算すると，0.19 mg/Lとなった．この最大値0.19 mg/Lは，富栄養化の指標としての富栄養と貧栄養の限界値である総窒素0.2 mg/L程度<sup>9)</sup>と同程度の値となった．

$\text{SO}_4^{2-}$ 地点⑤で高く，地点④と③で減少した．地点②と①では地点③とほぼ同じ値であった．地点①では地点⑤のおよそ4割であった． $\text{Cl}^-$ とは反対に，地点④と地点③の間に合流する支川からの流入が $\text{SO}_4^{2-}$ を減少させたものと示唆された．

$\text{Na}^+$ は，地点⑤，④で低く，地点③から地点①で上昇した．最大値は最小値のおよそ2倍であった． $\text{Cl}^-$ と同様に，地点④と地点③の間に合流する支川からの流入が $\text{Na}^+$ を上昇させたものと示唆された．

$\text{K}^+$ は，地点⑤，④で低く，地点③から地点①で上昇した．最大値は最小値のおよそ4倍であった． $\text{Cl}^-$ と $\text{Na}^+$ と同様に，地点④と地点③の間に合流する支川からの流入が $\text{K}^+$ を上昇させたものと示唆された．

$\text{Ca}^{2+}$ は，地点⑤から地点①にかけて漸増した．最大値は最小値のおよそ3倍であった． $\text{Cl}^-$ と $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ と同様に本川への流入が $\text{Ca}^{2+}$ を上昇させたものと示唆された．ただし， $\text{Cl}^-$ や $\text{Na}^+$ や $\text{K}^+$ ほど，影響は顕著ではなかった．

$\text{Cl}^-$ ， $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{Na}^+$ ， $\text{K}^+$ に着目すると， $\text{SO}_4^{2-}$ を増加させる要因が本川上流にあり， $\text{Cl}^-$ ， $\text{Na}^+$ ， $\text{K}^+$ を増加させる要因が，南から地点④と地点③の間に合流する支川にあることが示唆された．

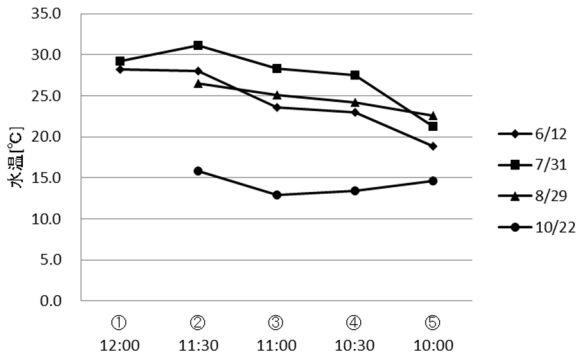


図2 各調査地点における水温

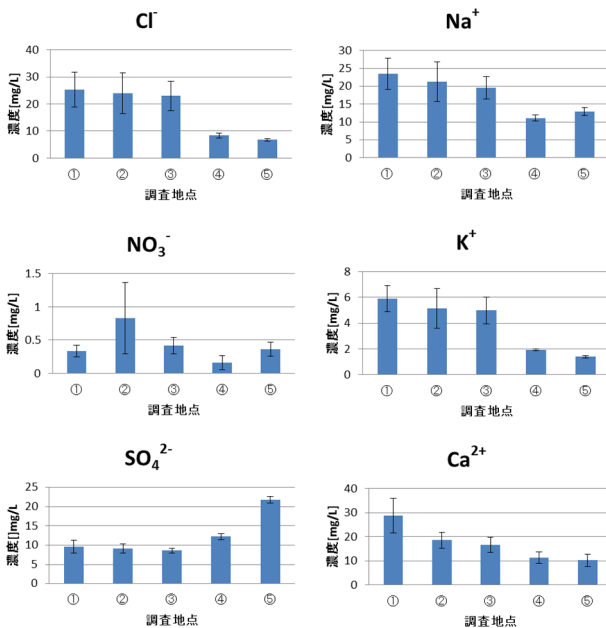


図3 栖吉川調査地点からの採水中の各種イオン濃度  
(①は6・7・10月, 他は5・6・7・8・10月の採水  
測定値より作成)

### 3. 2 生物学的水質評価

表2に2016年6・7・8月の3回の調査で各調査地点で生息を確認した水生指標生物の種類と総数を示す。最上流にある調査地点⑤ではナミウズムシ、カワゲラ類をはじめとし、ヘビトンボ、ヒラタカゲロウ、ヨコエビ類(図4-a, -b, -c)が多く確認されたことから水質階級Ⅰ(きれいな水)と判定できる。調査地点④では水質階級Ⅱ(ややきれいな水)の指標生物であるオオシマトビケラ、ヒラタドロムシ(図4-d, -e)も出現したが、ナミウズムシやカワゲラ類が優占種であることから水質階級Ⅰであるといえる。長倉町や前田といった住宅地に囲まれた調査地点③になると、ナミウズムシは数としては多いもののヒラタドロムシをはじめとした水質階級Ⅱに属

表2 各調査地点で出現した水生指標生物の種類と個体数(2016年6・7・8月の合計)

水質	指標生物	調査地点				
		①	②	③	④	⑤
きれいな水 水質階級Ⅰ	カワゲラ類			12	18	11
	ヒラタカゲロウ類		2	11	15	6
	ナガレトビケラ類			1	7	4
	ヤマトビケラ類					4
	アミカ類					
	ヨコエビ類					3
	ヘビトンボ				1	1
	ブユ類					1
	サワガニ					
ナミウズムシ			87	35	201	
ややきれいな水 水質階級Ⅱ	コガタシマトビケラ類		1		3	
	オオシマトビケラ		2	2	1	
	ヒラタシマトビケラ					
	ヒラタドロムシ類		5	21	1	
	ゲンジボタル					
	コガタシマトビケラ類					
	コオニヤンマ		1	3		
	カワナナ類			1	1	1
	ヤマトシジミ					
イシマキガイ						
きたない水 水質階級Ⅲ	ミズカマキリ					
	ミズムシ					
	タニシ類			1		
	シマイシビル		1			
	ニホンドロムシ					
イソコツブムシ類		4				
とてもきたない水 水質階級Ⅳ	ユスリカ類					
	チョウバエ類					
	アメリカザリガニ	2				
	エラミミズ					
サカマキガイ						
その他の水生生物	*6月以降はアシ原の繁茂と水量増加の為データなし。 ①.アメンボ,小魚	アメリカナミウズムシ(24),ヒゲナガカワトビケラ(1),アメンボ,小魚	ヒゲナガカワトビケラ(17),タニシ(1),ヒゲナガカワトビケラ(8),タニシ(1),ヒゲナガカワトビケラ(3)	ヒゲナガカワトビケラ(8),タニシ(1),ヒゲナガカワトビケラ(1)	オタマジャクシ(6),タニシ(1),ヒゲナガカワトビケラ(1)	

する指標生物種が増加する。特に石に網を張って生息するヒゲナガカワトビケラ(表2 その他の生物)が目立った。本生物種はタニガワカゲロウ同様に水質階級ⅠとⅡの両方に見いだされるため指標生物とはなっていないが、調査地点③の水質を反映していると考えられる。このほか調査地点③では川石の表面の付着物(コケ)や特有のにおいが目立った。調査地点②(長岡市地蔵付近)ではマンシオン、住宅が立ち並び、工場も立地する。そして、用水路の合流により水量も時期によって変化が大きい場所である。小石の多い浅瀬では小魚が目立つようになり、サギなどの鳥の姿も見られるようになる。この地点の水生生物の特長としては、ヒラタドロムシやイソコツブムシといった水質階級Ⅱ~Ⅲ(きたない水)の指標生物が出現することである。また、ナミウズムシは見られず、体表面に斑紋が目立つアメリカナミウズムシ(図5-c)が優占種となつてなつていることが判明した。



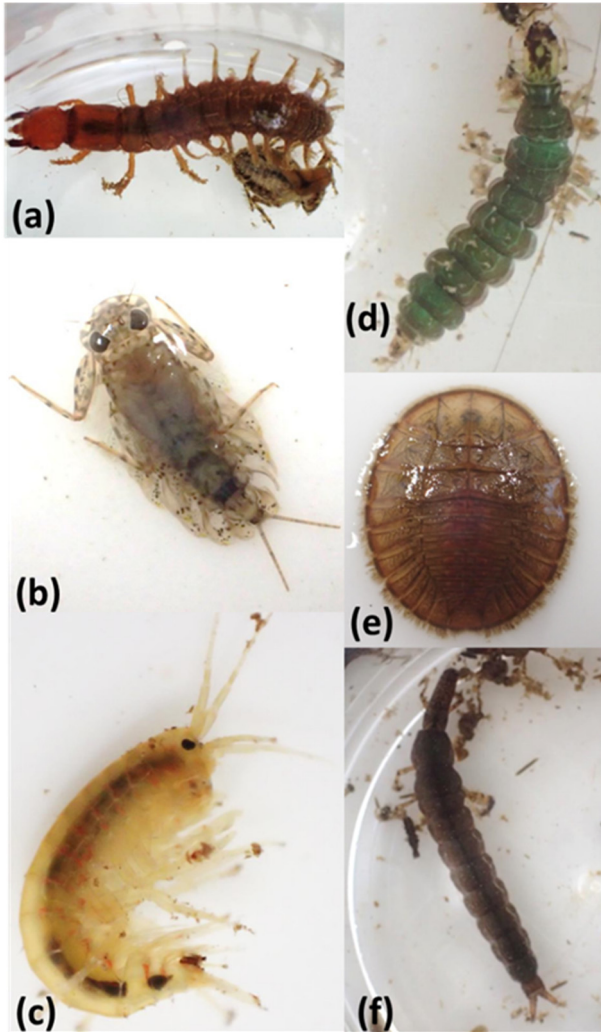


図4 栖吉川で確認された主な指標生物，(a) ヘビトンボ，(b) ヒラタカゲロウ類，(c) ヨコエビ類，(d) オオシマトビケラ，(e) ヒラタドロマシ，(f) ヒゲナガカワトビケラ類（本生物は指標種でない）

### 3. 3 栖吉川のプラナリア類

図5に栖吉川流域で生息を確認したプラナリアを示す。表2の水生物調査の結果には示されていないが、調査地⑤の少し上流側に湧く天狗清水という冷水中（夏季水温10～15℃）にミヤマウズムシ（体長15 mm前後）が生息する。本種は九州から北海道において山地の溪流や平地の冷泉に生息することが知られている。ナミウズムシ（体長18 mm前後）は本州の河川で一般的にみられる在来種であるが、栖吉川では調査地点③～⑤までの広い範囲で生息が確認された。本種は非常に再生力が強いことで知られるが、日本の河川では有性個体と無性個体があり、それぞれ分布域を異にしているとの報告もある<sup>9)</sup>。その一方で、栖吉川の調査地点⑤で採集したナミウズムシには無性個体と交接器官をもつ有性個体が混

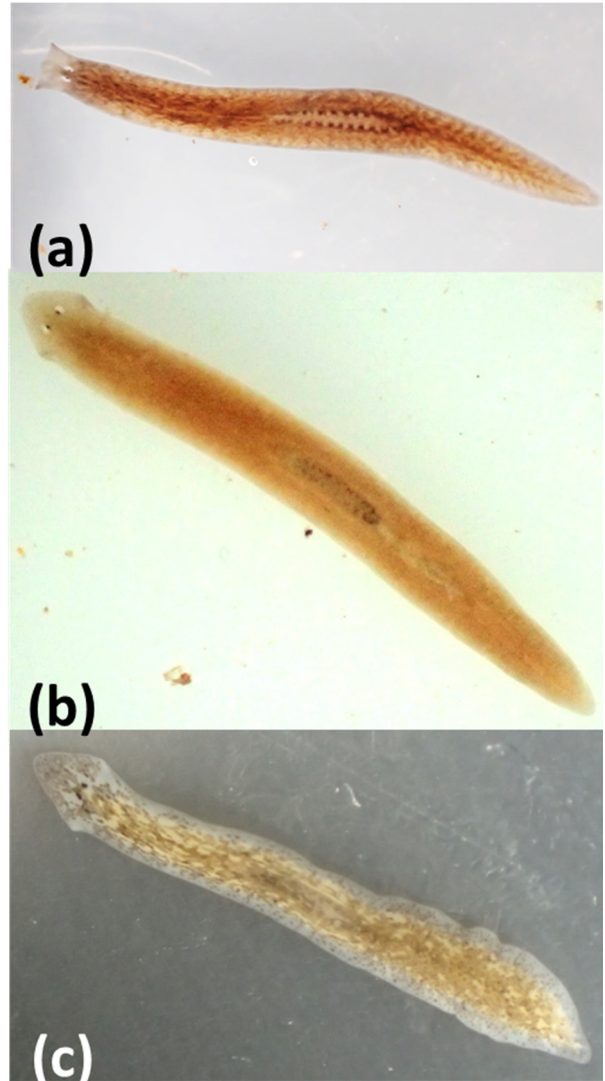


図5 栖吉川流域に生息するプラナリア，(a) *Phagocata vivida* ミヤマウズムシ，(b) *Dugesia japonica* ナミウズムシ，(c) *Girardia tigrina* アメリカナミウズムシ

在していた（図6）。有性個体は交接器官(ca.)をもつが、無性個体はもっていない点で外見から両者を区別可能である。両者の混在するナミウズムシを実験室で飼育したところ、横分裂と個体再生によりおよそ1年間で300個体の無性系擬似クローン集団へと増殖した。アメリカナミウズムシ（体長12 mm前後）は調査地点②でのみ確認された。分裂による無性的繁殖力が強く、日本では人為的な移入により1990年代に長崎県で野外個体群の定着が確認されている<sup>7)</sup>。その後も日本各地で生息域拡大が報告されている北米大陸原産の外来種である<sup>8)</sup>。今回、栖吉川で野外個体群として確認したアメリカナミウズムシは新潟県からは初の報告となった<sup>9)</sup>。

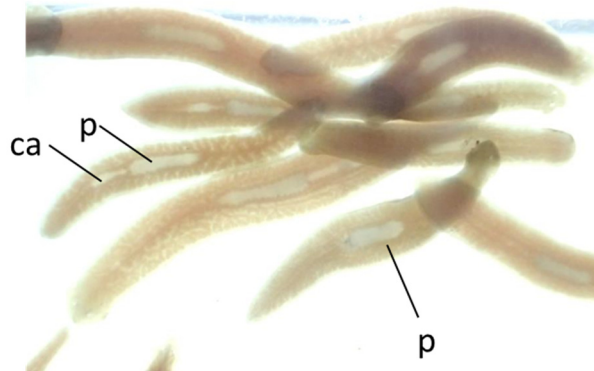


図6 ナミウズムシの無性個体と有性個体(調査地⑤), 腹側から撮影, p: 咽頭, ca: 交接器官, 網目状にらりめぐらされた腸管の間に, 咽頭の少し尾部側に交接器官が透けて見える個体が有性個体.

今回の調査で栖吉川には上流域の湧水中にミヤマウズムシ, 上中流部にナミウズムシ, 水質がやや悪化する中流域にアメリカナミウズムシと三種のプラナリアが分布を異にしており, 複数種が混在する地点は確認されなかった.

#### 4. おわりに

栖吉川の水質は水生指標生物と一定の対応関係が見いだされ, これを指標として評価することが可能であることが確認された. さらに本河川には, 在来種のプラナリアに加え, 市街地付近の水質の悪化し始める環境中には外来種であるアメリカナミウズムシが定着していることが判明した. 日本産のプラナリアには23種類が知られている. そのうち新潟県ではイズミオオウズムシが津南町竜ヶ窪で確認された他(村山均氏私信), ナミウズムシ, ミヤマウズムシ, ホクリクホソウズムシ, カズメウズムシの4種が村山により報告されている<sup>3)</sup>. その中で信濃川水系ではナミウズムシが山地部の中・下流部で, 上流部にカズメウズムシが出現することが記載されている. 今回の調査ではカズメウズムシを確認できなかったが, 最上流部に位置する鋸山山頂付近の湧水中での生息が既に確認されている(村山均氏私信).

今回のデータには示していないが, ナミウズムシの出現場所・出現数には, 季節によると思われる変動も見られた. 6月の調査地点③においては, ナミウズムシが87個体出現したが, 7月, 8月の調査では全く確認できなかった. 一方, 少し上流側の調査地点④では6月の調査では6個体であったが, 7月, 8月の調査では12個体, 17個体と出現数が増加傾向を示した. この背景には川勝の報告<sup>10)</sup>にもあるような生

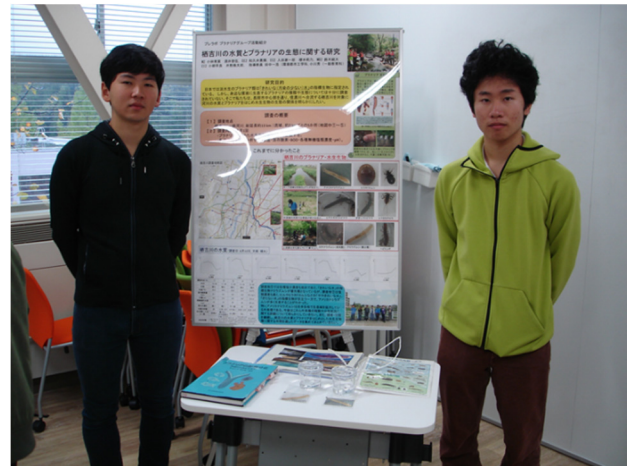


図7 2016年末工祭でのポスター発表の様子

息に適した温度範囲や生殖時期に起因する個体数変動や季節移動が関与している可能性も考えられる.

文献4)においては, ナミウズムシは水質階級 I (きれいな水) の指標生物とされているが, 川勝は汚染に対して強い種(貧腐水性域から $\beta$ 中腐水性域まで出現)であり, 水質汚染によって重複眼の出現頻度が高くなる傾向が認められると報告している<sup>10)</sup>. アメリカナミウズムシのような外来種に至っては, 高水温への耐性が強く, 在来種が生育不能な汚濁水域でも出現すると考えられている<sup>8)</sup>. もはや単にプラナリアがいるからといって一概にきれいな川であるとは言えない状況となっている.

本研究は「プレラボ」の活動として2016年度の2学年の学生8名を中心に実施してきた. 図7は2016年長岡高専末工祭において, 本研究内容の一端をメンバーの2名の学生が発表した際の写真である. 参加した8名の学生達は校外へ出て, はつらつとそして時に川で水に濡れる等様々なコンディションの中でも粘り強く調査活動に取り組んだ. 野外で採集したプラナリアや河川水サンプルは実験室で飼育し, 分析した. 野外調査では初めてのことも多く, 戸惑うことも多々あったが, それらは決して実験室では得られない経験である. 今回の活動を通して身近な栖吉川の自然環境とそこに生きる生物たちの多様性や奥深さを垣間見ることができた. また実験室における飼育・観察を通して, アメリカナミウズムシの発見があり, ナミウズムシの無性系統株の作出法や低温を好むミヤマウズムシの生育特性に関する知見も得ることができた. いずれも今後の活動につながる貴重な財産であると言える.

謝辞: 村山均氏にはプラナリアの調査について助言をいただき, 川勝正治博士にはアメリカナミウズム

シを同定していただきました。本稿をまとめるにあたり、多大なるご支援をいただきました両氏に心より感謝申し上げます。最後に本研究は長岡高専SDICの外山茂浩先生、赤澤真一先生をはじめとしたメンバーによってプレラボ制度の条件整備がなされたことにより実施できたものであることを申し添えます。

#### 参考文献

- 1) 赤澤真一, 田原喜宏, 桐生拓, 土田泰子, 床井良徳, 村上祐貴, 池田富士雄, 井山徹郎, 外山茂浩: プレラボ制度を活用した全学的な教育研究活動の推進, 長岡工業高等専門学校研究紀要, Vol.52, pp.78-82, 2016.
- 2) 川勝正治: プラナリア紀行, 佐渡ヶ島. 採集と飼育, Vol.16, No.1, pp.7-11, 1954.
- 3) 村山均: 新潟県の淡水産プラナリア類一種類・分布と生物教材としての利用一, 新潟の自然, Vol.3, pp.249-254, 1977.
- 4) 環境省水・大気環境局, 国土交通省水管理・国土保全局: 川の生き物を調べよう 水生生物による水質判定, 2012.
- 5) 国土交通省水質連絡会: 河川水質試験方法(案) 2008年版(河川管理者のために), 2009.
- 6) 手代木渉, 渡辺憲二: プラナリアの形態分化ー基礎から遺伝子までー, 共立出版株式会社, 1998.
- 7) Kawakatsu, M., Tamura, S., Takai, M., Yamamoto, K., Ueno, R. and Oki, I. :The first record of occurrence of naturalized population of *Dugesia tigrina* (Girard. 1850) at Nagasaki, Kyushu, Japan (Turbellaria: Tricladida: Paludicola). , *Bulletin of the Biogeographical Society of Japan*, Vol.48, pp.28-34, 1993.
- 8) 富川光, 鳥越兼治: 外来種アメリカナミウズムシ(扁形動物門, 三岐腸目)の広島県からの初記録, 広島大学大学院教育研究科紀要, Vol.60, pp.21-23, 2011.
- 9) 小川秀, 村山均, 川勝正治: 新潟県におけるアメリカナミウズムシ(扁形動物門・三岐腸目)初確認記録, しぶきつば, Vol.38, pp.41-42, 2017.
- 10) 川勝正治: プラナリアーその生態と分布一, 遺伝, 10月号, pp.13-24, 1977.

(2017. 10. 2 受付)