

## 福井県嶺北におけるナミウズムシの生息状況とミクソプロイドの分布

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-03-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大山, 利夫, 村中, 摩耶 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10098/3057">http://hdl.handle.net/10098/3057</a>

# 福井県嶺北におけるナミウズムシの生息状況と ミクソプロイドの分布

## The habitat and ploidy analysis of fresh water planarian *Dugesia japonica* in the Reihoku area of Fukui prefecture.

大山 利夫 (\*1) 村中 摩耶 (\*2)

キーワード：福井県，湧水地，プラナリア (planaria)，ナミウズムシ (*Dugesia japonica*)，  
ミクソプロイド (mixoploid)

**【摘要】** 福井県嶺北（福井市，あわら市，坂井市，勝山市，大野市，越前市，越前町，南越前町，池田町）の65カ所の湧水地等において，ナミウズムシの生息状況，有性個体の分布，そして染色体の倍数性についての調査を行った。

調査した65地点のうち28地点でナミウズムシの生息が確認されたが，そのうち多数の個体が生息する地点は15カ所であった。これらの湧水地等には，水量が豊富で水温が10～15℃の範囲であること，ニッポンヨコエビが生息していることなどの共通点が見られた。しかし，そのようなナミウズムシの生息に適した環境は，市街地にある整備された湧水地ほど失われていた。

ナミウズムシの個体数が多い15地点のうち13地点で有性生殖個体が確認されたが，有性生殖個体が占める割合は様々であった。15地点から採集したナミウズムシについて染色体の倍数性について調査した結果，ほとんどが二倍体 ( $2x=16$ ) の個体であったが，福井市荒谷町および越前町上戸で採集したものの中にミクソプロイド個体 ( $2x$  &  $3x$ ) が見いだされた。これらの2地点に地理的な関連性はなく，ミクソプロイド個体はそれぞれの個体群内に独立して生じ，個体数を維持しているものと考えられる。

### 【緒言】

プラナリアは分類学上，扁形動物門ウズムシ綱ウズムシ目ウズムシ亜目に属する動物の総称である。プラナリアは雌雄同体で，無性生殖と有性生殖をおこなう<sup>(1)</sup>。無性生殖を行う個体では，虫体が分裂した後，虫片から失われた部分を再生して個体数を増やす。プラナリアの最大の特徴

---

\*1 福井大学教育地域科学部理数教育講座 \*2 福井県立足羽高等学校

はこの再生力にあり、古くから生物学の研究対象とされてきた。プラナリアの再生過程には、あらゆる細胞に分化可能な幹細胞が関与し、虫体の切断部付近に存在する万能性幹細胞が体細胞分裂により増殖して再生芽を形成し、その後様々な組織に分化することにより完全な個体を再生していくことが知られている<sup>(2)(3)</sup>。これに対して有性生殖を行う個体では、体内に精巣と卵巣を持ち個体間の交接により精子を相手に供給する。

プラナリアには、無性生殖だけを行う系統、有性生殖だけを行う系統、水温や季節等の環境条件によって無性生殖と有性生殖の転換がおこる系統があることが知られている。淡水に生息するプラナリアのうち、日本で最も普通に見られるものはナミウズムシ (*Dugesia japonica*) であるが、このナミウズムシでも種内に3つの生殖系統が存在することが明らかにされている<sup>(4)</sup>。

ナミウズムシの基本染色体数は  $x=8$  であり、普通のナミウズムシは2倍体 ( $2x=16$ ) であるが、希に3倍体 ( $3x=24$ ) や4倍体 ( $4x=32$ ) の個体や、2倍性細胞 ( $2x$ ) と3倍性細胞 ( $3x$ ) が同一個体に混在するミクソプロイド (mixoploid) も存在することが知られている<sup>(5)</sup>。

ナミウズムシは湧水地などのきれいな水域にのみ見られるため、河川等の水質を判定する際の指標生物とされ、ナミウズムシが生息する水域は水質階級 I とされる。福井県の淡水域にも在来種であるナミウズムシが多く生息していたが、近年、河川改修や湧水地の整備にともなってナミウズムシの生息域が狭まる傾向にある。本研究では、福井県嶺北地方にある湧水等を調査して、現時点でのナミウズムシの生息状況を明らかにするとともに、有性生殖個体の存在割合および染色体の倍数性について検討し、この地域のナミウズムシの特性について考察した。

### 【材料および調査方法】

本研究では、2009年10月上旬から11月下旬にわたり、福井県嶺北地域の代表的な湧水地 [福井県が認定した「ふくいのおいしい水」および環境省水・大気環境局の調査(2009年)による「福井県の代表的な湧水」] に掲載されている湧水地を中心にナミウズムシの生息調査を行った。調査は、福井市19地点、あわら市2地点、坂井市2地点、鯖江市4地点、越前市11地点、勝山市8地点、大野市7地点、永平寺町3地点、越前町5地点、南越前町2、池田町2地点の計65地点で実施した。

ナミウズムシは、負の走光性を持つため水中の小石や落ち葉等の裏側に付着している。湧水地内またはその周辺においてナミウズムシを探し、多数生息している場合には一部を採集して分析のため飼育した。なお、ナミウズムシが生息する場所の水温は10~15℃であるため、飼育水には採集地の水を用い、水温13℃の条件で行った。

各地から採集したナミウズムシの染色体の倍数性を調べる目的で、10個体程度をランダムに選び再生実験を行った。虫体の切断には解剖用のマイクロハサミを用い、虫体を3等分して飼育し、切断面に再生芽を形成させた。再生芽が形成されるまでの日数は採集地によって異なり、早いもので4~5日、遅いもので7日以上を要した。分裂像を観察するために、再生芽が形成された虫

片をコルヒチン溶液（コルヒチン 5  $\mu\text{g/ml}$ , 0.35%KCl）で3時間処理した後、カルノア液（メタノール：酢酸, 3:1）で1時間固定し、70%エタノールで保存した。核の染色にはプロピオニックオルセイン（1%オルセイン, 45%プロピオン酸）を用いた。一晚染色した試料を45%酢酸溶液で脱色した後、組織を押しつぶしてプレパラートを作成し、体細胞分裂像を観察した。1試料につき体細胞分裂の中期像を20以上観察し、染色体の倍数性を決定した。また、再生芽以外の組織に精巣組織または減数分裂像が観察された場合には有性生殖個体であると判断した。

【結果】

嶺北地域におけるナミウズムシの生息状況

今回調査した65の地点のうち、ナミウズムシの生息が確認された28の湧水地等の位置と生息状況、水温等の情報を表1に示す。なお、生息状況に示した+, ++は目視によるおおまかな個体群の大きさを表し, +はナミウズムシが生息するが数個体しか確認できなかった場合, ++は容易に多数の個体を見いだすことができたことを意味する。図1は表1の調査地点番号を地形図上にプロットしたものである。ナミウズムシの生息地は、福井市東部の国見岳付近から越前町にまたがる丹生山地に多く見られ、次に永平寺町浄法寺山近辺からあわら市の丘陵地帯に分布してい

表1 福井県嶺北の湧水地等におけるナミウズムシの生息状況

調査地点番号	地名	湧水地等の名称または近隣施設	位置情報			生息状況	水温(°C)	近傍河川等
			北緯	東経	標高(m)			
1	あわら市 滝	清水原の水	36度14分19秒	136度15分50秒	30	+	13.8	観音川
2	坂井市丸岡町山竹田	丸岡温泉より約1km下	36度10分43秒	136度19分12秒	90	++	11.7	竹田川
3	坂井市丸岡町上久米	小和清水	36度7分11秒	136度19分19秒	120	+	13.7	河内川
4	永平寺町 浄法寺	清水小場	36度7分21秒	136度22分10秒	460	++	10.4	時能川
5	永平寺町 枡原	タンタン清水	36度5分23秒	136度22分43秒	60	++	14.1	時能川
6	勝山市 野向町	蓮如はん清水	36度6分9秒	136度29分21秒	280	+	14.3	野津又川
7	勝山市 北谷町	中村の清水	36度6分51秒	136度34分1秒	410	+	11.1	滝波川
8	大野市 西勝原	国道158号線傍駐車場	35度57分54秒	136度35分28秒	290	++	10.3	九頭竜川
9	越前市 小谷町	段々清水	35度51分59秒	136度3分27秒	250	++	12.0	糠川
10	越前市 千合谷町	解雷ヶ清水	35度53分15秒	136度1分31秒	250	++	11.4	上天王川
11	越前市 赤谷町	瓜割清水	35度55分12秒	136度17分20秒	110	+	14.4	水間川
12	越前市 西河内町	石堂の水	35度55分32秒	136度19分34秒	330	+	11.6	服部川
13	越前町 上戸	専光寺の東約700m	35度57分36秒	136度4分31秒	100	++	10.3	天王川
14	越前町 平等	弘法大師の水	35度56分32秒	136度3分8秒	130	+	17.3	平等川
15	越前町 乙坂	イチョウの木の清水	35度59分18秒	136度8分16秒	20	+	14.4	天王川
16	福井市 西河原町	峠の水	35度57分32秒	136度21分58秒	140	+	12.0	足羽川
17	福井市 次郎丸町	西光寺境内	36度2分25秒	136度16分47秒	30	++	11.3	足羽川
18	福井市 枡泉町	東郷城趾近く	36度0分38秒	136度16分33秒	80	++	10.6	足羽川
19	福井市 二ツ屋町	武周ヶ池近く	36度1分33秒	136度2分3秒	190	++	14.5	大味川
20	福井市 足谷町	足谷の湧水	36度4分35秒	136度6分33秒	240	++	12.6	七瀬川
21	福井市 河内町	猫瀬町方面登り口	36度5分6秒	136度7分8秒	110	++	15.1	七瀬川
22	福井市 高須町	集落センター南の林道	36度6分41秒	136度6分24秒	210	+	12.9	高須川
23	福井市 長橋町	水分神社の水	36度6分45秒	136度3分9秒	60	++	13.9	なし
24	福井市 田ノ谷町	大安禅寺参道	36度6分9秒	136度10分7秒	40	++	10.5	日野川
25	福井市 荒谷町	金光水	36度6分36秒	136度7分47秒	40	++	13.6	荒谷川
26	福井市 徳尾町	禅林寺 甘露水	35度58分50秒	136度12分30秒	30	+	15.0	浅水川
27	福井市 金屋町	弘祥寺跡地の甘露水	36度4分15秒	136度9分53秒	20	+	14.1	日野川
28	福井市 高尾町	亭の水	36度1分33秒	136度18分8秒	110	+	13.7	足羽川

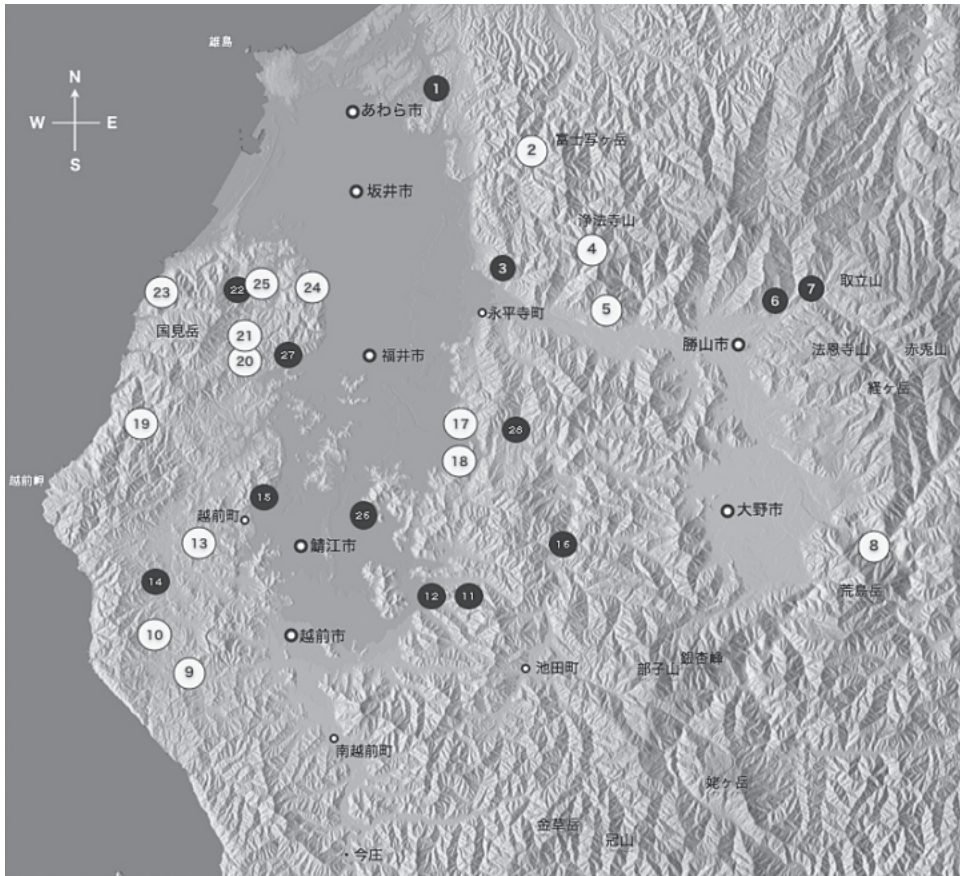


図1 福井県嶺北におけるナミウズムシが生息する湧水地等の分布

○は多数の個体が確認された湧水地等，●は数個体が確認された湧水地等を表す。○内の番号は表1に示した調査地点番号を表す。



図2 大野市西勝原の湧水（左）と礫に付着するナミウズムシ（右）

る。奥越地方および池田町付近はナミウズムシの生息地が少なく，多数生息する場所は荒島岳の麓にある大野市西勝原の湧水地のみであった。なお，今回の調査にしたナミウズムシの生息地の



うち、福井市二ツ屋町（大味川）と福井市長橋町（水分神社）の2カ所は九頭竜川水系との連絡がない。

ナミウズムシが多数生息する湧水地に共通する点は、山際の傾斜地の岩肌から水が湧出し、水底が土砂・泥ではなく礫であること、水温が10℃から15℃の範囲で一年を通じて温度変化がほとんどないこと、ニッポンヨコエビ（*Gammarus nipponensis*）が生息すること、水中にフジウロコゴケ（*Chiloscyphus polyanthos*）が生えていることなどであった。ニッポンヨコエビは、ナミウズムシと同じく水質環境Ⅰ（きれいな水）の指標生物である。またナミウズムシはフジウロコゴケの中に身を潜めていることが多い。これらの湧水地の中で、個体数も多く大型のナミウズムシが生息していたのは、大野市西勝原（図2）、永平寺町浄法寺（清水小場）、福井市長橋町（水分神社の水）、越前町千合谷町（解雷ヶ清水）であった。

一方、福井市、勝山市、大野市、鯖江市、越前市等の平野部市街地に位置する湧水地ではナミウズムシを確認することができなかった。また山間部にあっても、自治体等により環境整備された湧水地では前述の生息に適した環境が損なわれており、ナミウズムシは認められなかった。

### 有性個体の分布状況と染色体の倍数性

ナミウズムシの有性生殖個体の体内には多数の精巣が存在し、切断した虫片をオルセイン等で染色し顕微鏡観察することにより容易に精巣の有無を判別することができる。精巣内には減数分裂第1分裂前期から精子に至るまでのあらゆるステージの細胞が観察される（図3）。

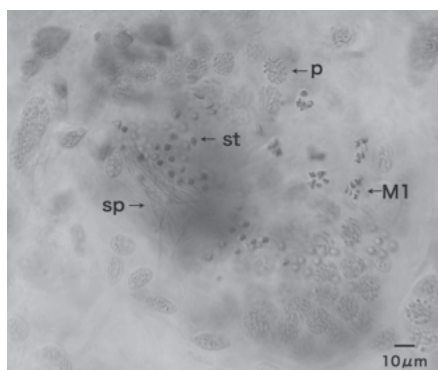


図3 ナミウズムシの精巣組織

- p : 減数分裂第1分裂前期,
- M1 : 減数分裂第1分裂中期,
- st : 精細胞,
- sp : 精子

本研究では、多数の個体が生息する湧水地15地点で採集したナミウズムシの一部を用いて、有性生殖個体の占める割合、さらに再生芽に含まれる体細胞分裂中の細胞の中期染色体像をもとに染色体の倍数性について調査した（表2）。

調査した15地点のうち、12地点から得たナミウズムシに有性生殖個体が認められた。有性生殖個体の分布については、特定の地域（流域）に集中するような傾向は認められず、また水温との相関も認められなかった。この中で、大野市西勝原、越前市千合谷（解雷ヶ清水）、福井市次郎

表2 ナミウズムシの有性個体の割合と染色体倍数性

調査地点 番号	地名	個体数	平均虫体長 (mm)	有性個体 (%)	核型 (個体数)	
					2x	2x & 3x
2	坂井市 山竹田	10	13.2	20	10	0
4	永平寺町 浄法寺	10	21.9	40	10	0
5	永平寺町 栲原	10	10.4	0	10	0
8	大野市 西勝原	10	23.8	90	10	0
9	越前市 小谷町	7	13.4	29	7	0
10	越前市 千合谷町	10	30.6	80	10	0
13	越前町 上戸	10	9.7	50	7	3
16	福井市 西河原町	5	12.2	0	5	0
17	福井市 次郎丸町	10	18.7	80	10	0
18	福井市 栲泉町	8	6.6	0	8	0
19	福井市 二ツ屋町	14	18.1	0	8	0
20	福井市 足谷町	13	25.0	25	8	0
21	福井市 河内町	13	21.5	69	13	0
23	福井市 長橋町	10	22.0	100	10	0
24	福井市 田ノ谷町	5	9.3	40	5	0
25	福井市 荒谷町	14	17.3	21	5	9

丸町（西光寺），福井市長橋（水分神社）で採集したものは有性生殖個体の占める割合が高く，特に水分神社のナミウズムシは調査した個体の全てが有性生殖個体であった。福井市長橋町（水分神社）は海岸近くの丘陵にあり，他の水系とは連絡がなく完全に独立しているという特徴がある。

15地点で採集したナミウズムシの染色体倍数性を調査した結果，ほとんどが2倍体（2x）個体の集団であったが，越前町上戸および福井市荒谷の個体群の中にミクソプロイド（2x & 3x）個体が見いだされた（表2，図4）。特に福井市荒谷のナミウズムシでは，調査した14個体のうち9個体がミクソプロイドであった。ミクソプロイド個体が生息する2地点は直線距離でも約18 km離れており，荒谷は荒谷川－七瀬川－九頭竜川，上戸は天王川－日野川と異なる流域に位置することから，それぞれの生息地で独立して発生したミクソプロイド個体が個体群内に定着しているものと考えられる。

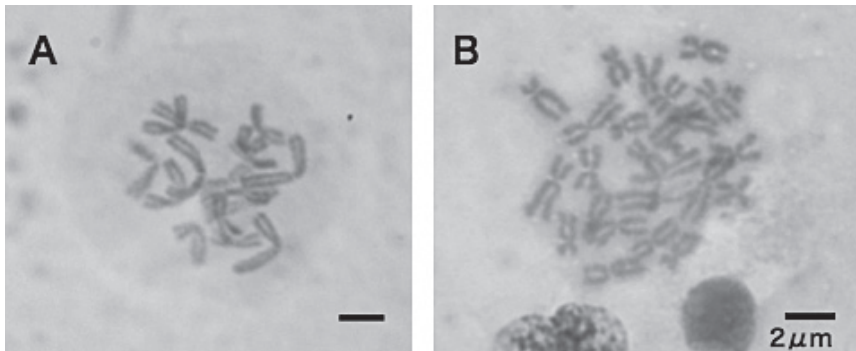


図4 ミクソプロイド個体の体細胞分裂中期染色体像

A：2倍性体細胞の中期染色体像（2x=16），B：3倍性体細胞の中期染色体像（3x=24）

## 【考 察】

本研究では、福井県嶺北におけるナミウズムシの生息状況を把握するとともに、環境要因と生殖様式、さらに染色体の倍数性などの特徴について調査検討を行った。

プラナリアの生殖様式は、無性生殖系統、有性生殖系統、環境に応じて2つの生殖方法を行う転換系統の3つのタイプが存在することが知られている。転換系統の生殖様式転換の要因の一つに水温があり、低水温時には有性生殖を行い、高水温時では生殖器官が退化して横分裂による無性生殖を行うとされている<sup>(4)(6)</sup>。今回の調査において、多数のナミウズムシ個体が確認された15地点のうち13地点から採集した個体群の中に精巣を持つ有性生殖個体が含まれていた。これらの生息地の水温は10~15℃の範囲にあることから、有性生殖個体を含むナミウズムシ個体群は有性生殖系統または転換系統に属すると考えられる。なお、永平寺町栃原や、福井市栃原町、福井市二ツ屋町の個体群には有性生殖個体が確認できなかったが、有性生殖系統であっても未成熟なプラナリアは生殖器官を持たないため、これらのナミウズムシがどのタイプか判別することはできなかった。

プラナリアの生殖様式の転換については、リュウキュウナミウズムシ (*D. ryukyuensis*) の無性生殖系統を用いた研究が知られている。小林らは、無性生殖個体に有性生殖系統であるイズミオオウズムシ (*Bdellocephala brunnea*) の成熟個体を餌として与えると生殖器官が形成されることを示し、さらにこの現象には、異なる科に属するプラナリア間でも有効な「有性化因子」が関与していることを明らかにした<sup>(7)(8)(9)(10)</sup>。リュウキュウナミウズムシの近縁種であるナミウズムシについても同様な仕組みで生殖様式の転換調節が起こっていると考えられる。今回の調査で、福井県嶺北に有性生殖個体の割合が高い個体群と有性生殖個体を含まない個体群が存在することが明らかになったので、今後両者の生殖特性の詳細について環境要因も含めて検討して行きたい。

本研究では、採集したナミウズムシの染色体の倍数性についても調査を行った。調査したナミウズムシのほとんどが二倍体 ( $2x=24$ ) の個体であったが、二ヶ所の生息地から採集した個体の中にミクソプロイド ( $2x$  &  $3x$ ) の個体が見つかった。二つのミクソプロイド生息地に地理的な関連性はなく、これらのミクソプロイド個体はそれぞれの集団の中で独立して発生し、個体数を維持しているものと考えられる。

ミクソプロイド個体を含む個体群には、有性生殖個体が認められた。福井市荒谷のミクソプロイドを例に挙げると、ミクソプロイド9個体中3個体が有性生殖個体であった。このミクソプロイドの有性生殖個体の精巣における減数分裂像は正常な二倍性細胞のもの（減数第一分裂中期に8本の2価染色体が認められる）であり、3倍性細胞のものと思われる異常な減数分裂像は観察されなかった。通常の有性生殖では2倍性細胞と3倍性細胞が混在するミクソプロイド個体は出現しえないため、偶然発生したミクソプロイド個体が無性生殖により個体数を維持していることが考えられる。

ミクソプロイド個体がどのような仕組みで生じるのか現時点では明らかにされていない。可能



性の一つとして，個体内で減数分裂を終えた半数性（ $x=8$ ）の精細胞と2倍性の体細胞（ $2x=16$ ）の融合により3倍性（ $3x=24$ ）の細胞ができ，この三倍性細胞が万能性を獲得して体内で増殖すればミクソプロイド個体が生じると考えることもできるが，この仮説については実験的根拠がなく今後の研究課題としたい。また，ミクソプロイド個体内に3倍性細胞がどの程度存在し，どのように分布しているのかも興味ある問題である。星野らによるフローサイトメトリーを用いた研究では，ナミウズムシのミクソプロイド個体における2倍性細胞と3倍細胞の割合は個体差があることが示されている<sup>(11)</sup>。本研究における予備的な調査でも，ミクソプロイド個体の3倍性細胞の割合には個体差が認められ，体細胞分裂像の10～50%が3倍性の分裂像であった。

ナミウズムシは日本中に分布しており，湧水地やさきれいな河川に生息する。今回の生息状況調査は福井県嶺北にある65箇所の湧水地等で行ったが，ナミウズムシの生息が確認されたのは28地点，その中で多数の個体が確認されたのは15地点に過ぎない。ナミウズムシの生息に適した環境は，市街地やその近郊に位置するに湧水地ほど失われていた。「おいしい水」に認定されることで，多くの人々がその水を求めて足を伸ばすようになる。それにともない足場や危険箇所などの改修・整備が行われている場所も多い。中にはコンクリートで固めた水路に人工的に砂利などが置かれ，周囲には駐車場まで整備されている場所も見受けられた。人にとっては「おいしい水」かもしれないが，日本在来種のナミウズムシにとっては住みやすい環境が失われてきていることに間違いはない。

一方で，近年，アメリカナミウズムシ（*Girardia tigrina*）やアメリカツノウズムシ（*G. dorotocephala*）などの外来種が各地の河川で確認されている<sup>(12)</sup>。清流や湧水など，清澄で水温の低い水域にしか生息できないナミウズムシに対して，外来種は高水温，富栄養のやや汚れた水質にも適応できるため生息域が広まってきていると考えられている。福井県内ではまだ外来種の報告例はないが，汚れた河川で小型のプラナリアをみつけたという情報もあり，今後，外来種の生息状況についても把握する必要があると思われる。

## 【引用文献】

- (1) 手代木 渉，渡辺 憲二「プラナリアの形態分化－基礎から遺伝子まで」共立出版（1998）
- (2) Agata K. and K. Watanabe: Molecular and cellular aspects of planarian regeneration. *Semin. Cell Dev. Biol.* 10, 77 - 83 (1999)
- (3) Shibata N., L. Rouhana and K. Agata: Cellular and molecular dissection of pluripotent adult somatic cells in planarian. *Develop. Growth Differ.* 52, 27 - 41 (2010)
- (4) Takamatsu K. and K. Tsukudo: Effect of acclimation temperature dependence of gliding rate in the planarian *Dugesia japonica*. *Annot. Zool. Jap.* 50, 63 - 69 (1977)
- (5) Tamura S., T. Yamayoshi, I. Oki and M. Kawakatsu: Karyological and taxonomic studies of *Dugesia japonica* ICHIKAWA et KAWAKATSU II. Chromosomes of *Dugesia japonica* collected from eighteen localities in Japan. *Proc. Jap. Soc. Syst. Zool.* 17, 1 - 14 (1979)

- (6) Kobayashi K., S. Arioka and M. Hoshi: Seasonal changes in the sexualization of the planarian *Dugesia ryukyuensis*. *Zool. Sci.*, 19, 1267 - 1278 (2002)
- (7) Kobayashi K. and M. Hoshi: Switching from asexual to sexual reproduction in the planarian *Dugesia ryukyuensis*: Change of the fissiparous capacity along with the sexualizing process. *Zool. Sci.*, 19, 661 - 666 (2002)
- (8) Kobayashi K., S. Arioka, S. Hase, M. Hoshi: Signification of the sexualizing substance produced by the sexualized planarians. *Zool. Sci.*, 19, 667 - 672 (2002)
- (9) Hoshi M., K. Kobayashi, S. Arioka, S. Hase and M. Matsumoto: Switch from asexual to sexual reproduction in the planarian *Dugesia ryukyuensis*. *Integ. Comp. Biol.* 43, 242 - 246 (2003)
- (10) Hase S., K. Kobayashi, R. Koyanagi, M. Hoshi and M. Matsumoto: Transcriptional pattern of a novel gene, expressed specifically after the point-of-no-return during sexualization, in planarian. *Dev. Genes. Evol.*, 212, 585 - 592 (2003)
- (11) Hoshino K., K. Ohnishi, W. Yoshida and T. Shinozawa: Analysis of ploidy in a planarian by flow cytometry. *Hydrobiologia*, 227, 175 - 178 (1991)
- (12) 川勝正治, 西野麻知子, 大高明史: プラナリア類の外来種. 陸水学雑誌, 68, 461-469 (2007)