

「生きものと友達になるための図鑑」を創る

兵庫県立大学附属高等学校 自然科学部生物班

2年 市原農太郎・山本楓・前田笙

1年 多田百百音・伊坂友里・岡田慶次郎
横山侑一郎

1. はじめに

私たちは、地域の生物多様性を守るために「スクールジーンファーム」の活動に取り組んでいる。

主な内容は、①絶滅危惧種の生育地の調査と保全、②栽培増殖技術の開発、③環境教育教材の開発、④成果の発表、⑤県民への啓発活動 である。

地域の生物多様性の保全のためには、地域の住民、とくに小学校児童に地域の生きものに関心を持ってもらうことが重要である。そこで私たちは、将来の地域の環境保全に関わる人材育成に貢献できように、「生きものと友達になるための図鑑」を創ることにした。

2. 研究動機と目的

- ① 生物班に入部する生徒が、身近な生きもの の分類・同定ができるようになる図鑑を創りたい。
- ② 電子ゲームの普及によって、自然の中で遊ぶ体験の乏しい小学生が増えている。地域の自然や生きものに対する小学生の興味関心を育むために、生きもの の名前を覚えたり、生きもの の探しを「ポケモンGO」のように楽しめたりする図鑑を創る。

3. 作成の方法と結果

部員の興味関心・得意分野に応じて、「校庭の樹木図鑑」「西播磨の野鳥図鑑」「林田川の魚類図鑑」の製作に取り組むことにした。

あまり種類が多いと、生きもの の名前を覚えるのが大変なので、日頃よく見かける30種前後の基本的な種類について学習できるように配慮した。

(例)「校庭の樹木図鑑」の製作過程

(1) 代表的な樹種を選ぶ

①よくみかける樹木をリストアップして、調査票を作成した。

②調査対象の小学校の衛星写真を「YAHOO!地図」をもとに印刷した。

③たつの市の小学校(17校)で調査をおこない、調査票と衛星写真に樹木名を記録した。



図1 衛星写真

表1 調査した小学校

学校名	住所	調査日
1 播磨高原広域事務組合立播磨高原東小学校	たつの市新宮町光部2-4-1	2017. 9. 27
2 たつの市立小宮小学校	たつの市新宮町地蔵2-4	2017. 8. 25
3 たつの市立西宮小学校	たつの市新宮町地蔵2-2	2017. 8. 25
4 たつの市立播磨西小学校	たつの市新宮町新山11-60	2017. 9. 3
5 たつの市立播磨小学校	たつの市新宮町新宮4-7	2017. 8. 25
6 たつの市立菅田小学校	たつの市新宮町中野197	2017. 9. 10
7 たつの市立神岡小学校	たつの市新宮町上野88-2	2017. 9. 10
8 たつの市立西栗橋小学校	たつの市播磨町清水新9	2017. 8. 21
9 たつの市立栗原橋小学校	たつの市播磨町住吉142	2017. 8. 21
10 たつの市立香島小学校	たつの市龍野町日輪105	2017. 9. 10
11 たつの市立新宮小学校	たつの市神岡町上横内51	2017. 9. 10
12 たつの市立越部小学校	たつの市菅田町山580-1	2017. 8. 5
13 たつの市立半田小学校	たつの市播磨川町新在家166-2	2017. 9. 24
14 たつの市立神部小学校	たつの市播磨町西横67	2017. 9. 24
15 たつの市立河内小学校	たつの市播磨川町赤田434	2017. 9. 24
16 たつの市立津津小学校	たつの市津津町津津145-1	2017. 9. 24
17 たつの市立津津小学校	たつの市津津町津津145-1	2017. 9. 24

④調査結果を一覧表にまとめて、出現頻度の高い植物を選び出した。

結果

17校の小学校を調査した結果、176種の樹木を確認することができた。また、出現数の高い樹木は以下のようになった。

出現数17校(100%) サクラ(ソメイヨシノ等)

出現数16校(94.1%)

イチヨウ, サザンカ, サツキ

出現数15校(88.2%)

イヌツゲ, ナンテン, ヒラドツツジ

出現数13校(76.5%)

カイズカイブキ, カエデ(イロハカエデ・オオカエデ等), キンモクセイ, クロマツ, ソテツ

出現数12校(70.6%)

アジサイ, アラカシ, クスノキ, ツバキ

出現数11校(64.7%)

イヌマキ, クロガネモチ, フジ

出現数10校(58.8%)

エノキ, サルスベリ, サンゴジュ

出現数9校(52.9%)

ウバメガシ, ウメ, クワ, ヒマラヤスギ

出現数8校(41.7%)

グッケイジュ, コノテガシワ, シュロ ヤマモモ, ユキヤナギ

以上が調査地で出現率の高い31種である。

(2) 検索カードの作成

図鑑は「検索カード」タイプとした。理由は、後から、カードの追加・改良などが容易で、自作しやすいことや、子どもたちが、植物調べをするときにゲーム感覚を得やすいためである。

- ① 実物や図鑑を参考に、選出した樹木についての特徴を「Excel」で一覧表にまとめた。なお、検索項目は、常緑・落葉, 単葉・複葉, 不分裂・分裂葉, 鋸歯の有無, 互生・対生などを採用した。この検索項目に該当するセルに●をつけた。この●は、データを「検索カード」を印刷する場合、孔を開ける場所を示している。

武庫川産チチブ類の遺伝的特性の解明

兵庫県立尼崎小田高等学校 科学研究部 生物班
1年 大路紘裕, 藤堂恭行, 山木文汰, 田中愛

1. 動機及び目的

チチブ *Tridentiger obscurus* とヌマチチブ *T. brevispinis* は汽水域と淡水域に生息する両側回遊魚であり、形態的に酷似している。アロザイム分析により明確な違いがあるため日本列島において広く分布を重複させた明らかな「別種」である (MUKAI et al., 1996)。ところがミトコンドリア DNA (以下 mtDNA とする) の系統樹ではこれら 2 種を分けることができず、本州太平洋岸に分布するサブグループ I、西南日本に分布するサブグループ II、日本海～東北日本に分布するサブグループ III が存在する (MUKAI et al., 1997)。チチブかヌマチチブのどちらか一方の mtDNA がもう一方の種に交雑を通じて侵入し、置き換わっている (遺伝子浸透) と考えられており (MUKAI et al., 1997, 向井 2001)、一部の同所的生息地 (茨城県涸沼など) では雑種も確認されている (向井 1999)。今回私達は武庫川におけるチチブおよびヌマチチブの mtDNA のサブグループの確認を試みた。またこれまでのアロザイム分析に代わる、核遺伝子の解析によるチチブとヌマチチブの種判別方法の開発を試みた。

2. 方法

2016年10月18日から11月20日にかけて武庫川下流および武庫川河口の2地点でチチブおよびヌマチチブを釣りにより採集した (表1)。形態的特徴 (中坊 2013) からチチブおよびヌマチチブを同定した。

70%エタノール水溶液で固定し、さらに体側右側の筋肉を一部切除し、100%エタノール中に保存した。切除した筋肉から DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen) を用いて DNA 抽出を行った。

INSD (国際塩基配列データベース) よりチチブ属の DNA データをダウンロードし、Primer3 (v. 0.4.0) を用いて mtDNA の cytb 領域、COI 領域、核 DNA の gpr85 領域、rag1 領域、zic1 領域および ryr3 領域のそれぞれに対するプライマーセットを設計・合成した。

PCR 産物は業者に委託して上流と下流から塩基配列を解読した。INSD よりダウンロードしたデータと合わせて MEGA6 を用いて系統樹を作成した。さらに DNAsp と Network5 を用いてハプロタイプネットワークを作成した。

RFLP 法によるチチブおよびヌマチチブの識別法を検討するために、NEBcutter を用いて制限酵素の作用する部位を検索した。

表1 武庫川で採集したチチブ類

個体番号	記号	形態	DNA						
			ミトコンドリア			核			
			cytb	COI	ryr3	gpr85	rag1	zic1	
160025	○	ヌマチチブ	II	II	A	A	A	-	
160026	●	チチブ	II	II	B	B	B	-	
160027	●	チチブ	III	III	B	B	B	-	
160032	*	不明	II	II	B	B	B	-	
160036	*	不明	II	II	A	A	A	-	
160037	下流	* 不明	II	II	A	A	A	-	
160038	○	ヌマチチブ	I	I	A	A	A	-	
160039	○	ヌマチチブ	I	I	A	A	A	-	
160041	*	不明	I	I	A	A	A	-	
160042	○	ヌマチチブ	I	I	A	A	A	-	
160043	○	ヌマチチブ	I	I	A	A	A	-	
160044	○	ヌマチチブ	I	I	A	A	A	-	
160047	河口	● チチブ	II	II	B	B	B	-	
160048	●	チチブ	I	I	B	B	B	-	
160049	●	チチブ	II	II	B	B	B	-	
160050	●	チチブ	III	III	B	B	B	-	
160051	●	チチブ	III	III	B	B	B	-	

記号○は形態からヌマチチブと推定された個体。●は形態からチチブと推定された個体。*は不明個体。下流は北緯 34° 43' 10"・東経 135° 23' 00" E, 河口は北緯 34° 41' 54", 東経 135° 22' 33" の地点であった。

3. 結果

● 形態による同定

武庫川下流ではチチブを 2 個体、ヌマチチブを 6 個体、不明個体を 4 個体採集した。武庫川河口ではチチブを 5 個体採集した (表 1)。

● mtDNA 解析

cytb 領域の解析の結果、MUKAI らのサブグループ I・II・III が確認された (表 1, 図 1)。COI 領域によるグループ分けの結果も、cytb 領域の解析の結果と同じであった。武庫川には I・II・III すべてのサブグループが分布した。

● 核 DNA 解析

核 DNA の gpr85 領域について系統樹を作成した結果、今回採集したチチブおよびヌマチチブは 2 つのグループ (A・B) に分かれた (表 1, 図 2)。rag1 領域、ryr3 領域の解析の結果も同じであった。A および B のグループを構成する個体は 3 領域で共通していた。形態的にチチブと判別した個体はすべて B に、ヌマチチブと判別した個体はすべて A に含まれた (表 1)。

zic1 領域については変異が小さく、グループ分けは見られなかった。

今回の核 DNA の 3 領域の解析結果においてグループ A と B の変異箇所の配列がヘテロになっている個体は観察されなかった。

● RFLP 法によるチチブとヌマチチブの識別

ryr3 領域についての PCR 産物 (732bp) は制限酵素 BmgBI によってグループ A は 2 本 (256bp と 476bp) に、グループ B も 2 本 (311bp と 421bp) に切断されると予想された。実験結果は予想通りであった (図 3)。

4. 考察

● mtDNA 解析

大阪湾および播磨灘の範囲では、大阪城からサブグループⅡが6個体報告されていただけであったが、今回 mtDNA のサブグループⅠ・Ⅱ・Ⅲすべてが武庫川に分布していることが確認された(表1, 図1)。

● 核 DNA 解析

核 DNA の解析結果で得られた A グループはヌマチチブ, B グループはチチブに対応していると推測された。先行研究ではアロザイム分析による両種の判別が報告されていたが、核 DNA 解析による両種の判別が可能である可能性が今回初めて示された。また両種の変異場所がヘテロなるような個体は見られなかったことから、F1 雑種は存在しなかったと思われた。

● RFLP 法によるチチブとヌマチチブの識別

雑種第1代(F1)では制限酵素 BmgBI を用いた RFLP 法による種判別においてはバンドが4本現れると予想されるので F1 の検出も可能であると思われる。

4. 反省と課題

今後は調査個体数を増やして調査を続ける必要がある。今後もチチブとヌマチチブ間の生殖的隔離と遺伝子浸透の関係を研究・解明していきたい。またチチブ類を含めたハゼ科魚類に対する社会的認知度を上昇させ、生物多様性保全に貢献したい。

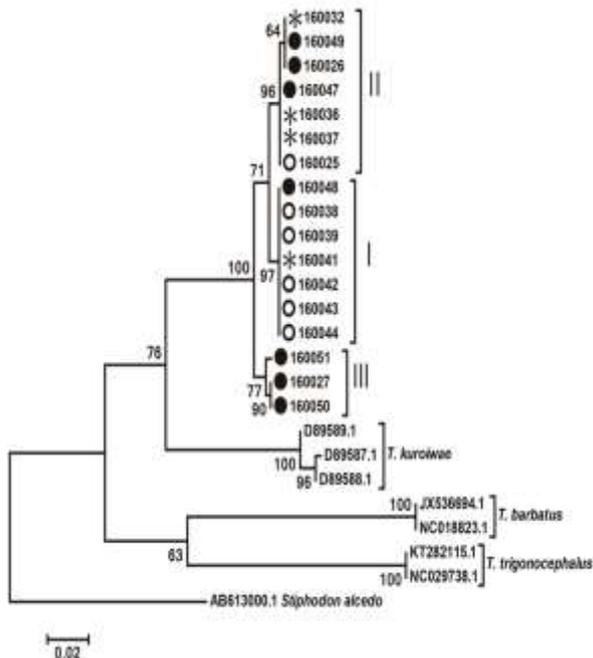


図1. mtDNA の cytb 領域より求めた系統樹
塩基長は 402bp。枝の値は 1000 回繰り返したブートストラップ値(%)。解析した○は形態からヌマチチブと推定された個体。●は形態からチチブと推定された個体。*は不明個体。以下、図2についても同様。

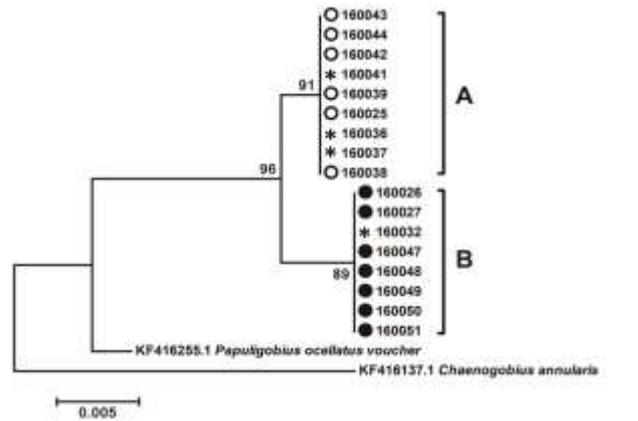


図2. gpr85 領域より求めた系統樹
塩基長は 441bp。6 桁の数字は個体番号である。○, ●, *は図1に準ずる。

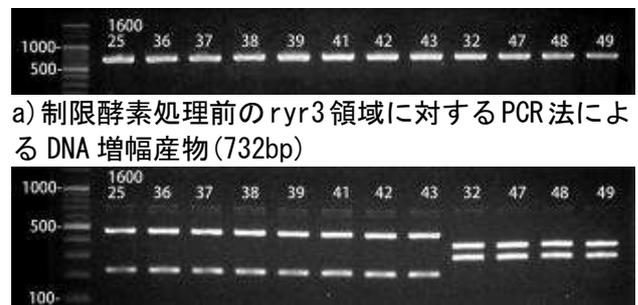


図4. 核 DNA ryr3 領域に対する RFLP 法による結果
a) 制限酵素処理前の ryr3 領域に対する PCR 法による DNA 増幅産物(732bp)
b) 制限酵素 BmgBI 処理後の DNA 断片
図4. 核 DNA ryr3 領域に対する RFLP 法による結果
サイズマーカーの左側の数字は塩基長(bp)を示す。バンドの上の2桁の数字は標本番号(160025~160051の下2桁を表す。a) および b) の左側8サンプル(160025~160043)は A グループに属し、右側4サンプル(160032~160049)は B グループに属した。

引用文献

MUKAI, T., SATO, T., NARUSE, K., Inaba, K., SHIMA, A., and MORISAWA, M. 1996. Genetic relationships of the Tridentiger (Pisces, Gobiinae) based on allozyme polymorphism. Zoological Science 13 : 175-83.

MUKAI, T., NARUSE, T., SATO, A., SHIMA, and MORISAWA, M. 1997. Multiregional introgressions inferred from the mitochondrial DNA phylogeny of a hybridizing species complex of gobiid fishes, genus Tridentiger. Mol. Biol. Evol., 14: 1258-1265.

向井貴彦. 1999. チチブ属魚類の隔離と交雑による進化: 「同種」と「別種」の間で. 宮正樹・松浦啓一(編著), 魚の自然史, 147-160. 北海道大学図書刊行会, 札幌.

向井貴彦. 2001. 魚類の種分化プロセスにおける交雑と遺伝子浸透. 魚類学雑誌, 48:1-18.

中坊徹次編. 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会, 神奈川.

外来種プラナリアの生態研究

兵庫県立西宮高等学校 自然科学部
2年 谷田清楓 石井美樹 岩下歌武輝
細田ひかる 平櫛歌菜

1. 背景および目的

在来種プラナリア（ナミウズムシ *Dugesia japonica*）はほぼ日本全域の湧水や溪流に生息しており、環境省の「水生生物による水質判定」では「きれいな水」の指標生物とされている（浦野 2014）。ところが、明らかに富栄養化した都市河川の水生生物調査において、プラナリア類が生息しているのを発見し、実態顕微鏡で観察したところ、外来種であるアメリカツノウズムシ *Girardia dorocephala* であることが判明した。本種は北米大陸原産で、ナミウズムシと同様サンカクアタマウズムシ科に属し、体表には茶褐色～黒茶褐色の細かい色素点がみられる。頭部は正三角形に近く、耳葉は長く尖っている（原島, 2015）。日本では 2003 年に愛知県の水族館で見つかったのが最初である。（川勝, 2007）この外来種プラナリアについて、日本における詳しい生態がわかっておらず、その環境適応力や再生能力を在来種と比較しながら考察するのが本研究の目的である。

2. 方法

(1) 生息地の水質測定

アメリカツノウズムシの生息地である天神川（伊丹市、武庫川支流）とナミウズムシの生息地である湧水（神戸市中央区、私有地）の水質をパックテスト（共立科学研究所）を用い、COD, $PO_4^{3-}-P$, NH_4^+-N , $NO_3^- -N$, $NO_2^- -N$ について測定した。また同時に水温, pH, 電気伝導度 (EC) についても測定を行った。

(2) 体長および移動速度

暗室において、水の入った $25 \times 15 \times 3$ cm の透明アクリル容器の下に方眼紙を敷き、一方から LED ライトで照射し、その中でプラナリアが暗所に移動する速度を計測した。10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C の各水温で、プラナリアを一昼夜順化した後、その水温下で実験を行った。一個体について 3 回計測し、外来種、在来種ともに各温度 6 個体ずつ計 60 個体で実験を行った。また、同時に移動中の最も体が伸びた状態での各個体の体長を測定した。

(3) 水温による 2 種の再生能力

シャーレの上に冷水で濡らしたろ紙を敷き、その上でプラナリアをメスで頭部、胴体、尾部に 3 等分し、一旦 20°C の水に入れた後、徐々に水温を各設

定温度にし、順化した。恒温器, ヒーター, 冷蔵庫等を用いて 5°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C の水環境をつくり、その中に切断したプラナリア 2 種を各温度ごとに 5 個体ずつ入れ、計 50 個体で実験を行った。切断 3 日目より実体顕微鏡を用いて各部の再生の様子を観察した。尾部については眼が再生する日数を計測し、頭部については全身が再生する日数を計測した。

(4) 生存可能な水温域の測定

25°C の水中に入れたアメリカツノウズムシ, およびナミウズムシ各 5 尾を半日かけて 30°C の水中で順化させ、さらに 2 日ごとに 2°C ずつ水温を上げていき、生息状況を確認した。さらに水温 5°C の下でも生息状況を確認した。

なお、(2)～(4) の実験では、1 日以上汲み置きした水道水を使用した。

3. 結果および考察

(1) 生息地の水質

天神川の水温は 25.5°C で、COD が 8 mg/L, $PO_4^{3-}-P$ が 0.1 mg/L と高値で、湧水の水温は 20.5°C で、COD が 2 mg/L 以下、 $PO_4^{3-}-P$ が 0.02 mg/L 以下あった（表 1）。アメリカツノウズムシの方がより富栄養化した水域に生息していた。

	採水日	9/9	9/14
		天神川	湧水
水温 (°C)		25.5	20.5
COD (mg/L)		8	<2
$PO_4^{3-}-P$ (mg/L)		0.1	<0.02
NO_3^+-N (mg/L)		0.2	2
NO_2^+-N (mg/L)		0.005	<0.005
NH_4^+-N (mg/L)		0.2	<0.2
pH		7.2	7.4
EC (mS/cm)		0.22	0.42

表 1 プラナリア生息地の水質

(2) 体長および移動速度

10°C 水の個体は体が十分に伸びきらないため、体長測定から除外した。それ以外の各 24 個体ずつ計 48 個体で計測した結果、アメリカツノウズムシの平均体長は 10.8 mm, 最大値 15 mm で、ナミウズムシの平均体長は 9.2 mm, 最大値 13 mm で有意差が認められた（図 1, $P < 0.01$ ）。

また、移動速度はどの温度帯でもナミウズムシの方が速かった。30°C, 25°C の高水温ではその差は小さく、20°C, 15°C では約 1 mm/s とその差が大きくなった。10°C では両種とも動きが遅くなり、アメリカツノウズムシはわずか 0.53 mm/s であった（図 2）。

体長 mm

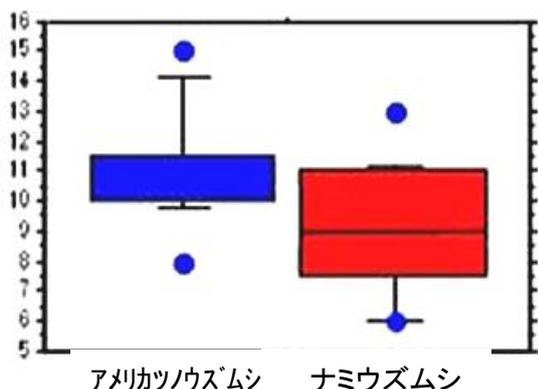


図1 プラナリア2種の体長比較

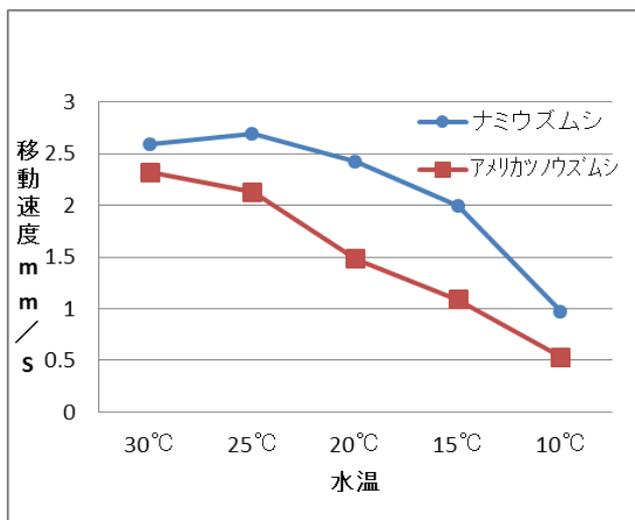


図2 水温による2種の移動速度比較

(3) 水温による2種の再生能力

どの温度帯であっても眼および全身の再生日数には両種間では大きな違いは見られなかった。両種とも 25°C, 30°C の高温域ほど再生時間が短く、低温になるにしたがって再生に時間がかかるようになった。15°C では両種とも尾部から眼が再生したが、頭部からは 10 日間の実験期間中、全身再生しなかった。また、5°C の低温域ではアメリカノウズムシの切断個体は 3~7 日ですべて死滅してしまったのに対し、ナミウズムシは再生が進まないものの、その後も生存し続けた (表 2-1, 2-2)。

眼の再生(尾部)

水温	アメリカツノ	ナミウズムシ
30°C	3 日	3 日
25°C	3 日	3 日
20°C	3-5 日	3-4 日
15°C	7-8 日	6-7 日
5°C	死滅	注 1

表 2-1 水温差による眼の再生日数

全身の再生(頭部)

水温	アメリカツノ	ナミウズムシ
30°C	6-7 日	6-7 日
25°C	6-7 日	6-7 日
20°C	7-8 日	7-10 日
15°C	>10 日	>10 日
5°C	死滅	注 1

注 1 生存するも 10 日以上再生が進まなかった。

表 2-2 水温差による全身再生日数

(4) 生存可能な水温域の測定

30~32°C では両種は少なくとも 2 日間生息し、32~34°C においてはナミウズムシは死滅し、アメリカノウズムシは少なくとも 2 日間生存した。しかし 35°C 以上になると死滅した。5°C の低温では両種とも 10 日間は生存していたが、ほとんど動かなかった。

4. 考察および今後の課題

河川の上流部に生息するナミウズムシと下流域に生息するアメリカノウズムシの生態は、室内での温度差による実験では大きな違いは見られなかった。ナミウズムシが 30°C の高温下でも生存可能であった。移動速度や再生実験においてわずかにナミウズムシの方が低温域に強く、逆にアメリカノウズムシは 34°C の高温域でも生存した。ただ、この僅差の温度差だけでは生息域の違いは説明できない。さらに生息地の水質、溶存酸素、食性、他種との競争、捕食等について調査が必要である。また、再生実験結果を統計的に処理するためには実験個体数を増やす必要があるが、ナミウズムシの保全のためには同じ場所から一度に多数捕獲することは避けるべきであり、複数回にわたって採集する必要がある。

日本における外来種プラナリアの生態についてはまだまだ不明な点が多く、今後も研究を継続する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 浦野紘平他, 水の生き物を調べよう, 環境省水大気環境局, (2012)
- 2) 原島広至他, 実験単, イヌ・ティ・エヌ, (2015)
- 3) 川勝正治他, プラナリア類の外来種, 陸水学雑誌, 68 巻, 461-469 (2007)
- 4) 山田卓三他, 新しい教材生物の研究, 講談社 (1980)

西池・黒池のオニバスの復活

兵庫県立伊丹北高等学校 自然科学部

2年筑紫俊哉, 根来朝子, 佐々木麻衣,

大塚琢矢, 山成美月

1年塩谷夏輝, 嶋田拓人, 小坂直暉

1. オニバス [*Euryale ferox* Salisb] とは

スイレン科の一年生浮葉植物。環境省のレッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に指定されている。暖地の池や沼に生え、体表に多くのとげがある。葉は一般的にまるく、水面に浮き、直径は、約 30~150cm になり、時に 2m を超える。初夏、花茎を出して水面に直径 4cm ほどの紅紫色の花を咲かせる開放花と、水中で花弁を閉じたまま自家受粉し結実する閉鎖花がある。

種子の発芽率の平均は、1 年目で 6.7%、2 年目で 33.5%、3 年目で 18.9%、4 年目で 8.8%、5 年目で 7.8%⁽³⁾ となり発芽率は悪いが、種子は休眠状態で数十年は生存可能と推定されている。

2. 動機及び目的

伊丹市鴻池地区の黒池・西池は阪神間唯一のオニバスの自生地として有名だったが南部の宅地開発後、平成 14 年(2002 年)以降は発生が確認されなくなった⁽⁴⁾。両池でのオニバスは絶滅したものと考えられた。

このことから、黒池・西池が以前のようなオニバスが生育できる環境ではなくなったのではないかと考えた。その要因として、①アカミミガメが増え捕食している⁽¹⁾②池の土が生育に適していない土になったからではないかと考えた。地域的にも復活を望む声があり、以前の状況を取り戻すために、アカミミガメは捕獲し駆除することとし、池の土がオニバスの生育に適しているかどうかを調べてみることにした。また、同時に③池でオニバスの栽培を試みた。

3. 方法

①アカミミガメの駆除

2011 年よりモンドリを西池・黒池の K1,K2,N1,N2 の計 4 か所に仕掛け、4月~10月の間およそ月に一回カメを捕獲し、調査した。アカミミガメは捕獲後、駆除した。

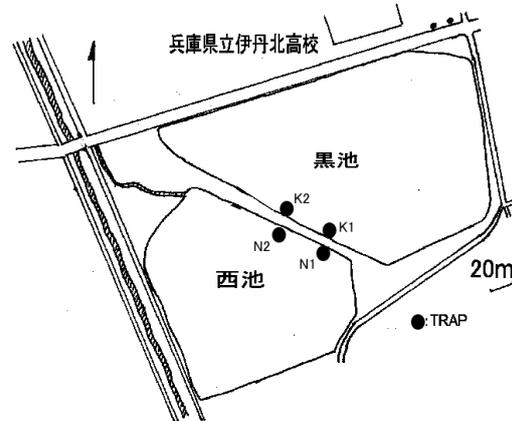


図1 カメ調査地点

②土壌を確かめる

野菜用土と砂と育苗倍土を 2:1:1 の割合で混ぜた土(以下用土)と西池で採取した土とを用い種子を蒔き、学校のビオトープ内で育つかどうか調べた。

③オニバスの栽培

(ア)伊丹市みどり自然課および伊丹の自然を守り育てる会より、保全していた西池・黒池の種子を頂きポットで葉が 3~4 枚になるまで育てたものを西池の網で囲んだ中とその外側に移植した。

(イ)テニスボール大の土ダンゴに種子を 2~3 個入れて西池と黒池に 10 個ずつ投げ入れた。

4. 結果

①アカミミガメの駆除

2011 年よりアカミミガメを捕獲し、駆除をしてきたことで年を経るごとに減少している[図2]。ここ3~4年ではほとんど捕獲されることはなくなった。しかし池に浮いている姿を目撃しているため、完全に駆除は出来ていない。



図2 アカミミガメの年間捕獲数

② 土壌を確かめる

用土の方が池の土より葉がやや大きく育ち[表 1]、栄養分の差が育ちの違いとなって表れたが、池の土でもオニバスは育つことが出来た。

表1 学校のビオトープで栽培しているオニバス

土		用土	西池の土
葉の直径 (cm)	最大	21.0	16.0
	最小	8.5	3.4
	平均	13.4	9.9
枚数(枚)		19	23

③ オニバスの栽培

(ア)西池に植えたオニバスは昨年まで途中で茎が切れ、うまく育たなかった。今年は外部から他の生物の侵入が出来ないように網で囲んだ中に移植したものが育っている[図 3]。その外側に移植したのも、約 1/3 が育つことが出来ている。

(イ)2年前に土ダンゴを蒔いた地点で黒池から4か所、西池で3か所オニバスが育ち、現在そのうち西池の2つが大きく成長している。



図3 西池に移植したオニバスの生育状況 (2017.09.15)

5. 考察

結果①③よりアカミミガメの駆除が進み、網で囲まなくても西池でオニバスが大きく成長したことから、アカミミガメによる生育阻害要因はなくなっていると考えられる。また、結果②③より池の土であっても学校のビオトープでオニバスが育つことが出来たことと、今年西池でオニバスが大きく成長したことから、池の土には問題がないと分かった。

6. 反省と課題

アカミミガメが捕獲できなくなっているのは、アカミミガメが学習しモンドリにかからなくなっている可能性がある。そこでアカミミキャッチャーという装置での捕獲を試みていきたい。

今年は15年ぶりに西池・黒池でオニバスの生育が見られた。残念ながら黒池で見つかったオニバスの葉は8月下旬には見られなくなり消滅した。しかし西池のオニバスは2m近い葉をつけ大きく成長し、花も大きい株では30程度つけ、この後、多数の種子を得ることが期待される。その種子から今年と同じようにオニバスが育つかどうかは分からないが、アカミミガメの駆除をさらに進めることと、オニバスの生育阻害要因をさらに研究したい。そして継続してオニバスが見られるように活動を続けていきたい。

参考文献

- 1) 狐狸ヶ池のアカミミガメ防除に係る業務報告書 株式会社自然回復 平成28年3月
- 2) オニバスの保護管理タイトル
- 3) 香川の環境
http://www.pref.kagawa.lg.jp/kankyo/sizen/onibas_u/siryo/seibutu3.htm 2017/07/31
- 4) 伊丹公論第27号平成27年5月31日

謝辞

オニバスの種子の提供と育成方法を教えていただいた伊丹市みどり自然課および伊丹の自然を守り育てる会の方々に感謝申し上げます。

ミドリシジミのマーキング調査

兵庫県立川西明峰高等学校 理科部
1年 大西裕

1. 動機

私達川西明峰高校理科部は、明峰高校の向かいにある石切山で、生物調査を行ってきました。その中で、6月～7月に姿を現すミドリシジミは、ハンノキという樹木の周りで飛び交います。それを以前から観察した私達は、「ミドリシジミは生まれた木を移動しないのではないか」という疑問を抱きました。その疑問を解明するため、マーキング調査を行うことにしました。

2. 方法

石切山の中で、調査ポイントを2つに絞り、それぞれA地点・B地点とする。調査地点にはハンノキが存在します。

A地点で採集したミドリシジミは赤色、B地点で採集したミドリシジミは黒色でマーキングする。観察回数は2017年6月から7月の20日間。両地点とも、ミドリシジミの行動数を把握するため、15分おきに確認できたミドリシジミの個体数を記録し、同時に気温と照度も記録する。A地点とB地点のは距離約270m。

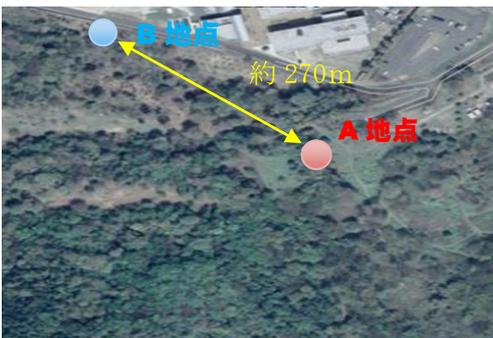


写真1 A地点とB地点 (Yahooより)

3. ミドリシジミ



写真2 ミドリシジミ 大西祐撮影

和名：ミドリシジミ シジミチョウ科

学名：Neozephyrus japonicus

開帳：30～40 mm

分布：北海道～九州

生息地：平地の川原～山

成虫の活動時期：6月～9月



写真3 A地点で赤字「1」とマーキングされたミドリシジミ

4. A・B地点での調査

表1 A地点での調査

A 6月20日 曇り			
時間	気温	照度	時間・採集番号
18:00	24, 0°C	1350	18:01 1, 2
18:15	23, 0°C	666	
18:30	21, 5°C	402	

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	24, 0°C	1416	17:42 3
18:00	23, 0°C	770	
18:15	22, 0°C	800	
18:30	20, 5°C	395	18:50 4

A 6月26日 曇り			
時間	気温	照度	時間・採集番号
18:00	23, 5°C	2650	
18:15	22, 0°C	2480	18:18 5
18:30	22, 0°C	560	18:28 6
18:45	21, 0°C	290	

A 6月28日 曇り			
時間	気温	照度	時間・採集番号
17:30	25, 0°C	5010	17:35 7
17:45	22, 5°C	1846	17:49 8
18:00	22, 0°C	2652	17:55 9, 10
18:15	22, 0°C	1867	18:26 11, 12
18:30	22, 2°C	1990	18:30 13, 14
18:45	22, 0°C	1090	

表中の採集番号はマーキングされた番号を示す。○は再捕獲された番号を示す。

照度の単位はlux

A 7月3日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
18:15	25, 0°C	2746	
18:30	24, 8°C	1672	18:36 A⑨
18:45	24, 3°C	1130	
19:00	24, 8°C	722	

A 7月7日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	27, 3°C	7530	
18:00	26, 2°C	7220	
18:15	25, 3°C	3000	18:15 15
18:30	25, 2°C	2120	18:19 16
18:45	24, 0°C	895	18:26 17

A 7月11日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	27, 2°C	1892	
18:00	26, 2°C	1590	
18:15	26, 5°C	2341	18:20 18
18:30	26, 2°C	1845	
18:45	26, 2°C	650	18:45 19
19:00	26, 0°C	315	18:57 A⑰

A 7月19日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	27, 3°C	3995	17:58 20
18:00	27, 0°C	3099	
18:30	26, 0°C	1146	
18:45	25, 4°C	764	

A 7月24日 曇り

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	28, 2°C	1200	17:54 21, 22
18:00	27, 0°C	600	
18:15	26, 4°C	572	

A 7月26日 曇り

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	24, 5°C	1610	17:56 23
18:00	24, 8°C	1416	
18:15	24, 2°C	1230	
18:30	23, 7°C	1005	

表2 B地点での調査

B 6月22日 曇り

時間	気温	照度	時間・採集番号
18:00	22, 0°C	3300	
18:15	22, 0°C	3620	18:20 1
18:30	21, 0°C	3400	
18:45	21, 0°C	3630	18:46 2
19:00	21, 0°C	1660	

6月24日～7月10日 紙面の都合で省略

B 7月13日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
18:45	19, 5°C	3538	18:50 B⑥
19:00	25, 5°C	1320	
19:15	25, 3°C	545	

B 7月14日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
18:45	27, 0°C	766	18:57 15♂, 16♀
19:00	24, 8°C	490	

B 7月15日 晴れ

時間	気温	照度	時間・採集番号
19:00	26, 2°C	477	19:05 B⑮
19:15	25, 0°C	185	

B 7月28日 曇り

時間	気温	照度	時間・採集番号
17:45	27, 8°C	2225	17:38 17

5. ミドリシジミの行動数調査

行動数は各地点での15分間に活動した個体数の総数を記録したものである。

表3 B地点の6月22日の行動数調査

B 6月22日 曇り

時間	気温	照度	行動数
18:00	22	3300	5
18:15	22	3620	20
18:30	21	3400	14
18:45	21	3630	6
19:00	21	1660	0

6. 考察

マーキング調査において、両地点とも違う地点でマーキングしたミドリシジミは見られなかった。しかし、同じ地点でマーキングしたミドリシジミが何匹も再捕獲されたため、ミドリシジミは生まれた付近から移動しないと考えられる。

行動数調査において、A地点の気温は21度近くになると、ミドリシジミは活動を停止し、B地点の気温は21度になると完全に活動を停止することが分かった。

今回の調査で、ミドリシジミが活動を始める気温と照度と活動を停止する照度も分からなかったため、今後の課題としたい。

7. 参考文献

「日本の昆虫1400 ①チョウ・バタ・セミ」高井幹夫他著、文一総合出版、2013年

照度によるクヌギの生育の違いについて

兵庫県立川西北陵高等学校 自然科学部
2年 井口翔太 木下直哉 杉浦菜月
山岡未奈
1年 村上希武

1. 動機および目的

本学は平成 27 年度より川西市の地場産業である菊炭の研究を行ってきた。菊炭の材料にはクヌギ(*Quercus acutissima*)が用いられる。近年、里山の荒廃からクヌギ林が減少し、菊炭の存続が危ぶまれている。里山の特徴は、枝打ちなど人の手が加わることで、林床の照度が自然林よりも明るく保たれているということにある。里山がなぜクヌギの生育に適しているのか、照度とクヌギの生育の関係を調べることで、菊炭の材料であるクヌギの保全につながるのではないかと考え、今回の実験を行うことにした。

2. 材料と方法

① 庇影試験

実験には、川西市黒川地区のクヌギ林から採集した種子を植木鉢で育成した苗を使用した。庇影処理区として相対照度 2%、5%の 2 区を設け、対照区として相対照度 100%を設けた。相対照度に関しては、学校付近の管理があまりされていない森林(相対照度 2%)、ある程度管理されている森林(相対照度 5%)および更地(100%)を参考に決定した。庇影方法としては、「マルソルフチドリ付き日よけ遮光率約 80%」を用い、これを重ねることで目的の照度とした。各照度に設定した区で、発芽させたクヌギ苗 7 個体を 7 月中旬から 9 月中旬まで約 2 か月間育て、茎の長さ、葉の枚数、正午の照度を計測した。

② 成長促進物質の抽出および展開

《成長促進物質の抽出》

①で育成したクヌギの芽を採取し、0.1g を乳鉢ですりつぶし 150mL のエーテルに入れ、20 時間冷蔵庫内で抽出を行った。次いでドラフト内で 50mL になるまで濃縮した。その後、2%重層水溶液 60mL を加え、分液漏斗で物質を抽出した。重層溶液層にクエン酸水溶液を加えて pH2.8 にした。これに 50mL のエーテルを加え、分液漏斗で物質を抽出した。この操作を 3 回繰り返す、エーテル層に無水硫酸ナトリウムを加えた。

《ペーパークロマトグラフィー》

抽出で得たエーテルを濃縮して、ペーパークロマトグラフィー(以後 PC と表記)で分析を行った。展開液はイソプロパノール:アンモニア:水=8:1:1 の体積比にしたものを用いた。成

長促進物質の展開と並行して、IAA(インドール酢酸)も同様の方法で展開した。

《アベナ伸長テスト》

吸水し発芽したアベナの種子を土に蒔き、暗室で育成した。その後、2~2.5cm に生育したアベナの幼葉鞘の先端 3mm を切り取った後、6.5mm の長さに切り取り、伸長テストに用いた。

リン酸塩緩衝液にクエン酸を加え pH5 に調製し、2%ショ糖を加えたものを試験液として用いた。試験液調整後、6.5mm のアベナ切片と前述の PC で展開したろ紙を 10 等分にしたもの(原点に近いものから Rf 値 0~0.1、0.1~0.2 となる)を試験液に加え、暗室に 24 時間静置し、切片の長さをデジタルノギスで計測した。なお、ろ紙を加えず試験液のみにアベナ切片を加えたものをコントロールとした。IAA についても同様のテストを行った。

3. 実験結果と考察

① 庇影試験の実験結果は表 1 のとおりである。

	平均照度	最大照度	最低照度	茎伸長率	葉数変化
相対照度	lux	lux	lux	%	枚
2%	929	2502	160	104.7	+3
5%	1839	4710	360	100.4	+6
100%	40426	114300	2400	100.2	+7

表 1 各実験区における照度とクヌギ苗の成長

茎伸長や葉の枚数変化など、クヌギ苗の成長に有意な差は見られなかったが、新芽の出る場所に顕著な違いが現れた。相対照度 2%区と 5%区のクヌギでは、頂芽が成長したのに対して、100%区のクヌギでは根元に近い下部の腋芽(側芽)が成長した(図 1)。頂芽の観察を行ったところ、100%区のクヌギの頂芽は乾燥し黒く変色していたのに対して、2%



図 1 100%区の腋芽

区および 5%区のクヌギの頂芽は緑色で産毛のような細かい毛で覆われ



図 2 100%区(右)と 2%区(左)の頂芽

ていた。(図 2)このことから「相対照度 100%の強光下では、健全な頂芽が育たず、オーキシンの減少により頂芽優勢が崩れている」と仮説を立て、実験②を行った。方法に関しては、橋詰¹⁾を参考にした。

② 実験結果を図 3~図 5 に示す。これらの図の縦軸は、コントロールのアベナの長さを 100 としたときのアベナ切片の長さの変化を成長率(%)として表したものである。横軸は、PC の Rf 値を表している。アベナ伸長テストは 6 回繰り返し、その平均を結果に用いた。図中の⇄は IAA

の検出結果(Rf 値 0.3~0.4)を表している。

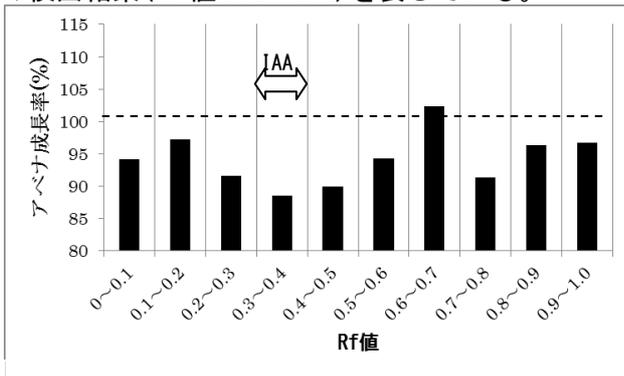


図3 相対照度 2%で生育したクヌギの頂芽における成長促進物質及び抑制物質

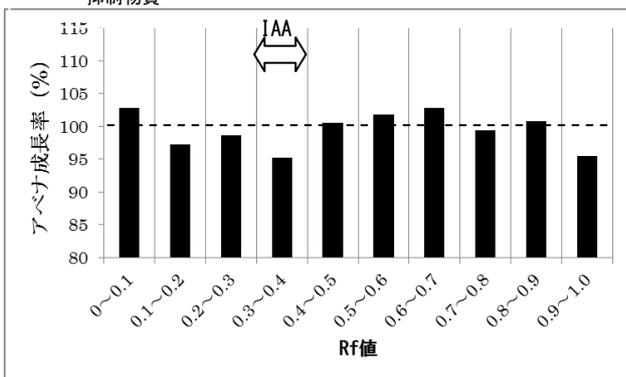


図4 相対照度 5%で生育したクヌギの頂芽における成長促進物質及び抑制物質

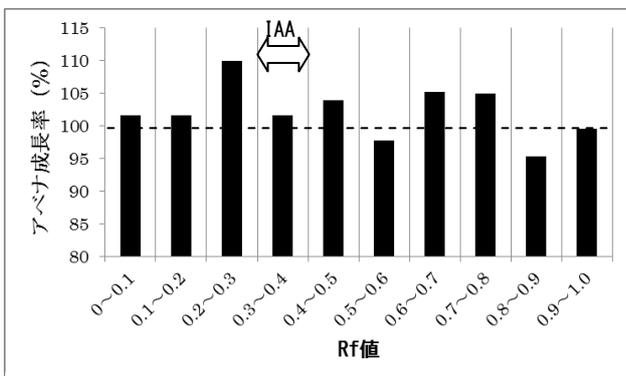


図5 相対照度 100%で生育したクヌギの頂芽における成長促進物質及び抑制物質

相対照度 2%で生育したクヌギの頂芽では、Rf0.6~0.7でのみ成長促進が、その他のRf帯では成長抑制が見られたが、特にRf0.2~0.5で強い抑制効果が見られた。相対照度 5%で生育したクヌギの頂芽ではRf0.3~0.4、0.9~1.0に抑制が見られたが、全体的にコントロールと同様の成長を示し、成長促進物質の顕著な影響は見られなかった。相対照度 100%で生育したクヌギの頂芽では、Rf0.2~0.3で強い成長促進が見られ、0.8~0.9で抑制が見られた。この100%区のRf0.2~0.3の物質は、橋詰¹⁾の研究でも報告されており、ここで検出された物質は、クヌギのオーキシシン様物質の一つである可能性が高い。インドール酢酸(IAA)とRf値が異なるため、

インドール酢酸そのものではないが、近い値を示すことから類似物質であることが予想される。

仮説に反し、相対照度 2%や 5%ではオーキシシン様物質がほとんど検出できなかった。橋詰²⁾によれば、クヌギの補償点は相対照度 5%~15%であると報告されており、どちらの実験区も光合成が十分に行われず、成長促進物質の合成に影響を与えた可能性が考えられる。

100%区の頂芽優勢が崩れた原因を特定するためには、クヌギ苗にとって最適な照度の実験区を設定し、その実験区との比較を行う必要がある。また、頂芽優勢はオーキシシン量の減少のみならず、サイトカイニン量の増加によって引き起こされる現象であるため、サイトカイニンの抽出及び検出も試みる必要がある。

今回の実験では、相対照度 2%は荒廃した里山を、相対照度 5%は管理された里山を想定した実験区であったが、実験結果より、相対照度 5%は理想的な照度よりも低いことが考えられる。また、クヌギは陽樹といわれているが、造成地や更地などでは、頂芽優勢が崩れる可能性があるため、他の植物と混生した時に早く伸長することができず、生存競争に負けてしまうことが考えられる。よって、クヌギの健全な育成のためには、相対照度 5%以上の明るい林床が望ましいといえる。

4. 結論

- ・相対照度 100%でクヌギ苗を育成すると腋芽が成長する。
- ・相対照度 2%および 5%で育成したクヌギ苗の頂芽からは、成長促進物質がほとんど検出されなかった。
- ・相対照度 100%で育成したクヌギ苗の頂芽からは、オーキシシン様物質が検出された。

5. 今後の課題

- ・相対照度 5%以上の実験区の設定
- ・高校の設備で可能なサイトカイニンの抽出、検出方法の探究
- ・アベナ伸長テストに代わる生物検定材料の選定
- ・実験データの増加

6. 参考文献

- 1) 橋詰隼人：広葉樹の苗木の生長に対するジベレリンの効果及び苗木の生長と内生生長物質との関係 広葉樹研究 No. 3:33~49 (1985)
- 2) 橋詰隼人：クヌギ苗の生育と日光量との関係 広葉樹研究 No. 2:1~12 (1983)
- 3) 横田孝雄, 室伏旭：植物ホルモンの分析法 (2)

篠山川のオヤニラミの生息状況 ～環境DNAによる調査の検証～

兵庫県立篠山東雲高等学校 自然科学部
2年 太田龍乃介, 大山 朝史, 橋本寛之助
1年 揚田 英人, 稲岡 大晟, 上田 有沙
藤田 明士, 山上 琴音
兵庫県立篠山鳳鳴高等学校 生物部
2年 本田 凌大
1年 奥村 力也, 松浦 稔樹, 藤林 尚也
降矢 大智, 上坂 壮太

1. 動機及び目的

篠山川は、兵庫県と京都府との境を源流とし、篠山市内を東から西へ流れ、丹波市山南町で加古川に合流する河川である。篠山市内の河川では多くの魚類を確認できており、その中にはレッドデータブックに記載されるような希少種も含まれている。

私たちは、平成 26 年度から、篠山市内の河川 30 地点(図 1)において、環境DNAによる調査と捕獲調査により、アカザ・ドジョウ・メダカ・スナヤツメ・オヤニラミの調査を行ってきた。これらのうち、アカザ・ドジョウ・メダカの 3 種については、多くの地点で捕獲でき、環境DNAも検出できることがわかった。しかし、スナヤツメとオヤニラミについては捕獲個体数が少なく、環境DNAの検出も少ない状況にある。

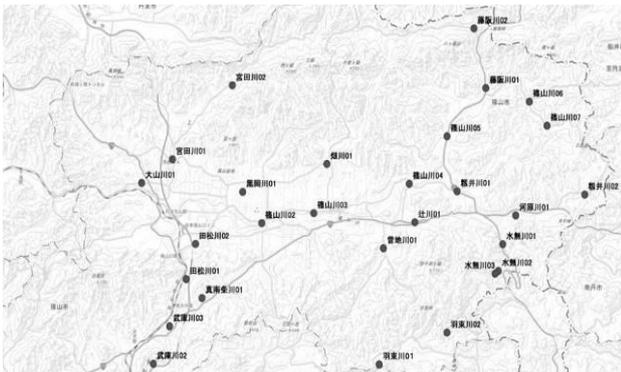


図 1 環境DNA採水調査地点

オヤニラミ(図 2)は、流れの緩やかな岸辺の水草の間や物陰にすんでなわばりをもち、オスの親が卵や稚魚を保護する習性がある。近年、河川改修などの環境の変化により、環境省レッドリストで「絶滅危惧 I B 類」、兵庫県版レッドリストで「Bランク」に指定されている。篠山川においても以前は多く生息していたという情報はあつたものの、近年はほとんど見ることができなくなっている。

そこで、平成 28 年度からは、オヤニラミについ

て重点的に生息場所の調査を行ったので、そのことについて報告する。なお、本報告において詳細な調査地点等は生息場所の保護のために記載は省略する。



図 2 オヤニラミ

2. 方法

(1) 調査期間

平成 28 年 4 月～平成 29 年 9 月

(2) 調査場所

篠山川の本流と支流(篠山市内)

(3) 調査方法

ア. 捕獲調査

調査参加者全員(10～15名)でたも網を用いて 1 地点につき約 1 時間、水生生物を採集した。採集できた水生生物の種類と個体数を記録した。

イ. 環境DNAによる調査

平成 28 年 10 月 8 日(土)に篠山川本流で 500 m ごと計 26 地点で河川水をそれぞれ 1 L 採取した(図 3)。採取した河川水の環境DNAの分析(オヤニラミの糞や粘液等のDNAの有無)を神戸大学大学院人間発達環境学研究科の源利文先生に依頼した。



図 3 河川水の採取

3. 結果

(1) 捕獲調査

本調査において魚類を9科19種、両生類3種、昆虫類10種、甲殻類4種、その他2種を確認した。これらのうち、環境省および兵庫県版のレッドリストに記載されている種は6種(アカザ、ドジョウ、メダカ、スナヤツメ、オヤニラミ、オオサンショウウオ)であった。なお、オオサンショウウオについては平成29年9月10日に1個体採集し、兵庫県自然保護協会の大沼弘一氏に計測していただいた(図4)。



図4 オオサンショウウオの計測

オヤニラミについては、1地点(図5)で3回、計5個体(平成28年8月6日に1個体、同年9月11日に3個体、平成29年5月27日に1個体)を採集した。同じ地点で複数回確認できていることからこの周辺が安定した生息場所と考えられる。しかし、この地点以外では確認できないので篠山川でのオヤニラミの絶滅が危惧される。



図5 オヤニラミの生息場所

(2) 環境DNAによる調査

河川水を採取した26地点のうち8地点においてオヤニラミの環境DNAを検出できた。連続して検出できた地点をつなぐと、分布域は上流

側2.5kmと下流側3kmの2ヶ所に絞ることができ、この分布域は3km離れている。なお、捕獲調査によりオヤニラミを確認した地点は、上流側のほぼ中央部にある。

4. 考察

希少種の生息場所の探索をするためには、調査地域で捕獲することでその生息場所の特定ができる。しかし、調査地域が広範囲な場合、その調査にはかなりの労力が必要となり、捕獲調査だけでは限界がある。そこで環境DNAを用いて調査をすると効率よく目的とする生物の有無を調べることができる。ため池などの閉鎖的な水域では生物の有無を調べる効果はあるが、河川のような水の流れがある開放的な水域での効果は不明である。

今回の私たちの調査により、オヤニラミの環境DNAによる分布域のうち、一つは捕獲場所と一致した。もう一つは分布域ではまだ捕獲できていないが、この分布域内のどこかに生息場所があると思われる。

5. 反省と課題

私たちは限られた時間を使い捕獲調査を行ってきた。オヤニラミの生息場所の1ヶ所は発見できたが、もう1ヶ所はまだ発見できていない。今後は、採集技術を高め、生息場所の特定をしていきたいと思っている。そして、河川改修の工事をすることがあれば、生息場所の環境をこわさないように呼びかけていき、オヤニラミをはじめとする希少種の保全に努めていきたいと思っている。

6. 参考文献

- 1) 環境省編 レッドデータブック2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物—4 汽水・淡水魚編(2015)
- 2) 兵庫県編 改訂・兵庫の貴重な自然—兵庫県版レッドデータブック2003—(2003)
- 3) 兵庫県立農業高等学校生物部 環境DNA手法を用いた希少種調査方法の確立 共生のひろば10号, 18-21(2015)

7. 謝辞

本研究において、神戸大学大学院人間発達環境学研究科の源利文先生・清野未恵子先生、京都学園大学バイオ環境学部の丹羽英之先生ほか多くの方々にお世話になりました。厚くお礼を申し上げます。

クロゴキブリの歩行時の脚の運びと重心移動

兵庫県立西脇高等学校 生物部（ゴキブリ班）

3年：奥田真奈, 越前太智, 篠田睦生 2年：岩田

真菜佳, 棚倉有紀, 橋本真子, 藤井陽菜子, 寶谷舞

1年：杉本溪都, 棚倉淳朗, 山添和花, 吉田拓真

キーワード：本論文では、鉛直歩行の起点を原点、6本の脚の中心部を重心という（[図1](#)）。

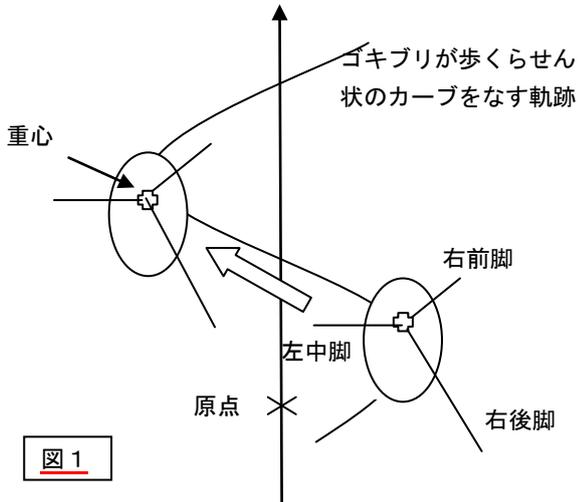


図1

1. 研究の動機と目的

筆者らは2016年からクロゴキブリの歩行に関する研究をおこなっている。クロゴキブリはその外見から人々に忌み嫌われる存在だが、独特な動きは愛嬌があり筆者らの興味をそそる対象である。2016年は、6本の脚の先に4枚ずつみられる褥盤が歩行にどのような働きを担っているのかを明らかにしたが、研究者から、そもそもそれぞれの脚の機能的役割を示すようにという助言を得た。その後もクロゴキブリを飼育して観察を続けていた筆者らは、水平面と鉛直な壁を歩行させ、そのときの各脚の動かし方と重心の移動がクロゴキブリの歩行にどのような影響を与えているのかを明らかにすることを目的に研究をおこなった。

2. 水平方向と鉛直方向歩行の各脚の運び方

(1) 観察方法

自作した専用レーンを水平および鉛直に設置し、その一端にクロゴキブリを入れて歩行させ、各脚の運び方を確認した。

(2) 観察結果と考察

[図2](#)に、クロゴキブリの鉛直歩行の一例をグラフで示す。水平方向でも鉛直方向でも、原点から重心を左右にらせんを描くように歩行している。先行研究では、ゴキブリは水平方向でも鉛直方向でも、右前脚、左中脚、右後脚（左前脚、右中脚、左後脚）を同時に動かす3点歩行をしているとし

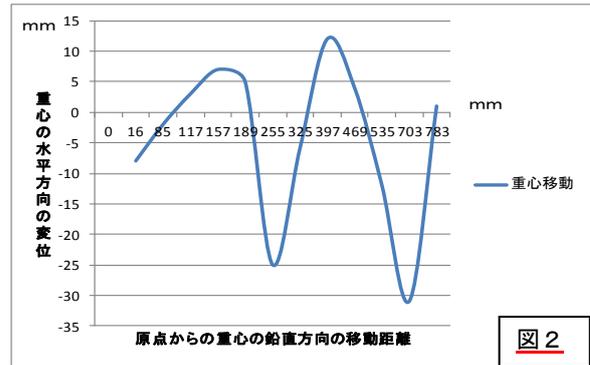


図2

ている^{1) 2)}。筆者らは、水平方向の歩行時には3点歩行しているが、鉛直方向の歩行時には3点歩行せず、右前脚→左中脚→右後脚→左前脚→右中脚→左後脚と脚を運んで歩行することを明らかにした（[図3](#)）。

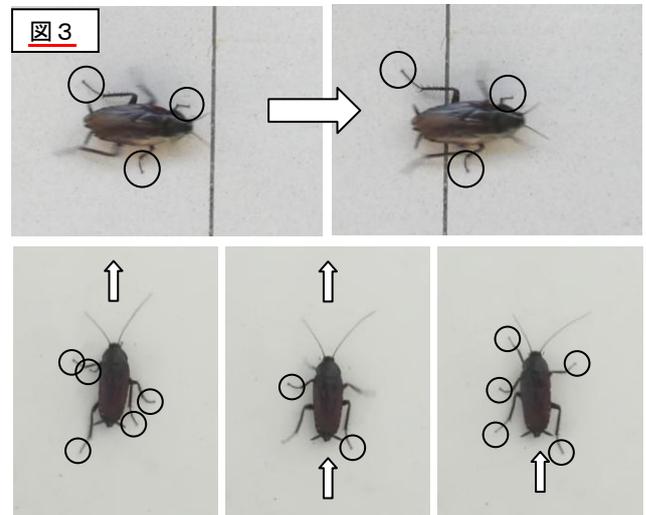


図3

クロゴキブリは右前脚→左中脚→右後脚と脚を運んで歩くため、前脚や中脚が欠落している個体は鉛直壁面を上げることはできない。

各脚の先端部の重心からの水平距離と脚の運びごとの重心移動の水平距離（どれだけ横に移動したか/[図4](#)）の関係をみると、鉛直歩行の際の後脚が特徴的な傾向を示している。[図4](#)では、右前脚が動くことで重心が左に移動するなど、重心が脚の接地と反対方向に移動したときに－（マイナス）とした。

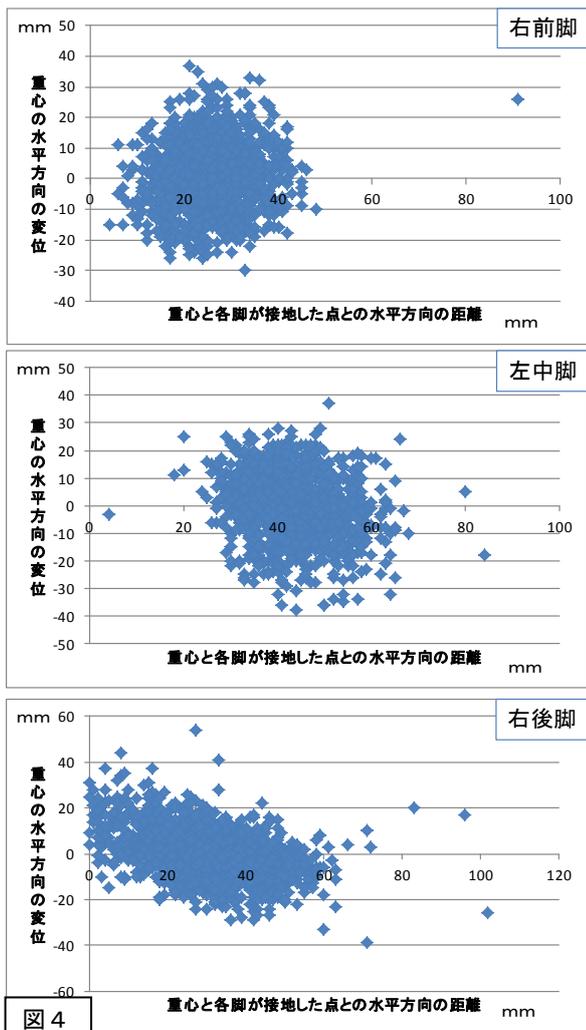
3. 鉛直歩行時の3脚の運びの関係を調べる観察

[図4](#)の後脚の役割を考えるためには、前脚や中脚との関係を考えなければならないと考えた。そこで、前脚、中脚、後脚の歩行における脚の運びの相互関係を明らかにする観察をおこなった。

(1) 観察方法

自作のレーンを鉛直方向に設置し、クロゴキブリをレーン内に入れて上らせ、右後脚と右前脚、左中脚との関係に注目して歩行を観察する。

(2) 観察結果と考察



右後脚を重心から大きく右方向に蹴りだすとき、右前脚は重心からまっすぐに前方にのびており、重心は左方向へ大きく移動する。右前脚→左中脚と脚を運び、次に右後脚を蹴りだすとき、クロゴキブリは水平距離で重心の近く（真後ろの方向）に蹴りだしてあり、そのときの右前脚は重心から右に接地して、重心は右に移動する（図5）。左中脚に規則性はみられない。これを、右前脚→左中脚→右後脚→左前脚→右中脚→左後脚と繰り返すことで、クロゴキブリは蛇行しながら壁を上っている（図6）。主要な推進力を生み出す後脚は前脚と交互に進行方向を決定しており、中脚は、重心移動に関与するというよりも、からだのバランスをとる役割を担っている可能性がある。

4. まとめの考察

クロゴキブリは、水平面の歩行では先行研究のとおり3点歩行しているが、鉛直方向の歩行時には3点歩行せず、右前脚→左中脚→右後脚→左前脚→右中脚→左後脚の順に脚を運んでいる。1本でも脚を失うと、この順に脚を運べず、鉛直の壁を上ることができなくなる。クロゴキブリの重心移動距離に重要な役割を果たしているのは後脚で

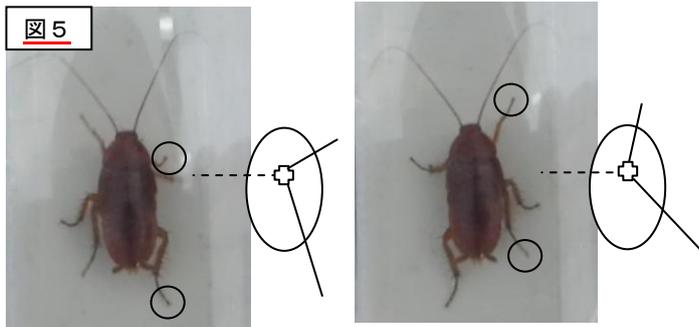


図5

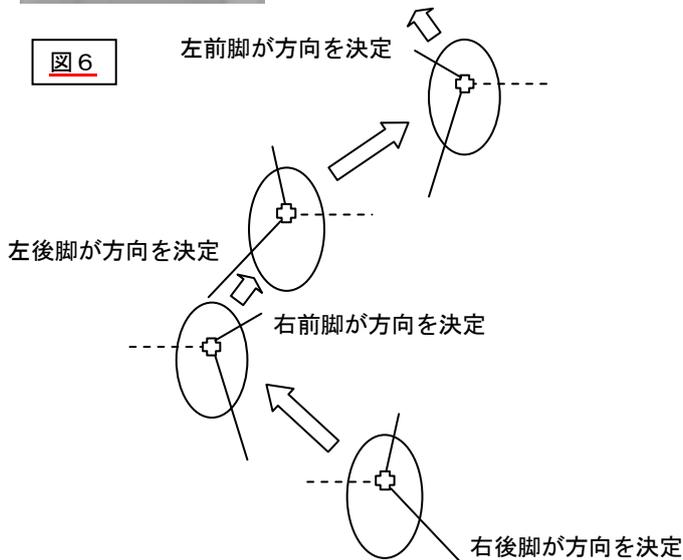


図6

あり、後脚と前脚が交互に接地する位置によって進行方向を決定している可能性がある。中脚は、体のバランスをとるなどの補助的な役割を果たしているにすぎない可能性がある。

5. 今後の課題

クロゴキブリの歩行に関する仮説を立てることができたので、現在それを確認する実験方法を考えている。今回はクロゴキブリの歩行速度を無視して実験をおこなった。歩行速度が異なると脚の役割が異なる可能性があるため、速度と各脚の機能的役割の関係についても実験をおこなっている。

参考文献

- 1) 菊地吉郎・大山和記, “六足歩行移動体の製作”, 2008 おやま一講演論文集, p235 (2008) .
- 2) Ramdya, P., Thandiackal, R., Cherney, R., Asselborn, T., Benton, R., Ijspeert, A. J., and Floreano, D. , “Climbing favours the tripod gait over alternative faster insect gaits”, Nature communications, (2017) .

謝辞

アース製薬株式会社研究部業務推進室生物飼育課の有吉立氏には、実験用のクロゴキブリを無償で提供していただいた。ここに記して謝意を表す。