

環境学習のための小河川における調査事例

—野田川（豊川支流）における底生動物（特にトンボの幼虫）の生息場所に関する学習—

植山 麻美*・柴田 真里・水上紗央里**・渡辺万利子***・西本ふたば
・須田ひろ実****・石田典子****

Observations in a Small River reach for Comprehension and Conservation of Environment

— Study on the habitats of benthic animal community (especially for larvae of odonate species)
in Noda River, a reach of the Toyogawa River —

Asami UEYAMA, Mari SHIBATA, Saori MIZUKAMI, Mariko WATANABE,
Futaba NISHIMOTO, Hiromi SUDA and Noriko ISHIDA

はじめに

近年、身近な水辺環境を環境学習のための場として利用する活動が注目されており、トンボの幼虫などの水生昆虫や底生動物を指標として、有機汚濁に関係しての水質判定を行なう生物学的水質判定の調査が様々な所で行なわれている。

河川環境と生物群集を総合的に理解するためには、関連した基礎資料が重要である。村松と森田(2000)¹⁾は、広瀬川の本流と支流を対象として河川水質の変動から流域の河川に及ぼす影響など河川の実態について学ぶ学習への利用を検討した。また、この研究に関連し、流域の系の保全・学習のための基礎資料とする目的として、昆野と渡辺(2004)²⁾は広瀬川下流部での水生昆虫相を調査報告している。しかしながら、環境要因と生物群集をとともに扱い、直接体験または疑似体験する環境学習プログラムとして紹介するような研究は少ない。

大きな河川では実際に子供達が近付き、観測することは困難であり、流域全体に渡る理解を育てることは難しい。山間部から流れ出して本流までの距離の短い支流では、河川形態の変化を短い流程の中で見る事ができ、河川形態の変化と生物群集の実態を観察することができる場として適していると考えられる。

トンボは、幼虫期はヤゴと呼ばれて水中生活をする。幼虫の体形は系統とともに生活様式にも関係しており、水質だけでなく、河川形態や河床構造などに密接に関係して生息している。幼虫の検索は、外部形態に基づいて行うことができ、比較的容易である。これらのことから、環境学習において水辺環境の仕組みに関する指標として利用することが可能であると考えられる。しかしながら、河川性のトンボの水域内での分布についての情報は、十分ではない。

そこで、本研究では、豊川水系の支流である野田川を選び、トンボの幼虫を中心として底生動物の種類相と分布を河川環境とともに調べ、トンボの幼虫と生息場所との関係の実態を学ぶ環境学習への利用について考えた。

地点の概要

野田川は、愛知県東部を流れる豊川の支流で全長は約5kmであり、川道は河川改修によりかなり直線化されている。本川への合流点から上流の約3kmほどでは、自然石の護岸の敷設や多

段式の魚道が整備され、従来あった堰を取り除くなど、多自然型工法が導入されている。また、平常時であれば水深は浅く、川への接近は容易である。

流域の環境、河床形態、本流への合流点からの距離など考慮して、5地点の調査地点を定め、上流から Sta.1, Sta.2, Sta.3, Sta.4, Sta.5とした(図1)。Sta.1および Sta.2はそれぞれ、林の中にあり、両岸は針葉樹が多く、日照は制限されている。Sta.1の河床は数10cm以上のレキからなり、傾斜は約10度で階段状に水が流れ落ちる。Sta.2は、Sta.1より川幅が広く、傾斜は弱く、砂が堆積している。Sta.3はおおむね15cm以下のレキからなり、日照の制限はない。Sta.4にかけては両岸は水田帯となり、川床には大きなレキが敷設されている部分があり、魚道が作られていて、ところにより、クサヨシが生育する。両岸には金網の土留めが施され、草が茂っていて、部分的に水の中に倒れこんでいる箇所があり、そのような場所では泥がみられる。本川が増水すると水が侵入して滞留することもある Sta.5の合流点付近では、流れは緩やかになり、両岸に泥が堆積している。また、沈水植物のオオカナダモやオオフサモの群落が認められる。

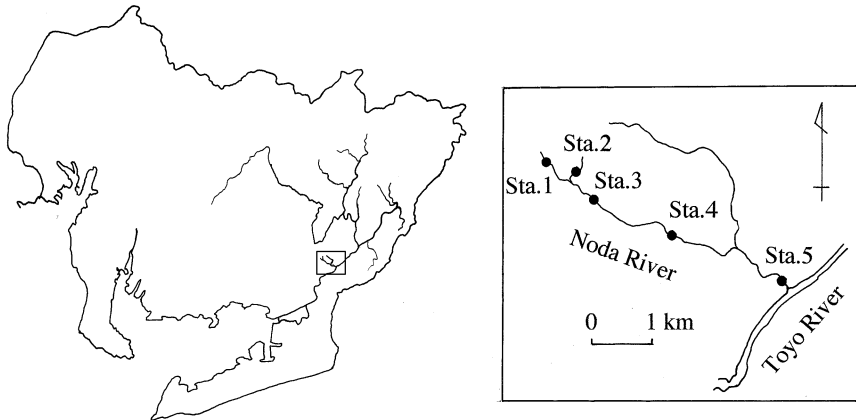


図1 野田川(豊川支流)の調査地点

調査方法

トンボの幼虫の採集は、それぞれの地点を中心として、2003年3月30日、4月6日および若齢の生長を考慮して11月16日に行なった。採集には網(網目2mm)を用い、任意採集として、個体を採集した場所の流速と底質を記録した。採集したトンボの幼虫は、50%エチルアルコールと10%ホルムアルデヒドの等量溶液で固定し、持ち帰った。トンボ幼虫の種の同定は、浜田ら(1985)³⁾、石田(1996)⁴⁾および杉村ら(1999)⁵⁾などを用いた。

野田川の物理化学的環境として水温、pH、電気伝導度、溶存酸素度、流速および栄養塩類濃度などを、また生物的環境として底生動物および付着藻類の種類と現存量を調べるために定期調査を行った。定期調査は、2002年12月から2004年1月にかけて、原則として毎月の下旬に行なった。

底生動物の採集は、Sta.1から Sta.5の各地点において採集範囲を設定し、川底を人為的に攪乱させ、流下する底生動物を網(網目2mm)で集めて採集した。試料は、50%エチルアルコー

ルと10%ホルムアルデヒドの等量溶液で固定し、持ち帰り、川合 (1985)⁶⁾、谷 (1995)⁷⁾、丸山と高井 (2000)⁸⁾ などに従って同定した。

藻類の現存量と種類構成の分析のために、1地点について少なくとも4ヶ所のレキから5cm 方形枠とプラスチック製ブラシとを用いて付着物を採集した。試料は河川水に懸濁させて保冷して持ち帰った。採集した試料の一部は、クロロフィル a 量と乾重量分析のために Whatman GF/C グラスファイバーフィルターでろ過した。乾重量はろ過後、ろ紙を60°Cで1昼夜乾燥させ、ろ過前のろ紙重量との差により求めた。クロロフィル a は、SCOR/Unesco⁹⁾ に従って定量した。残りの試料は、最終濃度が2% になるようにホルムアルデヒド溶液を加えて固定し、藻類の検鏡まで保存した。藻類の種類相については別報に示す。

水温と電気伝導度は、電気伝導度計 (Yokokawa Model SC-51)、pH は比色法、また溶存酸素は DO メーター (HORIBA, OM-12)、流速は小型流速計 (Yokogawa, CR-7) により測定した。栄養塩類の測定のために、河川水をあらかじめ420°Cで2時間焼いた Whatman GF/C グラスファイバーフィルターでろ過し、分析まで -20°Cで冷凍した。アンモニア態窒素は Sagi (1966)¹⁰⁾、亜硝酸態窒素は Bendshneider と Robinson (1952)¹¹⁾、硝酸態窒素は Mitamura (1997)¹²⁾、そしてリン酸態リンは Murphy と Riley (1962)¹³⁾ にそれぞれ従って、分析した。

調査結果

環境要因

各調査時に測定した水温 (WT)、pH、電気伝導度 (EC)、栄養塩類濃度、クロロフィル a 量の地点ごとの結果を図2に示した。溶存無機態窒素化合物 (DIN) は、アンモニア態窒素、亜

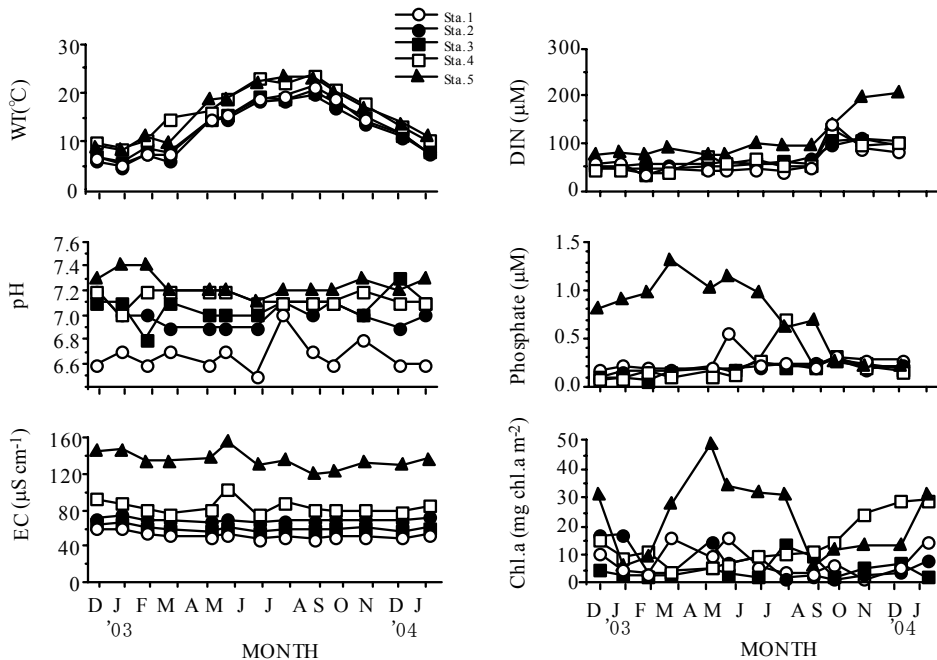


図2 野田川的环境

硝酸態窒素および硝酸態窒素の合計として求めた。

水温は Sta.1で5.1から21.3℃, Sta.2で4.7から19.5℃, Sta.3で5.7から20.4℃, Sta.4で8.5から23.6℃, Sta.5で8.3から23.5℃であった。Sta.3より上流では、水温は平均で3℃低く、また季節変動も大きかった。pHは Sta.1,2では平均が7以下でやや低かった。電気伝導度は、それぞれ平均で、Sta.1は52.3μS cm⁻¹, Sta.2では69.5μS cm⁻¹, Sta.3では59.9μS cm⁻¹, Sta.4では84.1μS cm⁻¹, Sta.5では136.2μS cm⁻¹と下流ほど値は高く、溶存物質が多いと考えられた。溶存酸素量の平均値は、上流で若干高く、測定時についての著しい相違は見られなかった。流速は、付着物を採集した場所ごとに流速を測定しており、採集時毎の変動が大きく、地点間での明らかな相違の傾向は認められない。レキの付着物の乾重量は、採集時ごとに変動はあるが、平均として、Sta.1は9.3gm², Sta.2は3.1gm², Sta.3は12.4gm², Sta.4は17.3gm², Sta.5は17.4gm²と、下流部では無機質が多く、高かった。クロロフィル a量は、平均で、Sta.1では7.4mg chl.a m², Sta.2では7.3mg chl.a m², Sta.3では5.3mg chl.a m², Sta.4では12.6mg chl.a m², Sta.5で22.1mg chl.a m²と、Sta.4より下流で藻類現存量がやや高い。

調査期間中の各地点の DIN の平均値は、Sta.1で60.3μM, Sta.2で67.4μM, Sta.3で64.9μM, Sta.4で65.5μM, Sta.5で109.0μM であった。DIN 中の硝酸態窒素の割合は、すべての地点において90% 以上であった。リン酸態リンの平均値は、Sta.1で0.24μM, Sta.2で0.18 μM, Sta.3で0.19μM, Sta.4で0.20μM, Sta.5で0.76μM で、Sta.4より上流では著しい相違はみられないが、Sta.5で高い値であった。

底生動物の種数と個体数

底生動物は1月から3月にかけて種数、個体数ともに多かった。水生昆虫が羽化前のため、個体数は多いと考えられる。各地点の水生昆虫の湿重量の最大値は、1月ないし3月で、Sta.1から Sta.5について、それぞれ1m²あたり1380, 21, 360, 220, 380mg であった。Sta.1で値が高いのは、大型のカワゲラが含まれるためと考えられる。Sta.2で底生動物が少ないのは河床が砂質のためと考えられる。

定期調査期間中に、各地点で確認した底生動物の種数と個体数を目ごとに示した(図3)。Sta.1と Sta.2ではカゲロウ目の種数が多い、ついでカワゲラ目とトビケラ目の種数が多い。Sta.3ではカゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目の種数は、ほぼ同じであった。ハエ目は Sta.1や Sta.2にくらべて多

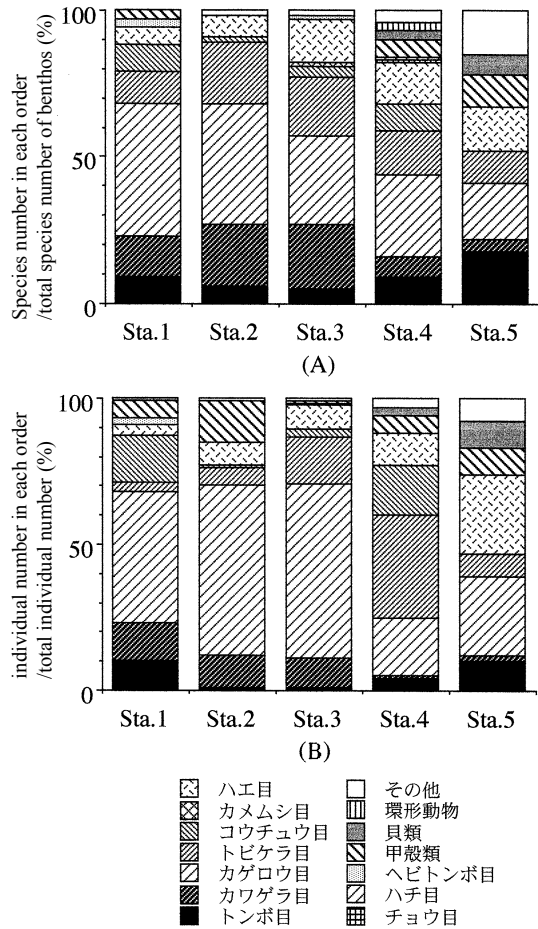


図3 底生動物の目別の種数 (A)、個体数 (B) (2003年1月から12月の定期調査)

かった。Sta.4とSta.5では水生昆虫以外の底生動物の割合が他の地点にくらべ多かった。カゲロウ目は、野田川全域で42種確認され、水生昆虫に占める割合が高い。個体数で示した目別の割合では、種数の場合と同じくSta.3より上流部では、カゲロウ目の優占度が高く、下流部では低い。Sta.3は種数と個体数が最も多く、Sta.5はともに最も少なかった。

地点毎の底生動物の調査期間中の総採集個体数の上位2種から3種を優占種として、表1に示した。Sta.1からSta.2では、コカゲロウの一種がカゲロウの個体数の約半分を占め、

Sta.3でもコカゲロウの一種はオオクママダラカゲロウなどとともが多かった。また、Sta.2とSta.3ではやはり上流に生息するとされているナガレトビケラ科のトビケラ、ヤマトビケラの巢なども多く見られた。Sta.4の優占種としては、ウルマーシマトビケラ、コガタシマトビケラであり、日本の太平洋側の中流に多く生息するヒゲナガカワトビケラの巢も多く確認された。一方、上流に生息するとされているヒラタカゲロウ科はSta.4より下流では極めて少ない。

有機汚濁に関する水質調査の中で生物指標種とされる水生昆虫以外の底生動物としては、Sta.1でヤマトクロスジヘビトンボやサワガニが、Sta.2では、夏から秋にかけて、サワガニが、Sta.3ではヘビトンボがみられた。Sta.4ではゲンジボタルの幼虫が春の調査時に確認された。ゲンジボタルの成虫は、6月頃流域全体で飛翔しているのが確認されたが、Sta.3からSta.4にかけて個体数は多かった。また、Sta.4ではサワガニやゲンジボタルの餌であるカワニナも確認された。Sta.5では、ミズムシやアメリカザリガニが泥の中に見られた。各地点の水生昆虫およびそのほかの底生動物相から水質階級を判断すると、Sta.1,Sta.2およびSta.3では水質階級Iのきれいな水、Sta.4は水質階級IIの少し汚い水、Sta.5は水質階級IIIの汚い水からIV大変汚い水であった。

トンボの幼虫の分布

トンボの幼虫の地点ごとの採集調査の結果を図4(A)に示した。Sta.1では清流の早瀬に生息し、世界では極めて珍しい種であるムカシトンボが確認された。Sta.2ではそのほかにニシカワトンボなどが見られ、Sta.3ではニシカワトンボ、Sta.4ではダビドサナエ、Sta.5ではダビドサナエの他にハグロトンボが多いなど、地点により優占する種は異なった。上流部ではレキの間の流れの緩やかなところで、下流部では、川岸の植物の倒れこんだ場所や泥の中に幼虫は多く生息していた。採集された幼虫の個体数は、下流のSta.4およびSta.5で多かった。

底質は、2mmより大きいレキ、2mm以下の砂、1/16mm以下の泥と区分される。底質ごとに採集された幼虫の結果を図4(B)に示した。Sta.1に生息するムカシトンボやミルンヤンマ、オジロサナエはレキに多くみられた。Sta.3に多かったニシカワトンボはレキや砂に多く、Sta.4およびSta.5に多く生息するダビドサナエやハグロトンボは、レキや砂でもみられたが、特に泥の中で採集された個体数が多かったことから、泥の底質を好むと考えられた。ハグロトンボ、アオハダトンボは水生植物帯に産卵する習性があり、Sta.5にはオオカナダモやオオフサモが群

表1 底生動物の優占種

	種名	目
Sta. 1	コカゲロウの一種	カゲロウ目
	マルヒラタドロムシ	コウチュウ目
	キベリトウゴウカワゲラ	カワゲラ目
Sta. 2	コカゲロウの一種	カゲロウ目
	サワガニ	甲殻類
Sta. 3	ミヤマタニガワカゲロウの一種	カゲロウ目
	オオクママダラカゲロウ	カゲロウ目
	オオマダラカゲロウ	カゲロウ目
Sta. 4	コカゲロウの一種	カゲロウ目
	ウルマーシマトビケラ	トビケラ目
Sta. 5	コガタシマトビケラ	トビケラ目
	キイロカワカゲロウ	カゲロウ目
	セスジユスリカ	ハエ目

生する場所があることに関係していると考えられる。我々の採集調査でも、これらの種の成虫は Sta.5付近で多くみられた。定期調査により採集されたトンボの幼虫の個体数は少ない。トンボの幼虫は、岸付近の植物の倒れこんだ場所などに生息し、流心部には少ないためと考えられる。

トンボ目のリスト

野田川で確認したトンボ目の幼虫は17属20種である。野田川では、成虫は13属19種が確認されている(石田, 私信)。合わせて22属29種のリストを表2に示した。野田川で確認したトンボの幼虫20種のうち、流水性の種は19種であり、止水域とされるものはシオカラトンボのみであった。ミヤマカワトンボ、ミヤマアカネについても流水性とされており、幼虫は採集できなかったが成虫は確認している。したがって野田川には流水性とされるトンボは21種生息すると考えられた。

考 察

野田川は、流程5kmほどの小さな支流で、山間部から水田帯を流下し、下流には人家や工場があり、景観は大きく変化する。野田川では河川勾配、河川形態および底質などの河床条件の変化に関して、最上流部から下流部までの景観上の区分が、短い流程の中で認められた。また、流下に伴って流入水の影響などに関係して水質などの物理化学的環境にも地点間での変動が認められた。

この河川の採集調査から、トンボの幼虫を含む底生動物の種類構成や分布には、河川形態や環境要因の地点間の相違が関与すると考えられた。トンボ幼虫の生息状況から、幼虫の分布傾向には、底質の差が関係していると考えられた。本州に生息するトンボのうち、流水域に棲むとされているトンボは、約28種類報告されている(川合, 1985)。このうち21種は野田川で確認された。この川でのトンボの幼虫の分布は、河川における一般的な生息状況を反映しているものと考えられる。したがって野田川の結果は、トンボを指標として水辺環境の多様性を考える環境学習への利用が可能であると考えられる。

野田川をモデルとした環境学習への利用として考えられる項目は、1) 流程に沿っての景観と河川形態の変化、2) 水質や底質などの河川環境と底生動物相、3) トンボの幼虫の生息と底

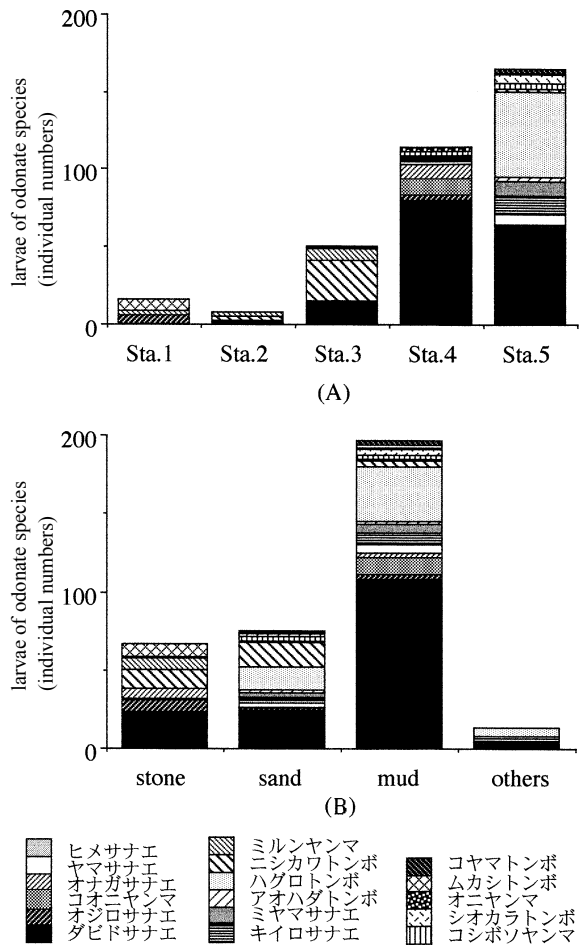


図4 トンボ幼虫の地点別 (A), 底質別 (B) の個体数 (2003年3,4月および11月)

表2 野田川のトンボ相

亜目	科	学名	和名	
Anisozygoptera	Epiophlebiidae	<i>Epiophlebia superstes</i> SELYS,1889	ムカシトンボ	*
Anisoptera	Cordulegasteridae	<i>Anotogaster siebodii</i> (SELYS,1854)	オニヤンマ	*
	Aeshnidae	<i>Anax parthenope julius</i> BRUER,1871	ギンヤンマ	
		<i>Boyeria maclachlani</i> (SELYS,1883)	コシボソヤンマ	*
		<i>Planaeschna milnei</i> (SELYS,1883)	ミルンヤンマ	*
	Corduliidae	<i>Macromia amphigena amphigena</i> SELYS,1871	コヤマトンボ	*
	Libellulidae	<i>Sympetrum frequens</i> (SELYS,1883)	アキアカネ	
		<i>Sympetrum darwinianum</i> (SELYS,1883)	ナツアカネ	
		<i>Sympetrum pedemontanum elatum</i> (SELYS,1872)	ミヤマアカネ	
		<i>Pantala flavescens</i> (FABRICIUS,1798)	ウスバキトンボ	
		<i>Orthetrum triangulate melania</i> (SELYS,1883)	オオシオカラトンボ	
		<i>Orthetrum japonicum japonicum</i> (UHLER,1858)	シオヤトンボ	
		<i>Orthetrum albistylum spciosum</i> (UHLER,1858)	シオカラトンボ	*
	Gomphidae	<i>Tanypteryx pryeri</i> (SELYS,1889)	ムカシヤンマ	
		<i>Sieboldius albardae</i> SELYS,1886	コオニヤンマ	*
		<i>Asiagomphus melaenops</i> (SELEYS,1854)	ヤマサナエ	*
		<i>Asiagomphus pryeri</i> (SELYS,1883)	キヒロサナエ	*
		<i>Davidis namus</i> (SELYS,1869)	ダビドサナエ	*
		<i>Nihogomphus viridis</i> OGUMA,1926	アオサナエ	*
		<i>Onychogomphus viridicostus</i> (OGUMA,1926)	オナガサナエ	*
		<i>Sinogomphus flavolimbatu</i> (OGUMA,1926)	ヒメサナエ	*
		<i>Anisogomphus maackii</i> (SELYS,1872)	ミヤマサナエ	*
		<i>Lanthus fujiacus</i> (FRASTER,1936)	ヒメクロサナエ	*
		<i>Stylogomphus suzukii</i> (OGUMA,1926)	オジロサナエ	*
Zygoptera	Calopterygidae	<i>Calopteryx atlata</i> SELYS,1853	ハダゲトンボ	*
		<i>Calopteryx virgo japonica</i> SELYS,1869	アオハダトンボ	*
		<i>Carolopteryx cornelia</i> SELYS,1853	ミヤマカワトンボ	
		<i>Mnais pruinosa pruinosa</i> SELYS,1853	ニシカワトンボ	*
		<i>Mnais pruinosa nawai</i> YAMAMOTO,1956	オオカワトンボ	*

*は幼虫を採集した種。無印は成虫を確認した種

質の関係、4) トンボの幼虫の指標生物としての利用などが挙げられる。

従来、川の生物に関係した環境学習では、おもに有機汚濁との関係により生物相を調べることが多く行われてきた。水質階級を判断するために、トンボについてはコオニヤンマの幼虫が水質階級 II 少し汚い水の指標生物とされている。野田川の結果をもとに、形態により識別することが比較的容易な他の種のトンボの幼虫を指標として利用することが可能となると考えられる。生物の多様性は場の多様度に関わり、自然環境の理解と保全を目的とする環境学習が行われるにあたってはその観点が特に重要であると考えられる。この目的のために、トンボの幼虫の形態の特徴、河川内分布と生息場所にみられる底質などの環境の違いの実態などを合わせて提示することにより、有効な教材として利用できると考えられる。

今後成虫と幼虫の分布の関係や成虫の産卵等による河川の利用などについての知見を加えていくことにより、河川の仕組みに関する環境学習をさらに充実させることも可能になると考える。

要 約

2002年12月から2004年1月の間に、豊川支流の小河川である野田川において、河川の物理化学的・生物的環境と底生動物（特にトンボの幼虫）の種類相を明らかにするための調査を行った。

野田川では、幼虫と成虫合わせて29種のトンボ目を確認した。そのうち、21種が流水性であった。この河川でのトンボの幼虫の分布は、流水域での一般的な分布を反映しているものと考えられる。

野田川で最も優占的なトンボ目の種は、ダビドサナエで、幼虫は下流部の泥で多く見られた。一方、ムカシトンボが上流部のレキで多くみられるなど、それぞれ種の幼虫の生息場所の分布には、底質との関係が認められた。

トンボや他の水生昆虫の幼虫のそれぞれの河川内分布に関する今回の研究結果は、水辺の環境学習において生物多様性を学ぶための有効な教材となると考えられる。

Summary

The observations to clarify the physical and chemical environmental factors and the species composition of benthic animal community (especially for the larvae of odonate species) in Noda River (a small reach of Toyogawa River, Aichi Prefecture) were carried out from December 2002 to January 2004.

29 species of odonate species (included larvae and adults) were identified in the Noda River during the observation period. Among of them, 21 species seems to inhabit the running water.

The dominant odonate species in the Noda River was *Davidivis nanus*, and the larvae of this species were more abundant at the muddy substrate in the lower sites. The larvae of *Epiophlebia superstes*, on the other hand, were always collected among the stony substrata in the upper sites. The distribution of larval habitat of each odonate species seems to be obviously concerned with the differences in substrata.

It seems that the results of the present study for the larval distribution of odonate species and the other aquatic insects in Noda River are available to learn the biological diversity in the study of the comprehension and the conservation of natural aquatic environment.

謝 辞

トンボの成虫に関する情報を提供いただくとともに、トンボの同定についてご指導いただき、またこの論文作成に対して懇切な御示唆を頂いた石田勝義博士に心から感謝し、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 村松隆・森田依子：環境教育のための河川利用 [2] 一広瀬川本流と支流の学習一、宮木教育大学環境教育研究紀要，3，45-50 (2000)
- 2) 昆野安彦・渡辺俊介：広瀬川下流域の水生昆虫，陸水学雑誌，65，109-114 (2004)
- 3) 浜田康・井上清：日本産トンボ大図鑑，講談社 (1985)

- 4) 石田勝義：日本産トンボ目幼虫検索図説，北海道大学図書刊行会（1996）
- 5) 杉村光俊・石田昇三・小島圭三・石田勝義・青木典司：原色日本トンボ幼虫・成虫大図鑑，北海道大学図書刊行会（1999）
- 6) 川合禎次：日本水生昆虫検索図鑑，東海大学（1985）
- 7) 谷幸三：水生昆虫の観察，トンボ出版（1995）
- 8) 丸山博紀・高井幹夫：原色川虫図鑑，全国農村教育協会（2000）
- 9) SCOR/Unesco Working Group 17: Determination of photosynthetic pigments in sea water, UNESCO 69 pp. (1966)
- 10) Sagi T.: Determination of ammonia in sea water by the indophenol method and its application to the coastal and off-shore waters, *Oceanographic Magazine*, 18, 43-51 (1966)
- 11) Bendschneider, K., and R.J.Robinson : A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water, *J.Mar.Res.*, 11, 87-96 (1952)
- 12) Mitamura, O.: An improved method for the determination of nitrate in fresh waters based on hydrazinium reduction, *Memoirs of Osaka Kyoiku University Ser.III*, 45, 297-303 (1997)
- 13) Murphy J. and J.P.Riley: A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36 (1962)

