

環動昆

原 著

- 河瀬直幹・夏原由博：都市近郊における希少種アオヤンマの
生息条件と生息場所間のネットワーク 123

短 報

- 小林 誠・岩井大輔：関東平野北部における活動期のタガメの
微生物場所の環境条件 133

- 南部由美子・Yuliati Indrayani・松村 圭・吉村 剛・今村祐嗣・榎 章郎・
板倉修司：マイクロサテライトマーカーを用いた
アメリカカンザイシロアリのコロニー構造の解析 141

- 第17回環境アセスメント講演会参加印象記 143
書 評 145
会 報 147
投稿規定 148

Vol. 18

3

2007

日本環境動物昆虫学会

都市近郊における希少種アオヤンマの生息条件と生息場所間のネットワーク

河瀬直幹^{*1)}・夏原由博²⁾

- 1) 甲賀市みなくち子どもの森自然館
- 2) 京都大学大学院地球環境学堂 森川里海連環学分野

(受領 2007年3月9日; 受理 2007年7月3日)

Suitable habitats and the habitat network of a threatened aeshnid dragonfly, *Aeschnophlebia longistigma* Selys (Odonata : Aeshnidae) in suburban areas of Sakai City, Osaka Prefecture, Japan. Naoki Kawase and Yoshihiro Natuhara. Osaka Prefecture University, Graduate School of Life and Environmental Sciences, 1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531, Japan.

Abstract

Suitable habitats (ponds or marshes that are well covered by tall aquatic plants) of a threatened dragonfly, *Aeschnophlebia longistigma* Selys were identified by observing aerial photographs of suburban area of Sakai City. Field surveys were then carried out to find adult dragonflies in those identified habitats. Although 19 suitable habitats were found in the area investigated, adult dragonflies were found only in 10 of the 19 habitats. Additionally, only 3 of 10 habitats were regarded as suitable breeding habitats or sources by determining the existence of larval exuviae or teneral adults. In the 3 habitats, a tall-growing aquatic plant *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. was seen to dominate. As a result of analyzing the distances of the 10 habitats, adults dragonflies found in the 7-sink habitats were traveling $2,260 \pm 841$ m from the nearest 3-source habitats.

Key words : *Aeschnophlebia longistigma*, Aerial photograph, Suitable habitat, Source-Sink, Habitat network, Conservation

大阪府堺市周辺の約 80 km² において、アオヤンマの生息状況について調査した。空中写真を利用し、生息場所となるヨシ等の高茎抽水植物帯がある池沼を把握した後、野外調査による成虫の確認調査を実施した。その結果、19 ヶ所の潜在生息場所が把握され、そのうち 10 ヶ所で成虫を確認したが、繁殖場所と推定できる場所は 3 ヶ所に限定された。また、3 ヶ所の繁殖場所ではヨシ群落が最優占し、ヨシ以外の抽水植物群落も存在した。さらに、3 ヶ所の繁殖場所から 7 ヶ所の確認場所へ移動したと考えると、成虫は平均 $2,260 \pm 841$ m を移動すると推察できた。ただし、有効分散は 3 ヶ所の繁殖場所間の移動に限られるため、調査範囲内のアオヤンマの個体群ネットワークは非常に厳しい状況にあると思われた。アオヤンマを地域的に保全するには、繁殖場所間の距離が $2,260 \pm 841$ m の範囲内でネットワークされた保全計画が重要と考えられた。

はじめに

アオヤンマ *Aeschnophlebia longistigma* Selys はヤンマ科のトンボであり、日本では北海道から九州に分布する。生息環境は、主に平地から丘陵地のヨシ *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. やマコモ *Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapf, ガマ *Typha latifolia* L. などの高茎の抽水植物が繁茂する富栄養型の池沼 (Fig.1) や、水郷地帯の流れの少ない溝川などである

(杉村ら, 1999)。

こうした平地部の水環境は、人間による環境変化の影響を大きく受けており、アオヤンマは全国の 30 以上の都道府県発行のレッドデータブックに掲載されている (大阪府: 「絶滅危惧Ⅱ類」, 神奈川県: 「絶滅種」など)。また、アオヤンマと同じく沖積平野の自然度の高い池沼を主な生息場所とするベッコウトンボ *Libellula angelina* Selys, ペニイトンボ *Ceriagrion nipponicum* Asahina, コバネアオイトトンボ *Lestes japonicus* Selys などのトン

*Corresponding author : N. Kawase (naoki.kawase@city.koka.shiga.jp)



Fig. 1 A typical landscape of the pond that *Aescnophlebia longistigma* Selys inhabits (St. No.1)

ボ類も、全国的に減少が著しい（環境省，2006）。

これら絶滅が危惧されるトンボ類の、断片的な分布情報の収集や、特定の生息地を保全する取り組みは、日本各地で実施されている（松木ら，2005）が、希少トンボ類の保全に一層効果的と考えられる、一定地域の全ての生息地を対象とする、個体群・メタ個体群レベルでの保全計画の取り組みは、非常に少ないと思われる。

本研究ではこうした状況を考慮して、大阪府南部、堺市周辺の約 80km² の地域全体において、2003 年にアオヤンマを対象とした調査を実施した。アオヤンマを対象とする利点は次の 2 点である。

まず、アオヤンマは“高茎の抽水植物が繁茂する池沼”という景観的に特徴的で限定された生息環境をもつため、広域にわたる調査においても、生息場所を空中写真により効率的に把握することが可能である。

2 点目には、調査地域において生息状況と生息環境を分析する際に、まだ比較的十分な個体数が生息すると考えられることである。ベッコウトンボのように各地の個体群が危機的状況に陥った種では、個体数減少と生息地消失の影響が大きく、広域の生息状況を分析する十分なデータが収集できないと思われる。

本研究では、まず、アオヤンマの潜在的な生息場所である“高茎の抽水植物が繁茂する池沼”を、空中写真の利用により効率的に把握した。そして、把握された潜在生息場所において成虫の確認調査を実施し、地域全体におけるアオヤンマの生息状況を明らかにすることを目指した。また、こうして得られた生息状況や生息条件の調査結果を、絶滅が危惧されるトンボ類保全の基礎資料とすることを目的とした。

調査地および方法

調査範囲

調査範囲は大阪府南部にある堺市と周辺地域である。

空中写真による判読精度の都合から、丘陵地が含まれる地域を除外し、ほぼ平地の範囲のみが含まれる地域を選定した。Fig. 2 に示すとおり、堺市の北～中部、松原市、羽曳野市、美原町（2005 年に堺市に合併）、大阪狭山市にわたる約 80 km² の範囲である。この地域は、近年の大阪市近郊の市街地および住宅地の拡大にともない、農地の宅地化や圃場整備が進行した。そのため、数多くのため池が埋め立てられ、またはコンクリート護岸の池に変貌し、本種の生息に適した高茎の抽水植物の繁茂する自然度の高い池沼は、減少しつつあると想定できた。

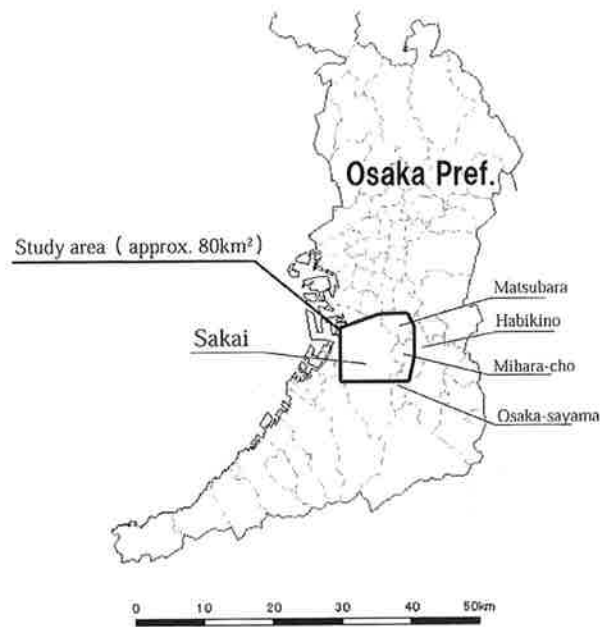


Fig. 2 Location of the study area

調査方法

1. 潜在生息場所の抽出

空中写真の判読により、調査地域内のアオヤンマの潜在生息場所の抽出を行った。潜在生息場所とは、「実際に生息するかは未確認ながら、潜在的に生息すると想定される場所、あるいは生息するための一定の必要条件がある場所」の意味であり、本研究ではアオヤンマの生息条件である“高茎の抽水植物が繁茂する池沼”である。

Fig. 2 に示した地域のほぼ全ての池沼 225 ヶ所について、大縮尺 (1:5,000) の空中写真 CD-ROM「大阪館」(三宝開発 (株), 1996 年撮影) をパソコン・モニター上で観察し、国土地理院発行の 2 万 5 千分 1 の地形図 (2001 年修正) 上の池沼と対応させながら、高茎の抽水植物が繁茂する池沼を判読した。

なお、既に述べたとおり、調査範囲は平地の地形に限定したが、その理由は、空中写真の判読に際し、丘陵地の谷間の撮影写真では日射角度により影が出来て、“高茎の抽水植物が繁茂する池沼”の判読が困難な場合があるためである。

また、空中写真による判読が困難で、地形図にも示されない数m四方の高茎抽水植物が繁茂する水溜りでも、アオヤンマの発生することが知られているが（井上、私信）、今回の調査範囲のように、住宅地化や農地の圃場整備が進んだ地域では、長期間放置された空地内の凹地や水はけの悪い未利用地がほとんどないため、抽水植物が繁茂する水溜りは生じず、こうした生息地を考慮する必要は非常に小さいと判断した。

2. 現地調査

実際に現地に行き、空中写真から潜在生息場所と判読された池を確認するとともに、写真の状態により空中写真の判読が不確実な池・沼の補足調査を実施し、調査範囲内に存在する潜在生息場所を確定した。

また、以上の方法で抽出された潜在生息場所の池沼を対象として、成虫の確認調査を実施した。調査期間は成虫の出現期が含まれる2003年4月下旬から7月下旬である。調査方法は目視（双眼鏡を併用）で任意に成虫を探索する方法による。調査では成虫の個体数、交尾などの行動を記録し、調査対象の池における繁殖成功の証拠となる羽化殻の確認にも努めた。

調査は、成虫が活動する日中の晴天・薄曇り時に実施し、各池について2週間に1回以上の頻度で調査した。1回の調査時間は池のサイズに関わらず、約30～60分とした。

さらに、以下の環境条件の項目について、潜在生息場所である全ての池沼を調査した。

1) 面積・周囲長：パソコン画面上で2万5千分の1地形図内の池沼の面積と周囲長を計測した。長さ・面積測定はフリーソフト「!0_0! Excel 長さ・面積測定 Free Ver 2.00」を使用した。

また、池の面積・周囲長計測と同様の方法で、潜在生息場所の池沼にある高茎抽水植物帯の面積・周囲長を次の植生調査結果を基にして測定した。

2) 植生：現地調査により、各池沼に分布する主な水生植物群落を記録した。潜在生息場所の池沼の形状を地形図から写し、A4方眼紙に拡大コピーしたものを調査用紙とし、池沼内の水生植物群落を書き込んだ。この調査結果を用いて、池沼内の抽水植物帯と浮葉植物帯の（池沼の全面積に対する）被度を5段階別（1～5）に求めた。さらに抽水植物帯内で10%以上を占める優占種について、その種の面積が抽水植物帯全体の面積に対する被度を求めた。また、池沼の周縁に沿

って樹木のある（池沼の周囲長に対する）被度を、同様に5段階に評価した。

3) 水質：7月（補足的に9月も）に、水温・溶存酸素・pH・電気伝導度の4項目を測定した。計測機器には「HORIBA, U-10」を使用し、高茎の抽水植物帯がある付近の水面下10～20cmで測定した。

4) 周囲の土地利用：2万5千分の1地形図に1辺500mの方形区を配置し、方形区内の土地利用を読み取った。方形区の重心は、潜在生息場所である池沼内の高茎の抽水植物帯付近においた。土地利用の種類は、以下A～Dの4種類として、各土地利用の被度を植生と同様に求めた。

- A：住宅地・市街地（人工建築物の密集地域）
- B：農耕地・空地（開放的な土地利用の地域）
- C：樹林・公園・墳墓（樹林、樹木が多い地域）
- D：水域（対象の池を含む水面域）

5) 潜在生息場所間の距離：パソコン画面上で、2万5千分の1地形図内の池沼間の最短直線距離を測定した。距離の測定は、池沼の面積測定時と同様のソフトを使用した。

結 果

1. 潜在生息場所の抽出結果

空中写真の判読および現地補足調査により、大阪府堺市周辺の約80km²の範囲内に確認した225ヵ所の池のうち、19ヵ所にアオヤンマの潜在生息場所を確認した（Fig.3）。なお、調査範囲内の北西部に潜在生息場所の

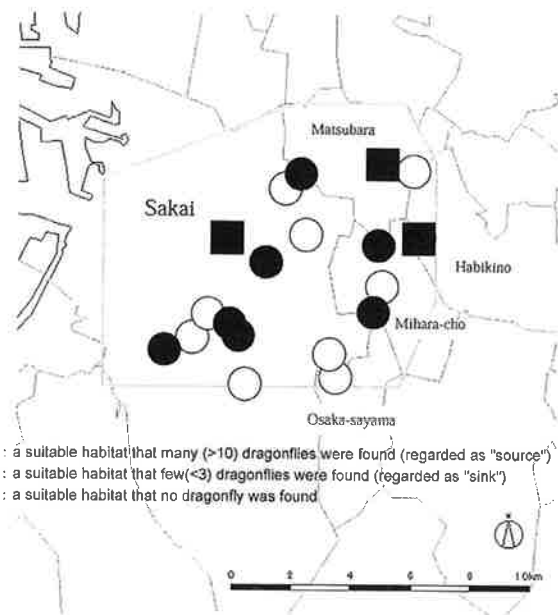


Fig. 3 Location of suitable habitats in the study area

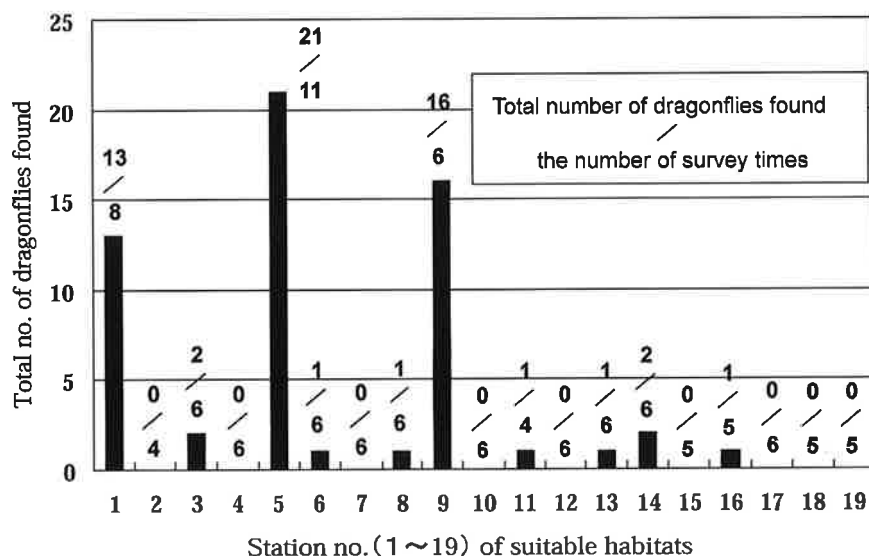


Fig. 4 Total number of dragonflies found and the number of survey times

空白地域があるが、完全な市街地で、現存する池沼自体が少なかった。

2. 成虫の確認状況

19カ所の潜在生息場所のうち、10カ所でアオヤンマ成虫を確認することができた。Fig. 3には、現地調査で成虫を確認した地図上の位置と、確認個体数の多少の区分を同時に示した。また、Fig. 4に各潜在生息場所における成虫の、のべ確認個体数と調査回数を示した。のべ確認個体数が10個体を越えたのはNos. 1, 5, 9の3カ所の池だけであり、その他7カ所の生息場所では、のべ確認個体数が1~2個体であった。つまり、10カ所の生息場所は、のべ確認個体数が多い生息場所（3カ所）と、少ない生息場所（7カ所）の2タイプに分かれた結果となった。個体数の多い3カ所ではいずれも2調査回以上にわたって成虫を確認でき、羽化殻または羽化直後の未熟個体が確認できたのに対し、残りの7カ所の池では1調査回（1調査日）のみの確認で、羽化殻または未熟個体は確認できなかった。

調査期間内の成虫の出現消長を把握するには調査頻度が不十分であるが、成虫の初見日は5月3日、終見日は7月22日であった。また、Nos. 1, 5, 9の3カ所の池では5月から成虫を確認したのに対し、その他7カ所の池では6月下旬以降に1~2個体を確認した。

確認できた個体の多くが飛翔中の雄であるが、性別が不確実なデータがあるため、性別の集計は止めた。No. 1では交尾行動を、No. 5では静止中の雌を確認した。

3. 潜在生息場所の環境条件

19カ所の潜在生息場所の環境条件の調査結果は以下

のとおりであった。

- 1) 池の面積・周囲長：池の面積は非常に変異が大きく、平均 27,783m²（標準偏差 31,763 m²，最大 112,051 m²，最小 3,501 m²）であった。周囲長についても同様であり、平均 796 m（標準偏差 650 m，最大 2,231 m，最小 252 m）であった。
- 2) 抽水植物帯の面積・周囲長：各池の抽水植物帯の面積も変異が大きく、平均 7,799 m²（標準偏差 7,063 m²，最大 29,003 m²，最小 940 m²）であった。抽水植物帯の周囲長も平均 525 m（標準偏差 328 m，最大 1,244 m，最小 158 m）であった。
- 3) 植生：Table 1 に抽水植物群落の植生調査結果を示した。群落を構成する主な種は、ヨシ、ヒメガマ *Typha domingensis* Pers.、ガマ、マコモであった。これら4種の中では、ヨシ、ヒメガマ、ガマが最も優占する池はあるが、マコモが最も優占する池は無かった。一部には、ハス *Nelumbo nucifera* Gaerth が生育する公園や、低茎の外来種キシュウスズメノヒエ *Paspalum distichum* L. が水面を覆う場所もあった。また、抽水植物帯が多い池を抽出したため、当然ながら池の面積に対する抽水植物の被覆度は概ね高いが、面積自体が大きな池では、抽水植物帯の被覆度が低くなる場合もあった (Nos. 2, 8, 9, 11, 12)。

浮葉植物としてはヒシ *Trapa bispinosa* Roxb. が多くの池で見られ、Nos. 5, 10 の池では抽水植物帯以外の水面を全てヒシが覆っていた。

周囲に樹木が生育する度合は、平地の池沼であるため概ね低かったが、一部の池沼では高い値が見られた (Nos. 2, 5, 19)。しかし、これらの池でも、墳墓の堀の1カ所を除けば、鬱蒼とした樹林でなく、並木的に

Table 1 Emergent vegetation of suitable habitats

Station no.	The cover ratio of emergent vegetation to the surface of the water	The cover ratio of dominating species to the whole area of emergent vegetation						
		<i>Phragmites australis</i> ヨシ	<i>Typha domingensis</i> ヒメガマ	<i>Zizania latifolia</i> マコモ	<i>Typha latifolia</i> ガマ	<i>Paspalum distichum</i> キシユウスズメ ノヒエ	<i>Phragmites karka</i> セイタカヨシ	<i>Nelumbo nucifera</i> ハス
1	4	4	3	2				
2	2	4		3				
3	5	3		2	3			2
4	3	2			3	3		
5	4	4		3				
6	3	2	4					
7	3	5						
8	2	2	4	2				
9	2	5	2					
10	3	2	3	2				
11	2	5	2					
12	2	5						
13	5		5					
14	4		5					
15	3				4	3		
16	3	3	3		3			
17	4	2	5					
18	5	3			3		1	
19	5				5	2		

The cover ratio is expressed at following level (1~5)

5 : 0.75~, 4 : 0.50~0.75, 3 : 0.25~0.50, 2 : 0.10~0.25, 1 : ~0.10

樹木が生育する程度であった。

- 4) 水質：夏季7月の水質調査結果であるため、平均水温は 28.0℃ (標準偏差 2.2℃, 最高 31.3℃, 最低 23.0℃) と高く、溶存酸素は平均 8.02 mg/L (標準偏差 5.52 mg/L, 最高 17.39 mg/L, 最低 0.22 mg/L) と非常に低い場所もあった。pH は平均 7.6 (標準偏差 1.35, 最高 10.2, 最低 5.5) であった。電気伝導度は、平均 0.290 ms/cm (標準偏差 0.12 ms/cm, 最高 0.592 ms/cm, 最低 0.064 ms/cm) であり、富栄養な池沼が多かった (最低値の 0.064 ms/cm 以外は 0.2 ms/cm 以上の値)。
- 5) 周囲の土地利用：Table 2 に示すとおり、No. 1 の池では周囲の土地利用がほとんど「住宅地・市街地」であった。その他の池でも、全般的に「住宅地・市街地」, 「農耕地・空地」のどちらが多い結果であった。
- 6) 生息場所間の距離：調査範囲内の全ての潜在生息場所の間の平均距離は 4,011 m (標準偏差 2,039 m, 最大 8,935 m, 最小 234 m) であった。また、各潜在生息場所から、最近隣の別の潜在生息場所までの距離を求めると、平均 713 m (標準偏差 383 m, 最大 1,425 m, 最小 234 m) であった。

考 察

1. 調査範囲内の生息状況とメタ個体群構造

今回の調査範囲内にあるアオヤンマの生息場所は、およそ全て把握できたと思われた。225 ヶ所の池沼のうち、19 ヶ所が潜在生息場所として条件を満たしており、そのうち 10 ヶ所で成虫を確認することができた。このことは、空中写真による生息場所探索が有効なことを示すとともに、市街化・住宅地化が進行した当地域において、希少種のアオヤンマが少なからず生息することを証明したように思える。

しかしながら、トンボ類では成虫が確認された池が、産まれた卵が幼虫になり、羽化に至る池と必ずしも限らない (Corbet, 1999; 高崎, 2001)。つまり、実際の繁殖場所 (生活環を全うする場所) は、成虫が確認された 10 ヶ所の全てでない可能性がある。アオヤンマと同じく平地の池沼に生息する絶滅危惧種のベッコウトンボの事例では、青木 (1997)、倉品 (1997) は、繁殖場所に近接する池 (倉品では半径約 2 km 以内の複数の池) で、幼虫生育・成虫羽化が認められない池でも、景観的に環境が良好な池では、毎年成虫の飛来が確認されるという。また、上田ら (2004) のハッチョウトンボ *Nannophya*

pygmaea Rambur の事例でも、確実な繁殖場所から分散した個体が最高で 1.5 km、通常で 1 km 以内の湿地で見られたとしている。さらに、筆者の河瀬も 2001 年 7 月上旬、愛知県長久手町において、トンボ類を継続調査中の休耕田の狭いヨシ帯で、アオヤンマ♂が出現したのを目撃した経験がある（狭い休耕田はアオヤンマが繁殖した環境と思えず、羽化殻も発見しなかった）。

こうした事実を、今回の調査結果に対応させて考えると、調査範囲において、アオヤンマが確実に繁殖している生息地は、成虫の確認個体数が多い Nos. 1, 5, 9 の 3 ヶ所の池だけの可能性がある。つまり、1~2 個体が 1 回限り確認された 7 ヶ所の生息場所は、成虫が偶然に飛来したのみか、飛来・産卵しても幼虫が生育不能な環境であるか、あるいは天候条件の良い年に限られた個体のみが繁殖成功する場所と推察できる。Nos. 1, 5, 9 の池では未熟個体を含む成虫が 5 月から継続的に見られるのに対し、その他 7 ヶ所の池では 6 月下旬以降に 1~2 個体が 1 回のみ確認された事実もこれを裏付けられる。

また、メタ個体群の考え方 (Hanski, 1999 など) を

適用すると、のべ確認個体数が多い 3 ヶ所の生息場所は、環境が良好で個体数が多い安定的な生息場所であり、メタ個体群内の個体の供給源 (ソース source) と考えられる。一方、その他の 7 ヶ所は環境変動により絶滅することもある不安定な生息場所で、供給源から飛来する個体により、一時的あるいは断続的に少数個体がいる生息場所 (シンク sink) と考えられる。

以上のように、生息場所 10 ヶ所の質を考慮すると、少数個体のみ確認された生息場所 7 ヶ所で繁殖が成功しているかに関わらず、多数個体の確認された生息場所 3 ヶ所が、当地域アオヤンマのメタ個体群に果たす役割が極めて重要なことは明白である。

2. 繁殖場所の環境条件

確実な繁殖場所は 3 ヶ所の事例 (Nos. 1, 5, 9 のデータ) のみであるが、繁殖場所 (以下、3 ヶ所の池を示す) の環境条件に関して、いくつかの興味深い結果を得たので以下に整理した。

1) 繁殖場所の池の面積や周囲長は変化が大きく、潜在生息場所平均 (19 ヶ所の平均) より大きい池も小さ

Table 2 Land use of surrounding area of suitable habitats
(Surrounding area is within 500m square centering the gravity of emergent vegetation of suitable habitats)

Station no.	Type A	Type B	Type C	Type D
1	5	1	+	1
2	3	1	2	2
3	1	4	2	1
4	2	3	2	1
5	4	2	2	+
6	4	1	1	1
7	3	4	+	1
8	3	3	+	1
9	2	4	+	2
10	2	4	1	+
11	2	3	1	2
12	3	4	+	1
13	4	3	+	+
14	3	4	+	1
15	4	2	+	1
16	2	3	1	2
17	3	3	1	+
18	5	2	+	1
19	4	2	1	+

Four types of the land use (A~D)

A : town, residential area (the areas that buildings are concentrated)

B : agricultural land, grass land (the open areas)

C : forest, park, tomb (the areas that have many trees)

D : water surface (the areas that contain ponds themselves)

The ratio is expressed at following level (1~5)

5 : 0.75~, 4 : 0.50~0.75, 3 : 0.25~0.50, 2 : 0.10~0.25, 1 : ~0.10, + : rare

- い池も存在した。No.9 の面積は 19 ヶ所中最大 (112,051 m²) で、繁殖場所の平均値を押し上げたが、No.5 の面積は小さい (7,339 m²)。
- 2) 繁殖場所の抽水植物帯の面積も、潜在生息場所平均より大きい池も小さい池もあるが、繁殖場所の抽水植物帯の周囲長は最も小さい No.5 の池 (600 m) でも、19 ヶ所の平均 525 ± 328 m 程度であった。
 - 3) 繁殖場所の池の高茎抽水植物群落では、いずれもヨシが最も優占しており、同時にヒメガマ群落かマコモ群落も同じ池内に存在した (Table 1)。つまり、ヨシやヒメガマが単一で群落を形成する池 (Nos.7,12,13,14) は繁殖場所とならなかった。また、ガマとキシウズメノヒエの両方が優占する植生の池では、成虫は全く確認できなかった (Nos.4,15,19; No.18 にも僅かにキシウズメノヒエがあった)。
 - 4) 繁殖場所の池の浮葉植物や池周囲の樹木の分布状況には、特に傾向は見られない。
 - 5) 繁殖場所の池の水質は、電気伝導度で見ると、潜在生息場所平均より大きい池も小さい池もある。
 - 6) 繁殖場所周囲の土地利用にも傾向は見られなかった。No.1 の池は潜在生息場所全部の中で最も周囲を市街地に囲まれた池 (Table 2) であり、繁殖場所周囲の土地利用は直接的には関係なさそうである。

以上のうち、特に 3) で高茎抽水植物の種や、植物帯の分布の仕方が、アオヤンマの生息状況に影響を与えている可能性が指摘できたことは重要な結果と思われる。まず、繁殖場所においてヨシが最も優占するのは、ヨシが優占する池の環境の総体が、生息条件として好適なことを示す可能性や、産卵基質としてヨシの利用例 (井上ら, 1981) があるように、繁殖・生息の空間としてヨシ群落を選好する可能性を示すかも知れない。

また、ヨシ以外にヒメガマやマコモの群落が同時に存在する条件とは、抽水植物帯の複雑な形状を示すと考えられる。抽水植物帯による多様な空間形成が、直接的あ

るいは間接的にアオヤンマの成虫あるいは幼虫の生息に好適な影響を与えた可能性がある。

反対に、ガマとキシウズメノヒエの両方が優占する池で成虫が確認できない理由は、この様な植生の池では全体に泥の堆積が非常に多く、陸化 (遷移) が進行していた (開水面がほとんど無い池や、干上がりそうな池であった) ためと考えられた。

3. 飛来可能な生息場所間の距離とネットワーク

上田 (1998) はため池に生息するトンボ類の地域内の生息場所ネットワークについて、トンボの種によって環境に対する適応力や分散能力が異なるため、同じため池の配置でも種によりネットワークの程度が異なると指摘している。アオヤンマのように限定された環境の池沼に生息する希少トンボ類にとって、その通常の移動距離が地域の個体群・メタ個体群を維持する上で問題となる。移動の実態を直接に把握することは困難だが、生息場所間の距離や生息状況といった今回の結果を基に、アオヤンマの移動距離について以下に考察した。

まず、トンボ類が通常で移動可能な生息場所間の距離として、既存の生息場所から離れた新たな場所で観察された事例から距離を測定した報告がある。守山ら (1990) が示したオオイトトンボ *Paracercion sieboldii* (Selys) ・アジイトトンボ *Ischnura asiatica* Brauer の約 1,200~1,300 m、およびシヨウジョウトンボ *Crocothemis servilia mariannae* Kiauta の 1,000~1,100 m、倉品 (1997) がベッコウトンボで観察した約 2 km、上田ら (2004) がハッチョウトンボで示した 1 km、などが知られている。

アオヤンマを扱った本研究においても、すでに考察したとおり、3 ヶ所の繁殖場所からその他 7 ヶ所の確認場所への移動を観察したと考え、7 ヶ所から最近隣の繁殖場所までの距離の平均が 2,260 ± 841 m と計算できた (Table 3)。この 2,260 ± 841 m は、上述の既存事例 (約 1~2 km) よりやや大きい距離であるが、7 回以上

Table 3 The value of distances (m) between source and sink habitats

Station No.	Source habitats			Minimum distances	Total no. of crossing dragonflies
	1	5	9		
3	2658	3491	3703	2658	2
6	5134	1361	4457	1361	1
8	2563	4909	913	913	1
11	4449	5089	2069	2069	1
13	7355	2776	6186	2776	1
14	7306	2993	6032	2993	2
16	8677	3047	7779	3047	1
			average	2260	
			s.d. (±)	841	

(個体数にして9個体)もの移動の実証例が認められた(Fig.4, Table 3)と考えると、通常的に2,260 mを飛翔すると推定しても良さそうである。オニヤンマ *Anotogaster sieboldii* (Selys)の標識・再捕獲調査で、 8.7 ± 2.4 kmの移動距離が確認されている例(神奈川県立橋本高等学校生物科学研究部/OBグループ, 1985)からも、大型のヤンマ類としては当然の移動距離と思われる。

ただしこの考察から、調査範囲のアオヤンマ個体群のネットワークが健全であるとは言えない。今回の場合、移動先の池で次世代が繁殖成功する有効分散は、3ヵ所の繁殖場所間のみ移動に限定されると考えられるからである(3ヵ所からその他7ヵ所へは無効分散)。この有効分散に必要な移動距離(最短距離の平均)を計算すると、 $4,112 \pm 2,665$ mであった。

さらに仮に、直線にして平均 $4,112 \pm 2,665$ mの距離を通常的に飛翔するとしても、市街地の多い平野部の池と池を結ぶには、あらゆる方向への移動・分散個体の存在が必要と考えられる。実際に新しい別の繁殖場所に行き着くには、この直線距離の何倍もの距離を飛翔する必然性が高いと思われる。

以上のことを考慮に入れると、調査範囲に3ヵ所の繁殖場所だけでは、実際の有効分散の確率は非常に小さいものと推定され、適切な方向に飛翔した個体のみが、運良く別の繁殖場所の池に辿り着ける程度であろう。調査範囲において、アオヤンマの生息場所間の通常的で有効なネットワークは寸断されかけていると考えられる。3ヵ所の繁殖場所の一部が消失しても、調査範囲のアオヤンマが絶滅する可能性は非常に高いと思われる。

4. 生息場所の保全

アオヤンマなど平地の自然度の高い池沼を主な生息地とするトンボ類は、人間活動の規模が小さい時代には、沖積平野の氾濫原や丘陵地の谷沿いに存在する池沼に普通に生息したと考えられる。1960~70年頃には大阪市内の中心部においても、複数のアオヤンマの記録を確認できる(関西トンボ談話会, 1975)。

しかし、現在の大阪市内は池沼自体が都市化による埋立てで激減し、かつて田園地域であった堺市周辺も市街地化・住宅地化が進行中である。

また、アオヤンマは農業用ため池を生息場所とすることが知られるが(高崎, 2001)、ため池の環境変化も平野部に生息するトンボ類減少に追い討ちをかけたと思われる。今回の調査範囲では、管理が粗放な状態のため池に、高茎抽水植物帯が形成されたケースが多いと考えられたが、こうしたため池は用水頻度が少ないため、優先的に埋め立てられる。さらに、郊外の丘陵地でも、多くのため池はコンクリート護岸整備がされ、小さな池は埋め立てられるか、湿地化する(干上がる)ケースが多い。

こうした生息場所の減少が顕著であり、何らかの手を打たなければ、今後もアオヤンマの地域的な絶滅が各地で起こるだろう。

このような現状で地域のアオヤンマ保全を図る場合、まず、個体数が多く環境が良好な繁殖場所(ソースの生息場所)を把握して、優先的に保全すべきである。また次に、繁殖場所をつなぐシンの生息場所の環境を改善・復元することが重要である。汚水源の除去や泥の堆積による湿地化・陸化の進行を止める管理が有効と思われる。さらに、生息場所の創出処置も重要であろう。旧河道の跡地や遊水地等を中心に平地性のトンボ類が繁殖できるピオトープを積極的に創出すべきである。こうした保全計画を地域で実施する場合、アオヤンマでは少なくとも $2,260 \pm 841$ mの範囲内に安定した繁殖場所が存在するネットワークの形成が重要と考えられた。

謝 辞

井上清氏には、アオヤンマの生態、大阪府での生息状況等についてご助言を頂き、研究進行に際して重要な示唆を頂きました。兵庫トンボ研究会の二宗誠治氏と青木典司氏には、兵庫県のアオヤンマの生息情報を頂き、ため池環境との関係についてアドバイスを頂きました。適切なお助言と情報提供に深く感謝する次第です。

また、大阪府立大学農学生命科学研究科、緑地環境保全学研究室の前中久行教授には、水生植物の植生についてご助言を頂きました。同研究室の大学院生、田口勇輝氏には現地調査を手伝って頂きました。厚く御礼申し上げます。

さらに、株式会社ブレック研究所には在職中に大学院への進学許可を頂きました。在職中の研究活動に理解と支援を頂いた家族や友人ら多くの方々に心より感謝いたします。

引用文献

- 青木典司(1997) 標識調査によるベッコウトンボ成虫の動態について. 昆虫と自然32(7):11-18.
- Corbet, P. S. (1999) Dragonflies; Behavior and Ecology of Odonata. Cornell University Press, New York.
- Hanski, I. (1999) Metapopulation Ecology. Oxford University Press, Oxford.
- 井上清・尾花茂・富士原芳久(1981) アオヤンマの生活史. TOMBO 23(1~4):23-27.
- 神奈川県立橋本高等学校生物科学研究部/OBグループ(1985) オニヤンマ成虫の移動分散. インセクタリウム22:12-14.
- 神奈川県レッドデータ生物調査団(1995) 神奈川県レッドデータ生物調査報告書. 神奈川県立生命の星・地

- 球博物館, 小田原.
- 環境省 (2006) 改定 日本の絶滅のおそれのある野生生物; レッドデータブック昆虫類. (財)自然環境研究センター, 東京.
- 関西トンボ談話会 (1975) 近畿地方のトンボ第2部; 大阪市立自然史博物館収蔵資料目録第7集. 大阪市立自然史博物館, 大阪.
- 倉品治男 (1997) ベッコウトンボの環境選択性について. 昆虫と自然32 (7): 42-45.
- 松木和雄・二宗誠治・杉村光俊・新井裕・福井順治・東和敬 (2005) トンボの保護と生息環境保全. 「トンボの調べ方」日本環境動物昆虫学会編, pp.227-262, 文教出版, 大阪.
- 守山弘・飯島博・原田直国 (1990) トンボの移動距離をとおしてみた湿地生態系のありかた. 人間と環境, 15 (3): 191-210.
- 大阪府種の多様性調査委員会 (2000) 大阪府における保護上重要な野生生物; 大阪府レッドデータブック. 大阪府, 大阪.
- 杉村光俊・石田昇三・小島圭三・石田勝義・青木典司 (1999) 原色日本トンボ幼虫成虫検索図説. 北海道大学出版会, 札幌.
- 高崎保郎 (2001) ため池の動物; トンボ類. 浜島・土山・近藤・益田編著「ため池の自然; 生き物たちと風景」, pp.125-140, 信山社サイテック, 東京.
- 上田哲行 (1998) ため池のトンボ群集. 江崎・田中編「水辺環境の保全」, pp.17-33, 朝倉書店, 東京.
- 上田哲行・木下栄一郎・石原一彦 (2004) 丘陵湿地に生息するハッチョウトンボの場所利用と生息場所の保全について. 保全生態学研究 9, 25-36.

関東平野北部における活動期のタガメの 微生物場所の環境条件

小林 誠¹⁾・岩井大輔²⁾

1) 〒329-0101栃木県野木町友沼6404-2

2) 〒330-0856埼玉県さいたま市大宮区三橋1-157-202

(受領 2007年3月15日; 受理 2007年6月19日)

Environmental Conditions of the Microhabitat of *Lethocerus deyrollei* (Vuillefroy) during its Activity Period in the Northern Part of the Kanto Plain, Japan. Makoto Kobayashi¹⁾ and Daisuke Iwai²⁾. ¹⁾ 6404-2, Tomonuma, Nogi, Tochigi 329-0101, Japan. ²⁾ 157-202, 1-chome, Mihashi, Omiya-ku, Saitama, Saitama 330-0856, Japan

Abstract

The environmental conditions of the microhabitat of the giant water bug, *Lethocerus deyrollei* (Hemiptera: Belostomatidae) were studied in ponds and ditches in Tochigi Prefecture in the northern part of the Kanto Plain, Japan, during the its activity period between May and September in 2005. The relationship between the existence of *Lethocerus deyrollei* and the environmental factors was analyzed. The results showed that the factors affecting on the microhabitat of *Lethocerus deyrollei* were water temperature, water depth, substrate type and the presence of vegetation cover.

Key words: *Lethocerus deyrollei*, Microhabitat, Environmental Condition

2005年5月から9月のタガメの活動期に、関東平野北部の栃木県宇都宮市と真岡市のため池と水路で、タガメの微生物場所の環境条件を調査した。タガメの在・不在と環境項目の間の関係を分析した。その結果、タガメの微生物場所に影響する環境要素として、水温、水深、底質、植生カバーの存在が示された。

はじめに

1992年の国連環境開発会議(地球サミット)で「生

物の多様性に関する条約」が採択され、生物多様性の保全の重要性が認識されるようになった。近年、農業生産の場でも総合的生物多様性管理(IBM)という考え方が提唱されている(桐谷, 2004)。この管理の基本理念は、生産性を考慮しつつも、農地を利用する生物との共存を目指すことであり、直接生産に関係しない生物の管理も含んでいる。

タガメ *Lethocerus deyrollei* (Vuillefroy) は、池沼や水田、水路などを生息場所として利用する(橋爪, 1994; Mukai *et al.*, 2005)。1960年代以前は、国内の大部分の地域で普通に見ることができたが、開発による生息場所の改変、農薬の散布、外灯の増設などの人間活動によって、各地で生息場所や個体数が減少しており(宮本, 1982; 市川, 1993)、2006年に改訂された昆虫類レッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類に位置づけられている(環境省, 2006)。総合的生物多様性管理では、対象種の密度を絶滅のおそれのない密度以上に高める努力が求められる(桐谷, 2004)。そのような管理を進めていく上で、タガメの生息に関わる環境条件を具体的に明らかにしていく必要がある。

タガメの生息に関わる環境条件について、Mukai *et al.* (2005) は伝統的な水田の水系全体をタガメが生息場所として利用することを明らかにした。しかし、タガメの微生物場所の選好性については、水の流れがあまりなく水生植物のたくさん生えている池や小川(橋爪, 1994)、抽水植物が豊富な止水域や緩流(林・宮本, 2005)と定性的には示されているが、定量的には明らかにされていない。

筆者らは、関東平野北部の栃木県宇都宮市と真岡市で活動期のタガメの微生物場所の環境条件について調査したので、その結果を報告する。

調査地と方法

1. 調査地と調査時期

本調査は、栃木県宇都宮市板戸、真岡市下籠谷、真岡市須釜のため池と水路で行った。調査した地域は関東平野北部の鬼怒川低地南部に位置し、標高はおよそ70m~145mで、水田を主とする農耕地が広がっている。予備調査で、これらの調査地にはタガメが生息していることが確認できていた。宇都宮市板戸では1つのため池と1本の水路、真岡市下籠谷では1つのため池と2本の水路、真岡市須釜では1つのため池と1本の水路を調査対象とした。ため池と水路は近接した場所にあるが、つながってはいなかった。水路には調査期間を通して水流がほとんどなかった。なお、本種の保護に配慮して詳細な地点は掲載しない。調査は、2005年5月17日から9月29日にかけて延べ42日間、前日と当日に降雨がなかった日に行った。

2. 調査方法

調査対象地のため池と水路に1 m²の調査区画を任意に設定し、各区画で環境項目(水温、水深、底質、カバー率、抽水植物の有無)の測定とタガメの成虫、幼虫の在・不在の確認を行った。調査区画数は444個であった。

水温は、区画の中心の水面近くで水温計を用いて測定した。水深は、区画内の3点をメジャーで測定し平均水深を求めた。底質は、泥とコンクリートに区分して記録した。区画内に生えている植物と枯れ草をカバーとみなした。カバー率は、区画を真上から見たときにカバーによって水面が覆われている割合を目視により10%刻みで記録した。抽水植物の有無は、目視で確認した。タガメの在・不在は、目視あるいはタモ網を用いて確認した。

3. 分析方法

環境項目の階級(水温、水深、カバー率)またはカテゴリ(底質、抽水植物の有無)ごとに、タガメを確認した区画数(以下、確認区画数)を算出した。各階級ま

たはカテゴリでの確認区画数を各階級またはカテゴリのサンプル数で割り、出現率を求めた。また、タガメの生息に影響を与えている環境項目を分析するために、各環境項目で階級またはカテゴリ間と確認区画数、未確認区画数での χ^2 検定を行った。さらに、各階級またはカテゴリとタガメの在・不在との関連性を分析するために、各環境項目で「ある階級またはカテゴリ」、「それ以外の階級またはカテゴリすべて」と「確認区画数」、「未確認区画数」の関係から、それぞれの階級またはカテゴリの四分点相関係数(ϕ 係数)を算出した。

結 果

調査区画の水温の平均は26.9℃(最低15.6℃,最高36.7℃)、水深の平均は24.0 cm(最低0.7 cm,最高108.7 cm)、カバー率の平均は52.6%(最低0%,最高100%)であった。444個の調査区画のうち、タガメを確認した区画は101個であった。

各環境項目に対する確認区画数と出現率を Fig. 1 に

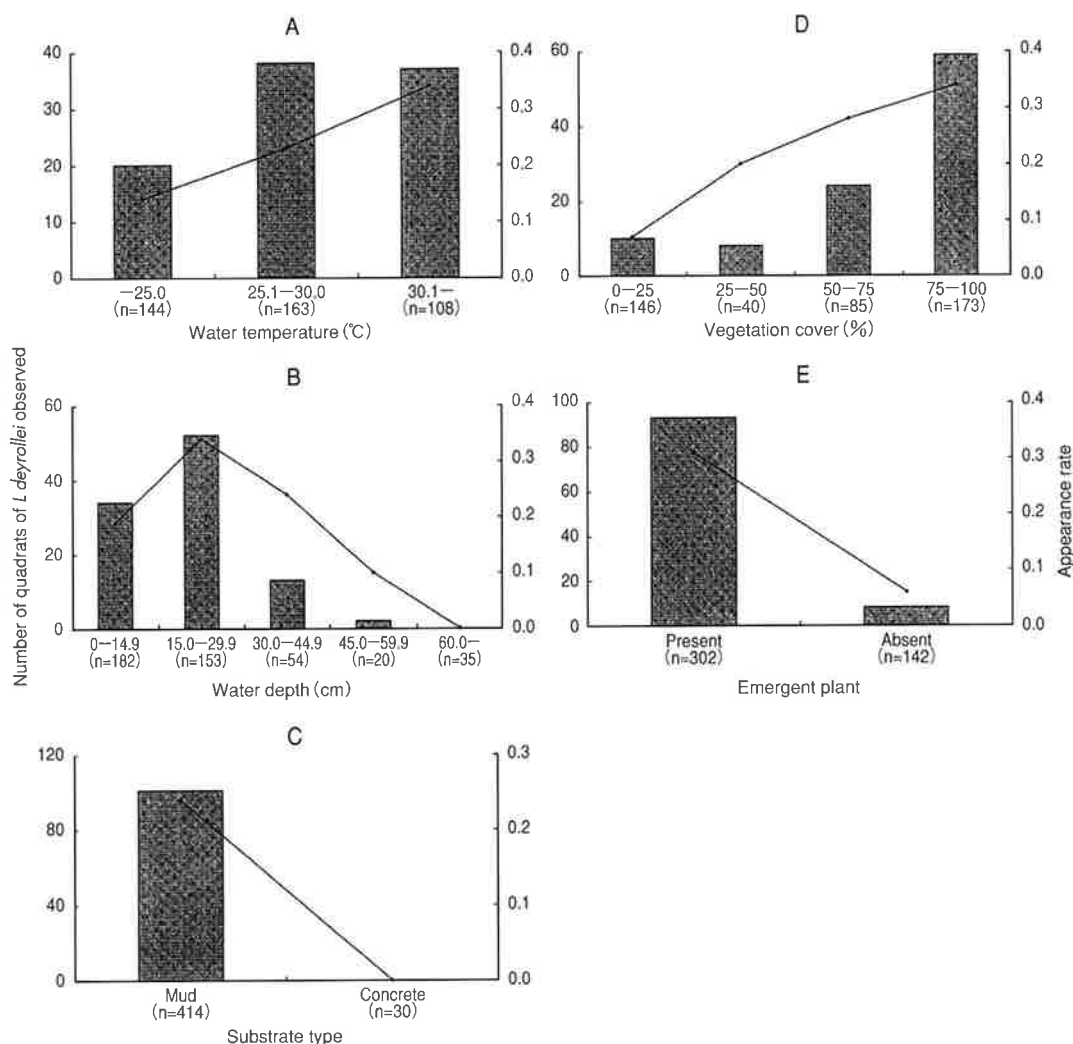


Fig. 1 Number of quadrats of *Lethocerus deyrollei* observed (bars) and appearance rate (line) in each environmental variables.

Table 1 ϕ coefficient in each environmental variables

Water temperature (°C)	-25.0	25.1-30.0	30.1-	/	/
ϕ coefficient	-0.156	0.008	0.160	/	/
Water depth (cm)	0-14.9	15.0-29.9	30.0-44.9	45.0-59.9	60.0-
ϕ coefficient	-0.081	0.194	0.012	-0.066	-0.159
Substrate	Mud	Concrete	/	/	/
ϕ coefficient	0.146	-0.146	/	/	/
Vegetation cover (%)	0-25	25-50	50-75	75-100	/
ϕ coefficient	-0.265	-0.021	0.064	0.216	/
Emergent plant	Present	Absent	/	/	/
ϕ coefficient	0.280	-0.280	/	/	/

示した。水温では、確認区画数は「25.1-30.0°C」が多く、出現率は水温が高くなるにつれて高くなった。水深では、確認区画数、出現率ともに「15.0-29.9 cm」が高い値を示した。底質では、タガメを確認したすべての区画が「泥」であり、「コンクリート」には出現しなかった。カバー率では、確認区画数、出現率ともに「75-100%」が高い値を示した。抽水植物の有無では、確認区画数、出現率ともに「有」が高い値を示した。 χ^2 検定により、水温、水深、底質、カバー率、抽水植物の有無のすべての環境項目で各階級またはカテゴリー間とタガメの在・不在との関係に有意な差があった ($P < 0.01$)。 ϕ 係数が 0.135 ($\phi > 0$ の平均値) 以上の相対的に強い正の関連性が認められた階級またはカテゴリーは、すべての環境項目で出現率が最も高かった階級またはカテゴリーと一致した (Table 1)。

考 察

本調査の結果から、水温が 30°C 前後、水深が 15.0-29.9 cm、底質が泥、カバー率が 75% 以上、抽水植物が存在する場所がタガメにとって好適な微生物場所であると判断される。タガメの捕食者として、水鳥 (橋爪, 1994) やウシガエル (平井, 2005) などが挙げられているが、泥底やカバー率が高い場所は、捕食者からタガメが身を隠す隠れ場所として適すと推測される。タガメは水面より上方の植物の茎などに産卵することが知られており (橋爪, 1994)、抽水植物の存在はタガメに産卵基質を提供するだろう。また、Hirai and Hidaka (2002) はタガメの主要な餌がカエル類であることを報告しており、本調査地でもニホンアマガエル *Hyla japonica* の成体、ニホンアカガエル *Rana japonica* の成体、トウキョ

ウダルマガエル *Rana porosa porosa* の成体と幼生をタガメが捕食することを観察した (岩井, 未発表)。Mukai *et al* (2005) は夏に水温の高かった水域でタガメとカエル類の両方の密度が高かったことを示している。水温の高い場所は採食場所として機能すると推察される。

タガメにとって好適な微生物場所は、ため池のコンクリート護岸への改修や圃場整備に伴う水路構造の改変によって、減少・消失してきたと考えられる。今後、タガメを保全するにあたっては、好適な微生物場所の環境条件を備えた水辺環境を確保していくことが必要である。市川 (2004) は放棄田を利用したタガメの生息場所の再生を試みており、泥上げや増えすぎた植物の除去など適切な維持管理の重要性を指摘している。本論文で示した活動期のタガメの微生物場所の環境条件は、水辺環境の復元・再生や維持管理の際の指針となりうるだろう。

水温が比較的高く、水深が浅く、泥質でカバー率が高い微小環境は特殊な環境ではない。現在、タガメが見られなくなった地域にもこのような微小環境は存在するだろう。タガメは長距離を移動することが知られており (市川, 2004)、テレメトリー法により越冬前のタガメがため池から竹やぶの林床の落葉中に静止していたことも報告されている (日鷹, 2003)。今後の課題として、より広域での環境条件とタガメの生息との関係について明らかにしていくことが必要である。また、タガメの生息に及ぼす農薬やウシガエルなどの外来生物による影響についても情報を蓄積していく必要がある。

謝 辞

本調査を進めるにあたり、ご助言をいただいた宇都宮大学農学部応用昆虫学研究室の村井保教授をはじめとす