

里山林内のギャップで生活するノシメトンボ *Sympetrum infuscatum* (Selys) (トンボ目: トンボ科) の採餌活動

岩崎 洋樹*・須田 大祐・渡辺 守

筑波大学大学院生命環境科学研究科

Foraging Activity of *Sympetrum infuscatum* (Selys) Adults Living in Satoyama Forest Gaps (Odonata: Libellulidae). Hiroki IWASAKI,* Daisuke SUDA and Mamoru WATANABE Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba; Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 53: 165-171 (2009)

Abstract: Adult *Sympetrum infuscatum* (Selys) live in the forest gaps throughout their life except when visiting rice paddy fields for oviposition. They prey on small flying insects in the forest gaps, using sit-and-wait tactics. They perch on the tips of branches or grass all day and take off when a small flying insect comes into sight. In the present study, the foraging behavior of *S. infuscatum* in the forest gaps was observed. The perching height was high in the morning and evening and low around noon. The diurnal change in the perching height corresponded to the abundance of flying small insects. The mean daily frequency of foraging flights was 251 for females and 182 for males, and the mean actual number of insects captured was 109 and 89, respectively. A total of 2,935,300 small flying insects were preyed on by *S. infuscatum* adults during one day in the Satomaya forest gaps.

Key words: Daily food intake; flying small insects; foraging flight; microhabitat selection; Odonata

緒 言

日本全国に分布する不均翅亜目トンボ科アカネ属の一種のノシメトンボ *Sympetrum infuscatum* (Selys) (トンボ目: トンボ科) は、幼虫期に水田を生活場所としており、水田耕作の水管理に適応した生活史をもっている(新井, 1996)。秋に水田に産下された本種の卵は耐乾性をもち、春の水田への水入れによって休眠打破されて一斉に孵化し(渡辺, 1996)、幼虫の齢構成は均一になるのが一般的であるという。羽化も斉一性が高く、ひとつの地域個体群における成虫は同調的に成熟する傾向が強いと Watanabe and Taguchi (1988) は述べた。羽化は7月上旬の水田の水落とし直前で、羽化成虫は直ちに水田から周辺の里山林に生じたギャップへ移動し、「前生殖期」とよばれる性的に未熟な期間を過ごしている(Watanabe et al., 2005)。この期間、雌雄は同所的に過ごしているが、繁殖活動はみられず、採餌活動に専念するという(Watanabe et al., 2004)。

生殖器官や筋肉が発達し、「生殖期」となったノシメトンボの成虫は、冷温帯の平地では8月中旬ごろから繁殖活動を開始する(Watanabe et al., 2005)。午前中の水田では、

雌雄が連結態となって産卵を行う姿を多くみることができ(杉村ら, 1999)。しかし、産卵時間帯であっても、雌の個体数は水田よりも林内ギャップの方が多く、卵を成熟させるため、採餌活動を行っている(Watanabe et al. (2004) は報告した。本種の生殖期の長さは30日程度であり、雌はその大部分を林内ギャップで過ごし、産卵を行うときのみ水田を短時間訪れているのである(Susa and Watanabe, 2007)。

水田一帯における飛翔習性の観察から、これまで、ノシメトンボは、活動中は休まずに飛翔し続ける「Flyer」とみなされてきたが、林内ギャップにおいて、ノシメトンボの雌雄は木の枝先や草の茎先などに静止することが多く、「Percher」とよばれる生活様式をもっていることを Watanabe et al. (2004) は明らかにした。Percherの採餌行動は「待ち伏せ型」であり、静止場所近くを飛翔して通過しようとする小昆虫に飛びかかって捕獲している(Worthington et al., 2005)。このような採餌行動を示すトンボ目成虫の採餌飛翔の頻度についての研究は多くの種について行われており(たとえば、Shelly, 1982; May, 1984; Baird and May, 1997)、採餌飛翔の頻度は日周変化し、性別や生活場所の

* E-mail: littleboy-to-hatman@hotmail.co.jp

2009年2月16日受領(Received 16 February 2009)

2009年7月18日登載決定(Accepted 18 July 2009)

DOI: 10.1303/jjaez.2009.165

温度環境などによって異なることが明らかになってきた。しかし、成虫が実際に捕獲した小昆虫の数や量に焦点を当てた研究は、東(1973)を除いてほとんど行われていない。

肉食性昆虫であるトンボ目の成虫において、採餌は重要な活動である(Corbet, 1962)。幼虫期に摂取した栄養分が、卵や精子の生産に重要な役割をもつチョウ目(Boggs, 1986; Tammaru et al., 1996)やハエ目(Bennettova and Fraenkel, 1981; Xue and Ali, 1994)、カゲロウ目(Peckarsky et al., 1993)などに対し、羽化直後のトンボ目成虫は体内に脂質をほとんどもっておらず(Plaistow and Siva-Jothy, 1999)、比較的長い前生殖期の中に、生殖器官を発達させねばならないからである。この間の採餌によって得た栄養は、飛翔筋(Marden, 1989)や外骨格(Neville, 1983)の発達にも用いられ、性的に成熟した後は、卵成熟などの繁殖活動に用いられている(Anholt et al., 1991)。したがって、トンボ目においては、幼虫時代も成虫時代も活発に捕食し、栄養を摂取せねばならないといえよう。

トンボ目成虫は、ふつう、自らよりも小さなハエ目やハチ目、コウチュウ目など、幅広い種類の飛翔性小昆虫を捕食しているとSukhacheva(1996)は報告した。生息場所における餌の豊富さは、トンボ目成虫の採餌飛翔の頻度に大きな影響を及ぼすことが知られている(Corbet, 1962)。たとえば、*Pachidiplax longipennis* Burmeister(トンボ目: トンボ科)の採餌飛翔の頻度は、生息場所の小昆虫の飛翔個体数と同調的に増減していたとBaird and May(1997)は述べた。

本研究は、水田と里山林の両方を利用する生活史をもつノシメトンボについて、林内ギャップにおける微小生息地選択と採餌活動から、生活史戦略を明らかにすることを目的としている。そこで、林内ギャップのノシメトンボの静止場所において、生殖期の個体の採餌飛翔の頻度とともに、静止場所の周囲を飛翔する小昆虫の豊富さや重量を調べた。

本文に入るに先立ち、野外調査にご協力いただくとともに、本研究に対して有益な助言を与えていただいた田口正男博士、味村泰代氏、東敬義氏、渡辺玲子氏、諏佐晃一氏に厚く御礼申し上げる。なお、本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C), 21570015, 渡辺守)の支援を受けた。

材料および方法

本調査は、2007年~2008年の晩夏から初秋にかけて、長野県北安曇郡白馬村神城地区の里山林(スギ人工林と雑木林)において行った。この時期のノシメトンボの成虫は、すべて生殖期の個体で、標高800~1,100mの里山林内に生じたギャップ内で、木の枝先や草の茎先などで静止している(Susa and Watanabe, 2007)。本研究では、標高

818~1,067mで見出されたギャップのうち、林道上に存在する典型的な38個のギャップを調査地を選んだ。2007年8月15日~9月1日の間、晴天で微風時の6:00~18:00に、各ギャップにおいて、目視によって発見したすべてのノシメトンボの雌雄について、静止場所の直下の地表面からの高さを調べた。静止場所の高さは、あらかじめ樹高計を用いて測定しておいたギャップ周囲の木本の高さを基準に推定した。この調査における雌雄の判別は、静止場所までの距離が5m以内の場合、目視によって行い、それ以上離れた場所に静止していた個体については、双眼鏡を用いて行った。なお、発見時に飛翔していた個体については、枝先などに静止するまで観察を続けたが、静止場所の地表面からの高さの記録は行っていない。

標高950mに位置する林内ギャップにおいて、雌雄が示した採餌飛翔を、2人一組で記録した。採餌成功の有無は、飛翔後、目視あるいは双眼鏡を用いて、静止した個体の大あごを観察し、その動きから判断した。本種における採餌飛翔は、飛翔して上空を通過しようとする小昆虫に向かってほぼ一直線に飛翔し、捕獲成功の有無にかかわらず空中で反転し、すみやかに元の静止場所に戻ってくるという8の字型の飛翔経路をもつ。飛翔速度は速く、飛翔開始から再び元の静止場所へ戻るまでの時間は5秒に満たないのがふつうである。観察は2008年8月24日~9月3日の6:00~18:00の晴天で微風時に行い、15分以上継続して観察できた個体のデータのみ解析に用いた。なお、観察者はノシメトンボの飛翔行動に影響を与えないよう、静止場所から水平に5m程度の距離は常に保つようにした。

2008年8月20~21日と9月1~2日に、標高880mに位置する林内ギャップの中央で、6:00~18:00の間、2時間ごとに高さ別の小昆虫の量を調べた。林内ギャップの中央部に長さ450cmの主柱を地表面に対して垂直に立て、高さ50cm, 150cm, 250cm, 350cm, 450cmの位置に、長さ100cmの角材を左右の長さが等しくなるように固定した。主柱のそれぞれの高さに固定した角材の両側の先端から3cm内側に、粘着剤(株式会社エス・ディー・エス バイオテック, 金竜スプレー)を両面に塗布した茶色い画用紙(10cm×25cm)を糸で吊り下げた。どの画用紙も、回収した後はラップに包み、室内に持ち帰った。野外から持ち帰った画用紙は実体顕微鏡下で観察し、付着していた飛翔性小昆虫の目を同定し、個体数と体長(精度1mm)を記録した。

粘着トラップによって捕獲した飛翔性小昆虫の体長と重量の関係を明らかにするため、2007年8月31日の14:00に、標高855mと966m, 1,067mに位置するギャップにおいて、約1.5mの高さを捕虫網(直径36cm)でそれぞれ20回ずつスウィーピングを行い、小昆虫を捕獲した。捕獲した小昆虫は、すべてビニール袋に入れて室内に持ち帰り、

すみやかに冷凍庫に入れた。これらは、2007年9月12日に80°Cで6時間乾燥させた後、目を同定してから体長を測定し（精度0.01 mm）、乾燥重量（METTLER, AE 240, 精度±0.01 mg）を測定した。

結 果

林内ギャップにおけるノシメトンボの静止位置の地上高は、6:00~8:00で雌3.9 m, 雄4.5 mであったが、20 mを超える高さに静止している個体もいた（Fig. 1）。平均高に雌雄間で有意な差はなく、朝、どちらの個体も林内ギャップにおいて高い場所に静止していたといえる。しかし、8:00~10:00では雌1.7 m, 雄1.7 mと、6:00~8:00に比べて有意に減少し（Dunnett T3検定, 雌： $F=36.19$, $p<0.001$, 雄： $F=24.25$, $p<0.001$ ）、10 mを超える高さに静止している個体はいなかった。この傾向は14:00まで続き、昼の雌雄は低い場所で生活していたようである。ただし、主な静止場所は上方へ突き出た草本の茎先であり、地表面に静止している個体は観察されなかった。その後、14:00を過ぎると静止場所の高さは再び上昇し（Dunnett T3検定, 12:00~14:00と14:00~16:00の比較, 雌： $F=4.80$, $p<0.001$, 雄： $F=622.23$, $p<0.01$ ）、20 m以上の高さに静止している個体も発見されるようになった。16:00~18:00は雌5.1 m 雄4.5 mと、14:00~16:00に比べて有意に高く

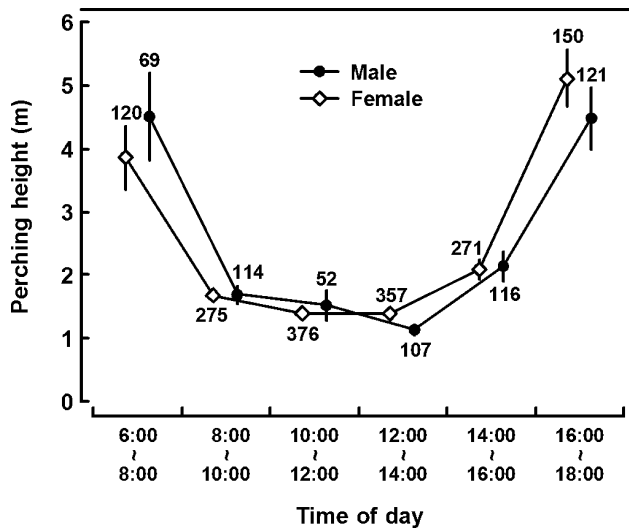


Fig. 1. Diurnal changes in the perching height in the forest gaps (m, \pm SE). Numerals beside each symbol show the number of individuals observed. Perching height of both sexes were changed throughout the day (Kruskal-Wallis test, Female: $\chi^2=192.36$, $p<0.001$, Male: $\chi^2=57.57$, $p<0.001$). There was no significant difference between sexes in each period (Mann-Whitney U -test, 06:00-08:00: $U=3695.50$, $p=0.242$, 08:00-10:00: $U=15190.50$, $p=0.758$, 10:00-12:00: $U=9360.00$, $p=0.610$, 12:00-14:00: $U=18088.00$, $p=0.389$, 14:00-16:00: $U=14949.00$, $p=0.548$, 16:00-18:00: $U=8262.50$, $p=0.238$).

なっている（Dunnett T3検定, 雌： $F=58.71$, $p<0.001$, 雄： $F=18.46$, $p<0.001$ ）。この高さは、6:00~8:00の高さと有意な差が認められない（Dunnett T3検定, 雌： $F=3.37$, $p=0.664$, 雄： $F=0.00$, $p=1.000$ ）。したがって、林内ギャップにおけるノシメトンボの静止場所の地表面からの高さは、朝に高く、日中に低く、夕方に再び高くなるといえ、夜間は高い場所で過ごしていると考えられた。

観察したノシメトンボの雌雄は、朝、太陽光に対して腹部背面をすべて曝していた。これは、トンボ目が日光浴を行うための典型的な姿勢である。一方、昼に、直射光の当たる場所に静止していた雌雄は、腹部末端を太陽に向ける「オベリスク」とよばれる姿勢をししば示した。その後、太陽が西側の山に隠れ、夕暮になると、腹部を垂れ、休止姿勢を示す個体もみられるようになった。

ノシメトンボの1時間あたりの採餌飛翔の回数は、6:00~8:00で雌9.4回, 雄3.0回と、すべての時間帯の中で最も少なかった（Fig. 2）。その後、採餌飛翔の回数は増加し、12:00~14:00に最も多く、雌33.9回, 雄32.7回となった。雌雄ともに6:00~8:00に比べて有意に増加しており（Dunnett T3検定, 雌： $F=15.19$, $p<0.05$, 雄： $F=67.36$, $p<0.05$ ）、本種の採餌活性は、正午過ぎに最も高くなっていったといえよう。その後、時刻が進むにつれて採餌飛翔回数は減少し、16:00~18:00では雌13.3回, 雄7.8回となり、12:00~14:00と比べて有意に少なくなった（Dunnett T3検定, 雌： $F=17.00$, $p<0.05$, 雄： $F=12.25$, $p<0.05$ ）。したがって、林内ギャップにおける本種の採餌活動は、早朝

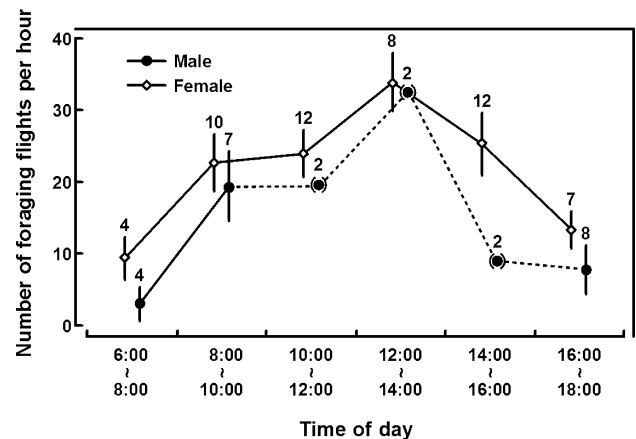


Fig. 2. Diurnal changes in the number of foraging flights per hour for *S. infuscatum* in forest gaps (m, \pm SE). The numbers above each symbol show the number of insects observed. The number of foraging flights per hour for females changed throughout the day (Kruskal-Wallis test, Female: $\chi^2=15.15$, $p=0.010$, Male: $\chi^2=9.82$, $p=0.081$). There was no significant difference between the sexes in each period (Mann-Whitney U -test, 06:00-08:00: $U=3.00$, $p=0.209$, 08:00-10:00: $U=33.00$, $p=0.887$, 10:00-12:00: $U=11.00$, $p=0.923$, 12:00-14:00: $U=5.50$, $p=0.533$, 14:00-16:00: $U=4.00$, $p=0.198$, 16:00-18:00: $U=11.00$, $p=0.054$).

と夕方に不活発で、正午過ぎに最も活発になるという一山型の日周変化をもつといえた。

雌の採餌飛翔の回数は有意ではないものの、いずれの時間帯においても雄より多い傾向があった (Fig. 2)。各時間帯における1時間あたりの平均採餌飛翔回数を合計し、ノシメトンボの日あたり採餌飛翔回数を求めると、雌で250.5回、雄で182.1回と計算された。この結果は、雌の採餌努力が雄よりも多かったことを示唆している。一方、1日を通した捕獲成功率は、雌が43.3% (成功: 58回, 失敗: 76回), 雄が49.0% (成功: 25回, 失敗: 26回) であり、雌雄間に有意差はなかった ($\chi^2=0.49$, $p=0.483$)。日あたり採餌飛翔回数と捕獲成功率から、ノシメトンボの日あたり捕獲成功回数は雌で108.5回、雄で89.3回と推定される。

林内ギャップにおいてスウィーピングを行った結果、合計94頭 (ハエ目: 30頭, ハチ目: 16頭, カメムシ目: 31頭, コウチュウ目: 5頭, アザミウマ目: 5頭, チョウ目: 7頭) の飛翔性小昆虫を捕獲できた。捕獲した小昆虫の体長は、ハエ目で0.66~11.19 mm, ハチ目で0.66~19.50 mm, カメムシ目で0.90~12.48 mm, コウチュウ目で0.90~1.35 mm, アザミウマ目で3.57~9.85 mm, チョウ目で1.96~10.96 mmである。それぞれの目における体長の3乗と乾燥重量の間には有意な関係式を得ることができた (Table 1)。この関係式を用いて、粘着トラップに付着した小昆虫の目と体長を指標とし、乾燥重量の推定を行った。

粘着トラップに付着した小昆虫は、ハエ目で13 mmまでの体長だった。ハチ目は11 mmまでだったが、カメムシ目では2~8 mm, コウチュウ目では2~9 mm, アザミウマ目では8 mm以下であり、体長5 mm以下の個体が83.1%とほとんどを占めていた。Fig. 3には、各高さにおける飛翔性小昆虫の捕獲個体数を示した。地表面からの高さ0.5 mでは、6:00~8:00の2時間で画用紙1枚あたりに付着した小昆虫は0.5頭ですべてハエ目であった。捕獲個体数は時間経過とともに増加し、12:00~14:00には多様な昆虫が捕獲されるようになった。この時間帯では、コウチュウ目の体長8~9 mmのハネカクシの一種が特に多く付着していた。14:00~16:00の捕獲個体数が最も多く、7.5頭となり、その後再び減少して、16:00~18:00では5頭となった。高さ0.5 mにおいて、飛翔する小昆虫の数は、朝と夕に少なく昼に多いという一山型の日周変化を示していたといえる。

高さ1.5 mの6:00~8:00には、高さ0.5 mよりやや多い0.8頭で、その後増加して12:00~14:00に3.8頭と最も多くなり、16:00~18:00には再び0.5頭と減少した。ここでは午後になっても捕獲個体数に対するハエ目の割合が半分を下回ることはなかったが、カメムシ目やアザミウマ目、コウチュウ目などもある程度捕獲された。ピークの時間帯は異

Table 1. Relationships between cubed body lengths (X) and dry weight (Y) for insect orders

Insect order	Sample size	Regression equation		
Diptera	30	$\log Y = -1.37 + 0.68 \log X$	$r^2 = 0.86$	$p < 0.0001$
Hymenoptera	16	$\log Y = -1.23 + 0.74 \log X$	$r^2 = 0.91$	$p < 0.0001$
Hemiptera	31	$\log Y = -1.26 + 0.79 \log X$	$r^2 = 0.90$	$p < 0.0001$
Thysanoptera	5	$\log Y = -1.76 + 0.71 \log X$	$r^2 = 0.78$	$p = 0.0453$
Coleoptera	5	$\log Y = -0.81 + 0.53 \log X$	$r^2 = 0.79$	$p = 0.0448$

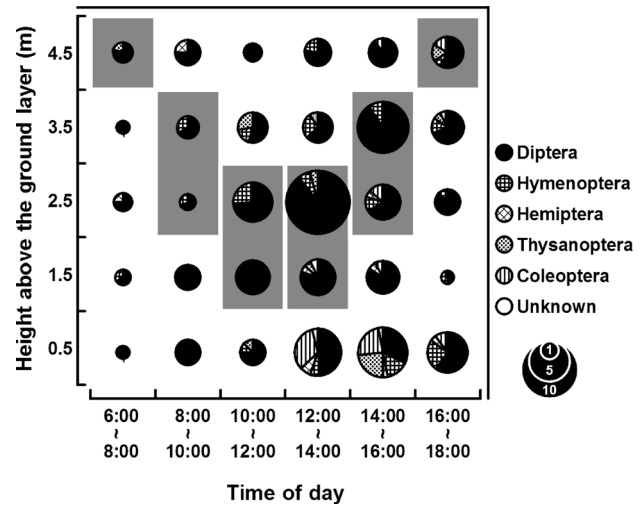


Fig. 3. Diurnal changes in the number of small flying insects collected by sticky traps in forest gaps. Circle size indicates the mean number of flying insects collected per trap. The shaded area indicates the main foraging space of *S. infuscatum* as estimated by the perching height in each period (see Fig. 1).

なるものの、高さ0.5 mと同様の傾向がみられたといえる。高さ2.5 mや3.5 mでも同様で、捕獲個体数は早朝に少なく、昼間に最も多くなり、夕方には再び減少していた。ここでもハエ目が常に半数以上を占めており、特に高さ2.5 mの12:00~14:00において捕獲個体数が最大となっていた。一方、高さ4.5 mについては、1頭~1.8頭と少なく、1日を通じてほぼ一定となっていた。したがって、林内ギャップの小昆虫は、高さ3.5 mよりも低い空間を主に飛翔し、朝や夕方に少ないことがわかった。

ノシメトンボは静止場所から0.5~2 m上空の小昆虫を主に捕獲しており、静止場所より下側に向かって採餌飛翔を行うことはない。ノシメトンボの静止場所の地表面からの高さは最低でも1.1 mだったので (Fig. 1)、本研究では、本種はそれ以上の高さを飛翔する小昆虫を捕獲すると仮定した。Fig. 3では、各時間帯における本種の主たる採餌空間と予想される高さを薄い網掛けで示している。その結果、本種の子な採餌空間における飛翔性小昆虫の個体数は、朝に少なく、昼に多くなるという傾向が認められた。なお、

1.5~4.5 mの高さで捕獲された飛翔性小昆虫を、個体ごとに乾燥重量に換算して平均すると、体長1~5 mmの昆虫で 0.17 ± 0.01 mg (\pm SE, $n=246$)、体長5~10 mmの昆虫で 3.64 ± 0.93 mg (\pm SE, $n=27$)となっている。

考 察

朝、ノシメトンボの雌雄は、地表面から高く太陽光の当たる明るい場所に静止していたので、雌雄が得る輻射熱は多かったに違いない。朝や夕方といった低温下に日光浴によって体温を上昇させる行動は、多くの種で確認されており（たとえば、May, 1976; Michiels and Dhondt, 1989; McGeoch and Samways, 1991）、本種においても、気温の低い朝、日光浴を行っていた可能性がある。一方、気温の最も高くなる正午過ぎ、雌雄は地表面からの高さが低く、太陽光の当たりにくい場所を静止場所としていた。静止場所の周囲の気温が高いとき、体温が過剰に上昇するのを防ぐため、トンボ目成虫は直射光を避けるための様々な姿勢や行動を示すとCorbet (1962)は述べた。たとえば、アキアカネ *S. frequens* (Selys) (トンボ目：トンボ科)の成虫は、高温下では、まずオベリスクを示し（石澤, 1996）、さらに気温が高くなると日陰へ移動するという（津吹, 1993）。昼の林内ギャップで生活していたノシメトンボの雌雄は、地表面に近く、暗い場所に静止することによって、太陽の直射を避けていたと考えられる。

ノシメトンボの雌雄は、朝、採餌飛翔をあまり示さなかった。Vogt and Heinrich (1983)は、気温の低いとき、ムツアカネ *S. danae* (Sulzer) (トンボ目：トンボ科)や *S. internum* Montgomery (トンボ目：トンボ科)を含む7種のPercherが、飛翔可能な最低体温よりもかなり高い体温になるまで飛翔を行わないことを見出した。このような習性はさらに多くの種で経験的に知られており、静止場所からすばやく飛び立てるように体温を上昇させていたにちがいないとCorbet (1999)は述べている。朝の林内ギャップの空気は冷たく、飛び立てる体温であっても、飛翔することで体が冷却されてしまう危険性がある（Watanabe et al., 2005）。一方、朝の林内ギャップは、本種の餌となる小昆虫の飛翔数も少なく、捕獲の機会は少なかったかもしれない。

昼、林内ギャップにおいてみられるノシメトンボの採餌飛翔の頻度は、1日の中で最も多くなっていた。ギャップ内の気温が早朝に比べて高く、飛翔行動を行うために好適な体温を維持しやすくなっていたといえる。Baird and May (1997)は、*P. longipennis*が、生息場所を飛翔する小昆虫の最も多くなる時間帯に、最も多くの採餌飛翔を行うことを明らかにした。本研究においても、昼の林内ギャップは、飛翔する小昆虫が最も多くなる時間帯であった。本種の採餌活動も、餌となる飛翔性小昆虫の豊富さに対応して行われていたと考えられる。

トンボ目における待ち伏せ型の採餌行動において、捕獲のために飛翔する方向は、静止場所より上方である（東, 1973）。林内ギャップにおいて、10:00~16:00の間、小昆虫の飛翔数が最も多くなる高さ（2.5~3.5 m）は、ノシメトンボが静止場所（高さ1~2 m）から採餌飛翔を行い（飛翔距離0.5~2 m）、小昆虫の捕獲を行う高さに一致していた。ただし、本種はまれに飛翔距離が2 mを超える採餌飛翔を行うことがある。

Worthington et al. (2005)は、待ち伏せ型の採餌行動を示す *S. vicinum* (Hagen) (トンボ目：トンボ科)が、飛翔して捕獲を試みる獲物の大きさは、0.8~5 mmの範囲であることを報告した。*S. vicinum*に比べてやや大型の *Libellula luctuosa* (Burmeister) (トンボ目：トンボ科)は、8 mmの大きさの獲物にも捕獲を試みることもあるものの、その割合は2~5 mmの獲物に捕獲を試みる割合よりも非常に低かったとOlberg et al. (2005)は述べている。したがって、採餌を行っている日中に、高さ1.5~4.5 mを飛翔する体長1~5 mmの小昆虫は、ノシメトンボの餌になりえたとはいえない。このような小昆虫の乾燥重量は、1頭あたり約0.17 mgであった。ノシメトンボの雌雄が1日に捕獲する小昆虫の数は雌108.5回、雄89.3回だったので、1日に捕獲した小昆虫の積算乾燥重量は、

$$\text{雌では } 0.17 \times 108.5 = 18.4 \text{ mg}$$

$$\text{雄では } 0.17 \times 89.3 = 15.2 \text{ mg}$$

と計算される。この量は、ノシメトンボの雌雄の体重（雌：107.8 mg、雄：87.9 mg、乾燥重量）のそれぞれ17.0%と17.3%に相当していた（岩崎, 未発表）。これはHigashi (1978)が報告したアキアカネの割合（13.9~14.5%）よりもやや多い。

Watanabe et al. (2004)は、2001年の本調査地の里山景観（約1.5 km²の水田と周囲の林を含む）に存在する林内ギャップに、ノシメトンボの雌が日あたり約18,000頭、雄が日あたり約11,000頭生息していたことを標識再捕獲法によって明らかにした。本調査地の林内ギャップで生活するすべての雌雄が、1日あたりそれぞれ108.5頭と89.3頭の小昆虫を捕獲しているとすれば、調査地の林内ギャップで1日にノシメトンボに消費される小昆虫の合計頭数は、

$$18,000 \times 108.5 + 11,000 \times 89.3 = 2,935,300 \text{ 頭}$$

と計算される。この地域一帯における成熟したノシメトンボの飛翔期間は約1カ月だったので（Susa and Watanabe, 2007）、ノシメトンボは林内ギャップで莫大な数の小昆虫を捕食していたといえよう。Shelly (1982)は、樹林性のpercherである *Argia difficilis* Selys (トンボ目：イトトンボ科)は、林内でも照度の比較的高い場所を好んで採餌飛翔を活発に行うと述べた。

ノシメトンボが採餌を行っているような季節の林内ギャップには、若木や開花中の草本が多く、それらを利用とする植食性の昆虫が多いと Richards and Windsor (2007) は述べた。このことは、ノシメトンボを含む昆虫食の動物にとって、林内ギャップは豊富な餌の存在する場所といえる。また、強い太陽輻射の存在する水田に比べ、林内ギャップは比較的涼しく、ノシメトンボにとって過ごしやすい場所であった (Watanabe et al., 2005)。林内ギャップはノシメトンボにとって、主たる生活場所であり、そこで彼らは温度環境や餌分布に対応した微小生息地選択を行いながら、活発な採餌活動を行っているといえよう。

摘 要

ノシメトンボ *Sympetrum infuscatum* (Selys) の成虫は、生涯の大部分を水田の周囲の里山林に生じたギャップで過ごし、産卵を行うときだけ水田を短時間訪れている。林内ギャップにおいて、彼らは木本の枝先や草本の茎先に静止しており、視界に入った飛翔性小昆虫に対して飛びかかって捕獲するという「待ち伏せ型」の採餌行動を示す。林内ギャップにおけるノシメトンボの成虫の採餌活動について調査を行ったところ、静止場所の高さは、朝夕に高く、昼に低くなっており、飛翔性小昆虫の豊富さの日周変化と対応していた。日あたり採餌飛翔回数は雌で 251 回、雄で 182 回であり、捕獲成功率から実際に捕獲に成功している小昆虫の頭数を求めると、それぞれ 109 頭と 89 頭であった。本調査地に設定した里山林に存在するギャップでは、1 日に合計 2,935,300 頭の飛翔性小昆虫がノシメトンボによって捕食されていると推定された。

引用文献

- Anholt, B. R., J. H. Marden and D. M. Jenkins (1991) Patterns mass gain and sexual dimorphism in adult dragonflies (Insecta: Odonata). *Can. J. Zool.* 69: 1156–1163.
- 新井 裕 (1996) 水田に適応したアカトンボ. *昆虫と自然* 31(8): 23–26. [Arai, Y. (1996) Adaptation of red-dragonflies in Japanese paddy fields. *Nat. Insect* 31(8): 23–26.]
- Baird, J. M. and M. L. May (1997) Foraging behavior of *Pachydiplax longipennis* (Odonata: Libellulidae). *Int. J. Odonatol.* 5: 655–678.
- Bennettova, B. and G. Fraenkel (1981) What determines the number of ovarioles in a fly ovary? *J. Insect Physiol.* 27: 403–410.
- Boggs, C. L. (1986) Reproductive strategies of female butterflies: variation in and constraints on fecundity. *Ecol. Entomol.* 11: 7–15.
- Corbet, P. S. (1962) *A Biology of Dragonflies*. Witherby, London. 16+247 pp.
- Corbet, P. S. (1999) *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell Univ. Press, New York. 32+829 pp.
- 東 和敬 (1973) トンボ数種の摂食量の推定 I. トンボの捕食飛行頻度の観察による推定. えびの高原野外生物実験室研究業績 1: 119–129. [Higashi, K. (1973) Estimation of the food consumption for some species of dragonflies. I. Estimation by observation for the frequency of feeding flights of dragonflies. *Rep. Ebino Biol. Lab., Kyushu Univ.* 1: 119–129.]
- Higashi, K. (1978) Daily food consumption of *Sympetrum frequens* Selys (Odonata: Libellulidae). *JIBP SYNTHESIS* 18: 199–207.
- 石澤直也 (1996) アカトンボの体温調節. *昆虫と自然* 31(8): 18–22. [Ishizawa, N. (1996) Thermoregulation in dragonflies of *Sympetrum*. *Nat. Insect* 31(8): 18–22.]
- Marden, J. H. (1989) Bodybuilding dragonflies: costs and benefits of maximizing flight muscle. *Physiol. Zool.* 62: 505–521.
- May, M. L. (1976) Thermoregulation and adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monograph* 46: 1–32.
- May, M. L. (1984) Energetics of adult Anisoptera, with special reference to feeding and reproductive behavior. *Adv. Odonatol.* 2: 95–116.
- McGeoch, M. A. and M. J. Samways (1991) Dragonflies and the thermal landscape: implications for their conservation (Anisoptera). *Odonatologica* 20: 303–320.
- Michiels, N. K. and A. A. Dhondt (1989) Differences in male and female activity patterns in the dragonfly *Sympetrum danae* (Sulzer) and their relation to mate-finding (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 18: 349–364.
- Neville, A. C. (1983) Daily cuticular growth layers and the teneral stage in adult insects: a review. *J. Insect Physiol.* 29: 211–219.
- Olberg, R. M., A. H. Worthington, J. L. Fox, C. E. Bessette and M. P. Loosemore (2005) Prey size selection and distance estimation in foraging adult dragonflies. *J. Comp. Physiol. A* 191: 791–797.
- Peckarsky, B. L., C. A. Cowan, M. A. Penton and C. Anderson (1993) Sublethal consequences of stream-dwelling predatory stoneflies on mayfly growth and fecundity. *Ecology* 74: 1836–1846.
- Plaistow, S. and M. T. Siva-Jothy (1999) The ontogenetic switch between odonate life history stages: effects on fitness when time and food are limited. *Anim. Behav.* 58: 659–667.
- Richards, L. A. and D. M. Windsor (2007) Seasonal variation of arthropod abundance in gaps and the understory of a lowland moist forest in Panama. *J. Trop. Ecol.* 23: 169–176.
- Shelly, T. E. (1982) Comparative foraging behavior of light- versus shade-seeking adult damselflies in a lowland neotropical forest (Odonata: Zygoptera). *Physiol. Zool.* 55: 335–343.
- 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・成虫大図鑑. 解説編. 北海道大学図書刊行会, 札幌, pp. 513–882. [Sugimura, M., S. Ishida, K. Kojima, K. Ishida and T. Aoki (1999) *Dragonflies of the Japanese Archipelago in Color. Species Description*. Hokkaido Univ. Press, Sapporo, pp. 513–882.]
- Sukhacheva, G. A. (1996) Study of the natural diet of adult dragonflies using an immunological method. *Odonatologica* 25: 397–403.
- Susa, K. and M. Watanabe (2007) Egg production in *Sympetrum infuscatum* (Selys) females living in a forest-paddy field complex (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 36: 159–170.
- Tammaru, T., K. Pekka and K. Ruohomaki (1996) Realized fecundity in *Epirrita autumnata* (Lepidoptera: Geometridae): relation to body size and consequences to population dynamics. *Oikos* 77: 407–416.
- 津吹 卓 (1993) アキアカネの未熟成虫の飛翔活動と環境条件. アキアカネのいる風景—アキアカネの生活史における諸問題—

- 3 (最終回) (上田哲行・石澤直也 編). インセクタリアム 30: 390–391. [Tsubuki, T. (1993) The flight activity of the libellulid dragonfly, *Sympetrum frequens* Selys in relation to environmental factors. Question in the life history of *Sympetrum frequens*—3 (T. Ueda and N. Ishisawa, eds.). *Insectarium* 30: 390–391.]
- Vogt, F. D. and B. Heinrich (1983) Thoracic temperature variations in the onset of flight in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Physiol. Zool.* 56: 236–241.
- Watanabe, M. and M. Taguchi (1988) Community structure of coexisting *Sympetrum* species in the central Japanese paddy fields in autumn (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 17: 249–262.
- Watanabe, M., H. Matsuoka and M. Taguchi (2004) Habitat selection and population parameters of *Sympetrum infuscatum* (Selys) during sexually mature stages in a cool temperate zone of Japan (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 33: 169–179.
- Watanabe, M., H. Matsuoka, K. Susa and M. Taguchi (2005) Thoracic temperature in *Sympetrum infuscatum* (Selys) in relation to habitat and activity. *Odonatologica* 34: 271–283.
- 渡辺庸子 (1996) アカトンボの卵発生と若齢幼虫について. 昆虫と自然 31(8): 13–17. [Watanabe, Y. (1996) Embryonic development and early instar larvae of *Sympetrum*. *Nat. Insect* 31(8): 13–17.]
- Worthington, A., K. Haggert and M. Loosemore (2005) Seasonality of prey size selection in adult *Sympetrum vicinum* (Odonata: Libellulidae). *Int. J. Odonatol.* 8: 169–176.
- Xue, R.-D. and A. Ali (1994) Oviposition, fecundity, and body size of a pestiferous midge, *Chironomus crassicaudatus* (Diptera: Chironomidae). *Environ. Entomol.* 23: 1480–1484.
-