

原著論文

岡山市内の用水路で採集されたシオカラトンボ (*Orthetrum albistylum speciosum*) 幼虫における体サイズの季節変化野原宏之¹・中村圭司²Seasonal change in body size in *Orthetrum albistylum speciosum* larvae in Okayama City, JapanHiroyuki NOHARA¹, Keiji NAKAMURA²

Abstract: The larval odonate fauna was studied in artificial waterways in Okayama City, Japan. In March–June and October–December 2006, larvae of 5 species were collected. Among them, *Orthetrum albistylum speciosum* (Libellulidae) was the dominant species. Both in spring and autumn, wide distribution ranges were seen in the head width and wing-pad length of *O. albistylum speciosum*, showing that larvae of several instars were overwintering. In June, most of the collected larvae were in the final instar, suggesting that warm water temperatures in early summer enhance the larval development and adult emergence. Although in some dragonfly species the temperature threshold for larval growth in spring is lower in the earlier instars than in the later instars, we could find no clear evidence showing that smaller larvae resumed development earlier than larger ones in *O. albistylum speciosum*. Long warm period in southwest Japan likely enables *O. albistylum speciosum* to adapt to the local climate without an early molting in small larvae.

キーワード：岡山市，用水路，トンボ相，シオカラトンボ，発育，成長，越冬ステージ，体サイズ，幼虫休眠

はじめに

変温動物である昆虫では，環境の温度が低くなるほど発育や成長が遅くなり，ある閾値（発育限界温度）を下回ると発育が不可能になる．夏を中心とした季節に活動し，冬の間は活動しなくなる昆虫では，秋になると生理機能が変化して発育や生殖の抑制が見られる．このような積極的な発育や生殖の抑制を休眠という（ダニレフスキー 1966）．昆虫の休眠は，熱帯や亜熱帯に起源をもつ昆虫類が生活圏を中～高緯度地方に拡大していく進化の過程で獲得した遺伝形質であり，どのような成長段階（卵，幼虫，蛹，成虫）で休眠するかは，それぞれの種によって

異なる（Tauber et al. 1986, Danks 1987）．また，特定の成長段階で越冬する昆虫では，春にそろって成長や生殖を再開することにより，同一個体群の中で生活史を同調することが可能になる（Košťál 2006）．

熱帯を起源とする昆虫のひとつであるトンボも，生活史の中に休眠を組み込むことによって高緯度地域へ分布を拡大することが可能になったと考えられている（Pritchard 1982, Noring 1984）．温帯地域に生息する多くのトンボは幼虫で休眠に入り越冬するが，アカネ属などでは休眠卵の状態ですべて冬を過ごす（Corbet 2004）．また，例外的な存在としてオツネントンボ *Sympecma paedisca paedisca* やホソミオツネン

1. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科. Department of Biosphere-Geosphere System Science, Faculty of Informatics, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.

2. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科. Department of Biosphere-Geosphere Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.

トンボ *Indolestes peregrinus* のように成虫で越冬する種もある(杉村ら 1999).

幼虫で休眠するトンボの仲間では、特定の齢で休眠に入り羽化前の最後の冬を過ごすものと、様々な幼虫齢で休眠が誘導されて最後の冬を過ごすものがある(Corbet 2004). 後者の場合では休眠による生活史の同調効果が小さくなる可能性があるが、休眠終了後の発育開始時期を変化させることで、成虫の羽化をそろえる生理的な仕組みが存在することが指摘されている(Corbet 1957, Lutz 1968). 例えば、エゾトンボ科の一種、*Tetragoneuria cynosura* では、春に温度が上昇する際に若齢幼虫から発育を再開することで、同一個体群の中での羽化時期の違いが小さくなる(Lutz 1968).

シオカラトンボ *Orthetrum albistylum speciosum* (図1)は日本全国に分布し、市街地周辺にも数多く生息する最も身近なトンボの一種である. 成虫は年2世代発生し、幼虫で越冬する(新井 2010). 中国・四国地方では、成虫は4月中旬から11月中旬にかけて出現し、6～9月に多く観察される(杉村ら 2008). 一方トンボ類では、肉食性で動く餌しか捕食しない幼虫の飼育が困難であることなどから、生活史の実験的な解析などはほとんどされていない. 本研究では、シオカラトンボ幼虫における春および秋の体サイズを比較することで、本種の生活史の一部を明らかにすることを目的とする. また、岡山理科大学周辺(岡山市北区)の用水路にどのようなトンボの幼虫が生息しているのかを調べた結果についても報告する.

方法

2006年3月～12月にかけて、月に一度の割合で岡山理科大学近くの用水路(岡山市北区、図2)においてトンボ幼虫の採集を行った. 網の目が約1mmの手網を用いて用水路中の砂、泥や枯葉などの底質ごと採集し、バットに移して目視で幼虫を確認した. 見つかったトンボ幼虫は全て採集し、70%エタノールで固定して研究室に持ち帰った. その後、実験室内で図鑑を用いて種の同定を行った.



図1. シオカラトンボ成虫(上)と幼虫(下).



図2. 調査地点の位置(左)および採集の様子(右).

シオカラトンボの幼虫については、実験室内で写真を撮影し、頭幅と翅芽の長さを画像計測ソフト(フォトメジャー: ケニス株式会社)で測定した.

結果

月に一度実施した野外調査において、トンボ科(Libellulidae)のシオカラトンボ、オオシオカラト

表1. 岡山市北区の用水路で採集されたトンボ幼虫の季節的変化.

種名	個体数										合計
	3/23	4/28	5/27	6/29	7/27	8/31	9/28	10/25	11/30	12/15	
シオカラトンボ	31	56	56	59	-	-	-	2	31	27	262
オオシオカラトンボ	4	10	6	-	-	-	-	3	12	13	48
オニヤンマ	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
コオニヤンマ	-	-	-	-	-	-	-	1	8	-	9
ダビドサナエ	1	-	5	2	-	-	-	1	16	9	34
合計	36	66	68	61	-	-	-	7	68	49	355

ンボ *Orthetrum triangulare melania*, サナエトンボ科 (Gomphidae) のダビドサナエ *Davidius nanus*, コオニヤンマ *Sieboldius albardae*, オニヤンマ科 (Cordulegastridae) のオニヤンマ *Anotogaster sieboldii* の5種の幼虫が採集された(表1). 採集された幼虫の個体数を種ごとに合計して比較したところ, 最も多かったシオカラトンボの全体に占める割合が73.8%であった. それ以外ではオオシオカラトンボが13.5%, ダビドサナエが9.6%, コオニヤンマが2.5%, オニヤンマが0.6%となった. 全ての種について, 成虫の出現時期である7~9月にかけては採集できなかった. シオカラトンボでは, 3~6月および11~12月にかけて多くの幼虫が採集されたが, 10月は2頭だけとなった.

次に, 3~6月および10~12月にかけてのシオカラトンボの頭幅と翅芽の長さを図3に示す. 3月23日の採集では最も小さい幼虫における頭幅が1.7mm, 翅芽の長さは0.4mmであった. 最も大きな幼虫ではそれぞれ5.1mmと6.8mmであり, ほぼ同じ大きさの幼虫が他に2頭採集された. 野外における抜け殻と比較した結果, これら3頭の幼虫はすべて終齢と判断された. 4, 5月も採集された幼虫の最小値と最大値は3月と大きな違いはなかったが, 6月29日には頭幅が3.0mmより小さい幼虫は採集されず, ほとんどが終齢幼虫であった. 10月25日には2頭しか幼虫は採集されなかったが, 片方は終齢幼虫と判断できる大きさであった. 11, 12月の体サイズの分布は3~5月と同様の傾向であり, さまざまな大きさの幼虫が確認された.

より詳細な年齢構成についても採集時期ごとに検討を行ったが, 明確に年齢を区別することができない月もあった. 特に5月に採集された幼虫の体サイズ

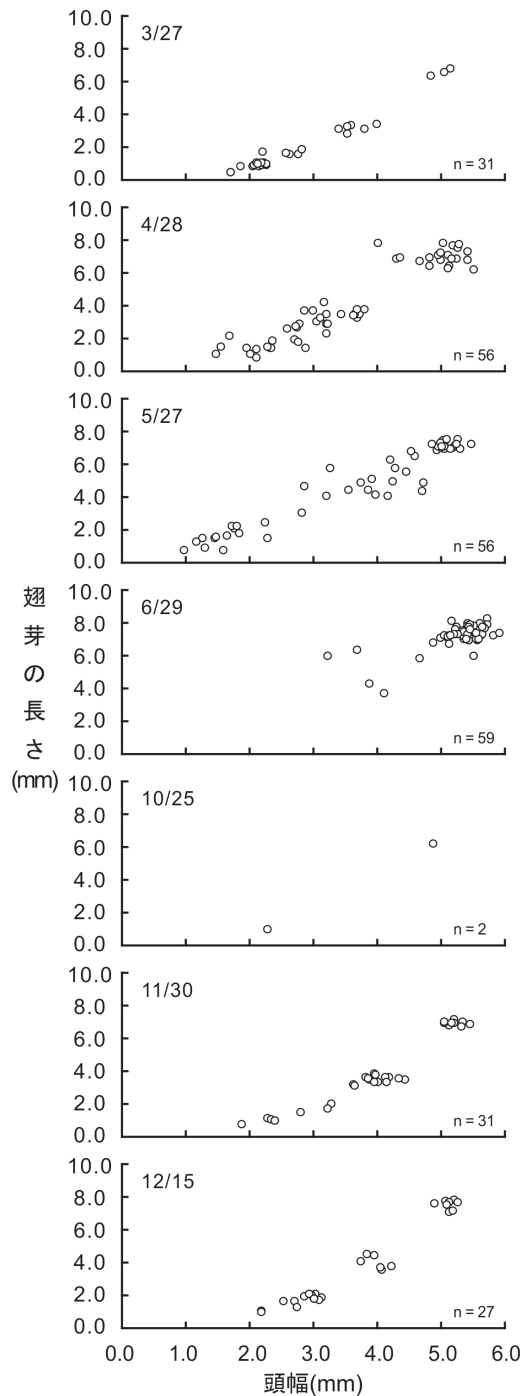


図3. 採集されたシオカラトンボ幼虫における体サイズの季節的変化.

は頭幅、翅芽の長さともに連続的な個体差が認められた。一方、3月および11、12月の採集個体では、頭幅が約5mm、翅芽の長さが7～8mmの終齢と考えられる幼虫、頭幅と翅芽の長さの両方が4mm前後の終前齢、およびそれより小さい幼虫を区別することが可能であった。

考察

岡山理科大学周辺の用水路におけるトンボ幼虫相について

今回の調査では、5種のトンボ目昆虫の幼虫を確認することができた(表1)。なかでもシオカラトンボが最も多く、次いでオオシオカラトンボとなった。シオカラトンボは日本全国に広く分布し、市街地近くなどでも多く生息するのに対し、オオシオカラトンボはシオカラトンボより周辺に木立があるなど閉鎖的な空間を好む(杉村ら 2008)。調査地点周辺はオオシオカラトンボが好む閉鎖的な空間もあり、観察される成虫の数もシオカラトンボに次いで多い。今回の幼虫における結果は、調査地点周辺におけるトンボ成虫相の特徴と一致する。

オニヤンマは平地から山地にいたる小川や湧き水、湿地の細流、かんがい用排水路など広範な流水域に幼虫が生息する(杉村ら 2008)。調査地周辺は市街地に近い場所ではあるが、オニヤンマ成虫が確認される。しかし、大型種であり個体密度が低いため今回採集された幼虫個体数が少なかったと考えられる。

サナエトンボ科のコオニヤンマとダビドサナエの幼虫が今回の調査で合計43頭採集された。この2種については、他の3種に比べて調査地点周辺で成虫を見ることが少ない。ダビドサナエ成虫は丘陵地や産地の渓流域で主に見られるが、幼虫は河川を流下して中流域などでも確認される(杉村ら 2008)。今回採集された幼虫も、河川から用水路に流下したものと考えられる。また、コオニヤンマは調査地近くを流れる旭川の中流域における優占種である。その一部の幼虫が台風等の大水によって用水路まで流され、そこで生息している可能性が考えられる。

今回の調査では7月から9月にかけてシオカラトンボの幼虫は採集されず、10月にも2頭しか採集されなかった。夏の間に幼虫を採集できなかった理由としては、上述のように7月にはほとんどの幼虫が羽化したと考えられることが挙げられる。その後、第一世代の幼虫が孵化して発育しているはずであるが、夏の間は野外で確認できるサイズにまで達していない可能性がある。一方、シオカラトンボでは年に2世代成虫が発生するとされていることから(新井 2010)、8月や9月に高い水温下で発育した幼虫が肉眼で確認できる大きさまで成長していても不思議ではない。今回は側面と底面がコンクリートで覆われた市街地の用水路(図2)において定期的な採集を行った。このような小規模な用水路では、梅雨時や台風時などの大雨によってトンボの幼虫およびその生活場所である砂や泥などの底質が流されてしまい、その結果幼虫を採集できなかった可能性がある。また、周辺の住民による用水路の清掃が影響した可能性も排除できない。夏季におけるシオカラトンボ幼虫個体群の動態をより正確に把握するためには、自然的・人為的な生息環境の攪乱が少ない水域での調査が必要と考えられる。

シオカラトンボ幼虫における体サイズの季節変化

今回の調査において、採集されたシオカラトンボ幼虫の体サイズには個体間で大きな違いが認められた(図3)。ほとんどの月において、幼虫の頭幅では1.0mm台から5.0mm以上、翅芽の長さでは1.0mm台から約7.0mmとさまざまな大きさの幼虫が生息していることが確認された。多くの不完全変態昆虫において、脱皮前後の幼虫サイズを比較すると約1.26倍増加することが知られており(Wigglesworth 1972)、トンボの幼虫においても同様の結果が知られている(Corbet 2004)。日本産のトンボにおいてもベッコウトンボ *Libellula angelina*(近藤・青木 1997)などにおいて幼虫が一定の割合で大きくなることがわかっている。シオカラトンボと同属のオオシオカラトンボでは、一回脱皮をすると頭幅が約1.21倍増加する(中村 未発表データ)。シオカラトンボにおいて

もオオシオカラトンボと同様の比率で成長をすると仮定した場合、頭幅が約1mmの個体は終齢から数えて8齢前(F-8)前後となる。今回の結果から正確な越冬齢構成を算出することはできないが、日本産のトンボにおける羽化までの幼虫齢は9~15齢である(新井 2010)ことを考慮すると、シオカラトンボはかなり広い範囲の幼虫齢で越冬が可能であることがわかる。

6月29日に採集された幼虫では、ほとんどが終齢幼虫と考えられるサイズであり、頭幅と翅芽の長さのいずれについても3.0mmより小さなものは見られなかった。このことから、初夏の水温上昇に伴い幼虫の成長が促進されていることがわかる。また、7月から9月にかけて幼虫が採集されなかったことから、越冬した幼虫は全て夏には成虫に羽化したものと考えられる。幼虫で複数年を過ごすトンボ類では、長日の日長においても休眠が誘導されるものが存在するが(Norling 1984, Corbet 2004)、年2世代発生するシオカラトンボでは初夏の長い日長下で発育を促進させ、夏に休眠が誘導される生理的な仕組みは存在しない可能性が高い。

幼虫休眠に入って冬を越す種の中には、越冬後の幼虫発育のタイミングが齢によって異なることが報告されており、エゾトンボ科の一種 *T. cynosura* では、若齢幼虫になるほど休眠終了後の発育限界温度が低くなる(Lutz 1968)。それにより、越冬後は若齢幼虫から発育が再開され、結果的に個体群の中での羽化時期の違いが小さくなる(Lutz 1968)。一方、シオカラトンボでは3月より4、5月の方が終齢幼虫の割合が高くなる傾向が認められたが、頭幅と翅芽の長さがいずれも2.0mm以下の若齢幼虫が5月27日の採集時点において20%以上の割合を占めた(図3)。このことから、シオカラトンボでは *T. cynosura* のような齢による越冬後の発育開始時期における明確な違いが存在しない可能性がある。中国・四国地方ではシオカラトンボは4月中旬から11月中旬にかけての長期間にかけて成虫が確認される(杉村ら 2008)。夏が短い高緯度地域などでは、早くから繁殖を開始する成虫の方がより多くの子孫を残すことができる

と考えられるが、シオカラトンボの成虫寿命より繁殖可能な期間の方がはるかに長い温暖な地域では、羽化時期を早める適応的な意義は大きくない可能性が考えられる。また、シオカラトンボは市街地周辺において最も優占する種であることため、羽化時期が他個体より少し遅れても雌雄の交尾の機会が減少するとは考えにくい。若齢幼虫が早く成長を再開する、または終齢に近い幼虫が成長の再開を遅らせることに伴うリスクの方が、個体群内で羽化が同調する利益より大きいということを、今回の結果は示しているのかもしれない。

引用文献

- 新井 裕(2010). トンボの生息環境と生活史. 日本環境動物昆虫学会編「改訂 トンボの調べ方」: 132-147.
- Corbet, P. S. (1957). The life-histories of two summer species of dragonfly (Odonata: Coenagriidae). *Proceedings of the Zoological Society of London* 128: 403-418.
- Corbet, P. S. (2004). "Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata. Revised edition" Harley Books, Essex.
- ダニレフスキー, ア・エス(1966). [日高敏隆・正木進三 訳] 「昆虫の光周性」. 293pp. 東京大学出版会, 東京.
- Danks, H. V. (1987). "Insect dormancy: an ecological perspective" 439 pp. *Biological Survey of Canada*, Ottawa.
- 近藤祥子・青木典司(1997). ベッコウトンボの卵期及び幼虫期について. *昆虫と自然* 32: 19-22.
- Košťál, V. (2006). Eco-physiological phases of insect diapause. *Journal of Insect Physiology* 52: 113-127.
- Lutz, P. E. (1968). Effects of temperature and photoperiod on larval development in *Lestes eurinus* (Odonata: Lestidae). *Ecology* 49: 637-644.
- Norling, U. (1984). Life history patterns in the northern

- expansion of dragonflies. *Advances in Odonatology* 2: 127–156.
- Pritchard, G. (1982). Life-history strategies in dragonflies and the colonization of north America by the genus *Argia* (Odonata: Coenagrionidae). *Advances in Odonatology* 1: 227–241.
- 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」. 956pp. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 杉村光俊・小坂一章・吉田一夫・大浜祥治(2008). 「中国・四国のトンボ図鑑」. 255pp. いかだ社, 東京.
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., and Masaki, S. (1986). “Seasonal adaptations of insects” 411 pp. Oxford University Press, New York.
- Wigglesworth, V. B. (1972). “The principles of insect physiology. 7th edition” 836 pp. Chapman and Hall, London.
- (2015年1月13日受理)