

## 湖山池におけるウチワヤンマ生息最終年の羽化消長

鶴崎展巨<sup>1,2</sup>・尹 振国<sup>1,3</sup>・岩本真菜<sup>1,4</sup><sup>1</sup> 〒680-8551 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学地域学部地域環境学科<sup>2</sup> E-mail: ntsuru@rs.tottori-u.ac.jp<sup>3</sup> 現住所：兵庫県姫路市北今宿2-4-36レオパレスM104号<sup>4</sup> 現住所：〒689-1213 鳥取市用瀬町鷹狩104-5

**Nobuo TSURUSAKI, Zhenguo YIN, and Mana IWAMOTO**, (Department of Regional Environment, Faculty of Regional Sciences, Tottori University, Tottori City, 680-8551 Japan): **Adult emergence pattern of the golden frangetail *Sinictinogomphus clavatus* (Odonata: Anisoptera: Gomphidae) in the last year of its occurrence in Lake Koyama, Tottori City, Honshu, Japan.**

**要旨** — ウチワヤンマは湖山池でもっとも普通な大型のトンボだったが、2012年3月にはじまった塩分導入事業により姿を消した。ただし、塩分導入のはじまった直後の2012年6月から8月までは成虫の羽化が確認された。この羽化期間中に湖岸の脱皮殻を毎日回収し次のような結果を得た：1) 雌のほうが早く羽化する傾向がある(雌先熟)、2) 体サイズ(後脚腿節長)は雌のほうが雄よりも、また、雌雄とも早く羽化した個体のほうが大きい。本種の雌先熟傾向は長野県諏訪湖でおこなわれた研究でも確認されているが、トンボを含め昆虫では珍しい。

**キーワード** — ウチワヤンマ, 湖山池, 雌先熟, 羽化消長, 体サイズ

**Abstract** — The golden frangetail *Sinictinogomphus clavatus* (Fabricius, 1775) (Odonata: Anisoptera: Gomphidae) was one of the commonest dragonflies in Lake Koyama in Tottori City (Tottori Prefecture, Honshu, Japan) before the intentional induction of higher salinity (3.5 – 8.75 ppt) in March in 2012 by the local government. We surveyed pattern of adult emergence of the species by collecting exuviae of larvae every day during the adult emergence from June to early August in 2012 which became the last year of the occurrence of the species in the lake. The results obtained were as follows: 1) There was a tendency that females tend to emerge earlier than males (protogeny). 2) Females were larger than males and individuals molted earlier were larger than those emerged later in both males and females. No adult emergence from the lake has been observed since 2013 due to high salinity.

**Key words** — *Sinictinogomphus clavatus*, Lake Koyama, adult emergence pattern, protogyny, ecology, body size

## はじめに

水質改善を標榜して2012年3月12日から実施された鳥取市湖山池の高塩分化事業により湖山池の本来の動植物相は壊滅的な打撃を受けた。塩分は事業前の1.75 ppt以下から、

2012年秋には12 pptを超え、2013年以降、湖山池から羽化できるトンボは皆無になっている(尹ら2015, 鶴崎2015)。

われわれは汽水化にともなうトンボ相の変化を記録するため2012年3月の水門開放後から塩分測定とトンボ類の観察をおこなってきたが、塩分導入直後の2012年の6月下

旬に湖山池湖岸でウチワヤンマ *Sinictinogomphus clavatus* (Fabricius, 1775) (サナエトンボ科) (図1A) の羽化殻 (図1B) を確認できたので、羽化状況を確認するため、羽化殻が多く観察され継続調査に適していた湖山池南東湖岸に位置するお花畑公園の南側の駐車場のコンクリート護岸で継続して、羽化殻を回収した。

湖山池が汽水化する以前のトンボ相については轟・鶴崎 (2015) で、汽水化開始から2年間のトンボ相の変化 (トンボの消失) については尹ら (2015) で報告したが、本稿ではこの羽化殻回収で明らかになったウチワヤンマの羽化習性と興味深い特性 (雌の先熟傾向, 羽化順にともなう体の小型化) について報告する。

## 調査地と方法

湖山池 (図2) は面積6.88 km<sup>2</sup> (688 ha), 湖岸延長17 km, 平均水深2.8 m, 最大水深6.5 mの湖である (山田 2000, 平塚ら2006, 星見 2009, 山室ら 2013)。海跡湖であるが、16世紀末に北側が閉塞して以後は淡水に近い汽水湖で、塩分は0.3 ~ 1.75 ppt (pptはparts per thousand, すなわち千分率。これはPSU=practical salinity unit 実用塩分単位と表示することもある), 海水の1/100 ~ 1/20) であった。湖山池の唯一の流出河川である湖山川はもともと千代川の河口近くの最下流部につながっており、以前は千代川水系であったが、1983年に千代川河口のつけかえ工事により、湖山川は賀露

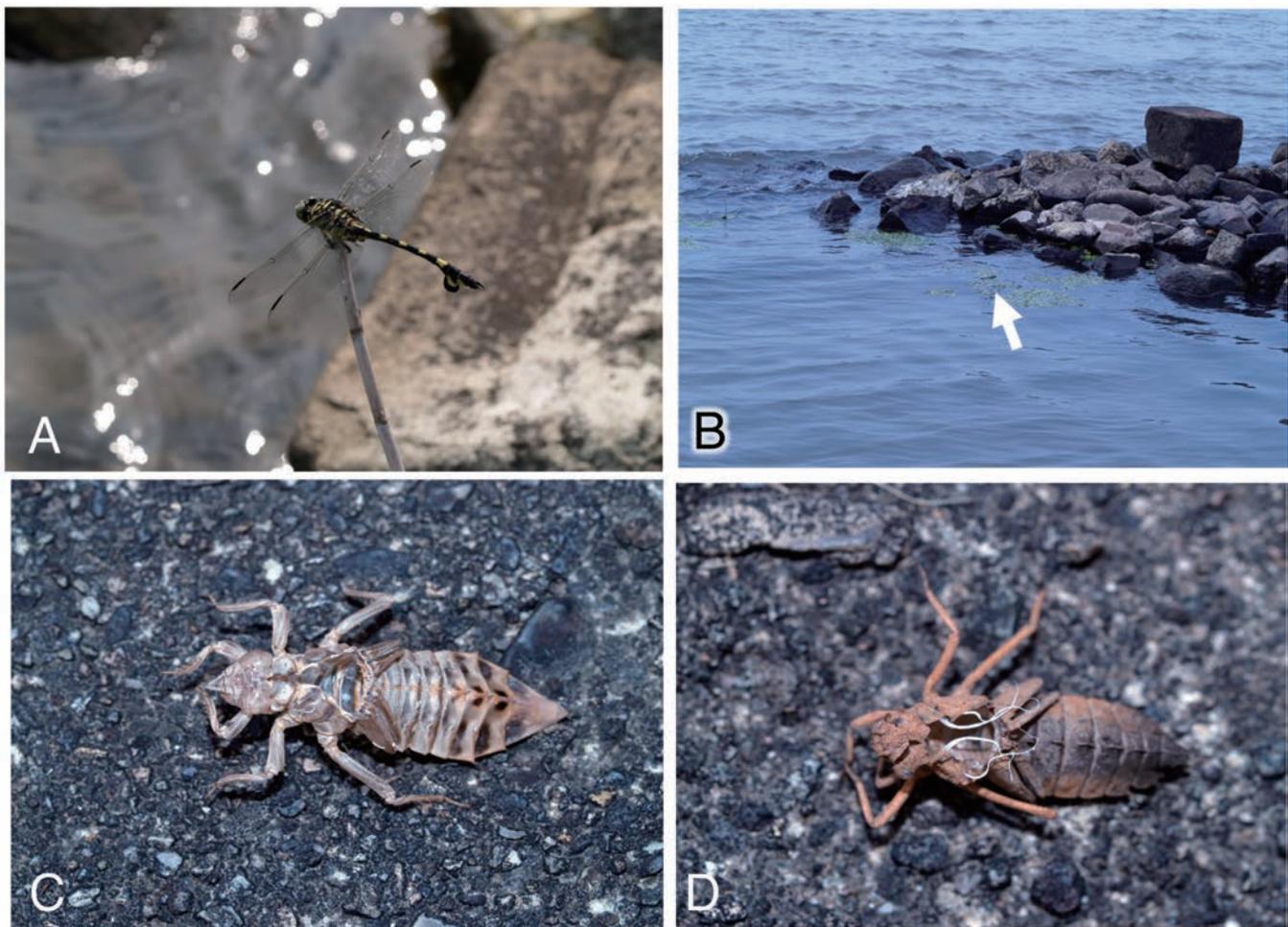


図1. 2012年3月の水門開放以後、同年の夏までに湖山池から羽化したトンボ2種. A-C: ウチワヤンマ. D: コフキトンボ. A: ウチワヤンマ雄成虫 (福井展望駐車場, 26 June 2012). B: ウチワヤンマ雄のパトロール飛行 (矢印. お花畑公園南パーキング大出用水河口, 26 June 2012). C: ウチワヤンマの羽化殻 (お花畑公園南パーキング, 26 June 2012). D: コフキトンボ羽化殻 (お花畑公園南パーキング, 26 June 2012). 撮影日はすべて2012年6月26日.

Fig. 1. Two species of dragonflies emerged from Lake Koyama during the season from the opening of the Koyamagawa Water Gate on March 12, 2012 to the summer in the same year. A-C: *Sinictinogomphus clavatus* (Fabricius, 1775) (Gomphidae) D: *Deielia phaon* (Selys, 1883) (Libellulidae). A: An adult male of *S. clavatus* (Fukui Observatory Parking). B: Patrol flight of male *S. clavatus* (Flower Garden Park South Parking). C: An exuvia of *S. clavatus* (Flower Garden Park South Parking). D: An exuvia of *Deielia phaon*. All the photos were photographed on 26 June 2012.

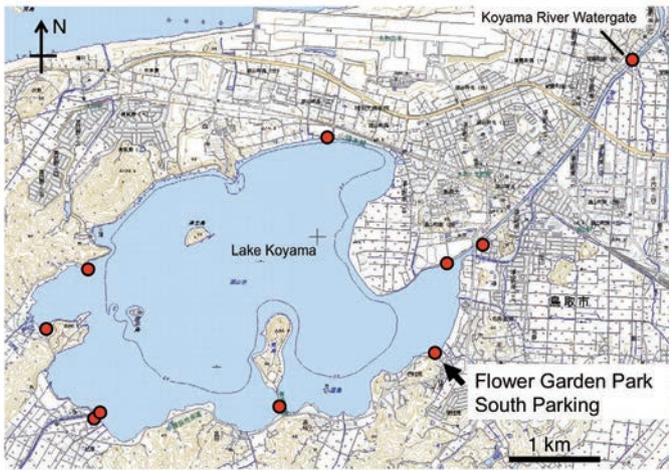


図2. ウチワヤンマ羽化殻調査地点. 湖山池東南の矢印. 赤色は2012年4月から2014年11月までに塩分を調査した地点 (尹 2015を参照) .  
 Fig. 2. Map showing study site of the present study (Arrowed) in Lake Koyama, Tottori City. Solid circles denote sites where salinity was observed from April 2012 to November 2014 (cf. Yin et al. 2015).

港を介して日本海に直結することになった。これにより高塩分の逆流が懸念されたが、それ以前に湖山川水門が完成しており、また当時は湖山池周辺の農地利用への配慮(塩害防止および農業用水確保)から水門操作により塩分の流入を防いでいたので塩分は本来よりも薄め(海水の1/100程度)で推移してきていた。2012年3月12日に鳥取県は湖山川水門を開放し、塩分は湖山池内の全地点で同年の7月中旬には30 pptを超えた(尹ら 2015)。

ウチワヤンマ(サナエトンボ科)は汽水化以前には湖山池でふつうに見られた大型のトンボである(日暮 1993a, b; 日暮・祖田 1995, 1998; 鶴崎・鶴崎 2013; 轟 2015)。幼虫は水面が開け、深みのある大きな湖沼に生息し(尾園ら 2012)、湖山池本体から直接羽化できる数少ないトンボの一つであった。

ウチワヤンマ羽化殻の調査地点として設定したのは湖山池南東側にお花畑公園の南側の駐車場(図2)に面する長さ130 mのコンクリート護岸である(図3A-B)。この護岸の側

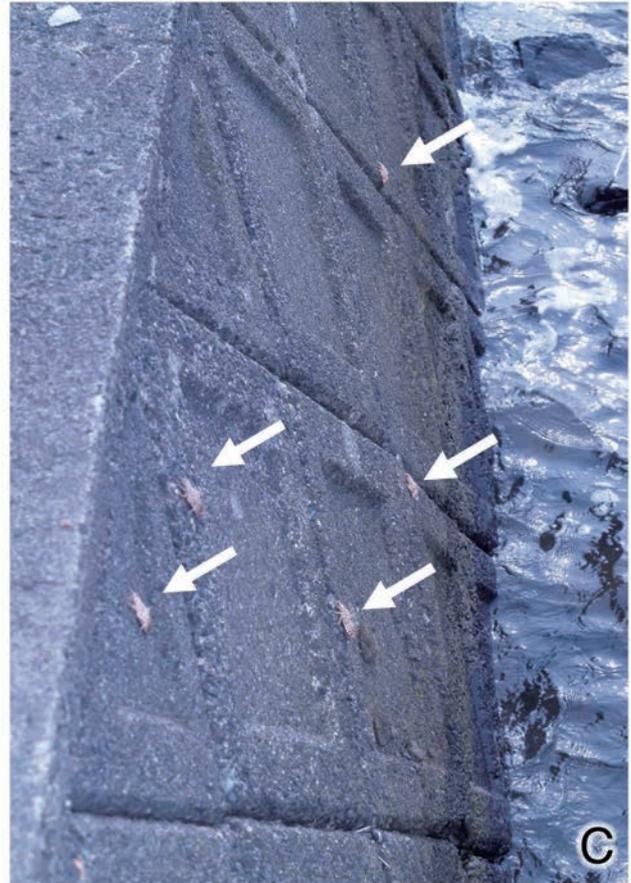


図3. 調査地のお花畑公園南パーキング. A: コンクリート護岸を東端から西に向かって撮影 (26 June 2012). B: 同じ場所を西側端から東に向かって撮影 (19 Aug. 2012). C: 岸壁についているウチワヤンマ脱皮殻(矢印) (26 June 2012). この写真では5個見える。羽化殻の多くは、このようなコンクリート壁面にみられた。

Fig. 3. Site studied (South Parking of Flower Garden Park). A: Photographed from east end toward west (26 June 2012). B: Photographed from western end toward east (19 August 2012). C: Exuviae (arrowed) attached on the wall of concrete bank (26 June 2012). The bank is 130 m long. Most of the exuviae were found on the wall of concrete bank.

面では、2012年6月26日に、本種の脱皮殻が多数見つかったので(図3C。その前の6月12日には見られていなかった)、これを契機として、7月1日以降、羽化数を確認するため、ほぼ毎朝8時すぎに当地のコンクリート護岸にそって歩き、コンクリート壁面についている羽化殻を回収した。

ウチワヤンマのヤゴは、腹部下面前方にある突起(生殖器の痕跡)の有無(あるのが雄、ないのが雌: 倉田・両角 1966)により、脱皮殻で雌雄の識別が可能である。回収された148個の脱皮殻は雌雄に分けて(82♀66♂であった)、体サイズの指標として、後脚腿節長を測定した。測定は、接眼マイクロメーターを装着した双眼実体顕微鏡でおこなった。統計処理にはJMP 6.0 (SAS Institute 2005)を使用した。

塩分と水温は、ワイエスアイ・ナノテック社の塩分計 Model30M/25を使用して測定した。

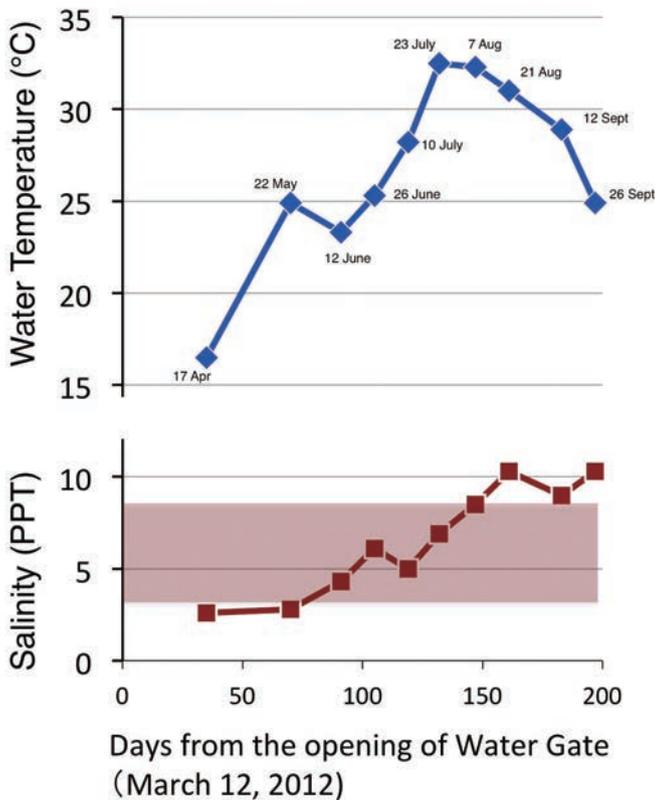


図4. 調査地(お花畑公園南パーキング)で測定した水温(上)と塩分(下)。2012年4月から9月までのデータの表示。ウチワヤンマの羽化殻を確認できたのは2012年6月26日から8月3日までの期間のみ。翌年2013年もこの期間はほぼ毎日点検したが、羽化殻は1個も発見できなかった。

Fig. 4. Water temperature and salinity measured at the site studied (South Parking of Flower Garden Park) from April to September 2012. Exuviae of *Simictinogomphus clavatus* were observed from 20 June to 3 August. No exuviae were found in 2013, though we surveyed everyday also during the same season 2013.

トンボ幼虫の同定には石田ら(1988)、石田(1996)、杉村ら(1999)を使用した。

## 結果

### 1. 羽化のパターンと羽化パターンの雌雄差

調査地点であるお花畑公園の南側駐車場で調査期間の2012年の9月までにおける水温と塩分の推移を図4に、ウチワヤンマの日ごとの羽化殻数の時間的推移を図5に示した。羽化殻は2012年7月1日の調査開始より8月3日までほぼ連続して回収できた(図7)。ただし、雨天あるいは出張による不在などで回収できなかった日が数日ある(図7の累積羽化曲線のギャップはそれ)。その後も9月2日まで継続して羽化殻の有無をチェックしたが、8月4日以降は羽化殻の出現はなかった。2013年も6月下旬から8月上旬まで、今回と同じ調査地でほぼ毎日羽化殻を探索したが、2013年には羽化殻はまったく出現しなかった。

羽化殻の存在により湖山池本体からのウチワヤンマの羽化に最初に気づいたのは前述のとおり2012年6月26日であるが、この日に集めた羽化殻34個体の性比は雌:雄 = 22:12と雌に偏っているように見えた(ただし1:1との差は有意ではない)ので、適度に区切った出現期間で集計して性比を出したのが図6、雌雄別の累積羽化曲線を描いたのが図7である。どちらの図からも、雌のほうが雄に先行して羽化しているように見える(雌先熟)。

### 2. 羽化殻のサイズの季節的变化

体サイズの指標として測定した脱皮殻148個(82♀66♂: 2♀2♂の脱皮殻は後脚がとれていた)ので回収総数152よりも少ない)の後脚腿節長を雌雄に分けて表示したのが図8である。後脚腿節長は雌のほうが雄のそれよりも有意に大きかった( $P < 0.0001$ , Mann-Whitney U-test)。後脚腿節長を羽化日(2012年6月25日を起点として、そこからの経過日数)に対してプロットした図が図9である。ばらつきは大きい雌雄ともに、有意な負の相関があり、早く羽化した個体のほうが体サイズが大きい傾向のあることがわかった。

## 考察

ウチワヤンマは海水の約10分の1の塩分(3.5 ppt)を含む島根県の宍道湖でも生息がみられる塩分には比較的強いトンボである(西脇・星川 2001, 西脇 2007)。ただし、本種は同地に生息する汽水性のトンボであるナゴヤサナエ *Stylurus nagoyanus* (Asahina, 1951) ほどの塩分耐性はなく、このためか、宍道湖での生息は安定しておらず個体数の年間変動が大きい(西脇・星川 2001)。

2012年3月12日に湖山川水門が開放されてから湖山池の

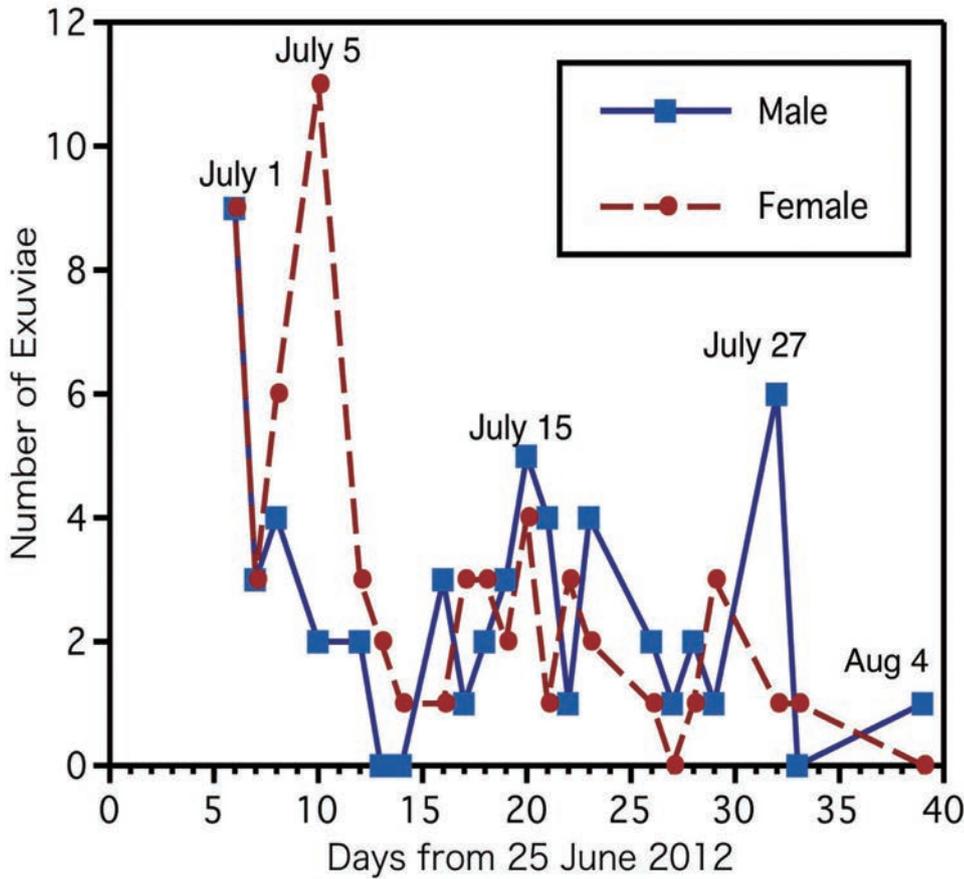


図5. 湖山池お花畑公園パーキングにおけるウチワヤンマの羽化殻の出現数(2012年). 羽化殻を初回に回収した6月25日のサンプルは含めていない(これ以前に羽化していた羽化殻も含まれるため).  
 Fig. 5. Numbers of exuviae of *Sinictinogomphus clavatus* collected from July 1 to August 4, 2012. No exuviae were found after August 4, 2012, though search continued to September 2, 2012.

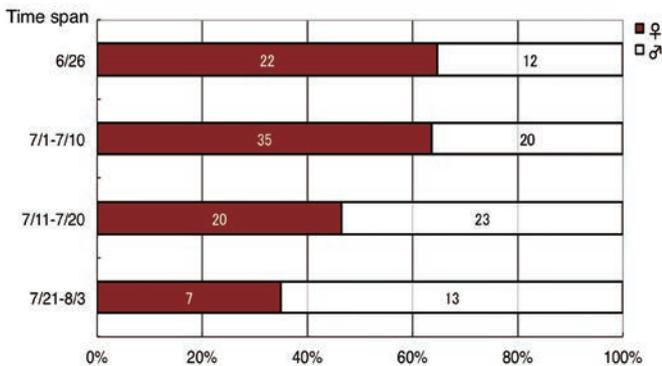


図6. 羽化殻の性比の時間的変遷. 回収された羽化殻の総数は152で内訳は♀84個体, ♂68個体であった. 性比1:1から有意差はない( $\chi^2$ 検定)が, 採集時期を4つに分けると初期には雌個体が多く, この性比が後半に向かって逆転する傾向がみられた. 7/1~7/10のサンプルは1:1からのズレが有意(<0.05).

Fig. 6. Sex ratios of a total of 152 exuviae (84 females and 68 males) of *Sinictinogomphus clavatus* divided into four periods (26 June, 1 to 10 August, 11 to 20 July, and 21 July to 3 August). Figures on each bar denote number of exuviae. Only sex ratio of a sample from 1 to 10 July is significantly deviated from 1:1 (<0.05, Chi-square test).

塩分は急激に上昇し, 同年5月には宍道湖の塩分を超え, 湖山池湖岸で最初にウチワヤンマの脱皮殻を発見した同年6月26日の塩分は, 今回調査地としたお花畑公園駐車場で6.1 pptであった(詳細データについては伊ら 2015を参照)。この塩分は本種が通常に生息できる塩分ではないが, おそらく越冬後の終齢に近い幼虫がもつある程度までの塩分耐性によって羽化にまでいたったものと思われる。6月下旬から7月にかけて, 湖山池内の湖岸では, 岸辺近くをパトロールするウチワヤンマの雄(図1B)や連結した雌雄, また, わずかに残ったヒシの近くで連結して産卵しているペアも観察された。2012年の最後の脱皮殻確認は8月4日で, この頃には塩分は8.5 ppt(8月7日の測定値)にまで上昇している。しかし, 宍道湖でもウチワヤンマの羽化はおおむね8月初旬には終息している(西脇・星川 2001)ので, この年の本種の羽化に対しては塩分上昇はとくに大きな影響は与えなかったものと考えられる。ただし, 翌年の2013年には2012年と同一期間中, ほぼ毎日, 調査地に立ち寄り, 羽化殻の有無を確認したが, 羽化殻はまったく確認されなかった。卵や若齢幼虫では塩分耐性がなく, 生存できなかったものと考えられる。

2012年の羽化を雌雄で比較すると, 雌のほうが雄よりも早く羽化する傾向(雌先熟)が認められた。これと同じ雌先

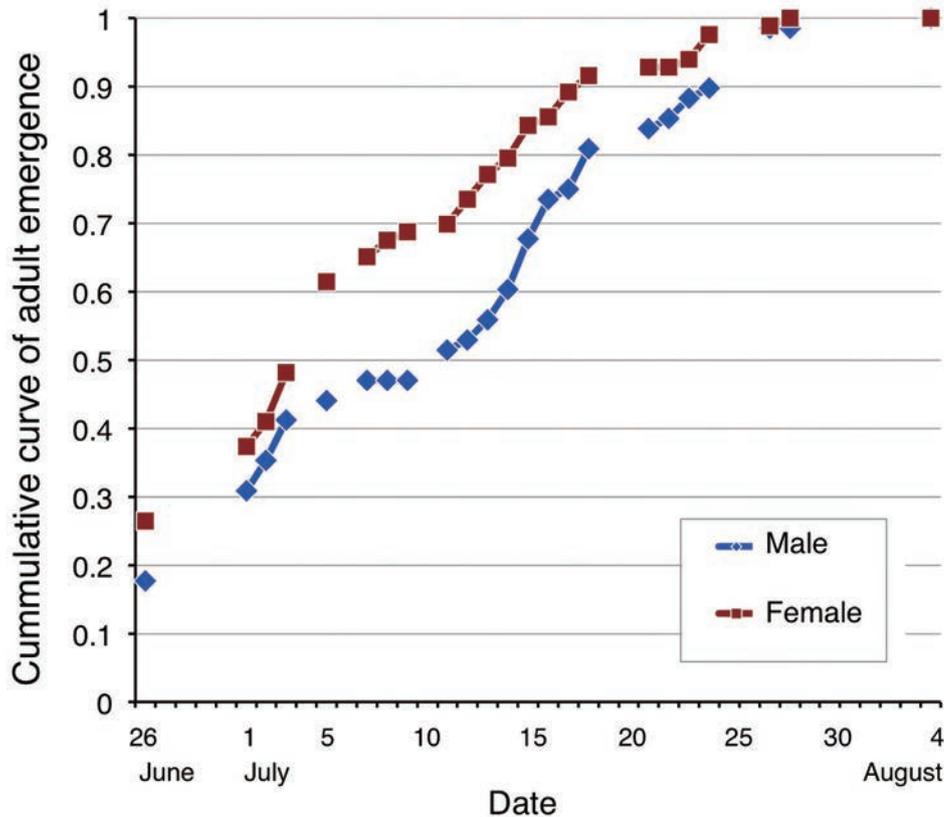


図7. ウチワヤンマの羽化殻の累積羽化曲線。雌のほうが雄よりも早く羽化する傾向が認められる。152殻 = 84♀68♂。

Fig. 7. Cumulative curves of adult emergence of *Sinictinogomphus clavatus* in both sexes. Adult females tend to appear slightly earlier than adult males.

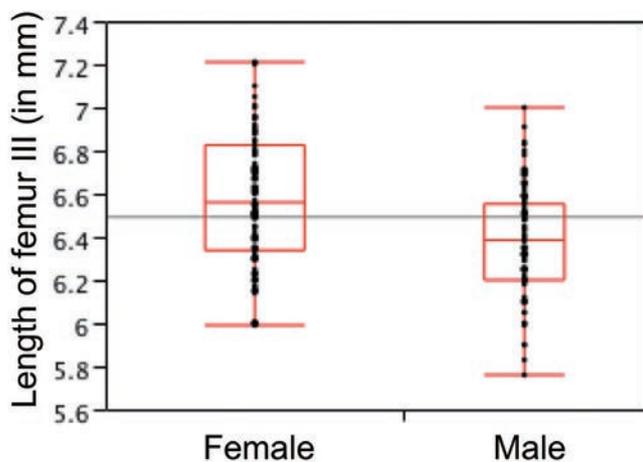


図8. ウチワヤンマの羽化殻の後脚腿節長。雌のほうが雄よりも大きい。148殻 = 82♀66♂ Mann-Whitney U-test,  $P < 0.0001$ 。

Fig. 8. Lengths of hind femur of *Sinictinogomphus clavatus* based on a total of 148 exuviae (82 females and 66 males). Total number of hind femur measured is slightly smaller than those of exuviae because of lack of both hind legs in a few specimens. Hind femur is larger in females than males ( $P < 0.0001$ , Mann-Whitney U-test).

熟傾向は長野県の諏訪湖の本種の集団でも確認されている(倉田・両角 1966)。ただし、西脇・星川 (2001)は宍道湖の本種の集団では、このような傾向ははっきりしなかったと報告している。雌先熟傾向は、ザトウムシ類(クモガタ綱)の年1化卵越冬の種では顕著(Tsurusaki 2003)であるが、昆虫を含む多くの無脊椎動物では成虫への最終脱皮に関して雌雄で時間差がある場合には雄先熟が一般的で、雌先熟は非常に珍しい(Thornhill & Alcock 1989)。トンボ目も例外ではなく、羽化時期に雌雄で差がある場合には雄先熟が一般的であるが、雌先熟をしめす例も、国外産であるが、サオトメエゾイトンボ *Coenogriion puella* (イトンボ科)、ヨーロッパショウジョウトンボ *Crocothemis erythraea* (トンボ科)、セボシカオジロトンボ *Leucorrhinia intacta* (トンボ科)などで報告されている(Corbart 2007)。ただし、コウテイギンヤンマ *Anax imperator* (ヤンマ科)のように、年によって、雄先熟になったり雌先熟になったりする種も知られている(Corbart 2007, p. 241)。宍道湖のウチワヤンマで雌先熟傾向がはっきりしなかったこと(西脇・星川 2001)を考慮すると、本種の諏訪湖の集団や今回の湖山池での調査で確認された雌先熟傾向が、本種の常態であるかどうかについてはさらに追加の調査が必要であるが、残念ながら本種の発生が終息した湖山池ではその機会は喪われた。

温帯に生息するトンボでは、一般に、羽化した成虫の

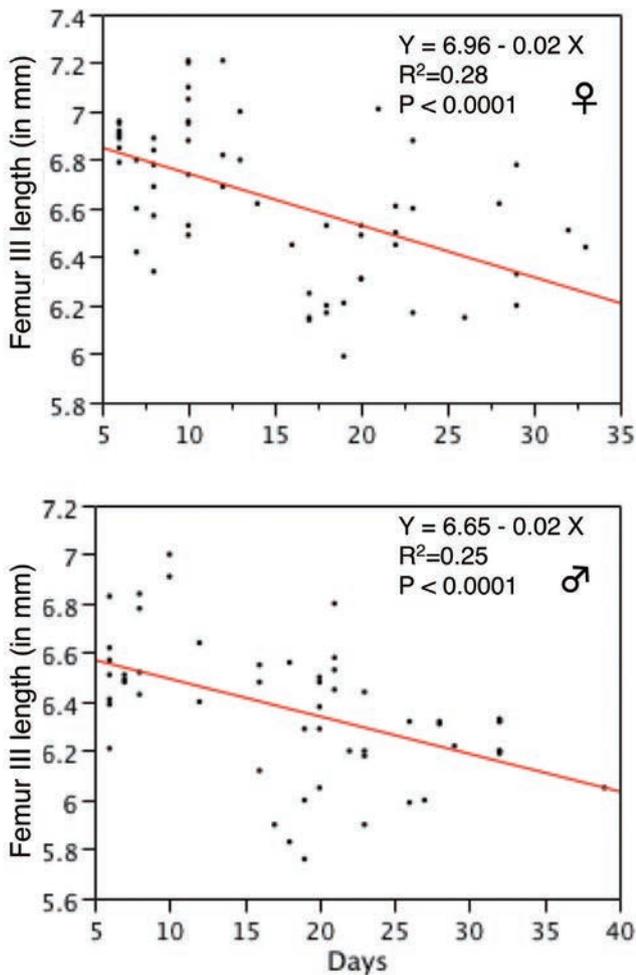


図9. ウチワヤンマの羽化殻の後脚腿節長の時間的変化。横軸は2012年6月25日を起点とした日数、148殻中、羽化日のわからない6月26日採集の34殻(22♀12♂)を除外した。雌雄ともに、羽化時期の早い個体のほうが体は大きい。

Fig. 9. Temporal change in the hind femur of exuviae of *Sinictinogomphus clavatus*. Abscissa axis is days from June 25, 2012. Exuviae collected on June 26 (22♀12♂ = 34 in total) were excluded because actual dates of adult emergence for those exuviae are unknown.

体のサイズが、同一羽化シーズンの中では初期から後期にむかって減少してゆく傾向のあることが知られている (Corbert 2007, p. 239)。この傾向は、宍道湖のナゴヤサナエでも同様に、早く羽化した羽化殻ほど体サイズがはつきりと大きい傾向があることがわかっている (西脇 2007)。ウチワヤンマでも、この点を検討したところ、やはり、早期に羽化した個体のほうが大きい傾向のあることが確認された (図9)。残念ながら、諏訪湖のウチワヤンマの羽化消長を調べた倉田・両角 (1966) はこの点を検討しておらず、西脇 (2007) も宍道湖のウチワヤンマについてはこの傾向があったかどうか触れていない。

Corbert (2007, p. 239) は、羽化成虫の体のサイズが春から夏にむかって減少する傾向についてのもっとも合理的な

説明として、高い水温が成長を加速し、齢間の成長比を加速することを挙げている。いっぽう、ナゴヤサナエでのこの現象について、西脇 (2007) は、これは、6～7月の羽化時期に羽化が間にあわず越冬したヤゴが翌年の夏の早期に羽化するためではないかと推察している。ナゴヤサナエの幼虫期間は3～4年 (西脇 2007) なので、高水温が成長を加速するという説明はナゴヤサナエにはたしかに適用しづらい。いっぽう、ウチワヤンマのそれは1～2年 (西脇 2007) なので、高水温による成長の加速が影響する可能性はナゴヤサナエよりも高いと思われるが、前年の8月上旬までの羽化期に羽化が間に合わなかったヤゴがさらに1回越冬して、ゆっくりと大きく成長して羽化シーズンの初期に出現するという可能性も考えうる。湖山池のウチワヤンマでは両方の要因がセットでこの傾向をみせていたのかもしれない。

なお、ウチワヤンマの羽化殻調査は、1) 脱皮殻が大きいこと (体長は35 mm前後)、2) 湖山池の水深のある湖沼から直接羽化するトンボの種数は少なく、しかも非常に大型であることから脱皮殻でのウチワヤンマのヤゴだという同定が容易であること、3) 脱皮殻の収集が容易であること、4) 脱皮殻なので、採集しても個体群の存続に影響がないこと、5) 計測が容易であること、6) 羽化シーズンが6月下旬から8月上旬までの約2カ月以内と、短く、比較的短期間で調査を完了できること、7) 羽化時期による性比の偏りや、体サイズの変化が顕著であること、などにより、教材としての利用価値が高いと考えられる。残念ながら高塩分化事業により、本種を教材として利用する機会は湖山池では失われたが、将来、もし、この事業に見直しがおこなわれ、湖山池の塩分が本来の濃度に戻されることがあれば、周辺の生息地からの飛来によってウチワヤンマの再定着は可能と考えられるので、その際には教材としての活用されることを推奨したい。

## 謝 辞

(財)ホシザキグリーン財団の林 成多博士には文献の入手でお世話になった。本論文の出版には平成27年度鳥取県山陰海岸ジオパーク調査研究支援補助金 (鳥取県鳥取県生活環境部緑ゆたかな自然課) から支援を受けた。

## 文 献

- Corbert, P. S. (椿 宜隆・生方秀紀・上田哲行・東 和敬 監訳) (2007) トンボ博物学 行動と生態の多様性. 海游舎 (東京) 798 pp. (原著: Corbert, P. S. 1999. Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata. Cornell University Press)
- 日暮卓志 (1993a) 因幡のトンボ. すかしば, Nos. 39/40, pp. 9-17.

- 日暮卓志(1993b)観察ガイド. 湖山池, pp. 176–177. In: 山陰むしの会(編)山陰のトンボ.山陰中央新報社(松江) 207 pp.
- 日暮卓志・祖田 周(1995)鳥取県のトンボ相. すかしば, Nos. 41/42, pp. 39–52.
- 日暮卓志・祖田 周(1998)鳥取県のトンボ相[II]. すかしば, No. 46, pp. 57–63.
- 平塚純一・山室真澄・石飛 裕(2006)里湖モク採り物語. 50年前の水面下の世界. 生物研究社(東京), 141 pp.
- 星見清晴(2009)湖山池—その生い立ち—. 鳥取地学会誌, 13: 23–36.
- 石田勝義(1996)日本産トンボ目幼虫検察図説. 北海道大学図書刊行会(札幌), 447 pp.
- 石田昇三・石田勝義・小島圭三・杉村光俊(1988)日本産トンボ幼虫・成虫検察図説. 東海大学出版会(東京), 140 pp.
- 倉田 稔・両角徹郎(1966)ウチワヤンマの羽化生態I. Tombo, 9(1–4): 17–22.
- 西脇淳浩(2007)宍道湖に生息するトンボ～ナゴヤサナエ. pp. 14–21. In: 中野浩史・山口勝秀・越川敏樹(編)宍道湖自然館第13回特別展「水に生きる昆虫～ふるさとの水辺から～」展示解説書. 水に生きる昆虫. 宍道湖自然館ゴビウス・ホシザキグリーン財団. 74 pp.
- 西脇淳浩・星川和夫(2001)宍道湖におけるナゴヤサナエとウチワヤンマの羽化消長. ホシザキグリーン財団研究報告, No. 5, pp. 215–221.
- 尾園 暁・川島逸郎・二橋 亮(2012)日本のトンボ. 文一総合出版(東京), 531 pp.
- SAS Institute Inc. (2005) JMP ver 6.0. SAS Institute Inc.
- 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. 北海道大学図書刊行会(札幌), 917 pp.
- Thornhill, R. and Alcock, J. (1989) The Evolution of Insect Mating Systems. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 547 pp.
- 轟 裕明・鶴崎展巨(2015)汽水化以前(2003年)の鳥取市湖山池とその周辺のトンボ相. 山陰自然史研究, No. 11, pp. 1–14.
- Tsurusaki, N. (2003) Phenology and biology of harvestmen in and near Sapporo, Hokkaido, Japan, with some taxonomical notes on *Nelima suzukii* n. sp. and allies (Arachnida: Opiliones). Acta Arachnologica, 52(1), 5–24.
- 鶴崎展巨(2013)NEWS ハイライト. 鳥取・湖を強引に汽水化. 希少種も危機に. 自然保護, No. 535, p. 22.
- 鶴崎展巨・鶴崎紗礼(2014)2010年夏の湖山池とその周辺のトンボ類の記録. すかしば, No. 61, pp. 25–28.
- 山田一仁(2000)因伯の湖と池. 流転する水のロマンと歴史. たたら書房(米子市), 87 pp.
- 山室真澄・石飛 裕・中田喜三郎・中村由行(2013)貧酸素水塊. 現状と対策. 生物研究社(東京), 227 pp.
- 尹 振国・岩本真菜・鶴崎展巨(2015)塩分導入による湖山池のトンボ群集の崩壊. 山陰自然史研究, No. 11, pp. 15–32.

Received February 10, 2016 / Accepted February 23, 2016