

塩分導入による湖山池のトンボ群集の崩壊

尹 振国¹⁾²⁾・岩本真菜¹⁾・鶴崎展巨¹⁾³⁾

¹⁾〒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

²⁾E-mail: YZG-512@hotmail.com

³⁾E-mail: ntsuru@rs.tottori-u.ac.jp

Zhenguo YIN, Mana IWAMOTO, Nobuo TSURUSAKI (Department of Regional Environment, Faculty of Regional Sciences, Tottori University, Tottori City, 680-8551 Japan): **Collapse of Odonata community of Lake Koyama (Tottori City, Honshu, Japan) by induction of the high salinity.**

要旨 — 湖山池はわずかな塩分 (1.75 ppt 以下) を含む汽水湖であったが2012年3月にはじまった塩分導入事業により当地に生息していた淡水性動植物は壊滅的な打撃を受けている。塩分導入がもたらす生物相の変化を記録するため、2012年4月から2014年11月まで塩分測定とトンボ類の調査を行なった。2012年の初夏にはヤゴの脱皮殻の確認によりウチワヤンマとコフキトンボの湖内からの発生を確認できたが、その後、湖内からの発生は終息した。確認できた種数 (成虫) は水門開放前の2003年には23種であったが、2012年は10種、2013年は8種、2014年は5種となった。2012年の初夏以降、湖山池の塩分は塩分耐性のあるウチワヤンマでさえ生息できない塩分 (海水の1/10以上) となっており、2013年以降の確認種はすべて隣接する流入河川または淡水池で発生したと考えられるものである。

キーワード — 湖山池, トンボ群集, 汽水化, 塩分変化, 生物多様性

Abstract — Lake Koyama in Tottori City which was originally a lagoon facing on Sea of Japan had been a brackish water lake with a subtle salinity less than 1.75 ppt (= ca. 1/20 of seawater salinity) for more than past 400 years except for a short period between 1989–2005 when the salinity was controlled to keep less than 0.35 ppt (= ca. 1/100 of seawater) for agricultural use of lake water. However, Tottori Prefecture and Tottori City started the project on 12 March 2012 to raise salinity of the lake to 3.5–8.75 ppt (1/10 to 1/4 of seawater salinity) by frequent opening of the Koyamagawa Water Gate in the Koyama River that connects Lake Koyama and Sea of Japan. This was done without operation of any environmental assessments for the expected faunal and floral change of the lake. We have monitored salinity changes and faunal change of Odonata in Lake Koyama from April 2012 to November 2014. The number of odonate species decreased from 23 recorded in the 2003 surveys to 10 and 8 in 2012 and 2013, respectively. The salinity of the lake increased 8.75 ppt as early as in late July and reached up to 12 ppt in October in 2012. There are no odonate species that can tolerate salinity over 3.5 ppt in Lake Koyama and it seems that all the 8 and 5 species recorded during the 2013 and 2014 surveys are the species emerged from several short rivers and channels that flow into the lake or adjacent freshwater ponds and pools.

Key words — Lake Koyama, Odonata community, Tottori City, induction of salinity, faunal change, biodiversity

はじめに

鳥取県と鳥取市は水質改善を目的に鳥取市湖山池の塩分(本来の塩分は0.035～0.175%,つまり海水の塩分3.5%=35 pptの1/100～1/20程度)を鳥取県中部の東郷湖(塩分は0.35～0.875%。つまり海水の1/10～1/4)並みに引き上げることを目指し(鳥取県・鳥取市2012),2012年3月12日に湖山池と日本海を結んでいる湖山川の水門を開放した。しかし,この東郷湖なみの塩分は湖山池が少なくとも過去400年以上経験したことのない非常に高い濃度であり,この事業は湖山池本来の生物相や生態系を著しく変化させると予想されるものであった。結果として,鳥取県の条例によって鳥取県特定希少野生動物植物に指定されているカラスガイ(環境省準絶滅危惧=NT,鳥取県絶滅危惧I類=CR+EN,増田2002,福本・谷本2012)をはじめ,ニセマツカサガイ(環境省NT,鳥取県CR+EN),ヌマガイ(鳥取県NT),イシガイ(鳥取県NT),オオタニシ(環境省NT,鳥取県NT),モノアラガイ(環境省NT,鳥取県NT),ヤリタナゴ(環境省NT,鳥取県NT)ほか,数多くのレッドデータブック掲載種を含む淡水性ならびに水辺生息性の動植物は湖山池内から完全に姿を消した。

本調査は,この事業により生息に大きな影響を被ることが予想されたトンボ類について,出現種と群集の変化を追跡することが今後の湖山池の生態保全の基礎として重要と考え,水門開放直後の2012年春から実施したものである。トンボ類は水辺で目だつ大型の昆虫で,昆虫の他の分類群と比べると図鑑類が数多く出版されているので,これまでに記録が比較的多く蓄積されてきている。湖山池からもこれまでに30種が記録されており(英・英1996;日暮1993a,b;日暮・祖田1995,1998;山陰むしの会1993,轟2003),未公開であったが,2003年にまとまった調査が鳥取大学の卒業論文としてなされていたので(この内容は,轟・鶴崎2015として発行),それらとの比較により水門開放の影響を把握できると考えたものである。

本稿では2012年4月以後の湖山池の塩分変化およびトンボ類の調査結果を報告する。

調査地と調査方法

1. 湖山池の概要

湖山池(図1)は面積6.88 km² (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



図1. 湖山池における塩分の測定地点。□は途中から追加で測定した地点。A-B: 鳥取大学農場用水路(A: 水門そば, B: ポンプ室)。C: 福井休憩所淡水池。塩分は, 毎回, 湖山川水門→井戸橋→附属小前→(A→B)→グリーンフィールド→福井展望所→福井休憩所→C→レーク大樹前長柄川河口左岸湖山池側→レーク大樹前長柄川→長柄川→お花畑公園南側の順で測定した。

Fig. 1. Sites where salinity was measured and dragonflies were recorded. 湖山川水門 (Koyamagawa Water Gate), 井戸橋 (Ido Bridge), 附属小前 (Fuzoku-sho-mae = shore at the Affiliated Elementary School of Tottori University), グリーンフィールド (Greenfield Park), 福井展望所 (Fukui Scenic Parking), 福井休憩所 (Fukui Recreation Zone Parking = Koyama Park), レーク大樹(長柄川河口) (Hotel Lake Taiju, Mouth of Nagara River, レーク大樹(長柄川河口) (Lake Taiju, Nagara River), 青島入口 (Entrance of Aoshima Islet), お花畑公園南側 (South Parking of Flower Garden Park).

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で (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年の千代川河口のつけかえ工事により, 湖山川は賀露港を介して日本海に直結することになった。したがって, 現在, 湖山川-湖山池は千代川水系とは独立した湖山川水系となっている。湖山池への流入河川は少なく, かつ細く短いのが特徴である。そのうち最も長い川(湖山川の上流河川)は長柄(ながら)川とよばれ湖山池南西側の金沢で湖山池に注いでいる。

2. 塩分測定

塩分測定にはワイエスアイ・ナノテック社のModel 30M/25を使用した。この塩分計にはセンサー部と本体の間に5 mのコードがあり, 橋上などから湖面や川面の塩分を測るのに適している。塩分は図1に示した湖山川の2地点を含む合計10地点で, 2012年4月17日から2014年3月までは冬季をのぞき月2回測定した。2013年には湖山池湖内は全域ですでにトンボが発生できない塩分であったこと, ならびに, 多鯨ヶ池や大塚のため池など他の湖沼でのトンボ群集の調査を新たに開始したため, 2014年4月以降は湖山池での塩分測定は月1回に頻度を下げた。測定はいずれの地点でも水面下約10~15 cmにコード先端にあるセンサーを沈め, 水温と塩分を記録した。2013年2月25日からはその直前にヤリタナゴ *Tanakia lancolata* (コイ科, 環境省版および鳥取県版のレッドリストで準絶滅危惧)の生息が確認された(水路清掃時にすくい上げられたと考えられる岸辺の二枚貝殻にカラスガイが含まれていたことからカラスガイの残存個体がいる可能性も期待された)鳥取大学農場の灌漑用水路の2カ所(湖山池と水路を仕切る水門の水路側)と水路上流端の農場のポンプ室の前)と, 2013年3月20日からはやはりその直前の冬季に改修され, くみ上げ用のポンプが設置された福井休憩所の淡水池でも塩分測定を開始した。各地点の概要は次のとおりである:

湖山川水門(鳥取市賀露町: 図2A): 1963年に湖山川に設置された水門。この水門が完成する以前にも木製の水門があった。湖山川は1983年の千代川の河口つけ替え工事以前は千代川下流に接続していたが, この工事以後, 賀露港側に直結した。水門は賀露港から約650 m上流側にある。湖山川水門の約250 m下流側右岸には大出川(大出用水)の河口があり, また水門の125 m上流側の湖山川右岸にも大出用水から派出した細い用水路が開いている。塩分は右岸側の水門から約30 m上流側で測定した。この付近の岸辺にはヨ

シ群落があったが, 水門開放後, この群落は大幅に縮小した。当地の塩分は, 測定時に上げ潮であるか下げ潮であるかによって大きく変化し, また, 上下流に大出用水が開いているためか, 湖山池よりも低塩分を示すこともあった(Appendix 2を参照)。

井戸橋(鳥取市湖山町南: 図2B): 湖山池の流出口の湖山川・旧湖山川分岐地点から約150 m下流側の橋。塩分は橋上の中間地点から塩分計のコードを垂らして測定した。両岸とも植物はもともと生えていなかった地点である。

附属小学校前(鳥取市湖山町南: 図2C-D): 鳥取大学附属小学校前の湖岸に下りる階段が設置されている場所。ヨシ群落があり, そのすぐ沖合側にヒメガマ *Typha angustifolia* L. (ガマ科)の群落があったが(図2C), ヒメガマは2012年夏には枯れて秋までには消失した(図2D)。

グリーンフィールド(鳥取市湖山町西: 図2E): 湖山池北側の芝生広場。コンクリートで護岸されている。ボートの係留に利用されていたらしい船着き場があり(図2E), そこに小規模のヨシ群落があったが塩分導入後大幅に縮小した(図2Eは縮小後)。塩分は船着き場内ではなく, 湖山池に直接に面する地点(図2Eの前方にみえる種名不詳のヤナギ木立の先)で測定した。船着き場の左岸側にはここで観察されたイトトンボ類の発生源と考えられる淡水の小水路(湖山川に流入)がある。

福井展望所(展望駐車場)(鳥取市福井: 図2F): 県道190号(金沢伏野線)沿いにあるコンクリート製東屋のある駐車場。観光用の古い石がま(田中 2013)がある。湖岸は大きめの石で護岸されているが石がまに接する部分には小規模ながら礫浜がある。湖山池は年間をとおして水位変動が顕著で, 図2Fに見えている石がまは夏~秋には水没していた。

福井休憩所(鳥取市福井: 図3A-B): 湖山池西岸の県道190号(金沢伏野線)沿いにある広い駐車場。公園(湖山池公園)として芝生やコンクリート製東屋などが整備されている。東屋を囲む池の周囲にはハス *Nelumbo nucifera* Gaertn. (ハス科)の群落があり, とくに東側に多く残っていた(図3B)。当地のハス群落は1990年代頃には広大な面積があったがその後浚渫などにより消失し, 塩分導入直前にすでにかなり面積は縮小していた。当地のハス群落の歴史, 経緯などについては山本(2012)や永田(2012)に詳しく紹介されているが, 品種は大名ハスと大賀ハスであったようである。塩分は, 東屋の西側の岸辺の浅瀬(図3Aの左方)で測定した。トンボは駐車場から東屋までの間の池畔や芝生で採集した。

福井休憩所淡水池(鳥取市福井: 図3C-F): 湖山池公園の中にある淡水池で, ヨシ, ハス, コウホネ, キショウブなどが植栽されていた(図3C)。池の中には木道も設置されている。2012年の晩秋から2013年の冬にかけて, 改修工事があり, 湖山池からの湖水の逆流を防ぐべく堰堤高をあげ, 地



図2. 湖山川と湖山池北岸側の調査地点. A: 湖山川水門 (2012.3.12の水門開放から約1カ月後. 水門が開放されている). B: 湖山川井戸橋 (下流側を望む). C-D: 湖山池附属小学校前 (C: 2012.6.26, 右側の湖岸のヨシ原の数メートル先に水中から生えているのはヒメガマ. D: ヒメガマは2012年夏までに枯死し, 2013年には群落が生えている. ヨシも湖岸の水際から陸側に後退した). E: 湖山池北岸のグリーンフィールドにある船着き場の堀. 左側にヨシ群落がわずかに残っているが, 前年(2012年)からは減少した. F: 福井展望所 (=福井展望駐場)の石がま. 夏には水位があがって石がまはほとんど水没する.

Fig. 2. Photos of sites studied along Koyama River and northern shores of Lake Koyama. A: Koyamagawa Water Gate. B: Ido Bridge over the Koyama River (downstream side). C-D: Shore at the Affiliated Elementary School of Tottori University (C: 26 June 2012. *Typha angustifolia* L. can be seen at the left of *Phragmites australis* community. D: *Typha angustifolia* was withered by high salinity and its community disappeared in 2013). E: Moat at the Greenfield Park. F: Fukui Scenic Parking showing a pile of rocks called "Ishigama" that was used in a traditional fishing method.



図3. 湖山池南西岸の調査地点 (鳥取市福井). A-B: 福井休憩所 (A: 東屋の西側を望む. B: 東屋の東側のハス群落. このハス群落はこのあと枯死した). C-F: 福井休憩所の人工淡水池 (C: 2012年6月12日. この時点では植栽のハスやキショウブがまだあったが, 夏季の潮位の上昇で湖山池の汽水が逆流し枯れた. D: 2013年の冬の改修で堰堤が高くなり, 水をくみ上げて淡水池に流すポンプ(右手)が設置された. E: アオウキクサ(サトイモ科)とアカウキクサ(シダ植物)が増殖. F. 湖山池の水位の上昇で塩分を含む水が逆流し, 淡水植物が消失した). この時の塩分は6.0 psu (= ppt であった).

Fig. 3. Photos of sites studied at the southwestern coast of Lake Koyama. A-B: Fukui Recreation Park (A: western part of the bog. B: eastern part of the bog where East Indian lotus *Nelumbo nucifera* Gaertn. was growing. C-F: A freshwater pond artificially made in the Fukui Recreation Park (C: 12 June 2012. D: The same freshwater pond after reformation in the winter from 2012 to 2013. E: *Lemna aoukikusa* (Araceae) and *Azolla* sp. (Azollaceae: Pterydophyta). F. *Lemna aoukikusa* and *Azolla* sp. disappeared due to overflowing of waters in Lake Koyama with higher salinity. Salinity in the freshwater pond was 6.0 psu (= ppt).



図4. 湖山池南岸側の調査地点と湖山池北岸の鳥取大学農場の水路。A: レーク大樹前湖山池湖岸(長柄川河口左岸)。B: レーク大樹前長柄川河口(河口から約200 m上流)。C: 青島入口。写真に見えているヒメガマの群落があったが高塩分でこの年の夏には枯れて消失した。D: お花畑公園南側駐車場。E: 鳥取大学農場水門内側。奥に見えているのが湖山池に接する水門。水面をヒシが覆っている。F: 鳥取大学農場水路ポンプ室前。Eの水路の反対側末端。

Fig.4. Photos of sites studied on the southern coast of Lake Koyama and a creek in the farm of Tottori University. A: Left bank of Nagara River directly facing Lake Koyama. B: Mouth of Nagara River in front of the Hotel Lake Taiju (200 m upstream from the rivermouth). C: Entrance of Aoshima Islet, Note a growth of *Typha angustifolia* L. near the shore. D: South Parking of the Flower Garden Park. E: A creek of the Tottori University Farm. Water surface of the creek is covered by *Trapa japonica* (Lythraceae). F: the same creek in front of pumping facilities.

下水くみ上げ用のポンプも設置されたが(図3D)、2013年の夏季には湖山池の湖水の逆流により塩分が上昇し(8月29日の測定では6.0 ppt)直前まで水面をおおっていたアオウキクサ *Lemna aoukikusa* Beppu & Murata (サトイモ科)とアカウキクサ *Azolla* sp. (シダ植物サンショウモ科)(図3E)は消失した(図3F)。

レーク大樹前(湖山池)(鳥取市金沢: 図4A): レーク大樹の敷地の長柄川の河口左岸側の湖山池に面する岸辺。植生はない。

レーク大樹前(長柄川)(鳥取市金沢: 図4B): 長柄川(=湖山川)の湖山池よりも上流側の河口から約200 m上流。レーク大樹前。

青島大橋入口(鳥取市良田: 図4C): 青島大橋入口の駐車場の岸壁。塩分は青島大橋の湖岸から約5 m離れた橋上からコードを垂らして測定した。途中、橋の工事があり、橋上から測定できなくなつてからはコンクリート岸壁からコードを垂らして測定したが、塩分に大きな変化はなかった。湖岸にはヒメガマの群落があり、コフキトンボなどがとまっていたが、ヒメガマは2012年の夏には枯死した。

お花畑公園南側駐車場(鳥取市桂見: 図4D): お花畑公園は湖山池東岸に造成されている芝生公園(沿岸長で約600 m)。大出川用水から派出した細い水路を3本横切る。そのうち最北の公園北側にある水路にはヨシ群落や水草(おそらくオオカナダモ)があり、トンボ採集には最も適した場所だった(轟による2003年の調査や鶴崎・鶴崎による2010年の採集での「お花畑公園」はここをさす)。ただし、今回調査をおこなった2012年以降は、当公園敷地が、第30回全国都市緑化フェア「水と緑のオアシスとっとり2013」の会場として使用するため工事中で通行止めとなっており、代替の塩分測定地点として、当公園の南側入口となるお花畑公園南側駐車場を使用した。

鳥取大学農場用水路水門(鳥取市湖山町南: 図4E): 湖山池から取水し、農場の灌漑用に使用されていた用水路で長さは約370 m。湖山川水門開放以後は水門を閉じており、この内側は淡水であった。塩分は水門から約5 m離れた水門内側で測定した。

鳥取大学農場用水路ポンプ室前(鳥取市湖山町南: 図4F): 上記用水路の最奥部で水をくみ上げるポンプ室の前。

3. トンボ類の採集と測定

トンボ類は、塩分測定地点を中心に、塩分測定と同日に、全長150 cmの金属製引抜式の柄のついた直径36 cmのナイロンメッシュのネット(ネットは網目の粗いものを使用)で採集した。目撃のみで種名を確認できた種については種名と個体数を記録するのみにとどめた。イトトンボ類などが同一地点で数多く発生しているような場合(福井休憩所の淡水池)にも、採集は種の同定に必要な個体数にとどめた。

このため、採集・目撃に使う時間は各地点10分ほどに統一しているが、厳密な定量採集にはなっていない。

標本の同定には、浜田・井上(1985)、石田ら(1988)、石田(1996)、杉村ら(1999, 2008)、日本環境動物昆虫学会(2010)、尾園ら(2012)を用いた。学名については尾園ら(2012)にしたがった。

結 果

1. 塩分の推移

測定した10地点での塩分を別表として、Appendix 2、水温をAppendix 3にまとめた。そのうち、潮汐の影響で塩分の変動の激しかった湖山川の2地点(湖山川水門と井戸橋)をのぞく8地点での、2012～2013年における塩分を図5に示した(2013年11月下旬までのデータで示している)。塩分は2012年4月の時点では湖に直接に面する湖内の主要地点(附属小学校前、グリーンフィールド、福井展望所、青島大橋など)で3～4 pptで海水の1/10程度だったが、しだいに高まり、2012年の8月上旬にはほとんどの地点で、県が目標として掲げていた最大値の海水の1/4 (8.75 ppt)を超えた。その後も上昇をつづけ、9月から11月頃までは海水の3分の1ほどにまで上昇していた。その後、冬季には塩分は若干下降したが、2013年春から再び上昇し5月には12 pptを超えた(海水の1/3超え)。

湖山池内では北岸側の3地点(附属小学校前、グリーンフィールド、福井展望所)間の塩分にはほとんど差がなかったが(図5A)、南側(レーク大樹前、青島大橋、お花畑公園南)では流入河川等の影響か、地点間のばらつきが目だった(図5B)。レーク大樹前は長柄川河口の左岸側の湖山池に面する岸辺で長柄川には直接接していないが、長柄川からの流下水量の影響を受けるよう変動が大きかった。お花畑公園南側駐車場もばらつきが目立った。当地は近くに大出川からの分派と思われる細い水路が流れ込んでいるが、水量は多くなく、ここからの淡水流入だけがこの変動の原因とは考えにくい。もしかするとどこかに伏流水の湧きだしがあるのかもしれない。

図5Cは、湖山池本体から少し離れた福井休憩所と長柄川河口(レーク大樹前)の2地点とレーク大樹前湖山池岸の塩分変化で、福井休憩所と長柄川河口は湖山池に直接に面する地点よりは低目の塩分を示したが、これら2地点も夏季には湖山池将来ビジョンでの計画塩分上限の8.75 pptを超えた。夏季に長柄川や福井川などの淡水流量が減り、湖山池からの逆流の影響を受けたと考えられる。

図5Dは、福井休憩所とそこに造営されている淡水池(2013年3月20日から測定開始)での塩分挙動である。淡水池は2012年から2013年の冬に堰堤高が上げられまたポンプによる淡水注入がなされていたが、2013年の夏には再び湖山池の潮位上昇で塩分が流入し、一時は6.0 pptという高塩分

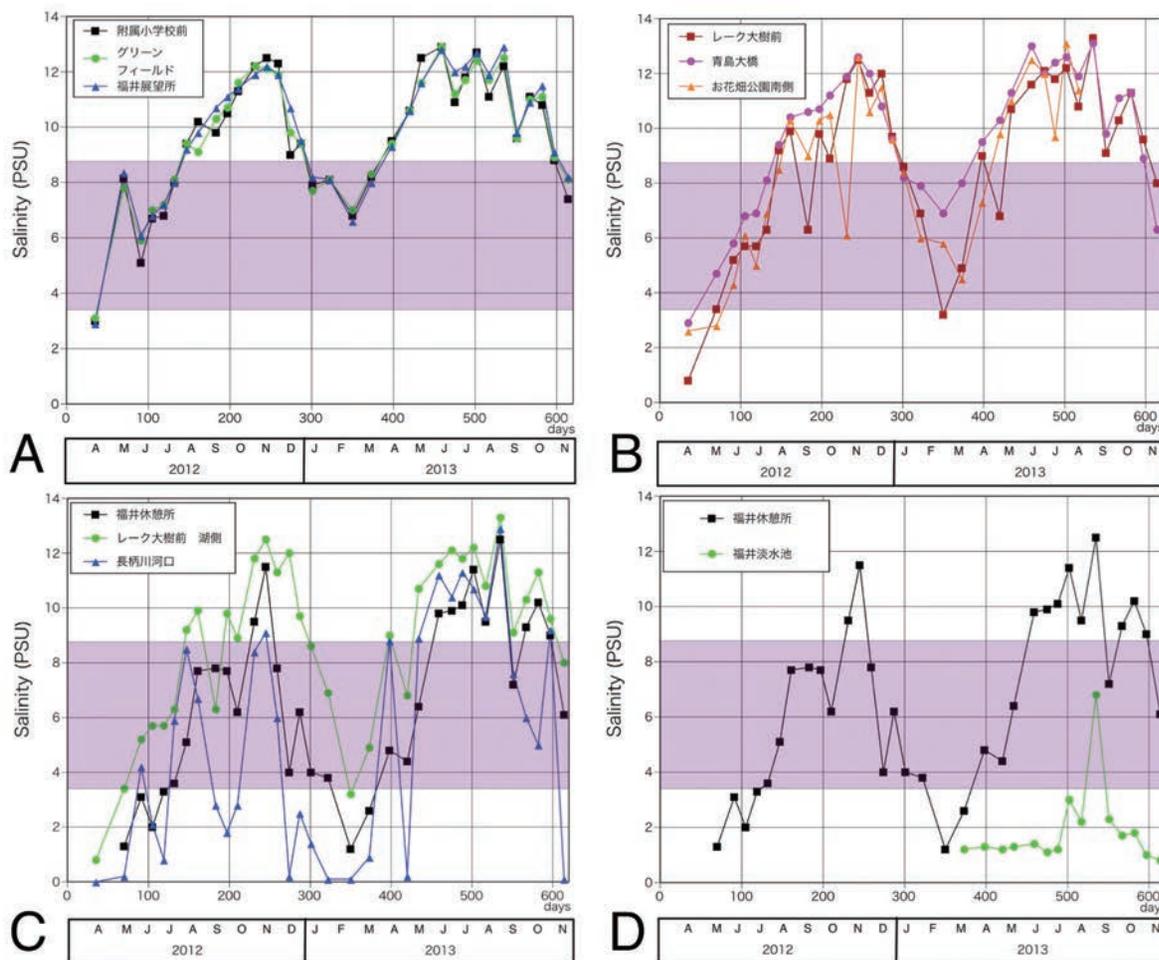


図5. 湖山池における塩分の推移 (2012年4月から2013年11月). 横軸は湖山川水門が開放された2012年3月12日からの日数. A: 湖山池北岸の3地点 (附属小学校前, グリーンフィールド, 福井展望所). B: 湖山池南側 (レーク大樹前, 青島大橋, お花畑公園南側パーキング). C: 湖山池南側の流入河川付近 (福井休憩所, レーク大樹前長柄川河口, レーク大樹付近の湖側), D: 福井休憩所と福井休憩所淡水池. 塩分はPSU (=ppt, 海水が35), ピンク色の網かけは, 湖山池将来ビジョンで目標とされた海水の1/10 ~ 1/4の範囲.

Fig. 5. Change of Salinity in Lake Koyama from April 2012 to November 2013. Abscissa axis denotes days from 12 March 2012 when induction of high salinity started by opening Koyamagawa Water Gate. A: Three sites on the northern coast (Fuzoku-sho-mae, Greenfield, Fukui Scenic Parking). B: Three sites on the southern coast (Hotel Lake Taiju, Entrance of Aoshima Islet, South Parking of Flower Garden Park). C: Three sites near the river mouths of impouring rivers (Fukui Recreation Park, River mouth of Nagara River facing Lake Koyama (Hotel Lake Taiju), Nagara River in front of Hotel Lake Taiju), D: Fukui Recreation Parking and Freshwater Pond artificially made. Salinity Unit is PSU (=ppt, Sea Water is 35 ppt), Shaded areas denote the salinity range from 1/10 to 1/4 sea water targeted in the "Lake Koyama Future Vision" planned by Tottori Prefecture and Tottori City.

を示し, これにより直前まで水面を覆っていたアオウキクサとアカウキクサが消滅した (図3E-F).

2013年2月25日から測定を開始した鳥取大学農場の用水路では海水の塩分の20分の1 (1.75 ppt) 以下 (多くは1 ppt以下) を保っていたが, 2013年の11月16日には7 ppt, 同12月15日には6.4 ppt, 2014年1月22日には3.4 pptを示した (つまり, 11月から1月までの3カ月間, この水路は海水の1/10を超える塩分にさらされたことになる). おそらく何らかの理由で水門が一時的に開かれたものと思われる. これにより2013年の1-2月に生息が確認されていたヤリタナゴやイシ

ガイ類は残念ながら消失した可能性が高い.

湖山池北岸側の3地点での2014年11月までの測定データを加えた塩分変化を図6に示した. 2014年には, 鳥取県と鳥取市の行政関係者で組織する湖山池会議で湖山池の塩分を湖山池将来ビジョンで設定していた海水の1/10から1/4の範囲で守るという方針を取ったため, 塩分の上限はその範囲を超えることはなかった. それ以前の2012~2013年に塩分がその範囲を超え海水の1/3にまで達したことについて, 鳥取県・鳥取市は, これら両年の夏の降雨量が少なかったことなどを理由に調整できなかった, マスコミなどで説

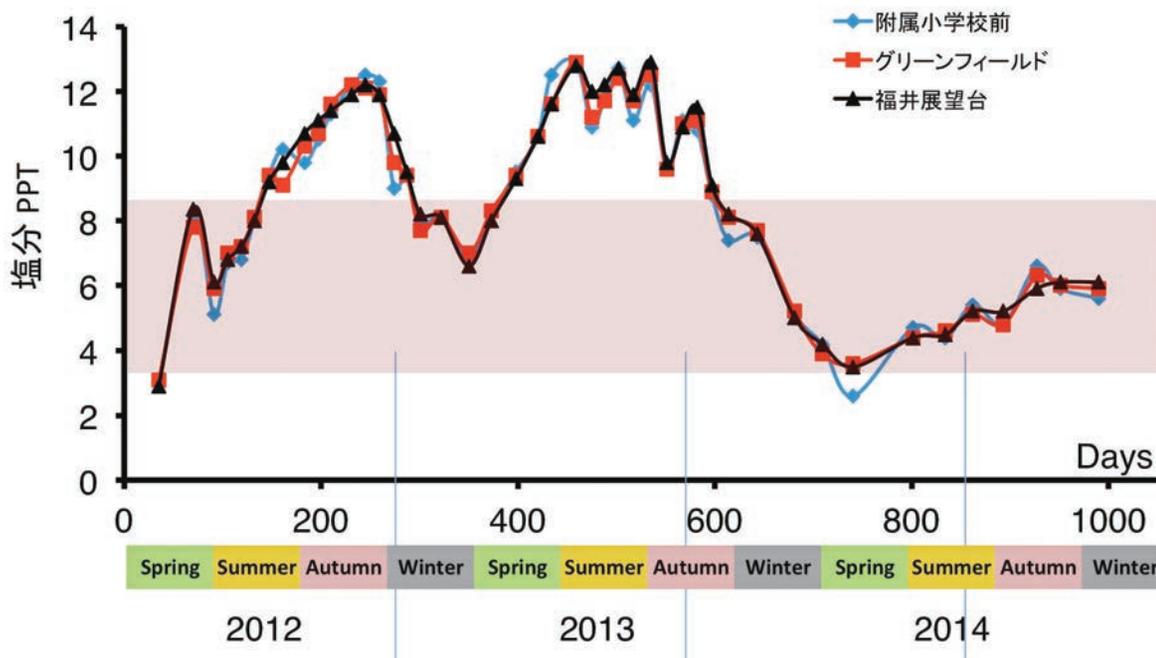


図 6. 湖山池北岸の3地点における2012～2014年の塩分の推移 (2012年4月から2014年12月). 横軸は湖山川水門が開放された2012年3月12日からの日数. 塩分はPSU (= ppt, 海水が35), ピンク色の網かけは, 湖山池将来ビジョンで目標とされた海水の1/10～1/4の範囲.

Fig. 6. Change in the salinity in three sites on northern shores of Lake Koyama from April 2012 to December 2014. Abscissa axis denotes number of days from 12 March 2012 when induction of high salinity stated by opening Koyamagawa Water Gate. Salinity Unit is PSU (= ppt, Sea Water is 35 ppt). Shaded area denotes the salinity range from 1/10 to 1/4 sea water.

明しているが, これは調整できなかったのではなく, 湖山池の溶存酸素不足解消と称して意図的に水門を開け続けたためにそのような高塩分に達したものである (塩分が導入されると塩分躍層ができ湖底に貧酸素塊ができて溶存酸素は減るのでこの方策には正当な科学的な根拠がないが, この問題については別報告にゆずる)。

2. トンボ類の消長

調査期間中に湖山池で確認されたトンボ全種の季節別出現状況を表1にまとめた。この種の詳細な採集(または目撃)のデータはAppendix 1に掲げた。図7はそのうち, 代表的な種のいくつかの写真である。以下, 各種の消長を年ごとに記す:

2-1. 2012年

トンボ類は2012年の4月の塩分調査開始時から注意していたが, 飛翔しているものを確認できたのは, 2012年6月上旬からで, その後9月下旬まで少数個体が確認できた。年間で確認した総個体数は202だった (「多数」として記録した目撃例は10としてカウント)。出現種の合計は10種で (表1), 轟が2003年に湖山池で確認している29種 (轟・鶴崎 2015) にははるかに及ばなかった。2003年に比較的個体数が多く確認されたトンボの中で2012年にできなかった

ものとして, クロイトトンボ *Paracercion calamorum* (Ris 1916), ショウジョウトンボ *Crocothemis servilia* (Drury 1770), チョウトンボ *Rhyothemis fuliginosa* Selys 1883, ナツアカネ *Sympetrum darwinianum* (Selys 1883), アキアカネ *Sympetrum frequens* (Selys 1883) がある。日本各地で近年個体数の減少が著しいアカトンボ類 (二橋 2012) に属するナツアカネとアキアカネの2種以外は, 高塩分化がすぐに影響して出現しなくなった種である可能性がある。

2012年に確認できた10種のうち個体数が比較的多かったのは, セスジイトトンボ *Paracercion hieroglyphicum* (Brauer 1965) (7月まで) (図7A-B), アジアイトトンボ *Ischnura asiatica* Brauer 1865 (図7C) とアオモンイトトンボ *Ischnura senegalensis* (Rambur 1842) (秋のみ, 鳥取県RDB掲載種: 鳥取県生物学会 2012), ウチワヤンマ *Sinictinogomphus clavatus* (Fabricius 1775) (図7D), コフキトンボ *Deielia phaon* (Selys 1883) (図7E), シオカラトンボ *Orthetrum albistylum* (Selys 1848) (図7F), コシアキトンボ *Pseudothemis zonata* (Burmeister 1839), ウスバキトンボ *Pantala flavescens* (Fabricius 1798) の8種であった。

このうち, 羽化殻の確認により, 湖山池本体でヤゴが育ち湖山池から直接に羽化することを確認できたのはウチワヤンマとコフキトンボのみであった。また, セスジイトトンボは, 6月上旬には附属小学校前の湖山池のヨシ原の水

表1. 湖山池で2012-2014年に成虫が確認されたトンボ全種の季節消長。
成虫を採集または目撃で確認できたところを網かけで表示。

Table. 1. Emergence of adult dragonflies from 2012 to 2014.

	2012	L Apr	E. May	L May	E June	L June	E July	L July	E Aug	L Aug	E Sept	L Sept	E Oct	L Oct
	Date	4/17	-	5/22	6/12	6/26	7/10	7/23	8/7	8/21	9/12	9/26	10/8	10/30
ハグロトンボ														
セスジイトトンボ														
アジアイトトンボ														
アオモンイトトンボ														
ウチワヤンマ														
ギンヤンマ														
コフキトンボ														
シオカラトンボ														
コシアキトンボ														
ウスバキトンボ														

	2013	L Apr.	E. May	L May	E June	L June	E July	L July	E Aug	L Aug	E Sept	L Sept	E Oct	L Oct
	Date	4/15	5/7	5/20	6/14	6/30	7/13	7/27	8/11	8/29	9/14	9/30	10/15	10/30
セスジイトトンボ														
アジアイトトンボ														
クロイトトンボ														
アオモンイトトンボ														
オニヤンマ														
コフキトンボ														
シオカラトンボ														
コシアキトンボ														
ウスバキトンボ														

辺で多く確認しており、本種も周辺の流入水路からというよりは湖山池のヨシ原に面する浅瀬でヤゴとして幼虫時代を過ごしている可能性が示唆された。ウチワヤンマは6月下旬から8月上旬にかけて湖岸から羽化していることが湖岸壁についた多数のヤゴの羽化殻で確認できた。その詳細については別に報告する。

2-2. 2013年

2013年中に確認されたトンボは9種であった。年間で確認した総個体数は122で、前年から半減した。前年8月上旬まで多数の羽化が確認されたウチワヤンマの脱皮殻は2013年はまったく見つからず、成虫も確認できなかった。同様に2012年とくらべて激減のめだったのはセスジイトトンボ(21個体 → 1個体)とコフキトンボ(63個体 → 4個体、アオモンイトトンボ(8個体 → 0個体)であった。逆にほとんど変化がなかったのはウスバキトンボ(27個体 → 25個体)、逆に増加したのはアジアイトトンボ(23個体 → 57個体)、シオカラトンボ(14個体 → 28個体)だった。アジアイトトンボは福井休憩所の淡水池で一時的に増えていたものであり、シオカラトンボもこの淡水池あるいは周辺の用水路から羽

化した個体と考えられる。いっぽう2012年には未確認だったクロイトトンボが2012年に福井休憩所淡水池に出現した(0→3個体)。同様にオニヤンマ *Anotogaster sieboldii* (Selys 1854) も2013年に初めて出現したが、これは福井休憩所駐車場の上空を飛翔する1個体の確認で、周辺の森林からの飛来と考えられるものである。

2003年の調査(轟・鶴崎 2015)と2012年の間で姿を消したクロイトトンボ、ショウジョウトンボ、チョウトンボおよび個体数が激減したギンヤンマ、コシアキトンボ、シオカラトンボの合計6種、ならびに、2012～2013年の間で減少のめだったウチワヤンマ、コフキトンボ、セスジイトトンボ、アオモンイトトンボの4種を合わせた合計10種は、湖山池の沿岸浅瀬を含む湖山池で幼虫時代を過ごしていたが、汽水化によって消失したトンボであると考えられる。

2-3. 2014年

2014年は湖山池については塩分測定・トンボの生息確認ともに月1回しか行なわなかったため、種数・個体数とも2012～2013年の調査結果と単純には比較はできないが、生息が確認されたのは5種(アジアイトトンボ、オニヤンマ、

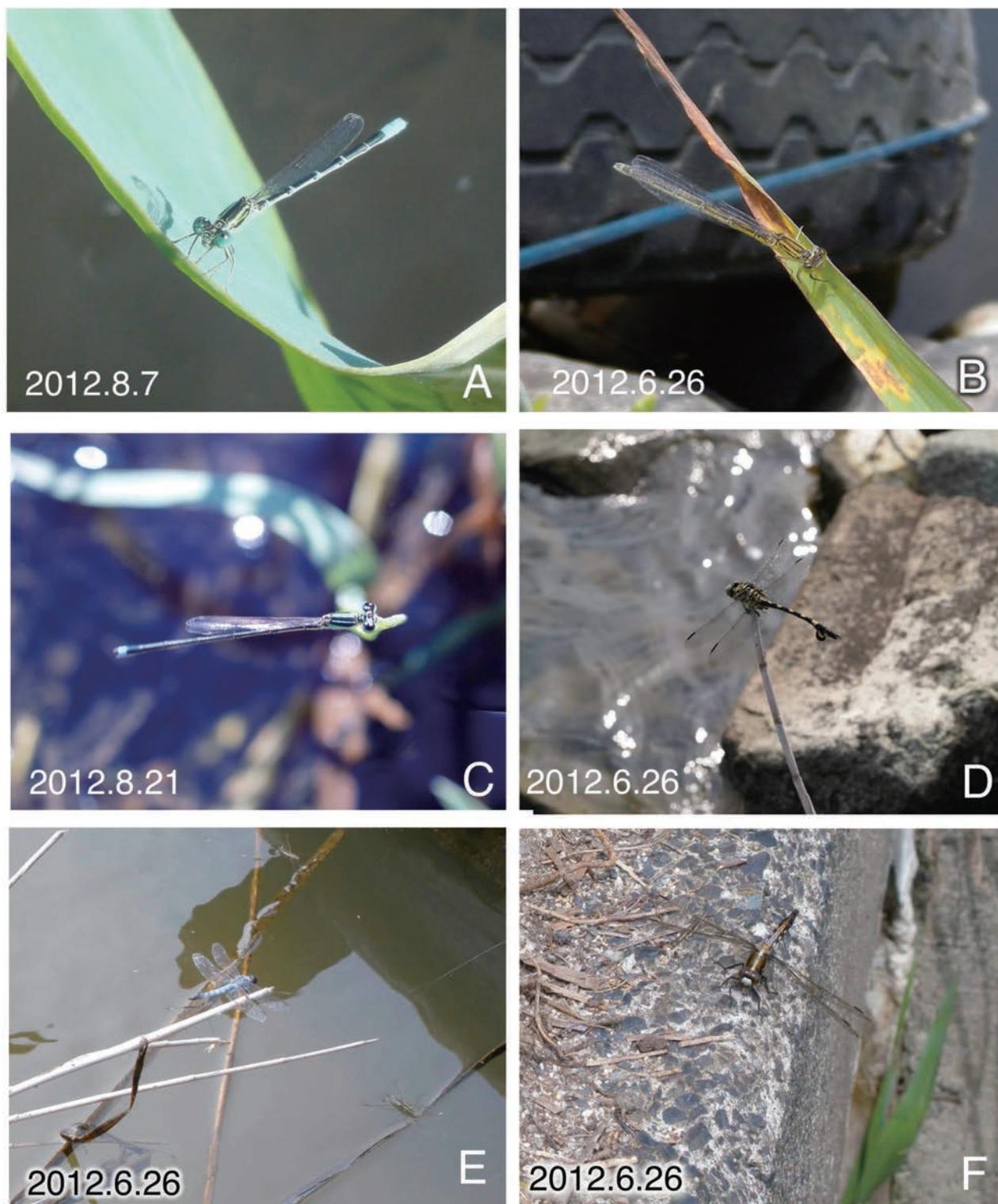


図7. 湖山池で2012年に出現を確認できたトンボ. A-B: セスジイトンボ; A, 雄 (福井休憩所淡水池); B, 雌 (グリーンフィールド). C: アジアイトトンボ雄 (福井休憩所淡水池). D: ウチワヤンマ雄 (福井展望駐車場). E: コフキトンボ雄 (グリーンフィールド). F: シオカラトンボ雌 (グリーンフィールド).

Fig. 7. Four representative dragonflies observed in 2012 in the lakefront of Lake Koyama. A-B: *Paracercion hieroglyphicum* (Brauer 1965); A, male (Freshwater Pond in Fukui Recreation Park); B, female (Greenfield Park). C: *Ischnura asiatica* Brauer 1865, male (Freshwater Pond in Fukui Recreation Park). D: *Sinictinogomphus clavatus* (Fabricius 1775), male (Fukui Scenic Parking). E: *Deielia phaon* (Selys 1883), male (Greenfield). F: *Orthetrum albistylum* (Selys 1848), female (Greenfield).

表 2. 湖山池で記録のあるトンボ全種と各年における確認種.

●今回の現地調査で確認された種。○文献記録のみ.

2003 年は轟・鶴崎 (2015) より, 2010 は鶴崎・鶴崎 (2013), 2012-2014 は今回の記録.

括弧内の年は参考記録 (2010 年の調査は 8 月の 1 日のみ, 2014 年も調査頻度が低く他の年との寡少は比較できない).

Table 2. All the species of dragonflies and damselflies recorded from Lake Koyama and their occurrence in each year. ○ = literature records alone.

Records in 2003, 2010, and 2012-2014 are based on Todoroki & Tsurusaki (2015), Tsurusaki & Tsurusaki (2013), and present study, respectively.

Please note that records in 2010 and 2014 are not comparable with the other records due to low frequency of surveys.

	湖山池	2003	(2010)	2012	2013	(2014)
アオイトトンボ	○					
ハグロトンボ	●	●		●		
モノサシトンボ	○					
キイトトンボ	●	●				
クロイトトンボ	●	●			●	
セスジイトトンボ	●	●	●	●	●	
ホソミイトトンボ	○					
アオモンイトトンボ	●	●		●	●	
アジアイトトンボ	●	●		●	●	●
ネアカヨシヤンマ	○					
カトリヤンマ	●	●				
ヤブヤンマ	○					
ギンヤンマ	●	●	●	●		
ウチワヤンマ	●	●	●	●		
オニヤンマ	●	●			●	●
チョウトンボ	●	●	●			
ナツアカネ	●	●				
リスアカネ	○					
アキアカネ	●	●				
タイリクアキアカネ	●	●				
マユタテアカネ	●	●				
オナガアカネ	●	●				
キトンボ	●	●				
コシアキトンボ	●	●	●	●	●	●
コフキトンボ	●	●	●	●	●	
ショウジョウトンボ	●	●				
ウスバキトンボ	●	●	●	●	●	●
ハラビロトンボ	○					
シオカラトンボ	●	●	●	●	●	●
オオシオカラトンボ	●	●				
種数	30	23	(8)	10	9	(5)

コシアキトンボ, ウスバキトンボ, シオカラトンボ)のみである。いずれも個体数は少なく, 湖山池への流入河川や福井休養所の淡水池で発生したと考えられるもののみである。

考 察

トンボは幼虫時代をヤゴとして水中で生活する水生昆

虫であるが, 他のほとんどの昆虫と同様に, 海産種は皆無で汽水域に生息できる種もきわめて少ない (Corbet 2007)。これはトンボの幼虫は通常, 体内の血リンパと環境中の水が等張になるレベルを超えると高浸透圧調節ができなくなるからである (Corbet 2007)。日本国内でヤゴがおもに汽水域で生活する種としてはヒヌマイトトンボ *Mortonagrion hirosei* Asahina 1972, ミヤジマトンボ *Orthetrum poecilops*

Ris 1916, アメイロトンボ *Tholymis tillarga* (Fabricius 1798) の3種しか知られていない(井上・谷 1999, 渡辺 2015)。ヒヌマイトトンボの代表的な生息地の塩分は5～10 ppt程度である(岩田・渡辺 2004)。島根県の宍道湖は海水の10分の1ほどの塩分(3.5 ppt)を含む汽水湖であるが、ここから羽化が確認されているトンボはナゴヤサナエ, ウチワヤンマ, ミヤマサナエ, ホンサナエ(以上いずれもサナエトンボ科)の4種のみで, うちミヤマサナエ, ホンサナエの2種は上流側で塩分の低い宍道湖西側に生息が限定されている(大浜 1993)。またアオモンイトトンボは淡水域に生息するが, 塩分にも耐性の強い種として知られており, 卵と幼虫を異なる塩分にさらすことで測定された塩分耐性はヒヌマイトトンボに匹敵することがわかっている(岩田・渡辺 2004)。

宍道湖での状況を参考とすると, 湖山池将来ビジョンで目標値とされた海水の1/10から1/4の範囲(3.5～8.75 ppt)は宍道湖の塩分よりもはるかに高く, 湖山池で確認されていたトンボはウチワヤンマを含め1種も生息できないと予想されるものであった。その予想どおり, 2012年3月12日にはじまった塩分導入の影響は2012年にすでに現れ, その年に観察できたトンボはわずか10種にとどまった。湖山池から幼虫が発生していたと考えられるトンボのうち, クロイトトンボ, ギンヤンマ, ショウジョウトンボ, チョウトンボ, コシアキトンボ, シオカラトンボの6種はこの時点ですでに消失したか個体数が大幅に減少したトンボである。

ウチワヤンマとコフキトンボの脱皮殻は2012年の6～7月まで確認できたが, 2013年には皆無となった。2012年に脱皮までこぎつけられたのは, 2012年の初夏はまだ塩分上昇の途中であったことや, 終齢に近い幼虫であったためと考えられる(コフキトンボとウチワヤンマはともに幼虫越冬:尾蘭ら 2012)。幼虫がもつような浸透圧調節機構は卵では期待できないし, 若齢幼虫も相対的な体表面積が広いので大型の終齢幼虫よりも塩分耐性が低いと考えられる(渡辺 2015)。このため, その翌年のウチワヤンマやコフキヤンマの湖山池本体からの羽化が期待できなかったが, 予想どおり, 2013年には湖山池の湖岸からは注意深く監視していたにもかかわらず, トンボの脱皮殻は1個も発見できなかった。

2013年にも9種のトンボを確認できたがこれらはいずれも福井休憩所の淡水池, あるいは湖山池に流れ込む河川や細流, あるいは湖山池に接する水路から発生したものであることが明らかである。湖山池の塩分はもっとも低い冬季でも1/10をほとんど下回っておらず, 湖山池から記録されていたトンボの中でこの塩分で発生できるトンボは皆無であるためである。2012年から2013年に個体数が激減したトンボとしてはウチワヤンマのほか, コフキトンボ, セスジイトトンボ, アオモンイトトンボがあるがこれらはいずれも, 湖山池本体に生活基盤があったと推定される種である。

謝 辞

塩分測定において諸種の助言をいただいた佐藤正典博士(鹿児島大学), 湖山池におけるネアカヨシヤンマの過去の生息情報を教えていただいた永幡嘉之氏, また2012年以降の湖山池とその周辺環境変化について諸種の情報をいただいた谷岡浩氏, NPO法人鳥取環境市民会議の土井倫子, 星見清晴の両氏, 蓮文化研究会会員の永田迪子氏, 日本野鳥の会鳥取県支部の福田紀生, 下田康生の両氏, 藤島弘純博士ほか, 多くのみなさんに厚く御礼申し上げる。なお, 本論文の出版には平成26年度(2014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

- Corbet, 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: Corbet, P. S. 1999. *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press)
- 福本一彦・谷岡 浩(2012) カラスガイ. p. 158. In: 鳥取県生物学会(編) レッドデータブックとっとり改訂版. 鳥取県生活環境部環境政策課, 337 pp.
- 二橋 亮(2012) 富山県におけるアカトンボ激減の実態. 昆虫と自然, 47: 10–15.
- 英 裕人・英 浩之(1996) 鳥取県東部のトンボの記録. Futao (フタオ会, 鳥取市), No. 22, pp. 1–12.
- 浜田 康・井上 清(1985) 日本産トンボ大図鑑, 講談社(東京), 364 pp. (図版編) + 372 pp. (解説編)
- 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年前の水底下の世界. 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.
- 今原幸光(編)(2011) 写真でわかる磯の生き物図鑑. トンボ出版(大阪), 269 pp.
- 井上 清・谷 幸三(1999) トンボのすべて. トンボ出版(大

- 阪) 151 pp.
- 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・成虫検索図説. 東海大学出版会 (東京), 140 pp.
- 岩田周子・渡辺 守 (2004) 河口域の袖水植物群落に生息する均翅亜目幼虫の塩分耐性. 昆虫 (ニューシリーズ), 7: 133–141.
- 増田 修 (2002) カラスガイ. pp. 184–185. In: 鳥取県自然環境調査研究会動物調査部会 (編) レッドデータブックとっとり(動物). 鳥取県生活環境部環境政策課. 214 pp.
- 永田迪子 (2012) 湖山池の大名蓮. 蓮文化だより (蓮文化研究会), No. 10, pp. 22–23.
- 日本環境動物昆虫学会 (編) (2010) 改訂トンボの調べ方. 文教出版 (大阪), 339 pp.
- 大浜祥治 (1993) 観察ガイド. 宍道湖, pp. 170–171. 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.
- 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.
- 山陰むしの会 (編) (1993) 山陰のトンボ. 山陰中央新報社 (松江), 207 pp.
- 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. いかだ社 (東京), 255 pp.
- 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.
- 田中善蔵 (2013) 樗谷叢書第5集. 湖山池の石がま漁. 寒ブナ漁の伝統漁法. 鳥取市歴史博物館やまびこ館 (鳥取市), 163 pp.
- 轟 裕明 (2003) 湖山池周辺におけるアオモンイトトンボの初記録. 山陰自然史研究, No. 1, pp. 22–23.
- 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.
- 鳥取県生物学会 (編) (2012) レッドデータブックとっとり改訂版. 鳥取県の絶滅のおそれのある野生動植物. 鳥取県生活環境部公園自然課, 337 pp.
- 鳥取県・鳥取市 (2012) 湖山池将来ビジョン「恵み豊かで、親しみのもてる湖山池を目指して」パンフレット. 湖山池会議 (鳥取県生活環境部水・大気環境課・鳥取市環境下水道部生活環境課), 8 pp.
- 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.
- 渡辺 守 (2015) トンボの生態学. 東京大学出版会 (東京), 255 pp.
- 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.
- 山本和喜 (2012) 湖山池の「大名蓮」と蓮守り. 蓮文化だより, No. 16, pp. 24–26.
- 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.

Received February 15, 2015 / Accepted February 27, 2015

Appendix 1.

本調査で確認されたトンボの採集(目撃)記録

地点名 (日付yy-mm-dd, 個体数, 採集または目撃確認者名: NT = 鶴崎展巨, ZY = 尹 振国, IM = 岩本真菜) の順で記す. 目撃確認のみのデータには個体数のところにその旨を記した.

【湖山池湖岸 (本調査で「湖山池」のデータとして利用)】

ハグロトンボ: 福井展望所 (2012.6.12, 1 ex., ZY・MI・NT).

湖山池お花畑公園南 (2012.9.3, 1♂, NT).

クロイトトンボ: 福井休憩所淡水池 (2013.8.29, 3♂, ZY・NT).

セスジイトトンボ: 附属小前 (2012.6.12, 6♂4♀, ZY・MI・NT; 2012.8.21, 1♂写真, NT); グリーンフィールド (2012.6.12, 1♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.6.26, 2♂1♀, ZY・MI・NT); 福井展望駐車場 (2012.6.12, 1♀, ZY・MI・NT); 福井休憩所 (2012.7.10, 1♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 1♂, NT); 福井休憩所淡水池 (2012.8.7, 1♂写真, NT; 2013.8.11, 1♂, ZY).

アオモンイトトンボ: 湖山池グリーンフィールド (2012.9.12, 1♂, NT; 2012.9.26, 2♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.10.9, 1♂, ZY・MI・NT); 福井休憩所 (2012.9.12, 1♂1♀, NT); レーク大樹前長柄川 (2012.10.9, 1♂, ZY・MI・NT).

アジアイトトンボ: グリーンフィールド (2012.9.12, 2♂1♀, NT; 2012.9.26, 1♂, ZY・MI・NT; 2012.9.26, 1♂, ZY・MI・NT; 2013.8.29, 3♂, ZY・NT; 2013.9.30, 1♂, ZY・NT); 福井休憩所 (2012.8.21, 2♂4♀, ZY・MI・NT; 2012.9.12, 7♂2♀, NT); 福井休憩所淡水池 (2013.6.30, 多数 (目撃), NT; 2013.7.13, 1♂, ZY; 2013.7.13, 多数 (目撃), NT・ZY; 2013.8.11, 2♂3♀, ZY・NT; 2013.8.29, 13♂5♀, ZY・NT; 2013.9.30, 8♂2♀, ZY・NT; 2014.4.26, 1♂1♀, ZY; 2014.4.26, 1♂1♀, ZY); 湖山池レーク大樹前長柄川 (2012.9.12, 3 ex., NT).

ギンヤンマ: グリーンフィールド (2012.9.12, 1♂, NT).

ウチワヤンマ: グリーンフィールド (2012.6.26, 1ex., ZY・MI・NT); 福井休憩所 (2012.7.23, 2ex., NT; 2012.6.26, 1 ex., ZY・MI・NT); 福井展望駐車場 (2012.6.26, 3 ex., ZY・MI・NT; 2012.7.10, 2♂, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 2 ex., NT);

2012.8.7, 1 ex., ZY・MI・NT); 湖山池防己尾城(2012.6.26, 1♀, ZY・MI・NT); レーク大樹前(2012.6.26, 1 ex., ZY・MI・NT); 2012.7.23, 1 ex., NT); 青島大橋(2012.7.23, 5 ex., NT); お花畑公園南駐車場(2012.6.26, 1♂1♀, ZY・MI・NT); お花畑公園南駐車場, 2012.6.26, 脱皮殻多数, ZY・MI・NT); 2012.7.10, 1♂, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 4 ex., NT; 2012.8.7, 1 ex., ZY・MI・NT).

オニヤンマ: 福井休憩所(2013.8.29, 1 ex. (目撃), ZY・NT; 2014.7.22, 1 ex. (目撃), ZY).

コシアキトンボ: グリーンフィールド(2012.6.26, 1 ex., ZY・MI・NT; 2012.7.10, 1♂, ZY・MI・NT; 2014.7.22, 1 ex. (目撃), ZY; 福井休憩所(2012.9.12, 1 ex., NT; 2012.7.10, 2♂, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 1 ex., NT; 2013.7.13, 2 ex. (目撃), NT・ZY; 2014.8.22, 3 ex. (目撃), ZY). 福井休憩所淡水池(2014.7.22, 3 ex. (目撃), ZY); 青島大橋(2012.7.23, 2 ex., NT; 2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY).

コフキトンボ: お花畑公園南駐車場(2012.6.26, 1♂ + 脱皮殻2 ex, ZY・MI・NT); グリーンフィールド(2012.6.12, 2♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.6.26, 3♂, ZY・MI・NT; 2012.7.10, 1♂, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 2♂, NT; 2012.8.7, 4♂, ZY・MI・NT; 2013.8.29, 1♂, ZY・NT); 福井展望駐車場(2012.6.12, 2♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.6.26, 1♂1♀, ZY・MI・NT); 福井休憩所(2012.8.7, 5 ex., ZY・MI・NT; 2012.7.23, 1♂ + 4 ex., NT; 2012.8.21, 10 ex., ZY・MI・NT; 2012.9.26, 1♀, ZY・MI・NT); 福井休憩所淡水池(2013.6.14, 2 ex. (目撃), NT; 2013.6.30, 2 ex. (目撃), NT); 防己尾城(2012.6.26, 2♂3♀, ZY・MI・NT); レーク大樹湖山池側(2012.8.7, 1 ex., ZY・MI・NT); 青島大橋入口(2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY); 青島入口, 2012.6.12, 2♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.6.26, 2♂, ZY・MI・NT).

ウスバキトンボ: グリーンフィールド(2012.8.7, 1 ex., ZY・MI・NT; 2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY); 福井休憩所(2012.7.23, 5 ex., NT; 2012.8.21, 1♂ (標本) + 10 ex. (目撃), ZY・MI・NT; 2012.9.12, 5 ex., NT; 2013.6.14, 4 ex. (目撃), NT; 2013.6.30, 4 ex. (目撃), NT; 2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY; 2013.8.29, 10 ex. (目撃), ZY・NT). 福井休憩所淡水池(2013.6.30, 2 ex. (目撃), NT; 2013.6.30, 1 ex. (目撃), NT; 2013.8.11, 2 ex. (目撃), ZY・NT); レーク大樹湖山池側(2012.8.7, 1 ex. (目撃), ZY・MI・NT).

シオカラトンボ: 附属小学校前(2012.6.12, 1♂1♀, ZY・MI・NT; 2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY); 2013.7.27, 1♂ (目撃)1♀ (採集), ZY・鶴崎; 2013.8.11, 1 ex., NT・ZY); グリーンフィールド(2012.6.12, 1♀, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 1♂, NT; 2012.9.26, 1♀, ZY・MI・NT; 2013.7.27, 1♂ (目撃), ZY・鶴崎); 福井展望駐車場(2012.6.12, 1♀, ZY・MI・NT); 福井休憩所(2012.7.10, 2♂, ZY・MI・NT; 2012.7.23, 1 ex., NT; 2012.8.7, 5 ex., ZY・MI・NT; 2012.8.21, 1♂1♀,

ZY・MI・NT; 2012.8.21, 1♂1♀, ZY・MI・NT; 2012.9.12, 1 ex., NT; 2013.5.20, 1♂, NT; 2013.7.13, 7 ex. (目撃), NT・ZY; 2013.8.11, 5 ex. (目撃), NT・ZY; 2013.8.29, 5♂1♀ (目撃), ZY・NT; 2013.9.14, 2 ex. (目撃), ZY; 2014.8.22, 2 ex. (目撃), ZY; 福井休憩所淡水池(2014.7.22, 3 ex. (目撃), ZY); レーク大樹前湖側(2013.7.27, 1♀ (目撃), ZY・鶴崎); レーク大樹前長柄川(2013.8.11, 1♂ (目撃), NT・ZY); 湖山池お花畑公園南駐車場(2012.6.26, 2♀, ZY・MI・NT).

【鳥取市賀露～湖山町南:湖山川】

塩分を調査した湖山川水門と井戸橋での記録。湖山池の記録からははずしている。

アジアイトトンボ: 湖山川水門(2012.9.12, 2♂2♀, NT; 2013.8.11, 1♀, ZY).

チヨウトンボ: 湖山川水門(2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY).

コシアキトンボ: 湖山川井戸橋(2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY).

コフキトンボ: 湖山川湖山川水門(2013.8.29, 1♂, ZY・NT).

ウスバキトンボ: 湖山川湖山川水門(2012.8.21, 6 ex., ZY・MI・NT; 2013.8.11, 1 ex. (目撃), NT・ZY; 2014.7.22, 7 ex. (目撃), ZY; 2014.8.22, 10 ex.以上 (目撃), ZY).

シオカラトンボ: 湖山川井戸橋(2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY).

【鳥取市湖山町南 鳥取大学農場用水路】

鳥取大学附属小学校・中学校の南西にある水門から農業用水を採取していた鳥取大学農場の水路である。この水路では谷岡浩氏よりヤリタナゴの生息塩分を調査した湖山川水門と井戸橋での記録。湖山池の記録からははずしている。

セスジイトトンボ: 鳥大農場水門内側(2013.8.29, 1♂, NT).

アオモンイトトンボ: 鳥大農場水門内側(2013.5.20, 2♂, ZY・NT; 2013.6.14, 1 ex. (目撃), NT; 2013.8.29, 1♂, ZY); 鳥大農場用水路ポンプ前(2013.5.20, 1♂, NT; 2013.8.29, 1♂, NT).

ギンヤンマ: 湖山町南鳥大農場水路水門内側(2013.9.14, 1 ex. (目撃), ZY); 湖山町南鳥大農場水路ポンプ(2014.7.22, 1 ex. (目撃), NT・ZY).

コシアキトンボ: 湖山町南鳥大農場水門内側(2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY). 湖山町南鳥取大学農場用水路ポンプ前(2013.6.30, 1 ex. (目撃), NT; 2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY).

シヨウジョウトンボ: 湖山町南鳥取大学農場水門内側用水路ヒシ群落(2013.6.14, 1 ex. (目撃), NT).

ウスバキトンボ: 湖山町南鳥大農場用水門内側(2013.8.11, 1 ex. (目撃), ZY).

シオカラトンボ:湖山町南鳥大農場水門内側 (2013.7.13, 1 ex.(目撃), NT・ZY; 2013.8.11, 2♂1♀ (2♂は目撃), ZY); 湖山町南鳥大農場水路ポンプ(2013.7.13, 1 ex. (目撃), NT・ZY; 2013.8.11, 2♂ (目撃), NT・ZY).

オオシオカラトンボ:湖山町南鳥取大学農場用水路ポンプ前 (2013.6.14, 1ex. (目撃), NT).

Received February 15, 2015 / Accepted March 2, 2015

Appendix 2. 湖山池沿岸 10 地点における塩分測定値 (PPT). Salinity (PPT) measured at 10 different sites on the coast of Lake Koyama.

*: Days means number of days from 12 March 2012 when Koyamagawa Water Gate was released.

2012

No.	調査日付 (m/d)	経過日数 (Days)*	4/17	5/22	6/12	6/26	7/10	7/23	8/7	8/21	9/12	9/26	10/9	10/30	11/13	11/27	12/12	12/25
	調査日付 (m/d)	経過日数 (Days)*	36															
1	賀露 湖山川水門		3.9	11.7	6.8	6.3	8.0	5.2	9.6	10.9	9.1	10.3	27.0	15.0	28.8	11.5	8.6	8.9
2	湖山川 井戸橋		3.2	7.8	7.2	6.8	6.7	8.0	9.6	10.3	9.7	10.8	11.5	12.2	24.6	11.7	11.1	9.1
3	附属小学校前		3.0	8.2	5.1	6.7	6.8	8.0	9.4	10.2	9.8	10.5	11.3	12.2	12.5	12.3	9.0	9.4
4	グリーンフィールド		3.1	7.8	5.9	7.0	7.2	8.1	9.4	9.1	10.3	10.7	11.1	11.6	12.2	11.9	9.8	9.4
5	福井展望台		2.9	8.4	6.1	6.8	7.2	8.0	9.2	9.8	10.7	11.1	11.4	11.9	12.2	11.9	10.7	9.5
6	福井休憩所		-	1.3	3.1	2.0	3.3	3.6	5.1	7.7	7.8	7.7	6.2	9.5	11.5	7.8	4.0	6.2
7	レーク大樹前 湖側		0.8	3.4	5.2	5.7	5.7	6.3	9.2	9.9	6.3	9.8	8.9	11.8	12.5	11.3	12.0	9.7
8	レーク大樹前長柄川		0.0	0.2	4.2	2.1	0.8	5.9	8.5	6.7	2.8	1.8	2.8	8.4	9.1	6.0	0.2	2.5
9	青島大橋		2.9	4.7	5.8	6.8	6.9	8.1	9.4	10.4	10.6	10.7	11.2	11.9	12.6	12.0	10.8	9.6
10	お花畑公園南側		2.6	2.8	4.3	6.1	5.0	6.9	8.5	10.3	9.0	10.3	10.5	6.1	12.6	10.6	11.5	9.6

2013

No.	調査日付 (m/d)	経過日数 (Days)*	1/8	1/29	2/25	3/21	4/15	5/7	5/20	6/15	6/30	7/13	7/27	8/11	8/29	9/14	9/30	10/15	10/30	11/16	12/15	
	調査日付 (m/d)	経過日数 (Days)*	302	323	350	374	399	421	434	460	475	488	502	517	535	551	567	582	597		614	643
1	賀露 湖山川水門		9.6	7.9	6.8	8.0	28.7	15.2	31.2	10.3	10.7	15.2	12.2	11.3	7.1	27.1	28.8	28.3	25.1		7.9	6.2
2	湖山川 井戸橋		8.2	8.1	7.0	8.2	28.9	10.9	30.5	13.0	11.4	13.0	12.8	11.8	12.8	24.8	28.6	27.2	13.5		8.3	7.2
3	附属小学校前		7.9	8.1	6.8	8.2	9.5	10.6	12.5	12.9	10.9	11.8	12.7	11.1	12.2	9.6	11.1	10.8	8.8		7.4	7.5
4	グリーンフィールド		7.7	8.1	7.0	8.3	9.4	10.6	11.6	12.9	11.2	11.7	12.4	11.7	12.5	9.6	11.0	11.1	8.9		8.1	7.7
5	福井展望台		8.2	8.1	6.6	8.0	9.3	10.6	11.6	12.8	12.0	12.2	12.7	11.9	12.9	9.8	10.9	11.5	9.1		8.2	7.6
6	福井休憩所		4.0	3.8	1.2	2.6	4.8	4.4	6.4	9.8	9.9	10.1	11.4	9.5	12.5	7.2	9.3	10.2	9.0		6.1	6.7
7	レーク大樹前 湖側		8.6	6.9	3.2	4.9	9.0	6.8	10.7	11.6	12.1	11.8	12.2	10.8	13.3	9.1	10.3	11.3	9.6		8.0	7.7
8	レーク大樹前長柄川		1.4	0.1	0.1	0.9	8.8	0.2	8.9	11.2	10.4	11.3	10.7	9.7	12.9	7.6	6.0	5.0	9.2		0.1	7.5
9	青島大橋		8.2	7.9	6.9	8.0	9.5	10.3	11.3	13.0	12.0	12.4	12.6	11.9	13.1	9.8	11.1	11.3	8.9		6.3	7.6
10	お花畑公園南側		8.4	6.0	5.8	4.5	7.3	9.8	11.0	12.5	12.0	9.7	13.1	11.4	-	-	-	-	-		-	7.6

2014

No.	調査日付 (m/d)	経過日数 (Days)*	1/22	2/19	3/22	5/22	6/24	7/22	8/22	9/25	10/19	11/27
	調査日付 (m/d)	経過日数 (Days)*	681	709	740	801	834	862	893	927	951	990
1	賀露 湖山川水門		4.6	4.1	3.2	10.5	25.9	22.0	19.4	26.8	6.0	10.5
2	湖山川 井戸橋		5.2	4.3	3.5	9.4	4.8	6.9	15.8	7.1	5.9	5.7
3	附属小学校前		5.1	4.2	2.6	4.7	4.4	5.4	4.8	6.6	5.9	5.6
4	グリーンフィールド		5.2	3.9	3.6	4.4	4.6	5.1	4.8	6.3	6.0	5.9
5	福井展望台		5.0	4.2	3.5	4.4	4.5	5.2	5.2	5.9	6.1	6.1
6	福井休憩所		1.4	0.3	1.3	2.1	2.1	3.1	3.6	2.9	2.8	4.2
7	レーク大樹前 湖側		4.9	0.6	3.2	3.7	3.1	4.4	4.7	5.8	3.2	5.7
8	レーク大樹前長柄川		0.2	0.0	0.2	3.2	0.1	0.3	0.3	0.2	5.8	0.1
9	青島大橋		5.1	4.0	3.3	4.3	4.5	5.1	5.1	6.0	5.6	5.8
10	お花畑公園南側		3.5	3.4	2.6	1.8	3.0	5.0	5.3	4.2	-	4.7

Appendix 3. 湖山池沿岸 10 地点における水温 (°C). Water temperature measured at 10 different sites on the coast of Lake Koyama.

*: Days means number of days from 12 March 2012 when Koyamagawa Water Gate was released.

2012

No.	調査日付 (m/d)	4/17	5/22	6/12	6/26	7/10	7/23	8/7	8/21	9/12	9/26	10/9	10/30	11/13	11/27	12/12	12/25
	経過日数 (Days)*	36	71	92	106	120	133	148	162	184	198	211	232	246	260	275	288
1	賀露 湖山川水門	Koyamagawa Water Gate	22.4	21	24.5	26.7	30.1	31.4	30.2	26.1	23.5	24.4	17.7	18.3	10.8	3.8	5.1
2	湖山川 井戸橋	Ido Bridge	22.3	22.3	24.5	27.7	30.8	32.3	30.9	26.4	23.8	22.4	17.1	16.8	10.3	3.7	5.2
3	附属小学校前	Fuzoku-sho-mae	23.7	23.5	26.5	28.2	31.5	32.4	31.9	26.8	24.2	22.6	17.3	13.2	10.5	4	5.7
4	グリーンフィールド	Green Field	21.4	23.5	24.3	27.6	30.1	31.5	30.1	26.9	24.2	21.9	17.3	13.6	10.6	3.8	5.3
5	福井展望台	Fukui Scenic Parking	25.4	23.7	25.3	27.8	31.9	32.4	31.4	27.9	24.8	22.7	17.2	13.8	10.4	3.6	5.5
6	福井休憩所	Fukui Recreation Parking	28.5	24.1	28.5	31.6	33.2	32.5	34.6	28.4	24.9	24.3	17.2	14.5	10.8	7.2	8
7	レーク大樹前 湖側	Hotel Lake Taiju	24.7	24.2	25.5	30	32.6	33.2	31.2	29.1	24.5	22.8	17.6	14	10.4	2.9	5.9
8	レーク大樹前長柄川	Nagara River Lake Taiju	24.1	23.8	24.8	28.5	34.4	33	32.8	25.1	21.8	21.8	17	14.1	10.5	6.7	7.6
9	青島大橋	Aoshima Bridge	22.7	23.8	25.2	28	32.6	32.7	31	28.8	23.9	23	17.1	14.2	10.3	3.9	5.5
10	お花畑公園南側	Flower Garden Parking South	24.9	23.3	25.3	28.2	32.5	32.3	31	28.9	24.9	22.7	16.6	13.7	10.3	4.5	5.7

2013

No.	調査日付 (m/d)	1/8	1/29	2/25	3/21	4/15	5/7	5/20	6/15	6/30	7/13	7/27	8/11	8/29	9/14	9/30	10/15	10/30	11/16	12/15
	経過日数 (Days)*	302	323	350	374	399	421	434	460	475	488	502	517	535	551	567	582	597	614	643
1	賀露 湖山川水門	6.5	4.2	5.4	11.5	13.2	16.7	17	28.1	26.5	28.9	30.1	32	26.6	28	23.9	23.6	21.1	13.8	5.9
2	湖山川 井戸橋	5	3.8	4.9	11.3	13.3	17.6	17.2	28.8	26.8	31.1	30.7	32.6	28.9	27.9	23.7	23.3	18.1	13.8	5.6
3	附属小学校前	6	4.7	7.5	11.6	14.9	18.4	20.6	29.1	26.5	31.7	30.7	33.2	28.8	28.1	22.7	21.1	17.7	15	5.8
4	グリーンフィールド	5.5	3.8	5.6	11.5	13.5	17.3	20	27.5	25.6	30.7	30.1	32.3	28.3	27.5	23	21.3	16.7	16.6	5.9
5	福井展望台	4.6	4.6	5.4	13.4	14	16.7	21.4	29.5	26.9	32.1	30.2	32.9	28.6	27.9	23.7	21.6	16.6	13.8	5.9
6	福井休憩所	9.3	8.8	14.9	14.8	16.4	17.7	23.7	32.5	28.4	31.1	29.6	32.9	29.5	28.7	24.6	21.8	18.4	16.3	6.4
7	レーク大樹前 湖側	4.9	4.8	7.4	10.6	14.6	17.1	21.1	30.3	26.7	32.4	30.1	33	26.1	29.1	23.9	23.3	17.9	14.2	6
8	レーク大樹前長柄川	7.3	7.9	9	10.7	15.4	16	22	31.2	28.6	32.7	29.9	33.2	28.5	28	22.8	20.2	17.8	14.8	6.3
9	青島大橋	4.7	3.8	6.2	11	14.5	18.2	21	30.3	27.3	32.7	30.5	33.2	29.5	28.6	23.6	21.7	16.8	14.3	5.8
10	お花畑公園南側	5.2	5.9	6.6	11.4	15.3	18.3	21.9	31.4	26.6	32.9	31.4	33.7	-	-	-	-	-	-	5.7

2014

No.	調査日付 (m/d)	1/22	2/19	3/22	5/22	6/24	7/22	8/22	9/25	10/19	11/27
	経過日数 (Days)*	681	709	740	801	834	862	893	927	951	990
1	賀露 湖山川水門	4.4	3.7	9.7	19.8	23.3	27.2	25.2	23.4	17.5	14.2
2	湖山川 井戸橋	4	3.6	9.6	19.8	26.8	31.8	26.0	23.1	17.8	23.8
3	附属小学校前	4.5	4.4	10.2	20.6	26.4	30.8	27.8	23.2	19.2	13
4	グリーンフィールド	4.1	4.7	9.5	20.0	24.8	29.4	26.8	23.2	18.1	12.7
5	福井展望台	4.2	3.6	9.9	20.8	28.1	29.8	28.4	23.1	19.2	13.2
6	福井休憩所	5.2	5.2	16.6	22.7	30.5	33.8	28.0	21.9	20.4	15
7	レーク大樹前 湖側	4.2	3.2	11.4	21.3	27.8	32.0	27.6	22.9	19.4	13.2
8	レーク大樹前長柄川	6.2	5.3	12.5	21.4	24.1	28.8	22.6	19.6	19.4	13.8
9	青島大橋	3.9	3.5	9.8	21.2	27.2	28.8	28.2	23.0	19.5	12.7
10	お花畑公園南側	4.3	4.2	11.4	20.3	27.8	32.2	28.1	22.4	-	13.6