

原 著

## ミシシippアカミミガメが彦根城中堀に 自生するオニバス群落に与える影響の検証

滋賀県立大学環境科学部 曾我部 共 生

滋賀県立大学環境科学部 浦 部 美佐子

彦根城オニバスプロジェクト 渡 邊 輝 世

Grazing effects of the red-eared slider *Trachemys scripta elegans* on the endangered gorgon plant *Euryale ferox* in the moat of Hikone Castle. Tomoki Sogabe, Misako Urabe (Department of Ecosystem Studies, School of Environmental Sciences, The University of Shiga Prefecture) and Teruyo Watanabe (The Conservation Project of gorgon plants in Hikone Castle)

The endangered gorgon plant, *Euryale ferox*, has been designated as the natural monument of Hikone City. The moat of Hikone Castle is its only habitat in Shiga Prefecture, but it has disappeared from there since 2012. Many exotic invasive turtles, red-eared sliders (*Trachemys scripta elegans*), which feed on some aquatic plants, inhabit the moat. Therefore, we hypothesized that red-eared sliders prevented the growth of gorgon plants in the moat by grazing. A diet analysis showed that turtles mainly grazed on reeds, *Phragmites australis* in April in the moat, and on algae in October. A feeding experiment showed that turtles prefer gorgon plants to reeds. These results suggest that red-eared sliders must consume gorgon plants just if the plant is available for them. The survival rate of the gorgon plants was improved in June by enclosing them with fences with 10-mm mesh opening. To enclose gorgon plants with fences with 40- or 10-mm mesh opening suppressed the rate of petioles cut by some animals. However, the petioles were often cut also in the enclosures. We found many young crayfish, *Procambarus clarkii*, were invaded in the enclosures, and inferred they cut petioles. Our results strongly suggested that gorgon plants were fed by not only red-eared sliders but also crayfish.

**Keywords:** *Trachemys scripta elegans*, *Euryale ferox*, grazing effect, alien species, conservation

要旨：滋賀県の彦根城中堀にはオニバス（絶滅危惧Ⅱ類・彦根市指定文化財天然記念物）が自生しているが、2012年頃からほとんど見られなくなった。同所には、ハスなどを食害することで知られる外来種ミシシippアカミミガメが多数生息している。このことから、彦根城中堀においてミシシippアカミミガメがオニバスの生育を阻害しているという仮説を立て、調査を行った。

中堀のミシシippアカミミガメは、4月にはヨシを、10月には藻類を主に摂食していた。オニバスはヨシよりも好まれる餌であるため、生育時期にはミシシippアカミミガメによって食害される可能性が考えられた。6月には、オニバス苗を10mmメッシュのエンクロージャーで囲うことにより生存率が高くなった。また、6月から7月にかけて、40mmまたは10mmメッシュのエンクロージャーで囲った株では葉柄切断率の低

下がみられた。しかし、エンクロージャーの中でもオニバスの葉柄が切断される場合があった。生物調査を実施したところ、エンクロージャー内にアメリカザリガニが侵入しており、オニバスの葉柄はアメリカザリガニによって切断された可能性が考えられた。このことから、オニバスはミシシippアカミミガメだけでなく、アメリカザリガニによる影響にもさらされている可能性が強く示唆された。

**キーワード：**ミシシippアカミミガメ、オニバス、食害、外来種、保全

## はじめに

ミシシippアカミミガメ *Trachemys scripta elegans* (以下、本種) は、アメリカ合衆国南部からメキシコ北部の国境地帯を原産とする淡水性のカメである (佐久間・宮本, 2005)。本種は様々な国において外来種として定着している (Chen & Lue, 1998; Chen, 2006)。日本では、1960年代頃からペットとして稚ガメが大量に輸入されるようになった (松井, 2009)。しかし、本種は成長すると背甲長が30cm近い大きさになるため、飼育放棄されて捨てられることが多い (佐藤, 2012)。こうした継続的な放逐により、本種は全国的に野外で定着するようになっている。

本種は日和見雑食性であり (Dreslik, 1999)、侵入した環境に応じて摂食する餌を変えることが知られている (Diaz-Paniagua et al., 2011)。水生の動植物を広く摂食することから、それらに対する直接の捕食や、習性や餌内容が似ている在来淡水カメ類との競合が懸念されている (安川, 2002)。特に、本種は大型になるにつれて植物食になるため (安川, 2002)、水生植物への被害は深刻である。本種の食害により、佐賀県では佐賀城の堀に群生していたハスやヒシガ (有馬ほか, 2008a, 2008b)、福岡県では水路を覆っていたオニビシガ (佐藤, 2012) 消失したことが報告されている。

滋賀県の彦根城中堀の一部はオニバス *Euryale ferox* の自生地である。オニバスは1997年に環境

省レッドデータブックの絶滅危惧Ⅱ類に指定されている (環境省, 2007)。滋賀県では彦根城中堀にのみ生育が確認されており (小林, 2011)、彦根市は2010年3月に本種を市指定文化財天然記念物に指定した。しかし、彦根城中堀では、2006年以降、オニバスが減少傾向にあり、2012年には浮葉がまったく見られなくなった (村長, 2007; 彦根城オニバスプロジェクト, 未発表)。

彦根城中堀には本種が多数定着しており、2012年以前から繁殖も確認されている (中川信子, 私信)。ハスなどの水生植物における報告と同様に、中堀のオニバスも本種による食害を受けている可能性がある。しかし、本種がオニバスを摂食するかどうかについては知られていない。また、中堀において本種が実際に何を摂食しているかも不明である。

本研究では、オニバスの生育に与える本種の食害の影響を検証することを目的とし、まず中堀における本種の個体数とサイズ構成を調べ、次に本種の餌選好実験および中堀における食性調査を行った。また、中堀にエンクロージャーを設置して本種による食害の可能性を排除し、オニバスが生育できるかどうか観察を行った。以上の結果から、中堀において、オニバスの成育に本種が影響を与えるかどうかを考察した。

## 材料と方法

ミシシippアカミミガメはヌマガメ科の中型種

で、背甲長は28cmに達する（安川，2002）。産卵は5月から7月にかけて行われ、メスは1度に2～22個の卵形の卵を産出し、1シーズンに最大で5回まで産卵する（越河，1996）。本種の食性は雑食性である。魚類、両生類、甲殻類、貝類、水生昆虫等を、生体、死骸を問わず食べるほか、藻類、水草、陸生植物の葉、花、果実等も食べる（安川，2002）。

オニバス *Euryale ferox* はスイレン科の1年生植物で、湖沼やため池などに生育する（角野，1983）。浮葉は円形で、大きくなると直径20cm～3mにもなる（小林，2011）。植物体全体に鋭い刺が密生している（角野，1983）。花には、水面上に出て開花する開放花と、水面下で開花せず自家受粉によって結実する閉鎖花があるが、開放花よりも閉鎖花の方が結実率が高い（Kadono & Schneider，1989）。近年、本種は池の埋め立てや水質汚染の進行によって減少し、絶滅が危惧されている（角野，1983）。

調査は、彦根城中堀（滋賀県彦根市尾末町）の

北東部に位置するオニバスの自生地（N 35° 16' 37"， E 136° 15' 19"：以下、自生地と記す）で行った（Fig. 1）。この区画は、堀の一部がコンクリートの堰で仕切られることで形成されており、表水面積は約1.2haである。彦根城側の岸は城壁の石垣となっている。この調査地において、ミシシippアカミガメの個体数および食性の調査、オニバスの食害影響調査、および餌の選好性実験に用いる個体の採集を行った。

本調査地の水深は、2013年4月の測定では約35～100cmであった。底質は主に泥で構成されているが、城壁から2m程の範囲内では礫帯や砂礫帯もみられた。城壁際の一部には、带状に土が堆積し、陸生植物やヨシ *Phragmites communis* が生育し、キショウブ *Iris pseudacorus* やハス *Nelumbo nucifera* もわずかながら生育していた。オニバスは調査地にまったく見られなかった。開放水面には抽水植物および沈水植物はほとんどみられなかった。

#### 個体数推定調査

2013年4月12日から同月29日にかけて、自生地において、トラップ（全長80cm、目合い10mm、入口25cm×30cm、かご徳白山研網社、カニカゴドーム型長網付き）を用いてカメ類の標識再捕を行った。トラップには餌として魚のアラを入れた。トラップは8基使用し、城壁側の岸際全体に等間隔に設置した。トラップは設置してから約24時間後に回収した。捕獲したカメ類は、縁甲板にドリルで穴を開けて個体識別し、再放流した。自生地にはミシシippアカミガメの他に、朝鮮半島や中国大陆由来の外来種であるクサガメ *Mauremys reevesii*（Suzuki et al., 2011）、在来種のニホンイシガメ *M. japonica* が生息しており、これらも同様に個体識別した。

3種類のカメの個体数を標識再捕法によってそ

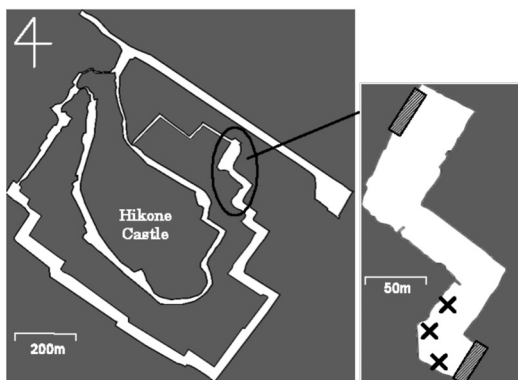


Fig. 1. Schematic description of the moat of Hikone Castle (left) and the growth area of gorgon plants in 2007 (right). Left figure: solid area, land; white area, moats. Right figure: 'X', location of enclosures; slash, weirs.

れぞれ推定した。ミシシippアカミミガメの個体数推定には、ジョリー・セーバー法を用いた。1回目の標識放流は4月12日に、2回目の標識再捕は4月19日に、3回目の再捕は4月29日に行い、4月19日時点での個体数を推定した。ニホンイシガメおよびクサガメは採集個体数が少なく、ジョリー・セーバー法を適用できなかったため、ペテルセン法によって推定した。ニホンイシガメは標識放流を2013年4月12日に、クサガメは同月19日に実施した。両種とも再捕を同月29日に実施し、その時点での個体数を推定した。

また、自生地でのミシシippアカミミガメのサイズ構成を知るため、トラップで捕獲した非標識個体の背甲長をものさしで計測し、記録した。

### 食性調査

食性分析には糞分析法を用いた。オニバスの生育時期にあたる4月から11月にかけて、自生地においてトラップもしくは手づかみで10個体のカメを捕獲した。捕獲したカメは水槽内で72時間保管し、その間に糞を排出させた。その後、糞を回収し、10%中性ホルマリンで固定した。

固定した糞サンプルは実体顕微鏡下で交点法を用いて餌アイテムの頻度を計数した。10cm×15cmの透明の浅いプラスチックケースの底面に耐水方眼紙を貼り付け、方眼紙上の88点のメッシュ交点を観測点とした。ケースの中に試料を適量添加し、底面上で均一に分布するように広げた。餌アイテムが乗っているすべての交点のうち、ある餌アイテムが乗った交点が占める割合から、その餌アイテムの出現率を算出した。餌アイテムが乗っていない交点は数えなかった。

糞内容物は組織片の形状などからその種類を同定し、ヨシ、藻類、木片、植物繊維、その他に分け、それらの出現率を算出した。同定できなかった植物性物質については植物繊維とした。動物性

物質や同定できなかったものをまとめてその他とした。

### 選好性実験

2013年9月11日から翌12日および同年10月21日から翌22日に、オニバスなどの供試餌を入れた野外実験用のコンクリート水槽（以下、水槽）にミシシippアカミミガメを放飼して、葉柄の被害状況を観察した。供試したカメは自生地で捕獲し、実験前に水槽内で約1カ月間順化させた。9月の実験には4個体、10月の実験には3個体のカメを用いた。

供試した本種は7個体（オス3個体、メス4個体）である。本種は大型になると植物食の傾向が強くなると言われており、有馬ら（2008a）は、本種は背甲長が200mm以上になるとハスを食害する程度が飛躍的に増加すると報告している。そこで、本実験には背甲長187～245mmの大型個体を用いた。

水槽（1.2m×1.2m×80cm）は4つ設け、それぞれの水槽にカメを1個体ずつ入れた。排水や水道水の供給によって、水槽の最大水深を常に30cmに保った。水槽内の浅い場所には20×40×15cmのコンクリートブロックを上面が水面から出るように設置し、カメが甲羅干しできるようにした。

オニバス、ハス、自生地の河岸植生であるヨシを供試餌として用意した。オニバスは自生地から採集された種子から発芽させた浮葉期の苗を用い、3～4本の葉柄を伸ばした株を直径20cmの植木鉢に1株植えて水槽内に設置した。ハスは滋賀県立大学の調整池に生育しているものを採集した。立葉期の葉を用いたが、できるだけ葉柄が柔らかい若いものを供試餌とした。葉柄を13cm残して切断したハスの葉を1枚水槽内に浮遊させた。ヨシは自生地において採集した茎の柔らかい新芽を

用いた。ヨシは根の部分摂食されないようにガーゼで覆い、直径15cmの植木鉢に3～4本を植えて水槽内に設置した。供試餌の葉柄または茎の直径はオニバスでは1～3 mm、ハスでは8～10 mm、ヨシでは2～4 mmであった。

9月11日に開始した実験では日没後の18時に、10月21日から開始した実験では正午に供試餌を水槽内に設置した。実験時間は24時間とし、供試餌を設置してから実験終了までの間、数時間おきに適宜、それぞれの植物体の葉身および葉柄・茎部分への摂食痕を観察した。葉柄または茎部分の摂食痕の観察では、噛み切られた、もしくは齧られた葉柄または茎数と葉柄または茎に残った噛み痕数を記録した。

#### 捕食者排除実験

自生地の自然条件下において、オニバスの被害の程度を調べるために、エンクロージャーを用いた捕食者排除実験を実施した。カメの侵入がない状態の実験区とその対照区を設け、両区内におけるオニバスの生育の程度を比較検討した。

エンクロージャーは1.6m×1.6m×1.1mの直方体で、枠組みには直径20mmの塩化ビニルパイプを用いた。実験区に用いたエンクロージャーは6面をすべてフェンスで囲った。メッシュ開口10 mmまたは40mmのフェンスで囲った2種類の実験区用エンクロージャー（以下、メッシュ処理区と記す）を制作した。前者はカメや大型のザリガニ、その他の大型生物が侵入できず、小型のザリガニや稚魚など小型生物も侵入しにくい目合いであり、後者はカメや大型生物は侵入できないが小型生物は容易に侵入できる目合いである。対照区のエンクロージャーはフェンスで囲わず、すべての生物が侵入できるようにした。

エンクロージャーはメッシュ処理区2種類と対照区の3種類を1組とした。自生地がかつてオニ

バスが特に繁茂していた城壁際の付近に、3組のエンクロージャーを各組15m程度の間隔をあけて設置した（Fig. 1）。

オニバスを4回に分けてそれぞれのエンクロージャー内に導入した。導入した株数は、全エンクロージャーを合計して、2013年6月16日に27株、6月23日に18株、7月16日に18株、9月6日に9株である。導入したオニバスは2枚以上の葉身を展開しており、すべて第5葉以降の浮葉期のものであった。オニバスは小型容器でも栽培が可能であるため（久米，1997），8分目程度まで田土を入れた植木鉢（直径20cm，深さ20cm）に1株ずつ植え、エンクロージャーの中に設置した。

その後、2013年6月16日から12月9日まで生育状況を観察した。1週間に2回ほどの頻度でオニバスを観察し、各株の葉身の縦長を測定し、浮葉数、新しく伸長して来る葉柄数、腐蝕葉数、ちぎれた葉柄数を計数した。

導入してから40日以上生存した株（葉をつけていた株）はすべてつぼみをつけたことから（結果参照），40日以上生存した株を生存株とした。導入した株数に占める生存株数の割合を生存率とし、導入日およびエンクロージャーの種類ごとに生存率を算出した。また、新しい株を導入した後、ちぎれた葉柄の割合についても、導入日およびエンクロージャーの種類ごとに算出した。その日に導入したオニバス、およびそれ以前に導入し、当該回の導入時までエンクロージャー内で生存していたオニバス株の葉柄数と、調査期間内に新しく伸長してきた葉柄数の合計を全葉柄数とし、全葉柄数に占める調査期間中にちぎれた葉柄数の割合を葉柄切断率とした。観察対象としたオニバス株のいずれかの葉柄数が0本となり、死亡と見做された時点でその回の調査を終了した。調査期間は、6月16日～6月21日、6月23日～6月30日、7月16日～23日、9月6日～12日で、各回は5～7日

間である。以下、それぞれの調査期間をその初日、すなわちオニバス株の導入日の日付で示す。

オニバスの生存率および葉柄切断率とメッシュ処理との関係について、一般化線形モデルのロジスティック回帰分析を行なった。計算には統計解析ソフト「R (Version 3. 0. 2)」を使用し、Link関数としてLogitを用いた。生存率の解析ではメッシュ処理を説明変数とした。サンプル数が不十分なため、導入日による違いは検討できなかった。葉柄切断率の解析では、説明変数として導入日、メッシュ処理およびそれらの交互作用の3要因を用いた。回帰分析の際には、導入日による調査期間の差（5～7日の範囲）が切断率に与える影響は補正せずに解析した。なお、導入日とメッシュ処理はどちらもカテゴリ変数として扱った。

また、自生地に生息するカメ類以外の動物相を知るため、定性生物調査とエンクロージャーへの侵入生物調査を実施した。定性生物調査は、エンクロージャー設置前の2013年4月16日から17日および同年5月5日から6日にかけて、設置予定場所の周辺において、もんどり（タカミヤ、お魚キラ-TG-103）8基を用いて実施した。もんどりには魚のアラを餌として入れ、24時間後に回収した。もんどり1基あたりの捕獲数をCPUEとした。侵入生物調査では、オニバスをエンクロージャー内に導入した2013年6月16日からすべてのオニバスが枯死した12月9日まで、エンクロージャー内に侵入している生物の目視観察を実施した。目視

観察はオニバスの生育の程度を観察するモニタリング調査と同時に毎回実施した。また、7月12日から10月4日にかけては2週間に1回の頻度で10mmメッシュ処理区のエンクロージャーを引き上げ、内部に侵入している生物の採集を行なった。エンクロージャー1基あたりの捕獲数をCPUEとした。

## 結果

### 個体数推定調査

ジョリー・セーバー法による推定の結果、自生地には約108個体のミシシippアカミミガメが生息していると推定された（Table 1）。また、ペテルセン法による推定の結果、ニホンイシガメは18個体、クサガメは13個体と推定された。

トラップで捕獲されたミシシippアカミミガメの背甲長組成をFig. 2に示す。背甲長200mm以

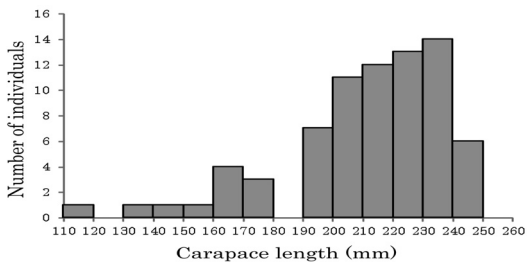


Fig. 2. Histogram showing carapace length distribution of *Trachemys scripta elegans* from the growth area of gorgon plants, collected in 2013.

Table 1. Estimated population size of three species of turtles in the moat of Hikone Castle.

| Estimated day | Species                          | Methods            | Number of marked individuals | Estimated population size (95% confidence interval) |
|---------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 19 Apr. 2013  | <i>Trachemys scripta elegans</i> | Jolly-Seber Method | 72                           | 108                                                 |
| 29 Apr. 2013  | <i>Mauremys japonica</i>         | Petersen Method    | 14                           | 18 (1–34)                                           |
| 29 Apr. 2013  | <i>M. reevesii</i>               | Petersen Method    | 7                            | 13 (8–17)                                           |

上の個体が多く生息していた。

## 食性調査

糞分析を行なった10個体中7個体の糞中から、ヨシの葉身もしくは葉柄断片が確認された (Fig. 3)。ヨシの出現率は、4月に採集した1個体の糞では80%を超え、6月に採集した2個体の糞では30%を超えていた。また、10個体中4個体の糞からは藻類が確認された。藻類の出現率は、10月に採集された4個体中2個体の糞では90%を超えていた。

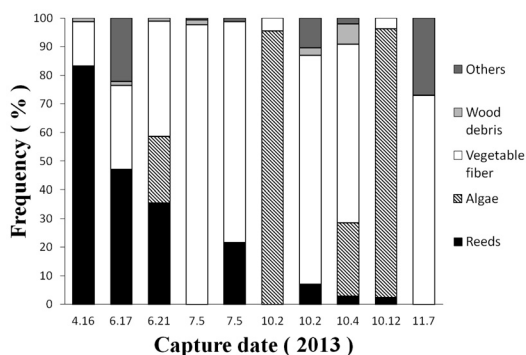


Fig. 3. Food items (indicated as percentiles) obtained from feces contents of ten *Trachemys scripta elegans* collected from the growth area of gorgon plants in different seasons.

## 選好性実験

Table 2, Table 3 に、供試個体の性別と甲長、および供試植物の食害状況を示した。すべての供試個体 (7 個体) がオニバスの葉柄の一部もしくはすべてを24時間以内に噛み切った (Table 2, Table 3)。噛み切られたオニバスの葉柄は、鋭い刃物で切ったような断面になっていた。また、供試した7個体中6個体がハスに対しても摂食行動を示し、そのうち4個体が供試したハスの葉柄

Table 2. Result of experiment for food preference of red-eared sliders in 24 hours on September 11, 2013. +++ : All petioles and stalks were completely cut. ++ : Parts of petioles and stalks were cut. + : Only bite marks. - : No grazing.

| Food items                  | Individual No. | Sex | Carapace length (mm) | 14 hours later | 20 hours later | 24 hours later |
|-----------------------------|----------------|-----|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Euryale ferox</i>        | No.1           | ♀   | 240                  | +++            | +++            | +++            |
|                             | No.2           | ♂   | 189                  | ++             | ++             | ++             |
|                             | No.3           | ♀   | 248                  | +++            | +++            | +++            |
|                             | No.4           | ♀   | 219                  | +++            | +++            | +++            |
| <i>Nelumbo nucifera</i>     | No.1           |     |                      | +              | ++             | +++            |
|                             | No.2           |     |                      | +              | ++             | +++            |
|                             | No.3           |     |                      | +++            | +++            | +++            |
|                             | No.4           |     |                      | ++             | ++             | +++            |
| <i>Phragmites australis</i> | No.1           |     |                      | -              | -              | -              |
|                             | No.2           |     |                      | -              | -              | -              |
|                             | No.3           |     |                      | -              | +              | ++             |
|                             | No.4           |     |                      | -              | -              | ++             |

Table 3. Result of experiment for food preference of red-eared sliders in 24 hours on October 21, 2013. Symbols are the same as Table 2.

| Food items                  | Individual No. | Sex | Carapace length (mm) | 2 hours later | 4 hours later | 20 hours later | 24 hours later |
|-----------------------------|----------------|-----|----------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| <i>Euryale ferox</i>        | No.5           | ♂   | 215                  | -             | ++            | ++             | ++             |
|                             | No.6           | ♂   | 191                  | -             | -             | ++             | ++             |
|                             | No.7           | ♀   | 220                  | -             | -             | -              | ++             |
| <i>Nelumbo nucifera</i>     | No.5           |     |                      | -             | +             | +              | +              |
|                             | No.6           |     |                      | -             | -             | ++             | ++             |
|                             | No.7           |     |                      | -             | -             | -              | -              |
| <i>Phragmites australis</i> | No.5           |     |                      | -             | -             | -              | -              |
|                             | No.6           |     |                      | -             | -             | -              | -              |
|                             | No.7           |     |                      | -             | -             | -              | -              |

を噛み切った。供試した7個体のうち2個体がヨシの一部の葉柄を噛み切った。ヨシを摂食した2個体のうち、1個体は4本の葉柄のうち3本を噛み切り、もう1個体は4本の葉柄のうち1本を噛み切った。3種類の供試餌を摂食する順番を見ると、オニバスから先に摂食される傾向があった。ヨシの茎が噛み切られたのは、オニバスの葉柄がすべて噛み切られた後であった。なお、カメの性別による食性の差はみられなかった。

本種はオニバスおよびハスの葉身よりも葉柄の方を先に摂食することが多く、葉身は摂食しないこともあった。また、オニバスでは葉柄の根元付近が切断される傾向が観察された。ヨシは茎が切断されたが、葉身の摂食はみられなかった。

#### 捕食者排除実験

対照区および両メッシュ処理区に導入したオニバス株の生存日数の頻度分布をFig. 4に示す。導入した時期に関わらず、40日以上生存した株は全てつぼみをつけた。つぼみは8月から9月にかけて

形成され、12月まで確認された。11月以降には浮葉が腐り始め、12月には全株が枯死した。調査期間を通して、葉身縦長の最大値は25cmであった。

導入した株のうち、40日以上生存した株の割合をTable 4に示す。6月16日および6月23日に対照区および40mmメッシュ処理区へ導入した株の生存率は0%となった。一方、10mmメッシュ処理区では、6月16日に導入した株は33.3% (3/9株)、6月23日に導入した株は16.7% (1/6株)が生存した。7月16日に導入した株の生存率は、すべての区において6月より高かった。また、対照区とメッシュ処理区との間で生存率に大きな差は見られなかった。9月6日に導入した株では、10mmメッシュ処理区において生存率が0%となった。全ての期間を合わせてロジスティック回帰を行った結果、40日以上生存した株について、メッシュ処理間で有意差はなかった (Table 5)。

導入日および処理区ごとの葉柄切断率 (生データ、および調査日数の差を補正した割合) を

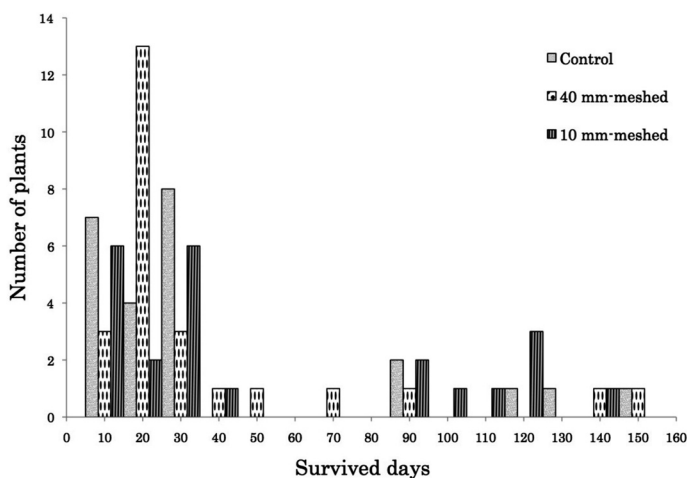


Fig. 4. Histogram showing the longevity of gorgon plants introduced into the enclosures. All the plants survived over 40 days after introduction into the enclosures put out cleistogamous flowers and seeded.

Table 6 に示す。ちぎれたオニバスの葉柄は、腐蝕によって表面の繊維がはがれてちぎれるか、または横水平にまっすぐ切断されていた。すべての区において、6月16日に導入した株の葉柄切断率が全導入期を通して最も高い値を示した。6月16日～7月16日の3回に導入された株では、切断率は対照区においてもっとも高かったが、9月6日に導入された株においては、切断率は対照区でもっとも低く、10mmメッシュ処理区でもっとも高かつ

た (Table 6)。ロジスティック回帰の結果、6月16日に導入した株の葉柄切断率は、それ以降のどの回に導入した株よりも高かった (Table 7,  $p < 0.001$ )。6月16日からの調査日数 (5日) は後の3回の調査日数 (6～7日) よりも短いので、その影響を考慮すると、実際の切断率の差はさらに顕著になる (Table 6)。従って、Table 7 の検定結果は結論に影響しないと考えられる。また、どちらのメッシュ処理区も、対照区との間に有意

**Table 4.** Rate of individuals survived over 40 days after introduction to the enclosures.

| Introduced date | control      | 40 mm mesh   | 10 mm mesh   |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 16 Jun. 2013    | 0.0 (n = 9)  | 0.0 (n = 9)  | 33.3 (n = 9) |
| 23 Jun. 2013    | 0.0 (n = 6)  | 0.0 (n = 6)  | 16.7 (n = 6) |
| 16 Jul. 2013    | 50.0 (n = 6) | 66.7 (n = 6) | 50.0 (n = 6) |
| 6 Sep. 2013     | 66.7 (n = 3) | 75.0 (n = 4) | 0.0 (n = 2)  |

**Table 5.** The result of the logistic regression analysis for the rate of individuals survived over 40 days after introduction to the enclosures.

| Coefficients | Estimate | Std. error | z value | p        |
|--------------|----------|------------|---------|----------|
| Intercept    | -1.335   | 0.503      | -2.656  | 0.008 ** |
| 40 mm mesh   | 0.391    | 0.672      | 0.582   | 0.561    |
| 10 mm mesh   | 0.508    | 0.677      | 0.751   | 0.453    |

**Table 6.** Rate of petioles cut by animals per total petioles.

|                                         | Introduced date | Experimental period | control     | 40mm mesh   | 10mm mesh   |
|-----------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| raw data                                |                 |                     |             |             |             |
|                                         | 16. Jun. 2013   | 5 days              | 91.4 (n=35) | 63.0 (n=27) | 52.3 (n=44) |
|                                         | 23. Jun. 2013   | 7 days              | 48.3 (n=29) | 21.9 (n=32) | 25.6 (n=39) |
|                                         | 16. Jul. 2013   | 7 days              | 25.0 (n=28) | 20.0 (n=30) | 10.4 (n=48) |
|                                         | 6. Sep. 2013    | 6 days              | 2.9 (n=35)  | 11.1 (n=36) | 12.9 (n=62) |
| Experimental periods adjusted to 5 days |                 |                     |             |             |             |
|                                         | 16. Jun. 2013   |                     | 91.4        | 63.0        | 52.3        |
|                                         | 23. Jun. 2013   |                     | 34.5        | 15.6        | 18.3        |
|                                         | 16. Jul. 2013   |                     | 17.9        | 14.3        | 7.4         |
|                                         | 6. Sep. 2013    |                     | 2.4         | 9.3         | 10.8        |

**Table 7.** The result of the logistic regression analysis for the rate of petioles cut by animals per total petioles.

| Coefficients                      | Estimate | Std. error | z value | <i>p</i>     |
|-----------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| Intercept                         | -2.367   | 0.604      | -3.920  | 8.84E-05 *** |
| Introduced date: Jun. 23 (Jun-23) | 2.436    | 0.709      | 3.436   | 5.90E-04 *** |
| Introduced date: Jul. 16 (Jul-16) | 3.466    | 0.745      | 4.652   | 3.29E-06 *** |
| Introduced date: Sep. 6 (Sep-6)   | 5.951    | 1.180      | 5.043   | 4.58E-07 *** |
| 40 mm mesh (40)                   | 1.837    | 0.724      | 2.538   | 0.011 *      |
| 10 mm mesh (10)                   | 2.276    | 0.675      | 3.372   | 7.47E-04 *** |
| Jun-23×40                         | -0.633   | 0.919      | -0.688  | 0.491        |
| Jul-16×40                         | -1.549   | 0.960      | -1.613  | 0.107        |
| Sep-6×40                          | -3.341   | 1.354      | -2.468  | 0.014 *      |
| Jun-23×10                         | -1.280   | 0.835      | -1.500  | 0.134        |
| Jul-16×10                         | -1.178   | 0.932      | -1.264  | 0.206        |
| Sep-6×10                          | -3.950   | 1.276      | -3.097  | 0.002 **     |

な切断率の差が見られた（40mmメッシュ処理， $p<0.05$ ；10mmメッシュ処理， $p<0.001$ ）。9月6日の導入日以外は，両メッシュ処理区は対照区よりも低い値を示していた（Table 6）。40mmメッシュと10mmメッシュでは，10mmのほうが若干葉柄切断率が抑制された場合もあったが（6月16日および7月13日導入），ほとんど差が見られない場合もあった（6月23日および9月6日導入）。交互作用については，導入日9月6日の場合において，両方のメッシュ処理区との間に検出された（40mmメッシュ処理， $p<0.05$ ；10mmメッシュ処理， $p<0.01$ ）。

エンクロージャー設置前に実施した定性生物調査では，ブルーギル *Lepomis macrochirus* の稚魚が合計3個体採集された。また，エンクロージャーへの侵入生物の目視観察では，7月から12月まで，10mmメッシュ処理区において，メッシュサイズよりも大きいアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* およびブルーギルが観察された。7月から10月の間には，10mmメッシュ処理区内でウシガエル *Rana catesbeiana* の幼生も観察された。7月

以降，エンクロージャーの引き上げによって採集された生物のうち，調査期間を通して10個体以上採集された侵入生物について，そのCPUEをFig. 5に示す。また，4月および5月に実施したもんどりによる定性生物調査の結果もFig. 5に示した。10mmメッシュ処理区（3基）の引き上げによる合計採集数の最大値は，アメリカザリガニは2013年7月30日の21個体，ウシガエルの幼生は2013年7月12日の125個体，ブルーギルは2013年9月6日の10個体であった。

捕獲された3種類の生物の全長は，アメリカザリガニは30～70mm，ウシガエルの幼生は62～90mm，ブルーギルは30～37mmであった。アメリカザリガニでは，10mmメッシュをくぐり抜けられない全長70mmの個体もエンクロージャー内で採集された。そのエンクロージャー内では，アメリカザリガニの脱皮殻が観察された。2013年7月12日には，1つのエンクロージャーから122個体のウシガエル幼生が採集されたが，そのエンクロージャー内のオニバスには，顕著な食害や葉柄の切断痕跡は見られなかった。採集されたブルーギル

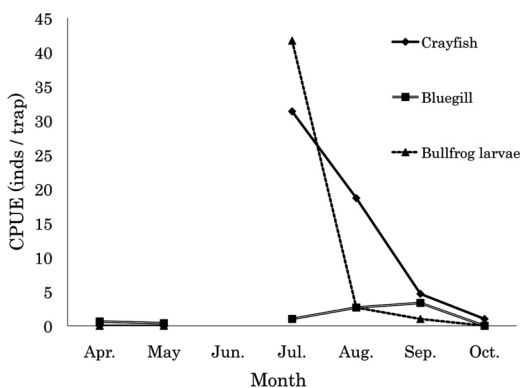


Fig. 5. The seasonal variation of CPUE of species collected in 10 mm-meshed enclosures. The CPUE from April to May show the number of collected animals per trap per 24 hours, and those from July to October show the number of collected animals per enclosure per 14 days.

は、すべて10mmメッシュ開口をくぐり抜けられる大きさであった。エンクロージャー内で採集されたその他の生物は、オオクチバス *Micropterus salmoides*, モツゴ *Pseudorasbora parva*, フナ類 *Carassius* sp., テナガエビ *Macrobrachium nipponense* であった。

### 考察

オニバス自生地には3種類のカメが生息していた。個体数ではミシシippアカミガメがカメ全体の約8割を占めていた。

自生地において、本種はヨシや藻類を主に摂食していた。特に4月から6月にかけては糞中のヨシの出現率が高くなった。また、選好性実験では、オニバスはハスと同程度に本種に好まれる餌であることが判明した。一方で、ヨシはオニバスやハスと比較すると選好性が低い餌資源であっ

た。このことから、現在、自生地に生息する本種がヨシを摂食しているのは、他にハスやオニバスなどの植生がないからであると考えられ、もしオニバスが存在すれば、ハスと同様に食害を受ける可能性が非常に高いと推察される。

捕食者排除実験において、メッシュ処理区間でオニバスの生存率に有意差は見られなかった。しかし、Table 4 から、メッシュ処理による効果は導入日によって変化することが示唆された。すなわち、6月中に導入した場合には10mmメッシュで囲うことによってオニバスの生存を減少させる要因の影響を軽減させることができるが、7月以降に導入した場合はその効果が薄れると考えられた。導入時期による生残率の違いは、さらにデータを増やして再検討する必要がある。また、オニバスの葉柄切断率は、6月16日からの調査期間で以降の期間よりも高く、また、9月6日からの調査期間を除き、対照区ではメッシュ処理よりも高かった。この結果も、メッシュ処理はオニバス株の保護に有効であるが、その効果は時期によって変化することを支持した。

自生地で、目視およびトラップでの捕獲により確認されたカメ類以外の大型動物は、コイ *Cyprinus carpio*, フナ類 *Carassius* sp., オオクチバス, ブルーギル, カムルチー *Channa argus*, ウナギ *Anguilla japonica*, 水鳥類 (サギ類・カワウ・カモ類) であった。オオクチバス, カムルチー, ウナギ, サギ類, カワウは肉食性であるため、オニバスを摂食することは考えにくい。また、コイ, フナ類は雑食性であるが、餌生物を吸い込んで摂食するため、葉柄を横にまっすぐ切断して摂食することは考えにくい。ブルーギルやカモ類も植物を摂食するが、鋭い歯を持っていないため、オニバスの葉柄に鋭い刃物で切ったような切断痕を残す可能性は低いと考えられる。また、対照区でのオニバスの葉柄の切断痕は、飼養実験での本種に

よる切断痕と酷似していた。すなわち、自生地において、オニバスの葉柄を切断する可能性の高い大型動物はカメ類であり、特にカメ類の中でも推定個体数が多い本種であると考えられる。

7月以降、対照区における生存率は両メッシュ処理区と同程度に高くなり、葉柄切断率は低下した。このことから、7月以降は大型動物によるオニバスの摂食圧が低下したと推測されるが、それがどのような理由によるものかは今後の課題である。

また、メッシュ処理区内においても葉柄の切断例が数多く確認された。その原因として、メッシュ処理区内に侵入していた動物が葉柄を切断した可能性が考えられる。10mmメッシュのエンクロージャーの一つにウシガエルの幼生が大量に侵入していたが、そのエンクロージャー内のオニバスに顕著な摂餌痕は見られなかったことから、ウシガエルの幼生はオニバスに対して大きな影響を与えないと考えられる。ブルーギルは侵入数が少なく、すべて全長30～37mmの稚魚であったため、それらがオニバスの葉柄を噛み切る可能性は低いと考えられる。

一方で、新潟県米市福島潟のオニバスを保護育成する会（1994）は、生育池に導入したオニバス100株がアメリカザリガニによって全滅したと報告している。また、末広ら（2001）は、アメリカザリガニがオニバスの生長阻害要因になっていることを示唆している。このことから、メッシュ処理区内においてオニバスの葉柄を切断したのは、エンクロージャー内に侵入していたアメリカザリガニである可能性が高い。

4月及び5月の定性生物調査では、アメリカザリガニは採集されなかった。しかし、7月12日以降、10mmメッシュ処理区では、侵入生物の採集・取り出しを繰り返し行なったにもかかわらず、調査期間中に断続的なアメリカザリガニの侵入がみ

られた。エンクロージャーを引き上げる際に、メッシュをくぐり抜けて逃げる個体もあり、実際にエンクロージャー内に侵入していたアメリカザリガニの個体数は採集数よりも多いと考えられる。また、10mmメッシュ開口をくぐり抜けられない大きさのアメリカザリガニがエンクロージャー内で捕獲され、脱皮殻も観察された。これより、エンクロージャー内に侵入したアメリカザリガニのうち、一部の個体はエンクロージャー内で一定期間過ごし、網の目をくぐれない大きさに成長したと考えられる。メッシュ処理区内にアメリカザリガニが頻繁に侵入した要因として、メッシュ処理区内はアメリカザリガニを捕食する大型動物が侵入できないため、アメリカザリガニにとっての避難場所になっていた可能性が考えられる。

また、6月に導入した株においては、10mmメッシュ処理区では生残するオニバス個体が見られたのに対して、40mmメッシュ処理区では、対照区と同様に、全個体が40日以前に死亡した。これは、40mmメッシュ処理区には、10mmメッシュ処理区には侵入できない大型のアメリカザリガニも侵入できたためと考えられる。

本研究により、ミシシippアカミミガメがオニバスを摂食し、食害を及ぼす可能性が示唆された。4月には本種は、自生地において、オニバスより選好性の劣るヨシを主に摂食していた。オニバスは本種にとってヨシよりも好まれる餌資源であるため、オニバスは生育時期に本種の格好の餌の対象となり、生育が阻害されている可能性が考えられる。また、6月に導入した株では、オニバスを10mmメッシュで保護することにより、生存率が高くなる傾向が見られたが、40mmメッシュ処理では、その効果はみられなかった。7月以降に導入した株では、メッシュによる生残率の改善傾向は見られなかった。このことから、オニバスは本種だけでなく、アメリカザリガニによる影響にも

さらされている可能性が強く示唆された。従って、同地にオニバス群落を復活させるためには、本種と同時に、アメリカザリガニへの対策も講じる必要があると考えられる。

## 謝辞

彦根市文化財課には文化財内への立ち入りを許可して頂くとともに、調査に必要な物品の借用をして頂いた。彦根市生活環境課には史跡内での調査を許可して頂いた。彦根城オニバスプロジェクトには実験に用いるオニバスの種子および発芽苗を多数提供して頂くとともに、オニバスに関する資料を数多く頂いた。(株)バリヤ食品事業部にはカメの捕獲に用いる魚のアラを提供して頂いた。現地での作業にあたっては、佐竹祐亮、金田拓也、手良村知功、片岡寛大の各氏に御協力頂いた。最後に、本研究は一般社団法人環びわ湖大学・地域コンソーシアムの助成によって行うことができた。記して御礼申し上げる。

## 引用文献

- 有馬 進・鈴木章弘・鄭 紹輝・奥蘭 稔・西村 巖. 2008a. ミシシippieアカミミガメのハス食害調査. *Coastal Bioenvironment*, 11 : 47-54.
- ・——・——・田中 明・奥蘭 稔・西村 巖. 2008b. ミシシippieアカミミガメの食害調査と駆除. *Coastal Bioenvironment*, 12 : 53-58.
- Chen, T. H. 2006. Distribution and status of the introduced red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) in Taiwan. In: *Assessment and Control of Biological Invasion Risks*. (eds. Koike, F., M. N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter & K. Iwatsuki), pp. 187-195. Shoukadoh Book Sellers, Kyoto, Japan and IUCN, Gland, Switzerland.
- . & K. Y. Lue. 1998. Ecological notes on feral populations of *Trachemys scripta elegans* in northern Taiwan. *Chelonian Conservation and Biology*, 3 : 87-90.
- Diaz-Paniagua, C., J. Hidalgo-Vila, F. Florencio & N. Perez-Santigosa. 2011. Does the exotic invader turtle, *Trachemys scripta elegans*, compete for food with coexisting native turtles? *Amphibia Reptilia*, 32 : 167-175.
- Dreslik, M. J. 1999. Dietary notes on the red-eared slider (*Trachemys scripta*) and river cooter (*Pseudemys concinna*) from southern Illinois. *Transactions of the Illinois State Academy of Sciences*, 92 : 233-241.
- 角野康郎. 1983. オニバスの自然誌. *Nature Study*, 29 : 63-66.
- Kadono, Y. & E. L. Schneider. 1989. The life history of *Euryale ferox* Salisb. in southwestern Japan with special reference to reproductive ecology. *Plant Species Biology*, 2 : 109-116.
- 環境省. 2007. オニバス. 「改訂 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— 8 植物 I (維管束植物)」(環境省自然環境局野生生物課編), pp. 453. (財)自然環境研究センター, 東京.
- 小林圭介. 2011. オニバス. 「滋賀県で大切にすべき野生生物—滋賀県レッドデータブック2010年版—」(滋賀県生きもの総合調査委員会編), pp. 65. サンライズ出版, 滋賀.
- 越河暁洋. 1996. ミシシippieアカミミガメ. 「爬虫類・両生類800図鑑」(千石正一監修), pp. 311. ビーシーズ, 横浜.

- 久米 修. 1997. 小型容器を使用したオニバスの栽培. 香川生物, 24 : 1 - 4.
- 松井正文. 2009. 人命を脅かす外来生物 ミシシippアカミミガメ. 「外来種クライシス」, pp. 240-248. 小学館, 東京.
- 村長昭義. 2007. 記録集. 「オニバスシンポジウム〜彦根城のオニバス保全に向けて〜」(彦根自然観察の会「彦根城オニバスプロジェクト」編), pp. 20-39. 東呉竹堂, 滋賀.
- 新潟県豊栄市福島潟のオニバスを保護育成する会. 1994. 新潟県豊栄市福島潟オニバス保護増殖事業調査報告書. 22pp. 新潟県豊栄市福島潟のオニバスを保護育成する会, 新潟.
- 佐久間功・宮本拓海. 2005. 外来水生生物事典. 206pp. 柏書房, 東京.
- 佐藤方博. 2012. 要注意外来生物による生態系・農業被害防止のためのアカミミガメ防除のすすめ方. 生態工房調査研究報告集, 7 : 1 - 79.
- 末広喜代一・佐藤真弓・真部礼子. 2001. 香川県におけるオニバスの生育環境. 香川生物, 28 : 29-35.
- Suzuki, D., H. Ota, H.-S. Oh & T. Hikida. 2011. Origin of Japanese populations of the Reeves' pond turtle, *Mauremys reevesii* (Reptilia: Geoemydidae), as inferred by a molecular approach. Chelonian Conservation and Biology, 10 : 237-249.
- 安川雄一郎. 2002. ミシシippアカミミガメ. 「外来種ハンドブック」(日本生態学会編, 村上興正・鷺谷いづみ監修), pp. 97. 地人書館, 東京.