

## アメリカザリガニの甲羅上に着生する珪藻群集の季節変化

中野和真<sup>1</sup>, 関口伸一<sup>1</sup>, 山本雅道<sup>2</sup><sup>1</sup> 私立海城中学高等学校, <sup>2</sup> 信州大学理学部Seasonal change of epizoic diatom assemblage on the carapace of freshwater crayfish:  
*Procambarus clarkii*K. Nakano<sup>1</sup>, S. Sekiguchi<sup>1</sup> & M. Yamamoto<sup>2</sup><sup>1</sup>Kaijo Junior & Senior High School & <sup>2</sup>Department of Science, Shinshu University

## 摘要

動物体表付着性珪藻については古くから知られており,様々な種類の動物体表において研究がなされている.しかしながら淡水域の脱皮動物においては,ほとんど調査が行われていない.そこで本研究では,アメリカザリガニ(*Procambarus clarkii*)甲羅上に着生する珪藻の細胞数と種組成の季節変化を調べることを目的として,埼玉県所沢市にある溜め池において,アメリカザリガニの甲羅上に付着する珪藻の1 mm<sup>2</sup>あたりの細胞数と種組成を調査した.その結果,アメリカザリガニの甲羅上の細胞数は平均  $84 \pm 1.1 \times 10^2$  inds.mm<sup>-2</sup> であり,11月に最も少なく  $1 \pm 3$  mm<sup>-2</sup> であり,5月に最も多く  $2.5 \times 10^2$  inds.mm<sup>-2</sup> であった.一方,溜め池の泥上から採取した珪藻群集では平均  $1.8 \times 10^5 \pm 1.5 \times 10^5$  inds.mm<sup>-2</sup> であった.泥上の珪藻細胞数は5月に最も少なく  $6.2 \times 10^4 \pm 4.5 \times 10^4$  inds.mm<sup>-2</sup> であり,10月に最も多く  $3.1 \times 10^5 \pm 1.9 \times 10^5$  inds.mm<sup>-2</sup> であった.珪藻の細胞数は泥上の方がアメリカザリガニ甲羅上よりも明らかに多いことがわかった.種組成に関して,一年を通じてアメリカザリガニの甲羅上と泥上のどちらにおいても *Navicula* 属や *Craticula* 属が優占した.*Surirella* 属などの割合などにおいて多少の違いがあるものの,アメリカザリガニ甲羅上と泥上の珪藻組成は類似していることがわかった.このことから,アメリカザリガニが多く種類の珪藻の分布拡大に貢献している可能性がありうる.

キーワード: 動物体表付着性珪藻, 季節変化, アメリカザリガニ,

Keywords: Epizoic diatom, Seasonal change, *Procambarus clarkii*,

## はじめに

動物体表付着性珪藻(epizoic diatom)については,古くから多くの生物体表において調べられている.例として,海洋生物ではウミガメ(Majewska 2015)や海鳥(Croll and Holmes 1982),コケムシ(Wuchter *et al.* 2003)など生物において,淡水域ではカミツキガメ(Wu and Bergey 2017)などにおける報告がなされている.こうした動物は珪藻の分布拡大に貢献している可能性が指摘されている(Donato *et al.* 2018).また,ウミガメの甲羅上に付着する珪藻類のDNAメタバーコーディングを行うことで,付着している珪藻種からウミガメの行動を解明しようとする研究も行われている(Rivera *et al.* 2018).

海洋における脱皮動物上の珪藻に関する研究はカイアシ類(Takano 1983),クモガニ(Madkour *et*

*al.* 2012)などにおいて報告されている.脱皮動物の上に付着する珪藻は脱皮により脱落することが知られており(McClatchie *et al.* 1990),他の生物上の珪藻には無い特異な生活史を持っている可能性がある.

しかし淡水域の脱皮動物における珪藻の報告は少ない.特にザリガニ類に関する研究は,イタリアの河川で1件行なわれているのみである(Flasco *et al.* 2018).このFlasco *et al.* (2018)の研究では対照試料として小石上に付着する珪藻も調べており,その比較から小石上とザリガニの甲羅上の珪藻群集の種組成の間に明確な違いは見られないとしているが,この研究では一度しか調査を行っておらず,未だザリガニ甲羅上の珪藻に関する知見は不十分であると言える.

そこで本研究では淡水域に生息するアメリカ

ザリガニの甲羅上の珪藻を、季節を変えて複数回調査し、珪藻群集の季節による変化を調べることを目的とした。

### 方法

埼玉県所沢市、狭山湖の北東 500m の狭山丘陵に位置する北野南二丁目里山保全地域の溜め池 (N35°47'2.30", E139°25'22.02") で調査を行った。この溜め池は、谷戸に位置する。周囲は雑木林や竹林に囲まれている。溜め池は 6m×6m 程度の大きさで、水深 5cm 程度であり水田状である。この溜め池の下流部では、無農薬で落ち葉堆肥を利用した稲作が行われている。一方、溜め池では稲作などの農作物の栽培を行なっておらず、肥料を添加していない。溜め池には西側の地下から水が流入しており、一年を通じて水が枯れることはない。1-2 月ごろに地下水が流入している場所を除き、溜め池が結氷することがある。

調査は 2019 年の 5 月 26 日、8 月 11 日、10 月 14 日、11 月 23 日に行った。たも網を用いてアメリカザリガニ (*Procambarus clarkii*) を採取し、アメリカザリガニが被っている泥を十分に落とした後、歯間ブラシ (デンタルプロ 歯間ブラシ I 型 5(M)) を用いてアメリカザリガニの頭胸部を擦り、アメリカザリガニの頭胸甲に付着している珪藻を採取した。試料はアメリカザリガニの個体ごとに区別して採取した。試料はその場でホルマリンを加え固定した。アメリカザリガニは擦った後、頭胸甲の最大幅をノギスで測定した。また、溜め池の泥表面 1 mm<sup>2</sup> を、ピペットを用いて 1-3mL 吸い取り、泥上の珪藻を採取して対照試料とした。泥の試料は 1 回の調査につき、溜め池内において距離において 5 か所以上採取して採取場所による珪藻群集の偏りが出ないようにした。

水温は HOBO ペンダントロガー (UA-002-08, Onset 社, 東京) を用いて 2019 年の 4 月 29 日から 11 月 2 日まで、1 時間ごとに測定した。その記録をもとに、1 日ごとの平均気温を求めた。

pH と EC (μS/cm) はデジタル測定器 HI 98129 (Hanna instruments, 千葉) を用いて現地で測定した。月に一度の頻度で 2019 年の 2 月 10 日、3 月 23 日、4 月 21 日、5 月 25 日、6 月 23 日、7 月 15 日、8 月 11 日、9 月 8 日、10 月 14 日、11 月 2 日、12 月 15 日に測定を行った。1 月は結氷のため測定できなかった。

アメリカザリガニ甲羅上や泥上から採取した試料は実験室に持ち帰り、ガラス遠沈管に移し、等倍程度の量の 98% 硫酸を加え、しばらく静置した後、試料液が透明になるまで過酸化水素水を加えて被殻洗浄処理を行った。洗浄した試料は、鈴木・南雲 (2015) の方法に準拠して硫酸を取り除いた後、マウントメディア (富士フイルム和光純薬株式会社) で封入し永久プレパラートを作成した。プレパラートはアメリカザリガニ 1 匹ごとに区別して作成し、泥上の試料に関しても場所ごとに区別して作成した。

作成したプレパラートを用いて光学顕微鏡 UNILUX-12 (Kyowa, 神奈川) 下でプレパラート中の一定面積あたりの珪藻の殻数を数え、その結果をもとにプレパラート全体の珪藻殻数を計算し、アメリカザリガニの場合にはその計算結果を頭胸甲の面積で割ることで 1 mm<sup>2</sup> あたりの珪藻の細胞数を算出した。5 月に 2 個体、8 月に 6 個体、10 月に 7 個体、11 月に 6 個体のアメリカザリガニの甲羅上の珪藻を調査した。泥上の珪藻に関しては 5 月に 7 試料、8 月に 5 試料、10 月に 5 試料、11 月に 5 試料を調査した。計数の際には破損のない珪藻殻のみを扱い、同じ種の殻が重なっていた場合には 1 殻として計数した。また、予備調査として東京都新宿区立おとめ山公園のアメリカザリガニを用いて、頭胸甲の幅と面積の関係を調査した。その結果をもとに、頭胸甲の幅の面積の回帰直線を作成した (Fig. 1)。アメリカザリガニ甲羅上の 1 mm<sup>2</sup> あたりの細胞調査の際には、回帰直線:  $y=0.7294x-2.9646$  ( $y$  は甲羅の面積,  $x$  は甲羅の幅) を用いて頭胸甲の面積を求めた。

また 5, 8, 10 月の調査の試料のうち 50 inds.mm<sup>-2</sup> 以上、珪藻の細胞数が確認された試料を選び、珪藻群集の種組成を調べた。アメリカザリガニの甲羅上の珪藻は 5 月に 2 試料、8 月に 3 試料、10 月に 4 試料を調査した。泥上の珪藻については 5 月に 5 試料、8 月に 5 試料、10 月に 5 試料を調査した。SKE 光学顕微鏡 (Nikon, 東京) を用いて珪藻の撮影を行い、撮影した顕微鏡写真を 2000 倍に拡大したものをを用いて珪藻の同定を行った。珪藻の同定結果をもとに、試料プレパラートを UNILUX-12 光学顕微鏡下で、油浸を行い倍率 1000× で珪藻を観察して、珪藻の種類ごとに計数した。1 つの試料につき、100 殻の同定を行い計数した。

同定は可能な限り種まで行った。珪藻の同定に際しては、渡辺ら (2005) を主に用い、学名に関しては AlgaeBase (Guiry and Guiry 2016) の記載に従った。

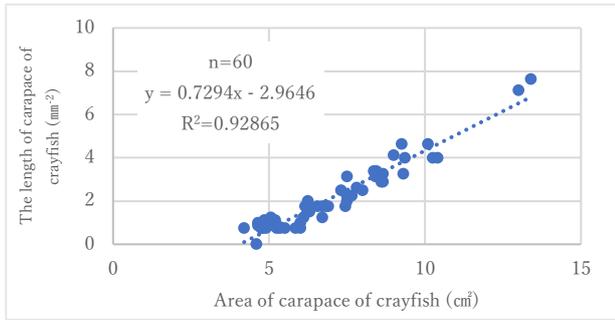


Fig.1 The relationship between length and area of carapace of crayfish.

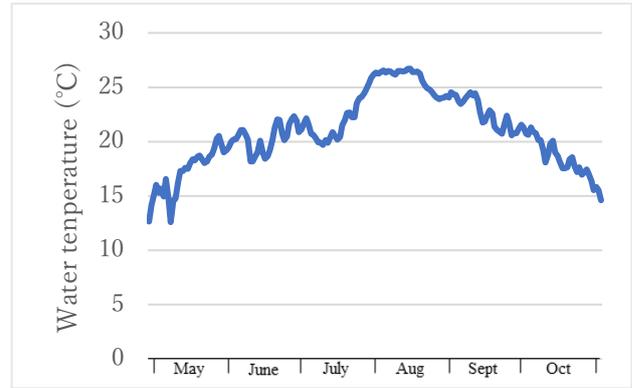


Fig.2 The annual change of water temperature.

## 結果

### 水温と水質

結果を Fig.2, Fig.3 に示す。

水温は5月から8月にかけて上昇し、11月にかけて低下した。測定期間中の平均水温は20.9°Cであった。最も水温が高かったのは8月15日で26.7°Cであり、最も低かったのは5月8日で12.6°Cであった。

pHはほとんどが7-8程度の値であった。2月に最も高くなり9.85、12月に最も低く7.02であった。また、ECに関して、測定期間中の平均ECは107であり、3月に152と最も高く、7月に73と最も低かった。

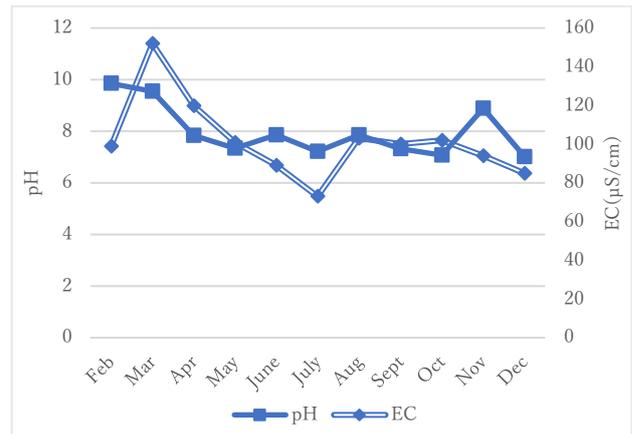


Fig.3 The annual changes of pH and EC.

### 珪藻の細胞数

アメリカザリガニ甲羅上と泥上の珪藻の5,8,10,11月の平均細胞数を Fig.4 に示した。アメリカザリガニの甲羅上では平均  $84 \pm 1.1 \times 10^2$  inds.mm<sup>-2</sup> であり、泥上では平均  $1.8 \times 10^5 \pm 1.5 \times 10^5$  inds.mm<sup>-2</sup> であり、泥上の細胞数はアメリカザリガニ甲羅上よりも明らかに多かった。

細胞数はアメリカザリガニ甲羅上で5月に  $2.5 \times 10^2$  inds.mm<sup>-2</sup>、8月に  $72 \pm 80$  inds.mm<sup>-2</sup>、10月に  $1.2 \times 10^2 \pm 94$  inds.mm<sup>-2</sup>、11月に  $1.1 \pm 2.7$  inds.mm<sup>-2</sup> であった。泥上では5月に  $6.2 \times 10^4 \pm 4.5 \times 10^4$  inds.mm<sup>-2</sup>、8月に  $1.4 \times 10^5 \pm 8.5 \times 10^4$  inds.mm<sup>-2</sup>、10月に  $3.1 \times 10^5 \pm 1.9 \times 10^5$  inds.mm<sup>-2</sup>、11月に  $2.4 \times 10^5 \pm 1.2 \times 10^5$  inds.mm<sup>-2</sup> であった。

季節変化について、アメリカザリガニの甲羅上では5月の細胞数が一番多く、その後、細胞数は減少し11月にはほとんど珪藻がほとんど付いていなかった。一方で泥上では5月から10月にかけて増え、10月に最も多くなり、アメリカザリガニ甲羅上とは違った挙動を示した。

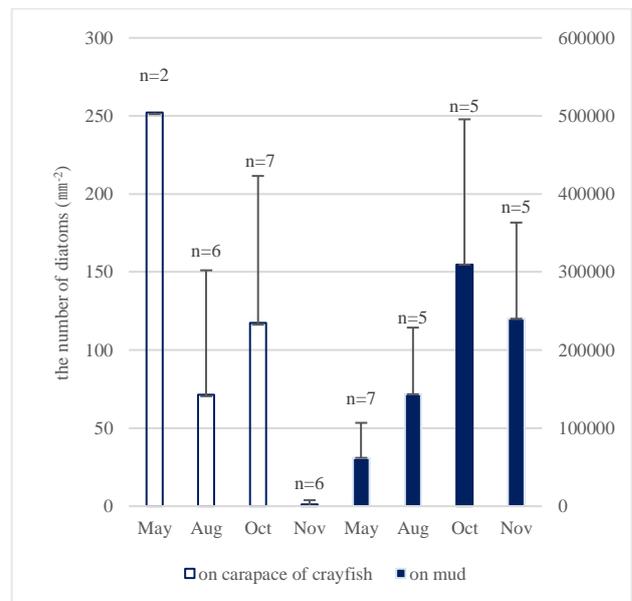


Fig.4 The average of the number of diatoms (mm<sup>-2</sup>) with standard deviation.

\*Reference axis is different between carapace and mud.

### 珪藻の種組成

アメリカザリガニの甲羅上と泥上の珪藻の種組成(%)を Appendix.1 に示した。アメリカザリガニの甲羅上において、5月は *Craticula dissociata* が38.0%で最も優占し、8月も *Craticula dissociata*

	May		Aug		Oct	
	carapace	mud	carapaca	mud	carapace	mud
<i>Achnathes</i>	1.0		1.3		1.3	1.8
<i>Achnanthidium</i>			1.7	0.2	1.5	0.4
<i>Amphora</i>	0.8			0.8	1.0	0.8
<i>Caloneis</i>	0.4			0.6	0.5	0.2
<i>Craticula</i>	41.0	31.0	29.7	17.2	21.0	22.8
<i>Cymbella</i>					0.3	
<i>Cymbopleura</i>	1.2			1.4	0.5	1.2
<i>Diadesmis</i>					0.3	
<i>Diploneis</i>	0.2			0.2	0.5	
<i>Encyonema</i>	0.2			0.4	0.5	
<i>Eunotia</i>			0.3	1.2	0.5	0.6
<i>Fragilaria</i>		1.6		0.2	0.8	0.8
<i>Frustulia</i>	0.5	0.2		0.8	1.5	0.6
<i>Gomphonema</i>	8.0	0.6	3.0	2.0	4.0	2.0
<i>Gyrosigma</i>		0.2		0.6		0.2
<i>Hantzschia</i>		0.2				
<i>Hippodonta</i>	5.0	5.4	2.0	5.8	3.0	6.2
<i>Luticola</i>		0.4	0.3		0.5	0.2
<i>Navicula</i>	22.5	21.8	37.3	26.4	28.8	18.8
<i>Neidium</i>		0.4		0.2	0.5	0.4
<i>Ninastrelnikovia</i>	3.5	2.2	0.7	2.6	1.0	1.2
<i>Nitzschia</i>	5.5	7.8	11.0	8.6	10.8	10.6
<i>Pinnularia</i>	2.5	2.4	2.3	2.8	3.0	4.0
<i>Placoneis</i>	1.0	0.4	0.3	0.2		0.2
<i>Planothidium</i>		0.6	0.3	0.6	0.3	0.2
<i>Rhopalodia</i>					0.5	
<i>Sellaphora</i>	5.5	12.0	7.0	8.2	8.0	6.8
<i>Stauroneis</i>	0.5	0.2		1.8	0.5	1.2
<i>Surirella</i>	4.5	7.2	1.7	15.8	8.0	17.4
<i>Tryblionella</i>		1.6	1.0	1.4	1.3	1.4

Table.1 The appearance rates of diatom genera.

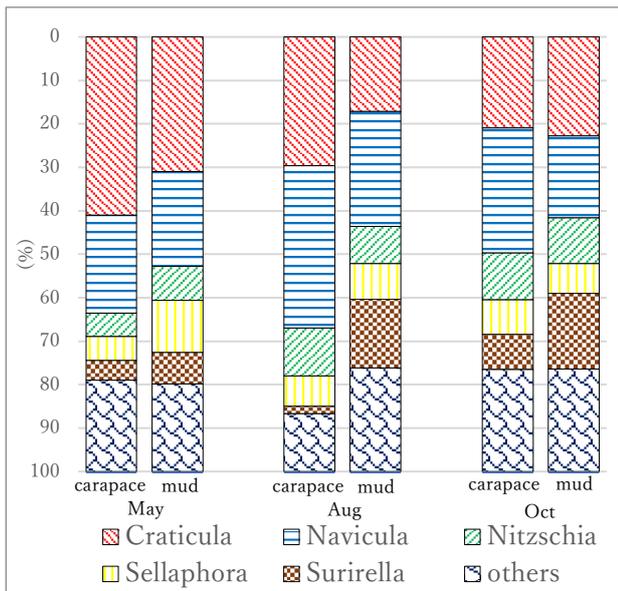


Fig.5 The composition of diatom genera.

が 18.0%で最も優占し,10月には *Craticula angustilancea* が 9.8%で最も優占した.泥上では5月に *Craticula dissociata* が 23.0%で最も優占し,8月は *Surirella* sp.1 が 14.6%で最も優占した.10月も *Surirella* sp.1 が 14.6%で最も優占した.最も優

占した3種に関しては,Appendix.2に顕微鏡写真を掲載した.

また,アメリカザリガニの甲羅上と泥上の各属の割合の数値を Table.1 に示し,属組成の変化を Fig.5 に示した.Fig.5 では出現頻度が高かった *Craticula* 属,*Navicula* 属,*Nitzschia* 属,*Sellaphora* 属,*Surirella* 属を示し,それ以外の属は“others”として示した.5月はアメリカザリガニ甲羅上と泥上のどちらでも *Craticula* 属が最も優占し,次いで *Navicula* 属が優占していた.8月は5月と同様にアメリカザリガニ甲羅上と泥上で最も優占した属は共通したが,最も優占した属は *Navicula* 属であり,5月とは異なった.10月はアメリカザリガニ甲羅上と泥上で最も優占する属が異なり,アメリカザリガニ甲羅上では *Navicula* 属が,泥上では *Craticula* 属が最も優占した.出現した属の数はアメリカザリガニ甲羅上で5月に12属,8月に16属,10月に27属であり,泥上では5月に25属,8月に25属,10月に24属であった.

### 考察

#### 水質と水温

本研究で調査を行った溜め池と環境としてよく似ている水田の珪藻について調べた先行研究と最高水温を比較すると,大阪の京都大学附属の実験農場の水田の珪藻について調べた Ohtsuka and Fujita (2001)では7月と8月に 29.0 を記録しており,本研究で調査を行った溜め池の最高水温より高かった.本研究で調査を行った溜め池は周囲の雑木林の日陰に入ることと,湧水を起源としているため,水温が高くなりづらいと考えられる.先行研究はすべて冬期湛水田ではなく夏期のみ行われているため,最低水温は一概に比較することができなかった.

pH は水田における先行研究において 7-8 程度となっており(Ohtsuka and Fujita 2001, 根来・東野 1986),溜め池の pH は一般的な水田と同等の値であった.

pH が 2月と3月に高い値を示すのは,結氷していた水面の融解が始まり,藻類のブルームが起きるためと考えられる. EC に関して,水田の珪藻についての先行研究では 180-270 $\mu$ S/cm (根来・東野 1986)や 210-380 $\mu$ S/cm (Ohtsuka and Fujita 2001)と報告しており,本研究で調査した溜め池の EC は低い傾向にあった.

#### 珪藻の細胞数について

Ohtsuka and Fulita 2001 は細胞質の存在する珪藻を数える方法により,大阪府の水田土壌に生息する珪藻の細胞数について 1.4 $\times 10^3$  inds.mm<sup>-2</sup> から 2.3 $\times 10^4$  inds.mm<sup>-2</sup> と報告しているが,本研究における細胞数はその値よりも大きい.ただし,本研究では破損のない珪藻殻のみを調査対象としたが,その珪藻殻がすべて生細胞であったとは言い切

れず、細胞数を過大評価している可能性がある。

珪藻の細胞数がアメリカザリガニの甲羅上と比べ明らかに泥上で多かったのは、泥上では珪藻が表面に付着するだけでなく潜るなどして生息できたためと考えられる。

アメリカザリガニ甲羅上の珪藻細胞数の5月から11月にかけての減少については、脱皮の影響が考えられる。先行研究によればニホンザリガニ(*Cambaroides japonicus*)は水温が高くなると脱皮を活発に行うようになるので(川井 1994)、同じザリガニ類であるアメリカザリガニも同様であると考え、Fig.2に示されるように水温が高くなるにつれアメリカザリガニの脱皮が頻繁になり、珪藻が頻繁にアメリカザリガニの甲羅上から脱落するようになったため、アメリカザリガニ甲羅上野珪藻の細胞数の減少が起きたと考えられる。

### 珪藻の種組成について

Ohtsuka and Fujita (2001)は大阪府の水田で珪藻を調べ、*Nitzschia palea* などの数種類を優占した種として報告したが、本研究で優占種とされた *Craticula dissociata* や *Craticula angustilancea*, *Surirella* sp.1 は Ohtsuka and Fujita (2001)では報告されていなかった。埼玉県川越市郊外の珪藻について調査した安藤(1966)においても、*Craticula dissociata* や *Craticula angustilancea*, *Surirella* sp.1 は報告されていなかった。本研究で調査した溜め池は水田状をなすが、肥料が投与されていないことや、谷戸地形の底部にあること、湧水を起源にしており水温が低いことから、Ohtsuka and Fujita(2001)や安藤(1966)の研究の水田環境とは違っており、この環境の違いによって優占する珪藻種が異なることが考えられる。

アメリカザリガニの甲羅上と泥上の珪藻群集については Fig.5 に示されているように *Navicula* 属や *Craticula* 属などの共通の属が優占していることから、アメリカザリガニの甲羅上と泥上の珪藻の種組成は似ていることが示唆された。この結果は Flasco *et al.* (2018)とも一致する。

Fig.5 に示した *Craticula* 属、*Navicula* 属、*Nitzschia* 属、*Sellaphora* 属、*Surirella* 属はすべて epipellic(泥に生息)である(\*ただし *Nitzschia* 属は planktonic ともされる)(Round *et al.* 1990)。しかし、アメリカザリガニ甲羅上は epipellic な環境であるとは考えづらい。したがって水田におけるアメリカザリガニに、ウミガメ上の珪藻について調べた Majewska (2015)により示された、動物と珪藻間の相利共生的関係(mutualistic relationship)や多くの研究で報告されている珪藻の付着先の動物に特異性(Totti *et al.* 2010)はなく、周囲の環境の珪藻の組成にアメリカザリガニの甲羅上の珪藻の組成は強く影響を受けていることが考えられた。このことからアメリカザリガニは泥上の特定の種だけではなく、水田に生息する多くの珪藻種にとっ

て、分布拡大の手段となっている可能性がある。

しかしながら5月のアメリカザリガニの甲羅上では出現属数が12属、8月は16属と、5月の泥上の25属、8月の泥上の25属と比べ半分程度であり、アメリカザリガニの甲羅上と泥上間の珪藻群集には違いが見られることもわかった。温度の低くなり始めた10月にはアメリカザリガニ甲羅上に泥と同数程度の27属が出現した。これは脱皮により珪藻群集がアメリカザリガニ甲羅上から脱落し、新たな珪藻が付着し、元と同じ状態の珪藻群集に遷移する過程の途中であるためと考えられる。

### おわりに

アメリカザリガニの甲羅上の珪藻の細胞数は季節により変動するが、その挙動は泥上の珪藻の細胞数と一致しなかった。アメリカザリガニの甲羅上の珪藻の細胞数は脱皮による影響を受けている可能性がある。

アメリカザリガニの甲羅上とその生息環境である泥上で優占する珪藻の種類は、季節により多少の違いはあるものの、おおよそ類似している。このことからアメリカザリガニは珪藻の分布拡大に貢献している可能性がある。

### 謝辞

今回の研究を行うにあたり、SKE 光学顕微鏡をお貸し下さり、珪藻の顕微鏡撮影や同定に関しても多大な助言をくださった国立大学法人 東京学芸大学の真山茂樹教授、中村美穂氏に厚く御礼申し上げます。また、研究に協力してくださったクラスメートの桑原拓也氏、鈴木翔太氏、海城中学生物部の中捨克兜氏にこの場をお借りし感謝申し上げます。

### 引用文献

- 安藤一男 1966 埼玉県川越市郊外の水田産珪藻類 秩父自然科学博物館研究報告 13: 1-5.
- Croll DA and Holmes RW (1982) A Note on the Occurrence of Diatoms on the Feathers of Diving Seabirds. *The auk* 99(4):765-766.
- Donato-Rondon, JC, Gonzalez-Trujillo, JD, Romero, B 2018 Diatom assemblages associated with turtle carapaces in the Neotropical region. *REVISTA DE Biologia Tropical* 66 (4):1362-1372.
- Flasco E, Bo T, Ghia D, Gruppuso L, Bona F, Fenoglio S (2018) Diatoms prefer strangers: non-indigenous crayfish host completely different epizoic algal diatom communities from sympatric native species. *Biological Invasions* 20, 2767-2776.
- Guiry, M.D. and Guiry, G.M. 2016. *AlgaeBase*. World-Wide Electronic Publication, National University of Ireland, Galway. Available from <http://www.algaebase.org>
- 藤田裕子・中原紘之 1999 水田の田面水と土壌

- における藻類群集の季節変化 Jpn.J.Limnol 60:67-76.
- 川井唯史・浜野龍夫・松浦修平 1994. 北海道の小川と小湖におけるザリガニ *Cambaroides japonicus* の脱皮時期と繁殖周期. 水産増殖 42: 465-470.
- Madkour FF, Sallam WS, Wicksten MK (2012) Epibiota of the spider crab *Shiziphrys dahlak* (Brachyura: Majidae) from the Suez Canal with special reference to epizoic diatoms. Marine Biodiversity Records 5 (e64):1-7.
- Majewska R, Santoro M, Bolaños F, Chaves G, De Stefano M (2015) Diatoms and Other Epibionts Associated with Olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*) Sea Turtles from the Pacific Coast of Costa Rica. PLoS ONE 10(6): e0130351.
- 根来健一郎・東野雅子 1986 日本における水田の珪藻植生 第1報 奈良県桜井市附近の水田の珪藻植生 Diatom 2:1-8.
- Ohtsuka, T and Fulita, Yuko 2001 The diatom flora and its seasonal changes in a paddy field in Central Japan. Nova Hedwigia 73 1(2): 97-128.
- Rivera SF, Vasselon V, Ballorain K, Carpentier A, Wetzel CE, Ector L, *et al.* (2018) DNA metabarcoding and microscopic analyses of sea turtles biofilms: Complementary to understand turtle behavior. PLoS ONE 13(4): e0195770.
- Round FE, R.M.Crawford, D.G.Mann 1990 The DIATOMS: BIOLOGY & MORPHOLOGY OF THE GENERA. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- McClatchie S, Kawachi R, Dalley DE (1990) Epizoic diatoms on the euphausiid *Nyctiphanes australis*: consequences for gut-pigment analyses of whole krill. Marine Biology 104(2): 227-232
- 鈴木秀和・南雲保 (2015) 珪藻類の採集と光学顕微鏡観察(植物分類学研究マニュアル 18) 分類 15(1):75-81
- Takano, H. (1983) New and Rare Diatoms from Japanese Marine Waters-XI. Three New Species Epizoic on Copepods. Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory 111:23-35.
- Totti C., Romagnoli T., De Stefano M., Camillo D.C.G., Bavestrello G. (2010) The Diversity Of Epizoic Diatoms. In: Dubinsky Z., Seckbach J. (eds) All Flesh Is Grass. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology 16.
- 渡辺仁治・浅井一視・大塚泰介・辻彰洋・伯耆晶子(2005) 淡水珪藻生態図鑑. 内田老鶴圃, 東京.
- Wu SC. and Bergey EA (2017) Diatoms on the carapace of common snapping turtles: *Luticola* spp. dominate despite spatial variation in assemblages. PLoS ONE 12(2): e0171910.
- Wuchter, C., Marquardt, J. and Krumbein, W.E. (2003) The epizoic diatom community on four bryozoan species from Helgoland (German Bight, North Sea). Helgoland Marine Research 57, 13-19.

(原稿受付 2020. 3. 10)

Appendix.1 The diatom flora on carapace of crayfish and mad. The unit of the numerical value is %.

	on carapace			on mud		
	May	Aug.	Oct.	May	Aug.	Oct.
<i>Achnantehs</i> spp.		1.3	1.3	1.0		1.8
<i>Achnanthidium</i> sp.		1.7	1.5		0.2	0.4
<i>Amphora montana</i>						0.2
<i>Amohora</i> spp.			1.0	0.8	0.8	0.6
<i>Caloneis silicula</i> var. <i>truncatula</i>			0.3	0.2		0.2
<i>Caloneis</i> spp.			0.3	0.2	0.6	
<i>Craticula angustilancea</i>	2.5	11.3	9.8	7.4	7.0	14.0
<i>Craticula dissociata</i>	38.0	18.0	9.5	23.0	10.0	7.4
<i>Craticula riparia</i>	0.5	0.3	1.5	0.6	0.2	1.2
<i>Craticula</i> spp.			0.3			0.2
<i>Cymbella</i> sp.			0.3			
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>			0.5	1.2	1.4	1.2
<i>Diadesmis contenta</i> var. <i>biceps</i>			0.3			
<i>Diploneis elliptica</i> var. <i>elliptica</i>			0.5		0.2	
<i>Diploneis subovalis</i>				0.2		
<i>Encyonema</i> sp.			0.5	0.2	0.4	
<i>Eunotia</i> spp.		0.3	0.5		1.2	0.6
<i>Fragilaria parasitica</i>			0.5	1.2	0.2	0.6
<i>Fragilaria</i> sp.			0.3	0.4		0.2
<i>Frustulia crassinervia</i>			1.0	0.2	0.4	0.6
<i>Frustulia vulgaris</i>	0.5		0.3		0.4	
<i>Frustulia</i> sp.			0.3			
<i>Gomphonema parvulum</i>	5.0	2.0	1.8		0.6	0.8
<i>Gomphonema saprophilum</i>	0.5	0.3	0.8	0.2	0.2	
<i>Gomphonema gracile</i>		0.7	0.3		0.2	0.4
<i>Gomphonema</i> spp.	2.5		1.3	0.4	1.0	0.8
<i>Gyrosigma</i> sp.				0.2	0.6	0.2
<i>Hantzschia</i> sp.				0.2		
<i>Hippodonta capitata</i>	5.0	2.0	3.0	5.4	5.8	6.2
<i>Luticola acidoclinata</i>			0.3	0.4		0.2
<i>Luticola</i> spp.		0.3	0.3			
<i>Navicula cryptocephala</i>	3.0	1.3	3.8	2.8	2.4	2.2
<i>Navicula cryptotenella</i>				0.2		0.2
<i>Navicula hustedtii</i>	5.5	16.0	9.5	3.8	11.2	6.2
<i>Navicula laterostrata</i>				0.2		0.2
<i>Navicula mediopunctata</i>						0.2
<i>Navicula praeterita</i>		0.3	0.8	0.6	0.2	0.4
<i>Navicula rhynchocephala</i>		0.3	2.3	1.2	1.0	1.2
<i>Navicula rostellata</i>	0.5		0.3		0.4	0.2
<i>Navicula trivialis</i>		0.3	1.0	1.0	0.2	1.0
<i>Navicula viridula</i>						0.4
<i>Navicula yuraensis</i>						0.2
<i>Navicula</i> spp.	13.5	19.0	11.3	12.0	11.0	6.4

<i>Neidium ampliatum</i>				0.2		0.2
<i>Neidium longiceps</i>			0.3			0.2
<i>Neidium</i> sp.			0.3	0.2	0.2	
<i>Ninastrelnikovia gibbosa</i>	3.5	0.7	1.0	2.2	2.6	1.2
<i>Nitzschia capitellata</i>		0.3	0.3		1.4	1.2
<i>Nitzschia lorenziana</i>	0.5			0.4	0.4	0.2
<i>Nitzschia nana</i>			0.3		0.4	
<i>Nitzschia palea</i>	2.0	4.7	6.3	3.6	4.4	7.8
<i>Nitzschia parvuloides</i>	0.5	0.3				
<i>Nitzschia perminuta</i>			0.3	0.4	0.2	
<i>Nitzschia</i> spp.	2.5	5.7	3.8	3.4	1.8	1.4
<i>Pinnularia acidojaponica</i>				0.4		0.4
<i>Pinnulaeia anglica</i>					0.6	0.2
<i>Pinnularia karelica</i>						0.2
<i>Pinnularia marchica</i>		1.0			0.4	0.8
<i>Pinnularia parvulissima</i>			0.3			0.2
<i>Pinnularia rhomboelliptica</i>		0.3			0.2	0.2
<i>Pinnularia schoenfelderi</i>			1.0			0.4
<i>Pinnularia subgibba</i>						0.2
<i>Pinnularia viridis</i>					0.2	0.2
<i>Pinnularia</i> spp.	2.5	1.0	1.8	2.0	1.4	1.2
<i>Placoneis elginensis</i>				0.2		
<i>Placoneis undulata</i>	1.0	0.3		0.2	0.2	0.2
<i>Planothidium frequentissimum</i> var. <i>magnum</i>			0.3		0.4	
<i>Planothidium</i> sp.		0.3		0.6	0.2	0.2
<i>Rhopalodia acuminata</i>			0.5			
<i>Sellaphora lanceolata</i>	1.5	1.0	2.3	2.6	1.2	0.6
<i>Sellaphora mutata</i>	1.5	4.0	1.0	2.8	2.0	2.6
<i>Sellaphora pupula</i>		1.0	2.5	2.8	1.6	1.0
<i>Sellaphora thienemannii</i>			0.3		0.2	0.4
<i>Sellaphora</i> sp.	2.5	1.0	2.0	3.8	3.2	2.2
<i>Stauroneis smithii</i>	0.5			0.2	1.4	1.0
<i>Stauroneis</i> spp.			0.5		0.4	0.2
<i>Surirella angusta</i>	1.0	0.3	0.3		0.2	0.8
<i>Surirella bohémica</i>						0.2
<i>Surirella minuta</i>	1.0		0.3	0.8	0.2	0.6
<i>Surirella ostentata</i>		0.3	0.8	0.4	0.2	
<i>Surirella splendida</i>				0.4		0.2
<i>Suriella</i> sp.1	2.5	1.0	5.8	5.6	14.6	14.6
<i>Surirella</i> spp.			1.0		0.6	1.0
<i>Tryblionella levidensis</i>		0.3	0.5	1.0	1.0	0.6
<i>Tryblionella salinarum</i>		0.7	0.3	0.2	0.4	0.6
<i>Tryblionella</i> spp.			0.5	0.4		0.2
sum(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Generas	12	16	27	25	25	24

\**Surirella* spp. do not include *Surirella* sp.1.

Appendix.2 The photographs of dominant diatom species. 1-4: *Craticula dissociata*. 5: *Craticula angustilancea*. 6-7: *Surirella* sp.1

