

# 安定同位体比分析を用いた兵庫県北部鎌谷川流域における淡水カメ類3種の食性推定

伊藤 岳<sup>1</sup>・佐川志朗<sup>1,2</sup>

**Feeding habits of three freshwater turtle species in the Kamatani Basin, northern Hyogo Prefecture, Japan, estimated by stable isotope analysis**

\* Gaku Ito<sup>1</sup> and Shiro Sagawa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo

128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

<sup>2</sup> Hyogo Park of the Oriental White Stork

128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref. 668-0814, Japan

\* E-mail: arch19fu69@gmail.com

**Abstract** Japanese Pond Turtle, *Mauremys japonica*, Reeves' Pond Turtle, *Mauremys reevesii*, and Red-eared Slider Turtle, *Trachemys scripta elegans*, are common freshwater turtle species in the mainland Japan. We captured these turtles in the Kamatani Basin, northern Hyogo Prefecture, and estimated their feeding habits by stable isotope analysis using their claws. As a result, *M. japonica* showed broad values of  $\delta^{13}\text{C}$ , implying that this species feeds on organic matter originating from various primary producers. On the other hand, *T. s. elegans* showed high values of  $\delta^{15}\text{N}$ , implying that the trophic level of this species is higher than that of the other species. In particular, the mean  $\delta^{15}\text{N}$  value of *T. s. elegans* captured from the river (9.4‰) was comparable to that of Oriental White Stork, *Ciconia boyciana*, a carnivorous bird that feeds on various animals. Further large-scale studies with multiple types of analyses are necessary to elucidate the feeding habits of freshwater turtles and the impact of *T. s. elegans* as an alien predator of aquatic animals.

**Key words** Feeding habit, Freshwater turtle, *Mauremys japonica*, Stable isotope analysis, *Trachemys scripta elegans*

はじめに

日本国内に広く見られるリクガメ上科の淡水カメ類として、ニホンイシガメ *Mauremys japonica* (以降イシガメ)、クサガメ *Mauremys reevesii*, ミシシippアカミミガメ *Trachemys scripta elegans* (以降アカミミガメ)の3種が挙げられる。イシガメは日本固有の在来種であるが、クサガメおよびアカミミガメはそれぞれ中国や朝鮮、そして北米から持ち込まれた外来種であるとされている (Lovich et al. 2011 ; Suzuki et al. 2011 ; 亀崎 2015)。外来カメ類の侵入は在来のイシガメ個体群に様々な影響を及ぼしており、クサガメはイシガメとの異種間交雑による遺伝子汚染 (Suzuki et al. 2014)、アカミミガメはその高い適応力および繁殖力によってイシガメの競争排除を引き起こすと考えられている (亀崎 2015)。今後の保全および防除を効率的に実施する上で各種の生態的特性を把握しておくことは必須である。

淡水カメ類の食性については、国内では野田・鎌田 (2004) の糞分析、三根ほか (2014)、吉岡・木村 (2018) および山本ほか (2019) の消化管内容物分析などが行われている。これらの手法は対象が実際に摂食していた餌を正確に知ることができるが、捕獲時の直近データしか反映されないため時間的変化の影響を受け易いというデメリットも存在する。これに対して安定同位体比分析は炭素および窒素の安定同位体 ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) が一定の割合で捕食者の体内に濃縮されることを利用して食性を推定する手法であり、対象の長期間にわたる食性の積分値を反映するため、個体差に関して確度の高いデータが得られるとされている (奥田 2012)。本手法を用いた淡水カメ類の食性研究は、海外では成果が出され始めているものの (Pearson et al. 2013 ; Balzani et al. 2016)、国内では森ほか (2016) が水路に生息するアカミミガメについて行った1例のみである。また同一調査地内で上記3種の食性を比較することは、わが国の淡水カメ類の保全および防除を進める上で重要な知見になると考えられるが、その報告例は無い。以上を踏まえ、本研究は兵庫県北部を流れる小河川において上記の3種をサンプリングし、それらの食性を安定同位体比分析により推定したのでここ

<sup>1</sup> 兵庫県立大学大学院地域資源マネジメント研究科  
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

<sup>2</sup> 兵庫県立コウノトリの郷公園  
668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

\* E-mail: arch19fu69@gmail.com

に報告する。

## 研究方法

### 1. 調査地

調査は兵庫県北部豊岡市を流れる鎌谷川において実施した。本河川は1級河川円山川の2次支流にあたり、流路延長4.3km（国土交通省 2008）の小河川である。淡水カメ類のサンプリングは鎌谷川の河口（0.0km）-2.7km区間（以降河川）、下流域で鎌谷川に接続している農業用排水路の接続部（0.0km）-0.7km区間（以降水路）および河川上流部付近に位置する池で行った（図1）。周辺の土地利用は水田が主であるが、上流域の左岸には落葉広葉樹林、下流域の右岸には住宅地が存在する。河川の水面幅は2.0-14.2mと下流に行くほど広くなり、河床材料は全体を通して砂が優占する。一部コンクリート擁壁や空石積み護岸が施されているが、水際や河岸には抽水植物が繁茂しており、カメ類が上陸可能な水際環境が多く維持されている（図2（a））。水路は鎌谷川中下流域に張り巡らされた水路の基幹排水路である。水面幅は1.5-2.0m程度で、水底には主にシルトが堆積している。本水路は素掘りの土水路であるが、両岸はコンクリートで護岸されている（図2（b））。池は外周が約280mであり、1999年に水鳥の採餌場としての機能を主目的に造成された人工池

である。護岸は施されておらず、池内には水鳥が立ち降りて採餌できるような浅場や、最大水深2.1mの深場など多様な地形が創出されている（図2（c））。

なお本調査地を含む円山川流域は、特別天然記念物であるコウノトリ *Ciconia boyciana* の野生復帰事業地である。鎌谷川流域内には本種の営巣が2箇所認められ（兵庫県立コウノトリの郷公園 2019）、周辺の水環境はコウノトリをはじめとした水鳥の採餌場として重要な機能を担っている（中島ほか 2006）。

### 2. 調査方法

森ほか（2016）の中ではアカミミガメの安定同位体比分析に際して、 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ の濃縮率が筋肉組織と大差ないことや実験倫理の面から、分析に供する部位は爪が適するとされている。本研究でもこれに倣い爪を用いることとした。淡水カメ類のサンプリングは2017年10月から2019年10月の間にトラップを用いて行った（表1）。トラップには誘因餌に海産魚のアラを入れたカメ専用モンドリ（長径75cm×短径55cm×高さ45cm、目合い1cm）を使用し、設置から24時間後および48時間後に捕獲個体を回収した。これらを一度研究室へ持ち帰り、種、雌雄、背甲長、年齢等の基礎データを記録した後、一部の個体について前肢の爪先3mm程をニッパーで採集した。以上の作業はできる限り速やかに行い、カメ類は

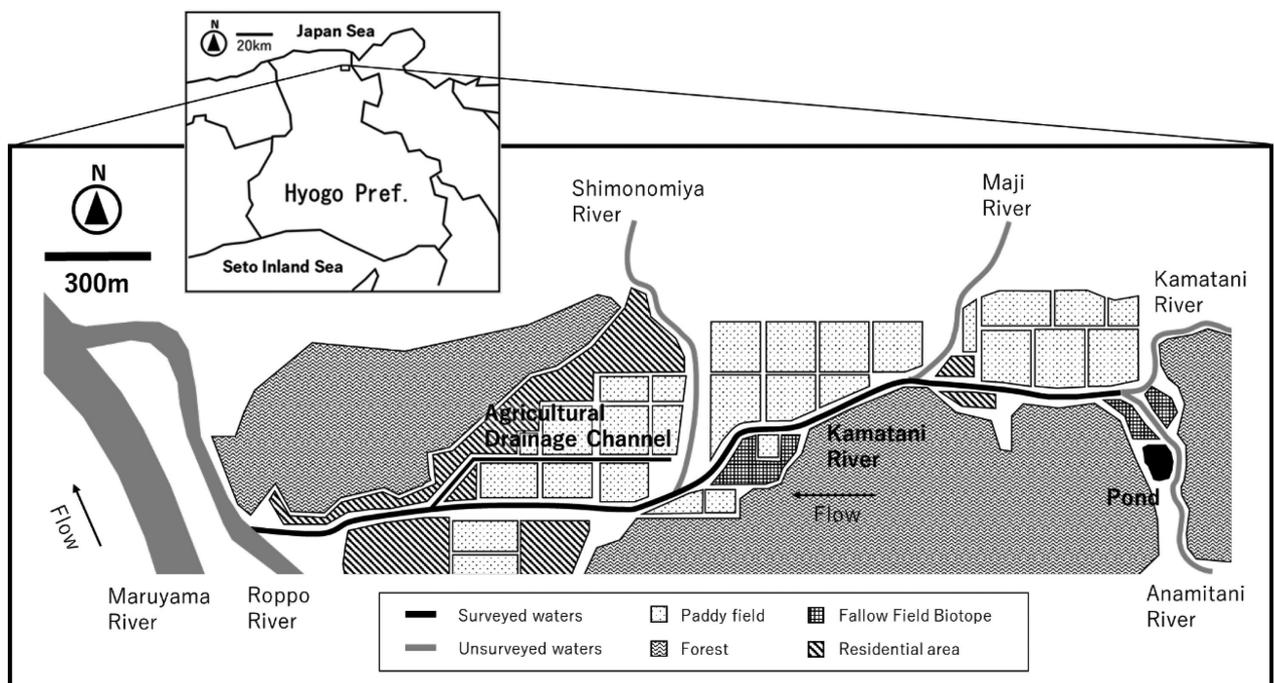


図1. 調査水域概要と周辺の土地利用。図中に黒く塗りつぶした部分が調査対象水域。

Fig. 1. Land use in the Kamatani Basin. The solid black line and silhouette represent the water covered by the survey.



図2. 調査地の景観写真. (a) 河川, (b) 水路, (c) 池.

Fig. 2. Photographs of survey areas. (a) Kamatani River, (b) Agricultural Drainage Channel, (c) Pond.

表1. 淡水カメ類の捕獲月および捕獲場所.

Table 1. The sampling months and sites of the freshwater turtles.

	River	Channel	Pond
Oct. 2017		<i>T. s. elegans</i> 5	
May. 2018	<i>M. japonica</i> 2, <i>M. reevesii</i> 2, <i>T. s. elegans</i> 2		<i>M. reevesii</i> 1
Jun. 2018	<i>M. japonica</i> 1, <i>M. reevesii</i> 5, <i>T. s. elegans</i> 2	<i>M. reevesii</i> 1, <i>T. s. elegans</i> 1	
Jul. 2018			<i>M. japonica</i> 1, <i>M. reevesii</i> 1
Aug. 2018	<i>M. japonica</i> 1		
Oct. 2019	<i>M. japonica</i> 5		

3日以内に捕獲地点へリリースした。なおアカミミガメは在来生態系への影響等の観点から本来捕獲後は殺処分することが望ましいと考えられるが、筆者らが実施した一連の研究の中では標識再捕獲法によるデータの蓄積を優先し、他種と同様に扱った。背甲長はノギス（新潟精機社製快段目盛ノギス30cm）を用いて前端的中央から後端的中央までの直線距離を0.1mm単位で測定し、雌雄は総排泄腔の位置（Cagle 1954）で判別した。年齢は腹甲の年齢線（Sexton 1959）によって見積もり、10歳以下を若齢個体、11歳以上または年齢線がすり減って読み取れない個体を高齢個体としてグループ分けした。アカミミガメでは成長に伴い食性が変化することが知られているが（Paramenter and Avery 1990）、本研究では成長段階による影響を極力排除するため、爪は全て高齢個体から採集した。また捕獲した季節の差異については、過去一定期間の食性を反映するという本分析手法の性質および淡水カメ類の爪における安定同位体比の置換速度が不明であることに鑑みて考慮しなかった。以上を踏まえ、各種10個体、計30個体分の爪を分析に供した（イシガメ：雄5個体、雌5個体；クサガメ：雄7個体、雌3個体；アカミミガメ：雄5個体、雌5個体）。まずこれらを、50℃で72時間乾燥させた後に粉碎し、スズカップに量りとして元素分析装置内の燃焼管に落とした。その後酸素を含むヘリウム気流中で瞬間燃焼させ、ガスクロマトグラフで分離したN<sub>2</sub>およびCO<sub>2</sub>ガスの炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$  (‰)および窒素安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$  (‰)を同位体比質量分

析計（Thermo Finnigan社 連続フロー型安定同位体比質量分析装置 DELTAplus Advantage+FLASH2000）で測定した（測定誤差 $\delta^{13}\text{C} \pm 0.1\text{‰}$ ;  $\delta^{15}\text{N} \pm 0.2\text{‰}$ ）。これらの値付けには国際規格標準物質を各3種類（ $\delta^{13}\text{C}$  IAEA-CH-6, USGS-40, USGS-41;  $\delta^{15}\text{N}$  IAEA-N-1, IAEA-N-2, USGS-40）を用いた。なお、サンプルの粉碎以降の作業については、株式会社地球科学研究所に委託した。

### 3. 統計解析

安定同位体比の種間差を確かめるため、各種の $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ について分散分析を実施した。解析では各群の正規性を確かめてからバートレット検定を行い、等分散性が得られた場合は一元配置分散分析を、得られなかった場合はクラスカル・ウォリス検定を実施した。これらに有意差が確認された場合のみ多重比較検定を実施した。また $\delta^{15}\text{N}$ については、全30個体のうち河川で捕獲した個体（イシガメ9個体、クサガメ7個体、アカミミガメ4個体）に限定した分散分析も行った。さらに各種における $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ の性差を調べるために雌雄間でマンホイットニーのU検定を実施し、また、サイズとの相関を調べるため背甲長との間でスピアマンの相関係数を算出した。以上の解析の有意水準は5%とし、解析ソフトはエクセル統計Statcel 3（柳井 2013）を使用した。

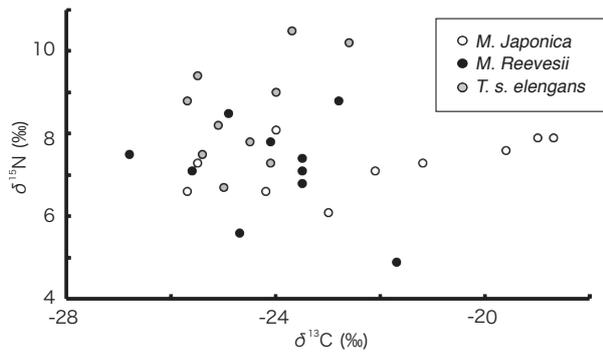


図3. 淡水カメ類の $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップ.  
Fig. 3.  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$  map of the freshwater turtles.

結 果

安定同位体比分析で得られた $\delta^{13}\text{C}$ の平均値 $\pm$ 標準偏差はイシガメ $-22.3\pm 2.6\%$ 、クサガメ $-24.1\pm 1.5\%$ 、アカミミガメ $-24.6\pm 1.0\%$ であり、これらの値に有意な種間差は見られなかった(クラスカル・ウォリス検定,  $H = 4.34$ ,  $P = 0.11$ )。また各種における $\delta^{13}\text{C}$ の分散は均等ではなく(パートレット検定,  $P < 0.05$ )、中でもイシガメが他種より幅広い値をとっていた(図3)。各種とも $\delta^{13}\text{C}$ の性差は見られず(イシガメ $U = 7$ ,  $P = 0.25$ ; クサガメ $U = 6$ ,  $P = 0.31$ ; アカミミガメ $U = 17$ ,  $P = 0.35$ )、背甲長との間に大きな相関( $|r| > 0.7$ , 柳井 2013)も確認されなかった(イシガメ $r = -0.66$ ; クサガメ $r = 0.34$ ; アカミミガメ $r = 0.30$ )。

$\delta^{15}\text{N}$ の平均値 $\pm$ 標準偏差はイシガメ $7.3\pm 0.7\%$ 、クサガメ $7.2\pm 1.2\%$ 、アカミミガメ $8.5\pm 1.3\%$ であり、各種の $\delta^{15}\text{N}$ には等分散性が得られた(パートレット検定,  $P = 0.15$ , 図3)。中でもアカミミガメが他種より高い値をとっており、本種とイシガメおよびクサガメの間には有意差が確認された(Tukey-Kramer法多重比較検定,  $P < 0.05$ , 図4(a))。また河川捕獲個体に限定した $\delta^{15}\text{N}$ の平均値 $\pm$ 標準偏差はイシガメ $7.4\pm 0.5\%$ 、クサガメ $7.5\pm 1.1\%$ 、アカミミガメ $9.4\pm 0.6\%$ であり、これに関してもアカミミガメが他の2種より有意に大きかった(Tukey-Kramer法多重比較検定,  $P < 0.01$ , 図4(b))。なお、アカミミガメにおける $\delta^{15}\text{N}$ の平均値 $\pm$ 標準偏差は河川捕獲個体で $9.4\pm 0.6\%$ 、水路捕獲個体で $8.0\pm 1.3\%$ であり、河川捕獲個体の方が大きい値を取っていた。 $\delta^{15}\text{N}$ でも各種において性差は見られず(イシガメ $U = 9.5$ ,  $P = 0.53$ ; クサガメ $U = 15.5$ ,  $P = 0.25$ ; アカミミガメ $U = 16$ ,  $P = 0.46$ )、背甲長との大きな相関( $|r| > 0.7$ )も見られなかった(イシガメ $r = -0.02$ ; クサガメ $r = -0.12$ ; アカミミガメ $r = 0.54$ )。

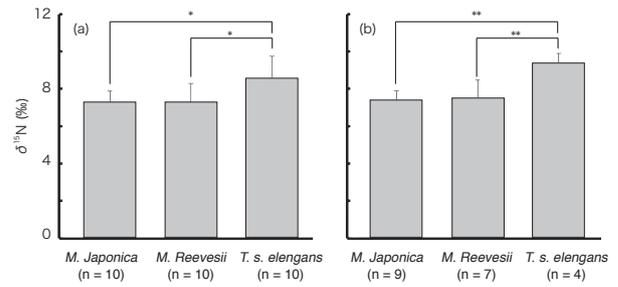


図4. 各淡水カメ類における $\delta^{15}\text{N}$ の平均値および標準偏差。(a) 全個体、(b) 河川捕獲個体。(Tukey-Kramer法多重比較検定, \*\* $P < 0.01$ ; \* $P < 0.05$ )

Fig. 4. Mean  $\delta^{15}\text{N}$  values and standard deviation of freshwater turtles. (a) All individuals, (b) Individuals captured from the river. (Tukey-Kramer test, \*\* $P < 0.01$ ; \* $P < 0.05$ )

考 察

$\delta^{13}\text{C}$ は生物濃縮における数値の上昇が少ないことから、食物網の基盤に在る一次生産者を推定することができる(奥田 2012)。本研究では流域内の一次生産者を同時に分析にかけなかったため、このことについて詳しく言及することはできないが、一般的な陸上植物(C3植物)は $-35$ から $-25\%$ 、オギ *Miscanthus sacchariflorus*・ススキ *Miscanthus sinensis* 等のC4植物は $-15$ から $-10\%$ 程度の $\delta^{13}\text{C}$ を示すとされており(米山・笹川 1994)、実際、調査地内では両者の生育が確認できた。また水中の炭素を吸収する藻類の $\delta^{13}\text{C}$ は $-23$ から $-12\%$ 程度の値を示すとされる(米山・笹川 1994)。クサガメおよびアカミミガメの $\delta^{13}\text{C}$ はC3植物と藻類のちょうど中間的な値であり、標準偏差も小さいことからこの2種は、C3植物由来の有機物(当該植物およびそれらを摂食する動物群)と藻類由来の有機物をほぼ均等に摂食しているか、C3植物由来の有機物を多く摂食しつつ少量のC4植物由来の有機物を摂食していることが考えられた。一方イシガメは $\delta^{13}\text{C}$ のばらつきが大きかったことから多様な植物由来の有機物を摂食しており食性の幅が広いことが考えられた。本種は夏季には水田や山間部に移動し冬季には河川に戻ってくるという生活史を持つとされる(Yabe 1992)が、今回、本種で見られた $\delta^{13}\text{C}$ の幅広さは、このように様々な環境下で採餌を行った結果が反映されている可能性が考えられる。また各種ともサイズと $\delta^{13}\text{C}$ との間に $|r| > 0.7$ の相関は見られなかったものの、イシガメだけが他の2種より大きな負の相関を示していたことは注目に値した。この結果からはサイズが大きくなるほど $\delta^{13}\text{C}$ が低い有機物を多く摂食している可能性が考えられ、今後の研究で本種の食性とサイズとの関係を明らかにするこ

とが望まれる。

一方の $\delta^{15}\text{N}$ は生物濃縮の際に値が変化し、栄養段階が1上がると3.4%程度上昇するとされている (Minagawa and Wada 1984)。本研究より鎌谷川のような小河川流域内に限定しても淡水カメ類の $\delta^{15}\text{N}$ は種によって異なることが示され、アカミミガメが他種より栄養段階の高い餌を利用していることが示唆された。また今回分析に供したアカミミガメは他種と比較して水路で捕獲した個体が多かったが (表1)、本種における $\delta^{15}\text{N}$ は河川で捕獲した個体の方が大きく、河川捕獲個体のみ分散分析でも有意差は確認されたことから、捕獲場所の差異が反映されている可能性は低いと考えられた。先行研究における本種の食性は安定同位体比分析の森ほか (2016) および消化管内容物分析の山本ほか (2019) が動物食傾向、消化管内容物分析の三根ほか (2014) が植物食傾向、糞分析の野田・鎌田 (2004) が均等な雑食傾向、さらに消化管内容物分析の吉岡・木村 (2018) が環境によって異なる食性を示していたとしており、手法や場所により結果は様々である。本研究結果は森ほか (2016) および山本ほか (2019) を支持するものであり、特に森ほか (2016) の研究において15個体のアカミミガメの爪から示された $\delta^{15}\text{N}$ の平均値 $\pm$ 標準偏差 ( $9.9\pm 1.2\%$ ) は鎌谷川流域における河川捕獲個体のそれ ( $9.4\pm 0.6\%$ ) と概ね一致していた。もしこれらの値が淡水カメ類の食性を適切に反映したものであれば、本種は強い動物食傾向を示していることが伺える。比較対象を1つ挙げると、コウノトリは魚類、両生・爬虫類、小型哺乳類、昆虫類および甲殻類などを捕食し、強い動物食性を示す大型の鳥類である (Naito and Ikeda 2007; 田和ほか 2016a, 伊崎・江崎 2018)。本種の野外個体群のうち、給餌に依存せず自立的に採餌を行っていた個体の $\delta^{15}\text{N}$  (中央値) は先行研究で8.8%とされており (田和ほか 2016b)、アカミミガメの $\delta^{15}\text{N}$ はこれに匹敵するものであった。またLovich et al. (2018) は様々な動物分類群について過去に調べられたバイオマスをもとめ、カメ類の単位面積当たりのバイオマスが他の分類群よりも高いことを指摘している (例えば、鳥類が1.0kg/ha、魚類が477kg/haであるのに対してアカミミガメは877kg/ha)。鎌谷川流域に生息する淡水カメ類の中でもアカミミガメは他種より優占しており (伊藤未発表)、以上を踏まえると本種による強力な捕食圧が流域内の動物群集にかかっていることが考えられる。この影響は本種に捕食される生物種はもちろん、これらと捕食、被食の関係にある周囲の生態系にも及んでいる可能性がある。これまでアカミミガメがもたらす食

害としては堀や池におけるハス *Nelumbo nucifera* やオニバス *Euryale ferox* の減少 (永原 2011; 上野ほか 2016; 三根ほか 2017) やレンコンへの農業被害 (佐藤ほか 2016) など植物への被害が注目されてきたが、今後は本種が水生・陸上動物群集にもたらしている食害についても検証を進める必要がある。また今回、各種のプロット群に明確な重複は見られなかった。よって本研究結果のみを見ると、鎌谷川流域の淡水カメ類の中で餌利用における種間競争が生じているとは言い切れない。ただ海外では年齢や調査地のスケールによって淡水カメ類の餌利用が異なり、それによって種間競争が生じている可能性も、安定同位体比分析を用いた研究によって指摘されている (Pearson et al. 2013; Balzani et al. 2016)。さらに、先に例を挙げたように国内の食性研究は用いる手法によっても結果が大きく異なっている。以上を踏まえると、今後はより多面的な要因を視野に入れつつ複数手法を組み合わせた確度の高い食性研究が、日本の在来・外来淡水カメ類について展開されていくことが望まれる。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、多くの方々のお世話になった。円山川漁業協同組合の福井泉参事・事務局長には漁場への立ち入りをお許しいただき、研究にご協力いただいた。また現地調査に際しては、久木田沙由理氏をはじめ大学院の学生にお手伝い頂いた。3名の匿名査読者の方々には、査読を通して有意義なご助言を頂いた。この場を借りて深謝いたします。なお本研究は、JSPS科研費18K11729および16H02994の補助を受けて行われた。

#### 摘 要

淡水カメ類の食性について種間比較を行った研究は乏しく、安定同位体比分析を用いた国内の研究例はアカミミガメについて行われた1例しか存在しない。本研究では兵庫県北部の小河川流域においてイシガメ、クサガメおよびアカミミガメを河川、水路および池からサンプリングし、その爪を安定同位体比分析にかけることで3種の食性推定を試みた。分析の結果 $\delta^{13}\text{C}$ の分散が種間で異なることが明らかになり、中でも幅広いプロットを示したイシガメは多様な植物由来の有機物を摂食していることが示唆された。また $\delta^{15}\text{N}$ ではアカミミガメが他種より大きな値を示したことから、本種の栄養段階は他種より高く、動物質の餌を多く摂食していることが示唆された。特にアカミミガメの $\delta^{15}\text{N}$ は肉食性大型鳥類であるコウノトリのそれに匹敵するものであり、アカミミガメが流域

内の動物群集に与える影響が懸念される結果となった。  
 キーワード 食性, 淡水カメ類, ニホンイシガメ, 安定同位体比分析, ミシシippアカミミガメ

## 引用文献

- Balzani P, Vizzini S, Santini G, Masoni A, Ciofi C, Ricevuto E, Chelazzi G (2016) Stable isotope analysis of trophic niche in two co-occurring native and invasive terrapins, *Emys orbicularis* and *Trachemys scripta elegans*. *Biological Invasions*, 18: 3611-3621. doi:10.1007/s10530-016-1251-x
- Cagle FR (1954) Observation on the life cycles of painted turtle (*Genus Chrysemys*). *American Midland Naturalist*, 52:225-235. doi:10.2307/2422060
- 伊崎実那・江崎康男 (2019) コウノトリ *Ciconia boyciana* のペリット-秋季の食性解明-. *野生復帰*, 7: 31-37.
- 亀崎直樹 (2015) 日本の淡水ガメ, 特にミシシippアカミミガメに関する問題について. *爬虫両棲類学会報*, 2015:123-133.
- 国土交通省 (2008) 円山川水系の一級河川. [https://www.kkr.mlit.go.jp/toyooka/kasen/img/1class-river.pdf]
- Lovich JE, Yasukawa Y, Ota H (2011) *Mauremys reevesii* (Gray 1831) — Reeves' Turtle, Chinese Three-keeled Pond Turtle. *Chelonian Research Monographs*, 5: 050.1-050.10. doi:10.3854/crm.5.050.reevesii.v1.2011
- Lovich JE, Ennen JR, Agha M, Gibbons JW (2018) Where have all the turtles gone, and why does it matter? *BioScience*, 68:771-781. doi:10.1093/biosci/biy095
- Minagawa M, Wada E (1984) Stepwise enrichment of <sup>15</sup>N along food chains: further evidence and the relation between <sup>15</sup>N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48:1135-1140. doi:10.1016/0016-7037(84)90204-7
- 三根佳奈子・谷口真理・熊洗太郎・亀崎直樹 (2014) ミシシippアカミミガメとクサガメの消化管内容物分析. *亀楽*, 8:12-15.
- 三根佳奈子・上野真太郎・谷口真理 (2017) 播磨町狐狸ヶ池におけるアカミミガメ駆除とオニバスの出現. *亀楽*13:21-23.
- 森 淳・澤田英司・小出水規行・渡部恵司・竹村武士 (2016) 農業水路に生息するミシシippアカミミガメの炭素・窒素安定同位体比. *農業農村工学会論文集*, 84:4\_3-4\_4. doi:10.11408/jsidre.84.IV\_3
- 永原光彦 (2011) 佐賀城堀におけるハスの減少とミシシippアカミミガメの駆除. *亀楽*, 2:1-3.
- Naito K, Ikeda H (2007) Habitat restoration for the reintroduction of oriental white storks. *Global Environment Research* 11:217-221.
- 中島 拓・江崎保男・中上善史・大迫義人 (2006) 水田と河川, コウノトリ野生復帰地での餌場の相対的価値—豊岡盆地に生息するサギ類を指標として— *保全生態学研究*, 11:35-42. doi:10.18960/hozen.11.1\_35
- 野田英樹・鎌田直人 (2004) 淡水性カメ類の個体群特性と食性の関係. *爬虫両棲類学会報*, 2014:102-113. doi:10.14880/hrghsj1999.2004.102
- 奥田 昇 (2012) 安定同位体を用いた水田生態系の構造と機能の評価手法. *日本生態学会誌*62:207-215. doi:10.18960/seitai.62.2\_207

- Paramenter RR, Avery HW (1990) The feeding ecology of the slider turtle. In Gibbons JW (eds) *Life History and Ecology of the Slider Turtle*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., pp. 257-266.
- Pearson SH, Avery HW, Kilham SS, Velinsky DJ, Spotila JR (2013) Stable isotopes of C and N reveal habitat dependent dietary overlap between native and introduced turtles *Pseudemys rubriventris* and *Trachemys scripta*. *PLoS ONE*, 8:e62891. doi:10.1371/journal.pone.0062891
- 佐藤章裕・近藤誠志・澤田英司 (2016) 鳴門のレンコンをアカミミガメから守る取り組み. *亀楽*, 11:4.
- Sexton OJ (1959) A method of estimating the age of painted turtle for use in demographic studies. *Ecology*, 40: 716-718. doi:10.2307/1929825
- Suzuki D, Ota H, Oh HS, Hikida T (2011) Origin of Japanese population of Reeves' pond turtle, *Mauremys reevesii* (Reptilia: Geoemydidae), as inferred by a molecular approach. *Chelonian Conservation and Biology*, 10:237-249. doi:10.2744/CCB-0885.1
- Suzuki D, Yabe T, Hikida T (2014) Hybridization between *Mauremys japonica* and *Mauremys reevesii* inferred by nuclear and mitochondria DNA analyses. *Journal of Herpetology*, 48:445-454. doi:10.1670/11-320
- 田和康太・佐川志朗・内藤和明 (2016a) 9年間のモニタリングデータに基づく野外コウノトリ *Ciconia boyciana* の食性. *野生復帰*, 4:75-86.
- 田和康太・佐川志朗・三橋陽子 (2016b) コウノトリ *Ciconia boyciana* の再導入個体群における安定同位体比を用いた食性解析. *応用生態工学*19: 13-20. doi:10.3825/ece.19.13
- 上野真太郎・久木田沙由理・山内彩佳・三根佳奈子・谷口真理 (2016) 篠山城お堀におけるミシシippアカミミガメ防除. *亀楽*, 11:11.
- Yabe T (1992) Sexual difference in annual activity and home range of the Japanese Pond Turtle, *Mauremys japonica*, assessed by mark-recapture and radio-tracking methods. *Japanese Journal of Herpetology*, 14:191-197. doi:10.5358/hjsj1972.14.4\_191
- 山本佳歩・若松智希・宮里俊輔・亀崎直樹 (2019) 座間味島で捕獲されたミシシippアカミミガメの食性. *日本爬虫両棲類学会報*, 2019:1-4.
- 柳井久江 (2013) *4Stepsエクセル統計【第3版】*. オーエムエス出版, 東京, 294 p.
- 米山忠克・笹川英夫 (1994) 土壌-植物系における炭素, 窒素, 酸素, 水素, イオウの安定同位体自然存在比: 1987年以降の研究の進歩. *日本土壌肥料学会誌*, 65:585-598. doi:10.20710/dojo.65.5\_585
- 吉岡志帆・木村妙子 (2018) 干潟のアカミミガメは何を食べているのか? ~ 干潟と周辺淡水域における外来種ミシシippアカミミガメの食性比較. *日本ベントス学会誌*, 72: 83-93. doi:10.5179/benthos.72.83

## 付記

- 兵庫県立コウノトリの郷公園 (2019) 野外繁殖情報. 兵庫県立コウノトリの郷公園ホームページ. [http://www.stork.u-hyogo.ac.jp/in\_situ/in\_situ\_reprd/]