

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05754

研究課題名(和文) カミツキガメの摂餌生態が内水面漁業に及ぼす影響の評価：食害、競争、及び魚病の分析

研究課題名(英文) The impact of feeding ecology of snapping turtle on inland fisheries, analyzed in terms of feeding damage, competition, and fish disease

研究代表者

高井 則之 (TAKAI, Noriyuki)

日本大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：00350033

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：カミツキガメの摂餌生態が内水面漁業に及ぼす影響を検討するため、千葉県印旛沼流域で捕獲された個体の胃内容物分析、炭素・窒素安定同位体比分析、及び消化管内の病原体検査を実施した。カメの胃内からは水産有用種の淡水魚も検出されたが、アメリカザリガニの検出頻度が際立って高かったことから、本水域ではザリガニが餌生物として最も重要であると推察された。安定同位体比分析の結果、狭隘な河川・農業水路がカメの摂餌場として重要であることが示唆された。病原体検査の結果では、魚病細菌 *Edwardsiella ictaluri* がカメの消化管から検出されたことから、カメが魚病を拡散する媒介者になっている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

胃内容物分析と安定同位体比分析の結果から、本水域ではアメリカザリガニがカミツキガメの餌生物として最も重要であると推察された。カメの胃内からは他にも多くの外来生物が検出されており、印旛沼流域に「外来生物食物網」ともいふべき独特の食物網が形成されていることが示唆された。こうした水域では、特定の外来生物の個体数制御対策が実施されることにより食物網のバランスが崩れ、生態系の保全や水産資源の持続的利用の妨げとなる可能性がある。「外来生物食物網」の特性を解明することは、内水面漁業資源の持続的・安定的利用に資するものと期待される。

研究成果の概要(英文)：The impact of snapping turtle (*Chelydra serpentina*) on the inland fisheries was examined for the Lake Inbanuma basin in Chiba Prefecture with emphasis on its feeding ecology, by stomach content analysis, carbon and nitrogen stable isotope analysis, and pathogen testing of fish disease for gut content of the turtle. We found some parts of commercially utilized freshwater fish from the stomach contents of the turtle, while the occurrence frequency of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in the stomach content was markedly high. Thus, the crayfish is likely the most important diet species in the basin. Judging from the results of the stable isotope analysis, it was inferred that the turtle utilize narrow streams and irrigation channels as important feeding areas. In the pathogen testing, fish-disease bacteria, *Edwardsiella ictaluri*, was detected from the gut content of the turtle, thus indicating a possibility that the turtle might play a transporter of the pathogen in the basin.

研究分野：水族生態学

キーワード：外来生物 アメリカザリガニ 食害 生態系 エドワジエラ 印旛沼 DNA分析 安定同位体比

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

カミツキガメ *Chelydra serpentina* はカミツキガメ科カミツキガメ属に分類される複数亜種の総称であり、北米から南米にかけて広域的に分布している。わが国では 1960 年代に米国からペットとして輸入され始めて以降、各地の野外で本種が確認されるようになり、現在では千葉県印旛沼流域、静岡県の狩野川流域、東京都の公園などに定着し問題となっている¹⁻⁴⁾。本種は 2005 年には特定外来生物に指定されており、本種が著しく増加した印旛沼流域では千葉県による駆除活動が推進されている。2018 年には合計 2259 匹もの個体が駆除された。

本種については外来生物法が規定するところの「人の生命・身体への被害」が危惧されているが、それだけでなく捕食や食物源を巡る種間競争を通して在来生物の脅威となる「生態系への被害」、及び漁獲物の食害や漁具の破損による「農林水産業への被害」が危惧されている^{3,5)}。この「生態系への被害」は、影響を受けた在来生物が漁獲対象種であった場合には漁業被害に直結することから「農林水産業への被害」とも見ないうる。このように、本種については主に摂餌生態に関わる漁業被害が危惧されてきたが、被害の実態は未だ学術的に検証されていない。本種に関する駆除事業の効果を適切に評価し今後の防除対策を講じる上で、本種の摂餌生態が内水面漁業に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

本研究では、こうした従来からの諸問題に加え、本種の摂餌生態が魚病を介して漁業被害をもたらしている可能性にも着目し、仮説として設定した。本種は甲殻類、魚類、植物などを幅広く摂食する雑食者であるが、その摂餌対象は生体に限定されず、魚類の屍肉も摂餌対象になっている³⁾。そのため、本種が野外で病死した魚を摂食した場合には、屍肉中の病原体が消化管内に取り込まれることになる。本種についてはサルモネラ症の原因菌であるサルモネラ菌が消化管から検出されており、公衆衛生上の危険性が指摘されている。本種が魚病の病原体を取り込んで他水域に移動し、その場所で病原体を含む糞便を排泄した場合、病原体は他水域に拡散していくことになる。特に本種は水圏だけでなく陸上も移動できるため、魚類が侵入できない閉鎖水域にも侵入できる。陸上を移動できる屍肉食者の本種は、病害防除の面でも危険性をはらんだ存在である。

以上の背景に基づき、本研究では「カミツキガメの摂餌生態は内水面漁業に被害をもたらしているか?」という問いを核心に据え、水産有用種への食害、水産有用種との食物源を巡る競争関係、及び魚病の拡散という 3 つの観点から、この問いの評価を試みた。

2. 研究の目的

カミツキガメの摂餌生態が内水面漁業に及ぼす被害の実態を明らかにするため、水産有用種への食害、水産有用種との食物源を巡る競争関係、及び魚病の拡散という観点から漁業被害を評価した。

水産有用種の食害、及び水産有用種との食物源を巡る競争関係について評価するため、千葉県により捕獲されたカミツキガメについて胃内容物の種組成分析と DNA 分析を実施するとともに、捕獲検体と餌生物の安定同位体比分析を実施し、捕獲検体が「何を摂食していたのか」、そ

して「どのような生態的地位にあったのか」を調べた。また、魚病の拡散について評価するため、上記の 3 つの分析に加え魚病の病原体の検出試験を実施し、捕獲検体の消化管内に魚病の病原体が存在するのかを調べた。病原体としては、当初想定していたコイヘルペスウイルス (KHV) に加え、エドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌である *Edwardsiella ictaluri* を対象とした。

3. 研究の方法

(1) 胃内容物分析

カミツキガメ捕獲検体の餌生物を調べるため、胃内容物を摘出し実体顕微鏡と光学顕微鏡を用いて種類を同定した。損壊が激しく形態観察が困難な脊椎動物については、筋肉もしくは骨組織から DNA を抽出し、塩基配列解析による種同定を行った。分析に際しては mtDNA の 16S rRNA 領域を含む約 600bp を対象とし、DNA 解析ソフト (MEGA7.0) を用いて塩基配列を決定した。National Center for Biotechnology Information (NCBI) のデータベースを用いた Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) にて塩基配列の相同性検索を行い、種を同定した。

(2) 安定同位体比分析

カミツキガメが食物網の中でどのような位置にあるかを調べるため、カミツキガメ捕獲検体の筋肉及び餌生物の安定同位体比を分析した。解剖により筋肉を摘出し 60℃ で乾燥させて粉末化した後、クロロホルム：メタノール溶液で脱脂し、再度乾燥・粉末化して分析試料とした。分析には元素分析計接続の質量分析計 Delta Plus Advantage (Thermo Fisher Scientific) を用いた。安定同位体比は国際標準物質 VPDB と大気窒素からの相対千分率 (‰) で表した。

(3) 病原体の検出試験

KHV の検出試験では、カミツキガメ捕獲検体の胃と腸から内容物を摘出してすり潰した後、糞便 / 土壌用 DNA 抽出キットを用いて胃内容物と腸内容物の全 DNA をそれぞれ抽出した。この全 DNA を鋳型とし、KHV 特異的 PCR により KHV が含まれているかを調べた。*E. ictaluri* の検出試験は、増菌培養法と特異的 PCR を組み合わせて実施した。

4. 研究成果

(1) 胃内容物分析

2020-2023 年の 4 年間で捕獲された計 367 個体のカミツキガメの胃内容物分析を実施した結果、検体の胃内からは十脚類、魚類、両生類、爬虫類、哺乳類、昆虫類、および草本類が検出された。検出された胃内容物のほとんどは動物であり、草本類の検出頻度はいずれの年も低かった。天然分布域におけるカミツキガメは、高緯度地方では肉食傾向を強め、低緯度地方では植物食も行うようになると報告されている⁶⁾。本研究の結果から、北緯 35°48' 周辺に位置する印旛沼流域ではカミツキガメの食性は肉食傾向にあることが示唆された。

捕獲検体の胃内からの検出頻度が最も高かった餌生物は十脚類であり、2020 年には 51.7%、2021 年には 50.5%、2022 年には 45.0%、2023 年には 48.0% の検体から十脚類が検出された。その多くはアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* であり、2020 年には 50.0%、2021 年には 46.8%、

2022 年には 44.0% , 2023 年には 47.0%の検体からアメリカザリガニが検出された . アメリカザリガニは捕獲環境に関わらず多くのカミツキガメから検出されたことから , 印旛沼流域ではカミツキガメの餌生物としてアメリカザリガニが最も重要であると推察された .

捕獲検体の胃内から検出された魚類について塩基配列解析を行った結果 , 一部の魚類は捕獲罟に仕掛けられたマサバ *Scomber japonicus* とタイセイヨウサバ *Scomber scombrus* であったが , 淡水魚も 9 種検出された . 内訳はコイ目コイ科のギンブナ *Carassius auratus langsdorfii* , タイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus* , ワタカ *Schikauia steenakeri* , モツゴ *Pseudorasbora parva* , タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus* , ドジョウ科のドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* , ナマズ目アメリカナマズ科のチャンネルキャットフィッシュ *Ictalurs puncatus* , スズキ目ハゼ科のヌマチチブ *Tridentiger brevispinis* , 及びタイワンドジョウ科のカムルチー *Channa argus* であった . モツゴは印旛沼の在来種であり , 食用として主要な漁獲対象種となっていることから , カミツキガメによる食害は内水面漁業に影響を及ぼしている可能性がある .

捕獲検体の胃内からは少数ながら魚類以外の脊椎動物も検出された . 内訳は両生類のウシガエル *Rana cetesbeiana* (無尾目アカガエル科) , 爬虫類の同種であるカミツキガメ , 及び哺乳類のニホンイタチ *Mustela itatsi* (ネコ目イタチ科) とアカネズミ *Apodemus speciosus* (ネズミ目ネズミ科) であった .

捕獲検体の胃内から検出された餌生物のうち , タイリクバラタナゴ , チャンネルキャットフィッシュ , カムルチー , ウシガエル , 及びカミツキガメは国外外来種である . 特に , チャンネルキャットフィッシュとウシガエル , 及び同種のカミツキガメは , わが国において問題視されてきた生物であり , 外来生物法で特定外来生物に指定されている . また , タイリクバラタナゴは生態系被害防止外来種リストにおいて重点対策外来種に指定されている . ワタカは琵琶湖-淀川水系の固有種であり , その水域では希少種であるが , 印旛沼流域に生息している個体は国内外来種である . さらに , カミツキガメの胃内から著しく高い頻度で検出されたアメリカザリガニも国外外来種であり , 2023 年 6 月より条件付特定外来生物に指定されている . こうした外来生物は印旛沼流域に定着してカミツキガメに捕食されており , カミツキガメとの間に緊密な捕食-被捕食関係が形成されていると考えられる .

(2) 安定同位体比分析

2020-2022 年に印旛沼流域で捕獲されたカミツキガメについて安定同位体比を分析した結果 , $\delta^{13}\text{C}$ は -30.6‰ - -19.9‰ , $\delta^{15}\text{N}$ は 6.1‰ - 16.6‰ の範囲にあり , いずれの年においても同位体比の分布範囲は幅広かったことから , カミツキガメは印旛沼流域において多様な餌生物を摂食していたことが示唆された . 胃内容物分析において高い頻度で検出されたアメリカザリガニの安定同位体比を分析し , カミツキガメの分析値と比較した結果 , 両者の差は捕食-被捕食関係に相当する差と概ね合致していた . しかし , 印旛沼内で捕獲されたカミツキガメは沼内のアメリカザリガニとではなく , 接続河川や農業水路のカミツキガメとの間で捕食-被捕食関係に合致する同位体比の差を示していた . 印旛沼流域のカミツキガメは , 河川 , 水田 , 農業水路などを生息場所として利用することが知られている^{7, 8)} . 狭隘で餌生物が逃げにくい場所では餌生物を捕食しやすいため , 沼内のカミツキガメは狭い河川・農業水路に入り込み摂餌場として利用していたと考えられ

る。

カミツキガメと魚類の安定同位体比分布を比較した結果、両者の $\delta^{15}\text{N}$ は魚類の方がカミツキガメよりも高い傾向にあった。さらに、同じ環境で捕獲されたカミツキガメと魚類の分析値を比較した結果においても、カミツキガメと魚類との間に捕食-被捕食関係に合致する同位体比の差は認められなかった。このことから、カミツキガメにおける魚類の餌生物としての相対的重要性は低いと考えられる。

(3) 病原体の検出試験

2021–2022 年に捕獲されたカミツキガメ 209 検体のうち消化管内容物が摘出された献体について KHV の検出試験を実施した結果、胃内容物と腸内容物のいずれにおいても KHV は検出されなかった。一方、2022 年に捕獲されたカミツキガメのうち、消化管内容物が検出された 65 検体について *E. ictaluri* の検出試験を実施した結果では、全体の 9.2% に当たる 6 検体の胃内容物もしくは腸内容物において *E. ictaluri* が検出された。胃内容物分析の結果では、KHV の宿主であるコイは検出されていない。*E. ictaluri* は複数種の魚類を宿主とするためカミツキガメの消化管内に取り込まれやすいのに対し、コイのみを宿主とする KHV は取り込まれにくいと考えられる。ただし、2023 年に捕獲されたカミツキガメ 100 検体の腸内容物について *E. ictaluri* の検出試験を実施した結果では、*E. ictaluri* は検出されなかった。カミツキガメの消化管内における *E. ictaluri* の有無は、印旛沼が属する利根川水系内における *E. ictaluri* の分布状況によって変化している可能性が考えられる。

引用文献

- 1) 公益財団法人印旛沼環境基金 (2008) 平成 29・30 年版いんば沼白書。
- 2) 加藤英明・衛藤英男 (2012) 静岡県狩野川水系におけるカミツキガメ *Chelydra serpentina* (Testudines, Chelidridae) の定着。東海自然誌, 2012-5, 41-44.
- 3) 財団法人自然環境研究センター (2008) 日本の外来生物。
- 4) 小林頼太 (2007) 日本におけるカミツキガメおよびワニガメの定着危険性: 新聞記を用いた外来ペットの逸出モニタリング。爬虫両棲類学会報, 2007-2, 101–110.
- 5) 千葉県 (2017) 千葉県におけるカミツキガメ防除実施計画書。
- 6) Spotila, J. R., Bell, B. A. (2008) Thermal Ecology and Feeding of the Snapping Turtle, *Chelydra serpentina*. A. C. Steyermark, M. S. Finkler, and R. J. Brooks (eds), pp. 72-79. Biology of the snapping turtle (*Chelydra serpentina*). The Johns Hopkins University Press. Maryland.
- 7) Kobayashi, R., Hasegawa, M., Miyashita, T. (2006) Home range and habitat use of the exotic turtle *Chelydra serpentina* in the Inbanuma Basin, Chiba Prefecture, central Japan. Current Herpetology, 25, 47–55.
- 8) Nishimoto, M., Miyashita, T., Yokomizo, H., Matsuda, H., Imazu, T., Takahashi, H., Hasegawa, M., Fukasawa, K. (2021) Spatial optimization of invasive species control informed by management practices. Ecological Applications, 31, e02261.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高井則之・瀧澤柗介・池西優希・大舘香澄・宮田宗亮・柴崎康宏・間野伸宏・糸井史朗
2. 発表標題 カミツキガメの摂餌生態が魚病の拡散に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 日本水産学会 令和5年度春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 瀧澤柗介・菅野悠弥・永瀬 瞬・柴崎康宏・糸井史朗・間野伸宏・高井則之
2. 発表標題 印旛沼流域におけるカミツキガメの摂餌生態（1） 胃内容物に基づく食性分析
3. 学会等名 日本水産学会 令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高井則之・瀧澤柗介・菅野悠弥・永瀬 瞬・柴崎康宏・間野伸宏・桑江朝比呂
2. 発表標題 印旛沼流域におけるカミツキガメの摂餌生態（2） 安定同位体比分析
3. 学会等名 日本水産学会 令和4年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高井則之・瀧澤柗介・池西優希・鈴木武秀・柴崎康宏・間野伸宏・桑江朝比呂
2. 発表標題 炭素・窒素安定同位体比から推察された カミツキガメとアメリカザリガニの食物連鎖関係
3. 学会等名 日本水産学会 令和6年度春季大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	間野 伸宏 (MANO Nobuhiro) (10339286)	日本大学・生物資源科学部・准教授 (32665)	
研究分担者	柴崎 康宏 (SHIBASAKI Yasuhiro) (30750674)	日本大学・生物資源科学部・助教 (32665)	
研究分担者	桑江 朝比呂 (KUWAE Tomohiro) (40359229)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・領域長 (82627)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------