

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16246

研究課題名(和文) 淡水カメ類の現状から生物多様性を学ぶ教材教育プログラムの開発とその普及

研究課題名(英文) Development and dissemination of teaching material education program to learn biodiversity from the present situation of freshwater turtles

研究代表者

加藤 英明 (Kato, Hideaki)

静岡大学・教育学部・講師

研究者番号：10569643

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：教材開発において、交雑個体(ニホンイシガメ×クサガメ)のDNAマーカーによる検出を、人体に無害な染色試薬と青色LEDトランスイルミネーターを用いて可能とし、増幅断片DNA検出の様子は、学校等学習現場で小型泳動装置を用いてリアルタイムで観察できるようにした。また、系統学習で用いるカメ類のDNA塩基配列を得るため、野外で捕獲したカメ類から血液を採取し、DNAを抽出してPCR法で増幅し、塩基配列を決定したものをを用いて系統樹を作成した。これらを学習プログラムに取り入れることによって、カメ類の系統と遺伝子汚染の現状を身近に感じる学習を可能とした。

研究成果の概要(英文)：Development of teaching materials in the detection of hybridized individuals (Mauremys japonica x Mauremys reevesii) by the DNA marker, the observation of Gel Electrophoresis in school class was enabled using harmless stain reagent and a blue LED transilluminator. In addition, for create phylogenetic trees, DNA sequences were determined. By incorporating these into the learning program, it became made possible to understand a system and genetic pollution of turtles easier.

研究分野：保全生物学

キーワード：教材開発 カメ類 遺伝子汚染 生物多様性 外来生物

1. 研究開始当初の背景

日本には、年間約 30 万頭もの外来カメ類がペット用に海外から輸入されている。しかし、カメ類の寿命は 40 年以上あり、家庭で飼いきれなくなった個体が野外に違法に遺棄されている。特に外来種アカミガメは年間 25 万匹が輸入されており、野外に侵入した個体が日本の生態系に深刻な影響を与え、さらに人への咬傷被害も発生している。近年は、外来種ミナイシガメと在来種の交雑による雑種も野外で発見されるようになった。また、外来種に住処を追われた在来種同士の生息域が重なることで、在来種のニホンイシガメとクサガメの間でも雑種を形成する事態が起きており、それらの稔性が確認されていることから、“種の消滅”が危惧される。また、在来種のペット個体が遺棄されることで、異なる地域の遺伝子が混ざり、遺伝的地域特異性が失われる。しかしながら、このような遺伝子汚染の現状は十分に周知されておらず、今もなお数多くのカメ類が衝動買いされ遺棄されている。学校教育において、“カメ類に対する知識と正しい接し方に関する教育”の普及は急務である。身近な水辺に生息するカメ類は、遺伝的多様性を学ぶために優れた教材となる。

身近な水辺の現状については、2013 年に本申請者らがカメ類一斉調査を行っており、静岡県巴川流域麻機遊水地とその周辺において、罾で 380 個体のカメ類を捕獲した。そのうち 212 個体の 55.8%が外来生物アカミガメであり、在来種に準ずるクサガメは 148 個体、スッポンは 18 個体が捕獲されたが、日本固有の在来種であるニホンイシガメはわずか 1 匹のみで、地域絶滅寸前であった。さらにニホンイシガメとクサガメとの雑種が捕獲され、遺伝子汚染が起こっていることが明らかになった(加藤ほか, 2014)。身近な水辺に暮らすカメ類が外来種に置き換わっているが、これらの多くは、遺棄されたり逃げられたりしたものであり、学校教育における外来生物との関わりに関する学習普及の重要性は高い。2013 年に、研究代表者と静岡北中学校高等学校と合同で行った静岡市麻機地域 400 軒のアンケート調査では、25%でカメ類の飼育経験が確認され、イヌやネコの飼育経験よりも高い割合で、カメ類が身近なペットとして好まれていた。また、緑色で鮮やかな体色のアカミガメ(ミドリガメ)が好まれて飼育されており、さらに、衝動買いしたり野外に遺棄したりされている現状が確かめられた。アカミガメの多くは、主に子どもたちが購入・飼育しており、飼いきれなくなった個体を学校に持ち込んだケースも確認された。外来生物を飼育する際に将来的な見通しが必要とされる。

国内において、カメ類の生息の現状は十分に把握されていないが、ニホンイシガメは環境所レッドデータにおいて準絶滅危惧に、クサガメは国際自然保護連合のレッドリストにおいて絶滅危惧に指定されている。アカミガメなどの外来カメ類との競合による影響のほか、イ

シガメ属内の遺伝子汚染による種の消失が危惧される。

2. 研究の目的

2008 年の指導要領の改正により、生物多様性に関する記述が教科書に掲載され、生態系のバランスや人間活動による生態系への影響、生物保全の重要性について多様性の面から理解させることが重要視されるようになった。遺伝的多様性は、生物多様性を構成する要素の一つであり、生物の保全や進化を考えるうえで欠かせない。本研究では、身近な淡水カメ類を用いて、種内において遺伝的多様性があることや雑種化による遺伝子汚染、遺伝子多様性の低下の問題を、青色 LED を用いた目に見える DNA 解析の手法で体験し理解することができる教材開発を行う。さらに、野外に遺棄されたペットの外来カメ類が生態系に及ぼす影響を学ぶための教育プログラムの開発と学校教育における普及、行政と地域、大学が連携した外来種の防除と遺棄防止に関する啓発を目的とする。

3. 研究の方法

教材開発において、遺伝子汚染の学習では、遺伝的多様性の評価等に利用される DNA マーカー(RAPD)を用いて DNA の多型検出を行う。種間交雑した個体を特定するため、種に特異的な DNA 型を共有する個体を判別する。PCR 産物のアガロースゲル泳動とその様子は、人体に無害な青色 LED トランスイルミネーターと染色試薬を用いることで、学校現場で安全に実験を行うことが可能となる。また、泳動の様子をスクリーンに投影することで、分子量の違いによって移動速度が異なる増幅断片 DNA の様子をリアルタイムで観察することが可能となる。系統学習の材料では、カメ類の血液から抽出したミトコンドリア DNA の 16SrRNA 領域を PCR 法で増幅し塩基配列を決定したものを使用する。得られた配列約 440bp を印刷し、種ごとに比較して置換箇所を数え、種間の違いを実感する。また、平均距離法を用いて系統樹を作成し、種間の遺伝的な距離と雑種形成の関係を推測する。さらに、野外に遺棄されたペットの外来カメ類が生態系に及ぼす影響を学ぶための教育プログラムの開発と学校教育における普及を行う。啓発においては、学校・行政・地域が連携したフィールド調査を実施し、動物園においてその結果や教育現場でのカメ類を用いた授業実践例、外来カメ類の現状の紹介をポスター展示や口頭説明により紹介する。

4. 研究成果

教材開発において、交雑個体(ニホンイシガメ×クサガメ)の DNA マーカーによる検出を、人体に無害な染色試薬と青色 LED トランスイルミネーターを用いて可能とし、増幅断片 DNA 検出の様子は、学校等学習現場で小型泳動装置を用いてリアルタイムで観察できるよ

うにした。DNA マーカーによる交雑の有無は、遺伝的多様性の評価等に利用される DNA マーカーの RAPD 法を用い、DNA の多型検出を行った。RAPD 法では種特異性を検出するプライマー(5'-CTGAGACGGA-3')の他、種内の遺伝的多様性を確認するために数種類のオリゴプライマーを PCR に使用した。PCR 反応は、反応液を 94 で 2 分間保った後、98 で 10 秒間の変性、37 で 30 秒間のアーニリング反応、および、72 で 30 秒間の伸長反応を 1 サイクルとして 40 回繰り返し行った。その後、PCR 産物はアガロースゲルで泳動し、多型 DNA の検出を行い、ニホンイシガメとクサガメにそれぞれ現れる多型 DNA とそれを共有する交雑個体を確認し、その PCR 産物を比較用の教材として利用した。

系統学習では、教材として用いるカメ類の DNA 塩基配列を得るため、野外で捕獲したカメ類から血液を採取し、DNA を抽出して PCR 法で増幅し、塩基配列を決定したものをを用いて系統樹を作成した。これらを学習プログラムに取り入れることによって、カメ類の系統と遺伝子汚染の現状を身近に感じる学習を可能とした。

カメ類を用いた教育プログラムでは、基礎編を作成し、カメの体のつくりや外来生物、動物愛護法に関する講義を協力校で実践した。また、発展的な内容となる系統学習プログラムは、静岡大学において協力校の生徒を対象に実施した。教員対象の講座では、県内の理科教員 150 人に対しカメ類を用いた学習プログラムについて提案するとともに、外来種の現状と取り扱いについて周知した。学習プログラムは、カメの体のつくりを学ぶことで生物が形態の違いに基づき分類されていることを理解し、種を判別する力を身につけさせ、さらに、生物多様性とそれを脅かす外来カメ類について学び、身近な生態系のバランスとそれを壊している外来生物を学ぶことができた。さらに、動物愛護管理法について学ぶことで、カメ類の遺棄が犯罪であることを知り、カメ類を最後まで責任を持って飼育する必要性を周知した。今後、衝動買いを防ぐことにつながると期待される。発展的な内容では、雑種形成について学ぶことで、野外に放された外来生物によって雑種が形成され、遺伝子汚染による種の消失が危惧されている現状を青色 LED トランスイルミネーターを用いて確認することが可能となった。また、カメ類の DNA 比較から系統関係を学ぶことで、DNA の構造と機能の概要を理解させ、生物の遺伝的な共通性と多様性の視点を身に付けさせることが可能となり、塩基置換の程度から系統を知り、それらが種分化や進化につながることを学ぶことができるようになった。ニホンイシガメ(イシガメ科)は、同じ科であるミナイシガメとクサガメで交雑可能であるが、異なる科の外来種アカミミガメ(ヌマガメ科)では交雑しない。異なる科の DNA 比較では置換が大きく、それが雑種形成しない類縁関係の程度であることに気づくことができ、

さらに、DNA 置換数が生息地の距離に比例していることにも気づくことができるものになった。

外来種啓発においては、県内の小学校、中学校、高等学校約 930 校において外来生物に関する啓発用リーフレットの配布とカメ類の飼育状況に関する調査を実施し、県内の学校で飼育されているカメ類の中に外来種が数多く含まれることを明らかにした。それらには、交雑したと推測されるものや 2016 年 10 月に外来生物法によって飼育が規制された種類が確認され、引き取り等で対応した。また、学校・行政・地域が連携した外来種問題の啓発を目的とした市民参加型カメ類調査を、平成 27 年度に 2 回、平成 28 年度に 3 回実施した。調査では、平成 27 年度に合計 89 人が参加し、捕獲したカメ類 138 個体のうち、外来種のアカミミガメは 46 個体であった。平成 28 年度には合計 107 人が参加し、捕獲されたカメ類 181 個体のうち、外来種のアカミミガメは 82 個体であった。

以上の結果は、日本カメ会議研究会で発表し、外来カメ類の啓発を目的とした市民参加型カメ類調査に関する結果は、静岡市立日本平動物園爬虫類館において作成パネルを常設し、さらにラジオやテレビ等で紹介した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 12 件)

山下祐輝、酒井泉、宮下滉平、加藤英明、市民参加型による外来カメ類の駆除 2016、第 18 回日本カメ会議(2017 年 3 月 18 日)、いしかわ動物園(石川県能美市)

加藤英明、小田晃希、内田萌友、藤枝市立藤岡小学校における環境教育とニホンイシガメの保全の試み、第 18 回日本カメ会議(2017 年 3 月 18 日)、いしかわ動物園(石川県能美市)

相垣梓、木ノ内洗也、相島諒、加藤英明、水抜きによる外来生物駆除とカメ類捕獲の効果、第 18 回日本カメ会議(2017 年 3 月 18 日)、いしかわ動物園(石川県能美市)
加藤英明、嶋田真奈美、堀川さつき、静岡県におけるカミツキガメの現状と水中ドローンを用いた防除の検討、第 18 回日本カメ会議(2017 年 3 月 18 日)、いしかわ動物園(石川県能美市)

小田晃希、宮下滉平、山下祐輝、酒井泉、加藤英明、静岡県の小中学校におけるカメ類の飼育の現状とニホンイシガメの域外保全の試み、日本生態学会 2016 年度中部地区大会(2016 年 12 月 3 日)、三重大学(三重県津市)

吉田圭太、加藤英明、浅川満彦、静岡県内の小学校で飼育された淡水カメ類から得た

寄生虫、第 22 回日本野生動物医学会大会
(2016 年 9 月 16 日)、宮崎市民プラザ(宮
崎県宮崎市)

座間哲平、村瀬涼介、村瀬亮太、加藤英明、
小学校におけるニホンイシガメの保護と繁殖
の試み～日本各地の学校で遺伝的地域多様
性を守る～、第 17 回日本カメ会議 (2016 年 2
月 13 日)、静岡大学(静岡県静岡市)

村瀬涼介、加藤英明、静岡県富士市における
カミツキガメの定着、第 17 回日本カメ会議
(2016 年 2 月 13 日)、静岡大学(静岡県静岡
市)

中村真之、白川真衣、加藤英明、市民参加型
によるアカミミガメ調査の効果、第 17 回日本カ
メ会議 (2016 年 2 月 13 日)、静岡大学(静岡
県静岡市)

加藤英明、鈴木政美、長嶋康、ミシシippアカ
ミミガメによるイネの食害の現状、第 17 回日本
カメ会議 (2016 年 2 月 13 日)、静岡大学(静
岡県静岡市)

加藤英明、淡水カメ類を教材とした教育プロ
グラムの開発、第 17 回日本カメ会議 (2016 年
2 月 13 日)、静岡大学(静岡県静岡市)

村瀬亮太、村瀬涼介、白川真衣、中村真之、
座間哲平、加藤英明、ミシシippアカミミガメに
よるイネの食害に関する国内初の記録、日本
生態学会 2015 年度中部地区大会 (2015 年
10 月 24 日)、高山市民文化会館(岐阜県高山
市)

研究者番号 : 10569643

(2)研究分担者 なし
()

研究者番号 :

(3)連携研究者 なし
()

研究者番号 :

(4)研究協力者 なし
()

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況(計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

加藤英明 (Kato, Hideaki)
静岡大学・教育学部・講師