

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 13 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25440235

研究課題名(和文) 特定外来種ヌートリアの日本「侵略」成功のメカニズム

研究課題名(英文) Mechanism of invasion success of nutria, *Myocastor coypus*, in Japan

研究代表者

河村 功一 (Kawamura, Kouichi)

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：80372035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：ヌートリアの日本における定着成功要因を明らかにするため、分子、形態、行動の3点からアプローチを行った。日本集団はmtDNAにおける多様性は低いものの、核DNAにおいては原産地集団に匹敵する高い遺伝的多様性を有することがわかった、また、形態的にも高い変異性が集団間で認められた。行動的特徴として、本種は他の哺乳類と同様、縄張り形成を行うものの、環境条件により柔軟に行動を変化させることが判った。この事から、遺伝的変異性と形態的変異の高さに加え、行動の可塑性が日本における本種の定着成功を可能にしたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Success in settlement of nutria, *Myocastor coypus*, in Japan was examined by three approaches in molecular biology, morphology and ethology. Although genetic diversity in mtDNA was low, Japanese populations showed high genetic diversity in nDNA, nearly comparable to that of original populations. In addition, high morphological variation was recognized among Japanese populations. In behavior, *M. coypus* flexibly changes behavior responding environmental conditions, although it forms territory as commonly observable in mammals. It is considered that highness in genetic diversity and morphological variation, together with behavioral plasticity enabled the settlement of *M. coypus* in Japan

研究分野：分子生態学、保全遺伝学、形態学

キーワード：特定外来生物 定着成功 小進化 バイオテレメトリー 遺伝的多様性 モルフォメトリー 適応放散
創始者効果

1. 研究開始当初の背景

(1) 外来種の数とその被害は年々増加傾向にあるにも関わらず、駆除・防除は、ほとんどの種において遅れているのが現状である。この理由として、侵入先での外来種の生物学的特徴が判っていない事が挙げられるが、特に重要な点は、侵入から定着に至るまでのプロセス、即ち、定着成功を決定づける要因が判っていない事にある。

(2) 外来種の定着成功の決定要因として、①有力な競合種や天敵の不在、②摂餌や営巣に適した生息環境の存在、③環境適応能の高さ、④移入時における集団の遺伝的多様性の高さ、⑤侵入回数、⑥移入時の集団サイズの6つが大きく挙げられる。①-③は生態的要因、④-⑥は遺伝的要因と呼べるものであるが、こうした要因について実際に検討が行われた種は少ないのが実情である。

(3) ヌートリア *Myocastor coypus* は南米原産の齧歯類であるが、現在、4大陸30カ国以上で定着し、世界的規模で問題となっている。日本には1939年に導入され、近年、著しい個体数増加と農業被害により有害獣となっている。

(4) 日本産ヌートリアはその生態を含めて生物学的知見は極めて乏しい状況にあり、駆除・防除における抜本的な対策はなされていない。

2. 研究の目的

(1) 中立分子マーカーであるミトコンドリアDNA (mtDNA) とマイクロサテライトDNA (MS) を用いた集団解析を行い、各集団の遺伝的特徴を明らかにする。

(2) 分子情報から分布拡大様式の推定を行い、定着成功との関連を見る。

(3) 分子情報から本種の繁殖様式ならびに移動様式を推定する。

(4) 分布拡大に伴う形態の変化、特に適応形質の可変性について検討する。

(5) バイオテレメトリーを用いた行動圏の測定も行い、分散定着過程における生態的要因の分析を行う。

3. 研究の方法

(1) 代表的生息地において組織ないしは糞のサンプリングを行い、mtDNAのCytchrome b (Cytb) 領域の解読を行い移入集団の起源を探る。

(2) mtDNAのD-loop領域の解読により分布拡大様式を探る。

(3) MS10座の分析により、各集団の遺伝的特徴(遺伝的多様性、配偶様式、集団構造)を明らかにすると共に、生息地間での移動様式を推定する。

(4) 採取した個体について歯冠を中心とした頭蓋骨形質と体格の計測を行い、主成分分析を中心とした多変量解析により生息地間における形態的変異について調査する。

(5) ヌートリアの行動生態の解明を目的として、ヌートリアの高密度生息地域の一つである岡山県南部においてバイオテレメトリーを用いた生態調査を実施する。

4. 研究成果

(1) mtDNAから見た移入集団の起源：岡山・兵庫・大阪・三重・岐阜・愛知の6府県において採集した237個体についてCytb領域(1,141bp)の解読を行った所、2ハプロタイプ(Cb-A, Cb-B)が確認された(図1)。GenBankの登録配列と比較において、これらはウルグアイ産とブラジル産 *M. c. bonariensis* の配列に近い事から、日本産ヌートリアは *M. c. bonariensis* と考えられた。各ハプロタイプの分布について見ると、Cb-Aはほぼ全ての生息地において見られたのに対し、Cb-Bは岡山東部の吉井川周辺と大阪の1地点においてのみ確認された(図2)。

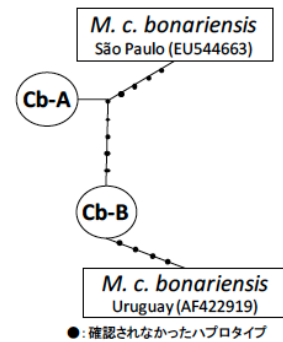


図1. Cytb領域のハプロタイプネットワーク

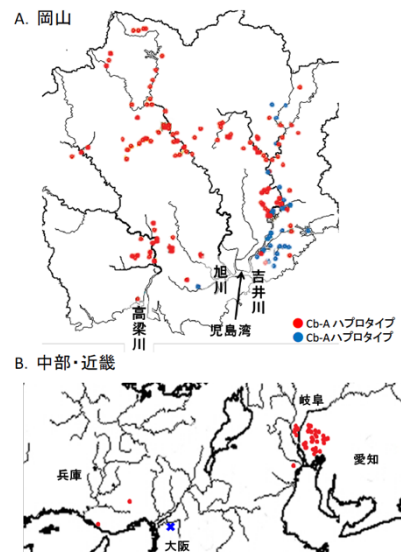


図2. Cytb領域の2ハプロタイプの分布

(2)mtDNA の D-loop 情報から見た各集団の分布拡大様式：岡山産サンプル 62 個体において D-loop の解読を行った所、計 19 のハプロタイプが検出され、Cytb のハプロタイプとの対応において Cb-A が 13、Cb-B が 6 となった (図 3)。ハプロタイプネットワークを地図上にマッピングしたところ、Cb-A、Cb-B の何れの系統においても頻度が高くプロトタイプと思われるものは、下流域で見られたのに対し、低頻度のハプロタイプは局所的に見られた。特に派生的なハプロタイプは上流域において見られる傾向が高いことが判った。このことから、岡山県産ヌートリアは児島湾周辺の複数の地点から河川の上流に向かって分布を拡大した可能性が高い事が判った。

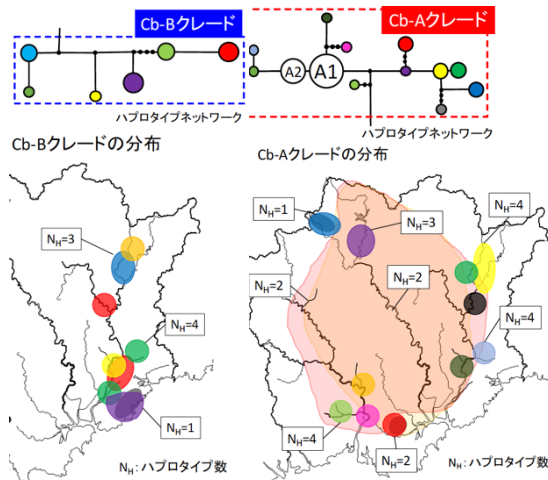


図 3. D-loop のハプロタイプネットワークとハプロタイプの分布

(3)MS 情報からみた各集団の遺伝的特徴：MS の遺伝的多様性において、岡山集団は原産地の一つであるアルゼンチンの集団に匹敵する高い遺伝的多様性を示したが、濃尾集団の遺伝的多様性は岡山集団の 1/2 以下となった。また、アレル組成について見たところ、濃尾集団は全てのアレルと岡山集団と共有していたが、兵庫の個体の一部においては、岡山集団には存在しないアレルが確認された。Assignment test により遺伝的集団構造の推定を行った所、繁殖集団数は、岡山が 2、濃尾が 1 の計 3 集団となり、岡山と濃尾では遺伝的特徴が異なることが示唆された (図 4)。これらの結果から、岡山、大阪・兵庫、濃尾はそれぞれ founder 集団が異なる事が考えられた。

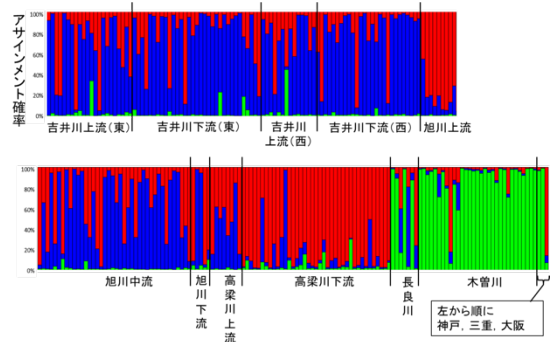


図 4. Assignment test により推定された日本産ヌートリアにおける各 cluster の分布 (STRUCTURE を使用)

(5)MS 情報からみた配偶様式と行動様式の特徴：岡山、濃尾の集団においては何れも Hardy-Weinberg 平衡の成立が認められたものの、個体レベルで見えた場合、程度は低いものの有意な異系交配の傾向が認められた。岡山集団について Mantel test による集団間での遺伝的分化と地理的距離の関係を調べたところ、両者の間には有意な正の相関が認められた (図 5)。また、個体レベルでの移動範囲を見るため、過去 3 世代における生息地間での個体移動の程度について推定を行ったところ、吉井川流域と旭川流域の間では比較的個体移動が多いのに対し、高橋川流域と他河川の間では少ないことが示唆された (図 6)。これらの結果から、ヌートリアの遺伝的多様性は異系交配と繁殖力の高さにより維持され、また一世代当たりの移動距離は短いものの、世代交代の早さにより短期間での分布拡大が可能と考えられた。

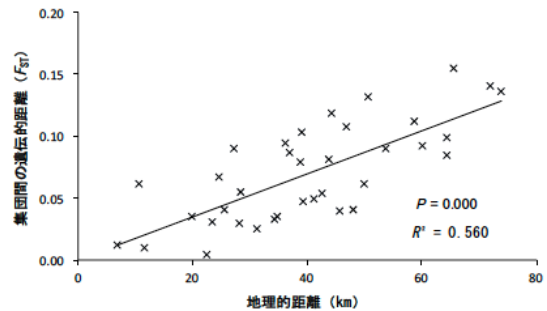


図 5. Mantel test による遺伝的分化 (F_{ST}) と地理的距離の関係

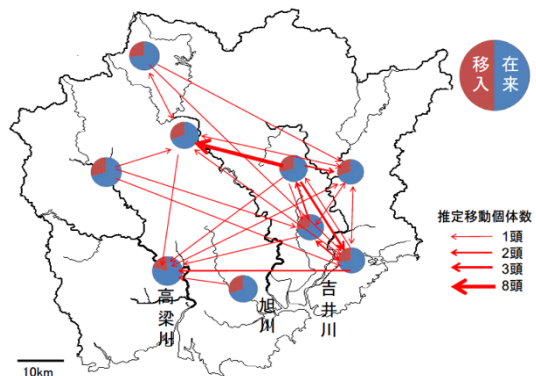


図 6. 過去 3 世代における移動個体数の推定 (Bayesass を使用)

(6) 歯冠計測形質と頭蓋計測形質の多変量解析ならびに体サイズの比較：岡山県産ヌートリア 214 個体の体格に関する外部測定値ならびに頭蓋骨から抽出した 26 計測項目に基づいて、県内の 3 本の主要一級河川(吉井川、旭川、高梁川)を上流域(中国山地)・中流域(吉備高原)・下流域(沖積平野)の三段階に区分し、産地別、雌雄別に解析を行った(図 7)。外部測定値に関しては吉井川下流域のサンプルについて、雌雄ともに有意に体重が重く頭胴長が大きいという結果が得られた。頭蓋骨 26 計測項目に関しては、雌雄ともに第一主成分は頭蓋全体のサイズを、第二主成分は臼歯列のサイズを示し、また、主成分得点を規定する主要な計測項目はほぼ同一であった。但し、主成分得点の分布は雌雄で異なる傾向が見られ、特に第一主成分では、雄の吉井川下流域個体群の得点が全体的に高くなるだけでなく、二極化する傾向が顕著であった。雄の第三主成分と雌の第四主成分は、歯および顎周辺の全体的なサイズの要素と考えられ、主成分得点が示す分布傾向も雌雄でかなりの類似性があることなどが判明した(図 8)。これらの結果を総合すると、吉井川下流の個体群は、他の地域とは異なり、雄では、体重や頭胴長が極端に大型の個体が占め、これら大型個体は頭蓋サイズも大きい。臼歯列のサイズや顎周りの大きさは、他の個体群と比較して大きいとはいえず、また、個体別に見ても、大きな体を持つ個体が臼歯列や顎周辺のサイズが大きくなっているわけではないことが判明した。一方、雌では、雄と同様、体重や頭胴長といった体格そのものは大形化傾向が見られるものの、頭蓋サイズは、他の産地と比較して若干の大形化が見られる程度で、その変異幅は他の個体群が示す変異幅からはみ出ることなく、臼歯列や顎周りの大きさでも地理的な特異性は検出できなかった。

この結果、岡山平野におけるヌートリアの形態的特徴として、吉井川下流域の個体群は、他の個体群とは異なる形態的特徴を有することが明らかとなった。具体的には、雄では体サイズや頭蓋骨が有意に大形化するのに対し、雌では雄と同様の傾向は見られるものの、こうした形質の発現は雄ほど顕著ではない。しかしながら、この形態的特殊性は、臼歯列や顎周りのサイズといった摂食器官には全く反映されておらず、個体レベルにおいても、臼歯列や顎周りのサイズは体サイズとの間にほとんど相関が見られなかった。このことから、産地間でられる形態的相違は成長に伴うサイズの違いといったものではなく、遺伝的要因に基づく体型の違いである可能性が考えられた。

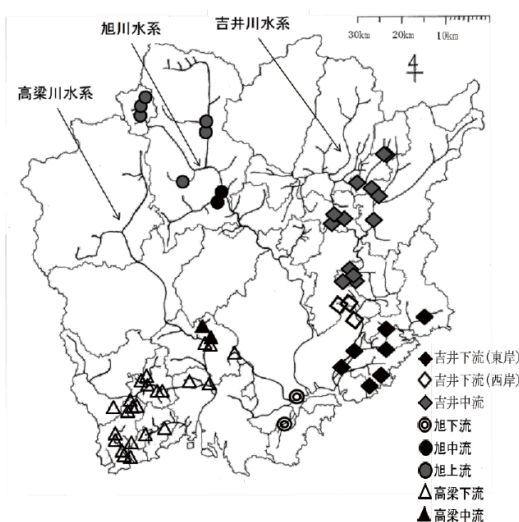


図 7. 形態解析に用いたサンプルの捕獲地点

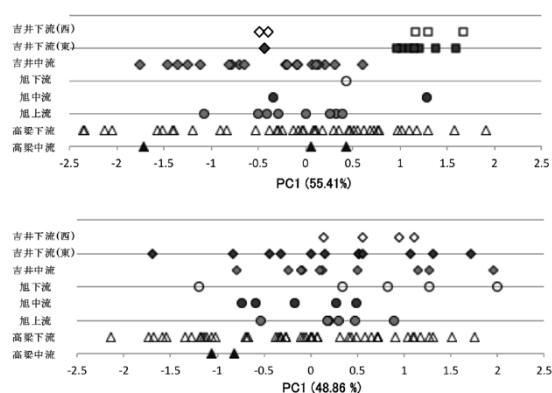


図 8. 第一主成分(頭蓋サイズ)得点プロット(上:雄,下:雌)

(7) バイオテレメトリーによる行動生態の解明：岡山平野中部の笹が瀬川流域で捕獲したオス 4 個体、メス 1 個体の計 5 個体についてラジオテレメトリー法による行動追跡を行った。各個体の行動として、日没 1~2 時間前に活動を開始し、日没時に一旦巣穴に戻るといった共通した行動パターンが見られたものの、個体間の関係は、ケース毎に大きく異なり特定のパターンは見られなかった(図 9)。すなわち、雄の縄張りの中に複数の雌が縄張りを持つといった哺乳類に特徴的なパターンを示したケースはなく、雌雄が常に随伴して行動、2 頭の雄が至近距離(10m 以内)で生活といった極端な例も観察された。また、行動圏は、約 6 千 m²~約 3 万 m²の範囲であり、個体差が大きいばかりでなく、個体間関係によっても大きく変化することが観察された。

このことから、ヌートリアは生息環境、特に隣接した縄張りにおける他個体の存在により行動パターンを大きく変化させるといった極めて可塑性の高い行動特性を有する可能性が明らかとなった。また、このことが、多様な環境への適応を可能にしているものと考えられる。

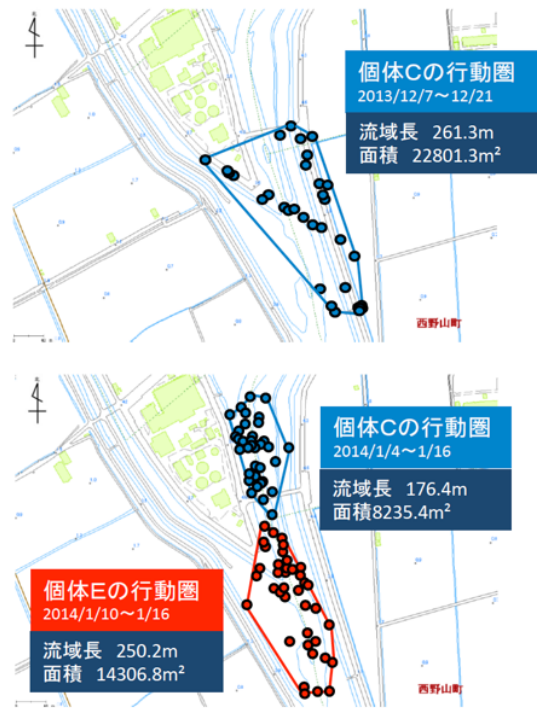


図9. 個体Eによる個体Cの行動圏の変化

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2件)

- 1) 河村功一. 交雑がもたらす遺伝子汚染の実態-雑種に隠された危険性. 生物の科学-遺伝(査読無し) 2015(3), 116-122 (2014).
- 2) 小林秀司・生野あゆみ. ヌートリア *Myocastor coypus* は日本でもホテイアオイを食べるか?-侵略性外来植物に対する簡易選好性試験-. *Naturalistae* (査読有) 19, 29-36 (2014).

[学会発表] (計8件)

- 1) 海江田理子・河村功一・加藤真友美・貸谷康宏・河東重光・小林秀司. 岡山県産ヌートリアの遺伝的集団構造. 平成27年度日本水産学会秋期大会. 平成27年9月23日. 東北大学(宮城県・仙台市).
- 2) Hiroki Higa・Yuki Narita・Shuji Kobayashi. The geographic variation of Body shape in the feral Coypu, *Myocastor coypus*, in Okayama Pref., Japan. The Vth International Wildlife Management Congress (IWM2015). 平成27年7月26日-30日. 札幌コンベンションセンター(北海道・札幌市).
- 3) 河村功一・海江田理子・加藤真友美・貸谷康宏・河東重光・小林秀司. 岡山県産ヌートリアの遺伝的特徴. 平成26年度日本水産学会中部支部大会. 平成26年11月8日. 石川県政記念しいのき迎賓館(石川県・金沢市).
- 4) 比嘉大樹・成田勇樹・小林秀司. 岡山県産ヌートリアの外部計測値ならびに頭蓋計測値の形態的地理的変異 2. 日本哺乳類学会

2014年度大会. 平成26年9月4日. 京都大学(京都府・京都市).

- 5) 比嘉大樹・成田勇樹・小林秀司. 岡山県産ヌートリアの外部計測値ならびに頭蓋計測値の形態的地理的変異 1. 中国四国地区生物系三学会合同大会(岡山大会). 平成26年5月10日. 岡山理科大学(岡山県・岡山市).
- 6) 野瀬遵・小林秀司. 笹ヶ瀬川におけるヌートリアの行動圏の推移(予報). 平成25年9月7日. 岡山理科大学(岡山県・岡山市).
- 7) 柳原綾佳・小林秀司・原田光一. 飼育ヌートリアの侵入防止柵登攀能力. 第29回日本霊長類学会・日本哺乳類学会. 平成25年9月7日. 岡山理科大学(岡山県・岡山市).
- 8) 河村功一・加藤真友美・貸谷康宏・河東重光・小林秀司. mtDNAから見た岡山産ヌートリア *Myocastor coypus* の遺伝的特徴ならびに分布拡大. 第29回日本霊長類学会・日本哺乳類学会. 平成25年9月7日. 岡山理科大学(岡山県・岡山市).

[その他]

ホームページ等

- 1) <http://www.ous.ac.jp/research/kobayashi.wmv>
- 2) <http://www.crc.mie-u.ac.jp/seeds/contents/detail.php?mid=20091224-105838&t=b>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河村 功一 (KOUICHI KAWAMURA)
三重大学・生物資源学研究科・教授
研究者番号: 80372035

(2) 研究分担者

古丸 明 (AKIRA KOMARU)
三重大学・生物資源学研究科・教授
研究者番号: 10293804

小林秀司 (SHUJI KOBAYASHI)
岡山理科大学・理学部・准教授
研究者番号: 50260154