

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23570014

研究課題名(和文)海の上を飛ぶコウモリー流水南限海域で発見された新たな生態

研究課題名(英文) Does *Myotis macrodactylus* fly across the Nemuro Strait? Insights from ecological, genetic, and stable isotope analyses.

研究代表者

河合 久仁子 (KAWAI, KUNIKO)

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・研究員

研究者番号：60451415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円、(間接経費) 1,290,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はモモジロコウモリが根室海峡を飛翔しているという知見に対し、その生態を明らかにし、適応的意義を考察することを目的とした。このため、音声調査、標識捕獲調査、皮膜および体毛の採集による安定同位体比解析および集団遺伝学的解析を行った。

その結果、海上を飛翔する個体が海で採餌している可能性は低く、海上飛翔は特定の気象条件の時のみ観察されること、およびモモジロコウモリ以外の種も海上を飛翔していることが明らかになった。標識再捕獲調査では国後島、知床半島および海上で捕獲された個体の直接的移動はこれまで確認されていないが、これらの地域に生息する個体の遺伝的分化はほとんどないことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to elucidate why *Myotis macrodactylus* fly over the Nemuro Strait. This species occurs at both sides of the strait, in the Shiretoko Peninsula and in the island of Kunashir, and has been reported flying over the strait. We banded more than 1000 individuals of this bat species from Shiretoko Peninsula, over the strait and Kunashir Island, and analyzed their mitochondrial DNA, and stable isotopes from tissue samples.

The behavior of the bats flying over the strait was observed during heavy foggy days. The analysis of the stable isotopes suggested a low probability of these bats feeding over the strait. The results of the banding survey did not provide any evidence of bats flying across the Strait. However, the mitochondrial DNA analysis showed that the genetic diversity of the species on both sides of the strait is very low, suggesting that there might be some level of gene flow between Shiretoko and Kunashir, although not detectable by ecological means.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態環境

キーワード：コウモリ類 安定同位体比分析 DNA解析 標識再捕獲法 流水南限領域 国後島 知床半島

## 1. 研究開始当初の背景

北方四島を含む千島列島は流氷の南限域であり、流氷によってもたらされる栄養塩をもとにした基礎生産量が非常に高く生物資源の豊富な海域として知られている。これらの生物資源を目当てに、莫大な量の魚類が来遊し、それを餌とする海鳥や海獣類、鯨類などの海域生態系に適応した消費者が採餌や繁殖のために集まるなど、生物多様性がきわめて高い地域といえる。この、生物が多様な地域である知床半島羅臼の沖合をコウモリが飛翔しているという情報が漁師から寄せられた。国後島と知床半島の間の中間ライン（知床沖合約 14 キロ付近）に近いところで最もコウモリの飛翔が頻りに目撃されることだった。この情報を確かめるため、本研究の協力者の一人が知床沖で調査をおこなったところ、無数のコウモリの飛翔が目撃された。海上のコウモリの捕獲を行ったところ、モモジロコウモリ *Myotis macrodactylus* が捕獲された。また、海上飛翔しているコウモリが海水面で採餌を行っているような行動が観察されたが、何を餌動物としているかはわからなかった。

モモジロコウモリは、その学名 (macro=大きな, dactylus=(後ろ)指) が示すように後ろ足(指)が大きいのが特徴である。また、その後足をつかって開放水面などから水生昆虫を捕獲していると考えられているが、詳しい食性は明らかになっていない。コウモリ類は哺乳類の約 1/4 を占め、1000 種を超える。多様な環境に適応し、昆虫、脊椎動物、果実および花粉などの多様な生物を餌としている。ところが、海上で積極的に採餌行動をするコウモリとして知られるのは、海上で小魚を補食する中米コロンビアのごく限られた地域に生息する *Myotis vivesi* 1 種のみであり、海上の昆虫や端脚類、プランクトン等を補食している例は報告されていない。ヨーロッパや北米のコウモリでは季節ごとに長距離移動する種もいる。しかし、日本列島周辺では、季節移動については知られておらず、またモモジロコウモリの長距離移動や、海を越えた移動については知られていない。

## 2. 研究の目的

本研究はこの流氷南限海域の上を飛翔するモモジロコウモリに着目し、詳細な生態調査、安定同位体比分析、遺伝的構造解析をおこなうことによって、以下の点に着目して海上のコウモリの生態について明らかにし、知床海域での適応的意義を考察することを目的とした。

- ・この海域を飛翔しているのはモモジロコウモリだけか？ (生態調査)
- ・海の上で採餌をおこなっているのか？ (安定同位体比分析)
- ・海の上のコウモリはどこから来ているのか？ 知床半島と国後島の間を行き来しているのか？ (生態調査・安定同位体比分析・DNA

解析)

- ・この地域の個体群は他地域より独立しているのか？ (DNA 解析)

## 3. 研究の方法

### (1) 生態調査 (標識再捕獲法および音声調査)

知床半島、根室海峡海上および国後島で捕獲調査おこない、捕獲された個体にコウモリ用の識別リングを装着して放し、再びどこで捕獲されるかを調査することにより、直接的な個体の移動を把握した。特に、国後島と知床半島の間で個体の往来があるのかどうかを直接的に明らかにすることを最大の目標として調査をおこなった。また、またモモジロコウモリ以外の種が海上を飛翔しているかどうかを明らかにすることも目的とした。

音声調査では、一定時間に決められたルートを海上で通りながら、コウモリ類の音声を録音し、決まった時間または決まったコースをコウモリが飛翔しているのかどうかを推定すること、およびコウモリが採餌の際に出すバズと呼ばれる特徴的な音声の頻度をカウントすることで採餌の頻度を推定し、海上飛翔の行動の意義を推察することを目的とした。

### (2) 安定同位体比分析

動物の窒素安定同位体比 ( $^{15}\text{N}$ )・炭素安定同位体比 ( $^{13}\text{C}$ ) は、摂取した食物の値を反映することが知られている。 $^{15}\text{N}$ からは食物連鎖の栄養段階を、 $^{13}\text{C}$ からは食物連鎖の出発点を推定するのに用いられている。特に、冷温帯の海洋起源の  $^{15}\text{N}$  および  $^{13}\text{C}$  は陸上に比べて高くなっていることから、その動物が海洋起源の栄養をどれだけ獲っているのかを知ることができる。このため、海上を飛翔するコウモリ類が海上で積極的に採餌しているかどうかを明らかにするため、陸上生態系内で捕獲されたコウモリと海上で捕獲されたコウモリの組織中の各安定同位体比の比較をおこなった。また、予備調査として、飼育実験をコウモリ類の組織に餌動物の安定同位体比が反映されるまでの時間の推定をおこなった。

### (3) DNA 解析

コウモリの移動の状況を知るためには、捕獲し標識を装着して放すことを繰り返す再捕獲法が従来おこなわれてきた。ところが、約 4000 個体に標識を捕獲した北海道東部の調査でも 1 割弱しか再捕獲されておらず、この方法は効率が悪い。このため、近年 DNA 解析を取り入れて、個体群の遺伝的構造や系統地理学的研究から、標識個体調査の結果と合わせて個体の動きを推定したり、または個体群の独立性を推定したりするようになってきた。本研究では知床半島、海上および北方四島の個体群間の遺伝的な構造や他地域の個体群間との独立性の検討をおこなった。

#### 4. 研究成果

##### (1) 生態調査

知床半島（主に羅臼周辺）、根室海峡海上および国後島に捕獲調査をおこない、のべ1000個体以上に標識の装着をおこなった。

根室海峡上では、漁師によって飛翔するコウモリが頻繁に目撃された位置よりもやや知床半島よりの海域で捕獲調査がおこなわれ（図1）3年間で41個体のコウモリ類が捕獲され、標識装着後に放された。このうち3個体はモモジロコウモリではなく、ドーベントンコウモリ *Myotis petax* であることが確認され、根室海峡の海上を飛翔するコウモリ類はモモジロコウモリだけではないことが明らかになった。また、これら41個体が海上および陸上で再捕獲された例はなかった。

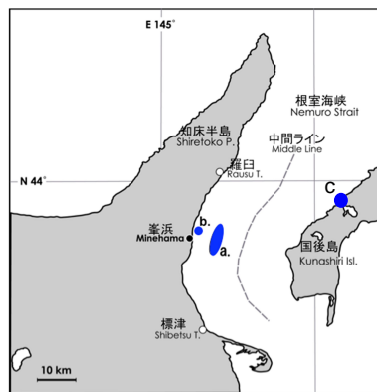


図1. a.漁師によって頻繁にコウモリが目撃される海域, b.海上にてコウモリが捕獲された位置, c.国後島ニキショロ海蝕洞の位置

国後島の根室海峡に面したニキショロ海蝕洞（第1洞および第2洞）において、3年間にのべ543個体が捕獲され、標識装着後に同じ洞窟内で放された。この調査によって、ニキショロ海蝕洞は毎年1000個体以上のモモジロコウモリによって利用されていることが明らかとなった。また、第1洞および第2洞の間では個体の往来があること、第1洞は毎年主に雌の繁殖洞として使われていることが明らかになった。調査を始めて3年目には、ニキショロ海蝕洞（第1洞および第2洞）で2年間にわたって標識を装着された個体が11個体再捕獲されたが、他地域で標識された個体は確認されなかった。

Table 1. Number of *Myotis macrodactylus* banded at Nikishoro sea cave

Year	Date	Locality	Male (recapture)	Female (recapture)
2011	30 Jun.	Nikishoro 1st sea cave	0	1
	31 Jun.	Nikishoro 2nd sea cave	60	12
2012	4 Aug.	Nikishoro 1st sea cave	0	51(4)
		Nikishoro 2nd sea cave	54(3)	30(1)
2013	4 Aug.	Nikishoro 1st sea cave	19(1)	71(8)
		Nikishoro 2nd sea cave	70(1)	29(1)
Total			276(5)	248(14)

このように、3年間の標識再捕獲調査において、海上、国後島と知床半島での直接的な個体の往来は観察されなかった。

海上での定期的な音声調査において、コウモリ類の音声はほとんど録音されず、また採餌の音声も録音されなかった。これらの音声調査の結果および漁師による観察記録により、コウモリ類は限られた気象条件の時に、採餌以外の目的でこの海域の海上を飛翔するのではないかと推定された。

##### (2) 安定同位体比分析

野外で捕獲された個体の解析を行う前に、予備調査として2段階の飼育実験をおこなった。コウモリ類を飼育するにあたり、餌動物となるミルワームにキャットフードを与えてミルワームの安定同位体比（窒素および炭素）がどのくらいの期間で平衡に達するかを明らかにした。その結果、2~4週間程度でミルワームの同位体比は餌の値と平衡になることが明らかとなった（図2）。

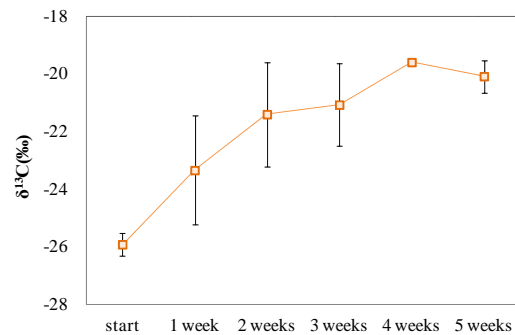


図2. ミルワーム飼育実験による炭素安定同位体比の推移。

次に2週間以上キャットフードを与えられて飼育されたミルワームを飼育下のコウモリ類に与え、コウモリ類の体毛または皮膜中の安定同位体比が平衡に達する期間を検討した。この結果、体毛では実験期間中（4か月）ほとんどの個体で変化がみられなかったが、皮膜は3か月程度で餌動物の安定同位体比が反映されることが明らかになった。おそらく、この期間体毛は成長していなかったと考えられ、体毛試料を扱う際は、体毛の成長過程を考慮する必要が考えられた。

現在は、野外で捕獲された個体の皮膜中の安定同位体比解析を行っているところであるが、予備的におこなった陸上生態系内のコウモリ類との比較により、当該地域の個体が海上の餌動物を積極的に捕獲している可能性は低いと推測されている。

##### (3) DNA解析

知床半島、根室海峡海上および国後島で捕獲された個体から得られた皮膜片よりDNAを抽出し、ミトコンドリアDNA *Cytb* 遺伝子配列の決定をおこなった。現在各個体群より12から20個体程度の個体を用いて予備的な解析を進めているところである。これまでのところ知床半島および海上個体からは1ハプロタイプのみが認められた。このハプロタイプは先行研究 (Kobayashi *et al.* 2012) において北海道内各地で広く見られるものとし

て報告があるものであった。国後島からはこのハプロタイプを含む2ハプロタイプが認められた。新たに国後島で認められたハプロタイプは、これまでのところ北海道内からは認められていない。この予備的な結果より、当該地域に生息するモモジロコウモリ類の遺伝的多様性は低く、何からの遺伝子流動が見られる可能性が高いと考えられた。また、国後島個体群には特異的なハプロタイプが認められ遺伝的な独立性が示唆される可能性もあることが明らかとなった。今後、さらに知床半島および国後島の解析個体数を増やして検討していく予定である。

#### (4)まとめ

本研究は、流氷南限海域の上を飛翔するモモジロコウモリに着目し、この海域に特異的に適応しているのかについて考察する事を目的とした。

海上のコウモリ類がどこから来ているのか？について、標識再捕獲法による生態調査では明らかにする事が出来なかった。しかし、今後安定同位体比分析やDNA解析が進めば、推定できる可能性があると考えられる。

海上のコウモリ類が積極的に採餌をおこなっているのか？を調べるための予備調査として、コウモリ類の体毛または皮膜中の安定同位体比が平衡に達する期間の検討をおこない、皮膜は3か月程度で餌動物の安定同位体比が反映されることが明らかにすることができた。このため、陸上生態系内のコウモリ類と海上で捕獲されたコウモリ類の皮膜中の安定同位体比解析をおこなうことにしている。現在までの予備的な解析により、海上のコウモリ類が積極的に海から採餌をしている可能性は低いことが示唆された。さらに解析を進めることによって、当該地域のコウモリ類の餌動物が他地域と異なっているのかを明らかにする事が出来ると考えられる。

海上のコウモリ類が他地域より独立しているのかを明らかにするためのDNA解析において、ミトコンドリアDNA *Cytb* 遺伝子配列による解析では、北海道に広く分布するハプロタイプをもっていることが明らかとなり、独立性は認められなかった。また、遺伝的多様性は低かった。このため、この地域のコウモリ類には遺伝子流動がある可能性が高いと考えられた。しかし、解析個体数を増やすことによって国後島の個体群の独立性が示唆される可能性も考えられる。

以上より、流氷南限領域に生息するモモジロコウモリは、この地域に特異的に適応した独立した個体群である可能性は低いと考えられたが、本研究で得られた試料を基に今後のさらなる解析を行う事によって、餌動物の推定や遺伝子流動などが明らかになる可能性がある。

#### 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 3件)

- (1) Kawai, K., Tiunov, M.P., Kondo, N., Antipin, M.P., Boiko, V.V., Ohtaishi, N. and Dewa, H. (2014). Bats from Kunashir and Iturup Islands. Biodiversity and Biogeography of the Kuril Island and Sakhalin, 4:74-81. 査読なし
- (2) 河合久仁子・近藤憲久・ピクトル ボイコ・大泰司紀之. (2013). 択捉島中部のコウモリ類. 根室歴史と自然の資料館紀要, 25:9-20. 査読なし
- (3) 近藤憲久・河合久仁子・出羽 寛・マキシム アンチピン・ミハイル チウノフ・大泰司紀之. (2013). 国後島ニキシヨ口海蝕洞に生息するモモジロコウモリ *Myotis macrodactylus* (Temminck, 1840). 根室歴史と自然の資料館紀要, 25:1-7. 査読なし

〔図書〕(計 2件)

- (1)河合久仁子. (2013). 北海道のコウモリ類とその保全について. オホーツクの生態系とその保全(桜井泰憲・大島慶一郎・大泰司紀之, 編), pp. 399-407. 北海道大学出版会, 札幌.
- (2)河合久仁子. (2013). コウモリ類の日露共同研究の状況とこれからの課題. オホーツクの生態系とその保全(桜井泰憲・大島慶一郎・大泰司紀之, 編), pp. 463-466. 北海道大学出版会, 札幌.

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

河合 久仁子 (KAWAI, KUNIKO)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・研究員  
研究者番号: 60451415

##### (2)研究分担者

なし

##### (3)連携研究者

中下 留美子 (NAKASHITA, RUMIKO)  
独立行政法人森林総合研究所・野生動物研究領域・研究員  
研究者番号: 00457839