

平成30年6月15日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18627

研究課題名(和文) 絶滅種エゾオオカミの生態学的役割の解明に向けた、骨の同位体分析による食性復元研究

研究課題名(英文) Reconstruction of the extinct Ezo wolf's diet to understand their ecological role in the past ecosystem

研究代表者

松林 順 (MATSUBAYASHI, Jun)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・生物地球化学研究分野・特別研究員(PD)

研究者番号：30756052

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)：北海道で20世紀初め頃までに絶滅したエゾオオカミがかつての生態系で果たしていた役割を解明するため、北海道内の遺跡から出土した骨試料の同位体分析を行った。放射性炭素同位体比による年代測定の結果、分析した考古試料はいずれも縄文時代の骨であることが示された。続いて、炭素・窒素安定同位体分析による食性復元の結果、7個体中5個体はエゾシカなどの陸上動物を主要な餌資源としていたが、2個体はサケなどの海由来の餌資源に強く依存していたことが示された。カナダ沿岸の島嶼部には、海産物に強く依存した「海辺のオオカミ」と呼ばれる個体群が存在するが、エゾオオカミでも同様の生態を持つ個体群が存在した可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：On Hokkaido, Japan, the Ezo wolf (*Canis lupus hattai*), an apex predator, became extinct at the end of the 19th century. To infer the ecological role of the Ezo wolf in the past ecosystem, I performed carbon and nitrogen stable isotope analysis and radiocarbon dating of bone specimens of the wolf and its prey species. Radiocarbon dating suggested that most of the wolves examined came from different populations or generations. The discrimination-corrected isotopic ratios of five of the seven wolves were almost the same as those of Sika deer at the same sites. In contrast, those of two wolves had clearly higher isotopic values than those of deer, suggesting that these wolves depended partly on marine prey such as salmon and marine mammals. Thus, Ezo wolves had similar ecological roles to Canadian grey wolves, and were a second subspecies shown to have fed on a marine diet, in addition to the 'coastal wolves' of British Columbia.

研究分野：同位体生態学

キーワード：エゾオオカミ 同位体 絶滅種 食性復元

1. 研究開始当初の背景

北海道にはかつて、頂点捕食者であるエゾオオカミが息絶していたが、餌となるエゾシカの減少や駆除政策などが影響し、20世紀初頭までに絶滅した。彼らの絶滅の影響の一つと考えられるのが、増加したエゾシカによる自然植生の食害や農林業被害である。かつてはエゾオオカミの存在が、エゾシカの個体数調整や行動の抑制に貢献していたと考えられるが、エゾオオカミの生態情報は著しく不足しているため、はっきりとした因果関係は分かっていない。従って、絶滅したエゾオオカミを対象に、最も基本的な生態情報である食性を明らかにすることは、頂点捕食者が失われた北海道での生態系管理を考えるうえで、重要な情報となるだろう。

2. 研究の目的

本研究では、道内の遺跡等から少数のみ出土しているエゾオオカミの遺骨の化学分析を行い、その食性を復元することを目的とした。さらに、骨の成長層ごとの分析により、食性の時系列変化を復元する手法を新たに構築し、これをエゾオオカミに適用することで、(1)一生分の平均的な食性、(2)成長段階ごとの食性の变化を明らかにする。これによって、個体群ごとの食性の違いのみではなく、食性の柔軟性や特定の餌資源への依存度の強さなど、種の持続性に関する生態的な情報を提供する。

3. 研究の方法

(1)エゾオオカミの平均的な食性の解明
絶滅した動物の食性を復元する手法として骨の安定同位体分析が有効であり、多数の試料から平均的な食性を推定することができる。北海道内の各地の遺跡から出土したエゾオオカミ試料とその餌資源となりうる動物(エゾシカ・海獣類など)の遺骨を収集した(図1)。続いて、サンプリングした骨からタンパク質であるコラーゲンを抽出し、放射性炭素年代測定及び炭素・窒素安定同位体分析を行った。

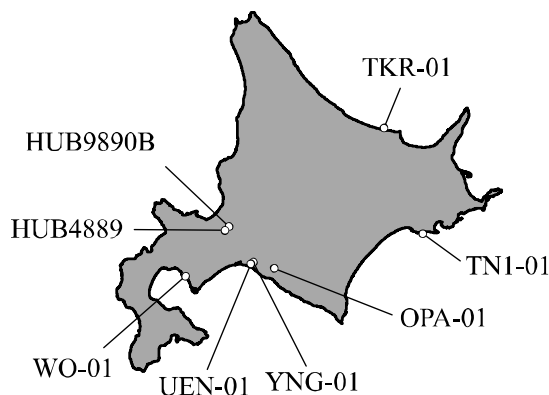


図1. 収集したエゾオオカミ遺骨の出土遺跡の場所。TKR-01の試料は、被熱の影響により同位体分析には使用できなかった

(2) 食性の時系列変化を復元する手法の開発

従来までの骨の同位体分析は、骨全体を用いて平均的な食性を調べるという使われ方が主流だった。本研究では、骨を成長方向に切り分けて分析することで同位体比の時系列変化を復元することができる考えた。これを証明するために、1970~1980年頃に生きていたヒグマ、ニホンジカ、ニホンザル、ニホンカモシカの成獣の骨試料を採取した。骨片を成長方向に10等分してそれぞれの切片からコラーゲンを抽出し、放射性炭素同位体比分析を行った。

4. 研究成果

(1)エゾオオカミの平均的な食性の解明
放射性炭素同位体比分析の結果、全7個体中少なくとも5個体は異なる年代に生きていたことが明らかになった。炭素・窒素安定同位体分析の結果、エゾオオカミの窒素同位体比は4.5‰から13.7‰までばらついており、個体群によって食性に大きな差異が見られることが分かった(図2)。同位体混合モデルによりエゾオオカミ各個体の各餌資源に対する依存度を推定した結果、炭素・窒素同位体比の低かった5個体は栄養源のほぼ100%を陸上動物に依存していたが、残りの2個体では、海産物がそれぞれ栄養源の33.1%、78.6%を占めていた。海産物の中では、サケの寄与率が特に高く、それぞれ31.1%、44.7%と推定された。

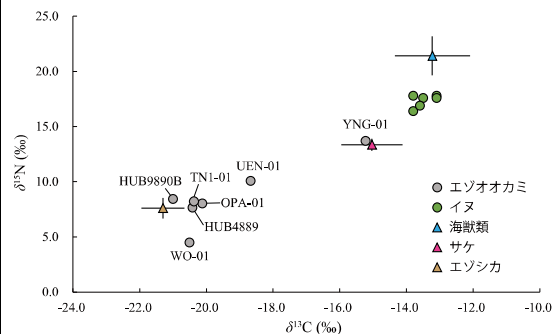


図2. エゾオオカミとその餌資源の炭素・窒素安定同位体比。イヌはオホーツク文化期に飼育されていた個体であり、一生に渡って飼育された動物の指標として用いている

カナダ沿岸の一部地域では、海産物に強く依存しているエゾオオカミ個体群が存在する。これらの個体群は「海辺のオオカミ」と呼ばれ、泳ぎが得意であり、サケや海獣類、貝類を食べるなど、通常のオオカミとは異なる独特の生態を持っている。本研究の結果から、北海道においても一部のエゾオオカミ個体群では、海産物に強く依存した食性を持っていたことが明らかになった。彼らが自然状態で海産物を多く利用していたとすれば、北海道にも「海辺のオオカミ」が存在していたことになる。海産物を利用するオオカミは、

草食動物の個体群を調整するだけでなく、海由来の栄養源を陸域へと運搬する役割を果たすと考えられ、エゾオオカミでも一部の個体群ではこのように特殊な生態を持っていた可能性を示唆した。

ただし、エゾオオカミが当時のヒトに飼育されていた可能性も考慮する必要がある。既存研究より、アイヌに飼育されていたイヌでは、魚や海獣などの海産物をほぼ 100% 与えられていたことが分かっている。本研究で使用したエゾオオカミの同位体比値は、これらのイヌの値とは異なっているため（図 2）、これらの個体が一生を通じて飼育されていた可能性は低い。ある程度成長してから生け捕りにされて、数年間海産物を与えて飼育されていた可能性は除外できない。したがって、これらの個体の同位体比が自然状態の食性に由来するのか、飼育履歴があるのかどうかは、以下で考案した長骨の切片分析を適用することで判別できる可能性がある。

（2）食性の時系列変化を復元する手法の開発

一般的に骨の同位体分析では、ほぼ一生分の同位体比の積算情報が得られると考えられている。しかし、骨の全体で均一な同位体比分布となっているとは考えにくく、古い時期から新しい時期にかけての履歴情報が成長方向に記録されている可能性がある。この仮説が正しければ、骨を成長方向に複数の切片に分割して同位体比を測定することで、成長段階ごとの同位体比の変化を追跡できるだろう。この手法をエゾオオカミに適用すれば、人による飼育の有無や行動圏の広さなど、より詳しい生態を調べることができるようになる。

この仮説を実証するために、1900 年代後半頃に生きていた哺乳類（成獣）の大腿骨試料を収集し、放射性炭素年代測定を実施した。大気中の放射性炭素同位体比は、大気核実験により 1965 年頃をピークに上昇した。その後、大気に放出された放射性炭素は急速に海洋に吸収されたため、大気中の放射性炭素同位体比は 1990 年頃までにかけて減衰している。したがって、1965 年から 1990 年にかけての期間では、放射性炭素同位体比の分析により、生物に炭素が固定された年代を最も正確に推定することができる。収集した試料は、ヒグマ（1971 年、1 個体）、ニホンジカ（1984 年、2 個体）、ニホンザル（1986 年、2 個体）、ニホンカモシカ（1984 年、1 個体）である。分析に先立って、凍結式マイクロトームを用いて、脱灰した哺乳類の大腿骨試料を骨髄から骨表面にかけて水平に複数の切片に切り分けるコラーゲン抽出手法を新たに考案した。この手法を上記の骨試料に適用して、それぞれの骨片を 10 の切片に分割した（図 3）。続いて、全ての切片から骨コラーゲンを抽出して、放射性炭素同位体比を測定し、年代測定を行った。

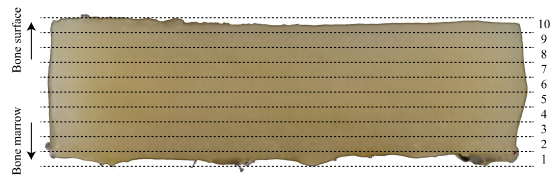


図 3. 大腿骨切片の分割の模式図。下側が骨髄に近い切片であり、骨表面（上側）にかけて切片番号が大きい数字になっている。

分析の結果、最も骨髄に近い No.1 の切片では若干年代が新しく、No.2-3 にかけて古い年代と変化した。その後、No.3 から 10 にかけて徐々に新しい年代へと推移していた（図 4）。No.1-2 の切片では、骨代謝により古い骨コラーゲンが新しいコラーゲンへと作りかえられたため、若干新しい年代が検出されたと考えられる。ニホンカモシカを除いて、どの個体でも 4~6 年分の同位体比の履歴が骨切片に保存されていることが示された。

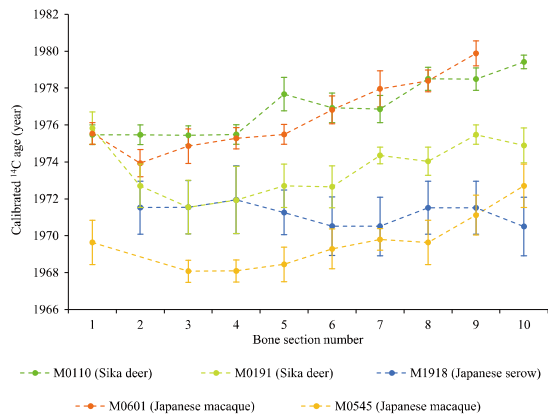


図 4. 骨切片の放射性炭素年代の変化。横軸は骨切片番号であり、No.1 が最も髄に近い切片で、番号が大きいほど骨表面に近い切片となる。

さらに、1971 年まで北海道大学植物園で飼育されていたヒグマでは、No.3-6 にかけて -40‰ という極めて低い放射性炭素同位体比が検出された（図 5）。この値は明らかに大気核実験による放射性炭素同位体比の上昇が起きる前の時代の値であることから、このヒグマは 1950 年以前に生まれて、放射性炭素同位体比が上昇している期間中飼育されていたことが分かった。このデータは、骨切片のうち代謝が起こる部位と起こらない部位を正確に特定する情報となる。骨切片のうち -40‰ 前後の値を示す部位は骨代謝の影響を受けていないといえるので、この個体で骨代謝の影響が見られるのは骨の髄付近（No.1-2）の切片に限定されており、それ以外の部位ではほぼ代謝回転が起こらないことが明らかになった。また、このヒグマ大腿骨の横断面の顕微鏡観察から、骨代謝がおきる部位とおきない部位は、1 番目の成長停止線で区分されることが示唆された。

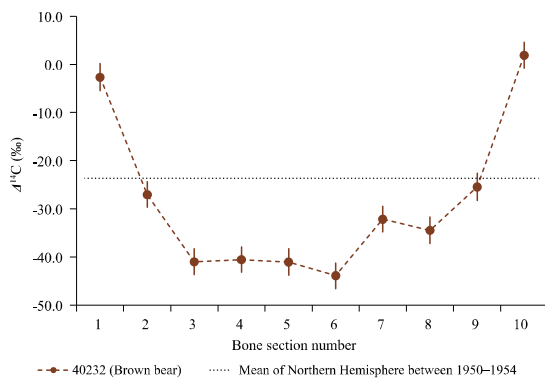


図5 . ヒグマの骨切片の放射性炭素年代の変化。横軸は骨切片番号であり、No.1 が最も髄に近い切片で、番号が大きいほど骨表面に近い切片となる。

以上の結果から、本研究で開発した長骨の切片ごとの同位体比分析手法により、哺乳類の成長段階ごとの同位体比の変化を復元できることが明らかになった。この分析手法は、同位体分析を用いた考古学や生態学の分野に大きな進展をもたらすポテンシャルがあると考えている。

当初の計画では、この手法をエゾオオカミに適用して、より詳細な生態の解明を行う予定であったが、分析手法の確立に予想以上に時間を要したため、研究期間内にこの目標を達成することはできなかった。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Matsubayashi, J., Saitoh, Y., Osada, Y., Uehara, Y., Habu, J., Sasaki, T., Tayasu, I. 2017. Incremental analysis of vertebral centra can reconstruct the stable isotope chronology of teleost fishes. *Methods in Ecology and Evolution*, 8, 1755-1763. (査読有)
doi: 10.1111/2041-210X.12834

Matsubayashi, J., Ohta, T., Takahashi, O., Tayasu, I. 2017. Reconstruction of the extinct Ezo wolf's diet. *Journal of Zoology*, 302, 88-93. (査読有)
doi: 10.1111/jzo.12436

Matsubayashi, J., Tayasu, I., Morimoto, J., O., Mano, T. 2017. Testing for a predicted decrease in body size in brown bears (*Ursus arctos*) based on a historical shift in diet. *Canadian Journal of Zoology*, 94, 489-495. (査読有)
doi: 10.1139/cjz-2016-0046

〔学会発表〕(計3件)

松林順. 魚類・哺乳類の骨の分析から、軽元素同位体比の「履歴」を復元する. 日本生

態学会第64回全国大会 (2017年3月, T10-7)

松林順. 絶滅したエゾオオカミ (*Canis lupus hattai*) の食性復元. 日本生態学会第64回全国大会 (2017年3月, I02-03)

Matsubayashi, J., Tayasu, I. Dietary reconstruction of the extinct Ezo wolf (*Canis lupus hattai*). 10th International Conference on the Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies (IsoEcol 2016). #5-2. 4-8 April, 2016.

〔その他〕(計10件)

朝日新聞 2018年4月1日(朝刊・18面)
「日本のオオカミの実像」

苫小牧民報 2017年2月24日(朝刊・16面)
「京都の研究グループがエゾオオカミ調査 海産物捕食の痕跡」

毎日新聞 2017年1月28日(朝刊・25面)
「エゾオオカミ 海鮮も鉞物」

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

松林 順 (MATSUBAYASHI, Jun)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・生物地球化学研究分野・特別研究員 (PD)
研究者番号: 30756052