

# 乳幼児・子供骨置換速度の評価と安定同位体分析による 古人骨集団の授乳習慣の復元

学生証番号 47086335  
先端生命科学専攻 葛谷 匠  
指導教員 米田 穰



## 【序論】

先史人類集団の授乳習慣や食性の復元には主に、古人骨試料に含まれるコラーゲンの炭素・窒素同位体の存在比 ( $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値) を分析する手法が用いられる。コラーゲンの  $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値は、その個体の摂取していた食物に含まれるタンパク質の  $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値と強く相関する。光合成回路の異なる一次生産者のあいだで、 $\delta^{13}\text{C}$ 値は異なる値をとる。また、食物タンパク質とそれを食べる動物体組織のあいだには $^{13}\text{C}$ ・ $^{15}\text{N}$ の生物濃縮が生じるため、食物連鎖の高い段階の消費者ほど高い  $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値を示す傾向がある。

乳幼児体組織の  $\delta^{15}\text{N}$ 値は、授乳中には母親の値より2%から3%上昇し、離乳完了後には大人の値と同程度にまで低下する。これは、上述の生物濃縮によって、母乳の  $\delta^{15}\text{N}$ 値が大人の食物の値より高くなっているためである。この  $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化のタイミングを分析することで、過去の集団における授乳習慣が推定されてきた。

しかし従来の研究では、古人骨コラーゲン  $\delta^{15}\text{N}$ 値の離乳にともなう変化から、定量的に離乳の開始・終了年齢を推定することができなかった。これは、乳幼児・子供骨の置換速度が不明である、集団の平均的な授乳習慣をモデル化する適切な手法が存在しない、という2点の理由による。本研究でははじめに、乳幼児・子供骨の置換速度を新たに推定し、離乳の始まりと終わりの年齢を定量的に推定できるモデルを開発することを試みた(結果・考察 I)。

ヒトは離乳食を利用して、他の類人猿に比べて授乳期間を短縮させている。授乳期間の短縮は出生率の増加と密接な関係があると考えられており、適応的である。この授乳期間の短縮と離乳食の利用について、穀物農耕の開始・植物質食物の利用に関係があるとする説が注目されている。先史人類集団の授乳習慣と生業・食性の関係を考察するには古人骨コラーゲンの  $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値分析が有効だが、そうした研究の多くは陸生資源に依存した農耕集団についておこなわれている。本研究では、海洋性の食資源に高度に依存していたと考えられる先史北海道有珠モンリ遺跡の狩猟採集集団について、授乳習慣の復元を試みた(結果・考察 II)。

## 【結果・考察】

### I. 離乳にともなう骨コラーゲン $\delta^{15}\text{N}$ 値変化のモデル化

#### I-1. 骨置換速度の推定とモデルの開発 (図1)

放射性降下物由来 $^{90}\text{Sr}$ の人骨・乳製品への取り込みについて、米国で1960年代に報告されたデータを利用して、乳幼児・子供骨置換速度を推定した。まず、骨への $^{90}\text{Sr}$ の取り込みをモデル化するため、骨置換速度を変数として組み込んだ[式1]をたてた。この数式を用いて1年ごとの骨 $^{90}\text{Sr}$ 濃度の変化を連続的に計算した。次に、線形計画法(LP)を用いて、計算した値と骨 $^{90}\text{Sr}$ 濃度実測値の差を最小にする置換速度を求めた。

推定した骨置換速度を考慮し、骨コラーゲン  $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化を離乳年齢の関数として表す[式2]をたてた。この数式を用いて0.5年ごとの骨コラーゲン  $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化を連続的に計算した。そして、LPを用いて、計算した値と実測した  $\delta^{15}\text{N}$ 値の差を最小にする離乳年齢を求めた。

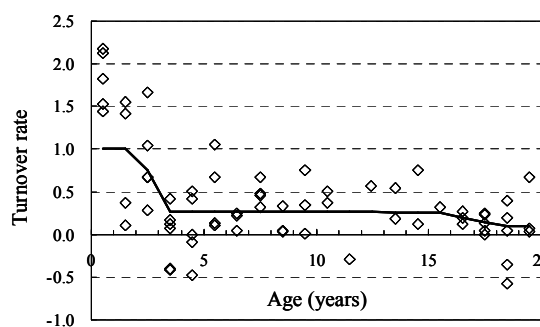


図1. 骨置換速度の推定値

ひとつひとつの計算によって求められた仮想的な置換速度(◇)と、線形計画法によって求めたデータセット全体に対して差を最小にする置換速度(—)。骨置換速度が1.5歳程度から急激に低下することがわかる。

$$\text{式1: } S_b[t] = S_b[t-1] \times (1 - T[t]) + S_d[t] \times F \times T[t]$$

$S_b[t]$ : 年齢 $t$ での骨 $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ 値

$T[t]$ : 置換速度

$S_d[t]$ : 乳製品 $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ 値

$F$ :  $\text{Ca}$ に対する $\text{Sr}$ 濃度の分別係数

$$\text{式2: } N_b[t] = N_b[t-0.5] \times (1 - T_{1/2}[t]) + \int N_c[t] dt / 0.5 \times T_{1/2}[t]$$

$N_b[t]$ : 年齢 $t$ における骨コラーゲン  $\delta^{15}\text{N}$ 値

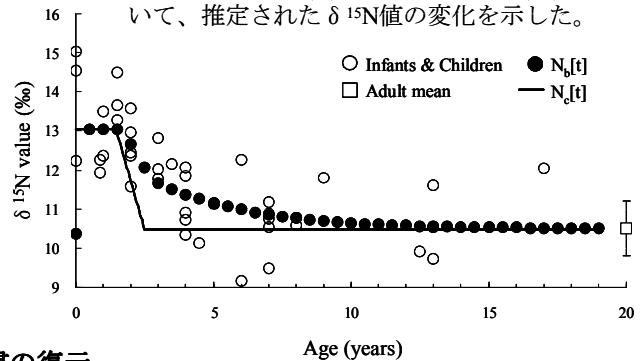
$T_{1/2}[t]$ : 0.5年間(年齢 $t-0.5 \sim t$ )の骨置換速度

$\int N_c[t] dt$ : 新たに合成されたコラーゲンの  $\delta^{15}\text{N}$ 値の平均  
先行研究の数式より  $\int N_c[t]$ は離乳年齢の関数で表される

## I-2. モデルの検討 (図2)

開発したモデルを中世由比ヶ浜南遺跡の測定データに適用し、妥当性を検討した。適用の結果、離乳は1.5歳に始まり2.5歳に終わると推定された。この離乳年齢は、現代の「伝統的な」農耕集団において民族学的に観察された結果と比較してほとんど違いがない。モデルを検討した結果、骨置換を考慮しない従来の推定では、離乳の終わりの年齢が過大評価されてしまう可能性が示唆された。

図2. モデルを由比ヶ浜南集団に適用した結果骨コラーゲン(●)および食物由来(○)について、推定された $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化を示した。



## II. 先史北海道有珠モシリ集団における授乳習慣の復元

### II-1. 大人の食性 (図3)

骨コラーゲン $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値分析の結果、主要なタンパク質源は海生哺乳類に大きく依存しており、それより $\delta^{13}\text{C}$ 値が低い食物もある程度摂取されていた、ということが示された。この結果は、遺跡より出土する動物遺存体や道具を分析した考古学的な研究の知見と一致する。

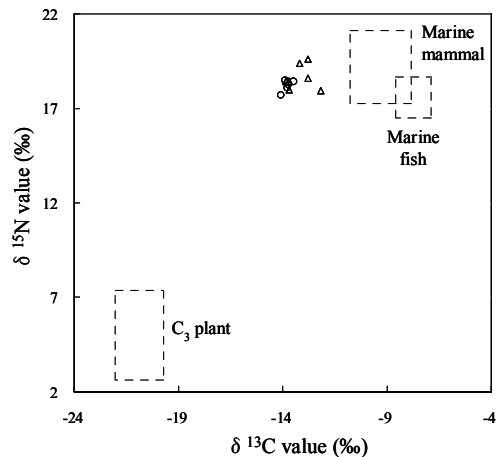


図3. 有珠モシリ遺跡の大人骨コラーゲン $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値 ( $\Delta$ : 男性、 $\circ$ : 女性) 先行研究より得られた、利用していた可能性のある食資源の $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値も示した。

### II-2. 乳幼児・子供の授乳習慣 (図4)

骨コラーゲン $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値分析の結果、乳幼児・子供には $\delta^{13}\text{C}$ 値の平均が有意に異なる2つのグループが観察された。

#### ■ $\delta^{13}\text{C}$ 値の高いグループ (高 $^{13}\text{C}$ 群)

大人の平均値と比較すると、 $\delta^{13}\text{C}$ 値には差がなく、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は乳幼児・子供が有意に高かった。この結果は、高 $^{13}\text{C}$ 群の乳幼児が、大人と同じような食物を離乳食としていたことを示唆する。 $\delta^{15}\text{N}$ 値の上昇は授乳の結果であると考えられる。Iで開発したモデルを適用した結果、離乳は3.2歳で始まりすみやかに完了すると推定された。

#### ■ $\delta^{13}\text{C}$ 値の低いグループ (低 $^{13}\text{C}$ 群)

0歳で大人の平均値よりも低い $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値をとり、年齢増加にともなって $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値が上昇していく傾向がある。この結果は、低 $^{13}\text{C}$ 群の乳幼児が、生後まもなくから $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値の低い陸生食物( $\text{C}_3$ 植物や陸生動物)を摂取し、その後徐々に同位体比の高い食物を摂取するようになっていったことを示唆する。生後まもなくから与えられた食物として、後のアイヌ文化で観察されたような、 $\text{C}_3$ 植物を含む代用乳の可能性があげられる。

### 【結論】

乳幼児・子供骨置換速度の変化を初めて連続的に推定し、離乳年齢を定量的に復元できるモデルを開発した。また、先史北海道の狩猟採集集団において、2種類の異なる授乳習慣(3歳頃すみやかに離乳するもの、陸生食物を含む代用乳を使用していた可能性のあるもの)が存在することを示した。

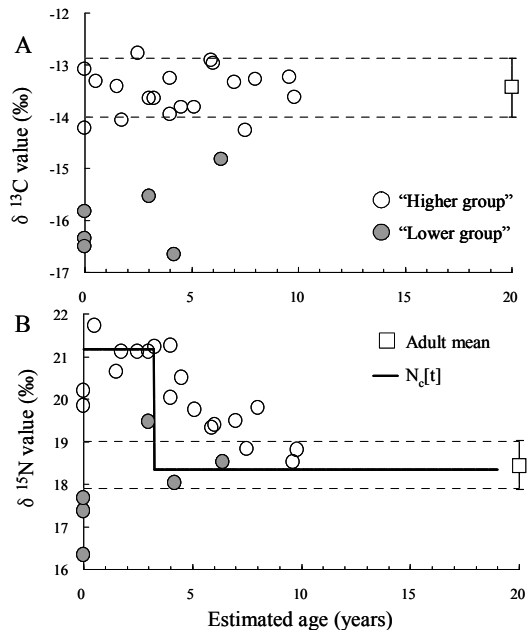


図4. 有珠モシリ遺跡の乳幼児・子供骨コラーゲン $\delta^{13}\text{C}$ 値(A)・ $\delta^{15}\text{N}$ 値(B) 高 $^{13}\text{C}$ 群( $\circ$ )、低 $^{13}\text{C}$ 群( $\bullet$ )の乳幼児・子供の測定値、大人平均値( $\square$ )、モデルから推定された食物由来コラーゲンの値( $-$ )を示した。