

アミノ酸の窒素同位体比による先史人類集団の食性復元に関する方法論的検討 —タンパク質の炭素・窒素同位体比を併用した多角的アプローチ—

2009年3月修了 先端生命科学専攻 人類進化システム分野

学生証番号：76541 氏名：内藤裕一 指導教員：河村正二准教授・米田穰准教授

キーワード：食性復元, アミノ酸, 窒素同位体比, 栄養段階, 放射性炭素年代

〔序論〕

本研究は先史人の食性を定量的に復元する手法の確立を大目的とし、具体的には以下の2つのサブテーマに取り組んだ。①タンパク質の炭素・窒素同位体比から食物の利用割合を計算する食性推定モデルの有効性評価、②アミノ酸の窒素同位体比分析による古人骨の海産物摂取量評価である。食性推定モデルとは、2つの同位体比から4つ以上の食物群について利用割合を推定するためのモデルである。これらのモデルは動物実験や野生動物の生態研究で有効性が検討されているものの、ヒトに対しては未検討である。そこで本研究では、定量的な食事調査の記録があるインドネシアの現代人集団を対象に、炭素・窒素同位体比分析および食性推定モデルによる食物利用割合の推定値と、実際の食事調査内容を比較することでモデルの有効性を検討した。これまでに提唱された掃き出し法 (IsoSource) および線形計画法 (LP法) に加え、本研究で新たに考案した濃度加重線形計画法 (CWLP法) を検討対象とした。

一方、②のサブテーマについては北海道の縄文時代人 (北黄金貝塚人) を研究対象とした。海産物摂取量の定量的な評価は、人骨の放射性炭素年代のズレを補正する上で極めて重要である。このズレは海産物摂取量に比例して大きくなるからである。従来、人骨コラーゲンの炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) を利用して、食性推定モデルによる北黄金貝塚人の食性復元が試みられてきた (図1)。しかし、得られる推定値はしばしば幅広い分布をもつため、正確な海産物摂取量の評価は困難であった。そこで私は、海洋生態研究で開発されたアミノ酸の窒素同位体比分析に着目した。この手法は、同一個体のグルタミン酸とフェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ 値から、生物の栄養段階 (Trophic Level, TL) を正確に推定できる。本研究は北黄金貝塚人の陸・海の食料に含まれるグルタミン酸 (Glu) とフェニルアラニン (Phe) の $\delta^{15}\text{N}$ 値を想定し、次の連立方程式を解くことで海産物摂取量 (F) と海の食料の栄養段階を推定した。この手法を TL法と呼ぶことにする。

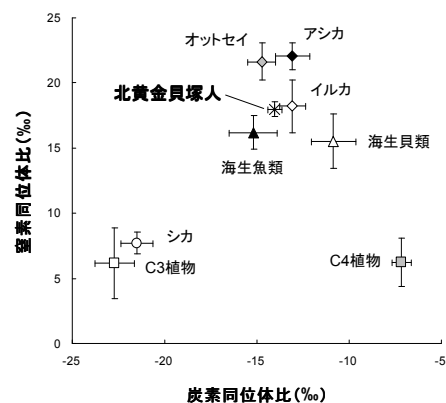


図1. 北黄金貝塚人骨と利用食物の炭素・窒素同位体比

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{人Glu}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{海Glu}} \times F + \delta^{15}\text{N}_{\text{陸Glu}} \times (1-F) + 8.0$$

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{人Phe}} = \delta^{15}\text{N}_{\text{海Phe}} \times F' + \delta^{15}\text{N}_{\text{陸Phe}} \times (1-F') + 0.4 \quad (F \doteq F')$$

アミノ酸の窒素同位体比分析を考古学試料に応用した例はなく、本研究が最初の試みである。

〔結果・考察〕

I. 食性推定モデルの妥当性評価

被験者の食事において最も重要な5つの食物群に対する各モデルの利用率推定結果を表1に示す。IsoSourceと比較して他の

表1. 食性推定モデルによる被験者の食物摂取量推定値

	IsoSource	LP法	CWLP法	調査記録
C ₃ 植物	1-70%	6-78%	31-82%	64%
卵	0-45%	0-43%	0-43%	13%
小麦粉	0-62%	0-59%	0-46%	10%
イワシ	0-22%	0-22%	0-19%	5%
魚の塩漬け	0-37%	0-35%	0-23%	2%
その他	—	—	—	8%

2手法は高い推定精度を示した。LP法に比較して、CWLP法はやや狭い推定幅を示した。この結果から、ヒトの食物利用率について本研究で新たに考案したCWLP法が従来の手法と遜色ないか、むしろより高精度な推定が可能であることが示された。

II. アミノ酸の窒素同位体分析による北黄金貝塚人の海産物摂取量評価

人骨および動物遺存体に含まれるグルタミン酸、フェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ 値を図2に示す。各人骨における海の食料の割合(F)は以下の式で表される。

$$F = \frac{(8 \times \delta^{15}\text{N}_{\text{人Phe}} - 0.4 \times \delta^{15}\text{N}_{\text{人Glu}} + 0.4c - 8d)}{0.4(c-a) + 8(b-d)}$$

ここでa, b, c, dはそれぞれ海の生産者の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}}$ および $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ 、陸の生産者の $\delta^{15}\text{N}_{\text{Glu}}$ および $\delta^{15}\text{N}_{\text{Phe}}$ の値を示す。つまりFの値は陸・海の生産者に含まれるグルタミン酸、フェニルアラニンの $\delta^{15}\text{N}$ 値によって定まる(0.67~0.81, 表2)。一方、IsoSourceとCWLP法を用いるとTL法に比べて海産物摂取量を過大評価する結果となった。この違いは両手法において海産物の同位体比平均値を用いたことによると考えられる。ただしCWLP法の方がTL法による推定結果に近い値を示した。

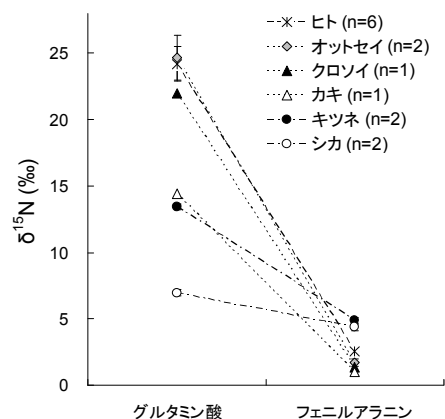


図2. 人骨および動物遺存体のアミノ酸窒素同位体比

このように、タンパク質の炭素・窒素同位体分析では定量的な海産物の評価が難しいため、人骨の ^{14}C 年代のズレから海産物摂取量を逆算した研究もある(79±6%)。この値はTL法による推定値と近似した。しかし、この手法では一般に幅広い放射性炭素年代をもつ地層から出土した人骨について、個体ごとに海産物摂取量を評価できないという問題がある。放射性炭素とは独立したアミノ酸の窒素同位体比を利用するTL法は、この問題も解決できる。

陸の食料をシカあるいは生産者と仮定したとき、海の食料の栄養段階の値はそれぞれ2.8~3.1、3.0~3.6となった(表2)。この推定結果は従来提唱されてきた海獣類の積極的利用と矛盾しない。オットセイ骨の栄養段階は3.5および3.7と評価されており、この値は陸の食料を生産者(陸上植物)と仮定した場合の推定値により近い。すなわち人骨コラーゲンの同位体比が海獣類に近いことと整合的である。したがって、陸上のタンパク質源としてはシカよりも植物の方が重要であったと考えられる。

表2. TL法と食性推定モデルによる海産物摂取量および $TL_{\text{海}}$ の推定値

人骨性別	No.2 ♀	No.4 ♂	No.5 ♀	No.7 ♂	No.8 ♀	No.9 ♂
TL法	0.68	0.80	0.67	0.77	0.74	0.81
誤差	0.10	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
海の食料の栄養段階	2.8~3.3	3.0~3.3	3.1~3.6	2.7~3.0	2.8~3.2	3.1~3.3
IsoSource	0.81-0.89	0.88-0.96	0.79-0.87	0.79-0.87	0.81-0.89	0.88-0.96
CWLP	0.77-0.87	0.85-0.94	0.76-0.85	0.75-0.84	0.77-0.87	0.84-0.94

また、男性と女性で海

産物摂取量に差がある可能性が示唆されたため、今後分析個体数を増やすことで食習慣における性差などについて議論する必要がある。

【結論】

人体組織の炭素・窒素同位体比から多数の食物の利用割合を推定するモデル(CWLP法)を確立した。同モデルは従来のモデルよりも高精度であった。また、アミノ酸の窒素同位体分析により人骨個体ごとの海産物摂取量を評価できる手法(TL法)を開発した。さらに、各人骨における海の食料の栄養段階から、食事の約7~8割を占める海産物の中ではオットセイが、陸の食料の中では植物がタンパク質源として重要であったと考えられる。