

# ミイラ軟部組織の同位体分析による食性の経時的変化の研究

～ペルー共和国 Pachacamac 遺跡出土ミイラの出自と地下墓利用年代の考察～

平成 20 年度 修士学位論文

東京大学大学院新領域創成科学研究科

先端生命科学専攻 人類進化システム分野

47-076534 瀧上 舞

指導教員 米田 穰

平成 21 年 1 月 30 日提出

目次	1
I. はじめに	3
II. 背景	8
1) ペルーの生態環境	
2) アンデス文明における編年	
3) パチャカマック遺跡	
4) 埋葬されていた人々の出自	
5) 16 世紀の記録文書	
III. 方法の原理	13
1) 食性解析	
2) 同位体比効果の補正	
3) 代謝回転速度	
4) 年代測定	
IV. 実験方法	18
1) サンプルリング	
2) 安定同位体比測定試料の前処理	
a) 毛髪	
b) 筋肉	
c) 布	
3) $^{14}\text{C}$ 年代測定試料の精製	
4) 測定	
a) 安定同位体比質量分析計	
b) 加速器質量分析計	
V. 結果	21
1) 年代測定	
2) 筋肉の食性解析	
3) 毛髪による食性解析	

VI. 考察	23
1) 地下墓利用年代の考察	
2) 人の移動の考察	
a) 他遺跡との比較	
b) 筋肉と毛髪と比較	
3) トウモロコシ摂取量の季節変化	
VII. 結論	29
VIII. 謝辞	30
IX. 参考文献	31
X. 図表	39

## I. はじめに

紀元前約 1 万年前からスペイン侵略の西暦 1532 年までペルーからボリビアの一部にかけて栄えたアンデス文明は、ヨーロッパやアジアとの接触がほとんどなく、文字や鉄器が発達しなかった文明である。この文明が栄えた地域にはアンデス山脈が聳え、急激な標高差、冠雪地帯、砂漠地帯、熱帯雨林地帯などを含む多様な生態環境が存在していた。このような様々な環境下で、人類がどのように安定な食料供給を導き、巨大な帝国（ワリ帝国やインカ帝国）を築くに至ったのかという研究は、考古学のみならず、人類学や民俗学、宗教学など多くの学問において重要である。本研究は食性変遷の視点からアンデス文明の発展を調べる。

本研究では、アンデス文明におけるトウモロコシと海産物の果たした役割に注目する。アンデスの食習慣においてトウモロコシは様々な理由で注目されている。アンデスでは乾燥させた保存食として 1 年を通して食べられたのはジャガイモが主であり、トウモロコシは儀礼的・宗教的価値のある祭祀に関連した食物だったと考えられている（山本, 2004）。たとえば、ナスカ文化<sup>\*1</sup>における主神やモチェ文化<sup>\*2</sup>における創造神がトウモロコシとともに描かれた土器が多数見つかり、トウモロコシの宗教的な重要性が指摘されている（山本, 2004）。特にトウモロコシを重用したのは約 15 世紀からスペイン侵略までアンデス地域全体を支配したインカ帝国で、祭祀の際に『チチャ』というトウモロコシから作られた発酵酒が用いられたことや、トウモロコシの粉で作るパンは特別な食べ物だったという記録が残っている（インカ・ガルシラーソ・デ・ラ・ベータ, 2006）。また、インカ帝国時代に子供を生贄として神に捧げる風習があったことが知られているが、そのように生贄として埋葬された、アルゼンチンの Volcan Llullaillaco（ユヤイヤコ火山）で見つかったインカの 3 体の子供のミイラは、死の 9 カ月前から食性が変化し、トウモロコシの摂取量が増加している（Wilson et al., 2007）。同じくインカ時代の生贄と報告されているアコンカグアのミイラは少なくとも死の 2 年前にはトウモロコシ摂取量が増加していると報告されており、祭祀におけるトウモロコシの重要性が強調されている（Fernández et al., 1999）。さらに、インカ帝国が異なる文化を持っている地域を征服するとき、必ずしも軍事的行動をとるわけではなく、相手に贈り物を与えて好意を得て、自分たちの味方にした、といわれている（ピース and 増田 1988）。その際に贈るものはトウモロコシやコカが用いられていた（マリア・ロストウォルフスキ, 2003）。祭祀活動は、大規模

な神殿建築や指導者階級の登場などによる文明の発展を促し、巨大帝国の礎となるため（関, 1997）、祭祀・政治活動に関連したトウモロコシ利用の変遷を知ることは、アンデス文明の発展を考えるポイントの1つとなる。

もう1つトウモロコシに注目した理由として、特徴的な炭素同位体比を持つという点が挙げられる。古代人の食性を調べるには文字記録からの復元が最も情報量が多いが、アンデス文明では文字が作られなかったため、古代人による直接記録である文献記録が存在しない。そのため、食料の生産・加工に関わる遺物や遺構、食料資源であった動物や植物の遺存体、土器や織物などに描かれた食料や、ヒト遺存体を用いた分析によってのみ食性復元が行なわれている。トウモロコシは  $C_4$  植物に属し、米や麦の  $C_3$  植物とは異なる光合成回路（ハッチ・スラック回路）をもっているため一般的に  $^{13}C$  濃度が高い。そのため、ヒト遺存体の炭素同位体比を調べて  $^{13}C$  濃度の上昇を追うことでトウモロコシ利用の変化を推測することができる（Burger and van der Merwe, 1990; Tykot et al., 2006）。

本研究ではトウモロコシへの注目に加えて、海産物の利用量なども含め、アンデス文明における食性の変遷を調べている。アンデス文明全体における食性の変遷を調べることは容易ではない。全貌を理解するためには以下のような3つの視点で議論する必要がある。

- ① ある地域における、時代の変遷に伴う食性の変化。
- ② ある時代における、様々な地域での食性の差。
- ③ 1個体における、一生を通じた食性の変化。

①と②を組み合わせることで、アンデス文明全体の食性の時空間における変遷を考えることができるが、さらに③を調べることで、食性からどのような人物が埋葬されていたのかを検討することが可能になり、考古学的見解と合わせることで、当時その遺跡が果たした社会的機構を推測することができる。すなわち、遺跡から出土するヒト遺存体試料の化学分析から各遺跡の性格をより詳しく知ることができる。③の1個体の食性変動の研究については骨のみで行うのは難しく、ミイラのように多くの食性情報を持つ軟部組織が残っているヒト遺存体を用いた研究が適している。

アンデス文明が存在したペルー共和国では、乾燥した海岸地域で乾燥ミイラが多く出土し、冠雪地帯の山頂付近でも凍結ミイラが多く出土するため、ミイラを用いた分析で複数の遺跡での比較が出来る。まさにミイラ研究に適したフィールドであるといえる（ギレン, 2006）。ミイラは人間や動

物の死体が腐敗せずに原形に近い状態を保っているもので、土地や空気の乾燥・寒冷などによる天然のものと、宗教上の理由から遺体の保存を望み、種々の防腐・保存処置を施して作る人工のものがある。腐敗しにくい骨は日本のような温暖湿潤な気候でも残っていることがあるが、腐敗しやすい軟部組織（毛髪や皮膚、爪、筋肉、内臓など）は限られた条件でしか保存されない。ペルーの場合、海岸の砂漠に埋葬された遺体が自然乾燥したものが数多く知られるが、紀元前 6000 年頃から人々は人為的な保存処理によってミイラを作り始めている（Arriaza, 1995; Arriaza, et al., 2005）。一般に軟部組織は骨よりも代謝回転速度が速く、より死期に近い食性の情報を保持しているため、ミイラからは食性に関するタイムスパンが異なる情報が得られると期待される。また、毛髪や爪は古い組織が分解されずに次々と新しい組織が追加されていくため、テープレコーダーのように食性の変化が連続的に記録されている。ヒト遺存体がミイラとして残っている場合、軟部組織による死期に近い短期間の食性、骨による長期間の平均的な食性、毛髪・爪による食性の経時的変化という 3 つの情報が得られることになる。

ミイラを用いた人の移動についての研究は、近年その数が増加している。例えば、前述したインカ時代の生贄であったアコンカグアの子供のミイラは、毛髪と骨の同位体比の差から、幼少の頃は海に近い場所に住んでおり、生贄になる少なくとも 2 年前に山岳地域に移動したと推定されている（Fernandez et al., 1999）。また、海岸から 100km 離れたカナダの山中で見つかった氷付けのミイラ（Kwaday Dan Tsinchi）の研究でも、生前は海岸地域に居住し、亡くなる直前に山岳地域へ移動したことが推定されている（Richards et al., 2007）。

このように骨だけでは見えない人の移動が、軟部組織の分析により推定可能になることで、各遺跡の性格についての考察が可能になる。アンデス文明において人の移動で注目されるのが、宗教センターと呼ばれる遺跡への巡礼である。アンデス文明は、巨大な神殿群を持つ 1 つの宗教中心地を軸に、同一の宗教・文化をもつ巨大な集合体が形成されることで文明が発展してきたと考えられているため、宗教センターへの人の移動やその社会的機能・役割が注目されている（関, 1997）。人の移動は海産物摂取量から考察することが可能である。海産物摂取量の大小は、そのまま海岸からの距離の遠近を表すので、人の居住域を知ることができる（Tomczak, 2003）。同位体分析を行なうことで、遺跡に埋葬された人の食性から推測される海岸との距離と遺跡の立地の関係から、人の動きを考えることができる。本研究が対象とするペルー中部海岸地域にあるパチャカマック (Pachacamac) 遺跡は、スペ

イン侵略以前に宗教センターとして多くの巡礼者が訪れたと、スペイン人征服者らの見聞記録から考えられている。なかでも、2005 年に発掘された地下墓のミイラ群は、海岸に隣接する遺跡であるにも関わらず、DNA 分析や土器の様式から山岳地域とのつながりが示され、パチャカマック遺跡への人の移動が示唆されている（篠田私信; Rafael Segura, 私信）。また、別の発掘調査では、パチャカマック遺跡は複数の民族集団によって占領され使用された宗教センターではなく、連続した王朝の君主によって統治された遺跡であり、周辺地域の遺跡の総支配者だったという見解（Eeckhout, 1999）や、埋葬された人々は巡礼者ではない単一の民族グループだった(Torres-Rouff, 2003)という報告もあり、見解は統一されていない。

そこで本研究では、ミイラに記録されている個体の食性変遷に着目し、パチャカマック遺跡への人の移動を検証し、埋葬されたミイラの出自を考察することで、この遺跡の性質を議論する。

さらに、多くの個体が埋葬されているというこの地下墓の性質をより詳細に調べるために、それぞれのミイラの年代を検討した。考古学的手法では土器や織物の様式に基づいて年代を決定することが一般的である。しかし、今回調査された地下墓には多くのミイラが密集して置かれていたため、供伴した土器とミイラの関係が不明なものが多い。さらに、地下墓から出土した土器はイチマ文化（西暦 900~1450 年）と呼ばれる中部海岸地域の文化に属するものであるが、この文化の土器の編年について詳細な研究は始まったばかりであり、確立されていない。従って、土器の形状からイチマ文化期の中での年代を絞ることが難しい。また、ミイラが纏っていた織物は単純でデザイン性に乏しいため、その様式から年代を決めることも出来なかった。しかし、墓の入り口が地上から約 15~20cm のところにあったこと、墳墓内にアナフクロウの巣と排泄物があつたことから、地下墓は何度も開けられたと考えられ (Segyra et al., 2006; Shimada et al., 2007)、さらに墓の奥にはイチマ文化の土器があつたが、入口付近にはインカ時代（西暦 1450~1533 年）のインカ様式の土器が投げ入れられていたことから、この地下墓は長期に渡って使用されたと考えられており、個々のミイラについて、墓の使用年代とミイラの作成時期を決めるため、 $^{14}\text{C}$  年代測定を行った。

アンデス文明全体の食性変遷を調べることでその適応を理解することを研究の大目的とするが、本論文では個体における食性変遷に絞って、ペルー共和国パチャカマック遺跡出土のミイラ 52 体を対象に軟部組織の同位体分析を行った。なお①と②について博士課程で研究を進めるために、2007 年の 9 月と 12 月にペルーにてサンプリングを行い、これまでに合計で 7 遺跡から、人骨 148

点、ミイラの毛髪 63 点、皮膚 35 点、内蔵 12 点、筋肉 7 点、動物骨 9 点を得て、現在、分析中である。

＊1：ナスカ文化・・・紀元前 1 世紀から紀元後 700 年にかけてペルーの中部海岸地域に栄えた文明。

多彩色土器が特徴的で、巨大な地上絵を作り上げた(プロー, 2006)。

＊2：モチェ文化・・・紀元前後から紀元後 700 年まで続いたペルーの北部北海岸の巨大な王国。その支配は南北 500km にも及んだといわれる (関, 1997)。



## II. 背景

### 1) ペルーの生態環境

ペルー共和国は太平洋岸沿いに流れる寒流と急峻なアンデス山脈によって複雑な生態環境を形成している（図 1）。古代アンデスの人々は、その多様な生態系の資源を複合的に組み合わせることによって、帝国ともよばれる巨大な権力機構を作り上げていった（ピース and 増田, 1988）。南米大陸の太平洋側には寒流のペルー海流（別名フンボルト海流）が流れているため、ペルーは赤道に近いにも関わらず気温がそれほどあがらない。南東から赤道に向かって吹く貿易風が南米の海岸にそって北上するが、直下の冷水で温度が上がらず蒸発も少ない。そのため雨が降らず、ペルーの海岸沿いは乾燥し砂漠となっている。谷沿いのみ水が豊かで作物を作れるので、人々は谷沿いに集落を築いていった。

さらに、内陸 200~300km の距離に標高 6000m 級の山脈が太平洋と平行に続いており、海岸からアンデス山脈まで短い距離で急激に高度と環境が変わってゆく。アンデス山脈の山頂は冠雪地帯であるため、人類が居住できる範囲は限られており、利用できる食料や栽培地域、リャマ・アルパカの飼育範囲にも工夫が必要となる。また、アンデス山脈を越えた東斜面は、寒流の影響がなく、高温多湿な熱帯雨林的環境が広がっている。

ペルー海岸地域ではその極度の乾燥から、特別に加工をしなくても遺体がミイラとして残りやすい。そのため、海岸遺跡からはミイラが多く出土する。一方、山岳地域では、雨季と乾季に分かれるものの、年間降水量で約 750mm の雨が降るため、特別な加工と手入れをしなければ遺体は骨化してしまう。

### 2) アンデス文明における編年

アンデス文明の編年は複雑で、同じ時代を表わすのに様々な呼び方が存在する（図 2）。たとえば、ジョン・ロウが提案したホライズン型編年では、1 つの文化が一定の地理的領域の中に比較的短い時間で広がったことをホライズンと呼び、この現象の間の時期、すなわち多様な文化が併存していた時代を「中間期」と呼ぶ。これに合わせて、前期ホライズン（チャビン文化が広範囲に広がる）、中期ホライズン（ワリ文化が広範囲に広がる）、後期ホライズン（インカ帝国が広範囲に広がる）

と名付け、「ホライズン」の間をそれぞれ前期中間期、後期中間期と呼ぶ。また前期ホライズン以前（～900 BC）を形成期と呼んでいる。この名称はどの地域でも同じように編年を組めるため、この名称を用いる論文が多い。その他に、帝国名をとったワリ期やインカ期が組み込まれる編年や、各地域の文化名をそのまま時代名として呼ぶこともある。本研究で用いるパチャカマック遺跡では、形成期、リマ文化期（前期ホライズン～前期中間期）、ワリ期（中期ホライズン）、イチマ期（中期ホライズン～後期ホライズン）、インカ期（後期ホライズン）という編年が組まれている。本論文では時代名にはなるべく数値年代をつけるが、参考までにアンデス文明全体の編年を図 2 に示す。パチャカマック遺跡は少なくとも紀元前 200 年ごろから人の住んだ形跡があり、1 地方文化のリマ期を経て、南部山地発祥の巨大なワリ文明の影響を受けた後、イチマ期に一大巡礼地として最盛期を迎えた。本研究はそのイチマ期の地下墓から出土したミイラを用いる。

### 3) パチャカマック遺跡

パチャカマック遺跡はペルー共和国の中部海岸地域にある遺跡で、首都リマから南東 40km に位置する（図 3-1, 3-2, 3-3）。遺跡は約 5km<sup>2</sup> の広大な範囲をもち、中心部約 2km<sup>2</sup> にピラミッドや神殿が立ち並ぶ。海岸からの距離が 0.5km～2km の海に隣接した遺跡で、ルリン(Lurin) 谷の河口にあたる。上述した海岸沿いの砂漠に位置し、年間降雨量は約 10mm である。パチャカマック遺跡はインカ時代以前（プレインカ期: ~1470 年）のペルー中央高地（ワロチリ地域）における巨大な宗教センターだったと考えられている。特にイチマ文化期（900-1000~1460 年）に大規模な発展があり、多数のピラミッドや神殿が建設された (Michczynski et al., 2003; 2007)。インカ時代に入ってからにはインカの神を祭る神殿や神に仕える女性の神殿、代官屋敷などが建設された。パチャカマック遺跡は元々、独自の文化を持っていたが、1470 年にインカに征服され、インカ的文化が組み込まれた。インカ帝国はアンデス支配における地方行政センターの 1 つとして代官館やインカの太陽の神殿を建立したが、巨大な地域信仰を無視出来ず、パチャカマックはインカ最高の太陽神の息子としてインカ神話に取り入れられた (Francisco de Avila, 1991; ピース and 増田, 1988)。プレインカ時代に多くの神殿が建設されていることから、従来、パチャカマック遺跡はプレインカ期の中部地域において、多くの人が巡礼に訪れる巨大な宗教センターであり、様々な民族集団が居住し、利用していたと考えられてきた。しかし近年、土器の編年研究や放射性炭素年代測定から、遺跡に並ぶ

14 のピラミッドのうち少なくとも 3 つは、1 つの民族集団の指導者が再建や放棄、新建築を繰り返して使用した宮殿のような機能であり、さらにルリン谷沿いに同じ型のピラミッドが広がっていることから、パチャカマック遺跡は周辺地域を統治するセンターだったという説も唱えられている (Eeckhout, 1999; Michczynski et al., 2003; 2007)。巨大な信仰を築きあげたパチャカマック遺跡がインカ時代以前に周辺地域で果たした役割、その機能、どのような人の流れがあったのかを調べることは、中央海岸地域の文明の発展を知る上で非常に重要になってくる。

パチャカマック遺跡は 1903 年に Max Uhle によって初めて全体の大規模な調査が行われ、神聖な区画、巡礼者の宿泊区画、インカ時代の行政区画などに分けられた。その中でも神聖な区画に立つ、プレインカ時代の主要な神殿であった Pachacamac 神殿の調査は 1980 年代に Ponciano Paredes B. と Franco J. らによって行われた (Shimada, 2006 b)。

本研究で用いた試料はこの Pachacamac Temple (別名、(aka) Painted Temple) の麓の Pilgrim Plaza と呼ばれる広場から出土したもので、2005 年に南イリノイ大学の島田泉教授率いる調査隊が発掘調査を行った。広場の下、15~20cm の深さで地下墓が見つかり、52 体以上のミイラ包みが埋葬されていた (Shimada et al., 2007)。地下墓は 2.25m×3.27m 以上 (東端は同定されていない) の大きさで、2 層構造になっていた。梁を渡してむしろを敷いて 2 階部分を作っており、2 階にもミイラが安置されていた。むしろを除いた 1 階部分には、多くのミイラ包みが規則正しく並べられていた (図 4-1, 4-2, 4-3)。中でも図 4-4 は赤い仮面をつけており、この地下墓の主体だと考えられる。土器などから地下墓の使用期間は中期ホライズンの終わりから後期ホライズン (約 A.D. 1000 から A.D.1460-1533) と推測されている (Rafael Segura et al., 2006)。本研究ではこの地下墓から出土したミイラ 28 体を中心に毛髪の食性解析を行い、ミイラの出自を検討した。

#### 4) 埋葬されていた人々の出自

前述したように、パチャカマック遺跡はプレインカ期において、最も重要な宗教センターとして、様々な民族集団が居住し利用したという説と、遺跡に埋葬されたのは 1 つの民族集団だったとする説が出ている。インカによる支配後は、インカの神話に組みこまれ、パチャカマック遺跡にはインカの神を祭る神殿や代官邸が建立された。2005 年に発掘されたミイラがどこから来た人々なのか、どのような階級に属する人々なのかを調べることで、遺跡が果たした役割を調べる手がかりとなる。

これまでにパチャカマック遺跡に移動してきた人々に関して、様々な方法を用いて研究が行なわれている。

例えば、Sr 同位体比を用いた移動の研究がある。土壌や土壌中の水の Sr 同位体比 ( $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ ) は、地質の違いや地質の年代の違いによって異なるため、地域によって異なる値を示す。土壌中から栄養や水分をとる植物は、その土地独自の Sr 同位体比を反映し、さらにその植物を食べた陸生哺乳類や人間も、その土地由来の Sr 同位体比を示す。そのため、異なる地域に住む人々は Sr 同位体比が異なっている。2005 年の発掘により遺跡で出土したミイラ 26 体を用いて、歯のエナメル質や骨から Sr 同位体比を測定したところ、異なる地域の人々（少なくとも 3 地域）が一つの地下墓に埋葬されていることがわかった (Knudson et al., 2008; Knudson, 私信)。しかし、歯のエナメルや骨の Sr 同位体比測定に残された移動の情報は、エナメルの形成時期である 15 歳前後までの情報か、骨の代謝回転速度に伴う 10 年間の平均値であるため、亡くなる直前～数年間の移動は検証できない。しかし、軟部組織に残されている炭素・窒素同位体比から得られる食性変化の情報は、数十日から数年間を示すため、Sr 同位体比に比べて短期間の移動を検証できる。

またミイラから抽出された DNA の予備研究では、この地下墓に埋葬されている人骨は、遺跡が海岸に近いにも関わらず、山岳地域に多いミトコンドリア DNA ハプログループを持っているとの結果が出ている (篠田, 私信)。奉納物の土器は、その形、粘土、化学組成などから、中央海岸の異なる地域とのつながりを示しているが (Shimada et al., 2006 a)、さらに、山岳地域の土器に類似した形態のものも収められていることが報告されている (Rafael Segura, 私信)。

一方で、パチャカマック遺跡で 1910 年に採集され、ペルー国立自然史博物館に収納されている 1069 体の頭骸骨の形成や病気の調査を行い、半数の個体で同型の変形頭蓋\*<sup>3</sup>が見られたこと、また栄養不足に伴う病変が少なかったことから、パチャカマック遺跡に埋葬された人々は巡礼者ではなく同一の文化を持った民族集団であり、宗教的エリートでもないという結果が報告されている (Torres-Rouff, 2003 )。

以上のように、山岳地帯の人々が埋葬されているとされる説と、海岸沿いの人々を埋葬したという説、同一集団が埋葬されているという見解や異なる集団が埋葬されているという意見が存在する。この問題に対して同位体分析の視点から、埋葬されていた人々の移動やその出自について検証した。

＊3：頭蓋変形・・・アンデス文明では個人の社会的アイデンティティの表現や社会的階層・身分を区別するために前頭－後頭型や円錐形型と呼ばれる形に頭蓋を変形させた。民族集団によって異なる形の変形頭蓋が施された（加藤, 2007）。

## 5) 16 世紀の文献記録

16 世紀の終わり頃に、ペルー中央部、ワロチリ地方の伝説をケチュア語で書かれた文書であるワロチリ文書（ワロチリの記録）は、現地のインディオの昔ながらの信仰を聞き取り採集してスペインの司祭フランシスコ・デ・アビラが詳細を記録したものである。アンデスの神話上の神はそれぞれの民族集団を表しており、神の行動が民族集団の行動に関連しているという説もあり、プレインカ時代の精神世界・世界観・宇宙観を知る上でも重要な資料となっている。ワロチリ文書によると、パチャカマック神は世界（人類）を作った神（創造神）として地域の民族によって崇められている。大地の神でもあり、パチャカマック神が怒ると地震が起こり、パチャカマック神が転がれば、世界は終わると言われるほど、畏怖される対象であった。伝承によると、自分の子を産んだ女神カビヤカを追って海岸沿いのパチャカマック聖地まで降りてくるという神話があり、山から海岸沿いへの移動が示唆されている。また、パチャカマック神の聖地が **Pachacamac** 遺跡であり、人々は **Sucya Villca** と呼ばれる高原（現在のリマ県 Huarochiri 郡の San Bartolome の高原）に集めたリヤマや、クスコに集めた男女の生贄を奉納したと書かれており、高原の人々が奉納のために海岸に来ていたことが記録されている。ただし、この記録は 16 世紀にまとめられたものであり、どこまでがインカ時代の風習で、どこからプレインカ時代の風習であるのかは検討の余地がある。

### Ⅲ. 方法の原理

#### 1) 同位体による食性復元

本研究では化学的には同じ性質を持つが、中性子数が異なるため質量数の異なる元素である『同位体』を指標にして食性を解析する。すなわち、同位体を用いて、人体を構成する炭素や窒素が何に由来するのかを探ることによって、過去の人々の食生活を復元する方法である。

本研究の食性復元に用いる元素は炭素と窒素で、それぞれの重たい同位体との割合『同位体比』( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )を測定する。両者とも物質間で存在比の相違が非常に小さいので、それぞれ標準値との偏差をデルタ値 ( $\delta$  値) で示し、 $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  と表記する。一般的に、炭素の標準物質にはアメリカ合衆国サウスカロライナ州 PeeDee 層から出土したベレムナイト化石 (PDB) を、窒素には大気中の窒素ガス (AIR) を用いる。式で定義すると以下のようになり、千分率 (パーミル、‰) で表わされる。

$$\delta^{13}\text{C} = \left[ \frac{\left( \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{sample}}}{\left( \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{PDB}}} - 1 \right] \times 10^3$$
$$\delta^{15}\text{N} = \left[ \frac{\left( \frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{sample}}}{\left( \frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}} \right)_{\text{air}}} - 1 \right] \times 10^3$$

海洋に由来する PDB の標準には大気二酸化炭素よりも多くの  $^{13}\text{C}$  が含まれるため、普通有機物の  $\delta^{13}\text{C}$  は負の値になる。また、有機物では  $^{15}\text{N}$  が濃縮されるので、生物では  $\delta^{15}\text{N}$  が正の値になることが多い。

食物はそれぞれの食資源で炭素・窒素同位体比の特徴が異なる。例えば、植物では光合成回路の違いから、トウモロコシを含む  $\text{C}_4$  植物は  $\text{C}_3$  植物よりも高い  $\delta^{13}\text{C}$  値をもっている。植物によって有機物に固定された炭素と窒素は食物連鎖を通して生態系を循環する。動物体に取り込まれるとき炭素同位体比はほとんど変動しないが、窒素同位体は重い同位体が濃縮する。そのため、食物連鎖において栄養段階が上昇すると (高次の消費者になると)、体内により多くの  $^{15}\text{N}$  が含まれることになり、同位体比は上昇する (Hedges and Reynard, 2007; Minagawa and Wada, 1984)。特に海の中では食物連鎖が長いため、陸生生物に比べて海生生物は炭素・窒素同位体とも高い値を示す。人間は異な

る同位体比を持つ様々な食物を摂取し分解して、体組織のアミノ酸が作りだす。その際に炭素・窒素同位体比がそれぞれどの程度濃縮するかが、各組織によって求められている。従って、人間の体組織の同位体比を調べることで、摂取した全ての食物の同位体比を混合した値を知ることができ、海産物摂取量の大小や C3 植物・C4 植物の摂取を考察することが可能となる。

人々によって食糧資源として利用された生態系は、各遺跡によって少しずつ異なっているため、食性復元を行なう際は、なるべく同一遺跡出土の動物骨や植物遺存体を用いることが望ましい。同一遺跡から動物骨等が出土していなければ、似た環境の食資源の同位体比を用いることが可能である。本研究では、パチャカマック遺跡出土の動物骨が入手できなかったため、ペルー太平洋岸の砂漠地帯と似た生態系をもつ、チリのアタカマ砂漠で報告されている食資源の同位体比を参考にした (Falabella et al., 2007)。また、アタカマ砂漠の報告には植物の窒素同位体比が報告されていなかったため、植物の同位体比はペルー各地の遺跡から出土した炭化植物の同位体比を参考にした (DeNiro and Hastorf., 1985)。それぞれの報告データから C<sub>3</sub> 植物、C<sub>4</sub> 植物、海生生物グループの平均値を求めたところ、C<sub>3</sub> 植物は $\delta^{13}\text{C}$  で-25.3‰、 $\delta^{15}\text{N}$  で 7.8‰ (標準偏差は $\delta^{13}\text{C}$ :2.1‰,  $\delta^{15}\text{N}$ :1.8‰)、C<sub>4</sub> 植物は $\delta^{13}\text{C}$  で-10.3‰、 $\delta^{15}\text{N}$  で 7.0‰ (標準偏差は $\delta^{13}\text{C}$ :0.5‰,  $\delta^{15}\text{N}$ :0.5‰)、海生生物は $\delta^{13}\text{C}$  で-15.5‰、 $\delta^{15}\text{N}$  で 16.3‰ (標準偏差は $\delta^{13}\text{C}$ :1.5‰,  $\delta^{15}\text{N}$ :2.0‰) の値を示した (図 5)。

## 2) 同位体効果の補正

体組織のタンパク質の $\delta^{13}\text{C}$  値や $\delta^{15}\text{N}$  値は食物に含まれるタンパク質の同位体比に強く相関していることが、骨コラーゲンや毛髪 केラチン、筋肉で確認されている (Ambrose and Norr, 1993; O'Connell and Hedges, 1999; Richards et al., 2007)。コラーゲンやケラチンの同位体比を用いて、集団間の比較をすることで食性の傾向を定性的に議論することは可能である。しかし、具体的な食物利用を推定するにはタンパク質合成に伴う同位体の変化 (同位体効果) に対する補正を行い、食物の同位体比と比較することが必要である。一般的には、摂取した食物が体組織になる際に重い同位体の濃縮が起こり、同位体比が上昇する。この濃縮係数を補正することが非常に重要であるが、骨、毛髪、筋肉では組織のアミノ酸組成が異なるため、濃縮係数が異なってくる (Richards et al., 2007; 南川ほか 1986)。摂取した食物から毛髪が形成されるとき濃縮係数は $\delta^{13}\text{C}$  で 2.5‰、 $\delta^{15}\text{N}$  で 4.1‰という実験結果が報告されている (南川ほか 1986)。また、毛髪と骨の同位体効果の差が、 $\delta^{13}\text{C}$  で 1.4‰。

$\delta^{15}\text{N}$  で 0.9‰と報告されている。これらの実験結果から、人骨コラーゲンと食物の濃縮係数は $\delta^{13}\text{C}$  で 3.9‰、 $\delta^{15}\text{N}$  で 5.0‰と考えることが出来る。

また、骨と皮膚のコラーゲンはタイプ 1 で同じであるため、皮膚と骨コラーゲンはアミノ酸組成がほぼ同じと考えられる。したがって、骨と皮膚の同位体比を比較する際には、補正は必要ない (Finucane et al., 2007)。皮膚は薄く軽いため、分析用に 100~200mg を採取するにはかなりの量が必要になる。また、皮膚と筋肉はくっついていることが多いため、分離することが難しく、今回、皮膚としてサンプリングした試料には筋肉が多く混じっていた。重量は筋肉によるものが多いため、測定値は筋肉の同位体効果を補正した。補正值は $\delta^{13}\text{C}$  で 1.66‰ (Tieszen and Fagre, 1993; 南川ほか, 1986; O'Connell et al., 2001)、 $\delta^{15}\text{N}$  で 4.2‰ (Ambrose, 2000; 南川ほか, 1986; O'Connell et al., 2001) である。

### 3) 組織の代謝回転速度

人の移動を調べるには、1 個体の人生の中で異なる時期の食性を反映した組織の分析が必要になる。ミイラに残る軟部組織 (毛髪や皮膚、筋肉、内臓など) は代謝回転速度が骨に比べて短いため、より死期に近い食性の情報を保持している。骨は 1 年間に 2~10% の代謝回転速度で約 10 年間の食性を平均している (White and Folkens, 2000)。一方、皮膚コラーゲンの代謝回転速度は 2~4 ヶ月 (El Harake et al., 1998; Babraj et al., 2005; Finucane, 2007)、筋肉は 40~60 日の代謝回転速度を持っている (Moore et al., 2005; Finucane, 2007)。また、毛髪は 1 ヶ月で約 1cm 伸びるので、1cm の長さに 1 か月分の食性が反映されている (Knudson et al., 2007)。この毛髪は追加される形で連続して伸びてくるので、テープレコーダーのように連続した食性のデータを保持し続け、食性の季節変動を調べることが可能である。そこで、パチャカマック遺跡に埋葬されたミイラの筋肉と毛髪を用いた食性解析を行い、個体間の食性の差や個体ごとの食性の季節性を考察し、その考古学的意味を検討した。

### 4) 年代測定の方法

次は 1940 年代後半に W. F. Libby によって開発された放射性炭素を用いた年代測定の方法について説明する (Libby, 1955)。放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )は大気中で 5730 年の半減期で減少する放射性元素である。一次宇宙線が大気中原子核と衝突して作られる二次宇宙線 (中性子) が窒素原子 ( $^{14}\text{N}$ ) に衝



突することで作られ、大気の拡散により大気圏・生物圏・表層海水中で一定の濃度を保っている(中村, 1999)。動植物や炭酸塩（貝殻や石灰岩など）は炭素供給が断たれると、時間の経過と共に  $^{14}\text{C}$  の個数が一定の割合で減少してゆくため、有機物試料中の  $^{14}\text{C}$  量を測定することで炭素供給停止から 1950 年までの年数が得られる。得られる年数が 1950 年までである理由は、1950 年以降の核実験によって大気中の  $^{14}\text{C}$  濃度が高くなったために、 $^{14}\text{C}$  濃度が過去現在を通じて一定であるとした原理から外れ、測定した年代値に影響を与えるからである（兼岡, 1998）。試料中の  $^{14}\text{C}$  量の測定によって求められた年数を  $^{14}\text{C}$  年代と呼んで BP (before present) または yr BP (years before present) をつけて表示する。

しかし、大気中の  $^{14}\text{C}$  の濃度は太陽活動の影響や地磁気の変化などで常に一定ではないため、炭素供給停止時の  $^{14}\text{C}$  濃度が年代によって異なってしまう。そのため  $^{14}\text{C}$  年代と実年代（暦年代）の間にずれが生じ、直接歴史的事象と結びつけた議論ができない。そこで、 $^{14}\text{C}$  年代から実年代に近い年代（校正年代）への変換方法が確立されている（Stuiver and Pearson, 1986）。年輪年代法\*<sup>4</sup>により実年代のわかっている木材の 10~20 年輪おきの  $^{14}\text{C}$  濃度を調べ、その経時的な変化曲線（放射性炭素校正曲線）が作成されている。測定した  $^{14}\text{C}$  濃度をこの校正曲線に対応させることで、校正年代（cal BC、cal AD で示す）と呼ばれる実年代にほぼ一致する年代が求められる。 $^{14}\text{C}$  年代は 1 つの年代と誤差範囲で与えられるが、校正曲線には振幅があるため、校正年代は 2 つ以上の値を持つ場合がある。図 6 は主体ミイラを包む布（試料名：Pach 55）の  $^{14}\text{C}$  年代の暦年校正が示されている。中央に左上から右下に走る幅のある線が、校正曲線である。校正曲線自体にも誤差範囲があるため、幅で誤差範囲の上限、下限を表している。左側縦軸のピンク色の山が、測定した  $^{14}\text{C}$  年代値とその誤差範囲に含まれる各年代値における確率分布を表しています。574±29BP という値が意味するのは、545~603 の値ということではなく、それぞれの年代値に確率の違いが含まれており、真の値がその範囲に入る確度が 68%ということになる。 $^{14}\text{C}$  年代の中心値 574 BP が確率分布の山の頂点にある。ここから右に水平に線を延ばして、校正曲線と交差した点から校正年代に換算する（垂直に線を下ろして校正年代を求める）ときに、最も確率の高い点になる。このようにして、左側のピンク色の山の高さに相当する、確率の大小を校正曲線と交差した点で垂直に下ろして横軸上に転写しながら、順次、確率を足しあわせていくと、幅が広がった山が得られる。これが、校正年代値の確率分布曲線である。図 6 で示されている灰色の山は、1 $\sigma$ 、すなわち確度 68%の校正年代範囲を表している。図 6 や表 4 の校正年代の後に括弧付

けで記された百分率はこの確度を示している。

また、海洋では炭素の滞留時間が長いため、 $^{14}\text{C}$  濃度が下がり、海水自体が古い年代を示す。特に深層水として循環している間は大気との炭素の交換が全くないため、放射性炭素は減少する一方である。そのため、海洋深層水が湧き上がってくる地域では、表層水の  $^{14}\text{C}$  濃度も希釈され、平均で 400 年ほど古い年代を示すことになる。さらに古い年代をもつ海水の中にいる海生生物や海生生物を食べる人間もまた  $^{14}\text{C}$  濃度が下がり、古い年代を示すことになるため、海産物や海岸地域の人の年代測定を行う際には注意が必要である。

＊4 年輪年代法・・・樹木の年輪は毎年 1 層ずつ形成されるが、気温や降水量などの気象条件により、その年輪幅は異なっている。年輪幅の変化を何十年という期間で追っていくと、一定のパターンが見られる。既に年代の分かっている年輪幅のパターンと試料樹木の年輪幅パターンを照らし合わせることで、年代を同定することが出来る。

## IV. 実験方法

### 1) サンプルング

安定同位体分析にはミイラの筋肉と毛髪を用いた。試料のサンプルングは、パチャカマック遺跡発掘調査中に島田隊によって行われたものが提供された。安定同位体分析に用いたのは筋肉 10 点、毛髪 29 点である(表 1)。

年代測定には人が生前、直接有機物を摂取して形成された体組織が最も正しい年代を示すと考えられる。しかし、海岸近くから出土したヒト遺存体には海洋リザーバー効果の影響が考えられるので、ミイラを包む布（ファルド）も年代測定を行った。従って、 $^{14}\text{C}$  年代測定に用いたのは布 13 点、筋肉 5 点である。

### 2) 安定同位体比測定試料の前処理

#### a) 毛髪

毛髪の化学処理は O'Connell and Hedges (1999) に従った。毛髪は 2~3 本ずつ採取して、化学処理を行なった。初めに、表面に付着した汚れを除去するために、超純水で超音波洗浄を行った。次に脂質を除去するため、乾燥した毛髪をメタノール：クロロホルム = 2 : 1 に混合した溶液に 2~3 時間浸し、中性になるまで超純水ですすいだ後、凍結乾燥か 80 °C で加熱して乾燥させた。乾燥した毛髪は 2cm ごとに切ってスズ箔に包み、安定同位体比の測定を行なった（図 7）。

#### b) 筋肉

筋肉の化学処理は Mook and Waterbolk (1985) を参考に、酸・アルカリの濃度や加熱温度を調節した。100~200mg の筋肉を採取して、初めに表面に付着した土などの汚れを落とすために超純水で超音波洗浄を行った。次に脂質を取り除くため、メタノール：クロロホルム = 2 : 1 に混合した溶液に 3~6 時間浸した。その後、AAA 処理（酸-アルカリ-酸処理）と呼ばれる手順で化学処理を行った。まず、試料に付着した無機炭酸塩を除去するために 0.5M-HCl に浸し 20°C に加熱し、最大で 12 時間まで塩酸に浸した。次に、土壌有機物のフミン酸やフルボ酸を除去するために 0.2M-NaOH に浸し、室温で 4~5 時間、あるいは 0.5M-NaOH に 1 時間浸した。最後に、NaOH に溶け込んだ  $\text{CO}_2$

を除去するために 0.5M-HCl に 3~4 時間 25℃に加熱しながら浸し、中性に戻した。試料が乾燥したらスズ箔に包んで安定同位体比測定を行なった（図 7）。

### c) 布

布の前処理は筋肉と同じ手順である(Mook and Waterbolk, 1985)。メタノール：クロロホルム混合液に浸して脂質を除去した後、AAA 処理を行なった。ただし、AAA 処理における酸・アルカリの濃度及び時間が異なっており、初めの酸が 1.2M-HCl で 80℃に加熱、最大 12 時間まで浸した。次のアルカリは 0.2M-NaOH に浸して 80℃に加熱して 3~5 時間、あるいは 0.5M-NaOH に 1 時間浸した。最後の酸は 1.2M-HCl に浸し、80℃で 1~3 時間加熱した。試料を中性に戻して乾燥後、錫箔に包むのは筋肉の処理と同じである。（図 7）

## 3) $^{14}\text{C}$ 年代測定試料の精製

前処理の済んだ筋肉と布試料を用いて、二重封管法でサンプルを 850℃で燃焼した（Minagawa et al., 1984）。燃焼した試料ガスを真空状態のガラスライン中で、温度差を利用して  $\text{CO}_2$  のみに精製した。 $\text{CO}_2$  は Fe 触媒と共に  $\text{H}_2$  と混ぜて 650℃で加熱することでグラファイトに還元し(Kitagawa et al., 1993)、作成したグラファイトをカソードにプレスしてターゲットを作った。

## 4) 測定

### a) 安定同位体比質量分析

同位体比質量分析計（IRMS : Isotope Ratio Mass Spectrometer）Finnigan MAT252（Thermo Fisher Scientific, Inc. 製）を用いて炭素・窒素安定同位体比を測定した。測定は独立行政法人国立環境研究所において、試料のガス化と同位体比測定が同時に出来る、燃焼システムと質量分析計が接続された自動分析装置を使って行なわれた。Carlo-Elba 社製 EA1500（燃焼システム）、Finnigan 社製 Conflo II（インターフェイス）、Finnigan 社製 MAT252（質量分析計）を組み合わせで使用している。

分析に必要な試料量は 0.2~0.3mg で、微量天秤で秤量して、錫箔に包み、オートサンプラーにセットした。コラーゲンの炭素や窒素の内部標準として、大量に精製し値を定めたコラーゲンのスタンダードとして STD Col NO.2 と、北海道伊達市有珠 10-4 遺跡出土人骨より抽出したコラーゲンサ

ンプルを、ケラチンのスタンダードとして複数人から採取しよく均質化したサンプルを 10 サンプル辺り 1 回程度分析した。測定精度は窒素・炭素同位体比ともに 0.3‰である。

#### b) 加速器質量分析

$^{14}\text{C}$  年代測定には、加速器質量分析計（AMS : Accelerator Mass Spectrometer）を用いた。測定は東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻タンデム加速器研究施設（MALT : Micro Analysis Laboratory, Tandem Accelerator）において、米国 NEC（National Electrostatics Corporation）社製 5UD Pelletron 方式のタンデム・バンデグラーフ型加速器を用いて行なった。 $^{14}\text{C}$  年代から較正年代への変換は較正プログラム OxCal4.0.5（較正曲線データ : IntCal 04; Reimer et al., 2004）を用いて較正した(Ramsey, 1995; 2000)。比較標準試料として NIST HOx II を、操作ブランクとして和光シュウ酸 2 水和物または国際原子力機関（IAEA）が配布している IAEA-C1 を用いた。さらに二次標準試料として IAEA-C6 も用いた。測定精度は各試料の  $^{14}\text{C}$  年代に±の誤差（1 標準偏差）として表示してある。

## V. 結果

### 1) 毛髪と同位体分析

採取された毛髪は長さが 6cm（約 6 カ月）のものから、32cm（約 2 年）のものまであったが、季節的な食性の差と食性の個体差を混合して考えるのは不適切であるため、毛髪の長さが 12cm 以上のものに限定して議論を行う（表 2）。

12cm 以上の毛髪は 10 本あり、食資源の同位体比との比較は図 8 に示す。炭素同位体比は最大で -8.8‰、最小で -16.2‰であり 7.4‰の幅がある。一方、窒素同位体比は最大で 18.0‰、最小で 10.5‰で、7.5‰の幅があった。個体ごとの標準偏差では、炭素同位体比の最大が 2.2‰、最小は 0.8‰、また窒素同位体比の標準偏差は最大で 1.3‰、最小で 0.4‰である。各個体内では、炭素同位体比の変動は大きい、窒素同位体比の変動は小さいことがわかる。また、各個体の 12 カ月の食性を平均したばらつきは、炭素で 1.1‰、窒素で 2.0‰となり、窒素同位体比は個体差が大きいことがわかる（表 2）。

図 9 は左縦軸に炭素同位体比、右縦軸に窒素同位体比をとり、横軸は毛髪の長さを示している。Pach2 は炭素同位体比と窒素同位体比の変動が相関している。また、炭素同位体比が約 1 年周期で変化しているのは Pach2 と Pach8、Pach24 である。Pach14 も周期的変動がありそうだが、毛髪の長さが 16cm とやや短かったため判断できない。

### 2) 筋肉と同位体分析

筋肉は 10 点測定したが、同一個体で毛髪も測定できた試料は 4 点測定である。測定結果は表 3 に示してある。筋肉 4 点の同位体比は平均で  $\delta^{13}\text{C}$ : -13.4‰、 $\delta^{15}\text{N}$ : 14.6‰となった。ばらつきは標準偏差で求め、 $\delta^{13}\text{C}$ : 0.8‰、 $\delta^{15}\text{N}$ : 2.0‰である。対応する個体を用いて毛髪の 12 カ月分の食性にあたる 12cm の同位体比は平均で  $\delta^{13}\text{C}$ : -13.8‰、 $\delta^{15}\text{N}$ : 11.5‰、標準偏差は  $\delta^{13}\text{C}$ : 1.4、 $\delta^{15}\text{N}$ : 2.5 であり、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  ともに F 検定で差はなかった（F 値  $\delta^{13}\text{C}$ : 1.8、 $\delta^{15}\text{N}$ : 1.2 <  $F_{\alpha}$ : 9.3）（表 3-1）。

### 3) 年代測定

各試料の  $^{14}\text{C}$  年代と校正年代を表 4 に示した。筋肉の年代はおおよそ 700~1000 cal AD（校正し

た年代)を示していたが(表 4-1)、誤差範囲が大きくなってしまい、個体による年代の違いは明らかではない(図 10-1)。一方、布の年代は約 900 年代～1500 年代を示し(表 4-2)、これはイチマ文化期～インカ時代に一致する(図 10-2)。筋肉の誤差が大きいのは測定の影響によるが(グラファイトの均質性や測定機器の調子など)、布の年代と異なるのは筋肉に海産物の影響(海洋リザーバー効果)があるためだと考えられる。これについては後ほど述べる。また、赤い仮面をつけた主体のミイラは 1319-1352 cal AD (42.8%), 1390-1410cal AD (25.4%)の年代を示した(表 4-2 オレンジ色で示した個体)。

## VI. 考察

### 1) 地下墓利用年代の考察

今回の測定で得られた地下墓の年代は、布を用いた測定による 900~1500 cal AD が確からしいと考えられる。これは考古学的見解とも一致し、地下墓が長期に渡って使用され続けたことを示している。一方、筋肉の年代は 700~1000 cal AD を示し、それぞれの個体が 100~200 年の広い幅を示した。筋肉の年代と布の年代が異なるのは、海産物摂取による海洋リザーバー効果のためだと考えられる。深層海洋水が湧昇するペルーの太平洋岸の海産物試料は  $^{14}\text{C}$  濃度が下がり年代が古くなるが (Stuiver et al., 1986)、海産物を摂取する人間も体組織の年代が古くなってしまう。各個体の海産物摂取量によってその程度は異なってくるが、パチャカマック遺跡とほぼ同程度の海産物摂取量だと考えられるナスカ文化のミイラでは、筋肉と布（植物性の糸で編まれているため、海産物の影響はない）で 150 年ほど年代のずれが報告されている（米田, 2006）。筋肉の年代が古く表示されていることや、また測定による誤差が大きいことから、筋肉の年代からミイラの年代を特定するためには、海洋リザーバー効果の大きさを高い精度で評価する必要がある。

布の測定から求めた地下墓に埋葬されたミイラの年代値は約 900 年代~1500 年代の幅を持っており、ミイラが異なる時期に亡くなったという仮説を支持する。また、考古学的調査によるミイラの埋葬の順番と、測定によって得られた年代を比較したところ、奥から順番に安置されたという考古学的見解 (Shimada et al., 2007) とほぼ一致した (図 11)。しかし、主体のミイラの年代は予測された AD. 1000 と異なり、より最近の埋葬であることがわかった。これは、主体を初期に埋葬し、後からミイラを詰めていったという仮説には当てはまらない (Segura et al., 2006; Shimada et al., 2007)。

アンデス地域では、先祖崇拜の 1 つとして、1 次埋葬したミイラを掘り出し、布を替え、2 次埋葬する風習がある (ギレン, 2006)。主体ミイラも同様に、ミイラ作成時の布が二次埋葬に伴って交換されている可能性がある。しかし、パチャカマック遺跡のサル神殿で発掘されたミイラ包みの内側の布と外側の葦の年代を測ったところ、その差は 50 年以下だったという報告があるため (Michczynski et al., 2007)、一次埋葬と二次埋葬の時間差はそれほど大きくないと考えられる。今回の地下墓のミイラも同様に二次埋葬が行われていた場合、もう少し古い時代のミイラになると予想



されるが、大きく年代をさかのぼる可能性は少ない。今後、ミイラの布の巻きなおされた痕跡についての調査が必要である。

## 2)人の移動の考察

### a) 他遺跡との比較

本研究で得られた 12cm 以上の毛髪の炭素・窒素同位体比を示した図 8 から、特徴として挙げられるのは以下の 2 点である。①炭素・窒素が周期性をもって大きく変動している個体がある。②窒素同位体比の個体間の差が大きい。

図 9 より、①の炭素・窒素同位体比が周期的に大きく変動している試料として Pach2 が挙げられる。2cm ごとに切った毛髪試料の位置について炭素同位体比と窒素同位体比を比較してみると、炭素と窒素の連動性は明らかであり、その周期是一年であることがわかる（図 9）。海産物は炭素・窒素同位体比共に高い値を示すので、海産物摂取量が増えると両同位体比が共に上昇する。しかしながら、Pach2 のミイラが生前、パチャカマック遺跡を一年周期で訪れ、海産物を多く摂取していたとは考えにくい。なぜならば、パチャカマック遺跡の海岸からの距離（0.5km）を考えると、相当量の海産物を通年で摂取できたと考えられるが、Pach2 の窒素同位体比は最大でも 14.9‰であるため、それほど多くの海産物は摂取していないと考えられる。

ここで、海産物摂取量を相対的に検討するため、パチャカマック遺跡と同じ海岸沿いの砂漠地帯で見つかった、他の遺跡のミイラの毛髪データと比較してみる。人々が定住していたとされる海岸に近いイロ地域のチリバヤアルタ（Chiribaya Alta）遺跡とエルヤラル（El Yaral）遺跡（AD700 年～1200 年、南部海岸地域の遺跡。海岸からの距離はそれぞれ 5~10km と約 50km）の 2 遺跡である（図 3-1）。チリバヤアルタ遺跡とエルヤラル遺跡それぞれとの比較は図 12-1, 12-2 に別々に示す(Knudson et al., 2007)。Pach2 の窒素同位体比はエルヤラル遺跡の 5 個体の中でも 1 番低い値を示す個体（M8-10360）に近いので、海産物摂取量が内陸約 50km の遺跡と同程度であったことがわかる。

また、エルヤラル遺跡には窒素同位体比が急上昇し、海岸に近いチリバヤアルタ遺跡の個体と同じぐらいの窒素同位体比を示す個体（M8-10200）があり、この個体は谷沿いに海岸地域まで移動したのだろうと推測されている。Pach2 及び他の個体の平均値と、標準偏差（変動の大きさを示す）を比較してみると、M8-10200 は変動が 2.3‰であるのに対して、Pach2（1.3‰）及び他の個体（0.4~1.1‰）

にはそのような窒素同位体比の急激な変動はない（表 5, 図 13）。やはり Pach2 の周期性は海岸近くのパチャカマック遺跡まで巡礼に訪れていたために生じたとは考えにくく、Pach2 の同位体比の変動は、居住区からのわずかな移動か、食性の季節変動を示していると思われる。また、他の個体も変動の小ささから、海岸地域と山岳地域間の移動はしていないと推定される。

②の窒素同位体比の個体間の差の大きさについては、前述のチリバヤアルタ遺跡とエルヤラル遺跡との比較からもわかる。図 14 は前述の 2 遺跡に加え、ナスカ遺跡（中南部海岸のナスカ地域にあるカワチ遺跡から出土したミイラのカツラ毛髪、ナスカ時代後期（約 A.D.700）（米田, 2006）、海岸から 60~70km）とパチャカマック遺跡の毛髪の同位体比を比較した図である。チリバヤアルタ遺跡とエルヤラル遺跡間は海岸からの距離の差により窒素同位体比が約 5‰異なっている。パチャカマック遺跡で 1 つの地下墓から出土したミイラはこの 2 遺跡にみられる窒素同位体比をもっている。すなわち、1 つの地下墓に海岸からの距離が異なる地域の人々が、一緒に埋葬されていた可能性がある。Pach14 はチリバヤアルタ遺跡よりも高い窒素同位体比をもっているため、海岸からの距離は 5~10km 以下の、パチャカマック遺跡にもっとも近い地域に住んでいたのかもしれない。また、海岸からの距離が 60~70km のナスカ遺跡と同程度の窒素同位体比の低さをもつ個体はなく、ナスカ遺跡よりは海産物摂取が可能な地理的条件に住む人々だったと考えられる。

①と②から、海岸からの距離が異なる人々であることと、どの個体も、急激な窒素同位体比の変動をもっていないことから、ミイラが生前パチャカマック遺跡を訪れたのではなく、亡くなった後、様々な地域からパチャカマック遺跡へ運ばれた可能性が示唆される。しかし、サンプリングの問題で死の直前の情報が失われている可能性も考慮しなければならない。

## b) 筋肉と毛髪と比較

パチャカマックに埋葬されたミイラは異なる地域に住む人だったと毛髪と同位体比から推測したが、埋葬された人は、遺跡に来てから亡くなってミイラとして埋葬されたのか、各地でミイラに加工されてから埋葬されたのかは明らかでない。通常、亡くなる直前の食性は頭皮側の毛髪を用いて測定すれば判明するが、本研究では頭皮側がわからないサンプルが多い。電子顕微鏡による観察でキューティクルの方向から頭皮側を同定できた個体もあったが、毛髪の束の中から一本だけ抜き取ることの難しさや、前処理の段階で切れてしまうなどの問題があり、頭皮側を定めた分析がうま

く行えなかった。また、ミイラの毛髪は寝た状態で頭皮に数 cm ほどへばりついていることがあるため、生前に伸びた毛髪を頭皮ぎりぎりの部分でサンプリングすることが難しい場合も多い。従って、毛髪からだけでは亡くなる直前の食性を推測することが難しいため、比較的代謝回転速度が速い筋肉を用いて亡くなる直前の食性を検討した。

筋肉の同位体比は亡くなる直前の 20~40 日の食性を示していると考えられる。これは毛髪でいえば 1~2cm に当たるため、毛髪でサンプリング出来なかった期間を表していると考えられる。そこで、筋肉と毛髪 12 か月分の平均値を比べることで、死ぬ直前（約 1 ヶ月）の食性を考察した（表 3, 図 15）。12 ヶ月の毛髪の平均値と筋肉のばらつきの大きさをみるために F 検定を行ったが有意な差がみられなかった。筋肉の食性のばらつきと、毛髪 12 か月分の平均値の同位体比のばらつきに大きな差がないことは、トウモロコシ、海産物ともに、個体間で似通った食事を与えられたわけではないということを示唆する。次に、毛髪の 1 年間の平均的な食性と、筋肉の食性を考えるため、同位体効果を補正したうえでグラフにプロットした（図 15-1, 図 15-2）。対応する個体同士を線で結ぶと、筋肉は窒素同位体比の上昇がみられる。すなわち海産物摂取量の増加があったことを意味しているので、亡くなる直前に海岸に近いパチャカマック遺跡へ移動した可能性が示唆される。

しかし、ここで、同位体効果の補正值の確からしさを確認する必要がある。図 15-2 で用いた補正值は、筋肉の同位体効果を一度骨の同位体効果に変換して、さらに食物の値まで同位体効果を直したものである(図 15-1)。そのようにして筋肉の同位体効果を補正し食物の値に直したものと、毛髪の同位体効果を補正し食物の値に直したもの同士を比較している。筋肉の窒素同位体比上昇が補正值の不確かさによる見かけの上昇であるかを確認するために、他の補正值算出方法を用いる。図 15-2 は筋肉から骨への変換を経由して食物の値に戻っていたが、図 15-3, 15-4 では、筋肉の同位体効果を一度骨の同位体効果に直し、さらに骨から毛髪の値に直したものと、同位体効果の補正を加えていない毛髪を比較した(表 3-2)。毛髪の値と、毛髪の同位体効果に直した筋肉の値の比較では、筋肉の窒素同位体比は対応する個体の毛髪と比べ、上昇も下降も見られるため、一概に海産物摂取量が増加したとは言えない。

従って、補正值が異なると窒素同位体比・炭素同位体比の値が大幅に異なってくるため、体組織同士の比較からより死期に近い食性をみることは難しい。各組織において、それぞれの食成分（炭水化物・タンパク質・脂質など）の同位体比がどのくらい寄与しているかを考慮して、組織間の正

確な補正値を定める必要がある。今後、ミイラ軟部組織の代謝回転速度差を利用して食性変遷を調べるにあたっての課題となる。

### 3) トウモロコシ摂取量の季節変動

図 8 から読み取れる食性の特徴として、窒素同位体比の変動や個体差についてすでに述べたが、もう 1 つ、1 個体における炭素同位体比の大きな変動があげられる。炭素同位体比でその摂取量が検討できるトウモロコシについては、インカ帝国において神に捧げる重要な穀物であったと理解されている。インカ時代に山頂で神に捧げた特別な子供の生贄のミイラは亡くなる（生贄になる）直前に炭素同位体比が上昇している（Wilson et al., 2007）。同様にアコンカグア山で神に捧げられたミイラは骨と毛髪同位体比を比較して、生贄になる少なくとも 2 年前には炭素同位体比が上昇したことが報告されている（Fernandez et al., 1999）。

そのようにインカ帝国において特別にトウモロコシを摂取したと考えられるミイラの毛髪データとパチャカマック遺跡の出土ミイラの毛髪の炭素同位体比を比較した（図 16）。周期性を比較するため、16cm 以上の個体に絞って、横軸に毛髪の長さ、縦軸に炭素同位体比をプロットしている。パチャカマック遺跡のミイラとアコンカグアのミイラの炭素同位体比の変動は似たような一年周期を示している。それぞれの個体での炭素同位体比の最小値は Pach2:-16.15、Pach8:-13.59、Pach14:-11.99、Pach24:-13.88 であり、Pach8 を除いてアコンカグアのミイラの最小値-14.5‰よりも高い。すなわち、パチャカマックのミイラはアコンカグアのミイラと同量かそれ以上のトウモロコシを摂取していたと考えられる。パチャカマック遺跡のミイラがトウモロコシを多く摂取できるエリート階級に属していたのだろうか。

次に、インカ帝国期以前の一般的な砂漠地域の人々と比較するために、前述のチリバヤアルタ遺跡、エルヤラル遺跡、及びナスカ遺跡と比較した（図 17）。チリバヤアルタ遺跡にとエルヤラル遺跡に比べると、パチャカマック遺跡のミイラの炭素同位体比が高いことと 1 年間の変動幅の大きさがよくわかる。しかし一方で、ナスカ遺跡の毛髪の炭素同位体比はパチャカマック遺跡と同程度の摂取量及び変動を示しており、大量のトウモロコシ摂取と、摂取量に季節変化があったことを予想させる（米田, 2006; 米田, 私信）。さらにパチャカマック遺跡近くのプルチュコワケロネス（Puruchuco-Huaquerones）遺跡出土の人骨や毛髪の炭素・窒素同位体比測定から、食性は強くトウ

モロコシに依存しており、月々の変動が大きかったという報告がある (Williams et al., 2006; Williamns et al., 2007)。従って、パチャカマック遺跡から出土したミイラのトウモロコシ摂取量が多く、季節変動も大きいのは、それが中部・中南部海岸地域では一般的な食性だった可能性がある。

以上をまとめると、パチャカマック遺跡のミイラの分析から、地下墓には海岸からの距離が異なる様々な地域に住む人々が埋葬されている可能性が示された。ただし、その地域は中部海岸地域やナスカ地域のようなトウモロコシの大量摂取が可能な地域が主であったと思われる。しかし、亡くなる直前の食性変化や移動を推定することは出来なかった。

今後パチャカマック遺跡出土ミイラの頭皮側を同定して測定できれば、地下墓に埋葬されたミイラのより死期に近い食性がわかり、祭祀の時期や埋葬の季節を推定できると考える。特に赤い仮面をつけた主体の毛髪同位体比の経時的変動は興味をもたれる。しかし、ペルーのミイラの毛髪は細く、乾燥しているため非常に切れやすくなっており、さらに長い毛髪は3つ編みになっている場合が多く、採取及び化学処理が難しい。長期間の毛髪の変動を見るためには、サンプリングの方法と試料処理の改善が必要である。

## VII. 結論

本研究ではペルー共和国中部海岸地域のパチャカマック遺跡出土ミイラの筋肉 5 点、布 13 点の<sup>14</sup>C 年代測定を行い、地下墓の利用年代を同定した。その結果、地下墓は 900 年代～1500 年代の比較的長期に渡って使われたと考えられ、これはパチャカマック遺跡が最も発展したイチマ文化期に相当する。しかし、埋葬の順番については考古学的所見では赤い仮面をつけた主体を最初に埋葬し、後からミイラを継ぎ足していったと考えられていたが、布から測定された主体ミイラが埋葬された年代は 1300~1400 cal AD と若く、地下墓利用開始の当初、主体ミイラはなかったものと考えられる。

次に、筋肉 10 点、毛髪 29 点の炭素・窒素安定同位体比を測定したが、毛髪については 12cm 以上の長さをもつ 10 点に絞って議論した。その結果、1 年間の食性の周期性に個体差が見られたことや、窒素同位体比に個体差があることから、パチャカマック遺跡の地下墓に埋葬されたミイラは海岸からの距離が異なるいくつかの地域からやってきた個体群だと考えられる。一方、毛髪の炭素同位体比は変動が大きく、トウモロコシを季節的に大量に摂取していたが、この食性は特別な階級にしていることを示しているというよりも、中部海岸地域及び中南部海岸地域では一般的な食性だったと考えられる。

今後、ストロンチウム同位体比の結果から異なる 3 つの地域にグループわけされたミイラと食性・年代測定の結果を照らし合わせることで、ミイラの生前の居住域がより明確になるだろう。また、毛髪のある個体の布の年代測定数を増やすことで、年代別の食性を検討でき、食性の個体差が年代差に基づくものであるか、地域差に基づくものであるかを考察したい。

## VIII. 謝辞

本研究を行うに当たり、東京大学 大学院新領域創成科学研究科 先端生命科学専攻 人類進化システム分野の米田穰准教授には、研究の意義や方法へのご意見、報告書や論文執筆の書き方から測定のご指導まで、様々なことを熱心に教えていただきました。多大なお力添えに深く御礼申し上げます。

独立行政法人 国立科学博物館人類研究部研究主幹 篠田謙一博士には、研究のことから私生活の相談まで、常に温かく見守っていただきました。ペルーへのサンプリングに同行させていただきましたことや、頻繁な打ち合せに応じてくださいましたこと、心より感謝いたします。

南イリノイ大学の島田泉教授には結果の考察や考古学的見解に関してのご意見を頂きました。

安定同位体比質量分析では、(独) 国立環境研究所の向井人史博士に、加速器質量分析計測定では東京大学工学系研究科の松崎浩之准教授及び MALT スタッフの皆様にお世話になりました。

また、ペルー共和国でのサンプリングや資料探しに際して、義井豊氏、井上亜木氏、ソニアギレン博士、加藤克知教授には大変お世話になりました。

ここに感謝の意を表し、深くお礼申し上げます。

さらに、人類進化システム分野の河村正二准教授、太田博樹助教にはゼミや報告会で、多くのご意見を頂き、親切なご指導を賜りました。

同じく人類進化システム分野の鶴野光博士には、論文の探し方など基礎的なことから研究の進め方や実験の方法など、多くのアドバイスやご指導を頂きました。

先史人類学研究室の大原京子氏、宮島史子氏には、無理をしがちな私の体調を常に気遣って頂きました。

また、同期の覚張隆史氏と勝村啓史氏、白井祐介氏、内藤裕一氏とは、共に悩み、協力し合い、日頃から多くの意見を交わして来ました。そして、先史人類学研究室の蔦谷巧氏、マーク・ディアブ氏、人類進化システム分野の皆様ののおかげで、楽しい研究生活を送ることができました。

お世話になりました皆様に、この場をかりて、厚く御礼申し上げます。

## IX. 参考文献

- Ambrose, S. H. and Norr, I. (1993) Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein of those of bone collagen and carbonate. (J. B. Lambert and G. Grupe, Eds) Prehistoric Human Bone – Archaeology at the Molecular Level. Berlin; Springer Verlag, pp 1-37.
- Ambrose, S. H. (2000) Control diet and climate experiments on nitrogen isotope ratios of rats. Biogeochemical Approaches to Palaeodietary Analysis. (Stanley H. Ambrose and M. Anne Katzenberg, Eds). Kluwer Academic/Plenum Publishers. pp211-242
- Arriaza, B. T., Matthew Doubrava, M., Standen, V. G., Haas, H. (2005) Differential Mortuary Treatment among the Andean Chinchorro Fishers: Social Inequalities or In Situ Regional Cultural Evolution? CURRENT ANTHROPOLOGY 46(4,) A 2005 pp.662-670
- Arriaza, B., (1995). Chinchorro bioarchaeology: Chronology and mummy seriation. Latin American Antiquity 6(1):35–55.
- Babraj, J., Cuthbertson, D., Smith, K., Langberd, H., Millaer, B., Krosgaard, M., Kjaer, M., Rennie, M. (2005) collagen synthesis in human musculoskeletal tissues and skin. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism 289, 864-869.
- Burger, R. L. and van der Merwe, N. J. (1990) Maize and the origin of highland Chavin civilization an isotopic perspective. American Anthropologist, 92, 85-95.
- DeNiro, M., and Hastorf, C. (1985) Alteration of  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of plant matter during the initial stages of diagenesis: Studies utilizing archaeological specimens from Peru. Geochimica et Cosmochimica Acta, 49, 97-115.



- El Harake, W., Furman, M., Cook, B., Nair, K., Kukowski, J., Brodsky, I. (1998) Measurements of dermal collagen synthesis in vivo in humans. *American Journal of Physiology* 37, 586-591.
  
- Eeckhout, P., (1999) Pachacamac duranat l'intermediaire recent: E'tude d'un site monumental prehispanique de la Cote du Peru. *British Archaeological Report*, Oxford.  
(Reviewed by Claude Chapdelaine)
  
- Falabella, F., Planella, M. T., Aspillaga, E., Sanhueza, E., Tyko, R. H. (2007) Dieta en sociedades alfareras de chilecentral: aporte de ana'lisde iso'topes estables. *Chungara, Revista de Antropologia Chilena* 39, 5-27.
  
- Finucane, B. C. (2007) Mummies, Maize, and manure: multi-tissue stable isotope analysis of late prehistoric human remains from Ayacucho Vally, Peru. *Journal of Archaeological Science*, 34, 2115-2124.
  
- Francisco de Avila. (1991) *The Huarochiri Manuscript: A Testment of Ancient and Colonial Andean Religion*. [c.1598], (Trans. by Frank Salomon and G.L.Urioste), University of Texas Press, Austin.
  
- Fernandez, J., Panarello, H. O., Schobinger. J. (1999) The Inka Mummy from Mount Aconcagua: Decoding the Georaphic Origin of the "Messenger to the Deities" by Means of Stable Carbon, Nitrogen, and Sulfur Isotope Analysis. *Geoarchaeology: an international journal*, 14 (1) , 27-46.
  
- Hedges, R. E. M. and Reynard, L. M. (2007) Nitrogen isotope and the trophic level of humans in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34, 1240-1251.

- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T., Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS  $^{14}\text{C}$  measurements. *Radiocarbon* 35, 295-300.
  
- Knudson, K., Aufderheide, A., Buikstra, J. (2007) Seasonality and paleodiet in the Chiribaya polity of southern Peru. *Journal of Archaeological Science*, 34, 451-462.
  
- Knudson, K., Palma M'alaga, M., Shimada, I., Segura Llanos, R. (2008) Geographic origins and residential mobility at the Pilgrimage Center of Pachacamac, Peru. *American Journal of Physical Anthropology* 138 (S46), 133.
  
- Libby, W. F., (1955) Dosages from natural radioactivity and cosmic rays. *Science* 122, 57-58.
  
- Michczynski, A., Eeckhout, P., Pazdur A. (2003)  $^{14}\text{C}$  absolute chronology of Pyramid III and the dynastic model at Pachacamac, Peru. *Radiocarbon* 45, 59-74.
  
- Michczynski, A., Eeckhout, P., Pawlyta, J. (2007) Radiocarbon dating of the temple of the monkey – the next step towards a comprehensive absolute chronology of Pachacamac, Peru. *Radiocarbon* 49, 565-578.
  
- Minagawa, M. and Wada, E. (1984) Stepwise enrichment of  $\text{N-15}$  along food-chains – further evidence and the relation between  $\delta\text{-N-15}$  and animal age. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 48, 1135-1140.
  
- Minagawa, M., Winter, D. A., Kaplan, I. R. (1984) Comparison of Kjeldahl and combustion methods for measurement of nitrogen isotope ratios in organic matter. *Analytical Chemistry* 56, 1859-1861.

- Mook, W. G. and Waterbolk, H. T. (1985) Handbooks for archaeologists. No. 3 Radiocarbon Dating. European Science Foundation.
  
- Moore, D., Phillips, S., Babraj, J., Smith, K., Rennie, M. (2005) Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 288, 1153-1159.
  
- O'Connell, T. C. and Hedges, R. E. M. (1999) Isotopic Comparison of Hair and Bone: Archaeological Analysis. *Journal of Archaeological Science* 26, 661-665.
  
- O'Connell, T. C., Hedges, R. E. M., Healey, M. A., Simpson, A. H. R. W. (2001) Isotopic Comparison of Hair, Nail and Bone: Modern Analysis. *Journal of Archaeological Science*, 28. 1247-1255.
  
- Richards, M., Greer, S., Corr, L., Beattie, O., Mackie, A., Evershed, R., Al von Finster, Southon, J. (2007) Radiocarbon Dating and Dietary Stable isotope analysis of Kwaday Dan Ts'inci. *American Antiquity*, 72(4), 719-733.
  
- Segura, R., Shimada, I., Matsumoto, G. (2006) Living with the Dead: Conception and Treatment of the Dead at Pachacamac. 34<sup>th</sup> MWCAAAE
  
- Shimada, I., Segura, R., Goldstein, D., Shimada, M., Speakman, R., Wagner, U., Watanabe, H. (2006a) What Did People Do at Pachacamac?. 34<sup>th</sup> Midwest Conference on Andean and Amazonian Archaeology and Ethnohistory.

- Shimada, I., Segura Llanos, R. A. Goldstein, D. J., Shimada, M. J., Wagner, Ursel. (2006b) A Reflection on the Archaeology of Pachacamac and Peru. Paper prepared for inclusion in the proceedings of the international conference, “Max Uhle”:Evaluaciones sus Investigaciones y Obras” organized by Peter Kaulicke on the occasion of the 150<sup>th</sup> anniversary of birth, may 5-6, 2006, Lima.
  
- Shimada, I., Cervantes, G., Elera, G., Segura, R., Matsumoto, G., (2007) Rethinking funerary analysis in Andean archaeology: perspective from Sican and Pachacamac.
  
- Stuiver, M., (1986) High-precision calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950-500 BC. Radiocarbon 28, 805-838.
- Stuiver, M., Pearson G. W., Braziunas T.(1986)Radiocarbon age calibration of marine samples back to 9000 cal yr BP. Radiocarbon, 28: 980–1021
  
- Tieszen, L. and Fagre, T. (1993) Effect of diet quality and composition on the isotopic composition of respiratory CO<sub>2</sub> bone collagen, bioapatite, and soft tissues. In: Lambert, J., Grupe, G. (Eds.), Prehistoric Human Bone Archaeology at the Molecular Levels. Springer-Verlag, Berlin, 121-155.
  
- Tieszen, L. L. and Fagre, T.(1993) Carbon isotopic variability in modern and archaeological maize.Journal of Archaeological Science 20, 25-40.
  
- Tomczak, P. D. (2003) Prehistoric diet and socioeconomic relationships within the Osmore Valley of southern Peru. Journal of Anthoropological Archaeology, 22, 262-278.
  
- Torres-Rouff, C., (2003) A bioarchaeological analysis of crania from Pachacamac, Peru. American journal of physical anthropology, 210.

- Tykot, R. H., van der Merwe, N. J., Burger, R. L. (2006) The importance of maize in initial period and early horizon peru, History of Maize. 187-197.
- Burger, R. L. and van der Merwe, N. J. (1990) Maize and the origen of highland chavin civilization – An isotopic perspective. American Anthrolopological Association 92, 85-95.
- White, T. and Folkens, P. (2000) Human Osteology. Academic Press, San Diego.
- Williams, J. S. and Katzenberg, M. A. (2004) Investigating dietary change using the hair of ancient Inca mummies from Puruchuco-Huaquerones, Peru. American Journal of physical anthropology 129, 188.
- Williams, J. S. and Murphy, M. S., (2007) Die and Health at Puruchuco-Huaquerones, a Late Horizon cemetery on the central coast of Peru. American Journal of physical anthropology 132, 249.
- Wilson, A., Taylor, T., Ceruti, M. C., Chavez, J. A., Reinhard, J., Vaughan Grimes, V., Meier-Augenstein, W., Cartmell, L., Stern, B., Richards, M. P., Worobey, M., Barnes, I., Gilbert, M. T. P. (2007) Stable Isotope and DNA evidence for ritual sequences in Inca child sacrifice. Proceedings of National Academy of Sciences, 104, 16456-16461.
- インカ・ガルシラーソ・デ・ラ・ベীগ (2006) インカ皇統記 (3) , 牛島信明訳, 岩波文庫  
 \*インカ王女を母に、スペイン人征服者を父にもつインカ・ガルシーラ・デ・ラ・ベীগが、幼少の頃に伝え聞いたインカ帝国の伝承や歴史を、後の調査と共にまとめて1609年に発表した書籍

- ・加藤克知 (2007) 人工頭蓋変形と頭蓋穿孔（開頭術）ーインカの人々の頭蓋に観る不思議な風習と外科手術, インカ・マヤ・アステカ展, 215-217.
- ・兼岡一朗 (1998) 年代測定概論 東京大学出版会
  
- ・シェリダン・ボウマン著・北川浩之訳 (1998) 大英博物館双書3 古代を解き明かす 年代測定, 学芸書林
  
- ・関雄二 (1997) アンデスの考古学. 同成社
  
- ・ソニア・E・ギレン (2006) アンデスのミイラー文化的アイデンティティの源、科学的調査の資料. 世界遺産ナスカ展ー地上絵の創造者たち, 186-189.
  
- ・中村俊夫 (1999) 考古学のための年代測定学入門, 第一章 放射性炭素法, 長友恒人編 古今書院, pp.1~38
  
- ・ピース・F, 増田義郎 (1988) 図説インカ帝国, 小学館
  
- ・ブロー, ドナルド・A., (2006) ナスカの社会と文化, 世界遺産ナスカ展ー地上絵の創造者たち, 25-35
  
- ・マリア ロストウォルフスキ・デ・ディエス・カンセコ (2003) インカ国家の形成と崩壊. 増田義郎訳, 東洋書店
  
- ・丸藤俊之 (2004) AMSによる22000 年前年輪試料中の<sup>14</sup>C濃度測定についての研究. 修士論文
  
- ・南川雅男, 柄沢享子, 蒲谷裕子 (1986) 人の食生態系における炭素・窒素同位体の分布. 地球化学, 20, 79-88.

・米田穰 (2006) 化学の目で読み解くナスカの生活と社会, 世界遺産ナスカ展―地上絵の創造者たち, 197-200.

・山本紀夫 (2004) ジャガイモとインカ帝国, 東京大学出版会.

## X. 図表



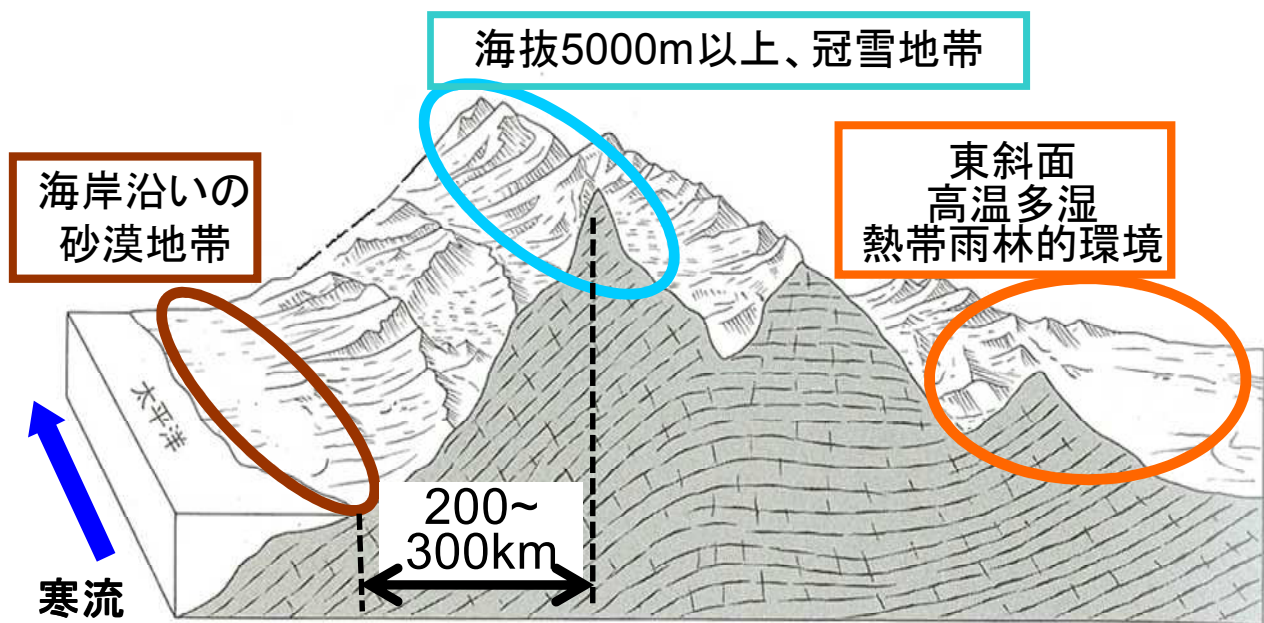


図 1：ペルーの生態環境

ペルーの海岸地域は砂漠が広がり、すぐ後ろに 2000m 級の山や 4000m 級の山が段々と連なり、最終的に内陸 200~300km の位置にアンデス山脈がそびえる。海拔の低い位置にある盆地は少なく、山と山の間、標高 2000m、3000m の位置に平地が広がっている。この図は概念図であるため、山脈が誇張して描かれている。

ホライズン型編年	紀元前900年～ 紀元前200年	紀元前200年頃 ～600年頃	600年頃 ～1000年頃	1000年頃 ～1476年	1476年 ～1534年
	前期ホライズン	前期中間期	中期ホライズン	後期中間期	後期ホライズン
パチャカマックにおける文化編年					
西暦年	紀元前 (前200年頃～)	200年頃 ～800年頃	800年頃 ～900年頃	900年頃 ～1450年頃	1450年頃～ 1533年

図2 ホライズン編年とパチャカマック遺跡の文化的編年 ホライズン型編年では、1つの文化が一定の地理的領域の中に比較的短い時間で広がったことをホライズンと呼び、この現象の間の時期、すなわち多様な文化が併存していた時代を「中間期」と呼ぶ。これに合わせて、前期ホライズン（チャビン文化が広範囲に広がる）、中期ホライズン（ワリ文化が広範囲に広がる）、後期ホライズン（インカ帝国が広範囲に広がる）と名付け、「ホライズン」の間をそれぞれ前期中間期、後期中間期と呼ぶ。また前期ホライズン以前（～900 BC）を形成期と呼んでいる。

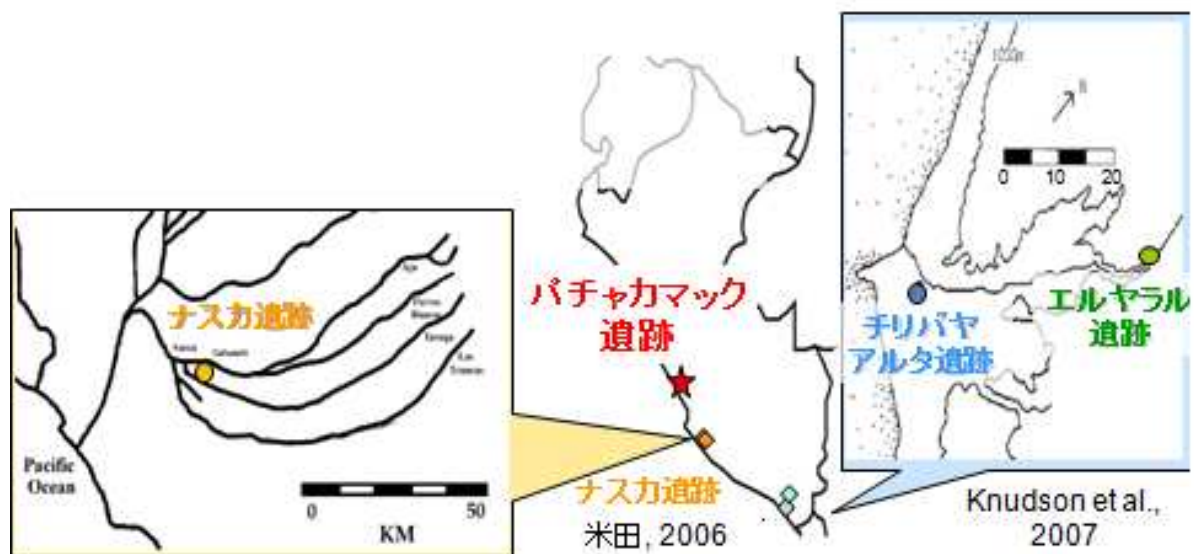


図 3-1 パチャカマック遺跡、及びナスカ遺跡、チリバヤアルタ遺跡、エルヤラル遺跡の地図

パチャカマック遺跡はペルー共和国の中部海岸地域に位置する。考察で同じ砂漠地域の遺跡として比較検討する 3 つの遺跡も地図に載せた。ナスカ遺跡は中南部海岸地域にあり、チリバヤアルタ遺跡・エルヤラル遺跡は共に、南部海岸地域に位置する。

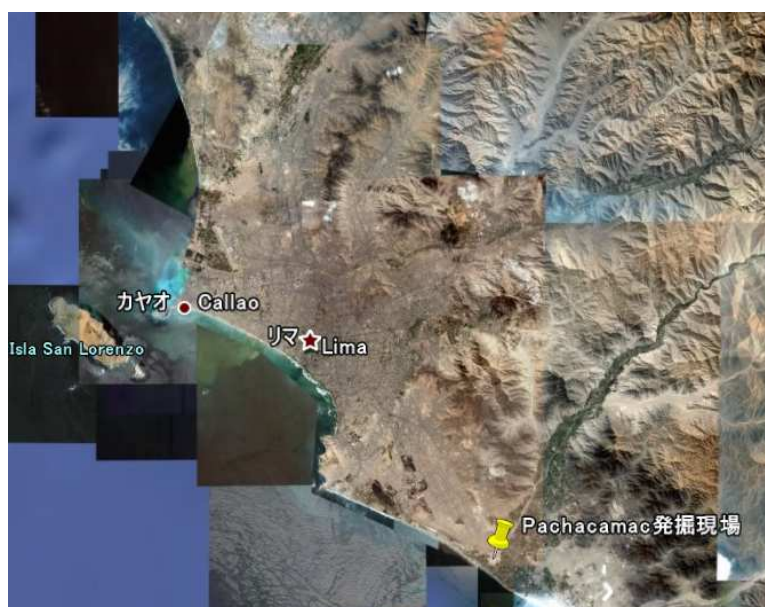


図 3-2 首都リマとパチャカマック遺跡の地図 (Google Earth より)



図 3-3 パチャカマック遺跡の地図 (Google Earth より)





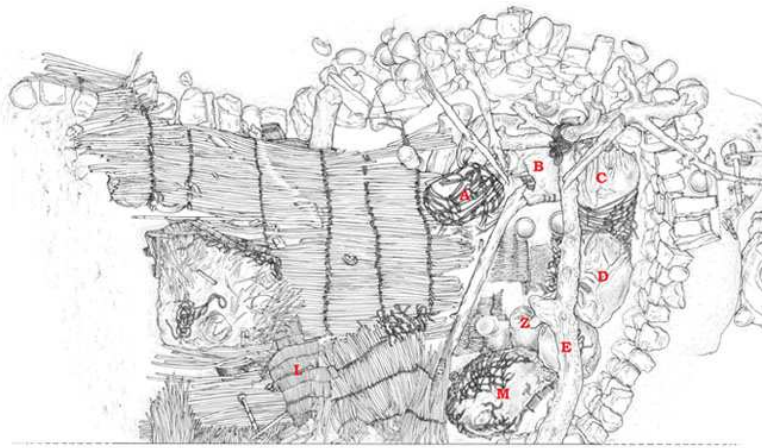
写真提供 篠田謙一

図 4-1 発掘現場の写真：左手に見える丘が Pachacamac 神殿



写真提供 篠田謙一

図 4-2 発掘現場の写真：右下にミイラ包みが見える



地下1階



地下2階

#### 図 4-3 並べられていたミイラ包み（ファルド）のスケッチ画

各ファルド名が赤文字の英字で打ってある。この英字が表1のファルド名と一致する。この図のBが図4-4の主体ミイラである。図11はこの図に年代値を書きくわえたものである。



写真提供 篠田謙一

図 4-4 発掘現場の写真:赤い仮面を付けた主体のミイラ

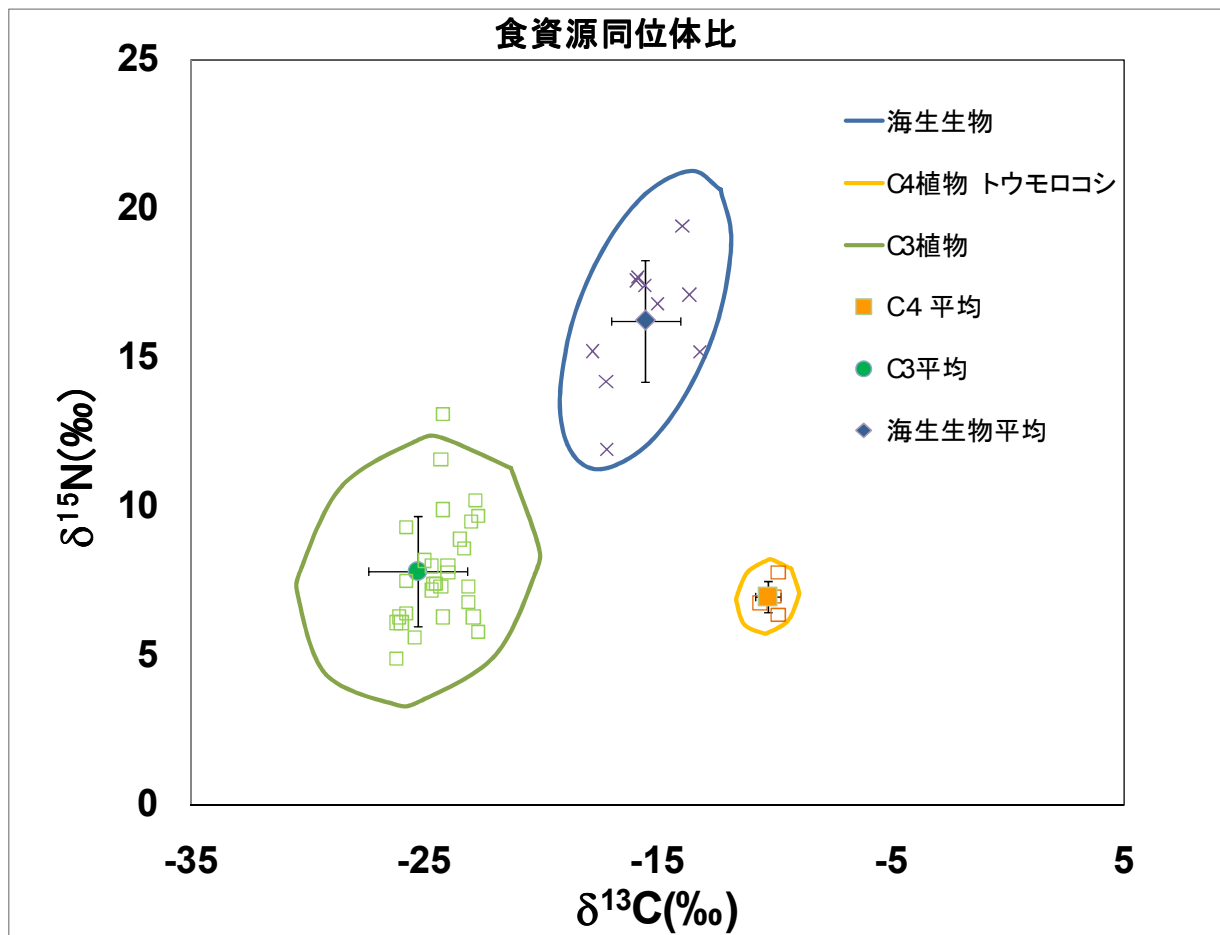


図5 ペルー砂漠地域の食資源同位体比

チリのアタカマ砂漠生態系の食資源の同位体比とペルーの遺跡から出土した炭化植物の同位体比を組み合わせた。海生生物と  $\text{C}_3$  植物、 $\text{C}_4$  植物の楕円は 95%信頼域で得られる等確率楕円を描いた。平均値と誤差（1 標準偏差）をプロットしてある。

(Falabella et al., 2007; DeNiro and Hastorf., 1985)



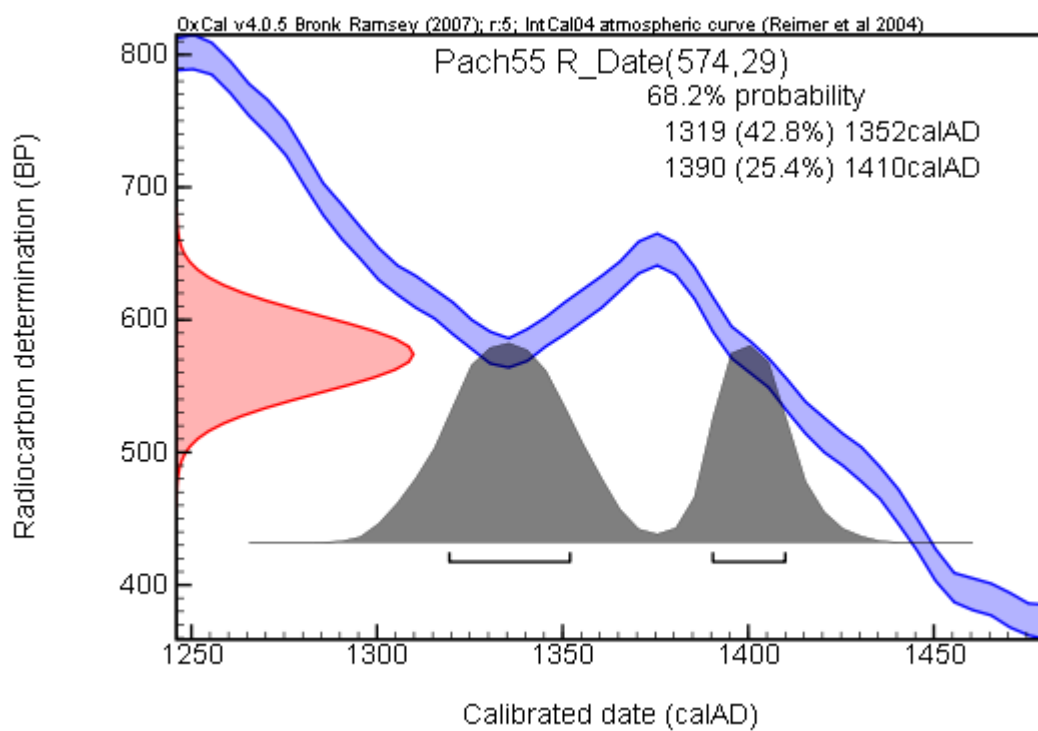


図 6  $^{14}\text{C}$  年代と歴年代への較正

縦軸の山（左側のピンク色の山）は  $^{14}\text{C}$  年代と確率を含んだ誤差範囲を示している。この山を水平に伸ばし、較正曲線とぶつかった場所を横軸に投影し、確度 68%の較正年代範囲を示したのが右側の黒い山である。

表1 サンプルング試料と<sup>14</sup>C年代測定・安定同位体比測定を行った試料

contexto funerario	Fardo/ Individuo	性別	年代測定		食性解析		
			布・藁	筋肉	筋肉	毛髪 (12cm以上)	毛髪 (12cm以下)
Tumba 1-2	A		Pach-54				
Tumba 1-2	B main	男	Pach-55			Pach-18	Pach-18
Tumba 1-2	C		Pach-56	Pach-35	Pach-35	Pach-1	Pach-1
Tumba 1-2	D		Pach-57			Pach-2	Pach-2
Tumba 1-2	E	男	Pach-58			Pach-3, 24	Pach-3, 24
Tumba 1-2	F		Pach-59			Pach-4	Pach-4
Tumba 1-2	G	男	Pach-60	Pach-36	Pach-36		
Tumba 1-2	H	男	Pach-61	Pach-37	Pach-37	Pach-19	Pach-19
Tumba 1-2	I		Pach-62	Pach-38	Pach-38	Pach-5	Pach-5
Tumba 1-2	J		Pach-63			Pach-6	Pach-6
Tumba 1-2	K		Pach-64				
Tumba 1-2	L		Pach-65			Pach-7	Pach-7
Tumba 1-2	M		Pach-66	Pach-39	Pach-39	Pach-8	Pach-8
Tumba 1-2	N	男	Pach-67	Pach-40	Pach-40	Pach-9	Pach-9
Tumba 1-2	O	男	Pach-68			Pach-10	Pach-10
Tumba 1-2	P		Pach-69				
Tumba 1-2	Q	女	Pach-70	Pach-41	Pach-41	Pach-11	Pach-11
Tumba 1-2	R	女	Pach-71	Pach-42	Pach-42	Pach-12	Pach-12
Tumba 1-2	T		Pach-72			Pach-13	Pach-13
Tumba 1-2	U	男	Pach-73	Pach-43	Pach-43	Pach-14	Pach-14
Tumba 1-2	V	男	Pach-74	Pach-44	Pach-44	Pach-15	Pach-15
Tumba 1-2	W	女	Pach-75	Pach-45	Pach-45		
Tumba 1-2	X	女	Pach-76			Pach-16	Pach-16
Tumba 1-2	Y		Pach-77				
Tumba 1-2	Z	男	Pach-78			Pach-17	Pach-17
Tumba 1-2	AA		Pach-79			Pach-20	Pach-20
Tumba 1-2	AB		Pach-80			Pach-21	Pach-21
Tumba 1-2	AC		Pach-81				
Tumba 1-2	AD		Pach-82				
Tumba 1-2	AE		Pach-83				
Tumba 1-2	AF	女	Pach-84	Pach-46	Pach-46	Pach-22	Pach-22
Tumba 1-2	AG		Pach-85				
Tumba 1-2	AH		Pach-86				
Intrusion sobre Tumba 1-2	B		Pach-87				
Intrusion sobre Tumba 1-2	D		Pach-88				
Intrusion sobre Tumba 1-2	E		Pach-89	Pach-47	Pach-47		
Tumba 3	A Individuo 1.		Pach-90	Pach-48	Pach-48	Pach-25	Pach-25
Tumba 3	B		Pach-91	Pach-49	Pach-49	Pach-27	Pach-27
Tumba 4	Fardo unico		Pach-92				
Entierro AH	A Individuo 1.	女	Pach-93	Pach-50	Pach-50		
Entierro AH	B		Pach-94			Pach-33	Pach-33
Entierro AH	C		Pach-95				
	T		Pach-96	Pach-53	Pach-53	Pach-34	Pach-34
Cluster L	Fardo adulto Asoc.		Pach-97				
Cluster L	Fardo infante Asoc.		Pach-98				
80% en Tumba 1-2	Fardo Aduto		Pach-99				
Tumba 1-2	B		Pach-100				
Entierro AH	Fardo A Individuo 2	たぶん男			Pach51	Pach-32	Pach-32
Cluster I	Fardo Asoc. A Individuo B				Pach52		
Rasgo 5, Craneo 13			Pach-101		Pach-101	Pach-102	Pach-102
Tumba 1-2	Craneo R					Pach-23	Pach-23
Tumba 5	Individuo A					Pach-28	Pach-28
Tumba 5	Individuo B					Pach-29	Pach-29
Entierro AE	Individuo adulto	女				Pach-30	Pach-30
Tumba 3	Fardo A (Individuo 2)					Pach-26	Pach-26
Entierro AH	Fardo A (Individuo 3)					Pach-31	Pach-31
						Pach-Main	Pach-Main

\* 毛髪試料でPach3とPach24試料としてサンプルングされたものは、おそらく同じ個体である

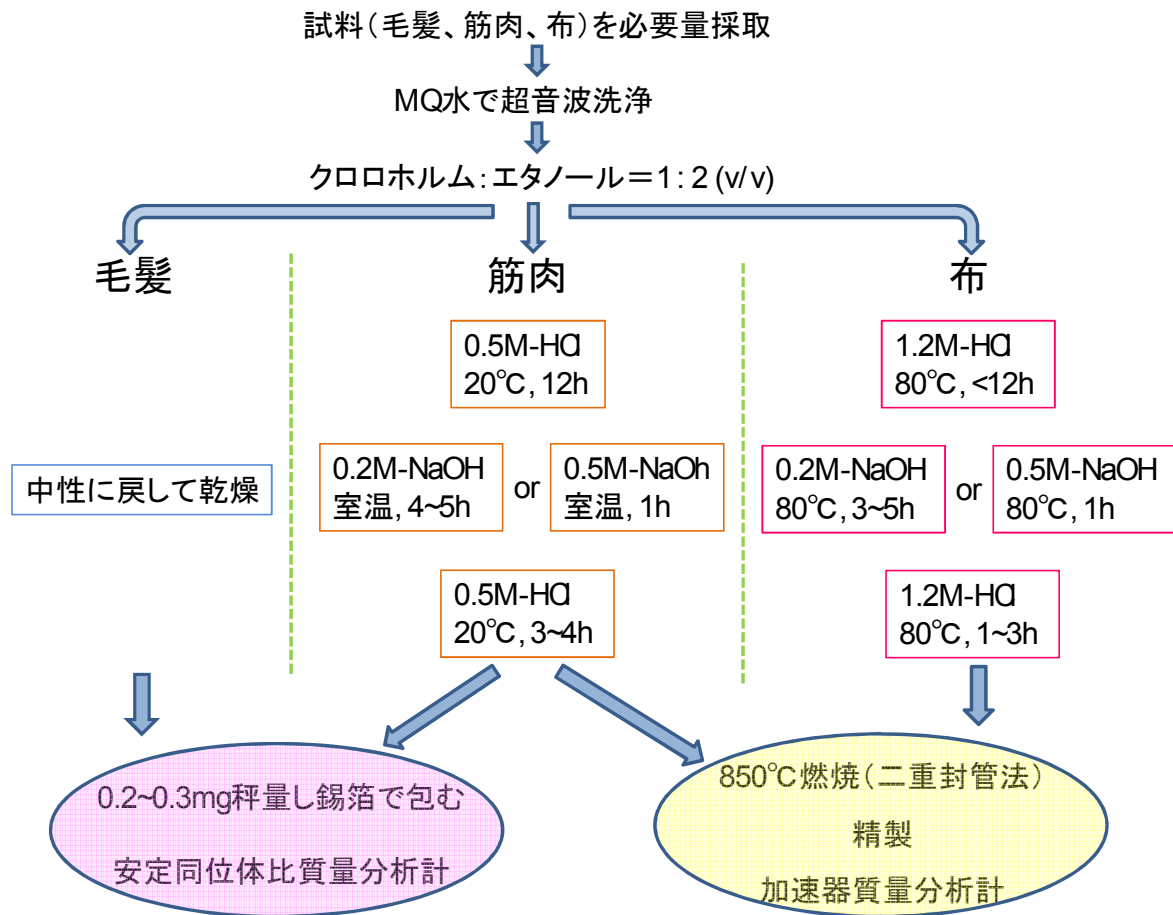


図7 実験手順

表 2 長さ 12cm 以上の毛髪における 2cm ごとの炭素・窒素同位体比

試料名		毛髪の長さ (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Pach1	Pach-1a	2	-10.3	17.2
	Pach-1b	4	-10.2	19.1
	Pach-1c	6	-11.6	18.3
	Pach-1d	8	-12.2	16.9
	Pach-1e	10	-11.6	18.5
	Pach-1f	12	-11.9	18.3
	平均		-11.3	18.0
	標準偏差		0.8	0.7
Pach2	PACH-2a	2	-15.2	11.0
	PACH-2b	4	-14.4	12.4
	PACH-2c	6	-12.1	13.9
	PACH-2d	8	-11.5	13.6
	PACH-2e	10	-9.9	14.2
	PACH-2f	12	-10.3	12.5
	PACH-2g	14	-14.0	10.7
	PACH-2h	16	-16.0	11.8
	PACH-2i	18	-14.8	12.8
	PACH-2j	20	-13.5	14.6
	PACH-2k	22	-12.1	14.9
	PACH-2l	24	-16.1	11.8
	PACH-2m	26	-16.2	10.5
	PACH-2n	28	-13.1	11.5
	PACH-2o	30	-10.1	12.7
	PACH-2p	32	-10.6	13.9
	平均		-13.1	12.7
	標準偏差		2.2	1.3
Pach8	Pach-8a	2	-13.5	14.4
	Pach-8b	4	-10.9	13.6
	Pach-8c	6	-11.0	15.0
	Pach-8d	8	-9.9	14.0
	Pach-8e	10	-12.6	14.3
	Pach-8f	12	-13.6	14.5
	Pach-8g	14	-13.0	14.1
	Pach-8h	16	-12.6	13.6
	Pach-8i	18	-10.4	15.9
	Pach-8j	20	-10.2	16.3
	Pach-8k	22	-11.8	14.7
	Pach-8l	24	-12.4	15.0
	Pach-8m	26	-11.8	13.9
	平均		-11.8	14.6
	標準偏差		1.2	0.8
Pach9	PACH-9a	2	-14.1	15.4
	PACH-9b	4	-15.0	15.4
	PACH-9c	6	-14.7	17.1
	PACH-9d	8	-10.9	15.8
	PACH-9e	10	-11.0	16.0
	PACH-9g	12	-14.8	16.9
	PACH-9f	14	-11.7	17.1
	平均		-13.2	16.2
	標準偏差		1.7	0.7

試料名		毛髪長さ (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Pach11	PACH-11a	2	-9.0	17.7
	PACH-11b	4	-8.8	17.6
	PACH-11c	6	-10.3	18.0
	PACH-11d	8	-12.3	14.7
	PACH-11e	10	-11.8	17.2
	PACH-11f	12	-10.1	16.2
	PACH-11g	14	-9.4	16.2
平均			-10.2	16.8
標準偏差			1.3	1.1
Pach14	Pach-14a	2	-11.3	19.5
	Pach-14b	4	-9.7	19.7
	Pach-14c	6	-9.1	18.8
	Pach-14d	8	-8.8	17.2
	Pach-14e	10	-8.8	18.3
	Pach-14f	12	-10.3	20.0
	Pach-14g	14	-12.0	19.0
	Pach-14h	16	-10.8	19.9
平均			-10.1	19.0
標準偏差			1.1	0.9
Pach15	Pach-15a	2	-13.2	16.6
	Pach-15b	4	-12.7	16.0
	Pach-15c	6	-11.0	17.2
	Pach-15d	8	-10.0	16.6
	Pach-15e	10	-10.7	15.3
	Pach-15f	12	-10.9	18.6
平均			-11.4	16.7
標準偏差			1.2	1.1
Pach24	PACH-24a	2	-13.1	14.7
	PACH-24b	4	-13.1	14.6
	PACH-24c	6	-12.0	15.2
	PACH-24d	8	-10.4	16.1
	PACH-24e	10	-10.1	16.8
	PACH-24f	12	-13.5	16.0
	PACH-24g	14	-13.9	15.4
	PACH-24h	16	-12.9	17.1
	PACH-24i	18	-11.8	16.6
平均			-12.3	15.8
標準偏差			1.3	0.8
Pach25	Pach-25a	2	-12.1	13.1
	Pach-25b	4	-14.5	12.7
	Pach-25c	6	-15.8	11.7
	Pach-25d	8	-14.0	12.6
	Pach-25e	10	-11.5	13.0
	Pach-25f	12	-11.5	12.5
SD	平均		-13.2	12.6
	標準偏差		1.6	0.4
Pach32	Pach-32a	2	-12.6	15.1
	Pach-32b	4	-14.4	13.5
	Pach-32c	6	-13.7	14.0
	Pach-32d	8	-10.1	14.4
	Pach-32e	10	-10.7	13.3
	Pach-32f	12	-11.3	13.9
	Pach-32g	14	-12.6	13.7
	Pach-32h	16	-11.7	14.2
平均			-12.1	14.0
標準偏差			1.4	0.5

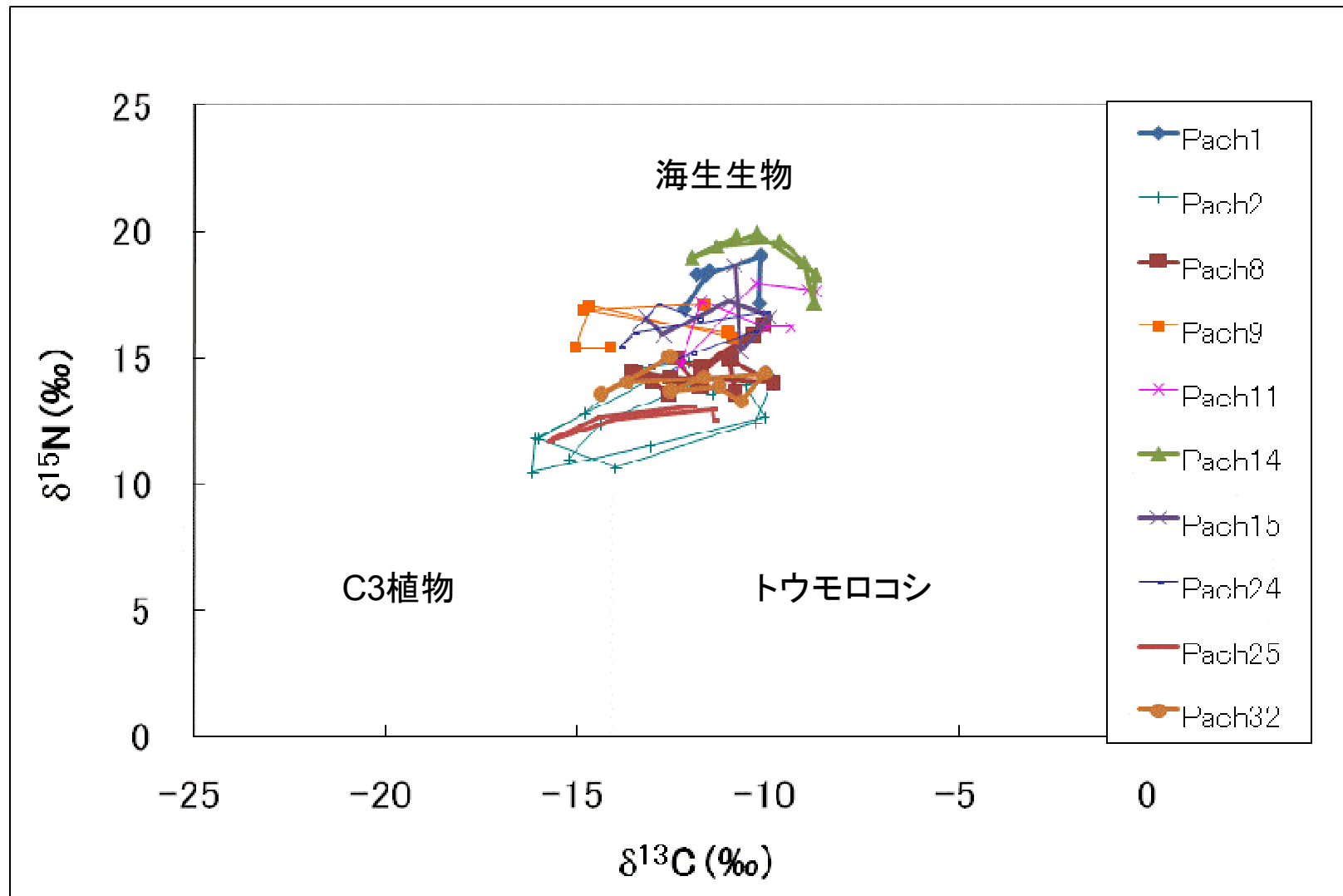


図 8 12cm 以上の毛髪と同位体比変動

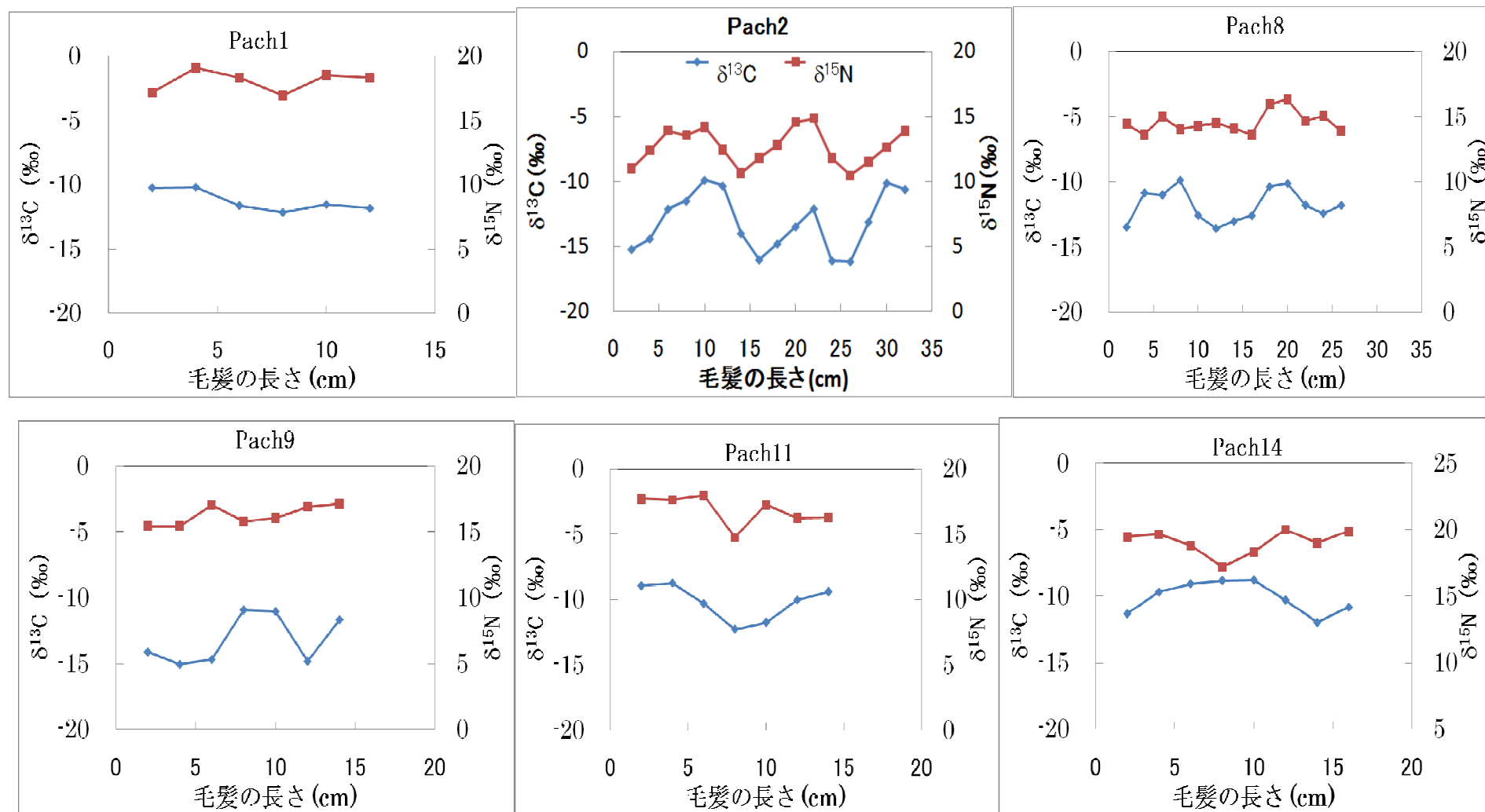


図9 周期性のある毛髪の炭素・窒素同位体比の変動

左縦軸に炭素同位体比、右縦軸に窒素同位体比をとっている。横軸は毛髪の長さを示しており、1cmが1ヵ月分の食性を表している。

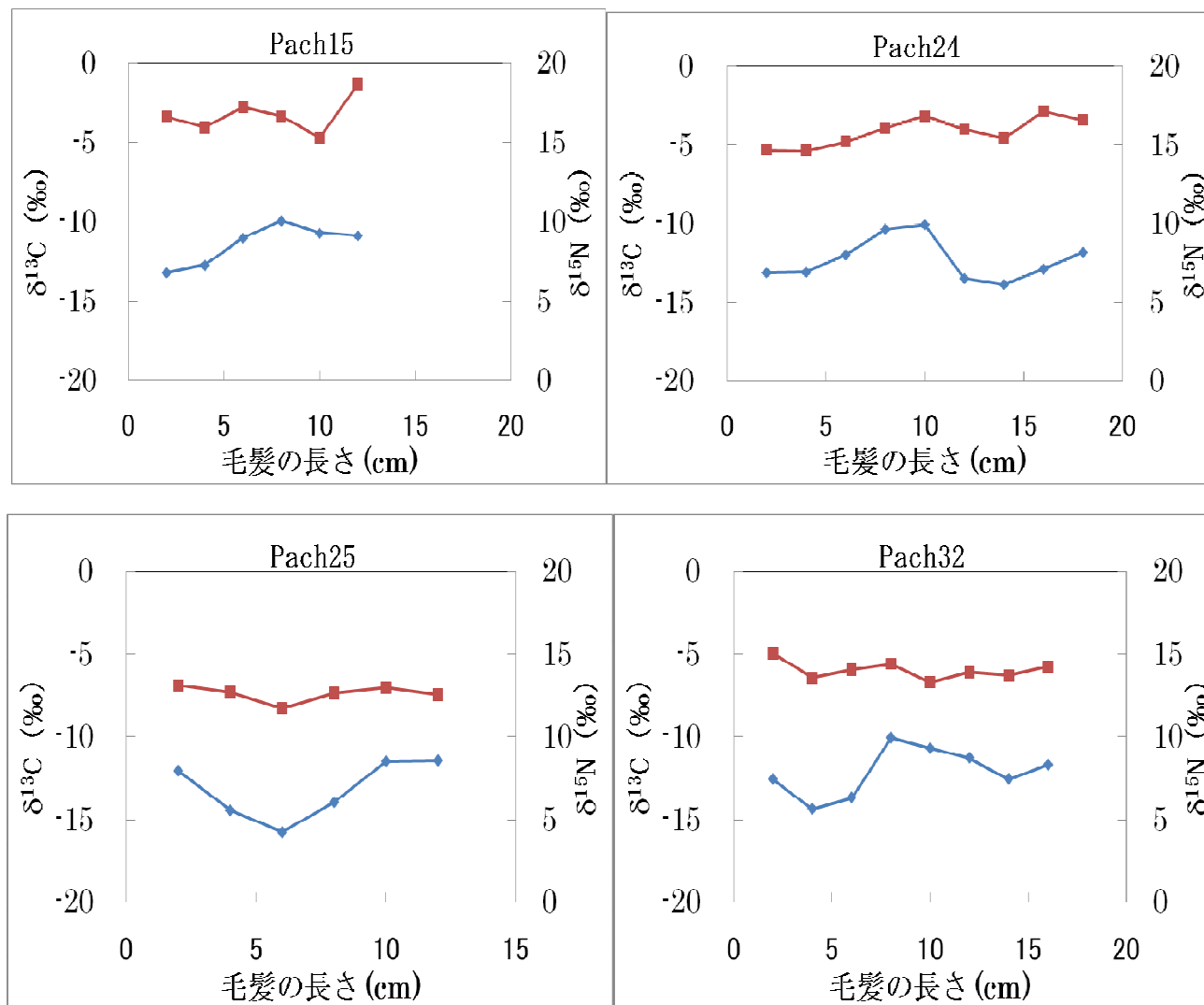


図9 続き 周期性のある毛髪の炭素・窒素同位体比の変動



**表 3-1 筋肉の同位体比と、対応する毛髪 12cm の平均同位体比**

筋肉は同位体効果を補正してある。補正に用いた値は図 15-2 に記した。

筋肉			毛髪	12cm average	
	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Pach41	-14.5	16.1	Pach11	-12.9	12.8
Pach43	-13.8	16.8	Pach14	-12.2	14.8
Pach48	-13.3	13.4	Pach25	-15.7	8.5
Pach51	-12.3	12.0	Pach32	-14.6	9.9
平均値	-13.5	14.6		-13.8	11.5
標準偏差	0.8	2.0		1.4	2.5

表 4-1 筋肉の年代測定結果

sample name (Lab)	sample name	物質	14C年代(BP)	校正年代(cal AD)	機関番号
skMT0867	Pach41	皮膚	1231 ± 53	709-747 (18.9%) 766-870 (49.3%)	MTC-11791
skMT0868	Pach42	皮膚	1144 ± 56	783-788 (1.8%) 816-843 (10.8%) 859-974 (55.6%)	MTC-11792
skMT0869	Pach43	皮膚	1114 ± 53	880-994 (68.2%)	MTC-11793
skMT0871	Pach45	皮膚	1179 ± 53	775-897 (61.3%) 923-941 (6.9%)	MTC-11794
skMT0872	Pach47	皮膚	1100 ± 54	889-995 (68.2%)	MTC-11795
skMT0873	Pach48	皮膚	1202 ± 53	722-740 (6.4%) 770-891 (61.8%)	MTC-11797
skMT0874	Pach49	皮膚	1171 ± 53	777-898 (58.4%) 921-945 (9.8%)	MTC-11798

表 4-2 布の年代測定結果

sample name (Lab)	sample name	物質	14C年代(BP)	校正年代(cal AD)	機関番号
CoMT0852	Pach54	ファルド	454 ± 99	1330-1339 (2.2%) 1397-1522 (50.6%) 1574-1627 (15.5%)	MTC-11004
CoMT0853	Pach64	ファルド	533 ± 29	1398-1431 (68.2%)	MTC-11005
CIMT0855	Pach68	ファルド	579 ± 30	1317-1354 (46.0%) 1390-1408 (22.2%)	MTC-11006
CIMT0856	Pach71	ファルド	725 ± 29	1265-1288 (68.2%)	MTC-11007
CIMT0857	Pach73	ファルド	570 ± 28	1320-1350 (40.5%) 1391-1411 (27.7%)	MTC-11008
CIMT0858	Pach74	ファルド	517 ± 27	1408-1433 (68.2%)	MTC-11009
CIMT0859	Pach77	ファルド	801 ± 27	1220-1260 (68.2%)	MTC-11010
CIMT0860	Pach78	ファルド	598 ± 27	1310-1360 (55.7%) 1387-1399 (12.5%)	MTC-11011
CIMT0861	Pach70	ファルド	896 ± 53	1046-1094 (25.8%) 1120-1141 (10.4%) 1148-1210 (32.0%)	MTC-11787
CIMT0862	Pach75	ファルド	915 ± 55	1039-1165 (68.2%)	MTC-11788
CIMT0863	Pach89	ファルド	744 ± 53	1224-1288 (68.2%)	MTC-11789
CIMT0866	Pach93	ファルド	1062 ± 53	899-920 (13.8%) 947-1021 (54.4%)	MTC-11790
CIMT08125	Pach55	ファルド	574 ± 29	1319-1352 (42.8%) 1390-1410 (25.4%)	MTC-12440

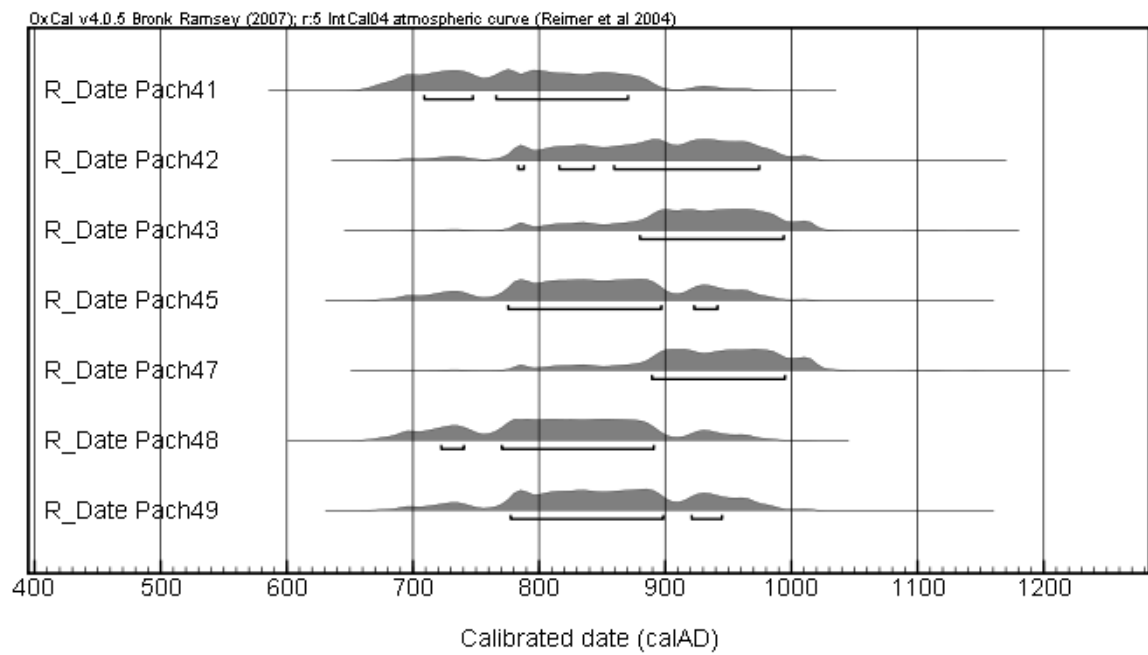


図 10-1 筋肉の較正年代の比較

横軸に較正年代を取っている。各段の山が、筋肉の年代を示している。

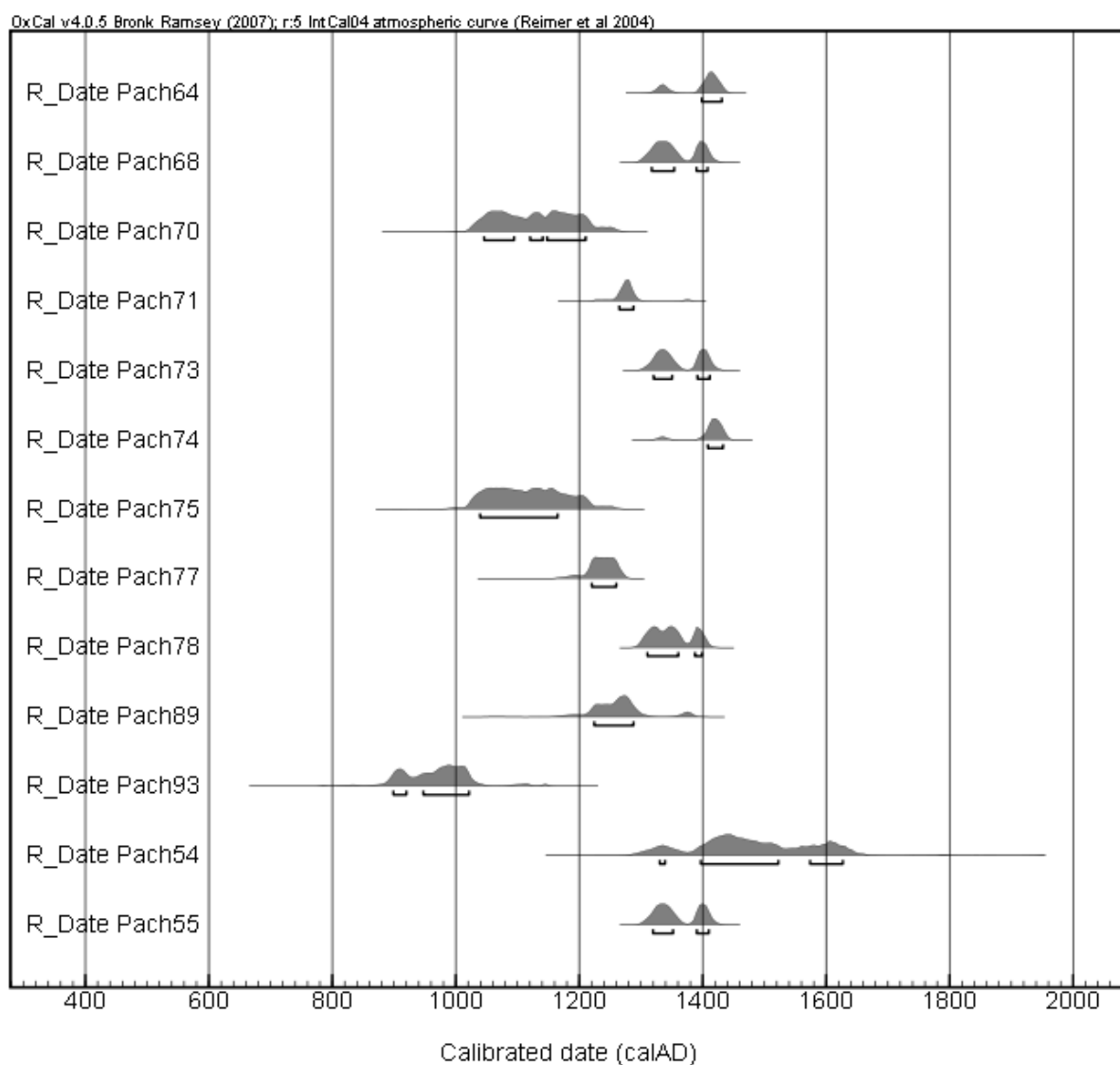


図 10-2 布の較正年代の比較

横軸に較正年代を取っている。各段が各試料を表し、較正年代を示している。

地下 1 階

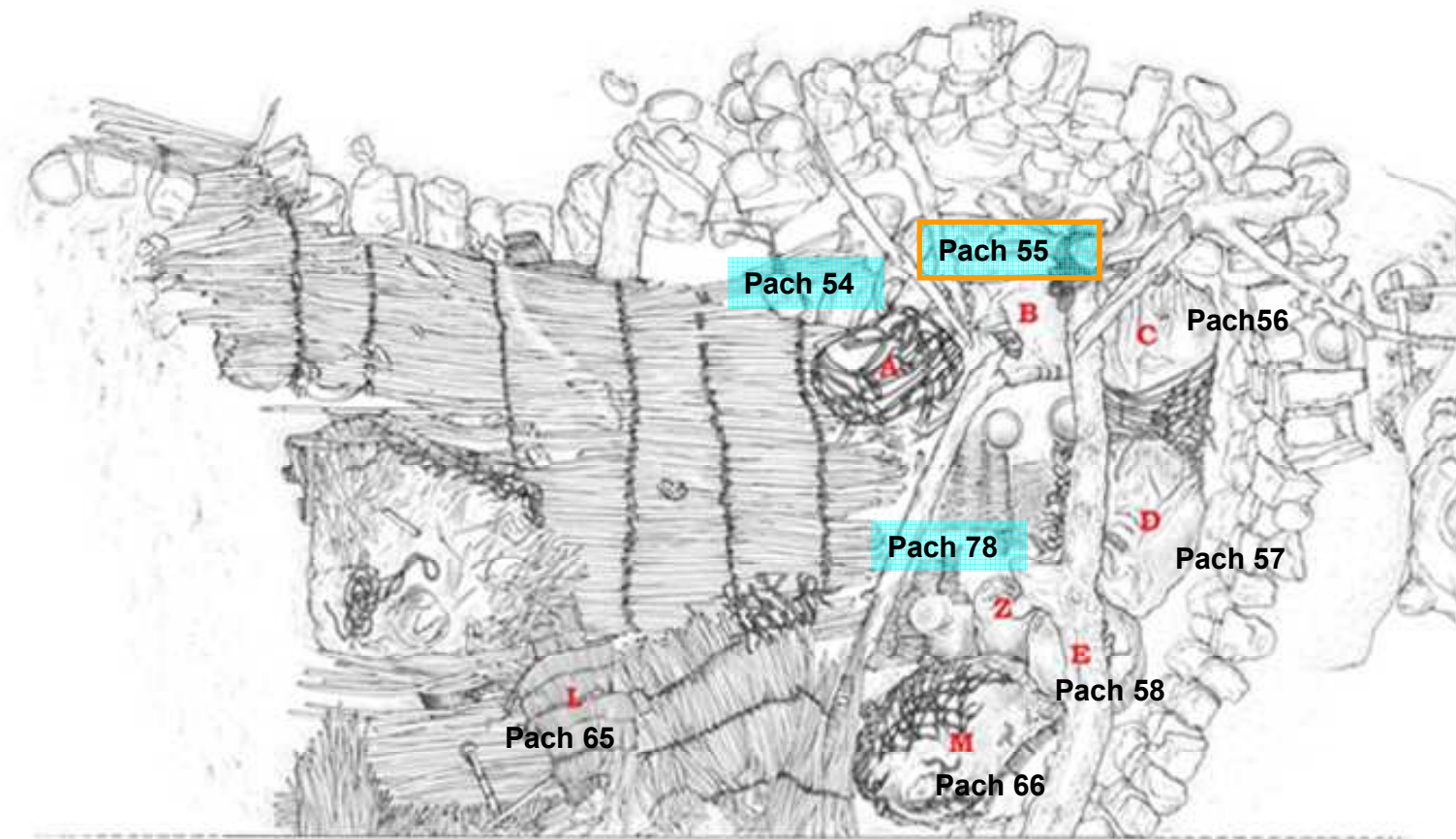


図 11 ミイラの配置と  $^{14}\text{C}$  年代の関係 赤色マーカーが古い年代を示し、青色マーカーが新しい年代を示す。緑色はその中間の年代である。

地下 2 階

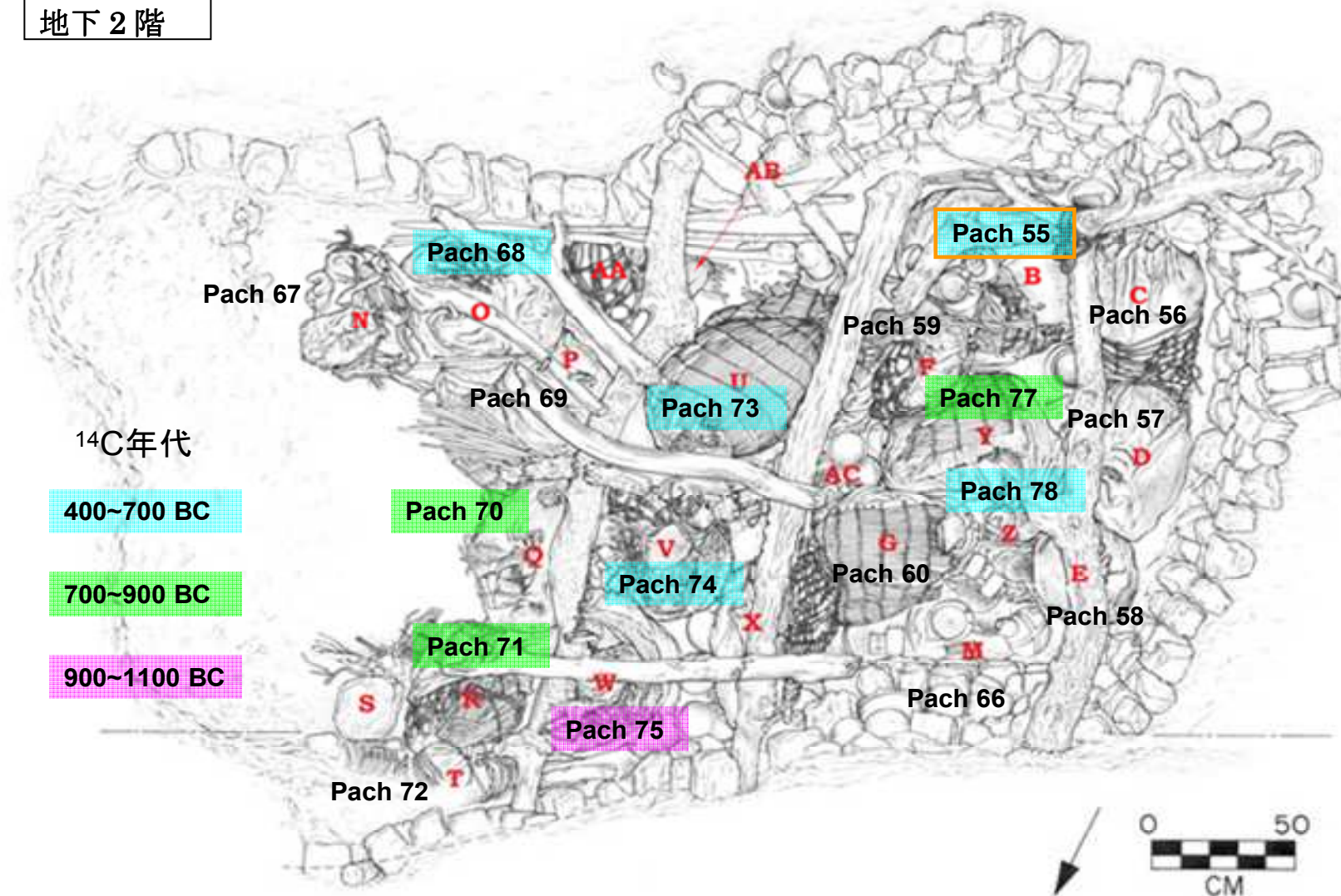


図 11 続き ミイラの配置と  $^{14}\text{C}$  年代の関係

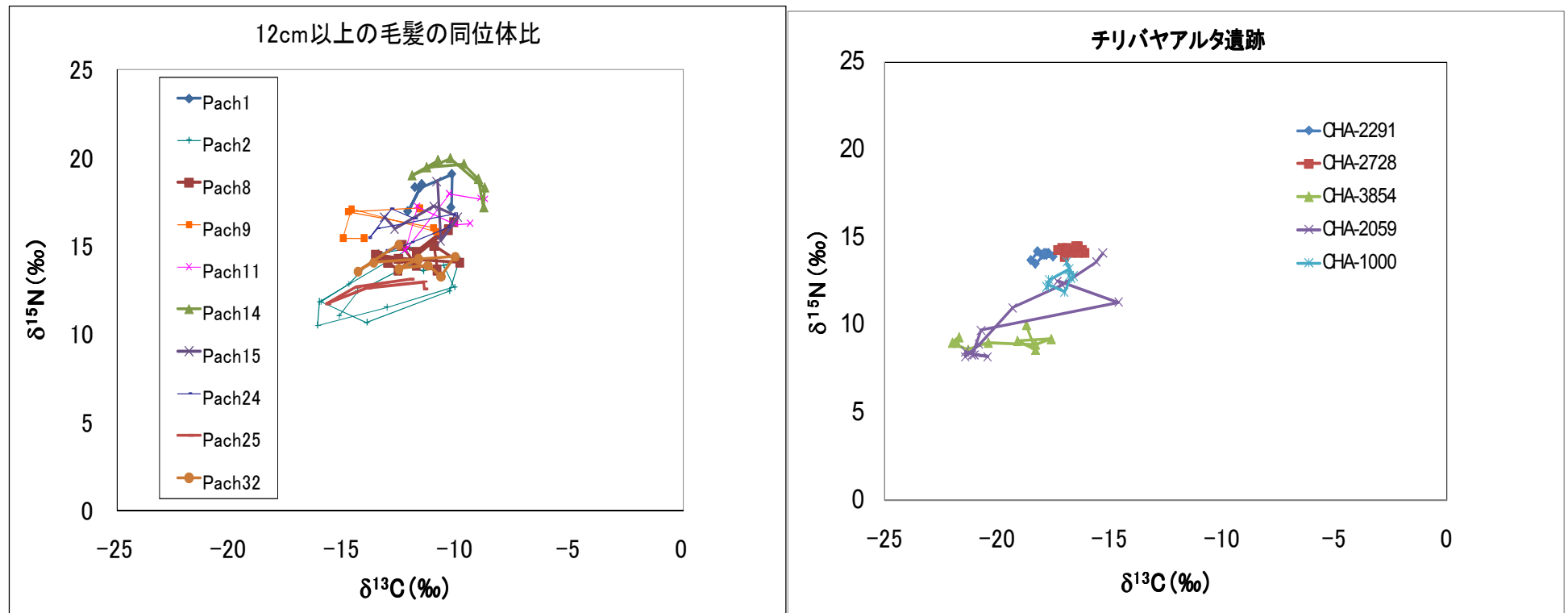


図 12-1 パチャカマック遺跡（左）とチリバヤアルタ遺跡（右）のミイラの毛髪と比較

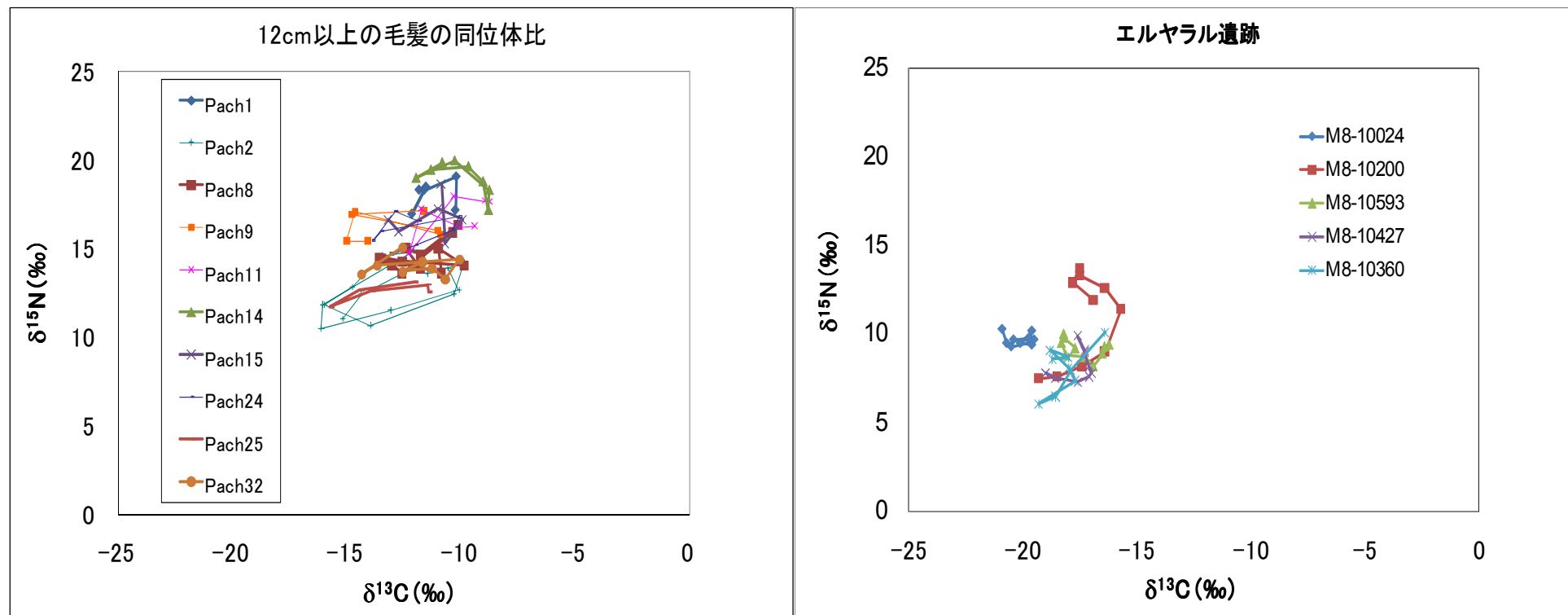


図 12-2 パチャカマック遺跡（左）とエルヤラル遺跡（右）のミイラの毛髪と比較



試料名	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
	平均値	標準偏差
M8-10200	14.9	2.3
Pach 1	18.0	0.7
Pach 2	12.7	1.3
Pach 8	14.6	0.8
Pach 9	16.2	0.7
Pach 11	16.8	1.1
Pach 14	19.0	0.9
Pach 15	16.7	1.1
Pach 24	15.8	0.8
Pach 25	12.6	0.4
Pach 32	14.0	0.5

表5 エルヤラル遺跡のM8-10200とパチャカマック遺跡ミイラの窒素同位体比変動の比較

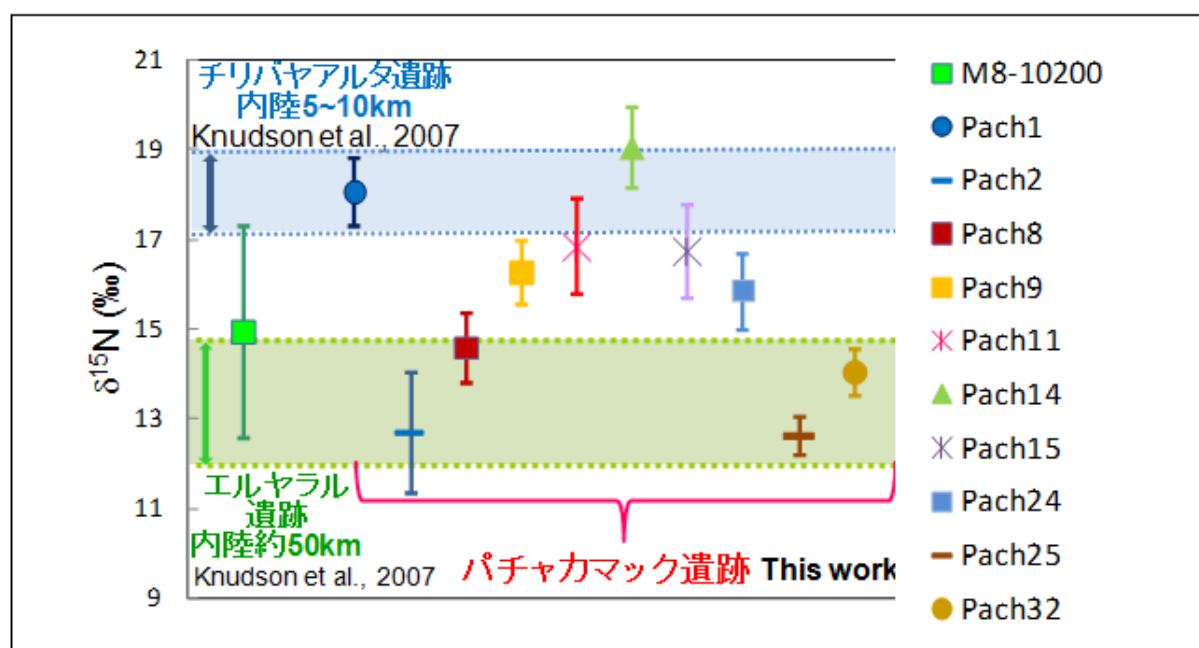


図13 パチャカマック遺跡の毛髪のパッチと標準偏差

エルヤラル遺跡の M8-10200（毛髪試料）と、パチャカマック遺跡の毛髪試料の平均値と標準偏差を示している。M8-10200 ほど大きく動いている個体はない。

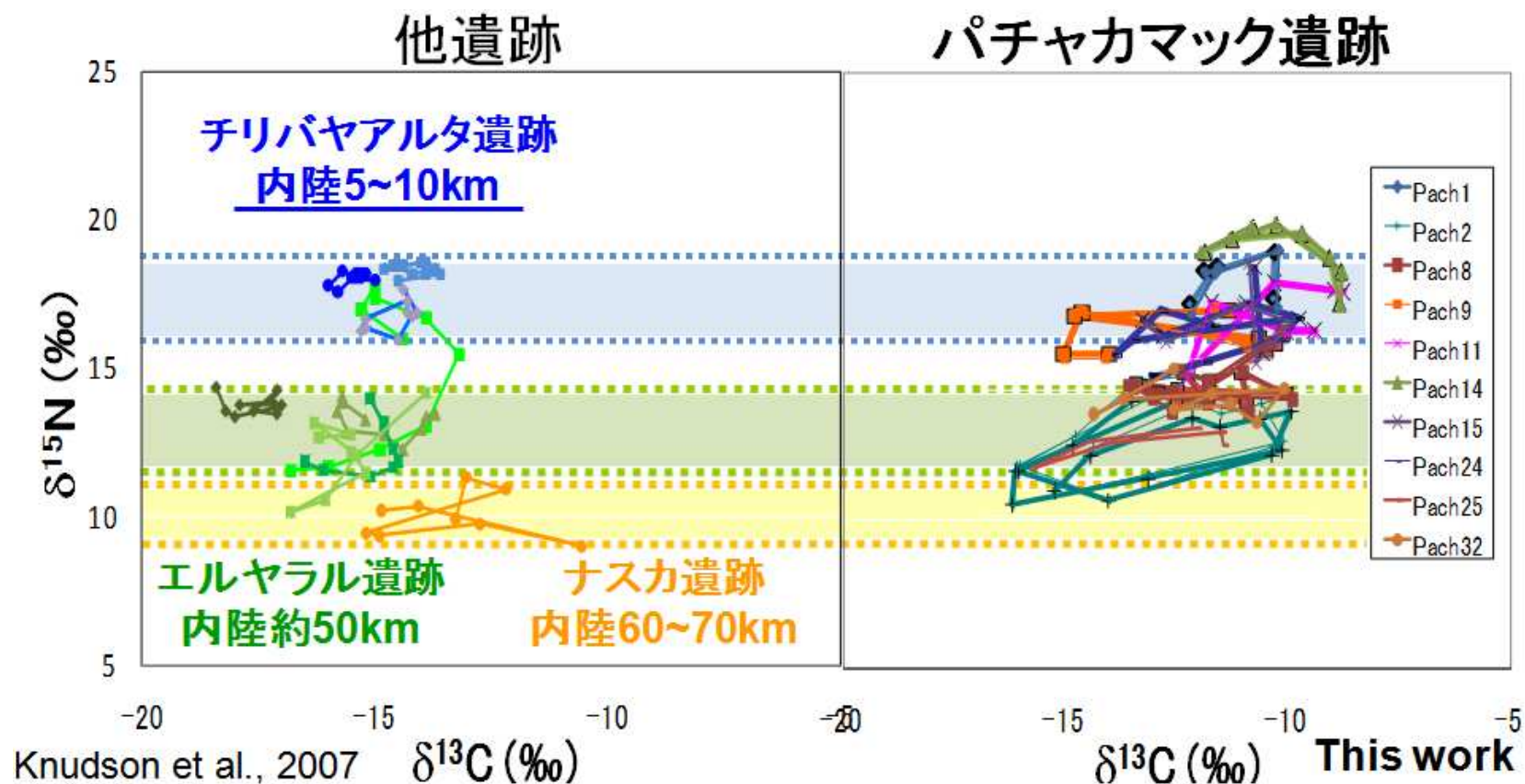


図 14 パチャカマック遺跡のミイラと他遺跡のミイラの毛髪の窒素同位体比の比較

右側が本研究で測定したパチャカマック遺跡、左側が砂漠地帯に属する南部海岸地域のチリバヤアルタ遺跡（青色）、エルヤラル遺跡（緑色）、中南部海岸地域のナスカ遺跡（オレンジ色）の毛髪と同位体比を示している。チリバヤアルタ遺跡の個体と同じ窒素同位体比を青色の帯で、チリバヤアルタ遺跡は緑色の帯で、ナスカ遺跡はクリーム色の帯で窒素同位体比を示している。海岸からの距離に伴って、窒素同位体比が低くなっている。

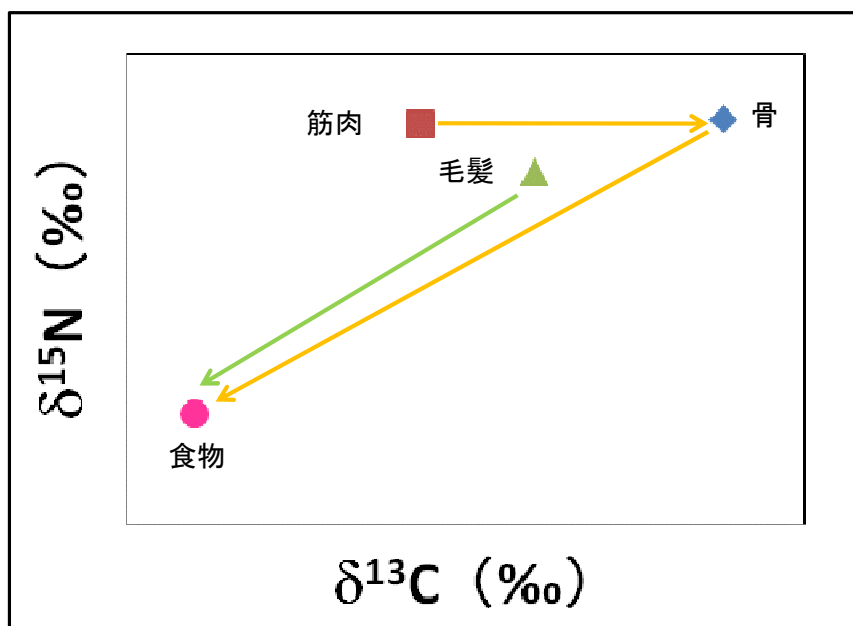


図 15-1 同位体効果の補正

図 15-2 は毛髪と同位体効果を直して食物の値にし、筋肉は一度骨の同位体効果に直したのち、同位体濃縮を補正して食物の値にして、毛髪との比較を行っている。すなわち、毛髪の濃縮を補正して食物に直した時の値と、筋肉の濃縮を補正して食物に直した時の値を比較している。毛髪から食物への同位体濃縮の補正は $\delta^{13}\text{C}$ で $-2.5\text{‰}$ （南川ほか, 1986）、 $\delta^{15}\text{N}$ で $-4.1\text{‰}$ （南川ほか, 1986）を行った。筋肉から骨への補正值には $\delta^{13}\text{C}$ で $+2.25\text{‰}$ （Tieszen and Fagre, 1993）、 $\delta^{15}\text{N}$ で $+0.78\text{‰}$ （Ambrose, 2000）を用い、骨から食物への補正には $\delta^{13}\text{C}$ で $-3.91\text{‰}$ （南川ほか, 1986; O'Connell et al., 2001）、 $\delta^{15}\text{N}$ で $-4.96\text{‰}$ （南川ほか, 1986; O'Connell et al., 2001）の値を用いた。

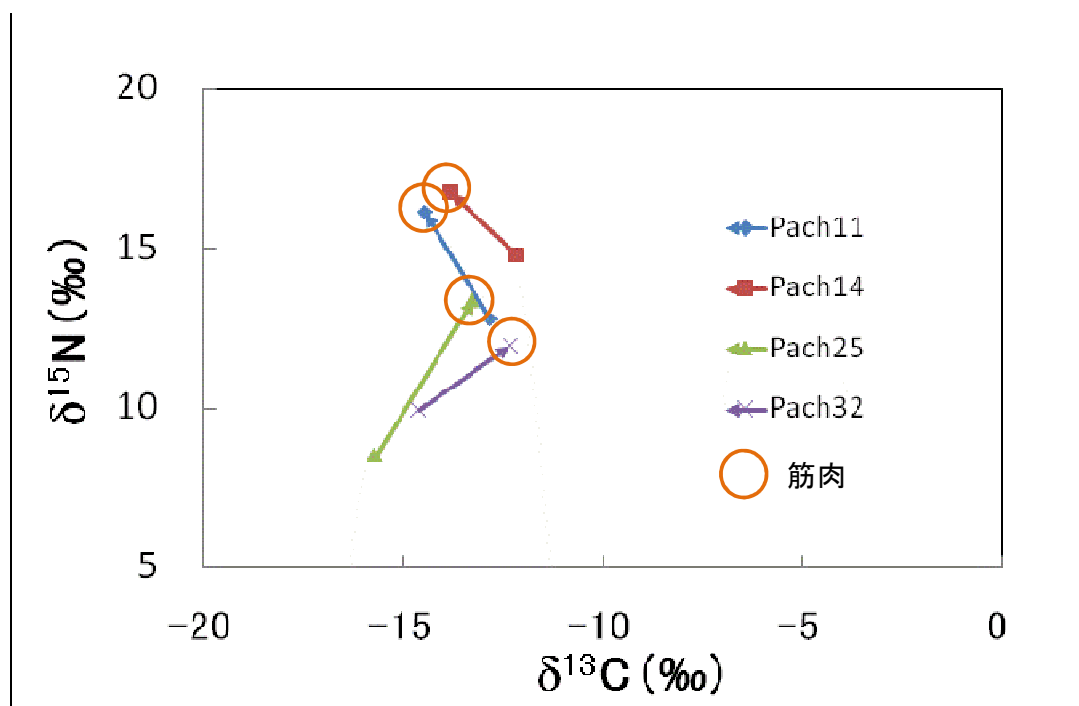


図 15-2 筋肉の同位体比と毛髪 12 ヶ月の平均同位体比の比較

図 15-1 で示したように同位体効果を補正して、組織間の比較を行っている。毛髪から筋肉への窒素同位体比の上昇を矢印で示している。オレンジのサークルで囲ってあるのが筋肉の値である。

表 3-2 筋肉の同位体比と、対応する毛髪 12cm の平均同位体比

筋肉の値は表 3-1 とは異なる値で同位体効果を補正してある。補正に用いた値は図 15-3 に記した。

筋肉			毛髪	12cm average	
	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Pach41	-11.97	16.04	Pach11	-10.36	16.91
Pach43	-11.32	16.67	Pach14	-9.67	18.89
Pach48	-10.78	13.32	Pach25	-13.20	12.59
Pach51	-9.84	11.87	Pach32	-12.12	14.03
平均値	-11.0	14.5		-11.3	15.6
標準偏差	0.8	2.0		1.4	2.5

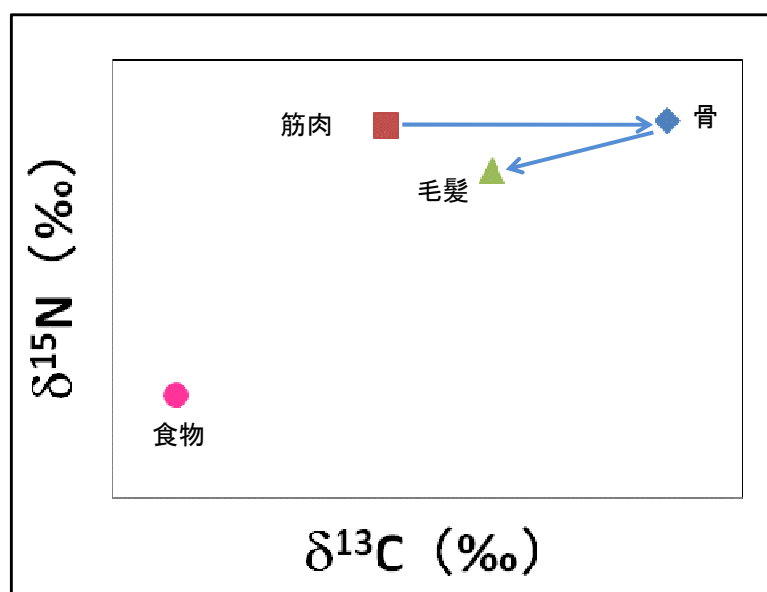


図 15-3 同位体効果の補正

図 15-4 は毛髪と同位体効果は補正していない。筋肉を一度骨の同位体効果に直したのち、毛髪と同位体濃縮に変換して、毛髪同士の比較を行っている。すなわち、毛髪と、筋肉の濃縮を補正して毛髪と同位体効果に直した時の値を比較している。筋肉から骨への補正值は、 $\delta^{13}\text{C}$  で +2.25‰ (Tieszen and Fagre, 1993)、 $\delta^{15}\text{N}$  で +0.78‰ (Ambrose, 2000) を用いている。骨から毛髪への補正には、 $\delta^{13}\text{C}$  で -1.14‰ (O'Connell et al., 2001)、 $\delta^{15}\text{N}$  で -0.86‰ (O'Connell et al., 2001) の値を用いた。

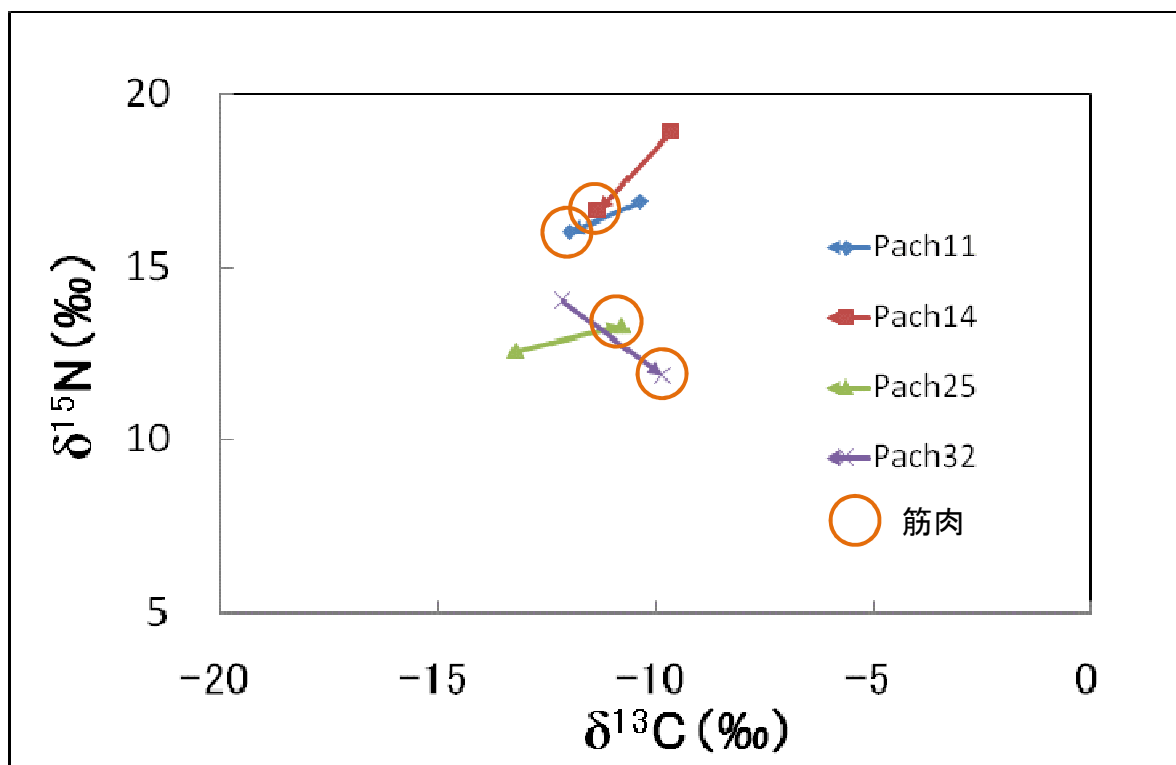


図 15-4 筋肉の同位体比と毛髪 12 ヶ月の平均同位体比の比較

図 15-3 で示したように同位体効果を補正して、組織間の比較を行っている。毛髪から筋肉への窒素同位体比の上昇を矢印で示している。オレンジのサークルで囲ってあるのが筋肉の値である。

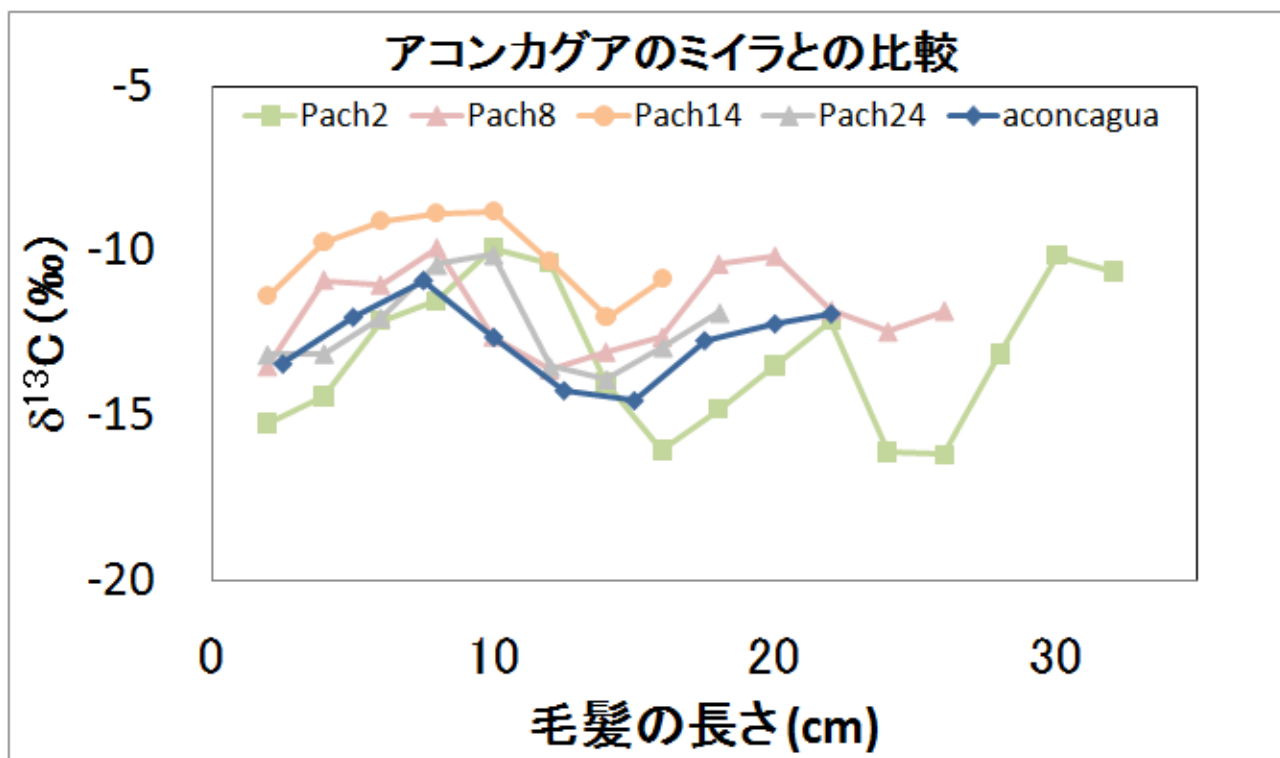


図 16 パチャカマックミイラとアコンカグアのミイラの毛髪の炭素同位体比の比較

変動をみるために、16cm 以上の長さの毛髪 4 点に絞ってある。アコンカグアのミイラの毛髪は青色で示されており、パチャカマック遺跡ミイラの毛髪は、それ以外の色で示してある。

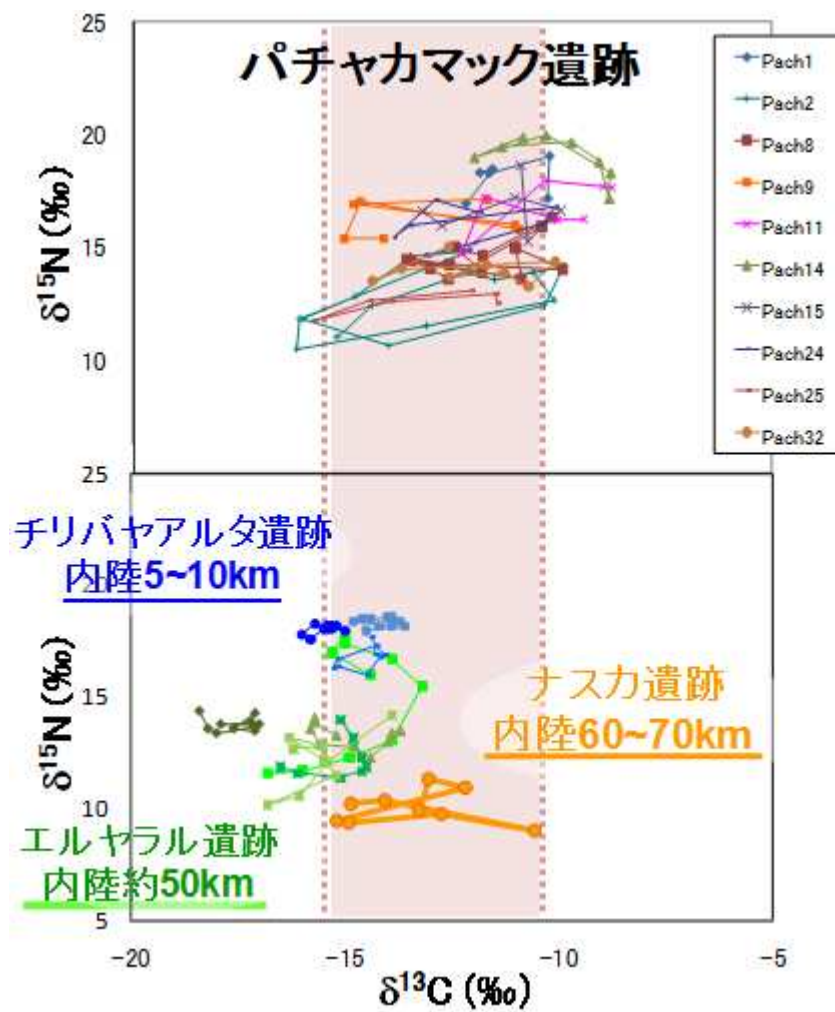


図 17 パチャカマック遺跡のミイラ毛髪とチリバヤアルタ遺跡、エルヤラル遺跡、ナスカ遺跡のミイラの毛髪との炭素同位体比の比較  
青色で表わされているのがチリバヤアルタ遺跡のミイラの毛髪、緑色で表わされているのがエルヤラル遺跡、オレンジ色がナスカ遺跡である。ナスカ遺跡の変動の範囲を薄いピンク色の幅で示している。