

インカ帝国の統治による影響と食性の地域差 —炭素・窒素同位体比を用いた研究—

瀧上舞 (山形大学、日本学術振興会 PD)

はじめに

インカ帝国における資源獲得様式

アンデス地域には垂直統御と呼ばれる山と海の資源獲得方法と、インカ帝国期に整備されたインカ道と呼ばれる幹線道路を通った交換やインカ主導による資源の再分配がある

アンデス地域には多様な生態環境があり、海岸地域特有の魚や海藻、海岸地域から標高 3000m ぐらいまではトウモロコシやワタ、様々な葉物野菜、フルーツ、標高 4000m 以上の高地ではリヤマやアルパカの飼育やイモ類の栽培、そしてアマゾン川ではココヤ木材などの資源を獲得できる。このような諸々の資源を効率的に入手するため、母集落から離れて異なる生態環境に飛び地を所有し、同じ社会集団に属する者を派遣するという形をとった。これを垂直統御と呼ぶ(Murra, 1972, 佐藤, 2007)。垂直統御を用いた資源獲得様式がいつ始まり、いつ定着したのかについては未だ明確な結論は出ていない。一方、インカ道は帝国中に張り巡らされ、全部で 3 万ないし 5 万キロメートルに達したと推定されている。この道路網を通して、軍隊や政府高官の派遣、ミトマクのための大人口の移動、他地域の行政センターへの生産物の移動が行われた(ロストウォロフスキ, 2003)。また道を通して運ばれた資源が市場で交換された(藤井, 2008【1987】)。このようにインカ期には活発な資源流通があり、巨大帝国を支える経済的基盤になったと考えられる(徳江, 2007; ダルトロイ, 2012)。

インカ期の資源変化として特に注目されてきたのがトウモロコシである。トウモロコシはインカにとって祭祀的・政治的に重要な食物だった。チチャと呼ばれるトウモロコシの発酵酒は祭祀・儀式で飲まれ、また労働や服従への対価としてチチャや祭祀センターに集められた資源が大量に下賜されたと考えられている。トウモロコシはチチャとしての消費だけではなく、日常食として、茹でて食べ、また乾燥させて保存したものを挽いて粉にして練って食べたと記録されている。インカは征服地に太陽信仰を普及させ、トウモロコシ栽培を強制したとも記録されている(Cieza de León, 1946 [1553])。スペイン人による記録や民族学的調査から予想されてきたこれらのトウモロコシ利用の変化は、考古学的に調査されている。インカの統治によってトウモロコシ利用が増加したという研究は、ハウハ地域の発掘報告がよく知られており、土器や石器の変化や移住の跡が報告されている(Hastorf, 1990; Hastorf and Johanssen, 1993)。先述した資源流通によって、トウモロコシが各地で普及していた可能性が示唆されている。

一方で、トウモロコシ摂取はごく僅かで、祭祀の際に用いる程度だったという見解もある。現代の民族学的調査では、アンデス南部高地ではジャガイモが主食であり、トウモロコシは祭祀の際に用いられるだけだと報告された(山本, 2004)。これを支持するのが、ワヌコパンパ遺跡の発掘報告である。インカによる穀物貯蔵庫を調査した結果、保管されていた食料として、イモ類が 50-80%を占め、トウモロコシはわずか 5-7%だったと推測された(Morris and Thompson, 1970)。また、インカ帝国繁栄の短さや、多民族・多文化な国家であったことから、帝国内でのトウモロコシ摂取量に地域差があったことも指摘されている(Rowe, 1946 など)。このようにインカ期の食性について一見矛盾するような 2 つの見解がある。インカ期の食性を明らかにするため、ヒトの体組織の同位体分析が行われてきた。

同位体分析によるトウモロコシ摂取の検証

食物資源は光合成回路の違いや栄養段階の違いにより、それぞれ異なる炭素・窒素同位体比を持って

いる。例えば、海産物は海の中での食物連鎖が長いため、重い同位体の濃集が起こり、高い炭素・窒素同位体比を保持している。また、C₃植物とC₄植物はその光合成回路の違いから、C₄植物が重い炭素同位体比を保持している。古代アンデスでは、ヒトが直接摂取するC₄植物として、トウモロコシとキウィチャが存在している。人はいろいろな食べ物を摂取するため、各食物の同位体比を混合した同位体比を示すが、中でも相対的により多く食べた物の同位体比に影響される。この方法を用いて、インカ帝国期のハウハ遺跡でのC₄植物摂取量の増加や、インカ期の複数の遺跡での高いC₄植物摂取量が報告されており、インカ期にはトウモロコシ摂取量が増加したと考えられてきた(Burger et al., 2003; Hastorf and Johannessen, 1993)。しかしながら、分析資料のサンプリングの問題点が指摘され、トウモロコシ生産地域と居住域の違いからインカ前のトウモロコシ摂取量が低くインカが来てから増加したという見解について疑問も示されている(大貫, 2005)。

このHastorfらの研究がインカ時代の同位体分析の端緒となったことから、その後の研究でも特徴的なC₄植物利用注目があつまってきた。特に生贄として亡くなった子供のミイラの分析では、亡くなる直前にC₄植物と陸生動物(リャマの肉など)の摂取量が増加する報告がなされている(Andrushko et al., 2011; Wilson et al., 2007)。また、スペイン人の記録から子供たちが各地から集められた可能性が指摘されていたが、北部海岸地域のチョトゥーナ・ Cholnan Cup 遺跡複合では、生贄として亡くなる直前と10-25年前の食性に差がみられないことから、ローカルな人々が埋葬されていたこと、亡くなる前の特殊な食性はなかったことが報告された。これまでに5つの遺跡と4個体の子供生贄のミイラの同位体比が報告されてきたが、各論文が特徴的なトウモロコシ摂取の有無に主眼をおいており、未だ広域比較のためのまとめの論文は出されていない。Burger (2003) は食性の地域差の可能性を指摘していたが、これまで検証は行われていない。

以上のことから、インカ帝国下で各地域はどのような食性だったのか、またインカによる食性への影響はあったのかどうかについて、本研究では様々な地域の人骨の分析から考察を行った。

調査遺跡

ペルー北部のコンドル湖遺跡 (n=24), タンタリカ遺跡 (n=13), ペルー南部のモリノチラカチ遺跡 (n=19), クスコ周辺遺跡として、マチュピチュ遺跡 (n=6), ワタ遺跡 (n=21), サクサイワマン遺跡 (n=30), パタリヤクタ遺跡 (n=33), サラプンク遺跡 (n=10), ウィルカラカイ遺跡 (n=6), トロントイ遺跡(ヒト n=2, 動物 n=4)の炭素・窒素安定同位対比分析を行った(図1)。またこれらの試料は年代測定を行った結果、インカ時代~植民地時代初期だと確認された試料は56個体だった。

結果

インカ期の食性は全体としてはマメ類とC₃植物、C₄植物の混合食性だと考えられるが、遺跡によってC₄植物の摂取量が異なっていた(図2)。特に、クスコ周辺とタンタリカ遺跡では高いC₄植物の摂取量を示した。南部高地のモリノチラカチ遺跡はC₃植物に強く依存したC₄植物摂取量が極めて低い食性を示しており、現代のアンデス中南部高地の根栽農耕文化の報告と一致する食性だと考えられる。また、北部高地のチャチャボヤス文化に属するコンドル湖遺跡ではC₄植物の摂取量が低く、豆類が多く利用されたと考えられる。

考察

クスコ周辺の食性

クスコ周辺の食性は高い炭素同位体比を示している。これはラクダ科に比べても高い炭素同位体比であり、ヒトは特に多くの C4 植物を摂取していたことが示唆される。一方で、窒素同位体比も高い値を示しており、この原因として、1)活発な資源流通による魚介類の摂取、2)グアノを用いたトウモロコシ栽培、の2つの可能性が示される。1つ目の可能性について、先行研究で報告されている海岸地域の食性と比較すると、同程度の食性であることがわかった(図3)。ペルー中部海岸地域の Cerro Azul 遺跡からは乾燥させた魚の貯蔵庫が発掘されており、海岸地域から首都クスコへ大量の海産物が輸送されていた可能性が示唆される(Marcus et al., 1999)。しかし一方、時代は異なるが、ナスカ地域やヤラル遺跡など海岸から 50km ほどの地域よりも、首都とはいえ内陸 300km の地域の方が高い海産物摂取量だったというのには、やや疑問も残る。そこで2つ目の可能性であるグアノの施肥の影響を考えてみる。グアノを肥料としてトウモロコシ栽培に用いると、高い窒素同位体比のトウモロコシができることが、施肥実験で報告されている(Szpak et al., 2012)。インカはグアノへのアクセスを管理しており、高地の集団がグアノを利用していたことや、グアノの施肥でトウモロコシの生産が増えることがスペイン人の記録に残されている。これらのことから、クスコ周辺でグアノを施肥したトウモロコシ栽培が行われていた可能性も考えられる。クスコ周辺の人骨の高い窒素同位体比が海産物摂取によるものかグアノによるものか結論を出すことはできないが、いずれにせよ、クスコ地域と海岸地域に密接な関連があり、多くの資源を輸送していたことは確かだと思われる。

チチカカ湖周辺の食性

南部高地チチカカ湖西岸のモリノチラカチ遺跡は C3 植物に強く依存し、C4 植物摂取量が極めて低い食性を示した。これは山本(2004)が報告した現代のアンデス中南部高地の根栽農耕文化の報告と一致する食性である。先行研究では形成期後期と後期中間期～インカ期は C3 植物に重きを置く食性で、ティワナク期にわずかに C4 植物の摂取量が報告されている(Berryman, 2010)。本研究の結果も先行研究の後期中間期～インカ期の食性と一致しており、チチカカ湖周辺ではトウモロコシの摂取量が低かったと考えられる。

チチカカ湖周辺では、形成期中期～後期(800-250 BC)の遺跡でトウモロコシのプラントオパールとデンプン粒が報告されており、インカの遙か以前からトウモロコシが利用されていたことがわかっている。また、インカ期のチュキート遺跡では大量の祭祀用土器が見つかっており、チチャを伴う祭祀が行われた可能性が示されている。さらに、インカの神聖な遺跡であったコパカバーナや太陽の島のためにチュキートで食物を作っていたことがスペイン人に記録されている。ボリビアのポトシの市場でのトウモロコシの目撃記録もあるが、実際にはほとんど摂取されていなかったか、もしくは一部の人がだけ利用していたと考えられる。

インカによる影響

インカ期以前に長期的に独自の文化を築いていたチャチャポヤス地域のコンドル湖遺跡の食性の時代差に注目したところ、インカの征服前後で炭素同位体比の上昇が見られた。コンドル湖遺跡から南西に 25km ほどのところに、インカの行政センターとして作られたコチャバンバ遺跡群がある(シュレルップ, 2012)。コチャバンバには3人のインカ皇帝が訪れ、インカ貴族の住居や祭祀用基壇、水路などが作られた巨大なセンターだったと推定されている。この遺跡群からは貯蔵施設も存在していた。また、コンドル湖遺跡から南東に 30km 程度の場所にあるインカ・リヤクタ遺跡では農業用テラスが見つかっている(シュレルップ, 2012)。テラスの花粉分析では、トウモロコシ、豆類、パパイヤやアボカドが作ら

れていたことが報告されている。この花粉分析の結果はインカ期のコンドル湖集団の食性とよく一致している。インカが来て新たな農業用テラスを作り栽培量を増やしたことで、トウモロコシ摂取量も増加したのだろう。

広域での食性の時代変化

広域での食性の時代変化を見てみると、紀元前は食性に地域差がほとんどなかったが、11世紀～14世紀までに食性の地域差が確立されている。15世紀～16世紀前半には、インカ征服後の食性変化が一部の地域で生じているが、食性の地域差が強く残っており、前時代に確立された食性の傾向を維持していたことがわかった(図4)。クスコ周辺の海岸との密接な関係を示す食性も後期中間期には確立されていたと考えられる。インカ期の食性の地域差は、インカによる影響を受けつつも、前時代までに形成された各地域の食性を基本にして形成されていたことが推測される。

子どもミイラの食性変化

先行研究で報告されていたインカ時代の子どものミイラの食性変化を食性の地域差と比較してみると、子どもたちが元々異なる地域で生活しており、亡くなる1年前にクスコ周辺の食性に近づいた可能性が示される。カパコチャの儀式では地方の子どもたちをクスコに集めてから、各地の祭祀場に連れていくことが記録されており、この比較結果もその風習を示していると考えられる。

まとめ

インカ帝国は垂直統御による様々な生態環境の資源の獲得と、帝国中に張り巡らされたインカ道を取って収集される資源によって、強固な経済基盤を築いてきたと考えられてきた。中でもトウモロコシを重視し、征服地への栽培の強制や消費量の増加が期待されてきた。しかしながら、インカの征服前後でのトウモロコシ摂取量の増加の研究についての資料選別に対する問題提起やジャガイモの重要性なども示されてきた。また、対象によって征服後の統治方法を変えるインカの柔軟な政策も指摘されている。しかしながら、資源獲得章式の重要な証拠となるべき同位体分析による食性推定の研究は不十分だった。トウモロコシ摂取に注目した特異な食性変化への関心にこだわり、また広域的な比較が不十分だった。そこで本研究ではインカ帝国期の10遺跡から人骨をサンプリングし、食性の地域差について検証を行った。その結果、1)インカ帝国下では食性に地域差があり、特に北東高地や南部高地では特徴的な食性を示すこと、2)クスコ周辺の食性は海岸地域の食性と類似しており、後期中間期から海岸地域との深い結びつきがあったこと、3)チャチャポヤス地域ではインカの征服後にトウモロコシの摂取量が増加したこと、4)生贄の子どもたちは異なる地域からクスコに連れてこられた可能性が強いこと を明らかにすることができた。特に、インカ期の食性は、基本的に後期中間期に確立された食性を維持しており、このことから、インカの経済的基盤となる資源獲得様式の基本形は後期中間期に確立されていたと考えられる。インカは、チャチャポヤスなど一部の地域では征服後に一部の地域ではインカ的生活様式を押し付け、また一部の地域ではそれまでと変わらない生活様式を維持させたと考えられ、地域によって統治方法が異なっていたことが食性分析からも示唆された。

引用文献

- ・ ANDRUSHKO, V.A., BUZON, M.R., GIBAJA A.M., McEWAN, G.F., SIMONETTI, A., CREASER, R.A., 2011, Investigating a child sacrifice event from the Inca heartland. *Journal of Archaeological Science* 38, 323–333.
- ・ BERRYMAN, C.A., 2010, Food, feasts, and the construction of identity and power in ancient Tiwanaku: a bioarchaeological perspective. Dissertation.
- ・ BURGER, R.L., LEE-THORP, J.A., VAN DER MERWE, N.J., 2003, Rite and crop in the Inca state revisited: An isotopic perspective from Machu Picchu and beyond. In: BURGER, R.L., SALAZAR, L.C. (Eds.) *The 1912 Yale Peruvian scientific expedition collections from Machu Picchu: Human and animal remains*. New Haven, CT: Yale University Publications in Anthropology. pp. 119-137.
- ・ CIEZA DE LEÓN, P., 2007[1553], Parte primera dela chronica del Peru. Que tracta la demarcacion de sus prouincias: la descripcion dellas. Las fundaciones de las nueuas ciudades. Los ritos y costumbres de los indios. Y otras cosas estrañas dignas de ser sabidas. Fecha por Pedro d’Cieza de Leon vezino de Seuilla. Con privilegis Real. Translated by Masda, Y., Japanese.
- ・ HASTORF, C.A., 1990, The effect of the Inka state on Sausa agricultural production and crop consumption. *American Antiquity* 55(2), 262-290.
- ・ HASTORF, C.A., JOHANNESSEN, S., 1993, Pre-hispanic political change and the role of maize in the central andes of Peru. *American Anthropologist* 95 (1), 115-138.
- ・ MARCUS, J., SOMMER, J.D., GLEW, C.P., 1999, Fish and mammals in the economy of an ancient Peruvian kingdom. *Proceeding of the National Academy of Science* 96 (11): 6564-6570.
- ・ MORRIS, C., THONMPSON, D.E., 1970, Huanuco viejo: An Inca administrative center. *American Antiquity* 35(3), 344-362.
- ・ MURRA, J.V., 1972, El control “vertical” de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. In: MURRA, J.V. (Ed.) *Visita de la provincia de León de Huánuco en 1562*, vol.2. Huánuco, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, p. 429-276.
- ・ ROSTWOROWSKI de Diesz Canseco, M., 1988, *Historia del Tawantinsuyu*. Instituto de Estudios Peruano. (ロストウォロフスキ, M. . 増田義郎(訳), インカ国家の形成と崩壊, 東洋書林)
- ・ ROWE, J.H., 1946, Inca culture at the time of the Spanish conquest. In: STEWARD, J.H. (Ed.) *Handbook of South American Indians*, vol. 2. Washington, Smithsonian Institution, 1946, p. 183-330.
- ・ SZPAK, P., MILLAIRE, J.F., WHITE, C.D., LONGSTAFFE, F.J., 2012, Influence of seabird guano and camelid dung fertilization on the nitrogen isotopic composition of field-grown maize (*Zea mays*). *Journal of Archaeological Science* 39, 3721-3740.
- ・ TURNER, B.L., KLAUS, H.D., LIVENGOOD, S.V., BROWN L.E., SALDAÑA, F., WESTE C., 2013, The Variable Roads to Sacrifice: Isotopic Investigations of Human Remains from Chotuna-Huaca de los Sacrificios, Lambayeque, Peru. *American Journal of Physical Anthropology* 151, 22–37.
- ・ WILLIAMS, J.S., MURPHY, M.S., 2013, Living and dying as subjects of the Inca Empire: Adult diet and health at Puruchuco-Huaquerones, Peru. *Journal of Anthropological Archaeology* 32, 165-179.
- ・ WILSON, A.S., TAYLOR, T., CERUTI, M. C., CHAVEZ, J.A., REINHARD, J., 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. *Proceeding of the National Academy of Science* 104(42), 16456-16461.

- ・シュレルupp, I., 2012, 山々を超えて、セハ・デ・セルバへ下ってーチャチャポヤス地域におけるインカの戦略と影響. In: 島田泉, 篠田謙一 (編), インカ帝国ー研究のフロンティア, 東海大学出版会, pp. 351-371.
- ・ダルトロイ, T.N., 2012, インカ帝国の経済的基盤. In: 島田泉, 篠田謙一 (編), インカ帝国ー研究のフロンティア, 東海大学出版会, pp. 121-149.
- ・佐藤吉文, 2007, 垂直統御研究とアンデス考古学. In: 坂井正人, 松本 栄次, 鈴木 紀 (編), ラテンアメリカ (朝倉世界地理講座ー大地と人間の物語), 朝倉書店, pp. 266-280.
- ・徳江佐和子, 2007, インカ国家における環境の多様性と国家支配. In: 坂井正人, 松本 栄次, 鈴木 紀 (編), ラテンアメリカ (朝倉世界地理講座ー大地と人間の物語), 朝倉書店, pp. 266-280.
- ・藤井龍彦, 2008, インカ帝国時代の市場. In: 関雄二, 染田秀藤 (編), 他者の帝国, 京都, 世界思想社, pp. 125-147.
- ・山本紀夫, 2004, ジャガイモとインカ帝国ー文明を生んだ植物. 東京大学出版会.



図1 調査遺跡

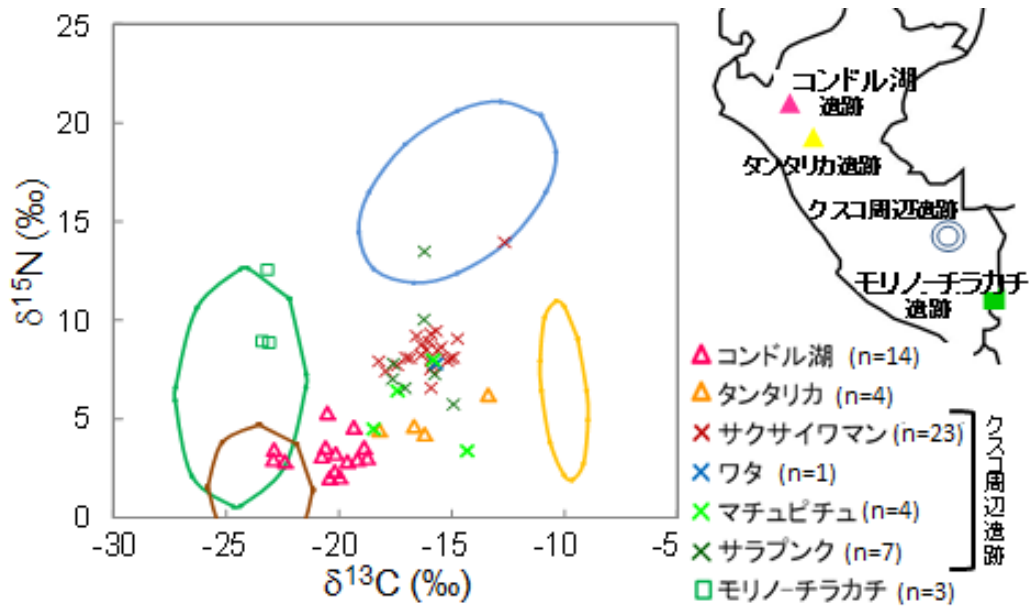


図2 炭素・窒素同位体比

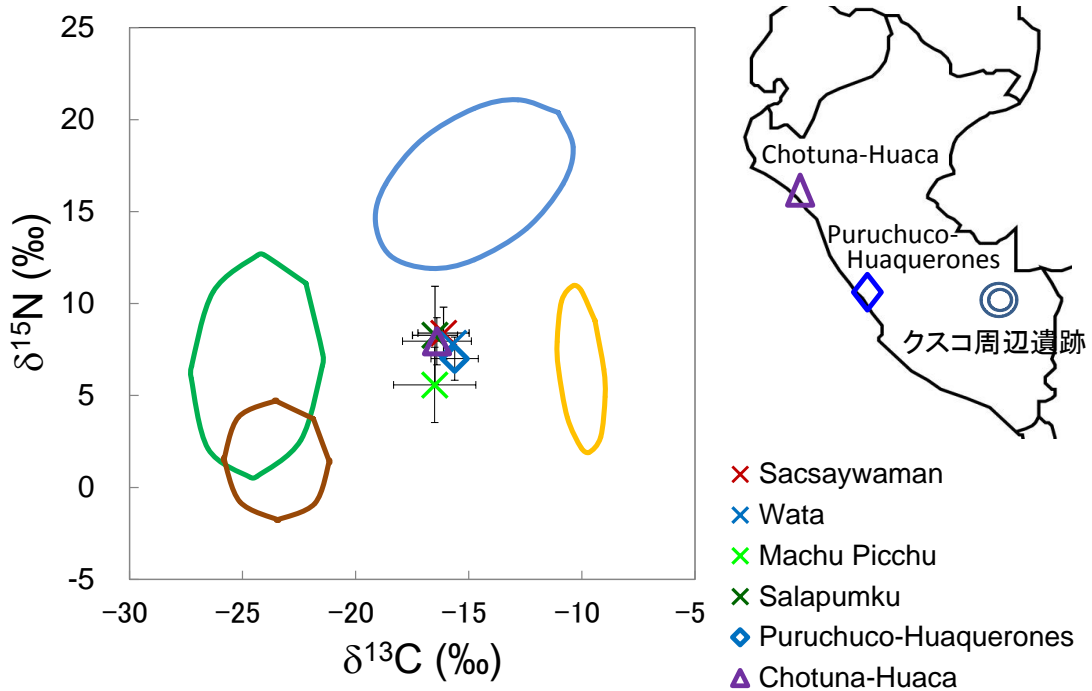
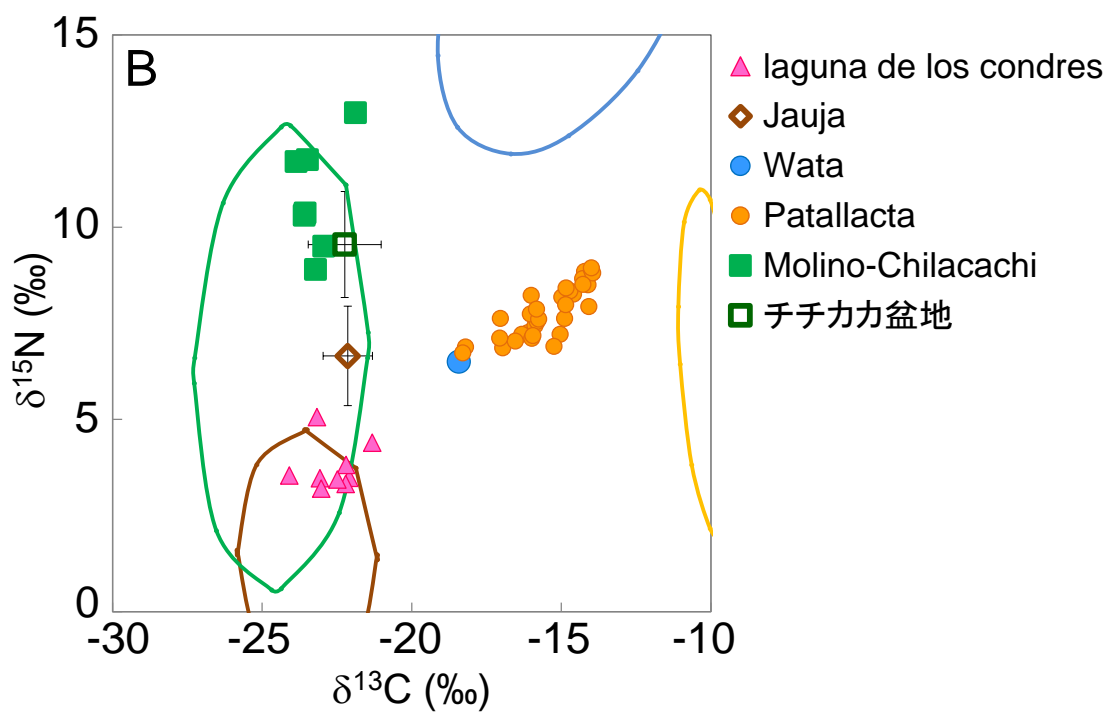
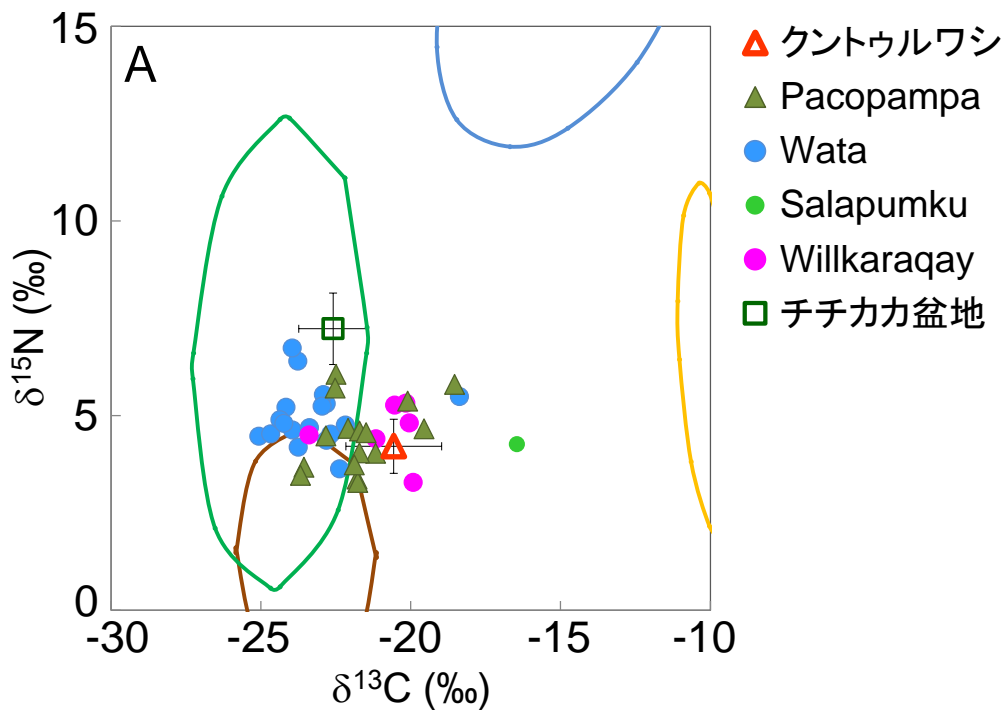


図3 クスコ周辺の遺跡と海岸地域の遺跡の同位体比比較



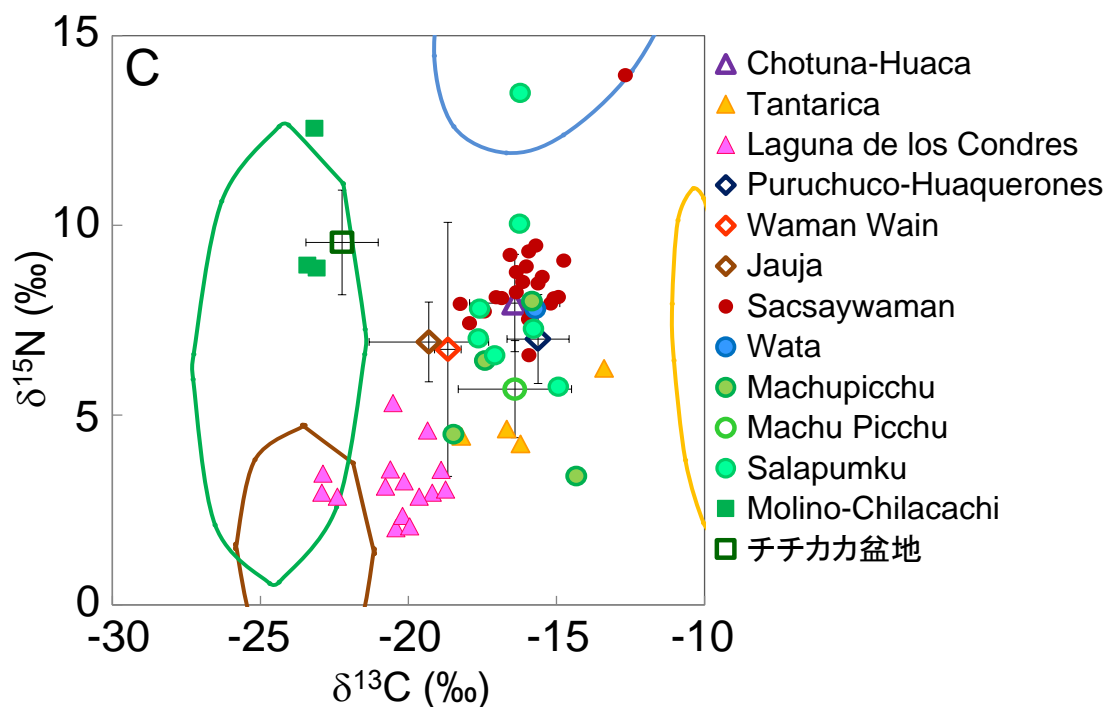


図4 広域での食性の時代差

三角が北部地域、菱形が中部地域、○はクスコ周辺地域、四角はチチカカ湖周辺を示している。Aは紀元前8世紀～紀元後1世紀頃、Bは11世紀～14世紀(LIP)、Cは15世紀後半～16世紀前半(インカ期)の食性を示す。先行研究のチチカカ湖周辺遺跡のデータは11世紀～16世紀で纏められているため、B,Cの両方の図に挿入している。塗り潰しておらず平均値と1σの誤差範囲で示されているのは先行研究で報告された値である。

(クントゥルワシ遺跡:米田 and 関, 1998; ハウハ地域・ワマンワイン遺跡・マチュピチュ遺跡: Burger et al., 2003; チョトウーナ・ワカ遺跡: Turner et al., 2013; プルチュコ・ワケロネス遺跡: Williams and Murphy, 2013)

南米における高確度年代推定の危うさ
放射性炭素年代の暦年較正における問題

大森 貴之

東京大学総合研究博物館 放射性炭素年代測定室 特任研究員

はじめに

2013年、放射性炭素 (^{14}C) 年代を暦年代へ変換するために用いる ^{14}C データセットが大幅に更新された。北半球における大気中の ^{14}C データを集成した IntCal では、主に水月湖（福井県若狭町）の湖底堆積物中で確認される年縞を基に、データの拡充とこれまで報告された ^{14}C データの修正が行われ、より蓋然性の高い大気中 ^{14}C 変動を参照できるようになった (Reimer et al. 2013)。また、データセットの構成上、IntCal と相補的關係にある海洋リザーバのデータセット Marine についても、データの拡充と修正が IntCal と同時に進められ、Marine13 として公開されている。

大気や炭素の循環が北半球と異なる南半球の ^{14}C 変動については、SHCal が提供されている。SHCal は、McCormac ら (1998) や Hogg ら (2002) によって分析が進められていたニュージーランド産樹木年輪の ^{14}C データによって SHCal02 が発表され (McCormac et al. 2002)、その後のデータ拡充と南北半球間のオフセットについて解釈が進んだことにより、2004年には0から11,000 cal BPまで拡張された SHCal04 (McCormac et al. 2004)、2013年には IntCal13 を基に50,000 cal BPまで拡張された SHCal13 (Hogg et al. 2013) へと更新が進められた。5万年前までの ^{14}C データセットが公開されたことにより、南半球においても ^{14}C 年代測定で得られるほぼすべての年代値を実年代で議論することができるようになったが、SHCal を構成する ^{14}C データは未だ不足しており、 ^{14}C 変動パターンについても実態がつかめていない。本研究懇談会では、ペルー出土樹木の年輪中 ^{14}C 測定から得られた大気中 ^{14}C 変動について紹介し、SHCal を用いた暦年較正の問題点について議論する。

SHCal の問題点

SHCal13では、南北半球間の平均的なオフセットが 43 ± 23 年とされる(Hogg et al. 2013)。これは、過去約2000年間にわたる樹木年輪中 ^{14}C データから求められたオフセットであるが、大気循環や海洋と大気における二酸化炭素の交換によって、南北半球間における実際の年代差は-2から85年の幅で経時的な変化が見られる(図1)。大気循環や海洋-大気間の二酸化炭素の交換による ^{14}C 濃度勾配は地域的な特徴として現れることが知られているが(cf. Braziunas et al. 1995; Stuiver et al. 1998)、SHCalの ^{14}C データは、主にニュージーランドやタスマニアの樹木年輪によって構築されており、その他の地域における ^{14}C 変動については十分な調査が進んでいない。オセアニア以外の地域では、南米チリ産コイグエを用いた0-280 cal BPの ^{14}C データセット(Stuiver and Braziunas 1998)、アフリカケープタウン産のマツを用いた51-115 cal BPの ^{14}C データセット(Vogel et al. 1993)の僅か2地域で、分析された期間も非常に限定的である。Stuiver and BraziunasやVogelらの分析によって大気循環の影響で生じる大気中 ^{14}C 濃度の緯度勾配について議論が行われているが、地域的な特徴の有無については検証が進んでいないと言えよう。

また、低緯度地域については、熱収束帯(Intertropical Convergence Zone; 以下、ITCZ)についても考慮しなければならない。ITCZとは、大気循環によって赤道付近に形成される低気圧帯であり、南北半球間の大気を隔てる境界になる。Huaら(2013)は、現生樹木年輪や大気の ^{14}C 測定から1,950年以降の ^{14}C 変動を調べ、全球を5地域に区分している(図2)。Huaらの研究においても南米のデータが不足していることが問題とされているが、大気循環モデルから求められたITCZの分布域が特にペルー共和国付近のアンデス山脈上空にまで分布することには注意が必要である。日本の ^{14}C 変動においてもITCZと ^{14}C 濃度の地域性については議論が行われているが、高確度な ^{14}C 年代決定を行うためには、ITCZの分布とそれに伴う北半球の影響について十分な議論が必要不可欠である。

ペルー産ワランゴの年輪中 ^{14}C 測定

我々は、ペルー共和国における高確度年代決定に向けて、樹木年輪中の ^{14}C 変動について研究を進めている。分析試料としたワランゴ(*Prosopis pallida*)は、ペルーやその他南米の乾燥地帯に

自生するマメ科の低木であり、材としての用途の広さから古く利用されたことが知られている。ワランゴは、遺跡出土木材としても出土事例が多く、年代決定のための分析試料のみならず、 ^{14}C データセット構築を目的とした研究も期待される。本研究懇談会では、現生樹木と遺跡出土木材の ^{14}C 測定事例を紹介し、ペルーにおける ^{14}C 変動の特徴と考古資料の暦年較正についてそれぞれ議論する。

現生樹木年輪の ^{14}C 濃度変動

ITCZ の境界付近に所在するペルーの ^{14}C 濃度が、南半球の変動を呈するか北半球の影響を考慮する必要があるかを検証するため、ペルー共和国プキオに生育した現生ワランゴ年輪の ^{14}C を分析した。図3では、1960年から2000年にかけての年輪中 ^{14}C 濃度を5地域に区分される ^{14}C 濃度変動曲線上にプロットした。分析結果から、プキオの ^{14}C 濃度変動は、南半球の平均的な ^{14}C 変動と良く整合し、ITCZ の影響は見られなかった。図2で示した地域区分は大気循環モデルから求められた仮想的な分布図であるが、少なくとも1960年以降の ^{14}C 変動は、Bomb SH1-2 の地域に分類されることを支持する。

考古資料の暦年較正

現生樹木の ^{14}C 測定から、ペルーの ^{14}C 変動が南半球の平均的特徴を有していることが示されたが、図1で見られるようにより長期的な期間で変動を見た場合には、経時的変化に注意を払わなければならない。ここではペルー共和国に所在するカワチ遺跡から出土した木材、約50年輪を ^{14}C 測定を行い、IntCal や SHCal で暦年較正した場合で得られる年代値について検証する。木材の分析では、 ^{14}C ウィグルマッチングと呼ばれる手法で年代決定を行った。 ^{14}C ウィグルマッチングとは、木材を10年輪（あるいは5年輪）に分割し、試料の分析樹木年輪に記録される ^{14}C 変動と IntCal や SHCal の ^{14}C 変動曲線とでパターンマッチングすることで実年代を得る分析手法のことである。 ^{14}C 変動は時期特有のパターンをとり2つのパターンが一致する時期は極めて限定されるため、単一試料の ^{14}C 年代測定よりも誤差の小さい年代決定が可能となる。

図4には、IntCal13, SHCal13、および、IntCal13を南北半球の平均的オフセット 43 ± 23 年で補正した ^{14}C データセットで考古試料の ^{14}C 変動とのパターンマッチングを行った結果を示し、表1に木

材の最外年輪の数値年代をまとめた。IntCal13とSHCal13では、得られる年代値におよそ100年の差が見られ、補正したIntCal13ではおよそ中間の年代値が得られた。パターンマッチングの適合度は、 χ^2 検定から、SHCal13よりも補正したIntCal13の結果が良い。今回、分析した試料は年代未知であり、どのデータセットを用いた年代値が尤もらしいか判断できないが、分析試料の ^{14}C 変動パターンから見ると、オセアニア地域を中心とした ^{14}C 変動によって構築されたSHCal13よりも、南北半球間の平均的オフセットでIntCal13を補正したデータセットを支持する。

ここで示した ^{14}C ウィグルマッチングは、木材試料の約50年間のデータを用いて得られた結果である。該当期間においてもIntCal13とSHCal13との差は大きく変動しその解釈についても議論の余地があるが、 ^{14}C ウィグルマッチングを行うことで50年間の平均的なオフセットを考慮した年代推定を行ったことになる。SHCalにオセアニア地域特有の ^{14}C 変動パターンが強く反映されていた場合、短年性かつ単一試料の ^{14}C 年代における暦年較正ではその影響を強く受ける可能性もあるため、年代値の解釈には注意が必要であろう。

まとめ

南米における特定の遺跡や地域の ^{14}C 年代値の暦年較正についていえば、SHCal13や南北半球の平均的オフセットで補正したIntCal13のどちらかで数値年代を求めても、相対的な年代関係については整合的であることが期待される。しかし、得られた年代値を絶対年代としてより広範囲を対象に編年研究を行う場合には、現状のSHCal13には未解決の問題が多い。現生樹木年輪の結果から現代の ^{14}C 変動がITCZの境界付近であるペルー共和国においても南半球の変動を支持することは南米の ^{14}C を議論する上で非常に重要な知見となるが、過去においてSHCal13を支持できるかは今後の継続的な検証が必要となる。

以上の問題を考慮すれば、Unkelら(2007)でも議論されているように、ペルー以南の地域を対象とした高確度年代決定への試みは、現状ではSHCal13の積極的な利用よりはむしろ、南北半球間の平均的なオフセットで補正したIntCal13を用いた方が年代誤認の危険性は低いと考えられる。また、 ^{14}C ウィグルマッチングでも議論したように単一試料の ^{14}C 年代よりは、一連のシリーズとして ^{14}C 年代を扱うことで、仮に南米における地域的なオフセットが一時的に存在してもその影響を平均化し、過剰なオフセットの評価を避けることができる。 ^{14}C 年代をシリーズとして扱う方法には、 ^{14}C ウィグルマッチングだけでなく、対象とする層位や文化の新旧関係を用いたベイズ推定(Bronk

Ramsey 2009) があり、応用研究の幅は広い。ただし、いずれの対策を講じても、南米、ひいては南半球の ^{14}C 変動について、その実状が明らかになっていない現在の時点では、得られた年代値が本稿で議論した不確定さを潜在的に持っていることを意識を向けておく必要があるだろう。

参考文献

- Reimer, P. J. (2013). IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1869-1887. doi:10.2458/azu_js_rc.55.16947
- McCormac, F. G., McCormac, F. G., L. B. M. G., Baillie, M., Pilcher, J. R., Pilcher, J. R., et al. (1995). Location-dependent differences in the C-14 content of wood. *Radiocarbon*, 37, 395-407.
- Hogg, A. G., McCormac, F. G., Higham, T. F. G., Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Palmer, J. G. (2002). High-precision radiocarbon measurements of contemporaneous tree-ring dated wood from the British Isles and New Zealand: AD 1850-950. *Radiocarbon*, 44(3), 633-640.
- McCormac, F. G., Reimer, P. J., Hogg, A. G., Higham, T. F. G., Baillie, M. G. L., Palmer, J. G., Stuiver, M. (2002). Calibration of the radiocarbon time scale for the southern hemisphere: AD 1850-950. *Radiocarbon*, 44(3), 641-651.
- McCormac, F. G., Hogg, A. G., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Higham, T. F. G., Reimer, P. J. (2004). SHCal04 Southern Hemisphere calibration, 0-11.0 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46(3), 1087-1092.
- Hogg, A. G., Hua, Q., Blackwell, P. G., & Niu, M. (2013). ShCal13 Southern Hemisphere Calibration, 0-50,000 Years Cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1889-1903.
- Braziunas TF, Fung IY, Stuiver M. (1995). The preindustrial atmospheric ^{14}C latitudinal gradient as related to exchanges among atmospheric, oceanic, and terrestrial reservoirs. *Global Biogeochemical Cycles*, 9, 565-84.

Stuiver M, Reimer PJ, Bard E, Beck JW, Burr GS, Hughen KA, Kromer B, McCormac G, van der Plicht J, Spurk M. (1998). IntCal98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP.

Radiocarbon, 40(3), 1041-83.

Stuiver M, and Braziunas TF. (1998). Anthropogenic and solar components of hemispheric ^{14}C . Geophysical Research Letters, 25(3):329-32.

Vogel JC, Fuls A, Visser E, Becker B. (1993). Pretoria calibration curve for short-lived samples, 1930-3350 BC. Radiocarbon, 35(1), 73-85.

Hua, Q., Barbetti, M., Rakowski, A. Z. (2013). Atmospheric Radiocarbon For The Period 1950-2010. Radiocarbon, 55(4), 2059-2072.

Unkel, I., Kromer, B., Reindel, M., Wacker, L., Wagner, G. (2007). A chronology of the pre-Columbian Paracas and Nasca cultures in south Peru based on AMS ^{14}C dating. Radiocarbon, 49(2), 551-564.

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360.

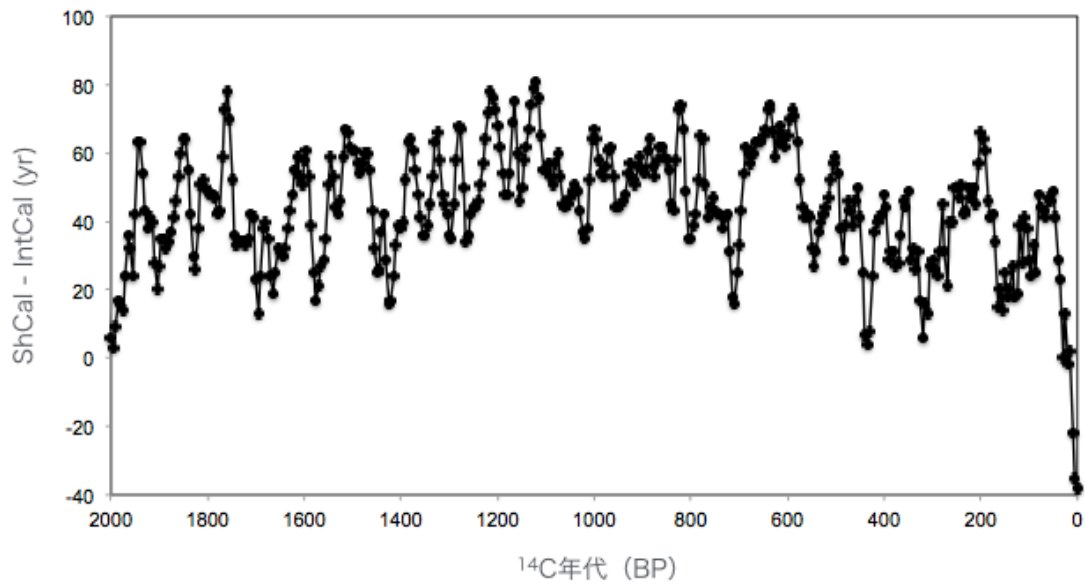


図1 IntCal13 と SHCal13 の年代差

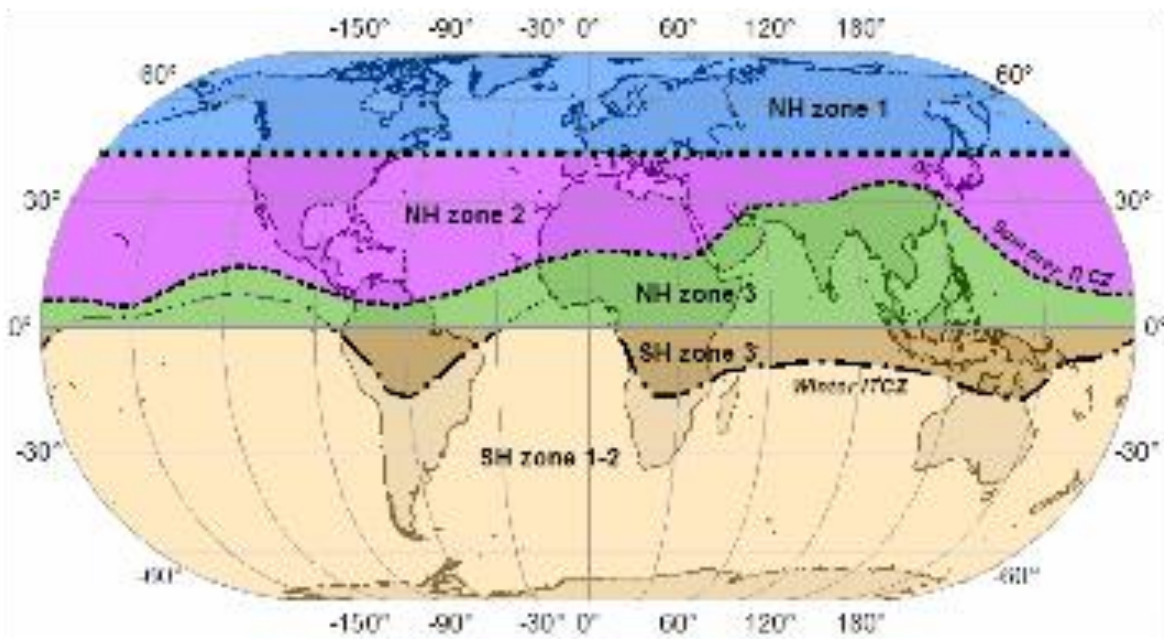


図2 Bomb13 シリーズの地域区分 (Hua et al. 2013)

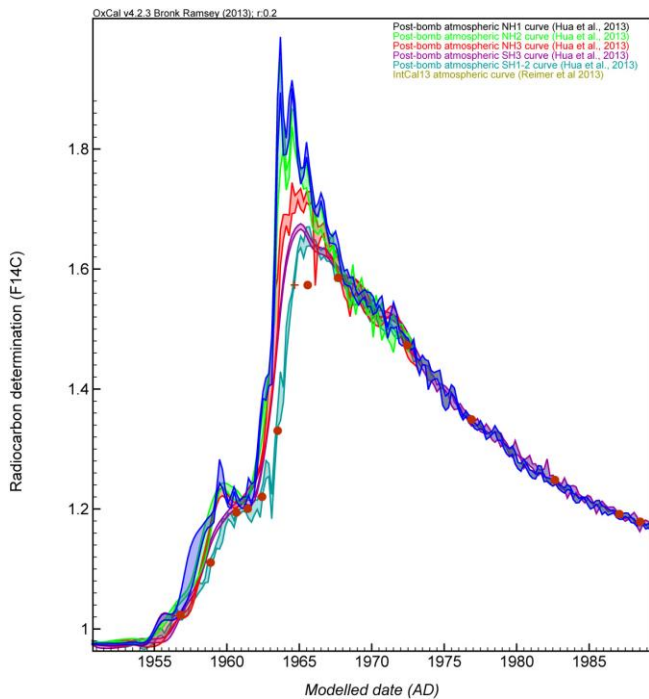


図3 現生ワランゴの¹⁴C測定結果とBomb13シリーズの比較. 図中プロットが、ワランゴ年輪中の¹⁴C測定結果.

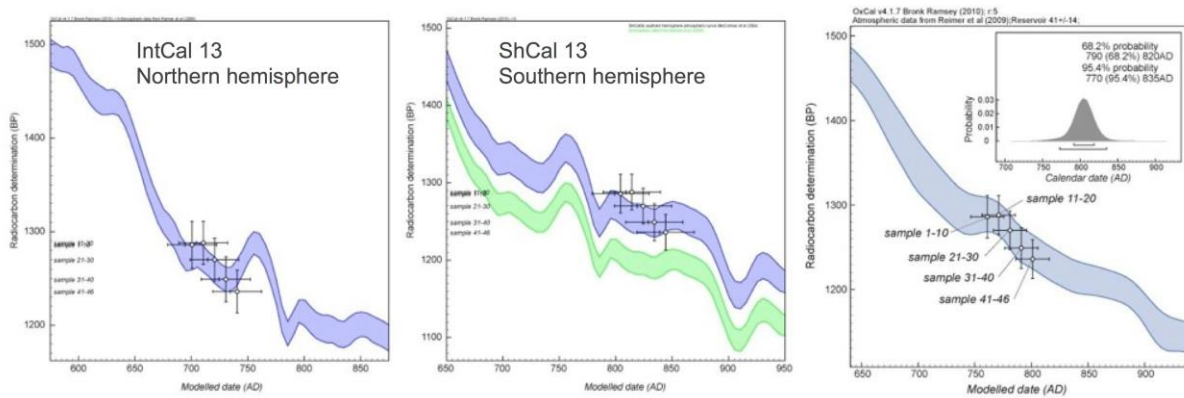


図4 考古ワランゴ木材の¹⁴Cウィグルマッチング結果. 左から、IntCal13、SHCal13、および、南北半球の平均的オフセット 43 ± 23 年で補正したIntCal13でパターンマッチングを行った場合を示す. 図中プロットが、考古ワランゴ木材中の¹⁴C年代で、¹⁴C測定は10年輪毎におこなった.

表1 考古ワランゴ木材の¹⁴C ウィグルマッチング結果.

較正曲線	IntCal13	SHCal13	南北半球間のオフセット を補正した IntCal13
最外年輪の推定年代 (cal AD: 95%)	710 - 800	805 - 895	770 - 835
中央値	745	845	805
Agreement Index	141.5	127.0	171.7
χ^2 検定 (5%, 9.488)	0.864	1.277	0.178