

**土器についているオコゲから食生活を復元する：  
デノタメ遺跡と大木戸遺跡から出土した炭化物の炭素・窒素の同位体  
比と含有量の分析**

東京大学 米田 穰      明治大学 阿部芳郎・岸田快生

1. 土器に付着した炭化物の研究

縄文時代の遺跡から出土する土器には、表面にべったりと炭化物が付着していることが少なくない。昔は、土器の模様を観察するのに邪魔になるので洗い落としていたが、最近では放射性炭素によって、土器の年代を測定できるので、重要な研究対象と考えられるようになった。考古学では、土器の形や文様の変化を調べる編年研究に絶対年代を与えられるので、土器付着物は積極的に年代測定されている。弥生時代の開始年代が 800 年古くなるとした研究も土器付着物を測定した成果だ。

近年では土器付着炭化物の分析から、食生活を調べる研究が盛んになってきた。土器につく炭化物はおそらく調理の際にできたオコゲだろうと想像されるからだ。炭素と窒素の同位体比という成分を測定すると、食品による特徴が付着物に記録されているのだ。この方法は、もともとは年代測定の一環としてすすめられてきた。炭化物に海産物が含まれていると、年代が数百年古くなってしまうからだ（海洋リザーバ効果という）。海洋生物では重たい炭素の同位体（炭素 13）と重たい窒素の同位体（窒素 15）が、軽い炭素 12 と窒素 14 に対して多い特徴があるので、土器付着炭化物で炭素・窒素に含まれる同位体の割合（同位体比）を測定して、海産物の影響をうけた年代は除いて編年を高精度化している。

炭素と窒素の同位体比は、古人骨に含まれるタンパク質で測定され、過去の人々が摂取したタンパク質の割合を推定する研究にも用いられている。縄文時代人でも、全国の遺跡で分析が行われ、海産物を主なタンパク質源にした北海道の集団や沖縄の集団、陸上と海の生態系を組み合わせる利用する本州の貝塚民など、さまざまな食生活がわかってきた（図 1；米田ら 2011）。同じように、土器付着炭化物でも、炭素と窒素の同位体比の変化がオコゲの材料である食物に関連するだろう。しかし、骨のタンパク質は、食物中のタンパク質から作られるのに対して、オコゲにはタンパク質・デンプン・脂肪

など、様々な成分が含まれている。そもそも、炭化物にはオコゲだけではなく、酸素が少ない環境で熱分解した炭や、燃料が気化した成分が固化した煤など、異なる材料と異なる生成過程に由来する成分が含まれている可能性がある。土器を観察していると、内面は全く炭化物が付着していないのに、外面にだけびっしりと炭化物が付着していることも珍しくない。土器に付着した炭化物は何者であるか、よくわかっていないのだ。

土器付着物の同位体分析から食生活を復元する研究は、日本で独自に進展しており、方法に対する批判も少なくない (Heron & Craig 2015, 庄田・クレイグ 2017)。従来の研究では、炭素・窒素同位体比による食品との比較に加えて、炭素と窒素の比率(原子数による C/N 比)が指標とされる (Yoshida et al. 2013)。食品のデータから、デンプン質が主成分だと、C/N 比が大きくなる特徴が見られる。しかし、図 2 に示した福井県鳥浜貝塚の事例のように (Lucquin et al. 2016 に基づいて作図)、炭素同位体比は陸上の動植物と同じだが、窒素同位体比は高くなる傾向がよく認められる。これは、脂質などが分解する過程で炭素同位体比が変動した可能性や、炭化条件によって窒素同位体比は変動する可能性などが指摘されている。外面に付着した炭化物では窒素同位体比が高く、燃料の影響ではないかといわれており、内面にもその影響が及んでいるのかもしれない。炭素・窒素両方の同位体比が高ければ海産物と解釈できるが、窒素同位体比だけが低い場合はうまく解釈ができていないのが現状だ。

また、C/N 比も堅果類を調理した場合、例えばあく抜き用の容器を検出するのには有効だが、堅果類以外の植物と肉類は区別できず、海産物の影響もうまく検出できない問題がある。図 2 に示した鳥浜貝塚の C/N 比と炭素同位体比のグラフでは、C3 植物・動物と解釈される。しかし、鳥浜貝塚では、土器に付着している脂質が分析されており、魚や植物に由来する特定の成分 (バイオマーカー) や、2 種類の脂肪酸 (C16:0 と C18:0) の炭素同位体比を比較して、土器の使用方法が検討された。その結果、驚くべきことに前期の 1 点を除いて、ほぼすべての土器は水産物を調理の証拠しか見つからなかった (Lucquin et al. 2016)。

脂質の分析では、同様の結果が縄文時代草創期の土器でも示され、世界最古の土器は水産物の調理用であると、権威ある科学雑誌 Nature に報告された (Craig et al. 2013)。土器に特徴的な機能は植物加工あるいは貯蔵と従

来は考えていたので、これは予想外の結果だった。鳥浜貝塚の研究では、草創期だけではなく、暖かく森林が広がった完新世の定住的な集落でも、土器は水産物利用に特化しており、草創期の文化伝統が 9000 年後の前期まで継続したと解釈された。鳥浜貝塚からは、食料残渣である動物や植物の遺存体が大量に出土しているので、この解釈には違和感を覚える。この研究では、炭化物の炭素・窒素同位体比は詳細な解釈ができなので、脂質分析を行うことが必要だと主張しているが、なにか方法はないのだろうか。

## 2. 大宮台地でなぜ研究するのか

そこで、私たちは大宮台地に位置する北本市デーノタメ遺跡とさいたま市大木戸遺跡の 2 つの遺跡から、土器付着物を網羅的にサンプリングして、炭化物の特徴を理解するための基礎的な研究を行った。検討した課題は以下の通りである；(1) 土器内面と外面の付着物は何に由来しているのか？(2) オコゲといえる炭化物は存在するのか？(3) 炭化物の炭素と窒素の同位体比から食生活を復元できるのか？大宮台地の遺跡からは、貝殻や魚骨の検出量が少なく、もっぱら陸上の食料資源を利用していたと期待される。海産物が含まれると、炭素と窒素の同位体比が大きく異なる 3 つの成分（海産物、陸上植物、陸上動物）を想定する必要があるので、解釈が難しくなる。海産物を利用していない遺跡を対象とすることで、植物と動物の割合の変化で炭化物の化学成分でも直線的な変化があるかどうかを検討できる。

また、低湿地遺跡では、土器付着炭化物がよく保存されるので、様々な種類の土器を分析できる点も重要だ。デーノタメ遺跡は北本市教育委員会によって調査が継続され、縄文時代中期後葉から後期前葉を中心に膨大な土器片が発掘・整理されている。一方の大木戸遺跡は、埼玉県埋蔵文化財調査事業団によって調査され、縄文時代後期初頭から中葉の資料を中心に土器付着物がよく保存された資料群を調査する機会を得た。デーノタメ遺跡では 123 点（内面 78、外面 45）、大木戸遺跡では 225 点（内面 78、外面 146）の土器付着炭化物を分析した。これまでの研究では、10 点程度の分析が一般的なので、ほぼ前例のない画期的な研究といえるだろう。

## 3. 土器内面と外面の付着物は何に由来しているのか

これまでの研究で、炭素同位体比は内面と外面で同様の値を示すが、窒素

同位体比では外面が高くなる傾向が知られている。デーノタメ遺跡と大木戸遺跡でも、同様の結果が示された（図 3 左）。我々は、同じ土器の内外の付着物の比較が、炭化物の性質を理解するためのヒントになると考えた。もしも、両方が食物に由来するオコゲと吹きこぼれならば、同位体比に相関がみられるはずだ。デーノタメ遺跡では 6 点の土器片から 18 試料を、大木戸遺跡では 14 点の土器片から 35 点の試料を、内面と外面の直接的な比較のために採取した。

同じ土器の内側と外側の相関関係をしらべたところ、炭素同位体比では内外で相関が見られないが、窒素同位体比、炭素と窒素の濃度、C/N 比では有意な相関があった（図 4）。このことは、炭素には攪乱要因（煤の混入など）があるが、窒素成分は内面と外面が同じ要因で変動していることを示唆する。すなわち、ともに土器で処理された食品に由来する窒素を含むと推定できる。しかし、窒素同位体比の値は大きく異なる点は重要だ。外面の炭化条件（高温・還元的）が原因で窒素同位体比が変化するのだろう。遺跡間で比較すると、内面の窒素同位体比では遺跡間の違いが示されるが、外面の窒素同位体比では違いがないことも、外面の窒素同位体比は攪乱されていることを示唆する。

#### 4. 内面の炭化物はオコゲといえるのか

それでは、内面の炭化物はオコゲで、調理した食品を反映しているのだろうか？ そうならば、動物質の割合が増えれば、①窒素濃度が上昇して、C/N 比は減少し、②窒素同位体比は高くなると期待される。内面では窒素濃度・C/N 比と窒素同位体比の間に有意な相関があるが、外面ではそのような相関はなかった。2 つの遺跡を合算しても、個別の遺跡で検討しても傾向はほぼ変わらない。このことから、内面の付着炭化物は調理された植物と動物の割合で、窒素の濃度や同位体比が変化したと考えられる。

今回の分析では、従来は C/N 比にしてしまい検討されていない、炭素と窒素の濃度も比較検討した。図 5 に示したように、土器付着炭化物は炭素と窒素の濃度が異なる 3 種類の成分が混合していることがわかった。炭素と窒素が多い動物質、炭素は多いが窒素が少ない植物質、炭素も窒素も少ない無機質（土器胎土など）の混合と考えられる。従来注目されてきた C/N 比では無機成分の影響を除去できたが、動物と植物の寄与をうまく分けられない。

そこで、図5に示したように3つの成分を仮定して、無機成分の割合を除いて、動物質が植物質に対して占める割合を計算した。

動物質の寄与率を横軸に、窒素同位体比を縦軸に示すと、内面付着炭化物では正の相関が認められる（図6左）。これまでC/N比を用いた指標では、デーノタメ遺跡では堅果類のデンプン質を中心に調理した土器が含まれていることがわかったが、大木戸遺跡の大部分は植物か動物を利用しただろう、としか言えなかったが、今回の研究によって植物質と動物質をうまく分離することに成功した。また、外面付着炭化物では窒素同位体比は高いが、動物質の寄与は少ないので、炭化条件の違いによって窒素同位体比が上昇した資料を検出できる。

以上の基準でデーノタメ遺跡と大木戸遺跡を比較すると、デーノタメ遺跡では植物質の割合がずっと多いのに対し、大木戸遺跡は植物を加工した土器もあるが、動物質が多い資料もかなり多く、食生活の明確な違いが示された。従来の動物や植物の遺存体からは、それぞれにどのような種類の動植物が利用されたか、そのリストを作ることはできたが、それぞれの重要性を遺跡ごとに比較することは難しかった。今回示されたデーノタメ遺跡と大木戸遺跡の違いは、縄文時代中期と後期の時期差である可能性もあるが、大宮台地でも海までの距離や立地環境によって食生活が異なったのかもしれない。

またこの方法では、土器ひとつひとつの使われ方を復元できるので、考古学にも重要な情報をもたらす。土器の形や大きさで使い方が違ったかもしれない。今後、考古学的情報と同位体分析を詳細に比較して、土器の機能について検討したい。

## 5. 遺跡間の食生活を比較することができるか

今回、デーノタメ遺跡と大木戸遺跡で多数の土器付着炭化物を分析したことによって、内面の窒素同位体比が動物質の寄与によって変化するとわかった。それでは、海産物を食べているとどのような同位体比の特徴が見えるだろうか。脂質分析で水産物の影響が強いとされた、鳥浜貝塚のデータをみてみよう。図6右に示したように、デーノタメ遺跡と大木戸遺跡とは明らか異なる位置に鳥浜貝塚のデータは位置している。窒素同位体比だけをみると、両遺跡の外面付着炭化物と類似しており（図3）、攪乱の影響を否定できなかったが、今回新たに推定した動物質の寄与率を参照すると、鳥浜貝塚の内

面付着炭化物で見られた高い窒素同位体比は、炭化条件による上昇ではなく、海産物に由来すると考えられる。

本研究で示した新たな土器付着物の研究方法では、鳥浜貝塚でみられた高い窒素同位体比が海産物の影響であることを示唆する。これは、脂質分析による先行研究と矛盾しない。ただし、陸上資源の範囲に位置する資料は少数ではあるが含まれている。土器は水産物加工に特化した特殊な道具である、という解釈には、例外もあることが分かった。植物も動物も調理・加工していたが、鳥浜貝塚ではとくに水産物が重要だったと考えられる。逆に言うと、デーノタメ遺跡や大木戸遺跡では海産物利用は非常に少なかったのだろう。さらに多くの時代と遺跡でデータを蓄積すれば、縄文時代の生活の多様性と特徴をより深く理解できるだろう。

#### 謝辞

貴重な資料を分析することを許可していただいた、北本市と埼玉県に感謝する。本研究は明治大学日本先史文化研究所と東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室の研究協力協定で実施した、明治大学資源利用史研究クラスターの研究成果の一部である。

#### 引用文献

Craig, OE et al. (2013) Earliest evidence for the use of pottery. *Nature* 496, 351-354.

Heron, C & OE Craig (2015) Aquatic resources in foodcrusts: identification and implication. *Radiocarbon* 57, 707-719.

Lucquin, A et al. (2016) Ancient lipids document continuity in the use of early hunter-gatherer pottery through 9,000 years of Japanese prehistory. *Proceeding of National Academy of Science, U.S.A.*, 113, 3991-

Yoshida, K et al. (2013) Dating and stable isotope analysis of charred residues on the Incipient Jomon pottery (Japan). *Radiocarbon* 55, 1322-1333.

庄田慎矢・OEクレイグ (2017) 「土器残存脂質分析の成果と日本考古学への応用可能性」  
*日本考古学* 43, 79-89.

米田稯ら (2011). 「同位体からみた日本列島の食生態の変遷」*環境史をとらえる技法*, pp. 85-103, 文一総合出版.

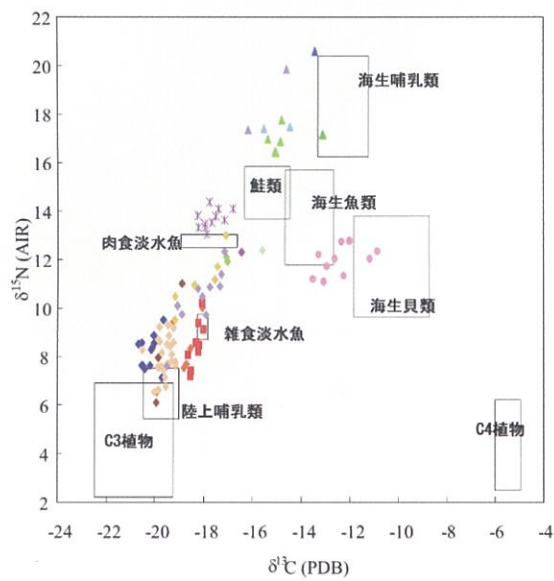


図 1. 縄文時代後期の人骨コラーゲンの炭素・窒素同位体比 (米田ら 2011)

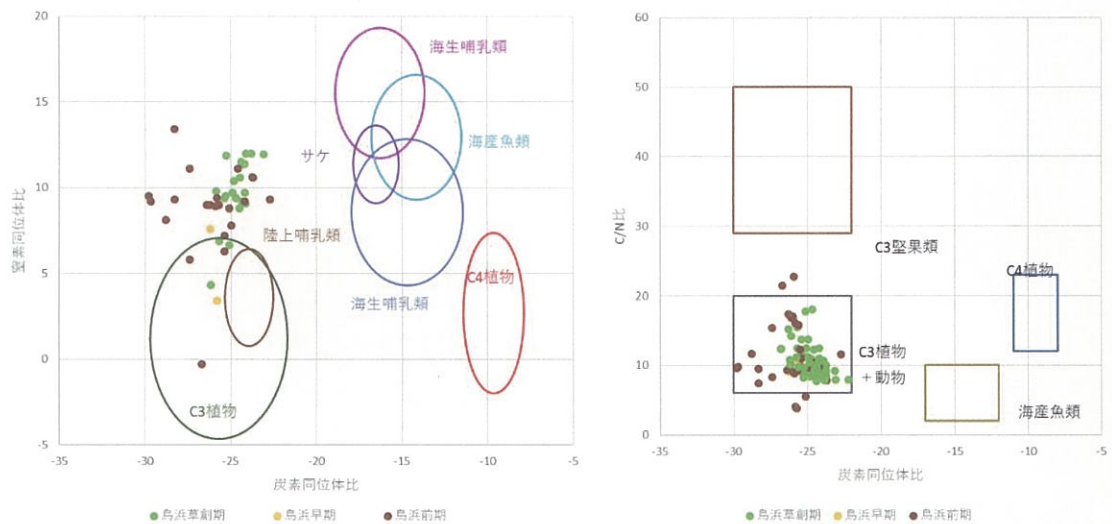


図 2. 鳥浜貝塚の土器付着炭化物の分析結果 (左: 炭素・窒素同位体比、右: 炭素同位体比と C/N 比、データは Lucquin et al. 2016 による)

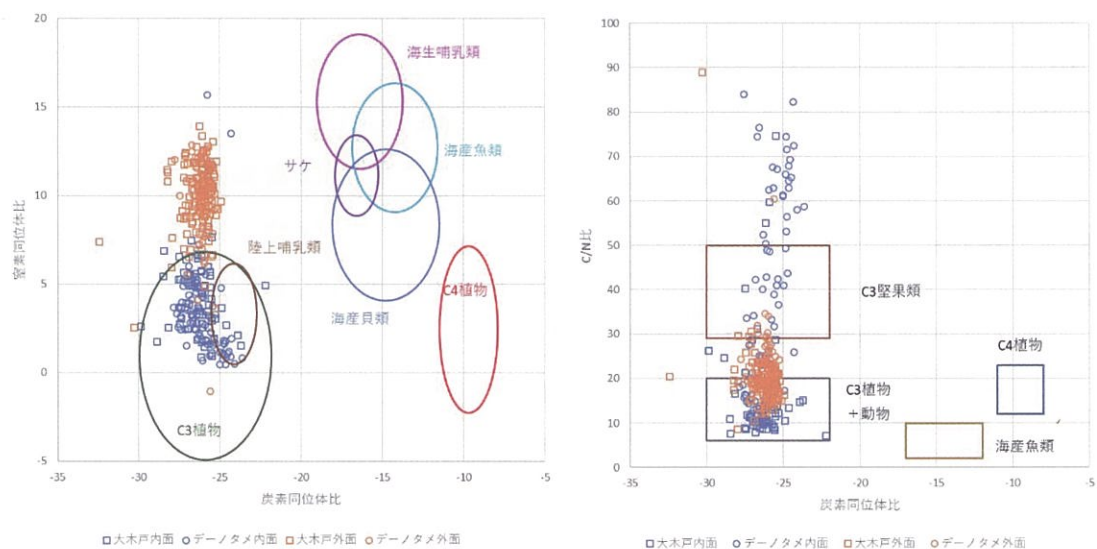


図 3. デーノタメ遺跡と大木戸遺跡の付着炭化物の分析結果

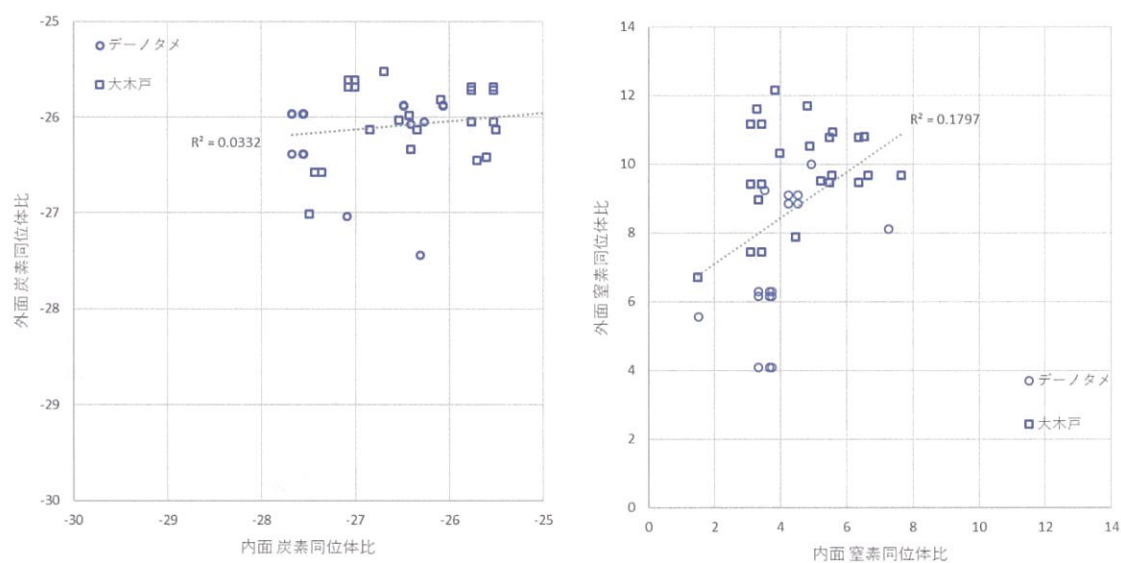


図 4. 同じ土器の内面と外面について炭化物の比較（左：炭素同位体比、右：窒素同位体比）



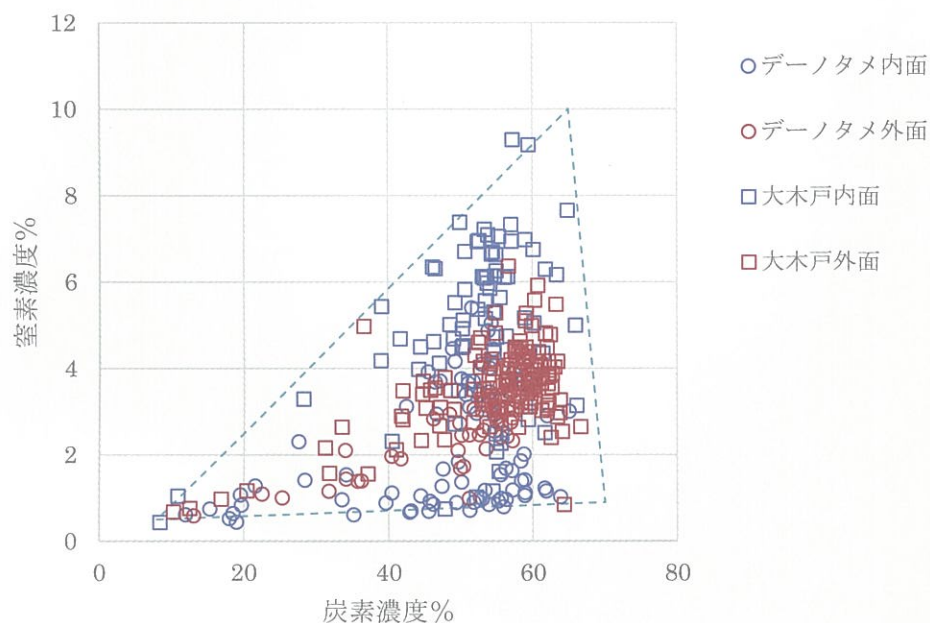


図 5. デーナタメ遺跡と大木戸遺跡の付着炭化物における炭素・窒素濃度

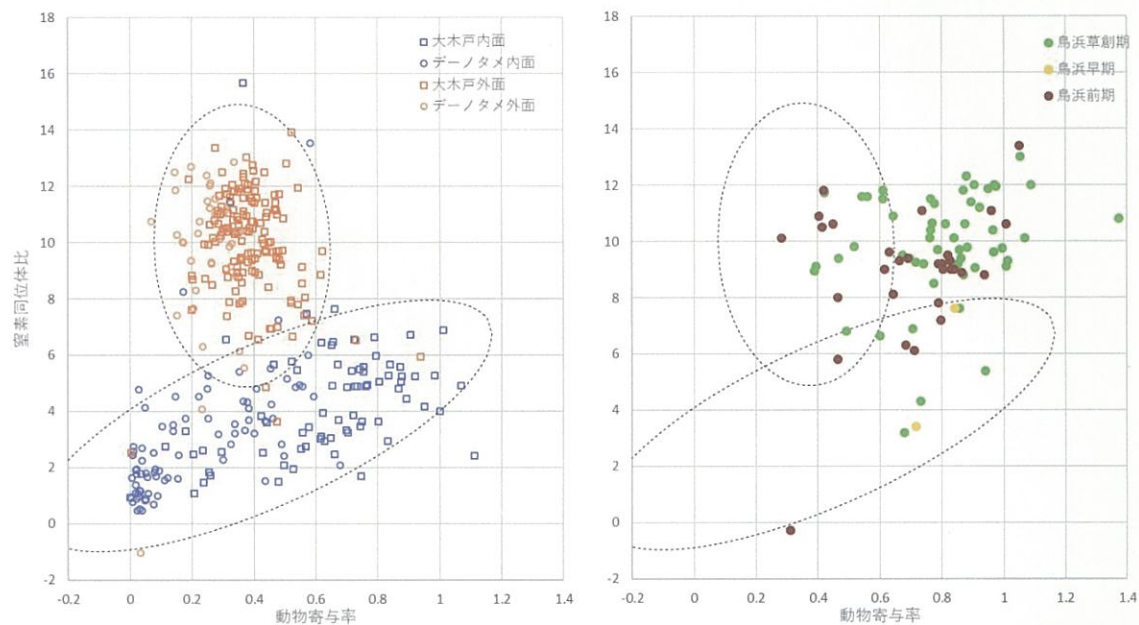


図 6. 動物寄与率の推定値と窒素同位体比の比較 (左: デーナタメ遺跡と大木戸遺跡、右: 鳥浜貝塚)