

# ベリリウム・鉛同位体による南西諸島出土 縄文前期土器の産地と流通の研究

Provenance Study of Early Jomon Pottery from  
Southwestern Japan Using Beryllium and Lead Isotopes

今村峯雄・坂本 稔・齋藤 努・西谷 大

はじめに

① ベリリウム同位体による土器産地推定の原理

② 資料

③ 分析方法

④ 結果と考察

まとめ

## [論文要旨]

縄文土器の型式には共通性と地域性が混在しており、これらは縄文時代の人の交流の程度を反映するものと考えられる。地域間の共通性は、文化（技術）の伝播と土器そのものの移動を反映したものと考えられる。一方土器産地に関する情報は、土器の移動、あるいは土器胎土の原料となった粘土の動きを反映するはずである。したがって土器産地を知ることは、縄文の人とものとの交流を識別して明らかにしていくうえでの重要な情報といえる。土器産地の情報はしばしば胎土中の鉱物や元素組成など自然科学的な情報にもとづいて得ることができるといわれる。しかしながら、縄文土器についての成功例は極めて少ないのが現状である。本論文では、粘土鉱物に親和性を持つ元素ベリリウム同位体を用いる新しい産地推定法を提案し、九州・南西諸島における縄文前期土器に関して本法を応用して得られた結果について、特に方法の有効性の観点から報告する。

ここに提案する土器産地の推定法は、土器胎土中の微量元素ベリリウム（元素記号 Be）に注目し、その二つの同位体 $^9\text{Be}$ と $^{10}\text{Be}$ の濃度が粘土層の地質や堆積環境を反映し、地域特有の値を有することを利用するものである。同時に、その胎土中のアルカリ長石中の鉛同位体比を調べ、ベリリウムのデータとともに総合的に解析することにより、一層明確な産地推定が可能になる。これまでに行った合計37個の土器片の分析の結果、粘土を多く産する沖縄本島・熊本・鹿児島出土（種子島を含む）では、標本数は少ないもののそれぞれに独自の分布を示し、グルーピングが可能であることが示された。その同位体濃度比（ $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ）は、熊本・鹿児島・沖縄の順に高い値を示し、粘土母体の堆積生成環境を示唆する。一方他の南西諸島のは一部、沖縄本島、鹿児島分布に含まれるものの、それぞれ未確認の産地を示唆する広がった分布を示し、多様な胎土原料を用いていることが分かった。また奄美大島、沖永良部島、宝島遺跡出土の各一点が、鉛同位体の値も含め、極めて近接した指標値を示した。三つの土器片はおのおの異なる土器型式をもつものの同じ粘土原料を用いた可能性が極めて高く、この時代における奄美・沖永良部島・宝島間での海上交流を示すものであるとともに、型式と産地とのかかわりを考えるうえでも興味深い。

## はじめに

縄文土器はその形や装飾模様によって土器型式として分類され、その型式に基づく詳細な編年がなされてきた。土器型式による編年は縄文時代を研究するうえで考古学の学問体系の根幹をなすものとして位置づけられている。

放射性炭素年代は、約12000年前に始まるおよそ1万年の間、北海道から沖縄に至るまでおびただしい数の縄文土器がつくられたことを示している<sup>(1,2)</sup>。この時代、広い地域に同型式の土器が分布する例がしばしばみられ、縄文時代に人の交流が広範囲に行われたことを示す一つの根拠と考えられている。型式の伝播は人が見聞した情報によっても加速されるので、土器型式はもの自体に比べ拡散性の高い指標であるといえる。縄文の人々の具体的な活動の実態を知るには、さらに土器産地を明らかにして土器そのものの移動、あるいは土器製作に関わる粘土原料の調達といったもの自体の交流を明らかにして、土器文化の伝播を人と物の両面から考える必要がある。

土器産地あるいは製作地を推定するための自然科学的アプローチとしては、土器胎土に含まれる鉱物の組成や微量元素の組成から類推する方法がしばしば用いられてきた。これらの方法は、鉱物組成や元素組成が製作地と目される地域の地質学的特徴を備えているかどうかを判別する。特に、その地域でしか見つからないような特徴的な鉱物が胎土に含まれれば、その土器はその候補地域で作られたか、製作に用いた粘土がその地域から持ち込まれた可能性が高いということになる。しかしながら、粘土の生成は、広範囲のさまざまな地質の流域から集められた微粒子の堆積と変成に伴う現象であるので、地質学的特徴と胎土に含まれる鉱物の特徴を量的な対比から行うことは必ずしも容易ではない。一方、胎土の化学組成に基づいて製作地を推定することは須恵器では成功している<sup>(3)</sup>が、縄文土器では一般には困難とされてきた。焼成温度が比較的低い<sup>(4)</sup>ために風化を受けやすく、指標となるべき元素の変動がおこる可能性があること、さらに野焼きでつくられているため須恵器のような窯跡は残されていないことなどのためである。須恵器や陶磁器の場合のように窯を築造してかなり高温で土器を焼いた場合は、窯跡に残された土器片、陶磁器片の化学組成等のデータベースとの比較ができるので、化学組成の“指紋”合わせが比較的容易である<sup>(3)</sup>。縄文土器の場合は、照合すべきデータベースは存在しないし、粘土層をすべて調査することは不可能といってよい。このため、地域や土器型式ごとにグルーピングを行い、統計的にその産地を解釈する方法をとることによって判定する。この方法では各グループの組成範囲が広く、重なりあうためグルーピングが困難である場合が多い<sup>(5)</sup>。

このような背景に鑑み、本研究では、「土器胎土」中の粘土鉱物に濃縮する微量元素ベリリウム(元素記号 Be) に注目する新しいタイプの土器産地推定法を考えた。その同位体<sup>9</sup>Be は地殻起源の微量元素であり、またもう一つの同位体<sup>10</sup>Be は宇宙線によって生成する大気起源の核種であるので、それぞれ、地質学的特徴と堆積環境を反映する指標となる。本研究ではまず、九州・南西諸島の縄文土器についてベリリウム同位体による産地分析法を試験的に適用しその有効性を確かめた。また坂本等によって試みられている、胎土中のアルカリ長石中の鉛同位体による方法<sup>(6)</sup>を、補助的に取り入れることにより、より一層明確な産地推定が可能であることを示した。ここではこれまでに

得られた結果について報告し、約6000年前（縄文前期）の南西諸島における土器文化の交流について考察する。

## ①……………ベリリウム同位体による土器産地推定の原理

ベリリウム( $^{9}\text{Be}$ )は、岩石の風化を通じて地球化学的に類似の性質をもったアルミニウムとともに粘土鉱物の表面に取り込まれる。ベリリウムは玄武岩におけるものより花崗岩質の地殻に多く含まれる元素であり、また海洋底や湖底などでは、細かい粒子成分の沈降によりベリリウムの濃縮がおこるため、その濃度は地質環境と堆積環境の影響を受ける。一方 $^{10}\text{Be}$ は半減期151万年の放射性の同位体で、宇宙線によって二次的に上層大気で生成する同位体である。生成した $^{10}\text{Be}$ は空気中の微粒子の表面に吸着しエアロゾルとなってあるいは雨とともに降下し海洋底や湖底に堆積する。その降下量は $1\text{ cm}^2$ あたり年間約 $10^6$ 原子ほどである。海洋においては粒子成分の堆積率は $1\sim 10\text{ mm}/10^3$ 年なので、堆積物の固体物質密度を仮に $1\text{ (g/ml)}$ とすると $^{10}\text{Be}$ 濃度は $1\sim 10\times 10^6$ (原子/mg)となる。陸上では、粒子成分の堆積率がさらに大きく、 $^{10}\text{Be}$ は希釈されて低い濃度を示すことになる。また $^{10}\text{Be}$ は堆積してからの長い時間の経過のうちに壊変し消滅してゆく。したがってその濃度は堆積粘土層の年代にも依存することになる。このようにそれぞれ異なった起源を持つ二つの同位体は、堆積粘土層の地質環境、堆積環境、年代を反映した特徴的なベリリウム濃度、同位体組成を示すことが予想される。ベリリウムは、粘土鉱物に強固に固定され、特にその同位体組成は不変に保たれると予想されるので土器胎土の識別化の指標として有効になる。また他の化学的指標、たとえば胎土中に含まれる鉱物の鉛同位体比に基づく解析と組み合わせることにより、より緻密な産地情報を得ることができると考えられる。

## ②……………資料

今回分析のために使用した土器について、若干の説明を加えておきたい。分析した土器は、轟式(条痕系)・曾畑式・押引列点文土器・室川下層式系土器である。これらの土器群が用いられた縄文時代前期には、西北九州、熊本・鹿児島、そして琉球列島という非常に広範囲にわたって人々が活動し轟・曾畑・室川式土器を製作したと考えられている。

九州の影響を受けて南下したと考えられる最も古い土器群は、約6300年前後( $^{14}\text{C}$ 年代)に、鹿児島県の喜界カルデラ(屋久島の北海底)から噴出した完新生最大の火山性噴出物であるアカホヤ火山灰層堆積の上層から出土する。これは縄文時代前期に相当し、その一つが轟式土器である。沖縄本島、種子島(下剥峰遺跡)、屋久島(一湊松山遺跡など)、トカラ列島(大池遺跡)、奄美大島(下山田遺跡)から出土している。

次に九州本土から琉球列島にわたったのは、やはり縄文時代前期の曾畑式土器である。この土器は九州本土では、ほぼ全域に分布する広域な土器型式で、琉球列島では、種子島(神野牧・西之表市本城遺跡)・屋久島(一湊遺跡)・奄美大島(高又遺跡・宇宿遺跡)・沖縄本土(渡具知東原遺跡)などから出土している。

押引列点文を器面に施した土器は、長崎県深堀遺跡や熊本県尾田貝塚など九州に広く分布する。押引列点文をもつ土器は、宝島大池遺跡でも出土するとともに、沖永良部の中甫洞穴にもみられる。今回分析した星塚遺跡では、この土器は曾畑式土器の上層から出土しており、層位的に曾畑式土器であることが確かめられている。

縄文時代前期には、九州系から南下した土器とは別に、琉球列島内でのみ分布するいわゆる「南島土器」も存在する。室川式土器と呼ばれる土器である。室川下層式土器は、条痕文土器の諸属性に刻目文や貝殻腹縁圧痕文などの文様施文が加わる土器で、宝島の池遺跡や西之表市下剥峰遺跡、沖永良部の神野貝塚（神野A式）・沖縄県室川遺跡、大久保原遺跡で出土している。押引列点文土器とはほぼ同時期かそれに後続する土器である。

轟式土器や曾畑式土器は、文様の施文方法から、西九州からの直接的影響で成立したという考えと、文様や肉眼観察による胎土の比較から、九州の影響を受けながらも琉球列島内で作られたという二つの異なる意見がある。

また、室川式土器は、土器の原料となる粘土の産出が少ない宝島でも出土するが、文様の施文や器形から、沖縄で出土する室川下層式土器とほとんど区別のつかないものも出土している。

そこで本研究では、研究フィールドを九州・西南諸島（図1）とし、時代を縄文前期に設定してこれらの土器を担った当時の人々が、具体的にどのような活動を行っていたか、土器の産同定を通じて明らかにできると考えた。またこの地域の土器については、すでに坂本等が鉛同位体による産地解析の試みを同じ設定でおこなっている<sup>(6)</sup>ので、相互にデータの比較ができることも念頭においたからである。なお本研究で用いた土器片資料は鹿児島県教育委員会・熊本大学考古学研究室・沖縄県北谷町教育委員会・沖縄県読谷町教育委員会から提供いただいた。

### ③……………分析方法

#### 1 分析試料の採取

一辺がおよそ1cm～数cmの土器片を用いた。土器片をまずステンレス製の粉碎機（スタンプミル）で試料をミリメートルサイズまで粉碎し、さらにめのう乳鉢を用いて細かくした。

粘土鉱物に富む分画（フラクション）を集めるため、試験用ふるいを用いて粒径が $180\mu\text{m}$ （83mesh）以下 $106\mu\text{m}$ （140mesh）以上の部分をまず分離し、超音波洗浄を行った後プロモホルム・アセトン溶液により比重2.56以下の部分を重液分離によって得た。一部の土器資料については、粒径が $106\mu\text{m}$ （140mesh）以下のものを重液分離をせずそのまま用いた。粘土鉱物は土器胎土の主成分であり、バリリウムは粘土鉱物に濃縮しているので、バリリウム同位体の分析に対してはいずれの方法をもちいても回収された試料は土器胎土の粘土鉱物を代表するものと考えられる。

鉛同位体の分析に供するアルカリ長石に富む試料を得るため、粒径が $180\mu\text{m}$ （83mesh）以下 $106\mu\text{m}$ （140mesh）以上の部分についてプロモホルム・アセトン溶液により重液分離し比重2.56～2.62の部分抽出した。上記のフラクションには石英が混在するが鉛同位体比としては、鉛濃度の高いアルカリ長石の組成を代表するものと考えられる。

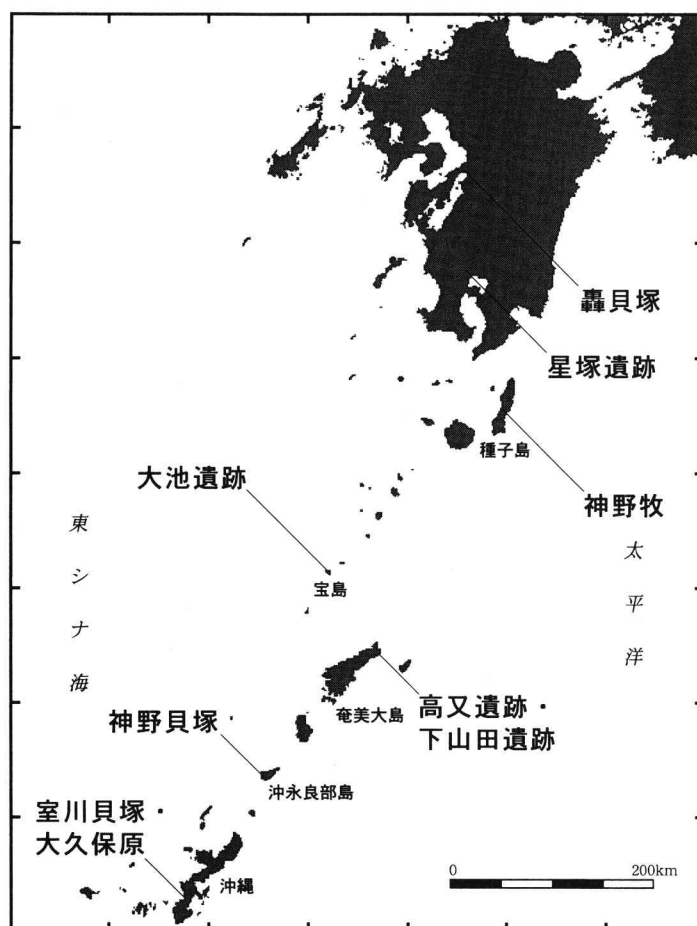


図1 本研究で用いた縄文土器の出土遺跡とその地理的關係

2  $^9\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$  の測定

$^9\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$  測定のため、それぞれ100-150mg の試料を秤量し、50ml のポリプロピレン容器内に入れ密閉し、5ml フッ酸と3ml 硝酸の混酸に溶解した。溶解を加速するため超音波槽を用いた。溶液をテフロンビーカーに移し、少量の過塩素酸を加え蒸発乾固して弗化物を除いた後、希硝酸溶液に溶かし定容とした。 $^9\text{Be}$  測定のためにはこの溶液の一部をとり、希釈して1%硝酸溶液とした。一部の土器資料に対しては $^{10}\text{Be}$  測定のために作製した溶液を $^9\text{Be}$  担体を加える前に溶液の一部をとって $^9\text{Be}$  測定用に用いた。

$^{10}\text{Be}$  測定用溶液には $^9\text{Be}$  担体約150 $\mu\text{g}$  を加えた。溶液を乾固し約10ml の希塩酸に溶かした後、アセチルアセトン数滴を加え、EDTA と苛性ソーダの混合溶液を加えPHを約6.5に調整し、四塩化炭素約10ml に抽出した。この操作によって、ベリリウムはアルミニウムほか大部分の元素から分離される。抽出したベリリウムを希硝酸に逆抽出し乾固して更に陽イオン交換樹脂による分離で精製する。3ml の陽イオン交換樹脂カラム (Dowex50WX8, 100-200mesh) を使い、1N 塩酸で溶離し、4-7カラム容のフラクションにベリリウムを回収した。このフラクションをいったん乾固し微酸性の希塩酸に溶かした後、アンモニア溶液で水酸化ベリリウムの沈殿をつくり、遠心分離した。沈殿は電気炉中で900 $^{\circ}\text{C}$  で加熱し、酸化ベリリウムに変換し、金属の銀粉と混合し加速器質

量分析のための試料ホルダーに充填し分析に供した。

$^{9}\text{Be}$  は日鉄テクノリサーチ株式会社に依頼し、ICP-MS (誘導結合プラズマ質量分析計, セイコー電子製 SPQ-9000) により分析した。分析感度は溶液で0.01ppb, 精度は約10%で, 標準添加法により精度を評価した。 $^{9}\text{Be}$  濃度の高い試料については日本大学文理学部においてICP-AES (誘導結合プラズマ原子発光分析計, 京都光研製 UOP-1 MARK-II) による測定もあわせて行った。また  $^{10}\text{Be}$  は東京大学原子力研究総合センターのタンデム加速器施設の加速器質量分析 (AMS) 設備を用いて定量した。<sup>(7,8)</sup> AMSにおける  $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$  同位体比は $10^{-11}$  のオーダーである。加えた担体と試料にもともと含まれるベリリウム量の総計と, 測定した  $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$  比から試料中の  $^{10}\text{Be}$  濃度が求められる。測定誤差は AMS における  $^{10}\text{Be}$  の計数の統計誤差, および基準となる  $^{10}\text{Be}$  標準の誤差 (2%) を反映している。

### 3 鉛同位体比測定

国立歴史民俗博物館において最近開発した「高周波加熱分離—鉛同位体測定法」<sup>(9)</sup>を用いて分析を行った。この方法の利点は, きわめて短時間 (15分程度) で鉛の抽出ができること, 実験操作が単純であり, かつ乾式法であるため, ブランクを低くおさえて高精度な測定が可能なことである。具体的には以下のとおりである。

試料を石英製小ルツポに入れ, 石英製カバーをし, 高周波加熱炉で15分加熱する。石英製カバーに蒸着した鉛を希硝酸約 1 ml で溶解し, 回収された鉛量を ICP 質量分析装置などで定量する。回収した鉛のうち300ngをとって, リン酸, シリカゲルとともにレニウム・シングル・フィラメント上に塗布し表面電離型質量分析装置内にセットし, フィラメント温度1200°Cで同位体比測定する。

## ④……………結果と考察

これまでに合計37個 (沖縄本島4, 沖永良部島4, 奄美大島9, 宝島8, 種子島2, 鹿児島6, 熊本4) の縄文土器片の分析を行った (表1)。土器胎土中のベリリウム同位体の分析によって沖縄本島や九州本土出土の土器の特徴をとらえてグルーピングを行った結果を図2に示す。図3には南西諸島の同位体濃度の分布を示す。

図2において熊本・鹿児島・沖縄のデータはそれぞれ4, 6, 4点という統計的に極めて限られた数ではあるが, お互いに別のグループをつくる。これは図3における南西諸島の同位体濃度の分布と比較すると一層明らかである。

$^{10}\text{Be}$  のデータについてみると熊本出土土器の  $^{10}\text{Be}$  濃度は $3\sim7\times 10^5$  (atoms/mg) である。これは, 大陸湖沼や沿海部で観測される内陸性起源堆積物の典型的な $^{10}\text{Be}$  濃度である<sup>(10)</sup>。前に述べたように  $^{10}\text{Be}$  降下量を  $1\text{ cm}^2$ あたり年間約 $10^6$  原子とすると, これは $10^3$ 年あたり30mmほどの堆積速度に相当する。すなわち, 熊本出土の土器胎土には湖沼堆積物などの陸生起源の粘土が用いられていると解釈される。また沖縄・鹿児島出土土器の  $^{10}\text{Be}$  濃度は $1\sim2\times 10^6$  (atoms/mg) であり,  $10^3$ 年あたり5~10mmほどの堆積速度に相当する。その同位体濃度比  $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$  は熊本・鹿児島・沖縄の順に高くなっている。 $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$  比は, 一般に陸域から離れるにしたがって高い値をしめすことが知られている。鹿児島出土土器に用いられた粘土は, 海洋性堆積物ではあるが沖縄のものとは比べより内陸性の物質の影響を受け堆積生成したのものと考えることができる。

表 1 土器胎土中のベリリウム同位体分析結果

試料 ID	場所	遺跡	型式	Be(ppm)	<sup>10</sup> Be/mg 土器 (10 <sup>6</sup> atoms)
NST 6	熊本県	轟貝塚	轟	2.26	0.370±0.017
NST 7	熊本県	轟貝塚	轟	3.66	0.682±0.028
NST 8	熊本県	轟貝塚	轟	3.06	0.444±0.019
NST 9	熊本県	轟貝塚	轟	2.49	0.693±0.028
NST10A08	鹿児島	星塚	押し引き	2.39	0.868±0.020
NST10A09	鹿児島	星塚	押し引き	2.29	1.097±0.028
NST10B02	鹿児島	星塚	曾畑	2.41	0.614±0.017
NST10B03	鹿児島	星塚	曾畑	2.49	1.083±0.025
NST10C03	鹿児島	星塚	曾畑	2.38	0.752±0.019
NST10C06	鹿児島	星塚	曾畑	2.26	0.747±0.018
NST12A01	種子島	神野牧	曾畑	2.49	0.915±0.033
NST12B02	種子島	神野牧	曾畑	2.32	1.318±0.031
NST 5 A-1	宝島	大池	室川下層	2.77	1.700±0.062
NST 5 A-2	宝島	大池	室川下層	1.23	0.468±0.020
NST 5 B-1	宝島	大池	室川下層	4.19	2.432±0.080
NST 5 B-2	宝島	大池	室川下層	2.63	1.091±0.041
NST 5 C-1	宝島	大池	轟系	1.69	0.844±0.032
NST 5 C-2	宝島	大池	轟系	3.65	2.288±0.074
NST13A01	宝島	大池一次	室川下層	1.61	0.716±0.024
NST13B02	宝島	大池一次	室川下層	2.01	0.895±0.021
NST 4-1	奄美大島	下山田	轟系	2.86	1.739±0.063
NST 4-2	奄美大島	下山田	轟系	0.43	0.099±0.009
NST 4-3	奄美大島	下山田	轟系	7.48	5.039±0.144
NST 4-4	奄美大島	下山田	轟系	1.71	1.091±0.034
NST 4-5	奄美大島	下山田	轟系	3.31	1.761±0.054
NST 3-0	奄美大島	高又	曾畑	7.66	4.650±0.137
NST 3-1	奄美大島	高又	曾畑	1.96	0.673±0.032
NST 3-2	奄美大島	高又	曾畑	3.30	1.622±0.060
NST 3-3	奄美大島	高又	曾畑	6.26	4.653±0.142
NST14A02	沖永良部島	神野 C 2-11	室川下層	1.62	0.805±0.019
NST 2 A-1	沖永良部	神野貝塚	室川下層	1.40	1.035±0.041
NST 2 A-2	沖永良部	神野貝塚	室川下層		1.485±0.057
NST 2 B	沖永良部	神野貝塚	神野 A	2.47	1.483±0.056
NST 2 C	沖永良部	神野貝塚	神野 A	2.99	1.675±0.060
NST 1	沖繩本島	室川	室川下層	1.90	1.536±0.047
NST15A03	沖繩本島	舟越第一	室川下層	1.45	0.777±0.025
NST15A09	沖繩本島	舟越第一	室川下層	1.47	1.145±0.072
NST16A01	沖繩本島	北谷	室川下層	1.69	1.264±0.025

さて、南西諸島の遺跡出土土器のデータの分布（図 3）における大きな分散に注目したい。これは、これらの地域の土器がさまざまな粘土資源を用いて製作されたことを示すものである。沖繩本島・鹿児島・熊本との違いを生ずる理由としての一つの考えは、土器そのもの、あるいは土器製作の原料となった粘土の移動に起因するとみることである。すなわちさまざまな地域で生産された土器が流入したか、あるいはさまざまな地域の粘土が交易を通じて移入した場合がそうである。更に次のような考えも成り立つかも知れない。この地域では大規模の粘土層がないために、比較的小規

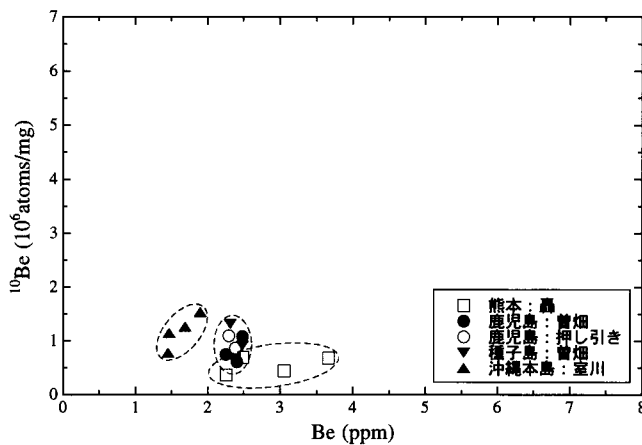


図2 沖縄本島・鹿児島(種子島)・熊本出土土器のグルーピング

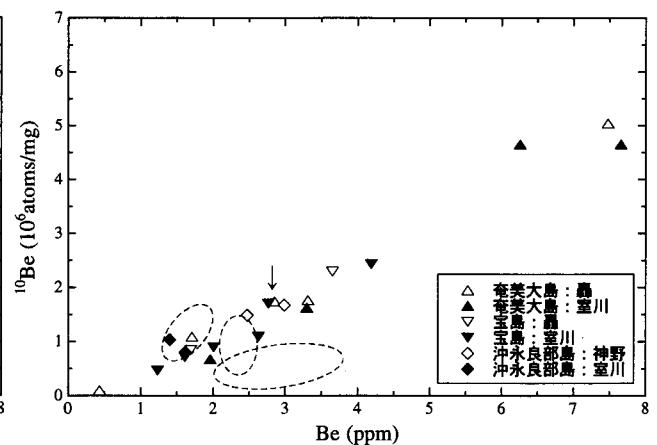


図3 南西諸島出土土器のベリリウム同位体濃度分布

表2 極めて近接した指標値をもつ南西諸島の3つの縄文土器

試料ID	遺跡名	土器型式	Be(ppm)	$^{10}\text{Be}/\text{mg}$ 土器( $10^6$ )	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
NST5A-1	大池遺跡/宝島	室川下層	$2.8 \pm 0.2$	$1.70 \pm 0.06$	0.8488	2.0956	18.387
NST4-1	下山田遺跡/奄美大島	轟系	$2.9 \pm 0.2$	$1.74 \pm 0.06$	0.8488	2.0955	18.386
NST2C	神野遺跡/沖永良部島	神野 A	$3.0 \pm 0.3$	$1.67 \pm 0.06$	0.8488	2.0957	18.391

模の粘土層を利用したのではないか。

前者の考えにたつと、若干の土器胎土が、特に、沖縄本島のものと共通している事実がみられるので、これらの島々と沖縄間で土器または原料粘土の移動があった可能性を支持する。これらのデータを見るかぎり鹿児島及び種子島との共通性は低い。

後者の考えでは次のように解釈する。小さな粘土層は粘土鉱物の再堆積によってつくられ、粒子分布が小さくなるため単位重量あたりの表面積は大きくなる。こうした粒子の細かい粘土層では吸着 Be の量が多くなり、ベリリウム同位体濃度が高くなる。相対的に粗い粒子を多く含む堆積層ではベリリウム同位体濃度は逆に小さくなる。この場合 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は、粒子表面に吸着するベリリウムの同位体組成を強く反映することになり、あまり変化がないことが予想される。実際、図3を、 $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比をとって調べると、その変化は小さい。奄美大島・沖永良部島・宝島のデータがこのような状況を示すものかどうか結論を下すには、さらに詳しい調査が必要であろう。

さて、図3のデータにおいて、矢印で示す奄美大島・沖永良部島・宝島の各一個はほぼ同じ位置に集中する。そこで胎土に含まれるアルカリ長石の鉛同位体のデータを調べたところ、鉛同位体比( $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )についてもほぼ同じ値が得られた。すなわち、表2に示すように5つの指標値はほぼ完全に一致する。さらに、これらの土器がそれぞれ異なる土器型式をもつことも注目すべきである。



上の事実はこれらの土器が同じ粘土層からの粘土を用い製作されたことを強く示唆する。すなわち、土器もしくは原料となる粘土が、数100km離れた奄美・沖永良部島・宝島間を移動したことになる。もしこれが土器の動きを示すものであるならば粘土の産地に近い場所で土器が製作されたと考えるのが自然である。この場合は、同じ粘土生産地で複数の型式が生産されたということになる。

またこれが土器ではなくて原料粘土の動きを示すと見なすならば、複数の島に粘土を供給するルートが存在したことになる。すなわちこの時代に原料粘土の流通がおこなわれたことを示すと思われる。粘土の産地を特定できない現時点では、移動したものが土器であるのかあるいは粘土であるのかは判断できないが、上記の事実は粘土をあまり産しないこれらの地域では土器または粘土の交流がひろくおこなわれていたことを示す有力な証拠と考えられる。

## まとめ

本研究で得られた成果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 胎土中の $^9\text{Be}$ および $^{10}\text{Be}$ 濃度を指標とする新しい土器産地推定法を試み、九州・南西諸島の縄文土器の生産と交流を知る上で有効であることを確認した。
- (2) 胎土中のベリリウム同位体濃度の分布は、土器の型式よりも地域性を反映している。
- (3) 沖縄本島・熊本・鹿児島出土の資料はそれぞれに独自の $^9\text{Be}$ 、 $^{10}\text{Be}$ 濃度分布を示す（粘土母体の堆積生成環境が内陸性（熊本）、海洋性（沖縄）、中間的な存在（鹿児島）に対応）このことは粘土を多く産する地域では外からの土器製品の流入はまれであることを示すものと思われる。
- (4) 奄美大島・沖永良部島・宝島からの出土資料は非常に分散した傾向をもつ。このことは、これらの地域の土器がさまざまな粘土資源を用いて製作されたことを示す。このことが、土器交易が盛んであったことを示すのか、製作に用いた原料の粘土をさまざまな地域から手に入れて使用したのか、あるいはこれらの地域の小規模なさまざまな粘土が用いられたことを示すのかは現時点では判別できない。
- (5) 奄美大島・沖永良部島・宝島からの各1個は、異なる土器型式をもつが、ベリリウム同位体濃度（ $^9\text{Be}$ 、 $^{10}\text{Be}$ ）・鉛同位体（ $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ）の5つの指標値がほぼ完全に一致した。このことは土器あるいは原料となる粘土に関して数100km離れた奄美・沖永良部島・宝島間での海上交流があったことを示すものである。これが土器の動きを示すものであるのか、原料粘土の動きを示すのであるのかは判断できないが、粘土をあまり産しないこれらの地域では土器または粘土の交流がひろくおこなわれていたことを示す具体的な証拠を示すものと考えられる。

これらの結論は統計的には限られた数の資料分析に基づいており、さらに多くの資料の分析を進める必要がある。またさらに具体的な産地の分析を行うには、土器胎土と粘土層との関係を、ベリリウム・鉛同位体の特徴を含め比較検討することが望まれる。現在、沖縄・奄美・鹿児島で採取した粘土の分析が進行中であり、粘土の分析結果を含め、さらに総合的な解析を報告する予定である。

本研究における資料の提供をしてくださった鹿児島県教育委員会・熊本大学考古学研究室・沖縄県北谷町教育委員会・沖縄県読谷町教育委員会に感謝する。高エネルギー加速器研究機構田無分室の榎本和義氏にはベリリウムの化学操作（一部）を行うにあたって化学実験室・原子吸光分析装置等の使用の便宜をいただいた。また東京大学原子力研究総合センターの小林紘一、羽鳥聡、松崎浩の各氏、日本大学文理学部の小林貴之氏には加速器による<sup>10</sup>Beの測定において助力いただいた。ここに記して感謝する。なお本研究の一部は著者の一人（M.I.）が客員研究員・代表者として東京大学原子力研究総合センターのタンデム加速器共同利用として行ったものである。また本研究の執行にあたっては文部省科学研究補助金（No.09871065）の一部を用いた。なお本論文は2を西谷が、3を今村・坂本・齋藤が、残りを今村が執筆した。

註

- (1)——渡辺直経、「縄文および弥生時代のC-14年代」、『第四紀研究』5, pp.157-168, 1966年。
- (2)——小林達雄,『縄文土器の研究』小学館, 1994年。
- (3)——三辻利一,『古代土器の産地推定法』『考古学ライブラリー-14』, ニューサイエンス社, 1983年; 三辻利一,『土器の産地を求めて—蛍光X線分析と放射化分析』『続考古学のための化学10章』, 東京大学出版会, 1986年。
- (4)——焼成温度は600-900度と推定されている: 清水芳裕「胎土分析II」『縄文文化の研究』第5巻, pp.68-86, 1975年。
- (5)——風化の影響をうけにくい数種の微量元素濃度の多変量解析により産地推定を行った例を最近, J. Habu氏, M. Hall氏が報告している: J. Habu, M. Hall; Jomon Pottery Production in Central Japan, preprint, 1998。
- (6)——坂本稔・西谷大・齋藤努・今村峯雄 1997「同位体を用いた南西諸島出土縄文土器の産地推定の試み」『日本文化財科学会第14回大会研究発表要旨集』, pp.6-9
- (7)——M. Imamura, Y. Hashimoto, K. Yoshida, I. Yamane, H. Yamashita, T. Inoue, S. Tanaka, H. Nagai, M. Honda, K. Kobayashi, S. Ohba, N. Takaoka: 'Tandem Accelerator Mass Spectrometry of <sup>10</sup>Be/<sup>9</sup>Be with Internal Beam Monitor Method', *Nuclear Instruments and Methods* B5, 1984, pp. 211-216。
- (8)——K. Kobayashi, S. Hatori, H. Nagai, K. Yoshida, M. Imamura, H. Matsuzaki, M. Murayama, M. Sakamoto, Y. Aramaki, M. Tanikawa, U. Zoppi, S. Shibata, H. Ohashi, T. Saitoh: 'Current Status of the AMS System at the University of Tokyo', *Nuclear Instruments and Methods* B123, 1997, pp. 107-111。
- (9)——齋藤努・高橋照彦・田口勇「高周波加熱-鉛同位体比法による緑釉の産地決定法の研究」『第16回古文化財科学研究会大会講演要旨集』, pp.26-27, 1994年。
- (10)——例えば, アメリカ大陸ミシシッピ川に由来するメキシコ湾内堆積物はこの範囲にある: L. Brown, I. S. Sacks, F. Tera, J. Klein, R. Middleton; 'Bellium-10 in continental sediments', *Earth and Planetary Science Letters* 55, 1981, pp. 370-376。

今村峯雄 (国立歴史民俗博物館情報資料研究部)  
坂本 稔 (国立歴史民俗博物館情報資料研究部)  
齋藤 努 (国立歴史民俗博物館情報資料研究部)  
西谷 大 (国立歴史民俗博物館考古研究部)

---

## **Provenance Study of Early Jomon Pottery from Southwestern Japan Using Beryllium and Lead Isotopes**

**IMAMURA, Mineo, SAKAMOTO, Minoru, SAITOH, Tsutomu and NISHITANI, Masaru**

The earliest earthenwares found in the Japanese archipelago date back to some twelve thousand years BP. Their ornamental features indicate a similar pottery culture spreading throughout Japanese islands throughout the Jomon period (ca. 12000BP – 2300BP). Although provenance studies are expected to tell about the movement of a given product, it has been difficult in most cases to determine where Jomon pottery originated from. In this study we show a new method of provenance study based on beryllium isotopes and apply it to Early Jomon pottery from the southwestern Japanese islands.

Since sedimentary clays are enriched in beryllium, and their two isotopes,  $^9\text{Be}$  and  $^{10}\text{Be}$ , have different origins, their contents in clays are useful in proveniencing study of ancient earthenwares. We studied Be isotopic contents in excavated pottery shards dating to ca.6000BP from the southwestern Japanese islands. Pb isotopic compositions were also studied supplementarily in the albite fraction separated from some shards. Distribution of the  $^9\text{Be}$  and  $^{10}\text{Be}$  contents was found to be classified into distinct groups for the shards from Okinawa, Kagoshima and Kumamoto where clays are abundant. The isotopic groups apparently indicate the geochemical environment when the sediment clay was formed. For those from small islands, where little clays are found, the Be isotope distribution was much more dispersed, suggesting the use of diverse clay sources. It was also shown that 3 shards from different islands were made from the same clay source.