

令和元年6月13日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K03158

研究課題名(和文) クロスナ層の多角的分析と3次元地質モデリングによる瀬戸内島嶼部の海岸利用史の解明

研究課題名(英文) The research for the history of human activity on the coast of Seto Inland Sea islands by multiple analysis of Kurosuna-layer and three-dimensional geologic modeling system

研究代表者

榎林 啓介 (Makibayashi, Keisuke)

愛媛大学・東アジア古代鉄文化研究センター・准教授

研究者番号：50403621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は瀬戸内海島嶼部における海岸利用とその変遷を解明する。愛媛県上島町宮ノ浦製塩遺跡を対象に1)遺跡立地の海岸地形とクロスナ層(黒色腐植砂層)の分析と2)遺跡の地下構造の可視化を行った。結果、1)では当初、砂丘と考えた地形は実は浜堤であることが明らかとなった。次に浜堤堆積とクロスナ層の粒度構造等を分析し、クロスナ層に自然的と人為的とがあることを実証した。浜堤と遺跡の関係は瀬戸内海島嶼部での特徴であると指摘した。2)では3次元地質モデリングによる地形復元と遺跡発掘の情報を互いにフィードバックさせ復元精度を高め、格子数東西301本、南北211本、解像度1mの古墳時代地表面のDEMを作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、気候変動と連関した海岸砂丘とクロスナ層の従来の議論を「浜堤」の問題に拡大したことは大きな成果であった。浜堤の形成や変化もまた、人間活動へ影響を与えていたのである。また、3次元地質モデリングと発掘調査の往還は、未発掘区域も含めた古地形復元の精度を高め、かつ当時の空間利用を検討するに有効であった。さらにDEMデータを元に古地形立体模型を作成し、これを前に発掘調査報告会等で展示・解説したことは、地域社会への分かりやすい研究成果の発信につながった。

研究成果の概要(英文)： This research is about the history of human activity on the coast of Setouchi Inland Sea islands. We focused on Miyan'na salt-making site, Ehime prefecture and analyzed the coast paleogeography, the Kurosuna-layer (black humus sand layer) and subsurface structure.

We clarified that the geographical location of Miyan'na site was not a sand dune but a beach ridge, and verified that Kurosuna-layer had two types; natural and anthropogenic, with the analysis of particle structure and others. For visualization of subsurface structure, we made a surface model of Kofen period and active salt-making by the three-dimensional geologic modeling system based on the information gathered from the excavation.

研究分野：考古学

キーワード：古地形環境 クロスナ層 製塩 瀬戸内海 考古学 情報地質学

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで本研究代表者は地域環境史の試みとして基盤研究C「(H24-26)東アジアにおける多元的稲作化過程の研究 地域環境史の試みとして (代表 楨林啓介)」の研究助成を受け、気候変動にともなう地形環境の変化と生業の適応について研究してきた。中国江蘇平原の沿岸域を対象に、気候変動により海岸砂丘が形成され、気候が安定期(温暖期)になると砂丘上が居住域となり、かつ後背湿地が可耕地化することで稲作を中心とする生業とその社会の形成が進展することを論じた。しかし、海外研究の弱点である一次資料の取り扱いに関する制限により、地形環境とその利用のモデルを提示したものの、現地発掘調査等による実証段階に移行できないジレンマを抱えていた。

一方、日本瀬戸内地域では近年、愛媛大学と愛媛県上島町と共同で同町の宮ノ浦製塩遺跡を発掘調査しており、海岸砂丘上に立地する古墳時代前期と中世の製塩遺構が明らかになっている(愛媛大学考古学研究室2015『宮ノ浦遺跡I』)。この調査では、いわゆるクロスナ層が良好に検出され、そのクロスナ層のみに製塩遺構が存在することが分かってきた。クロスナ層は気候変動と海岸砂丘の形成に関係するもので、温暖期に地表環境が安定化することで土壌化した土層を指す。また人間活動も活発化し、さらに汚染されクロスナ化が進む。クロスナ層をキー層とした砂丘の考古学の方法が、甲元真之の研究により提唱されている(甲元真之2005「砂丘の形成と考古学資料」『文学部論叢』86巻)。代表者は、挑戦的萌芽「(H25-26)東アジア塩業考古学の提唱(代表 村上恭通)」で、東アジア各国の海岸砂丘と塩業との関係に着目して研究を行った(楨林2015「東アジアにおける海岸砂丘と塩業」『東アジア塩業考古学の提唱』)。クロスナ層は、汎東アジア沿岸域に存在することで、共通のメカニズムをもつ海岸砂丘の形成とその安定化に対して、製塩活動などの人間の利用も何らかの共通性が見出せないかと考えていた。

そこで、宮ノ浦製塩遺跡を主要な調査対象に据えることで、上記の研究課題を統合して解決できないかと考え、新たな問題意識とその解決方法を加えることで本研究を遂行するにいたった。

2. 研究の目的

本研究は、海岸の古地形環境に着目して瀬戸内地域の島嶼部における海岸利用とその変遷を解明するものである。気候変動をも背景に変化する海岸砂丘は、変化に応じて人間の活動にも影響を与える。しかし、瀬戸内島嶼部に関してはその実態はいまだ分かってない。これを、海岸砂丘に特徴的なクロスナ層の多角的分析と、そこで展開した人間の活動を地下構造の可視化を行うことで明らかにしていく。多くの海岸が護岸工事などで改変された島嶼部の現在において、地形環境の特徴とその変化、適応する海民文化の具体を実証的に明らかにすることは現代的に意義あると考えている。

そのために、以下の1)クロスナ層の理解と、2)地下構造の理解との2つの具体的な目的をたてた。

1) クロスナ層の理解：クロスナ層をキー層とした環境変化と人間活動の把握

前述の宮ノ浦製塩遺跡では、古墳時代前期と中世に時期的に相当するクロスナ層が検出されている。近年、瀬戸内地域での遺跡において、クロスナ層中に人間活動の痕跡が含まれる可能性が高いことを念頭に意識的にクロスナ層を調査した例はない。まず、クロスナ層の形成と遺構・遺物の様相について、考古学を中心に多角的な分析により明らかにしておくことが望まれた。多角的、つまり科学的な分析では、クロスナ層および上下層の基本的な土壌分析が必要である。土壌成分分析や花粉分析では植生や海水の流入の変化などを明らかにし、環境とその変化を復元する。また、出土遺物の分析では、遺構・人工遺物および動植物遺存体の分析から、食性だけでなく生業形態を把握する。加えて、貝類にも着目する。貝類は環境復元の指標になるだけでなく、製塩方法、具体的には藻塩法の解明、さらには製塩集団の食性にまで深く関わるとして扱う。こうした方法により、クロスナ層から地形環境と人間活動との具体的な関わりをひとつひとつ明らかにすることを目指す。これにより、クロスナ層が今後の発掘調査に有効なキー層になりうることを指摘することにつなげることとした。

2) 地下構造の理解：海岸域の古地形環境と空間的利用の把握

海岸の砂堆等の利用だけでなく、周辺環境を含めた立体的な利用を解明する。宮ノ浦製塩遺跡は、具体的には主に製塩を行っていたが、製塩に関わる遺構は見つかっていないものの、これまで住居址等の日常生活空間は見つかっていない。また日常生活を営む場合の食料生産もしくは獲得についても考古学的には未解明である。例えば、後背湿地が淡水化している場合には稲作の可能性があり、海水域・汽水域の場合は漁撈が想定できる。

そのためには、砂丘だけでなく後背湿地の出現と消滅、または淡水化過程や陸化過程などを明らかにしておく必要がある。各科学的な分析のほか、遺跡全体を広く空間的に復元することが望まれる。これには後述の3次元地質モデリングの方法を採用し、地下構造を可視化することを考えた。

こうしたことが考古学的に明らかになると、単に「製塩」にとどまらず、生活様式と生業形態とを総合的に明らかにすることが可能になる。無論、植物遺存体の分析を含めれば、栽培種や採集した堅果類などの食性も含めて検討することができる。また、陸域化する海岸域をどのように利用していたのかも分かってくる。仮に製塩集団の具体像を明らかにしようとするに

でも、製塩の方法や技術のみならず、彼らの生活空間や景観までも復元できることは、これまでの研究にない意義あることである。

3. 研究の方法

瀬戸内地域の上島町宮ノ浦製塩遺跡の調査を中心に、クロスナ層の検出（層序など基本的遺跡情報）サンプルの各種分析（土壌成分分析、貝類遺体分析、花粉分析など）地下構造データ（3次元地質モデリング）を得え、クロスナ層と地下構造の総合的検討を行った。また、周辺島嶼部の踏査、および既発掘資料および遺跡データを再検討した。

具体的には、上記の目的1)クロスナ層の理解（クロスナ層をキー層とした環境変化と人間活動の把握）、2)地下構造の把握（海岸域の古地形環境と空間的利用の把握）のために、以下のような方法をとった。愛媛大学考古学研究室と上島町が実施している宮ノ浦製塩遺跡の調査と連携した。具体的な方法と手順を以下に挙げる。

1)宮ノ浦製塩遺跡の調査 クロスナ層等の検出、土壌分析等のサンプル採取、地下構造データ取得を行った。検出作業にはクロスナ層だけでなく海岸砂丘や後背湿地の形状が分かるようにトレンチ地点を選定し、サンプル採取とトレンチ内断面図等から得られる基本的な発掘情報を収集した。

2)サンプルの各種分析

- ・クロスナ層の形成の様相 土壌成分分析、薄片観察分析、出土貝類遺体分析
- ・後背湿地の陸化過程とその利用の解明：花粉分析、出土貝類遺体分析
- ・周辺部の古環境復元：花粉分析
- ・絶対年代の解明：AMS年代測定

この他、必要に応じて珪藻分析、プラントオパール分析を選択した。

3)古地形復元 トレンチやボーリングのデータをもとに3次元地質モデリング（3Dモデル）の方法を用い復元を行った。また、デジタル情報をもとに愛媛大学に設置している3Dプリンター（Mcor IRIS）により復元した。Mcor IRISはインクジェットプリンタを併用したシート積層型で、地形データだけでなくカラー画像を貼り付けることができる。そのため、出力したモデルには色彩があり、視覚的に理解しやすい可視化モデルを提示できる。

4)期間中は、分析結果の検討と調査へのフィードバック 上記2)の分析結果および3)の3Dモデルから、海岸砂丘と後背湿地および人間の活動とその広がりを検討した。初段階の調査では遺跡内でも地下データで十分に得られていないところがあるため、3Dモデルで可視化しながら、次期調査における有効な調査区の選定を検討することができるようになった。

4. 研究成果

瀬戸内海島嶼部の海岸利用の変遷の解明のために、とくに目的1と目的2のために、上島町宮ノ浦遺跡を主な対象とした。目的1では、宮ノ浦遺跡の古地形環境とクロスナ層との関係を明らかにしようとした。当初、宮ノ浦遺跡の立地は海岸砂丘と考えていたが、実は「浜堤」であることが明らかになった。上記、粒度分析などの研究方法を集中的に実施することで、明らかにできたことは本研究の大きな成果のひとつである。これにより、浜堤形成と人間活動との関係に視点が大きく変わる。本研究の主眼とするクロスナ層とその形成を、浜堤形成のメカニズムとともに検討する必要が出てきたのである。浜堤形成は砂丘形成のように気候変動との直接的な関係では説明できない。その際、浜堤上のクロスナ層はどのような環境条件か再検討が必要となったのである。

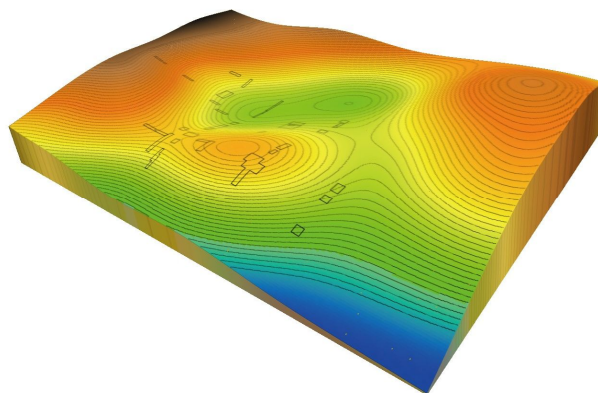
暴浪等の作用による浜堤堆積と、浜堤堆積物のクロスナ化の解明には、従来の粒度分析、花粉分析、珪藻分析だけでは不十分であり、次に薄片観察分析を導入することとした。堆積物と堆積構造を見ることで、まず本当に風砂（砂丘の堆積物）の痕跡がないか、浜堤堆積物の構造そのものはどのようなものか、クロスナ化するとどのような変化がみられるのかなどの課題を検討した。薄片観察分析では、堆積層の基本的な組成物とその粒子構造を把握することでできた。明確な風成堆積層が見つからなかったが、当該地形が風成堆積か浜堤堆積かという対立的な問題でないこと、粒度分析により一定量のシルト成分も存在することなどから、これは風成による寄与が低く明瞭な層を残していないと解釈した。

一方で、クロスナ層そのものについては、宮ノ浦遺跡I区30トレンチやII区5トレンチでの薄片観察分析で、黒色腐食層（クロスナ層）のうち、自然営為の痕跡がなく、おそらく人為的な攪乱を受けた粒子構造をもつ層があることが分かった。いわゆる人為的なクロスナ層と自然的なクロスナ層の相違の一端を明らかにするにいたった。宮ノ浦遺跡の場合、古墳時代前期の製塩活動が活発な時期のクロスナ層は人為的なクロスナ層の形成が盛んで自然的なクロスナ層の存在が分からなくなっている。しかし、浜堤縁辺部には自然クロスナ層が「自然」のままに残っており、こうした層を継続分析することで浜堤とそのクロスナ層形成のメカニズムも解明できるかもしれない。

本研究における古地形環境の復元により、瀬戸内海島嶼部では、こうした浜堤に立地する遺跡が多くあることが理解できるようになった。愛媛県多々羅遺跡や亀ヶ浦遺跡、八ヶ浦遺跡が挙げられる。それらはすべて浜堤や砂洲上に立地する。浜堤や砂洲の形成および土地の安定化（クロスナ化）にあわせて製塩活動等を行っており、宮ノ浦遺跡との共通性は看取される。ただし、瀬戸内海沿岸部ではこうした共通性は高くない。おそらく比較的大きな河川の存在と

それからの流出土砂の堆積総量が沿岸部地形形成に大きく関係している。スケールも異なることから、条件を整理して比較する必要がある。

目的2に掲げる地下構造の理解では、宮ノ浦遺跡のこれまでの調査(断面図)を整理し、まず3次元地質モデリングのための基礎データを整える作業を行った。さらに国土院発行の基盤地図情報5mメッシュ(標高)を用いて、宮ノ浦遺跡を含む3次元地形図(精度5m)を作成した。その精度を向上させるために、Noumi(2003)のRIPE法を用いて実測地形図から0.5m精度の3次元地形図作成を試みた。



三次元地質モデリングによる宮ノ浦遺跡古墳時代前期の地形復元

年度毎に、発掘調査の結果と試行した地形図を比較し、次年度の発掘調査の課題と、新規調査地点の選定に寄与するようにした。その過程で、データベースによる岩層・土質対比をおこない境界面のDEM(デジタル標高モデル)の推定を行い、すでに作成した地形面のDEMと境界面のDEMをGIS(地理情報システム)に入力し、3次元地形図の精度を高めた。本研究の最終年度には、宮ノ浦遺跡I区の発掘調査が基本的に終了したことから、I区23か所のトレンチから得られた古墳時代層のデータ等から、格子数東西301本、南北211本、解像度1mの古墳時代層の地形面のDEMを作成し、古地形環境の復元とその可視化を実現した。さらに、STL形式モデル(着色なし)とOBJ形式モデル(標高情報を着色、等高線、トレンチデータ記載)に変換し、両モデルを3Dプリンタで出力した。これを発掘調査報告会等で展示・解説し、地域社会への調査研究成果の還元を活用することができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件)

米澤剛・榎林啓介、愛媛県宮ノ浦遺跡の自然環境からみる人間活動の痕跡、第29回日本情報地質学会講演会講演要旨集、2018、55-56

榎林啓介、上島町宮ノ浦遺跡の考古学的研究、愛媛ジャーナル、2018、76-78

TRAN T. A., MASUMOTO S., RAGHAVAN V., NONOGAKI S., YONEZAWA G. and NEMOTO T., Evaluating Parameters for BS-Horizon Surface Generation Using Elevation Data, Geoinformatics, 28, 2017, 31-50

榎林啓介・村上恭通、上島町宮ノ浦遺跡での製塩活動、海洋考古学会第8回研究会資料集、2017、49-58

TRAN T. A., RAGHAVAN V., MASUMOTO S., YONEZAWA G., Application of Multi-parametric AHP for Flood Hazard Zonation in Coastal Lowland, Area of Central Vietnam, International Journal of Geoinformatics, 13, 2017, 3-23

YONEZAWA G., SAKURAI K., NONOGAKI S., MASUMOTO S., MITAMURA M., TRUONG X. L., RAGHAVAN V., NEMOTO T., YOSHIDA D., Utilization of Elevation and Borehole Data of Hanoi City, Vietnam -Construction of 3D Geological Model, Proceedings of the ESASGD(GIS-IDEAS), 2016, 190-195

[学会発表](計12件)

榎林啓介、上島町宮ノ浦製塩遺跡と瀬戸内海人文化、愛媛県立歴史博物館考古講座、2019

榎林啓介・笹田朋孝、宮ノ浦遺跡第8次発掘調査報告、宮ノ浦遺跡第8次発掘調査報告会、2019

Go YONEZAWA, Susumu NONOGAKI, Muneki MITAMURA, Kenichi SAKURAI, Luan Xuan TRUONG, Shinji MASUMOTO, Tatsuya NEMOTO, Venkatesh RAGHAVAN, Construction and Evaluation of 3-D Geological Model for Urban Geospatial Analysis, The International Conference on Geoinformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences (GISIDEAS), 2018

米澤剛・榎林啓介、愛媛県宮ノ浦遺跡の自然環境からみる人間活動の痕跡、第29回日本情報地質学会講演会、2018

榎林啓介・村上恭通、上島町宮ノ浦遺跡での製塩活動、海洋考古学会第8回研究会、2017

村上恭通、第7次発掘調査の概要、宮ノ浦遺跡第7次発掘調査報告会、2018、上島せとうち交流館

米澤剛・野々垣進・ツォン スアン ルアン・升本真二・三田村宗樹、ベトナムの地質情報を用いた3次元地質モデリング、日本地球惑星科学連合2017年大会、2017、千葉

榎林啓介、第6次発掘調査の概要、宮ノ浦遺跡第6次発掘調査報告会、2017、上島せとうち交流館

榎林啓介、瀬戸内海沿岸地域の環境変化と人々の対応、瀬戸内海研究フォーラム in 愛媛、2016、

榎林啓介、瀬戸内海沿岸地域の考古学 - 愛媛県宮ノ浦遺跡とクロスナ層をめぐって、考古学研究会岡山例会、2016、岡山大学
村上恭通、古墳時代の製塩活動と環境変動、愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター第20回アジア歴史講演会、2016、愛媛大学
米澤 剛・野々垣 進・櫻井健一・ツォン スアン ルアン・升本眞二・三田村宗樹、ベトナム・ハノイ市における地形・地質データの活用、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016、千葉

〔図書〕(計3件)

有馬啓介・榎林啓介・村上恭通他、愛媛県越智郡上島町 宮ノ浦遺跡 IV 第8次発掘調査報告書、愛媛県越智郡上島町教育委員会、2019、168 頁
有馬啓介・榎林啓介・村上恭通他、愛媛県越智郡上島町宮ノ浦遺跡 III - 第6次・第7次発掘調査報告 -、愛媛県越智郡上島町教育委員会、2018、206 頁
榎林啓介、村上恭通他、2016 年度宮ノ浦遺跡発掘速報、愛媛大学・上島町教育委員会、16 頁

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：村上 恭通

ローマ字氏名：Yasuyuki Murakami

所属研究機関名：愛媛大学

部局名：東アジア古代鉄文化研究センター

職名：教授

研究者番号(8桁)：40239504

研究分担者氏名：米澤 剛

ローマ字氏名：Go Yonezawa

所属研究機関名：大阪市立大学

部局名：大学院工学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：90402825

(2)研究協力者

研究協力者氏名：甲元 眞之

ローマ字氏名：Masayuki Komoto

研究協力者氏名：有馬 啓介

ローマ字氏名：Keisuke Arima

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。