

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21300330

研究課題名（和文）プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代測定法の確立

研究課題名（英文）Study on age determination by carbon in plant opal collected from ancient agricultural field.

研究代表者

宇田津 徹朗 (UDATSU TETSURO)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：00253807

研究成果の概要（和文）：生産遺構土壌から安定的に検出されるイネを中心とした1年生イネ科植物に由来するプラント・オパールに含まれる炭素を利用して、生産遺構の年代決定を行う手法の構築に取り組んだ。その結果、年代の測定精度には検討の余地があるが、国内の生産遺構土壌については、土壌採取からプラント・オパール抽出、夾雑炭素除去、プラント・オパール中の炭素抽出、年代測定（AMS）までの各工程について、実用性や普及性を備えた条件や方法を決定でき、生産遺構の年代を測定する一連の手法を構築することができた。

研究成果の概要（英文）：We tackled the construction of the technique which makes an age decision of production remains using the carbon contained in the phytolith of Gramineae stably detected from soils. As a result, we succeeded in the setting of the best condition and technical development about the four processes (plant opal extraction from soil, contaminated carbon removal, carbon extraction from plant opal, age determination) that constitute this technique. Although there is room for considerations about the accuracy of age determination, we have constructed a series of techniques of measuring the age of production remains.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2010年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2012年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	12,100,000	3,630,000	15,730,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：文化財科学

キーワード：生産遺構年代、年代測定、プラント・オパール、AMS、微量炭素

1. 研究開始当初の背景

縄文時代に農耕が営まれていたことは、多くの研究者が認めることである。しかし、その実像に迫る上で必要不可欠な生産遺構の検出は今日まで行われていない。こうした状況にある原因としては、生産遺構調査における、2つの方法論的な問題が挙げられていた。1つは「生産遺構の探査法」であり、も

う1つは、「生産遺構の年代決定法」である。

(1) 生産遺構の探査法の現状

縄文農耕のイメージとしては、東アジアの山岳地帯で営まれている焼畑を想定する研究者が多い。生産遺構の探査については、プラント・オパール分析を利用して宮崎県椎葉村の焼畑を探査・検証した事例等がある。この手法は研究代表者が国内外でも実施して

いるものであり、中国での生産遺構探査でも実績を挙げている。また、同者は、平成 17～20 年度基盤研究 (B)「縄文時代の稲作マップ作成に向けた実証的調査研究」により、縄文時代後期の稲作が存在する可能性が高い遺跡の絞り込みも行っており、生産遺構の探査については、実施可能な段階に来ている。

(2) 生産遺構の年代決定法の現状

生産遺構の探査により、遺構が特定されても、水田や畑から、年代測定可能な炭化種子の安定的な検出を期待することは難しい。さらに、焼畑では、その立地や利用期間の短さから、その検出は厳しく、生産遺構の年代データが確実に得られる状態には至っていない。プラント・オパールは、主にイネ科の植物の細胞に珪酸が蓄積されたものであり、その中には、生育過程に吸収した炭素が含まれている。プラント・オパールは、焼畑の探査で利用される程 (数千個/土 1 g) 残留している。こうしたプラント・オパールを効率よく抽出して年代測定が行えれば、生産遺構探査と連動した画期的な手法を構築することが可能となる。研究開始当時、プラント・オパールを 300mg 以上集めれば、AMS による年代測定が可能となってきた (BETA 社のみ)。しかし、土壌からのプラント・オパールの抽出は難しく、世界的にも実施例は限られていた。我が国では、研究代表者が平成 16～18 年萌芽研究「プラント・オパールからの環境情報抽出に関する基礎研究」で、テフラ直下の腐食土壌のプラント・オパールについて試行した日本初の事例があるのみであった (測定は BETA 社)。

このように、当時、プラント・オパールの抽出方法は粒径や比重にもとづく基礎的な段階であり、また、国内施設で年代測定できないため、測定精度等の評価検討も不十分な状態にあった。

そこで、我が国の土壌の種類や堆積状況に適したプラント・オパールの抽出方法の確立と国内施設 (名古屋大学年代測定総合研究センター) で年代測定を実施し、実用に耐える生産遺構の新しい年代測定方法の確立を目指すという本研究を着想・企画するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、以下の 3 つを具体的な目的として設定し、手法の構築を目指した。

(1) 生産遺構土壌からのプラント・オパール抽出方法の確立

抽出にはこれまで粒径と比重が用いられているが、我が国の土壌の種類や堆積環境に応じた細かな抽出方法や抽出条件の設定が必要である。そこで、遺跡の立地や堆積環境を元に試料の選定や採取方法を設定するとともに土壌からのプラント・オパール抽出方法 (粘土粒子や夾雑鉱物の除去) を構築する。

また、土壌の年代測定に必要な土壌重量の設定を行う。

(2) プラント・オパール中の炭素による年代測定法の確立とその信頼性の検証

プラント・オパールからの炭素の抽出と年代測定までの一連の技術を確認する。また、年代の明らかな土壌中のプラント・オパールの年代を測定し、その信頼性 (精度) について検証を進める。また、夾雑炭素の分解処理法の比較検討も行う。

(3) プラント・オパールによる年代測定マニュアルの作成

本研究では、測定方法の普及も視野に入れ、プラント・オパールの抽出方法や測定方法をまとめたマニュアルを作成する。

3. 研究の方法

本研究では、先に述べた研究目的に基づき、測定試料である遺跡土壌の選定・採取から、土壌からのプラント・オパールの抽出そして含有する炭素による年代測定までの一連の手法を構成する以下の項目について、検討を行った。具体的には、各項目について文献調査・フィールド調査・実験により、最適条件の設定や必要な関連技術の開発 (含む装置製作) を行った。

(1) 年代測定試料の選定と採取について

ここでは、次の 4 点、「水田址の立地と地形環境」、「遺跡の立地と地層の堆積状況」、「遺跡立地と堆積環境から予想される夾雑粒子」、「測定に必要なプラント・オパールが確保可能な土壌重量」について検討を行った。

(2) 土壌からのプラント・オパール抽出

まず、土壌からプラント・オパールを含む粒子を抽出するための「土壌の希釈と粒子の分散」、「粒径分画: 篩別による夾雑粒子除去」、「粒径分画: 沈底法による粘土粒子の除去」および「比重分画: 鉱物粒子の除去及び微小な有機物の除去」についての条件設定と関連技術の開発を行った。さらに、プラント・オパールと比重に近い特殊な夾雑粒子 (火山ガラス・海綿骨針) の除去方法の検討と技術開発に取り組んだ。

(3) 夾雑している炭素の除去について

特殊な設備が必要となる「過塩素酸分解」の代替となる普及性の高い分解方法の比較選定を実験的手法により検討した。

(4) プラント・オパールからの炭素の抽出と測定

プラント・オパールを溶解させ、含まれている炭素を抽出し、AMS で年代測定を行う一連の方法について、研究分担者の研究施設 (名古屋大学年代測定総合研究センター) で検討を行った。

(5)年代測定の精度

様々な遺跡や堆積条件における土壌から抽出したプラント・オパール年代測定結果を比較検討することにより、精度の検討を進めた。

4. 研究成果

研究方法で述べた各検討項目に沿って、得られた成果を述べる。

(1) 年代測定試料の選定と採取について

①遺跡立地や堆積環境が試料に与える影響と想定される夾雑粒子

遺跡の立地や生産遺構の堆積環境によって、測定試料である土壌には、生産活動（耕作）が開始される基盤土壌に包含されているプラント・オパールや生産活動によって土壌が堆積してく間にも地表水とともに一定の範囲の有機物や土壌によって供給されるプラント・オパールが含まれている。そのため、本研究の目指す測定方法の測定精度や実用性を評価し、また、同法の適用限界を検討するために、立地や堆積環境が異なる遺跡の比較検討を行った。検討の結果、試料採取については、以下の3つのモデルが設定され、それぞれのモデルに該当する遺跡での調査の結果、モデル1ないしモデル2であれば、プラント・オパールの給源が測定結果に与える影響は大きくないと判断された。

モデル	基盤土壌		生産遺構土壌
	堆積環境	Plant Opal含有量	堆積環境
モデル1	安定	非常に少ない	安定
モデル2	一定の攪乱	少量	攪乱があるが安定
モデル3	大きな攪乱	やや多い	攪乱があり不安定

また、除去法の確立が必要な夾雑粒子としては、以下の3つが明らかとなった。

- ・磁性鉱物および粒子（主に火山灰性土壌）
- ・火山ガラス（火山灰性土壌）
- ・海綿骨針（海進等の影響を受けた土壌や海浜に立地する遺跡土壌、施肥の影響もある）。

②年代測定に必要なプラント・オパールが確保可能な土壌重量

生産遺構土壌を対象としたプラント・オパール定量分析では、イネ、ヨシ属、タケ亜科、ウシクサ族、キビ族および樹木の一部を対象としている。そこで、名古屋大学など国内の年代測定機関においてグラファイトの作製とAMS測定が可能な500 μ gの炭素を確保するのに必要な土壌重量を、「各植物のプラント・オパール1個から抽出可能な炭素量」と「全国各地の生産遺構土壌のプラント・オパール密度と組成」を実験から求め検討した結果、乾燥重量500gを確保すれば測定に必要なプラント・オパールを確保できることが明

らかとなった。

(2)土壌からのプラント・オパール抽出

プラント・オパールの炭素含有率は、給源植物によるが0.2~2.0%と低く、プラント・オパールからの年代測定には300mg以上が必要であるとされている。これは、イネのプラント・オパールに換算すると、実に400万個程度に相当しており、測定に必要な純度の高いプラント・オパールの確保にはかなりの手間と時間を要する。そのため、当該手法の実用化と普及のみならず、年代測定の精度検証をはじめとする基礎研究推進においても大きな障害となってきた。

この4年間の取組により、「土壌からのプラント・オパールの抽出」については、基本的にどのような土壌であっても、安定した抽出が可能であるだけでなく、抽出を担う実験者の負担という点からも、実用に耐える手法を確立することができた。以下、当該手法の仕組みと各工程について述べる。

<土壌からのプラント・オパールを抽出する仕組み>

抽出の仕組みは、プラント・オパールが有する特定の粒径および比重の粒子を取り出すことを基本とし、粒径分画および比重分画の組み合わせで構成されている。特に、対象とするプラント・オパールは、一年生のイネ科草本由来のものを想定していることから、粒径が20~125ミクロン、比重が1.5~2.3のものに限定している。

また、当該手法では、プラント・オパール中の微量な炭素を用いて年代測定を行うことから、「他の炭素の汚染を避けるため、薬品の使用を抑制」、大量のプラント・オパールを集める必要から、「1kg程度の土壌の一括処理を可能とする」を重視して抽出法の構築を行った。

<抽出の工程>

以下が、構築した抽出工程である。なお、当該工程では最大1kgの土壌（採取時重量）が処理可能である。また、粘土除去の工程を自動化した結果、一般的な土壌であれば、抽出が約5日、土壌中のプラント・オパールの回収率が約80~90%とほぼ実用手的な水準に達している。

【抽出工程】

- ・採取土壌の水中分散：2リットルを目安に土壌に水を加え、攪拌機で粒子分散させる。
- ・篩別（500ミクロン・250ミクロン）による粒子除去（粒径分画）
- ・粘土および20ミクロン未満の粒子除去（ストークス沈底法）
- ・篩別（125ミクロン）による粒径除去（粒径分画）
- ・粒径や比重で単純除去が困難な夾雑粒子の除去（土壌により選択的に適用）

- ・ 超音波照射（プラント・オパールが付着物（粘土等）の除去）
- ・ 20 ミクロン未満の粒子除去（ストークス沈底法）
- ・ 乾燥
- ・ 重液（SPT:比重 2.3）による比重分画（浮遊部分を回収）
 - ※SPT：ポリタングステン酸ナトリウム
- ・ 重液の希釈洗浄と乾燥
- ・ 重液（SPT:比重 1.5）による比重分画（沈殿部分を回収）
- ・ 重液の希釈洗浄と乾燥

この処理工程に加え、以下に述べる夾雑粒子除去を行うことで、基本的に国内の土壌であれば、プラント・オパールを高い純度で抽出することが可能となった（写真参照）。

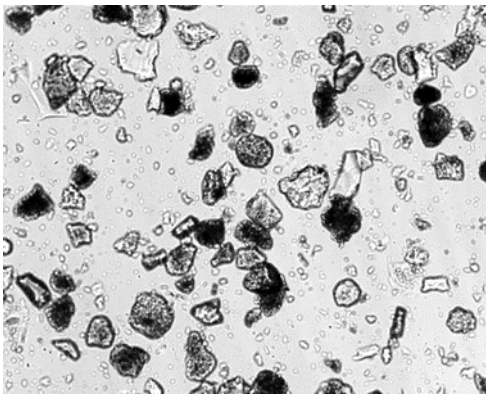


写真 抽出処理前（粘土のみ除去）

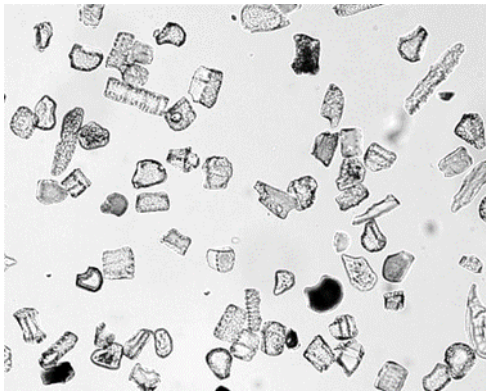


写真 抽出処理後

<夾雑粒子の除去>

通常の工程での除去が困難な磁性鉱物および粒子、火山ガラス、海綿骨針については、それぞれ以下の方法で除去が可能となった。
 磁性粒子の除去：当該粒子は、純粹な鉄等ではなく、これらと珪酸が融合した状態にあるため、比重分画が有効に作用しないことが多い。なお、鉄分が微量なため、通常のフェライト磁石等での回収は不可能である。
 火山ガラスの除去：火山ガラスは比重が 2.6 であるため、一般的には比重分画が有効であるが、実際には、付着物等の関係で完全な除

去は難しい。そこで、火山ガラスの大きさを利用し、60 ミクロンを基準とした篩別の工程を加えることで、除去が可能である。

海綿骨針の除去：海綿骨針は、プラント・オパールとほぼ同じ比重を持つだけでなく、形状も針状をしているため、火山ガラスのような単純な篩別では、効果が低い。そのため、唯一の形態的な差異である海綿骨針の長さを利用した篩別が必要である。篩別では、海綿骨針を大きく振動させずに、主にプラント・オパールを振動させて、篩を通過させることである。120 ミクロンのメッシュの上に試料を展開し、微小な振動を加えることで分画するのが実用的である。また、試料が帯電すると粒子の分離が悪くなるため、静電気を除去するとよい。

この手法の確立は、年代測定だけでなく、プラント・オパール中の DNA や特定元素の同位体比などの分析を試みている関係分野の研究にも寄与できる成果と言えよう。

(3) 夾雑している炭素の除去について

プラント・オパールは、土器胎土から検出されることから分かるように、ガラスと同じ耐熱性を有している。そのため、ガラス器具の付着物を除去する場合と同様な処理を用いることができる。有機物の分解において、高い分解効果を求める場合には、「過塩素酸分解法」が用いられることが多い。微量な炭素を対象とするプラント・オパールの年代測定に関する研究でも用いられている。しかし、当該処理方法は、分解過程の制御に熟練が必要であり、制御を誤ると、加熱および有機物との接触により爆発することがある。また、当該手法を用いる際には、高価な当該処理用に設計されたドラフト等の設備と実験者の熟練が必須である。そこで、以下の6つの分解処理を水田遺構土壌から抽出したプラント・オパールに施し、その年代測定値の比較を実施し、当該分解手法の代替となる安全で比較的安価な汎用機器等を用いた夾雑炭素の分解処理工程の選定あるいは構築を検討した。

方法1：ダイジェスダール分解（硫酸と過酸化水素水の加熱分解）

方法2：ダイジェスダール分解+乾式灰化 LT

方法3：硫酸と硝酸による加熱分解

方法4：乾式灰化 LT（6時間で室温から 550℃まで加熱し焼成灰化）

方法5：乾式灰化 HT（6時間で室温から 800℃まで加熱し焼成灰化）

方法6：過塩素酸分解

実験の結果、やや古い年代値となるが、方法1および方法4が過塩素酸分解に比較的近い値が得られている。プラント・オパールは内部に空洞を有するものがあるため、薬品の反応に比べ、安定して分解効果が期待でき

る乾式灰化LT（6時間で室温から550°Cまで加熱し焼成灰化）によって、夾雑分解処理を行うのが過塩素酸分解の代替法としては適していると判断された。また、同法は比較的安価なマッフル炉で実施できるため、実用性という点でも条件を満たしている。

(4) プラント・オパールからの炭素の抽出と測定

名古屋大学年代測定総合研究センターの検討によって、助燃剤に鉄を用いて、高周波加熱炉で燃焼させることでプラント・オパールから炭素抽出できることが明らかとなった。また、抽出した炭素からグラファイトを作製し、AMSによる年代測定が実施された。その結果は、同一試料を測定した米国 Beta Analytic 社の結果と調和的であり、検討課題はあるものの、国内でプラント・オパール中の炭素から年代測定を行う一連の手法が構築できた。以下、当該手法について紹介する。〈高周波加熱炉によるプラント・オパールからの炭素抽出と測定〉

プラント・オパールからの炭素抽出には高周波加熱炉（LECO Corporation 製の HF-10）を用いた（写真参照）。この高周波加熱炉は、土壤試料等の炭素・窒素存在量分析装置に組み込まれて使用されている。名古屋大学では、木炭による製鉄が行われた時代の鉄製品の¹⁴C年代測定において、試料鉄を溶融して鉄中に残留する木炭起源の炭素を抽出するために用いている。このように、鉄が溶融する温度まで加熱できるため、石英（石英の1種である水晶の融点は1610°C）を溶融して石英中の炭素を燃焼し、CO₂として回収できることが期待される。



写真 RF加熱炉とCO₂精製抽出用真空ライン

プラント・オパールは微小な粉末であることから、加熱する際に飛散して装置を汚さないために、ほぼ同量の酸化銅粉末（酸化銅粉末100mesh、200-18341有機元素分析用）と混合して用いる。プラント・オパール500mg程度と粉末酸化銅500mg程度を混合し、高周波加熱助燃剤である微粒鉄（LECO-502-231）1.5g程度と共に、事前に1000°Cで加熱処理

し、深さ18mm、内径18mm、内容積約4mlの酸化アルミニウム製のるつぼに入れ、高周波加熱炉に装填する。

加熱炉を真空に排気したあと、高純度酸素（太陽東洋酸素（株）製、CO、CO₂<0.1ppm）で反応炉を0.5気圧程度に満たしたあと、毎分200mlの流量で酸素を流しながら、4分間RF炉で加熱して、プラント・オパール中の炭素をCO₂として抽出する。燃焼ガス中に含まれるCO₂を真空ラインを用いて精製し・分離する。燃焼ガスの成分はほとんどが酸素であり、二酸化炭素とイオウ酸化物等が微量に含まれる可能性がある。イオウ酸化物は二酸化マンガンを用いて吸収除去する。燃焼ガス中のCO₂は、3連の液体窒素トラップに燃焼ガスを徐々に通過させることにより固化・固定し、一方、酸素は真空ポンプで排気して除去を行う。回収したCO₂は、-100°Cに調整したエタノールで水分を除去したあと、一定容積内でガス圧を読み取ることで定量する。こうして回収したCO₂を、鉄触媒の水素還元法でグラファイトに変換して、名古屋大学のタンデム加速質量分析計を用いて、¹⁴C年代の測定を行う。

(5) 年代測定の精度

年代測定の信頼性、すなわち測定精度については、名古屋大学、BETA社いずれの測定結果も全体的に想定される年代よりも古い年代値を示すものが多いという結果を得た。

堆積環境が限定的な試料については想定年代と調和している傾向が見られるが、一方では現生のプラント・オパールの値が古くなるなど、プラント・オパール中の炭素の給源や夾雑炭素処理効果といった基礎的な部分を含めた検討が必要であるという課題が明らかとなった。これらについては、今後も継続的に解明に取り組んでいきたい

(6) 年代測定マニュアルの作成

土壤からのプラント・オパール抽出そしてその中の炭素による年代測定までの一連の手法はほぼ完成することができた。そこで、当該研究の報告書を作成するとともに巻末の付録として「土壤からプラント・オパール中の炭素による年代測定について—簡易マニュアル（2013年版）—」を掲載した。年代測定だけでなく、多量のプラント・オパールを必要とする関係分野の研究での活用が期待される。

(7) まとめ

本研究は、プラント・オパール中の炭素による年代測定法に関する国内初の取組であった。研究の結果、日本の土壤に対応したプラント・オパールの抽出法と国内研究機関での年代測定までの仕組みが構築でき、先行し

ていた海外と並び、今後同じ水準で、当該研究を推進できる体制が整備された点は大きな成果と言えよう。本研究で検討課題として残ることとなった測定精度は、最近海外でも議論され始めており、今後、国内外の研究者と連携をとり、解決を図ってゆきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1) 南雅代・中村俊夫 (2010) 少量炭素試料の AMS¹⁴C 分析に向けて、名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (X X I), 名古屋大学年代測定総合研究センター編, P166-169

2) 宇田津徹朗 (2013) 東アジアにおける水田稲作技術の成立と発達に関する研究—その現状と課題 (日本と中国のフィールド調査から)—, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (X X IV), 名古屋大学年代測定総合研究センター編, P113-132

3) 中村俊夫・宇田津徹朗・田崎博之・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2013)

プラント・オパール中の炭素抽出とその 14C 年代測定の試み, 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (X X IV), 名古屋大学年代測定総合研究センター編, P123-132

[学会発表] (計7件)

1) 宇田津徹朗・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2009), 縄文農耕研究におけるプラント・オパール分析法の課題とその対策—より確かな人文科学と自然科学の協働を目指して—, 日本文化財科学会第 26 回大会, 2009 年 7 月 11・12 日, 名古屋大学

2) 宇田津徹朗・中村俊夫・田崎博之・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2010), プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代決定法に関する研究 (I) —プラント・オパール抽出方法及び必要な土壌重量について—, 日本文化財科学会第 27 回大会, 2010 年 6 月 26 日, 関西大学

3) 宇田津徹朗・中村俊夫・田崎博之・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2011), プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代決定法に関する研究 (II) —年代測定に必要な土壌重量の算定モデルの作成—, 日本文化財科学会第 28 回大会, 2011 年 6 月 12 日, 筑波大学

4) 中村俊夫・宇田津徹朗・田崎博之・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2011), プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代決定法に関する研究 (III) —炭素抽出とその 14C 年代測定の試み—, 日本文化財科学会第 28 回大会, 2011 年 6 月 12 日, 筑波大学

5) 宇田津徹朗・中村俊夫・田崎博之・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2012), プラント・オパール中の炭素による生産遺構の年代

決定法に関する研究 (IV) —土壌からのプラント・オパール抽出手法の確立—, 日本文化財科学会第 29 回大会, 2012 年 6 月 23・24 日, 京都大学

6) 宇田津徹朗 (2013) 東アジアにおける水田稲作技術の成立と発達に関する研究—その現状と課題 (日本と中国のフィールド調査から)—, 第 25 回名古屋大学年代測定総合研究センターシンポジウム, 2013 年 1 月 16 日, 名古屋大学

7) 中村俊夫・宇田津徹朗・田崎博之・外山秀一・杉山真二・松田隆二 (2013)

プラント・オパール中の炭素抽出とその 14C 年代測定の試み, 第 25 回名古屋大学年代測定総合研究センターシンポジウム, 2013 年 1 月 16 日, 名古屋大学

[図書] (計5件)

1) 外山秀一 他 (2009) イネ (遺存体、プラント・オパール分析) 『縄文時代の考古学 3』, 同成社, P180-188 (総頁 230)

2) 宇田津徹朗 他 (2010) 稲作の歴史をひもとくプロキシ— プラント・オパール分析からみた稲作の変遷と環境, 総合地球環境学研究所編, 『地球環境学事典』, 弘文堂, P310-311 (総頁 664)

3) 宇田津徹朗・鄭雲飛 (2011) 田螺山遺址植物硅酸体分析, 『田螺山遺址自然遺存総合研究』, 北京大学中国考古学研究中心・浙江省文物考古研究所編, 文物出版社, P162-171 (総頁 294)

4) イネのプラント・オパールについて. 宇田津徹朗. 『福岡市史資料編考古③』. 福岡市史編集委員会, 福岡市. P590-591 (総 758)

5) 外山秀一 (2013) 自然環境と人間の活動, 『環境の日本史 2』, 吉川弘文館, P54-75 (総頁 320)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宇田津 徹朗 (UDATSU TETSURO)
宮崎大学・農学部・教授
研究者番号: 00253807

(2) 研究分担者

中村 敏夫 (NAKAMURA TOSHIO)
名古屋大学・名古屋大学年代測定総合研究センター・教授
研究者番号: 10135387

田崎 博之 (TASAKI HIROYUKI)
愛媛大学・法文学部・教授
研究者番号: 30155064

外山 秀一 (TOYAMA SHUICHI)
皇學館大学・文学部・教授
研究者番号: 50247756