

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：17601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18513

研究課題名（和文）プラント・オパールに残留する微細繊維による年代測定法の開発

研究課題名（英文）Studies of radiocarbon dating using the micro-fibers remained on the surface of phytolith

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

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、水田や畑（畠）といった生産遺構の探査に利用されてきたプラント・オパール（イネ科植物の細胞化石）の表面に残留する有機質繊維から、遺構の年代を測定（加速器質量分析法による<sup>14</sup>C年代測定）する技術の開発に取り組んできた。3年間で調査したそれぞれの地域・時代・堆積環境の水田土壌からのプラント・オパール抽出とその年代測定結果から、土壌100g（現場採取重量）を確保すれば、確実に年代が測定可能であることを明らかにできた。測定精度の点では、イネプラント・オパールの比率のさらなる向上が必要であるが、抽出から測定までの一連の分析手法を構築することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、稲作起源とその変遷に関する研究における「生産遺構の年代決定の限界」という研究手法上の問題を解消し、当該研究分野のデータを時代と空間で整理して、俯瞰を可能とする分析手法の確立に具体的な道筋をつけたと言える。

現在、中国をはじめ、稲作起源に関する新しい発見が報告されており、当該研究の成果は、こうした成果を東アジア全体で同様に整理・俯瞰することにも寄与し得るものであり、その学術的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, we worked on the development of analytical technology to determine the age of production remains by measuring the <sup>14</sup>C dating of the organic fibers remaining on the surface of phytoliths. Phytolith is glassy cell fossils of gramineous plants that have been used for archaeological exploration of production remains such as paddy fields and fields. As a result of examining the method of extracting phytoliths from various paddy soils with different regions, times and sedimentary environments and the dating result of them, if 100g of soil (field sampling weight) is secured, the dating can be reliably performed. Revealed what you can do. There is still a problem regarding measurement accuracy, but we have a prospect that it can be solved by increasing the ratio of rice phytolith. From the above results, it can be evaluated that the analytical method was almost constructed.

研究分野：地域農学および農業技術史学

キーワード：年代測定 生産遺構 加速器質量分析法 微細繊維 プラント・オパール

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、東アジアにおける稲作の起源と発達及び日本の稲作開始期について調査研究を続けてきている。今日まで、数多くの研究者によって、様々な成果がもたらされてきているが、稲作起源地や縄文農耕の存否についての決定的なデータは得られていない状況である。

この主な原因として、「生産遺構の年代決定方法の限界」がある。今日でも生産遺構の年代決定は、包含遺物や偶発的な炭化種子の検出に依存しており、生産遺構の年代を悉皆的に整理・蓄積できないのが現状である。このことは、農耕技術についてのデータを時代と空間で整理して俯瞰することで、その起源や伝播に迫ってゆく農耕研究の手法を制約してきた。

こうした状況の中、当該研究メンバーは、生産遺構であれば確実に大量に存在しているプラント・オパール年代測定への活用を検討したところ、その表面に微細であるが繊維が残留していることを発見した。その後、2014 から 2015 年に試行的に遺構土壌からプラント・オパールを抽出し、繊維中の炭素を測定した結果、年代測定が可能な炭素量の存在が確認できたことから、これらを利用した新しい年代測定法の構築を目指す本研究を着想するに至った。

本研究が予定の成果をあげることができれば、「生産遺構の年代決定の限界」を突破し、農耕技術についてのデータを時代と空間で整理して俯瞰することで、その起源や伝播に迫ってゆく「農耕研究分野」にパラダイム転換をもたらすことが期待された。

### 2. 研究の目的

本研究は、水田や畑(畠)といった生産遺構の探査に利用されてきたプラント・オパールの表面に残留する繊維から、遺構の年代を測定(加速器質量分析法による C14 年代測定)する技術の開発を目指す。

プラント・オパールとは、主にイネやススキなど1年生のイネ科作物がその表皮細胞にガラス成分(珪酸)を蓄積することで形成されるガラス粒子(大きさ 1/50 ~ 1/100 ミリ)である。ガラスであるため、植物が枯れ、有機物が分解された後も、土壌中に1万年を超える期間、残留する。もともと細胞であるため、例えば、水田であった土壌には、わずか 1g の土壌の中に数千個 ~ 1 万個前後も含まれている。そのため、ボーリング調査や試掘調査で得られる少量の土壌に含まれるプラント・オパールを分析して水田や畑を探す、生産遺構探査で活用され、実績をあげてきた。

土壌中から取り出したプラント・オパールを観察すると、プラント・オパールの表面に繊維が残留していることが確認できる(写真1の矢印の部分)。植物細胞の細胞壁や植物繊維の主成分はセルロースである。セルロースは炭水化物であるため、ここには、当時の炭素が存在し、年代測定試料としての適性を備えている。

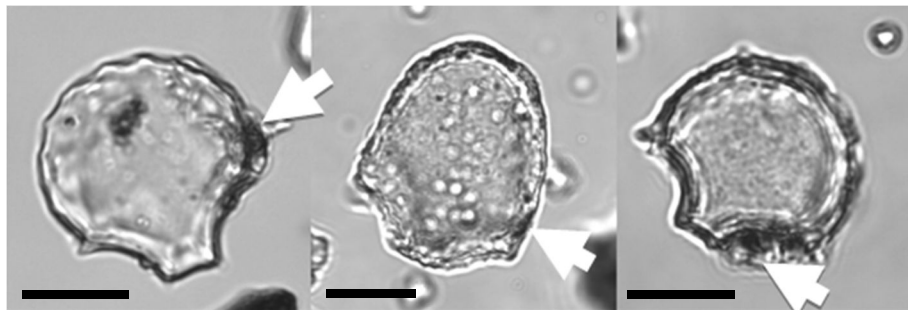


写真1 プラント・オパール表面に残留する繊維質(矢印の部分:右と左はイネ、中央はヨシ属)  
スケールは 20µm

### 3. 研究の方法

年代測定の対象となるプラント・オパールは、イネに限らず、イネが栽培された期間に生育した(光合成によって同じ大気中の二酸化炭素を取り込んだ)植物に由来するものであれば、問題ないと仮定できる。しかし、実際は、イネ以外のプラント・オパールは、程度の違いはあるものの、水田に意図的あるいは偶発的に持ち込まれた有機物や土壌、灌漑水中の土粒子など、稲作の年代と異なるものの存在が想定されるため、様々な事例についての分析と検討が必要である。

そこで、以下の4つの取組により、測定法の構築を目指した。

(1)日本を中心に条件(帰属年代、堆積環境、土壌の性質など)の異なる生産遺構土壌を収集する。

(2)収集した土壌からプラント・オパールを大量に抽出する(残留している繊維は微量なため)

(3)集めたプラント・オパール(無機物のプラント・オパールと表面に残留している微細繊維)を AMS 法(加速器質量分析法)による年代測定に供し、測定の可否と限界(土壌の性質や遺跡の年代によるもの適用の限界と測定精度)を明らかにする。

(4)測定の精度を高めるために土壌の採取方法やプラント・オパールの抽出方法を改善する。

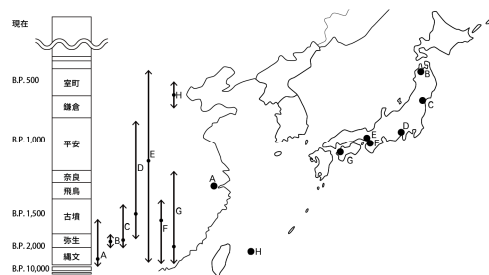


図1 分析試料の収集イメージ

#### 4. 研究成果

先に述べた4つの取組の結果に照らしながら、以下に成果をまとめる。

##### (1) 生産遺構土壌の網羅的な収集について

条件(帰属年代、堆積環境、土壌の性質など)の異なる生産遺構土壌の収集は、国内の発掘調査中の遺跡について、調査担当の自治体および研究機関との調整と合意形成を経て、12遺跡で現地調査と試料採取を実施した。結果、青森県から沖縄県までの年代が明らかになっている弥生時代から近世に帰属する水田を中心とした生産遺構土壌を収集できた。これらの土壌は、先に述べた時代に加え、水田が立地する主要な堆積環境(谷底低地、自然堤防、三角州、扇状地)も網羅している。

##### (2) 土壌からのプラント・オパールの抽出と年代測定の可否の検討について

当該研究開始時に、運用段階となっていた分画条件(粒径:20~125 $\mu\text{m}$ と比重:1.5~2.3)により、土壌からプラント・オパール(ここでは、葉身中に形成される機動細胞珪酸体由来のもの)の抽出を行った。その結果、いずれの遺跡土壌からも、土壌500g(採取時重量)から、年代測定に必要な量の目安となる300mgを抽出できた。また、抽出したプラント・オパールについてAMSによるC14年代測定を実施した結果、測定結果は、いずれも考古学的な年代に比べてやや古い値であったが、概ね調和的であった。13Cの値からは、測定の際に抽出された炭素が植物由来のものであることが確認された。また、測定精度を別にすれば、いずれの試料からも必要な炭素を確保でき、測定が可能であることが明らかとなった。なお、年代測定値は、測定を実施した名古屋大学とBETA社(米国)の結果はほぼ同じであり、測定値の再現性についても確認することができた。この結果から、土壌中のプラント・オパールによる年代測定そのものについては、土壌の年代や堆積環境などによって適用できないものは無いと判断された。これらの成果は、2018年度に関係学会で発表を行っている。

##### (3) 土壌からのプラント・オパールの抽出効率の向上について

上で述べた初期の方法では、500gの土壌からの抽出量は、690mg~5,730mgであり、測定に必要な量は確保できたものの、ガラスビーズを用いた定量法で算定した抽出率は14~49%であり、定量法の誤算を考慮しても抽出率には改善の必要があった。検討の結果、主な原因は、プラント・オパールに付着する粘土粒子の溶解が不十分であることと粒径分画が沈底法のみであることが明らかになった。

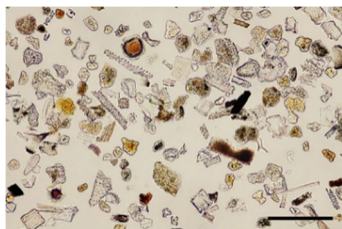
そこで、分画における粒子分散の条件(試料重量に対する希釈容積)の再設定や機械攪拌による粘土の溶解促進、さらに沈底法の後にディスポフィルターによる篩別を抽出工程に加えた。改善後は試料や定量法によるバラツキはあるが、抽出率は大きく向上(最大値が49%から99%へ)し、100gの土壌があれば、測定に必要な300mgのプラント・オパールが確保可能となった。



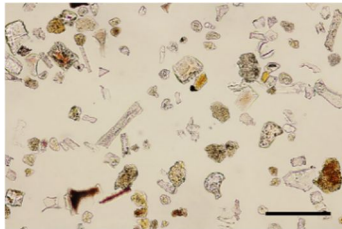
写真2 フィルターによる分画

##### (4) 年代測定精度とその向上について

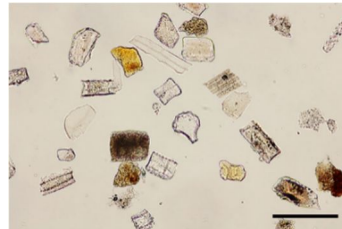
前述のとおり、年代測定の結果は、想定年代より古いものが多かった。原因としては、測定対象をイネに特化せず、1年生草本由来のプラント・オパールとしたことが考えられた。先の抽出方法の改善で、抽出率が向上し、抽出条件を絞っても測定に必要なプラント・オパールの確保が可能と判断されたことから、イネの比率が高まる条件を検討した。具体的には、ヨシ属のプラント・オパール(葦原を開発した水田があるため)や顕微鏡レベルでは確認できない微粒炭などを除去するよう設定し、イネの比率の高い試料を作成できるようにした(写真3)。



条件: ヨシ属除去



条件: 左に加え微粒炭除去



条件: 左に加えイネ以外の除去

写真3 抽出条件による粒子の状況

スケールは50 $\mu\text{m}$

新しい条件で抽出した試料について年代測定を実施し、条件による測定精度への影響を比較検討した。その結果、いずれの遺跡の試料も、新しい条件になると、年代値は想定年代に、13Cの値もより適正な値(C3植物:イネはC3植物)に近づく(試料によっては数百年)ことが明らかとなった。これらの成果の一部は2019年度に学会発表し、2020年度にも発表を行う。

##### (5) まとめ

生産遺構土壌から抽出したプラント・オパールにより、年代の測定が安定して実施できる一連の手法を構築できた。測定精度については、現状では、改善の余地が残るものの、イネの比率を高めることで解決できる見通しを得ている。以上の結果から、当初の研究目的を概ね達成する成果が得られたと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 宇田津徹朗	4. 巻 1
2. 論文標題 プラント・オパール分析から見た秋津遺跡と中西遺跡の水田稲作	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 「弥生初期水田に関する総合的研究」－文理融合研究の新展開－講演要旨集	6. 最初と最後の頁 59 - 60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村俊夫、宇田津徹朗
2. 発表標題 プラント・オパールの表面に残留する微細繊維による年代測定法の開発（ ）
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宇田津徹朗、田中克典、田崎博之、上條信彦
2. 発表標題 プラント・オパール中の遺伝情報を利用した稲作史研究手法の構築に向けた学際的研究（ ）
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村俊夫、宇田津徹朗
2. 発表標題 プラント・オパールの表面に残留する微細繊維による年代測定法の開発（ ）
3. 学会等名 日本文化財科学会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 宇田津徹朗、中村俊夫
2. 発表標題 プラント・オパールに残留する微細繊維による年代測定法の開発 ( )
3. 学会等名 日本文化財科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村俊夫、宇田津徹朗
2. 発表標題 プラント・オパールに残留する微細繊維による年代測定法の開発 ( )
3. 学会等名 日本文化財科学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 佐藤 洋一郎、宇田津徹朗、平川南、猪谷富雄、花森功仁子、仲田雅博	4. 発行年 2019年
2. 出版社 臨川書店	5. 総ページ数 264
3. 書名 日本のイネ品種考	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>【アウトリーチ活動】          JSPSひらめき ときめきサイエンス～KAKENHI～「土の粒子から農業や環境の歴史を科学する」, 参加者: 中学生14名, (宮崎大学農学部附属農業博物館, 宮崎市), 令和元年7月30日          JSPSひらめき ときめきサイエンス～KAKENHI～「土の粒子から農業や環境の歴史を科学する」, 参加者: 中学生17名, (宮崎大学農学部附属農業博物館, 宮崎市), 平成30年8月1日          JSPSひらめき ときめきサイエンス～KAKENHI～「土の粒子から農業や環境の歴史を科学する」, 参加者: 中学生15名, (宮崎大学農学部附属農業博物館, 宮崎市), 平成29年7月28日</p>
---

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	中村 俊夫  (Nakamura Toshio)  (10135387)	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・招へい教員    (13901)	
連携 研究者	田崎 博之  (Tasaki Hiroyuki)  (30155064)	愛媛大学・埋蔵文化財調査室・教授    (16301)	