

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）—

**Study on the establishment and the development of the paddy rice cultivation technique in  
the East Asia**  
**-The present situations and awaiting solutions-  
(from a field survey in Japan and China)**

宇田津徹朗  
Tetsuro Udatsu

宮崎大学農学部  
Faculty of Agriculture University of Miyazaki

*Correspondence to: Tetsuro Udatsu; E-mail: [a0e501u@cc.miyazaki-u.ac.jp](mailto:a0e501u@cc.miyazaki-u.ac.jp)*

Abstract

In order to study about the formation and development of the rice paddy cultivation technology in East Asia, it is important to arrange correctly the result (data) taken in various fields, such as agriculture, botany, and archaeology, in the time and space. This report is discussing rice paddy cultivation of East Asia, introducing the result of the field survey in China or Japan.

And, I also introduce about a part of result of the study (Study on age determination by carbon in plant opal collected from ancient agricultural field) which we are tackling now.

*Keywords:* 水田稲作；プラント・オパール；生産遺構年代；年代測定；AMS

1. はじめに

今日に続く都市社会の成立には、農地の継続的な利用とそこからもたらされる生産者人口を超える人口を支える「余剰な生産性」を備えた農業技術が必要不可欠である。それは、ヨーロッパでは、三圃式農業やノーフォーク式農業といった高度な輪作技術が相当し、東アジアでは言うまでもなく「水田稲作技術」である。

筆者は、「東アジアにおける水田稲作技術の成立と伝播」という農業技術の発達をテーマにイネが土壌中に残す細胞化石であるプラント・オパールを活用したプラント・オパール分析を主な研究手法として、日本および中国を主なフィールドとして調査研究を行ってきた。ここでは、東アジアにおける水田稲作技術と成立と発達について、これまでのフィールド調査の成果を紹介しながら、「何がわかって、何がわかっていないのか」を整理してみたい。

また、当該研究分野の推進において、農学、植物学、考古学といったさまざまな分野の研究成果を時間と空間で正確に整理することは極めて重要である。現在、筆者は名古屋大学年代測定総合研究センター教員をはじめ考古学や地理学の研究者との共同研究として「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」（科学研究費補助金基盤研究（B）課題）について取り組んでいる。ここでは、当該研究の概要と現在までに得られた成果の一部についても紹介を行いたい。

2. プラント・オパールについて

本論に入る前に、先に述べたプラント・オパールとその分析法について簡単に紹介をしておきたい。

イネ科、カヤツリグサ科などの草本やクスノキ科、ブナ科などの木本の中には、土壌中の珪酸を細胞壁内に蓄積する性質をもつものがある。これらの植物では、珪酸の蓄積が進むと、体内に細胞の形をとどめた珪酸の殻が形成される。これらは、植物学上、植物珪酸体（silica body）

と呼ばれている。これらの植物珪酸体は植物体が枯死し、分解された後も、その形態的な特徴をとどめたまま、土壌中に残留する。植物珪酸体が土壌中の土粒子となったものがプラント・オパール (plant opal) である。他には、ファイトリス (Phytolith)、中国語では植物蛋白石とも呼ばれる。大きさは、由来する細胞によるが、おおよそ 20 ミクロン～100 ミクロン程度である。

プラント・オパールはその組成から化学的、物理的な風化に強く、条件がよければ半永久的に土壌中に残留する。また、ガラスとほぼ同じ耐熱性を有しており、焼成温度が 800～1000℃以下の土器であれば、その胎土から検出が可能である。また、プラント・オパールの形や大きさは、由来する植物や細胞によって違いがあり、土壌から検出されたプラント・オパールを調べることで、土壌が堆積した期間に存在した植物 (給源植物) を同定することができる。中でも、イネ科植物については、葉身中の機動細胞に由来する植物珪酸体 (機動細胞珪酸体) から連 (族) ・属レベルまで同定できるものが多く、イネは、その土壌中の密度から、地下に埋蔵された水田遺構の探査や当時の生産量や水田の利用期間などの推定も可能である (図 1)。

このようなプラント・オパールの特性を利用して古代の植生や環境、農耕を推定・復元する方法をプラント・オパール分析法という (宇田津 2003)。

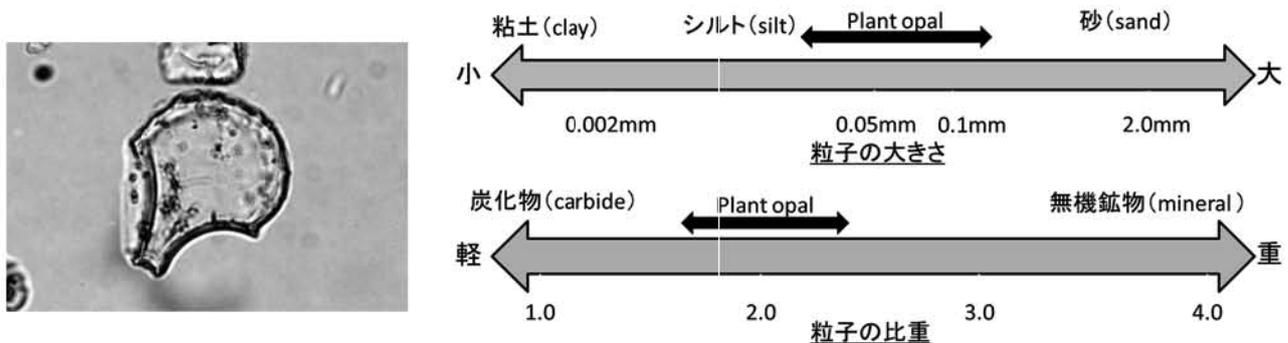


図1 イネのプラント・オパール (左) とプラント・オパールの標準的な大きさと比重  
Fig.1 Rice phytolith(left) and standard size and specific gravity of phytolith.

### 3. 中国の新石器時代における初期稲作

ここでは、筆者が共同研究者として調査分析を行った中国の新石器時代の稲作遺跡から得られた成果から、中国新石器時代における水田稲作から初期稲作のイメージを考えてみたい。

#### (1) 新石器時代に確認されている初期の水田について

90 年以降、長江の中下流域に所在する遺跡で、稲作の存在が相次いで確認されている。それらは主にイネ遺物を根拠としているが、江蘇省の草鞋山遺跡 (南京博物院 1980) や湖南省の城頭山遺跡 (湖南省文物考古研究所 1999) のように水田遺構が検出された例もある (図 2)。水田遺構については、その後、2000 年以降にも、江蘇省蘇州澄湖遺跡 (崧沢文化) や同省昆山綽墩遺跡 (馬家浜文化) から検出されている (蘇州博物館 2004)。

遺構の詳細を草鞋山遺跡で検出された水田遺構を例に説明する。当該遺跡の水田は、図 2 にあるように、自然地形の谷部を拡張・連結するように造成されており、面的な広がりを持たないが、畦畔状の高まりや水口などの水田としての基本的な構造を備えたものであった。

遺構内の土壌からは、イネが栽培されたことを示すイネのプラント・オパールが土 1g 当たり 50,000 個以上という結果が得られている (日本文化財科学会シンポジウム「稲作起源を探る」実行委員会 1996、宇田津ら 1994、王ら 1994)。この値は、日本の弥生時代の安定した水田と比較しても遜色のないものであり、日本と中国の土壌の堆積速度や環境の違いを考慮しても、この水田が一時的ではなく、長期間 (おそらく数百年の規模) 利用されたことを示している。

また、当該遺跡の周囲 2km 四方についてボーリング調査を行った結果、検出された水田が遺跡を中心に、少なくとも北 600m、南 500m、東西方向それぞれ 200～300m の範囲に広がっていたと推定されている (宇田津ら 2002)。

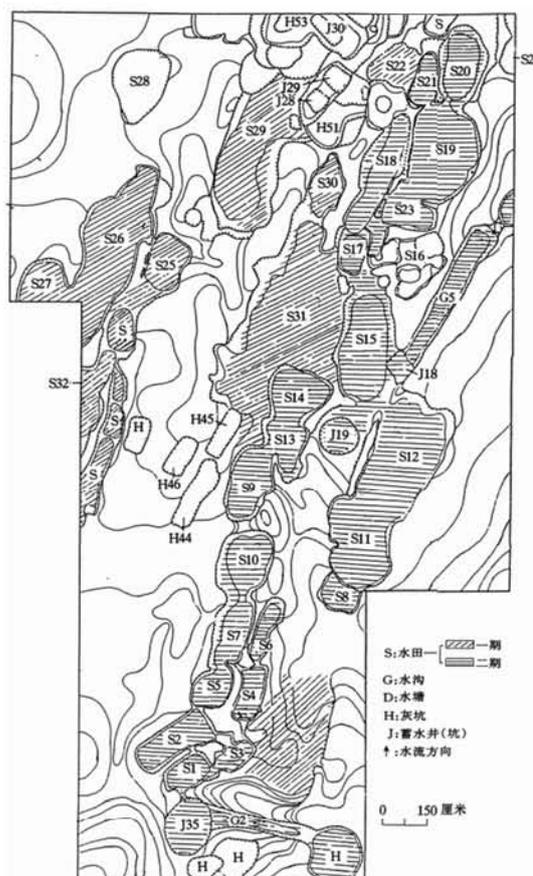


図2 草鞋山遺跡で検出された水田遺構（左：写真、右：遺構図）<sup>1)</sup>

Fig.2 Remains of paddy fields excavated from the Cao xie shan site.

このように、新石器時代に確認された水田遺構で営まれていた稲作は、水田稲作としての基本的な条件を満たしてはいるが、いずれも自然地形を利用した不定形なものであり、その面積や水管理の点から見ると、十分な収量を確保することは困難であり、生業形態を農耕へと完全に移行させるだけの余剰生産性を有する段階には達していなかったと判断される。

## (2) 成立期が注目される「基盤整備型の水田」

これまでに確認されている初期の水田は、栽培に必要な水が確保しやすい自然地形の谷部を人為的に拡張・結合させた「自然地形利用型の水田」であった。しかし、こうした水田は、連作は可能であるが、「土地の一部しか利用できない」、「排水機能がないため、湿田状態になる」といった問題から、生産性が低く、都市社会形成の原動力になり得なかったと考えられる。そのため、現在に続く水田稲作の成立期の解明には、この後に出現するはずである「自然地形を改変して水平な生産空間を作り出す『基盤整備』がほどこされた水田」すなわち、我が国の弥生時代に見られる「基盤整備型の水田」の確認が必要である(図3)。

「基盤整備型の水田」の成立期としては、社会の分業化や階層化といった社会システムの水準から長江の下流域に位置する浙江省を中心とした良渚文化期(B.P.5,200~4,200)が注目されている。事実、当該文化期の遺跡からは、石で作られた犁(石犁)をはじめ破土器や耘田器といった農具が出土している(小柳 1999)が、水田そのものの検出は報告されてこなかった。

しかし、近年、長江下流域の浙江省余杭市に所在する良渚文化期の茅山遺跡(丁ら 2010)で大きな畦状の遺構が検出されている。当該遺跡では、水田区画を形成する小畦畔等は検出されていないが、土壌からはイネのプラント・オパールも高い密度で検出されており、良渚文化期に「基盤整備型の水田」が成立していた可能性を強く示唆する調査事例と言えよう。

現在、中国では、開発にともなう発掘調査が盛んであり、本格的な水田稲作の成立期が解明

されることが期待される。また、筆者も、2012年度より浙江省を含む長江下流域について、水田の探査を中心とした研究を進めている（基盤研究（B）海外学術調査「長江下流域における基盤整備型水田の成立期に関する実証的な調査研究」代表：宇田津徹朗）。



図3 自然地形利用型の水田（草鞋山遺跡）と基盤整備型の水田（日本：垂柳遺跡）

Fig3. The paddy fields depending on natural land forms (Cao xie shan site) and paddy fields developed after leveling land (Tareyanagi site).

#### 4. 新石器時代の稲作の北上と日本への伝播

##### (1) 山東半島への稲作の拡散と受容

近年の中国における発掘調査の結果、山東半島の新石器時代の遺跡からイネ遺物の検出が複数報告されており（樂豊実 2004）、同時代にすでに長江下流域の稲作が秦嶺淮河線を越え、北進していた可能性は極めて高いと考えられている。秦嶺淮河線は、秦嶺山脈と淮河を結んだ境界を意味し、その南北で、気候や植生、土性に大きな違いがある。秦嶺淮河線の南側は、降水量、気温、土性ともに水田稲作には恵まれた環境あるが、北側では、年間降水量が減少する（750mm以下）ため、水田稲作はもちろん稲作には厳しい環境となる。

中国の新石器時代遺跡から検出されたイネ遺物についての自然科学分析（DNA分析、プラント・オパール分析）の結果では、当時栽培されたイネはジャポニカである（佐藤 1999、宇田津ら 1994）。ジャポニカの稲は低温抵抗性に優れており、稲作がこうした厳しい環境を克服し、北進してゆく上では有利な条件を備えている。

これらの地域への稲作の拡散については、こうした気候の影響を視野に入れるとともにイネを受容した在地の農耕技術との関連からの検討も必要である。北進したイネがどのように栽培されていたかについては、畑や水田といった生産遺構や焼畑などの生産空間に関する具体的な情報がない現在では、稲作遺跡を技術的な系譜に置いて推定するよりない。山東半島の新石器時代の文化である龍山文化は、その技術的な系譜から、華北の乾燥地に適応した雑穀農耕技術を備えていたと考えられる。

イネが雑穀農耕技術に取り込まれたとすれば、イネは水田稲作技術から切り離され、新たな輪作作物として栽培されたはずである。しかし、イネはアワやキビなどと比べて必要とする肥料分が多く、乾燥や低温にも弱い作物である。したがって、ヒブシサーマル期以降の気候の寒冷化を視野に入れると、インディカに比べて低温抵抗性に優れるジャポニカであってもその栽培リスクは小さくなく、安定した収穫という点では疑問も残る。

水田稲作では、深水栽培に代表されるように湛水することにより気温低下の影響を小さくすることが可能である。また、稗田に代表されるようにヒエは水田でも栽培でき、さらにイネに比べ水温が低下した状態でも正常な発育が期待できる。イネだけでなくヒエまでを収穫の対象として見れば、北進したイネを水田稲作技術とともに受容する利点はあったと推定される。

山東龍山文化期において、水田稲作が営まれていたとすると、当該地域において、畑作技術と水田稲作技術が土地利用に応じて併存したことの証明となるだけでなく、当該地域が縄文時代における日本への稲作伝播の有力な候補地となる。しかし、イネは水田でも畑でも栽培可能な作物である。そのため、イネ遺物の調査ではこの問題について明確な結論を得ることは難しく、その解明には、水田そのものの存否を検証する実証的な調査が必要不可欠であった。

幸いにも、筆者は、2004年から、山東大学、九州大学、愛媛大学、宮崎大学の研究者による国際共同研究として、稲作遺跡として広く知られている楊家圈遺跡（図4）での調査に参加する機会を得て、華北の農業技術体系にある山東龍山文化期の水田遺構探查を実施した（当該研究は、科学研究費補助金による研究「日本水稲農耕の起源地に関する総合的研究」（研究代表者：宮本一夫）の一環として行われたものである）（宮本 2008、樂豊実ら 2007）。



図4 楊家圈遺跡の所在  
Fig.4 The location of Yangjiaquan site.

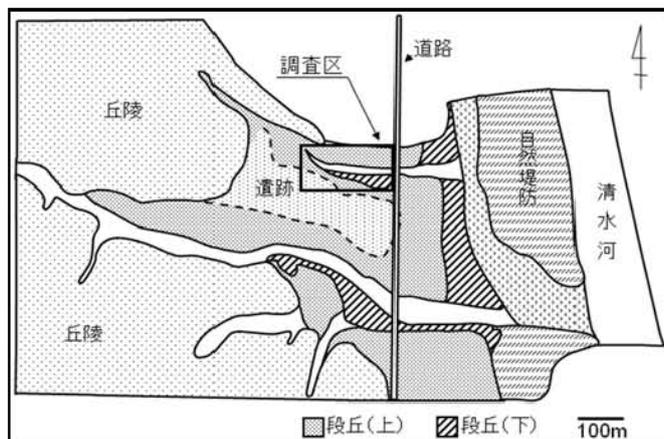


図5 調査区の立地と周辺の地形  
Fig.5 The location of the investigation area and the landform around Yangjiaquan site.

現地での聞き取り調査およびボーリングによる地下の堆積状況の調査を行い、図5に示した遺跡の北側の谷部を調査区に設定した。

ボーリングで採取された土壌に混入する紅焼土の出現状況等から、地表下1.5m以下の土層が新石器時代のものであると推定された。図6は、地表から1.5m以下の土層でイネプラント・オパールが検出された地点を示している。

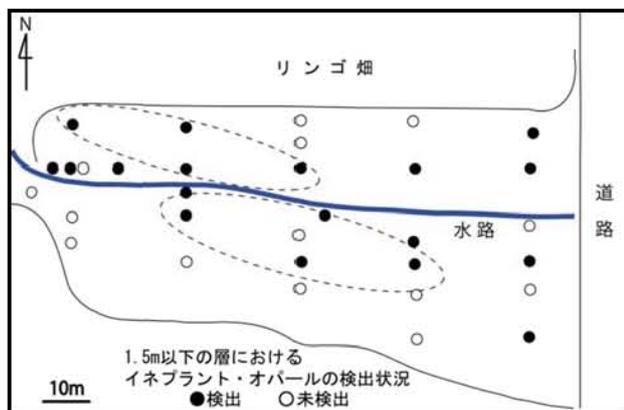


図6 検出状況と推定埋蔵域  
Fig.6 The result of plant opal analysis and estimated area of paddy fields



写真1 山東省に見られる土地利用  
Photo.1 The land use in Shangdong province

検出密度は最も高いもので、3,000 個/g を超えている地点もあった。正確には土壌の堆積速度を加味して評価する必要があるが、日本での探査・発掘の事例に照らすと、水田遺構の存在も十分に期待できると判断された。分析結果とボーリングデータによる古地形復元の結果から、比較的安定した生産遺構の埋蔵域としては、図6に楕円で示した範囲（水路の両側の部分）が最も有望であると推定された。

今回の探査によってとらえられた生産遺構の範囲の土壌からは、イネにともなってヨシ属のプラント・オパールが検出されており、河川の水や湧水を利用した水田であった可能性も十分

に考えられる。しかし、当該遺跡での生産遺構探査で検出されたイネプラント・オパールの検出密度は、1,000 個/g 程度の地点が多く、全体的には安定した水田の存在を推定することは難しい。得られたデータからは、水が豊富な時は湛水状態で栽培し、水が少ない時には河川から浸透した水分に依存する天水田のようなものであった可能性も高い。

以上の結果から、明確な水田稲作の存在を決定づけることはできないものの、低湿地で稲作が営まれていたことから、土地利用という視点において、既存の畑作系譜の農業技術と水田稲作あるいは低湿地稲作技術が併存していたと考えられる（その具体的イメージとしては、現在も山東省で見られる水路脇でイネを、そこから一段上がった畑でキビなどを栽培するようなもの（写真1）であったと考えられる）。このことは、日本における縄文時代の初期稲作を考える上でも焼畑だけでなく、低地での稲作という視点の必要性を示唆する結果とも言えよう。

## (2) 日本への稲作の伝播と「縄文農耕」について

日本への稲作伝播の主要なルートとしては、「長江下流域からの直接伝播ルート」、「琉球列島を経由する南方ルート」、「山東半島から朝鮮半島を経由するルート」、の3つが知られている。現在までに得られた成果から、これら3ルートそれぞれの成立の可能性について考えてみたい。まず、「長江下流域からの直接伝播ルート」についてであるが、すでにのべたように、長江下流域の稲作開始期は日本との大きな時間差があり、よく整合する。しかし、農業技術という点では、当該地域の稲作は低湿地利用を基本とする水田稲作技術であり、日本の初期稲作技術として想定されている焼畑など畑作系譜の稲作との整合性に欠ける。

「琉球列島を経由する南方ルート」については、琉球列島において、グスク時代（およそ10世紀）を遡る稲作の存在が確認されていないことから、成立そのものが困難な状況と言えよう。

3つめの「山東半島から朝鮮半島を経由するルート」は、経由地域の気候的な位置づけから、畑作系譜の農業技術を背景にもっている点、さらに、さきに述べたように山東半島地域での稲作が山東龍山文化期まで遡る点など、技術系譜や時代の前後関係において一定の整合性が認められており、現段階では、最も可能性高いルートと言えよう。

最後に、「縄文稲作」について少し触れておきたい。縄文稲作については、土器の靱圧痕、炭化米、プラント・オパールなどのイネ資料を根拠として、縄文時代中期・後期まで遡る可能性とその遺跡立地などから焼畑などの畑作系譜の稲作が想定されてきた。しかし、最近、これらイネ資料の検証が進み、資料の帰属時期の問題などからその存在も含め、再検討の必要性が指摘されている。（石川 2010、中山 2010、小畑 2011）。この点については、今後のデータの蓄積を待って議論する必要があるが、ここでは、別の視点から縄文稲作を考えてみたい。

右の図は、中国、韓国、日本において、それぞれ「イネ遺物」、「初期水田遺構」、「水田遺構」が出現された時期をまとめたものである（図7）。時期が不確定あるいは現在検証中の部分には「？」を付しているが、注目いただきたいのは、イネ遺物あるいは初期水田の出現から本格的な水田が出現するまでに数百年から1千年を超える時間差が存在し、その時間差が起源地である中国からその伝播先である韓国そして日本に向かうにつれて短くなっている点である。

まず、この時間差は、アワやキビをはじめとする穀物の一つであるイネが、初期農耕の中で吟味され、基幹作物として受容される期間、言い換えれば、生業システムを「水田稲作という大規模な生産システム」

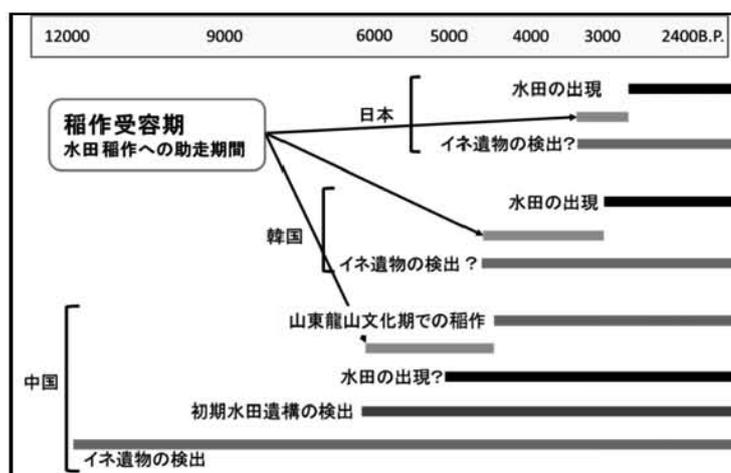


図7 イネ遺物および水田遺構の出現時期の比較

Fig.7 Comparison of the appearance age of rice remains and ancient paddy fields in China, Korea and Japan.

へ転換することを当時の人々が決意するまでの醸成期間であったと考えられる。さらに、この時間差が伝播にもなって短くなってきているのは、携帯電話など、私たちの身近な技術の広がりで見られる、「完成され、一つの国や地域で受容された技術が、その後の伝達速度を大きく増して、受容されるまでの醸成期間が短縮されてゆく」現象とよく符合している。日本におけるこの醸成期間が「縄文農耕」であったとするならば、その存在は一定の必然性を持つと共に、現在のさまざまな分析手法で稲作の存在を捉えることの「可否」を「存否」と結びつけることには、慎重な姿勢が必要である。また、同時に、この後に述べる「生産遺構の年代測定技術」といった稲作が営まれた時代をより詳細に測定する技術の開発も我が国における初期農耕の解明に必要不可欠と言えよう。こうした点を含め、今後、中国や韓国での初期農耕調査および日本における縄文農耕研究の進展により、縄文稲作の存在とその内容が明らかになることを期待したい。

## 5. 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について

### (1) 当該手法の必要性と研究の経緯について

「縄文稲作」は、先に述べた農業技術の拡散と受容のメカニズムの点においても、また人による自然への働きかけの規模や利用期間が限定的である点などから、その存在を捉えることは容易ではない。具体的なアプローチの方法としては、出土イネ遺物の時代の検証によるものと畑あるいは水田（含む低湿地稲作）といった生産遺構あるいは空間の検出がある。前者については、一定のデータが報告されてきている。しかし一方、縄文稲作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る。1つは「生産遺構の探査法」であり、もう1つが「生産遺構の年代決定法」である。「生産遺構の探査法」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（藤原 1984）がある。本論で紹介した中国での初期水田の探査も当該手法によるものである（樂豊実 2007, 宇田津 2008）。

このように、生産遺構の探査については、実施可能な段階に来ている。しかし、生産遺構の探査により、遺構が特定されても、利用期間の短い焼畑などでは、炭化種子など生産遺構の年代が確実に得られる遺物の出土はまず期待できない。しかし、探査に利用されるプラント・オパールは、こうした場合でも土壌 1 g 中に数千個は存在している場合が多い。また、極めて微量であるがその中には、生育過程に吸収した炭素が含まれていることが知られており、実施例が少なく、抽出方法などの問題点はあるものの、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な段階にきていた（BETA 社）。この技術を基礎として、生産遺構土壌に含まれている一年生イネ科植物に由来するプラント・オパール中の炭素を集めて、生産遺構の年代を決定する一連の手法の確立ができれば、初期農耕研究の推進に大きく寄与することが期待された。

そこで、2009 年より、筆者は、当該手法の確立に向けた研究に取り組んできた（基盤研究（B）「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の確立」（代表：宇田津徹朗、分担：中村俊夫、田崎博之、外山秀一）。以下、この 4 年間で得られた研究成果のうち、当該手法を構成する「土壌からのプラント・オパールの抽出」と「夾雑炭素の除去」そして「プラント・オパールからの炭素抽出と AMS 法による測定」の前者 2 つについて紹介することとしたい。最後の工程については、本書の中村俊夫氏の報告をご覧いただきたい。

### (2) 土壌からのプラント・オパールの抽出方法について

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（Piperno 2006）、プラント・オパールからの年代測定（抽出は行っていない）を実施している BETA 社では、その必要量を 300mg と定めている。これは、イネのプラント・オパールに換算すると、実に 400 万个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、基本的な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ほぼ確立することができた。ここでは、この抽出手法の概要ならびに当該手法の実用性・普及性について、抽出時間と抽出効率の2点から検討した結果を紹介する。

#### ①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、土壌中から図1に示したプラント・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。

#### ②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。

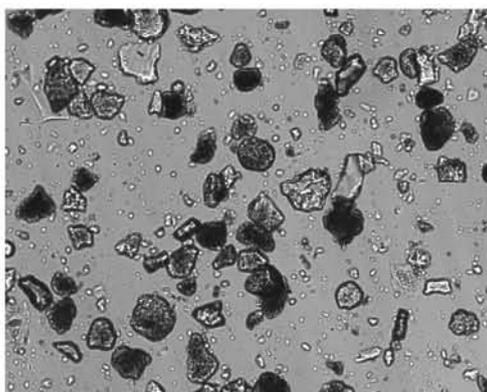
##### 【抽出工程】

- (1) 採取土壌の水中共分散：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。
- (2) 篩別（500ミクロン・250ミクロン）による粒子除去（粒径分画）
- (3) 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）
- (4) 篩別（125ミクロン）による粒径除去（粒径分画）
- (5) 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）
  - ・火山灰性土壌：磁性鉱物除去（磁石使用）および火山ガラス除去（メッシュ+超音波照射）
  - ・海進等の影響を受けた土壌：海綿骨針除去（メッシュ+微振動による篩別）
- (6) 超音波照射（プラント・オパールの付着物（粘土等）の除去）
- (7) 20ミクロン未満の粒子除去（ストークス沈底法）
- (8) 乾燥
- (9) 重液（SPT:比重2.3）による比重分画（浮遊部分を回収）

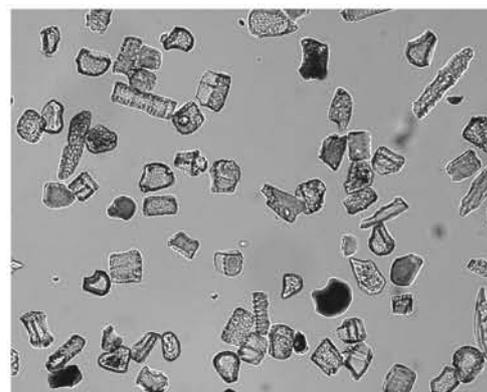
※SPT：ポリタングステン酸ナトリウム

- (10) 重液の希釈洗浄と乾燥
- (11) 重液（SPT:比重1.5）による比重分画（沈殿部分を回収）
- (12) 重液の希釈洗浄と乾燥

以上の処理工程により、純度の高いプラント・オパールの抽出が可能となった（写真2）。



抽出処理前



抽出処理後

写真2 抽出処理の効果

Photo.2 Effect of the extraction process (left: before, right: after)

### (3) 夾雑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。有機物の分解方法において、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・オパールの年代に関する研究でも用いられている例が多い (Santos et al 2010, Piperno 2006)。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。一般に、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。そのため、実用的な年代測定法の確立を目指すという点からは、当該分解手法の採用を避け、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を選定あるいは構築する必要があった。

そこで、以下の6つの分解処理を中国草鞋山遺跡の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、検討を行った (測定はBETA)。

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：硝硫酸法 (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

測定の結果 (表1) を見ると、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・オパールは内部が空洞の立体的な構造をしている点を考慮すると、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℃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、乾式灰化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と言えよう。

表1 各分解処理で得られた年代測定値  
Table1 The conventional 14C age of each method

処理の方法	conventional 14C age
方法1：ダイジェスダール分解	5,900 ± 40
方法2：ダイジェスダール分解+乾式灰化LT	5,270 ± 240
方法3：硝硫酸法	4,520 ± 40
方法4：乾式灰化LT (550℃)	6,010 ± 40
方法5：乾式灰化HT (800℃)	540 ± 30
方法6：過塩素酸分解	5,520 ± 30

## 6. まとめ

### ・東アジアにおける稲作の成立と発展および日本の稲作の始まりについて

現在、中国では、経済発展にともなう発掘調査が盛んであり、また中国の研究者における水田稲作に関する関心も高まっている。特に、今後、本論でとりあげた「基盤整備型の水田」の成立期が明らかとなることで、韓国から日本への伝播ならびに、稲作技術の技術受容に要する醸成期間についても具体的な議論が進み、当該研究分野の大きな進展が期待される。

### ・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について

紹介したとおり、現在までに土壌からの安定したプラント・オパールの抽出は確立することができた。また、安全で普及性の高い夾雑炭素の分解処理法についても見通しを得ている。プラント・オパールからの炭素の抽出と測定についても名古屋大学年代測定総合研究センターで基本的な手法構築ができており (中村氏の報告を参照)、今後は測定事例を増やして、測定精度の検証を行い、当該手法の確立を進めていきたい。

## 謝辞

本研究（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の確立）を推進するにあたり、研究分担者の中村俊夫センター長はじめ、名古屋大学年代測定総合研究センターのみなさまにご協力を頂きました。ここに記して、深く感謝申し上げます。

## 【註】

1) 遺構図は、日本文化財科学会シンポジウム「稲作起源を探る」実行委員会 編 1996年 「シンポジウム稲作起源を探る－中国・草鞋山遺跡における古代水田稲作－より引用

## 【引用文献】

- 1) 宇田津徹朗：「プラント・オパール分析」、『環境考古学マニュアル』松井章編，同成社，P138-146，2003
- 2) 湖南省文物考古研究所：「澧县城頭山古城水田址 1997～1998 年度発掘簡報」 文物 1999 年第 6 期（総第 517 期），P4-17，1999
- 3) 南京博物院：「江蘇呉県草鞋山遺址」、『文物資料叢刊』，P1-54，1980
- 4) 苏州博物馆澄湖遗址考古队：『澄湖遗址甬直区抢救性发掘情况汇报』，2004
- 5) 日本文化財科学会シンポジウム「稲作起源を探る」実行委員会：『シンポジウム稲作起源を探る－中国・草鞋山遺跡における古代水田稲作－』，PP78，1996
- 6) 宇田津徹朗，王 才林，柳沢一男，佐々木章，鄒 江石，湯 陵華，藤原宏志：「中国・草鞋山遺跡における古代水田址調査（第 1 報）－遺跡周辺部における水田址探査－」，日本文化財科学会誌，第 30 号，P23-36，1994
- 7) 王才林，宇田津徹朗，藤原宏志，佐々木章，湯 陵華，藤原宏志：「中国・草鞋山遺跡における古代水田址調査（第 2 報）－遺跡土壌におけるプラント・オパール分析－」 日本文化財科学会誌，第 30 号，P37-52，1994
- 8) 宇田津徹朗，湯陵華，王才林，鄭雲飛，佐々木章，柳沢一男，藤原宏志：「中国・草鞋山遺跡における古代水田址調査（第 3 報）－広域ボーリング調査による水田遺構分布の推定－」 日本文化財科学会誌，第 43 号，P51-66，2002
- 9) 饒豊実：「海岱地区先史農業の生成、発展及び関連する問題」、『東アジアと日本－交流と変容－』，創刊号，P11-23，2004
- 10) 佐藤洋一郎：「DNA 考古学」，東洋書店，PP201，1999
- 11) 宮本一夫 編：「日本水稻農耕の起源地に関する総合的研究」，九州大学大学院人文科学研究科考古学研究室，2008
- 12) 饒豊実，勸桂云，王富強，宮本一夫，宇田津徹朗，田崎博之：「山東栖霞県楊家圈遺址稲作遺存的調査和初歩研究」，『考古』，2007 第 12 期，P78-84，2007
- 13) 小柳美樹：「第 3 章 稲と神々の源流－中国新石器文化と稲作農耕－」，『食料生産者社会の考古学』，常木晃編，朝倉書店，P72-95，1999
- 14) 丁品ほか「浙江余杭臨平茅山遺址」『中国文物報』2010 年 3 月 12 日 4 面、中国文物報社
- 15) 石川日出志：『シリーズ日本古代社会①「農耕社会の成立」』，岩波書店，PP215，2010
- 16) 中山誠二：『植物考古学と日本の農耕の起源』，同成社，PP302，2010
- 17) 小畑弘己：『東北アジア古民族植物学と縄文農耕』，同成社，PP309，2011
- 18) 藤原宏志，佐々木章，杉山真二：「プラント・オパール分析法の基礎的研究（6）－プラント・オパール分析による畑作農耕址の検証－」，日本文化財科学会誌，第 18 号、P111-125、1984
- 19) 宇田津徹朗：「稲作の展開と伝播－プラント・オパール分析の結果を中心に」，『ユーラシア農耕史 1 モンスーン農耕圏の人びとと植物』佐藤監修・鞍田編，臨川書店。P113-157，2008
- 20) Piperno, D.R. : Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists, AltaMira Press, PP238, 2006
- 21) Guaciara M Santos et al. : The Phytolith 14C Puzzle: A Tale of Background Determinations and Accuracy Tests, Radiocarbon, Vol 52, No 1, P113-128, 2010