

プラント・オパール分析法の基礎的研究 (5)

——プラント・オパール分析による水田址の探査——

藤原宏志・杉山真二

I. 緒 言

筆者らは、1970年以来、主としてわが国における稲作の起源・栽培様式の変遷を究明するため、プラント・オパール分析法の開拓に努めてきた。同分析法は土壌定性分析法、土壌定量分析法および土器胎土分析法に大別されるが、これらの詳細については本誌^{1)~6)}に既報したところである。本報では、考古学的発掘調査にさきだち、分析的に水田址の埋蔵有無と面的広がりを探査する方法について検討した結果を報告する。

水田址をともなう遺跡は通常低湿地に立地することが多く、湧水や壁面崩落が起り発掘調査に支障をきたす場合が少なくない。こうした悪条件のもとで水田址の微細な畦畔や遺物を調査・検出する作業は大変な労力を要する。

また、水田遺跡では複数層の水田址が検出される場合が多い。すなわち、古い時代に開かれた水田が洪水砂などで埋没した後、新しい水田がその上層に造られるわけである。

こうした水田層の重なりが、弥生時代から古墳時代の間だけで五枚も検出された例（大阪：若江北遺跡）さえある。事前の試掘調査で水田遺構を検出することは難しく、さらに何枚水田址が埋蔵されているかを予測することはそれ以上に困難である。

こうした状況の中で、考古学的試掘と平行して分析調査を行なうことにより、水田址の埋蔵されている土層とその数および面的広がりを明らかにすることができれば、発掘調査全体の計画をたてる上に有益な情報を提供できることになる。

プラント・オパール分析による水田址の事前調査は1980年島根：夫敷遺跡⁶⁾で最初に試みられた後、現在調査中の事例も含めると、すでに10遺跡を越えている。この間、分析法にも改良が加えられ、水田址の層位・位置を予測する精度と時間効率は大きく前進した。本報では、最近行なった遺跡の事例を紹介しながら、その成果と問題点を検討することにした。

II. 水田址探査法

1. 探査法の概要

考古学的試掘調査と平行して行なうボーリング調査とその分析結果から、水田址の層位とその分布域を推定する作業のフローを Fig.1 に示した。なお、プラント・オパール定量分析法の詳細について

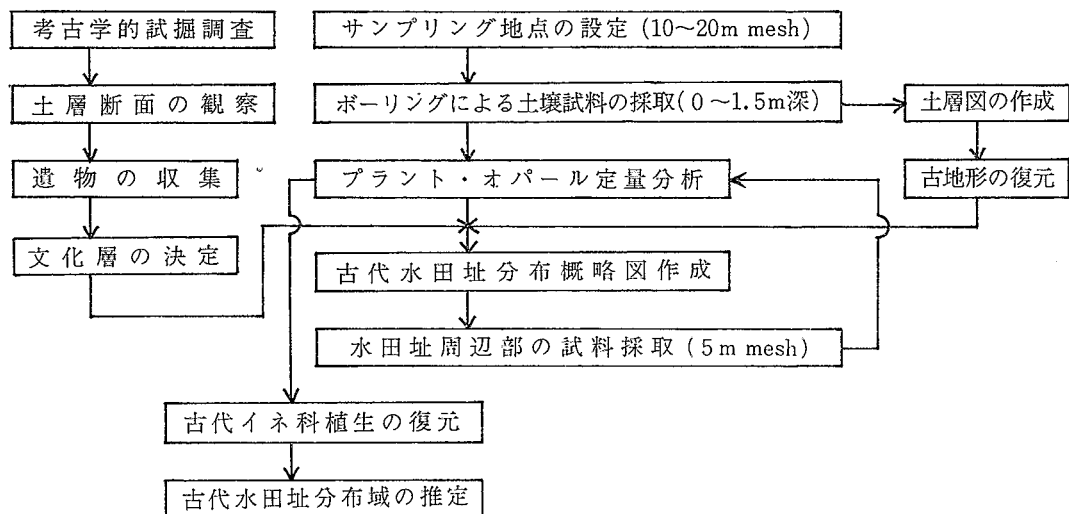


図1 古代水田址分布域の分析的推定法

Fig. 1 Estimation method of the areal extent of ancient paddy fields.

は、すでに別報⁴⁾で述べたところであり、本報では省略することにした。

2. 探査法の留意点

上述の探査を遺跡調査で実施した際気付いた二、三の点を列挙し検討に供したい。

(1) ボーリング地点の設定

水田址域の推定精度を上げるためにはボーリング精度をできるだけ高める必要がある。

しかし、ボーリングによる試料採取を行なった後、発掘調査の参考資料として間に合うよう分析結果を出す場合、その分析所要日数は極めて制限されることが多く、大略のデータを30日程度で出さねばならないのが通例である。分析法を改善するとともに熟練したオペレーターを数人配置し、計算・作図過程を電算化しても、なお一ヶ月間に処理できる試料数は300点が限界であり、大量の試料を消化することは困難である。最近の調査による弥生時代水田址の大きさは一区画：10～30 m²、つまり約5 m×5 mである。このことは水田址の分布をより正確に把握するには5 mメッシュが望ましいことを示している。しかし、かりに調査面積が1万 m²の場合、5 mメッシュでボーリング地点を設定すると400地点になる。各地点で10層あるとすれば、試料数は4000点にもなり、とても対応しきれなくなる。したがって、まず20 mメッシュでボーリングを行ない、その分析結果から水田址分布域の概要を把握した上で分布域周縁部などの問題部分をより細かいメッシュで再度ボーリングし補足することが望ましい。

(2) ボーリング条件

水田址の存在が予想されるような遺跡はほとんど例外なく低湿地で、現在も水田地帯である場合が

多い。したがって、地下水位が高く、トレンチ内での湧水に悩まされたり、ボーリング試料の汚染に必要以上の配慮を要することになる。湧水は本調査に入ればますます障害度を増すことにもなるので、試掘・ボーリング調査の前に排水溝を掘るなどの配慮が必要である。

(3) 基本層序・文化層の確認

一般に低湿地の堆積層は複雑で、とくにボーリング試料だけで土層を識別するのは困難ことが多い。また、それぞれの土層が堆積した時代を知るためには、どうしても遺物による調査を待つほかない。ボーリング試料を整理するため、その遺跡における基本層序と文化層をできるだけ正確に把握しておくことが望ましい。そのためには、トレンチ、ピットなどによる試掘を行なうのが通例である。こうした試掘孔は遺構を破壊するものであり、大量に開けることはできないが、状況の許す範囲で適当数設置し基本層序を把握しておく必要がある。

Ⅲ. 遺跡における調査例

1. 青森：垂柳遺跡

垂柳遺跡は青森県南津軽郡田舎館村に所在する弥生時代中期の遺跡である。現在、この地方一帯は有名な米作高収地帯であるが、稲作の歴史は比較的新しく8世紀以前には遡らないであろうとするのが、従来の定説であった。昭和31年から昭和33年にかけて、伊東信雄・工藤正氏等の調査により、弥生時代の土器（田舎館式）包含層から多量の炭化米と粃痕土器が発掘され、この地方における稲作が弥生時代にまで遡ることが示唆されるにいたった。これに対して、炭化米・粃痕土器が検出されたとしても、それらの米が交易によって西から持ち込まれた可能性がある以上、これだけではこの地方における稲作を立証することにはならないとする主張がむしろ大勢を占めていた。

1981年夏、特定研究「古文化財」、「植物遺物による古代農耕の研究」班による合同調査が行なわれ、田舎館式土器包含層から多量のイネ機動細胞プラント・オパールが検出された。イネ機動細胞は葉身にのみ存在する特殊な細胞であり、これが大量に検出されるということは稲ワラが多量にあったことを意味するものであり、粃が交易によって持ち込まれたと考えるより、この地で稲作が行なわれたとみる方が妥当と思われる結果であった。

この結果にもとずき、同年秋、青森県教委により行なわれた国道102号線改良工事にともなう予備調査の際、再度サンプル管による採土の機会を得て水田址の探査を行なった。その結果、Ⅲ区・R-32地点他数地点で田舎館式土器包含層から多量のイネ機動細胞プラント・オパールが検出され、同時代の水田址が埋蔵されている可能性が極めて高いことを見い出した。

その後、同年10月、青森県教委による調査が進み、Ⅲ区・R-32地点他分析結果にもとずき水田址の存在を予測した地点で弥生時代の水田遺構が検出された。

1981年の予備調査で弥生時代の水田址が確認されたことにより、国道102号線改良工事にともなう埋蔵文化財調査⁷⁾が1982年5月から実施されることになり、その一環として次のような分析調査を行

なった。

(1) 試料採取

調査対象地は 12000 m^2 ($40\text{ m} \times 300\text{ m}$) であり、全体を網羅するため 20 m メッシュを組み計 50 地点をボーリングすることにした。1982年5月にボーリングを行ない、宮崎大学農作業管理学研究室で分析作業を進めた。試料はI層からX層まで採取されたが、発掘作業の進捗状況から、VI層（田舎館式土器包含層）における水田址の分布域を約1ヶ月の間に推定する必要があったので、V層およびVI層を中心に120試料を分析に供した。試料採取には 1.5 m のボーリング・スティックを用いた。

(2) 分析結果

Fig. 2, Fig. 3 にⅢ区R-32地点における試料採取位置を示した土柱図とその分析結果をイネ科植

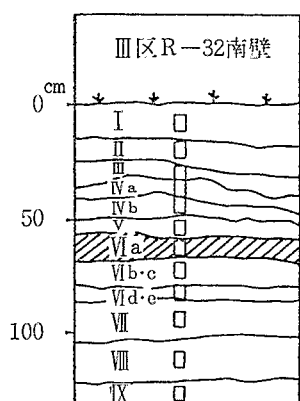


図2 定量分析試料採取地点の土柱図

VIa 層（斜線部）田舎館式土器包含層

Fig. 2 Soil profile of sampling spot.

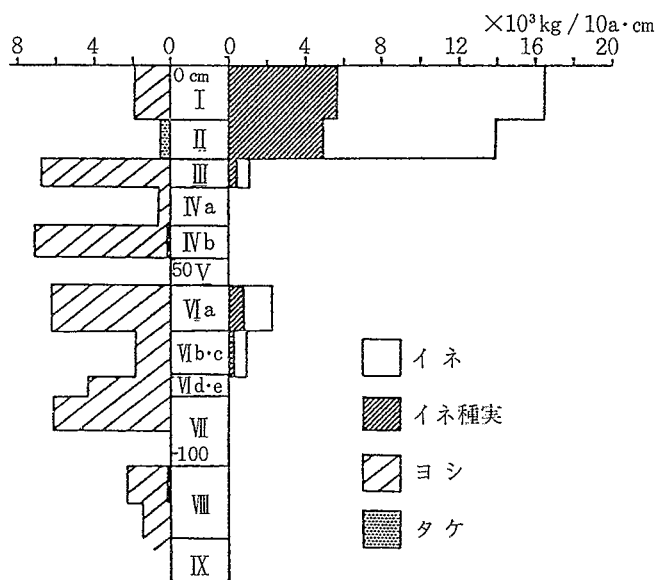


図3 垂柳遺跡（ⅢR-32南壁）におけるイネ科植物生産量

Fig. 3 Analytical estimation of plant production in Tare-Yanagi site (Ⅲ-R-32)

物乾物生産量で示した。VI層が弥生時代中期遺物（田舎館式土器）包含層である。V層は浅石川流域に分布する火山灰が洪水等により運ばれ二次的に堆積したものと考えられている。Fig. 2 には、イネ (*O. sativa*), ヨシ (*P. communis*) およびタケ亜科 (*Bambusaceae*) の生産量を層毎に示した。多数のイネ科植物の中でイネ・ヨシおよびタケ亜科を計数対象にした理由は、これらの植物が量的に多くまた確認が比較的容易である他に次のような理由がある。イネは水田址の埋蔵される土層およびその土層で生産されたイネ穀生産総量を求めるためであり、ヨシおよびタケ亜科はその土層堆積時における土壌の乾湿程度を表わす指標になる。すなわち、相対的にヨシが多ければ湿潤な土壌環境、タケ亜科（主としてササ類）が多ければ、より乾燥した土壌環境であったことが推定される。

I～III層で検出されるイネのピークはIII層堆積時（中世）から現在に至るほぼ連続した水田耕作に由来するものである。IVa～V層ではイネが検出されなかった。とくにV層はヨシ・タケ亜科を含めプラント・オパールが全く含まれていない地点と少量のヨシ・タケ亜科が検出される地点とがあった。

これは、V層が洪水により、二次的に堆積したとする地質学的所見と符号するものである。VIa～VIb層でイネのピークが認められる。もし、このピークがI～III層からの落ち込みであるとするれば、IV～V層でもイネが検出されるはずである。前述のとうり、IV～V層ではイネが認められないので、VI層のピークはVI層堆積時に生産されたものとみることができる。

ヨシとタケ亜科の生産量をみると、全体にヨシが多く、タケ亜科はII層とIVb層に少量認められるだけである。とくにVI層以下ではヨシが多く、弥生時代以前はヨシの繁茂する湿原であったことが推量される。

Fig. 4 にボーリング試料の分析結果にもとづくVI層水田址の推定分布範囲を示した。イネ機動細胞

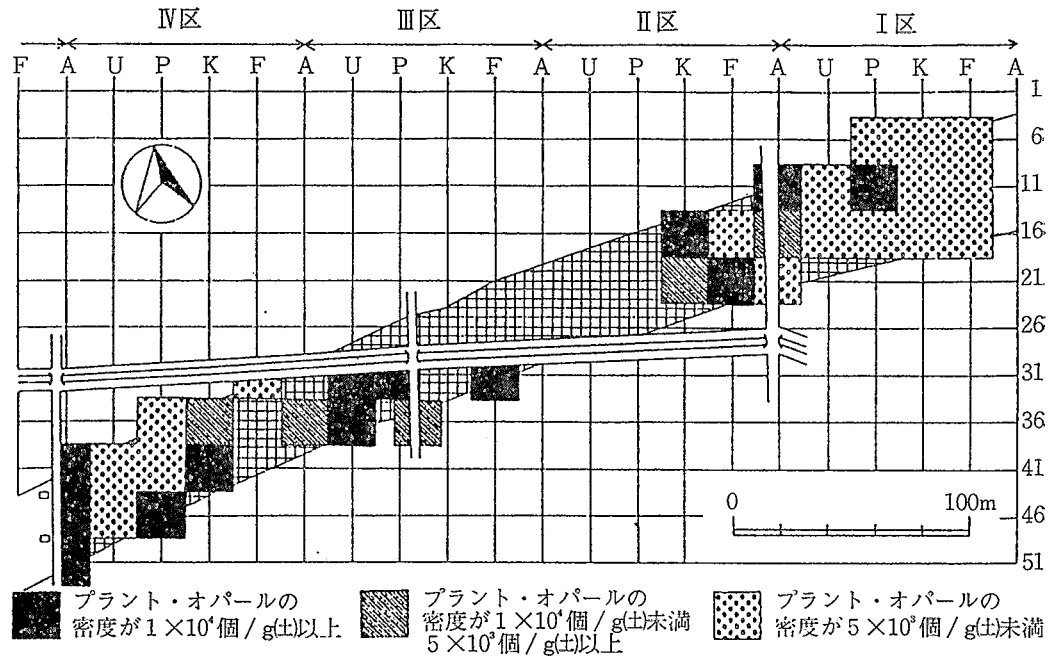


図4 プラント・オパール分析によって第VI層に水田が埋蔵されていると推定される範囲

Fig. 4 Analytical estimation of the areal extent in which ancient paddy fields were buried, in Tare-Yanagi site.

プラント・オパールの密度が 1×10^4 個/g, $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$ 個/g および 1×10^3 個/g の地点にそれぞれ模様づけし、イネ機動細胞プラント・オパールが検出されなかった地点にはグリッド線だけを示した。分析結果から推定されるVI層水田域はI区およびII区の東側とIII区の西南およびIV区であり、中央部に非水田域があると推定された。また、もっとも残りがよいと思われるのはIV区のほぼ全域と

Ⅲ区の南西部およびⅡ区の東部でⅠ区は密度が低くて水田遺構の残留に危惧が持たれる状況であった。

(3) 考古学的調査結果

Fig. 5 にⅥ層水田址が検出された範囲を図示した。検出された水田の総数は 294 枚であり、一枚の

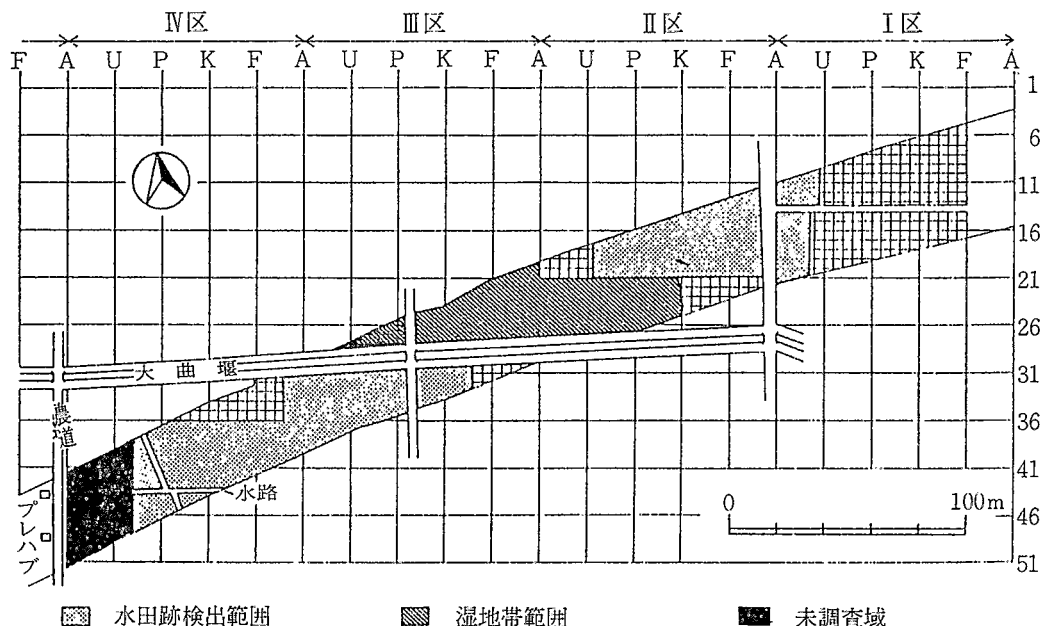


図5 発掘調査区域グリッド配置・全体図（青森県埋蔵文化財調査報告書第78号）

Fig. 5 Results of the archaeological excavation in Tare-Yanagi site.

水田面積は最大：18.99 m^2 ，最小：2.98 m^2 で，平均すると約 10 m^2 であった。畦畔は大畔と小畔があり，大畔は最大巾：5.57 m，最小巾：0.5 m で人が歩行する農道のような機能を持ったものと思われる。小畔は直線的に造られ，ほぼ南北，東西に整然と配置されている。小畔巾は平均 14 cm，発掘時の畔高は 1.0～5.2 cm である。小畔の一部を開口する形で水口が設けられており，わずかな高低差を利用して，隣接水田へ送水されたものと思われる。水路はおおむね大畔に平行して設けられ，その巾は約 80 cm，深さ約 15 cm であった。

なお，Fig. 4 と Fig. 5 を比較するとわかるように，分析結果と発掘結果は比較的良く整合することがわかる。

2. 福岡：那珂君休遺跡

福岡：那珂君休遺跡は福岡市博多区板付に所在し，周辺にはいわゆる板付遺跡群が散在している。調査対象面積は約 4000 m^2 で市営住宅の建設にともなう調査として，昭和57年度に実施された。遺跡周辺は水田地帯であり，板付遺跡群の性格から，古代水田址の存在が想定された。試掘調査の結果，

この遺跡におけるⅢ層は中世の遺物を包含し、Ⅴ層は古墳時代の遺物包含層であることがわかった。なお、考古学的所見については、福岡市埋蔵文化財調査報告書第106集^{8,9)}を参照されたい。

試料採取のためのボーリングは8月上旬と10月下旬に行なった。対象地域全体に10mメッシュを組み杭打ちを行なった。この遺跡は対象面積が比較的狭かったこともあり、より精度をあげるため当初から10mメッシュを組むことにした。

周辺の水田には稲が作付けられており、さらに集中豪雨の影響も重なり地下水位が高くボーリング条件は良くなかった。採取試料は宮崎大学作業管理学研究室で分析に供された。

(2) 分析結果

Fig. 7にG-7地点西側の壁からサンプル管で採取した試料による分析結果を乾物生産量で示した。Ⅰ層は現在も使われている水田の作土層であり、それに対応するイネ機動細胞プラン

ト・オパール密度のピークがある。Ⅱ層は砂混シルト層で洪水により堆積したものと思われ、イネのプラント・オパールは検出されなかった。Ⅲ層は中世の遺物包含層であり、小さなピークが認められる。Ⅱ層にはイネのプラント・オパールが認められないことを考えると、Ⅲ層のピークはこの時代に生産されたイネに由来するものとみることができる。

この地点におけるⅢ層のイネのピークはやや低い、他の地点では相当量検出された所もあったので、Ⅲ層は水田として利用された可能性が高いと判断された。Ⅳ層は洪水により運ばれたとみられる砂層であり、イネのプラント・オパールは検出されなかった。Ⅴ層およびⅥ層は古墳時代の遺物包含層であり褐色および黒色のシルト質粘土層である。図でみるとうり、イネ生産量の明らかなピークが

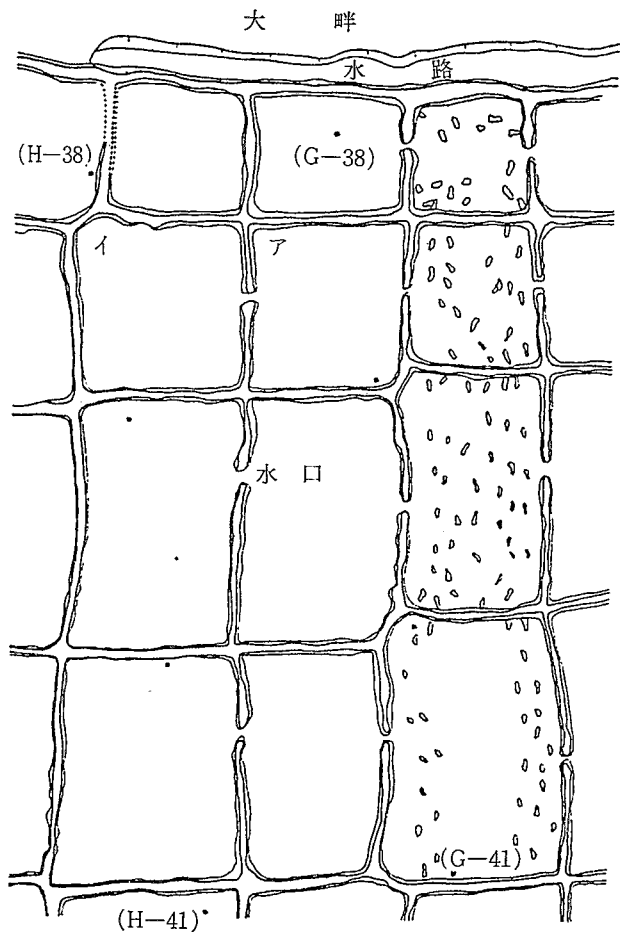


図6 水田跡実測図Ⅳ区 (G-39) グリッド付近
(青森県埋蔵文化財調査報告書第78号)

Fig. 6 Figure of ancient paddy fields near-G-39grid
in Tare-Yanagi site.

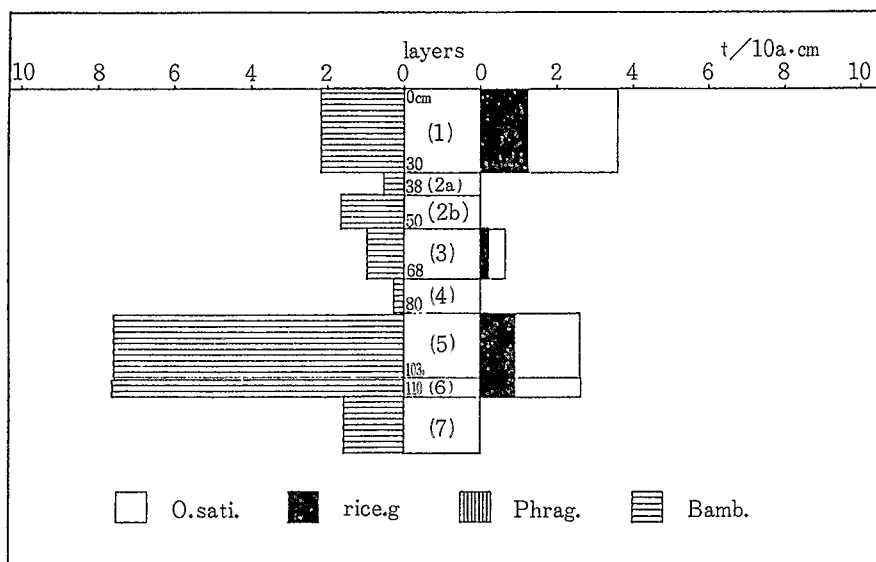


図7 那珂君休遺跡 (G 7-W) におけるイネ科植物生産量

Fig. 7 Analytical estimation of plant production in Naka-Kunryu site (G-7-W)

認められ水田として利用された可能性が極めて高いことがわかる。Ⅶ層は青灰色のシルト層でイネは検出されなかった。イネ科野草類についてはタケ亜科が圧倒的に多く、この地点ではヨシも検出されなかった。他の地点ではヨシの出ているところもあるが、全体として、タケ亜科が優先種であり、東に広がる微高地の縁辺部で比較的水はけのよい場所だったと思われる。Fig. 8 および Fig. 9 にⅢ層

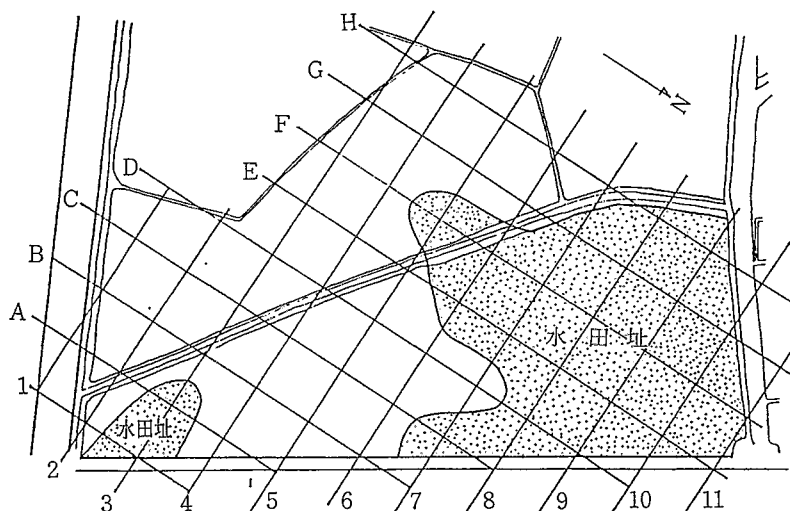


図8 那珂君休遺跡におけるⅢ層水田址の推定分布域

Fig. 8 Analytical estimation of the areal extent in which ancient paddy fields were buried, in Naka-Kunryu site (Layer No. 3).

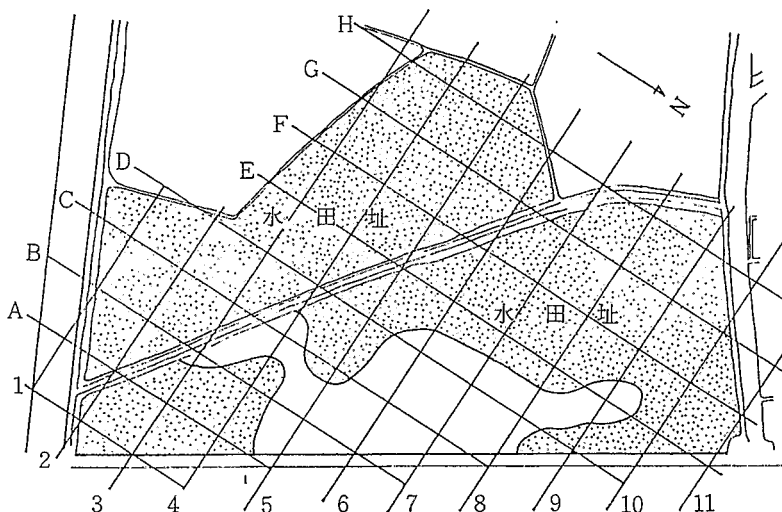


図9 那珂君休遺跡におけるV層水田址の推定分布域

Fig. 9 Analytical estimation of the areal extent in which ancient paddy fields were buried, in Naka-Kunryu site (Layer No. 5)

およびV層でイネ機動細胞プラント・オパールが検出され、水田址が分布すると推定された部分を示した。

Ⅲ層における水田域は調査域の東北部にほぼ限定される。これに対して、V層では調査域の東側中央に帯状の非水田域があるが、他の部分には水田址が分布するものと推定された。分析結果から判断すると、Ⅲ層、V層ともおそらく全面に水田が営なまれていたものの、IV層およびⅡ層（ともに洪水砂層）が堆積した時、水田面の一部が流出したと思われる。

(3) 考古学的調査結果

Ⅲ層およびV層で検出された遺構の配置図を Fig. 10 および Fig. 11 に掲げた。

Ⅲ層で遺構の検出された部分は遺跡の東北部で、数枚の水田址と溝状遺構が確認される。水田面積は約 290 m² でほぼ正方形である。これより小型のものもあったようであるが、遺構の残りが悪く確認しにくい。水田区画の中には畦状の遺構と足跡が鮮明に残っている。

V層で遺構の検出された部分は調査域の東側中央部を除くほぼ全域である。Ⅲ層で検出された水田より小型で 20～30 m²、不定形の水田が二十数面検出された。これらのうち一部は遺構が流出し細部が不明なものもあるが、畦畔、水口とも良く残っており、足跡なども確認できる良好な遺構もある。

Fig. 8 および Fig. 9 と Fig. 10 および Fig. 11 を比較するとわかるように、分析により推定した水田址域とその後の発掘調査により検出された水田遺構の分布域はほぼ一致している。

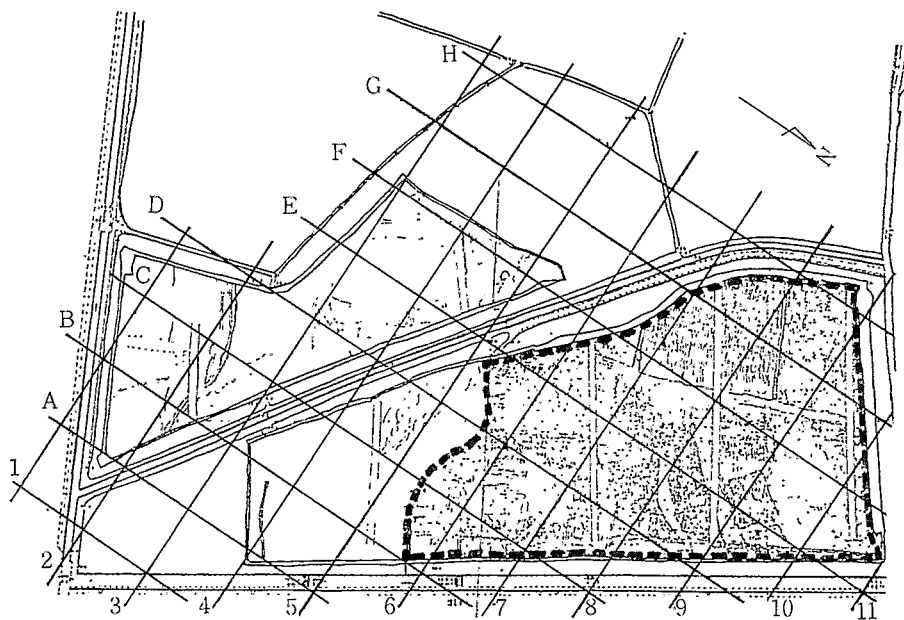


図10 那珂君休遺跡Ⅲ層水田址の発掘結果（福岡市埋蔵文化財調査報告書第106集）

Fig. 10 Results of the archaeological excavation in Naka-Kunryu site (Layer No. 3)

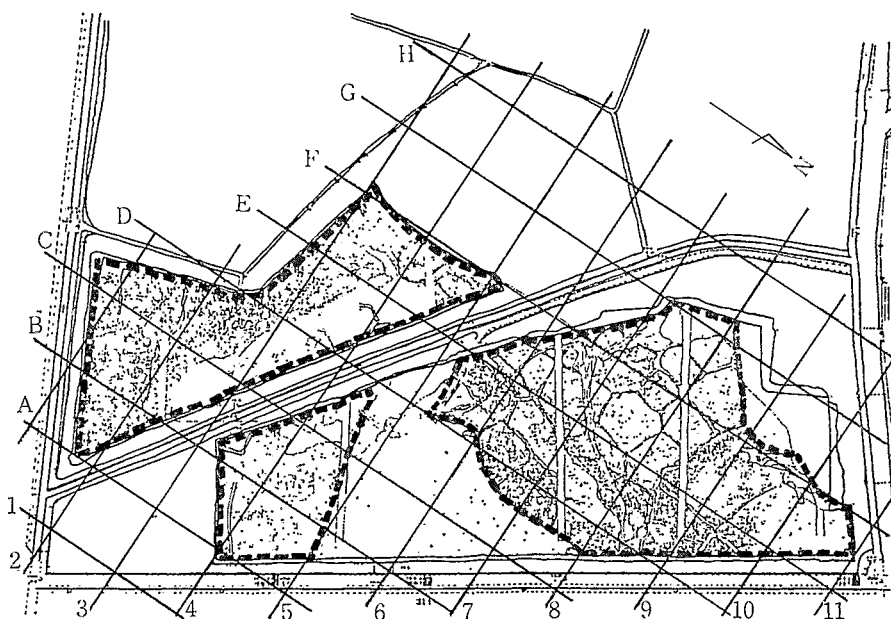


図11 那珂君休遺跡Ⅴ層水田址の発掘結果（福岡市埋蔵文化財調査報告書第106集）

Fig. 11 Results of the archaeological excavation in Naka-Kunryu site (Layer No. 5)

IV. 考察および結論

1. 水田址分布域推定の精度

ボーリング試料におけるイネ機動細胞プラント・オパール密度から水田址分布域を推定する方法とこの方法による水田址調査の結果について述べた。分析的に推定した水田址域と実際に発掘された水田址域はほぼ符号することが確認できた。しかし、大畦畔などがたまたまボーリング地点にあったりすると、分析的には非水田域と判断されることになる。垂柳遺跡の場合は一部のボーリング地点が大畦畔や溝にあたっており、水田址域の推定に影響を及ぼしたことがわかった。小畦畔の場合は畦畔土壌中にもイネ機動細胞プラント・オパールが含まれている場合が多い。しかし、量的には作土層よりも少ないのが通例であり、この土壌を試料として採った場合は水田址域として判断しかねることがある。現在の水田のように一区画 2000~3000 m² もあれば少々大型の畦畔を造っても、水田域に占める畦畔面積率は小さくなる。これに対して、一区画 10 m² 前後の小さな古代水田では小畦畔でも畦畔面積率はかなり大きな値になる。例えば、垂柳の例をみると、一区画面積 10 m²、小畦畔巾 14 cm とすると畦畔面積率は17%にも達する。これに大畦畔を加えると、水田址域であっても5地点につき1地点は作土層以外の土を採る可能性があることになる。垂柳遺跡で分析結果と発掘結果に若干のズレが生じた主因はここにある。これを回避するには細かいメッシュでサンプリングすることが必要である。那可君休遺跡では10mメッシュ、すなわち垂柳遺跡の4倍の密度でサンプリングしたので、分析結果と発掘結果の整合性はよくなっている。より正確に水田址域を推定するためには粗いメッシュ(20または10mメッシュ)でサンプリングして一次結果を出した後、疑問部分や推定水田址域の周縁部を5mメッシュでサンプリングし最終結果を出すことが望ましい。このようにすれば分析結果と発掘結果のズレを5m前後にまで下げることができるであろう。

2. イネ籾生産量の推定

イネ機動細胞プラント・オパール土壌中密度から籾生産総量を推定することができる。

垂柳遺跡のⅢ区 R-32 地点ではⅥ層で生産されたイネ籾総量が約 18 t/10 a、那可君休遺跡の G-7 地点近傍のⅤ層では約 21 t/10 a という値になる。

かりに当時の年間籾収量を 100 kg/10 a とすると、垂柳遺跡のⅥ層では約 180 年間、那可君休遺跡のⅤ層では約 210 年間水田が営なまれたと推定される。ただし、この計算の基礎になる珪酸体係数は現存する古いイネ品種から求めた値 1.03×10^{-5} を用いている。当時栽培されたイネ品種の珪酸体係数と若干異なる可能性があるため、これらの値は推定された籾生産総量および水田が営なまれた期間の目安である。

3. 発掘調査区域外の水田址分布調査

開発にともなう行政発掘調査は調査区域が開発区域に限定される。ある遺跡における水田域がどの範囲まで広がるかを知ることができれば、その遺跡全体で生産された米の総量を推定することができ

る。しかし、水田址のように面的広がりのでかい遺跡全体を行政調査で明らかにすることは通常困難であろう。学術調査として水田址を発掘することになると莫大な調査費を要することになる。すでにみたように、ボーリング調査は著しく現況を損ねるようなものではないので、たいていの場合、地主の了解を得ることができる。また、この調査を行なうことにより、遺構、遺物を大きく損傷することもあると考えられない。したがって、水田址が発掘された場合、適当な機会をみて、遺跡周辺部にボーリング調査を行なうことにより、その遺跡における水田址の全体像を把握することも可能であろう。

謝 辞

本研究の主要部分は文部省科学研究費特定研究「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」の一環として行なわれたものである。関係各位に感謝の意を表する次第である。

引 用 文 献

- 1) 藤原宏志(1976)「プラント・オパール分析による古代栽培植物遺物の探索」, 考古学雑誌 62 : 148—156.
- 2) 藤原宏志(1976)「プラント・オパール分析法の基礎的研究(1)—数種イネ科植物の珪酸体標本と定量分析法—」, 考古学と自然科学 9 : 15—29.
- 3) 藤原宏志, 佐々木章(1978)「プラント・オパール分析法の基礎的研究(2)—イネ (*Oryza*) 属植物における機動細胞珪酸体の形状—」, 考古学と自然科学 11 : 9—20.
- 4) 藤原宏志(1979)「プラント・オパール分析法の基礎的研究(3)—福岡・板付遺跡(夜臼式)水田および群馬・日高遺跡(弥生時代)水田におけるイネ (*O. sativa* L.) 生産総量の推定—」, 考古学と自然科学 12 : 29—41.
- 5) 藤原宏志(1982)「プラント・オパール分析法の基礎的研究(4)—熊本地方における縄文土器胎土に含まれるプラント・オパールの検出—」, 考古学と自然科学 14 : 55—65.
- 6) 藤原宏志(1981)「夫敷遺跡におけるプラント・オパール分析」, 国道9号線バイパス建設予定地内・埋蔵文化財発掘調査報告書Ⅲ 鳥根県教育委員会 : 34—36.
- 7) 遠藤正夫・成田滋彦(1982) 垂柳遺跡調査概報, 青森県埋蔵文化財調査報告書第78集 青森県教育委員会.
- 8) 杉山真二・藤原宏志(1984) 那珂君休遺跡Ⅱ, プラント・オパール分析による水田址の探査, 福岡市埋蔵文化財調査報告書第106集 福岡市教育委員会 : 11—15.
- 9) 浜石哲也・横山邦継(1984) 那珂君休遺跡Ⅱ, 本調査, 福岡市埋蔵文化財調査報告書第106集, 福岡市教育委員会 : 16—40.

Fundamental Studies in Plant Opal Analysis (5)
—Investigaton of Ancient Paddy Fields before
Archaeological Excavation by Plant Opal Analysis —

Hiroshi FUJIWARA and Shinji SUGIYAMA

Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Kumano 7710, Miyazaki

Plant opals were discovered in the 1940's in Russia. Thereafter Smithson (1956) in Britain, and others have been carrying out intensive research on these plant opals. Currently, Twiss in the United States and others have been using plant opals in analysis of vegetation, and current research is also being carried out by R. Kondo in Japan.

Since 1970 we have improved and developed new methods of analysis of plant opals in order to apply them to investigation, especially that of rice in Japan. The main food plants are Gramineae, and therefore research has been concentrated within this class of plants. There are three types of methodology in plant opal analysis. Firstly there is a qualitative method, which allows us to document which plant species were grown in any particular period. Secondly there is a quantitative method, which not only allows analysis of species present, but also documents the absolute importance of each within the ancient production system. The third method involves analysis directly from pottery sherds.

In this paper, we described the method of the investigation of ancient paddy fields before the archaeological excavation using the quantitative mehod of plant opal analysis in Tare-Yanagi site (YAYOI period) in Aomori pref. and in Kun-Ryu site (KOFUN period) in Fukuoka pref.

The results of the investigation by plant opal analysis and the results of archaeological excavation were almost coincidental with each other.

