

## 中国・龍虬庄遺跡におけるプラント・オパール分析

王 才林<sup>1), 2)</sup>・張 敏<sup>3)</sup>・宇田津徹朗<sup>4)</sup>・藤原宏志<sup>4)</sup>

### 1. はじめに

イネの起源や進化に関する問題を解明するには、遺伝学を主とする生物学から考古学まで幅広い分野の学際的共同研究によるアプローチが必要である。考古学的遺物を生物学的手法で解析する生物考古学の方法は有力な手段と考えられる。プラント・オパール分析法は、学際的共同研究によって生まれた生物考古学手法の一つである。

これまで中国での考古学調査は、遺物の多い墓址や住居址を中心に行われており、遺物の少ない稲作址の検出や、発掘はほとんど行われていなかった。一方、中国長江中・下流域には新石器時代の遺跡が多数発見されているものの、古代稲作を実証できるものは農具の他に炭化米だけであった。考古学と農学分野の共同研究も農学者による炭化米の調査に限られてきた。1992～1996年、プラント・オパール分析法を用い、日中共同で長江下流域における稲作史に関する農学および考古学的調査が行われ、蘇州・草鞋山遺跡において6000年前の世界最古の水田址が発見された(藤原1996; 宇田津ら1994; 王ら1994)。これを契機に中国ではプラント・オパール分析法が古代農耕の検証に有力な研究手法として注目され、考古学と農学分野の共同研究が一層強化されるようになりつつある。

1993年から1995年にかけて、南京博物院考古研究所を初めとする考古学発掘調査隊が江蘇省高郵市に位置する新石器時代の龍虬庄遺跡について、4回にわたって発掘調査を行った。その結果、当該遺跡は一番下の“生土”と呼ばれる無遺物層を除く8つの堆積層があり、4層から8層までは新石器時代の文化層であることが確認された。出土遺物や遺構および<sup>14</sup>C測定の結果、龍虬庄遺跡の文化層は2段階に分けられている。一番下の8層から7層までは第一段階で、約7000～6300年前の文化層であり、6層から4層までは第二段階で、約6300～5500年前の文化層であるとされている。4回の発掘で、新石器時代の住居址4ヶ所、灰坑35個、墓址402座が発見され、陶器、石器、玉器、角器、骨器などの遺物2000件余りが出土している(張・湯1996)。また、第4、6、7および8層から炭化米が多量に発見された(張・湯1996; 湯ら1996)。

本研究は、1995年の発掘調査で龍虬庄(龍虬庄 Longqiuzhuang)遺跡から採取した土壌試料のプラント・

<sup>1)</sup> 江蘇省農業科学院 210014 南京, 中国

<sup>2)</sup> 日本学術振興会外国人特別研究員, 宮崎大学農学部 〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1

<sup>3)</sup> 南京博物院考古研究所 210016 南京, 中国

<sup>4)</sup> 宮崎大学農学部 〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1

オパール定量分析および形状解析結果について報告し、当該遺跡周辺における稲作の開始や発展およびその環境について検討しようとするものである。

## 2. 龍虬庄遺跡の概要

江蘇省境内を流れる長江と淮河の間に位置する平野は江淮平野と呼ばれている。また、京杭（北京－杭州）運河を境にして、その西側に湖区平野があり、東側には里下河平野と濱海平野がある。これらの平野はいずれも標高が8 m 以下と低く、河や湖などが多く分布している地域である。特に、里下河平野は標高5 m に足らず、周りがやや高く中心部が低い、最も低いところは1 m 程度の皿状地域である。普通、江淮東部ということは主に里下河平野を指す。

龍虬庄遺跡は、この江淮東部に位置する遺跡であり、長江北部60kmにある高郵市一溝郷の龍虬庄村（北緯32°50′）に位置している（図1）。遺跡は、高郵市の東北8 km に所在する。龍虬庄遺跡はほぼ正方形で、総面積は50,000m<sup>2</sup>に達し、江淮東部地域においてこれまでに発見された遺跡の中で最も大きな遺跡である（張1995）。遺跡の南部は龍虬庄の村落であり、北部は水田である。遺跡の標高は2.6m であり、その周辺はクリークに囲まれている。

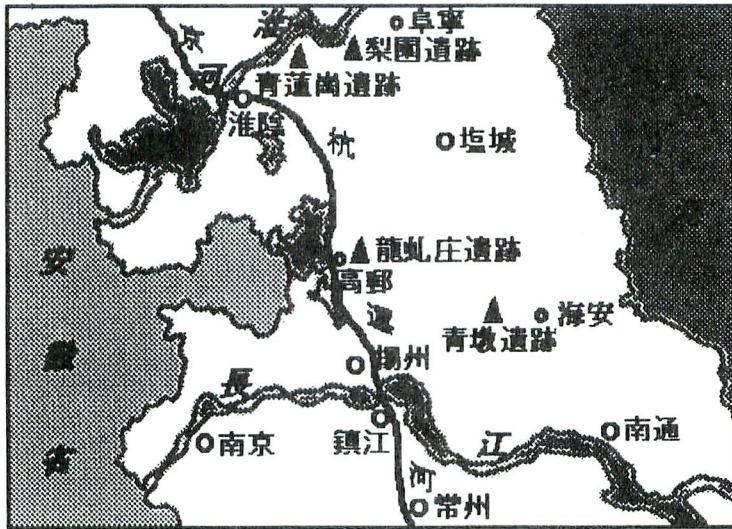


図1 龍虬庄遺跡の所在  
Fig.1 The location of Longqiuzhuang site

龍虬庄遺跡は、1970年代初頭に遺跡の中部で魚池を掘るとき、土器片および動物の骨が多量に出土したことによって発見され、出土した土器から新石器時代の遺跡であると確認された。

江淮東部は地理上独立している地域である。当該地域における新石器時代の考古学的調査は、1950年代に淮安の青連崗遺跡が発見され、“青連崗文化”と名付けられたが、青連崗文化の特徴や時間と地域の範囲、また江南および淮北の新石器時代の文化との関係についてはいまだに明らかにされてい

ない。これらの問題を明らかにするために、1993年から1995年にかけて、南京博物院考古研究所などが龍虬庄遺跡について、4回の発掘を行った。発掘面積は、1335m<sup>2</sup>に及び、江淮東部地域において、これまでに発掘された遺跡の中で発掘面積が最も大きな遺跡である（張1996）。

龍虬庄遺跡が所在する江淮東部地域は、粟作文化を代表する海岱文化区域と稲作文化を代表する太湖文化区域の間に位置する。また、龍虬庄遺跡は文化層が多く、堆積時間が長い、遺構や遺物なども豊富であり、かなり安定的しかも特地的な文化特徴を持つ遺跡である。さらに、新石器時代の各文化層から炭化米が多量に出土している。したがって、当該遺跡は江淮東部における新石器時代の文化特徴や、南北隣接地域の文化との関係を明らかにする上だけではなく、江淮東部ひいては中国の稲作起源および伝播の研究においても重要な遺跡として注目を集めている。

### 3. 分析試料の採取および分析方法

分析用試料は、龍虬庄遺跡のピット T1526 の第4層から第8層まで5つの土層および無遺物層（第9層）から採取した6試料である。<sup>14</sup>Cの測定データによると、第4層から第6層までは5500～6300年前の土層であり、第7層から第8層までは6300～7000年前の土層である。

これらの試料について、藤原（1976）のガラスビーズ法にしたがってプラント・オパール定量分析を行った。まず、一定量の試料に機動細胞珪酸体由来するプラント・オパールとほぼ同じ大きさであるガラスビーズを一定量に加え、試料を調整する。つぎに、調整した試料を顕微鏡で観察し、同視野に入っているガラスビーズとイネ、ヨシ、タケ、ススキ、ヒエなど植物の機動細胞珪酸体由来するプラント・オパールの数を計数する。その結果に基づき、土壌試料1gあたりのプラント・オパールの量を算出する。最後に、各種植物の珪酸体係数（珪酸体1個あたりの乾物重または粒重）を用い、面積1a、長さ1cmの土層に含まれていたプラント・オパールの量を各種植物の生産量に換算する。なお、ここでいう生産量は、一般にいう年間生産量ではなく、1cmの土層を堆積する間に生産した量であり、各土層に含まれているプラント・オパールの量を比べるために用いる指標である。

また、遺跡周辺における古代植物の分布、古気候、古環境などを推定するために、機動細胞以外の珪酸体由来するプラント・オパールについても定量した。この定量は、上述の機動細胞珪酸体由来するプラント・オパールの定量と同時にを行い、形によって棒型、棘棒型、針型、尖型、板型、扇型およびその他のように分けてそれぞれ計数した。

さらに、定量分析の結果に基づき、イネが検出された試料についてプラント・オパールの形状解析を行った。形状の測定は、王ら（1994）と同様な方法により、画像解析装置を用いて行った。1試料につき、検出されたイネプラント・オパール50個について、縦長（Vertical Length, VL）、横長（Horizontal Length, HL）、側長（Lateral Length, LL）およびbの長さを計測し、bの長さをa（=VL-b）の長さで割った形状係数b/aを算出した。形状形質としたのは、プラント・オパールの大さを表す縦長、横長、側長と断面形状を表すb/aの4つである。50個プラント・オパール形

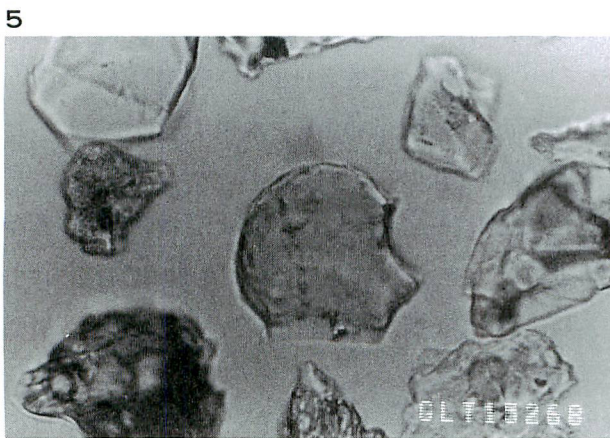
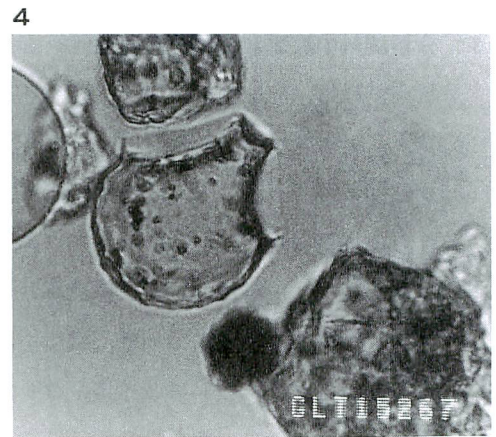
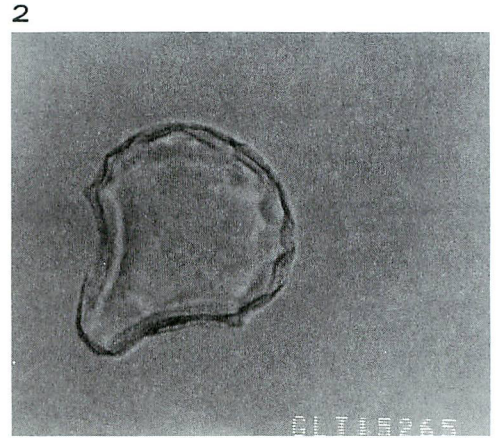


写真1 龍虬庄遺跡第4～8層(1～5)から検出されたイネの機動細胞に由来するプラント・オパール

Photo. 1 Plant opals from motor cells of rice detected from 4th~8th (1~5) soil layers in Longqiuzhuang site

状の平均値を各試料の形状値とした。計測は、1試料につき3回行い、その平均値を各層の形状値とした。

計測した形状値を用い、プラント・オパールの由来するイネの亜種の判別を行った。なお、亜種の判別は、王ら(1996)のアジア在来イネ(*indica* 50品種, *japonica* 47品種)の機動細胞珪酸体形状

解析結果から作成した判別式

$$Z4 = 0.4947VL - 0.2994HL + 0.1357LL - 3.8154b/a - 8.9567$$

VL：縦長 HL：横長 LL：側長 b/a：形状係数

( $Z4 < 0$  : *indica* ;  $Z4 \geq 0$  : *japonica*)

を用いた。

当該遺跡周辺で栽培されたイネ系統の歴史の変遷を検討するため、各層から検出されたイネプラント・オパール<sup>1)</sup>の形状およびその判別得点の比較を行った。また、中国在来イネの機動細胞珪酸体や、太湖流域の草鞋山遺跡から検出されたイネプラント・オパールとの比較を行い、当該遺跡から検出されたイネプラント・オパールの形状特性を検討した。

## 4. 結果

### 4-1 イネの機動細胞に由来するプラント・オパール分析の結果

分析に用いた6つの試料において、無遺物層（第9層）を除く、第4層から第8層まですべての文化層からイネの機動細胞に由来するプラント・オパールが多量に検出された（写真1）。表1に各土層におけるイネ機動細胞プラント・オパールの定量分析結果を示す。通常の水田址探査では、土1gあたり5000個以上のイネ機動細胞プラント・オパールが検出された場合、水田が包蔵されていると判断される。この基準は、イネが作られていたかどうかの判断基準として日本および中国の水田址探査によってすでに確かめられている。そこで、本調査もこの基準をそのまま当てはめることにした。

表1をみると、各土層から土1gあたり検出されたイネ機動細胞プラント・オパールの量は、第8層で基準の5000個より下回る（4000個）のに対し、他の層ではすべて1万個以上も検出されている。この結果から、少なくとも、第7層から第4層の堆積時期に、この地でイネが作られていたと判断される。

表1 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ機動細胞に由来する  
プラント・オパールの量および推定されたイネの生産量  
Table 1. Amount of rice plant opals from motor cells detected from soil  
layers in Longqiuzhuang site and rice production estimated

| 土層<br>Soil layer | 土1gあたりのプラント・オパールの量<br>Number of plant opals/1g soil | イネの生産量production (t/a・cm) |          |
|------------------|---|---------------------------|----------|
|                  |   | 乾物重 Dry matter            | 粃重 Grain |
| 4                | 70800   | 3.65                      | 1.01     |
| 5                | 31800   | 1.64                      | 0.45     |
| 6                | 20700   | 1.07                      | 0.30     |
| 7                | 13000   | 0.67                      | 0.19     |
| 8                | 4000  | 0.20                      | 0.06     |
| 9 <sup>1)</sup>  | 0   | 0                         | 0        |

<sup>1)</sup> 第9層は無遺物層である。The 9th layer was identified as “virgin soil” which did not contain any remains or artifacts.

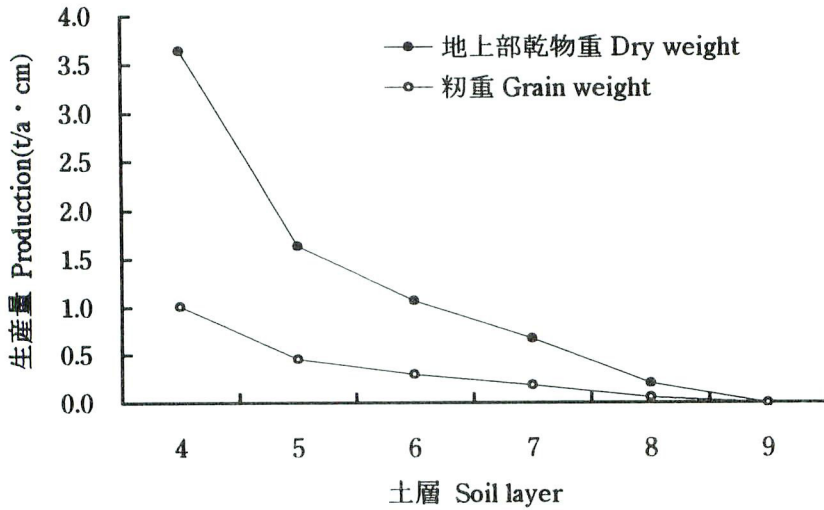


図2 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネの機動細胞に由来するプラント・オパール  
の量より推定されたイネの生産量  
Fig.2 Rice production estimated from the amount of plant opals of motor cells  
detected from soil layers in Longqiuzhuang site

また、第8層から第4層まで、検出されたイネ機動細胞プラント・オパールの量が、下層から上層に向かって次第に増加する傾向が明瞭である(図2)。第7層は第8層の3倍以上もあった。第6層から第5層まではそれぞれ前層位の1.5倍となり、第4層は第5層の2倍以上であった。地上部の乾物量と籾量に換算すると、第8層はそれぞれ0.20と0.06t/a · cmであるが、第4層になると、それぞれ3.65と1.01t/a · cmに達している。この結果からみると、龍虬庄遺跡周辺では、7000年前からイネが生育しており、その後イネの生産量は時代が新しくなるにつれて、次第に増加し、1500年後つまり5500年前にイネの生産量は1500年前に比べて17倍近くも増えたことになる。

さらに、各土層から検出されたイネ機動細胞プラント・オパールについて形状解析を行った。その結果について、王ら(1996)のアジア在来イネの機動細胞珪酸体形状解析結果から作成した判別式を用い、亜種判別を行った。図3は、第4層から第8層までの5試料について3回ずつ計測し、計15サンプルのイネ機動細胞プラント・オパールの形状値による判別得点(Z4)とアジア在来イネ(*indica* 50系統, *japonica* 47系統)の機動細胞珪酸体形状による判別得点の分布をあわせて示したものである。破線と実線はそれぞれ*indica*と*japonica*の分布域を示し、判別得点Z4=0の直線は*indica*と*japonica*の境界線を示している。この図をみると、龍虬庄遺跡から検出されたイネ機動細胞プラント・オパールの形状による判別得点は、すべてZ4>0の*japonica*の分布域に分布している。各土層プラント・オパールの形状による判別得点の平均値は0.52~2.64であった(表2)。この結果から、7000年前から5500年前までの1500年間、龍虬庄遺跡周辺で生育していたイネは主に*japonica*のイネであると推定される。

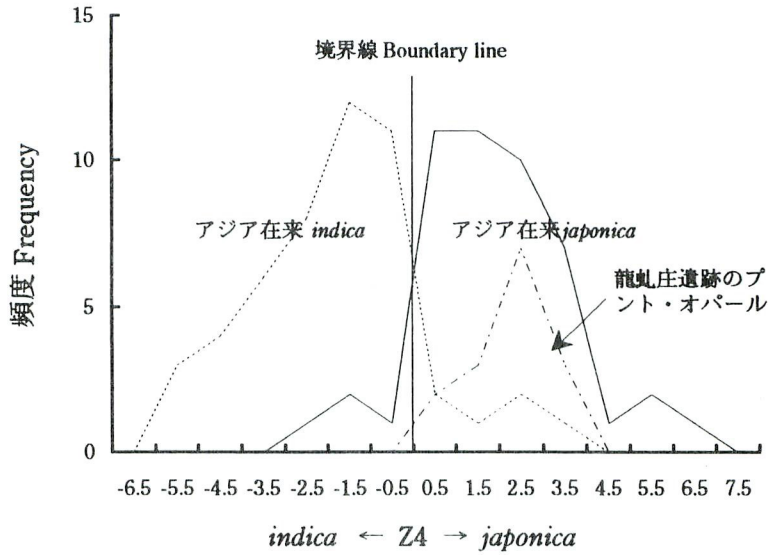


図3 龍虬庄遺跡から検出されたイネプラント・オパールとアジア在来イネの機動細胞珪酸体形状による判別得点 (Z4) の分布

Fig.3 Distribution of discriminant scores (Z4) based on the shape of plant opals from Longqiuzhuang site as compared with those of silica bodies from Asian native rice

また、各土層のプラント・オパール形状による判別得点の変化をみると、第8層から第4層に向かって判別得点が次第に大きくなる傾向がみられる (図4)。第8層と第7層の判別得点はそれぞれ0.52と1.17であり、比較的小さいのに対し、第6、第5および第4層の判別得点はすべて2より大きかった。各土層におけるプラント・オパール形状の変化にも、下層から上層に向かって縦長と横長が大きくなる傾向がみられる。有意差の検定の結果、縦長は第8層および第7層が第6、第5および第4層

表2 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ機動細胞由来するプラント・オパールの形状および形状による判別得点  
Table 2. Morphological characters and discriminating score (Z4) of rice plant opals from motor cells detected from soil layers in Longqiuzhuang site

| 土層<br>Soil layer    | 縦長 VL<br>( $\mu\text{m}$ ) | 横長 HL<br>( $\mu\text{m}$ ) | 側長 LL<br>( $\mu\text{m}$ ) | 形状係数<br>b/a | 判別得点<br>Z4 <sup>1)</sup> |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------|
| 4                   | 43.28bB <sup>2)</sup>      | 34.43d C                   | 30.12a                     | 0.94a       | 2.64                     |
| 5                   | 41.43bB                    | 33.14cdBC                  | 30.16a                     | 0.96a       | 2.06                     |
| 6                   | 41.41bB                    | 32.31bcABC                 | 30.36a                     | 0.97a       | 2.27                     |
| 7                   | 38.13aA                    | 31.03abAB                  | 30.04a                     | 0.92a       | 1.17                     |
| 8                   | 36.55aA                    | 29.69a A                   | 29.43a                     | 0.97a       | 0.52                     |
| LSD <sub>0.05</sub> | 2.62                       | 1.90                       | 1.20                       | 0.08        |                          |
| LSD <sub>0.01</sub> | 3.73                       | 2.71                       | 1.71                       | 0.12        |                          |

<sup>1)</sup>  $Z4 = 0.4947VL - 0.2994HL + 0.1357LL - 3.8154b/a - 8.9567$

( $Z4 < 0$ , *indica*;  $Z4 \geq 0$ , *japonica*)

(VL: 縦長 Vertical length, HL: 横長 Horizontal length, LL: 側長 Lateral length, b/a: 形状係数 Shape coefficient)

<sup>2)</sup> 同列で違う小文字と大文字は5%と1%の水準で有意差があることを示す。Different small and capital letters in the same culum mean significantly different at 5% and level, respectively.

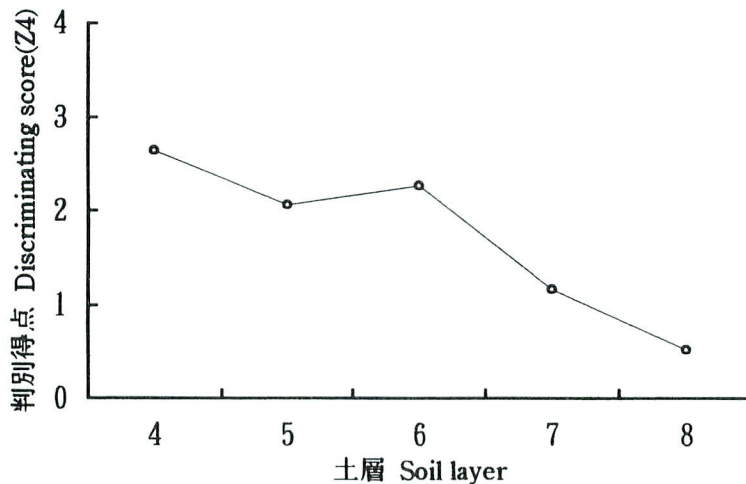


図4 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ機動細胞プラント・オパールの形状による判別得点の変化

Fig.4 Change of discriminant scores (Z4) based on the morphological characters of plant opals from soil layers in Longqiuizhuang site

と1%の水準で有意差があった。横長は隣接する層位間には有意差がないものの、他の層位間にはすべて5%あるいは1%の水準で有意差があった。側長と $b/a$ においては層位間に大きな変化がみられなかった(表2, 図5)。さらに、各土層から検出されたイネプラント・オパール形状の変動係数をみると、第8層はやや小さいものの、第7層には $b/a$ を除く、最も大きかった。それ以降は上層に向かって次第に小さくなる傾向が認められる(図6)。

各土層から検出されたイネのプラント・オパールの形状と中国太湖流域に由来する在来粳稻(*japonica*に相当)26系統の機動細胞珪酸体形状を比べると、龍虬庄遺跡から検出されたイネのプラント・オパールの形状は、すべて在来粳稻の分布域に分布しているが、ピークは明らかに異なる。4形質の中で横長は小さい方向へ移行するものの、他の3形質はすべて大きい方向へ移行している(図7)。有意差を検定した結果、横長を除く、他の3形質はいずれも1%の水準で有意差があった(表3)。 $b/a$ は同じく太湖流域に由来する在来籼稻(*indica*に相当)とほぼ同じであった。

また、太湖流域に位置する草鞋山遺跡の馬家浜文化層(約6000年前)から検出されたイネのプラント・オパールと比べた結果、縦長は龍虬庄遺跡のプラント・オパールのほうがやや小さいものの、4形質とも有意差がなかった(表3)。各土層の平均値をみると、第5, 6層のプラント・オパールは草鞋山遺跡のプラント・オパールとよく似ていた(表2, 3)。

#### 4.2 イネ科植物プラント・オパール分析の結果

龍虬庄遺跡周辺における古代植物の分布や、古気候、古環境などを推定するために、イネの他にヨシ、タケ亜科、ススキ、ヒエなどイネ科植物の機動細胞珪酸体由来するプラント・オパールについて



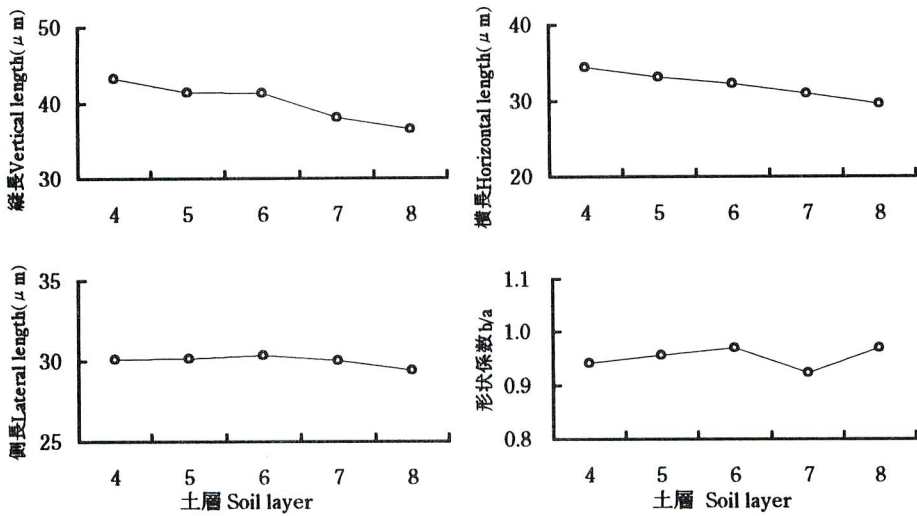


図5 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ機動細胞プラント・オパール形状の平均値の変化  
 Fig.5 Changes of mean values of the morphological characters of plant opals from soil layers in Longqiuzhuang site

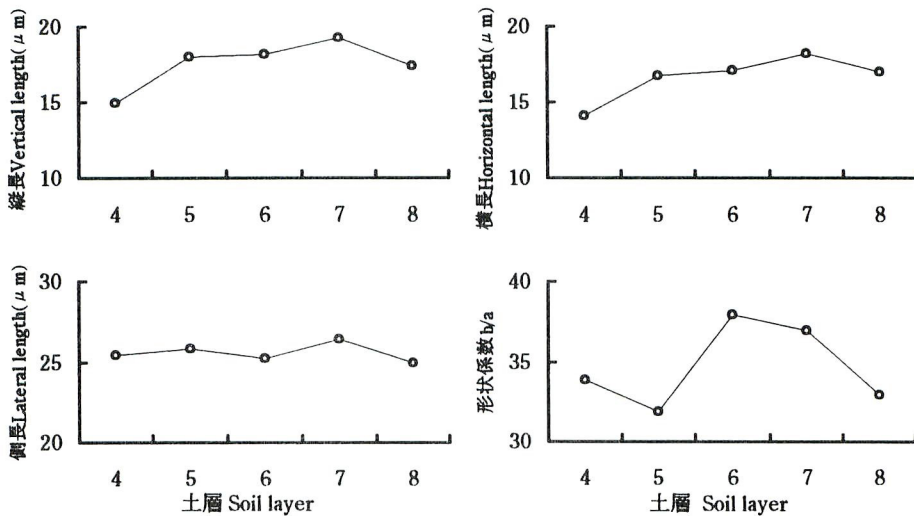


図6 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ機動細胞プラント・オパール形状の変動係数の変化  
 Fig.6 Change of the coefficient of variation for the morphological characters of plant opals from soil layers in Longqiuzhuang site

ても定量分析を行った。その結果を表4に示す。

表4をみると、無遺物層の第9層および第8層には、ヨシ、タケ亜科、ススキ、ヒエの4種の植物の機動細胞珪酸体由来するプラント・オパールはいずれも検出されなかった。第7層にヨシとススキのみが検出され、第4層から第6層には、ヨシ、タケ亜科、ススキおよびヒエのすべてが検出された。また、検出された各植物プラント・オパールの量をみると、ヒエが他の植物に比べて多いのに対し、

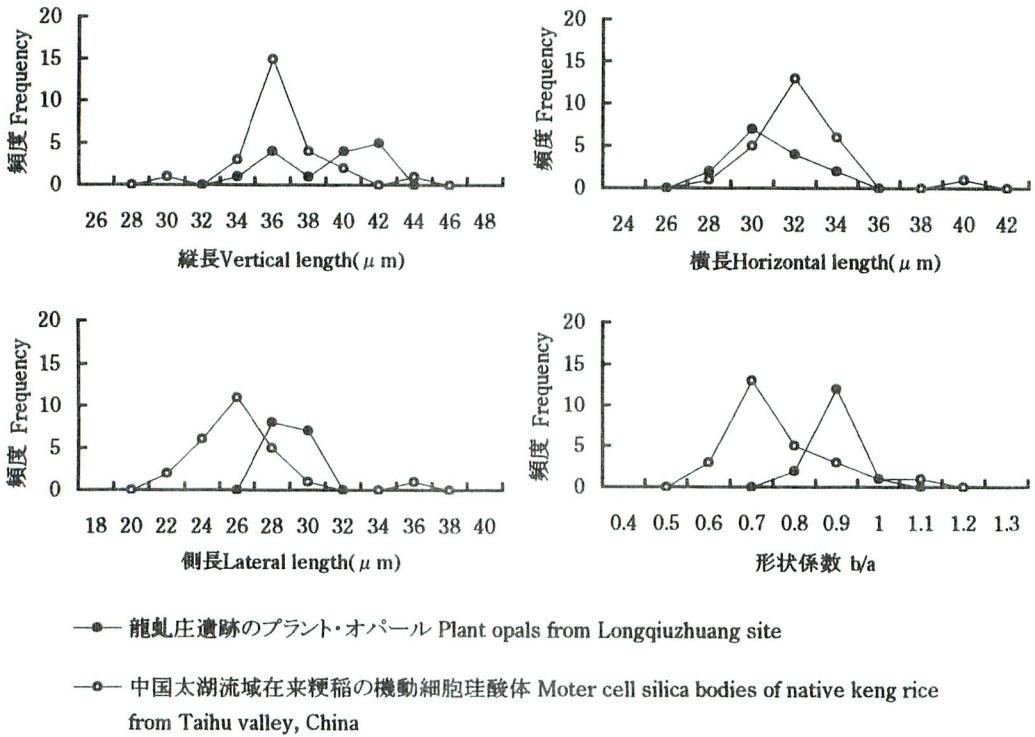


図7 龍虬庄遺跡から検出されたイネ機動細胞プラント・オパールと中国太湖流域在来稈稻の機動細胞珪酸体形状の分布  
 Fig.7 Distribution of the four morphological characters of plant opals from Longqiuzhuang site and silica bodies from motor cells of native keng rice from Taihu valley, China

他の植物はいずれも少なかった。

龍虬庄遺跡の古環境をより正しく復元するため、機動細胞以外の珪酸体によるプラント・オパールについても定量分析を行った。その結果をプラント・オパールの形によって棒型、棘棒型、針型、尖型、板型、扇型およびその他のように分けてそれぞれ計数し、表5にまとめた。

表5をみると、プラント・オパールの量は、種類に関わらず、下層から上層に向かって次第に増加する傾向が明らかである。とくに、第8層から第7層までおよび第5層から第4層までプラント・オパールの量が急速に増えた。第9層は無遺物層であるため、プラント・オパールはわずかであった。第8層もプラント・オパールの量がまだ少ないが、第7層から急に増え、第一回目の急速増加期とみられる。プラント・オパールの量は第6層まで増え続けるが、増加スピードがやや低下した。第5層になって、プラント・オパールの量が第6層よりやや少なかった。第5層から第4層までは第二回目の急速増加期とみられる。ほとんどすべての種類のプラント・オパールがピークになった(図8)。

また、同じ土層のプラント・オパールの量をみると、棒型が圧倒的に多かった。次に、その他類を除く、板型および扇型もやや多かった。それに対し、棘棒型、針型および尖型は最も少なかった。棒型および板型のプラント・オパールはそれぞれ主に草本植物の葉などにある結合組織の長細胞および

表3 龍虬庄遺跡から検出されたイネのプラント・オパールと中国太湖流域在来籼、粳稲の機動細胞珪酸体  
および草鞋山遺跡から検出されたイネプラント・オパールの形状の比較

Table 3. Comparisons of the morphological characters between plant opals from Longqiuzhuang site and motor cell silica bodies from native *hsien* and *keng* rice of Taihu valley, China and plant opals from Caosieshan site

| 項目   | Item                | 縦長 VL<br>( $\mu\text{m}$ ) | 横長 HL<br>( $\mu\text{m}$ ) | 側長 LL<br>( $\mu\text{m}$ ) | 形状係数<br>b/a | 判別得点<br>Z <sup>1)</sup> |
|--|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|
| 中国太湖流域在来籼稲の珪酸体<br>Silica bodies from native <i>hsien</i> of<br>Taihu valley, China |                     | 35.37aA <sup>2)</sup>      | 31.98aA                    | 24.51aA                    | 0.97bB      | -1.41                   |
| 中国太湖流域在来粳稲の珪酸体<br>Silica bodies from native <i>keng</i> of<br>Taihu valley, China  |                     | 37.55bB                    | 33.19bB                    | 27.29bB                    | 0.81aA      | 0.30                    |
| 龍虬庄遺跡のプラント・オパール<br>Plant opals from Longqiuzhuang site                             |                     | 40.16cC                    | 32.12abA                   | 30.02cC                    | 0.95bB      | 1.73                    |
| 草鞋山遺跡のプラント・オパール<br>Plant opals from Caosieshan site                                |                     | 41.54cC                    | 32.93abA                   | 29.42cC                    | 0.95bB      | 2.11                    |
|  | LSD <sub>0.05</sub> | 1.23                       | 1.01                       | 1.31                       | 0.04        |                         |
|  | LSD <sub>0.01</sub> | 1.62                       | 1.33                       | 1.74                       | 0.06        |                         |

<sup>1)</sup>  $Z4 = 0.4947VL - 0.2994HL + 0.1357LL - 3.8154b/a - 8.9567$

( $Z4 < 0$ , *indica*;  $Z4 \geq 0$ , *japonica*)

(VL: 縦長 Vertical length, HL: 横長 Horizontal length, LL: 側長 Lateral length, b/a: 形状係数 Shape coefficient)

<sup>2)</sup> 同列で違う小文字と大文字は5%と1%の水準で有意差があることを示す。Different small and capital letters in the same culum mean significantly different at 5% and level, respectively.

表皮組織に由来し、扇型は主にイネ科植物の葉にある機動細胞に由来するものである。棒型、板型および扇型のプラント・オパールが多いことは、当時龍虬庄遺跡周辺を被覆していた植物は主に草本植物であったと推測される。

## 5. 考察

### 5-1 龍虬庄遺跡の稲作の開始について

龍虬庄遺跡の新石器時代文化層から炭化米が検出された(張・湯 1996; 湯ら 1996) ことと、本研究でイネのプラント・オパールが大量に検出されたことから、当該遺跡周辺では新石器時代に稲作が行われていたと推測される。では、龍虬庄遺跡の稲作はいつから始まったのだろうか。プラント・オパール定量分析の結果からみると、無遺物層の生土のすぐ上の上の第8層からイネの機動細胞に由来するプラント・オパールが検出された。その量(4000個/土1g)は水田址の判断基準(5000個/土1g)を下回るものの、ほぼ接近している。また、張・湯(1996)および湯ら(1996)の報告によると、第8層から炭化米が出土している。これらの結果から、第8層の堆積時期にイネが生育していたことは間違いないと考えられる。では、当時生育していたイネは野生イネであろうかそれとも栽培イネであろうか。古気候などの研究によると、7000年前に野生イネは淮河流域まで進出してい

表4 龍虬庄遺跡各土層から検出されたイネ科植物の機動細胞に由来する  
 プラント・オパールの量より推定された地上部乾物重 (t/a・cm)

Table 4. Production (t/a・cm) of dry matter of some Gramineae plants estimated from the amount of motor cell plant opals detected from soil layers in Longqiuzhuang site

| 土層<br>Soil layer | イネ科植物 Gramineae plant |           |                    |             |
|------------------|-----------------------|-----------|--------------------|-------------|
|                  | ヨシ Reed               | タケ Bamboo | ヒエ Barnyard millet | ススキ Eulalia |
| 4                | 1.23                  | 0.34      | 2.16               | 1.10        |
| 5                | 1.30                  | 0.18      | 4.56               | 0.70        |
| 6                | 1.10                  | 0.15      | 3.89               | 0.99        |
| 7                | 1.51                  | 0         | 0                  | 0.54        |
| 8                | 0                     | 0         | 0                  | 0           |
| 9                | 0                     | 0         | 0                  | 0           |

表5 龍虬庄遺跡各土層から検出された各種プラント・オパールの分類結果

Table 5. Amount of different types of plant opals detected from soil layers in Longqiuzhuang site

| 土層<br>Soil layer | プラント・オパールの種類 Type of plant opal |     |    |    |     |     |     | 合計   |
|------------------|---------------------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|------|
|                  | 棒型                              | 棘棒型 | 針型 | 尖型 | 板型  | 扇型  | その他 |      |
| 4                | 554                             | 25  | 11 | 11 | 157 | 116 | 243 | 1116 |
| 5                | 196                             | 11  | 21 | 6  | 51  | 48  | 142 | 475  |
| 6                | 306                             | 14  | 14 | 5  | 49  | 45  | 164 | 597  |
| 7                | 261                             | 2   | 11 | 4  | 15  | 41  | 71  | 406  |
| 8                | 24                              | 0   | 11 | 0  | 0   | 6   | 14  | 56   |
| 9                | 3                               | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 5   | 8    |

たとえられるが、本研究のプラント・オパール分析の結果からみると、第8層から検出された各種プラント・オパールの量がきわめて少なく、とくに野生イネと同じ生育環境を要するヨシやヒエなどイネ科植物の機動細胞に由来するプラント・オパールが検出されなかった。また、顕微鏡での観察によると、第8層から検出されたイネの機動細胞プラント・オパールの形が典型的で、輪郭がはっきりしていた。とくに、裏面（プラント・オパールの弓形面）の亀甲状模様が発達し、明瞭であった（写真1）。一方、野生イネの機動細胞に由来するプラント・オパールの判定はまだできないが、野生イネの葉から抽出した機動細胞珪酸体を観察すると、形が不規則で、輪郭がはっきりしない。とくに、裏面の亀甲状模様があまり発達していなくて粗雑である。それを考えると、第8層から検出されたイネのプラント・オパールは栽培イネのプラント・オパールとよく似ていた。それに、第8層から出土した炭化米も栽培イネの特徴を持っていると報告されている（張・湯 1996；湯ら 1996）。以上のことから、第8層から検出されたイネのプラント・オパールは野生イネではなく、栽培イネに由来するものと考えられる。つまり、龍虬庄遺跡周辺の稲作は第8層の堆積時期から始まったと推測される。また、第8層の下は無遺物層であることから、第8層の堆積時期から始まった稲作は当該遺跡以外の他の場所から伝来してきたものと推定される。このことは、これまで江淮東部における海進による古地形の変化や古代文明の興亡の調査結果（楊 1985；張・湯 1996）とも一致している。全新世の海面変化および海進年代の研究によると、江淮東部の最大海進は約7000年前に起きた。つまり、7000年

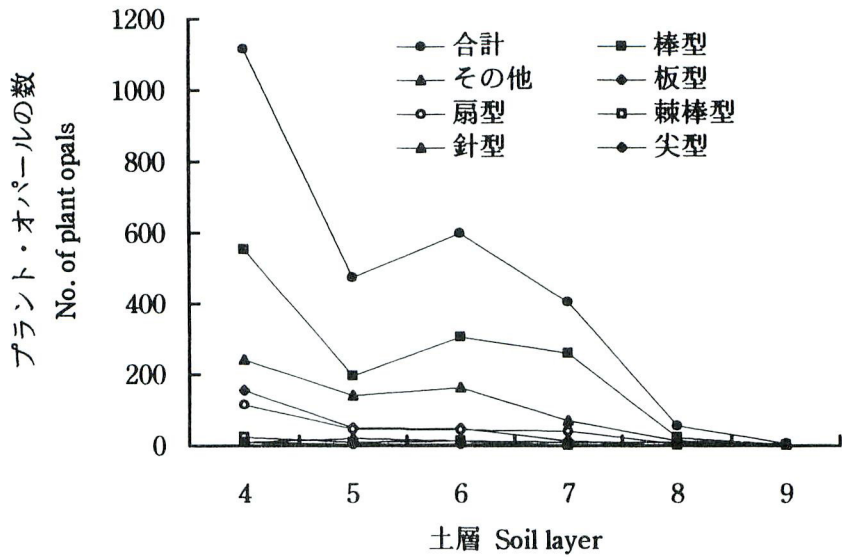


図8 龍虬庄遺跡各土層から検出された各種プラント・オパールの消長  
 Fig. 8 The growth and decline of plant opals for different types from soil layers in Longqiuzhuang site

前江淮東部はまだ海であった。これまでの考古学的調査の結果からみても、江淮東部には7000年前より古い遺跡はまだ発見されていない。

## 5-2 龍虬庄遺跡の稲作の発展について

プラント・オパール定量分析の結果、第8層から第4層まですべての土層からイネのプラント・オパールが検出された。この結果から、龍虬庄遺跡周辺の稲作は7000年前から始まっており、5500年前までの1500年間連続的にイネを栽培していたことが分かる。また、検出されたイネプラント・オパールの量が下層から上層に向かって次第に増加していることから、1500年間において当該遺跡周辺の稲作が持続的に安定したスピードで発展していたことが窺われる。プラント・オパールの量より推定したイネの地上部乾物重および籾重の変化からみると、1500年間の稲作の発展は3段階に分けることができる。第8層は第一段階であり、イネの生産量はかなり低い時期であった。第7層から第5層までは第二段階であり、生産量が安定したスピードで増加する時期であった。第4層は第三段階であり、生産量が飛躍的に増加する時期であった。この稲作の発展過程は、龍虬庄遺跡の古代人の栽培技術の向上および原始イネの性質的向上、つまり、文化としての稲作および植物としてのイネの進化の両方を反映するものと考えられる。第8層の堆積時期は、移転してきた古代の人達が持ってきたイネを初めてこの地で栽培し、変わった生育環境と粗放的な栽培技術のため、イネの生育が良くなかったと予想される。第7層の堆積時期になってから、やがてイネの生育環境が次第に改善され、栽培技術も向上した。その一方、各土層から検出されたイネ機動細胞プラント・オパールの形状およびその

変動係数の変化から、原始イネを栽培することによって、少しずつ人工栽培に適応する性質（例えば、耐倒伏性、大型穂、低脱粒性、無芒、大粒等）に移り変わってきたと推察される。栽培技術の改善とイネ植物自らの進化をあわせた結果、イネの生産量が次第に高くなった。しかし、文化としての稲作の発展と植物としてのイネの進化はゆっくりと進むものであり、長い年月を要する。したがって、イネの生産量は第7層の $0.19t/a \cdot cm$ から第5層の $0.45t/a \cdot cm$ まで増加するにはかなり長い時間がかかった。この長い年月の進化を重ねることにより、第4層の堆積時期になって原始的イネはついに質的に変化し、また、栽培技術もかなり成熟したことで、イネの生産量が飛躍的に増加し、第5層の2倍以上になった。以上の推察からみると、龍虬庄遺跡周辺の稲作は第8層の堆積時期から始まったものの、第5層の堆積時期に至るまでは原始イネから栽培イネに移行する期間に当たり、原始的な栽培イネの段階であると思われる。第4層の堆積時期から、栽培イネの初期段階に入る。この稲作の発展は張・湯（1996）が報告した同遺跡から出土した炭化米の籾型の変遷とも一致している。

### 5-3 龍虬庄遺跡で栽培されたイネの亜種について

各土層から検出されたイネプラント・オパール形状による亜種判別の結果は、いずれも *japonica* であった。この結果から、7000年前から5500年前までの1500年間、龍虬庄遺跡周辺では *japonica* のイネが中心的に栽培されていたと推測される。各土層の判別得点は0.52~2.64にわたっており、第8層は最も小さく、第4層は最も大きく、下層から上層に向かって次第に増大する傾向が明瞭であった。判別得点の変化は上述イネの進化過程とも一致している。また、太湖地域の在来粳稻 (*japonica* に相当) 26系統に由来する機動細胞珪酸体と比較した結果、龍虬庄遺跡のイネプラント・オパールは在来粳稻と違って、縦長、側長および  $b/a$  はより大きかった。さらに、草鞋山遺跡から検出された馬家浜文化期（約6000年前）のイネプラント・オパールと比べた結果、龍虬庄遺跡、とくにほぼ同時期の第5、6層のイネプラント・オパールが、草鞋山遺跡のイネプラント・オパールとよく似ていた。しかし、両遺跡のイネが同一起源かどうかについては今後の課題として残しておきたい。

### 5-4 龍虬庄遺跡の稲作環境について

龍虬庄遺跡の所在する江淮東部地域は、長江以北、淮河以南、京杭運河以東の平野である。古地形の研究によると、江淮東部はもともと浅い海湾であった。淮河デルタおよび長江デルタの拡大につれ、両デルタはつながり、浅い皿状の平野になった。そのため、江淮東部は地形が低く、標高は5mを越えない。また、東側は黄海南部に臨んでいるため、海面の変化によく影響されるところである。したがって、古代の人達はこの地域での生活や農耕活動などが海面の変化に制約されていたことが推測される。全新世の海面変化と海進年代の研究によると、全新世の最大海進は7000年前にあった。当時、江淮地域の海岸は今よりずっと西側にあつて、最西端は京杭運河の西側にある高郵湖と宝応湖の西岸まで至った。また、全新世の最高海面は5500年前頃にあった。したがって、江淮流域は阜寧から

海安までの南北ラインを境にして東側は浅い海相堆積であり、西側には沼沢相堆積であった（趙 1984；楊ら 1985；盧 1985）。考古学的調査の結果によると、江淮東部の原始的な文化は B.P. 7000 年から始まり、B.P. 6300～5500 年の間に発展し、B.P. 5500～5000 年の間に衰亡したとされている（張・湯 1996）。

花粉分析、動物骨格および堆積相の研究によると、B.P. 7000～5000 年の間、江淮東部は河や湖が多く、沼沢に恵まれる低湿地であった。気候は暖かく、年平均気温は今より 2～3℃ も高く、温帯と亜熱帯の間にあたる気候であった。当時の植物および動物からみた当該地域の生態環境は湖に挟まれた草原にわずかな樹林の混じり込む景観であった（張・湯 1996）。この環境はイネの生育によく適合する。

今回のプラント・オパール分析の結果からも、龍虬庄遺跡周辺は稲作によく恵まれた環境であったと推測される。表 5 の結果によると、第 8 層では、各種植物のプラント・オパールが少ないが、第 7 層から多くなり、第 6 層まで増え続けた。これはこの時期の環境が植物の生育によく適合していることを示唆する。第 5 層のプラント・オパールの量は少し減っていたが、第 7 層よりは多かった。第 4 層では、また急速に増加している。このことは、第 5 層の堆積時期に植物生育に何か不利な気候変化が起きたかもしれないが、第 4 層の堆積時期になってその影響が回復された可能性を示す。第 8 層から第 4 層まで各植物のプラント・オパールの量が増え続けることから、B.P. 7000～5500 年の間に龍虬庄遺跡周辺は温暖多湿な気候環境であったことが窺われる。また、棒型、板型および扇型のプラント・オパールが多いことから、当時生育していた植物に草本植物が多いことも推測される。

また、低湿地環境に適応するヨシおよび微高地環境に適応するタケヤススキのプラント・オパールの量からみると、第 8 層にはヨシのプラント・オパールが検出されず、それ以降の土層から検出された量も少なかった。これは当該遺跡の所在地が当時河や湖のすぐ近くにある低湿地ではなかったことを示す。また、各土層から検出されたタケヤススキのプラント・オパールも少なかったことから、遺跡の所在地が必ずしも乾燥状態でなかったことが推測される。これらの結果から、当時龍虬庄遺跡の人達は河や湖などの水源のある平坦地を利用して稲作を始めたと考えられる。

## 6. 要 約

龍虬庄遺跡は中国・江蘇省の高郵市（北緯 32° 50′）に位置する新石器時代（B.P. 7000 年）の遺跡であり、これまで江淮東部地域で発見された遺跡の中で最も古い遺跡である。当該遺跡は 1970 年代初頭に発見され、1993～1995 年に 4 回の発掘が行われた。その結果、遺跡の文化層として、無遺物層の生土を除く 8 つの層が確認され、4 層から 8 層までが新石器時代（B.P. 7000～5500 年）の文化層であることが分かった。本研究は、1995 年の発掘調査でこれらの文化層から採取した土壌試料のプラント・オパール定量分析および形状解析結果について報告し、当該遺跡周辺における稲作の開始や発展およびその古環境について検討した。

プラント・オパール定量分析の結果、各土層からイネのプラント・オパールが多量に検出された。また、その量は時代が進むにつれて次第に増加しており、とくに第4層のイネ生産量が高く、第8層の18倍近くにも達した。この結果とこれまでの考古学的結果などを考えあわせると、龍虬庄遺跡周辺では、B.P. 7000年から稲作が始まり、B.P. 5000年までの1500年間イネが継続的に栽培されていたと推測された。また、各土層のイネ生産量およびその増加スピードから当該遺跡の稲作はかなり長い原始的な稲作段階を経て、B.P. 5500年ごろになってようやく栽培イネの初期段階にたどりついたと推測された。プラント・オパールの形状解析結果から、当該遺跡で栽培されていたイネは主に *japonica* であったと判別された。また、中国太湖流域の在来粳稻 (*japonica* に相当) の機動細胞珪酸体形状と比べた結果、龍虬庄遺跡のプラント・オパールは縦長と側長が大きいとともに  $b/a$  も大きく、草鞋山遺跡から検出された B.P. 6000年のイネプラント・オパールとよく似ていたことが明らかになった。これらの結果は、今後江淮東部地域ひいては中国における稲作起源と伝播において重要な意義をもつものと考えられる。

## 謝 辞

本研究のプラント・オパール形状解析を遂行するにあたり、文部省より科学研究費補助金をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 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 (1994) 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. 考古学と自然科学 30:23-36.
- 王 才林・宇田津徹朗・藤原宏志・佐々木章・湯 陵華 (1994) 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. 考古学と自然科学 30:37-52.
- 王 才林・宇田津徹朗・藤原宏志・鄭 雲飛 (1996) イネの機動細胞珪酸体形状における主成分分析およびその亜種判別への応用. 考古学と自然科学 35:53-71.
- 湯 陵華・張 敏・李 民昌・孫 加祥 (1996) 高郵龍虬庄遺跡の原始稲作について. 作物学報 22:608-612.
- 張 敏 (1995) 高郵龍虬庄遺跡の発掘およびその意義. 東南文化 第4期 (総第110期):95-98.
- 張 敏・湯 陵華 (1996) 江淮東部の原始稲作農業およびそれに関連する問題について. 農業考古 3:106-121.
- 趙 希濤 (1984) 中国海岸変遷研究. 福建科技出版社, 福州.
- 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.

藤原宏志 (1996) 草鞋山遺跡における始源的水田稲作, “稲作起源を探る—中国・草鞋山遺跡における古代水田稲作—” 日本文化財科学会, 80-81.

楊 懷仁 (1985) 中国近 20000 年来的気候波動与海面昇降運動, “第四紀氷川与第四紀地質論文集” 第二輯, 地質出版社.

廬 演壽 (1985) 我国全新世海岸線変遷与新構造活動, “中国第四紀海岸線學術討論会論文集”, 海洋出版社.

## Plant Opal Analysis on Longqiuzhuang Site in Gaoyou City, Jiangsu, China

Cailin WANG<sup>1), 2)</sup>, Min ZHANG<sup>3)</sup>, Tetsuro UDATSU<sup>4)</sup>, Hiroshi Fujiwara<sup>4)</sup>

1) Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, 210014 China

2) JSPS Postdoctoral Fellow, Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Gakuen Kibanadai Nishi 1-1, Miyazaki, 889-2192

3) Archaeological Institute, Nanjing Museum, Nanjing, 210016 China

4) Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Gakuen Kibanadai Nishi 1-1, Miyazaki, 889-2192

Longqiuzhuang site is a site date form New Neolithic Age (B.P.7000) Located in Gaoyou city (N32° 50' ), Jiangsu Province, China. It is an oldest site in the Jianghuai plain found upto date. The site was found in the beginning of the 1970s and excavated for four times during 1993-1995. It was found that there were eight soil layers excluding the “virgin soil” which did not contain any remains or artifacts. The 4th to 8th layers were indentified as belonging to the New Neolithic Age (B.P.7000-5500). This paper reported on the results of plant opal analysis on soil samples collected from the New Neolithic cultural layers of the site in 1995, and discussed the beginning and the development of the rice cultivation and its paleoenvironment around the site.

The quantitative analysis of plant opal detected large amounts of rice plant opals in all the cultural layers, and the amount of rice plant opals increased gradually with the advancing of times, the rice production of the 4th layer estimated from the amount of rice plant opals was especially high, reaching nearly 18 times of that of the 8th layer.

It was supposed that the rice cultivation near Longqiuzhuang site was begun in B.P.7000 and continued for 1500 years to B.P.5500. Also, from the quantity and the increase speed of the rice production in each soil layer, rice cultivation at the site was supposed to have a quite long primitive cultivation period and arrived at the early stage step of cultivated rice finally at the time of B.P.5500. The morphological analysis of plant opal suggested that the rice grown at the site was mainly *japonica*. The plant opals from the site was larger in b/a as well as in vertical length and lateral length, compared with the motor cell silica bodies

of Chinese native *keng* (correspond to *japonica*) rice from Taihu valley, and more like those from Majiabang period (B.P.6000) in Caoxieshan site. These results suggested a great significance for the research on the origin and spread of rice cultivation in the eastern area of Jianghuai plain even in China.