

## 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—

藤原宏志\*・佐々木章\*\*

プラント・オパール分析による最近の調査結果には、現在でも水田の造成されていない高地に立地する台地性遺跡からイネ機動細胞プラント・オパールが多量に検出される例がみられる。これは、わが国における稲作の歴史を水田稲作にしばって考える見方に一考の余地を示唆するものであろう。

アジア大陸部では、現在も焼畑による稲作が行なわれており、この流れがわが国における古代稲作に何らかの影響をおよぼしたことは考えられないであろうか。

わが国における稲作の開始期、渡来経路、稲作様式の問題を解決するためには国外における稲作史との関連を考慮しなければならぬ。

栽培稲の起源については、なお研究の進められている段階であり、その原種、発祥地などについても今後の研究に待つところが大きい。Oryza属植物については東南アジアを中心に22種が記載されており、そのうち栽培されているのは2種である。日本列島には栽培種 (O.sativa) があるだけであり、いわゆる野生稲は存在しない。

小稿では、代表的なOryza属11種についてその機動細胞珪酸体の大きさ・形状を比較・検討した結果について述べる。これは、栽培稲の成立過程、稲作発祥地などに関する研究にプラント・オパール分析法がどの程度寄与しうるかを検討するためである。

O.sativa はもっとも代表的な栽培稲であり、世界的には数万品種、日本でも数千品種が存在するといわれる。機動細胞珪酸体の形状から、これらの品種を分別することは不可能であろうが、生態種、生態型などの品種群についてはどうであろうか？ これは日本稲 (japonica) の成立過程渡来経路に関する研究にプラント・オパール分析を適用しうる可能性について検討するために必要なデータである。

---

\*宮崎大学農学部、宮崎市船塚町3丁目210

\*\* 大分短期大学、大分市千代町三丁目3-8

## 1. *Oryza* 属機動細胞珪酸体の形状

*Oryza* 属22種のうち代表的な11種23系統について、機動細胞珪酸体の形状を比較した。

実験に用いた植物種は第1表に示した。

これらの試料は農林省農業技術研究所生理遺伝部より分譲いただいたものである。

第1表 供試野生稻  
Wild rice (*Oryza*) for materials

<i>O. perennis</i> . . . . .	W 107 (India), W 175 (Thailand), W1185 (Suriname)
<i>O. breviligulata</i> . . . . .	W 049 (Guinea), W 653 (Sierra Leone), W 822 (Sudan)
<i>O. officinalis</i> . . . . .	W1134 (India), W1315 (Philippines)
<i>O. minuta</i> . . . . .	W1318 (Philippines)
<i>O. latifolia</i> . . . . .	W 046 (USDA), W1181 (Panama)
<i>O. grandiglumis</i> . . . . .	W 613 (Brazil), W1195 (Brazil)
<i>O. alta</i> . . . . .	W1147 (India)
<i>O. punctata</i> . . . . .	W 015 (India), W1514 (Kenya)
<i>O. eichingeri</i> . . . . .	W1519 (Uganda), W1522 (Uganda)
<i>O. brachyantha</i> . . . . .	W1057 (Guinea), W1405 (Sierra Leone)
<i>O. glaberrima</i> . . . . .	W 492 (Guinea), C7693 (Sierra Leone), C8534 (Guinea)

### ○ 試料の調整

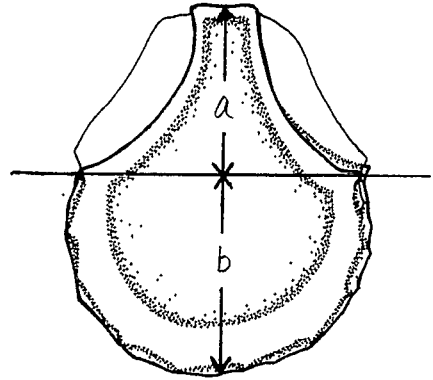
各試料の葉身を電気炉で550°C・6 hrs 加熱し灰化した。灰化試料を硫酸紙に包み軽く磨砕した後、超音波を150 w・15min. 水中照射した。さらに、Stokes 式にもとずく水中沈底法で20~100 $\mu$ の粒子を試料中から分別し、105°C で乾燥した。乾燥試料を光学顕微鏡用プレパラートに封入し偏光装置をもちいて観察した。また、走査型電子顕微鏡用プレパラートはガラス板に試料を塗布し、金スパッタリングを施した。この方法によるプレパラートは光学顕微鏡で予備検鏡できるので都合がよい。

### ○ 観察結果

観察結果を整理するため、機動細胞珪酸体の断面を第1図に示めす a, b に区切り、各植物種についてその値を求めた。また、前報で記したように、機動細胞珪酸体の裏面にある紋様は植物種の特徴を表わす基準になる。*O. sativa* の機動細胞珪酸体の裏面部紋様は亀甲状の小斑である。

*O. perennis*: W 107 (India), W175 (Thailand) と W 1185 (Suriname) の 3 系統である。

W 107 は機動細胞珪酸体の発達がよく,  $b/a$  は大きい傾向が認められる。裏面部の紋様は亀甲状の小斑であり, *O. sativa* と極めて近似している。W 175 も機動細胞珪酸体はよく発達し, 裏面部の紋様も亀甲状小斑である。しかし,  $b/a$  は小さい傾向を示し W 107 とは対称的である。W 1185 にはほとんど機動細胞珪酸体が認められなかった。これは採取葉が未熟であったことによるとも考えられ, 今後あらためて検討しなおす必要がある。



第 1 図 機動細胞珪酸体模式図  
Schematic figure of the silica body  
of the motor cell

*O. breviligulate*: W 049 (Guinea), W 653 (Sierra Leone), W 822 (Sudan) の 3 系統である。

W 049 は機動細胞珪酸体の断面形状が不斉一であり  $b/a$  が極めて小さいものがある。裏面部紋様は横縞状である。

W 653 は  $b/a$  は 1.0 に近いが, 裏面部紋様は *O. sativa* より不規則で粗く薄い横縞状である。

W 822 も断面形状不斉一であり裏面部紋様は横縞状である。

*O. officinalis*: W 1139 (India), W 1315 (Philippines) の二系統だけである。

W 1134, W 1315 とともに機動細胞珪酸体の側面突起が未発達であり, 裏面部紋様は縞紋状である。

*O. minuta*: W 1318 (Philippines) の一系統である。

W 1318 は機動細胞珪酸体の発達が悪く十分な形状確認ができなかった。

*O. latifolia*: W 046 (USA), W 1181 (Panama) の二系統である。

W 046, W 1181 とともに機動細胞断面状は不斉一であり, 側面突起が未発達である。裏面部紋様は粗く不斉一である。

*O. gradiglumis*: W 613 (Brazil), W 1195 (Brazil) の二系統である。

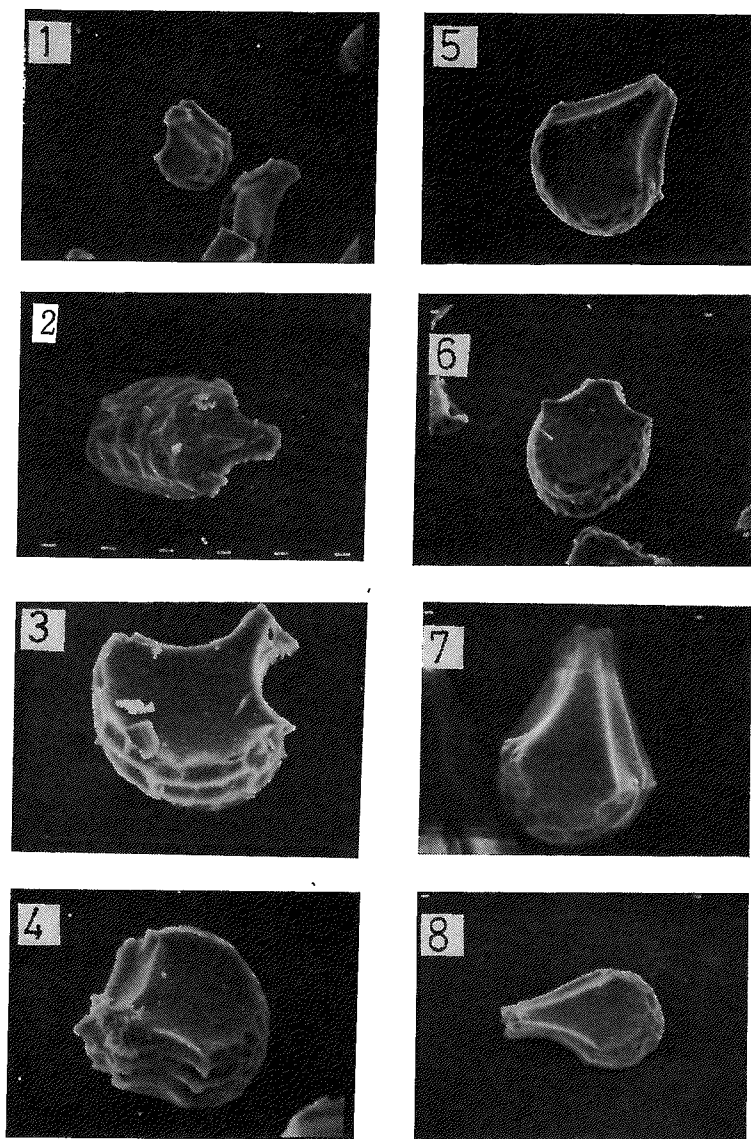
W 613 は断面形状が不斉一であり, 側面突起は未発達, 側長が短い傾向にあり, 裏面部紋様は不規則である。W 1195 には機動細胞珪酸体が認められなかった。

*O. alta*: W 1147 (India) の一系統である。

W 1147 は断面形状が不斉一であり, 裏面部の紋様が大きく深い横縞状である。

*O. punctata*: W 015 (India), W 1514 (Kenya) の二系統である。

W 015, W 1514 とともに機動細胞珪酸体の発達程度が悪く確かな形状を把握できなかった。



図版1 走査型電子顕微鏡による機動細胞珣酸体像

Typical shape of the motor cell observed by scanning microscope

Wild rice		<i>O. sativa</i>	
1. <i>O. officinalis</i>	(W1315) x 1000	5. japonica Norin-22	x1000
2. <i>O. breviligulata</i>	(W 653) x 2000	6. indica IR-8	x1000
3. <i>O. glaberrima</i>	(W 492) x 2000	7. Shen	x1000
4. <i>O. perennis</i>	(W 107) x 2000	8. Aka-Mai	x1000

*O. eichingeri*: W 1519 (Uganda), W 1522 (Uganda) の二系統である。

W 1519, W 1522 とも断面形状が不齊一であり裏面部紋様は粗く不規則である。

*O. branchyantha*: W 1057 (Guinea), W 1405 (Sierra Leone) の二系統である。

W 1057, W 1405 ともに機動細胞珪酸体の発達はよく,  $b/a$  はやや大きい傾向にある。裏面部紋様は深く横縞状である。

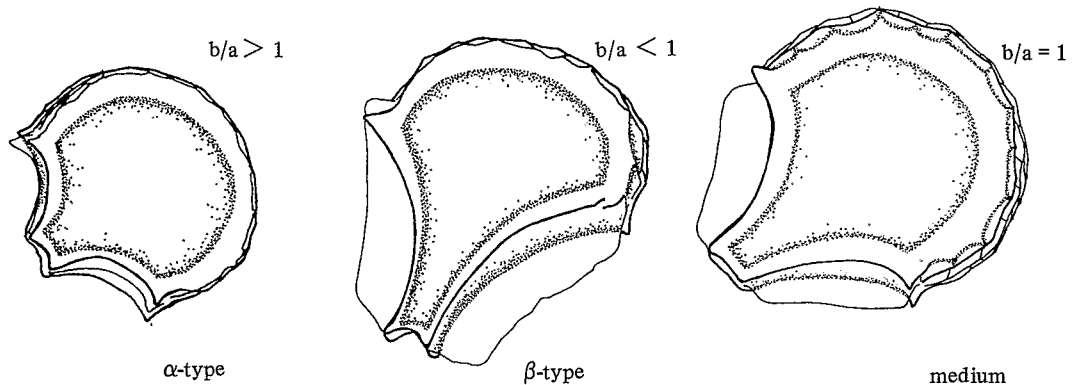
*O. glaberrima*: W 492 (Guinea), C 7693 (Sierra Leone), C 8534 (Guinea) の三系統である。

W 492 と C 8534 はともに Guinea 産であり, 前者は野生型, 後者は栽培型である。Oryza 属で栽培されているのは *sativa* 以外にはこの種だけである。W 492 と C 8534 はともに断面形状が不齊一であり, 裏面部紋様も浅く不規則である。両者を分別することは難しい。C 7693 は裏面部紋様が深く横縞状である。

*O. sativa*: 栽培稲であり, 次項で詳論する。

#### ○ 野生稲の断面形状

野生稲の機動細胞珪酸体の断面形状は不齊一なものが多いが, その中で代表的なもの数種について  $a$ ,  $b$  値を計測し第 2 図に栽培稲の値とともに示した。図でわかるとおり, 野生稲は相互にばらつく傾向はあるが,  $a$ ,  $b$  値では画然と分別することができる。



第 2 図  $\alpha$ 型および $\beta$ 型の模式図  
Schematic pattern of the  $\alpha$ -type and the  $\beta$ -type

#### ○ 走査型電顕による機動細胞珪酸体の比較

偏光装置をもちいても, 光学顕微鏡では焦点深度が浅く珪酸体の立方的形状を正確に把握することは難しい。走査型電子顕微鏡では焦点深度の深い鮮明な像をうることができ珪酸体の形状を比較

・検討するのに都合がよい。図版に代表的な野生稲の機動細胞珪酸体を示した。

以上の結果を総合すると、*Oryza*属植物の機動細胞珪酸体は比較的良好に発達しているが、その形状は不齊なものが多い。今回の実験では試料の数・量も限られており、各種の機動細胞珪酸体の形状を詳細に観察するにはいたらなかった。しかし、供試11種野生稲の中で、*O. sativa*と近似した機動細胞珪酸体を持つものは*O. perennis*だけであり、他の10種は断面形状、裏面部紋様が*O. sativa*と異なり、これと分別できる見通しを得ることができた。

## 2. *O. sativa* L. における機動細胞珪酸体の品種間差

栽培稲 (*O. sativa*) は盛永の分類によると、生態種として、aman, aus, bulu さらに japonica の四群に大別されている。通常 japonica に対して indica と呼ばれるのは aman, aus, bulu の総称である。

わが国に最初に渡来したイネが japonica であったか？ indica であったか？ はよく論議されるところである。

イネの機動細胞珪酸体が各生態種により異なれば、プラント・オパール分析により、わが国への渡来生態種を知ること、各時代における生態種の消長など明らかにする展望を拓くことができるであろう。

小稿では①わが国現存品種群における機動細胞珪酸体の特徴、②わが国在来の古いイネ品種および赤米における同珪酸体の特徴、③外国稲品種群における同珪酸体の特徴などを調べ、この問題へのアプローチにしたい。

### ○ イネ機動細胞珪酸体における $\alpha$ 型、 $\beta$ 型

栽培稲機動細胞珪酸体の形状を偏光顕微鏡・走査型電顕で観察した。裏面部の紋様についてはとくに差異が認められなかったが、断面形状に品種による違いが認められた。

断面形状の差異を量的に表現するため、図1に示したa, b値をもちいることにする。

すなわち、 $b/a$ が1より大きな値を示すものを $\alpha$ 型、1より小さな値を示すものを $\beta$ 型と呼ぶことにする。

各品種の機動細胞珪酸体を観察すると、すべてが $\alpha$ 型もしくは $\beta$ 型というものはないが $\alpha$ 型が相対的に多いものと、逆に $\beta$ 型の多いものがあることがわかった。第2図に典型的な $\alpha$ 型、 $\beta$ 型および中間型の機動細胞珪酸体模式図を示した。

### ○ 供試品種

実験にもちいた品種は日本稲 (japonica) 24品種、外国稲 (foreign rice) 56品種である。

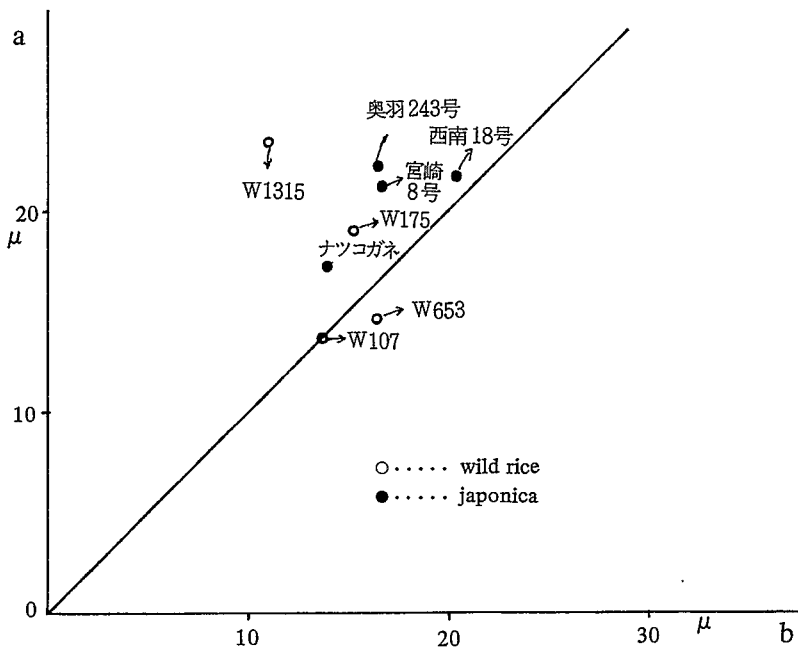
これらの試料は農林省農業技術研究所生理遺伝部、宮崎県農業試験場および宮崎大学附属農場で採取させていただいたものである。

なお、試料の調整法などは前項に記したとうりである。

第2表 供試日本稲品種

Varieties of japonica for materials

No.	Variety	No.	Variety
1	Miyazaki 8	13	Kagura-Mochi
2	Fuji-Minori	14	Koshi-Hikari
3	Natsu-Kogane	15	Fuji-Saka 5
4	Sei-Nan 18	16	Yone-Shiro
5	Ouu 243	17	Sen-Ichi
6	Uzu-Shio	18	Asahi
7	Zui-Hou	19	Shin-Riki
8	Norin 20	20	Kame-no-O
9	Kyoto-Asahi	21	Gin-Boozu
10	San-Inn 170	22	Araki
11	Nihon-Bare	23	Jo-Shu
12	Rikuu 152	24	Some-Wake



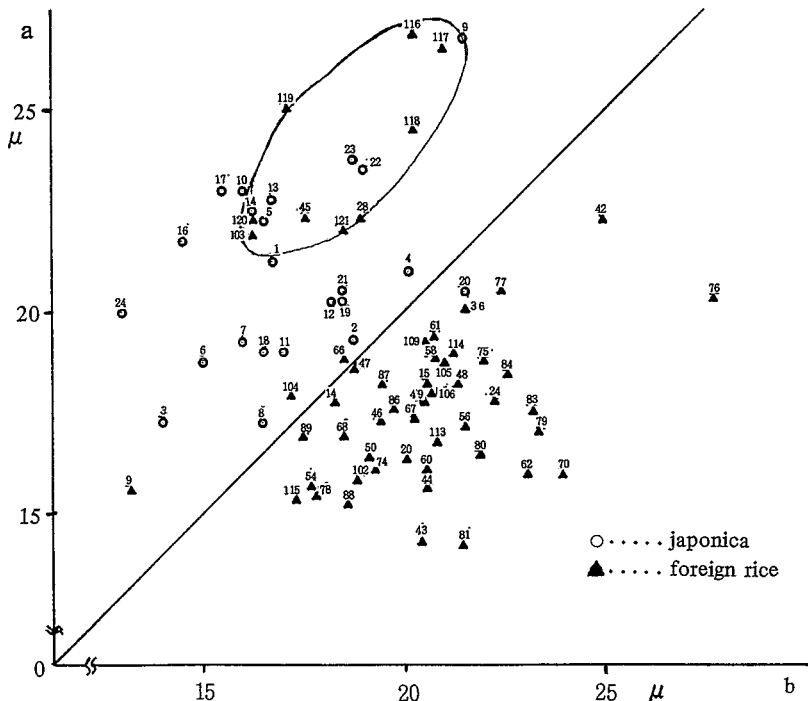
第3図 野生稻と栽培稻における a および b の関係  
Relation between a and b on wild rice and *O.sativa* L.

第3表 供試外國稻品種

Varieties of foreign rice for materials

No.	Variety	No.	Variety
9	PtB 21	75	BG 11-11
14	Tei-Kyaku-Usen	76	BG 34-6
15	IR- 8	77	MI 329
20	IR-30	78	Madayal
24	Tou-Itsu	79	H 105
28	Mitsu-You 15	80	PK 1
36	Sui-Gen 258	81	Over Karruppan
42	I-ri 329	83	Ratna
43	Dewi Tara	84	Cauvery
44	Djelitha	86	Surjamkhi
45	Pala wan	87	Lua-Rong
46	Chiem-Chonk	88	Dikwee
47	Te-Tep	89	Dharial
48	RD 4	102	IR 5494-2
49	RD 5	103	ARC 6650
50	Tangkai Potan	104	MTU 15
54	Tai-Chu 1	105	ADT 3
56	Kano-Sen-Iku 10	106	CO- 22
58	Tapoo-cho 8	109	Ptb 34
60	C-62-1-373	113	LET 5122
61	Pe-Bi-Hun	114	LET 5236
62	Kaoseng-yu 12	115	Malkora A
65	Tadu-kan	116	Chinese rice 1
66	Co 10	117	Chinese rice 2
67	CR 94-13	118	Belle petna
68	SLO 12	119	Shen
70	WC 1253	120	Boro 8
74	Mahadikwee	121	Aka-Mai





第4図 日本稲および外国稲における a および b の関係  
Relation between a and b on japonica and foreign rice.

第4表 生育条件が a および b に及ぼす影響  
Effect of growing conditions on a and b

Variety	Growing conditions	Value
Rikuu 132	in Miyazaki '75	a = 8.5 ± 1.27 b = 7.4 ± 1.71
	in Saitama '77	a = 8.1 ± 1.73 b = 7.3 ± 1.42
Nihon-Bare	in Miyazaki '75	a = 8.7 ± 2.41 b = 6.8 ± 1.48
	in Saitama '77	a = 7.6 ± 1.71 b = 6.4 ± 1.84
Pala-wan	on paddy field	a = 10.8 ± 2.25 b = 8.0 ± 1.7
	on upland field	a = 10.6 ± 3.66 b = 8.6 ± 2.32

### ○ a, b 値におよぼす生育条件の影響

前述の a, b 値がイネの生育条件により影響されるものであれば、恒常的な指数として取り扱うことができなくなる。ここでは、二、三の品種について、生育場所、年次および環境の異なる個体葉を試料にとり、a, b 値の安定性を検討した。第3表は a, b がこれらの条件の違いにかかわらず安定であることを示している。

### ○ 供試品種における a - b の関係

各品種における機動細胞珪酸体の a, b 値を偏光顕微鏡 × 400 で実測した。各品種の値は日本稲の場合、機動細胞珪酸体 10 個、外国稲の場合、同じく 30 個の平均をとった。

日本稲における a, b 値の相対的変異が大きいのは測定個数が少なかったことにもよるものと思われる。

第4図でみられるように、日本稲と外国稲の a - b 関係は明らかに異なった傾向を示した。

わずかの例外を除き日本稲は直線  $a = b$  よりも上方に、また外国稲はその下方に分布している。すなわち日本稲は  $b/a$  が 1 より小さく  $\beta$  型、外国稲は逆に  $\alpha$  型であることを示している。

注目されるのは、外国稲の中でも  $\beta$  型を示めすものが 12 品種あることである。

このうち、MTU-15 と CO-10 は中間に近い値で測定誤差によることも考えられる。

また Ptb-19 は  $\beta$  型ではあるが a, b 値ともに小さく日本稲とは異なるようである。

### ○ 走査型電子顕微鏡による各種機動細胞珪酸体の観察

図版 1 に供試品種のうち典型的な形状を示めす数品種の標本を示した。

## 3. 考察および結論

① 野生稲の機動細胞珪酸体は全体的に変異が大きく形状も不安定な傾向を示した。しかし、*O. perennis* については大きさ・形状とも比較的安定しており、その形状は *O. sativa* に近いものであった。さらに、*O. perennis* (India) と *O. perennis* (Thailand) の  $b/a$  を調べると、前者が 1.06、後者が 0.82 であった。この結果をただちに、栽培稲における  $\alpha$  型・ $\beta$  型と関連づけるのは早計であるが、さらに試料数を増して検討すべきところであろう。

今回実験にもちいた野生稲は 11 種・23 系統であり、記載種の半数である。*O. perennis* にみられるような系統間差についても追究する必要があり、今後、新しい試料の入手につとめ、ひきつづき研究を進めたい。

② 栽培稲 (*O. sativa*) における a - b 関係は *japonica* と *indica* の間にかなりはっきりした違いのあることを示している。日本稲も外来種である以上、外国稲群の中に類似の  $b/a$  を持ったものがあるものと考えられる。Fig. 4 にみられるように、 $\beta$  型に属する外国稲が 12 品種ある。このうち、図中楕円で囲んだ部分に 9 品種の外国稲が含まれる。これらの外国稲はむしろ日本稲より典型的な

$\beta$  型である。この中には秈など中国稲が多く含まれるとともに赤米が入っているのも興味深い。また、この楕円中の日本稲には荒木、上州など古い品種が含まれていることにも注目されよう。

機動細胞珪酸体はイネの極めて部分的な形質であり、その遺伝的特性もまだ明らかにされていない。したがって、これらの結果から安易に日本稲の祖系を論ずることができないことはいうまでもない。今後、試料数を増して検討を進めるとともに遺伝学的検討が加えられる必要があろう。

③ イネ機動細胞珪酸体に亜種間差が認められれば、プラント・オパール分析によりイネ亜種の時代的変遷を追うことができる。

これは現生種の分布で伝播経路を推定する従来の方法よりさらに有効な手法になるであろう。これまで行なったプラント・オパール定性分析結果をもとに、古代稲に由来するプラント・オパールの形状を検討してみることは興味ある課題である。これについては別の機会に論じたい。

#### 謝 辞

本研究に供したイネ試料は農林省農業技術研究所 坂 齊 技官、および京都大学農学部 高村奉樹助教授の厚意により分譲いただいた。ここに厚く謝意を表します。

また、本研究の一部は文部省科学研究費（特定研究（1））の援助を受けた。ここに関係各位への謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 嵐 嘉一（1974）日本赤米考 雄山閣
- 2) Katayama, T. (1963) Wild *Oryza* species of the Philippines, New Guinea, Borneo and Java. *Seiken Zihō* 15: 35~46
- 3) 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 → 2: 54~62
- 4) 藤原宏志（1976）プラント・オパール分析法の基礎的研究（1）考古学と自然科学  
9: 15~29
- 5) 藤原宏志（1978）大山山麓遺跡群のプラント・オパール分析，大山山麓遺跡群調査報告書（鳥取県教育委員会）3: 31~37
- 6) 盛永俊太郎（1957）日本の稲 養賢堂
- 7) 佐々木 高明（1970）熱帯の焼畑 古今書院
- 8) 渡辺 忠世（1977）稲の道 日本放送出版協会

## Fundamental Studies in Plant Opal Analysis (2)

—The shape of the silica bodies of *Oryza*—

Hiroshi FUJIWARA\* and Akira SASAKI\*\*

\* Faculty of Agriculture, Miyazaki University

\*\* Department of Landscape Architecture, Oita Junior College

In the previous paper (Fujiwara, 1976) the author described the silica bodies of the motor cells of *Oryza sativa* L. (*japonica*) and the method for quantitative analysis of the data. The purpose of this paper is to investigate the shapes of the motor cells of wild rice and foreign rice in more detail.

The following results were obtained:

- (1) The shapes of the motor cells of wild rice are irregular and highly variable. On the other hand, the shapes of those of *O.perennis* are similar to those of *O.Sativa*, but it is still difficult to determine whether *O.sativa* derives from *O.perennis*.
- (2) There are distinct differences in the b/a values of *japonica* and *indica*. Those varieties with the b/a values higher than 1.0 are defined as the  $\alpha$  type, and those with values lower than 1.0 are defined as the  $\beta$  type. Most of the varieties of *japonica* belong to the  $\alpha$  type, while those of *indica* belong to the  $\beta$  type. It is interesting that only a few varieties of foreign rice belong to the  $\beta$  type.

The authors are grateful to Dr. Akira Saka and Dr. Yasuki Takamura for providing the samples and the Miss Takako Inoue for her assistance. This research was partially supported by the Scientific Research Found of the Ministry of Education.