Cailin Wang, Tetsuro Udatsu and Hiroshi Fujiwara : Relationship Between the Shape of Silica Body from Motor Cells and Morphological and Physiological Characters of Grain for the Discriminations of *indica* and *japonica* Rice in China (English Summary on p. 66)

中国イネの亜種判別における機動細胞珪酸体形状と籾の形態・生理形質の関係について

王 才林¹⁾・宇田津徹朗²⁾・藤原宏志²⁾

(¹⁾鹿児島大学大学院連合農学研究科, 宮崎市学園木花台西 1-1, 〒 889-21, ²⁾宮崎大学農学部, 宮崎市学園木花台西 1-1, 〒 889-21)

摘 要

イネの機動細胞珪酸体の形状による亜種判別法の遺跡調査における実用性を検討するため, 機動細胞珪酸体形状と従来用いられてきた籾型及び籾の生理形質による亜種判別結果を比較し, それらの関係を調べた。比較の際の基準として, 佐藤らの判別式を用いた。中国各地から集められた在来イネおよび改良イネ 50 品種を供試し, 機動細胞珪酸体の形状(縦長, 横長, 側長, 形状係数)及び籾の形態・生理形質(籾の長さ, 幅, 長幅比, 稈毛長, フェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性)を調査した。判別分析を行った結果, 機動細胞珪酸体形状による亜種判別率は 92 % となった。この判別率は, 籾型 (74 %) より高く, フェノール反応や塩素酸カリ抵抗性とほぼ同じであった。また, 機動細胞珪酸体形状による亜種判別結果と佐藤らの判別式による判別結果の間には高い相関が見られた。これは, 機動細胞珪酸体形状とフェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性などの形質との間に高い相関があるためと推定した。それに, プラント・オパールの残留性や安定性など利点を考え合わせると, 稲作の起源や伝播を研究して行く上で, イネのプラント・オパール形状による亜種判別法はより有効な手法になるものと考ええる。

Key Words : *Oryza sativa*, *indica*, *japonica*, plant opal analysis, discrimination, classification, silica body, grain shape.

緒 言

アジア栽培イネ (*Oryza sativa* L.) は, インディカとジャポニカの 2 つの亜種に大別される。また, その起源は, 両亜種が同じ祖先から分化してきたとする 1 元説と, 異なる祖先から進化してきたとする 2 元説との二つに分けられる。したがって, イネ及び稲作の起源に関する研究を進めて行くためには, 信頼度の高いイネ亜種の分類

・判別法を確立することが極めて有効である。

イネ亜種の分類・判別については, これまで, F_1 稈性による分類法 (加藤ら 1928, Kato 1930, Terao and Mizushima 1939, Morinaga and Kuriyama 1958), 籾型を含む形態形質による分類法 (丁穎 1949, 松尾 1952, Oka 1958, 程侃声ら 1984), アイソザイムパターンによる分類法 (Glaszmann 1987), 数量分析による分類法 (Morishima and Oka 1981, Sato *et al.* 1986, 周匯ら 1988), DNA マーカによる亜種の分類法 (Wang and Tanksley 1989, Tanaka *et al.* 1989, Kadowaki *et al.* 1988) など, 様々な方法が提唱されている。しかし, これらの方法はいずれも現生のイネを対象とするものである。

一方, 遺跡調査の場合, 出土するイネ遺物から直接イネの亜種を判別する方法としては, 従来, 炭化米による籾型判別法だけであった。しかし, 籾型判別法については, 現生イネを対象とした場合でも, その判別率は 60 % 台にすぎないことが報告されている (Morishima and Oka 1981)。また, 炭化米は, 本来, 収獲物であり, 水田から持ち出されたものである。したがって, 炭化米の出土状況から, 調査地域における稲作の有無や生産地の所在を判断することには問題があった。

そこで, 藤原らは, 炭化米にかわるイネ遺物として, イネの葉身にある機動細胞に珪酸が蓄積された植物珪酸体 (機動細胞珪酸体, 以下珪酸体という) に由来するプラント・オパールに着目し, プラント・オパールによる生産地の探査および生産量の推定をする方法—プラント・オパール分析法を確立した (藤原 1976, 藤原・佐々木 1978, 藤原 1979)。珪酸体は, 非晶質の珪酸で構成されているため, 物理的にも化学的にも安定であり, その量は, イネ乾物重 1 g あたり約 7 万個に及ぶ (藤原 1979)。したがって, イネが栽培されていた場所であれば, プラント・オパールは多量に残留し, その検出は容易である。また, 最近の研究では, 珪酸体の大きさや形が, 亜種によって異なることが明らかにされ, 珪酸体形状を利用した亜種判別式による判別率が 80 % 以上であると報告されている (藤原ら 1990, 佐藤ら 1990, Udatsu and Fujiwara 1993, Wang *et al.* 1994)。

しかし, これらの結果はいずれも判別式が導き出され

た試料そのものを判別した結果であり、その実用性を検討するためには、他の試料への適用性を知ることが重要である。特に、栽培イネの原産地候補としての中国のイネに応用する例を加える必要がある。また、粳型による亜種判別法と珣酸体形状による亜種判別法の有効性をさらに確かめるために、同じ試料で両方法による判別結果を比較し、それらの関係を調べる必要がある。一方、比較の際に、インディカ、ジャポニカを定義する標準を統一しなければならない。これまで珣酸体形状による亜種の判別基準には、Sato *et al.* (1986) の判別式を用いた。したがって、珣酸体形状と佐藤らの判別式ならびにそれに含まれている各形質による判別結果との関係も調べる必要がある。

そこで、本研究では、プラント・オパール分析をイネの起源や伝播経路の研究に応用するための基礎的研究として、珣酸体形状による亜種判別法の信頼性を検討した。具体的には、中国のイネ 50 品種を試料として、珣酸体形状による亜種判別法と粳の形態・生理形質による亜種判別法を比較し、それらの関係について検討を行った。

材料および方法

供試試料は、中国各地から集められた在来種 17 品種、改良種 33 品種計 50 品種を用いた。そのうち、籼稻と粳稻は、それぞれ 25 品種ずつであった。

測定を行った形質は、珣酸体形状、粳型、稈毛長、フェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性である。

珣酸体の抽出は、藤原 (1976) の方法にしたがって行った。形状の計測は、珣酸体の 400 倍拡大像を、画像解析装置に投影し、各試料からランダムに抽出した 50 個の珣酸体について、Fig. 1 に示すように、縦長 (Vertical Length, VL), 横長 (Horizontal Length, HL), 側長 (Lateral Length, LL) および a, b の長さを計測し、長さ b を長さ a で割った形状係数 b/a を算出した。

粳型及び稈毛長の測定は、各試料につき完全な粳 10

Fig. 1. Morphological characters of silica body derived from the motor cell of rice.

粒を用い、それらの 25 倍、175 倍の拡大像を画像解析装置に投影して行った。粳型については、粳長 (L) と粳幅 (W) を測定し、長幅比 (L/W) を算出した。稈毛長 (AH) は粳の先端部に着生している折れていない稈毛のうち最も長い 3 本の長さを測定した。各品種の粳型および稈毛長には、10 粒の平均値を用いた。フェノール反応の測定は、1 品種あたり 5 粒の粳を 25 °C の 1.5 % のフェノール水溶液に 24 時間浸漬し、粳の色が褐変したものを“+”，褐変しなかったものを“-”と判定し、それぞれをスコア 1 と 0 とした。また、塩素酸カリ抵抗性の測定は佐藤ら (1990) の方法に従った。1 品種あたり約 10 粒の種子を発芽させ、2 ないし 3 葉令に達したとき、1.5 % の塩素酸カリ液 6 ml を加え、常温 (20~25 °C) で 60 時間置き、その個体の抵抗性をスコア 0, 1, 2 の 3 つに分類した。各品種のスコアの平均値を塩素酸カリ抵抗性の値とした。

以上のように測定した珣酸体形状及び粳の形態・生理形質の値を用い、奥野ら (1976) の方法にしたがって判別分析を行った。それぞれの形質を用いた場合の判別結果について検討を加えた。

結果

1. 供試品種における亜種判別結果

供試試料籼稻と粳稻は、中国においてイネ植物体の様々な外観的形質で分類したものである。そこで、亜種の判別基準を統一するために、Sato *et al.* (1986) の判別式

$$Z(SD) = PR + 1.313KC - 0.82AH - 1.251$$

$$(Z(SD) > 0, indica; Z(SD) \leq 0, japonica)$$

を用い、供試 50 品種の亜種判別を行った。ここで、PR, KC 及び AH はそれぞれフェノール反応、塩素酸カリ抵抗性及び稈毛長を示す。

Table 1. Discrimination of 50 rice varieties using Sato's discriminant function

Type	Hsien	Keng	Total
Indica	24	2	26
Japonica	1	23	24
Total	25	25	50

Fig. 2. Distribution of discriminating scores (Z(SD)) for 50 rice varieties using Sato's discriminant function.

その結果、Table 1 に示すように、籼稲 25 品種は、インディカが 24 品種、ジャポニカが 1 品種と判別され、粳稲 25 品種については、ジャポニカが 23 品種、インディカが 2 品種と判別された。したがって、インディカ、ジャポニカはそれぞれ 26 品種、24 品種となった。

Fig. 2 は、佐藤らの判別式による判別得点の分布図である。インディカと籼、ジャポニカと粳が、ほぼ対応しているものの、必ずしも一致していない。その整合率は 94 % であった。

2. 形質形状による亜種判別結果

佐藤らの判別式で決まったインディカ・ジャポニカを基準にして、それぞれの形質形状での判別分析を行った。その結果を Table 2 に示す。

①珪酸体形状による亜種判別結果

アジア在来稲（インディカ 50 品種、ジャポニカ 47 品種）の珪酸体形状（VL, HL, LL と b/a）から作成した亜種判別式

$$Z(PO) = -0.4947VL + 0.2994HL - 0.1357LL + 3.8154b/a + 8.9567$$

$$(Z(PO) > 0, indica; Z(PO) \leq 0, japonica)$$

を用い、亜種判別を行った。その結果、誤判別された試料は、インディカが 1 品種、ジャポニカが 3 品種となり、判別率は 92 %（誤判別率 8 %）であった。

供試試料について判別得点の分布図を作成したところ、インディカ・ジャポニカの間で、明確なピークの違いを認めた（Fig. 3）。

②粳型による亜種判別結果

粳長、粳幅と長幅比の 3 つの形状値を用いて判別分析を行い、次の判別式を求めた。

$$Z(GS) = 3.9363L - 10.2988W - 9.3318L/W + 24.6436$$

$$(Z(GS) > 0, indica; Z(GS) \leq 0, japonica)$$

判別の結果、誤判別された試料は、インディカが 4 品種、ジャポニカが 9 品種であり、判別率は 74 %（誤判別率 26 %）であった。

供試 50 品種の判別得点の分布図（Fig. 4）を見ると、インディカとジャポニカはかなりの部分が重なっており、珪酸体形状の場合のような明確なピークは認められなかった。

③稈毛長、フェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性による亜種判別結果

稈毛長（AH）、フェノール反応（PR）及び塩素酸カリ抵抗性（KC）による亜種判別式は、それぞれ以下のようになった。

$$Z(AH) = -5.9309AH + 3.1292$$

$$(Z(AH) > 0, indica; Z(AH) \leq 0, japonica)$$

$$Z(PR) = 11.2014PR - 5.3767$$

$$(Z(PR) > 0, indica; Z(PR) \leq 0, japonica)$$

$$Z(KC) = 18.1518KC - 17.9086$$

$$(Z(KC) > 0, indica; Z(KC) \leq 0, japonica)$$

これらの判別式を用いて亜種判別を行った結果、判別率は、それぞれ 76 %, 92 % と 98 % となった。

以上、各種形質による亜種判別の結果を比べると、判

Table 2. Discrimination of 50 rice varieties based on the shape of silica body, grain shape, apiculus hair length, phenol reaction and resistance to $KClO_3$, respectively

Characters used for discrimination	Indica ¹⁾		Japonica ¹⁾		Rate of discrimination (%)
	Indica	Japonica	Indica	Japonica	
Shape of silica body	25	1	3	21	92
Grain shape	22	4	9	15	74
Apiculus hair length	24	2	10	14	76
Phenol reaction	23	3	1	23	92
Resistance to $KClO_3$	25	1	0	24	98

¹⁾ : Classified by Sato's discriminant function.

Fig. 3. Distribution of discriminating scores ($Z(PO)$) for 50 rice varieties based on the shape of the silica body.

Fig. 4. Distribution of discriminating scores ($Z(GS)$) for 50 rice varieties based on the grain shape.

Table 3. Correlation coefficients between discriminating scores based on the shape of silica body (Z (PO)), grain shape (Z (GS)), apiculus hair length (Z (AH)), phenol reaction (Z (PR)), resistance to KClO₃ (Z (KC)) and Sato's discriminant function (Z (SD))

Item	Z (PO)	Z (GS)	Z (AH)	Z (PR)	Z (KC)
Z (GS)	0.383**				
Z (AH)	0.494**	0.422**			
Z (PR)	0.809**	0.534**	0.511**		
Z (KC)	0.789**	0.486**	0.534**	0.739**	
Z (SD)	0.845**	0.549**	0.650**	0.881**	0.961**

** : Significant at 1 % level.

Fig. 5. Relationship between the discriminating scores based on the shape of the silica body (Z(PO)) and those using Sato's discriminant function (Z(SD)) for 50 rice varieties.

Table 4. Correlation coefficients between the 4 characters of silica body (VL, HL, LL, b/a) and the grain shape, apiculus hair length, phenol reaction and resistance to KClO₃

Character	VL	HL	LL	b/a
Length of grain	0.001	0.245	-0.176	0.256
Width of grain	0.089	-0.072	0.223	-0.244
Length/Width	-0.068	0.137	-0.233	0.269
Apiculus hair length	0.222	-0.074	0.382**	-0.466**
Phenol reaction	-0.231	0.289*	-0.523**	0.741**
Resistance to KClO ₃	-0.251	0.199	-0.662**	0.670**

*, **: Significant at 5 % and 1 % level, respectively.

別率の最も高い形質は塩素酸カリ抵抗性 (98 %) であり、つぎに、フェノール反応及び珪酸体形状 (いずれも 92 %) であった。稈毛長及び粒型による判別率は低く、それぞれ 76 % 及び 74 % であった。

④各種形質による亜種判別得点の相関関係

Table 3 は、それぞれの形質による判別得点について相関分析を行った結果である。すべての相関係数は、いずれも 1 % の水準で有意であった。但し、珪酸体形状による判別得点 (Z (PO)) の相関列と粒型による判別得点 (Z (GS)) の相関列を比べると、珪酸体形状の相関列のほうにより高い相関が認められた。特に、フェノール反応、塩素酸カリ抵抗性ならびにそれらを含んだ佐

藤らの判別式による判別得点との相関は、いずれも 0.8 前後の高い相関を示している。

Fig. 5 に、珪酸体形状による判別得点と佐藤らの判別式による判別得点との相関を示す。Fig. 5 を見ると、二つの判別結果が、ほぼ一致していることが分かる。

さらに、この関係をより明らかにするために、珪酸体形状と粒の形態・生理性状との関係を調べた。その結果を Table 4 に示す。珪酸体形状のうち、インディカとジャポニカの判別力の高い側長と b/a は、稈毛長、フェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性との相関が 1 % の水準で有意であった。とくに、フェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性との相関が高かった。

考 察

イネの亜種、いわゆるインディカとジャポニカの分類・判別法については、これまで様々な研究が行われてきたが、提唱・利用されている方法のほとんどは、現生のイネを対象としたものであった。また、その分類・判別基準には、粒あるいは植物体の形態・生理形質が用いられてきた。イネの遺物から、当時栽培されていたイネの亜種を判別する方法としては、従来、炭化米を用いた粒型判別に限られていた。しかし、粒型判別は、現生のイネを対象とした場合でも、その判別率は 60 % 台にすぎないことが報告されている (Morishima and Oka 1981)。

最近では、植物遺体から DNA を取り出しそれを分析することによって種の鑑定や品種の同定をする方法が確立されつつある (佐藤ら 1994)。また、炭化米から抽出された DNA 断片の増幅パターンによる亜種の同定も報告されている (佐藤ら 1995)。しかし、炭化米は、その残留性 (特に残留頻度) に問題があり、稲作が行われていた場所であっても必ずしも出土するとは限らない。それに対し、珪酸体は、物理的、化学的に安定で、条件がよければ、何千年も土中に残留し、その残留密度も極めて高い。土中に残った珪酸体をプラント・オパールというが (Smithson 1956)、環境に対して安定な珪酸体の性質からみると、プラント・オパールの形状はそのまま珪酸体の形状であると考えても差し支えない (佐藤ら 1990)。このように、プラント・オパールは、炭化米にくらべ、イネ遺物として優れた特性を備えている。

本研究では、イネの珪酸体由来するプラント・オパールの形状による亜種判別法の信頼性を検討するために、珪酸体形状と従来用いられてきた粒型及び粒の生理形質による亜種判別結果を比較し、それらの関係を調べた。その結果、珪酸体形状による亜種判別率は 92 % となった。この判別率は、粒型 (74 %) より高く、フェノール反応や塩素酸カリ抵抗性とほぼ同じものである (Table 2)。また、珪酸体形状による亜種判別結果と佐藤らの判別式による判別結果の間には高い相関関係が見られた (Table 3, Fig. 5)。この原因としては、珪酸体形

状とフェノール反応及び塩素酸カリ抵抗性などの形質との間に高い相関があるためと推定される (Table 4). これらの結果から, 炭化米による粳型判別よりもイネのプラント・オパールの形状による判別の方がより確かであるといえる. また, 今後, 稲作の起源や伝播を研究して行く上でも, プラント・オパールを用いた亜種判別法が, より有効な手法となるものと考えられる.

謝 辞

本研究の遂行にあたり琉球大学農学部新城長有博士には原稿の校閲を頂いた. さらに, 塩素酸カリ抵抗性の測定については静岡大学農学部佐藤洋一郎博士から御指導を頂いた. ここに記して感謝の意を表します.

引用文献

- 程 侃声・王 象坤・周 季維・盧 義宣・羅 軍・黄 迺威・劉 光栄 (1984) 雲南稻種資源の総合研究と利用Ⅱ. 亜洲栽培稻分類の再認識. 作物学報 10 (4) : 271-280.
- 丁 穎 (1949) 中国古来粳稻種植栽培及分布之探討与現在栽培稻種分類法預報. 中山大学農芸專刊 (6) : 1-32.
- 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.
- ・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.
- (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 (夜臼期) 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 : 29-42.
- ・佐藤洋一郎・甲斐玉浩明・宇田津徹朗 (1990) プラント・オパール分析 (形状解析法) によるイネ系統の歴史的変遷に関する研究. 考古学雑誌 75 : 349-384.
- Glaszmann, J. C. (1987) Isozymes and classification of Asian rice varieties. Theor. Appl. Genet. 74 (1) : 21-30.
- Kadowaki, K., K. Yazaki, T. Osumi, K. Harada, M. Katsuta and M. Nakagahra (1988) Distribution of mitochondrial plasmid-like DNA in cultivated rice (*Oryza sativa* L.) and its relationship with varietal groups. Theor. Appl. Genet. 76 : 809-814.
- 加藤茂苞・小坂 博・原 史六 (1928) 雜種植物の結実度より見たる稲品種の類縁に就いて. 九州帝大農学芸雑誌 3 : 132-147.
- Kato, S. (1930) On the affinity of cultivated plant, *Oryza sativa* L. J. Dept. Agri., Kyushu Imp. Univ. 2 : 241-276.
- 松尾孝嶺 (1952) 栽培稻に関する種生態学的研究. 農業技術研究所報告 D3 : 1-111.
- Morinaga, T. and H. Kuriyama (1958) Intermediate type of rice in the subcontinent of India and Java. Japan. J. Breed. 7 : 253-259.
- Morishima, H. and H. I. Oka (1981) Phylogenetic differentiation of cultivated rice. XXII. Numerical evaluation of the *Indica-Japonica* differentiation. Japan. J. Breed. 31 : 402-413.
- Oka, H. I. (1958) Intervarietal variation and classification of cultivated rice. Indian J. Genet. 18 : 79-89.
- 奥野忠一・芳賀敏郎・矢島敬二・奥野千恵子・橋本茂司・古河陽子 (1976) 判別分析, “続多変量解析法” 日科技連出版社, 東京. 77-114.
- Sato, Y. I., S. Chitrakon and H. Morishima (1986) The *Indica-Japonica* differentiation of rice cultivars in Thailand and its neighbouring countries. In New Front. Breed. Res. (eds. Nepompeth. B. & Subhadrabandhu. S) Kasetsat Univ. 185-191.
- 佐藤洋一郎・藤原宏志・宇田津徹朗 (1990) イネの indica および japonica の機動細胞にみられる珪酸体の形状及び密度の差異. 育種 40 : 495-504.
- ・陳 文炳・平林涼子 (1994) 植物遺体の DNA フィンガープリンティングによる種の同定, “日本文化財科学会第 11 回大会研究発表要旨集” 日本文化財科学会, 東京. 61-62.
- ・中村郁郎・湯 陵華 (1995) 出土炭化米の DNA 分析 —古代の稲の正確な復元めざして—, “日本文化財科学会第 12 回大会研究発表要旨集” 日本文化財科学会, 奈良. 46-47.
- Smithson, F. (1956) Plant opal in soil. Nature 176 : 107.
- Tanaka, T., M. Kawase, A. Saito, M. Yano, N. Kishimoto, K. Saito, A. Yoshimura, H. Takeda, T. Nagamine, and M. Nakagahra (1989) Intraspecific variation on restriction fragment length polymorphism of nuclear DNA in rice, *Oryza sativa* L. In breeding research : The key to the survival of the earth. 599-602. Org. Commit. 6 th Intl. Congr. SABRAO, Tokyo.
- Terao, H. and U. Mizushima (1939) Some considerations on the classification of *Oryza sativa* L. into two subspecies, so-called '*Japonica*' and '*Indica*'. Japan. J. Bot. 10 : 213-258.
- Udatsu, T. and H. Fujiwara (1993) Application of the discriminant function to subspecies of rice (*Oryza sativa* L.) using the shape of motor cell silica body. Ethnobotany 5 : 107-116.
- Wang, C. L., H. Fujiwara and T. Udatsu (1994) Morphological features of silica bodies from motor cells in local and modern cultivated rice (*Oryza sativa* L.) from China. Ethnobotany 6 : 77-86.
- Wang, Z. Y. and S. D. Tanksley (1989) Restriction fragment length polymorphism in *Oryza sativa* L. Genome 32 : 1113-1118.
- 周 匯・J. C. Glaszmann・程 侃声・施 曉群 (1988) 栽培稻分類方法的比較. 中国水稻科学 2 : 1-7.

Summary

Methods of discrimination of *indica* and *japonica* rice based on the shape of silica body from motor cells in the leaf blade and on morphological and physiological characters of grain were compared, and their relationship was investigated. Fifty Chinese native and improved rice varieties (25 Hsien and 25 Keng) were used. Four morphological characters of silica body from the motor cells (vertical length, VL; horizontal length, HL; lateral length, LL and shape coefficient b/a) (Fig. 1), grain shape (length, L; width, W and their ratio L/W), apiculus hair length (AH), phenol reaction of the hull (PR) and potassium chlorate ($KClO_3$) resistance of seedlings (KC) based on injury scores (0 to 3) were analysed. Based on the above characters of *indica* and *japonica* cultivars defined by Sato's discriminant function ($Z (SD) = PR + 1.313KC - 0.82AH - 1.251$) (Table 1 and Fig. 2), discrimination analysis were carried out, and discriminant functions were developed. Effectiveness of the different functions was compared. The probability of correct discrimination based on the

shape of the silica body was 92% (Table 2 and Fig. 3), a value higher than that based on the grain shape (74%) (Table 2 and Fig. 4), and almost the same as the values based on the phenol reaction (92%) and resistance to $KClO_3$ (98%). The discrimination results based on the shape of the silica body were strongly correlated with those obtained by the Sato's discriminant function (Table 3 and Fig. 5), which may be ascribed to the close relationship between the morphological characters of the silica body and the phenol reaction of the hull and resistance to $KClO_3$ of seedlings (Table 4). For studies of the origin and dissemination of rice due to the stability of plant opal, discrimination of *indica* and *japonica* rice based on the shape of plant opal is more suitable than that based on the shape of carbonized rice.

C. L. Wang¹⁾

T. Udatsu²⁾

H. Fujiwara²⁾

¹⁾The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Miyazaki, 889-21

²⁾Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki, 889-21