

アジア栽培稻の生態型と生態的特性

高橋 成人*

Characters and Differentiation of Ecotypes in Rice, *Oryza sativa* L.

Norindo TAKAHASHI*

From the viewpoint of ecological classification, Linne's species consists of ecospecies, ecotypes and ecophenes. Rice plants are mainly classified into three ecospecies, i.e., *indica*, *japonica* and *javanica*. *Indica* rice, which is mainly grown in South and Southeast Asia, can be classified into several ecotypes, such as aus, aman, boro, and tjereh, based on its morphological, physiological and ecological traits. Although ecotypic differentiation in *japonica* is less obvious than in *indica*, where the progressive improvement of rice cultivars has advanced further, it can be classified into two types, i.e., the northern

and southern groups. The characteristics of *javanica*, which may consist of several ecotypes like Italian, Brazilian, bulu and so on, are also obscure to us.

Bulu, an ecotype of the *javanica* rice grown in the Southeast Asian archipelago, shows intermediate types between *indica* and *japonica* ecospecies in terms of physiological and ecological traits. Further analysis of the characteristics of the bulu ecotype is considered to be indispensable in order to establish a conceptual framework of the ecospecies and ecotypes of rice plants.

はじめに

栽培イネには二つの種がある。その一つは、東南アジアを中心とし、南極大陸を除くすべての大陸のどこかで栽培されている *Oryza sativa* L. であり、他の一つは、アフリカのニジェール川周辺でのみ栽培されている *O. glaberrima* Steud. である。前者が地球上に広く栽培されるに至った理由は、光・温度・水分などのさまざまな環境条件に対応して、特徴のある生態型を成立させた多様性にあるといえよう。ここでは *O. sativa* L. にみられる生態型および生態種について、それらの生態

的特性についてふれる。

I 生態型の概念

「種」は生物分類上の基礎単位であるが、種内変異をもち、複雑な内部構造からなっている。遺伝学的分析方法や、原生地とは異なる生態的条件のもとへの移植実験、あるいは制御環境下での温度・光・水・土壌条件に対する反応性などを調べることによって、種を構成するいくつかの基本単位を明らかにすることができる。

このような分析の結果、同じ種に属するが遺伝的に異なる生態的性質をもつ個体群を、「生態型」とよんでいる。生態型の概念は、1922年 Turesson [1922; 1925] によって提起

* 東北大学名誉教授; 1-17-12, Nankoudai-minami Izumi-shi 981-31, Japan

された。彼は、植物の種が、地理的分布を拡大するにつれて、遺伝的性質を異にする集団に分化し、遺伝子構成、さらには染色体構造までも異なるものを生じていることを指摘した。

このように、一つの種の中にみられる生態型の分化は、種の遺伝的な性質と環境との相互作用によって生じたものであり、生態型の分化がさらに進行すると、亜種を形成し、ついで新しい種がつくり出されてくると考えられる。

Turesson の生態型の概念は、Clausen [1967] によって展開された。生態型は特定の生育環境、例えば気象要因や土壌要因に適応し、さらにその集団を構成している生物相全体にも調和し、あるいは特定の環境変動に対しても耐性をそなえている。そして、生態型のもつ環境反応性は、分類上識別できるような形態的な特徴だけではなく、多くの場合生理・遺伝的なものであると考えられる。

現在、多くの植物は、緯度、高度、乾燥や湿潤などの環境要因によって、海岸型、内陸型、高山型、熱帯型、温帯型、あるいは極地型など、さまざまな生態型に分化しているが、野生ならびに栽培イネもまた、その例外ではない。

生態型の概念を基礎とした生物学的分類と植物の分類についてのリンネの正統分類とを対比すると、生態型は同一種内の他の生態型と遺伝子構成を異にするが、お互いに交雑し、稔性のある雑種をつくる。したがって、これは正統分類のほぼ変種に相当する。

また、生態種は、一つ、またはそれ以上の生態型を含み、他の生態種との雑種は部分的に不稔である。正統分類に対比させると、ほぼ亜種に位置づけられる。

また、生態種が集まり集合種と形成する。異なる集合種の間では、交雑による雑種はできない。正統分類のリンネ種に相当するとい

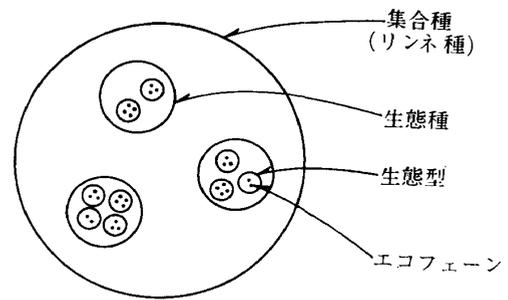


図1 Turesson の概念による、生態型、生態種および集合種の相対的關係

える。生物学的分類としての、生態型、生態種、および集合種などの相互関係を図1に示した。

このような概念規定からみて、栽培イネの中にみられる変異は、どのように位置づけられるであろうか。

II アジアの栽培イネの生態種

磯 [1928] は、日本イネと台湾のイネの間に不稔の生ずることを認め、栽培イネの中に血縁的に著しく異なる系統が含まれていることを示唆した。ついで、加藤・丸山 [1930] は、雑種稔性をはじめ、形態的特性や血清学的研究結果を検討し、栽培イネを *indica* と *japonica* の2群に分類した。この指摘を契機として、栽培イネの二大区分として、*indica* と *japonica* の名称が今日普遍的に用いられることとなった。しかし、Terao and Mizushima [1939] は、多数の外国イネについて検討を加えたところ、*indica* と *japonica* の間には、加藤らの指摘するほど明確に区別しうる関係はなく、むしろ連続的な変異のあることを認めた。彼らはまた、栽培イネの血縁関係における、インドネシアのイネの役割に注目したが、このインドネシアのイネは、のちに議論の対象となる、第3のグループ *javanica* の位置づけに関わるものである。ついで、松尾 [1952] は、多数の栽培イネについて形態的ならびに生態的形質を広範に検討し、A, B,

表1 栽培イネの基本型 A, B, および C (松尾 [1952] より作表)

特 性	A	B	C
1. 種子の形状	短粒形	大粒形	長粒形
2. 第2葉身の長さ	短 い	長 い	長 い
3. 第2葉身と稈との角度	小	小	大
4. 葉 色	濃 緑	淡 緑	淡 緑
5. 組織の硬さ	硬 い	硬 い	軟らかい
6. 止葉と稈との角度	中 間	大	小
7. 穂首節の位置	葉鞘内にかくれる	葉鞘内にかくれる	葉鞘から出る
8. 止葉の形	短い・狭い	長い・幅広	長い・狭い
9. 分けつ数	多 い	少ない	多 い
10. 分けつの状態	直立する	直立する	広がる
11. 葉身の毛	な し	少ない・分散的	あり・濃密
12. 籾の稈毛	あり・濃密	あり・濃密	少ない・分散的
13. 芒	通常なし	通常あり	通常なし
14. 脱粒性	脱粒難	脱粒難	脱粒易
15. 穂 数	多 い	少ない	多 い
16. 穂 長	短 い	長 い	中 間
17. 枝梗数	少ない	多 い	中 間
18. 着粒数	多 い	中 間	中 間
19. 種 重	重 い	重 い	軽 い
20. 草 丈	短 い	高 い	高 い

表2 形質組合せによる品種出現頻度と、それによる分類 (岡 [1953] より引用)

形 質	大陸型品種群	中 間 型 品 種 群	島型品種群
フェノール反応	+ + + -	- - - - - + +	+ + - -
塩素酸カリ抵抗性	- - - -	- - + + + + +	+ + + +
低温抵抗性	- + - -	- + - - + - +	+ + + +
耐 旱 性	+ + + +	- + - - + + +	- - - -
芒 の 有 無	- - + -	- + - + - - -	+ - + -
品種出現頻度	55 9 1 5	1 1 1 2 2 2 1	5 4 30 27

および C の三つのグループに分類した。

表1に、松尾により示された栽培イネの三つの型の特徴を示した。これによると、A, B および C 型の特徴のうち、単独の形質として、とくに3型の判別に容易なものは種子の形状であり、A型は短粒、B型は大粒、C型は長粒として特徴づけられる。最近、種子の形状についての研究は、遺伝的に3型を特徴づけることは困難であるとの異論が出されて

いる [Morishima and Oka 1981]。しかし粒型は、栽培イネを分類するうえでの判別形質として、なおその有効性を失っていない。表中20形質のうち、A型とB型で類似のもの7、B型とC型で類似のもの4、A型とC型で類似性をもつもの3であり、B型はA型とC型の中間的存在といえる。

一方、岡 [1953] は、さまざまな解析法を用いて、栽培イネのもつ個々の形質を判別しその結果を総合的に評価する解析を行なった。

その結果、栽培イネを大きく大陸型と島型に分け、さらに島型を熱帯島型と温帯島型に分けた。表2と表3には、岡によって指摘された大陸型と、二つの島型、熱帯島型と温帯島型の特徴を示した。これらの結果は、岡が栽培イネの分類を目的として多数の形質について調べたものう

ち、とくに判別形質として注目したものについて、品種の出現度を調べた結果である。表2の結果によると、大陸型品種群では、フェノール反応と耐旱性の二つは正の反応を示し、他の3形質については負の結果を示す組合せをもつ品種が他の形質組合せの品種群よりも圧倒的に多い (55/70)。また、中間型品種群に属するものは、特定組合せに集中せず分散しており、島型品種群においては、大陸

表3 島型の栽培イネの形質組合せ (岡 [1953] より引用)

事 項	形質組合せと品種の出現数	計
形 質：		
胚乳アルカリ崩壊度	- - - + + + +	
籾の長/幅比	+ - + + + - -	
第1節間 (中茎胚軸) の長さ	+ + - - + + -	
栽培地域：		71
スンダ, セレベス, フィリピン, 台湾, 中国, 日本における品種出現数	17 7 4 2 7 9 25 熱帯島型 温帯島型	

型品種群とは対照的に、フェノール反応と耐旱性が負の反応を示し、塩素酸カリ (KClO₃) 抵抗性と低温抵抗性が正の反応を示す組合せが主体を占める (57/66)。しかし、この品種群は、さらに芒の有無によって2群に分けられる。芒の有無は、栽培化の程度を示す指標になりうると考えられているが、生態的な栽培条件を考慮するとき、大陸型と島型の品種群を判別するための有効な形質となりうるか

表4 インドネシア栽培イネの2分類

	bulu	tjereh
形態的特性		
1. 芒	あり	通常なし
2. 穂	長い	変異に富む
3. 種子の形状	幅厚・大	通常長い・幅狭い
4. 籾の稃毛	長い	短い
5. 葉身の毛	少ない・粗い	密・柔らかい
6. 葉身の形状	幅広・硬い	狭い・しなやか
7. 分けつ数	少ない	多い
8. 稈	通常太い, 強い, 長い	通常細い, 長さ変異あり
生理・生態的特性		
9. 日長反応性	低い	変異あり: 通常 bulu より強い
10. 開花までの最少日数	長い	変異あり: 通常 bulu より短い
11. 脱粒程度	難	易
12. 倒伏	耐性あり	感受性
13. 不良環境に対する抵抗性	低い	中間
14. 収量	比較的低い	比較的高い

否か、そのもつ機能の面から検討する価値がある。

つまり、岡の調査結果からみると、大陸と島両型を対比したとき、それらを代表する形質組合せは、フェノール反応と耐旱性および塩素酸カリ抵抗性と低温抵抗性が、それぞれ同一反応を示し、かつ前者と後者の反応が大陸型と島型とでは逆の関係を示す傾向が認められる。また、表3は、さらに三つの形質、胚乳組織のアルカリによる崩壊度、籾型、および第1節間 (中茎胚軸, メソコチール) 長について島型品種を調べたものである。これによると、アルカリ崩壊度の強弱によって、島型品種をかなり明確に2群に分けることができるようである。また、この2群について、第1節間長の伸長の長短を考慮すると、熱帯島型は、その大部分が節間長が長くなる性質をもつが (24/28)、温帯島型には第1節間長が伸長し易いものと然らざるものが混在している。

さらに、Oka [1954] は大陸型と島型品種について、特定の検定品種を用いて雑種稔性を調べたが、この結果もまた、大陸型と島型の間はもちろん、島型の中をさらに二つの群に分けうることを報告した。

既述した Terao and Mizushima [1939] および上述の岡 [1953; 1954] の研究を通じて、日本列島・台湾・フィリピン・スンダ列島をつなぐ、いわゆる花さい列島で栽培される稲の類似性と特異性によって、島型の栽培イネは二つの群に分類できることが明らかとなった。そのうち、熱帯島型のイネは、フィリピン・インドネシアを中心とした地

域に栽培されているものである。

一方、Van der Stock [1910] 以来、インドネシアの研究者らは、農民たちが bulu および tjereh とよんでいる栽培イネの二つの地方種について、形態・生理的特性の差や、両者の間の雑種稔性などについて検討を加えてきた。両者の相違は、形態的には籾型・芒の有無、生理・生態的形質としては日長反応性の違いなどによって特徴づけることができるが(表4参照)、他の形質をも考慮するとき、さらに明確に両者を識別できるほど対照的な形質組合せをもつことを示している。今日、数多くの地方種が存在していると推定されるが、その多くは生態型として成立しているものといえよう。

III 栽培イネの六つの生態型

前述したように、栽培イネ *O. sativa* は種内変異に富んでおり、大別して *indica* と *japonica*、あるいは大陸型と島型に分けられ、さらに、異なる複数の特徴のある群に分けることができる。ところで、このように、分類される群の間の相互関連性はどのようなものであろうか。また、生物学的分類からみて、どのように位置づけられるであろうか。このことに関連して、Morinaga [1968] は生態型の概念から栽培イネの分類について論じた。

Morinaga and Kuriyama [1955] は、インド亜大陸で収穫期によって区別される地方種 aus, aman, boro, およびインドネシアの tjereh, bulu, および日本イネについて相互交雑を行い、雑種の稔性を調査して血縁関係を調べた。Morinaga らが用いたインドのイネは、主に東ベンガル地域(バングラデシュ)の、栽培時期を異にするものである。これらの栽培イネは、それぞれ明白に区別するもので、特定の環境条件においてのみ栽培されている生理・生態的な特徴をもち、異な

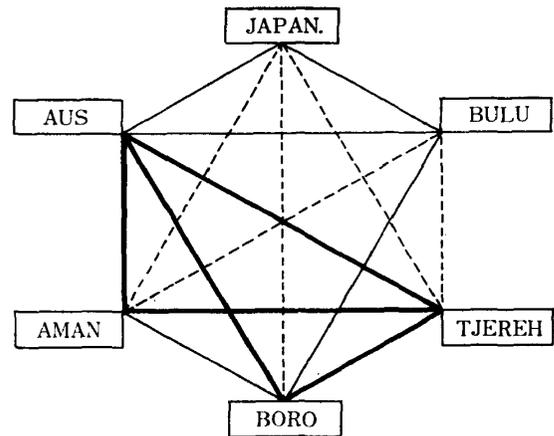


図2 雑種稔性からみた生態型の近縁関係 (Morinaga [1968] より作成)
太い実線は F_1 雑種稔性70%以上, 細い実線は F_1 雑種稔性30~70%, 破線は F_1 雑種稔性30%以下

る生態型のイネとして位置づけうるものである。一方、インドネシアの bulu と tjereh は、赤道直下で栽培され、両者の間では雑種不稔を生じる。また、東ベンガルの生態型との間で、tjereh は親和性が高いが、bulu は aman と boro いずれの間にも雑種不稔を生じ、*indica* には属さない。このような雑種稔性を日本イネを含めた六つの生態型間で示したのが、図2である。図中の太い実線は、両者の間に強い血縁関係がみられるもので、細い実線は、血縁関係がやや薄いと判断されるものである。また破線は、その関係が薄いことを意味している。これらの稔性程度から判断して、生態種 *indica* の中に aus, aman, boro, および tjereh の四つの生態型が含まれていることになる。またここでは、*javanica* とよぶジャワのイネには bulu が、さらに松尾の分類結果を参考にすれば、イタリア・東欧・南米に栽培される大粒種も、これに包括される可能性が強い。また、*japonica* には日本イネのほか、北ベトナムのヌダ (*nuda*) が包括される。なお、南北に長い日本列島に栽培されるイネには、生態的に特性を異にしたものが認められ、生態型として類別できるはずである。しかし現在では、たんに品種の特性と

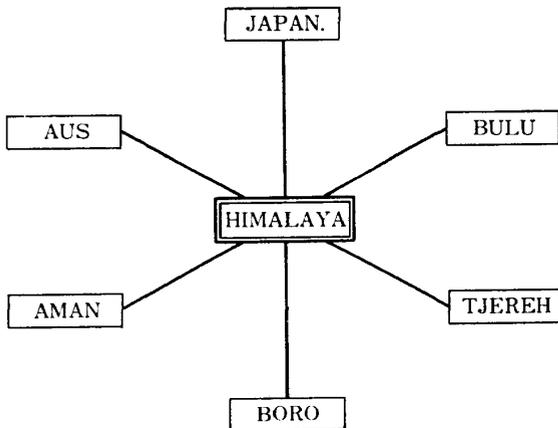


図3 ヒマラヤのイネを中心とした生態型の血縁関係 (Morinaga [1968] より作成) いずれの生態型も、ヒマラヤのイネと64~65%のきわめて類似した雑種稔性を示す。

してのみ取り扱われ、特定の生態型として区別されてはいない。その理由としては、日本ではイネの品種改良が高度に繰り返して行われた結果、特別な地域の環境に特異的に適応したイネの種類を見出すことが困難になったことがあげられよう。

栽培イネの起源に関し Morinaga [1968] は、上述の六つの生態型とヒマラヤのイネ (Sikkim と Darjeeling) との雑種稔性を調べ、ヒマラヤのイネは、他のすべての生態型と同じ程度の雑種稔性をもっていることを見出し、アジアのイネの起源はヒマラヤのイネにあるものと推定した (図3)。この考え方が、栽培イネの起源は山岳地帯であるとする説の最初の理論的な根拠となったものである。ヒマラヤのイネが生存域を拡大するにつれ、地理的隔離にもなって分化し、それぞれの生育地の生態的条件に適応した遺伝子構成を獲得して、新たな生態型が成立したと考えた。そして、生態型間にみられる著しい雑

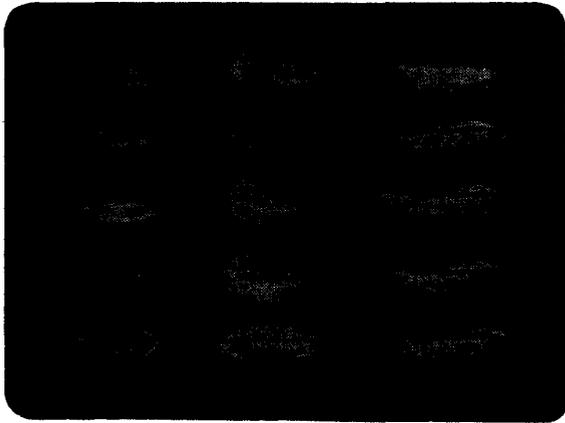
種稔性の違いは、分化の方向の違いによって生じたと論じた。この考えに従えば、aus, aman, boro, tjereh の血縁関係がきわめて深いのは、同じ分化の道程をたどったからといえる。一方、日本イネと bulu は、それぞれ別の分化の過程を歩んだことになり、地理的隔離もともなって、他の生態型とは著しい生殖的隔離が生じたものと考えられるのである。

IV *javanica* の生態型 bulu

indica と *japonica* の区分を、大陸型と島型の区分に対応させることは、厳密には困難であろう。しかし *indica* の多くが大陸型に、また *japonica* の大部分は島型の範疇に入るといえよう。一方、松尾の A・B・C 型の分類は、形態的な特徴を中心に分類し、それぞれのタイプの品種群の地理的分布様式を通じて各型の地域性にふれたものである。A が *japonica*, C が *indica* に相当する。また B は、インドネシアに栽培される bulu に代表される品種群に相当し、ここでは *javanica* として表現する。さらにフィリピン、台湾や中国の一部、黒海沿岸につくられるイネや、イタリア、あるいは南米の一部で栽培されるものなどが、この範疇に入るものと思われる。しかし、B 型の世界的分布については、いまだ詳細な検討は行われていない。表5に加藤らに始まる一連のイネの分類について、各研究者

表5 *japonica*, *javanica*, *indica*——研究者たちの命名の比較——

栽培イネの区分	加藤・丸山 [1930]	Terao and Mizushima [1939]	松尾 [1952]	岡 [1953]	分布の中心
<i>japonica</i> (日本型)	<i>japonica</i>	第I群 (a, b) 第II群 (b)	A	温帯島型	日本, 朝鮮
<i>javanica</i> (ジャワ型)	—	第I群 (c) 第II群 (a)	B	熱帯島型	ジャワ島, スンダ列島
<i>indica</i>	<i>indica</i>	第II群 第III群	C	大陸型	インド亜大陸 インドシナ半島



japonica (短粒) *javanica* (大粒) *indica* (長粒)

写真 *japonica*, *javanica*, *indica* の粒形

の結論を対比した。また写真には、*japonica* (短粒種)、*javanica* (大粒種)、および *indica* (長粒種)を示した。従来、しばしば系統間の判別に用いられ、とくに粳型の特徴を示す粳の長さとの比は、遺伝的に判別できる基準と考えられてきた。長さとの比は、短粒種子で2.1、長粒種子で3.0、大粒種子で2.5が、一応の基準になっている。

表5は、各研究者の解析手法や対象としたイネの系統分類上の表現は違うが、いずれもアジア起源の栽培イネの種内に、*indica*, *japonica*, *javanica* の三つの際立って異なる品種群が存在していることでは一致している。先にも述べたように、*javanica* に関しては *bulu* が他の生態種との間に生殖隔離が部分的に認められ(図2)、生態・生理・形態的にも特徴を示すことから、本報では Turesson の概念に従って生態種として位置づけた。

indica と *japonica* のように、亜種にも相当するほどの違いをもつ品種群の分化は、まず生殖的隔離機構が成立したことにより生じたとする考え方と、品種群の分化の成立にともなって生じた、いわば分化の副産物、すなわち分化の結果の一つの反映であるとの見方があるが、いまだその実体は必ずしも明らかではない。生殖的隔離の機構を明らかにするうえで、*indica* と *japonica* ほどの両極端の差

を示さず、両生態種の中間的存在としての *javanica* の位置づけは、今後さらに検討する必要がある。分化に関する中間的存在の意義について同じような見解が出されている。

従来栽培イネの祖型は、1年生野生イネ (*O. sativa* f. *spontanea*) ではなく、多年生野生イネ (*O. perennis*) であるとの結論が支持されているが、Morishima and Oka [1960] はむしろ1年生と多年生の中間的な性格をもつ野生イネから起源したとの考えを提起している。

栽培植物の分化は、当然のことながら自然科学的研究に加えて、社会科学的検索を必要とする。ときには後者が品種成立に決定的な役割を果たすこともある。この意味で、渡部 [1977] の一連の研究は特筆する価値がある。渡部は、栽培イネの粳型について歴史的な変遷を調べ、イネの伝播の道を追い求めた結果、原始的な栽培イネの存在と栽培化した場所とを推定しているが、この場合も栽培イネの分化は、特定の環境との対応でおきた可能性を示し、栽培植物の進化の過程の重要な側面を指摘した。

javanica の実態はいまだ不明の点が多いが、その代表として *bulu* についての従来の研究、およびわれわれが検討した結果を記述する。

Katayama *et al.* [1982] は、インド亜大陸の生態型 *aus*, *aman*, *boro*, およびインドネシアの *bulu*, *tjereh*, そして日本品種を供試して、酸性フォスファターゼ・アイソザイム、フェノール反応、粒型、種子の吸水速度、メソコチル伸長の高温(40℃)反応性 [Inouye *et al.* 1969], 酸素吸収量などについて比較検討し、*bulu* のもつ諸特性と日本品種との間に高い類似性のあることを報告した。Katayama らは、日本品種の成立に *bulu* の影響を無視できないことを示唆し、*bulu* のもつ遺伝子の日本に伝播するに至った道筋について、ジャワ—フィリピン—台湾—琉球

一日本のルートと、ジャワ—中国大陸—日本の、二つのルートが考えられると述べている。前者のルートは、柳田国男の海上の道であり、今日、イネの日本への伝播のルートとして、考古学的検索も含め一応否定されているものである。また第2のルートをたどったとする根拠も、必ずしも明確ではないが、Chang [1976] もまた、*javanica* (bulu) がフィリピン—台湾—琉球—日本と伝播されたとし、盛永 [1972] もまた bulu が台湾、中国に栽培されていることを指摘している。

これらの研究は、bulu が多くの形質で日本イネに類似し、それらの形質に關与する遺伝子が日本イネの品種形成に一定の役割を果たしたことを示唆している。この知見はまた、角田 [1954] の日本陸稲についての問題提起とも関わるものであろう。角田は陸稲 168 品種、とくにモチを中心とした分類を試み、日本陸稲品種は、日本水稲品種から転用されたウルチとモチ (A 型)、中国渡来の籼系統のウルチに由来するもの (C 型)、および凱旋モチなどフィリピンや台湾の水陸兼用稲あるいは陸稲由来のもの、薬缶などジャワ稲に近いもの (B 型) に分けられることを示唆している。

図4に、北方稲作地帯である日本と韓国のイネの粒形について調査した結果を示す。日本イネ品種の粒形を一応代表する規準として長さ 6.0~7.5 mm、幅 3.0~3.5 mm を与え、長幅比はほぼ 2.1 を中心とする範囲を占めるとすると、日本イネのあるものは明らかにこの範囲外に位置し、大粒種 B 型 (*javanica*)

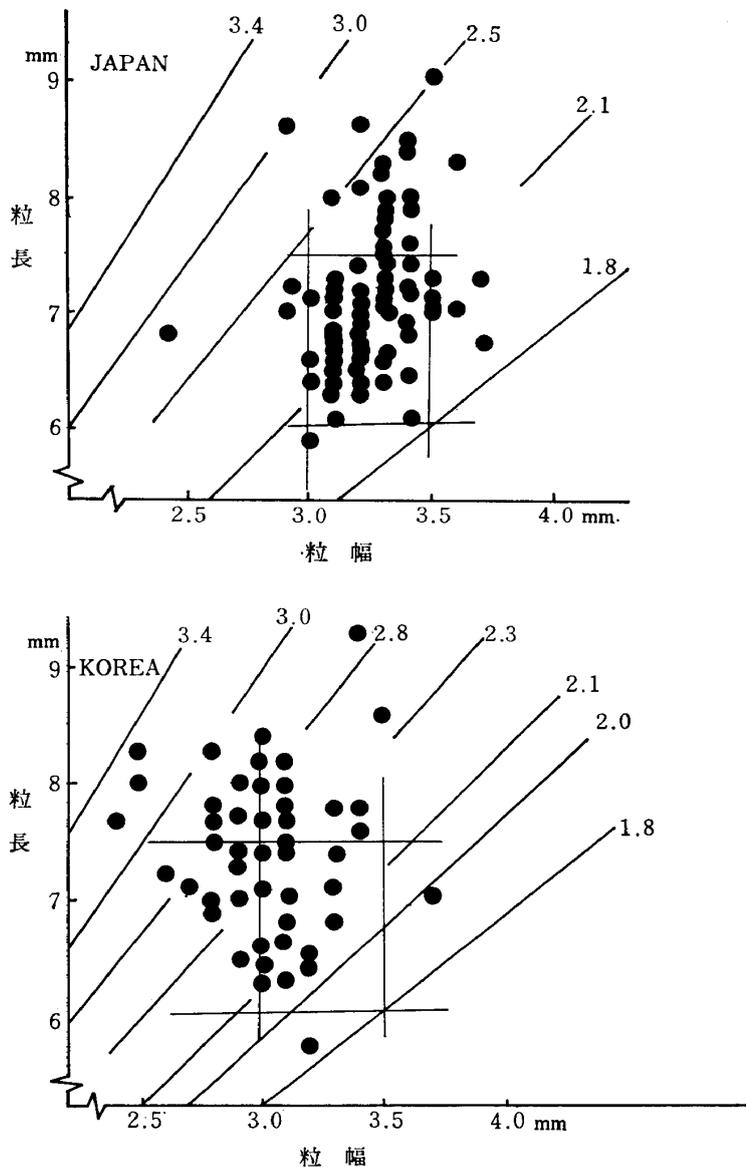


図4 日本および朝鮮半島における粳型の変異

の基準値に近いものの存在することが認められる。また従来、朝鮮半島で栽培されてきたイネ品種は、必ずしも日本型が多いとはいえず、かなりの品種は長・大粒種に偏っていることが推察される。ただし、これらの結果は主として第2次大戦直後までに、日本国内で収集した材料について調べた結果であることを考慮する必要がある。

最近、Morishima and Oka [1981] は、*japonica* と *indica* とを区別する場合、その判別に最も有効な形質は塩素酸カリ抵抗性であ

り、その誤る確率は2.9%であるとした。さらに、これに低温抵抗性と籾に生えている稃毛の長さを考慮すると、1.2%の誤る確率となり、さらにフェノール反応をこれらに加味すると、誤る確率は0.4%となることを指摘した。これに対し、粒形の長幅比に関しては39.0%の確率を示し、長幅比のみでの判定は必ずしも有効ではないことを示唆している。

これらの知見をもとに、われわれは、塩素酸カリ抵抗性と低温抵抗性、ならびに稃毛の程度、フェノール抵抗性について、生態型 bulu の特徴を検討した [上埜ら 1986]。表6は、塩素酸カリ抵抗性と低温抵抗性について調べた結果である。これによると、日本イネと bulu に比べ、indica である aus, aman, boro, および tjereh は、塩素酸カリ抵抗性および低温抵抗性のいずれも低い。日本イネと bulu との間では、塩素酸カリ抵抗性は bulu が日本イネより大きく、低温抵抗性については逆に日本イネが bulu より大きい傾向が認められ、いずれの場合も両者間に有意な差異を示すものであった。

さらに、塩素酸カリ抵抗性とフェノール反応、および稃毛の長さについて比較検討した

表6 イネ生態型の塩素酸カリ抵抗性と低温抵抗性

生態型	塩素酸カリ抵抗性 ¹⁾	低温抵抗性 ²⁾
日本イネ	63.4	0.77
bulu	82.9	0.50
aus	36.0	0.19
aman	41.6	0.28
boro	28.7	0.26
tjereh	32.7	0.13

- 1) KClO₃ 0% (蒸留水) 区における地上部の長さを1.00とし、KClO₃ 0.1% 区に対する比率で抵抗性程度を示した。
- 2) 幼苗 (第2葉期) に15℃低温処理し、新葉の抽出液を波長 650 nm で測定、クロロフィル形成阻害程度によって低温抵抗性の程度を示した。

結果を表7に示す。この場合で javanica に陸稻的性格が内存されている可能性から、日本イネ品種については、水稻と陸稻に区分して調べた。その結果、bulu の塩素酸カリ抵抗性は日本陸稻に類似し、フェノール反応は日本水稻と同様で、稃毛の長さについては日本水稻に近い性質を示した。しかし、これらの結果から bulu の位置づけを論ずることはなお困難と思われる。

また、Morishima and Oka [1981] は、単一形質で indica と japonica を判別することは困難であることを指摘するとともに、形質を組合せた判別函数を用いた場合に、分類の有効性が高まることを示唆した。さらに雑種稔性は、indica と japonica の分類には役立たないことに言及しているが、これは Terao and Mizushima [1939] の結論とも関連して注目に値する見解であろう。

しかし、上記判別にとりあげた形質やその具体的内容にも、今後検討を加える必要がある。例えば低温抵抗性については、Morishima and Oka [1981] は発芽種子を低温に遭遇させたのち、生死の判別を行う方法をとっているが、イネの低温抵抗性は、この手法だけで判別することはできない。

低温抵抗性については、低温発芽性をはじめ

表7 イネ生態型間にみられる特徴

生態型	塩素酸カリ抵抗性 ¹⁾	フェノール反応 ²⁾	稃毛の長さ ³⁾
日本水稻	69.3	0.00	0.82
日本陸稻	88.1	0.80	0.46
bulu	82.6	0.00	0.72
aus	21.2	0.40	0.45
aman	28.3	0.86	0.44
boro	33.0	1.00	0.48

- 1) 表6に同じ。
- 2) 1.5% フェノールに浸漬し、溶液の着色程度により判定。着色したもの1., 無色のもの0とし、使用品種の平均値で示す。
- 3) 稃毛の長さは、最も長いものの mm で示す。

め、低温によるクロロシスの発現、幼穂形成期における低温耐性など、*indica* と *japonica* の差を判定するための手段は複数存在する。これらの手段は、生態種の内部を構成する生態型の違いを判別する有効な手段ともなる。例えば、*indica* の中でも boro にみられる低温発芽耐性、*javanica* の生態型 bulu に認められる高い低温クロロシス耐性などがその例である。bulu のもつ低温耐性は、インドネシアの山岳地帯で栽培されることと関連性があるろうし、また boro の低温発芽性は、このイネがインド亜大陸のアッサム・ベンガル地帯で、冬期に栽培される生態型であることと関わりがあるろう。

V おわりに

イネの分類については、前世紀後半にすでに始まり、今世紀に入り多くの研究者によって検討されてきた。栽培イネの分類については、磯 [1928] や加藤・丸山 [1930] 以来、わが国をはじめ諸外国において研究され、一部に異なる考え方も出されているが、大別して *indica*, *japonica* の 2 群に区分されることに意見が一致している。

一方、松尾 [1952] は形態・生理・生態的研究の結果から、上記 2 群の中間型の存在に注目し、A, B, および C の 3 群に区分する考えを提起した。この観点に立つものとして *indica*, *japonica* の中間型として、*javanica* を位置づけることが一部で主張されている。著者もまた、この立場をとっている。

javanica の存在を重視するのは、低温耐性が他の *indica* より明らかに強く、陸稻的性格が強い、また *indica* と *japonica* とを区別するために、重要な判別形質として考えられている塩素酸カリ抵抗性が、*javanica* は他の二つの生態種と比べ有意に大きいなどの特性を示すためである。その代表として生態型 bulu

をあげることができよう。

また、種内分化の視点からみて、*javanica* の存在について、次の課題が注目されよう。

栽培イネの生態型や生態種は、*O. sativa* というリンネ種に種内変異を生じ、生存域の拡大にとまなう、自然ならびに社会的環境の変化に対応して成立したものと推定される。この場合、まず生態型が成立し、さらに分化が進行し、著しい形質組合せの偏りを生じ、一部に生殖的隔離まで惹きおこした結果、生態種が成立したとする考え方と、栽培イネの場合にはこれと異なり、まず *indica* と *japonica* の分化が生じ、生態種形成への道程を選択したのち、生態型の分化を生じたとする考え方とがある。しかし、これら二つの考え方について、いまだ結論は出ていない。

いずれの視点からみても、*javanica* とその生態型 bulu とは、これらの課題を解決するうえで、きわめて興味ある存在と考えられる。

引用文献

- Chang, T.T. 1976. The Origin, Evolution, Cultivation, Dissemination, and Diversification of Asian and African Rices. *Euphytica* 25: 425-441.
- Clausen, J. 1967. Biosystematic Consequences of Ecotypic and Chromosomal Differentiation. *Taxonomy* 16: 271-279.
- Inouye, J.; Anayama, T.; and Ito, K. 1969. Stimulation of Mesocotyl Elongation in *Japonica* Paddy Rice Seedlings by High Temperature Treatment of Seeds. *Proceedings of the Crop Science Society of Japan* 39: 54-59.
- 磯 永吉. 1928. 「台湾稻の育種学的研究」『台湾総研農報告』37.
- Katayama, T.; Terao, H.; Inouye, J.; and Chern, J.L. 1982. Phylogenetic Relationship between Five Ecotypes and Japanese Varieties in Rice. *Japanese Journal of Breeding* 32: 333-340.
- 加藤茂包; 丸山吉晴. 1930. 「稻の異なる種類間に於ける類縁関係の血清学的研究」『九大農学部学芸雑誌』3: 16-29.
- 松尾考嶺. 1952. 「栽培イネ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. 1968. Origin and Geographical Distribution of Japanese Rice. *Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)* 3(2): 1-5.
- 盛永俊太郎. 1972. 「日本のイネとその伝来」『黎明期日本の生物史』木原 均他(共著), 24-96 ページ所収. 東京: 養賢堂.
- Morinaga, T.; and Kuriyama, H. 1955. Japonica Type Rice in the Subcontinent of India and Java. *Japanese Journal of Breeding* 5: 149-153.
- Morishima, K.; and Oka, H.I. 1960. The Pattern of Interspecific Variation in the Genus *Oryza*; Its Quantitative Representation by Statistical Methods. *Evolution* 14: 153-165.
- _____. 1981. Phylogenetic Differentiation of Cultivated Rice XXII. Numerical Evaluation of the Indica-Japonica Differentiation. *Japanese Journal of Breeding* 31: 402-413.
- 岡 彦一. 1953. 「稲品種間の各種形質の変異とその組合せ——栽培稲の系統発生的分化・第一報——」『育種学雑誌』3(2): 33-43.
- Oka, H.I. 1954. Classification of Rice Varieties by Intervarietal Hybrid Sterility. *Japanese Journal of Breeding* 3(3-4): 1-6.
- Terao, H.; and Mizushima, U. 1939. Some Consideration on the Classification of *Oryza sativa* L. into Two Subspecies So-called Japonica and Indica. *Japanese Journal of Botany* 10: 213-258.
- 角田重三郎. 1954. 「我国の在来陸稲品種の分類2. 糯品種(予報)」『育種学雑誌』3(3-4): 92.
- Turesson, G. 1922. The Genotypic Response of the Plant Species to the Habitat. *Hereditas* 3: 211-350.
- _____. 1925. The Plant Species in relation to Habitat and Climate. *Hereditas* 6: 147-236.
- 上埜喜八; 佐藤雅志; 高橋成人. 1986. 栽培イネ(*Oryza sativa* L.)の生態型分化における $KClO_3$ 抵抗性について」『育種学雑誌』36: 16-17.
- Van der Stock, J.E. 1910. Vergelijkende proef met Rijstvarieten, Tijdschrift Teysmannia, Batavia 12: 11-117. Cited in *Genetics and Breeding of Rice*, edited by M.F. Chandraratna. 1963.
- 渡部忠世. 1977. 「稲の道」東京: 日本放送協会.