

ネリカ稻の研究開発と問題点

坂上潤一

はじめに

2000年6月21～23日の3日間、南フランスのモンペリエにあるフランス開発研究所 (Institut de Recherche pour le Développement : IRD)において、イネの遺伝・育種研究戦略に関する会議 (Collaboration Meeting on Rice Genetics and Breeding) が行われた。参加メンバーは、イギリスのジョン・イネス・センター (John Innes Center)、コートジボアールのブアケに本部を置く西アフリカ稲開発協会 (West Africa Rice Development Association, 以下 WARDA)、国連開発計画 (United Nation Development Programme : UNDP)、フランス国際農業研究開発協力センター (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement : CIRAD) およびフランス開発研究所であった。筆者は当時、フランス開発研究所の熱帯植物遺伝学研究室に博士研究員として所属し、イネの種間雑種を材料に分子マーカーを利用した育種法の開発 (坂上 [2001]) を行っていた関係で、この会議に参加することになった。会議での主な議題は、イネのイモチ病抵抗性遺伝子のマッピング、イネ黄斑ウイルス病耐性品種育成、生物多様性、そして最

も多く議論された課題は種間雑種の遺伝学的形質評価であった。WARDAの育種家で種間雑種を開発したモンティ・ジョーンズ (Monty P. Jones) 博士 (現アフリカ農業研究フォーラム [FARA] 事務局長) から、それまでの種間雑種開発の経緯や現状および品種の農学的特性などについて紹介があった。その当時、種間雑種は、すでに西アフリカ数カ国で導入され、畑地での収量や栽培適応性などの情報はわれわれに伝わってはいたが、彼から発表された内容は驚くべきものであった。一般的なアフリカの畑地での収量 (籾重量) は1～1.5ト/畝の水準であるのに対して、WARDAが開発した種間雑種の潜在的収量は4～6ト/畝であった。また、初期生長が旺盛で雑草の発生を抑制する。病虫害に強く、食味も良い。生育期間は極端に短い。まさしくアフリカにおける不良環境適応型品種の特性を兼ね備えた理想的イネのように見えた。それから3年経ち、この間にこの種間雑種のニュースは多くの場面で話題となった。わが国では特に「ネリカ (NERICA) 米」として知られるようになった。

現在、種間雑種はWARDA加盟の西アフリカ17カ国で、農家栽培、種子増殖および試験栽培などの形で導入されている。WARDAは2002年で2万

4000ヘクタールあった種間雑種品種の栽培面積を2006年までに21万ヘクタールまで拡大する計画を進めている。このようにアフリカの稲作発展は、今や種間雑種品種の開発・普及の動向に大きな影響を受けている。しかしながら、現在までに開発された種間雑種の農学的研究は必ずしも十分とは言えず、また、現在普及されている品種の特性についても不明な部分が多い。

本稿では、現在までにWARDAを中心に実施された種間雑種の農学(栽培)的研究と、筆者らが実際に行った農家圃場調査の結果を比較しながら、種間雑種育成の歴史や研究の現状・問題点を述べるとともに、今後のネリカ稲開発のための研究の方向性について提案したい。

1 アジアイネとアフリカイネ

イネの栽培種は二種ある。一つはアジアイネと呼ばれ学名を *Oryza sativa* L. と言う。もう一方はアフリカイネと呼ばれ学名を *Oryza glaberrima* Steud. とする。西アフリカにおける両種の栽培の始まりは、アジアイネが今から500年前であったのに対しアフリカイネが3500年前で、西アフリカにおけるアジアイネの栽培の歴史はアフリカイネに比べてきわめて浅い。両者の大きな生態的差異は、アジアイネは種内で一年生から多年生までを示すのに対して、アフリカイネは基本的に一年生を示すことである(坂上他[1999])。栽培地域については、現在、アジアイネはアフリカ全土に広がっているのに対し、アフリカイネはマリ、セネガルやニジェールなど一部のアフリカ地域で栽培されているにすぎない。また、アフリカイネには種内に分化する亜種が存在しないのに対して、アジアイネは一般的には日本型(ジャポニカ)とインド型(インディカ)の亜種に大別され、その意味から遺伝的多

様性は大きい。アジアイネの起源はいくつかの説があり現在までに特定されていないが、アフリカイネのそれはニジェール河内陸デルタ地域であると考えられている。現在までに、アジアイネは高収量型品種の育成が盛んに行われ、肥料など高投入稲作に適応した改良品種が大部分であるのに対して、アフリカイネの収量は一般的にアジアイネに比べて低いと見られており、野生的な特徴を示す品種が多い。反面、アフリカイネはアジアイネに比べて冠水、酸性土壌、塩類土壌、鉄過剰、イモチ病など各種の環境ストレスや病害に対して耐性や抵抗性を示す品種が多いとされ、アフリカの環境に適応している。

2 種間雑種ネリカの育成

ネリカは、アジアイネとアフリカイネの種間雑種系統あるいは品種のことを指し示している。それまで“種間雑種”と呼んでいた品種群を1999年に“ネリカ”と名前をつけて呼ぶようになった。NERICAは New Rice for Africa の頭(下線)文字をつなげた語句である。New Rice for Africaのコンセプトは1998年に始まり、翌年にNERICAとして広く世界に知れるようになるが、このスタンダード化の意味は、雑種後代全体をNERICAと呼ぶだけではなく、品種登録されたものには番号をつけるということであった。筆者はどうもこのネーミングが気に入らない。アフリカでのネリカ稲栽培農家での聞き取り調査の際は、かならずネリカの語句の意味について農家に質問することになっている。昨年から今年にかけて西アフリカの約100件の農家を訪問したが、ネリカの意味を正確に答えられた農家は一軒もなかった。その理由は明白である。対象とした農家はフランスの旧植民地であった国々にあり、公用語は仏語のため英語によ

って作られた語句の意味について、農家にとっては理解するのが困難であったためである。また、農業普及員においてもその意味を理解していた人はごくわずかであった。ネリカ稲普及対象地域である西アフリカ諸国の大半が仏語圏であるならば、その品種名も仏語から取った方が農家はより理解しやすかっただろうし、その方が世界に情報を発信する上で独自性がありインパクトは大きかったかもしれない。

陸稲ネリカの育成は WARDA において1991年に始められている。筆者は93年に WARDA を訪れているが、その時にはすでに種間交雑による後代の育成に成功していた。96年から WARDA で選抜されたネリカ系統が、コートジボアールやギニアにおいて栽培試験および農民参加型品種選択計画 (Participatory Varietal Selection : PVS) の実施のため導入されている。その後、上記の農家による品種選択動向の結果を経て、99年に現在普及されている NERICA 1～7 が選抜された。これら7品種は2000年に品種登録されている。コートジボアールでは NERICA 1・2 が、ギニアでは NERICA 3・4・5・6・7 が奨励品種として普及されることになった。ネリカ稲の育成に当たっては親品種として WAB56-104 (アジアイネ) と CG14 (アフリカイネ) の組み合わせによる後代が、有望系統として選ばれている。1991年の種間交雑研究の開始から少なくとも2年以内には BC 2 F 1 (F 1 に2度の戻し交配を施したもの) 世代が作られた。その後 BC 2 F 6 まで育成して固定系統をつくった。これらの世代に含まれる品種が現在、西アフリカを中心に普及されている“ネリカ”である。したがって、現在普及されている7品種のネリカ稲の親品種は同じである。また、同時進行的に94年からバイオテクノロジーの一つである薬培養の技術を用いて世代の短縮も行っている。2001年には

3000系統のネリカが固定されている。種間雑種の開発のコンセプトは、高収量の特徴を示すアジアイネと、アフリカの畑地での不良環境耐性を示すアフリカイネの両方の長所を兼ね備えた品種の創造であった。特に草型の選抜においては、雑草競合性の高い初期生長旺盛な、かつ収量が高い特性を重要視して選抜が行われた。その結果、WARDA は、ネリカ品種の特性を潜在的高収量で雑草競合性が強いと公表している。一方、水稲用ネリカについても、灌漑水田に適した種間雑種の育成が、セネガルのサンルイにある WARDA サヘル支所を中心に行われてきた。現在までにアフリカイネ5品種とアジアイネ11品種の交雑組み合わせから、いくつかの高収量系統 (陸稲ネリカとは違う親品種を使用) が選抜され、農家圃場での栽培試験が始まっている。サヘル支所での水稲用ネリカはイネ黄斑ウイルス病抵抗性育種を主目的としているところが、ブアケで開発された陸稲用のそれとは違う点である。

3 ネリカ稲の農学的研究の現状と問題点

1. ネリカ稲をめぐる研究プロジェクトの現状

アジアイネとアフリカイネの種間雑種の各種特性解明に関する研究は、主にわが国 (外務省) および国連開発計画の主導により1996年に設立されたプロジェクト、“Africa/Asia Joint Research on Interspecific Hybridization between African and Asian Rice Species (*Oryza glaberrima* and *O. sativa*)” によって進められた。主なプロジェクト参加機関は、フランス開発研究所、フランス国際農業研究開発協力センター、国際イネ研究所 (International Rice Research Institute : IRRI)、国際熱帯農業研究センター (International Center for Tropical Agriculture : CIAT)、コーネル大学 (Cornell Univ.)、ユ

ンナン農業科学院 (Yunnan Academy of Agricultural Sciences : YAAS), わが国からは東京大学, 国際農林水産業研究センターおよび, 西アフリカ諸国の国立農業研究所などであった。このプロジェクトの研究分野は育種・遺伝学が中心となるが, 各参加機関は病虫害抵抗性, 乾燥耐性に関する遺伝学的・生理的機能解明の研究および技術移転・参加型研究などの分野で研究課題を分担することになった。また, わが国独自でも, 1998年の東京開発会議 (TICAD II) における東京宣言や, 南アフリカのヨハネスブルグで開催された「持続可能な開発に関する世界サミット」(WSSD) における日本独自のイニシアティブとして, ネリカ稲の開発・普及を積極的に支援することを明言している。

2. ネリカ稲の農学的研究の現状

現在までに種間雑種後代の農学的形質評価についての研究については, 前述の1996年から実施された種間雑種プロジェクトの枠組み, あるいはWARDAの研究者が中心となって実施してきた。最近(97年以降)の, 自然科学系の学術雑誌に掲載されたネリカ稲に関する農学的研究論文について情報収集した結果, アフリカにおけるネリカ稲を含む主なイネの農学的研究ターゲットは, 施肥反応性 (Dingkuhn et al.[1997]), 雑草競合性 (Johnson et al. [1997], Dingkuhn et al. [1999b]), 収量性 (Dingkuhn et al. [1998]), 乾物生産性 (Asch et al. [1999]), 水消費と乾燥耐性 (Dingkuhn et al.[1999a]) および品質特性 (渡邊他 [2002]) などが中心であることが分かった。現在に普及されている7品種のネリカ稲に関する評価や評判は, これらの研究結果が大きく影響していると考えるのは当然である。しかし, ここにいくつかの矛盾が存在している。現在までに品種登録され, 西・中央アフリカにおいて実際に農家で栽培されているネリカ稲は,

前述のNERICA 1~7の7品種のみである。問題は, 前述の研究においては, これら7品種がほとんど供試されていないという事実である。したがって, これら研究の結果において導き出されたネリカ稲の大部分の特性評価を, 現在普及されているネリカ稲に直接的にあてはめることはできない。両親が同じであっても選抜された雑種後代系統の特性は, 系統間で変異があると考えるのは当然である。実際には前述のこれら栽培・生理学的実験の多くは1996年前後に実施されている。一方, 現在の普及ネリカ品種は1999~2000年にかけて登録され番号がつけられている。このことから, 少なくともNERICA 1~7については, 自然科学研究の結果よりも農家による品種選択の結果を重要視して選ばれた品種であると推測できる。

3. ネリカ稲の生育特性と問題点

ネリカ稲の育成においては, 雑草競合性に優れた系統を選抜してきたのは事実である。Jones et al. [1997] は生育初期の生長量について22のネリカ系統・品種を比較した。その結果, 対照品種として供試した親品種のアフリカイネ CG14が最も生長速度が速く, それをスコア1.0とし, アジアイネのWAB56-104を2.5とした場合, 全ネリカ系統・品種の平均は2.3となった。この場合スコアが大きくなるほど生長速度が遅くなっている。一般的にCG14は初期生育がきわめて旺盛であることが確認されている。現在普及されているNERICA 1・3・4・6・7の5品種については, 1.0~3.0までの範囲を示した。これら5品種の平均は2.2であった。この結果から, 初期の生長速度はネリカ系統・品種全体的には親品種のアジアイネに近い指標を示しており, 現在普及されているNERICA品種については一部を除いて初期生育がきわめて旺盛であるとは言えない。ギニアでは, 大部分の農



生育初期の雑草害のため登熟期に十分な成長量が得られなかった NERICA1 (コートジボアール)

家でイネの生育期間前半に1～2度の手除草を行っていた。また、コートジボアールのある農家では生育初期に除草しなかったために、登熟期のイネの生育は極端に抑えられていた(写真)。以上のことから、現在のネリカ稲の草型で雑草の繁殖を効果的に抑制するのは容易ではないと考えられる。

生育期間の短縮はネリカ稲の最大のアピールポイントである。確かにアフリカの在来品種には生育期間が150日程度のものもあることから、90日前後の生育期間を示すネリカ品種は乾燥害の回避の可能性、労働投入量の減少、土地の有効利用などの利点がある。また、地域によっては年に二回の作付けも可能になっている。しかし、図に示すとおり、栄養生長期間は28日と極端に短くなってしまふ。ネリカ品種の圃場生育パターンの詳細は分からないが、品種全般的には、分けつ(茎)数が少なく、穂に付く籾数が多い草型を示す。このことから短い栄養生長期間に必要な分けつ数を確保する必要がある。また、生殖生長を充実させるための栄養生長期間の栽培管理にも十分に注意を払う必要がある。他方、降雨にともなう日射量の極端な低下は、熱帯地域といえどもイネの生育に

影響を与えると考えられ、生育期間の短いネリカ稲にとっては大きな問題となるであろう。このように、生育期間の短縮は農家の品種選択の最も大きな理由の一つとなっている。しかしながら、目標とする生育・生産量を得るには早生品種に対する農家の栽培技術の向上が不可欠である。耐乾性に関して、筆者らは深根性を陸稲について耐乾性の一つの重要形質と考え、根長について品種比較した(坂上・常松 [2003])。その結果、ネリカの大部分の品種については、低中程度の水ストレス条件下において、弱耐乾性と考えられる他の品種と同様に根の伸長は抑制された。

その他の問題は、脱穀である。一般的に収穫し乾燥した穂を地面やドラム缶などに打ちつけて、籾を穂からはずしていきが、一部のネリカ品種についてはかなり力を入れて叩かないと籾がはずれない。作業上の問題で農家には好まれていない。

4. ネリカ稲の農学的研究の方向性

今後の研究の方向性については、まず、現在のNERICA 1～7の普及7品種についての栽培上の特性を明らかにすることが先決である。特にアフリカにおけるイネの生産制限要因である雑草、水ストレスに対する抵抗性や反応性、および土壌養分と生育状態の相互関係などについて、異なる生態系で研究を実施し、地域に適応した効果的な低

図 アフリカ在来陸稲とネリカ稲との生長ステージの比較例



投入型の技術開発を行うことが重要である。次に、イネと他作物との混作やクロッピングシステムなど付加価値のある農業システムの開発も重要である。この場合、ネリカ稲の短生育期間の特性は有効的であろう。しかしながら、SG2000 (NGO) がエチオピアで実施した栽培試験からは、NERICA 1・3・4・6の生育期間が100~121日を示しており、生育場所による生育期間の変化が見られることにも注意する必要がある。

2002年9月に勃発したコートジボアールの内戦によって、WARDAのブアケでの研究機能は一時的にストップした。翌年の2003年1月からマリのバマコへ徐々に研究機能を移転させているが、現地においても研究資機材などの不足から現在もなお十分に研究できる環境にはなっていない。このような現況でネリカの農学的研究がWARDAで効率的に進められるとは思わない。WARDAはコートジボアールの治安が回復すれば、2年以内を目処にブアケに研究機能をもどす計画を示しているが、圃場試験などでは最低2シーズンの繰り返しが必要なため、ブアケに戻るのは2004年後半以降になる見込みである。いずれにしても研究機能の完全な回復にはもうしばらく時間がかかりそうである。しかし、最近のNGOや現地の農業研究機関でのネリカ試験研究の推進は、アフリカにおけるネリカ開発の継続にとって救いである。

今後も陸稲ネリカの栽培面積は、比較的に水分条件に恵まれた地域を中心に増加すると考えられるが、水稲として開発されているネリカ稲は、いずれは生産ポテンシャルのより高い湿原や低地にも栽培されるであろう。アフリカ稲作研究の側面からは、現在は陸稲としての特性に注目された研究が中心であるが、今後研究の重点は、水田研究開発にシフトしていくと推測している。その意味で、わが国の水田稲作の研究と技術の蓄積は、ア

フリカ稲作の発展に大きく貢献するであろう。現在、ネリカ稲によるアフリカ農業開発の期待は大きいですが、正当な評価と地道な研究こそが今求められている。

【付記】 WARDAの研究に関する貴重な情報を提供いただいたWARDAの二口浩一博士をはじめWARDAの研究部長代サンバーク (James Sumberg) 博士に心よりお礼申し上げたい。

【参考文献】

- 坂上潤一 [2001] 「フランスの稲作と稲研究」(『農業技術』No. 56) 210~216ページ.
- 坂上潤一・磯田昭弘・野島博・高崎康夫 [1999] 「アジアイネ (*Oryza sativa* L.) とアフリカイネ (*O. glaberrima* Steud.) の一年生、多年生の特性とその変異」(『日本作物学会紀事』第68巻) 524~530ページ.
- 坂上潤一・常松浩史 [2003] 「深根性を指標にした稲の耐乾性の品種間差異」(『日本作物学会紀事』第72巻別冊 講演要旨集1号) 106~107ページ.
- 渡邊英夫・二口浩一・Ibrahim Teslim・Benjamin A. Sobambo [2002] 「アジアイネ (*Oryza sativa*) ・アフリカイネ (*Oryza glaberrima*) の種間交雑後代の精米加工特性および品質特性」(『熱帯農業』No.46) 47~55ページ.
- Asch, F., A. Sow, and M. Dingkuhn [1999] "Reserve Mobilization, Dry Matter Partitioning and Specific Leaf Area in Seedling of African Rice Cultivars Different in Early Vigor," *Field Crops Research*, No.62, pp.191-202.
- Dingkuhn, M., A. Audebert, M.P. Jones, K. Etienne, and A. Sow [1999a] "Control of Stomatal Conductance and Real Rolling in *O. sativa* and *O. glaberrima* Upland Rice," *Field Crops Research*, No.61, pp.223-236.
- Dingkuhn, M., D. E. Johnson, A. Sow, and A. Y. Audebert [1999b] "Relationship between Upland Rice Canopy Characteristics and Weed Competitiveness," *Field Crops Research*, No.61, pp.79-95.

- Dingkuhn, M., M. P. Jones, D.E. Johnson, and A. Sow [1998] "Growth and Yield Potential of *Oryza sativa* and *O. glaberrima* Upland Rice Cultivars and Their Interspecific Progenies," *Field Crops Research*, No.57, pp.57-69.
- Dingkuhn, M., D. E. Johnson, M. P. Jones, and A. Sow [1997] "The Physiological Basis for Developing Low Management Upland Rice Plant Types," in *Interspecific Hybridization: Progress and Prospects*, eds. M. P. Jones, M. Dingkuhn, D. E. Johnson, and S. O. Fagade, Bouake, WARDA, pp.81-102.
- Johnson, D. E., M. P. Jones, M. Dingkuhn, and M. C. Mahamane [1997] "The Effect of Weed Competition on *O. glaberrima*, *O. sativa* and an Interspecific Hybrid Rice," in *Interspecific Hybridization:....*, pp.197-206.
- Jones, M. P., Dingkuhn, G. K. Aluko, and M. Semon [1997] "Using Backcrossing Doubled Haploid Breeding to Generate Weed-Competitive Rice from *O. sativa* L. x *O. glaberrima* Steud. Genepools," in *Interspecific Hybridization:....*, pp.60-79.
- (さかがみ・じゅんいち／国際農林水産業研究センター)