

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 5 日現在

機関番号：82104

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：H19 ～ H22

課題番号：19405018

研究課題名（和文）西アフリカのコム生産制限要因解明のための遺伝型・環境型相互解析手法の導入と解析

研究課題名（英文）

研究代表者

坂上潤一（Sakagami, Junichi）独立行政法人国際農林水産業研究センター

研究者番号：70399369

研究成果の概要（和文）：西アフリカのギニアをモデルに、数年間の品種比較試験を通して、天水低湿地水田の収量形成要因の特定と環境型と遺伝子型の交互作用の解析を行い、対象地域の環境に適応した品種群を明らかにしようとした。その結果、収量形成に及ぼす最も重要な形質は、環境にかかわらず登熟歩合であった。全期間、サイト、品種の登熟歩合と収量の相関係数は $r=0.743(P<0.001)$ となり、極めて高正の相関が認められた。さらに、収量は 1 穂粒数とも相関があり ($r=0.419(P<0.001)$)、1 穂粒数の増加は収量向上に影響を及ぼしていると考えられることから、対象の天水低湿地水田全般においては、穂数よりも穂重の特徴のある草型がより適性が高いと言えるが、収量は環境によって変動しており品種の環境への評価を詳細に進める必要がある。次に、環境型・遺伝子型の交互作用を解析によって、異なる環境に対する品揃の一般適応性が明らかになった。そのような品種群は環境の良否にかかわらず講習を示す品種であり、本研究においては西アフリカで伝統的に栽培されている Gambiaka とアフリカライスセンターで高収量を目的に育種されたアジアイネとアフリカイネの交雑種 NERICA と呼ばれる系統の WAB1159-2-12-11-2-4 などが、供試品種の中ではより一般適応性が高いと考えられた。これら品種はいずれも登熟歩合が高く、収量の回帰係数が 1 に近く、回帰の残差分散も小さい特徴を示した。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the limiting factor of yield formation and the environment and genotype interaction of the rainfed lowland rice through the varietal competitive examination of several years in a model in Guinea of West Africa. As a result, the most important factor to the yield was a ripening ratio readiness of environment. For the entire period, a site, the coefficient of correlation between the ripening ratio of the variety and the yield became $r=0.743(P<0.001)$, and was highly extremely accepted. It was indicating the genotypes such an adaptability to environment, thought that WAB1159-2-12-11-2-4 of the NERICA of interspecific hybridization progenies between Asia rice and Africa rice developed for the purpose of a high yield in Africa rice center and Gambiaka which has been cultivated traditionally in West Africa in this study regardless of the environmental good or bad.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
20 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
21 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
22 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
総計	1,270,000	3,810,000	16,510,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：作物学・雑草学

キーワード：天水田、イネ、遺伝型・環境型、西アフリカ、生産制限要因

1. 研究開始当初の背景

最近の作物研究における一般的な傾向として、土地(地域)の環境特性が重視されるようになってきている。これは、変化のある自然・社会条件から、ある特定の地域で開発され奨励されている品種が、環境条件の違う他の地域で必ずしも同様の適応性を示すとは限らない事を指し示している。地域の有用品種の特定期には、条件の異なる地域における栽培試験結果の比較による経年的で広範囲なデータ解析が必要である。その点から、本研究の研究手法である遺伝型・環境型相互作用の解析は極めて重要で、複数の地域において遺伝的要素と環境的要素の関係を収量形成と関連付けながら解析が進められる点で信頼性は高く、その解析の結果は広範囲の地域に適応できる。

西アフリカ地域においてはアジア地域に比べて天水イネの改良品種の栽培割合が極めて少ないことが生産性向上の阻害要因の一つであると推測される。これは、現在までに導入された改良品種が必ずしも降雨の年次・地域変異に起因する多様な不良環境に十分に適応していないことを示しており、試験研究方法の改善が急務である。また、1990年以降のイネ研究開発の対象生態系は畑が中心であったが、今後は潜在的収量性の面から水田において加速すると思われる(坂上2003)。以上のことから、本研究の遺伝型・環境型相互作用の解析手法の導入によって、天水田の水ストレスが収量に与える影響を明らかにして、水ストレス耐性品種の特性を詳細に把握することは、耕種的栽培技術など安定稲作技術の確立において極めて有意義であり、西アフリカにおけるイネの技術革新を実現化に導く第一歩となる。

2. 研究の目的

降雨に依存した天水田において問題となる中長期間の洪水と干ばつに起因する水ストレスに対して極めて高い耐性を有する品種の一般適応性を生態・環境学的に評価し、現地における有望な栽培品種の特性を明らかにすることである。さらに本研究から導き出された結果を耕種的栽培技術の開発に応用する。

3. 研究の方法

本研究の実施場所は西アフリカのギニア共和国(ギニア農業研究所が共同研究相手)で実施した。試験地の水分条件の異なる試験区において、降雨量、土壌水分、土壌特性およびイネの生育の関係を調査し、天水田におけるイネの水ストレス状況を総合的に把握した。そのような土地で、アフリカ固有の

フリカイネ(*Oryza glaberrima* Steud.)、種間雑種(NERICA)を含む多様な遺伝的変異を示すイネを含む、本研究の遂行のために選抜した約28品種・系統を栽培して、イネの生長解析を実施した。5年間の調査データの比較から遺伝的能力と栽培環境の相互的解析をおこない、安定した生育と収量を示す水ストレス耐性品種の栽培生理特性を明らかにするとともに対象地域の有望品種・系統を選定した。

4. 研究成果

GXE ギニア試験の結果と考察

1) 収量形成要因の解析

2007年から2011年の異なる4サイトの28品種の収量形成要素について、それぞれの要素間相関を検定した(表1)。その結果、登熟歩合と穂数および粒数間に有意な相関関係は認められなかったが、一穂粒数と穂数には負の、また収量には正の相関($r=-0.426$, $P<0.001$, $R=0.419$, $P<0.001$)がそれぞれ認められた。また、収量と登熟歩合には極めて高い相関が認められた($r=0.743$, $P<0.001$)

(図1)。このことから、全期間、全サイトにおける栽培環境において、収量に影響を及ぼす最も大きな要素は、登熟歩合であることがわかった。さらには、収量との相関係数は穂数より一穂粒数の方が高いことから、穂重草型のイネの一般適応性がより高いと推測された。また、穂数の増加は千粒重を減少させる方向に影響を与えていることもわかった。表1 有意水準0.1%における収量形成要因間の相関係数(5年x4サイト)

	穂数	一穂粒数	登熟歩合	千粒重	収量
穂数	1.000	-0.426 ***	0.032	-0.366 ***	0.224 ***
一穂粒数		1.000	0.018	0.282 ***	0.419 ***
登熟歩合			1.000	0.148 ***	0.743 ***
千粒重				1.000	0.278 ***
収量					1.000

収量形成にかかわる要因は前述の通り、4つのパラメーター(説明変数)が考えられることから、主成分分析によってその変数の違いを

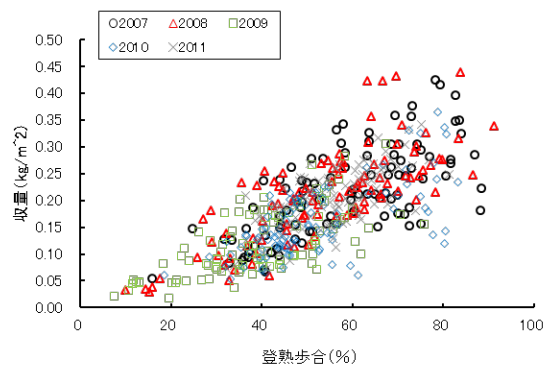


図1 登熟歩合が収量に及ぼす影響

明らかにした(図2)。最も大きい固有値に対応する主成分1、その次に大きい固有値に対応する主成分2から、その寄与率(累積)は

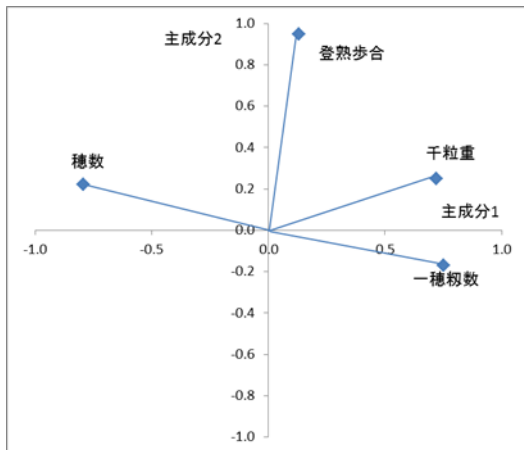


図2 収量構成要因の主成分分析
69%以上であった。穂数と一穂粒数は対局的な位置にあり、登熟場合および一穂粒数が大きい方向のベクトル上に収量が表現されている。

2) 収量および収量形成要因の変異

2007年から2011年までの圃場間の収量構成要素を比較した。穂数については、サイト間で、大きな差異は認められなかったが、サイトCの穂数はその他のサイトに比べて、2008年、2009年では小さく、2010年では高い傾向が認められた(図3-1)。

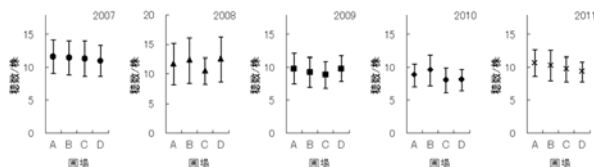


図3-1 異なる年次のサイト間の穂数の比較

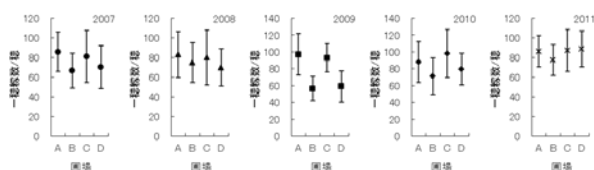


図3-2 異なる年次のサイト間の1穂粒数の比較

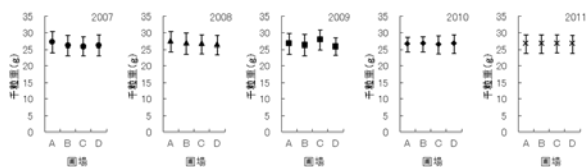


図3-3 異なる年次のサイト間の千粒重の比較

1穂粒数は穂数に比べるとサイト間で異なる傾向を示した(図3-2)。2011年を除くと、

サイトAおよびCがサイトBおよびDに比べて1穂粒数が高かった。特に2009年はサイト間の差異が大きかった。

千粒重はサイト間、年次間で大きな差異は認められなかった(図3-3)。

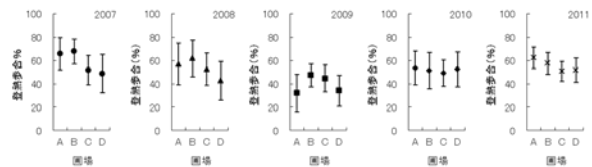


図3-4 異なる年次のサイト間の登熟歩合の比較

相関および主成分分析の評価から、収量に密接に関係していると考えられる登熟歩合は、年次間で差異が認められた(図3-4)。全般的には2009年は他の年次に比較すると小さい傾向を示した。また、2007年、2008年および2011年ではサイトA、BがサイトC、Dに比べて高く、2009年では、サイトA、DがサイトB、Cに比べて小さかった。2011年はサイト間に大きな違いは認められなかった。

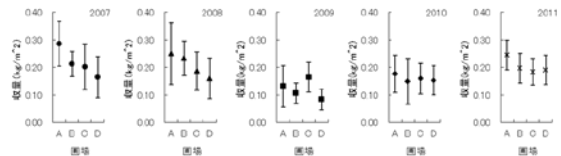


図3-5 異なる年次のサイト間の収量の比較
収量は登熟歩合と同様に、全般的には2009年は他の年次に比較すると小さい傾向を示した(図3-5)。また、2009年を除き、収量は、概ねサイトA、B、C、Dの順に小さくなる傾向が認められた。

2) 遺伝子型 x 環境交互作用の解析

遺伝子 x 環境交互作用および安定性の統計的解析のためのコンピュータプログラムGEST(鶴飼ら1996)を使い、Finlay-Wilkinsonの解析において、環境指数に対する品種の回帰のパターンを見ると、環境間で品種の平均に差異があり、遺伝子型と環境間の交互作用が認められた(図4)。それらを分類すると、

(a) 全環境に対する平均収量の回帰直線より回帰直線が常に高い、(b) 平均収量の回帰直線より品種の回帰直線が常に低い、(c) 品種の回帰直線と平均収量の回帰直線が交叉しイネの生育にとって不良環境では収量が高い、(d) 2つの回帰直線が交叉し不良の環境では収量が低い、いかえれば良好な環境で収量が高い、および(e) 平均回帰と同様に重なるといった5つのグループに大別できた(図4)。供試した品種は、(a)には5品種、(b)には8品種、(c)には6品種、(d)には7品種および(e)には1品種を分類した。

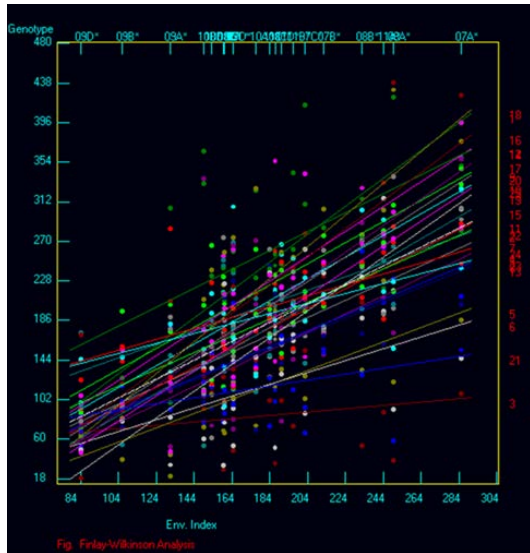


図4 環境指数法における品種の環境指数に対する回帰

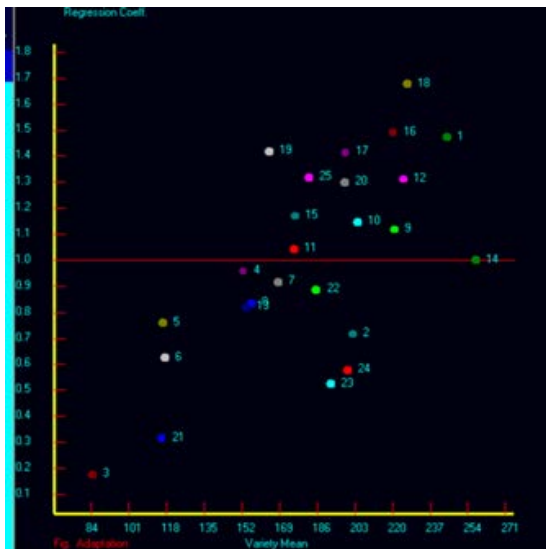


図5 品種平均と回帰係数の関係

このような中で、代表的な品種として (a) CG14 (No. 14)、(b) Minamihatamoichi (No. 3)、(c) NERICAL20 (No. 23)、(d) IR49830-7-1-2-2 (No. 19)、(e) WAB1159-2-12-11-6-8 (No. 11) などがあげられた。また、全環境での平均が高いほど回帰係数も高い傾向が認められた(図5) 品種の環境に対する安定性は、回帰係数だけではなく、回帰残差分散についても解析する必要がある。そこで、各品種の回帰係数と残差分散を見ると、(A) 残差分散が小さく回帰係数が大きいグループ、(B) 分散が小さく回帰係数が小さいグループ、(C) 残差分散が大きく回帰係数が大きいグループに大別できた(図6)。本試験では、残差分散が大きく回帰係数が小さいグループはなかった。収量に関して、供試した品種を大別すると、(A) には8品種、(B) には12品種、(C) には5品

種となった。

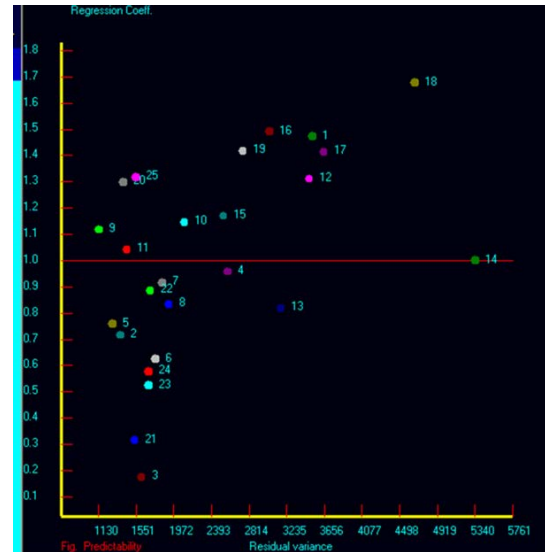


図6 回帰残差分散と回帰係数の関係

上記2つの大別をもとに品種選抜の優劣に関する考察を行うと、(A) および (B) に属する品種は残差分散が小さいので、回帰直線の信頼度が高い。したがって、(A) あるいは (B) にあり、かつ (a) にも入る品種については、どの環境に置かれても高収を示す品種であると言える。この組み合わせに一致する品種は Gambiaika (No. 9)、WAB1159-2-12-11-2-4 (No. 10) の2品種であった。このうち (B) (a) の組み合わせに入る品種はどの環境に置いても収量が安定すると予想されるが、これに入る品種はなかった。また、(A) および (B) に属し、かつ (c) の品種については良好な環境では低収量であるが、不良の環境では他品種よりも収量が期待できる品種である。この組み合わせの品種は Séidou Bayebeli (No. 2)、NERICAL19 (No. 22)、NERICAL20 (No. 23)、NERICAL41 (No. 24) の4品種であった。さらに、(A) かつ (d) にある品種については、良好の環境では他品種に比べ高収になるが不良の環境では他品種に比べ低収になる。この組み合わせの品種は CK803 (No. 15)、CK40 (No. 16)、IR49830-7-1-2-2 (No. 19)、IR62293-2B-18-2-2-1-3-2-3 (No. 20)、NERICAL60 (No. 25) の5品種であった。一方、(B) (b) の品種 (Minamihatamoichi No. 3、WAS122-IDSА-10-WAS-1-1-FKR-1 No. 4、WAS122-IDSА-13-WAS-B-FKR-1 No. 5、WAS127-B-5-2 No. 6、WAS161-B-6-B-3-1B No. 7、SAHEL108 No. 8、WAB1159-4-10-15-1-2 No. 13、NERICAL19 No. 21) についてはどの環境でも低収であることから、実用的でない品種であることを示している。これらとは対照的に、(C) にある品種 (Douboutou II No. 1、WAB1159-2-12-11-6-10 No. 12、CG14 No. 14、Saligbeli No. 17、

Salifore No.18) については、回帰係数と回帰残差分散が大きいことから、グラフ上で回帰直線から離れた点について、環境と収量との関係を詳細に検討する必要があるが、全般的には収量は環境によって変動しているといえる。

前述の回帰係数が1に近く、回帰残差分散が小さい理想的な高収量品種 Gambiaka と WAB1159-2-12-11-2-4 について、収量構成要素を検討してみると、まず、Gambiaka については、穂数は(B) (b)、一穂粒数は(A) (a)、登熟歩合は(A) (d)、千粒重は(C)であった。また、WAB1159-2-12-11-2-4 については、穂数は(B) (c)、一穂粒数は(A) (a)、登熟歩合は(e)、千粒重は(A) (b)であった。穂数は平均以下であるものの、一穂粒数、登熟歩合および千粒重は平均以上となり、前述の主成分分析の解析結果と合致する穂重型の品種であるものと判断される。また、不良の環境で高い収量を示した品種の Séidou Bayebeli, NERICAL19, NERICAL20, NERICAL41 についてみると、4品種とも穂数および一穂粒数の間に明瞭な傾向がないが、特に登熟歩合が不良の環境でも高かった。また千粒重も高かった。さらに、NERICAL41 については、どの環境でも平均に比べ千粒重は低いものの一穂粒数は高かった。したがって、品種の特性から見てみると、登熟歩合が低収の環境でも低下しないことが低収の環境で収量を維持するために必要であるものと判断される。このことは主成分分析の結果を支持するものである。

前述の主成分分析の結果にあるように、全ての分析において第一主成分に関しては穂数と一穂粒数は相対しているため、穂数型一穂重型をよく説明しているものと判断される。一方、第二主成分に関しては登熟歩合の係数が大きいいため、穎花の充実程度を示しているものと判断される。Finlay-Wilkinson の解析から、本対象地域において優良品種といえる Gambiaka に関しては、一貫して一穂粒数の大きい側にプロットされるものの、WAB1159-2-12-11-2-4 に関しては必ずしもそうではなかった。また、低収を示した品種群に関しては、穂数型の品種であると判断したことは、Finlay-Wilkinson の解析とよく一致した。

さらに、サイトと年次別の品種収量を指標としたクラスター解析による類別では Gambiaka と WAB1159-2-12-11-2-4 が常に同じグループに所属することはなかったが、Gambiaka が属するグループの品種の一穂粒数の平均値が常に他のグループに比べ高く、WAB1159-2-12-11-2-4 が属するグループも2番目に高かった。Gambiaka が属するグループには常に WAB1159-2-12-11-6-8 が属した。WAB1159-2-12-11-2-4 が属するグループに常に属する品種はなかった。両品種の属するグ

ループの品種群は、Finlay-Wilkinson の解析において各品種の収量の回帰直線と平均収量の回帰直線とが交叉し、良好な環境ほど高い収量を示す品種であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5 件)

Sakagami J-I., Kawano N. 2011. Survival of submerged rice in a flood-prone region of West Africa. TROPICS, 20:55-66.

河野尚由、坂上潤一 2010. 冠水抵抗性イネの開発と課題. 湿地環境と作物. 養賢堂, 東京. Pp102-106.

坂上潤一、望月俊宏、渡辺肇 2010. イネの冠水抵抗性と生存戦略. 湿地環境と作物. 養賢堂, 東京. Pp107-116.

望月俊宏、坂上潤一 2010. 作物の冠水害・湿害イネ. 湿地環境と作物. 養賢堂, 東京. Pp134-139.

坂上潤一 2010. アフリカ地域における洪水を利用した低湿地氾濫原稲作. 湿地環境と作物. 養賢堂, 東京. Pp236-241.

[学会発表] (計1 件)

生井幸子・伊藤治・坂上潤一 2009. アフリカにおける米生産制限要因解明のための遺伝型・環境型相互解析手法の導入. 日本熱帯農業研究 2, Exstral : 17-18.

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計◇件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

(坂上潤一)

研究者番号：70399369

国際農林水産業研究センター・生産環境・
畜産領域、副プロジェクトリーダー

(2) 研究分担者

(伊藤治)

研究者番号：70142106

同・生産環境領域、領域長

(生井幸子)

研究者番号：70442720

同・生産環境領域、研究員

(3) 連携研究者

()

研究者番号：