

ミャンマー中央平地におけるイネ地方品種の 収量関連形質の変異

入江憲治*・岡 三徳**・KHIN AYE***・藤巻 宏*・菊池文雄*

(平成 19 年 5 月 25 日受付/平成 19 年 7 月 13 日受理)

要約: ミャンマーのイネ地方品種の収量関連形質の品種間変異を明らかにするために、出穂期の品種間変異の比較的小さい中央平地の Bago 管区と Mandalay 管区の 92 地方品種にミャンマーの高収量品種 Manawthukha, Yar 2 および IR 72 を比較として加え、到穂日数、稈長、穂長、穂数、一穂重、一株穂重、一株地上部乾物重、籾千粒重、籾の長径と幅、収穫指数 (HI) を調査し、解析した。92 地方品種はいずれの形質に関しても大きな品種間変異を示し、改良品種に比べて、晩生、長稈、長穂で一穂重、籾千粒重が大きく、概して穂重型の品種が多かった。草型に関しては比較品種が短稈・穂数型であるのに対し、多くの地方品種は長稈・穂重型の草型を示した。地方品種の収量関連形質間の関係から、籾幅と籾千粒重との間には高い相関関係 ($r=0.60^{**}$) が認められた。大粒型 (b 型) 品種は籾幅が大きく、長粒型 (c 型) 品種は籾幅が小さい傾向があり、籾の大小は長粒より籾幅の変異に左右されることがわかった。収穫指数と一穂重との間には高い相関 ($r=0.60^{**}$) が認められた。収穫指数の大小は、改良品種では穂数に依存しているのに対し、地方品種では一穂重に依存する傾向があった。地方品種の特徴を総合的に把握するために、到穂日数、稈長、穂数、穂長、一穂重、籾千粒重、籾長、籾幅の 8 形質の相関行列を用いて主成分分析を行った。その結果、大粒の b 型の品種は c 型の品種に比べて相対的に第 1 主成分スコアが大きく、晩生で籾千粒重が大きい特徴をもつことが分かった。中央地域の天水稲は、地形と降雨パターンによって洪水常習地帯あるいは時々洪水にあう冠水常習地帯に栽培されている。このような悪い水利条件下で栽培されているイネは雑草との激しい競合の下におかれていたため、栄養生長が旺盛で稈長の長い穂重型品種が有利になると推察された。

キーワード: 長稈・穂重型, 短稈・穂数型, 籾型, 品種分化, 有用遺伝資源

緒 言

ミャンマー連邦 (以下ミャンマー) は東南アジアの西端に位置し、中国、ラオス、タイ、バングラデシュ、インドと国境を接する (Fig. 1)。地形的にはヒマラヤ山脈から続く西部丘陵地、東部丘陵地そして中央平地からなり、海拔 0 m から 5,881 m まで標高差が大きい。モンスーン熱帯、暖温帯から高山性冷温帯などの気候を含み、気温および降水量からデルタ地域 (Delta Region)、海岸地域 (Coastal Region)、中央乾燥地域 (Central Dry Zone Region)、山岳丘陵地域 (Mountainous Region) の 4 つに大きく分けられている。中央平地を流れる Ayeyarwady 河により作られた肥沃な土地は、この地域に稲作を中心とした水田農業を発達させ、とくに豊かな水量に恵まれた Ayeyarwady デルタは主要な水田稲作地帯となっている。一方、Chin 州、Kachin 州、Shan 州などの北部の山岳丘陵地域では、焼畑移動耕作による陸稲栽培が行われている。イネの総栽培面積は約 640 万 ha (2000 年統計) であり、全耕地面積の 64% を占める¹⁾。各地域で栽培されるイネ品種には、浮稲、

深水稲、灌漑稲、天水田稲 (高地水稲、低地水稲)、陸稲など多様な生態型がみられる。また、これまでのアイソザイム分析や籾型などの遺伝的変異の研究から、ミャンマーは栽培イネの遺伝的多様性中心地域の一部であると考えられている。ミャンマーのイネ地方品種は異なる自然環境に対する適応や異なる民族による長年にわたる人為選抜の結果、多様に分化してきたと考えられる。近年、高収量の改良品種が急速に普及し、地方品種の栽培は減少の一途を辿っている。ミャンマーにおける高収量品種の栽培は、1967 年の IR 8 の導入に始まり、1970 年代後半から普及拡大した。それに伴い地方品種の栽培は減少し、現在では、ミャンマーにおける改良品種の普及率はおよそ 60% に達している。とくにデルタ地域の 79% の天水田地帯と灌漑地帯で、改良品種が栽培されている²⁾。しかし、地方品種はさまざまな有用遺伝子を持ち、稲作生産の向上と安定に資する品種改良に不可欠な遺伝資源となると考えられる。栽培稲の多様性中心の一部をなすミャンマーの地方品種は、極めて多様な遺伝的変異をもつとみられるが、その実態はあまり明らかにされていない。

* 東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科

** 福島県農業総合センター

*** ミャンマー農業灌漑省農業研究局

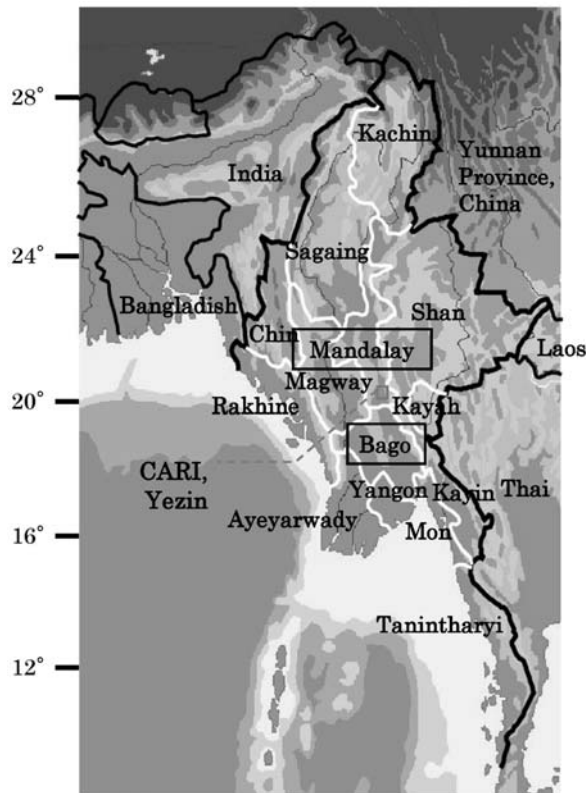


Fig. 1 Geographical features of Myanmar.

入江ら^{3,4)}は、ミャンマーの14の州・管区から収集し、同国のシードバンクに保存中のイネ地方品種の地域適応性や品種分化に最も関わりの深い出穂特性ならびに米の調理法や嗜好性に関連して、直接的に人為選抜の対象となる穀粒形質などについて品種間や地域間に大きな変異があることを明らかにした。

本報では、Mandalay管区のYezinにある中央農業研究所(現農業研究局)ミャンマー・シードバンクで、ミャンマーのイネ地方品種の草型や収量関連形質に関する品種間変異を調査・分析した。収量関連形質の発現は早晩性と関連が深いことを考慮して、出穂期の品種間変異の比較的小さい中央内陸部に位置するMandalay管区(中央乾燥地域)とこれに隣接するBago管区(中央乾燥地域とデルタ地域からなる)から収集した地方品種を用いて解析を行った。

材料および方法

ミャンマーの中央平地のBago管区の77品種とMandalay管区の15品種、合わせて92地方品種を供試した。ミャンマーに広く普及しているManawthukha, Yar 2およびIR 72の改良品種3点を比較品種とした。これらの供試品種の栽培は、Mandalay管区のYezinにある中央農業研究所(現農業研究局)の圃場で行った。1999年7月9日に同研究所の圃場の苗代に播種した。栽培は、中央農業研究所の慣行法に従った。すなわち、同年8月9日に、各品種20個体を条間50 cm, 株間25 cmで水田圃場に1株1本植で移植した。基肥として1 ha当たりN:P₂O₅:K₂O=50:25:

Table 1 Means and ranges of yield-related traits

Yield-related traits	Landraces		Improved varieties			
	Mean	Range	IR 72	Yar 2	Manawthukha	Mean
Days to heading	114.3	93-136	108.0	98.0	107.0	104.3
Culm length (cm)	123.7	88.0-145.0	57.5	52.7	78.8	63.0
Number of panicles	8.0	4.4-13.1	15.9	14.1	10.7	13.6
Panicle length (cm)	26.7	20.8-32.6	22.0	23.7	23.3	23.0
Single panicle dry weight (g)	2.3	1.2-4.3	1.5	1.3	2.1	1.6
Panicle dry weight /plant (g)	18.2	7.3-38.4	23.5	18.4	22.4	21.4
Total dry weight (g)	64.2	34.9-102.2	69.7	46.6	64.0	60.1
1000 grain weight (g)	27.2	18.0-42.0	23.0	24.0	19.0	22.0
Unhulled length (mm)	9.1	7.5-10.5	8.1	9.3	8.0	8.5
grain width (mm)	3.1	2.4-3.9	2.4	2.5	2.5	2.5
Harvest index (HI)	0.29	0.17-0.51	0.34	0.39	0.35	0.36

25 kgを施用した。

供試した92地方品種の出穂期を調査し出穂35日後に品種ごとに生育が中庸な7個体を収穫し、稈長、穂長、穂数、一穂重、一株穂重、一株地上部乾物重、籾千粒重、籾の長さ、幅を調査した。籾千粒重は登熟期に100成熟籾を計測し、千粒重を換算した。さらに収穫指数(HI)は株当たりの穂重/地上部乾物重で算出した。地方品種の収量関連特性の変異を総合的に把握するため、到穂日数、稈長、穂数、穂長、一穂重、籾千粒重、籾幅、籾長の8形質について、相関係数に基づく主成分分析を行った。

結 果

供試品種の籾型を松尾⁵⁾の分類に従ってa型(短粒)、b型(大粒)、c型(長粒)に区分した。その結果、a型が3品種、b型が45品種、c型が44品種であり、a型が最も少なくb型とc型がほぼ同数であった。なお、比較品種はすべてc型であった。

供試した92地方品種と比較品種の到穂日数と収量関連形質の平均値と範囲をTable 1に示した。いずれの形質に関しても地方品種は極めて大きな品種間変異を示し、改良品種に比べて、晩生、長稈、長穂で一穂重と籾千粒重が大きく、総じて穂重型の品種が多かった。

また、収穫指数については、比較品種のIR 72が0.34、Yar 2が0.39、Manawthukhaが0.35であるのに対し、地方品種は0.17から0.51の広い範囲の変異を示し、平均値は0.29で比較的小さい値の品種が多かった。

稈長と穂数および稈長と一穂重の間の相関関係をFig. 2ならびにFig. 3に示した。これらの図では、地方品種をa, b, cの籾型に3区分して表示した。まず稈長と穂数との関係(Fig. 2)をみると、比較品種(改良品種)に対して地方品種はかなり稈長が長く穂数が少ないことが分かる。稈長と一穂重との関係(Fig. 3)をみると、比較品種は短稈で、一穂重も小さい方に偏っている。これに対して、地方品種はかなり長稈であり一穂重の変異はかなり大きかった。以上の結果から、比較品種は短稈・穂数型であるのに対し、大部分の地方品種は長稈・穂重型の草型を示すことが明らかになった。

次に地方品種の収量関連形質の間の関係をみるために、到穂日数、稈長、一株穂数、穂長、一穂重、一株穂重、一株地上部乾物重、籾千粒重、籾長、籾幅、収穫指数の形質間

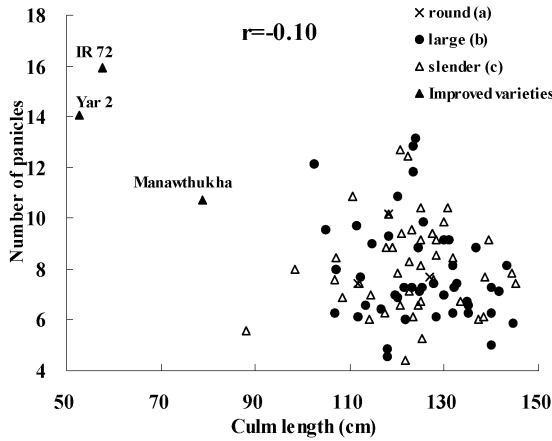


Fig. 2 The relation between culm length and number of panicles.

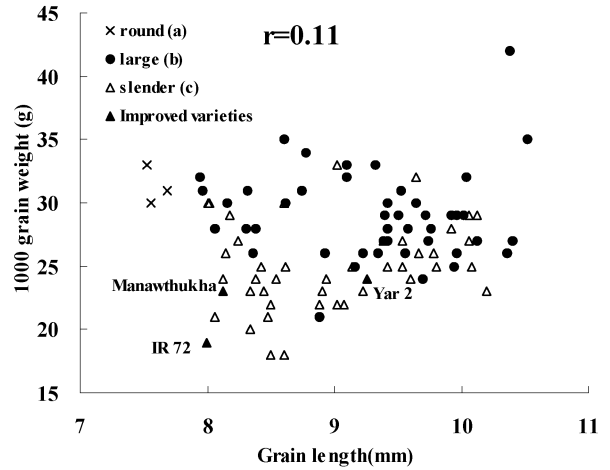


Fig. 4 The relation between unhulled grain length and 1000 grain weight.

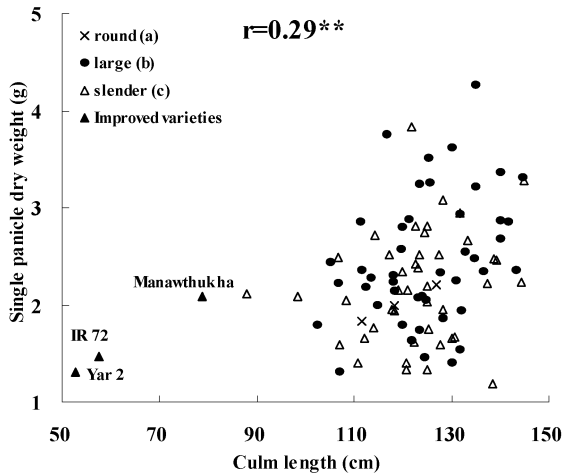


Fig. 3 The relation between culm length and single panicle dry weight.

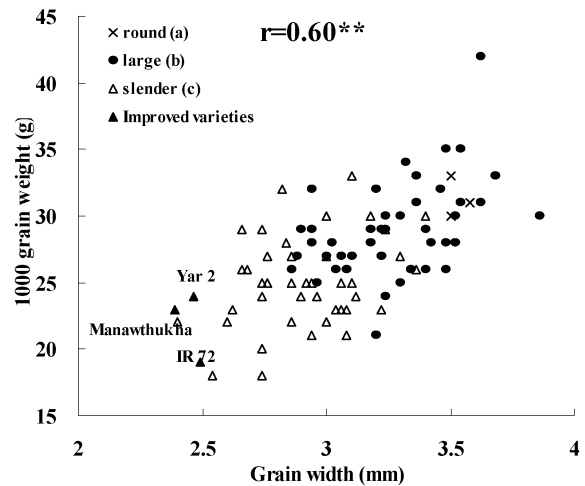


Fig. 5 The relation between unhulled grain width and 1000 grain weight.

相関係数行列を Table 2 に示した。いくつかの形質の間で有意な相関関係が認められ、収量関連形質の間に複雑な相関関係が成り立っていることが分かった。これらの相関関係のうち、籾長と籾千粒重ならびに籾幅と籾千粒重との関係をそれぞれ Fig. 4 および Fig. 5 に示した。籾長と籾千粒重の間には有意な相関関係は認められなかったが、籾幅と籾千粒重の間には高い有意な相関関係 ($r=0.60^{**}$) が認められた。これらのことから、籾千粒重の大小は、籾長より籾幅の変異に左右される傾向があることが分かった。

一穂重と収穫指数との間の相関関係を Fig. 6 に示した。両形質間にはかなり高い相関 ($r=0.60^{**}$) が認められた。比較品種は、相関関係からはずれていた。したがって、これらの改良品種の収穫指数の高いのは、一穂重によるのではなく穂数が多いことによるためとみられた。これとは対照的に穂重型の地方品種では、収穫指数は一穂重と関連していた。

以上のように、ミャンマーのイネ地方品種の草型ならびに収量関連形質には幅広い変異がみられた。そこで地方品

種の特徴を総合的に把握するために、到穂日数、稈長、穂数、穂長、一穂重、籾千粒重、籾長、籾幅の 8 形質の相関行列を用いて主成分分析を行った。上位 3 主成分の全変異への寄与率ならびにそれらと形質測定値との相関関係を表す因子負荷量を Table 3 に示した。上位 3 主成分の累積寄与率は 60.3% に達し、全変異のおよそ 6 割を説明していることがわかった。第 1 主成分は籾幅、籾千粒重、到穂日数、稈長などの形質と正の相関が高く、籾長とはやや高い相関がみられることから、「早晩性と籾の大きさ」に関係する因子とみることができる。第 2 主成分は一穂重と稈長との正の相関が高く、穂数とは負の相関が高いことから、長稈・穂重型と短稈・穂数型の対比を示す「草型」因子とみることができる。そこで、第 1 主成分と第 2 主成分のスコアに関する散布図を Fig. 7 に示した。なお、この図には、籾型との関連をみるために、地方品種を a (短粒) 型、b (大粒) 型あるいは c (長粒) 型に区分して表示した。この主成分分析の結果、大粒の b 型の品種は c 型の品種に比べて相対的

に第1主成分スコアが大きい傾向があり、晩生で籾千粒重が大きい特徴をもつことが分かった。また、第2主成分スコアに関しては、籾型によるはっきりとした差異が認められなかった。

考 察

ミャンマーのイネの地方品種は長い年月をかけて生育環境に適応し、農民による意識的あるいは無意識的な選抜により改良されてきたと考えられる。植物の生育が旺盛な熱帯地域において不十分な施肥条件と雑草防除の下で安定した収量をあげるには、雑草との競合に打ち勝つために、ある程度以上の生育量を確保できる草型が有利とみられ、草丈が高く分けつが多く栄養生長が旺盛な地方品種が栽培されてきたと考えられる^{6,7)}。

ミャンマーの中央部の Bago 管区と Mandalay 管区は、平野部と低丘陵地帯からなり、天水稲、灌漑稲、深水稲、陸稲などが栽培されている。中央平原の天水稲は、地形と

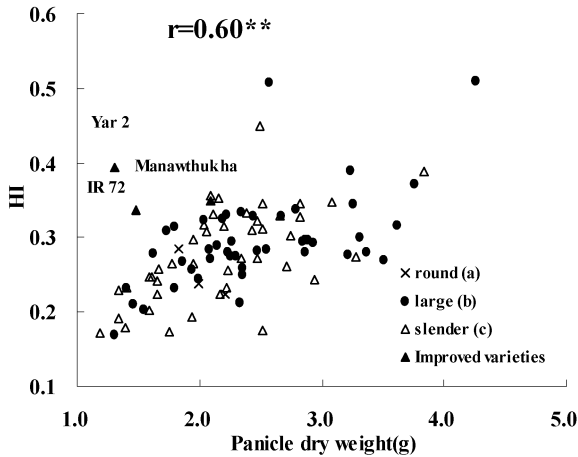


Fig. 6 The relation between single panicle dry weight and harvest index (HI).

Table 3 Factor loadings and contributions of top three principal components

Characters	Principal component		
	I	II	III
Days to heading	0.55	0.35	-0.36
Culm length	0.44	0.53	-0.05
Number of panicles	0.10	-0.67	0.17
Panicle length	-0.22	0.17	0.65
Dry weight/panicle	0.25	0.69	0.09
1000 grain weight	0.64	-0.12	0.65
Unhulled grain length	-0.40	0.39	0.54
Unhulled grain width	0.83	-0.31	0.14
Contribution of eigen values	23.4%	20.3%	16.6%
Cumulative contribution	23.4%	43.7%	60.3%

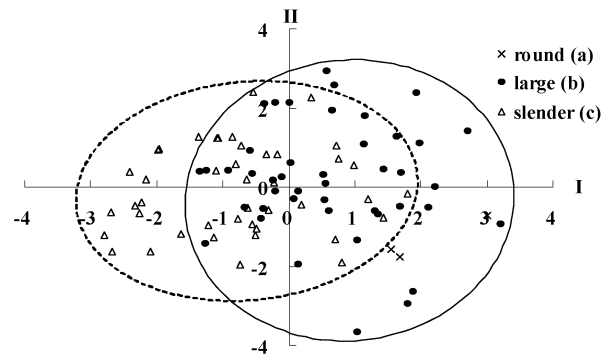


Fig. 7 Scatter diagram of the first and the second principal component scores of 92 Myanmar rice landraces.

Table 2 Correlations among 11 traits of 92 landraces of Myanmar rice

	Days to heading	Culm length	Number of panicles	Panicle length	Dry weight/panicle	1000 Grain weight	Grain length (mm)	Grain width (mm)	Total dry weight	Panicle dry weight/plant	HI
Days to heading	1.00										
Culm length	0.32**	1.00									
Number of panicles	-0.13	-0.10	1.00								
Panicle length	-0.14	0.02	0.03	1.00							
Single panicle dry weight	0.17	0.29**	-0.28**	0.08	1.00						
1000 grain weight	0.06	0.12	0.14	0.10	0.08	1.00					
Grain length	-0.14	-0.03	-0.18	0.20	0.09	0.11	1.00				
Grain width	0.23*	0.07	0.14	-0.16	0.03	0.60**	-0.34**	1.00			
Total plant dry weight	0.25*	0.24*	0.60**	0.15	0.28**	0.22*	-0.09	0.16	1.00		
Panicle dry weight/plant	0.06	0.16	0.51**	0.13	0.65**	0.23*	-0.08	0.18	0.73**	1.00	
HI	-0.21*	-0.11	-0.03	-0.03	0.60**	0.02	0.03	-0.01	-0.19	0.50**	1.00

Notes) *, ** indicate significance at the 5 and the 1% levels, respectively

降雨パターンによって洪水常習地帯あるいは時々洪水にあう冠水地帯に栽培されている。このような悪い水利条件下で栽培されているイネは雑草との激しい競合の下におかれているため、栄養生長が旺盛で稈長の長い穂重型品種が収量確保に有利になると推察される。

松尾⁵⁾は、籾型と稈長や穂長など多くの形質を組み合わせて区分したイネの生態型が栽培条件と密接に関係して分化することを明らかにした。本研究の結果、ミャンマーのイネ地方品種についても、籾型や草型に関する品種分化が認められ、大粒 (b 型) 品種は、長粒 (c 型) の品種に比べて長稈・穂重型になる傾向がみられた。このような変異は、瘦薄な土壌に加えて、無施肥など粗放の耕種条件の下では、Source 量の増加の拡大が収量の増加と深く結びついてきたものと推察される。

一般にイネの収量向上には、全乾物生産量とともに光合成産物の転流効率との関連で収穫指数を高めることが必要である。草丈の高いミャンマー地方品種の収穫指数は 0.3 程度、短稈の改良品種の収穫指数は 0.5 程度である⁷⁾。ミャンマーの地方品種では、一穂重の大きい品種が収穫指数も高まる傾向がみられた。本研究では、一つの施肥水準における収量特性の品種間差異を解析したが、今後、異なる施肥条件下での耐肥性を調べる必要がある。現在、ミャンマーでは短稈の改良品種が急速に普及し、全作付面積の 60% 以上を占めるに至っている。これらの改良品種の収量をさらに向上させるには、地方品種の一穂重の大きい特性を取り込むことが重要と考えられる。こうした観点から、ミャンマー地方品種を今後の品種改良の素材として活用することが期待される。

1970 年代以降、国際稲研究所 (IRRI) を中心に達成されたいわゆる「緑の革命」は、半矮性遺伝子の活用によるイネの草型改良により達成されたと言っても過言ではない。この緑の革命の流れを汲むイネの品種改良では、*sd1* 座の対立遺伝子を導入した短稈・穂数型の方向で、草型改良が進められてきた。他方、1970 年代以降の中国のハイブリッドライスの開発では、*sd1* 座の半矮性遺伝子と雑種強勢とを組み合わせて、新たな短稈・穂重型の草型を創出したと言える。このハイブリッドライスの改良方向をモデルとして純系品種の改良を進めるには、ミャンマーの地方品種に見られるような超穂重型の特性と半矮性遺伝子を組み合わせることにより高収量の短稈・穂重型品種を開発することが肝要と考えられる。

引用文献

- 1) MISCELLANEOUS, 2002, Myanmar facts and figures 2002. Ministry of Information (Myanmar). pp. 275.
- 2) SHRESTHA, S. and M.A. BELL, 2002, Impact from 25 years of collaboration with Myanmar. IRRN 27 (1).
- 3) 入江憲治・KHIN AYE・長峰 司・藤巻 宏・菊池文雄, 2003, ミャンマーにおけるイネ地方品種の出穂期の品種間変異. 熱帯農業 47 : 198-205.
- 4) 入江憲治・KHIN AYE・YI YI MYINT・L. NANG KHA・YE TINT TUN・長峰 司・藤巻 宏・菊池文雄, 2004, ミャンマーのイネ地方品種にみられる穀粒形質の地域変異. 熱帯農業 48 (2) : 101-110.
- 5) 松尾孝嶺, 1952, 栽培稲に関する種生態学的研究. 農技研報 D3 : 1-111.
- 6) 田中 明, 1971, 熱帯稲作生態論. 養賢堂 (東京), p. 220.
- 7) 吉田昌一, 1981, 稲作科学の基礎. 博友社 (東京), p. 316.

Variations of Yield-related Traits of Rice Landraces in the Central Plain of Myanmar

By

Kenji IRIE*, Mitsunori OKA**, KHIN AYE***,
Hiroshi FUJIMAKI* and Fumio KIKUCHI*

(Received May 25, 2007/Accepted July 13, 2007)

Summary : A total of 92 rice landraces collected in Bago and in Mandalay Divisions of the central region of Myanmar and 3 improved cultivars as references were grown at the Central Agriculture Research Institute in Yezin, Myanmar in order to investigate varietal differences in the yield-related traits e.g. days to heading, culm length, number of panicles, panicle length, single panicle dry weight, panicle dry weight/plant, total dry weight, 1000 grain weight, unhulled grain length and width, harvest index (HI). Compared with the improved cultivars used as reference, Myanmar rice landraces seemed to be categorized into the panicle weight type with rather long culm and few panicles. There was a significant correlation ($r=0.60^{**}$) between the grain width and the 1000 grain weight in the correlations among the yield-related traits. This result indicates that the size of unhulled grain is influenced more by the variation of grain width than that of grain length. In addition, there was a significant correlation ($r=0.60^{**}$) between the HI and the single panicle dry weight. The HI of improved cultivars depends upon the number of panicles, while that of rice landraces of Myanmar depend upon the single panicle dry weight. Principal component analysis (PCA) was carried out with the eight yield-related traits to characterize Myanmar rice landraces. The results of PCA disclosed that the b (large grain) type landraces tended to have the longer growth duration and the heavier weight of grains than the c (slender grain) -types. Myanmar rice landraces, which have been extinct due to rapid diffusion of modern cultivars, are expected to supply rice breeders with useful gene resources for improving agronomic traits like yield, tolerance to various environmental stresses, and so on.

Key words : grain shape, long-culm and heavy-panicle weight type, short culm and panicle-number type, useful genetic resources varietal differentiation

* Department of International Agricultural Development, Faculty of International Agriculture and Food Studies, Tokyo University of Agriculture

** Fukushima Agricultural Technology Center

*** Department of Agriculture Research, Ministry of Agriculture and Irrigation, Myanmar