

## 品種・遺伝資源

# 四国山地西部に遺存するダイズ地方品種の生育・収量に 関係する諸形質および種子形態の変異

原田光<sup>1)</sup>・Nguyen Van Huan<sup>2)</sup>・杉本秀樹<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup> 愛媛大学農学部, <sup>2)</sup> 愛媛大学大学院連合農学研究科)

**要旨:** 四国山地西部の山村農家から黄色種子 25 系統, 黒色種子 17 系統, 褐色種子 2 系統および緑色種子 10 系統からなる計 54 のダイズ地方品種系統を採集し, 圃場で育成して生育・収量構成要因と種子形態の変異を調べた. 枝分かれ分散分析の結果, これらの形質の多くに系統間で有意な差違が認められた. また開花まで日数および成熟までの諸形質と 100 粒重以外の収量構成要因相互間に有意な正の相関があった. 100 粒重と他の生育・収量構成要因との間には負の相関があり, 生育と子実の充実の間にトレードオフがあることを示唆した. また, 種子形状比 (厚み/幅) と栽培高度との間に有意な正の相関が認められ, 栽培高度が形質多様性創出の一因と成り得ることが示唆された. 調べた生育・収量構成要因と種子形態について主成分分析を行い, 形質の類似性と地理的分布との関係を調べたが, 愛媛県広田村 (旧名) の系統を除いて, 明らかな関係は認められなかった. 系統間の遺伝的距離と地理的距離の間には正の相関が見られる一方で, 遺伝的距離の近い系統間にも大きな形質の差違が認められた.

**キーワード:** 四国山地, 種子形態, 生育・収量, ダイズ, 地方品種, 焼畑.

四国山地は 1960 年代まで規模と密度において日本でも有数の焼畑地帯であった (佐々木 1972). 「50 年センサス」の時点で, 四国山地には全国の焼畑の約 19% 余にあたる 2271.3 町歩の焼畑が分布していた (農林省統計調査部 1955). ここでは多くの作物と雑穀類が作られてきており, 相馬 (1962) は焼畑の時期, 作物の作付け順序と種類によって焼畑にいくつかの地域的区分があることを明らかにした. 焼畑作物の中でもダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) は日本人の食生活に定着して, 最も古くから, また一般的に用いられてきたものである. 四国山地に遺存するダイズ地方品種は様々な地域環境に適応して育成され, さらに山村住民の用途や嗜好および多収量性などの要求によって人為的な選抜が加味されたものと想像される. Huan ら (2005) は四国山地山村から収集したダイズ地方品種系統について RAPD 法を用いた解析を行い, これらがきわめて遺伝的変異に富んだものであることを明らかにした. これらのダイズ地方品種系統には Li and Nelson (2001) によって示された日本の全国各地から収集されたダイズ地方品種系統に見られる遺伝的変異の約 80% が維持されていた. このような遺伝的変異の多様性は表現型の多様性に反映されると考えられる. このようなダイズ地方品種系統は山村文化の遺産であり, 将来的な育種素材, あるいは遺伝資源として保存することが望まれる.

本研究では焼畑耕作の卓越地であった四国山地西部山村から収集したダイズ地方品種系統について, これらを遺伝子資源として評価するために, 系統間でどれくらいの表現型変異があるのかを生育と収量に關係する諸形質および種

子形態について調べた. さらに Huan ら (2005) によって得られた系統間の遺伝的な近縁関係と表現形質との関係, および変異の地理的分布についていくつかの統計的手法を用いて検討した.

## 材料と方法

### 1. ダイズ地方品種系統の収集

2000 年に愛媛県および高知県にまたがる四国山地西部の山村農家を訪問し, ダイズ種子を収集した. 37 の農家から合計 54 のダイズ地方品種系統を収集した. ここでは四国山村で栽培されるダイズを総称して地方品種とよび, 各農家で維持されているものをその系統とした. 種皮色からこれらの系統は黄色種皮 25 系統, 黒色種皮 17 系統, 褐色種皮 2 系統, 緑色種皮 10 系統に分類された. 採集地を第 1 表に示した. 採集地の地名は種子の局在を示すために旧名で記した. これらの種子は持ち帰って冷蔵庫 (4℃) に保管した.

### 2. 生育・収量に關係する諸形質および種子形態の測定

2001 年 6 月 2 日に系統当たり 25 粒の種子をバーミキュライトを入れた生分解性ポット (Jiffypot 丸型 5.5 cm) に 1 粒ずつ播種し, 愛媛大学農学部構内温室で発芽生育させた. 6 月 25 日に健全な個体を系統あたり 8 個体選び, 同所圃場に畝間 80 cm, 株間 18 cm で移植した. 試験区画の面積は 100 m<sup>2</sup> で無反復とし, 基肥に窒素, リン酸, カリを成分量でそれぞれ 3, 10, 10 g/m<sup>2</sup> 施用した. 植栽の順序は完全無作為化しておこなった.

2006 年 6 月 16 日 受理. 連絡責任者: 原田光 〒790-8566 愛媛県松山市樽味 3-5-7

TEL 089-946-9870, FAX 089-946-9868, kharada@agr.ehime-u.ac.jp

本研究の一部は文部科学省研究費 (No. 16651115) および 2003 年度愛媛大学学長裁量経費によった.

第1表 ダイズ地方品種系統の採集地.

地名	所在地	緯度	経度	高度 (m)	系統
面河村西谷	愛媛県	33°41'13.4"	133°04'29.8"	696	B11*
面河村中村	愛媛県	33°40'20.8"	133°04'06.4"	592	B10, G1
面河村関門	愛媛県	33°42'25.5"	133°05'39.8"	666	B9, G2
面河村梅ヶ市	愛媛県	33°44'18.6"	133°02'26.3"	762	B12
面河村小網	愛媛県	33°44'34.1"	133°00'14.8"	893	Y19, B8, G3
美川村沢渡	愛媛県	33°36'27.8"	132°59'36.5"	632	Y23, B15*
美川村長崎	愛媛県	33°36'09.0"	133°02'15.2"	772	Y20
美川村黒藤川	愛媛県	33°34'27.5"	133°00'33.1"	404	B18
美川村大椽	愛媛県	33°35'13.0"	132°55'02.8"	988	B13
美川村大川	愛媛県	33°36'28.9"	132°56'07.9"	472	B14
柳谷村西本	愛媛県	33°33'02.7"	133°02'15.2"	676	Y21
柳谷村西谷	愛媛県	33°31'15.9"	132°57'37.3"	781	Y24
久万町中条	愛媛県	33°38'21.3"	132°51'12.6"	558	Y22, G4
久万町中組	愛媛県	33°41'51.6"	132°57'52.6"	536	B16, B17, G5
別子山村瓜生野	愛媛県	33°51'29.8"	132°25'26.9"	822	Y25
広田村篠谷	愛媛県	33°39'44.1"	132°48'40.3"	546	Y6
広田村中野川	愛媛県	33°38'55.7"	132°46'44.5"	533	Y4
広田村高市	愛媛県	33°37'28.9"	132°46'14.7"	534	Y5
小田町立石	愛媛県	33°33'33.5"	132°45'50.1"	229	Y11, B1, B2, G6
小田町藤井	愛媛県	33°34'16.3"	132°50'20.3"	310	Y12, B3
川辺村北平	愛媛県	33°30'48.3"	132°48'04.6"	451	Y9
小田町植松	愛媛県	33°28'52.7"	132°44'21.0"	380	G7
野村町惣川	愛媛県	33°28'11.4"	132°47'41.5"	695	Y1
野村町稲谷	愛媛県	33°28'10.0"	132°47'08.7"	359	Y3
野村町大和	愛媛県	33°28'54.8"	132°49'30.1"	686	Y10
城川町嘉喜尾	愛媛県	33°23'32.1"	132°44'35.9"	205	Y15
城川町遊子谷	愛媛県	33°25'39.6"	132°45'37.9"	351	Y7, B7
仁淀村泉	高知県	33°29'43.7"	133°06'11.0"	572	Y8, B5
仁淀村松原	高知県	33°30'08.4"	133°03'02.4"	754	G8
東津野村口目ヶ市	高知県	33°27'06.6"	133°01'51.2"	701	Y14, B4
禰原町大田戸	高知県	33°26'27.9"	132°58'42.4"	679	Y16, G9
禰原町井の谷	高知県	33°26'56.0"	132°57'24.0"	832	Y13
禰原町島中	高知県	33°18'16.3"	132°58'46.3"	362	Y18
禰原町東向	高知県	33°25'28.8"	132°53'20.7"	669	B19, G10
大正町下津井	高知県	33°17'22.1"	132°56'00.6"	330	Y2
大正町打井川	高知県	33°08'53.0"	133°03'19.2"	341	B6
十和村野々川	高知県	33°11'01.8"	132°54'22.1"	524	Y17

系統名のY, B, Gはそれぞれ黄色, 黒色, 緑色種皮系統を示す。\*で示した系統は褐色種皮系統。

成育に関する形質として、開花まで日数 (FLT)、成熟期の草丈 (PLH)、成熟期の子葉節から上の乾物重 (PLW)、一次分枝数 (BRN)、主茎節数 (NDS)、分枝節数 (NDB) を、また収量要因として植物個体当たりの莢総数 (PDN)、個体当たりの結実種子総数 (SDN)、100 粒重 (SDW)、個体当たりの結実種子総重量 (総種子重, YLD) を測定もしくはカウントした。さらに葉の光合成能力を比較するために SPAD 値 (SPD) を SPAD-502 (ミノルタ) を用いて測定した。SPAD 値は栄養成長のほぼ完了した移植 5 ないし 6 週間後に、個体当たり 2 ないし 3 枚の葉の合計 15 点を無作為にとって測定した。

収穫した種子については個体当たり 20 粒を無作為に選り、各種子の 3 次元計測値 (長さ, 幅, 厚み) と重量を測定した。種子形状比は Nelson and Wang (1989) に従って、長さ/幅 (HLR)、厚み/幅 (HTR) を算出した。

### 3. データ解析

生育と収量に関する諸形質および種子形態の系統間差異の統計解析は種皮色ごとにグループに分け、以下のモデ

ルにもとづいて枝分かれ分散分析 (nested ANOVA) を行った。

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}.$$

ここで、 $x_{ijk}$  は種皮色グループ  $i$  における、系統  $j$  の  $k$  番目の個体の測定値であり、 $\mu$  は集団平均値、 $\alpha_i$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\varepsilon_{ijk}$  はそれぞれ、種皮色によるグループ分けの効果、種皮色グループ  $i$  内の系統の効果、および  $x_{ijk}$  に付随するサンプリングエラー (環境要因) である。さらに諸形質によって決定される主要因を抽出し、形態形質の類似性と地理的分布との関係を調べるために主成分分析 (PCA) を行った。また、各系統間の遺伝的距離と形態形質類似度との相関は Mantel test によって検定した。系統間の遺伝的距離は Huan ら (2005) による RAPD データを用いて算出した。また系統間の形質類似度は Goodman (1972) にもとづいて PCA の主成分をもちいたマハラノビス標準化距離を算出した。PCA および ANOVA は JMPv5 統計解析パッケージ (SAS International, USA) をもちいた。ここで種皮色によるグループ分けは Huan ら (2005) によって種皮色間に有意な遺伝的分化が認められたことにより行った。褐色種子は黒色種

第2表 ダイズ地方品種系統の種皮色グループごとの生育・収量形質の平均値と変動係数.

系統	形質										
	FLT (day)	PLH (cm)	PLW (g)	BRN	NDS	NDB	PDN	SDN	SDW (g)	YLD (g)	SPD
黄色	65.6 (8.73)	79.5 (16.6)	44.8 (29.7)	5.41 (19.2)	17.3 (13.5)	43.9 (29.2)	85.5 (60.0)	123.6 (49.6)	34.9 (23.1)	39.5 (37.0)	35.4 (6.02)
黒色	61.8 (5.13)	81.6 (12.4)	47.5 (20.7)	4.80 (15.6)	18.1 (10.5)	38.9 (18.3)	65.8 (53.8)	93.0 (43.3)	46.7 (25.9)	40.0 (23.7)	34.0 (5.15)
緑色	63.8 (8.26)	75.8 (12.8)	47.3 (31.5)	4.97 (18.9)	17.7 (7.63)	39.5 (26.1)	72.3 (64.7)	111.8 (64.8)	37.2 (12.8)	38.2 (58.6)	34.3 (5.04)

変動係数は各系統8個体の平均値についても、平均値の下の( )内に%で示した。形質の表記は以下のように示す。FLT:開花まで日数, PLH:草丈, PLW:乾物重, BRN:一次分枝数, NDS:主茎節数, NDB:分枝節数, PDN:個体当たりの莢総数, SDN:個体当たりの結実種子総数, SDW:100粒重, YLD:個体当たりの総種子重, SPD:SPAD値。

第3表 ダイズ地方品種系統の生育・収量諸形質について行った枝分かれ分散分析から求めたF値および広義遺伝率.

形質	変動要因		
	種皮色	系統	広義遺伝率
FLT	3.36*	15.70***	0.65
PLH	0.85	10.70***	0.56
PLW	0.25	3.41***	0.24
BRN	2.70	2.96***	0.21
NDS	0.73	12.69***	0.61
NDB	1.53	4.51***	0.32
PDN	1.10	6.20***	0.40
SDN	1.62	5.45***	0.37
SDW	9.47***	30.07***	0.79
YLD	0.02	3.02***	0.21
SPD	3.81*	1.60*	0.11

形質の表記は第2表に準ずる。

\*および \*\*\* はそれぞれ, 5%, 0.1%水準で有意差有り。

子よりR遺伝子座の1ステップの突然変異によって生じることが知られており (Bernard and Weiss 1973), また得られた系統数が少ないことから, 黒色種子に含めて解析した。 $\beta_{ij}$ に由来する系統間の分散,  $\sigma_g^2$  (遺伝分散) と  $\varepsilon_{ijk}$ に由来する環境分散,  $\sigma_e^2$ を上記ANOVAから求め, 広義遺伝率,  $H^2$ の推定値を以下の式から求めた。

$$H^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2).$$

## 結 果

生育および収量に関係する諸形質の平均値を種皮色グループごとに求め第2表にまとめた。種皮色グループ内の系統間に大きな変異が見られたが, 中でも個体当たりの莢総数 (PDN) および, 個体当たりの結実種子総数 (SDN) に変動係数の大きな値が示された。これらの諸形質について枝分かれ分散分析によるF検定の結果を第3表に示した。種皮色によるグループ分けの効果は, 開花まで日数 (FLT),

100粒重 (SDW) および SPAD 値 (SPD) で有意であった。100粒重 (SDW) での効果は特に大きく, 黒色種皮のものが最も重いことを示した。種皮色グループ内の系統間で SPAD 値 (SPD) を除くすべての形質で大きな有意差が見られた。これにより, 広義遺伝率は開花まで日数 (FLT), 草丈 (PLH), 主茎節数 (NDS), 100粒重 (SDW) など0.5を超える大きな値となった一方で, 一次分枝数 (BRN), 個体当たりの総種子重 (YLD) および SPAD 値 (SPD) は0.2かそれ以下の比較的小さな値となった。栽培地の高度は形質多様化の要因と考えられるため, これを含んだ諸形質相互の相関係数を求め第4表に示した。種子採集地高度 (ALT) はほとんどの生育および収量に関係する形質と有意な相関を示さなかった。しかしながら, 種子採集地高度 (ALT) と個体当たりの総種子重 (YLD) との間には5%レベルではあるが, 負の相関があり, また他の形質との相関は有意ではないものの負の値を示すものが多いことは注目される。開花まで日数 (FLT) は乾物重 (PLW), 一次分枝数 (BRN) および SPAD 値 (SPD) 以外の生育・収量形質と有意な相関があった。100粒重 (SDW) 以外は正の相関であった。収量に関係する諸形質, すなわち, 個体当たりの莢総数 (PDN), 結実種子総数 (SDN) および個体当たりの総種子重 (YLD) は互に高い正の相関があるとともに, 生育に関係する形質の多くとも相関があった。100粒重 (SDW) は乾物重 (PLW) および個体当たりの総種子重 (YLD) 以外の他の形質と負の相関傾向を示し, 特に開花まで日数 (FLT), 莢総数 (PDN) および結実種子総数 (SDN) との相関の有意性は顕著であった。SPAD 値 (SPD) はすべての形質と有意な相関を示さなかった。

種子の形態に関係する諸形質について種皮色グループごとの平均値を第5表に示した。これらの諸形質について枝分かれ分散分析によるF検定の結果を第6表に示した。種皮色グループの違いは種子の厚みを除く3次元計測値および種子重量で顕著であった。黒色種子がサイズ, 重量とも最も大きかった。形状比については種皮色グループ間では

第4表 ダイズ地方品種系統の採集地高度と生育・収量諸形質相互の相関係数.

形質	相関係数										
	FLT	PLH	PLW	BRN	NDS	NDB	PDN	SDN	SDW	YLD	SPD
ALT	0.031	-0.102	-0.209	-0.124	-0.184	-0.153	-0.274	-0.223	0.010	-0.318*	-0.016
FLT		0.522***	0.099	0.239	0.581***	0.607***	0.542***	0.660***	-0.644***	0.327*	0.032
PLH			0.499***	0.120	0.827***	0.603***	0.625***	0.668***	-0.266	0.554***	-0.071
PLW				0.491***	0.351*	0.612***	0.448***	0.510***	0.213	0.719***	-0.079
BRN					0.001	0.746***	0.405**	0.450***	-0.051	0.462***	0.030
NDS						0.554***	0.566***	0.626***	-0.344*	0.438***	-0.143
NDB							0.688***	0.777***	-0.333*	0.653***	-0.034
PDN								0.940***	-0.435**	0.666***	0.026
SDN									-0.516***	0.775***	0.012
SDW										0.002	-0.129
YLD											-0.048

ALT: 種子採集地高度. 他の形質の表記は第2表に準ずる.

\*, \*\* および \*\*\* はそれぞれ, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差有り.

第5表 ダイズ地方品種系統の種子形態の種皮色グループごとの平均値と変動係数.

系統	幅 (mm)	長さ (mm)	厚み (mm)	種子重 (g)	HLR	HTR
黄色	8.18 (8.56)	9.30 (10.4)	7.05 (9.36)	0.36 (26.1)	1.14 (3.77)	0.86 (5.93)
黒色	9.17 (10.9)	10.43 (11.0)	7.68 (14.6)	0.47 (29.1)	1.14 (3.42)	0.84 (6.67)
緑色	8.67 (6.23)	9.69 (8.67)	7.14 (5.74)	0.39 (16.9)	1.12 (4.55)	0.82 (3.05)

変動係数は20粒の平均値について各系統8個体の平均値から求め, 平均値の下の( )内に%で示した.

HLR: 長さ/幅

HTR: 厚み/幅

第6表 ダイズ地方品種系統の種子形態諸形質について行った枝分かれ分散分析から求めたF値および広義遺伝率.

形質 <sup>1)</sup>	変動要因		
	種皮色	系統	広義遺伝率
幅	8.57***	43.62***	0.69
長さ	6.88**	29.83***	0.60
厚み	3.24*	49.22***	0.71
種子重	6.70**	43.43***	0.68
HLR	0.92	6.29***	0.21
HTR	2.94	23.8***	0.54

形質の表記は第5表に準ずる.

\*, \*\* および \*\*\* はそれぞれ, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差有り.

第7表 主成分分析から求めた最初の4つの主成分の固有値および固有ベクトル.

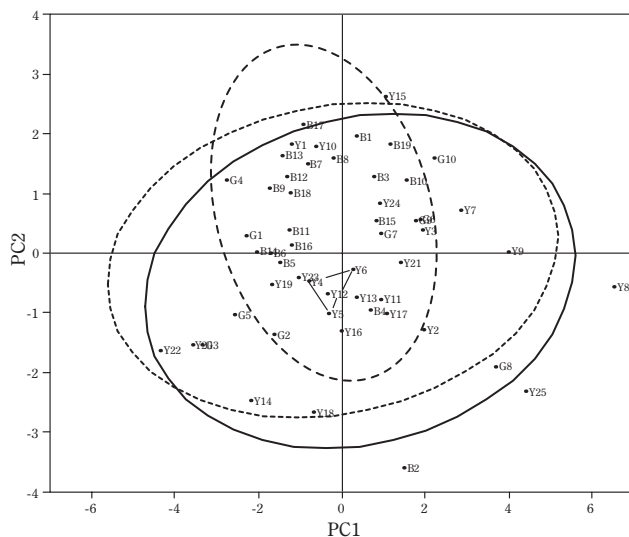
形質	固有ベクトル			
	PC1	PC2	PC3	PC4
FLT	0.32	-0.40	0.05	-0.22
PLH	0.35	-0.08	-0.25	-0.11
PLW	0.33	0.40	-0.11	0.17
BRN	0.30	0.24	0.28	0.13
NDB	0.44	0.03	0.08	-0.01
SDN	0.44	-0.16	-0.04	0.06
SDW	-0.17	0.57	-0.15	0.24
YLD	0.38	0.18	-0.13	0.25
SPD	-0.01	-0.09	0.72	0.12
HLR	0.08	0.38	0.50	-0.40
HTR	-0.03	-0.27	0.19	0.77
固有値	4.39	1.90	1.31	1.15
寄与率 (%)	39.9	17.3	11.9	10.4
累積寄与率 (%)	39.9	57.2	69.1	79.5

形質の表記は第2表および第5表に準ずる.

意な差はなかった. すべての項目について種皮色グループ内の系統間にはきわめて大きな有意差が見られた.

生育・収量形質と, 種子形状比について形態的な類似によるグループの判別と, その地理的な分布との関係を調べるために主成分分析 (PCA) を行い, その結果を第7表に示した. ここで主茎節数 (NDS) と個体当たりの莢総数 (PDN) はそれぞれ, 草丈 (PLH) と個体当たりの結実種子総数 (SDN) との間に高い相関を示したため除外した. 第1主成分から第4主成分までの固有値が1以上の値を示し, これらによる累積寄与率は79.5%となった. 第1主成分をX軸, 第2主成分をY軸に取った座標平面上の各系統の分布を第1図に示した. 黄色および緑色の種皮色グループ系統はほぼ同一の分布範囲を示したが, 黒色種皮グループは第1主成分についてより幅が狭く, 第2主成分について正方向に偏った分布を示した. 町または村単位で採集した種子系統について種皮色グループごとに主成分座標平面上でまとめたグループを作るかどうかを調べたが, 愛媛県広田村で採集された黄色3系統 (Y4, Y5, Y6) を除いて明確な形態の類似性を示すものはなかった. 遺伝的





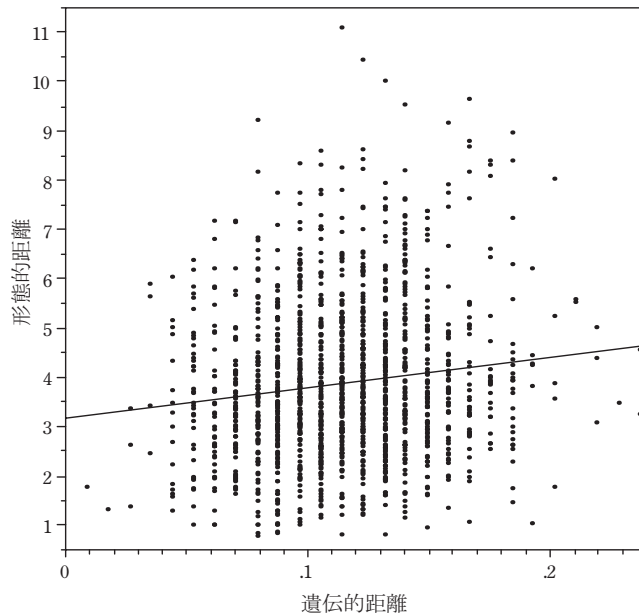
第1図 第1主成分 (PC1) および第2主成分 (PC2) について  
ダイズ地域品種54系統の散布図。

単線、破線および点線による円周は、それぞれ黄色、黒色  
および緑色種皮系統の90%密度楕円。愛媛県広田村で採集  
された3系統を直線でつないだ。

距離と形態的類似性との関係を調べるために、第4主成分  
までの値をもちいた系統間のマハラノビス距離と遺伝的距  
離間の関係を第2図に示し、その相関の有意性を Mantel  
test によって検定した。その結果、 $P = 0.041$  となり、両  
者の間に正の相関が認められた。また系統間の形態的距離  
の平均値は  $3.87 \pm 1.58$  (SD)，形態的距離の遺伝的距離  
上の回帰式は  $Y = 6.18X + 3.17$  となった。第2図では、  
形態的距離は遺伝的距離に関して大きくばらついており、  
遺伝的距離の近い系統間にも大きな形質の差違があること  
が示された。

## 考 察

四国山地西部の山村から収集したダイズ地方品種には生  
育と収量に関係する形質の多くで系統間に大きな差違が認  
められた。これらの形質の中で開花まで日数はダイズ品種  
の分類に広く用いられている。福井・荒井 (1951) は開花  
まで日数が日本列島北部で南部に比べ短くなる傾向を見出  
しており、これによって日本のダイズの地方品種を I, II,  
III, IV および V の5つのグループにタイプ分けした。こ  
れらのグループは成熟まで日数によってさらに細かく分け  
られ、これによって四国の地方品種は IVc もしくは Vc グ  
ループに区分されている (福井・荒井 1951)。本研究では、  
開花まで日数 (FLT) と個体当たりの莢総数 (PDN) や結  
実種子総数 (SDN) の間に正の相関があり、一方でこれら  
と 100 粒重 (SDW) の間に強い負の相関があることを示し  
た (第4表)。このことは、開花までの期間が長い晩生系  
統では栄養成長期間が長く、多くの莢をつけ子実数も多い  
が、粒重との間でトレードオフが生じ、100 粒重が軽くな  
ることを示していると考えられる。多くの一年草や多年草



第2図 遺伝的距離と形態的距離との相関。

横軸に系統間の遺伝的距離、縦軸にマハラノビス標準化距  
離による形態的距離を示した。回帰直線は  $Y = 6.18X + 3.17$ 。

植物でこのような限られた資源のもとでのトレードオフが  
あることが知られている (Silvertown and Charlesworth  
2001)。

SPAD 値 (SPD) は 650nm および 940nm における透過吸  
光度の比をとって単位面積当たりの葉緑体量あるいは窒素  
量を示すものとされるが (Markwell ら 1995)，我々のデー  
タは SPAD 値 (SPD) の系統間の差異は、他の形質と比較  
してかなり小さいことを示した。生育や収量に関係する形  
質の系統間の大きな差違は、葉の葉緑体密度の違いよりも  
むしろ、葉面積や炭酸同化の際の転流効率に依存するもの  
と考えられる。

系統間の大きな差違は種子のサイズや形態 (形状比) に  
についても見られた (第6表)。多くの形質で遺伝率は 0.5  
以上の大きな値を示した。種子サイズについては種皮色グ  
ループの間で有意な差が見られたが、種子形態については  
有意差はなかった。種子サイズは種子重と強い正の相関を  
示したが、種子形態とは相関がなかった (データ省略)。同  
様な結果、すなわち、ダイズ種子サイズと種子形態の遺  
伝率が大きいこと、またその間に有意な相関がないことが  
Cober ら (1997) により親子回帰を用いて示されている。  
種子サイズと形態に関する諸形質と採集地高度 (ALT)  
との相関を調べたが、形状比 HTR (厚み/幅) との間での  
み負で有意な相関 ( $r = -0.384$ ,  $P < 0.01$ ) が見られた。  
このことは高度が高くなるにつれて種子 (子葉) の形状は  
扁平になることを示しており、高い高度での気温の低下、  
水分条件および日照条件の変化に対する適応的な選択の結  
果と考えられる。

主成分分析を用いて形質の類似性にもとづくグループの  
判別、およびその地理的局在性について調べた (第7表お

および第1図). 第1主成分は開花まで日数 (FLT) と成熟期の草丈 (PLH), 乾物重 (PLW), 一次分枝数 (BRN), 分枝節数 (NDB), 100粒重 (SDN) など栄養成長に関連する形質, および個体当たりの総種子重 (YLD) の寄与が大きく, 植物体の大きさを決定していると考えられる. 第2主成分には100粒重 (SDW) および乾物重 (PLW) が正で大きく寄与し, 一方で開花まで日数 (FLT) が負に大きく寄与している. これらは植物体や子実の充実を決定づける要因と考えられる. 第3主成分ではSPAD値 (SPD) の寄与が最も大きく, 葉の単位面積あたりの葉緑体量に依存する. 第4主成分では種子形態の二つの形状比 (HLR, HTR) の寄与が最も大きく, 種子形状による区分を示しているが, 両者の符号は逆であるので細長く平たいものと, 短く太い形状のものが区別されることになる. 第1および第2主成分による座標平面 (第1図) では黒色種皮系統は黄色, もしくは緑色系統に対して第1主成分の変動幅が少なく, 第2主成分は正方向に偏っていた. これは, 黒色種皮系統の植物体サイズの変動が小さく, 種子重がより重い方へ偏っていることを示している (第2表). また, 黒色種皮系統は第3主成分についても変異の幅が少なく, 一方, 緑色種皮系統は第4主成分について変異の幅が狭かった. これらのことは種皮の色によって成長の度合いや種子の充実, および種子形態が区分されることを示しており, Huanら (2005) によって示された種皮色グループの遺伝的区分とも一致する傾向を示した. 種子採集地と形態的類似性との関係を町や村ごとに調べたが広田村で採集した黄色種子3系統 (Y4, Y5, Y6) 以外は明確な形態的類似性は示されなかった. Huanら (2005) のRAPDデータを用いて系統間の遺伝的距離を求めると, Y4-Y5間で0.036, Y4-Y6間で0.091, Y5-Y6間で0.091となり, いずれも黄色種子全体での平均値  $0.114 \pm 0.0273$  よりかなり小さく, これらの系統は遺伝的にも近縁であることが示された. このことは広田村の3系統が, ある程度の遺伝的変異を含む初源系統に由来した可能性を示している. 形態的類似性と地理的分布の間に一般的関係が見られなかったことは長い栽培期間の間に種子が人の移動に伴って広範囲に拡散したことが理由として考えられる.

本研究では四国山地のダイズ地方品種間に生育・収量形質や種子形態に関して多様な変異があることが示されたが, Huanら (2005) はRAPD解析にもとづいて, これらの品種遺伝子プールに外部遺伝子ソースからの繰返し導入

があったこと, また長い栽培の歴史の中で系統間の交雑も生じたことを示唆している. これらのことは遺伝子プールの遺伝的変異を増加させ, これを素材として多様な環境下での自然選択と, 栽培者の人為的な選択により表現型の多様性が生み出されたと考えられる. なかでも栽培地の高度の違いは, 気温や水分, 日照条件の違いのほか, 共生根粒菌の種類や病害虫の関与など生態系の違いを通して表現型の違いを生み出す主要な要因になったと想像される. 本研究では限られた形質のみが高度との相関を示したが, 本研究では示さなかった成熟までの日数, 葉面積, 種子の栄養成分, 病害虫抵抗性などについての調査が栽培高度を含めた多様性生成機構を明らかにしていくために今後の必要な研究課題として残された.

## 引用文献

- Bernard, R. L. and M. G. Weiss 1973. Qualitative genetics. In Caldwell, B. E. ed. *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*. Agron. Monor. 16, ASA, Madison, Wisconsin. 117-154.
- Cober E. R., H. D. Voldeng and J. A. Fregeau-Reid 1997. Heritability of seed shape and seed size in soybean. *Crop Sci.* 37: 1767-1769.
- 福井重郎・荒井正夫 1951. 日本に於ける大豆品種の生態学的研究. 1. 開花日数と結実日数による品種の分類とその地理的分布に就いて. *育種学雑誌* 27-39.
- Goodman, M. M. 1972. Distance analysis in biology. *Sys. Zool.* 21: 174-186.
- Huan, N. V., H. Sugimoto and K. Harada 2005. Genetic variation of local varieties of soybean in the western part of the Shikoku Mountains in Japan. *Breed. Sci.* 55: 441-446.
- Li, Z. and R. L. Nelson 2001. Genetic diversity among soybean accessions from three countries measured by RAPDs. *Crop Sci.* 41: 1137-1147.
- Markwell, J., J. C. Osterman and J. L. Mitchell 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosyn. Res.* 46: 467-472.
- Nelson, R. L. and P. Wang 1989. Variation and evaluation of seed shape in soybean. *Crop Sci.* 29: 147-150.
- 農林省統計調査部 1955. 1950年世界農業センサス市町村別統計表. 農林水産省.
- 佐々木高明 1972. 日本の焼畑. 古今書院, 東京. 1-457.
- Silvertown, J. W. and D. Charlesworth 2001. *Introduction to Plant Population Biology*. 4th ed. Blackwell Science, London. 1-347.
- 相馬正胤 1962. 四国山岳地方における焼畑経営の地域構造. *愛媛大学紀要 (社会科学)* 4: 1-79.

**Quantitative Variation in Growth and Yield-Related Traits and Seed Morphology in Local Varieties of Soybean in the Western Part of the Shikoku Mountains** : Ko HARADA<sup>1)</sup>, Nguyen Van HUAN<sup>2)</sup> and Hideki SUGIMOTO<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>*Fac. of Agr., Ehime Univ., Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan;* <sup>2)</sup>*United Grad. Sch. of Agr. Sci., Ehime Univ.*)

**Abstract** : Fifty-four accessions of local soybean strains were collected from villages in the western part of the Shikoku Mountains and examined for morphological traits associated with growth, yield, seed size and seed shape. They included 25 yellow, 17 black, 2 brown and 10 green seed-coat color strains. Nested analysis of variance revealed large morphological variation among strains within the seed-coat color groups but hardly any significant difference among the color groups except seed weight. Significant positive correlations were found among growth and reproduction related characters except seed weight. Seed weight was negatively correlated with those characters, indicating a trade-off corresponding to the resource allocation to growth and maturation of seeds. There was a significant negative correlation between altitude of collection sites and seed shape (height/thickness), suggesting that altitude can be a factor causing diversification of seed morphology. Principal component analysis (PCA) was carried out on eleven morphological traits. No clustering in regional populations was shown on the plane determined by the first two principal components except in Hirota Village (old name), in Ehime Prefecture. There was a positive correlation between genotypic distance revealed by random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis and phenotypic distance. However, a large phenotypic variation was observed even between genetically very closely related strains.

**Key words** : Growth and yield, Local varieties, Seed morphology, Shifting cultivation, Shikoku Mountains, Soybean.

---