アズキにおける品質関連形質の変異とその成因

第2報 北海道産にみられる種皮色の変異*

由田 宏一・佐藤 久泰[#]・上嶋 尚
石井 伸朗・佐藤 導謙

(北海道大学農学部・[#]北海道立中央農業試験場)

平成2年8月9日受理

要 旨 : 北海道各地より生産者単位で収集したアズキ (1987年産369点および1988年産203点) につき、色彩計を用いて種皮色を測定し、品種間差異、地域間差異を明らかにするとともに、収穫時期等との関係について検討した。種皮色の測定値 ($L^*a^*b^*$ 表色系) は、種子を布で拭いてから臍が視野に入らないように向きを調節してペトリ皿に緊密に入れ、測光部 (直径8 mm) を密着させて移動しながら20回測定し、これを平均して求めた。

供試した7品種において、黄味の程度 (b^*) は34%、明度 (L^*) は14%、赤味の程度 (a^*) は8%の変異幅がみられ、音更小豆、エリモショウズおよび宝小豆では b^* と L^* が高い値を示した。品種エリモショウズの種皮色は、年次によっても変動するが、色の各指標とも収穫時期の早晚および粒大と有意な正の相関関係が認められ、とくに収穫時期が遅く粒の大きい十勝産は、早く粒の小さい他の地域産のものに比べて L^* と b^* の値が高かった。一方、収穫後の乾燥調整期間の長さは種皮色に直接関係しなかった。 L^* 、 a^* 、 b^* の値は品種間、品種内ともに互いに正の相関をもって変動した。

品種間、地域間および生産者間における変異の実態は、アズキの種皮色が育種・栽培両面からかなり改良される余地のあることを示唆している。

キーワード : アズキ、種皮色、地域間差異、品質、品種間差異。

The Extent and Its Source of Variation for Characteristics Related to Seed Quality of Adzuki Beans

II. Variation of seed coat color among growers lots in Hokkaido area : Koichi YOSHIDA, Hisayasu SATO*, Hisashi UESHIMA, Nobuaki ISHII and Michinori SATO (*Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan*; **Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Station, Iwamizawa 069-03, Japan*)

Abstracts : In adzuki beans (*Vigna angularis*) the degrees of lightness, shade, and uniformity for red color of the seed coat are very important indices on estimation of seed quality in Japan. This study was conducted to evaluate the variation of seed coat color for adzuki beans, which were collected from growers in Hokkaido area in 1987 (369 lots) and 1988 (203 lots). Seeds were filled in a cover of petri-dish, adjusted to face without hila, and flattened by pressing with the proper dish. Then, the probe (8 mm in diam.) of a colorimeter was put and moved closely on the surface to measure at different points of visual field. In each seed sample 20 measurements were done and averaged for the values of color indices based on $L^* a^* b^*$ -Color Space.

The values of b^* (degree of yellow), L^* (lightness), and a^* (degree of red) varied 34%, 14%, and 8% among seven cultivars, respectively, with higher values of b^* and L^* for Otofuke-shozu, Erimo-shozu, and Takara-shozu. Differences in the seed coat color within cultivars (Erimo-shozu) were detected among locations and years. The values of color indices were associated with the growing period and seed size, being markedly high for b^* and L^* at Tokachi District. Seed coat color was widely varied also among growers at the same district, but being much less responsive to post-harvest conditioning (drying period). The values of L^* , a^* , and b^* were closely related to each other within and among cultivars. Obtained data suggest that seed coat color of adzuki beans could be appreciably improved through breeding and management practices.

Key words : Adzuki bean, Cultivar, Producing district, Seed coat color, Seed quality, *Vigna angularis*.

本研究は、アズキの品質改良の方向と可能性を探るために、主産地の北海道で生産された種子について、品質関連形質の変異の実態を明らかにし、その成因を解析しようとするもので、前報¹⁴⁾の粒大変異に続き、種皮色の変異について報告する。

アズキの種皮色については、古くは1917年に、

高橋・福山¹²⁾が分類と遺伝に関して報告している。また成河ら⁵⁾は、3色 (赤、白、灰色) の遺伝様式を明らかにした。アズキの種皮色にはそのほか茶、黒、緑、あるいは混色のものなど種々あるが、“アズキ色”の言葉があるように、栽培されるのはほとんど赤色である。その赤色にも濃淡があり、育種においては4段階で品種を比較している⁶⁾。

赤い種皮色は、アズキの需要を支えている主要な

* 一部は第187回講演会 (1989年4月) において発表。

Table 1. Designation of color indices.

L*	degree of lightness;
a*	chromaticness in the direction of green (-) to red (+);
b*	chromaticness in the direction of blue (-) to yellow (+);
H°	hue-angle, $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, degree;
C*	degree of chroma, $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$.

Based on the CIE 1976 (L* a* b*)-Color Space.

特性のひとつであるから、その明暗、濃淡および均一性の程度が品質として重視されるのは当然である。しかし、これらの評価は現在のところ経験的、相対的な表現の域を出ておらず、改良への接近を困難にしている。浅間ら^{1,2)}は、色彩計を用いて種皮色を測定し、登熟期の気象の影響や品種間差異等を調査しているが、アズキの種皮色を測定値によって検討した例は、ほかに最近の相馬ら¹¹⁾による報告があるにすぎない。本報では、2年間にわたり北海道各地から収集した材料の測定結果をもとに、種皮色の品種間、地域間差異および収穫時期等との関係について述べる。

材料と方法

1. 種皮色の測定方法

種皮色の測定には携帯型の色彩色差計（ミノルタカメラ製 CR-200）を用いた。測定面積は直径8 mm、拡散照明垂直受光（D/0）方式である。種皮色の表示方法（指標）として、ここでは1976年に国際照明委員会（CIE）が定めたL* a* b*表色系⁷⁾を用いた。L*は明度指数で値が大きいほど明るいことを示し、a*、b*は知覚色度指数と呼ばれるもので、アズキの種皮色の場合、それぞれ赤味の程度と黄味の程度を表す。また、a*とb*から色相角（H°）および彩度（C*）が算出され、H°は赤味から黄味へのずれの大きさを、C*は鮮かさの程度を表す（第1表）。

種子をペトリ皿の蓋（内径95 mm、高さ15 mm）に詰め、上面ができるだけ平らになるように、ペトリ皿本体（外径90 mm）の底の部分で押し整えてから測光した。この容器の場合、同じ試料について場所を替えながら少なくとも20回は測定できる。測定条件を確定するために、1987年に北海道大学附属農場で生産された種子を供試し、いくつかの予備実験を行った。その結果、まず臍が視野にあるとないとは、明度や黄味の差は比較的小さかったが、

Table 2. An estimation of the appropriate number of measurements for seed coat color of adzuki beans.

Color index ¹⁾	Population ²⁾		Limit of error (L) ³⁾	No. of measurements ⁴⁾
	μ	σ		
L*	24.4	1.98	1.22	18
a*	22.1	1.61	1.11	14
b*	10.0	1.07	0.50	30
H°	24.4	2.47	1.22	33
C*	24.3	1.63	1.22	14
Average				21.8

1) Designation as described in Table 1.

2) Estimated from 600-measurement in the same lot (cv. Erimo-shozu).

3) 5% of μ .

4) Calculated from $6.6 (\sigma/L)^2$, supposing that 99% of values would fall within $\mu \pm L$.

赤味の程度が大きく異なったので、測定の際には臍がすべて下向きになるようにピンセットで調節した。次に種子表面の汚れ（脱粒の際付着した莢殻や土の微粉）の影響を調べたところ、表面が汚れているときには明度が増加し、赤味と黄味の指標が減少することがわかった。また、手で脱粒した汚れのない種子について、そのままの状態と布で軽く磨いた状態を比較すると、前述した汚れの有無と同じ傾向の影響がみられた。そこで、試料はすべて光沢がでる程度に布で拭いてから測定した。

このような測定条件のもとに、次に測定回数について検討した。ここでは、観測値が正規分布するとして誤差の範囲を設定し、必要な測定回数を推定した（第2表）。その結果、色の指標によって値は異なるが、測定値の99%が誤差5%以内に収まるためには平均22回の測定が必要と推定された。ここで母集団の推定に用いた600の観測値の変異係数は、6.7%（C*）～10.7%（b*）であった。また、そのなかから観測値を無作為に20回取り出して平均する操作を20回繰り返したときの平均値の変動をみると、1.4～2.1%（変異係数）ときわめて小さかった。以上のことから、1試料20回の測定で精度上十分な平均値が得られると考えた。

2. 測定材料

北海道内の石狩、空知、上川、留萌、後志、胆振、十勝、網走、計8支庁から生産者単位で収集した1987年産の369点（エリモショウズ、アカネダイナゴン、寿小豆、宝小豆、ハヤテショウズ、ハツネショウズ、音更小豆の7品種を含む）、および石

狩, 空知, 上川, 十勝の各支庁から収集した1988年の203点(エリモショウズのみ)について測定した。これらは前報¹⁴⁾で試供した材料と同じである。種子は収集してから測定(翌年4月)まで $14 \pm 4^\circ\text{C}$, 相対湿度 $60 \pm 5\%$ の条件で保存した。なお, 本論では支庁を地域と呼ぶことにする。

結 果

1. 品種間差異

1987年産の7品種について, 色の指標を比較すると(第1図), 明度が最も高かったのは音更小豆で, 最も低いアカネダイナゴンより約14%高い L^* の値を示した。エリモショウズと宝小豆は明度に差がなく, とともに7品種中明るい方に属した。赤味の程度は品種間の差異が比較的小さく, 音更小豆, エリモショウズ, 宝小豆および寿小豆の a^* の値はほぼ同じで, 最低を示したアカネダイナゴンではこれらの4品種の平均値より約8%低かった。一方, 黄味の指標である b^* の値は, 寿小豆を除き L^* とほぼ平行した品種間差異を示した。 b^* の値は

Fig. 1. The effect of cultivar on seed coat color of adzuki beans. Color indices are designated in Table 1. Cultivar: 1, Otofuke-shozu; 2, Erimo-shozu; 3, Takara-shozu; 4, Hayate-shozu; 5, Hatsune-shozu; 6, Kotobuki-shozu; and 7, Akane-dainagon. Vertical bars indicate standard error of the mean (not shown when smaller than symbol). Seeds were produced in 1987.

8.9 (アカネダイナゴン) から11.9 (音更小豆) までみられ, L^* や a^* に比べて値自体は小さいが相対的な変動幅は大きく, 後者の黄味の程度は前者よりも約34%高い。

色相角(H°)と彩度(C^*)はともに b^* の影響をより強く受けた。これは両指標が a^* と b^* から算出され(第1表), 前述のように b^* の値は a^* よりも変動が大きいからである。明度, 赤味, 黄味の指標には品種間で相互に高い正の相関がみられた(L^* 対 a^* , $r=0.755^*$; L^* 対 b^* , 0.916^{**} ; a^* 対 b^* , 0.889^{**} ; $n=7$)。

2. 地域間および生産者間差異

エリモショウズの種皮色について, 生産地域別に平均値を示したのが第2図(1987年産)および第3表(1988年産)である。まず1987年産の明度についてみると, 十勝産において最も明るく, 次いで網走, 胆振産であるが, 他の地域と胆振産とはほとんど差がなかった。赤味に関しては a^* の値が示すように, 明度とは逆に十勝, 網走, 胆振産で低く他の5地域で高かった。また, 黄味の指標である b^* は,

Fig. 2. The effect of district of production on seed coat color of adzuki beans (cv. Erimo-shozu) in 1987. Color indices are designated in Table 1. District: 1, Tokachi; 2, Abashiri; 3, Iburi; 4, Shiribeshi; 5, Rumoi; 6, Ishikari; 7, Kamikawa; and 8, Sorachi. Vertical bars indicate standard error of the mean (not shown when smaller than symbol).

Table 3. The effect of district of production on seed coat color of adzuki beans (cv. Erimo-shozu) in 1988.

District	Color index ¹⁾				
	L*	a*	b*	H°	C*
Ishikari	27.1 ^b	20.4 ^b	11.2 ^b	28.8 ^b	23.3 ^b
Sorachi	26.8 ^b	20.3 ^b	10.7 ^b	27.7 ^c	22.9 ^b
Kamikawa	27.1 ^b	19.8 ^b	10.8 ^b	28.2 ^{bc}	22.6 ^b
Tokachi	30.5 ^a	21.0 ^a	14.2 ^a	34.2 ^a	25.4 ^a

1) Designation as described in Table 1. In each column, means with common letter are not significantly different ($P=0.05$).

十勝産が最も高く、他の7地域の間では差が比較的小さかった。L*, a*, b* における地域間の変異幅は(最大値に対する最小値の比率にして), それぞれ約7%, 7%, 12% であった。地域平均で見ると, L* と b* との間には, 品種間でみられたと同様に有意な正の相関 ($r=0.745^*$, $n=8$) が見いだされたが, L* と a* および a* と b* の相関は有意でなかった(それぞれ -0.544 , -0.113)。なお, L*, a*, b* の値は, 全生産者間でみると, 1987年の一部を除き, 相互に正の相関をもちながら変動していた(1987, 1988年でそれぞれ, L* 対a*, -0.059 , 0.539^{***} ; L* 対b*, 0.602^{***} , 0.923^{***} ; a* 対b*, 0.427^{***} , 0.653^{***} ; $n=240$, $n=203$)。

色相角(H°)は, 赤味が弱く黄味の強い十勝および網走産において高く, それとほぼ逆の傾向にある空知および留萌産で低かった。また, 彩度(C*)は赤味の弱い網走および胆振産において低い値を示したが, 同じく赤味の弱い十勝産の場合, 黄味が強いことでこれら2地域を上回った。

一方, 1988年産の種皮色をみると(第3表), 十勝産はすべての色の指標において, 石狩, 空知, 上川産より有意に高い値を示し, 4地域の比較ではあるが, 赤味(a*)を除いて1987年の結果とほぼ同様であった。1988年の十勝産ではa*の値が前年より2%増加したが, L*, b*はそれぞれ約7%, 17%増加しており, 4地域のなかで十勝産の種皮色の年次間差異が最も大きかった。

同一地域内の生産者間における種皮色の変異を, 1987年産エリモショウズについて十勝および空知を例に第3図に示した。L*, a*, b*の値は両地域とも広い範囲にわたって分布し, なかでもb*の変異の程度はL*とa*に比べて相対的に大であった(b*の変異係数は十勝, 空知でそれぞれ9.2%,

Fig. 3. Variation of seed coat color of adzuki beans (cv. Erimo-shozu) among growers lots at Sorachi (hatched) and Tokachi (unhatched) districts in 1987. L*, a*, and b* are designated in Table 1.

8.1%, および L*, a* のそれは3.6~5.2%)。

3. 粒大, 収穫時期, 乾燥調整期間との関係

前述したエリモショウズにおける種皮色の変異が粒大, 収穫時期および乾燥調整期間と関係するかどうかを, 両年に共通する4地域について検討した(第4表)。前報¹⁴⁾で明らかにしたように, エリモショウズの粒大には明瞭な地域間差異があり, 同一地域内でも生産者によって広い変異がみられる。まず地域内における粒大と種皮色との関係をみると, 石狩と空知では各指標ともほとんど相関がなく, 十勝と上川においては, 1988年のb*とH°(上川ではL*も)が弱いながらも粒大と正の有意な相関を示した。しかし地域を込みにすると, 1987年のa*およびC*を除いて, 各指標とも粒大と比較的高い正の相関を示した。

次に収穫時期(9月1日からの日数)と種皮色との関係をみると, 石狩ではどの指標も相関がなく, 他の3地域ではb*, H°, L*の値が有意な正の相関を示した。この3つの指標では地域を込みにしてみたときにも収穫時期の早晚と高い相関関係がみられた。赤味の指標であるa*の値は地域内, 地域込みのいずれでみても収穫時期とはあまり関係なかつ

Table 4. Correlation coefficients between color indices of seed coat and seed size, harvest time, and drying period in adzuki beans (cv. Erimo-shozu)¹⁾.

(vs.)	District	Color index ²⁾				
		L*	a*	b*	H°	C*
Seed size	Ishikari	-0.172	0.212	0.188	0.024	0.257
		-0.076	-0.217	0.066	0.115	-0.112
	Sorachi	-0.054	0.012	0.151	0.189	0.057
		0.041	-0.168	0.009	0.128	-0.116
	Kamikawa	-0.261	-0.172	0.045	0.132	-0.108
		0.363*	-0.012	0.453**	0.514**	0.213
	Tokachi	-0.123	0.026	0.049	0.039	0.052
		0.186	-0.127	0.289**	0.309**	0.121
	Overall	0.493***	-0.123	0.466***	0.563***	0.132
		0.720***	0.244**	0.737***	0.753***	0.566***
Harvest time ³⁾	Ishikari	-0.081	-0.449	0.109	0.371	-0.357
		0.007	-0.098	0.010	0.062	-0.064
	Sorachi	0.314*	0.127	0.328*	0.370*	0.198
		0.366**	0.127	0.327*	0.325*	0.199
	Kamikawa	0.322	0.112	0.583*	0.572*	0.327
		0.702***	0.536***	0.759***	0.770***	0.685***
	Tokachi	0.214*	-0.016	0.491***	0.578***	0.218*
		0.399***	-0.133	0.469***	0.535***	0.243*
	Overall	0.716***	-0.133	0.661***	0.779***	0.219**
		0.808***	0.399***	0.839***	0.845***	0.705***
Drying period	Ishikari	0.020	-0.122	-0.172	-0.080	-0.172
		0.045	0.257	0.286	0.134	0.286
	Sorachi	0.028	0.123	-0.251	-0.184	-0.232
		0.186	0.072	0.093	0.175	0.084
	Kamikawa	0.295	-0.116	0.101	0.176	-0.040
		0.194	-0.106	0.231	0.298	0.041
	Tokachi	-0.043	0.005	-0.087	-0.102	-0.037
		-0.186	0.046	-0.393***	-0.400***	-0.238*
	Overall	0.098	0.075	0.056	0.004	-0.070
		0.100	0.081	-0.033	0.065	0.067

1) Upper and lower values in each district indicate values in 1987 and in 1988, respectively. Number of samples: 13, 55, 18, 85, (1987); 25, 58, 34, 86, (1988) for Ishikari, Sorachi, Kamikawa, and Tokachi, respectively.

*, **, *** Significant at the 5%, 1%, and 0.1% levels, respectively.

2) Designation as described in Table 1.

3) Days from Sept. 1.

た。収穫日から脱粒日までの日数、すなわち乾燥調整期間については、1988年の十勝で b^* , H° , C^* と負の相関を示したほかは、全体として種皮色とほとんど関係なかった。

考 察

一般に農産物の品質評価において、色はかなり大きな位置を占めており、“色がわるい”との評価は経済的価値の低下を招く。しかしながら、果実や蔬菜の一部を除き、農産物の色を計器によって測定し客観的に評価することは、實際上ほとんど行われて

いない。それは、視覚による相対的な評価で十分とされる場合もあるが、色の測定が簡単でないことにも起因していると思われる。

物体色の測定機器としては、照明方式や測光方式の違いを含め、目的や対象に応じて数種が市販されている。しかし、農産物の形や表面の状態は、種子に限ってみても多様であり、共通した測定方法を設定することは困難である。アズキの種皮色を測定するにあたっては、方法の項で述べたように、いくつかの点で検討を要した。なかでも測定値に与える影響の最も大きい要因は臍の有無である。アズキ種子

の臍は、ダイズやサイトウなどと異なり、色素をもたない珠柄の一部で覆われているため外観上白色を呈する。また、より大粒の他のマメ類に比べて種皮表面に占める臍部面積の割合が高い。そのため視野（直径8mm）に臍が入るか入らないかで測定値はかなり変動する。予備実験によると、臍をすべて上に向けて視野に入れたときの a^* （赤味）の値は、すべて下に向けたときより27%減少し、色相角（28%増）と彩度（24%減）にも大きく影響した。すなわち臍の有無によって、測定値が最大この程度まで変動するということである。したがって精度上、測定の前準備としてはやや時間を要するが、臍の向きを調節して視野に入らないようにしなければならぬ。

ここで用いた機器の測光面の直径は8mmで、一度に複数の粒が対象になるため、できるだけ表面が平らになるように種子をペトリ皿に緊密に詰め、測光部を密着させて測定する方法を用いた。アズキ種子の粒大あるいは粒形の性質上、こうした方法をとらざるをえなかったのであるが、測光面が2mm程度であれば一粒ずつ測定することも可能で、ロット内の種皮色の変異（色むら）を評価するときに有効となろう。いずれの方法をとるにしても、測色にあたっては測定条件を明らかにし、その特性を理解した上で利用することが必要である¹¹⁾。

今回測定した北海道産アズキの種皮色の結果によると、まず品種間に明瞭な差異が認められた。浅間ら²⁾は、本実験と共通する5品種を比較し、エリモショウズと宝小豆の色は明るく、赤味が強く、とくにエリモショウズは鮮かさの点でも優れており、アカネダイナゴンの種皮色は濃く劣るとしたが、著者らの結果もほぼ同様であった。ただし、赤味(a^*)の品種間差異は他の色の指標に比べて比較的小さく、品種の種皮色を特徴づけているのは L^* と b^* 、すなわち明度と黄味の強さであり、これらの差が色相と彩度に反映されたといえよう。アカネダイナゴンと寿小豆は低い L^* と b^* を示したが、両品種とも能登小豆×早生大粒1号の後代から育成されており^{4,9)}、早生大粒1号が濃い暗赤色であること⁴⁾に由来するものと思われる。色の要素の遺伝については、交配実験を待たなければならないが、アズキの赤色の明暗あるいは濃淡の程度は遺伝的に調節可能と推察される。

2つの物体がもつ色の違いは、 L^* 、 a^* 、 b^* の値から色差として計算され、繊維製品では色差と人の色

Table 5. Discrimination of adzuki bean cultivars as estimated by color difference (ΔE^*ab) in seed coat¹⁾.

Cultivar ²⁾	ERI	TAK	HAY	KOT	HAT	AKA
OTO	Δ 1.22	Δ 1.30	$\bigcirc$ 2.75	$\odot$ 3.44	$\odot$ 3.92	$\odot$ 4.98
ERI		$\times$ 0.31	$\bigcirc$ 1.84	$\bigcirc$ 2.24	$\bigcirc$ 2.88	$\odot$ 3.85
TAK			$\bigcirc$ 1.58	$\bigcirc$ 2.15	$\bigcirc$ 2.70	$\odot$ 3.64
HAY				$\bigcirc$ 1.50	Δ 1.28	$\bigcirc$ 2.15
KOT					Δ 1.41	$\bigcirc$ 2.05
HAT						Δ 1.12

1) $\Delta E^*ab = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, where ΔL^* , Δa^* , and Δb^* are the differences in values of L^* , a^* , and b^* (see table 1 for designation) between two cultivars, respectively. Correspondence to color sensation: 0~0.5, trace ($\times$); 0.5~1.5, slight (Δ); 1.5~3.0, noticeable ($\bigcirc$); 3.0~6.0, appreciable ($\odot$).

2) OTO=Otofuke-shozu; ERI=Erimo-shozu; TAK=Takara-shozu; HAY=Hayate-shozu; KOT=Kotobuki-shozu; HAT=Hatsune-shozu; AKA=Akane-dainagon.

感覚による識別の程度との関係も評価されている⁷⁾。それらの関係を、供試した7品種について適用してみたのが第5表である。その結果、エリモショウズ、宝小豆、音更小豆の間では種皮色の違いを識別することが難しく、ハヤテショウズ、寿小豆、アカネダイナゴンのそれぞれとハツネショウズとの識別も同様であったが、その他の場合は識別できる差があると評価された。これは一つの応用例であるが、種皮色に限らず、視覚による品種の識別を数値によって客観的に表すことは、育種を進める上で重要なことである。

一方、同一品種にみられる種皮色の地域間差異もまた顕著で、十勝産のエリモショウズは他の地域産に比べて明度と黄味の程度が高く、彩度は劣るが網走産（1987年）も明度が高かった。浅間ら²⁾は、北海道内の5試験場で生産された種子について調査し、道央中部産が道東産に比べ種皮色が濃く、赤紫の度合いが強いとし、明度の点では著者らの結果と一致した。しかしながら、赤味(a^*)については年次で傾向が異なり、1987年では石狩、空知、上川産が十勝産より明らかに高い値を示したが、1988年では逆に十勝産の方が高かった。流通段階では赤色

の薄いものが有利とされているが²⁾、これは a^* の値が低いことを直接意味しないように思われる。というのは、1988年の石狩、空知、上川産の a^* は1987年の十勝産と同程度の値を示しながら、視覚的には前者がかなり“赤黒く”見え、また測定試料の中には a^* の著しく低いものがみられたが、同時に L^* と b^* が低いとやはり“赤黒く”見えるからである。外観的な赤色の濃淡には、色の指標では明度と黄味の程度が強く関係しているといえよう。

浅間らは、開花後10日間の日射量が明度に強い影響を与え、開花日が早いと受ける日射量が多く明度が低下し¹⁾、道央中部産で明度が劣るのは、他地域に比べ開花、成熟する時期が早く、日射量の多い条件下で登熟するためと推定した²⁾。本実験の場合、アメダス（地域気象観測網）の情報を利用して、気象要因との関係を推定しようと試みたが、収集地点と観測地点とが必ずしも一致しないこともあって、有効な検討方法を見いだすに至らなかった。前報¹⁴⁾で示したように、1988年の調査によると、石狩、上川、空知におけるエリモショウズの開花期は、十勝に比べて1週間から10日早く、収穫時期も約20日早い。収穫時期の早晚と L^* 、 b^* とは全地域を通して高い相関があり、地域内でも（石狩を除いて）有意な相関があることから、成熟を早める条件は一般に種皮色を濃くするとみてよいと思われる。一方、エリモショウズの種皮色には、同じ地域であっても生産者間で幅広い変異がみられ、栽培技術的な要因の関与が示唆される。また、種皮色は収穫後の乾燥調整期間の長短にほとんど影響されないが、1988年の十勝産にみられたように、あまり長い（例えば12月近くなって脱粒する）と色が濃くなる可能性がある。なお、相馬ら¹⁰⁾は種皮中のタンパク含有量と a^* および b^* との間に負の相関関係を見いだしている。

色の指標 L^* 、 a^* 、 b^* の値は、相互に正の相関があり連動しながら変化する。相馬ら¹⁰⁾は a^* と b^* の相関が L^* と b^* の相関よりも高い結果を得ているが、本実験では L^* と b^* の関係が最も強かった。これは前述のように、赤味の指標である a^* の変異が、品種間、地域間ともに L^* と b^* に比べ相対的小さかったことによるかもしれない。“アズキ色”をもたらす色素はアントシアン系といわれ⁸⁾、畑井³⁾は最近、種皮に多量のロイコアントシアンを

検出している。反田¹³⁾によると、丹波地方の大納言では開花後15～20日で種皮柵状組織に黄色素体が出現し、種皮の厚さが最大となる25～35日に赤色に変化し始めるという。著者らの予備的観察によると、エリモショウズでは開花後16日目で臍周辺から赤色に着色し始めた。アズキの種皮色の変異が、こうした色素の生成や変化の反映であることは疑いないが、 L^* 、 a^* 、 b^* のような色の指標との関係はまだ不明であり、今後の研究が必要である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、ご協力いただいた各地域の農業改良普及員の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

1. 浅間和夫・北村 享・阿部晴記 1984. 小豆の種皮色に及ぼす登熟期における気象条件の影響. 北農 51 (5): 6—11.
2. ———・後木利三・——— 1984. 小豆種皮色の地域間並びに品種間差異について. 北農 51 (6): 1—6.
3. 畑井朝子 1987. 小豆の調理特性について (続). New Food Industry 29: 45—54.
4. 小山八十八・野村信史・森 義雄・旭川清一 1972. 小豆新品種「寿小豆」の育成について. 北海道立農業試験場集報 25: 81—91.
5. 成河智明・佐藤久泰・村田吉平 1976. 小豆の質的形質の遺伝. 第1報 種皮色の遺伝. 育種 26 (別2): 227—228.
6. ——— 1977. 北海道における豆類の品種. アズキ. 日本豆類基金協会, 東京. 130—165.
7. 日本色彩学会編 1980. 色彩科学ハンドブック. 東京大学出版会, 東京. 83—146, 183—255.
8. Sasanuma, S. and K. Takeda 1966. Black red pigment of “azuki bean”. Studies on anthocyanins LV. Bot. Mag. Tokyo 79: 807—810.
9. 佐藤久泰・松川 勲・成河智明・後木利三 1975. 小豆新品種「アカネダイナゴン」の育成について. 北海道立農業試験場集報 33: 47—57.
10. 相馬 暁・細谷恵理・中津智史・市川信雄 1989. 北海道産豆類の品質向上に関する研究 第1報 北海道産小豆の品質現況と問題点. 北農 56 (9): 1—15.
11. ———・———・———・——— 1989. 北海道産豆類の品質向上に関する研究 第2報 小豆の外観品質構成要素・種皮色について. 北農 56 (10): 11—27.
12. 高橋直良・福山甚之助 1917. 小豆の特性調査並に交配試験成績. 北海道農事試験報告 7: 1—181.
13. 反田嘉博 1957. 小豆種子の発育について. 日作紀 26: 45—46.
14. 由田宏一・佐藤久泰 1990. アズキにおける品質関連形質の変異とその成因. 第1報 北海道産にみられる粒大の変異. 日作紀 59: 450—454.