日作紀（Jpn. J. Crop Sci.）72(4)：471—474（2003）

研究・技術ノート

アズキ種皮色のXYZ表色系による表示

長岡泰良[1)]・沢田壮兵*[2)]
([1)](株)バイオテック・[2)]帯広畜産大学)

要旨：和菓子のあん原料に使われるアズキは，見た目の色が食味とともに重要視されるため，品質の重要な特性として種皮色の研究が行われてきた．本研究では，種皮色を色相，明度および彩度で示すことができるXYZ表色系について検討した．供試したエリモショウズの未熟から成熟までの種子および完熟した種子の種皮色には肉眼で著しい色の違いがみられた．色相を表す主波長は539.8（未成熟）～616.0 nm（完熟・濃色）に変異した．完熟種子において，明度を表すY値は17.01（淡色）～8.92（濃色），彩度を表す刺激純度は41.4（淡色）～19.8%（濃色）と濃色になるほど値が低下した．同様の変異はL*a*b*表色系でも表すことができたが，色相を具体的に主波長で表すことができることからXYZ表色系による表示は有用と考えられた．

キーワード：アズキ，XYZ表色系，刺激純度，主波長，種皮色，明度．

アズキは種子の色が赤色ゆえに，古くから中国，朝鮮半島およびわが国などの東アジアで儀礼，習俗などの年中行事で食べられてきた（河野 1994）．現在は，和菓子のあん原料として多く使われているが，見た目の色が食味や栄養価とともに重要視されている．このため，種皮色は品質の重要な特性として，多くの研究がなされてきた（浅間ら 1984a，b，相馬ら 1989，由田ら 1991，加藤ら 1992，佐藤ら 1993，加藤・細谷 1994，鄭・川越 1998）．これらの報告はいずれも色差計や測色計を用いて種皮色を測定し，L*a*b*表色系によって表示している．色は色相，明度および彩度の三属性で示されるが，L*a*b*表色系は色差を数値化することに主眼が置かれており（日本色彩学会 1998），色の質的な形質である色相の絶対値が示されない．一方，XYZ表色系では，色相を主波長，明度をY値，彩度を刺激純度で表現できる．このことから，本研究では現在主として流通している赤アズキ品種の種皮色をXYZ表色系の3つの指標で表示することについて検討した．

材料と方法

1998年に北海道芽室町の農家圃場で慣行栽培したエリモショウズを供試して，2つの実験を行った．実験1では，9月11日に収穫した莢を成熟度別に未成熟莢，成熟初期莢および成熟莢の3種類に分類した．収穫した3種類のそれぞれ20莢中の種子の種皮色を単粒法で測定した．はじめに，ミノルタ色彩色差計（CR-321）を用いてC光源，2度視野で測定し，L*a*b*表色系のL*，a*およびb*を得た．つぎに，これらの値をミノルタ分光測色計（CM-3500 d）のプログラムに代入し，同じC光源，2度視野におけるXYZ表色系の主波長，Y値および刺激純度を求めた．

XYZ表色系は1931年に国際照明委員会（CIE）で採択された表色系で，三刺激値と呼ばれる3つの数値X，Y，Zを用いて色を定量的に表示する方法である．主波長は，光源の色度座標と測定色の色度座標を結ぶ直線と外周のスペクトル軌跡との交点より求められる．Y値は光反射の刺激値で明度を表す．刺激純度は，色度座標において白色点から単色刺激の色度座標までの距離に対する白色点から色度点までの距離の比である．一方，L*a*b*表色系は1976年にCIEによって色差を表す方法として勧奨された．この表色系はXYZ表色系を同心円，均等知覚色空間に換算した表色系である．明度指数L*，知覚色度指数a*およびb*の3指数は，それぞれ明るさ（値が大きいほど明るい），赤味の程度および黄味の程度を表している．また，彩度C*はa*とb*の各二乗の和の平方根で，鮮やかさの程度を表している．

実験2では，熟莢率が99%に達した莢を10月5日に収穫し，外気温と同じ温度の網室吹抜け乾燥室で乾燥した．子実水分15%で脱穀調整した種子を肉眼で淡色から濃色の6段階に分類した．最も頻度の多かった種皮色を標準色とし，これより淡い色を淡色3，淡色2，淡色1，濃い色を濃色5，濃色6に区分し，合計6群に分けた．6群のそれぞれ31～65粒の種皮色を上記分光測色計で単粒法，C光源，2度視野で測定した．

結　果

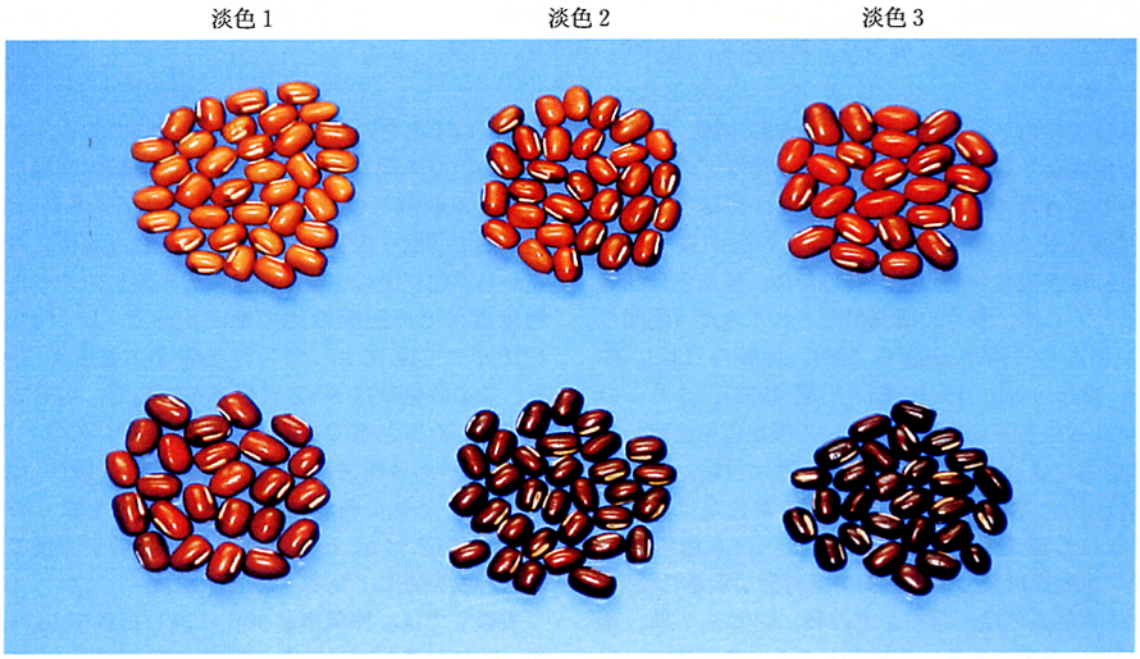
1. 成熟度が異なる莢中種子の種皮色

第1図に3群に分類した成熟度の異なる莢と莢中種子の実物写真を示した．未成熟莢中の種子は緑色および朱色を帯びた白色であった．成熟初期莢中の種子では朱色，成熟莢中の種子では赤色であった．これらの種皮色をXYZ表色系の主波長で表わすと（第1表），未熟莢では539.8 nm，成熟初期莢では575.2 nm，成熟莢では605.3 nmであった．これらの主波長の色をKellyの色名と波長との関係（日本色彩学会 1998）から表現すると，それぞれ

2003年8月7日受理．＊連絡責任者（〒080-8555 帯広市帯広畜産大学．ssawada@obihiro.ac.jp）．



第1図 エリモショウズの成熟度で分けた莢と莢中の種子.



第2図 エリモショウズの濃度別種子色.

「黄みの緑 (yellowish green)」,「黄 (yellow)」および「赤味の黄赤 (reddish orange)」となる. 莢の成熟に伴って莢中の種皮色の主波長は直線的に増加し, 色相も「赤 (red), 波長640～780 nm」に近づいた. 一方, 明度を表すY値は未成熟莢の28.62が成熟初期莢で24.77に低下し, 成熟莢では9.89とさらに著しく低い値となった. 彩度を表す刺激純度は未成熟莢と成熟初期莢に大きな違いはなかったが, 成熟莢では45.0%と高くなった.

同じ材料をL*a*b* 表色系で表すと (第1表), 明度を示すL* は未成熟莢の種子が最も高く60.35で, 成熟がすすむにつれて低下し, 成熟莢では37.37であった. a* は負方向では緑色, 正方向で赤色を示すが, 未成熟莢のa* は－32.64, 成熟初期莢が－1.39, 成熟莢では21.74とL* とは逆に成熟につれて高まった. 正の値では黄味度を示すb* は, 未成熟莢が19.03と最高で, 成熟初期には10.48と低下し, 成熟莢では成熟初期莢より若干高い11.77であった. 彩度を表すC* は刺激純度と同様の傾向を示し, 未成熟莢と成熟初期莢には差がみられず, 成熟莢では29.57と最も高くなった.

2. 完熟した莢中の種皮色の変異

完熟した莢中の種子を肉眼で濃淡によって6群に分類した実物の写真を第2図に, XYZ表色系とL*a*b* 表色系の値を第2表に示した. これら6群の種皮色は同じ品種でありながら大きな変異を示した. なお標準色に分類された種子は, 流通上で規格内として扱われる種皮色に該当している.

6群の種皮色の主波長は, 淡色1の主波長が593.4 nmで最も短く, 濃色側になるほど長くなり, 標準色の主波長は609.9 nm, 濃色6では616.0 nmであった. この変化

第1表　莢の成熟度で分類したエリモショウズ種皮色のXYZ表色系とL*a*b*表色系の測定値.

莢の熟度	調査粒数	XYZ表色系			L*a*b*表色系			
		主波長(nm)	Y値	刺激純度(%)	L*	a*	b*	C*
未成熟	141	539.8	28.62	29.6	60.35	-32.64	19.03	20.54
		±0.7	±1.01	±0.4	±0.32	±0.63	±0.50	±0.76
成熟初期	140	575.2	24.77	31.3	56.76	-1.39	10.48	21.60
		±1.3	±1.14	±0.5	±0.44	±0.62	±0.50	±0.54
成　熟	148	605.3	9.89	45.0	37.37	21.74	11.77	29.57
		±0.4	±0.21	±0.2	±0.36	±0.18	±0.17	±0.16

±は標準誤差（n=140～148）.

第2表　濃淡で分類した完熟エリモショウズ種皮色のXYZ表色系とL*a*b*表色系の測定値.

種皮色の分類	調査粒数	XYZ表色系			L* a* b* 表色系			
		主波長(nm)	Y値	刺激純度(%)	L*	a*	b*	C*
淡色1	31	593.4	17.01	41.4	48.20	19.99	21.45	29.44
		±0.5	±0.32	±0.6	±0.40	±0.37	±0.47	±0.35
淡色2	35	597.6	14.72	37.5	45.19	21.42	17.69	27.88
		±0.6	±0.25	±0.6	±0.34	±0.35	±0.44	±0.38
淡色3	55	601.6	13.21	35.2	43.03	22.81	15.28	27.51
		±0.4	±0.14	±0.4	±0.21	±0.21	±0.25	±0.22
標準色	60	609.9	10.80	28.4	39.22	21.81	10.53	24.24
		±0.5	±0.09	±0.3	±0.15	±0.19	±0.18	±0.23
濃色5	63	613.5	9.57	23.6	37.02	18.69	8.11	20.39
		±0.4	±0.11	±0.4	±0.20	±0.26	±0.20	±0.31
濃色6	64	616.0	8.92	19.8	35.80	15.89	6.46	17.17
		±1.1	±0.09	±0.4	±0.16	±0.24	±0.16	±0.27

±は標準誤差（n=31～64）.

は，淡色1から標準色までの変化に比べて，標準色から濃色6までの変化の方が小さかった．Y値は淡色1が17.01と最も高く，濃色側になるほど低くなり，標準色が10.80，濃色6では8.92であった．刺激純度は淡色1が41.4%と最大で，標準色が28.4%，濃色6では19.8%と変化した．この変化は淡色1から淡色3までは小さく，標準色から濃色6までの変化が大きかった．以上のように，完熟したエリモショウズにみられた種皮色の大きな変異は，淡色から標準色では主波長の変化により，標準色から濃色では刺激純度の変化により生じていた．また，明度は淡色から濃色になるに従って低下した．

一方，L*a*b*表色系の値は，L*が淡色1で48.20と最も高く，濃色側になるほど低下したが，標準色から濃色6までの変化は39.22から35.80と小さかった．a*は淡色1から淡色3まではわずかに上昇し（19.99～22.81），標準色から濃色6までは直線的に減少した（21.81～15.89）．b*は淡色1が最高（21.45）で，濃色側になるほど直線的に低下し，濃色6では6.46であった．以上のように，L*a*b*表色系では淡色1から標準色までではb*の効果が大きく，標準色から濃色6まではa*の効果が大きかった．C*は刺激純度と同じ傾向，すなわち淡色1で最も高く，濃色側になるほど低下し，濃色6で最低であったが，刺激純度に比べて標準色から濃色6までの変化が大きかった．

考　察

アズキの種皮色はいわゆるアズキ色といわれる赤色のほかに，黒，灰白，緑，茶，淡黄，赤黄，紺および二色ならびに三色がある（高橋・福山 1917）．しかし，現在わが国で流通しているアズキの種皮色は，大部分が赤色である．赤アズキの育種における種皮色は，赤，淡赤および濃赤で評価されている（成河 1977）．

種皮の赤色に関与していると考えられているアントシア

ニンは，水溶液の酸性度で色が変化し，温度の影響も受けやすいなど生理的に不安定な化合物である（吉田 2002）．このため，アズキの種皮色は，品種間差のみならず，同一品種においても，播種日（佐藤ら 1993），着莢部位および開花時期（加藤・細谷 1994），登熟期の気象条件（浅間ら 1984a），成熟時期（浅間ら 1984b），収穫時期（加藤ら 1992，佐藤ら 1993），貯蔵条件（相馬ら 1989），栽培地（浅間ら 1984 a，由田ら 1991，加藤ら 1992）および作期（鄭・川越 1998）などによって異なることが報告されている．

本報告では，一品種において未成熟から完熟までの種皮色を調査したが，種皮色は大きく変異した．これらの変異はXYZ表色系の主波長，Y値および刺激純度の3指標によってその違いを説明することができた．同様の変異はL*a*b*表色系でも説明できたが，XYZ表色系では主波長によって色相を指定し，Y値と刺激純度によって明暗および濃淡を表現することで色の三要素を数値化できる利点がある．近年，分光測色計や解析ソフトが開発されたことによってこれらの表示が容易となった．色の測定は，照明光をはじめとして観測条件の制約は免れえないが，著者らは今後，XYZ表色系による表示の有用性をさらに検討していく予定である．

引用文献

浅間和夫・北村享・阿部晴紀 1984a. 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 : 6—11.

浅間和夫・後木利三・阿部晴紀 1984b. 小豆種皮色の地域間並びに品種間差異について. 北農 51 : 1—6.

加藤淳・細谷恵理・市川信雄 1992. 北海道産小豆の品質関連形質の変異および種皮色とアン色の関係. 北海道立農試集報 64 : 25—34.

加藤淳・目黒孝司 1994. 小豆種皮色に及ぼす着莢部位および開花時期の影響. 北農 61 : 43—49.

河野友美 1994. 穀物・豆. 河野友美編, 新・食品事典 1. 真珠書院, 東京. 26—31.

成河智明 1977. 北海道における豆類の品種, 北海道における豆類の品種編集委員会編. 日本豆類基金協会, 東京. 143.

日本色彩学会 1998. 新編色彩科学ハンドブック. 東京大学出版会, 東京. 1—1436.

佐藤導謙・伊藤光彦・宮野邦夫・足立大山 1993. アズキ品種「カムイダナゴン」の種皮色に対する播種日及び収穫時期の影響. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会報 34 : 30—31.

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2報 小豆の外観品質構成要素・種皮色について. 北農 56 : 11—27.

高橋良直・福山甚之助 1917. 小豆の特性調査並びに交配試験成績. 北海道農事試験報告 7 : 27—28.

由田宏一・佐藤久泰・上嶋尚・石井伸朗・佐藤導謙 1991. 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. 日作紀 60 : 234—240.

吉田久美 2002. マメ種皮の色. 豆類時報 26 : 21—27.

鄭紹輝・川越洋二 1998. 北部九州における夏播きアズキの子実品質について. 日作紀 67 : 473—477.

Representation of Seed Coat Color of Azuki Bean by Using XYZ Color System : Yasuyosi NAGAOKA[1] and Souhei SAWADA*[2] ([1]*Biotech Co. Ltd.*, [2]*Obihiro Univ. of Agr. and Vet. Med., Obihiro 080-8555, Japan*)

Abstract : Seed coat color is an important factor of quality in azuki bean, because consumers prefer grains with a good appearance as well as good taste. In this study, we investigated the seed coat color of azuki bean cv. Erimoshouzu by using an XYZ color system that is able to analyze color by three attributes; hue, lightness and chroma. Considerable variation was observed in seed coat color among seeds in different ripening stages. Dominant wavelength of hue ranged from 539.8 nm in immature seeds to 616.0 nm in mature seeds. When the color became deeper in fully ripened seeds, the Y value of lightness decreased from 17.01 to 8.92, and excitation purity of chroma from 41.1 to 19.8%. Although the variations were also expressed by the L*a*b* color system, XYZ color system was considered to be useful for analyzing seed coat color of azuki bean, since it measures color based on dominant wavelength.

Key words : Azuki bean, Dominant wavelength, Excitation purity, Lightness, Seed coat color, XYZ color system.