

分光測色計を用いた畳表原料イグサからの畳表色調の「青味」および「白味」程度の推定

藤富慎一・北原郁文・住吉 強
(筑後分場)

畳表色調の慣行的な表現法である「青味」および「白味」の程度を、分光測色計を用いて、泥染め・乾燥した原料イグサ（以下、原草）の色調から簡易に推定する方法を検討した。

分光測色計による原草の色調測定法について、120cm以上の長さで選別した原草中央部を測定する際、加重を与えない方が安定した結果が得られ、また、 a^* 値の変動係数から算出した測定回数は20回であった。

原草は畳表に対して色調が感覚的に「暗く」、「緑味が強い」と表現され、両者の色差(ΔE)は“著しく異なる”ことが認められた。両者の L^* 、 a^* 、 b^* 値の間には相関関係が認められ、原草の測定値から畳表の L^* 、 a^* 、 b^* 値の推定式が作成できた。

さらに、畳表の L^* 、 a^* 値と畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値との間には相関関係が認められ、畳表の L^* 、 a^* 値から畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値の推定式が作成できた。また、多重比較検定の結果から、「青味」および「白味」程度の官能評価値の有意差限界値は0.46であった。

これらのことから、分光測色計による原草からの畳表色調の L^* 、 a^* 推定値を用いて、畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値が推定できた。

[キーワード：原料イグサ、畳表、色調、分光測色計、「青味」および「白味」]

Measuring Method for Rush Color with a Spectrophotometer, and Estimation of Tatami Facing Color from Rush Color. FUJITOMI Shinichi, IKUFUMI KITAHARA and TSUYOSHI SUMIYOSHI (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818 - 8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 19 : 37 - 40 (2000)

We examined and established a convenient method for estimating the degree of 'blueness' and 'whiteness' of tatami facing color that is expressed characteristically from the rush color with a spectrophotometer.

In the measuring method for rush color using a spectrophotometer, when measuring a selected rush without weighting the middle section of beyond 120cm long as a point of measurement, stable results were obtained. It was concluded that the smallest number of measurements required for times calculating from the coefficient for variety of measuring values of a^* were 20 measurements.

Rush color could represent sensitivity as 'Lightness is darker.' and 'Greenness is stronger.' compared tatami facing color. Then, the color between the two was different appreciably. But a positive correlation was observed between the values of L^* , a^* , b^* in the two. An estimated formula calculating the values of L^* , a^* , b^* in tatami facing color from rush color was made up.

Furthermore, a correlation between the measuring values of L^* , a^* and the evaluating values of 'blueness' and 'whiteness' in tatami facing color was concluded. The correction served to make a formula for calculating the evaluating values of 'blueness' and 'whiteness' from their of L^* , a^* in tatami facing color. From the results of multiple comparison tests, the limit of significant difference was 0.46 in their evaluating value.

From these results, it became possible to estimate the evaluating values of 'blueness' and 'whiteness' of tatami facing color based on the measured values of L^* and a^* of rush color with a spectrophotometer.

[Key words : rush, tatami facing, color, spectrophotometer, 'blueness' and 'whiteness']

緒 言

畳表の色調は地域や生産者によって異なるので、同じ色調の製品が揃いにくく、県産畳表の需要拡大の妨げとなっている。そのため、畳表の高品質化のためには色調を統一する必要がある。畳表の材料である泥染め・乾燥した原料イグサ（以下、原草）の色調は染土の選択および配合によって異なる。これら染土調整は生産者の経験と勘により行われているため、畳表色調の統一性に欠ける。そこで、原草色調から畳表色調が推定できれば、染土調整の良否を原草色調から判断でき、畳表色調の統一の有効な手段となる。さらに、原草色調を測定機器を用いて理化学的に数値化すれば、測定した色調の客観的な伝達および情報の保存が可能となる。

これまでの原草色調の測定法は、適当な長さで切断したイグサ茎を台紙に貼り付け圧縮するため前処理に時間を要した^{1,2)}。近年、測定対象物に測定部を直接あてがう方式の分光測色計が開発され、畳表色調に関する研究に利用されている^{7,8)}。しかし、これまでこの方式の分光測色計による原草の直接測定法の報告はない。そこで、生産現場で簡易に使用可能なこの分光測色計による原草色調の測定方法を確立し、さらに、原草と畳表の色調の関係を明らかにし、原草から畳表色調を推定する方法を検討した。

ところで、 L^* a^* b^* 表色系のように物理的な色彩表示法は、精密かつ数量的に色を伝達することができる⁹⁾。また、系統色名法⁹⁾を利用すれば感覚的な表現に置き換えることも可能で、畳表の色調の場合 L^* 値が大きく a^* 値

が小さいならば「明るい緑味」と表現される。しかし、畳表の色調ではこれらと異なり、慣行的に「青味」や「白味」と呼ばれる独特の表現が使われている。この「青味」および「白味」の程度を畳表色調の官能評価によって数値化し、畳表色調の情報伝達手段として用いれば、色調を直感的に分かりやすく把握できる利点がある。そこで、畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値を分光測色計による畳表色調の測定値から推定し、さらに原草色調の測定値から直接に推定する方法を検討した。

試験方法

原草および畳表の色調測定には分光測色計（ミノルタ製 CM-1000）を用いた。測定部は直径8mmで、測定条件はC光源、2°視野で行った。色調の表現にはL*a*b*表色系を用いた¹⁾。L*は明度指数で数値が大きいかほど明るい。a*, b*は知覚色度指数でa*は+方向が赤、-方向が緑、b*は+方向が黄、-方向が青を表し、0が灰色である。それぞれ絶対値が大きいかほど程度が強い。彩度C*は変換式： $C^* = \{(a^*)^2 + (b^*)^2\}^{1/2}$ から求められ、色調の鮮やかさの程度を表し、大きいかほど鮮やかさが増す。色相H°は変換式： $H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) * (180^\circ / \pi)$ から求められ、黄味から緑味へのずれの大きさを表し、大きいかほど緑味が強い。本試験ではこれらを色の指標とした。色差はNBS単位で表した。

本試験は1998年12月に行った。

試験Ⅰ 原草の色調測定時の加重方法

分光測色計の照射光の損失を防ぐためには、試料に測定部を密着させなければならない。原草の場合、測定部位にある程度加重する必要があると考えられる。そこで、人為的加重が測定値に及ぼす影響を検討した。供試材料は筑後分場内で普通刈栽培をしたイグサ品種「筑後みどり」を同一の泥染め条件（三原染土の青系：白系=2:1、濃度：ボーム比重25度）で泥染めし乾燥したものをを用いた。分光測色計による測定に用いた材料の原草は、120cm以上の長さで選別後、直径約20cmの束に調整し、測定部位は畳表として利用される部分の中央付近（根元から55±2cmの距離）とした。なお、測定に伴う原草の変形を最小限に抑えるため、測定部位の左右5cmをひもで縛った。分光測色計の測定部(重量1.0kg)を測定部位に静置し、加重の有無別に、3名の測定者がそれぞれ100回測定した。

試験Ⅱ 分光測色計による原草色調の必要測定回数

色調測定値の安定を妨げる部分変色茎（イグサ茎の一部および片面に茶褐色の変色部位が現れる茎）の混入率と原草色調の関係を示し、分光測色計による必要測定回数を検討した。供試材料は試験Ⅰの原草の根元から45～65cm部位での部分変色茎の混入率が0, 2.5, 5, 10, 20, 50%の原草を用いた。これらの試料について、パネラー9名の観察により部分変色茎の目立ち方程度を甚(5)、多(4)、中(3)、少(2)、無(1)の5段階で評価した。また、同じパネラーで色調の良否について混入率0%を対照(10)とした10段階で評価した。色調測定は根元から55±2cmの部位で100回行った。測定方法は試験Ⅰに準じたが、測定部位に加重を与えなかった。

また、部分変色茎混入率の異なる原草色調の測定値を用い、信頼水準99%、許容誤差率5%とした場合の必要

測定回数(n_0)の算出を次式²⁾により行った。 $n_0 = \{t(\alpha, n-1)C/P\}^2$ α : 誤差の危険率(0.01), n : 母集団の個体数(100), C : 変動係数, P : 許容誤差率。

試験Ⅲ 原草と畳表の色調の関係

分光測色計を用いた色調測定により、原草と畳表の色調の関係を検討した。供試材料は、試験Ⅰのイグサを使い、刈取時期(適期刈り、遅刈り)、染土の種類(アサノ、三原)とその配合割合(青系:白系=7:3, 6:4、濃度:ボーム比重23度)を変えて泥染め・乾燥した原草16試料を用いた。120cm以上の長さで選別し原草色調を測定後、畳表(五八綿糸糸引通、耳毛長5cm)に製織した。

原草の色調は中央部を試験Ⅰ、Ⅱの方法で測定し、畳表の色調は中央部を行に沿って10回反復で測定した。

試験Ⅳ 原草の色調測定値から畳表色調の青味および白味程度の推定

畳表色調について、「青味」および「白味」程度の官能評価値と測定値との関係を示し、さらに、原草の色調測定値から官能評価値を推定する方法を検討した。供試材料は試験Ⅲの畳表を使い、畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価をパネラー9名の2回反復で行った。基準として16の供試材料中で色調測定値が平均値に近いものを任意に選んだ。この基準に対する「青味」および「白味」程度を、かなり強く青い(+3)、青く感じる(+2)、何となく青く感じる(+1)、差がない(0)、何となく白く感じる(-1)、白く感じる(-2)、かなり強く白い(-3)の7段階で相対評価し、評価値と基準との差の有意性を検定した(Fisher's PLSD, 5%水準)。なお、評価は日中の蛍光灯を点灯させた室内で北側窓を背にして照度約600luxの条件で行った。

結果

1 原草の色調測定時の加重方法

第1表に原草測定部位への人為的加重の有無および測定者の違いが原草色調の測定値に及ぼす影響を示した。

加重の有無による色差は0.17～0.62で、NBS単位と感覚値との関係では“わずかに異なる”程度であった。また、測定者ごとの色差は加重の有無にかかわらず0.5以下となり、NBS単位と感覚値との関係では“極めてわずかに異なる”程度であったが、加重を与えた場合は測定者による色差が大きかった。

2 分光測色計による原草色調の必要測定回数

第2表に原草における部分変色茎混入率（以下、混入率）と色調の関係を示した。パネラーは部分変色茎の目立ち方程度の観察で混入率10%までを少～中、20%を中～多、50%を多～甚と感じていた。また、混入率0%

第1表 測定部位への人為的加重の有無および測定者の違いによる原草色調の色差(1998年)

測定者	色差 I ¹⁾	色差 II ²⁾	
		加重なし	加重あり
A	0.62 ³⁾	-	-
B	0.30	0.06	0.36
C	0.17	0.06	0.30

注1) 色差Iは加重なしの場合と加重ありの場合の色差。

2) 色差IIは測定者Aに対するB, Cの色差。

3) NBS単位と感覚値の関係: 0～0.5(極めてわずかに異なる), 0.5～1.5(わずかに異なる), 1.5～3.0(相当に異なる), 3.0～6.0(著しく異なる)

第2表 原草における部分変色茎の混入率と色調評価、色差、a*値の関係およびa*値に基づいた必要測定回数(1998年)

混入率	部分変色茎の目立ち方程度	色調の良否評価	0%に対する色差	a*		測定回数
				平均値	CV	
0%	2.0a ⁺	10.0a ⁺	0	-5.46c ⁺	6.0	11
2.5%	2.3a	8.7b	-	-	-	-
5%	2.6ab	8.6b	0.9	-5.38c	6.1	11
10%	2.6ab	9.0b	0.4	-5.20b	8.3	20
20%	3.3b	7.3c	0.8	-5.24b	8.5	20
50%	4.4c	6.0d	1.1	-4.40a	12.6	44

注1) 部分変色茎の目立ち方程度を基(5), 多(4), 中(3), 少(2), 無(1)の5段階観察評価した平均値。
 2) 異文字間に5%水準の有意差あり (Scheffe法)。
 3) 混入率0%区を対照(0)とした10~1段階の評点法による原草色調の良否の観察評価の平均値。
 4) 異文字間に5%水準の有意差あり (Fisher's PLSD)

に対して20%以上で目立ち方程度の有意差が認められた。なお、原草色調の良否の官能評価は混入率が高くなるに従って劣る傾向が認められ、混入率20%以上では10%に対して有意に劣った。

一方、混入率と測定値による色調の関係について、混入率0%に対する色差は、混入率5~20%の範囲では、厳密な等色を要求される1NBS単位⁴⁾以下であり、ほぼ同色であった。また、個々の色の指標でみると、L*およびb*は混入率と一定の関係が認められず(データ略)、a*は混入率が高くなるに従い、測定値が大きくなった。また、各混入率における測定値の変動係数の範囲は、L*が2.1~2.8%、a*が6.0~12.6%、b*が4.2~6.3%で(データ略)、a*の変動係数が最も大きく、混入率の増加に伴い大きくなった。

これらのことから、部分変色茎の混入程度がやや多く、色調評価が有意に劣る水準である混入率20%の原草において、a*測定値の99%が、許容誤差率5%以内に収まるために必要な測定回数を求めると20回であった。

3 原草と畳表の色調の関係

第3表に原草と畳表におけるL*, a*, b*, 彩度C*値の違いと色差を示した。原草は畳表に比べてL*, a*, b*および鮮やかさを表す彩度C*はそれぞれ4.5, 0.43, 1.05, および0.7小さかった。また、両者の色差は3.0以上となり、NBS単位と感覚値との関係では「極めて著しく異なる」ことが認められた。これらの原草と畳表の測定値の違いを、日本工業規格(JIS)の色名法⁴⁾を用いて感覚的に表現すると、原草は畳表に比べて「暗い」色で、「緑味が強い」ことが明らかになった。

このように原草と畳表の色調は明らかに異なったが、第4表に示したL*, a*, b*ごとの単回帰分析から、両者の間に相関関係(r=0.783~0.631)が認められた。得られた回帰式から算出した畳表色調の推定値と実測値との誤差の平均値は、L*で0.21, a*で0.24, b*で0.28であった。

第4表 色の各指標における原草と畳表間の回帰分析の結果(1998年)

色の指標	相関係数	回帰式	畳表色調の推定値 ¹⁾ の誤差平均値 ²⁾	畳表色調の実測値と推定値の色差 ³⁾
L*	0.783 ^{***}	y=25.64+0.50x	0.21	} 0.4±0.2 ⁴⁾
a*	0.631 ^{**}	y=-1.59+0.59x	0.24	
b*	0.759 ^{**}	y=2.08+0.88x	0.28	

注1) 畳表色調の推定値を回帰式の目的変数(y)とし、原草色調の測定値を説明変数(x)とした。
 2) 実測値に対する推定値の誤差率を求め実測値の平均値に掛けて求めた。
 3) NBS単位と感覚値の関係: 0~0.5(極めてわずかに異なる), 0.5~1.5(わずかに異なる), 1.5~3.0(相当に異なる), 3.0~6.0(著しく異なる)
 4) n=16. **は1%水準で有意差があることを示す。
 5) 平均値±標準偏差。

第3表 原草と畳表間のL*, a*, b*, 彩度C*値の差および色差(1998年)

試料	L*	a*	b*	彩度C*	原草と畳表の色差 ¹⁾
原草(A)	42.0±0.7 ⁺	-4.90±0.39	8.61±0.43	9.9±0.5	-
畳表(B)	46.5±0.5	-4.47±0.37	9.66±0.50	10.6±0.6	-
差(A-B)	-4.5	-0.43	-1.05	-0.7	4.3±0.4 ⁺

注1) 平均値±標準偏差(n=16)。
 2) NBS単位と感覚値の関係: 0~0.5(極めてわずかに異なる), 0.5~1.5(わずかに異なる), 1.5~3.0(相当に異なる), 3.0~6.0(著しく異なる)

また、両者の色差は0.4で、NBS単位と感覚値との関係では「極めてわずかに異なる」ことが認められた。このことから、原草からの畳表色調の推定値が表わす色は、実測値が表わす色とほぼ同色であることが認められた。

4 原草の色調測定値から畳表色調の青味および白味程度の推定

試験Ⅲの供試16試料について、パネル9名で畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価を行い、第1図に各試料の官能評価値を示した。得られた評価値について、各パネルを反復とした多重比較検定(Fisher's PLSD, p<0.05)を行った結果、基準との有意差限界値は0.46であった。

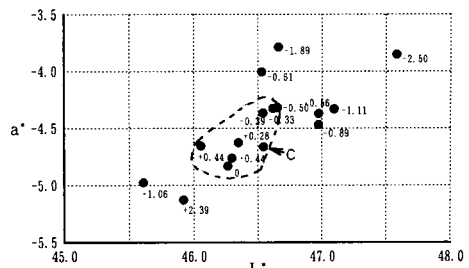
畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値は、L*, a*との間に相関係数でそれぞれ-0.857, -0.906と強い相関関係が認められた(データ略)。また、色の各指標には相互に相関関係があり、L*とa*の間に正の相関が認められた(第5表)。第1図に示したL*とa*の関係から、L*およびa*が大きいほど畳表色調の白味程度が強かった。さらに、畳表の「青味」および「白味」程度の官能評価値を目的変数(Y)、色の各指標を説明変数(X)とする重回帰分析を行った結果、「青味」および「白味」程度の官能評価値はL*およびa*の寄与が大きく、これらを用いて高い精度(R²=0.915)で推定できた(第6表)。

次に、これらの結果を総合して、原草から求めた畳表色調のL*, a*値を用いて推定した畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値は、実際の「青味」および「白味」程度の官能評価値との間に高い相関が認めら

第5表 色の指標¹⁾相互の相関(1998年)

	L*	a*	b*	彩度C*	色相H°
L*	-	0.744 ^{***}	-0.611 [*]	-0.702 ^{**}	-0.416
a*	-	-	-0.587 [*]	-0.751 ^{**}	-0.759 [*]
b*	-	-	-	0.976 ^{**}	-0.080
彩度C*	-	-	-	-	0.141

注1) 試験Ⅲの供試16試料の測定値から求めた。
 2) **, *は各々1.5%水準で有意。



第1図 L*-a*関係における畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値の位置(1998年)

注1) 図中の数値は畳表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値。+は青味、-は白味で数値が大きいほど程度が強い。
 2) 図中のCは上記官能評価の基準試料であることを示す。
 3) 破線で囲まれた範囲は「青味」および「白味」程度が基準に対してFisher's PLSDで5%水準の有意差がないことを示す。

第6表 量表色調の青味および白味程度の官能評価値 (Y) と色の指標の重回帰分析¹⁾ (1998年)

	L* (X ₁)	a* (X ₂)	
標準偏回帰係数	-0.489	-0.548	
標準偏回帰係数の標準誤差	0.232	0.312	寄与率R ² =0.915,
偏相関係数	-0.767	-0.801	df=12, n=16
推定式	Y = -0.96X ₁ - 1.45X ₂ + 38.05		

注1) 説明変数としてL*, a*, b*, 彩度C*, 色相H°を用い, 変数増減法による最適式について示した。

れた(第2図)。

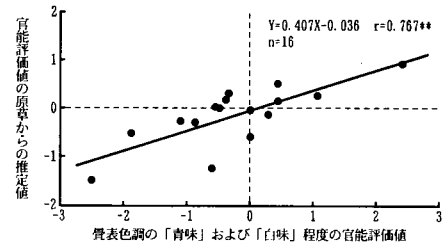
考 察

分光測色計による原草色調の測定の際に, 測定部位に加重を与えた場合は測定者の違いによる色差が大きかったことから, より安定した値を得るために測定部位に加重を与えない方法がよいと考えられる。

部分変色茎と色調評価の関係について, 赤く変色した部分変色茎の混入が多く色ムラが著しい原草および量表は色調の評価が低かったと報告されている³⁾。本試験でも部分変色茎が20%混入した原草の官能による色調評価は0%に比べて劣った。色差から求めた両者の色の感覚的な差はわずかであったものの, 緑味を表すa*値の変動係数が部分変色茎の混入程度に従い大きくなったことから, 混入率20%の原草の変色部位そのものによる色ムラが色調評価の劣った原因であると考えられる。また, 著者らの観察評価の結果から, 生産現場の一般的な原草の部分変色茎の混入率は20%よりやや少ないので, 原草色調の必要測定回数は20回が適当と考えられる。

色調の測定結果から, 原草は量表に対して著しい色差が認められ, 感覚的には暗く, 緑味が強いと表現された。人が色を認識する際には, 物体の素材そのものの光刺激の他に, 対象物体の表面構造による光刺激が含まれる⁴⁾。織物では表面に大きな凹凸があるので, 反射光が各方向に不規則に分布する⁵⁾。原草の場合も複数のイグサ茎を束ねただけのもので, その表面は製織による圧力で緊密に平面化された量表の表面に比べると, 反射光がより不規則に分布していると考えられる。その結果, 原草表面に影ができるため, 原草は量表に比べて明るさが暗くなると推察される。

量表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値は, L*およびa*を用いてその推定式を作成することができた。L*a*b*表色系等が表す数値は, 人間が実際に知覚する色と対応付けられ, 色相, 明度および彩度の変化に従って知覚色が異なることが知られている⁶⁾。L*a*b*表色系において明度はL*, 色相, 彩度はともにa*およびb*で表される⁶⁾。本試験では, 第5表から色相H°, 彩度C*とともにa*との相関が高く, 量表の色の感じ方は緑味の程度に影響を強く受けると考えられる。そこで, 日本工業規格(JIS)の色名法⁷⁾の感覚表現を用いて, 以下に量表色調の感じ方を示した。色調が, 明るく(L*が大きく)かつ無彩色に近づく(a*が大きい)ことにより緑が「薄く」なり, すなわち「白味」を強く感じる。一方, 暗く(L*が小さく)かつ彩度が大きくなる(a*が小さい)ことにより緑が「濃く」なり, すなわち「青味」を



第2図 量表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値と原草からの推定値との関係 (1998年)

強く感じるものと推察される。このようにL*, a*のバランスが「青味」および「白味」の感じ方に関係していることから, 「青味」および「白味」程度の官能評価値を求める推定式の説明変数にL*およびa*を用いたことの整合性が認められた。

これらのことから, 分光測色計による原草のL*, a*測定値から量表のL*, a*値を推定し, さらに「青味」および「白味」程度の官能評価値に置き換えることで, 直接, 原草から量表色調を感覚的に把握できる方法が明らかになった。この手法を生産現場の幅広い範囲の色調に適用することにより, 原草段階において量表色調の「青味」および「白味」程度の客観的な判定が可能となり, 適正な量表色調に近づけるための泥染め調整の目安にすることができると考えられる。

しかし, 「青味」および「白味」程度の官能評価値の有意差限界値は0.46であるため, 推定値の絶対値がこの値以内であれば, 「青味」および「白味」程度の判定はできない。また, 第2図に示した量表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価値に対する原草から導き出した推定値の一次回帰式の傾きが0.407であり, 推定値が実際の「青味」および「白味」程度の官能評価値に比べて小さくなるため誤差の範囲に含まれやすくなるという問題点が残された。今後, 推定誤差を小さくするためには, 量表色調の「青味」および「白味」程度の官能評価について, パネラーの識別能力を反復訓練により高め, 判定精度を向上させる必要がある。

引用文献

- 1) 池田正人(1991)岡山県南部地帯におけるイグサの収量・品質および乾茎色調に関する研究. 岡山県立農試臨時報告 **81** : 34-51.
- 2) 兼子明・田中忠興・中村駿(1982)イグサの熟度別の形態・性状. 福岡農総試研報 **A1** : 47-50.
- 3) 北原郁文・兼子明・中村駿・田中忠興(1985)培地土壌の種類とイグサの品質. 福岡農総試研報 **A2** : 31-37.
- 4) 日本色彩学会編(1980)色彩ハンドブック. 東京大学出版会, 東京. 141-143, 244, 276-277, 532-578.
- 5) 日本色彩学会 JIS 解説書作成委員会編(1988)色彩関連 JIS 解説書, 東京. 117-120, 137.
- 6) 応用統計ハンドブック編集委員会編(1982)応用統計ハンドブック. 706-712.
- 7) 手塚隆久・飯牟禮和彦(1995)色差計を用いたイグサの色の品質評価. 九農研 **57** : 28.
- 8) 内村要介・藤富慎一・住吉強(1999)分光光度計を用いた量表の色調評価. 福岡農総試研報 **18** : 44-47.