

病原菌からみた茶米の発生生態に関する研究  
第5報 測色色差計による茶米の発生量評価

川久保幸雄

Yukio KAWAKUBO: Ecological studies of rusty kernel rice in relation to the pathogenic organisms V. Estimation of quantity of rusty kernel rice by using color difference meter

茶米とは玄米の果皮全体が茶褐色に着色したものであって、着色程度は淡いものから濃いものまで連続的である。このため、茶米の識別に当って、着色程度の基準をどこに置くかについて調査者は苦慮しており、現状では全く個人的な判断で茶米の選別が行われていると云ってよい。また、粒厚の小さい茶米は奇形米であることが多いが、粒厚の大きい茶米は着色以外に外観上特色ある症状を呈さず、この点もまた茶米の識別を困難にしている一因となっている。したがって、調査者が異なることによって、同一サンプルでも茶米発生量の評価は異なることが考えられ、得られる茶米量のデータに個人差の生じることが危くされる。これらのことを考慮して、筆者はこれまで特定の一人在、一定の場所（室内北側）で、自然光のもと茶米の調査を実施するよう提唱してきたが<sup>2)</sup>、今回、より客観的に茶米量を把握するため、測色色差計が利用可能かどうかについて検討した。その結果、測色色差計により茶米の発生量が評価可能なことが判明した。

測色色差計は等色差表色系（UCS: Uniform Chromatically Scale Diagram）におけるL, a, b, 色立体での試料の位置を定めるためL（明度）、a, b,（色相 b/a, 彩度 $\sqrt{a^2+b^2}$ ）を測定するもので、塗料、印刷、繊維および食品、その他多くの色彩に関係ある工業における色彩管理や色彩研究での科学的測定（数値処理）に広く応用されている。しかし、玄米の品質調査に測色色差計を利用した試みはまだないようである。ここにこれまでの実験結果をとりまとめたので発表する。試験実施に当たり御指導いただいた福井農試今村和夫課長、山田正美技師および農産加工課の諸氏に深謝の意を表する。

試験材料および方法

材料：供試玄米の由来は結果の各項で詳述するが、調査には全て粒厚1.7mm以上の精玄米を用いた。

測色色差計による測定方法：測色色差計の使用機種は

福井県農業試験場病理昆虫課農試 No.92 (府)  
福井県農業試験場 Fukui Agricultural Experiment Station,  
Ryomachi, Fukui 910

東京電色株式会社製TC-1500MC。特にことわらない限り試料7gを底面の内径30mm、高さ13mmの円筒形容器に入れ、色3要素、色差（3刺激値 $X=81.53$ ,  $Y=83.00$ ,  $Z=95.39$ で定められた標準白色と、当該試料との色立体上での距離）の第1回測定を行い、さらに容器を180度回転して再度測定、結果は2回測定の平均値で示した。調査は1984年5～6月に行った。

試験結果

1 人為的に識別した茶米等の測色色差計による測定値比較

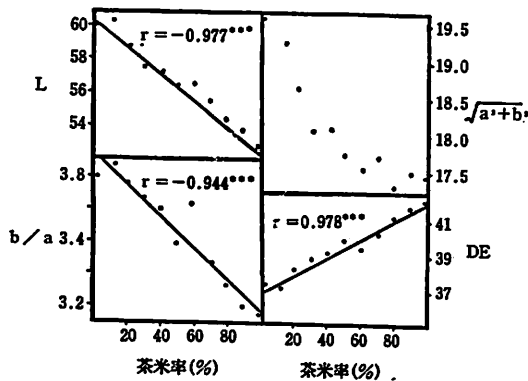
1983年産日本晴から、既報の方法<sup>2)</sup>により淡、中濃茶米、完全米および活青米を選別し、これらの色3要素、色差値を測色色差計により測定した。その結果、第1表

第1表 完全米、茶米および活青米の色3要素、色差値

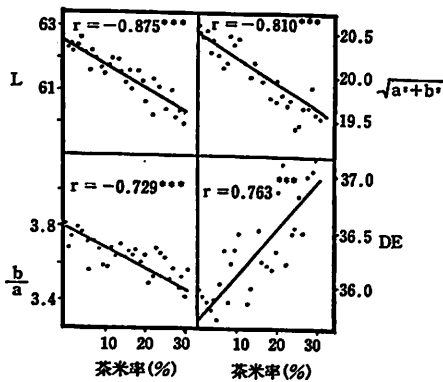
	L (明度)	b/a (色相)	$\sqrt{a^2+b^2}$ (彩度)	$\Delta E$ (色差)	(感覚的表現)	DE (標準色との色差)
完全米	40.46	3.68	19.74	6.70 2.37	目立つほどの 色差 感知しうる色 差	37.19
淡茶米	54.25	3.18	17.33			41.79
中濃茶米	51.93	2.90	17.34			43.96
活青米	53.97	-18.11	19.23			42.80

のように、従来の方法で識別した茶米、完全米の明度（以下L）、色相（以下b/a）は玄米の着色程度が濃くなるにつれて低下、彩度（以下 $\sqrt{a^2+b^2}$ ）は完全米と茶米間では差を認めたが、淡茶米と中濃茶米間では差がなかった。完全米と淡茶米の色差 $\Delta E$ （ $\sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$ ）は6.70、淡茶米と中濃茶米のそれは2.37となり、これらをNBS（National Bureau of Standards）単位による感覚的表現に言い換えると、それぞれ大きな色差、感知しうる色差となった。また、標準白色との色差（以下DE）は完全米よりも淡、中濃茶米となるにつれ増大した。

2 茶米の混合率が異なる場合の色3要素、色差値の



第1図 茶米率の増加と色各要素, 色差値の変化



第2図 茶米率の増加と色各要素, 色差値の変化

変化

1983年産日本晴の完全米, 濃茶米を供試し, 完全米310粒(約7g)に対する茶米の混合率を0から100%まで10%刻みで変化させ, 各割合ごとに測色色差計で測定した。また, 1983年産コシヒカリの完全米, 濃茶米を供試し, 完全米300粒に対する茶米の混合率を0から30%まで1%刻みで変化させ, 同様に測定した。

結果は第1, 2図に示した。茶米を10%刻みで増加させた場合(第1図), 茶米率とL, b/aおよびDEとは直線回帰となり, それぞれ有意な高い相関係数が得られた。茶米率と $\sqrt{a^2+b^2}$ とは曲線回帰を示した。

茶米の実際的な発生率である30%以下の範囲内で, 茶米率を1%刻みで増加させた場合(第2図), 茶米率と $\sqrt{a^2+b^2}$ との間は直線回帰を示し( $r=-0.810***$ ), 他の要素と茶米率との関係も第1図と同様の傾向となり, それぞれ有意な相関値を得た。日本晴で第2図と同様の実験を行ったところ, 茶米率とL, b/a,  $\sqrt{a^2+b^2}$ およびDEとの間の相関係数はそれぞれ $r=-0.845***$ ,  $-0.709***$ ,  $-0.795***$ および $0.815***$ となり, コシ

カリと同様の傾向となった。これらの結果をもとに, 茶米率を0から30%まで1%刻みで変化させた場合の茶米率と色3要素, 色差値との重相関式をコシヒカリについて求め下記の式を得た。

$$\begin{aligned} \text{茶米率} &= -25.1332 \cdot L + 5.5785 \cdot b/a - 1.1583 \cdot \sqrt{a^2+b^2} - 21.3407 \cdot DE + 2341.2311 \\ (R &= 0.9434) \end{aligned}$$

3 同一処理玄米の測定試料数と各要素値の変動係数  
1983年, 現地で行った茶米防除試験(日本晴)の無処理区の完全米について測定試料20サンプルを用意し, 各サンプルごとに色3要素, 色差値および千粒重を測定し, 変動係数を求めた。なお, 千粒重は1サンプル(7.0g)の粒数から逆算した。

第2表 同一処理玄米の測定試料数と各要素値の変動係数

測定試料数	変動係数				
	L	b/a	$\sqrt{a^2+b^2}$	DE	千粒重
2	2.26%	4.21%	2.10%	3.03%	1.40%
3	1.80	2.98	1.50	2.26	1.09
5	1.29	2.19	1.15	1.60	1.01
10	1.02	2.80	1.43	1.35	0.89
15	0.84	2.64	1.46	1.14	0.81
20	0.77	2.55	1.37	1.05	0.79

その結果, 第2表に示したように, 色3要素, 色差値の変動係数は測定試料数が3試料以上に及ぶと2%台となり, 5試料以上になるとb/aを除きほぼ千粒重に近い1%台となった。

4 色3要素, 色差値の品種間差異

栽培法を同じくする1983年の福井農試産こしにしき, フクヒカリ(以上早生), コシヒカリ, フクホナミ(以上中生) キンバおよび日本晴(以上晩生)から得た完全米について, 同一品種3試料の色3要素, 色差値を測定した。

結果は各項ごとに最小値から最大値の順にまとめ第3表に示した。L, b/a,  $\sqrt{a^2+b^2}$ およびDEともに最小, 最大となる品種は異なり, それぞれの品種で色3要素に固有の特色が認められた。しかし, 各要素でフクヒカリとフクホナミ, コシヒカリと日本晴の隣接する例が多く, これらの品種は相互に類似した色彩関係にあると考えられた。

5 測色色差計による薬剤の茶米防除効果判定

前年(1983年)に行った下記の茶米防除試験から得た玄米(デシケーターで保存中)を供試した。青米, 腹黒米, 斑点米および黒点米類似症を除いた試料を1処理区当たり試験1)では3試料, 試験2)では6試料測定し, その平

第3表 各品種の色要素, 色差値の変動

	最 小					最 大
L	こしにしき (60.67)	日 本 晴	キ ン 巴	フクホナミ	フクヒカリ	コシヒカリ (61.35)
b/a	キ ン 巴 (3.36)	こしにしき	フクホナミ	フクヒカリ	コシヒカリ	日 本 晴 (3.67)
$\sqrt{a^2+b^2}$	日 本 晴 (20.04)	コシヒカリ	フクホナミ	フクヒカリ	こしにしき	キ ン 巴 (21.45)
DE	コシヒカリ (36.82)	日 本 晴	フクヒカリ	フクホナミ	キ ン 巴	こしにしき (37.68)

均値で色3要素, 色差値を算出した。

試験1)1/3000aポット栽培, フクヒカリの穂揃期(8月10日)に, *Alternaria* sp., *Curvularia lunata* の胞子液(100倍の1視野当り約50個)を噴霧, 一夜25°Cの接種箱に入れ, 翌日ポット当りヒノポリZ粉剤は2g, ベフラン液剤(1000倍)は30mlを散布, 9月12日に収穫した。1区1ポット, 2連制。

試験2)福井市木下町, 一般農家は場での試験。日本晴の穂ばらみ期(8月12日), 穂揃期(8月20日)に10a当りヒノポリZ粉剤4kg, ベフラン液剤(1000倍)150lを散布, 9月24日に収穫した。1区15.0m<sup>2</sup>, 3連制, 区は全て畦畔沿いに設定した。

第4表 測色色差計測定結果からの茶米率推定(茶米防除試験, ポット)

供 試 薬 剤	<i>Alternaria</i> sp. 接種		<i>C. lunata</i> 接種	
	茶 米 率		茶 米 率	
	推 定 値	実 測 値	推 定 値	実 測 値
1. ベフラン液剤	4.0%	6.2%	13.9%	4.6%
2. ヒノポリZ粉剤	9.6	12.2	15.0	7.3
3. 無 散 布	10.2	11.9	18.1	9.3

第5表 測色色差計測定結果からの茶米率推定(茶米防除試験, は場)

供 試 薬 剤	茶 米 率	
	推 定 値	実 測 値
1. ベフラン液剤	34.1%	5.2%
2. ヒノポリZ粉剤	33.9	4.8
3. 無 散 布	38.4	6.4

試験1)の結果は第4表に示した。2項で導いた色3要素, 色差値と茶米率の重回帰式に測定結果をあてはめると, 茶米率の推定値は, *Alternaria* sp. 接種区では肉眼観察による実測値に近いものとなり, ベフラン液剤の効果が最も高かった。*C. lunata* 接種区での茶米率推定値は実測値の約2倍となったが, 薬剤の防除効果の差はやはり *Alternaria* sp. 接種区と同様であった。は場試験では(第5表), 測定値から算出される茶米率の推定値

は実測値よりもかなり高かったが, 各薬剤の防除効果は推定値と実測値でよく似た傾向を示した。

考 察

JOHNSON<sup>3)</sup>は試料に特定波長の光線を照射し, 光線の透過量, 反射量を測定して黒黴病菌による小麦の汚染程度を判定した。さらに, 江幡<sup>1)</sup>は, 基準完全米試料に対する試料の透過光, 反射光比率で米質を検定し, 米質検定器を考案した。しかし, これらの方法では茶米など玄米表面が着色する被害米の色調は十分に表示されないと考えられる。また, 透光率などが基準試料に対する比率で表示されると, 基準試料そのものが人為的に選定されたものであるため, 基準試料の変動により測定値も変化すると考えられる。この点, 測色色差計は明度, 色相および彩度などの色3要素や標準色との色差を数値で表示するもので, 近年, 工業製品の色彩管理や色彩研究に広く利用されており, 玄米表面の明るさや色彩の把握に適切と考えられた。

従来的人為的な識別により選抜した茶米と完全米を測色色差計で測定すると, 色3要素, 標準白色との色差はいずれも両者で異なった。淡茶米と中濃茶米間も彩度を除き差が認められた。これまでの調査では実際には場で発生する茶米率は30%以下である<sup>2)</sup>。そこで, 完全米に対する中濃茶米の混合率を0~30%の範囲内で1%刻みで変化させると, 茶米の割合が高くなるにつれ明度, 色相および彩度は直線的に低下, 色差値は高くなり, 茶米率とこれら測定値との間に有意な相関係数が得られた。品種を異にしても同様の成績となり, このような結果は普遍的であると考えられた。これらの結果をもとに, 完全米に対する中濃茶米の混合率を0~30%の範囲内で変化させた場合の色3要素, 色差値と茶米率との重回帰式を導いた。この重回帰式により薬剤の茶米防除効果比較試験における茶米発生量を推定したところ, 茶米率は実際の肉眼観察と同様の傾向を示した。この関係式を利用して実際に茶米量の調査, 推定をする際, 下記の点に留意する必要がある。

1 測定する試料に青米が多く混入していると, 特に色相が大きく変化する(第1表)。このため, 試料から

青米を除去しておくといよい。同時に、斑点米、黒点米類似症および腹黒米など着色米と考えられるものも除くと茶米についてより高い精度となる。茶米を人為的に選別する場合と比較して、青米、着色米は色彩、形状に特色があるため試料からの分離が容易である。

2 同一処理からの測定試料数は3試料、できれば5試料とする。この場合の色3要素、色差値の変動係数は $b/a$ を除き1%台となり、千粒重調査とほぼ同様の精度となる。

3 品種により色3要素、色差値は異なる。このため、試験は場の試料についてあらかじめ重相関式を求めておき、しかるのちにこの式を用いて当該試験での茶米量を推定すれば、より正確な推定値が得られると考えられる。

4 暗色米も果皮が茶褐色であるため、この式を用いた茶米率の推定値中に含まれる。茶米量と暗色米量を区別する際には、暗色米は実体顕微鏡下で微褐点があることを確認し、その率を推定茶米率から減ずる。これまでの調査では、ほ場での暗色米の発生率は茶米の約1/20である<sup>2)</sup>。このため、実用場面では、この値を当初に茶米推定値から減じ、これを茶米率としてよいと考えられる。

5 この重相関式では淡、中および濃茶米別の発生量は推定できない。強度の障害米が多い場合には軽度の障害米も多いことから<sup>1)</sup>、推定茶米率が高い場合は中濃茶米とともに淡茶米も多いと考えられる。

以上のように、色3要素、色差値との重相関式により茶米量の全体的傾向を客観的、簡便に評価可能なことが判明し、本法は今後広く応用する価値があるものと思われる。

## 摘 要

茶米の発生量評価に測色色差計の利用が可能かどうかについて検討した。

1 人為的に識別した完全米と茶米の明度、色相、彩度および標準白色との色差は異なり、淡茶米と中濃茶米間でも彩度を除き差が認められた。

2 完全米中での茶米の混合率を0から30%の範囲で増加させていくと、茶米率と明度、色相および彩度との間には高い負の相関関係、色差との間には高い正の相関関係が認められた。この結果をもとに色3要素、色差値と茶米率との重相関式を導いた。

3 薬剤による茶米防除試験での茶米量をこの重相関式により推定したところ、各薬剤の茶米率は肉眼観察と同様の傾向を示し、測色色差計の測定結果をもとに茶米量の全体的傾向を把握可能なことが判明した。

## 引用文献

- 1) 江幡守衛 (1972) 測光法による米の粒質診断に関する研究 第1報 粒質とその光線透過性および反射性、ならびに米質検定器について。日作紀 41: 348~352.
- 2) 川久保幸雄・杉本義則・高松 進・古河 衛・奈須田和彦 (1980) 病原菌からみた茶米の発生生態に関する研究 第1報 1978年の福井県における茶米、暗色米の発生状況ならびに糸状菌の分離結果について。福井農試報告 17: 13~30.
- 3) JOHNSON, R. M. (1960) Five proposed methods for determining smut content in wheat. Cereal Chem. 37: 289~308.

(1985年8月14日受領)