

# タイルの色彩評価に関する研究

尾畑 成造\*      水野 正敏\*\*      高山 定次\*      棚橋 英樹

## Study of Color Quality Control for Tile

Seizo Obata\*      Masatoshi Mizuno\*\*      Sadatsugu Takayama\*      Hideki Tanahashi

あらまし    タイル製造において特に自動化が進んでいない工程の中に検査工程があり、この工程の省力化が望まれている。本研究では検査工程における自動検査システムの開発を目的に、色彩変化に大きな影響を与える酸化鉄含有量と焼成温度に着目して、色彩管理を容易にするためのより正確な識別手法の検討と有用な評価方法について検討した。今回の結果から色彩管理を行う場合には原料組成、酸化鉄含有量の変化は色相、彩度による評価が、焼成温度については吸水率の変化を加味した明度、彩度による評価が有効であることがわかった。

キーワード    タイル、色、検査システム

### 1. まえがき

タイルの製造工程は、プレス成形、施釉、焼成、検査、シャッフル、及びタイルの整列・紙貼からなり、その形状のために成形から焼成工程に至るまでは自動化が進んでいる。しかし検査工程についてはそのほとんどが手作業に頼っている。

そこでこれまで目視検査工程での省力化、自動化を試みるためにいろいろな取り組みがなされてきた。盛田ら[1][2]は、CCDカメラを用いての画像取得及び処理を行うことでタイルの色彩分類と形状および欠陥検出を報告している。しかし色彩に関しては大きな違いがある場合にしか検出できず、十分な検査方法が提案されているとは言い難い。

そこで昨年、検査の難しい色彩検査について現在の市販の測定機器がどの程度適用できるか検討した結果、タイルの色彩検査で良品、不良品の判定は可能であったが良品中の色濃度の識別に課題があることを報告した[3]。この色濃度の違いを把握、管理することはタイル張りの微妙な配色を行う上で重要である。

今年、色濃度の管理までを行うには、取得データのみでの判断が困難であることから、正確な識別手法を加味させた実際の検査工程で満足する検査システムの開発を試みた。今回はタイル原料成分中で色変化に大きな影響を及ぼす酸化鉄の含有量を変化させ、酸化鉄含有量と焼成温度が色彩に与える影響を把握し、色彩管理を行ううえでの有効な識別手法について検討した。

### 2. 実験方法

酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )含有量の異なる3種の原料[小原赤土( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :3.68%)、高田赤土( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :1.74%)、市販磁器土( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :0.45%)]を使用した。小原赤土と高田赤土を種々の割合で混合したものに磁器土を0~30%添加し泥漿を調整し、これを乾燥、造粒して顆粒を作製した。その後プレス成形して成形体を得、これを1050~1250℃付近で焼成した。焼成温度は(財)JFCC製のリファサーモにて決定した。測色については村上色彩技術研究所製の高速分光光度計(CMS-500)を用いて、この分光光度計は可視領域(390~790nm)についての分光反射率を測定、このデータからJIS Z 8701のXYZ表色系及びJIS Z 8729の $L^*a^*b^*$ 表色系を算出させた。また算出した $L^*a^*b^*$ から彩度: $C^*$ 、色相: $h$ および色彩管理でよく使われる色差: $E^*_{ab}$ についても算出した。ここで $L^*$ は明度を、 $a^*$ 、 $b^*$ は彩度色相を表す指標であり、 $a^*$ 及び $b^*$ の正方向は赤色、黄色を、負方向で緑色、青色を示す。 $E^*_{ab}$ で色彩評価する場合、この値が1.2以上であると差があるとされ、それ以下では確率的な判断がなされる。特に0.4以下になると熟練者でも識別困難であるといわれている[4]。

### 3. 実験結果

#### 3.1 酸化鉄含有量における色彩変化

1200℃焼成したタイルを使用し、酸化鉄含有量及び、原料混合比の違いによる色彩の変化について検討した。

図1に酸化鉄含有量に対する $L^*a^*b^*$ の変化を示す。酸化鉄含有量の増加に従って徐々に $L^*$ は減少する傾向が、 $a^*$ は徐々に増加する傾向がみられる。この $L^*$ 、 $a^*$ の2つの値は原料混合比の影響はあまりみられない。

\* 兼セラミックス技術研究所

\*\*セラミックス技術研究所

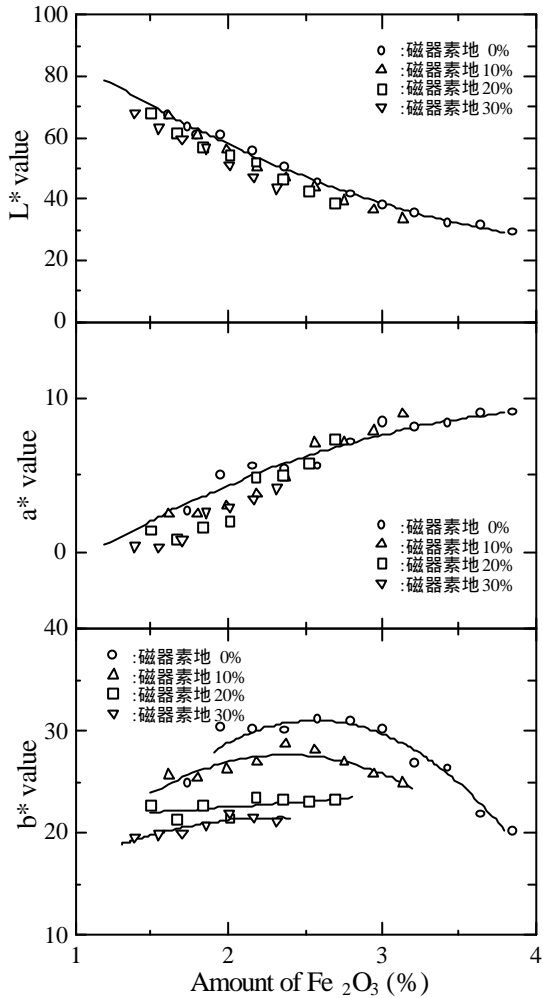


図1 酸化鉄含有量に対する L\*,a\*,b\* の変化  
Fig.1 Effect on L\*,a\* and b\* value as a function of the various amount of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

また、酸化鉄含有量が増加するに従って L\* の勾配が緩やかになることから酸化鉄含有量の少ない組成ほど色彩に敏感に影響を与えているものといえる。また a\* についても L\* と同様に原料混合比よりも、酸化鉄含有量に影響を受けていることがわかる。これから酸化鉄含有量変化に対して L\*, a\* を用いることが有効であると考えられる。一方、b\* は原料の混合比により異なった挙動を示し、磁器土が占める割合が大きくなるにしたがって、b\* は減少するとともに、酸化鉄含有量の変化に対する b\* の変化は少なくなっている。このため原料の Lot 変更時などは b\* を使用することが好ましい。

図2 に酸化鉄含有量に対する E\*<sub>ab</sub>, C\*, h の変化を示す。E\*<sub>ab</sub> は原料混合比の影響はほとんどみられず、酸化鉄含有量の増加とともに減少している。C\* は b\* 同様な傾向を示している。h は直線的に減少しており色相も変化していることがわかる。ここで L\*, a\*, b\* それぞれの寄与率を算出してみると酸化鉄 1~4% の含有量で L\* の寄与率が 90~50%, a\* が 0~15%, b\* が 10~30% であり、

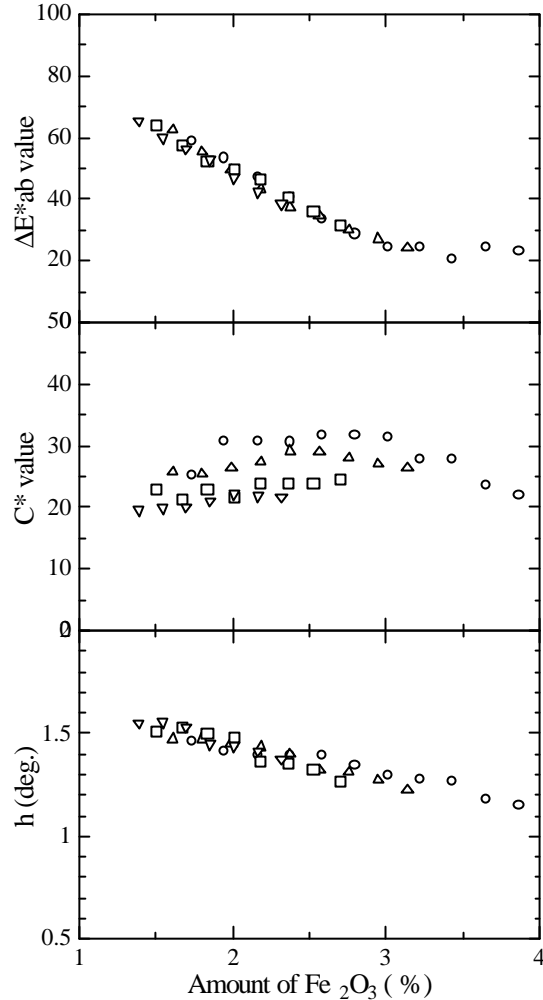


図2 酸化鉄含有量に対する E\*<sub>ab</sub>,C\*,h の変化  
Fig.2 Effect on E\*<sub>ab</sub>,C\* and h value as a function of the various amount of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

通常色差として用いられる E\*<sub>ab</sub> による評価では b\* で見られる原料の影響がほとんどなくなり、正確な色彩管理は困難である。また色相、彩度ともに変化するために両者を考慮する必要がある。このことから原料の Lot や種類の違いによる製品への色彩の影響は h および C\* で判断する事が有効であると考えられる。

### 3.1 焼成温度における色彩変化

次に上記結果からもっとも酸化鉄含有量が多く色差の変化が少ない意向を示す小原赤土を種々の焼成温度で焼成し、焼成温度に対する色彩変化について評価した。またタイルの焼結状況を調べるために吸水率、収縮率、かさ密度についても測定した。

図3 に焼成温度に対する L\*, a\*, b\* の変化を、図4 に E\*<sub>ab</sub>, C\*, h を示す。L\* は焼成温度の上昇とともに減少し、1180 °C ではほぼ一定の値を示した。一方、a\* は 1130 °C 付近まで緩やかに、その後 1180 °C 付近まで急激に減少し、これ以上の温度でまた緩やかに減少した。b\* についても a\* と同様の挙動を示している。一方、色相 h の変化は酸

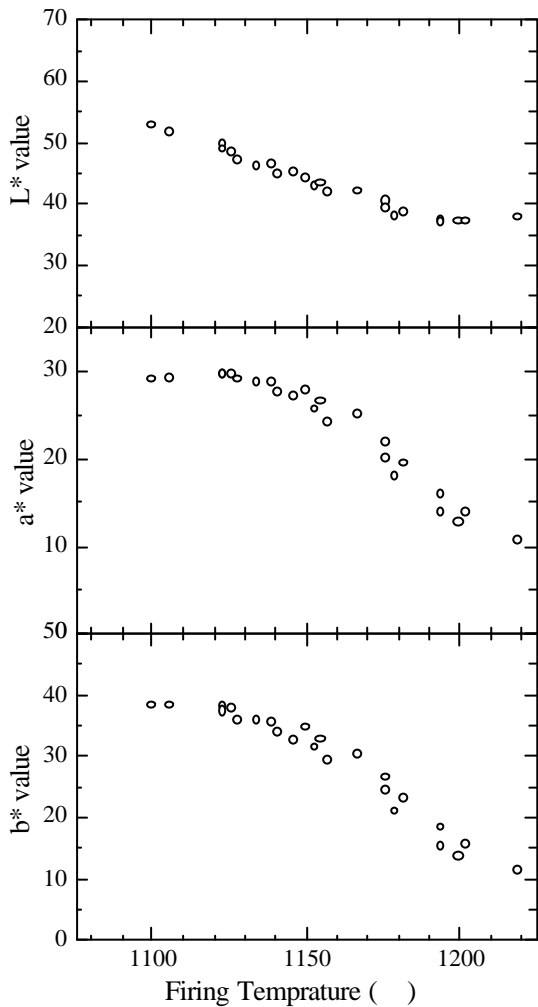


図3 焼成温度に対する  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  の変化

Fig.3 Effect on  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  value as a function of firing temperature

化鉄 1.5~4%では約 0.2 と小さく、焼成温度は色相変化に影響を及ぼさないことがわかる。  $E^*_{ab}$  は  $L^*$  の寄与率 45~70%と過半数を超えていることから  $L^*$  の影響を大きく受けるために  $L^*$  と同様の変化を示している。  $C^*$  は  $h^*$  がほぼ一定であることから色相変化がなく、  $a^*$  ,  $b^*$  と同様の変化を示している。

次に、焼成温度に対して変化する別のファクターであり、焼き締りの目安とされている、吸水率を用いてこの値と色彩の関係について検討した。

図からわかるように色相変化についてはタイルの焼き締りが大きく影響している。特に  $a^*$ ,  $b^*$  は吸水率がほとんどなくなる直前、言い換えれば焼き締まる直前で発色が大きく変化している。吸水率が 2%までは  $a^*$ ,  $b^*$  とともにだだやかな減少を示し、2%から 0.5%への減少では直線的に減少し、0.5%以下ではさらに急激に減少している。この変化は  $C^*$  も同様である。一方、  $L^*$  は吸水率に対してほぼ直線的に減少しており、吸水率がゼロに近づいた部分で  $a^*$ ,  $b^*$  と異なり、変化が見られなくなっている。

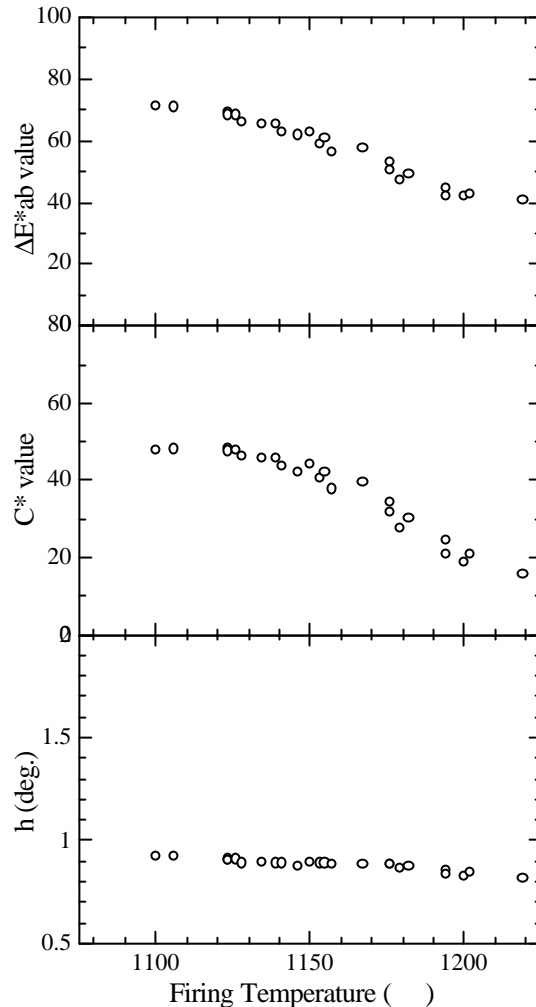


図4 焼成温度に対する  $E^*_{ab}$ ,  $C^*$ ,  $h$  の変化

Fig.4 Effect on  $E^*_{ab}$ ,  $C^*$  and  $h$  value as a function of firing temperature

これは吸水率が高く、焼き締まっていない部分では表面粗さが高く、表面の凹凸から白く見える。焼き締まり始めるにしたがってタイルの構成相内のガラス成分が増加し、酸化鉄の発色がよくなるため、及び表面粗さの減少により  $L^*$  の減少が起こる。その後、焼き締まってしまふことで、これらの表面粗さの変化はほとんどなくなり、ガラス成分の増加が緩やかになっているために  $L^*$  の変化が少なくなっていると考えられる。これらのことから焼成温度に対する色彩管理は  $E^*_{ab}$  ないし  $C^*$  と  $L^*$  で評価すればいいと考えられる。

なお、吸水率で今回プロットしたが、収縮率、かさ密度でプロットした場合も同様の挙動を示したことから、今回の結果については有効な指標のひとつと考えられる。

昨年のタイル製造業者及び窯製造メーカーからの聞き取り調査では焼成条件により異なるものの、トンネルキルンでの炉内温度ムラは約 30℃、ローラーハースキルンで 10~20℃であり、これを考慮すると 10℃ の温度差による色変化を識別可能とするためにはより変化率の大きな手

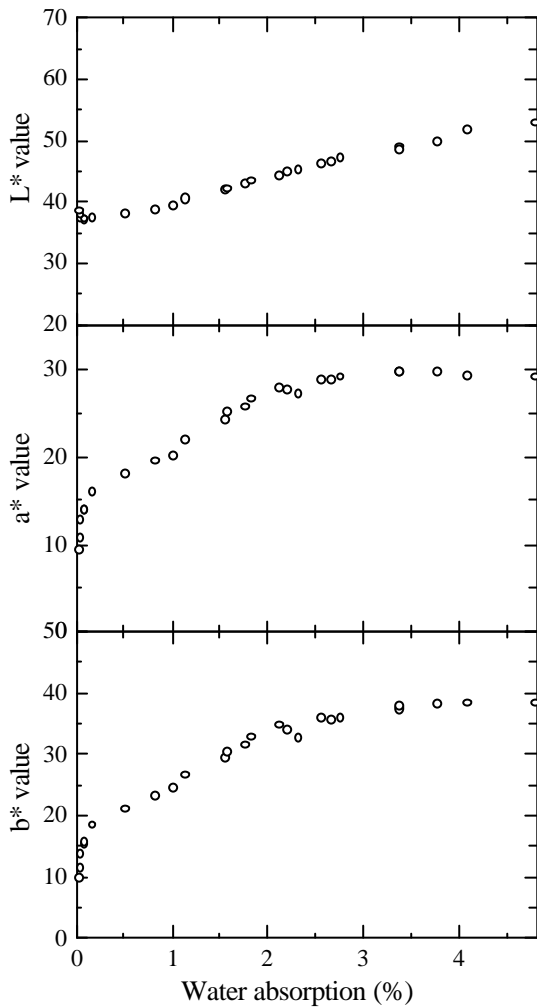


図5 タイルの吸水率に対する L\*,a\*,b\*の変化  
 Fig.5 Effect on L\*,a\* and b\* value as a function of Water absorption of Tile

法が望まれる。この点をからも今回の結果からは吸水率などの物性値によるファクターを加味した L\*及び C\*の併用が有効であると考えられる。

#### 4. まとめ

今回の結果から色彩管理を行う場合には原料組成、酸化鉄含有量の違い、焼成温度の変化などの変化する項目によっては色差 E\*ab による評価のみでは不十分であり、L\*,a\*,b\*などといった測定データの傾向を把握し、評価項目を検討する必要があることがわかった。

原料組成及び酸化鉄含有量の変化では色相、彩度による評価が、焼成温度については吸水率、収縮率、かさ密度といった物性値の変化を加味した明度、彩度による評価が有効であることがわかった。

#### 文献

- [1]盛田耕作,水野金儀,松生秀正,“機械部品の検査工程の自動化”愛知県工業技術センター研究報告, No.20, pp101-107,1984
- [2]盛田耕作,松生秀正,水野金儀,“目視検査の自動化 -タイルの色彩分類と欠陥検出-”愛知県工業技術センター研究報告, No.21, pp101-106,1985
- [3]高山定次,尾畑成造“陶磁器製品の新プロセッシングの開発”岐阜県生産情報技術研究所研究報告, No.1,2000
- [4]平井敏夫,“色彩管理の基礎と実際”,日本電色工業株式会社 pp41-44,平成 12 年度版