

## 印刷用製版オルソフィルム RO-100 と HS の エミシオグラフィ撮影用フィルムとしての特性

松島 朝秀\*・三浦 定俊

### 1. はじめに

エミシオグラフィ（光電子撮影法）は、通常の透過X線撮影法のように被写体を透過したX線による画像を得るのではなく、X線照射により被写体の表面から生じた二次電子を発生装置側においたフィルムで捉え画像を作るものである<sup>1,2)</sup>。したがって、カンバスや板に書かれた絵画をカンバスや板を透過して得る画像に比べて透過の影響を受けず画像にでき、厚みのある支持体に描かれた絵画や被写体の背面にフィルムの設置が困難な場合でも、顔料などに含まれている元素からの二次電子の発生状況から、肉眼では得られない画像を得られ顔料分布の観察が可能である。これまでに、昨今のフィルムメディアの需要低減に対応するため、エミシオグラフィ撮影用代替フィルムの検討が行われ<sup>3)</sup>、富士写真フィルム製の印刷用フィルムであったPB-100から同RO-100への代替を行った。今回、同じ富士写真フィルム製の印刷用フィルムであるHSを用いて濃度特性を検討すると共に、RO-100との特性の比較を行った。

### 2. エミシオグラフィ用フィルムについて

エミシオグラフィに用いるフィルムを選定する際に、これまでの研究からその必要条件が示されている<sup>3)</sup>。フィルムには、試料から励起された二次電子に対する感度の高さが求められるが、この感度を左右するハロゲン化銀の塗布は、塩化銀、臭化銀、ヨウ化銀などの配分や添加量などフィルムメーカーが公開していないので事前に調べる事はできない。フィルム両面に乳剤が塗布されているX線用フィルムは、高エネルギーの照射線に対しても若干の感度があるためエミシオグラフィの撮影には適さず<sup>2)</sup>、乳剤の塗布が片面である印刷用フィルムが用いられる。実験で使用したHSは、RO-100と同じ印刷用フィルムで乳剤の塗布は片面であり、フィルム厚みはRO-100と同じ0.1mmで可塑性が大きく被写体との高い密着が期待できる。



図1 撮影に用いた印刷用フィルムRO-100とHS

\*東京芸術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻システム保存学

### 3. フィルムの現像について

一般に印刷用フィルムには、特殊現像であるリス現像液で処理することを前提として設計されたものと、リス現像液と標準現像であるPQ現像液(フェニドン+ハイドロキノン現像液)やMQ現像液(メトール+ハイドロキノン現像液)のいずれでも処理することを前提としたものがある<sup>5)</sup>。HSは後者であるが、富士写真フィルムがHSの現像に指定しているND-1現像液は機械現像用の特殊なPQ現像液で、高い硬調特性を發揮し複写用のハイコントラスト処理に用いられる。RO-100で用いたレンドール現像液は一般的なPQ現像液で、液質が安定しており皿現像に適した特性である。各現像液の現像時間、液温度などはメーカーの指定するものとした。

フィルムから観察に良好な濃度を得るには現像液の選択が重要になるため、これら2種類の現像液とそれに伴う定着剤処理を行い比較した。

### 4. 実験方法

実験では、X線の照射時間を変化させてRO-100 HSで顔料試料を撮影し濃度変化を比較した。また、得られたHSの適切な照射時間を用いて現像液の違いによる濃度変化や、X線の管電圧の違いによる濃度変化を比較した。撮影した顔料試料は以前からフィルム特性の評価に用いてきたもので<sup>3)</sup>、黄土( $\text{Fe}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ など)、岱緒( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ など)、白緑( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ )、白群( $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ )、丹( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )、朱( $\text{HgS}$ )を膠で溶いて和紙に塗り、 $2 \times 5\text{cm}$ ほどの短冊形に切り膠で一枚の杉板に、貼り付け、また金箔(Au)も同じく短冊形に切り直接膠で貼って試料としたものである。試料全体の大きさは $8 \times 20\text{cm}$ で、本実験で用いた撮影条件ではX線束の角度によって変化する強度に依存しない大きさである。撮影は各実験で合計3回行い、フィルムの黒化度には1つの顔料試料に対して5箇所測定値の平均を用いた。

#### 撮影条件

- X線装置 : フィリップス MG325
- X線管球 : フィリップス MCN322(最大定格320kV)
- X線管電圧 : 200kV, 220kV, 240kV
- X線管電流 : 5mA
- 照射距離 : 1m
- 照射時間 : 30秒, 1分, 2分, 3分, 4分, 5分
- X線フィルター : 錫板3mm厚み

#### 現像条件

##### RO-100フィルム, HSフィルム現像処理法

- 現像液 : 富士写真フィルム レンドール (22 ) 5分
- 定着液 : 富士写真フィルム フジフィックス 10分

##### HSフィルム現像処理法 (富士写真フィルム指定 機械現像用)

- 現像液 : 富士写真フィルム ND-1 (22 ) 2分30秒
- 定着液 : 富士写真フィルム NF-1 10分

#### 測定条件

- 透過濃度計 : X-Rite 331 測定スポット径 : 2mm

## 5. 結果と考察

図2, 3にRO-100, HSの濃度測定について, X線の照射時間を30秒, 1分, 2分, 3分, 4分, 5分と変化させた結果を示す。X線の管電圧は220kV, 管電流は5mAで行った。この実験では, 現像処理には現像液にレンドール, 定着液にフジフィックスを両フィルムに用いた。黄土, 岱緒, 白群, 白緑のように比較的軽い元素を含む顔料をグループAとし, 朱, 丹のように重い元素を含む顔料と金箔をグループBとした。

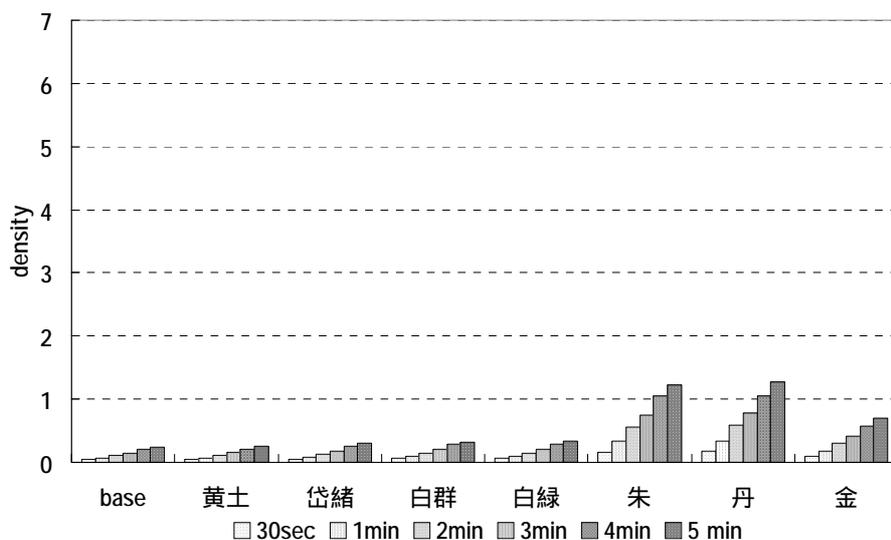


図2 RO-100のX線の照射時間による黒化度の比較

図2から, RO-100は照射時間が長くなるに比例して黒化度が大きくなり, 特に5分の照射では

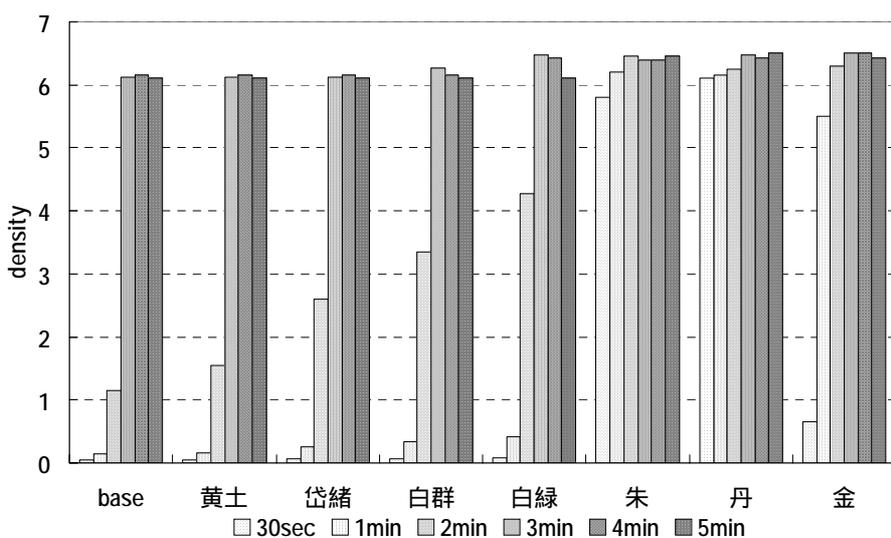


図3 HSのX線の照射時間による黒化度の比較

グループAとグループBの黒化度の差が大きくなった。なおフィルム上での濃度は、黒化度の値が1程度あれば観察に十分な濃度である。これは従来の研究の結果<sup>3)</sup>と一致しており、RO-100は本実験の条件では5分の照射時間が撮影に適していることを示している。朱や丹と比べて金箔の黒化度が低い理由は、他の顔料試料と比較して厚みが十分の一以下と薄いため、十分な二次電子が放出される飽和厚みに達していないからである<sup>4)</sup>。

図3から、HSは30秒、1分の照射時間の際にグループAとグループBの間で黒化度の差が大きくなったが、30秒では金箔の黒化度が十分に得られなかった。2分の照射時間ではグループAの黒化度も大きくなった。実際のエミシオグラフィの調査には、フィルム画像の背景になるベースの黒化度が観察に大きく関与するため、各顔料試料の黒化度が大きくてもベース自体が高い濃度になってしまうと目視による観察に支障をきたしてしまう。2分の照射はベースの黒化度が1.15と高いためにこの結果は好ましくない。すなわちHSは1分の照射時間の場合にグループAとグループBとに黒化度の差が大きくなり、最も撮影に適している。またHSの露光に対する黒化度の最大値は6弱であり、3分、4分、5分では、X線の照射量が過多になっていることが全体の黒化度の高さから明らかである。



図4 HSの現像液による黒化度の違い

図4にHSの現像液の違いによる黒化度を比較した結果を示す。撮影条件は管電圧220kV、管電流5mA、照射時間1分で行った。ND-1現像液にはND-1定着液を、レンドール現像液にはフジフィクス定着液を用いた。その結果、ND-1ではレンドールを用いた処理と比較して、観察に良好な黒化度を得られなかった。その理由にHSの特殊性がある。フィルムの製造技術などその内容は公開されておらず詳細は不明であるが、HSには本体に特殊な増核剤が添加されている。RO-100の現像にND-1を使用しても特に著しい黒化度の立ち上がりを得られなかったことから、HSはND-1と組み合わせると高い硬調特性を発揮する性質であると言える。被写体の持つコントラストがHSとND-1の組み合わせによって得られる特性に合えば良好なコントラストの画像が得られるが、全体に被写体のコントラストが小さくその特性に合わなければ、図4に示すようにコントラストの殆ど得られない画像になってしまう。HSとND-1の組み合わせは今回の撮影に用いた顔料試料には適さなかったと考えられる。また、定着液に使用したNF-1は酢酸濃度が高く刺激臭が強いため皿現像には適していない。

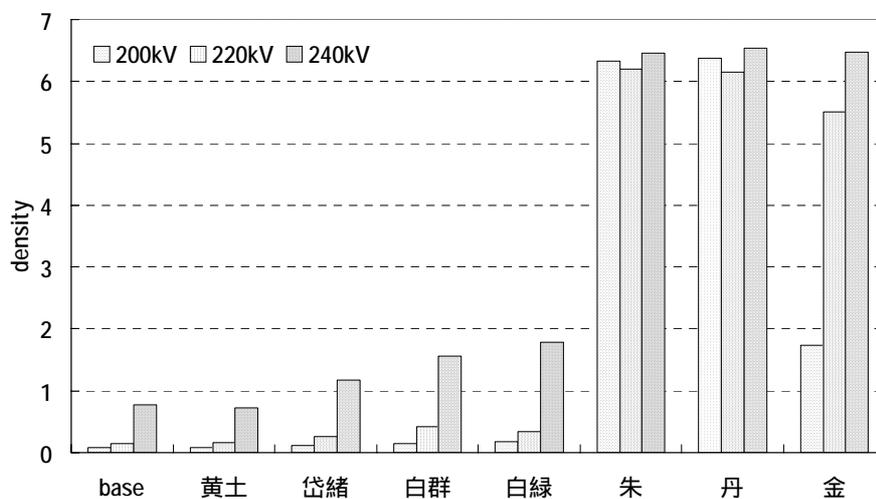


図5 HSのX線の管電圧による黒化度の違い

図5にHSの管電圧による黒化度の違いを示す。管電流は5mA,照射時間は1分で行った。200kVでの照射は、グループAとグループBの朱,丹との黒化度の差が大きくなったが、金箔の黒化度が小さい。240kVでの照射は、200kV, 220kVの照射と比べてベースの黒化度が0.77と高く目視には向かない。220kVではグループAとグループBの黒化度の差が大きくなり、比較的軽い元素の顔料と、重い元素の顔料の判別に適した結果が得られた。この結果はRO-100の結果<sup>3)</sup>とも一致している。

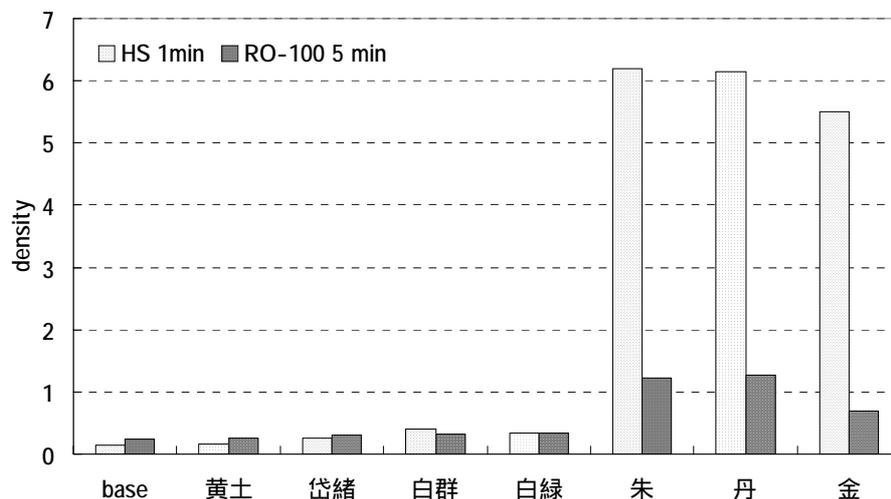


図6 RO-100とHSの黒化度の違い

図6に図2, 3から得られたRO-100とHSの撮影に適している照射時間を選び、その黒化度を比較した結果を示す。

RO-100は5分, HSは1分がそれぞれグループAとグループBの黒化度の差が大きくなり、ペー

スの黒化度も低く実際の調査に適している。HSではグループBの黒化度は1分の照射時間でRO-100の約5倍得られたが、実際の画像は非常にコントラストが高くフィルムの粒度が荒いため、画像が硬く抜けたような印象を受ける場合もある。この結果は、本実験に用いた顔料試料の被写体コントラストが、HSの硬調特性に適したことで得られている。しかし、HSは硬調であるため、被写体の条件が変わると最適な黒化度を得るためにテスト撮影を繰り返し行う必要がある。また、フィルムは情報量が多いほど良好な画質が得られるため、被写体によっては白黒の二値化に近い硬調的な特性を持ったHSよりも軟調なRO-100を用い、5分ほどの照射時間をかけて撮影を行う方が良好な画質を得られる。

## 6.まとめ

エミシオグラフィに用いる印刷用フィルムのRO-100とHSの濃度特性を比較した。RO-100は従来の研究<sup>4)</sup>で得られた撮影条件を用いること、HSは管電圧、管電流はRO-100と同じで、今回使用した顔料試料に対しては照射時間1分で使用することが良好な画像を得られることがわかった。RO-100は画像のガンマが低く(軟調)微妙な濃度差が得られることに対し、HSはガンマが高く(硬調)濃度差がはっきりと得られるが中間濃度は出にくい。このように双方のフィルム自体のガンマ特性が大きく異なるため、撮影する被写体によって適した選択を行わなければならない。

本実験の結果から、RO-100はX線の照射時間を少なくとも5分で行うことで画像全体から良好な画像が得られ、一般的な撮影に適している。一方、被写体の微妙な厚みや密度の違いを見分けるためには、その差を強調したコントラストの高いシャープな画像が得られるHSが適している。

本研究は平成16年度文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「江戸のモノづくり」によるものである。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、印刷用製版オルソフィルムHSを提供していただいた岡墨光堂の君嶋隆幸氏に感謝申し上げます。また、富士写真フィルムの窪田聡氏、石井清一氏にはフィルムの特性や現像技術などの助言をいただいた。記して感謝致します。

## 参考文献

- 1) C.F.Bridgeman, S.Keck, H.F.Sherwood:The Radiography of Paintings by Electron Emission, *Studies in Conservation*, 3, 175-182 (1958)
- 2) 三浦定俊: エミシオグラフィの黒田清輝画油画調査への応用, 古文化財の科学, 30, 21-27 (1985)
- 3) 三浦定俊, 松島朝秀: エミシオグラフィ撮影用代替フィルムとしてのRO-100の特性, 保存科学, 42, 37-42 (2003)
- 4) 三浦定俊: X線による二次電子放射を利用した壁画技法の調査, 第6回センシングフォーラム予稿集, pp25-30 (1989)
- 5) 日本写真学会編: 『写真工学の基礎 - 銀塩写真編 - 』, 510-522, コロナ社(1998)

キーワード： 線(-ray)；エミシオグラフィ(emissiography)；フィルム(film)；黒化度(density)

## Comparison of the Characteristic Curves of RO-100 and HS for Emissiography

Tomohide MATSUSHIMA\* and Sadatoshi MIURA

RO-100 and HS are orthochromatic films for printing. RO-100 has been used for emissiography because it is highly sensitive to the second electron emitted from a pigment layer although it is low in sensitivity to high energy X-ray. The same may be said of HS. Color strips painted with various pigments - *ohdo* (yellow ochre), *taisha* (burnt sienna), *rokusho* (malachite), *gunjo* (azurite), *shu* (vermillion) and *tan* (minium) - and gold foil were photographed by emissiography with different films (RO-100, HS), different X-ray radiation time (30sec, 60sec, 120sec, 180sec, 240sec, and 300sec) and different X-ray voltages (200kV, 220kV and 240kV). As a result, fine density was obtained for RO-100 in irradiation time of 300 seconds and for HS in irradiation time of 60 seconds. In this experiment, the X-ray of 220kV gave slightly better results than those of 200kV and 240kV. Since it is known that the density of an image increases with the energy of radiation and since RO-100 usually has more density than HS, RO-100 is often preferred.

The authors conclude that RO-100 has a wide range of characteristics. However, the subject and the type of investigation should influence the choice of film.

---

\*Graduate School of Conservation for Cultural Property, Tokyo National University of Fine Arts and Music