

医療用オルソフィルムの技術開発

New Technologies for Medical Orthochromatic X-ray Film

西脇 州*
Nishiwaki, Shu

山下 清俊*
Yamashita, kiyotoshi

柏木 寛司*
Kashiwagi, Hiroshi

高向 保彦*
Takamuki, Yasuhiko

There is a growing demand in the X-ray medical imaging field for greater performance. Precise diagnoses demand improved granularity and sharpness. Emergency diagnoses and the rising volume of exposures made demand shorter processing time. And environmental responsibilities demand a reduction in processing effluent waste.

In response, we have developed new technologies for ultra-high image quality, super-rapid processing, and a dramatically low processing replenishment rate in medical orthochromatic x-ray film. This paper presents three new technologies — Highly Elastic Binder (HEB), Highly-Controlled Carrier Microcrystals (HCCM), and Integrated Cross-over Cutting (ICC) — which make this performance possible.

1 はじめに

100年前に W. K. ROENTGEN により X線が発見され、X線写真撮影が始まって以来、高感度化、高画質化など種々の改良が続けられている。特に、1972年に R. A. Buchanan により緑色発光の希土類増感紙が発表され、オルソシステムが誕生し飛躍的にそれらを向上させ、現在ではレギュラーシステムに替わりスクリーン/フィルムシステムの主流となっている。最近では、増感紙とフィルムの組み合わせにより粒状性を向上させたシステム¹⁾が出されるなど、今なお画質の追求が続けられている。

一方、緊急医療や多数処理が必要とされる医療現場で処理の迅速化の要求も強い。また、96年1月からロンドン条約により、写真廃液の海洋投棄が禁止となることから廃液量の低減が望まれている。

我々は、このような要求に答えるため、超迅速/低補充化技術、超高画質化技術を新たに開発したので、その技術内容と性能を紹介する。

2 新しい医療用オルソフィルムの技術

2.1 迅速処理、低補充化技術

自動現像機における X線フィルムの処理は現像、定着、水洗、乾燥の4工程よりなる。迅速化にはこれらすべての工程での時間短縮が必要である。²⁾ これを達成するためのフィルム技術として、乳剤層の薄膜化、ハロゲン化銀量低減、ハロゲン化銀の低濃度化が知られている。(Fig. 1~3)

しかし、単にこれらの技術を採用すると、後述のようにフィルムの諸性能の劣化を伴うので、それらの解決策が必須であった。

単純にバインダーを減らし薄膜化する方法は、フィルムの機械的圧力耐性を弱め、自動搬送の際にコンベアロー

ラーや微小突起物との接触によるスリキズの発生や現像処理時の自動現像機ローラーによる圧力マークが発生しやすくなる。したがって、いかに、圧力耐性を保持しながら薄膜化を達成するかが、大きな課題となる。

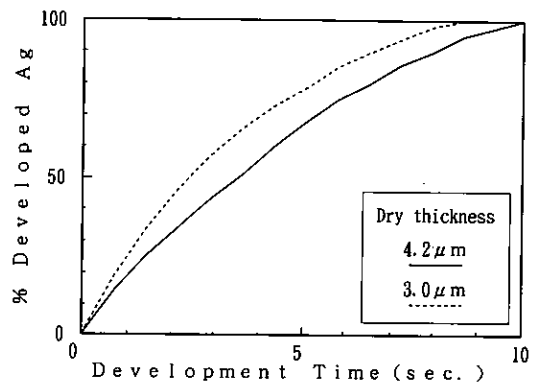


Fig. 1 Effect of reduction of gelatin emulsion layer thickness on development rate with a constant mass ratio of silver/gelatin

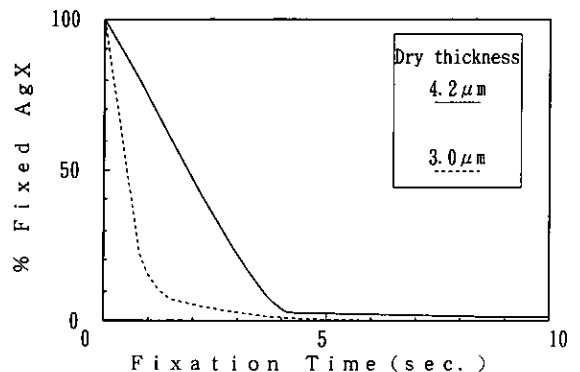


Fig. 2 Effect of reduction of gelatin emulsion layer thickness on fixation rate with a constant mass ratio of silver/gelatin

* 感材生産本部 第2開発センター

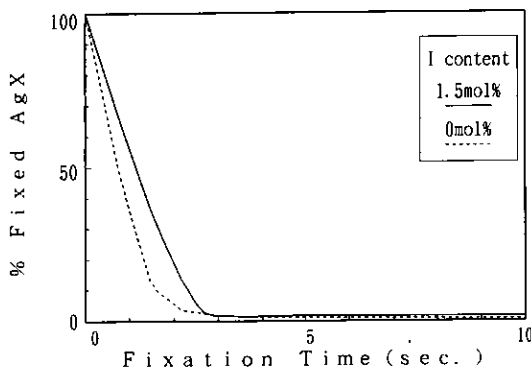


Fig. 3 Effect of reduction of iodide content of silver halide grains on fixation rate

フィルム膜から、圧力耐性を向上させる基本的考え方は、ハロゲン化銀粒子に伝わる応力を小さくすることである。その観点からは膜の強度をアップさせる必要がある。

ところで、X線フィルムは、支持体上にハロゲン化銀乳剤層と保護層が設けられている。X線フィルム自体を完全弾性体と仮定して、乳剤層と保護層の弾性率を変化させたときのフィルム表面から加わる応力が減衰する様子をシミュレーションした結果を Fig. 4 に示す。

これより、乳剤層の弾性率を保護層の弾性率より大きくすることで、応力が保護層に集中し、乳剤層への応力が減少することが予想される。これは、乳剤層の弾性率を変化させたときの圧力耐性の動き (Fig. 5) により確かめられた。

この結果を踏まえて、乳剤層に新たに開発した HEB (Highly Elastic Binder) 技術を採用することを考えた。この HEB 技術とは、新規に開発した 2 種類の無機微粒子と有機微粒子を併せて用いることにより、乳剤層を従来よりも高弾性化するものである。この技術により、薄膜化したにもかかわらず、従来と同等の圧力耐性を達成した。

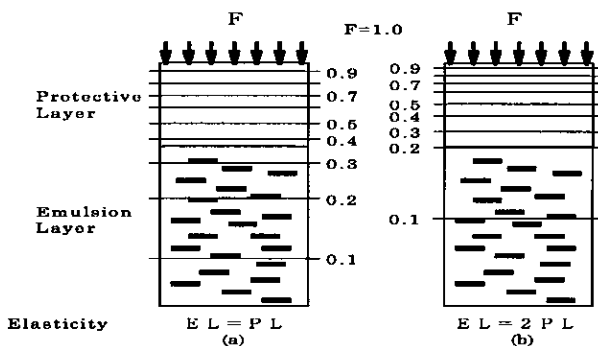


Fig. 4 Simulated decay modes of pressure applied on the surfaces of films with different elasticities. Force ($F = 1.0$, relative scale) is applied to protective surface; (a) elasticity of emulsion layer (EL) equals that of protective layer (PL); (b) elasticity of emulsion layer (EL) is twice that of protective layer.

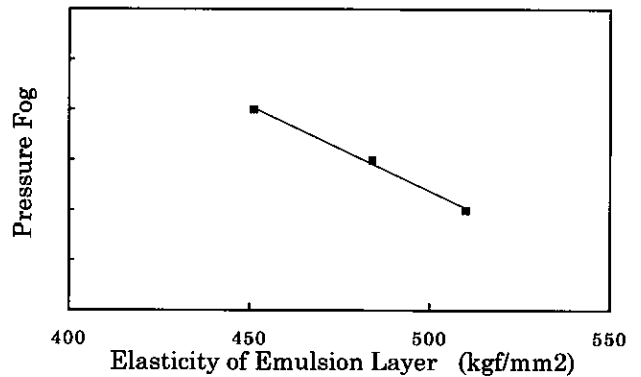


Fig. 5 Dependence of pressure fog on change in elasticity of emulsion layer

また、単にハロゲン化銀量を減らす方法では、処理後の光学濃度が低下してしまう。したがって一定の光学濃度を保つためにはカバーリングパワー (CP) の高いハロゲン化銀粒子が必要となる。CP はフィルム中に含まれる粒子の総投影面積が大きいほど高いので、粒子個数が多いほど、また、個々の粒子の投影面積が大きいほど高くなる。³⁾

粒子個数を増やすためには小粒径化すればよいが、そのままでは感度が低下するので増感技術が必要となる。また、個々の粒子の投影面積を大きくするためには、粒子を平板化すればよい。しかし、単に平板化すると、圧力耐性が劣化するので圧力耐性の向上が必要となる。

ハロゲン化銀の低濃度化により現像・定着速度を速めることができるが、沃化銀含量が少ないほど感度が低くなる。したがって、沃化銀含量を減らして現像・定着速度を速めるためには、増感技術が必要となる。

そこで、このような薄膜化、低銀量化に対応し、更に粒子自身としても沃化銀量を減らして、迅速処理、低補充に適した新しいハロゲン化銀粒子 (HCCM (Highly-Controlled Carrier Microcrystals)) を開発した。

HCCM は、ハロゲン化銀内の荷電キャリアの挙動を制御できるように、粒子内部及び表面の構造を精密に設計した平板粒子である。(Fig. 6)

HCCM ではハロゲン化銀粒子に光が当たって結晶内に生成する光電子と正孔、圧力が加わったときに生成する圧力電子といった粒子内を自由に動きまわる荷電キャリア等の挙動が高度に制御できるように結晶構造を最適化している。

また、新規な化学増感により、感光核の位置の分布がより均一になるように制御し、荷電キャリアの利用効率を高めた。

この結果 HCCM は、従来のハロゲン化銀粒子から小粒径化、平板化、低濃度化を図りながら、従来と同等の感度、圧力耐性を達成した。

さて、ハロゲン化銀粒子の粒径が小さくなるほど、ま

た平板化するほど増感色素の最適添加量が増えるので色素汚染が劣化しやすく、処理時間が短くなるほど、この傾向は顕著となる。HCCMでは、この欠点も新たな技術により克服することができた。

増感色素をより粒子に均一に吸着するよう制御したところ、従来よりも少ない増感色素の添加量で、同じJ会合体の光吸収量を得ることができたためである。

以上、HCCMの開発により、ハロゲン化銀量の低減、低濃度化が可能となり、その結果、迅速処理、低補充化が達成できた。

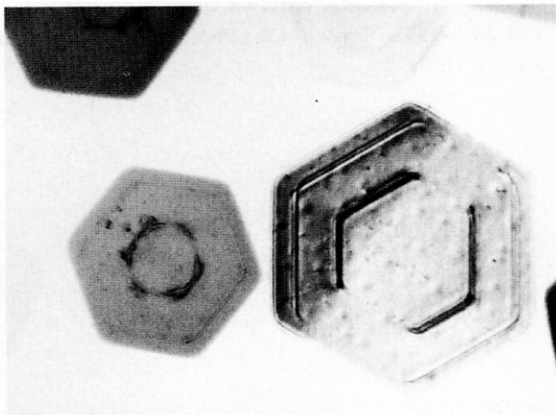


Fig. 6 HCCM (Highly-Controlled Carrier Microcrystals)

2.2 高画質化技術

X線を受けた増感紙中の蛍光体粒子の発光は、蛍光であるが故にその方向性がない。従って前後両面に乳剤を塗設している直医用両面感材では一方の方向から入射した蛍光はベースを横切り（クロスオーバー）もう一方の面の乳剤で感光することで画像にボケが生じてしまう。

この、クロスオーバー光をカットする事で鮮鋭性の向上を図ることができる。この技術としては、ハロゲン化銀粒子の光吸収量を向上させる方法と染料による方法がある。²⁾ (Fig. 7)

前者については、吸着する増感色素の光吸収 I_a と粒子厚みを調整し散乱 I_s の和を最大限に高めた HCCM を開発しクロスオーバー光量を従来粒子に対し 17% 減少させている。(Fig. 8)

後者については、ハロゲン化銀の光吸収を阻害することなく有効にクロスオーバー光を減少させるために乳剤層下に ICC 層を塗設した。この層には、増感紙の発光波長（メインピーク：545 nm）に吸収をもつ吸収効率の高い染料を開発し固定化している。(Fig. 9)

更にこの染料は、処理中の脱色速度が速く、処理後のステイン（残色）の問題がなく迅速処理、低補充化に非常に適している。(Fig. 10)

以上の技術開発により、鮮鋭度の向上を達成した。

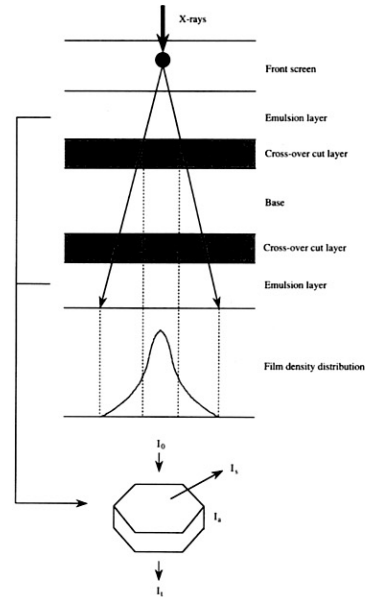


Fig. 7 Behavior of cross-over light

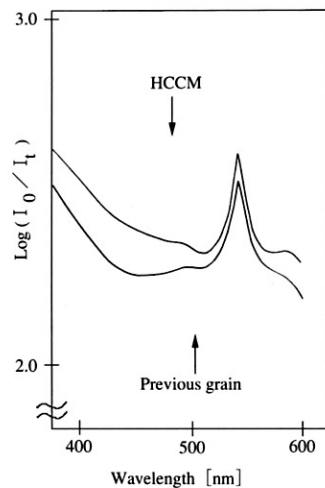


Fig. 8 Dependence of transmission light density through emulsion layer on light wavelength

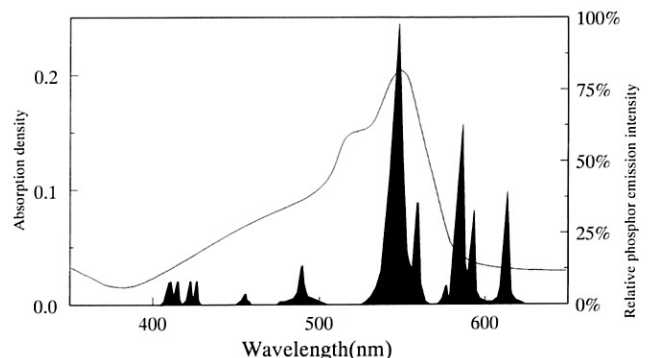


Fig. 9 Absorption spectrum of cross-over light cutting dye

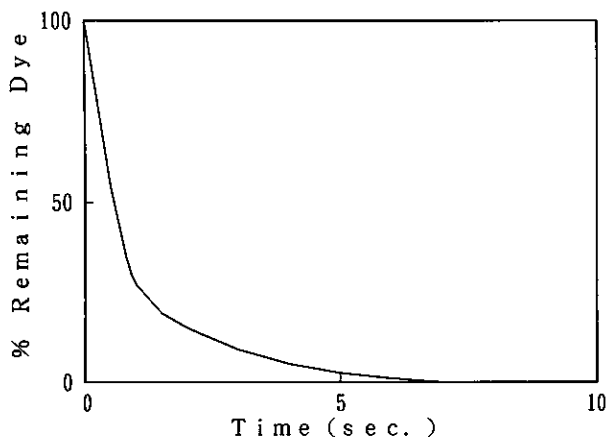
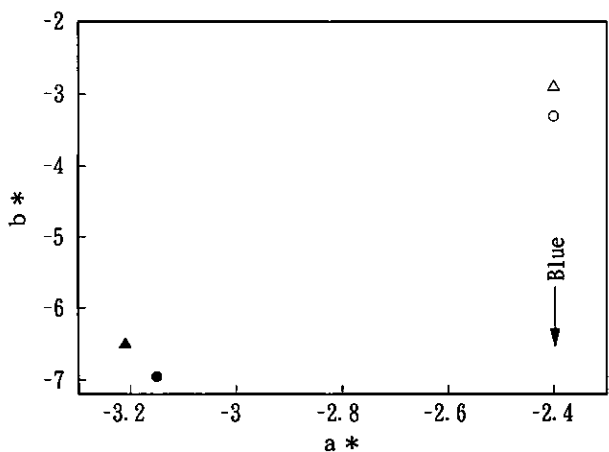


Fig. 10 Decolorization rate of cross-over light cutting dye

画質のなかで、鮮鋭性、粒状性とならんで重要な特性がフィルムの色調である。診断においては、画像は冷黒調（純黒）が好まれているが、銀画像は本来温黒調（黄色味があった黒）であることから、青色ベースや青色染料によりこの色調を調整している。

しかし、この青色濃度による調整は、見かけのカブリ濃度を上げることにつながり、診断性を低下させることから、限界がある。

HCCMでは、現像時のフィラメント銀成長を制御することによりより引き締まった冷黒調に近づけることによりこの問題を解決している。（Fig. 11）



○● : HCCM ●▲ : Density 1.0
 △▲ : Previous grain ○△ : Fog

Fig. 11 Improved Chromaticity

3 まとめ

医療用オルソフィルムの新しい技術内容を概説した。新たに開発した、HEB技術、HCCM、ICC技術により処理性、画質を飛躍的に向上することができた。また、処理廃液の低減をはかり、環境適性を向上させることができた。

今後、さらに画質、使いやすさの追求に加え、環境適性を更に向上させたフィルムの開発に努力していく。

●参考文献

- 1) 佐久間晴彦 : Konica Tech. Rep., 8, 45 (1995)
- 2) 森藤幸男 : Konica Tech. Rep., 3, 4 (1990)
- 3) T. H. James : The Theory of the Photographic Process, 4th Ed., 405 (1977)