

# 稀土類系 増感紙에 關한 研究

高麗大學校 醫學技術初級大學 放射線科

許 俊 · 金昌均

=Abstract=

## Study on the Rare-earth Phosphors Intensifying Screen

Joon Huh, Chang Kyun Kim

*Dept. of Radiotechnology, Junior College of Public Health and Medical Technology, Korea University, Seoul, Korea*

The characteristics of the rare earth phosphors intensifying screen (LM-6, Grenex-8) as compared with  $CaWO_4$  intensifying screen had been studied utilizing several common x-ray films, and found the following results.

1. Compared with the conventional  $CaWO_4$  intensifying screen, the rare earth phosphors intensifying screen was found to be more sensitive over to 1.26-3.47 times. So the radiation exposure could be reduced to 1/1.26 - 1/3.47.
2. Sharpness as well as the film speed were both increased. So the motion blurring and geometrical unsharpness could be decreased.
3. In spite of that the film speed was increased, photographic contrast was kept up. Therefore, the more ideal film of greater latitude could be obtained.
4. The effects of the rare earth phosphors intensifying screen would be much increased as using with orthochromatic x-ray films.

### 目 次

- I. 緒 論
- II. 實驗器材 및 方法
  - 1. 實驗器材
  - 2. 實驗方法
- III. 實驗成績
- IV. 考 察
- V. 結 論
- 參考文獻

### I. 緒 論

1895年 렌트겐에 의하여 X線이 發見된 時代로부터 螢光物質과 銀鹽寫眞感光材料는 X線 寫眞 形成에 있어서 重要的 役割을 하였으며 1897年 Arnold에 依해서 X線을 螢光으로 變換시키는 物質로서 텅스텐酸칼슘이 螢光増感紙로서 使用된 以後 80餘年間に 걸쳐서 X線에 對한 film의 感

도를 大幅 增加시키는데 貢獻하였다. 그러나 最近 醫療診斷의 高度化와 X線寫眞攝影法의 多樣化는 X線寫眞의 診斷에 對하여 보다 큰 感度로서 보다 많은 情報量을 要求하게 되었다. 또한 X線被曝線量에 對한 輕減問題는 醫療界뿐만 아니라 社會的인 問題로 臺頭되었으며 이에 따라서 X線寫眞系의 高感度가 切實하게 要求되고 있다.<sup>1)</sup>

이를 解決하기 爲한 方法으로서는 高感度の 增感紙와 film을 使用함으로써 画質을 維持시키면서 感度を 上昇시키는 方向에서 不斷한 研究가 이루어져 왔으나 現在 使用되고 있는 텅스텐酸칼슘增感紙와 할로겐化銀의 感光材料로서는 이 以上 向上이 不可能하며 開發의 限界點에 到達하게 되었다.

이에 對하여 近來에 開發된 것이 稀土類系螢光體를 利用한 增感紙와 이에 適合한 整色性 film으로서 歐美諸國과 日本等에서는 이미 使用되고 있다.

이에 著者는 市中에서 많이 使用되고 있는 數種類의 film을 利用하여 各各의 film에 對한 稀土類系增感紙와 텅스텐酸칼슘增感紙의 性能과 特性을 比較 檢討하여 다음과같은 成績을 얻었기에 報告하는 바이다.

## II. 實驗器材 및 方法

### 1. 實驗器材

X線裝置: G·E CMX-110 (Mobile Cordless X-ray Unit)

現像機: Kodak X-OMAT Processor (90 sec)

濃度計: Sakura Densitometer PDA-81

解像力測定: Resolving Test chart R-4S

(伊藤放射線機器 Co., 日本)

被寫體: Al penetrator, 15 cm Acryl phantom

增感紙: 1) 稀土類系增感紙 LM-6 (Toshiba) Grenex-8 (Fuji)

2) 텅스텐酸칼슘螢光增感紙 G 72 Radelin High speed Medium speed

Film: Sakura A Sakura Q Fuji RX Gevaert Curix M1 Dupont Grenex 4 Fuji RXO

### 2. 實驗方法

1) 增感紙의 感度を 測定하기 위하여 管電壓 80KVP, Al penetrator 그리고 市中에

서 많이 使用되고 있는 film으로 Intensity Scale法을 利用하였다.

2) film의 種類에 따라 變化되는 增感紙의 感度を 測定하기 爲하여 各種 film을 2 cm 길이의 크기로 切斷하여 同一 Cassette에 插入시키고 15 cm 두께의 Acryl phantom을 使用하여 焦點 film間距離 200 cm에서 管電壓 60, 80, 100KVP로서 露出量을 1~10 까지 變換하여 階段式으로 撮影하였다.

3) X線寫眞像의 解像度を 測定하기 爲하여 解像力 Chart를 使用하였고 또 管電壓 80 KVP에서 film의 濃度を 1.0으로 내기 爲한 條件으로 撮影하였다.

## III. 實驗成績

各 增感紙의 感度比는 表1과 같으며 film의 種類에 따라서 各種增感紙의 特性曲線에는 많은 差異를 나타내고 있다. (그림 1 參照)

感度比는 中間感度增感紙 (以下 M.S라 稱함) 를 100으로 했을때 이에 對한 比로서 나타내었다.

LM-6의 稀土類系增感紙는 M.S에 比하여 그 感도가 film의 種類에 따라서 差異가 있으나 257~347로서 매우 높은 것을 알수 있다.

또한 同一한 部位의 檢査를 爲하여서는 入射線量을 1/2.57~1/3.47로 줄일수 있음을 나타내고 있다.

Table 1. Relative Speeds of Various Intensifying Screens

screen film type type	LM-6	G-8	H.S	M.S
Sakura A	295	191	132	100
Sakura Q	275	182	126	100
Fuji RX	275	182	138	100
Gevaert	347	209	115	100
Du pont	257	174	118	100

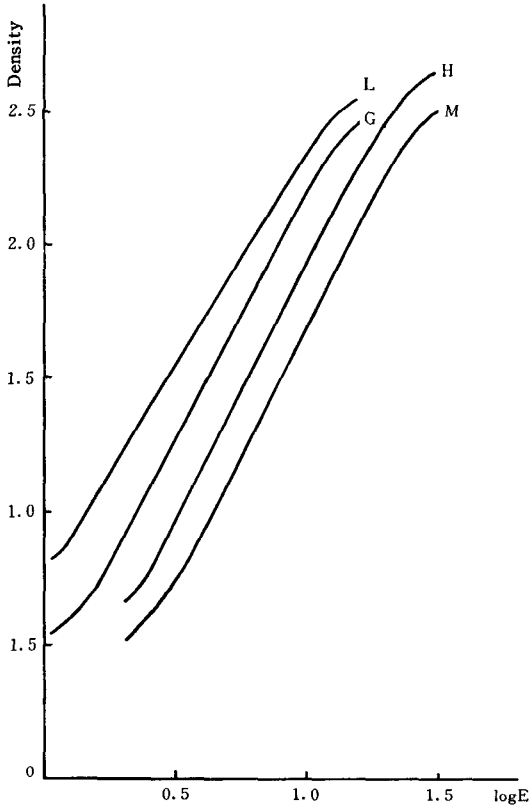


Fig. 1-A. Characteristic Curves of Sakura-A type Film using Calcium Tungstate and Rare Earth Phosphors.

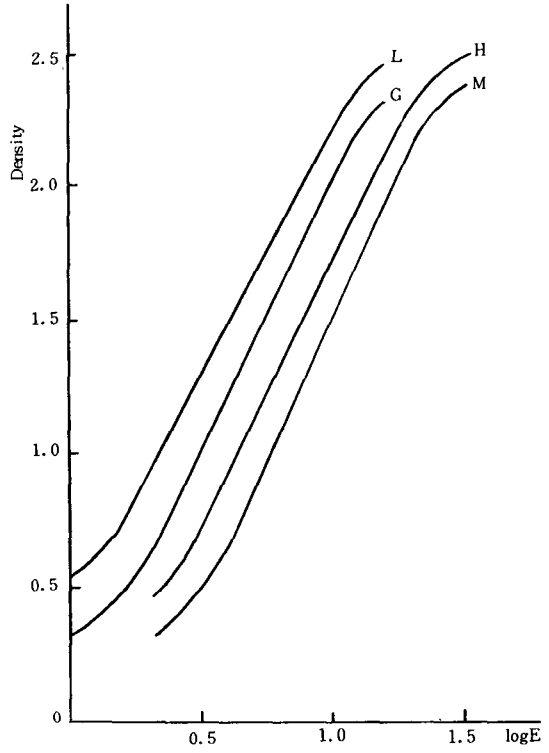


Fig. 1-C. Characteristic Curves of Fuji-RX type Film using Calcium Tungstate and Rare Earth Phosphors.

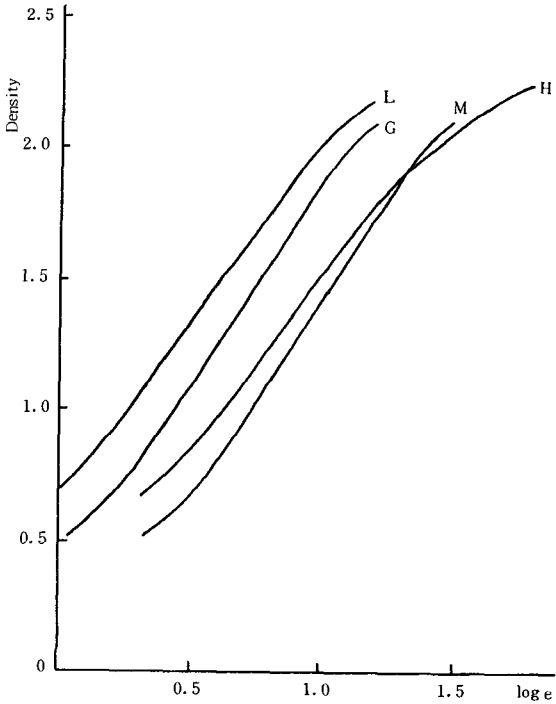


Fig. 1-B. Characteristic Curves of Sakura-Q type Film using Calcium Tungstate and Rare Earth Phosphors.

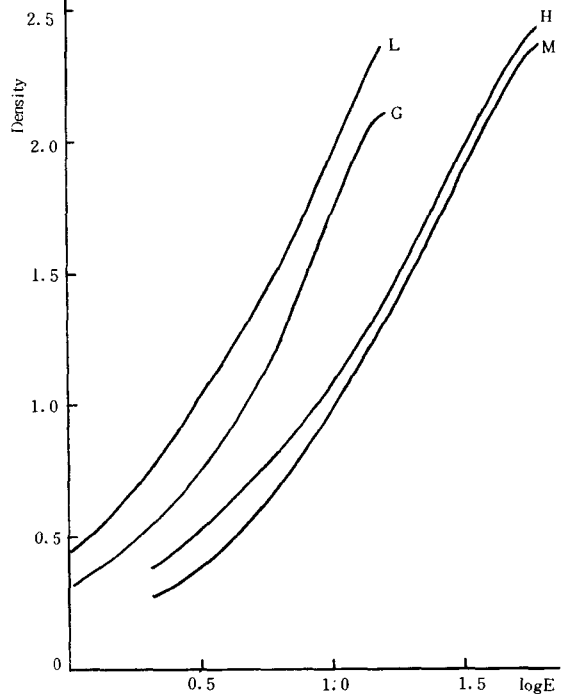


Fig. 1-D. Characteristic Curves of Gevaert Film using Calcium Tungstate and Rare Earth Phosphors.

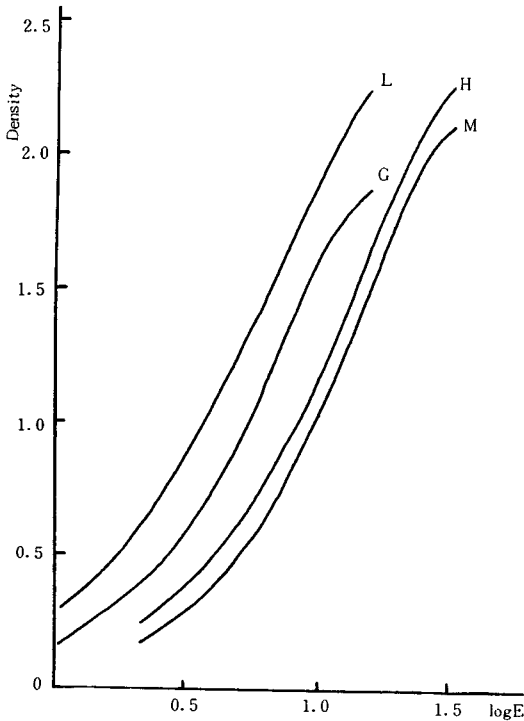


Fig. 1-E. Characteristic Curves of DuPont Film using Calcium Tungstate and Rare Earth Phosphors.

또한 高感度增感紙 (H·S) 와 比較하면 2.23 ~ 3.02 倍의 높은 感度を 나타내므로서 入射線量を 1/2.23~1/3.02 로 減少시킬 수 있다.

M·S에 比하여 Grenex-8의 感度は 174 ~ 209로서 同一한 黑化度を 내기 爲하여서는 照射線량을 1/1.74 ~ 1/2.09로 줄일 수 있으며 感도가 가장 높은 것은 LM-6와 Gevaert film을 結合한 것이었고 다음은 Grenex-8과 Gevaert film을 結合한 順으로 나타났다.

稀土類系 增感紙의 感도에 對하여 肉眼에 依한 解像力의 增感變化는 거의 不可能하였으며 그 測定値는 表 2와 같이 6.7 ~ 11.6 /mm로서 Grenex-8은 H·S보다 優秀하고 LM-6는 M·S와 거의 비슷한 値를 나타내고 있으나 H·S보다는 優秀하므로 感度の 上乘에 依한 鮮銳度の 低下를 防止할 수 있었다.

對照度を 測定하기 爲하여서는 Al penetrometer를 使用하여 80KVP로서 LM-6와 G-8에서는 2mAs 그리고 H·S와 M·S로서는 4mAs로 各各 撮影하여 그 結果를 曲線으로 나타내었다. (그림 2參照) 이때 Al penetrometer 4番階段을 高濃度로 하

Table 2. Resolving Powers of Various Intensifying Screens.

Screen type film type	LM-6	G-8	H·S	M·S
Sakura A	8.1	9.6	6.7	8.1
Sakura Q	6.7	8.1	6.7	8.1
Fuji RX	9.6	11.6	6.7	8.1
Gevaert	9.6	8.1	8.1	9.6
Dupont	-	9.6	8.1	9.6

고 7番階段을 最小濃度로 하여 對照度を 求하였으며 그 方法은,

$$C = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max} + D_{min}} \text{ 에 依하여 算出하였}$$

다. (表 3參照)

對照度は 感도가 가장 낮은 M·S가 0.23 ~ 0.38로서 가장 좋은 것은 當然하다고 하겠으나 感도가 높은 Grenex-8도 0.21 ~ 0.39로서 H·S의 0.18 ~ 0.33보다 좋으며 LM-6의 對照度 0.17 ~ 0.30은 H·S와 비슷한 結果를 提示하고 있다. 또한 film 對照度を 決定하는 감마值 ( $\gamma$ -value) 역시 Grenex-8이 1.53~2.24로서 M·S의 1.61~2.38에 比하여 若干 低下되나 큰 差異는 없다.

LM-6는 1.21~1.93 그리고 H·S는 1.38~2.00의 감마值를 나타내어 비슷한 現象을 보이고 있다.

被寫體를 透過한 後에 나타나는 感度を 測定하기 爲해서 15cm Acryl phantom으로서 管電壓 100KVP에서 1mAs로부터 段階的으로 增加하여 10KVP까지 照射한 後 나타난 結果는 그림 3과 같다.

Fuji RXO film를 除外한 모든 film에서 LM-6의 感도가 가장 높았으며 그 다음에 Grenex-8의 順으로 나타났다. 또한 濃度 1.0~1.5를 내기 爲하여 H·S는 Grenex-8에 比하여 2.93 ~ 3.30 倍의 照射를 要求하고 있다.

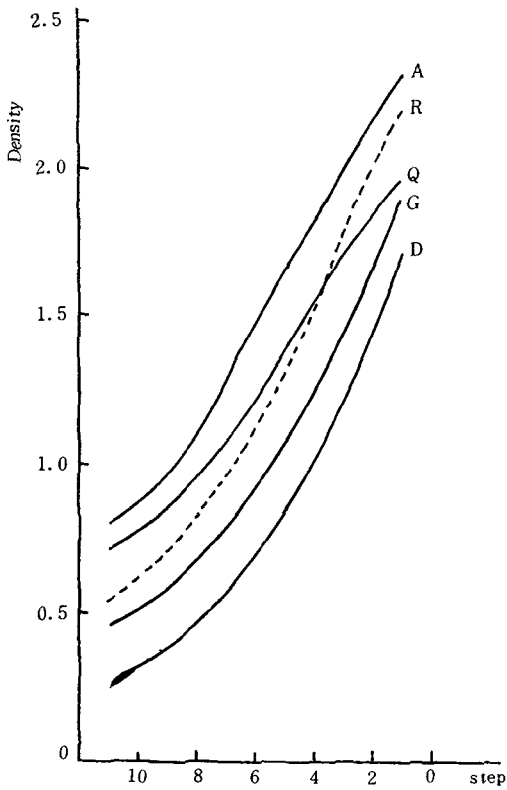


Fig. 2-A. Contrasts of Each Film using Al Stepwedge by Toshiba LM-6 Screen.

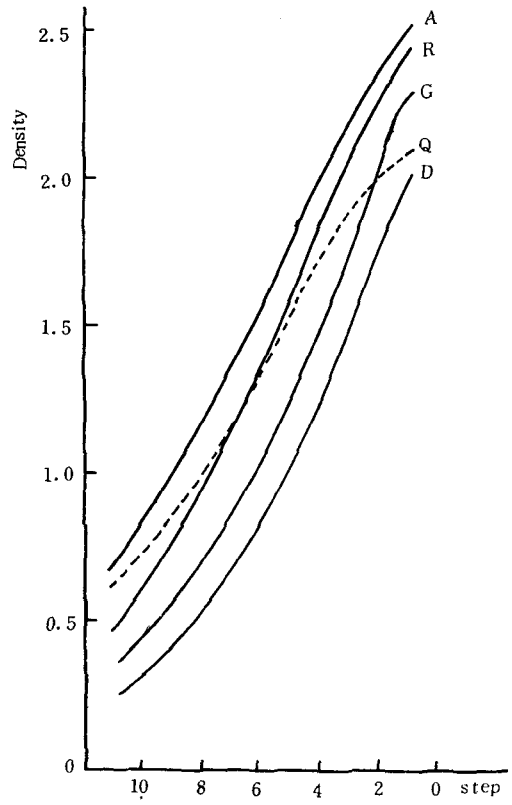


Fig. 2-C. Contrasts of Each Film using Al Stepwedge by Radelin High Speed Screen.

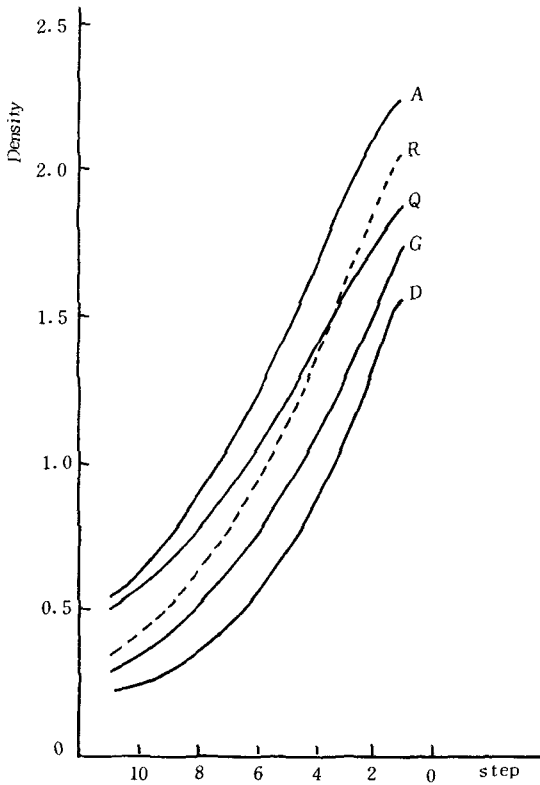


Fig. 2-B. Contrasts of Each Film using Al Stepwedge by Fuji Grenex-8 Screen.

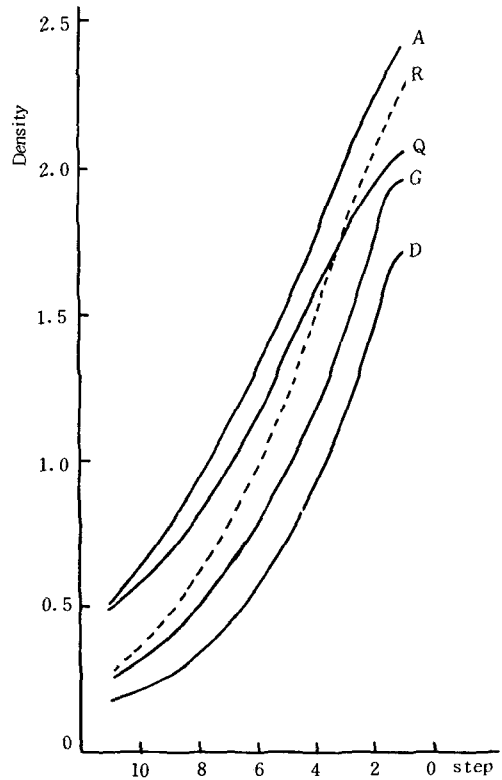


Fig. 2-D. Contrasts of Each Film using Al Stepwedge by Medium Speed Screen.

Table 3. Contrasts of Various Intensifying Screens .

screen type film type	LM-6	G - 8	H. S	M. S
Sakura A	0.19 (1.60)	0.22 (1.94)	0.19 (2.00)	0.23 (1.94)
Sakura Q	0.17 (1.21)	0.21 (1.53)	0.18 (1.38)	0.24 (1.61)
Fuji RX	0.23 (1.91)	0.29 (1.90)	0.24 (2.00)	0.30 (2.19)
Gevaert	0.24 (1.69)	0.29 (1.82)	0.27 (1.56)	0.31 (1.83)
Dupont	0.30 (1.93)	0.39 (2.24)	0.33 (1.80)	0.38 (2.38)

( ) : gamma

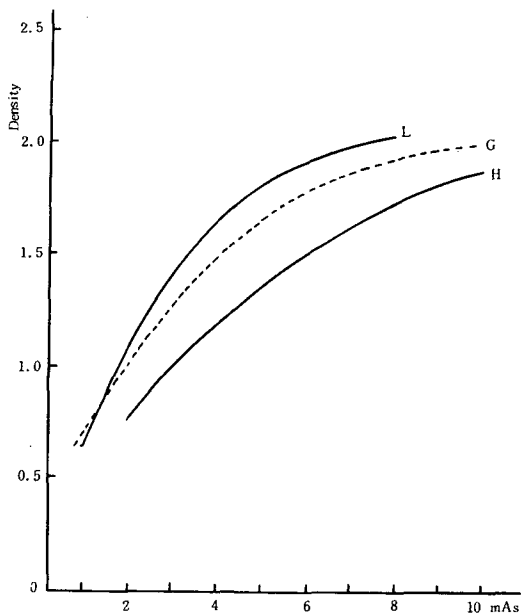


Fig. 3-B. Density and mAs of Sakura Q type Film using Each Intensifying Screen.

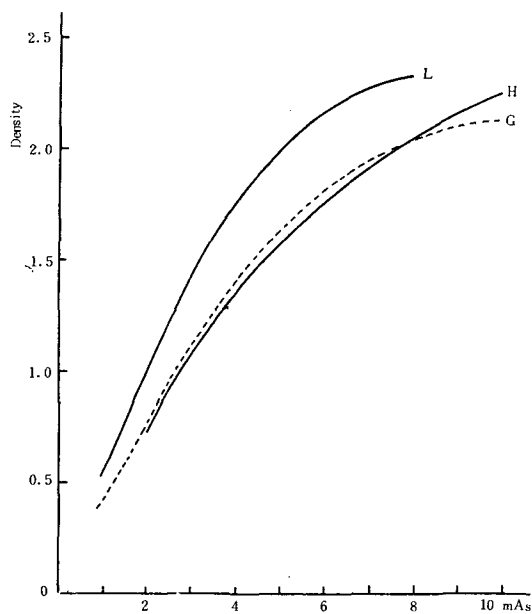


Fig. 3-A. Density and mAs of Sakura-A type Film using Each Intensifying Screen.

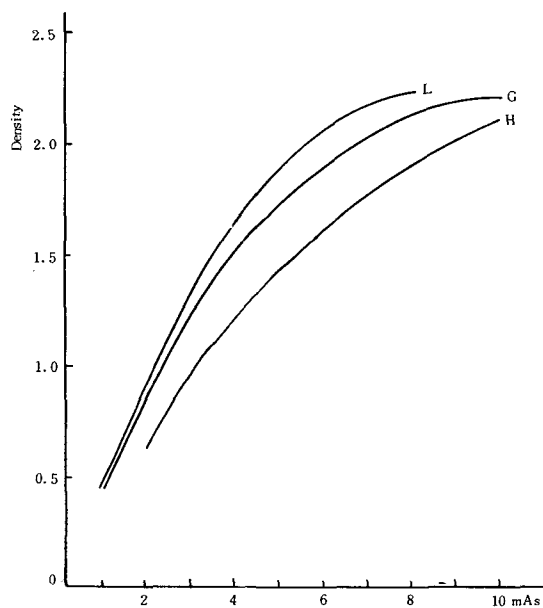


Fig. 3-C. Density and mAs of Fuji Rx Film using Each Intensifying Screen.

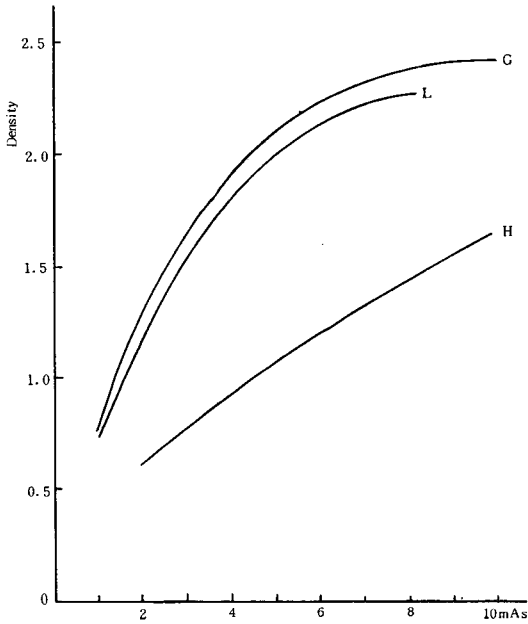


Fig. 3-D. Density and mAs of Fuji-RXO type Film using Each Intensifying Screen.

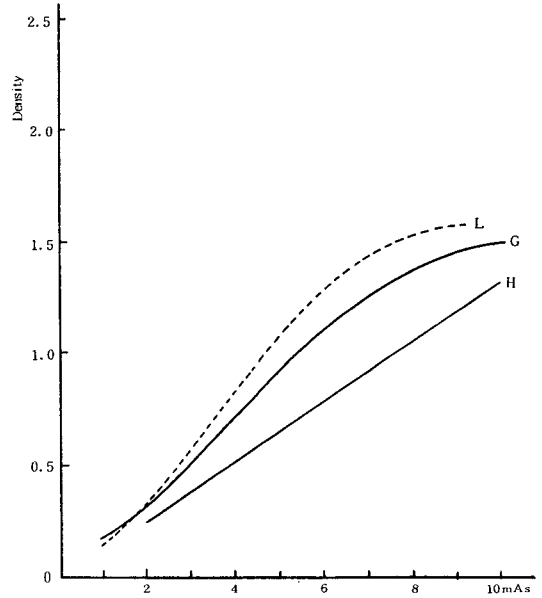


Fig. 3-F. Density and mAs of Dupont Film using Each Intensifying Screen.

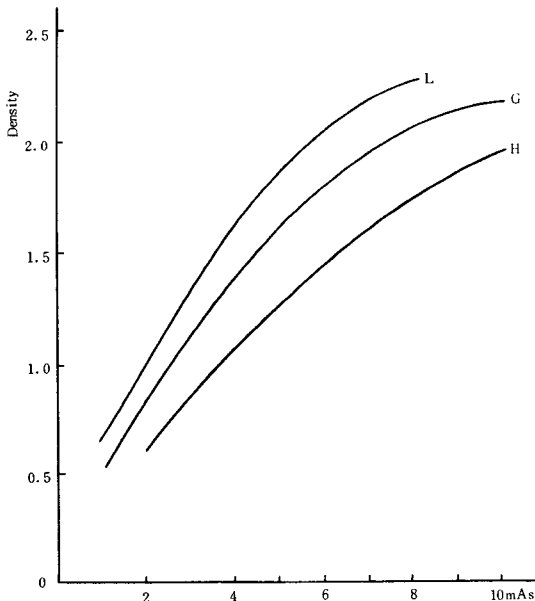


Fig. 3-E. Density and mAs of Gevaert Film using Each Intensifying Screen.

그림 4는 15 cm Acryl phantom을透過한 後의 感度를 各管電壓에 따라서 나타낸 것으로서 60 KVP에서는透過不足으로 適正의 濃度를 나타내지 못하고 있으나 80KVP에서 100KVP로 管電壓을 上昇시킬 境遇의 露出倍數는 LM-6와 H.S는 2.5 그리고 M.S에서는 2.2倍로서 거의 同一하였다.

濃度 1.0을 내기 爲하여 LM-6를 1로서 基準할때 100KVP에서 H.S는 1.4倍, M.S는 1.9倍이었고 80KVP에서는 H.S가 1.9倍 그리고 M.S가 2.3倍로서 100KVP에 比해서 若干의 差異를 나타내고 있다. (그림 5 參照)

#### IV. 考 察

X線寫眞의 面質을 向上시키면서 同時に 患者에 對한 X線被曝을 輕減하기 爲하여 方法은 여러가지가 있으나 그 中에서 가장 重要的 것은 增感紙와 film의 選定問題로서 特히 film과 增感紙를 組合하여 使用할 境遇의 被曝線量 減少는

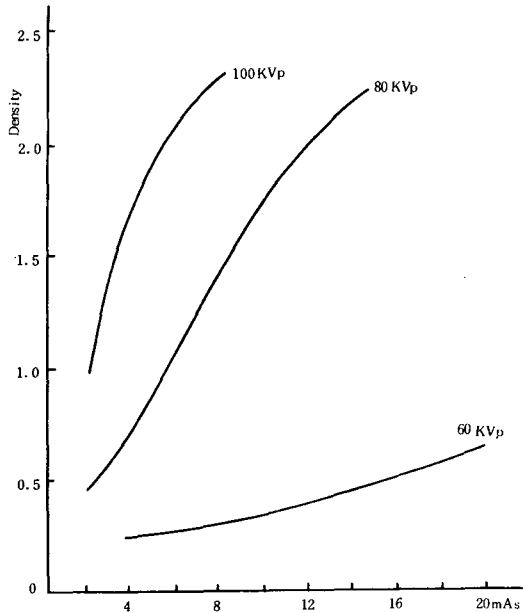


Fig. 4-A. Relation between Density and mAs using Toshiba LM-6 - Sakura A type Film Combination.

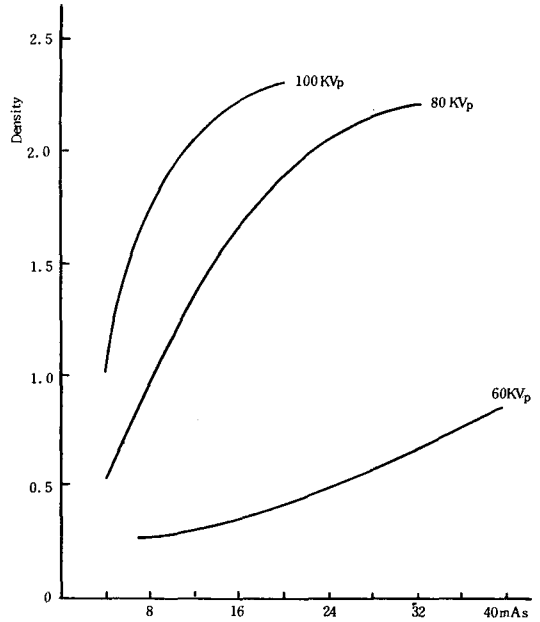


Fig. 4-C. Relation between Density and mAs using Medium Speed Screen-Sakura A type Film Combination.

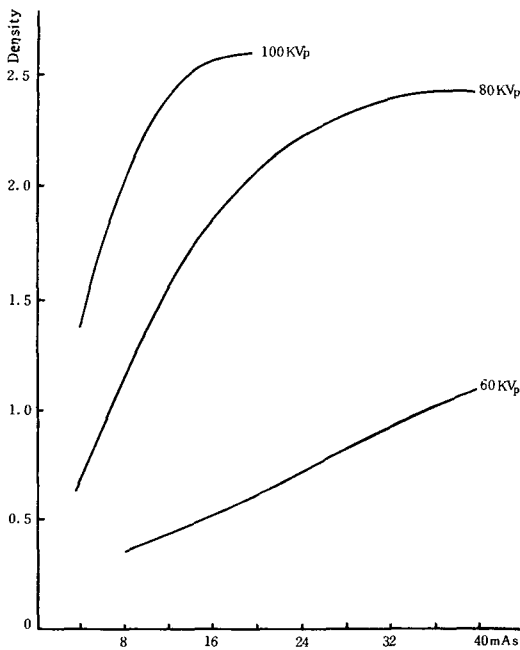


Fig. 4-B. Relation between Density and mAs using High Speed Screen-Sakura A type Film Combination.

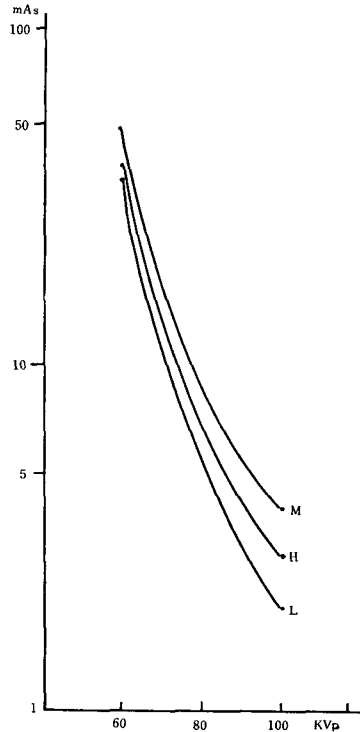


Fig. 5. Relation between Tube voltage and mAs at using Sakura A type Film.



管電壓과 增感紙의 種類에 따라 主로 左右된다.<sup>2,3)</sup>

現在까지 使用되고 있는 X線 film 은 非整色으로서 Regular type에 屬하는 青色以下の 感色性을 가지고 있으며 또 從來의 增感紙螢光體 亦是 發光波長이 같은 靑色系로서 film과의 結合에 依한 film의 感光度를 增加시켜왔다.<sup>4,5)</sup>

한편 面質의 向上만을 考慮하면 增感紙의 螢光粒子와 film의 臭化銀粒子의 粒狀性問題로서 可能限한 微細化가 要求되며 이렇게 되면 感도가 低下되는 相反性을 나타내게 되므로 增感技術의 向上과 被曝線量輕減에는 많은 制限이 따르게 된다.

이에 따라 開發된 것이 稀土類系增感紙로서 螢光體로서는 Tb-159를 附加한 Gd이 使用되고 있으며 X線吸收率이  $CaWO_4$ 에 比하여 優秀하며 發光效率은 3~4 倍로 增加된다.

發光스펙트럼은  $CaWO_4$  螢光體가 短波長쪽의 範圍에 屬하나 稀土類系增感紙의 螢光體는 5400 Å 附近에서 매우 강한 發光을 하고 있다.

따라서 이 發光波長을 效率의으로 利用하기 爲하여 X線 film의 感光域을 Ortho까지 擴大시키고 있다.<sup>6)</sup>

本實驗에서는 Regular type film을 使用한 關係로 稀土類系增感紙의 性能을 完全히 發揮하지 못하고 있으나 LM-6 + Gevaert의 結合한 相對感度는 347로서 M.S + Gevaert 結合에 比하여 3.47 倍로 增加되고 있으며 LM-6 製造會社의 報告資料와 거의 비슷한 結果를 나타내고 있다.

그러나 稀土類系增感紙를 Ortho type film과 結合하여 使用하면 그 感度は 從來보다 約 8 倍 以上 向上된다고 알려져 있다. 特性曲線의 波長은  $CaWO_4$  螢光體와 거의 비슷하며  $\gamma$ 值에도 큰 差異가 없이 Grenex-8 + Dupont의 結合과 M.S + Dupont 結合의  $\gamma$ 值가 各各 2.24와 2.38로서 나타났으며 이런 現象은 稀土類系增感紙를 感度を 增加시키면서 좋은 對照度의 影像을 維持시킬수 있다는 結論에 到達하게 된다.

被寫體를 透過한 後의 感度比는 吸收物質의 組成과 두께에 따라서 많은 差異가 있으나 15 cm Acryl phantom의 境遇에는 透過適正值가 되는 100 KVP에서 的 感度變化는 Fuji RX film이 가장 棼하였고 이 film을 Grenex - 8과 같이 使用했을 때에는 約 3 倍의 感度增加를 가져오고 있다.

勿論 Grenex-8과 FujiRXO는 製造源이 같으므로 Fuji-Grenex System으로서 發光스펙트럼과 感光領域이 一致하는 結果이며 특히 이 Fuji-Grenex System은 妊娠婦, 小兒股關節, 卵管造影, 肪胱造影 등의 低被曝線量 絕對要望部位에 使用이 擴大되고 있다.

LM-6는 Low Exposure Series로서 現在 使用되고 있는 Regular type film과 같이 使用하더라도 感度を 最少限 2 倍以上 增加시킬수 있고 특히 Ortho type film과 結合하면 더욱더 많은 感度を 增加시킬수 있어 感도와 解像力의 均衡이 이루어진 多目的의 型이므로 小形裝置에 依한 頭部, 胃脘, 腰椎, 骨盤等과 動態撮影에 利用範圍가 넓다고 하겠다.

## V. 結 論

著者は 稀土類系增感紙 (LM-6, Grenex - 8) 를 使用하여 感度, 對照度 그리고 鮮銳度 를  $CaWO_4$  增感紙와 比較 實驗한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. X線의 感度は  $CaWO_4$  增感紙보다 1.26 ~ 3.47 倍 높으므로 X線의 線量은 感度の 逆으로 되므로 被曝線量의 大幅 輕減이 可能하였다.

2. X線感度の 增加에 따른 鮮銳度の 變化가 없으므로 露出時間의 短縮으로 運動의 不鮮銳度와 焦點크기에 依한 幾何學的의 不鮮銳度を 減少시킬수 있었다.

3. X線感度の 增加에도 不拘하고 寫眞의 對照度는 維持되므로 診斷에 適合한 큰 寬容度の X線寫眞을 얻을수 있었다.

4. 稀土類系增感紙와 Ortho type film을 組合하여 使用함으로써 그 効果는 더욱 增大될 것으로 期待된다.

## 參 考 文 獻

1. Joel E. Gray, M. Paul Capp, Irwin M. Freundlich: Evaluation of New Film High Light System by Comparison with Conventional Film, Radiologic Technology, Vol. 47, No. 1, 19-30, 1975
2. Stephen S. Hiss: What we should know about X-ray intensifying

- screens, Radiological Technology, Vol.43, No. 3, 117-126, 1971
3. E. Dale Trout. John P. Kelley: The Effect of the Temperature of Intensifying Screens on Radiographic Exposure, Radiologic Technology, VOL. 45, No. 2, 70-72, 1973
  4. Michel M. Ter-Pogossian: The Physical Aspects of Diagnostic Radiology, Hoeber Medical Division, -240, 1965
  5. W.J. Meredith: Fundamental Physics of Radiology, John Wright and Sons LTD., 132-203, 1972
  6. Marilyn H. Sackett: Caution; Speed ahead-Rare earth Imaging System, Radiologic Technology, Vol. 48, No. 5, 537-543, 1977