

# 平成4年度 大阪ニュークリアサイエンス賞 受賞論文

## 放射線インジケータインキ (スクリーン印刷用インキ)

山上允\*、河田章\*、西田節夫\*、花岡明\*、大西徳博\*、古田雅一\*、三好浩文\*、中鉢光雄\*

○大阪府立大学付属研究所

\*光陽化学工業株式会社

医療用具のγ線滅菌、および電子線も含めた一般の放射線工業利用に対し、放射線照射の有無が簡単に確認できるスクリーン印刷用の放射線インジケータインキを開発した。

ジエチルアミノアゾベンゼンを主剤とするインジケータインキをコート紙に印刷した。このインジケータを線量率20.0kGy hrのγ線で照射し、色濃度を測定したところ、未照射：黄色、5kGy：オレンジ色、10kGy：オレンジ色、25kGy：赤色、50kGy：赤色、に再現性よく色変化した。線量率0.50~36.4kGy hrの範囲内では、線量率には影響がなく、色変化は吸収線量だけに比例した。線形電子線加速器を用いた電子線照射での吸収線量と色変化の関係は、γ線照射の結果とよく一致した。

### 1. 緒 論

著者らは最近、医療用具のγ線滅菌、および一般の物理的、化学的放射線利用に対し、照射の有無が簡単に確認できるラベル状のカラーインジケータを開発した〔1, 2〕。

これらは既にプロセス化している。しかし、医療用具の需給は年々増加傾向にあり、滅菌処理工程

においても一層の効率化が求められている。著者らはこうした要望に応じて、ラベルインジケータの貼り付け作業を省略するために、スクリーン印刷用のカラーインジケータインキを開発した。即ち、その主旨は医療用具の包装材料、または製品説明ラベルにインジケータインキを直接印刷することにより短時間、多量処理を行い、さらにインジケータの脱落防止などの効果を期待するものである。本報では、スクリーン印刷用インジケータインキの製造方法とその使用性能について報告する。インジケータの発色原理を図1に示す。インジケータに放射線が照射されるとポリ塩化ビニルから塩化水素が遊離し、感酸性染料のジエチルアミノアゾベンゼン(DEAA)と反応して黄色から赤色に発色することを利用するものである。

### 2. 方 法

インジケータはDEAA(0.6%重量)、塩化ビニル-酢酸ビニルコポリマー(19.4%) ジソチルツケトン(50.6%)、シクロヘキサノン(11.6%)、酢酸ブチル(12.3%)、塩素系増感剤(3.6%)、リン酸トリクレジル(1.9%)からなる混合液をコート紙にスクリーン印刷した。80℃で3分乾燥した後、1.5cm×2.0cmに裁断したものを照射試料とした。乾燥後のインジケータ層の膜厚は12μ程度である。

試料のγ線照射は、<sup>60</sup>Co照射室、およびプール型<sup>60</sup>Co線源を用い、0.50~36.4kGy hrの線量率で所定時間室温照射した。基準となるγ線吸収線量は、電離箱(応用技研〔株〕製)を用いて測定した線量率より算出した。

電子線照射は線形電子線加速器(ハイボルター

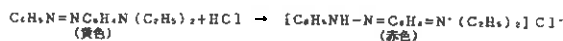
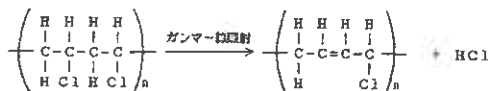


図1 発色の原理

ジ・エンジニアリング〔株〕製)を用いて室温下で照射を行った。電子線による吸収線量は次式に示す様に岡部らの計算式〔3〕から求めた。

$$kGy = \frac{I_0 \text{ (mA)}}{S \text{ (cm/sec)} \times Y \text{ (cm)}}$$

I<sub>0</sub> : 電流値、S : コンベアー速度

Y : 照射幅

インジケーターのカラー反射濃度は、カラー反射濃度計KRD-2100(伊原電子〔株〕製;米国標準準拠)を用いてマゼンタ(赤)、シアン(青)、イエロー(黄)、ビジュアル(明度)の4色に分解して測定した。

### 3. 結果と考察

本インジケーターは、未照射では鮮やかな黄色であり、標準的なγ線滅菌線量の25KGy照射で赤色になるようにDEAAの添加量を調整した。図. 2にγ線照射したインジケーターの色濃度を赤、青、黄、明度の4成分に分解測定した値と吸収線量の関係を示した。黄、明度、青色成分は5~50KGy照射の間でゆるやかに増加するのに対し、赤色成分は大きな増加を示す。従って、このインジケーターは放射線滅菌の照射確認に利用できることがわかった。

図. 3に7種類の線量率を用いてγ線照射した場合のインジケーターの赤色濃度と吸収線量の関

係を示した。図からわかるように、測定値はいずれの線量率定値はいずれの線量率に対しても、ほぼ同一線上にプロットされ、0.50~36.4kGy hrの線量率の範囲内では、赤色濃度は使用線量率に

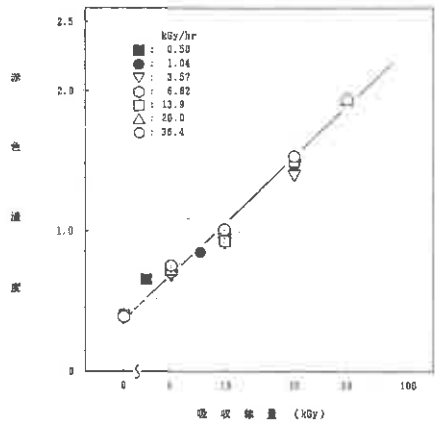


図3 線量率の影響

は影響を受けず吸収線量のみ按比例する事がわかった。

図4. は線形電子線加速器を用いてインジケーターの電子線照射を行い、赤色濃度についてγ線照射の結果と対比した。両者の間には良好な一致がみられ、本インジケーターは電子線照射に対しても使用可能なことがわかった。

図5. は室温で暗所に保存したインジケーターの、赤色濃度の経時変化を示す。図より、未照射

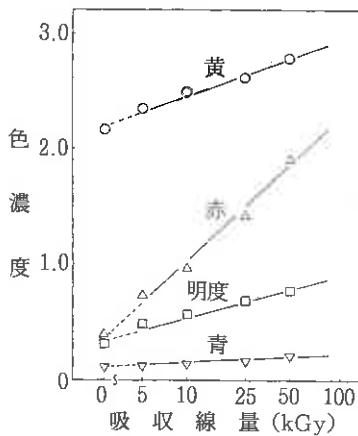


図2 ガンマー線照射による色成分の変化

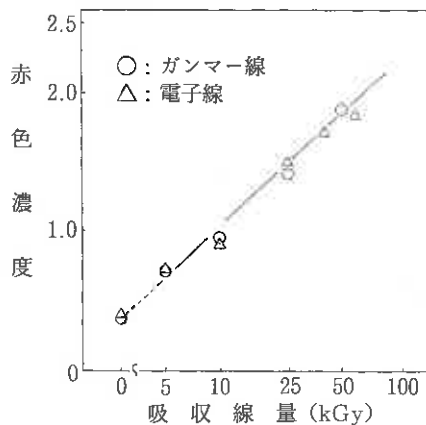


図4 ガンマー線と電子照射の対比

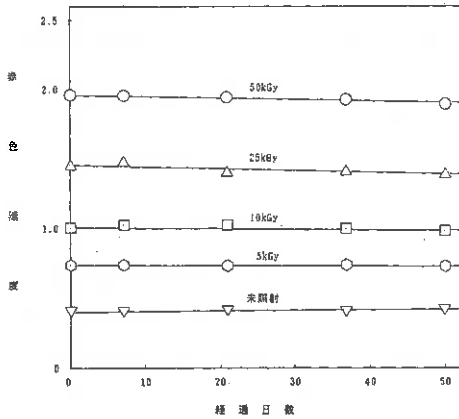


図5 ガンマ線照射前後の色調の経時安定性

試料、および10kGy以下の比較的低線量の照射では、50日経過後も赤色濃度にはほとんど退色は認められない。また、25kGy以上照射した試料においても、50日経過後の赤色の濃度変化は5%以

内にとどまり、時間的な退色は実用上問題のないことが判明した。

4. 結 び

医療用具の放射線滅菌に対し、照射の有無が簡単に確認できるスクリーン印刷用の放射線インジケータインキを開発した。ジエチルアミノアゾベンゼンを主剤とするインジケータインキを一般のコート紙にスクリーン印刷した。このインジケータを標準的な滅菌線量である25kGyのγ線照射を行ったところ、黄色から赤色に精度よく変色した。このインジケータは、電子線の照射確認にも使用できることがわかった。すでに広く使用されているラベルインジケータと比べて、この新しいインジケータインキは、医療用具の製品説明ラベルに直接印刷できるために、滅菌工程の多量処理と時間短縮を可能にするものである。

参考文献

1. M.Yamagami, T.Ohnishi, M.Furuta, H.Miyoshi, M.Chubachi, T.Kitao, A.Kawata, and, S.Nishida, Chemistry Express 5,809 (1990).
2. M.Yamagami, T.Ohnishi, M.Furuta, H.Miyoshi, M.Chubachi, T. Kitao, A.Kawata, and, S.Nishida, Proc.RadTech Asia ' 91, Conf.on Radiation Curing, 1991, 534.
3. S.Okabe, K.Tsumori, T.Tabata, T.Yoshida, A.Nagai, S.Hiro, K.Isida, I.Sakamoto, T.Kawai, K.Arakawa, T.Inoue, and T.Murakami, Oyo Buturi, 43,909 (1974)

「実時間中性子ラジオグラフィーによる液体金属流れの可視化と計測」

神戸大学工学部 竹中 信幸

液体金属の熱流動現象は、熱媒体として使用する場合や半導体の結晶生成や各種金属の精錬・精製プロセスにおいて重要である。熱媒体としての使用には、ナトリウムが高速増殖炉に使われており、カリウムは宇宙用のランキンサイクルにリチウムが核融合炉のブランケットに使用すること、また鉛・ビスマス合金を核破砕用の液体ターゲットに使用することも検討されている。このような液体金属の熱流動特性は特に安全性の観点から重要であり、多くの研究が行われている。通常熱流動の研究を行うためにはその流れを可視化して計

測することが実験的研究を行う上で重要である。しかし金属が可視光に不透明であるためにその流れを可視化・計測することは従来の方法では困難であり、実験的研究を行う上での課題であった。

本研究では中性子線が多くの金属に透明であることを利用して、可視化・計測法を考案し、液体ターゲットへの利用が検討されている鉛・ビスマス合金を対象として、トレーサ法とダイ法による実時間中性子ラジオグラフィーによる液体金属流れの可視化を行い、画像処理によって流速や相変化の界面を測定する方法を開発した。