

Fricke線量計溶液中 Ammonium Thiocyanate의 特性에 對한 研究

高麗大學校 保健專門大學 放射線科

金昌均 · 許 俊

Abstract

A Study on the Characteristics of Ammonium Thiocyanate in Fricke Dosimeter Solution

Chang Kyun Kim, Joon Huh

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

Fricke dosimeter solution in chemical dosimeters consists of Ferrous sulfate, Sodium chloride and Sulfuric acid.

Authors made a new experiment on the characteristics of dosimeter solution with Ammonium Thiocyanate and the results obtained were as follows;

1. The chemical oxidation response after irradiation was very rapid (within fifteen minutes).
2. A preventive measure of the spontaneous oxidation as time goes on was possible to use 0.1 mM instead of 1mM Ferrous sulfate solution.
3. 477nm in wavelength of spectrophotometer was most ideal to measure optical density in this solution

目 次

I. 緒 論

II. 材料 및 方法

1. 線量計溶液의 製造
2. 測定裝置 및 材料
3. 測定方法

III. 結果 및 考察

1. 線量計溶液中 主劑의 影響
2. 吸收에 따른 反應速度
3. 時間에 따른 自然酸化
4. 照射紫外線의 波長

IV. 結 論

參考文獻

I. 緒 論

現在까지 黃酸第一鐵을 利用한 化學線量計가 KRad 範圍의 線量을 測定하는데 있어서는 가장 確實한 方法이였음은 再論의 餘地가 없다^{1,2,3)}

그러나 放射線을 應用한 生物學分野나 또는 放射線 治療의 臨床에 있어서는 이線量보다 적은量을 주로 使用하기 때문에 보다 적은 線量에 對해서 變化가 銳敏하면서도 正確하고 使用이 便利하고 簡單한 測定器를 要求하게 되었다.

그리하여 化學的인 方法을 利用하여 보다 적은 放射線에 對하여 檢出할 수 있는 여러가지 方法들이 試圖되었으나^{4,5,6)} 보다 적은 線量에 있어서 吸收線量에 依한 化學反應의 比例 不成立과 變化된 量을 正確히 分離 分析할 수 있는 光螢光分析器의 考案等이 難題로 臺頭되고 있다⁷⁾. Thielens⁸⁾와 Law⁹⁾는 測定可能 線量의 下限線을 實質的으로 낮추기 爲하여서는 보다 큰 optical cell 을 使用함으로써 可能하다고 報告하였고 Rudstam等^{10,11)}은 黃酸第一鐵을 使用한 線量計에서 ferric ion 分析의 精度를 向上시킴으로써 可能하였다고 報告하였으며 또한 Frigerio 等은^{12,13)} thiocyanate 를 使用함으로써 反應을 促進시키고 ferric ion의 高濃度 出現을 可能하게 하였다고 報告하였다. 그러나 thiocyanate 使用으로 因한 黃酸第一鐵의 自然的인 酸化現象은 또다른 問題點으로 報告되어 있다¹⁴⁾. 著者는 化學線量計의 溶液에 thiocyanate 를 混入한 線量計 溶液의 反應特性을 보기 爲하여 本 研究을 試圖하였다.

II. 材料 및 方法

1. 線量計溶液의 製造

本實驗에서 使用된 化學線量計溶液의 製造方法은 다음과 같다.

(가) Fricke dosimeter solution¹⁵⁾

Ferrous sulfate [$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$]: 1 mM
Sodium chloride [NaCl]: 1 mM
Sulfuric acid [H_2SO_4]: 0.4 mM

(나) 變形된 溶液

Ferrous sulfate [$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$]: 0.1 mM
Sodium chloride [NaCl]: 1 mM
Sulfuric acid [H_2SO_4]: 0.4 mM

(다) Ammonium thiocyanate 溶液

Ammonium thiocyanate [NH_4SCN]: 1 mM

위의 (가), (나), (다)의 모든 溶液을 만들때 使用된 물은 alkaline 再蒸溜水이었고 ammonium thiocyanate 溶

液은 製造해서 5日 以後에 使用하였다.

2. 測定裝置 및 材料

放射線源: Co-60 4,000 Ci (Original activity)

分光光度計: Hitachi Model 101

溶液容器: Screw capped 10cc capacity glass tube.

3. 測定方法

溶液容器에 汚染可能한 化學的 不純物을 完全히 除去하기 爲하여 Dichromate cleaning solution 에 容器를 5日間 담근뒤 꺼내어 수도물로 씻어낸 다음 다시 洗劑를 使用하여 씻어낸後 또다시 수도물로 씻고서 最終段階에서는 alkaline 再蒸溜水을 利用하여 充分히 汚染을 除去시킨後 oven 에 넣어서 600 °C로 1時間程度 乾燥시켰다. 이와같이 하여 準備된 容器를 實際로 使用하기 前에는 다시 담을 溶液으로서 다시 여러번 그 內部를 洗濯하여서 溶液을 넣어 使用하였다.

放射線에 照射된 溶液은 分光光度計로서 光學密度를 測定하였고 이때 使用된 silica cell 은 1cm 와 5cm "mini cell" 이었고 使用된 分光光度計의 紫外線長은 304 nm 와 477 nm 이었다. 또한 吸收線量은 ferrous sulfate 의 測定方法¹⁾에 依하여 算出하였고 照射線의 波長이 304 nm 일때는 分子吸光係數를 2180, 그리고 t-thiocyanate 를 混入한 溶液으로서 照射線波長이 477 nm 일 境遇에는 그림 1) 을 使用하여 分子吸光係數를 求하여 算出되었다.

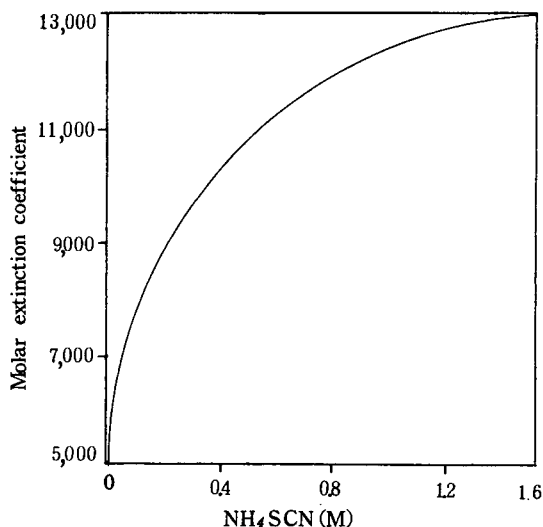


Fig. 1. Molar extinction coefficient of ferric thiocyanate complex

III. 結果 및 考察

1. 線量計溶液中 主劑의 影響

化學線量計의 溶液中 1 mM과 0.1 mM 黃酸第一鐵이 含有된 境遇 放射線照射後 反應에 따른 吸光度의 差異는 Fig. 2 와 같다. 本實驗에서는 ICRU 등에서 勸告하고 있는 1 mM 黃酸第一鐵溶液과 黃酸第一鐵이 0.1 mM 含有된 두 溶液을 比較하였다. 化學線量計中 Fricke dosimeter 의 原理가 黃酸第一鐵이 放射線吸收에 依하여 黃酸第二鐵이 되는 機轉에 依한 것임을 生覺할 때 이와같은 結果는 當然한 것으로 思料되는 바이다.

2. 吸收에 따른 反應速度

本實驗에서는 0.1 mM 黃酸第一鐵溶液과 또 0.1 mM 黃酸第一鐵溶液에 1 M ammonium thiocyanate 를 混合

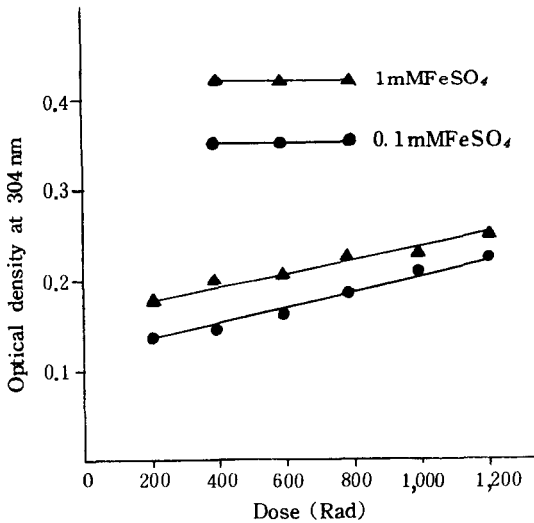


Fig. 2. Optical density by absorbed dose

한 溶液을 各各 放射線에 照射시켜서 發生되는 反應을 測定한 것으로서 Fig. 3 과 같다. 卽 ammonium thiocyanate 가 混合되지 않은 溶液은 放射線照射後 5분 에 나타난 反應은 63%, 그리고 10分의 反應은 70%, 20分에서는 78%, 25分에서는 83%, 30分에서 93%의 反應을 나타내고 있다. 한편 ammonium thiocyanate 를 含有한 黃酸第一鐵溶液에서는 照射後 5分에서 70% 10分에 82% 그리고 15分에 90%의 反應

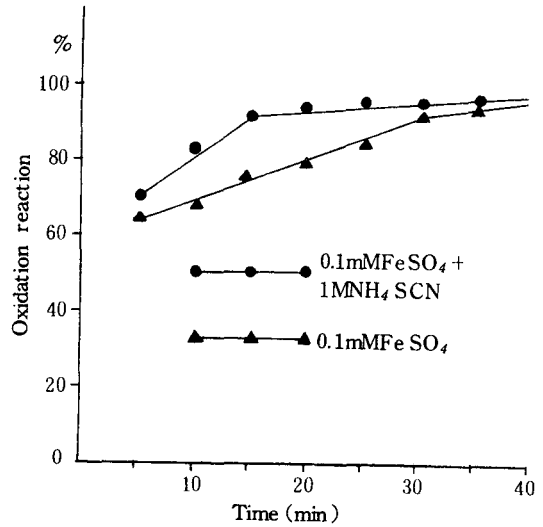


Fig. 3. Reaction by time

을 나타내었다. 이러한 結果는 黃酸第一鐵의 反應을 ammonium thiocyanate 가 促進시키는 作用때문인 것으로 生覺되며 이미 報告된 Frigerio^{12,13)}의 結果와 비슷한 것으로서 黃酸第一鐵溶液을 使用한 境遇에는 放射線照射後 最少한 30分이 經過된後에 分光光度計에서 吸光度를 測定하여야하며 ammonium thiocyanate 를 使用한 境遇에는 最少限 15分이 지난뒤에 測定하는 것이 適當한 것으로 思料된다.

3. 時間에 따른 自然酸化

ammonium thiocyanate 를 含有한 1 mM과 0.1 mM 黃酸第一鐵溶液에 各各 一定한 量의 放射線을 照射시킨後 時間의 經過에 따른 吸光度를 測定한 結果는 Fig. 4 와 같다. 두 溶液 모두 時間이 지남에 따라 自然酸化는 發生하였으나 0.1 mM 보다 1 mM 溶液이 매우 甚한 酸化를 誘發하고 있다. 이러한 現象은 反應의 促進作用을 하고 있는 ammonium thiocyanate 의 作用이 0.1 mM 黃酸第一鐵溶液보다 1 mM의 黃酸第一鐵溶液에서 매우 活潑히 일어나는 結果로서 生覺되기 때문에 1 mM 溶液은 可及的 迅速히 吸光度를 測定하지 않으면 그만큼 測定值의 誤差를 招來할 危險을 內包하고 있다. 이와같은 誤差를 減少시키기 爲한 方法을 ammonium thiocyanate 를 使用한 境遇에도 0.1 mM의 黃酸第一鐵을 使用함으로써 可能하게 될 것으로 思料된다.

4. 照射紫外線의 波長

分光光度計에서 使用된 波長에 따른 吸光度의 影響은 Fig. 5 와 같다. 卽 같은 線量을 照射한 境遇에 發

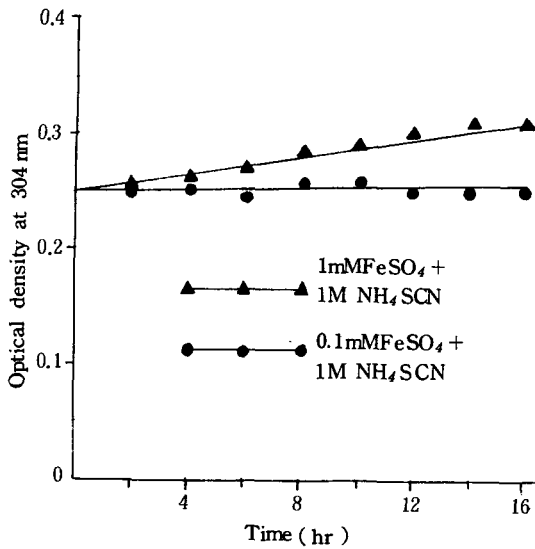


Fig.4. Optical density by time

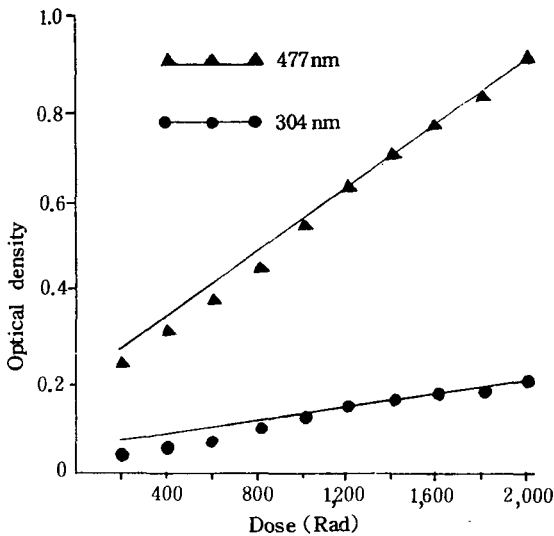


Fig.5. Optical density by absorbed dose

生하는 吸光度의 指示値는 使用한 紫外線의 波長에 따라 큰 差異를 나타내고 있다. 實際로 計器의 指示値는 可及의 數를 測定值의 精度를 올릴 수 있기 때문에 우리는 可能하면 큰 指示値를 낼수 있는 紫外線의 波長으로서 304 nm 보다는 477 nm 를 使用하는 것이 有利한 方法으로 生覺되는 바이다.

IV. 結 論

化學線量計의 溶液에 ammonium thiocyanate를 混入한 溶液의 特性을 實驗한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 放射線照射後 反應이 매우 迅速하게 나타내었다. (15分)
2. 自然酸化率의 防止를 爲해서는 0.1mM 黃酸第一鐵을 使用함으로써 可能하였다.
3. 分光光度計의 使用波長은 477 nm 가 가장 理想的 이었다.

參考文獻

1. O' Donnell J. H. and Sangster D. F.: Principles of Radiation Chemistry, Edward Arnold, London, p. 39, 1970.
2. ICRU, Natn. Bur. Stand: Handbook 85, 1964.
3. Weiss J., Allen A. O. and Schwaz H. A.: Peaceful Uses of Atomic Energy, I. A. E. A., Vienna, Vol. 14, p. 179, 1956.
4. Klein N. I.: Health physics, Vol. 6, p. 212, 1961.
5. Sigoloff S. G.: Selected Topics in Radiation Dosimetry, I. A. E. A., Vienna, p. 337, 1961.
6. Dvornik I., Zec U., Anic A. and Ranogajec. F.: Solid State and Chemical Radiation Dosimetry in Medicine and Biology, I. A. E. A., Vienna, p. 273, 1967.
7. Matthews R. W., Barker N. T. and Sangster D. F.: Int. J. appl. Radiat. Isotopes, Vol. 34, p. 215, 1977.
8. Thielens G.: Selected Topics in Radiation Dosimetry, I. A. E. A., Vienna, p. 325, 1961.
9. Law J.: Int. J. appl. Radiat. Isotopes, Vol. 22, p. 701, 1971.
10. Rudstan G. and Svedberg T.: Nature, London, Vol. 171, p. 648. 1953.
11. Gal O. S.: Int. J. appl. Radiat. Isotopes, Vol.13, p. 304, 1962.
12. Frigerio N. A.: Radiat. Res., Vol. 16, p.606,1962,
13. Frigerio N. A. and Henry V. D.: Sold State and Chemical Radiation Dosimetry in Medicine and Bi-

- ology, I. A. E. A., Vienna, p. 257, 1967.
14. Fricke H. and Hart E. J. : Radiation Dosimetry, Vol. 2, Academic press, Newyork, p. 167, 1968.
15. Howard L. Andrews : Radiation Biophysics, 2 nd ed., Prentice Hall INC., Englewood Cliffs, New Jersey, p. 230, 1974.
16. Matthews R. W. : Radiat. Res., Vol. 55, p. 242, 1973.