

## Na<sup>131</sup>I 에 의한 汚染度 및 汚染除去의 實驗的 研究

延世大學校 醫科大學 放射線科學教室

秋 成 實 · 朴 昌 潤

### 緒 論

醫學이 發達함에 따라 放射性 物質의 利用이 크게 擴大되어 疾病의 診斷 治療方法이 向上되고 있는 反面 放射性 物質에 의한 汚染度의 危險確率이 增加될 수 있다.

반면 醫療用 放射性同位元素의 使用은 國內 各 病院에서 使用者의 엄격한 관리 및 지속적인 교육과 安全 守則의 運用 等に 의해 거의 完備한 安全관리가 되어 오고 있다.

그러나 甲状腺癌 患者 등에서 放射性同位元素治療 목적으로 <sup>131</sup>I 등의 放射性物質을 大量投與함으로써 投與 직후 患者의 排泄器管을 통하여 放射性物質이 大氣中에 放出될 수 있다. 또한 放射性物質의 使用時 放射線區域內에서라 할지라도 불의의 事故로 放射線區域內의 各種 건축물 및 試驗臺 等の 補助器具에 汚染事故가 發生할 수 있고 이때 使用者는 規範대로 즉각적인 汚染除去조치를 遂行하여야 한다.

著者들은 病院 放射性 同位元素室에서 使用하고 있는 液狀 放射性 物質에 의한 空氣中 放射線 放出度와 放射性 同位元素로 治療받고 있는 患者에서 排出되는 放射性 同位元素의 濃度 및 液狀 放射性 物質의 大量 表面汚染에 의한 効果인 汚染除去 方法을 糾明하기 爲하여 于先 簡單한 汚染收集 裝置와 여러 種類의 表面材料를 購入하여 計劃된 線源과 線量에 局限시켜 實驗的으로 測定 評價하였다.

### 實驗材料 및 方法

本 實驗은 放射性 物質의 空氣中 漏出濃도와 放射性 物質을 投與한 患者의 排氣 汚染度 및 表面 汚染에 의한 汚染除去의 難易度 등으로 區分 實驗하였으며 使用한 放射性 同位元素는 病院에서 많이 使用되고 있고 비

Table 1. RI for Medically Applied for 3yr. in Yon-sei Cancer Center

Isotope	Activity/yr.			Total Activity for 3yr.
	82	83	84	
I ~131	860	875	840	2,575mCi
Tc~99m	59	58	54	171set
Tl~201	8	12	98	118mCi
Au~198	10	15	12	37mCi
Ga~67	3	4	6	13mCi

較的 널리 알려진 Na<sup>131</sup>I 溶液으로서 1982년부터 1984 年까지 本院에서 使用한 放射性 同位元素中(Table 1 參照) 한 種類로서 年間 平均使用量은 850 mCi 였다.

#### 1. Na<sup>131</sup>I 溶液에 의한 空氣中 排出的 測定

Na<sup>131</sup>I 溶液을 露出시키기 爲하여 비커 또는 一定한 병속에 넣고 常溫에서 排出 沃素게스를 水中汚染收集 裝置로 濃縮시켰다.

그림 1은 水中 汚染收集 裝置(Kimotoelect. Co, Handy Sampler)로서 流量을 0~40 l/min 로 調節할 수 있는 回轉펌프와 flow meter, timer가 附着되었으며 沃

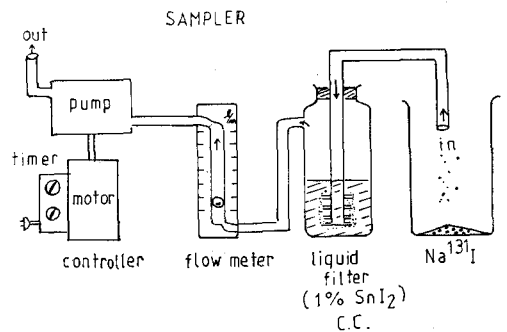


Fig. 1. Blockdiagram of RI collector for airborne radioiodine.

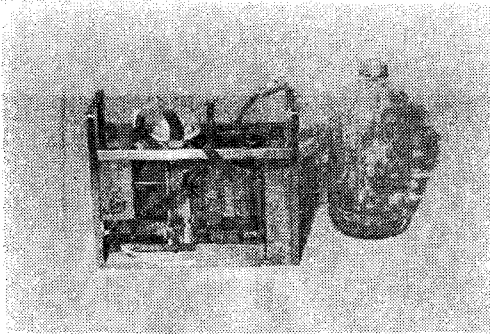


Fig. 2. Radioisotope collector, Handy sampler.

素개스 收集部는 蒸溜水와 10% 트리에치렌 아민(TED A), 1% SnI<sub>2</sub> 및 活性炭 濾過紙로 構成되어 있다.

收集된 放射性 物質은 NaI 閃光計數器(Nuclear Chicago, NaI, 4" detector)에 依하여 微分法으로 測定하였다.

그림 2는 沃素收集器의 實物寫眞으로서 2段의 收集器와 모터펌프, 流量計 및 汚染容器를 갖추고 있다.

2. Na<sup>131</sup>I 醫藥品을 投與한 患者로 부터 空氣中에 排出되는 放射能의 測定

甲狀腺癌을 治療하기 爲하여 30 mCi 의 Na<sup>131</sup>I 醫藥品을 投與한 患者로 부터 每 4時間 間隔으로 呼吸器에서 排氣되는 放射性 物質을 水中收集裝置로 收集한 後 NaI 閃光計數器(well counter)로 測定하였다.

3. 表面材料, 汚染物質 및 汚染除去 方法

醫藥用 Na<sup>131</sup>I 의 濃度를 稀釋하여 各種表面材의 中心部에 한방울씩 떨어뜨려 이것을 赤外線으로 乾燥시켰다.

本 實驗에 使用된 表面材는 國內 生産品으로서 一般의 作業臺의 表面材와 實驗室의 內部, 바닥에 널리 使用되는 材料들을 10×10 cm 의 크기로 하여 使用하였다(그림 3).

木材로서는 作業臺 表面에 많이 使用되는 나왕, 락 카를 입힌 木材等을 使用했으며 金屬材는 使用室, 分配室에 많이 使用되는 스테인리스 스틸(stainless steel, polished)板과 알루미늄板을 使用하였고 벽과 바닥에 많이 使用되고 있는 벽타일等 瓷器類와 아스타일, 모노름等 合性樹脂 및 콘크리트, 타일等을 表面材料로 使用하였다.

汚染除去 方法은 化粧紙 또는 솜等を 利用한 乾性 汚染除去와 물에 젖은 솜을 利用하거나 中性洗劑를 利用한 水洗滌 方法, 아세톤, 알콜等 有機溶劑를 利用한 方法 및 물 paper를 利用한 研磨法等을 使用하여 汚染을 除去하였다.

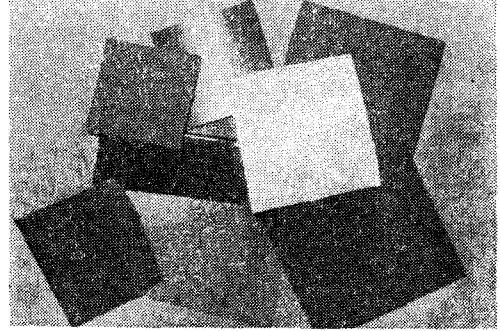


Fig. 3. Various surface materials, stainless steel, aluminum, tiles, monolum, wood etc.

汚染除去率의 測定은 NaI 閃光計數器를 利用하였으며 鉛塊等을 使用하여 背後 放射線의 影響을 最少가 되도록 諸般措置를 講究하였다.

또한 汚染除去 過程의 狀態를 把握하기 爲하여 除去 作業이 反復될 때마다 autoradiogram 을 製作하여 汚染除去의 進行過程을 觀察하였다.

實驗 結果

1. <sup>131</sup>I 收集效率과 汚染除去率

<sup>131</sup>I 收集效率은 收集裝置에 附着된 2段의 收集器에 依한 <sup>131</sup>I 의 收集比率에 依하여 定義할 수 있으며 收集效率·C 는 다음 式으로 주어진다.

$$C = (A_1 - A_2) / A_1 \dots\dots\dots(1)$$

여기서 A<sub>1</sub> 및 A<sub>2</sub> 는 各各 第 1, 第 2 收集器에 依한 收集放射能이며 實驗結果 平均 0.8의 收集效率을 나타내었다.

汚染除去率 K 는 汚染時의 放射能 計數에 對한 關係值로서 다음 式으로 주어진다.

$$K = \frac{A_f - B}{A_i - B} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

여기서 A<sub>i</sub> 와 A<sub>f</sub> 는 各各 最初의 放射能計數와 汚染除去後의 放射能計數이고 B 는 後方 散難計數이며 本 實驗에 使用한 閃光計數器의 測定誤差는 ±0.3%였다.

2. Na<sup>131</sup>I 容液에 依한 空氣中 放射能漏出率

1 l 의 試料 비커內에 Na<sup>131</sup>I 을 넣은 後 收集裝置에 依하여 <sup>131</sup>I 의 漏出率 D<sub>r</sub> 를 測定하였다.

$$D_r = \frac{A_s}{A \cdot T \cdot C} \dots\dots\dots(3)$$

여기서 A 는 試料中의 放射能, A<sub>s</sub> 는 收集放射能, T 는 收集時間, C 는 收集效率(Cx 0.8)이며 試料瓶이나 호스等に 附着된 放射能의 收集量은 無視하였다.

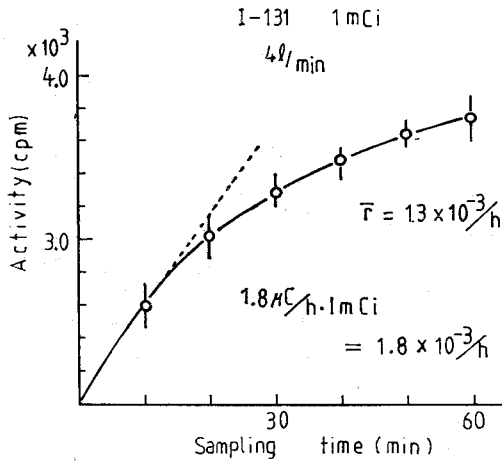


Fig. 4. Accumulative pattern of airborne iodine discharged into air from Na<sup>131</sup>I solution.

試料 바닥에는 吸收紙를 놓고 放射能이 約 1mCi 인 Na<sup>131</sup>I 溶液을 漏게하여 떨어뜨려 空氣와 接觸面을 크게 하였다.

그림 4는 Na<sup>131</sup>I, 1mCi 試料에서 分當 4l의 流速으로 收集한 放射能을 時間에 따라 表示한 것으로서 漏出되는 放射能은 最大일 때 時間當 約 1.8 μCi로서 漏出率은 約 1.8 × 10<sup>-3</sup>/h였으며 平均 漏出率은 約 1.3 × 10<sup>-3</sup>/h로 減少되었다.

3. Na<sup>131</sup>I 投與 患者로 부터 空氣中에 空氣되는 放射能 排出率

甲狀腺癌을 治療하기 爲하여 約 30mCi의 <sup>131</sup>I을 投與한 患者에 對하여 投與後 1日間 4時間 間隔으로 測定한 後 5日동안 繼續追跡 測定하였다.

그림 5는 <sup>131</sup>I 30mCi를 投與한 患者로 부터 排出되는 放射能을 分當 4l의 流速으로서 收集時間에 따라 <sup>131</sup>I

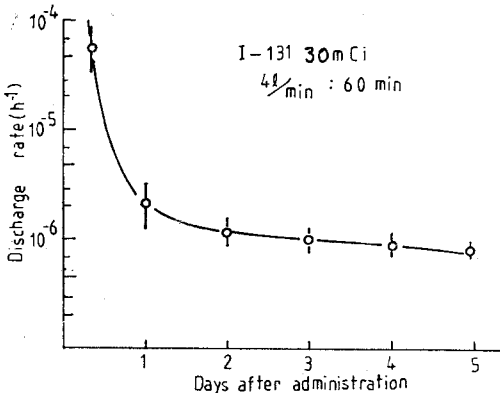


Fig. 5. Rate per hour of airborne iodine discharged into air from patients treated with Na<sup>131</sup>I.

投與當日에 對한 排出率의 最大値는 8時間後 6.2 × 10<sup>-5</sup>/h였고 24時間 後에는 2 × 10<sup>-6</sup>/h로 減少되었다.

4. 各種 表面材의 汚染除去率

各種의 汚染除去 方法을 使用하여 最大 汚染除去 效果를 얻기까지 繼續 反復하므로써 얻어지는 圖表를 各 表面材別로 作成하여 比較하였다.

金屬性 資材인 스테인레스 스틸과 알루미늄에서는 그림 6과 같이 水洗滌으로 거의 97%以上 完全히 汚染除去가 可能하였으며 아세톤等 有機體를 使用하였을때 더 좋은 除去效果를 얻을 수 있었다.

合成樹脂인 아스타일과 모노륨은 그림 7과 같이 水洗滌으로 約 90%까지 汚染을 除去할 수 있었고 아세톤을 使用함으로써 95%以上의 除去率을 얻을 수 있었다.

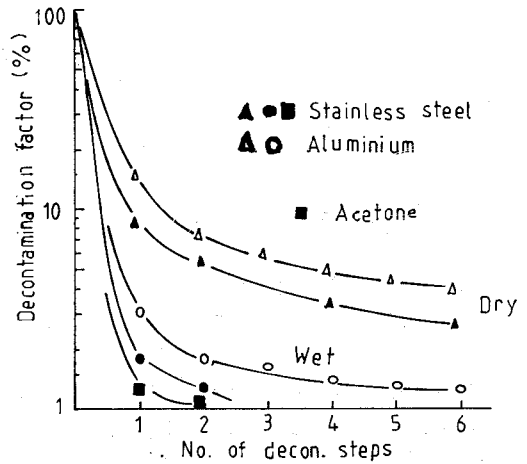


Fig. 6. Relative activity remaining after stepwise decontamination in different methods on the surface of stainless steel and aluminum.

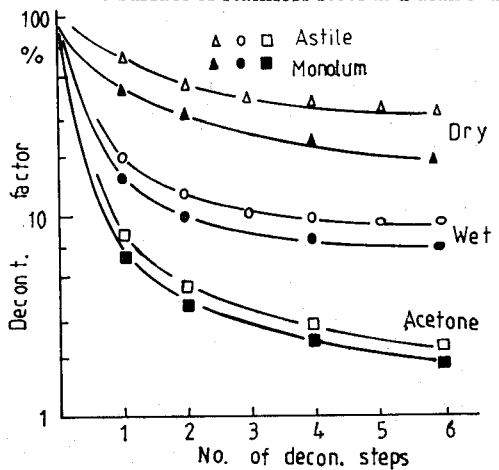


Fig. 7. Relative activity remaining after stepwise decontamination in different methods on the surface of astile and monolum.

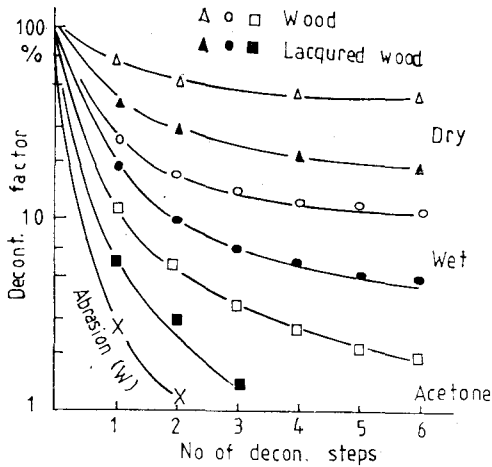


Fig. 8. Relative activity remaining after stepwise decontamination in different methods on the surface of wood and lacquered wood.

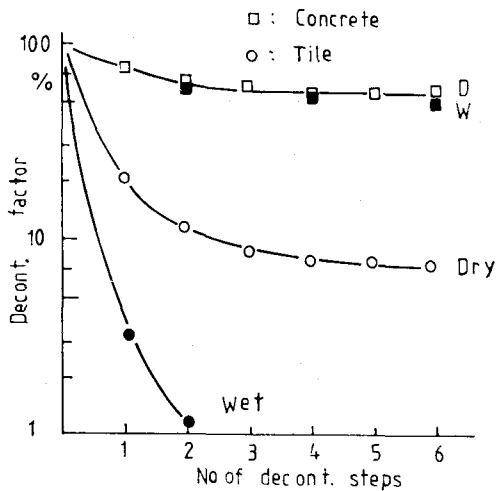


Fig. 9. Relative activity remaining after stepwise decontamination in different methods on the surface of concrete and tile.

木材에 對한 汚染除去率은 그림 8과 같이 乾性이나 濕性 除去方法에서 各各 50%와 90%의 平均 除去率을 보였으나 研磨法에 依하여서는 約 98%以上 汚染을 除去할 수 있었다.

壁과 바닥에 使用하고 있는 콘크리트와 타일에 對한 汚染除去率은 그림 9와 같이 콘크리트는 乾性이나 濕性 除去 方法에서 50%以上 除去하기가 困難하며 壁타일은 濕性除去로 거의 90%以上 汚染除去率을 減少시킬 수 있다.

乾性 汚染除去時 表面材料에 따른 汚染除去率은 그림 10과 같이 콘크리트와 木材에 對한 汚染除去는 매우 어

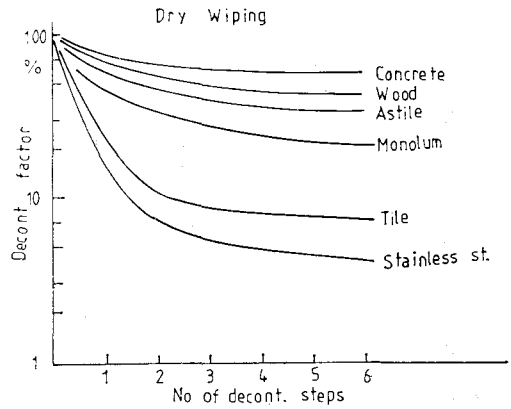


Fig. 10. Effects on the decontamination procedure of dry wiping.

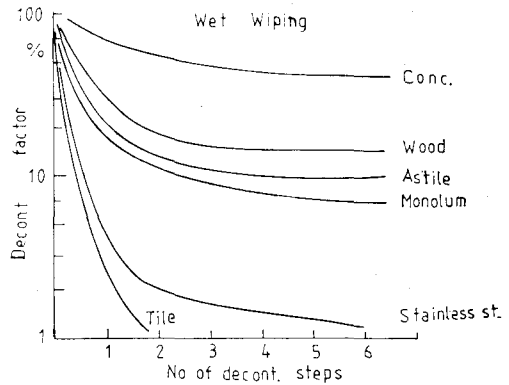


Fig. 11. Effects on the decontamination procedure of wet wiping.

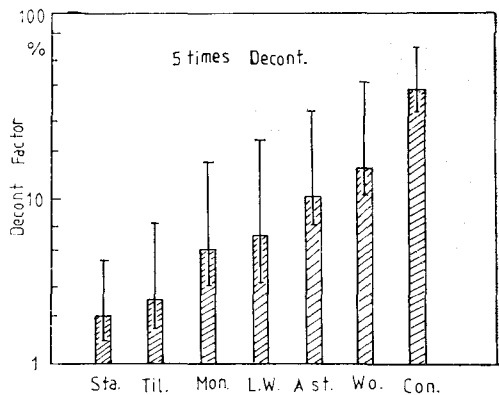


Fig. 12. Mean decontamination factor for various surface materials.

렵지만 타일과 스테인레스 스틸에서는 滿足할 만한 汚染除去를 나타내었다.

濕性 汚染除去에서 表面材料에 따른 汚染除去率은 그림 11과 같으며 콘크리트와 나무의 汚染除去는 어렵

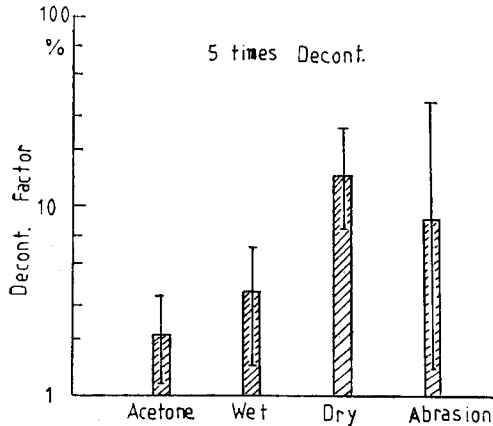


Fig. 13. Mean decontamination factor for various decontaminating methods.



Fig. 14. Autoradiogram on <sup>131</sup>I contaminated aluminum surface.

지만 스테인레스 스틸에서는 汚染除去가 越等히 容易하였다.

그림 12는 各種의 金屬表面에 對한 平均 汚染除去率을 表示한 것으로서 스테인레스 스틸의 汚染除去가 가장 쉽고 콘크리트 바닥의 汚染除去가 매우 어려운 것 을 보이고 있다.

그림 13은 汚染除去 方法에 따른 平均 汚染除去率을 表示한 것으로서 乾性汚染除去法보다 濕性이나 아세톤 等 中性洗劑를 利用하는 것이 더 많은 汚染을 除去할 수 있다.

그러나 實際로 液狀의 汚染事故가 發生하였을 때는 流動擴散되므로 一時的으로 化粧紙에 吸收시켜서 汚染 部位의 擴大를 制限할 수 있는 長點이 있다.

그림 14는 汚染除去 作業過程에서 除去狀態 變化를 把握하기 爲하여 알루미늄 表面에 <sup>131</sup>I로 汚染시킨 後 除去過程 現象을 autoradiogram 으로 現像한 것으로 乾性除去 方法을 1回~4回까지 施行한 것이다.

### 考 察

Na<sup>131</sup>I 溶液으로부터 空氣中에 漏出되는 放射能 測定은 여러가지 間接測定 方法이 開發되어 왔으나 溫度와 氣壓 및 室內의 크기, 바람의 流通速度等에 따라 相當한 差異가 나타나며 Na<sup>131</sup>I의 溶液을 空氣中에 露出시켰을 때와 封하였을 때 또는 물통 속에 擴散되었을 때 等 周圍 環境과 容器에 따라 그 測定은 各各 다른 測定值를 나타내고 있다.

Fukuda 等은 間接測定 方法으로 <sup>131</sup>I의 漏出線量이 1.2×10<sup>-3</sup>/h 에서 8×10<sup>-4</sup>/h 로 測定되었고 캡슐에 依한 漏出率은 2×10<sup>-4</sup>/h 로 溶液의 約 1/4로 測定되었다.

患者로부터 排出되는 <sup>131</sup>I 放射能은 2~4名이 入院된 特殊病室의 排出器에서 排氣된 放射能을 測定한 것으로서 4.5×10<sup>-5</sup>/h 等으로 測定되었다.

著者들은 周圍環境要素를 最少로 줄인 實驗室的인 測定方法으로서 거의 絶對的인 測定值를 얻기 위한 實驗的인 測定을 施行하여 거의 安定된 資料를 얻을 수 있었다.

溶液을 사용한 放射能 汚染除去 方法은 汚染된 核種과 物質表面, 汚染除去 溶液사이에서 發生되는 複雜한 一連의 化學 및 物理的인 反應 또는 變化의 結果로서 이루어지는 하나의 現象이다.

段階的인 汚染除去 過程에 있어서 그 結果는 除去作業의 程度 및 回數에 따라 相異하고 同一인 品種의 表面材料 이라도 그 成分 및 物理的인 性質에 따라 서로 다른 效果를 나타내고 있으며 그 物質의 成分과 表面狀態에 따른 汚染除去率이 매우 다르다.

NBS Hand book 48 1951에서는 放射性 同位元素 取及室의 바닥에 아스타일을 推薦하였으나 接着 施工時間隔이 생긴곳은 반드시 特殊物質로 被服을 시켜야 한다고 하였으며 Feldman(1954)等은 汚染除去時 超音波를 利用할 수도 있다고 提示하였다.

著者들은 現在 市中에서 求하기 쉬운 넓은 아스타일이나 表面이 매끈한 모노롬을 바닥에 使用하는 것이 汚染除去에 도움이 되며 使用, 分配, 廢棄施設은 모두 스테인레스 스틸로 使用하고 可能하면 中性洗劑를 利用한 洗滌容器 및 汚染除去用 乾性織物의 準備가 必要하다고 生覺되었으며 이와같은 表面材料와 除去方法을 利用하여 汚染除去率을 測定하였다.

結 論

臨床醫學에 많이 사용하고 있는 Na<sup>131</sup>I 溶液의 空氣中 漏出線量과 Na<sup>131</sup>I 醫藥品으로 治療한 甲狀腺癌 患者로부터 排氣되는 排氣線量を 實驗的으로 測定하였으며 Na<sup>131</sup>I의 表面汚染에 對한 汚染除去率을 實驗的으로 測定하였다.

1. Na<sup>131</sup>I 溶液으로 부터 空氣中에 放出되는 漏出率의 平均은 約  $1.3 \times 10^{-3}$ /hr 였으며 最大值는  $1.8 \times 10^{-3}$ /hr 였다.

2) Na<sup>131</sup>I 醫藥品을 投與한 患者로부터 排氣되는 放射能은 8時間後  $6.2 \times 10^{-5}$ /hr 이었고 24時間 後에는  $2 \times 10^{-6}$ /h 로 減少되었다.

3) 金屬類, 타일 등은 나무와 콘크리트바닥 보다 汚染除去가 5~6倍 더 可能하였다.

4) 물洗滌과 有機容劑에 依한 汚染除去는 乾性除去方法보다 9~10倍 더 容易하였으나 液狀汚染의 流動擴散을 防止하기 爲하여는 乾性除去方法이 先되었다.

REFERENCES

- 1) Feldman MJ. Advantages of ultrasonic cleaning. *Nucleonics*. 12, 65, 1954.
- 2) Naritomi M, Yoshida Y and Tomono K. Measurements of airborne radioiodine in air from capsules. *J. Nucl. Sci. Technol.* 10, 292, 1973.
- 3) Parker GW and Herbert GM. Decontamination characteristics of porcelain enamel. *Nucleonics* 12, 72, 1954.
- 4) Shigematsu A, Toyohara M and Tomono K. Measurements of airborne radioiodine in air from patients treated with radioiodine. *Nucl. Instr. Meth.* 76, 301, 1969.
- 5) Tompkins FC, Bizzell OM, and Watson CD. Practical aspects of surface contamination. *Nucleonics* 7, 42, 1950.
- 6) Wagner HN and Homes RA. Principles of nuclear medicine. p.36 by Saunders Company, 1968.

An Experimental Study on Airborne Contamination and Decontamination for Na<sup>131</sup>I Solution

Sung Sil Chu, Ph.D., Chang Yun Park, M.D.

= Abstract =

A lot of radioisotopes are applied to medical fields. It's very important to measure the activities on airborne radioiodine discharged in air from Na<sup>131</sup>I solutions and from patients treated with radioiodine. Also surface decontamination is another one important problem to be completely solved in the isotope laboratory where there is always the possibility of radiation contamination.

The Authors measured the activities on airborne radioiodine with RI collector and scintillation counter.

1. The mean accumulative activity of airborne radioiodine discharged into air from Na<sup>131</sup>I solution was measured as  $1.3 \times 10^{-3}$ /hr rate, and the maximum value was  $1.8 \times 10^{-3}$ /hr.

2. Radioactivity rate per hour of airborne iodine discharged into air from patients treated with Na<sup>131</sup>I was measured as  $6.2 \times 10^{-5}$ /hr at 8 hour after administration of radioiodine and decreased into  $2 \times 10^{-6}$ /hr after 24 hour.

3. Metallic surfaces such as stainless steel or aluminum are decontaminated 5 to 6 times more rapidly than wood and concrete surfaces.

4. Decontamination with wet wiping with detergent was 9 to 10 times more rapidly than dry wiping method, but dry wiping was useful for the first step to prevent spreading and flowing from liquid radioactive materials.