

# 表面放射能 測定裝置 開發動向

— 迅速 · 正確한 모니터시스템 —

放射性同位元素를 利用한 物品表面의 汚染檢査에 사용되고 있는 人體表面모니터, 物品모니터, 貨物모니터 등의 최근 경향은 大面積檢出器를 使用하여 汚染檢出의 高感度化, 마이콤使用에 의한 데이터處理機能의 向上, 保守點檢의 기간단축 등이 도모되어 放射線管理의 自動化가 한층 진보되어 왔다. 이들의 性能, 機能 등에 대해 알아본다.

## I. 概 要

人體의 被曝低減이나 放射性同位元素에 의한 汚染의 확대방지를 목적으로 原子力發電所 등의 施設에서 管理區域을 설정하여 放射性同位元素를 이용, 특정의 영역에 대하여 空間線量率測定 및 管理區域出口에서 汚染檢査를 하고 있다.

汚染檢査에 관해서는 수년전까지의 檢査방법은 서베이메타(주로 직경 5cm의 有效窓面積을 가진 GM計數管을 檢出器로 한 서베이메타)를 사용하여 被測定者 자신이 身體表面, 物品表面을 일정 속도로 走査하여 미리 설정한 경보레벨에 달하는가를 판단하였는데, 이와 같은 檢査는 檢出器의 走査速度에 대한 제한이 엄하다는 것과, 모든 표면을 檢出器로서 측정, 확인하기는 곤란하다는 것 등 측정상의 문제 및 檢査에 많은 노력과 시간을 요하는 등 운영상의 문제가 있었다. 이와 같은 문제에 대해 최근에 와서는 大面積檢出器의 개발 및 측정물 표면에서 효과적 배치와 驅動機構를 개발하여 自動表面汚染檢査裝置(表面汚染모니터)를 실용화하여 많이 사용하게 되었다. 이들 모니터는 오염검사의

의 엄밀화, 신속화 및 측정결과 의 보존·정리를 위한 인력절감에 크게 공헌하고 있다.

## II. 表面汚染測定

物品表面의 放射性同位元素에 의한 汚染이  $1 \times 10^{-4} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  ( $\alpha$ 線을 방출하지 않는 核種) 以上の 物品은 管理區域밖으로 가져나갈 수 없다.

原電內에서 생성되는 放射性核種은 Co, Mn 등의  $\beta$ 線,  $\gamma$ 線放出核種으로 방사선관리상 상기의 값 이하의 레벨에서 취급된다. 이때 사용되는 放射線檢出器는  $\beta$ 線檢出用에 gas flow檢出器, 두께가 수mm이하의 얇은 plastic scintillation檢出器,  $\gamma$ 線檢出用에 NaI(Tl) scintillation檢出器, 두께 수100mm의 두꺼운 plastic scintillation檢出器 등을 들 수 있다.

表面汚染檢査에 어느 檢出器를 사용하는가는 測定對象, 設置場所에 따라 정해진다. 일반적으로는 측정대상 의 形狀이 단순해서 檢出器를 그 표면에 쉽게 접근시킬 수가 있을 때는  $\beta$ 線檢出器를 사용하고 形狀이 복잡해서 檢出器를 표면에 접근시킬 수가 없을 경우나 周圍空間線量率이 낮을 때는 감마線檢出器를 사용한

다. 또한 檢出器의 유효면적이 검출에 미치는 영향은 그 유효면적이 넓을수록 저레벨의 오염까지 검출할 수 있다.  $100\text{cm}^2$ 의 오염을  $1 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 까지 검출할 수 있는 2대의 檢出器가 있어 그 유효면적을 각각  $1,000\text{cm}^2$ ,  $1,500\text{cm}^2$ 이라 하면 均一汚染의 검출한계는  $1 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ ,  $6 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 가 되어 유효면적이 넓은 檢出器가 유리하다. 이는 과거 사용하던 檢出器로서는 효율의 불균일, 배치에서 오는 효율의 저하가 있어서 사용할 수 없으며 gas flow 檢出器, plastic scintillation 檢出器와 같이 유효면적내의 感度分布가 균일하고 높은 검출효율을 가진 檢出器가 필요해진다.

### Ⅲ. 表面汚染 모니터

표면오염모니터는 다음의 세가지로 분류할 수 있다.

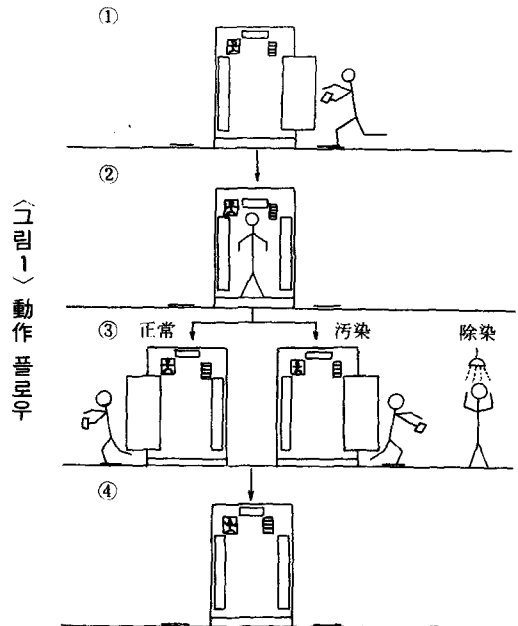
- 1) 人體表面 모니터
- 2) 物品 모니터 (測定對象 道具, 器材)
- 3) 貨物 모니터 (測定對象 衣服, 靴)

이들의 모니터는 모두 마이콤으로서 제어되며 계측계의 교정, 데이터의 입력, 수정, 출력이 단 한번의 조작으로 가능하고 운용중의 고장 진단, 측정데이터의 主計算器로의 전송 및 보수를 하기 쉽게 되어 있다.

#### 1. 人體表面 모니터

이 모니터의 전신은 hand foot cloth 모니터인데 손발의 오염검사 후 부속의 검출기로 신체표면을 走査해서 放射能을 측정하므로 엄밀히 측정하려면 1인당 약 30분을 요한다. 또, 측정을 올바르게 하고 있는가를 감시하는 사람이 따로 필요로 하며, 측정결과와 기록도 할 수 없다는 문제점이 있었다.

人體表面 모니터는 大面積  $\beta$ 線 檢出器를 신체의 중요 부위에 배치하여 hand foot cloth 모니터서 손발을 측정하는데 요하는 시간과 같은 시간으로 신체의 모든 부분의 오염검사를 할 수



있으며, 좌우 측면의 검출기를 모터로서  $90^\circ$  회전시키는 자동문장치가 있어 관리구역 출구의 게이트기능을 가진 구조로 되어 있으므로 오염된 사람이 관리구역 밖으로 나갈 수 없다. 頭上 檢出器는 개인차가 큰 신장의 고르지 못함에 대응하여 자동으로 상하로 이동하여 머리에 접근할 수 있는 구조로 되어 있으며, 制御, 計測回路를 포함하여 面積  $1.2\text{m}^2$  정도로 콤팩트하다. 무엇보다도 hand foot cloth 모니터가 설치되어 있는 베이스에 그대로 교환설치를 할 수 있는 장점을 갖고 있다. 오염검사의 동작을 그림 1에 나타내었다.

또한 오염검사를 하고 있지 않은 시간에는 background의 계수치를 상시 계측하여 일정회수분의 데이터를 보존하고 있다. 이 background 데이터는 오염검사의 오염에 의한 계수치의 증가분에 대한 평가에 사용할 뿐만 아니라 계수치의 감소·증가를 감시하여 檢出器 測定回路의 異常, 周圍空間線量率의 상승을 신속히 발견하여 경보를 울리도록 되어 있다.

주요한 특징은,

〈表 1〉人體表面 모니터仕様

項 目	内 容
測定線種	$\beta(\gamma)$ 線
計數範圍	1~999999
檢出感度	$1 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 線 源: $\text{U}_3\text{O}_8$ (10 cm $\times$ 10 cm) 線 源 位 置: 檢出器中心 距 離 5 cm 測 定 時 間: 20秒 空 間 線 量 率: 30 $\mu\text{R}/\text{h}$ 算 出 式: $3\sigma$ 法
檢出器配置	手, 足, 頭, 前面, 右側面, 左側面
處理人數	120人 / 1時間
被測定者身長	最大 190 cm
警 報 設 定	表面汚染面密度에 의해 設定 (高, 最高 2段設定)
크 기	1000 (W) $\times$ 1260 (D) $\times$ 2290 (H) mm
重 量	約 790 kg
電 源	AC100V 1kVA
周 圍 環 境	0~40°C RH80% 以下

① 큰 면적의 얇은 入射窓膜을 가진  $\beta$ 線檢出器를 사용하고 있으므로 低에너지의 베타선까지 좋은 효율로서 측정할 수 있으며, 또한 周圍空間線量率에 의한 영향이 적고 低레벨의 방사능측정이 가능하다.

② 백그라운드 계수치의 연속측정과 平滑化에 의해 周圍空間線量率의 변동에 영향을 받지 않는다.

③ 放射線檢出器 測定回路의 故障, 空間線量率의 상승에 의한 방사능측정의 不能狀態 등의 異常監視機能을 갖고 있다.

④ 校正의 自動化, 데이터의 記憶, 修正, 出力을 할 수 있어서 방사선관리의 省力화를 할 수 있다.

⑤ 데이터처리장치와 접속시켜 設定值, 測定데이터의 편집을 할 수 있다.

주요한 仕様을 表 1에 표시한다.

## 2. 物品모니터

관리구역에서 반출되는 物品은 사람이 손에 들고 들어갈 수 있는 小型, 輕量의 것에서 건축기자재와 같이 트럭으로 실어서 반출하는 것까지 크기, 형상, 중량 등이 광범위하므로 觀者의 物品은 앞에서 소개한 人體表面모니터와 같은 장소에 설치되고 汚染檢査後 사람이 관리구역밖으로 가져 나간다. 이를 위한 모니터가 소형물품모니터이다. 또한 原電內에서 일시에 다량으로 반출시키는 物品은 전용의 搬出口가 있어 거기서 오염검사를 하여 관리구역 밖으로 가지고 나간다. 이를 위한 모니터는 대형물품모니터이다.

물품모니터와 종래의 서베이에타를 사용한 검사방법을 비교해보면 측정의 嚴正化와 處理時間이 단축되어 기록을 위한 인력이 절감된다. 아래에 이들 물품모니터에 대해 설명한다.

### (1) 小型物品모니터

검출기는 윗부분과 옆면에 각각  $\beta$ 線檢出器를 배치하고 아랫부분에  $\gamma$ 線檢出器를 배치하고 있다. 各面의 檢出器는 물체의 높이에 따라 상하로 이동하며, 입구·출구에 위치하는 검출기도 상하로 이동하는 구조로 되어 있다. 감마線檢出器의 주위에는 납(鉛)차폐를 부가하여 공간선량율의 변동에 의한 백그라운드 계수치의 변화를 작게하고 있다.

소형물품모니터는 관리구역내 작업자가 소유하고 있는 ID카드를 카드판독기에 삽입하면 ID카드의 개인번호를 모니터가 읽어내어 자동적으로 입구문이 열린다. 측정상자에 물품을 넣고 모니터내에 넣은 후 조작판 위의 측정개시스위치치를 누르면 입구문이 닫히고 上面의 檢出器가 물품표면까지 하강해서 방사능측정을 시작한다. 측정시간중에 물품의 명칭, 수량을 조작판위의 스위치, 키를 사용해서 모니터에 입력해 두면 측정이 끝난 후 오염이 없는 물품은 자동적으로 출구측으로 보내지고 측정결과가 傳票上에 인쇄된다. 오염이 된 물품은 입구측으로

〈表 2〉 小型物品 모니터仕様

項 目	内 容
測定線種	β線, γ線
計數範圍	1~999999
檢出感度	3×10 <sup>-5</sup> μCi/cm <sup>2</sup> 線 源: <sup>60</sup> Co(10 cm×10 cm) 線 源 位 置: 檢出器中心 距 離 3 cm 測定時間: 20秒 空間線量率: 30μR/h 算 出 式: 3σ法
檢出器配置	上·下面, 側面
測定物品	440(W)×470(D)×280(H)mm 重量 20 kg以下
警報設定	表面汚染面密度에 의해 設定 (高, 最高 2段設定)
크 기	1850(W)×1550(D)×1800(H)mm
重 量	約 1500 kg
電 源	AC100V 1kVA
周圍環境	0~40℃ RH80% 以下

되돌리므로 관리구역밖으로 잘못해서 가져나가는 일은 없다.

(2) 大型物品모니터

측정대상의 용적이 크므로 모니터는 입구측 콘베이어, 출구측 콘베이어, 검출기를 배치한 측정부로 나누어진다. 물품은 콘베이어에 실려 일정속도로 이동하면서 측정부에 있는 방사선 검출기로 방사능을 측면에서 이동방향을 향해 γ線檢出器를 일렬로 늘어 놓아 두고 한꺼번에 대량의 물품을 측정할 수가 있다.

上面的 檢出器는 물품의 높이에 따라 자동적으로 높이가 변하도록 되어 있으며, 오염검사의 순서는 다음과 같다.

조작판의 ID카드 판독기에 ID카드를 넣어 ID번호를 읽어낼 수 있게 하고 콘베이어 위에 물품을 싣는다. 이때 물품의 종류, 형상은 되도록 갖춰져 있는 것이 바람직하다. 측정개시스위치를 누르면 콘베이어가 회전하여 물품을 측정부

〈表 3〉 大型物品 모니터仕様

項 目	内 容
測定線種	β線, γ線
計數範圍	1~999999
檢出感度	3×10 <sup>-5</sup> μCi/cm <sup>2</sup> 線 源: <sup>60</sup> Co(10 cm×10 cm) 移動速度: 2cm/s 空間線量率: 10μR/h 算 出 式: 3σ法
檢出器配置	上·下面
測定物品	幅1400mm以下, 높이280mm以下
警報設定	表面汚染面密度에 의해 設定 (高, 最高 2段設定)
크 기	2300(W)×9400(D)×2000(H)mm
重 量	約 3500 kg
電 源	AC 100V 1kVA AC 200V 1.5kVA
周圍環境	0~40℃ RH80% 以下

쪽으로 이동시킨다. 측정부의 입구에는 높이 검출기가 있어서 항상 물품의 높이를 측정하여上面檢出器의 위치보다 높은 물품을 검지하면 자동적으로上面檢出器를 위로 이동시킨다. 측정 중에 오염을 검출하면 콘베이어는 역회전하여 물품을 입구쪽으로 되돌리고 오염이 없을 경우에는 물품이 모두 출구를 향해 이동한 시점에서 콘베이어의 회전이 정지하고 1회분의 측정을 끝마치게 된다. 또한 계속해서 오염검사를 할 수 있으며 最終回의 측정이 끝나면 測定終了 스위치를 켜면 이때까지의 결과를 얻을 수 있다.

주요한 특징은 다음과 같다.

① 大面積 β線檢出器, γ線檢出器를 사용하고 있으므로 짧은 시간에 低레벨의 방사능측정을 할 수 있다.

② 감마선검출기를 사용하고 있으므로 서류등을 겹쳐서도 대량으로 측정할 수가 있고 많은 처리시간을 단축시킬 수 있다. 또, 검출기를 접근시키기가 곤란한 곳도 측정할 수 있다.

③ 게이트기능이 있어서 오염물품을 외부로

가져나갈 수 없다.

④ 백그라운드補償, 故障診斷機能을 가지고 있다.

⑤ 校正定數 等の 計算, 記憶, 出力을 할 수가 있고 보수가 용이하다. 주된 사양을 表 2 와 表 3 에 표시한다.

### 3. 貨物모니터

貨物모니터는 관리구역내에서 작업을 할 때 신체에 착용하는 물건이 측정 대상이 된다. 구체적으로 衣服類, 手袋, 靴下 등의 작은것, 신발, 헬멧 등의 成形品으로 분류된다.

사용한 의복 등은 품목마다 분류되고 前面모니터에서 1회씩 오염검사를 한 다음 정상적인 물품만이 다음의 세탁공정에 보내진다. 세탁후 품목마다 전용의 貨物모니터에서 하나 하나 오염검사를 하여 오염된 것과 정상적인 품목으로 나뉘어진다.

#### (1) 前面모니터

세탁전의 단계에서 오염의 유무를 그룹마다 판정하는 모니터로서 물품은 소정의 형상을 한 주머니에 수납되어 주머니 단위로 방사능측정을 한다. 모니터의 형상은 직방형의 철(鐵)상자 속에 원통형의 바스켓에 들어가고 측면에 2대의  $\gamma$ 線檢出器가 배치되어 表 4 에 주요한 仕様을 나타낸다.

#### (2) 衣服·小物모니터

측정대상이 의복, 양말, 장갑 등 크기가 일정하지 못하므로 물품을 컨베이어로 이동시키면서 大面積  $\beta$ 線檢出器로 방사능측정을 한다. 상하의 컨베이어에서 물품을 일정한 두께로 눌러 검출기를 상하로 배치하여 물품에 접근할 수 있게 하고 있다. 백그라운드 계수치를 적게하기 위해 검출기의 주위에 鐵遮蔽體를 설치하고 동시에 상하의 검출기의 신호를 反同時計數回路를 통해서 계수함으로서 에너지가 높은 우주선의 영향을 받지 않도록 하였고, 컨베이어는 제염이 용이하도록 스테인레스강으로 되어 있다.

〈表 4〉 前面 모니터仕様

項 目	內 容
測 定 線 種	$\gamma$ 線
計 數 範 圍	1 ~ 999999
檢 出 感 度	$1 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 線 源: $^{60}\text{Co}$ (均一汚染) 測 定 時 間: 60秒 空 間 線 量 率: $30 \mu\text{R}/\text{h}$ 算 出 式: $3\sigma$ 法
檢 出 器 配 置	左側面, 右側面
測 定 物 品	衣服, 靴下, 手袋 等の 身體着用品
警 報 設 定	表面汚染面密度에 의해 設定 (高, 最高 2 段設定)
크 기	檢出部 1350(W) × 850(D) × 1300(H)mm 測 定 部 570(W) × 630(D) × 1800(H)mm
重 量	檢出部 約 2600 kg 測 定 部 約 200 kg
電 源	AC 100V 600VA
周 圍 環 境	0~40°C RH80%以下

#### (3) 成形品모니터

신발, 헬멧, 마스크 등 항상 일정하고 쉽게 변형하지 않은 물품을 대상으로 하고 있으며, 물품의 구조가 복잡하고 원리적으로 검출기를 그 표면에 접근시키는 것이 불가능하므로 大面積  $\gamma$ 線檢出器를 사용하고 있다. 검출기를 아래면에 배치하고 주위는 충분한 납으로 차폐되어 있다. 물품은 컨베이어위에 놓여지고 검출기의 위치까지 搬送되며 이곳에서 정지하여 방사능측정을 한다.

주요한 특징은 다음과 같다.

① 大面積放射線檢出器를 사용함으로 짧은 시간에 低레벨放射能測定을 할 수 있다.

② 충분한 차폐를 하고 있으므로 空間線量率의 영향이 적다.

③ 측정결과를 主計算機에 전송할 수 있으므로 모니터전체의 처리상황을 쉽게 파악할 수 있어 방사선관리업무향상에 기여하고 있다.