2003 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

# 균등분할법에 의한 방사성폐기물드럼 표면선량률 자동측정기록장치 개발

# The Development of Automatic Surface Dose-rate Measuring and Recording System for Radioactive Waste Drum by Segmentation Method

강일식, 김길정, 손종식, 김태국

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

## 요 약

원자력 관련시설에서 발생하는 방사성폐기물을 인수할 때 처리를 위한 기본 자료로서 활용하기 위하여 폐기물 드럼의 표면선량률을 측정하고 검사하는 것은 필수적인 사항이다. 방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 측정하기 위하여 드럼의 이송 및 측정이 자동적으로 수행되고 드럼의 여러 곳을 균등 분할하여 동시에 선량률을 측정함으로써 드럼의 정확한 선량률과 오염원의 위치를 파악할 수 있는 장치를 개발하였다. 이러한 장치를 방사성폐기물 처리시설 뿐만 아니라 발생시설에도 설치하여 운영함으로써 작업자의 피폭을 최소화하고 드럼의 관리에 효율적으로 활용될 수 있을 것이다.

본 논문은 방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 자동으로 측정하고 드럼의 기록관리에 대한 데이터를 얻기 위해 메뉴방식의 소프트웨어를 이용하여 연속 또는 비연속적으로 출력할 수 있는 장치를 구성하는 요소의 특성과 장치를 운영하는 프로그램을 살펴보았다.

## Abstract

It is necessary that the surface dose-rate of waste drum should be measured to inspect and use it as a basic data for the treatment of radioactive waste generated from nuclear facilities. The system has been developed in order that it could automatically transfer the drum, measure the surface dose-rate of radioactive waste drum, and inspect not only the area of contaminated sources but also correct dose-rate within a drum according to measuring the divided segments equally at the same time. It is expected that the system be utilized to minimize radiation exposure on workers and manage the drum effectively at the waste production facilities as well as the radioactive waste treatment facilities.

The characteristics of components is to measure the surface dose-rate of radioactive waste drum automatically and to record the measured data on a drum continuously or noncontinuously by using menu type software, and operational program is also considered.

## 1. 서 론

### 1.1. 목적 및 필요성

원자력 발전 및 방사성동위원소의 이용 등 각 분야에서의 원자력 이용이 급속도로 증대됨에 따라 이의 부산물인 방사성폐기물의 발생이 증가하고 있다. 이러한 방사성폐기물은 방사능의 준위 및 성분에 따라 분류하여 대개 100ℓ 또는 200ℓ의 탄소강 드럼에 수집하여 관리하고 있다. 수집된 방사성폐기물을 종류에 따라 소각, 시멘트 고정화 및 압축 등의 안전한 처리를 하기 전에 처리의 가능성 여부를 검사하고 판정하기 위해서는 방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 측정하는 것은 필수적인 사항이다. 기존의 방사성폐기물드럼 표면선량률 측정은 측정자가 직접 1대의 선량기로 드럼 표면에서 측정함으로써 측정자가 방사능으로부터 피폭이 되며 드럼의 일부분만을 측정함에 따른 부정확성과 드럼 내부의 오염원의 위치 파악이 사실상 어려웠다.

### 1.2. 개발방향

방사성폐기물드럼 표면선량률 자동측정장치는 드럼 위치 센서의 감지와 구동모터의 작동으로 이송 콘베이어를 통한 드럼의 이송으로 작업자의 피폭을 최소화하고 회전 테이블에 위치한 드럼이 1회전하는 동안 드럼의 형태에 따라 상하로 3등분(100ℓ) 또는 4등분(200ℓ)하고 원주방향으로 12등분 균등 분할하여 정확한 선량률의 측정 및 오염원의 드럼 내 위치를 파악할 수 있으며 기준치를 초과하였을 때는 경보음이 울려 작업자로 하여금 해당 드럼을 별도로 관리하도록 하며 관련 데이터가 출력되도록 개발되었다.

본 논문에서는 방사성폐기물드럼 표면선량률 자동측정장치를 구성하는 요소의 특성과 운영 프로그램을 살펴보았으며, 방사성폐기물 드럼에 대한 표면선량률의 측정을 수행하는 절차에 대해 기술하였다.

## 2. 개발 현황

### 2.1. 해외 현황

#### 2.1.1. 프랑스

COGEMA Company[1]에서는 용기 운반체의 스크루에 결합될 수 있는 전달 포커용 통과공이 있는 바닥을 갖고 방사성폐기물로 채워진 용기를 수용할 수 있는 용기 운반체를 갖는 운반 플라스크 내에서 선량률을 측정하기 위한 장치를 개발하였다. 본 장치는 방사성폐기물로 채워진 상자의 용기로 옮긴 후 측정장치를 사용하여 운반 가스켓 또는 플라스크 내의 선량률을 측정한다.

#### 2.1.2. 독일

MAB. GmbH에서 RWM600 이라는 방사성폐기물 감시장비를 개발하였다. 감마선 선량률은 여러 개의 다른 detector로 구성된 시스템에 의해 측정되고 에너지가 보상된 GM 계측기 튜브가 사용되며 용기의 덮게 및 하부는 계측튜브에 의해 각각 측정되고 6개의 계측기 튜브는 폐기물 드럼의 옆 표면을 계측한다. 이들은 용기가 회전하는 동안 폐기물 드럼 표면으로부터 약 2㎝의 간격을 유지하면서 측정되어진다. 계측기 튜브의 높이는 임의로 조정이 가능하며 또 다른 계측기 튜브는 용기 표면으로부터 1m 및 2m의 거리에 위치하게 된다. 이 장비의 기술적 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- Folklift나 crane으로부터 200ℓ 드럼 적재 가능
- 표면 및 1m, 2m 거리에서 선량률 측정
- HPGe detector 시스템을 이용하여 감마 핵종 분석 수행

◦ 각기 다른 용기 크기 및 형태에 적용
◦ 방사성폐기물 밀도의 선택적 측정

2.1.3. 미국

EG&G사는 Harwell Instruments (HI)의 기술협력에 의해서 폐기물 드럼내의 방사성 핵종에 의해 방출되는 감마선을 고순도 게르마늄 검출기(HPGe)에 의한 분광분석법을 이용하여 표면선량률과 드럼내 핵종의 방사능을 구하는 감마선 분할 측정방법 (segmented gamma scanning, SGS)을 개발하였다. 이 방법은 폐기물 드럼의 비균질성에 의한 오차를 줄이기 위해서 드럼의 높이에 따라 구간별로 나누어 측정하고, 또한 반경방향으로의 비균질성을 보완하기 위해서 드럼을 회전시킨다. 각 segment의 스펙트럼은 각각 독립적으로 분석하여 그 결과를 종합한다. SGS 시스템에서 사용하는 드럼의 표준용량은 500kg/200ℓ이며 중량 및 크기는 조절이 가능하다. 고순도 게르마늄 검출기는 콜리메이터를 통하여 드럼 앞에 놓이게 되며 계측기와 콜리메이터의 구동을 위해서 lead screw 형태의 플랫포옴이 사용된다. 드럼 segment의 측정시 드럼의 회전은 10rpm이며 전공정은 컴퓨터 자동제어에 의해서 운영된다.

Canberra사[2]에서는 감마선 분광장치를 이용하여 표면선량률과 드럼내의 핵종을 분석하는 장치를 개발하여 상품화하고 있다. 이 시스템의 표준사양은 약 400kg 중량의 드럼에 대해서 무게 측정, 회전과 취급의 자동화 기능을 갖으며 표면선량률의 감시 및 준위를 검사하고 0.2g/cc의 균질 함유된 밀도에 대해 30kBq 미만의 드럼 함량분석을 위한 민감도가 유지된다. 본 장치와 연계한 폐기물 처리계통은 사용자의 폐기물 처리 시스템의 최종목적은 취급과 처분 비용을 최소화하기 위해 드럼을 압축시키는 것이며 최근에는 200ℓ 드럼을 약 15cm 정도로 높이를 줄일 수 있는 초고압 압축기를 많이 사용하고 있다. 드럼의 표면선량률 측정을 연속적으로 수행하기 위해서는 각 드럼별로 bar coding 및 scanning이 요구되며 단순조작에 의해 자동운전 되도록 시스템이 설계되어 있다. 측정이 완료되면 드럼은 압축기로 보내거나 방사능 초과로 인해 거부되어 공급라인으로 되돌려지며 운전자의 개입을 알리기 위해 지시계가 경보음을 발한다. 본 장치는 계측시스템(detection subsystem), 표면선량기(surface dosimeters), 전송선원(transmission sources), 콜리메이터와 게르마늄 계측기(collimators & Ge detector), 전자보조계통(electronics subsystem)과 시스템 소프트웨어(system software)로 구성되어 있다. Transmission sources 좌측에 드럼 외측의 선량을 측정하기 위해 Victoreen Model 450 dosimeter 4조가 수직으로 설치되어 있으며, 그들 각각의 master PC에 계수값을 전송시키기 위해 RS-232C interface를 갖고 있으며 드럼은 1분 정도 주사시 0.2mR/h 정도까지의 표면선량률 측정이 가능하다.

2.1.4. 일본

JGC의 대세 원자력기술개발센터에서는 폐기물 드럼의 반출검사를 위해 실규모 실증설비를 개발하였다. 이 시스템은 크게 비파괴검사, 공정제어 및 시료채취 기술의 결합에 의해서 구성되어 있으며 외관, 표면오염밀도, 선량률, 방사능 농도 및 중량을 측정할 수 있고 검사장치, 표식 표지장치 및 취급장치는 집중관리할 수 있도록 전자동 시스템으로 구축 되어있다. 외관 검사장치는 폐기물드럼 전체 표면의 파손 유무를 상, 하, 측면용의 3대의 TV 카메라를 사용해서 집중 제어장치의 감시화면으로 육안 확인하고 폐기물 드럼의 화상을 비디오에 녹화하는 장치이다. 표면오염밀도 및 선량률 측정장치는 폐기물 드럼의 표면오염밀도와 선량률(표면 및 1m 거리)을 자동적으로 측정하는 장치이다. 폐기물 표면을 문질러 채취한 시료는 폐기물의 4개 부위(상면, 측면상, 측면하, 하면)별로 채취하며 각 시료에 적합한 계측기에 의해 표면오염밀도를 측정함과 동시에 문지름 채취부에 내장되어 있는 검출기에 의해 표면선량률을 측정한다. 이 장치에는 시료의 채취, 선량계측, 계산 및 문지름 종이(smear pad) 교환까지 자동화되어 있다. 방사능 및 중량 측정장치는 폐

기물중의 핵종별 방사능 농도를 비파괴적으로 측정하기 위한 장치이며 방사능 농도는 전선량(plastic scintillator), γ핵종(Ge detector), 무게(load cell) 및 scaling factors를 토대로 결정되어진다. 시스템은 나선식으로 주사하는 Ge 반도체 검출기, plastic scintillator, 계산 소프트웨어 및 load cell부, 회전테이블 등으로 구성되어 있다. 압축강도 측정장치에서 압축강도 측정값은 고화된 폐기물의 압축강도와 폐기물을 통과하는 초음파 속도와의 상관관계로부터 구한다. 이 장치의 특징은 비파괴 검사방법으로 장비가 단순하며 측정시간이 매우 짧다. 또한 드럼의 고화 상태를 양적으로 나타낼 수 있다. 표지 부착장치는 외관, 표면오염밀도, 선량률, 방사능 농도 및 중량검사를 종료한 폐기물에 표면선량률 구분을 위한 색띠 및 폐기물의 관리상 필요한 정리번호를 첨부한 장치이다. 색띠는 표면선량률의 측정결과에 따라 백, 등, 적색의 띠를 자동 선택하여 부착하며, 정리번호는 열전사 방식에 의해 황색바탕의 라벨에 자동으로 새겨 첨부된다. 각각의 첨부 위치제어는 폐기물의 세가지 마크의 방사성물질 표시를 광검지기에 의해 자동 검지하는 방법으로 이루어진다. 집중 제어장치는 각 검사장치, 폐기물 자동반송장치등을 자동제어하는 장치이다. 또한 각종 폐기물 정보를 취급함과 동시에 각 검사장치에서의 검사자료를 집중 관리하여 일일보고, 검사자료 및 반출용 관리자료의 작성을 행한다.

### 2.2. 국내 현황

KEPRI[3]에서는 방사성폐기물 드럼의 처분 안전성 확보를 위해 드럼분할법에 의한 표면선량률 측정과 핵종 분석을 비파괴적으로 수행할 수 있는 핵종분석장치를 개발하였다.

#### 2.2.1. 방사능 측정 및 분석방법[4]

저밀도 폐기물드럼 분석에 적합한 감마선 분할 측정방법(Segmented Gamma Scanning, SGS)에서는 폐기물 드럼의 비균질성에 의한 오차 및 self-absorption에 의한 영향을 줄이기 위해 높이에 따른 비균질성을 보완하기 위하여 구간별로 나누어 측정하고 드럼의 반경 방향으로의 비균질성을 보완하기 위하여 각 구간의 측정시 드럼을 회전시키며 각 구간의 시료에 의한 감쇠를 보정하기 위하여 전송(transmission)을 측정한다. 드럼 분할(segmentation) 방법은 폐기물 드럼내 방사성물질의 축방향 분포의 비균질성에 대한 측정오차를 최소화하기 위해 드럼 전체를 축방향으로 균등하게 분할하여 각각의 segment내에 분포된 방사성물질의 농도를 측정하고 드럼 전체의 방사성물질의 농도는 각각의 segment 농도를 합산하는 방법이다.

#### 2.2.2. 장치 구성

본 장치는 원자력발전소에서 발생되는 중.저준위 방사성폐기물내의 핵종 및 방사능을 측정할 수 있도록 설계하였으며, 운전자가 손쉽게 다룰 수 있도록 시스템을 자동화하였고, 사고나 고장시의 안전을 고려한 안전장치와 유지보수를 용이하게 할 수 있도록 설계하여 제작하였다. 계측 시스템은 폐기물 용기내의 γ핵종을 측정하기 위해서 고순도 Germanium detector가 사용된다. 또한 detector의 냉각을 위해서 사용되는 cryostat가 갖추어지고, 고방사능 드럼으로부터 야기되는 방사능의 산란을 방지하기 위한 차폐 기능 및 transistor reset preamplifier가 갖추어진다. 기계구동계통의 계측기 상하 구동장치 (Detector vertical drive)는 Ge 계측기를 정확한 위치에 상하로 구동하기 위한 것으로 680kg을 취급할 수 있다. 이는 PLC에 의해서 제어되며 상하위치의 정확도를 기하기 위하여 shaft encoder가 사용된다. 드럼 회전테이블은 최고 900kg의 드럼을 취급할 수 있으며 회전속도는 0 12rpm으로 가변될 수 있다. 회전은 시계방향으로 회전하며 항상 같은 위치에서 정지할 수 있는 기준 위치를 갖으며 rotator 위에서 드럼의 장착을 정확히 하기 위한 안내장치(guide apparatus)가 설치되어 있다. 중량 측정을 위한 load cell은 드럼 회전테이블 틀 내에 설치된다. Load cell output signal은 controller/display unit에 전송되며 시스템 컴퓨터에 연결되어 데

이터를 관리할 수 있다. 전송선원 상하 구동장치는 계측기 상하 구동장치와 같은 방법으로 정확한 상하 위치를 결정할 수 있고 140kg을 취급할 수 있다. 드럼 segment는 임의 조작이 가능하며 정상 조업시 8 segments 조작으로 최적화 된다. 콜리메이터는 최고 50R/h를 취급할 수 있도록 설계된다. 이는 2가지 형태로 조작되며 드럼의 표면선량률 200mR/h를 기준으로 운전한다. 드럼 표지 부착장치는 핵종 분석후 폐기물의 정보를 인쇄할 수 있는 기능이며 이는 드럼의 위치를 고정하거나 변화시킬 수 있다. 드럼의 위치는 드럼 회전테이블의 감시기에 의해 동일한 위치에서 멈출 수 있게 된다.

## 3. 표면선량률 자동측정기록장치의 구성

방사성폐기물 드럼 표면선량률 자동측정장치는 자동선량률 측정장치, 드럼 이송 및 회전장치, 선량률 검출장치, 구동제어 부문과 제어용 컴퓨터 및 소프트웨어 부문으로 구성되어 있으며 부대설비로는 방사선 관리구역 내에 적재 보관중인 방사성폐기물로부터 작업자의 피폭을 방지하고 먼지 및 불순물의 침입을 억제하여 계측기의 보호와 방사선 정밀계측을 위하여 검사장치 주위를 알루미늄 샷시로 제작한 구조물이 있다.

### 3.1. 자동선량률 측정장치(Automatic Dose-rate Measuring System) 부문

방사선 도시메트리(Radiation dosimetry)는 방사선에 의해 생성된 화학적 또는 생물학적 변화에 대한 방사선장내에서 만들어진 양적인 측정을 시도하려는 과학의 한 분야이다. 이때 방사선의 측정기술은 방사선 도시메트리에 중요한 기초 분야로써 방사선이 물질내를 투과할 때 그 물질의 원자나 분자들에 의해 이온(ionization) 되거나 흡수된 방사선을 측정하는 기술을 말한다. 방사선 계측에 사용되는 장치는 방사선이 갖는 정보를 전기 신호등으로 변환 시키는 검출기와 검출기로부터 신호를 전기적으로 처리한 뒤 표시 및 기록하는 전자 회로계(electronics)로 구성되는 것이 일반적이다. 검출기에는 여러가지 원리를 이용하고 있고 또 같은 원리 일지라고 구성재료, 칫수, 형상등에 따라 그 적용 범위는 미묘하게 다르므로, 측정대상이 될 방사선의 성질, 강도 그리고 사용목적을 검토하여 검출기를 선택하여야 한다[5]. 본 장치에서는 장치의 특성 및 사용의 간편성을 고려하여 ion-chamber 선량기를 사용하였으며 선량기 4조를 이용하여 폐기물 드럼을 4등분 scanning 방법으로 측정한다.

### 3.2. 드럼 이송 및 회전장치 (Drum Conveyor & Rotating System) 부문

드럼의 이송은 위치센서의 감지와 구동모터의 작동으로 이송 콘베이어를 통하여 자동으로 수행되어 작업자의 피폭을 최소화하고 회전 테이블에 위치한 드럼이 1회전하는 동안 드럼을 상하 및 원주방향으로 균등 분할하여 측정하는 부문이다. 자동 측정부의 이송부분 과 회전운동 부분 중에서 이송부는 직선 눈금자 (linear scale), 회전 운동부분은 각도 눈금자를 각각 부착하여 육안으로 이송거리 및 회전각도를 식별할 수 있게 되어 있다. 드럼 이송장치에서는 roller conveyor 방식으로 구동은 geared motor (1 HP/60:1)로 roller chain 통해서 구동하며 이송 속도는 PLC 및 main computer로 조정 가능하다. 드럼을 conveyor의 중심선상에 따라 회전테이블 위치로 이동하도록 안내하기 위하여 드럼 가이드를 설치하였다. 드럼 회전장치의 형식은 power roller type turning conveyor로 구동은 geared motor (1 HP/60:1)를 사용하여 worm gear 구동 (감속비 10:1)으로 회전 속도는 PLC 및 main computer로 조정(0 60 rpm Max.) 가능하며 드럼 positioner를 설치하여 turn table의 회전 중심축과 이송된 드럼의 중심축이 일치하도록 setting이 되도록 하였으며 또한 드럼의 종류에 따라 가변하여 겸용 사용이 가능하다.

### 3.3. 선량률 검출장치(Ion Chamber Detector Mount) 부문

선량기 4조가 설치되어 있는 디텍터 마운트와 주변의 폐기물로부터 영향을 최소화하고 선량기의 파손을 방지하기 위하여 납으로 제작한 콜리메이터로 구성되어 있다. Detector Mount의 배열은 그림1과 같이 수직 방향으로 4조를 직렬 배열하며 4등분 형식은 200ℓ 드럼에 적용하고 3등분 형식은 100ℓ 드럼에 적용한다. 측정 geometry는 가능한 한 회전하는 드럼에 최대한 근접할 수 있도록 하며, 200ℓ 및 100ℓ 드럼의 종류에 따라 전, 후진 이동식으로 고정시킬 수 있도록 되어 있다. Detector 및 측정 electronics 부분의 보호를 위해 기기가 안전하게 위치할 수 있도록 하고 또한 전자 부분의 보호 cover를 부착한다. Collimator는 측정장 주변의 방사성폐기물로부터 영향을 최소화하고 선량기 윈도우의 파손을 방지하기 위하여 선량기 전면에 설치한다.

### 3.4. 구동장치 제어(PLC & Control Panel) 부문

모든 구동장치는 main computer의 지시와 PLC(Programmable Logic Controller)에 의해 제어되고 control panel에서 작동 여부를 monitoring 한다. 제어방식은 selector switch에 의해 자동 및 수동으로 제어가 가능하도록 제작되어 있다. Graphic Board는 그림2와 같이 본 측정장치의 모든 동작을 한눈에 볼 수 있도록 한 것으로 sensor의 상태가 normal일 때는 녹색이고, 작동하면 적색 램프가 점등되며, 각 콘베이어가 작동시 lamp에 의해 작동을 display 해주게 된다. Motor Driver는 2마력의 인버터로 구성되어 있으며, motor 4대를 각각 제어할 수 있도록 4개의 인버터가 내장되어 있다. 220V 단상을 3상으로 바꾸어 motor의 speed를 제어한다. PLC Controller는 본 측정기의 모든 시퀀스를 총괄하여 제어하는 기능을 갖는다. 위치감지 sensor는 4개의 IR sensor와 1개의 switch로 구성되며 각 IR sensor는 드럼의 유무를 감지하여 controller에 보내주게 되며, switch는 회전 table이 1회전 하였는지의 유무를 확인하게 한다. 제어용 Software는 측정제어 및 구동제어로 구분되며 통합 menu 방식의 software로 구성되어 있다.

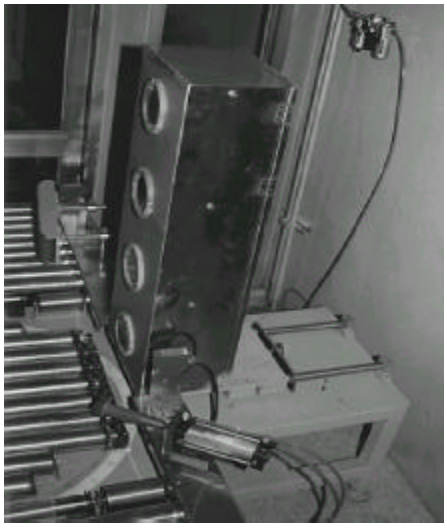

Fig. 1. Ion Chamber Detector Mount

Fig. 2. Graphic Board

### 3.5. 부대설비

검사장치 보호 구조물은 방사성폐기물 발생부서에서 수거된 드럼의 표면선량률을 검사하는 장치 주위를 알루미늄 샷시로 설치하여 방사선 관리구역 내에 적재 저장중인 폐기물로부터 작업자의 피폭을 최소화하고 먼지 및 불순물의 침입을 방지하여 선량기와 제어 기기를 보호하고 방사선 정밀계측을 수행하도록 하기 위한 장치이다.

## 4. 운영 프로그램

### 4.1. 프로그램

#### 4.1.1. 프로그램 구성

본 프로그램은 총 8개의 파일로 구성되어 있다. A.BAT는 프로그램의 시작시 자동으로 한글을 띄우고 MAIN MENU로 들어갈 수 있도록 해주는 배치 파일이다. AUTOMICD.EXE는 A.BAT 파일을 수행시 불려지는 파일로 MAIN MENU 및 DEMO 프로그램이 포함된 파일이다. AUTOMICB.EXE는 전체적인 BLOCK DIAGRAM을 나타내주는 파일이다. AUTO200.EXE는 200L 폐기물 드럼을 검사할 때 사용되는 실행파일이다. AUTO100.EXE는 100L 폐기물 드럼을 검사할 때 사용되는 실행파일이다. AUTO200.INI는 AUTO200.EXE 파일이 실행될 때 필요한 초기 DATA를 저장하는 파일이다. AUTO100.INI는 AUTO100.EXE 파일이 실행될 때 필요한 초기 DATA를 저장하는 파일이다. BRUN45.EXE는 위의 실행파일들이 실행될 당시 필요한 LIBRARY SOURCE를 포함하는 파일이다. 이상의 파일들은 각각 독립적으로 수행이 가능하지만 AUTO200.EXE 및 AUTO100.EXE 파일은 각각의 INITIAL 파일인 AUTO200.INI와 AUTO100.INI 파일이 없을 경우 수행되지 않는다.

#### 4.1.2. 사용방법

초기에 A.BAT 파일을 수행할 경우 그림3과 같이 메인 메뉴 화면이 나타난다. 위에서 1번을 선택할 경우는 표면선량률 검사장치의 전체 BLOCK DIAGRAM이 나타나며 리턴키를 치면 복귀한다. 2번을 선택하면 전체적인 작동상황을 자동으로 가상 실행한다. 실행도중에는 프로그램이 멈추지 않으며, 모든 실행이 끝나면 자동으로 MAIN MENU로 복귀한다. 3번을 선택하면 화면이 CLEAR된 상태에서 센서를 초기화 하겠느냐는 메시지가 나오며, 만일 센서를 초기화 하고자 하면 Y, 아니면 N을 선택하면 자동으로 센서를 초기화하거나, 바로 그림4와 같은 화면이 나타난다.

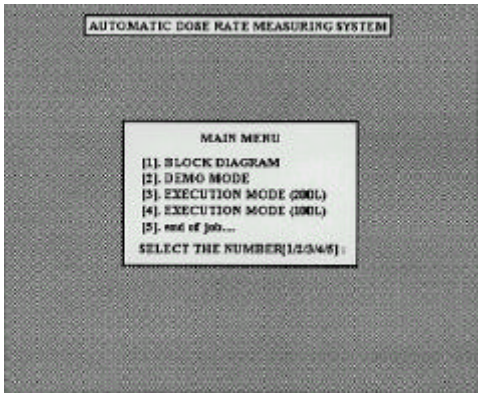


Fig. 3. Screen of Main Menu

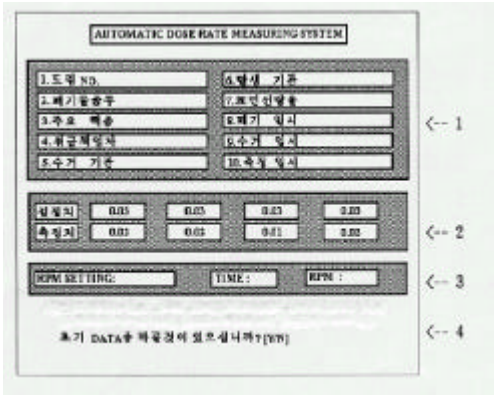


Fig. 4. Screen of Data Input

위의 화면이 나타나면 먼저 AUTO200.INI 파일을 읽어서 1번 위치에 해당하는 DATA를 표시한 후 4번 위치에 "초기 DATA중 바꿀 것이 있으십니까?[Y/N]" 라는 메시지가 표시된다. 이때 바꿀 DATA가 있으면(예 : 드럼 NO.는 매번 바뀌어야 함) Y를 선택하고 번호를 묻는 메시지에서 해당 번호를 선택하고 DATA를 바꾼 후 다시 위의 순서를 반복한다. 바꿀 DATA가 없으면 N을 선택한다. 이어서 2번 및 3번 위치에 해당 DATA를 INITIAL 파일로부터 읽어서 출력한 후 "설정치중 바꿀 것이 있으십니까?[Y/N]" 하는 메시지가 4번 위치에 나타나며, 이때도 위와 같은 절차를 거치면 된다. 다음으로는 4번 위치에 프린터로 출력여부를 묻게되며, 출력여부를 결정하고 나면 현재 상황을 SAVE 할 파일 이름을 출력해주고 이 이름으로 그냥 SAVE 할지를 물으며 만

일 그대로 하려면 N, 아니면 Y를 치면 새로운 파일이름을 묻는다. 위와 같은 모든 절차를 거치면 4번 위치에 빨간색 글씨로 “SENSOR 입력 대기중입니다.”란 메시지를 출력하고 드럼이 중앙의 회전 TABLE 위치까지 오기를 기다린다. 드럼이 위치하고 SENSOR로부터 읽은 값이 출력되면 위의 메시지는 사라지고 2번 위치에 각각의 센서로부터 받은 값들을 출력하며, 동시에 프린트한다. 위의 모든 작업이 끝나면 드럼의 양호상태를 출력하고 다시 초기 DATA를 바꿀 것인지 묻는 상태가 된다. 이때 드럼이 상태가 불량하여 적신호가 출력되면 부저가 울리게 되는데 이 부저 출력의 OFF에는 [ESC]키가 사용된다. 이상의 절차가 한개의 드럼을 측정하는 전체 루틴이다. 3번 위치의 RPM SETTING은 사용자가 회전 TABLE의 회전수를 설정할 때 사용되며, TIME은 회전 TABLE이 한바퀴 도는데 걸리는 시간, 그리고 RPM은 현재의 회전 속도를 나타낸다. 4번을 선택할 경우도 3번을 선택했을 때와 마찬가지의 절차를 거치며, 이때 다른 점은 센서를 3개만 사용한다는 점이다. 5번은 모든 절차를 마칠 때 사용된다.

### 4.2. SENSOR 초기화 프로토콜

SENSOR는 처음 전원 입력시 “CO"란 메시지를 출력하고 어떤 콘트롤 DATA가 들어올 때까지 대기한다. 이때 초기화하는 프로토콜은 “á”와 “t" 이다. 따라서 프로그램을 새로이 만들 경우 á를 출력하고 약 5초를 지연한 후 t를 출력하면 센서의 초기화가 이루어진다.

## 5. 운영

### 5.1. 장치 가동

방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 측정하기 위하여 드럼을 이송하기 전에 수행하여야 할 그림 5의 검사장치 ㄱ

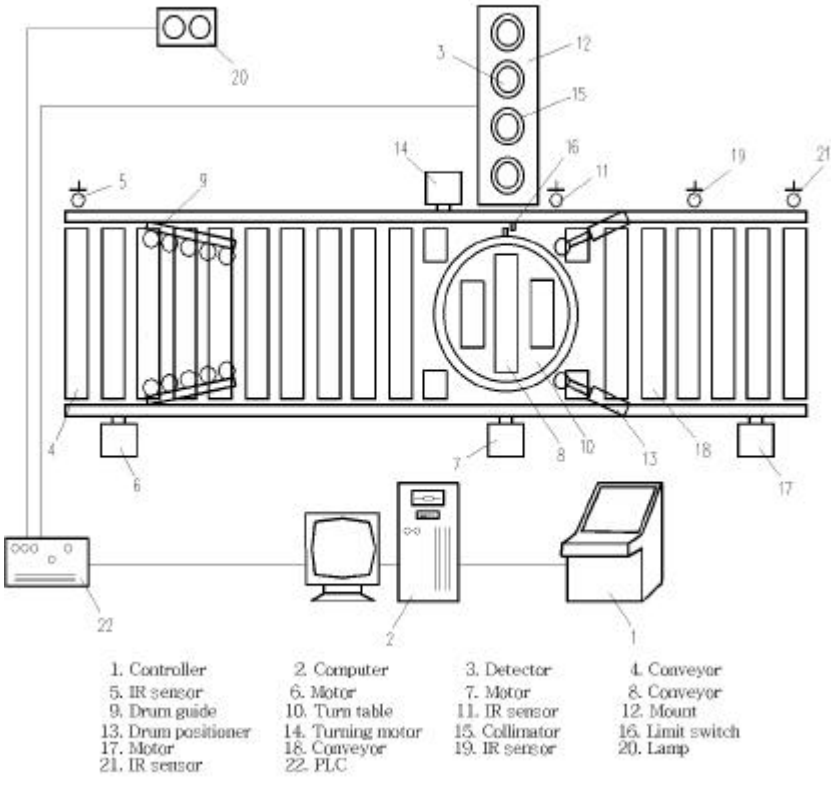


Fig. 5. Specification Statement of Radioactive Waste

5.1.1. 전원공급

Controller<1>의 좌측 하단에 있는 main breaker를 올린다. Controller 판넬의 ON switch를 누른다. Auto/Manual switch를 눌러 AUTO 상태로 한다. 이때 motor만 수동으로 동작할 경우에는 Auto/Manual switch를 Manual 상태로 한 후 해당 motor (motor 1 motor 4) <6>, <7>, <14>, <17>의 speed volume을 조절함으로써 속도를 가변적으로 제어할 수 있다.

5.1.2. 프로그램 가동

Computer<2> program을 가동 시켜 main menu를 불러온다. Main menu에서 측정 대상 폐기물 드럼의 용량에 따라 실행 모드를 선택한다. 선량기<3>와 printer를 초기화한다.

5.1.3. 파라메터 입력

선량기를 초기화 한 후 바뀐 화면에서 측정대상 폐기물 드럼의 표면에 부착된 방사성폐기물 표지에 기록된 드럼 번호, 폐기물 종류, 주요 핵종, 취급 책임자, 수거 기관, 발생 기관, 표면선량률, 폐기일시, 수거일시, 측정일시를 입력한다. 다음 설정치 칸에서는 법정 피폭선량 한도인 2.5mR/h[6]를 입력한다. 이때 입력된 값에 따라 측정이 완료되었을 때 측정치가 설정치 보다 높으면 경보음이 울리게 되어 있다. 위와 같이 모든 파라메터를 입력하여 "sensor 입력 대기 중" 상태로 한다.

5.2. 드럼 이송

5.2.1. 측정전 이송

드럼 인입 도어를 연다. 측정할 드럼을 콘베이어 위에 올려놓고 밀어 넣는다. 드럼을 위치센서 <5>가 감지하여 콘베이어 <4>와 <8>이 작동한다. 드럼 용량에 따라 미리 설정된 드럼 가이드 <9>를 통해 드럼을 콘베이어의 중심선상에 따라 회전 테이블<10> 위치로 이동시킨다.

5.2.2. 드럼 회전 및 측정

드럼이 회전 테이블에 도달하면 위치센서<11>가 감지하여 콘베이어 <4>와 <8>의 작동이 중지된다. 공기 압축기<23>에 의해 드럼 포지셔너<13>가 작동하여 다시 한번 드럼을 회전 테이블의 중심 및 선량기의 중앙에 위치하도록 한다. 회전 테이블의 작동으로 드럼이 회전하는 동안 드럼의 용량에 따라 상하로 3등분(100L) 또는 4등분(200L)하고 원주 방향으로 12등분 균등 분할하여 측정을 하게 된다. 이때 측정값은 컴퓨터로 입력되어 자료화하며 자동으로 저장된다. 선량기 마운트<12>에는 주변 폐기물로부터 방사선의 영향을 최소화하고 선량기의 파손을 방지하기 위하여 납으로 제작한 콜리메이터<15>가 설치되어 있다.

5.2.3. 측정후 이송

드럼이 한바퀴 회전하면 리밋트 스위치<16>가 감지하여 회전 테이블이 중지된다. 콘베이어 <8>과 <18>이 작동하여 드럼이 회전 테이블에서 빠져나가게 된다. 측정이 완료되어 이송되어진 드럼Ⅰ이 위치센서<19>의 위치에 도달하면 콘베이어 <4>와 <8>이 작동되고 새로운 드럼Ⅱ가 회전 테이블에 이송된다. 드럼Ⅰ이 콘베이어에서 떨어지는 것을 방지하기 위해서 콘베이어 끝에 위치센서<21>을 부착하여 드럼이 센서 위치에 도달하면 모든 콘베이어의 작동은 정지된다. 드럼 반출 도어를 열어 측정이 완료된 드럼을 반출한다.

5.3. 출력

드럼이 회전하면서 선량기로부터 받은 드럼의 표면선량률을 컴퓨터 모니터의 측정치에 나타냄과 동시에 표 1과 같이 출력한다. 이때 기준치 보다 측정치가 초과되었을 때에는 해당란 선량률 값의 상부 오른편에 ＊표시를 나타냄으로써 드럼 내 오염원의 위치를 확인할 수 있으며 경광등 <20>의 적색램프가 점등하고 경보음이 울리게 된다. 한편 측정된 드럼의 기록관리에 대한 데이터를 표 2와 같이 연속 또는 비연속적으로 출력할 수 있다.

Table 1. Printing Format

# 표면선량율 검사장치

(AUTOMATIC DOSE RATE MEASURING SYSTEM)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 드럼 NO. | | 발 생 기 관 | |
| 폐기물 종류 | | 표면 선량율 | |
| 주 요 핵 종 | | 폐 기 일 시 | |
| 취급 책임자 | | 수 거 일 시 | |
| 수 거 기 관 | | 측 정 일 시 | |

TEST RESULTS

| NO. | Chamber Ⅰ | Chamber Ⅱ | Chamber Ⅲ | Chamber Ⅳ | Average |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| AVG. | | | | | |

| 기 준 치 | 평 균 치 | 최 대 치 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| | | | |

한 국 원 자 력 연 구 소

Table 2. Saving Format

AUTOMATIC DOSE RATE MEASURING SYSTEM ACCESS FILE

FILE NAME IS ----------

1. 드럼 NO :
2. 폐기물 종류 :
3. 주요 핵종 :
4. 취급 책임자 :
5. 수거 기관 :
6. 발생 기관 :
7. 표면선량율 :
8. 폐기 일시 :
9. 수거 일시 :
10. 측정 일시 :

TEST RESULTS

CHAMBER Ⅰ CHAMBER Ⅱ CHAMBER Ⅲ CHAMBER Ⅳ AVERAGE

---

---

DATA...

---

---

한 국 원 자 력 연 구 소

## 6. 결론

원자력 산업의 발달과 더불어 관계시설에서 발생하는 방사성 폐기물량이 증대하고 있다. 이러한 방사성폐기물을 안전하게 처리하기 전에 처리의 가능성 여부를 검사하고 판정하기 위해서는 방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 측정하는 것은 필수적인 사항이다. 방사성폐기물 드럼의 표면선량률을 측정하기 위하여 드럼의 이송 및 계측이 자동적으로 수행되고 ion-chamber 선량계측기 4조를 이용해 드럼의 여러 곳을 균등 분할하여 동시에 선량률을 계측함으로써 드럼의 정확한 선량률과 오염원의 위치를 파악할 수 있는 장치를 개발하였다.

본 장치는 자동선량률 측정장치, 드럼 이송 및 회전 장치, 선량률 검사장치, 구동제어 부문과 제어용 컴퓨터 및 소프트웨어 부분으로 구성되어 있으며 모든 구동 방법은 PLC에 의해 제어되고 측정 데이터의 처리 방법은 메뉴방식의 소프트웨어를 이용하여 연속 또는 비연속적으로 출력할

수 있다. 본 장치의 개발에 있어서 선량기를 제외한 모든 장치의 가공 및 제작과 운영 프로그램의 구성에 큰 어려움이 없이 수행할 수 있었다. 이러한 장치를 방사성폐기물 처리시설 뿐만 아니라 발생시설에도 설치하여 운영함으로써 작업자의 피폭을 최소화하고 드럼의 관리에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 한편 방사성폐기물 발생부서와 폐기물 종류의 다양화에 따라 드럼의 유통관리와 이력에 대한 기록 관리를 항상 용이하게 하고 또한 표면선량률 측정시에는 폐기물 관련 데이터의 판독으로 인하여 직접 입력을 대신할 수 있는 bar code system을 채택하는 것이 바람직하다.

## 참고 문헌


1. 공개특허공보, 1991, Vol. 747, PP. 157-158., "방사능폐기물을 포함하는 운반 플라스크내의 선량율 측정장치"
2. Canberra Industries Inc., Edition Nine, Systems Supplement, "Waste Assay System"
3. KEPRI-92N-J03, "Development of a Radioactive Waste Assay System" (1996).
4. KAERI-NEMAC/TR-43/96, S.S.KWAK, et al., "Characteristics of Segmented Gamma Scanning System for Radionuclide Analysis of Radioactive Waste Drum" (1996).
5. John Wiley & Sons, Glenn. F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement" (1979).
6. 과학기술부고시 제2002-23호, "방사선방호 등에 관한 기준".