

# 원자력발전소에서의 방사성 동위원소의 이용에 대하여

藤田 通男

(Michio Fujita)

일본 중부전력 주식회사  
원자력 관리부 방사선안전과 과장

원자력발전소에서는 에너지 源인 핵연료 물질에서 생성하는 핵분열생성물이나, 원자로 냉각재 중에 포함된 불순물의 방사화에 의한 방사성물질이 많이 생성된다. 이것들의 거동제어, 관리 등도 중요하지만, 원자력발전소의 방사선 관리를 수행하기 위해서는 많은 방사성동위원소도 필요하므로, 여기에 그 사용의 한 예를 소개한다.

## 1. 머리말

浜岡(하마오카) 원자력발전소는 1976년 3월에 1호기 (전기출력 540MW)의 영업운전을 개시하여 금년에 만19년이 되었다. 그 동안 1978년 11월에 2호기 (전기출력 840MW), 1987년 8월에 3호기 (전기출력 1,100MW), 그리고 1993년 9월에 4호기 (전기출력 1,137MW)로 증설을 거듭하여, 4기합계의 총전기출력 3,617MW의 원자력발전소이다.

원자력발전소와 방사성동위원소의 관계를 말하면, 원자력발전소의 에너지源인 핵연료

물질(저농축 우라늄)이 핵분열을 일으키며 생성하는 방사성물질에서 많은 방사선이 방출되어, 이 방사선을 관리해나가기 위해서 여러 방사선 계측기가 필요하게 되고, 이러한 계측기의 성능을 유지관리하기 위해 원자력발전소에서는 방사성동위원소가 필수적인 요소가 되는 것이다.

또한 가장 중요한 점은 원자로 내에서 핵연료물질을 최초로 핵분열시키기 위한 火種이 되는 중성자源이 역시 방사성동위원소이다. 그 밖에, 발전소 설비의 성능을 확인하거나 또는 분석하기 위한 트레이서로서 방사성동위원소를 사용하는 수도 있다.

여기서는, 浜岡 원자력발전소에 있어서 방사선 계측기의 성능을 유지관리하기 위해 실시하는 교정용의 방사성동위원소 취급의 일부를 소개하기로 한다.

또한 원자력발전소 건설시의 배관, 기기 등의 용접검사나 정기검사에 있어서의 기기 등의 건전성 확인을 위해 비파괴 검사용의 방사성동위원소를 사용하고 있으나 이러한 것에 대해서는 청부회사인 비파괴 검사회사

의 관리 밑에 취급이 이루어지고 있으며, 원자로 설치자로서는 직접 취급·관리하고 있지 않기 때문에 여기서는 생략한다.

## 2. 원자력발전소의 방사선 계측기

浜岡 원자력발전소를 비롯한 BWR 발전소에서는, 건물의 대부분이 「실용발전용 원자로의 설치, 운전 등에 관한 규칙」 제1조 제1항 제5호에 의거한 관리구역으로서 설정

되어 관리되고 있다. 그러므로 법령에 따라 정기적으로 외부방사선과 상관된 선량당량(율)이나 공기중의 방사성물질 농도 등을 측정할 필요가 있다.

또한 고나리구역에 출입하는 방사선업무 종사자의 개인선량당량은 관리구역에 출입할 때마다 또는 정기적으로 측정하고 있다. 이러한 측정을 수행하기 위해서는 측정의 목적이나 방사선의 종류 등에 따라 여러종류의 방사선 계측기가 필요하다. 그 중 주요한 방사선 계측기는 Table 1에 있는 것과 같다.

Table 1 浜岡原子力發電所에서 사용되고 있는 주요한 放射線計測器

測定器名稱	台(個)數	檢出器의 種類	測定範圍
電離箱 서베이미터	106	電離箱	0~300mSv/h
패트로 서베이미터	120	GM管, 半導體	0~150mSv/h
招高線量當量率計	9	GM管	0~9,999mSv/h
포라블 에어리어 모니터	70	電離箱	0~1,000mSv/h
신틸레이션 서베이미터	14	Nal	0~25 μ Sv/h
에어리어 모니터	187	半導體	0.01 μ Sv/h~100Sv/h
中性子 서베이미터	9	BF <sub>3</sub>	1~100,000 μ Sv/h
熱螢光線量計(TLB)	10,000	CaSO <sub>4</sub> , Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	1mrad~20rad
熱螢光線量計(TLD)	1,200	CaSO <sub>4</sub>	0.1mR~20R
열람미터	1,240	半導體	0~99.99mSv

Table 2 浜岡原子力發電所의 주요한 密封放射性同位元素와 強度

線源核種	線源強度	個數	使用場所
<sup>60</sup> Co	3.7GBq	1	廣範圍레벨 校正裝置와 裝備
"	270MBq	1	低레벨 校正裝置等
"	37MBq	1	"
<sup>137</sup> Cs	1.11TBq	1	廣範圍레벨 校正裝置와 裝備
"	111GBq	1	"
"	1.85GBq	1	"
"	18.5GBq	1	TLB照射裝置와 裝備
"	370MBq	1	低레벨 校正裝置等
"	37MBq	1	"
<sup>226</sup> Ra	370MBq	1	"
"	37MBq	1	"
<sup>341</sup> Am-Be	3.7GBq	1	"
<sup>252</sup> Cf	15.54GBq	1	原子爐內(原子爐起動用中性子)
"	10.79GBq	7	"

### 3. 방사성동위원소의 종류

浜岡 원자력발전소에서 「방사성 동위원소 등에 의한 방사선 장애방지에 관한 법률」 제3조에 의거하여 사용허가를 받고 있는 방사성동위원소는 밀봉선원에 대해서는 8핵종, 43개, 비밀봉선원에 대해서는 25핵종이 있지만, 방사선 계측기 교정용으로서 주로  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ 를 사용하며, 그 밖에  $^{226}\text{Ra}$ 나 중성자원으로서  $^{241}\text{Am}$ -Be 선원을 사용하고 있다.

더욱이 과거에 있어서는 일부의 방사선 계측기의 교정에 사용하는 대형의 面線源(100mm $\phi$ , 100 $\times$ 100mm 등)이나 체적선원(1ℓ 폴리에틸렌 병, 50mm $\phi$  $\times$ 20mmt 활성탄 필터 등) 등이 없었기 때문에, 비밀봉선원의  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  등을 사용하여 이것들의 교정용선원을 작성하여 교정을 실시했다. 그러나 최근에는 각종 형상의 표준선원(체크선원)이 판매됨에 따라 스스로 작성하는 일은 없어지게 되었다.

浜岡 원자력발전소의 주요한 밀봉선원과 선원강도를 Table 2에 제시한다.

### 4. 교정장치

浜岡 원자력발전소의 방사선 계측기를 교정하기 위한 설비는, 대상이 되는 계측기나 방사선 레벨에 의해 다음 네가지 종류로 구분된다.

#### (1) 광범위 교정장치

이 장치는 당발전소에서 사용하고 있는 電離箱型 및 반도체형의 선량당량(율) 측정기의 대부분을 교정하는 설비로 가장 사용빈도가 많은 교정장치이다.

이 장치는 JIS Z 4511 「조사선량 측정기 및 선량당량 측정기의 교정방법」에 정해져 있는 교정의 체계(Fig. 1)의 1차 기준측정기에 의해 정기적으로 제3차 기관에서 값이 결

정된 1차 조사선량(율) 기준으로서 국가표준의 트레이서빌리티가 확립이 된 장치이다.

이 장치본체는 방사성동위원소의 저장설비를 겸하고 있으며 선원의 취급은 모두 원격조작에 의해 이루어지고, 적절한 선원을 저장설비에서 선택하는 것에 의해,  $^{137}\text{Cs}$  1.11TBq, 111GBq, 1.85GBq,  $^{60}\text{Co}$  3.7GBq의 4 종류의 선원강도 및 2 종류의 에너지에 의한 조사를 하는 것이 가능하다.

뿐만 아니라, 값이 정해진 교정가능 범위는 교정용 台車を 이동시킴으로써 조사선량율로  $3.01 \times 10^{-3} \text{C/kg}^* \text{h}$ (11.68R/h)~ $1.09 \times 10^{-7} \text{C/kg}^* \text{h}$ (0.42mR/h) 정도가 가능하다. 이 범위 밖에 있어서는 당연구소 소유의 1차 기준 측정기에 의해 값이 정해지고 교정이 이루어지고 있다.

교정장치의 외관을 사진1에 제시한다.

#### (2) TLB 조사장치

이 장치는 浜岡 원자력발전소가 개인선량당량 관리에 사용하고 있는 뱃지형 열형광선량계(이하 「TLB」라 함.)를 교정하기 위한 전용의 조사장치이다.

사용하고 있는 선원은  $^{137}\text{Cs}$  18.5GBq로 장치본체에 짜넣어진 저장설비 안에 저장되어 있다.

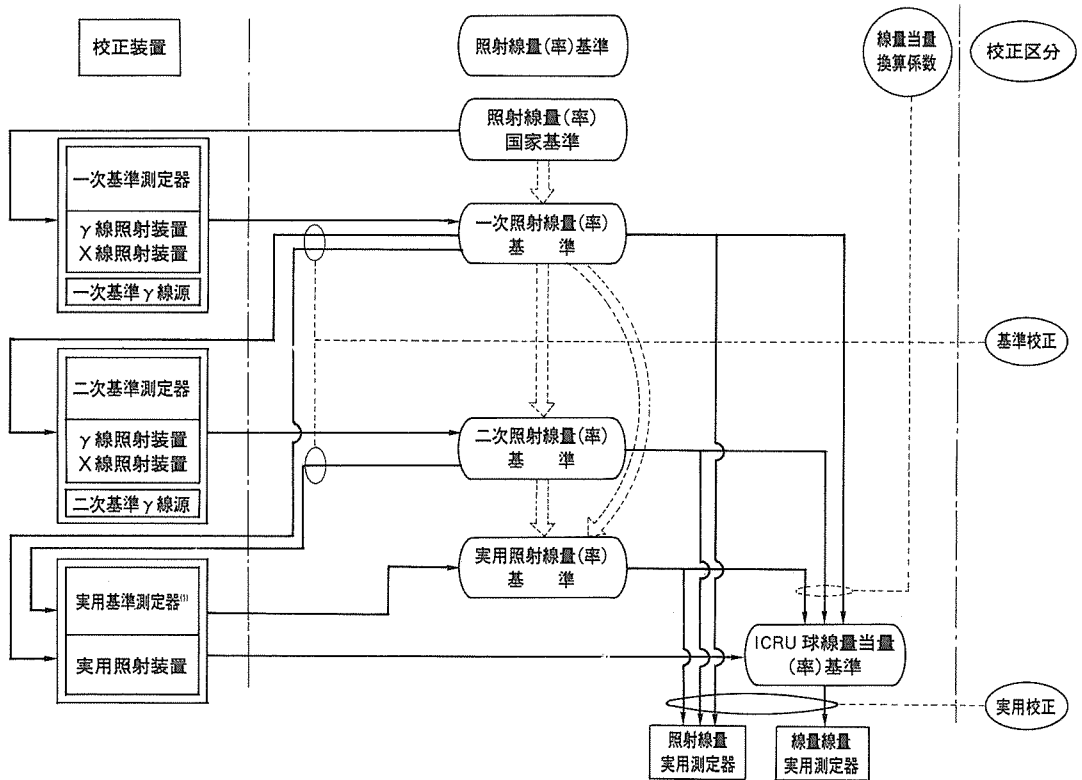
이 조사장치는, 선원을 중심으로 TLB를 円周 위에 동시에 50개 늘어놓아 회전시킴으로써 균일하게 조사할 수 있도록 되어 있다.

조사장치에의 세트는 1회에 500개까지 가능하며, 50개씩 10회의 연속 조사가 자동적으로 실시하게 되어 있다.

이 장치는 Fig. 1에서 제시한 JIS Z 4511의 체계인 실용조사장치로서 자리잡은 것이다. 교정장치의 외관은 사진 2에 있다.

#### (3) 低레벨 교정장치

이것은 이름 그대로 비교적 낮은 선량당



注<sup>(1)</sup> 線量當量實用基準測定器를 교정하는 경우에는 一次·二次照射線量(率)基準에 線量當量換算係數를 곱하는 것으로 한다.  
 備考 太線은 實際의 연계를 나타내며, 点線矢印은 標準, 基準間의 연관성을 나타낸다.

Fig.1 JIS 校正方法의 教程의 體系

량을 측정하는 측정기의 교정에 사용한다.

이 장치는 선원을 내장하고 있지 않기 때문에 교정할 때마다 필요한 선원을 선원저장 상자에서 끄집어내어 통(집게) 등 원격 조작 기구에 의해 소정의 위치에 세트하여 피교정 측정기의 지시치를 텔레비 카메라에 의해 원격으로 판독하는 방식이다.

주로 사용하는 선원은 <sup>137</sup>Cs370MBq, <sup>60</sup>Co370MBq, <sup>241</sup>Am-Be3.7GBq 등이다.

또한 교정시의 γ선 조사치에 대해서는 당사 소유의 1차기준 측정기에 의해 값이 정해지고 조사를 실시한다. 교정장치의 외

관은 사진3에 있다.

(4) 회전식 교정장치

이 장치는 현재 호나경 모니터링 열형광 선량계(이하 「TLD」라 함.)의 조사전용으로 사용하고 있지만 浜岡 원자력발전소에서는 1982년 2월까지 개인의 선량당량 측정에도 TLD를 사용하고 있었기 때문에 매우 사용빈도가 높은 장치이다.

이 장치의 교정방법은 원반(약 2mφ의 원주 위에 TLD를 세트하여 중심에 선원을 두고, 조사시간 동안 원반을 회전시켜 균일

조사하는 방법이다. 주로 사용하는 선원은,  $^{137}\text{Cs}370\text{MBq}$ ,  $^{80}\text{Co}370\text{MBq}$ ,  $^{224}\text{Ra}370\text{MBq}$ 이다. 교정장치의 외관은 사진4에 있다.

## 5. 방사선계측기의 교정

### (1) 서베이미터의 교정

서베이미터류의 교정은 주로 광범위 교정장치를 사용하여 실시하고 있다. 방법으로서는 각종의 측정기에 대해 각 레인지마다 1점교정을 실시하기 위해  $^{137}\text{Cs}$ 선원의 강도(3종류)와 거리(0.8~10m)를 바꾸어 폭넓은 레인지 교정을 실시할 수 있다. 개개의 교정치에 대한 선원강도 및 거리는 교정장치 안에 있는 전용의 계산기에 의해 구할 수

있다.

또한 조사에 따른 서베이미터류의 지시치는 부착된 ITV에 의해 교정장치 조작반의 CRT로 판독할 수가 있다.

각 계측기의 교정빈도에 있어서는 전리상자 서베이미터 등 사용빈도가 많은 것은 3개월에 1회, 기타 빈도가 적은 것이라도 6개월에 1회 정도 실시하고 있다.

또한 중성자용 서베이미터의 교정은 저레벨 교정장치를 사용하여  $^{241}\text{Am-Be}$ 선원에 의해 실시하고 있다.

### (2) 개인선량당량 측정기의 교정

개인선량당량 측정용 TLB의 교정은 개개의 측정기에 대해 TLB 조사장치 전용의  $^{137}\text{Cs}18.5\text{GBq}$ 로 표준조사(통상조사량은 2mSv

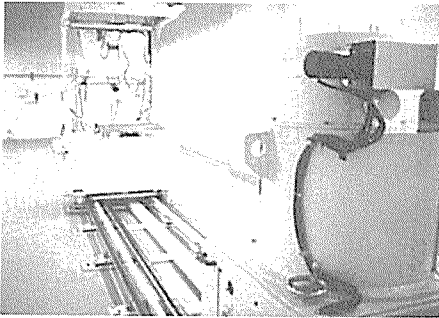


사진 1 廣範圍校正裝置

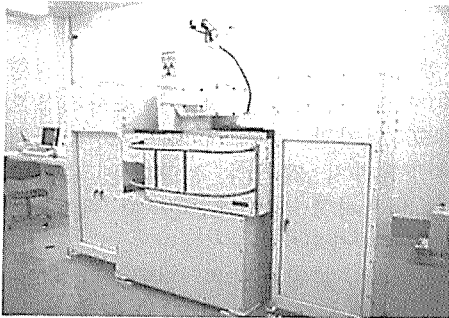


사진 2 TLB 照射裝置

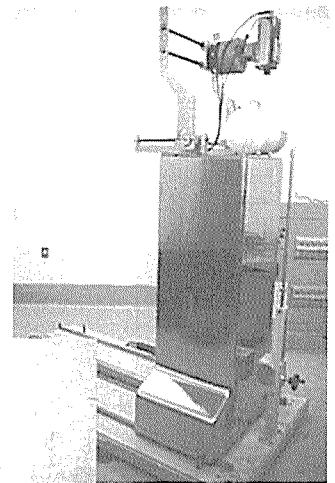


사진 3 레벨 校正裝置

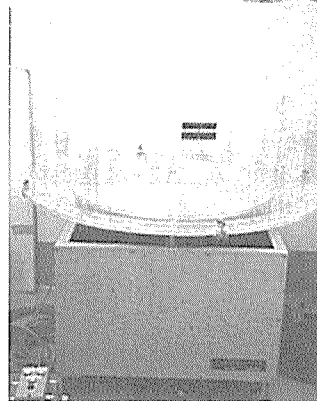


사진 4 回轉式校正裝置

상당) 한 뒤, 전용의 판독장치로 판독하여 이루어진다.

TLB는 통상의 개인 모니터링시와 동일 조건으로 교정할 필요가 있기 때문에 광범위 교정장치의 팬텀 위에 측정기(개인이 통상 모니터링할 때 착용하는 बै지케이스에 장착한 상태의 것)를 세트하고 소정의 선량을 조사하여 그 결과와 TLB 조사장치로 조사한 팬텀없는 경우의 결과와의 상대치를 구하고 있다. 이 상대치에 의해 TLB 조사장치로 조사한 결과를 補正한다.

또한 열람미터는 광범위 교정장치에 1회에 30대를 세트할 수 있는 전용 조사대를 부착시켜,  $^{137}\text{Cs}$ 로 표준조사하여, 경보가 난 시간(통상의 사용세트 값인 0.32mSv)부터 조사량을 구하여 교정한다.

### (3) 기타의 계측기

Table 1에 제시한 각 방사선 계측기의 교정에 있어서는 대부분의 것은 광범위 교정장치에 전용의 고정治具를 부착시켜 서베이미터류와 같은 방법으로 교정을 실시한다.

## 6. 방사성동위원소의 관리

방사성동위원소는 앞의 교정장치의 향에서 기술한 바와 같이 장치에 짜넣어진 것과 선원저장 상자 안에 보관되어 있는 것이 있다.

방사성동위원소를 교정 등으로 사용할 경

우에는, 浜岡 원자력발전소에서 작성된 「방사성동위원소 안내서」에 따라 소정의 수속을 거쳐 방사선 취급주임자의 허가를 얻어 사용토록 하고 있다. 또한 사용 후에는 사용한 날마다 사용실적 보고서(사용일자, 시간, 사용선원, 사용자, 작업환경 등을 기재)를 작성하여 방사선 취급주임자에게 보고한다.

이러한 수속과 더불어 선원관리를 확실하게 하기 위해, 선원저장고의 열쇠를 날마다 접수하는 것에 의해 사용개시·종료를 그때마다 확인하고 있다. 더욱이 방사성동위원소의 대장을 비치하여 매일의 사용실적 보고서에서 중요한 사항을 대장에 기입함으로써 방사선 취급책임자가 정기적으로 확인하도록 하고 있다.

## 7. 맺는 말

이상 浜岡 원자력발전소의 방사성동위원소 취급에 대해 그 일부를 소개하였다.

원자력발전소에서는 발전소의 운전유지관리를 위하여 많은 사람들이 관리구역 안에서 활동하고 있다. 이런 사람들의 방사선 피폭하의 노동을 보다 안전하게 관리하기 위해서는 작업환경의 관리와 개인관리를 「보다 정확하게, 보다 확실하게」 실시할 필요가 있으며 그 가장 기본이 되는 방사선 계측기의 교정을 중심으로 방사성동위원소 취급에 보다 만전을 기해야 할 것이라 생각된다.