

고리원자력 주변 환경방사선 감시를 위한 방사선 측정기의 현장 성능 시험

Field Tests of the Radiation Detectors for Environmental Radiation Monitoring around KORI Nuclear Power Plants

최성수*, °신대용**, 장태우*, 조규성†, 하달규**

*전력연구원 시스템·통신연구소(Tel:+82-42-865-5755, Fax:+82-42-865-7704, sschoe@kepri.re.kr)

**삼창기업(주) 부설연구소(Tel: +82-343-24-6022), † 한국과학기술원 원자력공학과 (Tel:+82-42-869-3821)

Abstract We had developed the on-line environmental monitoring system which has been installed around Kori Nuclear Power Plants and will be taken the place of the existing system. The system consists of a main computer and 11 sets of radiation monitoring post equipments. NaI(Tl) scintillation detector was adopted in addition to ion-chamber detector and implemented with DCU(Dose Conversion Unit) and SCA(Single Channel Analyzer). Compared with the existing system, it has revised feature in the radiation measurements which are detection of artificial radioactivity and 2-ways of the radiation detectors. The field test results show that the developed radiation detecting equipments can measure environmental radiation within 5.0% of the theoretical value.

Keywords ERMS, DCU, NaI(Tl) Detector, Ion-Chamber Detector, G(E)-Function

1. 서론

환경방사선에는 지구탄생과 더불어 존재하는 자연방사선과 핵 실험 및 원자력 관련시설에서 방출되는 인공방사선으로 나눌 수 있다.

환경방사선 감시시스템이란 환경방사선의 미세한 변화를 연속적으로 감시하여 방사선의 환경오염을 예방하고 원자력 발전소 주변지역 주민의 건강과 안전을 도모하기 위한 시스템을 말한다. 현재 원자력 발전소에서는 원자력 관계법령(과기처고시 제85-5호)에 의거 원전 주변지역의 환경방사선 감시용으로 방사선의 측정에 표준으로 사용되는 이온전리함 검출기를 사용하고 있다. 그러나 이온전리함 검출기를 이용한 선량을 측정방법은 방사선량의 증가시 그 직접원인을 알수없어 외국에서는 전체적인 방사선량의 측정뿐만 아니라 발전소에서 누출되는 인공핵종에 의한 선량의 기여여부도 검출할 수 있는 온라인 시스템을 연구개발중에 있고, 일부 적용하여 효과적으로 사용하고 있다.

현재의 원자력발전소의 환경방사선 감시시스템의 현황은 아래 [표 1]과 같다.

표 1. 원자력발전소의 환경방사선 감시시스템
Table 1. ERMS of Nuclear Power Plants

장 소	설치년도	모델명	제작사
고 리	1983년	RSS-1011	미국 Reuter-Stockes
영 광	1986년	RSS-1012	미국 Reuter-Stockes
울 진	1987년	CIEP-5320	프랑스 알스톰사
월 성	1983년	RSS-1011	미국 Reuter-Stockes

개발시스템은 기존의 시스템에 비해 방사선 측정방법에 있어

서 이온전리함 검출기와 NaI(Tl) 섬광검출기를 함께 사용하여 선량을 동시에 이중으로 측정하고, 인공방사선과 자연방사선을 분리검출 할 수 있어 신뢰성과 효율성을 증대 시켰으며, 중앙컴퓨터 시스템은 Unix 운영체제의 Workstation과 LAN 네트워크의 구축으로 호환성과 확장성을 높였다.

2. 환경방사선 감시시스템의 구성

개발된 환경방사선 감시시스템은 고리 원자력 발전소 주변지역 11개소에 설치되어 있는 원격지 감시시스템(Remote Radiation Monitoring System)과 고리 환경관리센터에 설치되어 있는 중앙컴퓨터 시스템으로 아래 [그림 1]과 같이 크게 두 개의 시스템으로 구성되어 있다.

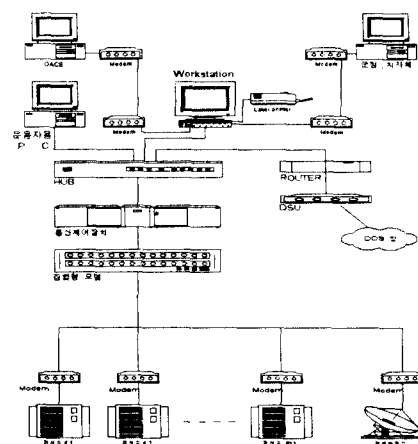


그림 1. 환경방사선 감시시스템 전체 구조도
Fig 1. ERMS Block Diagram

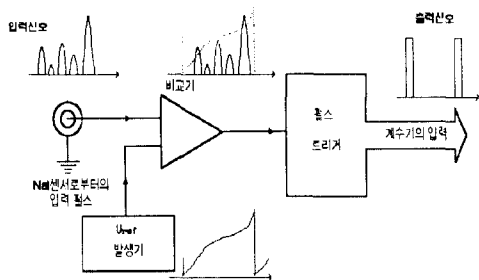


그림 5. DCU의 구조도
Fig 5. DCU Block Diagram

4. ERMS의 방사선 측정시험 결과

개발된 감시시스템을 이용하여 다음과 같이 측정시험을 하였다.

첫째 표준선원을 사용한 거리별 조사선량률 측정을 하였고, 둘째 고리 원자력 발전소 주변의 환경방사선을 연속측정을 하였으며, 셋째 고리 현장에서 인공방사선원을 조사하여 인공방사선원에 의한 조사선량률의 미세한 변화량을 분리 측정하였다.

4.1 표준선원을 사용한 거리별 조사선량률 측정시험

방사선 표준선원을 검출기 앞에 설치하여 거리별로 조사선량률을 측정하였다. 그 결과 [표 3]에서 처럼 이온전리함은 이론치와 평균 6.3%의 오차를 나타내고, NaI(Tl) 섬광검출기는 평균 3.7%의 오차를 보여 비교적 안정된 성능을 나타내었다.

표준선원의 방사선 측정시험 결과

• 방사선 표준선원 : Co-60

• 조사선량률 공식 : $\dot{X} = r \frac{A}{d^2}$ [$\mu R/hr$]

Γ : 감마상수(Co-60 ; 1.32)

A : 방사능 (92.57 μCi)

d : 표준선원과 센서와의 거리

표 3. 환경방사선 감시시스템의 방사선 측정시험

Table 3. Irradiation Tests of ERMS

단위: ($\mu R/hr$)

측정횟수	1 m		2 m		3 m		4 m	
	Ion	NaI	Ion	NaI	Ion	NaI	Ion	NaI
1	108.9	113.3	30.3	29.0	14.2	13.5	8.3	7.7
2	108.4	113.7	29.8	30.1	14.7	14.2	8.3	7.9
3	108.4	114.8	30.3	28.7	14.7	14.1	8.3	7.3
4	108.4	114.5	29.8	28.7	14.2	13.9	8.3	7.7
5	108.9	114.0	30.3	28.6	13.7	14.0	7.8	7.7
평균	108.6	114.0	30.1	29.0	14.3	13.9	8.2	7.7
이론	122.2		30.5		13.6		7.6	
오차(%)	-11.1	-6.7	-1.5	-5.1	5.3	2.7	7.4	0.5

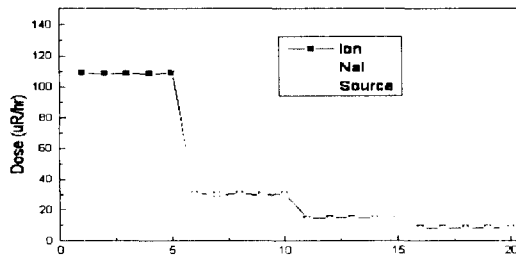


그림 6. 환경방사선 감시시스템의 방사선 측정
Fig 6. Irradiation Tests of ERMS

4.2 고리 원전 주변의 환경방사선 연속측정시험 결과

고리 원전 주변에 개발시스템을 설치하여 환경방사선을 1개월간 연속측정한 후 기존시스템과 비교분석 하였다. 그 결과는 [표 4]와 같이 이온전리함은 평균 97%, NaI(Tl) 섬광검출기는 95%의 정확성을 나타내었다.

고리 현장시험결과

- 측정장소 : 효암
- 측정기간 : 97년 6월 1일 ~ 6월 30일
- 측정기기 : • 기존시스템 - RS-1011
• 개발시스템 - 고리ERMS

표 4. 고리 환경방사선 감시시스템의 현장시험 Data

Table 4. Field Test Data of The KORI ERMS

항목	기존시스템		개발시스템	
	이온	NaI(Tl)	이온	NaI(Tl)
최대값	10.5	10.2	10.2	10.2
최소값	8.8	8.7	8.7	7.8
표준편차	0.18	0.20	0.20	0.39
평균값	9.3±0.18	9.2±0.20	9.2±0.20	8.8±0.39

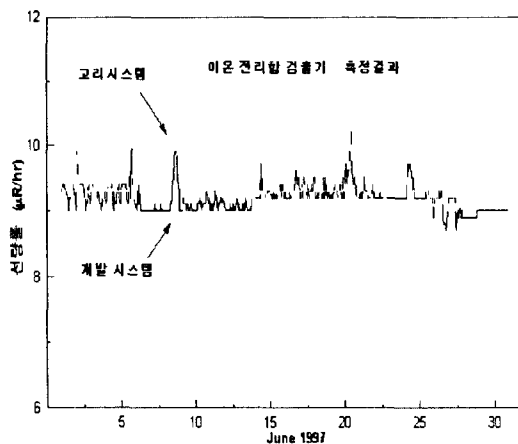


그림 7. 이온전리함 검출기의 측정결과

Fig 7. Measurement Results of Ion-Chamber Detector

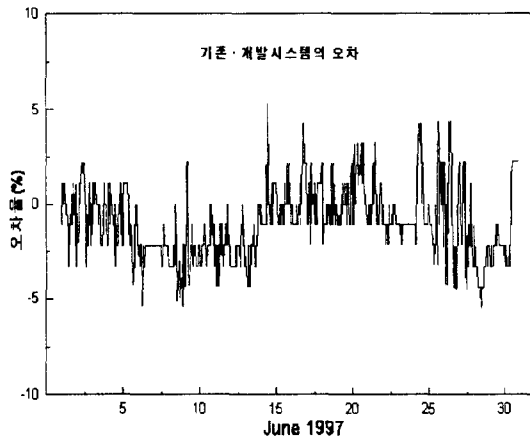


그림 8. 기존 & 개발시스템의 오차
Fig 8. Defference of Existend & Development ERMS

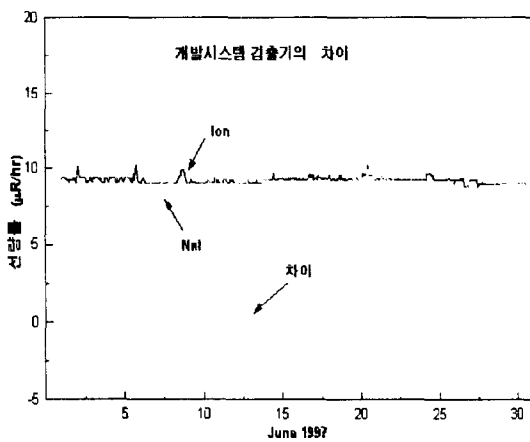


그림 9. 개발 환경방사선 감시시스템 검출기의 차이
Fig 9. Defference of Development ERMS Detector

4.3 인공방사선 조사실험

인공방사선원을 NaI(Tl) 섬광검출기에 조사한 후 Zero-by-Zero Method를 이용하여 그 결과를 분석하였다.

그 결과 [그림 10]에서 처럼, 기상(강우)등으로 인한 조사선량의 미세한 변화량과 인공방사선의 영향으로 인한 조사선량의 변화량을 분리 검출할 수 있었다.

인공 방사선 조사시험 결과[3]

- 시험장소 : 비학
 - 조사시험 일시 : 97년 6월 24일 10:00~17:00
 - 방사선 표준선원 : Cs-137
 - 조사선량률(계산) : 0.58(μR/hr), 5.03(nCy/hr)
 - 조사선량률 공식 : $\dot{X} = \Gamma \frac{A}{d^2}$ [μR/hr]
- Γ : 감마상수(Co-60 ; 0.33)
 A : 방사능 (98.19 μCi)
 d : 표준선원과 센서와의 거리 (7.5m)

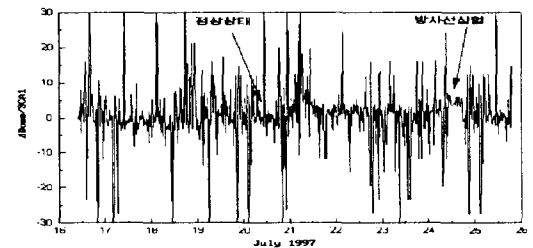
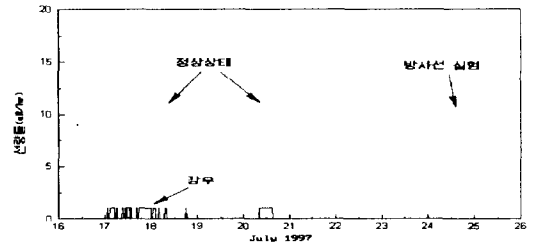


그림 10. NaI(Tl) 섬광검출기의 조사시험 측정결과
Fig 10. Irradiation Test Results of NaI(Tl) Detector

5. 결론

개발한 환경방사선 감시시스템을 이용하여 다양한 선량을 측정시험과 자연방사선과 인공방사선의 분리 검출시험을 실시하였다. 본 논문에서는 NaI(Tl) 섬광검출기를 이용한 자연·인공방사선의 분리측정에 대한 실증적인 실험에 주력하였고, 기존의 시스템과 병행운전으로 개발시스템의 성능에 대한 정확성을 검토하였다. 현재까지 측정된 Data를 분석한 결과로는 개발시스템의 이온전리함 검출기는 기존시스템과 3.0%이내의 오차로 정확성을 나타내었으며, NaI(Tl) 섬광검출기는 기존의 이온전리함 검출기와 비교해서 -0.5(μR/hr)의 차이로 연속적으로 안정된 Data가 측정되고 있고, 측정 Data는 5.0%이내의 오차로 안전성을 나타내고 있다. 또한, DCU와 SCA를 이용한 Zero-by-Zero Method[4]의 자연·인공방사선 분리검출의 한계는 0.58(μR/hr)인 것으로 인공방사선 조사실험 결과로 나타났다.

개발된 환경방사선 감시시스템은 조사선량의 미세한 변화에 대해서 그 변화가 자연현상인지 인위적인 원인으로 발생된 것인지를 판별할 수 있어 기존의 시스템보다 정확하고 효율적으로 고리 원자력 발전소 주변의 환경방사선 감시를 할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

- [1] H.hayakawa, M.ohnishi, & H.shimada, "Measuring additional dose rate contributed by nuclear plants", *Health Phys.* vol.64, pp.306-310, 1993.
- [2] S. Moriuchi, I. Miyanaga, "A spectrometric method for measurement of low-level gamma exposure dose", *Health Phys.* vol.12, pp.541-554, 1966
- [3] G. F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement, 2nd Ed.", pp.60-63, John Wiley and Sons, 1989.
- [4] 한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹 "환경방사선 감시시스템 개발(최종보고서)", pp.67-82, 1997.