

KAERI 부지 주변의 환경선량 측정을 위한 온라인 감마선량 감시시스템

이창우 · 박두원 · 이원윤 · 최용호 · 홍광희 · 김삼량 · 이현덕 · 이정호

한국원자력연구소

요 약

환경감마선량 변동을 감시하기 위해 한국원자력연구소 부지 주변에 온라인 감마선량 감시망을 구성하였다. 모니터링 포스트에 설치된 전리함 검출기에 의해 측정된 자료는 무선전송 방식으로 중앙통제소에 전송되어 실시간으로 감시된다. 무선전송 방식은 자료의 전송, 처리 및 저장에 신뢰도가 높고 경제적이었다. 감시시스템은 급격한 선량증가시 조기경보체제와 연결할 수 있게 하였다.

Key words: 공간감마선량, 온라인 감시망, 무선전송

서 론

원자력산업의 발전에 따라 시설에서 누출, 확산되는 방사능을 신속히 감시할 수 있는 기술이 사고대책수립 및 주민보호차원에서 중요해 지고 있다. 특히 체르노빌 사고 이후 유럽에서는 신속한 경보체제구축에 나서고 있으며 사고의 영향권역이 넓기 때문에 국가간의 협력도 강화되고 있다[1, 2].

예기치 못한 사고에서 가장 신속한 검출방법 중의 하나는 공간 방사선량 측정망을 구성하여 방사선량률의 급격한 변동을 관찰하는 것이다. 누출방사능 plume이 바람을 타고 확산될 때 확산방향과 방사능량을 신속히 감지하기 위해서는 감시 대상지역의 적절한 위치에 공간감마선량

측정시설을 설치하고 연속감시자료를 중앙통제소에서 통제할 수 있는 온라인감시망 구축이 필요하다. 이 시스템에서는 자연 방사선량으로부터 인공방사선량의 영향을 감지할 수 있는 고감도 선량 검출기가 필요하며 선량자료의 전송, 저장 및 비상시의 경보장치연결 등을 제어할 수 있는 중앙컴퓨터와 관련 소프트웨어를 필요로 한다.

우리나라의 원자력 발전소는 공간 감마선량 온라인 연속측정 기술을 갖추고 있으며 한국원자력연구소(KAERI)에서도 건설중인 다목적연구로(KMRR)의 가동을 앞두고 한국원자력연구소 부지주변의 공간감마선량 감시체제를 구축하고 있다. 한국원자력연구소에서 설치 가동하고 있는 공간감마선량 온라인측정시스템은 자료의 무선전송방식을 사용하고 자료 분석기술 등에서 선진

기술을 채택하고 있다. 본 논문에서는 한국원자력연구소에서 설치 가동하고 있는 공간 감마선량측정 시스템구성의 특성과 선량검출 특성을 설명하고 KMRR 가동전의 원자력연구소 주변의 환경백그라운드 준위의 변동을 고찰하였다.

시스템 구성

1. 모니터링 포스트 선정

공간감마선량 검출기는 건설중인 다목적연구로를 중심으로 한국원자력연구소 경계에 따라 4개소의 모니터링 포스트에 설치되었고 연구소내에 중앙통계소를 설치하여 가동중이다(그림 1). 모

니터링 포스트는 4평정도 시멘트 구조물 또는 철제 콘테이너로 제작 되었고 검출기를 포스트 외부 지상 1.5m 높이에 설치하고 검출신호는 포스트 내부에서 자료처리 후, 무선모뎀을 통하여 안테나로 중앙통계소에 송신된다. 일반적으로 방사선량 감시기는 원자로를 중심으로 원형으로 일정 방위각에 설치하여 plume 확산방향에 따른 검출확률을 높일 수 있도록 하는 것이 보통이다. 원자로를 중심으로 16방향(22.5도 간격)으로 배치하기도 하나 plume이 배치된 검출기 사이로 빠져 나갈 경우를 배제할 수 없다[3,4]. 우리나라의 원자로는 대부분 해안에 위치해 있고 배후에 복잡한 산악지역으로 둘러싸여 있으므로 지형적인

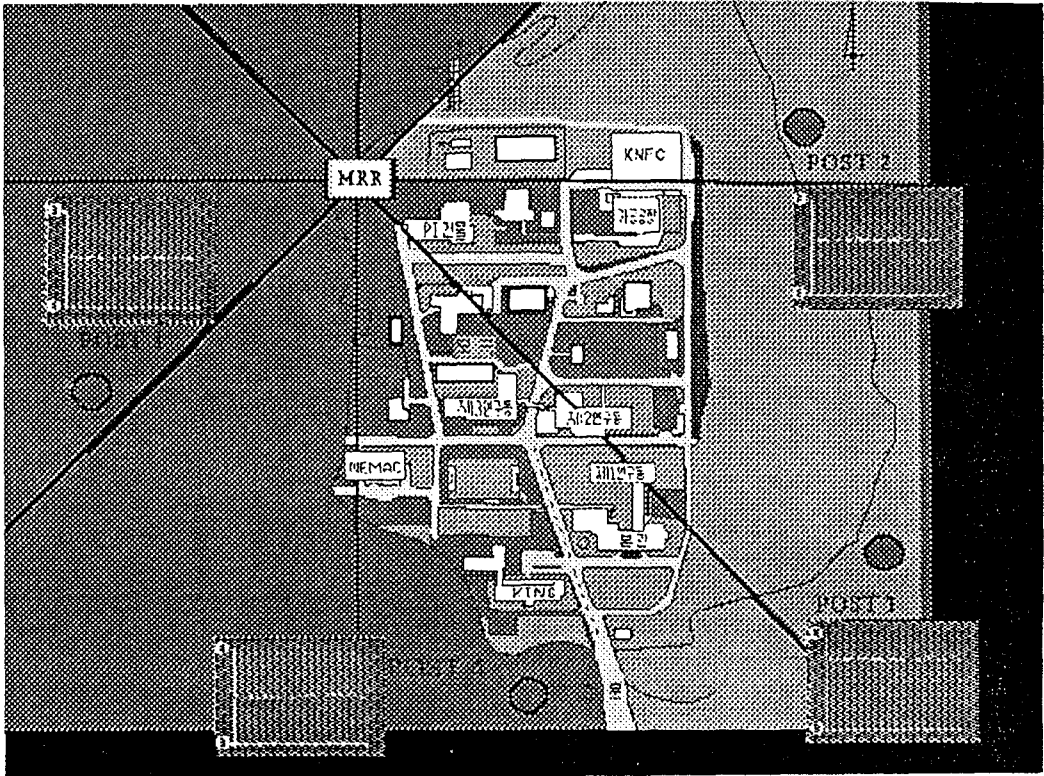


그림 1. 원자력 연구소 부지주변 모니터링 포스트 위치

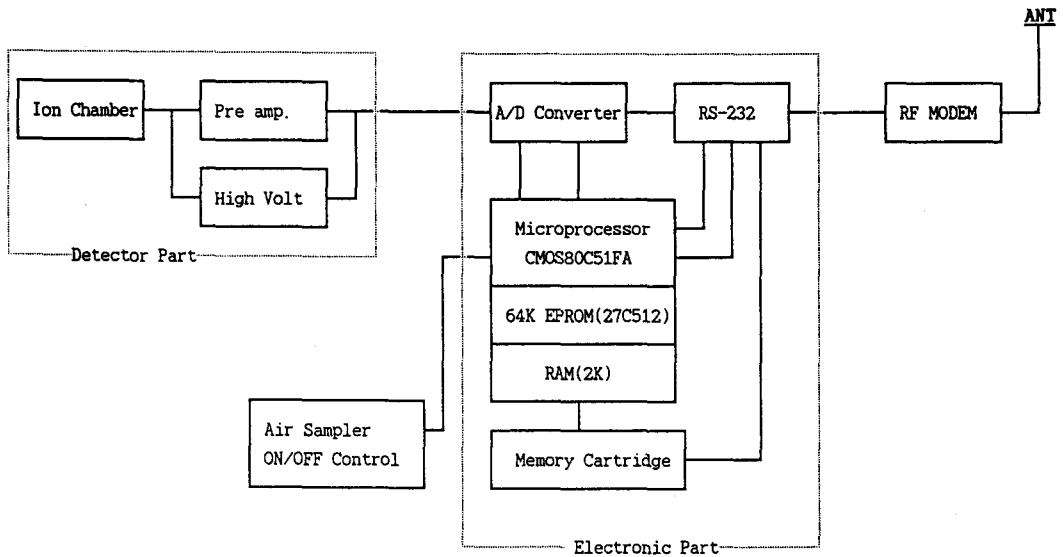


그림 2. 모니터링 포스트의 정비계통도

특성을 고려해야 한다. 한편 원자력시설로 부터 전국적인 감시망을 구성할 때는 국토전체를 포괄할 수 있고 국내 원전사고 뿐만이 아니라 동북아 지역의 원전사고를 감시할 수 있도록 감시포스트를 설치해야 할 것이다. 현재 KAERI에서는 4개의 감시포스트를 운영하고 있으나 차기년도에 3개를 추가 설치할 예정이다.

2. 선량 검출기 및 모니터링 포스트

일반적으로 감시망 구성에 사용될 감마선량검출기는 우선 에너지 응답속도가 빠르고, 내부 백그라운드 낮고, 내구성이 좋으면서 검출범위내에 선형응답특성이 좋은 것을 선택해야 한다[3,5]. 본 감시망구성에서 사용한 검출기는 Reuter-Stokes사에서 제작한 ion chamber이다. 0.12 inch 두께의 stainless steel로 제작한 직경 10 inch의 구체에 25기압의 순수 아르곤 가스가 채워져 있는데 감마선 검출범위는 0-550 μ R/h 또는 0.5-

100mR/h 두 영역에서 작동할 수 있다. 이러한 구형의 전리함 검출기는 GM 계수관에 비하여 에너지응답속도가 아주 빠르고 방향의존성이 적다는 점 때문에 실시간 환경선량 감시망구성에 적합하다. 체르노빌사고 이후 유럽등지의 환경감시망 구성에 사용되고 있으며 우리나라의 원자력발전소 주변 감시망 구성에도 사용되고 있다.

모니터링 포스트에 설치된 검출기 및 무선 전송시스템에 대한 개념도는 그림 2에 나타난 바와 같은데 전리함 검출기와 검출장치(RSS-1013, Reuter Stokes), 무선모뎀(Repcos, SLR-90) 및 안테나로 구성되었으며 필요에 따라 공기시료채취기를 부착시킬 수 있다. 전리함 검출기에서 발생한 전류는 증폭되어 digital 신호로 바뀌어 처리된다. 선량을 측정주기는 최소 5초 간격에서 15분 간격까지 조절할 수 있으며 측정자료는 Buffer에 저장되었다가 중앙통제소에서 보내는 송출지시번호를 받아 무선모뎀을 통하여 안테나로 송출한다.

표 1. 모니터링 포스트의 측정장비 특성

측 정 기 기	특 성
검출기 High Pressure Ion Chamber	Dimensions : 30.5cm × 30.5cm × 30.4cm Spherical Ion Chamber : Argon gas 25atm Stainless steel wall, 10" DI, 0.12" thickness Range : 0-500 μR/h(Low Range) 0.5-100mR/h(High Range) Sensitivity : 20mV/μR/h(Low Range) 100mV/mR/h(High Range)
검출장치 RSS-1013 Electronics (Reuter-Stokes)	Micro Processor : CMOS80C51FA Memory : 64K EPROM(27C512), 2K RAM Clock Speed : 11.0592 MHz A/D Converter : 7109 Dual Slope RS-232 Interface : 300, 1200, 2400, 4800, 9600 Cartridge Memory Card : 128K
무선전송장치 Radio Frequency Modem (Repro SLR-96)	Operating frequency : 469.35MHz System Operation : Point-Point, Multipoint Data Rate : 9600bps(25kHz channel) 4800bps(25kHz or 12.5kHz channel) RTS/CTS Delay : 0mS to 200mS(8 positions) Operating Mode : Simplex, Full(half) Duplex Antena : UHF GP

이때 buffer에 저장할 수 있는 자료 수는 최대 220 개이므로 5초 간격의 자료를 저장할 경우 약 18분 정도의 자료를 저장할 수 있고 측정주기를 길게 하면 더 긴 시간동안의 자료를 저장할 수 있다. 측정주기는 polling time, 전송속도, 전송방법 등을 고려 시스템에 적합하게 정해야 한다. 한편 검출 장치에는 독립된 보조기억 장치로서 Cartridge Memory Card를 갖추고 전송 시스템의 고장시 자료를 자체 저장할 수 있게 되어 있다. 이 Cartridge Card는 128kb 로써, 64,000 data points를 저장할 수 있고 수거후 중앙 통제소에서 판독 저장한다. 또 모니터링 포스트의 검출기는 에어 샘플러를 연결하여 비상시 중앙통제소의 지시를

받아 작동하게 한다. 모니터링 포스트에 사용된 기기의 특성은 표 1에 표시하였다.

3. 무선전송시스템

모니터링 포스트에서 무선방식으로 전송된 자료를 중앙통제소의 안테나를 통하여 모뎀에 수신 중앙컴퓨터에 저장된다. 무선주파수를 사용하기 위해서는 체신청에 무선주파수 사용허가를 얻어야 한다. 본 감시망구성에서 사용한 주파수는 469.35 MHz의 실험국 대역으로 실험국허가를 받아 사용하고 있다. 중앙통제소에서 4개의 포스트의 자료전송은 하나의 무선주파수에 의한 Half duplex 방식이다. 중앙통제소에서 한 포스트에 자료전송

지시를 보내면 지시를 받은 포스트에서는 RSS-1013의 buffer에 저장하고 있던 자료를 전송하게 된다. 중앙통제소에서 다음 포스트에 자료 송출 지시를 보내 자료를 수신하는 방식으로 4개 포스트를 차례로 순회하며 자료를 받아 중앙컴퓨터로 처리한다. 이를 polling 이라 하는데 자료를 송출한 포스트에서는 이후 측정자료를 buffer에 저장하고 있다가 다음 송출지시가 있을때 송출한다. Polling 간격은 1분 간격으로 운영하고 있지만 사정에 따라 간격을 늘일수 있으며 본 시스템에서 Polling할 수 있는 포스트 수는 16개 까지이다.

본 감시망 구성에서 무선출력은 4W로서 평탄 지역에서의 전송거리는 10km 정도이나 산악지역에서는 전송거리를 짧아 유효거리를 1km 정도였다. 한편 무선전송 시스템은 계속적인 polling에

의하여 자료를 수집분석 저장하기 때문에 실시간 감시기능을 갖출 수있으나 원거리 전송에 문제가 있다. 그러나 통신위성을 이용하면 거리나 지형 조건에 관계없이 전송이 가능하므로 통신위성을 이용하는 감시망구성도 추진할 예정이다. 통신위성 전송시스템을 이용하면 이동식 측정 포스트를 구성할 수 있어서 지형과 거리에 지장없이 공간 선량을 온라인으로 중앙통제소에 전송할 수 있다. 이것은 비상시 오염지역에 대한 신속한 선량측정결과를 중앙통제소에서 분석할 수 있어서 사고대책수립에 기여할 것이다.

4. 중앙자료 처리

중앙통제소의 자료처리 시스템에 대한 개념도와 기기특성은 그림 3과 표 2에 나타내었다. 중앙통제소의 컴퓨터는 각모니터링 포스트에서 전송된

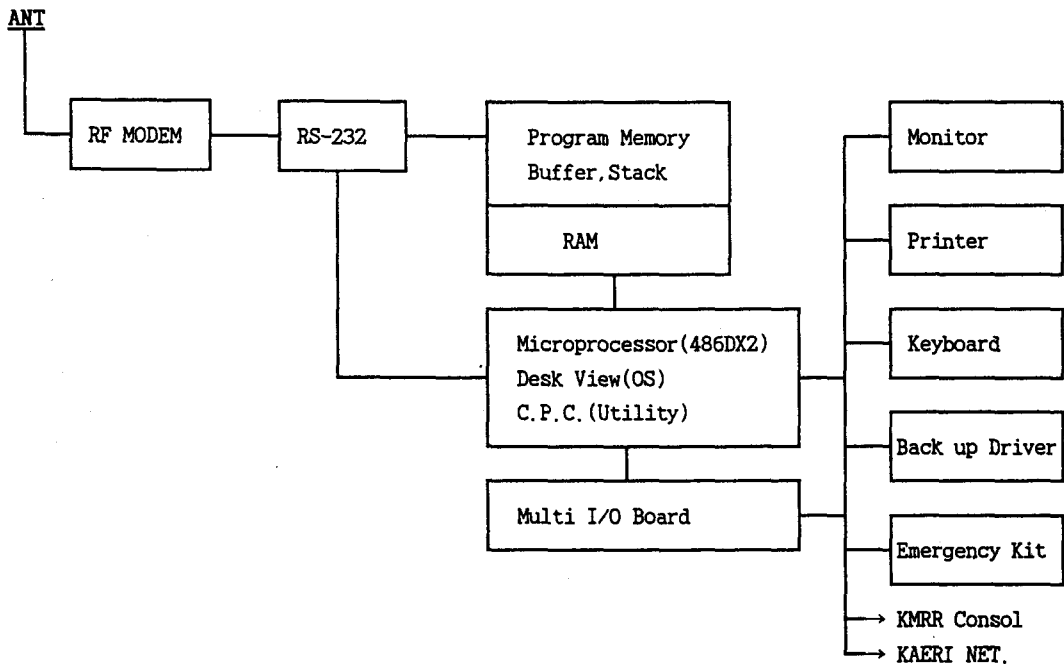


그림 3. 중앙통제소의 장비계통도

표 2. 중앙통제소의 장비 특성

기 기	특성 및 구조
Computer 486DX2(66MHz)	Monitor : XVGA-VL(1280 × 1024 × 256color) HDD : 340MB RAM Memory : 8MB FDD : 3.5"(1.44MB), 5.25"(1.2MB) Printer : HP Laserjet IIIP Software Package : Desk View(OS) CPC : Real Time Data Acquisition Software (Reuter Stokes)
Optical Disk Driver	Storage Capacity : 128MB/disk Access time : less than 40mS Disk Rotation Speed : 3000RPM
무선전송장치(RF Modem)	모니터링 포트에서와 동일
경계경보 및 자동호출장치 Emergency Kit (AUTOCOP, SD-9000A)	Delay Time : 40 sec Entry Time : 0-30 sec Type : Pulse, Tone

자료를 buffer에 임시 저장하고 polling이 끝난 후 Hard Disk Drive에 저장한다. 이 자료는 다시 Optical Disk Drive(128Mb, Sony)에 back-up 저장된다. 관심 있는 기간동안의 선량추이를 알고 싶을 때는 기간의 시작과 끝 시점을 입력하면 그 시간동안의 자료를 프린터로 출력하거나 모니터에 그래프에 나타내어 볼 수 있다. 주 컴퓨터의 소프트웨어(CPC, Reuter Stokes)는 모니터, 알람, 자료저장, 프린터 등 주변기기를 제어하여 자료를 모니터에 표시하거나 알람작동 등을 지시할 수 있다. 모니터에는 KMRR 주변의 모니터링 포트위치를 나타내는 지도와 각 포트에서 현재 수신되고 있는 선량율을 그래프로 나타낼 수 있으며(그림 1) 각 포트의 그래프를 선택적으로 화면전체에 확대해 볼 수 있다. 공간선량이 기준선량을 초과할 때는 경고 알람이 울리고 환경감시 책임자에게

자동으로 전화가 걸려 비상사태를 알릴 수 있으며 각 모니터링 포트에 설치되어 있는 에어샘플러의 가동을 지시한다. 모니터에 나타나는 지도, 선량 그래프자료 등의 자료는 연결되어 있는 프린터에 출력시킬 수 있다. 그림 1 및 그림 4와 그림 5는 모니터에 나타낸 자료를 프린터에 출력시킨 것이다. 이 공간 감마선 감시망의 자료는 KAERI Net로 연결하면 KMRR의 중앙통제시스템과 연결하여 원자로 운영과 환경선량추이를 쉽게 추적할 수 있을 것이다. 한편 한국원자력연구소에서는 부지기상측정을 위한 높이 70m의 기상탑을 설치하여 부지의 풍향, 풍속 등 기상자료가 온라인으로 수신, 저장되는 시스템을 운영하고 있다. 본 공산선량감시망을 기상자료 온라인 연결하여 통합적인 감시망을 구축할 수 있게 될 것이다.

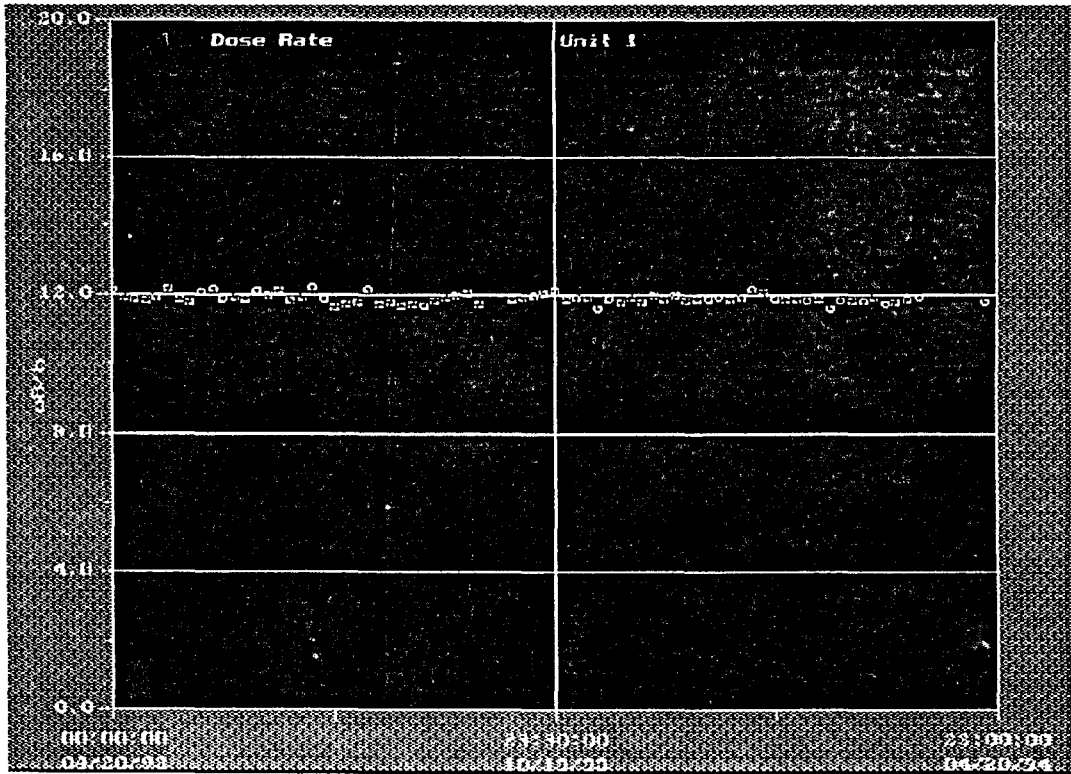


그림 4. 모니터링 포스트 1의 연간 선량률 변화(1993. 4. 30~1994. 4. 30)

KAERI 주변의 공간 감마선량 연속 측정

한국원자력연구소 부지내에는 핵연료 제조시설, 조사후시험시설, 폐기물처리시설 등이 가동중이고 다목적 연구용원자로가 건설중으로 1994년말 가동을 앞두고 있다. 현재 KAERI 부지내의 시설중에 조사후시험시설과 폐기물처리시설에서 감마방사능을 소량 취급하고 있으나 환경에 미치는 영향은 거의 없다[6]. 따라서 현재 KAERI 부지내 시설에 의한 공간선량기여도는 극히 미미하고 검출되는 감마선량은 대부분 우주선과 지각방사능에 의한 환경 백그라운드라 할 수 있다.

모니터링 포스트 1에서 검출되는 공간선량률의 연간 변화율을 보기 위한 자료처리 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4는 포스트 1에서 1993년 4월 20일 부터 1994년 4월 20일까지의 1년간 변화율을 나타낸 것이다. 본 시스템에서 사용한 소프트웨어는 모니터화면에 80개의 데이터를 표시할 수 있게 되어 있으므로 그림 4에서 한 데이터포인트는 약 4.55일 평균치를 표시한다. 모니터링 포스트에서는 5초 간격의 선량율이 전송저장되나 이 자료로 볼 다시 주어진 기간의 80 등분한 기간의 평균치를 모니터 화면의 한점으로 표시한 결과이다. 그림 4에서 보면 평균선량률은 12μR/h가 조금 못미치는 수준에서 계절별 변화가 거의

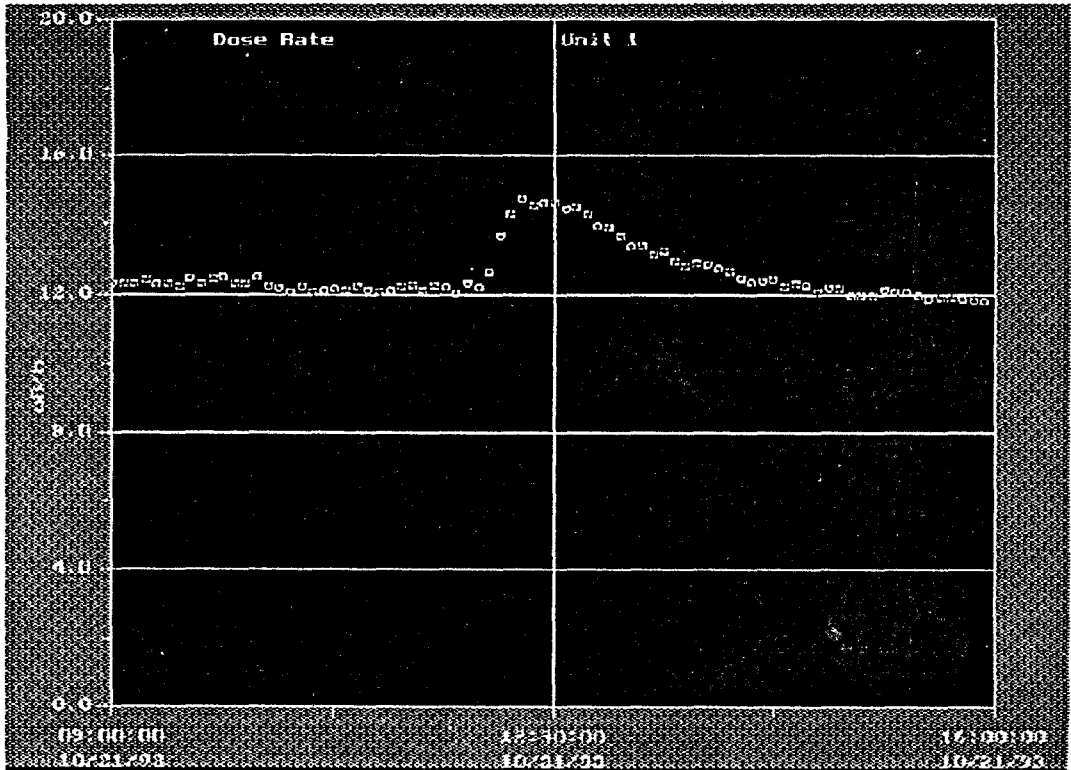


그림 5. 모니터링 포스트 1에서의 강우에 의한 선량률 변화(1993년 10월 30일 9시~16시)

없는 것으로 나타났다. 나머지 다른 3개의 포스트 평균선량률도 10~12 μ R/h 정도로써 '93년 KAERI 부지에서의 NaI 신틸레이션 카운터에 의한 값 13 μ R/h 보다 약간 적으나 TLD에 의한 측정치 12.1 μ R/h 과는 비슷한 값을 보여 주었다[6]. 한편 고리, 월성 원자력 발전소 주변의 평균 공간선량률이 8~10 μ R/h 정도로 보고되고 있는데 공간선량률이 지질구조 등의 지형에 따른 영향을 받을 수 있다는 점을 감안하면 큰 차이가 있다고 할 수 없다. 그림 4에서는 계절별 변화를 검토하는데 지장없으나 선량의 순간변화는 나타낼 수 없다.

환경선량에 영향을 주는 요소로는 우주선과 방사능 낙진 및 지각방사능에 의한 것으로 나누어

볼 수 있다. 환경선량은 특히 강우에 의해 증가 될 수 있는데 이것은 지각에서 누출된 라돈과 그 딸 핵종이 강우에 씻겨 내리거나 또는 낙진이 강우에 씻겨 내리기 때문이다[3,7]. 이러한 이유로 인한 자연환경선량을 변동폭은 10~20%에 이를 수 있다. 이러한 환경방사선량을 변화의 예를 그림 5에 나타내었는데 이것은 1993년 10월 30일의 모니터링 포스트 1에서 관측된 선량변화율이다. 이 그림에서는 오랫동안 건조한 날씨가 계속되다가 갑자기 폭우가 내려 약 30분간 계속된 뒤의 선량률 변화양상이다. 평상시 선량 12 μ R/h 수준에서 25% 정도 증가한 15 μ R/h 정도까지 도달하였는데 평상수준으로 돌아오는데 약 2시간정도 소요되었다.

이것은 KAERI 주변에 감마방사능 방출시설이 없는 점을 고려할 때 공기중의 낙진이나 라돈, 라돈자핵종의 침적에 의한 것으로 유추할 수 있다.

체르노빌사고시 서부 스웨덴에서 사고징후를 처음 발견한 것도 강우에 의한 선량증가를 관찰한 결과이다. 따라서 선량변동이 자연방사능의 변동에 의한 것인지 누출방사능에 의한 것인지를 판별할 수 있는 능력이 중요하다. 사실 예기치 못한 방사능누출 또는 체르노빌사고 같은 원거리 사고시의 인공방사능에 의한 공간감마선량증가를 자연 방사선량의 정상적인 변동과 구별하기는 아주 어렵다. 인공방사능에 의한 선량증가와 백그라운드 방사능에 의한 선량증가를 구별하기 위해서는 1) 강우와 풍향, 2) 자연방사선량의 정상적인 변동 경향, 3) 환경선량의 장·단기 평균치, 4) 선량을 변화속도 등의 인자를 고려해야 한다. 이러한 분석자료로 부터 정상 백그라운드선량에서 급격한 선량증가가 일정수준을 넘을 때는 알람, 에어샐플러 등이 자동적으로 작동될 수 있는 경고 준위를 설정해야 한다. 본 KAERI 감시망에서 1993년간의 측정치 중 최고치는 $17.3\mu\text{R/h}$ 정도였다. 따라서 최고치의 30% 이상 되는 선량율을 경고준위를 설정하여 시스템을 운영하고 있다.

결 론

한국원자력연구소 공간감마선량 온라인 감시망 구성에 쓰인 무선전송방식은 자료전송, 처리, 저장 및 분석 시스템 구성에 있어 경제적이고 신뢰도가 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서 구축한 공간선량감시망은 자연선량율의 변화를 중앙통계소의 모니터를 통하여 정확히 관찰할 수 있었고 저장된 자료로 부터 원하는 기간의 선량율 변화를 쉽게 알아볼 수 있었다. 그러나 측정된 공간선량율 변

화에 대해 인공방사선량율의 영향을 구별할 수 있기 위해서는 백그라운드자료에 대한 분석 및 기상자료와 연계된 시스템 구성이 필요할 것이다. 또 무선전송시스템을 이용하여 이동 모니터링 포스트를 중앙통계소에서 온라인으로 쉽게 연결할 수 있고 전국적인 네트워크 구성에 응용할 수 있는 기술을 확보할 수 있었다.

참고문헌

1. D. V. Lith, "Dutch Environmental Monitoring for Nuclear Emergencies," Nuclear Europe, 5-6 (1989).
2. O. W. Larsen and H. P. Ryder, "Denmark's Planned Nationwide Warning System for Fallout from Nuclear Accidents," Nuclear Europe, 3-4 (1988).
3. d. McCormick and R. Speed, "HPIC Gamma Monitoring—An International Perspective," Nuclear Plant Journal, March-April, 1990.
4. Nuclear News, "Illionis Sets up Surveillance System," 29(4), 102 (1986).
5. D. J. McCormick, F. L. Glesius and J. C. Kroon, "A Microprocessor Based Environmental Radiation Monitoring System," IEEE Transactions on Nuclear Science, NS 23(1), 710-714 (1976).
6. 이창우 외, "연구용원자로 주변 환경방사선 조사," KAERI/RR-1308/93 (1994).
7. D. J. McCormick and V. T. Young, "Keep Track ok Airborne Gamma Fmissions with an On-line System," Nuclear Engineering International, Reuter Stocks (1990).

On-line Gamma Monitoring System for Environmental Radiation Measurement around KAERI-site

Chang-Woo Lee, Doo-Won Park, Won-Yun Lee, Yong-Ho Choi,
Kwang-Hee Hong, Sam-Rang Kim, Hyun-Duk Lee and Jeong-Ho Lee

Korea Atomic Energy Research Institute

ABSTRACT

On-line gamma monitoring system around KAERI-site was set up to monitor the radiation fluctuations in environment. Data on gamma exposure rates measured by the ionization chamber in the monitoring posts are transmitted to a computer of central control station with radio telemetry transmission modem and monitored in real time. Radio telemetry transmission system is economical and reliable on handling and storing of data. This monitoring system can trigger an early warning system in the event of abnormal radiation levels.

*Key words: Gamma radiation, Ionization chamber, On-line monitoring,
Radio telemetry transmission*