

방사선 계측 및 감시기술 개발 현황 및 방향

함창식 · 김정택
한국원자력연구소 MMIS팀

1978년 고리 1호기의 상업운전을 기점으로 한국의 원자력산업은 비약적인 발전을 거듭해왔다. 원자력산업의 발전으로 방사성물질의 취급 빈도가 상대적으로 증가하게 되어 방사능에 대한 오염의 가능성성이 증가하게 되고, 원자력산업에 종사하는 사람 및 시설에 대한 방사성물질에 대한 방사선방호가 중요시되었다. 방사선시설과 종사자를 보호하기 위해서는 방사능오염의 정도를 측정, 감시하고 경보할 수 있는 설비가 필요하다.

국내 원자력기술의 해외 의존도는 대단히 높다. 영광 3, 4호기를 미국의 컴퍼스천 엔지니어링 사와 공동으로 설계하여 계통설계기술의 자립도는 상당히 향상되었으나 기기 설계기술과 기기 특히 계측기는 거의 외국에서 공급되고 있는 실정이다. 국내 방사선 계측 및 감시기술도 예외는 아니다. 현재 국내에 설치된 방사선계측 및 감시 장비들은 거의 외국에서 턴키(Turn-key) 기반으로 구입 설치 운영되는 것으로 국내에서의 방사선 감시 장비의 용량 증대, 장비의 개선 및 유지 보수에 많은 어려움이 있어 막대한 비용이 지불되고 있다. 그러나 방사선계측 및 감시기기의 경우 계통 구성 분야별로 분석하여 보면, 국내 기

술로 개발 가능한 분야가 많으며, 특히 계측된 방사선을 컴퓨터를 이용하여 감시하는 장비는 국내에서 개발되었거나 개발되어 설치, 운영되고 있다. 본 논고는 방사선계측 및 감시계통의 구성 분야별 국내 개발현황을 검토하고, 개발방향을 제시하고자 한다.

방사선계측 및 감시계통은 일반적으로 입사된 방사선을 전기적 신호로 변환하는 검출기부(detector), 전기적 신호를 증폭하고, 잡음을 제거하여 실제 측정값을 표시, 분석하는 신호처리부(signal processing) 및 여러 계측기에서 계측된 방사능 값을 표시, 저장, 분석하고, 시설 및 종사자에게 경보하는 정보감시부(monitoring)로 구성된다.

방사선계측에는 계측하는 방사선의 종류에 따라 여러 검출기가 사용된다. 방사선검출기는 계측된 신호출력에 따라 charge형, counter형, pulse형, voltage형 및 current형으로 구분되며, 또한 충전된 가스의 전리작용을 이용한 가스충전검출기(gas-filled detector), 발광물질의 발광현상을 이용한 형광검출기(scintillation counter) 및 반도체의 물리적 성질을 이용한 반도체검출기(semiconductor detector) 등으로 나눌 수 있다[1]. 가스충전검출기에는

전리함 (ionization chambers), 비례계수관 (proportional counter) 과 GM계수관 (Geiger-Muller counter) 등이 있고, 형광검출기 중에서 γ 선과 X선 측정에 사용되는 NaI(Tl) 형광검출기와 β 선 측정에 사용되는 유기결정, 플라스틱 및 액체형광검출기 등이 주로 사용되고 있으며, 반도체검출기로는 반도체다이오드검출기, Li-difted 검출기와 고순도반도체 검출기 등을 들 수 있다.

국내 방사선검출기의 개발로는 일부 의료용 scintillation film이 개발되었으며, 비정질 실리콘검출기, 머리와이어비례계수기, 섬광섬유 및 마이크로캡검출기 등의 검출결과를 영상으로 해석하는 디지털 X-ray 방사선 영상장치 (radiographer)의 개발이 활발하게 이루어지고 있으나 실질적인 방사선검출기의 개발은 이루어지지 못하고 있다 [2]. 이러한 노력에도 불구하고, 방사선검출기의 개발은 여러가지 이유 특히 경제성 측면에서 어려운 문제이다. 방사선검출기는 반도체나 기체의 방사선에 대한 물성적 특성을 이해해야 하고, 전기적 특성 및 냉각기술 등 복합적인 기술이 종합되어야 개발이 가능한 분야이며, 국내 원자력산업의 제한된 시장규모로 보아 투자비에 대한 경제성이 없다고 생각되며, 보다 접근이 쉬운 신호처리부나 방사선 감시부에 우선 투자되어야 한다. 만일 방사선검출기 개발을 위한 기술적, 경제적 합의가 이루어진다면 대부분의 핵종을 검출할 수 있는 실리콘 반도체검출기와 같은 반도체검출기를 산·학·연이 통합된 종합적인 접근방법으로 개발할 수 있을 것이다.

신호처리부의 개발은 방사선계측기술 개발 분야에서 가장 매력적이고, 고부가가치를 보장하며, 타 산업 특히 전자산업의 기술에 파급효과가 클 것이다. 방사선검출기에서 나오는 신호는 미약하여, 이 신호를 해석하고, 기록하는데 정밀한 신호처리기술과 고도의 전자장치가 필요하다. 특히 방사선계측신호는

펄스의 수 뿐만 아니라, 펄스의 파고치와 펄스의 파형까지 분석되어야 한다. 신호처리부는 보통 출력신호를 증폭하는 전치증폭기 (preamplifier) 및 주증폭기 (main amplifier), 특정 파고의 펄스만을 선택하는 단일채널 파고분석기 (single channel pulse height analyzer), 미세한 잡음을 차단하여 유효한 신호만을 선별하는 파고선별기 (discriminater), 두 계통의 펄스 시간의 일치를 조사하는 동시계수 회로, 펄스의 수를 세는 스케일러 (scaler) 및 펄스 파고의 빈도분포를 자동적으로 해석하는 다중채널 (multichannel) 파고분석기 등으로 구성되며, 목적에 따라 이러한 기능을 수행하는 전자회로를 조합하여 구성한다. 전치증폭기는 개발하기에 가장 까다로운 부분이며, 방사선 검출기와 출력펄스 신호의 특성에 대한 이해가 수반되어야 하며, 검출기 개발과 복합적으로 이루어져야 한다. 미세한 신호를 증폭한 이후의 신호처리부는 국내 기술로도 충분히 개발이 가능한 분야이며, 또한 일반산업에서도 많은 개발 경험을 가지고 있다.

현재 국내에서는 신호처리부를 검출기와 함께 목적에 따라 필요한 회로를 조합하여 구입 사용하고 있다. 한국과학기술원 조규성 교수에 의해 초소형 계측기를 위한 다채널용 전하감응형 전치증폭기 (multichannel charge sensitive preamplifier)가 ASIC의 형태로 개발되고 있다. 또한 한국원자력연구소 황철규 박사 팀은 전치증폭기 및 주증폭기 등 주요 신호처리회로를 구입하고 일부 회로를 제작하여 설치, 사용한 경험이 있다 [3].

방사선검출기에서 나오는 출력신호는 아주 미세하며, 검출기의 특성에 따라 매우 다양하게 나타난다. 이러한 미약한 신호에 대해 잡음을 차폐하여 검출기 고유의 신호를 복원하기 위해서는 출력펄스의 신호 특성을 알아야 한다. 일반적으로 방사선 신호처리부는 방사선검출기의 미세한 출력신호를 보상하기 위

해 입력 임피던스가 높은 전치증폭기를 접속 시켜 미세한 전하펄스를 적분하여 전압펄스로 증폭하여 저 출력 임피던스회로로 신호를 보낸다. 전치증폭기는 pole zero 보상회로를 사용하여 RC 미분회로의 undershoot 현상을 막아준다. 이러한 전치증폭기의 가장 일반적인 구조는 전하감응형 전치증폭기(charge sensitive preamplifier)로 그림 1에서 보여주고 있다. 이 전하감응형 전치증폭기에는 미세 신호를 처리하기 위해 캐패시터(capacitor) 두 개가 달려 있으며, 이 캐패시터의 용량은 각 검출기에서 나오는 출력 펄스의 특성에 의해 결정되며, 이를 결정하는 기술이 전치증폭기 개발의 핵심기술이다.

주증폭기는 전치증폭기의 출력신호를 정형화된 펄스파형으로 만들어 단일채널 파고분석기로 보낸다. 주증폭기는 몇 개의 증폭loop, 파형을 정형화하는 필터, 적절한 시정수를 보상하는 clipping 및 보상회로로 구성되

며, 그림 2은 전형적인 주증폭기의 구성도를 보여주고 있다. 출력파형은 입력파고와 비례 관계이며, 출력펄스의 파형은 필터의 특성에 따라 결정되며, RC-CR 필터를 사용한 RC 파형, 자연회로를 사용한 지연선(delay line) 파형 및 low-path 필터를 사용한 Gaussian 파형 등이 있다. 따라서 잡음의 특성과 적절한 필터를 선택해야 원하는 출력펄스 파형을 얻을 수 있다. 단일채널 파고분석기는 입력펄스의 파고가 전압 E 와 $E + \Delta E$ 사이에 있을 때만 출력펄스를 내며, 이때 E 를 차례로 변경하면 ΔE 내의 전압을 가진 입력신호의 펄스파고 분포를 얻을 수 있다. SCA는 2개의 전압비교기와 역동시계수회로(autocoincidence gate)로 구성되며, 그림 3는 전형적인 SCA 회로를 보여주고 있다. 단일채널 파고분석기는 출력펄스의 timing취급법에 따라 zero-cross SCA와 constant-fraction SCA로 구분된다. 방사선 신호처리회로의 개발을 위해서는 출력펄스 신

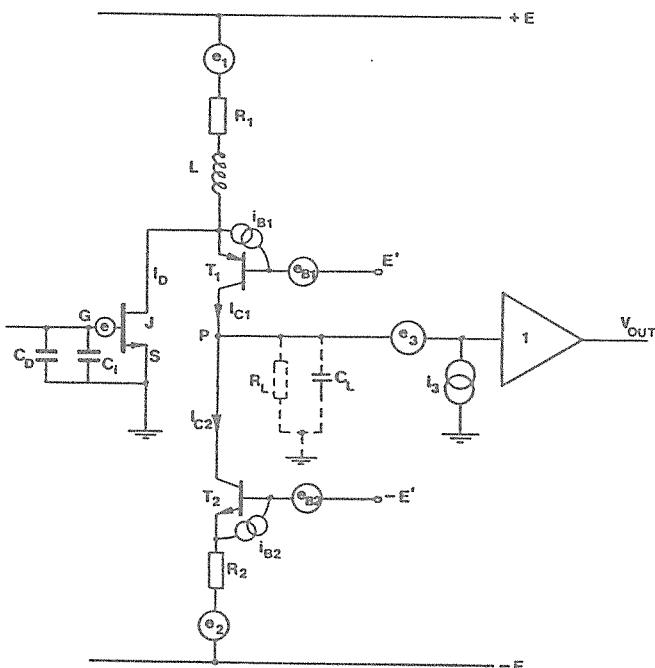


그림 1. 전하감응형 전치증폭기(charge sensitive preamplifier)의 구조 [1]

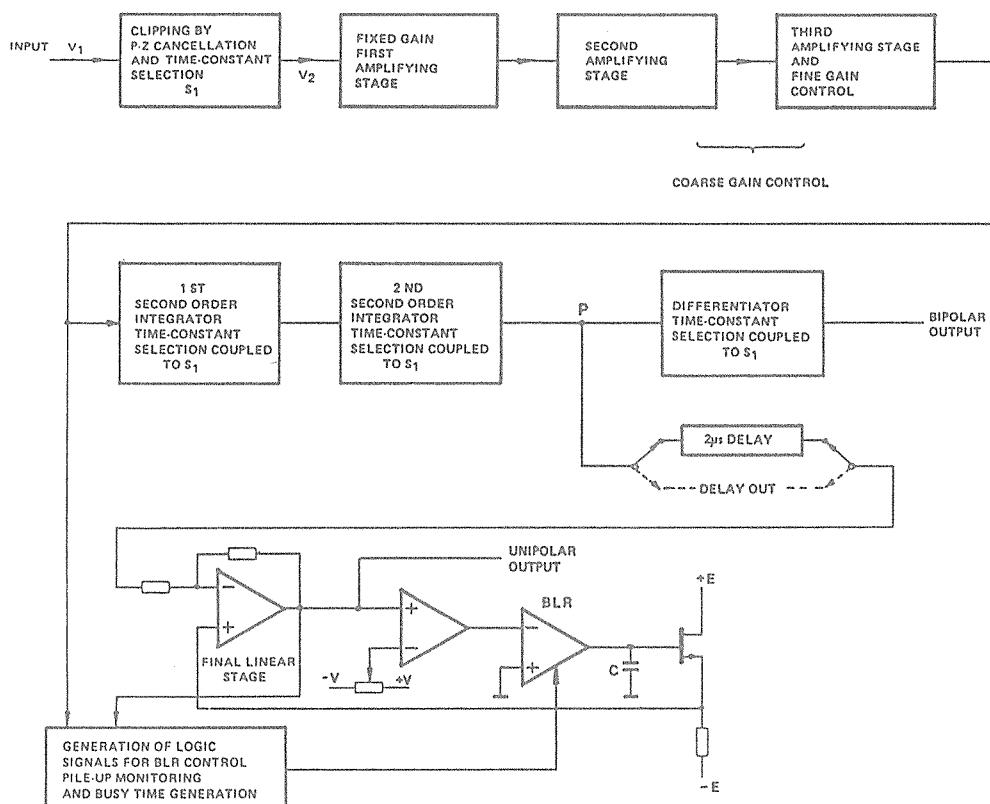


그림 2. 572 ORTEC 주증폭기 (main amplifier)의 구성 [1]

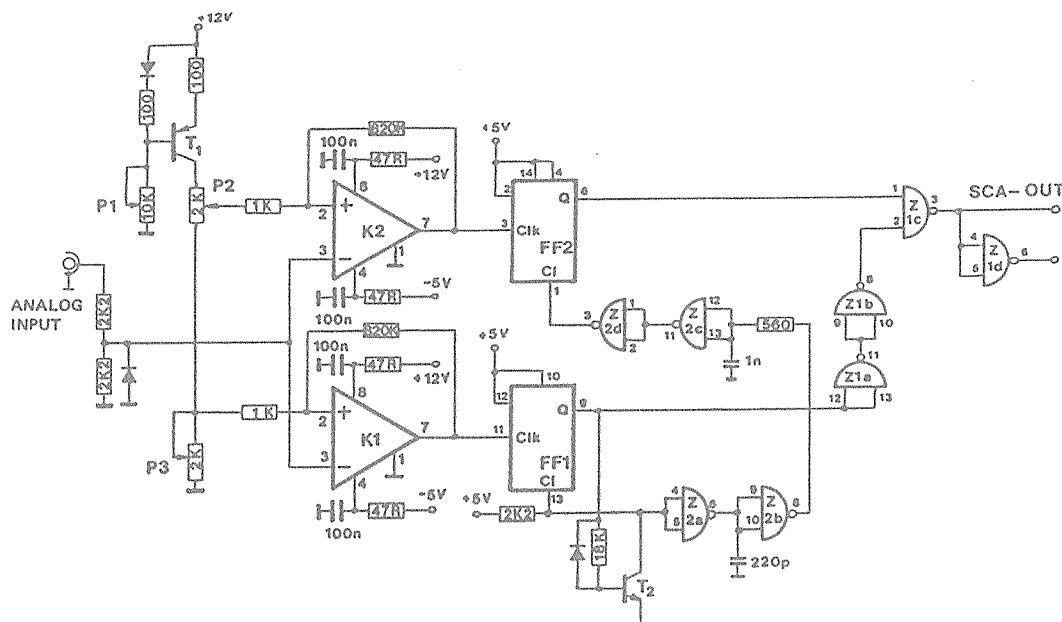


그림 3. 단일채널 파고분석기 (Single Channel Analyzer)의 구조 [1]

호의 특성이 파악되어야 하며, 잡음으로부터 신호를 보호하기 위한 잡음 제거기술, 필터링, 신호보상회로 설계기술 및 안정된 고정압을 검출기에 인가하는 기술 등이 필요하다.

다중채널분석기(multichannel analyzer)는 펄스진폭을 디지털 수로 변환하는 A/D 변환기(Analog-to-Digital converter)와 각 채널에 대한 디지털 수를 기록, 분석하는 분석기로 구성된다. MCA는 각 채널당 펄스빈도를 기록하여 펄스파고분포도를 표시하는 방법과 일정시간 간격에 따라 입력된 펄스의 수를 기록하여 펄스의 시간분포를 표시하는 방법 등으로 사용된다. A/D변환기는 Wilkinson-type의 변환기를 주로 사용하며, 이는 펄스의 첨두치에 해당하는 전압으로 충전된 케페시터의 전하를 일정한 전류로 방전시키므로서 펄스 높이에 비례하는 시간만큼 게이트를 열어 펄스 수를 통과시키면 펄스신호가 크력신호로 A/D변환이 된다. 그림 4는 전형적인 Wilkinson-type의

A/D 변환기를 보여주고 있다. 현재 MCA는 하나의 보드(board circuit) 형태로 개발되어 컴퓨터에 직접 연결되어 사용되고 있다. MCA를 개발하기 위해서는 펄스신호를 디지털 신호로 변환하는 기술이 확보되어야 한다.

방사선 감시부는 신호처리부에서 처리된 디지털 신호를 컴퓨터를 이용하여 목적에 맞게 기록, 표시, 저장 및 분석하게 한다. 방사선 감시부는 국내에서 가장 활발히 개발되고 있는 분야로, 이미 국내 기술이 자립되어 있다. 먼저 한국원자력연구소가 한국전력기술연구원과 공동으로 “일차 냉각재 방사능 연속감시장치 개발”을 시작으로, 삼창기업, 한국전력연구원 및 한국과학기술원의 공동작업으로 “고리원자력 주변 환경방사선감시장치 개발”을 비롯하여 [4], 한국원자력연구소 MMIS 팀에서 개발한 “소각로지역 방사선감시장치 개발” 및 “무선을 이용한 하나로지역 방사선 감시장치 개발”로 이어지고 있다. 그림 5는

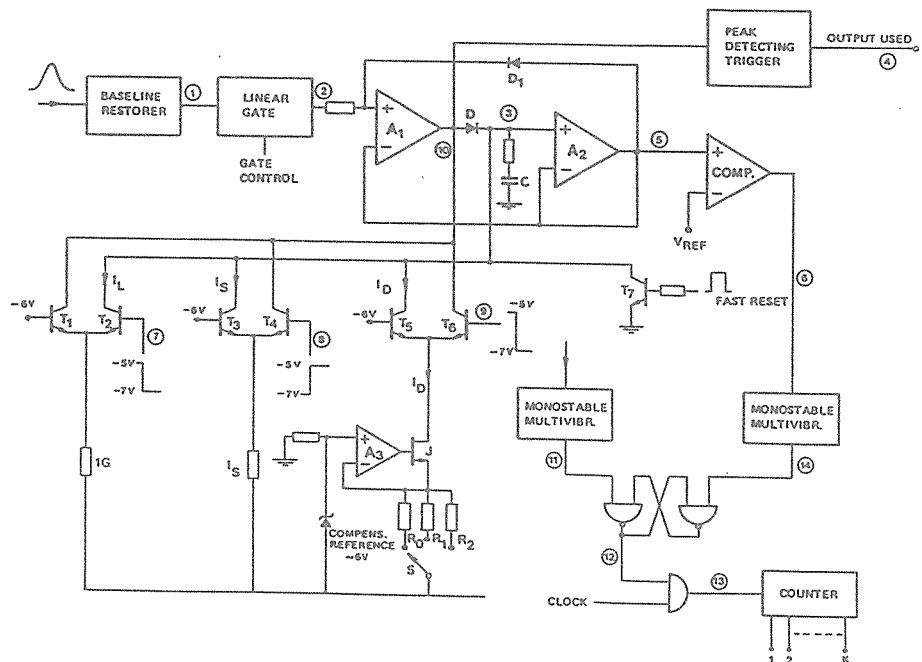


그림 4. 전형적인 Wilkinson-type Analog-to-Digital Converter (ADC) [1]

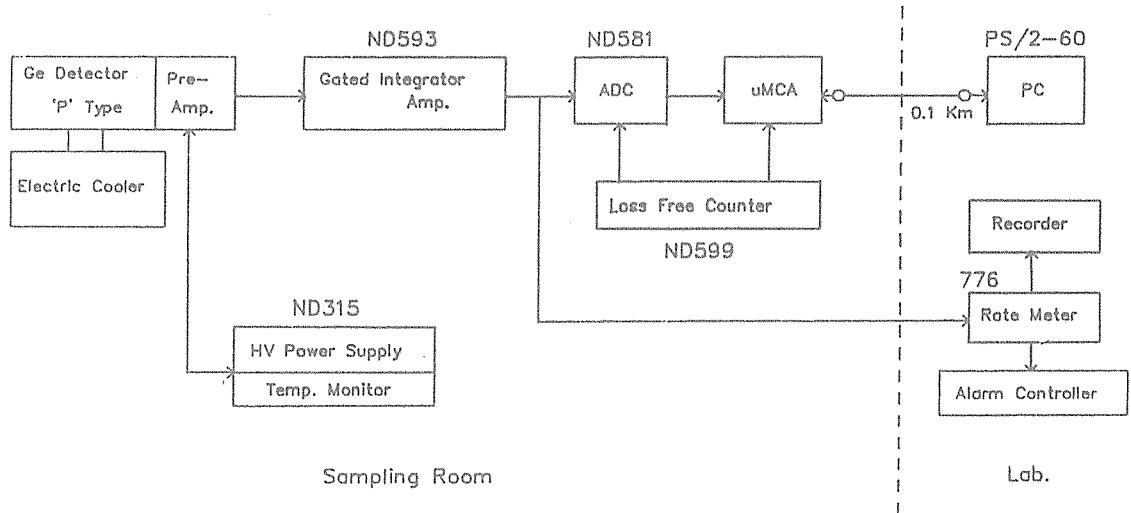


그림 5. 일차 냉각재 방사능 연속감시 및 분석장치의 구성 [3]

Radiation Monitoring System Configuration

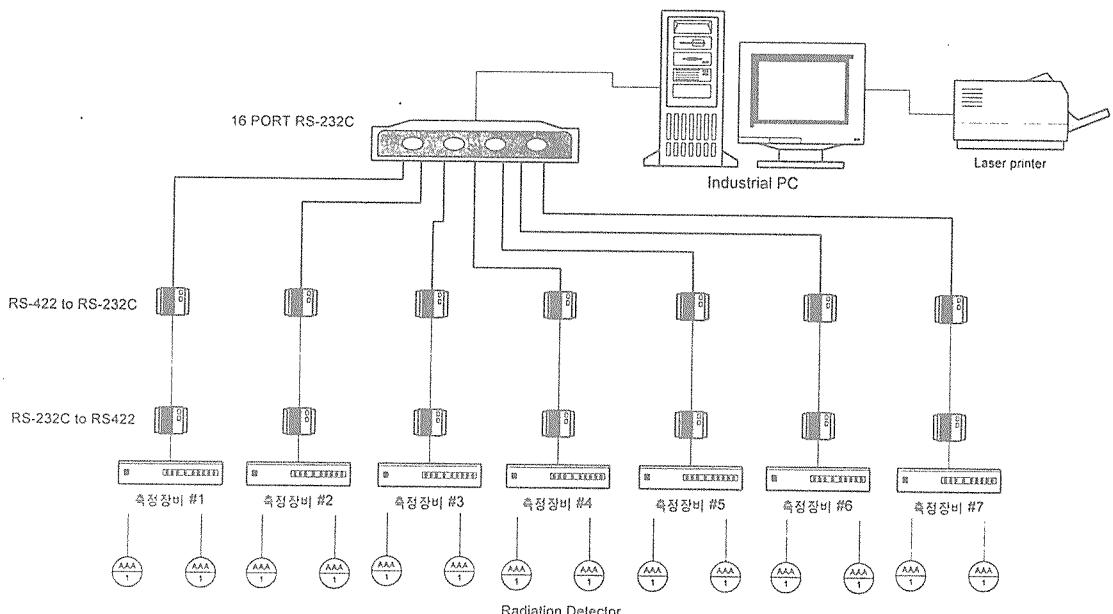


그림 6. 소각로 지역 방사능 감시 장치의 구성

일차 냉각재 방사능 연속감시장치의 구성을 보여주고 있다. 여기서 검출기와 구동장치 및 신호처리부를 자체 설계에 따라 직접 구매하여 설치한 것이 특징이다. 그림 6은 소각로 지역 방사선감시장치의 구성을 보여주고 있다. 여러개의 검출기로부터 입력된 방사능 신호가 측정장치에서 증폭되고, A/D 변환을 거쳐, RS-232C 전송포트로 전달된다. RS-232C를 통해 전달된 신호는 소각로 주제어실의 PC에서 표시, 저장, 분석 및 경보를 생성한다. 이러한 기술자립에도 불구하고 아직 국내에서는 방사선 감시장비를 계측장비와 통합하여 하나의 시스템으로 도입함으로서 많은 비용을 지불하면서도 장비의 개선 및 유지 보수에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

국내에 설치된 방사선계측 및 감시장비들은 설치된 지 10년이 지난 장비들도 있어 장비의 개선이 요구되고 있다. 그러나 대부분의 장비들이 외국에서 턴키(Turn-key)로 구입되

어 방사선 감시장비의 용량 증대, 장비의 개선에 많은 어려움을 겪고 있다. 그러나 현재 국내 기술로 설비 개선이 가능한 분야별로 교체해 나간다면 경제적 이득과 함께 기술 축적이 가능하여 장기적으로는 전체 방사선 계측 및 감시기술을 자립할 수 있을 것이다.

【참 고 문 헌】

- [1] IAEA, Selected Topics in Nuclear Electronics, IAEA-TECDOC-363, 1986
- [2] 주관식, 첨단기술, 물리학회, 97. 1, p 48-51
- [3] 황철규, 송명재 외, 일차냉각재 방사능 연속감시 장치개발, 한국전력기술연구원, 1990. 9
- [4] 최성수, 조규성 외, 고리원자력 주변 환경방사선 감시를 위한 방사선 측정기의 현장 성능 시험, 한국자동제어학회, 1997. 10, p 1371-1374

구인·구직 코너

우리협회는 직원을 구하는 단체회원사와 취업을 원하는 개인회원을 위하여 구인·구직을 알선해 드리고 있습니다. 항상 전화나 우편, FAX로 연락주시면 좋은 결실을 맺을 수 있도록 성심 성의껏 안내해 드리겠으니 많은 연락 바랍니다.

연락처 : 정보관리팀 최운석 <전화 : 02-566-1092 FAX : 02-566-1094>

구직자 명단

성명 코드	나이	성별	자격증	학력	희망직종	희망근무지역
12-4- 1	26	남	일반	대졸	직종무관	전국
12-4- 2	28	남	일반	대졸	직종무관	경기·충청
12-4- 3	26	남	일반	고졸	직종무관	광주
12-4- 4	27	남	일반	대졸	일반산업체	전국
12-4- 5	26	남	일반, 금속기사2급, 열처리	대졸	직종무관	전국
12-4- 6	25	남	일반	초대졸	직종무관	전국
12-4- 7	27	남	일반, 방사선사	대졸	일반산업체, 병원	경기·충청
12-4- 8	30	남	일반	초대졸	일반산업체	전국
12-4- 9	28	남	일반	초대졸	일반산업체	서울·경기
12-4-10	26	남	일반, 방사선사	대졸	직종무관	전국