

'99 춘계학술발표회 논문집  
한국원자력학회

## 핵시설 출입통제 감시장비에 관한 연구

# A Study on Surveillance Equipment at the Exit/Entry Control Point of Nuclear Facility

박춘성, 김동영, 차홍렬, 김호동, 홍종숙

한국 원자력 연구소  
대전광역시 유성구 덕진동 150

### 요 약

핵물질을 취급하는 시설의 출입통제는 방사선 안전관리 측면에서뿐만 아니라 핵시설의 물리적 방호를 위해서도 필수적이다. 최근의 물리적 방호 체제 권고사항에 맞는 출입통제 시스템을 갖추기 위해서는 사람이 휴대하거나 다른 장비를 통해 밀반출이 가능한 출입구에는 핵물질의 반입 및 반출을 감시하고, 금속성 물질의 통과 및 비정상 상태여부를 연속적으로 모니터링할 수 있는 감시 장비가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 요구조건에 맞는 출입 통제 감시장비를 개발하였다. 출입 통제 감시 장비는 금속탐지, 방사선 신호 계측, 카메라로 구성되어 있고 PC와 인터페이스를 통하여 실시간 모니터링이 가능하도록 설계하였다. 실제 실험을 통해 금속탐지, 방사선 신호 계측 및 영상처리를 통하여 비정상 상태를 판별할 수 있는 장비임을 확인하였다.

### Abstract

Exit/Entry control is an essential measure at both entrances of the protected area and vital area of nuclear facility at which physical protection is required under the relevant laws and regulations. Especially, when there are heavy traffics of personnel and process equipment in those areas, automated surveillance devices have to be introduced to timely and efficiently screen out internal and external adversaries from achieving their goals of stealing of nuclear material and/or sabotage of the facility. The major portion of this study involves with integration and processing of signals from radiation detector, metal detector, and image monitor. This integrated device together with positive personal identification device which will be reinforced in near future would contribute to the establishment of total exit/entry control point of nuclear facility.

## 1. 서론

원자력 시설의 출입 통제는 물리적 방호 시스템의 일부분으로써 주요 핵물질에 부여된 국내외적인 의무이행 차원에서 필수적으로 고려되어야 할 주요 요소이다. 따라서 외부 또는 내부 불순 분자들에 의해서 발생할 수 있는 도난, 사보타지 및 비합법적인 결취 등을 감안하여 이를 사전에 저지시킬 수 있는 기능들을 포함하고 있어야 하고 동시에 정상적인 핵 활동에 대한 방해는 최소화 되도록 수립되어야 한다.

핵물질 취급시설이나 핵물질이 출입 가능한 대상 영역의 감시는 허가되지 않은 물질의 시설 내 밀반출입과 같이 정상적 상황이 아닌 경우의 감지가 가능하여야 하나, 현재까지 단지 시설 내 사람의 출입여부와 출입보고를 위한 카메라 녹화 및 방사선 오염 모니터링등 각기 다른 기능을 가진 장치들이 독립적으로 작동되기 때문에 장치의 특성이 노출되면 실제로 핵물질의 이동여부와 어떤 물질의 출입상황을 감시하는 기능은 무용지물이 되고 만다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 각기 다른 기능을 가진 검출장비를 통합시스템으로 설계하여 동시에 가동되어야 한다. 또한 출입통제 구역의 비정상 상태를 실시간으로 추적하고 녹화하는 통합 감시 시스템은 유보하고 있는 실정이다.

따라서, 출입신호 뿐만 아니라 핵물질의 출입통제에 대한 연속적인 검색과 차폐된 방사성물질의 모니터링도 가능하며 방사성물질의 출입여부와 금속물질의 통과여부를 통합하여 판단할 수 있는 출입 통제 장비를 제작하고 카메라와 일체화하여 비정상적인 상황 여부를 단시간내 판단하여 이에 대한 대응조치가 가능한 부서에서 신속하게 전달되어 침입자의 목적 달성을 저지하는데 기여한다.

본 연구에서는 방사선 신호와 금속탐지 및 영상신호를 일체형으로 처리할 수 있는 핵시설의 출입통제 시스템용 감시장비를 개발하였다. 취득된 감시 데이터는 PC와 인터페이스를 구축하여 GUI 환경을 통해 분석, 처리된다. 개발된 감시 장비는 비정상 상태를 False alarm 발생률을 최소화한 상태에서 추적해서 판단할 수 있는 성능을 평가할 수 있었으며, 향후 핵시설 출입통제 시스템으로 통합 운영이 가능하다.

## 2. 출입 통제 감시 장비의 기능

핵시설의 출입 통제 감시 시스템으로서 활용될 통합 감시 장비는 금속물체의 탐지 기능, 광학센서를 이용한 출입 여부 판단, 방사선 신호 계속 기능 그리고 영상신호 획득기능이 포함되어 있다. 또한 감시 프로그램에 의해 PC와 연계하여 통합 신호를 실시간으로 모니터링 한다. 그림 1은 통합 감시 시스템의 전체 구성을 보여준다.

### 2.1 금속 탐지 기능

금속탐지장비는 보안관련 시설에서 출입통제를 위하여 일반적으로 사용되고 있는 문형금속탐지기를 설계 제작하였다. 문형금속탐지기는 비금속으로 된 무기류를 탐지하기 위한 기능과 통과하는 인원수를 파악하는 카운터 기능을 갖고 있으며, 전자펄스를 사용하는 중앙처리장치 탐지방식으로 되어 있어서 성능이 우수할 뿐만 아니라 타 장비와의 통합확장이 가능하다. 장비의 구성은 크게 금속탐지 코일, 광학센서, 신호처리회로로 나눌 수 있다. 금속탐지 코일은 송신코일 및 수신코일로 되어있으며, 송신코일에서 방생된 자계가 수신코일에서 감지된다. 금속 및 비금속이 지나가면 수신코일에 유도되는 자계가 변화되고 그 변화분을 증폭단을 거쳐 검출함으로써 금속을 탐지하게

된다. 적외선소자를 이용한 광학센서는 5KHz 펄스파로 적외선을 송수신하여 사람의 통과 여부를 탐지한다. 신호처리회로는 송신코일 및 광학센서의 송신부에 펄스를 공급하는 한편 수신된 신호를 처리하여 TTL 펄스를 발생한다. 이 금속탐지기는 시간당 3600명 이상의 인원 파악을 할 수 있으며, 100단계의 감도조절에 의해 미량의 물체도 파악 할 수 있도록 제작하였다. 그림 1은 금속탐지기의 동작 계통을 나타낸 것이다.

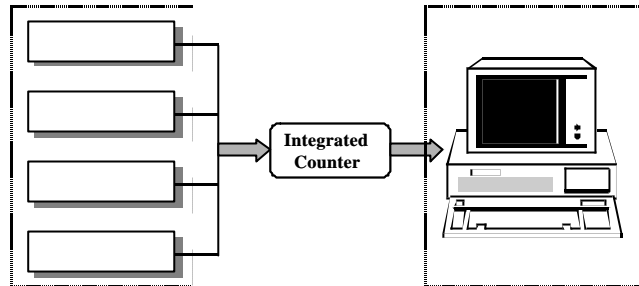


그림 1 통합 감시 장비 시스템의 전체 구성

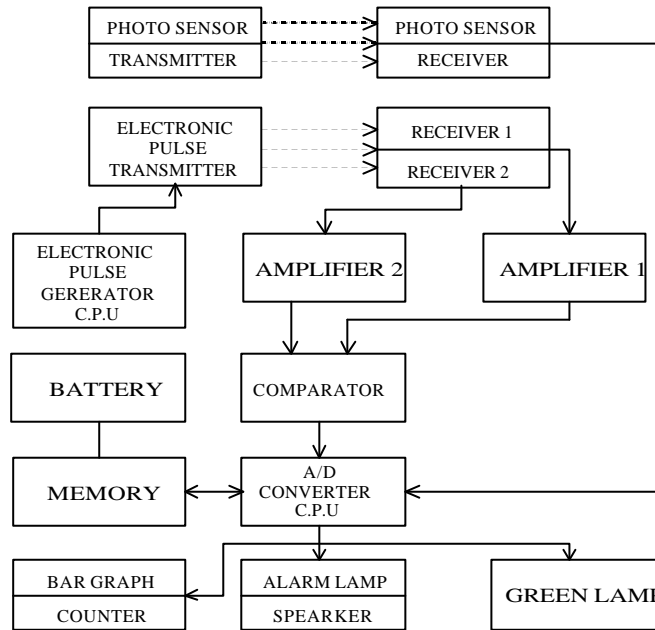


그림 2 금속 탐지기의 동작 계통도

## 2.2 방사능 검출 기능

방사선 검출기는 플라스틱 Scintillation, PMT tube, 신호처리회로로 구성되어 있다. 방사선이 Scintillation을 지나가면 빛이 발생하며 이 빛은 PMT에 검출되고 신호처리장치에 의해 TTL 펄스가 만들어진다. 그림 3은 방사선 신호 계측기에서 처리되는 신호처리 과정을 알 수 있는 내부 구성도면이다. 또한 모든 조작 및 방사선 신호의 감지여부를 PC를 통해서 할 수 있도록 인터페이스를 설계하였다. 주변 백그라운드 방사선 준위에 따라 민감하게 반응을 보일 수 있도록 백그라운드 방사선 준위 조절이 가능하게 하였으며, 설정된 준위보다 높은 준위의 방사선 신호가 감지되면 경보 신호가 울리도록 하였다. 계측된 방사선 신호의 세기는 초장 계측수(Count/sec)로서 PC에서

모니터링한다.

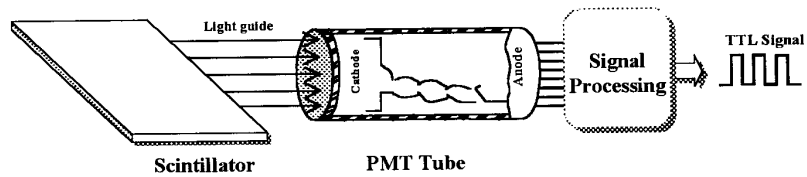


그림 1 방사선 신호 검출 처리도

### 2.3 영상 신호 처리 기능 및 PC와의 인터페이스

핵물질 구역의 영상 신호는 높이 2미터에서 30도 각도로 10미터 이내의 물체를 볼 수 있는 Dome식 카메라를 사용하여 감시장비와 일체화하여 연속적으로 처리된다. 여기서 얻어진 영상신호는 고해상도의 정지영상과 동영상으로 처리되고 실시간으로 PC에서 모니터링한다. 금속탐지센서 및 방사선 계측 센서로부터의 계측신호도 DAQ(Data Acquisition) 카운터를 거쳐 PC에 입력된다. 금속탐지센서로부터의 신호는 사람이 지나 갔을 지의 여부(On/Off), 금속이 통과했을 지의 여부(On/Off)이며 방사선 계측 장비로부터의 펄스는 카운터에서 개수된 일정시간 동안의 펄스수가 PC로 입력된다.

### 3. 감시 프로그램

통합 감시장비를 운영하기 위한 소프트웨어를 개발하여 실시간으로 감시장비에 의한 동작 특성을 모니터링 하였다. 개발된 소프트웨어는 CCD Snap Image, CCD Live Image, 그래프 창 및 데이터 창으로 구성되어 있다. CCD Snap 영상은 0.5초마다 포착된 이미지를 보여주며 CCD Live 영상은 어떤 대상의 움직임이 포착되었을 때 현재 영상을 동영상으로 보여준다. 그래프 창은 그림 4에서와 같이 광학센서에 의한 출입여부 판단, 금속탐지여부 판단 그리고 방사선 신호 계측 결과를 그래프를 통해서 보여준다.

각각의 센서에서 입력되는 데이터는 그림 5와 같은 체계로 처리된다. 먼저 영상신호는 일정한 시간 간격으로 정지영상으로 처리되어 움직임이 있는지 여부를 판단한다. 어떤 움직임이 있을 경우 수신된 정지영상을 저장하며 동영상 저장을 시작한다. 금속탐지 장치의 광학센서로부터 신호가 있는 순간(사람이 지나감) 동영상의 저장은 중단된다. 금속탐지센서로부터 신호가 있거나(금속을 갖고 지나감) 카운터를 통한 방사선 계측장비로부터의 펄스수가 일정한 값(Threshold value) 이상일 경우(방사선 물질을 갖고 지나감) 동영상 파일은 보관되며 그렇지 않은 경우 폐기된다. 정지 영상 파일의 경우 크기가 비교적 작으므로 원하는 경우 보관하거나 폐기할 수 있으며, 금속탐지장비 및 방사선 계측장비의 데이터는 그 크기가 작으므로 모든 데이터를 보관한다. 이들 모든 데이터는 시간에 대해 동기화 되어 저장되므로 후에 유기적으로 확인할 수 있다.

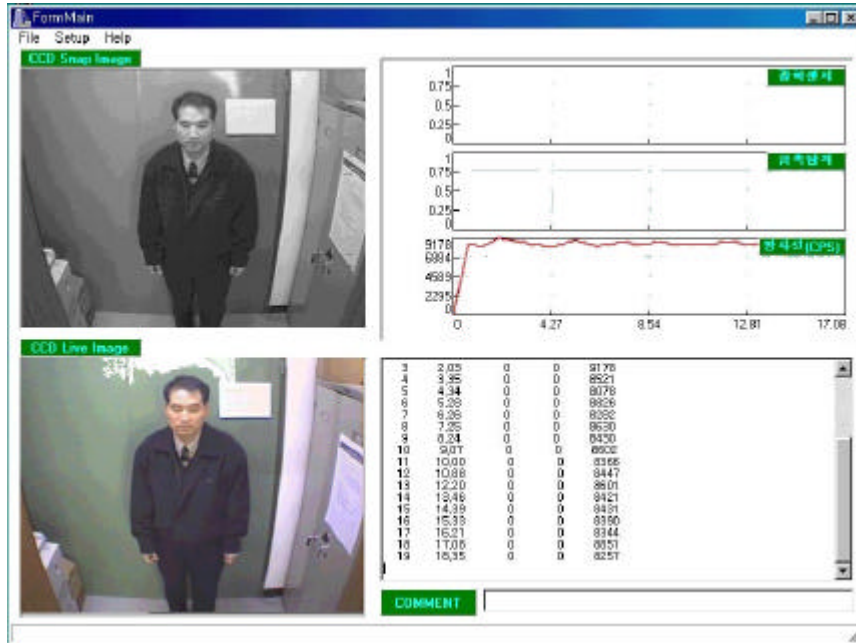


그림 4 감시 소프트웨어의 기본 화면

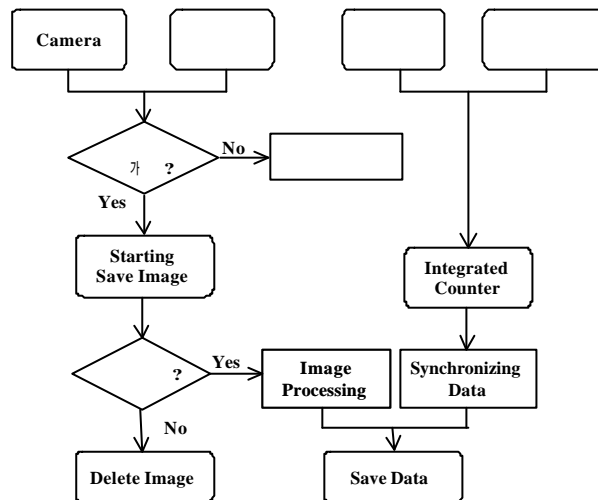
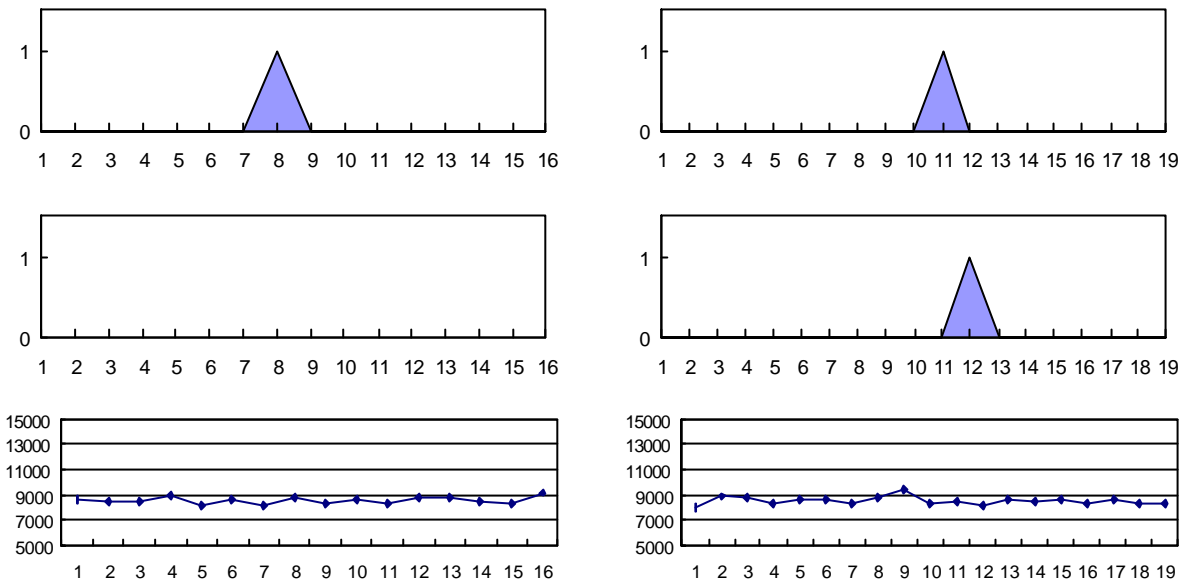


그림 5 감시 신호 처리 계통도

#### 4. 통합 감시 장비 시스템의 성능 실험

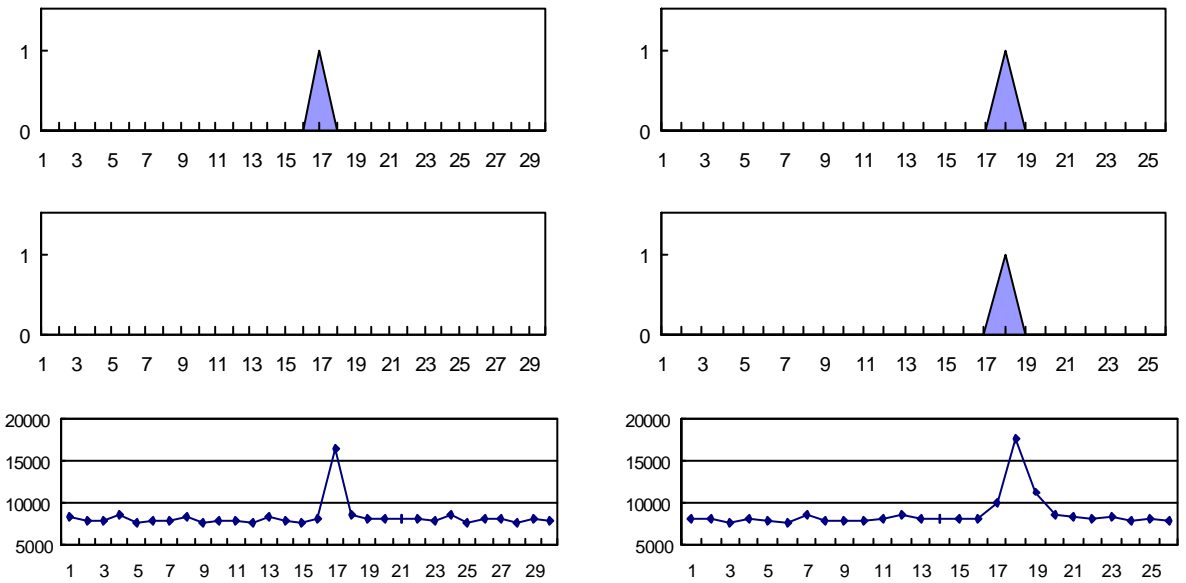
통합 감시 장비와 이를 실시간으로 모니터링 가능하도록 개발된 소프트웨어를 이용하여 실제 실험을 수행하였다. 감시 장비 성능을 평가하기 위해 크고 작은 금속물체를 가지고 통과하거나 방사선 물질을 갖고 통과할 경우, 그리고 차폐된 방사선 물질을 가지고 통과할 경우에 대하여 보통 속도의 걸음 및 빠른 속도를 출입하였을 경우에 대하여 각각 실험을 수행하였다. 표 1은 연속적으로 금속물체 및 방사선 물질을 가지고 출입하는 경우에 대하여 실험한 결과 데이터이고 그림 6은 (a) 어떤 물체도 소지하지 않은 일반 출입자의 경우, (b) 금속물체만 휴대했을 경우, (c) 방사선 신호가 Background 이상의 상황이 발생하는 출입자의 경우, 그리고 (d) 이 세가지 경우를 모두 포함한 출입의 경우에 대한 신호 계속 결과를 그래프로 보여주고 있다. 각 센서로부터의 데이터는

영상 신호와 함께 동기화되어 정지영상 또는 임의로 정한 threshold 이상의 값에서는 동영상으로 저장되어지며 그로부터 모든 출입 상황을 판단할 수 있었다.



(a) 사람만 통과한 경우

(b) 금속물질만 가지고 통과한 경우



(c) 방사선 물질만 휴대 통과한 경우

(d) 금속 및 방사선 물질 휴대 통과한 경우

그림 6 감시장비 성능 실험 결과

#### 4. 결론

핵물질을 취급하는 시설의 방사선 안전관리 측면에서뿐만 아니라 시설의 물리적 방호에 필수적인 출입통제 시스템을 위한 감시장비를 개발하고 성능검사를 위한 실험을 프로토타입으로 개발된 감시신호 모니터링 프로그램에 의해 수행하였다. 감시장비는 금속탐지기능, 방사선 계측기능 및 영상신호 처리 기능을 포함한 센서로 구성되었으며, 장비간 인터페이스를 위한 카운터에 의해 PC

와 통합 제작되었다. 성능 실험 결과 모든 시나리오에서 비정상상태를 판별할 수 있었으며 금속물체, 방사선 물질 혹은 차폐된 방사선 물질 등의 통과 여부를 정확하게 진단할 수 있었다.

원자력 시설의 투명성과 안전 조치성을 통한 신뢰도 확보와 핵물질의 출입통제 감시 및 사보타지 방지를 위한 물리적 방호 체제 확립은 중요하므로 본 장비는 원자력시설의 감시 시스템으로 적용될 예정이다. 이를 위해 출입 통제 시스템의 개량과 관련 소프트웨어 개발의 지속적인 연구가 필요하다. 또한 출입자 및 출입 물체의 인식을 위한 인공 지능형 알고리즘 개발을 계획하고 있다.

## 5. 참고문헌

- [1] The Physical Protection of Nuclear Material, INFCIRC/225/Rev. 3, IAEA, 1993
- [2] CASDAC System, Y. Yamamoto and K. Koyama, JAERI-M 93-055, JAERI, 1993

표 1 감시장비 실험 결과 데이터

Run	경과시간(s)	광학	금속	방사선
1	0.66	0	0	464
2	1.38	0	0	108
3	2.03	0	0	1145
4	2.75	0	0	315
5	3.46	0	0	365
6	4.18	0	0	305
7	4.84	0	0	1038
8	5.55	0	0	416
9	6.26	0	0	295
10	6.98	0	0	349
11	7.69	0	0	509
12	8.35	0	0	1047
13	9.07	0	0	326
14	10.44	0	0	421
15	11.43	1	1	0
16	12.96	0	0	369
17	14.23	0	0	591
18	15.11	0	0	892
19	15.99	0	0	1517
20	16.92	1	0	3557
21	18.24	0	0	3059
22	19.50	0	0	1686
23	20.32	0	0	1585
24	21.20	0	0	198
25	22.03	0	0	1056
26	23.35	0	0	832
27	24.11	0	0	512
28	24.83	0	0	452
29	25.54	0	0	778
30	26.26	0	0	233
31	27.03	0	0	804
32	28.84	0	0	415

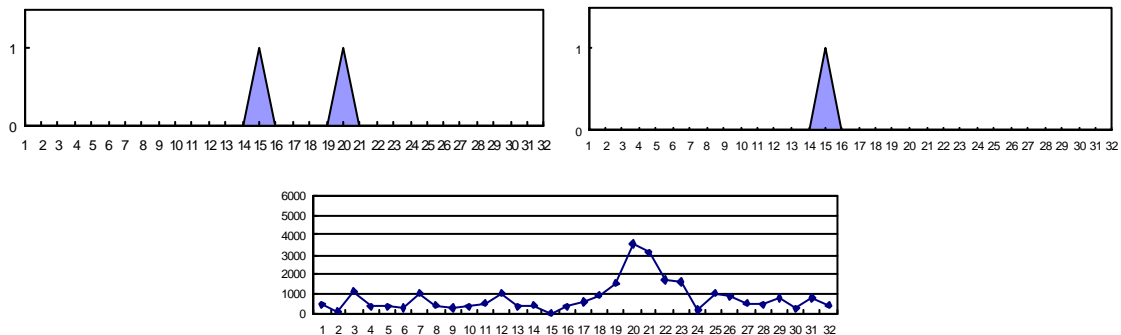


그림 7 감시장비 성능실험 결과 (금속 및 방사선 물질 연속 통과)