

# Development of Unmanned Remote Radiation Detection Module

Bo-Seok Chang\*

Department of Radiological Science, Gimcheon University

Received: October 08, 2021. Revised: November 26, 2021. Accepted: November 30, 2021

## ABSTRACT

The designed drone-based unmanned remote radiation detection module was developed according to the needs of the nuclear power plant decommissioning workshop. Using the Geiger-Mueller tube sensitive to low-level radiation measurement, It was manufactured to measure the amount of radiation leaking into and out of the containment vessel. The drone-based radiation detection module weighs less than 200g, It can be operated inside and outside the containment vessel of a nuclear power plant. To check the performance of the designed equipment, a performance evaluation test was conducted with reference to the international standard (IEC-60864). The stability of the radiation detection module designed to meet the needs of the field the statistical rate of change by repeated measurements in the rate of change experiment to evaluate the measurement accuracy was  $\pm 4.6\%$ . The accuracy  $\pm 7.3\%$  in the linearity experiment to evaluate the dose rate dependence, the linear The figure satisfies the international performance evaluation standard of  $\pm 3.5\%$ . The radiation detection module developed in this study is a customized equipment for a nuclear power plant dismantling workshop. It will be helpful for accurate measurement of space dose rate and safety management of radiation worksites in sites with a lot of radiation dust.

Keywords: Unattended remote, Radiation detector, Space dose rate

## I. INTRODUCTION

고리 원전 1호기를 시작으로 10년 이내 국내 운용 원전 중 12기 원전이 해체될 예정이며 국외에서는 원전 450기 중 약 150기 원전이 영구정지를 계획하고 있다<sup>[1]</sup>. 현재 원전 해체 작업으로 방사화된 구조물이 복잡한 해체 작업장에서 예상치 못한 피폭 사고가 발생할 수 있으므로, 사전에 사고를 예방하고 방지할 수 있는 현장 맞춤형 방사선 검출기 개발의 필요성이 요구되고 있다. 현행 원전 환경 방사능 감시 체계는 고정된 장소에 방사선 검출부를 설치하는 방식과 차량용 방사선 검출기를 설치하여 이동식 탐지 방식이 있다. 고정식 경우 감지 센서가 설치된 반경 내에서만 탐지가 가능하므로 원전에서 누출된 방사선의 위치를 실시간으로 정확하게 검출하기 어려우며, 이동식 차량 검출기의

경우, 이동 영역 밖에서는 탐지의 어려움이 있다<sup>[2,3]</sup>. 또한 방사선 종사자가 방사선 검출기를 손으로 들고 이동하면서 측정하는 현행 이동형 방사선 측정 방식은 원전 해체 작업장에서는 많은 제약이 있다. 원전 해체과정에서 발생하는 방대한 방사성 폐기물의 경우 저준위 방사성 폐기물이라도 피폭의 우려가 있으며, 특히 고층이나 난간 등 작업자가 접근하기 어려운 장소에서 측정이 불가능하다.

또한 같은 구역 내부 및 외부라 하더라도 핵폐기물에 의해 오염된 정도와 범위가 다르므로 사람이 접근할 수 없는 격납용기 상부 및 고준위 방사화 지역 등에서는 접근 측정이 불가능하다. 최근 후쿠시마 원전 사고 이후 방사능 유출 사고 현장의 방사능 모니터링을 위해 로봇 방사선 검출기를 운용하는 방법과 드론을 이용한 방법이 대두되고 있다. 후쿠시마 원자력 발전소 사고 이후 방사능 환경 모

\* Corresponding Author: Bo-Seok Chang

E-mail: yiktus153@daum.net

Tel: +82-54-420-4046

니터링을 위해 무인 원격 헬기 감시 시스템을 최초로 운용하여 사람이 접근하기 어려운 상공 또는 고준위 지역에서도 효율적인 방사선량 측정을 하였다<sup>[4,5]</sup>. 그러나 후쿠시마 원전 사고에서 사용된 무인 드론에 탑재한 NaI(Tl) 섬광 검출기 경우 허용 한도 내에서 방사선량을 20~30% 정도 과대 평가되어 정확도가 떨어진다는 보고가 있었다<sup>[6]</sup>. 드론에 탑재한 섬광 검출기의 경우 모듈의 두께에 의한 기하학적 구조로 인해 3차원적 공간에서 측정되는 공간선량률을 과대평가 될 수 있는 문제가 있다. 좀 더 개선된 방법으로는 감마선 측정용 소형 분광 검출기를 드론에 장착해서 광역 부지의 항공 방사선 탐사 시스템 개발 연구가 있었다<sup>[7]</sup>. 원전 사고 및 광역부지의 방사선 모니터링을 할 수 있는 다목적 시스템으로 개발되었지만 6kg 정도의 무거운 분광 검출 장치를 드론에 장착하기 때문에 990급 이상의 고가의 대형 드론만 이용해야 한다는 단점과 운용상 페이로드(payload) 드론 부착형 방사선 검출기의 원활한 운용을 위해서는 방사선 검출 장치 무게를 줄여야 하는 페이로드 문제가 발생하는데 이를 해결하기 위한 연구가 지속해서 요구되고 있다<sup>[8]</sup>. 상용화된 드론을 기반으로 장착되는 섬광 검출기 또는 분광 분석 장치의 경우 방사선 검출기 모듈 등의 무게가 3~6kg이며, 비교적 무거운 무인 원격 방사선 검출기를 운용을 계획할 때는 반드시 페이로드 문제를 해결해야 공중에서 지속적인 모니터링 및 운용을 할 수 있다. 국내에서는 고리1호기를 시작으로 원전 해체작업이 승인되었고, 2030년까지 국내 10여 기의 원전이 해체 될 예정임에도 불구하고, 원전 해체 현장에서 작업자를 방사선 피폭으로부터 보호하고 사고를 사전에 방지할 수 있는 원전 해체 작업장 맞춤형 방사선 검출 장비는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원전 해체 작업장의 요구를 반영해서 드론 기반 무인 원격 방사선 검출 모듈을 설계하였다. 원전 해체 작업장에서 요구되는 무인 원격 방사선 검출 모듈을 개발하고자 선행 연구에서 나타난 문제점 등을 해결하기 위해 경량의 기체 전리 선량계 GMT(Geiger - Mueller tube)를 이용하여 자연 방사선(background) 환경하에서 미세하게 증가하는 방사선을 감지할 수 있는 작업장 맞춤형 방사선 계측 모듈을 제작하였다. 원전 해체

작업장 상공에서 자연 방사선과 누설되는 방사선량의 미세한 환경 변화를 감지할 수 있는 고감도 GM 센서에 적합한 신호 처리 장치를 설계하였다. 본 연구는 원전 해체 작업장에서 요구되는 무인 원격 방사선 검출 모듈을 개발하여, 성능 평가 확인을 위해 실험을 진행하였다. 개발한 경량의 무인 원격 방사선 검출 모듈은 원전 해체 작업장에서 작업자를 보호하고 피폭 사고를 사전에 방지하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 작업장 맞춤형 방사선 검출 모듈 제작

원전 해체 작업장 맞춤형으로 설계된 무인 원격 방사선 검출 모듈의 신호 처리 회로에 사용한 중앙처리장치(Micro Control Unit, MCU)는 Microchip사의 PIC18F67J94, 8-Bit Flash Microcontroller 이며 16 MIPS(Million Instruction Per Second)의 처리 속도와 ADC(Analog digital converter), serial I/O, Timer 등 다수의 내부 Peripheral을 내장한 저전력 MCU이다. 마이크로프로세서는 GM 검출기의 전압 운전과 센서의 신호를 처리하며 배터리 전원감시와 LCD 표시장치와 Back light 기능을 제어한다. Fig. 1은 원전 해체 작업장 맞춤형 초경량 방사선 검출 모듈의 신호 처리 모식도이다. 고전압 제어부는 방사선 강도에 따라 고전압 전원의 부하가 커져 고전압 전압이 감소하는 현상을 보완하기 위한 것으로 고전압 감시부에서 방사선 센서에 공급되는 고전압을 실시간으로 감시한다. 신호 처리부는 방사선 센서로부터 출력되는 아날로그 출력신호를 디지털로 변환한 후 마이크로프로세서로 전달하며 방사선 센서의 계수값을 선량률로 환산한다. GMT는 원전 해체 작업장 특성상 잠재된 위험도를 사전에 감지하기 위해 미국, NLD, Incorporated 사의 고감도 에너지 보상형 GM 센서 (모델명 NLD-7317)를 사용하였으며, 측정 범위는 0.1 uSv/h ~ 1000 uSv/h이다.

Fig. 2와 같이 표시창은 드론에 부착된 카메라로 실시간 모니터링 하기 위해 기존의 상용화된 서베이미터 보다 2~3배 큰 LCD (48 mm × 30 mm) 표시창을 사용하였으며 주간 및 야간에도 운용하기 위

해 상시 Back light 기능을 추가하여 계측기 LCD 표시창에 기록되는 방사선 수치는 드론 카메라를 통해서 실시간으로 전송할 수 있게 제작하였다.

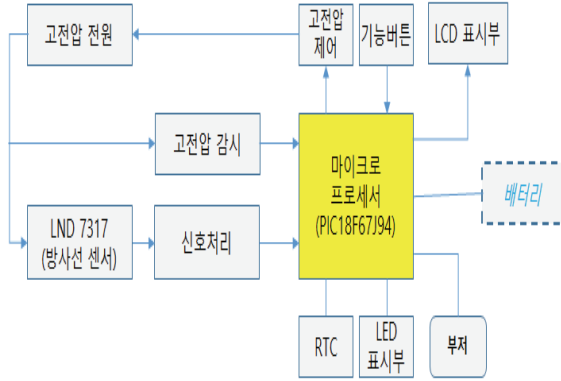


Fig. 1. Schematic diagram of signal Processing in radiation detection module.

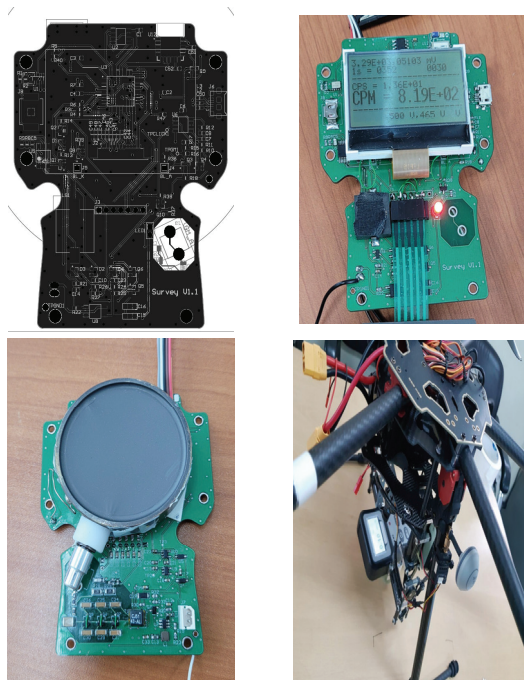


Fig. 2. Image of drone-coupled radiation detector module.

일반적인 GMT 특성 중 단점은 방사선 에너지에 따른 출력 변동이 발생하는데 이를 보상하기 위해 반경 25 mm 크기의 입사창 겉면에 납(pb) 1 mm 두께의 에너지 필터를 설치하여 에너지 간섭을 제거하였다. 전체 방사선 검출기 모듈 무게는 200 g 미만으로 원전 해체 작업장 격납용기 내부, 외부에서도 비행이 가능한 상용화된 중소형 드론에 탑재가

가능한 경량 무게로 제작하였다.

## 2. 방사선 검출 모듈 성능 평가 실험

제조사 권고 사항에 따라 방사선 계측장치의 검교정 시행 기간은 6개월~ 1년이지만 본 연구에서 제안한 실험 방법을 통해 사용 중인 계측기의 고장 및 이상 유무 등, 진행 중인 상태를 교정 기간에 상관없이 확인할 수 있다. 방사선 계측기의 성능평가를 위해 국내외에서 실시하는 검사 중 가장 중요한 테스트가 변동률과 선형성 실험이다. 본 연구에서 무인 원격 방사선 검출 모듈의 이상 유무 및 성능평가를 위해 방사선 검출기 국제 기준 IEC(International Electro technical Commission) 60846을 적용하였으며, 방사선 계측의 안정성과 검출 장치의 정확도를 확인하기 위해 변동률 실험과 선형성 실험을 시행하였다<sup>[9,10]</sup>.

### 2.1 측정 정확도 평가를 위한 변동률 실험

계측기의 측정 성능이 일정하게 유지되는지 정확도를 평가하기 위해, 표준 선원 <sup>137</sup>Cs, 1 uCi를 방사선 검출 모듈 중심으로부터 계측기 출력값이 1 uSv/h 미만으로 되도록 선원 거리를 조정된 후 고정된 위치에서 2분 간격으로 10회 반복 측정을 통해 측정 횟수에 따른 선량률의 변화를 확인하였다. 측정값의 통계적 변화량을 확인하기 위해 국제 기준 (IEC 60846)을 적용하여 변동계수를 산출하였으며 Eq. (1)과 같다<sup>[9]</sup>.

$$V = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

$X_i$  : 측정값  
 $n$  : 측정회수  
 $V$  : 변동계수

Table 1은 선량률 측정 정확도를 평가하기 위해 동일한 환경하에서 2분간 10회 반복 측정하여 변동계수를 나타내는 도표이다. 측정값에 대한 통계적 분산계수를 적용하였으며, 계측기 측정 성능의 한계를 변동률로 표시하였다. 저준위 영역에서 허용 가능한 감마선 검출기의 통계적 변동률은 국제 기준 (IEC 60846)을 적용하여 15% 미만에서 사용할 수 있다<sup>[9,10]</sup>.

Table 1. Test of the coefficient of variance according to 10 replicates

No.	Elapsed Time (min)	Record Dose Rate (uSv/h)	Mean	Stdev.S	Coefficient of Variation (%)
1	2	0.95	0.977	0.045	4.6
2	4	0.98			
3	6	1.03			
4	8	0.96			
5	10	1.02			
6	12	0.96			
7	14	1.06			
8	16	0.93			
9	18	0.96			
10	20	0.92			

Table 2. Linearity test of according to 7-point distance (unit: %)

No	Distance (cm)	Record Dose (uSv/h)	Standard Dose (uSv/h)	Accurcsy (%)	Linearity (%)
1	40	212.8	200	6.4	8.9
2	80	51.7	50	3.4	5.8
3	100	30.5	32	-4.7	-2.5
4	160	11.9	12.5	-4.8	-2.6
5	200	7.42	8	-6.3	-4.2
6	250	4.77	5.12	-6.8	-4.7
7	320	2.89	3.12	-7.3	-5.2

2.2 선량률 의존성 평가를 위한 선형성 실험

방사선 계측기와 실험 선원의 거리를 멀리서부터 점진적으로 가까이 변화시켜 입사창에 들어오는 선량률이 점진적으로 증가하는 환경하에서 계측기의 선량률 의존성을 평가하기 위해 선형성을 실험하였다. 실험 전체 영역에 표시된 계측기의 선량률 출력값이 거리 역자승 법칙을 이용한 이론적인 기준값과 비교하여 정확도를 확인하고, 공간선량률 의존성을 평가할 수 있다. 특히 선형성 실험은 사람이 접근할 수 없는 원전 해체 작업장의 격납용기 외부 상공 또는 내부의 공중의 저준위 (0.1~1000 uSv/h) 영역하에서, 자연 방사선과 비교하여 민감하게 증가하는 방사선 누설 지점을 찾기 위해 꼭 필요한 테스트이다. 특히 저준위에 민감한 방사선 검출 모듈을 제작하여 저준위 환경하에서 선원 거리에 따른 선량률 측정 실험을 하였다. 실험 방법으로 방사선 계측기 입사창을 중심으로 방위가 0도, 높이 100cm 지점, 측정 거리 7 point(40 cm, 60 cm, 1000 cm, 160 cm, 200 cm, 250 cm, 300 cm)에 표준 선원 <sup>137</sup>Cs, 10 uCi를 위치시키고 각각 2분씩 공간선량률을 측정하였다. Table 2는 표준 선원 <sup>137</sup>Cs, 10 uCi를 이용한 7 point 지점에서 공간 선량률 변화에 따른 실험 계측 모듈의 정확도와 선형성을 나타내는 도표이다. IEC 60846 국제 기준 감마선 계측기의 선형도는 ± 15% 미만에서 사용이 가능하다<sup>9,10</sup>.

III. RESULT

1. 실험 계측 모듈의 변동률 평가

원전 해체 작업장 상공의 환경과 유사한 1 uSv/h 미만의 저준위 영역에 대한 통계적 변동률은 Fig. 3에서 잘 나타나고 있다. 표준 선원 <sup>137</sup>Cs, 1 uCi를 이용해서 10회 반복 측정한 결과 측정값 평균 대한 표준편차의 비를 나타내는 통계적 변동률은 ±4.6% 내에서 안정성을 유지하고 있다. 원전 해체 작업장 공기 분진 등에서 방출되는 미세한 공간선량률의 변화를 측정하기 위해 제작된 방사선 검출 모듈은 국제 기준 (IEC-60864)을 적용하여 저준위 감마선 1 uSv/h 미만의 통계적 변동률 ± 15% 미만에서 기준을 만족함을 확인하였다<sup>9,10</sup>.

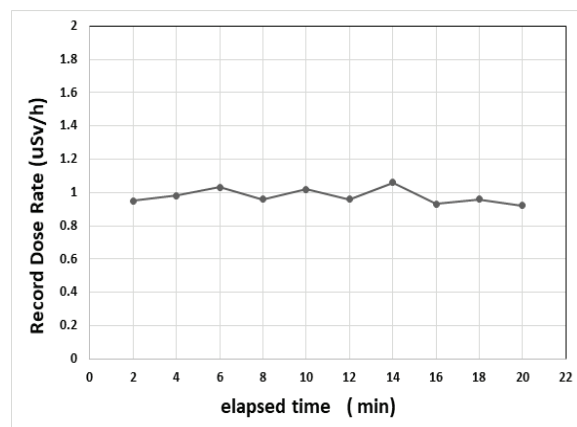


Fig. 3. The chart of the coefficient of variance according to 10 replicates.

## 2. 실험 계측 모듈의 선형성 평가

Fig. 4와 같이 측정값을 Y축에 놓고, 거리에 따른 이론적 기준값을 X축에 놓으면, 계측기 입사창으로 들어오는 선량률을 측정된 출력값과 거리 역자승 법칙에 따른 이론적 기준값과의 상대적 오차 범위를 구하여 선량률 증가에 따른 계측기 출력값의 선형성을 평가하였다.

표준 선원  $^{137}\text{Cs}$ 의 기준 선량률 (3.12 uSv/h ~200 uSv/h)의 증가에 따른 정확도와 선형성은 Table 2와 같이 가장 보수적인 영역에서 정확도  $\pm 7.3\%$ , 선형도  $\pm 8.9\%$ 이며, 전체구간의 선형도는  $\pm 3.5\%$ 이다. 실험 계측 모듈의 선량률 의존성을 나타내는 선형도는 IEC 60846 국제 기준  $\pm 15\%$  미만의 범위를 만족하였다<sup>[9,10]</sup>.

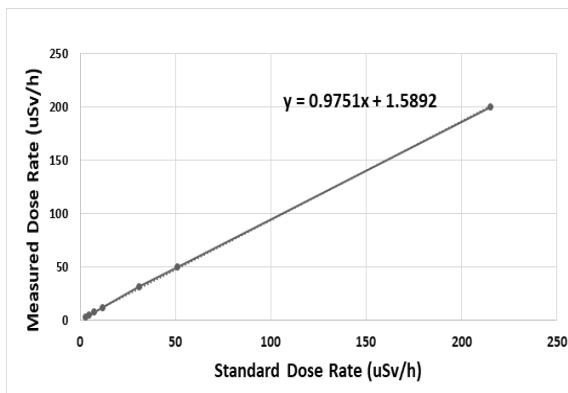


Fig. 4. Dose rate Linearity curve for reference and measured values.

## IV. DISCUSSION

현행 방사선 계측기의 검교정 기간은 제조사 권고 및 장비에 따라 6개월 혹은 1년에 한 번 시행한다. 그러나 교정을 끝낸 계측 장비라 하더라도 6개월 혹은 1년 이내에 이상 작동이나 미세한 고장의 원인으로 잘못된 지시 값을 표시함에도 불구하고 종사자의 착오로 현장에 사용하는 일이 빈번하며, 사고로 이어질 수 있는 원인을 제공할 수 있다. 원전 해체 작업장 환경과 같이 방사화된 분진이 다발하는 환경하에서 무인 원격 계측기의 충격에 의한 손상과 방사화된 분진에 의한 방사선 계측기의 오염 등으로 여러 가지 오작동 가능성을 예상할 수

있다. 따라서 방사선 계측기의 국제 성능 기준을 고려하여 사용자가 작업장 환경에 맞는 방사선 계측기에 대한 선택과 적용 및 성능에 대한 신뢰도를 간단한 실험 등을 통해 확인할 필요성이 있다. 특히 원전 해체 작업장과 같이 예상치 못한 사고가 잠재된 작업장 환경하에서 방사선 검출 장치의 성능평가를 위해 본 연구에서 제시한 계측기 변동률과 선형성 테스트 등 비교적 간단한 실험으로 계측기의 성능과 이상 유무를 빠른 시간내에 사용자가 확인을 할 수 있으며, 또한 검교정 기간 이내의 고장 및 오작동에 대해서도 쉽고 빠르게 확인을 할 수 있다. 원전 해체가 결정된 고리1호기 원전을 시작으로 2030년까지 국내 10여 기의 원전이 정지되면 순차적으로 해체작업이 진행된다. 원전 격납용기 내부의 방사화된 주요 구조물에는 배관이 있다. 기존 안전관리 작업에는 원전 시설 내부에서 작업자가 직접 방사선 측정기를 들고 주로 배관 바깥쪽 외부에서 누설 방사선을 측정해왔다. 그러나 원전 해체 작업장에서는 배관 절단 및 시설을 해체하는 과정에서 많은 방사화된 분진과 기화된 방사선 증기 등 누설이 예상된다. 따라서 원전 해체 작업장에서 사고의 위험을 예측 할 수 있는 저준위 방사선 누설 지점을 파악할 수 있는 작업장 맞춤형 방사선 계측기 필요성이 요구됨에 따라, 본 연구에서 원전 해체작업 공정에서 배관 절단 등으로 발생하는 방사선 분진 및 방사화된 증기 등 종사자가 직접 측정할 수 없는 격납용기 내부의 공중 또는 외부 상공에서 측정이 가능한 드론 기반 무인 원격 방사선 검출 모듈을 개발하였다. 원전 해체 작업장은 대부분 높이 100m 미만의 격납용기 안의 방사선 관리구역에서 작업이 이뤄지며, 복잡한 구조물로 인해 중, 소형 드론을 이용해서 사람이 접근할 수 없는 방사화된 구조물에 최대한 접근하여 방사선이 누설되는 정확한 지점을 찾을 수 있다. 원전 해체 작업장 사고 방지와 예측을 위해 자연 방사선과 분리 측정이 가능한 저준위 영역에서 미세한 누설 방사선량을 측정할 수 있는 맞춤형 장비는 사고를 사전에 예측하고 작업자 피폭을 줄이는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 현재 원전 해체는 국내외 40조에 육박한 시장이며, 2040년 이내에 전세계적으로 100기의 원전이 해체될 계획을 가지고

있음에도 불구하고 원전 해체 측정 기술 및 장비는 걸음마 수준이며, 현재 국내 발전소에 운영되고 있는 장비들은 외산이 대부분을 차지하고 있다, 따라서 본 연구에서 원전 해체 작업장에서 운용이 가능한 무인 원격 방사선 검출 모듈을 개발하였다, 이러한 시도들이 한국형 원전 해체 기술 및 장비개발에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료되며, 새롭게 시도되는 원전 해체 산업에 측정 기술 및 장비의 국산화를 통해 세계 원전 해체 시장에 선점을 차지할 수 있기를 기대한다.

## V. CONCLUSION

본 연구에 개발한 핵심기술은 격납용기 내부의 어두운 공간이나 야간에도 운행할 수 있도록 GMT 표시창에 Back light 기능을 탑재하여 드론 카메라를 통해 야간 및 어두운 격납용기 내부에서도 실시간 방사선량을 모니터링이 가능하다. 180g 미만, 경량의 저준위에 민감한 GM 센서를 운용 할 수 있는 PCB를 개발하여 패이로드 문제를 해결하였으며, 원전 해체 격납용기 내부와 같이 좁은 공간에서도 운용이 가능한 중소형 드론에서도 탑재가 가능하도록 설계되었다. 원전 해체 현장의 요구에 맞게 설계된 무인 원격 방사선 검출 모듈의 안정성 평가를 위한 변동률 실험에서 반복 측정에 의한 통계적 변동률은  $\pm 4.6\%$ , 선량률 의존성을 나타내는 선형성 실험에서 정확도  $\pm 7.3\%$ , 전체 선형도는  $\pm 3.5\%$  모두 성능평가를 위한 국제 기준을 만족하였다. 원전 해체 장비 및 측정 기술 개발은 시작 단계이다. 따라서 한국형 원전 해체 기술의 선점을 위해 작업장 환경에 맞는 방사선 측정 기술 및 장비 개발에 관한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## Acknowledgement

본 논문은 2019년도 김천대학교 교내학술 연구비에 의해서 지원되었음.

## Reference

[1] H. K. Kim, Y. J. Kim, "Seeking Principles for a Korean Nuclear Decommissioning System from a Comparative Perspective", Journal of International

Area Studies, Vol. 19, No. 1, pp. 3-32, 2015.

- [2] Kori nuclear power plant environmental radiation monitoring system  
<https://www.busan.go.kr/safety/ahradiationsys0203>
- [3] Nuclear power plant mobile radiation monitoring  
<http://sunesc.or.kr/monitoring/radiation/portable>
- [4] Y. Sanada, T. Orita, T. Torii, "Temporal variation of dose rate distribution around the Fukushima Daiichi nuclear power station using unmanned helicopter", Applied Radiation and Isotopes, Vol. 118, pp. 308-316, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2016.09.008>
- [5] S. U. Lee, Y. S. Choi, K. M. Jeong, "Domestic Recent Works on Robotic System for Safety of Nuclear Power Plants", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 36, No. 4, pp. 323-329, 2019.  
<http://dx.doi.org/10.7736/KSPE.2019.36.4.323>
- [6] S. Tsuda, K. Saito, "Spectrum-dose conversion operator of NaI(Tl) and CsI(Tl) scintillation detectors for air dose rate measurement in contaminated environments", Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 166, No. 3, pp. 419-429, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.02.008>
- [7] Y. Y. Ji, B. I. Min, K. S. Suh, S. Y. Joung, K. P. Kim, J. H. Park, "Technical Status of Environmental Radiation Monitoring using a UAV and Its Field Application to the Aerial Survey", Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 25, No. 5, pp. 31-39, 2020.  
<https://doi.org/10.9723/jksis.2020.25.5.031>
- [8] H. J. Kim, H. J. Kim, "Optimization of Gamma-ray Detector Structure for Drone in case of Radiation Accident", The Society for Aerospace System Engineering (SASE), pp. 163-166, Aerospace System Engineering Spring Conference, 2018.
- [9] S. J. No, T. J. Park, Y. K. Lim, "A Study on the Radiation Performance Testing and Evaluation Technology for Survey Meter Based on International Standards", Journal of Radiation Industry, Vol. 15, No. 2, pp. 99-106, 2021.  
<http://dx.doi.org/10.23042/radin.2021.15.2.99>
- [10] IEC 60846-1, Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors, 2009.

## 무인 원격 방사선 검출 모듈 개발

장보석\*

김천대학교 방사선학과

### 요약

원전 해체 작업장의 요구에 따라 드론 기반 무인 원격 방사선 검출 모듈을 개발하였다. 사람이 접근해서 방사선을 측정할 수 없는 원자력 발전소 격납용기 내부 상공 및 외부로 누설되는 방사선 측정을 위한 목적으로 저준위에 민감한 GM-tube를 사용하여 제작하였다. 드론 기반 방사선 검출 모듈의 무게는 200g 미만으로 원자력 발전소 격납용기 내부의 상공과 외부 공중에서도 운용이 가능하다. 설계된 장비의 성능 확인을 위해 국제 기준 (IEC60864)을 참고하여 성능평가 실험을 시행하였다. 현장의 요구에 맞게 설계된 방사선 검출 모듈의 안정성은 측정 정확도를 평가하기 위한 변동률 실험에서 반복 측정에 의한 통계적 변동률은  $\pm 4.6\%$ . 선량률 의존성을 평가하기 위한 선형성 실험에서 정확도  $\pm 7.3\%$ , 전체 선형도는  $\pm 3.5\%$ 이며 성능평가를 위한 국제기준을 만족하였다. 본 연구에서 개발한 무인 원격 방사선 검출 모듈은 원전 해체 작업장 맞춤형 장비로, 방사선 분진이 많은 현장에서 정확한 공간선량률의 측정과 방사선 작업장 안전관리에 도움을 줄 수 있을 것으로 확신한다.

중심단어: 무인 원격, 방사선 검출기, 공간선량률

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	장보석	김천대학교 방사선학과	교수