

항공보안장비 방사선 누출량 측정을 위한 평가 기준 및 절차에 관한 연구

김기현* · 정예은* · 김예준** · 김용수**†

* 경기대학교 일반대학원 산업시스템공학과

** 경기대학교 산업경영정보공학과

A Study on Evaluation Criteria and Procedures for Measuring Radiation Leakage of Aviation Security Equipment

Kihyun Kim* · Ye-Eun Jeong* · Ye-Jun Kim** · Yong Soo Kim**†

* Department of Industrial Systems Engineering, Kyonggi University Graduate School

** Department of Industrial Management Information Engineering, Kyonggi University

ABSTRACT

Purpose: To attain advanced performance certification, safety aspects along with functionality and performance are essential. Hence, this study suggests radiation leakage assessment methods for aviation security equipment during its performance certification.

Methods: Detection technology guided the choice of radiation leakage assessment targets. We then detailed measurement and evaluation methods based on equipment type and operation mode. Equipment was categorized as container or box types for establishing measurement procedures.

Results: We've developed specific radiation leakage assessment procedures for different types of aviation security equipment, crucial for ensuring airport safety. Using these procedures allows efficient evaluation of compliance with radiation leakage standards.

Conclusion: The suggested radiation leakage assessment method aims to enhance aviation security and reliability. Future research will focus on identifying risks in novel aviation security equipment detection technologies and establishing safety standards.

Key Words: Aviation Security Equipment, Radiation Leakage Assessment, Performance Certification, Detection Technologies, Safety Standards

● Received 11 August 2023, accepted 29 August 2023

† Corresponding Author(kimys@kyonggi.ac.kr)

© 2023, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

* 본 연구는 국토교통부 항공보안장비 성능인증제 추진을 위한 시험인증기술 개발사업의 연구비 지원(RS-2019-KA151631)에 의해 수행되었습니다.

1. 서론

9/11 테러 이후로 항공보안은 전세계적으로 매우 중요하게 인식되고 있으며, 미국을 필두로 유럽, 중국 등 국가적 인 지원을 통해 항공보안에 대한 중요성이 점점 커지고 있다. 항공기 테러의 경우, 공항에서 폭발물 및 위험물의 검색에 실패하게 되면, 큰 인명피해가 발생하므로 탐지하는 장비의 성능도 매우 중요한 문제이다. 항공보안장비는 항공기의 승무원, 승객, 그리고 모든 공항 이용자들을 대상으로 무기, 폭발물 등 항공기 안전을 위협하거나 심각한 상해를 입힐 수 있는 위험한 물건들을 탐지하고 수색하는 데 사용되는 검색장비를 의미한다(Kim et al., 2020). 미국에서는 국토안보부(United States Department of Homeland Security, DHS) 산하의 교통보안청(Transport Security Administration, TSA)이 보안장비의 성능인증제를 운용하게 되었다. 이 성능인증제에 따라, 미국에서는 보안 장비 성능인증을 획득하지 못한 장비나 유효기간이 만료된 장비의 미국 공항에서의 사용이 제한되었다(Han et al., 2023). 이처럼 국제적으로 대테러 대응을 위한 항공보안장비의 검색능력을 강화하고자 각국 정부는 인증된 장비의 사용을 필수화하고 있다. 따라서 성능인증은 국내업체의 장비 수출적인 면에서도 매우 중요하다. 그러나 우리나라에서는 항공보안장비의 성능 인증제도가 아직 구축되지 않아 국내 공항의 보안장비 대부분이 외산으로 구성되어 있다. 이로 인해 불필요한 경제적 손실이 발생하며, 외산 장비의 부품 조달 및 유지보수에서도 여러 어려움이 따르고 있다(Eum, 2018; Jung et al., 2020). 이를 개선하기 위해 2018년부터 우리나라도 항공보안장비 성능 인증제를 본격적으로 시행하기 시작하였다. 항공보안법의 일부 개정을 통해 항공보안장비 성능 인증제의 제도적 토대를 구축하였다. 이 개정된 법령에 따라, 2019년부터 한국산업기술시험원은 항공보안장비의 성능시험평가기관으로 지정되어, 인증제가 정식으로 적용되기 시작하였다(Won et al., 2022).

성능인증의 기준은 효율적인 항공보안 장비의 사용관리와 운용을 위한 기준을 제시하는 국토교통부 고시 2017-308 『항공보안 장비성능 및 운영기준』이 마련되어 있다. 이 기준은 항공보안을 위해 사용되는 장비가 어떻게 사용되어야 하는지 명확히 규정하며, 보안검색 장비의 종류, 성능, 설치, 운영, 그리고 유지보수 점검에 대한 내용을 포함하고 있다(Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2017-308; Lee and Hwang, 2018).

국토교통부 고시 2020-456에 따르면, 성능인증이 도입되는 장비는 엑스선검색장비(X-ray Screening System), 폭발물탐지장비(EDS: Explosive Detecting System), 문형검색장비(Walk-Through Metal Detector), 원형검색장비(Whole Body Scanner), 폭발물흔적탐지장비(Explosive Trace Detector), 휴대용금속탐지장비(Hand-Held Metal Detector), 액체폭발물탐지장비(Bottled Liquid Scanner), 신발검색장비(Shoe Metal Detector) 등 총 8종이며, 해당 장비들의 성능 인증 작업이 이루어지게 된다(Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2020-456).

본 연구에서는 항공보안장비의 성능 인증 과정 중 방사선 누출량 평가 방법 및 절차 구축을 중점으로 진행되었다. 공항 보안 요원과 탑승객의 안전을 보장하기 위한 검색 절차의 중요성을 고려하여, 원자력안전법 및 국토교통부 고시의 방사선 누출량 기준 충족 여부를 검증하였다. 이를 통해 공항의 안전 수준을 높이는 데 기여하며, 항공보안장비 사용 시 발생할 수 있는 방사선 노출에 대한 위험을 최소화할 수 있는 지침과 방안을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 문헌 연구를 통해 방사선 정의 및 관련 고시를 검토하였고 3장에서는 방사선을 사용하는 기술이 적용된 항공보안장비를 정의하고 이를 바탕으로 방사선 누출량 평가에 대한 절차를 구축하고자 한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 추후 연구과제를 제시한다.

2. 관련 문헌 연구

2.1 방사선 정의 및 탐지 기술 분류

방사선은 직접 또는 간접으로 공기를 전이하는 능력을 가진 것으로 알파선, 중앙자선, 베타선, 양자선, 기타 중하 전입자선, 중성자선, 감마선 및 엑스선 등을 뜻한다(No. of Directive of the Ministry of National Defense 641). 항공보안장비 탐지 시 자주 사용하는 기술인 엑스선은 전자를 가속하는 장치로부터 얻어지는 인공적인 전자파로 인해 방사선이 발생하며, 감마선은 원자핵 또는 원자핵 붕괴에 따라 방출되는 자연적인 전자파로 인해 방사선이 발생된다(Chadwick et al., 1990). 엑스선과 감마선 모두 투과력이 매우 커서 인체를 통과할 수 있다. 이로 인해 외부조사 문제가 되며 특히 산란선이 문제가 된다. 방사선이 인체에 노출되는 방식은 인체 투과 여부에 따라 내부피폭과 외부피폭으로 분류한다. 내부피폭은 호흡, 음식물섭취, 상처 등을 통해 방사성 물질이 인체 내부에 노출되는 것이며 외부피폭은 인체 외부 방사선에 의해 노출되는 것을 뜻한다. 방사선이 인체에 미치는 건강상의 영향 정도는 외부피폭, 내부피폭 모두 방사선량 값에 비례한다(Ujić et al., 2010).

방사선 사용 기술이며 고시 기준이 명시되어 있는 폭발물 탐지에 활용되는 탐지 기술은 아래 Table 1과 같이 크게 이미징 기술과 폭발물 흔적탐지 기술로 분류 가능하다. 이미징 기술은 단층 촬영기법 또는 엑스선을 이용한 이미징 기술을 사용하여 감지하며, 폭발물 흔적탐지 기술은 공기 중 분포되어있는 폭발물 입자를 감지하는 기술이다.

Table 1. Radiation-Based Explosive Detection Technologies for Aviation Security Equipment

Differentiate	Technical description	Detection method
Imaging technology	X-ray based screening	A method of inferring the types of substances present and interpreting results using the principles of X-ray interaction
	Neutron based screening	A method of interpreting objects and detecting explosives through analysis techniques such as surface search using neutrons
	Electromagnetic wave based screening	A method of detecting frequency shifts generated in metals by emitting electromagnetic waves
Explosive Traces Detection Technology	Gamma/Neutron Activation Technology	Detection of explosives using imaging and material filtering technology
	Gas chromatography	Using gas chromatography to analyze separated molecules and confirm the presence of hazardous materials
	Electron Capture Detector	Detecting explosives by ionizing separated molecules and generating free electrons
	Ion Mobility Spectrometry	Passing ions through an ion channel based on the movement speed of molecules, followed by analysis for explosive detection
	Stepwise Mass Spectrometry	Explosive detection using mass spectrometry based on ion mass-to-charge ratio
	Fluoroimmunoassay	Detecting explosive antigens using a vapor-based detection device

2.2 방사선 기준에 관한 고시

방사선 기술을 사용하는 항공보안장비의 방사선 누출량 평가 방법 및 절차를 수립하기 위해 관련 규격 및 표준을 확인하였다. 1 Sv는 방사선의 흡수량에 생물학적 효과를 반영한 SI 단위이며, 매우 큰 단위이므로 mSv 또는 µSv를 많이 사용한다.

엑스선검색장비와 폭발물탐지장비는 법적으로 방사선 기준이 고시되어 있다. 국토교통부 고시 제 2020-456에서 정의된 항공보안장비 중 엑스선검색장비 및 폭발물탐지장비의 표면방사선률 기준은 각각 평시 운전조건에서 표면 방사선량률이 5 µSv/h 이하이어야 한다(Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2020-456). 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙의 경우, 연간 50 mSv, 5년간 누적선량 100 mSv 이하이어야 한다(ICRP, 1991). 해외 표준의 경우 ANSI N42.44에서 명시된 표면방사선량률 기준은 21 CFR 1020.40을 따라 5 µSv/h 임을 확인하였다(ANSI N42.44, 2008).

확인한 표준을 토대로 항공보안장비 제품별 장비 규격서를 통해 표면방사선량률 기준을 조사하였다. 방사선 누출이 발생하는 제품의 장비 규격서를 확인한 결과, 표면방사선량률을 표기한 제품은 ANSI N42.44의 기준을 모두 준수하였다. 고시기준이 표면방사선량률 평가방법 및 절차를 수행하기에 적절한지 확인하기 위해 Table 2를 통해 방사선 작업종사자와 일반인의 방사선 선량한도를 확인하였다(Gonzalez, 2014). 일반인의 선량한도는 연간 1 mSv이며 방사선 작업종사자 선량한도는 연간 50 mSv를 초과하지 않는 범위에서 매 5년간 100 mSv 이하로 정의한다. 일반인의 선량한도인 연간 1 mSv는 사회에서 용인 가능 수준의 위험 정도보다 1/10,000 낮게 유지될 것으로 보는 피폭선량이다. 이를 토대로 방사선이 인체에 끼치는 영향을 측정하기 위해 방사선 작업종사자의 1일간 선량한도를 기준으로 명시된 기준이 초과하는지 확인하였다. 시간 및 단위를 환산한 결과, 표면방사선량률은 10.4 µSv/h 이하이므로 고시되어 있는 기준을 넘지 않는다. 또한 해당 기준은 방사선 관련 고시 및 규정에 비해 엄격한 것을 알 수 있다. 따라서 현 고시에 명시된 기준에 따른 표면방사선량률 평가방법 및 절차를 수행함에 문제가 없다고 판단되어 표면방사선량률은 5 µSv/h로 결정하였다.

Table 2. Dose Limits Based on Radiation Leakage Environment

Differentiate		Dose limit
Effective dose	Radiation workers	100 mSv over 5 years (20 mSv/y) (However, up to 50 mSv is allowed for a specific year)
	General public	1 mSv/y
Human organs (Radiation workers)	Crystalline lens	150 mSv/y
	Skin	150 mSv/y
	Hands, Feet	150 mSv/y

피폭선량에 따른 증상과 방사성 물질의 제한구역 경계에서의 연간선량 기준을 조사하였다(No. of Nuclear Safety and Security Commission Notice 2013-49). 방사선 기술을 사용하는 장비들의 유효선량을 측정 후 물질 상태 및 제한 구역에서 연간선량을 기준으로 제한을 둘 수 있을 것으로 기대된다. 기체 및 액체상태의 방사성 물질의 제한 구역 경계에서의 농도는 Table 3과 같으며 해당 시설의 설계에 적용할 기준과 동일부지 내에 다수의 원자력 관계시설을 운영하는 경우에 적용할 기준을 나타낸다. 방사선이 인체에 미치는 영향은 급성 영향과 만성 영향으로 분류가 가능하다. 급성영향은 1,000 mGy 이상의 고선량이나 인체 내부 장기가 방사선 에너지를 흡수한 경우, 짧은 시간에

많은 선량(1~12 Gy)에 노출될 때 단기간에 나타나는 증상이다. 매우 높은 선량에서의 방사선은 조직과 기관의 기능을 손상시키고 메스꺼움, 구토, 탈모, 피부 발적 또는 사망과 같은 급성 영향으로 이어질 수 있다. 만성영향은 1,000 mGy 미만의 방사선량에 노출되었을 때 생애 기간 중 나타나는 증상이다. 고용량의 방사선에 노출되는 사람들은 노출 수준에 따라 장기적으로 특정 유형의 암이 발병할 가능성이 증가할 수 있다(Lee, 2016). 이와 같이 방사선에 피폭되면 피폭량에 따른 피해를 입을 수 있으므로 항공보안장비의 방사선을 측정 및 평가의 절차 수립이 이뤄져야 한다.

Table 3. Concentration of radioactive substances at gaseous and liquid radioactive material boundaries

Applicable criteria	Annual dose boundary	Classification	Annual dose value
Criteria to apply in the facility's design	Annual dose at restricted area boundaries due to gaseous emissions	Air absorbed dose due to gamma radiation	0.1 mGy
		Air absorbed dose due to beta radiation	0.2 mGy
		Effective dose due to external exposure	0.05 mSv
		Skin equivalent dose due to external exposure	0.15 mSv
		Organ equivalent dose due to particulate radio active materials, radioactive noble gases	0.15 mSv
	Annual dose at restricted area boundaries due to liquid emissions	Effective dose	0.03 mSv
		Organ equivalent dose	0.1 mSv
Criteria applicable when operating multiple nuclear-related facilities on the same site	Annual dose at restricted area boundaries	Effective dose	0.25 mSv
		Organ equivalent dose	0.75 mSv

3. 방사선누출량평가 절차 구축

3.1 절차 구축 프로세스

본 시험은 공항의 보안 요원 및 탑승객이 안전한 검색 절차를 수행할 수 있도록 항공보안장비의 성능 인증 과정 중, 방사선 누출량에 대한 평가를 위한 것이다. 목적은 원자력안전법 및 국토교통부 고시에서 명시된 누출량 기준을 만족하는지 검증하는 것이며, 본 연구에서는 방사선 누출량 평가 절차를 제안하기 위한 연구 프로세스를 Figure 1에 나타냈다. 총 8종의 항공보안장비에 적용된 기술 중 방사선을 활용한 탐지 장비를 선정하였다. 관련 문헌과 현행 장비 규격서를 근거로 방사선 누출 기준을 설정하였으며, 각 장비에 대한 측정 위치도 결정하였다. 이를 바탕으로 시험 절차를 제안하였다.

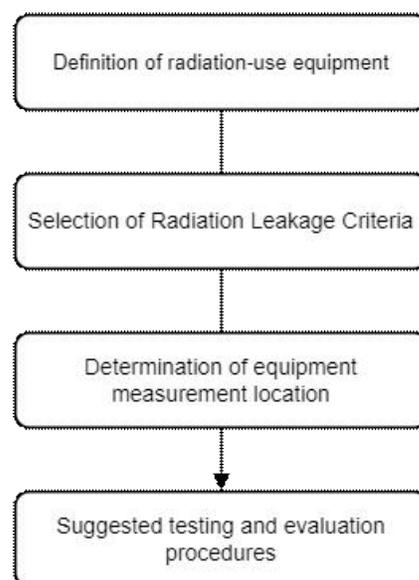


Figure 1. Research process

3.2 연구 대상 정의

엑스선검색장비와 폭발물탐지장비는 X-ray를 사용하므로 고시에 기준이 방사선 누출량에 대한 기준이 언급되었다. 원자력안전기술원의 방사선 발생장치기술기준에 따라 방사능 노출 요건을 충족해야 한다. 기기 표면에서의 방사선 누출량은 5~10 cm 거리에서 0.5 mR/h 이하로 관리되어야 한다. 또한, 인체의 어떤 부분도 조리개 안으로 삽입할 수 없는 구조를 가져야 하며, 검색장비가 운용 중일 때 엑스선 발생장치에서 비정상 상태가 나타나면 즉시 장비를 중단할 수 있는 비상차단 장치가 필요하다(Yoon et al., 2021). 따라서, 본 연구에서는 엑스선검색장비와 폭발물탐지장비에 대한 측정방법 및 절차를 제시한다. 또한, 해당 연구에서는 국토교통부 고시에 따른 엑스선검색장비와 폭발물탐지장비 이외의 추가적인 위해물질 탐지 기법에 기반하여 표면방사선량률 측정이 필요한 항공보안장비를 선정하였다. 이를 위해 적용해야 할 추가 기술을 사용기술을 통해 정리하였으며, 아래의 Table 4에서 이를 세부적으로 나눠서 살펴보았다.

Table 4. Aviation security equipment application technology

Type	Technology	Presence of radiation
X-ray Screening System	X-ray	O
	Gamma-ray	O
Explosive Detection System	Neutron detection	O
	Electron Capture Detector	O
Explosive Trace Detector	Biosensor trace detection	X
	Ion Mobility Spectrometry	O
	Low pressure glow discharge ionisation	X
	X-ray Backscatter	O
Whole Body Scanner	Millimeter wave	X
	Walk-Through Metal Detector	Millimeter wave
Hand-Held Metal Detector		
Bottled Liquid Scanner	Magnetic Resonance Imaging	X
	Raman spectroscopy	X
	IR Spectroscopy	X
Shoe Metal Detector	X-ray	O

폭발물흔적탐지장비는 항공 화물, 휴대 수하물, 및 위탁 수하물에서의 화학 성분 분석을 통하여 폭발물이나 폭약의 흔적을 탐지하는 보안 검색 장비로 활용되며 주로 전자포획검출기(Electron Capture Detector, ECD) 또는 이온 이동도 분광법(Ion Mobility Spectrometry, IMS)의 기술이 적용된다. 전자포획검출기는 방사성 동위원소의 자연 붕괴로 발생하는 베타입자를 활용하여 시료의 양을 측정하는 기술로, 검출기의 파손 시 환경에 노출되는 방사선의 위

협성이 존재한다. 이온이동도 분광법은 Ni-63 같은 방사성 동위원소를 이용하여 이온 성분을 검출한다(Woo, 2010). 이때 사용되는 Ni-63은 반감기가 100년에 달하며, 높은 방사능으로 인한 사용 시 주의가 요구된다. 공항과 같은 환경에서는 장비의 직접적인 충돌이나 충격이 발생하기 어렵지만, 사용자의 부주의로 인한 파손 및 추락 위험이 존재하여 누출량의 평가가 필요하다.

신발검색장비는 금속탐지기로 검색이 어려운 신발 아래쪽과 발목 등에 은닉한 위험물을 탐지하는 장비로써, 폭발물 및 금속을 탐지할 수 있다. 금속탐지에 적용되는 기술은 밀리미터 웨이브로 전자파를 사용하지만, 폭발물 탐지 시에는 X-ray 기술이 활용된다. 이러한 기술을 적용하는 신발검색장비 역시 본 연구의 평가 절차 대상에 포함된다.

원형검색장비에서 적용되는 기술인 엑스선 후방산란도 방사선을 사용하여 방사선 누출량에 대한 평가를 수행해야 하지만 후방산란의 기술자체가 현재는 거의 사용되지않는 기술이므로 본 연구에서는 제외하였다.

3.3 시험장비 별 평가방법 수립

본 연구에서는 엑스선검색장비, 폭발물탐지장비, 폭발물흔적탐지장비, 신발검색장비에 대해서 방사선 누출량 평가 방법 및 절차를 구축한다. Figure 2와 같이 장비의 형태에 따라 컨테이너 형인 엑스선검색장비와 폭발물탐지장비에 대해 절차를 구축하고 박스 형인 폭발물흔적탐지장비와 신발검색장비에 대해서 절차를 구축한다.

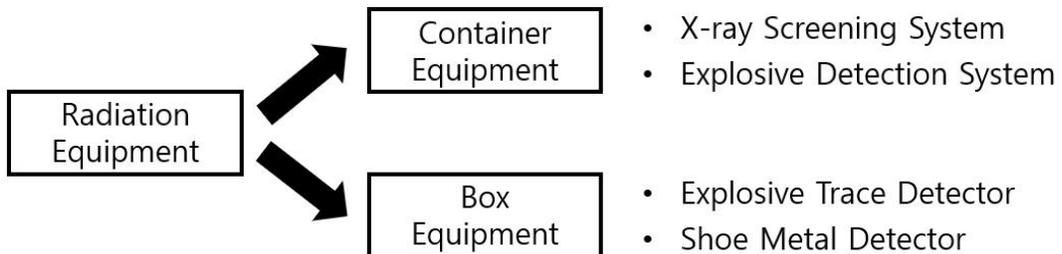


Figure 2. Classification by type of aviation security equipment

각 형태에 대한 측정 절차에 대한 기준 및 상세한 평가 방법은 아래 후술할 절을 따른다.

3.3.1 컨테이너 형 방사선 측정 방법 및 절차 구축

컨테이너 형 장비 중 엑스선검색장비의 구조는 다음 Figure 3과 같이 알파벳으로 표시된 부분으로 구성된다. ‘A’는 납커튼을 포함한 출(입)구를, ‘B’는 슈라우드(shroud) 끝의 출(입)구를 의미한다. ‘C’는 A와 B를 포함한 엑스선검색장비의 출구의 통칭으로, ‘D’는 엑스선검색장비의 입구의 통칭을 나타낸다.

이러한 구조를 기반으로, 컨테이너 형 검색장비의 표면방사선량률은 출입구와 그 외의 몸체를 기준으로 측정된다. 이때, 출입구와 몸체를 구분하는 기준은 출입구로부터 5 cm 이후의 표면이다. 검색장비의 출입구(A, B)에서 표면방사선량률의 측정은 다음 방법을 따른다. 검색장비를 운용 중에 시료를 연속적으로 투입하면서 A 부분에서 10~15 cm 위치에서 방사선을 10분 이상 측정하며, 이 측정값의 평균이 이하로 나타나야 한다. 이 측정은 엑스선검색장비의

입구와 출구에서 각각 1회 실시된다.

반면, 엑스선검색장비의 출입구(C, D)를 제외한 몸체 부분에서의 표면방사선량률 측정은 다음과 같은 절차를 따른다. 검색장비의 몸체는 보안요원 및 승객의 동선과 밀접하다. 따라서, 검색장비를 운용하면서 시료를 연속 투입하고, C와 D를 제외한 양 옆면과 윗면의 표면에서 0~5 cm 위치에서 10분 이상 방사선을 측정한다. 이때, 10분 동안의 측정값의 평균이 이하로 나타나야 한다.



Figure 3. X-ray Screening System

이러한 과정을 통해 표면방사선량률 기준인 5 $\mu\text{Sv/h}$ 이하로 측정되는 경우, 항공보안장비 성능인증제 기준에서 방사선 누출량 평가를 통과한 장비로 진행된다.

3.3.2 박스 형 방사선 측정 방법 및 절차 구축

해당 절차는 박스형 장비에 대해서 방사선 누출량을 평가하기 위해 수행되며, 폭발물흔적탐지장비는 Figure 4와 같은 형태로 되어있다.

표면방사선량률 측정은 특정 절차에 따라 진행된다. 운용 중인 장비에서는 바닥을 제외한 장비의 5면 각각에서 표면 0~10 cm 위치에서 10분 동안 방사선을 측정한다. 이때, 사용되는 측정 장비를 통해 얻어진 10분간의 측정값의 평균이 표면방사선량률 기준인 5 $\mu\text{Sv/h}$ 이하로 계속되면 평가를 종료한다.



Figure 4. Explosive Trace Detector

4. 결 론

본 연구에서는 항공보안장비의 성능 인증 과정 중 방사선 누출량 평가 방법 및 절차를 제안하였다. 항공보안장비의 성능인증제도를 통해 장비의 성능이 보안 정책 요구에 적합한지 검증할 수 있다. 고도화된 성능 인증을 받기 위해서는 제품의 기능 및 성능뿐만 아니라 안전성 측면에서의 시험 절차 및 평가 방법 또한 요구된다. 따라서 공항 보안 요원과 탑승객의 안전을 보장하기 위해 항공보안장비의 방사선 누출량 평가 방법 및 절차를 수립하여 장비의 방사능 누출량을 평가하는 것은 성능 인증 측면에서도 핵심적인 평가 요소라고 할 수 있다.

연구에서는 먼저 관련 문헌 및 국토교통부 고시에 기반하여 방사선 누출량에 대한 기준을 설정하였으며, 8종 장비 중 엑스선검색장비와 폭발물탐지장비, 폭발물흔적탐지장비, 신발검색장비에 대한 방사선 누출량 평가 방법과 절차를 제시하였다. 국토교통부 고시에는 엑스선검색장비와 폭발물탐지장비에 관한 고시만 명시되어 있으나 본 연구에서는 위해물품 탐지 기술을 토대로 표면방사선량률의 측정이 필요한 항공보안장비를 추가로 선정하였다.

각 장비에서 사용하는 기술을 파악한 후 장비의 형태와 운용 방식에 따라 방사선 누출량 측정 및 평가 방법을 구체적으로 정리하였다. 선정된 장비 또한 컨네이너 형태와 박스 형태로 분류하여 측정 방법 및 절차를 구축하였다. 이를 통해 사용자와 환경에 대한 안전성 보장에 핵심적인 요소인 항공보안장비의 방사선 누출량 평가 및 절차를 각 장비 별로 상세히 제안하였다. 제안한 프로세스에 따라 관련 고시 및 규정에 기반한 방사선 누출량 기준에 적합성을 판단하는데 제안한 절차에 따라 효율적인 판단이 가능하다. 이러한 방사선 누출량 평가 방법은 항공 보안의 안전성과 신뢰성을 향상시킬 것으로 기대된다.

향후 연구 방향으로는 방사선 이외에도 잠재적으로 위험한 기술들을 탐색하고 그에 따른 기준을 마련하고자 한다. 본 연구는 방사선 누출량 평가 방법 및 절차에 초점을 맞추었으나 항공보안 기술은 점차 진화하고 있다. 따라서 새로운 탐지 기술들을 탐색하고 기술의 잠재적인 위협에 대비하여 항공보안장비의 안전성을 보장할 수 있는 평가 기준을 마련해야 할 것이다.

REFERENCES

- American National Standards Institute. 2008. American National Standard for the performance of Checkpoint Cabinet X-ray Imaging Security Systems. ANSI N42.44-2008. Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA, New York.
- Chadwick, P. M., McComb, T. J. L., and Turver, K. E. 1990. Very high energy gamma rays from x-ray binary pulsars. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics* 16(12):1773.
- Eum, J. I. 2018. A Study on Legislation for Introducing Aviation Security Equipments Certification System. Unpublished Ms. thesis. Korea Aerospace University.
- Gonzalez, A. J. 2014. Clarifying the Paradigm on Radiation Effects & Safety Management: UNSCEAR Report on Attribution of Effects and Inference of Risks. *Nucl. Eng. & Tech.* 46(4):467-474.
- Han, S. J., Seol, E. S., Park, S. H., You, S. W., and Lee, W. J. 2023. Comparative Study on the Performance Certification of Aviation Security Equipment in South Korea and the United States. *Journal of Applied Reliability* 23(1):73-88.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP* 21(1-3):71-76.
- Jung, J. H., Kim, K. Y., Yoon, Y. A., Kim, N. Y., Sim, H. S., Lee, S. H., Ha, D. S., Seol, E. S., Han, S. J., Park, S. H., Yu, S. W., and Kim, Y. S. 2020. Improving Performance Certification of Aviation Security Equipment. *Journal of Korean Society for Quality Management* 48(1):187-199.
- Kim, K. Y., Jung, J. H., Yoon, Y. A., and Kim, Y. S. 2020. Designing a Performance Certification Test for Automatic Detection Equipment based on Artificial Intelligence Technology. *Journal of Applied Reliability* 20(1):43-51.
- Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Amendment 2017. Types of Aviation Security Equipment Performance and Operation Standards. No. of Infrastructure and Transport Notice 2017-308. Enforce a Law 2017.

- Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Amendment 2020. Aviation Security Equipment Performance Certification and Performance Inspection Standards. No. of Infrastructure and Transport Notice 2020-456. Enforce a Law 2020.
- Korea Ministry of National Defense. Military Radiation Safety Management Regulations. No. of Directive of the Ministry of National Defense 641. Enforce a Law 1999.09.22.
- Korea Nuclear Safety and Security Commission. 2013. Standards for radiation protection, etc. No. of Nuclear Safety and Security Commission Notice 2013-49. Enforce a Law 2013.09.16.
- Lee, J. G. 2016. Theory of Radiation Protection. Korea Association for Radiation Application.
- Lee, J. H., and Hwang, H. W. 2018. The Study on the Implementation of ICAO Global Aviation Security Plan – Review and Propose the Implementation plans of Global Aviation Security Plan in Republic of Korea –. *Journal of the Aviation Management Society of Korea* 16(3):73-92.
- Lee, W. J., You, S.W., Park, S. H., Kim, K. H., Seol, E. S., Han, S. J., Park, S. H., Lee, J. S., Kim, C. H., Kang, J. G., and Lee, K. Y., 2021. A Study on Reality and Quality Improvement of Aviation Security Equipments Performance Certification System in Korea. *Journal of Korean Society for Quality Management* 49(2):113-125.
- Ujić, P., Čeliković, I., Kandić, A., Vukanac, I., Đurašević, M., Dragosavac, D., and Žunić, Z. S. 2010. Internal exposure from building materials exhaling ^{222}Rn and ^{220}Rn as compared to external exposure due to their natural radioactivity content. *Applied Radiation and Isotopes* 68(1):201-206.
- Won, S. J., Sim, H. S., and Kim, Y. S. 2022. A Study on the Method of Optimizing the Test Order of Explosive Detection System Using Analytic Hierarchy Process and Objective Rating. *Journal of Korean Society for Quality Management* 50(4):793-810.
- Woo, H. J., Sin, M. W., Choi, G. S., Mang, S. J., and An, S. G. ION MOBILITY SPECTROMETRY. KR100971031B1. filed February 05, 2010, and issued July 20, 2010.
- Yoon, Y. A., Jung, J. H., and Kim, Y. S. 2021. Improving Imaging Quality Assessment of Cabinet X-Ray Security Systems. *Journal of Korean Society for Quality Management* 49(1):47-60.

저자소개

- 김기현** 동의대학교 메카트로닉스공학과에서 학사학위를 취득한 후 현재 경기대학교 대학원에서 석사과정에 재학 중이다. 신뢰성공학 및 빅데이터 분석 등에 관심을 갖고 연구를 진행 중이다.
- 정예은** 경기대학교 산업경영공학과에서 학사학위를 취득한 후, 현재 석사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 신뢰성공학, 통계 및 데이터 마이닝 분야이다.
- 김예준** 경기대학교 산업경영공학과에 재학 중이며 주요 관심분야는 신뢰성공학 및 데이터마이닝이다.
- 김용수** KAIST 산업공학과에서 학사, 석사, 박사를 취득한 후 SK텔레콤에서 근무하였다. 현재 경기대학교 산업경영공학과 정교수로 재직 중이며, 품질 및 신뢰성, 기능안전, 통계 및 데이터마이닝 분야를 연구하고 있다.