ISSN 1229-1889(Print)
ISSN 2287-9005(Online)
J Korean Soc Qual Manag Vol. 48, No.3: 395-408, September 2020
https://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2020.48.3.395

항공보안장비 성능인증제의 고도화 방안에 관한 연구

이원주* · 유상우** · 박수홍** · 김경훈** · 하다솜** · 설은숙** · 한수진** · 박서하** · 이지수** · 김찬휘** · 강진구** · 이기영***†

*대덕대학교 군사학부
**한국산업기술시험원
***경북대학교 나노소재공학부

Aviation Security Equipments Certification System in Korea: Suggestions for Improvement

Wonjoo Lee* · Sangwoo Yu** · Soohong Park** · Kyunghoon Kim · Dasom Ha** · Eunsuk Seoll** · Soojin Han** · Seoha Park** · Jisu Lee** · Chanhwi Kim** · Jingu Kang** · Kiyoung Lee***†

*Division of Military Science, Daeduk University
**Aerospace and Defence Reliability, Korea Testing Laboratory
***School of Nano & Materials Science and Engineering, Kyungpook National University

ABSTRACT

Purpose: This study was performed for advancement of aviation security equipments certification system.
Methods: We investigated aviation security equipments certification-related registrations and the latest research trends of explosive detection technologies. Based on the literature studies, we draw the critical issues of the aviation security equipment certification system and suggested improvement direction.
Results: We found some inaccuracies of the definition of explosive trace detection equipments, accreditation review committee, and performance evaluation test method. These problems should be modified to suit being practical.
Conclusion: The present results would be useful for basic data for modifying aviation security equipments certification systems.

Key Words: Aviation Security Equipment, Performance Certification, Explosive Detection, Counter-terrorism

● Received 26 June 2020, 1st revised 28 July 2020, accepted 5 August 2020
† Corresponding Author(kiyoung@knu.ac.kr)
ⓒ 2020, 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 빅데이터 기반 항공안전관리 보안인증 기술 개발사업의 연구비 지원(20BDAS-C151636-02)에 의해 수행되었습니다.

1. 서 론

2001년 미국의 911테러 이후, 세계는 폭발물 테러에 대한 위험을 다시 한 번 인식하게 되었다. 적국의 테러리스트뿐만 아니라 자국 내 범죄자들로부터 시민을 보호해야 한다는 국민의 요구가 폭발적으로 증가하였다. 이로 인해 미국, 유럽, 중국 등 주요 국가는 폭발물 탐지 관련 제도를 정비하는 한편 행정체제를 개편하여 능동적이고 적극적인 대테러 관련 정책을 펼치게 되었다. 특히, 폭발물 탐지 관련 제도는 항공보안 분야에 우선적으로 도입이 되었다(Eum JI 2018; Jung et al., 2020; Lee & Hwang 2018).

미국은 국토안보부(United States Department of Homeland Security, DHS) 산하에 교통보안청(Transport Security Administration, TSA)을 설치하였다(Eum 2018; Jung et al., 2020). DHS는 테러로 인한 공격과 자연 재해로부터 미국 국토의 안전을 지키기 위해 2002년 11월 연방 정부의 중앙 행정기관으로 설치되었다. TSA는 107대 미국 의회에서 관련 법안이 통과되고, 조지 W. 부시 대통령이 승인하면서 2001년 11월 19일 정식으로 출범하였다. 초기에는 미국 교통부(Department of Transportation) 산하에 있었으나, 2003년 3월 9일 DHS로 이관 되었다. TSA은 주로 공항 등에서 보안 검색 임무를 담당하고 있다. 항공보안장비와 관련된 제도로는 항공보안장비 성능인증제가 있다. 이 제도에 의해 미국으로 들어오는 마지막 공항에서 여객 및 화물에 대한 검색은 미국 정부가 인증한 장비만을 사용하여만 한다.

유럽은 유럽연합(European Union) 산하기구로 유럽민간항공위원회(European Civil Aviation Conference, ECAC)를 설립하였다(Eum 2018; Jung et al., 2020). ECAC는 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)와 유럽평의회(The Council of Europe)가 설립한 정부 간 기구이다. 1995년 19개 회원국으로 설립된 ECAC는 현재 27개 회원국, 유럽항공안전청(European Aviation Safety Agency) 31개 회원국, 41개 EUROCONTROL 회원국을 포함하여 총 44개 회원국으로 구성되어 있다. 설립목적은 안전하고 효율적이며 지속 가능한 유럽항공 운송 시스템의 지속적인 개발을 촉진함으로써 회원들 간의 민간 항공 정책과 관행을 조화시키고, 회원국들과 세계 다른 지역들 간의 정책 문제에 대한 이해를 증진시키기 위함이다. ECAC에서는 인증, 규제 및 표준화를 수행하며 조사 및 모니터링도 수행한다. 안전 데이터, 초안을 수집 및 분석하고, 안전 법규 및 세계 다른 지역의 유사 조직과의 조율에 대한 정책 제안도 한다. 항공보안장비와 관련된 제도로는 유럽연합 규정 프레임 워크가 있다. 이 규정은 공항 승객과 수하물의 보안 검색에 대한 방법에 대해 규정하고 있다. 더하여 항공보안장비에 대한 최소성능 인증의 기술적인 사양을 정립하고도 있다.

중국은 2004년부터 중국민간항공국(Civil Aviation Administration of China, CAAC)을 통해 항공보안 관련 제도를 운영하고 있다(Eum 2018; Jung et al., 2020). CAAC는 1954년 최고인민위원회에 의해 설립되었으며, 현재는 국무원(State council of the people's republic of China)의 교통운수 산하에 편제되어 있다. CAAC는 중국의 민간 항공교통을 위한 항공보안기구로 항공 행정에 대한 정책 결정하고 집행한다. 항공보안장비와 관련한 제도는 다른 주요국과 마찬가지로 항공보안장비 성능인증제가 있다. 이 제도에서는 항공보안 장비 인증을 취득하지 못하거나 유효기간이 만료된 장비의 사용을 금지하고 있다. CAAC는 항공보안장비 인증기관으로써의 역할도 수행하고 있다. 항공보안장비에 대한 성능시험평가는 전문시험소를 별도로 운영하고 있다.

우리나라는 「항공보안법」(이하 "항공보안법"이라 한다)에 의해 항공보안장비 성능인증제를 시행하고 있다(Korea ministry of government legislation 2018). 항공보안장비 성능인증제는 2017년 항공보안법 일부를 개정하면서 그 초석이 마련되었다. 인증업무는 전문성과 보안성 등을 고려하여 대통령령에 따라 위탁하는데, 항공보안법 제27조의 3, 같은 법 시행령 제19조의2 그리고 「항공안전기술원법」(Korea ministry of government legislation. 2017)에 의

해 항공안전기술원이 인증 업무를 수행한다. 항공보안장비에 대한 성능시험평가는 항공보안법 제27조의4, 같은 법 시행령 제14조의7의 의해 지정받은 시험기관이 수행한다. 현재는 한국산업기술시험원이 유일한 항공보안장비에 대한 성능시험평가 시험기관으로 지정되어있다(Korea ministry of government legislation 2018, 2020a, 2020b; Ministry of land, infrastructure and transport 2019).

한편, 주목할 만한 사실은 주요 국가들은 항공보안장비 성능인증시험 중에 폭발물 탐지 장비에 대한 인증 절차, 방법, 범위 등을 공개하지 않는다는 것이다. 정부의 입장에서는 적국의 테러리스트뿐만 아니라 자국 내 범죄자들로부터 시민을 보호하기 위해 폭발물 탐지 장비에 대한 인증 절차, 방법, 범위를 공개하지 않는다. 폭발물 탐지 기술에 대한 선진국의 기업이 자국 내로 진입하는 것을 차단하는 효과, 자국 내 기업의 기술력 향상, 그리고 내수 시장의 활성화를 위한 이유도 있다. 하지만 기업의 입장에서는 폭발물 탐지 장비에 대한 인증 절차와 방법 그리고 범위를 공개하지 않는 것이 시장 진입에 대한 높은 장벽으로 작용한다.

앞서 살펴보았듯이 우리나라는 항공보안장비 성능인증제와 관련하여 후발주자이다. 제도가 시행 초기에 있으며, 운영에 대한 경험적 지식이 없다. 이 때문에 제도는 미완성된 또는 개선되어야 하는 부분이 존재할 수밖에 없다. 제도의 고도화를 위해서는 주요 선진국의 경험이나 기술을 도입해야 하지만 제도의 특성상 이는 매우 어려운 일이다. 선진국의 도움을 받을 수 없다면 학계의 도움을 받을 수 있을 것이다. 하지만 우리나라 학계에서는 폭발물 탐지 기술에 대한 연구가 거의 이루어지지 않아 이마저도 어려운 실정이다. 이러한 문제 인식으로, 본 연구에서는 우리나라의 항공보안장비 성능인증제를 고도화하고자 항공보안장비 성능인증제 관련 법령과 학계에서 보고되어온 폭발물 탐지 기술을 분석하려 한다. 이를 이용하여 항공보안 성능인증제의 문제점을 도출하고 그에 대한 개선방안을 제시하려 한다.

연구문제를 해결하기 위해 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 '서론'에서 미국, 유럽, 중국, 한국의 항공보안장비 성능인증제에 대한 고찰과 연구문제가 기술되어 있다. '연구대상 및 방법'에서는 연구의 대상, 범위, 방법 등이 기술되어 있다. '연구결과'에서는 국내법령을 중심으로 분석한 우리나라 항공보안장비 성능인증제의 현황과 국외 선행연구를 중심으로 분석한 폭발물 탐지 기술의 현황이 기술되어 있다. 더하여 앞서 기술된 내용을 바탕으로 폭발물흔적탐지장비의 정의, 인증심사위원회의 기능, 성능평가시험의 방법에 대한 문제점의 도출과 개선방안이 기술되어 있다. '결론 및 토의'에서는 연구결과에 대한 요약과 본 연구의 한계점에 대해 기술되어 있다.

2. 연구대상 및 방법

본 연구에서는 우리나라 항공보안장비 성능인증제를 연구대상으로 선정하였다. 특히, 주요 국가가 인증에 대한 절차와 방법 그리고 범위를 공개하지 않는 폭발물 탐지 장비 관련 부분에 초점을 두었다. 이를 위해 국내 항공보안장비 성능인증제 관련 법령을 전반적으로 분석하고, 제도 시행 초기에 고려되지 못한 부분을 도출하고자 한다. 더하여 학계에서 보고되어온 폭발물 탐지 기술에 대해 전반적으로 분석하여 제도에 대한 문제점을 도출하고자 한다. 이후 두 가지를 이용하여 국내 항공보안장비 성능인증제의 고도화 방안을 제시하려 한다(Figure 1).

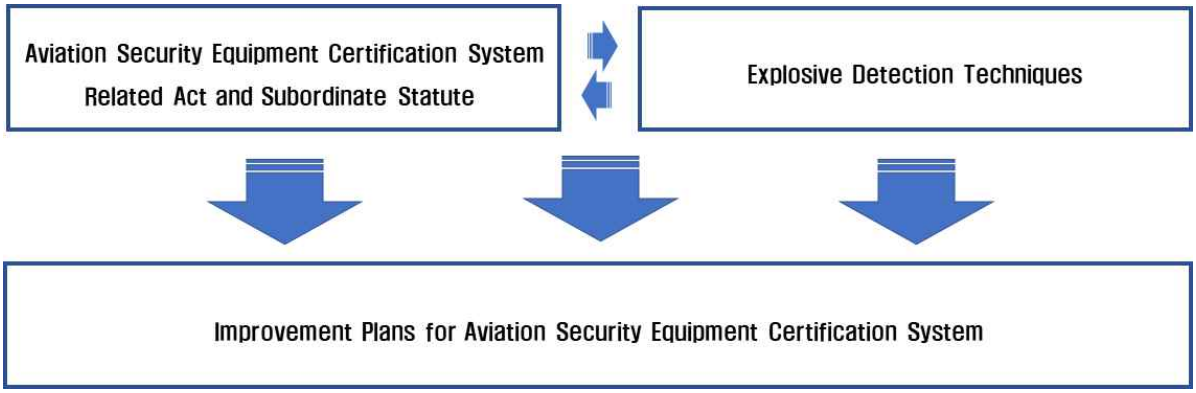

Figure 1. Research Model

본 연구의 연구범위는 다음과 같다. 이론적 논거를 위해 연구 분석 범위를 항공보안장비 성능인증제와 폭발물 탐지 장비 기술로 한정하였다. 연구의 분석대상에 대한 내용적 범위는 항공보안 성능인증제 관련 법, 시행령, 시행규칙, 그리고 기술고시가 포함되며, 폭발물 탐지 기술은 분광학적 기술(Spectroscopic Techniques)만 포함한다. 폭발물 탐지에 대한 기술 중 분광학적 기술만을 고려한 것은 현재 공항에서 상용되는 폭발물 탐지 장비의 대부분이 분광학적 기술 기반으로 제작되었기 때문이다. 연구의 시간적 범위는 항공보안법이 일부 개정된 2018년 이후부터 현재까지를 포함하며, 폭발물 흔적 탐지 기술은 해외 학계에서 발표된 최근 10년(2011년부터 2020년까지)의 기술이 포함된다.

본 연구는 선행연구 고찰을 이용한 문헌조사법과 사례를 비교하는 비교분석법을 사용하였다. 이론적 논거를 제시하기 위해 학술논문, 참고서적, 관계법령, 정부 간행물 등을 이용하였다. 관계법령은 국가법령정보센터(www.law.go.kr)에 고시되어 있는 자료를 이용하였으며, 폭발물 흔적 탐지 기술은 국제전문학술지에 보고된 연구논문을 이용하였다.

3. 연구결과

3.1 항공보안장비 성능인증제

항공보안에 대해 학술적 정의를 내리는 것은 쉽지 않은 일이다. 학술적 정의를 뒤로 하고 사전적 정의에 의한 항공보안의 의미를 살펴보면, 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICOA)에서 발표한 국제민간항공조약 부속서(ICAO Annex)에서 그 의미를 찾을 수 있다(ICAO 2020). ICAO Annex 17 2.1.1에 의한 항공보안이란 민간항공의 안전을 유지하기 위하여 인명 및 재산의 안전에 위해를 가하거나 항공 업무를 수행하는데 중대한 영향을 미치는 불법 방해 행위로 부터 승객, 승무원, 지상요원, 일반인과 민간항공업무에 사용되는 항공기 및 공항시설 그리고 기타 시설들을 보호하는 것으로 정의할 수 있다. 사전적 정의에서 보는 것과 같이 항공보안은 적국의 테러리스트뿐만 아니라 자국의 범죄자로부터 시민을 보호하는 공익적 목적이 담겨져 있다.

우리나라는 적국에 대한 대테러검색능력의 확보하기 위해 그리고 국내 항공보안 장비 관련 기업의 경쟁력 확보를 위해 2017년 항공보안법 일부를 개정하면서 항공보안장비 성능인증제의 초석을 마련하였다(Korea ministry of government legislation, 2018). 하지만 항공보안장비 성능인증제가 본격적으로 시행된 것은 2019년 5월부터이다.

항공보안장비 성능인증제에 대한 법령 체계는 Figure 2와 같다. 항공보안장비 성능인증제로 인해 국내에서 사용되는 항공보안장비는 국가인증을 의무화하여야 한다. 항공보안장비의 종류・운영・유지관리 등에 관한 기준은 국토교통부장관이 고시한다. 항공보안장비 인증기관과 시험기관을 분리하여 운영해야 하며, 인증・시험기관은 국토교통부장관이 지도・감독한다. 항공보안법 시행령 제19조의2에서는 법 제27조의3에서 위임한 인증업무를 「항공안전기술원법」에 따른 항공안전기술원에게 위탁하도록 명시하고 있다. 시험기관은 법 제27조4, 같은 법 시행규칙 제14조의7, 국토교통부 고시 제2019-53호에 의해 한국산업기술시험원으로 지정되어 있다(Korea ministry of government legislation. 2018, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b).

항공보안장비의 종류는 국토교통부고시 제2019-54호에 기술되어 있다. 항공보안장비는 사용 기능에 따라 엑스선검색장비, 금속탐지장비(문형 금속탐지장비, 휴대용 금속탐지장비), 폭발물탐지장비, 폭발물흔적탐지장비, 액체폭발물탐지장비, 원형검색장비, 신발검색장비로 분류되어 있다(Figure 3)(Korea ministry of government legislation 2109c). 여기서 엑스선검색장비란 엑스선발생장치를 이용하여 검색대상물에 엑스선을 조사하고 그 내용을 모니터에 영상으로 표시하는 검색장비를 말한다. 금속탐지장비란 전기 자기장을 이용하여 금속물체를 탐지하는 검색장비를 말한다. 폭발물탐지장비란 이온분석, 엑스선 검색, 중성자 검색, 기타 탐지방법 등에 의하여 폭발물 및 폭약성분을 탐지하는 장비를 말한다. 폭발물흔적탐지장비란 검색대상물에 묻어있는 화학성분을 흡입하여 화학적인 이온분석 방법 등을 이용하여 폭발물 및 폭약성분의 흔적을 탐지하는 장비를 말한다. 액체폭발물탐지장비란 폭발성이 높거나 연소성이 높은 액체류 위험물 및 액체상태의 폭약성분을 탐지하는 장비를 말한다. 원형(原形)검색장비란 금속탐지장비에 의하여 탐지하기 어려운 무기 또는 폭발물 등 위험성이 있는 물건을 신체에 대한 접촉 없이 탐지하여 그 내용을 모니터에 영상으로 표시하는 검색장비를 말한다. 신발검색장비란 금속탐지기로 검색이 어려운 신발 아래쪽과 발목 등에 은닉한 위험물을 탐지하는 장비를 말한다(Korea ministry of government legislation 2109c).

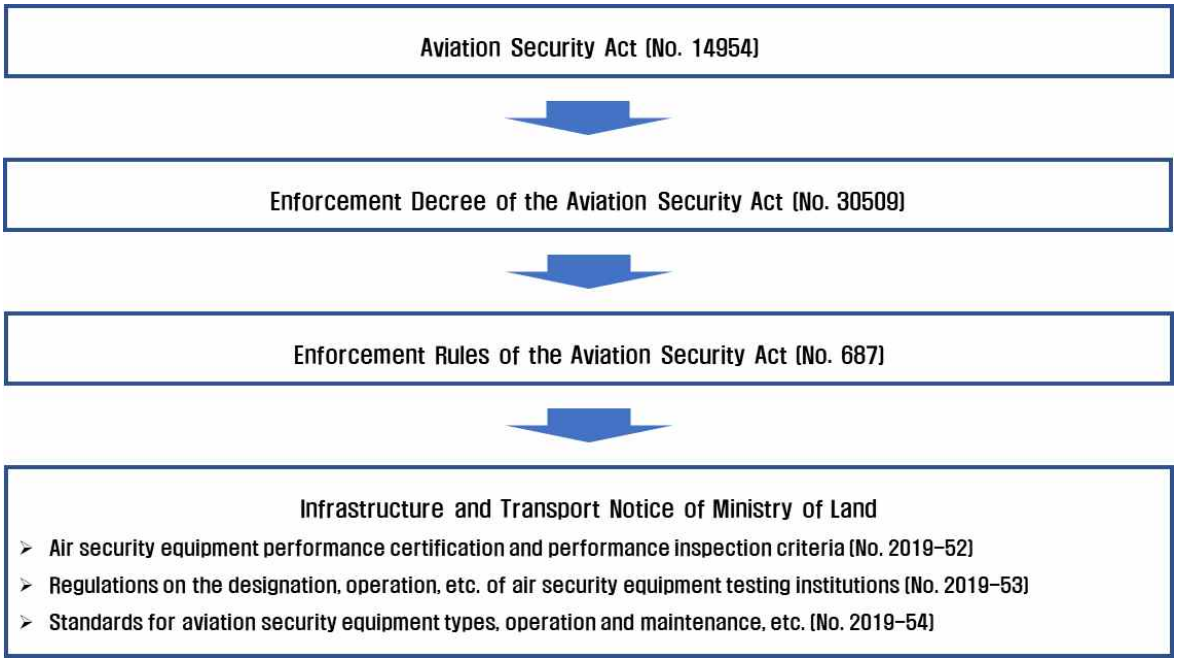

Figure 2. Legal system of aviation security equipment certification system related act and subordinate statute

Figure 3. Photograph of aviation security equipments(From: Korea institute of aviation safety technology, https://www.kiast.or.kr)

항공보안장비 성능인증과 성능검사에 대한 정의는 국토교통부고시 제2019-52호에 명시되어있다(Korea ministry of government legislation, 2019a). 이 고시에서 정의하는 성능인증이란 장비 제작사 또는 수입업자(이하 "제작자"라 한다)가 개발한 장비의 성능을 검사한 결과가 해당 장비의 성능이 확보되었음을 확인·증명하는 행위를 말한다. 성능검사란 항공보안법 시행규칙 제14조의5에 따라 내용연수를 연장하여 장비를 계속 사용하고자 하는 경우 해당 장비가 성능 검사 기준에 충족하는지를 확인하기 위해 인증기관에서 실시하는 검사를 말한다(Korea ministry of government legislation, 2020b).

항공보안법 시행규칙 제14조의2에 따라 장비의 성능 인증을 받으려는 제작자(이하 "성능 인증 신청자"라 한다)는 Figure 4와 같은 절차를 따라야 한다. 먼저 성능 인증 신청자는 성능 인증 신청 서류를 갖춰 인증기관에 신청하여야 한다. 인증기관은 제출받은 성능 인증 신청 서류를 검토하여 적합하다고 인정되면 성능 인증 신청서를 접수하고 성능 인증 신청자에게 접수증을 발급하며 시험기관에 성능 인정 신청이 있음을 통보한다. 시험기관은 성능 인증 신청 장비가 성능평가시험에 적합한지 여부를 확인하기 위하여 성능평가시험을 수행한다. 인증기관은 시험기관에서 통보받는 성능평가시험 결과에 대한 적정성 여부 등을 확인하고, 적정성이 확인되면 인증심사위원회를 통해 인증여부를 결정한 후 인증서를 발급한다. 시험기관은 성능평가시험 결과 일부 부적합한 항목이 발생하였으나, 30일 이내에 조치가 가능한 경미한 사항인 경우 시험기관은 1회에 한하여 제5조에 따른 재신청 없이 성능평가시험을 재수행할 수 있다. 성능 인증 신청자가 항공보안법 규칙 제14조2제8호에 따라 인증기관에 해당 장비에 대한 성능을 입증할 수 있는 서류를 제출하고 이로써 성능평가시험 항목의 전부 또는 일부를 충족하였음이 객관적으로 입증되는 경우 성능 인증 신청자는 성능평가시험의 전부 또는 일부를 면제받을 수 있다. 이에 대한 결정은 인증심사위원회에서 정한다. 인증심사위원회는 항공보안법시행규칙 제14조의9에 따라 성능 인증을 위한 성능평기시험 결과 및 성능 인증 승인 여부, 성능평가시험의 전부 또는 일부면제 여부, 성능 검사 결과, 해당 장비의 내용연수 설정 여부(1년 이상 2년 이하만 해당), 성능 인증 기준 개정, 위원회의 위원에 대한 제척·기피·회비, 성능 인증 등 업무에 수행과정에서 나타난 주요 사안의 해결 등에 대한 사항을 심의·의결한다(Korea ministry of government legislation, 2019a, 2019b, 2019c).

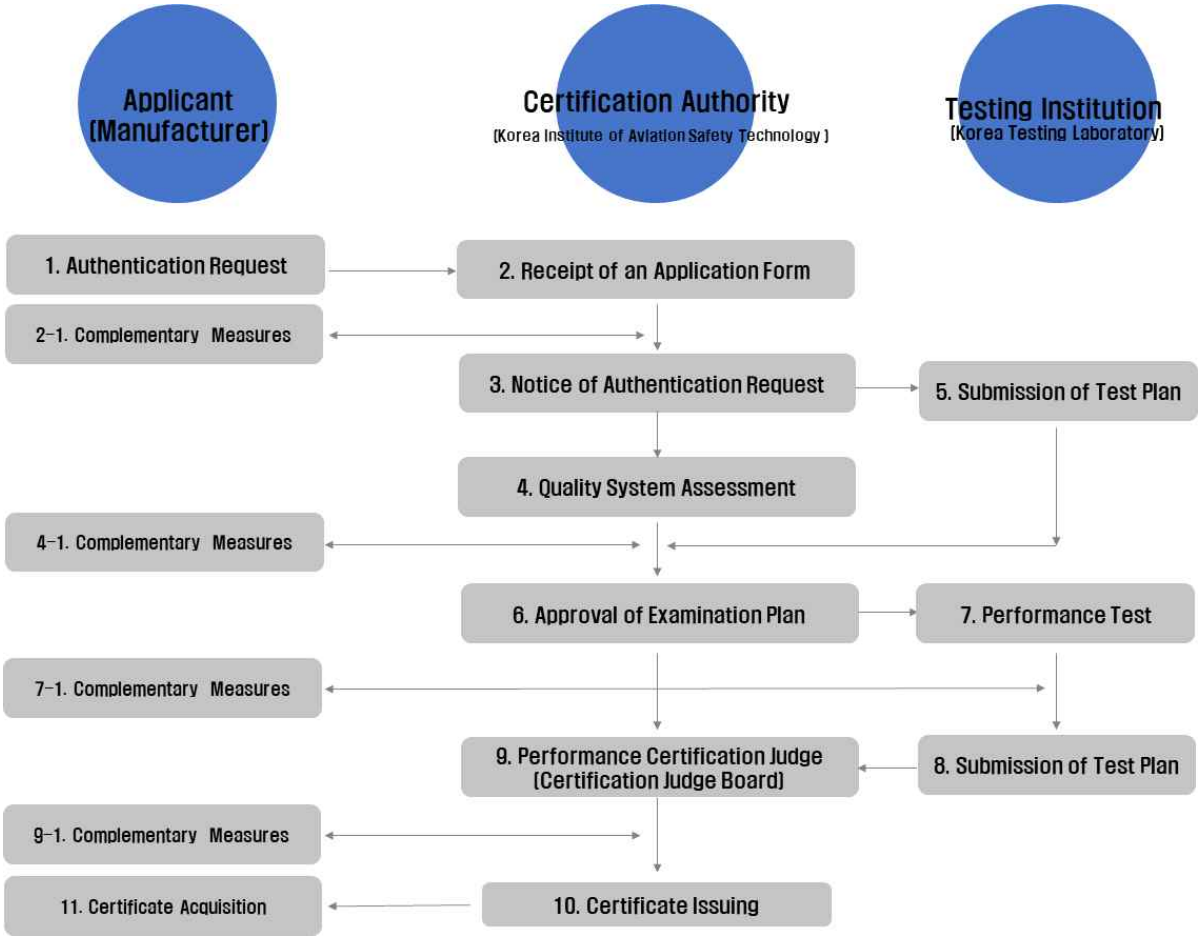

Figure 4. Process of aviation security equipments certification(From: Korea Institute of Aviation Safety Technology, https://www.kiast.or.kr)

3.2 폭발물 탐지 기술

폭발물 탐지 장비에 대하여 학계에서는 기능에 따른 분류 보다 작동원리에 의한 분류를 더 많이 사용한다(Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007). 만약 제작자가 폭발물탐지장비, 폭발물흔적탐지장비, 액체폭발물탐지장비의 모두를 한 가지 기술로 제작하였다면, 항공보안장비 인증제에서는 3가지로 장비로 분류가 된다. 하지만 분석에 사용되는 기술적 측면으로 바라보면 작동 원리는 한가지로 분류되면서 단순화된다. 실제로 이후에 논의될 분광학적 기술은 폭발물탐지장비, 폭발물흔적탐지장비, 액체폭발물탐지장비로 모두 구현될 수 있지만, 분석에 사용되는 기술은 분광학 한가지이다.

폭발물 탐지 기술은 크게 분광학적 기술, 감지기 기술(Sensor Techniques), 후각 감지기 기술(Olfactory Type Sensors Techniques), 수정진동자저울 기술(Quartz Crystal Microbalance Techniques)등으로 나뉠 수 있다. 이 중 분광학적 기술은 현재 상용되는 폭발물흔적탐지장비에 가장 많이 활용되고 있다(Caygill et al., 2012; Yinon, 2007).

분광학적 기술은 파장(λ)에 따른 빛과 물질 간의 상호작용을 이용한다. 폭발물 탐지와 관련된 분광학적 기술은 Table 1과 같이 질량 분광법(Mass Spectroscopy), 이온 이동도 분석법(Ion Mobility Spectroscopy), 테라헤르츠 분광법(Terahertz Spectroscopy), 근적외선 분광법(Infra-Red Spectroscopy), 레이져 유도 플라즈마 분광법(Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, LIBS), 라만 분광법(Raman Spectroscopy), 공동 광자 감쇠 분광법(Cavity Ringdown Spectroscopy) 등이 있다(Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007).

Table 1. Spectroscopic Techniques for Detection of Explosives

Analytical Technique	Operating Principle
Mass Spectroscopy	Mass spectrometry is an analytical technique that measures the mass-to-charge ratio of ions. The results are typically presented as a mass spectrum, a plot of intensity as a function of the mass-to-charge ratio. Mass spectrometry is used in many different fields and is applied to pure samples as well as complex mixtures.
Ion Mobility Spectroscopy	Ion-mobility spectrometry is an analytical technique used to separate and identify ionized molecules in the gas phase based on their mobility in a carrier buffer gas. Though heavily employed for military or security purposes, such as detecting drugs and explosives, the technique also has many laboratory analytical applications, including the analysis of both small and large biomolecules.
Terahertz Spectroscopy	Terahertz spectroscopy detects and controls properties of matter with electromagnetic fields that are in the frequency range between a few hundred gigahertz and several terahertz (abbreviated as THz). In many-body systems, several of the relevant states have an energy difference that matches with the energy of a THz photon.
Infra-Red Spectroscopy	Infrared spectroscopy (IR spectroscopy or vibrational spectroscopy) is the measurement of the interaction of infrared radiation with matter by absorption, emission, or reflection. It is used to study and identify chemical substances or functional groups in solid, liquid, or gaseous forms.
Laser-Induced Breakdown Spectroscopy	Laser-induced breakdown spectroscopy is a type of atomic emission spectroscopy which uses a highly energetic laser pulse as the excitation source. The laser is focused to form a plasma, which atomizes and excites samples. The formation of the plasma only begins when the focused laser achieves a certain threshold for optical breakdown, which generally depends on the environment and the target material.
Raman Spectroscopy	Raman spectroscopy is a spectroscopic technique typically used to determine vibrational modes of molecules, although rotational and other low-frequency modes of systems may also be observed. Raman spectroscopy is commonly used in chemistry to provide a structural fingerprint by which molecules can be identified.
Cavity Ringdown Spectroscopy	Cavity ring-down spectroscopy is a highly sensitive optical spectroscopic technique that enables measurement of absolute optical extinction by samples that scatter and absorb light. It has been widely used to study gaseous samples which absorb light at specific wavelengths, and in turn to determine mole fractions down to the parts per trillion level.

질량 분광방법은 분자의 질량을 측정하는 방법으로 1912년에 Thompson에 의해 처음으로 기기로 만들어졌다. 질량분석기는 물질의 질량을 질량 대 전하의 비로 측정하며, 이온은 여러 가지 이온화 방법에 의해서 형성된다. 질량분석기는 크게 시료 주입구, 이온화를 시키는 본체(Source Region), 시료를 비전하에 값에 따라 분리하게 하는 질량측정기(Mass Analyzer), 비전하의 값을 분석하는 검출기(Detector) 파트로 나뉜다. 질량 분광법의 형태로는 Quadrupole, Ion Trap, Time-of-Flight, Tandem based Techniques 등이 있으며, 물질의 확인과 분석 시간 짧다는 장점 때문에 폭발물 탐지를 위한 실제 현장에서 사용되었다. 특히 미국은 911 테러 이후, 거의 모든 미국 공항에 폭발물 탐지 장치가 통합되었으며, 이 중 폭발물 흔적 탐지기는 기체 크로마토그래피 질량 분석기를 사용한다 (Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007).

이온 이동도 분석법은 대기압에서 공기를 반응 영역으로 흡입한 다음 공기 흡입구 부분에 링 모양의 이온화 장치에서 방사성 동위 원소(Am241 또는 Ni63)를 사용하여 작용제를 이온화하고, 이를 전기장에 이동시켜 시간에 따른 분광 특성을 검출하는 방법이다. 기체 크로마토그래피 질량 분석기와 비교하여 소형화가 가능하므로 휴대용으로 사용될 폭발물 흔적 탐지기로 사용된다. 미국 TSA 인증 기준을 통과한 이온 이동도 분석기의 대표적인 예로는 Barringer Instruments, Inc.의 IONSCAN 350이 있다(Caygill et al., 2012).

테라헤르츠 분광법은 마이크로파와 적외선 사이에 존재하는 테라헤르츠파를 이용한다. 대부분의 폭발물 또는 폭발물 관련 화합물은 테라헤르츠파 영역에서 고유한 특성의 스펙트럼을 가지고 있다. 특히 테라헤르츠파는 자외선이나 X선에 비해 에너지가 작기 때문에, 물질의 손상을 최소화하면서 물질을 분석할 수 있다는 장점을 가지고 있어 새로운 폭발물 탐지 기술로 주목 받고 있다(Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007).

근적외선 분광법은 적외선을 이용한다. 적외선은 가시광선보다 더 긴 파장 값과 더 작은 진동수 값을 가진다. 적외선 분광법에서는 주로 흡수 분광법을 기반으로 하는 기술을 다루게 된다. 이 기술은 다양한 화학 물질들을 분석하고 연구하는데 이용할 수 있다. 고체 또는 액체일 수도, 기체일 수도 있는 주어진 시료에 대해서, 적외선 분광법이 다루는 방법이나 기술은 물질이 흡수하는 적외선 영역의 전자기파 스펙트럼을 얻기 위해 적외선 분광계를 이용한다. 현재 사용하는 기본적인 적외선스펙트럼은 대개 수평 축에는 진동수나 파장을 표시하고, 수직 축에는 수평 축의 값에 해당하는 전자기파에 대한 물질의 흡광도(또는 투과도)를 표시한다. 적외선 스펙트럼들에서 사용되는 전형적인 주파수 단위로는 cm-1 기호로 표시되는 센티미터의 역수 값을 이용한다. 적외선의 파장 단위는 주로 마이크로미터 단위로 주어지며, 기호는 μm 기호를 이용하는데, 이는 파수의 역수와 관련이 있다. 이 기술을 이용하는 일반적인 실험기기는 푸리에 변환 적외선 분광기(Fourier transform infrared spectrometer, FTIR)와 감쇠 전반사 퓨리에 변환 적외선 (Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared, ATR-FTIR) 분광기 있다. 폭발물 탐지와 관련하여 FTIR는 투명한 유리병에 있는 액체폭발물의 탐지가 가능하며, ATR-FTIR은 지문에 있는 폭발성 입자 검출이 가능하다고 보고되어 있다. 하지만 물질에 대한 낮은 선택도와 감도로 인해 상용 장비로 발전하지 못하고 있다 (Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Mou et al., 2009; Yinon, 2007).

LIBS은 레이저빔을 집속시켜 얻은 플라즈마를 이용한다. 이는 유도결합플라즈마에서 생성된 플라즈마처럼 높은 여기온도를 가지고 있다. 이 때문에 시료를 증기화시켜 원자상태로 만든 후 여기시킬 수가 있다. 이렇게 펄스레이저를 사용하여 시료에서 삭마(ablation)에 의해 플라즈마를 생성시켜 고체 시료를 원자화 및 이온화시키고 여기시켜 분광선을 측정하는 분광분석법을 LIBS이라 한다. LIBS은 폭발물 탐지 분야와 관련하여 시료 준비의 불필요, 실시간 분석, 야외에서 사용 가능한 원거리 검출 방식, 휴대용 작업을 위한 소형화 가능성, 적은 양의 민감한 시료에 적용 가능성 등이 있다. 그러나 LIBS의 단점도 있다. 만약 원거리 감지 방법을 사용하려면 일반적으로 야외에서 감지를 수행해야 한다. 한편, 많은 폭발물은 주로 탄소, 수소, 질소, 산소 등으로 구성되어 있으며, 탄소와 수소에 대한 산소와 질소의 비율은 폭발 성질을 구별하는 특징 중 하나이며, 공기 중의 질소와 산소가 측정을 방해한다. 이 때문에

아직 LIBS를 이용하여 폭발물 탐지를 위한 상용 장비로 발전되지 못하였다(Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007).

라만 분광법(Raman Spectroscopy)은 1928년 인도의 과학자 찬드라 세카르 라만이 발견한 라만 효과를 이용, 특정 분자에 레이저를 조사했을 때 그 분자의 전자의 에너지준위의 차이만큼 에너지를 흡수하는 사건을 통해 분자의 종류를 알아내는 방법이다. 폭발물 탐지와 관련하여 라만 분광법은 실시간 분석이 가능하며 원거리 측정이 가능하다. 하지만 장비가 고가이며 실험실 기반의 크기를 갖고 있어, 소형화로 발전하지 못하고 있다(Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007).

공동 광자 감쇠 분광법(Cavity Ring-down Spectroscopy, CRDS)은 CRDS은 빛을 산란시키고 흡수하는 시료에 의한 절대 광학 소멸을 측정 할 수 있는 고감도 광학 분광 기술이다. 특정 파장에서 빛을 흡수하는 기체 샘플을 연구하고 ppm 이하의 함유량을 측정할 수 있다. 작동원리는 공동 광자 감쇠 분광법에서는 짧은 펄스의 빛이 높은 반사 거울에 의해 둘러싸인 공진 공동에 주입되고, 공동 내에 충분한 방사선이 축적되면, 레이저가 꺼지고 시간에 따라 빛의 세기의 지수 감쇠가 측정된다. 그 후 빈 공동의 붕괴 시간을 관심 물질을 함유하는 붕괴 시간과 비교하여 스펙트럼을 얻는다. 분자 흡광도와 농도 또한 붕괴 속도로부터 유도될 수 있다. 하지만 CRDS는 기체 시료에 대해서만 초고감도를 얻을 수 있고, 진동 등과 같은 외부 환경에 민감하기 때문에 상용 장비로 발전되지 못하였다(Caygill et al., 2012; Lee & Lee, 2019; Yinon, 2007).

3.3 항공보안장치 성능인증제의 문제점과 개선방안

3.3.1 폭발물흔적탐지장비의 정의

항공보안장비 성능인증제의 고도화 방안을 Table 2에 나타내었다. 앞서 기술하였듯이, 국토교통부고시 제2019-54호 제2조에 의하면, 폭발물흔적탐지장비란 검색대상물에 묻어있는 화학성분을 흡입하여 화학적인 이온분석 방법 등을 이용하여 폭발물 및 폭약성분의 흔적을 탐지하는 장비를 말한다(Korea ministry of government legislation, 2109c). 그런데 문제는 폭발물흔적탐지장비의 작동동작을 “흡입식”로 국한하고 있는 것이다. 학문적으로 폭발물 탐지 기술을 바라보면 폭발물흔적탐지장비는 “흡입식”으로만 제작이 가능한 것은 아니다. 특히 질량 분광법과 이온 이동도 분석법을 제외한 나머지 테라헤르츠 분광법, 근적외선 분광법, LIBS, 라만 분광법, 공동 광자 감쇠 분광법은 흡입 방식이 아니다. 만약 제작자가 테라헤르츠 분광법 등과 같은 기술로써 폭발물 흔적 탐지 장비를 개발한다면 현재 규정으로는 인증 신청대상이 되지 않는다. 실제로 미국 TSA 인증을 받는 폭발물 흔적 탐지장비로 EXPRAY사의 Field Test Kit Model M1553 제품이 있다(Reno, 2020). 이 제품은 화학적 감지(Chemical Sensor) 기술을 이용한다. 화학 감지기는 활성물질이 폭발성 증기와 선택적으로 화학 반응을 한 다음 색이나 전도도 변화와 같은 관찰 가능한 정보를 생성한다. 그러므로 폭발물흔적탐지장비에 정의를 “화학성분을 흡입하여 화학적인 이온분석 방법 등”을 질량 분광법과 이온 이동도 분석법으로 국한하지 말고, “화학성분을 흡입 또는 표면 상태에서 화학적인 이온분석 방법 등” 변경하여 다른 분석 기술도 장비로써 개발되어 인증을 받을 수 있도록 하여야 한다.

3.3.2. 인증심사위원회의 기능

항공보안법시행규칙 제14조의9와 국토교통부고시 제2019-52호 17조에 의하면, 인증심사위원회는 성능평기시험결과 및 성능 인증 승인 여부, 성능평가시험의 전부 또는 일부면제 여부, 성능 검사 결과, 해당 장비의 내용연수 설정 여부(1년 이상 2년 이하만 해당), 성능 인증 기준 개정, 위원회의 위원에 대한 제척・기피・회비, 성능 인증 등 업무

에 수행과정에서 나타난 주요 사안의 해결 등에 대한 사항을 심의・의결한다(Korea ministry of government legislation, 2019a, 2020a, 2020b). 더하여 같은 고시 제21조에 의하면, 인증심사위원회의 위원은 성능 인증 기준 별표1 또는 별표2에 대하여 개정안을 마련하여 인증기관에 요구할 수 있다. 인증기관은 개정 요구가 있을 경우 심의위원회를 개최하여야 하며, 위원회에서 개정안을 의결하는 경우 위원회는 이를 국토교통부장관에게 건의할 수 있다.

한편, 같은 고시 별표1에는 각 장비의 성능확인・점검에 대해 기술되어있다. 폭발물흔적탐지장비의 성능평가시험을 부분을 보면, 표1-5에 '폭발물흔적탐지장비 탐지시험'에 따른 폭발물질을 탐지할 수 있어야 한다. 표1-6에는 '폭발물흔적탐지장비 오경보율 시험'에 따른 오경보율 기준을 만족하여야 한다. 표1-5와 표1-6은 공공기관의 정보공개에 관한 제9조제1항제2호 및 제3호에 따라 비공개 한다.

결과적으로 표1-5와 표1-6가 인증심사위원회의 위원에게 항시 공개되어 있어야 검토가 가능하며, 문제점을 도출하여 개정안을 인증기관에 요구할 수 있다. 이는 대테러검색능력의 확보하기 위해 폭발물 탐지 장비의 인증 방법과 절차 그리고 범위를 공개하지 않는 이유와 정면으로 배치된다. 한편, 고시에는 별표1과 별표2를 개정하기 위한 다른 수단이 존재하지 않는다. 즉, 인증위원회를 제외한 인증기관이나 성능시험평가 시험기관이 고시에 대한 개정을 요구할 수 없다. 이 때문에 인증기관이나 성능시험평가 시험기관이 운영상 문제점이 발생하면 고시를 개정하기 위해 위원을 비공식적으로 섭외해야하는 상황 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 국토교통부고시 제2019-52호 제21조 '성능 인증 기준 등 개정'에서 표1-5와 표1-6에 대한 개정은 위원회가 개정을 요청할 수 없다는 조항과 해당 고시의 개정을 위해 인증기관과 성능시험평가 시험기관이 개정을 요청할 수 있다는 조항이 추가되어야 한다.

3.3.3. 성능평가시험의 방법

국토교통부고시 제2019-52호 제7조에는 성능평가시험 절차와 방법에 대해 기술되어 있다(Korea ministry of government legislation 2019a). 이 조항에 의하면 인증 신청 대상 항공보안장비가 성능평가시험 결과 일부 부적합한 항목이 발생하였으나, 30일 이내에 조치가 가능한 경미한 사항인 경우 시험기관은 1회에 한하여 제5조에 따른 재신청 없이 성능평가시험을 재수행할 수 있다. 하지만 여기서 "30일 이내에 조치가 가능한 경미한 사항"은 장비의 고장 정도를 명확하지 않게 제시하지 못하고 있다. 미국 TSA의 인증기준을 받은 Barringer Instruments, Inc.의 IONSCAN 350을 예로 들어보려 한다. 이 장비는 이온 이동도 분석법에 의해 작동된다. 분석 기술 특성상 시료를 이온화하는 코로나 방전(Corona Discharge) 장치와 이온화된 시료에 대해 전기장을 인가하여 증기상의 시료가 작동하는 이동관(Drift region) 장치가 핵심 장치이다(Caygill et al., 2012). 그런데 만약 코로나 방전 장치와 시료의 이동관에 문제가 생겼다고 가정하면 "성능평가시험 시험기관이 핵심부품에 대한 고장을 알 수 있는가? 알 수 있다면 이를 경미한 사항으로 볼 것인가? 보지 않을 것인가?"와 같은 고민에 빠진다. 한편, 기업 입장에서는 인증을 받기 위해 장비의 해당 장치의 문제를 의도적으로 감추려할 것이다. 더하여 이는 핵심 부품을 단순 교체하는 것으로도 수리가 가능하다. 그러므로 이 규정은 "장치와 부품을 교체하지 않는 상태에서 조치가 가능한 경미한 사항"으로 변경이 필요하다.

기간에 대한 문제도 있다. '30일 이내에'라는 문구로 인해 해당 장비는 현장에서 30일 동안 작동이 멈출 수 있다. 이는 대테러검색능력의 부재로 발전하게 된다. 그러므로 30일보다 짧은 기간으로 변경이 필요하다. 외산장비의 경우 부품 배송이 있으므로, '30일 이내에'를 '15일 이내에'로 변경이 필요하다.

Table 2. Improvement Plans for Aviation Security Equipment Certification System

Clause	Content	Improvement Plan
Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport No. 2019-52, Article 7.	Methods for chemical ion analysis by inhaling chemical components, etc.	Methods for chemical ion analysis by inhaling chemical components or surface conditions, etc.
Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport No. 2019-52, Article 21.	-	The committee can not request amendments for clause in table 1-5 and 6.
		The certification institution and testing institution can request amendments for clause in table 1-5 and 6.
Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport No. 2019-52, Article 7.	Minor matters that can be fixed within 30 days.	Minor matters that can be fixed without replacing the device within 15 days.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 국내 항공보안장비 성능인증제를 고도화하고자 수행되었다. 이를 위해 항공보안장비 성능인증제 관계법령과 학계에서 보고되어온 폭발물 탐지 기술을 분석하였다.

폭발물흔적탐지장비의 정의에서 “화학성분을 흡입하여 화학적인 이온분석 방법 등”의 문구로 인해 다른 분석 기술로 장비가 개발되어도 항공보안장비 인증 받을 수 없다는 문제점이 발견되었다. 그러므로 해당 문구를 “화학성분을 흡입 또는 표면 상태에서 화학적인 이온분석 방법 등” 변경이 필요하였다.

성능 인증 기준의 별표 1에서 비공개 항목인 표1-5와 표1-6을 개정하려면 인증심사위원회의 위원들에게 해당 내용을 항시 공개되어야 하는 문제점이 발견되었다. 또한, 인증기관과 성능시험평가 시험기관은 성능 인증 기준에 대한 개정 요청을 할 수 없다는 문제점도 발견되었다. 그러므로 표1-5와 표1-6에 대한 개정은 위원회가 개정을 요청할 수 없다는 조항과 해당 고시의 개정을 위해 인증기관과 성능시험평가 시험기관이 개정을 요청할 수 있다는 조항의 추가가 필요하였다.

성능평가시험의 방법에서는 ‘30일 이내에 조치가 가능한 경미한 사항’ 문구가 ‘성능평가시험 시험기관이 핵심부품에 대한 고장을 알 수 있는가? 알 수 있다면 어디까지 경미한 사항으로 볼 것인가? 보지 않을 것인가?’라는 문제를 발생시켰다. 또한 ‘30일 이내에’ 라는 기간이 대테러검색능력의 부재로 발전된다는 문제점이 발견되었다. 그러므로 해당 문구를 ‘15일 이내에 장치와 부품을 교체하지 않는 상태에서 조치가 가능한 경미한 사항’으로 변경이 필요하였다.

본 연구결과는 우리나라 항공보안 인증제에 대한 법령을 분석하고 학계에서 보고되는 폭발물탐지기술을 분석하여 항공보안 인증제의 고도화 방안을 제시하였다는데 의의가 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 먼저 주요 선진국의 항공보안장비 성능인증제와 비교가 불가능하다는 문제점이 있다. 다시 말해, 우리나라 항공보안 인증제가 얼마만큼의 수준에 도달했는지 평가가 불가능하다는 문제점이 발생된다. 그러므로 성능 인증 신청자가 해당 장비에 대해 선진국에서 인증을 받은 후 성능평가시험의 전부 또는 일부를 면제받을 수 있도록 선진국의 항공보안장비 성능인증제와 우리나라의 항공보안장비 성능인증제의 수준을 비교하는 연구가 필요하다. 한

편, 본 연구는 폭발물흔적탐지장비에 초점을 두고 있다. 즉, 폭발물탐지장비, 액체폭발물탐지장비 등에 대한 문제점을 제시하지 못한다는 한계가 있다. 그러므로 학계에서는 폭발물탐지장비, 액체폭발물탐지장비 등에 대한 기술을 분석하고 인증제 고도화를 위한 연구가 필요하다.

REFERENCES

Caygill, J. S., Davis, F., and Higson. S.P.J, 2012. Current Trends in Explosive Detection Techniques. Talanta 88(15):14-29.

Eum, J. I. 2018. A Study on Legislation for Introducing Aviation Security Equipments Certification System. Unpublished Ms. thesis. Korea Aerospace University.

International Civil Aviation Organization(ICAO). 2020. ICAO Annex 17. Available from https://www.icao.int/.

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.

Korea Ministry of Government Legislation. 2017. Aviation Safety Institute Act. No. of Law 15022. Enforce a Law 2017.

Korea Ministry of Government Legislation. 2018. Aviation Security Act. No. of Law 14954. Enforce a Law 2018.

Korea Ministry of Government Legislation. 2019a. Air Security Equipment Performance Certification and Performance Inspection Criteria. No. of Infrastructure and Transport Notice of Ministry of Land 2019-52. Enforce a Law 2109.

Korea Ministry of Government Legislation. 2019b. Regulations on the Designation, Operation, etc. of Air Security Equipment Testing Institutions. No. of Infrastructure and Transport Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2019-53. Enforce a Law 2109.

Korea Ministry of Government Legislation. 2020a. Enforcement Decree of the Aviation Security act. No. of Presidential Decree 30509. Enforce a Law 2020.

Korea Ministry of Government Legislation. 2020b. Enforcement Rules of the Aviation Security act. No. of Enforcement Rules of Ministry of Land, Infrastructure and Transport 687. Enforce a Law 2020.

Korea Ministry of Government Legislation. 2109c. Standards for Aviation Security Equipment Types, Operation and Maintenance, etc.. No. of Infrastructure and Transport Notice of Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2019-54. Enforce a Law 2109.

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., and Lee, K. 2019. Recent Research Trends in Explosive Detection through Electrochemical Methods. Applied Chemistry for Engineering 30(4):399-407.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2019, May 09. Open the Way for the Production of Aviation Security Equipment through Domestic Certification. Press Release. Available from http://www.molit.go.kr/.

Mou, Y., and Rabalais, J. W. 2009. Detection and Identification of Explosive Particles in Fingerprints using Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared Spectromicroscopy. Journal of Forensic Sciences 54(4):846-850.

Reno, T., Fisher, R. C., Robinson, L., Brennan, N., and Travis, J. 2020. Guide for the Selection of Commercial Explosives Detection Systems for Law Enforcement Applications. USA National Institute of Justice. NIJ Guide 100-99.

Yinon Ed, J. 2007. Counterterrorist Detection Techniques of Explosives. Vol. 1, Elsevier, Oxford, UK.

저자소개

이원주 주저자. 대진대학교 화학과에서 학사를, 한양대학교 화학과에서 석사와 박사를 취득하였다. 삼성전자 종합기술원에서 전문연구원으로 근무하였다. 현재 대덕대학교 군사학부에서 조교수로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 재난관리정책, 폭발물 탐지 기술 등이다.

유상우 고려대학교 전기전자공학부에서 학사를, 한양대학교 기술경영학과에서 석사를 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원 항공국방신뢰성 센터장으로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 신뢰성공학, 시험평가 관련 기술개발, 보안검색장비 성능인증평가 등이다.

박수홍 한양대학교 정밀기계공학과에서 학사와 석사를 취득한 후 한국생산기술연구원에서 근무하였다. 이 후 한양대학교 정밀기계공학과에서 진동제어에 의한 소음저감으로 박사를 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원 항공국방신뢰성센터에서 수석연구원으로 재직 중이며 진동, 소음 및 신뢰성분야를 연구하고 있다.

김경훈 서울과학기술대학교 전자정보공학에서 학사를, 경상대학교 제어계측학과에서 석사를 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며, 항공보안장비 및 기계제어시스템 분야를 연구하고 있다.

하다솜 한서대학교 항공전자공학에서 학사를, 한국항공대 항공교통학과에서 석사를 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며, 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

설은숙 한서대학교 항공교통관리학에서 학사를, 항공운항관리학에서 석사를 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며, 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

한수진 한서대학교 항공전자공학에서 학사를 취득 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

박서하 경남과학기술대학교 에너지공학과 학사를 취득 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

이지수 경남과학기술대학교 에너지공학과 학사를 취득 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

김찬휘 창원대학교 신소재공학과 학사를 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

강진구 연세대학교 방사선학과에서 학사와 석사를 취득 취득하였다. 현재 한국산업기술시험원에서 재직 중이며 항공보안장비 성능평가시험 및 항공 R&D과제를 수행하고 있다.

이기영 교신저자. 인하대학교 화학공학과에서 학사와 석사를, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 재료공학과에서 박사를 취득하였다. University of California, Riverside에서 박사후과정으로 근무하였다. 현재 경북대학교 나노소재공학부 조교수로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 전기화학적 표면처리 기술을 이용한 나노재료합성이다.