레이저 광선 위험에 있어서 운항 정책

Flight Operation Policy in Laser Beam Hazards

김무근*, 김정식, 강자영
한국항공대학교[1]

초 록

레이저 광선은 CD 및 DVD 플레이어, 바코드 스캐너, 휴대용 포인터부터 엔터테인먼트용 빛 쇼, 군사용 무기에 이르기까지 다양한 용도로 사용되고 있다. 하지만 운항 중인 항공기에게 레이저 광선의 투시는 조종사의 시각적, 심리적 뿐만 아니라 항공기 항행시스템까지 악영향을 끼쳐 항공안전에 치명적 영향을 줄 수 있다. 또한 주변에서 쉽게 구할 수 있는 레이저 광선을 이용하여 항공기 테러용으로 쉽게 이용할 가능성도 제기되고 있다. 본 논문에서는 레이저의 특성, 인체에 미치는 영향, 레이저의 안전한 이용과 관련한 국내외 레이저 운영 정책 비교 및 비행 중 레이저의 영향을 최소화 할 수 있는 방법을 알아보았다.

1. 서 론

레이저는 “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”의 약자로 전기적 또는 분자 전이에 의한 광자방출을 낮은 에너지 준위로 자극함으로써 집중적, 응축적, 직접적 광학방사를 하는 장치를 말한다[1]. 레이저는 오직 하나의 파장으로 이루어진 빛으로 뛰어난 직진성과 높은 에너지를 갖고 있으며, 산업용 • 의료용 • 군사용 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 하지만 지난 10년간 안전 규격을 지치기 않는 비규격 레이저 제품을 포함한 휴대용 레이저의 보급으로 인해 항공기 운항 중 레이저 노출로 인한 준사고 보고가 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 레이저가 항공안전에 미치는 영향, 국내외 정책 비교 및 예방 대책에 대하여 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 레이저 노출로 인한 준사고 현황

레이저 노출에 인한 준사고는 휴대용 레이저가 출현하면서 지속적으로 나타나고 있다. 미국 FAA에 의하면 2016년 1월 1일부터 2월 13일까지 발생한 레이저로 인한 준사고는 총 971건으로 전년의 같은 기간 591건에 비해 64% 증가되었으며, 최근 3년간 급속한 증가세를 나타내고 있다.

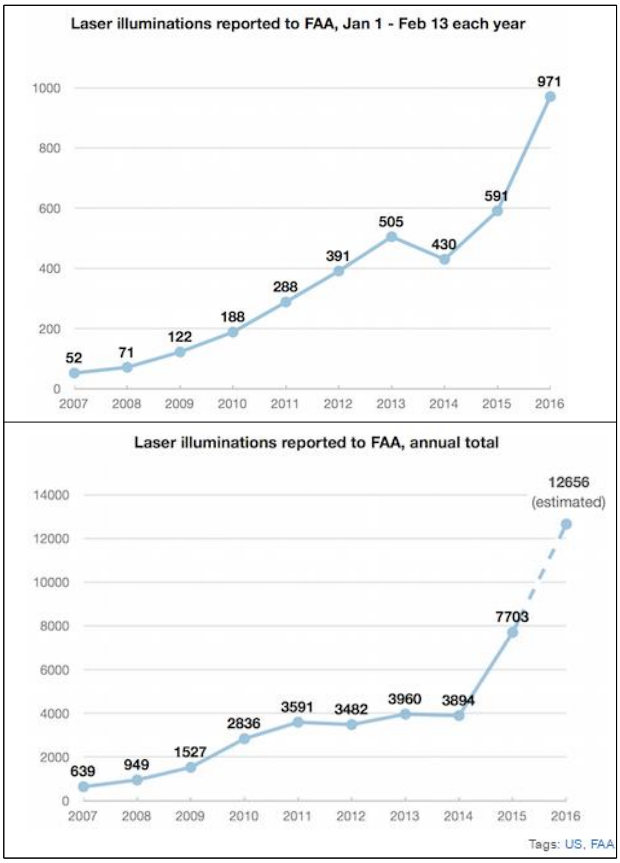


Fig 1. Laser illuminations reported to FAA[2]

또한 2014년에 영국에서 발생한 레이저 노출로 인한 준사고 지역을 보면 다른 지역에 비해 런던 히드로공항 168건, 맨체스터 국제공항 107건과 같이 대도시에서 상대적으로 많이 발생하고 있다는 것을 알 수 있다(버밍험공항 92건, 리즈 브래드포드공항 81건, 런던 게이트윅공항 64건 순임)[3].

2.2 레이저 규격 및 유통 문제점

레이저 규격은 출력에 따라 Table 2.와 같이 크게 4등급으로 분류되고 있다.

Table 3. Laser hazard classes[4]

등급	위험도(출력)	용도
1	위험성이 없는 것으로 간주. 돋보기, 쌍안경, 망원경을 포함하는 광학 장비로 볼 경우 위성험 증가 (0.5 mW 이하)	레이저 포인터 CD, DVD 플레이어
2	오랜 기간 동안 직접 볼 경우 위험성 증가. 광학 장비로 볼 경우 위성험 증가 (0.5 ~ 1.0 mW)	소매점 바코드
3a	출력과 광선 범위에 따라, 눈 보호 장비 없이 광선을 직접적으로 보거나 노출 될 경우 순간적 위험이 발생. 광학 장비로 볼 경우 부상 위성성 증가 (1.0-5.0mW)	레이저 포인터
3b	광선에 의한 피부와 눈에 대한 위험성이 즉시 발생. (5-500mW)	레이저 불빛쇼 프로젝터 산업용 연구용
4	직접 또는 반사된 광선의 노출로부터 피부 및 눈에 즉각적 위험 발생. 화재 발생 가능성 상존.	레이저 불빛쇼 프로젝터 산업용 연구용 의료용 장비

한국의 경우 1mW 미만 1, 2등급만 판매할 수 있으며, 3등급 이상은 물체를 태우거나 피부에 화상을 입히는 이른바 고강도 '버닝 레이저'로 일반인에겐 판매가 금지되어있으며, 레이저 포인터류의 경우 청소년유해물건으로 고시되어 판매가 엄격히 제한되고 있다[5],[6]. 하지만 이러한 규제에도 불구하고 한국내 판매 허용기준의 200배인 출력이 200mW의 불법레이저 제품이 판매되고 있는 것이 현실이다[7]. 언론에서는 레이저에 의한 항공기 공격 사례와 행위자에 대한 처벌 사항이 보도되고 각종 교육 및 레이저의 안전 사용 홍보로 인한 대중의 항공안전 인식은 증가되고 있으나 레이저 노출 준사고 보고는 감소되지 않고 있다.

2.3 레이저 위험요소

레이저에 의한 위험에서 가장 중요한 요소 중의 하나는 원점으로 부터의 거리이다. 레이저 강도는 거리의 제곱으로 반비례하기 때문에 거리가 가까울수록 레이저로 인한 눈의 손상은 증가하게 된다. Table 3은 위험도를 거리에 따라 나타낸 것이다.

Table 4. Laser hazard distance[2]

Eye and visual hazard distances for 532 nm(green) laser					
Laser power	Max. eye hazard distance, (feet/m)	Max. flashblind hazard distance, (feet/m)	Max. glare/disruption hazard distance, (마일)	Max. distraction hazard distance, (마일)	"Safe" distance (마일)
5 mW	52/16	260/80	1/4	2.2	2.2 이상
50 mW	164/50	822/250	7/10	7	7 이상
125 mW	260/79	1300/396	1.1	11	11 이상
250 mW	368/112	1838/560	1.6	15.7	15.7 이상
500 mW (1/2 watt)	520/160	2600/800	2.3	22.2	22.2 이상

레이저 파장(색깔) 역시 중요하다. 저녁에 적응한 눈은 붉은 빛에 영향을 덜 받는 것과 반대로 녹색 레이저 빛(532 nm)은 붉은 빛(760 ㎚) 보다 35배 밝고, 청색(445 ㎚) 보다 30배 만큼 밝게 인식한다. 따라서, 같은 출력의 빛이라도 녹색의 레이저가 보다 밝게 인식되는 것이다[8].

레이저 투시로 인해 시각손상을 주고 주야간, 비행 단계, 조종사의 반응에 따라 항공안전 위험요소를 내포하게 된다. 야간에 적은 양의 빛을 수집하기 위해 동공이 확대되어 레이저의 야간 노출이 더욱 위험하게 된다. 레이저 광원은 주로 지상에 위치하기 때문에 이륙, 접근 및 착륙과 같은 조종사의 시각 의존도가 높은 비행의 중요 단계에서 레이저 노출은 조종사의 정신적 혼란을 일으키고 섬광, 잔상 및 일시적 실명으로 인하여 비행안전에 큰 영향을 미치게 된다.

그밖에도 레이저에 의한 일시적인 부상은 눈에 통증, 껄끄러움의 느낌과 눈물을 포함하고 광 공포증 (빛 감도), 느린 동공 반응과 경련, 다른 거리에서 물체에 초점 맞추기가 어려울 수 있다. 레이저 노출에서 가장 흔한 부상은 육체적이 아니라 정신적 부담이다. 중요한 비행 단계에서 정신

적 부담은 안전한 비행 완수에 대한 즉각적인 스트레스의 원인이 될 수 있다. 외상후 스트레스장애(PTSD)의 가능성을 포함하여 유사한 상황에서 비행 할 때 장기적으로 문제가 발생할 수 있다.[9]

지금까지 항공 분야에서 레이저 이벤트는 조종사에게 국한된 위험요소로 여겨졌지만 항행 지원 시설이 지속적으로 발전하고 있는 상황에서 전자장비의 악영향에 대해서도 또한 고려되어야 할 것이다. 악기상 또는 야간에 조종사의 안전운항을 지원하기 위한 EVS(Enhanced Vision System)와 같은 광학 전자장비에 대한 레이저 광선 영향성을 검토할 필요가 있다.

Fig 2. Enhanced Vision System [10]

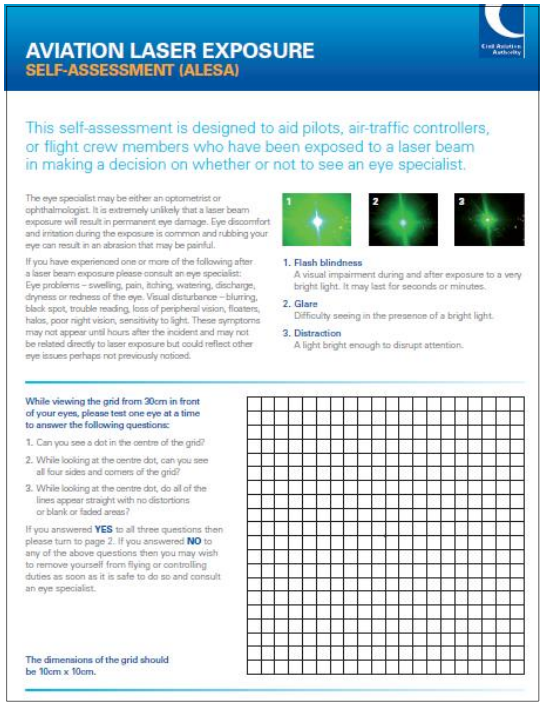
2.4 항공분야 레이저운영 정책

레이저 광선이 항공기 안전운항에 지장을 주지 않는 범위에서 사용될 수 있도록 국제민간항공기구(ICAO) 및 항공선진국은 관련 규정을 제•개정하여 사용하고 있으며, 한국 또한 항공법시행규칙, 국토부고시 등을 통하여 레이저 광선 운영기준이 마련되어 있다. 하지만 한국의 경우 레이저 광선의 보호구역의 설정 및 허용출력한계치 지정, 보호구역 레이저 사용 승인 절차 및 이에 따른 항공정보 제공 등 레이저 운영자와 국가의 의무사항 내용으로 수록되어 있어 제도적 접근에 치중되었다[1],[11]. 반면에 ICAO 및 미연방항공청(FAA)은 위의 내용에 추가하여 레이저 광선이 신체에 미치는 영향, 승무원 대처요령 등 운항 중 레이저 광선에 노출되었을 경우 실질적으로 비행 중 적용할 수 있는 정보를 제공하고 있다[9][12]. 또한 미국은 운항 중 레이저 광선에 노출되었을 경우 준사고 보고를 하도록 의무화하고 있으며, 항공기에 레이저 포인터를 겨냥하는 사건에 대해 최대 5년 이하의 징역에 처하는 법이 발효 중에 있다[13],[14].

2.5 안전운항 대책

레이저 광선에 노출되었을 경우에 대비하여 조종사의 눈을 보호하기 위한 안경이 개발되어 있으며, 에어버스사는 윈드스크린에 적용할 수 있는 anti-레이저 필름을 테스트하고 있다고 발표하였다. 하지만 지금까지 개발된 이러한 방법은 완전한 해결책이 되지 않고 있다[2]. 레이저 빔에 노출되었을 때 국제항공조종사협회는 다음과 같이 추천되는 조종사 행동요령을 제시하였다[8]. 그 중 일부에 대하여 소개하고자 한다.

① 접근 단계에서 레이저에 공격당했을 때, 광선을 계속 쳐다보지 말고 눈을 가리고 머리를 숙여라.
② 실패 접근을 고려해라.
③ 눈을 비비지 말라.
④ 비행 매뉴얼과 일치하는 최대 범위에서 Autopilot을 사용하여라.
⑤ 항공기 제어, 자세 감시, 고도 및 속도를 유지하고, 요구되는 비행 프로파일을 유지하거나 재설정하여라.
⑥ 동료 조종사와 의사소통을 통해 확인하고. 부상의 경우, 필요하다면 비상상태를 선언하고, 우선 조치를 요청한다.
⑦ 필요시 동료 조종사에게 항공기의 제어를 넘긴다.
⑧ 즉시 ATC에 레이저 위협 사건을 알린다. 레이저 원의 위치, 광선의 방향, 색상 및 노출(플래시 또는 의도적인 추적)의 길이 등 가능한 가장 정확한 설명을 제공한다.
⑨ 필요시 다른 활주로를 요청하거나 안전이 확보되고 위협이 중단 될 때까지 대기를 요청한다.
⑩ 위협이 지속된다면 회항을 고려한다.



AVIATION LASER EXPOSURE
SELF-ASSESSMENT (ALESA)

This self-assessment is designed to aid pilots, air-traffic controllers, or flight crew members who have been exposed to a laser beam in making a decision on whether or not to see an eye specialist.

The eye specialist may be either an optometrist or ophthalmologist. It is extremely unlikely that a laser beam exposure will result in permanent eye damage. Eye discomfort and irritation during the exposure is common and rubbing your eye can result in an abrasion that may be painful.

If you have experienced one or more of the following after a laser beam exposure please consult an eye specialist: Eye problems – swelling, pain, itching, watering, discharge, dryness or redness of the eye. Visual disturbance – blurring, black spot, trouble reading, loss of peripheral vision, floaters, halos, poor night vision, sensitivity to light. These symptoms may not appear until hours after the incident and may not be related directly to laser exposure but could reflect other eye issues perhaps not previously noticed.

1. Flash blindness
A visual impairment during and after exposure to a very bright light. It may last for seconds or minutes.
2. Glare
Difficulty seeing in the presence of a bright light.
3. Distraction
A light bright enough to disrupt attention.

While viewing the grid from 30cm in front of your eyes, please test one eye at a time to answer the following questions:

1. Can you see a dot in the centre of the grid?
2. While looking at the centre dot, can you see all four sides and corners of the grid?
3. While looking at the centre dot, do all of the lines appear straight with no distortions or blank or faded areas?

If you answered YES to all three questions then please turn to page 2. If you answered NO to any of the above questions then you may wish to remove yourself from flying or controlling duties as soon as it is safe to do so and consult an eye specialist.

The dimensions of the grid should be 10cm x 10cm.

Fig 3. Aviation Laser Exposure Self-Assessment [15]

영국 CAA는 조종사를 포함한 항공종사자가 레이저 빛에 노출되었을 경우에 전문가의 치료가 필요한지 여부를 판단하기 위해 Aviation Laser Exposure Self-Assessment(ALESA)를 개발하여 활용 할 수 있도록 하고 있다.

3. 결 론

항공분야에서 레이저 광선의 투시는 조종사의 시각적, 심리적 뿐만 아니라 항공기 탑재 항행시스템까지 악영향을 미친다. 또한 항공기 테러용으로 쉽게 활용될 가능성 또한 높다.

국내외 항공분야 레이저운영 관련 정책을 비교한 결과 한국은 레이저 운영자와 국가의 의무사항 중심의 제도에 치중한 반면 외국의 경우는 위의 내용을 포함하여 레이저 광선에 노출되었을 경우 승무원 대처요령 소개와 레이저의 불법적 사용을 근절하기 위한 정책을 시행하고 있다. 따라서 국내 항공분야 레이저운영 정책의 보완이 필요하다.

참고문헌

[1] 국토교통부 고시 제2015-328호(15.5.21) 레이저광선 운영기준
[2] www.laserpointersafety.com
[3] www.caa.co.uk
[4] www.fda.gov
[5] 기술표준원고시 제2009-978호(2009.12.30.)자율안전확인기준-부속서46 휴대용레이저용품
[6] 여성가족부고시 제2013-44호(2013.8.13.) 레이저 광선을 이용한 지시기인 레이저 포인터류 청소년유해물건 결정 고시
[7] MBC뉴스 (2016.2.20.)[뉴스 플러스] 위험한 레이저, 시력손상에 화상까지 유발
[8] 58th Annual Business Aviation Safety Seminar(2013.4.10.-11) Quay Snyder, MD, MSPH, Virtual Flight Surgeons, Aviation Medicine Advisory Service, Laser Hazards in Aviation
[9] ICAO Doc 9815(2013) Manual on Laser Emitters and Flight Safety
[10] www.gulfstream.com/technology/vision-systems
[11] 항공법시행규칙 제9조, 제216조, 제266조, 제257조, 별표48
[12] www.faa.gov/about/initiatives/lasers/hazards/
[13] FAA AC70-2A(2013.2.8.) Reporting of Laser Illumination of Aircraft
[14] U.S.C. TITLE 18, CHAPTER 2 Sec. 39A. Aiming a laser pointer at an aircraft
[15] www.balpa.org/Emergency-help/Laser-Attack.aspx