

# 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계 개발 동향 및 발전 방향

강승현  
국방기술진흥연구소

## The Development Trend and Future Direction of Laser-Based Individual Combat Firearm Weapon Systems

Seung-Hyun Kang  
Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement

**요약** 첨단 기술이 발전함에 따라 지향성 에너지 무기가 고도화되는 가운데, 기존 운동에너지형 재래식 전투화기의 운용개념과 물리적 능력을 벗어난 소화기 체계의 패러다임을 혁신적으로 변화시킬 수 있는 미래형 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계에 대한 필요성이 대두되고 있다. 레이저 발생장치와 발사장치로 구성된 레이저 기반 개인 전투화기는 전투원 1인이 화기와 백팩형 전원장치를 휴대하여 운용하는 신개념 무기체계로, 은밀하고 신속한 타격을 통해 다양한 작전 환경에서 전투원의 생존성과 전투력을 극대화하여 효과적인 전투 수행을 가능하게 한다. 이러한 레이저 기반 개인 전투화기는 현재 선진국을 중심으로 실 전장에서 실효성을 입증하는 단계이나, 국내 군사용 레이저 기술은 대형 플랫폼에 탑재하기 위한 고출력 레이저 무기체계 개발에 집중되어 소형·경량화 레이저 무기체계에 대한 연구개발은 상대적으로 부진한 상황이다. 이에 국내 방산업체들은 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계에 필수적인 핵심기술을 확보하기 위한 연구개발에 적극적으로 투자하여 선진국과의 기술격차 해소에 주력하고 있다. 본 논문은 미래 전장 환경에 효과적으로 대응할 수 있는 신개념 무기체계로 주목받는 레이저 기반 개인 전투화기에 대한 연구를 수행한다. 특히, 미국과 중국을 중심으로 레이저 기반 개인 전투화기의 개발 동향을 분석하고, 해당 무기체계 개발에 필수적인 핵심기술을 고찰한다. 본 연구를 통해 미래 전장에서 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계가 나아가야 할 군사적 및 기술적 발전 방향을 제시하고, 궁극적으로는 미래 전장의 게임체인저로 활용될 수 있는 토대를 마련하는 데 기여하고자 한다.

**Abstract** With the advances in cutting-edge technology, directed energy weapons are becoming increasingly sophisticated. Laser weapons can potentially revolutionize the paradigm of individual combat weapon systems by surpassing the operational concepts and physical capabilities of conventional kinetic energy weapons. The Laser-Based Individual Combat Firearm (LCF) consists of a laser generator and a firing device. Covert and rapid strikes enhance combat performance by maximizing combatant survivability and combat power in various operational environments. These weapons are currently undergoing field testing in leading countries to verify their effectiveness in real combat scenarios. On the other hand, domestic laser technology is focused on developing high-energy laser weapon systems for installation on large platforms. Research and development of small and lightweight laser weapon systems are limited. In Korea, efforts are being made to develop LCFs, such as securing critical technologies to narrow the technological gap with advanced countries. This paper evaluated LCFs and examined the developmental trends of LCFs in the US and China. This paper outlines the future directions of military and technological development for LCF weapon systems on future battlefields. Ultimately, it aims to contribute to laying the foundation for future game-changers on the battlefield.

**Keywords** : Laser Weapon, Directed Energy Weapon, Laser-Gun, Laser-Based Individual Combat Firearms, Game-Changer

\*Corresponding Author : Seung-Hyun Kang(Korea Research Institute for Defense Technology Planning and Advancement)  
email: ksh@krit.re.kr

Received May 7, 2024  
Accepted June 7, 2024

Revised June 5, 2024  
Published June 30, 2024

## 1. 서론

미래 지상분야 전장환경의 다영역화에 따른 제대별 작전지역의 확대로 근접전투에서의 임무수행 영역이 확대되어 소규모(분대·팀) 단위 작전이 증대하고, 개인 전투원이 직면하는 작전 범위가 증가하고 있다. 이로 인해 전투원의 생존성 및 전투력 증대의 중요성은 물론, 개인 전투화기에 적용되는 기술과 성능이 중요시되어 4차 산업혁명의 첨단 과학기술을 접목한 신개념의 전투화기 개발에 대한 필요성이 대두되고 있다.

국내·외 레이저 무기체계에 대한 연구는 미국을 중심으로 대공표적 무력화를 위한 대형 플랫폼 탑재형 레이저 무기체계 개발에 초점이 맞추어져 있는 상황이다. 레이저 기반의 개인 전투화기 무기체계는 세계 각국에서 기술 개발 중이나 아직 전력화되지 않아 실 전장에서의 실효성을 입증하는 단계이며, 우리나라도 선진국과의 기술격차를 줄이기 위해 레이저 기반 개인 전투화기를 개발하기 위한 연구와 투자에 박차를 가하는 중이다.

본 논문에서는 재래식 전투화기와 지향성 에너지 특성을 이용한 레이저 전투화기를 비교 분석하여, 기존의 재래식 무기가 가진 제한사항을 극복할 수 있는 레이저 기반 개인 전투화기의 다양한 특징점을 제시한다. 또한, 국내·외 레이저 기반 개인 전투화기의 연구개발 동향과 핵심기술을 고찰하여 이를 토대로 미래 전장에서 운용 가능한 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계의 군사적 및 기술적 발전 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 레이저 기반 개인 전투화기

### 2.1 정의

레이저 기반의 개인 전투화기는 레이저 빔을 이용하여 적의 작전 활동을 방해하고 표적의 기능을 마비·상실·파괴시킬 수 있는 소형·경량화된 휴대용 레이저 무기체계를 의미한다.

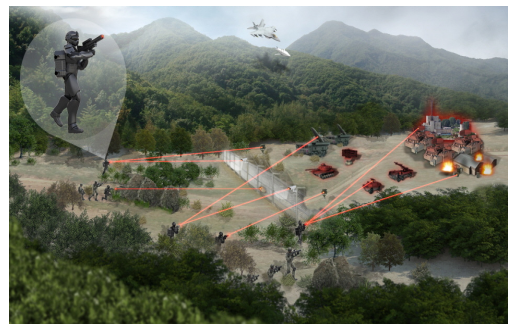
레이저 기반의 개인 전투화기는 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 크게 레이저 빔을 발생시키는 발생장치(백팩부)와 레이저 빔을 표적에 조준하여 발사하는 발사장치(화기부)로 구성되며, 1인이 단독 휴대하여 작전 운용이 가능해야 하므로 전체 중량은 전투원 1인의 전투 및 생존 하중을 고려한 범위 내에서 레이저 출력과 전원공급 시간을 극대화하는 방안으로 플랫폼의 무게를 분산하여 설계된다.



Fig. 1. The Concept(3D image) of Laser-Based Individual Combat Weapons(LCFs)

### 2.2 운용개념

레이저 기반의 개인 전투화기는 전투원이 화기를 소지하고 백팩을 착용한 형태로 운용되며, 지향성 에너지의 특성을 통해 전·평시 상황에서 Fig. 2에서 보는 바와 같이, 야지 및 시가 주요 작전 간 적의 유·무형적 전투력을 무력화 또는 파괴할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 2. CONOPS for Laser-Based Individual Combat Weapons  
(a) CONOPS for Field Operation  
(b) CONOPS for Urban Operation

이와 같은 은밀하고 신속한 타격으로 아군의 전투력 손실을 최소화하면서 적의 주요 표적을 효과적으로 타격해 공포와 혼란을 조성할 수 있다. 또한, 레이저 출력 조절을 통해 적 감시장비의 광학계 같은 소형 표적으로부터 차량, 무인기 등 중·대형 표적까지 피해를 극대화함에 최적화된 효율적인 운용이 가능하다. 이와 같은 특장점으로 작전의 융통성을 극대화하여 결정적 전투에서의 승리여건을 보장할 수 있어 미래 무기체계로의 활용성이 높다.

### 2.3 재래식 화기와와의 비교

레이저 기반의 개인 전투화기는 現 운동에너지 방식의 재래식 화기가 가진 제한사항(소음, 정밀성, 작전지속지원 등)을 극복할 수 있는 지향성 에너지 특성(정속·은밀·초고속성)을 통해 다양한 형태의 작전에서 군사적 활용 가치가 클 것으로 예측된다[1,4,6].

첫째, 現 운동에너지형 방식의 재래식 화기는 단일 물리적 파괴력을 가지는 반면에, 레이저 화기는 레이저 출력 조절을 통해 하나의 무기체계로 용도와 목적에 따라 다양한 목표물에 대한 타격을 가능하게 하여 작전의 효과를 높일 수 있다.

둘째, 재래식 화기는 소부대 전투에서 실제 사격 시 약 130~140 dB 수준의 소음이 발생하여 위치 노출에 따른 전투원의 생존성이 취약하지만, 레이저 화기는 아군의 기도비닉 유지 하 목표물에 대한 저(무)소음 사격이 가능하여 전투원의 생존성을 높여줄 것이다.

셋째, 전·평시 상황에 개인화기 정비, 소화기 탄약 재 보급 등의 작전지속지원 소요를 획기적으로 감소시켜 물적·인적 자원 절약을 가능하게 하고, 사격 일련의 과정(삽탄-장전-조준)을 줄인 단순 조작을 통해 고도의 사격술 훈련 없이도 정확한 사격이 가능하여 누구나 손쉽게 운용할 수 있다는 장점이 있다.

### 2.4 레이저 화기 주요 구성품

레이저 기반의 개인 전투화기는 레이저 발생장치, 레이저 발사장치, 그 외 추가로 적용할 수 있는 시스템으로 구성된다.

#### 2.4.1 레이저 발생장치

레이저 발생장치는 레이저 빔을 발진시키는 레이저 발진부, 레이저 빔 발진 시 발생하는 폐열을 효율적으로 관리하는 냉각부, 레이저 화기 운용에 필요한 전력을 공급

하는 전원공급부로 구성된다.

레이저 발진부는 Table 1에서 보는 바와 같이, 레이저 종류별 특징을 고려하여 레이저 효율과 빔품질이 높고 견고한 특징을 지닌 광섬유 레이저 이득매질을 활용하는 공진기형이 적합하다[1].

Table 1. Characteristics Laser by type

| ● Best<br>○ Worst    | CW Power | Efficiency | M <sup>2</sup> | Stability |
|----------------------|----------|------------|----------------|-----------|
| Gas (Chemical) Laser | ●        | ☉          | ○              | ○         |
| Solid-state Laser    | ☉        | ☉          | ☉              | ☉         |
| Fiber Laser          | ●        | ●          | ●              | ●         |

레이저 냉각부는 냉각매질 및 운용방식에 따라 다양하게 구분할 수 있으며, 냉각수를 포함한 수냉식 냉각장치보다 전투하중을 고려하여 설계된 공랭식 냉각장치가 적합하다.

레이저 전원공급부는 레이저 화기의 소형·경량화를 위해서 일체형보다는 무게를 분배하여 사용할 수 있는 충전형이 적합하며, 작전 시간을 고려하여 여러 개의 배터리를 교체하여 운용할 수 있어야 한다.

#### 2.4.2 레이저 발사장치

레이저 발사장치는 표적간 거리에 따라 레이저 빔을 집속할 수 있는 빔 집속부, 표적을 주·야 식별 및 정밀 조준할 수 있는 표적 조준부로 구성된다.

플랫폼 탑재용 빔 집속부의 경우 고출력 레이저 빔 흡수에 의한 광학계 손상을 고려해 거울을 이용한 반사형 광학계의 빔 집속기를 설계하지만, 레이저 화기의 경우에는 소형·경량화를 고려하여 고출력 레이저 빔 흡수에도 손상 한계값이 높은 굴절형 광학계를 이용한 빔 집속기가 적합하다.

표적 조준부의 경우 유효사거리 내의 표적식별이 가능하도록 주·야간 카메라가 탑재되어야 하며, 표적의 취약부를 인식하여 효과적으로 표적을 무력화 또는 파괴하기 위한 레이저 출력 조절 등 다양한 작전을 수행할 수 있는 기술이 요구된다.

#### 2.4.3 그 외 추가 시스템

레이저 화기가 적에게 탈취되었을 때 비사용자의 운용

을 차단하기 위한 사용자 인증 시스템 적용이 요구된다. 예를 들어, 전투원들의 인식표를 활용하거나 지문 또는 홍채 인식, 패턴, PIN 번호 입력 등을 적용할 수 있다.

또한, 기계 오작동에 의한 손실과 피해를 방지하기 위해 운용자가 설정해놓은 일정 운용 범위(각도)를 순간적으로 벗어날 때는 레이저가 발사되지 않도록 하는 안전 시스템도 필요하다. 이는 아군의 인명 및 장비를 보호하는데 효과적일 것이다.

마지막으로 표적에 대한 피해효과를 달성하기 위해 수 초에서 수 분 동안 레이저를 발사하기 때문에 적의 감시 장비를 통해 위치가 노출됐을 시 아군의 피해가 예상될 수 있다. 레이저 화기는 재래식 화기와는 달리 발사 시 자체반동이 없어 지지대를 이용해 고정만 하면 원격 운용이 가능하다. 이를 위해 착탈식 손잡이와 원격 지상 운용 시스템(GCS, Ground Control System)를 적용한다면 아군의 피해를 최소화하며 보다 효율적인 운용이 가능할 것이다.

## 2.5 레이저 무기 관련 이슈사항

Fig. 3에서 보는 바와 같이, 최근 영국 국방성에서 공개된 고출력 레이저 무기인 드래곤파이어(dragon fire)의 시험발사 영상이 공개되는 것은 물론, 러시아 특수부대의 차세대 이동식 레이저 무기인 페레스베트(peresvet)가 러시아-우크라이나 전쟁간 특수작전에 사용되면서 국제법상 금지된 무기로 알려진 레이저 무기체계에 대한 관심이 높아지고 있다[1,2,4].

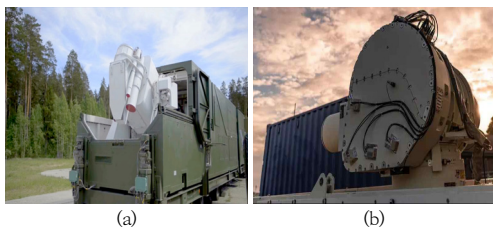


Fig. 3. Laser Weapon Systems  
(a) Peresvet(Russia)[1] (b) Dragonfire(United Kingdom)[2]

국내에서 독자적으로 연구 개발하여 운용될 예정인 만큼 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계에 대한 국제법 위배 여부를 검토할 필요가 있다.

1970년대부터 특정 재래식 무기들의 비인도적 측면이 국제사회에서 이슈화된 이래 여러 비인도적 무기들을 규제하기 위한 국제법으로 총 5개의 부속의정서로 구성

된 특정 재래식 무기 금지협약(CCW: Convention on Certain Conventional Weapons, 이하 CCW)이 마련되었다[1]. 그 중 시력상실을 목적으로 하는 레이저 무기는 CCW상 제4의정서(1995년, 유엔 결정)에서 규제하고 있는 실명 레이저 무기에 포함되는 것으로 해석될 수 있다.

Table 2. Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons

| Protocol     | Regulation Object                    |
|--------------|--------------------------------------|
| Protocol I   | Non-Detectable Fragments             |
| Protocol II  | Mines, Booby Traps and Other Devices |
| Protocol III | Incendiary Weapon                    |
| Protocol IV  | Blinding Laser Weapons               |
| Protocol V   | Explosive Remnants of War            |

Table 2에서 보는 바와 같이, 제4의정서는 시력상실을 목적으로 한 레이저 무기를 사용하는 것을 불법으로 간주하고 있다. 그 이유는 실명 레이저 무기가 초래하는 영구 실명이 과도한 상해 또는 불필요한 고통에 해당하기 때문이다. 하지만 제4의정서 3조에 따르면 광학 장비에 대한 레이저 시스템을 포함하여, 레이저 시스템의 정당한 군사적 사용의 부수적 또는 부차적 효과로 발생하는 실명은 본 의정서의 금지 범위에서 제외한다. 즉, 실명 레이저 무기에 관한 의정서를 위반하지 않는다. 그렇기에 대인이 아닌 차량, IED 또는 의식 폭발물, 전신주, 감시 및 광학 장비 등의 대물을 대상 표적 다루는 레이저 화기는 실명 레이저 무기에 해당하지 않는 것으로 판단되며, 제네바 협약 등 다른 국제조약에도 레이저 화기를 금지하고 있는 조항은 없다.

## 3. 국내·외 레이저 화기 개발 동향

### 3.1 국외 레이저 화기 개발 동향

미국 및 중국에서는 그간의 연구개발 사례를 바탕으로 레이저 기반의 개인 전투화기 관련 전력화 기사를 보도 하였지만, 세부 내용에 대한 사실 확인이 어려운 것으로 파악된다.

#### 3.1.1 미국

미국의 ARA(Applied Research Associate Inc.) 사는 Fig. 4에서 보는 바와 같이, 2019년 11월, 지향성 에너지 심포지움(Directed Energy Systems Symposium)에

서 183~274m의 사거리를 가진 1.5 kW급 레이저 기반의 화기를 발표하였다.






Fig. 4. Silent Saber(USA)[3]

전원공급 및 냉각장치는 백팩형으로 전투원이 착용한 상태로 특수작전을 수행할 수 있도록 설계되었다. 레이저 조사 시 10분 정도 운용 가능하며, 레이저 발생장치는 약 27kg 이하로 Sabre M700 기관총에 빔 집속기를 장착한 형태이다.

운용의 주목적은 폭발물 처리, 전력 및 통신선 절단 등의 인프라 시설 파괴, 감시정찰 카메라 및 소형 드론 파괴 등의 임무로 알려져 있다.

Table 3. Specification of U.S Laser-Based Individual Combat Weapons

| Model                    | PHaSR   | Glare LA-9/P  | Silent Saber  |
|--------------------------|---|---|---|
| Figure                   |  |  |                        |
| Public                   | 2005  | 2010  | 2018  |
| Development Organization | Air Force Research Laboratory   | B.E. Meters   | Applied Research Associates   |
| Laser                    | Diode   | Diode   | Fiber   |
| Power                    | N/A (Green Beam, Mid-Infrared)  | 200mW (Green Beam, QCW 1,000 times)   | 1.5kW (CW, Maximum 20 minutes)  |
| Weight                   | Not available   | 0.6kg(Sight)  | 27kg  |
| Purpose                  | Instantaneous Blindness, Dazzling   | Glaring, Decline in Combat Power, Target Indicator                                  | Disposal of Explosives, Disconnecting Power and Communication Lines, Destruction of Reconnaissance Drones |

그 외 미국은 Table 3에서 보는 바와 같이, 레이저 출력 수 W급인 PHaSR, Glare LA-9/P 등의 레이저 기반의 화기 개발을 통해, 순간적인 번쩍거림으로 시야를 차단하여 전투력을 저하하거나, 표적지시기 등 다양한 종류의 레이저 무기를 개발하고 있다.

### 3.1.2 중국

중국의 XIOPM(Xian Institute of Optics and Precision Mechanics.) 사는 Fig. 5에서 보는 바와 같이, 2018년 7월, 800m의 사거리를 가진 100~500 W급 레이저 기반의 화기를 공개하였다.






Fig. 5. ZKZM-500(China)[3]

레이저 출력에 필요한 전원을 리튬 배터리로 공급하고 1회 충전 시 2초 간격의 준연속 발진으로 1,000발 발사 가능하며, 최고 출력의 평균 출력 세기는 250W로 알려져 있으며, 최대 사거리는 800m로 소개되고 있으나 표적별로 상이할 것으로 판단된다. 운용의 주목적은 일시적인 피부 조직 손상, 감시장비(CCTV, 센서) 파괴, 정지된 도주차량 타이어 또는 라이트 파손, 전투복 발화 등 시위 및 각종 소요사태 진압용으로 활용할 것이라는 계획을 발표하였지만, 실제 사용 여부는 불투명한 것으로 추정된다.

그 외 중국은 Table 4에서 보는 바와 같이, 녹색광을 사용하는 WJG-2002, PY132A 등을 통해 순간적인 번쩍거림으로 시야를 차단하고 표적에 손상을 입혀 군중집회를 해산시키는 등의 운용을 목적으로 하는 레이저 기반의 화기를 개발하였으며, 침투 출력이 수 kW급인 A1201 등의 레이저 기반의 화기를 통해, 순간적으로 사람의 피부를 500°C 온도까지 올려 고통을 유발하는 등 다양한 종류의 레이저 무기를 개발하고 있다.

Table 4. Specification of China Laser-Based Individual Combat Weapons

| Model                    | WJG-2002  | PY132A  | ZKZM-500  |
|--------------------------|---|---|---|
| Figure                   |  |  |                              |
| Public                   | 2015  | 2015  | 2018  |
| Development Organization | N/A   | Eagle Group   | Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics   |
| Laser                    | Solid-state   | Solid-state   | Fiber   |
| Power                    | 40mJ<br>(Green Beam, 3Hz)   | 200mJ<br>(Green Beam, 3Hz)  | 500W<br>(QCW 1,000 times)   |
| Weight                   | 5kg(Firearm)  | 4kg(Firearm)  | 3kg(Firearm)  |
| Purpose                  | Losing one's eye sight,<br>Target damage,<br>Burning                              | G glaring,<br>Dissolution of a<br>Crowd rally                                     | Skin damage,<br>Destruction of<br>Observation<br>Device<br>(cctv, sensors),<br>Firing of military<br>uniforms |

### 3.2 국내 레이저 화기 개발 동향

국내에서는 Fig. 6에서 보는 바와 같이, 2019년 레이저 대공무기를 시작으로 지속적인 연구개발을 통해 레이저 관련 기술을 확보하고 있다[4]. 국방과학연구소 및 방산 업체를 중심으로 출력에 따라 다양한 표적을 대상으로 레이저 무기체계가 개발되고 있으나, 기개발된 레이저 기술 및 개발 예정인 핵심기술 등이 대부분 대형 플랫폼에 탑재 가능한 고출력 레이저 무기체계를 중심으로 계획되어 있어 1인 보병이 운용 가능한 수준의 소형·경량화된 레이저 무기체계에 적용하기 위한 기술을 포괄하지 못하는 상황이다.



Fig. 6. Laser Air Defense Weapon System (Block-I)[4,5]

기존 운동에너지형 개인화기의 운용개념과 물리적 능력을 벗어난 소화기 체계의 패러다임을 변화시킬 수 있

는 신개념의 무기체계가 필요한 현 상황에서, 국내 레이저 기술을 보유한 방산 업체에서 그동안 레이저 출력 부분에 집중되어 있던 연구개발뿐만 아니라 상용제품과 국외 도입에 의존했던 전원공급 및 냉각 기술에 중점을 두고 Fig. 7에서 보는 바와 같이, 1인이 휴대할 수 있도록 소형·경량화된 레이저 기반의 개인 전투화기에 필요한 기술을 연구개발 중이다.



Fig. 7. The prototype of Laser-Based Individual Combat Weapons(DX KOREA 2022)

관련 기술은 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계에 적용되어 운용될 예정이다. 운용의 주목적은 적 주요 감시장비(CCTV, 센서) 무력화, 호버링 중인 드론 파괴 등 다양한 특수 작전 및 임무에 활용될 예정으로, 일부 방산 업체에서 연구개발 중인 시제를 통해 레이저 출력 별 성능시험 영상이 공개되기도 했다.

국내에서 연구개발 중인 레이저 화기는 아군의 생존성 및 운용성을 극대화하기 위한 다양한 시스템에 대한 연구개발도 함께 진행 중이며, 이 점은 미국, 중국의 레이저 화기와는 차별성을 나타낼 것으로 예상된다. 앞선 언급된 바와 같이, 탈취 시 비사용자의 운용을 차단하기 위한 사용자 인증 시스템, 기계 오작동에 의한 피해를 방지하기 위한 안전 시스템, 착탈식 손잡이와 원격 운용 시스템 등이 있다.

## 4. 레이저 화기 발전 방향

### 4.1 레이저 화기 관련 핵심기술

#### 4.1.1 레이저 발생기술

1인 전투병이 단독으로 운용 가능한 레이저 화기를 개발하는데 가장 큰 영향을 미치는 인자는 전투원이 휴대하여 작전을 수행할 수 있는 크기와 무게로 핵심 구성품인 레이저 발생장치(레이저 발전기, 전원공급장치, 냉각장치)를 소형·경량화하는 기술이다.

현재 국내에서는 kW급 “협대역 고품질 광섬유 레이저 기술” 핵심과제로 고품질 레이저 발생기술에 대한 기반기술은 확보된 수준이나, 개인 전투화기는 운용개념 특성상 1인이 운용 가능한 크기 및 무게를 고려해야 하므로 레이저 기반의 개인 전투화기를 구성하는 레이저 발생장치에 대한 소형·경량화 기술이 필수적으로 확보되어야 할 것으로 판단된다.

레이저 발전기의 경우, 레이저 기술의 발전으로 고출력 광섬유 레이저는 지속적으로 소형·경량화되는 추세이다. 국내 선형(선도형) 과제로부터 추산된 국내 고출력 광섬유 레이저의 1kW당 무게는 빔 결합장치 포함한 경우 53kg/kW, 빔 결합장치를 제외한 경우 37kg/kW 수준이었으나, 현재 LIG와 한화에서 레이저 전투화기에 적용할 수 있는 30kg가량의 1kW급 레이저 발전기를 개발하는 핵심기술을 연구 중이다.

전원공급장치의 경우, 최근 국내의 한 업체에서 실리콘 복합 음극재를 활용하여 기존 용량의 150~200%를 증대할 수 있는 2차 전지 기술을 통해 운용자의 운용 간 고출력·고품질 레이저 발생장치 및 주변 부수 장치에 안정적인 전원을 공급할 수 있는 핵심기술을 연구 중이다.

냉각장치의 경우, 1인이 휴대하여 운용 가능한 소형·경량화 냉각장치를 개발하기 위해 외부대기 교환 및 냉각판의 열전도 기법을 적용한 공랭식 냉각기술을 이용하여 레이저 발전 시 발생하는 폐열을 신속하게 해소할 수 있는 핵심기술이 확보되어야 한다.

#### 4.1.2 레이저 발사기술

레이저 발사기술은 레이저 기반의 개인 전투화기의 유효사거리 내에서 주·야간 전천후 및 악천후 상태에서 표적 식별 및 레이저 빔 집속 성능 최적화가 가능한 레이저 발사장치(빔 집속기, 표적 조준기)를 개발하는 기술이다. 해당 기술은 레이저 빔에 의한 원거리 표적 요격 시 발생하는 대기효과에 의한 추적 조준 및 레이저 빔 집속 성능 저하를 최소화하여 정밀타격 능력을 높이는 것이 중요한 핵심 인자이다.

현재 국내에서는 대공용 레이저 무기체계를 위한 레이저 조준기가 개발되었으며 대기효과에 의한 레이저 빔 집속 성능 저하를 최소화하기 위한 핵심기술이 개발 예정 중이나, 야전 환경에서 운용 가능한 휴대용 레이저 전투화기에 대한 고출력 레이저 빔 발사기술은 기초 및 기반기술이 실증되는 수준이다.

레이저 무기의 무력화 원리는 적 인원/장비에 대한 일시적 기능 마비, 감시장비(EO/IR, 센서 등)를 무능화시

키는 개념으로 운용되는 소프트킬(Soft kill)과 적 인원/장비 등을 직접 조사하여 기능을 무력화시키는 개념으로 운용되는 하드킬(Hard kill)로 나뉘며, 그중 소프트킬 원리에 해당되는 지향성 적외선 방해장비와 하드킬 원리에 해당되는 레이저 대공무기 등은 중대형 플랫폼에 적용되는 추적 시스템을 포함한 빔 집속기 형태로 개발되고 있다[1].

소프트킬 운용을 위한 지향성 적외선 방해장비는 위협체를 추적 조준하여 수W급 중적외선 레이저를 위협체에 조사하여 위협체를 순간적으로 기만하도록 하는 시스템이며, 이때 레이저를 정확히 조사하기 위한 추적 시스템 및 빔 집속 광학계를 적용한다.

하드킬 운용을 위한 레이저 대공무기는 고출력 레이저 빔이 거리에 따라 표적에 집속될 수 있도록 주경 400mm 이상의 대구경 광학계 및 가변 초점 시스템을 적용한다.

레이저 기반 개인 전투화기의 경우 미국이나 중국과 유사한 형태의 고출력 레이저 빔 흡수에도 손상한계값이 높은 굴절형 광학계를 이용한 소형·경량의 초점 가변형 빔 집속기가 적합하다.

## 4.2 레이저 화기 발전 방향

레이저 기반의 개인 전투화기는 지향성 에너지(DEW, Directed Energy Weapons) 특성을 통해 기존 운동에너지 방식의 개인화기가 가진 능력과 운용개념 등 기존의 패러다임을 변화시킬 수 있는 미래 전장개념에 적합한 무기체계로 판단된다.

우리나라는 20kW급의 레이저 대공무기 초도배치를 앞두고 있을 만큼 대형 레이저 무기체계에 대한 핵심기술을 다수 확보하여 관련 기술 수준이 높은 편이나, 소형·경량화 레이저 무기(화기)와 관련된 핵심기술에 대한 연구개발 실적이 없어 상대적으로 낮은 기술 수준을 지니고 있다[1,5,7]. 레이저 기반의 개인 전투화기는 향후 비대칭 전력으로 활용 가능하므로 관련 체계에 대한 소요 및 연구개발을 고려할 필요가 있어 다음과 같이 군사적 측면과 기술적 측면에서의 발전 방향을 각각 제시하고자 한다.

### 4.2.1 군사적 측면

레이저 화기 무기체계 소요를 적극적으로 발굴하여 체계개발과 전력화를 통해 해당 무기체계에서 필수적으로 확보되어야 하는 기술 성숙을 추구해야 한다. 앞서 살펴 보았듯 국내는 레이저 화기의 주요 핵심기술을 확보한 수준에 비해 관련 무기체계 소요가 미흡하다.

국외에서는 미국과 중국을 필두로 레이저 화기 개발이 진행되고 있으며, 다양한 레이저 화기가 언론에 공개되고 있어 일정 수준 이상의 기술 등이 확보되었을 것으로 사료된다. 국내에서도 레이저 화기 관련 기개발된 기술 및 개발 예정인 기술을 활용하여 레이저 화기와 재래식 화기를 작전에 따라 다양하게 운용한다면 다양한 전술적 활용도를 확보하여 현존 전력 성능을 높일 수 있는 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4.2.2 기술적 측면

레이저 화기 성능을 향상시키기 위한 고출력 레이저 발생, 고품질 빔 발사, 고효율 전원공급 등의 핵심기술을 지속적으로 연구하고 개발해야 한다.

첫째, 레이저 출력 증대기술에 대한 연구개발이 필요하다. 레이저 화기 운용개념에 따라 작전 목표와 표적에 요구되는 레이저 출력은 다양하다. 감시 장비급의 소형 표적은 수 W급으로도 무력화할 수 있지만, 무인기급의 중·대형 표적은 10kW급 고출력 레이저가 요구되기 때문이다. 이처럼 다양한 작전 운용개념에 따라 전술적 운용이 가능한 레이저 출력 증대기술을 확보해야 할 것이다.

둘째, 레이저 빔 집속기술에 대한 연구개발이 필요하다. 레이저 빔품질( $M^2$ ) 향상되면 빔 집속력이 높아져 주야간 악천후 상황에서도 레이저 빔을 원거리의 표적에 발사할 수 있기 때문이다. 작전 유효사거리 내에서 원하는 목표물을 정확히 타격하기 위한 레이저 빔 집속기술을 확보해야 할 것이다.

셋째, 전투원의 전투하중을 고려하고 작전 목적과 운용 시간에 부합한 임무 수행이 가능하도록 레이저 화기 시스템에 요구되는 전력을 안정적으로 공급할 수 있는 고효율 장수명의 전원기술에 대해서도 지속적인 연구개발이 필요할 것이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계의 주요 구성품을 소개하고 국내·외 개발 동향과 발전 추세를 조사하며, 해당 무기체계를 개발하기 위해 확보되어야 할 필수적인 핵심기술과 군사적 및 기술적 발전 방향에 대해 제시하였다.

우리나라는 2022년 12월 국방기술진흥연구소와 육군이 공동기획한 '레이저 화기' 핵심기술 과제 착수를 통해 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계 개발을 위한 첫걸

음을 떴다. 해당 과제는 전투원 1인이 운용하며, 특수한 작전 및 임무를 수행할 수 있는 레이저 기반 개인 전투화기를 개발하기 위한 무기체계 패키지형 프로그램으로 레이저 발생장치, 레이저 발사장치, 그 외 추가 시스템을 개발하기 위한 핵심기술 과제들로 구성되어 있다.

여전히 전력화를 위한 가혹한 야전 환경에서의 운용 가능성, 1인 전투병이 운용할 수 있는 무게를 고려한 핵심 구성품들의 소형·경량화 기술, 대기 환경에 민감한 레이저의 특성을 고려한 악천후 극복 등 풀어가야 할 과제들이 남아있다.

그렇지만 레이저 기반 개인 전투화기 무기체계의 성능 및 전술적 활용도를 고려하여 군 운용을 위한 소요검토와 전력화를 추진하고 향후 보완이 필요한 핵심기술을 확보한다면, 미래 전장에서 전투화기의 패러다임을 변화시킬 수 있는 게임체인저로 그 역할을 기대해 볼 수 있을 것이다.

## References

- [1] G. U. Kim, G. S. Park, Development of Laser Weapon Systems and Technology, *Defense & Technology*(505), 2021, pp.74-93.
- [2] J. H. Kim, K. W. Kim, K. I. Seo, S. K. Cho & S. H. Park, "The Development Direction of Ground-based Laser Counter-drone Systems in Military Advanced Countries", *The Journal of Military Robotics Society*, Vol. 2, No. 1, MRS, Korea, pp.20-24, January 2023.
- [3] S. H. Kang, Development Trend and Direction of Laser Firearm, p.38, *Journal of the Defense science & Technology Information*, Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement, 2023, pp.38-47.
- [4] Y. H. Lee, G. J. Park & S. S. Jung, Proposed Pulse High Energy Laser Weapons, *Defense & Technology* (541), 2024, pp.120-129.
- [5] Editorial Department, Grabbing unmanned aerial vehicles and multicopters with lasers: Starting Laser Air Defense Weapon System(Block-1) weapons system development project, *Defense & Technology*(488), 2019, pp.18-20.
- [6] G. B. Seok, Understanding and Development Direction of Laser Weapons, *Defense & Technology*(366), 2009, pp.26-37.
- [7] M. W. Shin, "A Study on the Development of High Energy Laser(HEL) Weapon System", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 23, No. 5, KAIS, Korea, pp.141-150, May 2022. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.5.141>



강 승 현(Seung-Hyun Kang)

[정회원]



- 2017년 2월 : 중앙대학교 화학과 (학사)
- 2019년 2월 : 중앙대학교 자연과학대학원 화학과 (석사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

〈관심분야〉

국방/과학, 화포/탄약, 특수무기