



Received: 2023/02/08  
Revised: 2023/02/19  
Accepted: 2023/03/17  
Published: 2023/03/31

**\*Corresponding Author:**

**Yong Yeon Cho**

Planning & Management Department, ROK Navy  
663, Gyeryongdae-ro, Sindoan-myeon, Gyeryong-si,  
Chungcheongnam-do, 32800, Republic of Korea  
Tel: +82-42-553-2152  
E-mail: cyy818@gmail.com

**Abstract**

현대는 4차 산업혁명과 무인화 기술 발전에 따라 드론, 무인수상정 등 소형화, 고속화된 무기체계 개발이 가속화되어 운용되고 있다. 하지만 현재 해군은 이에 대응하기 위한 무기체계는 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 해군의 중·대형함정이 소형·고속 표적에 효과적으로 대응하기 위한 방안으로 5인치 지향성파편탄 적용에 대해 연구하였다.

Modern warfare has been accelerating the development of smaller and faster weapon systems such as drones and unmanned surface vessels, due to the fourth industrial revolution and advancements in unmanned technology. However, the current state of the navy's weapon systems is insufficient to respond to these developments. Therefore, this paper investigates the application of 5-inch Gun Directional Fragmentation Warhead as a means for medium/large surface ships to effectively respond to small, high-speed targets.

**Keywords**

5인치 함포(5-inch Gun),  
지향성파편탄(Directional Fragmentation Warhead),  
무인수상정(USV),  
드론(Drone)

# 중·대형함정 소형·고속 표적 대응능력 향상을 위한 5인치 지향성파편탄 적용 연구

## Applications of Directional Fragmentation Warheads to Enhance Capability to Counter Small, High-speed Targets for Medium/Large Surface Ships

조용연<sup>1\*</sup>, 최경억<sup>2</sup>, 오지현<sup>3</sup>, 양성훈<sup>4</sup>, 김창기<sup>5</sup>

<sup>1</sup>해군소령, 해군본부 기획관리참모부 공통전력과 유도/병기/탄약사업담당

<sup>2</sup>해군대령, 해군본부 기획관리참모부 공통전력과장

<sup>3</sup>해군중령(진), 해군본부 기획관리참모부 공통전력과장 유도/병기/탄약소요담당

<sup>4</sup>해군소령, 해군본부 기획관리참모부 공통전력과 지휘통제전력사업담당

<sup>5</sup>국방과학연구소 소요기획실 선임연구원

**Yong Yeon Cho<sup>1\*</sup>, Gyung Uk Choi<sup>2</sup>, Chi Hon Oh<sup>3</sup>, Sung Hoon Yang<sup>4</sup>, Chang Ki Kim<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>LCDR, Guided Missile/Weapon/Ammunition Business Manager, Common Weapons Branch, Planning & Management Department, ROK Navy HQ

<sup>2</sup>CAPT, Head of Common Weapons Branch, Planning & Management Department, ROK Navy HQ

<sup>3</sup>CDR(Sel.), Guided Missile/Weapon/Ammunition Planning Manager, Common Weapons Branch, Planning & Management Department, ROK Navy HQ

<sup>4</sup>LCDR, Command and Control Business Manager, Common Weapons Branch, Planning & Management Department, ROK Navy HQ

<sup>5</sup>Senior Researcher, Requirements Planning Department, Agency for Defense Development

### 1. 서론

현대는 4차 산업혁명과 무인화 기술 발전에 따라 점차 드론, 무인수상정 등 소형화, 고속화된 무인 무기체계 개발이 가속화되어 실전에 배치되고 있다. 실례로 2022년 발발한 러시아-우크라이나 전쟁에서도 해·육상을 통한 드론 공격은 가장 효과적이고 큰 위협으로 평가되고 있으나 현재 우리 해군함정은 효과적인 대응수단이 부족한 실정이다. 특히 중·대형함정은 다수의 소형·고속 표적에 대한 대응수단이 크게 제한됨에 따라 현재 운용 중인 5인치 함포에 지향성파편탄을 적용함으로써 극복이 가능할 것이라는 판단 하에 연구를 진행하였다.

## 2. 현 무기체계 제한사항 및 무기체계 개발방향

### 2.1 현 무기체계의 제한사항

현(現) 해군 중·대형함정은 5 km - 10 km 거리대에서 접근하는 다수의 소형·고속표적(드론, 무인수상정 등)에 대한 효과적인 대응이 제한된다. 대함미사일, 대공미사일을 통한 100 km 이상에서의 원거리 대응은 가능하나 한정된 탑재수량, 비용 대비 효과 등을 고려할 때 효과적인 대응수단으로 평가하기는 어렵다. 소형표적 탐지가 가능한 5 km - 10 km에서 접근 시 함정에서 보유 중인 5인치 함포를 이용하여 대응이 가능하나 현재 해군에서 운용 중인 고폭탄(HE-PD, high explosive-point detonating fuze)은 표적을 명중해야 피해를 입힐 수 있기 때문에 낮은 명중률(10 km 기준 명중률 1% 수준[3])으로 대응이 제한된다.

### 2.2 유사 무기체계 국외 개발현황

미국에서는 2000년 USS Cole함이 자폭형 유인 소형 선박에 의해 피격되어 19명 사망, 39명 부상의 피해를 입었으며, 이러한 유형의 위협에 대응하기 위해 HE-ET (High Explosive-Electronic Time)탄 및 KE-ET(Kinetic Energy-Electronic Time)탄의 개발 및 전력화가 추진되었고, 2005년 이후 CG급 및 DDG급 함정에서 운용되고 있다.



Fig. 1. USS Cole함 피격 (2020년 10월)

HE-ET탄은 Fig. 2와 같이 기존 HE탄의 신관을 전자식 시한신관으로 대체한 탄으로 파편의 속도가 화약의 폭발에 의해 결정되므로 사거리에 따른 파편속도의 감소가 없어 원거리(10 km 수준)에서도 효과를 낼 수 있으며, 파편이 반경방향으로 넓게 분산되는 형태를 가져 회피(변칙) 기동표적에 효과적인 것으로 알려져 있다.

KE-ET탄은 Fig. 3와 같이 무게 0.84 g의 텅스텐 합금 파편 9,000개를 내장하고, 전자식 시한신관에 의해 표적 전방의 적절한 고도에서 방출장약을 점화시켜 파편

을 탄 후방으로 방출시킨다. 파편은 방출 시 탄속도에서 파편 방출속도를 뺀 초기속도를 가지며, 탄의 회전으로 인한 반경방향 속도의 효과가 더해져 Fig. 3와 같이 원뿔 형태로 전방을 지향하여 방출된다. KE-ET탄의 특성상 사거리에 따라 탄속이 줄어들기 때문에 HE-ET탄에 비하여 비교적 근거리(5 km 수준)까지만 운용할 수 있다. 전방으로 지향 분산되는 파편의 특성을 고려할 때 낙각이 작을 때 매우 효과적이며, 철 파편에 비해 관통력이 우수한 고밀도 텅스텐 파편을 적용하여 대인 및 소형선박에 대한 효율적인 타격이 가능하다.

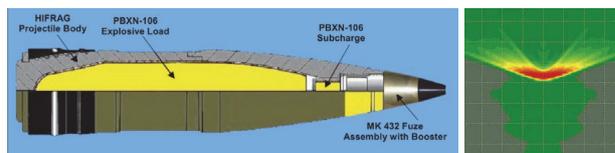


Fig. 2. HE-ET탄 형상(왼쪽) 및 자탄 확산범위(오른쪽)

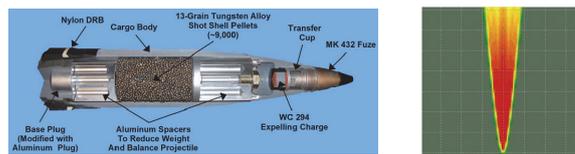


Fig. 3. KE-ET탄 형상(왼쪽) 및 자탄 확산범위(오른쪽)

KE-ET탄의 살상효과를 높이기 위하여 2004년부터 NSWC와 Veritary Tech. Inc.가 IKE-ET(Improved KE-ET)탄 연구를 수행하고 시험에 성공하였으나 전력화는 되지 않은 것으로 판단된다. IKE-ET탄은 방출 시 파편의 초기속도를 높이기 위하여 탄의 노즈를 분리시킨 뒤 후방에 위치한 방출장약을 폭발시키는 전방 방출방식을 적용하여 KE-ET탄 대비 긴 사거리(10 km)에 위치한 표적에 대한 타격능력을 향상하였다.



Fig. 4. IKE-ET 외부형상 및 특성



Fig. 5. IKE-ET탄 작동 절차

2.3 유사무기체계 성능을 고려한 5인치 지향성파편탄 개발방향

5인치 지향성파편탄의 기본 형상은 운용거리 5 km 수준에서 효과가 입증된 KE-ET탄의 형태와 파편특성을 고려하고, 운용거리(10 km 수준) 및 파편속도 향상을 위해 IKE-ET탄의 전방 방출방식을 적용하였다. 사전 개념연구를 통해 구체화된 지향성파편탄의 구성품별 형상 및 기능은 Fig. 6 및 Table 1과 같다.

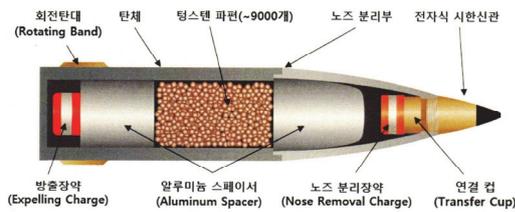


Fig. 6. 5인치 지향성파편탄 외부형상

Table 1. 5인치 지향성파편탄 형상 기능

구성품	형상 및 기능	비고
탄체	HE-PD탄 외형 적용	호환성 확보
신관	전자식 시한신관 (10 ms 단위 조절 기능)	KE-ET탄과 동일
분리장치	신관신호에 따라 작동, 탄체 노즈부위 분리	전방방출 가능
방출장약	탄 후방에 위치	파편방출 역할
파편	개당 0.84g, 9,000개 (텅스텐 소재)	KE-ET탄과 동일
스페이서	탄체 내부 파편 고정용	-

3. 지향성파편탄의 탄도 및 요구성능 분석

3.1 탄도 해석

지향성파편탄의 효과는 파편방출 시 파편속도와 표적부근에서의 파편 분산패턴에 의해 결정된다. 파편속도는 탄속 + 방출장약에 의한 방출속도를 더하여 구하며, 분산패턴은 파편방출 시 낙각에 의해 결정되므로 효과도 분석을 위해서는 거리에 따른 탄속, 낙각과 같은 탄도자료 예측이 필수적이다.

포탄의 탄도계산을 위한 탄도모델은 NATO 표준모델인 수정질점 탄도모델(STANAG 4355)[7]을 적용하

였다. 공력특성은 포탄의 개념설계 수준에서 주로 적용하고 있는 PRODAS 코드를 이용하여 예측 가능하며, 포탄의 외형은 현재 운용 중인 HE-PD탄의 형상 및 제원을 적용하였다. 탄도 해석 결과 사거리별 탄속, 발사각, 낙각 및 비행시간은 Table 2와 같다.

Table 2. 탄도 해석결과

사거리 (km)	탄속 (m/s)	발사각 (mil)	낙각 (°)	비행시간 (초)
1	781	-2.5	0.95	1.16
2	734	10.8	1.13	2.41
3	687	21.5	1.63	3.81
4	641	32.3	2.31	5.33
5	596	43.8	3.16	6.97
6	553	56.3	4.20	9.75
7	513	70.7	5.44	10.55
8	475	85.1	6.93	12.72
9	434	102.0	8.72	14.96
10	406	120.8	10.85	17.36

3.2 파편의 관통성능

파편의 관통성능은 미국 BRL(Basic Research Laboratory)에서 수행한 텅스텐 합금/강 파편을 이용한 판재별(알루미늄, 연강, RHA[rolled homogeneous armour, 균질압연장갑]) 관통 실험결과로부터 얻은 관통 임계속도식을 이용해 분석하였다[8].

$$V_L = \frac{B}{\sqrt{m}} \left\{ A_p^{3/2} \left( \frac{t \sec \theta}{A_p^{1/2}} \right) \right\}^{1/2} \tag{1}$$

여기서,  $V_L$ : 관통 임계속도(m/s),  $A_p$ : 파편노출면적( $\text{mm}^2$ ),  $m$ : 파편중량(g),  $t$ : 표적두께(mm),  $\theta$ : 표적의 경사각(도),  $B, n$ : 실험상수를 의미한다. 표적재질과 파편재질에 따른 실험상수  $B$  및  $n$ 은 Table 3와 같다.

Table 3. 관통 임계속도에 대한 실험상수

표적재질	파편재질	B	n
알루미늄(AL 2024-T3)	텅스텐 합금, 강(steel)	39.84	1.89
연강(mild steel)	텅스텐 합금	71.69	1.82
RHA, 연강, 티타늄	강(steel)	93.24	1.75

관통 임계속도 산출 시 알루미늄 8 mm 두께의 상부 갑판, 미국 IKE-ET탄 파편(단위중량 8.4 g: 지향성파편 탄의 10배)을 기준으로 내부인원 살상 가능 여부를 분석하였다. 앞서 탄도 해석결과로 도출된 사거리 10 km 에서 탄의 낙각(10.8°)을 고려하면 표적에 대한 충돌 경사각( $\theta$ )은 79.2°로, 상기 계산식을 통해 산출된 관통 임계속도는 1,408 m/s이다. 참고로 경사각이 0°(수직충돌)일 경우 311 m/s와 비교할 때 4배 이상의 속도가 필요하다.

이러한 파편속도는 지향성파편탄 파편의 10배 중량 기준으로 산출한 계산 결과임을 감안하면 지향성파편탄을 이용한 함정 내부인원 및 장비 무력화에 적용은 불가능함을 알 수 있다. 따라서 지향성파편탄은 함정외부에 노출된 인원 및 장비에 대한 타격을 목적으로 효과도 분석을 진행하였다.

### 3.3 파편의 비행특성 계산

파편은 방출 시의 탄속과 방출장약에 의한 방출속도를 더한 초기속도를 가진 후 비행 중 공기항력에 의해 감소되며, 탄의 회전에 의한 반경방향의 속도로 인하여 원뿔 모양으로 분산된다. 따라서 효과도 분석을 위해서는 파편의 비행거리별 속도, 파편 분산각에 대한 정보가 필요하다. 파편의 비행거리별 속도는 전방 방출 시 파편의 방출속도(약 230m/s)[9]와 2차원 수정질점탄도모델(구형파편 형상에 대한 항력계수  $C_D = 0.47$  가정)을 통해 예측한 결과 Table 4와 같은 결과를 도출하였다.

파편 분산각은 탄체의 회전속도와 탄 내부 반경 정보를 통해 산출하였다. 5인치 함포의 포신 강선 회전율은 1 turn/20 cal이며, 포구속도 827 m/s를 통해 탄 발사 시 회전속도가 130 rps 수준임을 알 수 있다. 비행 간 회전속도 변화가 없다고 가정할 때 탄 내부 반경 60 mm

를 기준으로 최외곽 파편의 반경속도는 49 m/s이다. 10 km 비행 시 파편속도 637 m/s를 고려하여 산출한 결과 파편분산각은 8.6°임을 알 수 있다.

### 3.4 무인수상정, 드론 손상을 위한 파편 충돌속도 분석

5인치 지향성파편탄 파편이 표적에 손상을 주기 위한 파편 충돌속도를 분석하였으며, LIG넥스원에서 국내개발 증인[10] 해검-III의 운용장비를 기준으로 분석하였다.

해검-III에서 외부 노출된 주요 장비는 항해레이더, 통신안테나, EOIR, GPS가 있으며, 장비손상에 따른 무력화 비율은 항해레이더 파괴 시 40 %, 통신안테나 파괴 시 50 %, GPS/EOIR 파괴 시 10 %로 추정[11]하였다. 무인수상정, 드론 주요 장비 중 레이돔으로 보호되는 항해레이더가 강도 측면에서 가장 무력화시키기 어려울 것으로 판단된다. 레이돔 전문회사인 중국 Wuhan University Technology Development Co., LTD의 상용 항해레이더 스펙을 기준으로 레이돔은 두께 5 mm, 재질 monolayer CFRP을 적용하여 지향성파편탄의 관통 임계속도를 산출하였다. 텅스텐의 FRP 소재 관통 임계속도 산출을 위해 D. Hong 등의 연구[13] 결과를 활용하였다.

$$V_L = \left(\frac{h}{d}\right)^{0.7998} \left(\frac{\rho_t}{\rho_f}\right)^{-0.5395} \frac{\sigma_t^{0.5}}{\sigma_f^{0.5}} \tag{2}$$

여기서,  $h$ 는 표적두께(5 mm),  $d$ 는 파편직경(4.4 mm),  $\rho_t$ 는 파편밀도(18.56 g/cm<sup>3</sup>),  $\rho_f$ 는 표적밀도(1.56 g/cm<sup>3</sup>),  $\sigma_t$ 는 파편전단강도(18.56×103 MPa) 및  $\sigma_f$ 는 표적전단강도(86×160 MPa)이다. 각 값을 상기 식에 대입하면 임계속도  $V_L = 286$  m/s이다.

**Table 4.** 탄체 비행거리별 파편 속도

파편비행 거리 (m)	탄체 비행거리별 파편 속도 (m/s)									
	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km	6 km	7 km	8 km	9 km	10 km
0	1,012	965	918	872	827	784	744	706	665	637
100	841	779	720	665	614	568	527	490	452	426
200	630	562	503	451	406	367	334	305	276	257
300	420	362	315	275	243	215	193	174	156	144
400	201	168	142	122	105	119	155	95	75	78
500	141	116	98	84	73	64	57	52	48	46

레이돔 내부에 위치한 전자부품 손상을 위해서는 파편 관통 이후 일정 잔류속도가 필요하며, 드론부품 손상을 위한 임계 손상속도를 분석한 김철수 등의 연구[14]를 통해 0.84 g 텅스텐 파편의 전자제품 손상 임계속도는 73 m/s - 177 m/s임을 확인하였다. 따라서 지향성파편탄의 파편의 관통 후 잔류속도가 약 180 m/s 이상이면 대부분의 전자부품에 손상을 줄 수 있을 것으로 판단하며, 표적 관통 후 180 m/s 이상의 잔류속도를 갖기 위한 산출식은 하민수 등의 연구결과[15]를 활용하였다.

$$\frac{V_R}{V_L} = \frac{1.12X^2 + 0.52X + 1.29X^{0.5}}{X + 1} \quad (3)$$

여기서,  $X = V_S/V_L - 1$ 이며,  $V_R$ 은 잔류속도,  $V_S$ 는 충돌 속도,  $V_L$ 은 임계속도로 요구 잔류속도 180 m/s, 임계속도 286 m/s를 대입하면 부품손상에 필요한 파편 충돌 속도는 350 m/s이다.

#### 4. 지향성파편탄 작전 효과도 분석

##### 4.1 분석방법 및 조건

지향성파편탄의 작전 효과도는 국과연의 M&S 분석 결과[19]를 통해 확인하였다. K-GFSM(General Full Spray Model) 및 K-Matrix Evaluator 모델을 활용하여 5인치 고폭탄(HE-ET), 지향성파편탄의 무기 피해 매트릭스(피해 면적)를 생성하였으며, MATLAB을 활용하여 무기효과 평가 분석프로그램을 작성하여 교전 거리별 인원살상 및 소형선박 장비손상을 위한 평균 발사탄수 등을 분석하였다. 표적은 거리 5 km - 10 km에서 접근하는 소형선박(속도 45 kts, 크기 12 m × 3.5 m × 3.5 m, 간격 50 m)을 기준으로 인원살상(90%) 및 장비손상(40%) 확률을 비교 분석하였다.

##### 4.2 분석결과

군사보안과 관련, 구체적인 수치 제시는 어려운 관계로 주요 상황별 HE-ET탄 능력을 10으로 환산하여 지향성파편탄의 효과도 분석결과를 정리하면 Table 5와 같다. 무력화 기준은 인원 90% 살상과 장비 40% 손상을 기준으로 각각 설정하였으며, 교전상황은 단일 소형선박에 대한 단발 사격, 10 km에서 고속 접근하는 5척의

소형선박, 10 km 고속으로 접근하는 다수(24척 이상)의 소형선박을 기준으로 분석하였다. 다수의 소형선박 배치는 종렬진, 횡렬진, 능형진 기준 분석결과와 전체 평균값을 적용하였다.

Table 5. 단일 소형선박에 대한 효과도

구분	인원살상(90%)		장비손상(40%)	
	5 km	10 km	5 km	10 km
HE-ET	10			
지향성파편탄	27.7	24.5	30.0	33.7

Table 6. 소형선박(5척)에 대한 효과도

구분	인원살상(90%)		장비손상(40%)	
	이동거리	발사탄수	이동거리	발사탄수
HE-ET	10			
지향성파편탄	6.5	5.7	5.5	4.4

Table 7. 다수 소형선박에 대한 효과도(50발 기준)

구분	무력화시킨 선박수	
	인원살상(90%)	장비손상(40%)
HE-ET	10	
지향성파편탄	24.7	30.2

\*50발 기준: 5인치 함포는 4시간 내 사격발수 50발 도달 시 "Hot Gun" 경고로 사격발수 50발로 제한하여 분석

단일 소형선박에 대한 지향성파편탄의 인원살상, 장비손상 효과는 HE-ET탄 대비 2.4배, 3.0배 이상으로 확인되었다. 소형선박 5척에 대한 효과는 이동거리, 발사탄수가 35%, 43% 이상 단축·절약되었으며, 다수 소형선박에 대한 50발 사격 기준 2.4배, 3.0배 이상의 함정 무력화가 가능하였다.

#### 5. 지향성파편탄 국내개발 가능성

현재 국내 기술수준을 확인한 결과 5인치 함포용 고폭탄(K300), 육군 K310 155 mm DPICM 등 탄약 관련 무기에 대한 과제를 수행하면서 5인치 지향성파편탄 개발에 필요한 소요기술 중 탄체 설계 및 가공기술, 분리장치 설계기술 및 신관장입기를 제외한 대부분의 기술은 체계개발에 필요한 TRL 6 수준을 확보하고 있다.

탄체 설계의 경우, 텅스텐 볼 파편의 적용으로 파편중량에 의한 하중을 견딜 수 있는 내부구조, 발사 시 파편을 지지하고 탄체와 같이 회전할 수 있는 스페이서 및 내부구조 설계가 필요하다. 작동개념이 유사한 분산탄(DPICM탄 등) 개발을 통해 확보된 국내기술을 기반으로 체계개발 시 개발 가능할 것으로 판단된다.

시한신관 및 시한 장입기의 경우, 육군 K9 자주포용 155 mm K310탄용 시한신관(K560) 개발과 관련 핵심기술연구를 통해 체계개발수준의 기술을 확보하고 있다. 그러나 시한장입기의 경우 포체계와의 인터페이스를 고려할 때 장입기의 신규개발 적용은 미국정부의 승인 문제로 인해 현실적으로 어려울 것으로 판단되므로 FMS를 통해 장입기를 구매하고, 도입한 장입기와 호환성을 갖는 시한신관을 개발하는 방안이 적절하겠다.

분리장치의 경우, 230 mm 다연장로켓 체계 및 다양한 유도무기용 분산탄두 개발을 통해 선형화약을 활용한 분리장치의 기본 설계기술은 확보하고 있지만, 포발사탄에서 비행 중 탄을 분리하는 분리장치 설계 및 개발 사례가 없기 때문에 체계개발 위험도를 줄이기 위해 선행연구 등을 통해 사전기술확보가 필요할 것으로 판단된다. 예상되는 개발 소요기간은 5인치 함포용 고폭탄(K300) 개발기간(40개월) 및 구성품 개발 등 난이도를 고려할 때, 부족기술(분리장치)에 대한 선행연구 등을 통하여 TRL 6 수준 기술을 확보하는 기준을 달성하려면 최소 48개월 이상 소요될 것으로 예상된다.

## 6. 결론

이번 연구를 통해 고속, 정밀 유도무기 개발에 집중하고 있는 현재 재래식 무기로 평가받는 함포 탄약에 대한 새로운 방향을 제시하였다. 유사 무기체계와의 비교·분석을 통한 요구성능 설정, 작전 효과도 분석, 국내개발 가능성 등을 종합 검토하여 지향성파편탄 개발 필요성을 확인하였다.

2022년 러시아-우크라이나 전쟁, USS Cole함 피격 등의 사례를 통해 볼 때 소형·고속 표적에 대한 대응능력은 전투함정의 필수 요구능력이 되었다. 필요성과 국

내개발 가능성이 확인된 만큼 머지않은 시기에 지향성 파편탄이 개발되어 중·대형함정의 전투력이 크게 향상될 것 기대한다.

## 참고문헌

- [1] 김민지, “해외 무인수상정 개발사례 보고서”, ADD보고서, ADDR-415-180324, 2018.
- [2] Unmanned Surface Ships: A Threat from the East, Military Review, 2021. 1.29.
- [3] 해군 체계분석 연구편람(Ix), 해군전력 분석시험평가단 체계분석처
- [4] L. Steelman, “Lesson Learned from the Development of the U.S. Navy 5-inch Ship Self-Defense Projectiles,” NSWC Dahlgren Division.
- [5] 이영준, “5인치 함포탄 위력시험 및 분석”, ADD 보고서, ADDR-519-080732, 2008.
- [6] G. Bland, “The Development and Testing of Improved Kinetic Energy Electronic Time (IKE-ET) Round,” NSWC Dahlgren Division.
- [7] The Modified Point Mass Trajectory Model, STANAG 4355, 2000.
- [8] A. J. Ricchiuzzi et al., “Penetration Equations for Tungsten Fragments,” 2nd International Symposium on Ballistics and Warhead Mechanism, 1976.
- [9] Veritay Technology Inc. 홈페이지(veritay.com), IKE-ET탄 실험결과 참조
- [10] ADD 민군과제, 연안경계 및 신속대응 무인경비정 실용화 연계
- [11] ADD 미래도전기술과제, 군집 무인수상정 운용기술 개발 과제책임자 인터뷰
- [12] Model 210 Radome Spec., Wuhan University Technology Development Co., LTD.
- [13] D. Hong et al., “Experimental Research on Tungsten Alloy Fragment Penetrating into Carbon Fiber Target Plate,” LAJSS, 2021.
- [14] 김철수 외, “텅스텐 합금 파편에 의한 드론부품 손상연구,” 군사과학기술학회, 2018
- [15] 하민수 외, “텅스텐 중합금 파편관통특성에 관한 연구,” ADD 보고서 GWSO-519-93150, 1993.
- [16] 5인치 함포 사정표(Range table).
- [17] Range Table for 5-inch 62 Caliber Guns.
- [18] Joint Gun Effectiveness Model(JMEM), NDIA, Gun and Missile Systems Conference & Exhibition.
- [19] 5인치 지향성파편탄 국방 M&S 분석연구 결과보고서, ADD 소요기획실, 2021.11월