

다수 무인수상정 위협에 대한 호위함용 유도 로켓의 전투효과도 분석

민승식¹ · 오경원^{2,†} · 유재관³

¹해군사관학교

²호원대학교

³LIG넥스원

Analysis of the Combat Effectiveness of FFG with Guided-Rocket on the Threats of Multiple USV

Seungsik MIN¹, Kyungwon OH^{2,†} and Jaekwan RYU³

¹R.O.K. Naval Academy

²Howon University

³LIG nex1

Abstract

In this paper, the combat effectiveness of ship guidance rockets to counter the threat of multiple USV(Unmanned Surface Vehicle) was analyzed in three cases. The probability of sinking a number of USVs approaching by distance was compared using various weapon systems and guided rocket systems installed on the naval vessels. As a result of the analysis, it was found that the combat effectiveness of the guided rocket was improved compared to the close defense system of the anti-ship missile installed on the naval vessels.

초 록

본 논문에서는 다수 무인 수상정의 위협에 대응하기 위한 함정용 유도로켓의 전투효과도를 세가지 경우에 대해서 분석하였다. 함정에 장착된 다양한 무기체계와 유도로켓 체계를 이용하여 거리별로 접근하는 다수 무인 수상정 격침 확률을 비교하였다. 분석결과 함정에 장착된 함포 대함미사일 근접방어체계 보다 유도로켓의 전투효과도가 향상됨을 알 수 있었다.

Key Words : Guided Rocket(유도로켓), USV(무인수상정), FFG(호위함), Combat Effectiveness(전투효과도)

1. 서 론

국방개혁 2.0의 일환으로 국방부 및 각군에서는 전담부서를 만들어 신기술 도입에 박차를 가하고 있다. 국방부에서는 국방개혁실을 개설하여 군구조개혁추진관 및 국방운영개혁추진관을 두고 스마트 국방 운영을 위한 범부처 협업 체계를 구축하고 있다. 각군 역시 전담 부서를 신설하여 4차 산업혁명과 맞물려 급변하는 국방 환경에 적응하기 위해 노력하고 있다. 그 중

에서 해군은 신기술정책발전TF를 모태로 미래혁신연구단을 신설하여 스마트 네이비(SMART Navy; Strong Maritime forces Accomplished with Revolutionary Technology Navy) 구축을 위한 업무를 담당하고 있다. 이들은 약 100개의 과제에 대해 SMART Battleship, SMART Operations, SMART Cooperation 등 3개의 분야를 전력체계, 국방운영, 기술기반, 조직/협력 등 4개의 성격으로 분류하여 로드맵을 구축하였다. 이중 해양 무인전투체계(USV, UAV, UUV)는 전력체계 발전을 위한 장기적인 추진과제이다. 향후 무인수상정(USV; Unmanned Surface Vehicle), 무인기(UAV; Unmanned Aerial Vehicle), 무인잠수정(UUV; Unmanned Underwater Vehicle)은

Received: Sep. 07, 2020 Revised: Oct. 26, 2020 Accepted: Oct. 27, 2020

† Corresponding Author

Tel: +82-63-450-7724, E-mail: kwoh@howon.ac.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

해군 전력에서 없어서는 안될 핵심 전력이 될 것이다. 일례로 복합임무 무인수상정(MMUSV; Multi Mission USV) 기술 개발은 '15년 10월부터 '19년 9월까지 4년(48개월) 동안 수상감시정찰 및 수중탐색에 활용 가능한 무인수상정의 핵심기술을 개발하는 사업으로 수행되었다[1,2]. 미국은 2000년부터 이미 “무인수상정 마스터 플랜(USV Master Plan)”을 작성하여 개발 로드맵을 구축하였다 [3]. 현재 해군은 연안 감시정찰 무인수상정(해O-I)을 시범운용 중에 있고, 실시간 수중·수상 감시정찰 무인수상정(해O-II)을 진수하였다. 나아가 연안경계 및 신속대응 무인경비정(해O-III)을 개발하고 있다. 무장으로는 유도로켓과 기관총 등이 될 것으로 예상된다. 전천후 근거리 경비에서 무인수상정은 주요 전력이 될 것으로 기대된다.

반대로 생각하면 미래 해군 전력은 적군의 무인수상정, 무인기, 무인잠수정의 공격으로부터 아군의 생존성을 보장받을 수 있는 전력을 구축해야 한다. 따라서 우리는 현재 해군의 주력 전투정인 참수리급(PKM), 검독수리급(PKMR) 등 경전투함은 차치하고서라도 호위함(FF, FFG), 구축함(DDH, DDG) 등 중대형 전투함이 이들 무인 전투체계의 신위협으로부터 안전한지 검토하고, 부족한 부분이 있을 시 전력 보강을 할 필요가 있다.

본 논문에서는 호위함과 현재 개발 중인 무인수상정과 가상 대결을 통해 호위함의 전투효과도를 추산하고 이로부터 호위함의 전력보강을 위한 대안을 제시하고자 한다. 부수적으로 개발 중인 무인수상정에는 무장 수준의 적정량을 추산하고자 한다. 호위함은 울산급 Batch-II(2,300톤급) 수준으로 가정하고, 무인수상정은 방산업체에서 개발 중인 해O-III 수준으로 가정한다.

2. 호위함(FFG)과 무인수상정(USV)의 무장

본 연구에서는 해군에서 운용 중인 호위함(FFG)의 전투효과도를 분석하여, 전력을 강화하기 위한 방안 제시를 목표로 한다. 따라서 1980년대부터 운용 중이고 점차 퇴역하고 있는 울산급 호위함(FF)은 분석에서 제외한다. 본 논문의 분석 대상은 2013년 최초로 취역한 인천급 호위함(FFG Batch-I) 이상이다.

경비 임무 수행이 가능한 USV는 현재 군에서 운용되고 있지 않지만, 10발 내외의 유도로켓과, K-6 수준의 0.5인치 기관총을 장착하고 있다고 가정한다. 이때 USV의 유도로켓 사정거리 진입 직후 모든 탄을 발사 후 퇴각하는 USV의 시나리오 전개 상 0.5인치 기관총은 사용하지 않는 것으로 판단하여 본 연구에서 고려하지 않는다.

반면, FFG는 좀 더 복잡한 무기체계를 갖추고 있다. 이 중 USV에 대응할 수 있는 무장은 함대함 미사일, 5인치 함포 정도이고, USV의 유도로켓에 대응할 수 있는 무장은 함대공 미사일, 근접방어무기체계(CIWS) 정도이다. 두 함정의 무기체계는 Table 1에 자세히 나타내었다.

Table 1 Armed forces on frigate and unmanned surface vehicle

| Ship | Weapon | Target | # of Load | Effective Range | Hit Rate |
|------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------------|----------|
| FFG | A missile | surface vehicle | O | 180 km | 30 % |
| | 100 mm guided rocket* | | 24 | 30 km | 70 % |
| | 5 in. cannon | | OO | 15 km | 30 % |
| | B missile | air vehicle | OO | 9 km | 70 % |
| | CIWS | | OOO | 1.5 km | 70 % |
| USV | 70 mm guided rocket | surface vehicle | OO | 15 km | 70 % |
| | 0.5 in. machine gun | | OOO | 1.5 km | 30 % |

* currently not in operation

Table 1에서 함대함 100 mm 유도로켓(surface targeted 100 mm guided rocket)은 현재 한국 해군의 FFG에서 운용되지 않고 있지만 추가 표기하였다. 본 연구에서는 FFG가 해당 등급의 유도로켓을 24발 장착하였을 때 USV에 대한 전력이 얼마나 강화되는지를 분석하였다. 사실 100 mm 급 함대함 유도로켓은 한국 해군 함정 전체에서도 사용되지 않을뿐더러 세계적으로도 사용 예를 찾기 힘들다. 이는 그 동안의 함정 개발 추세에 따른 것인데, 30 km 정도의 거리에서 억제력을 발휘할 만한 함형이 거의 없었기 때문이다. 즉, 대형 함정을 상대할 경우 100여 킬로미터 수준의 원거리 타격이 가능한 유도 미사일로 함대함 억제력을 발휘하였고, 소형 함정에는 함포, 발칸포 또는 단거리 유도로켓 등이 주력 무기로 사용되었기 때문이다. 하

지만 장래에 USV의 전장 투입이 확실시되기 때문에 이에 대응할 만한 제원 확보가 시급하다고 하겠다.

Table 1에서 확인할 수 있듯이 각 무기체계의 단위 당 명중률(Hit Rate)은 30%~70% 사이로 설정하였다. 이는 상대 함정이 생존성 향상을 위해 회피 기동 중임을 감안하여 다소 낮게 설정한 값이다. 특히 A 미사일의 명중률은 유도탄입에도 불구하고 상당히 낮은 30%로 설정하였다. 이는 A 미사일이 중장거리에 있는 중대형 함정을 대상으로 개발된 것이기 때문에 몇 십 킬로미터 거리에 있는 소형 함정에 대해서는 명중률이 오히려 낮아질 것임을 가정한 것이다. 이는 시사하는 바가 크데, 대형 함정에 비해 소형 함정에 대해서는 A 미사일이 오히려 명중률이 떨어질 뿐만 아니라 타격력이 지나치게 커서 방어 수단으로 적절하지 않다는 것을 방증하는 것이다. 결국 FFG가 USV에 대해 실질적으로 방어할 수 있는 수단은 함포 수준에서 그친다는 뜻이 된다. 함포 방어 실패로 USV 유도로켓의 유효사거리 이내로 진입 시, FFG는 공격을 받을 수밖에 없으며 함대함 USV 타격을 하지 못하는 대가로 함대공 유도로켓 타격을 해야 하는 까다로운 상황에 직면한다. 그래서 미래 전략 무기가 될 것이 유력한 USV에 대한 실질적인 방어 수단인 소형 미사일의 탑재가 FFG의 방어력에 미치는 영향을 분석하게 된 것이다.

보통 함정에서는 타격 실패 가능성을 줄이기 위해 동종 무기체계 여러 단위를 동시에 발사하여 방어하는 전술을 구사한다. 만약 단위 무기체계의 방어 실패확률이 p 라면 성공확률은 $1-p$ 가 된다. 하지만 무기체계 2단위를 동시에 발사한다면 두 단위 모두가 실패해야만 방위에 실패하게 된다. 따라서 그 단계에서 방어 실패확률은 p^2 이 된다. 결국 그 단계에서 방어 성공확률은 $1-p^2$ 이 되는 것이다. k 발로 방어할 경우 방어에 성공할 확률은 $1-p^k$ 이 되어 점차 1로 수렴하게 된다. Table 2는 각 단계에서 FFG 무기체계의 대응 발수를 늘렸을 때 USV 유도로켓에 대한 각 무기의 그룹 요격확률을 나타낸 것이며 대응 발수는 임의로 설정하였다. 가령 5인치 함포는 단위 당 명중률(Hit Rate of a Unit)이 0.3이지만 같은 목표물에 대해 5발을 발사하는 전술을 구사한다면 그룹 당 명중률(Hit Rate of a Group)이 0.832로 향상하게 된다.

Table 2 Comparison of hit rates for weapons of FFG in the cases of UNIT and GROUP

| Weapon | Hit Rate of a Unit | Number of Units | Hit Rate of a Group | Equation |
|-----------------------|--------------------|-----------------|---------------------|-----------|
| A missile | 0.3 | 2 | 0.510 | $1-0.7^2$ |
| 100 mm guided rocket* | 0.7 | 3 | 0.973 | $1-0.3^3$ |
| 5 in. cannon | 0.3 | 5 | 0.832 | $1-0.7^5$ |
| B missile | 0.7 | 3 | 0.973 | $1-0.3^3$ |
| CIWS | 0.7 | 1 set | 0.7 | - |

3. 시나리오 및 이론

본 연구에서는 적 무인수상정의 유도로켓 공격에 대한 아군 호위함의 전투효과도 산출을 위해 3가지 경우에서 시나리오를 전개한다. 각각의 경우는 다음과 같다.

- CASE I 전력 강화된 FFG vs USV(3.2.1절)
- CASE II 현 제원 FFG vs USV(3.2.2절)
- CASE III FFG+PKMR 협동 편대 vs USV(3.2.3절)

각각의 경우는 현 해군 작전 개념과 관련이 없으며, 대응 시나리오 역시 무기체계 특성을 고려하여 임의로 설정하였다.

3.1 기본 가정

교전의 국면은 몇 십 킬로미터 거리에서 USV의 비정상적인 접근을 감지하면서 FFG가 USV에 선제공격을 감행하는 것에서부터 시작한다고 가정한다. 무장과 탐지성능 면에서 월등한 FFG는 적 USV를 향해 경고 신호 후 교전수칙에 의해 함대함 선제공격을 감행한다. FFG의 선제공격으로부터 생존하는 USV는 자신의 유도로켓 사정거리에 진입하는 순간 모든 유도로켓을 발사한 후 즉시 구역을 이탈한다.

3.2 교전 시나리오

3.2.1 전력 강화된 FFG vs USV

전력이 강화된 호위함(FFG)은 A 미사일과 100 mm 유도로켓, 그리고 5인치 함포가 대함 무기체계로 작동한다. 그리고 B 미사일과 CWIS 근접 방어무기가 대공

무기체계로 작동한다. 하지만 A 미사일은 통상 100 km 이상의 거리에서 중대형 함정을 목표로 하기 때문에 무인수상정(USV)과 같은 소형 함정에는 명중률이 오히려 낮게 나타날 것이다. 따라서 명중 확률이 낮을 뿐더러 오발 시 비군사적 위협을 감수해야 하는 A 미사일은 USV를 대상으로 할 때는 사용하지 않는 것으로 가정한다. 다음은 USV의 비정상적인 접근에 대하여 전력이 강화된 FFG의 단계별 대응 시나리오이다.

● CASE I ●

<함대함 단계>

- ①단계 : 30 km 내의 거리에서 위협 접근하는 USV를 FFG의 유도로켓으로 타격 시도(FFG→USV)
- ②단계 : 15 km 내의 거리에서 **전단계** 생존한 USV를 FFG의 5인치 함포로 타격 시도(FFG→USV)
- Ⓐ단계 : 15 km 내의 거리에서 **전단계** 생존한 USV의 유도로켓으로 FFG 타격 시도(USV→FFG)

<함대공 단계>

- ③단계 : 5 km 내의 거리에서 FFG의 함대공 B 미사일로 USV의 유도로켓 타격 시도(FFG→USV)
- ④단계 : **전단계** 생존한 USV의 유도로켓을 2 km 내의 거리에서 FFG의 CIWS 체계로 USV의 유도로켓 타격 시도(FFG→USV)

3.2.2 현 제원 FFG vs USV

현 제원 FFG와 USV의 교전 시나리오는 저자의 이전 연구 결과를 요약하기로 한다. 다음은 USV의 비정상적인 접근에 대하여 현 운용 제원 FFG의 단계별 대응 시나리오이다[4].

● CASE II ●

<함대함 단계>

- ①단계 : 몇 십 킬로미터 거리에서 위협 접근하는 USV를 FFG의 A 미사일로 타격 시도(FFG→USV)
- ②Ⓐ단계 : CASE I의 ②Ⓐ단계와 동일

<함대공 단계>

- ③단계 : CASE I의 ③단계와 동일
- ④단계 : **전단계** 생존한 USV의 유도로켓을 9 km 내의 거리에서 PKMR의 유도로켓으로 타격 시도(PKMR→USV)
- ⑤단계 : CASE I의 ④단계와 동일

3.2.3 FFG와 PKMR 협동 편대 vs USV

호위함(FFG)과 검독수리급(PKMR) 고속정 협동 편대는 현재 해군에서 운용 중인 개념은 아니다. 하지만 구상 차원에서는 고려할 수 있는 상황으로 FFG 1척과 PKMR 2척의 협동 편대가 무인수상정(USV)과 교전하는 상황을 가정하여 효과도를 산출하였다.

2013년부터 전력화되어 운용되고 있는 인천급 FFG는 USV에 대한 대응 전력으로 양산된 함정이 아니다. 따라서 유효 사거리 180 km A 미사일은 USV에 적용하기 곤란한 무기체계이다. A 미사일은 소형 함정에 대한 정확도가 상대적으로 낮은 반면 타격력은 중대형 함정을 반파시킬 정도로 강력하기 때문에 선불리 발사할 수가 없다. 그래서 역설적으로 USV에 대해서는 덜 위협적인 무기체계라 할 수 있다. 하지만 본 논문에서는 FFG가 발휘할 수 있는 생존력의 상한선을 찾는 것이 목적이므로 가용한 모든 무기체계를 사용하는 것으로 가정한다.

USV가 유도로켓을 발사하기 이전인 15 킬로미터 이상의 거리에서 PKMR이 USV를 선제공격할 수단은 없으므로 PKMR은 USV에 대해 함대함 무기체계를 사용하지 않는다고 가정한다. 따라서 PKMR은 FFG의 A 미사일과, 함포의 선제 타격으로부터 생존하는 USV가 발사하는 유도로켓을 함대공 방어할 협동 전력으로서 역할을 수행하게 된다. 다음은 USV의 비정상적인 접근에 대하여 FFG와 PKMR 협동 편대의 단계별 대응 시나리오이다.

● CASE III ●

<함대함 단계>

- ①②Ⓐ단계 : CASE II의 ①②Ⓐ단계와 동일

<함대공 단계>

- ③④단계 : CASE I의 ③④단계와 동일

3.3 배경 이론

무기체계에 대한 효과도 분석은 궁극적으로 달성하게 되는 성능지표로서 정량적인 값으로 표현된다. 효과도는 크게 각종 센서들의 “탐지효과도 (Detection Effectiveness)”와 무장의 “전투효과도 (Combat Effectiveness)”로 분류할 수 있다. 탐지효과도는 신호의 송출 및 탐지를 통해 무기체계의 성능을 평가하는

것으로 시험평가가 비교적 용이하다. 하지만 전투효과도의 경우, 개발 과정에서 개별 무장에 대한 타격력을 평가하는 정도는 시험평가가 가능하지만 무기체계 전체에 대해서는 마땅한 방법을 찾기가 어렵다. 특히 해군 함정과 같이 다품종 소량 생산은 물론 시제품을 전력화하는 복합무기체계는 시험평가를 하는 것이 더욱 어렵다. 또한 부품 수준의 효과도를 조합하여 판단한 결과가 복합 무기체계 전체의 효과도를 합리적으로 표현한다고 볼 수도 없기 때문에 해군 함정의 전투효과도를 추론하는 것은 매우 어려운 일이다. 그래서 전투효과도에 대한 연구는 육군 무기체계 위주로 산발적으로 이루어졌다[5-9].

본 연구에서는 FFG와 USV의 상호 교전 상황에서 확률론적 전개를 통한 FFG의 전투효과도를 분석한다. 결과 산출을 위한 계산식들은 다음과 같이 전개된다. ①②단계에서 요격에 성공할 확률이 각각 p_1 , p_2 인 FFG가 m 척의 USV를 각각 m_1 , m_2 척 요격할 확률은 다음과 같다.

$$P_{m, m_1, m_2} = \left[\binom{m}{m_1} p_1^{m_1} (1-p_1)^{m-m_1} \right] \times \left[\binom{m-m_1}{m_2} p_2^{m_2} (1-p_2)^{m-m_1-m_2} \right] \quad (1)$$

그러면 ①②단계에서 생존하는 USV가 k 척일 확률은 $m-m_1-m_2=k$ 인 모든 확률을 더한 값이 된다.

$$Q_{m, k} = \sum_{m-m_1-m_2=k} P_{m, m_1, m_2} \quad (2)$$

따라서 FFG의 ①②단계 대함 선제 타격으로부터 생존하는 USV의 잔여 척수 기댓값은 다음식과 같다.

$$E[\text{remained USV}] = \sum_{k=0}^m k Q_{m, k} \quad (3)$$

만일 USV가 x 발의 유도로켓을 탑재했다면 FFG를 향해 발사되는 유도로켓의 기대 발수는 잔여 척수에서 탑재 발수를 곱한 것이 된다.

$$E[\text{launched rockets}] = x \sum_{k=0}^m k Q_{m, k} \quad (4)$$

한편 ③④⑤단계에서 요격에 성공할 확률이 각각 p_3 , p_4 , p_5 인 FFG가 k 척의 USV로부터 $n=xk$ 발의 유도로켓 공격을 받는다고 할 때, 각각 n_3 , n_4 , n_5 발 요격할 확률은 다음 식과 같다.

$$P_{n, n_3, n_4, n_5} = \left[\binom{n}{n_3} p_3^{n_3} (1-p_3)^{n-n_3} \right] \times \left[\binom{n-n_3}{n_4} p_4^{n_4} (1-p_4)^{n-n_3-n_4} \right] \times \left[\binom{n-n_3-n_4}{n_5} p_5^{n_5} (1-p_5)^{n-n_3-n_4-n_5} \right] \quad (5)$$

그러면 ③④⑤단계에서 생존하는 USV의 유도로켓이 l 발일 확률은 $n-n_3-n_4-n_5=l$ 인 모든 확률을 더한 값이 된다.

$$R_{n, l} = \sum_{n-n_3-n_4-n_5=l} P_{n, n_3, n_4, n_5} \quad (6)$$

만약 시나리오 상 ⑤단계 요격이 없다면 식 (5)의 마지막 곱하기 항을 무시하면 된다. x 발을 탑재한 USV에서 발사되는 유도로켓이 FFG에 각각 명중할 확률이 p_A 라면 m 척의 USV로부터 최종적으로 FFG에 명중하는 유도로켓의 기대 발수는 다음과 같이 도출된다.

$$E[\text{remained rocket}] = p_A \sum_{k=0}^m Q_{m, k} \sum_{l=0}^{xk} l R_{xk, l} \quad (7)$$

4. 전투효과도 분석 결과

4.1 전력 강화된 FFG vs USV

3.2.1절(CASE 1)의 시나리오와 Table 2 확률을 바탕으로 USV에 대한 FFG의 전투효과도를 분석한 결과는 다음과 같다. 이 때 FFG에서 사용되는 무기체계는 100 mm 유도로켓(①단계), 5인치 함포(②단계), B 미사일(③단계), CIWS(④단계)이다.

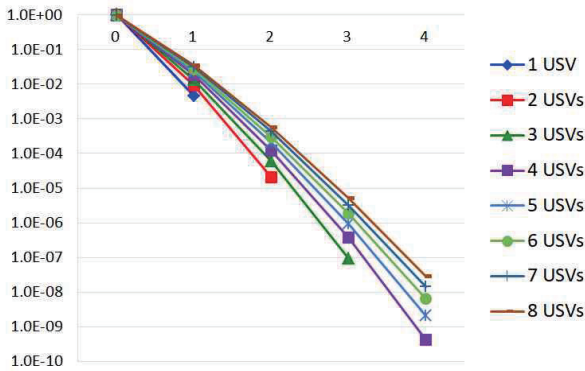
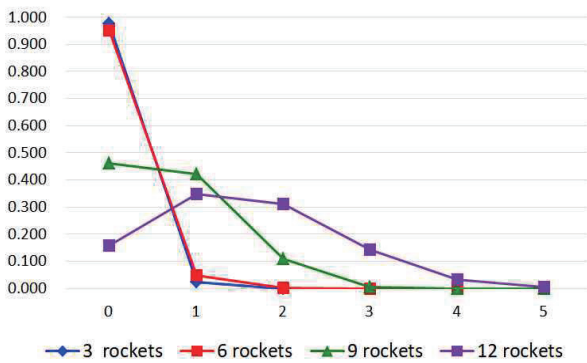
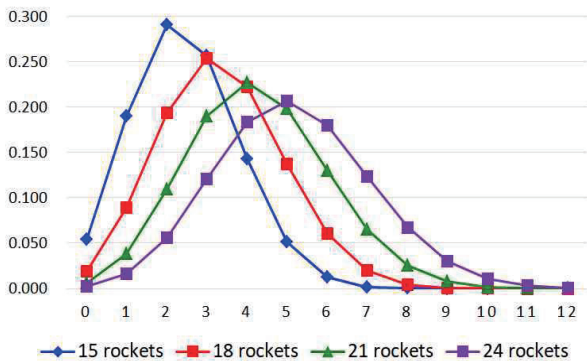


Fig. 1 Probability distribution in log-scale of residual USVs against the intercept from FFG approaching number from 1 to 8(CASE I)



(a) Probability distribution: 3~12 rockets are launched



(b) Probability distribution: 15~24 rockets are launched

Fig. 2 Probability distribution of residual guided rockets against the intercept from frigate where the rockets are launched from the USV as the number from 3 to 24(CASE I·III)

Figure 1은 1~8척의 USV가 비정상 접근함에 따라 FFG가 ①②단계 대함 선제공격을 감행할 때 잔여 USV 척수의 확률 분포를 로그 단위로 나타낸 것이다. 8척의 USV가 동시 접근하는 경우에도 2척 이상이 생존할 확률은 0.0006에 못 미치고, 1척이 생존할 확률은 0.0352, 모두 요격될 확률은 0.9643에 달한다. ①②단계 대함 선제공격으로부터 생존하는 USV가 거의 없기 때문에 ③단계에서 USV로부터 발사된 유도로켓에 대한 ③④단계 대공 방어의 부담이 감소하게 된다. Figure 2는 3~24발의 유도로켓이 발사됨에 따라 FFG가 ③④단계 대공 방어를 감행할 때 잔여 로켓 발수의 확률 분포를 나타낸 것이다. 로켓의 수가 늘어감에 따라 정규분포에 근접해 가는 것을 확인할 수 있다. 이는 ①②단계와 관련이 없으며 ③④단계 시나리오와만 관계되기 때문에 CASE I·III에서 동일한 확률 분포를 가진다.

Table 3 Expected number of the guided rockets hitting the FFG according to the number of approaching USVs and the loaded number of rockets(CASE I)

| Loaded Number of Rockets | Number of approaching USVs | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .001 | .001 |
| 6 | .000 | .000 | .001 | .001 | .001 | .001 | .002 | .002 |
| 9 | .002 | .004 | .006 | .009 | .011 | .013 | .015 | .018 |
| 12 | .005 | .010 | .015 | .020 | .025 | .030 | .035 | .040 |

최종적으로 Table 3은 3~12발의 유도로켓을 장착한 USV 1~8척이 접근할 때 CASE I의 시나리오에 따라 FFG에 명중하는 유도로켓의 기대 발수를 나타낸 것이다. 유도로켓 24발을 FFG에 장착하여 전력을 강화하였을 때, USV로부터 피격되는 유도로켓의 개수는 0.040개로 매우 낮은 값을 가지는 것을 알 수 있다.

4.2 현 제원 FFG vs USV

3.2.2절(CASE II)의 시나리오와 Table 2 확률을 바탕으로 USV에 대한 현 제원 FFG의 전투효과도를 분석한 결과는 다음과 같다. 이 때 FFG에서 사용되는 무기체계는 A 미사일(①단계), 5인치 함포(②단계), B 미사일(③단계), CIWS(④단계)이다. 앞서 언급한 것처럼

럼 본 절의 결과는 저자의 이전 논문의 결과를 요약한 것이다.

Table 4 Expected number of the guided rockets hitting the FFG according to the number of approaching USVs and the loaded number of rockets(CASE II) [4]

| Loaded Number of Rockets | Number of approaching USVs | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | .001 | .003 | .004 | .006 | .012 | .020 | .033 | .051 |
| 6 | .003 | .013 | .029 | .051 | .108 | .187 | .285 | .399 |
| 9 | .038 | .085 | .142 | .207 | .354 | .530 | .729 | .949 |
| 12 | .090 | .189 | .298 | .414 | .667 | .949 | 1.254 | 1.580 |

Table 4는 3~12발의 유도로켓을 장착한 USV 1~8척이 접근할 때 CASE II의 시나리오에 따라 FFG에 명중하는 유도로켓의 기대 발수를 나타낸 것이다. 12개의 유도로켓을 장착한 USV 8대가 접근할 경우 1.580발이 FFG에 명중하는 것을 확인할 수 있다. 이는 Table 3의 0.040발에 비해 39.5배에 달하는 것이다. 특히 CASE I의 시나리오는 A 미사일을 사용하지 않기 때문에 중대형 함정에 대한 방어력을 보존할 수 있다. 따라서 USV보다 좀 더 긴 유도로켓 24발을 추가 장착하는 것은 USV에 대한 FFG의 전투효과도를 괄목할 정도로 향상시키는 것으로 판단된다.

한편 현 제원을 기준으로 판단했을 때, Table 4를 통해 비용대효과 측면에서 개발되는 USV에 장착하는 유도로켓의 개수를 가늠해 볼 수 있다. 유도로켓 9발을 장착하여 8척을 투입하는 경우와, 12발을 장착하여 6척을 투입하는 경우 FFG에 명중하는 기대 발수는 0.949로 같다. 이 경우 투입되는 USV와 유도로켓은 각각 (72발, 8척)과 (72발, 6척)이다. 따라서 12발을 장착한 USV를 6척 투입하는 것이 보다 적은 비용으로 같은 효과를 낼 수 있다.

4.3 FFG와 PKMR 협동 편대 vs USV

3.2.3절(CASE III)의 시나리오와 Table 2 확률을 바탕으로 USV에 대한 FFG의 전투효과도를 분석한 결과는 다음과 같다. 이 때 FFG에서 사용되는 무기체계는 A 미사일(①단계), 5인치 함포(②단계), B 미사일(③단계), CIWS(⑤단계)이다. ④단계에는 PKMR의 유도로

켓이 사용되는데 요격 확률은 0.7이고 동시에 3발씩 응사하는 것으로 가정하였다. 그러면 ④단계 대응에 성공할 확률은 0.973이 된다.

Table 5 Expected number of the guided rockets hitting the FFG according to the number of approaching USVs and the loaded number of rockets(CASE III)

| Loaded Number of Rockets | Number of approaching USVs | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 3 | .001 | .003 | .004 | .006 | .008 | .011 | .014 | .017 |
| 6 | .003 | .006 | .009 | .013 | .022 | .037 | .057 | .085 |
| 9 | .004 | .013 | .024 | .037 | .068 | .101 | .133 | .162 |
| 12 | .006 | .024 | .051 | .085 | .163 | .252 | .340 | .418 |

Table 5는 3~12발의 유도로켓을 장착한 USV 1~8척이 접근할 때 CASE III의 시나리오에 따라 FFG에 명중하는 유도로켓의 기대 발수를 나타낸 것이다. 현 제원의 FFG에 2척의 PKMR이 협동 전력으로 편대를 구성할 때 FFG 단독으로 대응하는 것보다 전투효과도가 높아지는 것을 알 수 있다. Table 4와 비교했을 때 9~12발의 유도로켓을 장착한 USV가 5~8척 접근하는 상황을 보면 유도로켓에 피격되는 갯수가 약 1/4~1/6 수준으로 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

Table 6 Expected number of the guided rockets hitting the FFG for 3 CASES

| CASE | # of USVs | Loaded # of Rockets | |
|-------------------------|-----------|---------------------|------------|
| | | 6 Rockets | 12 Rockets |
| reinforced FFG (CASE I) | 1 USV | 0.000 | 0.005 |
| | 2 USVs | 0.000 | 0.010 |
| | 4 USVs | 0.001 | 0.020 |
| | 8 USVs | 0.002 | 0.040 |
| present FFG (CASE II) | 1 USV | 0.003 | 0.090 |
| | 2 USVs | 0.013 | 0.189 |
| | 4 USVs | 0.051 | 0.414 |
| | 8 USVs | 0.399 | 1.580 |
| FFG+ PKMR (CASE III) | 1 USV | 0.003 | 0.006 |
| | 2 USVs | 0.006 | 0.024 |
| | 4 USVs | 0.013 | 0.085 |
| | 8 USVs | 0.085 | 0.418 |

Table 6은 이번 연구의 내용을 요약하여 나타낸 것이다. USV에 대한 방어 개념이 적용되기 전 전력화된 FFG는 쉽게 예상할 수 있듯이 USV의 집단 공격에 비

교적 취약한 것을 확인할 수 있다. 전투효과도는 전력이 강화된 FFG(CASE I)에서 가장 높고, 다음으로 PKMR 2척과의 협동 작전을 수행하는 FFG(CASE III)에서 높게 나타난다.

5. 결 론

지금까지 유도로켓을 장착한 무인수상정(USV)과 인천급 호위함(FFG)의 대치 상황을 가정하여 FFG의 전투효과도를 분석하였다. 유도로켓 24발을 추가 장착하여 전력이 강화된 FFG(CASE I)와, 현 체원 FFG(CASE II), 그리고 검독수리급(PKMR) 고속정 2대와 협동 작전을 수행하는 FFG(CASE III)에 대해 유도로켓에 피격되는 발수를 확률식을 이용하여 계산하였다. USV에 대한 방어 개념이 적용되기 전 전력화된 FFG는 쉽게 예상할 수 있듯이 USV의 집단 공격에 비교적 취약한 것을 확인할 수 있다. 전투효과도는 전력이 강화된 FFG(CASE I)에서 가장 높고, 다음으로 PKMR 2척과의 협동 작전을 수행하는 FFG(CASE III)에서 높게 나타난다.

미래 전장에서 USV에 대한 전투효과를 보장할 수 있는 함정이 되기 위해서 FFG는 중단거리 유도로켓의 추가 장착을 통한 전력 보강이 시급히 필요하다.

References

- [1] S. B. Ahn and D. R. Oh, "ROK Military Weapon Systems", Defense Times, Seoul, 2014.
- [2] S. Min *et al.*, "Analysis of Combat Effectiveness of Unmanned Surface Vehicle for the Ship Engagement", *JKATF*, vol. 1, no. 2, pp. 95-102, Nov. 2018.
- [3] US Navy, "The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV) Master Plan", July 2007.
- [4] S. Min, G. Lim and K. Oh, "Analysis of the Survival Probability fro Three-stage Defense Strategy against the Simultaneous Attacks of Guided Missiles", *JKNST*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, Jul. 2018.
- [5] J. Lee, J. Pyun and C. Kim, "A Study of MOE Establishment for Improving the Credibility of UGV

- Effectiveness Analysis", *Journal of Applied Reliability*, vol. 14, no. 3, pp. 197-202, Sep. 2014.
- [6] S. Han, J. Pyun and H. Cho, "A Method of System Effectiveness Analysis for Remote-Operated Unmanned Ground Vehicles Using OneSAF", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, vol. 40, no. 4, pp. 388-395, Aug. 2014.
- [7] J. Lee *et al.*, "Interrelation Analysis of UGV Operational Capability and Combat Effectiveness Using AnyLogic Simulation", *Journal of Applied Reliability*, vol. 15, no. 2, pp. 131-138, June 2015.
- [8] B. Jung, "A Study on Effectiveness Analysis of K2 System with Weapon's Unit Cost", *Journal of the Korea Society for Simulation*, vol. 26, no. 2, pp. 31-39, June 2017.
- [9] H.-G. Hwang, H.-K. Kim, J.-S. Lee, "An Agent Based Modeling and Simulation for Survivability of Combat System", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 12, pp. 2581-2588, Dec. 2012.
- [10] S. Min, G. Lim and K. Oh, "Analysis of Physical Combat Power for Unmanned Combat Aerial Vehicle", *Journal of Aerospace System Engineering*, Vol.11, No.6, pp.50-55, December, 2017.