Journal of the KNST

2023; Vol.6, No.4; pp. 437-445

ISSN: 2635-4926

https://doi.org/10.31818/JKNST.2023.12.6.4.437

Check for updates

Received: 2023/11/27
Revised: 2023/12/04
Accepted: 2023/12/26
Published: 2023/12/31

*Corresponding Author:
Kyungwon Oh
Dept. of Aircraft MRO Engineering, Howon University,
64, Howondae 3-gil, Impi-myeon, Gunsan-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea
Tel: +82-63-450-7724
E-mail: kwoh@howon.ac.kr

총수명주기를 고려한 해양무인체계 정비 품질확보 연구

A Study on Quality of Maintenance of Marine Unmanned Systems Considering Total Life Cycle

오경원[1*], 황지환[2], 권병욱[2], 신일식[3]

[1]호원대학교 항공정비공학과 교수
[2]국방기술품질원 선임연구원
[3]중소조선연구원 센터장

Kyungwon Oh[1*], Jihwan Hwang[2], Byungwook Kwon[2], Ilsick Shin[3]

[1]Professor, Dept. of Aircraft MRO Engineering, Howon University
[2]Senior researcher, Naval Systems Center, Defense Agency for Technology and Quality
[3]Center director, Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

Abstract

진화하는 해양 무인 시스템 환경에서는 강력한 유지보수 시스템을 구축하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 연구는 효율적인 운영을 보장하는 데 있어 원격 기반 고장 진단/복구, 장비 상태 모니터링, 상태 예측/관리의 중요성을 강조하고 있다. 성능 기반 군수 지원(PBL)의 도입은 유지보수 접근 방식의 패러다임 전환을 보여준다. 해상 무인 시스템에서 효과적인 PBL 구현을 위해 전투 준비 상태(SSR), 사용자 대기 시간(CWT), 물류 지원 시간, 현장 만족도와 같은 지표를 도입한다. 정비창은 제품지원관리자(PSM) 역할뿐만 아니라 군수지원업체와 협력하여 첨단 정비 기술을 축적하는 연결고리로서 중추적인 역할을 수행해야 한다.

In the evolving landscape of unmanned maritime systems, establishing a robust maintenance system is paramount. This study emphasizes the significance of remote-based fault diagnosis/recovery, equipment status monitoring, and health prediction/management in ensuring efficient operation. The introduction of performance-based logistics support (PBL) demonstrates a paradigm shift in maintenance approaches. For effective PBL implementation in maritime unmanned systems, metrics such as combat readiness (SSR), user waiting time (CWT), logistics support time, and field satisfaction are introduced. Maintenance depots play a pivotal role by not only serving as the Product Support Manager(PSM) but also as the nexus for accumulating advanced maintenance technologies in partnership with logistics support companies.

Keywords

총수명주기관리(Total Life Cycle Systems Management), 무인수상정(Unmanned Surface Vehicle), 무인잠수정(Unmannd Underwater Vehicle), 체계지원관리자(Product Support Manager), 정비품질(Quality of Maintenance)

Acknowledgement

본 연구는 2021 민군협력개발사업 "IoT 기반 함정 정비 통합관제 플랫폼 개발"에 의해 수행되었음 (21-CM-TN-12)

1. 서론

우리나라 안보는 북한 핵미사일, 비대칭 위협의 고도화, 미중패권 경쟁에 따른 동북아 불안정성 증대, 우크라이나-러시아 전쟁 등을 통해 나타난 전쟁의 패러다임의 변화와 기술패권 경쟁심화, 인구절벽에 따른 병역자원 감소 등 유례없는 도전에 직면하고 있다. 국방부는 제2창군 수준의 국방혁신 4.0 추진으로 국방 태세 전반 재설계, AI 과학기술강군 육성, AI 기반의 유·무인 복합 전투체계 발전, 국방 R&D 체계 전반 개혁을 추진하고 있다. 특히 AI 기반의 유·무인 복합 전투체계로 단계별 전환, 첨단과학기술 기반 군 구조 발전, AI 과학기술 강군 육성 등을 통해, 병역자원 부족으로 인한 문제 해소 및 인명 손실 최소화를 위해 노력 중이다.

최근 센서 융합기술과 빅데이터를 이용한 딥러닝 기술 등 최첨단 기술의 비약적인 발전으로 무인체계가 다양하게 적용되고 있으며, 이러한 기술을 통해 인간의 능력을 보완, 확장 또는 대체하는 형태의 유무인 복합체계로 발전하고 있다. 이와 더불어 해양무인체계의 운용과 유지보수 방안에 대해 활발한 연구가 진행되고 있다. 무인체계는 수십 년 전부터 민군 차원에서 운용되어 왔다(유선조종 및 무인조종). 또한 해군도 유선조종 방식의 기뢰탐색기를 운용하였고,

© 2023 Korea Society for Naval Science & Technology

무인기뢰처리기(MDV) 운영유지를 위해 제작사 중심의 외주정비를 수행한 사례가 있다.

현대 무기체계는 과학기술 발전 가속화, 무기체계의 첨단화·복잡화·지능화·고가화가 지속, 군 자산 위주의 군수지원 한계 등 총수명주기관리(TLCSM, total life cycle systems management) 관점에서 정비비가 증가되는 국방·군수 환경 속에 있다. 해양무인체계와 같은 첨단 전력 운용에 부합한 정비방안은 운영유지 단계에서 민·관·군 협업체계를 구축하여 전·평시 군수지원능력을 확충함으로써 선제적으로 대응되어야 한다. 즉 해양무인체계를 안정적이고 지속 유지하기 위해서는 획득 시 품질이 확보되어야 하고, 운영유지 단계에서 정비 후 정비품질 또한 민·군협업을 통해 확보되어야 한다.

현재 국내 해양무인체계는 대다수가 전력화 관점에서 개발/획득단계에 있다. 그리고 운용 이후 구체적으로 보고된 정비사례 연구가 미흡한 상태이다. 따라서 본 논문은 해양무인체계 총수명주기 관점에서 정비품질 확보 방안에 대해 기술하였다.

2. 국내외 해양무인체계 정비

2.1 해양무인체계 정비간 군직시설·민간시설 이용사례

해양무인무기체계 적용에 있어서 대표적인 국가인 미국은 2023년까지 유령함대 구축을 위한 시제개발 및 시험평가를 수행하고 있으며, 최근 일본 요코스카항에 무인수상함이 입항하는 등 실전적인 운용시험을 이어가고 있다. 미 해군은 해양무인 무기체계 시험평가를 통해 장비의 신뢰성, 가용성, 정비성 등을 점검하고 있다. 이를 위해 현재 미 해군 함정 군직시설·민간시설의 사례를 분석하였다.

미 해군은 퓨젯 사운드, 하와이 진주만, 노퍽, 포츠머스 등 4개소에서 군직 정비시설을 운용 중이다. 해군 기지로 설립된 ① 퓨젯 사운드 해군정비창(Puget Sound Naval Shipyard)은 주로 미 해군함정 건조, 수리 및 유지보수의 임무를 수행하며, 함정 재활용 프로그램을 운영 중이다. ② 하와이 진주만 해군정비창(Pearl Harbor Naval Shipyard)은 미국 태평양 함대의 수리, 유지 관리 및 현대화 임무를 수행한다. 미 해군 전력 중 60 %의 유지보수를 수행하며, 태평양 최고의 해군정비창 및 군수지원시설을 보유하고 있다. ③ 노퍽 해군정비창(Norfolk Naval Shipyard)은 상륙함, 잠수함, 순양함 및 항공모함을 포함한 미 해군이 운용 중인 모든 유형의 함정 수리 및 현대화 서비스를 제공한다. 또한 핵추진 항공모함을 건조하고 연료를 보급하는 유일한 시설로 운용되고 있다. ④ 포츠머스 해군 정비창(Portsmouth Naval Shipyard)은 미 해군의 핵추진 잠수함 함대, 특히 로스앤젤레스급 및 버지니아급 잠수함의 정밀검사, 수리 및 현대화의 주요 임무를 수행한다.

미 해군 민간 정비시설은 BAE 시스템, 제네럴 다이

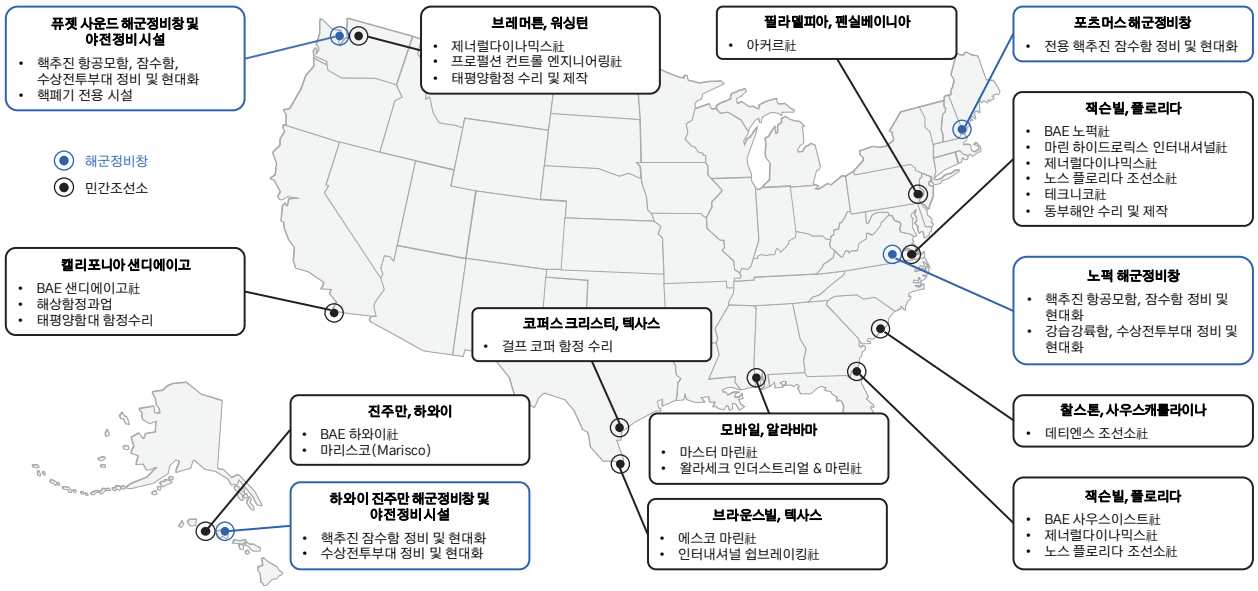

Fig. 1. 미(美) 민·군의 해군 함정 수리, 유지보수 및 현대화 시설

내믹스, 노드롭 그루먼 등 대략 25개소 이상이 운용 중이다. ① BAE 시스템 샌디에이고 조선소는 미 해군의 모항으로서 50척 이상 미 해군 함정의 계획정비 및 비계획정비 작업을 수행하고, ② BAE 시스템 사우스이스트 조선소는 예인선, 바지선, 근해지원선 등 서비스를 제공하며, ③ BAE 시스템 노퍽 조선소는 미 해군, 정부기관 및 민간 선박의 유지 및 현대화, 미 해군 함정 수리, 유지보수, 개조 등의 업무를 수행하고 있다. ④ 제네럴 다이내믹스 나스코 메이포트 조선소는 미 해군 선박에 대한 모든 유형의 정비를 수행하고, ⑤ 제네럴 다이내믹스 나스코 노퍽 조선소는 각종 선박에 대한 주요 수리, 계획 정비 및 현대화를 수행하고 있다. 또한 ⑥ 제네럴 다이내믹스-나스코 포츠머스 조선소는 각종 선박의 수리 및 현대화를, ⑦ 제너럴 다이내믹스-나스코-브레머튼 조선소는 미 해군 선박 수리 업무를 지원한다. 그 외 ⑧ 마리스코 하와이 조선소 등 대다수의 민간 조선소는 정부, 상업 해양 및 산업 부문을 위한 서비스를 제공하고 있다.

노스롭 그루먼은 항공무인체계에 대해 무인체계통합센터를 운용하고 있으며 전력화된 항공무인체계 운영유지 서비스를 20년 넘게 제공하고 있다. 센터의 인력은 글로벌 호크(Global Hawk)를 포함한 다수 무기체계들의 입증된 성과지원으로 관리하고 있다. 센터는 항공무인체계 상호운용성 시험 등을 수행함과 동시에 전력화 이후 운영유지단계에서 부대정비, 야전정비까지 수행하고 있으며 운영유지 시 항공무인체계 현대화를 통하여 전력 성능 및 가동률을 극대화하고 있다. 민간시설임에도 불구하고 전술비행작전을 계획하고 실행하고 있으며 무인체계의 운용, 정비 관련한 교육훈련을 종합적으로 수행하고 있다는 점에서 우리군과 차별화된다.

영국의 대표적인 민간시설에는 A&P 그룹, 밥콕 인터내셔널 및 캠멜 레이어드 등이 있다. ① A&P 그룹은 함정 및 상선 등의 현대화 및 해양, 석유 및 가스 등 자원, 국방, 에너지 산업 분야 선두주자로서 역할을 수행하고 있으며, 12년간 영국 국방부와 파트너십을 유지하고 있다. ② 밥콕 인터내셔널은 영국의 선도적인 선박 엔지니어링 서비스 기업으로 함정의 현대화, 성능개량, 함대 유지보수 업무를 수행하고 있다. 또한 ③ 캠멜 레이어드는 상선, 함정 등 선박 제조와 성능개량, 현대화 작업을 수행하며, 2010년대부터 해상풍력산업 및 친환경 선박에 주력하고 있다.

2.2 해양무인체계에 대한 정비지원체계

2.2.1 국내외 해양무인체계 정비정책

한국 국방부는 무인체계 정비지원체계로서 '총수명주기관리(TLCSM)훈령'을 제정하고, 관련 정책을 지속적으로 추진하고 있다. 과거에는 획득과 운영을 구분하고, 단순히 무기체계 획득 시에 종합군수지원(ILS) 요소를 고려하도록 규정하는 데에 그쳤으나 최근에는 총수명주기관리(TLCSM) 개념 하에 무기체계를 획득하고 유지하는 개념으로 발전하고 있다. 총수명주기관리(TLCSM)의 일환으로 추진되고 있는 대표적인 제도가 성과기반군수지원(PBL)이다.

정비는 고장 발생과 정비 시점의 선후관계에 의해 예방정비(PM)와 고장정비(CM)로 구분되며, 창정비 단계에서는 주로 오버홀(overhaul) 정비를, 야전정비 단계에서는 아이론(IROAN) 정비를 수행하고 있다. 최근 창정비 시기 및 방법의 적절성에 대한 논란이 있으며, 이에 대한 대안으로 상태기반정비(CBM)를 추진하고 있다. 정비는 그 수행주체(정비원)에 따라 군직정비와 외주정비로 구분된다. 군직정비는 장비운용부대, 야전정비부대, 정비창 등과 같은 조직에서 군이 보유하고 있는 정비능력을 활용하여 직접 수행하는 정비활동이고, 외주정비는 외주정비업체에 의해 수행되는 정비활동이다. 정비한계의 설정은 경제적 수리한계에 의해 이루어지며, 정비단계는 군 장비와 물자를 효율적으로 정비하기 위하여 정비작업 제대와 정비작업 범위에 따라 구분된다. 또한 정비는 군정비, 외주정비, 해외정비, 군외정비로 구분하며, 군정비는 부대정비, 야전정비, 창정비의 3단계로 나뉜다.

해군의 정비개념은 크게 군직정비와 외주정비로 구분된다. 군직정비는 부대정비, 야전정비 및 창정비로 구성하며 외주정비는 군직정비 능력 초과 시 국내 및 해외 정비로 나눌 수 있다. 부대정비는 함정에서 정비업무 활동이 수행되며, 야전정비 및 창정비는 정비창, 수리창, 정비대대에서 정비업무가 이루어진다. 이에 따라 해군 함정정비의 종류는 부대정비, 야전정비, 창정비, 상가(上架)정비로 구분하고, 수면 하부 선체 및 구조물의 검사 수리는 상가시설을 갖춘 정비지원부대 또는 민간업체를 통하여 수행하고 있다.

해양경찰청 함정정비는 함정의 선체와 장비의 성능유지 및 수명연장을 위하여 수행하는 손질, 검사, 수

리, 재생, 개조, 개장, 교정 등 일체의 행위이다. 해양경비안전본부는 함정의 운전시간과 해상경비 소요 및 예산 등을 감안하여 시행 전년도에 연간 정비계획을 수립하며. 함정정비는 자체정비, 예방정비, 안전성정비, 계획정비, 해양경비안전 정비창 정비 등으로 구성된다.

미 해군의 함대 정비정책은 무기체계 전력화 및 운용 차원에서 선도적인 역할을 수행하고 있으며, 기본적으로 함대의 정비와 성능개량(현대화 사업)을 병행하여 추진하고 있다. 또한 함정에 적용하고 있는 정비는 부대정비, 야전정비, 창정비 3단계를 기본으로 구성하여 함정 및 탑재장비 가동률을 유지하고 있다. 이와 함께 함정의 수면 하부 선체 및 구조물의 검사 수리를 위하여 장기간 소요되는 상가정비에 대해서 추가 적용이 가능하다. 이와 유사하게 우리군도 일반적으로 3단계 정비개념을 기본으로 적용하고 있다. 우리군도 군직 정비활동 능력 내에서 정비지원을 하고 있으며, 능력을 초과하는 작업은 민간부문 산업시설 또는 창정비 활동으로 정비업무를 지원하고 있다. 미군은 총수명주기관리 개념을 군수품의 소요제기, 소요결정, 획득, 운영유지, 폐기에 이르기까지 수명주기 전체에 걸쳐 비용을 절감하고 장비가동률을 향상시키기 위한 목적으로 활용하고 있다. 미군이 획득과 운영유지의 연계를 위해 기울인 핵심적인 노력은 각 군에서 관련된 체계지원관리자(PSM) 편성, 체계지원협약서(PSA) 체결, 수명주기관리계획서(LCSP) 작성, 통합체계지원(IPS) 도입 등 전력 운영유지 검토를 제도화한 것이다. 미 해군 함대 정비정책은 함정의 연구개발단계 동안 수명주기비용을 최소화하면서 운용가용도 요구사항을 충족할 수 있는 가장 실질적 수준의 전투준비태세를 마련하고 있다. 신뢰도중심정비(RCM)의 적용 이외에도 함정 및 탑재 장비에 대한 모든 정비는 상태기반정비(CBM)를 적용하여 개발하고, 일정수립·계획·실행이 연계되도록 하고 있다. 함대정비의 성과지표는 함정의 장비 상태에 대한 객관적으로 측정 가능한 포괄적인 성과지표를 개발·유지하며, 함대 정비 이슈는 함대 전투준비태세에 가장 큰 영향을 미치고 이를 해결하기 위해 해군 지휘관들이 주의를 요하는 함정 정비 프로그램 및 기술 문제를 식별·관리·추적하는 일련의 활동을 포함하고 있다.

- 함정정비 프로그램: 함정정비의 목표는 함정의 예상 수명주기 동안 수명주기비용을 최소화하면서 운용가용도 요구사항을 충족하기 위해 가장 실용적 수준의 자원 관리 및 안전을 유지하는 것이다. 각 함정등급에는 최소 두 부분으로 구성된 승인 정비 프로그램과 전체 정비환경(정비수행 방법과 장소 포함)과 목표를 가장 잘 달성하기 위해 필요한 정비작업 일정을 식별하는 단계별 정비계획이 있다. 해군참모총장 예하 작전부대 요구사항 책임자인 함대지휘관, 획득사업부장·사업관리자·함정사업관리자 및 해군교육훈련사령부 별로 정비책임을 부여하고 있다.
- 부대정비: 가장 낮은 정비단계로서 장비운용과 관리를 정기적으로 수행하는 부대에 제공되는 역량 및 자원 내에서 수행하는 정비이다. 함정의 부대지휘관은 부대정비에서 필요한 정비작업을 효율적 비용으로 관리하기 위해 함정의 적절한 자체평가, 보존, 수리, 정비 및 운영을 담당한다.
- 야전정비: 부대정비보다 높은 기술, 기능 또는 능력이 요구되는 정비이며 일반적으로 해군 함대 정비활동, 잠수함 수리 및 지원 시설, 지역정비센터(RMC), 전투 부대정비, 야전정비 활동(IMA)과 같은 정비활동을 수행한다. 해군참모총장 예하 함대사령관, 해군시스템사령관, 해군예비군사령관 별로 정비책임을 부여하고 있다.
- 창정비: 가장 높은 정비단계이며 함정의 수리, 제작, 제조, 조립, 총분해수리, 보수, 재건, 시험, 분석, 설계, 성능개량, 도장, 조립, 하위 조립품, 소프트웨어, 구성요소 또는 특수시설이 필요한 최종 품목에 중점을 둔 정비작업이다. 해군참모총장 예하 해군참모총장실 교전종합국, 함대지휘관, 해군시스템사령관, 획득사업본부장 별로 정비책임을 부여하고 있다.
- 품질정비: 함정정비는 공표된 기술 및 품질보증 요구사항에 따라 엄격하게 수행하며, 품질정비는 정비 프로세스의 계획, 군수지원 및 실행에 관련된 담당자에게 적절한 책임을 부여하고 있다. 함대사령관, 해군시스템사령관, 해군교육훈련사령부, 검사·조사위원회 별로 정비책임을 부여하고 있다.

2.2.2 해양무인체계에 대한 정비 핵심기술

해양무인체계는 승조원이 탑승하지 않기 때문에 장비의 상태를 원격에서 확인하고 진단할 수 있어야 한다. 해군에서 운용하는 정비지원체계로는 원격기반 고장진단/복구, 해양무인체계 장비상태 모니터링(고장예측 등)이 대표적이다.

- 원격기반 고장진단/복구: 해양무인 무기체계의 원격정비지원체계는 해양무인 무기체계에 장착된 장비에 고장 발생 시 위성통신망, 지상통제소 등을 활용하여 기술자가 원격정비센터에서 기술지원을 수행하는 정비지원체계이다. 작전 중인 해양무인체계 장비에 고장 발생 시 작전구역 이탈 없이 복구하여 작전공백을 최소화하는 것을 목적으로 하며, 이를 위해서 정보통신기술(ICT) 기반의 통합정비지원 데이터 네트워크 구축이 필요하다.
- 해양무인체계 장비상태 모니터링: 통합상태진단시스템은 함정의 주요 장비에 설치된 센서를 활용하여 운용데이터를 수집/분석하는 상태기반정비(CBM)를 도구로 사용한다. 상태기반정비는 압력, 온도, 진동, 윤활유 상태, 절연 등 장비상태를 진단, 분석하여 맞춤정비를 수행하는 것으로 주로 예방정비의 개념이라 할 수 있다. 센서 데이터를 활용한 통합상태평가체계(ICAS) 구축을 위해서 실시간 장비운전 환경별 지능형 분석이 가능한 고장예측시스템을 연동하고, 해양무인체계 대상 탑재장비에 센서를 목적에 맞게 설치한다.
- 건전성 예측.관리: 건전성 예측.관리(PHM)는 해양무인체계 상태 정보를 수집하여 시스템의 이상상황을 감지하고 분석 및 예지진단을 통하여 고장 시점을 사전에 예측함으로써 운용과 관리를 최적화한다. 건전성 예측.관리에 의한 종합 최적화는 신뢰도, 성능, 환경, 안전 및 원가 요소로 구분되며, 실행을 위한 ① 단계정보 수집, ② 이상발견, ③ 상태진단, ④ 고장예측 단계로 적용한다.

2.3 해양무인체계 규모/특성, 비용을 고려한 군직정비 능력 확보 필요성, 정비단계 적용수준(부대정비-야전정비-창정비)

2.3.1 무기체계·전력지원체계 불용처리

해군에서는 무인체계, 무인장비 등 다수 종이 현재 운용되고 있다. 그런데 무인체계 단가 대비 정비비가 고가여서 운영유지에 제한이 되는 장비들이 발생할 우려가 크다. 우선 성능개량을 포함한 신장비·신기술 도입으로 인하여 사용의 필요성이 없어진 군수품, 노후화로 인하여 위험이 예상되는 군수품 및 경제적 수리한계를 초과한 군수품 등을 불용결정 대상으로 선정한다. 이후 재생/비재생 대상 장비의 정비 후 활용가치를 산출하여 불용기준을 적용한다. 최종적으로는 '군수품관리법'을 근거로 상급부대의 승인절차를 통해 자체 처리가능 품목은 자체적으로 불용결정하고 불용결정된 군수품 중 활용 가능한 군수품은 일부 부품을 재활용하거나, 교보재, 전시물, 군사재, 위장용, 사격장 표적 등으로 사용한다.

2.3.2 3단계 정비개념, 정비단계별 적용

기존 해군의 정비지원체계를 준용하여 부대정비, 야전정비, 창정비 3단계 정비개념을 적용하고, 해양무인 무기체계 배치와 함께 부대/야전 정비능력을 구비될 수 있도록 효과적인 정비개념을 수립한다. 정비단계별로 필요한 지원 및 시험장비를 식별하고, 현재 해군이 운용 중인 지원장비와 호환성을 검토하여 신규 지원장비 소요를 도출한다.

2.3.3 해양무인체계 탑재 모함 운용 시

해양무인 무기체계 중 무인수상정(USV)을 사례로 설정된 임무를 수행하기 위하여 현재 무인수상정(USV) 기술 수준을 적용 가능한 과업과 향후 기술개발을 고려하여 분석하고, 4가지 과업의 시나리오의 각 단계를 구체화하여 정리한 임무요구와 적용 가능한 정비단계를 검토한다. 무인수상정(USV) 격납고에는 무인수상정(USV)의 임무모듈 교체를 위한 정비실과 검사정비용 크레인의 설치가 필요하다. 또한 무인수상정(USV) 회수 후 부식방지를 위해 세척 및 배수 장치와 유류를 보급할 수 있는 장비와 화재 진화 설비 설치가 필요하므로, 추가로 무인수상정(USV) 탑재장

비 고장 시 화상 원격정비체계 등을 위한 지원장비 및 시설을 구축한다. 무인수상정(USV) 탑재 모함의 요구사항 분석 결과 도출된 보급지원 및 정비지원에 대한 요구사항은 해양무인체계 보급지원 및 정비지원체계 구축 시 고려사항으로 반영한다. 향후 함정정비체계의 발전 추세에 발맞춰 상태기반정비(CBM), 자산관리(AHMS) 등의 능동적인 방법으로 진화시켜 연구개발 시 관련 방법을 적용한다. 통합상태평가체계(ICAS)를 적용하여 장비운용실적 기반으로 각종 고장데이터 분석으로 고장 발생 및 소요수리부속 예측 및 관리방법 개선을 적용한다. 작전 중인 함정 및 탑재장비의 장비 고장 발생 시 위성통신망을 활용하여 기술자가 원격정비를 지원함으로써 장비 고장시간을 단축하고, 함정 및 탑재장비의 운용능력을 향상시키기 위한 원격정비지원체계를 구축한다. 이러한 첨단 정비지원체계 구축방안은 획득단계 시 반영한다.

3. 해양무인체계 정비 발전 방향

3.1 성과기반군수지원(PBL) 적용(안)

3.1.1 해군 성과기반군수지원 사례

- 대잠헬기: 링스 헬기에 가동률 유지를 위하여 성과기반계약 기반으로 5년간 수행되며 해마다 7개 엔진의 모듈 30개에 대해 창정비인 총분해수리(overhaul)를 수행한다. 링스 헬기는 엔진 관련 성과지표 2가지인 수리부속 회전시간(turn around time)과 연간 엔진 모듈 정비수량(quantity per year)으로 설정하여 제작사와 성과기반군수지원(PBL)을 계약을 체결하였다.
- 함대잠유도탄: 홍상어 장입유도탄의 체계종합업체인 LIG넥스원이 보유하고 있는 정비능력, 효율적 경영기법 등 군수지원 인프라를 활용하여 함대잠유도탄에 대한 운영유지비를 최소화하고 최상의 전투준비태세를 유지하는 데 중점을 두고 있다. 함대잠유도탄의 안정적인 지원체계를 구축함으로써 궁극적으로 전·평시 안정적인 정비지원 보장에 기여하는 데 그 목적이 있으며, 검사/정비를 대상으로 전투준비태세(92.1 %), 사용자 대기시간(54일)을 목표 성과지표로 5년간 계약을 체결하였다.

3.1.2 해양무인체계 성과기반군수지원 적용방안

무인해양무기체계 전력화 이후 5년간 성과기반군수지원(PBL)을 수행한다. 체계지원관리자(PSM)를 정비창 해양무인체계정비센터에서 주관하며 군수지원업체(PSI)가 성과기반군수지원(PBL) 주계약자가 되어 군수지원협력업체(PSP)[1]와 협업하여 무인해양무기체계의 가동률을 유지시켜 전투준비태세에 만전을 기한다. 해양무인체계 가동률을 증가시키고 군수반응시간, 위험요소, 운영유지비용, 수리부속품 비가동률이 감소된다. 성과기반군수지원(PBL) 결과물은 정량지표인 전투준비태세(SSR), 사용자대기시간(CWT), 군수지원시간과 정성지표인 야전만족도를 설정한다.

3.2. 해양무인체계 정비지원체계 발전(안)

3.2.1 정비조직

해양무인체계 조직을 해군 정비창 내 '해양무인체계정비센터', '해양무인체계현대화센터' 또는 '해양무인MRO센터'의 명칭으로 구축을 추진한다. 센터의 임무는 무기체계 소분류를 기준으로 무인수상정(USV) 등 수상체계, 무인기뢰처리기(MDV) 등 수중체계, 무인체계 플랫폼 등 해군에서 운용하는 해양무인체계를 대상으로 정비지원, 현대화 등을 수행하는 것이다.

3.2.2 정비인력

해양무인체계가 전력화됨과 동시에 정비 및 관리하기 위해서 2023년부터 2024년까지 조직을 순차적으로 보강하고 1개 팀은 군무원 ○○여명으로 구성한다. 무인항공기 등 현재 해군에서 운용 중인 무기체계 및 전력지원체계를 관리하며 중기계획에 무인수상정(USV)과 무인잠수정(UUV) 획득을 고려하여 연차별 ○○명으로 편제를 갖춘다.

[1] 군수지원업체가 군수지원하는 무기체계의 구성품 또는 부품 등 수리부속과 관련하여 군수지원업체와의 계약에 대한 이행책임이 있는 업체이다.

3.2.3 운영방안

2021년 20세 남성 인구는 29만 명이지만 2035년에는 22만~25만 명 수준으로 떨어지고, 이후로는 20만 명 이하까지 급감하는 병력 인구절벽이 예견되고 있다. 미래 안보환경을 고려해 일정규모의 상비병력을 안정적으로 유지하는 방안은 해외사례와 같이 민군 협력적인 상생방안으로 추진되어야 한다. 해군정비창에 해양무인체계 관련 조직을 편성하여 체계지원관리자(PSM) 역할을 담당하고, 군수지원업체(PSI)와 협업을 통해 해양무인체계를 경제적인 운영유지비로 가동률을 유지할 수 있도록 협력체계를 구축해야 한다. 군수지원업체는 해양무인체계 전력화 이후 5년 동안 성과기반군수지원(PBL)을 적용하여 연구개발주관기관 또는 제작사에서 개발·양산한 제품에 대해 가용도, 수리부속 보급 등 성과지표의 책임을 갖고 가동률을 유지하며, 체계지원관리자(PSM)는 관리감독 및 민간으로부터 기술력을 습득할 수 있게 한다.

3.2.4 공공 플랫폼 활용을 통한 정비품질 검증

우리군에서 첨단 장비인 해양무인체계 관련 정비인력, 정비기술, 정비장비 등을 갖추는 것보다 지방자치단체 또는 관련 공공연구기관에서 구축한 정비능력을 활용하는 것이 비용 대비 효과 측면에서 적절하다 판단된다. 2018년 과학기술정보통신부에서 발표한 '무인이동체 기술혁신 성장 10개년 로드맵'에 따르면 수중.수상 및 육.해.공군 복합이동체에 대한 개발계획이 수립되었으며, 이에 따른 객관적 성능평가 수요가 꾸준히 발생할 것으로 예측된다.

또한 해군은 NAVY Sea Ghost 구축을 위한 해양무인체계 도입계획에 따라 국방중기계획에 해양무인체계에 수요를 반영하였다. 이와 함께 사업에서 개발된 기술 및 시스템을 활용하여 해양무인체계의 자율성 및 안전성을 정성적/정량적으로 평가하는 환경이 확보되어야 하며, 해양무인체계의 자율성 및 안전성을 확보하여 향후 해양무인체계 산업 육성과 국방을 위한 상용화 지원, 표준화, 인력양성 등 상용화 기반구축이 필요하다. 핵심이슈의 해결방안을 토대로 상용화 기반구축 분과위원회를 통해 새만금 내해 및 주변 용지를 대상으로 구축 조건, 필수장비 등을 검토하여 해양무인체계 평가·인증센터 및 평가지원 시스템, 상용화 지원시스템 구축이 진행 중에 있다.

해양무인체계 실증 플랫폼 구축 사업은 해양무인체계의 객관적 성능평가가 가능한 환경을 구축하고 평가항목 및 평가기준 개발을 통해 해양무인체계 성능 표준화 및 상용화 기반을 확보하는 기술개발(R&D) 사업이다. 주로 해양무인체계의 객관적 평가.인증 기술개발을 위한 환경조성 및 기술개발 성과확산을 위한 지원체계 구축을 목표로 추진하며, 효율적인 사업추진을 위해 해양무인체계 실증플랫폼 추진 사업단을 운영한다. 구축 분야별 세부내용으로 해상정밀평가장과 평가인증센터는 새만금 내해, 포항을 선정하였고 전북 새만금 내해를 해양무인체계 실증플랫폼 설치 지역으로 선정하였다. 해양무인체계 표준절차는 기능안전 메타표준인 IEC61508을 기반으로 해양무인체계 기능안전 확보를 위한 국가 표준 절차를 수립하는 것을 목표로 하며, 국가 표준 해양무인체계 표준절차 및 국방용 해양무인체계 표준절차를 수립한다. 설정된 추진전략에 따라 사업의 영역을 평가인증 기술개발과 실증 플랫폼 기반구축으로 사업영역 구분하고 무인수상정, 무인잠수정, 평가인증센터, 상용화지원 등 4개 세부영역으로 추진한다.

3.3 해양무인체계 시험평가/인증 기준

현재 해양무인체계 무인함정의 경우 민간에서 관련 절차 및 규정을 주도하고 있다. 국방분야는 민간부분의 직접적인 통제를 받는 대상은 아니나 유사체계로 참조할 필요가 있다. 국제해사기구(IMO)의 제98차 해사안전위원회(MSC)에서는 검토 작업(scoping exercise)을 위해 자율운항선박(MASS, maritime autonomous surface ships)이라는 용어를 채택하였으며 이는 2017년 6월 13일 승인되었다. 자율운항선박(MASS)이라는 용어 사용은 자율운항선박과 유인선박과의 관계와 공존에 대한 규제 구조를 위해 필요하며, 기존의 국제해사기구(IMO) 내에서 안전하고 환경보존적인 자율운항선박 운용을 실현하기 위하여 용어를 구분하였다. 이러한 규정은 영국규격협회(BSI), 유럽표준화기구(CEN), 국제해사기구(IMO), 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC) 또는 다른 국제기구들에 의해 정의되고 있으며, 한국도 이와 함께 규정을 공유하기 때문에 유사한 방식으로 기준 제정이 진행되고 있다. 2022년 한국선급에서 자율운항

선박 지침을 제정했고, 2023년 '소형 무인선 충돌회피 성능평가를 위한 시험 요구사항'(KS V 0106: 2023) 한국산업표준(KS)이 제정되었다.

4. 결론

미 해군은 해군정비창 4개소, 민간시설 조선소 25개소를 민군 협력의 방식으로 적용하여 미 해군 함정에 대한 운영유지 서비스를 수행하고 있다. 무인체계의 선두주자인 미국의 경우 무인장비 제작사와 원활하게 협력하는 모습을 볼 수 있으며, 글로벌호크 무인정찰기 시스템 등을 통한 지속적인 감시 및 정찰 정보를 제공하는 제작사는 2001년부터 미 공군과 긴밀하게 협조하여 작전을 수행하고, 잠재적 위협을 탐지하여 지휘관에게 목표 지역에 관한 자세한 정보 제공하는 등 원활한 협력관계를 유지하고 있다. 즉 무인체계통합센터에서 항공무인체계에 대한 작전수행과 정보제공에서 민군이 협업하고 있는 것이다. 정비지원 측면에서 20년 넘게 유지공학, 군수지원, 야전운용제원(신뢰도, 정비도) 분석, 기술교범 최신화, 탑재장비 및 지상장비 통합, 소프트웨어 엔지니어링, 교육훈련, 예산 및 사업관리, 계약 및 협력사 지원과 같은 운영유지 서비스를 제공하고 있다. 또한 영국 왕립해군은 민간 기업에게 퇴역잠수함 해체 작업의 권한까지 지정하는 등 민간 영역에 많은 역할을 부여하고 있다.

미 해군 함대 정비정책을 살펴보면 기존의 전통적인 정비적용 방법의 적용 이외 총수명주기관리 개념을 적용한 실제 운용성을 극대화하는 방안을 목표로 각종 정책들이 수립되어 있음을 알 수 있다. 또한 함정은 단순히 정비단계를 거쳐 수리.유지보수되는 것 이상으로 실제적인 성능발휘와 운용을 위해 성능을 개량(현대화)하는 작업이 병행 수행된다는 점을 알 수 있다. 이는 곧 장비의 수명주기 전체에 걸쳐 비용을 최소화하고 장비가동율을 극대화하여 효율적인 함대운용을 목표로 하는 방침이 내재되어 있는 것이다. 이를 위해 각종 함대의 정비정책 및 프로그램을 수립하고, 정비단계에 맞도록 지휘관 및 담당자에 권한과 책임을 부여한다. 향후 우리군도 이와 같이 정비정책과 프로그램의 설정 및 적용이 필요할 것으로 판단된다.

해외사례에서 벤치마킹할 내용은 다음과 같다. 우리군도 해양무인체계 전력화 이후 운영유지단계에서 야전정비부터 민군 협력을 수행하며, 운영유지 시 해양무인체계 현대화를 통하여 전력 성능 및 가동률을 극대화해야 한다. 또한 총수명주기관리(TLCSM) 관점에서 획득단계 시 방위사업청 등 획득기관과 방산기업이 함께 획득을 수행하는 것처럼 운영유지단계 역시 민군 또는 군산(軍産) 협력을 통하여 운영유지를 수행해야 한다는 것이다. 이와 같이 해양무인체계의 획득단계부터 운영유지단계를 총 망라하여 민군협력을 통한 효과적인 무인체계의 전력화 및 운용이 절실히 필요하다.

효과적인 해양무인시스템의 정비체계 구축을 위해서 4차 산업혁명관련 첨단기술을 활용하여 원격기반 고장진단/복구, 해양무인체계 장비상태 모니터링, 건전성 예측.관리 등의 선진화된 정비방안을 접목해야 한다. 최근 국방부의 총수명주기관리훈령(2021년 3월)의 제정과 관련하여 무기체계의 총수명주기관리(TLCSM)의 중요성이 강조되고 있는 추세를 고려하여 기존의 전통적인 부대정비, 야전정비, 창정비의 3단계 정비의 수행과 더불어 성과기반군수지원(PBL) 등과 같은 선진화된 제도를 더욱 활용해야 한다.

무인체계·무인장비는 장비의 특성을 고려하여 정비가능/불가능 품목을 선별하여 운용하는 신속한 선정단계의 설정 및 적용이 필요하다. 무인체계·무인장비는 기존 해군에서 적용하고 있는 3단계 정비단계를 기준으로 적용가능 여부를 판단하고, 실제 운용에 필요한 임무별 시나리오를 고려하여 보급, 지원장비, 시설소요를 판단해야 한다. 필요시 3단계 이외 별도 정비단계를 설정하여 적용하고, 진보된 정비방법의 적용을 위해 상태기반정비(CBM), 통합상태평가체계(ICAS) 구축 및 원격정비 지원체계 적용방안을 우선 적용한다.

해양무인체계에 성과기반군수지원(PBL)을 효과적으로 적용하기 위해 장비의 가동률 향상과 운영유지 비용을 최소화할 수 있는 ① 전투준비태세(SSR), ② 사용자대기시간(CWT), ③ 군수지원시간, ④ 야전만족도를 설정한다. 또한 무기체계 전력화 이후 후속군수지원이 제한되는 문제가 반복되고 있어 최초 전력화부터 도태까지 전제 수명주기에 걸쳐 안정적 가동률 보장을 위한 군수지원 방안을 강화하기 위해 '획득단계 총수명주기 강화를 위한 협조사항(2021년 9월, 국방부)을 고려하여 성과기반군수지원(PBL) 적용을 우선 검토하고 전력화지원요소에 반영하기로 한다.

4차 산업혁명 기술이 접목된 첨단 해양무인체계 운용에 부합한 과학적 관리를 위해서 정비창에 첨단전력 정비 전문 인력 및 조직을 갖추어 해군 내 정비기술연구 및 관리 조직을 갖추어 첨단기술 역량을 강화시켜야 한다. 정비창은 정비조직을 갖추어 체계지원관리자(PSM) 역할을 수행함과 동시에 군수지원업체에서 성과기반군수지원(PBL) 수행 시 정비 관련 기술을 축적한다. 해양무인 무기체계·전력지원체계의 효율적인 운영을 위해 지방자치단체 또는 관련 공공연구기관에서 구축한 정비 인프라를 우선 활용한다. 이를 위해 새만금 내해 구축 추진 중인 해양무인체계 실증 플랫폼을 대상으로 해양무인체계의 평가항목, 평가기준 및 성능 표준화, 상용화 등의 각종 기술을 활용하여 적용한다.

해양무인체계에 대한 총수명주기관리와 정비방안이 지속적으로 발전이 이루어진다면 한국 해군은 글로벌 방위산업 선두 사례로 자리매김할 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Agdas, M. and Gencer, C., A Dynamic Performance Evaluation Model Suggestion for Performance-based Logistics, 2021.
[2] Andy Kimber, "Boat Launch and Recovery – A Key Enabling Technology For Flexible Warships," Pacific 2012 in Sydney, Australia, 2012.
[3] Annual Handbook Issue 25, "Military Unmanned Systems," Shepahade, 2017.
[4] Autonomous Robotic Refueling of an Unmanned Surface Vehicle in Varying Sea States, 2015. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Congress Center Hamburg, 2015.
[5] Comparison of National Strategies to Promote Artificial Intelligence Part I, II, Creative Commons Attribution – Share Alike 4.0 International, 2019.
[6] Dana Hurst, Performance Based Logistics A Bridge Between Acquisition Reform and Logistics Supply Chain Management, U.S. Army War Collage, 2006.
[7] Glas, A., Case Studies of Performance Based Logistics in the Military: International Lessons Learned, 2020.
[8] Global Naval Vessels MRO Market Research Report, Market Research Future, 2020.
[9] Handbook of Unmanned Aerial Vehicles, Kion P. Valavanis, George J. Vachtsevanos, Springer Reference, 2015.
[10] Joint Concept Note 1/17 Future Force Concept, Ministry of Defence, 2017.
[11] Joint Fleet Maintenance Manual (JFMM) COMUSFLTFORCOMINST 4790.3 Volume II Integrated Fleet Maintenance, Department of the Navy Commanding Officer SUBMEPP, 2021.
[12] "Launch and Recovery Systems for Unmanned Vehicles Onboard Ships. A study and Initial Concepts", Naval Architecture, Master's Thesis, 2016.
[13] Liqiang Zhang et al. Design of the Power Supply System and the PHM Architecture for Unmanned Surface Vehicle, 2019 Prognostics & System Health Management Conference, Qingdao, 2019.
[14] Maintenance Police Navy Ships (OPNAVINST 4700.7M), 2019.
[15] Navy Maintenance Persistent and Subtantial Ship and Submarine Maintenance Delays Hinder Efforts to Rebuild Readiness, United States Government Accountability Office, 2019.
[16] New Robot Strategy, The Headquarters for Japan's Economic Revitalization, 2015.
[17] PMS 406 Unmanned Maritime Systems, Program Overview Surface Navy Association, 2021.
[18] World Robotics R&D Programs, International Federation of Robotics Frankfurt, 2020.
[19] Zhixiang Liu, Youmin Zhang, Xiang Yu, Chi Yuan, "Unmanned Surface Vehicles: An Overview of Developments and Challenges," Annual Reviews in Control, Annual Reviews in Control 41, pp. 71-93, 2016.
[20] Realigning Weapon System and Power Support System Classifications, Joint Chiefs of Staff, 2020.
[21] Establishment of Military Applications and Operational Concepts for Unmanned Robots, Joint Chiefs of Staff, 2015.
[22] Military Requirements Derivation Study for Unmanned Surface Vehicle Operations, Naval Force Analysis Test Evaluation Group, 2017.
[23] Study on the evolution of the Performance-Based Logistics (PBL) Contracting System, Korea Defense Research Institute, 2017.
[24] Feasibility Study for Establishing a Small Marine Unmanned System Demonstration Platform, 2019.
[25] S. H. Shin, Current Status and Future Development of Remote Maintenance System for Naval Ships, 2019.
[26] Analyze the Operational Requirements of a Carrier with an Unmanned Surface Vehicle (USV) Using the Concept of Operations Development Process., Journal of KOSSE Vol. 16, No. 1, 2020.
[27] S.D. choi et al., Enhancing the Acquisition and Sustainment Linkage for Advanced Defense Management, KIDA, 2016.
[28] Advancing O&M Analytics for Effective TLCMS Implementation, Defense Force Development Seminar, 2019.