

항만감시체계 개발동향 및 발전방향 연구

최정민
국방기술진흥연구소

A Research on Port Monitoring System Development Trends and Progress Direction

Jung-min Choi

Korea Research Institute for defense Technology planning and advance

요약 현재 선진국들은 광역감시 능력을 갖춘 항만감시체계를 발전시키기 위해 노력하고 있다. 해상교통로와 주요 해역에 대한 조기경보, 감시 및 정보 수집을 통합적으로 수행하기 위해 다양한 체계를 발전시키고 있으며, 무인 플랫폼, 군사용 위성 등의 최신 과학기술을 항만감시체계와 접목하기 위해 노력하고 있다. 우리나라도 유사시 국익을 보호하고 해상교통로를 확보하기 위해 새로운 개념의 항만감시 및 방어체계 구축이 필요한 상황이다. 현재 운용 중인 항만감시체계는 적 세력에 대한 조기경보와 탐지/식별만 가능하므로 항만방어의 최종단계인 적에 대한 공격은 주변의 우군 함정 또는 잠수함 등이 수행해야 하는 한계점을 지니고 있다. 적 잠수함과 수상함 접촉 후 공격 임무를 수행하기 위한 수상/수중 전력과 대잠 항공기 투입이라는 기존의 운용개념을 탈피하여, 중어뢰 발사기지 등 새로운 개념의 공격전력을 항만에 배치해야 한다. 본 논문에서는 항만감시의 개념을 정립하고 선진국 항만감시체계의 발전추세와 연계하여 우리나라 항만감시체계의 제한점을 도출하였으며, 이를 극복하기 위한 새로운 항만감시체계 구축방안을 제시하였다.

Abstract Developed countries are currently working to develop port surveillance systems with wide-area surveillance capabilities. Various systems are being developed to carry out early warning, monitoring, and information collection on maritime transportation routes and major seas in an integrated manner, and efforts are being made to incorporate the latest science and technology, such as unmanned platforms and military satellites with port surveillance systems. Korea also needs to establish a new concept of maritime surveillance and defense system to protect national interests and secure maritime transportation routes in the case of an emergency. The current port monitoring system only allows early warning and detection/identification of enemy forces. Hence, attacks on enemies, which are the final stage of port defense, have limitations that must be carried out by nearby friendly ships or submarines. Breaking away from the existing operational concepts of water/underwater forces and anti-submarine aircraft to carry out attack missions after contact with enemy submarines and ships, a new concept of attack warfare, such as a heavy torpedo launch site. This paper establishes the concept of port defense and derives the limitations of Korea's naval port surveillance system in connection with the development trend of port defense systems in advanced countries. In addition, this paper proposes a new port defense system construction plan to overcome this.

Keywords : Port Monitoring System, Torpedo, SOSUS, KNTDS, Tiger Shark

*Corresponding Author : Jung-min Choi(Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement)
email: 8112267@naver.com

Received February 19, 2024

Revised March 7, 2024

Accepted March 8, 2024

Published March 31, 2024

1. 서론

항만감시의 개념은 제1차 세계대전 초기에 독일의 U-BOAT가 영국항만에 침입해 수척의 상선을 침몰시켰던 사건과 1939년 영국의 전함(LOYAL DAK)이 독일잠수함에 의해 격침되는 사건이 발생하면서 처음 대두되었다.

항만감시체계의 가장 중요한 기능은 침투하는 적 세력에 대한 조기경보 및 탐지/식별이다. 항만방어는 항만 내의 상황과 항만 외의 작전요소들을 고려해야 하며, 특히 탐지 및 식별체계, 지휘통제체계, 공격체계가 유기적으로 연동되어야만 가능하다. 현재 선진국들은 항만감시체계를 발전시키기 위해 수중감시체계 통합화, 감시플랫폼의 무인화, 군사용 위성 운용 등의 개념을 도입하는 등 여러모로 노력을 기울이고 있다.

이러한 추세에 따라 우리나라도 2000년대 이후 항만감시체계를 도입하여 탐지 및 식별체계를 중심으로 운용했다. 하지만 현재 운용 중인 항만감시체계는 적 세력에 대한 조기경보와 탐지/식별만 가능하므로 항만방어의 최종단계인 적에 대한 공격은 주변의 우군 함정 또는 잠수함 등이 수행해야 하는 한계점을 지니고 있다.

본 논문에서는 항만감시체계의 전략/전술적인 효과를 극대화하기 위해 항만방어의 최종단계인 공격수단의 전력배치를 주제로 논의하였다. 항만감시체계에서 적 잠수함과 수상함 접촉 후 공격 임무를 수행하기 위한 수상/수중 전력과 대잠 항공기 투입이라는 기존의 운용개념을 탈피하여, 새로운 시각에서의 항만 내 공격전력 배치에 관한 연구를 중점적으로 수행하였다. 논문의 전반부에서는 항만감시의 개념과 중요성을 시작으로 국내 항만감시체계의 현 위치, 선진국이 보유하고 운용 중인 항만감시체계의 현황을 살펴보고, 후반부에서는 선유도 증여되 발사체계를 기반으로 한 항만감시체계의 발전방향을 제시하였다.

2. 항만감시체계 운용현황

2.1 항만감시의 중요성

항만감시란 책임 구역으로 명시된 해역 즉, 투묘(정박지, 기뢰부설이 가능한 해역 및 연안 해역에서 적의 수상함, 잠수함(정)의 위협으로부터 항만을 보호하는 개념으로, 항만 보호를 위해서는 수중/수상 침투세력을 탐지/추적/경보하는 항만감시체계의 구축이 필요하다[1].

항만감시의 중요성은 미국, 독일 등 군사기술 선진국

을 중심으로 지속 강조됐으며, 제2차 세계대전 시 미국이 구축한 고정형 수중감시체계(SOSUS: SOund SURveillance System)를 시작으로 하여 이후 통합 수중감시체계(IUSS: Integrated Undersea Surveillance System) 개념으로 발전되어 왔다. 현재 주요 선진국들은 항만감시체계의 개념을 한 단계 발전시켜 항만감시체계와 광역감시체계를 통합한 해양감시체계 개념을 발전시켜 나가고 있다[2].

2.2 국내·외 항만감시체계 개발 동향

2.2.1 국내 항만감시체계

항만감시체계 운용개념은 크게 3단계로 구성된다. 1단계 감시망은 항만의 최외곽을 감시하기 위한 단계로 항만 외곽으로부터 항만 입구까지의 적 수중침투세력을 최초로 탐지하는 단계이다. 이 단계에서는 적 잠수함(정), 공작선(반잠수정 등) 등의 접근을 원거리에서 탐지하기 위해 항만 외곽에 선 배열 센서를 매설하여 운용하며, 전탐 감시소, 경비함정 및 해상작전 헬기 등으로 구성된 기존의 작전전력과 함께 탐지 작전을 수행한다. 2단계 감시망은 중간단계인 수로감시망으로 1단계 감시망을 통과하거나 연안을 따라 항만으로 접근하는 적 수중세력, 특히 소형 잠수정을 탐지/식별하는 단계로서 항만 수로에 침투한 적 수중세력을 탐지/식별하기 위해 자기 및 음향 체계를 복합으로 구성한 센서를 매설하고 이를 해안 감시레이더와 연계하여 운용한다. 3단계 감시망은 항의 가장 내측을 감시하기 위한 단계로 수영 또는 개인 추진기를 이용하여 항구 내로 침투하는 적 세력과 2단계 감시망을 통과한 수중세력을 탐지하기 위한 감시망으로, 부두 또는 해안선에 설치한 전자광학센서와 능동음향 센서를 연계하여 운용한다.

보통 1~3단계의 감시망으로 항만감시체계를 운용하지만, 목적에 따라서 원해에 설치하여 원거리에서 접근하는 위협세력을 조기 경보하는 때도 있다. 이를 위해 모든 센서가 복합적으로 운용되어 수중 표적에 대한 탐지 성능을 극대화하는 분산 네트워크형 감시체계 개념이 적용되는데, 이는 장거리에서 효과적으로 탐지하기 위한 능·수동 복합 소나체계를 의미하며, 수중 표적에 대한 탐지 성능을 극대화하는 개념이다[3].

항만감시체계는 해역의 물리적 환경 변화와 해저지형 및 퇴적물에 따라 탐지 성능이 달라지기 때문에 항만감시체계를 효과적으로 운용하기 위해서는 해저지형 및 지질, 음속 구조, 수중소음, 선박 통행량 등 해양환경에 대한 정밀한 분석이 선행되어야 한다[4].

우리나라는 항만을 보호하고 항구 주변으로 접근하는 수중·수상 물체를 탐지하기 위해 항만감시체계를 오랫동안 설치하여 운용하였다. 하지만 최근 과학기술의 발전과 더불어 잠수함의 저소음화가 가속되고 국가 경제 발전에 기인한 선박과 항만교통량 증가로 수중·수상 이동 물체에 대한 효과적 감시가 점차 어려워짐에 따라 2015년부터 항만감시체계에 대한 추가적인 연구개발을 시작하였고, 2020년 순수 국내기술로 제작한 항만감시체계를 완성하였다.

이번에 개발된 항만감시체계는 최신 기술을 적용하여 잠수함의 저소음도 감지할 수 있을 뿐만 아니라, 선체로부터 형성되는 자기 성질과 소음을 복합적으로 탐지할 수 있다. 탐지된 표적 정보들은 해군 전술 C4I 체계, 해상 감시레이더 등 해군의 주요 지휘통신, 감시체계와도 연동된다. 또한, 기존 항만감시체계에서는 많은 부품과 장비들이 국외로부터 도입되어 고장 발생 시 수리 및 재사용에 많은 시간과 비용이 소모되었으나, 이번 항만감시체계는 주요 부품과 장비가 국산화됨에 따라 효율적이면서 안정적인 군수지원이 이루어질 것으로 기대된다[5]. 신형 항만감시체계의 개념도는 Fig. 1과 같다.

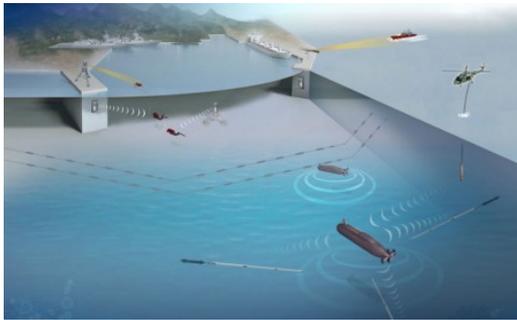


Fig. 1. Configuration of Port Surveillance System

2.2.2 국외 항만감시체계

탈냉전 이후 대양에서 연안으로 해전의 중심이 이동함에 따라 선진국들은 주요항만과 해상교통로를 보호하기 위해 항만감시 및 방어 개념을 지속 연구하고 있으며, 현재 미국, 일본, 독일 등을 선두로 하여 아래 세 가지 사항을 중점으로 항만감시와 광역감시를 포함한 해양감시체계 개념을 발전시켜 나가고 있다.

첫째, 대양 및 근해에서 운용하는 통합된 수중감시체계를 구축하기 위해 노력하고 있다. 미국은 제2차 세계대전 중 적 잠수함 때문에 심각한 위협을 받았던 경험을 바탕으로 해서 고정형 수중감시체계(SOSUS)를 개발하

였다. 미국의 SOSUS는 1950년대부터 대서양과 태평양을 중심으로 설치되었으며, 버뮤다 섬 근해에 설치된 알테미스 계획, 캐나다 근해를 포함한 원거리 해역에 설치된 시저 계획 등 현재 전 세계 20개소 이상의 연안 및 원해 해저에 설치하여 운용 중이다. 특히 미국의 SOSUS는 냉전시대 소련의 잠수함 세력에 대응하기 위해 발전을 거듭하여 현재에는 연안뿐만 아니라 원해까지 탐지할 수 있으며, 접촉된 음향신호를 인공위성을 경유 각 사령부에 전송할 수 있는 기능도 갖추고 있다[6]. 미국이 운용 중인 SOSUS의 개념도는 Fig. 2와 같다.

이후 미국은 1984년 SOSUS를 보완하기 위한 예인형 선배열소나(SURTASS)를 개발하였으며, 1990년 이후로는 수중감시센서를 통합하는 통합수중감시체계(IUSS) 개념을 구체화하였다. 발전된 과학기술로 개발된 광섬유 전송 장비는 수중감시체계의 통합화를 가속하고 있으며, 최근에는 심해 대잠센서 네트워크 구축을 위한 연구도 진행되고 있다[7].

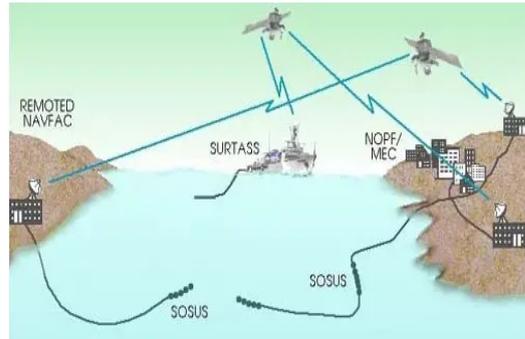


Fig. 2. Illustration of the SOSUS in the USA

둘째, 항만감시체계를 수행하는 플랫폼의 무인화가 이루어지고 있다. 선진국을 중심으로 무인 항공기, 무인 잠수정 등의 원격 무인 플랫폼을 운용하여 항만방어를 수행하려는 노력이 수행되고 있다. 2011년 미 해군은 항만 내 정박 중인 함정과 승조원을 효과적으로 보호할 수 있는 고성능 무인 수상함정 Blackfish의 시험을 완료하였으며, 2003년 이라크전 당시 Umm Qasr 항만의 기뢰 제거 작전에 투입되었던 무인 잠수정 REMUS를 개량한 신형 모델을 2016년에 개발하였다[8].

셋째, 실시간 해양감시를 위해 군사 위성체계를 활용하고 있다. 미국, 이탈리아, 독일 등은 주요항만과 해상교통로를 실시간으로 감시하기 위 SAR(Synthetic Aperture Radar) 위성을 운용 중이다. SAR를 통해 확보한 위성영상은 항만감시체계와 연계하여 주요항만 및 해역에 출입

하는 선박과 함정들을 감시하고 조기경보 하는 데 활용되고 있다. 노르웨이는 ESA32 위성을 이용하여 수상 및 수중 이동체 탐지를 수행 중이며, 캐나다는 자체 보유하고 있는 RADARSAT33 위성을 이용하여 해수면 감시 모듈을 개발하였다. 일본도 자체 보유 중인 위성을 이용하여 수상 및 수중 이동체의 위치, 항적 특성을 원격으로 탐지하는 알고리즘 연구를 수행 중이며, 제3기 과학기술 기본계획에 해양 불법 침입 탐지기술 개발 항목을 반영하여 인근 해수면을 감시하고 있다[9].

3. 항만감시체계 발전방향

3.1 중어뢰 발사체계 도입

현재 항만방어는 항만감시체계에서 조기경보 및 식별 단계를 거쳐 표적이 적으로 식별되면 주변의 우군 항공기와 수상세력을 투입하여 공격을 수행하는 개념이다. 하지만 연안으로 침투하는 적 세력을 공격하기 위해 수상함정과 항공기를 투입하는 데에는 상당한 시간이 소요될 뿐만 아니라 임무 구역으로 진입 도중 적의 공격을 받을 수도 있는 제한점이 있다. 항구와 인근 해안에 중어뢰 발사시설 등의 자체 공격 시설을 구축한다면 적의 공격 위협에서 벗어나 감시체계와 발사시설의 체계적인 연동으로 적 세력에 대해 신속하고 정확한 공격이 가능할 것이다.

2019년 국내기술로 개발을 완료한 범상어를 지상에서 발사할 수 있도록 적절히 개량하여 항만감시체계에 적용할 경우 접촉 및 식별과 동시에 타격이 가능한 효과적 공격무기가 될 것이다. 범상어는 지름이 533 mm 인 잠수함 탑재용 중어뢰로 60 kts가 넘는 속력을 낼 수 있어 고속표적도 추적 및 요격을 할 수 있으며, 기존 중어뢰보다 파괴력도 대폭 향상되었다. 또한, 최종 공격단계에서 항적을 추적하는 Wake-homing 유도방식이 적용되어 적의 기만체계에 쉽게 유인되지 않아 명중률이 매우 높고, 약 50 km의 긴 항주거리를 가지고 있으며, 유선 유도방식을 이용해 전투체계와의 지속적인 통신이 가능하다[10]. 범상어의 주요 제원은 Table 1과 같다.

Thyssenkrupp 소유의 독일회사인 Atlas Elektronik은 2012년 DM2A4 Seehacht의 수출형 개량판인 SeaHake mod 4 ER(Extended Range)의 시험 발사에 성공하였다. 이 개량형 중어뢰는 배터리를 추가로 장착하여 사거리를 140 km까지 연장하였고, 무게와 길이 등을 고려했을 시 잠수함 탑재보다는 항만방어에 활용되고 있을 것으로 예상된다[11].

Table 1. Specifications of Tiger Shark

Spec.	Definition
Shape	
Speed	60 knots
Range	50 km
Tracking Way	Wake-homing
Diameter	533 mm
Mounting Type	Submarine



Fig. 3. Torpedo Ground Launch System

범상어도 지상 발사시설에 적합하도록 개량한다면 항만방어에 활용이 가능할 것이며, SEAHake mod4 ER(Extended Range)과 같이 사거리를 연장한다면 더욱 위협적인 항만방어용 무기체계가 될 것이다.

3.2 고정형 중어뢰 발사체계

중어뢰가 장착된 고정형 중어뢰 발사시설을 Fig. 4와 같이 항만에 설치한다면 항만감시체계 1단계 감시망 혹은 그 외곽의 수중 접촉물을 대상으로 적성 선포와 동시에 신속하게 공격할 수 있다. 또한, 항만봉쇄를 시도하는 수상세력에 대해서도 공격할 수 있으며, 적에게 언제든지 공격을 가할 수 있다는 위협을 줌으로써 억제 효과도 달성할 수 있을 것이다. 우군 항만의 적합한 장소에 지상 발사시설을 건설하고 항만감시체계와 중어뢰 발사체계를 연동하여 운용하면, 통제소의 지시에 따라 신속한 공격이 가능하여 Sensor-to-Shooter의 작전 개념 구현이 가능할 것이며, 세부 운용절차는 다음과 같다.

수중감시체계, R/D 등으로 표적을 탐지하여 적으로 식별되면 항만방어 지휘통제소에서 중어뢰 공격을 결심하게 된다. 지휘통제소는 운전자 다기능 콘솔을 이용하여 중어뢰 지상 발사시설을 원격 통제하는데, 선유도 중

어뢰를 운용할 시 중어뢰 발사 후 표적으로 유도되는 과정도 지휘통제소에서 직접 통제가 가능하다. 해저에 설치된 수중 센서를 이용하여 발사한 선유도 중어뢰의 이동 경로를 확인하고 우리가 원하는 목표물을 정확하게 공격할 수 있도록 지속유도하여 최종 명중평가까지 수행한다. 탐지체계-지휘 통제체계-공격체계가 네트워크화되어 마치 하나의 유기체처럼 운용됨으로써 효과적인 항만방어가 가능할 것이다.



Fig. 4. Torpedo Ground Launch System

3.3 이동형 중어뢰 발사체계

이동형(TEL: Transporter Erector Launcher) 중어뢰 발사체계란 Fig. 5와 같이 운반 차량을 이용한 TEL 어뢰 발사기지를 운용하는 것을 말하며, 운반 차량 내에 있는 통제실에서 발사(교전) 명령 하달이 가능하다. 탐지 체계에서 표적을 탐지 및 식별하게 되면, 항만방어 지휘 통제소의 지시를 받아 TEL 어뢰 발사기지는 항구에서 중어뢰 발사가 가장 적합한 위치로 이동하게 된다. 이후 항만방어 지휘통제소와 이동형 어뢰 발사기지 간 데이터링크를 통해 어뢰 교전계획 수립에 필요한 정보를 교환하고, 항만방어 지휘통제소의 지시에 의거 적에게 중어뢰



Fig. 5. Torpedo Transporter Erector Launcher

공격을 가하게 된다. 이때 발사된 선유도 중어뢰는 이동형 어뢰 발사기지인 운반 차량의 운용자 다기능 콘솔에서 목표물에 명중 시까지 원격으로 통제하게 된다.

항만감시체계-이동형 어뢰 발사기지-데이터링크가 연동된 어뢰 발사체계 개념은 Fig. 6과 같다. 현재 운용 중인 한국형 전술 데이터링크(Link-K)와 한화시스템에서 개발 중인 합동전술데이터링크(JTDL: Joint Tactical Data Link System)를 항만감시체계에 연동시킨다면, 수상 전력들과도 데이터링크를 통해 표적 정보를 공유할 수 있을 것이며, 탐지/식별, 지휘 통제, 공격 결심을 한 플랫폼에서 수행함으로써 항만방어체계를 하나의 탐지 및 공격수단으로 활용할 수 있을 것이다.

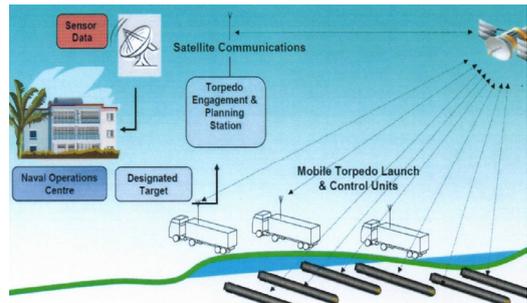


Fig. 6. Torpedo Launch System using Satellites

동해는 수심이 깊고 대잠작전과 관련된 해양환경이 불리하여 적 잠수함(정)이 활동하기에 매우 쉬운 해역이며, 동계 절에는 기상이 좋지 않아 수상함정과 항공기가 작전을 수행하기에도 불리하다. 장비 노후화로 인해 조만간 도태가 예정된 이동형 유도탄 발사체계를 대신해 이동형 중어뢰 발사체계를 운용한다면 적 잠수함(정)의 침투상황뿐 아니라 주변국 수상함정의 잠재적 위협에도 효과적인 대응이 가능할 것이다. 특히 사거리 연장된 중어뢰를 활용한다면 항만뿐 아니라 해역에 대한 방어권을 확장해 국가의 주권과 이익을 보호하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

4. 결론

효과적인 항만방어를 수행하기 위해서는 탐지 및 식별뿐 아니라 이를 지휘 통제하고, 공격을 수행하는 단계가 유기적으로 연결된 운용 시스템을 구축해야 한다. 따라서 본 연구에서는 항만감시의 개념을 정립하고 선진국 항만감시체계의 발전추세와 연계하여 우리 군 항만감시

체계의 한계점을 도출하였으며, 이를 극복하기 위한 새로운 항만감시체계 구축방안을 제시하였다. 항만으로 침투하는 적 세력에 대한 신속한 공격을 위해 중어뢰 발사 시설 등의 자체 공격 시설 구축을 제안하였고, 전술 데이터링크와의 연동을 통한 표적 정보 공유 방안에 대해서도 논의하였다. 앞으로는 한반도 전 해역에서의 해양환경 특성을 고려한 항만감시체계 구축방안에 관한 연구와 미래의 항만감시체계에 관한 연구가 지속 수행되어야 할 것이다. 이를 위해 탐지 및 식별 분야에서는 선진국이 추진하고 있는 체계의 통합화, 탐지플랫폼의 무인화 등의 방안을 참고하여 지속 연구개발이 필요하며, 지휘 통제 분야에서는 인공지능 기술을 반영한 함정/잠수함 전투체계와 차기 위성 통신체계와 같은 첨단전력의 개발 및 확보가 필요할 것이다.

[11] Navy Recognition Naval Industry News of Germany 2012.

최 정 민(Jung-min Choi)

[정회원]



- 2004년 3월 : 해군사관학교
- 2009년 5월 : University of Utah 기계공학 석사
- 2019년 8월 : 한국해양대학교 해양공학 박사
- 2023년 11월 ~ 현재 : 국방기술진흥연구소 연구원

<관심분야>

인간공학, 수중음향, 중어뢰, 유도무기

References

- [1] Y. I. Park, "A Study on the Concept and Operation of Port Defense System", *Journal of the Korea Naval Academy*, pp.1-20, 2004.
- [2] H. N. Yoon, Case Study and Implications for the Development of Marine Surveillance System in Developed Countries, Defense panel of KIDA, Vol.1218, 2008.
- [3] T. H. Son, Development Direction of C4ISR, Development of Civil-Military Convergence Maritime Weapon System Integration, pp.49-54, 2015.
- [4] Y. I. Song, "Anti-submarine Characteristics Linked to Port and Coastal Surveillance System in Southeastern Seas", *Journal of the Korea Naval Academy*, pp.201-220, 2004.
- [5] M. H. Yeon, Safety at port 24:00! DAPA is in charge, Chungaram, Vol.102, pp.10-13, July 2020.
<https://dapa-magazine.kr/page/vol102/view.php?volum=vol102&seq=3>
- [6] J. H. Jo, USA and Japan's Submarine Monitoring System in Okinawa, Yonhap News Agency, Sep. 2015.
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20150909215100073>
- [7] R. Scott, Expectations for Deep Sea ASW Sensor Network of DARPA, Jane's International Defence Review, 2010.
- [8] B. N. Yoon, World's Latest Defense Technology, The National Defense Daily, March 2016.
- [9] B. K. Choi, Trend of Undersea Cable-type Ocean Observation System for the Registered Seas, KIOST, pp.14, 2015.
- [10] H. H. Choi, Tiger Shark of Korean Navy, Inside of Weapons, Nov. 2020.
<https://nownews.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20220519601007>