

## 함정 및 함정탑재 무기체계 연구개발사업의 설계단계 진입조건 검토 개선 방향

황광룡<sup>1)</sup>, 설동명<sup>2)</sup>, 최봉완<sup>3)\*</sup>

1) 국방신속획득기술연구원 함정현존전력기술팀, 2) 방위사업청 함정사업부, 3) 한남대학교 산업공학과

### A study on the Improvement Direction of Design Phase Entry Criteria Review for Naval Surface Ships & Onboard Weapon Systems R&D Project

Kwang Yong Hwang<sup>1)</sup>, Dong Myung Seol<sup>2)</sup>, Bong Wan Choi<sup>3)\*</sup>

1) *Naval Ships Technology Team, Defense Rapid Acquisition Technology Research Institute*

2) *Naval Ships Program Department, Defense Acquisition Program Administration*

3) *Department of Industrial Engineering, Hannam University*

**Abstract** : In principle, R&D of general weapons systems are led by companies or government-funded organizations. In terms of project execution, the defense R&D planning system was reorganized to conduct SE-based project management by integrating the naval ship project execution procedure into the general weapon system R&D procedure. The development progress was confirmed according to the guide for SE application of DAPA, and a technical review meeting was proposed to enter into the each next phase in the R&D process. This paper focuses on improvement for technical review in terms of technical management based on system engineering for R&D mounted weapon systems and the naval surface ship project in preliminary design and detailed design. So, the improvement direction for reviewing the entry criteria for the R&D weapons systems of the naval ship and mounted weapons is proposed.

**Key Words** : Systems Engineering(SE), Entry Criteria, Technical Review, Weapon Systems R&D, Naval Weapon Systems

---

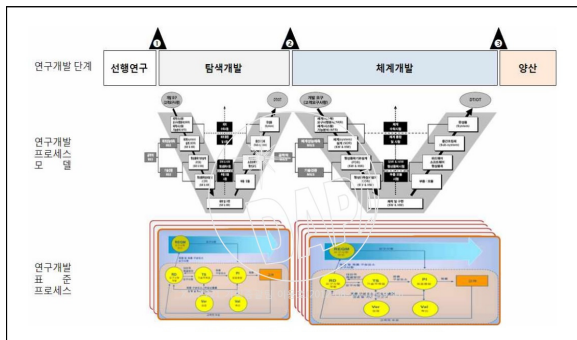
**Received:** April 24, 2023 / **Revised:** June 25, 2023 / **Accepted:** June 27, 2023

\* 교신저자: Bong Wan Choi / Hannam University / bwchoi721@hanmail.net

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

## 1. 서론

최근 약 10년 기간 동안 무기체계 연구개발 환경변화를 보면, 국방 R&D 역량 강화의 일환으로서 첨단무기 국내 개발을 위한 국방 R&D 기획체계를 개선하여 국방과학연구소(이하 국과연)는 전략 비닉무기와 신기술 개발을 집중하는 것이다. 그리고 일반무기는 업체가 전담하도록 국과연을 재구조화 및 역할 분담을 재정립하는 것인데, 일반 무기체계 연구개발은 업체 또는 정부 출연기관 주관을 원칙으로 하고 부족한 기술은 국과연에서 지원하도록 개선하는 것이다.[1] 사업수행 측면에서는 함정사업 수행 절차를 일반 무기체계 연구개발 절차에 통합하여 시스템엔지니어링(SE) 기반의 사업관리를 하도록 제도를 정비하였다.[2] 이러한 환경변화에 따라 국내 무기체계 연구개발사업에서 다루고 있는 개념과 방법에 맞게 그림 1과 같이 시스템엔지니어링 적용을 위한 가이드를 제시한 바 있는데, 개발 진행을 확인하고 다음 단계로 진입을 위한 기술검토 회의를 중점적으로 제시하였다.[3]



[Figure 1] Systems Engineering based R&D Process for MND defense projects

기술검토 관련 정세영 외(2009)은 기존 선행연구에서 함정설계 및 건조 시 수행하는 단계 및 활동인 시스템 요구사항(SRR), 기본설계(PDR), 상세설계(CDR), 시험준비검토(TRR) 단계에서의 활동과 진입조건에 대해 개념적인 수준의 절차와 수행내용을 정리하여 제시하고 있으며 함정탐재 장비에 대한

진입조건은 포함하고 있지 않는 한계를 가지고 있다.[4] 또한, 방위사업청(이하 방사청)(2017)이 발간한 시스템엔지니어링 기반 기술검토 회의 가이드북에는 함정 분야 시스템엔지니어링 절차가 별도로 포함되어 있지 않으며, 함정탐재 무기체계와 연계하여 개발단계별 진입조건에 대한 기준이 포함되어 있지 않은 상태이다.[12] 또한, 현재까지 진행되고 있는 함정사업에서 탐재 무기체계의 경우 상호 간 무기체계 및 사업 특성을 고려한 단계별 진입조건에 대한 검토 적용 사례가 없는 실정이다. 따라서 지금까지의 선행연구 결과와 현재 함정과 함정탐재 무기체계 적용 사례와 현재의 개발환경을 기초로 연구 진행 경과를 본 논문의 주제로 시스템엔지니어링학회 2022년 추계학술대회에서 발표한 후, 추가로 연구한 내용을 보완하여 해군 수상함 사업에서 기본설계(탐색개발), 상세설계(체계개발) 시기와 병행 개발하는 함정탐재 무기체계를 대상으로 시스템엔지니어링 기반의 기술적인 관리 측면에서 중점적으로 기술검토를 위한 개선 방향 고찰을 위해 본 연구를 진행하였다.[5]

이를 위해 본 논문은 함정설계 및 이와 병행하여 진행되는 탐재 무기체계 연구개발에 대한 프로세스와 환경을 살펴본 후 시스템엔지니어링 기반의 함정설계 시 탐재장비를 고려한 설계단계 진입조건 기술검토 프로세스를 분석 후 개발환경 고찰을 위해 분석방법을 제시하고 적용하였다. 마지막으로 함정과 함정탐재 무기체계 간의 성공적인 연동·통합을 위해 연구개발 단계별 진입조건 검토 개선 방향을 제안하였다.

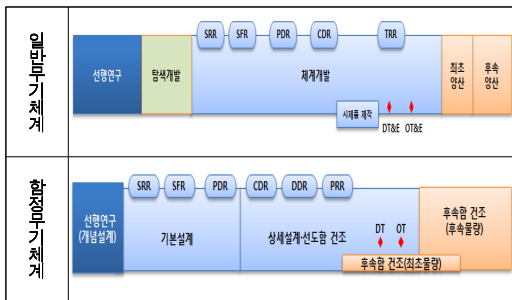
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 함정 및 함정탐재 무기체계 연구개발 프로세스와 개발환경을 고찰하였다. 3장에서는 시스템엔지니어링 기반의 수상함 기본·상세설계 단계 진입조건 기술검토 프로세스를 분석하였다. 4장에서는 연구개발 설계단계 진입조건 검토 개선 방향 고찰을 위한 분석방법을 제시하고 5장에서는 함정 및 함정탐재 무기체계 연구개발사업의 설계단계 진입조건 검토 개선 방향을 제안하고 마지막으로 6장은 상기 내용을 종합

적으로 정리하여 결론을 기술하였다.

## 2. 함정 및 함정탑재 무기체계 연구개발 프로세스 및 개발환경 고찰

### 2.1 함정 및 함정탑재 무기체계 연구개발 프로세스

함정과 탑재 무기체계 연구개발은 기본적으로 무기체계 연구개발 프로세스를 동일하게 적용하고 있으나, 그림 2와 같이 함정 무기체계는 함정설계의 특징이 반영된 연구개발 프로세스를 따르고 있다.[6]



[Figure 2] Comparison for R&D procedures for General weapon systems and Naval ship weapons

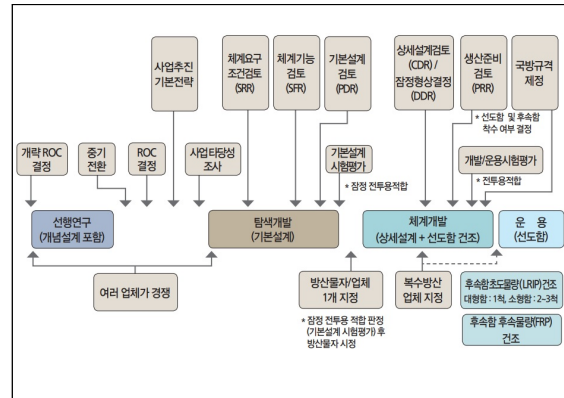
탑재 무기체계와 함정 무기체계 각각의 연구개발 프로세스를 구분하여 간략하게 요약하면 다음과 같다.

#### 2.1.1 함정 연구개발 프로세스

함정획득은 그림 3과 같이 함정 연구개발 세부 절차에 따라 선행연구, 기본설계, 상세설계·선도함 건조, 후속함 건조 단계로 구분하여 진행한다.[14]

새로운 함정 무기체계가 장기소요로 결정된 이후 방사청은 합참, 소요군 등과 함께 개념연구를 포함하여 최초 작전운용성능(ROC)을 기초로 함정 플랫폼 개념설계 등이 반영된 선행연구를 한다. 선행연구 결과에 따라 ROC를 결정하고 함정에 탑재되는 무기체계를 포함하여 작성된 사업추진기본전략을 확정한다. 또한 개념설계 결과와 ROC를 근거로 소

요군의 요구사항이 반영된 함정건조기본지침서 (TLR : Top Level Requirement)를 작성하여 확정한다.[6],[7]



[Figure 3] Detailed procedure of Naval ship R&D project

탐색개발은 함정 기본설계에 해당하며 탐색개발 업체로 계약한 조선소는 체계기능검토(SFR) 단계를 기준으로 예비설계와 계약설계로 구분하며 설계를 진행한다. 이때 탑재 장비·무기체계를 식별하고 기종을 결정한다. 함정의 주요 제원과 성능이 반영되고 탑재 무기체계와의 연동·통합성능이 구현되도록 설계를 반영하여 산출물(보고서, 도면)을 작성하고 최적 설계 대안을 도출하여 체계개발 단계로 진행 가능 여부를 판단하는 기본설계 시평평가를 통하여 체계개발 단계로 진입 가능 여부를 결정한다. 기본설계 완료 시 기본설계 때 구체화된 함체원, 성능, 장비, 체계연동 등을 반영한 SSDD(체계·부체계설계기술서)를 작성하고 방사청에서 확정한다. 이처럼 함정획득단계 요구사항을 구체화하고 대안을 선정하여 설계에 반영하는 주요 제원, 성능 대부분은 설계 초기 단계인 개념설계를 거쳐 기본설계를 통해 결정된다.

체계개발단계는 상세설계와 선도함 건조단계에 해당하는데, 함정 건조를 위한 분야별 설계도면, 공작도면을 작성·출도하여 블록생산 및 조립, 탑재 무기체계들을 함정에 탑재·설치·연동·통합하고 시험평가를 진행하여 선도함을 건조·전력화하는 단계이다.

마지막 단계로 기본설계 시험평가 결과 잠정 전투용 적합 판정 이후 선도함 건조 절차를 준용하여 후속함 건조를 착수한다.[4],[6]

### 2.1.2 함정탐재 무기체계 연구개발 프로세스

함정탐재 무기체계는 일반 무기체계 연구개발사업 절차에 따라 진행된다. 방사청장은 소요가 결정된 무기체계는 연구개발 가능성, 국방과학기술수준 등에 대한 조사·분석을 하는 선행연구를 거쳐 사업 추진 방법을 결정한다.[6] 선행연구 이후 탐색개발 단계는 연구개발 대상 무기체계에 대한 핵심기술 개발 및 개발된 기술을 시물레이션, 시제품 제작 등으로 기술을 입증한다. 체계개발단계는 작전운용성능(ROC) 만족하는 무기체계 설계·시제품 제작·시험평가를 통해 설계 및 시제품 성능을 검증하여 체계개발을 완료하면 양산단계를 진입하는데, 사업의 효율적 관리 측면에서 최초양산과 후속양산으로 구분할 수 있다.[6],[7] 함정탐재 무기체계 개발은 함정이라는 복합 무기체계에 탑재하여 함정과 함께 운용하는 체계로서 연구개발 전 과정을 통해 상호 설계·설치·연동·통합 구현을 공유하며 전문성 기반의 기술적 관리가 요구된다. 각각의 연구개발 프로세스는 다음과 같다.

## 2.2 함정 및 탐재 무기체계 연구개발 환경

2006년 방사청 개청 시 각 군의 특성에 맞게 일반 무기체계와 구분하여 함정사업절차를 구분하여 함정획득을 진행했으나, 2012년에 일반 무기체 획득 절차에 통합하여 관리하고 시스템엔지니어링 절차를 적용하여 무기체계 연구개발을 진행하도록 하고 함정사업은 업체주관연구개발사업으로 추진함을 원칙으로 하고, 함정에 탑재된 통합 전투기능, 항해·조함기능, 기관·손상통제기능 등과 관련된 체계를 유기적으로 통합 및 최적화하여 통합전투성능을 극대화할 수 있도록 연구개발을 수행하여야 하도록 규정화하였으며, 함정연구개발 주관기관으로 조선소를 선정, 시스템엔지니어링을 적용한 함정설계·건조를 전담하도록 하여 함정과 탐재 무기체계 간의 체

계연동 및 통합을 수행하도록 함정사업을 관리하고 있다.[2],[6]

그러나 함정연구개발 주관하는 조선소의 함정사업 관련 이해관계자들이 함정설계 및 건조에 적용하는 시스템엔지니어링의 특성을 충분히 이해하고 일정 수준 이상의 업무 전문성과 연속성 유지를 위한 조직구성 및 함정사업별 규모 및 특성을 고려한 탄력적 조직 조정 등 대응이 아직은 미비하다. 함정연구개발 단계별 산출물에 대한 기술검토 및 개발 진행 간 다음 단계로의 진입을 위한 관리는 계약적인 내용을 충족시키는 수준에서 시스템엔지니어링을 적용하고 있다.[8]

수상함 탐재 무기체계 연구개발 기술관리 측면에서 앞에서 살펴본 바와 같이 함정사업에서 건조업체를 연구개발 주관기관으로 지정하고 시스템엔지니어링을 적용하여 연구개발사업을 체계통합하여 수행하도록 사업을 관리하고 있지만 기술적인 측면과 연계하여 현재까지 대표적으로 다음과 같이 어려운 환경에 놓여 있다.

첫째, Jane's Fighting ships Yearbook (2019-2020) 등의 국내건조 함정 탐재무기 종류와 그 내용을 보면, 함정탐재 무기체계 중 함정설계 및 건조와 병행하여 국내 개발하는 탐재 무기체계들이 증가하고 있고 그 연동 및 통합수준이 복잡해지고 있다. 국내 무기체계 개발을 제도적으로 장려하고 활성화함에 따라 이지스함 도입 시기부터 전투체계 및 함정에 탑재하는 무기체계도 국내 개발로 확대함에 따라 그 종류가 증가하는 추세이다.[9],[10],[11],[18],[19] 특히, 2000년 초 영국 SSCS 전투체계를 기술이전 한 KDCOM (Korean Destroyer Combat System)-II 전투체계를 적용한 충무공이순신함급 구축함(DDH-II) 후속함에 해성 유도무기체계 탑재, 한국형 수직발사체계(KVLS) 신규개발 탑재, 함정용 전투체계 등 국내 개발 무기체계 탑재가 표 1에서 보는 바와 같이 본격화되기 시작하여 국외도입 무기체계에서 국내 개발 무기체제로 상당 부분 대체되고 있다.[9],[10],[11],[18],[19]

둘째, 함정 무기체계의 기술관리 관련 최봉완

(2016), 황광룡 외(2016)의 함정무기체 사업관리 관련 분석내용을 보면, 연구개발을 동시 진행하는 복합무기체계의 전문적인 기술관리 능력이 요구되는 환경이다. 함정설계·건조는 함정에 다수의 무기 체계들이 탑재되고, 연동·통합하여 ROC를 충족하는 성능을 발휘해야 하는 복합 무기체계이다. 특히, 연구개발을 동시에 진행하는 탑재 무기체계들은 함정 설계와 무기체계 개발 간 상호 요구사항을 충족하며 관리해야 하는 고도의 전문성이 요구된다. 즉, 국내 건조함정의 전력화 시기에 맞추기 위해 탑재 무기체계 연구개발을 함정설계·건조와 동시에 진행함에 따라 함정설계단계에서 식별되는 문제와 탑재 무기체계 개발 과정에서 식별되는 문제들을 상호 충족하는 수준으로 해결방안을 도출해야 한다. 그러나, 각각의 무기체계 주요 성능에 영향을 주는 사안에 대하

여 탐색개발(기본설계) 및 체계개발(상세설계 및 선도함 건조) 단계에서 충분히 검토하고 설계가 진행되어야 하나 탑재 장비·무기체계의 복잡성을 고려한 함정설계 기간을 현실화하여 반영하지 못하면 제한된 기간 내에 설계를 완료해야 하는 기술적인 문제와 이와 관련하여 사업기간 연장, 예산증가 등 사업에 영향을 미치는 요인들이 발생한다. 또한, 함정 설계를 본격적으로 시작하는 기본설계 단계에서 ROC를 구현하기 위해 조선소에 제안서 등에 포함된 신기술들은 검토 후 기본설계에 반영하는 데, 연동·통합을 위한 기술성숙도(TRL)는 현실적으로 실용화 단계 수준의 기술력이 요구된다. 따라서 이러한 기술력을 보유하거나 가능 업체를 발굴하여 설계에 참여토록 하여야 하며 관리해야 하지만, 기본설계 시점에서 가능 업체를 식별하고 설계를 진행하는 접근법은 사업적으로 잠재적인 위험요소로 남게 되며, 이에 대한 충분한 분석과 설계 피드백 과정을 통해 반영하는 전문적 관리과정이 필요하다.

셋째, 최봉완(2016)의 함정획득 단계에서 체계공학(SE) 적용 관련 문제점 분석내용과 방사청(2017)의 SE 기반 기술검토 가이드북에서 요구하는 사업관리 수준 등을 고려해 보면, 시스템엔지니어링에 기반한 함정사업 및 탑재 무기체계 개발단계별 진입 기술검토 전문성이 요구되는 환경이다. 무기체계 연구개발단계별 산출물은 단계별 수습 중에 이르고 있다. 함정설계의 경우 함정체계통합 대상 무기체계들의 설계 산출물을 제한된 기한 내 검토하고, 함정설계에 피드백하여 반영하는 일련의 과정들이 반복된다. 절차는 단순하지만 그 내용은 대상 무기체계별 특성을 이해하고 설계 영향성까지 판단해야 하는 전문성이 필요하다. 기술검토 분야는 다음 장에서 구체적으로 기술하였다.

넷째, 방사청 방위사업관리규정(2023) 등에서 요구하고 있는 무기체계연구개발의 효율적 관리를 위하여 개발단계별 식별된 기술적인 문제해결을 위한 함정사업 및 함정탑재 무기체계 개발의 특성을 반영한 시스템엔지니어링 기반의 의사결정체계 정립이 요구되는 환경이다. 일반적으로 단순하게 시스

<Table 1> Domestic R&D Naval Weapons systems (Missile, Underwater weapons, Naval Gun, Combat System)

구분	2007년 이전 개발무기	2008년 이후 개발·개발 중인 무기	탑재 플랫폼
유도 무기	해성(SSM), RAM(LP)	해공(SAAM), 현무 III(CM), 해룡(TSLM), 130mm 유도로켓, SAM-II(D) 등	수상함
수중 무기	경어뢰	홍상어(ASROC), 백상어(H/TD) 등	잠수함
함포·발사대	5"/62 함포(LP)	76mm 함포, KVL5-II, CIWS-II(D)	수상함
전투 체계	PKX-A, LPH, KDX-II, FFX-I	FFX-II/III, MLS-II, PKX-B, LPH (2번함), KDDX(D) 등	수상함
	-	KSS-III	잠수함

D=Developing, LP=Licensed Production  
SSM=Ship to Ship Missile, H/TD=Heavy Weight Torpedo  
TSLM=Tactical Ship to Land Missile, CM=Cruise Missile

템엔지니어링 기법을 적용하여 산출물을 생산하고 개발단계별 회의를 진행한다고 해서 시스템엔지니어링이 지향하는 합리적인 사업관리가 되는 것이 아니라 이해관계자들 간의 부단한 의사소통과 합리적이고 각각의 개발단계별 시기에 부합하는 의사결정이 필요하다. 특히, 함정획득 및 탑재 무기체계 개발 사업의 경우, 이를 위하여 시스템엔지니어링을 적용한 산출물에 대하여 모든 이해관계자들이 기술 검토를 충분하게 하여 함정설계 및 연구개발 무기체계 모두 기술적인 이해를 기반으로 한 상호 의사소통하여 문제를 해결하려는 접근 자세가 필요하다. 그렇지 않을 경우, 자칫 의사결정의 지연은 함정 및 탑재 무기체계 연구개발에 적기 반영 없이 연구개발을 진행하게 하는 문제를 초래하고, 사후에 의사결정 지연으로 발생하는 문제해결을 위해 기술적·사업적인 부담이 가중되는 악순환에 직면하게 된다.

### 3. 시스템엔지니어링 기반의 함정 기본·상세설계 단계 진입조건 기술검토 프로세스 고찰

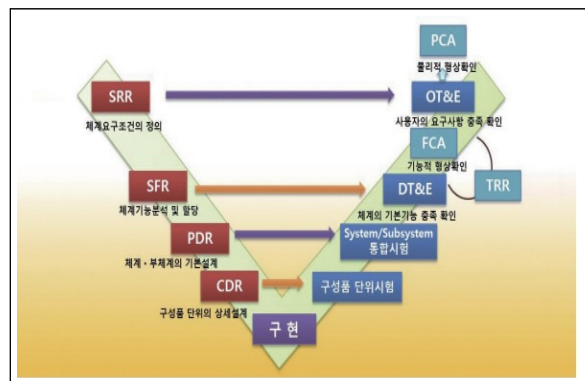
#### 3.1 시스템엔지니어링 기반 기술검토 회의

연구개발 진행 간 설계단계별 공식 산출물을 대상으로 연구개발 관련 기관들은 기술검토를 진행한다. 연구개발주관기관 사업관리자가 중심이 되어 사업관계 이해관계자들이 모두 참여하는 기술검토 회의체를 운영한다. 기술검토 회의는 개발단계별 설정 기준에 부합하는지 확인, 개발 진척 정도를 비교·분석하여 분야별 완성도를 검토하며, 그림 4와 같이 기본설계 단계인 요구사항분석(SRR)에서부터 최종 제품으로 완성하는 과정 간 단계별 수행하는 시스템 엔지니어링의 주요 활동이다.[12]

#### 3.2 함정 기본·상세단계 기술검토 프로세스

함정설계단계별 기술검토는 무기체계 연구개발 절차를 따라 진행한다. 기본설계에서 상세설계단계를 중점적으로 보면, 기본설계단계에서 작전운용성

능(ROC), 함정건조기본지침서(TLR)를 기준으로 시스템엔지니어링 기반의 함정기본설계가 진행되었는지를 확인한다. 기본설계 시 함정설계 반영 요구 사항을 검토하는 체계요구조건검토(SRR), 체계요구조건이 함정기능에 반영되었는지 검토하는 체계기능검토(SFR), 형상품목에 대한 기본설계 완전성을 검토하는 기본설계검토(PDR) 기술검토를 수행한다. 수개월의 기간에 걸쳐 상세설계 전환을 준비하여 상세설계 후 상세설계검토(CDR) 기술검토를 수행한다. 각각의 설계단계별 사전에 확정된 SWBS(Ship Work Breakdown Structure) 별 목적 문건(설계도면, 보고서)을 작성하고 단계별 요구하는 내용을 목적문건에 반영, 검토하여 설계를 확정한다. 특히, 기본설계 과정에서 특수성능 분야, 설치대상장비 식별 및 획득방안 수립, 함정과 탑재 대상 무기체계별 체계연동·통합방안, 총수명주기체계 관리를 위한 최적 군수지원 분야 등을 중점 검토한다. 함정설계는 시스템엔지니어링 절차에 추가하여 기본설계 검토 등을 효과적으로 수행하기 위해 함정설계검토(Ship Design Review) 회의를 수행하며 설계에 피드백하는 과정을 포함한다.[7]

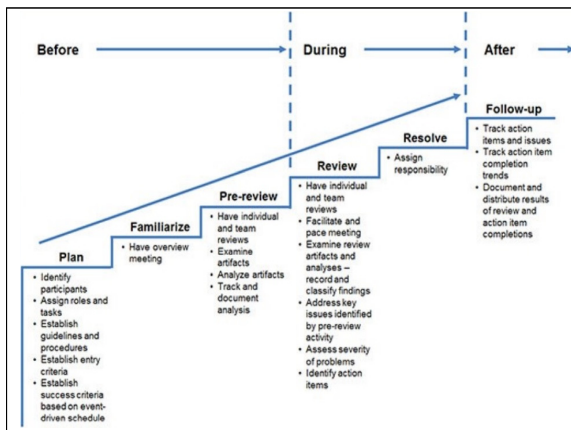


[Figure 4] SE Based Technical Review Procedure

설계단계별 기술검토는 기술검토 회의 과정을 거쳐 수행된다. 기술검토 회의는 사전검토, 본검토, 후속조치를 위한 검토단계로 구분한다. 설계단계별 진입조건인 성공적인 검토 전제조건은 모든 이해관계자들의 전문 분야별 역할과 책임에 맞게 성실하게

수행하고, 일반적으로 기술검토 수행 전 - 수행 간 - 수행 후 단계를 따르며, 무기체계 사업 특성에 맞는 기술검토 Tailoring 적용을 권고하고 수행 전에는 사전계획을 수립하고, 진입조건·성공기준 및 이벤트 기반 일정에 따른 성공기준을 설정하고 산출물을 검사·분석, 추적 및 자료를 분석하여 주요사안을 식별하는 것이다.

수행 간에는 주요사안에 대한 추가 검토 후 후속 조치 사항(Action Item)을 식별한다. 수행 후 단계에는 Action Item 진행을 추적관리 한다. 과정별 검토 절차와 내용은 그림 5와 같다.[14]



[Figure 5] Technical Review Process

### 3.3 탐색개발(기본설계) 및 체계개발(상세설계) 단계 진입조건

방사청에서 발간한 시스템엔지니어링 기반 기술검토 회의 가이드북에 기술검토 단계별 진입조건은 일반 무기체계 기준으로만 제시되어 있는데, 주요 내용을 표 2와 같이 정리하였다.[12]

또한 단계별 기술검토 활동을 위하여 주요 질의 및 Check-List 샘플을 제시하여 사업특성에 맞게 Tailoring 하여 작성, 기술검토 시 점검·평가에 Check-List 활용을 권고하는 수준으로만 제시되어 있어 사업별 여건에 따라 활용하는 세부 기준이 정립되지 않은 상태이다.

결과적으로 설계단계별 기술검토 진입기준 검토

결과를 단계별 위험관리 환류시켜 체계적 관리가 가능하게 하는 세부 절차 및 기준이 마련되어 있지 않은 상태이다. 특히, 표 2와 같이 제시된 기술검토 단계별 주요 수행업무 및 진입기준은 함정과 동시 개발하는 탑재 무기체계는 함정뿐만 아니라 탑재 무기체계 설계단계별 기술검토 피드백을 위한 기술검토 세부 절차 및 기준이 포함된 피드백 관리체계가 미비한 상태이다.

<Table 2> Technical Review entry Criteria

구분	수행시기	진입기준 검토기준 판단
SRR	탐색개발 후반부, 체계개발초기 (탐색생략, 탐색·체계 통합)	· SRR 산출물 준비 (SSRS(안) 등) · SRR 단계 위험평가 및 위험관리자료, 기술계획 문서 준비 등
SFR	체계개발단계 초기 기본설계 수행 전	· SFR 산출물 준비 (SSDD(안) 등) · SFR 단계 위험평가 및 위험관리자료, 기술계획 문서 수정사항 등
PDR	체계 HW/SW 형상품목 기본설계 완료 후 상세설계 수행 전	· PDR 산출물 준비 (개발규격서(안) 등) · PDR 단계 위험평가 및 위험관리자료, 기술계획 수정사항 등
CDR	체계구성품 단위 상세설계가 완료 되고 시제제작 전	· CDR 산출물 준비 (제품규격서(안) 등) · CDR 단계 위험평가결과, 체계통합·시험단계 위험 관리방안 자료, 기술계획 수정사항 등

### 3.4 함정 및 탑재 무기체계 설계 산출물

함정설계단계에서 작성되고 생성되는 모든 산출물은 작전운용성능(ROC), 운용요구서(ORD) 내용이 포함된 체계요구사항을 구체화하여 각각의 문서에 정의하고 설계에 반영한 내용을 포함한다. 함정 설계산출물인 목적문건인 설계도면과 설계 관련 보고서가 주요 산출물로 작성된다. 시스템엔지니어링 기반의 함정설계 시 표 3과 같이 주요 산출물 작성

이 요구된다.[12],[15]

함정설계 시 체계요구조검토(SRR) 회의에서 체계요사항명세서(SSRS), 체계기능검토(SFR) 회의에서 체계·부체계규격서(SSS), 기본설계검토(PDR) 회의에서 체계·부체계설계기술서(SSDD), 상세설계검토(CDR) 회의에서 연동통제문서(ICD) 등을 작성 완료한다. 함정탐재 무기체계의 경우 HW·SW 요구사항명세서(HRS·SRS), HW·SW 설계기술서(HDD·SDD), 인터페이스설계기술서(IDD) 등이 추가로 작성되어 설계를 진행하고 있어 함정설계 산출물과 차이가 있다. 함정과 탐재 무기체계 간 산출물의 상호 연계된 산출물을 분석할 때 함정과 탐재 무기체계 간의 영향성을 명확하게 분석하고 테일러링(Tailoring) 하여 기술검토 회의진행 과정에서 설계 최적화를 위한 검증하는 설계관리가 요구된다. 특히, 산출물의 특성을 고려하여 상호연계성을 확인하고 점검 가능토록 이해관계자가 함께 참여하여 설계단계 진입조건 기술검토 수행 전 단계 활동인 진입조건과 성공조건을 사전에 확정 후 활용하는

활동이 미비한 실정이다. 진입조건과 성공조건을 수립할 때 함정 및 탐재 무기체계 설계에 영향을 미치는 이슈를 반영하고 이해관계자의 의사결정이 필요한 항목을 식별하여 기술적 또는 사업적 결정에 피드백되는 관리도 미비하다.

#### 4. 연구개발 설계단계 진입조건 검토 개선 방향 고찰을 위한 분석방법

##### 4.1 개선방향 분석을 위한 실무자 인터뷰

연구개발 설계단계 진입조건 검토 개선 방향 분석을 위해 군함 및 탐재 무기체계 개발·획득 분야 담당자들을 대상으로 인터뷰를 시행하여 결과를 도출하는 분석방법을 적용하였다. 인터뷰 대상 기관을 6개 기관·업체로 선정하였는데, 소요군, 방사청, 국과연 부설 국방신속획득기술연구원, A 대학교, B 조선업체, C 무기체계 국내 개발업체의 연구개발, 사업관리, 사업분석, 시험평가, 기술지원 등 업무 및 관련 업무 종사 실무자들을 대상으로 하였다.

##### 4.2 개선방향 분석방법

진입조건 검토 개선 방향 마련을 위한 분석방법으로 설문조사를 시행하였다. 설문조사는 사전에 선정한 관련 기관별 실무전문가를 대상으로 설계단계별 진입조건 설정 과정에서 고려가 필요한 핵심 항목 계층별 중요도를 측정하는 계층화 분석기법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 활용하였다. AHP는 3단계 계층별로 구성 항목들이 분석 대상의 적합 정도를 평가하여 대안을 결정하는 의사결정 방법이다. AHP는 대안별 쌍대비교를 시행하여 의사결정을 지원하고, 각각의 상대적인 중요도를 도출하는데 절차는 다음과 같다. ① 계층구조 및 쌍대행렬 구성, ② 가중치 계산, ③ 일관성 검증을 통하여 AHP 결과 타당성 확인, ④ 대안별 선호도를 합산하여 최적 대안을 선택한다. AHP 실행을 위해 먼저 목표 설정 후 목표 달성을 위한 대안 파악 및 대안 평가 기준을 설정한다. AHP 일관성 비율(CR,

〈Table 3〉 Technical Review Output for Preliminary Design Phase & Critical Design Phase

구분	함정설계 산출물	함정탐재 무기체계 설계 산출물
기본 설계 단계	SRR	SSRS(F), SSS(D), SRR 수행결과서 등
	SFR	SSS(F), SSDD(D), SFR 수행결과서 등
	PDR	SSS(U), ICD(D), SSDD(F), TLS(D), PDR 수행결과서 등
상세 설계 단계	CDR	HDD(F), SRS(F), IDD(F), ICD(F), 제품규격서(D), CDR 수행결과서(F) 등

\* D : Draft, P : Preliminary, F : Final



Consistency Ratio)로 설문 결과의 일관성을 검증 하는데, CR은 일관성 지수(CI, Consistency Index)와 RI(Random Index)를 활용하여 다음 식 과 같이 구할 수 있다. RI는 T.L. Saaty에 의해 제 안된 값이다.[17],[18]

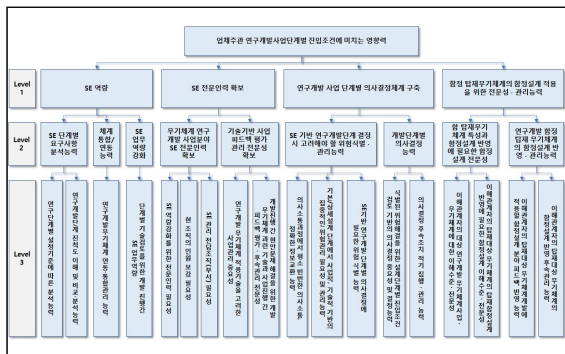
$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, CR = \frac{CI}{RI}$$

### 4.3 AHP 설문지 개발

본 연구 수행을 위해 현장 전문가의 의견수렴을 통해 무기체계 연구개발사업 단계별 진입조건 개선 을 위한 실태를 조사하였다. 설문지 구성은 계층 1 에서 계층 3까지 구성하였고 계층별 상세한 정의는 다음과 같다.

계층 1은 SE 역량, SE 전문인력 확보, 연구개발 단계별 의사결정 체계구축, 함정탐재 무기체계의 함정설계 적용 관련 함정설계 분야 전문성·관리능 력을 측정한다. 계층 2는 함정 무기체계 연구개발 단계에서 단계별 진입조건 검토 시 고려해야 하는 요소들의 상대적 가중치 판단을 위하여 계층 1을 세분화하여 전문성 및 관리능력 등을 분석한다. 마 지막으로 계층 3은 계층 2의 하위 단인데, 실무적 으로 업무수행에 요구되는 세부 영역에서 요구 능 력 중요도를 파악하기 위하여 설계한다. 계층구조 는 그림 6과 같다.

### 4.4 설문조사 결과 분석



[Figure 6] Hierarchy classification

설문조사는 인터뷰 대상 기관, 업체 소속 인원 총 30명을 대상으로 하였으며, 설문조사 결과 신뢰성 이 확보되지 않은 경우, 설문 목적에 대해 구체적으 로 설명 후 다시 실시하여 신뢰성이 확보된 유효설 문을 분석에 활용하였다. 설문조사 결과를 종합하여 분석한 결과, 표 4와 같이 결과가 도출되었다.

<Table 4> Results of interview survey analysis

Level 1	Level 2	Level 3	중요도	순위
SE 역량 (0.173)	SE 단계별 요구사항 분석능력 (0.404)	연구단계별 설정기준에 따른 분석 능력	0.048	8
		연구개발단계 진척도 이해 및 비교·분석 능력	0.022	16
	체계통합·연동능력 (0.421)	연구개발무기체계 연동·통합관리 능력	0.073	5
	SE 업무역량 강화(0.175)	단계별 기술검토를 위한 개발진행간 SE 업무역량	0.030	12
SE 전문인력 확보 (0.150)	무기체계 연구개발 사업분야 SE 전문인력 확보 (0.494)	SE 역량강화를 위한 전문인력 필요성	0.035	10
		현 조직의 인원 보강 필요성	0.019	18
		SE 관리 전담조직(부서) 필요성	0.020	17
	기술기반 사업피드백 평가관리 전문성 확보 (0.506)	연구개발 무기체 적용 기술을 고려한 사업관리 중요성	0.029	14
		개발진행 간 현안문제 해결을 위한 개발무기체계 관련 기술과 사업진행 간 피드백 평가·후속관리 전문성	0.047	9
연구개발 사업 단계별 의사결정 체계구축 (0.239)	SE 기반 연구개발단계 별 의사 결정시 고려해야 할 위험식별·관리 능력 (0.510)	의사소통과정에서 평소 빈번한 의사소통, 정확한 정보교환 능력	0.034	11
		기본·상세설계 단계에서 사업적, 기술적 기반의 집중적인 위험관리 필요성 및 관리 능력	0.060	7
	개발단계별 의사결정 능력 (0.490)	SE 기반 연구개발단계별 의사결정에 필요한 위험 식별 능력	0.027	15
		식별된 위험 해결을 위한 설계단계별 진입조건 검토 기반의 의사결정 중요성 및 결정 능력	0.087	3
함정탐재 무기체계 의 함설계	의사결정 후속조치 적기 집행·관리 능력	0.030	13	
함정탐재 무기체계 의 함설계	함정탐재무기 체계 특성과 대상 무기체계사업·무기 체계에 대한 이해수준·	0.142	2	

Level 1	Level 2	Level 3	중요도	순위
합정설계 적용을 위한 전문성·관리능력 (0.438)	반영에 필요한 합정설계 전문성 (0.677)	전문성	0.155	1
		이해관계자의 탑재대상 무기체계의 탑재합정설계 반영에 필요한 합정설계 이해수준·전문성		
	연구개발 합정탑재 무기체계의 합정설계 반영·관리 능력 (0.323)	이해관계자의 탑재대상 무기체계개발에 적용할 합정설계 분야 피드백 반영 능력	0.079	4
		이해관계자의 탑재대상 무기체계의 합정설계 반영 후속 관리 능력	0.062	6

#### 4.4.1 Level 1 분석

SE 역량, SE 전문인력, 연구개발사업 단계별 의사결정 체계구축 및 합정탑재 무기체계의 합정설계 적용을 위한 전문성·관리능력의 중요도를 상대적 가중치를 비교하였다. 그 결과, 합정탑재 무기체계의 합정설계 적용을 위한 전문성 및 관리능력 중요도가 43.8%로 가장 높게 나타났다. 이어서 연구개발사업 단계별 의사결정 체계구축(23.9%), SE 역량(17.3%), SE 전문인력 확보(15.0%) 순으로 중요도가 도출되었다. 이것은 합정탑재무기체를 합정에 적용하기 위한 전문성 및 관련된 관리능력 확보와 연구개발단계별 의사결정 체계구축에 대한 검토가 우선하여 필요하다는 것이다.

#### 4.4.2 Level 2 분석

4개로 구성된 Level 1의 하부단계인 Level 2에서 Level 별로 2~3개로 구분하여 총 9개 항목을 선정하여 분석하였다. Level 1 기준으로 Level 2의 분석 결과를 보면 ① SE 역량 중요도는 체계연동 및 능력(42.1%)이, SE 단계별 요구사항 분석 능력(40.4%), SE 업무역량 강화(17.5%) 순으로 분석되었다. ② SE 전문인력 확보 중요도 결과는 기술 기반의 사업피드백 평가 및 관련 전문성 확보가 50.6%로 무기체계 연구개발사업 분야의 SE 전문인력 확보 49.4%보다 약간 높았다. ③ 연구개발사업단계별 의사결정 체계구축 중요도는 SE 기반 연구개발 단계별 의사결정 시 고려해야 하는 위험식

별·관리능력(51.0%) 연구개발단계별 의사결정능력(49.0%) 순으로 분석되었다. ④ 합정탑재 무기체계의 합정설계 적용을 위한 전문성 및 관리능력 중요도는 연구개발 합정탑재 무기체계의 합정설계 반영 및 관리능력(32.3%)에 비해 합정탑재 무기체계 특성과 합정설계 반영에 필요한 합정설계 이해수준 및 전문성이(67.7%) 2배 이상 높게 분석되었다. Level 2 분석 결과를 종합하여 분석하면, 무기체계 연구개발사업 분야의 SE 전문인력을 확보하되 합정탑재 무기체계·합정설계 이해 전문성 및 체계연동·통합능력을 갖춘 SE 전문인력 기반으로 한 단계별 의사결정 위험식별·관리능력 개선을 위한 체계구축이 우선하여 필요하다.

#### 4.4.3 Level 3 분석

Level 3은 18개 항목으로 구분하여 분석한 결과, 합정탑재 무기체의 합정설계 반영에 필요한 분야의 합정설계 이해 수준 및 전문성이 1순위로 가장 높게 나타났고 2순위는 합정탑재 무기체계 및 해당 연구개발사업·무기체계에 대한 이해 수준 및 전문성으로 분석되었는데, 합정탑재 무기체계를 개발할 때 탑재대상 무기체계뿐만 아니라 탑재 플랫폼인 합정설계에 대한 이해 및 전문성 모두 갖추는 것이 가장 시급하다. 이어서 개발단계별 식별된 위험 해결을 위한 설계단계별 다음 단계로의 진입조건 검토과정에서 의사결정 중요성 및 의사결정능력이 3순위로 분석되었는데, Level 1 예하 Level 3항목에 상위 6개 항목이 모두 포함되어 있는데, 1순위는 이해관계자의 탑재대상 무기체계의 탑재합정설계 반영에 필요한 합정설계 이해수준 및 전문성, 2순위는 이해관계자의 연구개발 대상무기체계 사업·무기체계에 대한 이해수준 및 전문성, 4순위로 합정설계 이해관계자의 탑재 무기체계 개발에 적용할 합정설계 분야 피드백 반영 능력, 6순위는 탑재 대상 무기체계 합정설계 반영 후속 관리능력이다. 그리고 Level 1의 SE 역량 예하의 Level 3 연구개발 무기체계 연동 및 통합능력이 5순위로 분석되었다. 이후 우선순위는 표 4에서 보는 바와 같다. 향후 합정탑재무기체

와 함정설계 간 상호 지원을 위한 함정설계 관리·전문성 향상과 설계 진입조건 검토과정에서 의사결정의 중요성을 재인식하고 의사결정능력 구축과 무기체계 연동·통합 관리능력 향상을 위한 검토가 필요하다.

### 5. 함정 및 함정탐재 무기체계 연구개발 사업의 설계단계 진입조건 검토 개선 방향

함정설계와 병행 진행되는 함정탐재 무기체계 연구개발 절차, 개발환경을 중심으로 함정 기본·상세설계 단계 진입조건 검토 고찰을 위하여 계층화 분석 기법으로 분석한 결과 설계단계별 진입조건 검토 개선을 위해 요구되는 우선순위와 이 분석 결과를 통해 시사하는 점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 현재의 함정사업에 적합한 시스템엔지니어링 기반의 표준화된 기술검토 프로세스 구축이 가장 시급하게 검토되어 개선이 필요하다. 설계단계별 진입조건 검토의 성공적 전제조건이 대상 무기체계의 전문성과 역할을 요구하는데, Level 1 수준의 분석 결과를 보면, 함정탐재 무기체계의 함정설계 적용을 위한 전문성과 관리능력이 가장 높게 분석되었다. 특히, 함정탐재 무기체계 특성과 함정설계 반영에 필요한 함정설계 전문성이 가장 높게 요구되는 것으로 분석되었다.

둘째, 함정 및 탐재연구개발 무기체계 연구개발 진행 간 적기 의사결정을 위한 시스템엔지니어링 기반의 구체화 된 의사결정 체계 정립이 필요하다. 함정사업에 연구개발 중이거나 개발 예정인 무기체계를 탐재 무기체제로 다수 적용할 경우, 설계, 체계연동·통합 등 기술적으로 반영할 요소들이 함정사업 초기 RFP, 실행계획서 등에 설계단계별 진입조건 선정을 위한 기준 선정에 구체적으로 반영되지 못하거나 미반영될 가능성이 높다. 따라서 이해관계자들이 기술검토 회의에 모두 참여하여 설계단계별 진입 기준 및 성공기준 조건 중에 중요한 요소 중 하나인 의사결정 시기를 명확화하며 설계단계별 미비한 단

계별 미비한 사항들을 적기 의사결정 할 수 있도록 함정설계와 탐재 무기체계 설계에 반영하는 절차를 정립하는 것이 필요하다.

셋째, 국내 함정획득사업의 특성상 함정 건조 시 연구개발 탐재 무기체계의 증가에 따른 체계통합·연동 능력과 시스템엔지니어링 단계별 요구사항 분석에 중점을 둔 능력향상을 위하여 함정연구개발 주관기관의 시스템엔지니어링 기반의 역량 강화를 위한 대책이 필요하다. Level 2 수준에서 분석된 바와 같이 시스템엔지니어링 역량 중에 연구개발 무기체계 연동·통합관리 능력이 가장 높게 요구됨을 알 수 있다.

마지막으로, 체계통합·연동능력 역량 강화를 위하여 함정체계통합 분야의 시스템엔지니어링 전문인력을 확충하여 함정획득단계 초기인 기본설계와 상세설계 단계에서부터 집중적으로 사업적 기술적 위험 관리가 필요하다. 또한 함정탐재 무기체계 연구개발의 설계단계별 기술검토 참여 및 함정과 상호연동·통합관리 선순환 기능이 가능한 피드백 체제 유지가 필요하다.

### 6. 결 론

본 논문에서 함정 및 함정탐재 무기체계의 연구개발 설계단계 진입조건 검토 개선 방향을 중점적으로 고찰하였다. 함정획득 기간 단축을 위하여 함정설계와 다수의 탐재 무기체계를 동시에 개발하는 해군함정 사업의 특수성을 고려할 때, 시스템엔지니어링 기반의 기술적인 요소에 중점을 둔 사업관리가 더욱 요구된다. 특히 개발초기 설계단계별 진행을 시스템엔지니어링 관점에서 정확하게 검토, 진단하고 다음 단계로의 진입 관리가 요구된다. 개발 현장에서 시급하게 요구되는 함정탐재 무기체계 및 탐재 플랫폼(함정) 설계 분야 전문성을 기초로 한 의사결정이 적기 반영되고 탐재 무기체계와 함정 간 체계연동·통합관리 가능하도록 관련 제반 제도를 정비하고 함정사업과 함정탐재 무기체계 분야의 전문성을 갖춘 시스템엔지니어링 전문인력 확보 노력이 필요

하다.

추후 본 연구에서 제시한 개선 방향에 대한 추가 보안을 위한 연구 분야로 업체주관 무기체계 연구개발사업의 진입조건 활용을 위한 구체적인 방안 검토 및 함정탑재 무기체계에 적합한 단계별 진입조건에 대하여 관련 이해관계자들의 의견을 종합 검토, 반영하여 공감대를 형성한 개선방안 연구가 필요하다.

## References

1. 방위사업청, 2018~2022 방위산업육성기본계획, p52~58, 2018
2. 방위사업청 훈령, 제184호, 방위사업관리규정, 2012
3. 방위사업청, 연구개발사업의 체계공학(SE) 기반 기술관리업무 실무지침서, 2012
4. 정세영, 이흥기, 김동운, 최관범, 기술검토 회의 진입조건 분석 및 적용, 시스템엔지니어링 학술지 vol.5 No.2, p27-34, 2009
5. 황광룡, 설동명, 최봉완, 업체주관 연구개발사업 단계별 진입조건검토 개선 방향(수상함 및 함 탑재 무기체계 설계단계 중심으로), 시스템엔지니어링 2022년 추계학술대회 초록집, p100, 2022
6. 국방부, 제2749호, 국방전력발전업무훈령, 2022
7. 방위사업청, 제791호, 방위사업관리규정, 2023
8. 최봉완, 함정획득 단계에서 체계공학(SE) 적용에 따른 문제점 분석 및 개선방안, 군사학술용역 과제 연구보고서, 2016
9. Jane 's Fighting Ships Yearbook 2019-2020
10. Wikipedia, List of Republic of Korea Navy Weaponry, 2022
11. 황광룡, 최봉완, 김호중, 함정 전투체계 획득 프로세스 연구(전투체계 통합 중심으로), 시스템엔지니어링 학술지 vol.12, No.2, p29- 38, 2016
12. 방위사업청, SE기반 기술검토 회의 가이드북, 2017
13. 방위사업청, 함정사업 업무편람 개정판, 2016
14. US Department of Defense, System Engineering Guidebook, p58, 2022
15. 신승철, 박진원, 이재천, SE기반 기술검토 및 요구사항 관리 프로세스의 통합을 통한 잠수함 기본설계 프로세스의 개선, 한국신학기술학회논문지 제19권, 제11호, p96-104, 2018
16. Thomas. L. Saaty, How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, vol.48, No.1, p9-26, 1990
17. Thomas. L. Saaty, Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, 1980
18. Jane's Weapons:Naval, 2019-2020
19. 김석근, 윤종준, 강정석, 김정규, 김태훈, 해군무기의 세계, 한티미디어, 2016