

수상함 소화장치의 국내규정과 국제기준과의 조화를 위한 국내규정 개선 방안에 관한 연구

A Comparative Study of International Standards for Naval Fire-Fighting Systems and Proposals for Harmonizing Korean Applications

정병곤* · 병광다오** · 이지웅** · 서철오*** · 이재웅** †

Byung-Gon Jung*, Vuong Quang Dao**, Jiwoong Lee**, Chul-Oh Seo***
and Jae-Ung Lee** †

(Received 01 August 2025, Revision received 16 September 2025, Accepted 17 September 2025)

초록 : 본 연구는 국내 수상함의 설계 및 건조 시 적용되고 있는 소화장치 규정의 한계를 진단하고, 국제 기준과의 비교를 통해 국내 규정의 개선 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 NATO(North Atlantic Treaty Organization) 수상함 규정인 ANEP-77(Allied Naval Engineering Publication No. 77)을 중심으로, 국제해사기구(IMO)의 SOLAS II-2장과 주요 선급기관(LR, DNV, ABS, KR)의 수상함 규정 내 소화안전 관련 조항을 비교·분석하였다. 분석 결과, ANEP-77은 목표기반(goal-based) 구조를 통해 군용 함정의 특수한 작전환경을 반영한 기능요건 및 검증체계를 갖추고 있는 반면, 국내 기준은 상선에 적용되는 SOLAS 규정을 기반으로 하고 있어 수상함의 실제·운용 특성을 충분히 반영하지 못하는 것으로 나타났다. 특히, 수상함 유형별 차등 적용 기준, 특수 구역(탄약고, 항공 갑판 등)에 대한 맞춤형 소화설비 기준, 대체설계 적용을 위한 검증 절차, 운용개념(Concept of Operations) 기반의 설계 기준 등에서 미비점이 확인되었다. 이에 본 연구는 국내 기준의 실효성을 높이기 위해 ANEP-77의 구조적 접근 방식을 반영한 개선안을 제시하며, 나아가 수상함 수출 시 국제 기준과의 정합성을 확보할 수 있는 규정 체계의 정립을 제언한다.

키워드 : 수상함, 소화장치, 화재안전, 국제규정, 국내기준

**† 이재웅(<https://orcid.org/0000-0002-2839-0448>) : 부교수,
국립한국해양대학교 기관시스템공학부

E-mail : julee@kmou.ac.kr, Tel : 051-410-4662

*정병곤(<https://orcid.org/0009-0002-0175-0957>) : 대학원생,
국립한국해양대학교 해사IT공학과

**병광다오(<https://orcid.org/0000-0002-1520-7579>) : 연구교수,
국립한국해양대학교 기관시스템공학부

**이지웅(<https://orcid.org/0000-0002-6101-7389>) : 부교수,
국립한국해양대학교 기관시스템공학부

***서철오(<https://orcid.org/0009-0009-2364-3483>) : 공학박사,
한화오션 특수선사업부

**† Jae-Ung Lee(<https://orcid.org/0000-0002-2839-0448>) : Associate Professor, Division of Marine System Engineering, National Korea Maritime and Ocean University.

E-mail : julee@kmou.ac.kr, Tel : 051-410-4662

*Byung-Gon Jung(<https://orcid.org/0009-0002-0175-0957>) : Graduate student, Department of Maring IT Engineering, National Korea Maritime and Ocean University.

**Vuong Quang Dao(<https://orcid.org/0000-0002-1520-7579>) : Research Professor, Division of Marine System Engineering, National Korea Maritime and Ocean University.

**Jiwoong Lee(<https://orcid.org/0000-0002-6101-7389>) : Associate Professor, Division of Marine System Engineering, National Korea Maritime and Ocean University.

**Chul-Oh Seo(<https://orcid.org/0009-0009-2364-3483>) : Ph.D, Special Ship Business Division,, Hanwha Ocean.

Abstract : This study aims to improve domestic fire-fighting regulations for naval surface ships by analyzing and comparing international standards. Focusing on the NATO Naval Ship Code (ANEP-77), which presents a goal-based framework for naval fire safety, the study conducts a comparative analysis with the fire safety provisions of the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) and relevant naval rules issued by major classification societies, including Lloyd's Register (LR), DNV, ABS, and the Korean Register (KR). The analysis highlights inconsistencies, omissions, and redundancies in the current KR regulations, which are primarily based on SOLAS and therefore insufficient for the operational characteristics of naval vessels. Based on this comparative review, the study proposes concrete improvements to the KR rules, including the introduction of classification standards by ship type, functional-based zoning criteria, and verification methods. The findings are expected to contribute to the establishment of harmonized and internationally compatible fire-fighting equipment regulations applicable to the design and construction of Korean naval vessels, ultimately supporting export competitiveness and operational safety.

Key Words : Naval Surface Ship, Fire-fighting System, Fire Safety, International Convention, Class Rules

1. 서 론

한국 해군은 광복 이후 우리나라 기술로 처음 건조에 성공한 충무공급 초계정(艇)인 “충무공정”을 시작으로, 국내 조선산업의 눈부신 성장과 함께 고도의 해군 전력 확보에 성공하였다. 현재는 첨단 수상함을 운용할 뿐 아니라 이를 해외에 수출하는 기술 보유국으로 자리매김하고 있다. 한국 해군 함정의 설계 및 건조 체계는 미국 해군의 조합 시스템을 기반으로 하고 있으며, 특히 수상함 설계 및 건조 기준은 미국의 일반 규격(GEN-SPEC, General Specification)을 토대로 2000년대 후반 한국 실정에 맞게 자체화되었다. 그러나 미국은 1994년 페리 국방장관의 군사규격 개혁 선언(페리 선언)을 기점으로 약 30,000건의 군사규격을 검토한 후, GEN-SPEC의 폐지를 결정하고, 국제 상용 규격(ISO, ANSI, ABS 규칙 등)을 적극 수용하는 방향으로 정책을 전환하였다. 이에 따라 MIL-ST D, MIL-SPEC, MIL-PRF, MIL-HDBK 등은 필수 군사규격을 제외하고 대부분 상용 규격과 통합되어 관리되고 있다.¹⁻³⁾

유럽 주요국은 국방비 절감을 위한 국방개혁의 일환으로, 민간 규격을 해군 함정 설계에 적극 도입하고 있으며, NATO에서 제정한 수상함 공통 기준인 나토 해군 공학 간행물 제 77호(ANEP-77, Naval Ship Code)을 기반으로 선급 수상함규칙과 국제 규격을 연계 적용함으로써 미국보다 더욱

표준화된 수상함 규정 시스템을 운영하고 있다.⁴⁻⁶⁾

ANEP-77은 NATO 소속의 SDCG(Ship Design Capability Group)에 의해 개발되었으며, 2009년 공식 채택되었고 이후 2020년에는 잠수함 안전코드(ANEP-102), 2021년에는 소형 수상함을 대상으로 한 NBoatC(Naval Boat Code)의 Part 1이 등재되었다.⁷⁾

한편, 한국의 주요 조선소들은 세계 최고 수준의 함정 설계 및 건조 기술을 바탕으로 수상함 수출사업을 활발히 추진 중이며, 2023년 기준 전 세계 수상함 시장 규모는 약 381억 달러로 연평균 2.66% 성장하여 2034년에는 약 496억 달러에 이를 것으로 전망된다.⁸⁾ 상선 분야는 국제 해상인명 안전협약(SOLAS) 및 국제 해양환경 보호 협약(MARPOL) 등 국제해사기구(IMO)의 국제 협약을 기반으로 통일된 설계 및 운용 기준을 확보하고 있는 반면, 수상함 분야에서는 해외 수상함에 비해 국내 수상함의 가격 경쟁력이 높은 것으로 나타난 반면,⁹⁾ 국가별로 상이한 규격 및 인증절차로 인해 수출 과정에서 설계 변경, 시간 지연, 추가 비용 등의 문제가 발생하고 있다.¹⁰⁾

특히, ANEP-77은 SOLAS의 화재안전 규정을 참조하여 목표기반 원칙(goal-based approach)을 제 공하지만, 실제 수상함의 특수 작전 환경에 적합한 신뢰성 있는 소화장치 설계 및 검증은 영국선급협회(LR), 노르웨이선급협회(DNV), 미국선급협회(ABS) 등의 수상함 규칙을 통해 구체화되고 있다.

따라서 ANEP-77의 실효적 적용을 위해서는 연동된 선급 규정의 활용이 필수적이다. 본 연구는 NATO의 수상함 화재안전 기준인 ANEP-77을 중심으로, SOLAS 화재안전 규정^{11,12)}과 주요 선급기관(LR, DNV, ABS, KR)의 수상함 소화 규정¹³⁻¹⁶⁾을 비교·분석함으로써 국내 기준의 실질적인 개선 방향을 도출하는 데 목적이 있다. 특히, 일반 요구사항, 발화위험 관리, 소화 시스템 배치, 특별 요구사항 등 핵심 항목을 중심으로 규정 간 정합성, 중복, 누락 요소를 도출하고, 이를 바탕으로 국내 소화안전 규정에 대한 구체적인 개선안을 제시하고자 한다.

2. 연구내용

2.1 연구방법

본 연구의 주요 흐름도는 Fig. 1과 같이 NATO에서 발간한 수상함 화재안전 규정 ANEP-77 Chapter VI(Fire Safety)를 기준점으로 설정하고, 다음의 5개 규정을 비교 대상 규정으로 선정하여 개선안을 제안하고자 하였다.

한편, ANEP-77의 규정 체계는 목표기반 구조(Goal-Functional Requirements-Verification-Justification)로 구성되어 있다는 점이 특징이며, 본 연구의 대

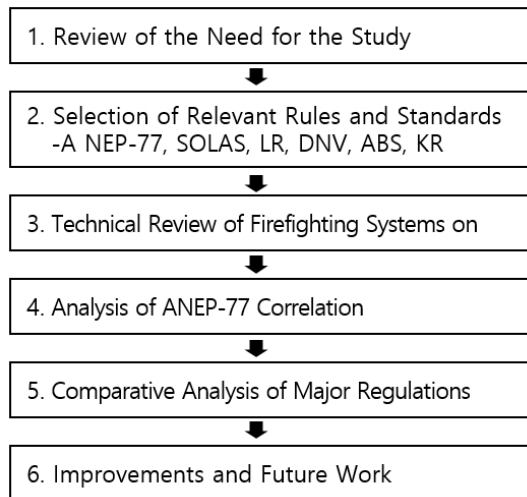


Fig. 1 Research flow diagram

상인 ANEP-77 Chapter VI(Fire Safety)는 다시 총 15개 세부 규정으로 세분화되어 있다. 본 연구에서는 이 중 소화장치 설계 및 배치와 밀접하게 연관된 규정 1(일반요구사항), 규정 3(화재위험), 규정 9(소화설비 및 장치), 규정 13(특별요구사항)을 대상으로 각 규정의 다음 항목에 대해 중점적인 분석을 수행하였다:

- 1) 적용 대상 및 범위 (함정 유형, 탑재 구역 등)
- 2) 세부 기술 기준 및 설계 요건
- 3) 대체설계 허용 여부 및 검증 절차
- 4) 운용개념(ConOps) 기반 설계 반영 여부
- 5) 훈련, 유지관리, 개조 시 적용 기준 등 운용 지원성

또한 각 규정을 ANEP-77의 Part 1(Goal 및 Functional Requirement), Part 2(Verification), Part 3(Justification)의 대응 항목과 비교하여 규정 간 상이점, 중복, 누락 항목 등을 중심으로 한 주요 항목별 비교표를 작성하였다. 이를 통해 국내 규정 개선을 위한 조화 방안을 제안 하고자 한다.

2.2 ANEP-77의 구성

ANEP-77은 NATO 해군전력그룹(NNAG) 산하의 수상함 설계기능그룹(SDCG)에 의해 제정된 수상함용 안전 규정으로, 민간 선박에 적용되는 SOLAS 협약을 참조하면서도 군용 수상함의 작전 특수성(화생방 방호, 전투지속성 등)을 반영한 목표기반(Goal-Based) 구조로 구성되어 있으며, Fig. 2와 같이 세 가지 계층적 요소로 구성된다.

먼저 Part 1(목표(Goal), 기능요건(Functional Requirements))에서는 해군 수상함이 해군의 안전 정책 목표에 맞춰 안전하게 운용될 수 있도록 하는 목표 기반 프레임워크를 제공하고, 국제 해상 협약과 연계하여 해군 수상함의 물리적 안전을 입증하는 도구 역할을 한다. 평시 및 해상 보안작전에서 예측 가능한 피해를 다루지만, 극한의 위협 조건(Extreme threat conditions)이나 전투 작전(Combat operations)은 제외된다.

다음으로 Part 2(검증 방법(Verification Methods))에서는 해당 사항이 Part 1의 요건에 부합하는지

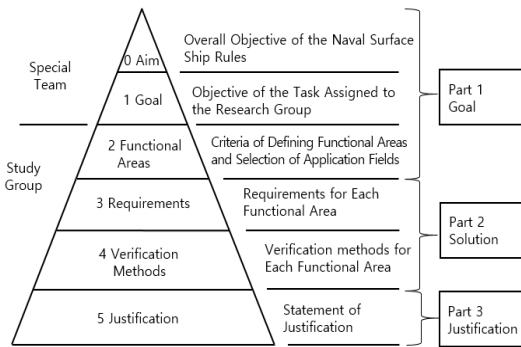


Fig. 2 Purpose-based approach to developing naval ship rules

를 검증하기 위한 방법으로 인정단체(R.O)의 기준에 따른 만족여부 확인, 관련 규정요건(Prescript requirement) 준수, 성능 확인(Performance based solution) 등을 명시하고 있으며, 특정 요건을 충족할 수 있는 표준 및 대안을 제시한다. 그러나 이를 반드시 따를 필요는 없으며, 해군 관리기관이 승인한 대체 솔루션도 사용 가능하다.

Part 3(정당성 및 가이드라인(Justification & Guidance))에서는 3 요건(Tier 3) 및 4 검증(Tier 4)이 0 목표(Tier 0)에 적합한지 여부를 판정하는 방법을 명시하며, Part 1의 목표 및 Part 2의 검증

기준을 만족하기 위해 제시되는 솔루션의 정당성을 논리적으로 정리하여, Part 1과 Part 2를 적용할 때 참고할 수 있는 상세한 가이드 라인을 제공한다. 한국 해군은 아직 ANEP-77을 적용한 실적이 없으므로 영국 해군의 사례를 들어 살펴 보고자 하는데, ANEP-77를 적극 활용하고 있는 영국의 경우 수상함의 전 생애주기 안전관리 인증을 국가법, 국방부 요구조건, ANEP-77, 국방성 규격, 선급 규칙, 상용규격(EN, ISO, IEC 등), 기타 연구자료를 유기적으로 활용하는 체제이다. Fig. 3과 같이 영국의 함정 인증 프레임워크(NSAF, Naval ship assurance framework)의 프로젝트 포트폴리오¹⁷⁾는 함정의 안전성 입증에 필수적인 가이드, 규제(Regulations), 선급 수상함규칙, 국제표준, 연구과제들을 프로젝트의 요구사항에 따라 선택하고 맞춤화하여 구성하는 체계적이고 지속적으로 관리되는 문서 집합으로 이루어져 있다. 이는 표준화 관리 계획에 따라 문서의 중복, 공백을 점검하여 일관성을 확보하고, 피드백 절차를 통해 지속적으로 개선되는 체계를 구축하는데 최적화되어 있음을 알 수 있다.

2.3 SOLAS, ANEP-77 및 선급 수상함규칙 화재 안전 규정 간의 연계성 분석

SOLAS, ANEP-77과 LR, ABS, DNV 등의 수상함 규칙은 모두 수상함의 소화 안전성을 보장하기 위한 규정이지만, 상선과 군함의 특성상, 각 규정의 적용 범위와 역할이 다르며 따라서 SOLAS, ANEP-77 및 선급 수상함규칙은 상위-하위 관계가 아니라 상호보완적 관계를 가진다는 특징이 있다. 하기와 같은 협약, 기준, 규칙 간의 구체적인 연계 예시는 Table 1과 같다.

1) SOLAS와 ANEP-77 간의 관계

SOLAS는 상선의 화재 안전 규정을 정의하며 수상함에 대한 직접적인 기준을 제공하지는 않지만 ANEP-77에서는 SOLAS의 개념을 적용하되, 수상함의 특수한 작전 환경(예: 전투, 극한 상황, 화생방 위협 등)을 고려하여 SOLAS보다 좀 더 목표 기반(Goal-based) 접근 방식으로 규정을 상호 보완적 기반으로 기술하고 있는 것이 특징이다.

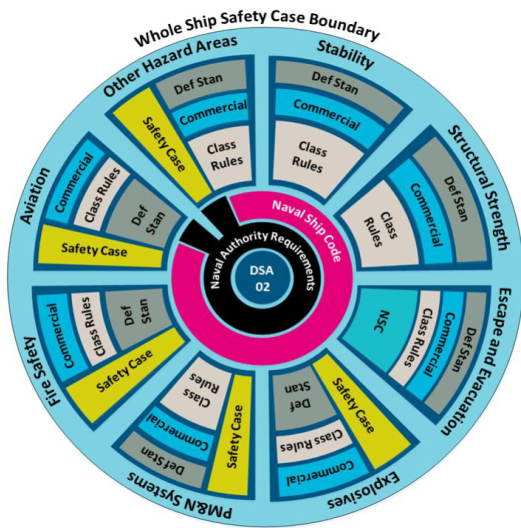


Fig. 3 UK naval ship certification criteria framework

Table 1 Examples of specific links between regulations

Item	SOLAS (Convention)	ANEP-77 (Standard)	Naval rules (Rules)
Fire-fighting equipment requirements	Installation of fixed fire extinguishing systems is mandatory (II-2/Reg.10)	Fire extinguishing systems adapted to the specific characteristics of ship spaces are necessary (Pt 2 Ch VI Reg.9)	Detailed design requirements for fixed fire extinguishing systems by classification society (LR Vol 2 Pt 9 Ch 9)
Fire detection system	Fire detection and alarm systems are mandatory (II-2/Reg.7)	Detection systems should consider the operational continuity of the ship (Pt 2 Ch VI Reg.7)	Installation standards for fire detection systems by classification society (DNV Pt 3 Ch 5 Sec 9)
Power supply maintenance	Essential power must be maintained during a fire (II-2/Reg.11)	Detection systems should consider the operational continuity of the ship (Pt 2 Ch VI Reg.10)	Design standards for power supply and contingency against failures (ABS Ch 7 Sec 3)
Actions during fire occurrence	Passenger evacuation is the primary focus (II-2/Reg.20)	Maintaining combat capability is mandatory (Pt 2 Ch VI Reg.10)	Ship-specific damage control and response systems (LR Vol 2 Pt 9 Ch 9 Sec 3)

2) ANEP-77과 선급 수상함규칙 간의 관계

ANEP-77은 수상함 화재 안전을 위한 목표, 기능 요구사항, 성능 요구사항을 정의하지만, 구체적인 설계 및 검증 사양을 제공하지는 않는다. 반면, 선급 수상함규칙은 ANEP-77의 성능 요구사항을 충족시키기 위한 구체적인 설계 및 검사 기준을 제공함으로써 이들은 상호보완적 관계에 있는 것이 특징이다.

3. 소화장치 규정 분석 결과

ANEP-77 제 6장 소화안전 규정은 다시 규정 0 ~ 규정 14로 분류되는데, 각 규정별 Pt. 1, Pt. 2, Pt. 3에 대한 내용 중 본 연구의 범위를 요약하여 정리한 사항은 아래 Table 2와 같으며, 규정별 분석사항은 각 절에서 다룬다.

Table 2 ANEP-77, Fire safety code content organization

Category	Pt 1 (Performance and Criteria)	Pt 2 (Solution)	Pt 3 (Validity and Analysis)
Reg. 1 General requirements	Application of mandatory fire-fighting systems for each ship type	Methods for applying fire-fighting systems by ship type	Comparative study and application targeting based on existing ship types
Reg. 3 Fire prevention	Fire source limitation and preventive measures	Minimization of fire hazards for electrical and fuel systems	Fire hazard case analysis and assessment of preventive effects
Reg. 9 Fire extinction	Efficient operation of fire-fighting equipment and systems	CO ₂ , water mist, and foam system emission regulations	Performance validation and research on optimal system application
Reg. 13 Special requirements	Fire-fighting systems tailored for special purpose ships and spaces	Fire control for special zones such as ammunition storage and explosion-pro of areas	Field studies on fire-fighting systems in special environments

3.1 규정 1(일반 요구사항)

검토 결과, ANEP-77, 주요 선급(LR, DNV, ABS) 수상함 규칙 및 SOLAS는 수상함의 임무 특성과 작전 환경을 반영한 유형 분류, 대체설계 절차, 화재안전 정책, 훈련 및 개조 시 평가 기준 등에서 고유한 기준을 마련하고 있는 반면, KR 규정은 SOLAS를 준용한 일반상선 중심 구조로 수상함의 특수성이 반영되지 못하는 한계가 있었다. 따라서, 국내 수상함 설계 및 운영 특성을 반영한 차등 적용 기준, 대체설계 보고서 요건, 훈련인적 기준 및 개조 시 화재위험 분석 체계를 포함한 다층적 제도 보완 방안 수립이 요구된다. 상세 분석 결과는 Table 3과 같다.

3.2 규정 3(화재 위험)

검토 결과, 주요 기준(ANEP-77, LR, DNV, ABS)은 수상함의 연료유 발화점, 누출 제어, 고온 표면 보호, 가연성 물질 분리 및 저장 등 화재위험 저감 요소에 대해 기술적으로 정교하고 체계

Table 3 Comparative analysis for general requirement regulation

Category	ANEP-77	LR	DNV	ABS	KR	Improvement Needs
Application scope & ship types	- Type A: Over 240 crew - Type B: 60-240 crew - Type C: Under 60 crew (Pt 2, 3)	FIRE, FIRE★, FIRE★★ (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 2, 1.2)	- Comprehensive application of fire prevention and extinguishing equipment in engine rooms of naval surface ships (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 1.1)	- Applied to all naval ships(Pt 4, Ch 7, Sec 1.1)	- International ship & cargo ships over 500 tons (Pt 8, Ch 1, Sec 1)	Applied to special and detailed ship types (define Type A/B/C; require more detail)
Fire system evaluation & vibration assessment	- Allowed (Pt 1: 1.41..7) -IMO MSC/Circ.1002 evaluation (Pt 3.13.16)	-Allowed (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 1.1.3, Sec 3.2.1(d))	- IMO MSC/Circ.1002 evaluation - (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 1.5)	- IMO MSC/Circ.1002 evaluation (Pt 4, Ch 7, Sec 1)	-IMO MSC/Circ.1002 evaluation(Pt 8, Ch 1, Sec 1. 3.1)	Submission of assessment report and vibration study; need to establish detailed procedures
Fire safety policy	- Based on ship's Concept of Operation (Pt 1.1.8)	- Eight clear fire safety objectives (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 4.2.1)	- Fire safety objectives and functional requirements specified. - Explicit mention of layout to prevent fire when handling machinery spaces and flammable materials. (Pt 3, Ch 5, Sec 9.1.5)	- SOLAS-based detailed objectives: (Pt 4, Ch 7, Sec 1.2)	- Adoption of SOLAS objectives (fire prevention, protection of life and property, fire suppression, and control) (Pt 8, Ch 1, Sec 1.1.1 - 1.1.3)	Necessary to present detailed and clear fire safety policies classified by ship type. A clear addition of fire safety policies based on the Concept of Operations (CoO) for naval vessels is required.
Training & personnel requirements	Training guidelines are provided in Part 3 for reference. (Part 1, 1.3)	- Include operational concept, personnel competency, and training requirements as part of the system operation concept(Pt 3, Pt 2 Ch 2 Sec 3.1.1.)	- No specific personnel requirements stated	No specific direct training requirements stated (assuming proficiency in equipment operation). - (Pt 4, Ch 7, Sec 1)	- No specific personnel requirements stated	Training/evaluation n rules needed
Standards for repair & retrofit	- Fire Safety Analysis (FSA) is mandatory (Part 2, 1.4 and Part 3, 1.16)	- As a principle of applying the latest standards, special permits or alternative design compliance reports are required(Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 4.1.3)	- There are no direct training requirements, but system proficiency is assumed (recommended to refer to IMO MSC.1/Circ.1321 for training) (Pt 3, Ch 5, Sec 9 2.1.6)	- SOLAS apply	- (Pt 8, Ch 1, Sec 1.3.2)	Fire safety analysis standards to be considered

적인 요건을 제시하고 있는 반면, KR 규정은 SOLAS 기반 일반 상선 중심의 기준으로, 수상함 고유의 작전 환경과 장비 배치 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 확인되었다. 따라서 저인화점 연료 사용 조건, 고압 연료유 배관 보호 기준, 점화원 최소 이격거리 및 누출 시 자동 차단 시스템 등의 기술 요건을 명문화함으로써, 수상함에 특화된 화재위험 저감체계 확립이 요구된다. 이와 관련한 상세 분석 결과는 Table 4와 같다.

3.3 규정 9(소화 장치)

검토 결과, ANEP-77을 비롯한 주요 국제 기준 및 선급 규정(DNV, LR, ABS)은 수상함 내 공간별 화재위험도, 작동 환경, 인명 안전을 종합적으로 고려하여 소화장치의 종류, 수량, 설치 위치 및 작동 조건에 대해 정량적이고 구체적인 기준을 제시하고 있었다. 반면, KR은 SOLAS에 기반한 상선 중심의 일반 규정을 적용함에 따라, 수상함의 특수 운용 환경과 기술적 요구를 충분히 반영

Table 4 Comparative analysis for ignition risk regulation

Category	ANEP-77	LR	DNV	ABS	KR	Improvement Needs
Fuel Usage Restriction	- Use fuel with flash point above 60°C - For marine diesel, above 43°C - Under special conditions, allow 43-60°C fuels	- Comply with ANEP-77 (NSC) and SOLAS (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5)	- Follow SOLAS regulations	- Similar to SOLAS (Pt 4, Ch 7, Sec 1, 3)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 2 101. 1~3)	- Add explicit fuel use conditions for specific operation/environment (tank arrangement, quick shut-off, etc.)
Fuel Drainage and Leakage Control	- Immediate detection and control of fuel leaks - Pressure 0.18 Nm/h equipment - Install valves at accessible positions - External tank shut-off valve required	- At leakage, install shut-off in fuel system - Prevent leakage and block (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5)	- Protection of high-pressure pipes (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 25)	- Require leakage prevention and shut-off - Minimize leakage system design (Pt 4, Ch 7, Sec 2, 1.11)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 2 102. 1.3.4)	- Review mandatory implementation of leak detection and system for alarm automatic activation
Piping and Valve Requirements	- Use approved piping and valves - Protect high pressure piping - Leak detection on piping is mandatory (Pt 2, Ch 6, 37-8)	- Approved piping required - Protect high pressure pipes and minimize risk (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5)	- Protect high-pressure fuel piping and Leak prevention required (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 1.4.5/2.5.4)	- Approved pipe required - Minimize leakage and protect high-pressure piping (Pt 4, Ch 7, Sec 1, 13)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 2 102.5)	- Need to add detailed pipe protection and quick shut-off design criteria concerning accident scenarios
Separation of Ignition and Combustibles	- Separate ignition sources and combustibles based on clear safety distance (Pt 2, Ch 6, 3.12-13)	- Separate ignition sources and combustibles (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5, 13)	- (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 2.5.2)	- Require separation of ignition sources and fuel system (Pt 4, Ch 7, Sec 2, 1.11)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 2 102.3, 5)	- Need to clarify and strengthen minimum safety distance and barrier installation requirements
Dedicated Storage for Flammable Liquids and Gases	- Dedicated storage for main hazardous liquids/gases, isolated from hazard zones (Pt 2, Ch 6, 3.14-16)	- Dedicated storage and isolation required (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5, 13)	- Follow SOLAS regulations	- Follow SOLAS regulations	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 2 102. 3 (1))	- Consider supplementing detailed storage standards reflecting ANEP-77 criteria

하지 못하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 국제 기준과의 정합성을 확보하고 작전환경에 최적화된 소화시스템 구축을 위해, 함정 특화 기준의 체계적 고도화가 요구된다. 상기 소화장치와 관련한 비교·분석 결과는 Table 5 및 Table 6과 같다.

3.4 규정 13(특별요구사항)

검토 결과, ANEP-77 및 주요 선급 규정(LR, DNV, ABS)은 수상함 특수 운용환경에 적합한 성능기반 설계 철학을 바탕으로, 대체설계 승인 절차, 위험물 공간별 화재 대응 설계, 항공기 연료·격납 설비에 대한 구조적 보호, 그리고 실질적 운용 매뉴얼 및 훈련 체계까지 종합적이고 정량적인 요건을 규정하고 있는 반면, KR은 SOLAS 기반의 일반 기준을 적용하여 군함 특유의 고위험 운용 조건에 대한 세부 대응력이 부족한 것으로

분석되었다. 특히 검증체계, 위험도 기반 구획 설계, 헬리데크 및 격납고 소화설비 기준, 항공운용 훈련 요구사항 등에서의 불일치가 확인되었다. 이에 따라 국내 기준은 국제 규범과의 정합성을 확보하고 수상함 실정에 부합하는 성능중심 안전체계를 구현하기 위해, 설계 검증 절차, 공간별 분류기준, 설비 기술요건 및 운용기준에 대한 정량화된 고도화가 요구된다. 상기 특별 요구사항 규정에 대한 비교·분석을 Table 7에 나타내었다.

4. 결 론

본 연구는 국내 수상함의 소화장치 성능기준을 국제 수준에 부합하도록 개선하기 위해, ANEP-77, SOLAS, 주요 선급(LR, DNV, ABS), 그리고 국내 기준(KR)을 체계적으로 비교·분석하였다. 분석 결

Table 5 Comparative analysis for fire-extinguish regulation I

Category	ANEP-77	LR	DNV	ABS	KR	Improvement Needs
Fire-fighting regulation policy Design and capacity of main fire-fighting piping	- Utilization of SOLAS, classification society rules, and alternative rules (Pt 2, ch 6, 9.1)	- Use SOLAS standards as the baseline, with additional requirements applied by naval authorities (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 4, 1.3)	- Install at least two fire pumps in each damage control zone (Pt 3, Ch 5, Sec 9. 4.1/5.3.4)	- Minimum pressure requirements when two pumps operate simultaneously, separately specified for large ships (Pt 4, Ch 7, Sec 3. 1.7)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 101.3)	Need to add clear requirements by compartment size
Rapid water supply device	- Maintain instant pump start or continuous pressurized condition. (Pt 2, ch 6, 9.2)	- Follow SOLAS (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Remote operation from the MCC (Pt 3, Ch 5, Sec 9 5.2.4)	- For unmanned engine rooms, maintain remote-operated pumps or continuous pressurization (Pt 4, Ch 7, Sec 3 1.5)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 101.2)	Enhance reliability for auto/standby drive systems and emergency response
Diameter of main fire-fighting piping	- Set pipe diameter to meet maximum water supply when two pumps operate simultaneously (Pt 2, ch 6, 9.4.3)	- Ensure sufficient diameter according to IMO and SOLAS standards (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Set the pipe diameter to meet the maximum system demand (Pt 3, Ch 5, Sec 9 5.3.4)	- Ensure sufficient pipe diameter to meet maximum required water flow (Pt 4, Ch 7, Sec 3 1.7)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 101.3)	Minimum diameter standards need to be established according to ship size.
Quantity and location of fire hydrants	- Arrange fire hydrants so that at least two can supply water to all spaces simultaneously (Pt 2, ch 6, 9.4.5)	- Mandatory to install at least two fire hydrants in every space according to SOLAS (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- When a damage control zone is closed, two fire hydrants must supply water simultaneously with ensured accessibility (Pt 3, Ch 5, Sec 9 5.3.5)	- Install fire hydrants at locations accessible by at least two hydrants in each space (Pt 4, Ch 7, Sec 3 1.9)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 101.5)	Reflect watertightness requirements when controlled zones are damaged.
Pressure requirements for fire hydrants	- For Type A and B ships: maintain minimum pressure of 0.40 N/mm ² ; for Type C ships: maintain minimum pressure of 0.27 N/mm ² (Pt 2, ch 6, 9.4.6)	- Meet SOLAS (Minimum 0.40 N/mm ²) (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Follow SOLAS regulations	- Ships over 6,000 tons must maintain minimum pressure of 0.40 N/mm ² ; below that, 0.27 N/mm ² (Pt 4, Ch 7, Sec 3 1.7)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 101.6)	Clarify detailed pressure standards according to ship type.
Minimum number of fire pumps	- For Type A and B ships: minimum of 3 independent pumps; for Type C ships: minimum of 2 independent pumps (Pt 2, ch 6, 9.5.2)	- Apply SOLAS (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Two fire pumps must be installed for each damage control zone (Pt 3, Ch 5, Sec 9 5.2.1)	- Minimum of 2 independent pumps required, reflecting ship size and operational concept (Pt 4, Ch 7, Sec 3 1.5.1)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 102.2)	Differentiate detailed pump quantity standards based on ship size and mission.

과, 국내 기준은 상선 중심의 SOLAS 규정에 기반하고 있어 수상함 특유의 고위험 작전 환경, 구조적 복잡성, 운용 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계를 보였다. 반면, ANEP-77 및 주요 외국 선급은 성능 기반 접근, 대체설계 인정, 위험도 기반 구획 분류, 운용개념 연동 등을 통해 보다 유연하고 실효적인 소화기준 체계를 마련하고 있는 것으로 나타났다.

이를 바탕으로 제도적 보완의 필요성을 아래와 같이 기술하였다.

1) ANEP-77의 목표지향형 체계를 반영한 수상함 전용 화재안전 기준을 도입할 필요가 있는 것으로 식별되었다. 이를 통해 국내 기준의 구조적 기반을 재정립할 수 있을 것으로 기대된다.

2) 수상함 유형별 운용개념에 기반한 차등 적용 체계를 구축할 필요가 있는 것으로 식별되었다.

Table 6 Comparative analysis for fire-extinguish regulation II

Category	ANEP-77	LR	DNV	ABS	KR	Improvement Needs
Quantity and specifications of portable fire extinguishers	- Place appropriate quantities and types of extinguishing agents according to fire risk level in each ship zone (Pt 2, ch 6, 9.10)	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Clarify quantity by ship space type (Pt.3 Ch.5 Sec.9, 6)	- Follow SOLAS regulations (Pt 4, Ch 7, Sec 2 1.1.3/3.5, Sec 3 15.1)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 202)	Strengthen regulations to distinguish quantity and type of extinguishing agents based on risk level of ship spaces
Placement and limitations of fire extinguishers	- Position extinguishers near entrances; use non-conductive extinguishers in electrical/electronic spaces (Pt 2, ch 6, 9.11)	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Specify extinguisher locations and types in hazardous spaces (Pt.3 Ch.5 Sec.9, 6)	- Follow SOLAS regulations (Pt 4, Ch 7, Sec 2)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 202)	Mandate the use of non-conductive extinguishers in electrical/electronic spaces according to surface combatant environment
Types and installation of fixed fire extinguishing systems	- Apply gas, foam, or water spray methods based on space-specific risk levels (Pt 2, ch 6, 9.13)	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Define fixed extinguishing systems and automatic operation conditions by space (Pt.3 Ch.5 Sec.9 7~10)	- Follow SOLAS regulations (Pt 4, Ch 7, Sec 3)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 301~303)	Specify applicable extinguishing system types by ship space
Operating conditions of gas-based fire extinguishing systems	- Ensure sealed spaces, alarm before operation, and allow evacuation time (Pt 2, ch 6, 9.14)	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Include alarm, evacuation time, sealed design, and re-entry conditions (Pt.3 Ch.5 Sec.9, 7/8)	- Follow SOLAS regulations (Pt 4, Ch 7, Sec 3 3.1.5)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 303 / 401)	Detail operating procedures tailored for surface combatants
Requirements for water-based fire extinguishing systems	- Install fire system pumps and power sources outside protected zones; provide drainage facilities (Pt 2, ch 6, 9.15)	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Clarify pump and power source installations outside protected spaces and drainage requirements (Pt.3 Ch.5 Sec.9, 9/10)	- Follow SOLAS regulations (Pt 4, Ch 7, Sec 3 1)	- Apply FSS code (Pt 8 Ch 8 301)	Add ship stability evaluation standards when operating drainage systems
Other machinery and high-risk spaces	- Install suitable extinguishing systems (foam, powder, gas) in high-risk areas	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Explicitly regulate powder or water spray for high-risk spaces (Pt.3 Ch.5 Sec.11.1)	- Provide detailed extinguishing system standards for high-risk spaces (Pt 4, Ch 7, Sec 2 5)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 4.)	Clarify types and installation conditions of extinguishing systems for different high-risk space categories
Fire suppression systems for Type A, B, and C ships	- Require customized extinguishing systems based on ship classification (Types A, B, C)	- No classification of ships into Type A, B, or C	- No classification of ships into Type A, B, or C	- No classification of ships into Type A, B, or C	- No classification of ships into Type A, B, or C	Establish customized extinguishing standards by ship classification (Types A, B, C)
Fire suppression measures for other high-risk spaces	- Mandatory automatic/manual extinguishing systems, dual temperature detectors, and power shutdown	- Follow SOLAS regulations (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 7)	- Detailed requirements for extinguishing systems in other high-risk spaces (Pt.3 Ch.5 Sec.9, 11)	- Specify automatic and manual extinguishing and control conditions for high-risk space (Pt 4, Ch 7, Sec 2 5)	- Same as SOLAS (Pt 8 Ch 8 4.)	Specify automatic/manual operation, temperature control, and power cutoff devices in detail

이를 통해 함별 작전 환경에 부합하는 정량적이고 실용적인 성능 요건 달성에 도움이 될 것으로 판단된다.

3) 대체 설계와 관련된 설계 적합성 평가체계와 문서화 요건이 명확히 구비될 필요가 있다. 이를 통해, 설계 유연성과 기술 신뢰성을 동시에 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

4) 수상함 생애주기 전반에 걸친 화재안전성 분석(FSA) 절차의 제도화가 필요한 것으로 식별되었다. 이를 통해 함 설계-건조-운용-개조 단계에서

일관된 안전성 확보가 가능할 것으로 판단된다.

5) 승조원 화재대응의 정량적 훈련 기준 및 숙련도 평가 체계 마련이 필요한 것으로 식별되었다. 이는 승조원의 실전중심 화재대응역량의 체계적 강화에 도움이 될 것으로 기대된다.

상기와 같은 제도적 개선 제안은 수상함 화재안전 기준의 실효성과 기술적 완결성을 높이는 동시에, 국제 기준과의 정합성을 확보함은 물론 국내 조선 및 방위산업의 기술력 향상과 수출 경쟁력 강화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 7 Comparative analysis for special requirements

Category	ANEP-77	LR	DNV	ABS	KR	Improvement Needs
Verification methods and alternative design	- Utilize international conventions, classification society rules, or additional standards recognized by the navy (Pt 2, Ch 6, Reg.13.1)	- FIRE★★ rating when fire protection system functional requirements are met (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 2.2.2)	- Requirements can be met through alternative design and arrangement (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 1.5)	- Alternative designs and layouts approved by naval authorities are permitted (Pt 4, Ch 7, Sec 1, 1.1)	- Same as SOLAS (Pt 8, Ch 12, 101.2)	Need detailed specifications for specific alternative standards.
Hazardous materials transportation conditions	- Comply with general hazardous materials transportation requirements (referencing Tables P2-VI-15, P2-VI-16, P2-VI-17) (Pt 2, Ch 6, Reg.13.2)	- Apply hazardous materials transport regulations and requirements in accordance with ANEP-77 and SOLAS (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5.1.5)	- Specify required documentation and approval procedures for hazardous materials transport regulations and design (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 3.2.5/5.2 ㄹ1)	- Apply the IMDG Code for hazardous materials and detail standards for hazardous materials transport spaces (Pt 4, Ch 7, Sec 2, 7.3)	- Same as SOLAS (Pt 8, Ch 12, Table 8.12.1~2)	Subdivide standards and approval procedures for the transport of certain hazardous materials.
Fire suppression devices on flight decks	- Install dry powder, CO2 extinguishers, and foam fire suppression devices near helicopter decks; additional equipment required for multiple helidecks (Pt 2, Ch 6, Reg.13.15)	- Establish clear placement and capacity standards for fire suppression equipment on helidecks and surrounding equipment (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5.1.4)	- Provide placement and performance criteria for fire suppression devices (foam, CO2, etc.) installed on helidecks (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 13)	- Present standards for fire extinguishers and fire suppression systems in the vicinity of helidecks (Pt 4, Ch 7, Sec 2, 5.3)	- Same as SOLAS (Pt 8, Ch 11, 401)	Specify spacing, capacity, and types of fire suppression equipment for helidecks.
Hangars and aircraft storage and maintenance facilities	- Apply structural fire protection, ventilation, and fire detection requirements for hangars and aircraft maintenance facilities equivalent to Type A machinery spaces (Pt 2, Ch 6, Reg.13.18)	- Set standards for fire resistance and explosion-proof equipment usage in special facilities such as hangars (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5.1.4)	- Provide relevant standards for fire suppression devices (Pt 3, Ch 5, Sec 9, 13)	- Provide fire protection design criteria for hangars and maintenance facilities (Pt 4, Ch 7, Sec 2, 5.3)	- Same as SOLAS (Pt 8, Ch 11, 201)	Reflect international-level fire protection design criteria for hangars and aircraft maintenance facilities
Operation manuals and fire-fighting services	- Require operation manuals for aviation facilities, safety inspection checklists, and continuous training and operation of fire-fighting personnel (Pt 2, Ch 6, Reg.13.20)	- Prepare operation manuals for aviation facilities and provide guidelines for fire-fighting service operation (Vol 3, Pt 2, Ch 2, Sec 5.1.4)	- No separate specifications provided	- Detail training for fire response personnel and safety operation regulations for aviation facilities. (Pt 4, Ch 7, Sec 2, 5.3.6)	- Same as SOLAS (Pt 8, Ch 11, 701)	Strengthen detailed procedures and equipment usage standards for operation manuals and fire training.

후 기

본 연구는 해양수산부 및 해양수산과학기술진흥원 연구비 지원으로 수행된 '자율운항선박 기술 개발사업(20200615)'의 연구결과입니다.

Author contributions

B. G. Jung; Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Writing-original draft. J. U. Lee; Funding acquisition, Investigation, Methodology, Validation. J. W. Lee; Project administration, Resources. V. Q. DAO; Software, Supervision, Visualization. J.

U. Lee; J. W. Lee; C. O. Seo; Writing-review & editing.

References

1. Department of Defense, 1994, Specifications & Standards - A New Way of Doing Business, SECDEF Memo, Department of Defense, Washington, D.C.
2. H. Yu. 1997, "Trends and Adaptation Strategies in US Military Standards (MIL-SPEC Reform Action)", Defense and Technology, 97(4), 48-57.
3. Department of Defense, 2018, Defense Standardization Program (DSP) Procedures, Department of Defense, Washington, D.C.
4. NATO Standardization Office, 2019, NATO Standard ANEP-77, NATO Standardization Office, Brussels.
5. J. C. Kim and S. C. Choi, 2008, "A Study on the Defense Standardization Policy Roadmap", Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 11(1), 33-42.
6. R. D. Delpizzo and S. Valluri, 2017, "An introduction to NATO standard ANEP (allied naval engineering publication) 77 and its application to naval ships", Ship Science & Technology, 11(21), 75-88.
(<https://doi.org/10.25043/19098642.153>)
7. International Naval Safety Association, 2021, "NATO Standard Naval Boat Code Edition A Version 1", Brussels.
8. Aviation & Defense Market Reports, 2024, Global Naval Surface Vessels Market 2024 - 2034, Aviation & Defense Market Reports, Seoul.
9. S. H. Sim, M. J. Kim and J. H. Jung, 2022, "Global Competitive Evaluation of South Korean Defense Industry and Its Challenges", Korea Institute for Industrial Economics & Trade, Seoul, 131-135.
10. S. K. Kim and Y. J. Kim, 2016, "A Study on the Export Competitiveness Analysis for Korea's Warship in the Global Market", Journal of the Korea Association of Defense Industry Studies, 23(2), 89-109.
11. International Maritime Organization (IMO), 1996 - 1998, SOLAS Amendments, Chapter II-2, London.
12. International Maritime Organization (IMO), 2000, "Fire Safety Standards and Guidelines", London.
13. Korean Register, 2025, Part 8 Fire Protection and Fire Extinction - Rules for the Classification of Steel Ships, Busan.
14. Lloyd's Register, 2022, Fire Safety and Ship Safety Systems - Naval Ship Rules Volume 2 Part 9 Chapter 9, London.
15. DNV, 2015, Fire Protection and Fire Extinguishing Equipment - Naval Vessels Part 3 Chapter 5 Section 9, Høvik.
16. American Bureau of Shipping, 2022, Fire Safety Systems - International Naval Ship Rules Part 4 Chapter 7, Houston.
17. Defence Equipment and Support, 2018, Naval Ship Assurance Framework Guide - MAP 01-112, Bristol.
18. NAVSEA (Naval Sea Systems Command), 2022, Shipboard Fire Protection and Fire Prevention, Standard Item 009-08, FY-24, Washington, D.C.