함정탑재장비의 민군겸용 규격통일화 현황

김영주 | 한국기계연구원

1. 서 론

국방부 민군겸용기술사업으로 수행한 규격통일화사업은 함정탑재장비를 포함한 수공구류, 기계요소부품, 원자재, 부자재, 건전지, 통전장비 및 포장에 대한 규격통일, 환경시험 조건분석, 상용전환, 규격표준화 등의 9개 과제를 들 수 있으며, 이들 사업을 통하여 1999년부터 지난해까지 당초 15,914종의 국방규격을 KS전환(3,500종) 또는 폐지(5,541종)하여 6,873종으로 축소시키는 것을 목표로 사업을 수행하였다. 이들 과제 가운데 수공구류 규격통일은 1999년부터 3년간, 함정탑재장비의 규격통일 및 민수장비 통합방안에 대한 연구는 2000년부터 4년간 우리연구원에서 수행하고 국방품질관리소에서 주관하였다.

함정탑재장비는 소량으로 주문 생산되는 경우가 많아서, 이를 생산하는 제작사들의 안정적인 생산량 확보가 어렵고, 민수선박에 비해 전투력 유지를 위해 고속주행이 요구되는 경우가 많다. 따라서 선체의 크기에 비해 기관출력이 높아 추진장치로부터 발생되는 진동이나 사격 또는 수중 폭발물에 의한 충격이 심할 뿐만 아니라 탑재장소의 면적이 민수선박에 비해 협소하고 기관실의 주위온도가 높은 환경에 설치되어도 충분한 내구성을 유지해야 하므로 민수선박에 탑재되는 장비에 비해 내충격성, 내진성 및 내후성을 엄격하게 요구하고 있는 실정이다. 그러나 최근 국내 조선기술의 발달과 조선기자재 제품기술이 크게 향상되고, 해상인명안전협약(SOLAS)과 해양오염방지협약(MARPOL) 등 국제해사기구(IMO)의 지속적인 규제강화로 함정을 포함한 민수선박의 구명 · 소화장비, 항해장비, 해양오염방지장비 등의 성능개선과 신제품 개발로 미국해군의 경우 이들 제품을 대부분 민수전환하면서 이들 장비와 관련된 국방규격을 폐지하고 있는 실정이다. 비무기체계 탑재장비의 구성은 그림 1에 보이는 바와 같이 추진동력을 발생시키는 기관장비, 동력전달장치를 거쳐 프로펠러에 연결하여 이를 구동하는 추진장치, 동력장치의 운전을 제어하고 전기를 발생시키는 전기 · 전자장비, 항해 · 통신장비, 정박이나 계류 또는 하역에 사용되는 갑판장비, 거주구역의 냉동 · 공조, 소화 및 구명설비 등의 선체장비로 구성된다.

함정 탑재장비는 추진기를 구동하는 동력기관을 포함하여 450 500종의 조립제품으로 구성되고, 건조비용 가운데 60 70% 이상을 차지하는 복합 산업(기계, 금속, 전기, 전자, 화학, IT 등)이며, 이들의 종류는 표 1에 보이는 바와 같이 설치장소에 따라 대분류, 용도에 따라 중분류로 구분하고 있다.

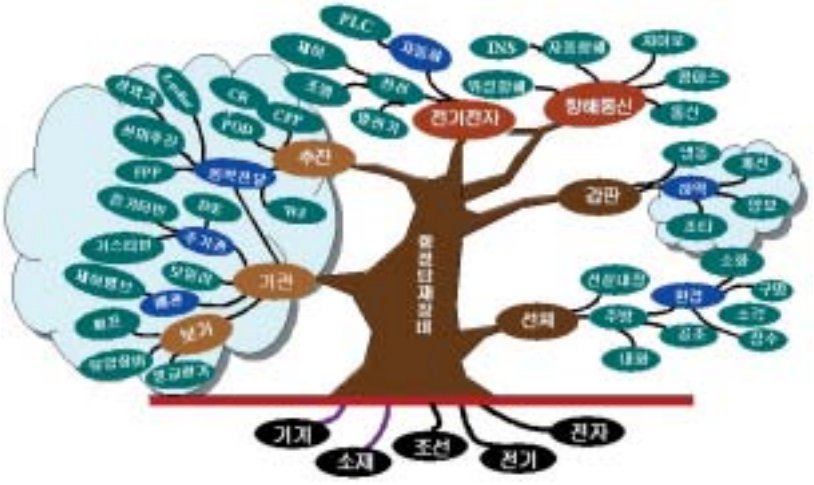

그림 1. 비무기체계 함정탑재장비 계통도

표 1. 비무기체계 함정탑재장비의 대표 품목

대분류	중분류	소분류
기관	엔진·동력전달장치	주기관, 발전기엔진, 과급기, 감속기어, 역전장치
	보조기계	열교환기, 보일러, 펌프, 압축기, 통풍기, 분리기, 여과기 등
	추진 장치	프로펠러, 추진축, 보조 추진 장치, 스러스터
선체	금속 · 소재 · 화공	강판, 형강, 주강, 단조강, 용접재료, 화공약품, 도료
갑판 의장	조타장치	Steering unit, Rudder
	계선장치	Anchor, Winch & Windlass, Anchor chain
	하역장치	크레인, Davit, Cargo Winch, Block
	안전 및 거주설비	구명정, 구명동의, 소화 장치, 위생기구, 거주설비
전기 항해	동력 및 배전장치	모터, 건전지, 변압기, 분배전반, 기동반
	항해 및 통신장치	RADAR, INS, AIS, GMDSS, SSB, VHF, GPS, 자기 콤파스
	조명 및 배선장치	조명등, 항해등, 전선, 케이블, 배선기구
	제어 및 계측장치	원격제어장치, 엔진제어장치, 하역제어장치, 속도측정 장치 및 센서 류

이들 비무기체계 탑재장비와 관련된 설계 전산화와 소재 및 전자산업의 기술 고도화로 대부분 민수전환이 되고 있는 시점에서 이들 장비에 적용되는 국방규격을 국제규격에 부합되고 조립제품에 적용될 수 있는 성능기준 중심의 민군겸용 통일규격으로 제정하는 것은 생산업체의 전문화를 유도하고, 유사기종의 시리즈 생산이나 설계표준화가 가능하여 업체별 조달단위 증대와 생산성을 향상시킴으로써 제조원가 절감에 의한 국산화율 증대와 시장 확대에 의한 조선기자재산업의 활성화를 가능케 할 것이다. 함정탑재장비의 규격통일화를 위해서는 성능 및 품질인증 등의 확인이 어느 정도 필요하지만 실제 함정탑재장비와 민수장비가 국내 생산기술의 향상으로 성능차이가 거의 없는 경우가 많아지고 있다. 그러나 무기를 갖추고 전투력을 유지해야 하는 함정에 탑재되는 장비는 충격, 진동, 소음 등의 특수환경시험을 통한 성능보장을 요구하고 있어 시험경비의 증대와 과도한 시험기준 적용으로 납품가

격을 상승시키고, 납품실적을 중시하기 때문에 신제품에 대한 수입대체가 어렵고, 국산제품은 표준장비에 한정되고 있는 실정이다. 따라서 통일규격을 제정함에 있어 함정의 크기, 용도, 장비의 설치위치 및 방법에 따라 특수환경시험의 기준을 적절하게 조정하고, 장비를 실선에 탑재한 후 현장에서의 운용실태 및 정비실적을 면밀히 검토하여, 성능시험기준에 대한 기술적 개선방안을 강구하여야 할 것이다.

2. 사업목표 및 내용

본 사업은“ 함정탑재장비 규격통일 및 민수장비의 통합방안 ”에 대한 것으로 함정의 작전임무를 중심으로 함정에 탑재된 장비를 기능별로 체계화하고, 민수선박의 경우와 비교하여 상이한 점을 분석하여 함정 및 민수선박의 탑재장비에 대해 시스템상의 기능이 유사한 경우 성능기준을 통합하는 것을 검토하였다. 국내외 함정 및 민수선박 탑재장비의 성능시험기준을 비교분석하는데 있어 함정 및 상선장비의 구매사양서와 기술 자료 및 제작업체 현장에서의 애로사항을 수렴하여 검토대상품목의 성능시험 규격이 통합 가능한지를 검토하여 통합이 불가능한 것은 국방규격으로 유지토록하고, 통합이 가능한 경우에 조선분야 산업규격이 없는 경우 KS 제정, 산업규격이 있는 경우 KS 개정, 산업규격과 유사한 경우 KS 전환의 형태로 통일규격을 제안하였다. 본 사업의 년차별 목표 및 연구범위는 표 2와 표 3과 같이 정리된다.

- 검토대상 국방규격의 통일규격 제정, 개정, 전환, 폐지 혹은 유지로 구분하여 제시
- 국내 실정에 맞는 함정장비에 대한 통일규격(안) 제시
- 상세규격 보다는 국제규격에 부합하는 성능규격으로 규격체계 전환, 대표품목 특수시험 확인

함정탑재장비 규격통일화사업 수행을 위해 그림 2와 같이 국방부(품질관리소, 해군, 조달본부), 해양수산부(KR), 산업자원부(기술표준원), 학계, 업계의 전문가로 구성된 기술자문단에서 규격통일화 방향, 대상품목선정, 연구결과에 대한 기술자문, 관련규격 및 기술자료 수집을 위한 창구를 확보하고, 도출된 통일규격(안)에 대한 정부기관, 관련단체 및 제작자들의 의견 수렴으로 미비점을 보완하여 국방품질관리소에 제출하고, 기술표준원에서 심의하여 KS 제 · 개정규격으로 등록되도록 하였다. 통일규격으로 전환된 국방규격과 관련된 재고번호는 조달본부와 해군군수본부에서 통일규격으로 연계시켜 향 후 군수조달에 차질이 없도록 하였다.

표 2. 년차별 국방규격 통일화 목표

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
• 검토대상 품목	• 각종 펌프	• 소방장비 • 안전장비 • 공기조화장비 • 구명장비	• 전력/제어장비 • 조명/배선장비 • 항해/통신장비 • 크레인	• 기관장치 • 추진시스템 • 보조기계 • 갑판기계
• 통일화 목표				
– 대상 국방규격	11종	10종	10종	10종
– 규격 통일화	5종	5종	5종	5종
– KS 상정안	5종	5종	5종	5종
– 시험 분석	–	소화펌프 1종	항해등 1종	어과기 1종
– 경제성 분석	–	29종	70종	15종

표 3. 년차별 연구범위 및 내용

년차별	연구범위 및 내용
1차년도 ('00. 8 ~ '01. 7)	• 검토대상 품목에 대한 국방규격(25종) 및 관련자료 분석 · 정리 • 펌프 관련 국방규격 정비 25종 및 통일규격 5종 도출 후 KS 상정
2차년도 ('01. 8 ~ '02. 7)	• 검토대상 품목에 대한 국방규격(45종) 및 관련자료 분석 · 정리 • 구명 · 소화장비 관련 국방규격 정비 45종, 통일규격 16종 KS 상정 • 소화펌프 1종 성능시험 및 관련품목 가격조사 50종 및 경제적 효과분석
3차년도 ('02. 8 ~ '03. 7)	• 검토대상 품목에 대한 국방규격(229종) 및 관련자료 분석 · 정리 • 전기장치 · 크레인 관련 국방규격 정비 144종, 통일규격 24종 KS상정 • 항해등 1종 성능시험 및 관련품목 가격조사 90종 및 경제적 효과분석
4차년도 ('03. 8 ~ '04. 7)	• 검토대상 품목에 대한 국방규격 및 관련자료 분석 · 정리 • 검토대상 품목 관련 국방규격 320종 정비 및 통합, 여과기 시험, 가격조사

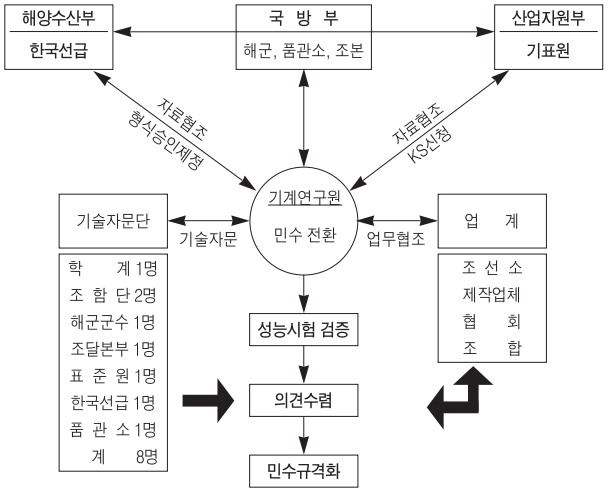

그림 2. 함정탑재장비 규격통일화사업 추진체계

기술적 접근방법으로는 함정탑재장비 가운데 민군겸용이 용이한 장비의 기술 자료를 확보하고 민수선박의 탑재장비 특성과 비교 · 분석하여 규격통일화를 위해 대상품목을 선정하고, 당초계획에서 변경된 내용을 Master Plan에 추가하였다. 국방규격에 인용된 민간규격으로 IMO규격과 IEC 등의 국제규격의 기술적 내용이 크게 변화되고 있어, 이들 규격에 새롭게 적용되는 성능시험기준 등을 확보하여 이를 국방규격 통일화에 반영되도록 노력하였다. 그리고 대상품목에 적용되는 국방규격이 없는 경우에는 관련 장비의 구매 사양서를 민 · 군 겸용이 가능한 국제규격 수준의 통일규격으로 규격화 하였다.

3. 국내 함정탑재장비 산업의 기술개발 전망

함정탑재장비는 민수선박의 조선기자재에 해당하며, 이들 장비를 생산하는데 필요한 기술 가운데 부품 · 소재

기술과 전기 · 정보통신기술은 극소, 극한, 초경량, 고기능, 고성능의 특성과 환경 친화성, 안전 및 편리성을 높이는 방향으로 발전하는 추세이며, 전자 · 정보통신기술의 발달로 각종 기계부품의 전자화와 부품 · 소재기술의 융합화 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 국내 조선공업은 지난해 수주량을 40% 정도 점유하여 세계 1위라 할 수 있으며, 여기에 탑재되는 저속 대형엔진의 생산량도 세계시장 60%를 점유하는 조선강국이라 할 수 있다. 그러나 주력 선종인 화물선과 유조선은 저임금으로 세계 조선시장의 강력한 경쟁국인 중국의 조선산업에 대한 전략적인 육성 정책으로 수주량이 감소되고 있지만, 부가가치가 높은 컨테이너선이나 LNG선의 수주량은 크게 신장되고 있다. 그러나 우리나라 조선 및 기자재산업을 발전시키기 위해서는 기술개발의 고도화, 국제협력을 통한 통상문제 해결, 내수기반 확충, 조선 군집화(shipping cluster), 조선기자재 산업의 선진화가 필요하다. 조선기술로는 크루즈급 고속 여객선과 같은 고부가선박의 건조를 위해 요구되는 추진성능과 선체의 진동저감기술, 운항 중 발생되는 소음의 저감기술, 설계전산화(CIMS)기술 등의 설계기술과 선체가공 및 조립을 위한 Network를 구성하여 이를 활용하는 기술과 작업현장에 로봇을 도입하는 생산 · 공정기술을 들 수 있으며, 탑재장비기술로는 국산화율이 저조하고 성능향상이 요구되는 통합항해장치(INS), 통합선교장치(IBS), 추진기를 구동하는 가스터빈, 동력전달장치, 전자제어 대형디젤엔진, 이중연료 연소엔진, 대형보일러, 운전자동화 및 무인화를 위한 자동제어장치와 통합제어시스템(IAS), 선복량 증가에 따른 항내 안전운항을 위한 항만관제시스템 전산화, 해저광물이나 석유탐사를 위한 심해저 탐사선, 심해저잠수정을 국산화하기 위한 설계 · 제작 · 시험평가기술을 들 수 있다.

21세기에도 지속적인 조선강국의 입지를 구축하기 위해서는 여객선, 초대형 컨터이너선, LNG/LPG선, 초고속선, 초전도선, 고성능 어선, 다목적 작업선, 해양탐사선, 해상저장시설(FPSO) 등의 고부가 신형식선박의 건조기술과 이들 선박이나 해양구조물에 탑재되는 기자재 관련기술인 소재 및 핵심 요소부품기술 수준이 매우 미흡하기 때문에 시급하게 개발이 요구되는 기술을 분야별로 구분하여 요약하면 아래와 같다.

1) 동력기관

함정에 탑재되는 디젤엔진은 경량화 추세와 설치장소의 제한 때문에 중 · 고속 4행정 엔진이 대부분이므로 IMO와 미국 환경청(EPA) 등의 배기가스 NOx 배출량 규제치인 9.8g/kW · h를 유지할 수 있도록 국내 엔진제작자들은 저 Emission, 고효율, 경량 및 고출력 엔진 개발을 목표로 경량화 설계, 첨단소재의 적용 및 전자제어를 통한 시스템의 디지털화, 연소, 구조 · 진동, 윤활 분야의 이론적 해석 및 제어분야 등의 기초기술을 컴퓨터 시뮬레이션과 시작품의 시험을 통해 연구개발을 진행하고 있다. 외국의 경우 MAN B&W, Wartsilla NSD 등은 자동차 엔진에서 많이 채용되고 있는 전자제어 Common Rail형 연료분사 시스템, 흡배기 및 시동밸브 시스템을 캠축 구동방식으로부터 전자제어방식으로 전환하는 방법을 실용화하고 있다. 크랭크 축이나 크랭크 핀을 지지하는 메탈 베어링은 엔진의 출력증가와 고속화에 적합하도록 화이트메탈 대신 알루미늄 합금으로 대체하고 있다.

국내 주력 전투함으로 건조되고 있는 KDX - III 구축함에 탑재되는 가스터빈 구동 발전기는 국내에 관련기술을 보유하고 이를 생산하는 제작사가 없기 때문에 미국해군이나 일본 자위대의 구축함에 공급한 실적이 있는 스위스 롤스로이스사로 하여금 AG - 9140RF 모델인 가스터빈(4천만$/대) 9대를 삼성테크윈과 공동으로 현대중공업에서 건조 중인 3척의 함정에 1 7호기는 롤스로이스사가 직접 공급하고, 나머지 가스터빈인 8호기부터는 삼성테크윈과, 교류발전기는 현대중공업과, 프로펠러는 두산중공업과 기술협력 하에 생산 공급할 계획이다.

2) 추진 장치

주기관으로 직접 추진기를 구동하는 대신 추진장치 본체의 내부에 설치된 전동기로 추진기를 구동하는 추진시스템으로서 추진효율과 조향성능이 뛰어나고 연료를 10 15% 정도 절감할 수 있는 지주(pod)형 추진장치를 고속훼리나 함정에 탑재하는 추세이며, 이것은 중 · 고속 디젤엔진이나 가스터빈 등의 동력시스템, 발전기, 차단기, 변압기 및 제어반으로 이루어지는 전기시스템, 전동기 및 프로펠러로 구성되는 구동시스템 및 회전수 변경, 전 · 후진 운전을 제어하는 제어시스템으로 구성되기 때문에 전기제품 제작사와 감속기어나 추진기 등의 기계부품 제작사가 공동으로 제작하는 형태를 취하고 있다. 이들을 제작하는 업체로는 ABB + KMY (핀란드), ALSTOM + KAMEWA (핀란드), Siemens + Schottel Propulsor (독일), STN + LIPS (네덜란드) 등을 들 수 있다.

워터제트 추진장치는 한국기계연구원과 한국해양연구원에서 산업자원부의 산기반사업과 민군겸용기술개발사업으로 각각 500마력 급과 함정용 5,000마력 급을 개발하였으며, 가솔린엔진 구동 30마력 급 선외기를 대동산업 기계에서 개발하여 경정 추진장치로 공급한 바 있다.

3) 선체의장시스템

SOLAS 강화에 따라 선박의 소화장치로부터 배출되는 소화제로 인하여 대기환경이나 해양오염을 방지하기 위해 할로겐화물의 사용을 금지하고 있기 때문에, 고속배출 폼 소화기와 미수분무 소화장치를 개발하여 2002년 7월 이후 건조되는 선박에 탑재하고 있다. MARPOL에 의한 유수분리기의 유분농도기준은 2005년 1월부터 100PPM으로부터 15PPM 이하인 경우에만 허용된다. 함정이나 민수선박에 탑재되는 인명안전, 해양오염방지 관련 장비에 대한 성능은 IMO, ISO, 국제 선급단체 연합회(IACS), 정부형식승인 시험기준 등의 기준강화로 대부분 민수 전환되고 있다. 해상인명안전협약(SOLAS Ch.II - 2 Reg. 10. 5. 6)에 따라 선박의 소화장치로부터 배출되는 소화제로 인한 대기환경이나 해양오염을 방지하기 위해 할로겐화물의 사용을 금지하고 있다. 이와 같이 신형식 소화장치를 의무적으로 탑재하는 것을 계기로 대부분 수입에 의존해 오던 고속배출 폼 소화기와 미수분무 소화 장치의 국산개발을 추진하고 있다. 미분무수 소화설비는 선박의 기관실에 국지소화설비의 개념으로 2002년 7월 이후 건조되는 선박에 IMO MSC/CIRC. 668기준에 적합한 제품을 의무적으로 탑재토록 하고 있다. 그리고 고팽창 포 소화설비는 차후 5년 이내에 국내 및 해외의 모든 선박에 많이 탑재될 것이다.

함정이나 민수선박은 선체를 대부분 구조용 강판으로 제작하므로 해수에 접촉할 경우 부식이나 해조류의 부착을 방지하기 위해 음극방식장치(ICCP)와 해조류부착방지장치(MGPS)를 탑재하고 있다. 이것은 종래에 사용하여 오던 납성분이 함유된 페인트의 사용을 IMO의 해양오염방지협약에 따라 금지하고 있기 때문에, 선체부식이나 해조류 부착에 의한 속도저감을 방지하기 위해 필수적으로 탑재되어야 할 장비이므로 최근에 건조되는 KDX - II나 LPX에 채용되고 있다.

4) 항해통신장비

멀티미디어 및 통신기술의 발달에 따라 2002년 7월부터 원양을 항해하는 모든 선박에 국제안전관리장치(ISM Code), 항해자료 자동기록기(VDR)와 2만 톤 이상의 선박에는 선체응력 감시시스템을 이미 설치하도록 하고 있으며, 이후에 건조되는 여객선 및 화물선에는 자동인식장치(AIS)를 탑재해야 한다.

종합항법시스템은 선박정보의 집약화와 표시를 국제적인 규격에 맞도록 국내 개발이 완료되었으나, INS의 기

능이 없기 때문에 위성통신을 이용한 선박과 육상의 안전운항지원시스템, 자동항해, 충돌 및 좌초방지 지원시스템의 기능을 갖는 종합운항시스템을 개발하고 있다. 여기에 연결되는 항해장비는 종합항법장치, VDR, ECDIS 등이 실용화되어 있지만, 정보의 집약과 판단 기술은 그 적용 범위가 너무 다양하기 때문에 부분적으로 연구 차원에서 적용되고 있는 실정이다.

항해통신장비 관련기술은 인공위성을 매개로 한 통신기술과 디지털기술의 결합으로 선박 항해의 원격제어를 가능하게 할 것으로 예상되며, 이에 따른 고속멀티미디어 지원 통신과 선박의 자율항해를 가능하게 하는 통합형 자율 항해기술(예를 들면, 가상 통합항해사)의 개발을 서두르고 있다. IMO 안전항해 국제협약에 따라 모든 원양선박은 국제안전 관리장치(ISM Code), 항해자료 자동기록기(VDR), 자동인식장치(AIS), 비상위치 발신기(EPIEB)를 탑재하고 있으며, SOLAS에 의한 수색구난 통신기(SART)를 2004년 7월1일부터 팽창식 구명뗏목 4척당 1대씩 뗏목 내부에 설치하고 이것의 안테나 높이는 수면에서 1m 이상이 되도록 해야 한다.

4. 함정탑재장비 관련규격 현황

KS규격은 적용범위, 인용규격, 구조 및 성능, 제조 및 가공, 시험기준, 호칭방법 및 표지, 부속서, 부표, 해설서 등으로 구성체계를 유지하고 있어 국방규격의 적용범위, 인용규격, 설계도면, 제조 및 가공, 구조 및 성능, 시험기준, 포장 및 표지, 부속서 등의 구성체계와 다소 상이하고, 단위표시를 SI 단위로 통일하고 있으며, 2000년 이후 ISO, IEC, IMO 등의 국제규격을 KS규격으로 제정하여 부합화를 시도하고 있다. 특히 인명구조, 항해안전, 해양오염방지 관련 장비에 대한 정부형식승인 기준은 IMO의 해상인명안전협약, 해양오염방지협약 등의 국제협약을 토대로 하고 있다. IMO의 국제협약 제정을 위한 관련단체 및 기구의 계통은 그림 3에 보이는 바와 같이 선박의 전기장치에 대해서는 IEC와 긴밀하게 협조하고 있으며, ISO TC8(선박해양기술위원회)와 협조하고 있다. 탑재장비와 관련된 ISO/TC8의 분야별 소위원회는 SC3(배관, 기계), SC4(의장, 갑판), SC5(조타), SC6(항해), SC7(연안선박), SC10(전산), SC11(안전)을 들 수 있다. 이들 국제규격은 함정에서의 인명구조, 위성항해, 소방, 해양오염 등에 관련되는 탑재장비의 성능기준으로 널리 활용되고 있으며, 미국 해군의 경우 이들 장비와 관련된 국방규격은 대부분 폐지한 바 있다.

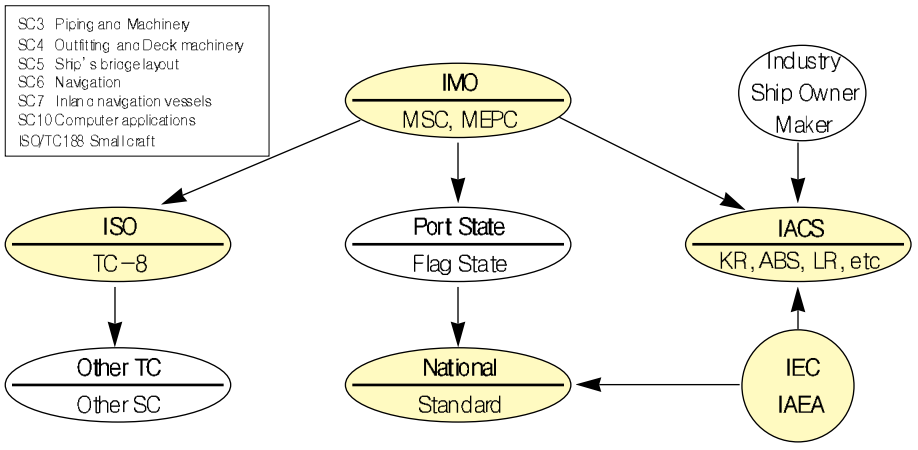

그림 3. 선박에 관한 국제협약제정 계통도

1) KS규격

우리나라의 대표적인 산업규격이라 할 수 있는 KS규격은 2003년 12월말 기준 18,014종으로 집계되고 있으며, 최근 3년간의 증가추세는 19 26% 정도이고 형태별 분포는 표 4와 같다. 이들 가운데 함정탑재장비와 관련이 많은 조선분야(KS V)는 538종이고, 장비의 용도별 구분으로 기관분야가 27.1%로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 지난 4년간의 국방규격 통일화사업과 ISO 부합화로 인하여 제 · 개정된 KS규격은 2000년 이전에 비해 70 80% 증가하고 있다.

표 4. KS규격 보유현황

KS 형태별	제품 규격		방법 규격		전달 규격	
18,014종	6,422 (35.7%)		6,383 (35.4%)		5,209 (28.9%)	
	제 정	개 정	확 인	폐 지		
	3,142	1,518	600	304		
KS V 용도별	일 반	선 체	기 관	전 기	항 해	ISO 부합화
583종	87(14.9%)	130(22.3%)	158(27.1%)	81(13.9%)	5(0.9%)	122(20.9%)

2) 정부 형식승인 기준

13개 부처에서 제정한 1만5천여 종의 부처별 정부규격 가운데 선박에 탑재되는 구명 및 소화기구 이외에 앵커, 체인, 로프, 고압가스용 밸브, 내연기관, 선외기, 선내기, 오수처리장치, 유수분리기에 대한 해양수산부의 형식승인 기준을 들 수 있다. 이들 규격은 대부분 IMO의 해상인명안전협약 및 해양오염방지협약을 근거로 하여 제정된 것이다.

3) 한국선급(KR) 규칙

(사)한국선급에서는 선급기술규칙을 제정하여 선박, 해양구조물 및 관련기기에 대한 선급등록 및 검사를 시행하고 있다. 동 선급은 국제선급단체협의회(IACS)에 가입하고 있기 때문에 국내에서 활동하고 있는 외국의 선급단체인 ABS(미국), NK(일본), BV(프랑스), DNV(노르웨이), GL(독일), LR(영국), RINA(러시아) 등의 주요 조선공업국의 선급단체 규칙과 유사하며, 최근에는 국제선급단체협의회의 통일규격을 적용하는 추세이므로 전 세계적인 선급규격으로 인정되고 있다. (사)한국선급의 선급기술규칙에는 선급등록 및 검사를 시행하기 위하여 제정된 기술규칙을 적용함에 있어, 별도로 규정할 필요가 있을 때는 적용지침을 제정하여 기술규칙과 구분하고 있다. 이것은 함정탑재장비에 적용되고 있는 국방규격과 별도로 장비제작자가 제출하는 품질규격서로 구분되는 경우와 같다. 이들 규칙은 탑재선의 선체재료에 따라 강선과 FRP선으로 구분하고, 선박의 종류에 따라 여객선, 전용선(유조선, 산적화물선, 이중선체 유조선, 액화가스 운반선), 어선으로 구분하지만 대부분의 검사대상 선박이 강선이며, 어선의 경우에는 선박검사기술협회에서 별도의 규칙을 채택하고 있다. 한국선급의 선급기술규칙 가운데 강선규칙의 구성은 선급등록 및 검사, 재료 및 용접, 선체구조, 선체의장, 기관장치, 전기설비 및 제어설비, 전용선박, 방화구조 및 소방 설비, 냉장장치 및 하역설비, 소형강선의 선체구조 및 의장으로 되어 있다. 이들 규칙은 장비의 성능향상과 검사기술의 개발, IACS 규칙개정, 국제해사기구(IMO, SOLAS)의 기준강화, 각 선급단체의 검사절차 간소화 추세에 따라 매년 수정 보완되고 있다.

4) 미국 국방규격

일반사양서(General Specification)를 중심으로 전체적인 규격이 정의되어 있고, 세부적 사항은 미국 국방규격, 미국 해군규격을 보완하여 적용할 경우에 연방정부 규격이나 민수규격을 활용하는 체계로 운용되고 있다. 이들 규격은 군사표준서(Military Standard), 군사규격서(Military Specification), 기타문서로 구성되어 있으며 미국 해군규격은 조함설계표준, 설계 자료집, 기술 설명서, 설계편람 등으로 구분된다. 우리나라 국방규격에 인용된 미국 국방규격 가운데 40% 정도가 비활성 내지는 Reform에 의해 폐지된 것으로 나타났다.

5) ISO 규격

ISO는 1947년에 설립되어 130여개 회원국으로 구성된 기구이며, 전기 전자 분야를 제외한 모든 분야의 규격을 제정하고 있다. ISO업무는 184개 기술위원회에 의해 수행되며, 이들의 목표는 표준의 개발 증진과 국제적으로 통용되는 상품과 서비스의 시설을 세계적으로 활성화시키는 것이며, 주요업무는 국가들 간의 동의를 얻은 세계표준을 출간하는 것이다. 세계화로 국가간 무역장벽이 없어지는 실정이므로 공업선진국들은 각자의 산업규격을 이 규격에 부합되도록 하고 있기 때문에 탑재장비와 관련된 KS V에서 120여종을 우리규격으로 제정한 바 있다.

6) IEC 규격

국제전기기술위원회(IEC: International Electro - technical Commission)는 1906년에 설립되어 전기 · 전자분야에 관한 국제규격의 통일과 협조를 촉진하는 기관으로 현재 51개 국가위원회로 구성되어 있으며, ISO규격으로 다루지 않고 있는 전기 · 전자 · 통신 분야의 규격으로 이들이 정한 규격은 각국의 산업규격에 인용되고 있다.

7) IMO 규격

유엔 산하기구인 국제해사기구(IMO)의 안전항해 및 해양오염 방지장치와 관련된 SOLAS와 MARPOL은 IMO가 설립된 이후 20　28회 개정되어 현재까지 원양항해 선박에 적용되고 있다.

① SOLAS 1974

이 협약은 1960년 해상인명안전협약을 전면 개정하여 대체한 협약이며, 1988년에는 세계 해상조난 및 안전제도(GMDSS) 관련사항을 포함시키고, 1992년에 협약의 제16장을 전면 개정한 바 있으며, 1994년에는 새로운 제9장을 채택(ISM code)하여 1998년 7월 1일에 국제협약으로 발효되었다. 1995년 여객선 안전강화(roll - on roll - off 여객선)에 관한 것으로 우리나라는 이를 수락하여 1997년 7월 1일부터 국내에서 발효시켰다.

② MARPOL 1973/78

이 협약은 1954년의 해양오염방지협약을 대체하여 부속서 1에 반영하고 1978년 2월 17일에 채택하여 1983년 10월 2일 발효시켰다. 그 후 특별해역 추가 등 20회 이상의 개정을 거쳐 기름, 유해액체물질, 포장형태, 이동식 탱크 또는 도로 · 철도용 탱크차로 운송되는 유해물질, 하수, 폐기물에 의한 해양오염과 선박의 배기가스에 의한 대기오염에 대한 규제를 내용으로 하고 있다.

8) 국방규격

2003년 12월 현재 국방규격의 보유현황은 표 5에 보이는 바와 같으며, 이 가운데 육군에서 제정하거나 육군에

서 사용하는 장비와 관련된 국방규격이 50% 이상을 차지하고 있다. 국방규격은 관련되는 장비의 성능 보다는 재료, 표지 및 포장에 대한 비중이 크게 나타나고 있어 개발이 완료되어 유지보수를 위해 조달되는 부품이나 조립체의 성능확인에 적합한 국방규격의 활용이 어렵기 때문에 군수품 조달을 위해 별도의 구매요구 사양서를 추가로 작성해야만 하였다. 더욱이 국방규격 가운데 MIL - Spec Reform에 따라 민수 전환된 경우 이들 인용규격이 폐지되거나 신기술 개발에 의해 공급되는 신제품일 때는 국방규격의 적용이 불가능하게 되어 국방규격의 20% 이상이 비활성규격으로 조사되고 있다.[8]

표 5. 국방규격의 제정기관별 보유현황

국과연(품관소)	조달본부	육 군	해 군	공 군	총 계
2,343(24.3%)	1,590(16.5%)	2,988(30.9%)	1,776(18.4%)	954(9.9%)	9,651종(100%)

자료 : 국내외 규격조사 분석 보고서(국방부, 연구보고서 2003. 8)

함정장비는 민수장비와 비교해서 내진성, 내식성, 내구성 및 내후성 등은 크게 차이가 없으며, 특히 구명, 소화 및 해양오염과 관련되는 장비는 민수선박에서 적용하고 있는 IMO기준을 함정에서도 적용해야만 원양항해가 가능하다고 할 수 있다.

최근에 제정되고 있는 국제규격이나 산업규격 또는 정부형식승인기준은 조립체 위주의 성능형 규격이며 국방규격도 점차 이러한 추세로 나타나고 있다. 따라서 본 사업을 통하여 도출되는 민 · 군겸용 통일규격은 비무기 체계에 해당하는 함정장비와 관련된 부품위주의 국방규격을 통합하여 ISO, IEC, IMO 등의 국제규격에 부합되는 조립체 위주의 성능형 규격으로 제정하고 있는데, 이것은 표 6에 보이는 바와 같이 성능형 규격의 장점에 기인된 때문이라 할 수 있다.

표 6. 성능형 규격과 상세형 규격의 비교

구 분	성능형 규격	상세형 규격
적용범위	제품의 모든 형식을 포함	단일 형식의 제품에만 적용
인용규격	시험방법 위주, 최소인용, 완제품	설계 위주, 재료 및 부품 중심
필요조건	일반 최소요구사항, 최저성능기준, 재료, 치수, 공정 : 사양서에 따름	요구사항이 많고 자세함, 설계형, 재료, 치수, 공정 : 지시사항 명확
검사방법	계약 당사자간 협의, 초도품에 대한 검사는 매우 엄격	성능형 규격과 유사, 초도품에 대한 검사 최소화
포장방법	제작자 사양 존중, 최소 요구사항	발주자 요구사양 중심

5. 충격시험기준 비교검토

함정탑재장비와 민수장비와 큰 성능차이를 보이는 특수 환경시험기준 가운데 가장 중요한 성능기준은 충격시험기준이며, 기계적 충격과 수중폭발을 이용하는 MIL - S - 901D, 전자기적 충격을 이용하는 MIL - STD -

202G(방법 213) 및 MIL - STD - 810F(방법 516.5) 등의 미국 군사규격과 전자기적 충격과 동역학적 해석방법을 이용하는 BV 043의 독일 군사규격을 들 수 있다. 이 가운데 국내 국방규격의 충격시험기준으로 가장 많이 이용되는 것은 기계적 충격과 수중폭발을 이용하는 MIL - S - 901D, 유한요소 구조해석 전산프로그램을 이용한 동역학적 해석방법(DDAM)이라 할 수 있지만 표 7에서와 같이 여러 가지 장단점을 갖고 있기 때문에 탑재장비에 과도한 충격하중이 적용되지 않도록 대책을 강구하는 추가적인 연구가 요구된다.

표 7에서 검토된 MIL - STD - 810F는 시험제품 중량이 250lbs 이하인 소형장비에 대하여 자유낙하시험과 충격레벨 20G 이하의 저 하중 충격시험에 대한 규정이고, MIL - STD - 202G의 방법 203C에 의한 낙하시험과 방법 213B에 의한 전자기적 충격시험은 소형 전기 · 전자제품에 한정된다. 따라서 중량이 50kg을 초과하는 함정탑재장비에 대한 충격시험은 대부분 미국해군연구소(NRL)에서 제안한 MIL - S 901D의 충격시험방법을 적용하고 있다.

표 7. 충격시험기준의 장단점 비교

충격시험기준	장 점	단 점
MIL-S-901D - 기계적 충격파형 (경량하중, 중량하중) - 수중폭발 (5500lbs 이상 대형 중량물)	시험제품 중량별 충격 하중 구분 명확 실선 탑재 혹은 모의시험 선택 가능	보조함, 갑판설치 장비의 충격치 가혹 시험절차 복잡, 시험경비 과대
MIL-STD-810F (Method 516.5) - 기계적(낙하)/전자기적 충격파형	용도별 충격치 구분, 낙하<250lbs Q≥10일 때 랜덤 진동으로 충격 대체	충격레벨 제한(기능시험 20G 이하)
MIL-STD-202G (Method 203C/213B) - 기계적(낙하)/전자기적 충격파형 -고 충격(기계적 충격파형)	고 충격: 함정장비는 MIL-S-901D 적용 저 충격:전자기적 충격, 낙하시험	MIL-S-901D 와 동일 충격시험기 용량, 충격레벨 제한
BV 043 - 충격시험방법 / 종류(전자기/ 기계/계산)	충격 시험방법 선택 제한없음, 저비용 시험품 탑재 함, 위치별 충격치 조정	시험제품 설치대의 영향 제거 미흡 시험제품/설치대 모드별 해석 불가
KS 0818 - 기계적(낙하)/전자기적 충격파형	시험 품의 엄격 도별 충격치 조정 가능 시험절차 간단, 시험비용 저렴	시험장비 용량한계로 소형경량에 제한 최대충격 50G로 제한, 시험회수 9회
DDAM - 유한요소 구조해석, 동역학적 모델가능 - 5차 이하 모드 해석	제품 중량제한 없지만 경험치 영향 큼 수중 폭발에 비해 비용 절감	모델 복잡, 고도의 구조해석기술요구 비선형재료, 복잡한 구조물 오차 큼

그러나 독일해군의 충격시험기준 BV043에서와 같이 수상 전투함, 소해함, 보조함, 잠수함 등의 함정 종류와 크기 및 탑재장비의 설치장소(선체 벽 내 · 외부, 선체 내부 구조물, 갑판 등)에 따라 충격레벨을 조정하지 않고 단지 시험품의 중량에 따라 충격레벨을 조정하고 있다. 수상함의 갑판에 설치되는 장비와 잠수함의 선체벽에 설치되는 장비의 충격레벨을 표 8 및 표 9에 보이는 바와 같이 DDAM이나 BV043의 경우 1/10 정도로 차등화 하는 것으로 보아 중량에 따라 충격헤머 높이를 조절하는 MIL - S - 901D에서는 시험제품에 과도한 충격하중을 적용하므로 장비의 제조원가를 크게 증가시키고 시험경비를 높이는 결과를 초래하고 있다. 더욱이 수중폭발을 이용하는 고 하중 충격시험은 국내에서 건조되는 함정의 규모나 시험설비로 보아 적용하기 어려운 실정이다.

따라서 중량이 50kg 이내로 가벼운 탑재장비의 충격시험은 전자기적 충격파에 의한 충격레벨을 이용하고 이를 초과하는 경우에는 DDAM이나 BV 043의 이론적 계산방법을 적용할 필요가 있다. 이 때에 시험품을 선체나 구조물에 조립되도록 하는 설치대의 주파수별(모드별) 충격레벨 분포를 충분히 검토해야 한다.[5, 17]

표 8. 독일해군 수상함과 잠수함 탑재장비 충격레벨 기준(BV 043)

함정 \ 조건	충격방향	설치장소	충격레벨(G) 1G=9.8m/s²
수상함 > 2,000톤	수직방향	선체 벽	287.8
		선체구조물, 기관실	142.9
		갑판	86.7
	수평방향	선체 벽	255.1
		선체구조물, 기관실	86.7
		갑판상	51.0
소해함	수직방향	선체 벽, 선체구조물	287.8
		갑판	132.7
	수평방향	선체 벽	255.1
		선체구조물, 기관실	173.5
		갑판	86.7
수상함 < 1,000톤	수직방향	선체 벽	186.7
		선체구조물, 갑판	86.7
	수평방향	선체 벽	142.9
		선체구조물, 기관실	51.0
잠수함 > 2,000톤	수직방향	선체 벽	408.2
		선체구조물, 기관실	204.1
	수평방향	선체 벽	357.1
		선체구조물, 기관실	122.4
	전후방향	선체 벽	178.6
		선체구조물, 기관실	61.2
잠수함 < 1,000톤	수직방향	선체 벽	377.6
		선체구조물, 기관실	190.0
	수평방향	선체 벽	331.6
		선체구조물, 기관실	112.2
	전후방향	선체 벽	165.9
		선체구조물, 기관실	56.1

표 9. DDAM의 탑재장비 설치 위치별 충격 설계치 비교

함정 종류	설치 위치	충격 방향			비 고
		상 하	좌 우	전 후	
잠수함	선체 벽	$1.0A_0$	$1.0A_0$	$0.4A_0$	A_0 : 선체 벽에서의 충격가속도(G)
	선체구조물	$0.1A_0$	$0.1A_0$	$0.04A_0$	$A_0 = 52[(480+\omega_a)/(20+\omega_a)]$
	갑판 상	$0.05A_0$	$0.05A_0$	$0.02A_0$	$\omega_a = g\sum_i (M_i \chi_{(\alpha)})^2 / \sum_i (M_i \chi_{(\alpha)}^2)$: 모드별 질량 $M_i, \chi_{(\alpha)}$: 각 지점에서의 i차 질량, 변위
수상함	선체 벽	$1.0A_0$	$0.2A_0$	$0.1A_0$	A_0 : 선체 벽에서의 충격가속도(G)
	선체구조물	$0.5A_0$	$0.2A_0$	$0.1A_0$	$A_0 = 40[(37.5+\omega_a)(12+\omega_a)/(6+\omega_a)^2]$
	갑판 상	$0.25A_0$	$0.25A_0$	$0.1A_0$	$\omega_a = g\sum_i (M_i \chi_{(\alpha)})^2 / \sum_i (M_i \chi_{(\alpha)}^2)$: 모드별 질량 $M_i, \chi_{(\alpha)}$: 각 지점에서의 i차 질량, 변위

자료 : NRL Memorandum Report 1396

6. 소 결론

상기와 같이 함정탑재에 대한 관련된 국방규격의 통일화사업에 대한 개략적인 소개, 탑재장비의 종류와 특성, 관련기술의 개발동향, 민 · 군 규격현황, 특수환경시험의 종류, 충격시험의 기준에 대하여 검토하여 보았다. 이들 함정탑재장비의 종류는 설치장소의 제한, 전투력 유지를 요구하는 관계로 육상 운송수단이나 산업플랜트에 설치되는 장비에 비해 경량화, 고출력화, 고속화, 내환경성을 보다 심각하게 요구하고 있으며, 세계 모든 해역을 항해할 수 있어야 하기 때문에 국제규격에 적합한 품질을 유지해야 한다. 대부분의 함정탑재장비는 진동 및 충격시험의 허용기준을 유지해야 하며, 특히 국내 건조되는 함정에 적용되는 충격시험기준은 미해군연구소(NRL)에서 제안한 기계적 충격시험기의 충격해머 높이를 시험대상 장비의 중량에 따라 조정하여 적용하는 MIL - S - 901D(고하중 충격시험)에 따르기 때문에, 독일해군에서와 같이 탑재장비가 설치되는 함정의 종류와 설치장소에 따라 충격레벨을 조정하고 전자기적 충격시험기를 사용할 수 있도록 함으로써 탑재장비의 충격레벨 최적화에 따른 제조원가 및 시험비용 절감, 납기의 단축 등이 가능할 것으로 판단된다. 충격시험기준에 대한 검토결과는 진동 및 소음시험기준과 더불어 다음 호에 연재되는 논문에서 상세하게 소개할 예정이다.

⚜ 참고 문헌

[1] 정균양, 이수목, 선박진동 평가기준에 관한 국제표준화기구(ISO)의 개정 동향, 技術現代, Vol. 18, No. 1, 1999

[2] 신윤길 외, 함정 탑재장비의 내충격성 평가, 옥포조선기술, 제2호, 통권 제52호, 2001

[3] 김극수 외, 선내 탑재 장비용 마운팅 시스템의 진동특성 평가 프로그램 개발, 옥포 조선 기술, 제1호, 통권 제51호, 2001

[4] George J, O 'Hara and etc., Interim Design Values for Shock Design of Shipboard Equipment, NRL Memorandum Report 1396, Feb. 1963

[5] BV043, Shock Resistance - Experimental and Mathematical Proof, Building Specification for Ships of the Federal Armed Forces, March 1985

[6] MIL - STD - 810F, Department of Defense Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, Jan. 2000

[7] MIL - STD - 202G, Department of Defense, Test Method Standard - Electronic and Electrical Component Parts, Feb. 2002

[8] 국방부, 민군규격통일화사업, 국내 · 외 규격조사 분석, 국방품질관리소 연구보고서 DQAA - 03 - 881 - R, 2003. 8

[9] 산업자원부, 선박부품 로드 맵 기술개발사업, 한국산업기술재단, 2003. 6.

[10] Blazek S.M., Philosophy in the Shock and Vibration Bulletin, No.23, pp25 30, 1956

[11] 해양수산부 고시 제2001 - 73호, 선박용 물건의 형식승인 및 시험기준 및 검정기준, 2002. 9.

[12] 한국선급, KR Rules & Trans Version 6.0 , 2002. 7.

[13] JIS C 3410, Cables and flexible cords for electrical equipment of ships('99)
[14] 해군 조함단, 함정의 소음/충격/진동 설계 및 관리 지침서, 2003
[15] NAVSEA 0908 - SP - 000 - 3010, Shock Design Criteria for Surface Ships, Sept. 1995
[16] Hartsough, K., The Navy Shock Qualification Process, Lecture Note of Tutorial Course in 73rd Shock & Vibration Symposium, 2002.

김 영 주

- 한국기계연구원 에너지기계연구센터 책임연구원
- 관심분야 : 내연기관, 회전기계 동역학, 진동제어
- E-mail : yjukim@kimm.re.kr