

함정의 품질 제고 방법론 연구

조만형* · 최봉완**†

*한남대학교 행정학과

**한남대학교 국방전략 대학원

A Study on Quality Improvement Methodology based on SE and M&S for Navy Ship Acquisition Process

Manhyeong Cho* · Bongwan Choi**†

*Department of Public Administration, Hannam University

**Graduate School of National Defence Strategy, Hannam University

Navy ship acquisition management business contributed to the Korean Navy and defense exports with government suppliers in Korea for over 40 years. But due to advanced technology, development trend of Navy ship and defense export requirements, it enable to make a contribution to a better system improvement are being demanded. In this paper, an adjective Navy ship acquisition process is presented in order to improve the acquisition process takes the first step for acquisition planning process to enhance the efficiency and rationality that is based on consensus of Navy ship expert and experienced. In addition, systems engineering (SE) and quality control (QC) techniques based on Modeling and Simulation are investigated to carry out efficient project management and scientific quality control system in Navy ship acquisition process. Finally, it is suggested to apply SE/QC based on M&S for Navy ship acquisition process using civilian infrastructure and organizations in order to take advantage of the world's leading domestic industry based on considering the difficult conditions of Navy ship suppliers.

Keywords : Navy Ship Acquisition, Acquisition Process Improvement, System Engineering and Scientific Quality Management based on M&S, and Civilian Agencies Utilizing

1. 서론

함정 건조 관련 세계방산 시장 환경은 축소와 통합 등 급격하게 변화되고 있는 추세이다. 유럽의 함정 수요는 축소되고 있으나 동남아와 인도양 주변 국가는 중국의 자원 확보 경쟁 등으로 인한 자국 안보와 자

원 확보를 위한 함정 수요가 증가되고 있으며 함정 수출을 위해 프랑스, 독일, 러시아 등은 수주경쟁이 치열한 반면 구매국은 예산문제 등으로 첨단 고가의 함정 확보에 제한을 받고 있다. 이에 따라 세계 최고 수준의 선박 건조 능력을 가진 국내 조선업체에는 상대적으로 유리한 중·저가 함정 수출 확대를 위한 호기

논문접수일 : 2012년 02월 26일 게재확정일 : 2012년 03월 15일

† 교신저자 bwchoi721@hnu.kr

※ 본 논문은 2011년 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

본 논문은 국과연(6본부, 2011N071)/방사청 지원으로 연구되었으며, 자료제공 및 생산적 의견을 제시해준 국과연(6본부) 김대연 박사님, 방사청 문기정 부이사관, 김승일 박사님께 감사드립니다.

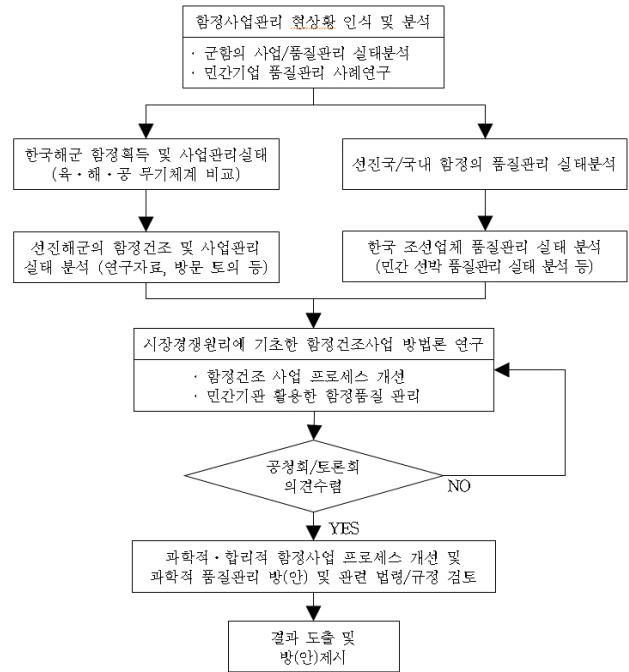
로 판단되며 이를 위해 국방선진화를 위한 산업발전 전략에 따라 방산수출 지원정책이 지속 요구되고 있다[9, 17]. 함정 건조 사업은 40여 년간 한국해군 및 방사청 주도하에 업체 관리사업으로 전력화, 운영성 측면에서 소요군에 기여하였지만, 첨단기술, 함정 발전 추세, 소요군의 요구 등 환경변화에도 불구하고 일반 무기체계와 별도 사업관리 등 기존제도를 유지함으로써 함정 성능 보장, 사업기간 단축, 수출 촉진에 지장을 초래하고 있다[25, 27]. 따라서 다음과 같이 함정 건조사업의 제한사항을 도출하고 개선방안을 모색하고자 한다. (1) 소요기획부터 운용개념, 개념설계, 기본설계, 상세설계, 선도함 건조의 기존 국내함정 건조 업무분석을 통한 사업·품질관리 절차 및 업무내용 분석을 통한 객관적인 시각에서의 문제점 도출 (2) 함정사업 추진절차의 일관성과 합리성을 확보하고, 함정 건조 시 품질인증을 위해 시장경쟁 체제하에서 역량 있는 업체를 선정하기 위한 사업추진절차 보완방안 도출 (3) 원가관리, M&S 기반의 시스템엔지니어링(SE) 관리기법[4, 8, 21, 41] 적용, 방산물자제도, 감리 및 인증제도 등을 통해 공정하고 고품질화가 달성 가능한 함정사업 및 품질관리[19, 22, 32] 방안도출, 예를 들어 개별 장비뿐만 아니라 투입재료와 같은 일반적인 내용도 품질관리 대상으로 확대 함정 건조 사업 추진 시 제도 변화에 따른 사전 의사결정을 통한 후속업무 추진을 용이하게 하는 선 순환구조와 방사청(기품원), 소요군, 조선업체간 적극적인 참여와 민간 전문기관을 활용하는 방안을 제시하고자 한다.

1.1 연구 범위

첫째로 국내 함정 건조사업 환경 및 대·내외적 평가를 토대로 함정 건조사업의 현 실태를 분석·평가하고, 둘째로 함정 건조기술 및 능력보유 선진국에서의 사업 및 품질관리 실태분석을 통하여 함정 건조 선진국에서 우리가 배워야 할 점을 평가해봄과 동시에 선진 민간 기업에서 하나의 자사제품을 개발하기 위해 적용하는 총수명주기(TLC) 프로세스와 품질관리 방법론을 분석하고자 한다. 셋째로 국내 함정 건조 사업현황 즉, 함정사업 관리 및 조선업체 품질관리 현황분석·평가를 기반으로 국내 해군 함정사업 관리 개선 방안을 도출하고자 한다. 특히 함정 건조 프로세스 중 운용개념 등을 보다 명확한 선행연구단계를 보완하는 방안과 방사청 및 조선업체의 소통과 과학적 사업 및 품질관리를 시스템적으로 수행할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구 방법

1.2.1 연구수행절차



<그림 1> 연구수행절차도

1.2.2 연구 방법

방위사업청, 소요군인 해군 및 함정을 직접 건조하는 조선업체를 방문하여 함정 건조사업의 특성 및 건조절차, 함정사업 관리실태 및 절차 등과 관련한 의견을 청취하였으며, 보다 나은 함정의 품질 향상을 위해 품질관리 실태 및 과학적 함정 품질관리 기법을 조사하였다. 더불어 함정사업 관련문서, 연구보고서 검토 및 조선업체 및 선급 등 함정 건조와 관련된 부서를 방문하여 의견 청취 및 실태분석을 수행하였다. 또한 국내 항공기 개발 시 시스템 엔지니어링 기법을 적용하여 성공적인 사업 및 품질관리를 수행한 T-50항공기 사업의 전체적인 개발 프로세스와 품질관리의 핵심사항[12, 24, 26]을 참고로 하였다.

과학적 사업 및 품질관리 기법을 연구하기 위해서도 요타자동차, 소니, 삼성전자, 현대자동차 등 선진기업의 품질관리 현황을 청취하였으며 체계공학, 동시공학, 6시그마, TQM, PMP 관련 이론을 보다 광범위하게 분석하였다[19, 22, 37, 38, 40]. 최종적으로 국내 함정 건조사업 및 품질관리를 위한 건조 프로세스 개선(안)과 M&S기반의 시스템엔지니어링을 근간으로 하는 품질개선 방안을 제시하였으며, 제시된 몇 가지 대안을 분석하기 위해서 경험적 Know-How를 객관적으로 적용하는 AHP기법[39]을 활용하여 최적대안을 선정하였다.

2. 국내 합정사업의 대내·외적 평가

2.1 합정 건조사업 환경

2.1.1 국내 건조사업 환경

국내 조선업체는 민수분야 세계 최고 수준 보유로 합정 건조 시 민수 기술, 설비 상당부분 활용 가능한 반면, 경제위기 이후 점차 증대된 민수분야 호황에 따라 방산분야 관심 미약한 실정이다. 조선업체의 방산분야 매출액은 전체 대비 1% 수준이며, 단지, 회사 브랜드 가치 상승 목적으로 활용하는 경향이 많이 보이고 있다. 상선 대비 합정 건조기간은 선도함의 경우 5~6년, 후속함은 3~4년 소요되는 등 장기간이 소요되고 별도의 전문 기술인력, 설비 유지가 필요 하므로 이에 따른 적지 않은 비용이 필수적이며, 또한 경쟁계약에 따른 비용절감 목표를 달성하기 위해서 신기술 분야 R&D 투자가 일부 미흡한 실정이다[3, 5].

2.1.2 해외 수출시장 환경

국제경기 침체에 따른 중고합정 구매, 성능 개량 등으로 신조합정 건조 물량 감소하고 있으며 구 동구권, 중국 등 신흥 국가 진출로 경쟁 치열, 저가합정 선호하고 있으며, 구매국의 조건부 발주(기술이전, 금융지원 등) 추세로 정부 차원의 지원 필요하며 수출을 위한 기술적 제한 요소가 있다. 또한 선진국 대비 합정 탑재장비 성능/생존성 향상 기술 미흡하고, 무장, 추진기관 등 주요 탑재장비 E/L 필요하며 국제적으로 인증 받을 수 있는 독자 합정 설계/건조 규격 보유가 필요한 실정이다[11, 17].

2.2 최신 합정기술 발전 추세 및 국내 합정건조 기술

2.2.1 최신 합정기술 발전 추세

합정의 기술발전 추세는 요구성능을 만족하게 하는 기술력을 강화하고 있으며, 상용기술 확대 및 수출을 위한 규칙 등, 제도 보완을 위해 다음과 같은 사항들을 집중적으로 추진하고 있다. 첫째, 개발사용 기술을 敵으로 부더의 탐지 거부를 위한 최신의 스텔스 기술 적용, 둘째, 피격 시 선체·인명 피해 최소화를 위한 생존성 기술 강화, 셋째, 수중소음 감소, 경제성 증대를 위한 전기추진체계 적용, 넷째, 함 운용성 증대 및 승조원 감소를 위한 자동화 기술 확대, 다섯째, 함 건조기간/예산 절감을 위한 상용기술 적용 확대, 여섯째, 합정 수출 등을 위한 독자적 합정규칙 개발 적용 등이다.

2.2.2 국내 합정건조 기술

국내 기업 등에서 보유하고 있는 합정 유형별 설계/건

조기술 능력과 분야별 기술보유 현황을 평가해보면 건조 기술은 우수하나, 잠수함 설계 및 탑재장비 개발능력은 미흡한 실정이며, 체계종합, 추진체계 및 생존성 분야를 제외하고는 선진국 수준에 접근해 가고 있다(<표 2> 참조 [7, 23]).

<표 1> 합정별 국내 설계건조 능력

구 분	구축함	잠수함	고속정	지원함
설계	○	▲	○	○
건조	○	○	○	○
탑재장비	▲	▲	○	○

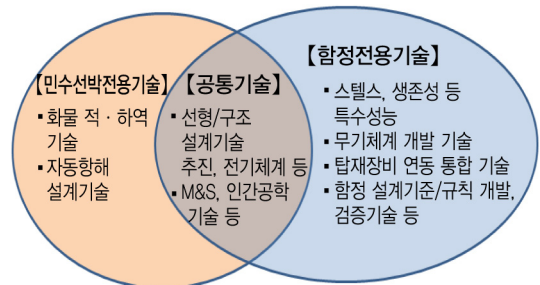
<표 2> 분야별 국내 합정건조 기술 보유 현황

(선진국(美) 수준 : 100% 기준)

분야	기술 수준 (%)	주요 부족 기술
선체	약 80 이상	수중소음 최소화 선형기술 복합소재 구조설계 기술 등
추진 체계	약 65 이상	저소음 추진기 설계/제작기술 전기추진 체계 기술 등
전투 체계	약 80 이상	센서 및 무장 연동 통합기술 중장거리 정밀유도무기 통제기술 등
생존성	약 70 이상	생존성 해석 소프트웨어 및 기술 위협분석 기술
탑재 무장	약 80 이상	잠대함 유도무기 수직발사장치 제작기술 대함 유도탄 방어기술 등
항해/함운용	약 75 이상	항해정보 통합 및 관련 SW 기술 무인정, 소해장비 관련 기술 등
체계 종합	약 70 이상	합정-무기체계/장비 간 연동/통합 기술 체계 시험평가 인프라 및 기술 등

2.2.3 합정전용 기술

민수기술 대비 합정 전용기술 분야는 화물 적·하역 및 자동항해 기술 등의 민수 기술은 세계최고 수준이며, 선형/구조 설계기술, 추진, 전기기술, M&S 등의 공통기술은 부단한 노력을 경주하여 선진국 진입을 위해 노력 중이다. 합정전용 기술은 일부 미흡한 사항을 보완 발전시키고 있다[2].



<그림 2> 민수기술과 합정 전용기술

선진국 대비 함정전용 기술중 중요한 특수성능 보유 수준은 특수성능 기술 중 중요한 복합다격체계(C4ISR+PGMs) 발전에 따른 함의 생존성을 위한 스텔스기술, 체계통합기술 등은 선진국에 미흡한 실정이며 이를 극복하기 위해서 많은 노력을 경주중이나 특수성능 기술개발을 위해 선진국은 많은 투자와 철저한 보안을 유지하고 기술 이전을 회피하고 있는 실정이다. 특수성능 기술 분야는 내충격, 전자기 간섭, 자기, 진동, 소음 등 <그림 3>과 같다.

탐재 무기체계 개발 및 연동통합 기술은 '90년대까지는 국내 기술부족으로 직구매 또는 기술협력 생산을 주로 하였으며 2000년대 이후에는 국내 연구개발을 통해 주요 무기체계의 많은 부분을 국내개발로 추진하고 있다. 그중 함정운영의 핵심부분인 전투체계 등은 국과연 주도로, 함포 등 단위무기체계 기술은 업체 주도로 개발을 추진하고 있으며, 탐재장비와 플랫폼 간 연동통합 기술은 조선업체가, 개별 탐재장비는 장비 제작사가 기술 개발 및 능력을 보유하고 업무를 수행중이다. 함정 설계/건조 기준·규칙 개발 및 검증 기술개발은 함정의 설계/건조 시 건조기간단축과 비용절감이 가능하게 하며 검증 기술은 품질보증을 통한 수출을 가능하게 할 수 있다. 선진국의 경우 '00년대부터 함정 설계/건조 시 일부 분야에 상용 기술규격을 적용한 독자적인 함정규칙 개발로 건조기간 단축, 비용절감 추진 중이며, 함정 검사업무 일부도 민간기관에 위탁 수행 중으로 군사규격 중 무기체계 분야는 軍에서 나머지 분야는 민간선급에서 실시하고 있다. 함정규칙은 군사규격(MIL-SPEC)에 상선규칙을 접목하여 독자적인 함정설계, 건조, 검사 및 운용유지 등에 대한 기준과 업무절차를 규정하고 있다. 우리나라의 경우 미 해군 함정 설계/건조 규격을 대부분 적용하고 있으나,

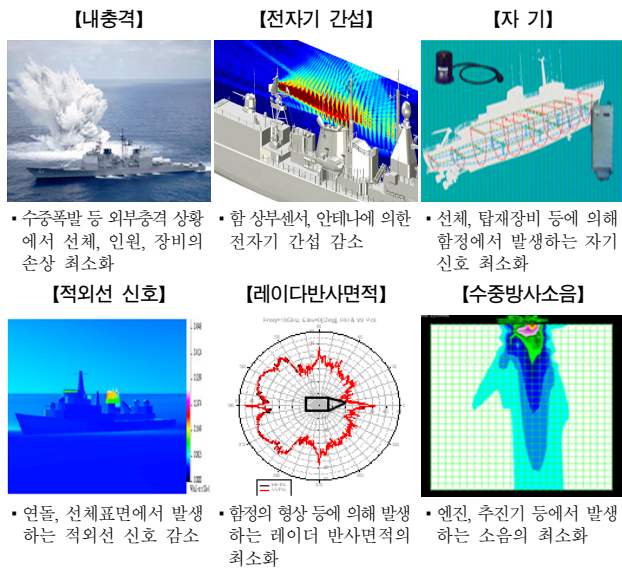
일부 한국화 한 군사규격을 병행 적용 중으로 상용기술, 규격의 확대 적용이 필요하다. 아울러 독자적 함정규칙을 민·군 겸용 기술로 개발, 함정 설계/건조 시 적용토록 추진 중이며, 독자적 함정규칙 제정이후 민간기관에 의한 함정 검사업무 수행 가능하리라 판단된다[7, 22].

함정기술 관리·활용 실태를 파악해보면 함정기술 연구는 조선업체, 국과연, 방사청, 국내연구소/대학 등에서 실시하고, 부족한 특수성능 분야는 국외 기술협력을 하고 있으며, 조선업체는 플랫폼 위주의 설계/건조기술을, 국방과학연구소는 핵심 무기체계 기술위주 관리, 전투체계, 무장체계, 수중방사소음 등을 관리하고, 조선소는 선체, 탐재장비, 연동 통합기술을 주로 관리하고 있다. 또한 함정 전용 특수성능은 국내 연구소 및 대학에서, 일부 부족 기술은 국외업체와 협력하여 용역 수행중이다[30].

2.3 함정건조 방산시장 분석

함정건조 사업관련 세계방산 시장은 축소와 통합 등으로 급속한 변화를 추구하고 있으며 유럽(선진국)국가들 중심으로는 조선분야 방산시장이 사양화되어가고 있는 추세이다. 이태리와 스웨덴은 도산을 많이 하였으며, 영국, 프랑스, 독일은 국가 중심으로 유지하고 있으나 재래식 잠수함은 독일만 경쟁력을 확보하고 있는 실정이다. 이와는 반대로 중남미, 동남아, 중동, 인도 등 국가의 함정소요는 증가추세에 따라 독일, 러시아, 프랑스, 한국 등이 수주경쟁에 치열하게 참여하고 있다. 그러나 구매국은 예산문제로 인해 첨단·고가의 함정확보에 제한을 받고 있으며 상대적으로 유리한 중·저가의 함정수입을 확대 추진하고 있다. 따라서 국내에서는 이러한 함정의 세계방산 시장 변화에 대응하기 위해서 방산수출 확대를 위한 국가 차원의 지원 정책을 만들어서 지원하고 있는 실정이다. 정부는 2010년 10월 국방선진화를 위한 산업발전 전략을 발표하여 내수위주 방위산업을 수출중심으로 전환하기 위한 국방 R&D체제 개혁, 방산수출 산업화 등 국가전략을 추진하기로 하였으며 이에 따라 국내 조선업체들은 함정의 방산수출을 적극 추진 중이다. 또한 함정건조 정책 및 사업 관리의 중심부서인 방위사업청과 해군에서도 함정수출 확대를 위한 관심 및 지원을 적극 모색하고 있다[10, 13, 17].

국내 함정 건조 사업은 함정건조와 탐재 무기/장비를 구분하여 사업을 수행하고 있으며 지난 40여 년간 정부(해군, 방위사업청) 주도하 업체관리형태의 사업 추진으로 전력화, 운용성 측면에서는 해군과 방산수출에 기여한 반면 함정 발전추세 및 방산수출시장 등 환경 변화적응하기 위해서는 보다 많은 노력이 필요하다는 의견이 지배적이다. 부분적으로는 해군과 방사청의 업무 분리로서 성능 미흡 시 책임 규명이 모호하게 진행되는 사례가 있



<그림 3> 특수성능 기술

으며, 사업절차가 타군 무기체계 획득절차와 상이하고 복잡함으로서 사업추진 및 전력화에 소요되는 시간이 많은 것으로 평가 되고 있다.

국내조선업체는 선진국 대비 불리한 여건에서 수출 활동을 전개하고 있는 것으로 의견이 집약되고 있다. 선진국은 합정 전체에 대한 수주로 조선업체가 제반 협상권을 갖고 수출·활동하고 있다. 반면에 국내 조선업체는 독자개발이 아닌 합정의 수출에 많은 제한을 받고 있다 예를 들어 잠수함 수출을 원하는 국내 조선업체는 독일 HDW사에서 잠수함 원자재까지도 협상 권한을 갖고자하여 Package사업 수출을 주도하면서 많은 로열티, 관리비 등 부가수익을 요구받고 있다. 따라서 이러한 경우 국내 조선소는 합정전체 위주 수출 협상으로 가격 등 경제성 측면에서 실익이 많이 없는 실정이다. 또한 동일한 사업을 국내업체간 경쟁 수주활동으로 경쟁력이 약화되는 요인이 되기도 한다.

2.4 합정건조 사업 대내·외적 평가

합정사업 관련 대외적 평가는 합정건조가 다품종 사업으로 어느 사업보다 복잡하고 난이도가 높은 반면 소수의 인원으로 사업관리를 해야 하는 어려움에도 불구하고 성공적인 사업결과에 대한 대외적인 인정(칭찬)이 상존하고 있다. 이는 여타의 국방 무기체계 사업(무기, 장비 등) 보다 적은 인력으로 사업관리를 아주 잘한 결과이며 다른 무기체계 사업 대비 복잡성 및 난이도에 따른 문제해결 등 관리 능력을 보유하고 있기 때문에 가능한 것으로 평가되고 있다. 따라서 국내 합정획득(건조) 인프라가 세계적으로 인정받아야 할 시기가 도래하였으며 합정사업관리 인력, 프로세스 등의 방사청 내부 인프라와 세계 1등 조선 인프라를 활용한 세계일류의 합정건조가 가능하다고 판단되는 시점이기도하다. 이러한 판단을 가능케 하는 사례로 잠수함의 인도네시아 수출과 세계 합정건조 선진국인 영국 해군의 군수지원함을 국내조선업체가 건조 등이다. 국내보유 합정건조 기술수준은 설계 및 특수성능 관련 일부 기술개발에 보다 많은 투자가 이루어 질 경우 세계 일류의 합정을 국내에서 독자적으로 건조가 가능한 것으로 평가되고 있다. 그 이유는 국내에서 세계 1위의 플랫폼 건조 기술, 합정건조관련 상용기반 기술(IT 등)의 세계최고 경쟁력보유, 지난 40여 년의 상선 및 합정건조 실적을 바탕으로 한 기술보유능력이 이를 증명하고 있다. 그러나 국내에서의 합정건조분야에 대한 단점도 상당수 가지고 있다. 예를 들어 무기체계개발 및 통합기술이 취약하고, 기술분야에 대한 과감한 기술투자 및 관련 인프라구축이 미흡하며 더불어 기술을 배우려 해도 우리의 국력이 발전함에 따른 국내조

산업체의 경쟁력이 최고로 부상함에 따라 해외 첨단기술 이전이나 협력의 장벽이 한층 심화되고 있는 실정이다.

합정사업 관련 대내적 평가는 합정건조 사업 시 방사청 IPT와 조선소간 책임을 부여받고 권한을 행사하는 방법으로 시스템을 개선하는 요구사항이 지속적으로 제기되고 있으며, 특히 사업 초기에 상기 권한과 책임을 명확히 할 수 있는 요구조건 분석 및 계약, 관리 등에 관하여 소통을 위한 시스템구축을 필요로 하는 것으로 평가되고 있다. 세부적으로 사업추진 과정에서 책임관계[20]를 분명히 하는 구체적인 계약의무 사항을 명시하여 방사청 등 유관 부서 인원부족 등으로 인한 합정 품질저하 가능성에 대한 문제발생을 최소화하고 합정의 건조 및 세부 분야별 장비의 개발, 제작, 설치, 체계통합, 시험[33, 34] 등에 대한 기술 지원을 확대하여 국과연이나 민간전문기관으로 하여 합정, 장비, 부품, 자재까지의 품질검사[1], 조선소의 설계[6] 등에 관한 감리, 인증기능을 수행해야 한다는 의견이 대두되고 있다. 또한 합정건조 사업은 일반 무기체계 사업과는 다르다는 인식이 국방부/합참 등 해군 외 육·공군 근무자의 이해도 저하를 초래하고 있어 예산획득, 문제발생시 불필요한 오해로 인한 어려움이 지속되고 있으며, 소요군의 전력 확보 요청시기를 고려한 후속함 건조에 대한 이해부족을 해결해야 하는 과제를 부여받고 있다.

이제는 세계 최고 수준의 합정건조 가능성을 논하고 실천에 옮길 시기가 도래한 것으로 판단되고 있다. 세계 최고의 품질을 갖춘 합정을 건조하기 위해서 소요기획(운용 개념 등) 단계부터 시험평가까지의 소요군의 요구사항이 반영·관리되는 프로세스로 개선되고 방사청의 전문성과 조선소/방산업체의 업무 협력이 원활이 진행되어 업무의 효율성이 개선되어야 할 것이다. 또한 합정건조 과정이나 결과에 대한 책임 감리를 할 수 있는 제도 도입을 통하여 객관적인 시각에서 품질을 검증하고 인증하는 제도의 도입이 필요하다고 판단되고 있다. 이는 앞서 언급한 최고의 품질을 갖춘 합정을 획득하여 운영하고 더 나아가서는 합정에 대한 방산수출을 활성화하기 위한 보다 효율적인 방법이 될 것이다. 요약해보면 국내 합정사업의 대·내외적 평가로 합정사업 및 품질관리 프로세스 혁신과 연계된 사업관리·감독 프로세스 개선을 통한 합정의 품질향상 및 세계 일류 합정건조 문화 조성이 요구되며, 특히 합정건조 사업 초기 프로세스업무의 개선이 요구되어 소요기획부터 민간업체 참여 확대로 전문성의 활용을 증대시켜 기술적·경제적 타당성 분석을 강화해야하며 합정건조사업 추진 프로세스의 개선을 추구하되 기존 사업관리 장점의 일관성과 투명성을 보다 더 확보할 수 있는 프로세스의 개선 추진이 필요하다 더불어 방산업체의 보다 광범위한 책임·권한 하에 합정건조업무를 수행 할 수 있는 방법이 강구되어야 할 것이다.

또한 합정건조 사업 시 중요 요인인 품질과 비용의 관점을 품질과 예산, 안전의 관점으로 전환하기 위한 합정 품질향상을 위한 실질적·과학적 사업관리 방법이 요구되고 있으며, 이를 위해서 방위산업체에서 기 적용하고 있는 시스템엔지니어링 등 과학적 건조관리 방법을 방사청과의 소통과 확인 수단으로 시스템화 하여 활용할 필요가 있다. 합정의 수출을 확대하기 위한 대외적 과시효과를 조성하기 위해서 합정 품질선진화 및 수출 확대를 위한 제도 개선을 추진해야 할 것이다. 결론적으로 합정 수출 활성화를 위한 한 단계 Up-grade된 건조 프로세스 개선 및 품질보증 시스템이 필요하다고 평가되고 있다.

3. 선진국 합정 획득 및 품질관리 실태 분석

3.1 선진국 합정 획득체계

3.1.1 선진국 획득체계 비교

프랑스, 영국, 독일, 미국의 국방 획득체계를 살펴보면 프랑스에서는 병기본부(DGA)가 핵심적인 무기획득 조직으로 편성되어 있고, 영국은 조달본부(DPA)와 군수본부(DLO)가 주요무기획득 조직으로 편성되어 있고, 독일은 군비총국과 국방기술조달청(BWB)이, 미국은 국방부(획득기술차관)와 군수본부(DLA)가 주요 무기체계 획득조직으로 편성되어 있다.

주요특징은 프랑스의 경우, 무기체계에 대한 정책, 집행 업무를 병기본부에서 총괄수행하고 있는데 반하여 영국, 미국 및 독일에 있어서는 획득조직의 업무분장에 있어서

국방획득정책과 집행업무가 기능이 분리수행토록 되어 있는데 국방체계의 일관성 및 효율성 강화 측면에서는 프랑스의 획득체계가 강점이 있고, 획득조직 간의 상호 견제 기능과 국방조달사업의 투명성 향상 측면에서는 미국 등 국가의 무기획득체계가 합리적인 것으로 평가된다[35, 36].

3.1.2 선진국 국방 획득절차 특성 및 개편방향

미국은 “국가안보 과학기술전략(NSSTS)을 포함한 TOP/DOWN 방식의 일관된 무기획득 전략/정책”으로서 과학적 기법이 활용된 소요/획득 절차의 적용 강화를 도모하고 21세기 미국의 방위전략과 획득 환경변화, 군수의 중요성 증대에 능동적으로 대처하고 있다. 프랑스는 국방획득 사업의 관리에 기업 방식을 도입하고 매트릭스(Matrix) 방식의 통합사업팀을 편성 운영함으로써 국방예산의 절감과 무기획득 사업의 지연을 방지토록 추진하고 있으며, 영국은 통합사업관리(IPT) 제도의 도입운영 강화에 의하여, 계약, 예산, 품질보증, 사업관련기술, ILS 기능 등 독립 단위사업을 매트릭스 형태로 편성하여, 소요 결정 이후부터 사업 종결 시까지 사업 책임자 관할 하에 책임 운영하도록 함으로서 국방획득 사업의 운용관리 효율화를 기할 수 있도록 추진 전개하고 있다. 마지막으로 독일은 사업관리조직을 고전적 수직 구조에서 현재는 동종 및 이종획득사업간 법률적으로 독립성을 유지하면서 실질적으로는 통일된 경영방침 하에 하나의 기업과 같이 사업을 운영하는 형태로 획득절차를 전환토록 함에 의하여 저비용 고효율 체제로의 개선을 추진하고 있다. 상기 4개국의 국방획득 체계의 주요특징과 개편 방향을 요약하면 <표 3>과 같다[36, 41].

<표 3> 주요국 국방 획득체계 비교 검토

구분 (획득조직)	주요특징	획득절차 개편방향
미국 (군수본부, 연방조달청)	<ul style="list-style-type: none"> 획득정책과 집행업무 분리 국방부(획득기술차관)에서 획득정책, 연구개발 군수본부에서 집행, 품질보증, 업무 수행 상용 물자는 연방조달청에서 집행업무수행 	<ul style="list-style-type: none"> Top/Down 방식의 일관된 전략/정책 적용 국가안보 과학기술전략 포함 과학기술과 군수를 고려한 소요 기획/계획 과학적 기법이 활용된 소요 획득 절차 적용강화
프랑스 (병기본부)	<ul style="list-style-type: none"> 무기체계에 대한 정책/집행 업무총괄 효율성/생산성 향상을 위해 합정획득 절차 중 많은 부분을 민간으로 이관하는 추세임 	<ul style="list-style-type: none"> 군사계획법안(2003~2008년)에 의거 군 장비 현대화를 위한 획득절차 개선과 국방 예산의 효율성 도모 사업관리에 기업방식을 도입 비용절감 및 사업지연 방지
영국 (조달본부, 군수본부)	<ul style="list-style-type: none"> 획득정책과 집행업무 분리, 무기체계 전력화 전·후로 획득기관을 이원적으로 운영 조달본부에서 신규 무기체계 구매 및 성능 개량 군수본부에서 전력화 이후 단계의 군수지원 	<ul style="list-style-type: none"> 군장비 획득과 지원업무를 시간, 비용면에서 효과적으로 수행하기 위한 군획득정책 추진 통합사업관리(IPT)제도 도입운영 강화 계약, 예산, 협상, 품질보증, 감독, 사업관련기술, ILS 기능 등 Matrix 형태로 편성 사업책임자 관장하에 책임운영
독일 (BWB)	<ul style="list-style-type: none"> 획득정책과 집행업무 분리 국방부(군비총국), 각 군이 획득사업 기획·조정 BWB에서 무기체계·운영 유지물자 획득, 연구 개발, 시험평가 수행 군비 총국 및 BWB는 민간인 위주로 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 사업관리조직을 과거 고전적 수직구조에서 현재는 큰체큰 형태로 전환 BWB 사업국의 통합 개편조정 예하 연구소들은 독자적 기업식 서비스 사업으로 전환 정보기술국은 정보기술청으로 통합

3.1.3 국방 획득체계 개편방향 평가분석

프랑스는 무기체계에 대한 획득정책과 집행업무를 한 곳에서 총괄수행하고 있으며, 영국, 미국 및 독일은 획득 정책과 집행업무를 분리수행토록 하고 있다. 일관성 및 효율성 강화 측면에서는 프랑스의 획득체계가 강점이 있고, 획득조직 간의 상호견제 기능과 투명성 향상 측면에서는 미국 등 국가의 획득체계가 합리적인 것으로 판단되며, 각국의 국방환경과 방위전략 등을 고려한 국방개혁 계획에 따라 그 나라의 특성에 적합한 제도를 도입하여 운영하고 있는 것으로 판단된다.

조사된 모든 나라들이 국방부 차원에서 타 무기체계와 마찬가지로 통일화 및 표준화된 획득체계를 가지고 있다. 이는 국방 무기체계 획득에 대한 일관성 및 효율성을 강화하기 위한 것으로 해군 주도의 합정획득이 이루어지고 있는 미국의 경우에도 별도의 획득체계가 있다고 보기는 어려운 실정이며, 획득업무 수행절차는 사업초기에 역량을 집중하고 전사적인 품질관리를 시행하고 있으며 업무분담에 의해 소요군의 정확한 소요제기와 건조, 시험평가로 효율을 증대시키고 있다. 또한 상기 조사된 합정 건조국의 합정 획득체계는 인력 및 조직의 규모를 떠나 모두 별도의 합정 기술관리 및 연구조직(민간업체 포함)을 보유하고 있으며 국방부 차원에서 전문 기술인력을 지속적으로 교육 및 양성하고 있으며, 복합무기체계인 합정의 경우에는 더욱더 이러한 기술지원 및 전문기술 인력의 역할이 증대되고 있다. 우리나라의 경우에도 합정 기술의 지속적인 유지 발전을 위해서는 단순 사업관리 인력이 아닌 설계 및 건조에 필요한 전문지식과 경험을 보유한 기술인력과 연구조직이 필요하다. 마지막으로 국방 획득사업의 효율성 및 생산성 향상을 위해 획득절차 중 많은 부분을 민간 부분으로 이관하고 있으며, 프랑스 및 영국은 사업관리에 필요한 일반직을 줄이고 전체조직의 규모는 축소하되 민간의 전문 기술 인력을 충원하여 기술을 기반으로 한 사업관리를 성

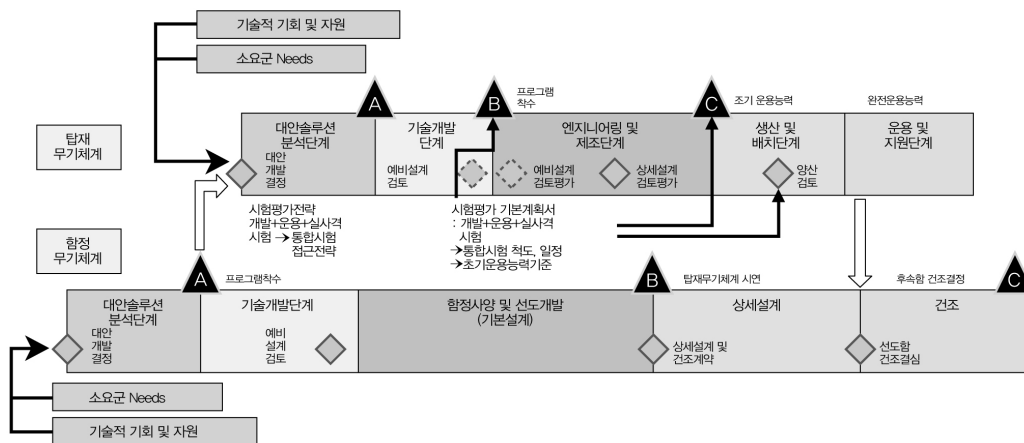
공적으로 수행하고 획득사업관리에 민간 기업방식을 도입하여 국방예산 절감하고 있다. 독일은 획득조직 인력의 99%를 민간인으로 구성, 예하 연구소들은 독자적 기업식 서비스 사업으로 전환 등 획득사업관리에 민간 기업방식을 도입하여 국방예산을 절감하는 것으로 평가되고 있다.

3.2 미 해군 합정건조 프로세스

미 해군의 합정건조 관련법과 제도의 변천을 보면 1950년대에는 해군 자체에서 개념설계(Preliminary Design) 설계와 기본설계(Contract Design)를 수행하였다(Navy In-House Design). 1960년대에는 설계/건조 총괄 발주(Total Package Procurement)와 체계분석이 수행되었으며, 1970년대에는 동시공학(Concurrent Engineering)을 추구하며 합정 설계관리를 주관하는 조직의 편성과 절차가 마련이 되고 이에 따라 설계비용이 절감이 되었다. 1980년대에는 경쟁고취(Competition), 획득 합리화(Acquisition Streamlining), 다양한 획득 전략(Multiple Acquisition Strategies)을 통하여 합정 획득체계 합리화를 이루어 냈다. 1990년대에는 국방부의 감독 강화(Increased DoD Oversight)와 민수 기술 활용(Commercialization), 획득 정책의 개혁(Acquisition Reform)을 통해 합정 획득 정책의 개혁이 이루어졌다[36].

3.2.1 미 해군 합정 획득 프로세스

미 해군 합정 무기체계 획득절차의 특징은 선행연구 단계에서 M&S 기반의 내실 있는 개념설계와 더불어 관련 기술에 대한 전방위적인 연구를 수행하며, 기술검증 및 예산 판단에 중점을 두고 사업위험도 등을 심층 분석한다. 또한 평가위원회를 통한 합정의 체계요구조건을 기능수행 레벨까지 확정하는 등 소요군인 해군의 운용개념을 철저하게 반영하는 기본설계확정수준의 결과를 도출하는 것으로 평가된다(<그림 4> 참조).



<그림 4> 미 해군 합정건조 단계별 프로세스

3.3 선진국 합정 품질관리 실태

미국은 합정의 품질관리를 위해 사업관리 및 품질보증 업무 수행 조직을 보유하고 있으며, 설계 개념부터 생산에 이르는 제품의 전 수명 주기에서 수행되는 모든 과정을 일관되게 통합관리 하는 모델링 & 시뮬레이션(M&S)을 개발하여 적용하고 있다.

또한 1998년부터 미해군은 발전된 민간 합정기술 활용을 위해 미국 선급 등 민간기관의 기술을 아웃소싱하여 체계적인 품질업무 수행을 위한 합정 규칙 및 기준을 개발하고 Mil-Spec 및 Mil-Std의 많은 내용을 상용기준으로 대체하고 있다. 그 효과로 LCS급 호위함 획득기간을 단축하고 건조비를 절감하였다[36].

군 고유의 특수성과 전투체계 분야의 검사 업무는 군이 주관하고 산·학·연·군의 전문가를 활용하여 해군 기술위원회의 승인 하에 합정의 품질과 기술을 검증하고 있다.

영국 또한 합정의 사업관리 및 품질보증 업무 수행 조직을 보유하고 있으며, 정부검사를 축소하고 민간검사를 확대하고 있다. 품질보증 업무 수행을 위해서 영국 선급을 활용, 합정규칙·기준 개발 및 검사업무를 수행하고 있으며, 군 고유의 특수성 및 전투체계 분야의 검사업무는 함대사령관이 감독하는 별도의 안전관리체계에 따라 IPT를 통해 수행하여 민간기관과 함께 군함의 품질을 제고하고 있고 일반성능분야는 가감한 상용기준 적용으로 획득비용을 획기적으로 절감하고 있다.

종합적으로 선진국 합정 획득/품질관리 체계 개선방향은 시대적 상황·환경변화에 부응하기 위해서 합정획득 체계 및 프로세스 개선의 노력을 지속적으로 추진하고 합정사업 초기(개념연구, 체계 및 형상설계 등)에 기술적 역량을 집중함과 동시에 전사적 사업관리(M&S 기반의 SE 등)를 적용하고 있다. 또한 민간기관의 기술과 인력 등의 역량을 최대한 활용 하여 사업 초기부터 구제적·과학적으로 품질관리 계획수립 후 방대한 민간기관의 조직과 인력을 최대한 활용한 합정품질관리 업무를 수행하고 있다[34].

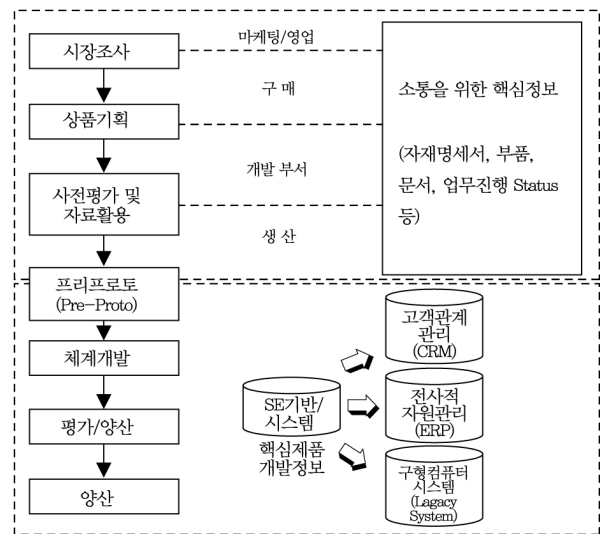
4. 선진기업의 사업·품질관리 실태 분석

4.1 선진기업의 사업관리

선진기업의 사업관리 및 품질경영 환경은 공업사회에서 지식정보화 사회로 전환되며 이로 인하여 다양한 변화가 이루어지고 있다. 무한경쟁의 자유시장경제시대로 전환되었고 하드웨어기반의 자산 중심경제에서 소프트웨어 중심의 지적자산 중심경제로 전환되어 가고 있다. 시장은 규격품의 대량 생산보다 다양한 개성적인 상품의 창출을 요구하고 있고 거대 기간산업 중심의 공업화시대에서 인터넷을

기반으로 한 e-비즈니스 시대로 전환 되었으며 기존시스템을 활용하는 사업관리의 생산능력 향상보다는 새로운 시스템을 적용하여 창조적이고 혁신적인 제품을 생산하고 관리하는 즉 효율적인 사업관리와 품질의 향상을 통한 혁신적인 제품의 개발과 생산이 소비자로 하여금 기업의 존재를 가늠하게 하는 중요한 시대가 되었다.

이러한 시대적인 환경을 바탕으로 전 세계의 기업은 경영의 패러다임도 제품의 품질을 어떻게 향상 시킬 것인가에 초점을 두고 생산 프로세스를 혁신하고 품질을 바꾸어 나가고 있다. 이를 효과적 달성하기 위해 선진국들은 국가의 전략적 차원에서 민간의 전문성을 존중하며, 체계적인 품질 리더십을 발휘할 수 있는 민간전문 조직과 연계된 네트워크를 형성하여 기업 스스로가 새로운 경영문화를 만들어 나갈 수 있도록 지원하고 있다. 이에 부응하기위한 선진기업의 사업관리 절차는 고객의 요구에 따라 사전 시장조사와 상품 기획 및 Pre-Proto 타입 제작 등 제품 생산 전 사전준비와 연구를 철저히 시행하고 있으며, 마케팅영업부서-구매부서-개발부서와 생산부서간의 소통을 위한 핵심정보교환을 제품생산 전 기간에 실시하고 있다(<그림 5> 참조[26]).



<그림 5> 선진기업의 산업관리 절차

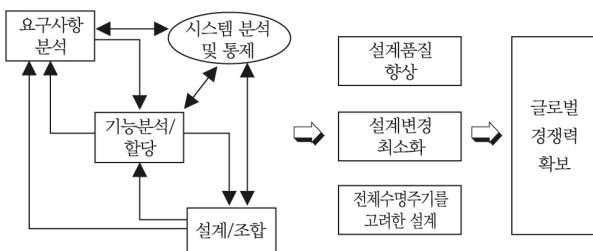
4.1.1 선진과학 기법 M&S 기반의 시스템엔지니어링(System Engineering)

SE는 “성공적인 시스템을 실현시키기 위한 다분야의 학문적 접근방법과 수단”이라고 정의된다. 사업관리(PM)와 시스템엔지니어링(SE)는 프로젝트를 수행함에 있어 공통되는 영역도 많이 있는 것이 사실이지만 PM은 자원을 활용하여 사업을 달성하는데 중점을 두는 사업관리기법이라면 SE는 품질(성능, 기능)을 확보하는 기술적인 성과를 성취하는데 중점을 두는 사업수행방식이라고 할 수 있으므로

PM과 SE는 상호 보완적일 때 더욱더 큰 시너지 효과를 거둘 수 있다[22, 26].

M&S 기반의 SE가 가져다주는 효과를 분석해 보면, 관계 법령등과 전문 기술사항, 고객들의 요구사항을 빠짐없이 도출하고 각각의 최적 대안을 선정, 설계에 반영함으로써 설계품질을 높일 수 있으며, 설계변경 또한 최소화할 수 있어 설계변경으로 인한 추가 소요비용을 대폭 감소시킬 수 있을 것이다. 아울러 시스템의 전체 수명주기를 고려하여 설계하기 때문에 향후 시설물 유지관리에 소요되는 시간과 비용 등 자원투입이 최소화되어 효율적이고 경제적인 시설물 관리 또한 가능해 질 것으로 예상된다.

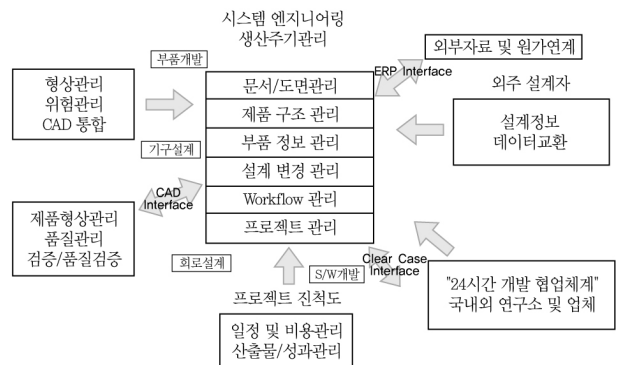
종합적이고 체계적인 SE를 구현을 위해 가치공학(Value Engineering), 설계검토, 인터페이스관리(Interface Management) 등 현재 시행중인 전문엔지니어링들을 보다 면밀하게 재검토, 정립하고, RAMS(Reliability : 신뢰성, Availability : 가용성, Maintainability : 유지보수성, Safety : 안전성) 등을 비롯한 고도의 특수엔지니어링들을 개발하여 전체수명주기 관점에서 총체적 설계가 이루어지도록 하고 설계품질의 획기적 향상을 피하여야 하며, SE의 가장 핵심이라고 할 수 있는 설계과업지시서 상의 요구사항 재정립에 있어서는 고객의 요구사항을 빠짐없이 수집하고 면밀히 분석하는 노력이 선행되어야 할 것이다. 아울러 그 동안 관행적으로 사용되어 왔던 각종 기준 등에 대해서는 보다 명확하고 실현가능한 제대로 된 요구사항이 정립되도록 한다면 시공 중에 발생하는 변경을 최대한 억제 하고 공사별/사업단계별/분야별로 표준 SE지침을 개발하여 향후 신규 프로젝트에 테일러링 한다. 동시에 시스템 엔지니어를 집중적으로 양성하여 프로젝트 수행에 있어 요구사항을 분명히 정의하고, 필요한 파라미터 분석과 절충 분석을 수행하며, 인터페이스가 발생하는 시기를 사전에 인식하여 대안을 도출하는 등의 업무를 수행할 수 있는 시스템엔지니어는 쉽게 만들어지지 않는다. 지속적이고 집중적이며 체계적인 계획 하에 교육되어야 할 것이다. 아울러, SE의 중요한 수행 주체 들인 협력업체(설계, 건조, 감리 등)들의 SE에 대한 보다 적극적인 활용이 요구된다.



<그림 6> SE의 파급효과

4.1.2 S/E 기반의 사업관리 방법

S/E를 적용하여 생산 전 과정에 위험관리, 형상관리, 일정 및 비용관리, 제품형상관리, 품질관리를 위해 문서/도면관리, 제품구조관리, 부품정보관리, 설계변경관리, Workflow 관리, 프로젝트관리 등을 실시하고 있으며, 설계정보 자료를 공유하고 개발협력업체 및 국내외 연구소/업체 등과 지속적인 정보교환을 통한 신기술 확보를 하고 있다(<그림 7> 참조).

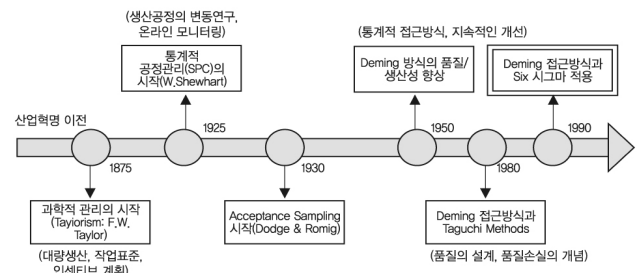


<그림 7> M&S 기반의 S/E 적용시 사업관리방법론

4.2 선진기업의 품질관리

품질관리 역사는 산업혁명 시기부터 시작되어 기업은 제품을 만들면 소비자가 사용하는 형태였으나 소비자의 요구가 변화되고 경쟁력을 확보하기 위해 소비자의 요구를 예측하고 기업의 가치 부여와 무결점의 제품을 생산하는 품질관리의 시기가 도래하고 있다.

우리나라는 1970년 정부주도로 품질관리 하다 경제가 비약적으로 발전하는 1980년 중반에 경영혁신 기법으로 TQM에 의한 품질관리를 대기업부터 실시하였고, 1990년 후반 외환위기에 의한 IMF 관리체제에 접어들면서 경영의 패러다임의 변화에 직면하게 되자 이를 극복하기 위해 BPR, PI와 같은 전면적인 혁신과 ERP(전사적 자원관리), 6시그마를 도입하였다. 이와 같은 경영혁신은 기업의 체질개선과 경쟁력 강화로 이어져 글로벌 무한경쟁의 시대에 한국 제품이 세계 속에서 품질의 우수성을 인정받고 있다[19, 22].



<그림 8> 품질관리의 역사

4.2.1 선진기업의 품질관리 실태/현황

(1) 도요타의 자동차 품질관리

도요타는 1950년대에 통계적 품질관리기법(statistical quality control, SQC)를 도입하였다. 처음에는 공정 중에 있는 재공품의 불량률을 줄이기 위해 관리제도를 도입하였는데 그 결과 불량품에 대한 불만이 줄어들었고 판매 후의 품질보장 비용도 절감하였다[37].

도요타는 1961년에는 전사적 품질관리(total quality control, TQC)의 개념을 도입하고, 기업의 모든 활동, 신제품 개발계획과 설계, 모형제작, 자재구매, 생산, 판매, 애프터서비스 등에 적용한다. 도요타는 1995년에 TQC를 TQM으로 명칭을 변경하였다.

TQM(Total Quality Management)의 역할은 도요타의 핵심능력인 TPS(Toyota Production System, 도요타 생산 시스템), TDS(Total Development System, 도요타 개발 시스템), TMS(Toyota Marketing System, 도요타 마케팅 시스템) 등 세 가지 시스템을 연결시켜 항상 개선, 강화시키는 것이다[37].

도요타 생산방식은 모든 면에서 낭비의 철저한 배제에 의한 최고의 수익(생산효율) 제고를 그 목적으로 낭비의 배제는 곧 원가절감을 의미하며 생산과정에서 불필요한 요소인 낭비를 철저히 배제한다. 낭비의 배제를 기본이념으로 하는 도요타 생산방식은 적시생산방식(Just in Time : JIT)이란 제품수요에 대응하여 생산의 전 과정에서 완벽한 품질과 낭비(과잉재고, 과잉인원, 과잉설비, 과잉생산 등)를 최소화하고 필요한 제품을 필요한 만큼 적시(필요한 시기에) 생산/공급하여 이익을 실현하고자 하는 생산방식이다. 적시생산방식의 성공을 위한 조건 중 하나는 완벽한 품질관리이다. 품질관리는 적시생산방식이 성공하기 위한 가장 핵심적인 요소라 해도 지나치지 않을 만큼 중요한 의미를 갖는다[37].

(2) 소니의 조직 혁신과 품질관리

소니는 일본식 품질관리의 한계를 극복하기 위해 일본 대기기업으로서 처음으로 1997년에 6시그마경영을 전 세계 사업장에 도입하였다. 소니는 6시그마를 경영전반에 일시에 도입하기 보다는 성공여부를 검토해가면서 단계적으로 도입하였다. 가장먼저 6시그마를 도입한 부문은 설계·제조에서 국제화가 많이 진전된 『Display Company』였으며, 이후 제조, 사무, 고객상담센터, A/S 등으로 점차 확대 시켜갔다. 소니는 별도로 추진하고 있던 ISO 9000 활동과 연계하여 6시그마 경영을 소니 식으로 재구성함으로써 “비용절감 + 부가가치증대”를 목표로 경영혁신활동을 전개하였다[19, 31].

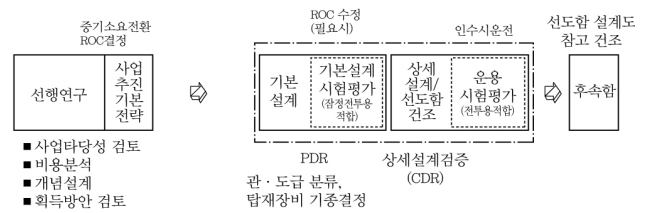
5. 합정사업·품질관리 개선 방안

5.1 합정건조 사업 프로세스 개선 방안

합정건조 사업 프로세스 <그림 10>은 일반 육·공군 무기체계 사업프로세스 <그림 9>와 달라 지금까지 획득사업관련 종사자들 간에도 이해부족과 때로는 불필요한 오해를 야기 할 수 있는 여지가 있다고 평가된다. 또한 사업 초기에 역량집중이 안되므로 건조 및 평가, 후속함 사업관리의 효율적·합리적 추진에 어려움을 해소하기 위한 방안이 지속적으로 요구되고 있다[14, 15, 16].



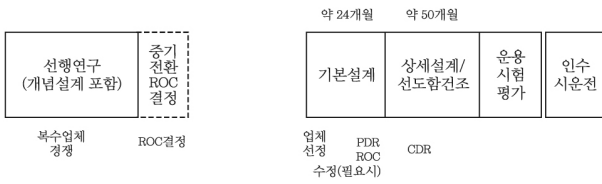
<그림 9> 일반 무기체계 사업 절차도



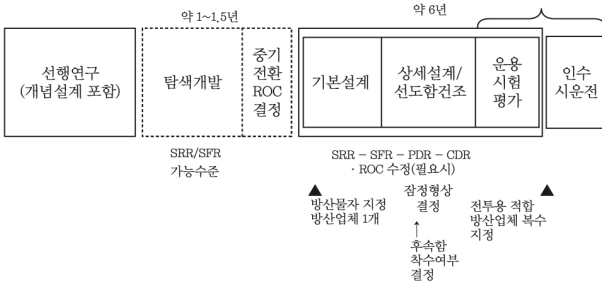
<그림 10> 합정 건조 사업 절차도

5.1.1 방위사업관리 규정 합정사업관리 절차를 일반 무기체계 연구개발 절차와 통합

선행연구와 기본설계간 시공간을 활용을 위해 설계 내용보강, 체계요구조건 수준의 형상연구 및 설계 등을 위한 사전연구 등을 수행할 절차와 기간을 확보하기 위해 개념설계 보강, 필요시 탐색개발 추가, 기본설계 + 상세설계/선도함 건조를 수행하는 프로세스를 제안한다(<그림 12> 참조). 이 방법은 선행연구 강화로 사업 착수 前 합정 성과와 관련된 의사결정 및 합정건조 사업관련 이해관계자 요구사항을 설계단계에서 조정완료 조치가 가능하고, SRR, SFR, PDR, CDR, 단위시험, 통합시험, 개발시험평가, 운용 시험평가 등 체계공학 개념의 주요 마일스톤 단계별 검증 및 타당성 확인이 용이하고, 육·공군, 공무원이 쉽게 접근할 수 있는 쉽고 투명한 사업관리 프로세스가 될 수 있는 장점이 있다. 탐색개발은 선행연구 결과를 평가하여 필요시에만 수행한다.

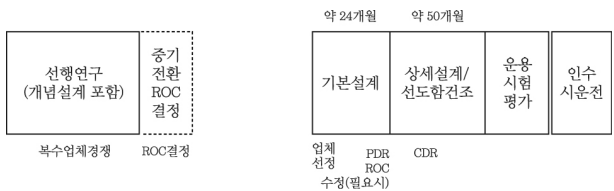


<그림 11> 현행 합정사업 절차도



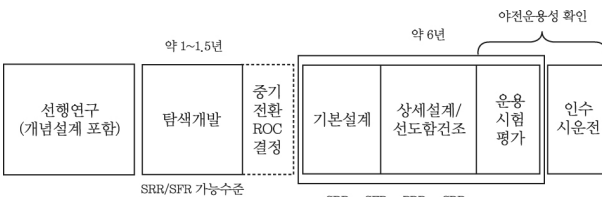
<그림 12> 개선 합정사업 절차도

후속합 건조를 위한 프로세스 개선은 합 건조 기술사양서 검증, 기본설계 시험평가 만으로 후속합 건조 사업을 하는 프로세스로 개선을 통한 후속합 건조의 신뢰성을 향상 시킬 수 있다(<그림 14> 참조).



<그림 13> 후속합 건조 절차도

(1) 개선(안)



<그림 14> 개선 후속합 건조 절차도

5.2 합정 품질관리 개선 방안

5.2.1 품질관리 시스템 구축

세계가 인정하는 국내 사업관리 Infra(방사청 등), 조선 Infra(방산업체) 적극 활용을 통한 한 단계 Up-grade된 합정

건조 협력시스템 구축을 목표로 해서 합정의 품질 제고를 위해서는 설계단계부터 품질관리 확인감독(감리, 품질보증, 검사)을 수행할 수 있도록 M&S 기반의 업무수행체계 개선을 추진한다. 이를 위해서 세계일류 기업에서 적용하고 있는 사업·품질관리 방법을 고려하여 합정 건조에 필요한 시스템을 구축하고 조선업체에서는 이미 적용중인 시스템이나 보완 발전시킨 시스템을 방사청 및 소요군 그리고 품질검사/인증기관과의 협력체계를 구축 운영하는 방안을 검토해야 한다. 이것이 구축되면 국내 합정 건조 시 품질관리 능력을 대내·외적으로 인정받게 되어 합정수출 활성화를 위한 좋은 방안이 될 것이다. 본 시스템 구축 시 고려요소는 품질관리 시스템 구축을 위한 최선의 방안을 강구하기 위해서 방사청, 소요군, 기품원, 선급, 감리기관 등 국내 Infra 및 능력을 최대한 활용하고 부족 시에는 일정기간 국외 품질관리기술/방법을 Outsourcing하는 것도 생각해 볼 수 있다.

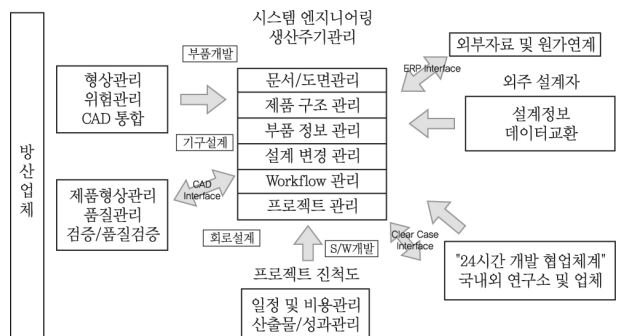
5.2.2 품질관리 절차 개선

(1) 방사청 품질관리 절차

방사청에는 M&S 기반의 시스템엔지니어링을 적용하는 사업관리 및 품질관리를 수행할 수 있는 시스템이 구축되어야한다. 직접구축이 어려우면 조선업체에서 활용하고 있는 품질관리체계와 연계할 수 있는 시스템을 만들어 조선업체의 시스템을 모니터링하고 민간기관에 의뢰해서 결과 및 과정에 대한 인증프로세스를 추진할 수 있는 예산과 제도를 구축해야 한다.



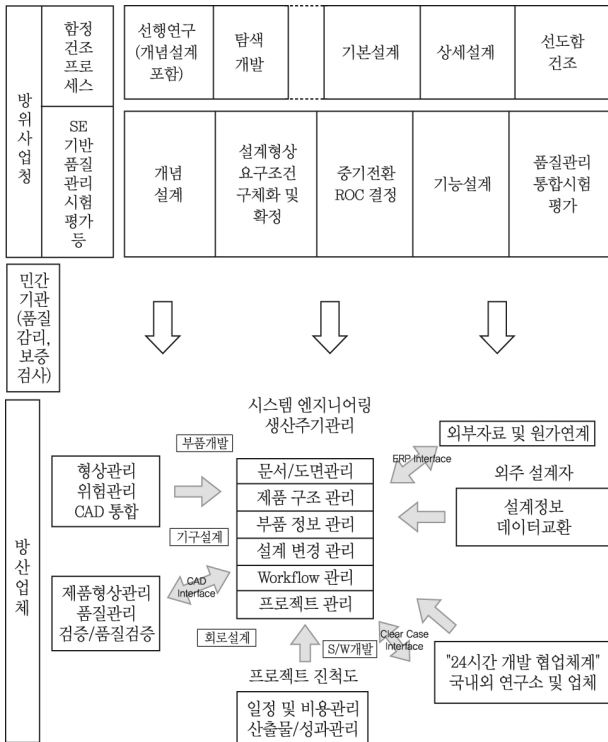
<그림 15> 방위사업청 품질관리도



<그림 16> 방산업체 품질관리도

(2) 방사청-조선업체 간 품질관리 시스템 구축개념

조선업체는 품질보증을 위한 노력이 지속적으로 시행하고 있으므로 방사청은 방산업체의 S/E 시행절차를 확인할 수 있도록 정보교환 체계를 구축하여 확인하고 민간기관을 활용 품질관리 및 보증검사가 필요하다고 판단된다.



<그림 17> 방위사업청-방산업체 간 품질관리 절차도

5.2.3 합정 품질관리 수행방안

(1) 민간기관을 활용한 품질관리 개념

합정건조 사업관리 및 품질관리의 주체인 방위사업청은 기본적으로 품질관리시스템 구축을 위한 개념설정, 과학적 기법연구를 수행하고 그동안 품질관리 업무를 수행해오고 있는 기품원과 이를 지원하기 위한 민간 전문기관 활용을 위한 제도적 장치(조직, 인력, 예산 등) 마련해야 한다. 각론적으로 방위사업청은 사업관리에 집중하고 무기체계 및 특수성능분야의 품질관리는 기품원, 합정분야의 품질관리는 선급을 포함하는 민간기관을 적극 활용해야 할 것이다. 이를 수행하기 위해서 첫째는 기품원 조직과 인력을 보강하되 기술능력을 갖추기까지 일시적인 품질보증기능을 위해 국내·외로 아웃소싱 하여 추진하고 기술능력을 갖추는 시점부터는 기품원 단독으로 품질보증업무를 수행하는 것이며, 둘째는 민간기관(선급, 감리기관 등)의 대외적 인지도 및 공신력을 활용하여 소규모 예산으로 품질보증업무를 수행하는 것이고, 셋째 품질보증기관은 방사청과 조선업체간 소통역할을

수행하고, 넷째 조선업체는 기 구축되어 있는 SE기반의 품질관리 시스템을 품보기관(기품원 혹은 민간기관)을 통하여 방사청 사업관리팀과 연계한 품질관리 업무를 수행하는 것이다. 이러한 개념을 바탕으로 사업 및 품질관리를 위한 각 기관별 수행내용은 <표 4>와 같으며, 합정사업단계 및 업무 분야별 수행 주체는 <표 5>와 같이 제안해 본다[18].

<표 4> 합정사업단계 및 업무 분야별 수행 주체

업무분야	합정사업단계	기본설계	상세설계	선도함 건조	후속함 건조
사업 관리	IPT				
	감리 : 민간기관(IPT 계약)				
품질 보증	전투성능	IPT		기품원	
	전투성능 관련 일반성능	IPT		기품원	
확인 감독	일반성능	민간기관(조선소 계약) *제 3자 검사			
	통합검사조서 발행	IPT		기품원	
사업수행 / 품질관리	조선소				

<표 5> 사업관리/품질관리를 위한 기관별 수행

구분	수행주체	수행내용
사업 관리	IPT	◦ 합정사업 전 분야 사업관리
	민간 기관	◦ 전투성능과 관련 없는 일반성능분야 감리업무 수행 * IPT 사업관리업무 보좌, 문제 발생 시 원인 분석 및 책임 규명, 청과 조선업체간의 책임을 구분
품질 관리 확인 감독	IPT	◦ 합정 품질 및 품질보증 계획 수립 및 감시·통제 ◦ 기본설계부터 선도함 건조단계의 품보업무 관리 감독
	민간 기관	◦ 기본설계 및 상세설계 단계에서, IPT 조정·통제 하, 전투성능 분야와 관련 없는 일반성능 분야의 품질보증업무 확인 감독 ◦ 선도함 및 후속함 건조 단계에서, 기품원 조정·통제 하, 전투성능 분야와 관련 없는 일반성능 분야의 품질보증업무 확인 감독 ◦ 제 3자 개념에서 국제적 수준의 검사업무 수행
	기품원	◦ 선도함 및 후속함의 전투성능 분야와 전투성능과 관련된 일반성능 분야의 품보업무 관리 감독 ◦ 민간기관의 일반성능 분야 검사조서 발행결과를 포함하여 통합 검사조서 발행

(2) 품질관리 수행방(안)

합정 품질보증 수행방안으로는 4가지 안을 제시할 수 있다. 1안은 설계단계부터 기품원에서 민간기관을 미 활용하여 품보업무를 수행하는 것이다. 1안에서 업무분야는 사업관리와 품질관리로 나뉜다. 사업관리는 IPT와 민간기관이 수행한다. IPT는 합정사업 전 분야에 대한 사업관리를 수행하며, 민간기관 감리업무에는 미 활용된다.

품질관리는 기품원과 민간기관이 수행한다. 기품원에서는 기본 설계단계부터 후속함 건조까지 품보업무를 수행하게 되며 제한된 수준의 검사업무를 수행한다. 민간기관은 제 3자 품보 및 검사 업무에 미 활용된다.

2안은 민간기관을 활용하여 설계단계부터 기품원에서 품보업무를 수행하는 것이다. 전투성능과 일반성능을 구분하여 일반성능 분야에 민간기관을 활용한다. IPT는 합정사업 전 분야의 사업관리를 수행하며 민간기관에서는 전투성능 분야와 관련 없는 일반성능분야 감리업무를 수행한다. 품질관리 분야에서 IPT는 합정 품질 및 품질보증 계획 수립 및 감시·통제를 수행하며 기품원에서는 기본설계부터 후속함 건조단계의 품보업무 수행, 전투성능 분야 및 전투성능 분야와 연관된 일반성능 분야에 대한 품보업무를 수행한다. 이때, 기품원과 민간기관의 업무영역은 구분이 된다. 민간기관은 전투성능 분야와 관련 없는 일반성능 분야의 품질보증업무를 수행하며, 제 3자 개념에서 국제적 수준의 검사업무를 수행하게 된다.

3안은 전투근무지원정 사업에만 민간기관을 활용, 전투함/지원함 사업 등은 설계단계부터 기품원에서 품보업무를 수행한다. 사업관리 분야에서 IPT는 합정사업 전 분야를 관리하고 민간기관은 전투성능 분야와 관련 없는 일반성능 분야의 감리 업무를 수행한다. 품질관리 분야에서 IPT는 합정품질 및 품질보증 계획 수립 및 감시·통제를 수행한다. 기품원은 기본설계부터 후속함 건조단계의 품보업무 수행과 전투함/지원함사업의 품보업무를 수행하게 되며, 통합검사서는 기품원이 발행을 한다. 민간기관은 전투근무지원정사업의 품질보증업무 수행과 제3자 개념에서 국제적 수준의 검사업무 수행을 하게 된다.

4안은 선도함의 품질보증업무를 IPT(민간기관 활용)가 수행하고, 후속함의 품질보증 업무는 기품원에서 수행하는 것이다. IPT는 합정사업 전 분야를 관리, 민간기관은 전투성능과 관련 없는 일반성능분야의 감리 업무를 수행한다. 품질관리는 3곳의 수행주체가 업무를 수행한다. IPT는 합정 품질 및 품질보증 계획 수립 및 감시·통제, 기본설계부터 선도함 건조단계의 품보업무 수행하며, 선도함에 대한 통합검사조서는 IPT가 발행한다. 민간기관은 IPT 조정통제 하에서 기본설계부터 선도함 건조단계의 전투성능 분야와 관련 없는 일반성능 분야의 품보업무를 수행하며, 제 3자 개념에서 국제적 수준의 검사업무를 수행한다. 기품원은 선도함의 전투성능분야와 전투성능과 관련된 일반성능 분야의 품보업무를 수행하며, 후속함 건조단계의 품보업무 수행과 검사조서를 발행한다.

(3) 품질관리방안 결정지원을 위한 AHP 기법 적용 및 결과

• AHP(Analytic Hierarchy Process)란?

AHP(Analytic Hierarchy Process)기법이란 최적의 의사

결정을 의사결정 대상의 구성요소를 식별하고 상호관계에 따라 계층 구조를 생성한 후 관련 분야의 실무 경험자나 근무자의 주관적 판단을 계량화하여 의사결정을 지원하는 이론이다.

1980년 University of Pittsburgh 의 Professor To Saaty에 의거하여 개발된 이론이며, 미국 국무부 무기통제 및 군비축소 의사결정, 핵무기 감축 협상에 최초로 적용된 이후 정량화하기 어려운 분야의 의사결정 지원수단으로 활용되고 있다[39].

• AHP 설문 및 중요도 적용 현황

본 논문의 품질관리 수행방안(안) 중 최적의 (안)을 도출하기 위해서 품질관리 수행방안의 구성요소(품질관리 주체, 시기, 방법 등)를 식별하고 상호관계에 따라 계층 구조를 생성하여 계량화 하는 전 과정에 방위사업청, 합참, 해군본부, 조선업체 등 합정의 품질관리 업무에 직·간접적으로 참여하였거나 참여중인 영관급 장교 25명, 일반인 5명 등, 총 30명에게 설문을 통하여 의견수렴을 하였으며, 연구자가 보유하고 있는 AHP 이론을 근간으로 하는 설문분석 소프트웨어를 활용하여 계층구조 및 요소별 계량적 수치 즉, 중요도를 산출하였다.

최종적으로 각 대안별 중요도에 대한 평가를 하였다. 설문 응답자들의 의견을 대면 수립 후 점수화 하여 요소별 가중치를 고려한 평가 점수로 활용하였으며, 이를 종합하여 최적(안)을 도출하였다.

• AHP 기법 분야별 가중치 결정을 위한 항목 설정

<표 6> AHP 기법 분야별 가중치 결정을 위한 항목 설정

Level I	Level II	Level III
품질관리 주체	방사청	방사청 직접(조직보강)
		방사청(사업관리) + 기품원 위임
		방사청(사업관리) + 기품원 위임 + 민간기관 위임
	기품원	방사청(사업관리) + 민간기관 위임
	민간기관	기품원 직접(전투성능) 민간기관 위임(일반성능)
품질관리 시기	선행연구시부터	
	기본설계시부터	
	상세설계/합 건조시부터	
품질관리 방법	관리방법	과학적 기법(S/E, 6시그마 적용 등)
		비용
	관리범위	인증제도
		일반성능
		전투성능
		전투성능 + 일반성능

• 설문에 의한 가중치 판단결과(항목별 상대 값)

• 품질관리 방안별 우선순위 분석

<표 7> AHP 기법 설문에 의한 가중치

Level I	Level II	Level III	
품질 관리 주체 (0.332)	방사청 (0.131)	방사청 직접(조직보강)	0.054
		방사청(사업관리) + 기품원 위임	0.033
		방사청(사업관리) + 기품원 위임 + 민간기관 위임	0.019
		방사청(사업관리) + 민간기관 위임	0.023
	기품원 (0.087)	기품원 직접(전투성능)	0.045
		민간기관 위임(일반성능)	0.041
	민간기관 (0.112)		
품질 관리 시기 (0.436)	선행연구시부터 (0.188)		
	기본설계시부터 (0.085)		
	상세설계/합 건조시부터 (0.161)		
품질 관리 방법 (0.232)	관리방법 (0.089)	과학적 기법 (S/E, 6시그마 적용 등)	0.021
		비용	0.037
		인증제도	0.029
	관리범위 (0.142)	일반성능	0.076
		전투성능	0.026
		전투성능 + 일반성능	0.039

<표 9> 품질관리 방안별 우선순위 분석

방안	1안	2안	3안	4안
점수	0.526	0.70 이상	0.620	0.70 이상
순위	4	1	3	1

• 품질관리 방안별 가중치 분석

품질관리의 주체는 방사청의 조직을 보장하여 임무수행이 높은 가중치가 나왔으며, 전투성능분야는 기품원이 일반성능분야는 기품원과 민간기관의 위임이 유사한 가중치가 나왔다.

품질관리 시기는 선행 연구 시와 상세설계/합 건조 시부터가 높은 가중치가 나와 합 건조 시 사전 의사결정과 합 건조 시 요구 성능 변경에 따른 형상 및 품질관리의 중요성을 고려하고 있다.

품질관리 방법은 관리방법에서 비용을 관리범위에서는 일반성능에 가중치가 높게 나타났다. 이는 함정건조에 있어서 비용이 차지하는 중요도가 과학적 기법과 인증제도에 대비 크며 방산업체에서는 품질과 비용 중 건조조건에 따라 비용을 절감하여 품질을 감소시킬 수도 있다는 획득현장의 의견이라고 볼 수 있다.

단계별 안을 분석한 결과 1안(설계단계부터 기품원에서 품보업무 수행/민간기관 미활용)이나 3안(전투근무지원원 사업에 만 민간기관 활용, 전투함/지원함 사업 등은

<표 8> AHP기법 가중치 분석 결과

Level II, Level III 항목 및 가중치	1안		2안		3안		4안		
	관련 항목	점수	관련 항목	점수	관련 항목	점수	관련 항목	점수	
방사청 직접(조직보강)	0.054	○	0.054	○	0.054	△	0.027	○	0.054
방사청(사업관리) + 기품원 위임	0.033	○	0.033	○	0.033	○	0.033	○	0.033
방사청(사업관리) + 기품원 위임 + 민간기관 위임	0.019	-	-	○	0.019	△	0.009	○	0.019
방사청(사업관리) + 민간기관 위임	0.023	-	-	○	0.023	△	0.012	○	0.023
기품원 직접(전투성능)	0.045	△	0.023	△	0.022	○	0.045	△	0.022
민간기관 위임(일반성능)	0.041	-	-	○	0.041	△	0.021	○	0.041
민간기관	0.112	-	-	○	0.112	△	0.056	○	0.112
선행연구시부터	0.188	○	0.188	○	0.188	○	0.188	○	0.188
기본설계시부터	0.085	-	-	-	-	-	-	-	-
상세설계/합 건조시부터	0.161	-	-	-	-	-	-	-	-
과학적 기법(S/E, 6시그마 적용 등)	0.021	○	0.021	○	0.021	○	0.021	○	0.021
비용	0.037	○	0.037	○	0.037	○	0.037	○	0.037
인증제도	0.029	○	0.029	○	0.029	○	0.029	○	0.029
일반성능	0.076	○	0.076	○	0.076	○	0.076	○	0.076
전투성능	0.026	○	0.026	○	0.026	○	0.026	○	0.026
전투성능 + 일반성능	0.039	○	0.039	○	0.039	○	0.039	○	0.039
합계			0.526		0.721		0.620		0.721

설계단계부터 기품원에서 품보업무 수행)보다는 2안과 4안(민간기관을 활용하여 설계단계부터 품보업무를 수행하되 선도함의 품질보증업무는 IPT(민간기관 활용) 수행, 후속함의 품질보증업무는 기품원 수행)이 높은 가중치를 받았다. 따라서 다소 비용이 증가되나, 인력운용의 제한사항을 극복하고 품질관리과 수출증진을 위해 민간 우수기관을 적기 활용하는 것이 불가피함을 나타내고 있다.

6. 결 론

우수한 품질의 함정건조는 표준화되고 검증이 가능한 기준으로 함정을 설계하고, 그 설계를 토대로 우수한 자재와 기술을 투입하여 함정을 건조하며, 건조함정에 대한 시험평가를 철저히 수행했을 때 가능하다. 더불어 설계·건조과정의 중간산출물과 완성품의 품질을 제 3의 전문가가 공정하고 객관적으로 보증할 수 있는 국제적 수준의 제도적 장치가 필요하다. 따라서 선진화된 사업관리 및 품질관리 기법을 확대 적용하고 민간부분의 전문성을 활용하여 함정 설계 및 건조기준과 규칙 정립을 병행한 민간전문 감리제도의 도입이 요구된다. 우수한 품질의 함정을 건조할 수 있는 업체를 선정하기 위해 제안요청서, 표준특수계약조건, 적격심사 기준도 건조 환경과 기술수준 향상에 맞게 개정이 요구된다. 함정 건조 업체는 수출을 위해서 고객(소요군)이 만족하는 함정을 건조해야 하는데 소요군이 만족하지 못하는 함정은 해외 고객도 만족할 수 없다고 판단된다. 본 연구는 함정건조 절차와 품질관리 개선을 위해 다음과 같이 도출 하였다.

함정건조절차는 소요기획 단계부터 운용개념, 개념설계, 기본설계, 상세설계/선도함 건조, 후속함 건조단계까지 M&S 기반의 시스템엔지니어링(SE) 관리기법을 적용한 프로세스 개선이 요구된다. 프로세스 개선은 함정 사업관리에 참여하는 모든 기관과 조직의 사전준비 철저로 후속단계의 문제점 최소화, 비용절감, 기간단축을 가능하게 하며, 소요군-방사청-기품원-방산업체 소통능력 강화로 사전 의사결정과 동시공학을 통한 원가관리, M&S 기반의 시스템엔지니어링(SE) 관리기법 적용, 방산물자제도, 감리 및 인증제도 등을 통해 함정 건조의 고품질화 달성과 같은 효율성 증대를 이끌 수 있다.

함정건조사업 추진 시 건조경험·기술축적·난이도 등을 고려하여 현 사업수행절차의 적용여부 판단 결과에 따라 현 사업수행절차 혹은 개선된 사업수행절차 적용이 필요하다. 현 사업 수행절차 적용 시는 개념설계 등 소요군의 명확한 요구사항의 선행연구를 보다 심층 있는 수행이 요구되며, 일반 무기체계 획득 절차와 같이 수행 시는 개념설계 후에 필요에 따라 탐색개발이 요구되며 SRR, SFR을

함정의 기능수행 레벨까지 세분화하고 추가적인 연구가 필요하다. 품질관리 수행을 위해 방사청은 다음과 같이 조치가 요구된다.

품질관리 시스템 구축을 위한 개념설정, 과학적 기법 연구, 기품원 및 민간전문기관 활용을 위한 제도적 장치(조직, 인력, 예산 등)를 마련해야 하며, 방위사업청은 사업관리에 집중하고 무기체계 및 특수성능분야는 기품원, 함정분야는 선급 등을 포함하는 민간기관 활용이 바람직하다. 그리고 방산업체에 기 구축되어 있는 M&S 기반의 SE와 품질관리 시스템을 품보기관(기품원 혹은 민간기관)을 통하여 방사청 사업관리팀과 연계 시행하여야 할 것이다.

품질관리 수행방안은 민간기관을 활용하여 설계단계부터 기품원에서 품보업무를 수행(전투성능과 일반성능 구분하여 일반성능 분야에 민간기관 활용) 하거나 선도함의 품질보증업무는 IPT(민간기관 활용) 수행, 후속함의 품질보증업무는 기품원 수행이 바람직한 것으로 판단되며 후자의 경우 품질보증 수행기관의 상이함에 따라 품질보증을 위한 형상관리 등 대책이 요구된다.

함정사업 추진절차의 일관성과 합리성을 확보하고, 해외 수출을 고려, 함정 건조 시 품질인증을 위해 시장경쟁 체계 하에서 역량 있는 업체선정을 위한 사업추진절차 보완이 요구된다. 함정건조 사업 추진 시 건조 환경 및 제도 변화와 소요군의 요구에 순응하고 사전 의사결정을 통한 후속업무 추진을 용이하게 하는 선 순환구조 구축과 신기술 개발 등 방사청(기품원), 소요군, 조선업체간 적극적인 참여가 필요하다.

종합적으로 함정건조 시 사업관리와 품질관리를 연계하여 선행연구 시부터 자재와 같은 분야포함 품질관리 실시, 기품원과 IPT의 업무과중과 인원문제를 해결하기 위해서 민간기관을 적극 활용하고, 내실 있고 합리적인 품질관리 수행 및 이에 따른 제 규정과 방안(민간기관 자격 요건 포함) 수립이 필요한 것으로 분석된다.

참고문헌

- [1] 국방과학연구소; “2011 울곡이이함 품질평가회”, 2011.
- [2] 국방과학연구소; “M&S 기반의 함정시험평가 개념연구”, 2011.
- [3] 국방부; “2010~2024, 국방과학기술 진흥정책서(수정본)”, 2011.
- [4] 권용수; “국방획득 단계별 시스템 엔지니어링 적용방안 제고”, 국방품질경영, 국방기술품질원, 2008.
- [5] 김종하; “함정 획득기간 최소화를 위한 획득절차 개선 방안 연구”, 대전 : 한남대학교, 2011.
- [6] 대우조선 해양 주식회사; “국방품질규정”, 거제시, 2010.

- [7] 대한 조선학회 함정기술 연구; “함정설계 기술유지·발전방안 연구”, 2010.
- [8] 민성기; “시스템엔지니어링 관리”, 시스템체계공학원 도서출판, 2011.
- [9] 박찬석; “세계 최고 품질의 경쟁력 있는 군함 건조”, 국방일보, 2011.
- [10] 방위사업청 표준관리부; “2008년 국방표준화”, [규격·목록] 교육, 2008.
- [11] 방위사업청; “국방목록업무 가이드북”, 2007.
- [12] 방위사업청; “항공무기체계 시험평가 참고서”, 2010.
- [13] 방위사업청; “표준화 업무지침 국방규격의 서식 및 작성에 관한 지침 군수품 목록화 업무지침”, 2011.
- [14] 방위사업청; “방위사업관리 규정 개정 소요검토”, 내부 보고서, 2011.
- [15] 방위사업청; “함정건조 계약 특수조건 표준(안) 개정소요(일반 및 방산)”, 내부 보고서, 2011.
- [16] 방위사업청; “함정건조 기본 설계 사업 제안 요청서 표준(안)”, 내부 보고서, 2011.
- [17] 방위사업청; “군함의 품질 제고를 위한 민간전문기관 활용 방안 검토(안)”, 내부 보고서, 2011.
- [18] 법무법인 한산; “방위사업관리 관리규정 개정안 등 검토회신, 2011.
- [19] 삼성경제연구소; “6시그마경영의 이해와 실천”, 2002.
- [20] 송영일, 김동욱; “함 건조 계약방법 개선방안 연구”, 『한국 국방경영분석 학회지』, 37(2), 2010.
- [21] 송재용; “송재용의 스마트 경영”, 21세기북스, 2011.
- [22] 신중계; “PLM과 제품 경쟁력”, 국방품질경영, 국방기술 품질원, 2010.
- [23] 안보경영연구원; “함정작전요구능력(ROC) 검증체계 구축방안 연구”, 2009.
- [24] 이휘우 외; “항공기 개발 경험으로 쓴 실전 엔지니어링”, 청문각, 2008.
- [25] 정 성, 신현안; “선진국의 함정획득 업무 개혁과 선급활용 사례 : 아웃 소싱을 통한 함정설계 및 건조 검사”, 『주간 국방논단』, 1280 : 09-44, 2009.
- [26] 코어세스 PLM 프로젝트(주); “PLM 프로젝트 추진사례 소개”, 2002.
- [27] 한국 국방연구원; “방위사업청과 소요군 간 함정설계 및 건조업무의 합리적 기능 재정립 방안”, 2007.
- [30] 한국국방연구원; “함정 설계 및 건조 시 선급의 역할에 관한 연구”, 2009.
- [31] 한국능률협회; “6시그마의 이해”, 2002.
- [32] 한국선급; “잠수함 품질보증 기술능력 향상방안 연구”, (사), 2008.
- [33] 한국해양전략연구소; “시운전평가 개선방안 연구”, 2011.
- [34] 해군사관학교 해군 해양연구소; “임무 기반의 함정 통합 시험평가 세부 수행절차 연구”, 2010.
- [35] Defense Acquisition University; “Defense Acquisition Acronyms and Terms,” *Twelfth Edition*, NDU, 2005.
- [36] Department of Defense; “The Defense Acquisition System,” DoD Directive 5000.1., 2003.
- [37] James, M., Morgan, and Jeffrey, K., Liker, 박정규(역); “도요타 제품 개발의 비밀”, KMAC, 2009.
- [38] SAP Korea PM&SL PLM Team; “제품 기획에서 생산에 이르기까지의 통합솔루션”, 2002.
- [39] Thomas, L. Saaty; “The Analytic Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation,” McGraw-Hill International Book Co., 1980.
- [40] Turk, Wayne; “Project Management Top 20,” *Defense AT&L*, 37(1), 2008.
- [41] UK Mod; “Warship Enginerring Management Guid,” MAP 01-020, 1 : 71, 2007.