

# 무기체계 개발단계 품질관리 프로세스 적용을 통한 효과 연구

서민성, 이영민\*  
국방기술품질원

## Effect research through application of quality control process in the weapon system's development stage

Min-Sung Seo, Yeong-Min Lee\*  
Defense Agency For Technology and Quality

**요약** 2018년 방위사업청에서 발표한 '19-'23 군수품 품질관리 기본계획에는 연구개발단계 품질관리 강화를 위한 연구개발 품질관리 도구 개발 등의 내용이 포함되는 등 기존 양산단계 중점의 품질관리에서 개발단계 품질관리까지 영역을 넓히는 군수품 품질관리 패러다임 전환이 이뤄지고 있다.

국방 무기체계의 품질을 담당하고 있는 국방기술품질원에서 기존에 수행한 개발단계 품질관리는 소수 인원이 투입되어 기술검토회의 중심으로 참여함으로써 체계개발 전반에 걸친 품질관리가 제한되었고, 이로 인해 양산단계에서 개발단계에 기인한 품질문제가 야기되었다.

그로인해 체계개발 전반에 걸친 품질관리를 통한 양산단계 품질문제를 최소화함으로써 개발-양산-운영단계 전주기 품질관리 강화 필요성이 대두되었고, 방위사업법 시행령 개정, 방위사업 품질관리 규정 제정 등 패러다임 전환을 위한 관련 규정의 개정이 이루어지며, 국방기술품질원의 개발단계 품질관리 업무 수행 근거가 마련되었다.

국방기술품질원은 이러한 패러다임 전환에 맞춰 체계적인 개발단계 품질관리를 위해 LQM, QCG 검토, 품질관리지원계획서 작성 등의 개발품질관리 프로세스를 구축하여 2020년 이후 약 37개의 사업을 대상으로 업무를 수행하였다. 본 연구에서는 37개 체계개발사업에 대해 국방기술품질원에서 구축한 개발품질관리 프로세스 적용 효과를 살펴보고 도출된 한계점을 기반으로 향후 발전방안을 제시하였다.

**Abstract** The '19-'23 master plan for munitions quality management announced by DAPA in 2018 reflects the development of R&D quality management tools to strengthen quality control in the R&D stage. Presently, a paradigm shift in munitions quality management that expands its scope to quality control in the development stage is taking place.

In the quality control previously performed by the DTaQ, which is in charge of the quality of defense weapon systems, a small number of people were put in and participated mainly in the technical review meetings. So, quality control throughout the system development was limited, and as a result, quality problems occurred in mass production. So, it was necessary to change quality management in the new development stage to minimize quality problems in the mass production stage. The minimization of quality problems is achieved through systematic quality management support throughout system development.

**Keywords** : QCG(Quality Control Gate), LQM(Level of Quality Management), Weapon System, Mass Production, Research & Development

본 논문은 국방기술품질원 연구과제로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Young-Min Lee(Defense Agency For Technology and Quality)

email: 0-man@naver.com

Received January 4, 2022

Accepted March 4, 2022

Revised January 28, 2022

Published March 31, 2022

## 1. 서론

최근 무기체계 개발환경은 첨단화, 복잡화, 대형화되고 있으며, 다양한 분야 전문가와 다수의 국내·외 협력업체가 참여하여 성능미흡, 비용증가, 일정지연 등의 위험이 존재하고 있다. 이러한 문제들로 인해 기존 양산단계 중심의 품질관리 패러다임이 연구개발단계부터 전주기 품질관리를 강화하는 선제적 예방활동의 형태로 전환될 필요성이 제기되어 왔다.

그 결과 정부의 국정과제와 방위사업청 정책목표에 기반하여 연구개발단계 품질관리 강화가 중요한 정책방향으로 「19~23 군수품 품질관리 기본계획」에 반영되었다. 이를 토대로 「방위사업법 시행령」 제71조에 '무기체계 연구개발사업 품질보증 기술지원' 항목이 국방기술품질원의 임무 중 하나로 추가되었다.

품질의 80% 이상은 기획 및 개발단계에서 결정되며, 양산단계에서 발생하는 대부분의 품질문제는 해결 가능한 경미한 기술변경에 기인한다.

하지만 K-○○ 복합소총, ○○○레이더 체계개발 사업의 경우 설계 결함, 시험평가 미 충족으로 인한 개발 실패로 막대한 비용 손실을 초래하였다.

국방기술품질원은 체계적인 개발단계 품질관리를 위해 품질관리수준 평가, 품질관리 지원계획서 수립 등의 '준비단계'와 품질통제점 검토, 품질관리지원 결과보고서 작성 등의 '수행단계'로 구분하여 품질관리 프로세스를 구축하였고, 2019년 개발·양산·운용 무기체계 전주기 품질관리에 관한 기관별 임무와 역할이 명시된 방위사업 품질관리 규정이 제정(2019.04.18.)됨으로써 본격적으로 개발단계 품질관리 업무를 수행 중이다.

국방기술품질원이 설립되고 그 임무가 양산단계에 집중되다보니 현재까지 양산 무기체계에 관한 품질관리 연구가 대부분이었으나, 최 근래 개발단계 품질관리의 중요성이 부각된 이후 개발단계 품질관리의 중요성과 기품원의 참여 및 수행방안에 대한 여러 연구가 수행되었다[1]. 본 연구에서는 개발단계 품질관리 임무가 법과 규정에 의해 부여되고, 그 임무를 프로세스화하여 현재 개발 중인 무기체계의 체계개발단계에 적용한 효과를 살펴보고 도출된 한계점을 기반으로 향후 발전방안을 제시하고자 한다.

## 2. 무기체계 개발단계 품질관리 특성

### 2.1 개발단계 품질관리 수행방안

#### 2.1.1 체계개발 품질관리 기술지원 준비단계

##### 2.1.1.1 품질관리수준(LQM : Level of Quality Management)

기품원의 개발단계 품질관리 기술지원 이전 무기체계 체계개발단계는 방위사업청에서 체계개발기본계획서를 작성하고 해당 계획서를 관련 기관에 배포하여 검토 후 확정함으로써 시작되었다. 하지만 기술지원 이후 Table 1과 같이 체계개발기본계획서에 기품원에서 수행하는 품질관리수준평가(LQM) 결과를 명시하게끔 규정과 지침이 개정됨으로써 품질관리기본계획서 내 체계개발 간 품질관리 향상 방안이 보다 구체적으로 기록되었다.

품질관리수준평가(LQM)는 연구개발 총 사업비와 기술적 위험평가 결과를 종합적으로 판단하여 무기체계 체계개발사업의 품질 위험도에 따라 3단계로 관리수준을 결정하게 되며, 세부기준은 Table 1과 같다.

Table 1. QCG(Quality Control Gate) action plan

Division		Technical Risk		
		Top	Middle	Bottom
R&D Total Project Cost	less than 85 billion	LQM I	LQM I	LQM II
	85 billion~ 300 billion	LQM I	LQM II	LQM III
	more than 300 billion	LQM II	LQM III	LQM III

#### 2.1.2 체계개발 품질관리 기술지원 수행단계

##### 2.1.2.1 품질관리 지원계획서 수립

품질관리 지원계획서는 체계적인 품질관리 기술지원을 수행하기 위한 상세 계획이 명시된 자료로 국방기술품질원이 작성하여 체계개발 계약 후 3개월 이내에 방위사업청으로 제출하고 방위사업청은 검토 후 이를 승인한다.

품질관리 지원계획서는 개발단계 품질관리 기술지원 수행의 근거가 되며, 품질관리 지원 인력 운영계획, 체계개발 주요단계별 활동계획, 품질통제점 검토 수행 계획, 신뢰성 확보를 위한 지원계획, 개발품질 성과관리체계 운영방안, 참여기관 협조 계획 등을 포함하여 작성한다.

##### 2.1.2.2 품질통제점(QCG : Quality Control Gate) 검토

국방기술품질원에서 수행하는 품질관리 지원 업무 중 핵심은 체계개발과정에서 발생한 품질문제가 다음 사업 단계로 전이되지 않도록 설계 및 제조준비상태의 완전성, 양산성을 확보하는 품질통제점 검토라고 할 수 있다.

품질통제점 검토는 체계개발 주요단계에서 개발 대상 무기체계의 종합적인 품질 성숙 수준을 평가하여 후속 개발과정에서 품질을 확보할 수 있도록 관리하는 프로세스이다. 품질통제점 검토는 품질관리수준에 따라 그 수행여부가 결정된다. 품질관리수준(LQM)은 연구개발 사업비와 기술적 위험수준을 복합적으로 고려하여 I, II, III단계로 구분되며, 품질관리수준 II, III 사업에 한하여 품질통제점 검토를 총 3단계에 걸쳐 수행한다. 수행 방법 및 시기 등의 세부내용은 Table 2와 같다.

Table 2. QCG(Quality Control Gate) action plan

stage	Check List
QCG1	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 13 items of design maturity</li> <li>· 3 items of configuration control</li> <li>· 17 items of preparing for prototyping</li> <li>· 7 items of preparing for prototype quality assurance</li> <li>· 5 items of test evaluation</li> <li>· 3 items of risk management</li> </ul>
QCG2	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 15 items of preparing for test evaluation</li> <li>· 5 items of configuration control</li> <li>· 10 items of production and quality control maturity level</li> <li>· 3 items of prototype production and quality problem analysis</li> <li>· 3 items of software development and management level</li> </ul>
QCG3	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 8 items of state of readiness for national defense standardization</li> <li>· 1 item of status reflected test evaluation results</li> <li>· 12 items of readiness for mass production system</li> <li>· 6 items of preparing for mass production quality assurance</li> <li>· 1 item of mass production risk management</li> </ul>

품질통제점1은 체계요구조건 및 체계기능요구조건이 상세설계를 충족하는 초기 제품 규격 등으로 완전하게 반영되었는지를 확인하고 초기 제품 기준선을 설정하는 단계로 시제품 설계 및 제작 가능성에 대해 점검 가능하도록 하였다.

품질통제점2는 시험 목적, 방법, 절차, 범위, 인력, 자원 등이 포함된 시험계획이 사용자 요구사항 및 체계요구조건에 대한 만족 여부를 검증 및 확인할 수 있는지를 검토하여 시험평가(DT&E/OT&E) 단계로의 진입 가능 여부를 확인하는 단계로, 시험평가 준비상태에 대해 중점적으로 점검 가능하도록 한다.

품질통제점3은 국방규격화 준비상태, 시험평가결과 반영 현황 및 양산 품질보증 준비상태 등을 검토하는 단계로 제품의 양산 가능여부에 대해 점검 가능하도록 한다.

### 3. 개발단계 품질관리 적용 효과

#### 3.1 품질통제점 적용

2019년 방위사업품질관리규정 제정 이후 지휘정찰분야 무기체계 대상 품질통제점1, 기동화력분야 무기체계 대상 품질통제점3, 총 2차례의 품질통제점이 수행되었다.

##### 3.1.1 품질통제점1 점검 결과

○○○○○○ 체계개발사업은 '00.00월 ~ '00.00월까지 0,000억원을 투자하여 미래 보병중대 책임지역의 적 예상침투로, 병력 미배치 지역 및 감시 사각지역에 설치하여 적 접근을 탐지, 경보하는 ○○○○○○체계를 국내 연구개발 하는 사업이다.

○○○○○○체계개발 사업은 '20.1월 LQM평가, '20.4월 품질관리지원계획서 작성 이후 약 한달간 품질통제점(QCG)1 점검이 수행되었다.

○○○○○○체계는 방위사업 품질관리 규정 제정 이후 최초로 수행되는 품질통제점1 수행 사업으로서 2차례의 품질관리 협의체, 3차례의 현장품질회의를 통해 사업 특성에 맞게 점검 항목과 기준을 테일러링하여 사업 일정 영향성을 최소화하면서 완벽한 설계품질을 확보하기 위해 노력하였다. 품질통제점1 점검을 통한 위험도 식별 결과는 Table 3과 같다.

품질통제점 점검 결과 설계성숙도 분야에서는 규격서의 작성상태, 요구사항 반영도, 개발품목의 설계검토가 적절하게 수행되었으나, RAM 목표값 미 충족 및 FMECA (Failure mode effect and criticality analysis) 미완료로 2개의 위험도 '중' 항목이 식별되었다.

형상관리 및 위험관리 업무체계 분야에서는 업무 수행을 위한 업무체계 및 절차가 수립되고 체계적으로 활용되며, 관리방안이 실시 증임을 확인하였다.

시험평가 분야에서는 개발요구조건을 바탕으로 시험평가 항목, 조건 및 제반요소가 적절히 수립되었다.

시제품 제작 및 품질보증 활동 준비 분야에서는 시제품 제작을 위한 생산역량 및 품질보증 준비상태는 연구개발주관기관에서 관리하는 내부 지침 및 현장방문 확인 결과 양호하였으나, 품질통제점 점검 기간이 상세설계단계라 아직 실질적인 시제품 제작이 완료되지 않아 공정이나 설비의 안정성 검증이 미 완료되어 7개의 위험도 '중' 항목이 식별되었다.

품질통제점 결과보고서 제출 이후 위험도 '중'으로 식별된 9개 항목은 완벽한 시제품을 제작하고 안정성 검증이 완료될 때까지 Action Item으로 관리하였다.

Table 3. QCG(Quality Control Gate)1 inspection result

Review Target		QCG1 Review Result(Risk)		
Division	item(s)	Good	Fair	Poor
design maturity	13	-	2	11
configuration control	3	-	-	3
preparing for prototyping	17	-	6	11
preparing for prototype quality assurance	7	-	1	6
test evaluation	3	-	-	3
risk management	3	-	-	3
Total	46		9 (20%)	37 (80%)

Table 4. QCG(Quality Control Gate)3 inspection result

Review Target		QCG3 Review Result(Risk)		
Division	item(s)	Good	Fair	Poor
national defense standardization	7	-	1	6
status reflected test evaluation results	1	1	-	-
readiness for mass production system	12	-	3	9
mass production quality assurance	6	-	-	6
mass production risk management	1	-	-	1
Total	27	1 (4%)	4 (15%)	22 (81%)

### 3.1.2 품질통제점(QCG)3 점검 결과

○○○○○ 체계개발사업은 '00. 00월 ~ '00. 00월 까지 000.00억원을 투자하여, 보병부대의 실시간 상황 파악 및 기동중 지휘통제가 가능하며 기동성·생존성을 구비한 ○○○○○체계를 연구개발하는 사업이다. ○○○○○ 체계개발사업은 관련규정·지침의 제정에 따라 시범적으로 체계개발 진행 중 품질관리지원계획 수립 및 품질통제점3 검토가 수행되었다.

약 3개월의 수행기간 동안 2회의 개발 품질관리 협의체회의, 6회의 현장품질회의를 통해 점검표 내 검토항목 중 “신뢰성 시험결과 확인” 항목을 제외한 최초양산 제조설비 확보 등 27개 항목에 대해 국방규격 완전성, 양산준비상태 및 위험관리 수준 확인을 중점 검토하였다. 품질통제점3 점검을 통한 위험도 식별결과는 Table 4와 같다.

품질통제점3 점검은 크게 개발품질 기술자료 검토와 생산 및 형상관리 현장 확인으로 나누어 수행하였다. 국방규격(안) 작성 및 관리상태 검토결과 형상변경 이력관리, 물리적 형상 확인 등 관련업무가 적절히 수행되었다. 다만, 최신화 미흡 도면이 일부 식별되어 조치를 요청하였으며, 품질통제점3 수행 간 후속조치 사항으로 완료여부를 확인하였다.

시험평가 등 설계 검증상태 검토결과 결함 및 보완요구사항 현황관리 등의 확인 결과 양호하였으나, 일부 결함 항목의 조치계획 수립 중에 따른 설계 검증의 적절성 확인이 제한되어 위험도 '상' 1개 항목이 식별되었다.

품질통제점3 수행 결과 제출 후 운용시험평가를 통해 설계 검증의 적절성을 확인하였다.

최초양산 준비상태 검토결과 제조·검사 공정 및 시설 확보 계획 수립 등 양산준비 상태가 양호하였다. 다만, 신규 제조설비 입증계획 보완과 공정지수의 추가 분석이 필요하여 위험도 '중' 3개 항목이 식별되었다.

추후 제조성속도평가(MRA) 시 후속조치 요청사항의 이행여부를 확인하였다.

### 3.1.3 품질통제점(QCG) 적용 효과

기품원의 개발단계 업무가 공식화되고, 품질통제점 점검 등의 품질관리 역할이 명확해짐으로써 각 개발단계에서 제시하는 기술검토 의견의 수준과 반영률을 증가시킴으로써 설계·규격화 수준 향상 및 방향성과 소요군 등 고객 만족도 향상에 이바지 할 수 있었다.

세부 사항은 Table 5와 같다.

Table 5. QCG(Quality Control Gate)3 inspection result

	Before	After	
		QCG1	QCG3
Number of technical review opinions	15~20	188	547
Number of opinions reflected	12~15	169	468
reflection rate	70%~75%	89.8	85.5%

특히 설계단계에서 수행된 품질통제점1 점검을 통해서 시제품의 설계품질 향상을, 체계개발 마지막 단계인 규격화 시기에 수행된 품질통제점3 점검을 통해서 규격자료의 완성도와 최초양산 준비상태 향상 등의 직접적인 효과를 확인할 수 있었다.

### 3.2 품질관리수준(LQM) 적용

품질관리 수준평가는 연구개발 총사업비와 기술적 위험평가 결과를 기반으로 최종 품질관리수준을 결정하게 되고 해당 결과를 품질관리기본계획서에 반영하여 체계 개발기간 동안의 품질관리 심도를 결정하게 된다.

LQM1으로 결정된 사업은 품질통제점(QCG)을 수행하지 않으며, 기품원에서는 무기체계를 담당하는 개발팀의 전담인력 위주로 품질관리를 수행한다.

LQM2,3로 결정된 사업부터는 체계개발 단계별 점검 시점에 품질통제점(QCG)을 수행하게 되며, LQM2사업은 무기체계를 담당하는 전담팀에서 형상관리분야, 품질관리분야, 신뢰성분야 3명의 인력을 배치하여 개발품질관리를 수행한다. LQM3사업은 품질관리의 효율성과 전문성 향상을 위해 LQM2사업과 달리 각 분야 전문팀에서 4명 이상의 전문가로 구성된 전담팀을 구성하여 개발 단계 품질관리 업무를 수행한다.

2년간 수행한 LQM 평가 실적은 Table 6과 같다.

Table 6. QCG(Quality Control Gate)3 inspection result

Division	LQM1	LQM2	LQM3
C4ISR systems	8	3	3
Land systems	6	1	
PGM & Ammunition systems	6	3	1
Platform systems	5	2	

평가결과 LQM1 사업이 약 67%를 차지하며, LQM2 사업이 약 24%, LQM3 사업이 약 10%를 차지하였다.

37개 대상사업에 대해 LQM평가를 진행하면서 얻게 된 가장 큰 효과는 기품원의 개발단계 참여에 대한 책임과 권한이 부여되기 전과 비교하여 체계개발 초기단계부터의 사업특성에 맞는 품질관리 수준을 결정함으로써 품질관리 효율성이 향상되었으며, 방위사업청과 소요군 등 고객에게 높은 품질만족도를 제공할 수 있었다.

또한 품질관리수준평가를 위해 기술성숙도평가나 유사무기체계의 품질이력 등의 정보를 조사·연구함으로써 설계 및 시험평가단계에서 발생 가능한 위험을 미리 예측할 수 있었고, 전담인력 지정이나 전담조직 구성에 따른 체계개발 전반에 걸친 체계적인 품질관리가 수행될 수 있는 기틀을 마련하였다.

## 4. 개발품질 프로세스 발전방안

2020년 이후 37개 대상사업에 대해 개발품질 프로세스 적용 결과 품질통제점 수행을 통해 시제품 설계품질 향상, 제조성숙도 및 최초양산 준비상태 향상 등의 직접적인 효과를 확인 할 수 있었다.

LQM평가를 통해서 체계개발 초기부터 무기체계 특성에 맞는 품질관리 수준을 정해 적용시킴으로써 개발단계 품질관리 효율성을 증대시킬 수 있었다.

하지만 품질통제점 점검의 경우 품질통제점 수행 지침에 수록된 각 단계별 검토항목 및 운영정의서가 성격이 다른 모든 무기체계에 공통적으로 적용하기에는 한계가 있었다. 또한, 품질관리수준평가의 경우 국방기술품질원의 개발단계 업무에 대한 정보체계가 아직 완벽하게 구축되지 못해 유사무기체계 품질이력 정보에 대한 접근이 어려워 업무 비효율이 많이 발생하였다.

2년간 업무를 수행하면서 도출한 발전방안은 다음과 같다.

먼저, 협력업체 기술자료 확보 및 현장 확인을 강화하여 개발초기 설계단계부터 협력업체 품질지원 강화 및 자체적인 품질정보 수집활동을 수행할 필요가 있다. 또한 규격화 이후 체계개발 종료 전 양산준비 상태를 점검하는 제조성숙도평가와 품질통제점 검토항목 간 중복 유사항목의 조정을 통해 향후 품질통제점-제조성숙도평가 간 일원화된 프로세스 정립을 통해 업무 효율성을 높일 필요가 있다. 그리고 품질통제점 점검 항목별 구체적인 검토대상 및 현장 확인 절차 등 운영정의서의 구체화와 위험도 판정기준의 현실화가 필요하다. 끝으로 국방기술품질원의 빅데이터 기반 정보체계 구축을 통해 품질관리

수준 평가 시 활용되는 데이터에 대한 접근성을 향상시킬 필요가 있다.

## 5. 결론

본 논문은 국방기술품질원이 체계적인 개발단계 품질관리를 위해 구축한 품질관리 프로세스를 약 2년간 37개의 사업을 대상으로 적용한 효과를 기술하고 적용방안을 제시하였다.

연구개발단계의 품질관리는 무기체계의 성공적인 개발에 있어 필수적인 요소가 되었으며, 그 대상 사업도 지속적으로 증가하고 있다.

그러므로 기품원에서 수행하는 개발품질 프로세스의 여러 개발단계 품질관리 지원업무 중 대내·외적으로 기품원의 역할이 가장 큰 비중을 차지하는 품질통제점과 품질관리수준평가의 보완과 발전은 기품원의 개발단계 품질관리의 성장과 성공적인 정착에 필수적이다.

국방기술품질원은 도출된 한계점과 발전방안을 기반으로 방사청 및 연구개발주관기관 등 유관기관의 의견을 적극 수렴하여 개발품질관리 프로세스를 지속적으로 발전시켜 나가며 개발품질 성과지표를 개발하여 국방기술품질원의 개발단계 품질관리 업무 당위성과 신뢰성을 확보할 예정이다.

## References

- [1] I.H. Jung, S.W. Seo, B.K Jang, "A Case Study on the Quality Control Strengthening in Development Phase of Weapon Systems.", Journal of Korea Society for Quality Management, 2017, 346-349(4 pages).
- [2] W.B. Seo, S.O. Yim, Y.H. Choi, B.H. Kim, "A Methodology Research on Development Stage of Submarine Vessel through QMST/QCG System", Korean Soc Qual Manag, 2020.10, 521-534(4 pages)
- [3] DAPA. 2019. Basic Plan for Quality Control of Military Supplies, 19~23.
- [4] B.K. Jang, "A Study on the Development Quality Control by Application of QFD and Stage-gate in Defense System", Journal of Korea Society for Quality Management, 2014, 279-290(12 pages).
- [5] J.K. Song, "Quality Management Model for Research and Development of Defense Weapon Systems", Journal of the KIMST, 2018, 386-395(10 pages)

서민성(Min-Sung Seo)

[정회원]



- 2015년 8월 : 창원대학교 기계공학과 (기계공학학사)
- 2018년 12월 ~ 2020년 12월 : 국방기술품질원 지휘정찰센터 연구원
- 2021년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 개발품질연구센터 연구원

<관심분야>

진동소음, 유체역학, 열역학

이영민(Yeong-Min Lee)

[정회원]



- 2016년 8월 : 금오공과대학교 전자공학부 (공학사)
- 2020년 8월 : 금오공과대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2021년 7월 ~ 2022년 1월 : 국방기술품질원 개발품질연구센터 연구원
- 2022년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 첨단미래기술센터 연구원

<관심분야>

RF 회로 설계, 오실레이터, 안테나 설계 및 해석