

Original Article

유도무기체계 품질 및 신뢰성 제고를 위한 개발단계  
국방규격화 프로세스 개선 방안

조유섭\*, 김장은, 윤재형, 김시옥, 이수림

A Proposal to Improve Standardization Process on Defense R&D for  
Quality and Reliability of Missile System

Yu-Seup Cho, Jang-Eun Kim, Jae-Hyoung Yoon, Si-Ok Kim, Su-Lim Lee

ABSTRACT

To achieve designed quality and reliability from R&D to force integration, an establishment of precise and distinct specifications and standards are required. However, the recent process of R&D standardization on defense acquisition system, has brought plenty of corrections on specifications and standards that may cause not only difficulties to production line and retardation to the military forces, but also a degradation of provided weapon systems. Therefore, a technical review should be performed by the developer, the producer, and the client, establishing the standard that include mass production requirements as well as clients' requirements. This paper propose a specified solution on process of R&D standardization, by applying a substantial FCA(Functional Configuration Audit) and PCA(Physical Configuration Audit) which implies participation of related agencies. By the improved PCA, 2,023 corrections on 74 types of QAR(Quality Assurance Requirement)s and 12,715 corrections on drawings are identified.

Key Words : System Engineering(체계공학), Missile System Standardization Process(유도무기 국방규격화 프로세스), Configuration Management(형상관리), Configuration Audit(형상확인), Development Quality(개발품질), FCA(기능적형상확인), PCA(물리적형상확인)

1. 서 론

국방규격이란, 군수품의 조달을 목적으로 제품 및 용역에 대한 기술적인 요구사항과 해당 조건의 일치성을 판단하기 위한 절차 및 방법을 기술한 자료이다. 국방규격은 군수품의 표준성, 호환성을 유지하여 생산 능률을 향상시키고, 명시된 절차에 따른 검사 및 관리행위로 객관적인 품질

보증 활동을 할 수 있는 근거가 된다. 특히 현재와 같이 다양하고 복잡한 무기체계의 수요가 많아지고, 이러한 무기체계의 생산, 운영 및 유지, 원활한 군수지원 등을 위해서는 적절한 국방규격 제정 및 활용이 필요하다.

현재 국방규격은 체계개발단계에서 제정되는데, 이때 설계된 무기체계의 품질수준이 야전에서 동등하게 발휘되려면 명확한 국방규격이 제정되어야 하고, 이를 기준으로 생산하여 전력화되어야 한다. 그러나 현 국방획득제도 내 국방규격화 프로세스를 거쳐 개발된 무기체계의 경우 일부 명확하지 않은 규격과 각종 오기 등으로 인해 개발품과 일치하는 양산품이 전력화되었다고 단정하

Received : 28. Jul. 2017. Revised : 11. Sep. 2017.  
Accepted : 28. Sep. 2017

\* 국방기술품질원 품질경영본부 연구원  
연락저자, E-mail : imneo@nate.com  
대구광역시 수성구 동원로 28길 52-8

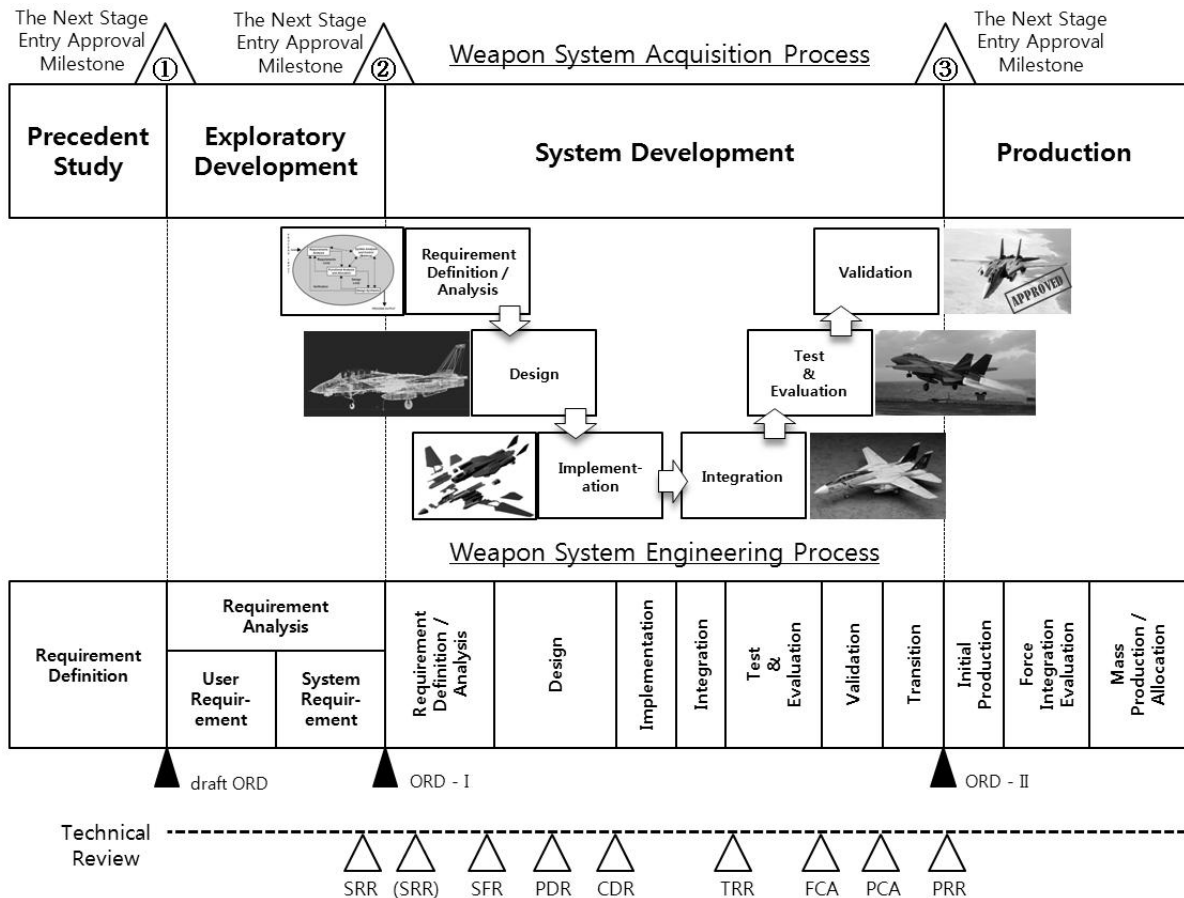


Fig 1. Weapon System Acquisition Procedure of Korea Republic

기 어렵다. 초도생산 시 무수히 많은 규격 수정 사항이 발생할 뿐 아니라, 이를 수정하는 행위가 무기체계 품질에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 이와 더불어, 규격 수정에 들어가는 제반 비용과 소요시간, 행정처리 과정은 무기체계 생산 지체 및 군 전력화 지연 등을 초래하게 되므로 효율적인 무기체계획득을 위해서는 가능한 한 이를 최소화하여야 한다.

규격의 수정을 최소화하려면 연구개발단계에서 이를 선제적으로 검증하는 프로세스가 필요하다. 특히, 소요군의 요구사항이 제대로 반영되어 있는지 검토되어야 할 뿐만 아니라 개발자, 생산자, 사용자 등 국방규격 관련 기관의 활발한 소통과 기술검토를 통해 검증되어야 할 것이다. 본 논문은 이에 대한 방안으로 FCA(Functional Configuration Audit, 기능적 형상확인)와 PCA(Physical Configuration Audit, 물리적 형상확인) 강화 및 방법개선을 통한 관련 기관의 실질적인 참여를 제안한다.

## II. 본 론

### 1. 현 실태

#### 1.1 무기체계 개발 및 획득환경

국내 연구개발을 통한 무기체계 획득환경은 그림 1과 같이 방위사업청 통합사업관리팀(IPT, Integrated Project Team)이 주관이 되어 추진된다. 연구개발 단계는 선행연구, 탐색개발, 체계개발의 단계로 구분되며 운용시험평가를 통해 '전투용 적합' 판정을 받으면 양산을 통해 소요군이 무기체계를 획득한다. 통제점 ①(사업 추진방법 결정 및 탐색개발단계 진입 승인), ②(탐색개발결과 종료 확인 및 체계개발단계 진입 승인), ③(시험평가 완료/전투용 적합·부적합 판정 및 국방규격화 승인 후 양산/배치단계 진입 승인)은 각 단계 전환을 위한 주요 의사결정 시점이다. 이는

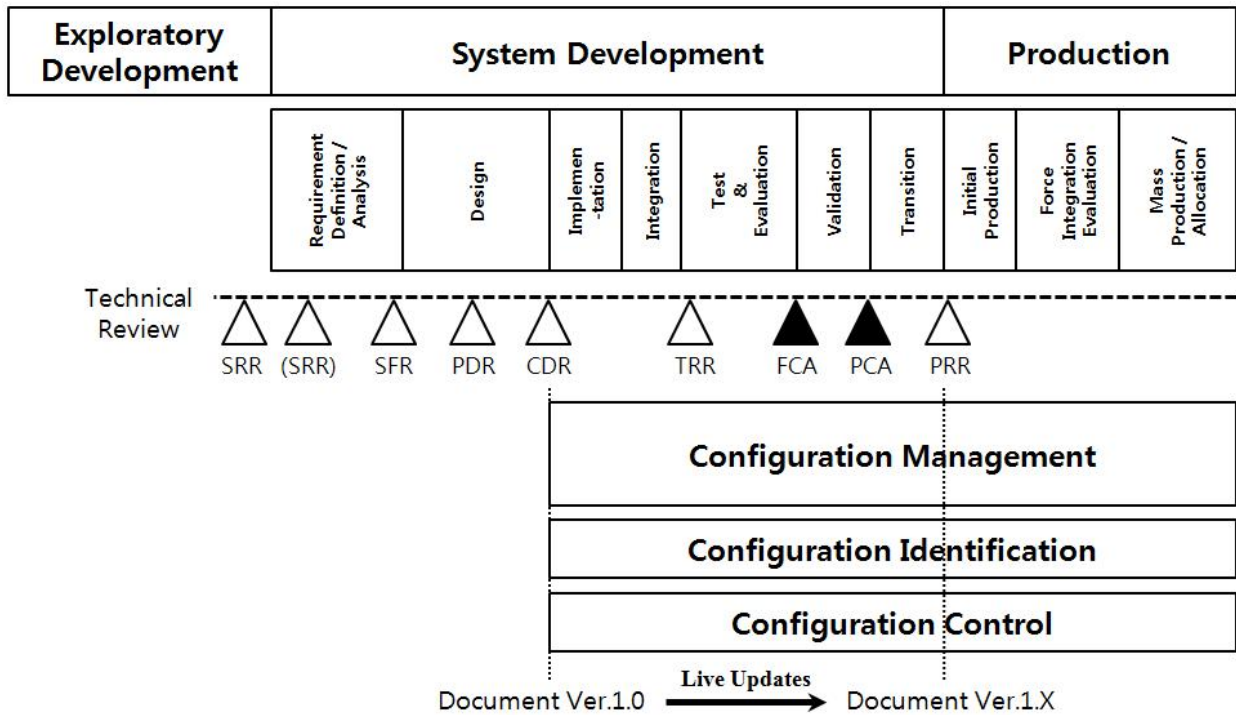


Fig 2. Configuration Management on Weapon System Development

체계공학(System Engineering) 프로세스에 입각한 체계획득방식을 적용한 것으로, 사용자의 요구 정의 및 분석을 통한 기능 할당, 설계, 구현, 검증, 확인을 통해 개발 과정을 최적화 시켜, 획득 실패 위험을 감소시키고 비용 및 일정을 단축시키기 위함이다. 그림 1에서와 같이 체계개발단계에서 최종 무기체계가 '전투용 적합' 판정(Approved)을 받는 절차와 연계하여 표현하면, 정의된 요구사항을 분석(Requirement Analysis)하여 무기체계 및 구성품을 설계(Design)하고, 설계된 구성품을 실제 하드웨어 및 소프트웨어로 구현(Implementation)하여 최종제품으로 통합(Integration)하며, 시험평가를 통해 이를 검증(Test & Evaluation) 및 확인(Validation)하여 상위체계로 전환(Transition)한다. '전투용 적합' 판정은 그림 2의 검증 및 확인 절차에 해당하는 운용시험평가에서의 기준 충족을 뜻하며, 피시험평가 대상인 무기체계의 형상이 그대로 생산되어 전력화된다는 전제하에 이루어진다. 따라서 최종 전력화된 무기체계의 성능발휘 여부는 개발 당시 무기체계의 품질과 설계의도가 제대로 반영된, 정확한 규격화에 달렸다고 해도 과언이 아니다.

## 1.2 국방규격화 규정 및 형상관리

국방규격 제정에 관한 규정은 방위사업관리규정 및 그 예규인 「표준화 업무지침」과 「국방규격의 서식 및 작성에 관한 지침」이 있다. 「표준화 업무지침」에서는 국방규격과 관련하여 연구개발단계에서 '형상관리(Configuration Management)'에 더 방점을 두고 있다. 실제로, 형상관리의 의미는 무기체계 개발에 필요한 모든 군수 품목의 기능적, 물리적 특성을 문서화한 기술 자료를 통제, 유지를 통해 종합적으로 관리하는 행위로, 무기체계의 개발, 생산, 배치 및 운영 단계에 걸친 매우 광범위한 행위이다. 형상관리의 목적은 무기체계 총 수명 동안 제품의 무결성과 변경에 대한 추적성을 확보하기 위함으로, 그림 3에서와 같이 문서화된 기술자료의 변경 제어 및 처리상태 기록, 명시된 요구사항 부합여부를 지속적으로 확인하는 관리/감독하는 행위가 대부분이다. 연구개발단계에서 형상관리의 최종 절차는 형상확인(Configuration Audit)으로써, 문서화된 기술자료가 무기체계의 요구사항에 맞도록 잘 변경되었는지 검토하고 개발된 무기체계의 최종형상이 제대로 투영되었는지 확인한다. 형상관리가 중요한 이유는 이를 통해 문서화되는 기술

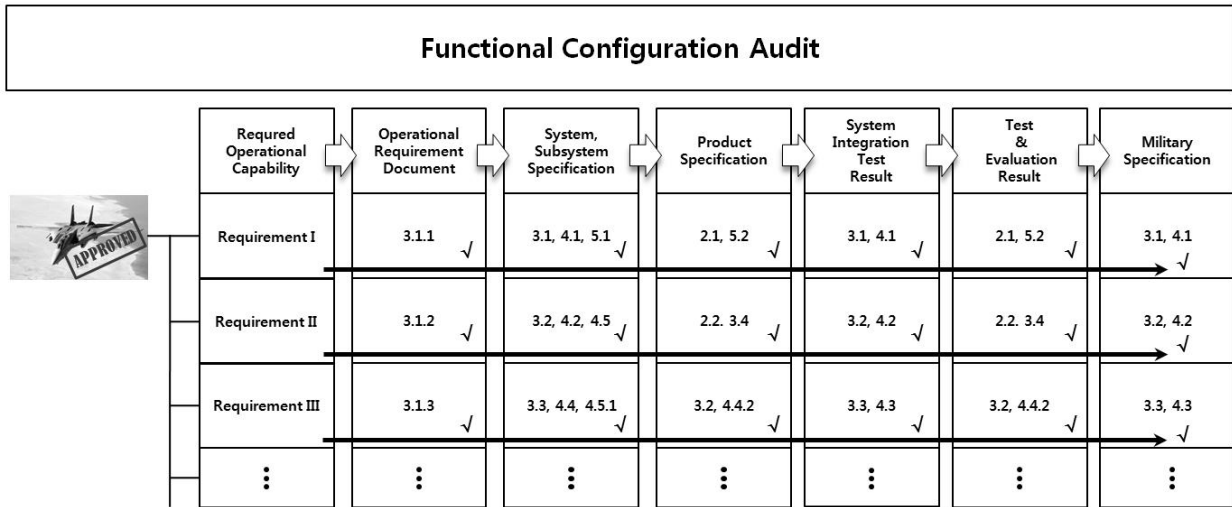


Fig 3. Functional Configuration Audit Method

자료(형상식별서)가 무기체계개발의 최종산출물인 국방규격의 전신이 되기 때문이다. 즉, 형상관리를 통해 국방규격의 신뢰도가 결정되고, 이는 전력화된 무기체계의 품질과 신뢰도를 결정하므로 국방규격 제정에 앞서 「표준화 업무지침」에서 강조하는 형상관리가 연구개발단계에서부터 적절하게 이루어져야 한다. 무기체계 개발단계에서는 통상 CDR(Critical Design Review, 상세설계검토)이 끝나는 시점에서 제품 도면 등 형상식별서의 기준선(Baseline)이 형성된다. 이 개발 산출물은 형상관리를 통해 식별(Identification) 및 통제(Control)하여 실시간으로 최신화되어야 한다. 형상관리 시작 시점에서부터 연구개발 종료 시까지 형상식별서가 내실 있게 잘 관리된다면 연구개발의 최종산출물인 국방규격의 완성도 또한 높아질 것이다.

**1.3 유도무기체계 특성과 규격화 방향**

유도무기는 일반적으로 추진기관을 장착하고 적절한 비행경로를 따라 목표까지 비행하여 탄두 또는 직격에 의해 표적을 파괴하는 장치로 정의되고, 기체, 추진기관, 탄두, 신관, 탐색기, 구동장치, 전원, 유도조종장치 등으로 구성된 체계의 집합체(System of System)라고 할 수 있다. 유도무기의 요구 성능을 확인하기 위해서는 보통 표적을 동반한 비행사격시험(Flight Test)을 수행해야 한다. 그러나 이 시험은 제품이 파괴되어 소실되는 일회성(One-Shot Item)이면서 매우 고가의 비용을 수반하기 때문에 가능하면 적은 시료 수로 시험을 수행하고 있어 연구개발단계에서 충분한

성능입증이 어려운 것이 현실이다. 이러한 현실에서 개발단계에서의 ‘전투용 적합’ 시험평가 결과가 생산 및 전력화 후에도 유효하려면, 개발 당시 유도무기의 형상이 그대로 전력화되어야 하는 것이 자명해진다. 개발형상이 그대로 전력화되기 위해서는 국방규격 제정 시 개발품의 특성과 제원, 성능확인 방법 등이 그대로 기록되어야 하고 기술변경(Engineering Change) 등과 같이 개발 형상과 상이한 요소가 향후에도 허용되지 않는 보수적인 규격화 방향이 필요할 것이다. 특히, 시험평가 중 사격시험을 통해 준비된 유도탄 시체가 모두 소모될 경우, 정확한 규격화를 위한 기준이 없어지므로, 사전에 기술 자료와 제품의 형상을 비교하는 절차가 반드시 필요하다.

**1.4 기존 규격화 프로세스 및 결과**

현재 유도무기 체계개발은 개발기관 및 사업별로 규격화 프로세스에 차이를 보이는데, 이는 개발하는 무기체계의 특수성에 기인한 것으로 추정된다. 다만 대부분의 개발부서에서는, 형상관리의 범위를 상당히 제한적으로 설정하고 있다. 즉, 향후 규격화 대상이 되어 다량의 기술 자료가 산출되는 하위 구성품 형상관리의 권한과 책임을 각 부체계(Subsystem) 개발 부서에 위임하는 형태로 규격화를 진행하고, 종합부서에서는 체계 통합에 해당하는 기술 자료에만 집중하고 있다. 특히 형상확인과 같은 절차는 시험평가 결과로 같음거나 일부 대상만 선별적으로 수행하여 체계 공학 이론의 적용효과를 누리지 못하고 있다. 이처럼



Table 1. PCA Result According to the Subsystems

Subsystems	Typo	Term Standardization	Requirement Specification	Instruction Specification	Configuration Discordance	Part Omission	Workmanship	Total
System I	459	38	7	165	94	2	2	767
System II	126	51	135	219	0	0	0	531
System III	316	34	57	287	37	2	1	734
System IV	94	12	4	178	11	0	0	299
System V	1,418	24	10	804	221	11	88	2,576
System VI	113	10	3	48	3	1	0	178
System VII	307	12	8	118	20	0	0	465
System VIII	134	14	33	184	28	1	0	394
System IX	187	34	31	298	21	0	32	603
System X	6	0	0	19	0	0	0	25
System XI	0	0	0	27	0	0	0	27
System XII	853	5	11	104	0	0	3	976
System XIII	109	4	4	87	24	1	7	236
System XIV	869	8	10	178	22	9	0	1,096
System XV	107	0	22	228	10	1	16	384
System XVI	10	0	0	0	0	0	0	10
System XVII	4,285	0	0	564	224	43	12	5,128
System XVIII	211	1	3	41	3	2	48	309
Total	9,604	247	338	3,549	718	73	209	14,738

의 완성도를 높이는 활동으로, 개발된 완성품부터 그 구성품에 해당하는 문서에까지 빠짐없이 수행되어야 할 것이다. 특히, 개발기관만이 아닌 생산기관 및 사용자가 직접 참여하여 기술적인 검토와 충분한 소통을 통해 종결한다면 향후 수정사항도 대폭 줄어들 것으로 예상된다. 현재의 규격화 프로세스와 기관별 업무분장 내에서는, 형상확인 활동이 제정된 규격의 타당성과 신뢰성을 보장하는 마지막 단계이자 관문(Gate)라고 할 수 있다.

## 2.2 개발단계 형상확인 강화 결과

국방기술품질원(이하 기품원)은 그 동안 꾸준히 제기된 무기체계의 품질향상 및 연구개발단계에서의 참여요구 등에 따라 ×× 유도무기 체계개발 단계 참여임무를 수행하였다. 특히, 과거 ○○유도무기 사업 양산 경험을 바탕으로 규격화 프로세스 개선의 필요성을 인식하고, ×× 유도무기 사업 규격화에 참여하면서 앞서 나타난 다수의 규

Table 2. PCA Level Comparison to the Formal Projects

Project	Invested PCA Period	Review Objects	PCA Result	Participants
○○ Missile System	6 <sup>th</sup> Jul 2011 ~ 7 <sup>th</sup> Jul 2011 (2 Days)	16 Subsystems & Technical Data Pack	455 Corrections	ADD, Developers
×× Missile System	9 <sup>th</sup> Sep 2015 ~ 29 <sup>th</sup> Mar 2016 (7 Months)	3 Types of Specifics 74 Types of QAR 2,629 Types of Drawings	14,738 Corrections	ADD, DTaQ, Developers, Producers

Table 3. Engineering Change Procedure Comparison to the Acquisition Level

Acquisition Level	Procedure for Engineering Change	Lead Time	Required Documents
System Development Level	1. Engineering Change Identification on PCA 2. Discussion Among the Agencies(ADD, DTaQ, Developer, Producer) 3. Complete Engineering Change	1~2 Day(s)	-Review Minutes -Correction Table
Production Level	1. Engineering Change Identification 2. Production Suspension 3. Engineering Change Proposal Document 4. Submit to DAPA 5. Agencies(ADD, DTaQ, Military) Review 6. Collect Opinion 7. Configuration Control Board 8. Deliberation 9. Notify Result(Approved) 10. Complete Engineering Change 11. Resume Production	3~7 Months	-Engineering Change Proposal -Detailed Items -Self Review -Self Deliberation -Corrected Versions -Supporting Data -System Influence Review -ILS Influence Review -Agency Review

격변경을 최소화 할 방법을 제시하였다. 개발자, 생산자, 사용자 등 규격과 관련된 기관이 모두 참여한 가운데, 각 기관별 PCA WBS(Work Breakdown Structure)를 정립하고 책임을 부여한 PCAMP(Physical Configuration Audit Management Plan)를 수립하였을 뿐 아니라, 기존과 같이 선별적인 PCA가 아닌 모든 장비 및 기술자료를 대상으로 수행하였다.

이와 같이 강화된 PCA를 수행한 결과, 품질보증요구서(Quality Assurance Requirements) 74종에 대해 2,023건, 도면 2,626종 3,678매에 대해서는 12,715건의 수정사항을 도출하였다. 각 부체계별 세부 수정사항 및 목록은 표 1과 같다. 이는 표 2와 같이 앞서 타 유도무기 사업의 PCA 수행이력과 비교했을 때 많은 인력 및 관련기관이 참여하며 긴 시간을 투자한 내실 있는 PCA임을 알 수 있다. 이 결과는 양산단계에서 뒤늦게 식별되었을 때 추진되어야 할 표 3과 같은 복잡한 규격 변경절차와 전력화 납기지연 등의 위험요소를 고려했을 때 선제적이고 적절한 대응이라고 할 수 있다. 특히 규격변경을 위해 향후 투입되었을 수많은 인력과 시간, 행정 소요를 크게 줄였다는 점에서 비용절감 효과가 지대할 뿐만 아니라, 규격과 제품의 일치성이 그 어느 때보다도 심도 있게 검토되어 국방 비효율 현상을 해소하는데 크게 기여하였다.

### 2.3 제안사항

현 국방 규격화 절차는 체계공학 이론을 적용하여 빈틈없이 진행되고 있는 것처럼 보이나, 비용, 인력 부족 등 현실적인 어려움으로 인해 중요한 절차가 간소화되거나 생략되어 진행되고 있는 것이 현실이다. 그에 대한 보완책으로 무기체계 연구개발단계에서 내실 있고 강화된 PCA를 수행한 결과, 최종 국방규격 자료의 완전성을 높이는 효과가 위와 같이 충분히 입증되었다고 보고 다음과 같이 제안한다.

첫째, FCA는 FCA 수행을 위한 요구조건 추적표(국방규격 연계표)를 체계개발 초기에서부터 개발 산출물에서 각각 식별, 기록 및 유지해야 한다. 시험평가 종료 후 국방규격의 해당항목을 동일한 방법으로 연계하여 모든 요구조건이 입증되었음을 확인하고 종결해야 한다.

둘째, PCA 수행은 유도무기체계의 경우 향후 FCA를 통해 모든 요구조건이 빠짐없이 구현되고 확인된다는 전제하에, 국방규격의 개발자, 생산자, 사용자가 모두 참여하는 방식으로 수행되어야 한다. 또한 PCA 수행 시 비교할 제품의 부재 위험이 있으므로 시험평가 기간 전 또는 중에 시험평가와 병행하여 진행해야 한다. 마지막으로 일부 완성품이 아닌 모든 구성품과 해당 기술자료에 대해 전수 실시하고 수정사항이 발생할 경우, 해당 수정사항이 조치되어 최종자료에 반영

되었는지 확인 후 종결해야한다.

셋째, 현재 FCA와 PCA의 수행방안이 규격화와 관련된 「표준화 업무지침」과 「국방규격의 서식 및 작성에 관한 지침」에 구체적으로 기술되지 않았으므로 위의 제안사항을 반영해야한다. 특히 PCA는 모든 규격 자료를 빠짐없이 검토해야 그 효과가 있으므로 가능한 많은 인원과 긴 시간을 투자하는 형태로 변해야하며, 형상확인 자체 또한 중요성 제고를 위해 시작회의와 종결회의를 포함한 확인(Check)이 아닌 감사(Audit)와 같은 큰 이벤트로 승격되어야 한다.

### III. 결 론

서두에 언급한 대로 양질의 무기체계가 군에 인도되려면 개발단계에서 '전투용 적합' 판정을 받은 무기와 동일한 무기가 생산되어야한다. 동일한 무기 생산을 위해서는 체계개발단계에서 '전투용 적합' 판정을 받은 무기체계 형상이 그대로 국방규격으로 제정되어야 하고, 특히 유도무기의 규격은 전력화 단계까지 가능한 수정되지 않아야 할 정도로 완벽을 기해야 할 것이다. 이를 위해서는 국방 규격자료에 대해 검증하는 프로세스가 필요하고 이는 국방 규격의 개발자, 생산자, 사용자 등 관련 기관의 활발한 소통과 기술검토가 이루어질 수 있는 FCA와 PCA 통해 가능하다고 본다. 국방규격의 확인 또는 검증 프로세스는 그 중요성에도 불구하고 현 무기체계 획득시스템 내에서 상당히 간과되고 있는 실정이다. 기존 무기체계 획득 및 연구개발, 품질보증 관련 규정을 다시 검토하는 한편, 보완이 필요한 부분에 대해 개선하는 노력을 기울여 '국방 비효율'을 해소하는데 모두가 노력할 때이다.

### Reference

- [1] Republic of Korea, "DEFENSE ACQUISITION PROGRAM ACT", 2014.
- [2] DAPA, "Defense Acquisition Program Administration Regulations", 2014.
- [3] DAPA, "Knowledge Management Practice Guidelines Based on System Engineering", 2011.
- [4] DTaQ Technical Report DTaQ-08-1823-R, 'A Study on Korean Defense Specification Practice Standard Development Initiative,

- 2008.
- [5] DTaQ Technical Report DTaQ-14-4209-Q, 'The Report on the Initial Production Quality Assurance Activities for MSAM-1K Safety and Arming Device', 2014.
- [6] DTaQ Technical Report DTaQ-15-4249-R, 'A Study of Estimating the Confidence Level According to the Hit Rate for PGM(Precision Guided Missile)', 2015.
- [7] DTaQ Technical Report DTaQ-16-4072-R, 'A Study on the Fire Number Extraction and Confidence Level of Missile and Test Method', 2016.
- [8] ADD Technical Report ADDR-516-111946, 'Result of the PCA of ○○ Missile Round', 2011.
- [9] ADD Technical Report ADDR-516-160474, 'Result of Physical Configuration Audit for △△ Missile System', 2016.
- [10] INCOSE, "System Engineering Handbook A guide for system life cycle process and activities", Fourth edition, Wiley, 2015
- [11] Han et al. 'A Plan to Improve the Configuration Management Activity from System Development to Initial Production, to Increase Efficiency of the Defense Acquisition.' 2010 KIMST Conference.
- [12] Cho et al. 'A Proposal to Improve Standardization Process on Defense R&D for Quality and Reliability of Weapon Systems.' 2016 KIMST Conference.
- [13] Kim et al. 'A Study on The Mass Production Weapon System Parts Localization System Engineering Development Management Process Application based on ISO/IEC/IEEE 15288.' J Korean Soc Qual Manag Vol. 44, No.2:541-552, September 2016.