

다구찌 손실함수 개념을 응용한 국방품질스코어 적용 가능성에 대한 연구 : 군수품 사례 위주

안남수* · 박상원* · 채종목* · 이영우* · 오병인*

* 국방기술품질원 대전센터

Suggestion of Using Defense Quality Score based on Taguchi Loss Function in Korea Defense Area

Namsu Ahn* · Sangwon Park* · Jongmok Chae* · Youngwoo Lee* · Byeongin Oh*

* Daejeon Center, Defense Agency for Technology and Quality

Abstract

Purpose: Recently, many quality issues are aroused in military forces, such as failures in K-series weapons, combat boots defects and 40mm ammunition explosion accident. To address these problems, this paper suggests to use so called, Defense Quality Score, which is based on Taguchi loss function and developed in this research.

Methods: Current defense specification states only the minimum requirement to produce the military supplies. Therefore, it is not easy to induce the continuous quality improvement of the supplies. This research suggests to use the defense quality score which measures the current status of defense supplies' quality characteristics.

Results: We applied the defense quality score concept into the hot pepper sauce and long time stockpiled ammunition. We first categorize the quality characteristics into three categories, then assign the certain amount of score based on the importance of the characteristics. Lastly, we applied the modified Taguchi loss function to calculate the achieved score of the characteristics. The perfect score is 100 and the closer to the score, the better product it indicates.

Conclusions: In this research, we developed the modified Taguchi loss function to apply into the Korean defense supplies. The loss function is utilized to calculate the achieved level of satisfaction of the supplies based on the defense specifications. The application of defense quality score may help to stimulate the continuous quality improvement and encourage the good will quality competition among the military providers.

Key words: Taguchi Loss Function, Quality Score, Defense Area, Kaizen

• Received 26 July 2013, revised 16 August 2013, accepted 19 August 2013

† Corresponding Author(namsu.ahn@gmail.com)

© 2013, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 들어 K 계열 무기체계의 품질결함, 40mm 탄약 폭발사고, 신형 전투화의 대량하자 발생 등 군수품의 전 분야에서 다양한 품질문제가 발생하고 있다 (Jaeseung Choi et al., 2012). 이러한 문제에 대한 예방 및 신속한 대처를 위하여 사회 각 계층에서는 군수품에 대한 정부품질보증 활동의 강화를 요구하고 있다. 현재 군수품에 대한 정부품질보증활동은 국방기술품질원(이하 기품원이라 칭함)에서 주도적으로 수행되고 있으나, 제한된 자원(인력 및 시간)의 범위 내에서는 보다 효율적이며 효과적인 대안을 찾기는 어려운 실정이다. 따라서 현 시점에서 제한된 자원의 활용을 극대화하기 위해서는 일하는 방법 및 사고의 전환이 필요하다 (Namsu Ahn et. al., 2012).

현재 군수품을 조달하기 위해 사용되는 국방규격(도면 및 구매요구서 등 포함)에서는 경쟁계약이 가능하게 하기 위해 해당 품목을 생산하기 위한 최소한의 요구조건만을 제시하고 있다(DAPA, 2011-31, 2011). 즉, 국방규격을 충족만 하면 되는 제품을 생산하면 되므로 군수 업체의 자발적인 품질개선을 유도하기는 어려운 측면이 존재한다. 또한 유사 품목을 제조하는 업체들 간의 선의의 경쟁 조성 요인 역시 사라짐으로써 품질경영의 한 축인 품질개선이 이루어지기가 쉽지 않은 것도 현실이다.

물론 기품원에서는 이러한 부분을 보완하기 위해 매년 대군 사용자 봉사(A/S, B/S 등)를 정기적으로 실시하며, 초도 배치된 품목에 대해서는 특별히 관심을 집중하여 수요군의 목소리를 청취하고 이에 대한 품질정보를 수집하여 후속 양산품에 반영한다 (Semin Kwon et. al., 2012). 하지만 이러한 기품원의 노력은 군수업체 스스로의 자발적인 품질개선 노력을 이끌어 내기에는 부족한 점이 있는 것도 현실이다.

본 논문에서는 현존하는 국방규격을 활용하여 제품의 품질특성을 등급별로 분류하고, 품질특성, 데이터특성, 업체 자체 관리여부 등을 고려하여 다양한 형태의 품질손실함수를 개발하였다. 이 함수들은 다구찌 손실함수에 기초를 두고 있으며, 해당 국방규격의 품질특성 충족도 여부에 따라 차등화된 점수를 주는 형태로 개발하였다. 또한, 사용자에게 쉬운 의미전달을 위해 점수를 백점 만점에서 실제 충족한 점수로 나타내도록 하였고, 이 점수를 국방품질스코어로 부르는 것을 제안하였다.

또한 본 논문의 연구 결과를 실제 군에 조달되는 두 가지 품목(고추장 및 장기저장탄약)에 대해 시범적으로 적용해 보았다. 다만 본 연구의 내용이 실제 군수품 분야에 적용되기 위해서는 군 관련 각 이해당사자, 즉, 방위사업청, 소요군, 기품원, 군수업체 들간의 공감대의 형성이 선행되어야 할 것이다. 또한 품질특성 데이터의 체계적인 관리가 이루어 질 수 있도록 정보체계 시스템의 지원 역시 이루어져야 할 것이다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 이루어져 있다. 먼저 2 장에서는 다구찌 기법 및 손실함수에 대한 간단한 소개를 담고 있으며, 3 장에서는 본 논문에서 제안한 국방품질스코어의 개념에 대해 소개를 한다. 이를 위해 품질특성을 중요도에 따라 나누고 실제 군수품 생산현장에서 고려해야 하는 요소들에 대해 설명을 하였다. 4 장에서는 국방품질스코어 적용을 위해 다구찌 함수에 기반을 두어 군수품 품질특성에 적합토록 개발된 손실함수들을 소개한다. 5 장에서는 실제 군에 들어가는 두 가지 군수품, 고추장 및 장기저장 탄약에 대해서 4 장의 연구결과를 적용해 보았으며, 6 장에서는 본 연구의 성과 및 향후 발전방향에 대해서 소개한다. 본 논문에서 개발된 국방품질스코어는 현재로서는 완제품에 대해서 적용할 수 있도록 설계하였지만, 이를 주요 원자재 및 중간 가공품까지 확대 적용하는 것 역시 가능할 것으로 판단된다.

2. 다구찌 손실함수 소개

다구찌 기법은 일본의 다구찌 박사가 제안한 제품 최적화 기법으로, 품질에 대한 정의를 기존의 품질에 대한 정의에서 벗어나 사회적 관점에서 품질을 재 정의하였다 (Yeonsung Kim et al., 2002). <표 1>은 산업통산자원부 산하의 기술표준원, 미국 표준협회 및 각계 저명인사들의 품질에 대한 정의와 다구찌 박사의 품질에 대한 정의를 비교하였다.

Table 1. Definition of quality

Definer	Definition on quality
ISO 9000	Degree to which a set of inherent characteristics fulfills requirement
ASQ	Excellence in goods and services, especially to the degree they conform to requirements and satisfy customers
JIS Z 8101	Totality of the characteristics and performance that can be used to determine whether or not a product or service fulfills its intended application
Oxford Dictionary	Degree of excellency
J. M Juran	Fitness for use in terms of design, conformance, availability, safety and field use
P. B. Crosby	Conformance to requirements (not a goodness)
Dr. Deming	A product that conforms to a set of standards A product that meets consumer wants and needs
V. Feigenbaum	Customer determination based upon a customer's actual experience with a product or service, measured against his or her requirement
IBM	Happiness of customer
Xerox	Providing external and internal customers with innovative products and services that fully satisfy their requirements
Taguchi	Loss a product causes to society after being shipped, other than losses caused by its intrinsic functions

즉, 기존의 품질에 대한 정의가 생산자의 입장에서 제품 및 서비스가 소비자에게 주는 효용성에 대한 관점에서 정의를 하였다면, 다구찌는 사회적 관점에서 제품 및 서비스가 출고이후 사회에 미치는 해로움의 영향에 대한 관점에서 정의를 하였다 (Sangbok Ree, 1997).

또한, 기존의 품질에 대한 관점은 각 제품의 품질특성치에 대해서 규격치(규격 하한 및 상한)를 설정하여 생산된 제품의 특성이 규격치 내에 들어가면 합격품으로 판정되고, 규격치를 벗어나면 불량품으로 판정하였다. 사실 이러한 품질에 대한 관점은 현재 국방규격에서 요구하는 군수품의 품질에 대한 정의 및 실제 기품원에서 군수품에 대해 합부판정을 내리는 기준이기도 하다.

하지만, 다구찌는 생산된 제품이 설계 목표치를 정확하게 충족시키지 않으면 여러 가지 유해한 부작용, 즉 손실(loss)이 발생한다고 보았다. 예를 들어, 어떤 제품이 공장 A와 B에서 각각 생산되고, 품질특성 그래프가 <그림 1>과 <그림 2>와 같다고 가정해 보자 (LSL은 Lower Specification Limit의 약자로 규격하한, USL은 Upper Specification Limit의 약자로 규격상한, 그리고 Design Objective는 설계목표치를 뜻한다.).

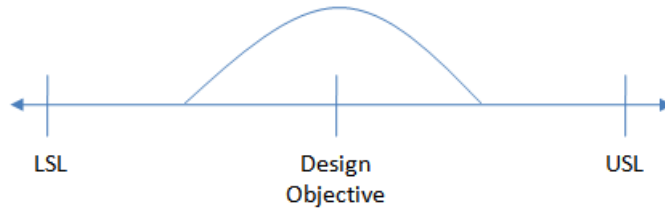


Figure 1. Quality characteristics manufactured in factory A.

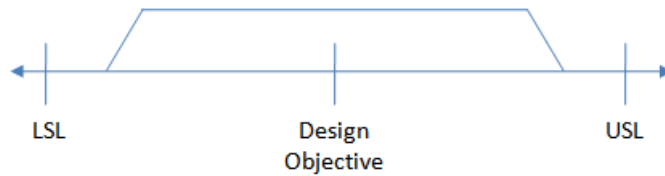


Figure 2. Quality characteristics manufactured in factory B.

기존의 품질에 대한 정의에 의하면 두 공장에서 생산되는 제품 모두 규격을 충족하므로 합격품이지만, 다구찌에 의하면 공장 A에서 생산되는 제품이 설계목표치에 근접한 제품이 더 많으므로 B 공장에서 생산된 제품보다 손실이 더 적다. 이러한 개념을 체계화 한 것이 다구찌가 개발한 손실함수이며 이를 수식적으로 나타내면 <표 2>와 같다 (여기서 m 은 목표치, y 는 측정치, k 는 폐기시 손실비용과 허용차로 결정되는 상수를 의미한다.).

Table 2. Taguchi loss function

Quality Characteristics	Loss function
Nominal is the best characteristics	$L(y) = k(y - m)^2$
Larger the better characteristics	$L(y) = k(1/y^2)$
Smaller the better characteristics	$L(y) = k(y^2)$

망목특성은 규격하한치와 상한치가 모두 존재하는 품질특성이며(수류탄의 지연시간 등), 망대특성은 규격 하한치가 존재하며 품질특성치가 크면 클수록 좋아지는 품질특성이며(철판의 인장강도 등), 마지막으로 망소특성은 규격 상한치에 따라 제한되는 품질특성으로 작으면 작을수록 좋은(자동차의 소음 등) 품질 특성치를 의미한다.

결론적으로 다구찌의 손실함수 값을 줄이기 위해서는 품질특성의 분산값, 즉 목표치와 측정치 값간의 차이를 줄여야 함을 알 수 있다. 따라서 손실함수 값이 크게 나오고 이 값을 생산자의 제품에 대한 품질평가의 척도로 사용된다면, 생산자는 품질특성값을 목표치에 맞추려고 노력을 할 것이다. 또한, 이러한 노력은 전체적인 공정능력의 자발적인 향상을 유도할 것이며, 개발설계부서, 양산부서, 품질부서 들간의 긴밀한 협업관계의 구축 역시 이끌어 낼 것이다.

본 논문에서는 이러한 다구찌 손실함수의 장점을 활용하여 군수품 조달분야에 자발적인 업체의 품질개선을 유도하고자 하는 것에 그 목적이 있다. 다만 다구찌 손실함수를 사용한 이러한 시도는 잦은 기술변경 및 설계변경이 이루어지는 개발단계보다는, 생산량이 일정하고 어느 정도 품질 안정이 이루어진 양산단계에서 도입하는 것이 보다 적절해 보인다.

다만 다구찌 손실함수개념을 현존하는 국방규격을 일거에 대체하고 적용하는 것은 어려운 일이므로 본 논문에서

는 다구찌 손실함수와 국방규격간의 조화를 이루면서 생산업체의 자발적인 품질개선을 유도하는 방법을 제안하고자 한다.

3. 국방품질스코어 개념의 소개

현재 방위사업청 지침인 “국방규격의 서식 및 작성에 관한 지침”의 규격서 작성원칙 조항에 의하면 “규격서는 획득하고자 하는 품목의 기본적인 기술적 필요조건을 포함하여 제정되어야 한다. 유사 제품도 최대한 단일 규격을 적용할 수 있도록 해야 한다. 규격은 최대한 경쟁을 유도할 수 있도록 작성되어야 하며, 가능하다면 규격 필요조건은 최대한 요구조건을 만족할 수 있어야 한다. 국방규격은 제품의 특성, 군수지원의 효율성, 경제적 조달, 국내의 기술수준 및 능력 등을 고려하여 성능형규격과 상세형규격 중에서 효과적인 방법을 선택하여 작성한다.”로 명기되어 있다. 또한 품질적합성 검사샘플링 조항에 의하면 “전반적인 국방규격의 작성지침은 성능의 입증 및 호환성 확보를 위한 최소한의 샘플링 조건과 합격품질수준만을 명시한다”로 되어 있다 (DAPA, 2011-31, 2011).

이러한 지침의 전반적인 작성의도는 기존 업체뿐만 아니라 신규업체에게 해당 군수품에 대한 진입장벽을 낮추도록 하기 위함이다. 하지만, 이러한 지침은 의도하지 않은 몇 가지 역효과를 낼 수도 있다. 즉, 군수업체는 국방규격에 따라 군수품을 생산하면서 이러한 국방규격만을 충족하는 군수품만을 생산하여 군에 공급하는 것이 가능하다. 방위사업청은 최소한의 품질요건을 군수업체에게 요구하나 군수업체가 이를 최대한의 품질요건으로 해석하여 군수품을 생산하는 현상이 발생가능하다고 볼 수 있다. 결국, 현재의 국방규격은 군수업체에게 지속적인 품질개선에 대한 동기부여를 못해준다고 볼 수 있다.

실제 군에 공급되는 군수품 중 장류(醬類)의 규격(구매요구서)를 보면 원재료 및 완제품에 대한 품질기준, 제조를 위한 재료비율, 포장방법 등으로 구성되어 있다. 그중 원재료 및 완제품에 대한 품질기준을 나타내면 <그림 3>과 <그림 4>와 같다 (DAPA, 8950-7011, 2010).

<p>1. Raw material</p> <p>a) Soybean : Minimum agricultural product inspection grade ○○</p> <p>b) Wheat : Minimum Agricultural product inspection grade ○○</p> <p>c) Defatted soybean : Minimum crude protein ○○ Maximum water ○○</p> <p>d) Flour : Manufactured according to KS H 2012</p> <p>e) Salt : Manufactured according to KS H 7101</p>
--

Figure 3. Requirement of raw materials in sauce

<p>1. Finished product</p> <p>a) Water : Maximum ○○ %</p> <p>b) Crude fat : Minimum ○○ %</p> <p>c) Crude protein : Minimum ○○ %</p> <p>d) Amino acid nitrogen : Minimum ○○ mg%</p> <p>e) Preservatives : Follow food code</p> <p>f) Tar color : Undetected</p> <p>g) Appearance : Unique color and flavor, and no</p>

Figure 4. Requirement of end product in sauce

따라서 기품원은 장류제품의 원재료 및 완제품에 대해서 규격충족여부 파악을 위해 시험분석을 실시하고, 그 시험성적이 기준치를 충족시 해당제품을 합격품으로 판정하여 군에 납품토록 하고 있다.

본 논문에서 제안하는 국방품질스코어는 먼저 특정 제품의 품질특성들이 모두 설계치(목표치)를 만족시 100점을 획득하는 것을 가정하였다. 또한 품질특성별 중요도에 따라 획득할 수 있는 최고 점수를 배정하였고, 또한 품질특성의 측정값에 따라 획득점수를 반영하고 이 점수들의 합계를 국방품질스코어라 명명하였다. 이 점수들의 합계는 상호 쉬운 이해전달을 위해 100점으로 설정하였다.

본 논문에서 제안하는 국방품질스코어를 계산하기 위해서는 해당 군수품의 품질결함을 중요도(안전 혹은 성능)에 따라 분류하는 것부터 시작된다. 본 연구에서 제안한 품질특성의 분류는 아래 <표 3>과 같다.

Table 3. Type and explanation of quality characteristics

Quality Characteristics	Explanation
Critical	If fails, it causes the destruction of facility or loss of lives.
Major	If fails, mission/purpose cannot be achieved.
Minor	If fails, it causes the degradation of performance or product life.
Etc.	If fails, it causes the degradation of product value. However, no harm in the performance of the product.

품질특성의 분류가 끝나면 각 품질특성에 점수를 할당해 주었다. 실질적으로 치명특성(Critical)에서 낮은 점수를 획득하면 이는 인명이나 안전에 위협을 주므로 치명특성에 대해서는 대개 이중 혹은 삼중 검사를 통해 예방노력의 실시 및 통계적인 공정관리 등을 실시하므로 현실에서는 발생가능성이 매우 적다. 따라서 점수 할당을 통한 관리가 실제 군수품 품질보증현장에서는 의미가 적으므로 본 논문에서 치명특성은 국방품질스코어의 점수 할당 대상에서 제외하였다.

본 논문에서는 중 특성(Major)에는 총 60점, 경 특성(Minor)에는 총 25점, 미 특성(Etc.)에는 총 15점을 할당하여 100점 만점을 구성하였다. 이를 구체화 하면 아래 <표 4>처럼 나타낼 수 있다.

Table 4. Quality score allocation

Quality Characteristics	number of characteristics	Maximum attainable score
Major	i	$60/i$
Minor	j	$25/j$
Etc.	k	$15/k$

다만 국방품질스코어를 적용하기 위해서는 크게 세 가지 요소를 추가로 고려해야 한다. 첫 번째 요소는 업체자체 관리한계의 존재유무이다. 일반적으로 군수업체는 군수품의 특정 혹은 중요 품질특성에 대해서는 업체 고유의 관리 기준을 설정하여 준수하고 있다. 예를 들어 식품류의 경우는 업체 고유의 맛을 유지하기 위해 특정 항목(수분 및 아미노산성 질소 등)에 대해서는 국방규격에서 요구하는 규격치를 준수하는 범위 내에서 자체 관리기준을 설정하고 이를 지킨다. 따라서 업체자체 관리한계가 존재하는 품질특성에 대해서는 관리한계내에 특성치가 분포 시에는 손실이 없다고 가정 후 손실함수를 개발하였다. 즉, 다구찌 손실함수가 정확한 설계 목표치를 달성을 요구하는데 반해 본

논문은 일정한 구간을 설계 목표치로 바라보았다.

두 번째 고려요소는 품질특성을 측정시 나오는 데이터의 형태가 계수형 혹은 계량형인지에 대한 사항이다. 계수형이란 부적합 여부 및 부적합품의 개수 등으로 데이터가 나오는 형태를 의미하며, 계량형은 온도, 속도, 압력 등 특성값으로 품질을 나타내는 것을 의미한다. 이때 주의해야 할 사항은 측정값은 계량형으로 나오지만 실제 합부판정은 계수형, 즉 수락 혹은 거절로 판단 하는 경우가 존재한다는 점이다. 예를 들어, 식품류의 바실러스 세레우스 정량 검사의 경우 측정값은 계량형으로, 즉, g당 존재량으로 측정되지만, 일반적인 식품업계에서는 해당기준의 충족여부만 판단하여 관리하고 있다. 따라서 이러한 속성의 품질특성은 측정값은 계량형이지만, 계수형태의 손실함수를 개발 및 적용해야 한다.

마지막 고려요소는 해당 품질특성이 추구하는 의미를 뜻한다. 예를 들어 식품류의 경우 이미, 이취, 이물 등은 망소특성에 해당하며, 장류 식품의 발효정도는 망대특성에 해당하며, 마지막으로 망목특성은 규격상한과 하한이 모두 존재하는 경우로 일반적인 기계류 부품의 경우 길이나 폭 등의 값이 주어졌을 시 표준공차를 적용하여 가공하는 것을 그 예로 들 수 있다.

위 세 가지 요소들 및 국방규격을 응용하여 현재 군에 공급되는 군수품에 다구찌 손실함수 개념을 적용할 시에는 아래 <표 5>와 같은 경우들이 존재함을 알 수 있다.

Table 5. Factors which need to be considered in the development of loss function

Considering factor	Possible cases		
Self control limits	exist		
	not exist		
Quality Characteristics	Nominal is the best characteristics		
	Larger the better characteristics		
	Smaller the better characteristics		
Observation	Attributes	Accept or reject	
		Number of defects	
	Variables	Meaningless judgement by variables	Accept or reject
			Number of defects
Accepted by variables			

마지막으로 군수품의 경우 규격을 충족하지 못하는 경우라 하더라도 경제성, 긴급성 등을 고려하여 정부에 이익이 되는 경우에 한해서는 수락될 수 있다 (Requirement of Defense Quality Management Task, Policy and Planning-460, 2012). 따라서 본 논문에서 개발된 손실함수들은 해당 품질특성이 규격을 초과 시 매우 낮은 음의(-) 값을 갖도록 설계하였다.

마지막으로 주의할 점은 실제 군수품 특히 식품류의 이화학 또는 미생물 시험법으로 측정되는 품질특성의 경우, 각 로트당 1회의 실험만을 통해 데이터를 획득한다는 점이다. 이는 식품류 뿐만 아니라 다른 군수품류의 경우도 특정 항목에 대해서는 통계적인 분석을 수행할 만큼 충분한 데이터를 획득하지 못하는 현실이 존재하는 것을 반영하여 손실함수를 개발하였다.

4. 국방품질스코어 적용을 위해 개발된 손실함수들

3장에서 고려한 요소들을 일반화하여 개발한 손실함수는 아래 <그림 5>와 같다 (LCL은 Lower control limit의 약자로서 업체자체관리하한, UCL은 Upper control limit의 약자로서 업체자체 관리상한을 의미한다.).

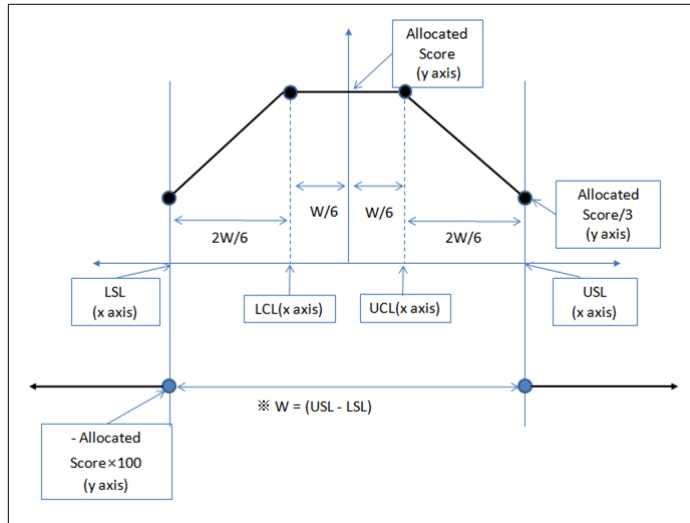


Figure 5. Modified Taguchi loss function I (Variable type).

<그림 5>의 손실함수는 국방규격의 요구조건 범위보다 더 좁은 업체자체 관리한계가 존재하며($UCL - LCL < (USL - LSL)$), 품질특성은 망목형이고, 계량 측정값이 의미가 있는 경우를 고려하여 개발된 함수이다. 여기서 y축은 획득가능 점수를, x축은 품질특성치의 범위를 의미한다. 국방규격치를 초과 시에는 음의 값을 가지며 업체 자체 관리기준내에 품질특성치가 분포시($LCL \sim UCL$) 할당 점수는 획득 가능한 최고점수를 갖게 된다. 이때 업체자체 관리한계의 상한과 하한의 차이값은 규격하한과 상한값의 차이값의 1/3정도가 되도록 설정하였다. ($3 \times (UCL - LCL) = (USL - LSL)$). 업체 자체 관리한계를 벗어나도 일정한 점수를 할당시켜준 이유는 실제 관리한계를 벗어나도 군수품 자체의 원 목적달성에는 크게 지장이 없다고 판단하였기 때문이다. 예를 들어 고추장의 수분 함유량(%)이 정해진 기준을 초과한다고 해도 이는 소비자의 식감에만 영향을 미칠 뿐 취식에는 지장이 없기 때문이다. 반면 규격의 요구사항을 벗어날 경우 매우 낮은 값을 할당시켜준 이유는 취식에 큰 영향을 주지 않을지 모르지만, 계약부서와 군수업체와의 상호 합의된 최소한의 요구조건이 규격이기 때문에 규격을 벗어나는 제품은 군에 쉽게 납품될 수 없는 현실(감액 조치 등을 취한 후 납품 가능)을 반영하였다.

기타 품질특성이 망소 혹은 망대인 경우 및 업체자체 관리한계가 존재하지 않는 경우들은 <그림 5>처럼 개발된 손실함수의 변형을 통해 개발하였다. 다만 지면상의 한계로 인해 각각의 함수에 대한 상세 설명은 본고에서 생략하기로 한다.

측정값이 계량형이 아닌 계수형으로 나오는 경우, 예를 들어 표기사항의 이상 유무 등은 검사한 개수가 측정값으로 나오므로 이를 고려한 손실함수의 개발이 필요하며 이는 <그림 6>과 같다. 일반적으로 군수품의 계수형 측정값에 대한 검사 기준은 KS Q ISO 2859-1의 샘플링 방법에 의해 수행된다. 즉, 로트크기(N)와 품질특성 별 중요도(AQL) 및 검사수준을 입력값으로 받아 샘플링 표에 의거하여 샘플(n), 합격판정개수(Ac), 불합격 판정 개수(Re) 값을 얻는다 (KATS, 2010). 따라서 이를 토대로 개발한 계수형 손실함수는 <그림 6>과 같다. 마찬가지로 측정값이 규격범위

를 초과시(불합격 판정개수 이상) 매우 낮은 음의 값을 갖도록 설계하였으며, 업체자체 관리기준내에 측정값이 존재 시 최고 할당점수 값을 주었다. 전반적인 설계 개념은 <그림 5>의 계량형 손실함수와 같다.

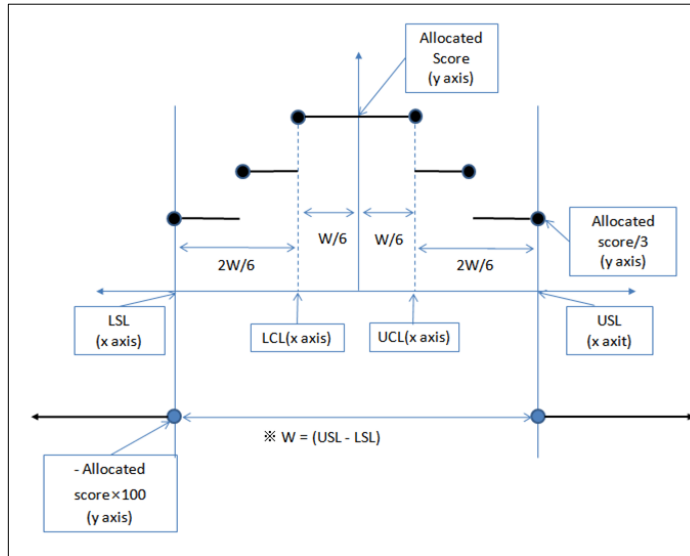


Figure 6. Modified Taguchi loss function II (Variable type)

또한 군에 공급되는 식품류는 일반적으로 로트당 1개의 샘플을 채취하여 이화학 시험 분석을 실시하지만 (R.O.K DoD, 0000-4001, 2004) 탄약류 및 기타 군수품들은 로트 크기와 상관없이 정해진 개수의 샘플을 추출하여 시험분석을 실시하고 품질에 대한 평가 및 데이터 획득을 실시하고 있다. 이러한 경우는 앞에서 개발한 손실함수들의 적용이 어려우므로 마지막으로 불량률에 의거한 새로운 형태의 손실함수를 개발하였다.

계수형 불량률의 추정을 위해서는 미 국방성 신뢰성 분석센터의 자료를 사용하였으며 (DoD RAC, 2010), 계량형 불량률 추정에는 표준정규분포를 활용하였다.

미 국방성 신뢰성 분석센터의 연구 결과를 요약하면 소위 일회성 품목, 즉 전체 수명기간의 상당부분을 저장 및 대기상태에서 보내는 품목의 경우 모집단의 불량률 하한(P_L) 및 상한(P_U) 값의 추정을 아래와 같이 할 수 있다고 되어있다 (여기서 r 은 결점수, n 은 샘플 크기를 의미하며 F 값은 자유도에 따른 F 분포값에 해당하며 일반 통계학 서적에서 값을 찾을 수 있다.).

$$F_L = \text{자유도와 요구되는 신뢰수준에서의 } F \text{ 분포값}$$

$$v_1 = 2(n - r + 1)$$

$$v_2 = 2r$$

$$P_L = \frac{1}{1 + [(n - r + 1)/r] F_L}$$

$$F_U = \text{자유도와 요구되는 신뢰수준에서의 } F \text{ 분포값}$$

$$v_1 = 2(r + 1)$$

$$v_2 = 2(n - r)$$

$$P_U = \frac{1}{1 + \frac{n-r}{r+1} \left(\frac{1}{F_U} \right)}$$

편의상 두 불량률의 평균값을 해당 계수형 데이터의 불량률로 평가하기로 한다. 정규분포를 사용한 계량형 데이터의 불량률 추정 방법은 일반 통계학 서적에 자세히 나와 있으므로 본 논문에서는 생략하기로 한다. 이렇게 계산한 불량률을 손실함수 개념을 적용하여 개발한 함수는 <그림 7>과 같다. 즉, 불량률이 올라갈수록 획득점수는 낮아지며 중 특성, 경특성, 미특성의 허용 가능한 최대 불량률은 각각 1.0, 2.5, 6.5(%)이며 이를 초과 시 매우 낮은 음의 값을 갖도록 설계하였다. 각 특성별 허용 가능한 불량률은 일반적으로 적용되는 수준을 나타낸다.

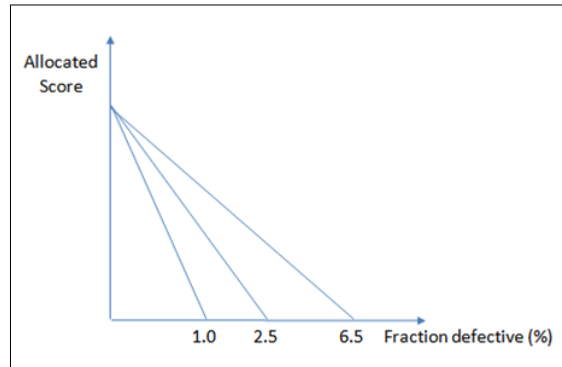


Figure 7. Modified Taguchi loss function III (Fraction defective).

5. 국방품질스코어 실험결과

본 논문에서는 두 가지 군수품에 대해서 국방품질스코어를 적용해 보았다. 첫 번째 사례는 고추장이며, 두 번째 사례는 장기저장탄약이다.

Table 6. Quality characteristics and score allocation of soy sauce

Characteristics (Measurement unit)	Requirement	Characteristics Category (Measurement)	Allocated score
Appearance	No abnormality	Minor(Visual, Sensory test)	12.5
Odd taste, flavor, object	No abnormality	Minor(Visual, Sensory test)	12.5
Write requirement	No abnormality	Etc.(Visual, Sensory test)	15
Water(%)	Maximum ○○	Major(Physics and chemistry test)	10
Crude protein(%)	Minimum ○○	Minor(Physics and chemistry test)	10
Amino acid nitrogen(mg%)	Maximum ○○	Minor(Physics and chemistry test)	10
Preservatives(g/kg)	Maximum ○○	Minor(Physics and chemistry test)	10
Bacillus cereus(g)	Maximum ○○	Minor(Microorganism test)	10
Clostridium perfringens(100/g)	Maximum ○○	Minor(Microorganism test)	10

군에 복무중인 장병들은 비빔밥 등의 용도로 고추장을 취식하므로, 군의 계약관리기관인 방위사업청은 매년 여러 개의 고추장 제조업체와 구매계약을 맺는다. 이때 방위사업청은 제조업체들에게 원재료의 품질특성, 재료비율 및 완제품 고추장의 품질특성을 요구하는 문서, 즉 구매요구서를 기준으로 계약을 맺는다. 품질특성은 크게 육안 및 관능검사로 수행되는 품질특성(이미, 이취, 이물, 고유의 색택 여부 등)과, 시험기관의 분석을 통해 파악하는 이화학 품질특성(수분, 조지방 등) 및 미생물 품질특성(대장균 등)으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 각 품질특성을 중요도에 따라 중, 경, 미로 나누고, 점수를 할당하였다. 그 결과는 아래 <표 7>과 같으며 점수의 합계는 100점이다.

Table 7. Stockpiled Ammunition grade

Ammunition Grade	Meaning
○○	Continual storage and use
○○	Conditional use
○○	Use immediately
○○	Require special inspection
○○	Require normal maintenance
○○	Require renovation maintenance
○○	Temporary no-use
○○	Scrap can be considered
○○	Use only in emergency

업체 자체 관리기준이 존재하나 이 기준이 모호하게 혹은 암묵지상으로만 존재하는 경우가 많으므로 다음과 같은 절차를 통해 업체 자체 관리 기준을 설정하였다. 먼저, 군에 고추장을 납품하는 두 업체의 고추장 품질특성 항목에 대해 관리기준을 설정하기 위해 과거 납품된 제품의 성적서 값을 토대로 해당업체의 품질실무담당자들과 협의하여 업체에서 관리하고자 희망하는 관리하한과 관리상한 값을 설정토록 하였다. 이는 신규설비 및 업체 자체 품질개선 노력 등으로 인하여 업체자체 관리한계값이 변할 수 있는 현실을 반영하기 위함이다.

4 장에서 개발된 손실함수 들을 적용하여 같은 군납 고추장을 생산하는 두 업체의 제품에 적용해 보았으며 다행스럽게 두 업체 모두 만점에 가까운 점수를 획득하였다. 다만, 식품류의 경우 국방규격 뿐만 아니라 공통 규격인 식품위생법, 식품공전, 축산물의 가공기준 및 성분규격, 수산물 표준규격, 농수산물의 원산지 표시에 관한 법류 등 각종 법률 및 고시에 의해 규제를 받으므로 국방규격을 충실히 따르는 제품을 생산했다는 것이 안정적인 먹거리임을 보증하지는 않는다. 또한, 군수품 품질보증기관(기품원)에서 상위법 및 상위기관의 요구 규정의 준수여부를 확인하는 것 역시 적절치 않을 수 있으므로, 식품류에 대한 국방품질스코어의 적용은 추가적인 보완 및 협의가 필요할 것으로 판단된다. 예를 들어 상위법 및 상위기관의 요구 규정을 치명결점으로 분류하고 국방품질스코어 개념을 적용하는 대안 등을 고려해 볼 수 있다.

두 번째 적용 사례는 장기저장탄약이다. 기품원에서는 국방부의 업무조정 및 통제하에 저장탄약 신뢰성 평가 업무의 종합적인 관리를 수행하며, 각 군, 업체, 국과연(국방과학연구소) 및 국화사(국군화생방사령부)는 기품원의 위탁에 의해 기능시험을 수행한다. 저장탄약 신뢰성 평가 업무를 수행하기 위해 탄약의 사용 긴급도 및 노후도 등을 감안하여 시험대상 탄약의 로트를 선정 한 후, 해당 탄약 저장고로 이동 후 탄약에 대한 시료채취를 실시한다. 이후 육안

검사를 통하여 탄약의 비기능 검사를 수행하여 등급을 매긴다. 그런 후 기품원, 국과연 및 국화사에서는 기능시험을 실시하며, 저장분석 시험은 기품원에서 일괄적으로 실시한다. 그리고 이러한 비기능시험, 기능시험, 저장성 시험의 결과를 토대로 탄약 로트별로 종합등급을 결정한 후 탄약의 저장 상태 전환 등 후속조치를 실시한다 (Youngtaek Huh et al., 2011).

한 예로 기능시험의 시험항목 및 등급판정을 나타내면 <그림 8>과 같으며 현재의 저장탄약 등급 판정은 계수형으로 이루어지고 있다.

Test	Measurement objective
Muzzle Velocity	- Average : - Standard deviation : - Pressure : - Movements :
Accuracy	- Field :
Water proof speed	- Average :
Target practice tracer function	- Duration time:
Shock function	- Burst :
Continual fire	-Minimum : - Function :
Total	

➔

Grade	Critical	Major	Minor
D	Minimum ○	Minimum ○	-
A	-	Maximum ○	Maximum ○
B	-	○ ~ ○	Minimum ○

Figure 8. Functional test and grade of stockpiled ammunition.

저장탄약 평가 대상중 ○○함포탄을 시험항목을 품질특성 등급에 따라 나누고 이에 대해 점수를 할당하면 <표 8>과 같다 (실제 검사항목수는 많으나 지면부족으로 일부만 수록함).

Table 8. Quality characteristics and allocated score of ○○ warship's gun

Measurement(Unit)	Requirement	Quality Characteristics	Allocated Score
Detonator project	No abnormality	Critical	20
Warhead damage	No abnormality	Critical	20
Early explosion	No abnormality	Critical	20
Detonator corrosion	No abnormality	Major	6
Detonator damage	No abnormality	Major	6
Continual fire	Minimum ○	Major	6
Muzzle velocity	○ ~ ○	Major	6
Writing error	No abnormality	Minor	8
Container box damage	No abnormality	Minor	8

이렇게 합산되어 나온 점수를 토대로 탄약의 등급을 결정하는 방법을 본 논문에서는 제안하는 바이다. 다만, 국방 품질스코어는 100점 만점을 기준으로 점수를 명기하므로 현재 저장탄약 등급보다 좀 더 세분화된 등급 구분이 가능한 것으로 판단된다.

6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 다구찌 손실함수 개념을 응용하여 군수업체의 끊임없는 품질개선을 유도하기 위한, 가칭 국방품질 스코어의 사용을 제안하였다. 현재 군수품의 조달을 위해 사용되는 국방규격은 군수품의 품질을 보증하기 위한 최소한의 요구조건만을 명기함으로써 군수업체 스스로 자발적인 품질개선을 통해 기품원에서 추구하는 무결점 품질보증을 달성하기에는 충분하지 못한 점이 존재한다. 또한 동일 품목을 제조하는 기업들간의 선의의 경쟁 역시 유도하지 못하는 단점이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 먼저 군수품의 품질특성을 그 중요도에 따라 나눈 후 일정 점수를 할당하였고, 해당 군수품의 특성에 맞는 손실함수를 개발하여 실제 측정치 값을 넣을시 할당된 점수에서 획득한 점수를 얻을 수 있도록 하였다. 각 품질특성별로 획득한 점수의 합은 100점에 가까울수록 좋은 제품을 생산하였음을 의미한다.

다만, 본 논문에서 제안한 손실함수는 업체 자체적으로 설정한 관리한계에 우선순위를 두어 개발하였으나, 실제 업체가 이 값을 보수적으로 잡을시 손실함수의 의미가 사라진다. 따라서 국방품질스코어 개념을 처음 적용시에는 업체와의 협의를 통해 관리한계를 설정하고, 이후에는 통계적인 분석을 통하여 관리한계 값을 설정하는 것을 권장한다.

또한 현재의 연구결과는 최종 완성품의 품질특성만을 고려하여 국방품질스코어 적용을 제안하였으나, 추후에는 원자재 및 중간 가공품 까지 확대 적용하는 것 역시 연구해 볼 필요가 있다고 판단된다.

REFERENCES

- Ahn, Namsu, Jung, Jisun, Park, Sangwon, Jung, Woonkwon., and Hwang, Wooyeol. 2012. "Sampling Procedure Enhancement in Government Defense Quality Assurance Procedures." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 40(3):245-258.
- American National Standards Institute(ANSI). 1979. *Quality Systems Terminology (ANSI Z1.7)*.
- Defense Acquisition Program Administration. 2011. *A Guideline of Template and Writing of Defense Specification (2011-31)*.
- Choi, Jaeseung, Wu, Soon, Choi, Gyuchang, and Lee, Joowook. 2012. *The Strength and Weakness in Korea Defense Supplies*. Defense Agency for Technology and Quality.
- Defense Acquisition Program Administration(DAPA). 2010. *Purchase Requirement of Sauce (red pepper paste, soybean paste, soy sauce, and etc.) (8950-7011)*.
- Defense Agency for Technology and Quality(DTaQ). 2012. *Requirement of Defense Quality Management Task (Policy and Planning-460)*.
- Department of Defense(DoD) Reliability Analysis Center(RAC). 2010. "Analysis of One-Shot Devices." 7(4):1-4.
- East Sea Food. 2013. "Red Hot Pepper Taste." Last modified, July 12. <http://www.dhfood.com>.
- Head Quarter of Purchase in Department of Defense. 2004. *Inspection Standards of food*. Department of Defense(DoD).
- Huh, Youngtaek. 2011. "The Reliability Assessment of Conventional Ammunition by Items." Defense Agency for Technology and Quality.

- Japan Industrial Standards(JSI). 1979. Quality Systems Terminology (JIS Z8101).
- Korean Agency for Technology and Standards(KATS). 2003. Quality Management and Quality Assurance Standards – Part 1 : Guidelines for Selection and Use (KS A 9000-1).
- Kim, Yeonsung, Park, Youngtaek, Seo, Youngho, Yoo, Wangjin, and Yoo, Hanju. 2002. Quality Management. Parkyoungsa.
- Kwon, Semin, Choi, Seokku, Cho, Gyeong, Baek, Seungho, and Kim, Yongsep. 2012. “A study on Development of Quality Satisfaction Index Model for Military Goods.” *Journal of the Korean Society for Quality Management* 40(3):234–244.
- Ree, Sangbok. 1997. “Analysis of Quality Loss Function(QLF) of Taguchi.” *Journal of the Korean Society for Quality Management* 25(3):119–130.