

품질원가회계에서 Taguchi의 품질손실함수의 유용성에 관한 연구

이희균
회계학과

<요 약>

본 논문의 목적은 Taguchi의 품질손실함수의 유용성을 살펴보는 데 있다. 전통적 품질원가의 측정방법은 품질과 관련해서 회계상 발생된 원가만을 품질원가로서 회계처리하는 데 비해, Taguchi의 품질손실함수는 제품성능의 목표치를 벗어나는 것은 모두 불량품으로 간주하여 회계상 측정되는 품질원가와 회계상 측정되지는 않지만 품질불량으로 인해 초래될 매출감소 등의 기회원가 모두를 추정하는 수단을 제공한다. 또한 Taguchi는 품질원가를 제품성능의 목표치를 벗어난 제품이 고객에게 인도된 후 사회에 미칠 손실로 간주하여, 전통적 품질개념과 다른 새로운 견해를 제공해 준다.

본 논문은 Taguchi의 품질손실함수와 전통적 품질원가의 개념을 비교하고, 품질손실함수의 유형과 민감도 수준을 고려하여 품질원가의 추정방법을 설명한다 그리고 예시자료를 이용하여 품질원가를 추정하고, 그 결과들의 비교 분석을 통해 품질손실함수가 품질원가의 측정과 관리에 유용하게 사용될 수 있다는 것을 제시한다.

A Note on the Usefulness of the Taguchi's Loss Function in Quality Cost Accounting

Lee, Hi-Kyoon
Dept. of Accounting

<Abstract>

This paper discusses the usefulness of the Taguchi's quality loss function in measuring quality costs and controlling product quality. For this purpose, this paper is intended 1) to explain the theoretical aspect of the Taguchi's quality loss function in

the context of the traditional quality cost accounting, 2) to discuss the advantage of the Taguchi function in detecting the previously immeasurable quality costs and controlling quality costs, and 3) exemplifies the usefulness of the Taguchi function with comparing the probable powers of alternate quality loss functions through sensitivity analysis

1. 서 론

제품품질원가들의 분석과 관리는 최근의 원가관리회계문헌에서 많은 관심을 끌고 있다. 품질원가들은 품질기준의 적합성(conformance)을 보장하거나 또는 품질기준과의 부적합성(nonconformance)을 보상하기 위해 발생한 원가들이다. 때로는 이 원가들은 총제품원가 중의 상당한 비율을 차지하며, 기업수익성에 중요한 영향을 미치기도 한다. 기업들은 제품과 서비스의 질을 개선시키기 위해 QC, SQC, TQC 그리고 TQM 등의 품질개선에 노력을 기울여 왔으며, 현장 기술자들은 공학적 설계내용과 일치하는 산출물을 생산하기 위한 과정들을 감시하고 통제할 기법들을 개발해 왔다.

또한 많은 기업들이 품질원가를 추적하거나 측정하기 위해 품질원가모형을 사용하고, 발생한 원가들은 회계처리되어 제품원가 및 이익에 반영시키고 있다 그러나 전통적 회계시스템은 작업패물, 재작업 그리고 수선 등의 관련품질원가들이 회계원장에는 기록되지만, 품질불량으로 인한 고객불만과 매출손실과 같은 무형의 품질원가들을 측정하고 관리할 수 있는 시스템은 설계되어 있지 않다.

오늘날 경쟁이 치열한 시장에서 지속적인 품질개선과 제품원가절감은 기업의 경제적 성장에 필수적이다. 따라서 기업들은 유형의 품질원가는 물론 모든 무형의 품질원가를 측정, 분석 그리고 관리하는 것이 중요하다. 전통적 방법의 품질관리에서는 공학적 설계규격과 일치하는 제품들은 합격품으로 분류되고, 설계규격을 충족시키지 못하는 제품들은 불량품으로 분류된다 이러한 이원적 품질분류가 갖는 문제는 제품들의 도면에 표시된 규격의 상한과 하한 또는 허용차범위내에 분류되는 제품들간의 품질을 동일한 것으로 인정한다. 그러나 Genichi Taguchi는 제품특성치가 목표치에서 벗어날 때는 실제값이 허용차범위내에 있을지라도 손실이 발생한다고 보고, 목표치로부터 실제값의 변화에 대한 품질원가들을 추정할 품질손실함수(quality loss function: QLF)를 개발하였다. 품질손실함수는 제품 특성인 목표치로부터 실제값의 변화로 인한 품질원가를 측정한다.

본 논문의 목적은 Taguchi의 품질손실함수의 유용성을 살펴보는 데 있다. 전통적 품질원가의 측정방법은 품질과 관련해서 회계상 발생된 원가만을 품질원가로서 회계처리하는데 비해, Taguchi의 품질손실함수는 제품성능의 목표치를 벗어나는 것은 모두 불량품으로 간주하여 회계상 측정되는 품질원가와 회계상 측정되지 않지만 품질불량으로 인해 초래될 매출감소 등의 기회원가 모두를 추정하는 수단을 제공한다. 또한 Taguchi는 품질원가를 제품성능의 목표치를 벗어난 제품이 고객에게 인도된 후 사회에 미칠 손실로 간주하여, 전통적 품질개념과 다른 새로운 견해를 제공해 준다

따라서 본 논문은 Taguchi의 품질손실함수와 전통적 품질원가의 개념을 비교하고, 품질

1) 성능특성의 만족도를 결정하기 위해 고객의 관점에서 성능특성의 이상적 상태가 알려져야 한다 이 이상적 상태를 목표치(the target value)라고 한다

손실함수의 유형과 민감도 수준을 고려하여 품질원가의 추정방법을 설명한다 그리고 예시자료를 이용하여 품질원가를 추정하고, 그 결과들의 비교 분석을 통해 품질손실함수가 품질원가를 측정하고 효과적으로 관리하기 위해 어떻게 사용될 수 있는지를 제시한다

2. 품질원가계산의 목적

전통적 관리회계실무들은 오늘날의 제조회업에서는 비능률적이며 진부화되었다는 비판이 증가해 왔다 비판자들은 전통적 회계측정치들이 혁신적 제조기술의 도입과 TQM(total quality management)와 JIT(just-in-time)와 같은 제조방식의 달성을 저해한다고 한다. 우수한 품질은 분명히 세계적 수준을 지향하는 제조기업들의 중요한 목적이다. 우리가 살고 있는 경쟁적이며 단일 세계의 환경에서 생존하려면 품질향상 이외에 달리 대안은 없다. 고객들은 품질개선을 강요하고 있으며, 사회가 또한 요구하고 있다. 품질관리는 낮은 원가의 제조기업이 되게 하며 또한 전통적인 경쟁우위를 달성하는 길이 되기도 한다.

품질원가계산의 대상은 품질원가이다. 품질원가의 대상인 품질²⁾의 의미에 대해 Garvin[1984]³⁾은 다음 세 가지의 해석 및 방법이 있다고 말하였다. 품질에 대해 첫째의 의미는 품질요구의 적합성이다 이것은 품질의 적합성이라고 할 수 있다 이 견해에 의하면 제품의 품질을 도면에 표시된 규격에 일치시키는 것이다 Roth & Morse[1983], Morse, Roth & Poston[1987]는 품질원가를 품질에 적합한 것으로 해석하고, 그것은 최종제품이 그 도면에 표시된 규격에 적합하다면 품질목표에 도달한 것이 된다고 한다. 두번째 견해는 사용의 적합성(fitness for use)이다. 이것은 이용자의 입장에서 본 견해이다. 고객의 기대를 계량화하는 것은 어렵기 때문에, 품질표준에는 일반적으로 도면에 표시된 규격에 가까우면 품질의 적합성이 높지만, 사용의 적합성을 높이기 위해서는 실제의 품질을 고객의 기대에 합치시켜야 한다 품질은 사용자의 요구 여하에 따라서 상대적으로 정해지는 것이고, 이용자에게 만족도를 부여해 주는 것이 중요하다.

세번째 견해는 품질은 제품 또는 서비스가 본질적으로 갖는 우수함이라고 한다 이것은 고유의 품질이라고 할 수 있다. 스타일이나 취미가 변하여도 고품질의 제품은 시대에 따라 변화하지 않는 가치가 있다 따라서 오늘날 품질을 중요시하는 것은 품질이 설계내용의 적합성, 이용의 적합성, 성능, 특성, 신뢰성, 내구성, 사용의 적합성, 상표(brand) 등을 종합한 개념의 다차원적 성격을 지니고 있기 때문이다

품질원가계산의 목적은 상술한 특성을 지닌 제품을 가능한 한 낮은 원가로 제공하는 데 있다. 품질원가계산이 활발하게 활용되고 있는 미국에서는 일반적으로 품질원가가 매출액의 10~20%나 되며, 일본의 2.5~4%에 비해 매우 높은 편인 데, 이것은 불량부품, 파손품, 고액의 검사비, 수선비 및 품질보증비가 높은 것이 직접적인 원인이다⁴⁾ 한편 영국 상공부의 조사결과에 의하면 품질원가는 총매출액의 5%와 25% 사이를 차지한다고 한다.⁵⁾

품질원가계산 실시의 구체적 목표에 대해, Tyson은 다음 세 가지를 들고 있다.⁶⁾ 첫째는 품질원가의 성질과 크기를 알기 위한 것이다 그것에 의해 품질상의 문제점을 알 수 있기

2) 미국품질관리협회는 품질을 사용자의 특정요구(given needs)를 만족시킬 능력에 관계있는 제품 또는 서비스의 특성과 특성의 총체로서 정의한다

3) 櫻川通晴, CIM構築, 企業環境の變化と管理會計, 同文館, 1992, PP 120-121

4) Roth, Harold P & Wayne J Morse, "Let's Help Measure and Report Quality Costs," Management Accounting, August 1983, P 50

5) B S Dhillon, Life Cycle Costing, Gordon & Breach Science Publishes, 1989, P 125

6) Tyson, Thomas N, "Quality & Profitability," Management Accounting(November 1987), P 41

때문이다. 경영자의 주위를 환기시키고, 지속적인 개선에 자극을 줄 수 있다. 둘째는 성과 평가에 유용하다. 품질보고서는 시정조치의 기회를 제공하며, 성과개선에 유용하다. 셋째는 예산편성, 통제에 활용함으로써 수익성의 향상 및 판매활동에 유용할 수 있다.

따라서 품질원가의 측정, 계획 그리고 관리는 제품과 서비스의 질을 개선시키는 데 관심있는 기업에게 여러 가지 효익을 줄 수 있다. 품질원가시스템은 경영진에게 품질에 대한 재무적 중요성을 결정하는 데 도움을 주며 또한 품질을 개선하기 위해 자원들이 소비되어야 할 분야들에 대한 단서를 제공한다. 품질개선은 원가를 낮추고 생산성과 이익을 높여줄 수 있다. 기업들이 품질에 더 많은 관심을 가질수록 한 가지 중요한 방법은 품질원가시스템을 설계하고 운영하는 것이라고 할 수 있다.

3. 품질원가측정의 전통적 방법

(1) 품질원가의 정의 및 구성요소

품질원가는 일반적으로 좋지않은 품질이 존재하기 때문에 발생하는 원가 또는 실수로 인해 발생하는 원가라고 정의를 내릴 수 있다. 전통적 품질원가모형은 두 가지 주요 원가요소들을 포함하고 있는 데 이들 요소는 다음과 같다.⁷⁾

1. 불량품을 줄이기 위해 사용한 예방지출과 평가지출로 구성된 통제원가, 즉 적합성 원가(conformance costs)
2. 내부실패원가와 외부실패원가를 모두 포함하는 통제실패원가, 즉 부적합성 원가(non-conformance costs)

이 두 요소의 합계인 총품질원가는 다음 원가들간의 상충효과(trade-off)에 의해 결정되는 데, 품질원가들은 불량품을 제조, 발견, 수리 또는 회피와 관련된 모든 원가들, 즉 도면에 표시된 규격과의 적합성(conformance to specifications)을 보증하거나 또는 적합하지 않은 제품을 제조하는 것과 관련된 모든 지출과 기회원가들을 대상으로 한다. 그러나 품질원가는 회계시스템을 통해서 자료입수가 가능한 원가와 회계제도에서는 입수할 수 없는 원가가 있다.

전통적 품질원가모형에서는 품질원가의 범주를 다음과 같이 네 가지로 분류한다.⁸⁾

1. 예방원가(prevention costs) : 불량품의 생산을 예방하기 위해 발생한 지출. 예방원가들은 품질관리시스템의 설계 및 유지, 품질관련교육, 공정관리의 개발 그리고 결함이 없는 설계단계의 노력에서 발생한 원가들을 포함한다.
2. 평가원가(appraisal costs) : 재료와 제품이 회사의 품질수준을 충족하는지를 보증하는 원가들. 이것의 목적은 검사, 시험, 외부보증 그리고 품질검사와 같은 제품품질의 공식평가에 의해 달성된다.
3. 내부실패원가(internal failure costs) : 고객에게 인도되기 전에 품질기준을 충족시키지 못하는 제품들의 보완으로 발생한 원가들. 이 원가들은 작업폐물, 공손과 재작업한 재료와 관련된 원가들을 포함한다.
4. 외부실패원가(external failure costs) : 품질불량제품들이 고객에게 인도될 때 발생한 원가들. 이 원가들은 고객불만, 보완 및 교체원가, 제품책임이행소송과 상실된 고객신

7) Lawrence P Carr and Lawrence A Ponemon, "The Behavior of Quality Costs: Clarifying the Confusion," The Journal of Cost Management(Summer 1994), P27.

8) Lawrence P Carr and Lawrence A Ponemon, P27

용에 대한 기회원가와 관련된 원가들을 포함한다
 다음의 <표 1>은 범주별 대표적 품질원가들의 목록을 제시한 것이다:9)

<표 1> 품질원가들의 요소

<p>예방원가</p> <ul style="list-style-type: none"> · 제품연구 및 설계 · 품질 공학 · 품질 서클 · 품질교육과 훈련 · 예방활동의 감독 · 지침연구 · 시스템개발과 실시 · 공정 관리 · 공급업자에게 제공한 기술지원 · 품질시스템의 효율성 감사 	<p>내부실패원가</p> <ul style="list-style-type: none"> · 작업폐물의 순원가 · 공손품의 순원가 · 불량제품의 처분 · 재작업임금 및 제조간접원가 · 재작업 제품의 재조사 · 재작업 제품의 재시험 · "2등급"으로 분류된 제품들의 순기회원가 · 입력오류로 인해 재입력된 자료 · 소프트웨어 오류로 인해 재입력된 자료 · 소프트웨어 오류로 인해 공장컴퓨터 프로그램의 수정 · 품질문제들에 의해 필요한 수정기입
<p>평가원가</p> <ul style="list-style-type: none"> · 시험과 검사에 사용된 소모품 · 유입되는 재료의 시험과 검사 · 재료요소의 검사와 시험 · 공정감사 · 완제품검사와 시험 · 제품의 최종인도전에 고객의 입장에서 현장검사 · 신뢰성 시험 · 평가활동의 감독 · 시험설비의 감가상각 · 재고자산의 내부감사 	<p>외부실패원가</p> <ul style="list-style-type: none"> · 고객불만을 들어주는 것에 대한 원가 · 고객보증청구에 대한 조사 · 보증수리와 교체 · 보증이 없는 수리와 교체 · 제품회수 · 제품의 보증이행 · 품질문제보 인한 반품 및 대손 · 불량품질의 평판으로 인해 상실된 판매의 기회 원가

Source: Adopted from Wayne J. Morse, Harold P. Roth, and Kay M. Poston, *Measuring, Planning, and Controlling Quality Costs*(Montvale, N.J.: National Association of Accountants, 1987).

원가의 발생시점에서 품질원가를 보면 예방원가는 주로 생산전과 생산과정에서, 평가원가와 내부실패원가는 생산과정과 생산후에 그리고 외부실패원가는 판매후에 발생하는 원가들이다 따라서 이 네 가지 원가범주들이 전통적 품질원가계산에서 회계시스템에 의해 고려되는 원가들이다.

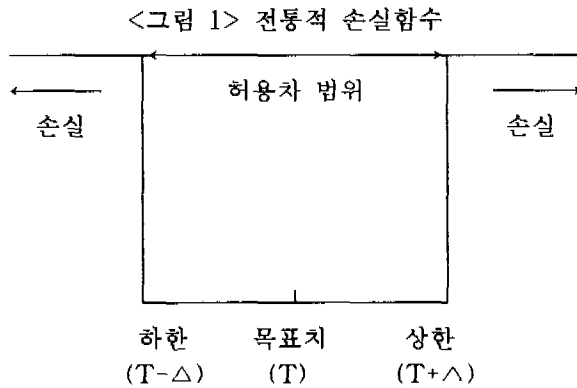
9) Cynthia D. Heagy, "Determining Optimal Quality Costs By Considering Cost of Lost Sales," *The Journal of Cost Management*(Fall 1991), P.65

(2) 품질원가의 전통적 모형

품질원가의 전통적 모형을 지지하는 경영자들은 최적 품질원가의 수준을 찾아내려고 한다. 그들은 품질관련결정을 통제와 통제실패간의 가설로 정한 상충관계(trade-off)에 근거를 두고, 내부와 외부실패원가를 줄이기 위해 예방활동이나 평가활동에 비용을 지출한다.

따라서 품질원가들간의 최적관계를 찾으려는 것이 전통적 모형의 개념의 핵심이므로, 현재 예방활동이나 평가활동에 지출한 비용은 조직내부 또는 외부의 품질실패로 인해 발생될 미래원가를 미연에 방지해야 한다.

품질에 대한 전통적 견해¹⁰⁾를 <그림 1>에 표시하였다. 이 견해는 실제 측정으로 도면에 표시된 규격의 상한과 하한에 속하는 제품들은 모두 "우량"제품이며, 반면에 규격범위를 벗어나는 제품들은 "불량"제품이라고 제시한다. 따라서 이 방법에 의한 품질불량과 관련된 손실들은 제품들이 도면에 표시된 규격범위와 일치할 때는 발생되지 않지만, 제품들이 규격의 상한을 초과하거나 규격의 하한을 하회할 경우, 손실이 발생한다.



품질에 대한 전통적 견해에 대해 Roth(1994)는 축구에서 골대(goalposts)에 비유하여 설명하고 있다. 축구에서 터치다운(touchdown)에 의한 득점 후 추가점수는 골대의 위 쪽 양 사이로 공이 통과하는지 여부에 의해 결정된다. 따라서 공이 골대의 중앙을 통과하든지 또는 골대에서 불과 몇 인치 떨어져서 지나가든지 간에 동일한 점수를 얻는다는 것이다

<그림 2>에 제시된 품질원가의 전통적 모형¹¹⁾은 품질원가 요소들간의 관계를 설명하며, 최적 품질원가를 보여준다. 도표의 수평축은 0%의 품질보증(즉 생산된 모든 단위들의 100%가 불량품)에서 100% 품질보증에 이르는 품질보증 수준을 나타낸다. 도표의 수직축은 품질원가들의 여러 요소들에 대해 지출된 금액을 나타낸다

예방 또는 평가에 대한 지출은 품질보증수준과 동일한 관계를 가지고 있다. <그림 2>에 있는 곡선들이 보여주는 것처럼 예방과 평가원가들의 변화는 직접적으로 품질보증수준에 영향을 미친다. 그러나 품질보증의 수준과 실패원가들은 역의 관계가 있다. 따라서 품질보증의 수준이 증가(감소)함에 따라, 실패원가들은 감소(증가)한다

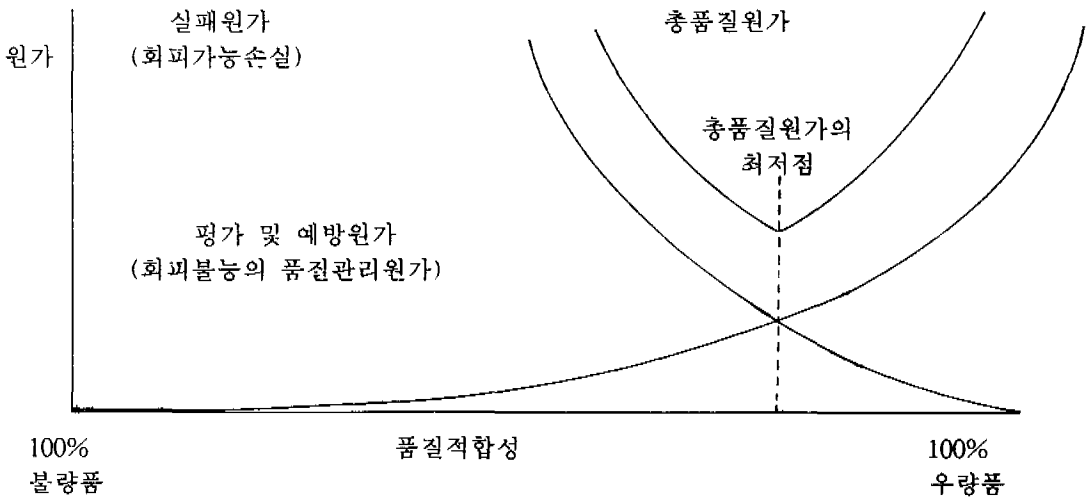
전통적 품질원가모형에 의하면 품질원가에 지출할 최적금액은 총품질원가가 최소가 되

10) Thomas I. Albright and Harold P. Roth, "Managing Quality Through the Quality Loss Function," Journal of Cost Management, Vol 7, No 4(Winter 1994), P 21

11) Greg Bounds, Lyle Yorks, Mem Adams, and Gipsie Ranney, Total Quality Management, McGraw-Hill, 1994, P 67

는 점에서 결정된다. 이 최소가 되는 총품질원가는 총원가곡선에서 가장 낮은 점이다.¹²⁾ 그림에서 보면 총원가곡선의 최적점 왼 쪽으로 갈수록, 예방과 평가원가들은 아래로 향하지만, 실패원가는 예방과 평가원가가 아래로 향하는 것보다 훨씬 빠르게 상승하고 있다. 그리고 총원가곡선의 최적점의 오른 쪽으로 갈수록, 예방과 평가원가는 위로 상승하지만 실패원가는 아래로 향하며, 또한 예방과 평가원가는 실패원가가 아래로 향하는 것보다 훨씬 빠르게 상승한다 이 전통적 모형은 품질원가관계를 분석하는 방법으로 널리 인정되고 있는 방법이지만, 품질관련원가들을 모두 인식하기 위해서는 개선되어야 한다¹³⁾

<그림 2> 최적 품질원가의 전통적 모형



전통적 모형은 상실된 판매원가들을 외부실패원가에 포함시키지 않기 때문에, 오늘날의 경영환경에서는 적절하지 못하다는 비판을 받을 수 있다. 품질의 예방적 중요성 때문에 원가시스템은 <표 1>에 기재된 여러 가지 원가들을 추적할 수 있도록 설계되어야 한다 그러나 품질원가의 결정모형에서 상실된 판매원가들은 계량화하기가 어렵다는 이유로 흔히 무시되고 있으므로, 품질원가의 여러 가지 요소들에 얼마를 지출하였는지에 대한 결정을 잘못 내리게 할 수 있다. 이러한 이유로 Deming을 포함한 품질전문가들 중에는 기업들이 전통적 품질원가모형을 무시해야 한다고 주장한다 그들은 전통적 모형의 경제성에 대한 이해 뿐만 아니라 실증적 증거도 결여되고 있다고 말한다.¹⁴⁾

미국과 외국의 성장산업을 대상으로 한 조사에 의하면 미래에 품질원가지출은 상당히 발전된 연구개발지출, 즉 "초예방"(superprevention)원가들을 상조할 것이고, 그 지출들은 다음과 같은 결과를 가져올 것이라고 말한다.¹⁵⁾

- 1 불량품생산 가능성을 제거하기 위한 우수한 제품 및 생산설계
- 2 최소 인원의 개입을 요구함으로써 사람의 실수로 인한 불량품의 가능성을 줄일 생산

12) Cynthia D Heagy, P66

13) Thomas P Edmonds, Bog-Yi Tsay, and Wen-Wei Lin, "Analyzing Quality Costs," Management Accounting(November 1989), PP 25-29

14) Lawrence P Carr and Lawrence A Ponemon, P 29.

15) William R Pasewark, "The Evolution of Quality Control Costs in US Manufacturing," Journal of Cost Management(Summer 1991), P 50

설비

예방원가를 강조하는 것은 내부 및 외부실패원가들을 제거하고 평가원가를 줄이는 데 목적이 있는 것처럼, 초예방원가도 마찬가지로 목적을 강조하면서 또한 예방목적의 지출에 의해 얻게 될 효익을 증가시키는 목적을 포함한다.

4. Taguchi의 품질손실함수

(1) 품질손실함수와 전통적 견해

많은 품질전문가들은 제품들이 도면에 표시된 규격안에 있는지 또는 규격밖에 있는지 간에 관계없이 제품의 변동성(variability)과 관련된 은폐된 품질원가들이 존재한다고 생각하고 있다. 은폐된 품질원가를 추정하기 위해 여러 가지 방법들이 제시되어 왔으며, 그 중 한 가지 방법이 Taguchi의 품질손실함수(QLF)이다. 그의 품질손실함수는 제품들이 도면에 표시된 규격범위 내에 속하더라도 모두 동일한 품질이 아니라는 전제에 근거하고 있다.

이론상 품질손실함수는 만족스럽게 작동하지 않는 제품의 사회적 손실을 측정하는 것이다.¹⁶⁾ 이 손실은 제품이 규격범위와 일치하는지 여부에 달려 있는 것이 아니라, 제품이 소비자와 사회에 어떠한 영향을 미치는가에 달려있다. QLF는 제품들이 규격범위 안쪽에 분류되든지 또는 바깥쪽에 분류되든지 간에 관계없이 목표치와 차이가 있는 제품생산과 관련된 손실을 추정한다. 이것은 전통적 견해의 품질손실과 그 견해가 다르다. 전통적 견해에 의하면 실제 제품측정치들이 제품규격범위내로 분류된다면 실패원가나 손실이 발생하지 않는다고 주장한다. 즉, 보고된 손실 또는 은폐된 손실이 발생하지 않는다고 한다. 그러나 총손실은 제품의 실제값이 도면에 표시된 규격범위 밖에 있을 경우 작업폐물, 재작업 또는 품질보증교체의 형식으로 발생한다. 이 경우에 보고된 손실 또는 은폐된 손실이 모두 발생한다.¹⁷⁾

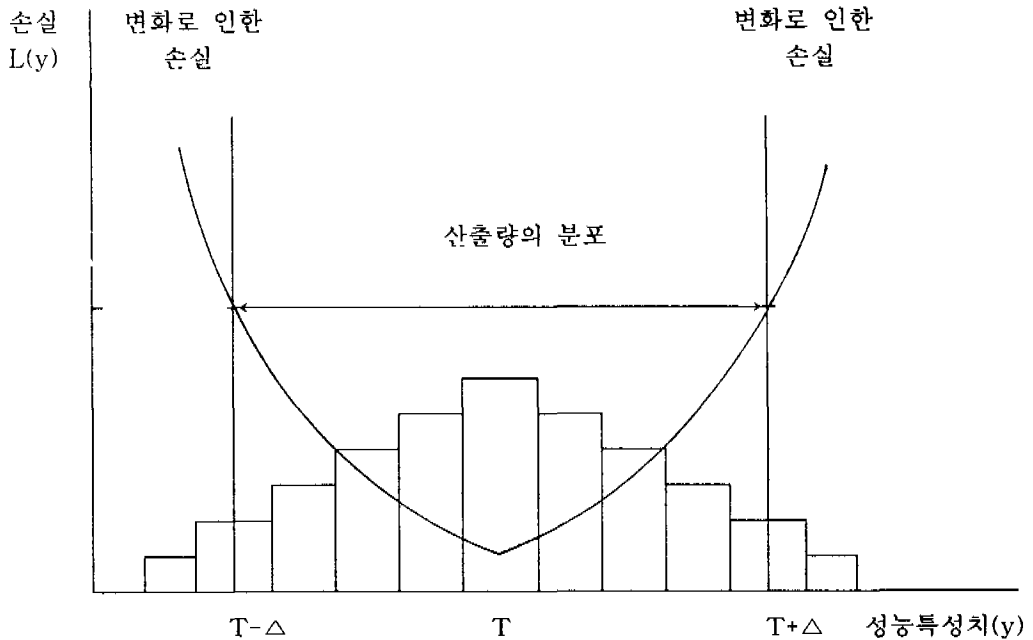
전통적 견해의 내안으로 <그림 3>에 제시된 QLF는 실제값이 제품의 규격범위내로 분류되더라도, 제품의 실제값이 목표치에서 벗어날 때 제품특성의 변동으로 손실이 발생함을 보여준다. 그 손실은 목표치에서 수평축과 접하는 "U"자형 곡선으로 표시된다. 따라서 QLF는 제품의 실제값이 목표치와 차이가 있을 때는 언제든지 은폐된 품질원가가 존재한다. 여기에서 목표치와의 차이를 고려하는 Taguchi의 품질손실함수와 이원적 측정치로서 불량률의 개념에 근거한 전통적 품질 견해간에 원칙상 근본적인 차이가 존재한다.¹⁸⁾

16) Thomas L Albright and Harold P Roth, "The Measurement of Quality Costs: An Alternative Paradigm," Accounting Horizons(June 1992), P 20

17) Greg Bounds, Lyle Yorks, Mel Adams, and Gipsie Ranney, P 73

18) Thomas L Albright and Harold P Roth, June, 1992, P 21

<그림 3> Taguchi의 품질손실함수



QLF모형에서 원가들은 실제 제품특성이 목표치에서 벗어남에 따라 이차함수로 증가한다. 예를 들어 제품의 중량이 목표치에서 0.1g 벗어날 때, 100원의 손실이 발생한다면, 제품의 중량이 0.2g 벗어날 때는 400원의 손실이 발생한다는 것이다. 즉 이차함수는 목표와의 차이가 두 배가 될 때 그 손실은 4배가 된다는 것을 의미한다. Taguchi와 Clausing(1990)은 손실함수에 관해 다음과 같이 말하였다. 우리의 경험에서 손실함수는 등비율(geometric rate)로 증가한다. 그것은 간단한 2차식에 근거한 품질손실함수로서 개략적으로 계량화할 수가 있다. 그러나 QLF의 커다란 가치는 QLF가 목표치와의 차이에 대한 기술자의 견해를 경영자들이 사용할 수 있을 원가측정치로 전환시켰다는 것이다.¹⁹⁾ 따라서 Taguchi의 QLF가 크게 기여한 것은 제품품질과 품질원가관리에 관한 사고방식을 변화시키는데 영향을 미쳤다는 것과 제품의 품질향상을 위한 획기적 방법으로 많은 관심의 대상이 되고 있다는 점이다.

(2) Taguchi의 품질손실함수

Taguchi는 품질이 화폐로서 측정되고 또한 제품의 기술과 연결될 수 있도록 품질이라는 모호한 용어를 실제값과 목표치와의 차이에 의해 품질손실함수로 정의하였다. Taguchi의 정의는 제품이 인도된 시점부터 사회에 미치는 손실(loss to society)을 조사하기 위한 것으로, Taguchi의 품질원리는 다음의 일곱가지 원칙으로 요약될 수 있다.²⁰⁾

19) Genchi Taguchi and Don Clausing, "Robust Quality," Harvard Business Review(January-February 1990), P 68

20) Callie Berhner and James A. Brimson ed, Cost Management for Today's Advanced Manufacturing The CAM-I Conceptual Design, Harvard Business School Press, 1988 P 80

1. 제품이 사회에 끼치는 손실은 제품품질의 중요한 면이다
2. 지속적인 품질개선과 원가절감은 경쟁을 유지하는 데 필요하다
3. 품질개선프로그램은 제품 성능의 차이를 줄이기 위해 노력해야 한다
4. 고객의 손실은 실제성능과 설계된 성능과의 차이의 자승에 거의 비례한다.
5. 실제 품질과 원가는 대개 공학설계와 제조공정에 쏟은 노력에 의해 결정된다
6. 성능변화는 성능상에 제품 또는 공정변수들의 비선형효과를 이용함으로써 감소될 수 있다
7. 통계적으로 계획된 실험들에 의해 성능변화를 최소화하는 제품 또는 공정변수들을 찾을 수 있다.

Taguchi의 방법은 세 가지 생산단계에 초점을 맞추으로써 품질이 원가에 미치는 영향을 설명하고 있다. 세 가지 단계는 제품수명주기의 공학-설계단계에서 발생하는 시스템 설계(system design), 패러미터설계(parameter design)와 허용차 설계(tolerance design)이다.²¹⁾

시스템 설계는 기본적 기능의 시작품설계(prototype design)를 생산하는 데 과학적, 공학적 지식을 적용하는 과정이다. 시작품모형(prototype model)은 제품 또는 공정설계 특성의 초기배경을 정의하기 위한 것으로, 최초 설계의 제품 또는 공정 패러미터들을 정의하기 위해 사용된다. 그리고 이 패러미터들은 Taguchi의 손실관리목표치가 된다. 패러미터 설계는 제품 또는 공정의 성능변화를 최소화하거나 감소시킬 배경을 찾아내기 위해 수행된 조사이다. Taguchi방법은 패러미터들에 대한 통계적 정보를 이끌어내기 위해 시뮬레이션 또는 실험을 사용하게 되는 데, 이 정보는 패러미터들이 손실에 어떻게 영향을 미치는지를 보여줌으로서 실험자료는 기대손실을 최소화하는 데 사용될 수 있다. 제품 또는 공정은 설계특성의 여러 가지 배경에서 계획된 기능을 수행할 수 있다. 그러나 성능특성의 변화는 상이한 배경에 따라 변할 수 있으므로, 이 변화는 제품제조 및 수명원가(lifetime costs)를 증가시킨다. 허용차 설계는 제품제조 및 수명원가의 합계를 최소화하는 허용차를 결정하는 방법이다. 제품과 공정설계를 행하는 마지막 단계는 제품성능특성의 허용차를 결정하는 것이다. 아직도 실무에서는 과학적으로 허용차를 정하기 보다는 관례에 의해 정하는 것이 산업에서의 일반 관행이다. 너무 협소한 허용차는 제조원가를 증가시키며, 너무 넓은 허용차는 제품성능변화와 향후 제품수명원가를 증가시키는 원인이 되기도 한다.

그러나 이 허용차 설계방법은 때때로 제조기업에서 패러미터들이 겨우 허용차범위 안쪽에 속하는 제품들을 생산하도록 잘못 인도할 수 있으며, 그러한 제품들은 품질불량의 가능성이 높다. 제품의 모든 패러미터들이 허용차범위내에 있을지라도, 제품은 패러미터들의 상호의존성 때문에 만족스럽게 작동하지 않을 수도 있다. 예를 들어 자동차문의 크기가 허용차 하한범위 가까이에 있고, 문틀의 크기가 허용차 상한범위 가까이에 있다면, 문은 제대로 닫히지 않을 수도 있다. 즉 제품의 모든 패러미터들이 이상적인 값(ideal value)에 있을 때 제품은 최선의 작동을 한다.

Campanella(1990)는 품질과 품질원가에 대한 Taguchi의 원리를 다음 네 가지 설명으로 요약하였다.²²⁾

- 우리는 품질에 영향을 주지 않고서 원가를 절감시킬 수 없다.
- 우리는 원가를 증가시키지 않고서도 품질을 개선할 수 있다.
- 우리는 품질을 개선시킴으로써 원가를 절감시킬 수 있다

21) Callie Berhner and James A. Brimson ed, P 81

22) Thomas L. Albright and Harold P. Roth, "Managing Quality Through the Quality Loss Function," Journal of Cost Management, Vol. 7, No. 4(Winter 1994), P22

· 우리는 변화를 줄임으로써 원가를 절감시킬 수 있다. 우리가 그렇게 해서 원가를 절감시킬 때, 성능과 품질은 자동적으로 개선될 것이다.

1) 품질원가함수의 유형

이론적으로 품질손실함수는 만족스럽게 작동하지 않는 제품의 사회에 미치는 손실을 측정한다 QLF에는 여러 가지 유형이 있으며, 각 유형의 성격은 손실함수의 형태와 목표치가 결정되는 방법에 의존한다. 성능특성치 y 가 연속변수일 때 손실함수 $L(y)$ 는 (1)성능특성치에 대한 특정한 목표치가 더 좋은 경우(nominal is better), (2)성능특성치가 적을수록 더 좋은 경우(smaller is better) 그리고 (3)성능특성치가 클수록 더 좋은 경우(larger is better) 등 세 종류로 나눌 수 있다. 그러나 본 논문에서는 특정 목표치가 주어진 경우로서 그림 (4)와 (5)에 표시된 바와 같이 손실함수가 대칭적인 품질손실함수와 비대칭적 품질손실함수만을 고려한다.

특정한 목표치가 가장 좋은 경우는 제품성능변화로 인한 고객손실이 목표치와 성능특성치의 차이의 자승과 거의 비례한다는 것이다. 목표치로부터 제품의 성능특성 변화는 고객에게 손실을 발생시킨다 이 손실은 단순한 불편에서 화폐적 손실과 물질적 손해로까지 미칠 수 있다 y 는 지속적인 규모로 측정된 성능특성이고 T 는 y 의 목표치라고 할 때, $L(y)$ 를 T 와 y 의 차이로 인한 제품수명기간 중 불특정 기간의 불특정 고객에 의해 금전적으로 입은 손실을 나타낸다. 일반적으로 목표치 T 로부터 성능특성치 y 의 차이가 클수록 고객손실 $L(y)$ 는 더 커진다. 그러나 보통 $L(y)$ 의 실제 형태를 결정하는 것은 어려운 일이지만, $L(y)$ 의 2차방정식의 근사치에 의해 T 와 y 의 차이로 인한 경제적 손실을 나타낸다 가장 간단한 2차방정식의 단위손실함수 $L(y)$ 는 다음과 같이 계산된다:²³⁾

$$L(y) = k(y - T)^2 \tag{1}$$

y = 품질특성의 실제 값

T = 품질특성의 목표치

k = 공정 또는 조직의 원가구조에 관한 비례상수

손실함수 $L(y)$ 는 목표치 T 에 대해 대칭적이며, 제품 한 단위의 손실을 나타낸다. 특정 기간의 제품라인의 모든 단위들의 손실을 결정하기 위해 모든 제품들의 손실을 모두 가산해야 한다. 대신에 평균손실이 관찰치의 표본으로부터 추정될 수 있다. 다음에 총손실은 단위들의 총수량에 평균손실을 곱하여 계산하며 단위당 평균손실의 등식은 다음과 같다:

24)

$$L(y)_{avg} = k \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - T)^2}{n} \right] \tag{2}$$

n - 표본단위들의 수

k, y, T 는 앞에서 정의된 것과 같다.

23) Raghu N Kacker, "Taguchi's Quality Philosophy Analysis and Commentary AnIntroduction to and Interpretation of Taguchi's Ideas," Quality Control, Robust Design, and The Taguchi Method. Edited by Khosrow Dehnad(AT&T Bell Labaorates), Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software Pacific Grove, California, 1989, P 7

24) Thomas L Albright and Harold P Roth, June 1992, P 22-23

[]안에 있는 항은 목표치와 실제 특성치의 차이제곱의 평균이기 때문에, 품질특성치의 평균과 분포의 표준편차를 알 수 있을 경우 등식 (2)는 다음 식에 접근된다:²⁵⁾

$$L(y)_{avg} = k[\sigma^2 + (\mu - T)^2] \quad (3)$$

μ = 품질특성의 실제값의 평균치

σ = 품질특성의 표준편차

위의 등식들을 사용하려면 비례상수 k 의 값이 먼저 결정되어야 한다. 미지의 상수 k 는 $L(y)$ 가 y 에 대한 어떤 값으로 알려진 경우에 결정될 수 있는 데, 보통 상수 k 는 목표치로부터 도면에 표시된 규격범위까지 거리의 자승으로 규격범위내에 분류되는 제품들의 손실을 나눔으로써 계산된다 따라서 $(T - \Delta, T + \Delta)$ 가 고객의 허용차범위이고, y 가 이 범위를 벗어나면 제품은 불만족스럽게 작동하며, 제품을 수리하거나 폐기하는 데 드는 고객의 원가를 C 라고 하면,

$$C = k / \Delta^2 \text{이며, } k = C / \Delta^2 \text{ 가 된다.} \quad (4)$$

C = 목표치에서 손실이 0이라고 가정할 때 규격범위내에 있는 제조단위와 관련된 손실

Δ = 목표치로부터 도면에 표시된 규격 범위까지의 거리

Taguchi방법을 적용하는 데는 C 값에 상당히 의존한다. 즉 C 값은 고객불만, 나쁜 평판으로 인한 매출손실과 시장점유율의 상실과 같은 무형의 품질원가들을 의미하기 때문이다. 이 원가들은 제량화하기가 용이하지는 않지만 과거 경험 또는 시장조사를 통해 경영진에 의해 추정되어야 한다.²⁶⁾

Taguchi의 품질손실함수는 특정 목표치가 최적이고 성능특성치가 목표에서 벗어남에 따라 손실이 대칭적으로 증가할 때 유용하다. 그러나 그 개념은 다른 여러 가지 다른 환경에도 확대적용될 수 있다 두 가지 특별한 경우로는 '적을수록 더 좋다'와 '클수록 더 좋다'는 경우이다.²⁷⁾

제품성능특성치가 적을수록 더 좋은 경우의 QLF는 제품특성의 값이 더 적은 것이 바람직할 때이며, 따라서 제품성능 특성치의 분산을 적게하고 실제값의 평균값을 목표치에 가깝게 함으로써 기대손실을 작게 할 수 있다.

반면에 제품성능특성치가 클수록 더 좋은 경우는 성능특성치들의 더 높은 값이 요구될 때 발생한다 이 경우에는 제품성능 특성치의 분산을 작게함과 동시에 실제값의 평균값을 가능한 한 크게 하는 것이 기대손실을 줄일 수 있다. 두가지 경우의 단위손실함수와 평균손실함수의 등식은 다음과 같다:

- 제품성능특성치가 적을수록 좋은 경우

$$L(y) = k(y^2)$$

$$L(y)_{avg} = k[\sigma^2 + \mu^2]$$

- 제품성능특성치가 클수록 더 좋은 경우

$$L(y) = k(1/y^2)$$

$$L(y)_{avg} = k[1/\mu^2] + (3\sigma^2/\mu^2)$$

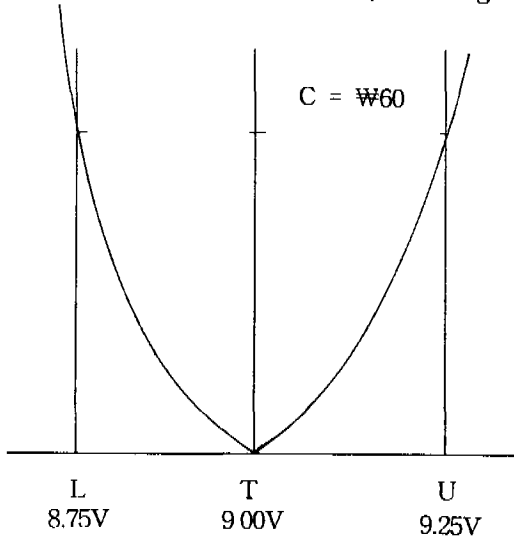
k, y, σ^2 과 μ^2 는 등식 (1), (3)과 (4)에서 정의된 것과 같으며, 상수 k 는 y 의 특정 값과 관련있는 손실에 근거하고 있다

25) Joseph Tunner, "Is an Out-of-Spec Product Really Out of Spec?" Quality Progress(December 1990), PP 57-59

26) Michael W Kim and Woody M Liao, "Estimating Hidden Quality Costs with Quality Loss Functions," Accounting Horizons, Vol 8, No 1(AAA, March 1994), P 10

27) Raghu N Kacker, P 8

<그림 4> Taguchi 품질손실함수



T - 품질특성의 목표치
 L - 품질특성의 규격하한
 U - 품질특성의 규격상한
 C = 목표치의 손실을 0이라고 가정할 때, 도면에 표시된 규격범위에서 생산된 단위와 관련있는 손실

C - ₩60, T - 9볼트, U - 9.25볼트
 L = 8.75볼트

(2) 비대칭적 품질손실함수

전술한 품질손실함수는 특정 목표치가 주어진 경우로서 손실함수가 대칭적인 경우를 살펴 보았다. 그러나 여러 가지 다른 제품들의 손실함수 형태가 상이하고, 민감도의 수준이 상이한 경우가 있을 수 있다. 이 점에 대해 Albright와 Roth(1992)²⁸⁾는 손실함수 $L(y)$ 가 목표치 T에 비대칭적인 경우도 있을 수 있다고 말하였다 그리고 최근에는 품질규격범위에 맞추기보다는 목표치로부터 품질변동성(quality variability)을 줄이는 것이 제품품질을 관리하는 새로운 방법으로 제시되었다. 이 새로운 품질사고는 손실함수에 따라 민감도의 상이한 수준이 있을 수 있고 또한 제품품질이 목표치에 접근할수록 손실은 덜 민감해진다 는 것이다.²⁹⁾

바꿔말해서, 손실함수 한 쪽의 목표치의 변화는 손실함수의 다른 쪽에 있는 변화가 그와 동일한 변화량보다 다소 민감할 수 있다. 예를 들어, 제약의 함량변화는 사용자들에게 치료효과의 질에 영향을 미친다. 특정 함량이 적다면, 그 약은 비효과적이며 고객들을 만족시키지 못할 수도 있다 반면에 함량이 너무 높다면, 그 약은 사용자들에게 심각한 부의 효과(negative effect)를 미친다. 이 예에서 실제값과 목표치와의 정의 변화(positive variation)는 부의 효과보다 더 민감할 것이다 이 경우에 상수 k는 손실함수의 각 면의 손실에 대한 상이한 민감도를 나타내는 두 개의 상이한 값을 갖는다 따라서 비대칭적 2차 손실함수의 식은 다음과 같다.³⁰⁾

$$L(y) = \begin{cases} k_1(y - T)^2 & \text{if } y \leq T \end{cases} \quad (5)$$

28) Albright and Roth, 1992, P 21

29) Michael W Kim and Woody M Liao, P 9

30) Raghu N Kacker, "Off-Line Quality Control, Parameter Design and The Taguchi Method," Quality Control, Robust Design, and The Taguchi Method, Edited by Khosrow Dehnad(AT&T Bell Laboratories), Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software Pacific Grove, California, 1989, P 58

$$L = k_2(y - T)^2 \quad \text{if } y > T$$

미지의 상수 k_1 과 k_2 는 $L(y)$ 가 T 보다 낮은 y 의 값과 T 보다 높은 y 의 값에 있을 때 결정될 수 있다. y 가 허용차범위 $T - \Delta_1$ 밑으로 떨어질 때 고객의 수리원가는 C_1 이고, y 가 $T + \Delta_2$ 이상으로 상승할 때 C_2 라고 하면, $k_1 = C_1 / \Delta_1^2$ 그리고 $k_2 = C_2 / \Delta_2^2$ 이다. 등식 (5)를 기대값으로 표시하면 $P = PT[y \leq T]$ 그리고 $P_2 = 1 - P_1$ 인 경우에, 기대손실은 다음과 같이 계산된다

$$L = E[L(y)] = k_1 P_1 E[(y - T)^2 | y \leq T] + k_2 P_2 E[(y - T)^2 | y > T] \quad (6)$$

등식 (6)으로부터 비대칭 손실함수는 $k_1 >$ 또는 $< k_2$ 그리고 $x = \text{Max}(x, 0)$ 인 경우에, 다음과 같이 추정될 수 있다:³¹⁾

$$L(y) = k_1[(y - T)]^2 + k_2[(T - y)]^2 \quad (7)$$

등식(7)에서 $k_1 = k_2$ 인 경우 QLF는 대칭적 경우가 된다. 그러나 k_1 과 k_2 가 다른 비대칭손실함수인 경우 제품손실을 추정하려면 먼저 k_1 과 k_2 를 추정하여야 한다.

$$k_1 = \frac{C_1}{(U - T)} \quad \text{또는} \quad k_2 = \frac{C_2}{(T - L)^2} \quad (8)$$

- L = 품질특성의 규격하한
- U = 품질특성의 규격상한
- C_1 = U 와 관련있는 손실
- C_2 = L 과 관련있는 손실

위의 예들에서, $C_1 > C_2$ 일 경우, 그 결과로 인한 k_1 은 k_2 보다 크다. 그것은 손실함수의 오른 쪽이 왼쪽보다 더 민감하다는 것을 의미한다

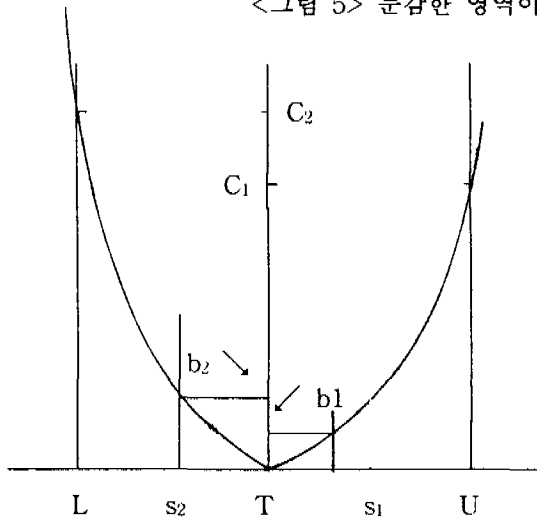
대칭적 손실함수는 전체 손실함수에 대해 상수 k 를 추정하지만, 비대칭적 손실함수는 목표치에서 분리되는 손실함수 각 면의 상수 k_1 과 k_2 를 상이한 것으로 간주하여, QLF의 각 면에서 추정된다. 따라서 손실함수의 각 면에 상이한 수준의 손실민감도(loss sensitivity)가 존재할 수도 있다 각 면에 있는 손실함수의 어떤 부분들은 다른 부분들보다 더 민감하거나 또는 덜 민감할 수 있다. 이 경우에 각기 다른 범위의 손실함수에 대해 상이한 $L(y)$ 의 계산을 필요로 한다. 이에 대해 Kim과 Liao는 손실함수의 각 면에 둔감한 범위 (insensitive region)가 있는 경우의 비대칭 손실함수를 다음과 같이 제시하였다 ³²⁾

$$L(y) = \begin{cases} a_1 k_1 (y - T)^2 & \text{for } T \leq y \leq s_1 \\ k_1 [(y - T)^2 - (1 - a_1)(s_1 - T)^2] & \text{for } s_1 \leq y \leq u \\ a_2 k_2 (T - y)^2 & \text{for } s_2 \leq y \leq T \\ k_2 [(T - y)^2 - (1 - a_2)(T - s_2)^2] & \text{for } L \leq y \leq s_2 \end{cases} \quad (9)$$

31) Michael W Kim and Woody M Liao, P 10

32) Michael W Kim and Woody M Liao, P 12

<그림 5> 둔감한 영역이 있는 품질손실함수



T = 품질특성의 목표치
 L = 품질특성의 규격하한
 U = 품질특성의 규격상한
 s1 = 품질특성의 둔감한 영역의 상한
 s2 = 품질특성의 둔감한 영역의 하한
 C1 = U와 관련있는 손실
 C2 = L과 관련있는 손실
 b1 = s1과 관련있는 손실
 b2 = s2와 관련있는 손실

C1 = ₩60, s1 = 9.05볼트, b1 = ₩3
 C2 = ₩80, s2 = 8.90볼트, b2 = ₩6
 U = 9.25볼트, T = 9볼트
 L = 8.75볼트

등식 (9)에서 k₁과 k₂는 손실함수 각 면의 비례상수이며, a₁과 a₂는 둔감한 범위의 손실함수를 비례축소하기 위해 사용된 조정상수이다. a₁과 a₂의 범위는 0에서 1까지 이다. 제품의 손실을 추정하기 위해서는 상수변수 a₁, a₂, k₁과 k₂가 먼저 추정되어야 한다.³³⁾

$$a_1 = \frac{b_1[(U - T)^2 - (s_1 - T)^2]}{(C_1 - b_1)(s_1 - T)^2} \quad \text{또는} \quad a_2 = \frac{b_2[(T - L)^2 - (T - s_2)^2]}{(C_2 - b_2)(T - s_2)^2} \quad (10)$$

$$k_1 = \frac{(C_1 - b_1)}{(U - T)^2 - (s_1 - T)^2} \quad \text{또는} \quad k_2 = \frac{(C_2 - b_2)}{(T - L)^2 - (T - s_2)^2}$$

5. 사 례

제품품질원가 중에는 현행 회계시스템에 기록되는 것도 있지만, 품질원가의 대부분은 기록되지 않는다. 이들 기록되지 않은 품질원가는 부적합한 제품품질(nonconforming product quality)로 인한 기회원가들이다. 은폐된 품질원가의 합당한 추정은 경영자들에게 이들 원가의 중요성을 이해하고 또한 이 원가들의 관리를 가능하게 한다. 그리고 실제 특성값이 도면에 표시된 규격범위내에 있거나 또는 둔감한 범위내에 있을 때 은폐된 품질원가가 발생될 수 있다는 것을 이해하는 것은 지속적인 제품품질개선을 위해서도 중요하다. 다음의 사례들은 그림 (4)와 (5) 그리고 전술한 등식들을 이용하여 계산된 것이다.³⁴⁾

33) Michael W Kim and Woody M Liao, P 13

34) Michael W Kim and Woody M Liao, P 17

(1) 평균품질손실원가의 추정

다음 예시는 등식 (1), (2), (3)과 (4)를 이용하여 계산된 단위평균손실원가를 비교하고 또한 표준편차의 크기에 따른 평균손실의 변화를 예시한 것이다

ABC기업은 제품특성의 목표치(T)가 9볼트이고, 허용차가 0.25볼트인 건전지제품을 제조한다. 허용차의 상한과 하한범위내에서 제조되는 제품들은 ₩30의 손실(C)을 가져온다. 지난 달에 10,000단위가 제조되었으며, 이 중 10단위를 표본으로 추출하여 실제 특성치를 측정하였다.<표 2>

<표 2> 표본단위들의 자료

제품번호	실제특성치(y)	(y - T)	(y - T) ²
1	8.78	-0.22	0.0484
2	9.10	0.10	0.0100
3	9.22	0.22	0.0484
4	8.75	-0.25	0.0625
5	8.97	-0.03	0.0009
6	9.12	0.12	0.0144
7	9.23	0.23	0.0529
8	9.00	0.00	0.0000
9	8.80	-0.20	0.0400
10	9.05	0.05	0.0025
합계	90.02		0.2800
평균	9.002		
표준편차	0.17638		

(1) 상수 k의 계산

$$k = \frac{30}{0.25^2} - \frac{30}{0.0625} = ₩480$$

(2) 평균품질손실원가 계산

(1) 등식 (2)에 의한 평균손실원가

$$L(y)_{avg} = ₩480(0.28 / 10) = ₩480(0.028) = ₩13.44$$

추정총손실 - ₩13.44 × 10,000단위 - ₩134,400

(2) 등식 (3)에 의한 평균손실원가의 근사치

$$L(y)_{avg} = ₩480[0.17638^2 + (9.002 - 9.000)^2]$$

$$= ₩480[0.0311 + 0.000004] = ₩14.93$$

추정총손실 - ₩14.93 × 10,000단위 - ₩149,300

등식 (2)와 (3)에 의해 계산된 추정평균손실은 차이가 있기는 하지만 두 추정치들은 품

질원가의 크기에 대한 지표를 제공할 정도로 접근하고 있다

③ 표준편차와 평균손실의 민감도 분석

표준편차의 크기와 평균손실의 민감도를 분석하기 위해 등식 (3)을 사용하여, 표준편차가 0.05, 0.10, 0.15 그리고 0.20일 때 표본의 실제 평균값이 8.5에서 9.5까지 각각의 경우에 제품들의 평균손실을 <표 3>에 표시하였다. 비례상수 k와 목표치 T는 각각 ₩480과 9볼트이다.

<표 3>의 자료를 보면 분포의 표준편차가 증가할수록 그리고 평균값과 목표치와의 차이가 클수록 평균손실은 증가한다는 것을 보여준다. 또한 자료에 의하면 목표치와의 차이가 더 커질수록 2차함수가 손실을 훨씬 더 크게 한다는 것을 보여준다.

<표 3> 연속함수를 이용한 평균손실

실 제 평균값	표준편차(σ)				증가율*
	0.05(1)	0.10	0.15	0.20(2)	
8.5	₩121.2	₩124.8	₩130.8	₩139.2	4.9%
8.6	78.0	81.6	87.6	96.0	23.1
8.7	44.4	48.0	54.0	62.4	40.5
8.8	20.4	24.0	30.0	38.4	88.2
8.9	6.0	9.6	15.6	24.0	300.0
9.0	1.2	4.8	10.8	19.2	1,500.0
9.1	6.0	9.6	15.6	24.0	300.0
9.2	20.4	4.0	30.0	38.4	88.2
9.3	44.4	48.0	54.0	62.4	40.5
9.4	78.0	81.6	87.6	96.0	23.1
9.5	121.2	124.8	130.8	139.2	4.0

* (2) - (1) / (1)

<표 3>을 보면 실제 값의 표준편차가 0.05이고 평균이 목표치와 일치할 때 단위당 평균손실은 ₩1.20이며 손실은 표준편차가 증가함에 따라 더 크게 증가한다는 것을 보여준다. 손실은 목표치주위의 분포의 변동성때문에 발생한다. 즉 <표 3>이 보여주는 바와 같이, 평균값 9볼트에서 평균손실은 표준편차가 0.05에서 0.20으로 증가함에 따라 ₩1.20에서 ₩19.20으로 증가한다 이것은 평균손실의 1,500%증가((19.2 - 1.20)/1.20)를 의미한다. 평균값이 목표치로부터 멀리 떨어짐에 따라 평균손실의 차이는 늘어나지만, 표준편차가 0.05에서 0.20으로 증가하더라도 평균손실은 ₩18(₩19.2 - ₩1.2)을 유지한다 그러나 비율증가는 평균이 9.0볼트인 경우 1,500%에서 평균이 9.5볼트인 경우 14.9%로 훨씬 적어진다.

평균손실을 줄이는 데는 ①평균값을 목표치로 이동시키고, ②제품특성의 변동성을 줄이고 또는 ③두 가지 모두를 달성하는 세 가지 수단이 있다³⁵⁾ 이 사례에서 평균손실원가를 줄이기 위해서는 실제 분포의 평균손실과 표준편차를 변경해야 할 것이다. 즉 실제특성치

35) Joseph Tunner, "Is an Out-of-Spec Product Really Out of Spec?", Quality Progress(December 1990), P 59

의 평균이 9.3볼트에서 9.1볼트로 줄어들고 표준편차가 0.10에서 0.05로 감소되면, 품질원가손실은 총수량에 대해 ₩180,000이 감소하게 된다:

$$L(9.2)_{avg} = ₩480[0.1^2 + (9.2 - 9.0)^2] = ₩24$$

$$L(9.1)_{avg} = ₩480[0.05^2 + (9.1 - 9.0)^2] = ₩6$$

$$\text{총품질원가손실절감액} = (₩24 - ₩6) \times 10,000 = ₩180,000$$

(2) 대칭적 QLF와 비대칭적 QLF의 비교

품질손실함수의 여러 가지 형태들이 은폐된 품질원가들을 추정하는 데 어떻게 사용될 수 있는지에 대한 설명과 비교를 위해 Albright and Roth(1992, 1994)와 Kim and Liao(1994)가 제시한 모형을 가지고 예시된 사례의 제품특성의 실제값(y)에 의해 손실원가를 추정한다. 사례에서는 특정 목표치가 주어진 경우에 둔감한 범위가 없는 대칭적 손실함수와 둔감한 범위가 있는 비대칭적 품질손실함수의 예를 가지고 비교 설명한다. 두 가지 모형과 자료의 예가 <그림 4>와 <그림 5> 그리고 <표 4>에 제시되어 있다. <표 4>는 <그림 4>와 <그림 5>에 예시한 모형의 품질손실원가를 등식 (1), (8), (9)와 (10)에 의해 계산된 결과이다.

<표 4> 단위품질원가의 결과 비교

제품번호	실제특성치 (y)	단위품질원가		
		대칭적 QLF(A)	비대칭적 QLF(B)	(A - B)
1	8.78	₩46.46	₩60.13	-13.67
2	9.10	9.60	9.41	0.19
3	9.22	46.46	45.89	0.57
4	8.75	60.00	80.00	-20.00
5	8.97	0.86	0.54	0.32
6	9.12	13.82	13.59	0.23
7	9.23	50.78	50.16	0.62
8	9.00	0.00	0.00	0.00
9	8.80	38.40	48.29	- 9.89
10	9.05	2.40	2.28	0.12
평균	9.001	26.880	31.023	

B의 품질손실함수는 함수의 각 면에 상이한 민감도를 가지며, 왼 쪽이 오른 쪽보다 더 민감한($C_1 < C_2$) 비대칭적 품질손실함수이지만, 함수의 양 쪽에 둔감한 범위를 갖는 함수이다. A와 B의 평균품질원가를 비교하면 B(₩31.03)보다 A(₩26.88)의 손실원가가 더 낮은 것으로 계산된다

A와 B의 품질원가의 차이를 보면 s_2 의 범위보다 제품성능특성치의 실제값이 커질수록 A가 B의 손실원가보다 더 커지고 있다. 반면에 s_2 범위보다 적어질수록 B의 손실원가가 A보다 증가하고 있으며, 차이도 전자의 경우보다 상당히 증가하고 있음을 알 수 있다

(3) 제품특성치의 상한과 하한범위의 결정

제조기업은 손실함수 등식 (1)로부터 손실을 최소로 줄이기 위한 허용차범위를 결정할 수 있다. 제품이 고객에게 인도되기 전에 고객의 허용차범위를 초과하는 제품을 수리하는데 제조기업의 원가를 O라고 하자. ABC회사는 제품이 고객에게 인도되기 전에 발견된 제품의 수리원가가 제품 한 개당 ₩100이고, 고객에 의해 발견될 때 손실은 ₩250이라고 가정한다. 그리고 C, d와 Δ는 등식 (1)과 (4)에서 정의된 것과 같다.

허용차범위는 등식 (1)을 이용하여 다음과 같이 결정할 수 있다.³⁶⁾

$$\begin{aligned}
 L(y) - k(y - T)^2 & \qquad \qquad \qquad \text{₩100} = \text{₩250}(y - T)^2 \\
 O = (C / d^2)(y - T)^2 & \qquad \qquad \qquad \text{₩100} = (\text{₩250} / d^2)(y - T)^2 \\
 y = T \pm (O / C)^{1/2}d & \qquad \qquad \qquad y = T \pm (100 / 250)^{1/2}d
 \end{aligned}$$

따라서 $\Delta = (O / C)^{1/2}d$ (11) $\Delta = \pm 0.4^{1/2}d = \pm 0.63d$

등식 (11)에서 고객의 허용차범위 d를 ±1이라고 할 때, 제품을 검사하기 위해 제조기업에 의해 사용된 규격범위는 목표치에 0.63(±0.63 × 1)을 가감하면 된다. 따라서 고객손실이 ₩250일 때의 허용차가 ±1이므로 ±0.63의 범위는 고객의 허용차보다 훨씬 여유가 적은 범위이다. 그러나 이것은 불량제품이 고객에게 인도되기전에 조기 발견될 때 손실이 훨씬 적게 발생되며 또한 제조원가를 감소시키게 된다는 것을 의미한다.

6. 결 론

현재의 경제적 환경에서 경쟁을 유지하려는 회사들은 질 좋은 제품을 제공해야 한다. 전통적으로 품질은 도면에 표시된 규격의 적합도를 의미하였다. 그러나 전통적으로 사용해 오던 허용차범위(tolerance limits) 또는 불량률의 개념은 소비자의 선호도 또는 제품선택의 패턴을 충분히 반영하지 못하며 제조기업은 품질문제에 대해 안이한 자세를 갖게 할 우려가 있다. 반면에 Taguchi는 품질이란 제품이 출하되어 고객에게 인도된 시점부터 제품에 의해 발생하는 사회적 손실이라고 정의하였다. 제품으로 인한 사회적 손실로는 고객의 욕구를 충족시키지 못하고, 제품에 의해 야기된 해로운 측면 그리고 제품의 성능불량으로 인한 모든 사회적 손실을 의미한다.

만일 제품의 성능특성이 목표치를 유지할 수 있다면 이상적이라 하겠으나, 대부분의 경우에 사용환경, 부품의 노후화, 불완전제조 등의 요인으로 목표치로부터 변동하기 마련이다. 이와 같은 성능특성의 변동이 손실을 야기하는 주요 원인이 된다. Taguchi는 이상과 같은 손실의 개념을 품질손실함수로서 설명하였다.

제품품질원가들 중에는 현행 회계시스템에 기록되는 것도 있지만, 품질원가들의 대부분은 기록되지 않는다. 이를 기록되지 않은 품질원가들은 부적합한 제품품질로 인한 기회원가들로서 추정되어야 한다. 은폐된 품질원가들의 합당한 추정은 경영자들에게 이들 원가의 중요함을 이해하고 또한 이 원가들을 관리할 것을 필요로 한다. 이 논문에서 설명된 품질손실함수는 품질원가들을 추정하는 수단을 제공할 뿐만 아니라, 제품품질에 관해 새로운 사고방식을 제공한다.

QLF에 의해 제시된 품질원가들의 추정치는 작업을 개선하고 원가를 절감시키는 데 도

36) Raghu N Kacker, "Off-Line Quality Control Parameter Design, and The Taguchi Method," in Quality Control, Robust Design, and The Taguchi Method Edited by Khosrow Dehnad, 1989, P 57.

움을 주기 위해 경영자와 관리회계담당자들에 의해 사용될 수 있다. 특히 Taguchi 품질손실함수에 의해 추정된 원가들은 ①은폐된 품질원가의 크기에 대한 지표를 제공하며, ②공정개선을 위한 투자안을 평가하는 데 도움을 주며, ③공정개선안의 실제 성과를 측정하는 데 도움을 주며 그리고 ④품질목표의 진행과정을 평가하는 데 사용될 수 있다. 특히 품질불량으로 인해 상실된 고객신용 및 판매 원가는 기회원가를 의미하는 주요 품질원가항목들이므로, 합당한 원가추정치를 얻는다는 것은 품질원가분석에서 경영자들에게 품질을 무시하거나 또는 과소평가하지 못하게 할 수 있을 것이다 또한 경영자들이 은폐된 품질원가가 큰 것을 알게 되면, 원가를 절감시키려는 동기를 갖게 할 수도 있다.

그리고 QLF는 제품들이 도면에 표시된 규격범위내에 있을지라도 공정과 제품들의 변동성과 관련된 원가들이 있다는 것과 이 원가들은 공정과 제품의 변동성이 증가함에 따라 더 커진다는 것을 경영자들에게 알려주는 지표로서의 역할을 할 수 있다. 그것은 경영자들이 이 원가들의 추정치를 참고로 하여 공정과 제품들의 변동성을 감소시키는 것이 품질과 이익 모두를 개선시키는 효과적 방법임을 인식할 수 있을 것이다.

따라서 품질향상에 지속적인 노력을 기울여야 하는 것은 기업의 경쟁력을 유지하기 위한 필수적인 요건이며, 품질원가의 측정은 제품원가를 절감시키면서 높은 품질의 제품을 생산하여 경쟁력을 높일 수 있는 훌륭한 지표를 제시해 준다.

참고문헌

櫻川通晴, CIM構築, 企業環境の變化と管理會計, 同文館, 1992.

B. S. Dhillon, Life Cycle Costing, Gordon & Breach Science Publishes, 1989.

Callie Berliner and James A. Brimson ed., Cost Management for Today's Advanced Manufacturing The CAM-I Conceptual Design, Harvard Business School Press, 1988.

Cynthia D Heagy, "Determining Optimal Quality Costs By Considering Costs of Cost Sales," Journal of Cost Management(Fall 1991).

Genichi Taguchi and Don Clausing, "Robust Quality," Harvard Business Review (January-February 1990).

Greg Bounds, Lyle Yorks, Mel Adams, and Gipsie Ranney, Total Quality Management, McGraw-Hill, 1994.

Joseph Tunner, "Is an Out-of-Spec Product Really Out of Spec?" Quality Progress (December 1990).

Lawrence P Carr and Lawrence A. Ponemon, "The Behavior of Quality Costs-Clarifying the Confusion," The Journal of Cost Management(Summer 1994).

Michael W. Kim and Woody M. Liao, "Estimating Hidden Quality Costs with Quality Loss Functions," Accounting Horizons, Vol 8, No 1(AAA, March 1994).

Raghu N Kacker, "Taguchi's Quality Philosophy' Analysis and Commentary An Introduction to and Interpretation of Taguchi's Ideas," Quality Control, Robust Design, and The Taguchi Method, Edited by Khosrow Dehnad(AT&T Bell Laboratories), Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software Pacific Grove, California, 1989.

Raghu N. Kacker, "Off-Line Quality Control, Parameter Design and The Taguchi

- Method," Quality Control, Robust Design, and The Taguchi Method, Edited by Khosrow Dehnad(AT&T Bell Laboratories), Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software Pacific Grove, California, 1989.
- Roth, Harold P. & Wayne J. Morse, "Let's Help Measure and Report Quality Costs," Management Accounting(August 1983).
- Thomas L. Albright and Harold P. Roth, "Managing Quality Through the Quality Loss Function," Journal of Cost Management, Vol. 7, No. 4(Winter 1994).
- Thomas L. Albright and Harold P. Roth, "The Measurement of Quality Costs: An Alternative Paradigm," Accounting Horizons(June 1992).
- Thomas P Edmonds, Bog-Yi Tsay, and Wen-Wei Lin, "Analyzing Quality Costs," Management Accounting(November 1989).
- Tyson, Thomas N, "Quality & Profitability," Management Accounting(November 1987).
- William R. Pasewark, "The Evolution of Quality Control Costs in U.S. Manufacturing," Journal of Cost Management(Summer 1991).