

# SPC에서 損失函數를 利用한 製品規格水準向上에 關한 研究 - A Study on the Improvement of Product Specification Level Using Loss Function in Statistical Process Control -

徐 鏡 範\*

## Abstract

This paper is to propose the procedure for improving the level of product specification in statistical process control using loss function.

The procedure proposed in this paper is extended to the Taguchi's quality engineering concept. This procedure will be useful in establishing product specification. This paper is aimed to provide customer satisfaction for consumer and quality management for producer.

### I 序論

기업의 목적은 고객에게 만족을 제공하는데 있다. 무한경쟁 시대로 시장이 변화함에 따라 점차 새로운 경영전략이 발전되는 가운데 최근 새로운 경영전략으로서 큰 각광을 받고 있는 것이 CS경영(Customer Satisfaction Management:顧客滿足經營)이다. CS경영은 미국, 유럽에서 확립된 것으로 최근 일본에서도 적극적으로 도입하는 기업이 증가하고 있다. CS경영은 기업의 최종목적은 고객만족의 향상에 둔 것으로서 고객입장에서 고객을 우선적으로 생각하고 고객만족의 향상을 지향하여 영속적으로 추진하고자 하는 것이다. 고객의 만족을 향상시킴으로 고정고객을 확보하여 계속적으로 상품과 서비스를 구입하도록 하는 것이 목적이다.

상품을 만들고 서비스를 제공하는 것은 기업의 목적이 아니라 고객의 만족을 향상 시키기 위한 수단인 것이다. 상품을 만들어 제공하는 것이 목적이 아니라 만족을 제공하는 것이 목적이다. 일본에서는 이와 같은 고객우선 사고방식을 예전부터 실천해오고 있는 기업도 있다. 그러나 현재의 CS경영을 합리적으로 목적을 달성하기 위해서는 과학적이고 통계적 기법에 의한 실행방법, 즉 SPC(Statistical Process Control:統計的 工程管理)를 들 수 있다. 생산제품의 품질은 검사에 의해 만들어 지는 것이 아니고 공정에서 만들어져야만 하는 것이다. 그러므로 생산공정의 작업조건을 규제함에 따라 규격, 도면, 공차에 합격된 제품이 생산될 수 있도록 할 수 있다. 따라서 SPC를 통해서 우리가 목표로 하는 가장 중요한 것으로써 첫째는 품질의 산포가 보다 적고 균일한 품질의 제품을 생산해 내려고 하는 것이다. 즉, SPC적 관리를 통하여 공정변동을 줄여 가고자 하는 것이다. 둘째로 소집단활동을 통하여 각 공정이 안정되게 관리하여 간단면 무결점(Zero Defect)을 갖는 제품생산을 할 수 있으며, 고객에게 신뢰성 있는 제품을 공급하여 줄 수 있다. 결국 SPC를 통하여 향상된 품질은 수율을 증가시키고 제품의 검사작업이 극소화되며, 생산성이 향상될 뿐만 아니라 궁극적으로 원가절감을 이루게 되므로 고객에게 만족스러운 규격제품을 제공할 수 있어 고객과의 원만한 유대관계를 유지할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 생산활동의 중심이 되는 SPC에서 손실함수를 이용하여 기술부문 즉 설계, 개발, 연구와 라인부문 즉 생산, 판매부서에서의 기능품질을 향상시켜 제품규격수준을 향상시킬수 있는 새로운 절차를 제시하기로 한다.

\* 仁德專門大學 工業經營科 副教授

접수 : 1993년 10월 29일

확정 : 1993년 11월 8일

II. 製品規格 設定方法

1. 規格의 規定項目

제품의 시방을 규정하는 규격, 시험방법 또는 검사방법의 규격, 용어규격의 규정항목과 그 구별의 순서는 원칙적으로 다음과 같이 한다. 그리고 2개 이상의 항목을 하나로 합치거나 하나의 항목을 몇개로 나누거나 또는 항목의 일부를 생략하여도 좋다.

1) 제품의 시방을 규정하는 규격

- (1) 적용범위\*\*
- (2) 용어의 뜻\*
- (3) 종류, 등급\*\*
- (4) 성능\*\*
- (5) 성분, 화학적 성질, 물리적 성질
- (6) 구조
- (7) 모양, 치수(용도, 면적, 부피, 질량 등을 포함한다.)
- (8) 길모양, 관능적 특성
- (9) 그 외의 품질
- (10) 재료, 원가
- (11) 제조방법
- (12) 부속품, 예비품
- (13) 시험방법\*\*
- (14) 검사방법\*\*
- (15) 포장\*
- (16) 제품의 호칭방법
- (17) 표시\*
- (18) 취급상의 주의사항

여기에서 \*\*를 표시한 항목은 규격에 필수적으로 규정되어야 할 중요한 항목을 의미하며, \*를 표시한 항목을 가급적이면 규정하는 것이 좋은 항목을 뜻한다.

2. 規格值 決定方法

제품규격은 수상적인 표현은 되도록 피하고 기본적인 객관적인 수치를 써서 처리함이 필요하다. 규격치로 지정할 수치는 되도록 오해를 초래하지 않도록 간명한 수치를 이용하여야 하며, 가능한한 필요 최소치를 이용한다. 불필요하게 많은 자리수를 표시하면 계산상의 번거로움을 가져올 뿐만 아니라, 필요이상의 가공이나 측정을 초래하므로 많은 설비투자 낭비를 가져온다. 보통 유효숫자는 다음과 같은 수치의 정밀도를 고려하여 지정한다.

規格值	意味	數值의 精密度
1 → 0.5	~ 1.5	→ ± 0.5
1.0 → 0.95	~ 1.05	→ ± 0.05
1.00 → 0.995	~ 1.005	→ ± 0.005

이러한 규격치의 맺음을 위해서는 KSA 0021(수치의 맺음법)에 따른다. 또한 규격치는 되도록이면 표준수를 이용하여 정리하는 것이 좋다.

### 3. 許容差 設定方法

규격치에 대해 되도록 허용차를 부여하여 규정함으로써 구체성, 객관성을 부여한 것으로 해석상에 있어서나 판단상의 애매모호함을 없앤다. 따라서 허용차를 규정할 때에는 이미 규격화된 것을 인용하는 것이 좋으며 국가규격으로 제정, 활용되고 있는 허용차로서는 다음과 같은 것이 있다.

- K S B 0236 (치수의 보통허용공차의 통칙)
- K S B 0401 (치수 공차 및 끼워 맞춤)
- K S B 0412 (절삭가공 보통치수의 허용차)
- K S B 0418 (주강품 보통허용차(주조가공))
- K S B 0413 (금속 프레스 가공품 보통치수차)
- K S B 0415 (보통치수 허용차(다이캐스팅))
- K S B 0416 (보통치수(전단 가공품))

일반적으로 허용차는 수집된 데이터로부터 구한 표준편차( $\sigma$ )를 고려하는 일이 많다. 회사수준의 표준화인 경우에는 공정능력을 파악하므로써 표준편차를 추정하여 그 3 ~ 4배를 허용차로 결정하면 좋다. 또한 단체수준이나 국가수준의 표준화인 경우에는 동업의 기업 전부에 대하여 표준편차의 3.4 ~ 5배 정도로 정하는 경우가 많다. 그러나 여러 종류의 산포를 갖는 층으로 나뉘어져 분포할 경우에는 하나의 허용차로 종합정리하게 되면 그 허용차가 너무 넓어져 의미가 없게 됨으로 이 경우에는 대상을 종류별로 또는 등급별로 정리하여 허용차를 각각 부여하는 것이 좋다. 그리고 조립부품의 수치일 경우에는 조립품의 누적공차를 고려하여 통계적인 사고에 의해 허용차를 구하는 것이 필요하다. 그러므로 본 장에서 전개된 제품규격은 허용차를 절대적으로 인정하는 생산자 위주의 일방적인 사고방식으로 설정하지만 이와는 달리 생산공정에서 끊임없는 개선노력으로 허용차를 줄일 수 있는 SPC를 이용하여 정하여야 한다. 따라서 다음 장에서는 SPC에 관해 기술하기로 한다.

## III. S P C

### 1. S P C의 定義

SPC란 품질규격에 합격할 수 있는 제품을 만들어 내기 위하여 통계적 방법에 의하여 공정을 관리해 나가는 관리방법을 의미하는 것이다. 또한 SPC의 각 철자가 갖는 의미를 정리하여 보면 다음과 같다.

S (Statistical) : 통계적 자료와 분석기법의 도움을 받아서

P (Process): 주어진 품질규격과 공정의 능력상태를 파악하여

C (Control): 우리가 원하는 상태로 제품이 생산될 수 있도록 관리를 수행하여 가는 관리방법

그러므로 SPC의 기본개념은 끊임없는 공정의 개선추구이며 만족스러운 품질의 제품을 생산성이 높게 생산할 수 있도록 하는 현장의 관리기법이다. 그러므로 SPC자체가 모든 문제를 해결하고 공정을 항상 발전 시켜 주는 것은 아니다. SPC는 공학적인 고유기술과 접목되어 불량원인을 쉽게 발견 하도록 도와 주며 공정상태가 어떤지를 탐지하여 주고 개선을 위하여 어떤 대책이 합리적인가를 결정하는데 도움을 준다.

### 2. SPC適用對象

SPC의 적용대상은 생산공정 중심으로 모든 개선활동을 생산공정의 최적화에 초점을 맞추는 것이며, 공정최적화를 이루기 위한 개발, 설계의 단계에서 부터 통계적 기법이 적용된다. 그리고 업무의 효율화, 단순화를 위하여 간접부문까지 확산적용한다.

### 3. SPC의 必要性

SPC활동의 필요성은 각 工程員이 주인의식을 바탕으로한 공정불량처리와 공정개선은 소속 공정에서 행하며, 다음 공정으로 불량제품을 넘기지 않는 것이다. SPC활동의 기본 원칙은 다음과 같으며, 이 원칙은 관리조직체계를 통하여 지속적인 교육이 행하여 진다.

- 1) 끊임없는 개선과 향상의 추구
- 2) 전종업원의 SPC참여정신
- 3) 목적지향적 소집단활동
- 4) 화이트 칼라주도의 향상 활동
- 5) 통계의 적극적 이용

- 6) 관리층의 SPC활동 우선지원
- 7) 과정 및 실적에 대한 공정한 평가 및 보상
- 8) 공정에 관련된 사람의 공장 주인의식 및 책임관리

#### 4. SQC와 SPC의 差異點

SQC(Statistical Quality Control: 統計的 品質管理)는 생산(공정)에서 선별검사, 검사계획과 중요공정에 대한 자료로서 월별불량, 월별비용을 산출한 것에 대해 평가하며 조치를 취한다. 그러나 SPC는 생산활동에서 공정의 자료를 시각적으로 알기 쉽게 표현하여 적시에 조치를 취할 수 있도록 관리한계를 설정하고 바로 조치를 취할 수 있으므로 공정능력을 충분하게 만든다. 따라서 SQC는 탐지시스템으로서 첫째, 선별과 낭비를 허용한다.

둘째, 어떤 형태의 검사방법도 불량이나 실수를 완전히 발견하지 못한다.

셋째, 불량품을 제조한 것과 관련된 비용과 검사비용이 높다.

그러나 SPC는 예방적인 시스템으로

첫째, 예방과 낭비를 피한다.

둘째, 통계적으로 공정관리를 할 수 있으며,

셋째, 품질정보를 가시화하여 탐지할 수 있도록 관리한계를 설정한다.

넷째, 공정능력지수로 공정능력을 평가하며,

다섯째 지속적인 개선으로 유도한다. 본장에서 제시된 SPC는 생산현장 중심만의 사고방식으로 허용차를 줄이는 것이지만 실제현장에서는 제품이나 공정설계에 제품규격설정이 소비자 관점에서 선행되어야 한다. 따라서 다음 장에서는 SPC에서 손실함수를 이용한 새로운 제품규격설정방법을 기술하기로 한다.

#### IV. SPC에서 損失函數를 利用한 製品規格水準의 向上方法

제품규격 작성계획 입안단계에서 표준화도입 주관부서는 제품규격작성에 필요한 장단기 계획을 수립해야 하며, 되도록이면 제품을 계열화하여 체계를 확립하고 각 품목별로 담당부서 및 작성자에게 의뢰하며 영업부문에서는 시장조사 및 플래임치리 대비표의 작성 및 관계법 등의 표준화 정보를 제공하여 설계부서에서 규격안을 작성하도록 지원한다. 규격항목 도출단계는 진단단계에서 품질기능전개표와 규격대비표를 참조하여 설계부서에서 자사의 보유설비, 가공방법, 시험방법 등을 고려하여 제품규격 항목을 도출하며, 기본성능외에도 안전성, 신뢰성, 보전성, 공해성 등을 충분히 검토하여 설정한다. 또한 규격안 작성단계에서 가급적 일반화된 용어를 사용하여 간결하고 쉬운 문장으로 표현하며, 그림, 표, 사진, 견본 등을 유익적절히 활용하며, 규격치 설정 단계에서 계수치와 계량치를 구분하여 정하며, 단순화 및 호환성 확보를 위하여 표준수 및 SI(International System of Units: 國際單位系)를 채용함이 바람직하고 관능특성인 경우에는 물리화학적 평가방법 또는 한도견본에 의한 비교방법을 채택하여 객관적인 해석이 가능하도록 하며, 허용차의 부여는 요구기능의 확보와 자사의 가공능력을 고려하여 경제적으로 정한다. 최근에는 제품을 출하에서 폐기될때까지 사회에 미치는 총손실을 감안하지 않으면 안되는 사회 지향적인 품질로 전환되고 있다. 또한 국제보호무역장벽을 극복하기 위하여 기업의 체질, 즉 생산성 품질과 코스트를 극대화하지 않으면 안된다. 이에 대처하기 위해서는 원류관리 중심의 SPC시스템인 QFD(Quality Function Development: 品質機能展開)로 요구특성을 파악하고, 공정별 관리점으로 SPC공정도표를 표준화하여 과정과 결과치를 통계적으로 관리하는 것이다. 또한 이상이 발생시는 즉시 행동을 취할 수 있는 가시관리체계와 테스크 포스 팀(TFT)을 구성하여 운영하는 시스템이다. 그리고 각종 통계적인 품질데이터를 수집, 정리, 분석등을 메뉴얼 작업에서 자동측정 및 분석되는 SPC시스템을 구축하고 계측기의 반복성과 재현성(Repeatability & Reproducibility)평가와 원인과 결과에 대한 관리도별 및 공정능력지수, 상관분석, 회귀분석, 판별분석과 주성분 분석 등 손쉽게 컴퓨터 패키지를 이용하며, 이를 경영실체에 직결되도록 손실함수[L/Y]화하여 끊임없는 공정품질을 전개하는 SPC운영시스템을 구축해야 한다. 따라서 QE(Quality Engineering: 品質工學)의 기술부문으로 구분하여 실시하는 목적은 제품능력의 변동이 부작용을 최소화시켜서 사회에 끼치는 총손실을 최소화시키기 위하여 수행하는 것이다. 튼튼한 상업부의 점유율을 보면 1950년대 이전에는 검사위주의 품질향상을 주도하였으며, 1960년대 부터는 검사중심의 품질향상은 줄어 들고 SPC중심의 품질향상이 이루어져 왔다. 또한 1980년대 부터는 철저 검사 및 SPC 중심의 의존도는 줄어 들고 제품을 설계 초기부터 품질향상 및 코스트절감을 실현하기 위하여

여 제품 및 공정설계의 최적화로 실험계획법에 비하여 최근에 언급되는 QE는 새로운 개념과 방향을 가지고 있으며, 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1) 品質의 定義

품질은 제품이 출하된 시점으로 부터 품질특성치의 변동과 부작용 등으로 인하여 사회에 미치는 총손실(Total Loss)이다.

2) 損失函數(Loss Function)

품질손실이란 제품이 다음 공정이나 소비자에게 출하된 뒤에 성능특성치의 산포로 인하여 사회에 미치는 재정적인 손실이라고 정의할 수 있다. 그 손실은 화폐 단위로 측정되며, 수량화 할 수 있는 제품특성으로써 관리방법 등이 포함된다고 본다. 그러므로 품질을 평가하기 위해서는 손실함수(L)최도가 기본이 되는 공식 이라고 판단한다.

다구찌(田口)는 사회지향적인 관점에서 품질의 생산성을 높이기 위해서

생산성 = 품질 + 코스트로 정의하고,

품질 = 기능산포에 의한 손실 + 사용코스트 + 폐해항목에 의한 손실,

코스트 = 재료비 + 가공비 + 관리비 + 폐해항목에 의한 손실로 나타난다.

또한 다구찌는 손실함수를 재정적인 손실과 성능 규격과의 관계를 테일러 시리즈 전개하여 2차함수로 나타내고 있다. 손실함수(L)의 공식은 품질특성치에 따라 망목특성(Nominal The Best), 망소특성(Smaller The Better), 망대특성(Larger The Better)으로 분류하며, 손실함수의 예로 제품특성의 목표치가 m이고, 제품의 실질특성치가 Y인 경우에 손실함수는  $L(Y) = k(Y-m)^2$ 으로 정의된다. 여기서 k는 적절한 상수이다. 좋은 품질의 제품은 이 손실함수의 값을 작게 하여 주는 것이다. 실험계획법에서 이 손실함수에 근거하여 만들어진 SN비(Signal-to-Noise Ratio)를 특성치로 하여 인자들의 최적 조건을 찾아 주는 방법이 주로 사용 된다.

3) 損失函數의 差異點

전통적인 개념의 손실은 제품이 규격내에 있더라도 목표치로 부터 멀어 지면 멀어 질수록 손실이 2차함수로 증가하고 있다고 본다

4) 雜音(Noise)에 대해 安定된(Robustness) 機能品質 確保

제품품질성능의 변경에 영향을 주는 요인중 제어가 가능한 설계변수와 제어가 용이 하지 않은 비제어 또는 잡음으로 구분된다. 특히 QE에서 잡음인자를 이용하여 제품의 신뢰성을 높 이 도록 잡음(환경, 열화, 제품간의 변동)에 둔감한 기능품질을 확보 하고 있다.

(1) 잡음의 종류로 다음의 3가지가 있다.

(a) 외부잡음(External Noise): 외부사용환경조건의 변화에 의한 잡음

(b) 내부잡음(Internal Noise): 사용하면서 발생하는 내부마모나 변화에 의한 잡음

(c) 제품간의 잡음(Between-Products): 제품의 불안전 제조에 의하여 발생하는 제품간 성능특성치의 산포로 인한 잡음

5) 製品 및 工程에 5段階의 設計法

기술부문에서 제품의 설계나 생산공정의 개발설계를 할때 설계자나 생산기술자의 역할이 품질확보와 코스트 절감이 거의 80% 이상 담당하고 있으므로 다음과 같은 5단계 설계방법으로 추진하는 것이 좋다.

(1) 시스템 설계

같은 기능을 갖는 수많은 시스템을 생각할 수 있으나 가능한 한 세상에 존재하지 않는 새로운 시스템을 선택하는 일이 바람직하다. 또한 새로운 시스템은 특허로 보호하며, 시스템의 선택은 관계자가 모여서 항목마다의 우열에 관한 의견을 서로 내놓고 결정하는 방법으로 유럽 등에서 실시하고 있다.항목마다의 판단은 정기적인 것만은 아니지만 관계자를 납득시키기 위해서 중요하다. 개발부문에 여력이 있을 때는 2, 3의 시스템을 병행해서 개발할 수도 있다.

(2) 파라미터 설계

선택한 시스템 중에서 설계자가 자유롭게 선택한 설계의 모수(System Parameter)를 품질과 코스트를 개선하기 위하여 선택하는 행위이다. 기능을 산포시키는 오차원의 영향을 감소시키는 방법으로 오래 전부터 비선형의 이용, 잡음과의 교호작용이 이용되고 있다. 따라서 파라미터 설계에 관해서 지금까지 해석적 방법, 비선형계획법, 기능확대법(Operation Window

Method)등의 기술분야에서 이용되고 있지만 보다 더 능률이 좋은 방법을 제공하고 있다.

(3) 허용차 설계

파라미터 설계후 다양한 시스템 요소인 어떤 부품, 재료 등의 등급을 선택하는 행위이며, 품질과 코스트를 함께 고려하는 방법이다. 기능한계와 기능하지 않았을 때의 손실로부터 근사적인 손실함수를 구하고 그것을 이용하는 방법이다.

(4) 허용차(공차)의 결정

허용차 설계로 설정된 부품, 재료에 대하여 사양서와 도면에 기록할 수 있도록 제약상의 허용차(공차)를 결정하는 방법에 대하여 기술한다. 이것은 허용차 설계에 포함될 경우도 있다.

(5) 생산공정의 관리방법

품질에 의한 피드백 제어, 공정조건의 제어방법 등을 설계한다. 특히 관리용 게이지의 설계가 대단히 중요하다. 그것은 코스트와 품질균형을 바로잡는 방법이기 때문이다. 그 중에서 시스템 선택(개발, 설계)은 연구자의 창조성과 관련기술의 중요한 분야이며, QE에 관계되는 것은 (2)(3)(4)(5)이며, 시스템의 선택은 2일 정도의 토의로 파악될 수 있고, 선택한 시스템의 최종설계는 제품에 따라서 다르지만 다음과 같은 각 단계가 있다.

① 시스템 설계

② 서브시스템 설계

③ 유니트나 부품의 설계

④ 소재나 시료의 개발

⑤ 소재의 개발

이것은 어느 단계에서도 위의 (1)(2)(3)(4)(5)의 단계가 될 수 있다. 그리고 ③ ④ ⑤의 경우에는 제품설계와 생산공정의 설계가 함께 연구되고 있다. 따라서 제품규격설정수준을 향상시키기 위해서 첫째는 기술부문 즉 설계, 개발, 연구단계에서의 기능품질과, 둘째로는 라인부문 즉 생산, 판매에서의 기능품질을 손실함수를 통하여 고려하여야 하며, 이는 표 1과 같다.

표 1. 기능 품질 대책 일람표

구 분	담 당 부 서	대 응 책	잡 음 의 종 류		
			외부잡음 (환 경)	내부잡음 (열 화)	제품간의 산 포
기술부문	설계, 개발, 연구	1)시스템 설계 2)파라미터 설계 3)허용차 설계	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○
	생산기술	1)시스템 설계 2)파라미터 설계 3)허용차 설계	X X X	X X X	○ ○ ○
라인부문	생산	1)공정진단과 조정 2)예측과 수정 3)검사(측정 과 조치)	X X X	X X X	○ ○ ○
	판매(Sales)	아프터 서비스	X	△	△

비고 ○ 대응가능 ○ 대응책이 가능하다. 최후의 수단임  
 X 대응불가능 △ 예방보전의 의미로서 가능

결국 본 논문에서 고려된 손실함수를 이용한 SPC는 다구찌가 제시한 QE의 개념과 유사하며 이는 그림 1과 같다.

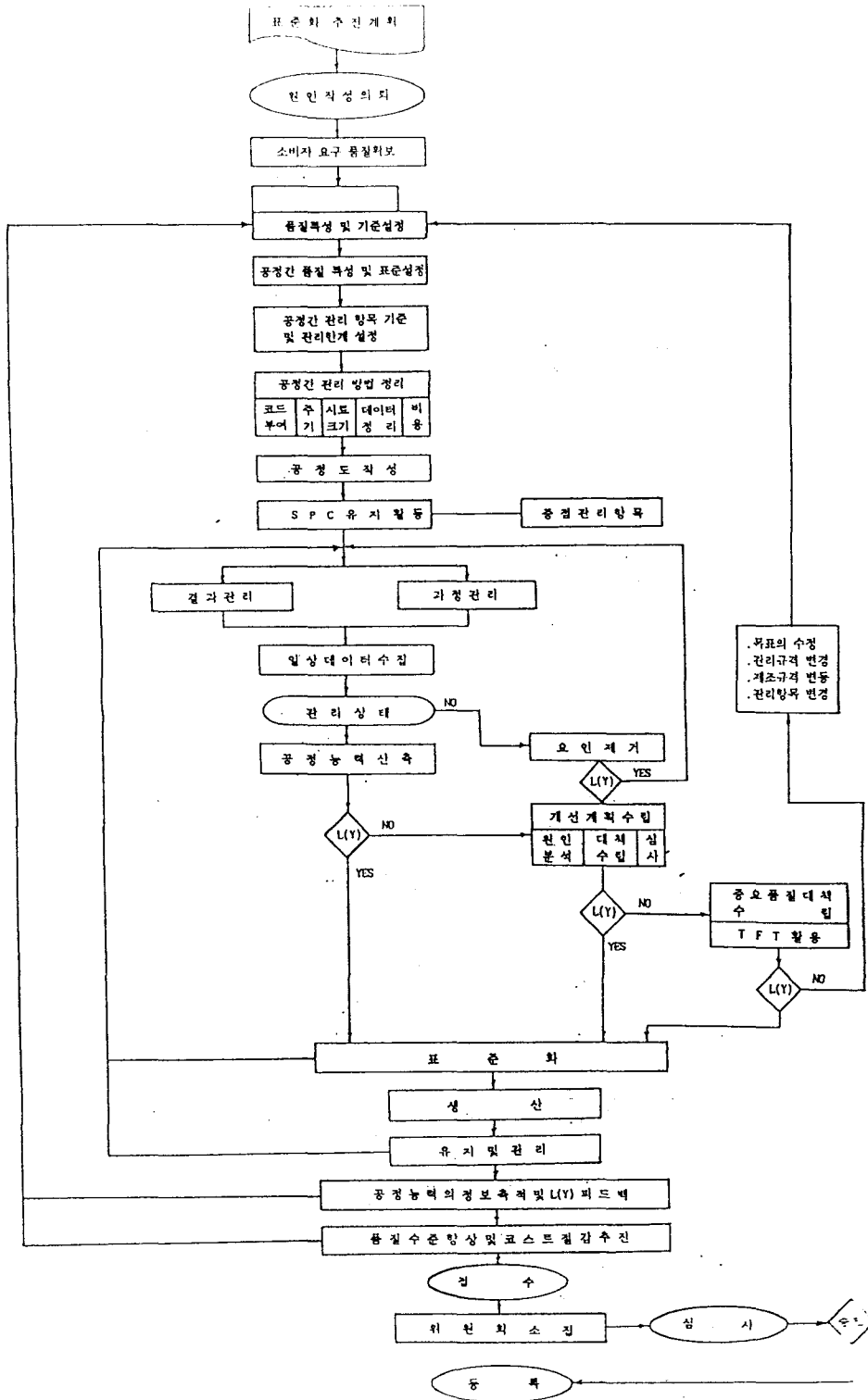


그림 1. SPC에서 손실함수를 이용한 제품규격수준의 향상체계도

## V. 결론

본 논문에서는 CS경영을 위해 가장 기본이 되는 제품규격수준의 향상방안에 대한 새로운 절차를 제시하였다. 따라서 생산현장에서의 끊임없는 개선노력을 경주하는 SPC에 손실함수를 이용하면 기술부문 즉 설계, 개발, 연구와 라인부문 즉 생산, 판매부문의 모든 단계에서 제품규격수준을 향상시킬 수 있으며, 이는 기존의 생산자 중심의 규격설정방안에서 고려할 수 없었던 적극적인 QM사고방식인 것이다.

## 參 考 文 獻

1. 韓國標準協會, 工程解析과 改善을 위한 SPC實務過程, 1993.
2. 韓國標準協會, 社內規格의 手法, 1980.
3. 日本規格協會, 製品規格의 作成方法, 1970.
4. 日本工業標準調查會, 日本工業規格의 製品規格, 1970.
5. 韓國生產性本部, 武田哲男著, 顧客滿足(CS), 이것이 핵심포인트, 1992.
6. 21세기복스새날, 平島康久著 顧客滿足 經營의 推進方法, 1993.
7. Ross P.J, Taguchi Technigues for Quality Engineering, Kraus International Publication, New York, 1986.
8. Taguchi G., Introduction to Quality Engineering, American Supplier Institute, Inc, Michigan, 1987.