

CAQC교육에 있어서 컴퓨터 활용과 학습모델에 관한 연구

- 히스토그램을 중심으로 한 학습모델 -

최명호

울산과학대학 공업경영과
(2000. 2. 15. 접수)

A Study on the Computer Application and Learning Model in the CAQC Education

Myung-Ho Choi

*Department of Industrial Engineering Ulsan College
(received February, 15, 2000)*

국문요약

본 연구는 컴퓨터 지원하의 품질경영(CAQC)교육에 있어서 발생하는 문제점을 분석하여 정리하고, 사례로서 히스토그램을 중심으로 한 학습모델을 개발하였다. 연구의 범위는 일반적으로 널리 통용되고 있는 히스토그램의 작성방법을 MS-엑셀을 활용하여 계산할 경우에 개선되어야 할 문제점과 추가되어야 할 이론을 상호연관성 하에서 단계적으로 진행되도록 한 체계화이다. 히스토그램은 추출한 표본의 분포 형태로부터 모집단을 파악하는 이론이므로 모집단의 분포의 형태를 추정해내기 위한 방법들을 실험과 실습을 통하여 대안을 제시했다. 히스토그램의 활용성을 확대시켜서 생산현장에서 응용할 수 있도록 정 규성 검정에 관한 방법, 공정능력지수의 적용기준, PPM기법의 확률계산 등의 이론을 상호보완적으로 연관시켜 추가하였다. 불량원인을 신속하고 정확하게 찾아서 개선하고 관리하는 방법의 도구로서 히스토그램 본래의 목적에 잘 부합될 수 있도록 CAQC교육의 학습모델을 제안한다.

Abstract

The paper has analyzed and summarized about the theoretical problem occurred in the CAQC, and has developed the learning model focused on the histogram as a case study. The range of study is to systematize the basic method of histogram generally used, and to make step by step procedures under the interactive relation with the improvement of the theory that must be added in case of the calculation by the aided of MS-Excel software. A histogram is the theory to understand the population distribution from which samples are extracted, so alternative methods are presented to

estimate the population shape through an experiment and a practice. In order to enlarge the application area of the histogram in the factory, the theory of normal test, the criteria of process capability index and the probability calculation of PPM are added to the histogram. The learning model of CAQC education is proposed that is consistent with the target of histogram to control and search the cause of item defectives fast and correctly.

I. 서론

컴퓨터 지원하의 통계적 품질관리(CAQC: Computer Aided Quality Control)은 생산현장에서 컴퓨터를 활용하여 품질의 불량원인을 신속 정확하게 찾아서 개선하고 관리하는 통계적 품질경영의 기법으로 사용되고 있다. 반면에 학교교육의 현실은 아직도 손으로 계산하던 과거 시대의 계산원리와 계산공식을 배우고 익히고 실습하고 있는 실정이다. 과거에는 계산의 어려움 때문에 이론공식으로부터 새로운 계산공식으로 변형시켜서 통계량을 계산하였다.

문제는 변형된 계산식을 사용하면 새로운 형태의 계산 원리를 이해해야할 뿐만 아니라 데이터의 개념이 무시되어 버린다. 뿐만 아니라 컴퓨터를 사용할 경우 변형된 계산공식을 사용하면 근본 이론공식에서 벗어난 불필요한 내용이 추가되어 더 복잡해짐으로 주어진 문제에서 요구하는 본질적 이론의 원리와 데이터의 정량적 개념이 없어진 상태가 되어버린다. 결과적으로 수치적 계산의 결과값만을 구하는 경우로 변질되어 이해력과 설득력이 저하될 수 있으며 또한 교육의 질이 낮아질 수 밖에 없을 것이다. 이 문제는 매우 심각한 문제인데 반하여 CAQC 분야에서의 연구는 아직도 매우 미흡한 실정이다.

본 연구는 CAQC^(8,9) 분야가 널리 통용될 수 있도록 기존의 본질적 이론의 개념 위에서 엑셀 소프트웨어^(12,13)를 사용할 경우 변형된 계산공식보다 이론공식을 사용하는 것이 더 설득력이 있고 합리적이며 계산과정도 단순해진다는 사실을 밝히고자 한다. 특히 소프트웨어^(7,10,11,12,13)를 활용할 경우 야기되는 문제로서 품질경영의 통계적 계산의 공식

마다 대부분 변형된 계산공식을 배워서 컴퓨터에 적용하고 있으므로 이 부분의 문제점을 정리하였다. 또한 기존의 이론 위주의 교육과 엑셀 소프트웨어를 사용한 교육과 통계용 소프트웨어를 사용한 교육간의 장단점을 비교 분석하여 정리하였다. 공장자동화(FA)의 시대에는 필연적으로 소프트웨어를 사용할 것이기 때문에 본질적 이론공식의 개념을 바탕으로 한 교육과 학습이 진행되는 것이 더 설득력 있고 능률적이고 바람직할 것이다.

그리고 품질경영의 모든 분야를 다 규명할 수 없으므로 연구사례로서 히스토그램의 계산과정에서 야기되는 문제점과 앞으로 보완되어야할 이론을 상호연관성 하에 추가하였다. 기존의 히스토그램은 dot수분포표를 작성하고, 히스토그램을 그리고, 통계량을 구하는 3단계의 과정이 학습의 전부이며 이 3단계의 과정만 배워서 생산현장에서 요긴하게 활용될 수가 없다. 때문에 더 중요한 분포의 개념으로서 정규분포를 따르는지를 검정하는 정규성 검정(Normal Test)^(1,2,14)과 관리상태 하에서 생산되고 있는가를 확인하는 공정능력지수(Cp, Cpk)^(6,14,15,16,17) 그리고 생산현장에서 경영혁신기법으로 활용하고 있는 PPM기법^(3,4,6)의 확률계산을 히스토그램을 바탕으로 하여 상호보완적으로 연관시켜서 단계적으로 활용될 수 있도록 Flow Chart를 작성하여 제시하였다.

추출된 표본의 분포상태로부터 불량원인을 추적해서 근본적인 불량문제를 해결하는 과정이 통계적 품질경영⁽⁶⁾의 교육목표이고 또한 생산현장에서 불량문제해결의 실마리가 될 수 있으므로 더 생산적이고 바람직할 것으로 사료되어 이 부분을 연구하였다.

II. 교육의 연구분야와 방향

컴퓨터를 활용한 통계적 품질경영(CAQC)의 교육은 기존의 이론공식의 바탕 하에서 조건을 다양하고 점진적으로 변화시켜 모의실험을 할 경우 계산의 문제뿐만 아니라 조건들 상호간의 민감도를 도표화와 차트화시켜서 시각적으로 연구 분석함으로써 이론적인 증명도 자연스럽고 설득력있게 이해시킬 수 있으므로 이해력을 극대화할 수 있을 것이다. 이 문제를 실현시키기 위해서 첫째 CAQC교육의 학습모델에 적용할 소프트웨어로서 엑셀을 사용할 것을 제안하고, 둘째 CAQC분야의 개선할 내용은 기존의 품질경영 교과서의 문제점부터 정리하고, 셋째 생산현장에서 바람직하게 활용될 수 있는 히스토그램을 중심으로 한 학습모델을 개발한다.

2.1. CAQC교육의 학습모델

CAQC교육의 학습모델에 적용할 소프트웨어로서 엑셀을 사용하는 것이 다른 소프트웨어를 사용하는 것보다 이론, 계산, 해석, 응용 등의 분야에서 교육적인 효과 면에서 더 바람직함을 <표1>에서 그 장단점을 정리하였다. CAQC교육의 장단점

을 3개의 분야로 나누어서 분석하면 첫째 기존의 이론교재 중심의 교육은 계산의 과정을 수작업으로 계산함으로써 불편하여 반복할 수 없지만 이론지식을 증명하고 습득하는데 유리하다. 둘째 전용 통계 패키지를 사용하면 계산절차는 자동으로 출력됨으로 편리는 하지만 통계학적 이론지식의 습득이 없다면 해석을 할 수 없기 때문에 문제가 아닐 수 없다. 셋째 엑셀(Excel)을 활용하면 앞의 두 문제점의 단점을 보완할 수 있는 장점들이 많다. 계산과정뿐만 아니라 다양한 경우를 반복적으로 Simulation할 수 있고, 다양한 경우에 대하여 데이터로 변화시켜 Sensitivity를 구현시켜봄으로써 도표와 차트로 시각적 이해를 통하여 설득력있게 이론을 증명할 수도 있기 때문에 문제의 이해력과 해석능력 그리고 응용능력을 강화시킬 수 있다. 따라서 엑셀은 범용적인 소프트웨어이므로 다양한 실습을 통한 교육과정에서는 더 유리하다고 사료된다.

2.2. CAQC분야의 개선할 내용과 범위

CAQC분야의 개선할 내용과 범위는 기존의 품질경영 교과서의 내용에 대한 문제점을 분석하면

<표 1> CAQC교육의 실습모델

분야	대상	장 단 점	차 이 점
1. 이론교재의 장단점	이론	이론지식의 습득은 유리하다.	계산을 바탕으로 한 지식습득보다 이론의 원리를 습득에 치중한다.
	계산	계산은 소홀해진다.	
	해석	해석은 잘 할 수 있다.	
	응용	활용이 어렵다.	
2. 엑셀의 장단점	이론	이론지식의 습득은 용이하다.	이론대로 구현되는가? 계산과 정으로 확대, 변환, 조작을 해봄으로서 이해력과 동시에 동기유발을 일으킬 수 있음으로 학생들에게는 교육용으로 더 바람직하다.
	계산	반복을 통한 계산과정을 습득한다.	
	해석	이론과 계산을 바탕으로 해석이 용이하다.	
	응용	모의실험과 민감도분석을 반복함으로써 활용범위를 확대시킨다.	
3. 통계 패키지의 장단점 (SAS, SPSS, Minitab)	이론	이론습득이 어렵다.	계산결과만 출력됨으로 이론습득 없이는 해석이 어려운 반면에 이론지식이 있는 사람에게는 유리하다.
	계산	자동계산으로 출력된다.	
	해석	이론 습득이 안된 경우 해석이 어렵다.	
	응용	모의실험과 민감도분석을 반복함으로써 활용범위를 확대시킨다.	

〈표 2〉 엑셀을 사용할 경우 CAQC의 개선되어야 할 문제점

분 야	세부항목	엑셀을 사용할 경우 CAQC의 개선되어야 할 문제점
1. QC7가지 도구	1. 히스토그램 2. 파레토 3. 산점도 4. 층별 5. 특성요인도 6. 체크시이트 7. 관리도	dot수분포표, 계급수 결정, 수치변환의 문제점 개선전후를 고려한 차별화 및 시각적 표현 모의실험과 민감도분석으로 이해력과 설득력 향상 정렬, 분류의 복잡성과 불편성의 보완 다양성을 발휘한 그래프와 차트 작성 설문조사표 및 통계처리의 시각적 표현 활용 수치변환과 간이계산식의 문제점
2. 샘플링	1. 랜덤샘플링 2. 층별샘플링 3. 취락샘플링 4. 2단계 샘플링	이론적으로는 난수표를 사용하는 반면에 엑셀을 사용한 CAQC의 경우는 난수함수를 사용한다. 조건난수를 사용할 경우 그 사용의 편리성으로 여러 경우를 고려하여 분석할 수 있다.
3. 추정	1. 모평균의 추정 2. 모평균차의 추정 3. 모분산의 추정 4. 불량률의 추정 5. 불량률차의 추정 6. 모결점수의 추정	이론적으로는 정규분포표, t분포표를 사용하여 표준점수(기각값)를 구하는 반면에 엑셀을 사용한 CAQC에서는 다양한 엑셀함수를 사용함으로써 신뢰수준을 다양하게 변화시켜 분석할 수 있다. 시각적으로 불량원인을 규명하는데 설득력을 높일 수 있다.
4. 검정	1. 모평균의 검정 2. 모평균차의 검정 3. 모분산의 검정 4. 모분산차의 검정 5. 모불량률의 검정 6. 모불량률차의 검정 7. 모결점수의 검정 8. 모결점수차의 검정 9. 적합도의 검정	이론적으로는 정규분포표, t분포표, χ^2 분포표 등을 사용하여 계산하는 반면에 엑셀을 사용한 CAQC에서는 다양한 엑셀함수를 사용하여 표준검정통계량 및 P값을 여러 경우를 고려하여 계산하여 최적의 의사결정을 도출한다. 여러 경우의 차이점을 비교함으로써 이해력과 설득력을 높일 수 있다.
5. 실험계획법	1. 일원배치법(반복수 같은 경우) 2. 일원배치법(반복수 다른 경우) 3. 이원배치법(반복 없는 경우) 4. 이원배치법(반복 있는 경우) 5. 난괴법	기존의 계산과정은 수치변환, 간이 계산식을 사용하는 반면에 엑셀을 사용한 CAQC에서는 이론식을 바탕으로 직접 엑셀함수를 사용한다.

〈표 2〉와 같다. CAQC은 생산현장에서 불량원인을 찾는 기법으로 활용되는 분야이므로 신속하고 정확하게 불량원인을 추적해서 불량문제를 해결할 수 있도록 통계적 이론과 명확한 계산절차를 체계화시켜 교육되어야 한다. 컴퓨터를 활용할 경우에 기존의 수치변환을 이용한 간이계산공식을 사용하면 오히려 더 복잡한 문제를 발생시킴으로서 비교육적일 뿐만 아니라 이론의 가치를 변질시킬 수 있기 때문에 이와 같은 문제점은 개선되어야 할 것이다.

기존의 품질경영 교과서에서 교육하는 분야 중

에서 QC7가지 도구, 샘플링, 추정, 검정, 실험계획법 등의 5개 분야만 다루었지만 상관회귀분석, 샘플링검사, 신뢰성공학 등의 여러 분야에도 많은 문제점이 내포되어 있으므로 앞으로 연구되어야 할 것이다.

Ⅲ. 히스토그램을 중심으로 한 학습모델의 개발

히스토그램은 통계학의 기본 이론이므로 기본

개념부터 명확하게 정의한 과정 하에서 활용되어야 하는데 현실은 그렇지 못하다. 계급수의 선택 기준마다 일치하지 않고, 제1 계급의 하한과 상한의 경계값을 결정하는 공식에 따라서 히스토그램의 형태가 달라지고, 같은 문제의 데이터인데도 각 경우마다 통계량도 동일하지 않고 차이를 나타내고 있다. 기존의 제시된 기준들도 선택의 범위가 포괄적이기 때문에 논리적이고 합리적이라 할 수 없다. 또한 히스토그램은 기초라는 관념 때문에 대부분 계산 위주로 사용하고 있다. 따라서 일관성이 결여되었다고 단정하고 이 부문에 대하여 실험과 실습을 통하여 올바른 학습방안을 제시한다.

특히 계산 위주로만 사용하는 히스토그램에서 벗어나 생산현장에서 불량원인을 추적하여 찾아내는 도구로서 활용되도록 통계적 이론인 정규성 검정과 공정능력지수 그리고 PPM기법의 확률계산 과정을 보완하여 불량원인해결을 위한 모델로서 CAQC교육의 학습모델로 개발하였다.

3.1. 히스토그램의 학습모델의 Flow Chart

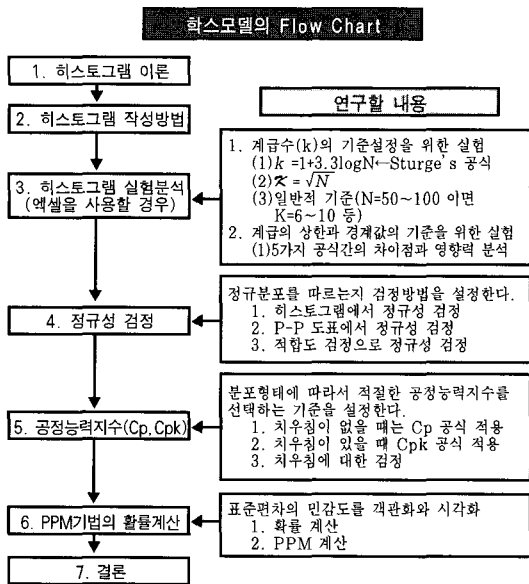


그림 1. 히스토그램을 중심으로 한 학습모델의 Flow Chart

MS-Excel은 범용 소프트웨어로서 품질경영에 활용하여 CAQC의 통계적 기법 중 히스토그램의 이론 및 계산과정의 절차와 개선되어야 할 분야 그리고 히스토그램에 연관시켜서 추가되어야 할 정규성 검정, 공정능력지수, PPM기법의 확률계산에 대한 상호 연관성을 고려한 흐름차트를 <그림 1> 과 같이 체계화시켜 학습모델로 개발하였다.

3.2. 히스토그램을 중심으로 한 학습모델에 관한 4가지 실습방법

표본의 분포를 알기 위해서는 첫째 히스토그램을 작성한다. 둘째 작성된 분포로부터 정규분포를 따르는지를 확인한다. 셋째 관리상태 하에 있는가 아니면 벗어났는가를 규명한다. 넷째 PPM기법의 확률계산을 산출해낸다. 이와 같은 과정은 히스토그램을 바탕으로 해서 진행될 때 불량원인을 추적하는데 도움을 줄 수 있는 도구로서 활용될 수 있을 것이다. 따라서 각 과정에 대하여 실습방법을 제시하고 그 결과를 분석하여 CAQC교육의 학습 모델을 개발하고자 한다.

(1) 히스토그램 작성 및 실습방법

① 계급수(k)에 따른 히스토그램 분포의 형태 분석

표본크기 n=100 일 때 계급수 k=6, 8, 10, 12 등으로 점진적으로 증가시킬 경우 히스토그램 분포의 변화되는 형태의 모양을 분석한다. 먼저 히스토그램의 형태가 정규분포를 따르는지를 분석하기 위해서 계급수마다 도수분포표를 작성하고, 평균과 표준편차의 통계량을 구한다. 그리고 원 문제의 평균과 표준편차를 구한 후 각 계급수의 경우마다 구한 평균과 표준편차간의 차를 계산한다. 최소가 되는 차의 계급수를 최적의 계급수로 결정하는 기준을 대안으로 결정한다.

② 제1 계급 하한 경계의 결정에 따른 히스토그램 분포의 형태 분석

히스토그램을 작성하려면 먼저 도수분포표부터 작성해야하는데 이때 중요한 절차는 계급수와 제1 계급의 하한을 결정하는 일이다. 특히 제1계급 하한이 전체에 영향을 줌으로 제1계급의 하한 경

계 값을 결정하는 것은 매우 중요하다. 기존의 방법들 중에서는 5가지 공식을 사용하고 있는데 확실한 기준이 없기 때문에 임의적으로 선택하여 사용하고 있다. 본 연구에서는 제 1계급의 하한 경계 값을 구하는 5가지 공식마다 뒀수분포표를 작성한 후 평균과 표준편차를 구한다. 그리고 원 문제의 평균과 표준편차를 구한 후 5가지 공식의 경우에서 구한 평균과 표준편차간의 차(差) 중에서 최소가 되는 공식을 제 1계급 하한 계산의 최적 공식임을 기준으로 결정한다.

(2) 정규성 검정의 실습방법

계량치 데이터를 이용한 품질경영의 기법들은 대부분 정규분포를 따른다는 확인 과정 없이 정규분포를 따른다는 가정 하에서 사용되고 있다. 따라서 정규분포를 따르는지 확인하는 과정은 매우 중요하고 필요함으로 본 연구에서는 첫째 작성된 히스토그램 분포의 형태로부터 판단하는 기준과 둘째 P-P도표를 사용하여 규명하는 기준 그리고 셋째 객관적인 방법인 적합도 검정의 3가지 방법을 상호보완적으로 사용한다. 교과서에서는 이 문제에 대한 정의가 되어있지 않으므로 일반화되지 않았다. 만약 정규성 검점에서 기각된다면 통계적 분석의 정도는 낮아질 것이다. 따라서 공정은 안정상태에 있지 않으므로 공정을 안정상태로 개선한 후 다시 데이터를 추출하여 분석할 때 올바른 통계적 정보를 획득할 수 있을 것이다. 때문에 이 이론의 적용은 히스토그램과 연관시켜서 불량원인을 찾는 데 활용되어야 한다.

(3) 공정능력지수의 실습방법

기존의 사용방법에서는 치우침의 정도를 판정하는 기준을 바탕으로 한 검정과정의 제시되지 않은 상태 하에서 정규분포를 따르면 Cp 공식을 사용하고, 정규분포를 따르지 않으면 Cpk 공식을 편의 위주로 사용하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 데이터의 치우침의 정도를 검정하기 위해서 모평균에 관한 검정의 과정을 거쳐서 정규분포를 따르는지 아닌지를 확인한 후 정규분포를 따르면서 치우침이 없다면 Cp 공식을 사용하고, 치우침이

있다면 Cpk 공식을 사용한다는 기준을 결정하였다.

(4) PPM기법의 확률계산의 실습방법

기존의 확률계산은 정규분포표에서 확률을 구하는데 확률은 대부분 소숫점 4자리까지만 계산되어 있다. 반면에 PPM은 1백만 단위의 수를 사용함으로 소숫점 8~10자리까지 필요하다. 때문에 기존의 정규분포표에서 확률을 구하는 것은 정확성 뿐만 아니라 정밀성 등의 여러 면에서 정확한 계산을 할 수 없다. 불량원인을 추적하려면 정확한 확률계산이 절대적으로 필요하므로 정확한 확률을 계산을 위해서 엑셀함수를 사용하는 것이 훨씬 더 바람직할 수 있다. 또한 표준편차의 변화에 따른 다양한 확률을 계산하여 분포를 그려봄으로서 시각적으로 확률분포의 중요성과 필요성을 인식시킬 수 있다.

3.3. 히스토그램을 중심으로 한 학습모델의 분석과 고찰

히스토그램을 중심으로 한 학습모델에 관한 4가지 실습방법에 대한 실습결과를 분석하여 제기된 문제점을 개선한 최적학습방법의 기준을 도출한다.

(1) 히스토그램의 작성 및 문제점

제 1계급 하한 경계의 결정과 계급수의 변화에 따라서 히스토그램 분포의 형태가 달라지고, 통계량도 같지 않았다. 따라서 제 1계급의 경계와 계급수를 고려한 합리적인 히스토그램을 작성하는 기준을 제안한다.

① 계급수(k)에 따른 히스토그램 분포의 형태 분석

계급수에 따른 히스토그램 분포의 형태를 분석하기 위해서 사례로서 금속가공품 중에서 100개의 시료를 샘플링하여 그 인장강도를 측정한 데이터를 바탕으로 해서 분석하고자 한다. <표3>은 계급수에 따른 최적 계급수를 결정하기 위한 결과표로서 표본크기 n=100인 경우 계급수를 k=6, 8, 10,

12의 4가지 경우에 대한 dots분포표를 작성한 후 계산한 통계량과 dots분포표를 작성하지 않고 n=100인 원 데이터의 통계량과의 차가 가장 적은 계급수를 최적의 계급수로 결정하는 기준이다. n=100인 경우 Sturges's 공식을 적용하면 k=7.6 이고, 일반적으로 통용되는 기준은 n=50~100이면 k=6~10 중에서 임의적으로 선택하는 경우인 반면에 본 연구에서는 k=12일 때 최적의 히스토그램이 됨을 알 수 있다.

계급수의 크기에 따른 분포의 형태간에는 상당한 차이를 보이고 있다. 이에 입각한 통계량의 계산에서도 계급수가 많으면 원시자료에 더 가까워지므로 원시자료에서 구한 통계량에 더 일치하는 것 같다.

계급수가 커질수록 원 데이터에 가까워진다는 이치에 부합하지만 분포의 형태를 파악하기 위해서는 적절한 계급수를 선택하는 것이 바람직하다.

그러나 계급수가 너무 많거나 적으면 자료의 전체적 분포모양의 파악에 어려움이 발생할 수 있으므로 상황에 따라 적절한 계급수를 결정하는 것이 필요하며 굳이 결정공식에 의존할 필요는 없는 것 같다.

이유는 계급수를 결정하는 기준의 범위가 너무 넓어서 비현실적이고, 명확하지 않은 애매한 기준으로 제시되었기 때문에 이 문제를 개선하기 위한 방안으로 엑셀을 활용하여 연구하였다

〈표 3〉 계급수(k)에 따른 최적 계급수 결정표

계급수	원 데이터	통계량		차	최적안
k = 6	평균=52.16 표준편차=9.01	평균	51.961	-0.199	통계량의 차가 "0"에 가까운 값을 갖는 경우가 최적안이 될 수 있다. 여기서는 평균과 표준편차 모두 만족하는 최적안은 k = 12 이다. 같은 경우 표준편차가 적은 쪽에 우선권을 준다.
		표준편차	9.476	0.466	
k = 8		평균	52.198	0.0383	
		표준편차	8.911	0.0987	
k = 10		평균	52.078	0.0822	
		표준편차	92.02	0.192	
k = 12		평균	52.253	0.093	
		표준편차	9.009	0.0014	

〈표 4〉 제1 계급의 하한에 따른 최적 하한의 결정표

제1계급 하한 공식	원 데이터	통계량		차	
$= \text{최소값} - \frac{\text{최소단위}}{2}$	평균=52.16 표준편차=9.01	평균	52.203	0.043	원 데이터와 통계량간의 차가 "0"에 가까운 값을 갖는 공식이 최적안이 될 수 있다. 여기서는 평균과 표준편차 모두 만족하는 최적안은 2번째 공식이다. 평균이 같은 경우는 표준편차가 적은 쪽을 우선하였다.
$= (\text{최소값} - \text{최소단위}) - \frac{\text{최소단위}}{2}$		표준편차	9.115	0.105	
		평균	52.128	-0.023	
$= \text{최소값} - \frac{\text{계급폭}}{2}$		표준편차	9.115	0.005	
		평균	52.078	-0.082	
$= (\text{최소값} - \text{최소단위}) - \frac{\text{계급폭}}{2}$		표준편차	9.2484	0.2484	
		평균	52.134	-0.026	
$= (\text{최소값} - \text{계급폭}) + \frac{\text{최소단위}}{2}$		표준편차	9.2023	0.1923	
		평균	52.084	-0.112	
			표준편차	9.1071	

② 제 1계급 하한 경계의 결정에 따른 히스토그램 분포의 형태 분석

금속가공품의 인장강도 데이터로부터 히스토그램을 작성할 경우 제 1계급 하한 계산공식은 5가지 공식이 있으며 이에 대한 결과는 <표 4>와 같다. <표 4>는 동일한 계급수인 경우 5가지 공식 중에서 최적 히스토그램을 결정하기 위한 결과표이다. 계급수가 동일한 경우에도 제 1계급 하한 경계값의 5가지 공식들 중 어떤 공식을 선택하느냐에 따라서 히스토그램의 분포모양과 통계량에 차이를 보이고 있다. 때문에 제 1계급의 하한을 결정하는 기준에 따라서 히스토그램 분포의 모양이 좌우한다고 할 수 있으므로 중요한 문제가 아닐 수 없다. 따라서 5가지 공식에 대하여 분석한 후 최적의 대안을 선택하기 위해서 엑셀을 활용하여 연구하였다.

기존의 교과서에서만뿐만 아니라 생산현장에서도 제 1계급 하한 경계 값의 5가지 공식 중에서 임의적으로 선택하여 계산하는 것이 관례로 되어있다. 또한 생산현장에서는 어떤 기준을 선택하여 결정할 것인가를 결정한다면 히스토그램을 사용하는 생산현장 전체가 통일된 일관성을 가지고 한가지 기준을 선택하여 작성하는 것이 바람직할 것이다. 부서마다 다른 기준을 사용한다면 각각 다른 분포의 형태와 통계량을 가지고 불량문제를 해결하려는 모순된 결과가 도출될 수 있기 때문이다.

(2) 정규성 검정

계량치 데이터인 경우 품질경영에서는 분포에 대한 확인 과정도 없이 대부분 정규분포를 따른다는 가정 하에서 데이터를 분석하고 의사결정을 한다. 데이터를 분석하려면 우선적으로 고려해야 할 조건은 모집단이 정규분포를 따르는가 아니면 따르지 않는가 확인하는 과정부터 고려되어야 한다. 이 과정을 무시하고 통계량을 계산해서 역으로 모집단 분포의 모양을 설명하고 있는 것은 모순된 일반적인 관례이다. 그러나 이러한 모순된 과정 속에서는 제품의 불량문제가 해결될 수 없을 것이다.

따라서 먼저 정규성 검정의 이론으로부터 정규

분포를 따르는가를 확인해야한다. 만약 정규분포를 따르지 않을 경우에는 우선적으로 공정의 관리상태를 확인하고, 데이터의 표본추출방법에 대한 고찰이 필요하다. 정규성 검정으로는 일반적으로 많이 사용되는 3가지 방법이 있다. 첫째 잘 작성된 히스토그램으로도 정규성의 파악은 가능하지만 지적인 대로 히스토그램은 계급의 하한 경계값과 계급수에 따라 형태가 달라지므로 이 점을 고려해야한다. 둘째 P-P도표를 사용하는 것은 히스토그램을 사용하는 것보다 이 더 정확하다. 셋째 좀더 객관적인 방법으로는 적합도 검정을 사용한다.

<그림 2>는 사례로부터 작성된 P-P도표가 대각선과 일치하면 정규분포를 따른다고 예측할 수 있다. P-P도표는 히스토그램을 이용하는 것보다 시각적 판단이 더 용이하다. 도표를 보면 히스토그램에서보다 더 뚜렷하게 정규분포를 따른다고 주장할 수 있을 것이다. 그렇지만 과연 정규분포를 따른다고 확신할 수 있겠는가? <그림 3>은 엑셀로 적합도 검정을 실시한 결과를 보여준다. 유의수준 5%에서 적합도 검정을 한 결과는 정규성을 따른다는 귀무가설이 채택되었음을 보여준다. 따라서 객관적인 판단을 하기 위해서 적합도 검정을 실시하여야할 것을 제안한다.

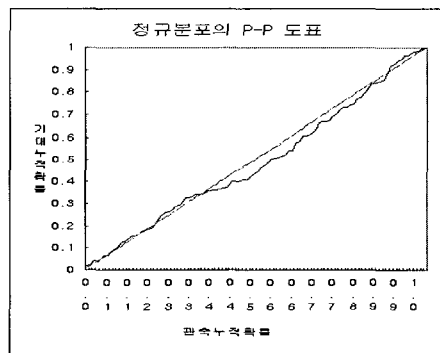


그림 2. 정규성 검정의 P-P 도표

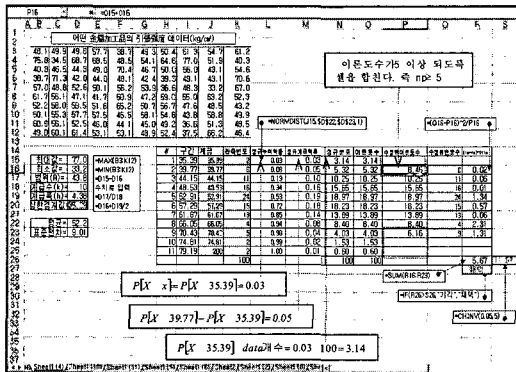


그림 3. 유의수준 5%에서의 적합도 검정

(3) 공정능력지수

표본의 데이터가 정규분포를 따르는 경우 치우침이 없다면 Cp를 사용하고, 치우침이 있다면 Cpk를 사용한다. 여기서 치우침의 정도를 판정해야 하는데 바로 모평균에 관한 검정으로부터 확인할 수 있다. 치우침의 정도에 대한 모평균의 검정 결과는 <그림 4>에 제시하였다. 귀무가설이 채택됨으로 5% 유의수준에서 정규분포를 따른다고 할 수 있다. 이 경우에는 공정능력지수의 계산은 Cp를 사용할 때 정확한 공정의 관리상태를 설명할 수 있다.

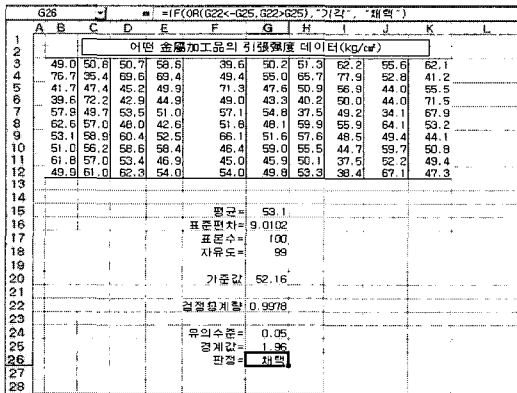


그림 4. 치우침에 대한 모평균 검정

(4) PPM기법의 확률계산

엑셀을 사용할 경우는 확률계산은 통계함수를 사용한다. 보통 강의교재의 정규분포표에서는 유효숫자가 소수점 아래 4자리이지만 엑셀에서는 소수점 아래 15자리까지 정확한 확률을 계산할 수 있고, 차트를 작성하여 함께 분석할 수 있으므로 PPM기법의 확률계산문제를 해결할 수 있다. PPM기법에서는 백만 단위를 사용함으로써 소수점 8~10자리까지 확률을 계산해야 한다. <그림 5>에서는 n=100인 금속가공품의 인장강도 데이터에 대한 분포를 작성한 후 규격 하한과 상한의 폭을 $\pm 3\sigma$ 로 표시하였다. PPM기법이 달성되려면 표준편차를 반(1/2)으로 줄여야 하기 때문에 이 경우 규격의 폭 안에 포함될 확률은 0.999999998 이고, 벗어날 확률은 0.000000002 이다. 이를 PPM으로 표시하면 규격을 벗어나는 개수는 0.02PPM이 된다. 1백만 개를 생산하면 불량품은 0.02개, 1억 개를 생산하면 그 중에 불량품이 2개 정도 나타날 수 있다는 정도를 나타낸다. PPM기법은 확률을 개수로 나타내고, 그때 규격의 하한과 상한 값을 수치로 제시하는 개념이다.

따라서 표준편차를 줄임으로서 산포의 폭이 줄어들고 정밀도를 급격히 높여준다는 원리이다. 엑셀을 활용할 경우 수치적으로 뿐만 아니라 시각적으로 보여줄 수 있음을 <그림 5>에서 차트로 제시

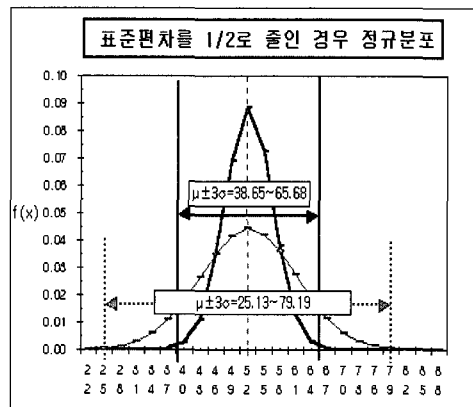


그림 5. PPM기법의 확률계산의 예

하였다. 표준편차를 점진적으로 줄여가면서 확률을 계산하고, 차트를 작성하면 학습효과를 배가할 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 결론

히스토그램을 수작업으로 작성하는 경우에는 매우 귀찮고 번거로운 계산과정을 거쳐야 한다. 뿐만 아니라 히스토그램을 작성하고, 통계량을 계산하는 방식이 명확하지 않다. 때문에 엑셀을 사용하여 다양한 방식들 간의 차이점을 연구함으로써 분포의 성질을 보다 올바르게 파악할 수 있는 대안을 개발하기로 하였다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 본 논문은 엑셀을 활용하여 히스토그램의 작성에서부터 정규성 검정, 공정능력지수 계산 그리고 PPM기법의 확률계산들 간의 연관성을 부여하여 이 부분을 집중적으로 연구 분석하게 되었고, 대안으로 CAQC교육의 학습모델을 제시한다.

1. 히스토그램의 작성 및 문제점 : 계급 상한과 하한 경계의 결정과 계급수에 따라서 히스토그램의 형태가 달라지고, 통계량도 같지 않았다. 따라서 계급 경계와 계급수를 고려한 합리적인 히스토그램을 작성해야 한다.
2. 정규성 검정 : 계량치 데이터를 이용한 품질 경영은 대부분 확인 과정도 없이 정규분포를 따른다는 가정 하에서 사용되고 있다. 따라서 정규분포를 따르지 않을 경우에는 우선적으로 공정의 관리상태 확인과 표본추출방법에 대한 고찰이 필요하다. 정규성은 잘 작성된 히스토그램으로도 파악이 가능하나 히스토그램은 계급하한과 상한의, 경계 값과 계급수에 따라 형태가 달라지므로 P-P도표를 사용하는 것이 훨씬 정확해 보인다. 좀더 객관적 방법인 적합도 검정을 사용할 수 있다. 엑셀을 사용할 경우 추출된 데이터가 정규분포를 따르는가의 확인하는 방법들을 간단하게 제시할 수 있다.

3. 공정능력지수 : 정규분포의 경우 치우침이 없다면 Cp를 사용하고, 치우침이 있다면 Cpk를 사용한다. 치우침 정도의 판정은 흔히 사용하는 모평균에 관한 검정으로 확인한 후 공정능력지수의 공식을 결정하는 것이 바람직하다. 이것 또한 엑셀을 사용하여 손쉽게 실행할 수 있다.

4. PPM기법의 확률계산 : 엑셀을 사용할 경우 통계함수를 사용하면 정확한 확률을 계산할 수 있고, 차트를 작성하여 함께 분석할 수 있으므로 해서 PPM기법을 추구하기 위한 통계적 방법의 도구로 학교에서뿐만 아니라 생산현장에서도 합리적인 의사결정을 위해 활용되어야 한다.

본 논문은 CAQC교육이 능률적으로 활용될 수 있도록 일련의 통계적 과정 및 문제점의 대안을 제시하였다. 그러나 생산현장의 실정에 맞추어 볼 때 부서마다, 공정마다, 분임조마다 각기 다른 기준 하에서 히스토그램을 사용할 것이 아니라 일관성 있게 통일성을 유지하는 분석과정을 표준화해서 사용해야 할 것이다. 이와 같은 견지에서 CAQC교육의 학습모델의 필요성을 제시한다.

[참고문헌]

- [1] 고두균 외3명 (1999), 6시그마경영, 한국생산성본부, 서울
- [2] 김병천 외3명 (1994), 수리통계학, 경문사, 서울
- [3] 김우철 외7명 (1996), 통계학개론, 영지문화사, 서울
- [4] 노형진 (1996), 100PPM 품질경영, 도서출판 컴퓨터, 서울
- [5] 박성현 (1999), 현대실험계획법, 민영사, 서울
- [6] 박성현, 박연현 (1997), 통계적 품질관리, 민영사, 서울

- [7] 박영술 외2명 (1992), 패키지 사용법 및 통계 분석(SPSS), 자유아카데미, 서울
- [8] 윤덕균 (1990), 품질관리 시스템, 범경출판사, 서울
- [9] 윤덕균 (1985), 컴퓨터를 활용하는 품질관리 시스템의 설계, 표준화와 품질관리, Vol.20, No.1, PP.120-131
- [10] 윤배현, 최종후 (1994), MINITAB을 이용한 통계적방법, 자유아카데미, 서울
- [11] 이종원, 최현집 (1996), SAS를 이용한 통계 분석, 박영사, 서울
- [12] 이화룡 (1998), Excel 97과 경영통계, 해지원, 서울
- [13] 이화룡 (1998), Excel 97과 신 경영과학, 해지원, 서울
- [14] 황의철 (1992), 품질경영, 박영사, 서울
- [15] Case, K.E. (1980), The P Control Chart under Inspection Error, Journal of Quality Technology, Vol.12, No.1, PP.1-9
- [16] Duncan, A.J. (1974), Quality Control and Industrial Statistics, IRWIN, Illinois
- [17] Munro, B. (1982), The Quality Information System, ASQC Technical congress Transaction, Vol.36, PP.327-334