에너지공학, 제19권 제1호(2010)
Journal of Energy Engineering, Vol. 19, No. 1, pp. 51~56 (2010)

6시그마 경영혁신 기법을 활용한 대학 전기 에너지 절감 캠페인

최성훈*† · 유재필*
*상명대학교 공과대학 경영공학과
(2009년 5월 14일 접수, 2010년 3월 19일 수정, 2010년 3월 26일 채택)

A Six Sigma Activity for Saving Electrical Energy in a University Campus

Seoung-Hoon Choi*† and Jae Pil Yu*
**Depart. of Management Engineering, Sangmyung University*
(Received 14 May 2009, Revised 19 March 2010, Accepted 26 March 2010)

요 약

원유가의 불안정성 증가와 지구 온난화로 인해 에너지 절감이 글로벌 이슈화 되고 있다. 본 연구의 목적은 대학 캠퍼스에서 전기 에너지를 절감하기 위해 수행된 6시그마 프로젝트를 소개하는 것이다. 전기 에너지 절감 캠페인을 위하여 6시그마의 5단계 절차인 DMAIC를 적용하였다. 본 연구에서 전기 에너지 절감 의식 수준을 정량화하기 위한 방법을 제안하였고, 모든 캠퍼스 구성원들의 에너지 절감 의식을 변화시키기 위해 다양한 활동을 전개하였다. 추진 성과는 매우 성공적이었다. 6시그마 프로젝트를 통하여 캠퍼스 전체 전기 소비량의 약 10%를 절약하였는데, 이는 연간 비용으로 5,000만원에 해당된다. 본 연구의 성공은 세간의 관심을 끌고 있는 "녹색 장학금"을 추진하는 계기를 제공하였다. 또한, 대학 캠퍼스가 6시그마 교육을 위한 좋은 실습의 장으로 활용될 수 있음을 알 수 있었다.

주요어 : 6 시그마, DMAIC, 전기 에너지 절감, 대학 캠퍼스

Abstract — Due to increase in oil price unstableness and earth warming, energy saving has been one of the most important global issues. We report a 6 sigma project that was carried out to save electrical energy in a university campus. DMAIC, the five-phase process of 6 sigma, was applied for the energy saving campaign. This paper proposes a simple method to quantify the sigma level of the electrical energy saving status and various activities to change the consciousness of all the university members. Results were very satisfied. The 6 sigma project saved about 10% of the total electrical consumption. This is approximately 50 million won a year. The success of the 6 sigma project served as a momentum to promote "Green Scholarship" that has become the center of public interest. Also, we have valuable experiences in the 6 sigma training that shows the university campus can be successfully used as a good place for the actual 6 sigma training.

Key words : 6 sigma, DMAIC, electrical energy save, university campus

1. 서 론

더욱 불안정해지고 있는 에너지 가격과 지구 온난화의 심화로 인해서, 정부와 기업에서는 에너지 사용량을 줄이기 위한 다양한 정책과 방안을 모색하고 있다. 이미 선진국에서는 에너지 소비량을 줄이기 위한 "그린" 산업을 추진 중에 있으나, 우리나라는 매년 에너지 소비량이 증가되고 있는 실정이다. 또한, 젊은 세대에서는 일명 "낭비 문화"라는 문화 코드가 급속도로 번지고 있다. 예컨대 명품을 사기 위해, 카드빚은 물론 대출까지 받고도 갚을 능력이 안 돼 신용불

†To whom corresponding should be addressed.
SANGMYUNG UNIVERSITY 7 HONGJI-DONG JONGNO-GU, SEOUL (330-720)
Tel : 041-550-5373; E-mail : shchoi@smu.ac.kr

량자가 되는 사례를 주변에서 어렵지 않게 볼 수 있다. 더군다나 전기 에너지는 과소비하고 있다는 것을 인지하기가 쉽지 않고, 특히 공공장소에서 사용하고 있는 전기에 대해서는 절약을 해야 한다는 생각을 하기란 쉽지 않은 것이 젊은 세대의 의식이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점의 원인을 파악하고 해결하기 위한 방법론으로 6시그마 경영혁신 기법을 활용한 전기에너지 절감 캠페인을 전개하였다.

6시그마는 일본의 품질경영 기법인 TQM(Total Quality Management)에 자극을 받아 Motorola 사의 Mikel Harry에 의해 태동하였다. 그는 Richard Schroeder와의 공저 '시그마 기업혁명'에서 6시그마를 "자원의 낭비를 극소화하면서 동시에 고객만족을 증대시키는 방법으로, 일상적인 기업 활동을 설계하고 감독하여 수익성을 엄청나게 향상시키는 비즈니스 프로세스"로 정의하고 있다(Harry *et al.*, 2000). 6시그마는 GE의 도입 성공을 발판으로 전 세계로 전파되고 있으며, 국내에는 1996년에 최초로 LG전자와 삼성전자에 도입된 것으로 알려져 있다(이팔훈, 2006). 그 동안 6시그마는 경영혁신을 효과적으로 추진하기 위한 방법론을 정교화 하고 추진조직이 체계화되었고, 추진영역이 제조 분야에서 마케팅, 인사 등의 비제조 분야와 공공 및 서비스 분야로 확대되는 방향으로 발전해왔으며, 앞으로도 상당기간 혁신활동의 중심에 있을 것으로 예상되고 있다(이팔훈, 2006; 이승현 등, 2007; 안병진 등, 2003; 장대성 등, 2004).

6시그마에 대한 이러한 사회적 관심과 더불어 취업 문제에 대한 대책의 일환으로 많은 대학들은 6시그마 교육과정 개설과 취업 동아리 활동지원 등을 통해서 학생들의 6시그마 관련 능력 배양을 꾀하고 있다. 대표적인 예로 한양대학교 학연산클러스터를 들 수 있는데, 이 교육 프로그램 과정에서는 반드시 40시간의 6시그마 그린벨트 과정을 이수해야 한다(한양대학교 안산캠퍼스 학연산클러스터, 2009). 그리고 전북대와 창원대를 비롯한 몇몇 대학에서는 6시그마 관련 내용의 교과 과정을 온오프 라인으로 운영하고 있는 것으로 파악되고 있다(창원대, 2008; 홍성훈 등, 2004). 그러나 최성훈(2008)이 지적한 바와 같이 실질적인 6시그마 전문가를 양성하기 위해서는 반드시 실무 프로젝트를 수행하여야 하나, 산학협력이 활성화되지 못하고 있는 국내 상황 하에서 실습의 장을 마련하기는 쉽지 않으므로, 대학생들이 실제 6시그마 프로젝트를 수행하여 이론과 실무경험을 겸비한 교육을 받기는 쉽지 않으며 대학에서의 6시그마 교육이 자칫 이론 위주의 피상적인 교과과정으로 전락할 우려가 있는 것이 현실이다.

본 연구는 대학 캠퍼스를 6시그마 과제 수행을 위한 실습의 장으로 활용하고, 이를 통해 확보한 콘텐츠를 6시그마 교육에 활용할 목적으로 수행된 대학 내에서의 취업동아리를 중심으로 추진된 6시그마 프로젝트 사례를 다루고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 프로세스 또는 제품 개선을 위한 6시그마 추진 방법론인 DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve, Control) 5단계 절차를 적용하여 수행된 대학 교내 전기 에너지 절감 캠페인에 대해 서술하였다. 3장은 결론으로 본 논문의 전체 내용을 요약하고 추후 연구방향을 제시하였다.

2. 프로젝트 수행 단계별 내용

2-1. 정의(Define) 단계

DMAIC 5단계로 진행되는 6시그마 프로젝트의 첫 단계는 "정의"이다. 일반적으로 정의 단계에서는 만성적으로 발생하는 불량이나, 내부고객과 외부고객의 불만사항 또는 요구사항을 추진 프로젝트로 선정한다. 본 연구에서는 6시그마 과제를 수행하기 전에 먼저 그린벨트 수준의 6시그마 추진 능력을 취득하기 위해 6시그마 개론 강의, 6시그마 교육용 비디오 시청을 통한 이론 습득, 그리고 StatGraphics Centurion XV 통계 소프트웨어 실습을 통해 통계 활용능력을 배양하였다(전북대학교 6시그마 실험실, 2009; StatPoint, Inc., 2005).

대학 생활에서 접할 수 있는 테마로 과제를 선정하기 위해 브레인스토밍을 실시하여 다양한 테마를 도출하였다. 제안된 테마 중에서 대표적인 것들로 강의실과 실습실의 청결도 향상, 강의시간 지각하지 않기, 학생들의 학교 및 학과 행사 참여 활성화, 에너지 절감 등이 있다. 이들 중에서 투표를 통해 '교내 전기에너지 절감'을 추진 과제로 선정하였다. 과제 선정의 타당성을 평가하기 위해 학교기관을 고객으로 정의하고 VOC를 청취하였다. 고객의 핵심 요구사항으로는 학교 내 전기 사용량 감소로 인한 비용 감소, 학생들의 의식 개선, 학교 이미지 향상, 학교 복지 시설 향상 그리고 강의실 사용의 효율성 향상으로 파악되었다. 이는 전기에너지 비용 10% 절감에 대한 참여의식을 상승시킨다는 기대효과를 갖고 있다.

"정의" 단계에서 중요하게 고려해야 하는 점은 대학의 행정기관이 원하는 것과 학생들이 원하는 부분이 다르다는 것이다. 본 프로젝트의 고객은 대학이지만, 대학의 고객은 학생들이다. 때문에 대학의 이익을 최대화하기 위해 학생들에게 불이익이 초래되어서는 안 된다는 점이다.

2-2. 측정(Measure) 단계

"측정" 단계는 품질 특성치 Y의 확인, 데이터 수집, 현 수준 확인, 목표 설정 그리고 잠재원인 변수 도출 순서로 진행된다.

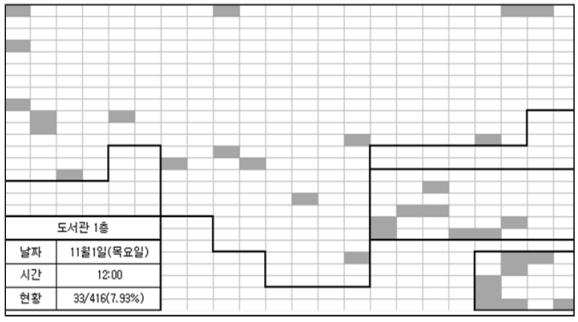
전기 에너지 절감에 대한 의식수준을 측정하기 위해 수업이 없는 강의실에 켜져 있는 전등을 '결점'으로 처리하였다. 순회 방문 관찰을 통해 수업이 없는 빈 강의실에 대해 1,270개의 샘플을 얻었다. 이중에서 불이 켜진 전등은 424개로 파악되었다. 이 수치를 적용하면, 현재의 시그마 수준을 계산할 수 있다. 수업이 없는 강의실의 켜진 전등 개수를 전체 전등 개수를 나눠 DPO(Defects Per Opportunity)를 구한 결과, 0.33386임을 알 수 있고, 이 값을 이용하여 엑셀의 정규분포에 대한 역함수를 구하는 함수인 NORMSINV를 적용하면 NORMSINV(1-DPO) + 1.5, 즉 1.93으로 현재의 시그마 수준을 구할 수 있다. 본 연구를 통해서 시그마 수준을 약 3.8시그마로 올리는 것이 목표이다.

"측정" 단계에서 사용하는 체크시트는 기본적으로 날짜와 시간은 물론 본 연구에서 필요로 한 수업 여부 및 켜진 전등과 컴퓨터 개수 등을 기입할 수 있도록 구성되어 있다. 이는 "측정" 단계뿐만 아니라 유지를 위한 "관리" 단계에서도 사용된다.

그리고 학교 내에서 가장 문제가 되고 있는 도서관의 전기 사용 현황 파악을 위해 Fig. 1과 같이 도서관의 좌석 이용 현황을 조사하고, 분석한 결과 학생들이 사용하고 있는 자리의 점유 상황이 효율적이지 못하게 드문드문 사용하고 있는 것이 파악되었다. 이는 현재 교내에서 전기 에너지 낭비 실태를 보여주는 좋은 사례이다. 중간고사와 기말고사를 제외하고는 도서관 이용률이 평균적으로 10%를 넘지 못한다. 그러나 도서관의 한 열람실의 전등은 좌석 416개의 자리가 모두 찼을 때와 같이 모두 켜져 있었다. 때문에 도서관의 전기 에너지 낭비를 해소하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 적절한 자리 배정 및 효율적인 좌석 시스템으로 문제를 해소해야 하며, 특히 학생들의 불편함을 최소화하는 것도 중요하다.

전기 에너지 절약에 대한 학생들의 의식을 파악하기 위해서 학생 200명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 분석 결과, Fig. 2와 같이 학생들의 전기 에너지 절약에 대해 매우 중요하거나 중요하다고 답변한 학생의 비율은 82.9%로 비교적 높게 나타났다.

그러나 빈 강의실의 불이 켜진 전등을 본 후의 행동에 대해 질문을 해본 결과, Fig. 3과 같이 57%의 학생이 빈 강의실을 켜진 전등을 보고도 불을 끄지 않는다는 답변을 얻었다. 이에 대한 주요 원인은 학교 전기는 나의 것이 아니라는 주인의식이 부재로 파악된다. 이를 해결하기 위해서는 학생들에게 전기 에



(참고: 색칠된 곳이 사용 중인 좌석임.)

Fig. 1. 도서관 열람실의 자리 이용 현

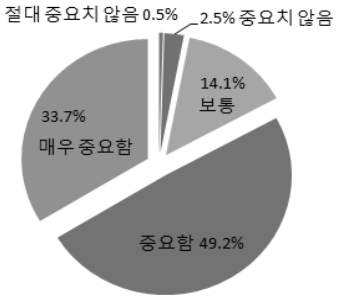


Fig. 2. 전기 에너지 절약의 중요성

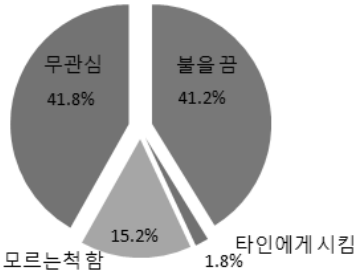


Fig. 3. 빈 강의실의 켜진 전등을 본 후의 행동

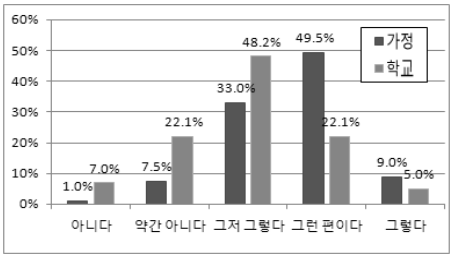


Fig. 4. 가정과 학교에서의 전기에너지 절약의식 비교

Table 1. 명목집단기법을 활용한 전기 에너지 절약이 안 되는 원인 파악

전기 에너지 절약 미비 원인	가중치	순위
절약의 필요성을 못 느낌	13	4
주인 의식 결여	25	1
캠페인 팀의 능력 부족	11	5
타인이 조만간 쓰기 때문에	23	2
등록금에 대한 보상 심리	20	3

너지의 소중함을 느끼게 해줘야 하며, 주인의식을 고취할 수 있는 캠페인이 필요하다고 사료된다.

또한 Fig. 4의 가정과 학교에서의 전기 에너지 절약 의식에 대한 비교 분석 결과를 보면, 가정과 학교에서의 절약 의식이 서로 상반되는 것을 알 수 있다. 가정에서는 58.5%가 절약하는 편으로 나온 반면에, 학교에서는 27.1% 정도의 학생이 절약에 긍정적인 자세를 보이고 있다.

위와 같은 설문조사를 통하여 진행된 "측정" 단계를 요약하면, 학생들은 에너지 절약의 필요성에 대한 인식은 높은 반면에 실천 의지는 미약한 것으로 나타났다. 이는 전기 에너지 절약에 대한 주인의식의 부족에서 기인하고 있다. 따라서 전기 에너지 절감 캠페인 팀은 홍보물 부착 외로 다양한 활동이 필요로 하며, 학생들의 의식 개선을 위한 대책 방안 강구가 필요로 하고 그러한 측정 결과를 바탕으로 개선 활동을 해야 한다는 점을 인식할 수 있었다.

2-3. 분석(Analyze) 단계

"분석" 단계는 프로젝트 Y에 실제 영향을 주는 핵심인자(Vital Few Xs)를 선별하는 과정이다. 이 단계에서 일반적으로 수행되는 주요 내용은 실험 및 설문조사를 통한 데이터 수집과 회귀분석, 다변량분석, 분산분석 등을 이용한 통계적 추론이다. 본 연구에서는 전기 절약이 안 되고 있는 문제의 핵심인자를 도출하기 위해 측정 단계에서 실시한 설문조사 결과와 브레인스토밍법 및 명목집단 기법(nominal group technique)을 적용하였다. 명목집단 기법은 자유로운 분위기에서 팀원들의 합의를 이끌어내는 데 유용한 기법으로 알려져 있다.

브레인스토밍을 통하여 전기 에너지 절약이 안 되는 원인을 도출하고 정리한 후 명목집단을 활용하여 문제점을 파악한 결과를 정리한 것이 Table 1이다. 표에서 가중치는 분석에 참여한 팀원들이 무기명으로 실시한 투표의 합산 결과이다. 본 연구에서는 순위가 높은 '주인의식 결여', '다른 사람이 또 쓸 것이기 때문에 전등을 끌 필요가 없다', 그리고 '등록금에 대한 보상심리'를 핵심인자로 선정하였다.

이 세 가지 핵심인자를 특성요인도(fish-bone chart)로 분석함으로써 근본원인을 파악하였다. 예를 들어 Fig. 5는 '주인의식 결여'에 대한 특성요인도이다. 그림에서 원으로 표시된 원인들이 명목집단기법을 통해 선택된 근본원인으로 무관심과 전기 에너지에 대한 지식 부족이다. 즉 공공건물이라는 특성에 따른 관심 부족과 현재 강의실에서 낭비되고 있는 전기 에너지가 어느 정도인지, 컴퓨터가 1시간에 사용하는 전기 에너지의 양이 어느 정도인지 등과 같은 기본적인 지식이 부족하다는 것이다. 참고로, 이 특성요인도는 마

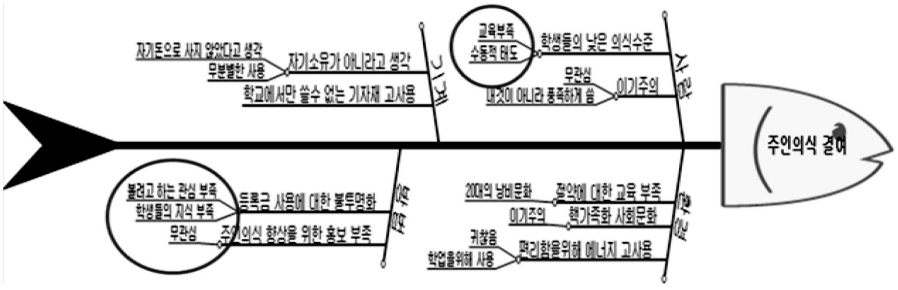


Fig. 5. '주인의식 결여'에 대한 특성요인도

인드맵 소프트웨어의 일종인 thinkwise(심테크시스템, 2009)로 작성된 것이다. 이것을 사용하면, 특성요인도를 빠르게 작성할 수 있고, 수정이 용이하여 업무 능률을 올릴 수 있으며, 창의적 발상을 유도하는 데 용이하다(최성훈, 2008). 이상의 과정을 통하여 파악된 근본원인들은 다음의 개선 단계에서 개선안을 도출하는데 이용된다.

2-4. **개선**(Improve) **단계**

"개선" 단계에서는 실험이나 개선 활동을 통해 문제점을 해결하는 과정이다. 실험계획법 적용이 가능한 경우에는 스크리닝(부분요인 배치법), 특성화(완전요인 배치법) 등을 통하여 최적화를 시도하지만, 실험계획법 적용이 어려운 경우에는 개선 대책을 수립하기 위해 주로 브레인스토밍법을 이용한다. 본 논문의 과제는 실험계획법 적용이 부적절한 경우로 후자인 개선 대책 수립 과정을 선택한다. 각 근본원인에 대한 개선책을 도출하고 적용한 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫 번째로 Fig. 6과 같이 캠퍼스 각 건물의 스위치 상단에 스티커를 부착하고 각 건물들 게시판에 전기 에너지 절감 포스터 부착 및 건물 별로 전기 에너지 절감 캠페인 현황을 소개하는 홍보물을 게시하는 활동을 실시하였다(전기신문, 2008).

두 번째로 Fig. 7과 같은 홍보물을 제작하여 학교 근처의 식당, 도서관, 통학버스 승차장에서 1,000명 이상의 학생들에게 직접 전달하였다. 홍보물에는 특성요인도를 통해 나온 학생들의 전기 에너지 현황과 관련된 지식이 부족한 문제를 해소하기 위해 간단한 상식과 현재 대학교의 전기 에너지 소비량 그래프를 포함시켰다. 그리고 축제기간 동안 학생들의 이동이 빈번한 경로인 학생회관 앞에서 홍보물을 배포하면서 전기 에너지 절감 참여 서명운동을 실시하여 1,000명 이상의 학생으로부터 서명을 받았다. 참고로 Fig. 8은 전기 에너지 절약 캠페인에 참여한다는 서명을 하고 있는 교직원과 학생들의 사진이다. 이 밖에 '사진/포스터 공모전', '도서관 이용 인원에 따른 개방 열람실의 탄력적인 운영', 그리고 '체크 리스트를 이용한 지속적인 현황 파악과 게시판 공고'와 같은 개선 활동을 실시하였다.

개선 활동의 결과, 전년도 6월의 전기 총사용량이 362,316kwh인데 비해 금년도 6월의 전기 총사용량은 365,616kwh로 전년도 동월기준의 전기 사용량의 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 이는 금년에 준공

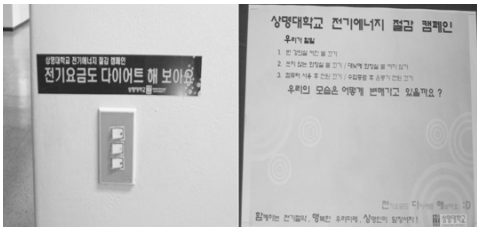


Fig. 6. 전기절감 포스터 및 전기절감 홍보 게시판

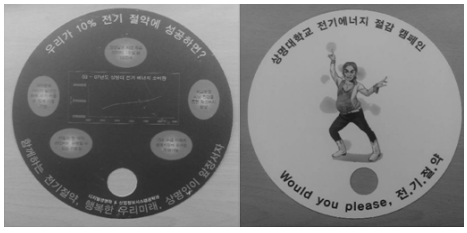


Fig. 7. 전기 절약의 필요성을 나타내는 홍보물

Fig. 8. 전기 에너지 절약 서명 운동

하여 사용하고 있는 10층 규모의 신규 강의동 건물의 1개월 전기 사용량이 45,700kwh인 점을 감안할 때, 전기 사용량이 약 10% 정도 감소하였음을 보여준다. 이를 비용으로 환산하면, 연간 약 5,000만원에 해당되는 금액이다. 본 연구의 성과는 언론의 관심을 끌고 있는 대학의 "그린 장학금"을 추진하는 계기를 제공하였다(헤럴드경제, 2009; KBS2 TV, 2009).

2-5. **관리**(Control) **단계**

"관리" 단계는 6시그마 DMAIC의 마지막 단계로, 개선된 활동의 효과가 장기화되며 지속적으로 유지되도록 하기 위한 단계이다. 표준화, 관리도, 실수방지법 등이 대표적인 관리 단계의 적용 방법이다. 본 연구 에서는 관리 단계의 추진을 위해 측정 단계에서 고안하여 사용 중인 '관리 체크시트'를 활용하여, 개선활동의 효과 및 유지관리 여부를 파악하고 통제하고 있다.

관리 체크시트를 통하여 얻은 측정치를 관리도를 통하여 관리하며, 수업이 없는 강의실의 모든 전등 수를 표본 크기로 하고, 그 중 켜져 있는 전등 수를

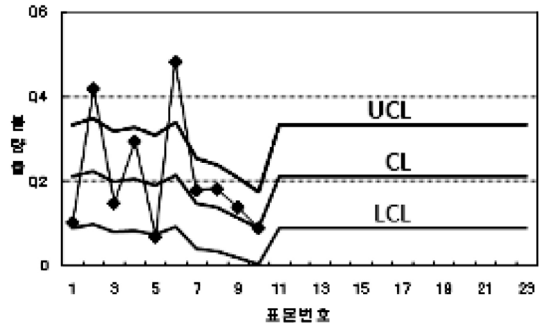


Fig. 9. 관리 단계를 위해 적용한 P관리도

결점으로 보아 P관리도를 작성한다. 참고로 한 건물의 P관리도를 나타낸 것이 Fig. 9이다.

3. 결 론

본 논문에서는 대학 캠퍼스의 전기 에너지 절감 및 학교 구성원들의 의식 변화를 위하여, 6시그마 경영혁신기법을 활용한 사례를 소개하였다. 본 연구를 통해 절약되는 전기 사용량은 약 10% 정도이며, 이는 연간 약 5,000만원에 해당되는 비용 절감 성과를 달성할 수 있었다.

그리고 본 연구를 통하여 대학 캠퍼스가 대학생들의 6시그마 경형혁신 기법의 실질적인 교육을 위해 필요한 프로젝트 수행의 좋은 실습의 장이 될 수 있다는 점을 알 수 있었으며, 6시그마 교육의 우수한 콘텐츠를 확보하는 부수적인 효과도 얻을 수 있었다.

본 연구의 한계로는 측정 단계에서 학생들의 에너지 절감 의식수준만을 X 인자로 하였는데 스위치와 같은 조명 기구의 불합리에 의한 문제점이 있을 수 있으므로 X 인자를 포괄적으로 규정하지 못한 점을 들 수 있다. 이는 앞으로의 연구 과제가 될 것이다.

향후, 비용 문제로 추진이 보류되었던 대형 LCD 스크린을 통한 에너지 사용량 게시와 홍보를 실시할 예정이며, 강의시간에 지각하지 않기, 학생들의 학교 및 학과 행사 참여 활성화 등과 같은 테마로 6시그마 프로젝트를 추진을 준비 중에 있다.

참고문헌

1. 김학수: 삼성전관의 6시그마 추진사례, 품질경영학회지, Vol. 27(1), 211-222, (1999)
2. Harry, M. and Schroeder, R.: 안영진 옮김. 시그마 기업혁명(원제:Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations), 김영사, (2000)
3. 이팔훈: 한국적 6시그마 정착 방향, 대한산업공학회지, Vol. 932(4), 268-278, (2006)
4. 이승현, 박광태: 6시그마 문헌 연구: 국내 연구를 중심으로, 품질경영학회지, Vol. 35(1), 97-112, (2007)
5. 홍성훈, 최영식: 최익준; 송재웅; 권혁무; 이민구. 그린벨트 양성을 위한 6시그마 사이버 교육, 대한산업공학회지, Vol. 17(3), 384-396, (2004)
6. 창원대학교: Six Sigma Cyber Class 2008, http://qrec.changwon.ac.kr/cyberss/index3.htm, (검색일: 2009 .05.12.)
7. 최성훈: 기업혁신 지원을 위한 대학의 시그마 교육 모델 및 사례, 산업혁신연구, Vol. 24(3), 227-256, (2008)
8. StatPoint, Inc.: The User's Guide to STATGRAPHICS Centurion XV, StatPoint, Inc., Herndon, Virginia, (2005)
9. 한국교육방송: EBS 경영 컨설팅 양성과정 비디오 시리즈 01-15, (2002)
10. 전북대학교 6시그마 실험실: 6 시그마 사이버 강의, http://home.chonbuk.ac.kr/6sigma/cyber.htm (검색일: 2009. 05.12.)
11. 한양대학교 안산캠퍼스 학연산클러스터: http://www.erica.or.kr/, (검색일: 2009.05.12.)
12. 심테크시스템: http://www.thinkwise.co.kr/, (검색일: 2009. 05.12.)
13. 안병진, 김상익, 서한손: 사무간접 부문에서의 6시그마 경영 활성화 방안, 품질경영학회지, Vol. 31(2), 220-229, (2003)
14. 장대성, 양종곤, 황인천: 한국 서비스 산업의 6시그마 기법 시행과 그 성과에 관한 실증적 연구, 품질경영학회지, Vol. 32(1호), 1-20, (2004)
15. 전기신문: 6시그마 기법을 활용한 전기 에너지 절감 캠페인, (2008.08.18.)
16. 헤럴드경제: 상명대, 환경도 살리고 장학금도 주고, http://www.heraldbiz.com/SITE/data/html_dir/ 2009/01/09/200901090477.asp (검색일: 2009.05.12.)
17. KBS2 TV: 생방송 세상의 아침, 이색 장학금 소개, (2009.01.19.)