

# 6시그마를 적용한 철도차량유지보수에 관한 연구

## A study on the 6sigma application technique for maintenance of the rolling-socks

유양하\*      최형수\* \*  
Yu, Yang-Ha   Choi, Hyoung-Soo

---

### ABSTRACT

This paper introduces 6σ apply method at a railroad vehicle including basic technique of the 6σ. Basically rolling stock maintenance cost is high and life cycle is long. Therefore, the maintenance efficiency is the most important. Usually the length of the rolling stock life cycle is over 20years, the method of maintenance technique must be reformed periodically. So the key point of a inspection efficiency is to update the maintenance method regularly. The early days 6σ method began from the thing to reduce a productions era. But after the year 2000, it took the place to the management reform technique of all business field. Finally optimal rolling stock maintenance method is introduced through the example.

---

### 1. 서론

6시그마의 기본적인 기법을 소개하고 철도차량 유지보수에 6시그마 기법의 적용방법을 제시하고자 한다. 철도차량의 유지보수는 그 특성 상 많은 비용이 소요되고 철도차량의 사용연한도 길어 유지보수의 효율화가 무엇보다 중요하다. 새로운 차량이 제작되고 폐차되기까지 보통 20년 이상이므로 사용기간 중에도 유지보수 방법이 개정(Update)되고 최적화되어야 한다. 유지보수 효율화의 가장 핵심은 유지보수 주기 및 방법을 주기적으로 최적화하여 적용하는 것이다. 6시그마는 본래 제조부품의 불량률을 줄이고 신뢰성을 향상하는 목적으로 개발되었으나 2000년대 이후 모든 산업분야의 경영혁신기법으로 자리 잡았다. 6시그마 기법이 철도차량의 유지보수 방법을 개선하는데 아주 유용한 방법이라는 것을 알기에 6시그마의 효율적인 적용 예시를 통해 철도차량 유지보수 최적화에 기여할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

### 2. 6시그마의 개요

#### 2-1. 6시그마 정의

6시그마는 1987년 미국의 모토로라사의 통계학자 마이켈 해리(Mikel J. Harry)에 의해 창안된 품질향상 기법이다. 6시그마가 만들어진 계기는 당시 일본의 제품은 우수한데 비해 미국 제품은 불량률이 많이 발생하여 이를 극복하고자 통계적 방법을 이용해 불량률을 줄이는 기법을 만들게 되었다고 한다. 시그마( $\sigma$ )는 그리스문자의 알파벳으로 통계학에서 표준편차로 사용되는 기호인데 6시그마의 품질수준은 100만개의 제품을 생산할 때 불량률이 3.4개 수준의 고품질 수준을 의미한다. 품질의 향상은 곧 품질의 편차를 줄이는 것으로 6시그마 수준의 품질에 도달하기 위해 '식스시그마'라 하였다. 6시그마가 모토로라에서 성공을 거둔 뒤 미국의 유명기업으로 급속히 전파되었고, GE(제너럴 일렉트릭)사에서 꽃을 피우고 6시그마가 더

---

† 책임저자 : 정회원, 코레일 연구원 기술연구팀 차장  
E-mail : yyh8141@korail.com  
TEL : (042)609-4916    FAX : (02)361-8200(사내 3704)

욱 발전하는 계기가 되었다. GE에서는 잭 웰치(John Francis Welch, Jr, 1935~) 회장이 전 직원을 6시그마 모르면 안 되도록 하고 전사원에 확산시키고 성공을 거둔 대표적 사례로 지금도 뉴욕주 오시닝(Ossining)에 있는 6만3000여 명의 크로톤빌(Crotonville)연수원은 ‘최고인재확보’라는 GE의 심장부 역할을 하고 있다. 6시그마 창시자 마이켈 해리박사는 6시그마를 통계적 측정치(statistical measurement)요 기업전략(business strategy)이며, 철학(philosophy)이라고 정의하고 있다. 6시그마는 기업 내의 사고방식을 바꿔 무조건 열심히 일하는 방식에서 탈피하여 효율적으로 일하는 것이라고 강조하고 있다.

## 2-2. 6시그마 프로세스

6시그마 프로젝트는 정의(Define), 측정(Measure), 분석(Analyze), 개선(improve), 관리(Control)의 다섯 단계를 통해서 문제를 정의하고 분석하여 해결하는 문제해결 방법이다.

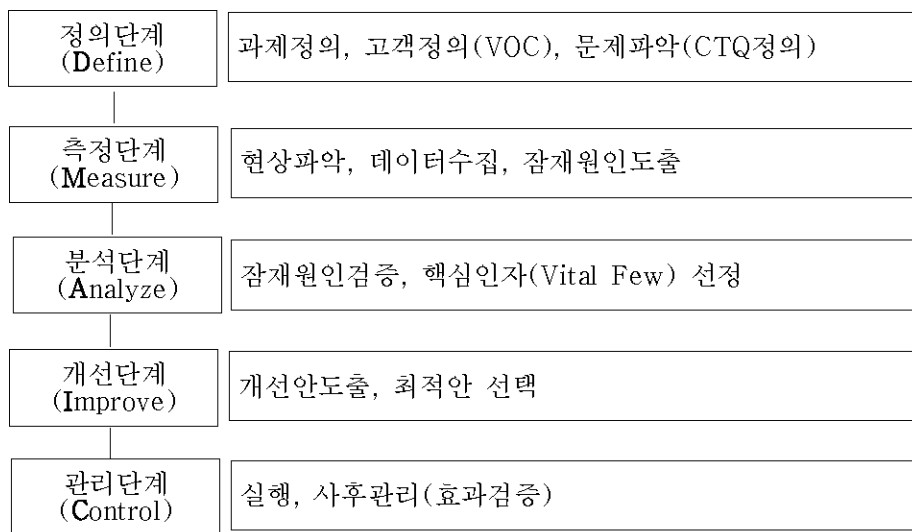


그림 2 6시그마 Process

### 1) 정의단계(Define)

정의단계는 어떤 과제를 할 것인지 정하는 단계라 할 수 있다. 이 과제를 왜? 해야 하는지 분명한 이유가 있어야 한다. 예를 들어 어떠한 업무를 수행함에 있어 돈이 너무 많이 소요되거나, 고객으로부터 민원이 극심하거나, 개선하기는 해야 하는데 어떻게 해야 할지 방법을 모를 때 6시그마 과제로 선정해서 해결할 수 있을 것이다. 정의단계에서는 과제의 제목을 정하고 그 과제를 왜 하는지 과제선정 동기와 배경을 설명하고 과제추진팀, 추진일정, 문제점, 예상목표를 정하게 된다. 여기에 좀 더 명확히 하고 6시그마 과제의 핵심인 CTQ(Critical to quality)를 정의하게 된다. CTQ란 ‘품질에 치명적인 요소’ 즉, 그 과제의 가장 핵심적인 사항이라고 할 수 있다. 6시그마 프로세스에서 가장 먼저 나오는 말이 CTQ이고 또 가장 중요한 용어이기도 하다. CTQ를 명확히 정의하는 것이 과제를 완수하는 가장 주요한 요소라 할 것이다.

### 2) 측정단계(Measure)

측정단계에서는 정의단계에서 정의한 CTQ를 명확히 하기 위해 관련 Data를 모아 정의단계에서 정한 CTQ가 정말 맞는지, 현재의 수준은 어느 정도인지 관련된 수집 자료를 통해 여러 가지 방법으로 측정해 보는 것이라 할 수 있다. 즉 프로세스 맵(Process-Map), 특성요인도(Fish-bone), X-Y매트릭스, FMEA(Failure Mode Effect Analysis), 파레토도(Pareto) 등의 시그마 도구(tool)를 통해 CTQ를 좀 더 명확히 하게 된다. 여기에 더하여 COPQ(Cost of Poor Quality 저품질에 의한 손실비용)을 산출하여 수행하고자 하는 과제를 개선하게 되면 비용절감이 어느 수준인지를 파악하게 된다. 측정단계에서 COPQ의 측정이 어려우면 분석단계 또는 개선단계에서 산출하여도 상관없다. 측정단계에서 CTQ를 명확히 하여 현 수준을 측정하게 되면 시그마 수준을 구할 수 있고 개선목표를 설정할 수 있게 된다. 또한 COPQ산출을 통

해 얻어진 값은 수행하는 프로젝트의 목표와 성과를 예측 할 수 있게 된다.

### 3) 분석단계(Analyze)

분석단계는 측정단계에서 Data를 가지고 구체화 시킨 CTQ에 대해 통계적으로 검증함으로써 공정 (Process) 개선의 실마리를 찾게 된다. 즉 분석단계에서는 CTQ에 영향을 미치는 모든 원인을 찾는 것이며, 그 중에서도 특히 치명인자(Vital Few)를 찾는 것이 분석단계의 핵심이다. 또한 핵심인자를 찾기 전에 먼저 모든 원인을 찾는 것은 모든 원인을 도출하지 않고 일부 원인을 찾아 판단함으로써 개선안의 효과를 극대화시킬 수 없으며, 과제(Project)의 성공적인 완료를 보장할 수 없기 때문이다. 분석단계의 방법은 모든 원인의 도출은 프로세스(Process)와 관련되는 모든 사람에 의해 도출되어야 하고 도출된 문제의 중요성을 통계적인 방법으로 검증하여야 한다. 수십, 수 백 가지의 원인을 모두 개선하는 것은 비효율적이므로 핵심적인 중요한 문제점(Vital few)을 집중하여 개선하게 된다. 즉 20%의 소수 핵심인자를 해결하여 80%를 개선하는 파레토(Pareto) 원리를 적용하게 된다. 또한 이 단계에서 통계적 기법을 사용하여 치명인자(Vital Few)를 결정하고 '그 결정한 것이 정말 맞다'라는 것을 증명하게 된다.

### 4) 개선단계(Improve)

분석단계에서 프로젝트의 치명인자를 찾은 후 개선방법을 찾게 된다. 개선은 가장 최소의 비용으로 가장 효율적인 방법으로 수행하는 것이 핵심이라 할 수 있다. 이를 위해 실험계획법(DOE; Design of Experiment), Pilot 등을 사용할 수 있다. 실험계획법이란 실험을 효율적으로 행하여 최대의 정보를 얻고자하는 방법이다. 이러한 실험을 통해서 최적안을 찾아 결정하게 된다. 개선안을 결정할 때 브레인스토밍(Brainstorming), 벤치마킹(Bench Marking)과 같은 방법을 활용 할 수 있다. 이렇게 실험을 해봐서 좋은 결과로 이어지면 실제 개선계획을 수립하고 실행하게 된다.

### 5) 관리단계(Control)

개선계획을 수립 후 개선계획을 보완하고 규정이나 제도에 반영되도록 필요한 조치를 취하게 된다. 즉 규정에 반영할 수 있도록 공문으로 계획부서에 요구를 하거나, 나타난 결과를 실제 실행이 되도록 하고 지속적인 모니터링을 통해 보완하고 관리하게 된다.

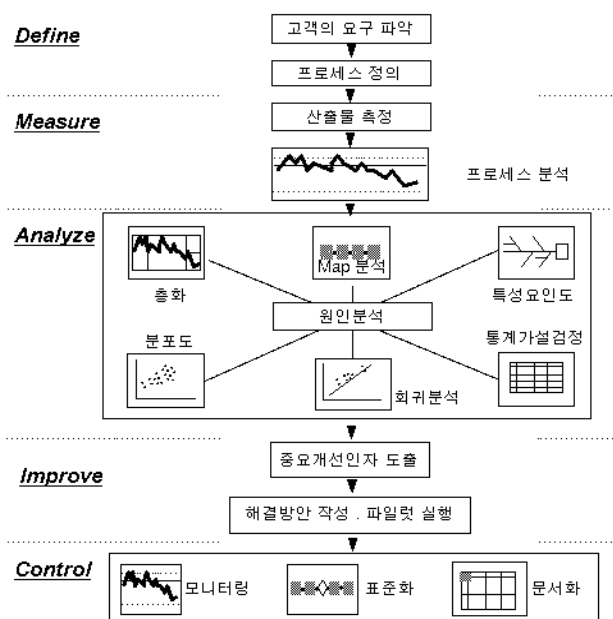


그림 3 6시그마 프로세스 방법론

### 3. 철도차량의 유지보수

철도차량의 유지보수는 차량이 운행 조건에서 정상기능이 발휘 될 수 있도록 점검하거나 복원시키는 모든 활동을 말한다. 유지보수의 형태는 기능이나 외관 상태를 확인하고 점검하는 것과 저하되거나 손실된 기능을 복귀시키기 위한 수선으로 나눌 수 있다. 유지보수는 크게 고장이 발생한 후에 수리하는 사후 유지보수와 일정한 시간이나 조건에 따라 주기적으로 행하는 예방유지보수로 나눌 수 있다. 또한 예방유지보수에는 실행방법에 따라 규칙적 예방유지보수, 조건적 예방유지보수, 예견적인 예방유지보수로 나눌 수 있다.

#### 1) 규칙적 예방유지보수

규칙적 예방유지보수는 시간 또는 운행 킬로미터를 기준으로 정해진 시기에 시행하는 유지보수를 말한다. 미리 계획을 세움으로써 인력과 시간을 효율적으로 운영할 수 있는 장점이 있는 반면 신뢰도를 유지하기 위하여 시스템의 규칙을 임의로 변경하기 어렵고, 주기를 정할 때 시간을 기준으로 할 것인지 또는 주행 킬로미터를 기준으로 할 것인지 등의 적용 해석이 쉽지 않다. 또한 더 쓸 수 있는 부품의 교환으로 낭비를 초래할 수 있는 등의 단점이 있다. 규칙적 예방유지보수에 해당되는 것은 부품의 수명(Life cycle)을 알고 있는 것으로 안전과 직결되거나 부품 수명편차가 적은 것으로 조건적 유지보수보다 효율적이라고 판단되는 것에 적용할 수 있다.

#### 2) 조건적 예방 유지보수

마모나 파손 등으로 정해진 조건이나 상태에 도달하여 교환하거나 수리하는 유지보수 방식으로 부품의 잠재 수명을 최대한 연장하여 사용 할 수 있고, 불필요한 부품 해체를 줄일 수 있으며, 고장이 발생하기 전에 미리 정비를 시행함으로써 고장 유지보수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 반면에 부품이나 장치의 설치형태에 따라 부품의 수명 또는 마모의 관찰이 어려운 경우가 많으며, 미리 정비계획을 수립할 수 없어 많은 작업량을 일시에 해결해야 하는 단점이 있다. 현재 철도차량정비에서 가장 대표적인 조건적 예방정비의 예가 브레이크슈, 판토틀 그래프 집전마모판의 교환 등이 있다. 조건적 예방유지보수의 대상이 되는 것은 부품의 상태를 나타내는 량이나 수치를 측정할 수 있거나 마모나 고장이 갑자기 일어나지 않고 점진적으로 일어나고 관찰하기가 편리한 부품이어야 한다. 또한 부품 수명의 편차가 큰 것이나 안전성에 비교적 거리가 멀고 주기적인 예방검수 보다 비용이 적게들 때 적용할 수 있는 유지보수 방식이다.

#### 3) 예견적 예방 유지보수

차량진동 등 현상의 감지에 따라 고장을 예견하여 유지보수하는 방식을 말한다. 조건적 예방유지보수의 단점을 줄일 수 있으며 부품의 수명을 연장하거나 노후가 되는 시점에서 관찰하여 결정하므로 유지보수의 방해요소가 적은 단점이 있다. KTX의 자동차륜검지장치가 대표적인 예라 할 수 있다. 정비의 효율화를 위해서는 검지장치, 진단장치 등의 활용을 통해 예견적 정비의 범위를 확대해 가는 것이 필요하다.

#### 4) 고장수리

고장수리는 사후유지보수에 해당하는 것으로 고장이 발생한 후에 정비하는 것으로 응급조치 개념인 일시적 수리와 정비창 또는 검수고에 입고하여 완전하게 수리하는 개념의 완전수리로 구분할 수 있다. 고장수리 정비의 대상이 되는 것은 이중 장치(Redundancy)가 있어 고장이 발생해도 안전에 문제가 없는 부품 및 장치와 전구 등과 같이 고장이 발생해도 승객에 영향이 없거나 미미할 경우에 시행할 수 있다. 고장수리는 부품이 고장 날 때까지 사용하고 정비하게 됨으로 어떤 측면에서 경제적인 정비방식의 측면이 있으나 고장수리는 예고 없이 발생하는 것으로 정비작업자들이 고장에 대한 스트레스를 많이 받고, 불규칙적인 특성으로 인력이나 시간에 대한 작업계획을 수립할 수 없을 뿐 아니라 정비를 준비할 시간이 부족하고 오히려 부품 및 정비비용이 많이 드는 경우도 있다. 고장수리 대상 부품은 잠재수명을 예

측하여 연간 소요되는 보수품의 수량을 정확히 예측하고 불규칙한 정비로 인한 비효율을 제거할 필요가 있다. 또한 가능한 고장이 발행하기 전에 정비할 수 있도록 예견적 정비형태로의 전환이 요구된다.

표 2 RCM이론에서의 정비종류

정비 정책	요구 기술
Proactive Maintenance	고장 근본원인 감시 및 수집
Predictive Maintenance	진동, 온도, 배열, 마모 등의 감시
Preventive Maintenance	주기적 부품 교체
Breakdown Maintenance	대규모 정비 예산

#### 4. 유지보수의 6시그마 적용방법

철도차량은 사용연한이 길고 많은 정비를 필요로 한다. 정비방식 또한 정해진 주기에 따라 시행하며 정비방식을 쉽게 변경하지 못하는 특성을 가지고 있다. 이로 인해 정비에 소요되는 비용 또한 많은 부분을 차지하고 있다. 6시그마 기법을 활용하여 정비방식의 효율적 개선방법을 찾아보고자 한다.

철도차량은 수만 가지의 부품으로 구성되어 있다. 각각의 부품은 기능 및 재질 등에 따라 사용 수명이 다를 뿐 아니라 정비방법도 서로 다르다. 각 부품의 특성을 정확히 분석하고 분류하여 가장 효율적인 정비방식을 찾고 정비시기와 연계하여 정비주기 및 방법을 정하는 것이 절대적으로 필요하다. 철도차량 정비효율화의 핵심은 불합리하고 비경제적인 정비방식의 지속적인 개선을 통해 최적화해 나아가는 것이다. 이러한 정비방식이 신뢰성중심의 정비라 하는 RCM(1)정비이론이다. 철도차량의 고장을 예방하고 정비의 효율화를 위해 차량 각 장치 및 주요 부품에 대해 고장정보와 정비내역, 교환실적 등의 관련 자료(data)를 분석하여 최적의 정비방식을 찾는 것이며, 이러한 분석에 6시그마 기법이 아주 유용하게 활용될 수 있다. 6시그마는 한 가지 문제점 또는 불합리한 사례에 대해 단계적으로 문제를 해결하는 기법이다. 철도차량을 정비함에 있어 불합리하거나 문제가 되는 부분과 장치는 얼마든지 많다. 6시그마 과정은 통상 4개월 정도의 기간에 걸쳐 진행된다. 그러나 과제의 성격이나 규모에 따라 얼마든지 탄력적으로 수행할 수 있을 것이다. 과제의 규모가 작으면 몇 주 또는 1~2개월이 소요될 수도 있을 것이고 과제의 범위가 크면 6개월 혹은 그 이상이 소요될 수도 있을 것이다. 6시그마 과정로 수행된 내용은 유지보수 규정이나 지침 또는 정비절차서 등의 정비정책에 반영할 수 있을 것이다.

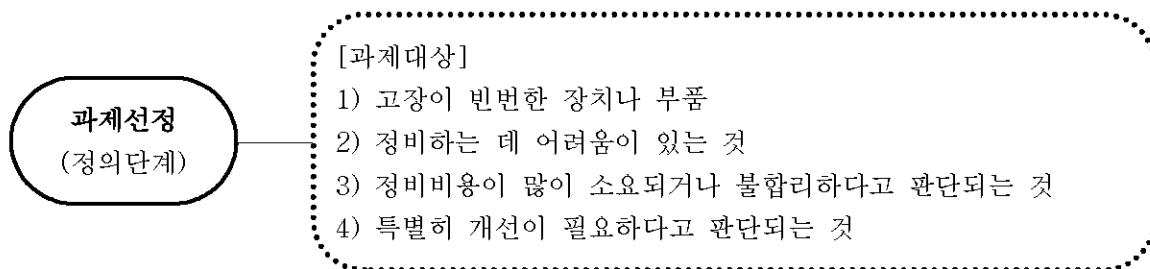


그림 4 정의단계, 과제의 선정

정의단계에서 먼저 수행하고자 하는 과제를 선정한다. 과제의 선정은 고장이 자주 발생하여 열차 운행에 지장을 초래하거나 비용이 많이 소요되거나, 특별히 개선이 필요하다고 판단되는 장치나 부품이 대상이 될 수 있다. 과제는 효율적 수행을 위해 가능한 구체적이고 명확한 범위를 정하는 것이 필요하다. 너무 광범위하거나 포괄적인 과제는 완료하기 어렵다. 예를 들어 차량의 전동기가 자주 고장이 발생하여

1) Reliability Centered Maintenance(신뢰성중심의 유지보수)



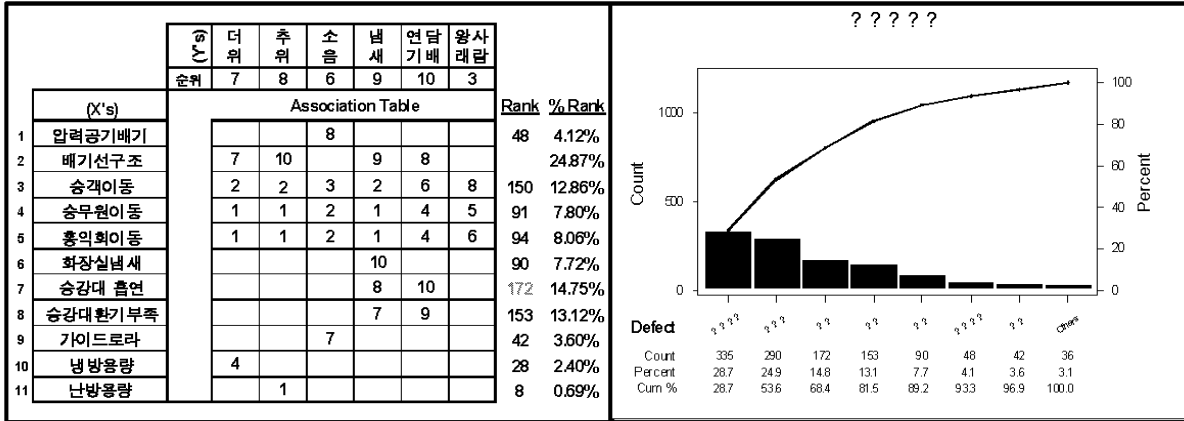


그림 8 X-Y 매트릭스와 파레토도분석사례(새마을객차출입문불편개선과제)

분석단계에서는 측정단계에서 잠재원인으로 도출된 인자들을 기술적, 통계적 방법을 통해 핵심인자를 찾는 것이다. 잠재요인으로 판단한 것을 통계적 방법으로 검증함으로써 개선의 명확한 근거를 갖는 단계라 할 수 있다. 6시그마 기법이 일반적인 문제해결 방법과 다른 것이 통계적인 기법을 적용하는 것이라 할 수 있다. 위에서 예를 든 바와 같이 전동기의 주고장 원인이 브러시의 재질 중에서 브러시경도(Hardness)의 문제라고 한다면 브러시의 경도가 정말 고장의 주원인이 맞는지 가설검정 등을 통해 확인하게 된다. 만약 핵심인자로 판명되면 개선방법을 찾아 해결하게 되고 그렇지 않다면 다른 핵심원인을 찾아야 한다.

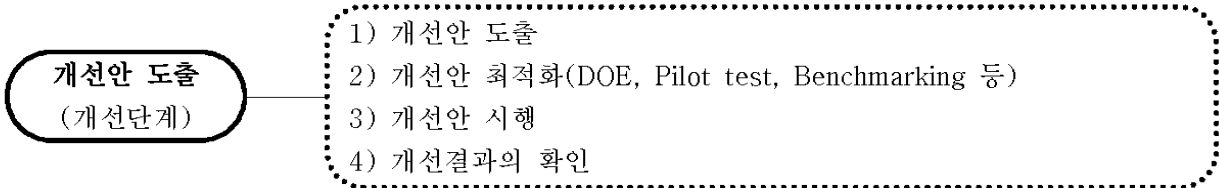


그림 9 개선단계, 개선안 도출 및 시행

분석단계에서 찾아진 핵심원인을 어떻게 효율적으로 개선할 것인지를 알아보는 단계가 개선단계이다. 개선안을 최적화하여 시행하기 위해 실험계획법(DOE), 시범시행(Pilot test), 벤치마킹(Benchmarking) 등을 시행하게 된다. 가령 전동기의 브러시 경도를 일정 기준으로 변경하여 샘플로 적용하여 상태를 확인하는 과정을 거칠 수 있을 것이다. 실험 결과에 따라 보완하거나 확대 적용하게 된다.

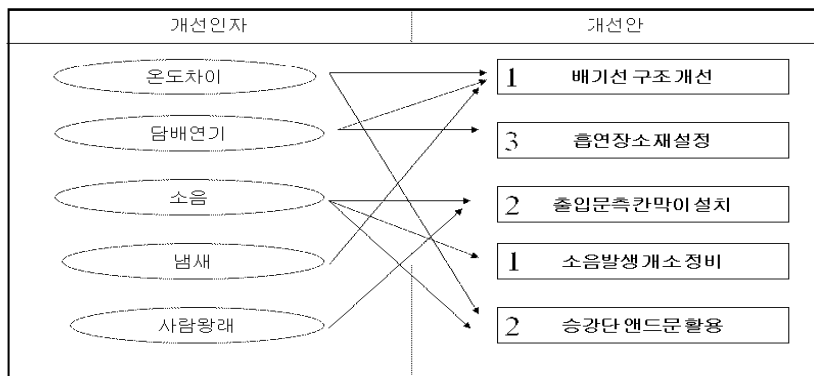


그림 10 개선인자 도출 사례(새마을객차출입문불편개선과제)

관리단계에서는 개선안에서 얻어진 결과를 어떻게 적용하고 효과를 낼 것인지를 관리하는 과정이다. 관계계획을 수립하고 문서의 표준화가 필요하다면 표준화하고 정비규정 및 지침에 적용하거나 정비절차서에 반영하는 등의 관리에 필요한 행정적 절차를 하는 단계이다. 또한 적용 후 일정기간 모니터링을 통해 보완하거나 개선이 필요하다면 개선하고 확산 전파를 통해 성과의 극대화를 기하게 된다.

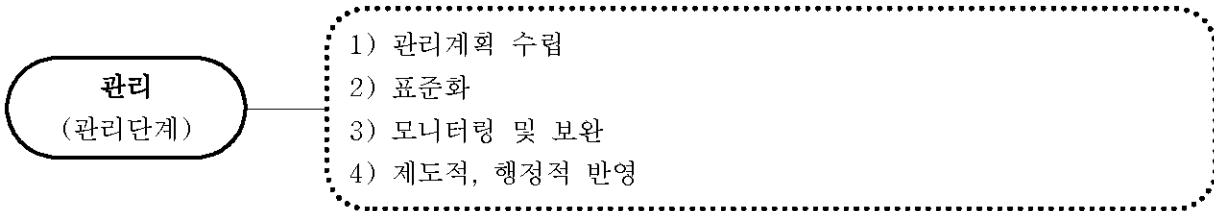


그림 11 관리단계, 관리계획 수립 및 표준화

## 5. 결론

6시그마의 개요를 알아보고 철도차량 신뢰성유지보수 정착을 위한 6시그마의 단계별 적용과정을 열거해 보았다. 6시그마의 성공 조건은 흔히 최고경영진(CEO)의 강력한 리더십, 마스터플랜에 의한 전략적인 접근, 지속적인 추진, 기존 기업의 경영시스템과 연계된 추진, 보상시스템의 구축 등을 들고 있다. 6시그마 경영의 가장 큰 장점 중 하나는 과학적인 방법론과 정예화된 인력육성 시스템을 갖는 것이다. 기업의 성패는 결국 인재육성에 달려 있다. 인재들이 자부심을 가지고 일할 수 있도록 인사상의 차별화된 체계와 추진성과에 따른 보상시스템 구축이 필수적이라고 한다.

한국철도공사는 철도청 시절인 2000년 공공기관분야에서 가장 먼저 6시그마를 도입하였다. 시작이후 강력한 추진과 침체를 거듭하면서 이제는 점차 안정적인 발전의 단계에 있다. 이는 담당부서의 열정과 확신의 찬 의지의 결과라 여겨진다. 철도청이 정부기관으로서 6시그마의 추진은 당시 품질관련 전문가들에게는 획기적인 것이었다. 하지만 10년이 지난 지금까지 전사적으로 확실하게 정착되지 못한 것은 6시그마에 대한 명확한 이해의 부족과 체계적인 학습의 부족이 아닌가 생각된다. 이해가 부족한 상태에서의 과제수행은 억지로 과제를 6시그마 틀에 맞추게 되고 도출된 과제의 성과가 현실성이 없거나 미흡한 경우도 많아 이는 6시그마를 배척하게 되는 이유가 되곤 하였다. 하지만 이러한 시행착오는 발전을 위한 하나의 과정에 불과한 것이지 결코 하지 말아야하는 이유가 될 수 없다.

과거 삼성경제연구원사장, 삼성SDI사장을 지냈고 현재 농심회장인 손욱 회장의 2005년 철도공사 진단시 삼성의 경우 각 분야별 전문가를 뽑아 세계 일류회사의 프로세스를 벤치마킹 하여 지금 하고 있는 업무방식이 뒤쳐져 있다는 것을 인식시켜 주었더니 스스로 개선활동에 적극적으로 참여하는 계기가 되었다고 한다. 6시그마는 바로 일을 효율적으로 잘하는 방법을 알려주는 것이다. 불필요한 일, 비 부가가치적인 일을 가감이 버리고 가치 있는 일을 효율적으로 하자라는 것이 6시그마의 정신이요, 신뢰성유지보수인 RCM의 기본 개념과 같다. 6시그마 기법을 통해 유지보수 방법의 효율적 변화를 기대해본다.

### 참고문헌

1. 철도청, Six sigma Black Belt Skill up 과정 2001
2. 철도청, 차량본부(유양하) ‘고속철도유지보수이론’ 2004
3. KMA, 6시그마 Master Consultant 양성과정 MBB교재 2005