

## 설비종합효율에 미치는 TPM 활동요인의 실증 연구 -MTBF와 MTTR의 이중 병렬매개효과-

박기철, 정호연\*  
전주대학교 산업공학과

### An Empirical Study of TPM Activity Factors on Overall Equipment Effectiveness -Double Parallel Mediation Effect of MTBF and MTTR-

Ki-Chul Park, Ho-Yeon Chung\*  
Dept. of Industrial Engineering, JeonJu University

**요약** 본 연구는 「전국 품질본업조 경진대회 설비(TPM)부문」에서 수상한 기업들의 우수사례를 분석하여, TPM 활동요인이 설비종합효율에 미치는 영향을 조사하였다. 연구에는 최근 8개년(2014년~2021년) 동안의 87개 우수기업 사례를 활용하였다. 수집된 자료를 기반으로, TPM 활동요인(활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수, 평균 교육시간)과 MTBF(Mean Time Between Failure) 및 MTTR(Mean Time To Repair)의 이중 병렬매개변수 및 설비종합효율을 분석하였다. 본 연구의 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, TPM 활동요인(활동기간과 개별개선건수)과 설비종합효율 간에는 유의적인 인과관계가 있음을 확인하였다. 둘째, 활동기간과 개별개선건수가 MTBF를 통해 설비종합효율에 긍정적인 영향을 미치는 매개효과를 확인하였다. 또한, 활동기간, 평균근속년수, 개별개선건수가 MTTR을 통해 설비종합효율에 부정적인 영향을 미치는 매개효과를 검증하였다. 이러한 연구 결과는 TPM 활동요인의 효과적인 관리를 통하여 설비종합효율을 향상시킬 수 있는 방안으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** This study analyzed the best practices of award-winning companies in the 「National Quality Classification Competition Facility (TPM) Division」 and investigated the effects of TPM activity factors on overall equipment effectiveness. Eighty-seven cases of excellent companies over the last eight years (2014-2021) were used. Based on collected data, the double parallel parameters and overall equipment effectiveness of TPM activity factors (activity period, average years of service, individual improvement, average training time), Mean Time Between Failures (MTBF), and Mean Time to Repair (MTTR) were analyzed. The study results were as follows. First, a significant causal relationship exists between TPM activity factors (activity period and individual improvement number) and overall equipment effectiveness. Second, activity period and the number of individual improvements had a positive mediating effect on overall equipment effectiveness as determined by MTBF. Third, activity period, average number of working years, and the number of individual improvements negatively affected overall equipment effectiveness, as determined by MTTR. These research results are expected to enhance overall equipment effectiveness by improving the effective management of TPM activity factors.

**Keywords** : MTBF, MTTR, OEE, Quality Circle, TPM

---

본 논문은 저자의 박사학위 논문을 축약하였음.

\*Corresponding Author : Ho-Yeon Chung(Jeonju Univ.)

email: hychung@jj.ac.kr

Received December 4, 2023

Revised January 18, 2024

Accepted February 6, 2024

Published February 29, 2024

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

TPM 활동은 기업 현장 분임조의 구성원 전원이 참여하는 자주적 활동으로, TPM 활동의 성공적 수행을 위해서는 분임조의 역량 및 활동력이 동반되어야 한다. TPM 활동의 활성화를 위하여 한국표준협회(KSA; Korean Standards Association, 이하 KSA)에서는 매년 「전국 품질분임조 경진대회」를 개최하며 TPM 활동의 우수사례를 지속적으로 발굴 및 기업의 참여 유도를 주도하고 있다. 이를 바탕으로 그간 많은 연구에서는 TPM 활동의 유효적인 효과와 성공사례를 도출하였다. 하지만, 대다수의 선행연구에서는 다음과 같은 한계점이 존재한다.

첫째, 대부분의 TPM 활동에 관한 기존 연구들은 중소기업을 위주로 진행되어왔다. 둘째, 연구대상은 단일기업 간의 단순 비교로 한정되어 있어, TPM 활동에 대한 우리나라 산업 전반의 분석 결과들을 확인할 수 없었다. 셋째, 기존 연구들의 자료수집 방법은 기업들의 자기 보고식 방식에 의한 설문조사 방법으로 편중됨에 따라 주관적인 의견이 많이 반영되어 있다. 따라서, 설비종합효율 지표의 검정 측면에서 그 객관성은 다소 결여되었다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 「전국 품질분임조 경진대회 설비(TPM)부문」에서 수상한 우수사례를 바탕으로, 설비종합효율에 영향을 미치는 TPM 활동요인에 대한 연구를 실시하고자 한다. 이로써 본 연구에서는 기존 연구들과 다른 차이점을 가지고 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 설문조사에 의한 연구자료가 아닌 「전국 품질분임조 경진대회」에서 수상한 사례를 연구자료로 활용함으로써 객관성을 강화하였다. 둘째, 경진대회의 1차(지역 예선 발표)와 2차(현장심사 및 전국 발표) 심사를 거쳐 선발된 데이터를 연구자료로 활용함으로써 신뢰성을 높였다. 셋째, 연구대상 범위에서도 기존 중소기업이 아닌, 중견기업 및 대기업을 포함하였다. 따라서 우리나라 산업군의 전반적 현황을 추론할 수 있는 연구이다.

### 1.2 TPM 활동의 선행연구 고찰

#### 1.2.1 설비 생산성 향상 측면

TPM 활동의 핵심요소가 설비종합효율에 영향을 미치는 실증적 연구에서 TPM 활동에 의한 설비 생산성의 극대화를 이끌어 낼 수 있음을 강조하였다. 결국, TPM 활동을 실무적으로 활용할 수 있는 실질적 효과성을 제시

하였다[1]. 또한 자원이 한정적인 중소기업들은 TPM 활동을 통하여 설비종합효율의 지속적인 향상으로, TPM 활동이 기업 성과창출 측면에서 가장 직관적인 효과를 나타내는 요소임을 설명하였다[2].

#### 1.2.2 기업 경영성과 측면

TPM 활동이 기업 경영성과에 미치는 유·무형적 효과 측면에서 분석하였다. 먼저, 유형적 효과 측면에 있어서 TPM 활동은 설비보전부문 활동을 한 차원 높이는 기업 경영활동으로, 기업의 자주보전 및 계획예지보전 활동 등이 기업경영성과에 영향을 미친다는 결과를 실증분석하였다[3]. 다음으로, 무형적 효과 측면에서는 TPM 활동이 기업 생산운영의 경쟁력 요인에 영향을 미치는 점을 바탕으로 고객만족 요인인 제품 신뢰도 및 이미지 성과에도 긍정적인 영향을 미치는 점을 도출하였다[4].

#### 1.2.3 기업 조직 및 인적 강화 측면

TPM 활동에서의 교육·훈련은 전문가 양성을 통하여 설비관리능력의 세부 항목인 이상발견능력, 응급조치능력, 조건설정능력, 유지관리능력 등의 역량강화가 선행되며, 결과적으로 기업의 성과 창출과 연계된다고 하였다[5]. 특히, 중소기업은 엔지니어의 기술수준이 낮고 현장 작업자들의 장기적 경험 및 훈련이 부족한 상황이므로 교육·훈련은 다양한 TPM 활동성과에 강하게 영향을 미치는 주요한 요인임을 주장하였다[6].

#### 1.2.4 TPM 핵심 성과지표 개발 측면

TPM 활동에 의한 설비관리 측면의 추진성과 지표선정에 있어서 절대적 다수의 기업에서 핵심 성과지표로 설비종합효율, 성능가동률, 시간가동률 등을 활용하였다. 특히 TPM 활동의 창시자인 Seiichi Nakajima에 의해 설비종합효율 지표의 향상은 모든 TPM 활동의 최대 목표가 되었다[7]. 더불어 TPM 활동이 생산운영의 경쟁력 요인인 MTBF(Mean Time Between Failure)와 MTTR(Mean Time To Repair)에 영향을 미친다고 판단하고 이를 설비효율과 관련 있는 추가적인 핵심지표로 도출하였다[8,9].

## 2. 연구방법

### 2.1 연구가설 설정

### 2.1.1 기본가설 설정

#### 가. 활동기간

TPM 활동의 구성원이 설비에 대한 자신감이 높을수록 그리고 개인 활동 업무에 대한 지각수준이 명확할수록 TPM 활동성과가 성공적임을 증명하였다. 따라서 TPM 활동에 참여하는 높은 활동기간은 설비 운영능력을 고도화시킬 수 있으며, 이를 바탕으로 설비종합효율에 영향을 미친다고 할 수 있다[10]. 더불어, TPM 활동기간이 높을수록, 공동체 의식에 영향을 미쳤으며 이러한 공동체 의식은 신뢰감 형성을 통해 구성원의 지식교류 활성화에 영향을 미쳤다고 분석하였다[11].

#### 나. 평균 근속년수

TPM 활동 구성원의 높은 평균 근속년수는 업무의 고급 스킬을 습득할 수 있으며, 이를 통하여 현장 애로사항 발생 시, 신속한 초기 대응력을 발휘할 수 있다[12]. 또한, 집단 내 구성원의 평균 근속년수는 집단 구성원들의 응집력, 조직에 대한 이해도, 전문지식 수준을 결정하기 때문에 근속년수는 집단목표를 명확하게 하고 결과적으로 기업의 성과개선 및 성과창출과 연계된다고 하였다[13].

#### 다. 개별개선활동

개별개선활동이란 TPM 활동을 가시화 하는 직접적인 단계로써, 설비나 제조 공정상에서 발생하는 로스(loss)의 철저한 배제를 통하여 성능향상 및 효율화를 일구어냄으로써 설비종합효율을 향상시키는 활동이다[14]. 결국 TPM 활동에 있어서 개별개선활동은 TPM 활동의 가장 집약된 결과물로서, 현장의 문제 및 로스 제거를 통해 생산성과 설비효율은 향상될 것이므로 개별개선활동은 설비종합효율의 직접적인 활동 요소이다[15].

#### 라. 평균 교육시간

교육·훈련이 병행되지 않는다면 TPM 활동이 무의미하다 말할 수 있을 정도로 TPM 활동에 있어 교육·훈련은 가장 근간이 되는 활동임과 동시에 가장 효과적인 항목이라고 주장하였다. 또한, 작업자가 필요한 지식과 기술을 갖고 있지 않으면 TPM 활동의 추진은 어렵다고 판단하고 이러한 측면에서 교육·훈련은 TPM 활동을 지탱해주는 가장 중요한 초석이라 강조하였다[6,16].

이상의 선행연구들을 요약한다면, TPM 활동의 주요 구성요소인 활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수, 평

균 교육시간은 설비종합효율에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상되며, 다음과 같은 가설들을 수립하였다.

가설 1 : TPM 활동요인은 설비종합효율에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

1-1 : 활동기간은 설비종합효율에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

1-2 : 평균 근속년수는 설비종합효율에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

1-3 : 개별개선건수는 설비종합효율에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

1-4 : 평균 교육시간은 설비종합효율에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

### 2.1.2 매개가설(MTBF 및 MTTR) 설정

가. MTBF(Mean Time Between Failure) : 평균 고장 간격

설비의 신뢰성이란 설비가 고장을 내지 않는 성질로서, 시스템 및 설비 등의 기능에 대한 안정성을 나타내는 성질이라고 할 수 있으며 설비의 신뢰성을 나타내는 데 있어 MTBF는 중요한 척도가 된다[17]. MTBF는 설비가 고장 나지 않고 정상적으로 가동하는 시간을 평균한 것으로, 가능한 MTBF의 시간을 최대한 늘려주는 것이 좋으므로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

가설 2 : TPM 활동요인은 MTBF에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

2-1 : 활동기간은 MTBF에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

2-2 : 평균 근속년수는 MTBF에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

2-3 : 개별개선건수는 MTBF에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

2-4 : 평균 교육시간은 MTBF에 정(+)적인 영향을 미칠 것이다.

나. MTTR(Mean Time To Repair) : 평균 수리 시간  
설비의 보전성이란 주어진 조건에서 규정된 기간 안에 보전을 완료할 수 있는 성질을 말하며 보전성의 척도로는 MTTR이 사용되고 있다[17]. MTTR은 설비가 제대로 기능을 못 하는 시간을 평균한 것으로, 가능한 MTTR의 시간을 최대한 감소시켜주는 것이 좋으므로 다음과 같은 가설을 수립하였다.

가설 3 : TPM 활동요인은 MTTR에 부(-)적인 영향을 미칠 것이다.

- 3-1 : 활동기간은 MTTR에 부(-)적인 영향을 미칠 것이다.
- 3-2 : 평균 근속년수는 MTTR에 부(-)적인 영향을 미칠 것이다.
- 3-3 : 개별개선건수는 MTTR에 부(-)적인 영향을 미칠 것이다.
- 3-4 : 평균 교육시간은 MTTR에 부(-)적인 영향을 미칠 것이다.

다. MTBF 및 MTTR의 이중 병렬매개

설비보전 개선을 바탕으로 하는 생산성 향상의 연구에서는 신뢰도 중심의 정비가 효과적임을 확인하였으며, MTBF와 MTTR은 이러한 신뢰도를 측정할 수 있는 핵심 지표이다[8]. 또한, TPM 활동의 실증연구에서는 MTBF와 MTTR을 생산성 관점의 측정항목으로 활용 및 그 효과를 검증하였다[4,9].

상술된 선행연구들을 바탕으로, 기존 연구모형에 이중 병렬매개변수(MTBF 및 MTTR)를 추가함으로써, MTBF 및 MTTR이 TPM 활동요인과 설비종합효율 사이에서의 매개역할을 통하여 최종적으로 설비종합효율을 강화하는 영향력을 검증하고자 하고자 다음과 같은 가설을 수립하였다.

가설 4 : MTBF 및 MTTR은 TPM 활동요인과 설비종합효율과의 관계에서 매개역할을 할 것이다.

- 4-1 : MTBF 및 MTTR은 활동기간과 설비종합효율과의 관계에서 매개역할을 할 것이다.
- 4-2 : MTBF 및 MTTR은 평균 근속년수와 설비종합효율과의 관계에서 매개역할을 할 것이다.
- 4-3 : MTBF 및 MTTR은 개별개선건수와 설비종합효율과의 관계에서 매개역할을 할 것이다.
- 4-4 : MTBF 및 MTTR은 평균 교육시간과 설비종합효율과의 관계에서 매개역할을 할 것이다.

## 2.2 표본선정과 조사방법

### 2.2.1 표본 선정

본 연구에서는 최근 8개년(2014~2021)간 한국표준협회(KSA)의 「전국 품질분임조 경진대회 설비(TPM)부문」에서 중소기업, 중견기업, 대기업을 대상으로 '금상·은상·동상'을 수상한 자료를 수집하였다[18]. 총 99개 자

료 중 주요 변수의 결측값 등 12개를 제외한 최종 87개의 우수기업사례를 표본으로 선정하였다.

### 2.2.2 분석 방법

본 연구의 가설검정을 위한 분석 도구로는 SPSS 26.0을 바탕으로 다중 회귀분석 및 PROCESS macro model 4 방법을 실시하며 다양한 분석을 진행하였다[19,20].

첫 번째, TPM 활동요인이 설비종합효율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시하였으며 그 결과를 통하여 기본가설의 가설검정 및 유의성을 확인하였다.

두 번째, 매개가설의 검정을 위하여 이중 병렬매개변수(MTBF 및 MTTR)가 TPM 활동요인과 설비종합효율 관계에서 매개역할을 하는지 알아보기 위하여 Process macro model 4를 활용하여 이중 병렬매개변수 분석을 실시하였다.

### 2.2.3 변수 측정

- 활동기간 : 전국품질분임조 경진대회 수상년도 - 최초 TPM 결성년도
- 평균 근속년수 : 구성원 전체의 근속년수 합 / 구성원 수
- 개별개선건수 : TPM 활동에 의한 주요 개별개선건수
- 평균 교육시간 : 연간 구성원 전체 이수한 교육시간 / 구성원 수
- 설비종합효율 : 설비종합효율 측정값(수상년도 - 최초 TPM 활동 참여년도)
- MTBF : MTBF 측정값(수상년도 - 최초 TPM 활동 참여년도)
- MTTR : MTTR 측정값(수상년도 - 최초 TPM 활동 참여년도)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 기본가설 검정

#### 3.1.1 다중회귀 분석을 위한 $\alpha$ (유의수준) 조정

본 연구의 가설검정을 위한 분석 도구로는 SPSS 26.0을 바탕으로 다중 회귀분석을 진행하였다. 본 연구의 가설검정에 앞서  $\alpha$ (유의수준)에 대하여 다음과 같은 고찰을 하고자 한다.

다중가설 검정을 위한 회귀 분석 활용 시, 종속변수에

대한 Multiple Comparison(다중비교)에 의하여 제1종 오류가 발생할 수 있으며, 이에 따른 유의하지 않은 결과를 유의하다고 잘못 결론 내릴 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 오류를 보정하기 방법으로 Pseudo Bonferroni Correction 방법을 적용하여  $\alpha$ (유의수준)을 기존 .05에서 .01로 수정하여 가설검정을 진행하고자 한다. 단,  $\alpha$ (유의수준)를 .01로 적용하여 유의한 결과가 아니더라도 일부 가설검정과 관련해서는 trend towards significance를 적용하여 가설검정에 대하여 유의한 의미를 갖는다고 판단할 수 있다[21,22].

### 3.1.2 TPM 활동요인이 설비종합효율에 미치는 영향

TPM 활동요인이 설비종합효율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 다음의 Table 1에 기술하였다.

Table 1. Effect of TPM Activity Factors on OEE

|                                    | B      | se    | $\beta$ | t       | p     |
|------------------------------------|--------|-------|---------|---------|-------|
| Promotion period                   | 0.572  | 0.141 | 0.407   | 4.054** | 0.000 |
| Average number of years of service | -0.127 | 0.113 | -0.111  | -1.120  | 0.266 |
| Number of improvements             | 0.233  | 0.071 | 0.315   | 3.282*  | 0.002 |
| Average training hours             | 0.012  | 0.031 | 0.037   | 0.369   | 0.713 |

\*p<.01, \*\*p<.001

†Pseudo Bonferroni Correction을 적용하여  $\alpha$ 를 .01로 설정

‡p<.01(trend towards significance) 적용

가설 1-1의 결과는 [t=4.054, p=.000]로 가설 1-1은 채택되었다. 가설 1-2의 결과는 [t= -1.120, p=.266]로 가설 1-2는 기각되었다. 가설 1-3의 결과는 [t=3.282, p=.002]로 가설 1-3은 채택되었다. 가설 1-4의 결과는 [t=.369, p=.713]로 가설 1-4는 기각되었다.

## 3.2 매개가설 검증

### 3.2.1 TPM 활동요인이 MTBF에 미치는 영향

TPM 활동요인(활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수, 평균 교육시간)이 MTBF에 미치는 영향을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 다음의 Table 2에 기술하였다.

Table 2. Effect of TPM Activity Factors on MTBF

|                                    | B     | se    | $\beta$ | t      | p     |
|------------------------------------|-------|-------|---------|--------|-------|
| Promotion period                   | 4.322 | 1.227 | 0.357   | 3.523* | 0.001 |
| Average number of years of service | 0.664 | 0.985 | 0.068   | 0.674  | 0.502 |
| Number of improvements             | 1.228 | 0.617 | 0.192   | 1.990‡ | 0.050 |
| Average training hours             | 0.627 | 0.271 | 0.235   | 2.311‡ | 0.023 |

\*p<.01, \*\*p<.001

†Pseudo Bonferroni Correction을 적용하여  $\alpha$ 를 .01로 설정

‡p<.01(trend towards significance) 적용

가설 2-1의 결과는 [t=3.523, p=.001]로 가설 2-1은 채택되었다. 가설 2-2의 결과는 [t= .674, p=.502]로 가설 2-2는 기각되었다. 가설 2-3의 결과는 [t=1.990, p<.01(trend toward significance)]로 가설 2-3은 채택되었다. 가설 2-4의 결과는 [t=2.311, p<.01(trend toward significance)]로 가설 2-4는 채택되었다.

### 3.2.2 TPM 활동요인이 MTTR에 미치는 영향

TPM 활동요인(활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수, 평균 교육시간)이 MTTR에 미치는 영향을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 다음의 Table 3에 기술하였다.

Table 3. Effect of TPM Activity Factors on MTTR

|                                    | B      | se    | $\beta$ | t       | p     |
|------------------------------------|--------|-------|---------|---------|-------|
| Promotion period                   | -0.794 | 0.282 | -0.287  | -2.812* | 0.006 |
| Average number of years of service | -0.652 | 0.227 | -0.290  | -2.877* | 0.005 |
| Number of improvements             | -0.300 | 0.142 | -0.205  | -2.110‡ | 0.038 |
| Average training hours             | -0.056 | 0.062 | -0.092  | -0.904  | 0.369 |

\*p<.01, \*\*p<.001

†Pseudo Bonferroni Correction을 적용하여  $\alpha$ 를 .01로 설정

‡p<.01(trend towards significance) 적용

가설 3-1의 결과는 [t= -2.812, p=.006]로 가설 3-1은 채택되었다. 가설 3-2의 결과는 [t= -2.877, p=.005]로 가설 3-2는 채택되었다. 가설 3-3의 결과는 [t= -2.110, p<.01(trend toward significance)]로 가설 3-3은 채택되었다. 가설 3-4의 결과는 [t= -.904, p=.369]로 가설 3-4는 기각되었다.

### 3.2.3 MTBF 및 MTTR의 이중 병렬매개변수 검정

MTBF 및 MTTR이 TPM 활동요인과 설비종합효율과의 관계에서 매개역할 하는지를 알아보기 위하여, TPM 활동요인(활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수, 평균 교육시간)을 독립변수로, MTBF 및 MTTR을 이중 병렬 매개변수로, 설비종합효율을 종속변수로 설정하여 PROCESS macro model 4를 이용하였다.

Table 4. Dual parallel parameter effects of MTBF and MTTR

|                                    | B     | $\beta$ | t        | p    |
|------------------------------------|-------|---------|----------|------|
| Promotion period                   | .291  | .207    | 2.194 †  | .031 |
| Average number of years of service | -.272 | -.239   | -2.654 † | .010 |
| Number of improvements             | .139  | .188    | 2.188 †  | .032 |
| Average training hours             | -.018 | -.058   | -.647    | .520 |
| MTBF                               | .030  | .256    | 2.581 †  | .012 |
| MTTR                               | -.192 | -.379   | -3.843** | .000 |

\*p<.01, \*\*p<.001

†Pseudo Bonferroni Correction을 적용하여  $\alpha$ 를 .01로 설정

‡p<.01(trend towards significance) 적용

Table 4에서 나타난 바와 같이 이중 병렬매개변수 (MTBF 및 MTTR)의 효과에 대한 구체적인 검정 결과를 자세히 서술하고자 한다.

첫째, 활동기간의 결과는 [t=2.194, p<.01(trend toward significance)]로, 설비종합효율에 정(+)-적인 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 평균 근속년수의 결과는 [t= -2.654, p<.01(trend toward significance)]로, 설비종합효율에 부(-)-적인 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 개별개선건수의 결과는 [t= 2.188, p<.01(trend toward significance)]로, 설비종합효율에 정(+)-적으로 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 평균 교육시간의 결과는 [t= -.647, p=.520]로, 설비종합효율에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 판단할 수 있다.

둘째, 매개변수 MTBF의 결과는 [t=2.581, p<.01(trend toward significance)]로, 설비종합효율에 정(+)-적인 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 매개변수 MTTR의 결과는 [t= -3.843, p<.001]로, 설비종합효율에 부(-)-적인 영향을 미치는 것을 판단할 수 있다.

상술된 결과를 바탕으로, 본 연구의 MTBF 및 MTTR의 이중 병렬매개변수 검정에 있어 ‘독립변수 + 매개변수 → 종속변수의 결과’가 유의적으로 나타났으므로

MTBF 및 MTTR은 매개역할을 하고 있다고 말할 수 있다.

### 3.3 실증분석 결과의 고찰

실증분석 결과는 다음과 같다. 첫째, TPM 활동요인 중 활동기간과 개별개선건수는 설비종합효율에 정(+)-적인 영향력을 미치는 인자로 도출되었으며 기존 선행연구들과 일치한다[10,15]. 둘째, 평균 근속년수 및 평균 교육시간은 설비종합효율에 유의한 영향력을 보이지 않았다. 이는 오퍼레이터의 능력이 최첨단 설비의 발달 속도를 따라가는 데 일정한 시간이 필요하다는 관점과 일치한다[23]. 또한, 현장관리에 있어 변화에 대한 거부감 등은 일종의 혁신이 확산되는 과정에서 자연스럽게 발생하는 인간의 저항감으로 설명될 수 있다[24]. 셋째, TPM 활동요인 중 활동기간 및 평균 교육시간은 MTBF에 정(+)-적인 영향을 미치는 인자로 도출되었으며 기존 선행연구와 일치한다[14]. 넷째, TPM 활동요인 중 활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수는 모두 MTTR에 부(-)-적인 영향력을 미쳤다. 이러한 결과는 오랜 TPM 활동기간과 함께 높은 평균 근속년수는 구성원의 설비관리능력의 향상을 동반하며[12] 개별개선활동을 바탕으로 제조공정별 로스감소를 통한 효율적인 운용을 이끌어 낼 수 있다고 분석한 연구결과와 동일하다[4,15]. 다섯째, MTBF는 활동기간과 개별개선건수에서 매개효과를 나타내며, MTTR은 활동기간, 평균 근속년수, 개별개선건수 모두에서 매개효과를 나타내므로, 설비종합효율을 증폭하기 위해서는 TPM 활동의 집중을 통하여 MTBF 및 MTTR의 효율성을 더 높일 필요가 있음을 증명하였다.

## 4. 결론 및 제언

첫째, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. TPM 활동요인과 설비종합효율 간에는 유의적인 인과관계가 있음을 확인하였다. 특히, 활동기간과 개별개선건수가 설비종합효율에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 추가적으로 MTBF 및 MTTR의 이중 병렬매개변수를 고려한 결과는 다음과 같다. 활동기간과 개별개선건수 요인이 MTBF를 통해 설비종합효율에 긍정적인 영향을 미치는 매개효과를 확인하였다. 또한 활동기간, 평균근속년수, 개별개선건수 요인이 MTTR을 통해 설비종합효율에 부정적인 영향을 미치는 매개효과를 검증하였다.

둘째, 연구 결과의 시사점은 다음과 같다. 학문적 관점에서는 기존 연구 대비 객관적이고 신뢰성 있는 연구

자료를 기반으로, 설비종합효율에 영향을 주는 TPM 활동요인들 간의 영향력 및 관계성을 도출하였다. 더불어 중소기업, 중견기업, 대기업을 포함하는 전방위적 산업군을 대상으로 수행되었기에 기존 연구들 대비 학문적 차별화가 된 연구논문이다. 실무적 관점에서는 본 연구 결과를 바탕으로 기업에서는 TPM 활동에 있어 「전국품질분임조 경진대회」의 대표적인 성공사례를 벤치마킹하며 설비종합효율에 관한 성공요인을 비증 있게 도입할 필요충분조건은 당연시되었다.

셋째, 본 연구의 한계점 및 향후 연구 방향은 다음과 같다. 다소 적은 표본 수로 보편적 일반화에는 논리적 한계점이 존재한다. 따라서, 향후 시계열 분석을 통한 지속적인 데이터 변화에 관한 연구가 필요하다. 또한 중소기업 자료는 대기업, 중견기업 대비 상대적으로 빈약하므로 추후 더 많은 중소기업 모집군을 포함한 분석이 필요하다.

## References

- [1] C. C. Okpala, O. C. Ezeanyim, "The Application of Tools and Techniques of Total Productive Maintenance in Manufacturing", *International Journal of Engineering Science and Computing*, Vol.8, No.6, pp.18115-18121, Jun. 2018.
- [2] J. Kumar, V. K. Soni, G. Agnihotri, "Impact of TPM implementation on Indian Manufacturing industry", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol.63, No.1, pp.44-56, Jul. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2012-0051>
- [3] K. Chaabane, J. Schutz, S. Dellagi, W. Trabelsi, "Analytical evaluation of TPM performance base on an economic criterion", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol.27, No.2, pp.413-429, Apr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/JQME-08-2019-0085>
- [4] S. H. Park, K. G. Rhee, "The Effect of Enterprise-wide TPM Activities in the Steel Industry on Corporate Production Operation Competitiveness, Customer Satisfaction and Corporate Change", *Korean Journal of Business Administration*, Vol.33, No.9, pp.1711-1734, Sep. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18032/kaaba.2020.33.9.1711>
- [5] K. H. Yeon, "Impacts of the TPM Activity Factor on Corporate's Performances", *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.12, No.1, pp.476-484, Jan. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2012.12.01.476>
- [6] M. H. Choi, S. B. Ree, "An Empirical Study of influence Factor to TPM Performance in medium and small enterprises", *Journal of Korean Society for Quality Management*, Vol.33, No.3, pp.449-462, Sep. 2010.
- [7] S. Nakajima, Introduction to TPM, p.129, Productivity Press, 1996.
- [8] H. S. Kim, Y. J. Roh, J. W. Son, G. M. Lim, S. H. Kim, "A Study on the Hybrid Reliability Centered Maintenance Methodology for Rotating Machinery in Power Plants", *Transactions of the KSME C Industrial Technology and Innovation*, Vol.9, No.1, pp.75-83, Mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3795/KSME-C.2021.9.1.075>
- [9] F. Nurprihaton, M. Angely, H. Tannady, "Total Productive Maintenance Policy to Increase Effectiveness and Maintenance Performance Using Overall Equipment Effectiveness", *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, Vol.6, No.3, pp.184-199, Sep. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22105/JARIE.2019.199037.1104>
- [10] K. H. Yeon, "A Studies on the Effect of the Mediating Variable Affecting the Business Performance in the TPM Activity", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol.7, No.1, pp.197-203, Feb. 2016. DOI: <https://doi.org/10.15207/JKCS.2016.7.1.197>
- [11] Y. H. Seo, C. Lee, H. N. Moon, "An organisational learning perspective of knowledge creation and the activities of the quality circle", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol.27, No.4, pp.432-446, Mar/Apr. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14783363.2015.1009367>
- [12] G. C. Chang, "Perceived job and skills mismatches Research on the transition to consistent perception through tenure and job training", *Journal of Policy Sciences*, Vol.25, No.1-2, pp.23-47, Dec. 2016.
- [13] J. H. Han, "(The) effects of diversity of independent directors on strategic changes and firm performance", Ph.D dissertation, Ewha Womans University, Korea, 2013.
- [14] Y. S. Lee, B. K. Choi, H. J. Hahm, "A study on the Applicability of Autonomous Maintenance in the Industrial form", *The Korean Institute of Plant Engineering*, Vol.9, No.2, pp.155-163, Jun. 2004.
- [15] K. H. Yeon. "HP Analysis for the effect of TPM Activity factors", *Journal of Digital Convergence*, Vol.12, No.2, pp.111-117, Feb. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2014.12.2.111>
- [16] K. E. McKone, R. G. Schroeder, K. O. Cua, "The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance", *Journal of operations Management*, Vol.19, No.1, pp.39-58, Jan. 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00030-9)
- [17] O. U. Kwon, H. C. Lee, "A Study on the Improvement Countermeasures for the Equipment Productivity and Efficiency Based on the Equipment Loss Structures", *Journal of The Korean Institute of Plant Engineering*, Vol.8, No.3, pp.1-24, Sep. 2003.
- [18] Korean National Quality Award(KNQA), "2014-2021 Case of excellent quality distribution(TPM field)",

<http://knqa.ksa.or.kr/knqa/2294/subview.do>  
(accessed Nov. 29, 2023)

- [19] C. S. Lee, Y. K. Hwang, H. Y. Chang, U. K. Yoo, (Using SPSS, AMOS, PROCESS macro)Analyzing Mediation Effect, Controlled Effect, and Controlled Mediation Effect, Chungnam, 2019.
- [20] W. P. Kim, Advanced Accounting Analysis, Wiseincompany, 2017.
- [21] S. C. Mun, E. S. Kim, M. C. Park, "Effect of mental fatigue caused by mobile 3D viewing on selective attention: An ERP study", *International Journal of Psychophysiology*, Vol.94, No.3, pp.373-381, Dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.1389>
- [22] Y. Benjamini, Y. Hochberg. "Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing", *Journal of the Royal Statistical Society.Series B (Methodological)*, Vol.57, No.1, pp.289-300, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x>
- [23] K. C. Park, H. Y. Chung, "A Study on the Demonstration of Quality Circle on TPM Performance", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.22, No.12, pp.390-396, Dec 2021. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.12.390>
- [24] C. K. Park, "A study on Improving the Level of Introduction of Smart Factories Using the Extended Innovation Resistance Model", *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol.11, No.3, pp.107-124, Mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2021.11.03>.

정 호 연(Ho-Yeon Chung)

[정회원]



- 1988년 8월 : 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 1994년 8월 : 서울대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2005년 8월 ~ 2006년 8월 : 펜실베이니아주립대학교 방문교수
- 1991년 9월 ~ 현재 : 전주대학교 산업공학과 교수

<관심분야>

Platform Business, Intelligent Manufacturing System, Smart Factory

박 기 철(Ki-Chul Park)

[정회원]



- 2009년 2월 : 전북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2019년 2월 : 전북대학교 경영학과 (경영학 박사수료)
- 2022년 8월 : 전주대학교 산업공학과 (공학박사)

<관심분야>

설비기술, 품질경영, 기술경영