JESK J Ergon Soc Korea 2023; 42(3): 225-234
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2023.42.3.225
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Study on the Hawthorne Effect of using Action CAM on Work Procedure Violations: Focusing on PSM Workplaces

Kwang Ock Cho[1], Jae Hee Park[2]

[1]Hankyong National University, Graduate School, Anseong, 17579
[2]Hankyong National University, School of Social Safety System Engineering, Anseong, 17579

액션캠 사용 여부가 작업절차 위반에 미치는 호손 효과에 관한 연구: PSM 사업장을 중심으로

조광옥[1], 박재희[2]

[1]한경국립대학교 대학원
[2]한경국립대학교 사회안전시스템공학부

Corresponding Author
Jae Hee Park
Hankyong National University, School of Social Safety System Engineering, Anseong, 17579
Email : maro@hknu.ac.kr

Received : February 09, 2023
Revised : April 13, 2023
Accepted : June 08, 2023

Copyright@2023 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purpose of this study was to experimentally determine whether taking a working image acts as a Hawthorne effect to reduce human errors.

Background: Most of the accidents are caused by human errors, so automatically control critical facility to prevent human errors. However, the dominant research is that automatically control systems alone cannot completely prevent human errors. Therefore, in this study, an experiment was conducted with power plant operators to determine whether the disposition that induces the Hawthorne effect reduces Human Errors.

Method: Prior to the experiment using an action CAM, a literature survey on human error and a questionnaire survey of PSM (Process Safety Management) workplaces. In the experiment, eight operators cut off an octagonal shape from paper with and without wearing action cam. Even in the experiment without action CAM, all the participants' behaviors were recorded by a hidden camera.

Results: As a result of the experiment, it was confirmed that the Hawthorne effect was effective in reducing human errors, such as reducing the number of work procedure violation from 11 to 1 when the subject wore an action CAM.

Conclusion: This study verified that the number of violations of work procedure was reduced by inducing the Hawthorne effect by wearing an action CAM rather than a fixed type of CCTV. However, it should be preceded by establishing an accurate procedure for the work and educate the worker on the procedure.

Application: The results of this study can be used for human errors reduction management method for workers engaged in hazardous works.

Keywords: Human error, Hawthorne effect

1. Introduction

최근 우리나라의 안전보건분야는 격변의 시대를 맞이했다고 해도 무리가 없을 정도로 제도와 사회적 분위기가 급변하고 있다. 1981년 제정된 산업안전보건법은 제정 후 28년만인 2020년에 전면 개정되었고, 태안화력발전소에서 발생한 중대재해를 계기로 2021년 1월 중대재해처벌에 관한 법률(이하 '중대재해처벌법' 이라고 한다.)이 국회 본회의를 통과하며 2022년 본격 시행되었다. 중대재해처벌법의 제정이유를 Ministry of Employment and Labor (2021)는 이렇게 설명하고 있다. 첫째. 최근까지 지속적인 제도적 개선에도 불구하고 중대재해가 끊이지 않고 있다. 둘째. 경영자의 안전보건관리체계 구축에 대한 무관심이 중대재해를 야기하고 있다. 셋째. 경영책임자 등을 처벌하는 규정으로 지속적인 안전관리시스템 개선에 경영자의 관심을 유도하기 위함이다. 그 목적에 반응하듯 중대재해처벌법 제정 이후 대기업을 중심으로 안전전문인력을 확보하고 전담조직을 개편하는 등의 안전관리체계 개선에 노력하고 있는 모습이다. 중대재해처벌법은 기존의 산업안전보건법과 달리 근로자의 안전사고 뿐만 아니라, 사고로 인해 지역 주민의 피해가 발생하였을 때에도 처벌하는 조항을 포함하고 있다. 그로 인해, 화학물질을 제조, 취급하는 사업장은 사고로 인한 피해가 외부로 전이되지 않도록 하기 위한 공정안전관리(PSM, Process Safety Management)에 대한 관심도 증가하고 있는 실정이다.

화학물질을 대량으로 취급하는 최근의 플랜트산업 설비는 인적오류로 발생하는 사고를 예방하기 위하여 자동제어시스템을 갖추고 있으며 비정상적 운전상태를 감지하여 정상범위로 제어하거나 사고 예방을 위해 자동으로 운전정지가 되도록 설계되어 운영되고 있다. 이렇게 인적오류 예방을 위해 자동제어시스템을 적용하고 있지만, 이런 자동제어시스템이 인적오류를 완벽하게 예방하지 못한다는 의견이 지배적이다. Lee (1997)는 산업현장의 자동화 및 자동제어시스템의 확대는 시스템에 대한 지나친 믿음으로 인한 부작용으로 인적오류의 가능성을 완전히 제거하지 못한다고 하였고, KOSHA (1999)은 시스템도 운전작업자와 관리감독자 간의 의사소통이나 정보전달상에 에러가 발생할 수도 있다고 하였다. 이를 반증하듯이 Ministry of Employment and Labor (2011-2020)에서 발표한 산업재해분석 현황 중 2011년부터 2020년까지의 현황을 재분석하여 전 산업 사고사망 재해자수와 화재·폭발·파열 및 유해화학물질 누출에 의한 사고사망 재해자수를 비교한 결과 전 산업 사망자 대비 30% 전후로 뚜렷한 감소세는 보이지 않음을 확인할 수 있다(Figure 1).

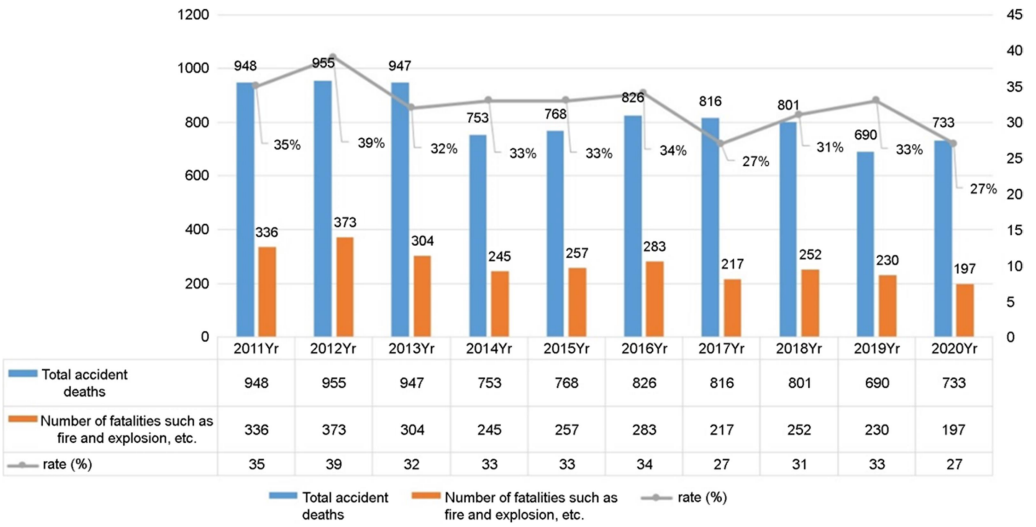


Figure 1. Comparison of the number of fatal accidents such as fire and explosion amang all industrial accidents death over the past

최근의 산업재해 통계에서 보듯이 많은 사고가 인적오류에 기인하기 때문에 인적오류를 줄이지 않고 재해율을 급격히 낮추는 것은 현실적으로 어려울 것으로 보인다. 안전공학분야와 인간공학분야에서는 지속적으로 인적오류에 대한 연구들이 진행되어 왔고 인적오류는 대형화되고 있는 산업사회에서는 반드시 통제되어야 할 요소이기도 하다. Park et al. (2018)은 2009년에서 2013년 사이에 한국에서 발생한 중대산업사고 중 81건의 사고를 행위에 따른 인적오류를 분류한 결과 확인오류가 22%, 행동의 실수가 78%인 것으로

나타났다고 하였다. Yong (2015)는 국내 화학사고의 26%가 부적절한 작업이나 행동의 인적 요인에 의해 발생하고, 그 중 작업의 실수가 65%를 차지한다고 하였다. Hong and Park (2016)은 제조업에서 발생하는 사고의 70%가 절차 위반 등의 인적오류로 인해 발생했다고 하였다. Park and Mo (2021)은 2017~2019년 발생한 끼임 사고로 인한 중대재해의 인적오류를 분석한 결과 규정을 준수하지 않은 위반(violation)이 46.8%로 가장 높게 나타났다고 하였다. 인적오류의 종류를 분류하는 방법은 여러 가지가 있지만, 산업현장에서 많이 활용되는 있는 Reason (1990)의 분류 방법에 의하면 비의도적인 에러행동으로는 실수(slip)와 망각(lapse), 의도적인 에러행동은 착오(mistake)와 위반(violation)으로 분류한다. 실수(slip)는 주의부족에 의한 에러, 망각(lapse)는 기억실패에 의한 에러, 착오(mistake)는 규칙이나 해당 지식을 잘못 알고 있거나 모르는 것에 의한 에러, 위반(violation)은 알고 있음에도 불구하고 의도적으로 위반한 것으로 분류하고 있다.

본 연구는 호손 실험의 실패 원인으로 알려진 호손 효과(Hawthorne Effect)를 이용하였다. 호손 효과란 1927~1932년 미국의 Western Electric 호손(Hawthorne)공장에서 조명과 생산성의 상관관계를 연구한 실험으로 관찰자 효과를 통제하지 못하여 실패한 실험으로 알려 졌으며, 누군가가 자신의 행위를 관찰할 때 더 잘하려고 하는 욕구가 발생하는 효과로서 관찰자 효과라고도 한다. Holden (2001)은 호손 효과를 피실험자인 작업자의 행동을 관찰함으로써 작업자의 행동과 능률의 변화가 일어나는 현상이라고도 하였다. 이런 호손 효과를 인위적으로 유발하게 하는 것이 인적오류에 어떤 영향이 있는지 확인하고자 하였으며, 작업절차를 위반(violation)하는 행위가 작업영상을 촬영함으로써 얼마나 감소하는지를 알아보고자 연구하였다.

호손 효과에 대한 국내의 선행연구를 조사하려고 하였지만, 직접적인 호손 효과에 대한 연구는 찾기 어려웠으며, 보조적으로 관찰자 효과로 보여지는 선행연구를 추가적으로 조사하였다. 의료인 위생관리 측면에서의 호손 효과에 관한 연구로 Kim (2013)은 병원 직원을 대상으로 손 위생 모니터링 시 관찰자를 인지하는 경우 호손 효과(Hawthorne effect)가 유발되어 의료인의 손 위생 관리도에 상승효과가 있다고 하였다. Song and Jung (2015)은 한국인이 서양인에 비해 호손 효과가 크게 나타나는 이유를 높은 타인의식을 가진 성향이라고 하였다. 또한, 인지 관찰과 비인지 관찰의 효과 차이는 인지 관찰이 45% point 높게 나타났다고 하였다. 즉, 누군가가 관찰하는 것을 알고 있을 때는 긍정적인 효과가 45% 증가한다는 것이다. 그 외 직접적인 호손 효과의 검증을 위한 연구는 아니지만, 유사한 연구를 확인하였다. Ok and Kim (2013)은 사업장에 고정식 웹카메라(web camera)를 설치하였을 때 근로자의 안전의식 고취에 효과가 있었다고 하였다. Kwon (2012)은 보육시설에 CCTV (Closed-Circuit Television)를 설치하였을 때 보육교사의 안전의식과 안전실천에 긍정적인 효과가 있다고 하였다. 또한, 치안분야에서도 유사한 연구가 있었는데, Lee (2010)는 방범용 CCTV가 학교폭력 해결분야, 교통단속분야 및 범죄예방 분야에서 효과가 크다고 하였다. 이런 연구를 보면, 누군가 자신을 관찰하는 것을 인지하는 경우에는 해당 분야의 올바르지 않은 행위가 감소하는 효과가 있다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구는 선행연구와 같이 직접적인 관찰자를 두거나, 고정식 CCTV의 설치와 달리 작업자에게 액션캠을 착용하게 하여 작업하는 영상이 촬영되는 사실을 작업자가 인지하고 있는 경우와 그렇지 않은 경우의 차이를 연구하고자 하였다.

2. Method

2.1 Questionnaire survey

실험에 앞서 PSM대상 사업장을 대상으로 94개 사업장에 구글설문지를 이용하여 인적오류가 확인되었을 때의 조치하는 방법과 작업영상 촬영의 효과에 대한 PSM 업무 담당자에게 설문하여, 23개 사업장이 응답하였다. 그 결과 인적오류가 발생하였을 때 5개 사업장만 경영진에 보고한다고 답변하였다. 작업영상 촬영에 대해서는 19개 사업장(83%)가 인적오류가 감소하는 효과가 있을 것이라고 하였다.

2.2 Experimental design

본 연구에서는 운전작업자가 작업하는 것을 영상매체로 촬영하는 것을 작업자가 인지하는 경우와 그렇지 않은 경우를 비교하여 작업영상을 촬영하는 것이 인적오류 감소 효과가 있는지를 알아보고자 하였다. 실제 운전작업을 실험실에서 구현하는 것이 어려움에 따라 팔각형의 도형을 A3 인쇄용지에 인쇄하여 자와 칼을 이용하여 30장의 도형을 자르는 작업으로 대체하였고, 본 실험에 앞서 대학생을 대상으로 예비 실험을 진행하였다. 예비 실험의 주 목적은

첫째. 카메라를 천정에 숨겼을 때 피(실)험자가 인지하는 지 여부의 확인.
둘째. 실험 난이도, 소요시간 조정.
셋째. 예비 실험에서 확인된 문제점을 개선하여 본 실험의 실패를 예방이다.

예비 실험은 경기도에 소재한 대학교에서 하였다(Figure 2). 실험 참가 희망자를 대상으로 하였으며, 실험장소는 시청각 기자재가 설치되어 있는 강의실로 정하였다. 예비 실험은 총 3명을 대상으로 하였으나, 첫 번째 피(실)험자의 실험영상은 카메라가 작동되지 않아 취득하지 못하였다. 실험결과, 피(실)험자는 천정에 카메라가 설치된 것을 인지하지 못하였다. 첫 번째 예비실험은 별모양의 도형을 자르도록 하였다. 그 결과 과도한 시간이 소요되어, 팔각형으로 변경하여 도형의 각 변의 자르는 순서를 조정하여 난이도를 높였다. 또한, 첫 번째 예비 실험에서 천정에 은닉설치 한 카메라가 작동을 하지 않아 촬영 버튼을 먼저 눌러 촬영되는 것을 확인 후 천정에 올리는 것으로 개선하였다.

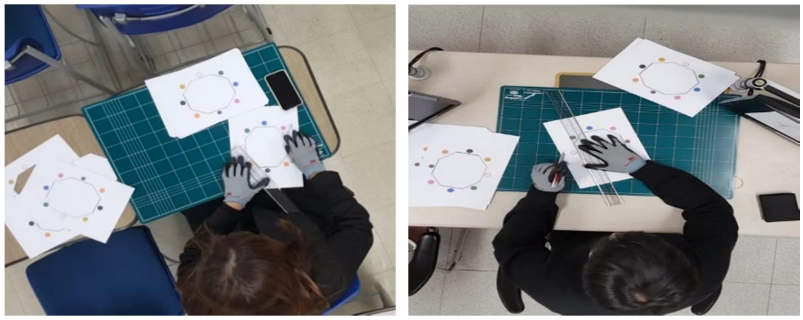


Figure 2. Preliminary experiment

본 실험은 피(실)험자가 근무하는 사업장의 회의실에서 하였다. 실험장소에는 실험직무 내용을 대형모니터에 송출하여 그 절차에 따라 작업을 수행하게 하였으며, 실험실의 조명은 조도 377 lux 수준을 유지하였다. 피(실)험자는 천연가스 발전소의 운전원 중 연령 40대 이상 4명과 40대 미만 4명으로 8명을 선정하였으며, 평균연령 42±5.0세, 평균 업무경력은 12±6.0년이었다. 실험방법은 실험자내 실험(within subject), 액션캠 착용상태 실험과 미착용상태 실험의 순서를 각각 4명씩 균등화(balancing)하여 1그룹은 액션캠 미착용상태 실험을 먼저 한 다음 8일이 경과 후에 액션캠 착용상태 실험을, 2그룹은 액션캠 착용상태 실험을 먼저 한 다음 8일 경과 후에 액션캠 미착용 실험을 하였다. 호손 효과는 관찰자가 있을 때 발생하기 때문에 액션캠 미착용상태에서 작업절차 준수 여부를 확인하기 위해서 은닉촬영이 필요하였다. 천정의 빔 프로젝터 받침에 동일한 색상의 휴대폰 카메라를 설치하여 피실험자가 인지하지 못하도록 하였고, 실험종료 후 피실험자에게 사후 동의를 구하였다(Figure 3).

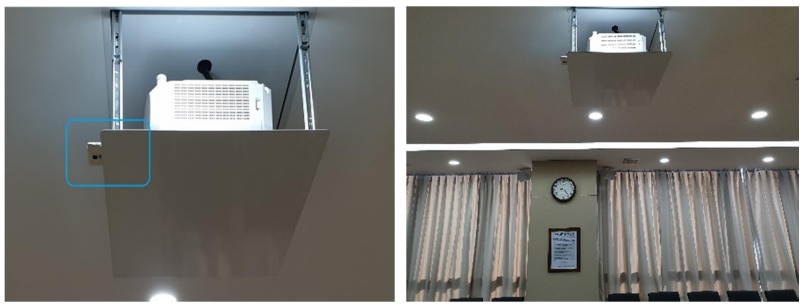
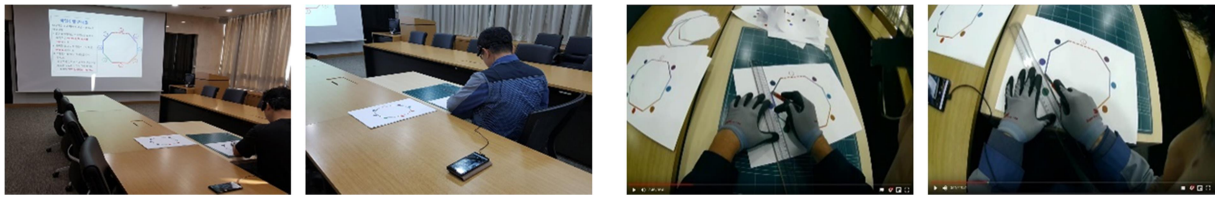


Figure 3. Hidden camera installation

은닉설치 한 카메라로 촬영된 영상은 Figure 4와 같으며, 관찰자가 없는 상태에서 실험직무에서 요구하는 사항을 준수하였는지, 실험 후 분석하는데 사용하였다.

Figure 4. No-CAM test video

액션캠 착용상태 실험은 실험장에 입장하기 전에 액션캠을 착용하였고, 액션캠 착용의 이유를 설명하였다. 실험직무를 수행하는 동안 모든 동작이 촬영되어 실험종료 후 실험직무 수행과정을 확인하는 것으로 고지하였고, 액션캠 미착용상태 실험과 같은 방법으로 작업 수행을 요구하였다(Figure 5).



(a) CAM using test state (b) CAM using test video capture

Figure 5. CAM test video

2.3 Experimental task

피(실)험자에게 A3 인쇄용지에 인쇄된 8각형의 도형을 도형의 선분에 표기된 오리기 순서대로 칼과 자를 이용해서 한 장씩 자르는 작업을 실험직무로 부여하였다. 해당 작업에 대한 구두 설명은 없이 모니터에서 제시하는 요구사항에 따라 실험직무를 수행하도록 하였다. 직무에서 구체적으로 요구하는 사항은 실험장소 모니터에 표시하였으며(Figure 5), 그 내용은 Figure 6과 같다.

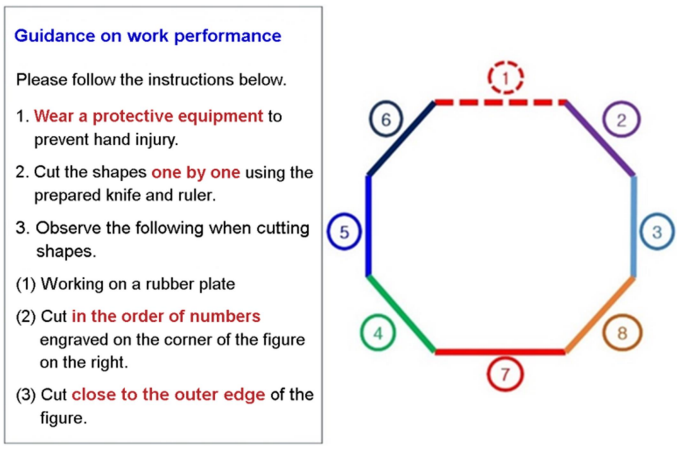


Figure 6. Experimental job requirements

실험직무가 완료된 후 각각의 촬영된 영상을 확인하여 작업수행문으로 제시한 요구사항(작업절차)의 위반 횟수를 조사하였다. 요구사항(작업절차)의 위반 횟수 산정은 다음과 같이 하였다.

첫째, 안전보호구(장갑) 미착용, 정해진 작업도구(자, 칼) 미사용은 30장을 자르는 작업 중에 한번이라도 위반하면 "1", 위반이 없으면 "0"으로 산정하였다.

둘째, 자르기 순서 위반은 30장을 자르는 동안 위반한 회수를 합산하여 산정하였다.

2.4 Test result and statistical analysis

실험결과 액션캠 미착용상태 실험에서는 장갑 착용 위반이 3건, 자 미사용이 1건, 자르기 순서 위반이 7건으로 총 11건의 위반이 발생하였으나, 액션캠 착용상태 실험에서는 자르기 순서 위반 1건 이외의 위반은 확인되지 않았다(Table 1).

Table 1. Test result of violation and work error

	Globe violation	Ruler violation	Sequence violation	Total violation
No-CAM	3	1	7	11
CAM	0	0	1	1

본 연구의 통계분석에는 SPSS와 엑셀(Excel)을 사용하였고, 비모수 검정인 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed rank test)와 엑셀의 데이터분석 기능 중 *t*-검정으로 분석하였다. 유의수준은 0.1로 결정하여 검정하였으며 액션캠 착용 여부에 따라 행동의 변화가 통계적으로 유의한 차이가 있는지 Wilcoxon signed rank test로 확인하였다. 그 외 현장 경력의 정도에 따라 절차의 위반 횟수에 유의한 차이가 있는지는 *t*-test를 통해 비교하였다.

장갑 착용, 자르기 작업 중 자(ruler) 사용, 자르기 순서를 준수하도록 한 작업절차의 위반 건수를 검정한 결과 장갑 착용 위반은 *p*-value 0.109, 자(ruler) 미사용은 *p*-value 0.317로 액션캠 착용 여부에 유의하지 않은 것으로 확인되었고, 자르기 순서위반은 *p*-value 0.059, 작업절차 총 위반 건수는 *p*-value 0.027로 액션캠 착용 여부에 따라 유의한 결과가 확인되었다(Table 2).

Table 2. Wilcoxen signed rank test result of work procedure violation

	Globe violation	Ruler violation	Sequence violation	Total violation
Z	-1.604[b]	-1.000[b]	-1.890[b]	-2.207[b]
p-value	0.109	0.317	0.059	0.027

연령대 별로 작업절차 위반 수에 차이가 있는지 확인하기 위해 40대 이상과 40대 미만의 연령대별로 작업절차 위반 수에 차이가 있는지 *t*-test를 통해 확인한 결과 *p*-value 0.85로 분석되어 작업절차 위반 횟수는 연령대에 따른 차이는 없는 것으로 확인되었다(Table 3).

Table 3. *t*-test result for violation of procedure according to age

	Over 40 years old	Under 40 years old
Mean	1.75	1.50

Table 3. *t*-test result for violation of procedure according to age (Continued)

	Over 40 years old	Under 40 years old
Variance	1.58	1.67
Pearson correlation coefficient	-0.72	
t-Statistics	0.21	
One-tailed test *p*-value	0.42	
Two-tailed test *p*-value	0.85	

3. Results

본격적인 연구에 앞서, PSM 사업장 안전담당자에게 작업자에게 액션캠을 착용시켜 영상을 촬영하는 것이 인적오류 감소에 영향을 미칠지에 대해 설문하였다. 총 94개 사업장에 설문하여 23개 사업장이 응답하였다. 작업영상 촬영이 작업자의 긴장도 유지에 도움이 될 것이다(22명, 96%). 작업영상 촬영이 인적오류 감소 효과가 있을 것이다(19명, 83%)로 대부분의 응답자는 긍정적인 효과가 있을 것으로 답하였다.

사람이 직접 관찰하지 않고 작업영상을 촬영하여 호손 효과를 유발하는 것이 안전담당자의 설문 결과와 같이 인적오류를 줄이는 효과가 있는지 설계된 실험방법으로 발전소 운전원을 대상으로 액션캠 착용과 미착용상태 실험을 하였다.

그 결과, 실험직무에서 요구한 작업절차 위반(violation) 건수가 미착용 실험에서 11건이었으나 액션캠 착용 실험에서는 1건으로 현저하게 감소하였으며, 유의수준 α=0.05 에서 유의한 것으로 분석되었다(Figure 7).

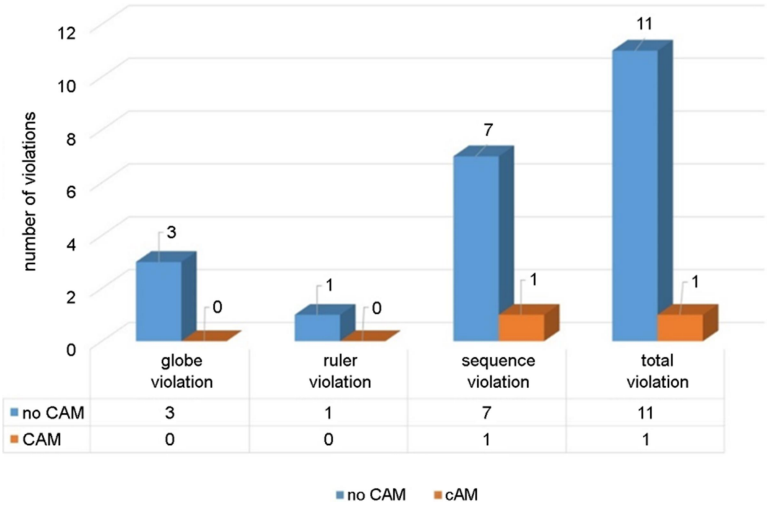


Figure 7. Comprehensive comparison of no-CAM and CAM test result

실험결과 중 특이한 점은 경력이 많은 사람이 절차 위반 횟수가 많을 것으로 가정하고, 연령대별로 실험한 결과이다. 실험결과 연령대에 따른 차이를 보이지 않았다. Rasmussen (1986)의 인간행동 3단계 모델로 유추하여 보면, 경력이 많은 사람은 과거의 경험을 바탕으로 판단하는 경향이 있어서 절차 위반이 많을 것이라고 예상했지만, 차이가 없는 결과를 보였다. 그 이유는 40대 이상의 고 연령대

라 하더라도, 익숙하지 않은 작업으로 실험한 결과일 것으로 예상된다.

4. Discussions and Conclusion

위험물질을 취급하는 PSM 대상 사업장의 경우 한 건의 사고로 막대한 인적 물적 피해가 발생하게 되는데, Hong and Park (2016)은 이러한 제조업에서 발생하는 사고 중 약 70%가 절차 위반 등 규정 위반과 관련하여 발생하고 있다고 하였다. 최근 산업단지의 잦은 사고로 인해 노후시설에 대한 관심도 높아지는 가운데, Park (2015)은 국내 발전소의 경우 2018년을 기준으로 183대의 발전 설비 중 102대(55.7%)가 최초 가동 후 20년이 경과한 노후 설비이며, 고장 원인 중 보수 불량에 의한 고장이 56%를 차지하고 있다 하였다. Lee (2019)는 사업장에서 사고 발생 시에는 인근 주민에게도 영향을 미치는 화학사고 383건 중 56%가 작업자 부주의 등 인적오류에 기인하였다고 하였다. Kim (2021)은 4차 산업발달과 함께 인적오류가 사회적으로 막대한 피해를 유발하게 되어 인적오류에 관심이 높아지고 있다고 하였다. 이렇게 사고의 대부분을 차지하고 있는 인적오류를 줄이기 철저한 위험성평가를 기초하여 작업절차서를 마련하고 이 절차를 준수하여 작업하게 하면 사고 예방이 가능하다는 것은 누구나 공감하는 사실이다.

본 연구도 호손 효과(Hawthorn effect)를 유발시켜 작업자의 '더 잘하려는 욕구'를 촉진하는 것이 작업절차 준수에 긍정적인 효과가 있을 것으로 가정하여 연구를 시작하였다. 그 결과 작업자에게 액션캠을 착용시켜 작업을 하도록 하는 것이 호손 효과를 유발하여 절차의 위반(violation) 건수가 감소하는 효과가 있음을 확인하였다. 액션캠 미착용으로 관찰자가 없는 상황에서 작업할 때에 비해서 액션캠을 착용시켜 관찰자 효과를 유발하였을 때 작업절차의 위반(violation) 건수는 11건에서 1건으로 91%가 감소하였다.

단, 본 연구에서 실행한 실험은 현장작업과 성격이 다른 '도형 자르기' 작업으로 실행했기 때문에 실제 상황과는 차이가 있을 수도 있다.

또한, 이런 호손 효과는 4개월째부터 감소하기 시작하는 문제가 있어(Song and Jung, 2015), 이 시점에 또 다른 동기부여 수단을 강구해야 한다. 여기에 더하여, 안전보건공단이 공개하는 중대산업재해 분석을 보면, 수많은 사고가 작업절차서가 없거나, 있어도 현장과 일치하지 않는 불완전한 절차서가 원인이 되기도 하였다. 따라서, 액션캠을 착용 시켜 절차를 준수하는 효과를 꾀하기 전에 작업현장 및 대상 시설에 대한 정확한 위험성평가와 그 평가결과를 반영한 절차서를 작성해야 하는데, 작업자가 이해하기 쉬운 절차서를 제정하고 교육하는 것이 반드시 선행해야 하는 과제라고 판단된다.

References

Cho, K.O., A Study on the Effect of Videotaping Work Procedure by Using Action CAM on Human Error, *Hankyong National University*, 2020.

Hong, I.G. and Park, J.B., A Qualitative Study on Safety Rule Violation Motives at Manufacturing Plants, *Journal of the Korean Society of Safety*, 31(2), 133-142, 2016.

Holden, J.D., Hawthorne effect and research into professional practice, *Journal of Evaluation in Clinic Practice*, 7, 65-70, 2001.

Kim, J.B., A Case Study on Aircraft Accidents Due to Air Traffic Controller's Human Error: Applying TEM (Threat & Error Management) Analysis, *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 29(4), 124-133, 2021.

Kim, J.H., The Hawthorne Effect between Covert and Overt Observations in the Monitoring of Hand Hygiene Adherence among Healthcare Personnel at Intensive Care Unit, *Ulsan University*, 2013.

KOSHA. A Study on the Human Error Analysis in Chemical Industrics, 1999.

Kwon, M.R., The Effect of the Safety Awareness and Safety Practice of the Day-Care Teacher according to the Presence of CCTV, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 13(2), 822-826, 2012.

Lee, D.J., A Study on the Improvement of Safety Management of Hazardous Noxious Substances for Prevention of Chemical Accident, *Incheon University*, 2019.

Lee, J.S., Psychological Perspectives on the Safety: Behavior-Based Approach and Human Factors Approach, *Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology*, 6(1), 39-63, 1997.

Lee, S.J., An Analysis for the Effectiveness and Utilization of the CCTV on Crime Prevention and Arrest, *Korea University*, 2010.

Ministry of Employment and Labor, Analysis of the status of industrial accident, 2011-2020.

Ministry of Employment and Labor, Serious Disaster Punishment Act Commentary, 2021.

Ok, H. and Kim, S.J., Application Method of Remote Site Monitoring in Public Road Construction Projects, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 14(12), 6550-6557, 2013.

Park, J.C., Baek, J.B., Lee, J.W., Lee, J.W. and Yang, S.H., A Study on the Analysis of Human-errors in Major Chemical Accidents in Korea, *Journal of the Korean Society of Safety*, 33(1), 66-72, 2018.

Park, J.H. and Mo, S.M., Ergonomics Analysis of Human Error on the Stuck Accident in the Manufacturing Industry, *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 2021(11), 369-369, 2021.

Park, J.K., A Study on Critical Analysis of the Human Error Factor in the Risk Assessment of Aging Process Industry Plant, *Hansei University*, 2015.

Rasmussen, J., Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering. New York: North Holland, 1986.

Reason, J., Human error, Cambridge University Press., 1990.

Song, J.Y. and Jung, I.S., The Hawthorne Effect on the Adherence to Hand Hygiene, *Journal of the Perspectives in Nursing Science*, 12(1), 7-13, 2015.

Yong, J.W., Development of Chemical Plant Safety Management System Using Job Risk Map, *Kwangwoon University*, 2015.

Author listings

Kwang Ock Cho: mheart3@naver.com
Highest degree: MS, Department of Civil Safety Environment Engineering, Hankyoung National University
Position title: Team Leader of Safety Team, NAEPO Green Energy Co., Ltd.
Areas of interest: Human Error

Jae Hee Park: maro@hknu.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, School of Social Safety System Engineering, Hankyong National University
Areas of interest: Human Error, Seat Ergonomics, WMSD