

HEART기법 활용한 조직의 OH&S경영시스템 및 안전문화와 불안전한 행동 확률에 관한 연구*†

강 동 천(제1저자)

인하대학교 일반대학원 환경·안전융합전공학과 (석사)

천 영 우(교신저자)

인하대학교 환경안전융합대학원 (교수)

황 용 우(공동저자)

인하대학교 환경공학과 (교수)

A Study on the OH&S Management System, Safety Culture and Unsafe Behavior Probability of Organizations Using HEART Method

Kang, Dong Cheon(First Author)

Graduate School of ET&ST Convergence, Inha University (Master)

Chon, Young Woo(Corresponding Author)

Department of ET&ST Convergence, Inha University (Professor)

Hwang, Yong Woo(Co Author)

Department of Environmental Engineering, Inha University (Professor)

* 이 연구는 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (N0012787, 2020년 산업혁신인재성장지원사업)

† 본고는 강동천의 2019년 석사학위 논문 「철도기반 공공서비스업종의 조직안전문화 수준측정 및 불안정한 행동 확률에 관한 연구」의 일부를 발췌하여 재작성한 것임

Abstract

The purpose of this study is to predict the probability of unsafe behavior of service workers and to find a reduction plan. In addition, we propose an unsafe behavior probability expression by applying the organizational safety culture level diagnosis factor to the existing HEART technique. For this purpose, this study set up a research model for organizational safety culture by analyzing previous studies and conducted an empirical analysis, and derived formulas in connection with the industrial accident rate of the sample, And the level of safety culture of organization was further derived by the relationship between the cause of unsafe behavior of the organization members and linear multiple. In order to reduce the probability of unsafe behavior of the members, it is necessary to pay attention not only to lower the inherent untrustworthiness by changing to safe work but also to improve the level of organizational safety culture through management system.

Keywords : Organizational Safety Culture, Human Error Assessment and Reduction Technique, OH&S Management System, Unsafe Behavior Probability

접수일(2020년 10월 13일), 수정일(2020년 11월 14일), 게재확정일(2020년 11월 23일)

I. 서론

최근 5년간(2015~2019년) 철도사고 분석 자료에 의하면 철도사고의 5.0%를 차지하는 열차사고의 경우 운전자 및 유지보수자 등에 의한 인적요인이 34.5% 차지하고 있고, 철도사고의 64.2%를 차지하는 철도교통사상사고의 경우 이용객의 불법행위로 인한 여객 및 공중의 사상사고 외에 열차서비스 직원의 부주의한 행동 등에 기인한 사고도 지속적으로 발생되고 있다.(철도안전정보종합관리시스템, 2020)

철도시스템의 안전을 위해서는 차량, 시설, 신호, 전기와 같은 하드웨어는 물론 조직, 자격, 교육훈련, 종사자, 이용객 및 주변의 환경과 같은 다양한 요인이 고려되어야 하는데, 철도사고의 상당 부분을 차지하는 건널목 사고는 대폭 감소하고 있는 반면, 종사자의 인적요인으로 인해 발생하는 사고는 감소하지 않고 있으며, 이들 사고를 유

발한 원인의 2/3가 종사자의 인적오류로 보고되고 있다.(한국철도기술연구원, 2007)

하지만, 철도종사자의 인적오류(휴먼에러)에 대한 기존의 인간-시스템 인터페이스 설계 기준 또는 확률론적 안전성평가 등의 연구는 대형사고로 이어질 수 있는 기관사의 인적오류와 열차사고에 국한되어 있어, 고객의 접점에서 서비스를 제공하는 여객 역무원 또는 열차승무원의 인적오류와 안전행동에 대한 분석은 미비한 실정이다. 그들의 인적오류 또는 불안정한 행동은 개인뿐 아니라 고객에 대한 철도교통사상사고로도 이어질 수도 있다. 최금년 등(2015)은 항공기 객실 승무원의 안전 활동에 대한 연구를 통해 승무원의 안전은 지각된 품질에 유의한 영향을 거쳐 고객의 신뢰와 고객 만족에 간접적 영향을 미치는 것으로 주장하였다.

한편, 이수원(2018)에 따르면 상당한 인력과 조직을 보유한 철도 운영 기관은 고객 관리, 시설관리, 운전업무, 차량검수, 시스템 관리 등 모든 부서의 업무가 동시협업적 형태로 움직이는 특성을 갖고 있고, 승무분야 직원들의 안전행동에 미치는 동기부여는 리더십 보다는 안전시스템이나 매뉴얼 등과 같은 조직문화에 영향을 받을 수 있다고 주장하였고, 전무경 등(2015)은 서비스 조직의 리더십 유형과 조직문화 관련하여 다른 산업에 비해 상대적으로 동태적인 서비스 산업 환경에서는 전통적 리더십 보다는 조직 변화를 이끌어내는 경향을 가지는 변혁적 리더십을 발휘할 수 있는 조직운동을 주장하였으며, 정연웅 등(2014)의 경우 변혁적 리더십은 팔로워십의 매개를 통해 보다 유의한 영향을 주는 것으로 주장하였다. 그리고, 이종석 등(2011)은 영국의 경우 1987년 화재로 31명의 사망자가 발생한 런던 킹즈크로스역 사고와 관련 “안전리더십, 직원 참여, 커뮤니케이션, 귀책 보고 및 신뢰의 증가가 영국 철도산업의 안전문화를 개선할 수 있고, 안전문화의 향상이 직원들의 불안정한 행동을 유도하는 경영상의 결점을 줄일 수 있다”는 사고결과 보고서(Richard Roles, 2005)를 통해 경영시스템, 관리리더십과 안전문화를 강조하고 있으며, 영국 산업안전보건청(HSE)에서는 지속적인 사고 감소를 위해서는 기술적인 측면의 노력뿐 아니라 안전을 경영시스템에 통합하는 시스템적 접근방안이 필요하다는 연구결과를 제시한 바 있다.

따라서, 본 연구는 철도종사자 중 고객의 접점에서 서비스를 제공하는 열차승무원의 인적오류를 조직 안전문화, 경영시스템 및 관리자 리더십과 관련된 안전경영 시스템적인 측면에서 접근하고, 보다 정량적으로 조직의 인적오류 발생 확률을 추정하여 저감대책을 수립할 수 있는 방향을 제시하기 위하여 기존 인적오류에 대한 정량적인 평가 기법인 HEART(Human Error Assessment and Reduction Technique)기법과의 접목 방안에 대하여 연구하여, 궁극적으로 인적작업의 서비스 조직에 적합한 정량적인 인적오류 평가모형을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

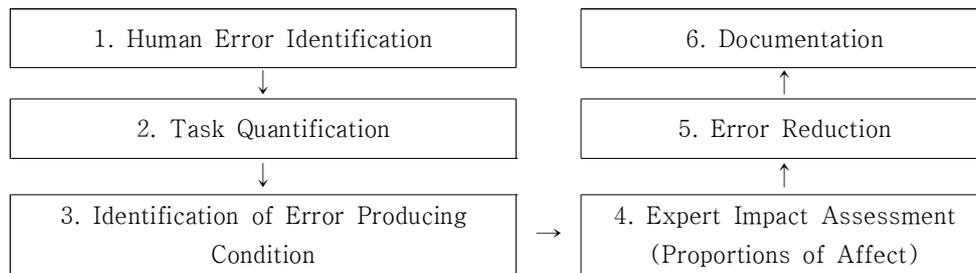
2.1 인간 신뢰도 분석과 인적오류의 정량적 평가와 저감기법(HEART)

인적오류와 관련하여 1970년대 인간 신뢰도 분석(Human Reliability Analysis, HRA) 방법이 개발되어 원자력발전사업뿐 아니라 항공, 철도산업 등에서 안전성평가에 활용되어 오고 있는데, 이는 인간공학 설계와 확률론적 안전성평가 모두를 지원하기 위한 통합된 활동으로서 실시되고 있다. 허은미(2010)에 의하면 HRA 방법 중 산업체에서 널리 활용되고 있는 것은 THERP(Technique for Human Error Rate Prediction)와 HEART 기법으로 직무유형에 따른 HEP(Human Error Probability) 데이터를 제공하는 등에 기인한다고 한다. 하지만, THERP 기법은 화학플랜트, 발전소 등에서 제어실 운전원의 인적오류가 시스템의 사고발생에 중대한 영향을 미치는 감시 및 대응작업에 국한되어 적용되는 기법임에 따라, 서비스 조직에 적합한 정량적인 인적오류 평가모델에 대한 연구를 수행하기 위하여 다양한 산업 분야에서 적용되어 보다 일반적이고 보편적인 HEP 데이터를 제공하며 많은 연구들을 통해 경험적으로 검증된 인적오류 분석 방법 중 하나인 HEART기법과의 접목방안을 연구하고자 한다. 영국 RSSB(Rail Safety and Standard Board)에서는 HEART기법을 보완하고 철도 고유의 작업분류체계와 사고 관련 데이터 등을 활용하여 TRACER(Technique for the Retrospective and predictive Analysis of Cognitive Errors)을 개발한 바 있다.

HEART는 6단계의 절차로 수행<그림1>되는데, 사고사례 등을 바탕으로 일반적인 업무를 분류하고, 각 사고사례에 대한 에러발생조건인 EPCs(the Error Producing Conditions)를 할당하며, 인적오류 확률은 일반적 작업에 따른 명목상 인간 불신뢰도에 해당 EPCs의 영향평가 결과값들의 곱으로 산출한다. 여기서, 영향평가 결과값들은 (EPCs의 최대 예상 에러율 변화량-1)과 영향 비율 평가 결과값의 곱에 +1의 산식으로 결정된다. 여기서 이 기법의 제안자인 Williams는 경험칙 등을 바탕으로 하여 8가지 일반적 작업과 명목상 인간 불신뢰도<표1> 및 38가지 EPCs를 제시하고 있다.(Williams, 1992) HEART는 이러한 사고사례의 경험칙에 의한 작업유형, 에러발생조건과 관련된 정량적인 기준치와 변화량을 제시하고 있어 정량적 위험성평가를 수행할 수 있다. 하지만, Ludfi Pratiwi Bowo(2018)는 수행 단계 중 4단계인 영향평가는 우선 평가자의 주관적 판단에 기반을 하여 0(낮음)과 1(높음) 사이의 수로 영향비율 평가를 한 후 영향평가를 실시하기 때문에 평가자의 주관적 판단이 개입되어야만 영향평가와 최종 인적오류 확률이 계산되어지는데, 해외 적용 사례에서도 이 부분에 대하여 명확한 지침이 없고 평가자의 경험에 기반하기 때문에 이러한 방법론을 적

용하기에 어려운 문제 중 하나라고 언급하였다. 이에, 본 연구는 HEART 기법을 활용함에 있어 조직 경영시스템 및 안전문화 측면에서의 EPCs 적용 및 평가자의 주관적 판단의 개입이 불필요한 보다 정량적인 영향평가 방안을 모색코저 한다.

<그림 1> HEART 수행 절차



<표 1> Williams의 8가지 일반적 작업과 명목상 인간 불신뢰도

기호	작업유형	인간 비신뢰도 기준치
A	전혀 익숙하지 않은, 결과를 모르는 상태하의 빠른 작업	0.55 (0.35~0.97)
B	감독 또는 절차가 없는 상태에서 시스템을 한번에 새로운 상태로 변경하거나 이전 상태로 복원하는 작업	0.26 (0.14~0.42)
C	높은 수준의 이해도와 기술을 필요로 하는 복잡한 작업	0.16 (0.12~0.28)
D	비교적 단순한, 주의가 부족한 상태로 또는 빠른 작업	0.09 (0.06~0.13)
E	일상적이고, 많이 연습된, 비교적 낮은 수준의 기술을 요하는 빠른 작업	0.02 (0.007~0.045)
F	절차에 따라 확인해 가면서 시스템을 새로운 상태로 변경하거나 이전 상태로 복원하는 작업	0.003 (0.0008~0.009)
G	높은 수준의 지식, 경험, 동기를 갖춘 사람이 매우 익숙하고, 잘 설계되고, 많이 연습된, 일상적 작업을 작업보조 도구 도움 없이 수행	0.0004 (0.00008~0.009)
H	자동화된 감독 시스템이 시스템 상태에 대한 정확한 해석을 제공할 때 시스템의 명령에 올바르게 반응하는 작업	0.00002 (0.000006~0.00009)

2.2 인적오류(Human Error)와 안전풍토, 시스템적 접근

Swain(1987)에 의하면 인적오류(Human Error)란 용어는 “수용가능성의 한계 정도를 초과하는 일련의 인간행동의 구성”으로 정의되고, KOSHA GUIDE X-74-201729)에서는 “시스템의 효율, 안전, 성능 등을 저해할 수 있는 부적절하거나 바람직하지 않은 인간의 행동 또는 의사결정”으로 정의 하는데, Reason(1990)은 인적오류와 관련하여 불안정한 행동은 주로 건망증, 열악한 동기부여, 부주의, 대만 및 무모함과 같은 비정상적인 정신 과정에서 발생하는 것으로 간주를 하지만, 이러한 인적오류를 도덕적 문제로 취급하는 경향에 대하여 설명하면서 개인적 접근(Person approach)과 함께 시스템적 접근(System approach)을 강조한다. 곧, 불안정한 행동은 모두 인과관계가 있으므로 관리체계, 감독체계, 불안정한 조건의 개선 등의 방호계층에 의한 시스템적 접근을 주장하여 스위스 치즈 모델(The Swiss Cheese Model)을 개발하기도 하였다. 결국 인적오류의 관리는 크게 두 가지 구성요소가 있는데, 첫째는 오류 발생률 제한이며, 둘째는 시스템적 접근이다. 또한, 고신뢰성 조직(High-reliability organization)은 시스템의 가장 중요한 보호수단 중 하나라고 강조하였고, 정보화 · 보고 · 정의 · 유연 · 학습문화를 안전풍토 조성의 구성요소, 곧, 흔히 말하는 Reason의 안전문화 구성요소로 정의하였다.

안전풍토와 안전행동의 관계와 관련하여 이종한 등(2011)은 Griffin과 Neal(2000)이 주장한 조직의 복지와 작업자들의 조직 기여 보답의 사회교환이론(Social exchange theory)과 작업자 행위 가치성에 대한 믿음은 행동 수행의 동기화라는 기대-유인 이론(expectancy-valence theory)을 인용하면서, 조직이 근로자들의 안전을 중시하는 안전풍토를 가지고 있다면 근로자들은 안전하게 행동 또는 수행하는 것이 가치 있는 결과와 연결될 것이라는 기대를 더욱 높게 지각한다는 것을 입증하였다고 주장하고 있다.

한편, 한국산업안전공단 산업안전연구원(2011)은 안전풍토(Safety Climate)에 대하여 선행연구들의 정의 등을 살펴 본 후 “안전풍토는 안전문화와의 유사성과 차별성에 대한 논의가 많이 있었고, 안전문화와 혼용해서 사용하는 경우가 많은데, 안전문화는 기본 가정, 가치, 규범 등 개념적인 수준을 다루는 반면, 안전풍토는 이러한 개념들이 구현된 결과로 나타난 정책, 절차, 관행 등에 대한 구성원의 공유된 지각을 다룬다”고 구분하기도 한다.

이에, 개인의 안전행동은 조직의 안전풍토와 상호 영향관계에 있고 이들 상호작용을 통한 조직문화의 변화는 궁극적으로 조직의 안전문화 수준을 결정하는 것으로 보여진다.

2.3 조직 안전문화와 안전보건경영시스템 구성요소

한국산업안전공단 산업안전연구원(2017)의 연구자료에 의하면 “선행연구들의 경험적 결과들은 결국 ‘안전문화 → 안전행동 → 재해’ 모형을 지지한다고 볼 수 있다고 하여, 안전문화가 높은 조직일수록 구성원들이 보다 안전에 도움이 되는 행동을 많이 하게 되고, 결국 사고 및 재해가 적을 것”이라고 보았다.

DeJoy(2005)는 조직문화의 형성과 변화에 관한 연구를 하였는데, 행동변화와 문화변화 연구모형을 토대로 하였다. 그의 연구모형에 따르면 조직문화에 기반한 경영시스템과 사회과학 분야의 행동변화 및 인간공학의 행동기반안전(Behavior-Based Safety)을 통합한 행동변화가 결합하여 안전문화를 형성하고, 문화변화를 통해 조직문화·경영시스템 및 안전풍토에 파급효과를 주고 행동변화는 궁극적으로 재해율 감소의 효과를 추정한다. 또한, 정연웅 등(2014)은 조직변화에 변혁적 리더십의 매개효과를 주장한다.

한편, 최근에 국제표준화된 ISO45001의 OH&S경영시스템은 최고경영자가 경영방침에 안전보건정책을 선언하고 이에 대한 실행계획을 수립(Plan)하여 이를 바탕으로 실행 및 운영(Do), 점검 및 시정조치(Check)를 하며, 그 결과를 최고경영자가 검토하고 개선(Action) 하는 P-D-C-A 순환사이클을 통하여 지속적인 개선을 도모하는 체계적인 안전보건활동을 말하며, 시스템은 리더십과 근로자 참여를 Key Factor로 하여 계획(Plan), 지원과 운영의 실행(Do), 성과평가(Check), 개선(Act)을 요구사항으로 한다.

이에, 조직의 안전경영시스템과 관리자의 리더십은 조직 안전풍토의 형성과 근로자 안전행동의 변화를 유도하여 안전문화 향상과 재해율 감소로 이어진다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 연구방법

3.1 정량적 인적오류·안전행동 확률 추정을 위한 HEART기법 활용

선행연구 검토를 통해 본 연구는 고객의 접점에서 인적서비스를 제공하는 조직 종사자의 인적오류에 대한 경영시스템적 측면에서 정량적인 평가, 인적오류 발생 확률 추정 및 저감대책 수립의 방향을 제시하기 위하여 다음과 같은 연구를 진행하였다.

첫째, 철도운송 관련 서비스사업의 작업특성을 고려하여 HEART의 경험칙에 의한 직무유형 HEP와 백분위수 범위 인간 비신뢰도 기준치를 실제 조직의 산업재해율을 감안한 후 정하였다.

둘째, 선행연구들을 바탕으로 조직안전문화 구성요소에 대한 연구모형을 설정하고

요인간 신뢰도와 타당성에 대한 실증분석을 한 후 HEART의 EPCs와 최대 예상 에러율 변화량을 조직안전문화 구성요소로 대체하여 적용하였다.

셋째, 평가자의 주관적 판단을 요하는 영향평가와 관련하여 조직안전문화 불만족 비율을 적용하고, 실제 조직의 산업재해율과의 시뮬레이션을 통해 HEART의 영향 평가 결과 계산식을 수정하여, 최종 조직의 불안정한 행동 확률을 제안하였다.

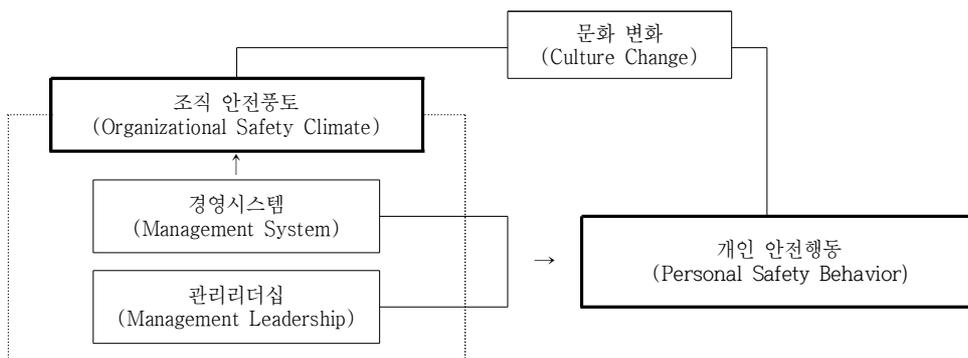
3.2 조직의 안전문화 연구모형 및 측정도구의 구성

3.2.1 연구모형

본 연구는 DeJoy(2005)의 연구모형과 선행연구들을 기반으로 HEART기법의 영향 평가와 관련하여 인간 불신뢰도를 높여 에러를 발생시킬 수 있는 여지를 증가시키는 작업자, 작업, 도구, 환경, 관리 등과 관련된 조건들을 조직 안전문화의 형성 및 변화와 관련된 조직구성원의 안전행동과 조직의 안전풍토로 대체 정의하고, 조직 안전풍토는 그 하위요소로 안전행동의 변화 매개역할을 하는 관리자의 안전리더십, 안전행동 변화의 기반이 되는 안전경영시스템으로 정의하여, 조직 안전리더십과 안전경영시스템의 각 항목이 개인 안전행동에 미치는 영향 관계를 규명하여 최대 예상 에러율 변화량으로 대체하고, 조직 안전문화 수준을 영향 비율 평가값으로 대체하여 조직 불안정한 행동 확률을 도출하고자 한다.

영향 평가를 위한 조직 안전문화 영향관계를 연구모형으로 나타내면 <그림2>와 같다.

<그림 2> 조직 안전문화 영향관계 연구모형



3.2.2 변수의 정의와 측정도구의 구성

본 연구에서 안전행동의 구성요소를 Griffin & Neal(2000)의 안전준수행동과 안전참여행동의 두 가지로 제시하고, 안전행동의 하위변수에 대한 조작적 정의는 선행연구(이수원, 2018)에서 행한 정의에 따랐다.<표2>

<표 2> 안전행동 하위변수의 조작적 정의

하위변수	측정문항	구분코드
안전준수행동	조직의 안전규정 및 절차 준수	P-C01
	잠재적 위험상황시 상급자에게 보고	P-C02
안전참여행동	조직의 안전관련 활동의 적극적 참여	P-P01
	주변 동료의 불안정한 행동에 대한 제지	P-P02

선행연구에 의하면 조직안전문화의 의사소통, 관심과 참여유도, 안전교육, 안전제도와 규범 등이 안전행동에 유의한 효과가 있다고 검증되었으며, 안전리더십과 조직안전문화(안전분위기)의 유의한 효과 및 안전리더십이 안전행동과 조직안전문화(안전분위기)의 매개효과 또한 검증되었고, (신뢰)관계지향 또는 위계지향 조직문화가 안전행동에 유의한 영향이 있음을 검증하였다.(이수원, 2018)

이와 관련하여 조직안전문화의 측정변수로는 안전풍토(참여-부서내 위험요소 해결, 투자, 동료의 안전작업 지원, 안전절차의 현장 적용), 안전절차(작업전후 교육, 위험작업 매뉴얼, 안전작업절차 정기적 평가 개선, 위험성평가 시행), 안전동기(벌칙 또는 포상)로 선정하였고, 안전리더십과 관련해서는 안전의사소통, 안전관심도와 참여유도, 안전의지 및 태도, 안전행동 및 활동으로 선정하였다.

또한, 안전보건공단 연구보고서(2017)에 의하면 선행연구에 의한 안전문화 하위차원으로 경영진의 안전의지, 안전 의사소통 및 참여, 안전시스템 및 운영, 안전교육, 사고관리, 중간관리자의 안전의지, 동료의 안전지지, 기타로 분류하고 있는데, 이는 OH&S경영시스템의 요구사항과도 상호 연계성이 있음에 따라 안전행동에 대한 독립변수로서 안전보건경영시스템의 구성요소를 측정변수로 선정하였고, 시스템적 구성요소를 조직의 경영적인 측면과 관리자의 리더십적인 측면으로 구분하여 관리리더십의 매개변수에 대하여 <표3>와 같이 정의 하였다.

<표 3> 경영시스템 및 관리리더십 하위변수의 조작적 정의

하위변수		측정문항	구분코드
시스템 기반 (B)	의지표명	경영진은 안전을 행동으로 실천 관리자는 안전수칙을 준수하고 안전활동에 솔선수범	S-B01 (L-B01)
	경영방침	경영진은 조직경영에 안전을 최우선으로 인식 관리자는 수칙준수 등 안전을 최우선으로 인식	S-B02 (L-B02)
	권한,참여	경영진은 안전 관련 포상을 통해 독려 관리자는 안전업무를 별개의 업무로 여기지 않음	S-B03 (L-B03)
계획수립(P)		안전규정 및 절차는 사고예방에 실질적 위험성평가는 사고예방에 실질적	S-P01 (L-P01)
실행 (D)	자원,적격성	예산, 인력 포함 자원의 충분한 투자 현장의 실질적 안전관리에 필요한 역량 갖추	S-D01 (L-D01)
	인식,소통	안전 관련 주요이슈나 변화사항을 잘 알려줌 안전문제를 거리낌 없이 논의 가능	S-D02 (L-D02)
	운영,비상대응	실질적인 교육훈련 실시 비상시 대비대응체계는 피해 최소화에 실질적	S-D03 (L-D03)
성과평가(C)		경영진은 무재해(사고) 보다 안전활동을 강조 안전순찰(점검)으로 도출된 안전문제를 적절히 조치	S-C01 (L-C01)
개선 (A)	사고조치	사고조사시 근로자와 함께 참여 사고발생시 직원 추궁보다 원인 발굴에 우선시	S-A01 (L-A01)
	시정조치	발생사고를 사고예방과 개선의 기회로 여김 보고된 안전문제를 시의 적절히 대응	S-A02 (L-A02)

IV. 실증분석 결과

4.1 조직의 안전문화 연구모형 실증분석

4.1.1 자료의 수집 및 분석방법

본 연구를 위해 표본은 철도 관련 운수부대서비스업 종업원에 대한 설문조사를 실시하여 2019년 유효응답자 227명을 통계처리 대상으로 삼았으며, 설문문항은 연구모형 관련 변수의 정의와 측정도구의 구성을 바탕으로 도출한 안전행동 4문항과 안전경영시스템 10문항, 관리리더십 10문항으로 구성하여 온라인 설문을 통해 5점 척도로 설문을 실시하였다.

<표 4> 조직의 특성과 표본

구 분	사업 종류	근로자수	유효표본수	안전문화수준 (평균)	추정 재해율 (아차사고 포함)
2019년	운수부대	약 700명	227	62.27%	0.56
2002년	서비스업		141	70.50%	0.44

본 연구는 2019년 샘플을 대상으로 조직안전문화의 영향을 미치는 요인들의 영향을 알아보기 위해 SPSS Statistics V26과 SPSS AMOS 25를 활용하였으며, 분석방법은 다음과 같다.

첫째, 본 연구 설문지의 신뢰도와 관련하여 Cronbach's alpha 계수를 사용하였다.

둘째, 변수의 구성요소들을 분류하고, 핵심요인을 분석하기 위해 요인분석(Factor Analysis)을 실시하였다.

셋째, 요인들 상관관계는 단순상관분석(Pearson's Correlation Analysis)을 하였다.

4.1.2 요인 및 신뢰도 분석

통상 신뢰도를 판단할 때는 크론바흐 알파(Cronbach's α) 값을 사용하여 검증한다. 박계형(2011)의 연구자료에 의하면, “Nunnally(1978)는 탐색적인 연구 분야에서는 Cronbach's α 값이 0.60이상이면 충분하고 기초연구분야에서는 0.80, 그리고 중요한 결정이 요구되는 응용연구 분야에서는 0.90이상이어야 한다고 주장하였고, Van de ven & Ferry(1980)도 조직단위의 분석 수준에서 일반적으로 요구되어지는 Cronbach's α 값이 0.6이상이면 측정 도구의 신뢰성에 별 문제가 없는 것으로 일반화되어 있다.”고 한다. 이에 추출된 2개 요인들에 대한 신뢰도 분석 결과 .973과 .766으로 신뢰도가 높다고 볼 수 있다.<표5>

4.1.3 요인간 상관관계 분석

조직안전문화에 영향을 미치는 두 가지 요인간의 상관관계를 파악하기 위해 요인으로 구분된 문항들의 산술평균값으로 상관분석을 진행하는 방식인 피어슨 상관분석(Pearson's Correlation Analysis)을 실시하였다. 다만, 앞으로의 연구모형에 따른 영향분석을 위해 요인1은 다시 안전경영시스템과 관리리더십으로 구분하였다. 분석한 결과는 <표6>과 같다. 요인들은 반비례적(부정적 또는 음(-)) 상관관계는 없고 상호 비례적(긍정적 또는 정(+)) 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, $p > .05$ 의 유의수준을 벗어남 없이 모두 0.01 수준(양쪽)에서 유의한 것으로 나타났다. 특히 요인분석에서 추출된 요인1을 다시 안전경영시스템과 관리리더십으로 구분하였는데, 상호 91%의 상관관계를 나타내고 있고 안전행동과는 56.5%, 59.1%의 정(+))의 상관관계

로 판명되었다. 곧, 안전행동에 대하여 안전경영시스템과 관리리더십은 거의 유사한 상관관계가 있는데, 그 중 관리리더십이 조금 더 관계가 있다고 볼 수 있다.

<표 5> 요인 및 신뢰도 분석

구 분	설문번호	성분		Cronbach Alpha
		요인1 (경영시스템)	요인2 (안전행동)	
경 영 시 스템	S-B01	.824	.245	.973
	S-B02	.785	.279	
	S-B03	.759	.170	
	S-P01	.819	.241	
	S-D01	.770	.255	
	S-D02	.811	.072	
	S-D03	.734	.288	
	S-C01	.833	.118	
	S-A01	.752	.256	
	S-A02	.799	.301	
	(관리리더십)	L-B01	.745	
L-B02		.716	.287	
L-B03		.682	.277	
L-P01		.777	.290	
L-D01		.785	.267	
L-D02		.768	.240	
L-D03		.795	.235	
L-C01		.813	.246	
L-A01		.779	.301	
L-A02		.802	.269	
안전행동	P-C01	.293	.720	
	P-C02	.136	.827	
	P-P01	.409	.564	
	P-P02	.148	.775	
고유값		14.287	1.556	
KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)				.965
Bartlett의 구형성 검정 (Bartlett's Test of Sphericity)			Chi-Square	4884.361
			df(p)	276(.000)

<표 6> 조직의 안전문화에 영향을 미치는 요인간의 상관관계

변 수	평균	표준편차	상관관계		
			경영시스템	관리리더십	안전행동
경영시스템	2.9921	.85700	1(.)		
관리리더십	3.2291	.78900	.910**	1(.)	
안전행동	3.7478	.59356	.565**	.591**	1(.)

** . 상관관계가 0.01 수준에서 유의합니다(양측).

4.2 조직 안전문화 구성요소를 적용한 인적오류의 정량적 평가

HEART의 인적오류 확률은 인간 비신뢰도 기준치에 영향 평가 결과들의 곱으로 산출한다. 그리고, 영향평가 결과는 할당된 EPCs의 최대 예상 에러율 변화량과 평가자의 주관적 영향 비율 평가와의 계산으로 결정된다.

본 연구 표본의 작업유형은 <표1>의 기호E(일상적이고, 많이 연습된, 비교적 낮은 수준의 기술을 요하는 빠른 작업)로 할당하고, 적용되는 인간 비신뢰도 기준치는 0.007에서 0.045의 범위 중에서 2개년 산업재해율을 감안하여 0.028로 지정하였다.

또한, 영향평가는 앞선 연구모형의 조직안전문화 구성요소와 문화수준값으로 대체 적용하기 위하여 우선 HEART의 에러발생조건과 최대예상 에러율 변화량을 경영시스템 구성요소와 비교<표7>하였고, 이를 경영시스템의 기반(Base) 및 P-D-C-A 요구사항 요소와 관련하여 최대 변화량을 적용하여 Base는 ×8, Plan은 ×5, Do는 ×3, Check는 ×3, Act는 ×6으로 정하였다.

그리고, 영향 평가는 (최대 예상 에러율 변화량 × 조직안전문화 불만족비율)의 합으로 하여 적용하였고, 그 결과는 <표8>과 같다. 여기서 불안정한 행동 확률은 조직에서 예상되는 산업재해율과 같은 의미를 갖는다.

곧, 표본 조직의 2019년 기준 불안정한 행동 확률 또는 추정 산업재해율 0.56은 작업유형에 따른 인간 비신뢰도 기준치 $0.028 \times$ 조직안전문화 수준에 따른 영향평가 $\{(8 \times 0.388) + (8 \times 0.357) + (8 \times 0.414) + (5 \times 0.369) + (3 \times 0.416) + (8 \times 0.350) + (3 \times 0.402) + (3 \times 0.364) + (6 \times 0.368) + (6 \times 0.345)\}$ 의 계산결과로 나왔으며, 2020년의 불안정한 행동 확률 또는 추정 산업재해율은 변화된 조직안전문화 수준측정값을 반영하여 0.44의 값으로 나타났다. 곧, 조직안전문화 수준 변화와 불안정한 행동 확률 변화는 반비례의 관계에 있음이 나타낸다.

<표 7> 에러발생조건과 OH&S경영시스템 요구사항 비교

번호	에러발생조건	최대예상 에러율 변화량	OH&S경영시스템 요구사항 구분	
5	작업자에게 쉬운 정보전달 수단 부재	×8	5.4 근로자 협의, 참여	Base
6	설계 의도와 불일치	×8	5.2 방침	
9	기존 기술의 부적절	×6	10.3 지속적 개선	Act
11	수행 표준 모호함	×5	6.1 리스크와 기회 조치	Plan
12	리스크 인식의 차이	×4		
15	조작자 경험 미숙	×3	7.2 적격성	Do
16	절차· 의사소통 의한 전달 정보 미흡	×3	7.4 의사소통	
17	결과에 대한 확인이 거의 없음	×3	9.1 모니터링,	Check
18	장단기 목표간 충돌	×2.5	6.2 목표와 기획	Plan
20	작업요구수준에 대한 교육 미흡	×2	7.2 역량	Do
25	기능과 책임의 불명확한 할당	×1.6	5.3 권한과 책임	Base
26	활동 진행사항 확실한 파악 방법 부재	×1.4	9.1 모니터링	Check
27	한정된 신체적 능력 넘어서는 위험	×1.4	6.1 리스크와 기회 조치	Plan
31	작업자의 낮은 사기	×1.2	9.3 경영검토	Check
33	열악한 환경	×1.15		

<표 8> 표본 조직의 불안정한 행동 확률 계산 결과

작업유형 및 비신뢰도	분류 코드	최대예상 에러율 변화량	2019년			2020년		
			불만족 비율	영향 평가	불안정한 행동 확률	불만족 비율	영향 평가	불안정한 행동 확률
E 0.028	S-B01 L-B01	×8	0.388	3.104	0.56	0.290	2.321	0.44
	S-B02 L-B02	×8	0.357	2.856		0.256	2.048	
	S-B03 L-B03	×8	0.414	3.312		0.355	2.837	
	S-P01 L-P01	×5	0.369	1.845		0.282	1.411	
	S-D01 L-D01	×3	0.416	1.248		0.323	0.968	
	S-D02 L-D02	×3	0.350	1.050		0.255	0.764	
	S-D03 L-D03	×3	0.402	1.206		0.291	0.872	
	S-C01 L-C01	×3	0.364	1.092		0.343	1.028	
	S-A01 L-A01	×6	0.368	2.208		0.290	1.740	
	S-A02 L-A02	×6	0.345	2.070		0.271	1.626	

4.3 조직의 불안정한 행동 확률 제안

본 연구를 통해 불안정한 행동 확률(산업재해율) 계산식을 다음과 같이 제안한다.

$\text{불안정한 행동 확률} = \text{인간 비신뢰도 기준치} \times \sum \text{조직안전문화 영향평가 결과}$ <p>* 조직안전문화 영향평가 결과 = 경영시스템 최대 예상 에러율 변화량 × 조직안전문화 불만족 비율</p>
--

그리고, 조직의 안전문화 불만족 비율은 불안정한 행동 확률의 배수를 나타내는 값으로 작업의 본질적인 비신뢰도 기준과 최대 에러율 변화량에 부가되어 몇 배로 증가하는지를 나타낸다. 안전문화 수준에 따른 불안정한 행동 확률 배수와 작업유형 E의 인간 비신뢰도 기준치 0.028값을 기준으로 시뮬레이션한 결과 조직의 안전문화 수준에 따른 산업재해율 추정치는 <표9>와 같다. 이 경우 경영시스템 요구사항별 만족도(조직 안전문화 수준)는 동일한 값으로 적용하였다. 즉, 작업유형이 E(인간 비신뢰도 기준치 0.028)인 조직의 안전문화·풍토(경영시스템과 관리리더십)에 대한 만족도 값들(수준)이 동일하게 90%인 조직의 경우 작업에 따른 인간 비신뢰도 기준치에 대한 확률 배수는 1배수이며, 최대 예상 에러율 변화량이 5.3임에 따라 조직 구성원들의 불안정한 행동 발생 확률 또는 추정 산업재해율은 0.15이 되고, 조직의 안전문화·풍토에 대한 만족도 값들이 동일하게 20%인 조직의 경우 조직의 불안정한 행동 확률 배수는 8배수가 되어, 최대 예상 에러율 변화량은 (5.3×8배수)임에 따라 조직 구성원들의 불안정한 행동 발생 확률 또는 추정 산업재해율은 1.19가 된다.

<표 9> 작업유형 E 기준 조직 안전문화 수준에 따른 불안정한 행동 확률 배수

조직 안전문화 수준 (5점 척도 기준시 점수)	90% (4.5점)	80% (4.0점)	70% (3.5점)	60% (3.0점)	50% (2.5점)	40% (2.0점)	30% (1.5점)	20% (1.0점)
안전문화 불만족 비율 (= 불안정한 행동 확률 배수)	1	2	3	4	5	6	7	8
경영시스템 최대 예상 에러율 변화량(평균)	5.3							
작업유형과 인간 비신뢰도 기준치	(E) 0.028							
추정 산업재해율 (= 불안정한 행동 발생 확률)	0.15	0.30	0.45	0.59	0.74	0.89	1.04	1.19

V. 결 론

본 연구는 고객의 접점에서 서비스를 제공하는 조직의 효율적이고 지속적 개선의 안전경영 활동을 위해 조직의 안전문화 모형과 불안정한 행동 확률 계산식을 제시하였기 때문에 다음과 같은 이론적, 실무적 시사점과 활용방안을 기대 할 수 있다.

본 연구의 실증적 연구로부터 도출된 결과에 따른 이론적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 선행연구들의 검토를 통해 제시한 조직의 안전문화 구성요소 및 결정모형과

조직의 안전문화 수준을 결정하는 하위요소 간의 상관관계에 대한 이론적 기초를 제공하였다. 둘째, 조직 구성원의 안전행동 변화를 통한 안전문화 수준의 개선을 위하여 조직의 안전풍토를 결정하는 안전경영(OH&S경영시스템과 관리자의 리더십)의 중요성에 대한 연구를 하였다는데 의의가 있다. 셋째, 안전경영에 따른 조직의 안전풍토 및 안전문화의 개선 활동은 궁극적으로 조직 구성원들의 인적오류(불안정한 행동 확률)와 산업재해율을 낮추는데, 이를 정량적으로 평가·분석하고 저감대책 수립을 위한 방향을 제시한 데 중요한 의의가 있다.

아울러 실무적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 조직의 안전문화 측면에서 조직구성원의 불안정한 행동 확률을 낮추기 위해서는 궁극적으로 조직원들의 안전행동을 향상시키는 조직의 안전문화 수준의 향상이 중요하다고 할 것인데, 이를 위해 안전보건경영시스템의 구축 및 운영을 통한 안전풍토의 조성이 선행되어야 할 것이다. 둘째, 조직 관리자의 안전리더십은 조직 구성원의 안전행동 수준을 높일 수 있다. 그리고, 이것은 체계적인 안전보건경영시스템의 한 부분으로서 연계될 때 더 효과적인 것을 확인할 수 있다. 따라서 안전조직 운영에 있어 관리자들은 경영시스템을 이해하고 시스템의 지속적 개선 순환사이클에 편승하여 리더십을 발휘할 수 있는 정책과 분위기가 중요하다고 할 것이다. 셋째, 안전풍토는 신뢰의 조직문화와도 연계되는 부분이기 때문에 안전보건경영시스템의 체계적이고 실질적인 가동을 위해서는 GWP(Great Work Place) 등을 통한 고신뢰의 조직문화 형성 및 유지 활동의 병행이 필요할 것이다. 넷째, 안전보건경영시스템 기반 조직안전문화 수준진단 활동은 지속적 개선의 안전경영 계획 수립 및 실행의 방향을 제시하는 도구로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 하부 조직별 문화수준 진단은 조직별 개선 우선순위 선정에 길잡이 역할을 할 수 있을 것이다. 다섯째, 서비스업은 다양한 작업유형이 집합된 형태의 사업이 많은데, 조직안전문화 수준 진단 결과 데이터를 HEART의 각 작업별 유형에 따른 인간 비신뢰도 기준치 값에 적용함으로써 단위 작업조직별 예상되는 산업재해율의 도출 및 단위 작업별 개선 우선순위 선정 및 자원의 집중 등에 활용될 수 있을 것이다. 여섯째, 산업재해율 저감을 위한 근원적인 안전경영 방향은 작업의 유형을 비신뢰도 기준치가 낮아지는 쪽으로 지속적 개선을 도모하는 것이다.

물론, 본 연구는 단일 조직·작업 표본에 한정되어 조사를 진행하였으므로 연구 결과를 일반화하는 데에는 한계가 있다. 그리고, 본 연구의 불안정한 행동 확률의 계산식과 관련하여 작업유형의 인간 비신뢰도 기준치에 경영시스템 구성요소의 에러율 변화량과 조직안전문화 불만족 비율에 따른 배수를 적용함 있어 이 3가지 요소의 상호간 내부 영향 관계에 대한 고려의 부재는 한계가 있을 것이다. 하지만, 보다 다양한 조직과 작업유형, 추가적인 영향 관계 등에 대한 추가 연구를 통한 일반화가 되어진다면 지속적 개선의 안전경영을 수행함에 효과적으로 활용되어 질 수 있을 것이다.

참고문헌

- 국토교통부 철도안전정보종합관리시스템, <https://www.railsafety.or.kr>.
- 박계형 (2011), *안전문화에 영향을 미치는 요인들에 관한 연구 : 산업체 종사자를 중심으로*, 석사학위논문, 서울과학기술대학교
- 이수원 (2018), *안전리더십과 조직안전문화의 안전행동에 대한 영향 연구*, 박사학위논문, 계명대학교
- 이종석, 한기을 허남규, 김찬수 (2011), 우리나라 철도안전문화 측정기준 및 프로세스 개발 연구, *한국철도학회 학술발표대회논문집*, 2011(10), 2548-2556.
- 이종한, 이종구, 석동현, (2011) 조직 안전풍토의 하위요인 확인 및 안전행동과의 관계, *한국심리학회지*, 24(3), 627-650.
- 전무경, 이지운, 서영석, 이인석, 김명희 (2015), 서비스 조직의 리더십이 조직문화에 미치는 영향, *서비스경영학회지*, 16(2), 157-174.
- 정연용, 이인석, 장석원 (2014), 서비스조직의 조직문화와 인적자원요소가 조직유효성에 미치는 영향 : 호텔종사자의 팔로워십 매개효과, *서비스경영학회지*, 15(3), 35-63.
- 최금년, 전진명, 김영택 (2015), 항공사 객실 승무원의 안전 활동이 지각된 품질, 신뢰 및 고객만족에 미치는 영향에 관한 연구, *서비스경영학회지*, 16(4), 163-181.
- 한국철도기술연구원 (2007), 철도사고유발 인적요인 유형분석 및 관리요건 분석, 연구보고서.
- 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 (2017), 기업의 안전문화 수준에 관한 심층 분석 연구, 연구보고서.
- 허은미 (2010), *인적오류 저감을 위한 인간 신뢰도 분석 방법에 관한 연구*, 석사학위논문, 경희대학교
- DeJoy DM. (2005), Behaviour change versus culture change : divergent approaches to managing workplace safety, *Safety Science*, 43(2),105-127.
- J. Williams (1992), Toward an improved evaluation analysis tool for users of HEART, In Proceedings of the International Conference on Hazard Identification and Risk Analysis, Human Factors and Human Reliability in Process Safety, 15-17 January 1992. Orlando, Florida.
- Ludfi Pratiwi Bowo, Masao Furusho (2018), Human Error Assessment and Reduction Technique for Reducing the Number of Marine Accidents in

- Indonesia, *Applied Mechanics and Materials*, 874, 199–206.
- Reason J. (1990), *Human Error*, Cambridge University Press. NY.
- Swain, A. D. (1987). Accident sequence evaluation program human reliability analysis procedure, NUREG/CR-4772, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
- KOSHA GUIDE X-74-2017 (2017), 휴먼에러의 정량적 평가 및 저감기법 (HEART)에 관한 지침, 한국산업안전보건공단.
- KOSHA GUIDE X-69-2016 (2016), 제어실 운전원 휴먼에러확률 예측기법 (THERP)에 관한 기술지침, 한국산업안전보건공단.
- KS A ISO45001:2018 (2018), *Occupational health and safety management systems – Requirments with guidance for use*, 1st edition.

*** 저자소개 ***

· **강 동 천(tiankong77@hanmail.net)**

인하대학교 일반대학원에서 환경·안전융합전공으로 석사학위를 취득하였고, 현재 철도 공공기관에 재직 중이다. 주요관심 분야는 경영시스템, 화공안전 등이다.

· **천 영 우(ponychon@inha.ac.kr)**

현재 인하대학교 일반대학원 교수로 재직 중이며 주요 강의 및 연구 분야는 화공안전 분야 등이다.

· **황 용 우(hwangyw@inha.ac.kr)**

현재 인하대학교 환경공학과 교수로 재직 중이며 주요 강의 및 연구 분야는 LCA, 환경경영 분야 등이다.