

구조방정식을 활용한 연구활동종사자의 안전행동 향상 방안 연구

김경윤¹ · 조한진² · 원정훈^{3†}

Research on Enhancing the Safety Behaviors of Research Workers Using Structural Equation Modeling

Gyeongyun Kim¹ · Han Jin Jo² · Jeong-Hun Won^{3†}

†Corresponding Author

Jeong-Hun Won

Tel : +82-43-261-2459

E-mail : jhwon@chungbuk.ac.kr

Received : October 1, 2023

Revised : October 21, 2023

Accepted : November 27, 2023

Abstract : This study focuses on safety behavior among research workers and investigates the factors influencing their safety behavior. The selected variables for examining their impact on researchers' safety behavior are safety leadership, safety climate, and safety motivation. Surveys were conducted to analyze the structural equation modeling among these variables. The results indicate that the safety leadership of research supervisors positively influences the creation of a safety climate in research laboratories. Additionally, the safety climate positively impacts research workers' safety motivation and behavior. Therefore, to enhance the safety behavior of research workers, it is necessary to strengthen safety leadership education to improve the safety leadership of laboratory supervisors. The laboratory can enhance its safety climate by implementing management policies and safety regulations, fostering communication among members, and providing safety education.

Copyright©2023 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Key Words : safety behavior, safety leadership, safety climate, safety motivation, structural equation modeling

1. 서론

과학기술분야 연구개발의 핵심 역할을 하는 연구활동종사자의 안전 확보는 연구 성과와 함께 중요한 과제로 부상하고 있다. 최근에는 혁신성장을 촉진하기 위해 과학기술개발에 대한 투자가 증가하고, 융합연구가 가속화됨에 따라 기존에 알려지지 않았던 신규 유해물질들이 연구실에서 나타나고 있다¹⁾. 신규 유해물질의 출현은 연구활동의 위험성을 증가시키는 요인이며, 특히, 비정형화된 연구수행과 연구 공간의 확장 등으로 연구실의 사고 위험성이 지속적으로 증가하고 있다. 실제로 고위험 연구실의 수는 2016년 42,788개에서 2021년 51,761개로²⁾ 증가되어 연구활동의 잠재적 위험성 또한 증가하였다.

연구활동종사자의 사고 예방과 사고 보상 등을 목적으로 2006년부터 “연구실 안전환경 조성에 관한 법률”

이 시행되고 있으며, 연구실 안전관리의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 연구실 사고 현황을 보면, 2017년부터 2021년까지 약 1,096건, 연평균 220여 건의 연구실 사고가 발생하며, 연간 230여명의 피해자가 발생하고 있다¹⁾. 연구실 사고의 81.1%는 유해인자 노출도가 높은 고위험 연구실에서 발생하였으며, 전체 사고의 83.6%는 보호구 미착용, 연구자 부주의 등 인적요인(불안전행동)으로 발생하였다³⁾. 즉, 연구활동종사자의 불안전행동이 연구실 사고의 주요 원인으로 조사되므로 연구활동종사자의 안전행동을 유도하는 대책 마련이 중요한 것을 알 수 있다.

Heinrich et al.⁴⁾는 산업재해 발생 원인의 88%가 불안정한 행동에 의한 것으로 주장하였으며, McSween⁵⁾은 미국의 10년 동안의 산업재해 원인 조사로부터 전체 사고의 76%가 행동에 의한 것이며 환경 및 행동에 의한 간접적인 부분까지 포함하면 사고 원인의 96%가

¹충북대학교 안전공학과 박사과정 (Department of Safety Engineering, Chungbuk National University)

²한국생명공학연구원 국가연구안전관리본부 기술원 (Department of National Research Safety Headquarters, NRSIH)

³충북대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering & Disaster Prevention & Department of Big Data, Chungbuk National University)

행동에 의해서 발생하는 것으로 보고하였다. 우리나라의 연구 결과를 보면, 한국산업안전보건공단에서 전체 사고의 약 70%가 인간의 행동에서 비롯되며, 환경 등 간접적 부분까지 포함하면 사고의 주요 원인은 행동으로 약 94%를 차지하는 것으로 조사된 결과가 존재한다⁶⁾.

안전행동에 영향을 미치는 변인들에 대한 다양한 연구들이 진행되었다. 선행 연구⁷⁾⁹⁾에서 도출한 안전행동에 직접적인 영향을 주는 변인들로는 안전리더십, 안전문화, 안전분위기, 안전동기, 안전태도 등이 있다. 다만, 안전행동에 영향을 미치는 변인에 대한 대부분의 선행 연구는 산업현장, 서비스업종, 기업 등의 구성원 중심으로 수행된 특징이 있다. 최근 연구자들의 관심을 끌고 있는 연구활동종사자들의 안전행동에 대한 연구를 보면, 유형별 안전리더십이 안전행동에 미치는 영향 분석¹⁰⁾, 연구실 안전리더십 측정도구 개발¹¹⁾, 대학소속 연구실 종사자에 대한 안전행동과 안전리더십 간의 영향 분석¹²⁾ 등이 수행되었다. 그러나, 산업현장 연구 등에서 주로 연구된 안전행동에 직접적인 영향을 미치는 다양한 변인들의 구조적 관계를 연구활동종사자를 대상으로 분석한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 연구실 특성을 반영하여 연구활동종사자의 안전행동에 영향을 미치는 주요 변인인 안전리더십, 안전분위기, 안전동기 측정도구를 개발하고 변인들 사이의 구조적 관계를 체계적으로 분석하여 연구활동종사자의 안전행동 강화 방안에 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 변인 선정

연구활동종사자의 안전행동에 영향을 미치는 영향을 분석하기 위해 선행연구에서 제시된 다양한 변인 중 연구실책임자의 안전리더십, 연구실의 안전분위기, 연구활동종사자의 안전동기를 안전행동에 영향을 미치는 변인으로 선정하였다.

2.1 연구실책임자 안전 리더십

전 세계의 다양한 산업안전보건 기관들은 안전리더십의 중요성을 강조하고 있다. 미국 산업안전보건청(OSHA, 1996)은 안전 분야에서 경영진의 리더십이 가장 큰 영향을 미치는 요소로 강조하였다. 영국의 보건안전청(HSE, 2003)은 효과적인 리더십이 없다면 사업장이 우수한 안전 성과를 달성하기 어렵다고 언급하고 있다¹³⁾. 한국산업안전보건공단¹⁴⁾에서도 안전문화의 중요 관리요소로 신뢰성 있고 지속적인 실천을 우선순위로 두고 있으며, 이를 위해서 강력한 안전리더십이 요구된다고 제시하였다.

로 두고 있으며, 이를 위해서 강력한 안전리더십이 요구된다고 제시하였다.

선행 연구에서 분석한 안전리더십의 구성 요인을 조사하면, NSWMC¹⁵⁾는 리더십 행동, 개인의 의지 및 태도, 우선순위 표시(원가 및 비용절감, 생산목표 등) 등 3가지 구성요인을 제시하였으며, Lee¹³⁾는 안전의사소통, 안전관심도, 안전의식, 안전행동 및 활동, 안전의지 및 태도, 신뢰관계 등 6가지 구성 요인을 제시하였다. Park¹⁶⁾과 Lee¹⁷⁾는 안전의사소통, 안전의지 및 태도, 안전관심 및 참여유도, 안전행동 및 활동 등 4가지 구성 요인을 도출하였으며, Yang¹⁸⁾은 안전 의사소통, 안전관심도, 안전활동 등 3가지를 제시하였다. 본 연구에서는 선행 연구 결과와 연구 현장에서 연구실 책임자의 영향력을 고려하여 안전의사소통, 안전 관심도, 안전의지 및 태도, 연구실책임자의 안전행동 및 활동 등 4가지 하위요인으로 연구실 책임자의 안전리더십을 구성하였다.

2.2 안전분위기

안전분위기의 개념은 Zohar¹⁹⁾의 연구를 통해 시작되었다. Zohar은 안전분위기를 근로자들이 작업환경과 안전행동에 대해 공유하는 상세한 인식의 요약으로 정의하였으며, 안전분위기가 높을수록 안전교육의 효과가 더 커지며, 근로자 간의 사고율은 낮아진다는 결과를 도출하였다. Kim and Park²⁰⁾은 안전분위기가 안전 지식과 안전동기에 영향을 미치고, 안전행동에 유의한 영향을 미친다고 주장하였다.

안전분위기를 구성하는 하위요인은 연구자들이 내린 정의마다 다양하다. Griffin and Neal²¹⁾은 경영자 가치, 의사소통, 안전실무, 교육훈련, 안전장치 등 5가지 요인을 안전분위기 하위요인으로 제시하였으며, Varonen and Mattila²²⁾는 조직책임, 근로자의 안전태도, 안전감독, 회사 안전대책 항목을 제시하였다. 또한, Kim and Park²⁰⁾은 경영가치, 직속상사, 의사소통, 교육훈련, 안전실천, 안전지식, 안전동기를 하위요소로 안전분위기를 조사하였다. 본 연구에서는 연구 대상이 과학기술 분야 연구실의 연구자들인 점과 안전리더십을 주요 변수로 설정한 점 등을 고려하여, 안전분위기의 하위요인으로 연구실 운영방침, 안전규정, 안전교육, 연구실 구성원 간의 소통으로 구성하였다.

2.3 안전동기

Griffin and Neal²¹⁾, Yang¹⁸⁾, Jo¹²⁾ 등 많은 연구자들은 안전동기가 안전행동에 미치는 영향을 강조하고 있다. 안전동기는 안전하게 행동하기 위해 개인이 노력을 기

올인 상태, 그리고 안전한 행동에 중요성을 부여하는 것으로 정의된다²³⁾.

Woo and Ahn²⁴⁾은 Deci²⁵⁾의 동기화 구분 방법을 적용하여 안전동기를 내재적 안전동기와 외재적 안전 동기화로 분류하였다. 내재적 동기는 흥미와 즐거움을 위해 행동하려는 동기를 의미하며, 외재적 동기는 성과물을 얻기 위해 행동하려는 동기를 의미한다²⁶⁾. 안전동기의 관점에서 내재적 안전동기는 조직이나 상급자로부터 안전행동에 대한 임무를 맡고 이를 성공적으로 수행함으로써 느끼는 성취감과 보람감 등을 의미하며¹⁸⁾, 외재적 안전동기는 안전 문제에 대한 대처가 주로 경제적 보상, 상사의 지시 및 처벌, 회사의 안전정책 등 외부적인 자극에 의해 발생한다¹⁰⁾. 본 연구에서는 Deci²⁵⁾와 Woo and Ahn²⁴⁾의 안전 동기화 구분 방법을 활용하여 안전동기의 하위요인으로 내재적 안전동기와 외재적 안전동기를 고려하였다.

2.4 안전행동

안전행동은 개인이 안전을 확보하기 위해 취하는 일련의 행동을 의미하며²¹⁾, 불안전 행동은 외부 자극에 대한 습관적 행동으로 안전상태를 불안정한 상태로 전환시키는 행동을 의미한다²⁷⁾. 안전행동과 관련된 초기 연구는 주로 불안전 행동 관점에서의 연구가 이루어졌다. 그러나, Hofmann and Stetzer²⁸⁾는 안전의 책임을 개인에게 전가하는 한계와 사고 예방 효과에 대한 한계를 지적하였다. 이후 안전사고를 예방하기 위해 개인의 불안전 행동뿐만 아니라 안전행동에 대한 연구가 중요시되고 있다.

안전행동의 하위구성 요인으로 Griffin and Neal²⁹⁾은 Borman and Motowidlo³⁰⁾의 성과개념을 기반으로 안전행동을 업무성과인 순응행동과 맥락성과인 참여행동으로 구분하였다. 순응행동은 작업과 관련된 안전규정과 절차를 따르는 소극적인 행동을 의미하며, 참여행동은 안전활동에 자발적으로 참여하거나 안전관련 이슈로 동료들을 돕거나 안전회의에 참여하는 활동을 의미한다³¹⁾. 본 연구에서는 Kim and Park²⁰⁾, Seo²⁷⁾, Yang and Kwon³²⁾ 등의 선행 연구를 참고하여 안전행동의 하위요소로 순응행동과 참여행동으로 구분하였다.

3. 연구방법

3.1 연구모형 설계

본 연구에서는 연구활동종사자의 안전행동에 영향을 미치는 변인간의 구조적 관계를 분석하자 선행연구에서 검토된 안전리더십-안전분위기¹⁶⁾, 안전분위기-안전

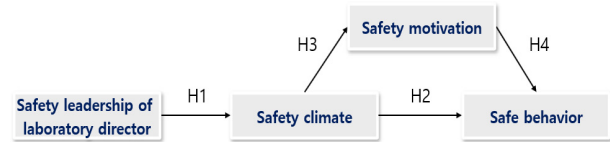


Fig. 1. Research model.

행동^{12,21)}, 안전리더십-안전동기-안전행동¹⁸⁾ 등의 연구모형을 토대로 연구모형을 Fig. 1과 같이 설정하였다. 제시한 연구모형을 검증하기 위하여 설정된 가설은 다음과 같다.

- H1: 연구실책임자 안전리더십은 연구실의 안전분위기에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H2: 연구실의 안전분위기는 연구자의 안전행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H3: 연구실의 안전분위기는 개인의 안전동기에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.
- H4: 개인의 안전동기는 연구자의 안전행동에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

3.2 설문조사

설문 시기는 2023년 4월~5월이며, 2022년 연구실 안전 실태조사에 응답한 대학, 연구기관, 기업부설(연) 등 4,546개 기관에 소속된 연구활동종사자 약 130만명을 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였다. 회신이 된 설문 응답 중 불성실 응답을 제외한 404명의 응답 결과를 최종 분석 대상으로 선정하였다. 모집단이 10만명 이상인 경우 신뢰도 95% 수준에서 적절한 표본의 크기가 400명 이상³³⁾인 점을 고려할 때, 본 연구의 표본크기는 적절한 것으로 판단된다.

설문 문항은 안전 리더십 16문항, 안전분위기 19문항, 안전동기 11문항, 안전행동 8문항으로 구성하였으며, 설문의 응답은 리커트 6점 척도를 활용하였다. 측정 문항의 구성은 선행연구에서 사용되었던 문항을 본 연구에 적합하도록 재구성하였다.

3.3 자료 분석 방법

자료 분석은 SPSS 26과 AMOS 27 프로그램을 활용하였으며, 설문문항의 타당도를 검증하기 위하여 탐색적 요인분석(EFA, Exploratory Factor Analysis)을 실시하였다. 이때 요인분석은 주축 요인분석 방법과 회전은 직접 오블리민을 활용하였으며, 요인 부하량(Factor Loading)은 0.5 이상을 적용하였다. 또한, 설문 문항의 신뢰도를 확인하기 위하여 Cronbach's α 값을 활용하였다.

본 연구에서 설정한 변인 간의 구조적 관계를 분석하기 위하여 구조방정식 모형을 활용하였으며, 확인적 요인분석과 경로분석을 실시하였다. 확인적 요인분석의 연구모형 적합도 지수는 χ^2 , RMSEA, CFI, TLI 수치를 활용하였으며, 변인별 집중타당도와 판별타당도를 확인하기 위하여 AVE와 CR값을 확인하였다.

4. 분석 결과

4.1 설문 응답자 특성

설문에 참여한 응답자는 총 404명으로 일반적 특성은 Table 1과 같다. 응답자의 성별은 남성이 47.5%, 여성은 52.5%로 나타났으며, 학력의 경우 대학원 이상의 고학력자 비율이 71.4%로 가장 높게 나타나 연구실 구성원의 구성 특징이 반영된 것으로 분석되었다. 소속 기관 유형은 대학 35.4%, 연구기관 32.9%, 기업부설 연구소 31.7%로 구성되어, 적합한 표본 비율을 구성한 것으로 판단된다.

Table 1. General characteristics of questionnaire respondents

General characteristics		Number of survey response(%)
Gender	Male	192(47.5)
	Female	212(52.5)
Education	Bachelor's course	40(9.9)
	Bachelor's degree	76(18.8)
	Master's course	35(8.7)
	Master's degree	100(24.7)
	PhD course	55(13.6)
	PhD	98(24.3)
Institution classification	University	143(35.4)
	Research institute	133(32.9)
	Corporate research	128(31.7)

4.2 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석

4.2.1 연구실책임자 안전리더십

연구실책임자의 안전리더십 설문에 대한 탐색적 요인분석의 적합도 지수 측정 결과는 $\chi^2=7,658.349$, $df(p)=120(0.000)$ 이며, KMO 측도는 0.962로 측정되었다(Table 2). 설문 결과는 4개 요인, 16문항으로 수렴되었으며, 4개 요인의 누적 변량은 81.475%이므로 측정 도구의 타당도는 적합한 것으로 판단된다. 신뢰도 분석 결과 총 16문항의 Cronbach's α 값은 0.973으로 높게 나타났다.

Table 2. Exploratory factor analysis results – safety leadership

Item	Factor				
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	
Safety commitment and attitude	11	.871	-.007	.006	.050
	10	.846	.093	-.015	-.064
	12	.691	.107	.123	.035
	9	.586	-.060	.093	.328
Safety behavior and activities	16	.017	.892	-.018	.028
	14	-.003	.887	.010	-.018
	15	.037	.768	.075	.065
	13	.107	.699	.062	.052
Safety communication	3	.056	-.036	.912	.026
	2	-.058	.002	.910	.042
	1	.053	.000	.895	-.054
	4	-.011	.195	.683	.051
Safety interest	7	-.020	.131	-.061	.913
	6	-.035	.036	.025	.883
	8	.062	.005	.047	.850
	5	.084	-.067	.075	.797
Eigen value	Total	11.429	.988	.780	.583
	Dispersion(%)	70.285	5.013	3.767	2.410
	Accumulation(%)	70.285	75.298	79.065	81.475
KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)					.962
Cronbach's α					.973
Bartlett's test of sphericity				χ^2	7658.349
				df(p)	120(.000)

4.2.2 안전분위기

안전분위기 설문에 대한 탐색적 요인분석 적합도 측정 결과는 Table 3과 같으며, $\chi^2=9,265.344$, $df(p)=171(0.000)$, KMO 측도는 0.961로 나타났다. 최종 4개 요인, 19문항으로 수렴되었으며, 4개 요인의 누적 변량은 80.123%로 측정 도구의 타당도는 적합한 것으로 나타났다. 신뢰도 분석 결과 총 19문항의 Cronbach's α 값은 0.976으로 높게 나타났다.

4.2.3 안전동기

안전동기의 탐색적 요인분석 적합도 측정 결과는 $\chi^2=4,163.684$, $df(p)=55(0.000)$, KMO 측도는 0.942로 나타났다(Table 4). 수렴된 2개 요인(11문항)의 누적 변량은 73.574%이며, 측정 도구의 타당도는 적합하다. 선택된 11개 문항의 신뢰도 분석 결과인 Cronbach's α 값은 0.948로 높게 나타나므로 신뢰도를 확보한 것으로 판단된다.

Table 3. Exploratory factor analysis results – safety climate

Item		Factor			
		Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
Laboratory operation policy	3	.925	-.039	.038	-.027
	2	.857	-.002	.112	-.039
	1	.786	.097	-.016	.068
	4	.772	.102	-.010	.061
Communicating with lab members	5	.761	.023	-.012	.165
	18	-.003	.995	-.045	-.026
	19	.124	.816	.090	-.056
	16	-.015	.797	.010	.068
Safety education	17	.052	.773	.089	.036
	13	.088	-.044	.934	-.044
	14	.065	-.017	.905	-.009
	15	-.001	.072	.832	.001
	12	-.043	.073	.665	.200
Safety regulations	11	-.057	.228	.490	.282
	9	.036	-.067	.075	.865
	8	-.011	.027	.082	.749
	7	.147	.080	.023	.696
	6	.283	.060	-.014	.620
Eigen value	Total	13.300	1.098	.915	.681
	Dispersion(%)	68.966	4.866	3.831	2.460
	Accumulation(%)	68.966	73.832	77.662	80.123
KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)					.961
Cronbach's α					.976
Bartlett's test of sphericity				χ^2	9265.344
				df(p)	171(.000)

Table 4. Exploratory factor analysis results – safety motivation

Item		Factor		
		Factor1	Factor2	
Intrinsic motivation	1	.887	-.225	
	2	.879	-.228	
	5	.863	-.265	
	3	.844	-.248	
	6	.826	-.218	
	4	.825	-.291	
Extrinsic motivation	9	.784	.329	
	7	.755	.237	
	11	.738	.260	
	8	.734	.501	
	10	.659	.399	
Eigen value	Total	7.338	1.282	
	Dispersion(%)	64.403	9.171	
	Accumulation(%)	64.403	73.574	
KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)				.942
Cronbach's α				.948
Bartlett's test of sphericity		χ^2	4163.684	
		df(p)	55(.000)	

4.2.4 안전행동

안전행동의 탐색적 요인분석 적합도 결과는 Table 5와 같으며, χ^2 , df(p), KMO 측도, 수렴된 최종 2개 요인의 누적 변량, Cronbach's α 값으로부터 측정 도구의 타당도와 신뢰도는 적합한 것으로 분석되었다.

Table 5. Exploratory factor analysis results – safety behavior

Item		Factor	
		Factor1	Factor2
Safety participation	6	.971	-.049
	7	.950	-.029
	5	.850	.057
	8	.840	.041
Safety compliance	3	.002	.957
	1	-.008	.898
	2	-.030	.866
	4	.052	.795
Eigenvalue	Total	5.490	1.308
	Dispersion(%)	66.215	13.951
	Accumulation(%)	66.215	80.166
KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)			.894
Cronbach's α			.934
Bartlett's test of sphericity		χ^2	3259.083
		df(p)	28(.000)

4.3 확인적 요인분석

탐색적 요인분석으로부터 확정된 변인별 하위요인 구조의 적절성을 확인하기 위하여 확인적 요인분석을 실시하였다. 확인적 요인분석 결과는 Table 6과 같으며, 요인분석 모형도는 Fig 2와 같다. 확인적 요인 분석에서 도출한 절대 적합도 지수는 높으나($\chi^2=150.361$ (0.000)), RMSEA값은 0.073으로 측정되어 기준값 0.08보다 작으므로 절대 적합도 지수는 양호한 것으로 나타났다. 증분 적합도 지수 값은 CFI=0.977, TLI=0.969로 모두 기준값인 0.9이상으로 나타나 모형은 적합한 것으로 판단된다.

변인 간 집중 타당성을 추가적으로 검증하기 위해 AVE(Average Variance Extracted, 평균분산추출)값과 CR(Construct Reliability, 개념신뢰도)값을 확인하였다. AVE값은 0.655 ~ 0.764 사이 값으로 나타나 기준값인 0.5이상이며, CR값은 기준값(0.7)이상인 0.791~0.927 사이를 나타내므로 집중 타당도는 확보된 것으로 판단된다. 다음으로 상관분석을 실시하였으며, 결과는 Table 7과 같다.

잠재 요인 간의 차이를 알아보기 위해 판별 타당도를 분석하였다. 각 요인 간의 상관 계수 제곱 값보다

Table 6. Confirmatory factor analysis results

Factor	Factor → Item	Estimate		S.E.	C.R.	AVE	CR
		B (unstandardized)	β (standardized)				
Safety leadership	Safety leadership → Safety communication	1	0.885	-	-	.728	.915
	Safety leadership → Safety interest	0.928	0.860	0.038	24.136***		
	Safety leadership → Safety commitment and attitude	1.017	0.881	0.040	25.366***		
	Safety leadership → Safety behavior and activities	1.076	0.879	0.043	25.243***		
Safety climate	Safety climate → Laboratory operation policy	1	0.913	-	-	.760	.927
	Safety climate → Safety regulations	0.977	0.919	0.031	31.124***		
	Safety climate → Safety education	0.908	0.875	0.033	27.35***		
Safety motivation	Safety climate → Communicating with lab members	1.017	0.825	0.043	23.815***	.764	.865
	Safety motivation → Intrinsic motivation	1	0.908	-	-		
Safe behavior	Safety motivation → Extrinsic motivation	0.871	0.770	0.048	18.315***	.655	.791
	Safe behavior → Safety compliance	1	0.826	-	-		
	Safe behavior → Safety participation	0.873	0.744	0.054	16.237***		

***p<.001
 $\chi^2=150.361(.000)$, $df=48$, $RMSEA=.073$, $CFI=.977$, $TLI=.969$

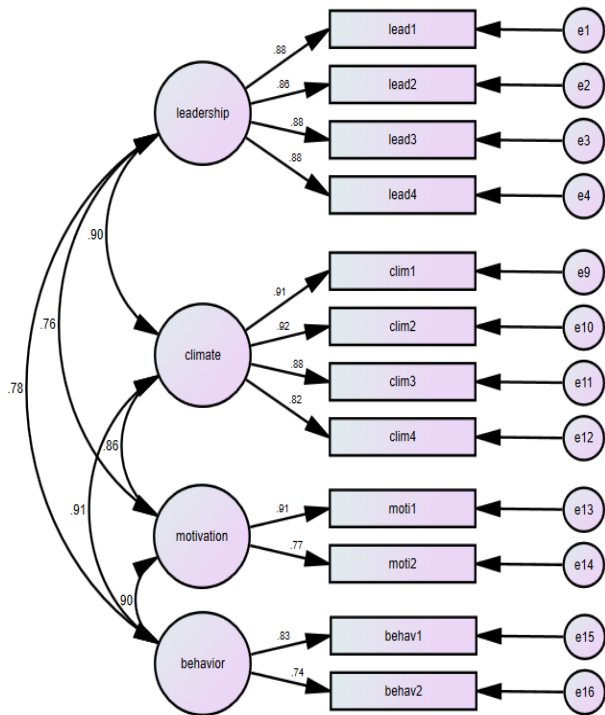


Fig. 2. Confirmatory factor analysis model diagram.

요인의 평균 분산 추출(AVE) 값이 크면 요인 간에는 판별 타당도가 있다고 볼 수 있다³⁴⁾. 판별 타당도 결과는 Table 8과 같으며, 각 행과 열에서 모든 변수의 상관 계수를 제공한 값보다 평균 분산 추출(AVE) 값이 모두 크게 나타나므로 판별 타당도는 확보된 것으로 측정되었다.

Table 7. Result of the pearson correlation analysis

Classification	Safety leadership	Safety climate	Safety motivation	Safe behavior
Safety leadership	1			
Safety climate	.840**	1		
Safety motivation	.673**	.760**	1	
Safe behavior	.658**	.773**	.723**	1

**p<.01

Table 8. Result of the discriminant validity

Classification	Safety leadership	Safety climate	Safety motivation	Safe behavior
Safety leadership	.728(AVE)			
Safety climate	.706	.760(AVE)		
Safety motivation	.453	.578	.764(AVE)	
Safe behavior	.433	.598	.523	.655(AVE)

4.4 변인간 경로분석

변인간의 관계 적합도를 검증하기 위해 구조모형을 분석하였다(Table 9). $\chi^2=153.915(0.000)$, $RMSEA=0.072$, $TLI=0.970$, $CFI=0.977$ 로 측정되므로 구조모형은 적합하며, 최종 연구모형은 Fig 3과 같다.

변인 간 경로계수를 확인한 결과, 안전리더십은 안전분위기에 정적영향($\beta=0.898$)을 미치고, 안전분위기는 안전동기에 정적영향($\beta=0.859$)을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 안전동기는 안전행동에 정적영향(β

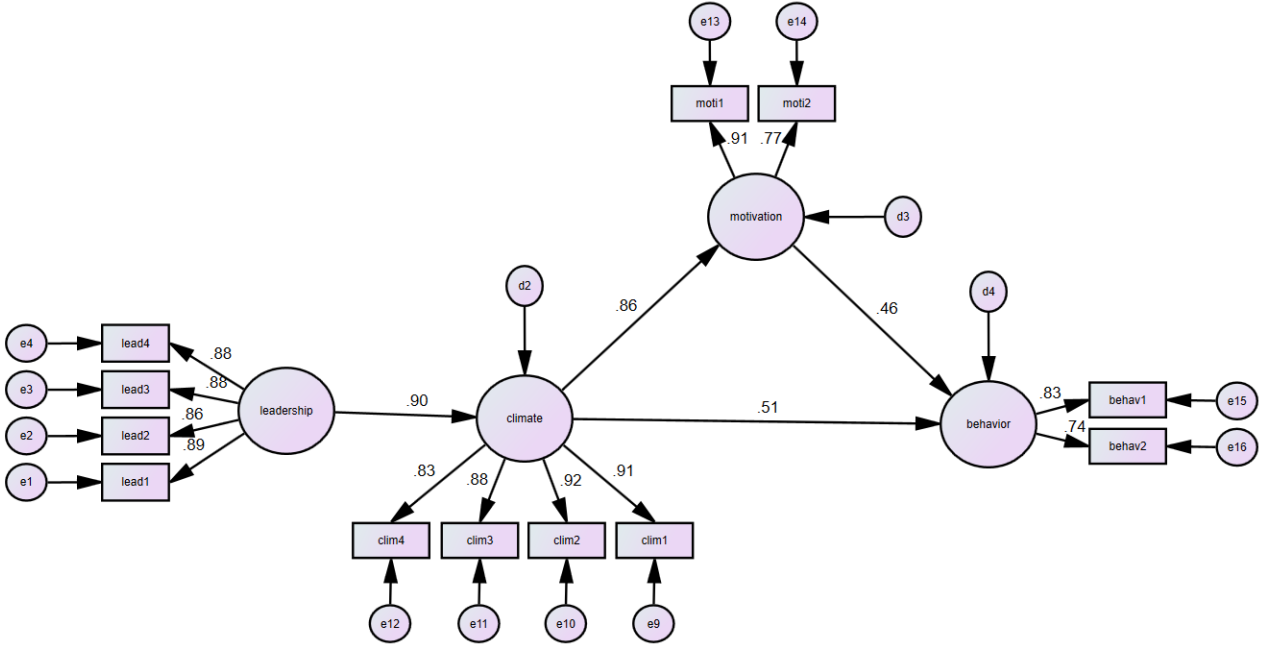


Fig. 3. Final model result.

Table 9. Result of the structural model

Route	Estimate		S.E.	C.R.
	B	β		
Safety leadership → Safety climate	.875	.898	.039	22.493***
Safety climate → Safety motivation	.705	.859	.033	21.245***
Safety motivation → Safe behavior	.459	.457	.098	4.656***
Safety climate → Safe behavior	.421	.511	.077	5.482***

***p<.001

=0.457)을 미치고, 안전분위기는 안전행동에 정적영향 ($\beta=0.511$)을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 연구 가설은 모두 지지된 것으로 검증되었다.

4.5 소결

구조방정식을 활용하여 연구활동종사자의 안전행동에 영향을 미치는 변인들을 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 연구실책임자의 안전리더십은 연구실의 안전분위기 조성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 즉, 연구실 사고 예방을 위해 연구실책임자가 안전리더십을 중요한 요소로 인지하고 하위요인인 안전의사소통, 안전관심도, 안전의지 및 태도, 안전행동 및 활동에 대한 모범을 나타내야 연구실의 안전분위기 형성에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 높다.

둘째, 연구실의 안전분위기는 연구활동종사자의 안전동기와 안전행동에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 연구실 운영방침과 안전 규정 운영, 구성

원 간의 원활한 소통, 안전교육 실시는 연구실 안전분위기 향상에 기여하며, 안전분위기 향상은 연구활동종사자의 안전동기 부여와 적극적인 안전행동을 유도하여 연구실 사고를 예방할 수 있는 중요한 수단이 될 것으로 판단된다.

셋째, 연구활동종사자의 안전동기는 안전행동에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 연구활동종사자의 내재적 안전동기와 외재적 안전동기 강화를 유도하는 방안이 필요한 것으로 판단된다.

연구활동종사자 대상의 설문결과를 구조방정식으로 분석한 결과로부터 연구활동종사자의 안전행동을 강화하기 위해서는 먼저, 연구실책임자의 안전리더십 역량 강화가 필요한 것을 알 수 있다. 연구실책임자의 안전리더십을 향상시키는 방안으로 연구실의 안전리더십 교육 활성화 방안을 연구기관에서 검토할 필요가 있다. 연구기관의 직무 교육에 연구실책임자의 안전리더십 교육을 포함하는 등의 연구실책임자의 안전리더십 역량을 적극적으로 간화하는 것은 연구실의 안전분위기 형성에 긍정적 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

연구실의 안전분위기는 연구활동종사자 개인의 안전동기와 안전행동에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 즉, 연구실 책임자는 안전분위기의 하위요소인 연구실의 운영방침, 안전규정, 안전 교육, 구성원 사이의 소통에 관심을 두어야 한다. 연구실의 운영방침, 안전규정을 내규 등으로 체계화하여 운영하고, 연구활동종사자의 안전교육을 점검하는 것이 필요하다. 또한,

연구실 안전 관련 세미나, 주간 안전회의 등의 자체적인 연구활동종사자의 원활한 소통 활동을 계획하는 것이 바람직하다.

마지막으로 연구실책임자와 연구기관의 장은 연구활동종사자의 안전동기 강화가 안전행동에 효과적임을 인식하고 안전활동과 관련된 인센티브 제도 도입 등을 통해 외재적 안전동기 강화 방안을 마련할 필요가 있다. 다만, 인센티브 제도의 도입은 연구기관의 안전문화 형성에 도움이 되나, 인센티브 수준에 대한 조직 내 합의 과정이 필요하다. 또한, 연구실의 전반적인 안전 수준과 연구활동종사자들의 안전 수준이 낮은 연구기관에서는 인센티브 제도를 통해 연구활동종사자의 안전동기를 강화시키는 것을 검토할 필요가 있다. 연구활동종사자의 내재적 안전동기 강화도 필요하므로 연구실에 소속된 연구활동종사자가 안전활동에 대한 흥미와 자긍심 등의 긍정적 효과를 유발할 수 있는 다양한 연구실 관리 방안을 구상하여야 한다.

5. 결론

본 연구에서는 연구활동종사자의 안전행동에 영향을 미치는 변인들의 영향과 변인 간의 구조적 관계를 구조방정식 모형을 활용하여 분석하였다. 연구모형의 적합도는 타당한 것으로 나타났으며, 도출된 결론은 다음과 같다.

1) 연구실책임자의 안전리더십은 연구실의 안전분위기 조성에 긍정적인 영향(표준화계수(β) .898 ($p < .01$))을 미치며, 연구실의 안전분위기는 연구활동종사자의 안전동기(표준화계수(β) .859 ($p < .01$))와 안전행동(표준화계수(β) .511 ($p < .01$))에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 연구실책임자는 안전의사소통, 안전관심도, 안전의지 및 태도, 안전행동 및 활동에 대한 모범을 통해 안전리더십을 나타내야 하며, 연구실책임자의 안전리더십 향상을 위해 안전리더십 교육을 강화하는 것이 필요하다. 또한, 연구실 운영방침과 안전 규정 운영, 구성원 간의 원활한 소통, 안전교육 실시는 연구실 안전분위기 향상에 기여하므로 우수연구실 인증제, 컨설팅 지원 제도 등을 적극적으로 활용하여 연구실의 안전분위기를 확산하는 것이 필요하다.

2) 연구활동종사자의 안전동기는 안전행동에 긍정적인 영향(표준화계수(β) .457 ($p < .01$))을 미치므로 연구활동종사자의 내재적 안전동기와 외재적 안전동기를 유도하는 것이 필요하다. 연구기관의 장은 외재적 안전동기를 유도하기 위해 안전활동 우수 연구활동종사

자를 위한 인센티브 제도 도입을 적극 검토하여야 한다. 연구실의 전반적인 안전 수준과 연구활동종사자들의 안전 수준을 고려하여 인센티브의 수준을 결정하여야 하며, 연구활동종사자가 안전활동에 흥미와 자긍심을 갖도록 연구실책임자는 연구활동종사자의 내재적 안전동기를 강화하는 것이 필요하다.

References

- 1) Ministry of Science and ICT, “The Fourth Basic Plan for Establishing Research Laboratory Safety Environments”, pp. 4, 2022.
- 2) National Research Safety Headquarters, “2022 Research Laboratory Safety Management Survey”, pp. 3-4, 2022.
- 3) H. W. Lee, “The Fourth Basic Plan for Establishing Research Laboratory Safety Environments”, Presentation at the Public Hearing Event, 2022.
- 4) H. W. Heinrich, D. Petersen, N. Ross and M. G. Hill, “Industrial Accident Prevention”, New York, 1980.
- 5) T. E. McSween, “The Values-based Safety Process: Improving Your Safety Culture with Behavior-based Safety(2nd)”, New York: Van Nostrand Reinhold, 2003.
- 6) H. S. Ahn, E. J. Kim, G. J. Lee, J. H. Park, M. W. Choi, J. C. Oh and S. B. Kim, “The Research of Root Cause of Fall Accident and Effective Prevention Solution”, Korea Occupational Safety & Health Agency, pp. 1-2, 2009.
- 7) K. S. Moon, “The Influence of Safety Leadership on Safety Behavior, Safety Climate and Accident: Meta Analysis”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 6, pp. 66-76, 2018.
- 8) J. B. Baek, M. Y. Uhm and J. S. Kim, “The Relationship between Workers’ Safety Behaviors and Safety Climate in Chemical Industry”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 30, No. 5, pp. 100-107, 2015.
- 9) H. L. Kim, H. S. So, K. S. Park and B. J. Kim, “A Study on the Effect of Safety Leadership on Organizational Safety Culture and Safety Behavior in the Service Industry”, Korean Journal of Safety Culture, No. 22, pp. 179-191, 2023.
- 10) H. J. Lee, “Safety Leadership by Type Effect on Safety Behavior of Researchers : Focusing on the Moderating Effect of Laboratory Safety Climate, Personal Safety Motivation, and Safety Education”, Chungbuk National University Graduate School, Master’s Thesis, 2022.
- 11) H. J. Jo and J. G. Kim, “Development of Lab Safety Leadership Measurement Tool”, Korean Journal of Safety Culture, No. 23, pp. 143-158, 2023.

- 12) H. J. Jo, "Analysis of the Relationship between Safety Leadership and Safety Behavior in the University Laboratory -Focusing on the Mediating Effect of the Safety Climate-", Korean Journal of Safety Culture, No. 15, pp. 95-110, 2022.
- 13) G. H. Lee, "A Study of the Influence of Manager Safety Leadership on Workplace Safety Culture", Chosun University Graduate School, PhD thesis, 2012.
- 14) Korea Occupational Safety and Health Agency, "Technical Guidelines on Process Safety Culture", KOSHA GUIDE : P-19-2017, p. 3, 2017.
- 15) H. C. Park, G. H. Lee, I. G. Hong, I. H. Jung and S. I. Eom, "A Study on the Safety Leadership Model and Evaluation of the Automobile and Mining Industries Considering the Characteristics of the Gwangju Region" Korea Occupational Safety & Health Agency, p. 60, 2011.
- 16) H. J. Park, "A Study on Leadership Training Based on Safety Culture Strengthening Factors for Railway Workers", Kyung Hee University Graduate School, PhD Thesis, 2014.
- 17) S. W. Lee, "Exploring the Relationships between Safety Leadership, Organizational Safety Culture, and Safety Behavior", Keimyung University Graduate School, PhD Thesis, 2018.
- 18) G. A. Yang "The Effects of Safety Leadership and Safety Education for Schoolteachers on Safety Consciousness and Safety Behavior", Dankook University Graduate School, Master's Thesis, 2020.
- 19) D. Zohar, "Safety Climate in Industrial Organizations: Theoretical and Applied Implications", Journal of Applied Psychology, Vol. 65, No. 1, pp. 96-102, 1980.
- 20) G. S. Kim and Y. S. Park, "The Effects of Safety Climate on Safety Behavior and Accidents", The Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology, Vol. 15, No. 1, pp. 19-39, 2002.
- 21) M. A. Griffin and A. Neal, "Perceptions of Safety at Work: A Framework for Linking Safety Climate to Safety Performance, Knowledge, and Motivation" Journal of Occupational Health Psychology, 5, pp. 347-358, 2000.
- 22) U. Varonen and M. Mattila, "The Safety Climate and Its Relationship to Safety Practice, Safety of the Work Environment and Occupational Accidents in Eight Wood-processing Companies", Accident Analysis and Prevention, 32, pp. 761-769, 2000.
- 23) A. Neal and M. A. Griffin, "A Study of the Lagged Relationships among Safety Climate, Safety Motivation, Safety Behavior, and Accidents at the Individual and Group Levels", Journal of Applied Psychology, Vol. 91, No. 4, p. 946, 2006.
- 24) S. C. Woo and G. Y. Ahn, "The Effect of Job Burnout on Safety Action, and the Moderating Effect of Safety Climate in Korean Air Force", Journal of Korea Safety Management & Science, Vol. 17, No. 4, pp. 57-66, 2015.
- 25) E. L. Deci, "Notes on the Theory and Meta Theory of Intrinsic Motivation", Organizational Behavior and Human Performance, Vol. 15, No. 1, pp. 130-145, 1976.
- 26) H. J. Jung, S. R. Lee and Y. W. Sohn, "The Influence of Safety-Specific Transformational Leadership on the Safety Behaviors: The Mediating Effect of Safety Climate and Safety Motivation and the Moderating Effect of Trust in Leader", Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology, Vol. 28, No. 2, pp. 249-274, 2015.
- 27) H. C. Seo, "Effects of Individual and Organizational Factors on Safety Behaviors of Temporary Construction Workers using Structural Equation Modeling", Hanyang University Graduate School, PhD Thesis, 2015.
- 28) D. A. Hofmann and A. Stetzer, "A Cross Level Investigation of Factors Influencing Unsafe Behaviors and Accidents", Personnel Psychology, Vol. 49, No. 2, pp. 307-339, 1996.
- 29) A. Neal, M. A. Griffin and P. M. Hart, "The Impact of Organizational Climate Safety Climate and Individual Behavior", Safety Science, Vol. 34, pp. 99-109, 2000.
- 30) W. C. Borman and S. M. Motowidlo, "Expanding the Criterion Domain to Include Elements of Contextual performance. In N.Schmitt", Personnel Selection in Organizations, pp. 71-98, 1993.
- 31) C. S. Lu and C. S. Yang, "Safety Leadership and Safety Behavior in Container Terminal Operations", Safety Science, Vol. 48, No. 2, pp. 123-134, 2010.
- 32) J. M. Yang and Y. G. Kwon, "Effect of Behavior Based Safety Program on Safety Behavior, Safety Climate and its Satisfaction", J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 5, pp. 109-119, 2018.
- 33) L. Gay, G. Mills and P. Airasian, "Educational Research: Competencies for Analysis and Applications", Pearson Higher Ed, pp. 507-515, 2011.
- 34) H. J. Choi, "A Study on Development of Career Success Criteria for Workers of Small and Medium-Sized Enterprises", Chungnam National University Graduate School, PhD Thesis, 2021.