

철도관제사의 사고유발 요인에 관한 탐색적 구조분석

김경남 · 신태현[†]

An Exploratory Structural Analysis of the Accident Causing Factors in Railway Traffic Controllers

Kyung-Nam Kim · Tack-Hyun Shin[†]

ABSTRACT

This study intended to exploratively testify human error causing factors for railway traffic controller, using AMOS structural equation model. Through literature survey, fatigue and stress as exogenous variable, errors in information process such as cognitive, memory, storage, and execution error as endogenous variable, and accident and incident(near-miss) as dependent variable were set up.

Results based on AMOS using 201 railway traffic controllers' questionnaire showed that a clear causality loop like as 'stress → memory error → storage error → incident(near-miss) → accident' is formed. This result suggests that for the purpose of mitigation of traffic controller's accident, it is so necessary to reduce memory and execution error in the information processing process based on the effective management of stress, as the precedent of them.

Key words : Railway Traffic Controller, Stress, Memory Error, Execution Error, Incident(near-miss), Accident

요약

본 연구는 철도관제사의 인적오류를 유발하는 요인이 무엇인지를 AMOS 구조방정식 모형을 활용하여 탐색적으로 검증하려는 목적에서 시도되었다. 관제사와 관련된 문헌연구를 토대로 피로와 스트레스를 외생변인, 정보처리과정에서의 오류(인지, 기억, 저장 및 실행오류)를 내생변인, 그리고 종속변인으로 책임사고와 아차사고를 설정하였다. 여러 기관의 현직관제사 201명의 설문을 분석한 결과, '스트레스 → 기억오류 → 저장오류 → 아차사고 → 책임사고'의 인과관계 고리가 성립한다는 것을 발견하였다. 이 같은 연구결과는 인적오류와 관련하여 관제사의 사고 저감을 위해서는 그 선행요인인 스트레스를 효과적으로 관리하여 정보처리과정에서의 기억 및 실행오류를 저감시킬 필요가 있다는 것을 시사한다.

주요어 : 철도관제사, 스트레스, 기억오류, 실행오류, 아차사고, 책임사고

1. 서론

1986년 발생한 체르노빌 원전사고의 심각한 피해를 계기로 산업과 사회 전반의 안전에 대한 관심이 급속히 높아지면서 안전을 주제로 한 다양한 연구가 진행되어 왔다.

* 이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

Received: 1 December 2017, **Revised:** 9 March 2018,
Accepted: 21 March 2018

[†] **Corresponding Author:** Tack-Hyun Shin

E-mail: shin6468@seoultech.ac.kr
Industrial & Information Systems Engineering,
Seoul National University of Science and Technology

철도시스템의 안전성 향상에 관한 인간과학 연구의 최
대과제는 인적오류에 기인하는 사고의 방지이다. 이들 연
구의 중요한 한 가지 분야는 행동과학 기반의 연구로, 이
들 부류의 연구들은 심리학, 사회심리학, 정신의학, 조직
행동 분야의 이론과 지식을 토대로 산업현장에서의 안전,
인적오류, 안전행동, 안전풍토(안전문화) 등을 키워드로
삼아 관련 선행, 후행요인에 대한 모형과 가설의 설정, 인
과관계 검증 혹은 구조분석을 수행하여 왔다. 이 같은 경
향과 달리 최근에는 산업공학적 혹은 시스템적 관점에서
인적오류의 원인규명을 위한 다양한 분석모델 및 방법론
의 개발과 적용에 주된 관심이 모아지고 있으며, 이를 통
해 인적오류의 방지와 개선대안 제시를 목표로 하는 연

구들이 주류를 이루고 있다¹¹⁾.

이 같은 연구경향 가운데 행동과학적 기반의 연구들은 대부분 철도기관사를 대상으로 이루어진 반면, 철도안전의 중요한 한 축을 담당하는 철도관제사를 대상으로 한 연구는 극히 희소한 실정이다. 기관사가 철도운영의 최일선 현업 인력으로 각종 오류나 사고의 1차적 책임이 기관사에게 부과되는 관계로 모든 이의 관심이 철도기관사에게 두어지기 때문이다. 하지만 철도관제사의 업무 또한 철도안전을 위해 매우 핵심적이고 중요한 영역이므로 철도관제사에 대한 행동과학기반의 연구에도 관심을 기울여 철도안전을 확보하는 것이 매우 중요하다.

본 연구는 이처럼 철도안전을 주제로 한 연구에서 도외시되고 있는 철도관제사에게 초점을 맞춰 이들의 인적 오류 유발에 영향을 미치는 요인들이 무엇인지를 탐색적 관점에서 접근하여 밝혀보려는데 주요 목적이 있다.

2. 문헌 연구

인적 오류에 대한 이해와 정의가 매우 다양한 가운데²⁾, 일반적으로 다음의 정의가 자주 인용된다. 즉 인적 오류(human error)란 시스템의 성능, 안전 또는 효율을 저하시키거나 감소시킬 잠재력을 갖고 있는 부적절하거나 원치 않는 인간의 결정이나 행동으로, 어떤 허용범위를 벗어난 일련의 인간 동작 중의 하나로 정의된다(한국산업안전보건공단, 2011).¹³⁾

인간은 항상 실수를 일으키는 사고(incident) 발생의 잠재요인을 내재하고 있으며, 기능적 특성에 있어서 인간 변화성(human variability)이 상존하여 이로 인한 인간의 신뢰도 정도에 따라 인간-기계시스템(human-machine system)의 안전이 확보되고 산업안전 재해에 영향을 미친다(한국산업안전보건공단, 2011).¹³⁾

앞에서 언급했듯이 철도시스템의 안전과 관련하여 철도기관사를 대상으로 한 행동과학 기반의 연구는 상당수 축적되어 있지만 관제사 대상의 연구는 매우 희소하다.

철도관제사를 대상으로 한 행동과학 기반의 국내외 문헌을 살펴보면 다음과 같다(Table 1).

박상수(2013)는 코레일 관제사 181명에 대한 설문조사를 토대로 한 철도교통관제업무의 개선방안에 관한 연구에서 이례상황 및 예기불안 스트레스가 관제사의 공포불안 정서와 매우 높은 상관관계가 있음을 밝혔다⁴⁾.

신택현 외(2013)는 코레일에 재직 중인 201명의 기관사와 173명의 관제사를 대상으로 한 인적 오류 선행요인에 대한 비교연구에서 기관사의 경우는 이례상황 스트레

스와 일과 삶의 불균형이 책임사고와 아차사고에 유의한 상관관계가 있는 반면, 관제사의 경우는 유의한 관계가 없음을 밝힌바 있는데⁵⁾, 이처럼 기관사와 관제사의 스트레스 요인이 사고에 서로 다른 영향을 미치는 이유는 근무형태, 근무공간 및 이례상황의 강도의 차이에서 오는 결과인 것으로 유추해볼 수 있다.

염민기(2016)는 9호선, 서울메트로, 도시철도공사, 코레일의 관제사로부터 획득된 494부의 설문데이터를 토대로 이들 관제사의 직무스트레스가 피로, 우울증상 및 인지실패에 어떤 영향을 미치는지를 분석하였다. 연구 결과, 환경/물리적 스트레스가 유일하게 신체적, 심리적 피로 및 우울에 영향을 미치며, 이는 다시 인지실패에 유의한 영향을 미친다는 사실을 통계적으로 밝혔다⁶⁾.

윤대원(2016)은 코레일 관제사를 대상으로 조직문화와 직무스트레스가 관제사의 일과 삶에 미치는 영향을 분석한 결과, 부정적 조직풍토, 직장불안정, 이례상황 스트레스, 예기불안 스트레스, 교대근무 스트레스가 일과 삶의 균형에 부정적 영향을 미친다는 사실을 밝혔다⁷⁾.

김중곤(2016)은 전국 10개 철도운영기관의 관제사 328명의 설문을 토대로 직무스트레스와 관련요인에 대해 분석한 결과 부정적 조직풍토가 관제사의 우울증상에 부정적 영향을 끼치며, 직무관련 여러 스트레스 요인들이 관제사에게 유의한 피로를 유발한다는 것을 밝혔다⁸⁾.

김중곤과 신택현(2016)은 직무요구, 교대근무, 과업환경 및 제반 스트레스 요인이 관제사의 건강에 미치는 영향을 연구한 결과, 모든 요인들이 건강에 부정적 영향을 미쳤으며, 일과 삶의 적절한 균형이 직무요구-건강 간의 관계를 긍정적으로 조절하고 있음을 밝혔다⁹⁾.

김경남(2017)은 기관사, 관제사 및 여타 직군에 대한 인적 오류 관련 선행연구들을 토대로 관제사의 인적 오류 유발요인을 피로와 스트레스, 그리고 인간의 정보처리 과정에서 유발되는 오류들을 주요 변인으로 설정하고 이들 요인이 책임사고와 아차사고에 미치는 영향을 여러 기관의 현직 관제사를 대상으로 분석하였다. 그 결과 스트레스요인이 기억오류, 저장오류, 실행오류, 순서생략오류에 영향을 미쳤고, 피로는 순서생략오류에만 영향을 미치며 각종 오류 중 저장오류만이 아차사고에 유의한 영향을 미친다는 사실을 발견하였다¹⁰⁾.

외국의 사례로 철도선진국, 특히 유럽 국가들은 지난 2000년대 초 영국 주도로 범유럽 차원에서 철도관련 각종 학회와 세미나를 개최하고 철도문화를 포함한 광범위한 주제에 대해 인간공학적인 연구와 조사에 착수한 바 있다¹¹⁾.

Table 1. Domestic literature based on behavioral science, highlighting railway traffic controller

Author	Theme	Method	Major Findings
Park (2013)	Improvement of Railway Traffic Controller's Task	Problem-finding and suggestion for improvement based on statistical analysis(SPSS) for 181 responded questionnaires of Korail Traffic Control Center, using job analysis and cognitive psychological approach	<ul style="list-style-type: none"> Emergency situation stress and expected anxiety stress have very high correlation with fear/anxiety emotion. Organizational culture and task-related stressors have no correlation with accident and incident.
Shin etals (2013)	Exploratory Study on Precedents of Human Error	Comparative correlation analysis on socio-psychological variables between 201 drivers and 173 traffic controllers of Korail based on responded questionnaires	<ul style="list-style-type: none"> In case of driver, emergency situation stress and unbalance of work-life showed significant correlation with accident and incident. However, in case of traffic controller, emergency situation stress and unbalance of work-life showed no correlation with accident and incident.
Yeom (2016)	Effect of Job Stress on Fatigue, Depression, and Cognitive Failure	Statistical analysis(SPSS) based on 493 responded questionnaires from Line 9 Metro, Seoul Metro, SMRT, and Korail)	<ul style="list-style-type: none"> Only environmental/physical stress among job stressors showed positive effect on physical fatigue /depression and psychological fatigue/depression, which in turn, made a positive effect on cognitive failure.
Yoon (2016)	Impact of Stress on Work-Life Balance	Statistical analysis(SPSS) based on 173 responded questionnaires from Korail Traffic Control Center)	<ul style="list-style-type: none"> Negative organizational climates and job insecurity among corporate level stressors showed significant effects on negative spillover of work. Also, emergency situation stress, expected anxiety stress, and shift stress among task level stressors showed significant effects on negative spillover of work.
Kim (2016)	Job Stressors and Related Factors	Statistical analysis(SPSS) based on 328 responded questionnaires from 10 railway operators	<ul style="list-style-type: none"> Negative organizational climates has a significant bad effect on depression. Task-related stressors have significant bad effects on fatigue.
Kim & Shin (2016)	Influence of Job Demand, Shift, Work Environment and Stressors on Health	Statistical analysis(SPSS) based on 328 responded questionnaires from 10 railway operators	<ul style="list-style-type: none"> All factors showed negative effects on health. Proper balance of work-life moderated the relationship between job demand and health.
Kim (2017)	Countermeasure for Prevention of Human Error in Accidents	Statistical analysis(SPSS) based on 201 responded questionnaires from traffic controllers	<ul style="list-style-type: none"> Fatigue showed significant effect on order omission error, with stress having on memory, storage, execution, and order omission error. Only storage error showed significant effect on incident.

그 이후 지속적인 연구가 진행되고 있는 가운데 철도 교통관제사의 스트레스 요인에 대한 연구들은 대부분 교대근무가 초래하는 신체적, 정신적 피로와 그 부작용¹²⁾, 그리고 철도관제사가 본연의 업무인 열차운행스케줄의 편성과 운영과정에서 돌발변수의 발생으로 효과적 대처가 불가능한 상황에 직면하여 느끼는 극심한 불안감과 스트레스를 완화해주기 위한 의사결정 지원시스템의 구

축 등 우리보다 앞선 실무적 관심을 토대로 효과적인 대안을 마련하고 있다¹³⁻¹⁶⁾.

3. 연구 모형

문헌연구를 토대로 본 연구에서는 관제사의 인적오류 유발요인을 다음의 인과관계 맥락에서 살펴보고자 하였

다. 먼저 외생변인으로 전통적으로 많은 연구가 이루어진 스트레스와 근자에 이르러 많은 관심이 두어지고 있는 피로^[17] 등 두 가지 변인을 설정하였다. 다만, 본 연구에서의 피로와 스트레스의 두 구성개념은 선행연구들에서 다루어진 측정문항을 따르지 않고 현직 관제사의 실질적인 업무수행경험을 토대로 하여, 피로의 경우는 야간근무가 초래하는 다양한 피로 증상들, 그리고 스트레스의 경우는 장애발생시 이의 처리과정에서 수반되는 다양한 심리적 불안과 탈진감 등을 설문으로 구성한 관계로 피로와 스트레스의 두 변인은 본 연구에서 일정한 상관성에도 불구하고 개념적으로 서로 독립적인 측면이 있어 각각 독립적인 외생변인으로 설정하였다. 그리고 내생변인으로는 인적오류 유발요인으로서 빈번히 인용되고 있는 인간의 정보처리 모형에 근거한 인지오류, 기억오류, 저장오류 및 실행오류의 네 가지를 설정하고, 종속변수로는 관제사의 책임사고 유무 및 아차사고 유무를 설정하여 외생변수와 내생변수 및 종속변수 사이의 구조적 인과관계를 탐색적 차원에서 살펴보고자 한다. 이 같은 인과관계를 도식화하면 다음과 같다(Fig. 1).

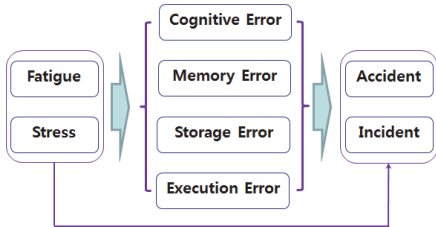


Fig. 1. Research Model

4. 실증 연구

4.1 연구 표본

본 연구를 수행하기 위해 2017년 5월 중 전국 철도운 영기관의 현직관제사를 대상으로 201부의 유효설문을 획득하여 이를 대상으로 통계처리 하였다.

4.2 분석 방법

본 연구의 수행을 위해 먼저 1단계에서 유효설문 데이터를 대상으로 SPSS에 의한 탐색적 요인분석을 실시하여 척도순화과정을 거쳐 공통성이 낮은 항목을 제거하면서 주요 구성개념을 정리하였다. 책임사고 및 아차사고의 경우는 그 응답치를 ‘예’와 ‘아니오’라는 명목척도로 측정 한 만큼, 회귀분석을 위해서는 이를 양적 성격의 등간척

도로 변환할 필요성이 있다. 따라서 책임사고와 아차사고는 Dummy 변수를 이용하여 등간척도로 전환하였다. 2 단계에서는 1단계 통계결과를 토대로 측정도구의 타당성 및 신뢰도 측정을 위해 구조방정식 프로그램인 AMOS 20.0을 활용하여 확인요인분석을 실시하였다. 구조방정식 모형은 전통적 회귀분석이 다루지 못하는 측정오차를 고려하면서 다중 및 상호중속관계를 동시에 추정할 수 있기 때문에 회귀분석에 비해 좀 더 정확한 측정을 가능하게 해준다. 반복적인 확인요인분석을 통해 모형적합도를 저해하는 변인 및 항목들을 추가로 제거한 결과, 본 연구에서 외생변인으로 설정한 피로와 스트레스 변인 중 피로가 탈락하였고, 내생변인 가운데는 인지오류와 저장오류가 탈락하였다. 따라서 모형적합도를 충족하는 변인으로 스트레스 2문항, 기억오류 3문항, 실행오류 3문항으로 최종 정리되었다(Table 2). 책임사고 및 아차사고 경험 유무를 묻는 문항의 경우 ‘예 혹은 아니오’를 묻는 단일문항인 만큼 측정이 불가능하다는 한계가 있다. 따라서 책임사고 및 아차사고 유무의 측정을 위해 단일지표 추정치를 사용하였다. 단일지표의 추정치는 0.7 또는 0.8을 사용하는 것이 일반적이기 때문에 본 연구에선 최소한의 수치인 0.7을 사용하여 분석하였다. 단일 지표를 설정하는 가장 일반적인 방법은 요인적재량을 1로 두고, 측정오차는 $(1 - \alpha)^2$ 으로 고정시키는 것인데 이렇게 하면 추정 의 결과가 명확하고, 요인적재량이 불편추정치가 되기 때문에 측정문항의 결함을 극복할 수 있게 된다.

4.3 측정도구의 타당성 및 신뢰도 측정

확인적 요인분석에서는 적합도의 적용이 중요한데 이를 엄격하게 적용할 경우 RMSEA(root mean square error of approximation) 0.08 이하, GFI(goodness-of-fit index), NFI(normed fit index), CFI(comparative fit index), IFI(incremental fit index)는 0.9 이상, SRMR(standardized RMR)은 0.08 이하가 바람직하다. <Table 2>는 타당성을 저해하는 항목의 제거 후 모형적합도 지수를 나타낸 것이다. 적합도 지수는 $\chi^2=49.167(df=27, p=0.006)$, $\chi^2/df=1.821$, RMSEA =0.026, GFI=0.949, IFI=0.994, NFI=0.953, CFI=0.994, SRMR=.0336으로 나타나 표본크기에 민감한 χ^2 값을 포함하여 모든 지표들이 매우 양호한 것으로 도출되었다. 본 모형에서 표준화된 적재치는 Incident를 제외하면 모두 0.755 이상으로 나타났고, 개별 측정변수들의 복합신뢰도(Composite Reliability)는 0.7 이상으로 나타났기 때문에 모형이 유효함을 알 수 있

Table 2. Result of CFA

Construct	Measurement Items	SRW	S.E	t-value	SMC	Construct Reliability	AVE
Stress	e9	.815	-	-	.664	.888	.799
	e10	.944	.187	6.647	.892		
Memory Error	b9	.755	.078	10.768	.570	.828	.712
	b10	.871	.088	12.126	.759		
	b11	.784	-		.615		
Execution Error	b25	.805	.059	15.308	.648	.938	.834
	b26	.935	-		.875		
	b27	.869	.051	17.592	.755		
Accident	d1	.836	-	-	.699	.943	.699
Incident	d2	.550	-	-	.302	.806	.303
Model Fit	$\chi^2=49.167(df=27, p=0.006)$, $\chi^2/df=1.821$, RMSEA=.064, NFI=.952, IFI=.978, CFI=.977, GFI=.956, SRMR=.034						

다. 그리고 측정 모형의 판별타당성을 분석하기 위해 연구 단위들의 AVE(분산추출지수)의 값을 계산해본 결과 모든 값이 0.5보다 큰 것으로 나타나고 있어 판별타당성도 충족되었다.

5. 실증분석 결과

확인요인분석을 토대로 적합도를 충족하는 최종 변인인 스트레스, 기억오류 및 실행오류, 그리고 책임사고와 아차사고 간의 인과관계 검증을 위해 구조방정식 모형을

활용하여 분석하였다.

5.1 제안모형의 검증

AMOS를 활용하여 ‘스트레스 → 기억 및 실행오류 → 책임 및 아차사고’의 인과관계를 검증한 결과, $\chi^2=49.167$ ($df=27, p=0.006$), $\chi^2/df=1.821$, RMSEA=0.064, GFI=0.956, IFI=0.978, NFI=0.952, CFI=0.977, SRMR=.034의 값을 갖는 양호한 모형이 도출되었다. 따라서 제안모형은 적합한 것으로 판명되었다(Fig. 2).

제안모형의 경로분석 결과는 <Table 3>과 같다. 즉 제

Table 3. Result of Path Analysis(Suggested Model)

Path	Coefficient	S.E	t-value	P
Stress → Memory Error	.363	.078	4.671	.000***
Stress → Execution Error	.015	.068	.223	.824
Stress → Accident	-.019	.039	-.492	.622
Stress → Incident	.078	.052	1.517	.129
Memory Error → Execution Error	.672	.083	8.108	.000***
Memory Error → Accident	.102	.058	1.756	.079
Memory Error → Incident	.027	.076	.359	.719
Execution Error → Accident	-.112	.054	-2.088	.037*
Execution Error → Incident	.137	.069	1.985	.047*
Incident → Accident	.375	.081	4.616	.000***
Model Fit	$\chi^2=49.167(df=27, p=0.006)$, $\chi^2/df=1.821$, RMSEA=.064, NFI=.952, IFI=.978, CFI=.977, GFI=.956, SRMR=.034			

***=p<0.001, **=p<0.01, *=p<0.05

안모형에서는 1) 스트레스 → 기억오류, 2) 기억오류 → 실행오류, 3) 실행오류 → 책임사고 및 아차사고, 4) 아차사고 → 책임사고의 관계에서 유의한 인과관계가 있는 것으로 나타난 반면, 1) 스트레스 → 실행오류, 책임사고 및 아차사고, 2) 기억오류 → 책임사고 및 아차사고는 유의한 인과관계가 도출되지 않았다.

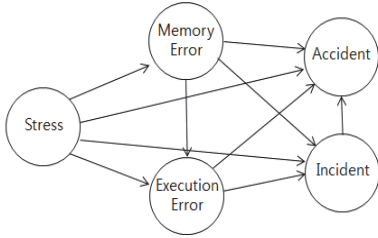


Fig. 2. Suggested Model

5.2 수정모형의 검증

따라서 이들 유의하지 않은 인과관계를 제외한 수정된 모형(Fig. 3)을 활용하여 인과관계를 다시 분석한 결과, $\chi^2=55.749(df=32, p=0.006)$, $\chi^2/df=1.742$, RMSEA =0.061, GFI=0.949, IFI=0.976, NFI=0.946, CFI=0.976, SRMR=.0479의 값을 갖는 양호한 모형이 도출되었다. 따라서 수정모형 또한 적합한 것으로 판명되었다(Fig. 3).

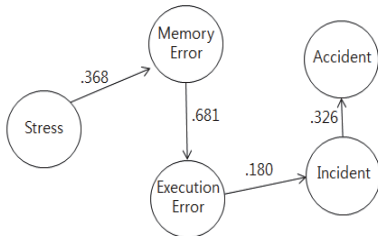


Fig. 3. Modified Model & Coefficient

5.3 논의

철도관제사의 인적오류에 영향을 미치는 행동과학적 변인을 탐색적으로 찾아내려 시도한 본 연구를 통해 다음의 사실을 추론할 수 있다.

첫째, 본 연구에서 외생변인으로 설정한 피로와 스트레스 중 피로는 기관사에 대한 선행연구결과들과 달리 관제사의 경우에는 내생변인에 아무런 영향을 미치지 못했다. 기관사의 경우 교번근무제도 하에서 정시근무의 압박감을 느끼면서 상당한 강도가 있는 운전업무를 수행하기 때문에 심리적, 신체적 피로가 매우 중요한 요인으로 부각되고 있지만, 관제사의 경우는 교대근무제도 하에서 비교적 장시간을 긴장감과 함께 스크린을 모니터링 하기 때문에 상당한 눈의 피로감을 느끼게 된다.

수정모형의 경로분석 결과는 <Table 4>와 같다. 수정모형의 경로분석 결과에서는 1) 스트레스 → 기억오류, 2) 기억오류 → 실행오류, 3) 실행오류 → 책임사고 1) 스트레스 → 기억오류, 2) 기억오류 → 실행오류, 3) 실행오류 → 아차사고, 4) 아차사고 → 책임사고 등 네 가지 차원의 인과관계가 유의한 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 관제사가 느끼는 피로감은 내생변인에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 나타났다. 반면에 스트레스는 관제사의 기억오류를 유발하는 주된 요인인 것으로 나타났다(.368).

둘째, 정보처리과정에서의 기억오류는 관제사의 실행오류에 매우 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(.681). 관제사에게 기억오류가 유발되는 주된 요인은 관제업무와 관련하여 각종 규정과 비상대응매뉴얼이 매우 다양한데다가 상황마다 적용해야 하는 규정과 매뉴얼이 지나치게 많고, 이들 규정과 매뉴얼이 자주 변경되는 관계로 완전한 숙지가 어렵고 혼란이 초래되며, 상사의 업무지시 또한 매우 다양하며 그 수가 지나치게 많고 지시

Table 4. Result of Path Analysis(Modified Model)

Path	Coefficient	S.E	t-value	P
Stress → Memory Error	.368	.078	4.735	.000***
Memory Error → Execution Error	.681	.077	8.809	.000***
Execution Error → Accident	-.038	.038	-1.008	.313
Execution Error → Incident	.180	.048	3.738	.000***
Incident → Accident	.326	.068	4.781	.000***
Model Fit	$\chi^2=55.749(df=32, p=0.006)$, $\chi^2/df=1.742$, RMSEA=.061, NFI=.946, IFI=.976, CFI=.976, GFI=.949, SRMR=.0479			

***=p<0.001, **=p<0.01, *=p<0.05

가 변경되는 경우까지 혼재되어 장애처리에 상당한 혼란을 초래하는 것이 부득이한 실정이라고 할 수 있다.

이 같은 기억오류가 결과적으로 실행단계에서의 오류를 유발한다는 것은 너무나 자명한 사실이다. 분석결과가 이 같은 인과관계를 선명하게 보여주고 있다.

셋째, 실행의 오류는 곧바로 책임사고로 직결되지는 않는 것으로 나타나고 있다. 그 대신 실행오류는 아차사고를 유발하는 경향이 있으며(180), 이 같은 아차사고가 궁극적으로 책임사고를 유발하는 것으로 나타났다(326). 이 같은 결과는 철도조직의 구성원들이 일상적으로 말하는 ‘아차사고의 누적이 결국은 책임사고를 유발한다’라는 경험칙을 그대로 대변해주는 것이라고 할 수 있다.

6. 연구의 시사점 및 결론

일반화의 한계에도 불구하고 본 연구를 통해 드러난 결과는 다음과 같다.

첫째, 철도관제사의 경우 피로보다는 스트레스가 정보처리과정에서 기억오류를 유발하는 선행요인인 것으로 나타났는데, 이 기억오류는 실행단계에서의 오류를 유발하고 있다.

둘째, 실행오류는 아차사고에는 유의한 영향을 미치는 반면 책임사고로 연결되지는 않는 것으로 나타났다. 하지만 아차사고는 책임사고를 유발하는 유의한 요인으로 작용하고 있다.

이 같은 일련의 인과관계를 요약하면 ‘스트레스 → 기억오류 → 저장오류 → 아차사고 → 책임사고’의 관계로 요약될 수 있다. 결국 관제사의 과도한 스트레스가 궁극적으로 책임사고를 유발할 수 있는 외생변인으로 작용한다는 사실을 본 연구결과는 보여주고 있다.

따라서 관제사들이 겪는 스트레스가 궁극적인 인적오류의 주된 잠재요인임을 인식하여 스트레스를 그 자체로만 접근하고 대응적인 요법과 치유방법의 개발에만 집중할 것이 아니라 관점을 넓혀 스트레스와 정보처리과정의 오류 및 사고의 인과관계라는 측면에서 접근하고 제도적인 개선방안을 함께 모색할 때 궁극적으로 관제사의 정보처리과정에서의 오류와 아차사고 및 책임사고의 발생 빈도와 확률을 저감시킬 수 있을 것으로 여겨진다.

References

[1] Lee, Y. M (2014), A Study on the Cause Analysis and Countermeasures against Train Driver's Human

Error: Focused on SMRT, Doctoral Thesis, Seoul National University of Science and Technology.

(이용만 (2013), 철도기관사의 인적오류 원인분석과 개선방안에 관한 연구 : 서울도시철도를 중심으로, 박사학위논문, 서울과학기술대학교).

[2] Park, J. S. (2017), A Study on the Priority of Prevention for Human Errors of Railway Workers: Focused on the Fleet Inspectors, Master Thesis, Seoul National University of Science and Technology. (박준섭 (2017), 철도종사자의 휴먼에러 방지대책 우선순위에 관한 연구: 김수원 중심으로, 석사학위논문, 서울과학기술대학교).

[3] KOSHA (2011), Cause of Human Error and Prevention Countermeasure. (한국산업안전보건공단 (2011), 휴먼 에러의 원인과 예방대책).

[4] Park, S. S. (2013), A Study on the Improvement of Railway Traffic Controller's Task, Master Thesis, Seoul National University of Science and Technology. (박상수 (2013), 철도교통관제 업무의 개선방안에 관한 연구, 석사학위논문, 서울과학기술대학교).

[5] Shin, T. H. et al (2013), An Exploratory Study on the Precedents of Human Error: Socio-psychological Correlation Analysis between Train Drivers and Traffic Controllers, The Korea Safety Management & Science, Fall Conference, 1-6.

(신택현 외 (2013), 휴먼에러의 선행요인에 관한 탐색적 연구 : 기관사와 관제사의 사회심리변인 상관관계분석, 대한안전경영과학회, 추계학술대회)

[6] Yeom, M. K. (2016), The Effect of Job Stress of Train Traffic Controllers on Fatigue, Depression, and Cognitive Failure, Master Thesis, Seoul National University of Science and Technology.

(염민기 (2016), 철도관제사의 직무스트레스가 피로와 우울증상 및 인지실패에 미치는 영향, 석사학위논문, 서울과학기술대학교).

[7] Yoon, D. W. (2016), The Impact of Train Traffic Operator's Stress on Work-Life Balance, Master Thesis, Seoul National University of Science and Technology.

(윤대원 (2016), 철도관제사의 직무스트레스가 일과 삶의 균형에 미치는 영향, 석사학위논문, 서울과학기술대학교).

- [8] Kim, J. G. (2016), A Study on the Job Stressors and the Related Factors of Railway Traffic Controller, Doctoral Thesis, Seoul National University of Science and Technology.
(김중곤 (2016) 철도교통관제사의 직무스트레스 및 관련 요인에 관한 연구, 박사학위논문, 서울과학기술대학교).
- [9] Kim, J. G. and Shin, T. H. (2016), The Influence of Job Demand, Shift, Work Environment and Stressors on the Railway Traffic Controller's Health, Journal of the Korea Safety Management & Science, 18(4), 73-80.
(김중곤, 신택현 (2016) 철도관제사의 직무요구, 교대근무, 과업환경 및 스트레스 요인이 건강에 미치는 영향, 대한안전경영과학회지, 18(4), 73-80.)
- [10] Kim, K. N. (2017), A Study on the Exploration of Traffic Controller's Human Error Inducing Factors in Case of Railway Accidents, Master Thesis, Seoul National University of Science and Technology.
(김경남 (2017), 도시철도 사고 발생 시 관제사의 휴먼에러 유발요인 탐색에 관한 연구, 석사학위논문, 서울과학기술대학교).
- [11] John R. Wilson, Beverley J. Norris (2006), Hs in support of a successful railway: a review, Cogn Tech Work, 8: 4-14.
- [12] Rotenberg, V. S. (1991), The Competition Between Sws and Rem Sleep as Index of Maladaptation to Shift Work, Homeostasis, 33, No. 5-6.
- [13] Stephen M. Popkin, Foster-Miller, Inc., Waltham, MA (1999), An Examination and Comparison of Workload and Subjective Measures Collected From Railroad Dispatchers, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 43rd Annual Meeting.
- [14] Emilie M. Roth, Nicolas Malsch, and Jordan Multer (2001), Understanding How Train Dispatchers Manage and Control Trains: Results of a Cognitive Task Analysis, U.S. Department of Transportation /Federal Railroad Administration, Final Report.
- [15] Lena Kecklund etals (2003), The Train-Project: Effects of Organizational Factors, Automatic Train Control, Work Hours and Environment: Suggestions for Safety Enhancing Measures, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting, 1835-1839.
- [16] Francesco Corman etals (2012), Bi-objective conflict detection and resolution in railway traffic management, Transportation Research Part C 20, 79-94.
- [17] SafetyNet (2009), Fatigue, Project co-financed by the European Commission, Directorate-General Transport and Energy, retrieved 3/9/2013, 6-7.



김 경 남 (kkn1573@naver.com)

2013 서울사이버대학교 소방방재학과 학사
2015 서울과학기술대학교 철도전문대학원 석사
2008~ 현재 서울9호선 선임관제사

관심분야 : 철도안전 및 경영정책



신 택 현 (shin6468@seoultech.ac.kr)

1977 성균관대학교 경영학과 학사
1983 서울대학교 경영학과 석사
1988 연세대학교 경영학과 박사
1985~ 현재 서울과학기술대학교 글로벌융합산업공학과 교수

관심분야 : 성과관리시스템, 조직문화, 휴먼에러