

철도안전관리 향상에 관한 사례연구: 인적오류이론 관점*

김성곤**
류수영***

본 연구는 인적오류로 인해 발생한 철도안전사고 사례분석을 통해 주요 사고원인과 철도안전향상을 위한 개선방안을 제안하고자 한다. 구체적으로, 전문가들에 의해 인적오류로 인해 발생한 대표적인 사고로 언급되고 있는 2013년 대구열차충돌사고와 2014년 태백-문곡간 열차충돌사고를 피쉬본 다이어그램으로 인적, 관리, 환경, 기계설비 측면에서 특성요인분석을 각각 실행한 후, Reason(1990)의 스위스 치즈 모형을 사용하여 사고를 심층 분석하였다. 분석 결과, 인적오류로 인한 철도사고는 Reason(1990)이 언급한바와 같이 신호미확인과 같은 사고의 직접요인 이외에 커뮤니케이션의 문제, 관리소홀, 안전교육의 미흡과 안전문화의 미정착과 같은 여러 요인들이 체계적이고 복잡하게 결합되어 발생하였음이 확인되었다. 결론 부분에 인적오류 측면에서의 주요 개선방안을 제안하여 한국철도의 안전관리와 안전문화 정착에 기여하고자 한다.

주제어: 철도안전, 인적오류, Swiss cheese model, Fishbone diagram

1. 서론

철도는 철도차량·선로·철도역과 에너지 공급시설·철도 관리시스템 등이 종합적, 유기적으로 맞물려야 움직일 수 있는 과학기술의 집합체이다. 최근 10년간 국내에 발생한 철도사고를 분석해보면, 철도의 신설과 개량으로 선로, 전기 등 설비와 관련된 철도사고는 많이 감소하고 있는 반면에, 직원의 취급부주의 및 낙석과 홍수로 인한 선로상 장애물 추락과 철도인근 건설장비와의 접촉사고 등 철도외적 요인에 의한 사고는 증가하고 있다(김균성, 2005, p.1). 철도안전은 실제 운행진로를 확인하고 취급하는 기관사, 관제사, 열차승무원 등 사람의 판단에 의해 결정적으로 영향을 받는다. 그동안 과학기술의 발전 덕분에 안전과 관련된 기술시스템은 비약적

로 발전해왔으나, 인적오류에 대한 예방정책과 의식은 미흡한 상태이다.

본 연구는 인적오류로 인해 발생한 철도안전사고 사례분석을 통해 주요 사고원인과 철도안전 향상을 위한 개선방안을 제안하고자 한다. 구체적으로, 전문가들에 의해 인적오류로 인해 발생한 대표적인 사고로 언급되고 있는 2013년 대구열차 충돌사고와 2014년 태백-문곡간 열차 충돌사고를 피쉬본 다이어그램으로 인적, 관리, 환경, 기계설비 측면에서 특성요인분석을 각각 실행한 후, Reason(1990)의 스위스 치즈 모형을 사용하여 사고를 심층 분석하였다. 그리고 인적오류 측면에서의 주요 개선방안을 제안하여 한국철도의 안전관리와 안전문화 정착에 기여하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 항공·철도사고위원회 철도사고조사보고서와 한국철도공사 자료를 활용하였다.

논문접수일: 2016. 03. 29.

1차 수정본 접수일: 2016. 05. 23.

게재확정일: 2016. 06. 08.

* 본 연구는 2015년 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었음.

** 한국철도공사 차장(ksg8494@korail.com), 제1저자

*** 충남대학교 경상대학 부교수(haidy7@cnu.ac.kr), 교신저자

II. 철도와 안전관리

안전(Safety)이란 손상이나 손해의 위험이 적절한 수준으로 제한되어 있는 상태를 의미한다. 그리고 안전관리란 안전이 달성가능한 적절한 수준으로 유지되도록 관리하는 것을 의미한다(정봉구, 박종혁, 2004, pp. 120-121). 최근 해외 철도선진국에서는 안전한 철도환경을 구축하여 사고를 감소시키기 위해 안전관리체계를 도입하여 운영하고 있고, 한국 역시 철도안전법(2012. 12. 18.)을 제정하고 철도 안전관리체계 승인제도를 실행하고 있다.

철도분야에 안전관리는 1987년 영국의 런던 King's Cross St. Pancras역 화재로 31명이 사망하면서 검토되기 시작하였다. 국내 안전문화의 등장은 1995년 삼풍백화점 붕괴사고 이후에 정부가 주도하여 안전법령을 제정하고 효율적인 협력체계를 구축할 필요성이 대두되면서이다(이종석, 한기울, 허남규, 김찬수, 2011, p. 2549).

안전문화의 개념은 안전제일의 가치관이 내재화되어 모든 사업 활동 속에서 '안전'요소가 구체적으로 실행되는 것을 의미한다. 조직 내 안전문화의 정착은 상호간의 신뢰에 따른 의사소통과 안전의 중요성에 대한 인식공유, 예방조치의 효과를 자신 있게 인정하는 것을 의미한다. 또한 안전문화의 형성은 안전관리시스템을 기반으로 안전관련 CEO의 리더십과 책임이 매우 중요하며, 구성원들의 안전에 대한 태도와 의사소통, 안전관련 분위기 조성을 통해 형성된다(이강준, 한훈희, 최영재, 신대원, 2008; 이관형, 오지영, 2005; 이종석 외, 2011).

2.1 철도사고의 특징

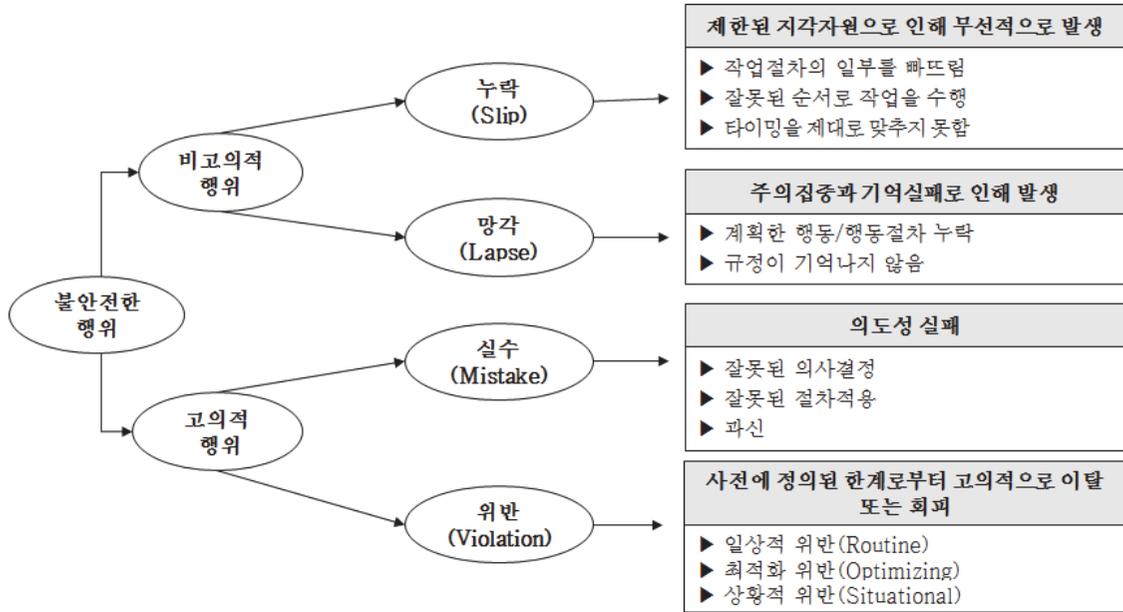
철도는 차량(무게)과 속도간의 함수관계에 의하여 제동거리의 변화가 심하고 복잡하며 다른 도로교통

사고와는 다른 다섯 가지의 주요 특성이 있다(김균성, 2005, p.8). 첫째, 사고의 원인이 순간적으로 노출된다. 열차를 운행시키기 위한 모든 기기가 정상적으로 작동하다가도 순간적으로 기능이 정지되어 이를 처리하는 과정에서 사고요인이 많이 발생한다. 둘째, 사고의 진행이 급속하다. 사고가 발생하면 열차가 갖는 속도로 말미암아 순식간에 충돌·탈선 등 중대한 결과를 가져오기 때문에 이를 지연시킬 시간적인 여유가 허용되지 않는다. 셋째, 사고의 규모와 피해가 크다. 열차는 중량과 속도를 지니고 있기 때문에 사건발생시 충격량이 많아 그 피해상황이 매우 크게 나타난다. 넷째, 두 가지 이상의 사고가 동시에 발생하는 병발사고의 위험이 크다. 열차운행에 여러 가지 제한조건을 부여하고 있기 때문에 일단 사고가 발생되면 다른 열차에 지장을 주거나, 복구과정에서 병발사고가 발생할 가능성이 높다. 다섯째, 사고의 관련자가 다수이다. 열차를 운행하기 위해서는 관제, 운전, 시설, 전기, 차량 등 각 분야별로 업무를 수행하는 관계로 사고 발생 후 원인을 조사하면 그 책임이 여러 사람에게 확산되는 경우가 많다.

III. 인적오류 이론

인적오류에 대한 개념정의는 학자마다 매우 다양하다. 본 연구에서는 이용희 (2011)의 제안을 바탕으로 의도한 목적을 이루기 위해 계획한 행위들이 실패하여 의도하지 않은 결과가 발생하는 것으로 포괄적으로 정의한다. 다시 말해, 명시된 정확도, 순서, 시간 등의 제약 하에 요구된 목표행동을 수행하지 못하거나, 금지된 행위를 하여 장비나 재산의 파손 또는 예정된 작업의 중단을 초래한 것으로 간주한다.

인적오류로 발생하는 불안정한 행위는 심리적 의

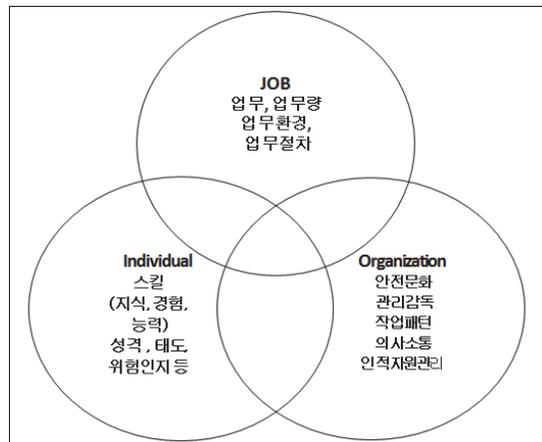


〈그림 1〉 Reason(1990)의 심리적 의도(intention)기준에 의한 오류 분류

도 여부에 따라 비고의적 행위와 고의적 행위로 구분된다(Reasons, 1990, 〈그림 1〉 참조). 비고의적 행위는 누락(Slip)과 망각(Lapse)으로 구성되며, 고의적 행위는 실수(Mistake)와 위반(Violation)이 포함된다. 위반은 안전한 운영절차, 표준, 규정 등을 의도적(관행적)으로 지키지 않는 것으로 일상적 위반, 시간적 압박 혹은 인력 불충분 등으로 야기되는 최적화 위반, 비상사태의 발생, 설비의 고장 같은 예외적인 상황에서 발생하는 상황적 위반이 해당된다.

인적오류를 유발하는 요인은 높은 작업부담, 정비 불량, 빼먹거나 불확실한 지시나 지침, 기기 도구의 설계 문제, 부적절한 매뉴얼과 체크리스트, 안전장치와 방어벽 결여, 작업자의 부적절한 신체적, 정신적 상태, 작업자의 지식, 경험, 능력 부족, 안전문화 부족, 관리, 감독, 의사소통의 문제, 부적절한 보고 체계, 일방 통행적 경영방식, 조직과 책임-권한 설정의 결함, 소란하고 불쾌한 환경, 예측 불가능성 등

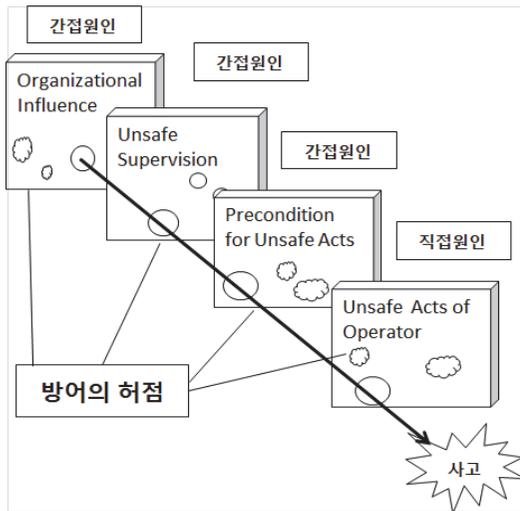
이 있다. 이를 정리하면, 〈그림 2〉와 같이 직무요인, 인적요인, 그리고 조직요인으로 요약할 수 있다(한국철도공사 인재개발원, 2012, p.53)



〈그림 2〉 인적오류 유발요인들

3.1 인적오류와 사고관계

모든 불안전 행동이 사고로 연결되지는 않지만, 사고는 반드시 바람직하지 않은 행동을 포함하고 있다. 인적요인 및 안전관리의 기본 목표는 바람직하지 않은 행동(인적오류)의 가능성을 감소시키는데 있다.



〈그림 3〉 The Swiss Cheese Model

〈그림 3〉은 James Reason이 1990년에 발표한 The Swiss Cheese Model을 재구성한 것이다. 모형은 일련의 이벤트들이 사건/사고에 이르게 되는 발생 원인에 대하여 시스템적 관점으로 제안하고 있다. Reason은 사고를 역추적하면, 사고가 4단계의 인적오류의 연쇄반응결과로 유발된다는 것을 제안하였다. 즉, 사고는 인적오류와 위반으로 구성된 현장 작업자의 불안정한 행위(Unsafe Acts)로 인해 직접적으로 발생했지만, 이를 유발하는 불안정한 행위의 전제조건(Preconditions for Unsafe Acts), 불안정한 감독(Unsafe Supervision), 조직적인 영향(Organizational Influence)의 4가지 계층(Tier)의 결합으로 인해 발생한다는 것이다.

이용희(2011)는 인적오류로 인한 사고의 대표적인 공통된 특징을 종속성, 잠재 대표성, 그리고 연쇄 구조성으로 설명하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 사고의 종속성은 사고 및 고장에 대한 정보나 분석 자료는 반드시 주어진 상황과 대상 시스템의 가동에 대한 정보와 결합되어 있을 경우에만 의미가 있음을 의미한다. 사고의 대표 잠재성은 사고가 근본적인 문제의 일부가 표면으로 도출된 것이라는 점에서 대표성과 문제와 결합되어 있는 드러나지 않은 근본문제가 있다는 점에서 잠재성을 내포하고 있다. 그리고 연쇄구조성이란, 사고는 여러 요인이 복합적으로 결합되어 연쇄적으로 일어나며, 이 사건들의 발생 원인을 추적하면, Reasons가 제한한 바와 같이 4개의 계층구조를 내포하고 있다.

3.2 인적오류에 인한 국내 열차사고 현황

최근 10년간 인적오류로 발생한 국내 열차사고는 〈표 1〉과 같이 전체 23건으로 신호 확인소홀 9건(39.1%), 유지보수 소홀 7건(30.4%)으로 가장 많이 발생하였고, 운전자와 승무원간 운전협의, 기기 취급 소홀이 각 2건(8.7%), 선로전환기 취급, 작업 방법, 운전방법 불량 각 1건(4.3%) 발생하였다.

본 연구에서 분석하고자 하는 2013. 8. 31 경부선 대구열차사고와 2014. 7. 22. 태백선 문곡역과 태백역 사이에서 관광열차와 무궁화 열차가 정면충돌한 사고는 모두 열차 승무원이 열차의 출발 신호기를 확인하지 않아 발생한 대표적인 인적오류의 의한 철도사고이다. 본 연구에서는 사고의 원인을 fishbone diagram으로 도식한 후, Reason(1990)의 인적오류의 분석틀에서 두 사고를 분석한다. 4절 인적오류에 의한 사례분석에서는 항공·철도사고조사위원회에서 작성한 철도사고조사보고서의 내용을 참조하였다. 구체적으로 대구역 열차충돌 사건의 경우, 보고서번호 'ARAIB/R 13-9'의 pp. 3~7 내

〈표 1〉 인적오류에 의한 국내 사고발생 현황

종별	연도										
	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	계
기기취급 소홀	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
선로전환기 취급불량	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
신호 확인 소홀	-	-	1	3	2	-	-	-	1	2	9
운전방법 불량	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
운전협의 소홀	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2
유지보수 소홀	1	1	1	-	1	1	1	1	-	-	7
작업방법 불량	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
합 계	1	1	5	4	4	1	1	2	2	2	23

주. 한국철도공사(2014). 철도사고 사례집 p.7인용. 단위: 건

용을 바탕으로 분석하였으며, 태백-문곡간의 열차충돌 사고는 보고서번호 'ARAIB/R 2014-15'의 pp. 4~6의 내용을 참조하였다.

IV. 인적오류에 의한 철도사고 사례분석

4.1 대구역 열차 충돌사고

4.1.1 사고 개요

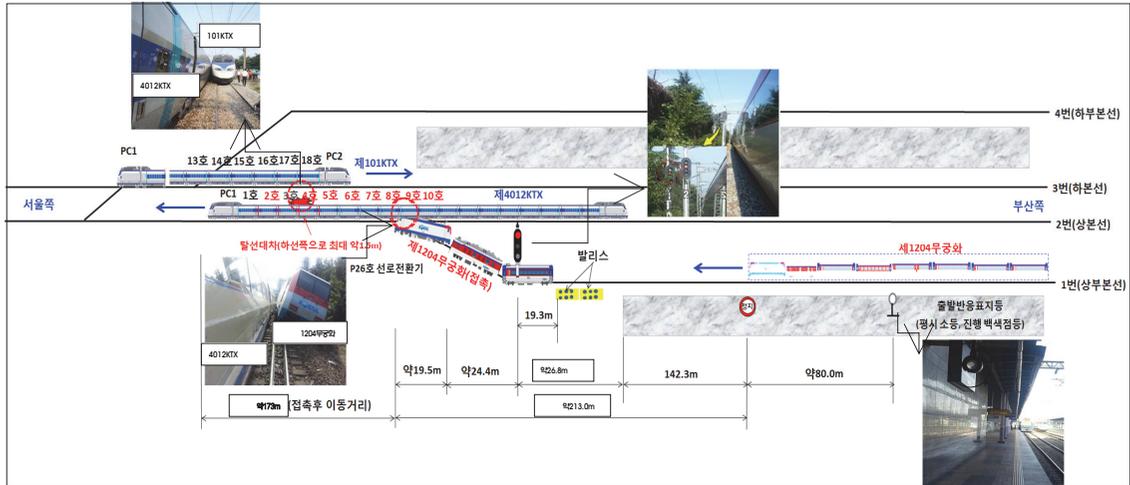
대구역 열차충돌 사고는 인적오류로 인한 2차례의 접촉사고가 연이어 발생하면서 인명피해로 연결된 대표적인 철도안전사고이다. 사건개요를 요약하면 다음과 같다. 2013. 8. 31. 07:14경 KTX 4012 열차가 경부선 대구역 상행선(2번선) 통과 중 부분선(1번선)에서 잘못 출발하여 본선쪽으로 진출하는 무궁화 1204열차 측면을 접촉하면서 탈선 한 후, 하행선(3번선)을 침범한 채 정차하였다. 1차 접촉

사고로 인해 KTX열차의 앞부분 기관차부터 10량까지 접촉되었고 8량이 탈선되었다. 때마침 하행선으로 통과하던 KTX 101 열차가 탈선된 KTX 4012 열차 객차를 접촉한 후 정차하여 2차 접촉사고가 발생하였다. 이 사고로 인해 부상자 23명(입원치료 3명, 통원치료 20명)이 발생하였고, 물적 피해는 KTX 10량, 전기기관차 1량, 분기기 1틀, 전철주 1본 등이 파손되었다(〈그림 4〉와 〈그림 5〉참조).

4.1.2 사고 분석

1차 충돌의 직접요인은 대구역 부분선(1번선)에서 출발대기 중이던 제1204 무궁화 열차가 출발신호기 정지신호를 제대로 확인하지 않고, 2번선 출발 진행 신호를 1번선 신호로 오인한데 있다. 이는 무궁화 열차의 기관사가 열차 출발시 출발신호기 정지신호 상태 확인을 소홀하였을 뿐만 아니라, 여객전무¹⁾ 또한 출발신호기 및 승강장 출발반응표시등을 제대로 확인하지 않고 출발신호를 내린 것이 직접적인 사고요인이다. 그러나 사건의 원인을 역추적하

1) 열차 내 서비스를 총괄하고 출입문 개폐, 승차권 확인, 열차 내 질서 유지 등의 업무를 수행하며, 열차가 정차하면 승강장에 내려 승객의 승하차를 확인하고 출발할 때 기관사에게 출발 수신호를 보내는 업무담당(네이버 지식백과, 시사상식사전, 박문각, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1987172&cid=43667&categoryId=43667>)



〈그림 4〉 대구역 탈선 약도



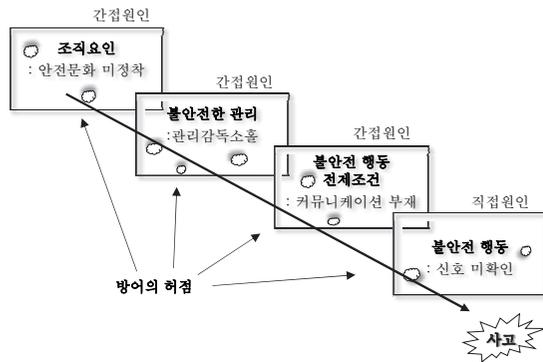
〈그림 5〉 제1204 무궁화열차(왼) 와 제101 KTX열차(우) 접촉현장

면, Reason(1990)이 제시한 바와 같이 사고를 유발하는 간접원인과 관리상의 방어의 허점, 그리고 안전관리 문화 미정착의 조직적 원인이 발견된다 ((그림 6)참조). 1차 사고의 경우, 출발신호기가 수목에 가려 확인이 어려운 사고유발의 환경적 요인이 내포되어 있다. 또한, 대구역 역무팀장이 KTX가 먼저 통과하는 것으로 운행순서가 변경된 것을 사전에 제1204 무궁화 열차 기관사에게 무선통보하지 않은 관리 소홀의 문제가 잠재되어 있으며, 가장 기본적으로 중요한 안전운행의 기본원칙과 절차가 제대로 지켜지지 않은 안전의식 미정착의 조직문화 요인이 내포되어 있다. 우선, 출발신호기의 시인성이 정확

하게 확보되지 않을 경우, 기관사는 비록 여객전무가 출발신호 사인을 보냈더라도 역무실에 출발신호를 재확인하고 출발할 의무가 있음에도 불구하고 그동안의 운전관행에 의존하여 열차를 출발한 것이 결정적 사고의 원인이 되는 것이며, 이는 안전제일의 가치가 정착되지 않은 조직문화 요인과 연결되어 있다.

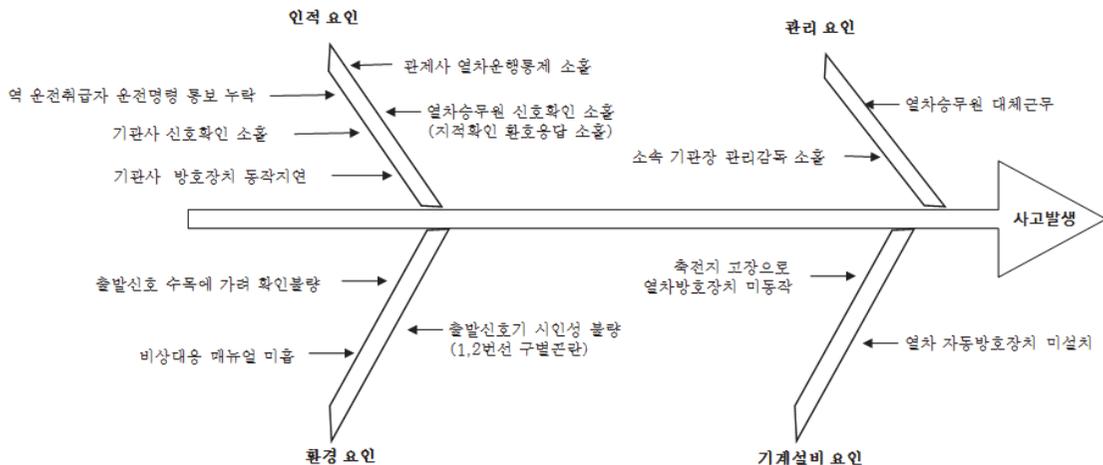
2차 충돌은 여러 인적오류가 복합되어 발생하였다. 우선, 제1204 무궁화열차는 1차 접촉 시 축전지함 파손으로 전원이 차단되어 무전기 및 열차방호장치를 사용할 수 없었다. 그리고 제4012 KTX열차 기관사는 1차 접촉 후 대구역에 사고 상황을 통보하였으나, 비상대응매뉴얼에 의한 열차방호조치를 하지

않았다. 또한, 제101 KTX열차 기관사는 제4012 KTX열차 기관사의 정지수신호를 확인하고도 비상 제동 취급을 지연하였다. 그리고 대구역 관제사는 제 4012 KTX의 인접선 침범한 것에 대한 열차방호를 우선 시행하지 않았다.



〈그림 6〉 대구열차충돌 사고에 관한 Reason(1990)의 스위스 치즈모형 분석

철도사고는 여러 요인의 복합적인 결합으로 발생한다. 〈그림 7〉은 1, 2차 접촉사고 원인을 인적, 관리, 환경 및 기계설비 측면에서 fishbone diagram



〈그림 7〉 대구열차충돌 사고에 관한 fishbone diagram 분석

으로 도기한 것이다. 인적요인을 Reason(1990)의 치즈모형과 심리적 의도에 따른 고의/비고의적 오류로 분석하면, 주의집중 실패로 인한 신호 확인 소홀의 비고의적 오류가 1차적으로 발생한 후, 이를 제어할 수 있는 관리상, 기계설비의 방어적 허점과 안전제일의 가치관이 미정착되어 있는 조직문화 요인들이 연쇄적이고 복합적으로 작용하여 발생한 철도안전 사고라 결론내릴 수 있다.

4.2 태백 ~ 문곡역간 열차충돌 사고

4.2.1 사고개요

2014년 7월 22일(화) 17시 50분경, 강원도 철암역을 떠나 서울 청량리로 가던 00공사 소속 제 4852 'O-Train' 관광열차(이하 'A' 열차)가 태백선 문곡역에서 강릉행 제1637 무궁화열차(이하 'B' 열차)와 교행하는 과정에서 A열차 기관사가 문곡역 출발신호기의 '정지' 신호를 무시하고 통과하여 문곡 제2건널목 부근에서 마주오던 B열차와 정면충돌 후 탈선한 사고로 사고 위치는 〈그림 8〉과 같다.

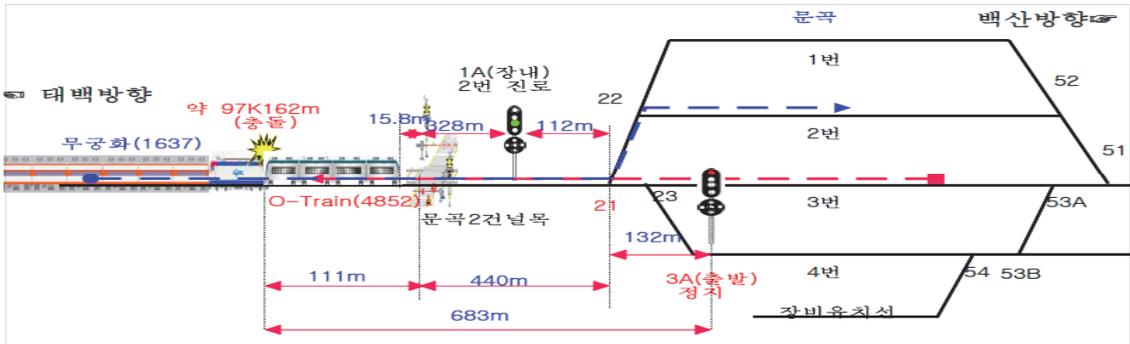
이 사고로 2개 열차에 타고 있던 승객 중 101명의 사상자(사망 1명, 부상 100명)가 발생하였으며, <그림 9>와 같이 사고열차가 충돌 후 탈선되면서 A 열차의 차량 3량과 B열차의 기관차 1량 및 객차 6량이 대파되었고, 문곡역 제21호 선로전환기 일부도 파손되었다.

4.2.2 사고분석

사고의 직접원인은 A열차 기관사가 문곡역을 진입하면서 출발신호기에 '정지' 신호가 표시되어 열차 자동정지장치(Automatic Train Stop System: ATS)의 '경고 벨'이 울렸음에도 불구하고 이를 수동 복귀시키고 그대로 통과하였기 때문이다. 로컬 관계원과 건널목 관리원이 반복하여 '비상정차 무선호출'

을 하였음에도 불구하고 기관사가 이를 듣지 못하고, 제반규정을 지키지 않아 마주오던 열차와 정면 충돌 후 탈선하여 인명피해를 발생시킨 대표적인 인적오류에 의한 철도사고로, 사고유발 요인들을 피시본 다이어그램으로 도시하면 <그림 10>과 같다.

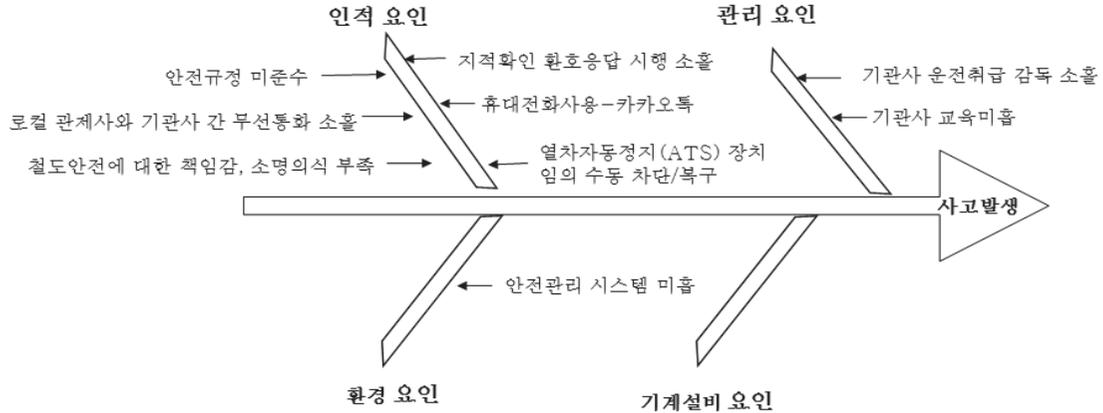
<그림 11>은 사고발생 원인을 Reason(1990)의 스위스 치즈모형으로 재구성한 것으로, 직접원인은 기관사가 열차운전을 하면서 오른손에는 속도조절장치인 주간제어기(Master Controller, 主幹制御器)를 잡고, 왼손으로는 휴대전화기로 지인들에게 '카카오톡'으로 사진 및 메시지를 전송하다가 본연의 기본업무를 수행하지 않은 것이었다. 검찰 조사시 1월부터 사고발생 일까지 총 191회 승무 중 134회 상승전화사용을 진술하였다. 종합하면, 태백-문곡 열차 충돌사고는 고의적인 의도를 가지고 계획된 질차와



<그림 8> 태백-문곡 충돌지점 약도

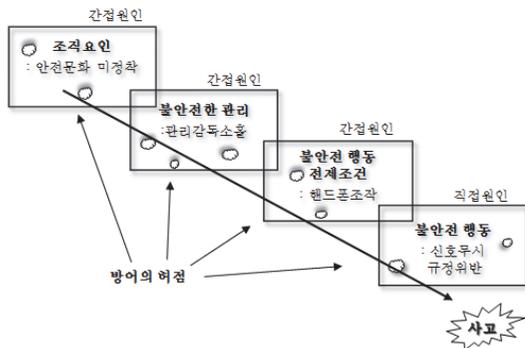


<그림 9> 충돌 열차 및 문곡역 선로전환기(P21호) 파손



〈그림 10〉 태백-문곡열차충돌 사고에 관한 피쉬본 다이어그램 분석

규정을 무시하는 인적오류의 연쇄적 발생이 사고의 직접적인 원인이 되었으며, 이를 관리 감독할 수 있는 체계적 안전시스템의 부재와 안전문화의식의 미정착이 복합적으로 작용하여 발생한 철도안전사고로 결론내릴 수 있다.



〈그림 11〉 태백~문곡열차충돌 사고에 관한 Reason(1990)의 스위스 치즈모형 분석

V. 인적오류 개선방안

인간의 오류를 완벽하게 막는 것은 근본적으로 어렵다. 그러나 선제적으로 취약부문과 위험요인을 찾

아 제거한다면 많은 사고를 줄일 수 있다. 아래에는 본 연구의 사고사례분석에서 분석 기준이었던 Reason (1990)의 스위스 치즈모형에 근거하여 인적오류를 개선할 수 있는 방향을 제시하고자 한다.

인적오류는 Reason(1990)이 분류한 바와 같이 마땅히 행해야 할 행동, 절차, 규범 등이 인간의 본질적 정보처리 능력의 한계로 인해 처리되지 못해 발생하는 불안전 행동과 피로, 불안정한 심리적/신체적 상태, 과신, 과도한 업무부하량 등 다양한 원인으로 인한 주의집중 실패와 기억실패로 인한 비의의적인 불안전한 행동에서 유발되는 사고, 그리고 의도성을 가지고 규정과 절차, 그리고 정해진 행동을 위반하는 고의적 행동으로 분류할 수 있다. 따라서 개선방안 역시 심리적 고의성 여부에 따라 상이하게 제시될 필요가 있다.

우선, 비의의적인 불안전 행동으로 발생한 인적오류 중 정보처리능력의 한계로 인해 발생하는 오류를 최소화하기 위해서는 기계설비시 인간공학을 고려한 운전실 설계·제작의 규격화, 인간-시스템 연계설비 관련 인간공학적 설계기준이 필요하다. 또한, 열차 운행선로의 주의·취약구간을 해소하여 인적오류를 유발하는 요인을 원천적으로 제거하는 노력이 필요하다. 그리고 정보처리능력의 한계로 발생할 수 있

는 다양한 철도안전사고 상황을 교육프로그램으로 개발하여 모의체험 및 실습학습을 통해 인지자원의 한계를 극복할 필요가 있다.

다음으로 주의집중과 기억실패로 인해 필요한 행동과 절차가 정해진 시간에 발생하지 않는 데는 다양한 원인이 작용한 것으로 추론할 수 있다. 반복된 행동이 가져다주는 무료함, 잠생각, 무관심, 과잉확신이 중요한 절차와 행동을 누락시키고, 오판하게 하며, 동시에 여러 동작으로 수행해야 할 경우 순간적으로 필요한 행동과 절차, 규범을 기억해내지 못하게 방해하여 병발사고를 유발하게 한다. 이를 예방하기 위해서는 평소 작업절차와 규정, 시간 등을 엄수하는 업무관행을 수립하고 이를 정착시킬 필요가 있다. 그리고 철도운영 중 주기적으로 관제사와 현재 진행 상태를 보고하도록 제도화하여, 실시간 소통을 통한 주의집중 향상과 위기 상황시 신속하게 대처할 수 있는 안전관리 체제를 구축할 필요가 있다. 또한, 열차자동방호장치 사용과 같이 예외적인 상황이 발생했을 때, 대처하는 비상매뉴얼을 마련하여 정기적으로 비상훈련 및 교육을 강화하고 이를 인사고과에 반영하여 안전문화지향의 조직문화를 정착시킬 필요가 있다.

그리고 기관사 교육 훈련을 정기적으로 시행하고 평가하여 피드백하고 이를 인사고과에 반영함으로써 전문성을 강화하고, 안전문화가 조직문화의 일부가 될 수 있도록 제도화할 필요가 있다. 구체적으로 기관사의 역량강화 및 운전업무 및 비상대응 등의 객관적 검증이 가능한 교육프로그램을 개발하고 매뉴얼화해서 정기적/체계적으로 직급별 실행할 필요가 있다. 또한, 개인별 승무인증을 강화하고 운행정보 기록을 분석하여 주기적으로 피드백 함으로써 불안정한 운전습관을 교정할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다.

다음으로 고의적 실수와 위반행동이 일어나는 배경을 살펴보면, 자신의 행동과 의사결정에 대한 과

신과 정해진 시간, 절차, 행동을 위반하는 것을 당연히 여기거나 가볍게 여기는 관리관행, 그리고 조직문화와 결부되어 있다. 본 연구에서 분석한 대구역 열차충돌 사고와 태백선 문곡~태백간 열차 충돌사고에서 결정적인 사고의 직접원인은 가장 기초적이며 중요한 절차인 신호 확인을 누락하고 무시한데서 비롯되었으며, 인적오류로 인한 사고원인 중 가장 높은 비중을 차지하고 있음이 확인된다(〈표 1〉 참조). 또한 이를 관리감독하고 위기상황에서 적합한 지휘를 해야 할 직무 관제실이 적절한 역할을 수행하지 못한 점도 공통적으로 확인된다. 대구역 열차충돌 사고의 경우, 만일 직무 관제실에서 바뀐 운행일정을 제대로 통보했다면, 그리고 1차 충돌 후 2차 사고를 예방하기 위한 후속조치를 제대로 지휘를 했다면 1, 2차의 병발사고를 예방할 수 있었을 것이다. 따라서 관리역량을 강화시킬 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 일례로, 관제업무 담당자는 현장경험이 풍부한 직원 중에서 선발하고, 열차탈선, 차량화재 등의 각종 이례사항 발생에 관한 대응 매뉴얼을 사전에 정기적으로 반복적으로 훈련하여 관제업무 담당자의 전문성과 실무능력의 강화를 통한 인적오류 예방 노력이 필요하다. 또한, 업무일정 및 변경사항을 한눈에 확인할 수 있는 게시판을 활용하고, 운행전 반드시 이를 확인하는 절차를 제도화하여 커뮤니케이션 단절로 인한 인적오류 사고를 사전에 예방할 필요가 있다. 철도사고는 사고 진행이 급속하고 두 가지 이상의 사고가 동시에 또는 연이어 발생할 가능성이 매우 높으며, 관제, 운전, 시설, 차량 등 다양한 분야에서 복합적으로 불안전하게 작용하여 문제가 발생하는 특징이 있다(김균성, 2005, p.8). 따라서 사고발생시 이를 통제하고 지휘하는 직무관제실의 역할이 매우 중요하다. 비상 상황별 이를 제어하는 프로그램을 매뉴얼화 하고 관제, 운전, 시설, 차량 등 열차운행과 밀접하게 연계된 부서들과 합동으로 정기적으로 비상예비훈련을 실행하여 실제 사

고발생시 피해를 최소화하는 노력이 필요하다.

마지막으로 모든 사고의 원인을 역추적하면, Reason (1990)이 언급하였듯이 조직문화의 문제에 직면하게 된다. 안전제일의 가치관이 내재화되어 모든 사업 활동 속에 ‘안전’요소가 구체적으로 실행될 수 있도록 안전을 우선시하는 관리관행을 정착시킬 필요가 있다. 이를 위해서는 CEO의 기업운영 철학으로서 이를 강조하고 실질적으로 제도, 재정 및 인력의 지원이 필요하다. 구체적으로 제도 분야는 신뢰성이 보장된 승무적합성 검사와 인적오류 예방을 위한 위험분석 및 위험도 평가 활동이 지속적으로 유지하도록 규정할 필요가 있다. 그리고 노후화된 차량과 장비를 수시로 점검 및 교체하고 안전교육을 실행할 수 있는 재정지원과 차량 및 시설장비의 고도화에 따라 이를 효과적으로 처리할 수 있는 전기, 전자 기술인력 확보가 필요하다. 또한, 잠재사고를 발굴하고 자발적으로 발표하는 안전문화 조성이 필요하다.

VI. 결론

본 연구는 기술의 발달로 인해 설비에 의한 철도 사고는 점차 감소하는 반면에, 인적오류에 의한 사고의 비중이 줄어들지 않아 상대적으로 철도사고발생 원인에서 높은 비중을 차지하는 것에 주목하여 이를 감소시킬 수 있는 방안을 모색하는 것을 주요 연구목적으로 하였다. 이를 위해 전문가들에 의해 인적오류에 의해 발생한 대표적인 사건으로 분류되고 있는 2013년에 발생한 대구열차사고와 2014년에 발생한 태백-문곡간 열차충돌사건을 사례 분석하였다. 분석결과, 사고는 Reason(1990)이 언급한 바와 같이, 사고를 일으키는 직접적인 불안정한 행동 이외에 인적오류를 유발하는 커뮤니케이션의 문제, 관리소홀, 안전교육의 미흡과 같은 시스템의 문

제와 안전문화의 미정착과 같은 조직문화와 관련된 뿌리 깊은 문제를 내포하고 있었다. 따라서 안전문화를 조기 정착시키기 위해서는 규정과 규범 준수 중요성에 대한 각성과 주의집중을 전사적으로 강화될 필요가 있고, 비상상황에 대한 사전훈련을 정기적으로 시행함으로써 위기대응 능력을 함양할 필요가 있다. 또한, 안전관련 법규를 재정비하고, 실패사례에 대한 교육훈련을 철저히 하여 안전관리와 안전문화를 정착시켜야 한다. 무엇보다 중요한 것은 기관사-관제사-승무원간의 원활한 커뮤니케이션이다. 따라서 지적확인 환호응답의 중요성과 생활화가 필수적으로 요구된다.

참고문헌

- 국토교통부(2012), “철도사고 등의 보고에 관한 지침 517,” 세종: 국토교통부.
- 국토교통부(2015), “교통안전 연차 보고서,” 세종: 국토교통부.
- 김균성(2005), “철도교통사고 방지를 위한 철도안전시스템 개선방안에 관한 연구,” 한남대학교 산업시스템공학 석사학위논문, 대전: 한남대학교.
- 한국철도공사(2014), “철도사고 조사보고서 제14집,” 대전: 한국철도공사
- 정봉구, 박종혁(2004), “항공안전 관리시스템(SMS) 소개,” **항공우주산업기술동향**, 2(2), 120-121.
- 한국철도공사(2015), “인도육교 관리방안 검토,” 대전: 한국철도공사.
- 이강중, 한훈희, 최영재, 신대원(2008), “항공안전문화지수 개발 및 적용방안 연구보고서,” 대전: 교통안전공단.
- 이관형, 오지영(2005), “안전문화와 효율적 안전경영 방안 연구,” **대한안전경영과학회지**, 7(3), 1-15.
- 이용희(2011), “인적 오류 연구의 동향과 과제: 어떻게 하고 있으며, 무엇이 필요한가?” **대한인간공학회지**, 30(1), 1-8.

- 이종석, 한기율, 허남규, 김찬수(2011), “우리나라 철도안전문화 측정기준 및 프로세스 개발연구,” **한국철도학회 2011년도 추계학술대회 논문집**, 2548-2556.
- 한국철도공사(2014), “열차운행선 안전관리 매뉴얼,” 대전: 한국철도공사.
- 한국철도공사 인재개발원(2012), “철도 안전지도사 직무역량 향상(심화),” 대전: 한국철도공사, p. 53
- Reason, J. (1990), *Human error*. NY: Cambridge University Press.

A Case Study on Improving Railroad Safety Management from the Perspective of Human Error*

Sung Gon Kim** · Su Young Ryu***

Abstract

This study used case studies to identify the major problems and human errors that result in railway accidents, and used these cases to suggest ways to improve railroad safety. Two representative railway accidents caused by human error (the accident at Daegu station in 2013 and the accident between Taeback and Mungok in 2014) were analyzed using a fishbone diagram that included human, management, environment, and technological factors. The case study analysis showed that railway accidents caused by human error were not due to a single error, but occurred due to a series of sequential factors, including communication problems, management issues, lack of railway associated legislation, insufficient safety education, and inappropriate safety culture. These results agreed with the previous report by Reason (1990). In the conclusion section of this study, some potential safety improvement measures for the Korean Railroad Corporation were suggested.

Key Words: Railroad safety management, Human error, Swiss cheese model, Fishbone diagram

* This work was supported by research fund of 2015 Chungnam National University.

** Deputy general manager, Korea Railroad Corp., First Author

*** An associate professor, School of Business, Chungnam National University, Corresponding Author

〈Teaching Note〉

철도안전관리 향상에 관한 사례연구: 인적오류이론 관점

Synopsis

철도는 철도차량·선로·철도역과 에너지 공급시설·철도 관리시스템 등이 종합적, 유기적으로 맞물려야 움직일 수 있는 과학기술의 집합체이다. 최근 10년간 국내에 발생한 철도사고를 분석해보면, 철도의 신설과 개량으로 선로, 전기 등 설비와 관련된 철도사고는 많이 감소하고 있는 반면에, 직원의 취급부주의 및 낙석과 홍수로 인한 선로상 장애물 추락과 철도인근 건설장비와의 접촉사고 등 철도외적 요인에 의한 사고는 증가하고 있다(김균성, 2005). 철도안전은 실제 운행진로를 확인하고 취급하는 기관사, 관제사, 열차승무원 등 사람의 판단에 의해 결정적으로 영향을 받는다. 그동안 과학기술의 발전 덕분에 안전과 관련된 기술시스템은 비약적으로 발전해왔으나, 인적오류에 대한 예방정책과 의식은 미흡한 상태이다.

본 연구는 인적오류로 인해 발생한 철도안전사고 사례분석을 통해 주요 사고원인과 철도안전 향상을 위한 개선방안을 제안하고자 한다. 구체적으로, 전문가들에 의해 인적오류로 인해 발생된 대표적인 사고로 언급되고 있는 2013년 대구열차 충돌사고와 2014년 태백-문곡간 열차 충돌사고를 피쉬본 다이어그램으로 인적, 관리, 환경, 기계설비 측면에서 특성요인분석을 각각 실행한다. 그리고 인적오류 측면에서의 주요 개선방안을 제안하여 한국철도의 안전관리와 안전문화 정착에 기여하고자 한다. 이를 위

해 항공·철도사고위원회 철도사고조사보고서와 한국철도공사 자료를 활용하였다.

Teaching Point

1. 인적오류와 사고의 관계
2. Reason의 인적오류분류와 스위스 치즈모형
3. Fishbone diagram 분석
4. 인적오류 개선방안

Assignment Question

1. 철도사고의 특징은?

철도는 차량(무게)과 속도간의 함수관계에 의하여 제동거리의 변화가 심하고 복잡하며 다른 도로교통 사고와는 다른 다섯 가지의 주요 특성이 있다. 첫째, 사고의 원인이 순간적으로 노출된다. 열차를 운행시키기 위한 모든 기기가 정상적으로 작동하다가도 순간적으로 기능이 정지되어 이를 처리하는 과정에서 사고요인이 많이 발생한다. 둘째, 사고의 진행이 급

속하다. 사고가 발생하면 열차가 갖는 속도로 말미암아 순식간에 충돌·탈선 등 중대한 결과를 가져오기 때문에 이를 지연시킬 시간적인 여유가 허용되지 않는다. 셋째, 사고의 규모와 피해가 크다. 열차는 중량과 속도를 지니고 있기 때문에 사건발생시 충격량이 많아 그 피해상황이 매우 크게 나타난다. 넷째, 두 가지 이상의 사고가 동시에 발생하는 병발사고의 위험이 크다. 열차운행에 여러 가지 제한조건을 부여하고 있기 때문에 일단 사고가 발생되면 다른 열차에 지장을 주거나, 복구과정에서 병발사고가 발생할 가능성이 높다. 다섯째, 사고의 관련자가 다수이다. 열차를 운행하기 위해서는 관제, 운전, 시설, 전기, 차량 등 각 분야별로 업무를 수행하는 관계로 사고 발생 후 원인을 조사하면 그 책임이 여러 사람에게 확산되는 경우가 많다.

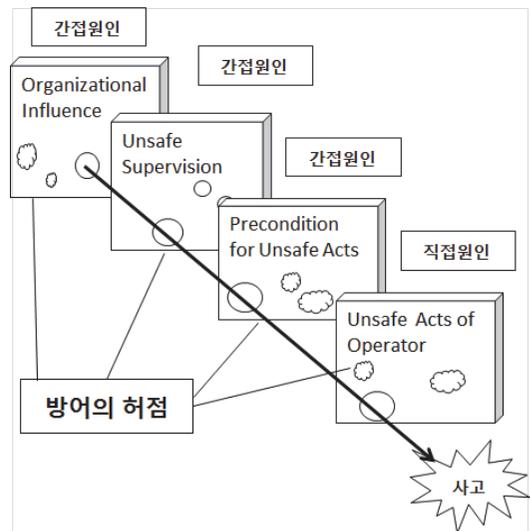
2. 인적오류의 정의와 Reason의 심리적 의도성 여부에 의한 분류체계는?

인적오류란 명시된 정확도, 순서, 시간 등의 제약 하에 요구된 목표행동을 수행하지 못하거나, 금지된 행위를 하여 장비나 재산의 파손 또는 예정된 작업의 중단을 초래한 것으로 간주한다.

Reason은 인적오류로 발생하는 불안정한 행위를 심리적 의도 여부에 따라 비고의적 행위와 고의적 행위로 구분하였다. 비고의적 행위는 누락(Slip)과 망각(Lapse)으로 구성되며, 고의적 행위는 실수(Mistake)와 위반(Violation)이 포함된다. 위반은 안전한 운영절차, 표준, 규정 등을 의도적(관행적)으로 지키지 않는 것으로 일상적 위반, 시간적 압박 혹은 인력 불충분 등으로 야기되는 최적화 위반, 비상사태의 발생, 설비의 고장 같은 예외적인 상황에서 발생하는 상황적 위반이 해당된다.

3. 인적오류로 발생한 사고들의 특징은?

모든 불안전 행동이 사고로 연결되지는 않지만, 사고는 반드시 바람직하지 않은 행동을 포함하고 있다. Reason은 사고를 역추적하면, 사고가 <그림 1>과 같이 4단계의 인적오류의 연쇄반응결과로 유발된다는 것을 제안하였다. 즉, 사고는 인적오류와 위반으로 구성된 현장 작업자의 불안정한 행위(Unsafe Acts)로 인해 직접적으로 발생했지만, 이를 유발하는 불안정한 행위의 전제조건(Preconditions for Unsafe Acts), 불안정한 감독(Unsafe Supervision), 조직적인 영향(Organizational Influence)의 4가지 계층(Tier)의 결합으로 인해 발생한다는 것이다.



<그림 1> The Swiss Cheese Model

이용희(2011)는 인적오류로 인한 사고의 대표적인 공통된 특징을 종속성, 잠재 대표성, 그리고 연쇄 구조성으로 설명하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 사고의 종속성은 사고 및 고장에 대한 정보나 분석 자료는 반드시 주어진 상황과 대상 시스템의 가동에 대한 정보와 결합되어 있을 경우에만 의미가 있음을

의미한다. 사고의 대표 잠재성은 사고가 근본적인 문제의 일부가 표면으로 도출된 것이라는 점에서 대표성과 문제와 결합되어 있는 드러나지 않은 근본문제가 있다는 점에서 잠재성을 내포하고 있다. 그리고 연쇄구조성이란, 사고는 여러 요인이 복합적으로 결합되어 연쇄적으로 일어나며, 이 사건들의 발생 원인을 추적하면, Reasons가 제한한 바와 같이 4개의 계층구조를 내포하고 있다.

4. 철도안전을 향상시키기 위해 Reason(1990)의 스위스 치즈모형에 근거하여 인적오류를 개선할 수 있는 방향을 제안한다면?

인적오류는 Reason(1990)이 분류한 바와 같이 마땅히 행해져야 할 행동, 절차, 규범 등이 인간의 본질적 정보처리 능력의 한계로 인해 처리되지 못해 발생하는 불안전 행동과 피로, 불안정한 심리적/신체적 상태, 과신, 과도한 업무부하량 등 다양한 원인으로 인한 주의집중 실패와 기억실패로 인한 비교의적인 불안정한 행동에서 유발되는 사고, 그리고 의도성을 가지고 규정과 절차, 그리고 정해진 행동을 위반하는 고의적 행동으로 분류할 수 있다. 따라서 개선방안 역시 심리적 고의성 여부에 따라 상이하게 제시될 필요가 있다.

우선, 비교의적인 불안전 행동으로 발생한 인적오류 중 정보처리능력의 한계로 인해 발생하는 오류를 최소화하기 위해서는 기계설비시 인간공학을 고려한 운전실 설계·제작의 규격화, 인간-시스템 연계설비 관련 인간공학적 설계기준이 필요하다. 또한, 열차 운행선로의 주의·취약구간을 해소하여 인적오류를 유발하는 요인을 원천적으로 제거하는 노력이 필요하다. 그리고 정보처리능력의 한계로 발생할 수 있는 다양한 철도안전사고 상황을 교육프로그램으로 개발하여 모의체험 및 실습학습을 통해 인지자원의 한계를 극복할 필요가 있다.

다음으로 주의집중과 기억실패로 인해 필요한 행동과 절차가 정해진 시간에 발생하지 않는 데는 다양한 원인이 작용한 것으로 추론할 수 있다. 반복된 행동이 가져다주는 무료함, 잠생각, 무관심, 과잉확신이 중요한 절차와 행동을 누락시키고, 오판하게 하며, 동시에 여러 동작으로 수행해야 할 경우 순차적으로 필요한 행동과 절차, 규범을 기억해내지 못하게 방해하여 병발사고를 유발하게 한다. 이를 예방하기 위해서는 평소 작업절차와 규정, 시간 등을 엄수하는 업무관행을 수립하고 이를 정착시킬 필요가 있다. 그리고 철도운행 중 주기적으로 관제사와 현재 진행 상태를 보고하도록 제도화하여, 실시간 소통을 통한 주의집중 향상과 위기 상황시 신속하게 대처할 수 있는 안전관리 체제를 구축할 필요가 있다. 또한, 열차자동방호장치 사용과 같이 예외적인 상황이 발생했을 때, 대처하는 비상매뉴얼을 마련하여 정기적으로 비상훈련 및 교육을 강화하고 이를 인사고과에 반영하여 안전문화지향의 조직문화를 정착시킬 필요가 있다.

그리고 기관사 교육 훈련을 정기적으로 시행하고 평가하여 피드백하고 이를 인사고과에 반영함으로써 전문성을 강화하고, 안전문화가 조직문화의 일부가 될 수 있도록 제도화할 필요가 있다. 구체적으로 기관사의 역량강화 및 운전업무 및 비상대응 등의 객관적 검증이 가능한 교육프로그램을 개발하고 매뉴얼화해서 정기적/체계적으로 직급별 실행할 필요가 있다. 또한, 개인별 승무인증을 강화하고 운행정보 기록을 분석하여 주기적으로 피드백 함으로써 불안정한 운전습관을 교정할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다.

다음으로 고의적 실수와 위반행동이 일어나는 배경을 살펴보면, 자신의 행동과 의사결정에 대한 과신과 정해진 시간, 절차, 행동을 위반하는 것을 당연히 여기거나 가볍게 여기는 관리관행, 그리고 조직문화와 결부되어 있다. 본 연구에서 분석한 대구역

열차충돌 사고와 태백선 문곡~태백간 열차 충돌사고에서 결정적인 사고의 직접원인은 가장 기초적이며 중요한 절차인 신호 확인을 누락하고 무시한데서 비롯되었으며, 인적오류로 인한 사고원인 중 가장 높은 비중을 차지하고 있음이 확인된다(〈표 1〉 참조). 또한 이를 관리감독하고 위기상황에서 적합한 지휘를 해야 할 의무 관제실이 적절한 역할을 수행하지 못한 점도 공통적으로 확인된다. 대구역 열차충돌 사고의 경우, 만일 의무 관제실에서 바뀐 운행일정을 제대로 통보했다면, 그리고 1차 충돌 후 2차 사고를 예방하기 위한 후속조치를 제대로 지휘를 했다면 1, 2차의 병발사고를 예방할 수 있었을 것이다. 따라서 관리역량을 강화시킬 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 일례로, 관제업무 담당자는 현장경험이 풍부한 직원 중에서 선발하고, 열차탈선, 차량화재 등의 각종 이례사항 발생에 관한 대응 매뉴얼을 사전에 정기적으로 반복적으로 훈련하여 관제업무 담당자의 전문성과 실무능력의 강화를 통한 인적오류 예방 노력이 필요하다. 또한, 업무일정 및 변경사항을 한눈에 확인할 수 있는 게시판을 활용하고, 운행전 반드시 이를 확인하는 절차를 제도화하여 커뮤니케이션 단절로 인한 인적오류 사고를 사전에 예방할 필요가 있다. 철도사고는 사고 진행이 급속하고 두 가지 이상의 사고가 동시에 또는 연이어 발생할 가능성이 매우 높으며, 관제, 운전, 시설, 차량 등 다양한 분야에서 복합적으로 불안정하게 작용하여 문제가 발생하는 특징이 있다(김균성, 2005, p.8). 따라서 사고발생시 이를 통제하고 지휘하는 의무관제실의 역할이 매우 중요하다. 비상 상황별 이를 제어하는 프로그램을 매뉴얼화 하고 관제, 운전, 시설, 차량 등 열차운행과 밀접하게 연계된 부서들과 합동으로 정기적으로 비상대비훈련을 실행하여 실제 사고발생시 피해를 최소화하는 노력이 필요하다.

마지막으로 모든 사고의 원인을 역추적하면, Reason(1990)이 언급하였듯이 조직문화의 문제에

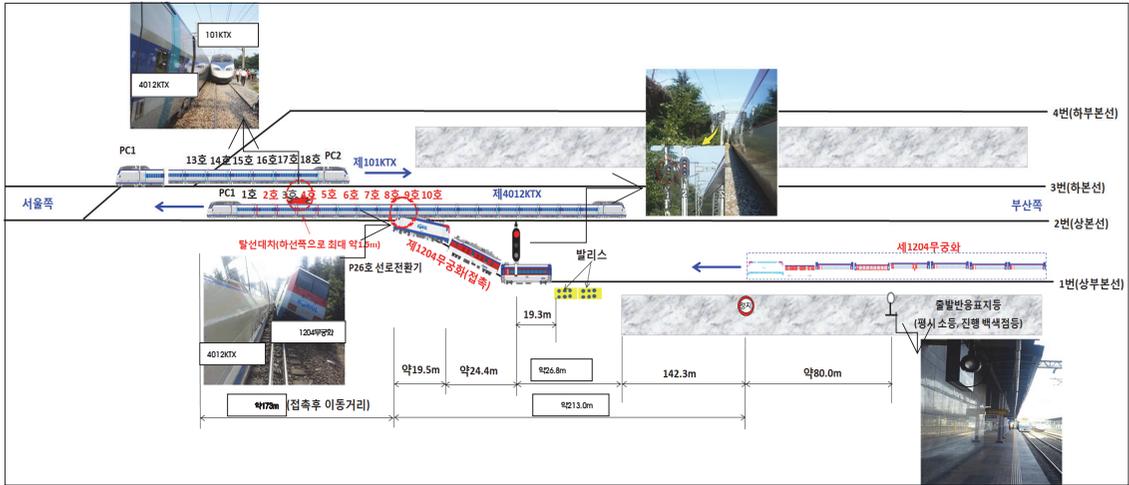
직면하게 된다. 안전제일의 가치관이 내재화되어 모든 사업 활동 속에 '안전'요소가 구체적으로 실행될 수 있도록 안전을 우선시하는 관리관행을 정착시킬 필요가 있다. 이를 위해서는 CEO의 기업운영 철학으로서 이를 강조하고 실질적으로 제도, 재정 및 인력의 지원이 필요하다. 구체적으로 제도 분야는 신뢰성이 보장된 승무적합성 검사와 인적오류 예방을 위한 위험분석 및 위험도 평가 활동이 지속적으로 유지하도록 규정할 필요가 있다. 그리고 노후화된 차량과 장비를 수시로 점검 및 교체하고 안전교육을 실행할 수 있는 재정지원과 차량 및 시설장비의 고도화에 따라 이를 효과적으로 처리할 수 있는 전기, 전자 기술인력 확보가 필요하다. 또한, 잠재사고를 발굴하고 자발적으로 발표하는 안전문화 조성이 필요하다.

Analysis

1. 대구역 열차 충돌사고

〈사고 개요〉

대구역 열차충돌 사고는 인적오류로 인한 2차레의 접촉사고가 연이어 발생하면서 인명피해로 연결된 대표적인 철도안전사고이다. 사건개요를 요약하면 다음과 같다. 2013. 8. 31. 07:14경 KTX 4012 열차가 경부선 대구역 상행선(2번선) 통과 중 부분선(1번선)에서 잘못 출발하여 본선쪽으로 진출하는 무궁화 1204열차 측면을 접촉하면서 탈선 한 후, 하행선(3번선)을 침범한 채 정차하였다. 1차 접촉 사고로 인해 KTX열차의 앞부분 기관차부터 10량까지 접촉되었고 8량이 탈선되었다. 때마침 하행선으로 통과하던 KTX 101 열차가 탈선된 KTX 4012



〈그림 2〉 대구역 탈선 약도



〈그림 3〉 제1204 무궁화열차(왼) 와 제101 KTX열차(우) 접촉현장

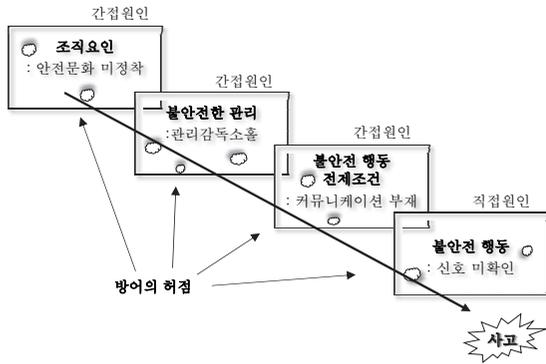
열차 객차를 접촉한 후 정차하여 2차 접촉사고가 발생하였다. 이 사고로 인해 부상자 23명(입원치료 3명, 통원치료 20명)이 발생하였고, 물적 피해는 KTX 10량, 전기기관차 1량, 분기기 1틀, 전철주 1본 등이 파손되었다(〈그림 2〉와 〈그림 3〉참조).

〈사고 분석〉

1차 충돌의 직접요인은 대구역 부분선(1번선)에

서 출발 대기중이던 제1204 무궁화 열차가 출발신호기 정지신호를 제대로 확인하지 않고, 2번선 출발 진행 신호를 1번선 신호로 오인한데 있다. 이는 무궁화 열차의 기관사가 열차 출발시 출발신호기 정지신호 상태를 소홀하였을 뿐만 아니라, 여객전무¹⁾ 또한 출발신호기 및 승강장 출발반응표시등을 제대로 확인하지 않고 출발신호를 내린 것이 직접적인 사고요인이다. 그러나 사건의 원인을 역추적하면, Reason(1990)이 제시한 바와 같이 사고를 유

1) 열차 내 서비스를 총괄하고 출입문 개폐, 승차권 확인, 열차 내 질서 유지 등의 업무를 수행하며, 열차가 정차하면 승강장에 내려 승객의 승하차를 확인하고 출발할 때 기관사에게 출발 수신호를 보내는 업무담당(네이버 지식백과, 시사상식사전, 박문각, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1987172&cid=43667&categoryId=43667>)



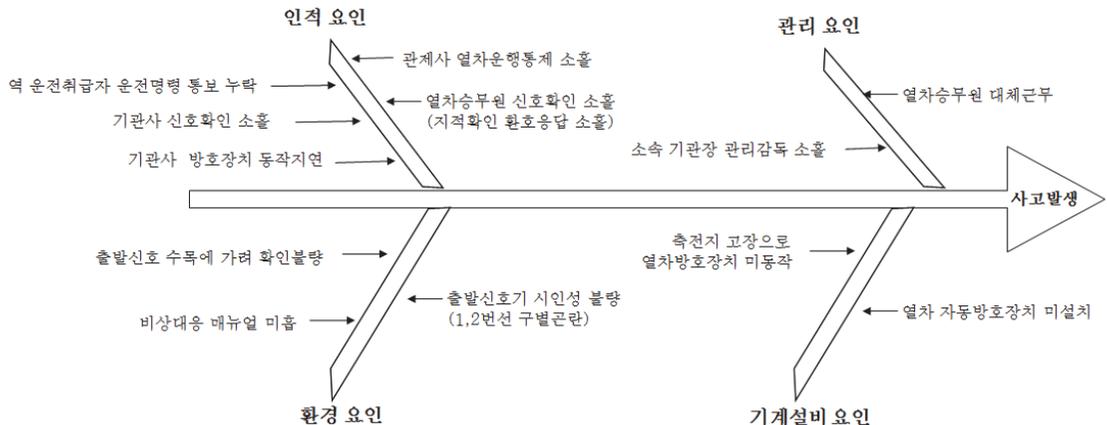
〈그림 4〉 대구열차충돌 사고에 관한 Reason(1990)의 스위스 치즈모형 분석

발하는 간접원인과 관리상의 방어의 허점, 그리고 안전관리 문화 미정착의 조직적 원인이 발견된다 (〈그림 4〉참조). 1차 사고의 경우, 출발신호기가 수목에 가려 확인이 어려운 사고유발의 환경적 요인이 내포되어 있다. 또한, 대구역 역무팀장이 KTX가 먼저 통과하는 것으로 운행순서가 변경된 것을 사전에 제1204 무궁화 열차 기관사에게 무선통보하지 않은 관리 소홀의 문제가 잠재되어 있으며, 가장 기본적인 중요 안전운행의 기본원칙과 절차가 제대로 지켜지지 않은 안전의식 미정착의 조직문화 요인이 내포되어 있다. 우선, 출발신호기의 시인성이 정확

하게 확보되지 않을 경우, 기관사는 비록 여객전무가 출발신호 사인을 보냈더라도 역무실에 출발신호를 재확인하고 출발할 의무가 있음에도 불구하고 그동안의 운전관행에 의존하여 열차를 출발한 것이 결정적 사고의 원인이 되는 것이며, 이는 안전제일의 가치가 정착되지 않은 조직문화 요인과 연결되어 있다.

2차 충돌은 여러 인적오류가 복합되어 발생하였다. 우선, 제1204 무궁화열차는 1차 접촉 시 축전지함 파손으로 전원이 차단되어 무전기 및 열차방호장치를 사용할 수 없었다. 그리고 제4012 KTX 열차 기관사는 1차 접촉 후 대구역에 사고 상황을 통보하였으나, 비상대응매뉴얼에 의한 열차방호조치를 하지 않았다. 또한, 제101 KTX 열차 기관사는 제4012 KTX 열차 기관사의 정지수신호를 확인하고도 비상제동 취급을 지연하였다. 그리고 대구역 관제사는 제4012 KTX의 인접선 침범한 것에 대한 열차방호를 우선 시행하지 않았다.

철도사고는 여러 요인의 복합적인 결합으로 발생한다. 〈그림 5〉는 1, 2차 접촉사고 원인을 인적, 관리, 환경 및 기계설비 측면에서 fishbone diagram으로 도시한 것이다. 인적요인을 Reason(1990)의 치즈모형과 심리적 의도에 따른 고의/비고의적 오류



〈그림 5〉 대구열차충돌 사고에 관한 fishbone diagram 분석

로 분석하면, 주의집중 실패로 인한 신호 확인 소홀의 비고의적 오류가 1차적으로 발생한 후, 이를 제어할 수 있는 관리상, 기계설비상의 방어적 허점과 안전제일의 가치관이 미정착되어 있는 조직문화 요인들이 연쇄적이고 복합적으로 작용하여 발생한 철도안전 사고라 결론내릴 수 있다.

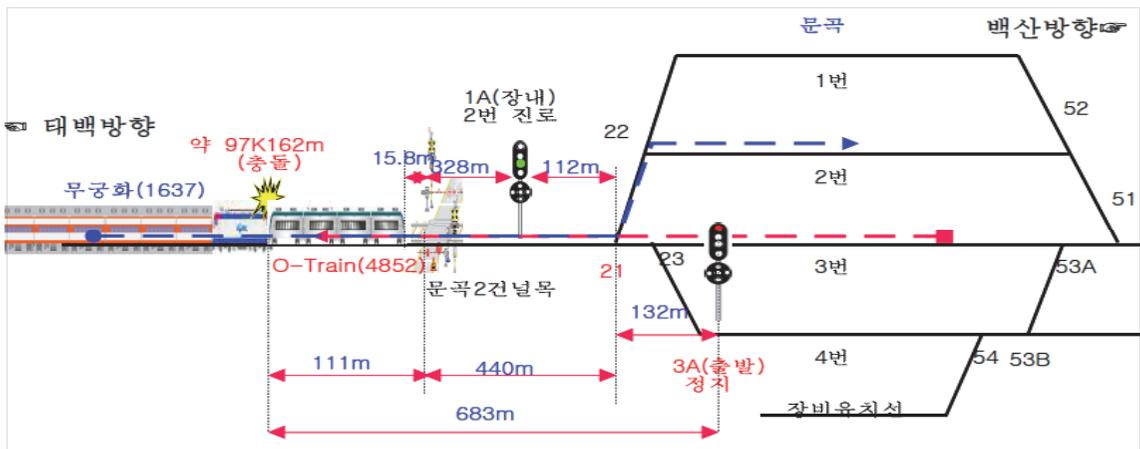
2. 태백 ~ 문곡역간 열차충돌 사고

〈사고개요〉

2014년 7월 22일(화) 17시 50분경, 강원도 철안역을 떠나 서울 청량리로 가던 00공사 소속 제

4852 'O-Train' 관광열차(이하 'A' 열차)가 태백선 문곡역에서 강릉행 제1637 무궁화열차(이하 'B' 열차)와 교행하는 과정에서 A열차 기관사가 문곡역 출발신호기의 '정지' 신호를 무시하고 통과하여 문곡 제2건널목 부근에서 마주오던 B열차와 정면충돌 후 탈선한 사고로 사고 위치는 〈그림 6〉과 같다.

이 사고로 2개 열차에 타고 있던 승객 중 101명의 사상자(사망 1명, 부상 100명)가 발생하였으며, 〈그림 7〉과 같이 사고열차가 충돌 후 탈선되면서 A 열차의 차량 3량과 B열차의 기관차 1량 및 객차 6량이 대파되었고, 문곡역 제21호 선로전환기 일부도 파손되었다.



〈그림 6〉 태백-문곡 충돌지점 약도



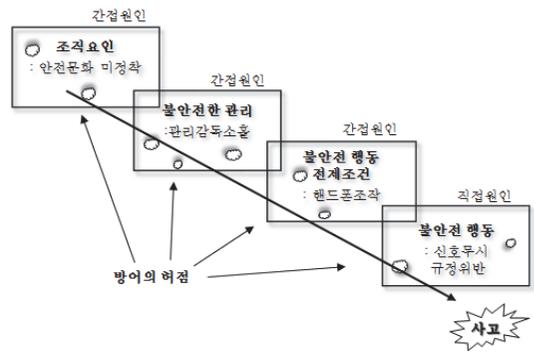
〈그림 7〉 충돌 열차 및 문곡역 선로전환기(P21호) 파손

〈사고분석〉

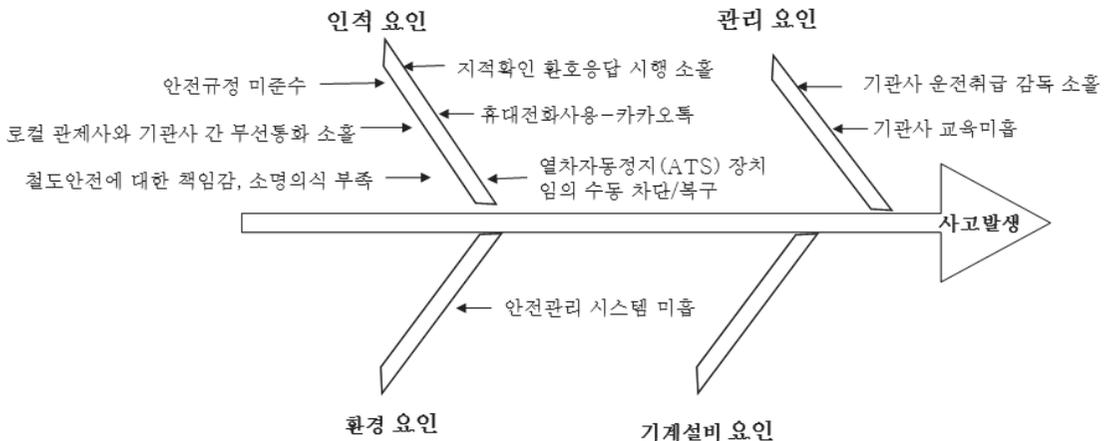
사고의 직접원인은 A열차 기관사가 문곡역을 진입하면서 출발신호기에 '정지' 신호가 표시되어 열차 자동정지장치(Automatic Train Stop System: ATS)의 '경고 벨'이 울렸음에도 불구하고 이를 수동 복귀시키고 그대로 통과하였기 때문이다. 로컬 관제원과 건널목 관리원이 반복하여 '비상정차 무선호출'을 하였음에도 불구하고 기관사가 이를 듣지 못하고, 제반규정을 지키지 않아 마주오던 열차와 정면 충돌 후 탈선하여 인명피해를 발생시킨 대표적인 인적오류에 의한 철도사고로, 사고유발 요인들을 피쉬본 다이어그램으로 도시하면 〈그림 8〉과 같다.

〈그림 9〉는 사고발생 원인을 Reason(1990)의 스위스 치즈모형으로 재구성한 것으로, 직접원인은 기관사가 열차운전을 하면서 오른손에는 속도조절장치인 주간제어기(Master Controller, 主幹制御器)를 잡고, 왼손으로는 휴대전화기로 지인들에게 '카카오톡'으로 사진 및 메시지를 전송하다가 본연의 기본 업무를 수행하지 않은 것이었다. 검찰 조사시 1월부터 사고발생 일까지 총 191회 승무 중 134회 상승

전화사용을 진술하였다. 종합하면, 태백-문곡 열차 충돌사고는 고의적인 의도를 가지고 계획된 절차와 규정을 무시하는 인적오류의 연쇄적 발생이 사고의 직접적인 원인이 되었으며, 이를 관리 감독할 수 있는 체계적 안전시스템의 부재와 안전문화의식의 미정착이 복합적으로 작용하여 발생한 철도안전사고로 결론내릴 수 있다.



〈그림 9〉 태백~문곡열차충돌 사고에 관한 Reason(1990)의 스위스 치즈모형 분석



〈그림 8〉 태백-문곡열차충돌 사고에 관한 피쉬본 다이어그램 분석

참고문헌

- 국토교통부(2012), “철도사고 등의 보고에 관한 지침 517,”
세종: 국토교통부.
- 국토교통부(2015), “교통안전 연차 보고서,” 세종: 국토교통부.
- 김균성(2005), “철도교통사고 방지를 위한 철도안전시스템 개선방안에 관한 연구,” 한남대학교 산업시스템공학 석사학위논문, 대전: 한남대학교.
- 한국철도공사(2014), “철도사고 조사보고서 제14집,” 대전: 한국철도공사
- 정봉구, 박종혁(2004), “항공안전 관리시스템(SMS) 소개,” **항공우주산업기술동향**, 2(2), 120~121.
- 한국철도공사(2015), “인도육교 관리방안 검토,” 대전: 한국철도공사.
- 이강중, 한훈희, 최영재, 신대원(2008), “항공안전문화지수 개발 및 적용방안 연구보고서,” 대전: 교통안전공단.
- 이관형, 오지영(2005), “안전문화와 효율적 안전경영 방안 연구,” **대한안전경영과학회지**, 7(3), 1-15.
- 이용희(2011), “인적 오류 연구의 동향과 과제: 어떻게 하고 있으며, 무엇이 필요한가?” **대한인간공학회지**, 30(1), 1-8.
- 이종석, 한기울, 허남규, 김찬수(2011), “우리나라 철도안전문화 측정기준 및 프로세스 개발연구,” **한국철도학회 2011년도 추계학술대회 논문집**, 2548-2556.
- 한국철도공사(2014), “열차운행선 안전관리 매뉴얼,” 대전: 한국철도공사.
- 한국철도공사 인재개발원(2012), “철도 안전지도사 직무역량 향상(심화),” 대전: 한국철도공사, p. 53
- Reason, J. (1990), *Human error*. NY: Cambridge University Press.