

# 철도 입환작업 중의 인적 사고요인에 대한 인지과학적 분석

이승원\* · 임현교†

\*철도청 수송안전실 · 충북대학교 안전공학과  
(2004. 10. 8. 접수 / 2005. 9. 20. 채택)

## Cognitive Analysis on Accident-related Human Factors during Shunting Movements

Seung-Won Lee\* · Hyeon-Kyo Lim†

\*Administration of Railroads  
Department of Safety Engineering, Chungbuk National University  
(Received October 8, 2004 / Accepted September 20, 2005)

**Abstract** : Railroad shunting movements connecting and disconnecting train sets are very susceptible to human errors since they depend on human decision-making and action procedure that are variable to situation to situation. Nevertheless, in the investigation of railroad accidents, all the accident causes related with human factors have merely been categorized as “careless treatment” of the workers without any systematic approach of behavioral sciences or the analysis of human errors.

In this research, therefore, 137 accident cases occurred during railroad shunting movements and 435 accident cases occurred during driving were analyzed with a special interest of human errors.

According to results, the traditional accident investigation scheme used for last several decades did not seem to be appropriate for catching up true accident causes with respect to human errors. In addition, both signal men and locomotive drivers made many mistakes in judgement/action stage while the former mainly commit judgement tasks where as the latter mainly commit cognition tasks. And, those tasks such as “confirmation of signal and route”, “location check-up of connected train sets”, and “route identification for a shift of track” ranked highly for accident susceptibility.

**Key Words** : cognitive process, human errors, railway shunting movements

### 1. 서 론

철도는 국가 기간 운송망이라는 이유 때문에, 사고가 발생하더라도 일반적인 안전사고와는 달리 ‘현장보존의 우선적 선행 후 사고원인의 규명과 대책의 수립’이라는 원칙이 철저히 무시되어 왔다. 즉, 사고가 발생하면 일단 사고조사 여부에 관계없이 일단 최우선적으로 차량의 운행을 복구시킨 다음에 사고원인조사를 실시하는 것이 일반적이다. 그 결과, 사고의 결과에 근거하여 관련규정에서 정의하고 있는 원인을 분류하고 행정적 대책을 제시할 뿐, 기술적이고 과학적인 대책은 미흡하였다.

특히 차량의 분리, 이동, 연결작업인 입환작업(入換作業) 중에 발생하는 사고는 대부분이 관계자의 인적요인이 관련된 사고로서, 작업자의 행동특성과 불안정한 주변 환경 요인이 결합되어 발생되고 있으나, 과학적이고 체계적인 조사방법의 부재로 인하여 관계자의 ‘취급부주의’ 사고라는 다소 부적절한 용어를 현재까지 사용하고 있다<sup>1-3)</sup>.

그러므로, 본 연구에서는 입환사고의 예방을 위하여 기존의 ‘취급 부주의’ 사고의 현황을 인간공학적 측면에서 파악하여 문제점을 발굴하고, 그 예방 대책을 제시하고자 하였다.

### 2. 입환작업과 입환사고

#### 2.1. 입환 사고의 특성

† To whom correspondence should be addressed.  
hklim@chungbuk.ac.kr

철도의 입환작업은 동력차를 이용하여 차량을 연결, 분리, 이동하여 열차를 조성하거나 해체하는 작업은 작업 내용과 방법이 상황에 따라 수시로 달라지는 동적인 작업으로서, 철도사고보고 및 수습처리 규정<sup>2)</sup>에 따르면 이러한 작업 중에 발생되고 있는 사고들을 별도로 분류하지 않고 있으나, 단지 철도 내부에서 통상적으로 ‘입환사고’라 부르고 있을 뿐이다.

그렇지만, 입환사고는 다음과 같은 점에서 다른 철도사고와는 다르다고 할 수 있다.

첫째, 업무 관계자가 많다. 입환작업은 작업자 개인의 단독작업이 아니라 기관사, 수송원, 신호원 및 관리직원 그리고 각종 설비의 정상작동을 책임지는 유지보수요원 등 여러 사람이 하나의 시스템을 만들어야 비로소 수행될 수 있는 작업이다.

둘째, 사고의 발생이 순간적이며 진행이 빠르다. 따라서, 사고원인이 사전에 인지되면 사고를 예방할 수 있지만, 시간적인 여유가 없는 상황에서는 입환업무의 특성상 역구내의 복잡한 선로에서 차량의 속도와 중량으로 인하여 순식간에 충돌·탈선·접촉 등의 사고로 발전될 가능성이 높다.

셋째, 병발사고(併發事故)의 위험이 크다. 입환작업은 복잡한 역구내에서의 작업이므로 사고 발생시 충돌·접촉·탈선으로 인하여 본선을 운행하는 열차나 차량에게 또 다른 사고의 원인을 제공하거나 시설물을 파손시킬 수 있으며, 사고복구 과정에서조차 제2, 제3의 병발사고를 일으킬 가능성이 높다.

이상과 같이 입환작업은 작업자 인적 요인은 물론 역구내의 구조적 조건, 선로배선 상태, 빈번하게 변경되는 차량의 이동 선로, 기상조건 그리고 근무체제와 작업시간 등에 의해서도 크게 영향을 받는다.

## 2.2. 입환사고의 발생현황 및 분석현황

1997년부터 2001년까지 5년 동안에 발생한 열차 사고 중 건널목 사고를 제외한 총 435건의 운전사고와, 같은 기간에 발생한 운전장애 사고 중 소속별 종사원의 취급 부주의 사고로 분류된 137건의 입환작업 관련 사고에 대하여 철도사고보고 및 수습처리 규정에 따라 원인 분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

### (1) 사고종류별 분석

입환사고의 사고 발생현황을 사고형태별로 분류하면 Fig. 1과 같이 열차접촉, 차량탈선, 차량파손, 직무사상, 위규운전, 열차지연, 차량고장, 송전장애,

기타 사고로 분류되고 있으며, 이 중 빈도가 높은 것은 차량탈선과 차량파손의 순으로 나타나고 있어 사고의 결과는 전체적인 철도 운영에 지장을 줄 수 있을 만큼 심각하다는 사실을 시사하고 있다.

### (2) 사고원인별 분석

철도사고보고 및 수습처리 규정에 따르면 입환사고의 원인은 ‘작업불량’, ‘취급불량’, ‘확인소홀’, ‘협의를불량’ 등으로 분류되고 있다. 이 분류에 따라 사고발생현황을 정리하면 Fig. 2와 같지만, 그림에서 보는 바와 같이 이렇게 되면 입환작업 중의 신호 및 진로의 확인과 취급, 기기취급의 동작 및 조작 과정에서 인간과오 원인이 충분히 분석될 수 없다는 근본적인 문제점을 안고 있다.

### (3) 작업자별 사고원인 분석

분석 대상인 입환사고 137건을 작업자별로 분석해 보면 수송원 과오만 관련된 사고는 59건으로 43%, 기관사 과오만 관련된 사고는 25건으로 18%를 차지하였으며, 수송원과 기관사의 과오 모두가 관련된 사고가 45건으로 33%, 기타가 8건으로 6%의 순이었다.

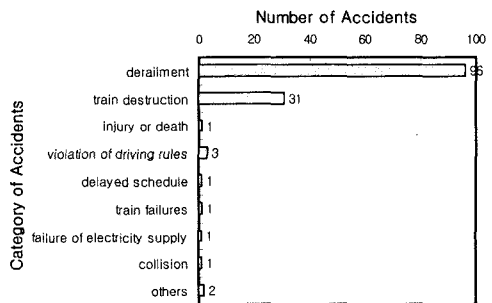


Fig. 1. Type of accidents occurred during shunting movements classified by accident types ('97-'01).

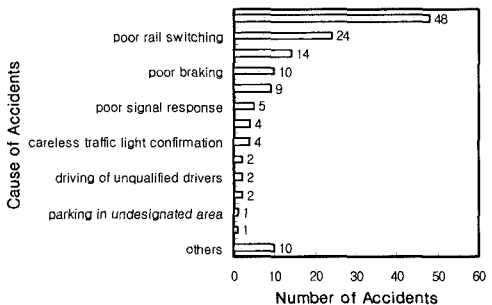


Fig. 2. Causes of accidents occurred during shunting movements ('97-'01).

따라서, 입환작업이 수송원과 기관사가 직무간 협력을 통하여 수행하는 작업이기는 하지만, 동력차를 제어하는 기관사보다는 역구내를 이동하면서 차량이동 진로의 확인, 전철기의 취급, 동력차의 유도를 담당하는 수송원이 더욱 사고에 취약하다는 사실을 알 수 있다. 더욱이, 수송원과 기관사의 과오가 모두 관련된 사고가 33%에 이른다는 사실을 감안한다면, 수송원의 기능이 매우 중요한 사고예방 요인임을 다시 확인할 수 있다.

한편, 현행 철도사고보고 및 수습처리 규정에서는 작업자 사고원인을 Table 1과 같이 분류하고 있다. 이에 따라 작업자별, 사고 원인별 발생건수를 살펴보면 Fig. 3에서 보는 바와 같이 수송원이든 기관사든 관계없이 모두 ‘입환작업불량’의 발생건수가 가장 많고, 그 다음으로 수송원의 경우에는 ‘전철기 취급불량’, 기관사의 경우에는 ‘진로확인 소홀’과 ‘제동취급 소홀’로 인한 사고가 많았다.

2.3. 현행 원인 분류체계의 문제점

현재 철도관계기관에서 입환사고의 원인을 분석

Table 1. Human-side causes of accidents during shunting movements

수송원	신호 취급불량, 보안장치 점검불량, 전철기취급불량, 유치차량 유동, 입환작업불량, 입환 협의소홀, 진입선 지장입환, 차량접촉한계 외방유치, 무자격자 취급, 졸음, 화물적재 상태 불량, 협의소홀, 열차조성지연, 기타 (불안전 상태의 방치)
기관사	무자격자운전, 제동 취급불량, 신호 확인소홀, 전호 확인소홀, 진로 확인소홀, 제한 속도초과, 무유도 운전, 입환작업불량, 기기 취급소홀, 차량 감시소홀, 졸음, 기타 (불안전 상태의 방치)

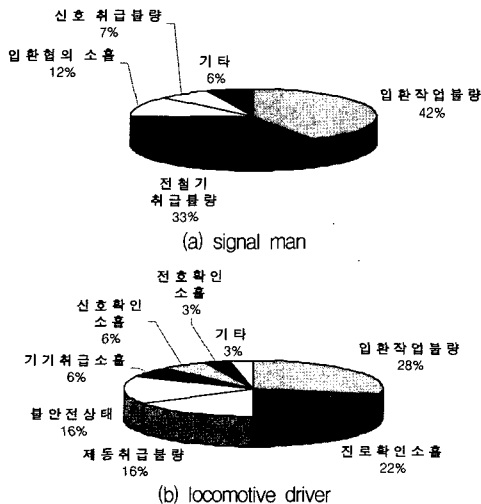


Fig. 3. Proportion of accident causes by railroad workers.

계는 사고의 근본적인 원인은커녕, 직접적인 원인조차 파악하기 곤란하다. 이와 관련하여 현행 원인 분류체계의 문제점을 지적하면 다음과 같다.

첫째, 사고의 원인으로 분류된 항목들이 사고조사의 사후 실적처리를 위하여 관리적 측면에서 분류, 활용되고 있다.

예를 들어, ‘입환협의 소홀’은 작업내용을 관련자간 협의를 생략하거나 협의의 시행에서의 잘못됨을 가리키는 항목이지만 현재 철도에서의 사고통계에서는 수송원에게만 그 원인을 적용하고 있다. 더욱이 ‘신호취급 불량’은 신호를 취급하는 신호원 또는 운전정리원에게 해당되지만 사고를 사후 정리하기 위하여 해당 역과 관련 소속부서로 분류하기 때문에 수송원의 원인으로 분류하는 오류가 있을 수 있다.

둘째, 현행 입환 사고의 원인에서는 입환작업 중에 발생한 사고를 작업자인 수송원과 기관사의 ‘취급부주의’로 분류할 뿐 수송원과 기관사의 행동특성이나 환경 조건들에 의한 인간과오 요인을 파악하지 못하고 있다.

앞에서 설명한 바와 같이 철도의 입환사고는 수송원과 기관사의 동작에 영향을 주는 작업환경, 작업형태, 차량의 이동진로, 차량이동과 관련한 신호 및 전호 등 다양하고 복잡한 상황과 조건들을 잘못 인식하고 판단하거나 또는 생략하여 발생한다. 그런데, 현재와 같이 ‘... 부주의’나 ‘...불량’ 혹은 ‘...소홀’로 분류해서는 진정한 원인을 찾을 수 없다. 이미 잘 알려진 바와 같이 부주의는 과오원인에 의한 결과이지 원인이 아니기 때문이다.

3. 입환사고의 인지과학적 분석 및 대책

3.1. 인간과오 분석을 위한 정보처리 모형의 도입

입환작업은 차량의 이동, 분리, 연결을 작업자인 수송원과 기관사가 차량이동과 관련된 진로와 신호, 연결차량의 위치와 거리 등을 인지·확인하는 과정과 진로를 취급하기 위한 전철기의 취급, 차량을 유도하는 전호, 동력차를 제어하는 동작·조작으로 수행된다. 따라서, 작업에 임하는 수송원과 기관사는 직무수행 내내 복잡한 역구내에서 해당 작업과 관련된 필요한 정보를 지각하며, 이를 근거로 작업상황에 대응되는 판단과 기기의 취급 및 설비조작의 동작을 실시한다.

철도 입환작업 중의 인적 사고요인에 대한 인지과학적 분석

Table 2. Human error modes developed for railroad shunting movements

과오단계- 대분류	과오의 중분류	과오의 소분류 - 과오 사례
협 의 과 오	잘못된 작업지시서	작업 지시서를 교부하지 않았다. 지시서 내용이 잘못되어 있었다. 지시서에 작업내용이 누락되어 있었다.
	작업협의 잘못	작업협의를 하지 않았다. 잘못된 협의나 형식적인 협의를 하였다. 협의 내용을 이해하지 못하였다. 작업내용이 협의와 달랐다.
인 지 · 확 인 과 오	감각입력 없음	진로, 신호, 표지, 전호를 보지 않고 듣지 않았다. 진로, 신호, 전호가 보이지 않고 들리지 않았다. 중계된 전호가 보이지 않거나 안 들었다. 몸이 피곤하여 못 보았다.
	감각 잘못	관련 진로, 신호, 표지, 전호를 잘못 보았다. 차량의 이동상태를 보지 못했다. 차량연결장치 상태를 잘못 보았다.
	인지잘못	신호, 표지의 색 또는 전호동작이 유사하였다. 차량이동 진로를 잘못 알았다. 유효장과 유치차량을 알지 못하였다. 연결차량과 연결거리를 잘못 측정하였다. 차량상태나 속도를 잘못 측정하였다. 신호기, 전철기의 위치를 잘못 알았다.
	인지하지 못함	보이는 것을 정당한 것으로 알았다. 시간이 절박하거나 당황하였다. 작업 중 다른 생각을 하였다. 피곤하여 멍하니 있었다.
	인지하지 않음	확인 순간까지도 확인했다고 생각하였다. 중간에 이미 확인했다고 생각하였다. 지나온 진로라 확인하지 않았다.
판 단 · 동 작 과 오	판단잘못	작업방법을 틀리게 생각하고 있었다. 방법은 알지만 보통습관으로 진행하였다. 유사경험이 있어 간단히 생각하였다. 주변 상황이 복잡하였다. 몸이 피곤하였다.
	판단/결정 부족, 잊어버림	시간과 상황이 절박하여 여유가 없었다. 인지확인 후 다른 상황에 마음을 빼앗겼다. 위험상황 후 다음위험을 대처하지 못하였다. 편찮다고 생각하였다.
	의사결정과 동작유발의 실패	상대를 믿고 전호나 연락을 하지 않았다. 습관적, 반자동적으로 행동하였다. 감정·충동으로 거칠게 하였다. 망설이다 마지막에 동작·조작이 되었다.
	자세의 불안	자세 불안정, 무의식중의 취급. 차량에 탑승하는 자세가 불안정하였다. 동작·조작 위치가 맞지 않았다.
	동작·조작의 잘못	지나친 긴장과 결과의식으로 굳어졌다. 동작·조작의 시기가 빨랐다. 동작·조작의 시기가 맞지 않았다. 피곤하여 동작·조작이 귀찮고 거칠었다.
	동작·조작의 결핍	동작·조작을 하지 않았다. 급박한 상황으로 순서를 빠뜨렸다. 상황이 급박하여 관련 동작·조작이 부족하였다. 다음 동작·조작을 생각하다 순서가 틀렸다.
	기기취급 잘못	다른 용건으로 동작·기기취급을 지연하였다. 올바르지 않은 방향으로 취급하였다. 기기나 스위치의 배열을 혼동하였다.
	동작·조작의 틀림	서두름으로 불안정한 동작·조작을 하였다. 기기를 완전하게 취급하지 않았다. 반대로 생각하였다.
확 인 과 오	과오를 알아차리지 못함	떨어져 있어 확인이 어려웠고 보이지 않았다. 다른 상황이나 용건으로 잊어버렸다. 확인하는 것을 완전히 잊어버렸다.
	과오회복 불능	다른 사람의 지적으로 알아차렸다. 다른 상황의 발생으로 알아차렸다. 사고가 발생된 후 잘못을 알았다.

예를 들어, 철도에서 취급부주의 사고의 원인으로 분류하고 있는 수송원과 기관사의 ‘입환작업불량’은 작업자의 인지·확인 과정에서의 과오에 해당하며, 수송원의 ‘전철기의 취급불량’은 협동동작의 실패를 의미하므로 작업내용에 적합한 진로와 선로 상태를 확인하는 과정에서의 인지·확인 과오와 판단·동작과오 모두에 해당된다고 볼 수 있다. 따라서, 차량이동의 조건인 신호와 진로를 확인하는 수송원과 기관사는 수동적인 외부자극의 수용이 아니라 필요한 정보를 적극적으로 획득하는 과정이라 할 수 있다.

이러한 과정은 전형적인 인간의 정보처리 모형으로 이해될 수 있으므로, 본 연구에서는 인간과오의 원인을 추정하기 위하여 기존에 연구된 연구결과<sup>4)</sup>를 검토하고 谷村<sup>5)</sup>의 인지과학적 모델을 도입하였다. 그는 산업현장에서의 사고와 관련된 인간과오를 설명하기 위하여 1) 상황판단 2) 판단·사고의 통합 3) 감정 및 정서 4) 작업행동의 4단계 모델을 제시하고, 이 모델에 따라 건설업과 제조업의 인간과오특성을 분석한 바 있다.

### 3.2. 입환사고의 직무별 과오 요인의 분류

입환사고에서의 인간과오를 파악하기 위해서는 입환작업의 특수성에 맞는 인간과오 분류체계를 작성할 필요가 있다. 이미 잘 알려진 바와 같이 인간과오의 분류에 대해서는 Swain의 인간공학 적 접근에 의한 분류체계와 Rouse의 분류체계, Norman이 분류한 인간과오, Norman의 분류체계를 이용하여 인간의 정보처리과정을 고려한 Rasmussen의 Step Ladder Model 등 여러 학자들의 다양한 방법이 있으며, 국내에도 원자력발전소 주 제어실의 운전원의 과오와 관련되어 개발된 분류 체계들이 있다.

그러나, 입환작업에서의 정보처리과정과 작업내용은 일상생활에서의 인간의 행동이나 제조업에서의 생산활동, 원자력에서의 감시활동과는 다르므로 이러한 학자들의 분류체계를 적용하기가 곤란하여 미국 운수성의 분류체계<sup>6)</sup>를 토대로 철도 입환작업자의 행동특성을 분석한 후<sup>7)</sup> 철도 입환작업의 인간과오 분류체계를 Table 2와 같이 재구성하였다.

더욱이, 철도현장의 수송원으로서의 다년간 경력이 있는 팀장급 직원과, 기관사로서의 다년간 경력이 있는 운전팀장 6명에게 분야별 업무의 경험을 토대로 분류체계를 검증토록 함으로써 과오 분류체계

의 타당성을 검증하도록 하여 현실성을 높이고 타당성을 확인하였다.

### 3.3. 입환사고의 인지과학적 분석

#### 3.3.1. 분석 대상 및 방법

이상과 같은 인간과오 분류체계를 근거로 사고원인을 분석하였다. 분석대상으로는 1997년부터 2001년까지의 5년간 발생한 철도사고 중 종사원의 ‘취급부주의’ 사고로 분류된 입환 사고 137건을 대상으로 하였는데, 우선 작업형태에 따라 역구내 입환작업 53건, 도중역의 해결작업 29건, 도착열차 정리 작업 31건, 동력차 연결작업 24건의 작업형태별로 분류하고, 그 중 사고 발생원인이 작업자와 관련이 없는 사고 8건을 제외한 사고사례 129건을 분석 대상으로 하였다.

각각의 사고에 대해서는 철도사고 월보의 사고보고서, 사고 당사자의 진술, 경위서, 조사자의 경위, 조사결과를 토대로 다음과 같은 방법에 의하여 분석하였다.

- 사고보고서의 사고 개황을 분석하여 수송원과 기관사의 사고발생 직무를 파악하고, 작업형태별 직무분석표의 해당 직무별로 사고 발생건수를 파악하였다.

- 기발행된 사고월보에 기록되어 있는 사고원인과는 별도로, Table 2의 분류체계에 입각하여 사고기록을 중심으로 사고 당시의 상황과 작업자의 인간과오를 분석하였다.

- 사고사례별로 분야별 팀장급에게 의뢰하여 인간과오 분류체계에 입각한 항목별 과오원인을 분석토록 하였으며 그 결과를 과오별로 정리, 분석하였다.

- 입환작업의 과오요인을 실제로 파악하기 위하여 작업자인 수송원과 기관사의 직무동작을 직접 관찰하였다. 관찰에 앞서 작업자의 직무에 대하여 수송원과 기관사 경력이 있는 팀장급의 자문을 구하여 작업형태별로 수송원과 기관사의 임시 직무분석표를 작성하였으며, 관찰대상 작업자에게는 관찰사실을 알리지 않고 작업형태별로 3회씩 관찰하였다.

관찰장소는 여객열차의 취급이 많은 □□역 구내와 여객열차와 화물열차를 동시에 취급하는 ○○역의 역구내를 선정하였으며, 차량의 분리, 이동, 연결과정에서의 기기취급 동작과 각종 유도전호, 확인과정 및 동력차의 제어동작·조작의 직무를 관찰자가 근접하여 기록하였다.

Table 3. Number of accidents corresponding to work elements, a part ('97-'01)

구분	수송원		기관사		
	사고발생 직무	건	사고발생 직무	건	
역 구내 입환 작업	- 관련 직원 간 입환작업 협의	4	- 수송원과 입환작업협의	2	
	- 진로, 신호의 확인	12			
	- 진로, 신호의 주시	2			
	- 이동상태, 속도, 유효장의 확인	2	- 표지, 신호 및 진로의 확인	8	
	- 전철기 전환취급	1			
	- 선로상태, 진로, 신호의 확인주시	4	- 진로 및 신호의 계속 확인	8	
	- 연결차량 위치확인	7			
	- 차량상태와 진로의 확인주시	6	- 제동취급	3	
	- 후부차량 통과 후 정지 전호	1			
	- 진로확인 후 전철기취급	5	- 연결차량 위치확인	6	
	- 차량이동 유도전호	1			
	도중 역의 해결 작업	- 관련 직원 간 입환작업 협의	2	- 전호 확인	1
		- 전방 진로, 신호의 확인 및 취급	8	- 표지, 신호 및 진로의 확인	7
- 이동상태, 속도, 유효장의 확인		2	- 진로 및 신호의 계속 확인	1	
- 이동선로의 진로, 신호의 확인		3	- 제어대 스위치류 확인	2	
- 유치차량, 유효장, 한계표 확인		10	- 유치차량 및 연결거리의 확인	7	
- 속도절제 전호		1			
- 차량연결유도		1			

관찰방법은 수송원의 경우는 선로변에서 차량의 이동, 연결, 분리작업에서의 직무수행 과정을 관찰 기록하였으며, 기관사의 직무는 동력차에 승차하여 수송원의 직무관찰과 함께 직무동작을 관찰하고 분석표에 순서대로 기입하였다.

3.3.2. 분석결과

입환작업에서의 사고발생 직무를 수송원과 기관사의 작업형태별 직무분석표의 직무순서에 근거하여 파악한 현황은 Table 3과 같다.

수송원은 ‘진로, 신호의 확인’, ‘이동선로의 진로, 신호 확인’, ‘유치차량, 유효장, 한계표 확인’의 직무에서 사고가 많이 발생되었고, 기관사의 경우에는 ‘표지, 신호 및 진로의 확인’, ‘유치차량 및 연결거리의 확인’, ‘진로 및 신호의 계속확인’의 직무에서 사고가 많이 발생된 것으로 분석되었다.

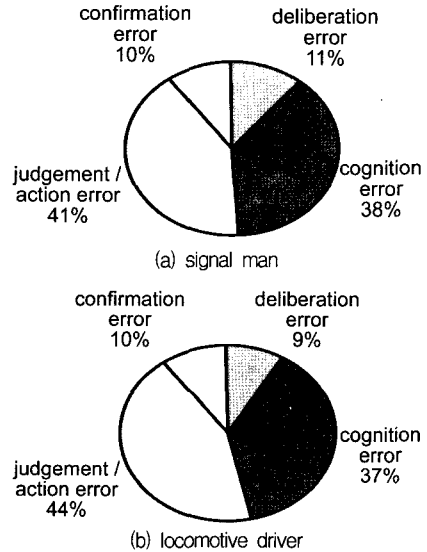


Fig. 4. Proportion of human error modes for railroad workers.

이것을 직접 직무를 수행하는 수송원과 기관사의 인간과오를 중심으로 다시 분석한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 ‘협의과오’보다는 입환 작업자의 ‘판단과오’가 가장 큰 부분을 차지하고 있었으며, 근소한 차이를 두고 ‘인지·확인 과오’가 다음 순위를 차지하고 있음을 알 수 있었다.

수송원의 경우에는 작업시작 전이나 작업 중 ‘관련 직원간 입환작업 협의’, 차량이동을 위한 ‘진로, 신호의 확인’, 이동한 차량을 연결할 때의 ‘연결차량 위치확인’, 연결차량을 이동하기 전의 ‘이동선로의 진로, 신호 확인’에서 거의 대부분의 사고가 발생되고 있어 수송원의 취약직무로 판단되었다.

이것을 인간과오 측면에서 설명하자면 인지·확인 과오와 판단·동작단계에서 인간과오가 빈발하고 있음을 의미하는데, 이러한 결과는 입환작업에서 수송원이 차량이동의 진로 조건을 확인하거나 조건에 맞지 않는 진로를 수정 취급하여 차량이동 전호를 실시하는 직무수행과 관련이 있는 것으로 판단되었다.

또한 수송원의 직무는 차량의 이동과 관련하여 이동중의 동작이 많고 작업자체가 가지고 있는 속도와 업무의 서두름에 의한 작업속도의 증가가 전체적인 작업속도를 증가시켜 판단·동작단계에서의 과오가 빈발하며 이것이 사고연쇄로 이어지는 것으로 판단되었다.

한편, 기관사의 경우에는 작업 전반부의 직무인 ‘표지, 신호 및 진로의 확인’, ‘진로 및 신호의 계속

확인'과, 중반부의 '유치차량 및 연결거리의 확인', '전호원의 정지 전호 확인'과 '제동취급'이 사고 발생 빈도가 높은 취약직무로 판단된다.

이것은 기기취급이나 속도제어에서의 과오보다 작업의 전반부인 인지·확인단계에서 과오가 많이 일어나며 다음으로 판단·동작단계에서 과오가 많이 발생되고 있는 것을 의미하는데, 기관사의 경우 수송원과 달리 한정된 공간의 동력차 운전실내의 작업공간에서 직무를 수행하기 때문인 것으로 판단되었다. 즉, 기관사는 수송원에 비하여 차량이동에 따른 판단과 결정의 급박함을 상대적으로 심각하게 느끼지 못하지만, 수송원의 유도나 전호를 긴장감없이 따르거나 증가하는 작업속도에 편승하여 직무 수행속도를 높이게 되면 인지·확인단계와 판단·동작단계에서 과오를 발생시키거나 높은 작업속도에 동반하는 위험감행 행동을 행하게 되는 것이다.

결과적으로 이들을 종합해 보면, 사고사례에 대한 인간과오분석 결과, 입환작업중에는 수송원과 기관사에 관계없이, 또한 작업형태와 무관하게 전체적으로 인지·확인과오와 판단·동작과오가 같은 경향으로 발생하고 있는 것으로 분석되어, 이 경향을 사고예방 대책 수립에 활용할 가치가 있는 것으로 판단되었다.

### 3.4. 사고예방대책

이상에서 검토된 바와 같이 입환사고의 대부분은 종사원이 관련된 사고로서, 작업환경, 시설장비, 관리감독의 외적요인과 수송원과 기관사의 내적요인으로 인하여 발생되고 있다.

그러므로 입환사고의 예방을 위해서는 작업환경과 시설장비의 하드웨어적인 개선과 관리조건, 관리감독방식 및 작업자의 내적요인인 소프트웨어적인 대책이 동시에 수립 시행되어야 한다.

#### 3.4.1. 인적 측면

인적 측면에서 보면 수송원과 기관사의 인지·확인단계와 판단·동작단계에서의 과오가 그 주류를 이루고 있으므로, 예방대책은 이들 과오를 예방하기 위한 지식교육과 기능교육에 초점이 맞춰져야 한다. 그 중에서도 특히 강조되어야 하는 부분은 다음과 같다.

무엇보다도, 수송원과 기관사가 서로의 의사를 상호 명확히 인식할 수 있도록 의사소통의 완벽을 위

한 교육프로그램이 운용되어야 한다. 현재 대부분의 교육은 일방적 지시나 공문에 의한 지시내용을 전달하는 형식으로 이루어지고 있으나, 이보다는 의사소통상의 문제점과 대응책을 몸에 익히기 위한 실기 위주의 교육을 실시하여야 한다<sup>8)</sup>.

둘째, 기관사의 경우에는 인지·확인과 판단·동작과정의 과오를 줄일 수 있도록 상황인식 전반에 대한 지식교육과 신호설비의 인식훈련을 시켜야 한다<sup>9)</sup>. 또한, 거부감 없이 지적확인 환호응답을 실행할 수 있는 운전자세를 갖추도록 교육하여야 한다. 일본의 경우에는 1인 위험예지훈련을 일상화하고 있으나<sup>10,11)</sup>, 우리나라의 경우에는 어색하다는 생각에 잘 이루어지지 못하고 있기 때문이다.

셋째, 인간과오를 통한 노하우를 체계적으로 축적하고 관리하여 사고 예방에 직접 활용할 수 있도록 앞차사고의 발굴과 활용을 도모하여야 한다. 본 연구에서 살펴 본 바와 같이 현재 우리나라 철도사고의 통계 및 관리체계는 일제시대에 사용되던 것으로서 고속철도가 달리는 시대에는 적합하지 못하다.

#### 3.4.2. 물적 측면

물적 요인의 개선은 인적 요인의 개선에 앞서 이루어져야 함은 말할 것도 없다. 특히, 입환작업은 복잡한 역구내를 이동해야 하므로 인간 과오를 범하기 쉬운 수동식 설비보다는 기계적인 설비 특성을 충분히 활용할 필요가 있다. 근년에 선로를 전환시키는 전철기가 전기적인 인터록 장치로 교체되고 있는 바와 같이, 철도현장에서도 이러한 설비로 교체하는 것이 바람직하다. 아울러, 전기 전철기의 도중 전환을 차단할 수 있는 역구내의 연동장치도 개선되어야 한다.

둘째, 기관사의 작업을 지원할 수 있는 신호설비나 각종 보안설비가 제공되어야 한다. 아직까지 국내 여건상 입환작업은 인력작업을 피하기는 곤란한 형편이므로, 그 대신에 기관사와 수송원의 원활한 의사소통을 지원할 수 있는 기기들이 필수적이다. 여기에는 기존의 신호기 외에 간단한 통신장비를 상시 휴대하도록 하는 것들이 쉬운 예로서 제시될 수 있다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 기존의 입환사고를 인간공학적 측면에서 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 현행 철도사고 조사체계는 사고의 결과로부터 그 원인을 추론함에 있어 인적요인을 단순히 소속별 종사원의 취급부주의로 분류하고 있어 다양한 인적요인, 특히 인간과오를 분석하기에 부적합하다.

둘째, 입환작업의 작업형태별 직무분석결과, 전체적으로 수송원은 판단·동작의 직무를, 기관사는 인지·확인 직무를 많이 수행하고 있음을 확인하였다.

셋째, 직무분석표에 의한 사고사례분석 결과, 작업의 전반부와 중반부에서 사고가 자주 발생되고 있었고, ‘신호, 진로의 확인’, ‘연결차량의 위치확인’, ‘이동선로의 진로확인’, ‘작업 협의’의 순으로 인간과오 취약직무가 분석되었다. 또한, 입환작업의 형태와는 무관하게 수송원과 기관사 모두 판단·동작 단계에서의 인간과오가 가장 많았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 인간과오 방지와 사고예방을 위해서는 수송원과 기관사가 안전에 관하여 동일 마인드를 취할 수 있도록 하는 동시 교육 프로그램의 개발과, 효율적인 지적확인 환호응답 교육, 앞차사고의 발굴과 활용이 요구되며, 시설적 측면에서는 차량의 진로를 확보할 수 있는 연동장치의 개선과 작업자의 인지·확인과오를 줄일 수 있는 설비의 인간공학적 검토 및 개선이 요구되었다.

**감사의 글 :** 이 논문은 2004년도 충북대학교 학술연구 지원 사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by Chungbuk National

University Grant in 2004).

### 참고문헌

- 1) 철도청 안전환경실, 철도청 안전관리규정, 청훈령 제3563호, 1972.
- 2) 철도청 안전환경실, 철도사고보고 및 수습처리 규정, 청훈령 제6935호, 1994.
- 3) 철도청 안전환경실, 2001년도 철도사고 분석 보고서, 2001.
- 4) 이순철, 사고발생과정과 위험인식모델의 상호관계성, 충북대학교, 2001.
- 5) 谷村富男, ヒューマンエラーの分析と防止, 日科技連, 1995.
- 6) U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration Office of Safety, FRA Guide for Preparing Accidents/Incidents Reports, DOT/FRA/RRS-22, 1997.
- 7) 고병인, 이승원, 임현교, “산업재해조사 코드에 기준한 철도사고의 분석”, 대한인간공학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 97~100, 2001.
- 8) 손명선, 철도사고 안전도 향상 방안에 관한 연구, 강릉대학교 대학원, 1998.
- 9) 山前景泰郎, 中央鐵道學園, 運轉經營概論, 交友社, 1979.
- 10) 安部誠治, 鐵道事故と安全確保のための制度, 關西大學校, 2001.
- 11) 關東鐵道學園 運轉事故防止研究會, 動力車乘務員の運轉事故防止, 交友社, 1972.