

철도와 타 산업에서의 인적오류 보고 및 분석 체계 비교 분석

Comparative Reviews on the Reporting and Analyzing System for Human Errors between Railway and Other Industries

정원대*, 고종현**, 곽상록***

Jung Wondea, Ko Jong Hyun, Kwak Sang Log

ABSTRACT

Human factors still plays a significant part in many railway accidents. The accidents often resulted from multiple causes of hardware failures and human errors. So to ensure the safety of railway operations, human error should be prevented effectively. In order to reduce the potential of human error, a systematic error analysis should be undertaken in advance for identifying the root causes of the error. In this paper, we reviewed the present state of the reporting and investigation of human error in railway industries, and compared it to ones of other industries such as aviation and nuclear power.

1. 서론

최근 국내 철도산업에서는 내외부적으로 급격한 변화가 진행 중이다. 고속전철의 개통, 철도의 민영화와 구조개혁, 도시철도의 증가, 기존선로의 전철화 및 고밀도화 등과 같은 환경변화는 국내 철도산업의 선진화에 따른 요소들이지만, 한편으로는 안전에 대한 위협요소가 증가하였다고 말할 수 있다[1,2].

국내 철도산업은 그 동안 지속적인 투자와 노력으로 사고나 운행 장애가 지속적으로 감소하여 왔으나, 10여년에 한 번꼴로 발생한 대형 사고로 인해 막대한 인적·물적 피해는 물론 철도산업의 심각한 이미지 손상을 초래했다. 이와 같은 대형 철도사고는 여러 가지 복합적인 원인에 의해 발생하나, 가장 중요한 사고 요인 중 하나가 인적요인으로 밝혀졌다. 사고 원인의 30~60% 정도가 인적오류에 의한 것이라는 보고가 있다[3]. 국내의 경우 인적요인이 전체 사고나 운행 장애에 얼마나 기여하는지 아직까지 구체적으로 통계분석이 이루어진 적이 없지만, 경험적으로는 인적요인이나 관리상의 문제가 철도사고의 중요한 유발 요인 중의 하나라는 것에 공감하고 있다.

따라서 철도 사고를 예방하기 위해서는 우선적으로 인적오류, 즉 작업자의 취급부주의를 줄여야 한다. 취급부주의를 줄이기 위해서는 어떤 유형의 취급부주의가 어떤 원인에 의해 발생하는지에 대한 분석이 우선적으로 선행되어야 하며, 이를 바탕으로 근본 원인을 제거하거나 대응하기 위한 관리가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 국내외 철도산업의 인적오류 보고 및 분석 체계를 살펴보고, 철도 이외의 원자력이나 항공 산업의 인적오류 분석 체계를 비교 분석하였다. 또한 취급부주의를 줄이기 위해서 어떤 수준의 오류 보고 및 분석 시스템이 국내 철도산업에 필요한지 검토해 보고자 한다.

2. 철도산업의 인적오류 분석 체계

2.1 국내 철도산업에서의 인적오류 보고 및 분석 체계

* 한국원자력연구소, 정회원

** 삼창기업(주), 정회원

*** 철도기술연구원, 정회원

과거 철도청에서 국내 철도산업을 관리할 때에는 자체 규정 및 지침을 통해 사고 조사 및 분석이 이루어졌었다. 하지만 철도산업이 민영화되면서 정부 차원에서 철도안전 전반을 관리하기 위하여 철도안전법이 제정되었고, 이에 따라서 철도 사고 및 운행 장애에 대한 조사 및 보고 체계도 새롭게 정비되었다. 이에 따르면, 현재 국내 철도사고 및 운행 장애의 조사 및 보고 체계[4]는 피해의 경중에 따라 두 가지로 나뉜다. 피해가 큰 사고는 건설교통부장관의 위임을 받은 철도사고조사위원회에서 조사하고, 상대적으로 피해가 적은 사고인 경우에는 철도 운영자나 시설관리자가 자체 조사를 하여 건설교통부장관에게 보고한다. 표 1에 각 사고조사 방식의 대상이 되는 사고 및 운행 장애가 정리되어 있다.

철도 안전 관점에서 특히 중요한 철도사고조사위원회 조사 대상 사고가 발생했을 때에는, 철도운영자 및 철도시설관리자가 사고의 종류, 일시 및 장소, 사고 개요 및 원인, 피해 및 조치, 응급처리, 복구대책, 복구예정일시 등의 사항을 건설교통부장관에게 보고하고, 건설교통부장관의 통보를 받은 철도사고조사위원회에서 즉시 해당 사고와 관련된 자료를 수집·분석하고 그 원인을 조사한다. 피해가 크지 않은 사고 및 운행 장애에 대해서는 철도 운영자 및 시설관리자가 자체 조사하여 그 결과를 건설교통부장관에게 세 차례(초기보고, 중간보고 및 종결보고)에 걸쳐 보고하도록 되어 있다.

사고 조사 및 보고와는 별도로 철도 운영자 및 시설관리자는 철도 사고 및 운행 장애에 대하여 월·분기·연단위로 건설교통부장관에게 정기보고를 하여야 한다. 정기보고 양식에 따르면 인적오류에 관련된 분류 항목은 위규운전 또는 취급(관리)부주의로만 분류된다. 하지만 위규운전이나 취급(관리)부주의는 사고의 유형이나 원인을 기계적 문제, 인적문제, 복합적인 문제 등으로 간략히 구분하고 있을 뿐, 어떻게 그런 인적오류가 발생하게 되었는지 문제의 근본 원인을 조사하지는 않는다. 즉, 현재의 사고 조사나 정기보고 체계에 따르면, 인적오류가 발생하는 근원적인 원인을 체계적으로 조사하고, 분석하지 않고 있다.

한편, 2005년 11월에 공포되어 시행을 앞두고 있는 항공철도사고조사에 관한 법률에 따라 2006년 7월 경에는 건설교통부 산하에 철도사고조사위원회와 항공사고조사위원회가 통합된 항공·철도사고조사위원회가 설치될 예정이다.

<표 1> 철도사고조사의 주체 및 대상 사고·장애

사고 조사 주체	대상 사고 및 운행 장애
철도사고조사위원회	<ul style="list-style-type: none"> · 열차의 충돌·탈선 사고 · 철도차량 또는 열차에서 화재가 발생하여 운행을 중지시킨 사고 · 철도차량 또는 열차의 운행과 관련하여 3인 이상의 사상자가 발생한 사고 · 철도차량 또는 열차의 운행과 관련하여 5천만원 이상의 재산피해가 발생한 사고 · 열차에서 위해물품이 누출되거나 폭발하는 등으로 사상자가 발생한 사고 · 운행 장애로 인하여 본선 열차운행의 지장(일반열차 2시간이상, 고속열차 및 도시철도 1시간 이상)이 될 것으로 인정되는 운행 장애 · 안전사고 및 재해가 발생되어 사상자가 발생되거나 5천만원 이상의 재산피해가 발생될 것으로 인정될 때 · 사회적 물의를 야기한 이례적인 철도사고 및 운행 장애
철도 운영자 또는 시설관리자	<ul style="list-style-type: none"> · 위에 명시된 사고를 제외한 사망자가 발생한 건널목 사고 · 철도에 의한 열차 또는 철도차량의 운전과 관련하여 2인 이상 사상자가 발생하거나 3천만원 이상 재산피해가 발생한 철도사고 및 운행 장애 · 사회적 물의가 큰 이례적인 사항으로 건설교통부장관이 조사를 지시한 철도사고 및 운행 장애

3.2 국의 철도산업에서의 인적오류 보고 및 분석 체계

3.2.1 영국

철도산업, 특히 철도안전 분야에서 선도적인 역할을 해 온 영국은 2004년 미래철도계획에 따라 구조개혁을 추진하고 있다. 이의 가장 큰 특징은 복잡한 규제기관을 단순화하고 정부의 역할을 명확히 했으며, 철도 관련 각 기관의 책임을 조정하고 분명히 한 것이다. 이에 따라서 영국의 철도 사고 보고 및 조사 체계도 현재 변화가 진행 중이며, 아래에 정리한 내용은 이러한 구조개혁이 진행되기 전의 정보를 근

거한 것이다.

먼저 철도 사고의 경우 Health and Safety Executive(HSE, 보건안전부) 산하의 Her Majesty's Railway Inspectorate(HMRI, 철도감독국)이 사고 조사의 권한을 갖고 있다[5]. 사망·열차·선로지장·헤럴터널 내 사고의 경우는 HMRI에서 사고 조사를 담당한다. 사고원인이 기술상의 문제라면 HMRI가, 승무원의 음주 등을 포함하여 범죄행위인 경우에는 British Transport Police(BTP, 영국교통경찰)가 조사의 주체가 된다. HMRI의 조사는 경찰의 수사와는 다르게 사고원인의 해명과 사고의 주변이나 배경에 있는 안전 문제의 규명에 주안점을 두고 있다. 따라서 개인의 형사·민사책임의 추궁이 아니라, 사고의 원인 규명을 통하여 사고의 재발 방지가 조사의 궁극적 목적이다. 사고의 재발방지를 위한 조사이기 때문에 사고의 원인뿐만 아니라 피해 확대도 조사를 한다. 사고조사 결과에 기초하여 HMRI는 철도사업자에게 재발방지의 권고를 내림과 동시에 내용을 공표하며 출판물을 통하여 누구나 구입할 수 있도록 하고 있다.

HMRI의 사고 조사와는 별도로 Rail Accident Investigation Branch(RAIB)에서도 사고 조사를 수행한다. RAIB는 Railways and Transport Safety Act 2003에 의해 설립된 독립적인 철도사고조사 기구로서, 2005년에 제정된 Railways (Accident Investigation and Reporting) Regulations에 RAIB의 권한과 책임, 업무의 범위, 철도사고에 관련된 사람 및 조직에 대한 처리에 대해 정의되어 있다. RAIB는 Department for Transport(교통부)의 일부로 구성되지만 기능상론 독립적으로 운영된다. RAIB의 조사는 오직 안전향상에 초점이 맞춰지며 비난 또는 책무를 지우거나 법률을 집행하거나 고발하지 않는다. RAIB는 법에 의해서 적어도 1인 이상의 사망, 5명 이상의 심각한 부상, 차량, 시설 또는 환경에 광범위한 피해를 일으키거나 예상되는 탈선 또는 충돌 사고 시 조사를 한다. 그러나 현재 진행 중인 철도구조개혁에 따라 2006년 3월부터는 Office of Rail Regulator(ORR)로 관련 인원의 일부와 사고 조사 권한이 이양되었다.

앞에서 살펴본 의무적인 사고조사 및 보고와는 달리 자발적이고 독립적인 보고 및 조사 제도인 Confidential Incident Reporting and Analysis System(CIRAS)이 운영되고 있다[6]. CIRAS는 항공의 준사고보고제도와 유사한 것으로서, 철도 종사자가 일반적인 회사 채널을 통해 보고할 수 없다고 느끼는 안전 문제(신호문제, 아차사례, 소유/분리 문제, 피로관련 오류, 규칙 또는 절차)에 대해 처벌의 두려움 없이 보고할 수 있는 제도이다. CIRAS의 운영은 정부나 사업자와는 완전히 독립적이고 보고자의 비밀이 법으로 보장된다. 2000년도에 국립 시스템이 되었고 그 이후 3,000건 이상의 보고서가 접수되었다. CIRAS에 보고되는 정보는 국립 데이터베이스에 입력되고, 정기적으로 분석보고서가 발행된다.

3.2.2 미국

1975년에 설립된 National Transportation Safety Board(NTSB)는 수륙운수안전국, 항공안전국, 연수기술국, 안전권고국, 권리국, 총무국으로 구성되어 있으며 철도부는 수륙운수안전국에 소속되어 있다. 사고가 발생하면 사고관계 당사자는 의무적으로 국가응급센터(NRC)에 통보하여야 하며 사고통보를 받은 NRC는 NTSB의 Railroad Duty Officer(ROD), 연방교통부, 연방철도국(FRA), 소방·구급대에 신속하게 연락을 취한다. ROD가 NTSB의 조사 여부를 판단한다. 사고조사 항목은 메커니컬 조사그룹, 오퍼레이션 조사그룹, 신호 조사그룹, 휴먼 퍼포먼스 조사그룹, 희생자 발생요인 조사그룹이 있으며 이중 휴먼 퍼포먼스 조사그룹의 조사대상은 행동경위, 의학분석, 조작운전, 근무, 기기배치, 노동위생 환경등의 전문적 분석이 행해진다[5].

철도회사는 FRA 규정에 의해 매월 사고/사건 보고서를 작성하여 제출하고 있으며 작성 시 FRA 지침을 사용하도록 요구된다. 만일 인적오류가 개입된 사고나 사건인 경우에는 보다 상세한 오류유형과 원인 등 관련 정보를 조사할 수 있는 '종사자 인간공학 불임' 양식을 추가 작성하도록 요구하고 있다.

3.2.3 일본

철도의 사고, 사태 및 재해와 케이블카의 사고, 사태에 관한 보고는 국토교통성령 제123호 '철도사고 등 보고규칙'에 의한다. 일본의 철도사고에는 케이블카의 운전사고도 포함된다라는 것이 특이하다. 2001년

4월 항공사고조사위원회 설치법(1973년 시행)의 일부를 개정하여 동년 10월에 항공·철도사고조사위원회(ARAIC)가 발족되었다. 위원회의 임무는 항공사고 및 철도사고의 원인을 규명하기 위한 조사와 주요 사건에 대하여 사고를 방지하는 관점에서 필요한 조사를 한다. 조사대상 사고에는 열차충돌·탈선·화재사고, 건물목장해·도로장해·철도인신장해·철도물손사고(승객, 승무원 사망사고, 5명 이상의 사상자 발생사고, 특히 이례적인 것), 사고 징조(주요사건) 등이 있다. 케이블카는 조사대상에 포함되지 않는다. 국토교통대신은 사고 등에 대해 보고가 있었을 때 또는 사고 등이 발생한 것을 알았을 때는 즉시 위원회에 그 내용을 통보하며 위원회는 조사를 실시하여 보고서를 국토교통대신에 제출하고 공표하여야 한다[5].

4. 타 산업에서의 인적오류 보고 및 분석 체계

4.1 항공산업

안전이 중요한 항공산업에서도 오래 전부터 인적오류를 보고·분석하고 관리하는 체계적인 제도를 운영하고 있다. 첫째, 항공사고가 발생할 경우 국제민간항공기구(ICAO) 항공기 사고 조사 메뉴얼에 따라 사고현장에 대한 초동조치를 취한 후 상세한 사고 원인을 조사·분석한다. 운항, 관제, 인적요인, 기상, 기체 등 여러 전문분야로 나누어 사고조사반이 구성되어 활동하는데, 인적오류도 인적요인 전담조사반에서 기장과 관제사를 비롯하여 모든 항공 종사자의 관련성을 면밀히 검토하여 사고에 관련된 직접적인 혹은 간접적인 원인을 분석한다[7].

둘째, 인적오류와 관련해서는 항공사고보고 체계와는 별도로 준사고보고제도를 운영하고 있다[8]. 준사고보고제도는 실제 사고로 연결되지는 않았지만 사고로 발전될 수 있었던 사건이나 불안정한 상황 및 상태를 항공 산업 종사자가 자발적으로 보고하는 제도이다. 예전에는 사고로 연결되지 않아서 개인적인 경험으로 묻혔던 준사고나 아차사례를 접수하여 분석, 전파함으로써 항공분야의 모든 사람들이 이러한 정보를 사전 인지하게 되고, 결과적으로 사고를 유발하는 위험 요소를 사전에 제거하고 예방함으로써 유사 사건의 재발을 방지하기 위한 목적으로 시작된 시스템이다. 따라서 자발적인 보고를 활성화하기 위해 보고자의 익명성을 법으로 보장하고 있다. 결과적으로 ‘누가 실수를 하였는가?’에 초점을 두고 있는 것이 아니라 ‘잘못된 것이 무엇이고, 왜 그런 잘못이 발생하였는지? 그것을 개선하기 위하여 조치할 수 있는 것이 무엇인가?’에 분석의 초점을 두고 있다. 준사고보고제도는 제도의 성격상 항공사업자가 아닌 별도의 독립된 기관에서 운영하도록 하고 있다.

이 제도는 1975년 미국에서 Aviation Safety Reporting System(ASRS) 시스템으로 처음 시작한 이후 세계 각국에서 유사한 보고 제도를 운영하고 있다. 국내에서도 2000년부터 항공 준사고보고제도를 도입하여 운영하고 있으며 비록 제도 도입이 오래되지는 않았지만, 2000년부터 2005년까지 총 1,150여건의 준사고가 보고되었다는 운영 현황은 준사고보고제도가 국내에서도 성공적으로 정착되고 있음을 보여주고 있다[8]. 준사고보고서 양식은 직무(조종, 관제, 정비, 객실승무 등)에 따라 약간의 차이는 있으나, 기본적으로 보고자 인적사항, 항공기 및 운항상황 정보, 그리고 준사고 상황에 대한 자유롭게 기술할 수 있는 형식으로 구성되어 있다. 일차적으로 준사고보고서가 접수되면, 준사고 분석담당자가 보고자와 접촉하여 보다 상세한 상황과 원인분석을 하고 이를 바탕으로 재발 방지책을 도출하여 항공 사업자에게 전파한다.

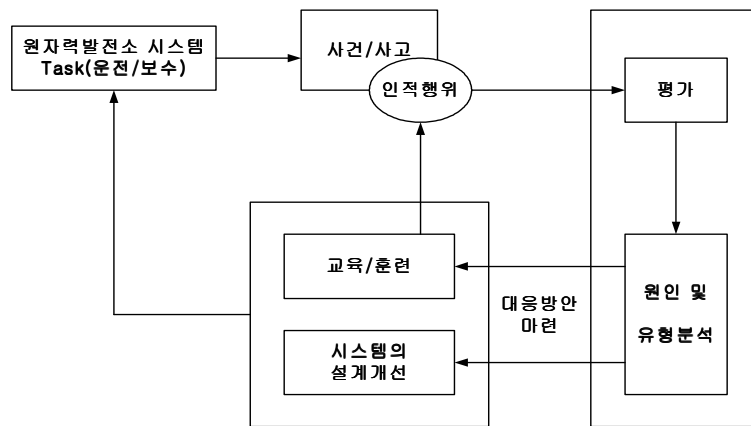
항공산업을 주도하는 많은 국가들이 항공안전정보의 축적에 많은 노력을 경주하고 있다. 그러나 과거 항공안전정보는 비 표준화된 분석코드를 사용함으로써 자료공유에 어려움이 있어, 이를 해소하고자 EUROControl, GAIN 등에서는 분석코드 표준화에 힘써왔으며, 향후 많은 국가에서 채택이 예상된다. 국내 준사고보고제도에서도 이러한 세계적 흐름에 동참하여 표준화된 분석코드를 사용함으로써 보다 상세하고 체계적인 원인분석과 미래의 항공안전정보 공유에 효율적으로 대처하고 있다.

4.2 원자력산업

원자력산업도 항공산업과 유사한 인적오류 보고 및 분석 체계를 갖추고 있다. 의무보고의 대상이 되

는 사고와 사건의 경우에는 사업자와는 별도의 독립적인 국가 기관의 조사팀이 현장에 파견되어 상세한 원인을 분석하고 보고서를 작성한다. 작업자의 실수가 관련된 사건인 경우에는 관련 작업자의 작업 배경 및 상황을 면밀히 검토하여 인적오류의 원인과 인과관계를 분석하고 개선 방안을 도출하여 산업체에 알린다.

원자력산업에서도 철도와 유사하게 사고 및 사건분석과는 별개로 인적행위 평가 및 개선 시스템을 운영하고 있다. 미국의 원전 회사들이 설립한 Institute of Nuclear Power Operations(INPO)에서는 원전 운전원 및 보수요원들에 의한 인적오류 방지를 목적으로 1981년에 원전 인적행위 평가시스템인 Human Performance Evaluation System(HPES)을 개발하였다. HPES는 항공분야의 준사고보고 시스템인 ASRS를 모델로 만들어졌다. 따라서 준사고 대상, 자발적인 보고체계, 보고자의 신원 비밀보장 등과 같은 ASRS의 성격상 특징을 HPES도 동일하게 적용하였다. 하지만 항공의 준사고보고제도가 모든 준사고에 관련된 보고 시스템인데 반하여, HPES는 인적오류에 관련된 모든 사고나 아차사례 및 준사고만을 대상으로 한다. 또한 항공 준사고보고제도보다 나중에 개발되면서, 원자력에 맞는 표준화된 분류체계의 확립, 인적오류 유형 및 원인의 심층 분석 기능 등은 더 강화하였다. 국내에서도 1993년 INPO HPES를 기반으로 K-HPES를 개발하여 원자력발전소에 보급하였다[9]. 그러나 원자력 사업자가 하나 밖에 없는 국내 특성상 별도의 독립된 기관에서 운영하지 못하고, 발전소 현장 사업소에서 운영하고 있다. 분석의 일관성과 편의성을 높이기 위해서 K-HPES 전산시스템을 개발하여 운영하고 있다. K-HPES 운영구조는 그림 1에서 보는 바와 같이, 크게 사건/사고의 분석 업무, 분석 결과 및 개선안 도출, 교육 및 전파 업무로 구성되어 있으며 K-HPES 시스템의 주요 기능으로는, (1) 사건 개요 기술 기능, (2) 사건경위 분석 기능, (3) 사건 발생 상황 분석 기능, (4) 인지오류 분석 기능, (5) 원인요소 도표 (Event & Causal Factors Chart) 작성 기능, (6) 분석보고서 작성 기능, (7) 분석 결과에 대한 각종 통계 검색 기능 등이 있다.



<그림 1> K-HPES 기본 운영구조

5. 결론

최근 철도안전법이 제정되고, 이의 효율적인 시행을 위해서 기술적, 제도적 기반이 연구되고 있는 상황에서 철도 사고의 주요 원인으로 알려진 인적오류의 보고 및 분석 체계를 살펴보았다.

안전이 무엇보다 중요한 항공이나 원자력 산업에서는 일찍부터 인적오류를 보고하고 조사·분석하는 체계를 개발하여 운영하고 있다. 반면 철도산업에서는 최근에 들어서 미국이나 영국을 중심으로 인적오류의 보고 및 분석에 관심을 갖고 관련 시스템을 개발하거나 운용하기 시작하였다. 미국 철도산업에서는 2003년부터 사고 및 사건 보고서 작성 지침을 통해 인적요인이 개입된 경우에는 보다 상세한 분석을 추가하도록 요구하고 있다. 영국의 경우에는 의무적인 사고 보고 및 조사와는 별개로 CIRAS라는 보고제도를 통해 다양한 인적요인 관련 사례를 수집·분석하고 있다.

국내에서는 아직까지 인적오류를 심층적으로 보고하고 조사하는 체계가 없다. 그러나 철도안전 관리 체계와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하여 급증하는 기술적·사회적 안전 위협요소에 적극 대응하고 근본적인 철도사고 감소에 기여하기 위해서는 인적오류를 관리하기 위한 제도와 기준이 시급히 마련되어야 한다는 필요성은 널리 인식되고 있으며, 이에 따라 철도종합안전기술개발사업의 일환으로서 인적오류 관리의 제도화에 대한 연구개발이 진행 중에 있다.

인적오류를 관리하는 다양한 제도와 방법이 있을 수 있지만, 가장 우선적으로 수행되어야 하는 일은 실제로 오류를 유발하는 근본 원인이 무엇인지 체계적으로 파악하는 것이다. 이를 위해서는 철도산업 현장에서 빈번히 발생하는 오류나 아차사례를 수집 및 분석하고, 대응방안을 마련해서 현장에 전파할 수 있는 제도적인 체계가 갖추어져야 한다. 한편으로는, 인적오류에 대해 열린 마음과 조직문화가 또한 인적오류 관리의 필수적인 전제 조건이다. 사람은 누구나 오류를 범할 수 있기 때문에 오류에 대해 개인에게 책임을 묻는 소극적이고 폐쇄적인 관리 방법이 아니라, 문제가 있는 부분을 언제나 자유롭게 보고하고 그에 따라 올바른 근본대책을 마련하는 적극적이고 열린 인적오류 관리가 정착될 때 철도의 안전성 향상이 이루어질 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 조연옥 외, '철도안전 연구 및 기술개발 발전계획', 철도웹진 56호, 2005. 11.
- [2] 한국철도기술연구원, '철도사고방지 및 안전확보를 위한 핵심기술개발 연구', 2003.
- [3] Terje Andersen, 'Human Reliability and Railway Safety', Proceedings of the conference 16th ESReDA, 1999.
- [4] 건설교통부, '철도사고보고 및 조사에 관한 지침', 고시 제2006-3호, 2006. 1.
- [5] 한국철도기술연구원, '철도안전개선을 위한 제도화 기반 구축 연구', KRRI 연구 03-77, 2003.
- [6] Maurice Wilsdon and Helen Muir, 'CIRAS - History and Issues Arising During Development', Rail Human Factors (Edited by John R. Wilson et. al.), p422-428, 2005.
- [7] ICAO(국제민간항공기구), '항공사고조사메뉴얼 I, II, III', 6920-AN/855/4, 1970.
- [8] 교통안전공단, '항공준사고보고제도 및 보고 양식', <http://www.kotsa.or.kr/>, 2006.
- [9] 한전 전력연구원, '원자력발전소 인적행위개선시스템(K-HPES) 개발', 1998.