

# 철도화재 안전관리체계 개선 및 장기전략 수립 방안에 관한 연구

## A study on the establishment of advanced safety management system and long-term plan for railway fire safety improvement

왕종배\*                      김상암\*\*                      곽상록\*\*\*  
Wang, Jong-Bae      Kim, Sang-Ahm      Kwak, Sang-Log

---

### ABSTRACT

In this paper, the elemental components and improving purpose in advanced safety management system are reviewed to cope with a railway fire accident. And a considering procedure(V-cycle) of long-term plan for railway fire safety improvement is proposed. For the purpose of preventing recurrence of accident, items which have to be considered in the course of accident investigation and cause analysis are presented according to the stage of investigation activity.

---

### 1. 서론

철도에서 터널 또는 지하구간의 화재는 탈출대피나 진화활동에 어려움이 있고 외부 또는 지상에서 현장 상황을 파악하여 효과적인 방어 조치를 취하기가 곤란해져 커다란 인명피해를 야기하는 대형참사로 이어질 가능성이 높다.

세계적으로 발생한 주요 철도화재로서 1972년 11월 6일 일본의 北陸터널(13.9km, 상구배 12%)내에서 60km/h 운행 중이던 열차의 식당차에서 화재가 발생하여 긴급정차 후 초기진화를 하였으나 실패하여 화재가 열차 전체로 확대되면서 가선정전에 의한 기동불능 상태에서 매연가스로 인해 사망30명, 부상 714명의 대형참사가 발생하여 이를 계기로 국가적인 철도화재 안전개선대책이 추진되었다.

또한 유로터널에서도 1996년 11월 18일 남쪽 주행터널(프랑스쪽 진입구 약 19km 지점)에서 중형 화물 차량 셔틀(Heavy Goods Vehicle shuttle No. 7539) 운행 중 화재가 발생하여 터널이 불침투성의 양호한 암반에서 굴착되었지만, 프리캐스트 보강패널(두께 40cm)로 구성된 터널 라이닝이 500m 이상 80~90%가 파괴되고 심한 경우 콘크리트 두께의 최대 40cm가 파괴되는 피해를 입어 유로터널의 종합적인 화재안전대책을 재검토하고 보강하는 계기가 되었다.

본고에서는 철도 터널 및 지하구간 화재사고의 위험성 분석을 토대로 철도화재 안전개선대책을 위한 장기적인 안전관리에 전략 수립시의 고려사항과 사고예방 방지를 위한 사고조사 및 원인분석 활동에서 고려되어야할 조사대상 항목을 분야 및 단계별로 제시하고자 한다.

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

\*\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

## 2. 철도화재 안전관리 기본체계 구성 방안

### (1) 안전관리의 기본요소

- 명확한 안전정책 수립 : 안전목표 설정, 위험 모니터링 및 모든 안전획득 평가
- 종합적인 안전조직 구성 : 위험예방과 사고대응에 포함되는 모든 조직의 의무와 책임
- 안전개념 : 정량적 위험도 평가에 의한 안전개선 조치
  - 운영상의 전체 위험도에 대한 정량적 평가
  - 비용-효과 기준에 근거한 추가적인 안전조치
- 안전문화
  - 시간에 따른 요구사항의 변화에 대응한 상기 세 가지 요소의 규칙적인 갱신
  - 안전관리계획에 근거한 책임있는 협조기반과 모든 관계자사이의 의사소통 기반 구축

### (2) 화재 안전목표 설정 (예, Bukowski et al.,1991)

1	화재예방 또는 성장과 확산의 억제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연소성 물질의 화재특성 제어</li> <li>• 적당한 차단격리 준비</li> <li>• 화재 진압 준비</li> </ul>
2	화재위험자 보호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 긴급사태의 적시 경고 및 정보 전파</li> <li>• 탈출로 보호</li> <li>• 필요처에 피난지역 준비</li> </ul>
3	화재충격 최소화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tenant(임시사용) occupancy(점유) 또는 최대혼잡지역의 분리 준비</li> <li>• 구조적인 통합 유지</li> <li>• 공유재산의 지속적 운영 준비</li> </ul>
4	소방활동 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화재위치 판단 준비</li> <li>• 피난지역과의 신뢰할 만한 통신 준비</li> <li>• 소방대 접근, 제어, 통신 및 급수 준비</li> </ul>

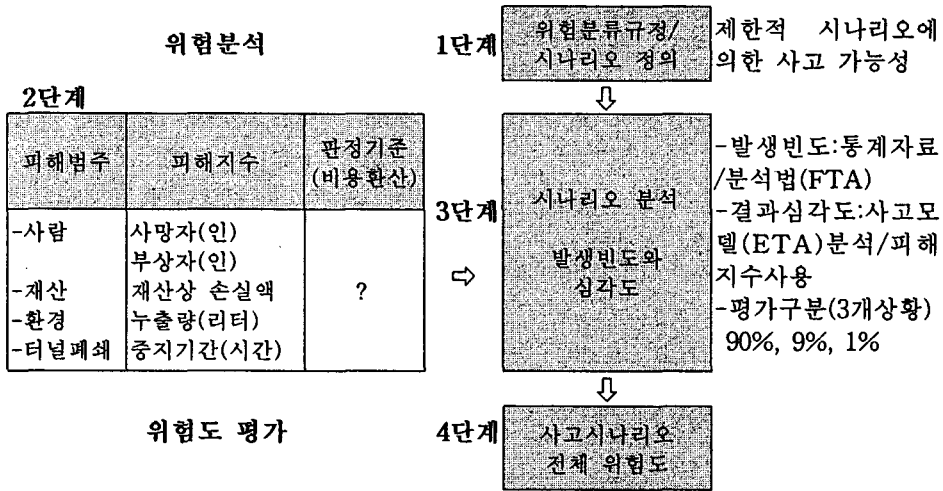
### (3) 철도화재 안전관리 기본 절차 수립

#### ① 시스템 특성을 고려한 철도화재 시나리오 전개

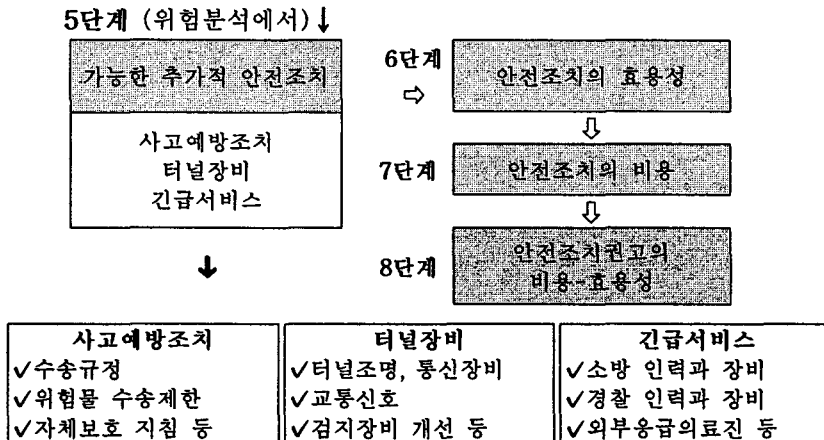
위험누적	⇨	치명적 사건	⇨	최고사건	⇨	결과피해
↓		↓		↓		↓
화재 발화	→ A	화재성장	→ B	화재 확산 시나리오 flashover까지	→ C	인명사상 차량손실 구조물피해 수송중단
A = 점화원과 가연재료(주로 차량)사이의 상호작용 ?						
B = 차단격리/화재위치/화재진압시스템의 동작 ?						
C = 탈출기준, 응급시스템과 관리, 화재진압 및 급수시스템의 동작 ?						

형식	철도시스템 화재제어 활동의 특징 고려
1	철도망, 열차, 개인 및 위치환경에 대한 조직화 및 관리 수단
2	기존구조에 한정된 충격을 주는 안전개선 장비 및 기반시설물
3	절대 필수적인 중요 조직, 관리, 구조 및 장비 수단 (판정된 위험이 허용불가능하지 않는 범위)
4	실현 가능성을 고려한 주요 변경요구 상황에 적용하는 안전수단

② 시스템 위험 분석 및 위험도 평가 수행



② 안전조치의 평가 : 현재 추정된 위험도의 허용가능여부 판단



3. 철도화재 안전성 개선을 위한 장기적 전략 관리

철도 화재에 대한 장기적인 안전관리의 중요 골자는 그림 1에 제시한 장기 안전관리 전략 체제(V-cycle) 및 시스템의 운용성 절차에 따라 계통적 연습과 반복훈련을 통한 안전관리 지원수단의 성능향상을 도모해야 한다. 또한 화재위험분석과 위험관리를 포함한 시스템 운영지원 차원에서 화재발생 컴퓨터 모델링에 의한 주기적인 화재위험도 평가에 의해 열차화재 부담 관찰과 시스템 유효성을 지속적으로 검토해야 한다. 이러한 화재 위험도 평가시 화재예방 및 피해경감 시스템의 안전성, 신뢰성, 목적과 비용-효과측면의 운영과 유지보수의 적합성을 함께 고려해야 한다.

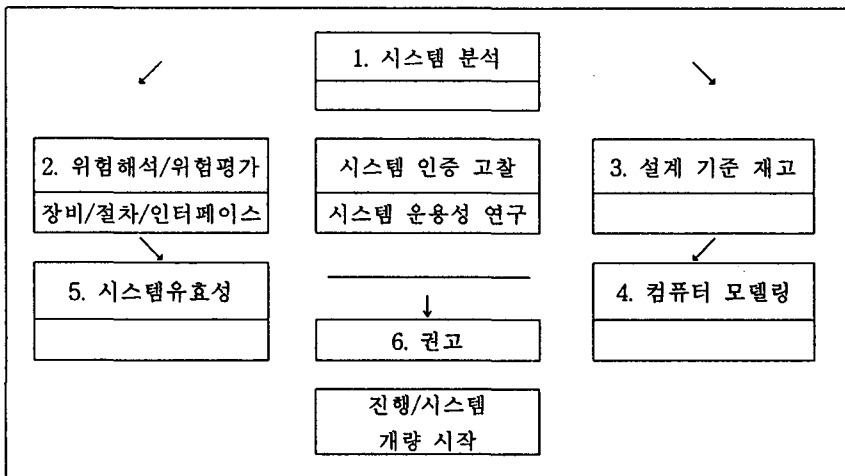
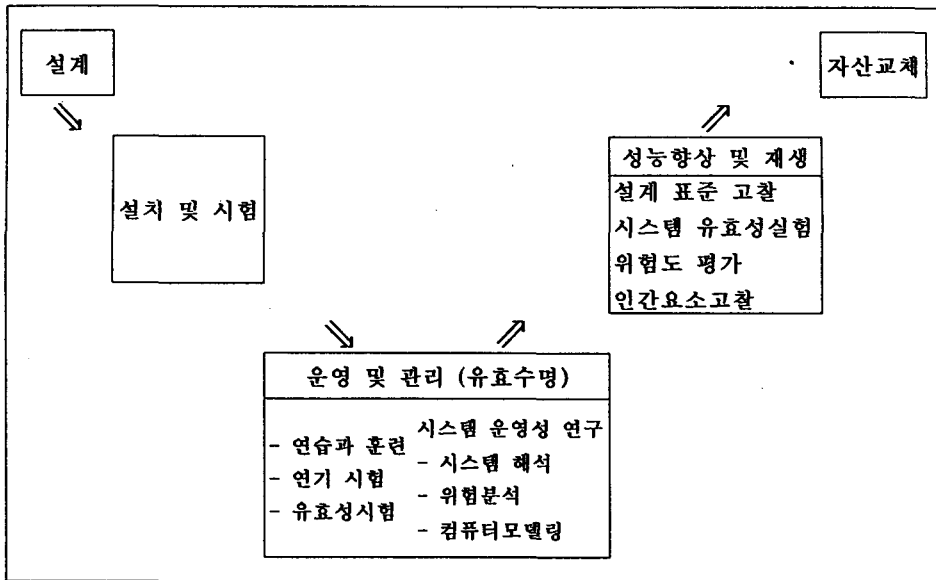


그림 1. 장기 안전관리 전략 체제 (V-cycle) 및 시스템의 운용성 연구 절차

#### 4. 철도화재 사고재발 방지를 위한 사고조사 및 원인분석

##### (1) 정확한 원인 분석을 위한 사고조사 기본 요소

- 화재사고 관련 자료수집: 설계, 운전, 유지보수, 시험결과
- 안전체제의 적정성
- 화재안전을 위한 안전관리 적정성
- 터널화재 시나리오 구비 및 대응절차 적정성
- 객관성, 전문성, 독립성을 확보한 사고조사위원회 설치

- 사고원인을 정확하게 분석하고 대책을 강구하기 위해서는 객관성, 전문성, 독립성을 확보한 적절한 사고조사 위원회의 국가적 구성이 필수적이다.

(2) 화재사고 원인분석을 위한 사고조사 대상 항목

① 화재사고 관련 자료수집

<input type="checkbox"/> 설계 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 규격 및 표준</li> <li>• 권고안</li> <li>• 사양</li> <li>• 도면</li> <li>• 제작자 데이터</li> </ul>	<input type="checkbox"/> 유지보수 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 예방 프로그램</li> <li>• 조사 보고서</li> <li>• 고장 보고서</li> <li>• 신뢰성 보고서</li> </ul>
<input type="checkbox"/> 운전 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일일 운전기록</li> <li>• 사고조사</li> <li>• 긴급사고 훈련</li> <li>• 운전절차</li> <li>• 기관 상호간 협정서</li> </ul>	<input type="checkbox"/> 시험결과 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템 운전시험</li> <li>• 차량 운전시험</li> <li>• 안전에 중대한 시험</li> </ul>

② 사고원인 분석을 위한 조사항목

<input type="checkbox"/> 안전체계의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 명확한 안전정책 수립</li> <li>• 종합적인 안전조직 구성</li> <li>• 위험평가와 안전조치</li> </ul>	<input type="checkbox"/> 화재 비상대응절차의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기본 탈출전략 수립</li> <li>• 규정 및 절차</li> <li>• 사고, 장애 및 긴급사태 대응절차</li> <li>• 여객열차 운영매뉴얼, 기관사 핸드북</li> <li>• 중앙제어실 운영규정 및 절차 매뉴얼</li> <li>• 관계인력(운전사령, 역사관리자, 기관사, 승객)의 대응 절차</li> <li>• 운영시스템의 적정성</li> <li>• 열차: 탈출램프, 긴급조명, 경보장치 등</li> <li>• 터널: 조명, 통풍시설, 열차 탈출설비</li> <li>• 역사: 제어시스템 통합</li> <li>• 운전 요구사항</li> <li>• 화재시 운전취급, 긴급탈출 요구사항</li> </ul>
<input type="checkbox"/> 안전관리의 적정성 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조설계 • 주행터널 • 승강장</li> <li>• 터널내 고정설비 • 전력공급 설비</li> <li>• 조명 • 신호 • 제어통신</li> <li>• 검지시스템 • 화재진압설비</li> <li>• 소방 시스템 / 급수 및 배수 시스템</li> <li>• 환기 시스템</li> <li>• 차량 안전설비 설치, 시험, 운영관리</li> <li>• 비상절차 • 위험물 취급절차</li> <li>• 교육 및 훈련-</li> </ul>	

5. 결론

철도에서 터널 또는 지하구간의 화재는 탈출대피나 진화활동에 어려움이 있고 외부 또는 지상에서 현장 상황을 파악하여 효과적인 방어 조치를 취하기가 곤란해져 커다란 인명피해를 야기하는 대형참사로 이어질 가능성이 높다.

본고에서는 철도 터널 및 지하구간 화재사고의 위험성 분석을 토대로 철도화재발생 대응 안전관리 기본요소와 화재안전목표 설정 등 장기적인 철도화재 안전관리 전략수립 방안과 사고재발 방지를 위한 사고조사 및 원인분석 활동에서 고려해야할 조사대상 항목을 분야 및 단계별로 제시하였다.

참고문헌

1. Channel Tunnel Publications, "The Channel Tunnel A safety Case", Eurotunnel, E676
2. Tunnel and underground station fires 2000, ITC
3. 久保田 博, "鐵道重大事故の歴史", グランプリ出版, 2000년5월
4. Final Report on "The Feasibility Study into Computer Modelling of a Fire in a Railway Vehicle", ERRI, C204.1-RP3
5. "철도 터널 화재위험 분석 및 안전개선 권고", 한국철도기술연구원 보고서, 2002년 3월

※ 철도화재 안전을 위한 터널 및 지하구간의 안전설비 보장 권고

분야	보장내용	기본요건	비고(최소)
소방 시스템	급수시스템	누출검지/자동차단중간밸브설치 주급수관	밸브간격 1km
	소화전	소방호스 연결	200m간격
	소화기	기계개에 ABC형 소화기 비치	20개/km
	물탱크	120m <sup>3</sup> /h용량의 6시간 소화	출입부 4곳
	펌프시설	수압유지, 정전대비 비상발전 연결	중간가압
	외부급수연결	외부소방차 진입에 의한 급수공급연결	출입부 4곳
	화재진압장비투입	유니목을 활용한 소화 및 구조장비 진입방안 검토	불STTS 차량 도입
	화재경보반	화재검지기, 비상스위치, 비상전화 설치	500m간격
화재검지 시스템	화재검지설비	연기검지기/화염검지기 조합설치 화재경보반 접속-관할 역/사령 직통연결	1km 간격
	화상카메라 모니터	관할 역 또는 사령에서 화재위치 및 상황파악을 위한 곡선부 취약지역, 조명시설 및 카메라 해상도에 따른 소요수량 파악	
	차측과열검지	터널 진입전 열차 이상유무 확인 후 진입승인, 연기 및 화염검지기 설치 및 지장물검지장치 병행 설치시 더욱 효과적	진입전 2km 위치
조명 시스템	2중화 구성	병렬결선 또는 구간구별 배선, 정전대비 비상발전 연결, 터널내 국부제어 및 사령원격제어 모두 가능할 것.	
	조도확보	보행통로상 85cm 위치, 최소 5 lux 확보	
환기 시스템	환기설비	최대 2000명분의 신선한 공기공급	1인-144m <sup>3</sup> /s
	공기흐름제어	양방향 공기흐름 제어	2~3 m/s
안전 표지판	탈출유도등	탈출방향 및 거리표시, 반사식표시판 자체발광표시판: 정전대비 축전지설치	200m간격
	안전설비 위치표지판	위치 및 거리표시, 반사식표시판 자체발광표시판: 정전대비 축전지설치	소요위치
	시설장비사용안내표지판	기계개, 소화전, 급수밸브, 비상전화, 조명제어반 등	소요위치
기계개	ABC형 소화기(20개/1km), 랜턴, 구급약품, 들것, 운반수레, 화재진압 및 구출용 공구(사다리, 햄머, 절단기 등)		위치 별 비치물 목록작성
전원이중화/예비전원	최소 조명설비, 전화설비, 소화설비, 신호설비, 환기설비에 대한 전원공급 이중화 및 예비발전시스템 연결		부하용량에 따른 소요출력 산정