

기획 VIII 일본의 안전사고 관련사례 분석

특

집

# 사소한 부주의가 사고 불러 사람관리가 무엇보다 중요



玄源福  
〈과학기술정책연구원 / 본지 편집위원〉

최근 산업이나 사회시스템이 더욱 대형화되고 정교해지면서 사고나 범죄도 대형화의 추세를 보이고 있다. 오늘날 선진국들은 하이테크시대의 재해나 범죄에 어떻게 대처하고 있을까? 최근 수년간 일본에서 발생한 하이테크와 관련된 대표적인 사건을 해부하고 그 대처방안을 알아 본다.

## 적신호 무시한 철도참사

1991년 5월 14일 아침 9시 33분경, 일본 시가현내 신라쿠고원철도(단선구간)에서 열차의 정면충돌사건이 일어나 42명이 사망하고 6백14명의 중경상자를 내는 큰 사고가 발생했다. 이날 신라쿠발 기생천행 상행열차(4량편성)와 일본철도(JR)의 교토발 신라쿠행 하행 임시열차인 '세계도예박람회

호'(3량 편성)가 정면으로 충돌했다.

그런데 이 사고의 원인은 놀라울 정도로 단순하고 무책임한 불안전행위에서 비롯되었다. 신라쿠역에서 출발신호가 '빨강'을 표시하고 있는데 열차를 출발시킨 것이다. 오늘날 가전제품을 비롯하여 모든 설비의 인터록 시스템(연동시스템)에는 공통된 규칙으로서 장치가 고장나도 안전하게 작동할 수 있게 '폐일 세이프'(시스템이 고장을 일으킬 경우의 안전을 보장하는 장치)가 되어 있다.

곧 신호의 '빨강'은 안전을 지키기 위한 많은 정보를 일괄적으로 대표하고 있기 때문에 '빨강'에 큰 의미가 있다는 것을 명심할 필요가 있는 것이다. 그러나 일단 '빨강' 신호를 무시하고 출발한 뒤에는 기계가 지켜 주었던

안전관리를 이제는 인간이 전 책임을 갖고 실행해야 한다. 이 사건의 경우 이런 규칙만 지켜어도 문제는 발생하지 않았을 것이다. 신라쿠역과 도중의 상하행선이 엇갈리는 고노야신호소간의 단선구간에는 열차가 하나 밖에 들어 갈 수 없다는 단순한 철칙을 실행하기 위해 신라쿠역에서 '빨강'으로 출발시키기 전에 미리 이 신호소에 직원을 파견하여 도착했다는 것을 연락하여 확인한다는 규칙이 있었다. 이것은 본래의 신호설비를 사용하지 않는다는 뜻에서 '대용폐쇄방식'이라고 한다.

고노야신호소 부근은 공도가 철도와 가지런히 지나고 있어 교통은 매우 편리한 곳이었음에도 이런 기본규칙을 실행하지 않은 이유는 무엇일까. 그런데 열차가 단선구간으로 들어 서면 기계는 자동적으로 이런 사실을 파악하여 고노야신호소의 신라쿠행 출발신호는 '빨강'이 되어야 한다. 만약 빨간등이 켜졌으면 JR열차는 고노야신호소에서 정지하여 사고는 일어나지 않았을 것이다. 그러나 JR 운전사의 주장에 따르면 '청색'등이 켜져 있었다는 것이다. 그는 출발신호가 '푸른'색이었기에 평소 훈련받은 대로 그대로 단선구간으로 진입하여 신라쿠역으로 향했다고 증언했다. 그러나 우리가 일상적으로 교차점을 건널 때 정면의 신호가 '푸른'색으로 바뀌었다고 해도 반드시 좌우를 보면서 차가 오지 않는다는 것을 확인한 다음 건넌다. 그런 점에서 JR운전사가 일반시민이 익히 알고 있는 이런 상식을 습관화하지 않았다는 것도 의문이 된다.

이 사건의 조사를 진행한 시가현경찰의 수사본부는 '적신호'에서 출발시킬 때의 '대용폐쇄방식'의 실행과 JR

측에게 연락을 하지 않은 것에 대한 책임을 추궁했다. 또 사고 전부터 신라쿠역에서 신호에 문제가 생겨 이것을 조사하던 메이커의 기술자가 정면충돌을 피하기 위한 '오출발 금지회로'를 해제한 것도 문제가 되었다. 이밖에도 JR이 붙인 열차의 방향우선 장치도 하드웨어를 복잡하게 만들었다. 이것은 고노야신호소의 상행출발신호를 '빨강'으로 고정하고 상행열차를 정지시켜 세계도예박람회 승객을 태운 하행 JR 열차를 우선적으로 운행시키기 위한 장치다. 이 장치의 방향우선스위치는 당초 신라쿠역에 설치하기로 되어 있었으나 그 뒤 JR의 가메야마집중 열차제어센터로 변경되었고 그동안 설계의 잘못으로 신라쿠 고원철도측의 신호연동과 얽혀서 고노야신호소의 상행출발신호를 '빨강'으로 해야하는데 신라쿠역의 출발신호까지 '빨강'으로 고정시키는 원인이 되었다.

이 사건은 하드와 소프트웨어의 위험한 동작과 조작이 서로 얽혀서 발생한 것이다. 그러나 이런 시스템에는 릴레이 동작의 타이밍의 엇갈림을 포함하여 문제는 발생하기 마련인데 여기에는 프로의 감시의 눈이 필요하다. 이런 사고를 귀중한 교훈으로 삼아 사회의 안전확보에 이바지하기 위해서는 사건을 너무 상세하게 분석하기 보다는 되도록 단순·간결하게 파악하여 무슨 이유로 '적' 신호를 일부러 무시한 것인가 당사자들의 심리를 포함하여 검토해야 할 것이다.

### 주행 첫날에 타버린 리니어카

1991년 10월 3일, 일본 미야자키현 소재 철도종합연구소 부상식철도 미야기시험센터에서 실험 주행중인 리니어

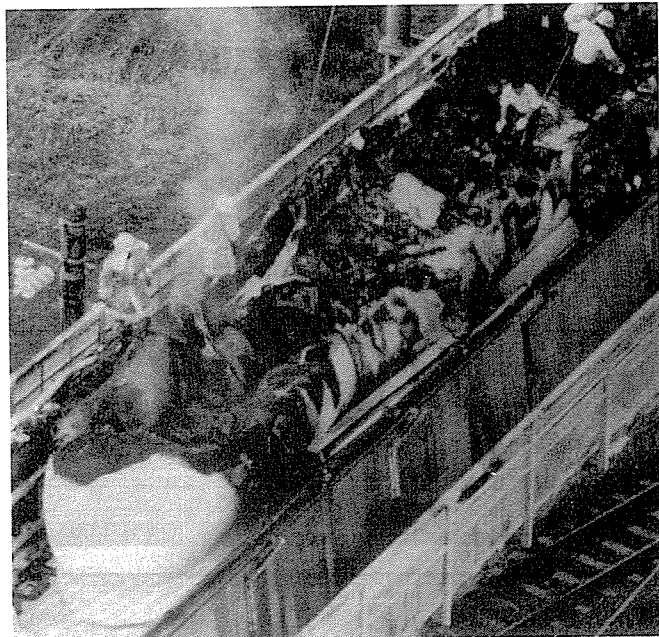
모터 카에서 화재가 발생하여 차량이 거의 모두 타버린 사고가 발생했다. 10월 3일부터 20일까지의 일정으로 진행될 이 주행시험의 첫날에는 초전도 자석으로 차체를 부상시키는 것이 아니라 비교적 저속에서 무인차량을 바퀴로 주행시키는 실험을 하기로 했다. 이날 하오 2시가 지나 2왕복의 복로주행이 끝날 무렵 직원들의 긴장도 풀리기 시작했을 때 실험차량인 'MLU002' 긴급정지장치가 작동한 것이 확인되었다.

주행데이터를 조사한 결과 2개차를 합쳐 8개있는 고무타이어중 1개의 하중 데이터에 문제가 있었다. 현장조사가 필요하다고 판단하여 3명의 직원을 실험선상의 현장으로 파견했다. 15분 만에 현장에 도착하여 차량의 아래위를 조사한 결과 고무타이어가 펑크되었다. 그러나 한쪽 바퀴만의 펑크여서 실험지령실과 상의한 결과 자력회송을 할 수 있다고 판단했다.

하오 3시 직전 3명의 직원을 태우고 시속 30km로 회송을 개시했으나 속도

초과가 발생하여 다시 긴급정지했다. 그러나 이상을 발견하지 못해 회송을 재개했으나 직원들은 다시 속도상승을 감축하자 3번째의 긴급정지를 시킨 것은 실험선의 기점에서 불과 400m 남짓한 곳이었다. 4분 뒤 펑크된 타이어의 지지장치 근처에서 화재가 발생하자 직원들은 차 밖에 비치된 소화기로 끄려고 했으나 불길은 잡히지 않았다.

발화 3분 후인 하오 3시41분 소방서에 통보하자 소방차가 도착하여 소화활동을 전개했으나 차량이 거의 전소한 하오 5시경에야 진화되었다. 종전의 실험에서 사용하던 2개의 대차중 한개를 새 대차로 바꿨는데 문제가 생긴 것은 종전부터 사용하던 대차였다. 이 대차에는 새로 타이어의 펑크를 검지하기 위한 공기압센서가 4개의 타이어의 호일부에 가설되어 있었다. 그런데 주행성능과는 아무 관계가 없는 듯한 가설물에 맹점이 있었던 것이다. JR가 설치한 '미야자키 실험선차량화재대책위원회'가 1992년 3월 25일 발



▶ 앞부분만 남겨두고 거의 모두 타버린 리니어모터카

표한 조사보고내용은 다음과 같다.

“타이어의 펑크를 검지할 목적으로 가설된 공기압 센서의 일부가 주행중 진동으로 대차 내의 카버와 접촉하여 파손되어 타이어의 공기압이 서서히 저하되어 갔다. 그러나 이 타이어에 하중이 걸린채 주행했기 때문에 타이어의 파손이 시작되고 파손된 타이어가 대차 내의 카버를 떨어 뜨렸다. 펑크를 확인하고 회송도중 화재발생지점 직전에서 타이어 속의 와이어도 마멸되어 들지 않는 호일(마그네슘합금)이 직접 하중을 받게 되어 발화했다. 이 불은 유압펌프의 작동유에 옮겨 붙어 불에 타기 쉬운 카본섬유강화 플라스틱의 차체 선두부로 급속히 번져 나갔다”

JR총합연구소는 대책위원회의 보고 결과를 바탕으로 앞으로의 대책으로서 (1) 용점이 낮은 발화하기 쉬운 마그네슘합금은 호일에 사용하지 않을 것 (2) 화재확대와 연결된 작동유 및 유압플렉시블 배관은 타기 어려운 재료를 사용할 것 (3) 작동유를 계속 공급하지 않게 유압회로의 배열을 변경할 것등 3가지를 결정하고 사고피해를 최소한으로 저지하기 위한 소프트웨어 대책도 종합적으로 매뉴얼로 만들었다. 아무튼 이 사고로 리니어모터카의 주행실험은 완전히 중단되었다. 대체차량인 ‘MLU 002N’가 완성된 것은 사고 1년3개월 후인 1993년 초였으나 다시 실험이 개시된 것은 1993년 봄부터였다.

### 조종사가 빛은 여객기 재난

1993년 4월 18일 정오 조금 지나 일본 이와테현이 경영하는 하나마키공항에 착륙하려던 나고야발 일본에어시스템(JAS) 451편 DC9형기가 공항내 착륙에 실패하여 활주로 끝에서 간신히

정지했다. 그러나 기체는 동체 중앙부가 2개로 부러져 연료탱크 부근에서 타기 시작하여 천장부분은 거의 모두가 탔으나 화재가 번지기 직전에 77명의 승무원과 탑승객은 비상구로부터 탈출하여 재난을 벗어났다.

경찰 당국에 따르면 이 비행기는 남북으로 뻗은 활주로의 남쪽으로부터 진입했다. 그런데 착륙자세를 취할 때부터 기체를 좌우로 흔들면서 강하게 시작하여 통상의 착륙지점보다 앞쪽의 활주로 남단 부분에서 오른쪽으로 기울면서 오른쪽 날개가 활주로와 접촉하여 2번 바운드하면서 타행하여 까만 연기를 내뿜으면서 정지했다.

사고당시 이와테현지방에는 발달된 저기압이 통과했기 때문에 고기압이 팽창하여 강풍이 불었다. 공항 주변에서도 10m의 서풍이 불고 있어 최대순간 풍속은 20m 안팎에 이르렀다. JAS에는 DC 9형기의 경우, 활주로의 옆바람이 평균 매초 12.85m, 최대 순간풍속 18.5m를 넘어 서면 착륙을 중지하는 운항규정이 있어 최종판단은 기장에게 일임하고 있다는 것이다. 사고를 일으킨 451편은 풍속이 제한내로 약화된 순간에 착륙하려고 하여 옆으로부터의 돌풍을 받은 것 같으며 착륙할 때 항공기가 바람에 얼마나 약하다는 것을 새삼 보여 준 것이다.

항공기가 바람을 향하여 나는 경우가 가장 안정되어 있다. 옆바람의 경우는 바람에 흘러 내리지 않게 바람의 각도나 세기에 대응하여 기수를 바람이 불어 오는 쪽을 향해 나는 방법을 취한다. 또 활주로에 내릴 때는 기수를 정면으로 되돌리는 ‘데 클럽’이라는 조작이 있다. 이 때 바람이 불어 가는 쪽의 날개를 내리는 방향으로 기

체를 회전시키는 힘이 작용하기 때문에 그 수정을 하려면 복잡한 조작이 필요하다.

비행기를 공중에 뜨게 하려면 양력(揚力)이 필요하다. 그런데 돌풍은 비행기를 공중에 뜨게 하는 양력마저 불안간 뺏는 경우가 있다. 비행기로서 가장 위험한 것은 영어로 ‘윈드 셰어’라고 부르는 바람이 부는 방향이나 풍속의 급변한 변화다. 그리고 윈드 셰어중에서도 ‘다운버스트’라고 부르는 뇌운(雷雲)을 동반하면서 불어 오는 바람이 특히 무섭다는 것이다. 이번의 사고도 다운버스트에게 피습되었다고 보는 견해가 유력하다. JAS기는 1993년 2월 24일에도 고마츠공항에서 옆바람을 받아 활주로 등을 부수는 사고를 일으켜 JAS는 ‘옆바람을 주의하라’고 내부통달을 낸 사고가 있었다.

그런데 JAS는 사고 당일의 기자회견에서 ‘조종한 사람은 오히라기장’이었다고 설명했다. 그러나 그 뒤의 조사결과 조종하고 있었던 사람은 오히라기장이 아니라 나카가와부조종사였다는 것이 드러났고 부조종사가 된 뒤의 경력도 이착륙을 담당할 수 있는 연한에 이르지 못했다는 것도 밝혀졌다. 나카가와부조종사의 비행시간은 불과 61시간이었으며 DC9형기의 비행도 3백76시간에 지나지 않았다.

JAS의 운항규정은 부조종사는 옆바람의 평균이 시속 13노트(초속 6.60m)를 넘을 때는 착륙조종을 해서는 안된다고 되어 있다. 사고당시는 이 수치를 넘는 옆바람이 불고 있었고 기장과 부조종사는 분명히 내규위반을 하고 있었다. 또 운수성 항공국에 따르면 JAS가 정한 운항규정의 세칙에서는 기장이 교관이나 사찰조종사인

경우를 제외하면 부조종사는 승격한 뒤 반년 이상이 경과하지 않으면 이착륙조작을 해서는 안되게 되어 있는데 오히라기장은 교관이나 사찰조종사도 아니었다.

항공법에 따르면 항공회사는 104조1항에서 운항에 관한 사항에 관하여 운항규정을 정하고 운수대신의 인가를 받게 되어 있다. 더우기 이 운항규정에 따르지 않고 항공기를 운항할 때는 5만엔 이하의 벌금에 처하기로 되어 있다.

항공기의 운항에는 기계가 대형화 및 하이테크화된 현재도 기상조건이 좌우한다. 전문가들은 “1985년의 일본항공의 점보기가 추락한 것은 상공에서 압력격벽이 날아가 4계통 유압을 모두 상실하여 기체를 제어할 수 없게 된 것이 원인이라고 하지만 당시의 상황에서도 평상시에 시뮬레이터로 훈련을 해 두었다면 안전하게 하네다공항으로 돌아 왔을 것”이라고 주장하면서 기계의존경향에 경종을 울리고 있다. 전문가들은 “종전에는 인간이 우선 기체를 의심했으나 요즘은 기계를 고장을 일으키지 않는 것이라고 믿고 있다”고 지적하고 있다. JAS기의 사고에도 기계에 대한 과신이 적지 않게 작용한 것으로 보인다.

### 대참사 모면한 미하마 原電

1991년 2월 9일, 일본 후쿠이현 미가다군 미하마초에 있는 관서전력 미하마 원자력발전소 2호기에서 증기발생기의 세관(전열관)에 파단(破斷)이 발생하여 일본에서는 최초로 긴급노심냉각장치(ECCS)가 작동하는 사고가 발생했다.

사고에는 반드시 조짐이 있기 마련

이다. 그날 12시 24분과 33분경에 연거푸 방사능모니터의 확인을 촉구하는 주의신호가 발신되었다. 12시 40분경에는 증기발생기의 방사능모니터의 지시치가 20 정도 상승하고 있다는 것이 발견되었다. 이때 이미 문제의 증기발생기의 세관에 손상이 생기기 시작했던 것 같다. 그러나 이런 정도의 상승으로 원자로의 운전을 정지시키는 일은 없다.

조짐에서 약 1시간 뒤인 13시 40분경, 컨트롤 룸에 2차 냉각수의 방사능농도의 상승을 나타내는 모니터의 경보음이 ‘뿡 뿡’하고 울리고 ‘주의 경보’가 점등되었다. 그로부터 5분 뒤 1차계의 압력이 급강하하기 시작했다. 세관의 파단이 일어난 것이다.

13시48분, 오퍼레이터가 원자로를 정지시키기 위해 출력을 낮추기 시작했으나 그 전에 자동정지되었다. 그리고 그 직후에 ECCS가 작동했다. 이리하여 증기발생기세관파단, ECCS작동이라는 ‘가상사고’로서 언젠가는 발생할 것이라고 상정했던 사고가 일본에서 처음으로 실제로 일어난 것이다.

이런 비상사태에 직면하여 컨트롤룸의 오퍼레이터들은 모두 일어나서 대응책을 서둘렀다. 비상시에 쓸모가 없는 기계때문에 오퍼레이터들은 식은 땀을 흘린 것으로 생각된다.

미하마원전이 사용하고 있는 가압수형 경수로로는 본래 원자력잠수함용으로 개발된 것이었다. 이것을 발전용으로 전용하고 출력을 크게 높이면서 증기발생기의 규모도 커졌다. 노심을 통과하는 1차계와 터빈을 통과하는 2차계를 열교환기로 연결한 것이 증기발생기인데 열교환의 효율을 끌어 올리기 위해 증기발생기 속에 모두 6천5백20

개의 길이 약 20m의 세관을 U자형으로 거치하고 그 안쪽은 1차 냉각수가 그리고 바깥쪽은 2차 냉각수가 흐른다. 그래서 두께가 불과 1.27mm의 세관의 안팎은 약 1백기압차와 썩서 1백도의 온도차가 생긴다. 증기발생기는 이를테면 가압수형 경수로의 이킬레스건이라고 일컬어 왔다. 만약에 세관이 터지면 방사능으로 오염된 1차냉각수는 세차게 분출하여 2차계를 오염하고 많은 방사능을 방출할 뿐 아니라 노임이 물없는 목욕탕에 불을 때는 것과 같은 최악의 사태로 변진다고 상정해 왔다. 이런 일대 사고직전까지 몰고 간 것이 미하마 원전2호의 사고였다.

일본의 경우 원전사고는 사소한 일이 원인으로 생기는 경우가 많다. 1992년 9월 29일 후쿠시마 제1원전 2호기에서 발생한 사고는 배전반을 작업원이 보수했을 때 알루미늄 연결봉을 그 자리에 두고 나온 것이 원인이었다. 이 연결봉이 잘못된 신호를 전달하여 노임에 물을 보내는 펌프가 차례로 정지되어 노심의 수위가 떨어져 물없는 목욕탕에 불을 때는 것과 같은 사태를 막기 위해 운전이 정지되고 ECCS를 작동했던 것이다. 문제는 반드시 생기는 사소한 일을 어떻게 하면 큰 사고로 번지지 않게 하는가 하는 것이며 이를 위해 초기의 대응이 중요하다.

한편 일본에서는 1988년 1월 13일 후쿠시마 제1원전 6호기에서 화재사건이 발생하고 1986년 8월 2일 미하마원전 송전선의 낙뢰사건이 발생했으나 계속 가동하는 것과 같은 이른바 운전 우선자세는 원전의 큰 사고를 막기 위한 초기대응노력을 무력하게 만든다는 비판의 소리가 높다. ㉔