

제235호

2013년 11월

위험관리정보

- 방재정보
 - ✓ 「호텔화재 대책 검토부회 보고서」에 대하여 / 1
- 방재기술
 - ✓ 자동차공업의 화재사고 분석(1) / 12
- 신착자료 목록 / 30
- 안 내
 - ✓ KFPA 소식 / 32
 - ✓ 판매도서 안내 / 34



KFPA
한국화재보험협회



소방청 동향

「호텔화재 대책 검토부회 보고서」에 대하여

소방청 예방과 기획조정계장
 겸임 제도계장
 겸임 방재관리계장
 사이토 타카유키

서론

소방청에서는 2012년 5월 13일 발생한 히로시마현 후쿠야마시의 호텔화재를 계기로 「예방행정이 나아가야 할 방향에 관한 검토회」의 산하에 「호텔화재 대책검토부회」를 개설하여 호텔·여관 등의 화재피해확대방지대책 및 화재예방행정의 실효성향상 등에 관한 검토를 진행해 왔다.

이번 7월 17일에 검토부회의 최종보고서가 정리되었기에 그 개요를 소개한다. 또한 보고서의 전문에 대해서는 일본 소방청 홈페이지(<http://www.fdma.go.jp>)를 참조하기 바란다.

히로시마현 후쿠야마시 호텔화재의 개요

2012년 5월 13일 이른 아침, 히로시마현 후쿠야마시의 호텔에서 사망자 7명, 부상자 3명(이중 종업원 1명)의 중대한 인적 피해를 동반한 화재가 발생했다. 소방청에서는 소방법 제35조의 3의 2의 규정에 의해 소방청 장관이 수행하는 화재원인조사로써 현지에 직원을 파견하여, 후쿠야마 지구 소방조합소방국과 함께 화재원인 조사를 실시했다.

건물은 당초 목조 2층 건물로 지어졌고, 그 후에 별동으로 철근콘크리트조 4층 건물이 지어졌다. 그 이후 목조 부분과 철근콘크리트조 부분이 함께 사용된 불법 건축물인 상태였다.

또한, 후쿠야마시에서는 건축 기준법에 부적합 항목으로 계단이 방화구획되지 않았던 점 등, 8개 항목에 대해 지적해왔다. 뿐만아니라 소방법 상의 위법항목으로 소방용 시설 등에 대한 점검보고의 미실시와 자위소방훈련의 미실시, 옥내소화전의 일부 미포용을 최종 사찰시에 지적했었고, 이러한 3개

항목을 동시에 지도한 횟수가 과거 25회를 상회하고 있었다.

출화원인 등에 대해서는 소방청장관의 화재원인조사결과에서 담배, 전기기구, 전기배선 등의 원인이 가능성으로 추정될 뿐 정확한 원인을 찾지는 못했지만, 이 화재에서 다수의 사망자, 부상자가 발생한 피해확대의 원인은 다음과 같이 추측된다.

- 건축물의 구조가 내화구조가 아니기 때문에 발화실 및 그 근접한 곳에서 화재가 위층으로 연소 확대됨.
- 계단은 방화구획이 되지 않았고, 화재로 인한 고온의 기류나 연기가 계단을 경유해서 위층으로 확대되고 연기가 각 객실로 유입됨.
- 소화기 및 옥내소화전 설비를 활용한 소화 활동이 이루어지지 않았음.
- 화재를 처음 발견한 사람에 의한 통보 및 유효한 피난유도가 이루어지지 않았음.
- 자동화재통보설비의 수신기가 2개의 계통으로 나뉘어져 연동되지 않았던 점에서 일제 경보가 되었다고 보기 어려워 피난이 지연되었던 것으로 판단됨.

전국 호텔 등에 대한 긴급조사 등의 결과

이 화재를 계기로 전국의 3층 건물 이상에서 방화관리자의 선임의무를 요구하는 호텔·여관 등 숙박시설 중 1971년 이전에 건축된 건물(건축기준법의 방화구획 등의 규제가 개정되기 이전의 건물)에 대해서 건축부국과 연계하여 긴급조사 및 추적조사를 실시했다.

각 조사 결과는 아래 표와 같고, 추적 조사에서 위반율의 저하는 볼 수 있었지만, 여전히 조사 대상의 약 50%에서는 어떤 식으로든 소방 법령 위반이 지적되고 있어 계속해서 각 소방본부에 위반 시정을 철저히 하도록 요청하고 있다. (표 1 참조).

또한 중대한 위반 이외의 주된 내용은 표2와 같다.

소방 법령 위반이 있는 건물에는 조사 시에 각 소방본부에서 건물 관계자에게 시정 지도를 실시하고 있는 중이며, 향후에도 추적 조사 등을 통해서 위반 시정을 철저히 할 필요가 있다.

표1 소방법령 위반의 상태

	긴급조사결과 (2012년 8월 15일 보고)	추적조사결과 (2013년 2월 15일 보고)
조사대상시설수	797	703
어떤 식으로든 소방법 위반이 있는 것	549 (68.9%)	361 (51.4%)
중대한 위반이 있는 것	47 (5.9%)	35 (5.0%)

※ 조사 대상은 동단위로 실시한 것.

※ 중대한 위반이란, 옥내소화전설비, 스프링클러설비 또는 자동화재탐지설비의 몇 개의 설비가 그 설비의 설치 의무 부분의 바닥 면적의 반이상 설치되어 있지 않은 것을 말한다.

※ 방화 관리의 의무 대상이 되는 방화 대상 수는 41,815 (2012년 3월 31일 현재)

표2 소방법령위반의 주요 내용 (추적 조사 결과)

설비의 종류	의무 시설수	위반 시설수		중대한 위반 이외의 주요 내용
		중대한 위반	중대한 위반 이외	
옥내소화전설비	378	23	57	호스 내압시험 미실시
스프링클러설비	51	1	8	일부 살수 장애, 일부 미경계
자동화재탐지설비	694	14	146	감지기 일부 미경계

호텔·여관 등의 화재 예방상의 과제 및 그 대응책

검토 보고서에서 정리된 화재예방상의 과제와 그 대응책에 대해서는 다음과 같다.

(1) 각종규제에 대해

가. 후쿠야마시 호텔 화재를 계기로 세워진 대책

현행 건축 기준법의 방화 기준에 부적합, 적절한 초기 소화 활동의 미실시 등이 조기의 연소 확대 및 연기 확산의 요인으로 추정되는 것으로부터 피난 훈련 실시나 소방용 설비 점검 보고 등의 현행 각종 규제에 맞춰 적절히 준수시킬 필요가 있다.

나. 소규모 호텔·여관 등에 관련된 과제

이번 화재가 발생한 호텔(1,361㎡)에서는 자동화재탐지설비가 설치되어 있었지만 현행 설치 기준에서는 연면적 300㎡ 미만의 소규모 호텔·여관 등에 대한 자동화재탐지설비의 설치 의무가 없음. 이번 호텔 화재의 화재대책과 소규모 호텔·여관 등의 자동화재탐지설비 설치에 직접적으로 관련된 것이 아니지만, 재차 호텔 등의 화재 위험성을 고려하여 과거 10년간의 화재 피해에 대해서 비교해 보면 소규모 호텔·여관 등의 화재 100건당 사망자수(5.2명)는 주택화재(6.6명)와 근사 한 피해가 되어 취침 시간대 사망자수는 낮 시간에 비교하여 많은 것으로부터 연면적 300㎡ 미만의 소규모 호텔·여관 등에 대해서 자동화재탐지설비의 설치 의무화 검토를 진행하여야 한다. 이 경우 설비가 소규모인 것을 고려하여 검토를 수행하는 것과 함께, 다른 자동화재탐지설비의 설치가 의무화 되지 않은 소규모 사회복지시설(자력으로 피난이 곤란한 사람이 입소한 시설 이외의 것)이나 진료소 등에서 취침용도를 가진 시설에 대해서도 화재 위험성을 포함한 검토를 수행한 다음 필요한 조치를 강구하여야 한다.

또, 그 때에는 이러한 시설에 이미 주택용 화재경보기가 자주적으로 설치되어 있는 경우도 생각할 수 있으므로 해당 주택용 화재 경보기의 유효기간 등을 감안하여 자동화재탐지설비의 의무화 시행 시기 및 유예 기한 등을 배려해야 한다.

(2) 출입 검사와 위반 처리 추진 방법에 대해서

가. 출입 검사의 정확한 실시

화재가 발생한 건물에서 출입 검사가 9년간 실시되지 않고 있던 것을 근거로 출입 검사의 실시 계획 수립 시 화재 위험성이 높은 방화 대상물에 대한 실시 누락이 없도록 체크 체계를 구축하는 것과 함께 건축 구조의 적합성도 포함하여 정확하게 인명 위험이 높은 대상물의 분류를 실시하고, 계획적인 출입 검사가 실시되도록 제도의 정비가 필요하다.

나. 위험성·악질성을 고려한 엄격한 위반 처리 실시

이전의 출입 검사에서는 같은 위반 내용을 반복해 지적하는 것에 머무르고, 위반 처리의 법적 조치로 이어지지 않았던 것을 근거로 하여 위험성·악질성이 높은 위반을 선별하고 엄격한 위반 처리로 이행되도록 체제의 정비가

필요하다. 또, 소방 기관에서 위반 시정에 있어서 위험성, 악질성의 기준으로는 다음과 같은 기준으로 해야 한다.

위험성·악질성과 관련되는 기준

- ① 화재가 발생했을 경우에 초기 소화, 피난 등에 대해 특히 중요한 소방용 설비 등 (스프링클러설비, 옥내소화전설비 또는 자동화재탐지설비)이 설치, 유지되어 있지 않은 것.
- ② 건축 구조 등 3항목(건축 구조, 방화 구획, 계단)의 적합성이 없는 대상물에서 소방 법령 동일 사항의 계속된 위반

위험성·악질성의 기준 ①에 대해서는 지금까지 바닥 면적 1,500㎡ 이상의 특정 방화 대상물 및 지하층을 제외한 층수가 11층 이상의 비특정 방화 대상물 중에서 스프링클러설비, 옥내소화전설비 또는 자동화재탐지설비가 해당 설치 의무 부분의 대부분에 걸쳐서 설치되지 않은 방화대상물을 특정 위반 대상물로서 취급해 오고 있으며, 이런 설비의 미설치 등은 소규모의 건물에서도 화재 발생시에 인명의 위험성이 크기 때문에 그 위반의 중대성을 근거로 기준으로 한 것이다.

또 ②에 대해서는 이번 화재의 건물이 건축 기준법으로 적합하지 않은 항목으로 건축 구조나 계단의 방화 구획 미설치 등이 지적되고 있었고, 건축 기준법의 방화 기준의 부적합적인 요소가 연소의 확대 및 연기 확산의 요인으로 추측되는 것을 근거로 해서 이런 위험한 건물에 대해서 동일한 소방 법령 위반이 계속 존재하는 경우에는 위험성·악질성에 해당되므로 철저히 시정이 되도록 할 필요가 있기 때문에 판단 기준으로 한 것이다.

다. 효율적인 위반 처리 실시

예방 행정에서 있어서 위반 시정과 관련되는 업무의 외, 전체의 업무 밸런스를 고려하면서 효율적으로 위반 시정을 추진해 갈 필요가 있다. 이를 위해 위반 처리를 더욱 효과적·효율적으로 추진하기 위해서 명령의 전단계인 경고 당시, 작성에 시간을 필요로 하는 현황 검사 조서의 기재 방법에 대해서 사진에 보충 설명 추가하도록 하는 등, 기재 내용의 간략화를 추구하는 것이 적당하다.

※ 상기 가~다에 대해서는 검토부회 중간보고 이후, 2013년 3월에 출입

검사 표준 메뉴얼 및 위반 처리 표준 메뉴얼을 개정하고 있다.

라. 위반 시정 체제의 정비 및 지원

위험성이나 악질성의 높은 건물을 철저히 개선해 나가기 위해, 출입 검사 등에서 건축 기준법의 위반을 인지했을 경우에는 건축 부국과 정보를 공유하여 한층 더 협력을 추진해 나갈 필요가 있다.

또 국가의 지원 체제로서 소방대학교에 대해 현재의 예방 행정과 관련되는 연수에 추가하여, 소방본부의 간부 직원에 대한 위반 시정에 관한 강의의 실시나 위반 시정에 특화한 단기간의 집중적인 연수를 새롭게 실시해야 한다.

더욱이 현행의 위반 시정 지원 어드바이저 제도를 확충하여 변호사에 의한 법적 상담이나 어드바이스를 얻을 수 있는 체제를 강화하는 검토와 함께 위반 시정 연수회를 지속하여 전국적으로 추진하고, 위반 시정 데이터베이스 시스템에 위반 시정 지원 어드바이저의 파견 사례를 추가하는 등, 그 내용을 보장하는 것도 검토할 필요가 있다.

위반 시정 추진과 관련된 변호사 상담 사업

위반 시정 추진과 관련되는 사업의 하나로서 전국 9개 도시에 상담 변호사를 배치하고 소방본부에서 위반 시정 추진을 위한 법적 지원을 실시할 수 있도록 하는 「변호사 상담 사업」을 2013년 7월 1일부터 실시

【배경】

- 여러 업종이 존재하는 빌딩 등, 관리 권한이 복잡한 건물의 증가
- 행정 조치에 대한 소송으로의 대응 등 발생

【개요】

- 메일로 위반 시정과 관련한 법적인 어드바이스를 받을 수 있다. 필요에 따라서는 전화·직접 상담도 가능
- 2013년 7월 1일부터 2014년 3월 31일까지 실시(2014년도 실시는 미정)
- 상담 내용은 위반 처리 데이터베이스에 의해 전국의 소방본부에서 정보 공유

또한 제시된 것 중 올해는 위반 시정을 진행하는데 있어서 최근 관리 권한 등의 복잡화나 소송으로 이어지는 문제 등, 고도화 상황이 보여지기 때문에 위반 시정과 관련된 법적 어드바이스를 메일 등을 활용해 받을 수 있는 변호사 상담 사업을 7월 1일부터 개시한 상태이며, 일본소방청 홈페이지(http://www.fdma.go.jp/concern/law/tuchi2506/t_index.html)에서 공개, 또 소방대학교에서는 위반시정 특별강습을 주제로 단기간의 집중 연수를 실시할 예

정이다.

(3) 화재 예방상 위험에 관계되는 공표 제도가 나아가야 할 방향에 대해

가. 새로운 표시 제도의 정비

현재, 소방 법령에 적합하다는 것을 나타내는 표시로서 「방화 대상물 정기 점검 보고 제도」 및 「자주 점검 보고 표시 제도」에 근거하여 표시가 도입되고 있으나, 건축물 안전이 전제가 되는 건축 구조 등의 적합성을 기초로 한 화재 예방상의 위험성에 대해서 이용자에게 알리는 제도로 쓰이지 않고 있다.

이번 화재도 건축 구조의 적합성은 방화 안전상 매우 중요하고, 또 호텔·여관 등은 불특정 다수의 사람이 이용하는 숙박 시설로 그 이용자는 전국에서 모이기 때문에 건물의 방화 안전에 관한 정보를 가지고 있지 않은 경우가 대부분이다. 그러므로 2003년까지 실시했던 「구 방화기준 적합표시 마크제도」를 재평가하여 건축 구조 등을 포함한 방화 안전에 관한 정보를 이용자에게 제공 가능한 새로운 제도로써 구축하는 것도 하나의 대책이 될 수 있다.

「구 방화기준 적합표시 마크제도」에 대해서는 소방 법령에 추가로 건축기준법령에 근거한 건축 구조 등의 3항목(건축구조, 방화구획, 계단)의 적합성도 확인하던 제도이며, 이 「구 방화기준 적합표시 마크제도」의 점검 항목을 기본으로 해서, 사업자 신청에 근거한 소방 기관이 인정하는 제도, 방화 대상물 정기 점검 보고 제도 등을 활용해서 소방 검사 등의 부담을 경감시키는 정비가 필요하다.

또 호텔·여관 등의 이용자는 그 지역 주민으로 한정하지 말고, 전국에서 모이기 때문에 통일적인 운용이 바람직하며, 국민의 이해 촉진을 위해서도 현재의 각종 제도(방화 대상물 정기 점검 보고 제도, 방화 대상물 정기 점검 보고 제도의 특례 인정, 자주 점검 보고 표시 제도)나 표시(마크)에 대해서, 혼란을 일으키지 않게 정리하는 것과 함께, 운용에 있어서도 새로운 표시 제도의 대상이 되지 않는 소규모 시설도 배려하여 진행하는 것이 바람직하다. 더욱이 인터넷 등에 의한 숙박 예약 비율이 높기 때문에, 인터넷 시대에 대응한 공표 방법에 대해서도 검토할 필요가 있다.

또한 검토에 있어서는 실효성이 있는 제도를 구축하기 위해서 퍼블릭 코멘트 실시로 인해, 많은 국민으로부터 의견을 듣고, 제도에 반영시키는 것이 중요하다.

나. 위반 대상물의 공표 제도 검토

이번 화재 발생 건물은 소방 법령 위반이 장기간 개선되지 않은 위반 대상물이고, 더욱이 계단 부분 방화구획이 미흡한 점이나 목구조와 콘크리트 구조가 이어져 있는 등 위법 건물이었다.

위반 대상물과 관련한 공표에 대해서는, 2001년의 신주쿠구 가부키초 빌딩 화재를 계기로 소방법 개정의 의해, 방화 대상물에 대해서 화재예방상 위험이 있는 것이나 소방 법령 위반을 근거한 소방 기관이 「명령」을 실시했을 때 이의 「공시」가 의무화 되어 있다.

여관·호텔 등에 대한 새로운 표시제도에 대해서	
<p><대 상></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 호텔·여관 등(5항 이) 또는 호텔·여관 등(5항 이)의 용도가 있는 복합용도(16항 이)로서, 수용인원이 30인 이상이면서 3층 이상의 것 ○ 그 외의 방화대상물은 지역 실정에 따라서 실시 가능 <p><조사항목></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 소방관계법령의 적합 ○ 방화안전상 중요한 건축기준법(구조·방화구획·계단)의 적합 ○ 소방기관에 의한 출입검사결과 등 	
신 제 도 안	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>「(가)방화기준적합증(은)」</p>  </div> <div style="font-size: 2em; color: blue; font-weight: bold;">→</div> <div style="text-align: center;"> <p>「(가)방화기준적합증(금)」</p>  </div> </div> <p style="text-align: center; color: blue; font-weight: bold;">3년간 지속</p>
유효기간 : 1년간	유효기간 : 3년간
<p>● 신청에 의해 표시기준에 적합하다고 인정된 경우, 「(가)방화기준적합증(은)」을 게시할 수 있다.</p>	

현행의 규정에 의해 소방본부가 명령을 실시했을 경우의 공시는 위반 대상물에서의 명령 내용의 표지 게시 및 시·읍·면 공보에 게재하는 것만 의무화 되어, 그 이외의 방법에 대해서는 시·읍·면장이 정하도록 되어 있으나, 많은 전국 이용자들에게 정보를 제공한다는 관점에서 인터넷을 이용한 정보 제공을 실시하는 것에 대해서도 검토해야 한다. 그리고 국민의 안전·신뢰를

확보하기 위해서도 호텔·여관에 한정하지 말고 그 이외의 용도에 대해서도 공표해야 할 것이다.

그렇지만 현재 소방 기관이 「명령」을 실시하는 경우 업무가 방대하고, 복잡하여 위반 대상물의 수에 대한 시정명령 건수가 그다지 많지 않기 때문에 현행 시정명령에 관한 각종 업무 절차를 간소화하는 등 대책을 마련할 필요가 있다.

게다가 법령에 적합한 대상물을 인정하는 새로운 표시 제도와 아울러 위반 대상물의 공표도 실시하는 것이 이용자의 입장에서 매우 효과적이라고 생각된다.


참고


		방화대상물 정기점검 보고제도	자주점검보고 표시제도
현 행 제 도		특정 용도 방화대상물로서 다음에 해당하는 것 ① 수용인원이 300인 이상 ② 실내 계단이 하나로, 지층 또는 3층 이상에 특정 용도가 있는 것	왼쪽에 기재된 것 이외 호텔·여관 등(5항 이)의 용도가 있는 복합용도(16항 이)로서 수용인원 30명 이상이며 3층 이상인 것
		1년에 한번 자격을 가진 자에 의한 점검이 기준에 적합한 경우, 관계자는 표시할 수 있다.	신청에 의하고, 3년간 계속해서 점검 기준이 적합하며 법령의 준수 상태가 양호한 경우, 소방기관이 인정할 경우 관계자는 표시할 수 있다.
			 (바탕은 곤색, 그 외는 황색)
		↓	↓
	계속	계속	폐지


※ 극장 등(1항), 카바레·노래방 등(2항), 음식점 등(3항), 백화점 등(4항), 호텔·여관 등(5항 이), 병원·사회복지시설 등(6항), 공중목욕장 등(9항 이), 지하가(16의 2항), 복합용도(16항 이)

호텔·여관 등의 이용자에게 공표

~화재예방상 위험한 호텔·여관 등의 근절을 위해서~

화재예방상 위험한 법령위반이 있는 대상물을 홈페이지에 공표		➡	대응방침
<div style="background-color: #333; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">X 법령위반 있음</div>  <p>출입검사 ②화재예방상 위험한 법령위반 지적 ③시읍면 홈페이지에 공시 (소방청 홈페이지에 공표)</p>			<ul style="list-style-type: none"> · 전국 일률적으로 범제화에 의한 의무 부과 어렵기 때문에 시읍면에서 자주적인 조치를 촉진
<p>과제</p> <ul style="list-style-type: none"> · 시정명령전 공표는 범제화가 필요하지만, 전국 일률적으로 실시하는 것은 곤란 · 공표를 위해 수속이나 공표휴의 개선정보를 갱신하기 위한 인력이 필요 · 호텔·여관 등에 대해서 중점적인 출입검사를 실시하는 것에 의해, 화재위험성이 높은 다른 용도의 출입검사 실시률이 저하 			

소방본부가 명령한 대상물을 소방청 홈페이지에 공표		➡	대응방침
<div style="background-color: #333; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">X 법령위반 있음</div>  <p>출입검사 ②소방본부가 명령 (소방청 홈페이지에 공시) ③소방청 홈페이지 공표</p>			<ul style="list-style-type: none"> · 위반처리에 관한 사무의 효율화 등 명령을 이행하기 쉬운 환경을 정비 · 시읍면이나 소방청 홈페이지에 게재하는 것을 검토
<p>과제</p> <ul style="list-style-type: none"> · 호텔·여관 등에 명령 건수가 적음. · 명령을 이행한 경우 사무량이 많으며 번잡 · 현행 건축 기준법령에 적합하지 않은 기존 부적격인 대상물에 대해서 소방기관이 명령을 내리기가 곤란 			

법령에 적합한 대상물을 공표	
<div style="background-color: #333; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">O 법령위반 없음</div>  <p>기준심사 · 소방법령 · 건축기준법 (기존 부적격 등)</p> <p>위반시정</p> <p>화재예방상 위험한 호텔</p>	
<p>기대되는 효과 등</p> <ul style="list-style-type: none"> · 소방법령에 추가로 건축기준법령의 적합 상태에 대해서도 심사한 대상물을 공표함으로써 보다 안전한 대상물의 정보를 이용자에게 제공하는 것이 가능 · 제도가 넓게 퍼짐으로써 의해 사업자의 위반시정에 대한 인식이 높아지고, 이용자에게 화재예방상 안전한 건물의 제공이 가능함. 	

국민의 생명을 지킬 수 있음

위반 대상물의 공표에 대해서는 2010년도에 예방 행정의 나아가야 할 방향에 관한 검토회에서 심의되었지만, 현재 위반 대상물의 공표를 실시하는 곳은 도쿄 소방청 뿐(2011년 4월부터 시정명령 전 위반 대상물의 공표 제도의 운용을 실시)이고, 이런 상황에서 도쿄 소방청의 실시 예를 참고하면서 다른 소방 기관도 같은 제도를 실시하는 경우의 문제점 등을 정리함으로써 이를 각 소방본부에 정보 제공을 실시하고, 자주적인 대책에 관하여 심도있게 추진하고 고찰하는 것이 바람직하다.

명령을 수행한 경우의 인터넷을 통한 공표나 시정 명령전의 위반 대상물의 공표에 대해서는 이용자 등에게 정보 제공 및 위반 대상물의 시정 효과로서 매우 효과적이라고 생각되지만, 이를 실시하기 위한 문제점에 대해서 검토할 필요가 있으므로 법령에 적합한 대상물을 공표하는 제도를 우선 실시하고, 이 제도를 넓게 퍼지게 함으로써 사업자의 위반 시정에 대한 의식의 고양, 이용자에게 화재 예방상 안전한 건물의 제공을 꾀하는 것이다.

끝으로

호텔화재대책 검토부회의 제언을 받아 출입검사 및 위반시정 추진을 위한 매뉴얼 개정이나 변호사 상담 사업 등의 실시에 대해서는 이미 숙지하고 있지만, 향후 이 보고서의 제언을 근거로 소규모 숙박시설의 자동화재탐지설비의 설치나 이용자에 대한 방화안전에 관한 정보를 제공할 수 있는 새로운 표시 제도, 또한 위반 시정의 추진을 위한 실무적인 연수의 실시 등, 실효성 높은 방화 안전 체제의 확보를 위해 검토를 진행시켜 나갈 것이다.

출처 : 월간 웨스크 201309

번역 : 방재시험연구원 화재환경시스템팀
사원 양승진

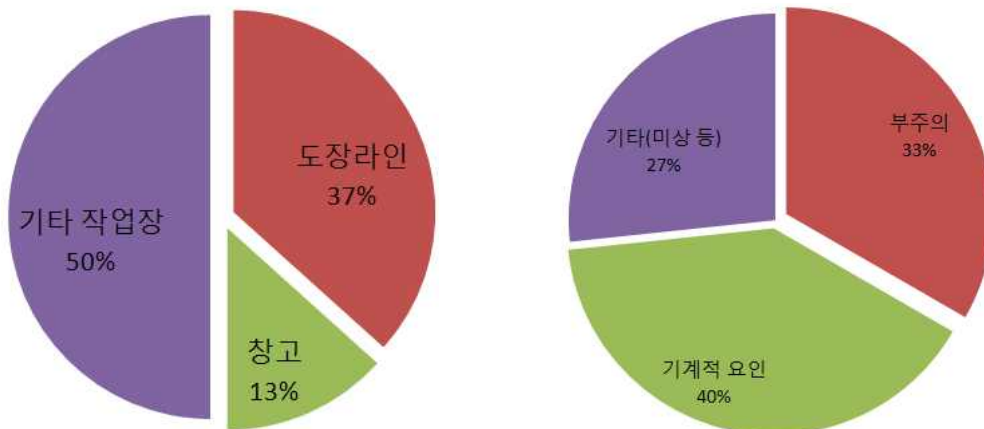
* 번역물의 원본은 <http://magazine.sfpe.org/content/elevator-pressurization>에서 보실 수 있습니다.

자동차공업의 화재사고 분석(1)

■ 화재사고 현황분석

1) 화재사고 발생장소

(표 1)의 국내 외 주요사고를 화재발생 장소별로 구분해 보면, 도장라인 11건, 창고 4건, 기타(작업장 등) 15건으로 도장부스의 사고가 37% 차지하여, 빈번하게 화재가 발생하는 것으로 나타났다.



[그림 1] 자동차 공장에서의 화재 발생장소 [그림 2] 자동차 공장에서의 화재 발생요인

2.1.2 화재사고 원인

화재사고 원인을 분류하여 보면, 부주의 10건, 기계적 요인 12건, 기타(미상 등) 8건 등으로 나타난다. 즉 과열 등의 기계적 요인 등에 의한 사고가 많을 수밖에 없는 것이 장비산업, 일괄라인 산업의 특성 때문인 것으로 판단된다.

[표 1] 국내외 자동차공장 관련 주요화재사례 현황 (총 30건)

사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1972.10.20	포드자동차	부주의/ —	보관장소(창고)/—	0/0	독일
내 용	포드자동차의 엔진 오일캔을 저장하는 부품창고에서 발화하여 1억 5천만 불 손실, 스프링클러 작동했으나 9시간 연소.				

사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1984.12.24	Y자동차공장	부주의/산업장비	도장공장/LPG	0/0	일본
내 용	도장공장 내 덕트화재로 운전자의 LPG밸브 개방이 늦어 덕트 내의 수지에 착화됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1987.11.28	OO자동차 (인천)	미상/용접절단기	부품창고	0/0	"
내 용	부품창고 내 원인불명의 화재로 방화구획 미비로 전소되고 건물구조는 나철골 건물이며, 자동화재탐지설비는 미작동됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1988.04.13	닛산자동차	부주의/도장부스	도장라인/도료	0/0	일본
내 용	도장공장 상부부스에서 화재, 슬레이트건물 2,000 m ² 소실되고 2시간 후 진화됨. 생산라인 전부 정지됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1989.05.29	OO자동차 (대구)	부주의/용접절단기	도장라인	0/0	한국
내 용	스프레이 부스의 배기팬 모터를 해체하기 위해 용접기 사용 중 커버 제거 시 필터에 화재 발생하여 소방대가 진화함.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1989.11.24	OO자동차공장 (파리)	미상/ —	작업실/ —	0/0	프랑스
내 용	자동차공장 내 화재				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1990.08.18	OO자동차 (화성)	기계적 요인 /도장부스	도장라인	0/0	한국
내 용	기아자동차 본관2층 도장실 자동분무기에서 스파크로 인해 발화하여 도장실 6,000 m ² 연소됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1991.11.27	차량공장	부주의/산업장비	작업실/아세틸렌	7/8	루마니아
내 용	차량공장의 대규모 폭발, 부속품 납땜 작업 중 아세틸렌가스 누출로 추정				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1993.02.14	OO자동차 (경기)	부주의/용접절단기	도장라인	0/0	한국
내 용	중도부스의 흑도작업 지역에서 용접작업 중 발화하였으나 하론 소화설비 작동으로 30분 만에 진화됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1993.05.19	OO자동차 (부산)	부주의/용접절단기	작업실/아세틸렌	1/1	"

내 용	작업중지 시 용접기의 밸브를 불완전하게 잠금으로써 가스 누설됨. 작업 재개 시 순간적으로 점화되어 폭발함.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1994.02.21	OO자동차	부주의/산업장비	폐유취급시설/유류	1/1	"
내 용	폐유저장고 근처의 이송설비 개선을 위한 배관절단 중 저장고 폭발함.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1994.09.12	OO자동차 (화성)	부주의/산업장비	작업실/ —	1/1	"
내 용	프레스실 금형교체 후 제품불량 발생하여 수리 중에 오조작으로 프레스 작동하여 협착				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1995.01.25	OO자동차 (송탄)	부주의/ —	도장라인	0/0	"
내 용	용접 불티가 건조로 하단의 도료 찌꺼기에 인화되어 발화됨. 1,300여 평의 지붕이 소손되고 부스 내부는 전손됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1995.10.22	OO자동차 (인천)	기계적 요인/용접 절단기	작업실/ —	0/0	한국
내 용	엔진실험실의 증축공사 중 용접불티로 인한 화재				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1996.05.06	OO자동차 (울산)	기계적 요인/—	작업실/ —	0/0	"
내 용	환풍기를 켜는 순간 덕트 내 불꽃이 솟아나 환풍기에서 스파크가 발생하고 미세한 분진 등에 착화되어 발화됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1997.06.05	OO자동차서비스(대구)	기계적 요인/—	보관장소(창고)/ —	0/0	"
내 용	부품창고에서 화재가 발생 되어 600평 창고건물이 전소됨. 경보기 작동으로 화재를 탐지하고 누전으로 추정됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1998.01.05	OO자동차 승용1공장(울산)	기계적 요인/전기 기기용 전선 및 코드	의장공장/ —	0/0	"
내 용	의장보전실(매점 내 온장고)에서 전기합선으로 추정되는 화재가 발생하여 승용차 라인이 소실되고 인화성 물질과 강풍으로 인해 진화에 곤란				

사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
1998.01.09	OO자동차공장(울산)	기계적 요인/도장부스	도장라인/도료	0/2	"
내 용	컴퓨터 오류로 인한 도장 분사 위치가 어긋나 정전기발생으로 포터와 그레이스 제조공장의 도장부에서 화재가 발생하여 상부필터를 통해 화염 확산되어 1천여 평 소실됨.				
1998.07.29	OO자동차(인천)	미상/도장부스	도장라인/도료	0/2	"
내 용	자동차 새시를 정전도장 하는 도장라인에서 화재가 발생됨. 가연성 물질로 인한 유독가스로 인해 진화에 곤란.				
2000.03.30	OO자동차3공장(울산)	기계적 요인/히터장치	도장공장/—	0/0	한국
내 용	전착 오븐 내 온도는 180℃~190℃로 오븐 내의 열풍 덕트와 오븐 틈새로 뜨거운 열기가 누출됨으로써 외벽의 함석이 가열되어 석면이 불에 그을린 화재로 추정됨.				
2003.01.04	OO자동차(울산)	기계적 요인/산업용 용광로 및 가마	변속기 열처리로/—	0/0	"
내 용	1차 단조로 성형된 크랭크 샤프트를 소입조에 넣어 열처리(담금질)하는 과정 중에 소입조 내 열처리유의 온도를 온도제어장치(자동)에 의해 60℃로 유지하여야 하나 제어하지 못하고, 그 이상의 온도로 상승하면서 불꽃이 역화됨으로써 주변의 기름찌꺼기 및 전선 등에 착화되어 발화됨.				
2005.06.30	OO자동차(광주)	기계적 요인/펌프	보일러실/—	0/0	"
내 용	오후 9시 20분경 제2공장 서문 측 유류고의 펌프모터에서 화재가 발생하여 소방관 등에 의해 30여분 만에 진화됨. 불은 휘발유 펌프모터의 일부를 태웠으나 119소방대원과 기아차 직원들에 의해 초기에 진화되어 인명피해나 큰 재산피해는 발생하지 않음. 화재가 발생한 지점은 스포티지가 생산되는 제2공장의 완성차 라인 유류고 부근으로 생산라인에서 막 출고된 차량에 휘발유를 주입하는 펌프모터가 설치된 곳으로 화재가 신속히 진화됨으로써 생산라인의 가동에 지장을 초래하지는 않음. 화재는 1층 연료공급 펌프실에서 발생하였으며, 3번 째 휘발유를 공급하는 펌프배관에 설치된 압력게이지가 파열되어 있었으며, 직상부 지붕이 개방되고 모터 직상부 배관에 수열흔이 역삼각형으로 형성된 점과 내부 전기시설은 방폭등이 설치되어 있어 전기적인 스파크는 발생하지 않은 점 등으로 보아 압력게이지가 파열되면서 누설된 유증기가 기계적인 스파크에 의해 발생한 화재로 추정됨.				

사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
2005.07.27	OO 자동차 (광주)	기계적 요인 /콘센트	변전실/ —	0/0	”
내 용	오후 6시 54분경 제2공장 배전반에서 화재가 발생하여 작업장 내부의 패널 등이 불타 소방서 추산 300여 만 원의 재산피해를 남기고 소방차 20여 대의 신속한 진화작업으로 진화됨. 화재원인은 전기과부하로 추정됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
2005.11.20	OO자동차 (광주)	기계적 요인 /도장부스	도장공장/시너	0/0	한국
내 용	도장공장 내 도장상도부스의 로봇존 창문 하부에서 화재가 발생하여 로봇존 창문하부와 도장상도부스 일부가 소실됨. 작업자가 마른걸레로 시너를 사용하여 유리세정작업을 하던 중 정전기스파크로 인해 화재가 발생한 것으로 추정됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
2006.03.27	OO자동차 (울산 도장1 공장)	미상/ 배기덕트	도장라인/—	0/0	”
내 용	오전 7시 40분경 도장부 중도 오븐 에어커튼 출구 배기덕트 공정에서 배기구 쪽으로 불길이 치솟아 도장부 작업현장에서 화재사실을 알림으로써 작업중이던 30여명의 도장부 직원들이 초기 진화를 시도하여 오전 9시 40분경 불길을 잡음. 사고 당시 현장의 화재비상벨, 경보방송 및 일부 CCTV가 작동하지 않았으며, 초기 화재 진화 중에도 가동되고 있던 현장 라인이 있었음.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
2006.11.13	OO자동차 (울산 도장3 공장)	기계적 요인/모터 및 집진기	전기집진기/ —	0/0	”
내 용	집진기 내부 하부의 집진판에서 최초 발화한 것으로 추정되며, 동 지점의 집진판 중앙에 있는 전극봉에 27,000 V의 전압이 통전된 상태에서 집진판에 누적된 타르에 반복적인 스파크가 튀면서 착화되어 덕트방향으로 연소확대된 화재로 추정됨.				
사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
2008.05.19	OO자동차 (울산 엔진연 구2동)	용접, 절단, 연마/ 용접절단기	작업실/우레탄	0/0	”
내 용	저압엔진시험실 2층에서 열교환기 철거 작업 중, 용단 불티가 열교환기 연결통로를 통해 비산되었고 1층에 임시 적재된 폐기물(우레탄폼, 스티로폼 등)에 착화되어 저압시험실동 일부가 소실된 화재임.				

사고일자	상호명	사고원인/관련설비	사고장소/관련물질	사망/부상	비고
2008.09.14	OO자동차 (부평)	용접, 절단, 연마/ 용접절단기	설비저장실/광택 제, 파라핀, 왁스 등	0/0	”
내 용	공사 작업직원이 조립1공장 내 도장부스와 연동되는 컨베이어의 구동부 설치를 위한 철판 절단작업 중 연기가 발생하여 소방서에 신고하고, 공장 내 컨베이어 설치 벽면 및 하부 등의 잔존 왁스슬러지가 연소하면서 도장부스 일부가 소실된 화재임.				
2009.02.27	OO자동차 (경기)	과열, 과부하/ —	보관장소(창고)/—	0/0	”
내 용	자동차엔진 구매검사실 창고에서 발생한 화재로 발화장소 하부에 엔진시험 시 발생하는 배기가스 배출통로가 설치되고 배출가스에서 발생한 열이 상부 창고 내부에 쌓인 먼지 등에 착화된 것이 화재원인으로 추정됨.				
2010.01.02	OO자동차 (울산 도장2 공장 옆)	— /냉각탑	기계실 옥상 냉각탑/ —	0/0	”
내 용	옥상에 설치된 쿨링팬 1, 2호기에서 발생한 화재로 원인조사 결과, 쿨링팬 상부모터와 배관 부분의 심한 소훼가 식별된 점과 모터 부분과 배관 보온용 열선까지 전기가 통전된다고 진술된 점으로 보아 심하게 소훼된 용수배관 보온용 열선에 전기적 요인 중 단락으로 내부 폴리프로필렌 재질에 착화 및 발화된 것으로 추정됨.				

■ 주요 화재사고 사례분석

(화재사례 1) □□자동차 부품창고 화재사고

1. 일반사항

- (1) 사고일시 : 1987년 11월 28일 18시 3분
- (2) 발화위치 : 부품창고 1층
- (3) 화재원인 : 미상

2. 공장 개요

(1) 화재발생 건물 현황

지하 1층, 지상 2층 건물로, 연면적 9500㎡ 이며, 건물구조는 H형강 기둥,

외벽: 콘크리트블록, 칼라쉬트로 이루어졌으며, 지붕은 스틸 트러스 칼라쉬트로 만들어졌다.

(2) 방화구획 : 없음

(3) 소방시설 : 자동화재탐지설비 설치, 옥내소화전 1층 5개소, 2층 2개소

3. 화재상황

부품창고의 중앙부분에서 연기가 나오는 것을 경비원이 발견하고 방재센터에 연락 후 지붕위로 올라가 소화기로 진화를 시도하였다. 창고의 많은 자동차부품은 기름종이 등의 가연물로 싸여있어 쉽게 연소 확대되었고, 화재발생 10여분 후 화염 및 연기가 전체로 확산되어 건물이 붕괴되었다. 이후 창고 건물을 전소시키고 2시간 후 진화가 완료되었다.

4. 문제점

나철골 구조로 화재에 노출 시 강도가 저하되었고, 이로 인해 화재초기에 건물 붕괴되었다. 자동화재탐지설비도 작동하지 않았다.



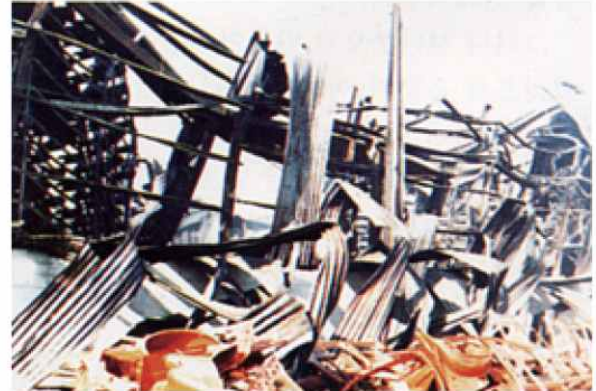
〈발화건물의 외벽〉
기둥은 H형강, 외벽은 콘크리트 블록과 칼라쉬트였으나 철골이 열을 받아 굴곡 변형되는 바람에 벽체가 붕괴되었다.

발화건물의 외벽



〈부품창고전경〉

창고의 모습은 자취를 감추고 오히려 고철 야적장을 연상케 한다.



〈외벽의 파손상태〉

아래의 블록부분은 원형을 보존하고 있으나 윗부분은 철저히 파손되었다.

화재 후 파손 상태

(화재사례 2) ○○자동차공장 내 도장부스

1. 사건개요

(1) 출화일시 : 2006년 1월 06일(금) 12:43 경

(2) 출화장소 : 공장 하도부스 내

(3) 출화 및 화재진압경위

12시 43분경 설비운영자가 오후 생산작업을 위하여 하도로봇의 서브조작반에서 로봇의 노즐을 세정하기 위한 CCV 반자동세정과 Gun Cap 수동세정을 실시한 후 자동운전 상태로 전환하고 상도작업장으로 이동하는 중에 화재를 발견함.

이산화탄소 소화기로 진화를 시도하려 했으나 진압이 불가능하다고 판단하여 전역방출방식 이산화탄소소화설비의 수동기동스위치를 동작시키려고 이동하는 중에 이산화탄소 소화약제가 자동으로 방출되어 화재가 진압됨.

(4) 피해현황

- Gun Cap세정장치의 주변에 설치된 도료, 시너 및 Air 호스가 용단됨
- Gun Cap세정장치가 변형되고 그을림

- 벽체가 강한 열기로 변색되고 그을림
- 천장에 설치된 가연성 필터의 일부가 소손됨

2. 현장조사 및 사고분석

(1) 도장작업장의 개요

○ 작업개요

화재가 발생한 도장설비는 ○○공장 2층에 위치하며 자동차용 플라스틱 범퍼를 전처리한 후 자동로봇으로 도장한다. 당 하도공정은 서로 맞은편에 자동로봇이 2대 설치되어 있고, 1개의 범퍼를 도장한 후에 스프레이건은 Home Position에 위치한 후 다시 작업이 시작된다.

○ 하도도장설비 제원

- 형식 : 천장면 전면 급기 안면하부 Flow Plate식
- 세정 : 습식
- 치수 : 16.0m(L)×4.5m(W)×4.25m(H)(Grating 상 3.25m)
- 제어풍속 : 0.5m/sec, Down Flow 방식
- 환기 : 강제 급·배기
- 구조

부스는 철판구조의 일체형으로 되어 있고, 로봇은 Grating에 설치되고 그 하부는 잉여 도장분을 처리하기 위한 세정수가 흐르고 있으며, 천장부는 부스에 급기를 하고 가연성의 필터가 설치되어 있다. 화재 이전에는 부스의 벽과 Gun Cap세정장치에는 오염방지를 위해 비닐로 덮여 있었으며, 사고 이후에는 제거하였다.

- 소방시설

공기관식 감지기가 교차회로 방식으로 설치되고 2개 회로가 동작할 경우 이산화탄소 소화약제가 자동으로 분사되며, 수동식 이산화탄소 소화기가 설치되어 있다.

○ 최초 목격자의 진술

2006년 1월 06일 12시 43분 경 하도공정에 설치된 도장부스에서 화재가 발생하였다.

- 설비운영자는 이제까지 근무한 경험과 육안검사를 통하여 판단한 결과,

사고당일 RR범퍼의 도장 품질이 좋지 않아 12시 50분부터 시작되는 오후 작업 전에 스프레이건을 세정하고자 하였다. 세정작업은 하도 로봇의 Line Operation Panel에서 서브 조작반 스위치를 ON 위치에 놓고, 서브 조작반으로 이동하여 로봇 세정작업을 순차적으로 “CCV(Color Change Valve) 반자동 세정 1회“, “Gun Cap 수동세정 1회“, “CCV반자동 세정 1회“ 실시하였다.

- 설비운영자는 세정작업을 실시한 후 로봇의 Line Operation Panel에서 서브 조작반 스위치를 OFF 위치에 놓고, 로봇의 자동 운전 버튼을 누르고, 부스 내부를 통하여 상도라인으로 이동하는 중 비닐이 터지는 음색과 유사한 “퍽“ 하는 소리를 듣고, 발화지점인 “Gun Cap 클리닝 장치“로부터 8m 정도 떨어진 위치에서 확인한 결과 RR범퍼용 로봇의 “Gun Cap 클리닝 장치“ 위에서 불꽃의 높이가 30cm정도의 화재가 발생한 것을 목격하고 무전기로 보전팀에 화재발생을 통보하였다.
- 보전팀에 연락한 후 부스 내에 비치된 이산화탄소 소화기로 소화하려고 시도하였으나 소화기의 안전핀이 플라스틱 바인딩으로 묶여 있어 즉시 화재진압을 시도할 수 없었다. 그 이후 바인딩을 끊기 위해 로봇 조작반에 있던 칼을 가지고 와서 바인딩을 끊고 발화지점 전방 6m까지 이동하여 이산화탄소 소화기로 진화를 시도하려 하였으나, 그 사이 화염이 천장까지 급속도로 확대되어 설비운영자는 화재진압이 불가능한 것으로 판단하고 로봇 조작반으로 이동하였다. 설비운영자는 이산화탄소 소화설비를 수동으로 기동스위치를 작동시키려 하였으나 반대편 백업존에 수동기동스위치가 설치되어 있어서 설비를 동작시킬 수 없었다.
- 이 때 이화탄소 소화약제의 방출을 알리는 사이렌이 울리고 이산화탄소가 자동으로 방출되어 화재는 진압되었다.
- 화재가 진압된 후 설비운영자는 보전팀과 함께 도장부스에 들어가서 화재현장을 확인하였다. 도장부스 내에는 시야를 확보할 수 있을 정도로 연기가 체류된 상태였으며 Gun Cap 세정장치 주위에 있는 모든 가연물 (Gun Cap 세정장치에 덮여 있던 비닐, Spray Nozzle에 공급되는 PVC Hose 6set, Gun Cap 세정용 PVC Hose 2set, Gun Cap 세정용 PVC Hose에 Thinner와 Air 공급을 조절하는 Cleaning Valve 1,2차측 PVC Hose 1set)과 도장부스 중 Gun Cap 세정장치에 인접한 벽면과 천장이 소손되었다. 이 때 Gun Cap 세정장치에 Thinner를 공급하는 Cleaning Valve 1차측 PVC Hose에서 Thinner가 계속 공급되고 있었다. 설비운영자는 하도도장로봇 1 제어반 옆에 위치한 Thinner 개폐밸브를 조작하여

Thinner의 공급을 중단시켰다. 그 이후 보안팀이 화재현장에 도착하였고 설비운영자는 Security팀과 함께 화재사고를 조사하였다.

○ 연소확대범위

직원의 진술에 의하면 세정장치에서 발생한 불은 세정장치를 덮고 있는 비닐을 태우고 로봇에 연결된 호스와 Gun Cap 세정장치에 연결된 시너 호스가 열에 의해 녹아 떨어졌다. 자동식 이산화탄소소화설비가 작동되기 까지 불은 계속 확대되어 벽에 설치된 비닐을 따라 천장으로 옮겨갔으며, 천장에 설치된 가연성 필터가 소손되었다.

(2) 사고분석

1) 정전기 발생

정전기는 어떠한 물질이 물리적 접촉 및 분리를 통하여 전하(양전하 또는 음전하)가 축적되는 현상이다. 배관에 비전도성 액체를 통과시키거나 튀기거나 쏟아 붓는 것과 같은 과정을 통해 양전하 및 음전하가 형성될 수 있다. 정전기는 물체 사이의 전자 이동으로 형성되며 전자를 잃으면 양전하가 되고, 반대로 전자를 얻은 쪽은 음전하를 띠게 된다.

화재사고가 발생한 Gun Cap 세정장치에서 CCV 세정이나 Gun Cap 세정을 실시할 때 사용하는 인화성 액체인 세척용 Thinner는 아래 표와 같이 전도도가 낮은 물질이다. 액체의 전도도는 액체가 전하를 발생시키고, 전하를 축적하는 능력을 나타내며, 전도도가 낮을수록 액체가 전하를 발생시키고 보유하는 능력은 더 커진다. 전도성이 높은 액체인 증류수의 전도도는 100,000,000 pico-siemen과 비교하여 보면 세척용 Thinner는 0.01 pico-siemen으로 전도도가 매우 낮은 액체이다. 따라서 Gun Cap 세정작업 시 Thinner를 분무할 때 정전기의 발생 자체를 근본적으로 방지할 수 없다.

분무노즐은 Shear Pin(분무노즐이 피도장 물체와 접촉할 때 로봇의 손상을 방지하는 기능을 가진 부품)을 통하여 로봇 Arm과 연결되어 있다. Shear Pin은 비전도성 물질인 PVC 재질로 분무노즐과 로봇 Arm 사이에 도전경로가 형성되지 않았고, Gun Cap 세정장치 덮개와 세척용 Thinner를 배출하는 금속부품과도 도전경로가 형성되지 않았다. 비전도체 표면인 분무노즐에서 Gun Cap 세정작업 시 많은 양의 전하가 발생한다. 이 때

발생한 전하는 분무노즐, 로봇 Arm, Gun Cap 세정장치 덮개가 도전경로가 형성되지 않았기 때문에 전하가 갇혀 있거나 새어나올 수 없으므로 이 전하는 비이동 또는 “정적” 상태이다. 이 때 전하는 양전하(+)도 음전하(-)도 될 수 있다. 이러한 전하의 “정적” 상태를 정전기 발생이라고 한다.

화재사고가 발생한 도장부스에서 CCV세정과 Gun Cap 세정 시 가연성 액체인 시너를 고압으로 분무할 경우 집전식 정전위측정기로 정전위를 측정한 결과 아래 표와 같이 Gun Cap 세정장치에서 심한 정전기가 발생하였다.

[Gun Cap 세정작업시 정전위 측정결과]

세정작업의 종류	정전위 측정결과
CCV 세정작업 1회	70,000V
Gun Cap 세정작업 1회	4,000V
CCV 세정작업 1회	58,000V
CCV 세정작업 1회	61,000V

2) 인화성 분위기 조성

CCV세정 및 Gun Cap 세정 시 Gun Cap 세정장치 내에 체류하는 인화성 증기/공기의 혼합물이 인화성 분위기가 조성되었는지를 판단하는 것은 세척용 Thinner의 연소범위와 관련이 있다. 연소범위는 일반적으로 NTP 1기압, 25 ℃에서의 공기 중 농도를 표준 값으로 하여 물질안전보건자료에 제시된다. 온도가 높아지면 기체분자의 운동이 증가함으로서 반응성이 활발해 진다. 일반적으로 화학반응은 온도가 10℃ 상승하면 반응속도가 2배로 증가되고 연소범위도 온도상승에 따라 확대되는 경향이 있다.

온도가 높을 때 ; 열의 발열속도 > 방열속도 : 연소범위가 넓어진다.

온도가 낮을 때 ; 열의 발열속도 < 방열속도 : 연소범위가 좁아진다.

Gun Cap 세정작업 시 사용하는 인화성 액체인 세척용 Thinner의 물성은 아래 표와 같으며 연소범위는 1% ~ 13%이다.

[세척용 Thinner의 물성]

구 분	물 성
인화점	26℃
자연발화온도	399℃
폭발한계 (연소범위)	1% ~ 13%
위험물의 분류	제4류(제2석유류)
화재 및 폭발위험	<ul style="list-style-type: none"> · 심각한 화재위험이 있음. · 증기는 공기보다 무거움. · 증기 또는 가스는 원거리의 발화원으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있음 · 증기/공기 혼합물은 폭발성이 있음.

* 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet)

Gun Cap 세정장치에서 화재발생 시 도장부스 내부는 Primer Air Handling Unit에 의해 단면풍속 2.5m/sec 상태에서 온·습도가 제어되고 있었다. 안전 팀 관계자의 진술에 의하면 화재발생 시 도장부스는 온도 25℃, 습도 65%를 유지하고 있었다.

인화성 증기/공기의 혼합물이 화재 당시 Gun Cap 세정장치 내부에 조성되었는지의 판단은 매우 어렵다. 그러나 Gun Cap 세정장치(422mm×352mm×300mm)의 체적은 0.0446m³로 좁은 공간이며 로봇을 제어하는 PLC에서 확인한 결과 CCV 세정시 3.5초(1초, 1초, 1.5초) 동안 Gun Cap 세정 시 Gun 1에서 1초, Gun 2에서 1초 동안 ϕ 6/4 Teflon를 통해 일정 공기압으로 Thinner를 분무한다. 인화성 증기(Thinner)/공기의 혼합물이 연소하한계인 1%에 도달할 수 있는 Thinner의 양은 Gun Cap 세정장치의 체적을 감안할 때 극소량으로 추정할 수 있다.

Gun Cap 세정 시 사용하는 Thinner의 양은 정확하게 조사할 수 없었지만 연소범위(1~13%)내에 도달하는 것으로 판단할 수 있다. 화재발생 시에는 아래 그림과 같이 Gun Cap 세정장치를 비닐로 덮어 둔 상태로 Gun Cap 세정장치 내부가 외부보다 Primer Air Handling Unit에 의해 환기상태가 좋지 않았음을 알 수 있고, 이로 인해 인화성 증기(Thinner)/공기의 혼합물이 연소하한계 이하로 떨어지는 시간이 더 많이 걸릴 것으로 판단할 수 있다.



【Gun Cap 세정장치를 비닐로 쌓아 둔 모습】

3) 착화원

정전기의 발생 그 자체만으로는 화재 또는 폭발 위험이 있다고 할 수 없으나 정전기에 의해 아크가 발생하는 경우 인화성 가스 및 증기가 아크와 접촉하면 발화할 수 있다. 전기 아크는 양·음전하가 방출되거나 갑자기 재결합할 경우 공간을 통하여 높은 온도와 빛을 발하는 전기 방전이다. 아크 온도는 전류, 전위차 및 금속재질 등 환경에 따라 수천℃까지 도달될 수 있다. 표준상태에서 가장 짧은 공간에 아크가 발생하는 경우 전위차는 350V 이상이어야 한다.

아크에 의한 발화가능성은 아크 에너지와 연료의 최소발화에너지에 의존한다. 평판 전극의 간격이 0.01mm인 경우 아크가 발생하는 최소전압은 350V이다. 전극의 간격이 증가함에 따라 아크발생 전압도 증가한다. 예를 들면, 전극의 간격이 1mm인 경우 아크발생 전압은 대략 4500V이다.

아크를 통해 저장 및 방출되는 에너지는 다음 식과 같이 대전체의 정전용량 및 전압과 관련이 있다. 정전 아크 에너지는 보통 millijoule 또는 mJ로 표시한다.

$$E_s = \frac{CV^2}{2}$$

[ES = 에너지(Joule) C = 용량(farad) V = 전압(volt)]

정전기에 의한 화재를 조사할 때 정전기에 의한 아크는 발생했다라도 실제 방출된 아크의 직접적인 물증은 거의 찾을 수 없으며 발화 시 발생한 아크를 이야기하는 목격자의 진술에 의존하는 경우가 많다. 그러나 정전 아크가 발생한 증거로 덮개 안쪽과 Teflon에 아크흔 4개가 존재하였다.

아크흔 4개는 발화 시 동시에 발생한 것인지 화재사고 이전에 발생한 것인지에 관해서는 정확하게 판단할 수 없지만 발화지점인 Gun Cap 세정장치가 발화하기 위한 착화원은 아크흔이 있었기 때문에 정전아크로 추정할 수 있다.

4) 연소확대원인

Gun Cap 세정장치에서 인화성 가스/공기의 혼합물질이 착화되었다 할지라도 연소가 지속되기 위해서는 화재 사면체(Fire Tetrahedron) 즉, 연료, 점화원, 산소, 연쇄반응 중 하나라도 없으면 세척용 Thinner의 불꽃연소가 이루어 질 수 없다. 불꽃연소는 연소속도가 매우 빠르다. Gun Cap 세정장치 내부에서 착화된 후 도장부스 내 공기에 의한 산소 공급이 원활하고 연쇄반응이 순조롭게 이루어져서 Gun Cap 세정장치 주변의 가연물에서 연소가 지속될 수 있다. 발화 당시 Gun Cap 세정장치 주변의 가연물은 Gun Cap 세정장치 내부에 잔류하고 있는 Thinner, 스프레이건과 세정장치 주위에 설치된 PVC Hose, Gun Cap 세정장치를 싸고 있는 비닐 등이 있다.

화재 후 Gun Cap 세정장치 주변의 가연물, 특히 Gun Cap 세정용 Cleaning Valve 1차 측 PVC Hose는 모두 소손되었다. 화재조사 결과 분무노즐에 공급하는 도료/Thinner 공급 PVC Hose는 CCV 2차측이기 때문에 CCV 세정 후 Thinner가 거의 없는 상태이고, Dump PVC Hose에는 Thinner가 소량 잔류하고 있는 것으로 밝혀졌다. 아래 사진은 화재 진압 후 발화장소인 Gun Cap 주변의 가연물 모습이다.



[화재 진압 후 발화장소]

Gun Cap 세정 시 필요한 Thinner/공기 PVC Hose는 Gun Cap 세정 후 Cleaning Valve 1, 2차측에 Thinner가 충전되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 연소가 지속되기 위한 가연물의 공급은 원활하게 이루어졌다고 판단할 수 있다. 아래의 사진과 같이 연소가 도장부스 천장까지 급격하게 확대되기 위해서는 더욱 더 많은 가연물이 공급되어야 한다. 이 때 소손된 Gun Cap 세정용 Cleaning Valve 1차측 PVC Hose를 통하여 Thinner는 화재가 진압될 때까지 계속 공급되어 연소가 급격하게 확대되었다고 판단할 수 있다.



[화재 진압 후 도장부스 벽면 및 도장부스 천장]

(3) 발화원인 규명

정전기에 의한 발화 가능성을 조사할 때에는 정전기의 발생 자체에 대한 물증을 확보할 수 있으나 정전아크의 발생에 대한 물증을 찾기 어려운 경우가 많기 때문에 직접적인 물증보다 추정 가능한 증거의 발견 및 분석에 의존한다. 이 때 발화지점이 확실하고 주변에 점화원이 될 만한 열원이 없을 때 정전기에 의한 발화 가능성을 고려하고 이 때 다른 발화원에 의한 발화 가능성은 배제한다.

정전기가 발화원일 수 있다는 가정으로 정전기에 의한 착화가능성을 조사할 때 다음의 5가지 정전아크 발생의 필요조건이 존재하는 지를 확인해야 한다.

- 정전하 발생장치
- 전하를 축적하거나 보유할 수 있는 장치
- 정전기에 의한 충분한 에너지 방전(아크 발생)
- 정전아크에너지보다 최소발화에너지가 작은 인화성 증기/공기의 혼합물

- 인화성 증기/공기의 혼합물이 체류하는 장소와 동일한 장소에서 정전아크의 발생

1) 정전하 발생장치

정전하는 CCV 세정 시 로봇 Arm과 연결되어 있는 분무노즐과 Gun Cap 세정 시 Gun에서 전도도가 낮은 물질인 Thinner가 분무될 때 발생하므로 정전하 발생장치는 존재한다.

2) 전하를 축적하거나 보유할 수 있는 장치

Thinner가 분무될 때 양전하 또는 음전하가 발생하면 정전유도작용에 의하여 반대 극성의 전하가 형성된다. Gun Cap 세정장치에서는 비전도성 물질인 Teflon 및 도전경로가 형성되지 않은 Gun Cap 세정장치 덮개에 반대 극성의 전하가 축적되거나 보유할 수 있다. 따라서 전하를 축적하거나 보유할 수 있는 장치가 존재한다고 판단할 수 있다.

3) 정전기에 의한 에너지의 방전

정전기에 의한 에너지의 방전은 정전아크가 발생하였는지를 판단하여야 한다. 사고분석에서 언급한 바와 같이 정전아크에 의한 흔적은 남아있지 않은 경우가 많기 때문에 직접적인 물증을 찾는 것이 매우 어려운 실정이다. 그러나 이번 사고 조사에서는 사고 후 촬영한 사진을 통하여 Gun Cap 세정장치 덮개에 아크흔 4개가 있었다. 따라서 정전아크가 발생하였다고 판단할 수 있다.

4) 정전아크에너지보다 최소발화에너지가 작은 인화성 증기/공기의 혼합물

CCV 세정 및 Gun Cap 세정에 사용되는 Thinner는 6가지 화학물질의 혼합물로 최소발화에너지는 정확하게 알 수 없다. 6가지 화학물질 중 함유량이 20%인 Acetone의 최소발화에너지는 1.15mJ, 함유량이 20%인 Toluene의 최소발화에너지는 2.5mJ[Fire Protection Handbook, NFPA, 1988]이다. 다른 화학물질의 최소발화에너지는 이 2가지 물질의 최소발화에너지보다 높거나 낮을 수 있다.

그러나 전극의 간격이 1mm인 경우 평판전극에서 아크발생 전압은 4,500V이기 때문에 Gun Cap 세정 시 정전위 측정결과와 같이 CCV 세정 시 이보다 훨씬 더 높은 정전위가 측정되었고 Gun Cap 세정장치 내부에서 착화된 사실을 미루어 볼 때 Thinner 증기/공기 혼합물의 최소발화에너지는

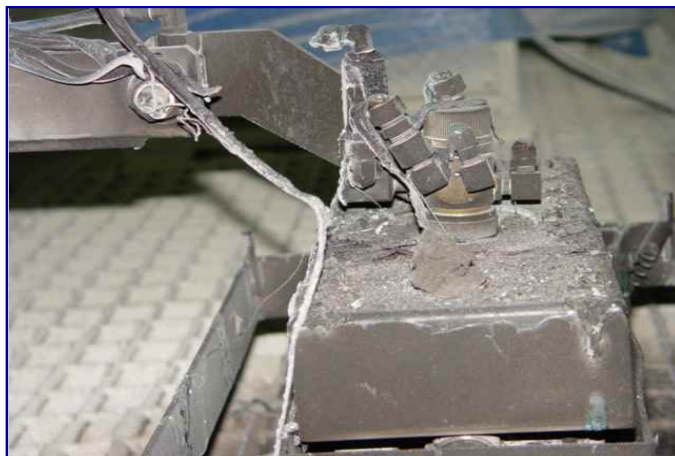
정전아크 에너지보다 적은 것으로 판단할 수 있다.

5) 인화성 증기/공기의 혼합물이 체류하는 장소와 동일한 장소에서 정전아크의 발생

화재 당시 Thinner 증기/공기 혼합물은 비닐로 싸여 있는 Gun Cap 세정장치 내부에 체류하였다는 사실은 객관적으로 부정할 수 없는 사실이고 화재 진압 후 의 발화장소에 아크흔이 남아 있어서 이 필요조건도 존재한다고 추정할 수 있다.

정전기는 분무노즐에서 Thinner를 분무할 때 발생한다는 것은 명백한 사실이다. 또한, 비닐로 싸여 있던 Gun Cap 세정장치 내부에 Thinner 증기/공기 혼합물이 연소범위 내에서 체류한 시간 동안에 정전아크가 발생하였다는 직접적인 물증은 화재 후 사고조사를 통하여 찾을 수 없고 단정할 수 없다.

발화원이 정전기라는 사실을 입증하기 위해서 정전아크 발생의 필요조건 5가지가 존재하는 지를 확인한 결과 모든 조건이 충족되는 것으로 판단된다. 따라서 하도도장부스 로봇1 Gun Cap 세정장치 화재사고의 원인은 정전기에 의한 화재로 추정할 수 있다.



【발화지점인 도장부스 내 Gun Cap 세정장치】

※ 흑백 인쇄로 인하여 잘 보이지 않는 도표는 협회 홈페이지(kfpa.or.kr)에 로그인 후 지식창고 - 발간자료 - 위험관리정보에서 PDF로 확인 가능합니다.

신착자료 목록 (2013. 10월)

등록번호	자료명	언어	저자/잡지명	출판년월
BB045005	2013 내선규정	한글	대한전기협회	201301
BB045006	전기설비기준 해설서	한글	대한전기협회	201301
BB045007	2012 가스사고연감(요약본)	한글	한국가스안전공사	201305
BB045008	재해연보 2012	한글	중앙재해대책본부	201306
BB045009	2013 소방방재 주요통계	한글	소방방재청 재난상황실	201305
BB045010	전기재해통계분석	한글	한국전기안전공사	201307
BB045012	화재와 소화의 과학	일어	中井	201101
BB045013	건축방재	일어	大宮	201203
BB045014	분진폭발화재대책	일어	일본분체공업기술협회	200610
BB045015	초심자를 위한 건물과 화재	일어	일본화재학회	201109
BB045016	사례로 배우는 특이화재 대응과 교훈	일어	竹内	201307
BB045017	화재안전과 건축설계	일어	일본건축학회	200903
BB045018	방폭 전기설비의 기초지식	일어	다나카	201309
BB045019	소방실무핸드북 제 2판	한글	여용주	201111
JJ045603	화재 폭발재해 연소학적 현상해명에 관한 일련의 연구	일어	도시바 리수/화재	201308
JJ045604	스탑 드랍 앤 툴 에대한 검증(제1보)	일어	사토 요시유키/화재	201308
JJ045605	목재 산화열분해시 발생에 관한 연구	일어	카미야 교코 /일본화재학회논문지	201308
JJ045606	일반주택용간이 스프링클러 소화장치 개발에 관한 연구	일어	오 주완 /일본화재학회논문지	201308
JJ045607	스탠드파이프등의 활용 방재 교훈	일어	동경소방청 방재부 /웹스크	201308
JJ045608	IH 조리기구에서 발생한 화재	일어	橋方/웹스크	201308
JJ045609	호텔화재대책검토보고서에 대해	일어	소방청/웹스크	201309
JJ045610	화장대 배선이 결로되어 발화된 화재	일어	지바시 소방국/근대소방	201308
JJ045611	선박가스폭발화재	일어	오사카소방국/근대소방	201309

등록번호	자료명	언어	저자/잡지명	출판년월
JJ045612	건축물 가스배관 실내설치시 신축이음 필요성에 관한 구조해석	한글	김필종/가스안전	201309
JJ045613	용기보관장소 폭발사고에 의한 사고조사 사례	한글	이제관/가스안전	201309
JJ045614	the application of fire risk assessment in building design and management	영어	david charters/Fire Protection Engineering	201307
JJ045615	framework for addressing the national wildland urban interface fire problem	영어	alexander maranghides/Fire Protection Engineering	201307
JJ045616	fire protection inspection, testing and maintenance and buildin fire risk	영어	francisco joglar/Fire Protection Engineering	201307
JJ045617	battery calculation for fire alarm and signaling systems	영어	NEMA/Fire Protection Engineering	201307
JJ045618	supplemental high-rise evacuation	영어	John Ng/APF	201306
JJ045619	charting a new course in sustainable fire protection	영어	Joe ziemba/IFP	201308
JJ045620	improving fire safety in busses and coaches	영어	fredrik rosen /Fire protection	201306
JJ045621	알루미늄 복합패널의 수직화재 확산에 관한 실험적 연구	한글	김봉찬/대한건축학회논문집-구조계	201305
JJ045622	물류창고의 안전	한글	이성룡/위험관리	201309
JJ045623	물류도난 리스크 및 사고 예방체계의 구축	한글	장세형/위험관리	201309
JJ045624	물류창고와 BCM	한글	최영석/위험관리	201309

KFPA 소식

◆ 건물의 재난상황에 대한 다각적인 사전 대비안 열려 - 한국화재보험협회-국립재난안전연구원 MOU 체결 -

한국화재보험협회(이사장 이기영, 이하 KFPA)는 10월 7일(월) 국립재난안전연구원 2층 대회의실에서 국립재난안전연구원(원장 여운광)과 재난대응 역량 강화 및 재난관련 보험 활성화 등 대국민 서비스 지원 확대의 공통목적을 달성하기 위한 MOU를 체결하였다.

이번 MOU는 재해로부터 인명과 재산을 보호하기 위한 정책 및 기술을 연구하는 KFPA와 재난관리분야 기술개발과 정책선진화를 위해 연구하는 재난안전연구원의 상호협력이 필요하다고 의견을 같이 하게 되어 이루어졌다.



MOU 체결을 통해 양 기관은 방재분야 공동 기술연구 수행, 국내·외 대규모 재난 발생 시 공동조사 및 대책 수립, 세미나 학술회의 공동 개최 등 재난안전 및 예방을 위해 적극 협력할 예정이다.

아울러 전국의 대형 특수건물에 설치된 건물관련 상황에 대한 총괄적 DB를 이용하여 실시간으로 화재, 누수, 붕괴 등 재난의 위험성을 평가하는 방안에 대해 연구가 가능해져 건물 위험도가 매우 낮아질 수 있을 것으로 양 기관은 예상하고 있다.

KFPA 이기영 이사장은 MOU 체결식에서 “최근 재난의 대규모화, 비정형화 및 복합화에 따라 과학적 재난 예방을 위해 기술의 융복합화 및 공동연구의 필요성이 높아지고 있는 가운데, KFPA와 재난안전연구원이 MOU를 체결함으로써 국민 실생활에서 진정으로 필요한 재난 대비 기술연구가 더욱 활성화 될 것으로 예상된다” 며, “앞으로 양 기관이 구체적이고 실질적인 협력관계가 지속되기를 바란다” 고 전했다.

판매도서 안내

할인을 안내	협회발간도서	번역발간도서
특별회원 (연회비15만원)	40%	20%
일반회원 (연회비 6만원)	20%	10%

(단위 : 원)

도 서 명	출판년도	보급가	일반회원	특별회원
화재안전점검 매뉴얼 제8판	2011	25,000	22,500	20,000
NFPA 자동식 스프링클러설비 핸드북 (2010판)	2011	200,000	180,000	160,000
NFPA921 화재·폭발 조사 가이드	2009	50,000	45,000	40,000
방재기술자료집Ⅱ	1998	20,000	16,000	12,000
NFPA 가스계소화설비 기준	2008	20,000	18,000	16,000
NFPA 물분무·미분무수설비 기준	2008	16,000	14,400	12,800
NFPA 제연·공조설비 기준	2008	25,000	22,500	20,000
NFPA5000 건축물 구조 및 안전코드	2007	100,000	90,000	80,000
SFPE 방화공학 핸드북 제3판	2005	200,000	180,000	160,000
화재사례 10집	2003	10,000	8,000	6,000

☆ 인터넷 구입

홈페이지 www.kfpa.or.kr

「도서안내」코너에서 주문

☆ 전화 문의

고객서비스팀 TEL 02-3780-0313

FAX 02-3780-0329

☆ 입금 계좌 안내

외 환 은 행 061-13-40679-6

신 한 은 행 100-010-588138

농협중앙회 083-01-254221

국민은행 099-01-0265-494

〈예금주 : 한국화재보험협회〉

