화재· 폭발 리스크의 고찰 방법

1. 머리말

만약, 「화재· 폭발」 사고가 발생하면, 어느 정도의 손실이 발생할 것인가.

기업체의 경우, 인적 또는 물적 손실 등과 같은 직접손실 뿐만 아니라 업무의 중단이나 사회적인 신용의 저하 등과 같은 간접손실도 크게 나타난다.

화재 리스크 그 자체는 오래 전부터 다루어 온 것으로서, 화재 사고를 감소시키고자 하는 많은 노력에도 불구하고 꾸준히 증가하는 추세이다.

화재가 감소하지 않는 이유 가운데 하나로서, 화재· 폭발에 관한 잠재적인 리스크 그 자체와, 이들 리스크의 크기에 대한 무관심을 들 수 있다.

화재· 폭발 리스크에 대한 대책은, 우선 화재· 폭발의 특성을 알고, 피해 예측을 하여야 하며, 그 다음으로 이들 리스크에 대한 방재대책을 강구하여야 한다.

그렇다면, 화재· 폭발 리스크는 어떠한 곳에 잠재하고 있는가. 화재· 폭발에 의한 손실을 예방, 경감하기 위하여서는 어떤 대책이 필요할까.

본 고에서는 보험계약을 통한 실무를 바탕으로, 동경해상이 제안하는 화재· 폭발 리스크의 고찰 방법을 소개하고자 한다.

2. 화재· 폭발에 관한 리스크를 아는 일

동경해상의 화재· 폭발 리스크 기본 고찰 방법인 「MCOPE」의 개요는 다음과 같다.

2.1. 「MCOPE」의 개념

그림 1에서와 같이, 화재· 폭발 방재의 첫번째는 화재· 폭발 리스크의 위험성을 아는 것이다.

동경해상에서는 화재· 폭발 리스크의 기본적인 고찰 방법을 「MCOPE」라는 약자로 나타내고 있다. 이는 화재· 폭발 리스크를 회피하고 손실을 경감하기 위하여 고려해야할 5가지 요소의 머리글자를 딴 것이다.

즉, M은 「Management, 관리 」, C는 「Construction, 건물구조」, O는 「Occupancy, 용도

화재· 폭발 방재 개념

① **화재· 폭발을 아는 일**
- 화재· 폭발의 성상
- 피해 확산 범위
- 발견과 지각

② **취약점을 아는 일**
- 물적 피해 예측
- 업무중단 피해 예측
- 과거의 피해 사례

③ **방재대책의 수립**
- 방재대책 입안
- 훈련· 평가· 의사결정
- 자위소방과 공설소방

【그림1】 화재· 폭발 방재의 개념

작업공정」, P는 「Protection, 방화설비」, E는 「Exposure, 연소위험」을 의미하고 있다. 그림 2의 「집 구조」 예를 참고하여 「MCOPE」의 각 요소에 대하여 살펴보고자 한다.

2.2. M (관리)

M은 집의 기초 부분에 해당하는 것으로서, 집 전체를 지지하고 있다고 생각할 수 있다. 기초가 견고하지 못하면, 아무리 그 위에 건물을 잘 건축한다 해도 사소한 일로 도괴 될 우려가 있다. 즉, M은 「MCOPE」의 근간이라 할 부분으로서 가장 중요한 역할을 담당하고 있다.

구체적으로 말하면, 그 기업에 잠재하는 화재·폭발 리스크에 대한 안전방재의 기반은, 사업장의 톱을 정점으로 하는 관리체제로 보는 것이다. 안전관리 규정의 유무 또는 그 규정이 실제 이행되는 있는지 여부, 또 종업원에 대한 방재교육 실시 상황 등이 중요한 포인트가 된다.

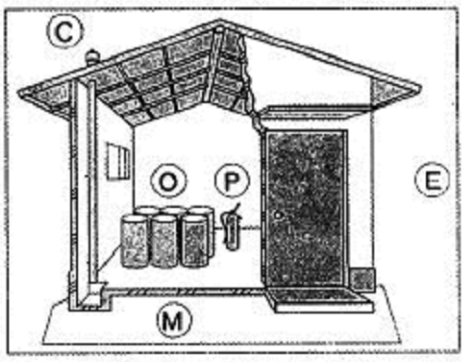
〈포인트〉
① 톱의 방재에 대한 의식과 관심
② 안전방재에 관한 조직과 체계
③ 전 종업원에 대한 교육과 훈련

2.3. C (건물구조)

그림 2에서의 C는, 기둥·보·지붕·바닥·외벽 등과 같은 건물의 주요구조부를 나타내는 것으로서, 이 집이 내화구조인가, 그렇지 않은가에 따라 화재·폭발 리스크는 크게 달라진다.

내장재의 불연성이나 외벽 등의 유지관리 상황도 중요한 착안점 가운데 하나이다. 예를 들면 내장재가 가연재일 경우 화재가 단시간 내에 확대하게 된다. 또, 보다 안전하다고 말하는 내화구조에서도, 그 내화피복이 벗겨지면 본래의 역할을 충분히 할 수 없기 때문에 예측할 수 없는 사고를 유발할 수 있으므로 유의하여야 한다.

〈포인트〉
① 건물구조
② 내장재료
③ 건물의 유지관리



M : Management	관리
C : Construction	건물구조
O : Occupancy	용도·공정
P : Protection	방화설비
E : Exposure	연소위험

【그림2】「집 구조」를 통한 MCOPE의 요소 설명도

2.4. O (용도·작업공정)

O는 건물의 용도나 그 장소에서 이루어지는 작업 내용·설비상황, 원자재 및 제품 등의 보관 상황에 따른 화재·폭발 리스크를 살펴보고자 함이다.

위험물이나 다량의 가연물을 저장·취급하는 방법 및 안전장치의 유무 등이 중요한 포인트가 된다.

그림 2에서의 드럼은, 위험물을 사용한다고 가정한 것이다. 위험물을 사용하는 장소는, 일단 착화하게 되면 그 화세가 대단히 강하며, 또한 위험물 가운데에는 자연발화성 물질이나 수분과의 접촉으로 발화하는 물질 등도 많기 때문에, 위험물의 저장·취급 방법에 따라서는 큰 사고를 일으킬 우려가 있다. 한편, 드럼의 내용물이 다량의 가연

【표1】 안전장치에 채용되는 주요 메카니즘

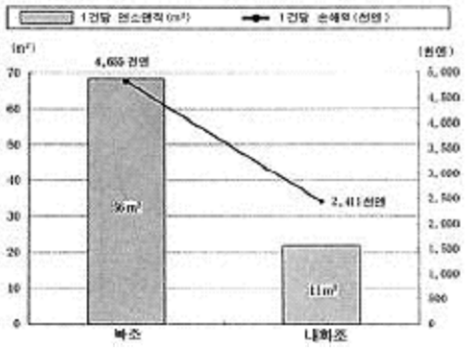
메카니즘	내 용
Fail Safe	- 기계가 고장을 일으켰을 때 그대로 폭주하여 사고나 재해에 이르지 않도록, 장치를 자동적으로 안전한 방향으로 작동시켜주는 기구
Fool Proof	- 충분한 지식이 없는 사람이 오류를 일으키지 않도록 고안된 기구. 예를 들면, 스위치에 커버를 부착하여 잘못 조작하지 않도록 한다거나, 위험한 작업을 하게되면 기계가 정지하도록 고안된 기계

*보일러, 가열로 등과 같은 설비의 안정성을 향상시키기 위하여서는, Fail Safe, Fool Proof 등과 같은 메카니즘을 채용한 안전장치가 필요하다.

물인 경우, 그 자체는 특히 위험한 물질은 아니지만, 일단 착화하면 금새 연소가 확대되므로 연소확대 리스크가 높다.

또한, 저장소 부근에 화원 (직화, 보일러, 전기설비, 소각로 등)이 있으면 리스크는 현저하게 높아진다는 것은 말할 것도 없다. 이러한 리스크를 감소시키기 위하여서도, 화원이 되는 화기의 관리, 안전장치의 설치 (표1 참조) 등과 같은 적절한 안전대책을 강구할 필요가 있다.

〈포인트〉
① 위험물의 저장, 취급 상황
② 가연물의 저장, 취급 상황
③ 안전장치, 국소소화설비 상황



【그림3】 화재발생 건물의 구조별 피해상황
(출전 : 1997년판 일본 소방백서)

2.5. P (방화설비)

P는 건물이나 건물내의 설비 등에서의 화재·폭발에 대한 방호조치로서, 사설소방과 공설소방의 양면을 고려할 수 있다.

그림 2에서의 소화기는 사설 소화설비를 상징한다. 사설소방의 포인트가 되는 것은 소화기뿐만 아니라, 조기에 화재를 감지하기 위한 자동화재탐지설비나 초기소화를 위한 옥내소화전설비, 화재를 자동으로 감지하여 직접 소화하는 스프링클러 설비 등의 설치를 들 수 있다 (표2 참조).

이러한 설비를 유효하게 사용하기 위하여서는 유지관리 (그림4 참조)가 중요한 포인트가 된다는 점은 말할 필요도 없다. 유지관리의 불충분으로 소화설비가 유효하게 사용되지 않아서 대재해가 된 사례는 많다.

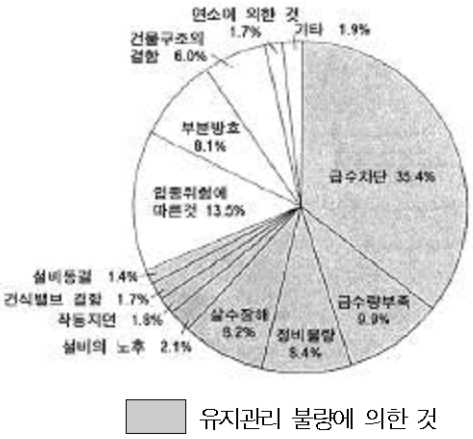
화재가 발생한 경우, 조기에 화재를 감지하여 초기 단계에서 소화한다는 것은 피해를 경감하는 점에서 지극히 중요한 요소이다. 이 점에서 볼 때 스프링클러 설비의 도입은 아주 효과적이라고 말할 수 있다. 또, 공설소방의 소화활동이 신속히 이루어질 수 있도록 주위를 정비하여 두는 것도 필요한 착안점이다.

〈포인트〉
① 사설소방설비의 유효성

【표2】 스프링클러설비 설치 여부에 따른 건물화재 손실 비교 (1981~1990년, 일본)

건물 용도	SPK 설치 여부에 따른 손해액 (S)		손실 경감율 (%)
	설치하지 않은 경우	설치한 경우	
집회장	15,300	5,700	63
교육시설	11,500	2,900	74
의료· 양호시설	2,400	1,000	58
아파트	5,900	2,800	53
호텔	9,500	3,900	59
점포· 사무소	17,400	9.800	43
공장	26,300	12,100	54

② 사설소방설비의 유지관리 상황
③ 공설소방활동의 유효성



【그림4】 스프링클러 설비가 실패한 원인
(1925~1969, 일본)

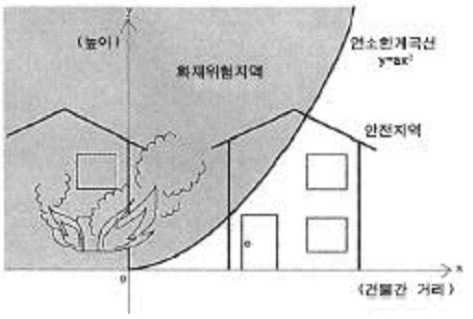
2.6. E (연소위험)

끝으로 E는, 외부에서의 연소위험, 구내의 건물 사이와 건물 내에서의 연소위험에 관한 것으로서, 건물의 레이아웃 및 방화구획의 유무 등이 착안점에 포함된다.

건물의 레이아웃에 관하여서는, 안전상 필요한 건물간의 거리(공지거리라고 함)를 충분히 확보하였는지 여부가 중요하다 (그림5 참조). 출화빈도가 높은 작업장과 화재확대위험이 높은 제품창고 등은, 가능한 한 상호 이격된 장소에 배치하는 것이 리스크 감소에 유리하다.

또, 방화문을 설치한 내화구조의 벽으로 건물내부에 방화구획을 설치함으로써 연소 방지가 가능하며, 이는 화재· 폭발 리스크를 감소시키는 데 대단히 중요한 항목이 된다.

〈포인트〉
① 건물간의 공지거리
② 방화구획의 유효성



【그림5】 연소한계곡선

* 화재시 포물선 위로 연소하고, 높은 건물 쪽이 건물의 열을 받기 쉽다.
실험을 바탕으로 연구한 결과, 목조건물 간의 연소는, 1층은 6m 이내, 2층은 10m 이내 부분이 연소 우려가 있다.

3. 피해의 예측

MCOPE에서는 리스크의 확인에 관한 사항을 살펴보았다. 다음으로 피해의 예측에 대하여 고찰하고자 한다.

재해에 관련된 코스트를 이해하지 않으면 리스크 매니지먼트에서의 리스크 처리가 적정한지의 여부를 판단할 수 없다. 즉, 재해의 크기를 알고, 그에 대처하기 위하여 얼마의 비용이 소요되며, 그 효과가 어떠할 것인가 하는 사이클에서, 리스크의 정량적 평가가 반드시 필요하다.

3.1. 예상최대손실의 고찰 방법

예상최대손실에는 여러 가지 정의가 있으나, 동경해상에서의 고찰 방법은 아래와 같다.

우선, 아래에 열거하는 3종류의 예상최대손실액을 산출하고, 그 가운데 사업장의 상황에 따라 가장 타당성이 높은 값을 최종적인 예상최대손실로 결정하고 있다. 그 3 종류의 예상최대손실을 고찰하는 방법은 다음과 같이 정의한다.

① MFL (Maximum Foreseeable Loss)
화재· 폭발 사고가 발생할 때, 사설소방과 공설소방 모두가 기대하는 만큼가 동하지 않는 경우의 예상최대손실액

② PML (Probable Maximum Loss)
화재· 폭발이 발생할 때, 사설소방은 기대하는 능력만큼 가동하지 않지만, 공설소방은 기대하는 만큼 가동하는 경우의 예상최대손실액

③ NLE (Normal Loss Expectancy)
화재· 폭발 사고가 발생할 때, 사설소방과 공설소방 모두가 기대하는 능력만큼 가동하는 경우의 예상최대손실액

이상의 정의에서, 사설소방의 유효성은 무인 상태에서 95%의 소화 성공률을 나타내는 스프링클러설비의 설치· 관리 상황으로, 공설소방의 유효성은 자동화재탐지설비의 설치· 관리 상황 및 공설소방 능력 등으로 판단하고 있다.

위 3 종류의 예상최대손실액에 관한 대소 관계는 통상 다음과 같다.

$$MFL \geq PML \geq NLE$$

3.2. 예상최대손실의 산출 개요

(1) 손실지역의 선정

① 구내에 복수의 건물이 소재하는 경우, 건물의 구조에 따라 건물 상호간의 연소위험을 평가한다. 「연소되지 않는 공지거리」의 목표는, 대개 10～15m를 표준으로 하지만, 이 값은 아래의 요소에 따라 달라질 수 있다.

- 건물구조와 벽면 개구부의 상황
- 건물의 용도 (건물내 위험물의 유무, 즉 화재하중)
- 건물 높이
- 연결 복도

이와 같이 동일 구내에 소재하는 복수의 건물은 건물 상호간의 연소위험 유무에 의해 여러 개의 그룹으로 분할할 수 있다 (이 그룹간에는 연소가 발생하지 않는다고 보며, 이 그룹을 이하 「구획」이라 한다)

② 각 「구획」내에서의 연소위험의 유무는 다시 「방화벽」의 유무에 의해 판단한다. 즉, 방화벽이 있는 경우에는 연소는 저지될 수 있다고 볼 수 있다. 다만, 아래의 상황에 따라 방화벽의 유효성을 판단할 수 있다.

- 방화벽에 설치된 개구부 (방화문, 방화창문, 방화셔터)의 상황
- 방화벽 관통부 (케이블, 덕트, 콘베이어 등)의 상황

③ ①과 ②에 따라, ①에서 구해진 구획이 세분화될 수 있다. 이 세분화된 구획 가운데, 자

산가치와 업무중단에 따른 영향이 가장 큰 구획을 평가의 「타깃 에리어」 즉, 톱 리스크로 한다.

(2) 손실 시나리오의 검토

전술한 타깃 에리어 내에서의 화재· 폭발 사고를 검토한다. 이때, 소손 뿐만 아니라, 소화수에 의한 수손과 연기손에 대해서도 고려한다.

손실 시나리오를 검토할 때에는, 국내외 사고사례 등이 참고된다.

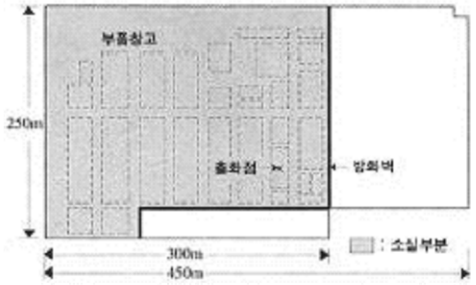
【사례】 자동차 부품창고 화재

화재 개요

1977년 10월 20일, 독일 퀠른시 근교의 자동차 부품창고에서 화재가 발생하였다. 창고의 통로 부근에 적재된 부품과 캔 속의 엔진오일 등에서 출화하였는데, 부품 수납창고가 전소하고, 자위소방대원 3명이 사상한 참사였다.

이 창고에는 스프링클러설비가 설치되었음에도 불구하고 소화에 실패하였다.

【화재건물 평면】



출화 원인

종업원의 담배 또는 성냥불이 종이 부스러기 등에 착화, 부품류에 연소한 것으로 추정하고 있다.

MCOPE 관점에서의 고찰

ㅇ **M (관리)**

- 양측에 엔진오일이 저장되어 있는 통로에, 종업원이 임의로 흡연소를 설치하였다.
- 가연물· 위험물 저장소에서 이격된 장소에 흡연소를 설치하고, 또한 끽연 관리 규정을 작성하여 이를 준수시키기 위한 종업원 교육이 필요하였다.

ㅇ **C (건물구조)**

- 건물의 3m 높이까지는 콘크리트조이고, 그 이상은 철골기둥으로 지지한 금속 패널 외벽의 철골조 단층건물이었다. 스프링클러 펌프용 전력 케이블이 철골기둥을 가로질러 설치되어, 출화 후 곧 케이블이 연소하였으며, 전력의 공급이 정지되어 스프링클러 펌프 등을 사용할 수 없게 되었다. 또, 화재가 발생한 후 약 1시간만에 지붕이 붕괴되었다.
- 철골기둥과 보를 내화피복하고, 케이블은 화재위험이 없는 방화구획된 장소를 통하게 하면, 화재에 의한 손실은 경감될 수 있을 것이다.

ㅇ **O (용도· 공정)**

- 부품창고 통로 부근에 플라스틱· 고무 제품 등과 같은 가연물이 방치되고, 관리책임자 등도 명확하지 않았으며, 또한 일시적이지만 위험물질인 엔진오일 캔이 6m 정도의 높이로 적재 되었다.
- 위험물을 저장할 경우에는 관리책임자와 위험물의 종류 및 저장량을 명기하는 게시판을 설치하는 한편, 일정한 장소에 제한적으로 저장할 필요가 있다.

ㅇ **P (방화설비)**

- 이 창고에는 스프링클러설비, 이산화탄소소화설비, 제연설비 등의 방화설비가 설치되었으나, 엔진오일 등을 저장하는데 따른 스프링클러의 살수능력이 충분하지 못했다.

- 일시적이라 해도, 저장물을 변경할 때에는 방화설비를 재검토할 필요가 있다.

ㅇ **E (연소위험)**

- 건물은 부품창고와 상품창고로 구분되어 있었다. 이 화재에서 화원이 된 부품창고는 거의 전소하였으나, 방화벽으로 구획되어 있는 상품창고는 전혀 연소되지 않았다. 이 사고의 결과는 방화벽의 효과에 관한 사례로서 유명하다.
- 방화벽은 화재의 연소 방지에 대단히 유효하다.

4. 화재사례에서 본 MCOPE

대사고로 분류되는 이 화재 사례를 MCOPE의 관점에서 보면, 「E, 연소위험」을 제외한 MCOP 모든 요소에 문제가 있음을 알 수 있다. 여기에서 말할 수 있는 것은, 「MCOPE」 요소 가운데 개선을 요하는 사항이 많이 있는 경우, 일단 화재가 발생하면 각각의 리스크가 상승효과를 일으켜, 대사고로 진전될 가능성이 높다고 하는 점이다.

만약, 사례의 고찰에서와 같은 대책이 실제로 강구되었다면, 그 정도까지의 큰 피해가 나지는 않았을 것으로 본다.

5. 맺는말

지금까지 화재· 폭발 리스크 매니지먼트 가운데, 리스크의 발견과 리스크의 평가를 중심으로 서술하였다. 특히, 화재· 폭발 리스크의 고찰에 MCOPE가 매우 중요한 작용을 한다는 것을 알 수 있었다.

화재· 폭발 리스크에 대한 MCOPE의 관계를 정리하면 다음과 같다.

(1) 「MCOPE」 각각의 요소에 문제가 있으면, 대사고로 진전될 가능성이 높게 된다. 반대로, 「MCOPE」 하나 하나의 요소에 충분한 대책을 강구하여 그 기능을 다 한다면, 화재· 폭발 리스크가 감소되어 대사고에 이를 가능성이 낮아진다고 하는 점이다. 화재· 폭발의 발생을 가능한 한 억제하는 한편, 만일 화재가 발생하여도 그 손실을 적극 경감하기 위하여 「MCOPE」 하나 하나의 관점에서 대책을 강구하는 것이 중요하다.

(2) 「MCOPE」의 요소 가운데 「M, 관리」는 특히 중요한 요소이다. 「MCOPE의 개념」에서도 설명한 바와 같이 「M」은 안전방재의 기본으로서, 기업 및 사업장의 톱이 안전방재를 중시하는 마인드를 갖고 안전에 관련된 조직 등을 원활히 운영하지 않는다면, 그 외의 요소인 「COPE」에 완벽을 기한다 해도 안전한 사업장이 될 수 없다.

(3) 「MCOPE」의 고찰 방법은 어떠한 형태의 기업에 있어서도 활용될 수 있다. 별첨의 「MCOPE 착안사항」을 참조하여 자사의 방재대책에 관한 평가 실시를 권한다. 이 때, 작은 의문점이라도 발견되면, 신속히 대책을 강구하도록 해야 할 것이다. 또, 여기에서 거론된 주된 체크 항목뿐 만 아니라, 각 기업의 개별 사정을 감안한 독자적인 대책을 검토하여 화재· 폭발 리스크의 경감에 도움이 되기를 바란다.

— 防災시스템(1999. 1)
— 발췌: 위험관리센터 과장 이유식

MCOPE 착안사항

구 분	착안사항	주 체 크 항 목
M【관리】	방재에 대한 자세	사업소의 톱이 안전방재를 중시하고 있다
		방재에 대한 의식을 현장에서 느낄 수 있다
	방재에 관한 체제·교육· 훈련 실태	방재관련 위원회가 정기적으로 개최되고, 유효하게 운용되고 있다
		재해발생시의 긴급시의 대응 조직 및 연락망이 있다
		방재교육· 훈련이 전 종업원에 대하여 정기적으로 실시되고 있다
C【건물구조】	건물 구조	건물은 내화구조로 되어있다
	내장재 불연성	건물의 내장이 불연재로 되어있다
	유지관리 상태	건물의 유지관리 상황이 양호하다
O【용도· 공정】	위험물 저장 또는 취급 상황	위험물의 종류· 양· 저장장소· 책임자가 명확하게 되어있다
		저장장소가 잘 정리되어있고, 청소도 잘 되고있다
		위험물의 주위에는 화원이 없다
	다량의 가연물 저장 또는 취급 상황	보관장소가 잘 정리되어있고, 청소도 잘 되고있다
		가연물 주위에는 화원이 없다
		야적되어있는 다량의 가연물이 없다
	용도· 공정에서의 안전장치· 국소 소화설비 설치 유무	용도· 공정 설비에 관한 안전장치가 있다
		국소소화설비가 설치되어 있다
P【방화설비】	사설소화설비 유무	적절한 소화설비가 설치되어 있다
	사설소화설비의 유지관리 상황 및 유효성	유지관리가 양호하고, 유효한 소화활동이 가능한 상태이다
	공설소방대 소화활동 의 신속성 및 장해요인	언제라도 비상전화 등으로 통보될 수 있는 체제로 되어있다
		즉시 출동할 수 있는 공설소방대가 있다
		공설소방대가 사용할 수 있는 충분한 수원이 있고, 소화활동에 장해가 되는 것이 없다
		공설소방대에 대하여, 위험물의 종류· 위치 등과 같은 소화활동에 필요한 정보를 신속히 제공할 수 있다
E【연소위험】	인접건물의 용도 및 종류	다른 건물과의 공지거리가 충분히 확보되어 있다
		방화문 등으로 건물 내부가 구분되어 있다
		방화문의 폐쇄 장해물이 없다