

## 소방기술사 정규반 화재 특강( 제 27 강의 내용 )

: 제 8 장 화재 및 화재 조사

소방기술사 박 성 수, 신 부 환 著

- 문제1) 화재통계
- 문제2) 기상과 화재의 관계
- 문제3) 지하공간의 화재
- 문제4) 지하 공동구 화재
- 문제5) (초, 준초)고층 건축물의 화재
- 문제6) 공동주택(주상복합) 건물 화재
- 문제7) 대형병원의 화재
- 문제8) 호텔 화재
- 문제9) 아트리움(Atrium) 화재
- 문제10) 랙크식 창고의 화재
- 문제11) 반도체 공장 화재
- 문제12) 컴퓨터실 화재
- 문제13) 다중이용업소의 화재
- 문제14) 터널화재
- 문제15) 터널화재의 Back Layering현상
- 문제16) 산림화재
- 문제17) 목조(사찰, 문화재)건축물 화재
- 문제18) 방화(放火)
- 문제19) 원자력발전소 화재
- 문제20) 자동차 도장 공장 화재
- 문제21) 지진화재
- 문제22) 선박화재
- 문제23) 항공기 화재
- 문제24) 공조용 냉각탑(Cooling Tower) 화재
- 문제25) 화재조사 목적 및 범위
- 문제26) 화재패턴(Fire Pattern)
- 문제27) 액체가연물의 연소에 의한 화재패턴(Liquid pattern)
- 문제28) 발화부 추정

## **문제1) 화재통계**

### **1. 최근 화재 통계**

#### (1) 원인별

- ① 전기화재
- ② 담뱃불
- ③ 방화
- ④ 불장난

#### (2) 장소별

- ① 주택화재
- ② 차량화재
- ③ 공장, 창고
- ④ 식당 등

#### (3) 계절별

- ① 겨울
- ② 봄
- ③ 가을
- ④ 여름

### **2. 화재 피해 증가 요인**

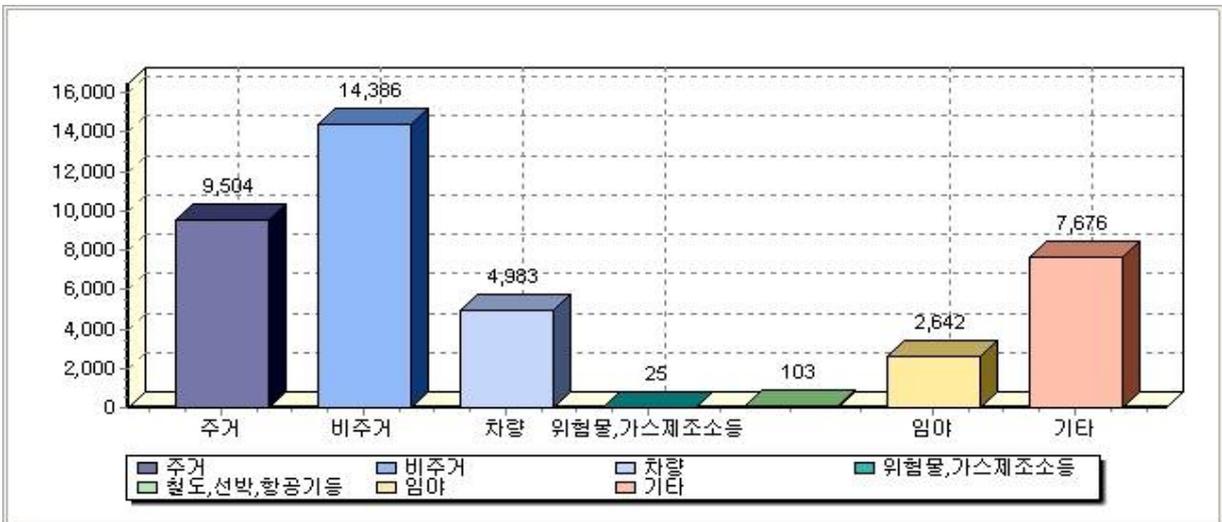
- (1) 고층화, 밀집화, 다양화 : 인구 급증 및 이촌향도(離村向都)에 따른 도시 집중
- (2) 집적 : 좁고 밀폐된 공간에 고가품 및 장비, 기기 집적
- (3) 플라스틱 등 가연성 물질 대량 사용
- (4) 자동화 : 인간의 역할과 감시가 제외된 자동공정 증가
- (5) 대형건물 증가
- (6) 신기술에 의한 생산 방법 도입
- (7) 가볍고 불에 타기 쉬운 재료들을 구조부재 및 내장재로 사용
- (8) 석유류 등의 사용 증가
- (9) 방화에 의한 화재 증가

### 3. 2012년 전국 화재발생현황

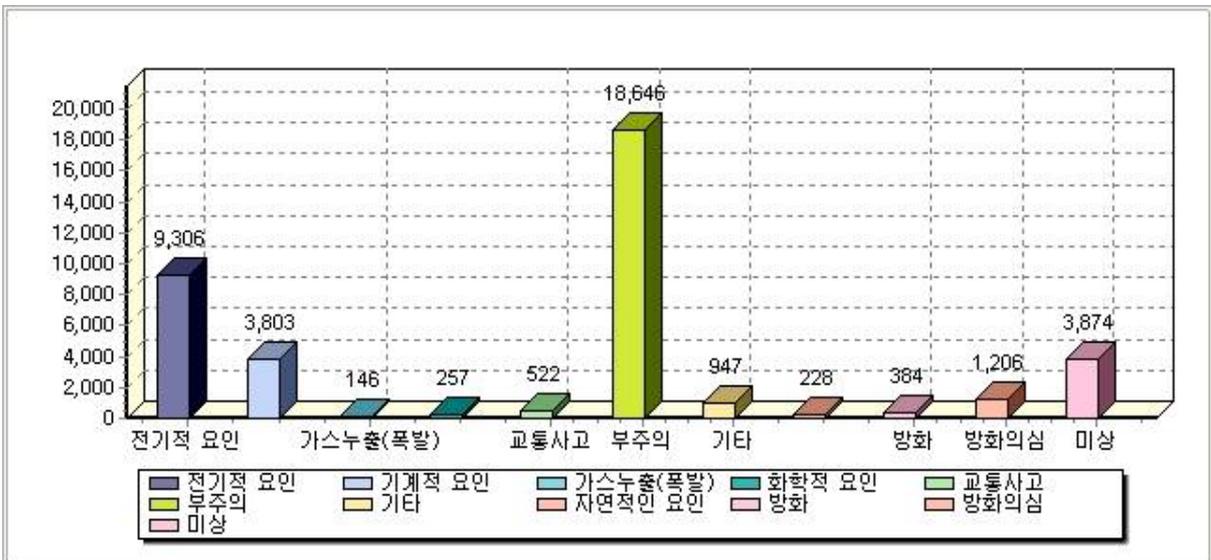
#### (1) 총괄



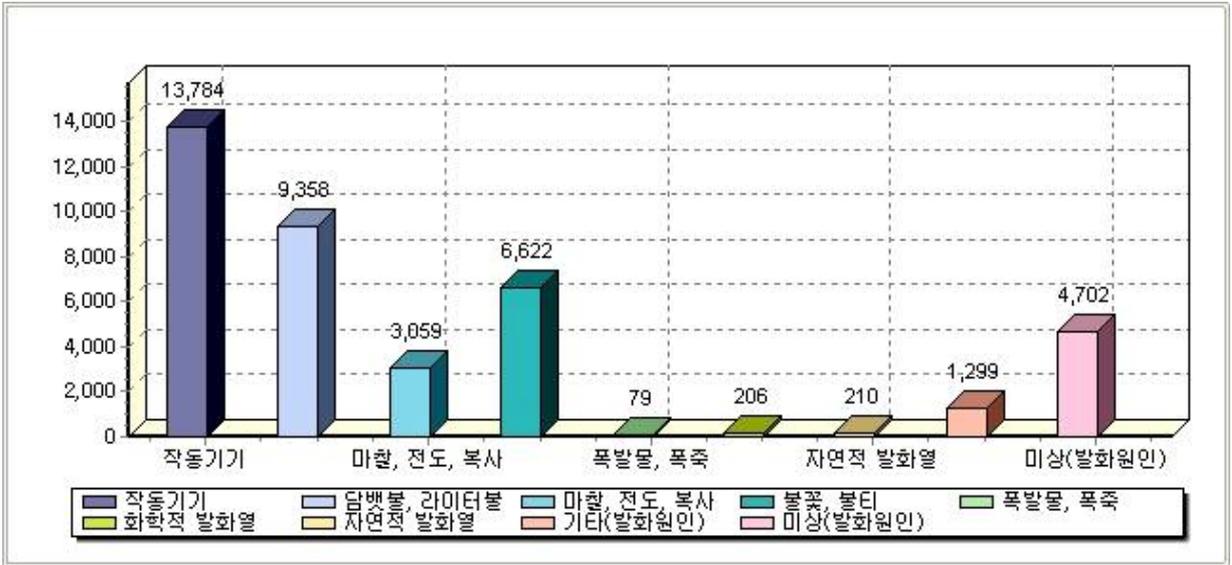
#### (2) 화재장소



#### (3) 발화요인

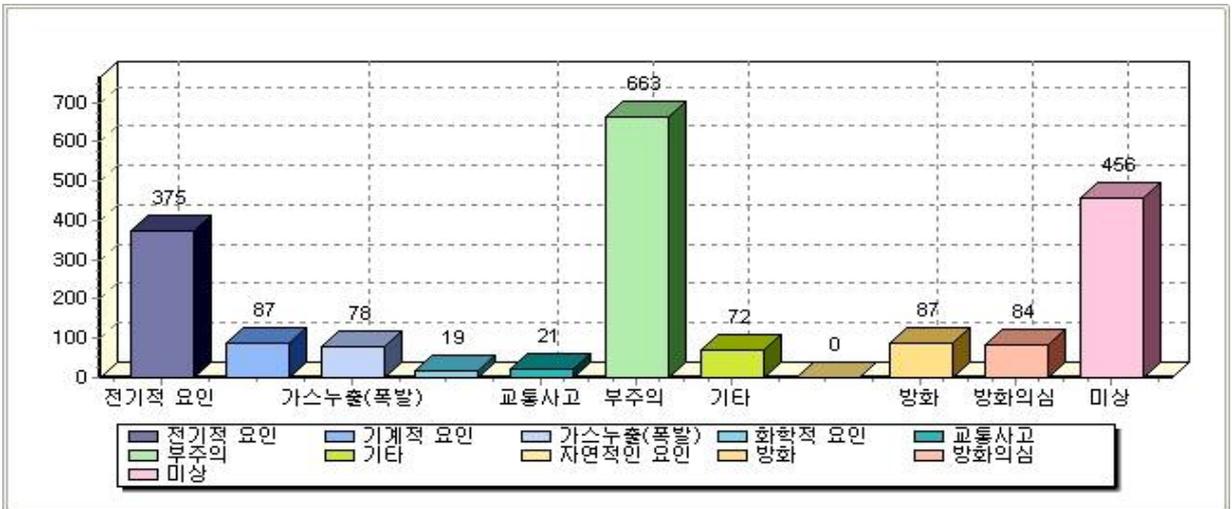


(4) 발화열원

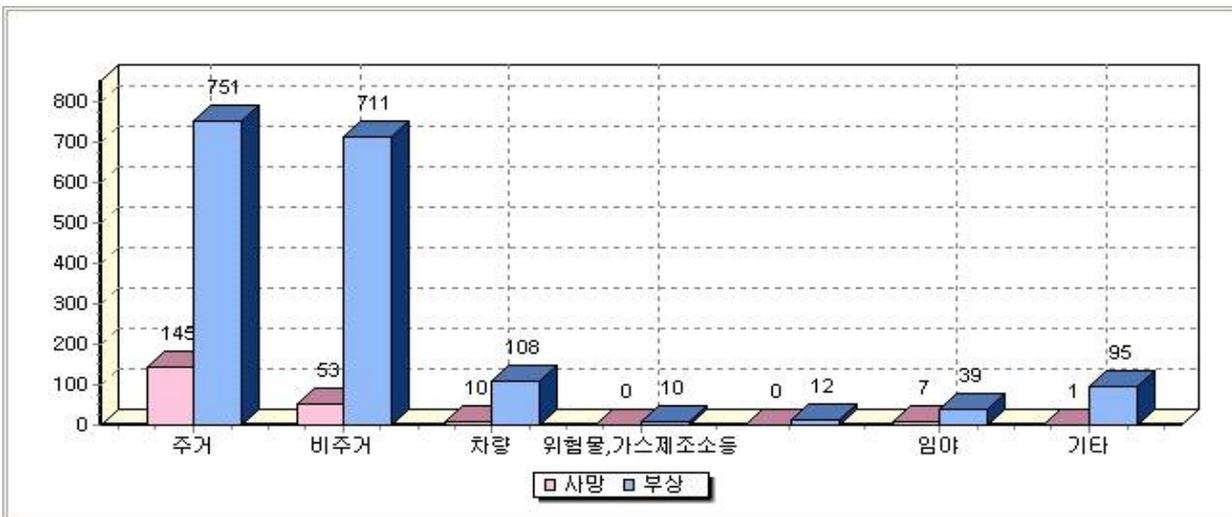


(5) 인명피해현황

① 발화요인별 인명피해(사망, 부상) : 1,940명

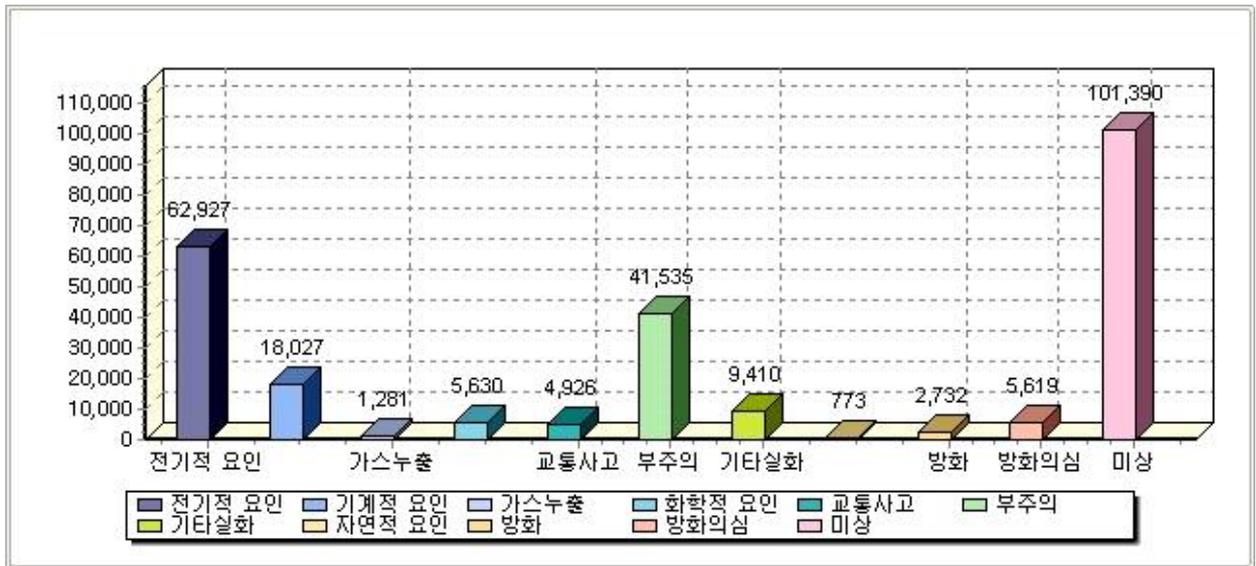


② 장소별 인명피해(사망, 부상) : 1,940명

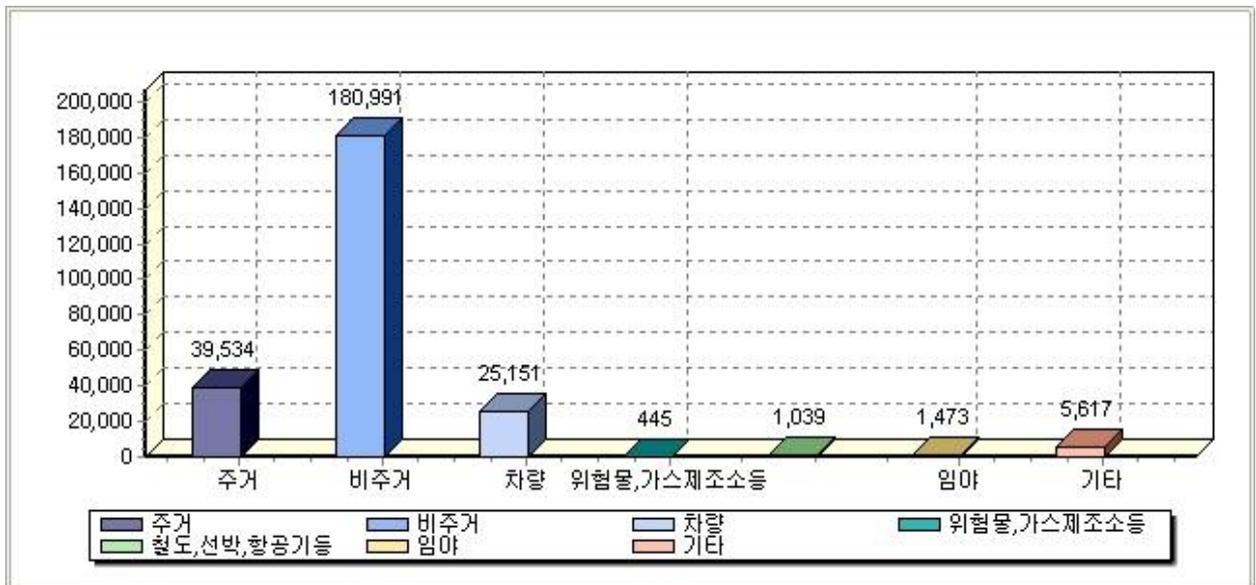


(6) 재산피해현황

① 발화요인별



② 화재장소별



## 문제2) 기상과 화재의 관계

### 1. 개요

- ① 화재는 기상조건 즉, 기온과 습도, 바람을 비롯해서 매우 밀접한 관계로 놓여 있는데 건조한 날에는 화재 발생수가 많고 습한 날에는 화재 발생수가 크게 적은 것은 결국 습도가 낮으면 발화시 연소 촉진이 커지므로 발화되기 쉽기 때문이다
- ② 통계에 의하면 계절 화재 건수가 겨울과 봄이 거의 같은 경향으로 높고 여름과 가을이 또한 거의 같게 적게 나타나고 있다. 이러한 차이는 추운 겨울과 봄철에 대기 습도는 30~40[%]밖에 안 되므로 이때는 공기가 압축되어 공기 속에 산소의 함량이 많아 연소속도 또한 빠르기 때문이다
- ③ 큰 산불로 번지는 것은 역시 바람이 크게 좌우한다. 화재의 발생 자체와는 풍속과 그리 큰 관계가 없다 하겠지만, 그러나 바람이 강한 날에 일단 불이 나면 불티가 광범위하게 퍼질 뿐만 아니라 화재의 연소속도가 극히 빨라지기 때문에 큰 화재로 전개된다

### 2. 습도(濕度)

- ① 출화와 습도와의 관계는 극히 밀접하다. 습도가 30~40[%]로 되면 출화건수가 증가하고, 90~100[%]로 되면 감소한다
- ② 이것은 낮은 습도에는 발화하기 쉽다는 것을 말하며, 이때는 공기가 압축되어 공기 속에 산소의 함량이 많아 연소속도 또한 빠르기 때문이다
- ③ 산불의 경우

습 도	산불의 영향
60[%] 이상	산불은 발생치 않음
40~50[%]	불이 나더라도 확대되지 않음
30~40[%]	급속한 연소 위험성
25[%] 이하	수관화 발생

- ④ 실효습도 : 화재예방의 목적으로 수일 전부터의 상대습도에 경과시간에 따른 가중치를 주어서 산출한 목재 등의 건조도를 나타내는 지수. 이 값은 화재발생가능성 예측이나, 물질 건조도 등의 추정에 이용된다
- ⑤ 실효습도 산출식
 
$$H_e = (1-r)(H_0 + rH_1 + r^2H_2 + r^3H_3 + r^4H_4)$$
 여기서,  $r:0.7$ ,  $H_0$ : 당일의 상대습도,  $H_1$ : 1일전의 상대습도  
 $H_2$ : 2일전의 상대습도,  $H_3$ : 3일전의 상대습도,  $H_4$ : 4일전의 상대습도
- ⑥ 따라서, 목재의 수분함량이 15[%] 이상이면 비교적 고온에 장시간 접촉해도 착화하기 어렵다

### 3. 기온(氣溫)

- ① 연소는 고온시에 활발하고, 저온시에는 활발하지 않다. 그러나 출화는 저온일 때일 수록 많아진다. 이것은 추울 때는 불의 사용이 많아지며, 또 저온시에는 습도가 낮아져 건조한 것도 그 원인의 하나이다
- ② 온도가 높아지면 세메노프의 식으로부터 발화지체시간이 짧아진다. 즉 가연물에 착화원이 잠시 가해지는 경우 낮은 온도에서는 발화하지 않을 수도 있는 경우에도 높은 온도에서는 발화하게 되므로 화재의 위험이 커진다

$$\log T = \frac{52.55E_a}{T} + B \quad (B\text{는 상수})$$

- ③ 연소현상은 화학반응의 하나인데 모든 반응은 그것이 발열반응이든 흡열반응이든, 온도가 높아질수록 그 속도가 빨라진다. 다만, 온도변화에 따른 반응속도의 감도만이 다를 뿐이다.
- ④ 아레니우스는 어떤 반응의 온도 의존성은 다음 식으로 주어짐을 발견하였다

$$V = C \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} = \frac{C}{e^{\frac{E_a}{RT}}}$$

여기서,  $V$ : 반응속도  
 $C$ : 빈도계수(분자간 충돌빈도)  
 $E_a$ : 활성화 에너지 [kcal/mol]  
 $R$ : 기체상수 [cal/mol.k]  
 $T$ : 절대온도 [K]

### 4. 풍속(風速)

- ① 연소와 풍속은 밀접한 관계가 있는데, 바람이 강한 날에는 출화건수는 오히려 적어지고 있다. 누구나 다 불조심하기 때문이라 할 수 있는데, 그러나 일단 출화하면 바람에 의해서 연소나 비화가 일어나서 큰 화재에 이르는 원인이 된다
- ② 산림화재의 경우 풍속은 연소속도를 좌우하고 풍향은 연소방향을 좌우한다
- ③ 액면화재의 경우 바람에 의해서 화염은 경사지게 되고 액면으로의 열전달이 용이해지기 때문에 화염전파속도가 빨라지게 된다
- ④ 고층건물의 경우 바람이 불어오는 쪽에 면한 벽면 내부로의 압력을 받게 되고 개구부의 방향이 풍향과 일치하면 연소는 더욱 맹렬하게 된다

### 5. 기압(氣壓)

- ① 기압배치에 따라서 강한 계절풍이나 편(風炎)현상 등이 발생하며, 이것들은 특히 대화재의 원인이 된다
- ② 편현상은 습윤한 바람이 산맥을 넘을 때 고온건조해지는 현상을 말하는 것으로 강원도 산불화재시 대형화되는 원인의 하나이다

※ 기출문제분석1(화재통계관련)

1. 우리나라 화재 주요원인 중 발생건수가 많은 순서대로 그 내용을 요약하여 기술하시오(51회,20점)
2. 우리나라의 연간 화재피해상황(인명 및 재산)에 대해 설명하시오(57회,10점)
3. 화재는 기상과 밀접한 관계가 있다. 그 중 습도, 기온, 풍량, 풍속에 대하여 각각 설명하시오(57회,20점)

### **문제3) 지하공간의 화재**

#### **1. 개요**

- ① 지하가를 포함한 일반의 지하철, 지하주차장 등을 말하며, 불특정 다수의 사람들을 수용하는 시설을 의미한다
- ② 건물의 고층화, 대형화에 따른 토지 이용의 극대화로 지하심층공간의 필요성이 커짐에 따라 화재 발생 빈도 및 확률 또한 높아지고 있다

#### **2. 공간적 특성 → 축열효과**

##### **(1) 심층 지하 공간**

- ① 지하 공간 화재시 한정된 피난로에 의한 피난의 혼잡 및 피난경로가 장거리로서 체력적인 부담이 크다
- ② 자연 채광이 결여되고 공조설비에 의한 인위적인 급기로 화재 발생시 인간의 생존 환경이 급격히 악화된다
- ③ 소화활동으로 인한 수손피해가 현저히 크다

##### **(2) 무창의 폐쇄된 공간**

- ① 무창의 폐쇄공간으로서 고온의 열기가 축적되어 심각한 구조 손상이 발생하고, 공기 부족에 따른 불완전연소로 농연이 발생한다
- ② 화재 발생으로 인한 정전시 암흑이 되어 재실자가 극도의 패닉상태에 빠진다

##### **(3) 다중이용시설이 많다**

: 불특정 다수가 이용하는 공간으로서 화재 발생시 원활한 피난이 곤란하여 혼란이 가중되고, 많은 인명 피해가 발생한다

#### **3. 연소 특성**

##### **(1) 발화 위험성**

- ① 화기 및 유류, 가스를 사용하는 빈도가 높고 자연 채광 결여로 인공조명 등 전기 설비를 사용하여 화재 발생 확률이 높다
- ② 대형 쇼핑몰, 전자상가, 유흥음식점이 많아 가연물의 분산, 분포성이 높다

##### **(2) 연소 위험성**

- ① 단위 면적당 높은 가연물의 적재 밀도로 화재하중이 크고 공기 부족에 의한 환기 지배형 화재 양상으로 화재지속시간이 길다
- ② 내장재 등 마감재로 고분자 물질을 많이 사용하여 화재시 연소열이 크고, 발생열이 축적되어 화재강도가 크다
- ③ 따라서, 화재지속시간과 화재강도가 커서 화재가혹도가 크다

##### **(3) 연소 확대 위험성**

- ① 대형공간을 활용하기 위해 고정식 방화구획(벽)이 아닌 유동식 방화구획(방화셔터)을 하는 경우가 많아 수평으로의 연소확대 위험이 크다
- ② 공조설비 등 덕트를 통한 수평으로의 연소확대 위험이 크다

- ③ 밀폐공간에 축적된 높은 열기와 연기로 인하여 층간, 수직 관통부별 방화구획이 철저하지 못한 경우 상층으로의 연소확대 위험이 현저히 커진다

#### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

##### (1) 피난상 문제점

- ① 폐쇄, 밀폐공간으로서 화재로 인한 정전시 극심한 피난상의 혼란과 패닉으로 2차 재해 가능성이 크다
- ② 지하 심층부에서 화재시 외부 지원에 의한 피난이 불가능하다
- ③ 불특정 다수인의 이용으로 피난경로가 생소하여 원활한 피난을 기대할 수 없다
- ④ 일시에 많은 사람이 피난 출구로 몰려 피난 출구에서 압사 등 2차 재해 가능성이 크다
- ⑤ 피난자의 피난 방향과 연기의 이동, 확대 경로가 일치하여 질식에 의한 피난의 곤란 및 인명 피해를 가중시킨다

##### (2) 소화활동상 문제점

- ① 축적된 농연과 열기로 소방대의 접근이 곤란하고 거점 확보가 어려워 소화활동이 지연되고 위축된다
- ② 피난자의 피난방향과 소방대의 진입방향이 상충되어 소화활동에 지장을 초래한다
- ③ 소방대의 진입 경로가 길어 체력의 고갈 및 안전상의 문제가 발생한다
- ④ 무창층으로 외부에서 화재 정보를 파악하여 대책을 수립하기가 곤란하다

#### 5. 방재 대책

##### (1) 예방 대책

- ① 유류, 가스, 전기 및 화기 사용을 제한하고, 흡연 관리 철저
- ② 용도별, 점포별 누전 차단기 설치
- ③ 내장재의 불연화, 난연화 및 가연물의 제한

##### (2) 소화 대책

- ① 속도형 스프링클러 헤드를 설치하여 화재 발생시 초기에 감열하여 동작할 수 있도록 한다
- ② 조기 감지형 감지기를 설치하여 초기에 화재를 감지하여 초기에 소화할 수 있도록 한다
- ③ 유독성 가스로 인한 피해방지를 위해 전용의 제연설비를 설치한다
- ④ 천장을 높게 하여 축연량을 많게 하고 상부에 감지기 연동 및 화열에 의해 작동하는 신뢰성 높은 제연설비를 설치한다

##### (3) 피난 대책

- ① 피난경로는 짧고, 단순·명쾌하게 배치하고 양방향 피난로를 확보한다
- ② 지하층에 선큰(Sunken Garden)을 설치하여 외부공간을 통해 직접 지상으로 피난할 수 있도록 한다
- ③ 복도나 계단, 출입구의 폭과 수를 피난 인원수에 맞도록 적정하게 산정한다

- ④ 전층 피난시 발생하는 피난 혼란을 방지하기 위해 비상경보설비 및 비상방송설비를 체계적으로 사전에 계획하여 설치한다
- ⑤ 피난경로를 인도하는 유도등, 유도표지 및 발광의 피난유도선 등을 설치한다
- ⑥ 인간의 심리, 생리를 배려한 피난대책을 수립하고, 평상시 교육, 훈련한다

(4) 방화 대책

- ① 층간, 수직 관통부별 방화구획을 철저히 하여 상층으로의 연소확대를 방지한다
- ② 용도별, 면적별, 층별, 수직 관통부별 방화구획 철저히
- ③ 효과적인 공간구획을 계획하여 화재 및 연기 확대를 소규모로 국한시킨다
- ④ 방화관리시스템의 개선 및 종합방재센터 설치, 운영

## 문제4) 지하 공동구 화재

### 1. 개요

#### (1) 소방법 상의 지하구

: 전력, 통신용 전선이나 가스, 냉난방용 배관 또는 이와 비슷한 것을 집합 수용하기 위하여 설치한 지하 공작물로서

- ① 사람이 점검 또는 보수하기 위하여 출입이 가능한 것으로
- ② 폭 1.8[m], 높이 2[m], 길이 50[m] 이상(전력·통신사업용은 500[m] 이상)인 것
- ③ 급배수관용 제외

#### (2) 도시계획법 상의 지하구

: 지하 매설물(전기, 가스, 수도 등의 공급시설 및 통신시설, 하수도 시설 등)을 공동 수용함으로써 도시의 미관, 도로구조의 보존과 원활한 교통의 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물

### 2. 공간적 특성

#### (1) 지하 밀폐공간

- ① 어둡고 비좁아 진압에 어려움이 있으며, 지상의 지휘본부와 지하의 소방대 간의 통신 곤란으로 화재상황을 파악하기 힘들다
- ② 축열 공간으로 화재시 직접적인 화염 접촉에 의한 연소확대 및 복사열에 의한 자연발화로 인하여 화재가 확대될 우려가 있다

#### (2) 길고 좁은 공간

- ① 화재 진압 후에도 장비와 복구인원의 투입이 용이하지 않아 복구에 시간이 많이 소요된다
- ② 화재 발생시 소방대가 화점에 접근하기가 곤란하여 진압에 많은 시간이 소요된다
- ③ 도심지 도로 밑에 위치하는 경우가 많아 극심한 교통 혼잡을 야기한다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 지하구 내에는 가연성의 케이블이 대량으로 존재한다
- ② 케이블 시설에 의한 원인
  - ㉠ 지락, 단락 고장시 대전류에 의한 발열·발화
  - ㉡ 다회선 포설에 따른 허용전류 저감률 부족으로 온도상승 발화
  - ㉢ 시공 불량 등에 의한 온도상승으로 부분 발열·발화
  - ㉣ 외상,약품,절연체의 열화 등으로 절연파괴에 의한 발화
- ③ 외부 점화원에 의한 원인
  - ㉠ 공사 중 용접 불꽃 등에 의한 발화
  - ㉡ 케이블 주변에서 기름 등의 가연물이나 구축물의 연소에 의한 발화

㉔ 전력 케이블이 접속되어 있는 기기류의 과열에 의한 발화

㉕ 방화(放火)

(2) 연소 위험성

- ① 환기 지배형의 화재 형태로 고온의 열기가 축적되어 축열된 복사열에 의한 자연발화로 연소가 확대될 우려가 크다
- ② 축적된 농연의 연기와 다량의 연소 생성물이 지상으로 배출되어 혼란을 야기한다
- ③ 케이블 외장재인 폴리에틸렌이나 PVC는 연소시 독성가스(HCl, CO<sub>2</sub>, CO 등)를 발생시켜 단시간 동안 흡입하여도 인체에 치명적이다

(3) 연소 확대 위험성

- ① 지하구 내의 주요 가연물인 케이블은 외피가 폴리에틸렌이나 PVC이기 때문에 화재가 발생하면 케이블을 따라 빠르게 연소가 확대된다
- ② 고온의 열기가 축적되어 축열된 복사열에 의한 자연발화로 연소가 확대될 우려가 크다

**4. 소화활동상의 문제점**

- ① 어둡고 비좁아 진압에 어려움이 있으며, 지상의 지휘본부와 지하의 소방대 간의 통신 곤란으로 화재상황을 파악하기 힘들다
- ② 화재 발생시 소방대가 화점에 접근하기가 곤란하여 진압에 많은 시간이 소요된다
- ③ 화재 진압 후에도 장비와 복구인원의 투입이 용이하지 않아 복구에 시간이 많이 소요된다

**5. 방재 대책**

(1) 예방 대책

- ① 케이블의 불연화, 난연화
- ② 케이블 유지관리 철저
- ③ 유지, 보수 작업시 점화원 관리 철저

(2) 소화 대책

- ① 지하구 길이 350[m] 이하마다 3[m] 이상의 살수구역으로 연소방지설비를 설치한다
- ② 전 구간 화재 위치 파악이 가능한 정온식 감지선형 감지기를 설치하여 화재를 조기에 발견할 수 있는 시스템을 구축한다
- ③ 소방관서와 공동구의 통제실 간에 화재 등 소화활동과 관련된 정보를 상시 교환할 수 있는 정보 통신망을 구축한다

(3) 방화 대책

- ① 통로 및 케이블 공간을 내화성능으로 방화구획한다
- ② 일정 구간마다 방화벽을 설치하고 출입문은 방화성능이 있는 문으로 한다
- ③ 종합적인 방화관리시스템을 도입하여 관리한다

※ 기출문제분석2(지하공간화재관련)

1. 지하공간에 대한 방화대책에 있어서 공간계획, 출화방지, 구획, 피난, 연기제어, 소방 및 구조에 대하여 간략하게 기술하시오(76회,25점)
2. 지하시설(지하상가, 지하철, 공동구)의 화재 특성과 문제점 및 소방대책에 대하여 기술하시오(41회,30점)
3. 지하구(지하통신구 및 지하전력구 등 지하공동구)의 화재가 최근 매우 우려되고 있다. 1)지하구를 정의하고 2)지하구에 설치하여야 하는 소방시설 및 3)지하구의 화재 취약성 및 안전대책에 대하여 귀하의 생각 하는 바를 기술하시오(83회,25점)

## 문제5) (초, 준초)고층 건축물의 화재

### 1. 개요

(1) 층수 및 높이에 따른 건축물의 정의(건축법 시행령)

- ① 고층 건축물 : 층수가 30층 이상 또는 높이가 120[m]이상인 건축물
- ② 준초고층 건축물 : 층수가 30층 이상 ~ 49층 이하 또는 높이가 120[m] ~ 200[m]미만인 건축물
- ③ 초고층 건축물 : 층수가 50층 이상 또는 높이가 200[m] 이상인 건축물

(2) 고층 건축물, 준초고층 건축물, 초고층 건축물의 층별·높이별 법적 시설물

- ① 건축법상 특별피난계단 : 11층 이상, 공동주택은 16층 이상
- ② 피난용 승강기 : 고층 건축물 이상(준초고층, 초고층 포함). 단, 공동주택은 제외
- ③ 제연설비 : 11층 이상
- ④ 피난안전구역 : 초고층 건축물에는 30개층 마다 1개소 이상 설치

(3) 토지 이용의 극대화, 사무의 집중화, 조망권의 확보 등으로 고층 또는 초고층 건물이 많이 건설되고 있으며 이로 인하여 화재시 인명 및 재산 피해에 대한 우려도 증가하고 있다

### 2. 공간적 특성 → 연돌효과+축열효과

(1) 고층의 공간

- ① 고층부 화재시 한정된 피난로에 의한 피난의 혼잡 및 피난경로가 장거리로서 체력적인 부담이 크다
- ② 인위적인 급·배기 시스템으로 인한 연기 및 유독가스의 이동, 확산이 빠르다
- ③ 11층 이상 화재시 소방대의 고가사다리차에 의한 구조 및 소화활동이 불가능하다
- ④ 연돌효과로 인해 상층으로 연기의 이동, 확산이 빨라 대량의 인명 피해가 발생할 수 있다

(2) 커튼월에 의한 무창의 폐쇄된 공간

- ① 무창의 폐쇄공간으로서 고온의 열기가 축적되어 심각한 구조 손상이 발생하고, 공기 부족에 따른 불완전 연소로 농연이 발생한다
- ② 발코니를 통한 피난 및 구조, 소화활동이 불가능하다

### 3. 연소 특성

(1) 발화 위험성

- ① 인텔리전트에 의한 사무 자동화, 건물 자동화, 통신 기능 강화는 필수적으로 전기 사용을 증가시켜 전기화재 원인이 된다
- ② 주 용도가 사무실로서 OA기기 및 그 부속품, 서류, 가구, 가연성 내장재 등 가연물이 대량으로 존재한다
- ③ Access Floor 밑의 복잡한 케이블 및 전선류 등에 의한 발화위험 및 연소 확대위

험이 크다

(2) 연소 위험성

- ① 단위 면적당 높은 가연물의 적재 밀도로 화재하중이 크고 공기 공급율이 커서 연소속도가 빠르다
- ② 커튼월 구조 또는 고정의 창으로 밀폐되고 화재하중이 커서 Flash-Over에 의한 전실 화재가 일어날 가능성이 크다

(3) 연소 확대 위험성

- ① 승강기 승강로, 각종 설비의 샤프트 등 수직공간을 통한 연돌효과로 상층으로의 연기의 이동, 확대가 빠르다
- ② 고층부 특유의 빌딩풍에 의해 건물 내부로 연소 확대 우려가 크며, 연기가 피난로에 침투하여 피난에 지장을 초래할 수 있다
- ③ Flash-Over에 의한 전실 화재로 창을 통해 화염과 고온의 연기가 분출하여 상층으로 연소 확대 된다

**4. 피난 및 소화활동상 문제점**

(1) 피난상 문제점

- ① 계단실 등 수직공간의 Draft Effect에 의한 강한 상승기류에 의해 피난문의 개폐장애가 발생할 수 있고, 제연에 지장을 초래할 수 있다
- ② 고층부에서 화재시 장거리 피난에 의한 2차 재해가 발생할 수 있다
- ③ 소방대의 진입 방향과 지상으로 대피하는 피난자의 피난경로가 상층하여 피난에 장애가 발생한다
- ④ 일시에 많은 사람이 피난로로 몰려 피난계단에서의 압사 등 2차 재해 가능성이 크다

(2) 소화활동상 문제점

- ① 소방대의 진입 방향과 지상으로 대피하는 피난자의 피난경로가 상층하여 소방대의 소화활동에 지장을 초래한다
- ② 소방대의 진입 경로가 길어 체력의 고갈 및 안전상의 문제가 발생한다
- ③ 고가 사다리차가 미치지 못하므로 소방대의 진입 및 구조활동 등 소화활동이 어렵다
- ④ 화재층의 낙하물에 의한 소화활동에 장애 초래

**5. 방재 대책**

(1) 예방 대책

- ① 조기 발견 및 초기 소화를 위한 소화시스템 설치
- ② 점화원 관리 철저
- ③ 내장재의 불연화, 난연화 및 가연물의 제한

(2) 소화 대책

- ① 신뢰성 높은 제연시스템을 설치하여 연기로 인한 피해 확대 방지

- ② 신뢰성 높은 감지시스템을 설치하여 조기에 화재를 감지하여 초기에 소화할 수 있도록 한다
- ③ 출화위험이 높은 장소, 출화가 되면 피난에 중대한 영향을 미칠 위험이 있는 장소는 스프링클러설비 등 자동식소화설비 설치

(3) 피난 대책

- ① 피난기구 및 피난 유도 시스템의 철저한 설치 및 관리
- ② Fool Proof와 Fail Safe 개념의 피난대책으로 피난경로를 단순, 명쾌, 다중화 한다
- ③ 피난로 급기가압 제연으로 연기의 유입을 방지한다
- ④ 발코니를 설치하여 양방향 피난로를 확보한다
- ⑤ 복도, 계단, 출입구의 폭과 수를 피난인원에 맞도록 적절히 배치한다
- ⑥ 안전성이 확보된 피난용 승강기를 설치하여 노약자, 재해약자의 피난을 유도한다

(4) 방화 대책

- ① 용도별, 면적별, 층별, 수직관통부별 방화구획을 철저히 하여 상층으로의 연소 확대를 방지하고, 화재를 소규모로 제한한다
- ② 종합적인 방연, 배연 계획으로 열 및 연기의 확대 방지
- ③ 스펠드럴을 길게 하고, 켄틸레버를 설치하여 상층으로의 연소확대를 방지한다
- ④ 방화관리시스템의 개선 및 종합방재센터 설치, 운영

## 문제6) 공동주택(주상복합) 건물 화재

### 1. 개요

- ① 화재통계에서 화재가 가장 많이 일어나는 장소는 주택이며, 전체 건물 화재 사망자의 약 40[%] 이상을 차지하고 있다
- ② 근래에 건설되고 있는 공동주택 및 주상복합 건물은 토지 이용의 극대화과 넓게 트인 조망권의 선호, 녹지 공간 확보 등으로 초고층화 되고 있다
- ③ 첨단 정보통신 서비스, 세대내부의 고급화, 차별화와 맞물려 다양한 종류의 가연물이 사용되어 화재 발생 위험이 더욱 높아지고 있다

### 2. 공간적 특성

#### (1) 구조적 특성

- ① 고층부 특유의 빌딩풍에 의해 건물 내부로 연소 확대 우려가 크며, 연기가 피난로에 침투하여 피난에 지장을 초래할 수 있다
- ② 세대별 구획으로 인접 세대로의 연소 확대 방지에는 유리하나 화재 인식이 늦는 경우 세대에 갇히는 위험이 있다
- ③ 11층 이상 화재시 소방대의 고가사다리차에 의한 구조 및 소화활동이 불가능하다
- ④ 발코니 확장에 따라 양방향 피난이 불가능하며 상층으로의 연소확대 위험이 크다

#### (2) 초고층 주상복합 건물의 커튼월 구조

- ① 무창의 폐쇄공간으로서 고온의 열기가 축적되어 심각한 구조 손상이 발생하고, 공기 부족에 따른 불완전 연소로 농연이 발생한다
- ② 발코니를 통한 피난 및 구조, 소화활동이 불가능하다

#### (3) 상시적인 거주 공간

- ① 화기 사용이 빈번하고 가연물의 분산, 분포성이 높아 화재 발생 빈도가 높고, 화재 확대 위험이 크다
- ② 야간에 화재 발생시 숙면으로 화재 발견이 늦다
- ③ 고령자나 유아 등 재해약자가 거주하는 경우가 많아 피난시 피난 지연에 따른 피해가 크다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 화기 사용이 빈번하여 화재 발생 빈도가 높다
- ② 가연물의 분산, 분포성이 높아 화재 발생 위험이 크다

#### (2) 연소 위험성

- ① 단위 면적당 높은 가연물의 적재 밀도로 화재하중이 크고 공기 공급율이 커서 연소속도가 빠르다
- ② 커튼월 구조 또는 고정 창으로 밀폐되고 화재하중이 커서 Flash-Over에 의한 전

실 화재가 일어날 가능성이 크다

**(3) 연소 확대 위험성**

- ① 고층부 특유의 빌딩풍에 의해 건물 내부로 연소 확대 우려가 크다
- ② 발코니 확장에 의해 켈틸레버가 없어서 상층으로의 연소 확대 위험이 크다
- ③ Flash-Over에 의한 전실 화재로 창을 통해 화염과 고온의 연기가 분출하여 상층으로 연소 확대 된다

**4. 피난 및 소화활동상 문제점**

**(1) 피난상 문제점**

- ① 계단실 등 수직공간의 Draft Effect에 의한 강한 상승기류에 의해 피난문의 개폐장애가 발생할 수 있고, 제연에 지장을 초래할 수 있다
- ② 고층부에서 화재시 장거리 피난에 의한 2차 재해가 발생할 수 있다
- ③ 소방대의 진입 방향과 지상으로 대피하는 피난자의 피난경로가 상충하여 피난에 장애가 발생한다
- ④ 일시에 많은 사람이 피난로로 몰려 피난계단에서의 압사 등 2차 재해 가능성이 크다

**(2) 소화활동상 문제점**

- ① 소방대의 진입 방향과 지상으로 대피하는 피난자의 피난경로가 상충하여 소방대의 소화활동에 지장을 초래한다
- ② 소방대의 진입 경로가 길어 체력의 고갈 및 안전상의 문제가 발생한다
- ③ 고가 사다리차가 미치지 못하므로 소방대의 진입 및 구조활동 등 소화활동이 어렵다
- ④ 화재층의 낙하물에 의한 소화활동의 장애 초래

**5. 방재 대책**

**(1) 예방 대책**

- ① 조기 발견 및 초기 소화를 위한 소화시스템 설치
- ② 점화원 관리 철저
- ③ 내장재의 불연화, 난연화 및 가연물의 제한

**(2) 소화 대책**

- ① 세대별 소화기 및 자동식 소화기 설치
- ② 신뢰성 높은 감지 시스템을 설치하여 조기에 화재를 감지하여 초기에 소화할 수 있도록 한다

**(3) 피난 대책**

- ① 피난기구 및 피난 유도 시스템의 철저한 설치 및 관리
- ② Fool Proof와 Fail Safe 개념의 피난대책으로 피난경로를 단순, 명쾌, 다중화 한다
- ③ 피난로 급기가압 제연으로 연기의 유입을 방지한다
- ④ 발코니를 설치하여 양방향 피난로를 확보한다

- ⑤ 복도, 계단, 출입구의 폭과 수를 피난인원에 맞도록 적절히 배치한다
- ⑥ 안전성이 확보된 피난용 승강기를 설치하여 노약자, 재해약자의 피난을 유도한다
- ⑦ 헬리포터를 설치하여 피난과 소화활동에 이용한다

(3) 방화 대책

- ① 용도별, 면적별, 층별, 수직관통부별 방화구획을 철저히 하여 상층으로의 연소 확대를 방지하고, 화재를 소규모로 제한한다
- ② 종합적인 방연, 배연 계획으로 열 및 연기의 확대 방지
- ③ 스펠드럴을 길게 하고, 캔틸레버를 설치하여 상층으로의 연소확대를 방지한다
- ④ 방화관리시스템의 개선 및 종합방재센터 설치, 운영

## **문제7) 대형병원의 화재**

### **1. 개요**

- ① 의료산업의 발달과 고부가가치의 창출 및 무한 경쟁의 산물로서 첨단 의료장비를 갖추고 있는 대형병원이 늘고 있다
- ② 불특정 다수가 이용하는 병원의 대형화는 화재로 인한 인명 및 재산 피해 방지를 위해 더욱 철저한 방화 대책을 요구한다

### **2. 공간적 특성**

#### **(1) 고층의 공간**

- ① 고층부 화재시 한정된 피난로에 의한 피난의 혼잡 및 피난경로가 장거리로서 체력적인 부담이 크다
- ② 인위적인 급·배기 시스템으로 인한 연기 및 유독가스의 이동, 확산이 빠르다
- ③ 11층 이상 화재시 소방대의 고가사다리차에 의한 구조 및 소화활동이 불가능하다

#### **(2) 불특정 다수인이 출입한다**

: 화재 발생시 피난경로 및 피난시설에 익숙하지 못한 재실자로 인해 피난의 혼잡 및 피해가 가중된다

#### **(3) 재실자가 피난능력이 부족한 환자인 경우가 많다**

### **3. 연소 특성**

#### **(1) 발화 위험성**

- ① 보호자들이 병실 또는 대기실에서 냉·난방기기 등 전기에너지 사용에 따른 화재 발생 위험이 존재한다
- ② 인화성 용제류의 사용이 많아 저장 및 취급 시 위험이 상존한다
- ③ 고가의 각종 의료장비로 인한 과전류, 단락 등 전기화재의 위험이 상존한다

#### **(2) 연소 위험성**

- ① 유독성 약품 및 고압가스(산소, 질소) 등의 취급·사용으로 인한 사고 위험성이 존재한다
- ② 공간이 구획되고 침구류, 커튼류 등 가연물이 많아 화재하중이 커서 Flash-Over에 의한 전실 화재가 일어날 가능성이 크다

#### **(3) 연소 확대 위험성**

- ① 엘리베이터슈트, 전기 및 공조설비의 샤프트 등 수직관통부가 많아 연돌효과에 의한 상층으로의 연소 확대 및 연기 확대가 가속된다
- ② 강제적인 급·배기시스템에 의해 공기의 흐름이 조절되기 때문에 연기와 유독가스의 확산이 급속도로 진행될 가능성이 크다
- ③ 고층부 특유의 강풍에 의해 연기가 복도쪽으로 밀려 피난로를 연기로 오염시키고 동시에 연소 확대 위험이 크다

#### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

##### (1) 피난상 문제점

- ① 계단실 등 수직공간의 Draft Effect에 의한 강한 상승기류에 의해 피난문의 개폐장애가 발생할 수 있고, 제연에 지장을 초래할 수 있다
- ② 고층부에서 화재시 장거리 피난에 의한 2차 재해가 발생할 수 있다
- ③ 재실자가 피난능력이 부족한 환자인 경우가 많다
- ④ 평상시 근무 요원들이 여자인 경우가 많아 피난시 유도 역할에 문제가 다소 있다

##### (2) 소화활동상 문제점

- ① 소방대의 진입 방향과 지상으로 대피하는 피난자의 피난경로가 상충하여 소방대의 소화활동에 지장을 초래한다
- ② 고층부 화재시 고가 사다리차가 미치지 못하므로 소방대의 진입 및 구조활동 등 소화활동이 어렵다
- ③ 화재층의 낙하물에 의한 소화활동의 장애 초래

#### 5. 방재 대책

##### (1) 예방 대책

- ① 일반 고층건물과는 다른 화재특성을 고려하여 설계한다
- ② 환자들의 피난불능 상황을 고려 연소 확산의 최소화를 위해 몇 개의 소구획으로 나눈 완전구획화 설계가 필요하다
- ③ 인화성 용제류 취급주의 및 고압가스의 폭발위험에 대한 평소 관리 및 교육 철저
- ④ 내장재의 불연화, 난연화 및 가연물의 제한

##### (2) 소화 대책

- ① 자동화재탐지설비 및 자동식소화시스템(S/P 등)의 설치 및 유지관리 철저
- ② 알콜류 등의 용제 사용 장소에는 이온화식 연기 감지기 설치
- ③ 고가의 첨단 의료 장비실에는 CO<sub>2</sub> 소화설비 또는 청정소화약제설비를 설치하고 비상시 대피 등에 대한 교육 철저

##### (3) 피난 대책

- ① 불특정다수인의 피난유도를 위해 평소 근무요원들의 피난시 행동에 대한 교육 및 홍보
- ② 수평피난에 의한 수직피난을 고려하여 수평의 안전구획을 계획한다
- ③ 병실에는 발코니를 설치하여 양방향 피난로를 확보한다
- ④ 환자들이 피난시 피난계단 이용의 어려움을 고려하여 비상시를 위한 별도의 승강기를 준비하고 화재시 영향 없이 항상 가동되도록 별도의 전원 시스템으로 설계한다
- ⑤ 특수형 유도등 설치
  - ㉠ 시각장애인을 위한 음성피난유도시스템 설치
  - ㉡ 청각장애인을 위한 시각경보장치 설치

(4) 방화 대책

- ① 용도별, 면적별, 층별, 수직관통부별 방화구획을 철저히 하여 상층으로의 연소 확대를 방지하고, 화재를 소규모로 제한한다
- ② 종합적인 방연, 배연 계획으로 열 및 연기의 확대 방지
- ③ 스펠드럴을 길게 하고, 켄틸레버를 설치하여 상층으로의 연소확대를 방지한다
- ④ 방화관리시스템의 개선 및 종합방재센터 설치, 운영

## 문제8) 호텔 화재

### 1. 개요

- ① 호텔은 불특정다수인이 이용하는 장소로 화재 발생시 이용자나 근무자나 위험한 상황에 빠질 가능성이 매우 큰 장소이다
- ② 경제적 여건이 좋아지고, 여유로운 시간과 여가를 즐기려는 사회적 분위기로 인하여 호텔 이용객들이 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 따른 화재에 대한 방화대책의 중요성이 갈수록 커지고 있다

### 2. 공간적 특성

#### (1) 고층의 공간

- ① 고층부 화재시 한정된 피난로에 의한 피난의 혼잡 및 피난경로가 장거리로서 체력적인 부담이 크다
- ② 인위적인 급·배기 시스템으로 인한 연기 및 유독가스의 이동, 확산이 빠르다
- ③ 11층 이상 화재시 소방대의 고가사다리차에 의한 구조 및 소화활동이 불가능하다
- ④ 연돌효과로 인해 상층으로 연기의 이동, 확산이 빨라 대량의 인명 피해가 발생할 수 있다

#### (2) 축열, 축연 공간이다

- ① 각각의 객실이 방화구획 되고 창문이 불박이인 경우가 많아 화재로 인한 열기가 축적되어 화재강도가 크다
- ② 밀폐 공간으로서의 연기가 축적되어 농연이 발생한다

#### (3) 불특정 다수인이 출입한다

- ① 화재 발생시 피난경로 및 피난시설에 익숙하지 못한 재실자로 인해 피난의 혼잡 및 피해가 가중된다
- ② 주 용도가 숙박시설로서 투숙객이 객실에서 잠든 시간에 화재가 많이 발생하여 초기 대응 및 피난이 곤란하여 피해가 커질 수 있다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 투숙객들의 편리를 위한 전기장치 및 조명 등으로 인해 전기화재 위험이 높다
- ② 가구 및 침구류, 커튼류 등 가연물이 대량으로 존재한다

#### (2) 연소 위험성

- ① 화재 양상이 연료지배형 화재로서 연소속도가 빠르다
- ② 공간이 구획되고 침구류, 커튼류 등 가연물이 많아 화재하중이 커서 Flash-Over에 의한 전실 화재가 일어날 가능성이 크다

#### (3) 연소 확대 위험성

- ① 엘리베이터슈트, 전기 및 공조설비의 샤프트 등 수직관통부가 많아 연돌효과에 의

한 상층으로서의 연소 확대 및 연기 확대가 가속된다

- ② 강제적인 급·배기시스템에 의해 공기의 흐름이 조절되기 때문에 연기와 유독가스의 확산이 급속도로 진행될 가능성이 크다
- ③ 고층부 특유의 강풍에 의해 연기가 복도쪽으로 밀려 피난로를 연기로 오염시키고 동시에 연소 확대 위험이 크다

#### 4. 피난 및 소화활동상의 문제점

##### (1) 피난상 문제점

- ① 투숙객이 잠든 시간에 화재가 많이 발생하여 초기 대응 및 피난이 곤란하여 피해가 커질 수 있다
- ② 계단실 등 수직공간의 Draft Effect에 의한 강한 상승기류에 의해 피난문의 개폐장애가 발생할 수 있고, 제연에 지장을 초래할 수 있다
- ③ 고층부에서 화재시 장거리 피난에 의한 2차 재해가 발생할 수 있다
- ④ 화재발생 확률이 가장 높은 시간대에 근무자가 최소가 되어 투숙객의 원활한 피난을 유도하기 어렵다

##### (2) 소화활동상 문제점

- ① 소방대의 진입 방향과 지상으로 대피하는 피난자의 피난경로가 상충하여 소방대의 소화활동에 지장을 초래한다
- ② 고층부 화재시 고가 사다리차가 미치지 못하므로 소방대의 진입 및 구조활동 등 소화활동이 어렵다
- ④ 화재경보로 인한 투숙객들의 혼잡한 피난에 의하여 소방대의 소화활동에 지장을 초래한다

#### 5. 방재 대책

##### (1) 예방 대책

- ① 조기 발견 및 초기 소화를 위한 소화시스템 설치
- ② 점화원 관리 철저
- ③ 내장재의 불연화, 난연화 및 가연물의 제한

##### (2) 소화 대책

- ① 조기에 화재를 감지할 수 있는 자동화재탐지설비 설치 및 유지관리 철저
- ② 조기 반응형 스프링클러 설치 및 유지관리 철저
- ③ 객실 내부 및 복도에 소화기 설치 및 유지관리 철저  
(취급 및 사용방법 등 상세히 설명)

##### (3) 피난 대책

- ① 불특정다수인의 피난유도를 위해 평소 근무직원들의 피난시 행동에 대한 교육 및 홍보
- ② 자동폐쇄장치를 설치하여 복도를 몇 개의 구획으로 나누어 연기확산을 방지하고 동일 층에서의 단계적 피난을 가능케 한다

- ③ 객실에는 발코니를 설치하여 양방향 피난로를 확보한다
- ④ 객실마다 스피커를 설치하여 비상시 방송 및 피난을 유도한다
- ⑤ 특수형 유도등 설치
  - ㉠ 시각장애인을 위한 음성피난유도시스템 설치
  - ㉡ 청각장애인을 위한 시각경보장치 설치

(4) 방화 대책

- ① 용도별, 면적별, 층별, 수직관통부별 방화구획을 철저히 하여 상층으로의 연소 확대를 방지하고, 화재를 소규모로 제한한다
- ② 종합적인 방연, 배연 계획으로 열 및 연기의 확대 방지
- ③ 스펠드럴을 길게 하고, 켈틸레버를 설치하여 상층으로의 연소확대를 방지한다
- ④ 방화관리시스템의 개선 및 종합방재센터 설치, 운영

※ 기출문제분석3(고층건축물화재관련)

1. 고층건물의 화재에 있어, 인명피해 방지를 위한 시설 및 설비 등을 열거하고 각각에 대하여 논하시오(35회,20점)
2. 고층아파트(16층 이상)의 소화설비, 화재 취약성, 방재대책을 설명하시오(62회,25점)
3. 초고층 건물의 화재시 화재특성, 피난 및 소화활동의 문제점, 방재대책을 기술하시오(83회,25점)
4. 백화점에 대한 방지대책, 피난계획에 대하여 설명하시오(46회,25점)
5. 고지대 밀집 거주지역과 백화점의 화재 특성을 설명하시오(62회,20점)

## 문제9) 아트리움(Atrium) 화재

### 1. 개요

- ① 아트리움이란, 건축물 내부의 층마다 구획된 부분과 달리 여러 층에 미치는 높은 천장을 가진 개방된 공간을 말한다
- ② 아트리움은 효율적인 공간의 활용, 극적인 공간 연출, 자연채광의 도입 등 여러 가지 장점이 있어 향후 더욱 많이 채용될 것으로 예상된다
- ③ 이러한 아트리움은 Large volume space를 일반적으로 지칭하는 것으로서, 큰 공간으로 인해 화재의 국한화(confinement of fire)에 어려움이 있다

### 2. 공간적 특성

#### (1) 높은 수직공간

- ① 높은 수직공간으로 연기가 희석되고 도달시간이 지연되어 기준의 감지기로는 화재를 조기에 감지하기 어렵다
- ② 스프링클러설비에 의한 소화가 곤란하다

#### (2) 각 층의 거실과 개방된 공간

- ① 아트리움 내에서 화재가 발생하는 경우 조기에 발견하여 제연설비 연동에 의해 신속하게 제연을 할 수 있다
- ② 아트리움에 인접한 거실에서 화재가 발생하는 경우에는 연기가 통로 등 개구부를 통해 아트리움으로 유입되기 때문에 시간지연에 의해 피난로를 차단할 우려가 있다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 아트리움 주변의 인접 거실은 보통 음식점, 상점 등인 경우가 많아 화기 사용이 빈번하여 화재 발생 빈도가 높다
- ② 인접 거실은 가연물의 분산, 분포성이 높아 화재 확대 위험성이 크다

#### (2) 연소 위험성

: 환기율이 좋아 연료지배형 화재의 형태를 띠며 화재 성장속도가 빠르다

#### (3) 연소 확대 위험성

- ① 아트리움을 통한 상층으로의 연소확대 및 연기의 확대로 재실자의 피난에 막대한 지장을 초래한다
- ② 아트리움 상부에는 자동 또는 수동으로 개방되는 스모크 해치를 설치하는데 실내외의 온도차로 이루어지는 자연배연으로 여름철에는 효과적인 배연효과를 기대하기 어렵다

### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

#### (1) 피난상 문제점

- ① 화재시 건물 전체에 경보를 발하는 경우 아트리움 내의 재실자와 인접거실의 재실자 가동시에 피난로로 몰려 피난 혼잡이 가중된다
  - ② 일시에 많은 사람이 피난로로 몰려 피난로에서의 압사 등 2차 재해 가능성이 큼
- (2) 소화활동상 문제점
- ① 아트리움에 충전된 연기로 인하여 소방대의 진압, 구조활동에 지장을 초래한다
  - ② 아트리움을 통해 상층으로 연소확대 되는 경우 광범위한 소화활동이 요구된다

## 5. 방재 대책

### (1) 예방 대책

- ① 아트리움 내의 가연물 사용 제한
- ② 아트리움 내의 내장재 및 장식물은 불연화, 난연화

### (2) 소화 대책

- ① 화재를 조기에 감지할 수 있고, 신뢰성이 높은 불꽃감지기와 광전식 분리형 연기감지기를 설치한다
- ② 방수총 시스템(Water Cannon System)을 설치하여 화재를 소화한다
- ③ 스프링클러를 설치하는 경우 아트리움과 인접한 거실 층마다 측벽형 헤드를 설치하여 아트리움과 인접거실 간의 연소확대를 방지한다

### (3) 피난 대책

- ① 아트리움 상부에는 감지기 연동에 의해 자동으로 동작하는 강제배연설비를 설치한다
- ② 경보구역을 합리적으로 세분하여 재실자가 순차적으로 피난할 수 있는 시스템을 구축한다
- ③ 피난통로와 출입구의 폭의 수를 피난인원에 맞도록 적절히 배치한다

### (4) 방화 대책

- ① 아트리움과 인접거실 간은 자동방화셔터 등으로 방화구획한다
- ② 화재시 화염의 거동 및 연기의 이동을 과학적, 공학적으로 해석하고, 시뮬레이션하여 신뢰도를 높여 설계한다
- ③ 종합방재계획서를 작성하여 비상시를 대비한 교육과 훈련을 실시한다

## ※ BOCA(Building Official Conference of American)의 아트리움 방화규정

- ① 아트리움으로 통하는 모든 층에는 자동화재탐지설비와 연동되는 소화설비를 할 것
- ② 3층 이상에서는 아트리움을 경유하는 피난로를 둘 수 없다
- ③ 전 건물에 배연 설비를 하고, 비상동력을 설치할 것
- ④ 600만[ $ft^3$ ]이상의 아트리움에서는 바닥에 배연량의 20[%]에 해당하는 공기를 급기할 것
- ⑤ 천장에 연기감지기를 설치할 것
- ⑥ 아트리움을 향한 개구부에는 수막형 스프링클러를 설치하고, 차연용 경계벽을 설치할 것

※ 기출문제분석4(아트리움화재관련)

1. 층고가 높은 아트리움에 고려되어야 할 방화설비를 설명하시오(45회,20점)
2. Atrium 방호대책 및 최신 방재설비에 대하여 논하시오(53회,15점)
3. 아트리움공간의 방재 특성에 대하여 설명하시오(82회,10점)

## 문제10) 랙크식 창고의 화재

### 1. 개요

- ① 랙크식 창고는 Rack을 입체적으로 배치하여 이송크레인 등을 이용하여 물품을 자동으로 입·출고하는 창고를 말한다
- ② 미국 FM의 화재 통계에 의하면, 창고화재의 비중은 14.2[%]에 불과하지만, 피해액은 전체의 38[%]에 달한다. 특히, 적재하중(연료하중)이 큰 랙크식 창고의 화재는 엄청난 재산피해를 초래할 수 있다

### 2. 공간적 특성

#### (1) 연소되기 쉬운 보관 형태

- ① Rack사이나 크레인의 통로에 공기가 있으며, 수용품의 공기접촉면적이 커서 연소되기 쉽다
- ② 상부로 화염 확산되며, 열에 녹은 수용품이 떨어져 하부로도 확대되기 쉽다

#### (2) 가연물의 집적

- ① 랙크식 창고는 층고가 매우 높아 수용품이 높게 적재되어 있다
- ② 저장공간에 비해 통로공간은 매우 좁다

#### (3) 방화구획이 없는 대공간

- ① Car Crane의 운영을 위해 내부 구획이 이루어지지 않는다
- ② 초기화재진압이 실패하면 전소 가능성이 크다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 화재 건수는 낮으나 재산피해가 크다
- ② 취급위험물의 특성을 모르는 경우가 많아, 혼촉이나 불안정한 보관
- ③ 자동이송장치에서의 불꽃, 전기적 단락, 충격 등에 의한 발화
- ④ 배선, 모터, 램프, 조명, 전열기 등에서의 과열, 단락

#### (2) 연소 위험성

- ① 화재하중이 매우 높고 공기접촉면적이 커서 연소 위험성이 높다
- ② 포장재, 팔레트(Pallets) 등 많은 가연물로 대화재로 진전될 가능성이 크다
- ③ 화열 및 농연의 배출이 어려워 열의 축적에 의한 연소 위험성이 매우 크다

#### (3) 연소 확대 위험성

- ① 대부분 방화구획이 없어 전소 가능성이 크다
- ② 효과적인 소화활동을 하여도 대형화재 가능성이 매우 높다

#### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

##### (1) 피난상 문제점

- ① 다양한 종류의 가연물에 의한 대량의 연기 및 독성 가스 발생
- ② 무창·밀창공간으로 방향감각을 상실, 패닉에 빠질 가능성이 높다

##### (2) 소화활동상 문제점

- ① 연기의 층만으로 발화지점 파악이 곤란하다
- ② 화재확대 규모가 급격하여 연소저지 장소가 광범위하다

#### 5. 방화 대책

##### (1) 예방 대책

- ① 천정, 벽 등의 구조물 불연화
- ② 팔레트(Pallets)은 목재나 불연재 사용하고 플라스틱 사용 금지
- ③ 창고 내 나화 취급 엄금
- ④ 방화관리체제 강화 : 소방계획의 검토와 소화활동 매뉴얼 책정

##### (2) 소화 대책

- ① 공간 및 시설의 형태를 고려한 감지·통보설비의 설치
- ② 조기감지 초기소화를 위한 연기감지기 설치  
(20m이상은 불꽃감지기, 광전식분리형 등 설치)
- ③ ESFR헤드 설치하고 수손대비 바닥에 배수설비 설치
- ④ 천장면에 배연구 설치
- ⑤ 출입구를 창고 후방에도 설치하고, 출입구 주변에 소화전 설치하고 잔화처리

##### (3) 방화 대책

- ① 저장물품의 양과 종류 위험성을 사전파악
- ② 내화성능 내화시간을 기준으로 철저한 내화구조 실현
- ③ 다층 물류센타의 경우 상층 연소 확대 방지대책 수립
- ④ 건물의 폭이 큰 경우 Stock Car Crane의 주행방향으로 방화구획
- ⑤ 베리어(Barrier)설치하고 아래에 페이스 헤드(Face Head)설치

#### ※ 랙크식 창고 화재시 문제점

##### (1) 인력소화가 곤란

- ① 무창구조로 정전시 암흑화
- ② 통로가 협소
- ③ 유효한 제연설비의 설치 곤란
- ④ 나철골의 붕괴 위험성

##### (2) 고 부가가치 상품의 집적에 따른 재산손실

- ① 대량으로 물품을 저장하여 손실이 크다
- ② 방화구획이 불가능하여 전소될 가능성이 높다

##### (3) 외부에서의 주수 불가능

: 방법상, 보관상 개구부가 거의 없어 옥외소화전, 소방펌프차에 의한 주수가 불가능하다

(4) 화재의 조기 발견이 곤란

① 자동화된 창고이므로, 상주인원이 거의 없다

② 고밀도 적재로 창고 감시도 어려우며, 천장이 높아 감지기 응답시간이 길다

(5) Rack 차체의 붕괴

: 랙크는 내화피복이 안된 나철골이 대부분이므로, 화재시 고열로 인해 붕괴될 가능성이 매우 높다

(6) 화원으로의 유효한 주수가 곤란

: 좁은 통로, 적재물품 등으로 인해 화원 접근이 어렵다

※ 기출문제분석5(창고화재관련)

1. 창고 화재의 위험성 및 위험대책에 대해 논하시오(68회,25점)
2. 대규모 랙크식 물류센터의 방재특성, 화재원인 및 대책, 방재시설에 대하여 기술하시오(69회,25점)
3. 물류창고 방화기준 중 저장물품의 적재절차 및 예방대책, 이격거리, 통로 기준에 대하여 설명하시오(86회,25점)

## 문제11) 반도체 공장 화재

### 1. 개요

- ① 반도체 공장은 제품을 생산하는 작업장인 Clean Room, 이러한 제품 생산을 위한 각종 위험물질의 저장소 및 유틸리티 공급시설 등으로 구성되어 있다
- ② 반도체 제조공정은 결정 성장공정, 웨이퍼 제조공정, 칩(집적회로)의 제조공정으로 대별되며 공정상 가연성 액체, 자연발화성 가스, 독성가스 등을 다량 사용한다
- ③ 이러한 반도체 공장은 고가의 장비와 제품을 생산하기 때문에 화재 발생시 재산상 막대한 피해가 우려된다

### 2. 공간적 특성

#### (1) 건물 구조

- ① 소방훈련이 불가능한 Clean Room 구조로 화재시 피난이 곤란한 밀집구조의 형태는 화재시 인명손실 위험이 있다
- ② 제조공정별로 다르나 구역의 높은 청정도는 구획을 요구하고 구획의 재질은 플라스틱 재질을 많이 사용한다.

#### (2) 공정 위험

- ① 공정 중에 사용하는 가연성 액체, 자연발화성 가스, 독성가스 등은 재해시 다른 물질과 반응으로 2차 재해 위험을 가져올 수 있고 피난 및 소화활동에 지장을 초래한다
- ② 기상 성장에 사용되는 실란, 디실란, 게르만 등이 사용되며 실란의 경우 폭발한계는 상온 상압에서 0.8~98[%]로 공기 중에 유출되면 자연발화하고 550[°C]에서 빠른 분해가 일어난다

#### (3) 배기시스템

- ① 반도체 공장에서 배기덕트의 일반적인 재질은 폴리프로필렌(PP)와 염화비닐(PVC)로 이들은 화재시 쉽게 녹아버린다
- ② 또한 반도체 사업장은 제조공정상 여러 종류의 인화성 및 독성물질의 사용하므로 배출덕트의 설치가 필수적이며, 공정배치상 배출덕트는 방화구획을 관통하게 된다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 취급부주의로 인한 누설 착화 위험성
- ② 기기의 불량으로 인한 누설 착화 위험성
- ③ 수리 교환 작업 중 실수로 인한 누설 착화 위험성

#### (2) 연소 위험성

- ① 도핑가스, 에칭가스 등 가연성이면서 부식성 가스 다량 사용
- ② 현상, 세정, 에칭 용도로 제4류 위험물, 제6류 위험물을 사용

③ 기류의 이동이 있어 연소속도가 매우 빠르다

(3) 연소 확대 위험성

: 천장이나 바닥에 설치된 급·배기 덕트는 플라스틱 등 가연성인 경우가 많아 덕트를 통한 연소 확대 위험성이 크다

#### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

(1) 피난상 문제점

- ① 가연성 가스 및 독성가스에 의한 연기 및 독성가스 발생으로 피난 지연
- ② 무창·폐쇄공간으로 방향감각을 상실, 패닉에 빠질 가능성
- ③ 화재로 인한 정전시 자연채광이 결여되어 피난에 지장을 초래한다

(2) 소화활동상 문제점

- ① 밀폐구조로 인한 연기 층만으로 발화지점 파악 곤란
- ② 가연성, 인화성 가스 액체로 화재 확대 규모가 급격
- ③ 층만된 연기로 피난지연자의 수색과 구출이 곤란

#### 5. 방재 대책

(1) 예방 대책

- ① 공정 중에 사용하는 가연성, 부식성 액체의 재고량을 관리한다
- ② 각종 약품, 용제류 등의 취급 주의
- ③ 전기설비, 기기 등의 방폭화
- ④ 교육 등 관리체제의 확립

(2) 소화 대책

- ① 특수형 감지기를 설치하여 화재를 조기에 감지한다
- ② 신뢰성이 높고 비화재보가 없는 공기흡입형 연기감지기를 설치한다
- ③ 공정 중의 가스 누설에 대비하여 가스누설 검지기를 설치한다
- ④ 가연성 액체가 사용되는 부분과 대전력이 사용되는 노(furnace)등의 기계설비를 제외 한 곳에는 스프링클러설비가 가장 효과적이다
- ⑤ 가스배기 덕트, 환기용 후드 및 은폐된 공간 등에는 반드시 스프링클러설비를 설치한다(속독형+특수코팅형 S/P Head )
- ⑥ 클린룸 내부에는 공간이 구획되지 않고 공기가 위에서 아래로 실 전체에 흐르기 때문에 전역방출방식보다는 국소방출방식의 가스소화설비가 효과적이다

(3) 피난 대책

- ① 구획으로 인한 장거리 피난이 되지 않도록 계획한다
- ② 출입문은 화재감지기가 동작하면 자동으로 해제되게 한다
- ③ 비상방송설비를 설치하여 비상시 신속 정확하게 정보를 전달한다

(4) 방화 대책

- ① 방화구획, 방연구획 및 불연화로 화재로 인한 피해 확대방지 또는 경감
- ② 교육 등 관리체제의 확립

## 문제12) 컴퓨터실 화재

### 1. 개요

- ① 현대에는 은행, 병원, 일반 기업 등 모든 분야에 있어서 컴퓨터가 핵심적인 역할을 담당하고 있다
- ② 컴퓨터실에 화재가 발생하면 고가의 장치 손상에 의한 재산 손실도 문제이겠지만, 이보다 더욱 중요한 것은 귀중한 데이터의 손실과 업무 마비현상이다
- ③ 따라서 컴퓨터실 특성을 고려한 종합적인 방재 대책을 계획하는 것이 필요하다

### 2. 공간적 특성

- (1) 창문이 적고 칸막이로 구획된 실내  
: 화재로 인한 열, 연기가 축적되어 피해가 가중된다
- (2) 빠른 환기율  
: 내부의 기류 이동속도가 빠르고 환기율이 높다. 따라서 열이나 연기 감지기를 설치하는 경우 화재 감지가 늦다
- (3) 가액밀도가 높다
  - ① 컴퓨터실에는 고가의 컴퓨터와 주변장치 등이 있어서 가액밀도가 높다
  - ② 화재로 인한 재산 손실이 크다
  - ③ 데이터 손실에 의한 직, 간접적인 피해가 막대하다

### 3. 연소 특성

- (1) 발화 위험성
  - ① 컴퓨터, 주변기기, 향온향습장치 등을 사용하여 전기적인 문제로 인한 화재 위험이 크다
  - ② 이중바닥 하부에 밀집되어 있는 배선이 점화원으로 작용한다
  - ③ 컴퓨터용지, 레코드, 테이프 등 가연물이 많아 화재하중이 높다
- (2) 연소 위험성
  - ① 환기율이 높고 가연물이 많아 연료지배형 화재의 형태로 연소속도가 빠르다
  - ② 화재시 플라스틱함, 회로기판, 배선의 절연성 물질 등의 연소로 유독가스를 포함한 검은 농연이 대량으로 발생되어 진화작업이 곤란하다
  - ③ 컴퓨터실은 밀폐 공간인 경우가 많아 연소열과 연기의 축열, 축연에 의해 화재가 확대가 크다
- (3) 연소 확대 위험성
  - ① 컴퓨터실의 천장이나 바닥에 설치된 급·배기 덕트를 통한 연소 확대 위험성이 매우 크다
  - ② 컴퓨터실에 인접한 장소의 하드웨어와 저장물품 등을 통한 연소 확대 위험이 매우 크다

#### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

##### (1) 피난상 문제점

- ① 화재시 발생하는 유독가스 및 농연으로 피난에 지장을 초래한다
- ② 칸막이로 실내가 구분되어 있어 피난경로가 미로를 형성하여 장거리 피난이 예상된다
- ③ 화재로 인한 정전시 자연채광이 결여되어 피난에 지장을 초래한다

##### (2) 소화활동상 문제점

- ① 창문이 적고 칸막이로 실내가 구분되어 있어 소방대의 소화활동에 지장이 많다
- ② 출입구가 단일동선인 경우가 많아 피난자의 피난 방향과 소방대의 진입 방향이 상충되어 소화활동에 지장을 초래한다
- ③ 고가 장비가 밀집되어 있고, 농연이 발생되어 소화활동에 지장을 초래한다

#### 5. 방재 대책

##### (1) 예방 대책

- ① 전기설비, 기기 등의 방폭화
- ② UPS 설치, 수동 전원차단장치 설치
- ③ 컴퓨터 기기의 과열방지를 위한 냉각장치 설치
- ④ 전력의 적절한 분배로 과부하 방지
- ⑤ 전선, 케이블의 재질은 불연 또는 난연성으로 한다
- ⑥ 컴퓨터 용지, 레코드, 테이프 등은 별도의 실에 보관한다

##### (2) 소화 대책

- ① 특수형 감지기(아날로그식 연기감지기)를 설치
- ② 공기 흡입형 연기감지기를 설치
- ③ 가스계 소화설비를 설치
  - ㉠ 이중바닥 상부는 전역방출방식의 청정소화약제설비를 설치
  - ㉡ 이중바닥 하부는 전역방출방식의 청정소화약제설비 또는 CO<sub>2</sub>소화설비를 설치
- ④ 컴퓨터 및 전기설비 화재시를 위해 CO<sub>2</sub> 또는 할론 소화기를 비치

##### (3) 피난 대책

- ① 구획으로 인한 장거리 피난이 되지 않도록 계획한다
- ② 출입문은 화재 감지기가 동작하면 자동으로 해제되게 한다
- ③ 비상방송설비를 설치하여 비상시 신속 정확하게 정보를 전달한다

##### (4) 방화 대책

- ① 방화구획, 방연구획 및 불연화로 화재로 인한 피해 확대방지 또는 경감
- ② 칸막이는 최소한 1시간 이상 내화도를 갖춘 것으로 하고 컴퓨터 용지, 레코드, 테이프 등의 가연물 저장 장소와 타 용도의 실을 격리하는 벽은 최소한 2시간 이상의 내화성을 갖도록 한다
- ③ 교육 등 관리체제의 확립

※ 기출문제분석6(반도체공장화재관련)

1. 반도체 공장의 Clean Room의 화재특성과 적용할 소화설비(기계, 전기)를 설명하시오(68회,25점)
2. 반도체 제조공정 중에서 Clean Room의 방재대책에 대한 개요, 방재특성, 적응 소방설비에 대하여 기술하시오(69회,25점)
3. 반도체 공장에서의 배기덕트 종류와 방화안전대책에 대해 기술하시오(75회,25점)
4. 반도체 공장의 Clean Room의 방재 특성을 설명하고 가스 감지설비에 대해 기술하시오(49회,25점)
5. 반도체 공장의 방화계획 수립시 고려하여야 할 특징과 방화대책에 대하여 기술하시오(80회,25점)
6. 컴퓨터실의 소방대책에 대하여 기술하시오(41회,20)

## 문제13) 다중이용업소의 화재

### 1. 개요

- ① 다중이용업이란, 불특정 다수인이 이용하는 영업 중 화재 등 재난발생시 생명, 신체, 재산상의 피해가 발생할 우려가 높은 장소로 인명 및 재산피해가 극심하다
- ② 이용자와 영업주들의 안전의식이 결여되어 화재발생 빈도가 높아 일반건물 및 장소보다 강화된 법기준을 적용할 필요가 있다

### 2. 공간적 특성

#### (1) 건물구조의 문제

: 건물구조 상 피난통로 및 비상탈출구가 협소하고 지하층이 대부분이어서 화재시 피난이 어렵다

#### (2) 실내 내장재 및 마감재의 문제

: 실내에 다양한 유형의 가연물과 실내 장식물을 사용하기 때문에 화재시 연소확대가 빠르며 유독가스로 인해 피난에 장애가 크다

#### (3) 소방시설의 문제

: 소방시설을 적법하게 설치한 경우가 많지 않고, 안전의식이 결여되어 유지관리가 부실하다

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

- ① 다량의 가연물과 실내 장식물이 분포하고 전기관련 제품의 사용이 많다
- ② 화기 사용이 빈번하여 화재 발생 빈도가 높다

#### (2) 연소 위험성

- ① 단위 면적당 높은 가연물의 밀도로 화재하중이 크고 연소 위험성이 매우 크다
- ② 이용자들의 비정상적인 상태(만취, 심취, 고성방가 등)인 경우가 많아 비상시 대처가 어렵다

#### (3) 연소 확대 위험성

- ① 지하층 및 무창의 폐쇄공간의 구조가 대부분으로 고온의 열기가 축적되고 연소 확대 위험성이 매우 크다
- ② 환기배출형 화재의 양상을 보이며 고온의 축열효과로 화재가속도가 매우 크다

### 4. 피난 및 소화활동상 문제점

#### (1) 피난상 문제점

- ① 다중이용업소 대부분이 지하층에 위치하고 있어서 피난에 제한을 받는다
- ② 비상탈출구를 잠그는 경우가 많으며 이로 인하여 2방향 피난이 불가능하여 피해가 확대된다

- ③ 실내 내장재 및 마감재의 연소시 농연 및 독성가스로 인해 피난이 어렵고 질식에 의한 피해가 크다
- ④ 불특정 다수가 이용하는 장소로서 건물 내부구조에 익숙지 않아 화재시 원활하게 피난하지 못한다

**(2) 소화활동상 문제점**

- ① 다중이용업소 대부분이 지하층 및 고층에 위치하고 있는 경우가 많아 소화활동에 많은 제한을 받는다
- ② 화재시 다량의 독성가스와 농연으로 소방대의 진입이 곤란하고 소화활동에 많은 제한을 받는다

**5. 방재 대책**

**(1) 예방 대책**

- ① 카페트, 커튼 등 내장재의 불연화 및 난연화, 방염화
- ② 점화원 관리 철저
- ③ 소방시설의 유지관리 및 법적제도 강화
- ④ 화재모델에 의한 방화설계 구축

**(2) 소화 대책**

- ① 조기 화재 발견 및 초기 소화를 위한 감지기 및 간이스프링클러설비 설치
- ② 유효한 제연설비 설치 및 유지관리 철저

**(3) 피난 대책**

- ① 복도나 계단, 출입구의 폭과 수를 피난인원에 맞도록 적정하게 산정
- ② 순차적 피난을 위한 피난유도시스템(비상경보설비, 비상방송설비)을 설치
- ③ 피난기구의 확보, 비상조명등 및 휴대용비상조명등 설치
- ④ 안내표지 유도등 및 유도표지를 명확히 하여 피난시 대처
- ⑤ 양방향 피난이 가능하게 비상구 설치

**(4) 방화 대책**

- ① 용도, 규모, 형태별 방화구획 및 방화문, 방화담퍼 설치
- ② 배관, 케이블, 덕트 등 관통부의 방화 조치 및 연소방지 조치

**6. 다중이용업소의 소방시설 종류**

**(1) 소방시설**

- ① 소화설비 : 소화기 또는 자동확산소화용구, 간이스프링클러설비
- ② 피난설비 : 유도등 및 유도표지, 비상조명등 및 휴대용비상조명등, 피난기구
- ③ 경보설비 : 비상벨설비 또는 비상방송설비, 가스누설경보기

**(2) 방화시설 : 비상구 및 방화문, 자동방화담퍼**

**(3) 그 밖의 시설 : 영상음향차단장치, 누전차단기 및 피난유도선**

※ 기출문제분석7(다중이용시설화재관련)

1. 공연장, 관람장, 여관, 숙박업소, 학교 등 특수장소의 공통점은 무엇인가(54회,10점)
2. 씨랜드 청소년 수련원 화재에 대하여 방재적인 측면에서 잘못 되었다고 판단되는 점을 기술사 입장에서 논하고 사고 예방 조치를 논하라(58회,20점)
3. 다중이용업소의 화재발생시 인적·물적 피해가 매우 심각한 수준이다. 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법에 근거한 대상범위, 화재안전시설(소방시설, 비상구, 방화설비 등) 및 안전기준 특례에 대하여 설명하시오(86회,25점)

## 문제14) 터널화재

### 1. 개요

- ① 차량 및 물류수송량 증대는 도로증설과 장대터널 증가를 가져왔으며 터널 내 사고 가능성을 높이고 있다
- ② 터널 내의 화재는 주로 통과차량, 차량이 보유한 연료와 적재화물, 그리고 터널 내부에 설치된 전선, 케이블 등과 같은 내장시설이 가연물이다
- ③ 과거에는 도로터널 내에서의 화재가 터널 밖에서의 화재보다 많지 않았지만 최근에는 몽블랑 터널화재 등 화재의 빈도와 그로 인한 피해의 규모가 늘어나고 있다

### 2. 터널화재의 특성

#### (1) 공간적 특성

: 제한된 공간으로 인하여 대류와 복사로 화재지점이 1,000[°C] 이상의 고열에 이르게 된다. 피난 및 화재진압의 어려움, 터널구조물에 막대한 손상을 유발할 수 있다

#### (2) 지리적 특성

: 국내는 산악지형이 많아 터널의 시공이 증가하고 장대화 되고 있으며 대부분 산악에 위치하여 도심과는 지리적으로 원거리에 위치한다

#### (3) 구조적 특성

: 터널은 양쪽의 출구로 이어지는 선형구조물로 철도터널의 경우 선로로 구성되어 있어 인면구조와 화재진압을 위한 차량이 현장까지 진입이 어렵다

#### (4) 연소 특성

- ① 축열효과에 의한 높은 온도, 복사열, 낮은 산소농도, 낮은 시계와 함께 유독가스를 다량 방출한다
- ② 고열의 연기, 독성가스가 빠르게 전파하며 트럭의 경우 2~4[m/s], 탱크로리화재의 경우 4~8[m/s]에 이른다
- ③ 화재시 화원의 높은 온도에 의해 역류현상(Backlayering Effect)이 발생하면 정상통기상태가 흐트러지고 기류의 양과 방향이 급변하게 된다
- ④ 화재의 발생지점이 어느 지점이며 운행되는 교통수단이 무엇인가에 따라 화재의 성상과 인명대피, 화재진압 등에서 차이를 보인다

#### (5) 화재시 문제점

- ① 화재 시 연기확산이 매우 빠르고, 질식 우려가 높고 피난에 장애가 발생되기 쉽다
- ② 터널 내부가 어두워서 심리적 공포가 유발된다
- ③ 소방시설의 자동차 매연에 의한 유지관리 불량으로 미동작 우려가 크다
- ④ 차량의 막힘으로 연쇄적인 화재 확대 가능성이 크다
- ⑤ 장대터널의 경우 피난동선이 매우 길어 노약자 등의 피난이 어렵다
- ⑥ 열의 축적으로 인한 터널 붕괴의 위험이 있다

### 3. 터널등급 구분

: 방재시설설치를 위한 터널등급은 터널연장을 기준으로 하는 연장기준등급과 교통량 등 터널의 제반 위험인자를 고려한 위험도지수기등급으로 구분한다

등급	터널연장(L) 기준등급	위험도지수(X) 기준등급
1	$L \geq 3,000m$	$X > 29$
2	$1,000 \leq L < 3,000m$	$19 < X \leq 29$
3	$500 \leq L < 1,000m$	$14 < X \leq 19$
4	$L < 500m$	$X \leq 14$

### 4. 위험도지수 산정기준

- (1) 터널의 위험도는 터널연장, 교통량, 터널의 경사, 통행방식(양방통행, 일방통행), 위험물 수송에 대한 법적 규제, 대형차 혼입율, 정체정도 등을 잠재적인 위험인자로 하여 산정한다
- (2) 각각의 위험인자별 위험도 지수는 터널위험도 평가기준에 제시되어 있다
- (3) 위험도지수 산정시 적용조건
  - ① 교통량 및 터널연장에 대한 고려는 교통량과 터널연장을 곱한 값으로 한다
  - ② 위험물 수송에 대한 법적 규제는 위험물의 터널통과 금지 및 위험물 통과시 관리 지침의 존재여부에 대한 것이다
  - ③ 교통정체 정도는 도로의 특성 및 설계농도에 따라 정한다
- (4) 터널 위험도는 터널위험도 평가기준에 의해 위험인자별 터널조건에 따른 위험도지수를 구하여 총합을 계산하고 6개 항목에 대한 평균값으로 결정한다
- (5) 터널 위험도가 2를 초과하는 경우 방재등급을 1단계 상향 조정한다

위험인자	범위	위험정도	위험도지수
$\frac{\text{일평균교통량}}{1,000} \times \text{터널연장}[km]$	8 미만	매우 낮음	1
	8~16 미만	낮음	2
	16~32 미만	중간	3
	32~64 미만	높음	4
	64 이상	매우 높음	5
경사도	1[%] 미만	낮음	1
	1~3[%] 미만	중간	2
	3[%] 이상	높음	3
	10[%] 미만	낮음	1
대형차 혼입율	10~25[%] 미만	중간	2
	25[%] 이상	높음	3
위험물수송에 대한 법적규제	위험물 통행금지	없음	0
	제한 없음	높음	2
정체정도	서비스수준 C 이상	낮음	1
	서비스수준 D 이상	중간	2
	서비스수준 E 이상	높음	3
통행방식	일방통행	낮음	1
	양방통행	높음	3

### 5. 방재등급별 설치 계획

#### (1) 방재시설의 설치기준

방재시설		터널등급				비 고	
		1등급	2등급	3등급	4등급		
소화설비	소화기구	●	●	●	●		
	옥내소화전설비	●	●				
	물분무설비	○					
경보설비	비상경보설비	●	●	●			
	자동화재탐지설비	●	●				
	비상방송설비	○	○	○			
	긴급전화	○	○	○			
	CCTV	○	○	△			
	영상유고감지설비	△	△	△			
	라디오재방송설비	○	○	○	△	△:200m이상 4 등급터널	
	정보표지판	○	○				
	진입차단설비	○	○				
	피난대피 설비 및 시설	비상조명등	●	●	●	△	△:200m이상 4 등급터널
유도표지등		○	○	○			
피난대피 시설		피난연결통로	●	●	●		
		피난대피터널 <sup>(1)</sup>	○	△			
		피난대피소 <sup>(1)</sup>	○	△			
	비상주차대	○	○				
소화활동 설비	제연설비	○	○				
	무선통신보조설비	●	●	●	△ <sup>(2)</sup>		
	연결송수관설비	●	●				
	비상콘센트설비	●	●	●			
비상전원 설비	무정전전원설비	●	●	●	△ <sup>(3)</sup>		
	비상발전설비	●	●				

● 기본시설 : 연장기준등급에 의함

○ 기본시설 : 위험도지수기준등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

(1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치

(2) 4등급 터널의 경우, 라디오재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함

(3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함

(2) 방재시설 설치위치 및 설치간격

방재시설		설치위치와 설치방법	설치간격	
소화설비	수동식 소화기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일방통행터널:4차로 미만의 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽, 4차로 이상의 터널은 양쪽 측벽에 설치</li> <li>• 대면통행터널:양쪽 측벽에 교차하여 설치, 격납상자를 설치하여 내부에 2개 1조로 설치</li> </ul>	50m 이내	
	옥내소화전설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4차로 미만의 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽</li> <li>• 편도 2차로 미만의 대면통행터널은 한쪽 측벽</li> <li>• 4차로 이상 일방통행터널 및 편도2차로 이상의 대면통행터널은 양쪽 측벽</li> </ul>	50m 이내	
	물분무설비	측벽설치(도로면 전체에 균일하게 방수되도록 한다)	방수구역:25m 이상, 3구역 동시방수	
경보설비	비상경보설비	수동식 소화기 또는 옥내소화전함에 병설	50m 이내	
	자동화재탐지설비	최적성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요한 식범위	
	비상방송설비	터널 측벽과 피난대피시설(피난대피소, 피난대피터널, 비상주차대)에 설치	50m 이내	
	긴급전화	터널입구와 출구부, 터널 측벽과 피난대피시설(피난대피소, 피난대피터널, 비상주차대)에 설치	250m 이내	
	CCTV	터널측벽설치(피난대피시설 및 터널 전구간 감시가 가능하도록 설치함)	터널내:200~400m 간격 터널외부:500m이내	
	영상유고감지설비	터널 전구간 감시가 가능하도록 설치 간격을 정함	100m 간격	
	라디오재방송설비	터널 전구간에서 청취 가능하도록 설치		
	정보표지판	터널입구정보표지판	터널 전방 500m 이내	
		터널진입차단설비	터널 전방 500m 이내	
차로이용규제신호등			400~500m 간격	
피난대피설비 및 시설	비상조명등		야간점등회로를 병용하여 설치	
	유도표지등	A	대피시설 부근	
		B	대피시설이 설치된 측벽설치	약 50m 간격
	피난대피시설	피난연결통로	쌍굴터널(차단문 설치)	250~300m 이내
		피난대피터널	본선터널과 평해하게 설치하는 것을 원칙으로 함	
		피난대피소	본선터널의 측벽이나 하부에 안전공간을 확보하여 설치	250~300m 이내
	비상주차대	주행차선 길어깨, 대면통행터널은 양쪽 측벽	750m 이내	

소화활동 설비	제연설비	환기설비와 병용	
	무선통신보조설비	라디오재방송설비와 병용	
	연결송수관설비	송수구 터널입출구부 방수구 옥내소화전설비와 병설	50m 이내
	비상콘센트설비	소화전함에 병설	50m 이내
비상전원 설비	무정전전원설비	시설별 설치	시설별
	비상발전설비	별도로 구획된 실내에 설치	

## **문제15) 터널화재의 Back Layering현상**

### **1. 개요**

- (1) 터널 화재시에 화원에서 발생한 연기와 열기가 송풍방향의 반대방향으로 이동하는 것을 Back Layering이라 한다
- (2) 임계속도(Critical Velocity)
  - ① 임계속도란 터널 화재에서 역기류(Back Layering)가 발생되지 않을 수 있는 환기 기류의 최소 유속을 말한다. 즉, 제트팬으로부터의 기류 유속이 임계속도 이상이어야 역기류가 발생되지 않는다
  - ② 터널의 높이가 낮고 면적이 클수록 임계속도는 낮아지고 연료하중이 클수록 임계속도는 증가된다

### **2. Back Layering현상이 발생하는 경우**

- (1) 공기흐름의 유속이 너무 낮은 경우  
: 팬의 송풍량이 부족해서 공기 흐름속도가 충분히 빠르지 못하면 Back Layering현상이 발생하게 된다
- (2) 송풍기의 송풍방향과 반대 방향으로 강풍이 부는 경우  
: 터널의 출구에서 입구 방향으로 강풍이 불면 역풍에 의해 송풍되는 공기의 유속에 느려져서 Back Layering현상이 발생하게 된다
- (3) 송풍되는 방향으로 터널의 하향 구배가 심한 경우  
: 하향구배가 심한 곳에 화원이 있는 경우에는 연기가 부력으로 위로 가려고 하므로 Back Layering현상이 발생하게 된다

### **3. Back Layering현상을 방지하기 위한 대책**

- (1) 터널내에서 공기의 유속을 임계속도 이상으로 한다
  - ① Back Layering현상을 일으키지 않는 공기의 최저 유속을 임계속도(Critical Velocity)라고 한다
  - ② 송풍기의 송풍량을 충분히 해서 유속이 임계속도 이상이 되도록 한다
  - ③ 일방향 터널에서는 송풍방향을 차량 진행방향과 같게 해서 진행하는 차량도 일종의 송풍기 역할을 하도록 한다
- (2) 설계시에 터널 출구로부터 강풍의 유입을 방지하도록 한다
- (3) 출구 방향으로 지나친 하향구배를 피한다. 부득이 하향구배로 설계할 때는 송풍기의 풍량을 크게 해서 부력에도 불구하고 충분한 유속을 얻을 수 있도록 한다

※ 기술문제분석8(터널화재관련)

1. 1,000m 이상의 터널 방재 설비에 대해서 설계하시오(68회,25점)
2. 길이 4km의 도로 터널에 적용되는 소화설비의 종류를 설명하고 물계통 소화설비의 경우 계통도 및 구조기준을 설명하시오(60회,25점)
3. 터널 화재시 천정팬(혹은 제트팬)을 사용하여 제연을 하는 경우 발생할 수 있는 백레이어링(Back-Layering)현상에 대하여 설명하시오(77회,10점)
4. 대구 지하철화재의 문제점 대책과 개선 요구사항에 관한 귀하의 의견을 서술하시오(71회,25점)
5. 지하철의 지하역사 및 터널 내에 설치되는 안전 및 소방시설에 대하여 기술하시오(78회,25점)
6. 2007년 7월 27일에 소방방재청 고시 제2007-23호로 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)이 제정 되었다. 1)도로터널화재의 특성과 2)도로터널 소방시설의 세부설치 기준에 대하여 종류별로 기술하시오(83회,25점)
7. 1,000m가 넘는 장대터널이 설치되고 있다. 터널 화재발생시 제연용 닥트를 이용하여 연기를 제어하는 시스템에 관한 다음 항목을 설명하시오(86회,25점)
  - 1) 장대터널의 화재특성 및 위험성
  - 2) 닥트 설계방법 중 등속법, 등압법, 정압재취득법의 특징 및 적용방법
8. 국내 도로터널의 화재안전 확보를 위하여 터널의 연장길이에 따른 방재등급의 범위 및 위험도지수 산정 기준에 대하여 기술하시오(88회,25점)
9. 서울도심 지하를 이용한 터널화 계획이 발표되었다. 터널에서의 화재시 많은 인명 및 재산피해가 예상되는바 지하를 이용한 도로 계획시 터널화재의 특성 및 방재시설 설치기준을 기술하시오(89회,25점)
10. 터널 화재시 임계풍속(Critical Velocity)에 대하여 기술하시오(89회,25점)
11. 터널화재에서 발생하는 백레이어링(Back Layering) 현상에 대하여 설명하시오(98회,25점)

## 문제16) 산림화재

### 1. 개요

- ① 산림화재는 낙엽, 풀, 나무 등이 연소되는 화재로서 사람에 의한 방화, 실화, 낙뢰 등으로 인하여 발생한 불씨가 산림 내의 가연물을 연소시키는 것을 말한다
- ② 산림화재는 세계각국에서 빈번하게 발생하고 있으며, 그 진화가 매우 어려워 수년간 지속되는 경우도 있다. 국내에서도 최근 건조한 날씨에 전국적으로 산림화재가 잇따라 발생하는 등 많은 피해를 주고 있다

### 2. 산림화재의 확산 형태

#### (1) 지표화(Surface fire)

- ① 가장 발생빈도가 높은 산불로서, 낙엽, 잡초 등에 불이 붙어서 확산되는 것
- ② 편면연소(바람방향의 반대쪽이 연기에 그을리는 현상)가 발생된다
- ③ 연소속도는 4~7[km/h] 정도이며, 습도가 낮고 바람이 많이 불면 지표화의 기세가 커져 수관화로 진행되는 수가 많다

#### (2) 수간화(Stem fire)

- ① 나무표면이 건조하거나, 구멍이 있어서 줄기가 타는 현상
- ② 나무 내부의 공동부분이 굴뚝역할을 하여 비화(Spot fire)를 일으켜서 지표화나 수관화로 번지는 경우가 많다

#### (3) 수관화(Crown fire)

- ① 지표화에서 시작되어 침엽수 등의 나뭇가지에 옮겨 붙어 연소되는 것
- ② 바람방향에 V자형으로 연소하며, 그 폭은 20~40[m] 정도된다
- ③ 중심부의 최고온도가 1,175[°C]에 달한다
- ④ 연소속도는 2~4[km/h]정도이며, 바람이 강하면 15[km/h]까지 확대된다
- ⑤ 비화가 발생하여, 수관화가 초대형 산불의 주요원인이다

#### (4) 지중화(Ground fire)

- ① 땅속의 뿌리부분이 타는 현상으로, 산소공급이 적어 연기도 적고 불꽃도 없어 발견하기가 어렵다
- ② 연소속도는 4~5[km/h]로 확대되며, 온도는 낮지만 수목의 뿌리를 태워 피해가 크다
- ③ 진화하기가 어렵고, 연소방향이 복잡하다

### 3. 산림화재의 특성(문제점)

#### (1) 산림화재의 연소 특성

- ① 산림화재가 발생되면 주위온도가 급상승하여 상승기류가 형성된다
- ② 이때, 작은 불꽃이 하늘로 치솟아 화염을 발생시키며, 상승기류로 인한 화재플럼이 주위로 연소확대시키게 된다

- ③ 즉, 불이 붙은 솔방울이나 나뭇가지 등이 상승기류에 의해 비화(飛火) 역할을 하여 수백미터이상 떨어진 위치에까지 화재를 확대시킨다

(2) 산림화재의 소화활동상 문제점

- ① 산림화재는 지형적인 이유로 일반 소방장비는 거의 도움이 되지 않으며 접근이 용이하지 않다
- ② 건조한 기후와 강한 바람 등은 피해확산의 주원인이며 소화 및 진압활동이 매우 어렵다

(3) 산림화재의 피해

- ① 산림화재에서는 스프링클러설비, 감지기 등 현대의 소방시설 사용이 어렵고, 소방대의 현장 도착에까지의 시간이 많이 걸린다
- ② 또한, 최근에는 지구온난화로 인한 가뭄으로 초대형 산불이 자주 발생된다
- ③ 대규모 산림화재는 생태계를 파괴시키며, 대기를 오염시켜 지구온난화를 촉진한다
- ④ 수십년간 키워온 나무·목재가 모두 사용 불가능해진다
- ⑤ 고온도로 인하여 주위 민가 및 각종 문화재 소실을 발생시킨다

**4. 산림화재의 주요 원인**

(1) 인위적 원인

- ① 방화 : 고의적으로 타인 또는 자기의 소유림에 방화하는 것
- ② 실화 : 논·밭두렁 또는 농산 폐기물 소각 중 실화, 등산객의 부주의에 의한 실화, 담배 꽂초 및 성냥개비의 여진, 성묘객들의 부주의, 어린이들의 불량난, 비화 등

(2) 자연적 원인

- ① 화산폭발
- ② 낙뢰
- ③ 자연발화

**5. 산림화재의 영향인자**

(1) 수목의 종류 및 밀도

- ① 수목의 종류
  - ㉠ 활엽수는 침엽수에 비해 불에 대한 저항력이 크다
  - ㉡ 내화수 : 불에 타도 마르지 않아 고사하지 않는 수목
  - ㉢ 방화수 : 불에 잘 타지 않고 복사선을 차단하고 화재연소전파를 막는 힘이 있는 수목

② 낙엽이나 잡초

: 호주 등에서는 연소확대 방지를 위해 수년에 한번씩 풀을 태워버린다

(2) 지형

: 경사도, 골짜기의 형세 등 지형은 산림화재의 진행방향과 진행속도에 중요한 영향을 미친다

(3) 기상조건 : 산림화재의 진행속도에 중요한 영향을 미친다

- ① 강우량 : 가연물의 연료습도를 좌우하는 직접적인 요인이 된다
- ② 바람 : 풍속은 연소속도를 좌우하며 풍향은 연소방향을 좌우한다
- ③ 습도 : 산림 내 가연물의 건조도 및 산불의 연소진행속도에 영향을 미친다
- ④ 온도 : 연료의 건조도 및 기류형성의 원인이 된다

## 6. 산림화재의 방재 대책

### (1) 예방 대책

- ① 등산객들의 가연물, 점화원 소지를 금지하고 흡연·취사를 금지시킨다
- ② 풀이나 잡초 제거 : 초목을 태우거나, 환경적으로 문제가 없는 범위 내에서 화학 약품 등을 이용한다
- ③ 입산금지 조치 : 산불 위험이 높은 늦가을에서 초봄에 등산객 출입금지 조치
- ④ 식목일·한식 등 행락객이 많은 시점에서 방송등을 통한 대국민 홍보
- ⑤ 산림지대 중간 중간마다 방화수를 심어 연소확대를 지연시키도록 조치해 둔다
- ⑥ 산봉우리에 감시초소 및 산물예방감시용 CCTV 등을 설치하여 낙뢰 등에 의한 화재 조기 발견을 하도록 한다

### (2) 진화 대책

- ① 방화선(Fire break)이나 맞불
  - ㉠ 나무를 베어내고 흙으로 덮어 가연물을 제거하며, 깊은 도랑이나 호를 파서 방화선을 형성한다
  - ㉡ 방화선에 마주치는 화염에 화염방사기로 맞불을 놓아 화염을 약화 시킨다
- ② 소화약제의 살포
  - ㉠ 증점제(Viscosity Agent)
  - ㉡ 침투제, 적심제(Wetting Agent)
  - ㉢ Class A Foam
  - ㉣ Fire Breake(Water Slurry)
  - ㉤ MAP(Monobasic Ammonium Phosphate)(DAP)
  - ㉥ CMC(Carboxyl Methyl Cellulose)
  - ㉦ 적색 안료
- ③ 약제 적용방법
  - ㉠ Backpack Pump(등짐펌프) 소화기
  - ㉡ 수동의 호스라인 및 노즐 이용
  - ㉢ 소방헬기 이용 공중 살포
- ④ 산림화재에 대한 대응계획의 수립

## ※ 산불진화지휘체계

### 1. 산불진화지휘체계의 확립

: 발생단계별, 규모별, 산불진화책임자 지정 및 통합지휘권 부여

- ① 소형산불 : 공원녹지과장이 지휘  
(5ha 이하이고, 8시간이내 진화 가능한 산불)
- ② 중형산불로 확대시 : 시장 지휘  
(5ha ~ 30ha 미만이거나, 8시간이내 진화가 어려운 산불)
- ③ 대형산불로 확대시 : 도지사 지휘  
(30ha 이상이거나, 24시간이상 계속되는 산불)

### 2. 산불발생시 단계별 진화대책

#### (1) 1단계 초동진화단계

- ① 대책본부진화반(공원녹지과) 즉각 출동
- ② 산불대책본부 근무자 임무
  - ㉠ 관계부서(구청, 동사무소)에 신속히 연락하여 즉각 출동할 수 있도록 조치
  - ㉡ 산불감시원 및 공익근무요원 등 인접지 근무자에게 현장출동 지시
- ③ 진화대원은 차량, 휴대용 무전기 개방  
: 현장 도착 상황 및 산불진행상황을 대책본부로 수시보고
- ④ 진화대장의 지휘에 따라 장비 및 인력을 통한 진화작업 실시
- ⑤ 진화대장은 발생 → 진행 → 종료상황을 대책본부로 즉각보고
- ⑥ 산불확대로 진화지연시 산불대책본부로 지원요청(인력, 장비, 헬기)

#### (2) 2단계 확대진화단계

- ① 산불대책본부 근무자 임무
  - ㉠ 공원녹지과장에게 산불진행 및 지원요청 상황보고
  - ㉡ 산화장비 창고 개방으로 진화장비 불출
- ② 현장상황에 따라 구청직원 및 시청직원 비상동원 의뢰
- ③ 총무과(공원녹지과)에서는 직원 버스승차 독려와 인원파악
- ④ 동원된 직원은 진화대장(공원녹지과장)의 지시에 따라 진화 실시

#### (3) 3단계 뒷불감시단계

- ① 1단계에서 진화종료시
  - ㉠ 구청 및 동사무소 직원이 잔류하여 뒷불감시 및 완전진화
  - ㉡ 구청책임자에게 인수인계 철저(재불발생시 책임규명)
  - ㉢ 피해조사 실시(시, 구청 합동) : 보고의 일원화
- ② 2단계에서 진화종료시
  - ㉠ 공원녹지과 직원 및 구청(직원 및 공익근무요원) 뒷불감시
  - ㉡ 공익근무요원 잔류로 완전진화 실시
  - ㉢ 등짐펌프 및 산불특장차를 이용한 뒷불진화
  - ㉣ 산불피해조사 및 사후처리

### 3. 기타 산불진화상황과 관련한 조치사항

- ① 헬기 지원요청  
: 진화대장 → 산불대책본부 → 도청 및 군부대
- ② 헬기 및 산불특장차 급수 요청  
: 진화대장 → 산불대책본부 → 소방서
- ③ 유관기관 진화인력 협조 요청  
: 진화대장 → 산불대책본부 → 유관기관(군부대, 경찰서)
- ④ 부상자 발생시 구조요청  
: 진화대장 → 산불대책본부 → 보건소

**※ 기출문제분석9(산림화재관련)**

1. 산림화재의 소화 방법 및 방지대책에 대해 설명하시오(61회,25점)
2. 화재확산 현상중 비화(Spoting)에 대하여 논하시오(74회,25점)
3. Fire Storm을 설명하시오(75회,10점)
4. 산불의 형태 중 표면화재(Surface Fire)와 심부화재(Crown Fire)에 대하여 설명하시오(77회,10점)
5. 산림화재 발생시 피해를 최소화 하는 예방대책 중 산림희박화의 구체적인 목적과 방법들에 관하여 설명하시오(85회,25점)
6. 산림화재로 귀중한 산림이 소실되는 피해가 발생하고 있다. 산림지역 지표가연성 물질의 종류와 산불양상에 대하여 설명하시오(98회,10점)

## 문제17) 목조(사찰, 문화재)건축물 화재

### 1. 개요

- ① 현재 중요사찰에 대해서 매년 문화재청에서는 방충·방연재도포와 소화전, 소화기 설치, 화재감지기 설치, 전기 안전점검 및 불량전기 시설 정비, 소방훈련 실시 및 소방시설 점검 등을 실시하고 있다
- ② 하지만 문화재 건축물은 사찰, 서원, 궁궐 등 대부분 목조 건축물로 연소성이 커 화재에 매우 취약함과 도로협소, 지리적으로 소방서와 원거리에 위치하여 출동시간 등의 제약을 받는다

### 2. 연소 특성

#### (1) 목재의 착화와 연소 영향요소

- ① 목재의 외형  
: 표면적이 클수록 공기 접촉 면적이 커지고, 방열손실이 줄어들어 발화가 촉진 (툽밥 > 대패 밥 > 통나무 순으로 발화가 용이함)
- ② 목재의 종류  
: 활엽수는 침엽수에 비해 발화가 잘 이루어지지 않는다
- ③ 목재의 밀도  
: 저밀도의 목재는 고밀도의 목재보다 발화점이 낮다
- ④ 수분함량  
: 일반적으로 수분함량이 15[%] 이상인 경우에는 고온의 열원에 장시간 노출되어도 발화가 쉽게 일어나지 않는다
- ⑤ 공기속도  
: 공기속도가 빠르면, 열분해에 의해 발생된 증기가 희석되어 발화가 늦어진다
- ⑥ 점화원의 크기(가열속도, 시간)
- ⑦ 연소속도

#### (2) 발화 위험성

: 방화, 낙뢰, 흡연, 전기적 점화원, 산불, 비화 등 발화 위험성

#### (3) 연소 확대 위험성

: 대부분 방화구획이 없어 전소 가능성

### 3. 방화 대책

: 일반건축물에서는 화재시 인명보호에 최우선을 두는데 반하여 문화재의 경우는 건축물 자체의 보존 및 피해의 최소화에 중점을 두어야 한다

#### (1) 예방 대책

- ① 소방 안전점검 강화
- ② 보호각 등 인화물 사전 제거

- ③ 발화원 관리 철저
- ④ 주변 수목 벌채
- ⑤ 목재의 방화처리 : 방화목재, 방화섬유판, 방화도료 사용

(2) 소화 대책

- ① 소화장비 설치  
: 소화전, 방수총, 수막설비, 스프링클러설비, 미분무설비, 화재감지기 등
- ② 진입로 개설 및 확장
- ③ 자체 소방대 편성 및 소방훈련, 교육실시
- ④ 유사시 대비 소화수 확보 대책강구

(3) 방화 대책

- ① 내화구조 공법 적용
- ② 구획 관통부 틈새 충전제 마감

(4) 복원

: 중요 문화재에 대한 실측도, 문양 모사도, 탁본 등을 작성 보관

※ 기출문제분석10(문화재화재관련)

1. 문화재 건축물의 방재대책에 대해 설명하시오(61회,25점)
2. 최근 목조건물(사찰, 주택 등)화재가 빈번히 발생되고 있는데, 목조류의 착화와 연소에 영향을 미치는 요인에 대하여 설명하시오(74회,25점)
3. 미술관, 박물관에 대한 소방설계의 특성과 필요한 소화설비, 경보설비, 피난설비에 대하여 기술하시오(69회,25점)
4. 승례문 화재 등 목조 문화재 건축물을 화재로부터 보호하기 위한 대책에 대한 개념을 정립하고 방화 및 소방시스템에 대하여 기술하시오(88회,25점)

## 문제18) 방화(放火)

### 1. 개요

- ① 방화는 가장 일반적인 의미로서 불을 수단으로 사람들의 재산과 생명에 악의적 또는 고의적 행위를 가하는 것을 말한다
- ② 최근의 방화는 정치적, 경제적, 사회적, 개인적 이유 등에 의해 그 동기가 다양화되어 가고 그 동기의 목적에 따라 방화의 방법 또한 다양화, 지능화되어 가고 있다
- ③ 방화는 다른 강력범죄의 증가 추세보다 훨씬 높은 증가율을 보이고 있어 외국과 같은 방화의 방지와 수사를 위한 전문기관이 필요하며 세밀한 분석과 연구가 이루어져야 한다

### 2. 방화의 특징 및 실태

#### (1) 방화의 특징

- ① 방화의 원인은 매우 다양하다  
(원한, 불화, 사회적 비관, 범죄은폐, 경제적 이익 목적, 정신 이상 등)
- ② 인명에 대한 방화가 많고, 용도별로는 주택에 대한 방화가 많다
- ③ 휘발유, 신너 등을 사용하는 경우가 많아 화재확산이 매우 빠르다
- ④ 방화의 발생은 계절이나 주기와는 상관없이 발생된다
- ⑤ 소방시설의 설계는 방화를 고려하지 않는 개념이므로, 이에 대한 조기진화가 매우 어렵다

#### (2) 방화의 실태

- ① 미국의 경우에는 전체 화재 중에서 방화가 가장 많다
- ② 국내에서도 사회적 다양성이 증가되고, 화재조사기법의 발달로 인해 점차 방화의 비중이 높아지고 있는 추세이다

### 3. 방화의 원인 분석

#### (1) 방화의 주요 동기

- ① 반달리즘(Vandalism)
  - ㉠ 고의, 악의적인 장난
  - ㉡ 동료 또는 집단 행동
- ② 정신이상·비관
- ③ 복수심
  - ㉠ 개인 또는 집단에 대한 복수심
  - ㉡ 제도 또는 기관에 대한 복수심
  - ㉢ 사회에 대한 복수심
- ④ 범죄은폐
  - ㉠ 살인은폐

- ㉠ 강도은폐
  - ㉡ 기록 또는 서류 파기
  - ⑤ 경제적 이익 : 보험, 경쟁회사
  - ⑥ 파격주의 : 테러, 폭동, 사회혼란
- (2) 방화의 발생시간 : 00시 ~ 04시 사이의 새벽이 가장 많다

#### 4. 방화의 해결방안

##### (1) 제도적 보완책

- ① 법적으로 선행되어야 할 부분
  - ㉠ 보험사기 등 방화범죄에 대한 법규의 강화
  - ㉡ 방화범죄에 대한 형법상의 처벌 강화
- ② 행정적으로 선행되어야 할 부분  
: 방화범죄의 위험성에 대한 홍보 및 훈련, 지식제공 부서의 설치
- ③ 연구분야에서 선행되어야 할 부분
  - ㉠ 방화범죄에 대한 전문 연구기관의 설치
  - ㉡ 방화범죄에 대한 정확한 통계자료 수집 및 분석
- ④ 교육분야에서 선행되어야 할 부분
  - ㉠ 화재예방, 안전교육에 대한 아동 및 시민 프로그램의 활성화
  - ㉡ 방화하지 않는 환경 만들기

##### (2) 환경적 보완책

- ① 건물주변 환경정비
  - ㉠ 건물주위, 계단, 복도 등에 조명기구를 설치할 것
  - ㉡ 건물주변에 타기 쉬운 것을 놓지 않고 정리정돈을 철저히 한다
  - ㉢ 타기 쉬운 것을 보관하는 장소는 외부에서 침입할 수 없도록 조치한다
  - ㉣ 건물주변 파손된 부분의 보수 등을 철저히 한다
- ② 건물의 시건장치의 강화
  - ㉠ 빈집, 창고, 차고 등의 시건을 철저히 한다
  - ㉡ 취침 전, 외출 시의 시건을 철저히 한다
  - ㉢ 출입구 및 창문도 시건을 한다
- ③ 차량관리
  - ㉠ 노상주차를 없앤다
  - ㉡ 차고, 주차장에 침입할 수 없도록 한다
  - ㉢ 적재함에 가연물을 적재한 채로 주차하지 말 것
- ④ 아파트 관리
  - ㉠ 복도, 파이프샤프트 내에 신문지 등의 가연물을 놓지 말 것
  - ㉡ 출입자를 감시할 것
  - ㉢ 건물 내를 정기적으로 순회할 것
  - ㉣ 공용부분의 조명을 밝게 할 것

- ⑤ 쓰레기 관리
  - ㉠ 타는 쓰레기 보관소는 구획하여 외부에서 침입하지 못하게 할 것
  - ㉡ 건물 가까이에 타는 쓰레기를 두지 말 것
  - ㉢ 타는 쓰레기는 지정된 장소에 지정된 날짜에 내어 놓을 것
- ⑥ 일상관리 등 방화범죄 요소 제거
  - ㉣ 이웃과 서로 정보교환을 한다
  - ㉤ 의심스러운 사람의 행동에 관심을 갖고 거동이 수상한 자는 신고한다
  - ㉥ 집 주위를 정기적으로 순찰한다
- ⑦ 소화태세의 관리
  - ㉦ 소화기, 소화물통을 준비한다
  - ㉧ 소화요령을 습득한다
  - ㉨ 이웃과의 협력체계를 확립한다

**※ 기출문제분석11(방화)**

1. 최근 放火(Arson)에 대한 화재가 증가하고 있는 추세인바, 그 특성 및 예방대책을 설명하시오(61회,25점)
2. 방화(放火)의 실태와 대책방안에 대하여 논하시오(80회,25점)

## 문제19) 원자력발전소 화재

### 1. 개요

- ① 원자력 발전은 우리나라 전체 전력의 50[%] 이상을 담당하고 있는 주요 기간산업으로서, 화재의 발생 위험은 재래 화력발전소 등에 비해서는 낮은 편이다
- ② 그러나, 화재 발생은 과거 체르노빌 원자력 발전소 참사에서 보듯이, 그 영향 범위가 매우 크고 장기적인 영향을 미치는 심각성을 가지고 있다
- ③ 따라서, 이러한 원자력 발전소의 화재방호는 타 시설에 비해서 예방 및 완전 차단의 개념 아래에서 설계되어야 한다

### 2. 원자력 발전시스템

#### (1) 원자력 발전의 원리

- ① 원자력 발전은 우라늄과 중성자를 충돌시키면, 핵분열을 일으키면서 매우 큰 에너지가 방출되는 것을 이용하는 것이다
- ② 또한, 핵분열시 방출된 중성자가 또다른 원자핵과 반응하여 핵분열을 연쇄적으로 진행시키게 된다
- ③ 발생한 열에너지가 원자로에서 증기를 발생시키며, 그 증기로 터빈을 회전시켜 직결된 발전기에 전력을 발생시키게 된다

#### (2) 원자력 발전의 주요 요소

- ① 연료 : 핵분열시 많은 에너지를 방출하는 우라늄, 토륨, 플루토늄, 지르코늄 등
- ② 원자로 : 핵분열 연쇄반응을 서서히 진행시켜 발생에너지를 이용하고, 동위원소를 생성하는 장치
  - ㉠ 감속제 : 흑연, 중수 등으로 핵분열에 의해 발생에너지를 이용하고, 동위원소를 생성하는 장치
  - ㉡ 제어봉 : 중성자를 잘 흡수하는 카드뮴, 붕소 등으로 만들어지며, 반응속도가 너무 높아지지 않게 조절하는 기능을 한다
  - ㉢ 냉각제 : 연쇄반응으로 발생한 열을 제거하는 액체 또는 기체로서, CO<sub>2</sub>, 헬륨, 물, 중수 등을 사용한다

### 3. 원자력 발전소의 화재위험요소

#### (1) 연료

- ① 원자력 발전의 원료로 사용되는 우라늄, 토륨, 플루토늄, 지르코늄 등은 모두 금속이며, 세분된 상태에서 쉽게 연소된다
- ② 우라늄의 성질
  - ㉠ 산소, 이산화탄소, 질소 등은 우라늄과 반응하므로 사용 불가능하다
  - ㉡ 하론은 세분된 금속과 격렬히 반응하므로 부적합하다
  - ㉢ TEC와 칼슘플루오리드가 소화약제로 사용된다

③ 플루토늄

- ㉠ 플루토늄은 우라늄보다 더 점화되기 쉬우며, 밀폐상태에서 모두 연소되도록 함
- ㉡ 필요에 따라 TEC나 특수소화약제를 사용한다

(2) 감속제

- ① 경수, 중수, 흑연이 감속제로 주로 사용된다
- ② 물은 고에너지에 의해 수소와 산소로 해리되어 발화할 우려가 있다
- ③ 흑연은 화염이 없이 연소되며, 점화되기 어렵다. 그러나, 흑연이 방사선에 의해 결정구조가 변형되면서 에너지를 저장할 수 있으며 이 에너지가 갑자기 방출되면 화재를 일으키는 위그너 효과가 발생할 수 있다
- ④ 흑연은 이산화탄소에 의한 냉각소화나 아르곤 가스로 불활성화시키는 방법을 이용하며, 물은 대형화재로 이어질 경우에 사용한다

(3) 냉각제

- ① 연쇄반응으로 발생한 열을 제거하는 액체 또는 기체로서, CO<sub>2</sub>, 헬륨, 물, 중수, 나트륨-칼륨용액 등을 사용한다
- ③ 이 중에서 나트륨이나 칼륨은 반응성이 높고 반응열이 매우 크다
- ④ 제한된 장소에서 밀폐시켜 연소되도록 조치한다

**4. 원자력 발전소의 화재방호 개념**

(1) 심층화재방호(Defense-in-depth)개념

- ① 원자력 발전소의 화재방호 설계기준은 심층화재방호(Defense-in-depth)개념에 따라 화재예방, 조기화재진압 및 화재로 인한 영향과 피해의 최소화를 기본으로 한다
- ② 심층방호란 여러 겹의 방어선을 설치하여 고장 즉 이상상태가 더욱 확대된 결과 발생하는 사고를 각 방어선에서 막도록 하되 어느 하나가 실패하면 그 다음 방어선이 막는다는 개념이다

(2) Fail-safe개념

- ① 다중성(Redundancy)  
: 같은 안전장치를 2개 이상 설치하여 어느 하나가 고장나더라도 그 기능을 수행할 수 있도록 한다
- ② 다양성(Diversity)  
: 하나의 위험요소에 대하여 다른 종류의 안전장치를 여러 개 설치한다  
(적절한 방호가 이루어질 수 있도록 여러 조치를 함께 실시)

(3) 차단과 격리

: 화재가 외부로 확대되지 않고 내부에서 해결될 수 있도록 차단한다

**5. 원자력 발전소의 주요 방화대책**

(1) 소화시설

- ① 스프링클러설비  
: 물이 감소제로 사용될 수 있으므로, 원자로 내에서는 핵전문기관의 검토 및 동의

가 필수적이다

② 포 소화설비

: 원자력발전소에서 사용되는 유류 및 케이블 덕트 등에 적용할 수 있다

③ 가스계 소화설비

: 제어실, 변압기실 등의 방호에 사용한다

④ 금속화재용 소화약제

: 각 원료별 특성에 맞는 소화약제를 적용한다

(2) 수동적 방화시설

① 방화구획

: 터빈실과 원자로는 1~3시간 이상의 내화능력이 있는 벽체로 분리하며, 위험부분 들도 완전 격리시키도록 한다

② 케이블의 열축적 방지를 위한 냉각 및 통풍시설 설치

③ 핵폐기물의 경우, 활동성이 안전한 수준까지 저하될 때까지 용기 등에 가압하여 보관한다

**6. 원자력발전소의 화재위험도 분석절차**

(1) 1단계 : 위험성 확인(Hazard Identification)

① 잠재적인 화재위험성을 파악하는 것으로 위험분석의 대상을 확인하는 과정

② 주로 발생 가능한 화재시나리오를 확인하는 과정으로서, 정성적 위험분석 기법이 사용된다

(2) 2단계 : 위험도 분석(Risk Analysis)

① 파악된 위험성이 얼마나 위험한지를 분석하여 그 위험을 정량화하는 과정

② 즉, 위험성의 발생확률(빈도)과 크기(심도)를 수치로 분석하는 개념

③ 사고빈도 분석 : FTA, ETA, HEA

④ 사고심도 분석 : CCA, Severity Analysis

(3) 3단계 : 위험도 평가(Risk Assessment)

① Risk의 주관적 판단 및 평가의 과정으로서, Hazard의 크기와 빈도를 어떻게 조합 하여 평가하는지를 결정하는 과정

② 산출된 Risk를 어느 정도까지 수용할 것인지 주관적으로 판단하는 것으로 수용범 위를 결정하기 위하여 실험적 방법, 수학적 방법, 상대순위방법 등이 이용된다

(4) 4단계 : 공정개선 및 대책 수립

① 평가된 설계화재의 위험도가 허용 불가능할 정도로 심각하다면, 공정에 대한 예방 조치나 방호장치 등을 추가하여 발생가능성 또는 심도를 경감시킨다

② 충분히 낮은 화재위험도의 경우에는 이에 대한 능동적 방화대책인 소화설비, 소방 대조직, 안전기준 제정 등의 조치를 실시한다

(5) 5단계 : 지속적 관리 및 개선

: 안전대책 및 안전시설 등에 대한 실사가 제대로 이루어지도록 관리하고, 공정 등의 변동이 있을 경우 프로그램을 업데이트한다

※ 기출문제분석12(원자력발전소화재관련)

1. Isotope화재에 대해 설명하시오(61회,10점)
2. 원자력발전소의 화재방호설계기준은 심층화재방호(Defense-in-depth)개념에 따라 화재예방, 조기화재진압 및 화재로 인한 영향과 피해의 최소화를 기본으로 한다. 이러한 기본개념을 상술하고 일반산업체 및 건축물에서 적용하는 화재방호설계와의 차이점에 대하여 기술하시오(79회,25점)
3. 원자력발전소의 화재방호 특성을 기술하고, 화재위험도 분석 절차를 설명하시오(80회,25점)

## 문제20) 자동차 도장 공장 화재

### 1. 개요

: 자동차 도장공정은 다음과 같이 4단계로 이루어진다

#### (1) 표면처리

: 판금공정에서 도장라인에 들어온 차체는 녹을 제거하고, 탈지제를 사용하여 차체에 묻어있는 오일 등을 제거한 후에, 도료의 부착력을 증진시키기 위해 화학약품을 이용하여 철판표면에 화성피막을 형성시켜준다

#### (2) 전착도장

: 차체를 도료 속에 담그고, 차체를 (-)로 하고, 전극을 (+)로 하여 전기화학적으로 도막을 형성시킨 후 150~180[°C]에서 15분 정도 가열 건조한다

#### (3) 중도도장

: 자동식 정전도장으로 중도도장을 한 후 140~150[°C]에서 20분간 가열 건조한다

#### (4) 상도도장

: 상도도장은 도장의 마지막 공정으로 페인트를 Air Spray로 분사하거나, 중도도장과 같이 정전도장 한 후 열풍기를 이용해서 페인트를 경화시킴과 동시에 건조시킨다

### 2. 도장공정의 공간적 특성

#### (1) 무창의 폐쇄공간

#### (2) 대공간, 고천장화, 자동화

#### (3) 물품 운송을 위한 크레인의 이송 공간만 있고 미로가 길다

#### (4) 고밀도로 물품수납 및 방화구획 설치 미비

### 3. 연소 특성

#### (1) 발화 위험성

① 페인트 및 인화성 용제인 신나의 혼합물이 분무상태로 방사되어 도색이 이루어지는 과정에서 조그만 충격이나 점화원에도 착화하여 화재가 발생된다

#### ② 주요점화원

㉠ 용접불티

㉡ 전기스파크 또는 전기과열

㉢ 성냥이나ライター 등 발화물

㉣ 자연발화

㉤ 정전기

㉥ 기계적인 마찰열 등

② 화재 건수는 낮으나 재산 피해가 크다

#### (2) 연소 위험성

① 화재하중이 매우 높고 공기 접촉 면적이 커서 연소 위험성이 크다

② 화열 및 농연의 배출이 어려워 열의 축적이 크다

#### (3) 연소 확대 위험성

① 대부분 방화구획이 미비하여 전소 가능성이 높다

- ② 창고 내부에서의 진화 작업은 극히 어렵고 위험하다

#### 4. 자동차 생산공정의 발화예방 및 화재시 소방대책

##### (1) 예방 대책

- ① 가연물 관리
- ② 점화원 관리 : 특히 정전기 발생억제 및 방지, 본딩 및 접지
- ③ 방재계획의 수립 및 훈련 실시

##### (2) 소화 대책

- ① 소화기 : 가스소화기
- ② 물분무소화설비 및 미분무소화설비
- ③ 하론소화설비 및 청정소화설비
- ④ 경보설비 : R형 시스템, 동영상 화재감지기, 공기흡입형 감지기 등
- ⑤ 배출설비 : 가연성 증기의 체류를 방지

##### (3) 방화 대책

- ① 피난 및 연기 제어 설비의 구축
- ② 도장 분사부스와 믹싱룸을 완전구획한다

※ 기출문제분석13(도장공장화재관련)

1. 페인트 용제로 인화성 유기 액체를 사용하면서 작업자가 수동 조작하여 도장하는 대형 도장 챔버를 설치하고자 한다. 이 경우 도장실의 화재와 관련하여 문제에 답하라(47회,30점)  
물음 ① 도장챔버 운용시 존재 가능한 발화 위험요인에 대하여 상술하라(10점)  
② 발화예방을 위한 안전조치방안에 대하여 기술하라(10점)  
③ 발화후의 화재피해를 최소화하기 위한 적정 소방대책에 대하여 기술하라(10점)
2. 다음 사항 중 2개를 택하여, 이들의 화재발생위험을 논하시오(35회,20점)  
① 도장(塗裝)공장      ② 클린룸(Clean Room)  
③ 면방(綿紡)공장      ④ 제지(製紙)공장
3. 자동차 제조 도장 공장의 Spray Booth내에 화재 예방대책과 소화 대책을 기술하시오(54회,20점)
4. 자동차 생산 공정 중에서 화재 발생빈도 및 화재위험성이 높은 도장공정의 발화위험, 발화예방 및 화재 발생시의 소방대책에 대하여 설명하시오(90회,25점)

## 문제21) 지진화재

### 1. 개요

- ① 지진 발생시 일반적으로 화재를 동반하는데 지진으로 인한 진동에 의해서 건물 내부의 전기설비, 보일러, 유류 및 가스배관 등을 파손시켜 화재의 원인이 된다
- ② 내진설계의 기본방침은 중소 지진에 대해서는 건축물에 손상을 주지 않고 대지진에는 건축물에 약간의 손상을 허용하더라도 붕괴하지 않고 인명과 재산을 안전하게 보호하는데 목표를 두고 있다

### 2. 지진발생과 화재원인

#### (1) 지진력과 변위

- ① 건축물이 지진시에 받는 응력에 영향을 주는 요소로는 가속도, 공진, 층간변위 등이 있는데 이러한 응력에 의해서 건물에 설치된 설비가 전도, 탈락 또는 이동하게 된다
- ② 변위는 건축물의 변형을 표시하는 층간 변위각과 Expansion Joint 등의 상대 변위량으로 나타내는데, 이들 변위각 또는 변위량으로부터 설치하는 기기의 변형 대책 및 배관 배선의 흡수대책을 세워야 한다

#### (2) 지지력

: 내진설계를 하려면 지진력을 명확히 해야 하는데 장비의 설계용 수평 지진력은 다음식으로 계산한다

$$F_H = Z \cdot K_S \cdot W [kg]$$

여기서,  $F_H$ : 설계용 수평 지진력 [kg]

$Z$ : 지역계수(전기설비의 경우  $Z=1$  정도)

$K_S$ : 설계용 표준진도(지하층, 1층은 0.4, 중간층은 0.6, 최상층은 1.0)

$W$ : 기기중량 [kg]

#### (3) 지진발생시 화재원인

: 지진으로 인한 진동에 의해서 건물에 진동이 발생하고, 특히 진동이 건물의 고유진동주기와 일치할 때는 건물이 더욱 크게 진동하여 이 진동에 의해서 건물 내부의 전기설비, 보일러, 유류 및 가스배관 등을 파손시켜 화재의 원인이 된다

- ① 유류 및 가연성 가스배관 등이 파손되어 가연물이 누출되는데 기인한 화재
- ② 전기설비의 파손으로 인한 단락, 지락 등으로 인한 화재
- ③ 보일러 파손에 의한 화재
- ④ 화학공장에서 제어설비의 파손으로 반응폭주 등에 의한 화재
- ⑤ 화력 및 원자력 발전소의 설비 파괴로 인한 화재
- ⑥ 기타 복합적인 원인에 의한 화재

### 3. 지진에 대비한 설계의 기본개념

#### (1) 내진설계

- ① 지진에 의한 진동력에 대항해서 견딜 수 있도록 구조적으로 강하게 하는 개념
- ② 건축물 부재강도의 증가, 설비의 고정 등이 이에 속한다

(2) 제진설계

- ① 지진의 진동수 대역을 피해가는 것이다. 진동의 공진을 방지하기 위해서 지반과 건축물 또는 설비를 물리적으로 격리 또는 분리시키는 개념이다
- ② 신축배관, 플렉시블 조인트, 방진스프링 등이 이에 속한다

(3) 면진설계

- ① 진동을 제거한다는 개념으로 건물이 외력에 의해 진동하면 그 진동을 강제로 제거하는 설비를 갖추는 것을 말한다
- ② 고층건물의 상층부에 크고 무거운 추를 설치하고 건물이 진동할 때 이 추가 건물의 진동과 반대방향으로 무게중심이 이동되도록 하여 진동을 억제한다

**4. 내진설계 기준(건축법)**

: 다음 건축물은 내진설계를 해야 한다

- ① 3층 이상 연면적 1,000[m<sup>2</sup>] 이상인 건축물
- ② Span 10[m] 이상, 5층 이상의 아파트
- ③ 연면적 500[m<sup>2</sup>] 이상의 판매시설, 관람집회시설
- ④ 바닥면적 합계가 1,000[m<sup>2</sup>] 이상인 발전소, 종합병원, 방송국, 공공건물

**5. 지진에 대한 방재대책**

(1) 고정성

: 설비의 고정위치 이탈로 인한 피해가 예상되므로 이를 최소화하기 위해 설비를 견고히 고정한다

(2) 지지

: 설비와 구조물의 차동진동을 최소화하기 위해서 각종 설비를 견고히 지지하여 지진력에 견디도록 한다

(3) 유연성

: 신축이음, 플렉시블 조인트, 방진스프링 등으로 유연성을 부여하여 장비와 건물 사이 및 배관과 장비 사이의 차동운동을 흡수한다

(4) 이격

: 충격에 의한 파손을 최소화하기 위해 설비와 구조물 또는 장비 사이의 이격거리를 확보한다

(5) 접합

: 건물 부재와 부재의 접합, 배관과 장비의 접합을 견고하게 하고, 시공후에는 비파괴 검사 등으로 접합상태를 확인한다

**6. 스프링클러 배관의 지진에 대한 방호대책**

(1) 앵커볼트

- ① 내진대책의 기본은 기기 및 배관을 고정시키는 Anchor Bolt에 있다. 앵커볼트의 선정은 계산에 의해 앵커볼트 1개에 가해질 수 있는 인발력 및 전단력을 구하고 그 값 이상의 허용값이 되는 크기, 종류 및 개수를 선택해야 한다
- ② 전단력에 대해서는 앵커볼트 전 개수에 균등하게 힘이 가해지는 것으로 한다
- (2) 배관의 신축이음
  - ① 노출배관을 하는 경우에는 적절한 간격으로 지지하여 지진시의 진동을 방지하도록 해야 한다
  - ② 특히 건축물의 Expansion Joint부를 통과하는 배관은 지진에 의한 Expansion Joint의 신축에 대비해서 신축이음을 사용한다
  - ③ 신축이음의 종류로는 슬리브형, 벨로우즈형, 루우프형, 스위블형 등이 있다
- (3) 배관의 벽체 관통
  - ① 배관이 벽이나 바닥을 관통하는 개소는 지진시 배관에 과도한 응력이 발생하지 않도록 배관을 벽이나 바닥에 시멘트 등으로 고정시키지 말고, 자유롭게 미끄러지도록 한다
  - ② 관통부에는 화재시 화재 확산을 차단하기 위한 조치가 이루어져야 한다
- (4) 지진분리장치 설치
  - ① 지상에 설치하는 스프링클러 배관에는 건물의 진동이 배관에 전달되는 것을 방지하기 위해서 필요한 개소마다 지진분리장치를 설치한다
  - ② 지진분리장치는 배관과 관부속품, 커플링 또는 모든 방향으로 움직일 수 있는 커플링 부재 등을 지칭하는 말이다
- (5) 내진 Brace사용
  - ① 내진 Brace는 배관이 건물 구조체에 고정되어 있지 않고, 좌우 또는 상하로 흔들릴 수 있도록 하는 브레이스를 말한다
  - ② 입상관 최상부 및 주급수관과 교차배관 개소에 내진 브레이스를 설치한다
- (6) 중량이 큰 밸브의 설치
  - : 중량이 큰 밸브는 부착물의 하중에 의한 관성효과로 인해서 탈락하지 않도록 중량에 맞는 지지를 한다
- (7) 큰 배관에서 가는 배관으로 분기되는 경우
  - : 큰 배관에서 작은 배관으로 분기되는 개소에서는 지진시 작은 배관이 파손될 수 있으므로 작은 배관을 큰 배관에 추가로 지지해 준다

## 7. 위험물안전관리에 관한 세부기준 제137조(지진시의 재해방지조치)

: 규칙 별표 18 IV제5호사목3)의 규정에 의하여 지진을 감지하거나 지진의 정보를 얻은 경우에 재해의 발생 또는 확대를 방지하기 위하여 조치하여야 하는 사항은 다음 각호와 같다

- (1) 특정이송취급소에 있어서 규칙 별표 15 IV제13호의 규정에 의한 감진장치가 가속도 40gal을 초과하지 아니하는 범위내로 설정한 가속도 이상의 지진동을 감지한 경우에는 신속히 펌프의 정지, 긴급차단밸브의 폐쇄, 위험물을 이송하기 위한 배관 및

펌프 그리고 이것에 부속한 설비의 안전을 확인하기 위한 순찰 등 긴급시에 적절한 조치가 강구되도록 준비할 것

- (2) 이송취급소를 설치한 지역에 있어서 진도계 5 이상의 지진 정보를 얻은 경우에는 펌프의 정지 및 긴급차단밸브의 폐쇄를 행할 것
- (3) 이송취급소를 설치한 지역에 있어서 진도계 4 이상의 지진 정보를 얻은 경우에는 당해 지역에 대한 지진재해정보를 계속 수집하고 그 상황에 따라 펌프의 정지 및 긴급차단밸브의 폐쇄를 행할 것
- (4) 제2호의 규정에 의하여 펌프의 정지 및 긴급차단밸브의 폐쇄를 행한 경우 또는 규칙 별표 15 IV제8호의 규정에 의한 안전제어장치가 지진에 의하여 작동되어 펌프가 정지되고 긴급차단밸브가 폐쇄된 경우에는 위험물을 이송하기 위한 배관 및 펌프에 부속하는 설비의 안전을 확인하기 위한 순찰을 신속히 실시할 것
- (5) 배관계가 강한 과도한 지진동을 받은 때에는 당해 배관에 관계된 최대상용압력의 1.25배의 압력으로 4시간 이상 수압시험(물외의 적당한 기체 또는 액체를 이용하여 실시하는 시험을 포함한다. 제6호에 있어서 같다)을 하여 이상이 없음을 확인할 것
- (6) 제5호의 경우에 있어서 최대상용압력의 1.25배의 압력으로 수압시험을 하는 것이 적당하지 아니한 때에는 당해 최대상용압력의 1.25배 미만의 압력으로 수압시험을 실시할 것. 이 경우 당해 수압시험의 결과가 이상이 없다고 인정된 때에는 당해 시험압력을 1.25로 나눈 수치 이하의 압력으로 이송하여야 한다

부칙 : 이 고시는 2012년 8월 23일부터 시행한다

※ 기출문제분석14(지진화재관련)

1. 지진화재시 화재원인과 이에 대한 방재대책에 대하여 기술하시오(83회,25점)
2. 최근 아이티 지진사태 등을 통하여 국내의 소방시설에도 내진 설계를 적용하여야 한다는 요구가 높아지고 있다. 스프링클러 설비의 배관을 내진설계로 적용할 수 있는 구체적인 시공방법에 대하여 설명하시오(90회,25점)
3. 최근 일본에서 발생한 지진·해일로 기간산업시설 안전관리에 대한 국민들의 우려가 고조되고 있는 실정이다. 국내 위험물의 저장·취급시설의 지진재해방지조치에 대하여 기술하시오(95회,25점)
4. 지진 발생 시에 화재를 동반하는 것이 일반적인 현상이다. 지진 발생 시 동반되는 화재에 대한 특징과 방재대책에 대하여 설명하시오(98회,25점)

## 문제22) 선박화재

### 1. 개요

- (1) 선박화재는 선박이라고 하는 수상에 떠있는 특수한 시설에서의 화재이다
- (2) 선박에는 화재가 발생할 수 있는 많은 요소가 서로 가까이 존재하고 있다
  - ① 운항을 위한 연료를 다량 보유하고 있다
  - ② 기관실에는 출화원이 될 수 있는 고온부가 존재한다
  - ③ 적재화물에는 많은 석유, LNG 등의 가연물 또는 폭발성 물질이 있다
  - ④ 승무원이 생활하기 위한 취사용 버너 등도 적재화물과 근접하여 존재한다

### 2. 선박화재의 특징

- ① 선박 화재시에 소화용수는 충분히 있다고 하더라도, 운항중의 화재에 대한 소화활동은 승무원에 의존할 수밖에 없다
- ② 화재가 발생한 선박 이외로부터 긴급구조를 구하는 것이 곤란하며, 소방선이 출동한다 해도 현장까지의 시간이 상당히 길거나 불가능한 경우가 많다
- ③ 피난구조에 대해서는 육상에서처럼 효과적으로 할 수가 없기 때문에, 소방선이 소화불능이 되어 많은 인명피해가 발생하는 일이 자주 있다
- ④ 한편 선박에서는 밀폐할 수 있는 구획이 많으므로 이것이 방화구획의 역할을 다함으로써 초기 소화 활동에 성공하면 화재를 극소화 할 수 있는 가능성도 있다
- ⑤ 초기 소화에 성공하지 못했을 경우의 피난 행동인 선외로의 탈출도 육상의 경우보다 많은 제약을 받기 때문에 화재로 인한 귀중한 인명을 상실할 확률이 높다
- ⑥ 선박화재의 대부분은 기관실에서 발생한다
- ⑦ 선박화재의 발생빈도는 항해 중에 발생하는 경우가 가장 많으며, 입항 중 및 수리 중에 발생하는 경우가 그 다음이고, 정박 중에 발생하는 경우는 비교적 적다

### 3. 선박화재의 원인

- ① 선박 내에서의 착화원 관리의 실수로 발화하는 경우
- ② 위험물 하역 중에 실수로 화재가 발생하는 경우  
: 하역 중에 탱크의 공간부분에는 대부분의 경우 가연성 혼합기가 형성되고 그것에 착화하면 폭발이 생겨서 유류가 유출하여 해면화재가 될 가능성이 크다
- ③ 선박간의 충돌이나 접안시 부두 벽과의 충돌 또는 좌초 등의 결과로 적재 화물 중 위험물이 누출하여 화재가 발생하는 경우 등이 있다

### 4. 원유를 수송하는 유조선의 유출로 인한 재해

- (1) 유출 즉시 착화할 경우
  - ① 파괴된 구멍에는 빠른 속도로 원유가 유출하여, 해면으로 확산된 유면의 전 지역이 탄다. 이 때 타는 것은 경질의 성분이 최초로 타고 점차로 비중이 큰 성분이

타들어 가서 마침내는 중질의 성분을 해면상에 남기고 꺼진다

- ② 이 때의 연소속도는 타고 있는 기름층의 두께가 줄어드는 속도로 표현되는데 이를 액면강하속도라고 부른다
- ③ 구멍이 생긴 탱크에 인접하고 있는 탱크가 해면화재의 영향을 받아서 새로운 구멍이 생기면 해면화재는 확대하는 것으로 되지만 단시간에 여러 개의 탱크가 화재로 인하여 파손될 가능성은 높지 않고, 새로 구멍이 생겼다고 하더라도 이 구멍은 충돌이나 좌초로 생긴 구멍보다는 작다고 생각되므로 화재의 크기는 충돌 직후에 발생한 화재보다 커지는 것은 드물다고 생각된다
- ④ 조류의 영향을 타고 있는 유면이 이동하는 것도 생각할 수 있지만, 기름이 연소하는 속도는 상당히 빠르므로 그렇게 멀리까지 화재가 확대하는 일은 없다. 그러나 지상에 설치된 탱크로부터 기름의 유출에 수반한 화재에는 방유제의 효과나 유출유가 지면 속으로 침투되는 것에 의해서 화재의 범위가 어느 정도는 국한되지만 해면으로 기름이 유출한 경우에는 그 확산을 국한하는 것이 없는 경우가 많다
- ⑤ 이 때문에 사고가 난 선박의 승무원을 안전하게 피난시키는 수단을 최우선적으로 고려해야 하고, 소화활동은 구멍이 생긴 탱크에 인접하는 다른 탱크로부터 다른 탱크로의 연소방지 정도가 고작이라고 할 것이다

(2) 유출 후 어느 시간이 지나서 착화할 경우

- ① 기름이 해면으로 유출하여 즉시 착화하지 않는 경우에는, 유출유에서 휘발해 나오는 가연성 증기가 해면상의 공간에 떠돌아서 가연성 혼합기가 형성되므로 사태가 심각하게 된다. 이 가연성 혼합기에 어떤 원인으로 착화하면 증기운 폭발을 일으키고 동시에 해면화재가 발생된다
- ② 그런데 이 경우에는 기름의 유출이 시작되면서부터 착화하기까지 시간이 지났으므로 해면상의 유면은 충분히 확산되어 있고, 조류의 영향으로 인해서 상당히 멀리 떨어진 곳까지 도달하는 경우가 많다
- ③ 또한 해면상의 공간에 형성된 가연성 혼합기(대부분의 경우 공기보다 비중이 크다)의 확산 범위는 바람의 영향도 받으므로 유출 유면보다도 상당히 멀리 떨어진 곳까지 미쳐서, 위험범위는 상당히 커지게 될 가능성이 커지게 된다
- ④ 유출 즉시 착화하는 경우는 화재의 존재가 눈에 보이므로 그 위험범위를 피하여 소화활동, 피난활동을 할 수 있으나, 이 경우에는 가연성 혼합기의 존재 범위를 알 수가 없기 때문에 유출이 시작된 때부터 모든 선내 작업은 폭발로 연결되는 착화원으로 될 수 있는 가능성을 가지게 된다

(3) 유출한 기름이 끝까지 착화하지 않는 경우

- ① 유출유로부터 휘발해 나오는 가연성증기의 양은 시간의 경과와 함께 감소하므로 가연성 혼합기의 확산범위도 점차로 좁아진다. 그리하여 마침내는 가연성 증기의 발생이 거의 중지되어 일단 화재의 위험은 없어진다
- ② 그러나, 유출유 중의 중질부분은 해면상으로 부유하여 조류나 바람의 영향으로 멀리까지 흘러서 때로는 육지해안에 도달하기도 한다. 화재의 위험성이 없어진 후에는 유출유 회수선이 유출유를 회수할 수도 있으나 유출량이 많은 경우에는 처리

가 곤란하거나 시간이 오래 걸려서 방대한 해양오염이 발생한다

- ③ 또한 해면상에 잔유하고 있는 중질유도 증기압에 상당하는 증기가 대기 중에 발산되므로 이로 인한 중독위험도 고려해야 한다. 중독 위험성은 0.5~1.5[%] 정도의 농도에 1~2시간 노출되면 중독증상이 나타난다고 보고되고 있으며 인체에 악영향을 주지 않는 농도(NOAEL)는 0.2~0.25[%]정도라고 한다

## 문제23) 항공기 화재

### 1. 개요

- (1) 항공기 사고란 어떤 것인가 정의해보면
  - ① 항공기가 추락 또는 충돌하거나 항공기에 화재가 발생하는 것
  - ② 항공기가 전복 또는 폭발하는 것
  - ③ 항공기로 인하여 사람이 사상하거나 물건이 심하게 손상되는 것
  - ④ 항공기내 탑승객이 사망 또는 부상하거나 행방불명이 되는 것
  - ⑤ 기타 항공기에 막대한 피해가 발생하는 것 등
- (2) 사고의 원인별 분류
  - ① 정비 불량에 의한 사고
  - ② 테러집단에 의한 피랍 폭발
  - ③ 갑작스런 기류이상이나 폭풍 등 천재에 의한 사고
  - ④ 조종사 혹은 관제사의 부주의로 인해 발생하는 인재 등

### 2. 항공기의 화재성상

- (1) 지상에 추락한 경우
  - ① 이 경우 기체는 대부분 파괴, 비산되어 버리고 화염은 중심부에서 발생되며 파편은 1[km] 이상 날아가는 경우도 있다
  - ② 연료의 적재량에 따라서는 순간적으로 넓은 화염면 또는 Fire Ball을 형성하기도 한다. 이 경우 인명구조는 대부분 불가능하다
- (2) 항행 중의 화재
  - ① 항행중의 화재는 주로 엔진의 고장 또는 과열에 의해서 발생한다.
  - ② 이 경우 사고 엔진으로의 연료공급은 차단하고 가까운 공항에 비상착륙하는 것이 최선이다
- (3) 비행장 내에서의 화재
  - ① 비행장 내에서 항공기와 항공기 또는 항공기와 다른 건물 등과의 충돌에 의해 기체의 일부 파손 또는 화재가 있을 수 있는데 이는 유류화재이다
  - ② 이 경우에는 CDC(Compatible Dry Chemical : Twin Agent System)소화약제 등으로 신속한 소화와 동시에 인명구조가 필요하다
- (4) 기내 화재의 경우  
: 항공기의 동체 내부에서 화재가 발생하면 이는 대표적인 밀폐공간의 화재가 되므로 Flash-Over가 발생하기 전에 탑승객의 인명구조를 완료해야 한다
- (5) 기체의 연소  
: 항공기의 연료는 케로신(등유)계통의 제트연료로서 옥탄가가 매우 높아 누출시 급격한 기체 연소의 형태를 보인다

### 3. 항공기 화재의 유형별 대응방안

#### (1) 항공기 엔진화재

- ① 부속부분 화재 : 가장 효과적인 소화약제는 CO<sub>2</sub>가스나 할론이다
- ② 터빈부 화재 : 터빈부 화재는 엔진 작동시 발생하고 절기판(throttle)을 열거나 연료 차단 스위치를 닫음으로써 폭발할 위험성이 있다. 엔진화재에 대비하여 항공기 내에 CO<sub>2</sub>가스나 하론설비가 되어 있다
- ③ 유출연료 화재 : 대부분의 항공기는 엔진에의 연료공급을 중단하는 수동식 잠금밸브가 있다. 소화제는 할론이나 분말을 사용하는 것이 가장 효과적이다. 바닥에 누출되었을 경우는 포를 방사하여 덮어 질식소화를 한다

#### (2) 착륙기어(Landing gear) 화재

- ① 착륙지지부 화재시 접근위치 : 바퀴화재에 대응할 때는 절대로 차출선 방향으로 접근해서는 안되며 완벽하게 안전장구를 착용하고 안면마스크를 내린다
- ② 항공기진압 전용 고성능화학차를 동원한다
- ③ 차출선 방향의 장애물을 치우고 180[m]까지 사람의 통행을 금지시킨다
- ④ 연료유출시 포말을 방사하여 완벽하게 덮어 진화한다
- ⑤ 연료나 유압오일 화재시 건조분말이나 하론을 사용한다
- ⑥ 불타는 타이어는 하론, CO<sub>2</sub>, 건조분말이나 물의 방사로 가능하다
- ⑦ 타이어 화재는 재점화의 위험성이 있으므로 불씨를 확인한다

#### (3) 항공기 내부화재

- ① 운항승무원이 휴대용 소화기로 화재를 초기에 진압할 수 없다면 조종사는 즉각 비상착륙을 시도해야 할 것이다
- ② 추락 후 화재는 극심한 인명피해를 수반한다. 구조 및 화재진압의 최상의 방법은 최초 공격으로 동체를 외부화재로부터 보호하는 일이지만 추락 사고는 그 충격으로 인해 내부화재를 수반하게 된다
- ③ 항공기 화재사고시 탑승자의 구조가 가장 선순위이며 화재에 대한 억제 그 자체가 구조작업을 성공적으로 해주는 요체가 된다

#### (4) 인명구조, 화점 방수, 진입요령

- ① 소방차량의 도착 전에 탑승자들이 탈출을 시도했는지 여부와 항공기의 동체가 사고시 온전한지 또는 파손되었는지의 여부를 판단하여야 한다
- ② 만일 항공기 탑승자들이 이미 탈출을 개시했다면 탈출구로 이용되고 있는 지역이 우선적으로 보호되어야 한다
- ③ 만일 아무런 움직임이 없고 동체에 손상이 없다면 탈출로를 확보하는데 최우선 순위를 둔다
- ④ 그러나 동체가 파손된 경우는 탑승자가 있는 곳의 냉각작업으로서 동지점에 집중적으로 소화제를 살포하고 지상에도 소화제를 살포한다
- ⑤ 효과적 구조작업을 위한 화세 억제, 안전장구 착용, 소방대원의 안전유지 등을 고려하여 작전에 임한다

## 문제24) 공조용 냉각탑(Cooling Tower) 화재

### 1. 개요

- ① 냉각탑은 일반적으로 근무실과는 설치 위치가 격리되어 있어서 화재시 발견이 지연되며, 도심 고층빌딩의 경우 고소에 의한 세찬 바람, 구조적인 재질 특성, 소방대나 장비의 현장 진입에 지체되는 시간 등에 의해 화재진압이 곤란한 취약점을 지니고 있다
- ② 냉각탑에 대한 소방시설은 국내 기준이 마련되지 아니한 실정이라서 설계단계에서 이를 구비하기 어렵고, 유지관리상으로도 화재예방 활동을 제대로 하지 못하고 있는 형편이다
- ③ 냉각탑 화재사고는 국내외를 막론하고 종종 발생하고 있으며, 불연성 재질이 아닌 경우 화재 위험성이 상존하는 상태이다

### 2. 냉각탑의 구조

#### (1) 냉각탑의 구성요소와 기능

- ① 송풍기, 모터, V벨트 또는 감속기어 : 공기를 압입 또는 흡입 배출하는 장치
- ② 엘리미네이터 : 토출 공기 흐름에 각을 주어 물입자의 동반 비산을 막는 장치
- ③ 냉각수 입구배관, 분배노즐, 살수장치 : 냉각수의 균일한 공급을 위한 장치
- ④ 냉각수출구배관, 수조 : 냉각된 물을 회수하는 설비
- ⑤ 충전재 : 물과 공기의 접촉면과 시간을 증대시켜 냉각성능을 높이는 부분
- ⑥ 입구루버 : 입구공기 흐름을 안내하며 낙하수의 외부 유출을 방지하는 부분
- ⑦ 구조체와 외면 : 전체 구성요소들을 받쳐주고 지탱하여 보호하는 부분

#### (2) 향류형과 직교류형

- ① 향류형 냉각탑은 물과 공기의 흐름방향에 의해 구분 지어진 것으로서 냉각수의 낙하에 대하여 공기는 거슬러 흐르며 접촉하는 구조의 형식이다
- ② 직교류형 냉각탑은 냉각수의 낙하 방향과 공기의 흐름이 교차하는 형식이다. 공기 출구 측에 팬을 위치시킨 흡입식이 일반적이며, 냉각수가 대기에 개방되어 직접 접촉하므로 개방식이 된다

#### (3) 충전재의 형태

- ① 충전재는 물과 공기의 접촉을 증대시키는 기능을 가지며 비말형(Splash type)과 필름형(Film type)이 있다
- ② 비말형은 막대기 등을 상하로 교차시켜 물을 부수고 낙하를 반복 방해하여 공기와의 접촉면을 늘리는 것이다
- ③ 필름형은 넓은 수직면 필름 표면에 수막을 형성하면서 물이 흘러내리게 된다. 필름형은 원형 향류형에 주고 사용되며, 얇은 공간이 생기도록 돌출부가 있는 두루마리 형태로 내장된다.
- ④ 효율이 3~5배 좋아 많이 사용되며, 화재예방 차원에서 PVC 사용이 바람직하나,

원형 향류형의 경우 가격상의 이유로 국내 제품은 화재에 매우 취약한 폴리프로필렌(PP)재질로 양산되고 있다

### 3. 냉각탑 화재의 원인

#### (1) 점화원에 의한 요인

- ① 냉각탑 화재의 점화원에 의한 자체 구조적인 요인과 외부적인 요인으로 구분된다
- ② 구조적으로 잠재된 점화원은 전동기, 전동기용 케이블, 과열된 베어링, 동결방지 히터용 케이블 등이 있다
- ③ 외부적인 요인으로서 용접불꽃, 용단작업 불티, 담뱃불, 인근의 소각장이나 굴뚝, 화재노출 등이 있다

#### (2) 가연물에 의한 요인

- ① 가연성 재질로 된 냉각탑에서 가동 중이거나 일시적으로 가동 정지되었을 때 화재가 발생한 경우가 많다
- ② 냉각탑 내의 표면에 부착된 물 때(Scale)는 건조 상태일 경우 인화성이 있어서 착화되기 쉽다
- ③ 화재를 일으키는 가장 일반적인 물질은 바닥, 칸막이, 지붕과 같은 가연성 건물구조, 즉 나무, 종이, 플라스틱, 화공약품, 인화성 액체와 같은 가연성 내용물과 풀, 잡목과 같은 가연성 소재가 냉각탑이 설치된 지면을 덮고 있는 것 등이다

### 4. 냉각탑 화재 예방 대책

#### (1) 소방시설 설치

- ① 냉각탑과 그 주위에 물분무소화설비, 스프링클러소화설비 등을 설치한다
- ② 화재시 팬모터를 자동으로 정지시키도록 한다
- ③ 자동화재탐지설비를 설치한다

#### (2) 위험개소로부터 이격

- ① 굴뚝, 소각로 또는 석탄 연소기와 같은 정상적인 환경에서 스파크 또는 비산하는 불꽃을 배출하는 구조물 또는 공정 등의 위험개소 인근에 냉각탑이 설치되는 경우 이격거리를 확보하여야 한다
- ② 외부가 가연성구조인 냉각탑은 위험개소로부터 30[m] 이상 이격한다. 단, 30[m] 이내일 경우에는 물분무소화설비를 설치하여야 한다
- ③ 외부가 불연성구조인 냉각탑은 위험개소로부터 12[m] 이상 이격한다. 단, 12[m] 이내일 경우에는 물분무소화설비를 설치하여야 한다
- ④ 가연성 재질의 냉각수 수조와 이것이 위치한 지면 또는 건물 옥상 주변공간은 탑 하부에 가연성 폐기물이 쌓이지 않도록 효과적으로 차폐한다

#### (3) 화재 예방을 위한 유지관리기준 확립

- ① 냉각탑에서 용접이나 절단을 필요로 할 때 그 작업은 용접 및 절단 공정의 화재 예방기준을 준수하고 그에 준하여 수행되어야 한다
- ② 가연성 구조로 된 냉각탑 주위에서는 흡연이 금지되어야 한다

- ③ 지상에 위치한 냉각탑 주변은 잔디, 잡초, 잡목, 또는 가연성 폐기물이 없도록 한다
- ④ 연속 가동중인 냉각탑은 모터의 과열 및 과도한 팬 진동이 없는지 수시로 검사한다
- ⑤ 적어도 반년에 한 번 씩, 모터와 감속기를 포함한 팬 부속품은 과도한 마모 및 진동, 부적절한 윤활 상태, 부식 또는 고장을 일으킬 수 있는 기타 상태를 보기위해 가동시와 중단시에 검사해야 하며, 필요할 때는 시정조치를 취한다
- ⑥ 냉각탑에 부속된 전기기기 및 배선의 설치는 전기 내선규정에 준해 보호 계통, 접지, 케이블 종류와 규격, 배선방법이 적합하여야 한다
- ⑦ 팬을 구동하는 전동기에는 규격에 적합한 과전류 보호장치를 구비한다
- ⑧ 절연 진단 및 순시 점검을 시행한다
- ⑨ 냉각탑 충전재로 많이 사용되고 있는 폴리프로필렌은 인화성이 강해서 화재에 매우 취약하므로 향후 PP소재의 사용을 배제하고 모든 플라스틱류는 내화성으로 하는 것이 바람직하다

※ 기출문제분석15(기타화재관련)

1. 1666년 9월 영국 런던화재에 대하여 약술하시오(51회,20점)
2. 선박의 화재는 육상화재와 크게 2가지가 틀린데 이를 설명하라(45회,15점)
3. 광산에서의 잠복화재를 설명하시오(52회,6점)
4. 주택화재의 효율적인 경보설비에 대해 설명하시오(56회,20점)
5. 항공기 화재사고의 특징을 설명하시오(57회,20점)
6. 경기장에 응원깃발 및 응원용품의 연소위험성과 대책을 설명하시오(68회,25점)
7. 냉각탑(쿨링타워) 유형별 화재예방대책에 대하여 쓰시오(75회,25점)
8. 공조용 냉각탑(Cooling Tower)화재에 대하여 설명하시오(97회,25점)

## 문제25) 화재조사 목적 및 범위

### 1. 개요

① 화재조사에 대한 소방법의 규정

: 소방법 제81조에 "소방본부장 또는 소방서장은 화재가 발생한 때에는 그 화재원인과 화재 또는 소화로 인하여 생긴 손해를 조사하여야 한다" 고 규정되어 있다

② 화재조사는 화재에 의한 피해를 알리고 유사화재를 방지하며, 피해 최소화, 발화원인 및 연소확대 요인 등을 규명하여 이를 통계화 함으로서 화재의 예방, 진압 활동 및 소방행정의 기초자료 등으로 활용하기 위함이다

### 2. 화재조사의 목적

- ① 발화원인 및 연소확대 요인을 규명하여 화재예방을 위한 대책 수립
- ② 화재발생상황, 원인 및 피해상황 등을 통계화 함으로서 소방행정 자료로 활용
- ③ 방화 및 실화의 발화원인에 대한 책임을 규명
- ④ 화재에 의한 피해를 알려 경각심을 높이고 유사화재의 재발방지
- ⑤ 연소확대 및 소방시설의 작동상황 등을 파악하여 진압대책의 자료도 활용

### 3. 화재조사의 범위

(1) 화재원인 조사

- ① 발화원인조사 : 화재 발생과정, 화재 발생지점, 불이 붙기 시작한 물질
- ② 발견·통보 및 초기소화 상황 조사  
: 화재의 발견, 통보 및 초기소화 등 일련의 과정
- ③ 연소 상황 조사 : 화재의 연소경로 및 확대 원인 등의 상황
- ④ 피난 상황 조사 : 피난경로, 피난상의 장애요인 등의 상황
- ⑤ 소방시설 등 조사 : 소방시설의 사용 또는 작동 등의 상황

(2) 화재피해 조사

- ① 인명피해 조사
  - ㉠ 소방활동 중 발생한 사망자 및 부상자
  - ㉡ 그 밖에 화재로 인한 사망자 및 부상자
  - ㉢ 대형화재 : 인명피해 사망 5인 이상이거나 사상자 10인 이상 발생화재
- ② 재산피해 조사
  - ㉣ 열에 의한 탄화, 용융, 파손 등의 피해
  - ㉤ 소화활동 중 사용된 물로 인한 피해
  - ㉥ 그 밖에 연기, 물품반출, 화재로 인한 폭발
  - ㉦ 대형화재 : 20억 이상 추정되는 화재

(3) 화재조사 시 소실정도에 따른 화재분류

- ① 전소화재 : 건물의 70[%] 이상 소실되었거나 그 미만이라도 잔존부분을 보수하여

### 재사용이 불가능 한 화재

- ② 반소화재 : 건물의 30[%] 이상 70[%] 미만 소실 된 것
- ③ 부분소화재 : 건물의 30[%] 미만이 소실 된 것
- ④ 즉소화재 : 화재 발생 즉시 소화된 화재로 인명피해가 없고 피해액이 경미한 것

#### 4. 화재조사의 책임

- ① 화재의 원인을 규명하고 화재 및 소화활동에 의해 발생한 손해, 연소확대의 원인, 피난의 상황, 소방용 설비의 작동상황, 방화관리 등의 상황을 명확히 하여 화재예방과 화재에 의한 손해를 최소한으로 할 수 있는 곳이 소방기관이므로 화재의 조사를 행하는 권한과 책임은 소방기관에 부여되어 있다
- ② 따라서 화재조사의 권한과 의무는 소방본부장 또는 소방서장(소방서가 설치되지 않은 곳은 시장 또는 군수)에게 부과되어 있다

#### 5. 화재조사 진행순서

##### (1) 출동시의 조사

- ① 카메라 담당자는 승차 후 즉시 촬영이 가능토록 준비한 후 화재의 상황 등 현장 도착시의 제반 상황을 촬영한다
- ② 무선정보에 유의하고 화재의 추이를 파악한다
- ③ 바람의 방향, 풍속 등에 따른 화염의 상황과 이상한 냄새, 소리에 유의한다

##### (2) 화재현장에서 조사

- ① 화염의 분출, 범위, 양 등의 화재의 진전 상황
- ② 현장주변의 건물 상황, 거주자, 근무자의 동향
- ③ 이상한 연소, 급격히 연소 확대된 연소의 상황
- ④ 건물의 창, 셔터의 개폐, 시정의 상황
- ⑤ 누전의 유무, 가스누설 유무, 가스 밸브류의 개폐상황
- ⑥ 소화활동 중에 나타나는 특이한 연소상황과 주수효과의 상황
- ⑦ 인명피해가 발생한 장소의 상황
- ⑧ 잔화정리와 병행하여 출화장소 부근 물건의 이동, 도괴, 손상의 상황
- ⑨ 관계자 목격자들로부터의 정보수집

##### (3) 진화 후의 조사

- ① 발굴전의 현장관찰  
: 현장관찰은 어떤 원인으로 해서 발화되었고 어떤 경로로 어떻게 연소상황이 전개되었는가를 관찰하고 발화 장소를 판정하기 위한 것이다
- ② 발화 장소의 판정  
: 발화 장소의 판정은 화재출동 중의 조사내용, 발굴 전의 현장관찰 상황을 검토하고 들은 상황 등을 종합적으로 고찰하여 발화 장소를 판정한다
- ③ 현장 발굴  
: 발굴 작업은 추정된 발화원인, 착화물, 연소매체인 가연물을 관찰과 노력으로 원

형에 가까운 상태로 행하는 것으로서 연소경로에 따른 복원이 가능하게 하는 것이 목적이다

④ 복원

: 복원은 연소물을 화재발생 직전의 상태로 조립하는 작업으로서 추정된 발화원에서 여러 가지 연소된 물건을 관찰한다

⑤ 발화원인 입증

㉠ 발화부분을 복원한 물건에는 발화원이 될 수 있는 각종 기구, 설비가 존재한다. 담배, 성냥 등 소실되어 없어진 경우에는 그것이 발화원이라고 긍정적으로 관찰되었다 하더라도 이를 입증하지 않으면 발화원으로 결정할 수 없다

㉡ 여기에는 발화장소에 존재하고 있는 발화원, 존재하고 있지 않는 발화원을 충분히 고려하여 입증할 필요가 있다

⑥ 발화원인 판정

: 발화원인의 판정은 현장관찰의 상황, 관계하고 있는 자에 대한 질문 등으로 종합적인 원인을 입증하고 판정하여 과학적 타당성에 기초하여 결과를 내리는 것이 필요하다

## 6. 발화원의 존재유무에 따른 검토사항

### (1) 발화장소 부근의 연소물 중에 발화원이 있는 경우

① 전기 관계에서는 스위치, 휴즈, 배선의 단락흔, 발열체의 변화 등의 상황에서 통전 상태, 축열 상태에서 착화물의 연소상황을 검증한다. 누전화재에서는 누전점, 발열점, 접지점 등 여러 가지를 입증한다

② 기기 관계에서는 금속의 변색, 용융, 변형, 파손, 이물질의 혼입 등의 상황에서 발열 또는 발화 가능성을 검토한다

### (2) 발화장소 부근의 연소물에 발화원이 존재하고 있지 않은 경우

① 작은 불씨에서도 용이하게 착화할 가능성이 있는 물건이 존재하고 있는가를 검토한다

② 발화원과 착화물과의 관계에서 시간적으로 타당성이 있는가를 검토한다

③ 건물의 상황, 작업상황, 기상상황에 작은 불씨에서 화재로 발전할 환경조건이 있는가를 검토한다

④ 흡연, 불씨 발생작업의 사실이 있는가를 확인한다

⑤ 발화원, 과정, 착화물, 발화장소에 따라 발화원에서 연소상황까지 전체의 연소상황이 전개될 수 있었는가를 검토한다

⑥ 발화장소의 연소상황을 중심으로 다른 발화원의 존재 가능성도 검토한다

## 문제26) 화재패턴(Fire Pattern)

### 1. 화재패턴의 생성

- (1) 광의의 화재패턴(화재의 자취)은 화재 전과정의 거동 양상을 포함하지만 협의의 정의로는 화재조사에 필요한 화재 후에 남겨진 가시적이고 측정 가능한 결과물, 즉 화재흔(痕), 이라고 정의될 수 있다
- (2) 대부분의 화재패턴은 2차원적 표면위에 나타나게 되는데 그 표면들은 3차원적인 화재와 교차하는 장소가 된다
- (3) 이러한 패턴들은 복사열, 뜨거운 가스층, 뜨거운 작열고체, 화재플럼(화염 직접 접촉 포함)과의 접촉에 의해 생기게 된다
- (4) 화재패턴의 생성 Mechanism
  - ① 열원으로부터 멀어질수록 약해지는 복사열의 차등 원리
  - ② 고온가스가 열원으로부터 멀어질수록 온도가 낮아지는 원리
  - ③ 화염 및 고온가스의 상승 원리
  - ④ 연기나 화염이 물체에 의해 차단되는 원리

### 2. Flash-over 이전의 화재패턴(화재실 내부의 연소현상)

- (1) 역콘형 패턴
  - ① 초기 성장단계에서는 화염의 모양을 일반적으로 반영하는 거꾸로된 콘형의 패턴을 보여주게 되는데 이는 작은 화재에서 생성되는 패턴과 같은 모양이다
  - ② 삼각형 패턴은 역콘형이라고 불리기도 하며 이는 불완전 성장 화재의 결과이지만 반드시 별개의 화원점을 나타내는 것은 아니다. 이들은 흔히 현소물의 낙하에 기인되기도 한다
  - ③ 이러한 패턴들은 창이나 커튼과 같은 2차 연료들의 뒤늦은 연소와 조기소화(또는 단순히 타서 소멸됨)의 결과일 수 있다
- (2) 기둥형 패턴
  - ① 화재가 진전됨에 따라 열방출률과 화염높이가 커져 연소생성물은 부양성 플럼내에서 상승하게 되고 역콘 모양이 불분명하게 되며 이에 따라 기둥형의 모양이 예측된다
  - ② 삼각형 패턴 생성의 화재보다는 더욱 진전된 화재에 의해 생성되는 기둥형 패턴들은 화재가 소멸되지만 않는다면 통상적으로 더욱 진화되어 다시 아랫부분이 불분명해지는 V-형(콘형)패턴으로 변화될 수 있다
  - ③ 이와 같이 초기 생성 패턴들은 진화작업이나 산소결핍과 연료소진에 의해 화재가 소멸되지 않는한 관찰이 어려울 것이다
  - ④ 따라서 이러한 패턴들의 관찰을 통해 화재조사관들이 화재성장의 단계, 특정연료의 화재성장속도, 진화시 특정연료의 피크 열방출률을 파악할 수 있게 된다
- (3) V-형 패턴

- ① 뜨거운 가스나 연기가 화재로부터 위로 올라가면서 주변공기를 혼합하게 되는데 혼합Zone이 위로 올라 갈수록 넓어진다
- ② 즉 인입공기가 혼합되면서 상승하는 열기둥이 옆으로 퍼져 'V' 자 형태가 되면 화염에 대한 제한성이 없는 경우 그 각도는 약 30도 정도가 된다
- ③ V-형 패턴의 각도의 영향인자(변수)
  - ㉠ 연료의 열방출율과 기하학적 구조
  - ㉡ 환기 효과
  - ㉢ 패턴이 나타나는 수직표면의 발화성과 연소성
  - ㉣ 천장, 선반, 테이블 윗면 등과 같이 수평표면을 가로지르는 부분의 존재

(4) U-형 패턴 및 원형 패턴

- ① 콘형 패턴은 플럼의 기저가 벽에 가까우면 V-형을 나타낼 수 있다. 단순히 기하학적 구조면에서 보면 플럼의 기저가 벽으로부터 나가면 콘의 벽과의 교차부는 높게 될 것이고 콘의 바닥은 더욱 둥글게 되어 U-형 패턴이 될 것이다
- ② 콘이 천장과 교차하는 부분에서는 원형의 연소패턴이 생성될 것이다. 이 경우 플럼이 벽과 전혀 교차되는 부분이 없으면 완전한 원형이 되거나 부분 원형이 될 것이다

**3. 표면효과의 화재패턴**

(1) 표면효과

- ① 화재패턴이 나타나는 표면의 성상이나 물질이 패턴자신의 모양과 성질을 결정한다. 표면의 모양과 바탕의 짜임은 나타나는 구분선의 실제 형상에 영향을 미치며 표면 지역을 달리 하면서 열분해와 연소의 정도를 증가 또는 감소시키기도 한다
- ② 가연성 표면은 열분해와 연소가 시작되어 검게 되고 다양한 단계의 숯층화나 전체적 물질의 손실을 초래할 수 있다. 그러나 광물질 또는 금속과 같은 비가연성 표면은 변색, 산화, 물리적 뒤틀림, 용융 등을 나타낸다
- ② 페인트, 타일, 블럭, 벽지, 플라스터 등으로 표면 마감재를 달리하면 열에 의한 열화나 연소속도가 증가 또는 감소하게 된다
- ③ 표면효과의 영향변수로는 표면의 형태와 평활도, 마감재의 두께와 특성, 물체의 표면적의 질량에 대한 비 등을 들 수 있다

(2) 탄화(charring)

- ① 숯이 생성되는 탄화는 유기물질을 휘발분으로 전환시켜 탄소성 숯을 뒤에 남기는 화재에 의한 열분해과정이라 할 수 있다. 숯이 생성되어 물질손실이 일어나는 열분해 영향을 받은 직선 깊이를 탄화깊이라고 한다
- ② 탄화속도(Rate of charring)
  - ㉠ 탄화속도는 적용되는 열류에 크게 의존된다. 화재기간 중 표면으로의 열류가 화염이 직접 접촉하는 경우 0 ~ 50[kW/m<sup>2</sup>], 플래쉬오버 후의 조건하에서는 120 ~ 150[kW/m<sup>2</sup>] 범위로 된다
  - ㉡ 탄화속도는 뜨거운 가스의 이동속도와 환기조건에도 의존된다. 빠른 가스속도와

환기의 경우 탄화속도가 크게 된다

㉔ 탄화속도의 영향요소(목재의 탄화속도)

- 가열속도와 기간
- 환기효과
- 표면적의 질량에 대한 비
- 목재의 방향, 방위, 크기
- 목재 종류
- 함수율
- 표면 코팅제의 특성

③ 탄화깊이(Depth of Char)

㉑ 탄화깊이에 대한 분석은 주변 가연물로부터의 열에 의한 연소시간이나 강도의 판단보다는 화재확산을 평가하는데 이용 시 신뢰도가 더 높다

㉒ 각각의 비교탄화깊이가 화재노출, 환기, 연료위치 때문에 발생하는 가장 심한 손상부가 어디인지를 탄화위치를 이용하여 판가름하는 핵심요소가 된다. 이를 이용하여 화재조사관들이 탄화깊이가 얇으면 화원으로부터 먼 곳이 되는 화재 확산방향을 유추할 수 있게 된다

㉓ 탄화깊이 분석의 신뢰도에 영향주는 주요 변수

- 탄화패턴 형성의 열원이나 연료원이 단수이나 복수이냐의 영향
- 동일물질에 대한 탄화깊이 측정의 비교
- 연소속도에 영향을 미치는 환기요소
- 측정기술과 방법의 일관성

④ 연료가스에 따른 탄화패턴의 깊이

㉑ 휘발성이 큰 연료가스는 전체 면적에 걸쳐 비교적 균일한 탄화깊이를 보여준다

㉒ 점진적인 탄화깊이의 변화를 이용하여 연료가스가 집중적으로 모인 곳으로부터의 화재확산을 추적할 수 있게 된다

⑤ 탄화에 대한 해석

㉑ 탄화나 균열로서 원인을 판단할 때 오판을 하는 수가 종종 있다

㉒ 탄화층 표면이 둔탁하거나, 빛이 나거나, 변색되는 등의 외양상 나타나는 것으로 탄화수소 가속제 때문에 화재성장이 빨랐다고 판단하기 쉬우나 사실상 여기에는 과학적 증거가 되지 않고 있으므로 이러한 탄화만으로 가속제 사용이나 빠른 화재성장으로 속단하지 않도록 주의 하여야 한다

⑥ 목재의 균열흔(char blister)

㉑ 목재의 균열흔은 같은 온도조건이라고 하더라도 목재의 건조정도, 밀도, 표면의 처리 상태, 표면적의 크기, 나무의 종류에 따라서 다르게 나타날 수 있으므로 주의 깊은 관찰이 요구된다

㉒ 노출온도에 따라 다른 균열흔

- 완소흔(緩燒痕, sluggish burning sign) : 약 700 ~ 800[°C] 정도에서 비교적 천천히 더디게 타고 난 후 표면에 남는 갈라진 흔적으로 틈의 폭이 넓지 않고

골이 얇다

- 강소흔(強燒痕, extreme burning sign) : 약 900[°C] 정도에서 연소되었을 때 나타나는 현상으로 나무가 갈라져서 파인 골의 깊이가 깊은 편이며 골의 테두리 모양은 각이 없는 반원형에 가깝다
- 열소흔(熱燒痕, violent burning sign) : 약 1,100[°C] 온도에서 탈 때 표면이 갈라진 흔적으로 나무에 패인 홈의 깊이가 가장 깊고 홈의 폭이 넓으며 부푼 형태는 구형에 가깝도록 볼록해진다

(3) 하소(煨燒, calcination)

- ① 하소란 화재 시 열에 의해서 물질 표면에 발생하는 물리적, 화학적 변화를 말한다
- ② 석고보드의 경우 분해온도 이상이 되면 탈수되는데 물은 수산기(OH 기) 상태로 석고의 결정수를 이루고 있으므로 탈수되면 석고의 결정구조가 파괴된다
- ③ 석고보드가 화염에 노출되면 화염에 노출된 면은 유기접합제의 탄화로 인해서 회색으로 변하고, 계속해서 가열되면 탄소가 연소되어 흰색으로 변하며, 더욱 가열되면 석고판이 탈수됨과 동시에 구조가 파괴되어 부서지게 된다
- ④ 따라서 석고보드의 하소상태를 보고 가열된 지속시간이 얼마인지를 추정하는 것이 가능하고, 또한 깊이에 따라 가열 양과 화재시의 온도가 얼마나 높았는지를 추정할 수 있게 된다

(4) 박리(Spalling)

- ① 콘크리트 또는 벽돌 표면이 변하는 열기류나 냉기류 또는 기계적 압력에 노출되었을 때 깨져서 떨어지는 현상을 박리라고 한다
- ② 박리가 되는 원인
  - ㉠ 열을 직접적으로 받는 표면과 그렇지 않은 주변 또는 내부와의 서로 다른 열팽창률
  - ㉡ 철근 등 보강재와 콘크리트의 서로 다른 열팽창률
  - ㉢ 콘크리트 등의 내부에 생성되었던 공기방울의 부피 팽창
  - ㉣ 콘크리트 등의 내부에 있던 물방울의 증기화에 의한 부피 팽창
  - ㉤ 시멘트, 자갈, 모래의 서로 다른 열팽창률
  - ㉥ 재질이 다른 보강재간(철근 또는 빔 등)의 서로 다른 열팽창률

(5) 파손유리(crazed glass)

- ① 열에 의해 깨진 유리의 단면에는 충격에 의하였을 때에 보이는 리플마크가 식별되지 않는다(NFPA 921 : 온도차 약 70°C가 나면 금이 시작)
- ② 동심원 파단면 및 방사형 파단면에는 물결 같은 일련의 곡선이 연속해서 만들어 지는데 이를 리플마크(riffle mark) 또는 패각상(貝殼狀, conchoidal fracture line) 파손흔 이라고 한다
- ③ 폭발에 의한 유리의 파단형태는 대부분 방사형태보다는 평행선에 가까운 모습으로 균열이 가며 깨지고 충격에 의한 파단 시 발생하는 비교적 균일한 동심원형태의 파단은 일어나지 않으며 각 파편이 단독적으로 파단된다

(6) 물질의 용융(melting of materials)

- ① 물질의 용융은 열에 의해 일어나는 물리적 변화인데 용융부분과 비용융부분의 경계로서 열과 온도의 구분선이 만들어지며 이를 이용하여 화재패턴을 판단할 수 있다
- ② 재료의 개략적인 용융온도를 알고 있으면 용융물질이 노출된 화재의 온도를 유추할 수 있는데 이러한 지식을 통해 가열 강도와 기간, 열이동 범위, 연료의 열방출율 등을 산출할 수 있게 된다

(7) 그을음(soot deposition)

- ① 화재 시에는 연기, 그을음 등 연소생성물이 발생하게 되고 이들은 대기 중에 부유하고 다니다가 여러 곳에 부착되는데, 이러한 이유로 대부분의 화재현장에는 연소되지 않은 곳이라도 벽면과 천정이 검게 보인다
- ② 그을음의 특징은 매끄러운 표면에 비하여 거친 표면에 부착이 쉽고 차가운 표면에 부착되기 쉬우며 주변보다 뜨거운 표면에는 부착되지 않는다
- ③ 그을음의 부착위치와 형태를 통해서 어느 곳에서부터 화재가 발생하고 이동되었는지를 추적해 갈 수 있다
- ④ 또한 잠금장치의 걸쇠, 경첩, 창틀 등에 부착된 그을음 위치의 확인을 통해 화재 당시 창문이나 출입문의 개방여부 등 현장의 환기(ventilation) 등에 대한 중요한 정보를 얻을 수 있다

(8) 백화연소흔(clean burn)

- ① 부착된 그을음은 탄소 등 가연성 물질로 직접적으로 화염과 접하거나 강력한 복사열에 노출되게 되면 대부분 연소되어 비가연성 표면(벽면이나 금속 등)이 그대로 노출되는데 이때 이러한 흔적을 백화연소 흔적이라고 한다
- ② 백화연소 흔적은 부분적으로 생성되기도 하지만 화재로 인해 방실 전체가 격렬하게 연소되었을 때에는 방실 전체에 나타나기도 한다
- ③ 백화연소 흔적은 발화부가 다른 곳에 비하여 더 오래, 더 강하게 탈 수 있기 때문에 발화부에서 종종 나타나기도 하지만 환기가 가연물의 영향에 의해서 발화부가 아닌 다른 곳 또는 방실 전체적으로도 빈번하게 발생하므로 백화연소 흔적이 발화부를 지목하는 것은 아니다

(9) 변색흔(變色痕)

- ① 화재 시 복사열이나 대류열에 의해 물체가 변색을 일으키며 흔적으로 남는 화재패턴이 생성된다
- ② 물질의 종류에 따라 다양한 변색이 일어나며 변색을 일으키는 온도범위도 각종물질의 특성에 따라 달라지므로 이에 대한 데이터베이스의 이용이 필요하다

(10) 가구스프링의 변형

- ① 소파나 침대 등 가구들은 탄소강으로 만들어진 스프링이 설치되어 있다
- ② 이 스프링은 평상시에는 복원력이 높아 압력이 해제되면 본래의 모습을 되찾는데 화재 시 발생하는 열기에 노출될수록 탄성을 잃게 되어 압력이 해소되어도 본래의 모습을 찾을 수 없게 된다
- ③ 스프링 복원력의 상실정도를 비교해서 어느 곳이 더 많은 화재열기에 노출되었는

지를 알 수 있으며 이를 통해 화재의 확산방향을 추정해 볼 수 있다

(11) 액체가연물의 연소에 의한 화재패턴(Liquid pattern)

## **문제27) 액체가연물의 연소에 의한 화재패턴(Liquid pattern)**

### **1. 액체가연물의 화재패턴의 일반적 특성**

- ① 낮은 곳으로 흐르며 고인다는 점
- ② 바닥재의 특성에 따라 광범위하게 퍼지거나 흡수될 수 있다는 점
- ③ 증발하면서 증발잠열에 의한 냉각효과가 있다는 점
- ④ 쏟아지거나 끊게 되면 주변으로 방울이 튈 수 있다는 점
- ⑤ 어떠한 액체가연물도 고분자물질을 침식시키거나 변형시키는 등 용매로서의 성질을 가지기도 한다는 점 등

### **2. 액체가연물의 연소에 의한 화재패턴(Liquid pattern)**

#### **(1) 포어패턴(pour pattern)**

- ① 인화성 액체가연물이 바닥에 쏟아졌을 때 액체가연물이 쏟아진 부분과 쏟아지지 않은 부분의 탄화경계 흔적을 말한다
- ② 이러한 형태는 화재가 진행되면서 액체가연물이 있는 곳은 다른 곳보다 연소가 강하기 때문에 탄화정도의 강, 약에 의해서 구분된다
- ③ 때로는 액체가 자연스럽게 낮은 곳으로 흐른 부드러운 곡선 형태를 나타내기도 하고 쏟아진 모양 그대로 불규칙한 형태를 나타내기도 하지만 연소된 부분과 연소되지 않은 부분에서 뚜렷한 경계선을 나타낸다

#### **(2) 스플래시패턴(splash pattern)**

- ① 액체가연물이 쏟아지면서 주변으로 튀거나 연소되면서 발생하는 열에 의해 스스로 가열되어 액면에서 끊으며 주변으로 튈 액체가 위 포어패턴의 미연소 부분에서 국부적으로 점처럼 연소된 흔적이다
- ② 이 패턴은 주변으로 튀어 나간 가연성 방울에 의해 생성되므로 약한 풍향에도 영향을 받는다. 바람이 부는 방향으로 잘 생기지 않으며 반대 방향으로 비교적 멀리까지 생긴다

#### **(3) 고스트마크(ghost mark)**

- ① 실내가 화염에 의한 열기가 가득하게 되면 액체가연물과 접착제의 화합물은 타일의 틈새에서 더욱 강렬하게 연소하게 되고, 결과적으로 타일 아래의 바닥에는 타일 등 바닥재의 틈새모양으로 변색이 되고 종종 박리되기도 하는데 이때 바닥에서 보이는 흔적을 고스트마크라고 한다
- ② 이 패턴은 다른 패턴과 달리 Flash-over와 같은 강력한 화재열기 속에서 발생한다

#### **(4) 틈새연소패턴(seam burn pattern)**

- ① 고스트마크와 외형이 유사하나 단순히 가연성 액체의 연소라는 점, 콘크리트나 시멘트 바닥이 아니라 마감재 표면에서 보이는 패턴이라는 점, 주로 화재초기에 나타나며 플래쉬오버와 같은 강한 화염 속에서는 쉽게 사라질 수 있다는 점이 다르다

- ② 틈새나 모서리를 따라 고인 액체 가연물은 그곳을 다른 곳에 비하여 더 강하게 더 오래 연소시킨다

(5) 도넛패턴(doughnut pattern)

- ① 더 많이 연소된 부분이 덜 연소된 부분을 둘러싸고 있는 “도넛 모양” 형태는 가연성 액체가 웅덩이처럼 고여 있을 경우 발생한다
- ② 고리처럼 보이는 주변부나 얇은 곳에서는 화염이 바닥이나 바닥재를 탄화시키는 반면에 비교적 깊은 중심부는 액체가 증발하면서 기화열에 의해 냉각시키는 현상 때문에 발생한다
- ③ 실제 액체 가연물을 살포한 모든 현장에서 도넛패턴과 같이 둥근모양이 나타나는 것은 아니지만 가연물이 뿌려진 경계부분이 더 많이 연소된 것을 볼 수 있다

(6) 레인보우 이펙트(rainbow effect)

- ① 물위로 뜨는 기름띠의 모습이 광택을 내는 무지개처럼 보이기 때문에 붙여진 이름으로 현장에서 촉진제 등이 사용되었다고 의심할 수 있는 근거이기도 하다
- ② 그러나 이러한 현상만으로는 샘플을 분석한 연구소의 검증 없이 인화성 액체 가연물이 사용되었다고 보아서는 안된다
- ③ 왜냐하면 아스팔트, 플라스틱 등 석유화학 제품과 식물성 기름이 추출될 수 있는 목재에서도 열분해가 되면서 이와 같은 레인보우 이펙트를 보일 수 있기 때문이다

## 문제28) 발화부 추정

### 1. 발화부

- ① 발화부(發火部, origin of fire)란 불이 처음 시작한 곳을 말하며 국소적으로는 발화점, 좀 넓은 장소적 개념으로서 화원부(火元部)로 표현하기도 한다
- ② 발화부(방화의 경우 점화부)란 화재가 처음 시작한 곳이며 그로부터 연소가 확대되는 것이기 때문에 발화부는 비교적 동일한 구조적, 용도적 상황이라면 처음부터 뒤늦게까지 연소가 지속되는 관계로 여러 가지 면에서 연소도가 심하게 나타난다
- ③ 화재조사에 있어서 발화부 내에서의 불씨나 가연물의 종류를 찾아냄으로써 착화의 경과를 판단할 수 있게 된다
- ④ 화원부와 발화부가 판단되면 방화를 포함한 화재의 원인은 반드시 그 곳에 존재하게 된다
- ⑤ 화재현장에서 화인을 규명하는 것은 무척 어려운 조사이나 화인은 발화부에서만 찾을 수 있기 때문에 각종 현상들을 정확히 관찰, 추적하여 발화부 및 화인을 규명하여야 한다

### 2. 발화부 추정 6원칙

#### (1) 도괴(倒壞)방향법

- ① 출화 건물의 기둥, 보, 벽, 가구류는 발화부를 향하여 사방으로부터 도괴하는 경향이 있다
- ② 이는 발화부 부근이 조기연소 할 뿐 아니라 장시간에 걸쳐 연소가 계속되기 때문에 그 부근의 구조물이 비교적 조기에 소손됨으로써 나타나는 현상이다

#### (2) 연소의 상승성

- ① 화재의 진행방향에 따른 연소속도는 수평방향으로의 속도를 1이라고 할 때 상향으로는 20, 하향으로는 0.3이 되어 V자 형태를 이루기 때문에 이를 V-Pattern이라고 한다
- ② 수평이나 하방향으로의 연소는 비교적 어렵게 됨은 당연하며, 하방향으로의 현저한 연소현상이 인정될 때에는 그 이유를 반드시 규명하고 지나가야 한다

#### (3) 탄화심도(炭化深度)

- ① 탄화심도는 발화부에 가까울수록 깊어지는 경향이 있다
- ② 숯이 생성되는 탄화는 유기물질을 휘발분으로 전환시켜 탄소성 숯을 뒤에 남기는 화재에 의한 열분해과정이라 할 수 있다. 숯이 생성되어 물질손실이 일어나는 열분해 영향을 받은 직선 깊이를 탄화깊이(심도)라고 한다

#### (4) 목재표면의 균열흔(龜裂痕)

- ① 목재표면의 균열흔은 발화부에 가까울수록 가늘어지는 경향이 있다
- ② 노출온도에 따라 다른 균열흔
  - ㉠ 완소흔(緩燒痕, sluggish burning sign) : 약 700 ~ 800[°C] 정도에서 비교적

천천히 더디게 타고 난 후 표면에 남는 갈라진 흔적으로 틈의 폭이 넓지 않고 골이 얕다

㉠ 강소흔(强燒痕, extreme burning sign) : 약 900[°C] 정도에서 연소되었을 때 나타나는 현상으로 나무가 갈라져서 파인 골의 깊이가 깊은 편이며 골의 테두리 모양은 각이 없는 반원형에 가깝다

㉡ 열소흔(熱燒痕, violent burning sign) : 약 1,100[°C] 온도에서 탈 때 표면이 갈라진 흔적으로 나무에 패인 홈의 깊이가 가장 깊고 홈의 폭이 넓으며 부푼형태는 구형에 가깝도록 볼록해진다

(5) 훈소흔(熏燒痕)

- ① 발열체가 목재면에 밀착되었을 때 그 발열체의 이면 목재면에는 훈소흔이 남는다
- ② 목재의 훈소흔은 시간의 장단에 따라 차이는 있으나 5~6시간 경과하면 직경 15 [cm], 깊이 10[cm] 정도로 탄화된다

(6) 주연(走煙), 주염흔(走焰痕)

- ① 주연흔은 구조체의 천장이나 내·외벽체에 연기 색상으로 만들어지며 연소가 진행되어 가는 방향 쪽에 형성 되는 것이 원칙이다
- ② 외격상 밀폐된 건물 내에서 연소할 때 창문 밖으로 분출되는 연기는 화원부나 발화부 부근이 심하게 나타난다
- ③ 주염흔은 처음부터 형성되는 경우보다 주연흔 형성이후 나타나는 경우가 대부분이다. 주염흔은 왕성한 화열을 발산하는 가연물이 연소시 내·외벽에 형성하는 흔적이다

(7) 용융흔(熔融痕)

- ① 물질의 용융은 열에 의해 일어나는 물리적 변화인데 용융부분과 비용융부분의 경계로서 열과 온도의 구분선이 만들어지며 이를 이용하여 화재패턴을 판단할 수 있다
- ② 기본적으로 유리와 같은 재료의 용융 및 파괴 상태를 확인하여 화재시 온도가 얼마나 높았나를 알아낼 수 있다
- ③ 예를 들어 유리는 250[°C] 균열, 85[°C]에서 용융하기 때문에 유리가 용융되었다면 화재시의 온도가 850[°C]까지 높았다는 것을 의미한다

(8) 변색흔(變色痕)

- ① 화재 시 복사열이나 대류열에 의해 물체가 변색을 일으키며 흔적으로 남는 화재패턴이 생성된다
- ② 물질의 종류에 따라 다양한 변색이 일어나며 변색을 일으키는 온도범위도 각종물질의 특성에 따라 달라지므로 이에 대한 데이터베이스의 이용이 필요하다

(9) 박리흔(剝離痕)

- ① 콘크리트 또는 벽돌 표면이 변하는 열기류나 냉기류 또는 기계적 압력에 노출되었을 때 깨져서 떨어지는 현상을 박리라고 한다
- ② 박리가 되는 원인
  - ㉠ 열을 직접적으로 받는 표면과 그렇지 않은 주변 또는 내부와의 서로 다른 열팽

창률

- ㉠ 철근 등 보강재와 콘크리트의 서로 다른 열팽창률
- ㉡ 콘크리트 등의 내부에 생성되었던 공기방울의 부피 팽창
- ㉢ 콘크리트 등의 내부에 있던 물방울의 증기화에 의한 부피 팽창
- ㉣ 시멘트, 자갈, 모래의 서로 다른 열팽창률
- ㉤ 재질이 다른 보강재간(철근 또는 빔 등)의 서로 다른 열팽창률

(10) 복사흔(輻射痕)

- ① 화재시 매개체 없이 연소되어 가는 것은 거의 복사열의 영향이다
- ② 복사는 직진하고 물체에 닿으면 흡수되든지 반사하므로 복사열이 물체에 닿으면 흡수되어 온도를 높이게 된다
- ③ 열복사에 의한 가장 큰 발화요인으로서는 난로와 가연물의 근접상황인 것이 그 예일 것이나 여기서는 화재원인으로서의 복사보다는 화원부나 발화부 판단 단계에서의 복사도를 말하는 것으로 주연이나 주염흔을 받는 건물 외주의 수목이나 전주, 집적물, 인근 구조물이나 간판 등의 수열도를 비교하므로써 판단할 수 있다

**3. 발화원인 판정 5원칙**

- (1) 발화원으로 추정되는 물건에 인접한 가연물이 착화되는 과정에 무리한 추론이 없을 것
- (2) 발화원이 잔존하지 않는 경우에는 소손상황, 발견상황, 발화 장소의 환경조건을 종합적으로 고찰하여 발화 원인에 타당성이 있을 것
- (3) 과거의 화재사례 및 경험에 비추어 보아 발화 가능성에 모순이 없을 것
- (4) 추정된 발화원 이외의 다른 발화원은 사용상태, 소손상황 등으로 보아 발화의 가능성이 없을 것
- (5) 발화점으로 추정된 장소의 소손 상황에 모순이 없을 것

※ 기술문제분석16(화재원인조사관련)

1. 건축화재 원인 중 발화부와 화원부의 차이점을 설명하시오(55회,20점)
2. 화재조사의 목적, 범위, 책임 및 수행을 설명하시오(57회,20점)
3. 화재원인 및 감식요령에서 발화부의 추정 5원칙에 대해 설명하시오(61회,25점)
4. 화재 출화부 추정의 5원칙을 설명하시오(62회,20점)
5. 화재사고의 원인조사를 실시하기위해 필요한 기초지식, 사고조사 진행순서 및 발화원의 존재유무에 따른 검토사항을 기술하시오(76회,25점)
6. 화재 현장에서 물적증거에 의한 화재감식 요령에 대하여 기술하시오(78회,25점)
7. 가연물표면(천장, 벽면, 바닥)에 따른 연소패턴(Pattern)에 대하여 각각 설명하시오(81회,10점)
8. 화재감식 현장에서 나타난 화재패턴(Fire Pattern) 중 하소(Calcination)현상에 대하여 설명하시오(85회,10점)
9. 화재패턴이 만들어지는 원인으로는 열변형, 소실(燒失), 연소생성물의 퇴적 등이 있는데, 어떤 원리에 의해 열원을 추적해 갈 수 있는지에 대하여 설명하시오(91회,10점)
10. 화재조사 시 소실정도에 의한 화재를 분류하고, 발화부 추정원칙 6가지를 설명하시오(94회,25점)
11. 화재조사에서 화재패턴의 종류 중 도넛 패턴(Doughnut Pattern)에 대하여 설명하시오(96회,10점)
12. 연소의 원인인 인화(引火)에 영향을 미치는 요소와 인화에 의하여 발생한 화재의 조사방법에 대하여 설명하시오(98회,25점)