

# »모아는 VISION이다« "소방기술사 대한민국 1위!" 제 122회 소방기술사 문제풀이

강사 : 황모아, 김정진, 유쾌한, 남유현, 곽영남, 정보영

모아소방전기학원 2012~2020년  
매년마다 **현** 수강생의 평균 **1/5** 을 **합격**시킨 **합격신화!**

합격률 대한민국 1위"  
"실제 수강생 합격률 대한민국 1위"  
"강의만족도 99% 대한민국 1위"  
"평균 강의 재수강률 80%"  
"8년간의 검증, 모방이 불가능한 커리큘럼"  
열정적으로 2020년을 시작합니다.

## 소방기술사 합격자 명단

- 103회 17명중 8명 합격! 문\*량, 송\*익, 이\*열, 황\*영, 이\*기, 정\*웅, 윤\*익, 김\*백(47%)  
 104회 5명중 3명 합격! 이\*선, 임\*철, 박\*효(60%)  
 105회 6명 중 4명 합격! 김\*석, 서\*길, 이\*열, 송\*수(67%)  
 106회 5명 중, 5명 합격! 최\*기, 명\*준, 박\*권, 이\*화, 김\*환(100%)  
 107회 12명중 5명 합격! 임\*창, 고\*민, 박\*욱, 임\*훈, 장\*익(42%)  
 108회 16명 중 9명 합격! 장\*남, 임\*수, 문\*주, 김\*오, 유\*석, 최\*영, 권\*효, 김\*호, 서\*영(57%)  
 109회 최종 23명 중 10명 합격! 이\*열, 장\*남, 서\*길, 김\*선, 위\*경, 함\*덕, 이\*승, 임\*수, 김\*웅, 임\*훈(45%)  
 110회 최종 12명 중 6명 합격! 김\*오, 최\*숙, 문\*주, 최\*재, 권\*효, 전\*인(50%)  
 111회 최종 9명 중 4명 합격! 박\*수, 김\*운, 김\*영, 하\*동(45%)  
 112회 최종 14명 중 5명 합격! 노\*택, 김\*근, 배\*우, 송\*남, 김\*\* (35%)  
 113회 최종 8명 중 4명 합격! 전\*근, 장\*익, 전\*진, 김\*중(50%)  
 114회 최종 12명 중 7명 합격! 곽\*남, 설\*익, 남\*현, 이\*호, 문\*환, 서\*영, 권\*범(59%)  
 115회 최종 19명 중 10명 합격! 김\*수, 김\*희, 김\*규, 박\*호, 방\*정, 윤\*철, 이\*수, 이\*근, 장\*남, 정\*미(53%)  
 116회 최종 18명 중 9명 합격! 김\*식, 최\*희, 김\*호, 엄\*재, 이\*택, 박\*남, 김\*웅, 양\*성, 송\*주(50%)  
 117회 최종 13명 중 2명 합격! 김\*섭, 박\*이(16%)  
 118회 최종 11명 중 3명 합격! 이\*, 이\*용, 장\*영(27%)  
 119회 최종 15명 중 8명 합격! 김\*성, 정\*중, 양\*광, 윤\*오, 정\*호, 신\*섭, 목\*봉, 김\*지(53%)  
 120회 최종 7명 중 2명 합격! 이\*현, 박\*근(29%)  
 121회 최종 18명 중 7명 합격! 윤\*열, 오\*경, 이\*호, 이\*상, 김\*수, 김\*하, 강\*주(39%)

# 소방기술사 개강 일정

보여예반	강의명	교수	일정(10-13주)	강의수	교재
	모아 기본반(오전반)	황모아 기술사	7월 18일 ~ 10월 17일 오전8시 50분 ~ 오후3시 (6시간10분)	13강(80H)	모아기술사 2권 “저자직강”
	모아 기본반(오후반)	곽영남 기술사	7월 18일 ~ 10월 17일 오후3시 10분 ~ 오후9시20분(6시간 10분)	13강(80H)	모아기술사 1권 “저자직강”
	합격요해심화반(오전반)	김정진 기술사	8월 22일 ~ 10월 31일 오전8시 50분 ~ 오후2시50분 (6시간)	10강(60H)	소방기술사 “요해”1권 “저자직강”
	금화도감 심화반	유래한 기술사	8월 22일 ~ 11월 07일 오후4시 10분 ~ 오후9시40분(5시간 30분)	11강(60H)	금화도감 1권 “저자직강”
	토요 SBR 연구반	유래한 기술사	8월 22일 ~ 11월 07일 오전 8시 40분 ~ 오후 4시(7시간 20분)	11강(80H)	금화도감 1,2권 “저자직강”
예반	강의명	교수	일정(10-13주)	강의수	교재
	모아 기본반(오전반)	정보영 기술사	7월 19일 ~ 10월 18일 오전8시 50분 ~ 오후3시 (6시간10분)	13강(80H)	소방기술사 “요해”2권
	모아 기본반(오후반)	정보영 기술사	7월 19일 ~ 10월 18일 오후3시 10분 ~ 오후9시20분(6시간 10분)	13강(80H)	소방기술사 “요해”1권
	모아소방기술사 심화반	남유현 기술사	8월 23일 ~ 11월 22일 오전8시 50분 ~ 오후3시 (6시간10분)	13강(80H)	모아기술사 2권
	마스터 심화반	홍운성 기술사	8월 23일 ~ 11월 08일 오전9시 ~ 오후5시 10분(7시간 10분)	11강(80H)	마스터 소방기술사 2 +기술풀이집 “저자직강”
	일요 SBR 연구반	김정진 기술사	8월 23일 ~ 11월 08일 오전9시 ~ 오후5시 10분(7시간 10분)	11강(80H)	소방기술사 “요해”1,2권 “저자직강”
평일반 (화,목)	강의명	교수	일정	강의수	교재
	모아 기본반(저녁반)	곽영남 기술사	7월 07일 ~ 9월 22일 오후7시 ~ 오후10시30분(3시간 30분)	23강(80H)	모아기술사 1권 “저자직강”

\* 검정시험 변동과 학원 사정에 의해 일정은 변경 될 수 있습니다.

## ★ 모아소방학원 소방기술사반의 강점 ★

- 첫 번째 :** 대한민국 명실상부 **최고의 강사진!**  
▶ 최고 전문성을 갖춘 검증된 소방기술사 교수진 강의 중!
- 두 번째 :** **충분한 공부시간 확보!**  
▶ 기본반/심화반 part1/part2로 진행 (총2회차, 160시간 or 120시간 진행)  
▶ 연구반 수업 매일 총 7~10시간 수업 중(깊이있는 강의 진행)
- 세 번째 :** Class Line-up! **합격까지 끌고 갈 탄탄한 커리큘럼!**  
▶ 토요일: 기본반(2개) -> 심화반(2개) -> 연구반-> ‘말해봐’면접반  
▶ 일요일: 기본반(2개) -> 심화반(2개) -> 연구반-> ‘말해봐’면접반  
▶ 총 11개 Class 개강 중! 원하는 수업으로 골라 듣기!
- 네 번째 :** **교재 무료제공** + 복습용 인강 할인제공! (마스터 종합반은 제외!)

**국가 및 지자체  
재난지원금  
서울특별시 대상자  
사용 가능**

기간: 2020년 8월 31일까지

수강료 (내일배움카드 사용 가능)	무조건 방문접수 (내일배움카드, 신분증 지참 必)
▶ 기본반 ▶ 토,일 SBR연구반 ▶ 일요 마스터,모아소방기술사 심화반	내일배움카드 <b>자비부담금 313,300원</b> / 일반 685,840만원
▶ 토,일 심화반/합격요해 심화반	내일배움카드 <b>자비부담금 274,980원</b> / 일반 554,380만원

“합격자 1위” “수강 만족도 1위” “수강생 수 1위”

<b>모아소방전기학원</b> 사이트: www.moate.co.kr 상 담: 02-2068-2851	<b>모아시직업전문학교</b> 사이트: www.moate.co.kr 상 담: 02-2068-2854	<b>동영상 전문 모아바</b> 사이트: www.moa-ba.com 상 담: 02-2068-2852
--	---	---

## [제 1교시]

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하시오.(각10점)

1. 화재 패턴(Pattern)의 개념과 패턴의 생성 원리에 대하여 설명하시오.
2. 스프링클러헤드의 RTI(Response Time Index)와 헤드 감도시험방법에 대하여 설명하시오.
3. 미분무소화설비에서 발생할 수 있는 클로깅(Clogging) 현상과 이 현상을 방지할 수 있는 방법에 대하여 설명하시오.
4. 화재수신기와 감시제어반을 비교하여 설명하시오.
5. 유체에서 전단력(Shearing Force)과 응력(Stress)에 대하여 설명하시오.
6. 이상기체 운동론의 5가지 가정과 보일(Boyle)의 법칙, 샤를(Charles)의 법칙, 게이뤼삭(Gay-Lussac)의 법칙에 대하여 설명하시오.
7. 트래킹(Tracking) 화재의 진행 과정과 방지대책에 대하여 설명하시오.
8. 소방설비 배관 및 부속설비의 동파를 방지하기 위한 보온방법에 대하여 설명하시오.
9. 옥내소화전설비에서 압력 챔버(Chamber) 설치기준과 역할에 대하여 설명하시오.
10. 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비 구성요소 중 저장용기의 설치장소 기준과 할로겐화합물 및 불활성기체 소화약제의 구비조건을 설명하시오.
11. 자연배연과 기계배연을 비교하여 설명하시오.
12. 구획 내 전체화재에 사용하는 화재하중 설정에 대하여 설명하시오.
13. 화학물질의 위험도를 정의하고, 아세틸렌을 예를 들어 설명하시오.

## [제 2교시]

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오.(각25점)

1. 소화배관에서 수격(Water Hammer) 현상 시 발생하는 충격파의 특징 및 방지대책에 대하여 설명하시오.
2. 소방설비의 배관에서 사용하는 게이트(Gate)밸브 · 글로브(Globe)밸브 · 체크(Check)밸브의 특징에 대하여 설명하시오.
3. 전기적 폭발의 개념과 발생원인 및 예방대책에 대하여 설명하시오.
4. 접지(Earth)설비에 대하여 다음을 설명하시오.
  - 가. 접지의 목적
  - 나. 접지목적에 따른 분류
  - 다. 접지공사 종류별 접지저항값, 접지선 굵기, 적용대상

5. 소방안전관리대상물의 소방계획서 작성 등에 있어서 소방계획서에 포함되어야 하는 사항을 설명하시오.
6. 화재 시 아래의 제한된 조건하에서 화염의 열유속( $\dot{q}''$ )의 값을 비교하고 각각 연료에 대한 위험성의 상관관계를 설명하시오.

※ 재료별 직경 1m의 풀화재 자료

	질량감소유속 $\dot{m}''$ [g/m <sup>2</sup> s]	연소면적 A [m <sup>2</sup> ]	유효연소열 $\Delta H_C$ [KJ/g]	기화열 L [KJ/g]
폴리스티렌	38	0.785	39.85	1.72
가솔린	55	0.785	43.70	0.33

### [제 3교시]

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오.(각25점)

1. 소화배관의 과압발생 시 감압방법의 종류와 각각의 특징에 대하여 설명하시오.
2. 최근 정부에서는 지난 4월 발생한 이천 물류센터 공사현장 화재사고 이후 동일한 사고가 다시는 재발하지 않도록 건설현장의 화재사고 발생위험 요인들을 분석하여 건설현장화재안전 대책을 마련하였다. 다음 각 사항에 대하여 설명하시오.
  - 가. 건설현장 화재안전 대책의 중점 추진방향
  - 나. 건설현장 화재안전 대책의 세부 내용을 건축자재 화재안전기준 강화 측면과 화재위험작업 안전조치 이행 측면 중심으로 각각 설명
3. 송풍기의 특성곡선을 설명하고, 직렬운전 및 병렬운전 시 송풍기의 용량이 동일한 경우와 다른 경우를 구분하여 설명하시오.
4. 정전기의 대전을 방지하기 위한 전압인가식 제전기의 종류와 제전기 사용상의 유의 사항에 대하여 설명하시오.
5. ESFR(Early Suppression Fast Response) 헤드 설치장소의 구조기준 및 헤드의 특징에 대하여 설명하시오.
6. 구획실 화재(환기구 크기: 1m × 2m)에서 플래시오버 이후 최성기 화재(800℃로 가정)의 에너지 방출률을 구하시오.  
(단, 연료가 퍼진 바닥면적 12m<sup>2</sup>, 가연물의 기화열 2kJ/g, 평균 연소열  $\Delta H_C = 20\text{kJ} / \text{g}$ , Stefan Boltzman 상수( $\sigma$ ) =  $5.67 \times 10^{-8}\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ 이다.)

**[제 4교시]**

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오.(각25점)

1. 이산화탄소소화설비 호스릴방식의 설치장소 및 설치기준에 대하여 설명하시오.
2. 임시소방시설의 화재안전기준 제정이유와 임시소방시설의 종류별 성능 및 설치기준에 대하여 설명하시오.
3. 특수가연물의 정의, 품명 및 수량, 저장 및 취급기준, 특수가연물 수량에 따른 소방시설의 적용에 대하여 설명하시오.
4. (초)고층 건축물의 화재 시 연돌효과(Stack Effect)의 발생원인 및 문제점을 기술하고, 연돌효과 방지대책을 소방측면, 건축계획측면, 기계설비측면으로 각각 설명하시오.
5. 어떤 빌딩이 스프링클러설비와 소방서에 자동으로 울리는 알람 시스템에 의해 화재에 대해 보호되고 있다. 다음 조건에 따라 화재진압 실패 확률을 결합수 분석에 의해 계산하고 스프링클러설비와 알람시스템을 설치하는 이유를 설명하시오.  
(단, 연간 화재발생 확률은 0.005회이고, 만약 화재가 발생한다면 스프링클러가 작동할 확률은 97%이고, 소방서에서 알람이 울릴 확률은 98%이며, 스프링클러에 의해 효과적으로 화재를 진압할 확률은 95%이다. 또한 소방서에서 알람이 울리면 소방관은 성공적으로 99%의 화재진압을 할 수 있다.)
6. 가솔린의 증발속도와 가솔린 화재에서의 화재플룸(Fire Plume) 속도를 비교하여 설명하시오.  
(단, 가솔린은 최고 연소유속으로, 가솔린 증기 밀도는 공기의 2배로, 화재플룸의 높이는 1m로 가정한다.)



# 제 1 교 시 문 제 풀 이

**1-1. 화재 패턴(Pattern)의 개념과 패턴의 생성 원리에 대하여 설명하시오.**

## 1. 화재 패턴의 개념

- 1) 발화지점을 역추적할 수 있는 가장 강력한 지표
- 2) 열과 연기에 의해 바닥과 벽, 천장, 가구나 집기류, 설비 등에 형성된 흔적으로 물체의 연소정도와 표면에 일어난 변화 등을 눈으로 측정할 수 있는 패턴
- 3) 물체는 화염과 가까운 곳부터 연소하며 확산되므로 화재의 진행방향과 물체가 있었던 위치, 화재의 지속시간 등을 유추할 수 있고, 구조물의 환기효과가 얼마나 작용했는지 근거를 제공

## 2. 화재 패턴의 생성원리

- 1) 화재패턴의 3구역
  - (1) A구역 : 발화지점  
발화원이 발견되는 지점
  - (2) B구역 : 고온가스층  
연소되고 있는 물체 위로 고온가스가 생성되는 구역
  - (3) C구역 : 화염확산층  
상승한 불꽃과 고온가스층이 천장과 부딪혀 사방으로 확산되며 뜨거운 가스층의 대류작용으로 열에너지가 확산
- 2) 생성원리에 따른 구분
  - (1) 벽과 천장의 연소 흔적
    - ① V-패턴
    - ② U-패턴
    - ③ 기둥패턴
    - ④ 삼각형패턴
    - ⑤ 원형패턴
    - ⑥ 모래시계패턴
    - ⑦ 끝이 잘린 원추 패턴
  - (2) 바닥의 연소 흔적
    - ① 불규칙 패턴
    - ② 포터 패턴
    - ③ 스플래시 패턴

- ④ 도넛 패턴
  - ⑤ 고스트 마크
  - ⑥ 틈새 패턴
  - ⑦ 트레일러 패턴
- (3) 물체에 나타나는 연소 흔적
- ① 바늘 및 화살 패턴
  - ② 열 그림자 패턴
  - ③ 완전 연소 패턴
  - ④ 고온가스층에 의한 패턴
  - ⑤ 환기에 의해 생선된 패턴
  - ⑥ 소화활동으로 인한 패턴

**1-2. 스프링클러헤드의 RTI(Response Time Index)와 헤드 감도시험방법에 대하여 설명하시오.**

답) 출처 '소방기술사 요해 2, 스프링클러의 형식승인 및 제품검사 기술기준

**1. RTI(반응시간 지수)**

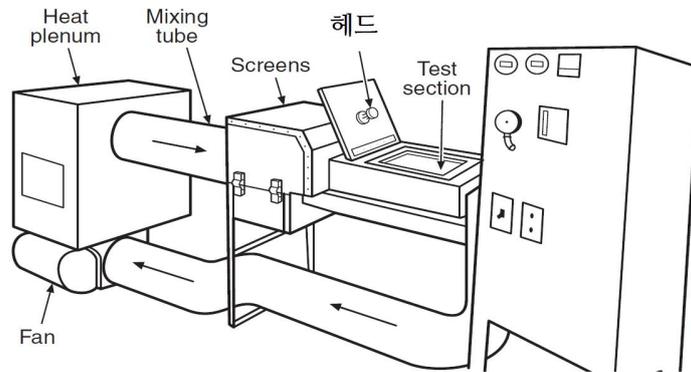
1) 헤드의 작동에 필요한 충분한 양의 열을 주위로부터 얼마나 빠른 시간내에 흡수할 수 있는지를 나타내는 특성값이다.

2) 헤드 감열체의 대류 열전달계수 (h)는 기류속도의 제곱근에 비례한다.

$$RTI = \tau \sqrt{v} = \text{상수 (constant)}$$

3) RTI가 작을수록 헤드가 조기에 동작한다.

4) 측정 방법 : 시험 오븐 내부의 고온 층류 속에 헤드를 넣고 측정



[헤드의 plunge 시험방법]

**2. 헤드 감도시험**

(1) 표준반응의 RTI값은 80초과~350이하이어야 한다.

(2) 특수반응의 RTI값은 51초과~80이하이어야 한다.

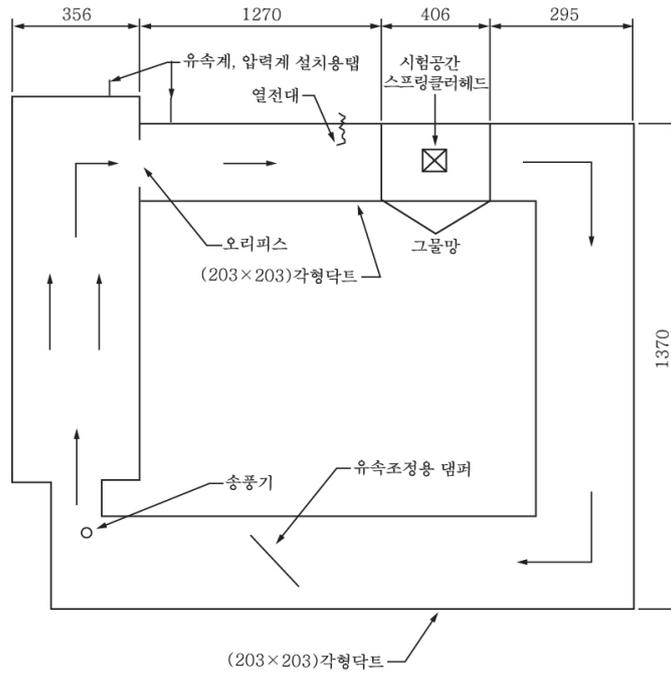
(3) 조기반응의 RTI값은 50이하이어야 한다.

표시온도 구분	표준반응		특수반응		조기반응	
	기류온도 (°C)	기류속도 (m/s)	기류온도 (°C)	기류속도 (m/s)	기류온도 (°C)	기류속도 (m/s)
57~77	191~203	2.4~2.6	129~141	2.4~2.6	129~141	1.65~1.85
79~107	282~300	2.4~2.6	191~203	2.4~2.6	191~203	1.65~1.85
121~149	382~432	2.4~2.6	282~300	2.4~2.6	282~300	1.65~1.85
163~191	382~432	3.4~3.6	382~432	2.4~2.6	382~432	1.65~1.85

비고: 1. 기류온도의 공차는(129~141)°C까지는 ±1°C를 적용하고, 141°C를 초과할 경우 ±2°C로 한다.

2. 기류속도의 공차는 ±0.1m/s로 한다.

### 3. 감도시험장치



**1-3. 미분무소화설비에서 발생할 수 있는 클로깅(Clogging) 현상과 이 현상을 방지할 수 있는 방법에 대하여 설명하시오.**

답)

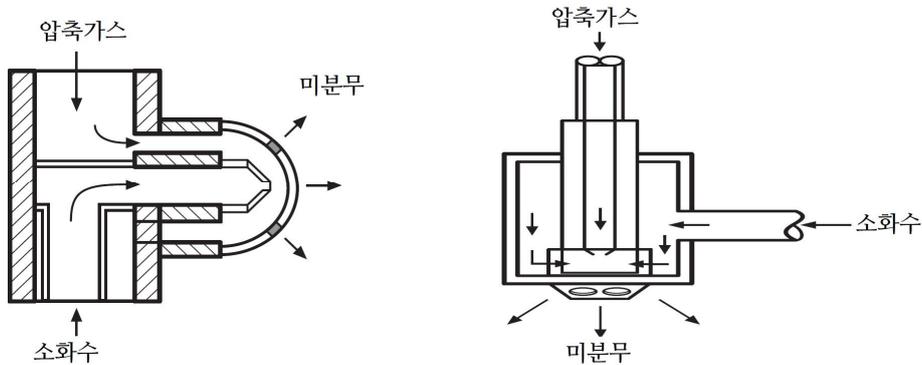
출처: 소방기술사 요해 2

**1. 클로깅(Clogging) 현상의 개념**

- 1) 배관내부에 존재하는 이물질, 부식물 등이 소화설비 작동 시 밀려나와 오리피스를 막아 설비의 정상적인 동작을 방해하는 현상
- 2) 미분무소화설비의 경우 소화원리 상 작은 물입자를 형성하기 위해 면적이 작은 오리피스를 사용하기 때문에 클로깅현상의 우려가 높다.
- 3) 스프링클러 설비의 경우 관로 내에 오리피스에 설치가 가능하지만 미분무소화설비의 경우는 불가능하므로 별도의 대책이 필요하다.

**2. 대책**

- 1) 부식방지
  - (1) 부식이 잘되지 않는 재질의 배관 사용
  - (2) 배관내부의 라이닝 작업
  - (3) 부식방지재의 투입
- 2) Twin - fluid(이중 유체) 방식



- (1) 물과 압축가스, 2가지 유체 흐름 활용
  - (2) 낮은 수압에서도 분무 성능 극대화 및 노즐(헤드)이 막힘 현상 방지
  - (3) 압축가스를 저장 및 공급할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
- 3) 배관청소 등의 유지관리

**1-4. 화재수신기와 감시제어반을 비교하여 설명하시오.**

답)

출처 '소방기술사 요해 2권

**1. 개요**

- 1) 수신기는 감지거나 발신기에서 발하는 화재 신호를 직접 수신하거나 중계기를 통하여 수신하여 화재의 발생을 표시 및 경보해주는 장치
- 2) 감시제어반은 펌프, 송풍기 등 소방설비 상태 수신 및 제어를 담당하는 장치
- 3) 현재는 복합형 수신기를 주로 사용하며 이는 수신기와 감시제어반의 기능이 복합된 형태이다.

	화재수신기	감시제어반
목적	화재감시	설비감시
주요기능	평상 시 화재감시 화재 시 경보 및 경계구역 표시	설비 감시 및 상태표시 화재신호에 의한 설비의 자동 기동 및 정지 수동 기동 및 정지

**2. 화재수신기 설치기준**

- 1) 경계구역을 각각 표시 할 수 있는 회선수 이상의 수신기 설치
- 2) 4층 이상의 소방대상물에는 발신기와 전화통화가 가능한 수신기 설치
- 3) 가스누설 탐지설비가 설치된 경우 가스누설 경보를 수신 할 수 있는 수신기 설치
- 4) 수위실 등 항상 사람이 있는 장소에 설치할 것
- 5) 설치 장소에 경계구역 일람표 설치
- 6) 수신기 음향기기의 소리는 다른 기기의 소음과 구별 될 것
- 7) 감지기 발신기, 중계기가 작동하는 경계구역 표시
- 8) 하나의 경계구역은 하나의 문자 또는 표시등으로 표시 될 것
- 9) 수신기 조작스위치는 0.8 ~ 1.5 m
- 10) 하나의 소방대상물에 2 이상의 수신기를 설치하는 경우 수신기 상호간 연동하여 화재발생 상황을 각 수신기마다 확인 할 수 있도록 할 것

**3. 감시제어반 설치목적(기능)**

- 1) 각 펌프의 작동여부를 확인할 수 있는 표시등 및 음향경보기능이 있어야 할 것
- 2) 각 펌프를 자동 및 수동으로 작동시키거나 작동을 중단시킬 수 있어야 할 것
- 3) 비상전원을 설치한 경우에는 상용전원 및 비상전원의 공급여부를 확인할 수 있어야 할 것
- 4) 수조 또는 물올림탱크가 저수위로 될 때 표시등 및 음향으로 경보할 것

- 5) 각 확인회로 (압력스위치회로 · 수조 또는 물올림탱크의 감시회로)마다 도통시험 및 작동시험을 할 수 있어야 할 것
- 6) 예비전원이 확보되고 예비전원의 적합여부를 시험할 수 있어야 할 것
- 7) 각 확인회로마다 도통시험 및 작동시험
- 8) 각 장치 및 밸브 작동여부 확인

**1-5. 유체에서 전단력(Shearing Force)과 응력(Stress)에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 소방기술사 요해 1권

**1. 전단력**

- 1) 물체 안의 어떤 면에 크기가 같고 방향이 서로 반대가 되도록 면을 따라 평행하게 작용하면 물체가 그 면을 따라 미끄러져서 절단되는 것을 전단, 또는 층밀리기라고 한다.
- 2) 이때 받는 작용을 전단작용이라 하고 작용이 미치는 힘을 전단력이라 한다.

**2. 응력**

- 1) 외부에서 발생하는 힘에 대하여 물체 또는 유체 내부에서 단위면적당 발생하는 내력을 응력이라 하며, 전단력에 대응하므로 전단응력이라 한다.
- 2) 전단력에 비례하여 전단응력이 작용하게 된다.

**3. 뉴턴의 점성법칙**

- 1) 유체가 유동 할 때 서로 인접하는 두개의 층에 전단력이 작용하여 속도구배로 인한 미끄럼이 생기면 두 층 사이에 마찰이 생겨 전단력에 저항(전단응력)한다.
- 2) 이때 유체의 유동을 방해하는 성질을 점성이라 한다.
- 3) 뉴턴 유체는 전단력과 속도구배가 직선(선형)적으로 비례하는 유체이다.

**4. 용어정의**

- 1) 속도구배 (Velocity gradient, shear rate)

$$\text{속도구배} = \frac{dv}{dy}$$

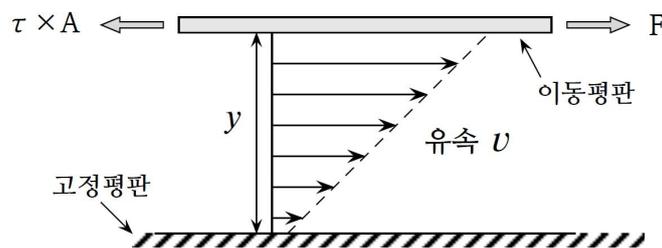
- 2) 전단응력 (마찰)

- (1) 면적이 A인 평판에 힘 F를 가하면,

$$F \propto \frac{v}{y} \cdot A$$

- (2) 면적이 A인 평판에 힘 F가 작용할 때 전단응력  $\tau$ (shear stress)의 크기는 아래와 같다.

$$\tau = \frac{F}{A} [N/m^2] \Rightarrow \tau \propto \frac{dv}{dy}$$



[전단력과 속도구배]

## 3) 점성계수

점성계수는 전단력과 속도구배의 비

$$\mu = \frac{\text{전단력}}{\text{속도구배}} = \frac{\tau}{dv/dy}$$

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}$$

$\mu$  : 점성계수  $[N \cdot s / m^2]$   $[M L^{-1} T^{-1}]$

**1-6. 이상기체 운동론의 5가지 가정과 보일(Boyle)의 법칙, 샤를(Charles)의 법칙, 게이뤼삭(Gay-Lussac)의 법칙에 대하여 설명하시오.**

답)

출처 '소방기술사 요해 1권

**1. 이상기체 운동론의 5가지 가정**

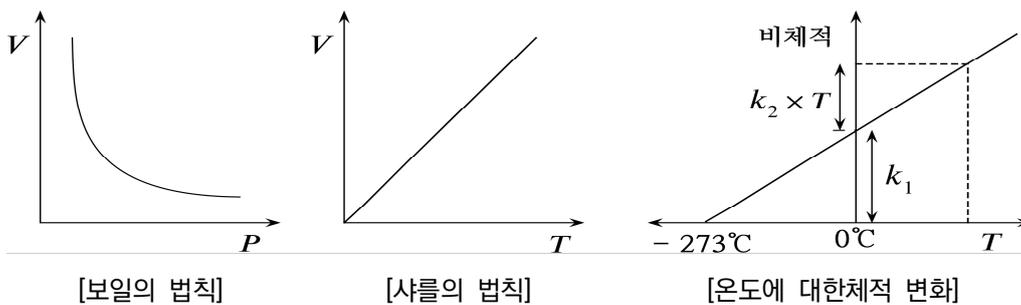
- 1) 기체는 끊임없이 무질서하게 불규칙적인 운동을 하고 있음
- 2) 기체 분자 사이에는 인력이나 반발력이 작용하지 않음
- 3) 기체 분자 자체의 크기는 기체가 차지하는 전체 부피에 비해 무시할 수 있을 정도로 작음
- 4) 기체 분자 사이의 충돌은 완전 탄성 충돌로 충돌에 의해 에너지 손실이 없음
- 5) 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에만 비례함

**2. 보일(Boyle)의 법칙**

- 1) 온도가 일정한 상태에서 기체의 압력과 그 부피는 서로 반비례한다는 법칙
- 2) 온도를 일정하게 유지 시킨 상태에서 일정량의 기체에 압력을 증가시키면 부피는 줄어든다.

**3. 샤를(Charles)의 법칙**

- 1) 압력이 일정할 때 기체의 부피는 종류에 관계없이 온도가 1℃ 올라갈 때마다 0℃ 일 때 부피의 1/273씩 증가한다는 법칙
- 2) 기체온도가 올라가면 분자운동이 활발해져 부피가 커진다.



**4. 게이뤼삭(gay-Lussac)의 법칙**

- 1) 기체는 아주 간단한 비율로 결합하며, 이때 결합 비율은 간단한 정수비의 관계가 있다.
- 2) 예시 :  $CH_4 + 2O_2 \Rightarrow CO_2 + 2H_2O$

**1-7. 트래킹(Tracking) 화재의 진행 과정과 방지대책에 대하여 설명하시오.**

답)

출처 '소방기술사 요해 2권

**1. 개 요**

- 1) 배선 또는 기구의 절연체는 그 대부분이 유기질로 되어 있는데 일반적으로 유기질은 장시간 경과 할 경우 열화되어 절연저항이 감소된다.
- 2) 특히, 유기질 절연체는 공기의 유통이 불량한 곳에서 고온상태로 가열될 경우 탄화과정을 거쳐 도전성을 띠게 되며 여기에 전압이 걸리게 되면 전류로 인한 발열로 저항이 감소하여 탄화현상이 더욱 촉진되게 되고 결국 유기질 자체가 타거나 인근 가연물에 착화되는데 이를 “절연열화에 의한 탄화 현상”이라 한다.
- 3) 이와 같이 도전성을 띠게 된 곳에 전압이 걸리면 미소 전류 (tracking)에 의한 국부 발열로 인하여 탄화 현상이 누적적으로 촉진되어 (: 탄소는 온도가 증가할수록 저항이 감소한다) 유기 물질이 고온에 이르러 발화하거나, 부근의 가연물을 발화시킨다.

**2. 아크 트래킹 현상**

- 1) 전압이 인가된 2극 도체간의 고체절연물 표면에 수분을 많이 함유한 먼지 등이 부착되면 그 부착 된 표면 사이에 누설전류 (Tracking)에 의해 소규모 방전이 발생된다.
- 2) 이것이 반복되면 절연물의 표면에 점차 도전성의 통로가 형성
- 3) 도전로가 형성되어 통전되면 발열이 일어나 절연체가 서서히 탄화된다.

**3. 아크 트래킹 진행과정**

- 1) 절연재료 표면의 오염  
 절연재료 표면이 습기, 무기질, 섬유질, 가스 등에 의해 오염
- 2) 누설전류(tracking) 및 발열 및 미소 발광방전의 발생  
 절연체의 오염부분을 통해 누설전류가 흐르고 줄열의 발생 및 미소발광 방전 발생
- 3) 줄열 및 방전에 의한 표면의 탄화  
 미소발광방전이 반복되면서 열에너지에 의해 절연재 표면이 탄화되어 탄화 도전로 형성
- 4) 가연물의 착화  
 탄화 도전로에서 아크(Arc)가 발생하는 경우 고온의 열에너지에 의해 주위 가연물 착화

**4. 아크트래킹의 방지대책**

- 1) 아크차단기 설치
- 2) 환경제어
  - (1) 먼지, 부식성 가스 등의 제거
  - (2) 습기의 제거
- 3) 분전반 내부로의 이물질 침투방지

**1-8. 소방설비 배관 및 부속설비의 동파를 방지하기 위한 보온방법에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 소방기술사 요해 2권

**1. 개 요**

물은 소화능력이 우수한 물질이나 수손 피해가 크고, 0℃ 이하에서는 동파 우려가 가지고 있다.

**2. 동결현상**

- 1) 물은 통상 0℃ 이하가 되면 얼음으로 되는 성질을 가지고 있는데 이를 동결현상이라 하며 물이 동결로 이어지려면 유동성이 없어야 한다.
- 2) 물이 동결 시 약 9% 체적 팽창하여 밀폐된 곳에서는 약 25 MPa 이상의 높은 압력을 발생시켜 기기를 파손시키거나 기능을 상실케 한다.

**3. 동결 방지대책**

1) 부동액 주입

- (1) 종류
  - ① 무기물 계통 :  $CaCl_2$  (방부식제 첨가)
  - ② 유기물계통 : 프로필렌 글리콜, 에틸렌, 디에틸렌, 글리세린
- (2) 물과 부동액을 1 : 1로 혼합하여 사용
- (3) 소방설비에 넓게 이용되는 수용성 동결방지 약제는 염화칼슘용액으로 여기에 부식 방지제를 섞어서 이용한다. 그러나 염화칼슘도 공용 물 공급 시스템과 연결될 때는 사용해서는 안 된다. 염화나트륨( $NaCl$ )은 동결방지의 제한적 성능과 높은 부식성 때문에 소방설비에 이용될 수 없다.
- (4) 부동액 사용 시 마찰손실계산은 D-W식으로 계산하여야 한다.

2) 열선보온

- (1) 배관에 히팅 코일을 감아 동절기 동파를 방지
- (2) 히팅 코일에서 발열 현상으로 화재 및 누전 등의 우려가 있다.

3) 동결심도 이하로 매설

- 1) 동결심도 : 지표에서 지중 온도가 0℃ 되는 곳까지의 깊이
- 2) 동결심도는 외기의 기온, 토양의 열적성질, 지층의 차이 등에 의해 다소 가변적이다.
- 3) 배관 등의 동파를 방지하는데 적용하는 동결심도는 동결지수에 의해 계산되어진다.
- 4) 동결지수란 0℃ 이하의 기온이 연간 지속된 일자로 동결심도는 여기에 상수를 곱하여 얻어진다.

$Z = C\sqrt{F}$	<p>Z : 동결심도(cm)</p> <p>C : 상수 (3~5)</p> <p>F : 동결지수 (0℃ 이하의 기온 지속일자)</p>
-----------------	--

- 5) 상수는 토질 및 지역조건에 의한 계수로서 햇빛이 잘들며 토질조건이나 배수 조건이 양호한 토질에서는 3을 적용하고 산악지역으로 용수의 침투가 많으며 실트분이 많은 토질의 경우 5를 적용
- 4) 보온재
- 5) Auto drip 밸브  
송수구 부근이나 배관에 물이 고여 있어 동결에 우려가 있는 장소에 설치하여 동파방지
- 6) 드라이 펜던트 헤드  
동결우려장소에 하향식 헤드를 설치하는 경우에는 드라이 펜던트 헤드를 설치하여 방지
- 7) 건물 내 난방  
건물을 항상 상온으로 난방하여 동결을 방지하며, 최근 펌프실 등에서 적용하고 있다.
- 8) 순환배관
- (1) 물이 상시 흐르도록 하는 방법
  - (2) 급수관의 경우 최말단 급수주관을 물탱크로 돌려 배관내의 소화수를 정지하지 않도록 하는 방법이다.
  - (3) 이 경우 소화수는 일정압력 이상이 되어 유동하도록 하는 것이 중요하다.

**1-9. 옥내소화전설비에서 압력 챔버(Chamber) 설치기준과 역할에 대하여 설명하시오.**

답)

출처 '소방기술사 요해 1권

**1. 압력 챔버의 설치 기준**

- 1) 압력 챔버의 용적 : 100L 이상
- 2) 충압펌프를 설치할 것

**2. 압력 챔버의 역할**

- 1) 배관 내 압력변동을 감지하여 자동으로 펌프를 기동 또는 정지
- 2) 압력변동에 따른 설비 보호
- 3) 압력변동에 따른 완충 작용

※ 공기 채우기 목적

- (1) 급격한 압력변화에 의한 펌프의 단속적인 기동과 정지 방지
- (2) 펌프 및 배관 주변기기의 충격과 손상 예방
- (3) 소량의 누수에 의한 펌프의 잦은 기동 방지

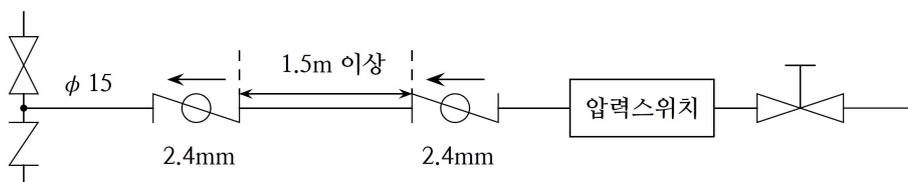
**3. 압력챔버의 문제점 / 해결책**

1) 문제점

- (1) 단순 용도에 비해 비용이 과다 및 설치공간이 많이 소요된다.
- (2) 상부의 안전변으로 공기가 누설될 경우 맥동압력이 압력스위치로 그대로 전달, 펌프의 운전이 비연속적으로 운전될 우려가 크다.

2) NFPA : 압력스위치 방식

- (1) 각각의 펌프마다 설치
- (2) 토출측 게이트 밸브와 체크밸브 사이에서 15 mm 배관 분기
- (3) 분기배관 끝에 압력스위치 및 드레인 밸브 설치
- (4) 체크밸브 또는 Ground-face unions
  - ① 분기배관에 2.4 mm 오리피스내장 체크밸브 2개(간격 1.5 m)
  - ② 먹는 기준에 적합한 소화수의 경우 체크밸브 대신에 ground-face unions



**1-10. 할로겐화합물 및 불활성기체소화설비 구성요소 중 저장용기의 설치장소 기준과 할로겐화합물 및 불활성기체 소화약제의 구비조건을 설명하시오**

답)

출처 '소방기술사 요해 2권

**1. 저장용기 설치장소 기준**

- 1) 방호구역외의 장소에 설치할 것. 다만, 방호구역 내에 설치할 경우에는 피난 및 조작이 용이하도록 피난구 부근에 설치하여야 한다.
- 2) 온도가 55℃ 이하이고 온도의 변화가 작은 곳에 설치할 것
- 3) 직사광선 및 빗물이 침투할 우려가 없는 곳에 설치할 것
- 4) 저장용기를 방호구역 외에 설치한 경우에는 방화문으로 구획된 실에 설치할 것
- 5) 용기의 설치장소에는 해당 용기가 설치된 곳임을 표시하는 표지를 할 것
- 6) 용기간의 간격은 점검에 지장이 없도록 3cm 이상의 간격을 유지할 것
- 7) 저장용기와 집합관을 연결하는 연결배관에는 체크밸브를 설치할 것. 다만, 저장용기가 하나의 방호구역만을 담당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

**2. 할로겐화합물 및 불활성기체 소화약제의 구비조건**

- 1) 환경친화성
  - (1) 오존층파괴지수 (ODP) : 몬트리올 의정서에 의하여 세계적으로 오존층 파괴물질에 대해 규제중이므로 오존층 파괴지수가 작아야 한다.
  - (2) 지구온난화지수 (GWP) : 교토의정서에 의하여 국내에서도 "온실가스배출 감축사업 등록 및 감축사업"등에 의해 감축
- 2) 소화성능
- 3) 안전성
  - (1) 오작동에 의한 방출 시 방호구역내 거주자가 인체에 해가 없이 대피 가능하도록 인체에 대한 안전성이 확보되어야한다.
  - (2) 소화약제가 실제 화염과 반응하였을 경우에 발생하는 열분해생성물(주로 불화수소)이 적은 소화약제의 선택이 필요하다.
- 4) 신뢰성
  - (1) 제조업체 신뢰성 : 할로겐화합물 및 불활성기체 소화약제의 경우 향후 지속적인 사후관리 및 긴급사항 발생 시의 대처가 필요하므로 비교적 제조업체의 역량이 큰 회사의 선택이 필요하다.
  - (2) 설비의 신뢰성 : 미국에서 집계된 10년간 가스계소화설비의 화재진압 실패요인의 경우 설비가 작동 되지 않아 화재진압에 실패하는 경우가 4위로 집계됨. 따라서 설비의 작동방식, 부품의 신뢰도 등의 검토가 요구된다.
  - (3) 설계프로그램의 신뢰성 : 할로겐화합물 및 불활성기체소화약제 소화약제는 원활한 방출을 위하여 배관망 설계 시 컴퓨터 프로그램을 이용함. 따라서 설계작업이 근간이 되는 프로그램의

신뢰성확보가 요구된다.

5) 경제성

6) 독성

(1) 독성이 적어 인체에 무해할 것

(2) 최대허용설계농도 : 다음 3가지 사항을 고려하여 선정

① NOAEL : No Observed Adverse Effect Level의 약자로 심장장애 현상이 나타나지 않는 최고농도

② LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level의 약자로 심장장애 현상이 나타나는 최저농도

③ PBPK : Physiologically Based Pharmacokinetic Model의 약자로 생리학적 체내통대 모델로 기존 모델의 문제점을 보완하여 생체의 생리·해부학적 특성을 반영하는 모델로 제안된 것

**1-11. 자연배연과 기계배연을 비교하여 설명하시오.**

**1. 정의**

발생한 연기를 화재실이 아닌 밖으로 배출시켜 실내 연기의 강하나 확산을 방지하는 방식

**2. 자연배연과 기계배연의 비교**

구분	자연배연(배연)	기계배연(제연)
개념	건축적(passive)제연방식	설비적(active)제연방식
동력	불필요	필요(유지관리 중요)
배연효과	배연효과가 가변적 배연구가 높을수록 배연면적이 클수록 연기온도가 높을수록 효과가 증대	기계력을 이용, 배연효과가 일정
배연량 제어	불가능	가능
풍도	풍도를 사용하지 않으므로 탈락위험이 없고, 방화구획을 관통하지 않고, 유지관리가 용이	층도를 사용하므로 탈락위험이 있고, 방화구획을 관통하며 상시 적절한 유지관리가 필요
외부환경	온도, 압력의 영향을 받는다.	온도, 압력의 영향을 받지 않는다.
특징	연돌효과에 의해 외기유입, 상층으로 연기가 확대	장치의 내열성 문제, 급기경로가 확보되지 않으면 효율적인 배출이 어렵다.

**3. 배연의 메커니즘**

- 1) 화재 시 발생한 연기는 부력으로 인해 고온가스의 경우 연소구역에서 수직으로 상승
- 2) 일정한 범위로 구획된 공간 에 의해 차단될 때까지 연기는 수평이동을 하며 천장 밑에서 고온가스층을 형성
- 3) 천장에 축전된 가스층은 두께가 점차 증가하면서 아래로 하강하고 온도는 상승
- 4) 이때 배기구 주변의 열, 연기감지기가 동작하면서 배기구 개방
- 5) 개방된 배기구에 의해서 연기와 열이 배출되기 시작
- 6) 이로 인해 천장의 고온가스층의 두께 증가는 느려진다. 배출구 면적이 충분히 크거나 부력이 충분한 경우에는 가스층의 두께가 얇아지나 충분하지 않을 경우보다 증가 속도만 완화될 뿐이지 지속적으로 고온가스층의 두께가 굵어진다.

**1-12. 구획 내 전체화재에 사용하는 화재하중 설정에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 소방기술사 요해 1권

**1. 개 요**

- 1) 구획실의 총 가연물량 (에너지)을 표현하는 개념
- 2) 화재실 바닥 단위면적당 가연물의 양을 목재의 단위발열량으로 환산한 등가 목재량 [kg/m<sup>2</sup>]

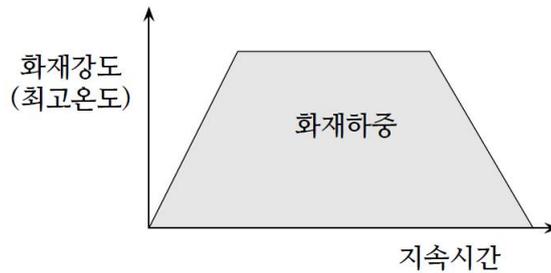
**2. 계산식**

$$Q = \frac{\sum (G_f \times \Delta H)}{H_0 \times A_f}$$

$G_f$  : 가연물량[kg]  
 $A_f$  : 바닥면적 [m<sup>2</sup>]  
 $\Delta H$  : 가연물의 단위 발열량 [kcal/kg]  
 $H_0$  : 목재의 단위 발열량 [4500[kcal/kg]

**3. 특 징**

- 1) 화재하중을 알면 온도 시간 곡선의 하부 면적을 알 수 있다.
- 2) 그러나 구체적인 가로 (지속시간), 세로 (화재강도)의 크기는 알 수 없다.



[화재하중과 화재가혹도]

**4. 화재하중의 산정**

화재하중은 건물의 이용 방법에 따라 변하지만 내화설계 시 아래의 자료 이용

구분	화재하중
주택, 아파트	35 ~ 60 kg/m <sup>2</sup>
사무실	30 ~ 150 kg/m <sup>2</sup>
창고	200 ~1 000 kg/m <sup>2</sup>

**5. 화재하중의 감소대책**

- 1) 내장재, 수용물품 등의 불연화
- 2) 서류 등 가연물을 불연성 철제함 등에 보관
- 3) 가연물을 최소 필요량만 보관

**6. 화재하중을 이용한 화재지속시간 예측**

- 1) 영향인자
  - (1) 가연물량
    - ① 화재하중
    - ② 바닥면적
  - (2) 개구부 크기 및 형상
- 2) 지속시간

$$\text{지속시간} = \frac{Q \cdot A_f}{330 A \cdot \sqrt{H}}$$

$Q$  : 화재하중 [ $kg/m^2$ ]  
 $A_f$  : 바닥면적  
 $A$  : 개구부 면적  
 $H$  : 개구부 높이

$\frac{A_f}{A \sqrt{H}}$  는 지속시간인자라고 한다.

**1-13. 화학물질의 위험도를 정의하고, 아세틸렌을 예를 들어 설명하시오.**

**1. 화학물질의 위험도**

- 1) 가연성 가스 및 가연성 증기의 연소범위와 연소하한을 이용해 화학물질의 위험도를 표현
- 2) 공식

$$H = \frac{UFL - LFL}{LFL}$$

H : 위험도  
 UFL : 연소상한계  
 LFL : 연소하한계  
 UFL - LFL : 연소범위

**2. 아세틸렌의 위험도**

- 1) 연소범위 : 2.5 ~ 81%
- 2) 위험도

$$H = \frac{81 - 2.5}{2.5} = 31.4$$

**3. 다른 물질과의 비교**

- 1) 메탄(5 ~ 15%)

$$H = \frac{15 - 5}{5} = 2$$

- 2) 수소(4~75 %)

$$H = \frac{75 - 4}{4} = 17.75$$

- 3) 아세틸렌은 연소하한이 작고 연소범위는 큰 특징을 가지는 물질로 다른 물질과 비교해서 위험도 (H)가 높은 특징을 가진다.

# 제 2교시 문제풀이

**2-1. 소화배관에서 수격(Water Hammer) 현상 시 발생하는 충격파의 특징 및 방지대책에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 소방기술사 요해 1권 P. 734

**1. 개 요**

- 1) 관내를 흐르던 유체의 갑작스런 속도 변화에 의해 운동에너지가 압력에너지로 변환되어 배관 및 관부속품에 충격을 주는 현상이다.
- 2) 가정: 물의 압축성과 배관의 탄력성에 의하여 발생한다.
- 3) 수격현상 발생 시 배관계통에서 소음과 진동이 발생되며 배관의 파손 원인이 될 수 있다.

**2. 원 인**

- 1) 펌프의 기동( $F = m \cdot a$ )
- 2) 펌프의 급정지( $F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$ )
- 3) 밸브의 급 · 개폐

**3. 관련식**

1) 운동량 방정식: 속도차 = 충격량

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

(1) 속도차( $\Delta v$ )  $\Rightarrow$  충격량(역적)  $\Rightarrow$  압력차

물의 속도가 짧은 시간 안에 급격히 변하게 되면 배관에 충격을 주게 된다.

(2) 배관에 가해진 충격량은 압력  $P = \frac{F}{A}$ 을 발생시키고 이것은 압축파의 형태로 배관을 왕복하면서 망치로 배관을 두드리는 듯 한 소리를 낸다.

2) 베르누이 방정식: 속도차 = 압력차

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2$$

$$\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \quad (\because z_1 = z_2)$$

### 5. 수격 현상의 크기

$$\Delta H = \frac{\alpha \times \Delta v}{g} [m]$$

$\alpha$ : 음속(m/s)  
 $\Delta v$ : 속도차(m/s)  
 $g$ : 중력가속도(m/s<sup>2</sup>)

### 6. 단계별 대책

- 1) 제 1 단계: 부압이 발생하고 수주 분리를 일으키는 것을 방지한다.
  - (1) 펌프에 플라이 휠인 관성차를 붙여 펌프의 속도가 급격히 변화하는 것을 막는다.
  - (2) 펌프 출구 쪽에 서지탱크(저압수조)를 설치한다.
    - ① 펌프의 급정지 후에 관내의 압력이 강하할 염려가 있는 배관 도중에 설치한다.
    - ② 물을 관로에 보급시켜 주는 방법
  - (3) Air tank 설치  
관내 압력충격을 흡수함
  - (4) 공기밸브 설치  
부압이 발생할 경우 공기를 흡인
  - (5) 단방향 서지 탱크 설치  
관로의 압력이 탱크의 수면보다 낮아졌을 때는 관로에 물을 보급하는 것이 가능하지만 그 역으로는 흐르지 못한다.
  - (6) 관내 유속을 낮춘다.
  - (7) Flexible joint를 추가 설치한다.
- 2) 제 2 단계: 수류의 역류가 시작되고 압력 상승이 일어나므로 이것을 방지한다.
  - (1) 급폐 체크밸브를 사용하고, 범용 펌프에서 가장 많이 이용  
역류가 크게 된 후 밸브를 급폐하면 압력 상승이 크게 되므로 역류가 일어나기 직전에 스프링 힘으로 밸브를 급히 닫는다.
  - (2) 완폐식 역지밸브를 이용한다. 역류 발생 시에 밸브가 그 힘으로 닫히게 되어 큰 충격을 받게 된다.
  - (3) 펌프에는 정지 시 역류를 방지하기 위하여 역지 밸브가 함께 설치

**2-2. 소화설비의 배관에서 사용하는 게이트(Gate)밸브, 글로브(Globe)밸브, 체크(Check) 밸브의 특징에 대하여 설명하시오.**

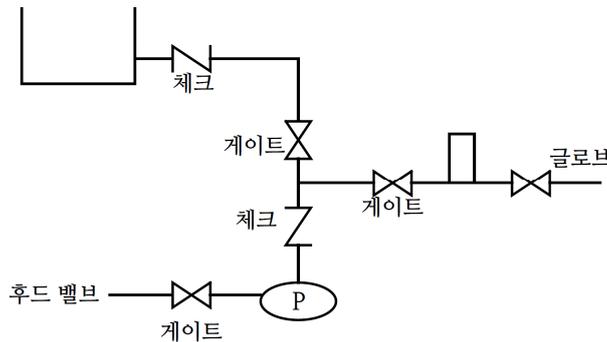
답)

출처' 소방기술사 요해 1권 P. 786

**1. 소방 밸브 개요**

소방설비 배관에서 사용하는 밸브는 유량을 차단하기 위한 게이트 밸브, 유량을 조절하기 위한 글로브 밸브, 유체의 역류 및 수격현상 방지를 위한 체크 밸브 등이 사용된다.

**2. 소방 계통도**



**4. 게이트 밸브**

1) 종류

(1) OS&Y 밸브(Outside screwed & yoke type gate valve)

스템과 디스크가 연결되어 있어 핸들을 회전하여 완전히 개방하면 디스크가 상승하여 스템은 핸들 위로 상승되며 밸브 내경은 배관의 내경과 같게 되고, 완전히 폐쇄하면 디스크가 하강하여 배관을 폐쇄하며 스템은 핸들 아래로 들어간 상태가 된다.

(2) 버터플라이밸브(Butterfly Valve)

밸브 조작방법에 따라 기어식과 레버식으로 구분되며 밸브 내부에 디스크가 회전하여 배관의 개폐역할을 한다. 개폐조작이 편리하여 설치공간이 협소한 곳에 주로 사용하지만 밸브가 완전히 개방되어도 내부 중앙에 디스크가 존재하여 유체의 흐름을 방해한다.

2) 설치 시 고려사항

(1) 소방 급수배관은 개폐표시형 밸브

(2) 밸브 개폐 시 5초 이상

(3) 펌프의 흡입측에는 버터플라이밸브이외의 개폐표시형 밸브

(4) 계통운전의 목적상 차단밸브이므로 일반적으로 장시간 닫혀 있거나 열려 있어 고착되는 경우가 있으므로 최적의 패킹 재질 사용 및 주기적인 누설여부 점검이 중요하다.

### 3. 글로브 밸브

#### 1) 특징

- (1) 유량 조절용 밸브
- (2) 디스크만이 시트로부터 짧은 거리를 움직여 유체가 완전히 흐르도록 할 수 있기 때문에 글로브밸브가 게이트 밸브에 비해 더욱 빨리 개방된다. 이것은 밸브를 자주 작동시키는 곳에서는 장점
- (3) 유체의 흐름 방향이 바뀌어야 하기 때문에 흐름에 대한 저항이 발생하여 난류를 생성시키기 때문에 단점으로 작용한다. 이것은 결과적으로 게이트 밸브에 비해 글로브밸브에서 압력손실이 많이 발생되게 한다.

2) 유량측정장치를 기준으로 후단직관부에는 유양조절밸브를 설치

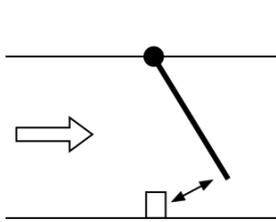
### 4. 체크밸브

#### 1) 체크밸브 용도

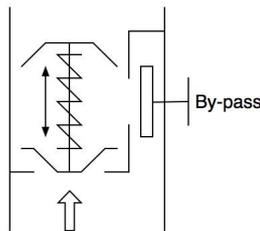
- (1) 유체의 역류 방지
- (2) 이상 현상(water hammer) 시 기기(펌프) 보호

#### 2) 체크밸브 선택 시 고려사항

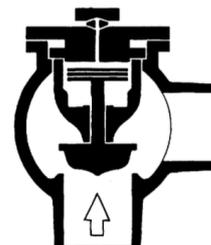
- (1) 개방특성: 유속 및 디스크 위치
- (2) 전면 개방 시 유속
- (3) 압력손실
- (4) 부분 개방 시 디스크 안정성
- (5) 폐쇄 속도



[스윙체크밸브]



[스모렌스키 체크밸브]



[리프트 체크밸브]

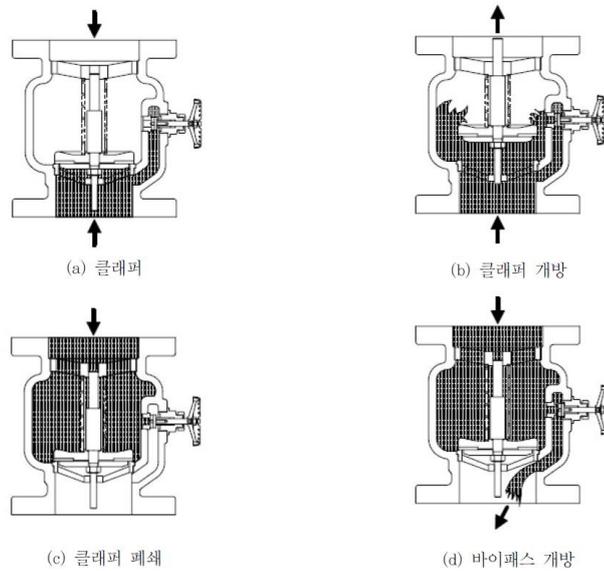
#### 3) 스윙체크밸브(Swing check valve)

- (1) 물의 흐름에 따라 자중에 의해 개폐가 되는 밸브로서 디스크와 시트 사이에 이물질이 낄 경우 완전한 폐쇄가 되지 않는다.
- (2) 유체의 흐름이 불규칙할 경우 디스크의 빈번한 개폐로 인하여 고정핀의 마모가 발생하며 밸브 구조상 완벽한 기밀유지가 곤란하다.
- (3) 급격한 역류발생시 디스크가 닫히는 시간이 비교적 길어지며 큰 충격력이 작용하는 관계로 유체의 흐름이 불균일하거나 유속이 빠른 계통에서 리프트형보다 불리하다.
- (4) 손실이 리프트형보다 작다.
- (5) 수격에 약하기 때문에 펌프 토출측 수직배관에는 일반적으로 사용하지 않다.

4) 리프트 체크밸브(Lift check valve)

- (1) 맥동이 있는 유체나 비교적 유속이 빠른 배관에 적합한 구조
- (2) 디스크를 고무 처리하여 기능은 우수하나 통과하는 면으로 인하여 마찰손실이 크다.
- (3) 수평, 수직배관에 모두 사용 가능하다.
- (4) 마찰손실이 스윙형보다 크다.
- (5) 디스크가 완전개방 되는데 필요한 유속이 스윙형보다 큰 관계로 유속이 낮거나 중력에 의해 물이 흐르는 관에는 적용 시 유의하여야 한다.
- (6) 충격 완화 및 바이패스에 의한 배수기능을 보강

5) 스모렌스키 체크밸브



- (1) 역류가 발생하기 전에 스프링의 힘과 자중에 의해 신속하게 폐쇄되는 관계로 수격작용 발생 시 펌프를 보호 할 수 있다.
- (2) 토출측 압력에 의해 물이 스프링을 밀어 올려 디스크가 열리면 아래쪽의 물이 상승하여 위쪽으로 토출된다.
- (3) 펌프가 정지하면 흐름이 정지되어 역류가 되려는 순간 스프링과 완충부의 자중으로 디스크가 시트에 완전히 밀착하게 되어 순간적으로 폐쇄하게 되므로 역류나 수격을 방호한다.
- (4) 바이패스 밸브를 이용하여 평소에는 폐쇄상태이나 필요시에는 개방하여 물을 위쪽에서 아래쪽으로 배수시킬 수 있다.
- (5) 강한 충격 및 water column separation이 발생하는 관로에 주로 사용한다.

**2-3. 전기적 폭발의 개념과 발생원인 및 예방대책을 설명하시오.**

답)

출처' SFPE(5th) 22 Electrical fire

**1. 전기적 폭발의 개념과 구분**

- 1) 전기적 폭발은 전기적 에너지(아크, 낙뢰, 과전류)가 원인이 되어 급격한 온도 및 압력 상승으로 일어나는 폭발이다.
- 2) 구분
  - (1) 순수한 아크 폭발(Pure arc explosions)
  - (2) 가스 폭발(Pure fuel explosions)
  - (3) Mixed mode(Pure arc+fuel) explosions

**2. Pure arc explosions**

- 1) 고에너지의 아크에 의해 고체의 일부(전선, 전기기기)가 가스 상태로 방출되는 현상
- 2) 전기안전분야에서는 Arc flash 또는 Surface flashover
- 3) 폭발 시 발생하는 고온에 의한 인명 피해 발생

**3. Pure fuel explosions**

폭발분위기에서 전기에너지가 점화원인 폭발

**4. Mixed mode explosions**

- 1) 아크 등의 전기에너지에 의해 가연성 물질이 생성되어 발생하는 폭발
- 2) 종류
  - (1) 유입 변압기 폭발
  - (2) 지하구 전력 케이블 폭발(manhole explosion)
  - (3) ESS 저장실 폭발
- 3) 구획된 공간에서 폭발 시 과압으로 구조체가 파손 될 수 있다.

**5. 원인**

- 1) Pure arc explosions: 고압 또는 낙뢰 등의 고에너지에 의해 발생
  - (1) 절연물의 경년열화
  - (2) 전력케이블 접속 불량
  - (3) 지속적인 아크
- 2) Pure fuel explosions
 

가연성 물질에 의한 폭발분위기에 의해 발생

3) Mixed mode explosions

고에너지 + 고에너지에 의한 가연성 물질

6. 대책

1) Pure arc explosions

(1) 낙뢰

낙뢰의 서지는 매우 큰 전류와 전압을 동반하며 폭발

(2) 고압 전기기기

2) Pure fuel explosions

(1) 에너지 제어: 최소점화에너지보다 작게 제어

(2) 물질제어

① 산소 농도: MOC 이하로 제어

② 가연물: LFL 이하 또는 UFL 이상으로 제어

3) Mixed mode explosions

(1) 예방

① 케이블 접속개소 과열여부 확인(열화상 카메라 활용)

② 피뢰시스템 구축

(2) Passive

폭연 방출구 설치

$$A = \frac{C \cdot A_s}{\sqrt{P}}$$

$A_s$ : 방출구 면적       $A_s$ : 내부 표면적  
 $P$ : 구조체 최고 허용 압력  
 $C$ : 가연물 특정 상수  
     가스: 연소속도  
     분진:  $K_{st}$

(3) Active

초고속 물분무소화설비

(4) 절차적

정기적인 절연열화 진단(절연열화 진단장비 활용)

7. 결론

- 1) 최근 많이 설치되는 ESS의 경우 화재에 대한 대책은 활발히 연구가 되는 반면 폭발에 대한 대책은 아직 미흡하다
- 2) 특히 건물 내부에 설치되는 ESS의 경우 폭발 압력에 의한 구조체 파손이 우려되므로 폭발에 대한 대책이 중요하다

**2-4. 접지(Earth)설비에 대하여 다음을 설명하시오.**

가. 접지의 목적

나. 접지목적에 따른 분류

다. 접지공사 종류별 접지저항값, 접지선 굵기, 적용대상

답)

출처'소방기술사 요해 2권 P.569

**1. 개 요**

- 1) 고장 / 이상전류를 대지로 방류하여 인체와 계통을 안정시키는 목적이 있으며, 외부로부터의 전자 유도, 정전유도현상으로부터 선로 및 시스템을 보호하는 역할도 한다.
- 2) 전기를 사용하는 모든 기기의 전도성 외함과 시스템에 연결된 도체기기를 대지와 접촉함에 따라 전위를 안정화시키고 이상전류를 대지로 방류한다.
- 3) 사용목적에 따라 여러 가지 분류가 있으며, 소방시스템에서는 주로 전도성 외함의 3종 접지 및 소방통신(R형 수신기)의 등전위 등이 중요하다.

**2. 접지 분류**

- 1) 안전관리용 접지: 전기기기의 지락사고에 의한 도전부의 전위상승이 인체와 기기에 대하여 피해를 끼치지 않도록 하기 위한 것
- 2) 기능적 접지: 기기의 오동작 방지

**3. 접지의 목적**

- 1) 소방설비의 대지전압을 감소시킴으로서 감전사고 및 기기손상의 방지
- 2) 통신기기를 접지함으로써 유도장해(오동작, 잡음)의 감소
- 3) 정전기 제거
- 4) 설비, 기기에 대한 소손, 화재 방지
- 5) 뇌격 전류의 안전제거
- 6) 보호계전기의 확실한 동작

#### 4. 접지공사의 종류별 접지저항값

접지공사의 종류	접지 저항값	접지선의 굵기	적용
제1종 접지공사	10Ω 이하	6 mm <sup>2</sup>	접지사고 발생 시 고압 / 특고압 위험이 있을 때
제2종 접지공사	$\frac{150}{1\text{선 지락전류}} \Omega$ 이하	16 mm <sup>2</sup>	고압이 저압과 혼촉 사고가 일어날 위험이 있을 때
제3종 접지공사	100Ω 이하	2.5 mm <sup>2</sup>	400V 미만의 저압 기기에 누전 발생 시 감전예방
특별 제3종 접지공사	10Ω	2.5 mm <sup>2</sup>	400V 이상의 저압 기기에 누전발생 시 감전방지

#### 5. 소방설비의 접지

##### 1) 소방전기의 접지 부분

- (1) 방재실의 접지단자함 설치
- (2) P, R형 수신반의 접지
- (3) 중계기 및 각종 전기적 외함 도체 접지
- (4) 동력제어반 또는 소방용 MCC 접지
- (5) 펌프 전동기 외함 접지
- (6) 아날로그 감지기 등의 실드선의 차폐선 접지
- (7) 뇌서지의 침입우려 부분의 접지와 SPD 설치

##### 2) 소방기계의 접지 부분

- (1) 건축물에 인입·인출되는 소방용 도전성 배관과 다른 도전성 배관과의 등전위 접지한다.
- (2) “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙” 제 20조 피뢰설비 중 “건축물에 급수·급탕·난방·가스 등을 공급하기 위한 금속배관, 금속재 설비는 전위가 균등하도록 전기적으로 접속할 것”에 의하여 소방용 배관 등의 등전위 접지한다.
- (3) 펌프와 펌프배관의 등전위 접지
- (4) 펌프 또는 비상 발전기의 철재 가대의 접지
- (5) 비상발전기의 외함 접지, PIV 및 노출되는 위험물 이송 배관 등의 접지

**2-5. 소방안전관리대상물의 소방계획서 작성 등에 있어서 소방계획서에 포함되어야 하는 사항을 설명하시오.**

답)

출처' 소방안전원 특급소반안전관리자 교육 교재

**1. 소방계획의 개념**

소방계획은 소방안전관리대상물의 화재로 인한 재난발생을 사전에 예방·대비하고 화재 시 신속하고 효율적으로 대응·복구함으로써 인명 및 재산 피해를 최소화하기 위해 작성·운영하고 유지·관리하는 위험관리 계획을 의미한다.

**2. 소방계획의 작성원칙**

- 1) 실현가능한 계획
- 2) 관계인의 참여
- 3) 계획수립의 구조화
- 4) 실행우선

**3. 소방계획서에 포함되어야 하는 사항**

- 1) 소방안전관리대상물의 위치·구조·연면적·용도 및 수용인원 등 일반 현황
- 2) 소방안전관리대상물에 설치한 소방시설·방화시설(防火施設), 전기시설·가스시설 및 위험물시설의 현황
- 3) 화재 예방을 위한 자체점검계획 및 진압대책
- 4) 소방시설·피난시설 및 방화시설의 점검·정비계획
- 5) 피난층 및 피난시설의 위치와 피난경로의 설정, 장애인 및 노약자의 피난계획 등을 포함한 피난계획
  - (1) 2방향의 피난
  - (2) 간단명료한 피난경로
  - (3) 피난수단은 원시적 방법에 의할 것 - 승강기 사용불가, 계단사용 원칙
  - (4) 피난구조설비는 고정설비에 의하고 가변식 기구나 장비는 보조수단
  - (5) Fool-proof와 Fail safe의 원칙 중시
  - (6) 피난경로를 따라서 일정한 구역을 정하여 “피난Zone” 설정
- 6) 방화구획, 제연구획, 건축물의 내부 마감재료(불연재료·준불연재료 또는 난연재료로 사용된 것을 말한다) 및 방염물품의 사용현황과 그 밖의 방화구조 및 설비의 유지·관리계획
- 7) 법 제22조에 따른 소방훈련 및 교육에 관한 계획
  - (1) 교육 및 훈련계획의 수립
  - (2) 교육의 실시
  - (3) 훈련의 실시

(4) 실시결과 기록

- 8) 법 제22조를 적용받는 특정소방대상물의 근무자 및 거주자의 자위소방대 조직과 대원의 임무(장애인 및 노약자의 피난 보조 임무를 포함한다)에 관한 사항
  - (1) 재해약자의 재배치 또는 수직피난 등 화재상황에 적합한 피난전략을 고려하여 시행한다.
  - (2) 피난유도 시 재해약자를 우선 피난대상으로 지정하여 피난을 유도하고 보조를 요청하도록 한다.
  - (3) 재해약자의 피난을 위해 사전에 지정된 피난보조자를 배치하거나 현장에서 피난보조자를 지정할 수 있다.
- 9) 화기 취급 작업에 대한 사전 안전조치 및 감독 등 공사 중 소방안전관리에 관한 사항
- 10) 공동 및 분임 소방안전관리에 관한 사항
- 11) 소화와 연소 방지에 관한 사항
- 12) 위험물의 저장·취급에 관한 사항(「위험물안전관리법」 제17조에 따라 예방규정을 정하는 제조소등은 제외한다)
- 13) 그 밖에 소방안전관리를 위하여 소방본부장 또는 소방서장이 소방안전관리대상물의 위치·구조·설비 또는 관리 상황 등을 고려하여 소방안전관리에 필요하여 요청하는 사항

2-6. 화재 시 아래의 제한된 조건하에서 화염의 열유속( $\dot{q}''$ )의 값을 비교하고 각각 연료에 대한 위험성의 상관관계를 설명하시오.

※ 재료별 직경 1m의 풀화재 자료

폴리스티렌: 질량유속( $\dot{m}''$ ) =  $38g/m^2 \cdot s$   
 유효연소열( $\Delta H_C$ ) =  $39.85 kJ/g$   
 기화열( $L$ ) =  $1.72 kJ/g$

가솔린: 질량유속( $\dot{m}''$ ) =  $55g/m^2 \cdot s$   
 유효연소열( $\Delta H_C$ ) =  $43.7 kJ/g$   
 기화열( $L$ ) =  $0.33 kJ/g$

답)

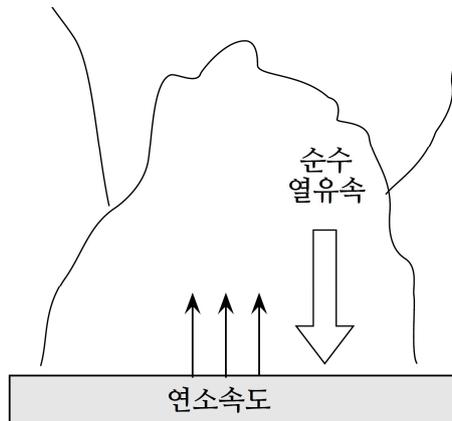
출처: 소방기술사 요해 1권 P.149

1. 개요

1) 화염에 의해 가연물로 전해지는 순수 열유속

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{q}''}{L} \quad (kg/m^2 \cdot s)$$

$$\Rightarrow \dot{q}'' = \dot{m}'' \cdot L$$



【연소속도와 순수열유속】

2) 가연물의 위험성은 열방출률 또는 가연성비에 의해 결정된다.

(1) 열방출률

$$Q = \dot{m}'' \cdot A \cdot \Delta H_c$$

(2) 가연성비(HRP)

$$HRP = \frac{\Delta H_c}{L}$$

## 2. 폴리스티렌

1) 화염의 열유속

$$\dot{q}'' = \dot{m}'' \cdot L = (38g/m^2 \cdot s) \times (1.72kJ/g) = 65.36 kW/m^2$$

2) 열방출률

$$Q = \dot{m}'' \cdot A \cdot \Delta H_c = 38 (g/m^2 \cdot s) \times (0.785 m^2) \times (39.85kJ/g) \\ = 1188.73 kJ/s = 1188.73 kW$$

3) 가연성비

$$\frac{\Delta H_c}{L} = \frac{39.85}{1.72} = 23.17$$

## 3. 가솔린

1) 화염의 순수열유속

$$\dot{q}'' = \dot{m}'' \cdot L = (55g/m^2 \cdot s) \times (0.33kJ/g) = 18kW/m^2$$

2) 열방출률

$$Q = \dot{m}'' \cdot A \cdot \Delta H_c = 55(g/m^2 \cdot s) \times (0.785 m^2) \times (43.7kJ/g) = 1887kJ/s = 1887kW$$

3) 3) 가연성비

$$\frac{\Delta H_c}{L} = \frac{43.7}{0.33} = 132.42$$

## 4. 지표비교(직경 1m 화재)

구분	폴리스티렌	가솔린	위험비교
열유속( $\dot{q}''$ )	65.36	18	
열방출률( $\dot{Q}$ )	1188.73	1887	가솔린이 1.59배 위험
가연성비 ( $\Delta H_c/L$ )	23.17	132.42	가솔린이 5.7배 위험

1) 일반적으로 가연물의 위험성은 열방출률보다 가연성비가 중요하다.

2) 가연성비 측면에서 가솔린이 폴리스티렌보다 5.7배 위험하다.

# 제 3교시 문제풀이

**3-1. 소화배관의 과압발생 시 감압방법의 종류와 각각의 특징에 대하여 설명하시오.**

답)

출처: 소방기술모아 1권 141P

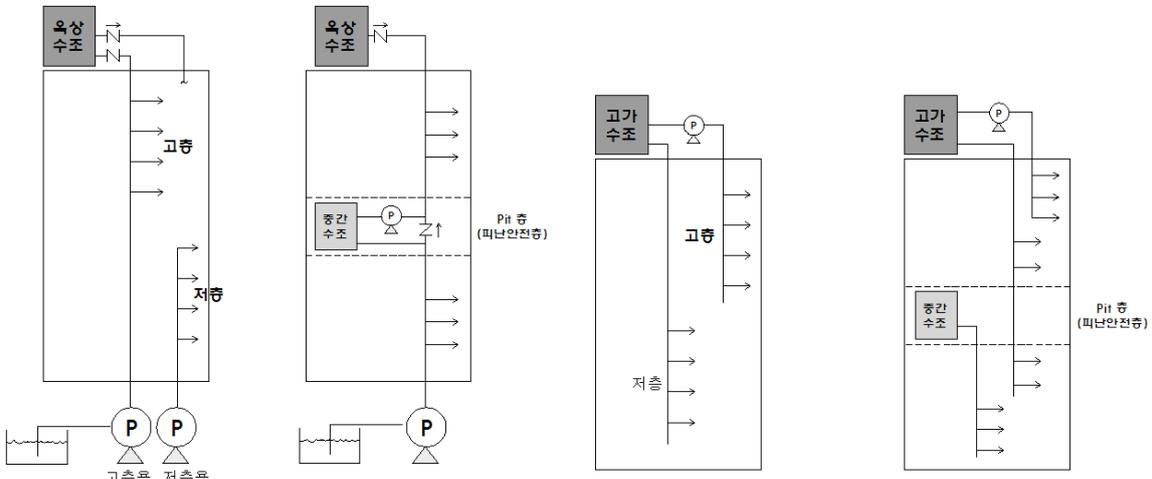
**1. 개 요**

- 1) 최근에는 건축물이 고층화 및 대형화 되고 있어, 단일 가압송수장치로서는 그 성능을 만족시키기가 매우 어려운 실정이 되었다.
- 2) 즉, 초고층 건축물에서 지하층의 펌프가압송수 방식으로 가압하는 경우에 최상층의 방사압력과 유량에 맞추어 설치하면 펌프와 가까운 층에서는 과압이 형성되어, 헤드경우는 살수패턴 왜곡과 옥내소화전의 경우는 반동력을 초과하는 경우가 발생할 수 있다.
- 3) 고가수조를 이용한 가압송수장치 경우는 최하층에서는 과압이 최상층에서는 압력부족이 발생 할 수 있다. 따라서 초고층건축물 또는 대형건축물의 경우에는 가압송수장치의 구성을 그 건축물의 용도와 구성에 맞게 계획되어야 하겠다.

**2. 가압송수방식 선정 시 고려사항**

- 1) 건축물의 용도와 구조를 고려한다.
- 2) 고가수조, 중간수조, 지하저수조의 여부를 고려한다.
- 3) 기계설비의 급수설비(수조)를 확인한다.
- 4) 피난안전구역층 또는 중간에 PIT 층의 여부 확인한다.

**3. 가압송수장치의 구성(감압방식)**



[그림1] 펌프분리 방식

[그림2] 펌프 중계방식

[그림3] 고가수조방식

[그림4] 고가수조 및 중간수조방식

1) 펌프의 분리방식

- (1) 저층부, 고층부를 구분하여 별도의 펌프와 별도의 배관을 설치하여 가압하는 방식으로 비교적 압력과 유량범위를 손쉽게 얻을 수 있다.
- (2) 저층부의 과압과 고층부의 압력부족현상을 해결할 수 있다.
- (3) 옥상에 일정유효수량 이상의 옥상수조를 배치해야 한다. 단, 펌프와 배관의 비용이 추가 발생한다.

2) 펌프 중계방식

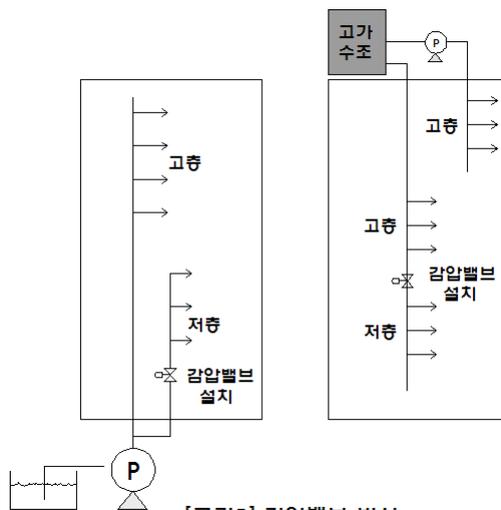
- (1) 중간층의 중간수조에서 펌프를 이용하여 고층부의 수원에 추가로 중계(中繼)가압하는 구조이다.
- (2) 중계펌프 고장 시 주펌프를 이용하여 수원공급 가능하다. 펌프가압방식으로 옥상수조는 별도로 구성해야 한다.
- (3) 중간층에 별도의 기계실과 중간수조가 필요하다.

3) 고가수조 방식

- (1) 고층의 낙차를 이용하여 가압송수장치로 이용하는 방법으로, 동력원과 전원이 없어 작동신뢰도가 높다.
- (2) 고층의 경우 낙차가 없어 별도의 펌프가 필요하고, 저층에서는 낙차가 클 수가 있으므로 별도의 대책이 필요하다.
- (3) 중간수조가 있는 경우나 중간층에 별도의 수조를 설치하는 경우에 고가수조와 같이 낙차를 이용하여 가압송수장치로 사용할 수 있다.

4) 감압밸브 방식

- (1) 많은 낙차를 가지고 있는 소방용 배관이라면 과압과 압력부족이 될 수 있는 필연적인 요소를 가지고 있다.
- (2) 특히, 초고층 건축물 같은 경우에는 과압에 대한 부분에 감압밸브를 설치하여 과압을 방지해야 한다.



[그림5] 감압밸브 방식

5) 부스터 펌프

- (1) 부스터 펌프방식은 대수제어방식(압력탱크의 압력스위치 신호에 작동)과 인버터 제어방식으로 구분된다.
- (2) 근래에는 펌프의 회전수를 제어하여 배관 내에 수압을 일정하게 유지시켜주는 인버터 제어방식을 주로 사용되고 있다.
- (3) 배관 내에 수압을 일정하게 유지시켜 주는 장점이 있지만, 고장요소(인버터제어반 등)가 많고, 유지관리가 어렵고, 수리가 복잡하고, 비용이 많이 소요되는 문제점이 있어 신뢰성이 필요한 소방용 가압송수장치에는 지양해야 한다.



6) 감압오리피스 방식

- (1) 옥내소화전의 앵글밸브에 감압 오리피스를 설치하여 방사압력을 억제하는 방식이다.
- (2) 외부로 방사하는 방사압력은 제어가 가능하지만, 배관내부의 압력은 감소하지 않는다.

※ 소방설비의 감압방법

- 1) 펌프분할: 펌프를 저층부와 고층부로 분할한다.
- 2) 구간가압: 펌프를 구간별로 설치한다. 설치공간이 많이 소요되고, 비용도 많이 든다.
- 3) 감압오리피스 설치: 옥내소화전 방수구에 설치하여 사용하는 방법이다.
- 4) 압력릴리프밸브: 거의 효과가 없다.
- 5) 감압밸브설치: 국내에서 가장 많이 사용하고 있다.

3-2. 최근 정부에서는 지난 4월 발생한 이천 물류센터 공사현장 화재사고 이후 동일한 사고가 다시는 재발하지 않도록 건설현장의 화재사고 발생위험 요인들을 분석하여 건설현장 화재안전 대책을 마련하였다. 다음 각 사항에 대하여 설명하시오.

가. 건설현장 화재안전 대책의 중점 추진방향  
 나. 건설현장 화재안전 대책의 세부 내용을 건축자재 화재안전기준 강화 측면과 화재위험작업 안전조치 이행 측면 중심으로 각각 설명

답)

출처: 정부보도자료 20.06.28

**1. 개 요**

- 1) 최근 20여년 간 물류창고에서 우레탄 작업을 하다가 화재참사로 이어지는 비슷한 유형의 사고가 4차례나 일어났다. 사건사고가 나면 원인을 분석해 유사 사례가 재발하지 않도록 교훈을 얻어야 하는데, 어처구니없는 일이 반복되고 있는 것이다.
- 2) 정부는 6월 18일 고용노동부, 국토교통부, 국무조정실, 법무부, 소방청 등 관계부처 합동으로 수립한 「건설현장 화재안전 대책」을 발표하였다.
- 3) 이번 대책은 지난 4월 29일 발생한 이천 물류센터 화재사고 이후, 동일한 사고가 다시는 재발하지 않도록 노동부, 국토부, 소방청, 국조실 등 관계부처 합동으로 건설현장의 화재사고 발생위험요인들을 분석하여 대책을 마련하고, 민간전문가들의 의견을 수렴하였다.
- 4) 동 대책은 '16년, '19년 범정부 화재대책(완공된 건축물 대상)과는 달리 시공 중에 있는 건설현장의 화재안전 대책을 중심으로 하였다.

**2. 건설현장 화재안전 대책의 중점 추진 방향**

- 1) 기업이 비용 절감보다는 근로자의 안전을 우선적으로 고려하도록 하였다.  
 지금까지는 비용증가에 대한 우려로 대형화재 발생위험이 있었던 가연성 건축자재 사용 제한 등에 미흡한 부분이 있었다.
- 2) 건설공사의 단계별 위험요인을 파악하여 이를 지속적으로 관리한다.  
 계획단계의 적정공기 보장부터 화재발생시 인명피해 최소화 대응체계 구축까지 건설공사 전체단계의 위험요인을 관리해 나갈 계획이다.
- 3) 안전 관련 규정이 현장에서 실제로 작동되도록 개선한다.  
 화재 등 사망사고 위험요인 중심으로 제도를 개편하고, 위험현장에 대해서는 관리·감독을 강화하여 기업의 안전경각심을 제고할 계획이다.

**3. 건설현장 화재안전 대책 세부내용**

- 1) 계획단계부터 건설공사 안전성을 확보하도록 한다.
  - (1) 공공 및 민간 공사 모두 적정 공사기간 산정을 의무화하고, 안전관리가 불량한 건설업체명단 공개를 통해 적격 업체가 선정될 수 있도록 유도할 계획이다.

- (2) 유해위험방지계획서는 화재 등 사망사고 위험요인 중심으로 개편하여 현장의 안전활동 지침서로 활용성을 강화한다.
  - (3) 또한, 대형사고 발생 시 근로자에게 적절한 보상이 이루어질 수 있도록 근로자 재해보험가입을 의무화하고, 보험료 일부를 발주자가 부담토록 하여 안전관리 우수 시공사가 수주에 유리한 환경을 만들 계획이다.
- 2) 화재발생 시 대형인명사고의 요인으로 지적되고 있는 건축자재의 화재안전 기준을 대폭 강화한다.
- (1) 현재는 600m<sup>2</sup> 이상 창고, 1,000m<sup>2</sup> 이상 공장에만 적용되던 마감재 화재안전 기준(난연성능 이상)을 모든 공장·창고까지 확대하고, 샌드위치패널을 사용하는 경우에는 준불연 이상의 성능을 확보하도록 하며, 심재의 무기질 전환도 단계적으로 추진할 계획이다.
  - (2) 화재안전 기준이 없었던 우레탄폼 등 내단열재에 대해서도 난연성능을 확보하도록 할 계획이다. 난연성능 미만 단열재 사용이 불가피한 경우에는 건축심의를 받도록 하고, 단열재공사 중에는 전담감리를 배치해야 한다.  
인접건축물과의 이격거리에 따라 방화유리창을 설치토록 하고, 창호에 대한 화재안전 성능 기준도 마련할 계획이다.
  - (3) 품질인정제도를 도입하여 건축자재의 화재안전 성능과 생산업체의 관리능력 등을 종합적으로 평가하고, 화재에 안전한 건축자재가 사용되도록 모니터링 확대 및 불시점검도 추진할 계획이다.
- 3) 화재위험 작업은 안전조치를 반드시 이행한 후 작업이 진행되도록 제도개선을 추진한다.
- (1) 가연성 물질 취급작업과 화기 취급작업의 동시 작업을 금지하고, 이를 위반하는 경우 감리에게 공사중지 권한을 부여한다.
  - (2) 인화성 물질 취급작업시에는 가스경보기, 강제 환기장치 등 안전설비 설치를 의무화하고, 이에 필요한 비용은 지원할 계획이다.
  - (3) 위험작업에 대한 현장 감시기능도 강화한다.  
안전 전담감리를 도입하여 공공공사는 모든 규모, 민간공사는 상주감리 대상공사에 배치하도록 하고, 원청에게는 사전에 위험한 작업의 일시·내용·기간 등 정보를 파악하여 하청업체들의 작업조정 의무를 부과할 계획이다.
  - (4) 시공 중인 건축물에도 화재안전관리자 선임을 의무화하고, 안전관리자 선임대상을 단계적으로 확대한다.
- 4) 화재 발생 시 인명피해를 최소화하는 대응체계를 만든다.
- (1) 적정 대피로 확보, 비상대피훈련 등 긴급조치계획을 반드시 수립한 후 착공하도록 제도개선을 추진한다.
  - (2) 화재위험이 높은 작업 착수 후에는 정기적으로 비상대피 훈련을 실시하고, 감리 등이 확인해야 한다.
  - (3) 효과적인 화재진압 및 인명구조를 위한 대응체계도 세밀히 마련할 계획이다.

※ 정부 「건설현장 화재안전 대책」 발표

- 1) 발주자: 공사 전 적정 공사기간 산정, 무리한 공기 단축 시 형사처벌한다.
- 2) 건축자재: 샌드위치 패널은 준불연 이상 성능 확보, 우레탄폼 등 내단열재 및 창호에 대한 화재안전기준 신설, 화재안전 품질인정제도 도입한다.
- 3) 작업 중 안전조치: 가연성 물질 취급과 화기 작업의 동시 작업 금지, 강제환기장치(예: 제트팬 등) 설치, 안전전담 감리 확대한다.
- 4) 관리·감독: 위험작업 실시간 파악 시스템(신고제), 지자체의 지도 근거 마련, 다중인명 피해 범위에 대한 특례법 제정한다.

**3-3. 송풍기의 특성곡선을 설명하고, 직렬운전 및 병렬운전 시 송풍기의 용량이 동일한 경우와 다른 경우를 구분하여 설명하시오.**

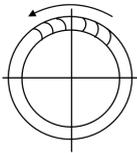
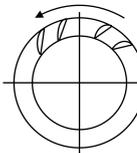
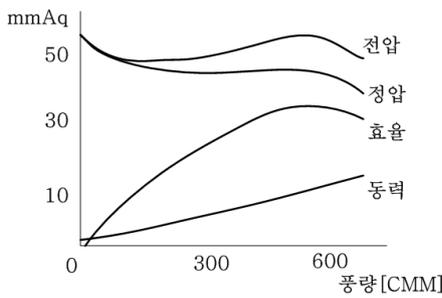
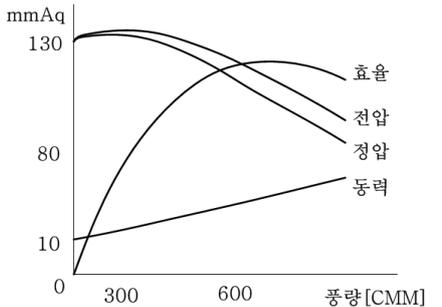
답)

출처: 소방기술사 1권 383p, 143P

**1. 송풍기의 개념**

송풍기는 기체에 기계적 에너지를 가하여 기체의 압력, 운동에너지를 변화시켜 필요한 풍압, 풍량을 내는 장치로서, 소방에서는 제연설비에 주로 사용된다.

**2. 시로코 팬과 에어포일 팬의 비교**

구분	Sirocco Fan	Air Foil Fan
날개 형상		
성능 곡선		
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 대풍량, 저정압(10~60mmAq)</li> <li>② 풍량 변동에 따른 풍압변화 적음</li> <li>③ 타 기종에 비하여 설치면적이 작음</li> <li>④ 소음이 동일성능 대비 큼</li> <li>⑤ 효율: 45~60%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 대풍량, 중정압(60~250mmAq)</li> <li>② 풍량변동에 따른 풍압의 변화폭이 약간 있으나 동력변화폭이 적음</li> <li>③ 타 기종에 비하여 설치면적이 큼</li> <li>④ 소음이 동일성능 대비 작음</li> <li>⑤ 효율: 70~85%</li> </ul>

**3. 송풍기의 병렬운전**

1) 특성이 동일한 송풍기의 병렬운전

(1) 곡선 명칭

- ① A곡선: 1번 송풍기, 2번 송풍기의 단독 운전시의 성능곡선
- ② B곡선: 펌프 2대의 병렬 운전시의 성능곡선(각 양정에서의 유량이 단독운전의 2배)
- ③ C곡선: 시스템에서의 저항곡선

(2) 각 지점의 명칭

- ① 1지점( $Q_1, H_1$ )

송풍기 1대의 단독운전시의 운전점

② 2지점( $Q_2, H_2$ )

병렬운전시의 실제 송풍기별 운전점

③ 3지점( $Q_3, H_3$ )

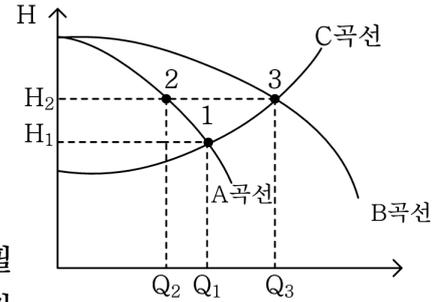
병렬운전시의 이론상 송풍기 토출성능( $Q_3 = 2 \times Q_2$ )

(3) 적용

일반적으로 건물의 신축 시점에서 적용되는 방법으로, 필요한 유량의 변동 폭이 큰 장소에 송풍기를 분할 설치하기 위해 채택된다.

(4) 설계 시 고려할 사항

일반적으로는 양정은 변동이 없고 유량은 2배가 된다고 단순히 적용하는 경우가 많은데, 실제로는 마찰손실로 인해 유량이 2배보다는 적게 나오게 되며 양정도 약간 증가하게 된다.



2) 특성이 다른 송풍기의 병렬운전

(1) 곡선 명칭

① A곡선

송풍기 A(대유량)의 단독 운전시의 성능곡선

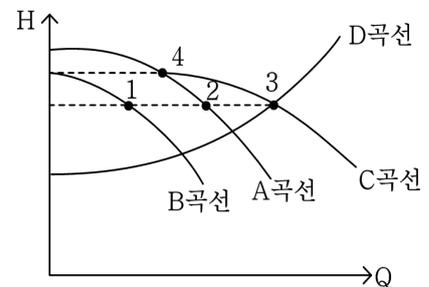
② B곡선

송풍기 B(소유량)의 단독 운전시의 성능곡선

③ C곡선

송풍기 2대의 병렬 운전시의 성능곡선(각 양정에서의 유량이 단독운전 유량의 합)

④ D곡선: 시스템에서의 저항곡선



(2) 각 지점의 명칭

① 1지점( $Q_1, H_1$ ): 병렬운전 시 송풍기 B의 운전점

② 2지점( $Q_2, H_2$ ): 병렬운전 시 송풍기 A의 운전점

③ 3지점( $Q_3, H_3$ ): 병렬운전 시 송풍기의 토출성능

④ 4지점: 송풍기 B(소유량)의 체절양정과 송풍기 A의 성능곡선의 교점

(3) 설계 시 고려할 사항

① 위의 그림에서의 4점보다 적은 유량인 지점이 합성 운전점이 되면, 저양정 송풍기는 체절운전 상태가 된다.

② 적은 유량이 필요한 운전 상태(4점 이전)에서는 하나의 송풍기만이 기동되도록 세팅해야 한다.

③ 만일 대형송풍기와 소형송풍기의 체절양정이 다른 경우 소유량 운전상태로 대형송풍기와 소형송풍기가 동시에 기동되면, 체절압력이 낮은 송풍기는 송풍불능이 된다.

④ 소형송풍기의 체절압력은 대형송풍기와 같거나 낮아야 하며, 대형송풍기 기동 시 소형송풍기는 정지되도록 구성해야 한다.

### 4. 송풍기의 직렬운전

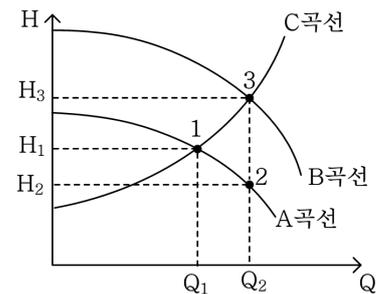
#### 1) 특성이 동일한 송풍기의 직렬운전

##### (1) 곡선 명칭

- ① A곡선: 1번, 2번 송풍기 단독 운전시의 성능곡선
- ② B곡선: 송풍기 2대의 직렬 운전시의 성능곡선
- ③ C곡선: 배관시스템에서의 저항곡선(낙차수두+마찰손실수두)

##### (2) 각 지점의 명칭

- ① 1지점( $Q_1, H_1$ ): 송풍기 1대의 단독운전시의 각각의 운전점
- ② 2지점( $Q_2, H_2$ ): 직렬운전시의 실제 송풍기별 운전점
- ③ 3지점( $Q_3, H_3$ ): 직렬운전시의 이론상 송풍기 토출성능
- ④ H축과의 교점
  - 저항곡선: 낙차수두
  - A 곡선: 송풍기 1대의 체절양정
  - B 곡선: 직렬운전의 체절양정(A곡선의 체절양정×2)



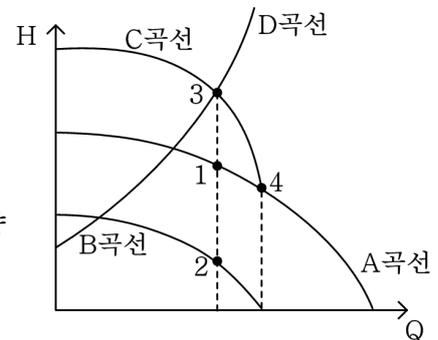
##### (3) 설계 시 고려할 사항

- ① 직렬운전의 특성곡선은 매우 가파른 형태가 된다.
- ② 소유량으로 운전될 때에는 토출압력이 지나치게 높다.

#### 2) 특성이 다른 송풍기의 직렬운전

##### (1) 곡선 명칭

- ① A곡선: 송풍기 A의 단독 운전시의 성능곡선
- ② B곡선: 송풍기 B의 단독 운전시의 성능곡선
- ③ C곡선: 송풍기 2대의 직렬 운전시의 성능곡선(각 유량에서의 양정이 단독운전 양정의 합)
- ④ D곡선: 시스템에서의 저항곡선



##### (2) 각 지점의 명칭

- ① 1지점( $Q_1, H_1$ ): 직렬 운전 시 송풍기 A(고양정)의 운전점
- ② 2지점( $Q_2, H_2$ ): 직렬 운전 시 송풍기 B(저양정)의 운전점
- ③ 3지점( $Q_3, H_3$ ): 직렬 운전 시 송풍기의 토출성능
- ④ 4지점: 저양정 송풍기의 양정이 0인 점과 고양정 송풍기의 성능곡선의 교점

##### (3) 설계 시 고려할 사항

- ① 건물의 증축 등으로 고양정이 필요한 경우에 많이 채택되는 방식이다.
- ② 4점 이상의 유량으로 운전되면, 저양정 송풍기는 오히려 저항으로 작용되어 고양정 송풍기의 단독운전보다도 양정이 낮아진다. → 저양정인 송풍기를 정지시켜야 한다.
- ③ 전단부 측에 있는 송풍기가 반드시 고양정이어야 한다. 반대로 되는 경우에는 고양정 송풍기의 입구 측에서 Cavitation이 발생되기 쉽다

3-4. 정전기의 대전을 방지하기 위한 전압인가식 제전기의 종류와 제전기 사용상의 유의 사항에 대하여 설명하시오.

답)

출처: 소방기술모아 1권 609p

1. 제전기의 원리

- 1) 제전기란 공기를 이온화(+, -)하여 대전된 정전기를 중화시키는 장치이다.
- 2) 정전기는 마찰, 박리 등에 의해서 대전된 정전기를 축적하고 있어서, 전기적으로 양극이나 음극을 띄고 있다. 이 때 반대극성의 이온을 접촉시켜 전기적으로 중화시키는 원리이다.
- 3) 제전은 대전 전하를 완전히 중화시키는 것은 아니고, 정전기로 인한 재해가 발생하지 않을 정도만 중화시킨다.
- 4) 이 때 가장 중요한 원리인 공기의 이온화 방법에 따라 제전기의 종류가 구분된다.

※ 이온: 분자 또는 원자가 양극 또는 음극을 띤 상태를 의미한다.

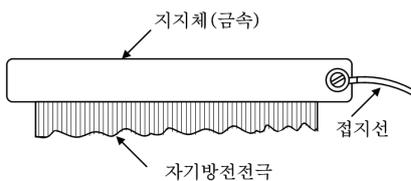
2. 제전기의 선정 시 고려사항

- 1) 제전기는 제전원리, 제전능력, 이온방출방법 등 다양한 제품군이 있어서 사용장소의 특성에 따라 선정해야 한다.
- 2) 일정한 롤면(Roll surface)으로 생산되는 종이류, 섬유류 등에는 이온화식이 비교적 양호하다.
- 3) 옷, 분진, 섬유류 등 복잡한 구조의 재료에는 송풍식 전압인가식이 좋다.
- 4) 폭발성 가스가 존재하는 장소에서는 방사선식이나 전압인가식 방폭형을 사용할 수 있다.

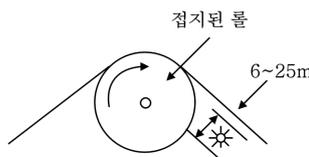
3. 제전기의 종류

1) 자기 방전식 제전기

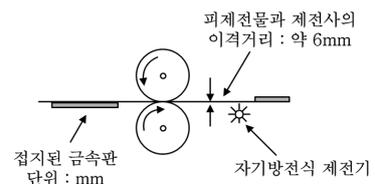
- (1) 아주 가는 STS·카본·도전성 섬유등으로 Bar, Brush형태로 제조된 제전기를 말한다.
- (2) 대전 물체에 가까이 접근하면 대전된 전하가 기준값(2kV) 이하로 완화되게 된다.
- (3) 접지의 대전현상으로 인하여 대전물체의 극성과 반대의 극성의 이온을 발생시킨다.
- (4) 단, 대전된 물체의 전위(대전에너지)가 낮으면 제전 되지 않는다.
- (5) 복사기, 프린터, 제지공정, 섬유공정 등에 많이 사용된다.



[그림1] 자기방전식 제전기 구조



[그림2] 회전을 후단에 설치



[그림3] 압연 롤 후단에 설치

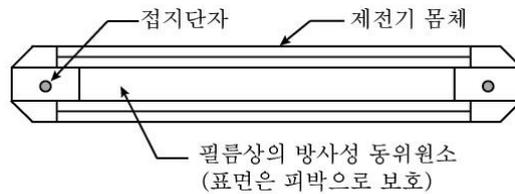
2) 방사선식 제전기

- (1) 방사성 동위원소(폴로늄-210)의 전리작용에 의해 이온화된 공기를 이용하여 정전기를 제거한다.
- (2) 설치비용과 방사선 문제에도 불구하고 점화위험이 없고 전기배선도 없는 장점이 있어서 방폭 장소 등에 사용되고 있다.

(3) 광조사식

- 근래에는 연 X선을 광조사하여, 공기 중에 분자를 분해하여 대량의 공기이온을 발생하는 방식인 광조사식이 사용된다.
- 기류를 유도하지 않고, 빛이 닿는 부분이 이온화되어 광범위한 제전효과를 얻을 수 있다.
- 단, 연 X선도 미약하지만 방사선에 일종으로 인체에 직접 조사되지 않도록 해야 한다.

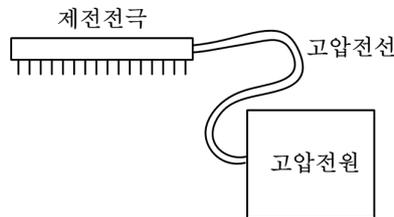
※ 방사선의 종류는  $\alpha, \beta, \chi, \gamma$  선이 있다.



[그림5] 방사선식 제전기

3) 전압 인가식 제전기

- (1) 수천볼트의 고전압으로 코로나 방전을 일으켜서 발생하는 이온으로 정전기를 중화시킨다.
- (2) 양극과 음극에 전하를 동시에 방출하며, 대전된 물체에서 반대극성만 소모하고 나머지는 공중에서 자연 소멸한다.
- (3) 이 제전기는 고전압의 전원공급장치를 사용하므로 폭발 위험 장소에서는 방폭인증제품을 사용해야 한다.
- (4) 제전효과가 매우 크고, 종류로는 송풍형, 방폭형, 교류형, 직류형 등이 있다.
- (5) 고압전원은 교류방식과 직류방식이 있는데 주로 교류 방식이 많이 사용되며 단락사고 발생을 대비해 전류제한 장치를 설치해야한다.



[그림4] 전압인가식 제전기

4. 제전기 비교

구분	자기 방전식	전압 인가식	방사선식
원리	대전에 의한 이온발생	코로나 방전으로 이온화	방사선의 공기 전리작용
종류	Bar Type, Rolling Type	송풍형, 방폭형, 직류형	$\alpha, \beta, \chi$ 선원
특징	구조간단하다. 취급편리하다. 제전능력 한계(2kV)	다양한 제품군이 있다. 제전능력이 크다 역대전 우려가 있다.	점화원 우려 없다. 연 $\chi$ 선 사용하여 피해감소 인체에 피해 우려 있다.
설치 장소	필름, 종이, 직물 등 제조 및 가공장소	필름, 종이, 직물, 분체 등 다양 한 장소에 사용	밀폐공간에 사용

5. 전압인가식 제전기의 종류별 특징

종류	특징	주된용도
교류형	기종이 다양하고 제전 속도 양호함.	필름, 종이, 직포의 제전
송풍형	노즐형, 건형, 플랜지형이 있다	배관 내 분체의 제전 국소적인 제전
방폭형	점화원으로 작용하지 않는다	용제 도공시의 제전
직류형	제전능력은 크지만 역대전의 우려가 있다	단일 극성인 필름 종이 직물의 제전

**3-5. ESFR(Early Suppression Fast Response) 헤드 설치장소의 구조기준 및 헤드의 특징에 대하여 설명하시오.**

답)

출처: 소방기술모아 221P

**1. ESFR의 개념**

- 1) ESFR 스프링클러는 래크식 창고 등과 같이 초기 진화에 실패할 경우 화재진압이 거의 불가능한 장소에 적용한다.
- 2) 화재를 조기감지 하여 많은 양의 물을 고압 방사하여 화재를 초기 진압하는 스프링클러이다.

**2. ESFR 스프링클러의 도입**

1) 도입배경(래크식 창고 화재의 문제점)

- (1) 래크식 창고와 같은 장소에서의 화재는 급속히 성장하고, 화재하중이 높다.
- (2) 화재시의 강한 기류와 고온의 화염에 의한 화재진압의 문제점
  - ① 화재시의 강한 상승기류로 인해 화재 표면에 도달하는 물의 양이 적다.
  - ② 화염 내에 침투된 물방울이 화염면에 도달되기 전에 증발되거나, 화염으로부터 먼 곳으로 날린다.
- (3) 스프링클러 헤드 발생 현상
  - ① 화염 기류에 의한 cold-soldering 현상으로 화재지역의 스프링클러헤드 개방 지연
  - ② 강한 화염에 의해 먼 곳의 헤드가 개방되어 방수량 저하
- (4) 높은 천장고로 인해 스프링클러 헤드 작동이 지연되어 화재가 성장된다.

2) ESFR 스프링클러 도입 개념

- (1) ESFR 스프링클러의 도입 개념은 충분한 양의 물이 화재 초기단계에 방수되고 성장하고 있는 Fire plume에 침투할 수 있다면, 화재진압이 가능하다는 것이다.

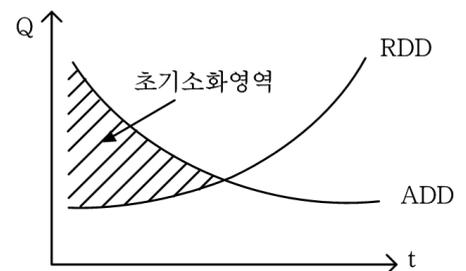
(2) 조기작동의 필요성

① RDD와 ADD의 관계

- RDD(필요살수밀도): 시간 경과에 따라 화세 확대로 더 많은 양의 물이 필요하여 증가
- ADD(실제침투밀도): 시간 경과에 따른 화세 확대로 비산, 증발되어 도달량 감소

② ESFR의 초기 소화영역

- 초기 소화 영역:  $ADD > RDD$
- 초기소화를 위해서는 단시간 내에 필요한 물의 양 보다 더 많은 양의 물을 화원에 침투시켜야 한다.



③ RTI와 조기진압의 관계

- RTI가 작은 경우  
화재 확대 이전에 스프링클러가 작동되므로 RDD는 작아지고, ADD는 커진다.
- RTI가 큰 경우: 헤드 개방이 늦어 화재가 성장하므로, RDD는 커지고 ADD는 작아진다.

• 조기진압을 위한 ESFR 스프링클러는 낮은 RTI의 조기반응형 헤드이어야 한다.

(3) 화재 가혹도에 대한 ESFR의 개념

- ① 화재가혹도는 연료하중(지속시간)과 화재강도(최고온도)의 조합이다.
- ② 연료하중: 주수시간을 길게 함(수원을 60분 이상 확보)
- ③ 화재강도: 주수량을 크게 한다.(K-factor와 방사압력을 높게 함)

3. ESFR 헤드의 설계

- 1) 화재 초기(약 55초 이내)에 화재를 감지하여 작동
- 2) 고압(0.35 MPa 이상)으로 12개 이내의 헤드에서 방사된 물이 조기진화  
낮은 RTI, 고압으로 RDD는 낮고, ADD는 큰 상태에서 조기진화(필요량보다 많은 양을 분사)
- 3) ESFR 스프링클러의 진화 조건
  - ① 재발화가 되지 않고, 공기 온도가 ESFR 헤드를 4개 이상 개방시킬 만큼 높지 않을 것
  - ② 불에 소진된 가연물이 전체 양의 10% 이하일 것

4. ESFR 스프링클러의 설치장소의 기준

1) 설치장소의 구조

- ① 층의 기준
  - 해당 층의 높이 13.7 m 이하일 것
  - 2층 이상인 경우: 해당 층의 바닥을 내화구조로 하고 다른 부분과 방화구획 할 것
- ② 천장 기울기
  - 천장 기울기는 168/1000을 초과하지 않을 것
  - 초과할 경우: 반자를 지면과 수평으로 설치할 것
- ③ 천장 구조
  - 천장은 편평할 것
  - 철재나 목재 트러스구조인 경우: 철재나 목재의 돌출부분이 102 mm를 초과하지 않을 것
- ④ 보
  - 보로 사용되는 목재, 콘크리트 및 철재 사이의 간격: 0.9 ~ 2.3 m
  - 보 간격이 2.3 m 이상인 경우: ESFR 스프링클러 동작을 원활히 하기 위해 보로 구획된 부분의 천장 및 반자의 넓이가 28 m<sup>2</sup>를 초과하지 않을 것
- ⑤ 창고내의 선반 형태: 하부로 물이 침투되는 구조로 할 것

2) 저장물의 간격

저장물품 사이의 간격은 모든 방향에서 152 mm 이상의 간격을 유지할 것

3) 환기구

- ① 공기의 유동으로 인해 헤드의 작동온도에 영향을 주지 않는 구조일 것
- ② 화재감지기와 연동하여 동작하는 작동식 환기장치를 설치하지 않을 것
- ③ 작동식 환기장치를 설치할 경우 최소 작동온도가 180 °C 이상일 것

## 5. ESFR 헤드의 특징

- 1) 천장에만 설치하므로, 기존 In-rack 스프링클러에 비해 설치비가 저렴하다.
- 2) 적재물에 의한 In-rack 헤드와 같은 파손우려가 없다.
- 3) 화재 초기 진압에 의해 피해를 최소화할 수 있다.
- 4) 가연물의 위험도에 따른 래크별 분류적재를 할 필요가 없다.
- 5) 설치제외
  - (1) 4류 위험물
  - (2) 타이어·두루마리 종이·섬유류 등 연소 시 화염속도가 빠르고, 방사된 물이 하부까지 도달하지 못하는 것 → 물품에 대한 화재시험 등 공인기관의 시험을 받은 것은 적용 가능하다.

3-6. 구획실 화재(환기구 크기: 1m x 2m)에서 플래시오버 이후 최성기 화재(800°C로 가정)의 에너지 방출률을 구하시오.(단, 연료가 퍼진 바닥면적 12 m<sup>2</sup>, 가연물의 기화열 2 kJ/g, 평균 연소열 ΔHc = 20kJ/g, Stefan Boltzman 상수(σ) = 5.67 x 10<sup>-8</sup> W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup> 이다.)

답)

출처: 소방기술사 2권 117P

소방기술사 요해 1권

**1. 최성기 화재의 개념**

- 1) 최성기 화재는 플래시오버 이후의 단계로서 가연물이 본격적으로 연소되는 단계이다.
- 2) 고온 및 장시간 지속되는 화재로 인해 건물구조의 붕괴나 인접건물로의 연소 확대 등이 발생할 수 있다.

**2. 최성기 화재의 특성**

- 1) 높은 실내온도(900~1,100 °C)
  - (1) 밀폐된 실에서의 화재이므로, 상부층에 형성된 고온의 열, 연기층이 충분히 확산되지 못하여 실내온도가 높아진다.
  - (2) 구조부 등의 단열효과로 인해 외부로 열이 방출되지 못하고 축적되어 온도가 상승한다.
- 2) 환기 지배형의 화재
  - (1) 가연물의 열분해속도가 매우 증가하여 분해가스의 연소속도를 증가하게 되며 이에 따라 공기 공급이 화재 진행의 중요한 인자가 된다.
  - (2) 창문 등의 개구부를 통해 고온의 열분해가스가 다량 분출됨과 동시에 외부 공기와 혼합되어 발화하는 옥외분출화염도 환기 지배형 화재의 하나의 형태이다.(옥외분출화염은 화재의 성장단계에서 발생되지 않는다.)
- 3) 일정한 연소비율
  - (1) 성장기 화재에서처럼 시간에 따라 열방출속도가 급격히 증가하지 않는다.
  - (2) 최성기 화재는 일반적으로 시간에 따른 열방출속도의 변동이 적으며, 이에 따라 Steady -state fire라고도 한다.
  - (3) 연소속도의 계산식:  $R = 5.5A \sqrt{H}$  [kg/min]  
공기의 유입속도는  $\dot{m}_a = 0.5A \sqrt{H}$  [kg/s]이다.

**3. 환기 지배형 에너지 방출률**

- 1) 환기 지배형에서 유입공기량

$$\dot{m}_a = 0.5A\sqrt{H} [kg/s] = 0.5 \times 2 \times \sqrt{2} = 1.41kg / s$$

- 2) 실에서의 예상최대 에너지 방출속도

탄화수소계의 열방출률 = 공기 중 대략 3,000[kJ / kg]

$$Q\dot{m}_{max} = \dot{m}_a[kg / s] \times 3,000[kJ / kg] = 1.41 \times 3,000 = 4.24MW$$

**4. 최성기 화재의 크기**

환기요소를 무시하고 연료지배형화재라는 가정에서의 열방출률

- 1) 복사열유속(최성기 화재 800℃를 복사열 유속으로 환산)

조건에서 복사율(ε) 조건은 없으므로 1로 가정

$$\dot{q}'' = \epsilon \times \sigma \times T^4 = 5.67 \times 10^{-8} \times (800+273)^4 = 75.16[kW/m^2]$$

- 2) 연소속도

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{q}''}{L_v} \times A = \frac{75.16[kW/m^2]}{2[KJ/g]} \times 12[m^2] = 450.96[g/s]$$

- 3) 최성기화재의크기(평균연소열 ΔHc = 20 [kJ/g])

$$Q\dot{m}_{max} = 450.96 [g/s] \times 20 [kJ/g] = 9,019.2 \approx 9.0 [MW]$$

**5. 환기 지배형 화재에너지방출과 최성기화재 크기 비교**

- 1) 연료지배형 화재로 가정 시 9MW 이지만 구획실 화재이므로 나머지 에너지방출속도

9 - 4.24 = 4.76 [MW]는 개구부 등을 통한 손실이다.

- 2) 종장창의 경우 최성기 화재 시 연소속도가 상승하는 속도가 빠르고 열방출율이 높다.

# 제 4교시 문제풀이

**1. 이산화탄소소화설비 호스릴방식의 설치장소 및 설치기준에 대하여 설명하시오.**

답)

출처 금화도감 1권

**1. 개요**

- 1) 호스릴방식이란 분사헤드가 배관에 고정되어 있지 않고 소화약제 저장용기에 호스를 연결하여 사람이 직접 화점에 소화약제를 방출하는 이동식 소화설비를 말한다.
- 2) 연기발생 시 피난이 즉시 가능해야 하고 피난층으로 연기가 체류하지 않도록 개구부가 있는 소규모인 것에 한해 적용한다.

**2. 이산화탄소소화설비 호스릴방식의 설치장소**

화재 시 현저하게 연기가 잘 우려가 없는 장소로서 다음의 어느 하나에 해당하는 장소(차고 또는 주차의 용도로 사용되는 부분 제외)에는 호스릴이산화탄소소화설비를 설치할 수 있다.

- 1) 지상 1층 및 피난층에 있는 부분으로서 지상에서 수동 또는 원격조작에 따라 개방할 수 있는 개구부의 유효면적의 합계가 바닥면적의 15% 이상이 되는 부분
- 2) 전기설비가 설치되어 있는 부분 또는 다량의 화기를 사용하는 부분(해당 설비의 주위 5m 이내의 부분을 포함한다)의 바닥면적이 해당 설비가 설치되어 있는 구획의 바닥면적의 5분의 1 미만인 부분

**3. 이산화탄소소화설비 호스릴방식의 설치기준**

- 1) 방호대상물의 각 부분으로부터 하나의 호스접결구까지의 수평거리가 15m 이하가 되도록 할 것
- 2) 노즐은 20℃에서 하나의 노즐마다 60kg/min 이상의 소화약제를 방사할 수 있는 것으로 할 것
- 3) 소화약제 저장용기는 호스릴을 설치하는 장소마다 설치할 것
- 4) 소화약제 저장용기의 개방밸브는 호스의 설치장소에서 수동으로 개폐할 수 있는 것으로 할 것
- 5) 소화약제 저장용기의 가장 가까운 곳의 보기 쉬운 곳에 표시등을 설치하고, 호스릴이산화탄소소화설비가 있다는 뜻을 표시한 표지를 할 것

4. CO<sub>2</sub>와 할론 호스릴 방식의 비교

구분	CO <sub>2</sub>	할론
장소	[화재 시 현저하게 연기가 잘 우려가 없는 곳] • 지상 1F, 피난층으로 지상에서 수동 또는 원격조작에 따라 개방할 수 있는 개구부의 유효면적의 합계가 바닥면적의 15% 이상 되는 부분 • 전기설비 설치 부분 또는 다량의 화기를 사용하는 부분의 바닥면적이 당해 설비가 설치되어 있는 구획의 바닥면적 1/5미만이 되는 부분	
수평거리	15m 이하	20m 이하
노출 방사량 (20℃)	60kg/min 이상	할론 1301 35kg/min 이상 할론 1211 40kg/min 이상 할론 2402 45kg/min 이상
저장용기	호스릴 설치장소마다 설치	
개방밸브	호스의 설치장소에서 수동으로 개폐	
표시	저장용기의 가장 가까운 보기 쉬운 곳에 표시등 + 호스릴 설비 표지	

※ 할로겐화합물(할론 1301, 할론 2402, 할론 1211 제외) 및 불활성기체소화설비는 호스릴 소화설비를 허용 안 한다.

**2. 임시소방시설의 화재안전기준 제정이유와 임시소방시설의 종류별 성능 및 설치기준에 대하여 설명하시오.**

답)

출처 금화도감 소방기술사 2권

**1. 임시소방시설의 화재안전기준 제정이유**

- 1) 임시소방시설이란 소화기, 간이소화장치, 비상경보장치, 간이피난유도선으로써 화재위험이 있는 건축공사 현장에 임시소방시설의 설치를 의무화했다.
- 2) 특정소방대상물의 건축·대수선·용도변경 또는 설치 등을 위한 공사를 시공하는 자는 공사 현장에서 인화성 물품을 취급하는 작업 등 “화재위험작업”을 하기 전에 “임시소방시설”을 설치하고 유지·관리하여야 한다.
- 3) 공사현장은 소방관련법에서 정한 소방시설이 설치되기 이전이라는 점을 고려해 임시소방시설을 이용하여 화재의 초기 진압과 적정 피난을 위해 도입한 제도이다.

**2. 대형공사장 화재사례**

- 1) 코리아 2000 냉동창고화재: 우레탄 발포 작업 중 불티
- 2) 국립현대미술관 화재: 전기화재, 적치된 우레탄폼 등 단열재 착화
- 3) 구로디지털단지 지밸리비즈플라자 화재: 용접기불티(샌드위치패널)
- 4) 고양시외버스터미널 화재: 용접기 불티에 의한 보온재 착화

**3. 임시소방시설을 설치하여야 하는 화재위험 작업장 종류**

- 1) 인화성·가연성·폭발성 물질 취급 또는 가연성 가스 발생 작업
- 2) 용접·용단 등 불꽃 발생 또는 화기 취급 작업
- 3) 전열기구, 가열전선 등 열 발생 작업 등
- 4) 소방청장이 정하여 고시하는 폭발성 부유분진을 발생시킬 수 있는 작업

#### 4. 설치대상 및 면제기준

종류	설치대상	면제기준
소화기	• 전 대상(건축허가동의대상)	-
간이소화장치	• 연면적이 3천㎡ 이상 • 지하층·무창층 또는 4층 이상 층. 이경우 바닥면적이 600㎡ 이상인 작업장	• 옥내소화전 또는 소방청장이 정하여 고시하는 소화기 설치 시
비상경보장치	• 연면적이 400㎡ 이상 • 지하층 또는 무창층 이 경우 바닥면적이 150㎡ 이상인 작업장	• 비상방송설비, 자동화재탐지설비 설치 시
간이피난유도선	• 바닥면적이 150㎡ 이상인 지하층 또는 무창층 작업장	• 피난유도선, 피난구유도등, 통로유도등 또는 비상조명등 설치 시

#### 5. 임시소방시설의 주요기능 및 성능·설치기준

임시소방시설	주요기능	성능·설치기준
소화기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분말 소화약제 또는 소화용 가스를 이용한 일반 소화기</li> <li>• 화재현장 주변에 비치하여 화재 발생 시 인근 작업자가 수동 조작하여 소화활동에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사장의 각층: 능력단위 3단위 분말소화기 2개 이상 설치</li> <li>• 화재 위험 작업장: 작업지점으로부터 5m이내 쉽게 보이는 장소에 능력단위 3단위이상인 소화기 2개 이상과 대형 소화기 1개 추가 배치</li> </ul>
간이소화장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공사장에 설치된 상수도배관에 연결하거나 이동용 임시가압장치(펌프)를 이용하여 물을 방사할 있도록 설치하는 장치</li> <li>• 소화기를 이용한 초기소화 실패 시 수동조작에 의해 소화활동에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최소방수압: 0.1MPa 이상</li> <li>• 최소방수량: 65L/min 이상</li> <li>• 사용시간: 최소 20분 이상의 수원 확보</li> <li>• 화재 위험 작업장: 작업지점으로부터 25m이내에 설치하여 상시 사용이 가능하며 동결 방지조치</li> <li>• 넘어질 우려가 없어야 하고 손쉽게 사용할 수 있어야 하며, 식별이 용이하도록 “간이소화장치” 표시</li> </ul>
비상경보장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적용품목: 비상벨, 싸이렌, 확성기</li> <li>• 화재를 발견한 작업자가 수동으로 조작하여 화재발생 사실을 주변에 알려 피난을 유도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화재 위험 작업장: 작업지점으로부터 5m이내 설치하여 상시 사용이 가능</li> <li>• 성능기준: 화재사실 통보 및 대피를 작업장의 모든 사람이 알 수 있을 정도의 음량확보</li> </ul>
간이피난유도선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 점등용 소형 전구와 배선을 따라 연결하여 띠 형태로 제작한 선</li> <li>• 지하층, 무창층의 작업장에서 피난로를 따라 설치하고, 화재 시 피난로 방향을 지시할 수 있도록 하여 피난에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방식: 광원점등방식으로 공사장의 출입구까지 설치하고 공사의 작업 중 상시 점등되어야 함</li> <li>• 설치위치: 바닥으로부터 높이 1m 작업장의 어느 위치에서도 출입구로의 피난방향을 알 수 있는 표시</li> </ul>

## 6. 결론

- 1) 소방관련법에서는 건축허가동의 대상물의 동의 요구 시점에서 임시소방시설 설치계획서를 제출토록 규정하고 있지만 이후 이를 관리하거나 감독 또는 사용하는 인력에 대한 규정이 불명확하다는 문제점이 있다.
- 2) 제도의 실효성 확보를 위해서는 임시소방시설 설치 여부 확인과 관리를 할 수 있는 주체에 대한 규정을 마련하고 설치 의무를 어겼을 때 즉각 벌칙을 내릴 수 있도록 하는 법규의 보완과 함께 임시소방시설과 공사현장의 화재안전관리를 위한 전담 소방안전관리자를 의무적으로 배치해야 할 필요가 있다.

**3. 특수가연물의 정의, 품명 및 수량, 저장 및 취급기준, 특수가연물 수량에 따른 소방시설의 적용에 대하여 설명하시오.**

답)

출처 소방기본법

**1. 특수가연물의 정의(소방기본법 제15조)**

화재가 발생하는 경우 불길이 빠르게 번지는 고무류·면화류·석탄 및 목탄 등 대통령령으로 정하는 물품

**2. 품명 및 수량(소방기본법 시행령 별표2)**

품명	수량	비 고	
면화류	200kg 이상	불연성 또는 난연성이 아닌 면상 또는 팽이모양의 섬유와 마사원료	
나무껍질 및 대팻밥	400kg 이상		
넙마 및 종이부스러기	1,000kg 이상	불연성 또는 난연성이 아닌 것	
사류(絲類)	1,000kg 이상	불연성 또는 난연성이 아닌 실과 누에고치	
벚짚류	1,000kg 이상	마른 벚짚·마른 북더기와 이들의 제품 및 건조	
가연성고체류	3,000kg 이상	① 인화점이 40℃ 이상 100℃ 미만 ② 인화점이 100℃ 이상 200℃ 미만이고, 연소열량이 1g당 8kcal 이상 ③ 인화점이 200℃ 이상이고 연소열량이 1g당 8kcal 이상인 것으로 용점이 100℃ 미만 ④ 1기압과 20℃ 초과 40℃ 이하에서 액상인 것으로서 인화점이 70℃ 이상 200℃ 미만이거나 ② 또는 ③에 해당	
석탄·목탄류	10,000kg 이상	코크스, 석탄가루를 물에 갠 것. 조개탄, 연탄, 석유코크스, 활성탄 및 이와 유사한 것 포함	
가연성액체류	2m <sup>3</sup> 이상	① 1기압과 20℃ 이하에서 액상인 것으로서 가연성 액체량이 40중량퍼센트 이하이면서 인화점이 40℃ 이상 70℃ 미만이고 연소점이 60℃ 이상인 물품 ② 1기압과 20℃에서 액상인 것으로서 가연성 액체량이 40중량퍼센트 이하이고 인화점이 70℃ 이상 250℃ 미만인 물품 ③ 동물의 기름기와 살코기, 식물의 씨나 과일의 살로부터 추출한 것으로서 다음의 것 (㉠) 1기압과 20℃에서 액상이고 인화점이 250℃ 미만 (㉡) 1기압과 20℃에서 액상이고 인화점이 250℃ 이상	
목재가공품 및 나무부스러기	10m <sup>3</sup> 이상		
합성수지류	발포시킨 것	20m <sup>3</sup> 이상	불연성 또는 난연성이 아닌 고체의 합성수지제품, 합성수지반제품, 원료합성수지 및 합성수지 부스러기
	그 밖의 것	3,000kg 이상	

**3. 특수가연물의 저장 및 취급의 기준(소방기본법 시행령 제7조)**

- 1) 특수가연물을 저장 또는 취급하는 장소에는 품명·최대수량 및 화기취급의 금지표지를 설치할 것
- 2) 다음 각 목의 기준에 따라 쌓아 저장할 것. 다만, 석탄·목탄류를 발전(發電)용으로 저장하는 경우에는 그러하지 아니하다.
  - (1) 품명별로 구분하여 쌓을 것
  - (2) 쌓는 높이는 10m 이하가 되도록 하고, 쌓는 부분의 바닥면적은 50m<sup>2</sup>(석탄·목탄류의 경우에는 200m<sup>2</sup>) 이하가 되도록 할 것. 다만, 살수설비를 설치하거나, 방사능력 범위에 해당 특수가연물이 포함되도록 대형수동식소화기를 설치하는 경우에는 쌓는 높이를 15m 이하, 쌓는 부분의 바닥면적을 200m<sup>2</sup>(석탄·목탄류의 경우에는 300m<sup>2</sup>) 이하로 할 수 있다.
  - (3) 쌓는 부분의 바닥면적 사이는 1m 이상이 되도록 할 것

**4. 특수가연물 수량에 따른 소방시설의 적용(화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 별표5)**

- 1) 적용대상: 특수가연물을 저장·취급하는 공장 또는 창고시설
- 2) 기본수량: 소방기본법 시행령 별표 2에서 정하는 수량
- 3) 특수가연물 수량에 따른 소방시설

적용소방시설	특수가연물의 수량
1) 옥내소화전	기본수량의 750배 이상의 특수가연물을 저장·취급 하는 것
2) 스프링클러설비	기본수량의 1000 배 이상의 특수가연물을 저장·취급하는 시설
3) 옥외소화전설비	기본수량의 750배 이상의 특수가연물을 저장·취급하는 것
4) 자동화재탐지설비	기본수량의 500배 이상의 특수가연물을 저장·취급하는 것

**4. (초)고층 건축물의 화재 시 연돌효과(Stack Effect)의 발생원인 및 문제점을 기술하고, 연돌 효과 방지대책을 소방측면, 건축계획측면, 기계설비측면으로 각각 설명하시오.**

답)

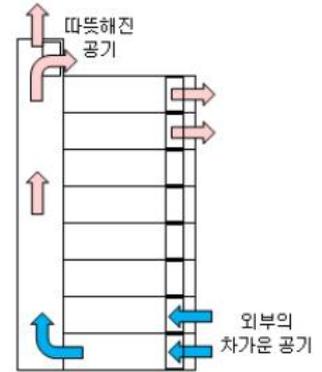
출처 금화도감 1권

**1. 개요**

- 1) 초고층 건축물은 계단실, 비상용 승강기의 승강장 등 수직구획이 높아 연돌효과의 영향을 많이 받으므로 피난 시 출입문의 개폐 등 장애요소로 작용한다.
- 2) 화재안전기준에는 부속실의 최소차압 40Pa이상(스프링클러 설치 시 12.5Pa), 최대차압 110N을 유지해야 연기의 침입을 막고 출입문의 개방에 문제가 없으므로 이에 대한 대책이 필요하다.

**2. 연돌효과에 의한 기류의 경로**

- 1) 공기유입부: 출입구, 하층부의 창호
- 2) 공기상승부: 계단실, 승강로, 파이프샤프트 등
- 3) 공기유출부: 상층부의 개구부 및 창호



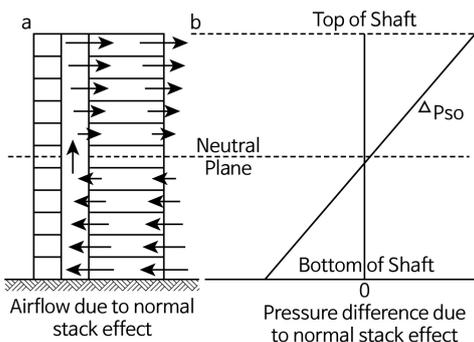
**3. 굴뚝효과(Stack Effect, Chimney Effect)의 발생원인과 문제점**

1) 정의

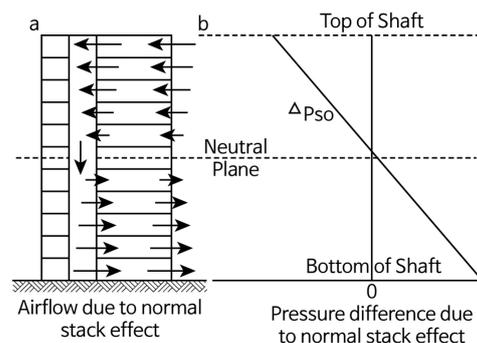
- (1) 건축물의 실내와 실외의 온도차에 의해 공기가 유동하는 현상
- (2) 계단이나 엘리베이터의 승강로 등의 샤프트의 공기 유동방향은 실내외 온도에 따라 달라진다.

2) 종류

- (1) 정상 굴뚝효과(Normal Stack Effect)
  - ① 조건: 겨울철(실내온도 > 실외온도)
  - ② 수직공간에서 공기는 아래에서 위로 흐름
- (2) 역방향 굴뚝효과(Reverse Stack Effect)
  - ① 조건: 여름철(실내온도 < 실외온도)
  - ② 수직공간에서 공기는 위에서 아래로 흐름



[정상굴뚝효과에서 차압과 기류]



[역방향 굴뚝효과에서 차압과 기류]

3) 관련식

$$\Delta P = 3,460h \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$\Delta P$  : 외기와 샤프트간의 압력차[Pa]  
 $h$  : 중성대로부터 높이[m],  
 $T_0$  : 건물 외부온도[K]  
 $T_1$  : 수직통로 내부 온도[K]

4) 발생원인

- (1) 실내외의 온도의 차이: 클수록 각 층의 압력차발생
  - ① 실내외의 온도차가 큰 겨울철에 연돌효과가 커짐
  - ② 화재발생시 실내온도가 높으므로 연돌효과가 커짐
- (2) 건축물의 높이: 높을수록 연돌효과가 커짐

5) (초)고층 건축물의 연돌효과에 따른 문제점

- (1) 계단실, 승강로, 설비샤프트 등 수직구획이 높으므로 연돌효과가 크고 연기의 확산이 빠름
- (2) 최소차압, 최소차압의 기준미달 또는 초과로 인해 피난 시 출입문의 개폐 등 장애요소로 작용
- (3) 제연설비의 적용이 어려움
- (4) 연기로 인한 재실자의 피해가 큼

4. 초고층건축물의 압력분포

1) 부속실의 급기가압 전

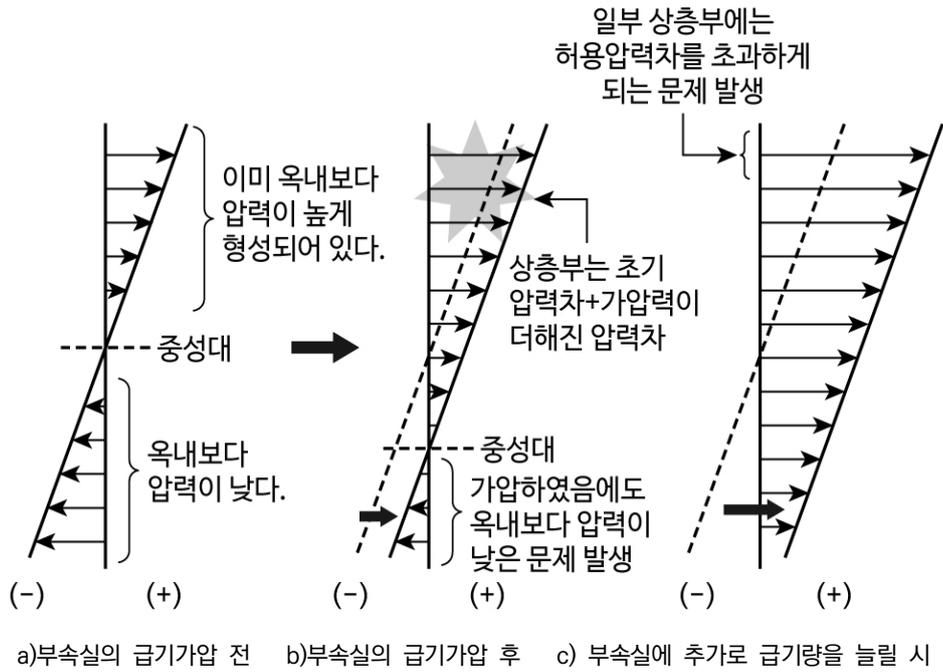
- (1) 연돌효과만 작용하므로 중성대는 건축물의 중간높이에 형성된다.
- (2) 중성대 기준으로 상층부는 양압, 하층부는 음압이 균등하게 작용한다.
- (3) 건축물 내부에서 화재 발생 시 계단실은 연기의 통로가 되어 상층부로 확산한다.

2) 부속실의 급기가압 후

- (1) 연돌효과에 의한 압력과 급기가압 시의 압력을 합산한 값이 작용한다.
- (2) 중성대의 위치는 건축물 중간높이로부터 아래로 이동한다.
- (3) 중성대 기준으로 상층부는 과압이 발생하여 재실자의 피난에 장애가 발생한다.
- (4) 중성대 기준으로 하층으로 갈수록 실내외의 압력차가 작아지고 기준차압을 만족하지 못한다.

3) 부속실에 추가로 급기량을 늘릴 시

- (1) 부속실의 급기가압 후의 압력과 추가로 가압한 압력이 합산된다.
- (2) 중성대의 위치는 급기가압 후의 압력보다 더욱 아래로 이동한다.
- (3) 대부분의 층의 부속실에는 양압이 작용하므로 거실로부터의 연기침입은 없으나 상층부의 차압은 기준치를 더욱 초과하여 재실자는 부속실의 출입문을 열지 못하여 피난 실패 우려가 있다.



5. 방지대책

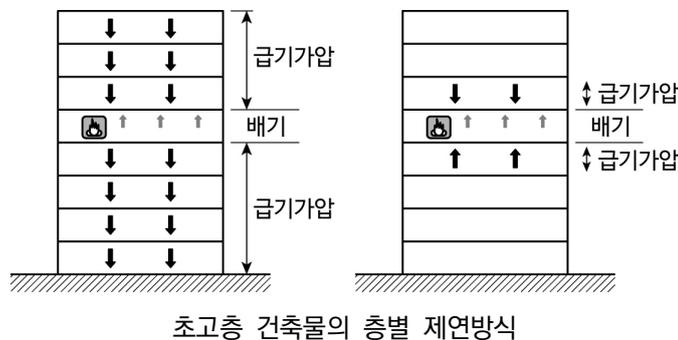
1) 소방측면

(1) 배연설비

- ① 배연창설비는 높은 풍압과 압력으로 인해 연돌현상 유발하므로 기계식 제연설비 적용
- ② 배연창을 설치할 경우 화재 시 연기의 배출이 유효하게 이루어질 수 있는 중성대 상부층으로 제한하고, 바람 등의 영향으로 역압력이 작용할 경우에는 자동으로 닫히는 구조로 설치

(2) 거실제연: 샌드위치 가압방식 적용

- ① 화재층 배연설비 작동, 기타 층 급기가압
- ② 전층 급기가압방식인 현행의 방식은 현실적으로 성능을 기대하기 어려우며 경제적으로도 효율성을 보장 못하므로 화재층 중심으로 상하 1개층(총 3개층 또는 상하 3개층 총 7개층)을 급기가압

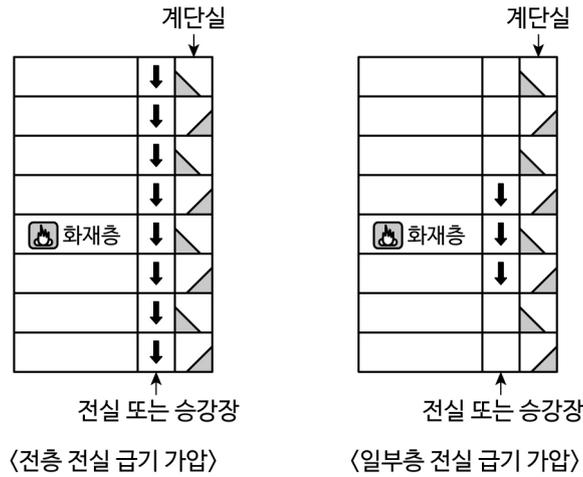


(3) 승강기

① 승강로 가압방식을 적용

건물내부와 승강로의 온도차가 클 경우 승강로 내외부와의 온도차를 줄여 공기의 유동을 최소화함

- ② 승강장에 전실설치
- ③ 엘리베이터를 수직으로 조닝하여 승객환승

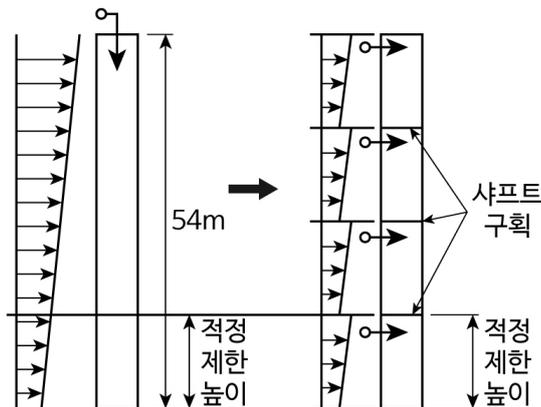


- (4) 계단실 및 부속실: 급기가압
  - ① 계단실 및 부속실에 화재실 보다 높은 양압을 유지하여 연기유입 방지
  - ② 전층전실급기가압 보다는 일부층 전실급기가압 적용
- (5) 수평화재확대 방지
 

스프링클러설비를 설치하여 화재를 진압하여 확대를 방지하고 화재실의 온도를 낮춘다.

2) 건축계획측면

- (1) 공기유동의 주경로인 유입부, 상승부, 유출부를 기밀하게 시공
  - ① 출입구, 하층부의 창호: 방풍실, 회전문, 주차장 램프입구는 방풍셔터 설치
  - ② 계단실, 엘리베이터 승강로, 층간 샤프트 등
  - ③ 상층부의 개구부 및 창호
- (2) 계단실을 일정층마다 수직분할



- ① 수직구획을 단일 제연구역으로 설정할 경우 상층부의 부속실에 과압이 발생하여 출입문 개방이 불가하므로 일정 높이마다 계단실을 별도로 수직분할하여 제연구역을 분리한다.
- ② 피난안전구역에 연결되는 특별피난계단은 피난안전구역을 거쳐 상하층으로 갈 수 있는 구조로 계단실을 통한 연돌효과 줄이는 효과

- (3) 계단실이나 엘리베이터 승강로 등 수직통로에 공기 유출구 설치
- (4) 층간 방화구획하여 각층을 구획

3) 기계설비측면

- (1) 층간 관통부 구획

공조덕트 및 배관 관통부, 전기덕트 등의 개구부를 댐퍼로 구획하거나 내화충진재로 틈새를 밀폐

- (2) 로비 및 엘리베이터 홀의 온도를 권장 최저온도로 유지

5. 어떤 빌딩이 스프링클러설비와 소방서에 자동으로 울리는 알람 시스템에 의해 화재에 대해 보호되고 있다. 다음 조건에 따라 화재진압 실패 확률을 결함수 분석에 의해 계산하고 스프링클러설비와 알람시스템을 설치하는 이유를 설명하시오.(단, 연간 화재 발생 확률은 0.005회이고, 만약 화재가 발생한다면 스프링클러가 작동할 확률은 97%이고, 소방서에서 알람이 울릴 확률은 98%이며, 스프링클러에 의해 효과적으로 화재 를 진압할 확률은 95%이다. 또한 소방서에서 알람이 울리면 소방관은 성공적으로 99%의 화재진압을 할 수 있다.)

답)

출처 각종자료

### 1. 개요

- 1) FTA는 시스템고장을 발생시키는 원인들과의 관계를 논리적으로 사용하여 나뭇가지 모양의 그림(Tree)으로 나타낸 FT(Fault Tree)를 만들고 이에 의거하여 시스템의 고장확률을 구함으로서 취약 부분을 찾아내어 시스템의 신뢰도를 개선하는 정량적 고장해석 및 신뢰성 평가 방법이다
- 2) FTA의 가장 큰 특징은 AND와 OR 두 종류의 논리게이트 조합에 의해 대상설비 또는 공정의 위험성을 트리구조에 의해 표현하므로, 시각적으로 파악하는 우수한 수단이며 여러가지 전문 기술분야에 걸친 정보를 망라할 수 있는 유연성이 풍부한 방법이라고 할 수 있다.
- 3) 또한 분석대상의 위험성에 대한 확률론적인 정량평가가 가능하고 기본사상(Basic Event) 발생률로써 중간 및 정상 사상에 대한 확률을 차례로 계산할 수 있게 함으로서 기존의 감각적, 경험적 사고로부터 탈피하여 논리적이고 확률론적인 정량적 결과를 도출할 수 있다.

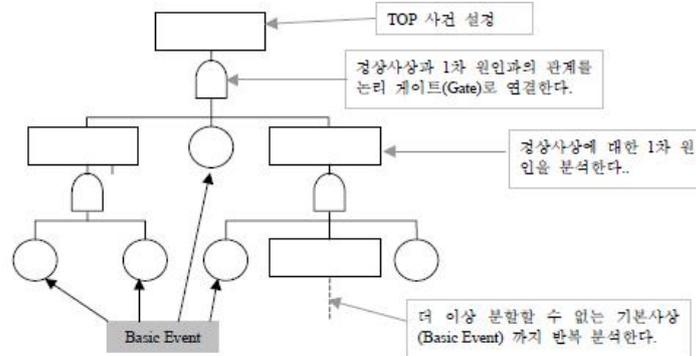
### 2. 결함수분석 수행절차

- 1) 정상사상(Top Event) 설정
  - (1) 재해의 위험도를 고려하여 해석할 재해 결정
  - (2) 재해발생 확률의 목표값 설정
- 2) Fault Tree 작성
  - (1) 정상사상에 대한 1차원인 분석
  - (2) 정상사상과 1차 원인과의 관계를 논리게이트로 연결
  - (3) 1차원인에 대한 2차원인(결함사상)을 분석
  - (4) 1차, 2차 원인에 대한 관계를 논리 게이트로 연결
  - (5) (3),(4)항을 더 이상 분석할 수 없는 기본사상(Basic Event)까지 반복하여 분석
- 3) Fault Tree 구조해석
  - (1) 작성된 Fault Tree를 부울대수(Boolean Algebra)에 의해 간소화
  - (2) 최소컷셋(Minimal Cut Sets), 최소패스셋(Minimal Path Sets)를 구함
  - (3) 정상사상에 영향을 미치는 중요한 중간 및 기본사상을 파악

4) Fault Tree 정량화

- (1) 기본사상의 발생빈도, 고장을 등을 정리하여 중간사상 및 정상사상의 발생확률 계산
- (2) 재해발생 확률 계산결과 과거의 재해나 유사한 재해의 발생률과 비교하여 현격한 차이가 날 경우 작성된 Fault Tree에 대해 재검토 실시

5) 해석결과의 평가: 재해발생확률이 허용할 수 있는 위험수준을 초과할 경우 감소대책 수립



3. 게이트 기호 및 발생확률

구분	기호	내용	발생확률
AND게이트		입력사상이 전부 발생하는 경우에만 출력사상이 발생하는 논리게이트	$P_T = P_1 \times P_2$
OR 게이트		한 개 이상의 입력사상이 발생하면 출력사상이 발생하는 논리게이트	$P_T = P_1 + P_2 - (P_1 \times P_2)$ $P_T = 1 - [(1 - P_1) \times (1 - P_2)]$

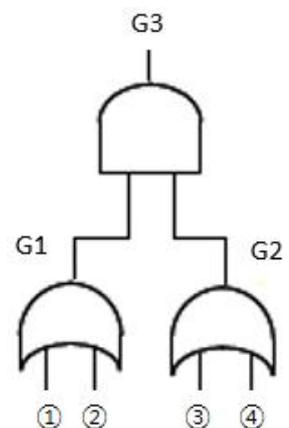
4. 화재진압실패확률

1) 문제의 제시조건

- (1) 스프링클러 미작동확률 ①: 0.03
- (2) 스프링클러에 의해 화재진압실패 확률 ②: 0.05
- (3) 소방서에서 알람이 울리지 않을 확률 ③: 0.02
- (4) 소방관이 화재진압실패 확률 ④: 0.01
- (5) 연간화재발생 횟수: 0.005회/년

2) 화재진압 실패확률(G3)

- (1) OR 게이트(G1) =  $1 - (1 - 0.03) \times (1 - 0.05) = 0.0785$
- (2) OR 게이트(G2) =  $1 - (1 - 0.02) \times (1 - 0.01) = 0.0298$
- (3) AND 게이트(G3) =  $0.0785 \times 0.0298 = 0.0023$



## 3) 결과

(1) 화재진압 실패확률 =  $0.0023 \times 100\% = 0.23\%$

(2) 연간화재진압 실패확률 = 연간화재발생건수  $\times$  화재진압 실패확률  
=  $0.005\text{회} \times 0.23\% = 1.15 \times 10^{-3}\%$

## 4) 스프링클러설비와 알람시스템을 설치하는 이유

(1) 미설치할 경우 연간화재발생확률 =  $0.005\text{회/연} \times 100\% = 0.5\%$

(2) 설치할 경우 연간화재발생확률 =  $0.005\text{회/연} \times 0.23\% = 1.15 \times 10^{-3}\%$

(3) 즉 연간화재발생확률을 0.5%에서  $1.15 \times 10^{-3}\%$ 로 줄일 수 있음

6. 가솔린의 증발속도와 가솔린 화재에서의 화재플룸(Fire Plume) 속도를 비교하여 설명하시오.(단, 가솔린은 최고 연소유속으로, 가솔린 증기 밀도는 공기의 2배로, 화재 플룸의 높이는 1m로 가정한다.)

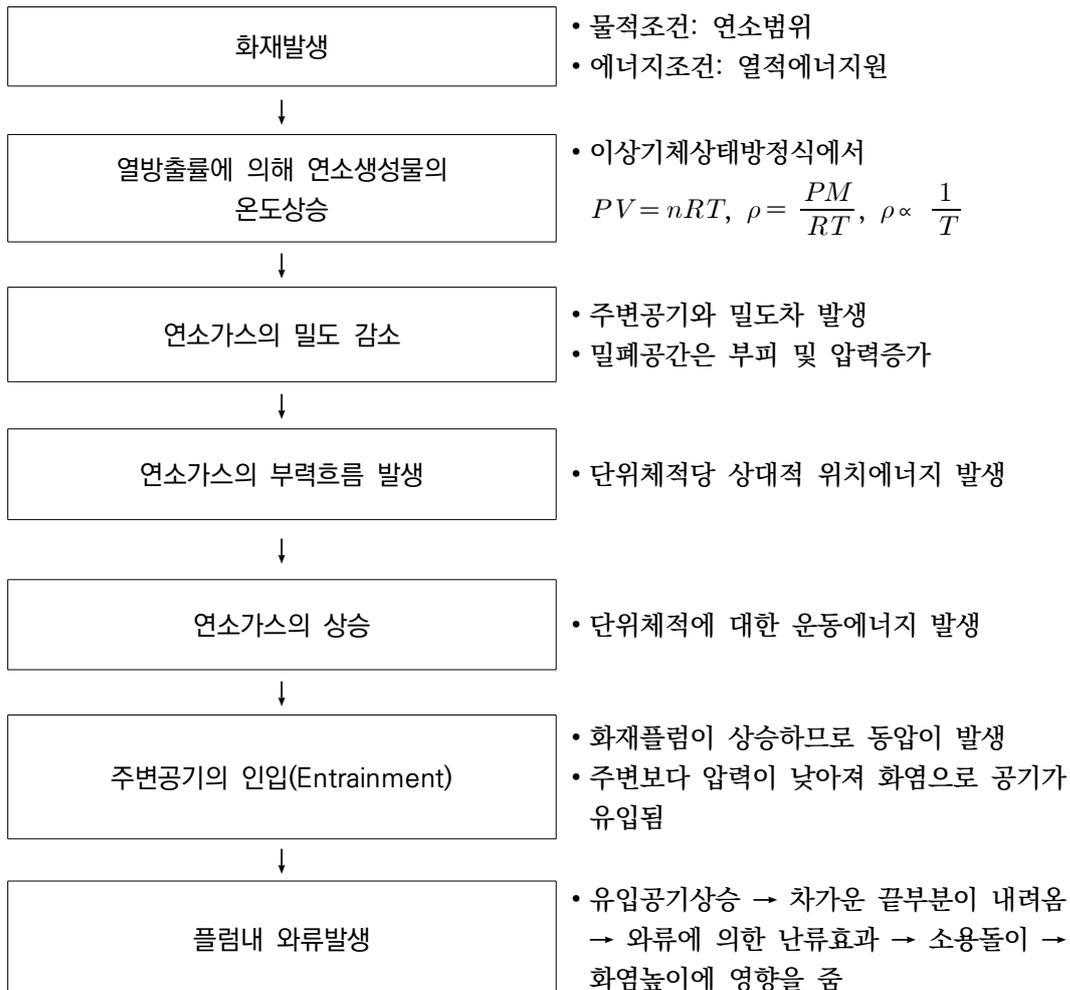
답)

출처 금화도감 1권

1. 개요

- 1) 부력에 의한 화염기둥의 열기류를 화재플럼이라 한다.
- 2) 화재로 인한 온도상승으로 인해 주변의 공기보다 연소가스의 밀도가 작아져 부력이 발생하여 상승기류가 형성된다.
- 3) 부력은 중력의 반대 힘으로 화재로 인한 고온의 가스가 주변의 공기보다 무거우면 아래로 가라앉고 주변의 공기보다 가벼우면 상승한다.
- 4) 화재플럼의 구조는 연속화염영역, 간헐화염영역, 부력플럼영역으로 분류할 수 있다.

2. 화재플럼의 생성



### 3. 화재플럼의 속도

1) 단위체적당 상대적 위치에너지(Relative Potential Energy Per Unit Volume)

- (1) 연소가스와 주변공기와의 밀도차에 의한 차압을 발생시키고 부력을 발생시킨다.
- (2) 상대적 위치에너지

$$\Delta P = (\rho_a - \rho)gz \quad [J/m^3] = [N/m^2]$$

$\rho_a$ : 공기의 밀도     $\rho$ : 연기의 밀도  
 $g$ : 중력가속도     $z$ : 두 지점사이의 수직높이

2) 단위체적에 대한 운동에너지

- (1) 부력으로 인해 속도가 생기며 뉴턴의 제2운동 법칙인  $F = mg$ 와 관계된다.
- (2) 운동에너지

$$\text{운동에너지} = \frac{v^2}{2g}\gamma = \rho \frac{v^2}{2}$$

$v$ : 플럼의 속도[m/s]  
 $\gamma$ : 연기의 비중량[kgf/m<sup>3</sup>]  
 $\rho$ : 연기의 밀도[kg/m<sup>3</sup>]

3) 플럼의 속도

- (1) 상대적 부력의 위치에너지가 운동에너지로 변환되므로 위치에너지를 속도에너지와 같게 놓을 수 있다.
- (2) 플럼의 속도

① 상대적 위치에너지 =  $(\rho_a - \rho)gz$ , 단위체적에 대한 운동에너지 =  $\rho \frac{v^2}{2}$

② 이들 에너지가 같다고 하면 플럼의 속도

$$v = \sqrt{\frac{2(\rho_a - \rho)gz}{\rho}} = \sqrt{\frac{2(T - T_a)gz}{T_a}}$$

$v$ : 플럼의 속도[m/s]  
 $z$ : 플럼의 이동높이[m]  
 $\rho_a$ : 공기의 밀도[kg/m<sup>3</sup>]  
 $\rho$ : 연기의 밀도[kg/m<sup>3</sup>]

(온도는 밀도에 반비례  $\frac{T}{T_a} = \frac{\rho_a}{\rho}$ )

4) 예시

- (1) 플럼의 온도 600K, 실내온도 300K, 중력가속도 9.8m/s<sup>2</sup>, 이동지점 1m에서의 플럼의 속도

$$v = \sqrt{\frac{2(600 - 300) \times 9.8 \times 1}{300}} = 4.4m/s$$

- (2) 가솔린 화재에 대한 최대 질량연소속 55g/m<sup>2</sup>·s, 기화 가솔린의 밀도는 공기의 약 2배일 시 증발속도

$$v_e = \frac{\dot{m}''}{\rho} = \frac{55g/m^2 \cdot s}{2000g/m^3} = 3cm/s$$

### 4. 결론

가솔린 화재 시 화재플럼 속도는 증발속도(3cm/s)보다 100배 이상이므로 공기를 유입시키기에 충분한 유속이다.