

# 화생방 대피시설의 공조시스템

심우섭 · 왕태연 | 국방과학연구소 1체계개발본부 2부 2팀 연구원

E-Mail : woosup@add.re.kr  
hty1133@add.re.kr

## 1. 머리말

범세계적으로 정치, 군사적 화해 분위기 및 전쟁 억제 수단 때문에 재래식 대량 살상무기를 비롯한 화생방 무기의 위협이 점점 감소되고 있다고 하나, 9·11테러에서도 보았듯이 아직도 화생방무기의 사용 가능성은 완전히 배제할 수 없으며, 화학무기 금지협정(Chemical Weapons Convention), 생물학 무기 금지협정(Biological Weapons Convention) 등과 같은 국제협약이 존재함에도 불구하고 여전히 북한은 협약에 미온적이고 냉담한 반응을 보이고 있으므로, 화생방 무기의 생산, 저장 및 사용 위협에 늘 노출되고 있다고 해도 과장된 주장은 아닐 것이다.

전쟁의 역사를 살펴볼 때 화생방무기의 사용은 국지적이고 선택적이며 제한적으로 사용되었지만 한 가지 사실만은 명확하다. 화생방 방어 체계가 전혀 준비되어 있지 않거나 불충분하게 준비되어 있다면 전쟁 시 화생방 무기는 매번 사용될 것이고 가장 성공적인 무력수단이 될 것을 쉽게 예상할 수 있다.

따라서 이에 따른 민간 및 군사적 대응조치가 필요하며 이에 대한 대비책의 일환으로 지휘, 통신, 통제 및 정보 등과 같은 주요 기능을 수행하는 군 시설물 및 민방위 대피시설 등에는 화생방 대피시

설이 구축되고 있다.

이러한 대피시설은 재래식 및 핵탄 폭발 시 발생하는 파편과 폭풍은 물론 화생방 작용제에 방호되며, 방독면, 보호의 등과 같은 개인보호장구 착용없이 수일부터 수 주간을 체류인원이 원활한 임무수행 및 휴식을 취할 수 있는 쾌적한 환경을 제공하는 시설물을 말한다. 일반적으로 전시가 아닌 평시의 활용도를 높이기 위해 수영장, 주차장, 지하철역사 등으로 사용하고 있으며 주차장으로 활용하고 있는 핀란드의 암반구조물 대피시설의 예를 그림 1에 나타내었다.

대피시설을 구축하기 위해서는 건축, 구조, 기계



그림 1. 주차장으로 활용하고 있는 화생방 대피시설의 예(암반 구조물)

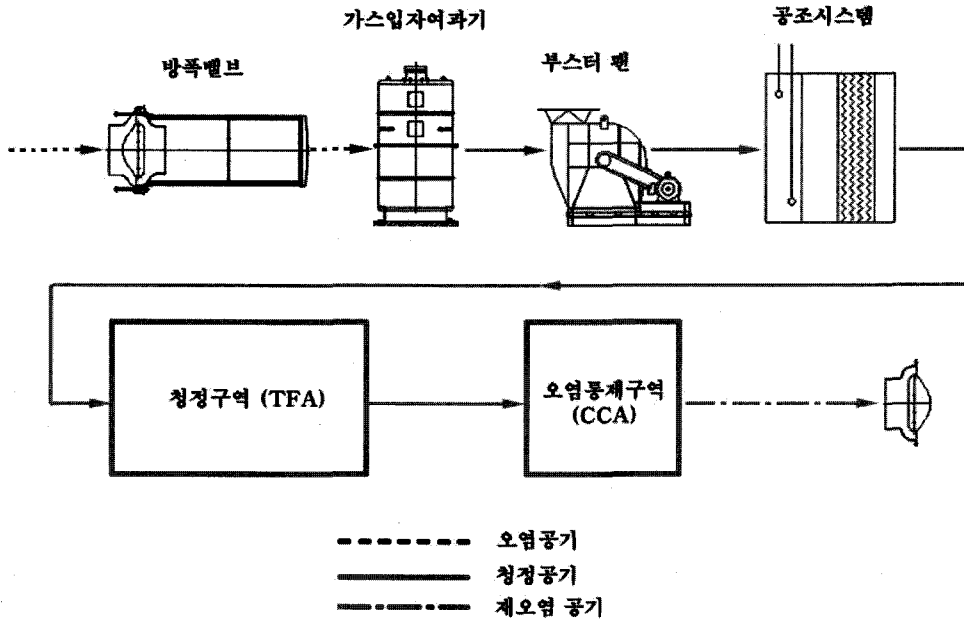


그림 2. 화생방 대피시설 공기흐름도

및 전기분야 등과 같은 종합적인 공학설계가 필요하며 특히 공조분야는 다른 분야보다 중요도가 훨씬 높은 분야라 할 수 있다. 건물내부의 인원을 실제적으로 보호해 주고 화생방전 같은 오염 환경에서 청정구역으로 출입할 수 있게끔 제독된 공기흐름을 제공해주기 때문이다.

결과적으로 공기 청정 및 분배시스템은 주의 깊게 설계, 시공 및 검사해야 할 가장 중요한 분야이다.

화생방 대피시설은 청정구역(Toxic Free Area)과 오염통제구역(Contamination Control Area)이라는 자연 및 환경적으로 서로 분리되는 두 구역으로 나누어져 있고, 청정구역에 환기용 청정 공기를 가압하여 공급하고 청정구역으로부터 배출된 공기(필요시 별도의 부가적 청정공기)가 오염통제구역을 통과하여 오염통제구역의 오염농도를 제어하면서 대기로 방출된다. 대피시설 각 격실 사이에 유지

된 차압으로 발생한 공기흐름은 고농도의 오염원이 대피시설 내부로 침투하지 못하도록 하며 그림 2에 공기 흐름도를 나타내었다. 화생방 대피시설이 효과적으로 운용되기 위해서는 격실의 공기압력, 공기흐름, 덕트, 격실 크기 등과 같은 주요 요소를 철저하게 분석하여 설계 및 시공하여야 하는데 이에 대하여 간단하게 설명하고자 한다.

## 2. 대피시설 공조 시스템

### 2.1 대피시설 격실

화생방 대피시설은 평시에는 주차장, 수영장, 극장 및 전시실 같은 편이 대중시설로 활용하며 전시 및 화생방 공격 시에는 체류일수 만큼 거주할 수 있도록 보호시설로 설계한다. 대피시설 건물은 크게 청정구역, 오염통제구역, 기계실로 대별할 수 있으

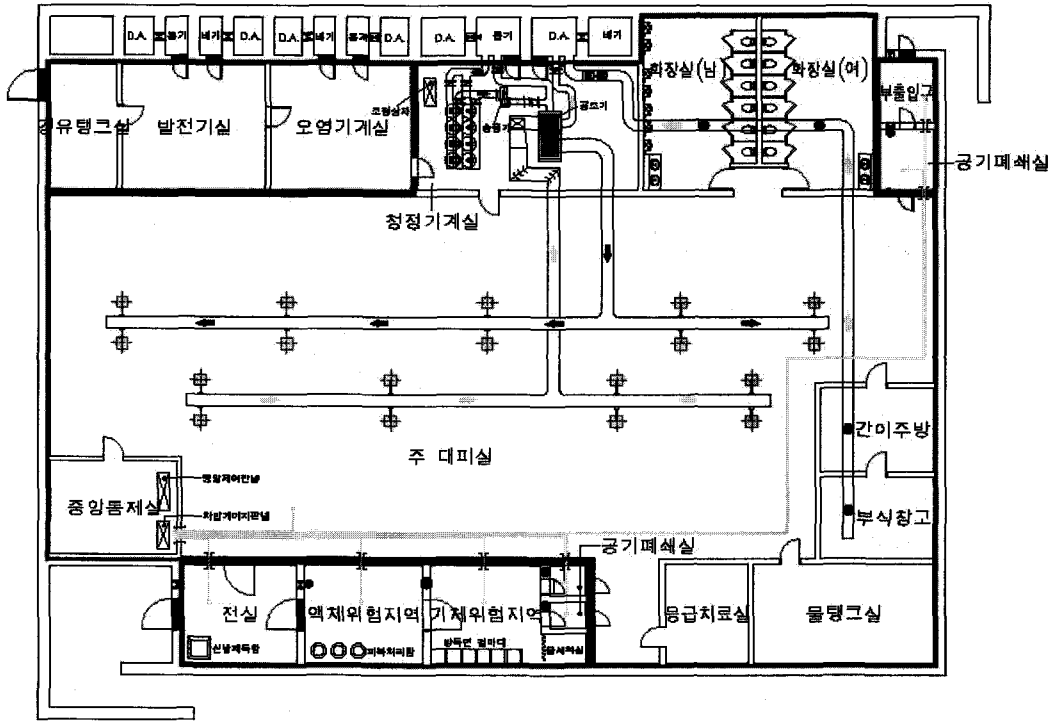


그림 3. 화생방 대피시설 평면도

며 오염통제구역은 공기폐쇄실, 기체위험지역, 액체위험지역 및 전실로 세분화되며 기계실은 오염기계실과 청정기계실로 나눈다. 민방위 대피시설에 주로 사용하는 전형적인 대피시설의 평면도를 그림 3에 나타내었다.

### 2.1.1 오염통제구역

오염통제구역은 화생방작용제로 오염된 환경에서 출입하는 인원 및 장비를 제독함으로써 청정구역으로의 오염확산을 방지하는 곳으로 그림 3의 전실, 액체위험지역, 기체위험지역, 공기폐쇄실을 통틀어 말한다. 보통 시간당 30명의 인원이 출입할 수 있는 구조로 만들며 이보다 출입율이 빈번할 경우에는 오염통제구역을 별도로 추가해야하며 청정지

역으로의 오염 확산을 막기 위하여 출입문이 동시에 개방할 수 없도록 상호 인터로킹(interlocking) 장치를 구비하고 중앙통제실에서 출입 통제를 한다.

#### 2.1.1.1 전실

평시에는 전실에서 직접 청정구역(주대피실)으로 들어가고 화생방전시에는 액체위험지역으로 출입하며 소총, 방탄헬멧, 탄띠 등과 같이 오염된 개인장구를 제독하여 보관하는 곳이다.

#### 2.1.1.2 액체위험지역(Liquid Hazard Area)

화생방 작용제로 오염된 인원의 출입으로 인해 액체 및 기체 오염원이 존재하는 방으로서 오염원이 피복에 접촉하지 않도록 주의가 특별히 요구되

며 방독면은 항상 착용해야 한다. 제독제를 사용하여 들어가는 인원의 보호장갑, 보호덧신, 보호의를 제독하여 제거하며 오염피복은 플라스틱 주머니에 넣고 봉한 다음 쓰레기통에 폐기하여 2차 오염증기 발생을 억제한다.

### 2.1.1.3 기체위험지역(Vapor Hazard Area)

기체위험지역은 액체작용제가 존재하지 않지만 기체작용제가 존재할 수 있는 지역으로 기체위험지역에 있는 동안 방독면을 항상 착용해야 한다. 공기 폐쇄실에 들어가기 바로 직전에 방독면을 벗고 방독면 걸이대에 걸어 놓는다.

### 2.1.1.4 공기폐쇄실(Airlock)

공기폐쇄실은 오염지역에서 청정지역으로 통과하는 작은방으로 최소한 6번의 공기가 완전히 바뀌도록 공기제독(airwash)을 하기 위해서 출입 인원은 대기한다. 최소 분당 2번의 공기가 바뀌도록 설계하며 3분 체류 후에 공기폐쇄실을 떠난다.

### 2.1.2 청정구역

청정구역은 개인보호장구 착용없이 체류 인원이 안전하게 임무수행, 휴식 및 생리적 욕구를 해결하는 곳으로 주대피실, 중앙통제실, 화장실, 샤워실, 주방, 물탱크실, 응급 치료실, 창고 등으로 이루어져 있다.

중앙통제실은 경보장치시설과 외부와의 정보교환을 위한 통신시설은 물론 대피시의 인원 통제와 대피기간 중의 지휘통솔을 위하여 마이크 시설을 구비하고 있으며 주 출입구(평시 통로)와 오염통제 구역내의 주요 장소에 폐쇄회로 TV를 설치 운용하여 외부가 오염되었을 때 중앙통제실 안에서 안전하게 대피인원을 인도할 수 있고 긴급한 상황에서 혼란을 줄여 원활한 지휘통제를 할 수 있다.

### 2.1.3 기계실

기계실은 일반건물과 다르게 오염기계실(Dirty Machine Room)과 청정기계실(Clean Machine Room)로 구분해야하며, 오염기계실은 화생방 공격 시 오염되는 곳으로 발전기, 보일러, 냉동기, 냉각탑 또는 실외기 등과 같은 대용량의 공기가 필요한 장비를 설치한다.

청정기계실은 화생방 공격 시 오염이 되지 않도록 설계하며 가스입자여과기, 부스터 팬, 공기조화기(AHU), 식수 펌프, 모터 제어판, 온수히터, 기타 청정해야할 설비를 설치한다.

## 2.2 대피시설 운용

대피시설은 정기적 활동을 수행하는 정상(평시) 운용, 개인훈련 및 장비성능을 시험하는 훈련 운용 및 실제 화생방전을 수행하는 전시 운용 3가지로 운용한다.

### 2.2.1 정상 운용

대피시설의 체류인원이 쾌적감을 느끼기에 필요한 양만큼 필요 환기량 및 냉난방된 공기를 청정구역에 제공하며 화생방 운용에 사용되는 공기 가압 및 여과시스템은 차단한다.

### 2.2.2 훈련 운용

대피시설은 양압화하고 여과시스템을 우회(불필요한 여과시스템의 부하, 노화 및 오염방지)시키는 것을 제외하고는 마치 화생방 공격을 받은 것처럼 운용하며 여과기의 압력강하를 모사하기 위해서 여과기 우회 덕트 내에 압력강하 모사기(simulator)를 설치한다.

### 2.2.3 화생방 운용

대피시설은 양압화시키고 모든 옥외 공기는 화생

방 여과시스템을 통하여 강제로 송풍하는 모드로 대피시설 채류인원의 쾌적 환경을 유지하기 위하여 공기조화된 청정공기를 청정구역에 공급한다.

### 2.3 설계 고려사항

채류 인원수, 활동도, 장비, 대피시설 양압 수준 및 공기흐름 그리고 대피시설로 유입되는 옥외 신선 공기량 등에 있어서 정상운용과 화생방 운용 간에는 많은 차이점이 있으나 두 가지 운용 조건 모두를 만족하는 장비를 선택해야 한다. 대부분의 화생방 대피시설은 소규모, 특수 목적건물(예를 들면 지휘 통제본부) 또는 지형적으로 독립되고 대형건물의 일부 보호공간(예를 들면 정부건물 중 지하층)이기 때문에 화생방 대피시설은 냉난방 설계 목적을 위해 단일이나 두 개의 구역(zone)으로 취급한다. 단일 구역(single zone) 및 재열 시스템(reheat system)은 온습도의 정확한 제어 및 단순성 때문에 대피시설 적용에 좋다. 열펌프 시스템은 기후조건이 허용되는 소규모 대피시설에 대안으로 사용할 수 있는 냉난방 시스템이다. 변풍량 시스템은 화생방 운용에서 필요공기량이 매우 엄격하고 가감해서는 안 되기 때문에 대피시설 공기조화용으로 사용할 수 없다.

일반적으로 기존건물의 냉난방 시스템은 화생방 대피시설에 사용할 수 없다. 화생방 방어에 사용되는 냉난방 시스템은 일반 상용 시스템보다 고압 및 대용량의 유량에서 운용되도록 설계되어야 하며, 이는 전장 환경에 맞는 특별한 필요조건이 있기 때문이다.

### 2.4 화생방용 냉난방 시스템 구성 예

대피시설에 필요한 냉난방 시스템 구성을 예를 들어 쉽게 설명하고자 한다. 재열 시스템은 폭 넓은 부하조건에서 온습도를 일정하게 유지할 수 있기

때문에 화생방 대피시설에 가장 선호하는 시스템이다. 재열 시스템은 가열 또는 냉방 공기를 제공한다. 시스템의 냉방코일에서 생성된 차갑고 감습된 공기는 실내 설계조건에 맞도록 재열(가열 및 가습)하여 실내공간에 공급한다.

재열시스템은 에너지 효율측면에서 매우 비효율적이나 에너지 절약은 2차적 문제다. 대피시설내의 환경을 정확히 제어할 수 있는 능력과 고유의 단순성이 재열시스템을 선택하는 주요 이유이다.

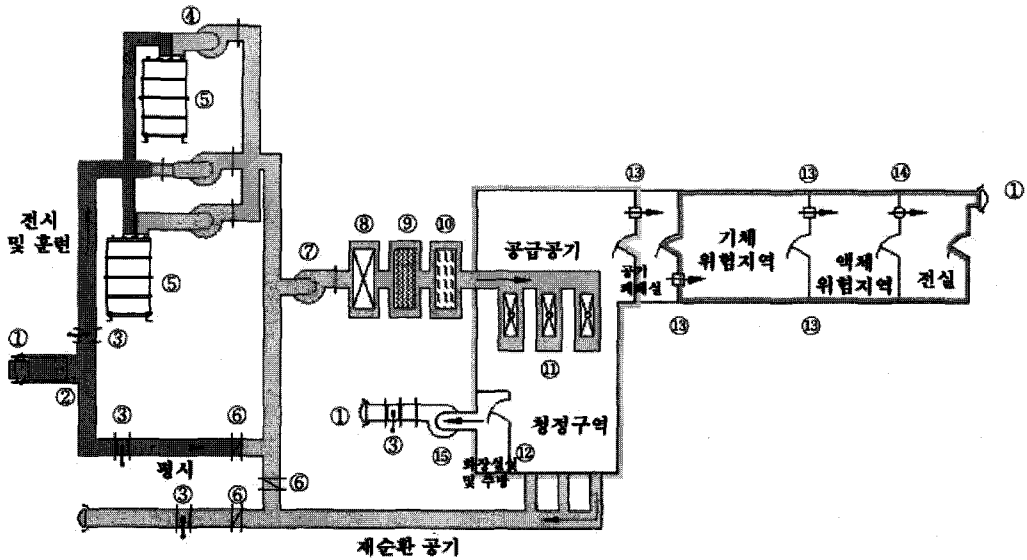
#### 2.4.1 정상 운용

정상 운용에서 환기에 필요한 옥외공기는 공조기의 주송풍기에 의해서 프리필터를 거쳐 유입되며 가스입자여과기는 우회한다(그림 4참조). 옥외공기와 청정구역의 재순환 공기는 모터구동 유량댐퍼에 의해 혼합된다. 보통 흡기댐퍼는 환기에 필요한 최소한의 공기만을 유입하도록 고정되어 있으며 냉각 코일은 환기 및 재순환 공기의 현열 및 잠열을 제거한다. 차갑고 거의 포화된 공기가 냉각 코일을 떠나며 실내의 현열 냉방부하가 설계부하보다 낮을 때(중간기 및 겨울철) 가열코일이 작동하여 청정구역의 부하에 맞도록 재열을 실행한다.

가습기의 폐쇄회로 제어기는 공기 흐름에 수분을 공급하여 습도를 제어한다. 대부분의 환기공기는 강제 배기 시스템을 갖고 있는 화장실을 통하여 청정구역을 빠져나가며 나머지 공기는 오염통제구역을 통하여 나간다. 이러한 경로로 빠져나가는 공기량은 압력조절 기능이 있는 댐퍼로 조절되며 댐퍼에 의해서 건물 내에 미소 양압(5~13Pa)을 유지한다.

#### 2.4.2 화생방 운용

화생방 운용에서는 옥외공기가 직접 고효율 공기여과 시스템을 통과하도록 정상운용 통로의 기밀밸



- |          |               |          |
|----------|---------------|----------|
| ① 방폭밸브   | ② 프리필터        | ③ 기밀밸브   |
| ④ 부스터팬   | ⑤ 가스입자여과기     | ⑥ 유량조절댐퍼 |
| ⑦ 주송풍기   | ⑧ 냉방코일        | ⑨ 난방코일   |
| ⑩ 가습기    | ⑪ 확산기         | ⑫ 배기 그릴  |
| ⑬ 압력조절댐퍼 | ⑭ 역류방지검용 방폭밸브 |          |
| ⑮ 배기팬    |               |          |

그림 4. 화생방 대피시설 공조 계통도

브를 닫고 전시 운용모드의 모터구동 기밀밸브를 작동한다. 부스터 팬은 고효율 입자여과기(HEPA Filter)와 화학 기체작용제를 제거해 주는 활성탄층을 통하여 강제로 환기 공기를 공급해 준다. 화생방 여과시스템의 용량을 최소화하기 위해서는 가능한 한 옥외공기량을 적게 하는 설계가 필요하다. 화생방 운용에서 필요한 환기량은 개인환기 요구량과 오염통제구역의 공기제독에 필요한 공기량 중 큰 쪽을 선택한다.

### 2.5 설계 계산

화생방 대피시설은 설계목적상 청정구역을 단일

구역(single zone)으로 취급할 수 있고 냉난방, 가습부하 등은 청정구역 요구조건 분석으로 산출할 수 있다. 오염통제구역은 일시적 목적에만 사용하는 곳이므로 쾌적한 환경여건 조성과는 관계가 없다. 정상 운용에서 청정구역에 공급되는 공기는 최고 부하조건에 맞는 온도와 유량을 공급할 수 있어야 하며, 최고부하는 현열 및 잠열의 실내 냉난방 부하와 환기부하(장치부하)의 최대 값을 의미한다.

화생방 운용에서 청정구역 내 수많은 체류인원, 발생열 및 습기원은 상당히 큰 실내 현열 및 잠열부하를 초래할 것이며, 특히 대피인원의 증가로 인한 환기부하의 증가가 크다.

### 2.5.1 냉난방부하 계산

화생방 대피시설에는 정상운용 및 화생방 운용 시의 냉난방 부하 계산이 필요하다. 두 가지 운용에 필요한 냉난방 부하 계산은 적절한 기후자료와 청정구역내 설계온도를 사용하며, 건물크기, 방향 및 건축재료 등과 같은 설계 자료는 건축계획으로부터 얻어진다. 일반적으로 냉난방부하는 전달열손실과 환기공기량에 의해 지배되며 ASHRAE Handbook에서 제시된 방법을 사용하거나 부하계산 프로그램을 이용하면 정확하고 쉽게 계산할 수 있다.

### 2.5.2 습기부하 계산

청정구역내의 습도는 체류인원의 쾌적성 유지, 장비저장, 정전기 제어 및 공기감염 때문에 주의를 기울여 제어되어야 한다.

### 2.5.3 필요 환기량 계산

필요 환기량 및 격실 양압조건을 계산하는 절차를 2.5.3.1절 부터 2.5.3.3절 까지 설명하고자 한다. 화생방 운용에서의 필요 환기량 결정은 설계과정 중 가장 주요한 부분으로 정화 공기량은 청정구역에 환기 공기를 제공함은 물론 오염통제구역을 청정하게 유지시키도록 해야 하나, 가스입자여과기 용량을 고려해서 가능한 한 최소화시켜야 한다. 화생방 운용에 필요한 공기량은 여과기 용량과 크기, 부스터 팬 및 덕트 크기에 지대한 영향을 미친다.

#### 2.5.3.1 정상 운용 환기량

정상 운용에서의 환기량은 1인당  $17\text{m}^3/\text{hr}$ 으로 계산한다.

#### 2.5.3.2 화생방 운용 환기량

화생방 운용에서 필요 환기량은 공기폐쇄실에서 공기 샤워를 제공하고 기체위험지역과 액체위험지

역 내에 규정수준 이하로 독성 오염도를 낮추는데 필요한 청정 공기량으로 결정된다.

필요공기량은 오염통제구역 내 각 격실 체적과 관계가 깊다. 인체에 안전한 상한치 밑으로 오염통제구역 내 독성 오염도를 낮추는 데는 두 가지 방법이 있다.

천정 확산기에서 고속( $0.25\sim 0.5\text{ m/s}$ )의 균일한 정화공기를 불어 넣어 공기 중 함유된 증기 작용제를 포획해서 바닥배기 그릴로 빠져 나가게 하거나, 안전수치 이하로 독성 작용제 농도를 감소시키기 위해서 충분한 정화공기로 오염통제구역 내 오염공기를 희석시키는 방법이다.

기체위험지역과 액체위험지역 같은 오염통제구역내의 커다란 방(각각 가로4 m×세로4 m 정도)에서 오염 작용제를 포획하는데 필요한 청정공기량은 대략 어림잡아 계산해 봐도 대규모의 정화공기(약  $50,000\text{ m}^3/\text{hr}$ )가 필요하다.

따라서 안전수치 밑으로 오염통제구역의 독성물질 농도를 감소시키기 위해서는 희석식 환기방법이 적용되어야 한다. 이 방법을 적용하기 위해서는 오염통제구역 내 방출되는 독성물질 방출도 및 여러 종류의 독성 작용제 안전 농도수준을 알아야 한다.

#### 2.5.3.3 추천 공기흐름

청정구역에서는 덕트로 혹은 별도의 공급덕트를 통하여 공기폐쇄실에 1분에 2회의 공기가 바뀌도록 하고, 오염통제구역 내 다른 격실(기체위험지역 및 액체위험지역)은 1분에 1회 공기가 완전히 바뀔 수 있도록 정화공기 공급시스템을 설계해야 한다.

최소한의 정화공기가 소요되는 공기흐름은 공기 폐쇄실, 기체위험지역, 액체위험지역 및 전실 순으로 빠져나가는 직렬방법이다. 화장실 및 주방 환기는 평시에는 환풍기에 의해서, 화생방 운용 시에는 차압에 의해서 방폭밸브를 통하여 배기한다.

### 2.5.4 여과기 용량

여과시스템을 설계하는데 있어서 필요용량과 여과효율은 예상되는 최대 방어농도 및 방어시간을 기초로 한다. 일단 흡입농도가 정해지면 여과시스템의 필요한 감쇄비(용량)는 다음 공식으로 산출된다.

$$\frac{C_o}{C_i} = R_m \quad (1)$$

여기서  $C_o$  = 여과 시스템 출구 오염농도  
(청정구역으로 유입되는  
최대 허용농도,  $mg/m^3$ )

$C_i$  = 여과 시스템 입구 오염농도  
(최고 예상 농도,  $mg/m^3$ )

$R_m$  = 여과 시스템에 필요한 최소 작용제  
감쇄비

필요한 최소 용량은 유입 작용제 최고 예상농도와 대피시설에 체류하는 시간 및 공기량을 곱함으로써 얻을 수 있다. 감쇄비는  $10^{-4}$ 을 주로 사용하며 가스입자여과기 교환 없이 4일 동안 보호 가능한 여과시스템을 설계한다면 모든 종류의 작용제에 대해서 청정구역의 최대 허용량은 12시간에 5 농도시간(concentration time)이다.

이 값은 청정구역으로 유입되는 작용제 농도가  $0.007mg/m^3$  일 때와 동등한 값이다. 따라서 유입 최고 농도는

$$C_i = C_o/R_m = 0.007mg/m^3 / 10^{-4} = 70mg/m^3 \quad (2)$$

방어기간은 4일(5,760분)이므로 여과시스템의 최소용량은

$$\begin{aligned} \text{최소용량} &= C_i \times \text{방어기간} \\ &= 70mg/m^3 \times 5,760\text{분} \\ &= 400,000mg - \text{분}/m^3 \end{aligned} \quad (3)$$

가스입자여과기의 최대 여과효율을 위해서 여과기 내의 유속은 2.5m/s 보다는 작고 0.5m/s 보다는 큰 값을 갖는 것이 바람직하다.

### 2.5.5 공기폐쇄실 설계

공기폐쇄실은 오염공기가 청정구역으로 유입되지 않도록 하는 환기시스템의 일부다. 공기폐쇄실에 공급되는 공기제독용 공기량(Q)은 분당 2회의 공기가 완전히 바뀌도록 공기폐쇄실 체적에 2를 곱하면 된다.

$$Q = V_{\text{airlock}} \times 2 \text{ acm}$$

공기폐쇄실에 공기제독용 공기가 공급되는 것에 부가해서, 청정구역 쪽의 문이 열렸을 때 공기 흐름이 공기폐쇄실 쪽으로 향하도록 설계하여야 한다.

이렇게 하기 위해서는 그림 5에서 처럼 적절히 설계된 압력조절 댐퍼를 설치해서 문이 열렸을 때 공기폐쇄실 댐퍼가 닫히고 공기폐쇄실 공급공기가 문 개구부 쪽으로 향하여 오염 확산을 방지하여야 한다. 보통 중력식 또는 스프링 댐퍼 시스템이 많이 사용되고 있다. 공기폐쇄실에 들어가기에 앞서 출입인원은 현재 시간으로부터 청정구역의 문이 잠겨져 있도록 타이머를 작동시킨다. 이것은 청정구역으로 들어가기 앞서 최소한 3분의 공기제독(6분을 초과하지 않아야 함)을 받을 수 있도록 하는 조치다. 병사는 공기폐쇄실에 들어가기에 앞서 숨을 멈추고 즉각적으로 방독면을 제거한다.

### 2.5.6 양압조건

청정구역의 내부압력은 최외각에서 예상되는 최악의 풍속조건을 건디어 낼 수 있도록 배출 공기를 내보내는 팬에 의해서 결정된다.

필요 양압수준은 표면바람에 의한 충격압력에 근거를 두고 있는데 이론적으로 베르누이 방정식으로 계산한다.

풍속이 40km/hr 이상의 강풍은 화생방 작용제를 대기 중에서 급속하게 대류 확산시켜 결과적으로 오염농도를 매우 낮게하기 때문에 효과적인 공격수단이 되지 못한다.



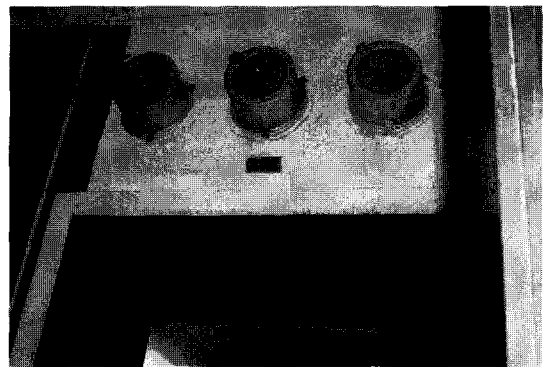
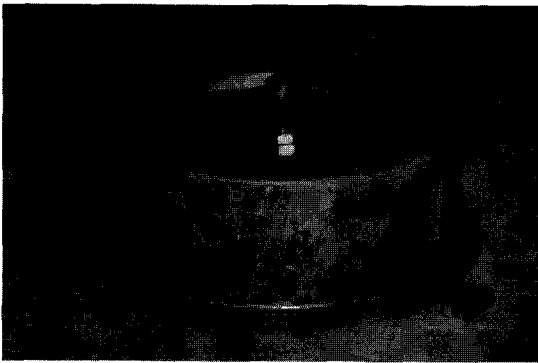


그림 5. 압력조절 댐퍼와 오염통제구역에 설치한 예

안전을 고려하여 설계목적으로 48 km/hr의 풍속을 사용하며 이것을 압력으로 환산하면 약 110Pa 정도이다.

따라서 액체오염지역은 이 압력 이상을 유지해야 하며 청정구역으로 연결되는 각 격실의 압력은 공기가 필요 방향으로 흐를 수 있도록 액체위험지역보다 높아야 한다. 전형적인 압력차이는 25Pa 이상으로 보통 청정지역은 옥외보다 25Pa 이상이어야 한다.

## 2.6 기계설비 설계 및 선정

### 2.6.1 냉난방장비 선정

냉방코일을 떠날 때 건구 및 습구 온도가 각각 12.8℃, 11.7℃ 정도의 공기를 공급할 수 있는 전공기방식이 추천할 만하다. 코일을 통과하는 공기의 면속도는 최소 2m/s와 최대 3m/s 사이에 있는 것이 좋다. 3m/s보다 높은 면속도는 응축수의 비산을 증가시키고 2m/s 보다 낮은 면속도는 코일가격을 증가시킬 것이다. 난방기는 최대 난방부하에 25% 안전계수를 더한 값을 제공할 수 있는 단단 전기 저항식 난방기, 온수코일 또는 전기식 온수 보일러 난방시스템 사용도 추천할 만하다.

### 2.6.2 가습기 선정

가습기의 고에너지 소모로 가습제어에 필요한 부하는 최소화시키는 것이 일반적이다. 가습기의 증발율은 기온, 습도 및 공기속도에 관계되며 수분함유를 용이하게 하기 위해 난방코일 후단에 가습기를 위치시킨다.

### 2.6.3 환기장비 선정

화생방 환기 시스템은 최소 7일 동안 완전하게 여과 및 필요 환기량을 제공할 수 있어야 하며 여과 시스템의 농도 감쇄비는  $10^{-4}$  이하이어야 한다. 시스템의 주요 구성품으로 프리필터, 화생방 가스입자여과기, 부스터 팬, 덕트, 밸브 및 댐퍼 등이 있다.

#### 2.6.3.1 프리필터

프리필터는 그림 6에서 보는 바와 같이 공기중 고농도의 굵은 입자를 제거하여 입자여과기 수명을 연장해 주는 저 효율 섬유 여과기로 화생방 가스입자여과기 상단에 위치한다.

프리필터의 성능은 보통 입자제거효율, 공기흐름 저항, 공기유량, 집진능력 등으로 나타낼 수 있다. 직경 2 $\mu$ m 이상의 먼지를 75% 이상 제거해야 하며

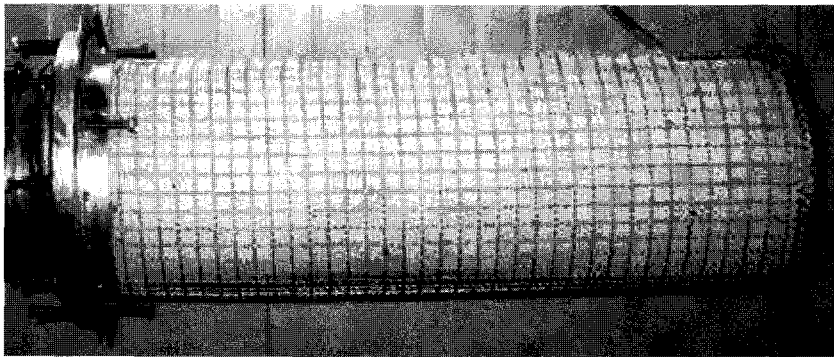


그림 6. 프리필터

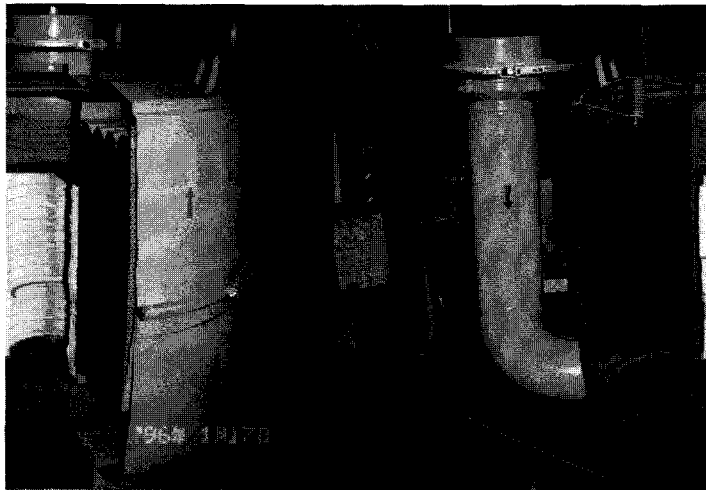


그림 7. 화생방 가스입자여과기

겉보기 손상이나 효율의 저하 없이 차압 1,250Pa에서 15분간 시험했을 때 견디어야 하고 내열성도 갖추어야 한다.

### 2.6.3.2 화생방 가스입자여과기

화생방 작용제를 걸러주는 화생방 가스입자여과기는 그림 7과 같이 중앙부분 흰색의 HEPA여지로 만들어진 입자여과기, 검은색의 군용 활성탄으로 제조된 가스여과기 및 하우징으로 구성되어 있다.

### 2.6.3.2.1 입자여과기

입자여과기는  $0.3\ \mu\text{m}$ 의 입자를 최소한 99.97% 걸러주는 건식여과기로 HEPA여지를 사용한다. 규정공기량에서 시험했을 때 최대 압력손실은 250Pa 이하이며, 여지 모든 부분에서의 최대 면속도는  $0.025\text{m/s}$  이하이어야 한다. 입자여과기는 고 효율로  $1\ \mu\text{m}$  이하의 입자 및 에어로졸을 제거하여 흡착제(가스여과기)가 입자로 막히거나 오염되는 것을 막아준다.

### 2.6.3.2.2 가스여과기

가스여과기는 보통 균용 활성탄을 사용하는 입자층으로 물리 및 화학흡착으로 기체작용제를 제거한다.

### 2.6.3.2.3 여과기 하우징

여과기 하우징은 공기 흡입구에서 배출구까지 완전한 공기기밀 구조를 제공한다. 하우징은 탄소강으로 제작되어 있고 작용제 침투를 감소시키고 산이나 알칼리 계통의 화학제 공격으로부터 부식을 방지해주기 위해 에폭시 및 화학작용제 방호 페인트로 도장되어 있다.

### 2.6.3.3 부스터 팬

환기 장비를 사용함에 따라 프리필터 및 입자여과기에 점차적으로 먼지가 쌓인다. 이에 따라 시스템의 총 정압은 천천히 꾸준히 증가하므로 시스템은 증가된 정압을 보상하고 일정 유량을 유지할 수 있어야 한다. 토출 측 덕트에 유량조절 댐퍼 또는 흡입쪽 배인 댐퍼 형태의 유량조절 장치가 적합할 것이다. 팬은 후경 깃 회전차를 가진 원심식이 바람직하며 여과기 최대압력손실+덕트 압력손실+여유치의 정압(375Pa)에서 필요 공기량을 공급할 수 있어야 한다.

### 2.6.3.4 옥외공기 흡입/토출

옥외공기 흡기구는 지표면 위, 연소굴뚝 및 배기구로부터 떨어져 있어야 한다. 흡기 그릴은 바람이 불어오는 쪽(바람방향)의 대피시설 옆 벽면에 높게 설치하며 그림 8과 같은 방폭밸브로 보호되어야 한다. 차량 주차장소는 피해야 되며 비나 눈이 여과기에 들어오지 못하도록 예상 적설량보다 높아야 한다. 배기그릴은 바람부는 방향의 대피시설 벽면에 위치하는 것이 좋으며 흡기구와 마찬가지로 방폭밸브를 사용하여 재래식 및 핵탄 폭발 시 발생하는 파

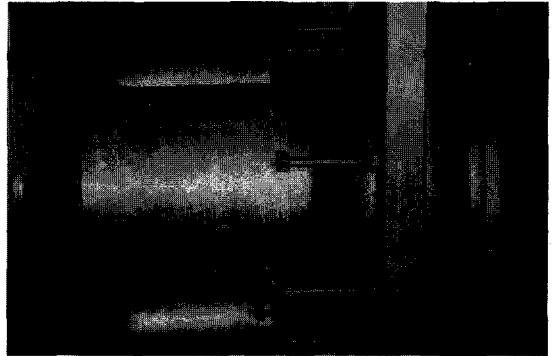


그림 8. 방폭밸브

편 및 폭발을 방지하여야 한다.

### 2.6.3.5 공기 분배

공기 덕트 시스템은 일정 유량의 공기와 기준 양압을 제공한다. 오염지역을 통과하는 덕트는 실내 양압이 형성되지 않을 경우를 대비하여 기밀시공을 해야 한다. 정상 운용에서 화생방 운용으로 전환하는데 사용하는 모터구동 기밀밸브는 덕트 직경과 같은 나비밸브 형태의 것이 주로 사용된다. 특히 정상운용 덕트 라인에 사용하는 기밀밸브는 기밀도가 상당히 중요함(만약 누출시 오염작용제가 청정구역으로 직접 유입됨)에 따라 그림 9와 같이 쌍엽 형태의 구동부가 있고 그 사이 공간에 공조기 토출 공기를 공급함으로써 양압화시켜 안전을 추가 보장하며 10초 이내에 개폐가 가능해야 한다.

## 2.7 생존성 및 신뢰성

화생방 보호시설에 설치하는 냉난방장비는 충격 및 무기의 폭발효과에 견디도록 보호되거나 견고해야 한다. 펌프, 응축기 및 450~1800kg 정도의 무게를 갖는 공조기 등과 같은 중간 무게의 장비는 약 15g의 가속도를, 팬, 소형모터 등과 같은 경량설비(450kg 이내)는 약 30g의 가속도에서 손상이 없어



그림 9. 쌍엽 기밀벨브

야 한다.

가속도가 가용장비의 허용범위를 초과하는 곳에서는 독립 내진 구조판을 설치한다. 공기 청정 시스템내의 기계적 충격은 건물내의 폭발이나 지진 또는 댐퍼나 문의 급격한 개폐로 시스템내의 공기팽창 및 압축으로 나타난다. 수 초 동안 일시적인 압력이 지속됐을 때 정압이 줄고 파괴에 영향을 미치며, 대부분의 화학폭발 시 발생하는 것과 같은 수 밀리 초의 지속시간을 갖는 순간, 압력상승과 같은 충격으로 인한 파괴는 주로 충격량에 기인한다. 폭발 충격으로부터 여과기의 보호는 덕트 중간에 엘보우, 다공판 또는 완충실을 두어 충격으로 인한 손상을 완화시킬 수 있다.

### 3. 맺음말

한반도와 주변국들은 지구상에서 군사력이 가장 밀집된 지역을 형성하고 있고 세계에서 가장 폐쇄된 집단인 북한과 무력 대치가 계속되는 한 전쟁발발 가능성이 항상 존재하며, 이러한 우리의 현실에서 장차 유사시에 대비하여 적절한 화생방 대피시설을 갖추어야 함은 당연한 일이다. 전쟁수행의 궁극적인 목표는 승리함에 있는바 직접 전투에 참여

하는 인원과 장비의 보호를 위한 군사 방호시설뿐만 아니라, 완벽에 가까운 민방위 대피시설을 갖추어서 전쟁이 발발하더라도 안전하게 대피할 수 있다는 안정감과 신뢰감을 국민들에게 심어주어 현 시점에서 각자의 임무에 충실할 수 있게 되며, 전쟁중에도 아 측 피해를 최소화하고 전투력을 보존하여 최후의 승리를 얻을 수 있을 것이다.

본고에서는 대표적인 화생방 대피시설의 공조시스템에 대해 대피시설의 격실, 대피시설의 운용, 설계 고려사항, 화생방용 냉난방 시스템 구성 예, 설계계산, 관련 기계설비의 설계 및 선정 등을 설명하였다. 추후에 연구해야 할 주제로는 방호체계와 연관하여 시설별로 방호도를 국내 실정에 맞도록 정립해야함은 물론, 방호대상 무기체계를 방호도 혹은 방호종류별로 구분하고, 무기의 위력 및 구조물에 미치는 영향에 대한 적용기준을 확립하기 위해서 군 교육기관, 연구소, 전문 용역회사들로 구성된 전문기구를 구성하고 시설 예규 및 규정제정을 수행하며, 신무기의 개발과 함께 방호조건도 변화하므로 이에 따른 방호시설의 발전은 계속되어야 한다고 생각한다.

### - 참고문헌 -

- 1) 심우섭 외, 1991, GSRD-507-91440, "신축 화생방 집단보호시설 설계지침 연구", 국방과학연구소, pp. 59-92
- 2) 심우섭 외, 1991, GSRD-507-91439, "기존 시설의 화생방 대피호화 연구", 국방과학연구소, pp. 5-32
- 3) Merton D. Mears, 1979, ARCSL-SP-79003, Handbook on Collective Protection, CRDEC, pp. 9-32
- 4) 김운영 외, 2000, 화생방호시설 유지관리지침 설정 연구, 국방부, pp. 197-279