

# 원자력 발전소의 오염 제거 설비

김 인 구

한국원자력안전기술원  
안전해석실 / 선임연구원

## 1. 머리말

원자력 발전소는 일반 사업장에 비해 청정한 환경 하에서 운전되므로 분진 등과 같은 일반 오염원이 큰 문제가 되지는 않는다. 그러나 핵분열 에너지를 이용하기 때문에 방사능이라는 특수한 오염원을 가진다. 원자력 발전소의 안전이란 방사능 물질에 의한 오염을 적극 방지하고 오염이 될 경우 그 영향을 최소화하므로써 공공의 안전을 확보하는 것을 말한다.

원자력 발전소의 안전은 매우 다양한 측면에서 심층적이며 종합적으로 다루어진다. 정상 운전 중에는 어떠한 경우에도 방사능 물질에 의한 오염이 없도록 모든 계통은 충분한 여유도를 가지고 설계된다. 그럼에도 불구하고 사고가 발생한다는 가정 하에 사고로 인한 오염원을 최소화하도록 여러 안전 장치가 설치되어 있다. 비단 설계뿐만 아니라 분석이나 운영 측면에서도 여러 안전장치가 제공되고 있다. 이 중 본고에서는 방사능 오염을 제거하기 위해 제공되는 설비들에 대해

살펴보고자 한다.

이들 설비들을 충분히 이해하기 위해서는 원자력 발전소에 대한 전반적인 이해가 요구되므로, 원자력 발전소에 대한 전반적인 내용을 우선 간략하게 다루었다.

참고로, 본고의 목적이 원자력 발전소에 설치된 여러 오염 제거 설비의 설계와 기능을 소개하는데 있기 때문에 전문적인 내용과 상세한 설계 평가 방법은 다루지 않았다.

## 2. 원자력 발전소 개요

### 2.1 발전소의 기본 개요

가압 경수형 원자력 발전소는 그림 1에서 보듯이 각 유로는 2 개의 폐회로로 구성되어 원자로 냉각재와 증기가 직접 접촉하지는 않는다.

1 차측 순환유로 즉 원자로 냉각재 계통에서는 냉각재가 원자로 용기로부터 우라늄 연료의 핵분열로 생긴 열을 획득하여 증기발생기를 거치면서 열교환이 이루어진다. 즉 증기발생기의 세관(Tube) 전열면을 통하여 2

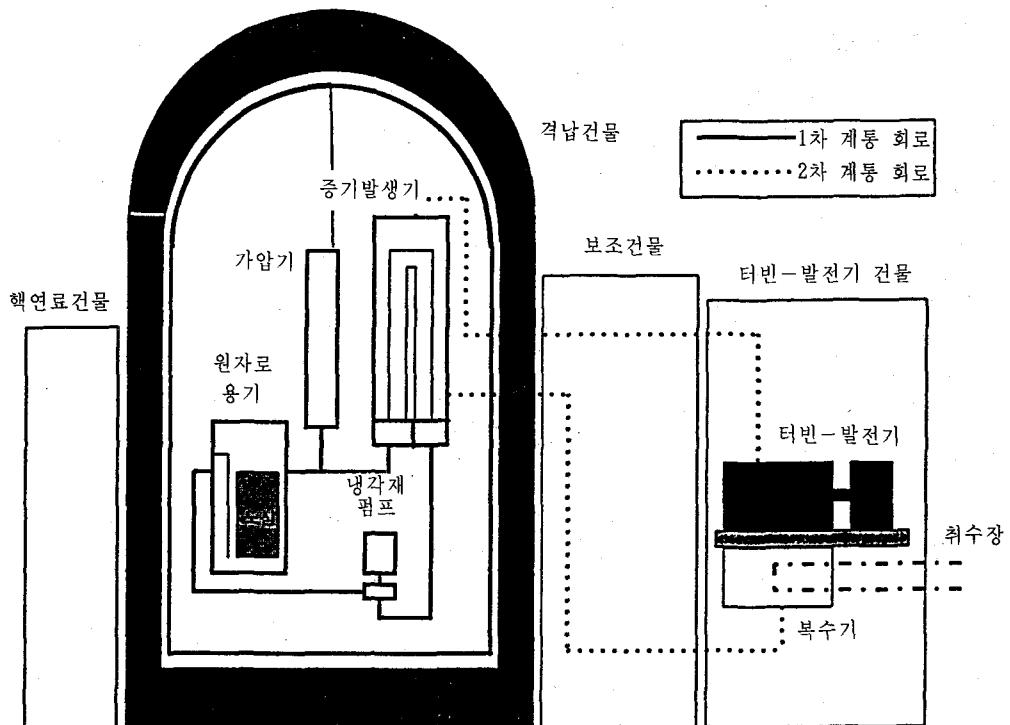


그림 1. 원자력 발전소의 기본개요 및 구성

차축 급수에 열이 전달되어 터빈-발전기를 돌리기 위한 증기가 발생된다. 증기발생기를 거친 원자로 냉각재는 원자로 냉각재 펌프에 의해 원자로 용기로 되돌려 보내진다. 원자로 출구 측 한 유로에 연결되어 있는 가압기는 원자로 냉각재 압력을 일정하게 유지하는 역할을 한다. 높은 온도에서도 비등(Boiling)이 일어나지 않아야 하므로 원자로 냉각재 압력은 150 기압 이상으로 유지되는데 이로 인해 '가압'이라는 용어를 사용한다. 1 차 측 순환유로와 증기발생기를 포함하여 핵증기 공급계통(NSSS: Nuclear Steam Supply System)이라 한다.

2 차측 즉 터빈-발전기 사이클에서는 방사능을 띠지 않는 순수한 유체가 사용된다.

증기발생기 세관의 전열면을 통한 열전달에 의해 발생된 증기는 상당히 고에너지 증기로 터빈-발전기로 보내져 전기를 생산한다. 터빈을 거친 후의 저에너지 증기는 복수기에서 응축된 후 복수 및 급수 펌프에 의해 급수 가열기를 거쳐 증기발생기로 되돌려 보내진다. 고에너지 증기 발생 후의 설비는 일반화력 발전소의 경우와 다름이 없다.

## 2.2 발전소의 구성

우리 나라에서 주류를 이루는 가압경수형 원자력 발전소는 원자로 건물, 터빈건물, 원자로 보조건물, 핵연료 건물 및 냉각수 취수장으로 구성되어 있다.(그림 1)

원자로 건물에는 원자로 용기, 증기 발생기,

가입기, 원자로 냉각재 펌프 등 핵증기 공급 계통의 주요 기기들이 설치되어 있다. 원통형의 원자로 건물은 두꺼운 강철판으로 된 격납용기와 그 외부는 콘크리트 구조물로 되어 있어 원자로 계통의 방사능 물질이 누출되는 사고 시에도 방사능 물질이 외부로 누출되지 않도록 설계되어 있다. 원자로 및 주요 기기를 외부와 격리시켜 하나의 방벽을 이룬다는 측면에서 통상 원자로 건물을 격납 건물로 부른다.

터빈 건물은 증기발생기에서 생성된 증기를 이용해서 전기를 생산하는 터빈과 발전기 설비가 있는 건물이다.

핵연료 건물은 신연료 및 사용 후 핵연료를 저장하는 저장설비 역할을 한다. 사용 후 핵연료는 방사선 차폐와 봉괴열이 제거될 수 있도록 수중에 저장된다. 핵연료 건물은 연료 이송관 및 연료수송장치를 통해 격납건물과 연결된다.

보조건물은 핵증기 공급계통의 안전 및 보조계통들을 내장하고 있으며, 보조건물로부터 격납건물로 들어가는 배관 및 배선은 사고 시 방사능 물질의 외부 누출을 방지하기 위해 특수한 밀폐형 관통 및 격리설비를 가진다.

### 2.3 원자력 발전소의 안전 장치

원자력 발전소의 안전장치의 기본 설계개념은 심층방호(Defense in Depth)와 다중 방호벽(Multi Barrier) 확보로 요약될 수 있다.

심층방호란 여러 겹의 방어선을 설치하여 사고를 각 방어선에서 막되 하나가 실패하면 그 다음 방어선에서 막는다는 개념이다. 원자력 발전소의 일반적인 이상 상태(Abnor-

mal Condition)는 원자로 긴급정지로써 충분히 방어할 수 있지만, 긴급정지로서 막을 수 없는 사고도 있을 수 있다. 그 경우에는 순전히 사고만을 대비해서 제공되는 안전계통이 작동하여 그 사고를 완화시킬 수 있도록 하고 있다. 정상운전 중에는 전혀 사용되지 않는 안전설비들은 극악한 사고환경 하에서도 요구되는 기능을 수행해야 하므로 상당히 높은 품질을 가지도록 설계된다. 또한 하나의 계통이 실패하더라도 요구되는 기능을 수행할 수 있도록 모든 안전계통은 상호 독립적인 이중설비를 가지고 있다. 즉 서로 독립적인 100% 이상의 용량을 가진 두 개의 열(Train)을 가져 계통 전체로는 200% 이상의 용량을 가진다. 이러한 안전 전담 계통을 공학적 안전설비(ESF:Engineered Safety Features)라고 한다.

다중 방호벽 확보는 방사능 물질의 외부 누출에 대한 물리적인 방벽을 여러 겹 확보한다는 것으로 국내의 원자력 발전소는 그림 2에 제시된 다음의 5 개의 방호벽을 가지고 있다.

#### (1) 제 1 방호벽 (핵연료 피복관)

핵연료는 화학적으로 안정한 이산화 우라늄을 구운 세라믹 형태의 펠렛으로 핵분열에 의해 생기는 고체 핵연료 생성 물질은 대부분 이 속에 갇히게 된다. 펠렛은 다시 지르코늄 합금으로 된 금속관인 핵연료 피복관에 넣어져 밀봉되므로 펠렛으로부터 나오는 소량의 기체 핵분열 생성물은 이 피복관 안에 갇혀 있다.

#### (2) 제 2 방호벽 (원자로 계통)

만약에 핵연료 피복관에 결함이 생겨 방사성 물질이 새어 나와도 높은 압력에 견딜 수

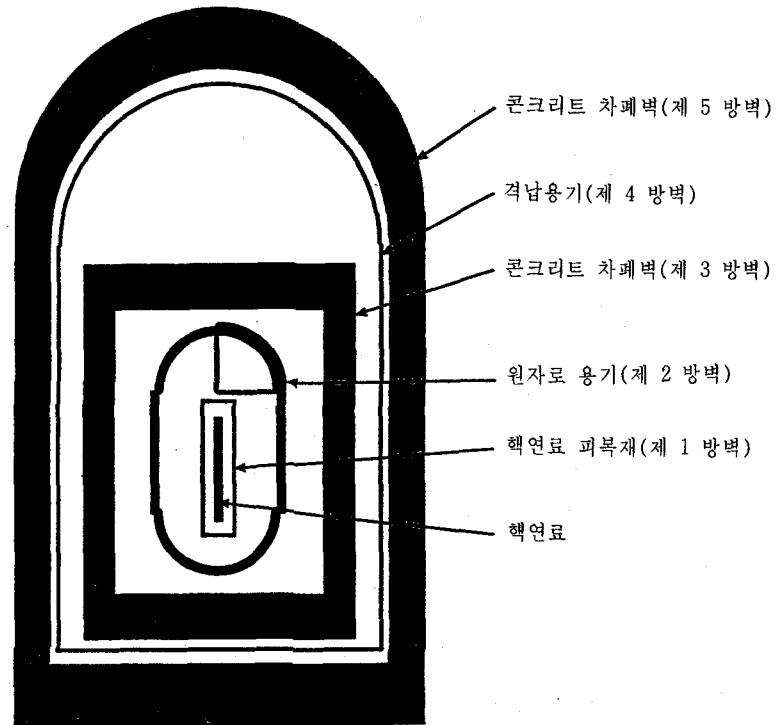


그림 3. 다중 방호벽

있게 두꺼운 강철 (20 cm 이상)로 된 원자로 압력용기와 배관에 의하여 방사성 물질이 외부로 누출되지 못하도록 되어 있다.

#### (3) 제 3 방호벽 (차폐 콘크리트)

원자로 주위를 둘러싸고 있는 두꺼운 콘크리트 벽으로서 원자로에서 빠져 나오는 방사선을 효과적으로 차폐하도록 되어 있다.

#### (4) 제 4 방호벽 (격납용기)

일반적으로 돔 형식의 두꺼운 강철 구조물로서 정상 운전 중이거나 원자로 냉각재 사고 등으로 방사능 물질이 격납용기 내부로 누출되는 경우 방사능 물질을 가두어 외부와 격리시키는 역할을 한다. 어떠한 사고가 발생하더라도 건전성을 상실하지 않는 충분한

강도와 기밀성을 가지도록 설계되어 있다.

#### (5) 제 5 방호벽 (생물학적 차폐벽)

격납용기의 바깥에는 다시 1 m 정도의 두꺼운 철근 콘크리트의 구조물이 격납용기를 감싸고 있어 방사성 물질의 외부 누출을 추가로 방지한다.

이상은 단지 설계에 있어서의 안전 장치에 대해 설명한 것이다. 기타 운전과 운영, 그리고 규제 측면에서도 여러 쪽의 안전 장치들이 마련되어 있으나 여기서는 생략하도록 한다.

### 3. 원자력 발전소의 대기오염 제거 설비

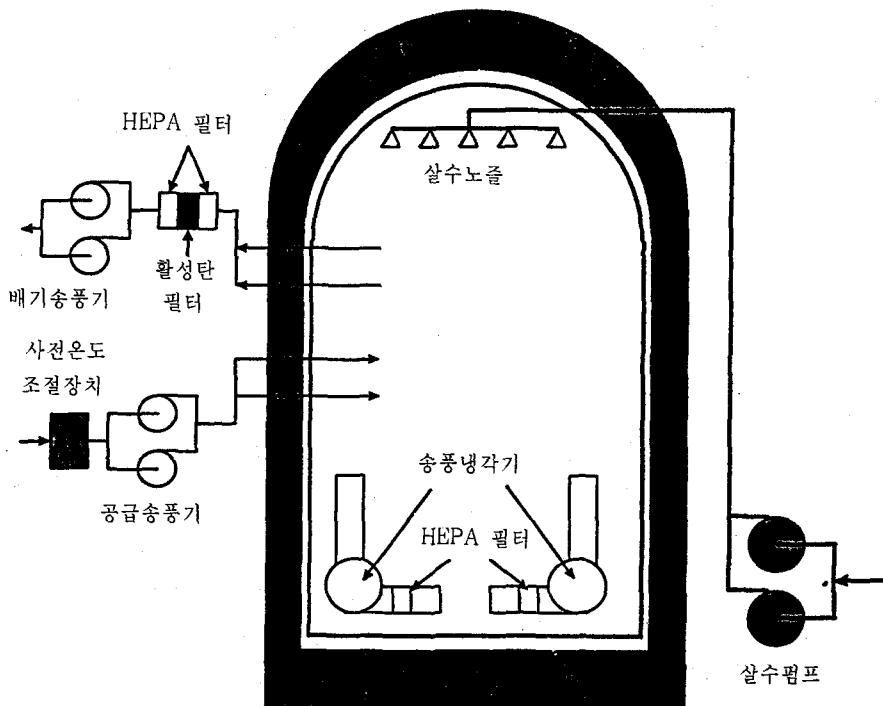


그림 3. 격납건물 내부의 오염 제거 설비

원자력 발전소의 방사능 오염원은 고체, 액체, 기체의 모든 형태로 존재할 수 있고 각각의 경우에 따라 오염원을 적절히 제거하는 장치나 계통이 제공된다. 여기에서는 본고의 목적상 대기 즉 공기 중에 부유하는 오염원들을 제거하는 설비에 대해서만 다루었다.

앞서 2.3 절에서 설명한 바와 같이 대기오염 제거 설비에서도 심층방호를 위해 정상 운전 중에 사용하는 계통과 사고가 발생한 후에 사용되는 계통이 독립적으로 제공된다.

### 3.1 격납건물 내부의 오염 제거 설비

그림 3에는 격납건물 내부의 오염 제거 설

비의 개략도가 나타나 있고, 각 계통에 대한 내용은 다음과 같다.

#### 3.1.1 격납건물 공기정화계통

격납건물 조화계통의 일부인 공기정화계통은 원자력 발전소 정상 운전 중에 미량이나 마 격납건물 내부에서 발생할 수 있는 입자와 기체 방사능 물질을 제거하여 작업자가 격납건물 내부로 안전하게 출입하게 해준다.

정상운전 중 대부분의 시간은 격납건물이 외부와 격리된 상태로 있고 공기정화계통은 필요시에만 수 시간 정도 작동한다. 공기정화계통은 대략 시간 당 격납건물 내부 전체 공기량의 한배 반 정도를 교환할 수 있는 성능이 가지고 있다. 여과된 공기를 격납건물

내로 불어넣는 것과 동시에 내부 공기는 고효율입자(HEPA:High Efficiency Particulate Air) 필터와 활성탄(Charcoal) 필터를 거친 후 외부로 방출시켜 격납건물 내부 공기를 정화한다

격납건물 공기정화계통은 다시 대용량과 소용량 계통으로 구분할 수 있는데 정상운전 중에는 소용량 계통만이 사용된다. 대용량 계통은 핵연료 교체 등을 위해 원자로를 정지한 상태에서만 사용된다.

이 계통은 사고 중에는 사용되지 않으며 사고 중에 발생하는 격납건물 격리신호에 의해 각 배관에 설치된 두 개의 격리밸브가 닫히게 된다.

### 3.1.2 격납건물 송풍냉각계통

송풍냉각계통 역시 격납건물 공기조화계통의 일부이며, 주목적은 정상 운전 중이나 사고 시 격납건물 내부의 열을 제거하는 것이지만 내부에 설치된 고효율입자 필터를 이용해서 방사능 물질의 제거도 함께 수행한다. 내부에 설치된 고효율입자 필터는 입자성 오염 물질을 제거하는 역할을 하며 0.3 마이크론 이상의 입자들을 99% 이상 걸러낼 수 있도록 설계된다. 이 계통은 공학적 안전설비의 설계요건을 충족시키는 경우에 한해서 사고 시 사용된다.

### 3.1.3 살수계통

살수계통은 공학적 안전설비의 하나로 냉각재 상실사고 시와 같이 방사능 오염이 매우 극심한 경우에 오염을 제거하는 역할을 한다.

원자력 발전소에서 발생할 수 있는 사고가 모두 방사능 물질을 격납건물 내부로 유출하지는 않는다. 대부분의 사고는 1 차 방벽인

핵연료 피복판에만 결함을 주며, 따라서 방사능 물질은 원자로 계통인 2 차 방벽 안에 갇히게 되어 공공의 안전에 영향을 주지 않는다. 격납건물 내부로 방사능 물질이 누출되는 대표적인 사고는 2 차 방벽 자체가 파단되는 사고이다. 원자로 배관은 지진을 포함한 여러 가지 하중 조합이 동시에 발생하더라도 그 견전성이 유지되도록 매우 보수적으로 설계되어 있기 때문에 현실적으로 이러한 사고가 발생한다는 것은 상상하기 어렵다. 공학적으로 발생 빈도(Frequency)는 연간 십만 분의 1 이하로 평가되고 있다.

가상적인 1 차 계통의 파단을 통해 1 차 계통에서 원자로심의 열을 증기발생기쪽으로 전달하는 냉각재가 격납건물 내부로 방출되면 원자로심의 냉각능력이 떨어진다. 이런 상황을 대비해서 비상노심 냉각계통이 공학적 안전설비의 하나로 제공되는데 이 안전계통은 원자로 계통에 비상 냉각수를 공급하여 상실된 냉각재를 보충하여 원자로심의 냉각능력을 회복시키는 기능을 수행한다. 이 과정에서 핵연료 피복판의 상당 부분이 파손되어 다량의 방사능 물질이 1 차 계통 배관의 파단면을 통해 격납건물 내로 방출된다.

격납건물로 방출된 방사능 물질의 제거는 살수(Spray)계통에 의해 제거된다. 살수계통은 두 가지 목적으로 제공된다. 하나는 냉각재 상실사고 시 격납건물로 방출된 고에너지 냉각재에 의해 격납건물 내부의 압력과 온도가 상승하게 되는 데 살수에 의한 열제거로 압력과 온도를 격납건물 설계압력 및 온도 이하로 유지시키는 것이며, 다른 하나는 살수에 의해 대기 중에 부유하는 방사능 물질을 제거하여 격납건물 바닥의 집수정(Sump)

에 모인 물에 가두는 것이다.

살수계통의 방사능 물질 제거능력은 해석을 통해 평가된다. 원자력 발전소의 안전 해석은 매우 보수적인 가정과 모델에 의해 수행된다. 예컨대 방출된 방사능 물질은 과다하게 가정하고 방사능 물질의 제거량을 가급적 적게 평가한다. 이렇게 실제에 비해 과다하게 평가된 오염의 영향을 가지고 허용기준의 만족여부를 결정한다.

격납건물 내부로 방출된 방사능 물질 중 상당 부분은 요오드이며 다른 핵분열 생성물들은 요오드에 등가한 값으로 취환되므로 방사능 물질은 요오드로 대표된다. 냉각재 상실사고 후의 환경에서 요오드는 크게 원소 요오드, 유기 요오드 및 입자 요오드 형태로 존재한다.

여기에서는 살수에 의한 요오드의 제거 메카니즘(Mechanism)에 대해 간단히 설명하고자 한다. 우선, 보수적으로 해석하기 위해 살수가 유기 요오드는 제거하지 못한다고 가정한다. 살수에 의한 원소 요오드와 입자 요오드의 제거 메카니즘은 서로 다르다. 기체상인 원소 요오드는 살수 액적과의 물질전달에 의해, 입자상인 입자 요오드는 흡착에 의해 제거된다. 각 제거 메카니즘의 분석 모델은 다음과 같다.

(1) 원소 요오드에 대한 살수제거계수,  $\lambda_s$

격납건물 내부 대기 중에 기체상으로 존재하는 원소 요오드의 제거를 수식화하면 다음과으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\frac{F_s}{V_a} [C_f - C_o] \quad (1)$$

여기에서,

$$F_s = \text{살수 체적 유량}$$

$$C_o = \text{살수 노즐 출구에서의 요오드 농도}$$

$C_f$  = 격납건물 바닥에서의 요오드 농도이다. (1)식은 격납용기 내부의 원소 요오드 농도에서 누설과 방사능 붕괴, 그리고 자연 감소가 없다는 가정 하에서 유도되었다. 만약 살수 액적의 크기가 충분히 작아서 오랜 기간 격납용기 대기 중에 체류할 수 있다면, 집수정에 도달할 때 살수 액적의 원소 요오드 최종 함유량은 평형 상태가 될 것이다. 여기서 체적분할계수를  $H$ 라 할 경우,  $C_f$ 는  $H.C(t)$ 가 된다. 그렇지만 이러한 평형상태는 현실적으로 어렵기 때문에, 일반적으로 살수 효율,  $E_s$ 를 도입한다. 만약 노즐에서 분출되는 살수액의 요오드 농도가 영(Zero)이라면 (1)식은 다음과 같이 변형해서 쓸 수 있다.

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\lambda_s C(t) \quad (2)$$

여기서

$$\lambda_s = \frac{F_s H E_s}{V_{cr}} \quad (3)$$

이다. 살수효율을 평가하는 관계식은 다음과 같이 제시되고 있다.

$$E_s = 1 - \exp\left(-\frac{6k_g t_c}{Hd}\right) \quad (4)$$

여기서,

$$k_g = \text{기체상 질량전달계수}$$

$$t_c = \text{살수액적 낙하 시간}$$

$$d = \text{살수액적의 직경}$$

이며, 액적의 체류시간은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_e = \frac{z_{cl}}{v_i} \quad (5)$$

여기에서,

$z_{cl}$  = 격납건물 유효높이

$v_i$  = 종속도

이다. (4)식에서 지수항의 값이 충분히 작아 (이는 살수효율 값이 작다는 의미와 같다) 제곱 이상을 무시할 수 있다면 Tayler 확장을 통해 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$E_s = \left( -\frac{6k_g t_e}{Hd} \right) \quad (6)$$

(6)식을 (3)식에 대입하면 다음과 같이 제거 효율,  $\lambda_s$ 를 얻는다.

$$\lambda_s = \frac{6k_g t_e F_s}{dV_{cl}} \quad (7)$$

(2) 입자 요오드에 대한 살수제거계수,  $\lambda_p$  살수가 격납건물 내부 대기에 부유하는 입자 요오드를 제거하는 근본 메카니즘은 충돌이다. 단위 시간당 충돌에 의해 제거될 수 있는 입자 요오드 양은 살수액적이 지나가는 유량에 비례할 것이다. 여기서 집진효율을  $E_p$  (이는 하나의 비례상수임)라 할 때 입자 요오드의 시간에 따른 감소율은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{dC(t)}{dt} = - \left( \frac{E_p}{V_d} \right) \left( N_d v_i \frac{\pi}{4} d^2 \right) C(t) \quad (8)$$

앞서 원소 요오드 제거계수와 마찬가지 개념에서 입자 요오드 제거계수를 도입하면 다음으로 나타낼 수 있다.

$$\lambda_p = \left( \frac{E_p}{V_d} \right) \left( N_d v_i \frac{\pi}{4} d^2 \right) c(t) \quad (9)$$

어떤 시간에 격납용기 내의 총 살수용량은  $t_e F_s$ 이므로

$$N_d = \frac{6t_e F_s}{\pi d^3} \quad (10)$$

이 된다. 여기서  $N_d$ 는 살수액적의 개수를 나타낸다. (10)식을 (9)식에 대입하면 입자 요오드 제거계수,  $\lambda_p$ 를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\lambda_p = \frac{3E_p F_s z_{cl}}{2d^2 V_d} \quad (11)$$

### 3.2 기타 지역의 오염 제거 설비

격납건물을 제외한 기타 지역에서 발생할 수 있는 오염을 제거하기 위해 각 지역을 담당하는 오염 제거 설비가 제공된다. 이러한 설비들은 크게 정상 운전 중에 사용하는 설비와 사고 시에 사용하는 설비로 구분할 수 있다. 정상 운전 중에 사용하는 설비는 온도와 습도 그리고 압력을 조절하는 공기조화계통의 일부로서 제공된다. 사고 시에 사용되는 설비는 모두 공학적 안전설비의 요건에 따라 설계되며, 공학적 안전설비 여과계통이라 칭한다.

#### 3.2.1 정상 운전 중의 오염 제거 설비

정상 운전 중의 오염 제거 설비로는 주제어실과 보조건물 및 방사성 폐기물 건물의 공기조화계통을 들 수 있다.

##### (1) 주제어실 공기조화계통

주제어실은 원자로 운전원들이 상주하는 곳으로 최적의 작업 환경을 제공하므로써 운전

원들이 쾌적하게 임무를 수행할 수 있도록 설계된다. 또한 주제어실은 정상 운전 중이나 사고시 원자로 운전원들이 상주하여 사고를 완화하는 적절한 조치를 취하는 곳이기 때문에 항상 청정한 환경이 유지되어야 한다. 이는 주제어실의 경우는 반드시 사고시에도 작동하는 공학적 안전설비 여과계통이 제공되어야 함을 의미한다. 그러한 역할을 수행하는 계통으로 비상보충공기 정화계통이 있으며 이에 대해서는 공학적 안전설비 여과계통에서 함께 설명하고자 한다.

본 공기조화계통은 주제어실 지역의 모든 구역 즉 주제어실, 전기 기기실, 주제어실 사무실, 전산실 지역, 주제어실 공기조화 기기실, 사무실, 주방 및 화장실 지역의 공기조화를 담당한다. 이 계통은 급기 및 순환계통, 비상보충공기 정화계통, 배기계통 및 전산실 공기조화계통 등 4 개의 부속계통으로 구성된다.

급기 및 순환계통 그리고 배기계통은 주제어실의 압력을 외기압력보다 다소 높게 유지하도록 운전하여 외부 또는 오염 가능 지역으로부터 오염 공기가 침입하는 것을 방지한다.

전산실 공기조화계통은 정상 운전 시 전산실 지역에 적합한 환경 조건을 유지하기 위해 제공되는 계통으로 운전원의 거주성을 확보하고 지역 내에 설치된 기기들의 운전에 적합한 환경을 조성하는 것을 주목적으로 한다. 즉 온도와 습도를 적절하게 유지하는 것이 주된 목적이다. 그렇지만 운전 과정에서 혹시 발생할지도 모르는 방사능 물질의 유입을 방지하기 위해 방사선 감지기가 흡입구에 이중으로 설치되어 방사능 물질을 감시하며,

만약 감시기에 의해 방사능 물질의 존재를 감지하면 자동으로 주제어실 비상보충공기정화기가 운전되도록 설계되어 있다.

## (2) 보조건물 및 방사성 폐기물 건물의 공기조화계통

보조건물 공기조화계통은 1 차 보조건물 공기조화계통, 2 차 보조건물 공기정화계통 및 주증기 격리밸브실 공기조화계통으로 구성되며 방사성 폐기물 공기조화계통은 방사성 폐기물 건물의 급기계통, 배기계통, 방사성 폐기물 건물 제어구역의 공기조화계통, 지역 냉방기 계통 및 기타 지역 공기조화계통 등으로 구성된다.

이 계통들의 주목적은 관리 지역에 설치된 기기 및 계장계통의 운전에 적합한 환경을 제공하는 것 즉 온도와 습도를 조절하는 것이나, 주변 지역을 부압으로 유지하므로써 관리 지역 내에서 혹시 발생할 수 있는 오염 공기가 누출되는 것을 방지하며 방사능 감시를 위한 감지기가 설치되어 있다. 아울러 공기의 유동 방향을 저준위 방사능 지역에서 고준위 방사능 지역으로 유도하므로써 외부로의 방사능 피해를 방지하도록 설계되어 있다. 이 계통들은 정상 운전 중에만 작동한다.

### 3.2.2 사고 시의 오염 제거 설비 (공학적 안전설비 여과계통)

공학적 안전설비 여과계통은 사고 후 원전의 안전과 관련된 영역들이 오염되는 것을 방지하기 위해 제공된다. 공학적 안전설비 여과계통은 일반적으로 그림 4에 나타난 바와 같은 형태로 설계된다.

필터 전단에 있는 습분 분리기 또는 제습기는 필터에 수분 침투를 최소화하기 위해 설치되며 전기식 가열기는 최악의 공기 흡입

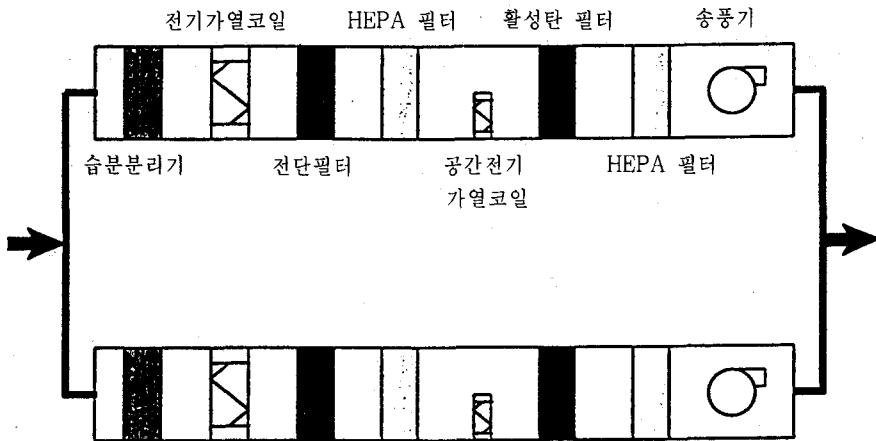


그림 4. 공학적 안전설비 여과계통개량도

조건에서 공기의 상대습도를 70 % 이하로 낮추어 활성탄 필터의 요오드 제거 능력을 향상시킬 수 있도록 설치된다. 고효율입자 필터는 활성탄 필터에 분진이 침투하지 못하도록 설치되며 0.3 마이크론 이상의 입자들이 99% 이상 제거될 수 있도록 설계된다. 활성탄 필터는 통상 활성탄 1g 당 2.5mg 이상의 요오드를 흡착 포집할 수 있도록 설계된다. 활성탄 필터 후단에는 고효율입자 필터가 설치되어 활성탄 필터를 통해 발생할지 모르는 탄소입자를 제거할 수 있도록 하였다.

주제어실 비상보충공기정화계통, 비상노심 냉각계통 기기실 배기계통과 핵연료 건물 비상배기계통 등이 이에 속한다.

#### (1) 주제어실 비상보충공기정화계통

주제어실 비상보충정화계통은 사고 시 주제어실로 공급되는 공기에 혹시 포함되어 있을지 모르는 요오드와 입자들을 정화한다.

#### (2) 비상노심 냉각계통 기기실 배기계통

비상노심 냉각계통은 원자로 냉각재 상실 사고 시 냉각수로 공급하여 노심 냉각을 유지하기 위한 매우 중요한 계통으로 이 계통의 기능을 유지하는 것은 사고의 완화를 위해 필수적이다. 이 계통은 자동 동작하고 원격조작이 가능하도록 설계되어 있고 운전 중에 세심하게 관리되고 있으므로 공학적인 측면에서는 이 계통의 고장은 가정하기 어렵다. 그렇지만 이 계통의 중요성으로 어떤 사고 환경에서도 필요한 조치를 취할 수 있도록 이 계통이 설치된 영역의 정화가 요구된다. 이를 위해 제공되는 것이 비상노심 냉각계통 기기실 배기계통으로 이 지역에서 배기되는 공기에 포함될 수 있는 요오드와 입자들을 여과하기 위해 사용된다.

#### (3) 핵연료 건물 비상배기계통

핵연료를 취급하다가 일어날 수 있는 사고를 대비해서 제공되는 계통으로 핵연료 건물로부터 배기되는 공기에 함유될 수 있는 요오드와 입자들을 제거하기 위해 사용된다.

핵연료 취급사고 후에 핵연료 건물을 비상 배기계통은 핵연료 건물을 약간 부압으로 유지하고 방사성 부유 물질이 외부로 방출되기 전에 활성탄 필터에 걸려지도록 설계되어 있다.

#### 4. 맷음말

이상에서와 같이 원자력 발전소에는 공기 중 방사능 오염을 제거하는 다양한 설비가 있으며, 이들을 통해 어떠한 상황에서도 오염을 허용기준치이하로 제거하여 원자력 발전소 주변의 작업 종사자나 공공의 안전을 확보하고 있다. 비록 공기중 방사능 오염의 제거라는 제한된 부분만을 다루었고 세부적인 내용까지는 충분히 다루지 못한 아쉬움이 있으나, 본고를 통해 원자력 발전소와 오염 제거 설비에 대한 이해가 높아지기를 바란다.

한 가지 중요한 사실은 본고를 통해 설명한 오염 제거 설비들이 원자력 발전소의 안전을

확보하는데 매우 중요한 설비들이지만, 원자력 발전소의 안전이 오직 오염 제거 설비에만 의존하지는 않는다는 것이다.

본고에서는 오염을 전제로 이를 제거하는 설비들에 대해서만 살펴보았으나 실제 원자력 발전소의 설계와 운전에 있어서는 오염의 방지에 더 많은 비중을 두고 있다는 것을 마지막으로 강조하고자 한다.

#### - 참고 문헌 -

1. 한국원자력 산업회의, 원자력 입문, 1988
2. 한국전력공사, 울진 3,4 호기 최종 안전성 분석 보고서
3. 미국핵규제위원회, System Manual Pressurized Water System
4. 한국원자력안전기술원, 안전심사지침
5. 미국핵규제위원회, Chemistry and Transport of Iodine in Containment, NUREG/CR-4697. 1986