

## 원전 공기정화설비 현장누설시험기준(In-Place Testing Criteria) 및 규제사례

정승영, 김홍태, 전제근, 송민철, 문종이  
 한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19  
[k504jsy@kins.re.kr](mailto:k504jsy@kins.re.kr)

### 1. 서론

현재 국내 원전의 배기를 위한 공기정화설비(Air Cleaning Unit)는 정상운전 시 공기정화를 위한 정상배기계통(Normal Atmosphere Cleanup System)계통과 사고 시 공기정화를 위한 비상배기계통(Engineered Safety Feature)계통으로 구성되어 있다. 배기 시 공기여과 및 흡착을 위해 공기정화설비 내에 HEPA필터 및 활성탄필터를 설치하여 정상운전 및 비상운전 시 공기를 정화하여 배기한다. 우리나라의 가동원전은 Reg. Guide 1.140(1978) 및 1.52(1978), ANSI/ASME N509(1979) 및 N510(1979) 등을 적용하여 설계 되었으며, 각 원전은 이들 기준을 적용하여 공기정화설비를 운영·관리 하고 있다. 원전의 공기정화설비의 건전성은 주기적인 시험(18개월)을 통하여 관리되고 있다. 설비의 인수 시 또는 주기적 성능시험검사 항목으로서 여과계통 내의 설비들의 건전성 확인을 위한 육안검사, 프리필터와 HEPA필터 및 활성탄여과기의 건전성확인 및 오염물질에 의한 막힘 여부 확인을 위한 차압점검, 계통내의 팬의 건전성 및 풍량의 설계치 만족 확인을 위한 풍량시험, 계통내를 흐르는 공기의 균일한 분포를 확인을 위한 공기분배시험, DOP나 Freon(R-11)가스 같은 추적기체가 공기와 탱크내에서 지역별로 균일하게 혼합되는가를 확인하기 위한 공기-에어로졸 혼합 균일성 시험, HEPA필터 및 활성탄여과기의 건전성확인을 위한 누설시험, 활성탄의 Iodine 및 그 화합물 제거 능력 확인을 위한 활성탄 흡착효율시험(Lab 시험)등이 실시된다. 따라서 설비의 인수시험 및 현장누설시험을 위한 기준 및 규제사례에 대하여 정리하였다.

### 2. 본론

원전의 공기정화설비의 건전성은 인수시험과 현장누설시험 통하여 확인하는데 이를 위한 적용기준 및 규제사례는 다음과 같다. 육안검사는 공기정화기 내부의 프리필터, HEPA필터, 활성탄여과기 및 탱크내 설비들의 건전성확인을 위한 검사로서, 이를 위해 필터의 장착(그림1. 오류장착 참조), 가스켓 상태, 조임쇠 적정성, 파손 여부 등을 확인하고, 배관, 관통부, 전등 및 전선 등 설비들의 건전성 등을 확인하여야 한다. 풍량시험은 차압이 설계치 이하일 때 계통 내 흐르는 풍량은 설계치±10%를 만족해야 하며, 차압점검은 여과계통의 풍량이 설계치±10%를 만족할 때 차압은 설계치 이하이어야 한다. 특히 풍량시험과 차압점검은 현장누설 시험전에 반드시 실시하여야 한다. 공기분배시험은 여과기탱크내의 지역별 풍속은 평균풍속±20%이내를 만족하여야 한다. 이상적으로 탱크를 설계 할 경우 Distributor 같은 부속설비가 필요 없으나, 현장에 설치된 대부분의 여과기탱크는 Distributor를 설치하여 공기가 여과기 탱크내를 균일하게 흐르도록 하여야 하며 인수시험시 공기분배시험을 통하여 확인하여야 한다. 공기-에어로졸 혼합 균일성 시험은 추적기체를 분사하였을 때 여과기 내의 지역별 농도는 여과기 탱크 내의 평균농도±20%를 만족하여야 한다. 전단 HEPA필터나 활성탄여과기의 경우는 덕트 직경보다 약 10배 정도 떨어진 지점에서 추적기체를 주입하여야 하며, 꺾어진 지점이 있을 경우 농도분포의 균일성을 달성할 수 있는 곳에서 주입하여야 한다. 그러나 후단 HEPA필터의 경우 활성탄 하류에서 분무장치를 이용하여 주입해야하므로 필히 기기의 인수시험 시 본 시험을 실시하여 혼합된 기체의 농도균일성을 확인할 필요가 있다. HEPA필터의 현장누설시험은 DOP(또는 적절한 에어로졸)을 사용하여 99.95% 이상 (누설률 0.05% 이하) 제거하여야 한다. 전단필터의 경우 여과기탱크 입구에서 멀리 떨어진 덕트에서 주입하고 상류농도는 프리필터 후단과 전단HEPA필터 사이에서 농도를 측정하고, 인수시험 시 매니폴

더(다공성 수집장치) 및 단일포인트 시료채집 장치 사용에 대하여 검증하여야 한다. 하류농도 측정 시도 다중 포인트 샘플링을 위하여 매니폴더를 설치한 경우가 있는데, 설비의 인수시험 시 매니폴더의 적정성에 대하여 검증하여야 한다. 또한 가능하면 샘플링 튜브의 길이를 최소화하면 압력손실에 의한 추적기체의 손실을 줄일 수 있다. HEPA 및 활성탄 필터구매 시 ASME AG-1에 따른 설계검증시험과 제품시험을 통과한 필터를 구매하여 장착하여야 한다. 활성탄여과기 누설시험은 Halide 기체(R-11가스 등)를 이용하여 활성탄여과기의 누설시험을 할 때 누설률은 0.05% 이하이어야 한다. 시험시 하류의 배경농도가 최소한 0에 가깝도록 clean한 상태를 유지해야 한다. 허나 현장의 상황에 따라서 30 ppb 이하에서 10분 이상 농도변화가 없다면 시험을 실시해도 무방한 것으로 판단된다. 상류농도는 적어도 10ppm 이상에서 실시하고 시험기간 중 상류농도가 2배 이상 차이나지 않도록 하여야 한다. 활성탄 교체 시 활성탄을 탱크에 채울 때 채우는 방법에 따라 활성탄 소모량이 많은 차이를 보이므로 시간을 갖고 천천히 다지면서 채워야 한다. Sampling을 위한 캐니스터는 활성탄 장착시 빈 공간이 발생하지 않도록 다져서 운전시 진동으로 인한 빈 공간 발생하지 않도록 주의해야 한다. 캐니스터에 빈 공간이 생기면 채널링 현상에 의하여 누설률을 만족시킬 수 없는 경우를 확인하였다. 활성탄 흡착효율시험은 ASTM D-3803에 따라 CH<sub>3</sub>I를 사용하여 30 °C 및 상대습도 95%에서 시험하여 정상계통(4“bed)은 90% ESF계통(4“bed)은 99.825%를 만족하여야 한다. 최근 원자력발전기술원에서 ASTM D-3803에 따른 활성탄 흡착효율시험설비를 설치하여 시험을 시작하였으므로 흡착효율시험결과를 조속한 시일 내에 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

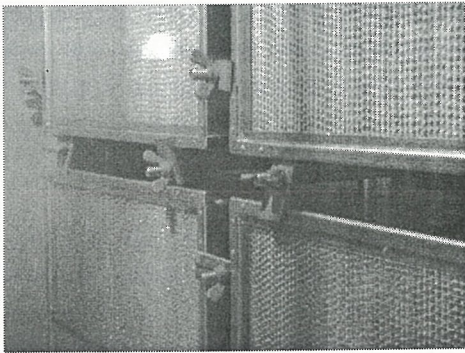
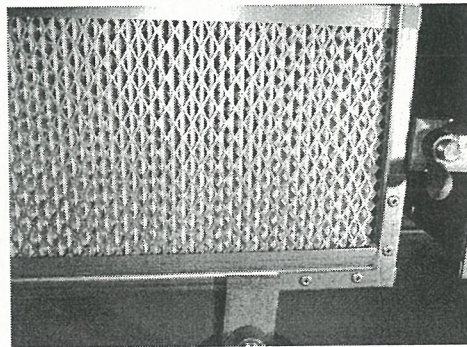


그림 1. (a) HEPA필터 (오류장착)



(b) HEPA필터 (오류장착)

## 2. 결론

현재 원자력발전소의 공기조화계통 여과기 성능시험은 운전중에 실시하고 있기 때문에 현장누설시험의 적절성여부를 판단하기에 매우 어려움이 있다. 따라서 원전의 관리 및 정비기술팀의 관리 및 정비능력 배양은 매우 중요하다. 특히 HEPA 및 활성탄필터의 구매, 공기정화설비의 관리, 현장누설시험 및 시험 기기관리에 이르기까지 규제 및 관리 절차의 숙지뿐만 아니라 현장누설시험의 현장 경험이 매우 중요하다. 따라서 원전의 공기정화설비 관리 및 정비 관련자들은 이러한 규제 시 도출된 여러 사항에 대하여 숙지하고 관련교육을 강화하여 공기정화설비의 건전성유지에 만전을 기해야 할 것으로 판단된다.