

# 원(연) 방사선비상대책 본부상황실 거주성 확보를 위한 양압설비요건 설정

이관엽\*, 이해초, 김봉석, 김종수<sup>a</sup>, 최평규

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*gylee@kaeri.re.kr

## 1. 서론

원자력사고에 대비하여 설치, 운영되는 방사선비상대응시설 중 비상대책실(EOF)은 원칙적으로 방사선비상계획구역(EPZ) 외부에 설치하도록 하고 있다. 그러나 상세요건은 제시하고 있지 않다. 국내 원자로시설의 EOF는 EPZ 밖에 위치해 있었으나, 2011년 발생한 후쿠시마 원전사고와 2014년 발생한 세월호 침몰사고로 국내 원자로시설에 대한 EPZ가 확대, 재설정되게 되었으며, 그 결과 국내 원자로시설의 EOF는 모두 EPZ 내부로 편입되게 되었다. EOF가 EPZ 내부에 위치할 경우 '원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정'은 거주성을 확보할 수 있는 설비를 확보하도록 요구하고 있다. 본 연구에서는 법적 요건을 충족하기 위한 EPZ 내 EOF의 거주성 확보 요건을 검토, 제시하였다. 참고로 원자력연구원은 원전의 EOF에 상응하는 비상대응시설로 방사선비상대책 본부상황실을 운영하고 있으며, 이 상황실을 EOF로 본다.

## 2. 본론

### 2.1 EPZ 밖 EOF에 대한 미국요건 검토

미국의 비상대응시설 요건은 NUREG-0696에 기술되어 있는데, EOF가 EPZ 내에 있을 때는 거주성 관점에서 다음 요건을 충족하도록 요구하고 있다.

- 1) HEPA필터(차콜 불필요) 경유 환기계통 설치
- 2) 환기계통 기능은 MCR/TSC와 유사한 방식을 적용하나, 내진1등급, 중복성, 계장, 자동기동은 불필요

부지내 위치한 MCR/TSC의 거주성 요건은 일반 설계기준(GDC) 19, NUREG-0737의 TMI 실행계획요건 항목 II.B.2, 표준계획검토 6.4를 따르도록 되어 있는데, 이 요건은 사건 전 기간(대략 30 일) 동안 전신 50 mSv를 초과하지 않도록 하거나, 공간선량율이 150  $\mu$ Sv/hr 미만이 되도록 거주성 요건을 마련하라는 것이다. 결국 환기계통은 이러한 선량요건을 충족하도록 하는데 필요한 설비이다.

미국 원자력발전소 EOF 중 방사능구름피폭경로 EPZ(10마일) 이내에 위치한 클린턴원자력발전소 EOF의 거주성 확보를 위한 환기계통 요건을 살펴본 것이다. 이 원전의 EOF는 다음 Fig. 1과 같다.

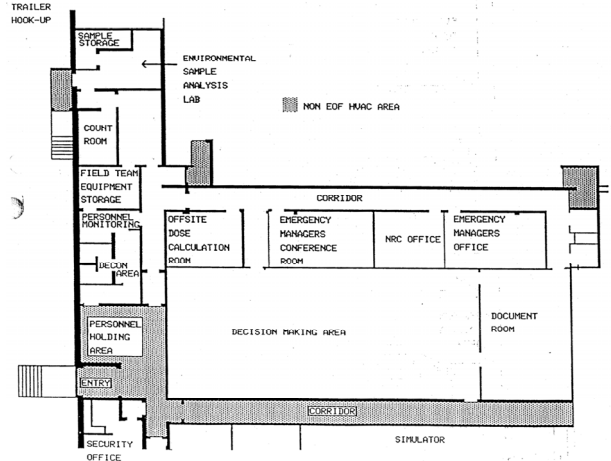


Fig. 1. EOF layout of Clinton NPP in U.S.

클린턴 원전은 거주성 확보를 위해 Fig. 1의 평면도에서 백색 부분이 동일 건물 내 다른 지역 및 외부 환경 대비 양압을 유지하도록 하고 있으며, 1개의 급기구 → 3개 구역의 독립된 덕트 → 5개의 배기팬으로 경로를 구성하였고, 환기모드는 상황에 따라 다음과 같이, 설정 운영하도록 하고 있다. 참고로 이 원전의 환기계통은 난방기능을 겸하고 있어, 온도조절 기능을 포함하고 있다.

- 1) 정상환기모드 : 9,344 cmh 재순환, 5,098 cmh 보충
- 2) 연기확산상황 : 0 cmh 재순환, 5,098 cmh 보충
- 3) 외부방사성물질확산 상황 : 필터경유 5,098 cmh 으로 보충

클린턴원전은 방사선관리자가 EOF의 거주성을 관리하는데, 실내 방사능농도가 증가하면, EOF 환기계통을 가동 중지시키거나, HEPA 필터 경유 공기가 유입되도록 하여, 실내 거주자의 피폭선량을 관리하도록 절차화하고 있다. 즉, 자동이 아닌 사람에 의한 관리체계를 유지하고 있는 것이다. 그래서 환기계통도 자동 기동하도록 요구하지 않은 것이다.

## 2.2 국내 양압설비 요건 검토

국내 양압설비 요건은 KOSHA Code E-16-2003 변전실 등의 양압유지에 관한 기술지침에 기술되어 있는데, 이 지침은 양압유지를 위한 급기력으로 다음을 요구하고 있다.

- 1) 모든 개구부가 닫혀있는 상태에서 실내 모든 부분의 압력이 25 파스칼 이상 유지
- 2) 또는, 모든 개구부를 개방한 상태에서 개방면에서의 공기속도를 0.305 m/s 이상 유지

## 2.3 원자력(연) 본부상황실 거주성요건 도출

원자력연구원 본부상황실은 하나로로부터 남쪽으로 대략 800 m 거리에 위치하며, 하나로에서 가상할 수 있는 최대사고시 반경 800 m 지점 건물밖 위치시 최대피폭선량은 7 일간 6.86 mSv로써, 선량 면에서는 이미 거주성을 만족하고 있다.

따라서, 양압유지를 위한 환기설비요건 관점에서만 검토한다. 건물 내에 양압을 유지한다는 것은 외기가 실내로 유입되려는 힘보다 환기설비로 실내에 공급된 공기가 실외로 빠져나가는 힘이 크다는 것을 의미한다. 이를 용이하게 충족하려면 배기계통은 불필요할 것이다. 건물밖에 바람이 불면 건물 외벽에 차압이 형성되고 이 차압으로 외기가 실내에 유입되는 현상이 발생한다. 건물 외부 풍속에 의해 건물 벽에 유도되는 차압은 다음 식으로 산출할 수 있다.

$$\Delta P = c_p \rho \frac{v^2}{2} \quad (\text{Equation 1})$$

$c_p$  = Pressure coefficient,  $\rho$  = Local air density

$v$  = Windspeed

상기 식에서 압력계수( $c_p$ )는 하나로 건설시 적용된 설계 기준사고시 누설율평가 보고서의 다음 값을 적용한다.

Table 1. Pressure coefficient

Upwind pressure coefficient	0.8
Downwind pressure coefficient	-0.5
Side and top of building	-0.7

상기 압력계수중 바람이 불어오는 쪽의 값인 0.8을 이용하여 풍속에 따라 외벽에 유발되는 양압(+ $\Delta P$ )을 계산하니 다음 표와 같았다.

Table 2. Wind speed vs. pressure differential

풍속 (m/sec)	$c_p$ (Upwind)	$\Delta P$ (Pa)	$\Delta P$ (mmWG)
0.84	0.8	0.34	0.03
1.00		0.48	0.05
2.00		1.92	0.20

3.00	4.32	0.44
5.26	13.28	1.35
7.00	23.52	2.40
7.22	25.02	2.55
9.00	38.88	3.97
10.00	48.00	4.90
15.00	108.00	11.02

연구원 부지 기상탑 10 m 고도에서 2014년 측정된 10 분평균 풍속자료에 대해 년 평균치는 0.84 m/sec이었고 최대값은 5.26 m/sec이었다. 따라서 2014년 기준으로 볼 때 실내에 급기하여 13.28 파스칼 이상의 양압을 생성시킬 수 있는 설비를 확보한다면 년중 어느 때 사고가 나더라도 비상대책상황실내 양압을 유지할 수 있을 것이다.

## 3. 결론 및 고찰

이상 검토한 바에 따라 연구원 비상대책본부상황실의 급기설비를 다음을 유지하도록 설계한다.

- 1) 개구부가 닫혀있는 상태에서 실내 모든 부분의 압력이 외부에 비해 최대 +25파스칼(0.25밀리바) 이상을 유지할 수 있도록 급기용량 설정
- 2) 외부 공기는 해파/차콜 필터를 경유하여 공급
- 3) 실내공기를 해파/차콜 필터 경유 재순환시킬 수 있도록 구성 (실내오염시 오염물질 제거목적)
- 4) 양압유지가 필요한 공간에 균일한 압력분포가 형성되도록 덕트 구성(실내 공기흐름 방지)
- 5) 양압유지설비는 전원상시시 비상디젤발전기에서 전원을 공급받을 수 있도록 구성
- 6) 건물내외 차압계를 설치하고 급기팬 풍속 컨트롤러와 연계하여, +1~4파스칼을 유지할 수 있도록 구성(실내 지나친 고압형성 방지)

## 4. 참고문헌

- [1] '원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정', 원안위고시 제2014-82호, 원자력안전위원회 (2014).
- [2] 'Functional Criteria for Emergency Response Facilities', NUREG-0696, U.S.NRC (1981).
- [3] '클린턴원전 방사선비상계획 수행절차서', 클린턴원자력발전소.