

원자력발전소 주 제어실 거주성 평가 및 배연설비 성능 해석

Evaluation for the Habitability of the Main Control Room and the Performance of the Smoke Control System at NPP¹⁾

지 문 학, 홍 승 열, 성 창 경
한국전력 전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

원자력발전소 주 제어실 공간은 공조된 실내환경이 제공되며 방사선 피폭, 유독성물질 오염, 연기 및 연소 생성물에 의한 중독으로부터 운전원을 보호할 수 있도록 엄격한 설계요건에 따라 거주성이 보장되어야 한다. 이러한 맥락에서 주 제어실 거주공간의 내부압력은 주변의 외기압력보다 약간 높게 유지되어야 한다. 이 논문에서는 미 국립표준기술원에서 개발된 평가 프로그램인 CONTAMW를 이용하여 내부압력을 분석하였으며 CFAST 프로그램을 이용하여 거주공간의 배연설비 성능 해석과 거주성을 평가하였다.

Abstract

In addition to the Indoor Air Conditioning, the habitability of the main control room for the operators at Nuclear Power Plants (NPP) has to be ensured with a strict design requirements to protect the workers from the radiation exposure, hazardous chemicals, and the smoke with toxic combustion products. With this context, the internal pressure of the control room envelope shall be sustained at slightly higher pressure than the atmospheric pressure. At this paper, the internal pressure of the control room envelope was analyzed by use of the evaluation program, CONTANW that was developed by the NIST. On the basis of design values, the performance status of the smoke control system was also checked by the program, CFAST that was released by the NIST to confirm the dynamic smoke behaviors.

Key words: 거주성(Habitability), CONTAMW, 주 제어실(MCR), 공조설비, 배연설비

1) 원자력발전소, Nuclear Power Plant의 약어

1. 서론

재실자를 위한 거주공간의 실내환경^[1]은 크게 다음의 세 가지 요건을 충족시켜야 한다. 첫째, 적절한 온도와 습도를 유지하여 인체의 온열조건을 만족시키고 둘째, 실내 거주공간의 공기 흐름을 제어하여 인체가 느끼는 생물학적 쾌감도를 향상시키는 것이다. 또한, 실내공기의 경제적 순환을 유지하면서 인체의 위해가 없는 양질의 공기를 공급하는 것이다. 일부 선진국의 경우 실내환경 뿐만 아니라 대도시 외부공기의 오염도에 대한 측정기준과 경고수준^[2]을 마련하고 자연적 오염과 산업발달에 따른 필연적 위해로부터 인간을 보호하기 위한 대책을 수립하고 있다.

원자력발전소 (이하 “원전”으로 명시) 운전원의 거주공간인 주제어실은 제어와 감시를 위한 제어 및 계측설비가 설치되어 있으며 신뢰성, 독립성, 다중성, 다양성에 기초하여 설계되고 배치된 설비를 관리하고 제어하기 위한 재실공간이다. 따라서 이곳은 실내환경 요건뿐만 아니라 외부에서 유입 가능한 오염물질을 사전에 감지하고 차단할 수 있는 기능이 추가적으로 제공되어야 한다. 이러한 개념의 재실공간은 거주성 (Habitability)이 보장되었다고 표현할 수 있으며 원전 주제어실은 실내환경과 거주성 요건이 모두 충족되어야 한다.

대부분 미국 규제요건에 따라 설계된 우리나라 원전의 주제어실 거주성은 미국 규제사항인 10CFR50의 일반설계기준 (GDC-19)^[3], NUREG-0800의 표준검토계획서 (SRP)^[4] 등의 요건을 따랐으며 냉각재 상실 등 복합적인 설계기준사고 조건하에서도 주제어실의 거주가 가능토록 설계되었다. 주제어실 거주성에 대한 주요 위협 요소로서는 방사성 물질에 의한 운전원의 피폭, 유독성 화학물질, 화재로 인한 연기 및 연소생성물에 의한 운전원의 신체 기능 마비를 들 수 있다.

본 연구에서는 미 국립표준기술원 (NIST)²⁾에서 제공한 프로그램을 이용하여 국내표준원전의 주제어실 압력분포 상태를 분석하였으며 설계기준에 따른 배연설비 능력을 분석하고 그 결과를 평가함으로써 향후 주제어실 거주성 평가를 위한 기본 접근방향을 제시하고자 한다.

2. 주제어실 설계기준 및 성능 평가 항목

2.1 거주성 설계기준^[5]

주제어실은 설계과정에서 거주성을 확보하기 위하여 엄격한 설계기준이 적용된다. 즉, 방사성물질의 피폭에 대한 위협을 차단하고 유독성 물질의 유입도 막을 수 있어야 한다. 외부화재시에는 연기 및 연소생성물이 실내로 유입하는 것을 차단할 수 있어야 하며 실내화재시에는 배연설비에 의하여 내부의 연기를 배출하여 운전원을 보호하여야 한다. 이와 함께 신뢰성과 안전성을 위한 설계기준도 적용된다.

방사성물질의 피폭으로부터 운전원을 보호하기 위하여 주제어실 공간은 주변의 압력보다 다소 높게 유지하고 외부에서 유입되는 신선외기 및 순환 공기의 방사능 농도를 감시하여 주제어실 운전원의 피폭선량을 규제치 이하로 제한한다. 또한, 주제어실의 비상보충공기 정화계통은 안전주입 또는 주제어실 비상환기신호가 발생한 경우 자동으로 운전되어야 한다. 유독성 물질에 대한 일반 설계기준으로서, 독성기체의 유입은 운전원이 수동으로 감지한 후 주제어실 공조설비를 수동으로 전환하여야 한다. 즉, 외부와 연결된 댐퍼를 차단하고 완전재순환 모드로 운전하여야 한다. 외부화재의 경우 주제어실의 급기, 환기 및 보충공기 중의 연기 및 연소생성물은 감지기에 의하여 감시된다. 연기감지기가 작동할 경우 운전원은 주제어실의 공조설비 또는 배연설비를 적절하게 배열한

2) National Institute of Standards and Technology

다. 즉, 거주공간 외부의 연기감지기가 작동한 경우 외부 공기 유입구를 다른 곳으로 전환하거나 완전 재순환 운전모드로 전환한다. 내부화재의 경우 공용의 배연설비에 의하여 실내의 연기를 배출함으로써 운전원을 보호한다. 신뢰성 및 안전성을 위한 설계로서 우선적으로 실내의 온열환경이 만족되어야 하며 공조 및 환기설비는 내진설계된다. 주 제어실 거주공간의 공조설비는 다중성과 독립성을 갖추어야 하며 비산물로부터도 보호된다. 또한 설계기준사고와 소외전원상실사고 및 안전 정지지진이 동시에 발생된 조건에서도 운전가능토록 설계되어야 한다.

2.2 거주성 및 배연성능 평가 항목

1979년 TMI³⁾ 사고 이후 미국의 원전 규제기관과 원전 사업자는 주 제어실 설계기준과 유지관리를 위한 평가 방법에 대하여 많은 연구를 하여 왔다. 이들의 주요 관심사는 현 발전소의 운전상태가 인허가 조건과 다르게 운전될 수 있으며, 이와 상이할 경우 주 제어실 거주성 평가와 분석이 재차 수행되어야 한다는 점이다. 또한, 기존의 설계기준사고가 가장 심각한 경우를 대표하는 사고에 해당하는지 여부를 확인하여야 하며 그렇지 않을 경우 새롭게 선정된 가장 심각한 사고를 기준으로 평가되어야 하며 주 제어실 격리공간의 누설량도 설계된 수치를 초과할 수 있으므로 이에 대한 검토와 평가가 수행되어야 한다는 점이다.

최근 산업계와 규제기관은 외부사고로 인한 독성가스의 유입과 내부화재 및 외부화재시의 연기 등 연소생성물의 확산에 대한 평가에 주목하고 있다. 이는 2001년 미국 무역센터에 대한 여객기 납치 테러와 이후 벌어진 백색가루 탄저균 소동으로 이 분야에 대한 일반인의 관심이 높아졌으며 기술계에서도 정성적이며 정량적인 분석과 보편화된 평가 기준을 준비하여 왔다. 대표적 지침서로서 2001년 6월 미국 원전 사업자 대표 기관에서 발간된 “주 제어실 거주성 평가 지침⁶⁾”은 주 제어실 건전성과 관련한 이 분야의 연구에 크게 도움이 될 것으로 보인다.

3. 해석 프로그램 개요

3.1 다중 공간 공기유동 및 유독성 물질 이동 평가를 위한 프로그램, CONTAMW4⁷⁾

미 국립표준기술원 (NIST)에서 개발된 이 프로그램은 DOS 버전으로 제공된 이래 오류를 수정한 다음 현재 Window용으로 제공되고 있다. 이를 이용하여 해석할 수 있는 주요 내용들은 다중공간에서의 공기 유동해석, 유독성 물질의 농도분포와 유동성 평가, 재실인원에 미치는 피폭영향 등을 들 수 있으며 정상상태, 과도상태, 반복 변동상태 등을 해석할 수 있으며 프로그램에 내장된 평가 방법론을 이용하여 평가결과의 일반적 패턴을 시각적으로도 볼 수 있다.

3.2 화재성장 및 연기유동 해석을 위한 프로그램, FAST5⁸⁾ 및 FPETool⁶⁾

이 프로그램은 미 국립표준기술원 (NIST)의 건물 화재분석 전담기술팀에 의하여 개발된 프로그램으로 성능위주 화재평가를 위한 우수한 프로그램이다. 2001년 2월, 경수로 원전의 화재방호기준이 NFPA-803에서 성능위주의 화재방호기준인 NFPA-805로 변경되면서 원전 화재위험분석을 위하여 이 프로그램을 활용할 수 있으며 화재구역별 배연성능 해석에도 크게 도움이 된다.

3) 미국, Three Mile Island 발전소

4) Window용 Contamination 해석 프로그램

5) Fire Growth and Smoke Transport Modelling

6) Fire Protection Engineering Tool

4. 성능 평가 내용

4.1 설계 환기량 기준 실내 압력분포 해석

주제어실 거주공간(Control Room Envelope)에 대한 설계기준 환기 유량과 출입구 등 개구부의 틈새를 평가한 다음 CONTAMW를 이용하여 실내 압력분포를 해석하였다. 이의 평가를 위하여 적용한 기본자료는 표 1과 표 2에 나타내었다.

표 1. 주제어실 압력분포 해석 기본자료⁷⁾

구 분	내 용	비 고
주제어실 사양	o 바닥면적 : 276.8m ² o 층 고 : 6.4m	CRE 기준
경도/위도	o 126.9E / 35.1N	광주 기준
풍속 및 풍향	o 연평균풍속 : 1.9m/s o 풍향 : 북동 20도	ASHRAE '97 fundamental
개 구 부	o Double Door 1개 o Single Door 5개	틈새, 1/16"

표 2. 주제어실 설계환기량 및 개구부 면적⁸⁾

구 분	내 용
AHS (for Ventilation)	o 신선외기량(OA) : 340.1m ³ /hr o 실내공급량(SA) : 30,605.7m ³ /hr o 배출공기량(RA) : 30,265.6m ³ /hr o 재순환량(CA) : 30,265.6m ³ /hr o Exfiltration : 340.1m ³ /hr
개구부 (Closed Door 기준)	o Dr-1 : 0.01616m ² x 1개 (CRE) o Dr-2 : 0.009525 ² x 5개 (CRE) o Dr-3 : 0.9m ² x 1개 (EER)

상

기 표 1과 표 2의 자료를 이용하여 실내압력 분포를 해석하였다. 아래 그림 1에는 실내 배치와 도식적 압력분포를 나타냈으며 그림 2에는 프로그램의 해석결과를 요약하였다.

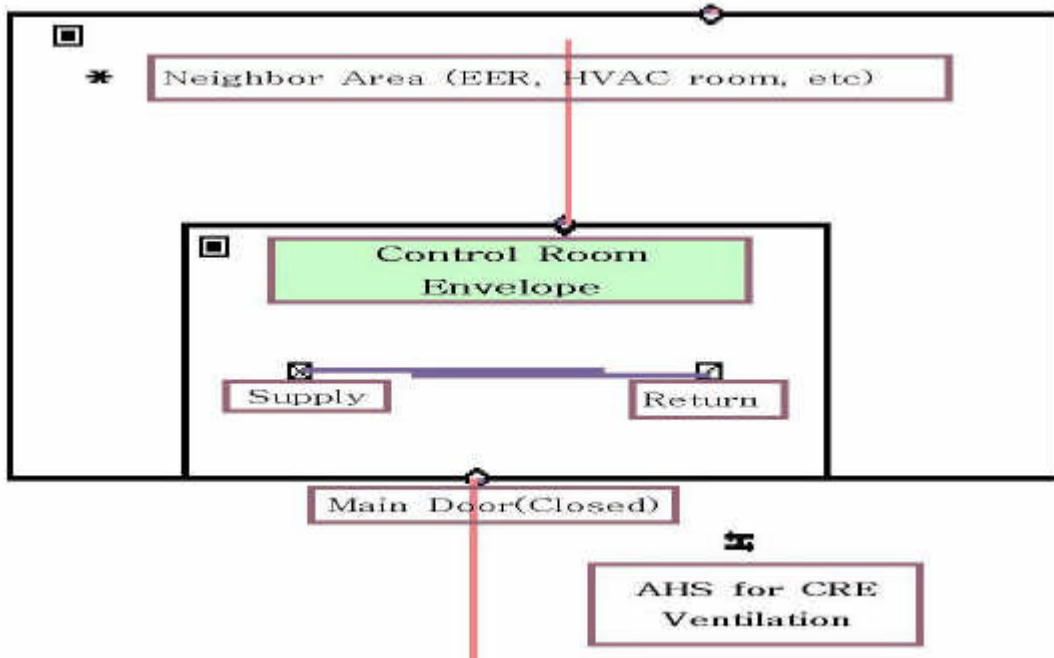


그림 1. 실내배치도 및 압력분포 Profile

7) 차세대원전 공조 및 제연계통 설계 자료값 참조

8) 울진 3,4호기 FSAR 및 차세대원전 제연계통 설계 자료값 참조

project: jmh0828-01		Wed Aug 28 19:38:22 2002				
Amb Temperature: 33.3C, Baromet pressure: 101085.0 Pa						
wind speed: 1.9 m/s, wind direction: 20.0 deg						
level: Ref elevation: 43.9 m						
zone	P	T	path	from	dP	Flow1

EER	-482.7	26.7	open-door	Ambt	-0.0	-0.1137
			Doors	CRE/Ref	7.5	0.1137
CRE	-475.2	26.7	Doors	EER/Ref	-7.5	-0.1137
			supply	AHS	n/a	10.2359
			return	AHS	n/a	-10.1222
			M-Door	Ambt	-8.8	-0.0000
systems: AHS, air flows: recirc 0.0000 outside 10.2359						

그림 2. 프로그램 결과 : 환기량 기준

주제어실 거주공간은 외부로 기류의 움직임이 형성되도록 약 31.1Pa (=1/8 ~ WG)의 차압을 갖도록 설계되었다. 반면, 프로그램 해석 결과에서 실내공간은 약 7.5 ~ 8.8Pa의 차압을 보이며, 내부 누설의 대부분은 인접실의 개구부를 통하여 형성되었다. 이를 볼 때 설계 환기량 기준 차압해석은 개구부 면적과 유동분포를 정량적으로 분석한 다음 상세한 재평가가 필요할 것으로 보인다.

4.2 냉방설계조건 기준 실내 압력분포 해석⁹⁾

주제어실의 온열조건을 충족시키기 위하여 설치된 공기조화계통은 난방과 냉방조건을 만족하도록 설계되었다. 따라서 실내압력분포의 해석에서는 난방에 비하여 순환량이 많아 누설조건이 불리한 냉방상태의 공조유량을 기준으로 평가하였다. 아래의 표 3에는 프로그램 해석을 위하여 적용된 주제어실 냉방용 공조유량을 제시하였다.

표3. 주제어실 냉방 공기량 및 개구부 면적⁹⁾

구 분	내 용
AHS (for Cooling)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신선외기량(OA) : 680.1m³/hr ○ 실내공급량(SA) : 8,246.5m³/hr ○ 배출공기량(RA) : 7,566.4m³/hr ○ 재순환량(CA) : 7,566.4m³/hr ○ Exfiltration : 680.1m³/hr
개구부 (Closed Door 기준)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dr-1 : 0.01616m² x 1개 (CRE) ○ Dr-2 : 0.009525m² x 5개 (CRE) ○ Dr-3 : 0.9m² x 1개 (EER)

9) 울진 3,4호기 FSAR 및 P&ID의 설계유량 기준

상기 조건에 따라 해석한 결과, 실내 차압은 설계기준치 보다 낮은 23.1Pa을, 주출입구의 틈새를 통한 외부로의 누설유량은 거의 없는 것을 그림 3에서 볼 수 있다.

```

project: jmh0828-02 Wed Aug 28 21:00:32 2002

simulation date: Aug28 simulation time: 01:00:00
ambient temperature: 33.3 켈
barometric pressure: 101085.0 Pa
wind speed: 1.9 m/s wind direction: 20.0 deg
zone P T path from dP Flow1
-----
EER -482.6 26.7 open-door Ambt -0.1 -0.2274
Doors CRE/Ref 21.8 0.2274
CRE -460.9 26.7 Doors EER/Ref -21.8 -0.2274
supply AHS n/a 2.7580
return AHS n/a -2.5305
M-Door Ambt -23.1 -0.0000

systems: name air flows
recirc outside
AHS 0.0000 2.7580
    
```

그림 3. 프로그램 해석 결과 : 냉방 공조량 기준

그림 4는 프로그램 결과에 따른 공기유량과 주 출입구 틈새에서의 차압을 정리한 것이다.

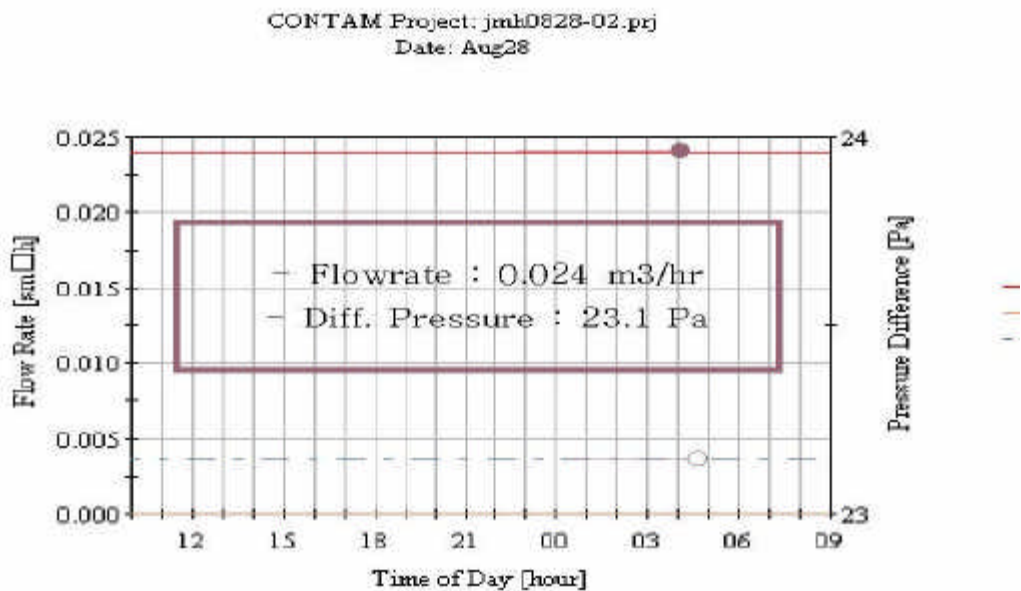


그림 4. 주 출입구 형성유량 및 차압 도표

주제어실 격리공간은 냉방조건에서도 31.1Pa의 차압을 유지하여야 한다. 그러나 출입문 틈새를 1/16인치로 적용하고 일반 관통부의 영향을 배제한 상태¹⁰⁾에서 형성된 차압은 23.1Pa로서 설계요건에 미치지 못하는 결과를 보인다. 이에 따라 냉방 및 난방을 위한 유량분포와 압력분포의 해석이 상세히 수행되어야 할 것이다.

4.3 실내 설계정압 유지를 위한 방법 평가

설계환기량 및 냉방시의 공조유량을 기준으로 실내압력을 분석한 결과 설계차압을 유지하지 못하였다. 이에 따라 이번에는 실내의 압력을 설계정압으로 유지하기 위한 공기유량을 평가하였다. 즉, CONTAMW를 이용하여 여러 차례 틈새면적을 변경하여 설계차압 31.1Pa을 유지시켰으며 이 때의 틈새면적을 확인하였다. 틈새 면적은 표 4에, 그리고 프로그램의 해석 결과는 그림 5에 나타내었다.

표4. 설계정압 유지를 위한 개구부 면적

구 분	설계기준면적	설계정압 유지시
Dr-1 : RE 주출구	0.01616m ²	0.01616m ²
Dr-2 : EER/CRE의 연결 개구부)	0.047625m ²	0.038957m ²
Dr-3 : EER의 외부 출구	0.9m ²	0.9m ²

```

project:  jmh0828-03      Wed Aug 28 21:20:23 2002

Amb. temperature: 33.3 C Baro. pressure: 101085.0 Pa
wind speed / Direction :  1.9 m/s / 20.0 deg
zone      P      T      path      from      dP      Flow1(Kg/s)
-----
CRE      -453.0  26.7  Doors  EER/Ref  -29.6   -0.2274
              M-Door  Ambt   -31.0   -0.0000
    
```

그림 5. 설계정압 형성을 위한 프로그램 결과

위의 해석에서 주목하여야 할 사항은 실내 공기유동량의 변동이 없는 상태에서 개구부 면적이 변화되어 나타난 실내 정압변화이다. 이에 따르면 설계값 대비 개구부 면적은 단지 약 18% 감소되었으나 차압은 크게 변동된 사실이며 이는 개구부 틈새를 통한 누설유량은 압력변화에 매우 민감하며 외부 바람의 영향 및 실내 연돌효과도 함께 고려하여야 한다는 사실을 암시하고 있다.

10) 기계, 배관, 전기계통 관통부 및 기타 Opening 면적이 포함되지 않은 상태로 해석되어 실제보다 높은 값의 차압을 나타낼 것으로 예상되는 부분이다.

4.4 배연설비 성능 및 실내 압력 분포 평가^[10]

원전 주제어실 설계기준에 의하면 외부화재시 연기감지기가 작동하면 외기 취득을 위한 유입구는 영향이 없는 위치로 전환되거나 외기 유입을 완전히 차단할 수 있어야 한다. 실내화재의 경우에는 배연설비에 의하여 발생된 연기를 배출하여야 한다. 본 연구에서는 주제어실 내부화재의 경우 배연설비 성능 및 실내 압력 분포를 평가하였으며 화재 자체는 소화설비 및 운전원에 의하여 진압이 가능한 것으로 가정하였고 실내의 압력과 배연설비의 능력은 CFAST 및 CONTAMW를 이용하여 평가하였다. 화재시 실내조건은 CFAST를 이용하여 설계배연풍량에 해당하는 연기발생량을 계산하였으며 이 때의 Ceiling Plume 온도, Ceiling Jet 등을 확인하여 표 5에 나타내었다.

표5. CFAST를 이용한 주제어실 열환경 결과치

구 분	실내환경 / 분석결과	비 고
설계 배연량	13,602.5m ³ /hr	CRE 기준
실내외온도	26.7℃ / 33.3 ℃	공조 기준
복사손실율	0.35	-
기타 손실율	0.15	-
Plume Filling	3.81m ³ /sec	배연량 기준
발생 열량	95,000 W	Program 계산
Plume 온도	55℃	화염 : 실 중앙
	71℃	화염 : 벽체부
천정류 온도	47℃	화염 : 실 중앙
	59℃	화염 : 벽체부

다음 그림은 배연설비 배치 상태를 나타낸다.

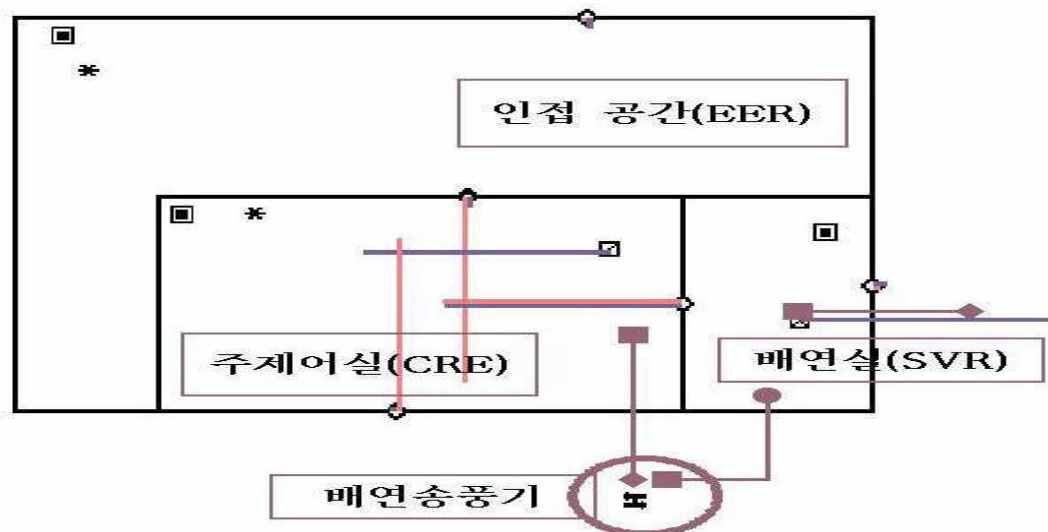


그림 6. CFAST Simulation을 위한 배치 개략도

표 5에서 알 수 있는 것처럼 배연이 되고 있는 상태에서 실내의 거주자에 미치는 온도의 영향은 심각하지 않다. 그러나 점화후 약 200초에 이르면 연기층 두께는 최대가 되어 인체에 위해를 일으킬 수 있다. 상세 평가는 생명체에 미치는 독성가스의 영향 (Toxicity)을 CFAST로 수행할 수 있으나 본 연구에서는 수행되지 않았다. 반면, CFAST에 의한 실내 열적환경 평가 결과를 CONTAMW 입력자료로 활용하여 주 제어실 내부의 상태를 평가하였으며 이의 결과, 내부압력 해석은 그림 7에서 볼 수 있으며 주 출입구에 미치는 유동특성은 그림 8에서 알 수 있다.

```

project: jmh0828-04                               Fri Aug 30 12:47:25 2002
ambient temperature: 33.3 켈
barometric pressure: 101085.0 Pa
wind speed: 1.9 m/s   wind direction: 20.0 deg
zone      P      T      path      from      dP      Flow1
=====
EER      -491.1  26.7  open-door  Ambt      8.4     4.5491
              Doors  CRE/Ref   -2974.7  -4.5491
CRE      -3465.8 26.7  Doors     EER/Ref   2974.7  4.5491
              return Smoke_FAN n/a     -4.5493
              M-Door  Ambt     2981.8  0.0002
Vent     -491.7  33.3  supply    Smoke_FAN n/a     4.5493
              vent-outlet Ambt     -2.6   -4.5493
    
```

그림 7. 배연설비 운전상태의 실내압력 분포

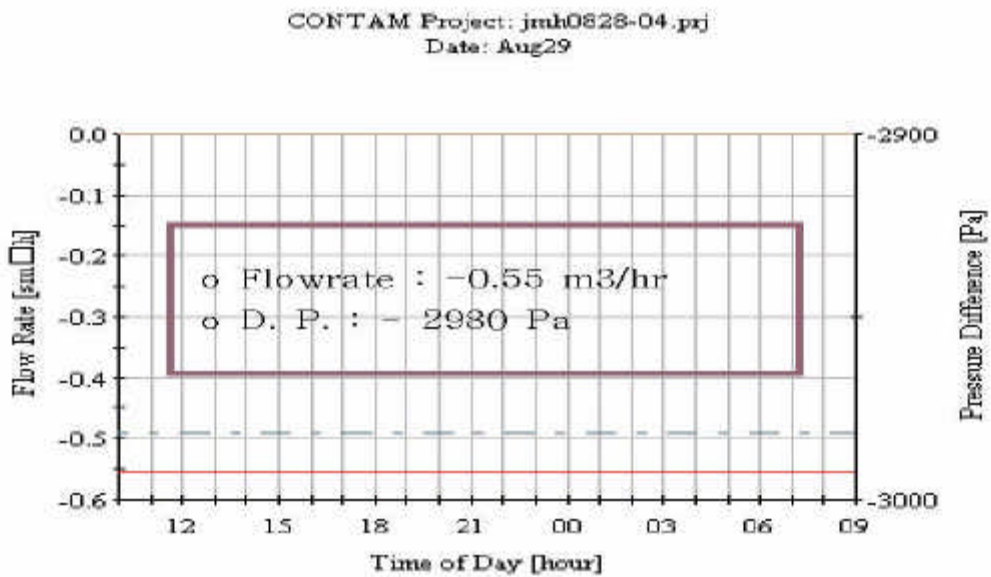


그림 8. 주출입구에 미치는 압력 및 유입유량

위의 결과에 의하면 배연설비 운전상태에서 실내의 압력은 2,980Pa 내외의 부압상태가 유지되어 방사성 물질 누출사고와 실내 또는 외부화재가 동시 발생한 경우 이 계통의 운전을 할 수 없게 된다. 이와 함께 실내 유동량의 변화에 따른 틈새 누설량의 변화 및 문의 개방에 필요한 역학적 분석 등도 변화될 것으로 예상된다.

4.5 주제어실 공조 및 배연설비 추가 배열방안

주제어실 운전모드는 정상 공조 및 환기설비 운전모드, 방사성 방호를 위한 비상 공기정화 운전모드, 제연을 위한 배연모드로 구분할 수 있다. 반면 현재의 운전모드에 비상공기공급모드, 기계식 제연 및 방연모드 등을 추가할 경우 현 설계기준을 벗어난 조건에서도 주제어실 거주성을 확보할 수 있을 것이다. 그러나 앞에서 다룬 해석에서 볼 수 있는 것처럼 실내 압력분포와 유동 의 민감성과 불확실성을 고려할 때 각 운전조건별 정성적 검토와 정량적 평가가 동반되어야 한다. 주제어실 공조 및 배연설비 추가 배열은 본 발표자의 2002년 대한설비공학회 하계학술대회 발표 논문자료¹¹⁾를 참조할 수 있을 것으로 여겨지며 각 배열에 대한 평가 프로그램은 CFAST, CONTAMW 등을 이용하여 그 타당성을 입증할 수 있을 것으로 판단된다. 추가적으로 거주공간에 미치는 바람의 영향 등 외부 영향요소, 실내 밀도 차이에 의한 연돌효과, 실내 틈새 유동량 해석, 구조물에 미치는 영향 등에 대하여도 종합적인 평가가 수행되어야 할 것이다.

3. 결 론

원전 주제어실의 인간공학적 설계는 인간의 감성적 측면과 컴퓨터의 조합에 의하여 단순명료한 동작, 인적오류 방지를 위한 개념을 반영한 것이다. 반면, 주제어실 거주성은 설계기준사고의 조건하에서도 운전원에게 거주공간을 제공하고 인체의 생물학적 기능을 확보하기 위한 안전 설계개념이다. 사고를 미연에 방지하고 피해를 최소화하며 안전에 중요한 계통과 기기 및 구조물의 기능을 확보하여 원자료를 안전하게 정지시킬 수 있는 능력을 확보하기 위한 물리적 측면의 심층방호개념과 더불어 주제어실 거주성은 인간에 의한 판단과 결정능력을 좌우하는 안전성 확보의 필수적 요건이다.

이러한 측면에서 원전 주제어실 거주성을 설계조건 및 일반적 기준에 의하여 해석하여 본 바 설계기준과 다소 상이한 결과한 보였다. 이에 대한 타당성은 보다 많은 해석과 연구의 수행으로 판명될 수 있겠지만 외국의 연구와 시험¹²⁾에서도 여러 가지 문제가 제시되었다. 특히, 차압에 민감한 영향을 보이는 틈새의 실제 면적은 본 연구에서 적용한 값보다 훨씬 크고 불규칙한 패턴을 보일 것이 예상되며, 화재와 방사선 누출사고가 동시에 발생한 경우 주제어실 거주성 확보에 큰 어려움이 있으며, 외부 및 내부적 환경변화에 따른 유동량 변화를 자동제어할 수 있는 수단이 불충분하다는 점이 거론되고 있다.

이러한 문제점에 대하여 외국의 관련기관¹³⁾들은 거주공간의 누설량 해석^[11, 12]과 송풍기를 이용한 시험 방법^[13]을 개발하여 응용하고 있으며 구획된 공간에서의 유동해석과 유독성 물질의 농도변화를 평가할 수 있는 프로그램도 활용하고 있다. 선진국의 이러한 기술 경향을 고려할 때 국내에서도 주제어실 거주성 향상을 위한 연구와 기술을 적극 개발하여 주제어실 내부환경 개선과 거주성 향상을 위한 기반을 조속히 마련하여야 할 것으로 판단된다.

11) 환기설비분야 I, 02-S-065에서 소개되었으며('02.6) 주제어실의 운전모드를 R-mode, S-mode, T-mode로 구분하여 배열에 대한 평가를 제시하였다.

12) NUREG-0737, NRC R.G. 1.78, 1.145, 1.183, NEI 99-03 및 규제기관 Issue Reports

13) NRC, NEI, ASTM, ASME, ASHRAE 등

참 고 문 헌

- [1] ASHRAE 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
- [2] EPA-454/R-00-005, Air Quality Index. A Guide to Air Quality and Your Health
- [3] 10CFR50, Appendix A, GDC-19, 'Control Room', Revised Edition
- [4] NUREG 0800, SRP Section 6.4, 'Control Room Habitability Systems', Section 9.4.1, 'Control Room Area Ventilation System' and Section 9.5.1, 'Fire Protection Program'
- [5] Wolsong-3&4 NPP, FSAR and Technical Specification 및 Kori 3&4, Yonggwang #&4, Ulin 3&4 NPPs, FSAR section 9.4
- [6] NEI 99-03, 'Control Room Habitability Assessment Guide'
- [7] NISTIR 6476, CONTAMW 1.0 User Manual for Multizone Airflow and Contaminant Transport Analysis Software (NIST)
- [8] NISTIR 6476, A User's Guide for FAST, Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport(NIST)
- [9] 차세대원전 공조계통 설계인자 검토(I), 한국전력공사 전력연구원 김성환('98.10)
- [10] 차세대원전 주 제어실 구역 제연계통 최적 설계방안, 한전 전력연구원 김시문('98.8)
- [11] ASTM E741, Standard Test Method for Determining Air Change in a Single Zone by Means of a Tracer Gas Dilution
- [12] ASTM E779, Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization.
- [13] ASME E779-1999, Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization