

원자력 발전소 운전정지기간중 배열 변경으로 인한 화재위험 분석

The Analysis for the Fire Hazard / Risk derived from the Plant Configuration Change during the Shutdown Period at Nuclear Power Plants

지문학, 홍승열, 성장경, 정현중

한국전력 전력연구원
대전시 유성구 문지동 103-16

요 약

원자력 발전소의 화재위험성 또는 화재위험도는 정상적 운전상태의 배열을 기준하여 평가한다. 그러나 정상운전중 온라인 정비 또는 핵연료 교체를 위한 계획예방정비를 수행할 경우 화재방호구역에 장비나 케이블을 임시 배치하며 작업자의 불규칙한 출입으로 인하여 기존 배열 상태가 흐트러지며 이에 따라 화재위험성 또는 화재위험도가 기존 평가 결과와 달라진다. 이에 따라 본 논문에서는 발전소 배열이 변경될 경우 재평가되어야 할 일반적인 화재위험성 항목을 분류하였으며 각 분류별 상세 분석을 위하여 적용가능한 존 모델 화재 프로그램을 선별하여 제시하였다.

Abstract

Fire hazard or risk analysis at Nuclear Power Plants is implemented on the basis of the normal operational configuration. This steady configuration, however, can be changed owing to the temporary displacement of equipment, electric cable and the irregular in and out of the workers through the fire compartments when the on-line maintenance during at-power mode or the scheduled outage mode for the refueling is performed. With consequence of this configurational alteration, the fire condition for the analysis and the evaluation result will be different from each case. In this context, at this paper, the general items for the reassessment are categorized when the configuration changes happen. The applicable zone modelings for the detailed fire analysis are also presented for each classification.

1. 서론

운전 중인 원자력 발전소(이하 '원전'이라 약술함)에 적용된 초기의 화재방호 규제 요건은 10CFR50 Appendix A¹의 일반설계기준인 GDC-3 (General Design Criteria-3)이다. 이는 1960년대 초 상업용 원전의 건설시 안전에 관련된 계통, 기기 및 구조물의 설계에 적용되어 왔으며 일반 산업계에 적용한 설계기준과 크게 다르지 않았다. 그러나 원전 산업계 및 규제

기관은 1975년 3월 미국 Browns Perry 발전소에서 발생한 화재에서 케이블 및 안전관련 기기가 손상되어 안전정지기능에 위협적인 사고를 경험하면서 기존 원전에 대한 화재방호 프로그램 및 방화성능에 관한 설계요건과 규제지침을 강화할 필요성을 절감하게 되었다.

이러한 필요에 따라 그 후속조치로 1976년에 BTP 9.5.1과 Appendix A가 제정되었고, 1979년에는 10CFR50의 Appendix R2에 이어 방호프로그램과 관련 규정의 핵심을 명시한 10CFR50.48³이 제정되었다. 또한 10CFR50.12, 10CFR50.59, Generic Letter 등이 발행되면서 원전의 화재방호규정은 심층방어개념 및 성능기준을 수용하였고, 이에 따라 일반 산업계의 화재방호규정과 는 적용 방법상의 차이 및 다른 특성을 갖게 되었다. 반면, 이러한 규정이나 지침은 원전의 안전과 관련한 노심손상빈도 및 방사성 물질의 외부 허용 유출량에 대한 설계 목표를 만족토록 설계 당시 요구되는 설비의 이용률 및 신뢰도를 반영하여야 한다. 이러한 접근에 따라 발전소 화재 사례나 발생 빈도의 평가는 지나치게 보수적인 경향을 띠게 되었고 규제 요건의 적용에서도 명확하지 않은 변수나 가정 등 불확실성을 고려하여 결정론적 방법의 규범적 규제를 견지하여 왔다.

반면, 원전의 가동시간이 증가하고 경험이 축적됨에 따라 불확실한 주요변수에 대한 타당한 해석이 가능해지고 확률론적 안전성 평가 방법이 원전의 위험도 평가에 도입되면서 원전의 안전에 대한 새로운 접근이 이루어졌다. 이러한 흐름은 원전의 화재방호분야에도 적용되었으며, 이에 맞추어 규제기관과 산업계는 기존의 규범적 규제에서 성능위주의 규제 방안을 마련하기 위한 공동 노력을 추구하였다. 이러한 노력에 대한 결실 중에서 원전의 안전과 방호설비의 실질적 능력과 성능을 확보하기 위한 화재방호기준인 NFPA-805¹⁾가 2002년 1월 제정되고 2월 공포되어 그 효력을 발휘하게 되었다. 현재 미국 규제기관인 NRC는 본 화재방호기준의 법제화 조치와 실무지침을 마련하고 있으며 이는 2003년 말경 확정될 것으로 예상된다.

규범적 규정에 따른 결정론적 적용 기준과 함께 실질 성능에 바탕을 둔 성공적 결과를 추구하는 성능위주 화재방호기준인 NFPA-805⁴는 출력운전중인 원전뿐만 아니라 발전소 정지기간중에도 적용된다. 특히, 이 기준은 현 정비규정의 적용 범위에 속하지 않는 화재방호설비에 대하여도 발전소 배열상태 변화로 인한 위험성과 안전정지 능력을 평가하고 지속적 성능 감시를 수행토록 요구하는 조항을 담고 있다. 이를 고려하여 본 연구자는 기존 규정이나 원전의 현 적용 기준에 명시되지 않거나 불명확한 분야인 발전소 운전정지기간중 배열 변경으로 인한 화재 위험성 항목을 검토하고 그 분석 결과를 제시하고자 한다.

2. 원전의 화재위험성 및 안전정지능력 평가

2.1 화재위험성 평가 항목

현재 적용되고 있는 대부분의 원전 화재위험성 분석 목적은 출력운전중인 발전소에서 화재가 발생한 경우 설비의 기능과 운전원의 능력에 의하여 발전소를 안전하게 정지시킬 수 있는지의 여부를 발전소 운영자 또는 전문적 지식을 가진 자가 평가하는 것이다. 또한, 이 전문가들은 화재로 인하여 사고가 발생한 경우 외부로 누출될 수 있는 방사성 물질의 양을 규제치 이하로 제한할 수 있는 실질적 방법과 그 성능이 발전소에 확보되었는지 여부도 평가한다. 한편, 출력운전중인 발전소의 안전상태와 비교할 때 운전정지기간에도 반응도제어, 잔열제거, 사용후 연료저장조 냉각 등의 기능을 확보하기 위하여 화재 위험성 평가는 동일한 범

1) NFPA-805 : Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants

주로 적용되어야 하며, 공공에 미칠 수 있는 방사선 피폭의 영향도 역시 동일한 개념으로 평가되어야 한다.

발전소 운전 및 정지기간중 화재위험성 평가를 위한 항목 및 그 기능은 포괄적으로 동일하지만 정지기간중 발전소 배열 변경에 따른 입력조건 및 상태는 다양하게 변동된다. 즉, 발전소 운전중 온라인 정비 또는 핵연료 교체를 위한 계획예방정비기간에는 구획화된 화재방호구역이 변경되거나 구획 자체가 불명확해질 수 있다. 또한 예측할 수 없는 임시 가연물이 불규칙하게 분포하게 되며 점화원의 종류와 위치가 다양하게 된다. 특히, 화재에 적용되는 심층방어개념²⁾은 화재 발생을 사전에 차단할 수 있는 예방조치를 취하고, 화재를 조기탐지하며 즉각적으로 진압하며, 화재 확산을 방지하고 비록 화재가 발생하여도 필수 안전기능을 확보하는 것이지만 발전소 배열이 설계 조건 또는 운전 상태와 다를 경우 변경된 조건하에서 발전소 구획별 위험성은 재평가되어야 한다. 이러한 측면에서 다음과 같이 발전소의 배열상태가 변경된 경우 평가되어야 할 일반적인 화재 위험성 항목을 그 특성별로 분류하였다.

- 1) 발전소 구역별 화재방호구역, 화재방벽 및 화재실
 - 화재방호구역의 기하학적 형상 및 물리적 배치
 - 화재방벽의 내화도 등 재질 특성
 - 화재방호구역 내부의 소구획화 및 화염전파 특성
- 2) 설비, 구조물의 물리적 배치 및 방호설비의 위치와 적용성
 - 화재구역 내부의 설비와 구조물 배치
 - 탐지, 경보 및 소화설비 등의 위치 및 실용성
- 3) 화재예방 및 방호를 위하여 적용된 코드, 기준, 설계지침⁵⁾ 등
 - 원설계자가 적용한 국가별 코드 및 기준
 - 인허가 시점을 기준한 규제요건 및 설계지침 특성
- 4) 고정 및 변동(임시) 가연성 물질의 양, 배치, 연소 특성
 - 화재 하중과 가혹도
 - 연소 지속시간 및 온도/시간 분포도
 - 연소 생성물 성상 및 독성, 부식성 등 화학적 특성
- 5) 소화용수설비, 화재진압설비, 배연설비 등에 대한 타당성
 - 수조, 수원량 및 주소화배관의 배치
 - 화재진압경로, 배치 및 배연설비와의 연동 기능 등
- 6) 조명, 통신, 동력, 지원 기능에 대한 검토
 - 피난 및 제어활동을 위한 비상조명설비 및 통신설비
 - 예비 또는 비상전력이 요구되는 설비 및 용량
 - 자체 및 지원 소방대 활용, 특수 소화용 장비 등의 기능
- 7) 발전소 내부 행정적 절차, 프로그램에 따른 요구사항
- 8) 국내법, 조례 등에 따른 주기적 위험성 검토 사항

2.2 원전의 안전정지 능력 평가 항목

원전이나 일반 산업설비의 경우 일반적인 화재위험성 평가의 대상이 되는 항목은 위에서

2) Defense-in-Depth : ① Preventing fires from starting ② Rapidly detecting, controlling and extinguishing fires ③ Providing adequate level of fire protection for structures, systems and components important to safety.

살펴본 바와 같이 배열상태의 변경 전과 변경 후의 구분이 크게 다르지 않다. 반면, 원전의 위험도를 평가할 경우 출력운전상태에 비하여 고온정지, 저온정지, 보증정지 등 원전을 안전하게 정지하고 그 상태를 유지하기 위한 안전정지 능력 및 안전 여유도는 운전모드가 변함에 따라 중요한 관리항목이며 규제의 대상이 된다.

원전 화재방호에 관련된 모든 코드와 규제지침에는 화재가 발생한 경우에도 원전을 안전하게 정지할 수 있는 능력을 요구하고 있다. 즉, 10CFR50의 Appendix A와 Appendix R, 10CFR50.48의 연방규제법에서부터 규제정책이나 규제지침 등에서 예외 없이 운전중인 원전을 안전하게 정지하고 그 상태를 유지할 수 있는 요건을 규정하고 있다. 이 요건의 주요목적은 원자로 반응도 제어기능, 1차계통 냉각재 재고 또는 보충 능력의 확보, 붕괴열 또는 잔열 제거 기능 등 1차측 안전정지기능에 관련된 것이다. 이에 따라 안전정지로 이행되는 과정에서 화재와 관련하여 요구되는 안전정지 능력의 평가 항목을 다음과 같이 분류하였다.

- 1) 안전에 관련된 구조물, 계통, 기기들에 대한 설계기준
 - 화재, 폭발의 가능성이나 영향의 최소화
 - 구조물, 계통, 기기의 기능 또는 능력에서 관련성과 일관성
- 2) 안전정지능력 확보를 위한 구조물, 계통, 기기들에 대한 방호 특성
 - 다중성, 다양성, 독립성이 확보될 수 있는 물리적 배치 또는 격벽
 - 주제어실, 비상제어실의 이용성 및 제어능력
 - 독립 또는 대체 정지능력 확보가 요구되는 화재방호구역, 지역에 대한 분석
- 3) 주요 화재방호구역에 대한 재질의 특성 및 요구 내화도
 - 구획별 비가연성 또는 내화성 재질의 사용
 - 화재방호구역별 요구 내화도 및 격리 특성
- 4) 안전관련 케이블, 회로 및 안전기능에 연계된 비안전성 전선 및 배선
 - 안전정지를 위한 다중계열의 케이블, 전선, 배선의 안전성 확보
 - 단락, 접지, 단선의 가능성 및 오동작 분석과 보완대책
- 5) 능동형 소화설비, 비상조명설비, 피동형 방재기능
 - 안전 기능 수행을 위한 소방계통과 설비의 능력설비 및 실제 작동에 따른 영향
 - 운전원 거주성 및 소화 활동을 할 수 있는 물리적 보조기능
- 6) 운전중인 발전소의 화재방호 프로그램 수립 및 주기적 화재 위험도 평가
 - 인허가를 위한 적용 코드 및 지침에 따른 화재방호 프로그램 수립 및 이행
 - 정성적 및 정량적 방법에 의한 주기적 화재위험도 평가

3. 원전 운전정지기간중 배열 변경에 따른 화재위험성 평가

3.1 배열 변경에 따른 화재위험성 분석

원전에서 수행되는 정비의 유효성을 평가하고 감시하기 위한 규제요건인 10CFR50.65³⁾는 통상 정비규정이라 일컬어진다. 원전의 화재방호설비는 이 정비규정의 범주에 속하지 않지만 화재에 관련된 코드 및 기준에 따르면 발전소 배열상태 변경에 따른 영향의 감시는 화재 위험성과 안전정지 능력의 평가 대상이 된다. 이런 측면에서 정비규정 (a)(4)⁴⁾ 즉, 발전소에서

3) 10CFR50.65 : Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants

4) (a)(4) Before performing maintenance activities (including but not limited to surveillance, post-maintenance testing and corrective and preventive maintenance), the licensee shall assess and manage the increase in risk that may result from the proposed maintenance activities. The scope of the assessment may be limited

모든 종류의 정비를 하기에 앞서서 정비 실행에 따른 위험도 평가를 사전에 수행토록 의무화한 조항에 대비하기 위하여 본 연구에서는 발전소 운전정지기간중 배열 변경에 따른 화재위험성 변동 항목을 분석하였다. 발전소 계획예방정비기간중 화재위험성 및 위험도 평가 방법은 오늘날 미국 등 기술 선진국에서 주요 쟁점으로 논의되고 있으며 원전 산업계와 화재분야 전문가들에 의하여 성능위주 화재분석 프로그램을 응용한 구체적 적용 방안이 수년 내에 개발될 예정이다.

아래에는 발전소 출력운전중 정상상태의 배열과 비교하여 운전정지기간중 배열 변경에 따른 화재 위험성 변동 또는 재평가가 필요한 항목을 선정하였다.

1) 연소물의 기본 특성 변동 항목

- 고정 연소물의 양, 위치 및 상대적 배치
- 변동(임시) 연소물량 및 연소 대상물량
- 구획별 연소성 물질의 열발생율(량)
- 연소 지속시간의 변화에 따른 연소실 특성
- 플래시오브, 최성기 등 연소-온도곡선 변동
- 질량연소율, 연소생성물 등의 증감
- 열손실계수, 복사분율, 화염확산 거리 등 주요 변수
- 연소물의 구획내부 위치(벽체, 모서리, 기타)

2) 화재방호구역의 변경

- 단일구획실의 구조 및 사양 변경
 - 화재방호구역이 확장되었으나 동일 화재모델링을 적용할 수 있는 공간으로 변경
 - 단면 형태의 변경에 따른 적용 모델링 수정 또는 변경
 - 적용 가능한 화재모델링은 동일하나 입력 자료 및 관련 변수 변경
- 단일구획에서 다중방호구획으로 변경
 - 단일구획실에서 다중구획실로 변경
 - 수평, 수직 및 복합구조의 다중구획으로 변경
 - 구획별 높이, 개구부, 틈새 등의 변경에 따른 해석 방법 변경

3) 화재방벽 및 격벽의 재질 및 사양 변경에 따른 내화능력 변경

- 방벽 및 격벽의 재질 변경
 - 위험성이 증가하는 방향으로 재질 변경시 특성 검토 및 위험성 평가
 - 중간 칸막이, 턱반이, 발코니 형태의 구조물 변경 및 성능의 영향
- 사양 변경에 따른 위험성 재평가 항목
 - 실내온도 변화
 - 구획실의 연기확산 특성
 - 연소부, 천정부, 고온부의 온도 분포

4) 환기 형태 및 방식의 변경

- 환기 양상의 변경
 - 개구부, 틈새 변동에 따른 자연환기 형태의 변경
 - 외기유입구, 환기구 변동에 따른 제1,2,3종 환기⁵⁾ 형태 변경

to structures, systems and components that a risk-informed evaluation process has shown to be significant to public health and safety

5) 1종 환기 : 송풍기에 의한 외기 유입 및 배풍기에 의한 배출방식, 2종 환기 : 송풍기에 의한 외기 유입 및 자연

- 환기 특성의 변경
 - 외기 유입량, 환기 배출량의 변경
 - 상층부, 하층부 구분 및 개구부 면적 변화
 - 수직환기구, 수평환기구 및 이의 혼합에 따른 실내 유동특성 변화
- 연기층의 유동 특성 변화
 - 연기층의 온도 변화
 - 연소층 및 천정류 최대 상승 온도
- 5) 소방설비의 기능 및 능력 변화
 - 열감지기 동작 기능 변화
 - 화재방호구역 변화에 따른 천정류 온도 및 기류 변화
 - 열분포 변화에 따른 기능 상실 또는 오보 가능성
 - 열감지기 성능 분석 프로그램에 미치는 영향
 - 연기감지기 동작 기능 변화
 - 연소가스류의 흐름 변화로 인한 동작 불능 또는 감지기능 상실
 - 열감지기 특성 및 환경을 고려한 성능 분석
 - 화재 분석 모델링의 변경
 - 소화설비의 능력 변화
 - 유효소화능력 및 소화면적 변화
 - 인접 연소물에 대한 소화능력 상실 등
- 6) 기타 검토 항목
 - 연료 또는 산소지배화재 및 시간대별 화재의 변화 양상
 - 구조 변경에 따른 케이블, 전선류의 임계손상온도, 임계열유속의 영향
 - 연소대상물의 위치(연소층, 천정기류, 고온가스층, 기타)
 - 바람, 부력, 연돌효과에 의한 영향
 - 소방대에 의한 소화 및 제연 능력 등

3.2 화재위험성 분석을 위한 적용 화재 모델링

일반적인 화재위험성 또는 위험도 평가는 원전의 출력운전 또는 저출력상태에서 발전소 배열의 변동이 없는 상태를 기준하여 진행된다. 이 경우 적용되는 보수적인 존 모델의 컴퓨터 프로그램은 FIVE⁶⁾, MAGIC, COMPBRN-IIIe 등이며 성능기반의 화재모델링으로서는 CFAST⁷⁾를 들 수 있다. 이들 화재모델링은 분석자가 화재 시나리오에 따라 연소구획, 연소물, 환기조건, 연소대상물 등을 반영하여 선정하여야 하며, 일부 기능이 없거나 조건이 적합하지 않을 경우 별도로 프로그램의 수정 또는 별도 계산에 의하여 보완⁸⁾하여야 한다.

특히, 발전소 상태가 운전모드에서 정지모드로 운전조건이 변한 경우 분석자는 변동된 조건 및 상황에 대하여 화재위험성 또는 화재위험도를 분석하여야 한다. 즉, 적용 가능한 화재 시나리오와 목적하는 분석 항목 및 화재 상황을 가장 적절하게 모사할 수 있는 화재모델링을 선택하여야 한다. 화재모델링 분석 결과는 상세 검토를 거친 후 프로그램 분석자에 의하여 수차례 반복적인 계산을 하게 되며, 최종적 결과는 전문가에 의하여 면밀한 평가를 거친 후 확정되어야 한다.

발전소 정상 운전상태와 비교하여 배열상태가 변화된 경우 또는 정상상태의 화재위험성

배출방식, 제3종 환기 : 자연 외기 유입 및 배풍기에 의한 강제 배출

또는 화재위험도 분석 기준과 차이가 발생한 경우, 배열 변화에 따른 화재 위험성을 평가하기 위하여 수동으로 계산하여야 할 항목과 컴퓨터 프로그램에 의하여 존 모델의 적용이 가능한 항목을 다음과 같이 구분하여 제시한다.

1) 연소물의 기본 특성 변화

- 기본 특서에 관련된 대부분의 항목은 수계산에 의한 입력이 필요
- 프로그램 최초 출력을 검토하여 계수, 시간함수를 재차 조정하여 입력

2) 화재방호구역의 변경

- 단일구획실로 변경된 경우
 - CFAST, MAGIC, FIVE, COMPBRN-IIIe 등의 적용이 가능
 - 단, 출력운전중 화재위험도 평가를 위한 입력 요소와는 변수 및 조건이 상이
- 다중구획 또는 다중 방호구역으로 구분된 경우
 - CFAST, MAGIC, COMPBRN-IIIe를 이용하여 해석이 가능
 - FIVE의 경우 다중구획실을 단일구획실로 등가화하기 위한 수계산 조치가 필요
 - 단, 개구부/틈새 조건 및 시간에 따른 동특성을 고려하여 프로그램 수정이 필요

3) 화재방벽 및 격벽의 재질 및 사양변경

- 방벽 또는 격벽을 통한 열손실 계산
 - CFAST, MAGIC, COMPBRN-IIIe에 의하여 벽체의 온도 평가가 가능
 - FIVE의 경우 벽체를 통한 열손실 계수를 일률적으로 적용
- 사양 변경에 따른 벽체 온도 및 구획실 열손실 특성에 따른 평가
 - 벽체, 바닥면, 천정면에 대한 열해석은 CFAST, MAGIC, COMPBRN-IIIe을 적용
 - 단, MAGIC을 제외한 다른 모델은 각 벽체별 다층구조에 대한 해석이 불가능

4) 환기형태 및 환기방식 변경에 따른 해석

- 강제환기에서 자연환기로 전환되거나 자연환기의 조건이 변하는 경우
 - 모델별 개구부 해석에 대한 평가 방법이 상이하므로 전문가 검토가 필요
 - 수평 개구부에 대한 해석은 MAGIC 및 CFAST에 의해 가능하나 CFAST는 1개소의 개구부에 한하여 적용 가능
 - 자연환기가 진행되고 있는 상황에서 개구부의 임의적 변경은 MAGIC 및 CFAST에 의해서만 가능
- 강제환기의 상태 또는 운전조건이 변하는 경우
 - 1종, 2종, 3종 환기방식 해석은 CFAST, MAGIC, FIVE, COMPBRN-IIIe에 의하여 가능
 - MAGIC을 제외한 모델은 시간에 따른 강제환기의 조건을 변경할 수 없음
 - 연기층의 유동특성에 대한 해석은 배열 변경에 따른 조건 입력으로 해석 가능

5) 열, 연기 감지기 및 소화설비의 동작 특성

- 감지기 동작 특성
 - CFAST, MAGIC, FIVE를 이용하여 배열 변경에 따른 조건을 입력하여 해석가능
 - 단, 연기감지기의 동적 특성은 열감지기에 준하여 평가되어야 함
 - 특히, 배열 변경에 따른 실내의 연기 및 열적 유동에 대한 평가 필요
- 소화설비의 동작 특성
 - CFAST에 의하여 수계소화설비에 대한 평가만이 가능
 - CFAST에 의한 평가는 소화수 살포와 동시에 열발생율이 감소하는 것으로 평가

- 되는 바, 실제 상황 분석을 위한 현장 확인 및 소화능력에 대한 별도 평가 필요
- 6) 수계산 또는 별도의 평가방안에 의하여 배열 변경에 따른 위험성 평가 항목
- 시간에 따른 연소율 및 실내의 산소 농도 평가 : 수계산 및 평가 모델을 함께 이용
 - 케이블, 전선류 등의 손상 온도 및 임계 열속 평가 : 재질별 별도 자료를 이용
 - 주변 연소물의 연소 가능성 평가 : 수계산에 의한 입력 자료를 활용하여 모델 이용
 - 연소대상물의 위치에 따른 열발생을 및 연소생성물 평가 : 수계산 또는 모델 이용
 - 바람, 부력, 연돌효과에 대한 영향 평가 : 수계산 또는 모델 이용
 - 기타 정량적 평가 항목 : 평가 모델 이용 또는 별도의 프로그램 활용

4. 결론

원전의 건설단계 또는 운영중 적용되는 화재위험성 또는 화재위험도는 정상 운전중인 발전소의 배열 상태를 기준하여 화재방호구역별로 평가가 수행된다. 발전소의 주기적인 화재안전성 평가, 화재방호설비 점검, 화재방호 프로그램의 개정 등도 대부분 운전중인 발전소의 배열상태를 기준하게 된다. 반면 발전소 배열 상태가 변하게 되는 상황 즉, 정상운전에서 수행되는 온라인 정비기간 또는 핵연료 교체 등을 위한 계획예방정비기간 중에는 기존 설정된 화재방호구역이 변경되며 가연성 물질의 양과 배치가 달라지는 등 물리적 상태 및 기본 연소조건이 변하게 된다. 이와 함께 환기형태와 실내 공기 흐름에 변경이 있게 되며, 화재가 발생한 경우 연소 과정 및 열적 유동 특성이 다양하게 변하게 되지만 이러한 변동에 따른 화재위험성 또는 화재위험도를 일관성을 갖도록 표준화하기가 매우 어렵다.

이러한 관점에서 이 논문에서는 원전의 배열 변경에 따른 화재위험성 항목을 분석하였으며, 상세 분석을 위하여 적용할 수 있는 존 모델의 화재분석 프로그램⁶⁾을 구분하여 제시하였다. 발전소 운전정지기간중 배열 변경으로 인한 화재위험 분석은 미국 등 기술 선진국에서 보다 심층 분석이 진행되고 있으며 이에 대한 규제조치도 예상되는바 국내에서도 위험도 정보를 활용한 성능위주의 화재모델링 및 방법론⁹ 개발이 절실히 요구된다. 발전소 배열변경에 따른 위험도 평가기술은 주목되는 연구 분야로 이 분야의 핵심기술 확보는 원전의 안전성, 경제성 및 성능 향상을 달성할 수 있을 것으로 확신한다.

6) Zone Modeling Fire Program : FIVE, MAGIC, FAST, COMPBRN-IIIe, CFAST, FLAMME, FPETool
Cf 1, CFD : FLOW-3S, LES Cf 2, Network : ASCOS, CONTAM

참 고 문 헌

1. 10CFR50 Appendix A ; Guidelines for Fire Protection for Nuclear Power Plants
2. 10CFR50 Appendix R ; Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to Jan. 1, 1979
3. 10CFR50.48 ; Fire Protection
4. NFPA 805, Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants. (2001 Edition)
5. Fire Protection Handbook(18 edition), NFPA and SFPE Fire Protection Engineering (2nd Edition), SFPE
6. EPRI TR-100370, "Fire-Induced Vulnerability Evaluation (FIVE)", Final Report, April 1992
7. "A User's Guide for FAST : Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport('20 edition)", U.S. Department of Commerce, Technology Administration, NIST
8. EPRI FR-1002981, "Fire Modeling Guide for Nuclear Power Plant Applications" August 2002
9. 1) NUREG-1521, "Technical Review of Risk-Informed, Performance-Based Methods for Nuclear Power Plant Fire Protection Analysis(Draft for Comment)
- 2) Regulatory Guide 1.174, "An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decision on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis"