

원자력발전소 화재안전방호계획의 기본



손 봉 세 >>
경원대학교 소방방재공학과 교수

1. 개요

원자력발전소의 화재방호계획은 과학기술부 고시 제2003-19호(2003.11.17) 요건에 따라 화재방호를 위한 세부절차를 규정함으로써 화재발생을 예방하고, 화재발생시 신속한 진압 및 발전소 안전정지능력을 확보하기 위한 것으로 심층방어(defense in depth) 개념에 따라 다음 사항을 포함하여야 원자력발전소에 대한 화재방호안전대책을 수립하여야한다.

- 화재방호 관련조직의 권한 및 책임
- 화재예방을 위한 운영절차
- 화재진압을 위한 운영절차

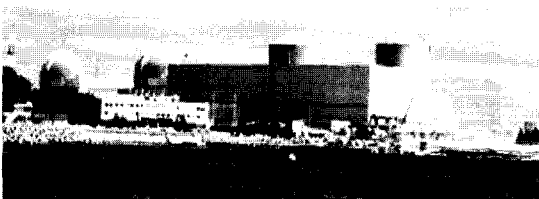


그림 1. 고리 원자력발전소 전경

- 화재발생시 안전정지관련 운영절차
- 초동소방대의 교육 및 훈련

또한 원자력발전소는 효율적이고 체계적인 화재방호 관련업무의 수행을 위하여 국내는 물론 외국의 경우도 일반적으로 다음과 같은 방화관리자 및 각 부서의 책임과 권한을 정하여 운영하고 있다. 그러나 각 원전 간 화재방호계획서에 사용한 용어가 다르거나 불명확하게 표기, 방호계획서 상의 업무 분장, 초동소방대 훈련 및 시나리오의 일관성, 방화관리업무의 단순화에 대한 좀더 구체적인 대응방안이 필요하다. 현재 원자력발전별 방화관리 조직은 그림 2와 같으며 각 책임자별 업무범위 및 내용은 다음과 같다.

1) 발전소장

화재방호계획서 및 관련 절차서의 승인 및 이행에 관한 총괄관리

2) 안전부장(방화관리자)

- 화재방호계획서 작성 및 개정
- 발전소 각 부서의 화재방호 관련 업무 조정, 통제 및 이행 상태 확인
- 화재사고 보고서의 작성, 재발방지대책 수립
- 화재방호 관련 업무 실적자료 보관
- 초동소방대 교육 및 훈련 평가

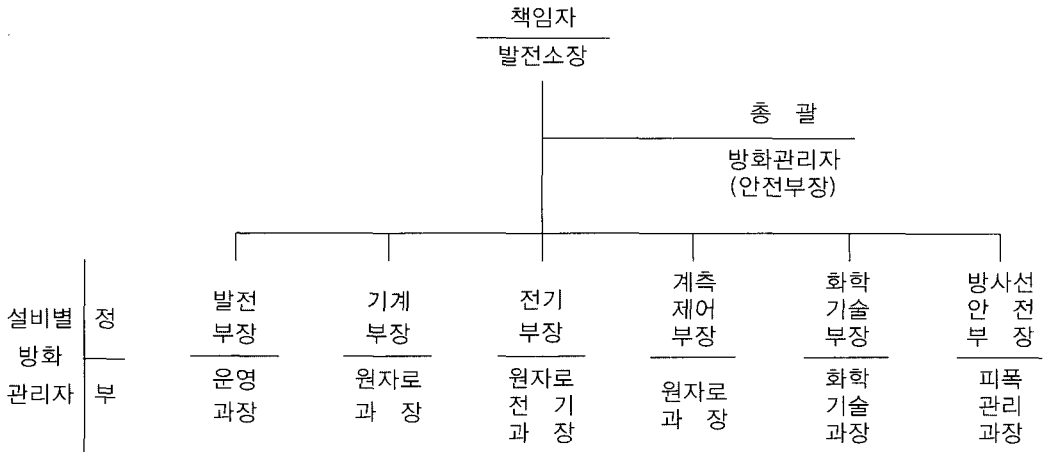


그림 2. 발전소 방화관리 조직도

3) 품질보증1부장

화재방호 관련 품질보증 활동 수행

4) 교대조 발전부장

- 해당 교대조에 대한 초동소방대 구성
- 화재시 안전기능 확보 조치, 비상운전조치 수행 및 자체소방대 통보

5) 교대조 안전과장(초동소방대장)

- 해당 초동소방대의 교육 및 훈련 시행
- 화재시 초기진화 수행 및 진화 실패시 자체소방대 및 외부소방대 협조
- 초동소방대 장비 점검

6) 설계주관부서장

설계변경 작업시 화재위험도분석보고서 적합성 검토

7) 발전소 전 부서장

- 담당 방화지역에 대한 임시가연성 물질 점검
- 화재 감지 및 진압설비, 화재방호 장비, 내화방벽 및 피난설비 등에 대하여 담당 설비에 대한 점검 및 시험 수행
- 발전소 협력업체 직원(임시 출입자)의 교육

8) 발전지원과장

- 초동소방대 교육 및 훈련 계획 수립
- 초동소방대 교육용 교재 개발
- 초동소방대 교육 및 훈련실적 보관

2. 화재예방 운영절차

화재는 사전에 예방하는 어떠한 대책보다 가장 중요하다. 따라서 원전의 화재안전을 효과적으로 확보하기 위해서는 화재예방을 위한 운영절차에 따른 대책이 필요하다. 화재예방의 운영절차는 방화지역별 점화원 및 가연성물질의 관리, 점화원을 유발하는 정비작업에 대한 관리, 소방 설비 정비기간중의 화재예방 대책 및 화재위험도분석 보고서의 적합성에 대한 검토사항을 포함하고 있다. 이러한 화재예방의 운영절차의 주요내용에 대하여 간단하게 요약하면 다음과 같다.

2.1 가연성물질 관리

화재예방을 위하여 원자로 시설의 운영에 사용되는 방화지역별 점화원의 종류와 가연성물질의 현황을 파악하고, 임시 가연성물질의 현황은 주기적으로 점

검 하는 등 화재위험성이 있는 가연성물질에 대해서는 취급 및 사용을 제한하고 있다.

2.1.1 가연성물질의 반입 및 보관

화재시 원자로 안전정지 및 유지기능에 영향을 줄 수 있는 방화지역 및 방사능을 누출시킬 수 있는 방화지역 등에는 승인되지 않은 가연성 물질을 반입 및 보관을 원칙적으로 금지하고 있으며, 방화지역 내에 가연성물질을 반입하고자 하는 경우에는 '가연성물질 반입신청서'를 작성하여 방화관리자의 승인을 받아 지정된 장소에 보관토록 하고 있다.

2.1.2 가연성물질의 취급 및 사용제한

가연성물질로 포장된 제품 및 기기 등은 화재시 원자로 안전정지 및 유지기능에 영향을 줄 수 있는 방화지역 및 방사능을 누출시킬 수 있는 방화지역 등에서는 해체를 금지하고 있다. 그러나 불가피한 경우 방화관리자와 협의하여 해체하여야 하며, 모든 가연성물질은 포장 해체후 즉시 그 지역으로부터 제거토록 하고 있다.

2.2 점화원을 유발하는 정비작업 관리

점화원을 유발하는 정비작업용 장비는 작업시에만 방화지역내로 반입하고, 작업 종료후에는 즉시 방화지역 밖으로 이동하여 보관토록 하고 있다. 또한, 용접, 화염, 절단, 납땜, 기타 각종 점화원을 유발하는 정비작업은 별도의 정비작업 관리 절차서에 따라 관리토록 하고 있다. 열발생 장치는 전도방지를 위하여 고정시키고 가연성물질 및 안전관련 기기와의 안전거리를 확보토록 하고 있다.

2.3 소방설비의 정비기간 중 화재예방

소방설비에 대한 정비작업을 수행하고자 하는 경우에는 해당 설비와 관련된 방화지역에 존재하는 임시 가연성물질을 방화지역 밖으로 이동 후에 정비작

업이 이루어지도록 하고 있다. 소방설비 작업기간 중 해당 소방설비와 관련된 방화지역에서 점화원을 유발하는 정비작업은 원칙적으로 금지하고 있으나, 부득이하게 점화원을 유발하는 정비작업이 수행되어야 하는 경우에는 1명의 화재감시인을 입회시키도록 하고 있다.

2.4 화재위험도분석 보고서의 적합성 검토

화재위험도분석보고서는 10년 주기로 적합성이 검토되어야 하며, 원자로 시설의 설계변경이나 운전방법상의 변동으로 인하여 다음과 같은 사항에 영향을 줄 수 있는 경우에는 해당부분을 개정토록 하고 있다.

- 화재방호구역
- 가연성물질의 종류와 크기
- 설계기준화재
- 화재감지 및 진압설비
- 화재위험성
- 원자로안전정지 · 잔열제거 및 방사성물질 유출 방지능력

3. 화재진압을 위한 운영절차

화재진압을 위한 운영절차에는 화재발생시 초동소방대와 종사자들의 행동지침 등이 포함된 비상대책, 방화지역별 화재감지 및 진압시설과 소방대원용 화재방호장비에 대한 설명, 화재감지 및 진압시설에 대한 자체검사계획, 원자로의 안전정지 및 유지기능에 영향을 주는 지역이나 방사성물질 누출 가능성이 있는 지역에 대한 화재진압대책을 포함하고 있다.

3.1 화재발생시 초기진화 조치

최초로 화재를 발견한 자는 큰소리로 주위의 다른 사람에게 화재가 발생했다는 사실을 전파하고 주체어실로 화재발생장소, 화재의 종류, 현재상태를 보고

하고 주변의 소화기구 등을 사용하여 화재의 초기 진화를 실시하여야 한다. 화재발생 보고를 접수했거나, 화재경보 등으로 화재 발생을 인지한 발전과장은 소내 방송설비를 이용하여 화재발생 사실을 방송하고, 초동소방대장 및 대원에게 즉시 진화작업에 참여토록 조치하여야 한다. 또한, 소방차를 출동시키도록 자체 소방대에 연락하고, 주간에는 자위소방대 본부에, 휴일 및 야간에는 당직 책임자에게 통보하여 전 직원을 비상소집 시켜야 한다. 초동소방대장 및 대원들은 발전과장으로부터 화재발생 통보를 받는 즉시 화재발생 지역으로 출동하여 화재발생 인근에 비치되어 있는 소화기 또는 소화전을 사용, 신속히 화재진압을 수행해야 한다. 화재 발생 지역이 안전정지 및 방사능물질 누출 관련 지역인 경우 화재 진화로 인하여 관련 기기가 손상 및 오동작 되지 않도록 유의하여야 하며, 안전정지 관련 기기 및 방사능 누출 관련 기기 손상 여부, 화재상황 등을 고려하여 화재진압 조치 또는 화재지역 외부로의 화재 전파차단 조치 등의 타당성 여부를 판단하여 해당 조치를 수행해야 한다.

3.2 초기진화 실패시 후속 조치

초기진화 실패시 초동소방대장은 초기 진화가 실패하였음을 발전과장에게 보고하고, 화재가 인접지역으로 확산되는 것을 방지하기 위하여 인접지역 방화문의 닫힘 상태, 방화 membr의 작동상태, 관통부 밀봉재의 설치상태, 방화체의 적정성 여부 등을 확인하고, 인접지역으로 화재 전파시 진화를 수행하여야 한다. 자위소방대장은 발전소 필수 운전요원을 제외한 모든 소방대원을 화재진화에 참여시켜야 하며 유관 소방기관에 지원을 요청한다. 자체소방대장은 즉시 화재현장으로 소방차를 출동시켜 화재 진화에 참여하여야 한다. 초동소방대장은 자체소방대, 자위소방대 및 유관 소방기관에서 화재진압을 위해 발전소 진입시 이들을 화재가 발생한 지역으로 안내하고 진화에 필요한 조치 등을 협조해야 한다.

3.3 화재진화후 조치

방화관리자는 화재 재발방지대책이 포함된 화재사고보고서를 작성하여 발전소장에게 보고하고, 관련 절차에 따라 타 원전에 전파하여야 한다. 또한, 화재 관련 모든 사항들을 기록하여 발전소 수명 종료시까지 품질보증자료로서 보관하여야 한다.

3.4 화재감지 및 진화설비, 화재방호장비 점검 및 시험

설비별 점검 및 시험부서장은 화재 감지 및 진화설비, 화재방호장비에 대한 점검 및 시험계획에 따라 해당 설비에 대한 점검 및 시험을 수행해야 한다. 점검 및 시험 시 수행부서장은 별도의 점검기술기준을 적용해서 점검 및 시험을 수행해야 하며, 점검 및 시험시 오보를 피하기 위하여 시험 전·후에 설비 작동에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 사람에게 통보하여야 한다. 점검결과가 점검기술기준을 만족하지 못하는 경우 작업오더를 발행하여 시정조치를 수행하고 그 내용을 점검 후 2일 이내에 방화관리자에게 보고해야 한다. 방화관리자는 점검결과 및 시정조치 내용을 확인하고 그 내용은 품질보증자료로 5년 동안 보관해야 한다.

4. 화재발생시 안전정지관련 운영절차

안전정지관련 운영절차에는 화재발생시 원자로의 안전정지 및 유지기능에 미치는 화재의 영향과 방사성물질의 누출가능성을 고려하여 원자로 안전정지 기능을 확보하기 위한 비상조치계획, 방화지역별 피난설비 및 내화방벽에 대한 설명, 피난설비 및 내화방벽에 대한 자체검사계획을 포함하고 있다.

4.1 화재발생시 안전기능 확보 조치

화재발생 지역이 안전정지 관련 지역인 경우 발전

과장은 초동소방대원 이외의 운전원들에게 아래와 같이 안전정지 관련 기기에 대한 오작동 방지 조치를 수행하도록 지시해야 하며, 화재발생 지역이 스위치기어실 냉방과 관련된 공조기실인 경우에는 스위치기어실 온도가 상승되지 않도록 스위치기어실 출입문 개방 등의 조치를 수행해야 한다.

- 화재 발생시 해당 방화지역을 지나가는 오동작 가능기기의 케이블에 대하여 전원차단 조치 및 오동작시 정상상태로 복구
- 해당 지역의 안전정지 관련 기기 및 케이블의 정상여부 확인
- 해당 지역 안전정지 관련 기기의 패널, 계측기, 차단기 등의 정상여부 확인

4.2 화재발생시 비상운전 조치

화재발생시 초동소방대장은 현장의 화재상황을 확인하여 안전정지가 필요하다고 판단되는 경우 발전소를 정지시키도록 발전과장에게 요구하여야 하며, 화재발생 지역이 안전정지 관련 지역인 경우에는 화재로 인해 손상을 받은 안전정지 관련 기기를 발전과장에게 통보해야 한다. 발전소 정지를 요구 받은 발전과장은 즉시 발전소를 정지시켜야 한다. 주제어실내에 화재발생으로 상주가 불가능 할 경우 발전과장은 관련 절차서에 따라 발전소를 안전하게 정지시키고 화재상황에 따라 필요한 조치를 취해야 한다. 화재발생시 비상운전을 담당하는 필수운전원은 그림 3과 같다.

4.3 내화방벽 및 피난설비 점검 및 시험

설비별 점검 및 시험부서장은 내화방벽 및 피난설비에 대한 점검 및 시험계획에 따라 화재감지 및 진화 설비에 대하여 관련 점검기술기준을 적용하여 점검 및 시험을 수행해야 하며, 점검 및 시험시 오보를 피하기 위하여 시험 전·후에 설비 작동에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 사람에게 통보하여야 한다. 점검결과가 점검기술기준을 만족하지 못하는 경우에는 관련 절차서에 따라 작업오더를 발행하여 시정조치를 수행하고, 점검결과 및 시정조치 내용을 점검 후 2일 이내에 방화관리자에게 보고해야 한다. 방화관리자는 점검결과 및 시정조치 내용을 확인하고 필요한 경우 추가 조치를 취해야 하며, 점검결과 및 시정조치 내용은 품질보증자료로 5년 동안 보관해야 한다.

5. 초동소방대의 교육 및 훈련

초동소방대 교육은 소방관련 공인전문기관에서 교육을 받은 자가 실제 원자로 시설에서 사용하는 장비를 사용하여 소방대 구성원에게 실시하고 있다. 교육은 화재진압능력을 유지할 수 있도록 다음과 같은 내용을 포함하고 있고, 교육 수료 후 2년이 경과한 대원에 대해서는 재교육을 실시하고 있다.

- 대원의 임무와 화재진압계획에 대한 사항
- 발전소내에서 발생할 수 있는 화재의 유형과 화재발생가능성이 높은 지역

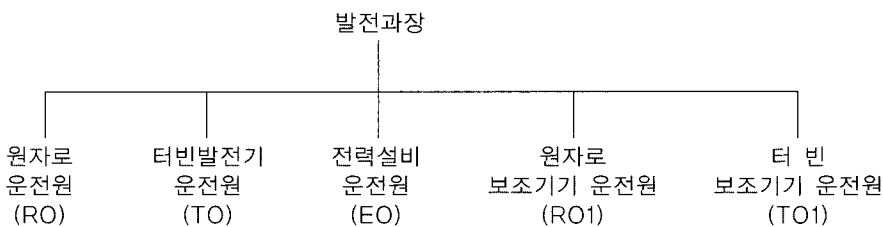


그림 3. 비상운전을 담당하는 필수 운전원

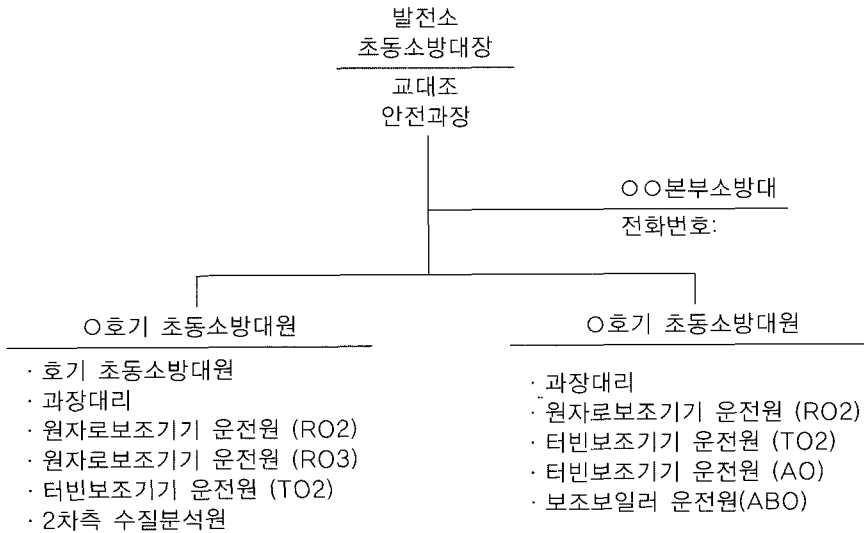


그림 4. 교대근무조별 초동소방대의 조직구성도

- 연소생성물의 독성 및 부식성
- 모든 방화지역의 화재진압 설비의 위치와 진입 및 대피통로
- 화재진압장비의 사용법과 화재종류별 진압방법
- 통신, 조명, 환기, 비상호흡기구의 사용법
- 건물 내부나 밀폐된 공간에서의 화재진압 방법
- 화재진압 작업의 지휘와 협조(소방대장에만 해당)
- 화재진압 원칙과 절차에 대한 세부사항
- 최근의 발전소 변경작업과 관련된 화재진압 계획의 변경사항
- 외부의 소방대와의 협조 사항

소방훈련은 근무조 별로 실시하며, 각 근무조의 훈련주기는 3개월 이하로 하고 있다. 각 근무조의 소방대원은 적어도 1년에 2회 이상 소방훈련에 참가하고 있으며, 각 근무조의 소방훈련은 1년에 1회 이상은 불시훈련을 실시하고 있다.

각 발전소는 그림 4와 같이 교대근무조별 초동소방대를 구성하여 운영하고 있다.

6. 결 어

원자력발전소의 화재위험요소는 비상디젤발전기 인화성 연료, 가연성 윤활유, 케이블 절연재 등으로 대부분의 다른 형태의 발전소나 산업플랜트에서의 위험과 유사하다고 할 수 있다. 원전에서의 화재시의 특이한 점은 화재사고의 결과로 인하여 방사성물질이 가타의 방호공간이나 지역으로 누출될 경우 어떠한 화재사고와 비교할 수 없는 엄청난 인명과 환경피해를 발생할 시킬 수 있는 특수한 특성을 가지고 있다는 것이다. 따라서 심층방어개념의 화재안전 대책과 체계적이고 엄격한 화재방호계획의 수립 및 적용을 통하여 화재안전성을 확보하는 것이 대단히 중요하다.