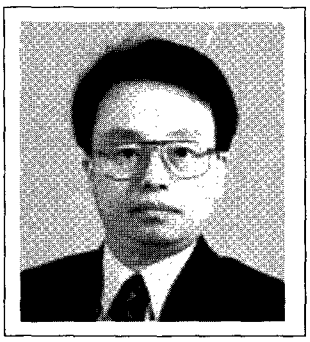
우리나라의 방사능방재 현황
—영광 3호기 방사능방재합동훈련을 중심으로—

강 영 철
과학기술처 원자력검사과장



지난 11월 10일 한국전력공사 영광원자력본부에서는 원전에서의 방사능누출사고 발생시 사고복구 및 주민보호를 위해, 과학기술처 · 내무부 · 전라남도 · 전라북도 · 영광군 · 고창군 · 한국원자력안전기술원 · 한국전력공사 본사 · 영광원자력본부 관계자 및 지역주민 등 약 400여명이 참여한 대규모 방사능방재훈련이 있었다. 훈련은 일부 주민에 대한 실질적인 대피, 헬기 및 해상함정을 동원한 공중 및 해상의 환경방사능 측정, 화재진압, 부상자 구호, 발전소 사고복구, 관련기관간 유기적인 정보교환 등 실제 및 도상으로 처리하는 훈련을 통해 만약의 비상사고시 효율적으로 대처할 수 있는 능력을 배양하는 데 주안점을 두었다.
금번 훈련의 가장 중요한 의의는 우리나라에서 지역주민이 처음으로 대피훈련에 참여함으로써 실질적인 비상대응능력 확보에 기여하였다는 점이다.

최근 일본의 고베지진 및 삼풍백화점 붕괴사고 등 국내외에서 각종 대형사고가 빈번히 발생하여 귀중한 많은 인명과 재산상의 손실을 가져왔다.

그리고 이러한 재난이 일어났을 때 우리는 사전에 철저한 대비가 이루어지지 않아 큰 피해를 입었다는 뼈아픈 교훈을 갖고 있다.

원자력발전소는 설계개념상 각종 안전설비가 갖추어져, 방사성물질이 외부로 방출되는 중대사고의 발생가능성은 거의 희박하다고 생각하여 왔으나, 79년에 발생한 미국 TMI원전사고를 계기로 인근주민의 보호를 위한 방사능방재계획이 본격적으로 수립되었다.

이에 따라 우리나라에서도 82년 고리 1호기에서 처음으로 방사능방재훈련이 실시되었으며, 83년 원전방사능방재계획이 제2차 민방위기본계획의 추가계획에 반영됨에 따라, 실질적인 장비 및 시설확보가 이루어지게 되었다.

뒤이어 86년 옛소련의 체르노빌원전에서 사고가 발생됨에 따라, 국제원자력기구(IAEA)를 중심으로 한 전세계적인 대응책이 강구되었다.

첫째로, 사고가 발생한 국가에서 빠른 시간내에 세계각국에 사고내용을 통보하는 「핵비상시의 조기통보에 관한 협약」을 체결하게 되었으며, 우리나라도 이 협약에 90년 7월 9일 가입하였다.

두번째로는, 원자력시설을 운영하고 있는 국가가 대처능력 범주를 벗어나는 사고에 직면하였을 경우 선진국이나 경험있는 국가에 지원을 요청할 수 있도록 「핵사고시 기술지원에 관한

협약」이 체결되었다.

우리나라는 90년 7월 9일에 서명하였으며, 현재 동 협약에 가입한 국가는 총 101개국이다.

또한 최근의 잦은 대형사고와 관련하여 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여, 금년 7월 18일에 제정·공포된 「재난관리법」의 정의 중 「화생방사고」에 원전방사능누출사고를 포함시킴으로써, 국가 및 지방자치단체의 재난관리체제속에서 체계적이고 조직적인 재난의 수습과 긴급구조·구난을 받을 수 있도록 하였다.

훈련의 목적 및 참여기관

방사선비상훈련은 원전사업자 자체훈련과 정부·사업자 합동훈련으로 구분할 수 있다.

사업자의 자체훈련은 전체훈련과 부분훈련으로 구분하여 실시한다.

부분훈련은 특정 훈련종목을 선정하여 매분기마다 실시하고, 전체훈련은 원자력발전소 소재지별로 연 1회 실시한다.

정부·사업자 및 기타 방재관련기관이 모두 참여하는 방사능방재합동훈련은, 원자력발전소 부지별로 3년에 1회 실시하는데 94년도에는 고리, 금년에는 영광에서 실시하였다.

이번에 실시된 합동훈련은 제4차 민방위기본계획 및 95년도 민방위 집행계획에 의거, 원전방사능방재대책계획의 유효성을 확인하고, 이를 보완·발전시키는 데 그 목적을 두었다.

훈련참여자는 총 400여명으로, 과학기술처·국방부·내무부 등 중앙행정부처에서 약 20명, 전라남도·전라북도·영광군·고창군 등 지방행정기관에서 약 30명, 한국원자력안전기술원·광주지방기상청 등 전문기관에서 약 40명, 한국전력공사 본사·영광원자력본부·타원전사업소 등 발전소사업체에서 약 230명, 인근지역주민 및 도의회의원 약 80명이 각각 참여하였다.

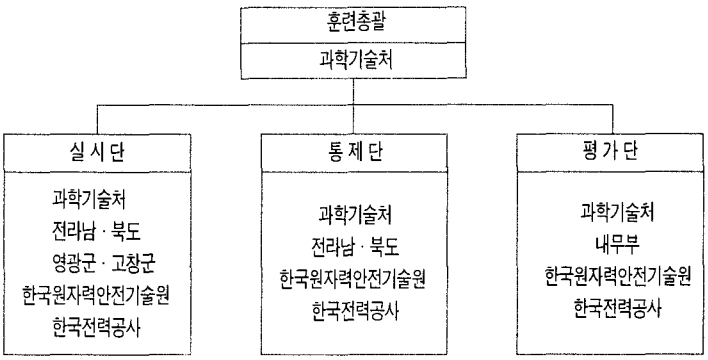
훈련 참여기관의 유기적인 협조를 위해 관련기관 사전회의를 훈련 하루 전날 개최하였으며(95. 11. 9), 훈련은 당일(95. 11. 10) 오전 8시부터 오후 6시 30분까지 영광원전 3호기 주제어실 및 주요훈련시설(본사 포함), 현장방사능방재대책본부인 영광군청 상황실(전라남도·영광군 통합운영), 고창군청 상황실(전라북도·고창군 통합운영), 한국원자력안전기술원 기술지원본부와 과학기술처 상황실에 설치된 중앙방사능방재대책본부에서 실시하였다〈그림 1〉.

훈련종료 후에는 영광원자력본부 전시관 강당에서 훈련참여기관 전체가 참석한 가운데 종합평가회의를 가졌다.

훈련실시내용

각 기관별 훈련실시내용을 살펴보면, 중앙방사능방재대책본부(과학기술처)는 △ 방사능방재 관련기관(중앙정부와 지방정부)간의 상호 유기적인 지원협조체제 강화·유지 △ 비상통신망 및 비상연락망 운영 △ 민방위기본계획 및 민방위집행계획상 중앙행정기관의 소관임무 수행사항업무 △ 국제기구(IAEA·NRC 등)를 통한 기술지원 협의 등을 수행하였다.

현장방사능방재대책본부(전라남·북도)는 △ 대책본부 발족 △ 군·읍·면 비상필수요원 소집 △ 통신체제 검검 및 운영 △ 예상피폭선량 평



〈그림 1〉 영광 3호기 방사능방재합동훈련 체제

가에 의한 주민대피 등 보호조치 △ 방재유관기관간의 협조 △ 비상약품 · 장비 · 대피소 등 점검 △ 비상계획구역내의 주민대피 소산 및 가축이동계획 △ 교통통제 및 치안질서 유지 △ 대피소 운영 △ 음식물 섭취제한 등의 조치를 취하였다.

방사능방호기술지원본부(한국원자력안전기술원)는 △ 방사능방재 기술지원체제 및 지원능력 점검 △ 기술지원계획의 적합성 점검 △ 합동훈련장에서의 문의에 대한 기술지원을 실시하였다.

사업자비상대책본부는 △ 비상상황평가 및 비상발령조치 △ 비정상상황 원인파악 및 운전원 대응조치 △ 노심손상 · 격납용기 건전성 평가 등 발전소 상태파악 및 진행예측 △ 본부 소방대 초기진화 · 외부 소방기관 출동 등 화재진압 △ 부상자 응급조치 및 병원후송 △ 고공 및 해상 방사선탐사활동 △ 이동기상측정반 운영 △ 방사선량 측정 및 평가 △ 비상대응시설 및 장비운영 △ 주민보호조치 권고 등을 수행하였다.

훈련에 동원된 주요시설 및 장비는 〈표 1〉과 같다.

훈련은 실제와 도상으로 구분하여 실시하였으며, 세부내용은 〈표 2〉와 같다.

〈표 1〉 방사능방재훈련 주요시설 및 동원장비

주요 훈련시설	훈련 동원 장비
○ 영광 3호기 주제어실 ○ 비상대책실(EOF) – 위치 : 영광원자력본부로부터 동남쪽 약 4km 거리 한전사택내 – 면적 : 118평 ○ 비상기술지원실(TSC) – 위치 : 영광 3호기 4층 – 면적 : 140평 ○ 운영지원실(OSC) – 위치 : 영광 3호기 3층 – 면적 : 40평 ○ 환경실험실 –위치 : 영광원자력본부로부터 동남쪽 약 4km 거리 한전사택내 – 면적 : 118평	○ 차량 : 환경감시용 차량 2대 등 6종 11대 – 환경감시차량 2대 : 환경방사선 탐사용 – 대형버스 3대 : 주민대피 및 참관인단 수송용 – 승용차 2대 : 통제 및 평가요원용 – 소방차 2대 : 화재진압훈련용 – 구급차 1대 : 의료구호훈련용 – 헬기 1대 : 공중환경방사선 탐사용 ○ 통신 및 방송설비 – 유선통신 : 사선 및 국선전화 5종 120여대 – 무선통신 : 10대(기지국 2 · 이동국 1 · 휴대국 6 · 핸드폰 1) ○ 비상경보용 방송설비 : 1식 – 주제어실 · 비상대책실, · 비상기술실에서 방송 ○ 방사선측정장비 : 선량률측정기 등 10대 ○ 방사선방호장구 : 전면마스크 등 200여점 ○ 훈련상황판 : 주요 운전변수 상황판 등 20종 ○ 전산설비 – 안전변수표시반(SPDS) 단말기 – BARAM 프로그램 탑재 컴퓨터 – 소내 전산단말기, 문서편집용 컴퓨터 등

〈표 2〉 방사능방재훈련 실제 · 도상훈련

실제훈련	도상훈련 (문서작성)
○ 비상발령 · 통보 및 방송 ○ 비상조직의 임무교대 ○ 비상요원 소집 및 비상조직 발족 ○ 비상대응시설 및 장비운용 ○ 기술지원본부 현장파견 ○ 잔류인원 점검 및 비필수원 대피 ○ 비상요원에 대한 방사선방호조치 ○ 소내외 방사선준위 측정 및 환경시료 채취 ○ 사고분석 및 진행예측 ○ 사고추이에 따른 발전소 운전 ○ 방사선방호활동 및 주민홍보 ○ 일부주민의 실제 대피훈련 ○ 의료구호활동 ○ 기자회견	○ 대국민 보호조치 권고 – 주민대피 및 소개 – 오염지역의 음식물 섭취 제한 ○ 사고수습 및 복구활동 ○ 발전소 출입통제 ○ 소외지역 제염활동 지원 ○ 헬기 지원 요청 ○ 교통통제 및 질서유지 ○ 대외기관에 방사선방호 장구 지원

훈련진행방법

훈련진행은 가능한 한 실제훈련으로 실시하되, 사고진행 · 주민대피 등 현 여건상 불가피한 경우 도상으로 대체하며, 훈련통제단이 메시지 및 훈련자료를 실시단에게 부여하여 실시단으로 하여금 실제 · 도상훈련을 실시토록 하였다.

발전소 운전원의 비정상상태 인지 및 분류, 소내외 방재기관에의 통보 및 초기대응조치, 발전소 손상완화 및 인근지역 주민보호 등 모든 훈련에 대해서는 실제상황에서와 같이 모든 상황을 판단·예측·결정하여, 제한된 훈련계획의 범위내에서 비상대응토록 하였다.

비상대응조치 판단은 비상계획서·수행절차서·발전소운영절차서를 따르되, 명시되지 않은 것은 합리적인 판단으로 하고, 실제 또는 가상의 방사선구역 출입시에는 모든 방호규칙을 준수하도록 하였다.

다만 통제 및 평가요원이 가상의 방사선구역을 출입할 때에는 예외로 하고, 훈련중 운전에 영향을 미칠 수 있는 긴급사항이 발생하였을 때는 훈련참여자는 통제단에게 알리고 정상업무를 수행하며, 훈련도중 실제 방사선 비상사태 발생시는 훈련조직을 실제 비상대응조직으로 전환하여 긴급 대처하도록 하였다.

모든 비상훈련 참여자는, 훈련중 개선할 내용이나 보완·발전시킬 사항이 도출되면 정리하여 훈련강평회의시 제출하여 차기훈련에 반영토록 하였다.

주요 조치사항 및 결정사항은 통제요원과 평가요원이 확인할 수 있도록 하고, 훈련 참여기관은 원칙적으로 사업자가 통지한 내용에 따라 훈련을 실시하며, 또한 자체적으로 통제 메시지를 작성·활용토록 하였다.

〈표 3〉 방사능방재훈련 비상상황 보고(통보)

훈련실시기관	비 상 등 급	통 보 기 관
원전사업자 방재대책본부	백색비상	과학기술처 주재관실 → 과학기술처 전라남·북도, 영광군, 고창군 한국원자력안전기술원, 한국전력공사 본사
	청·적색비상	중앙방사능방재대책본부 현장방사능방재대책본부 방사능방호기술지원본부 및 현장파견 한국전력공사 비상대책본부
현장방사능방재대책본부	청·적색비상	중앙방사능방재대책본부
방사능방호기술지원본부	백색비상	과학기술처
	청·적색비상	중앙방사능방재대책본부

〈표 4〉 방사능방재훈련 평가결과

잘 된 사 항	보완·개선이 필요한 사항
○ 우리나라에서 처음으로 일부주민(50명)의 대피훈련이 질서정연하게 실시됨 ○ 메시지·사고정보데이터 등을 부분적으로 전산활용하고 있으며, 화상회의를 최초로 시도한 것은 상당한 의미를 갖고 있음 ○ 헬기를 이용한 공중탐사 및 해양경비정을 이용한 해양탐사 시도, 소방차를 동원한 실제소화훈련 실시 ○ 지속적인 방사선측정·평가와 출입자의 오염검사 등 거주성을 철저히 확인함으로써 비상요원에 대한 보호조치에 만전을 기함 ○ 언론기관에 지속적인 보도자료를 제공하고, 주기적인 기자회견을 통해 대국민 정보제공에 많은 노력을 기울임 ○ 각종 비상대응시설·장비 및 운영기술지침서·절차서 등 관련자료의 철저한 준비로 만약의 사고에 충분히 대비하고 있음	○ 사고의 규모에 따라 측정하는 환경방사능의 대상과 주기를 적절히 선택하여야 할 것임 ○ 옥소제 복용시점은 상당량의 피폭이 우려되는 방출시점의 확인 전후에 복용하도록 지방자치단체에 권고하여야 함 ○ 실제사고시 사고진행 상황에 따른 방사선원항(Source Term)평가에 근거한 주민피폭선량 평가를 수행해야 함 ○ 사고 시나리오 개발을 실제상황에 맞도록 시뮬레이터를 사용하여 검증하는 것이 요구되며, 필요하다면 외부전문기관의 도움을 받는 방법도 고려해야 할 것임 ○ 주민소개훈련시 불시에 마을방송을 통한 주민집결 및 대피훈련으로 유사시 대처능력을 향상시키며, 대피소 이동후 비상시 행동요령, 옥소제복용법 등의 교육이 병행되어야 효과적인 훈련이 될 것임 ○ 훈련에 참여하는 지방행정기관에 대한 훈련실시 내용(메시지)을 많이 설정하여 다양한 상황하에서 각 유관기관의 조치가 이루어 질 수 있도록 할 것 ○ 주민보호조치 기본원칙과 비상사태별 행동지침(도·군·읍·면)을 작성하여 내부 규정화할 것

일정 시간내에 비상대응능력을 평가하기 위해 훈련시간과 실제시간을 별도로 설정·운영하였으며, 훈련시 비상상황 보고는 각 훈련실시 기관별로 비상등급에 따라 유선보고 후 팩스로 세부내용을 보고(통보)토록 하였

다(표 3).

방사선비상의 종류는 발전소내 발생가능한 비상사고 정도에 따라 백색비상 · 청색비상 · 적색비상으로 구분하였다.

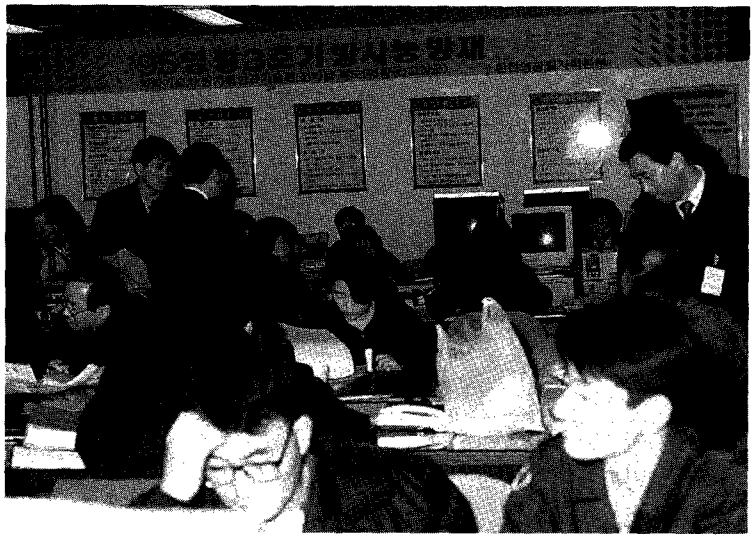
'백색비상'은 원전 안전성에 상당한 손상이 있으나 방사능오염이 발전소 건물내에 국한된 경우이며, '청색비상'은 원전안전성과 관련된 계통 및 기기의 주요기능이 상실되는 사고가 발생하였으나 방사능오염이 발전소 부지경계선에 국한된 경우이며, '적색비상'은 긴박한 노심손상 혹은 노심용융과 함께 격납용기 건전성 상실의 우려가 있는 사고가 발생하거나 진행중인 경우로서, 방사능오염이 발전소 외부까지 확산되거나 그럴 우려가 있을 때 원자력본부장이 발령토록 되어 있다.

훈련실시단은 주기적으로 훈련진행 상황을 비상방송을 통해 전파하며, 훈련에 참여하지 않는 기관의 대응업무를 수행하기 위하여 Response Cell을 운영하였다.

모든 비상훈련 참가자는 표찰 또는 비표를 착용하여 비훈련요원과 구분토록 하였다(통제단 : 적색, 평가단 : 녹색, 실시단 : 황색, 참관단 : 청색표찰 부착).

훈련시나리오

사건 당일 영광원자력본부의 원전 운영현황은 1호기는 정상출력 운전중이며, 2호기는 계획예방정비 보수중이며, 4호기는 시운전중이었다.



발전소비상대책본부(EOF) 훈련모습

3호기는 100% 전출력 운전중에 금속파편 감시계통의 간헐적 동작원인을 규명중에 있었으며, 이때 원자로냉각재계통의 미확인 누설이 2GPM 정도로 추정됨에 따라 발전과장은 누설원인 규명과 보수작업을 지시하였다.

출력을 분당 3MW로 감발하였으나 가압기 수위가 떨어지고, 충전수 유량이 전체 유출수 유량보다 50GPM을 상회한 원자로냉각재 누설량(58 GPM) 증가로 발전소가 불안정하여 백색비상을 발령하고 원자로를 수동정지시켰다.

발전소 정지후 원자로냉각계통의 압력이 강하함에 따라 비상운전절차서에 따라 RCP 1A/2A를 수동정지하였다.

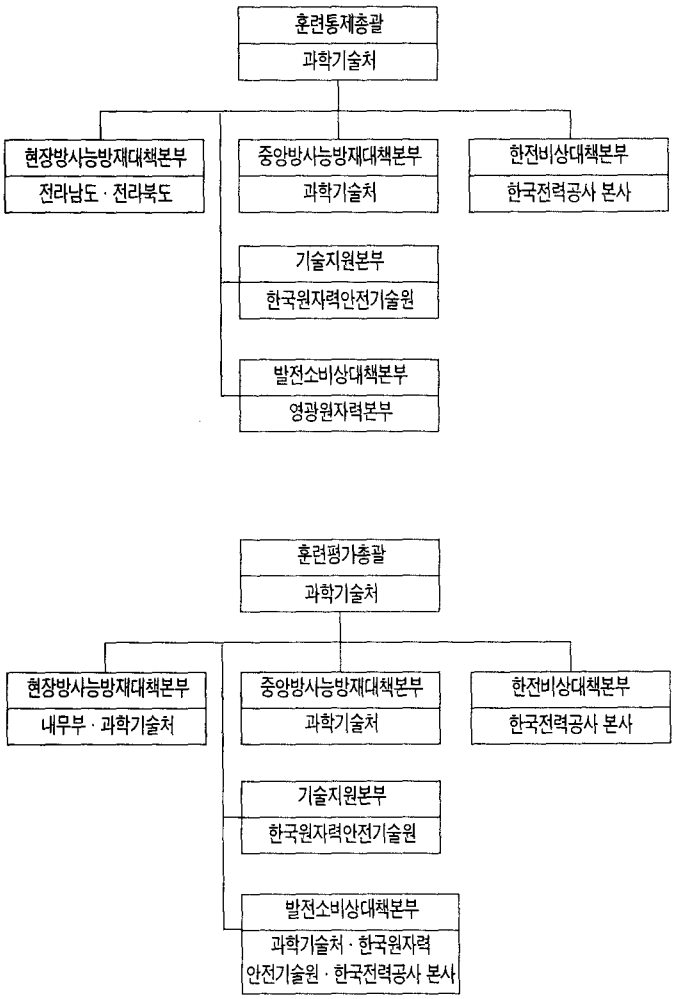
이때 1차 보조건물 스위치기어룸 공학적 안전설비 전원케이블 지지대에서 용접작업을 하던 용접공의 부주의로 인하여 작업장 주위에서 화재가 발생하였다.

화재는 고압안전주입펌프 전원모선 차단기 및 인접부위 케이블을 소손시켜, 청색비상을 발령하고 관계기관에 이를 통보하였다.

곧 이어 고압안전주입펌프 02PA가 기동불능이 되었으며, 가압기 저압력에 의한 안전주입발생 및 격납용기 내부 방사선 고준위경보가 발생하였다.

안전관련 계통기기들이 작동되었으나, 격납용기의 격리실패로 방사능물질이 소외로 유출되어 적색비상을 발령하고 발령사실을 관계기관에 통보하였다.

적색비상 발령에 따라 현장방사능



〈그림 2〉 방사능방재훈련 통제 · 평가체제

방재대책본부에서는 3km 이내 및 5km 풍하방향 60° 지역에 거주하는 주민에 대한 보호조치를 시행하였다.

중앙방사능방재대책본부에서는 영광지역을 재해지역으로 선포하고, 국제원자력기구 등에 사고사실 통보 및 긴급기술지원을 요청하였다.

발전소에서는 격납용기 격리밸브 보수요원 2명이 부상 및 과피폭되어 현장방사능방재대책본부에 긴급의료구호 요청을 하였으며, 긴급출동한 구호요원에 구호되어 소외 의료구호기관으로 긴급 후송조치되었다.

이후 격납용기 배수조 수위증가가 둔화되고 격납용기 압력이 강화되어 발전소는 안정된 상태로 유지되고, 부지경계선에서의 피폭선량률 및 공기중 방사능농도 측정결과가 기준치 이하로 감소되었다.

이에 따라 비상등급을 전환발령하고, 대피 · 소개되어 있던 주민들을 복귀시켰다.

그리고 사업자는 비상조직을 사고복구체제로 전환하여 발전소를 복구하였으며, 비상해제와 함께 모든 훈련상황을 종료하였다.

훈련통제 및 평가방법

통제 · 평가단은 과학기술처 · 내무부 · 한국원자력안전기술원 · 한국전력공사 등 관련직원으로 구성하였다.

훈련통제방법은 통제단이 메시지를 직접 실시단에게 전달하고, 훈련평가용 메시지 사용이 필요할 때는 통제단장과 협의후 시행할 수 있도록 하였다.

또한 메시지의 전달시간을 엄수하되 훈련진행상 시간변경이 필요하면 통제단장의 승인을 받아 시행하도록 하였다.

훈련평가는 평가표를 이용하여 평가하되 훈련범위내에서 평가를 실시하였다.

훈련범위 외의 평가사항은 별도의 보고서를 작성하여 차기훈련시 반영

토록 하고, 훈련진행을 방해하지 않는 범위내에서 실시단에게 훈련에 관련된 질문을 할 수 있도록 하였다.

실시단은 모든 훈련실시내용을 평가단에 제출하도록 하였다.

통제단은 훈련 시나리오 내용을 파악하는 한편 훈련실시에 대한 조언은 금하도록 하였으며, 훈련진행이 시나리오 내용을 벗어날 경우 통제단장과 협의하여 지침이나 방향을 제시하고, 훈련진행을 방해하는 외부인의 접근을 차단하도록 하였다.

평가단은 평가하여야 할 훈련요원의 명단 및 임무를 사전에 파악하도록 하였으며, 훈련진행에 방해를 주는 행위금지 및 실제 방사선구역을 출입할 경우에는 방사선방호절차를 준수하도록 하였다〈그림 2〉.

방사능방재합동훈련 강평회

향후 개선방향

훈련활동을 전반적으로 평가하면, 첫번째로, 사업자의 사고전개 및 수습대책은 비록 기상상태가 좋지 않아 이루어지지는 않았지만, 헬기를 이용한 공중탐사, 해양경비정을 이용한 해양탐사 시도, 판넬준비, 화상회의 시도 등 비상대응준비가 잘 되어 있는 것으로 평가되었으나, 시나리오 전개과정의 검증부족 등 일부 보완사항에 대해서는 개선되어야 할 것으로 평가되었다.

두번째로, 지방자치단체의 지역주민 보호조치에 대해서는 처음으로 인근주민이 참여한 주민소개훈련이 실시된 점, 고창군이 자체훈련계획을 수립하여 최초로 훈련을 실시한 점 등은 높이 평가되었다.

다만 발전소 정보의 분석평가능력 부족 및 신속한 현황파악의 지연 등에 대해서는 지속적으로 보완해 나가야 할 것으로 결과가 나왔다〈표 4〉.

훈련평가 결과

방사능방재대책의 향후 개선방향으로는, 현행 현장방사능대책본부 및 중앙방사능대책본부를 재난관리법에 따라 실질적인 재난복구 및 긴급구조구난체계로 개편하는 것이 필요하다.

또한 지방자치단체의 비상대응능력을 제고하여 해당지역의 실정에 적합한 주민보호조치가 이루어지도록 하기 위하여 발전소주변지역지원에 관한 법률에 의거, 지원금의 일부를 방재대응장비 구입에 활용토록 해 나가는 한편 전담인력을 확보해 나가는 것이 요구된다.

그리고 프랑스의 방재전문가를 96년 울진원전 합동비상훈련시에 초청하는 등 외국과의 방재분야협력을 강화하여 우리나라의 방재대응능력을 선진국 수준으로 끌어올리는 것 등을 들 수 있다.

그리하여 비록 발생가능성은 희박하지만 원자력발전소 운영에 따른 사고시, 신속하고 총체적인 방재대응능력을 발휘하여 국민의 생명과 재산을 보호하는 데 만전을 기해야 할 것이다.