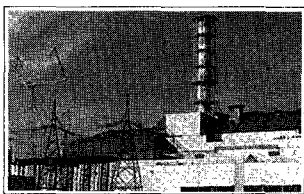


원전은 철저한 안전 확보가 생명

- 체르노빌 원전 사찰기 -



작

년 10월, 필자는 국제원자력기구(IAEA) 사찰단의 단장으로서 미국·영국·루마니아의 사찰관들을 인솔하고 체르노빌 원전 3호기와 체르노빌 원전의 사용후 핵연료에 대한 사찰 업무를 수행하였다.

한국인으로서 이러한 업무를 맡게 된 것은 필자 개인의 영예일 뿐만 아니라, 우리 나라의 원자력 위상이 국제 사회에서 그만큼 인정받은 결과라고 생각되어, 필자는 체르노빌 원전의 사찰 업무를 특별한 관심을 가지고 수행하였다.

금년 4월 26일은 체르노빌 원전의 4호기 원자로가 폭발되어 상상할 수 없을 만큼 엄청난 큰 사고가 발생한 지 10주년이 되는 날이다.

세월은 유수같이 빨라서 필자가 과학기술처 원자력국 방사선안전과장으로 재직하다가 IAEA 사찰관으로 임명되어 근무처를 IAEA 본부가 있는 비엔나로 옮긴 지도 벌써 17년이라는 긴 세월이 흘러갔다.

동서 양 진영이 갈리어 민주주의와

공산주의가 팽팽히 맞서 미국과 옛 소련이 핵무기 증강에만 열을 올리고 있을 때에는, 한국 사람인 필자가 공산 국가의 원자력 시설을 사찰한다는 것은 생각조차 할 수 없었던 일이다.

체르노빌 원전의 사고 경위

체르노빌이라고 하면 원자로 폭발 사고가 일어난 원전으로 유명하기 때문에 그 이름은 이 세상에서 모르는 사람이 없을 정도다.

86년 4월 26일, 즉 지금으로부터 10년 전에 체르노빌 원전 4호기의 원자로가 폭발 사고를 일으켜 방사성 낙진(fall-out)으로 전 유럽 모든 나라를 오염(contamination)시켰기 때문이다.

체르노빌 원전의 사고 후 제일 먼저 영향을 받은 나라는 서방 세계 국가들, 특히 유럽 연합(EU) 국가(독일·영국·프랑스·벨기에·네덜란드·덴마크·룩셈부르크·이탈리아·그리스·아일랜드·스페인·포르투갈·오스트리아·스웨덴·핀란드)들



임 석 순

국제원자력기구(IAEA)
안전조치국 과장

이었다.

EU 국가들의 반핵 단체들은 이 좋은 기회를 놓치지 않고 일반 시민들을 동원하여 원자력 사업 중단, 원전 건설 중지, 원전 가동 중지 등의 구호를 큰 소리로 외치며 연일 반핵 데모를 하였다.

96년 현재 체르노빌형 원자로(RBMK)는 러시아·우크라이나 및 리투아니아에서 15기가 운전중에 있으며, 원자력발전으로 인한 총전기 출력은 16,000MWe이다.

운전중에 있는 RBMK형 원자로 15기 중 11기가 러시아에 있으며 총 최대 전기 출력은 11,000MWe에 이른다.

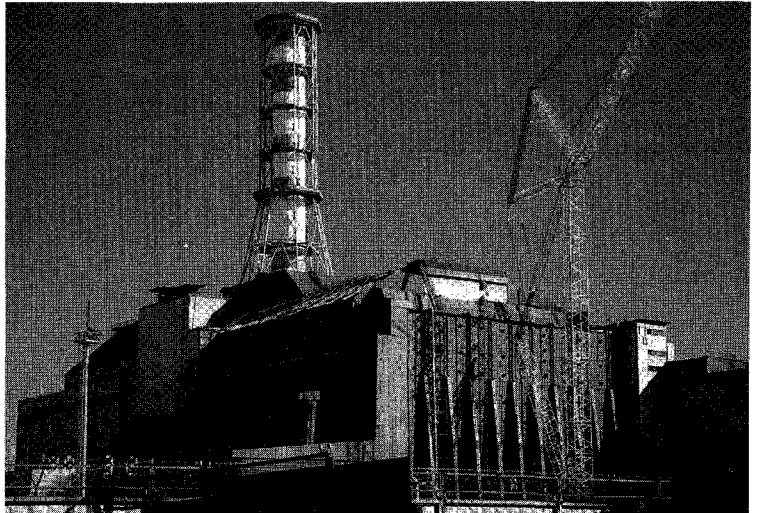
발전용 원자로 1기당 전기 출력 용량이 세계에서 가장 큰 원전이 발틱(Baltic) 3국의 하나인 리투아니아의 이그날리나(Ignalia) 근처 숲 속에 위치하고 있다.

원자로의 열출력이 4,800MWth이고 원자력발전으로 인한 최대 전기 출력은 1,500MWe이다.

이그날리나 1호기 및 2호기가 운전중에 있으므로 최대 전기 출력은 3,000MWe이 된다.

원자력발전에 의한 전기 생산이 리투아니아 총전기 생산의 80%를 차지한다.

3·4호기가 건설중이었으나 옛 소련으로부터 독립한 후 원전 건설비 폭등으로 인한 재정난으로 건설은 완전히 포기 상태에 있다.



체르노빌 4호기의 최근 모습

체르노빌 원전의 위치는 체르노빌로부터 18km 되는 지점, 체르노빌 원전 직원들이 거주하던 프리파티(Pripyat)로부터 4km 되는 지점에 있으며, 벨로루시와 우크라이나 국경 동쪽의 프리파티 강가에 위치하고 있다.

우크라이나의 수도는 인구 3백만 명의 키예프(Kiev)이다.

이 키예프 북쪽에 상하로 길쭉한 모양의 키프스케(Kyivske)라는 상당히 큰 호수가 있다.

이 호수 북쪽에 체르노빌 원전이 위치하고 있다. 키예프로부터 북쪽 190km 떨어진 지점이다.

체르노빌 원전은 키예프로부터 슬라부치(Slavutich)를 거쳐서 가야 한다. 자동차로 약 3시간쯤 걸리는 거리이다.

겨울에는 눈이 많이 오고 길이 썩썩 얼기 때문에 자동차가 빨리 달릴 수 없어서 사찰관들 말에 의하면 5시간 이상이 걸릴 수도 있다고 한다.

원래 RBMK형 원자로는 60년대에 설계를 해서 옛 소련 레닌그라드, 현재 상트 페테르부르크에서 73년부터 최초로 전기를 생산하여 공급하기 시작하였다.

86년 4월까지 체르노빌 원전에는 1호기부터 4호기까지 4기의 RBMK형 원자로가 운전중에 있었다.

1기당 열출력은 3,200MWth, 원자력발전으로 인한 전기 출력은 1,000MWe로 체르노빌 원전의 총 최대 전기 출력은 4,000MWe였다.

체르노빌 원전은 70년도부터 건설하기 시작하여 4호기까지 83년에 모두 완공하였다.

이 4기의 원자로 중 83년 12월말에 준공하여 가동하기 시작한 4호기가 86년 4월 26일(토) 새벽 1시 23분(모스크바 현지 시간)에 원자로 폭발 사고를 일으켰던 것이다.

그러나 옛 소련 정부는 그 사실을 숨겼다.

그래서 러시아의 인접국들인 EU 국가들은 체르노빌 원전의 사고 사실을 전혀 모르고 있었다.

그러나 이들 후인 4월 28일, 체르노빌 원전으로부터 1,200km 떨어진 스웨덴의 방사능 측정소에서 원자로 사고시에 누출(leak)된 것으로 추측되는 방사성 핵종을 검출하였다.

이 소식이 라디오 및 TV 방송을 통해 서방 국가에 알려지자 특히 EU 국가들은 전부 야단법석이었다.

이렇게 서방 국가들이 야단법석을 치니까 옛 소련도 마지못해 86년 4월 28일 밤 9시 뉴스 시간에 국영 TV 방송을 통해 체르노빌 원전의 4호기 원자로가 폭발 사고를 일으켰다고 공식적으로 시인하였다.

체르노빌 4호기 사고가 왜 일어났는지를 다시 한번 짚어 볼 필요가 있다.

아직도 많은 사람들은 사고의 경위에 대하여 정확한 내용을 파악하지 못하고 있는 것 같다.

특히 어떤 사람들은 체르노빌을 서방 세계의 경수로(주로 가압수형 원자로)와 동일시함으로써 혹시나 한국의 원전에서도 체르노빌과 같은 사고가

일어나지 않을까라고 우려하고 있다고 들었기 때문에 사고의 내용을 확실히 진단해 볼 필요가 있다.

결론적으로 말하면 체르노빌 원전에는 서방 세계의 경수로에 설치되어 있는 격납 용기(containment vessel)가 없다.

격납 용기는 원자로에서 어떤 이상 사태가 생겨 방사능이 누출될 경우, 이 방사능이 외부 환경으로 새어나가는 것을 막아 주는 역할을 하는 안전 장치 중의 대표적인 것이다.

이런 격납 용기가 체르노빌과 같은 RBMK형 원자로에는 없다.

체르노빌 원전의 안전 기준은 서방 세계의 것에 비하여 수준이 낮으며 애매모호한 점이 많다.

한 마디로 안전 경시 풍조가 곳곳에 스며 있는 원자로라고 생각하면 된다.

그렇기 때문에 그런 엄청난 방사능 누출 사고가 일어났던 것이다.

체르노빌 원전의 사고 원인은 아직까지 완전히 규명되지는 않았으나, 필자가 체르노빌 원전 사찰 기간 동안 현지에서 입수한 자료를 종합하여 보면 다음과 같다.

86년 4월 25일, 사고가 일어나기 불과 몇 시간 전, 전기 출력 100만 kW인 체르노빌 4호기는 정기 보수 작업을 위해 가동을 중지하려고 하였다.

그때 갑자기 발전소 관리 책임자가 발전소의 안전 장치 실험을 동시에 실시하라고 원자로 운전원들에게 지시

하였다.

그 실험은 1개의 터빈 발전기에 중기 공급을 중단할지라도 잔여 에너지로써 얼마나 오랫동안 전력을 생산할 수 있는지를 측정하는 것으로서, 발전소의 운전을 얼마나 안전하게 유지할 수 있는지를 알아보는 것이다.

이를 터빈 런다운(rundown) 실험이라고 한다.

불행하게도 이러한 실험 지시는 주간 근무조가 임무를 끝날 무렵에 있었기 때문에 야간 근무조가 실험을 하게 되었다.

원자로 운전원들은 터빈 런다운 실험을 위해서 원자로의 전기 출력을 20만kW 정도로 낮추려고 하였다.

그러나 정말 불행하게도 원자로 운전 잘못으로 전기 출력이 6만kW로 내려가고 말았다.

이때가 86년 4월 26일 새벽 1시 20분이었다.

당황한 원자로 운전원들은 전기 출력을 20만kW 정도로 올리기로 하였다.

그러나 자동으로 출력을 올리려면 시간이 오래 걸리므로 수동으로 작동키로 결정하였다.

그래서 원자로실에 장전되어 있는 210개의 제어봉(control rod) 중 몇 개만 남겨 놓고 거의 다 뽑아 버렸다.

제어봉은 중성자 증가를 제어함으로써 핵분열을 억제하는 장치이다.

어쨌든 이런 상태의 원자로 운전은 규정상 엄격히 금지되어 있다.

그러는 한편, 계획된 대로 터빈 런다운 실험을 위해서 같은날 새벽 1시 23분에 터빈에 대한 증기 공급을 완전 중단하였다.

이렇듯 위험한 상태에서 실험을 하니까 원자로 전기 출력이 증가하게 되었다.

따라서 원자로에 설치된 비상 냉각 계통이 작동하여 냉각수가 원자로심 안으로 들어오게 되었다.

원자로 운전원들은 자기들이 원하는 정상적인 실험 결과를 얻을 수 없어서 비상 냉각 계통마저도 끊어 버렸다.

정말로 위험한 조치였다.

그러니까 갑자기 원자로 전기 출력이 증가하게 되었다.

당황한 원자로 운전조장은 새벽 1시 23분 40초에 제어봉을 다시 원자로심에 장전하도록 급히 명령하였다.

그러나 200여 개의 제어봉을 일시에 원자로심에 재장전한다고 할지라도 때는 이미 늦은 것이었다.

핵분열을 일으키는 중성자의 수가 급속히 증가하여서 1초 사이에 원자로의 열출력이 정상보다 몇백 배로 높아졌다.

그리하며 마치 폭탄이 터지는 원리와 마찬가지로 원자로심이 폭발함과 동시에 파열하였다.

이것이 첫 번째의 폭발이었다.

다음 단계로 냉각수가 4,000°C 정도로 뜨거운 우라늄 핵연료와 흑연 감속재와 갑자기 혼합이 되어 핵분열에

의하여 생긴 방사능 물질과 범벅이 되었다.

그래서 곧이어 엄청나게 독성이 큰 화학 폭발까지 일어남과 동시에 화재가 발생하였다.

이로 말미암아 원자로심은 완전히 폭발되고 따라서 허술한 원자로 건물 지붕까지도 완전히 날아가고 말았다.

이렇게 하여 핵분열성 방사성 낙진이 전 유럽에 방사능을 오염(contamination)시켰던 것이다.

이 사고로 인하여 체르노빌 원전 4호기 노심(core)의 60~80%가 파괴되어 원자로 용기(reactor vessel)가 산산조각이 나 버렸다.

사고가 난 후 10일 후인 86년 5월 6일까지도 상당히 많은 양의 핵분열성 방사성 낙진이 방출되었다.

이때의 원자로심 온도는 대략 1,700°C였다.

체르노빌 원전 사고로 인하여 핵분열성 방사성 낙진이 대기권으로 방출된 양은 미국 TMI 원전 사고시보다 100만 배 가량이나 많은 엄청난 것이었다.

그 당시 방사성 낙진으로 가장 많이 피해를 입은 국가들은 IAEA 본부가 있는 오스트리아를 비롯하여 독일·체코·슬로바키아·헝가리·스웨덴 등 EU 국가들과 동유럽 국가들이었다.

체르노빌 원전 사찰

필자는 IAEA 사찰관으로 임명되어

IAEA에서 근무한지 16년만인 95년 10월에 체르노빌 원전의 사찰단 단장으로 임명되어 미국·영국·루마니아 사찰관들을 인솔하고 체르노빌 원전으로 출장하게 되었다.

사찰의 임무는 체르노빌 원전 3호기 원자로와 사용후 핵연료(spent fuel)들을 검증(verify)하는 것이었다.

임시 사찰(Adhoc Inspection)을 실행하는 일이었다.

우크라이나는 92년 옛 소련으로부터 독립한 나라이기 때문에 전에는 핵보유국이었던 IAEA 사찰을 받은 일이 없다.

그래서 처음에는 체르노빌 원전 관리·감독 관계자들도 핵무기비확산조약(NPT)과 안전보장조치(Safeguards)의 개념도 잘 모르고 있었으므로, IAEA 주관으로 안전보장조치에 대한 기술 지도와 교육을 실시하였다.

필자가 사찰관들을 인솔하고 비엔나를 출발하여 키예프로 가는 도중 비행기 안에서 문득 16년 전의 일이 생각났다.

IAEA는 새로 임명된 사찰관들을 대상으로 안전보장조치에 관하여 4~6개월 동안 훈련을 실시한다.

이 과정을 ICAS(Introductory Course on Agency Safeguards)라고 한다.

필자도 79년 6월부터 ICAS 훈련 과정을 받았다.

그 훈련 과정에 원전 사찰 실행 훈련을 위해 옛 소련 노보보로네즈(Novovoronezh) 원전을 방문하게 되어 있었다.

그러나 방문 2주 전에 IAEA 훈련 담당 과장이 필자를 부르더니 당신은 노보보로네즈 원전에 훈련을 받으러 갈 수 없다는 것이었다.

왜 갈 수 없다고 물으니 그 이유인 즉 옛 소련 당국으로부터 비자를 받을 수 없다는 것이었다.

그때 필자는 앞이 캄캄할 정도로 충격을 받았다.

그리고 곧 머리에 떠오르는 것이 남북한 분단이라는 비애였다.

UN 기구인 IAEA도 동서 양 진영의 정치적·이념적인 투쟁 대결에는 어떠한 조치도 취하지 못하는 것을 실제로 체험하였던 것이다.

그리고 UN 기구에서의 외교적인 장벽이 얼마나 높은가를 실감하게 되었다.

필자와 함께 훈련을 받았던 모든 동기생들은 노보보로네즈 원전으로 떠나고 필자 혼자만 IAEA 본부에 남게 되었다.

그 당시 필자의 심정을 어디에 하소연해야 할지 그리고 무어라고 글로 표현을 해야 될지 모를 정도였다.

여하튼 ICAS 훈련 동기생들이 비엔나 IAEA 본부로 돌아올 때까지 언젠가는 이 빛을 꼭 갚아야 된다고 매일같이 마음 속에 굳게굳게 다짐하곤 하였다.

필자는 오스트리아항공을 타고 우크라이나로 향하여 가는 이 날이 16년 전에 진 빛을 갚는 날이며 또한 우리나라의 국력이 그만큼 높아진 승리의 날로 생각하였다.

우크라이나로 관광을 가는 것이 아니고 한국 사람인 필자가 미국·영국·루마니아의 사찰관들을 인솔하고 사찰단장으로서 방사능 누출 사고로 온 세계를 떠들썩하게 하였던 그 유명한 체르노빌 원전에 사찰을 수행하러 간다는 그 사실이 너무나 값졌기 때문이다.

IAEA 사찰단 일행은 슬라부치에서 하룻밤을 지내고 다음날 아침 7시 30분에 자동차로 체르노빌 원전으로 출발하였다.

도로는 그런 대로 잘 포장되어 있었다. 때는 가을이라 하늘은 푸르게 맑았고 주위의 경치들은 그런 대로 아름다웠다.

슬라부치에서 체르노빌 원전으로 가는 길은 하나 밖에 없다.

옛 소련 시대는 그런 일이 없었겠지만 지금은 벨로루시 땅을 통과해야만 체르노빌 원전으로 갈 수가 있다.

그러니까 우크라이나와 벨로루시 국경의 검문소를 두 번씩 거쳐서 가야만 하는 것이다.

우크라이나 국내 사찰관 말에 의하면 체르노빌 원전 4호기 사고 이후 발전소를 중심으로 반경 5km 되는 지역을 방사능 오염 구역으로 설정하였기 때문에 이 구역 안에는 주민이 살

지 않는다고 한다.

우크라이나 지역은 넓은 들에 드문 드문 집이 있었으나 사람은 보이지 않았다.

그러나 벨로루시 지역은 우크라이나의 치외 법권 지역이므로 사람이 거주하고 있는 것 같았다.

체르노빌 원전 입구 근처는 전에 원전 직원들이 살던 건물들을 완전 철거하였기 때문에 과연 건물들이 있었는지 모를 정도로 흔적조차 찾아볼 수 없었다.

뿐만 아니라, 발전소 근무 요원들의 가족을 포함하여 주민들이 살고 있던 프리파티는 완전히 소개되어서 유명 도시로 변하고 말았다.

IAEA 사찰단이 체르노빌 원전에 도착하니 꼭 8시 30분이었다.

때마침 원전 근무 요원들이 슬라부치에서 기차로 도착하여 출근하느라고 길게 줄을 지어 있었다.

한국 사람인 필자가 체르노빌 원전 역사상 제1호로 IAEA 사찰단을 인솔하고 체르노빌 원전에 도착하니 원전 기술관리부장이 체르노빌 원전 가동 및 운전 현황과 원자로 안전성 개선 향상에 대하여 브리핑해 주었다.

체르노빌 원전 1호기는 77년부터 가동하였다.

86년 4월 26일 4호기 원자로 폭발 사고로 인하여 원자로 운전을 중단하였다가 그 후 원자로 안전성을 향상시켜 86년 10월 재가동하였다.

그러다가 얼마 전에는 핵연료봉 장

전 장치가 고장나서 원자로 운전을 중단한 일도 있었으나 모든 수리를 끝내고 95년 10월 18일 재가동하였다.

2호기는 78년부터 가동하였다.

역시 4호기의 사고로 원자로 운전을 중단하였다가 원자로 안전성을 개선·향상한 후 86년 11월에 재가동하였다.

그러다가 91년 터빈에 화재가 일어나 현재까지 원자로 운전은 완전 중단 상태에 있다.

현재 터빈을 수리 작업하고 있으므로 앞으로 재가동할 것으로 보인다.

3호기는 81년부터 가동하였다.

역시 4호기의 사고로 가동 중단하였다가 그 후 원자로 안전성을 향상하여 87년 12월 재가동하여 현재에 이르고 있다.

문제의 4호기는 83년부터 가동하였다.

86년 4월 26일 새벽 1시 23분에 원자로 폭발 사고가 일어났다.

원자로심이 완전히 파괴되었기 때문에 수리 가동이 불가능하므로 현재 4호기 원자로 건물 전체를 콘크리트화(sarcophagus)한 상태이다.

체르노빌에는 5호기와 6호기가 들어설 예정으로 건설 공사가 진행되었으나 4호기 사고 이후 올 스톱되어 있다.

현재 1호기와 3호기는 미국 등 서방 국가 등의 도움으로 원자로의 비상 냉각 계통을 개선·향상시키고 원자로를 안전하게 운전하고 있다.

우크라이나 정부는 앞으로 6년 동안에 체르노빌 원자로의 단점을 개선하기 위한 현대화 계획을 세워 놓고 있다.

그 경비가 6백만 달러 정도 소요될 것으로 추산하고 있다.

체르노빌 원전의 현대화 계획에 선진국들의 원조를 기대하고 있으므로 이 계획이 제대로 진행될지는 더 두고 보아야 될 것이다.

IAEA에서 NPT 국가 또는 비NPT 국가들이 보유하고 있는 핵시설과 핵물질에 대하여 수행하는 사찰 범위와 방법에 대하여는 이 글을 통하여 다 기술하기는 힘들 것 같다.

어떠한 핵시설이던지 사찰의 범위와 방법의 기본 원칙은 다 똑같지만 그 핵시설이 보유하고 있는 특수성을 고려하여 사찰의 범위와 방법을 안전 보장조치협정과 시설 부록(Facility Attachment)에 적합하도록 수행하여야 한다.

IAEA 사찰관들이 체르노빌 원전의 특수성에 비추어 어떠한 방법으로 사찰을 수행하였는지를 기술하고자 한다.

이 체르노빌 원전의 흑연 감속 경수 냉각로는 우리 나라의 경수로와 판이하게 다른 특수성이 있다.

첫째는 원자로 구조 설계상의 특수성이고, 둘째는 U-235 핵연료 집합체(fuel assembly)의 특수성이다.

체르노빌 RBMK형 원자로는 원자로를 운전하면서 원자로 임계의 평형

을 유지하기 위하여 매일같이 3~4개의 핵연료를 교체·장전한다.

이런 종류의 원자로를 일명 on-load type reactor라고도 한다.

U-235 연료 집합체도 특이하게 구성되어 있다.

또한 핵연료 집합체를 취급하는 봉을 상하로 연결하였기 때문에 핵연료 집합체의 총길이는 16m나 된다.

과거에는 체르노빌 원전에서 2%의 저농축 U-235의 핵연료를 사용하였으나, 체르노빌 원전 사고 후 현재는 U-235 핵연료의 원자로심에 장전 횟수를 줄여서 원자로의 운전 안전도를 높이기 위하여 2.4%의 저농축 U-235 핵연료를 사용하고 있다.

필자가 러시아 말을 잘할 줄 아는 루마니아 사찰관을 대동하고 체르노빌 3호기 원자로의 임계(criticality)를 검증하기 위하여 원자로 운전실을 방문하였다.

동양에서 온 한국 사람인 필자가 원자로 운전실에 들어서니 원자로 운전원들이 필자를 주시하는 것이었다.

그러나 필자는 그들에게 시선을 주지 않고 원자로 운전실 운전판에 있는 전력 생산 표시계(electrical power meter)에 시선이 가는 것이었다.

전력 생산 표시계가 빨간 글씨로 1,000MWe를 표시하고 있었으므로 3호기 원자로는 정상적으로 운전되고 있음을 확인할 수가 있었다.

전술한 바와 같이 RBMK형 원자로 는 원자로를 운전하면서 매일같이 3

~4개의 핵연료를 핵연료 장전 장치를 이용하여 사용후 핵연료(spent fuel)를 원자로심으로부터 꺼내고 신핵연료(fresh fuel)를 그 채널(channel)에 장전한다.

원자로심의 채널은 항상 덮개로 덮여져 있기 때문에 원자로심에 들어 있는 핵연료를 IAEA 사찰관이 검증(verify)할 수가 없다.

그래서 IAEA에서는 RBMK형 원자로에 대하여는 원자로심에 장전되어 있는 핵연료를 검증하는 대신에 신핵연료를 원자로심 채널에 장전하기 전에 비파괴 분석 평가(Non-Destructive Assay, NDA) 측정방법으로 핵연료의 U-235 함유 여부를 검증한다.

이 사찰 방법은 체르노빌 원전 핵물질 수지 구역(Material Balance Area, MBA) 안에서 신핵연료가 원자로심에 들어가서 U-235를 태우고 사용후 핵연료가 되어 원자로심 밖으로 나와서 사용후 핵연료 저장조에 저장될 때까지 핵연료의 이동 현황을 계속 추적 검증하는 방법이다.

신핵연료(fresh fuel)의 NDA 측정 장비로는 여러 가지가 있으나 휴대하기 간편한 HM-4(Hand Held Assay Probe)와 PMCA(Portable Multi-channel Analyzer)에 CdTe(Cadmium Telluride) 탐지기(detector)를 연결하여 제일 많이 사용한다.

CdTe 탐지기는 만년필 크기로 가볍고 취급하기 편리하므로 U-235 핵

연료를 검증하는 데 매우 효과적인 탐지기이다.

NDA 측정 장비인 HM-4는 휴대하기 간편하고 취급 및 작용하기 편리하지만 핵연료 집합체를 측정할 때 U-235의 186keV 에너지 파고(energy peak)를 확인할 수가 없는 것이 단점이다.

반면에 PMCA에 CdTe 탐지기를 연결하여 핵연료 집합체를 NDA 측정하면 PMCA에 부착되어 있는 오실로스코프 스크린(oscilloscope screen)에 가시 곡선을 그리면서 U-235의 186keV 에너지 파고가 나타남으로써 U-235 핵연료임을 검증하게 되는 것이 장점이다.

RBMK형 원자로실 안벽에는 항상 20~30개의 신핵연료 집합체(fresh fuel assembly)들이 나란히 걸려 있다.

매일같이 3~4개의 핵연료를 원자로심에 장전해야 되기 때문이다.

필자가 루마니아 사찰관과 같이 3호기 원자로 운전실에서 나와서 원자로실로 들어가 보니 사각형의 넓은 공간에 핵연료 장전 장비가 원자로심 근처에 우뚝 서 있었을 뿐 텅 비어 있었다.

다음으로 천정을 바라보니 우리 나라의 경수로 같이 격납 용기의 지붕이 아니고 일반 공장 건물과 같이 만든 지붕이었다.

원자로실 벽에는 30개의 신핵연료 집합체가 나란히 걸려 있었다.

PMCA와 CdTe 탐지기를 사용하여 이 신핵연료 U-235의 에너지 파고 186keV를 NDA 측정함으로써 U-235가 농축되어 있음을 검증하였다.

체르노빌 원자로실 안에는 노심 채널 덮개가 있는 바닥과 다른 일반 바닥이 높고 낮음의 차이가 없이 다 평평하게 되어 있다.

그 이유는 핵연료 장전 장치가 자유롭게 이동할 수 있어야 되기 때문이다.

필자는 지금 체르노빌 3호기 원자로실 안에 들어와 있는 것이 IAEA 사찰관 생활중에서 역사적인 순간이라고 생각이 되어서 특별히 허가를 받아 원자로심 앞에서 사진을 촬영하기로 하였다.

막상 원자로심 바로 앞으로 다가가서 사진을 찍으려고 하니 약간의 소름이 몸에 감지되는 듯 머뭇거리지며, 10년 전 4호기 원자로의 폭발 사고가 연상이 되어 좀 섬찟한 기분이었으나 곧 마음을 가다듬고 사진 한 장만 찍고 총총걸음으로 3호기 원자로실 밖으로 나왔다.

체르노빌 원전에는 사용후 핵연료 저장조(spent fuel storage ponds)가 원자로 건물에 붙어 있는 것이 아니고 발전소 건물에서 멀리 떨어진 장소에 별도로 만들어져 있다.

체르노빌 원전은 사용후 핵연료를 원통형 판에 넣어서 저장하고 있는데 위 부분을 스테인리스 강판으로 전부

덮었으므로 덮은 뚜껑 판을 열어 보지 않으면 사용후 핵연료가 저장조에 저장되어 있는지를 알 수가 없다.

사용후 핵연료를 검증하는 데는 여러 가지 NDA 측정장비를 IAEA에서 사용하고 있다.

그 중 사용후 핵연료 검증에 가장 많이 사용하는 대표적인 NDA 측정장비를 이 글을 통하여 소개하고자 한다.

① ICVD

ICVD(Improved Cerenkov Viewing Device)는 카메라에 망원 렌즈를 부착하여 만든 장비이다.

연구용 원자로, 재료 시험로 등의 원자로심은 뚜껑을 덮지 않은 원자로가 대부분이며 뚜껑을 덮었다 할지라도 쉽게 열고 노심을 내려다보고 검증을 할 수가 있다.

원자로가 운전을 시작하여 임계에 도달하면 핵연료로부터 방사하는 방사선으로 말미암아 발생하는 Cerenkov 빛(파란 색깔의 빛)을 육안으로 볼 수가 있다.

ICVD는 이 원리를 이용하여 만든 장비이다.

ICVD를 이용하여 사용후 핵연료 저장조에 저장되어 있는 사용후 핵연료 집합체를 내려다보면 방사선을 방사하고 있으므로 Cerenkov의 파란 색깔의 빛이 보이면 핵연료임이 확인 검증되는 것이다.

이 장비의 장점은 휴대하기가 간편하며 취급하기가 편리하다.

그리고 단시간 내에 많은 양의 사용후 핵연료를 검증할 수 있는 장점이 있다.

그와 반면, 원자로에서 나와서 저장조에 저장된 후 10년 이상 된 사용후 핵연료는 Cerenkov의 파란 빛이 약하게 보이거나 안보일 적도 있으므로 검증하는 데 애매모호한 단점도 있다.

그래서 IAEA에서는 20년 이상 저장조에 저장되어 있는 사용후 핵연료도 쉽게 검증할 수 있는 ICVD를 개발하고 있는 중이다.

② HSGM

HSGM(High Sensitivity Gamma Monitor)는 사용후 핵연료로부터 방사하는 γ 선을 측정하는 장비이다.

CdTe 탐지기를 저장조 물속 깊은 곳으로 내려보내서 사용후 핵연료 집합체 위 부분에 거의 가깝게 접근시켜서 γ 선을 측정하는 장비이다.

③ PMCC

PMCC(PMCA+CdTe)는 사용후 핵연료에 포함되어 있는 핵분열성 방사성 핵종으로부터 방사하는 γ 선을 측정하며 PMCA에 부착되어 있는 오실로스코프 스크린에 가시 곡선을 그리면서 나타나는 방사성 핵종인 Cs-137의 에너지 파고(662keV)를 분석·평가·판독함으로써 사용후 핵연료를 검증하는 장비이다.

사찰 현장에서 즉시 분석·평가하는 장점이 있으며, Cs-137의 에너지 파고를 미니 카세트 테이프에 기록하

였다가 IAEA 본부에 돌아와서 판독 기록계를 이용하여 Cs-137의 에너지 파고가 프린터에서 A4 용지에 그려지면 사용후 핵연료임이 검증되는 것이다.

④ SFAT

SFAT(Spent Fuel Attribute Tester)는 NaI 또는 CdTe Detector, Collimator Positioning Device, Electronics & Computer 등으로 구성되어 있다.

사용후 핵연료에서 방사하는 γ 선을 측정하는 NDA 장비이다.

장비와 탐지기를 저장조 위에 있는 브리지에 설치·부착하여 사용한다.

오래된 사용후 핵연료 저장조의 물이 더러워서 사용후 핵연료를 ICVD로 검증이 불가능할 때 사용한다.

Cs-137(662keV)과 Co-60(1,172keV and 1,332keV)의 에너지 파고를 측정하며 분석·평가·판독함으로써 사용후 핵연료임을 검증하는 장비이다.

특히 옛 소련에서 동구 유럽 여러 나라에 공급한 WWER형 원자로에서 나온 사용후 핵연료를 검증하는 데 주로 많이 사용한다.

핵연료 집합체는 원자로의 종류에 따라 사용되는 핵연료 집합체의 구성 형태의 모양이 다른 그 자체의 특수성이 있다.

그러므로 사용후 핵연료를 검증하는 데는 핵연료 집합체의 구성 형태의 특수성에 따라서 NDA 측정 장비를

선택해야 한다.

우리 나라 경수로에서 U-235를 연소시키고 나온 사용후 핵연료는 ICVD를 사용하여 검증하는 것이 간편하고 더 효과적이다.

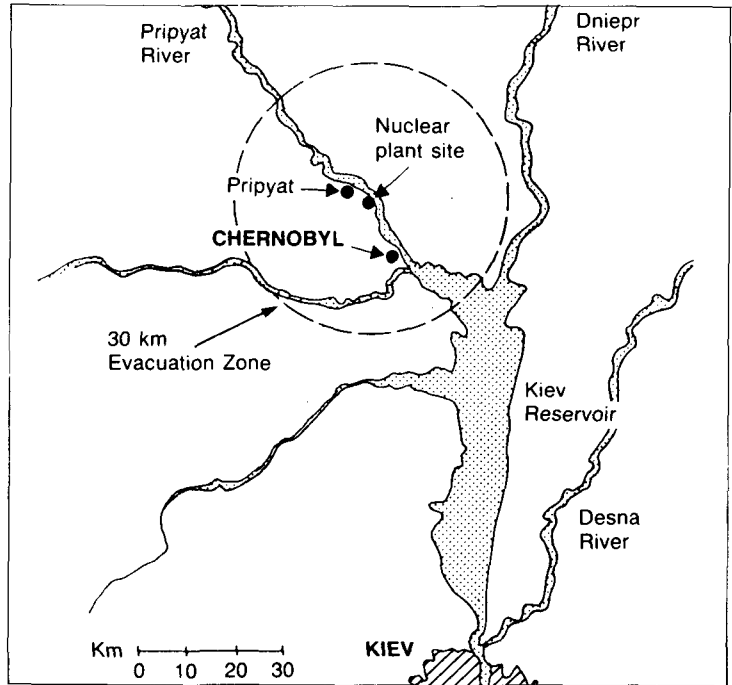
그러나 체르노빌 RBMK형 원자로에서 U-235를 연소시키고 나온 사용후 핵연료는 핵연료 집합체 위에 핵연료를 취급하는 봉이 달려 있어서 Cerenkov의 파란 빛을 관찰하기가 그리 쉽지 않으므로 ICVD를 사용하는 것은 그리 적합한 방법이 아니다.

그래서 IAEA 사찰단이 선택한 NDA 측정 장비가 위에서 기술한 PMCC 장비이다.

PMCA에 연결된 CdTe 탐지기를 사용후 핵연료가 들어 있는 원통형 관속으로 깊이 드러 보내서 PMCA에 부착되어 있는 오실로스코프 스크린에 가서 곡선을 그리면서 나타나는 핵분열성 방사성 핵종인 반감기 30년의 Cs-137 에너지 파고 662keV를 측정·분석·평가 및 판독하며 체르노빌 RBMK 원자로에서 U-235를 연소시키고 나온 사용후 핵연료들을 검증하였다.

체르노빌 원전의 4호기 원자로 사고로 인하여 누출·확산된 방사성 낙진에 의한 환경 오염 현황과 오염 지역에 거주하던 주민에 대한 방사선 피폭이 인체에 생물학적으로 미치는 영향에 대하여 검토한 결과를 이 특별 기고를 통하여 기술하고자 한다.

체르노빌 원전 4호기 원자로 폭발



체르노빌 위치도

사고 직후, 발전소 근무 요원과 화재 진화 작업을 위하여 동원된 소방 요원 등 200여 명이 1천mSv 내지 1만 mSv의 전신 방사선 피폭을 받았을 것으로 추측이 된다.

필자는 작년 10월 체르노빌 원전 사찰 당시 과학기술처에 근무하였을 때의 경험을 토대로 하여 체르노빌 원전 사고로 인한 방사능의 환경 오염과 오염 지역에서 거주하였던 주민에 대한 방사선 피폭이 생물학적으로 미치는 영향에 대하여 깊은 관심을 가지고 자료를 수집하였다.

세계보건기구(WHO) 전문가들이 체르노빌 원전 사고 후 방사능 오염 지역에 거주하였던 주민에 대하여 방

사선 피폭 현황을 조사한 바 있다.

그 보고서와 필자의 소견을 비교·검토하여 그 결과를 방사선 피폭에 대하여 관심 있는 우리 나라 국민들의 계몽을 위하여 알리고자 한다.

86년 4월 26일 새벽 1시 23분에 체르노빌 원전 4호기 원자로 사고가 난지 5분 후인 1시 28분에 발전소내 소방 요원이 동원되었으며 1시 35분에는 체르노빌의 소방 요원들이 동원되어 화재 진화 작업을 함으로써 4호기 원자로 지붕 및 터빈실과 원자로에서 계속 타고 있는 불은 아침 6시 35분에야 진화되었다.

사고가 난 후 24시간 내에 프리파티에서는 4만여 명, 체르노빌에서는

1만2천여 명의 주민들이 소개되었다.

86년 5월 3일까지는 체르노빌 발전소로부터 10km 이내 방사능 오염 지역에 거주하는 주민, 그리고 5월 7일까지는 30km 이내 방사능 오염 지역의 186개 시와 마을에서 11만6천 명이 소개되었다.

주민 소개시 구조 작업에 동원된 요원과 방사능 오염 제거 작업에 동원된 요원들이 1천여 명이나 되는데, 이들 역시 상당히 많은 양의 방사선 피폭을 받았을 것으로 추측된다.

대기권 핵실험이나 원자로 사고시 대기권으로 방출되어 환경에 영향을 주는 방사능 물질은 I-131, Cs-137, Sr-90 등이다.

I-131은 반감기가 8일이다.

갑상선에 축적되었다가 약 10년 동안의 잠복기(latent period)가 지나면 갑상선암(Thyroid Cancer)이 발생하기 시작한다는 것이다.

Cs-137은 반감기가 30년이다.

칼륨(Potassium)과 화학 성분이 매우 유사하므로 인체의 근육에 쉽게 축적될 수가 있는 것이다.

Sr-90은 반감기가 28년이다.

인체의 뼈와 친화성이 있어서 몸에 들어오면 뼈에 축적된다.

체르노빌 사고로 인하여 방사능 오염 지역에 거주하고 있던 약 20만 명의 어린이들이 1백mSv~1천mSv 또는 그 이상의 옥소 방사선 피폭을 받았을 것으로 보이며 5백~1천여 명의 어린이들은 1천mSv 정도의 옥소 방

사선 피폭을 받았을 것으로 추측하고 있다.

89년 6월부터 90년말까지 WHO의 방사선 피폭 관련 전문가들 200명이 체르노빌 원전 부근의 35개 시와 마을에 살고 있는 주민들을 대상으로 방사선 피폭 현황을 조사하였다.

이 조사 기간 동안 채취한 방사능 시료의 분석·평가를 위해 오스트리아·프랑스·미국의 방사능 측정 분석실을 사용하였다.

WHO의 전문가들은 3팀으로 구성되어 다음과 같은 3가지 부문으로 나누어서 방사선이 인체에 미치는 영향에 대하여 조사·평가하였다.

1. 방사선 피폭

방사능 오염 지역에 거주하는 8,000명의 주민에게 개인용 선량계(personal dosimeter)를 분배·부착시키고 2개월 동안 축적되는 방사선 피폭 선량을 조사하였다.

2개월 동안에 개인이 피폭한 평균 방사선 피폭 선량은 0.2mSv였다.

이 수치는 개인이 1년에 1.2mSv의 방사선 피폭 선량을 받게 되는 셈이다.

국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서 일반인에 대한 방사선 피폭 선량 한도를 권고하였는데 그 수치는 1년에 1mSv로 되어 있다.

그러므로 체르노빌 원전 사고 후 3

년만에 원전 부근에 방사능으로 오염되었던 시와 마을들이 자연 방사선 지역으로 변화되었다고 할 수 있다.

2개월 동안 개개인이 받은 방사선 피폭 선량 현황 조사 자료를 가지고 과거에 피폭·축적된 선량과 앞으로 피폭될 방사선 조사(dose) 선량을 합산하여 체르노빌 원전 사고 후 방사능 오염 지역에서 거주하는 주민이 피폭될 방사선량을 분석·평가하였다.

그 결과 외부 방사선 피폭선량은 60mSv~130mSv였다.

그러나 옛 소련의 공식 보고는 이보다 수치가 높은 80mSv~160mSv였다.

우리 사람의 수명을 60~80년으로 가정하고 ICRP의 방사선 피폭 권고 한도치를 적용한다면 일생 동안 60mSv~80mSv의 방사선을 피폭받게 되는 것이다.

이 수치를 조금 넘는다 할지라도 필자와 같이 몇십 년을 방사선 작업 종사자로서 근무한 자의 방사선 피폭 선량과 비교하면 훨씬 낮은 수치인 것이다.

그러므로 WHO의 전문가들이 조사·분석·평가한 위의 방사선 피폭 선량은 단시간에 많은 양의 방사선 피폭을 받은 자를 제외하고는 방사능 오염 지역에 거주하던 많은 주민에게 큰 영향을 미치지 않을 것으로 추측된다.

2. 환경오염

체르노빌 원전 사고로 인하여 대기

권으로 누출 확산된 핵분열성 핵종은 주로 Iodine, Cesium, Strontium 및 Plutonium 등이다.

반감기가 짧은 I-131은 체르노빌 원전 사고 수주 후에 다 붕괴되어 없어졌기 때문에 WHO 전문가들이 방사능 시료를 채취하여 분석한 결과 I-131은 측정되지 않았다.

흙(soil) 시료로부터 Cs-137이 오염되어 있는 것이 검출·측정되었다.

그 수치는 주민이 과거에 피폭된 선량과 앞으로 피폭될 선량을 합산하여 측정하였는데 20mSv~30mSv였다.

먹는 물과 음식물 시료의 방사능 분석 결과 대부분이 경우, 검출 한도치보다 적은 양의 핵분열성 방사성 동위원소가 측정되었다.

3. 생물학적 영향

90년 WHO 전문가들이 체르노빌 원전 사고로 인한 방사능 오염 지역에 대하여 방사선 피폭 선량을 조사·측정한 결과, 1년 동안에 축적되는 수치가 자연 방사선량보다 조금 초과되는 1mSv~2mSv로 측정되었다.

어떤 지역에서는 자연 방사선량보다 10배~60배 되는 지역도 있었으나 그렇다고 해서 이런 현상이 체르노빌 원전 사고에 의하여 방사능이 오염되었다고 단정하기는 곤란하다.

그 이유는 세계 많은 나라 여러 곳에 자연 방사선량보다 몇십 배 높은 지역이 많이 존재하고 있기 때문이다.

또한 가정집이나 큰 건물에는 라돈

의 방사선이 존재하며 1년에 조사(dose)되는 피폭선량이 10mSv가 넘는 곳도 있는 것이다.

WHO 전문가들이 체르노빌 원전 부근 방사능 오염 지역에 거주하는 주민들을 대상으로 방사선 피폭으로 인한 생물학적 영향으로 주민들 인체에 이상이 나타났는지의 여부를 조사·연구하였다.

90년 당시 백혈병(Leukaemia) 환자 등 방사선 피폭으로 인한 종양(Tumor) 증상이 아직 나타나지 않았다.

그 이유는 방사선 피폭에 의한 종양은 일정 기간(어린이·청년은 5년 정도, 45세 이상 장년은 10년 정도) 동안의 잠복기(latent period)가 지나야 나타나기 시작하기 때문이다.

사람이 4~5명이 사망한다면 그 중 1명은 암으로 사망하기 때문에 체르노빌 원전 사고 후 3년 동안에 갑자기 급성암으로 사망하는 사람의 비율이 급격히 증가하지 않는 한, 단시간 내에 많은 양의 방사선 피폭으로 사망하였다고 결론지을 수는 없다고 WHO 전문가들이 보고하였다.

그리고 앞으로 계속해서 20~30년 동안은 매우 주의 깊게 방사선 피폭에 의한 인체에 미치는 생물학적 영향에 대하여 통계적인 조사·연구가 필요하다고 WHO에 건의하였다.

체르노빌 원전 4호기 원자로 폭발 사고가 있는지 거의 10년이 되는 95년 11월 20일 제네바에 있는 WHO

본부에서는 벨로루시·러시아·우크라이나의 방사선 관련 전문가들을 포함하여 세계 59개국에서 6백여 명의 전문가들이 모여 체르노빌 원전 사고 후 방사선 피폭이 인체에 미치는 영향에 대한 연구 결과를 발표하는 회의를 4일간 계속하였다.

WHO 총장인 히로시 나카시마 박사는 개막 연설에서 체르노빌 원전 사고로 인하여 누출된 방사성 낙진으로 오염된 지역에서 방사선 피폭을 받은 자가 벨로루시·러시아 및 우크라이나에 500만 명이나 된다고 하였다.

그리고 방사성 낙진에 의하여 오염된 지역에 살고 있는 아이들과 청년들 사이에 특별히 갑상선암 환자가 급속히 증가하였다는 것이다.

방사성 낙진이 비구름을 타고 직접적으로 날아간 지역인 체르노빌 북쪽 벨로루시의 고펜 지역에 사는 아이들은 체르노빌 원전 사고 전보다 100배나 많은 갑상선암 환자가 발생하였다는 것이다.

백혈병(Leukaemia) 환자는 아직 증가하지 않았지만 장기 계획을 세워서 조사·연구하고 추적해야 된다고 보고하였다.

WHO 회의에 참석한 모든 전문가들은 체르노빌 원전 사고로 인한 방사선·생물학적 영향에 대하여 다음과 같이 세 부분으로 나누어 토론하였다.

① 방사능 오염 지역에 있다가 방사선 피폭으로부터 회복된 발전소 근무 요원과 프리파티 및 체르노빌 지역에

거주하던 주민들 중에 정신적으로 불안정한 주민의 증가

② 방사능 오염 지역에 거주하는 어린이 및 청년들에 대한 갑상선암 발생률

③ 발전소 근무 요원과 주민들의 방사선 피폭으로 말미암아 앞으로 발생 가능한 백혈병(Leukaemia)·유방암(Breast Cancer)·방광암(Bladder Cancer)·신장병(Kidney Diseases) 등

WHO 총장 보고에 의하면 체르노빌 원전 사고 당시 방사선 피폭을 받은 사람들이 회복을 하였을지라도 정신적인 불안정과 긴장이 사회에 미치는 영향이 증가하고 있다는 것이다.

그 이유는 방사선에 피폭되었던 사람들이 장기적으로는 자기들의 인체에 방사선 피폭으로 말미암아 원자병 암에 걸릴 가능성이 있다는 근심과 불안 등 심리적인 영향이 크다는 것이다.

체르노빌 원전 사고 후 방사선 피폭이 인체에 미치는 영향과 방사능 오염 제거 방법 등의 정보를 즉시 알려주지 않은 원인이 주민들 사이에 두려움과 공포증 그리고 의심 등이 증가하여서 정신적으로 불안정한 자가 증가하고 있다는 것이다.

그러므로 체르노빌 원전 사고로 인한 방사선 피폭 후유증 현상이 앞으로 사회적으로 미치는 영향이 클 것으로 내다보고 있다.

방사선 피폭이 인체에 미치는 생물

학적 영향 조사 연구 전문가들 발표에 의하면, 체르노빌 원전 사고 후 90년까지는 어린이들과 청년들 사이에서 갑상선암의 증상이 나타나지 않았으나, 91년부터 갑상선암에 걸린 어린이와 청년들이 갑자기 증가하였다는 것이다.

갑상선암에 걸린 어린이들과 청년들은 대부분 체르노빌 원전 사고 이전에 탄생한 만 10세 이상의 어린이들과 청년들이었다고 한다.

벨로루시에서는 400명, 우크라이나에서는 220명, 러시아에서는 62명의 어린이와 청년들이 갑상선암 환자로 통계 수치가 나와 있다.

이 조사 연구는 벨로루시의 전문가들이 발표한 것이다.

그러나 벨로루시 전문가들 발표에 의하면 갑상선암 환자 증가의 원인이 지금까지 알려진 대로 I-131의 방사선에 피폭되어 발생한 것인지는 확실치가 않다는 것이다.

그 이유는 I-131을 사용하여 실험한 결과, I-131만이 갑상선암의 원인으로 단정하기에는 곤란한 연구 결과가 나왔다는 것이다.

그러므로 체르노빌 원전 사고 이후 갑상선암 환자 증가의 원인이 어디에 기인한 것인지, I-131과 방사성 낙진에 들어 있는 단반감기의 핵분열성 핵종(I-130, I-132 등), 외부 방사선 피폭 또는 혼합된 방사성 핵종 등이 인체에 생물학적으로 미치는 영향에 대하여 계속 조사·연구가 필요하다고

발표하였다.

체르노빌 원전 사고 후 10년이 되는 이 시점에 있어서 통계적으로 확인할 만한 백혈병 환자 또는 혈액 불순환 등 방사선 피폭에 의한 인체에 생물학적으로 미치는 영향의 증상이 아직 나타나지 않았다는 것이다.

그러나 45년 8월 6일과 9일 일본 히로시마와 나가사키에 원자 폭탄 투하시 방사선 피폭에 의하여 인체에 생물학적으로 미친 영향이 실제로 나타난 증상의 경험을 비교·검토해 보면, 수년 내에 백혈병·유방암·방광암 및 신장병 등 원자병 암 증상이 발생할 것으로 예측되므로, 체르노빌 원전 사고 당시 방사능 오염 지역에 있던 주민들을 대상으로 원자병 암에 대하여 계속해서 조사·연구하여야 된다고 결론을 내렸다.

일본 히로시마와 나가사키에 원자 폭탄 투하시 9만여 명의 생존자들이 단시간 내에 받은 방사선 피폭 선량은 10mSv 내지 6천mSv였다고 한다.

평균적으로는 240mSv였다.

원폭 투하 후 40년 동안에 백혈병으로 사망한 자가 80명, 암에 걸려서 오랜 기간 동안 거의 일생 동안을 앓는 만성암(Solid Cancer)과 백혈병이 겹쳐서 사망한 자가 390명, 그리고 암에 걸려서 사망한 자가 5천6백명이라고 한다.

우크라이나의 비공식 발표에 의하면 체르노빌 원전 사고 후 방사선에 피폭된 약 5백만 명 중에서 10년 동

안에 7천 내지 1만여 명이 사망하였다고 한다.

그러나 이것이 방사선 피폭에 의한 사망인지를 공식적으로 조사·확인한 자료는 없다.

그러므로 일본의 경우와 비교하여 보면 신빙성이 희박한 것으로 판단된다.

그 이유는 WHO 전문가들이 90년 체르노빌 원전 부근의 방사능 오염 지역에 대하여 피폭 방사선량을 조사·연구한 결과 외부 피폭과 내부 피폭(Cs-137 및 Sr-90)을 포함하여 방사능 오염 지역에서 주민이 일생 동안 조사(dose)받을 수 있는 방사선 피폭 선량이 80mSv~160mSv였기 때문이다.

비행기 조종사나 비행기를 자주 타고 여행하는 사람들은 통상 우주선(cosmic rays)을 포함하여 일생 동안 100mSv의 방사선을 피폭받는 것으로 알려져 있다.

사람이 1Gy의 방사선을 단시간 내에 피폭되었다 할지라도 죽으리라고는 기대하지 않는다.

3Gy 내지 4Gy의 방사선을 단시간 내에 피폭받으면 생존 또는 사망률은 50%인 것이다.

방사선 방호와 관계되는 여러 국제 위원회에서 일본의 경험을 표본으로 하여 사람이 단시간 내에 1Gy의 방사선 피폭을 받으면 치명적이고 불치의 암에 걸릴 수 있는 확률을 추정 평가하였다.

백혈병에 걸릴 수 있는 확률은 100명당 1~2명 정도이고, 모든 다른 암에 걸릴 수 있는 확률은 100명당 10~12명 정도였다.

그러므로 체르노빌 원전 4호기 원자로 폭발 사고 당시 단시간 내에 많은 양의 방사선 피폭과 화재로 인한 화상으로 사망한 30명과 지금 원자병으로 앓고 있는 134명을 제외한 모든 주민들이 받은 방사선 피폭으로 인체에 미치는 생물학적 영향에 대하여는 앞으로도 10년 내지 20년 동안은 주의깊게 추적 조사·연구가 필요한 것이다.

95년 10월 필자 일행이 체르노빌 원전에 대하여 사찰 업무를 수행할 당시 발전소 건물 일반 복도에서의 방사선량 3μSv/hr~6μSv/hr로 측정되었다.

이 수준보다 방사선량이 낮은 곳도 있으므로 평균 방사선량은 방사능에 오염되지 않은 일반 다른 지역의 자연 방사선량과 비교하면 10배 정도로 보면 타당할 것이다.

IAEA 사찰관들이 사용후 핵연료의 검증을 위하여 NDA 측정으로 사찰 업무를 수행한 사용후 핵연료 저장조의 방사선량은 방사선 작업 종사자의 피폭 선량 한계치인 25μSv/hr가 훨씬 넘었으며 250μSv/hr가 되는 구역도 있었다.

IAEA 사찰단 일행이 3일간에 피폭된 방사선량은 0.25mSv 내지 0.34mSv였다.

필자가 관심을 가지고 체르노빌 원전 4호기(sarcophagus)로부터 100m~150m 떨어진 지점에서 방사선량을 측정해 본 결과, 그 당시는 50μSv/hr 내지 120μSv/hr에 지나지 않았다.

체르노빌 원전 사고 후 거의 10년 만에 이렇게 방사선량이 현저하게 줄어들었지만 방사능 오염이 완전히 제거되지 않았기 때문에, 아직도 체르노빌 원전 단지 전 지역이 방사능 오염 구역으로 설정되어 있어서 일반 차량의 출입이 통제되어 있었고 몇 대의 트럭만이 작업을 위하여 운행되고 있었을 뿐이었다.

결론

3일간에 걸쳐 체르노빌 원전에 대한 IAEA의 사찰이 끝났다.

체르노빌 소장단 일행과 IAEA 사찰단 일행이 마주 앉아서 IAEA 사찰 결과에 대한 회의를 가졌다.

체르노빌 원전 사찰을 받는 담당자들의 호의적이고 긴밀한 협조로 IAEA의 사찰을 아무 지장없이 성공적으로 끝마친 데 대하여 감사함을 표시하였다.

소장 이하 모두들 만족해 하는 표정들이었다.

회의를 끝마치고 정문 현관으로 나오니 벽시계가 오후 6시 30분을 가리키고 있었다.

3일 동안의 숨가빔던 체르노빌 원

전 사찰 활동의 추억을 등 뒤로 남겨 놓고 미니 버스를 타고 살루부치로 향하였다.

살루부치로 가는 길은 한적하기만 하였다.

사람이 살지 않는 타인지 가끔가다 뜨끈뜨끈 차량이 지나갈 뿐이었다.

떠난지 30분쯤 되니까 어느덧 캄캄하게 되어 밖이 보이지가 않았다.

터덜거리며 달리는 미니 버스 속에서 10년 전에 일어난 체르노빌 원전 4호기 원자로 사고에 대하여 다시 한번 생각해 보았다.

그리고 우리 나라가 보유하고 있는 경수로에서 사고가 생기면 어떻게 될까 비교·검토해 보았다.

필자는 체르노빌 원전 사찰시 원자로 건물 구조에 대하여 관심을 가지고 자세히 살펴보았다.

결론적으로 말하면 원자로에서 사고가 나면 방사성 물질이 다량으로 누출되어 환경을 방사능으로 오염시키는 것은 물론이려니와, 거주하는 주민들에게 방사선 피폭으로 인체에 피해를 줄 수밖에 없다.

결국 체르노빌은 안전 기준에 미달된 수준이 낮은 구조의 건물임을 확인할 수 있었다.

다시 말하면 원자로 사고시 핵분열성 방사성 물질이 외부 환경으로 누출되는 것을 막아 주는 안전 장치인 격납 용기도 없는 안전도 수준이 낮은 원자력발전소 건물이었다.

그와 반면, 우리 나라에서 운전하여

전기를 생산하고 있는 경수로는 원자력발전소 안전 기준에 적합하게 격납 용기가 설치되어 있다.

격납 용기가 있는 원자로로는 사고가 나더라도 핵분열성 방사성 물질이 외부 환경으로 새어나오지 못하게 차단할 수 있도록 설계가 되어 있다.

격납 용기의 구조를 알기 쉽게 요약하면 4~6cm 두께의 철판과 그 외부를 100cm~150cm의 철근 콘크리트로 둘러싸서 방벽을 만들고 그 안에 핵연료가 들어 있는 원자로를 설치되어 있는 것이다.

그래서 설령 원자로에서 운전중 어떤 불의의 사고가 날지라도 핵분열성 방사성 물질이 외부환경으로 빠져나가는 것을 차단하는 수준 높은 고도의 안전 장치인 격납 용기가 설계 구조상으로 안전 기준에 적합하게 되어 있으므로 체르노빌 원전과 같은 엄청난 사고는 일어나지 않으리라고 확신되었다.

그러므로 혹시나 우리 나라 사람들이 체르노빌 원전과 우리 나라의 경수로를 동일시하여 우리 나라에서 체르노빌 원전과 같은 원자로 폭발 사고가 일어나서 핵분열성 방사성 핵종이 외부 환경으로 누출되어 환경을 방사능으로 오염시키고 주민들이 방사선에 피폭되지 않을까 우려하는 사람들에게, 특히 원자력발전소 주변에 거주하고 있는 주민들은 이 사실을 반드시 알고 있어야 되겠다고 생각하였다.

이런 생각을 하고 있는 동안 어느덧

IAEA 사찰단 일행이 탄 미니 버스는 살루부치에 도착하였다.

살루부치에서 마지막 밤을 보내고 그 다음날 키예프에서 오스트리아항공에 탑승하니 벌써 비엔나에 온 기분이었다.

좌석을 찾아 자리를 잡고 앉으니 사찰 기간 동안의 긴장이 풀려서 그런지 좀 피곤한 기분이 들었다.

그리고 며칠을 계속해서 사찰 업무를 수행한 관계로 목에 갈증이 더 났다.

그래서 오스트리아 특산품인 Schloßgold 맥주(Alkoholfreis)를 마시니 기분이 한결 가벼워졌으며, 맥주 맛이 더욱 좋았다.

그리고 3일 동안의 체르노빌 원전에서 수행한 사찰 활동이 얼마나 값진 것이었는가를 생각해 보았다.

16년 전 옛 소련으로 사찰 훈련을 받으러 가지 못하여 진 빚을 한국 사람인 필자가 한국 사람의 명예를 걸고 서양 사람들을 인솔하고 사찰 단장으로서 유명한 체르노빌 원자력발전소의 사찰을 수행함으로써 옛 소련에 대한 빚을 멋지게 갚았다고 생각되었다.

마치 운동 경기에서 승리하여 트로피를 받고 개선하는 기분이었다.

필자는 우리 나라의 국책 사업인 세계화의 선구적 대열에 참여함으로써 조국을 위해 무언가 기여하였다는 자부심을 느끼며 하나님께 감사드렸다. ☸