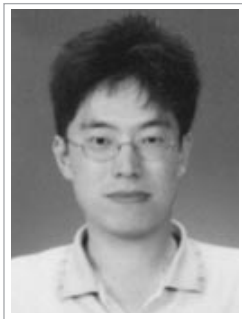


원자력 안전 국제 동향과 시사점

최영성*

한국원자력안전기술원 안전정책실장



머리말

2000년대 들어 변화하기 시작한 국제 원자력 환경이 근래 들어 원자력 부흥기라는 말이 실감날 정도로 빠르게 변하고 있다.

미국과 중국 및 인도와의 원자력 협력이 시작되었으며, 작년 7월

미국에서는 1970년대 이후 처음 신규 원전 건설을 위한 인허가 신청이 접수되었다.

미국 주도의 국제원자력파트너십(GNEP)에 참여하는 국가가 확대되고 있으며, 작년 9월 있었던 국제원자력기구(IAEA) 제51차 정기총회에서는 중소형로 개발에 관한 결의안이 채택되는 등 국제적인 원자력 이용 확대가 진행되고 있는 것이다.

이러한 이용 확대의 움직임과 함께 국제 기구를 중심으로 그리고 여러 나라에서 원자력 안전을 위한 인프라 구축에도 많은 노력을 경주하고 있다.

이미 각종 국제 협약¹⁾을 통해 안전 인프라의 국가 간 상호 검토

가 이루어지고 있고, 국제원자력규제자협의회(INRA)를 통한 안전 규제 정책 정보의 공유, 국제원자력안전그룹²⁾(INSAG)의 활성화, 원자력 안전과 관련한 각종 국제회의를 통한 안전 이슈의 발굴과 해결, 다국간 설계평가체제(MDEP)를 통한 차세대 원전의 규제 요건 개발, 교육 훈련의 국제공조를 통한 규제 요원의 양성³⁾ 등은 널리 알려진 대표적인 사례들이다.

본고에서는 이러한 국제적인 원자력 이용 확대 움직임 속에서 원자력 안전성 확보를 위해 각국이 취하고 있는 최근의 규제 동향⁴⁾은 어떠한지 분석, 정리하여 우리나라의 원자력 안전 시사점을 도출하

* 서울대 원자핵공학과 졸업, KAIST 원자력공학과 석사, 박사

1) 원자력안전협약 제4차 검토회의('08.4), 폐기물공동협약 제3차 검토회의('09.5), 조기통보 및 지원협약 당사국 회의의 등
2) IAEA 사무총장 자문기구 성격에서 안전에 관한 독립적인 그룹으로 변화되었으며, IAEA 총회에 독자적인 보고서를 제출하였다.
3) 우리나라는 제51차 IAEA 정기총회(07.9)에서 국제원자력안전학교를 설립하여 국제 안전규제 전문가 양성에 기여할 것임을 발표하였다.
4) 2008년 4월 개최되는 원자력 안전협약 제4차 검토회의를 위해 각국이 제출한 국가보고서를 검토하여 주요국의 안전현안을 파악하였으며, 각종 국제회의의 결과로부터 향후 도전과제를 정리하였다.

고 향후 안전 정책 수립 및 시행에
서 참고해야 할 사항들을 제시해
보고자 한다⁵⁾.

주요 국가들의 원자력 안전 동향

1. 미국

가. 신규 원전 인허가 신청

미국에서는 1970년대 이후 근
30년만에 신규 원전 건설이 추진
되고 있는데 작년 말 현재 5개 부
지에 8개 호기의 원전 건설을 위한
인허가 신청이 접수된 상태이다.
2009년까지 이러한 인허가 신청
은 32기에 이를 전망이다.

NRC는 현재와 같은 인허가 신
청이 쇠퇴할 것을 예상하면서 이
미 2001년부터 신형 원전 건설 인
허가를 준비하여 왔다. 특히 신규
원전의 안전성 향상과 관련된 다
수의 정책 현안⁶⁾을 도출하여 이를
어떻게 대처할지에 대해 검토해
왔다.

이들 정책 현안들 중에서 경수
형(LWR) 원전에 관련된 사항은
규제 입장을 정리하여 인허가 신
청에 대비하고, 당장 인허가 신청
이 예상되지 않는 비경수형(Non-

LWR) 원전과 관련된 사항은 노형
증립의 규제 체제를 개발하면서
해결하는 노력을 경주하고 있다.⁷⁾

즉, 종합 리스크의 제한, 격납
건물 성능 요건 및 기준의 설정, 신
형 원전에 적용할 안전 수준의 설
정 등에 대해서는 규제 입장을 보
류한 채 10 CFR 53의 체제에서
포괄하여 방안을 제시할 계획이다.

나. 원자력 부품의 품질 관리 문제
NRC는 신규 원전의 건설이 가
시화됨에 따라 원전에서 사용될
원자력 부품의 품질관리 확보에
많은 관심을 기울이고 있다. 이는
국제적인 위조품 시장이 확대되면
서 원자력 부품에서도 위조품이
상당수 발견되고 있기 때문이다.

2005년 전체 무역 상품 중에서
위조품은 약 2%⁸⁾에 해당할 정
도로 커졌다. 특히 문제가 되는 것
은 이러한 위조품이 과거와 달리
암거래 시장이 아닌 정상적인 유통
경로를 통해 거래된다는 점이다.

이러한 위조품은 엄격한 품질
관리 절차를 거치지 않고 시장에
유통되므로 성능 미달, 부정확한
성분, 책임 주체 부재 등의 문제를
야기하고 있다. 펌프, 밸브, 모터,

팬, 파이프, 볼트 등 원전에서 사용
되는 수많은 구성 부품에 대한 관
리 문제는 근래의 문제만은 아니
다.

하지만 미국에서는 원자력 부품
제조 업체가 많이 사라져 상당 부
분 외국산 부품에 의존할 수밖에
없는 상황이기 때문에 문제가 심
각하다.

미국 내 ASME 인증 기업이 30
년 전에 비해 1/5로 줄어들어 품질
이 보증된 원자력부품을 구하기
어렵기 때문에 위조품이나 기준
미달의 부품이 원전 건설 현장에
흘러들어올 가능성이 큰 것이다.

NRC 위원장은 국제적인 위조
품 색출을 위한 국가 간 공조를 이
미 수 차례 촉구⁹⁾한 바 있으며 작
년 8월에는 결함 및 부적합 사항의
보고에 관한 규정(10 CFR 21)을
개정하여 위조품 발견시 통보 의
무를 강화하기도 하였다.

사진은 에너지부(DOE) 및
NRC에 보고된 원자력 시설에서
발견된 위조 부품들의 예를 보여
주고 있다.

다. 가동 원전 안전 현안

미국이 제출한 원자력안전협약

5) 보고는 KINS가 발간한 CEO 리포트 제07-12호(07.12.10), “원자력안전 국제동향과 정책 시사점”의 내용을 발췌하여 정리한 것이다.
6) 1. 심층 방어 개념의 확장, 2. 인허가 요건에 확률론적 접근법의 확대 적용, 3. 인허가 결정에 시나리오별 선원항의 허용, 4. 비상 계획 요건의
변경 가능성 검토, 5. 물리적 방호(항공기 충돌 등), 6. 종합 리스크(Integrated Risk)의 제한, 7. 격납 건물 성능 요건 및 기준의 설정, 8. 신
형 원전에 적용할 안전 수준(Level of Safety)의 설정
7) 상세 내용은 KINS에서 발간한 CEO 리포트 07-7호(07.4.27) “미국 신규 원전 건설계획과 인허가 현황” 을 참조할 것
8) OECD Observer, 07.9월호, 시장 규모는 \$200 billion(약 200조원)이며 통계에 잡히지 않는 규모는 훨씬 클 것으로 예상
9) 작년 6월 OECD/NEA에서 열린 2007 원자력안전포럼(FANS 2007) 및 9월의 IAEA 과학포럼에서 각국 규제 기관 간의 협력을 요청하
였다.

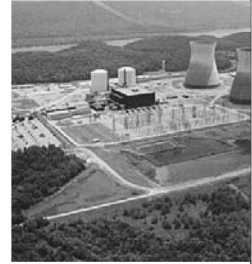
Calvert Cliffs 1&2



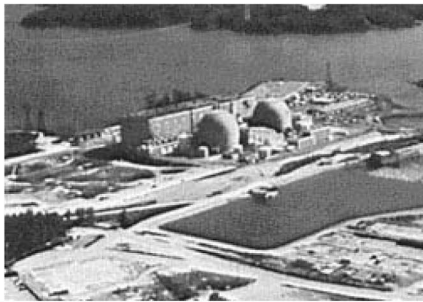
STP 1&2



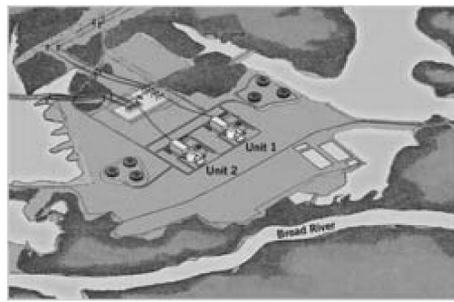
Bellefonte (in



North Anna 1&2



William Lee



신규 원전의 건설을 신청한 부지의 전경(사진 왼쪽으로부터 시계 방향 - ● Calvert Cliffs (메릴랜드): PWR(CE) 2기 운영 중, ● STP (텍사스): PWR (W) 2기 운영 중, ● Bellefonte (아리조나): PWR 2기의 건설허가를 받아 건설 중 중단됨, ● North Anna (버지니아): PWR (W) 2기 운영 중, ● William Lee (사우스 캐롤라이나): 신규 원전 부지

제4차 국가보고서를 살펴보면 가동 원전의 안전 현안으로 크게 3가지, 즉 재료 경년 열화, 출력 증강에 따른 기기 손상, 집수조 막힘 현상을 열거하고 있다.

재료 경년 열화와 관련해서는 이중 금속 용접부 균열 현상에 주목할 필요가 있다. 2006년 10월 Wolf Creek 원전(PWR)의 가압기 이중 금속 용접부 5개 부위에서 발견된 원주 방향 균열(PWSCC)은 '파단 전 누설(LBB)' 개념의 적용 가능성 측면에서 중요한 사안으로 간주되어 심층 분석이 이

루어지고 있다. NRC는 2007년 12월까지 사업자에게 점검 및 향후 조치 계획을 제출할 것을 지시한 상태이다.

2007년 2월 Duane Arnold 원전(BWR)의 원자로 압력용기와 펌프 연결 부위에 대한 초음파 검사에서 균열 가능성이 확인되어 이에 대한 검사 결과의 재확인 등 평가 작업이 진행 중이기도 하다.

17.8%의 출력 증강을 시도한 BWR 원전에서 습분 분리기와 밸브 등이 파손된 사건이 있었다. 이는 증기 속도의 상승에 따른 기기

진동과 피로의 영향으로 밝혀졌으며, 현재 신형 습분 분리기를 설치하여 다른 영향이 없는지 관찰하고 있는 중이다.

집수조 막힘(sump clogging) 현안은 2004년 9월 일반 서한(GL)을 공표한 이후 많은 진전이 있었으나 아직까지는 미종결된 일반현안이다.

현재 신형 여과기(strainer), 신도장재 등에 대한 실험을 진행 중이며, NRC는 2007년 12월까지 사업자 조치 계획을 접수 받아 검토 후 종결할 계획이다.



라. 사업자 안전문화에 대한 규제 기관의 감독

NRC는 데이비스-베세 원자로 헤드 부식 사건 이후로 안전문화에 대한 규제 기관의 감독 필요성을 인식하고 원자로 감독 체제(ROP)를 개정하여 사업자 안전문화에 대한 규제 기관의 감독을 2006년 7월부터 시행하고 있다¹⁰⁾.

이를 위해 안전문화에 대한 감독 절차를 담은 검사 매뉴얼과 검사 절차서를 개발하였는데, 개정된 ROP에서는 검사 보고서의 반기별 분석으로 안전문화 취약성 여부를 평가하고, 성능 저하가 지속될 경

우 안전문화 제3자 평가를 지시하며, 계속되는 성능 저하로 안전 운전이 보장되지 않는다고 판단될 경우 안전문화 취약성을 근거로 발전소 가동 중지를 명할 수 있도록 하였다.

2007년 12월까지 18개월간의 시범 이행을 통해 절차를 보완할 계획이며, 모든 검사원들에 개정된 ROP에 대한 교육 훈련을 실시하고 안전문화 특별검사팀을 구성하였다.

현재 ROP 조치 매트릭스(Action Matrix) 4단계에 들어가 있으며 성능 저하의 원인이 안전문화 결여와 관련되어 있는 것으로

평가된 Palo Verde 원전에 대해 첫 번째 안전문화 특별 검사가 실시될 예정이다.

마. 원자력 방호(Nuclear Security)의 강화

9/11 이후 원전에 대한 테러 공격이 주요 고려 요인으로 등장함에 따라 NRC는 신규 원전 설계에 대형 항공기 충돌 영향을 고려하도록 10 CFR 52를 개정하기 위한 개정안을 2007년 10월 공표¹¹⁾하였다.

원전 네트워크에 대한 사이버 보안의 중요성도 높아지고 있다. 이미 미국에서는 해킹을 통해 발전소 제어 계통의 발전기 파괴 가능성을 실험으로 증명한 바 있으며, 해외에서 제작된 기기의 경우 'backdoor'의 가능성도 경고하고 있다.

한편, NRC는 안전과 보안(Safety-security)의 연계를 통한 시너지 효과 제고를 위해 규제 지침(안)¹²⁾을 개발하여 이해 관계자들의 의견 수렴을 진행 중이다.

NRC는 방사선원의 안전과 보안을 강화하기 위한 조치의 하나로 특정 고위험선원¹³⁾의 제조, 이전, 폐기 등의 전 과정에 대한 국

10) 상세 내용은 KINS에서 발간한 CEO 리포트 07-11호(07.12.7), “안전문화에의 규제대응” 참조

11) 이미 설계승인(DC)을 받은 AP1000은 동 개정의 영향을 받지 않지만 설계자인 웨스팅하우스는 이를 고려하여 설계를 수정하고 DC의 개정을 신청할 계획이다. 웨스팅하우스의 이같은 결정은 미국 내 건설을 추진하고 있는 프랑스 아레바의 US EPR이 2중 격납 건물로 설계되어 있다는 점에 자극받은 것으로 알려졌다. 이처럼 원전 시장이 국제화되면 원전의 안전에 관한 국제 표준이 자연스럽게 자리잡을 것이고 표준을 선점하기 위한 경쟁이 국가 간에 벌어질 것이다. 이때를 대비하여 각국의 규제 기관은 안전규제의 글로벌 컨버전스를 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

12) Managing the safety/security interface (Draft RG: DG-5021)

13) IAEA의 방사선원 안전과 보안에 관한 행위준칙에서 분류하고 있는 1등급 및 2등급 선원

가 등록을 의무화하는 국가선원추적시스템(NSTS)을 구축하고 2006년 10월 가동¹⁴⁾에 들어갔다.

바. GNEP 시설에 대한 인허가 체제 구축

NRC는 에너지부(DOE)가 추진하고 있는 GNEP 핵주기 시설의 인허가를 위한 안전 및 규제 요건을 개발해야 한다. 핵주기 시설의 경우 아직까지 국제적 안전 기준의 개발이 미흡하고, 핵주기 시설이 플루토늄 및 고농축 우라늄(HEU)과 같은 핵무기로 전용 가능한 물질과 관련되어 있어 안전뿐만 아니라 방호 및 비확산 측면의 요건과 연계되어야 한다.

따라서 안전성뿐만 아니라 방호 및 계량 관리 측면을 고려해야 하지만 NRC는 핵주기 시설에 대한 명확한 방호 및 계량 관리 규정을 갖고 있지 않아 이에 따른 일관성 측면의 규제 입장을 정리할 필요성을 인식하고 있다.

아직까지 GNEP에서 추진할 구체적인 기술이 제시되지 않아 NRC로서는 규제 요건 개발에 낮은 우선 순위를 부여한 상태이다.

한편, 연구 개발-설계-건설이 동시에 진행되는 프로젝트의 경우 NRC는 안전성 측면의 사전 검토 필요성은 인정하지만 사업자(GNEP의 경우는 DOE)의 명확한

추진 계획이 완성된 이후에 규제 요건이나 체제를 개발한다는 입장을 견지하고 있다.

설계가 완료되지 않은 상태에서 건설이 진행된 DOE 프로젝트의 실패 사례가 많아¹⁵⁾ 기술의 완성도, 사업자의 추진의지 등을 종합적으로 판단하여 규제 개발을 수행하는 것이 규제 개발에 따르는 국가적 비용 손실을 최소화할 수 있기 때문이다.

2. 영국

가. 최근 규제 동향

영국에서 신규 원전 건설의 계획은 아직 확정되지 않았지만 정부의 에너지 정책에서는 원전 건설의 가능성을 배제하지 않고 있다. 이에 따라 신규 원전 건설에 대비하여 인허가 체제의 정비, 후보 노형에 대한 설계 검토가 진행되고 있다.

보건안전집행부(HSE)는 영국 내 건설 의향서를 제출한 AP1000, EPR, ESBWR, 및 ACR1000의 4개 노형에 대해 설계상 안전성을 확인하고 건설 허가시 중복 심사를 배제하기 위한 공통 설계 사전 검토(Generic Design Ass.)에 착수했다.

영국의 핵주기 시설 단지인 쉘라 필드에서 발생한 방사성 물질 누출

사고 이후 HSE는 안전문화의 중요성에 대해 새로 인식하고 안전문화 감독 절차를 개발하고 있다.

특히, CEO 및 경영진이 안전문화 형성에 많은 영향을 미침을 인지하고 안전성 평가 원칙(SAP)에 리더십, 의사 결정 및 학습 능력 등 항목을 추가하여 이에 대한 평가 기반을 갖추었다. 현재 부지 검사원에 의한 관찰과 평가를 시범 적용 중이며 이후 규제 절차로 정식화할 계획이다.

나. 안전 규제 행정 조직의 통합

안전(safety), 방호(security) 및 계량 관리(safeguard) 업무의 연계와 효율성 제고를 위하여 그동안 방호를 담당하던 민간원자력방호실(OCNS), 계량 관리를 담당하던 안전조치실(UKSO)을 2007년 4월부로 HSE에 통합하여 원자력 규제에 관한 전담 체제를 구축하였다.

이로써 HSE의 원자력안전국(Nuclear Safety Directorate)은 안전뿐만 아니라 방호 및 계량 관리 업무를 통합하여 전담 수행하게 되었으며, 그 명칭도 원자력규제국(Nuclear Directorate)으로 바꾸었다.

한편, 보건안전위원회(HSC)와 보건안전집행부(HSE)로 이원화되어 있는 영국의 규제체제로 인

14) 미국내 16,000개 시설에서 이용되는 44,000개 선원이 대상이며, 이들 선원의 이용 기관은 매년 선원의 상태를 NSTS에 등록할 의무를 가진다. 20007년 11월까지 1차 등록을 마친 상태이다.

15) 설계가 완료되지 않은 상태에서 건설이 진행된 DOE 프로젝트의 실패 사례(최근 12건이 비용 초과 및 공기 지연)에 대해 연방회계국(GAO)은 Technology Readiness Level의 판단이 중요함을 강조 (GAO-07-336)

해 안전에 관한 단일의 메시지 전달이 어렵고 비효율성 문제가 제기됨에 따라 이를 통합하는 논의가 진행 중이다. 2008년 중반 경에 통합 여부를 결정하고 법령을 정비할 계획이다.

3. 프랑스

가. 가동 원전 안전 현안

프랑스에서도 집수조 막힘 현상과 관련하여 규제 차원의 대응을 실시하였고 사업자인 EDF는 모든 원전의 sump filter를 2009년까지 교체할 예정이다.

프랑스는 기상 이변에 따른 원전 안전성에 미치는 영향을 평가하고 있다. 1999년 Le Blayais 원전 홍수 사건 이후 특정 부지에 대해 폭우, 강수위 등에 대한 설계 기준 재설정과 이에 따른 안전성 재평가를 실시하고 있는데 2007년까지 완료할 계획이다.

2003년과 2006년 여름에는 유럽 전 지역에서 이례적 무더위가 찾아왔는데, 당시 강수 온도가 상승하여 원전 온배수 배출 기준을 완화하거나 발전소 출력을 줄여야 하였다. 그러나 무더위로 냉방기 수요가 급증하여 출력을 낮출 수도 없었다. 이에 따라 정부는 임시로 온배수 배출 기준을 완화하였는데 이로 인해 생태계에 미친 영향을 장기적인 관점에서 평가하고 있다.

이처럼 기상 이변으로 원전 가동성에 영향을 받는 일이 발생하

자 규제 당국은 2008년까지 기상 이변에 대한 전반적인 영향을 평가하고 2010년까지 필요 사항을 조치한다는 계획을 수립하여 추진하고 있다.

화재 방호도 프랑스에서는 주요 현안 중의 하나이다. 2006년 말까지 전 원전에서 화재 방호 계획의 이행을 완료하였으며, 규제 당국은 돌아오는 3번째 주기적 안전성 평가(PSR)에서 추가적으로 확률론적 화재 안전성 분석 결과를 활용한 방호성능 평가와 기존 화재 차단 기기의 안전 여유도 재평가, 2가지 사항을 사업자에 요청할 예정이다.

나. 연구용 원자로에 대한 주기적 안전성 평가(PSR) 실시
원자력청(CEA)은 연구용 원자로에 대해서도 10년 단위의 PSR을 실시하기로 하고 2005년부터 시행에 들어갔다. 향후 6년 이내에 모든 연구로에 대해서 1주기 평가를 완료할 계획이다.

현재 진행 중인 연구로 PSR의 중점 분야는 지진, 경년 열화(특히, 전기 전자 부품), 인적 요인 및 노심 임계 안전성 등인데 규제 당국은 연구로 PSR에서 다루어야 할 내용, 기대 수준 및 스케줄에 관한 정책 방향을 제시하고 있으며 원자력청은 이를 바탕으로 평가를 수행하고 있다.

다. 의료 방사선 사고 재발 방지 대책 제시

프랑스에서는 2005년 이후 30건의 방사선 의료 사고가 발생하였다. 이로 인해 사망 5명, 심각한 손상 2명, 통계학적 인체 영향은 수천 명에 이를 정도로 의료 방사선에 대한 안전 관리가 제대로 수행되지 않았다.

프랑스 규제 당국은 이러한 방사선 의료 사고의 심각성을 인지하고 방사선 진단/치료시 과피폭 재발 방지를 위한 대책을 최근 마련하여 실시하고 있다.

여기에는 의료 방사선 이용에 대한 안전 관리 강화, 의료진에 대한 방사선 방호 교육 및 홍보, 안전 의식 제고가 포함되어 있으며, 특히 의료계의 치료 지상주의에서 환자 안전 중시로 전환하는 문화적 변화가 가장 중요한 과제라고 지적되고 있다.

4. 일본

일본에서는 2001~2002년 밝혀진 동경전력 허위 점검 및 검사 부정 사건 이후, 상태유지 중심의 기술기준에서 성능 중심의 기술기준으로 전환하는 검사 제도 1차 개편을 단행한 바 있다.

그러다가 2004년 미하마 원전 2차측 배관 파단 사고 이후 경년 열화 관리를 강화하기 위한 검사 제도 2차 개편을 준비하고 있다.

이번 검사제도 개선은 2008년 시행을 목표로 추진 중이며 다음을 목표로 진행된다.

첫째, 미국의 정비 규정(MR)을

참고하여 관리 지표 선정, 상태 감시 등을 기반으로 하는 보전 프로그램의 도입을 의무화하고 이에 대한 심검사를 수행한다.

둘째, 현행과 같은 정기 검사와 운전 중 보안 검사¹⁶⁾에서 탈피하여 리스크 정보를 검사에 활용하여 운전 중에도 필요한 부분을 검사도록 한다.

셋째, 인적 오류 및 안전문화에 대한 규제 지침을 개발하여 적용한다.

넷째, 향후 과제로서 안전 실적 지표의 도입과 리스크 정보화를 통해 원전별 종합 안전성 평가 제도를 구축한다.

이러한 검사 제도의 개선 작업이 진행되는 와중에 또다시 안전사건의 은폐 사실이 적발되었다.

2006년 11월 수력발전소 댐의 안전 진단 조작 및 은폐 적발에 따라 원전을 포함한 모든 발전원에 대한 유사 사례를 점검하였는데 그 결과 원전에서도 모두 98건의 조작 및 은폐 사례가 있음이 밝혀졌다.

이중 시가(Shika) 원전 임계 사

고를 포함한 11건이 안전과 관련된 사건이었음을 확인하였으며, 규제 당국인 원자력안전보안원(NISA)은 규제검사원의 시설 접근 권한 확대(불시 검사 등), 보고 및 정보 공개 강화, 정보 공유 확대 등의 지시하였다.

한편, 일본 원자력 발전 사업자들은 2006년 9월 개정된 내진 설계 심사 규제지침에 따라 각자의 원전에 대한 내진 안전성 평가를 실시하고 있었는데, 2007년 6월 가시와자키-카리와 원전에서 설계 기준을 초과하는 지진이 발생하였다.

이에 따라 2006년 제정한 규제 지침의 재개정 여부를 검토 중에 있으며 개정 규제지침에 따른 재평가 결과를 감안하여 지진 후속 조치를 결정할 예정이다.

국제 기구/그룹 활동 분석

1. IAEA(국제원자력기구)

2007년에도 IAEA는 원자력 안전에 관한 주요 국제 회의들을 주

관하면서 전문 분야별로 안전 현안을 도출하고 향후 검토 및 추진되어야 할 정책 의제들을 개발하였다.

이들 안전 정책 의제들은 IAEA 총회에 상정하여 향후 IAEA 및 회원국들이 추진해야 할 국제 협력 항목으로 설정되었다. 대표적으로 IAEA가 2007년에 주도한 안전관련 활동을 살펴보면 다음과 같다.

○ 2007년 3월 : 정기 이사회에서 원자력안전리뷰¹⁷⁾를 검토하면서 원자력 안전의 도전 과제를 제시하였다.

○ 2007년 4월 : 환경 방사선 국제 회의에서 환경 방사선의 측정, 평가 및 규제에 관한 최신 경향을 논의하면서 환경 방사선 전문가 육성 등 3개 결론¹⁸⁾을 도출하였다.

○ 2007년 5월 : NEA와 공동으로 안전문화 워크숍을 개최하여 사업자의 안전문화에 대해 규제 기관이 어떤 방식으로 감독해야 하는지에 대해 5가지 결론을 도출¹⁹⁾ 하였다.

○ 2007년 6월 : 원자력 지식 관리 국제 회의에서 1차 회의(2002

16) 사업자 협력 하에서 이루어지므로 감독의 효과가 낮음

17) 이에 대한 자세한 내용과 분석은 KINS가 발간한 CEO 리포트 07-3호(07.3.13), “2006년도 IAEA 원자력안전리뷰 분석”을 참고

18) 첫째, 체르노빌 원전 사고 당시 전문 인력의 부족으로 인하여 주변국들은 자국의 방사선 영향 파악이 어려워 불안과 혼란을 겪은 바 있으므로 각국 규제 당국은 환경 방사선에 관한 전문가를 육성하고 유지하는 것이 중요하다. 둘째, 최근 천연 방사성 물질(NORM)에 대한 안전 관리의 중요성이 인지됨에 따라 관련 규제 요건과 이를 이행할 세부 지침이 필요한데 각국마다 상이한 감시 및 평가 요건을 상호 검토하여 국제적인 기준을 만드는 작업이 필요하다. 셋째, NORM, 방사선원 사고, 및 방사선원 살포 장치(RDD)에 의한 테러 등에 대비하여 도심 환경에서의 방사선 영향 평가 모델링 개발이 필요하다.

19) 첫째, 규제 기관은 사업자의 안전 관리 측면뿐만 아니라 안전에 대한 태도, 가치관 등 무형의 것도 살펴볼 필요가 있다. 둘째, 안전문화 요소 중 일부는 측정이 쉬운 반면 일부는 적절한 방식을 통한 유추에 의존해야 하며, 일부분으로 전체를 판단해서는 곤란하다. 셋째, 안전문화에 대한 정기적인 평가가 사전 활동으로서 바람직하며, 사건 발생시 사후 활동으로 집중적인 안전문화 평가가 필요하다. 넷째, 안전문화 감독에 현장 검사원을 보다 적극적으로 활용할 필요가 있으며 이를 위해 현장 검사원들에 대한 교육이 필요하다. 다섯째, 안전문화가 규제 요건으로 되지 않았을 경우 사업자의 자체 평가와 이에 대한 규제 기관의 검토를 수행하는 것이 필요하다.

년)에 이어 지식 관리를 위한 방안을 논의하였는데 지식 관리를 위해 정책 차원의 의지가 긴요함을 지적하고 이를 실현하기 위한 4가지 요소²⁰⁾를 제시하였다. 특히, 규제 기관은 규제 기관 자체의 지식 관리를 시행할 뿐만 아니라, 사업자의 지식 관리에 대한 감독을 수행할 것을 촉구하였다.

○ 2007년 9월 : IAEA 제10회 과학포럼에서 향후 25년의 원자력 개발과 안전의 도전 과제에 대하여 논의하고 안전과 관련하여 ‘인력 부족으로 인한 안전 인프라 미흡’과 ‘안전에 대한 대중 신뢰’ 등의 도전 과제를 제시하였다. 특히 포럼에서는 미국 NRC 위원장이 차세대 원자력을 위한 글로벌 안전 규제와 국제 파트너십의 구축을 촉구하였다²¹⁾.

○ 2007년 10월 : 원전 수명 관

리 심포지엄에서 원전 수명 관리를 위한 최신 동향과 향후 고려 사항²²⁾이 논의되었다.

IAEA 정기총회에서는 회원국들의 통합 규제 검토 서비스(IRRS) 수검과 국제 원자력손해배상협약 가입이 우리나라와 관련되어 향후 주요하게 고려되어야 할 사항으로 대두되었다.

총회의 안전 결의안은 프랑스의 IRRS 전 범위 수검을 지시하고 회원국 관심 증가를 주목하며, 수검 결과로부터 도출한 교훈의 공유를 권고하였다.

고위규제자회의에서 심층 토의를 통해 회원국 관심을 환기시켰으며 많은 국가들이 이미 수검을 받았거나 수검할 계획²³⁾임을 밝혔다.

또한 총회 기간 중 개최된 비공식 회의에서는 관련국들에게 보충

배상협약의 가입이 촉구되기도 하였다. 특히 미국이 동 협약을 비준함에 따라 향후 미가입국에 대한 가입 압력이 거셀 것으로 예상된다.

2. OECD/NEA(원자력기구)

OECD/NEA는 전략 계획(2005-2009년)을 통해 안전 도전 과제²⁴⁾를 제시하고 있으며, 이에 대처하기 위한 여러 가지 활동을 수행하고 있다.

2007년에는 안전포럼(FANS)과 규제 투명성 워크숍 등의 국제회의를 개최하였다. OECD/NEA 2007 안전포럼(FANS)에서는 안전 규제의 목표를 논의하면서 “원자력시설이 수용 가능한 안전 수준을 충족하고 있는지 어떻게 보장할 것인가²⁵⁾”에 집중하였다. OECD/NEA 대중 커뮤니케이션

20) 첫째, 전략의 수립이며, 이는 지식 관리의 중요성을 천명하고 가치를 부여하는 것이다. 둘째, 인적 자원 관리로서 인력 양성 및 지식의 세대 간 전수를 위한 노력이다. 셋째, 정보 관리로서, 문서화 및 DB화를 통한 지식의 자산화가 필요하다. 넷째, 프로세스 관리로서 연습과 훈련을 통한 지식의 체화이다.

21) NRC 위원장은 다국간설계평가프로그램(MDEP)을 다국간 규제 기준 개발 프로젝트로 전환하여 차세대 원자력 시설에 대한 규제 설계요건을 도출하고, 노형 중립의 리스크 정보 성능 기반 규제 체계를 활용하자고 제안하였다. 또한 Gen-IV 원자로에 대한 규제자 및 검사원을 양성하기 위한 교육 훈련이 절실하므로 원자력 시설 설계, 건설, 운영의 국제화와 연계하여 국제 규제검사원의 도입을 제안하였다.

22) 향후 수명 관리의 향상을 위해서는 발전소 경년 열화에 대한 온라인 상태 감시, PSA 및 비용 편익 분석을 통한 경년 열화 관리 전략 수립, 수명 관리를 위한 인적 자원의 확보 및 교육, 수명 관리 경험의 신규 원전에 대한 반영, 수명 관리에 대한 국제적인 경험 공유 및 데이터베이스 구축 등이 필요한 것으로 도출되었다.

23) 영국과 프랑스는 2006년, 호주와 일본은 2007년 수검을 완료하였고, 독일, 스페인, 파키스탄은 2008년, 러시아, 캐나다, 우크라이나는 2009년, 미국, 중국은 2010년 수검이 계획되어 있다.

24) 원자력 인프라의 유지와 구축, 원자력 안전에 대한 대중의 관심과 기대 증가, 사업자의 원전 활용도 제고(장주기 운전, 출력 증강 등), 장기 가동 원전에 대한 안전성 확보, 신규 원자로 및 신기술에 대한 안전성 평가

25) 이는 규제 기관이 원자력 시설에서 어떤 정보를 수집하고, 수집한 정보를 어떻게 종합적으로 분석하여, 시설별 안전 수준을 어떻게 최종적으로 판단해서, 안전 성능별 차등 규제를 수행할 것인가?에 대한 국제적인 논의를 활성화하기 위한 것이다. 이에 대한 방안으로서 미국은 원전 감독 체제(ROP), 캐나다는 원전 성능 평가를 실시하고 있는데 향후 원전별 종합적 안전성 평가(Integrated Safety Assessment)의 개념으로 종합될 것으로 예상된다.

실무 그룹(WGPC)은 규제 투명성 워크숍에서 투명성 향상을 위한 방안을 논의하고 몇 가지 결론²⁶⁾을 도출하였다.

3. 기타 국제 그룹의 활동

INSAG(국제 원자력 안전 그룹)²⁷⁾은 세계적인 원자력 동향을 검토하고 안전 현안과 향후 IAEA 활동 방향에 대하여 정리하여 IAEA 정기총회에 INSAG 의견으로서 전달하고 있다.

2007년 IAEA 51차 정기총회에도 지난 1년간의 안전에 관한 의견²⁸⁾을 제출(GC/51/INF-11)하였다.

INRA(국제 원자력 규제 자협의 회)는 2007년 정기총회를 2회 개최하여 세계적인 안전현안²⁹⁾들을 논의하면서 관심 사항을 도출하고 글로벌 규제 방향을 설정하고 있다.

국내 시사점과 향후 안전 정책 방향

향후 10년 동안은 국내외적으로 원자력은 많은 분야에서 변화를 겪을 것으로 전망된다. 지금까지 살펴본 국제 안전 동향은 우리에게 많은 시사점을 제시하고 있어 우리나라의 원자력 안전 정책과 비전의 수립에 있어 이를 참고하고 필요시 반영할 필요가 있는 바 이를 다음의 8가지로 정리하였다.

첫째, 규제 체제 개선을 위한 노력이 지속적으로 경주되고 있다는 것이다.

한때 원전 후발국들이 주로 활용하던 IAEA의 IRRS는 보다 선진화된 평가 체제를 갖추고 원전 선도국들에 대해 수검을 적극적으로 유도하고 있다.

선도국들도 국제적인 외부 전문가의 검토를 받음으로써 국내외적으로 객관성을 가진 점검 결과를 활용하고 있다. 점검 결과를 자국

체제의 우수성을 홍보하는 방식으로 활용하기도 하고 점검 결과 도출된 사항을 반영하여 규제 체제 개선에 활용하는 것이다.

우리나라도 세계 5위의 원전 보유국으로서 IRRS 수검에 대해 적극적으로 임하는 것이 필요하다. 이를 위해 기반 정비, 준비, 수검, 결과 반영, 이행 점검 등의 장기적이고 종합적인 IRRS 수검 전략을 수립하여 진행하는 것이 필요하다.

둘째, 리스크 정보 활용 및 성능 기반 규제의 개념이 확산되고 있다.

미국의 원자로 감독 체제(ROP)는 원전별 종합 안전성 평가 개념으로 확산되고 있으며, 미국 주도의 리스크 정보 활용 규제(RIR)를 일본이 적극적으로 수용하는 등 리스크 정보 규제는 세계적으로 확산되고 있다.

우리나라에서도 리스크 정보 활용 규제 이행 계획이 마련되어 원

26) 첫째, 대중 신뢰는 투명성의 결과로서 얻어지며 투명성은 단순한 정보 접근성뿐만 아니라, 규제 절차를 알리는 것이 중요하다. 규제자가 신뢰성 있는 절차의 투명성을 보여줄 때 대중 신뢰가 향상된다. 둘째, 규제자와 사업자, 규제 기관과 현장 검사원, 규제 기관과 정치적 의사결정자 간의 상호 작용도 중요하며 규제자의 투명성과 원자력 산업체의 투명성 간의 균형이 필요하다. 셋째, 이해 관계자 참여와 투명성에 관한 국제 기구의 지침이 필요하며, 규제 기관의 중장기 정책에 대한 정보 제공도 중요한 역할을 한다.

27) INSAG(International Nuclear SAfety Group)은 원자력 안전 분야에서 IAEA 사무총장을 자문하는 국제원자력안전자문그룹(International Nuclear Safety Advisory Group)으로 출발하여 근래 들어 명칭을 바꾸고 독립적인 활동을 수행하는 그룹으로 전환됨. 규제 기관, 연구 기관, 학계, 원자력산업 분야 등에서 활동하는 원자력안전에 대한 전문성을 가진 전문가들로 구성되어 있으며, 안전성 approach, 정책 및 원칙들에 대한 가이드를 제공하고 있음. 2007년까지 21건의 보고서(INSAG 시리즈)가 발간되었다.

28) 첫째, 신규 원전 도입국의 안전 인프라 구축이 필요하며, 국제 수준에 미흡한 원자력 시설에 대하여 안전협약 및 WANO 상호 점검을 통한 국제적 조치를 활성화하여야 한다. 둘째, 수년간 운전 경험 반영(OEF) 체제의 개선 필요성이 지적되어 왔으나 아직까지 보고 기준의 비일관성, 불명확한 기술, 조치 결과의 미보고 등의 문제로 효과적인 OEF 체제가 구축되지 않고 있다. 셋째, 신규 원전 건설에 필요한 원자력 부품의 품질 관리가 중요한 문제로 대두되고 있으며, 각국 규제 기관의 공조를 통해 품질 기준 설정과 품질 감독에 노력해야 한다. 넷째, 안전과 방호의 연계성(Safety-security synergy)을 위하여 동일 기관에서 안전과 방호에 관한 규제를 수행할 필요성이 강조되고 있다. 다섯째, 향후 핵연료주기 시설의 안전성 확보에도 관심과 노력을 기울여야 한다.

29) 주요 논의 사항은 첫째, IAEA 통합규제검토서비스(IRRS)의 수검을 통한 규제 기관의 체제/조직 개선노력을 공유, 둘째, 신규 원전의 인허가와 관련된 이슈 및 원전 도입국의 안전 규제 인프라, 셋째, 국제방사선방호위원회(ICRP) 신권고안의 영향과 규제 방향, 넷째, 원자력 방호 관련 각국 진행 사항이다.

전별 종합 안전성평가 제도의 구축과 이를 통한 차등 규제 검사를 목표로 진행되고 있는 바 제반 여건의 관리 등을 통한 착실한 추진이 필요하다.

셋째, 원자력 시설의 수명 관리와 주기적 안전성 평가(PSR)가 활발히 수행되고 있다.

대부분의 국가에서 원전 계속운전이 허용되고 있고 이를 위해 PSR과 연계한 경년열화 관리가 중요하게 다루어지고 있으며, 일부 국가에서는 연구로에 대한 PSR도 수행되고 있다.

우리는 지금까지의 PSR 수행경험을 반영하여 PSR 제도를 점진적으로 개선하고 연구로에까지 확대하며, 계속운전이 허용된 원전의 경년 열화 관리 프로그램에도 지속적인 관심을 기울여 장기 가동 원전의 안전성 향상에 노력하여야 할 것이다.

넷째, 안전 현안의 도출과 해결을 위한 운전 경험 반영의 효과성 제고가 필요하다. 각국의 원자력 안전 현안들에 대한 정보가 신속하게 국제적으로 공유되어 여러 나라들의 원전 운영 및 규제에 있어 방대하고 소중한 자원이 되고 있으나 아직까지 만족할 수준의 국제 체제가 확립되지 않고 있다.

우리는 이러한 외국 정보들을 포함한 안전 규제 이행 추적 관리 시스템 및 국가 차원의 운전 경험 반영 체제(안전 정보 통합 관리 시스템)를 확립하고, 원자력 지식관리를 위한 노력을 기울여 나가야

한다.

다섯째, 방사선원 이용 증가 및 방사성 물질 수송에 따른 안전과 보안의 강화가 필요하다.

의료용 방사선 이용에 따른 안전 관리가 강화되고 인간 이외 생물종 보호 및 NORM 등 새로운 영역에 대한 관심을 가지는 것이 국제적 추세이다.

또한 원자력 이용 확대에 따른 국제적인 방사성 물질의 수송이 증가할 것으로 예상되어 수송 경로상의 국가에 대한 정보 제공, 사고시 비상 계획과 손해 배상 등의 현안이 국제적으로 논의되고 있다.

우리나라는 방사선원 생애 관리 체제의 구축과 생활 주변 방사선 관리법의 제정을 통해 신개념의 방사선 방호에 부합하는 안전 체제를 구축하는 노력을 지속하고 또한, 중·저준위 방사성폐기물 처분 시설 완공 후 증가할 방사성 물질 수송 안전성 확보에도 관심과 투자가 이루어져야 할 것이다.

여섯째, 신개념 원자력 시설에 대한 규제 체제 개발이 진행되고 있다.

국제적으로 신개념 원자력 시설의 개발이 추진되고 있으며, 이들 새로운 원자력 시설의 규제를 위하여 개발자 기술 수준, 사업자 활용 의향, 국가 경쟁력 확보, 국민수용성 등을 종합적으로 고려한 규제 체제의 개발이 추진되고 있다.

국내에서도 사용후핵연료 공론화, 연구 개발 단계 원자로의 개발, 선진 핵주기 시설의 건설, Gen-

IV 원전 및 핵융합 시설의 설계 등이 진행되고 있으므로 다양한 시각을 고려한 규제 체제의 개발에 노력해야 한다.

일곱째, 원자력 안전 규제의 글로벌 컨버전스(convergence)에 대비하고 있다. 글로벌화에 따라 문화적·사회적 여건이 다른 나라라도 안전 규제 방법론과 관행 등은 점차 수렴하는 규제의 글로벌 컨버전스가 진행 중이다.

우리나라 역시 이러한 추세에 부응하여 다국 간 규제 기준의 개발, 국제 원자력검사원 개념 도입, 국제원자력안전학교의 설립과 차세대 규제 요원의 양성 등 안전규제의 글로벌 컨버전스에 보조를 맞추어 가는 것이 필요하다.

여덟째, 사업자 안전문화에 대한 규제 감독이 이루어지고 있다.

사업자의 안전문화에 대하여 미국은 ROP하에서 평가하며, 영국은 시범 평가를 실시하고 일본은 지침을 개발 중으로써, 주요국 규제 기관들이 사업자의 안전문화에 대한 역할을 증대시키고 있다.

국내에서는 인적 수행도 기반 검사(HuPI)가 수행 중이나 사업자 안전문화 자체 평가에 대한 규제 기관의 검토와 개선점 도출 등 활용성 측면이 미흡하므로 국제적 추세를 고려하여 사업자의 안전문화에 대한 규제 감독에 대한 이해의 확산과 관련 정책 개발이 필요하다. ☞