

종합적 원자력 안전성 평가 국제 동향과 향후 과제

- 2008년 제3회 원자력안전포럼 요약 -

발표 주제와 내용

1. 원자력발전소 종합 안전성 평가 국제 동향

- 박윤원 KINS 국제원자력안전 학교장

국제적으로 진행되고 있는 원전의 안전성을 종합적으로 평가하는 여러 연구 현황을 최근의 OECD /NEA의 Regulatory goal of assuring nuclear safety 책자 발간과 2007년 개최된 Forum for Assuring Nuclear Safety 내용을 위주로 소개하였다.

그리고 미국의 ROP와 캐나다의 종합 성능 평가 방법론과 캐나다, 스위스, 스웨덴의 현황을 소개하였으며, 국내에서 수행하고 있는 주기적 안전성 평가(PSR)의 11개 안전 인자에 대한 평가, 안전 성능 지표 활용 현황 등 전반적인 원전 안전성 평가 현황을 설명하였다.

국제적으로 종합적 안전성 평가

에 대한 이해가 확산되고 있으며 국내의 안전성 평가는 외국보다 다양하다는 점을 지적하고, 그러나 안전 문화 조직 체계 측면은 빈약하며 종합적인 판단 체계의 개선이 필요하다고 하였다.

앞으로 이 종합 평가 결과를 규제 자원의 적절한 배분에 활용할 것이며 개별 안전성 확인 활동의 집중화 체계화, 종합 안전성 평가 결과의 피드백 등의 추진이 필요하다고 하였다.

2. 원자력발전소의 안전성 평가 현황과 계획

- 이태호 한수원(주) 안전기술처장

현재 운영되고 있는 국내 원전의 안전성 평가 현황을 종합적으로 설명하였다.

가장 저렴한 녹색 성장 에너지원으로서의 원자력발전소 위상과 각국의 원자력 발전 현황, 우리나라 원전 운영 환경의 변화, 주요 원전

운영 이력을 설명하였으며, 우리나라의 원전 안전성 확보 체계에 대하여 설명하였다.

주기적 안전성 평가(PSR)의 수행 현황과 그 효과, 확률론적 안전성 평가(PSA)의 수행 현황과 그 효과를 설명하였으며, 종합 안전 점검으로서 IAEA 안전 점검(OSART), 세계원전사업자협회의 안전 점검(WANO Peer Review), 원전안전운영점검단 안전 점검(KOSART), 가동 원전 종합 안전 점검과 협력 회사 안전 점검 등을 소개하였다.

향후 추진 계획으로서 중장기 PSR 수행 계획과 PSA/RIA 추진 계획 그리고 OSART, WANO Peer review, KOSART 등 종합 안전 점검 계획 등에 대해 발표하였다.

3. 종합 안전 성능 평가의 개념과 연구 추진 현황

- 정대욱 KINS 리스크연구실 책임연구원

최근에 안전 규제 관점에서 논의되고 있는 리스크 정보 활용 규제 등과 관련하여 원자력 시설의 안전성을 종합적으로 평가하기 위하여 KINS에서 수행중인 종합 안전성 평가 연구의 기본 개념과 방안의 개요를 설명하였다.

그 기본 구조와 용어, 그리고 정기 검사 지적 사항 안전 중요도 평가 프로그램(KINS-SEIF) 개발에 대해 그리고 초기 사건 완화 계통에 대한 KINS 안전 성능 지표 개선 방안 개발 등에 대해 설명하였다.

또 종합 안전 성능 평가 방안(ISPA)의 활용에 대하여 가동 원전에 대한 차등 정기 검사 추진 방안과 연구 일정에 대하여 설명하였다.

4. 종합적 리스크 평가 이슈와 기술 개발 방향

- 하재주 KAERI 원자력기초과학연구본부장

종합적 리스크 평가와 관련된 국내외의 이슈와 이와 관련된 국내의 기술 개발 방향을 종합적으로 발표하였다.

기본적으로 종합적 리스크 평가를 안전성을 구조, 계통 및 부품 그리고 I&C, 인적 요인 등과 함께 보

안과 비상 대응을 함께 평가하는 것으로 설명하였다.

현재의 리스크 평가 이슈에 대하여 복잡성, 불확실성 그리고 비밀관성을 해결하기 위한 방법론에 대해 설명하였다.

그리고 디지털 환경에서의 리스크 통합 분석, 지진 리스크 평가, 구조물 및 설비 열화 평가, 최적 중대 사고 관리, 일상 직무 관련 불시 정지 저감방안을 설명하였다.

그리고 차세대 원전 리스크 평가 이슈로서 GEN IV PSA 기술, PSA 최적 열수력 분석, 피동 안전 계통 신뢰도 평가, 신뢰도 데이터 베이스, 위험도정보 설계, 부지 리스크 평가, 물리적 방호 등을 제시하였다.

그리고 종합적 리스크 평가로서 내부적 사건 리스크와 외부 요인으로 인한 리스크, 전 출력중 리스크와 정지중 리스크 그리고 다양한 원인(지진, 쓰나미, 산불, 해양 생물, 사보타지)으로 인한 리스크 평가를 향후 기술 개발 방향으로 제시하였다.

종합 토의 요약과 결론

본 포럼에서는 원자력 관계 기관 전문가 및 지역 주민이 참여하여 종합적 원자력 안전성 평가와 관련된 국제 동향과 우리나라의 사업자, 규제자 및 연구 기관의 종합적인 안전성 평가 관련 업무 수행 내용에 대하여 듣고 함께 토의하여 참

석자들이 이해를 공유하는 기회가 되었다.

안전포럼의 기획 의도, 주제별 토의 내용 요약은 다음과 같다.

1. 안전 포럼 기획 의도

“원자력 시설이 수용 가능한 안전 수준을 충족하고 있는지 어떻게 보장할 것인가?”라는 근본적인 질문에 대해 최근 OECD/NEA는 종합적 안전성 평가(Integrated Safety Assessment)라는 개념을 제시하였으며, 미국은 ROP(Reactor Oversight Process), 캐나다는 종합 성능 평가라는 제도를 도입하여 적용하고 있는 등 국제적으로 종합적이라는 이름하에 안전성 평가를 수행하고 있다.

그리고 국내에서는 규제 합리화의 일환으로 리스크 및 성능 정보를 종합적으로 활용하여 기존 규제 검사 제도를 개선하고 장기적으로는 원전의 종합적인 안전 성능 실적을 반영하여 규제를 수행할 목적으로 중장기 연구가 진행 중이다.

따라서 원전에 대한 종합적 안전성 평가와 관련한 국제적인 동향, 사업자 측 추진 현황 및 연구 기관의 연구 개발 현황 및 방향을 살펴 보고 향후 과제에 대해 토의하고자 하는 것이 본 포럼의 개최 배경이었다.

본 포럼은 각 기관이 하고 있는 안전성 평가 관련 업무를 단순히

함께 모아서 들어보는 것 이상의 것을 목적으로 하였다.

종전에는 전체를 잘라 부분으로 나누고 이를 다시 합하면 전체가 된다는 환원주의(reductionism)적 접근에 근거를 두고 각 부문별로 나누어 분석하던 방법론이 주종을 이루었으나, 근래에 각 부분으로 이루어지던 이러한 안전성 분석 혹은 평가 활동들이 통합되고 있다.

과거의 학제적 연구를 넘어서서 요즘엔 학문간 융합이라는 통섭(consilience)적 접근으로 나아가고 있으며 크게는 전일주의(holism)적 접근으로 이행하는 추세이다.

원전은 서구 합리주의의 산물로서 그 안전에 대한 평가도 다분히 분석적인 방법에 치우쳐왔는데 안전 성능 평가 지표의 개발과 사용, PSA, OSART 등이 그런 방법론이었으며 지금까지 각 부분들의 상호연계에 대해서는 관심을 덜 기울여 왔다.

우리의 안전 심사 검사도 부문별 검사, 주재관실 일상 검사, QA 검사 등으로 나누어져 있으나 이를 전체적으로 안전성 관점에서 바라보거나 그 상호연계성에 대하여 주목하여 안전성을 평가하는 데는 미흡한 측면이 있었다.

종합 안전성 평가의 결과를 이해 관계자와 공유하고 신뢰와 안심을 제공하며 규제 자원의 합리적 배분에 활용하는 것이 점점 중요해지고 인적 요인, 조직적·문화적 접근도

중요해지고 있다.

그리고 안전도 인지되어야 안전한 것이라는 관점에서 인지론적 관점에서의 안전, 체감 안전도 고려해야 하며 규제자, 운영자, 이해 관계자 interaction에 의해 안전도 변화한다는 개념도 고려하는 것이 필요하다.

따라서 지금의 종합 안전성 평가가 단순하게 여러 분야의 안전성 평가의 나열이 아니라 전일주의적(holistic)인 것인가를 생각해 볼 필요가 있다.

또한 사업자의 종합 안전성 평가와 규제자의 종합 안전성 평가가 어떻게 다른가 하는 문제도 살펴볼 필요가 있다.

즉 안전성을 safety as a whole의 관점에서 어떻게 관찰하고 평가할 것인가가 본 포럼의 목적이며, 이러한 관점에서 각 기관이 하고 있는 안전성 평가 활동들이 '명실공히 상호 연계성을 고려한 종합적 안전성 평가'를 지향하고 있는지를 돌아볼 수 있는 계기가 되도록 하였다.

2. PSA의 활용성

PSA에 대하여 선진국 등에서는 이미 중대 사고에 대한 논의가 끝났으며 국제 사회에 가면 한국은 PSA를 그렇게 많이 하는가 하는 질문과 아직도 중대사고나 하는 질문을 많이 듣고 있고 유럽에서는

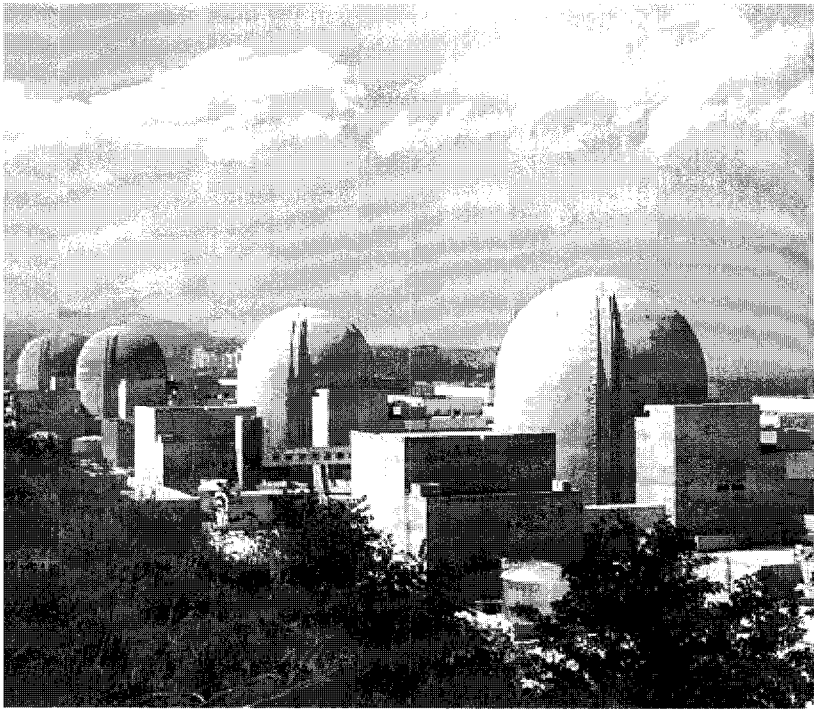
이미 PSR에서도 PSA를 분리하는 추세이다.

국제 기구의 요건에 대하여 유연성을 갖고 적용하는 것이 필요하고 동일 설계에 대하여 PSA를 반복하는 것은 바람직하지 않다고 본다는 의견이 제시되었다.

이에 대하여 결과적으로 규제가 PSA를 강력하게 권고하지 않았다면 PSR 등 수행에 있어서 한수원이 과연 무얼 가지고 안전 평가를 하려고 했을 것인지, 한수원이 자발적으로 PSA와 PSR을 하지 않으려고 하였지만 과거 교과부의 권고로 인하여 이를 받아들여 수행하게 되었고 이를 근거로 PSR 등 종합 안전성 평가가 이루어졌으므로 교과부 조치의 효과를 본 것이라는 지적도 있었다.

그리고 한수원이 자국의 원전 안전성 증진을 위한 노력의 일환으로 무언가 할 수 있는 일을 계획하는 것이 필요하다는 의견도 있었고, 이에 대하여 한수원은 교과부와 KINS의 요구에 의하여 PSA 등을 수행하여 왔고 이는 안전성 기여하였다고 본다고 말하고, 자체적으로 현재의 안전 성능에 자만하지 않고 KOSART 등을 자발적으로 시행하고 있다는 점을 이야기하였다.

그리고 전 세계적으로 PSA는 반드시 모든 나라가 시행하는 것은 아니라는 지적도 있었다.



3. 종합적 안전 평가의 개념

실제 국내에서 많은 안전성 평가 작업이 이루어지고 있는 바 한수원은 자체적으로 규제 기관의 요구에 의해서 국제적인 기준을 충족시키기 위해서 많은 노력을 여러 분야에서 하고 있다고 생각하고, 그러므로 종합적(integrated 혹은 comprehensive)으로 안전성 평가를 하고 있다고 당연히 생각하고 있을 것이지만, 누락되고 혹은 가볍게 다루어졌지만 중요한 부분은 없는지, 그리고 나타난 우수한 안전 성능 지표와 큰 사고가 없다는 결과만을 가지고 안전하다고 평가하고 있는 것은 아닌지를 생각해 볼 필요가

있다.

즉 부분 혹은 요소들 간의 interface 혹은 상호 작용(interaction)에 대한 고려를 좀 더 하는 것이 필요하다는 의견이 있었다.

사업자 측과 연구소 측은 종합적(comprehensive 혹은 integrated) 안전성 평가라는 말을 역시 안전성을 여러 분야로 잘게 나누고 그것을 각각 살펴보는 단계에 있으며, 연구소의 경우 구조, 계통, 부품, I&C, 인적 요인, 보안, 비상대응 등을 함께 보는 단계에 있는 것으로 생각되었고 FANS 2007도 그러한 틀에 머무르고 있다.

원전의 전반적인 안전성(safety as a whole)에 대한 접근, 즉 분석

적 환원적 접근에서 벗어나고자 하면서 그 요소들 간의 상호 작용을 고려하는 공 사항(cross-cutting issue)을 다시 하나의 요소로 포함 시킴으로써 역시 환원주의적 방식을 취하고 있으며 ROP도 그러하다고 볼 수 있다는 의견이 제시되었다.

4. 차등 규제의 기본 가정에 대한 논의

미국 ROP에서 이야기하는 안전 수준에 따라 차등 규제를 하겠다는 개념은 사업자의 안전 운영 활동에 규제가 개입하면 혹은 규제를 강화하면 안전성이 향상될 것이라는 가정(assumption)에 근거를 두고 있으나, 사업자의 자원(resource)도 유한한 까닭에 규제를 할 경우 한 분야에서는 안전성의 향상도 가져 오지만 다른 측면에서 안전성 관련 활동이 줄어들어 안전성을 저하시키는 부정적 피드백 루프(negative feedback loop)도 존재하므로 이에 대한 고려도 하는 것이 필요하다는 지적이 있었다.

즉 시스템 사고와 사업자의 시간과 자원의 유한성에 대한 배려도 필요하다는 지적이 있었으며, 이에 대해서는 추가 토의를 하지 못하였으나 향후 사업자나 규제 기관 측에서 고려가 있어야 할 것이다.

5. 종합적 안전 평가의 적용 방향

PSR 시행 10년이 경과하였는데 다른 나라들은 상시적으로 종합적으로 안전 평가를 하고 있다. OSART, KOSART 등이 수행되고 있는데 전체 20기에 적용될 수 있는 종합 안전 평가가 이루어지는 것이 필요하다는 의견과 그리고 종합적 안전성 평가를 법 개정 등을 통하여 강제적으로 하는 것이 과연 필요할 것인지 하는 의문의 제기와 지금 수행하고 있는 안전성 평가를 던지고 다른 새로운 종합 안전성 평가로 이행되어서는 안 되며 종합 안전성 평가는 일관성 있게 하도록 하는 것이 필요하다는 의견과 그리고 PSR 외에 종합적인 또 다른 종합 안전성 평가가 필요하다고 보나 그 경우에도 현재 시행되고 있는 개별 안전 평가가 기본이 되어야 하고 종합 평가는 그 다음 단계가 되어야 한다는 의견이 제시되었다.

6. 기 타

그리고 시행되고 있는 차등 규제 의 개념도 신중하게 실제 규제에 도입되어야 한다는 의견이 제시되었다.

KOSART 등 한수원이 자체적인 노력을 경주하고 협력 회사의 안전 점검을 는 것은 고무적이지만 지역 민과의 협력하여 안전 점검도 필요하다는 의견과 한수원이 준비하여

발표한 우리나라의 원자력 관련 좋은 데이터들이 영문화되어 국제적으로도 공유되는 것도 필요하다는 의견도 있었다.

그리고 개별적으로 우리의 인력은 세계 최고 수준으로서 우수하고 또 안전성에 대해 세밀하게 보는 사람들은 많지만 이를 모아서 종합적으로 판단하는 능력이 미흡하여 어렵다는 지적이 있었다.

원자력 안전 업무를 수행하는 당국자가 자주 자리를 옮기고 또 KINS는 너무 세부적인 것만 다루므로 전체를 보는 시각을 가지고 종합적인 판단을 하는 인력의 확보가 필요하다는 의견도 제시되었다.

결론


본 포럼은 원자력 관계 기관 전문가 및 지역 주민이 참여하여 종합적 원자력 안전성 평가라는 주제를 가지고 국제 동향과 국내의 한수원, 규제 기관 및 연구소에서 진행되고 있는 여러 안전성 평가 현황들을 듣고 살펴봄이 이들이 종합적으로 이루어지고 있는지에 대해 이해를 공유하고 그리고 향후 어떻게 할 것인지에 대하여 논의하는 기회가 되었다.

국제적으로 진행되는 종합 원자력 안전성 평가 방법론이나 ROP 등도 아직 환원주의적인 측면이 있으므로 이에 대해서 여러 요소들로 나누는 것들을 단순히 다시 합하는

것이 아니라 안전성 전체를 조망하여 평가하는 방법론에 대한 논의가 필요하다.

한수원은 여러 가지 안전성 평가를 하고 있으니 종합적으로 안전성 평가를 하고 있다고 볼 것이 아니며 보다 더 전일주의(holism)적인 개념을 도입하는 것이 필요할 것이며 규제 기관도 이러한 종합적 평가의 개념을 생각하는 것이 필요하다.

그리고 인적 요인, 조직 문화적 요인, cross-cutting issue에 대한 고려를 보다 더 구체적으로 하여야 할 것이나 종합적 안전성 평가는 기존의 안전성 평가를 존중하며 그 바탕 위에서 신중하게 이루어지는 것이 필요하다.

또한 ROP 등도 규제를 강화하면 안전성이 개선된다는 기본 가정(assumption)에 근거를 두고 있는 바, 피규제자의 시간과 자원에 대한 고려와 정의 피드백 루프와 부의 피드백 루프를 함께 생각하는 시스템적 사고가 필요하며 미국의 ROP를 도입하는 데 있어서 연구 단계와 실제 규제 시행 단계를 적절히 구분하여 신중하게 시행하는 것이 필요하다. 

정리 :
최광식
한국원자력안전기술원
책임연구원

<표> 2005년 이후 원자력안전포럼 개최 주제와 참석자

연도	일자	주제 및 형식	장소
2005 년	제1회 (7월 8일)	방사선을 알고 원자력안전을 말한다. <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(5주제), 특별강연, 자유토론(설문) 참석자 : 지역주민 및 정산학연 등 약 150명 	서울교육 문화회관
	제2회 (9월 8일)	원자력안전과 규제에 대한 대중신뢰 확보 <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(4주제), 패널토론(박인규, 4+2인) 지역주민 및 정산학연 약 200명 	KINS
	제3회 (12월 1-2일)	고객 중심의 원자력 안전관리 <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(3주제), 패널토론(유애리, 3+4인), 지역별 안전현안 토의 및 종합토의 정산학연 및 지역주민 약 150명 	경주 교육 문화 회관
2006 년	제1회 (4월 24일)	글로벌 원자력안전체제와 우리의 대응 <ul style="list-style-type: none"> 초청강연, 발표(3세션 13주제)/패널토의, 종합토론 참석자 : 정산학연 전문가 50여명 	KINS
	제2회 (9월 12일)	원자력안전에 대한 효과적인 커뮤니케이션 <ul style="list-style-type: none"> 초청강연(식약청), 주제발표(4주제), 패널토의 참석자 : 지역주민 및 정산학연 전문가 100여명 	KINS
	제3회 (11월 30일)	원자력안전과 주민참여 <ul style="list-style-type: none"> 초청강연, 지역별 안전현안 토의, 종합토의 참석자 : 지역주민 등 이해관계자 100여명 계속운전 및 출력증강에 관한 주민 설명회 병행 	KINS
2007 년	제1회 (5월 31일)	인적오류(Human Error), 어떻게 대응할 것인가? <ul style="list-style-type: none"> 초청강연(명리학자), 주제발표(6주제), 종합토론 참석자 : 지역주민 및 정산학연 전문가 70여명 	KINS
	제2회 (9월 11일)	미래의 원자력안전과 도전과제 <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(5주제), 종합토론 참석자 : 지역주민 및 정산학연 전문가 110여명 	KINS
	제3회 (11월 8일)	원자력 안전정책의 현황과 방향 <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(4주제), 사업자 주요계획(3기관), 종합토의 참석자 : 지역주민 등 이해관계자 60여명 	KINS
2008 년	제1회 (6월 5일)	정부의 규제개혁과 원자력안전규제의 효과성 <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(5주제), 종합토의 참석자 : 한수원, 지역주민 등 이해관계자 90여명 	KINS
	제2회 (9월 11일)	국내 원자력비중 확대와 규제대응 방향 <ul style="list-style-type: none"> 주제발표(4주제), 종합토의 참석자 : 한수원, 지역주민 등 이해관계자 70여명 	KINS