

후쿠시마 원전 사고 이후 10년, 규제 환경의 변화



김군태
한국원자력안전기술원 책임연구원

- 서울대학교 원자핵공학 학사
- KAIST 핵공학 석사·박사
- 前 한국원자력안전기술원 실장
- 前 한국원자력안전기술원 부장
- 前 한국원자력안전기술원 단장
- 現 한국원자력학회 부회장

후쿠시마 원전 사고의 발생

2011년 3월 11일 일본의 동쪽 바다에서 진도 9 규모의 강진이 발생했다. 이어서 큰 규모의 쓰나미가 발생했는데, 지진 발생 1시간 정도 후에 해안에 도달했다. 후쿠시마 제1원자력 발전소는 설계 기준으로 5.7m 쓰나미에 견디도록 되어 있었다. 그러나 당시 발생한 쓰나미는 15m 정도로 추정되었고, 5.7m 방벽으로는 쓰나미를 막을 수가 없었다. 전 발전소가 침수되었고, 아래쪽에 설치되었던 비상디젤발전기가 침수되었고, 모든 전기 설비는 사용할 수 없게 되었다. 결국 핵연료가 용융 되는 중대사고로 이어졌다. 중대사고 발생으로 인해서 수소가 대량으로 생성되면서 수소폭발까지 발생하였다. 이로 인해 격납용기가 파손되었고, 많은 양의 방사능 물질이 환경으로 방출되게 되었다.

이 사고는 일본뿐만 아니라 전 세계에 큰 충격

을 주었다. 특히 일본과 가까운 우리나라는 공포에 가까운 충격을 받았다. 당장 무엇이든 대책을 세우지 않을 수 없었다.

후쿠시마 원전 사고 후속조치

맨 처음 착수한 조치는 국내 원전에 대한 특별 안전점검이었다. 정부는 관련 전문가로 특별점검단을 구성하여 3월 28일과 4월 13일 사이에 모든 원전에 대해 안전점검을 수행하였다. 점검 결과 지진, 해일, 침수 등 자연재해에 대비, 중대 사고 대응, 비상대응 등의 심층방호 단계에 따라 50여개에 이르는 개선필요 사항이 도출되었고, 이를 이행하기 위한 계획을 수립하였다.

독립행정기구인 원자력안전위원회 설립

그 다음에 이루어진 변화는 독립행정기구인 원

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1단계									
특별안전점검 및 후속조치 항목 도출 후속조치 이행계획 수립*									
* 사업자의 조치가 필요한 항목									
2단계									
가동원전에 후속조치 이행* 건설 원전에 후속조치 이행 및 보안 국제사회의 후속조치 검토 및 국내 반영*									
3단계									
국제사회의 경험을 반영하여 조치계획 보완* PSA 및 스트레스테스트를 수행하여 유효성 평가* 설계기준초과사고 규제 및 안전 목표 개선									

[그림 1] 후쿠시마 후속조치 이행계획¹⁾

자력안전위원회의 설립이다. 당시 교육과학기술부 산하에 원자력 연구개발을 담당하는 부서와 원자력 안전규제를 담당하는 부서가 같은 조직 내에 있었다. 독립된 규제기관이 있어야 된다는 필요성이 제기되어 왔는데, 2009년부터 2010년 사이에 국회에서 규제기능을 분리하는 취지로 2개의 법률 제정안²⁾이 발의되었다. 정부의 반대에 부딪혀 독립 규제기관의 설립이 지연되고 있었는데, 후쿠시마 원전 사고 이후에 독립 규제기관의 필요성이 절실하게 느껴지면서 그 논의와 법률 개정이 급물살을 타게 되었다.

「원자력안전위원회의 설립 및 운영에 관한 법률」이 2011년 6월 28일 국회를 통과 했고, 절차에 따라 개정안이 공포되었으며, 준비기간을 거쳐서 2011년 10월 26일 공식적으로 합의제 행정기관으로 독립되었다.

당시에는 원자력의 이용 및 개발을 담당하는 부서들과 분리되도록 하여 원자력안전위원회를 대통령 직속의 기관으로 설립하였다. 이후 국무총리 소속으로 변경되었지만, 규제업무의 독립성은 법령에 의해 보장³⁾되고 있다.

원자력안전위원회는 위원장(1인)과 사무처장을 겸임하는 상임위원(1인), 대통령이 임명하는 비상임위원(3인), 국회에서 추천하는 비상임위원(4인) 등 9명으로 구성되는데, 원자력과 관련이 없는 다양한 분야의 전문가들이 대다수 포함되어 있어, 기술적인 현안에 대해 심의하는데 한계가 있는 것으로 보인다.

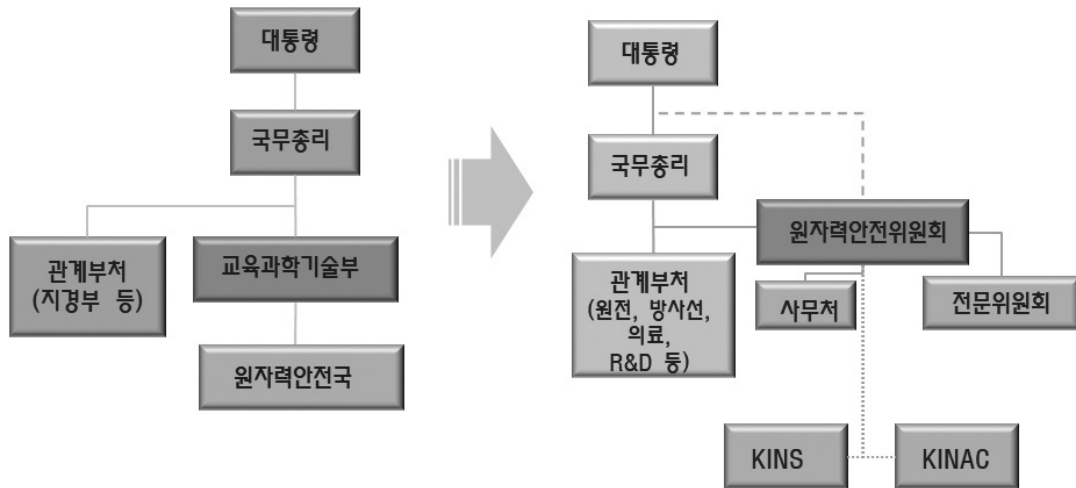
중대사고를 포함하는 사고관리계획서 법제화

그 다음에 이루어진 큰 변화는 중대사고에

1) Sixth National Report for the Convention on Nuclear Safety, Republic of Korea, Aug. 2013.

2) 2009년 7월 20일 정두언의원이 대표 발의한 「원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률안」 및 2010년 3월 16일 권영길의원이 대표 발의한 「원자력안전위원회 등의 설치 및 운영에 관한 법률안」

3) 원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률 제3조제2항 단서에서 안전과 관련된 사항은 정부조직법 제18조에 따른 국무총리의 행정감독권을 적용받지 않도록 하고 있음.



[그림 2] 원자력 안전규제 행정체계의 변화

대한 규제이다. 우리나라에서 중대사고에 대한 관심은 80년대 초부터 시작되었다. 1979년에 TMI 원전에서 사고가 발생 했는데 미국의 NRC(Nuclear Regulatory Commission)는 사고의 원인과 결과를 분석했다. 그 결과로써 NRC는 개선이 필요한 내용을 Post-TMI Action Item으로 정리했고, 이것을 각 사업자들에게 이행하도록 요구했다. 한편 1986년도에 소비에트연방에서 체르노빌 원자력 원전 사고가 발생했다. 이것은 TMI 사고 보다 훨씬 더 큰 규모로 전 세계에 영향을 끼쳤는데, 유럽의 대부분이 방사능물질의 영향을 받았다. 한국도 이런 상황을 알게 되었고, 중대사고의 위험성을 다시 한 번 인식하게 되었다. 이러한 배경에서 2001년도에 중대사고 정책이라는 것을 발표하게 되었다. 중대사고정책은 법령이 아니고 행정명령으로 이행되었기 때문에 강제력이 부족하다는

비판을 받아왔다.

〈표 1〉 심층방어 단계별 규제 체계의 변화

심층 방어		규제근거	
단계	방어 목표	2015년 이전	2015년 이후
1	비정상 운전 및 고장의 방지	원자력 안전법	원자력 안전법
2	고장 감지 및 비정상 운전의 제어		
3	사고를 설계기준 이내로 제한		
4	사고의 예방 및 완화를 포함한 중대사고 제어	- 중대사고 정책성명 - 후쿠시마 후속조치	
5	방사성물질의 방출에 대비한 사고영향 완화	방재대책법	방재대책법

이러한 상황에서 원전의 안전성 강화를 위해 법률 개정안⁴⁾이 제안되었다. 이들 법안을 토대로 원자력안전법의 개정안(2015.5.29.)이 국회에서 의결되었는데 개정취지를 다음과 같이 밝

하고 있다.

발생가능성이 매우 낮을 것으로 평가된 중대사고가 2011년 일본 후쿠시마에서 실제로 발생함에 따라 중대사고관리에 대한 중요성이 제기되고 있으나 중대사고 안전관리가 중대사고 정책성명 공표 및 사업자 이행요구 등과 같은 법적 근거가 미약한 행정명령으로 이루어짐에 따라, 중대사고 대처설비 설계 및 사고관리 등 사고관리계획에 대한 안전규제 규정이 현행 법상 미흡한 실정이므로 「원자력안전법」에 중대사고관리를 포함한 사고관리 관련 책무와 규제요건을 명확히 규정함으로써, 만일에 중대사고가 발생할 경우에도 사고관리 프로그램을 통하여 방사성물질이 발전소내 또는 소외로 방출하는 것을 최소화하고, 또한 발전소를 안전한 상태로 회복시킬 수 있도록 개정·보완하고자 함.

주요 내용을 보면 ‘사고관리’라는 용어를 원자력안전법 제2조에서 정의하고, 중대사고를 포함하는 사고관리계획서를 제출하도록 하였다. 2016년까지 이행에 필요한 하위 법령의 입법조치를 완료했다.

사고관리계획서에 포함되어야 할 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 사고관리계획의 범위 : 사고 관리 계획이 대상이 되는 사고의 범위를 설정
- 2) 사고 관리에 사용되는 설비 : 사고관리계획에 사용될 설비의 목록
- 3) 사고관리 전략과 이행체계 : 사고관리 전략과 이행을 위한 조직, 인력 등
- 4) 안전성 평가 : 사고 설비와 사고 관리 전략을 활용

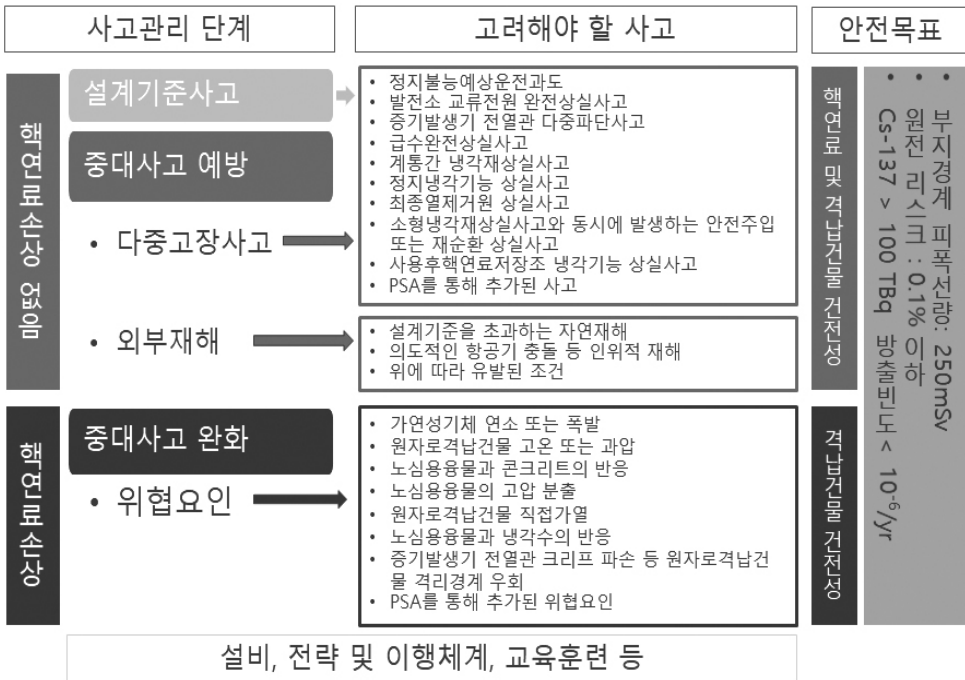
해서 사고 관리가 실제로 가능한지를 평가

- 5) 비상대응 지침과 조치 계획 : 상기의 평가를 토대로 유효성이 확인된 지침과 조치계획
- 6) 사고관리계획에 대한 교육 및 훈련 계획

구체적인 기술기준은 심층방어 개념에 따라서 설정이 되었다. 설계기준사고의 경우에는 안전설비를 통해서 사고를 방지하고 회복하는 단계로 들어간다. 설계기준을 넘어서는 중대사고 예방 단계에서는 다중의 고장을 고려하고 극한 자연재해와 인위적 재해를 포함하도록 하되, 중대사고를 예방할 수 있어야 한다는 목표를 설정했다. 중대사고가 발생하는 경우에는 중대사고를 완화하도록 요구하였다. 이때는 핵연료가 용융된 것으로 가정하고 더 이상 사고가 확산되지 않도록 완화할 수 있도록 해야 한다. 이러한 내용으로 기술기준의 체계를 만들었다.

사고관리계획서와 관련한 기술기준에서 중요한 특징은 정성적인 안전목표를 구체화하여 정량적으로 규정하였다는 것이다. 주민의 건강상 위험을 방지하기 위해 중대사고시에도 원전 주변에서의 방사선 피폭선량이 250mSv를 넘지 않도록 규정했고, 장기간의 환경오염 방지를 위해 방사성물질에 방출 가능성에 대해서는 세슘 137의 방출량이 100TBq 이하가 되도록 하였다. 확률론적 평가의 경우에는 노심손상빈도는 10^{-5} /년, 조기 대량방출 가능성은 10^{-6} /년 이하로 기준을 설정했다. 이는 2015년 2월 9일에 발

4) 원자력안전법 일부개정법률안(민병주의원 등 12인, 2014.10.7.) 및 원자력안전법 일부개정법률안(장하나의원 등 16인, 2014.12.29.)



[그림 3] 사고관리계획의 구성 체계

표된 원자력안전에 관한 비엔나선언⁵⁾의 정신에 부합하는 것이며, 유럽 국가들의 안전목표와 동등한 수준이다.

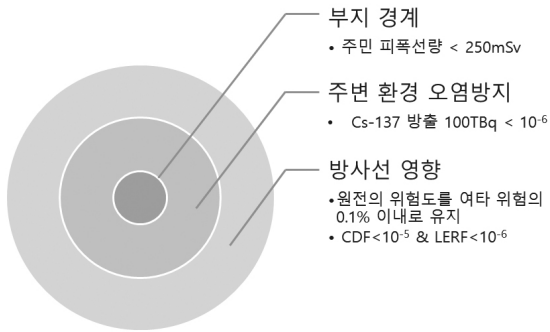
맺음말

후쿠시마 원전 사고 이후 국내의 원자력 안전 규제 환경은 많은 변화가 있었다. 심층방어 개념에 따른 신속한 후속조치를 마련하고, 안전규제를 전담하는 독립행정기구의 발족 등 규제체계가 변화되었다. 또한 국제규범을 반영하여 중대 사고가 발생하더라도 외부환경에 미치는 영향

을 최소화하도록 사고관리계획을 수립하고 제출하도록 하였다.

원전에 대한 규제환경은 점점 더 가혹해 지고 있다. 과거에는 고려하지 않았던 사고 조건을 고려하도록 요구하고 있다. 아직 지식이 부족한 현상도 많아서 연구개발을 동시에 추진해야 하는 경우도 있다. 원자력안전위원회는 다양한 분야의 전문가로 구성되어 있다. 이로 인해 원전의 안전성에 대해 기술적인 내용을 심층 검토하기 보다는 원자력에 대한 피상적인 의혹이나 궁금증을 해소하는데 더 많은 시간이 걸리는 실정이다. 인허가 심의를 위한 기간이 길어지고 있고,

5) Vienna Declaration on Nuclear Safety : 후쿠시마 원전 사고 이후 원자력의 안전성이 더욱 향상되어야 한다는 필요성을 인식하고, 원자력안전협약 (Convention on Nuclear Safety) 계약국들이 2015.2.9. 오스트리아 비엔나에 모여 만장일치로 채택함.



예측 가능성도 현저히 떨어지고 있다. 원자력발전 사업을 추진하는데 유리한 여건은 찾아보기

어려울 정도이다.

원전의 안전에 있어 규제보다 더 중요한 것은 사업자의 자발적인 개선 노력이다. 원자력발전소의 도입 초창기에는 선진 기술을 도입했기 때문에 여타의 산업에 비해 기술적으로 우수했었지만, 이제는 타 산업이 눈부실 정도로 발전하여 세계를 압도하고 있다. 원자력발전소가 국민들에게 신뢰를 주기 위해서는 스스로 기술적 측면과 안전성 측면에서 압도적인 우수성을 보여줘야 할 것이다. **KIIF**