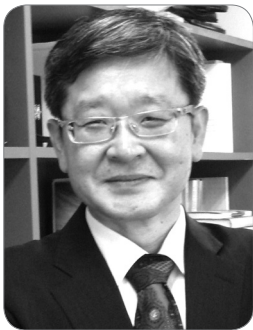




## 동북아 원자력 안전 협의체의 필요성과 산·학·연의 역할

정동욱

중앙대 에너지시스템공학부 교수



- 미 MIT 원자력공학박사
- 한국수력원자력 중앙연구원 수석 연구원
- 한국연구재단 원자력단장 역임

### 서론

21세기 에너지 문제의 중심은 기후 변화 대응에 모아진다. 2015년 11월 파리에서 개최될 제21차 유엔기후변화당사국 총회에서는 1997년에 체결된 교토의정서를 대체할 새로운 국제 협약이 추진될 예정이다. 이번 회의에서는 온실가스 배출 감축 의무가 선진국은 물론 개도국으로도 확대되며, 우리나라도 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 37%를 감축하는 강력한 의지를 표명하였다.

중국은 세계 1위의 온실가스 배출국이며 우리나라와 일본도 상위 10위권의 온실가스 배출국으로 기후 변화 대응에 민감할 수밖에 없다. 에너지 안보의 측면에서도 동북아 3국은 원자력을 중시하지 않을 수 없다.

주지하다시피 우리나라의 에너지 자급률은 3% 수준이며, 일본도 10%가 채 되지 않는다. 중국 역시 에너지 수입국이며, 에너지 자립을 위해 세계에서 가장 역동적으로 원자력 발전을 추구하고 있다.

원자력의 경제성 측면에서는 우리나라에서는 원자력의 발전 단가가 LNG의 40% 수준<sup>1)</sup>이며, 일본에서는 원전 가동 중단으로 전력 생산 비용이 후쿠시마 원전 사고 전인 2010년 8.6엔/kWh 대비 14.8엔/kWh로 70여% 증가<sup>2)</sup>하

1) 한국전력거래소 연료원별 정산단가 (2015.6 기준)

2) IEEJ(일본에너지경제연구소), Toward Choosing Energy Mix (The 418th Forum on Research Work), 2015, 1

〈표 1〉 동북아 3국의 원자력발전소 현황

	중국	한국	일본
운전중	28	24	1
건설중	24	4	2
운전 재개 준비중			42

\* 출처 : IAEA PRIS data, 2015.8

는 등 한국이나 일본에서는 가장 저렴한 에너지원으로서 자리매김하고 있다. 이렇듯 여러 측면에서 동북아 3국이 원자력 에너지를 21세기에든 지속적으로 추구할 것으로 보인다.

〈표 1〉은 동북아 3국의 원전 현황을 보여주고 있다. 중국은 52기의 원전을 운전 또는 건설 중이고, 2020년까지 86GW, 2030년까지 200GW의 원전 발전 설비를 목표<sup>3)</sup>로 하고 있다. 1000MW 발전 용량을 기준으로 할 때, 2030년까지 무려 200기의 원전 보유를 목표로 하고 있는 것이다.

2015년 기준 전 세계에서 가동중인 원전은 438기이며 건설중인 원전은 67기인데, 〈표 1〉에서 보듯이 동북아 3국에서 건설중인 원전은 30기로서 전 세계 건설 원전의 45%이며, 운전중인 원전은 일본의 가동 준비 중인 원전을 포함하여 전 세계 원전의 22%가 집중되어 있다. 후쿠시마 사고 이후 원전 제로 정책을 표방하였던 일본은 에너지 부족이라는 현실적인 문제에 직면하여 2기의 원전은 재가동 승인이 되었고, 23기의 원전이 재가동 심사 중이다. 동북아에서의 원전 집중도는 중국의 가동 원전 수가 증가함에 따라 더욱 심화될 것으로 보인다.

동북아 3국의 원자력발전소 소재지를 보면, 3국 공히

내륙보다는 해안가에 위치하여 인접국에 상대적으로 가까운 곳에 자리잡고 있다. 〈그림 1〉, 〈그림 2〉는 중국과 일본의 원전 부지 위치를 보여주고 있다. 원자력발전소가 인접국에 비교적 근접하여 위치함으로 원전 사고 시에 상호 협조의 필요성이 매우 중요하다. 특히 편서풍의 영향으로 중국 원전에서의 사고 여파는 일본 원전의 사고보다 우리나라에 더 큰 영향을 줄 수 있다.

원전의 사고는 실질적 위해 정도를 떠나서 사회에 미치는 영향이 큰 데다, 이렇듯 인접 지역에 원전이 위치하여 상호간에 깊은 관심을 갖고 안전 관리에 대한 협력이 필요하다.

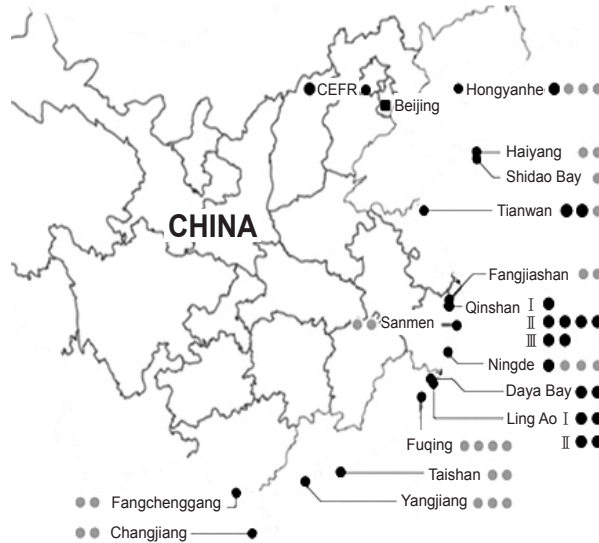
### 동북아 원자력 안전 협력의 방향

원자력 안전에 대한 협력은 반론이 없는 공유되는 가치이나 실질적 협력 관계를 끌어내기 위해서는 각국의 상황과 상호 시너지가 형성될 수 있는 분야를 파악하는 것이 중요하다.

원자력산업의 성숙도와 원자력산업 기술의 수준에 있어서 동북아 3국은 차이점이 있다. 일본은 제일 먼저 원자력 발전을 시작하여 산업 성숙 주기상으로 운영과 폐로에 관심이 많으며, 중국은 원전 확대 정책으로 원전 건설 기술에 더 관심이 많다. 우리나라는 그 중간쯤 될 것이다. 각국의 내부적인 산업 상황은 이렇지만 외부적으로는 3국 모두 원전 기술 수출에 관심이 높아 해외 시장에서는 경쟁적 관계에 있다.

이러한 산업적 관계를 볼 때, 우리나라는 폐로와 관련된 협력은 일본과, 건설과 관련된 협력은 중국과 할 수 있는 중심적 위치에 있다. 원전 운영에 대해서는 3국 공

3) Energy Policy of China, Wikipedia



<그림 1> 중국의 원전 부지 분포 (출처: IAEA 및 OECD/NEA)

히 상호 협조가 가능한 분야이다.

따라서 운전 운영 기술과 관련된 안전 협력을 시작으로, 폐로와 관련된 방사선 안전 관리, 건설과 관련된 품질 안전 관리, 안전성이 보다 향상된 원전 기술 개발 등으로 확대해 나갈 수 있을 것이다. 다만, 원전 시장을 두고서는 3국이 경쟁적 관계에 있으므로 안전에 관련된 사항이라 할지라도 일부 분야에 대해서는 신중한 접근이 필요할 것이다.

원자력 안전에 대해 국가는 안전 관리 체제를 수립하고, 기술기준을 제시하며, 관리 활동을 수행하여 국민에 대해 원자력 안전에 대한 신뢰를 갖도록 해야 한다. 원자력 안전에 대한 실질적인 관리와 책임은 원전 운영자에게 있지만, 국가의 안전 관리 체계는 안전에 대한 객관적 판단 기준과 관리 상황을 들여다보는 일종의 원도우로서, 각국이 어떠한 관리 체계와 안전 관리 기술기준을 가지고 있느냐를 봄으로써 안전 수준을 가늠할 수 있다.

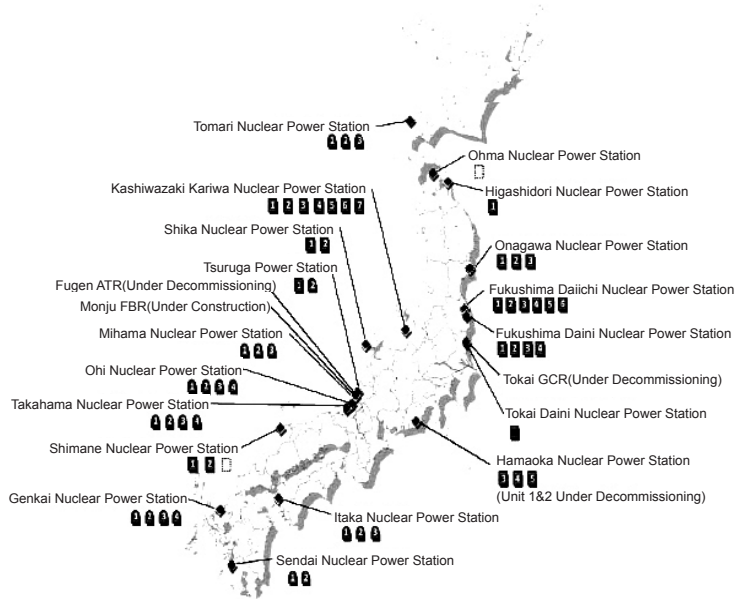
원전 중대사고에 대한 인식과 이를 관리하기 위한 체

계는 1986년 체르노빌 사고 이후 촉진되었는데, 우리나라의 경우 2001년 중대사고 정책 성명 이후 꾸준히 안전 관리 수준을 향상시켜 오고 있으며, 2015년 중대사고 관리 계획을 의무화하는 법제화가 이루어졌다.

일본의 경우 후쿠시마 사고로 원자력안전법이 크게 개정되어 신안전법으로서 중대사고에 대한 설계, 분석, 대처 방법 등이 광범위하게 반영되었다.

중국은 핵안전총국을 안전 규제 국가 기관으로 두고 원전 건설, 운영 허가 등 관리 감독을 하고 있다. 중국이 초기에 도입한 노형이 프랑스, 러시아 노형이고 최근 도입한 노형은 미국의 AP1000으로서 중국의 안전 규제 기술기준은 프랑스, 러시아, 미국의 안전 규제 기술기준을 어느 정도 반영하고 있을 것으로 보이나, 중대사고 등 인접국에 영향을 줄 수 있는 사고에 대한 안전 관리 체계에 대해서는 면밀한 분석이 필요할 것이다.

이러한 관점에서 동북아 3국의 원자력 안전 규제 체계, 기술기준에 대한 연구와 동질화(Harmonization)을



〈그림 2〉 일본의 원전 부지 분포 (출처: IAEA 및 OECD/NEA)

위한 협력이 중요하다. 원자력 안전 관리의 수준 향상과 기준의 동질화를 위하여 국제기구를 중심으로 많은 논의가 되고 있지만, 특히 원전이 밀집되어 있고, 상호 영향권 안에 있는 동북아 3국의 안전 규제 기준과 체계에 대한 동질화는 안전 관리에 대한 신뢰 구축을 위해서도 중요하다.

동북아 원자력 안전 협력 추진을 위한 모델로서 유럽원자력규제자연합체(Western European Nuclear Regulators Association), 세계원전사업자기구(World Association of Nuclear Operators), 국제설계인증프로그램(Multinational Design Evaluation Program) 등을 들 수 있다. WANO는 구 소련의 체르노빌 사고 이후 원자력 안전에 대한 원전 사업자 간의 국제적인 공조가 중요함을 인식하여 설립된 것이며, WENRA는 1999년 유럽 지역 국가들의 안전 규제의 Harmonization을 목적으로 출범하여 안전 규제 기술기준의 수립과 규제 기관 간의 경험 공유를 목적으로 하고 있다. 특히 중대사

고와 관련해서는 WENRA의 안전 규제 기준을 원자력 안전 규범의 국제 기준을 이끌고 있는 IAEA에서도 많이 참조하고 있는 경향을 보이고 있다.

WANO는 민간 단체로서 원자력 안전의 일차적인 책임이 원전 운영자에 있음을 인식하여 원전 운영의 모범 사례 발굴, 발전소 운영 평가 등을 통한 원전 신뢰성 확보를 목적으로 한다.

국제설계인증프로그램은 신형 원전 개발을 위해 규제 관점에서 안전 심사 기준의 국제적 컨센서스를 확보하기 위하여 OECD의 원자력에너지기구(Nuclear Energy Agency)가 주도하는 협력활동이다.

미국의 원전 운영자 협력 단체인 INPO(Institute of Nuclear Power Operations)는 국제기구는 아니지만 산업체 협력 모델로서 눈여겨 볼만 하다. INPO는 1979년 TMI 사고 이후 미국 내 원전 운영자 간 협력의 중요성이 인식되어 출범한 단체로서, 발전소 운영 관련 교육, 진단, 발전소 고장 정보의 공유 등을 목적으로 한다.



중국의 Qinshan 원자력발전소. 중국은 52기의 원전을 운전 또는 건설 중이고, 2020년까지 86GW, 2030년까지 200GW의 원전 발전 설비를 목표3)로 하고 있다. 1000MW 발전 용량을 기준으로 할 때, 2030년까지 무려 200기의 원전 보유를 목표로 하고 있다.

INPO가 보유하고 있는 원전 기기 고장 데이터베이스인 EPIX는 발전소 계통 기기의 신뢰성 평가를 하는 데 중요한 자료로서 활용되고 있으며 미국의 원자력 안전 규제 기관도 이를 참조하고 있다.

이러한 국제적인 협력 모델은 원자력 안전성 증진을 기본적인 협력 방향으로 설정하고 있어 동북아 지역의 원자력 안전 협의체 추진 방향 설정에 참고할 만한 사례라 할 수 있다.

### 동북아 안전 협력을 위한 산·학·연과 정부의 역할

한·중·일 3국간의 원자력 분야 협력은 주로 연구 정보 교환을 중심으로 추진되어 왔는데, 원자력 안전 규제 측면에서는 동북아 3국간 안전규제책임자 협력회의 (Top Regulators Meeting)가 2008년부터 시행되었으며, 최근에는 TRM+로 확대되어 미국과 러시아도 참여하고 있다.

이러한 기존의 노력에 더불어 인접국의 원자력 사고가 자국에 줄 수 있는 영향이 지대함을 인식하여 동북아 안전 협력을 가일층 강화할 필요가 있다. 원자력 안전은 안전 규제뿐 아니라 원전 운영자 간의 협력, 안전성 검증과 증진을 위한 연구 협력, 또한 인적 자원의 양성과 교류 등을 포괄해야만 실질적이고도 지속 가능한 협력이 가능하다.

산업계 측면에서는 WANO를 통하여 원전 운영에 대한 모범 사례 공유, 운전 경험 교환 등을 추진할 수도 있지만, 지역 협력을 강화하는 측면에서 중국 및 일본의 원전 운영자와 직접적인 교류 관계를 확보해야 한다.

한·중·일 공히 가압경수로를 보유하고 있어 가압경수로 분야는 공통 협력 의제가 될 것이며, 증수로 분야는 한국과 중국이 보유하고 있는데, 소수 노형이라 운전 경험과 데이터 확보를 위해서 한·중간 협력이 긴요한 분야라 할 것이다. 산업계 측면에서는 INPO와 같은 모델로서 운전 데이터, 기기 성능 데이터의 공유와 같이



일본의 Ikata 원자력발전소. 후쿠시마 사고 이후 원전 제로 정책을 표방하였던 일본은 에너지 부족이라는 현실적인 문제에 직면하여 2기의 원전은 재가동 승인이 되었고, 23기의 원전이 재가동 심사 중이다.

발전소 안전 운영 평가에 긴요한 기기 계통을 중심으로 실질적인 협력을 추진해 볼만 하다.

후쿠시마 사고의 한 교훈으로서 중대사고 발생 시 긴급지원센터의 필요성이 강조되고 있다. 긴급지원센터는 자국 내의 사고 대응 지원을 위한 것이지만, 이 개념을 확대하여 긴급 상황 발생 시 산업체가 보유한 방사선 방호 장비, 사고 대응 등의 상호지원 협력 등도 고려할 수 있을 것이다.

연구계에서는 국제학회 또는 지역 간 워크숍 등을 통해 꾸준히 연구자 간 네트워크를 구축하고 연구 정보를 교환하고 있다. 하지만, 지역 간 공동 연구나 연구자 간 파견 교류 등 한차원 높은 단계로 협력을 끌어 올려야 한다. 특히나 원자력 안전이라는 연구 주제로서 협력을 한다면 기술 정보의 공유, 연구 결과의 상호 이용에 대해 지적재산권 등 제약 요인이 크지 않을 것이다. 다만,

이러한 3국간 공동 연구를 활성화하려면 연구 사업에 대한 지원이 필요하다. 별도의 연구 재원을 신설하면 좋

지만, 그렇지 못하더라도 기존의 원자력 안전 분야의 연구 사업에 국제 공 연구를 할 수 있는 재원을 추가하여 지원하는 것도 국내 연구를 국제화 하면서 3국간 연구를 활성화 할 수 있는 방법일 것이다.

협력 연구의 주제로서는 가동 원전의 안전성 평가 기술, 사고 대응 기술, 사고 시 주변 지역 방사선 확산 예측 기술 등이 바람직할 것이며, 특히 후쿠시마 사고 지역의 방사선 누출로 인한 지역 생태계 변화, 방사선 피폭 영향 평가 등 공동 역학 조사는 유용하면서도 국제적으로도 관심있는 연구가 될 것이다.

동북아 안전 협력 체계에 학계의 역할은 무엇보다도 인적 교류를 활성화하고 3국간 원자력 안전 현안을 이해하고 공조할 수 있는 인력을 양성하는 것이 될 것이다. 어떠한 협력이든 인적교류를 바탕으로 두고 있으며, 인력 양성은 협력의 인프라를 구축하는 큰 축으로서, 대학 간 교류, 신진 인력의 교육과 교환으로 구축된 협력 인프라는 그 어떤 방법보다 장기적이고 지속적인 협력



싱고리 1,2호기 원자력발전소. 동북아 원자력 안전 협의체를 우리 정부가 주도적으로 이끌어 가는 것은 한·중·일의 지리적·역사적 관점 뿐 아니라, 원자력산업의 현황과 원자력 안전의 중요성을 볼 때 매우 적합하다.

을 가능하게 한다.

해외 유학을 갔다 오면 대다수 유학한 국가의 문물을 도입하고 친화적으로 되는 것은 과거나 현재나 마찬가지이며, 이러한 장점을 심분 활용하기 위하여 한·중·일 3국간 원자력 안전 교 관련 대학 간 협력을 강화해야 한다.

학계의 협력 모델로는 원자력 안전을 주제로 하는 단기 과정의 공동 개설, 원자력 안전을 주제로 한 석·박사 공동 학위 과정 등을 고려해 볼 수 있다. 원자력안전기술원이 원자력 도입을 고려하고 있는 개도국을 대상으로 하는 국제원자력안전학교도 모델이 될 수 있으나 한·중·일의 원자력 기술 수준을 고려할 때 전문 교육 프로그램을 별도로 추진하는 것이 바람직하다. 학생 교류를 활발히 하기 위해 대학 연구의 교류도 촉진할 필요가 있다.

연구계의 공동 연구가 중장기 대형 연구 중심이라면, 학계의 연구는 소규모 기초적인 주제에 대해 원자력 안전 분석을 주제로 3국 대학 간 공동 연구를 지원하면 될 것이다.

전술한 동북아 안전 협력체 추진을 위한 동기 부여와 추진력 제공을 위해 정부의 역할이 필요하다. 정부에서

연구계, 학계, 산업계가 교류할 수 있는 체계를 만들어 주고, 교류 협력 활동을 지원할 수 있는 시스템을 구축해야 할 것이다.

정부의 관점에서 동북아 원자력 안전 협력의 필요성은 인접 국가 간에 원전의 안전성을 공고히 하자는 데 있다. 우리나라의 원자력 안전 관리도 철저히 해야 하지만, 원자력 안전의 지역 간 영향을 볼 때 이웃나라의 원자력 안전도 중요하기 때문이다.

안전 관리는 국가의 안전 규제 체제와 규제 기술기준을 통해서 일차적인 확인이 가능하다. 그 다음은 규제기관의 안전 규제 감독과 운영자의 안전 운영을 상호 벤치마킹하여 모범 사례를 계속 전파시키는 것이다.

때문에 우선은 정부 간 협력의 의제로 동북아 3국의 안전 규제 체제와 규제 기술기준의 상호 비교 및 장기적으로 동질화(Harmonization)를 추진하는 것이 필요하다. 이러한 협력 의제 하에서 공동 연구, 산업체 경험 교환, 대학 간 인력 교류 등의 세부 의제를 추진해 나가면 실질적인 협력 효과를 만들어 낼 수 있을 것이다.



〈그림 3〉 동북아 원자력 안전 협력 체제 구축을 위한 산·학·연 및 정부의 역할

### 결언

에너지 문제는 기술뿐 아니라 사회·경제·문화적으로도 얽혀있어 복합적인 상호 작용의 이해가 필요하다. 경제적으로 아무리 저렴한 에너지라 하더라도 수입에 의존한다면 에너지 안보의 차원에서는 재고의 필요성이 있는 것이다. 그에 더하여 에너지는 지역적 (Inter-regional), 세대간 (Inter-generation) 이해 절충이 필요하다.

원자력 안전은 특히 이 두 가지 측면에서 볼 때 지역 간 협력을 이끌어내기에 좋은 주제이다, 후쿠시마 사고에서 보듯이 원자력 안전은 인접 국가에 주는 영향이 크다.

〈그림 3〉에 도식화 하였듯이 안전의 대원칙은 안전문화이다. 안전문화는 규제 제도, 규제 기술기준 수립, 안전성 현안에 대한 연구, 관련된 인력 양성과 산업체 간 기술 협력 및 경험 교환 등을 통해 자연스럽게 자리잡아야 한다. 산·학·연과 정부가 합동한다면 동북아 국가의 원자력 안전 협력체 추진은 물론 인접국의 안

전 문화 증진에도 기여할 것으로 본다.

동북아 원자력 안전 협의체를 우리 정부가 주도적으로 이끌어 가는 것은 한·중·일의 지리적·역사적 관점 뿐 아니라, 원자력산업의 현황과 원자력 안전의 중요성을 볼 때 매우 적합하다. 다만, 역사적으로 동북아 3국은 협력과 경쟁의 관계에 있고 이는 원자력 분야에 있어서도 크게 다르지 않다.

하지만 원자력 안전이라는 명제는 경쟁보다는 협력을 추구할 수 있는 훌륭한 명분이다. 후쿠시마 사고는 원자력 안전이라는 공유 가치를 중심으로 원자력 분야에서 경쟁보다 협력을 중요시 하는 계기를 만들었다.

이러한 분위기에서 실질적인 동북아 3국 안전 협력 체제를 이끌어 가기 위해서는 수고를 마다 않는 정부의 리더십이 필요하다. 그리고 이 리더십은 3국가의 미묘한 관계를 볼 때 섬김의 리더십 형태가 바람직하며, 이를 바탕으로 일시적이 아닌 동북아의 에너지 환경 문제까지도 공유할 수 있는 지속 가능한 협력 관계가 구축되기를 기대한다. ☺