

후쿠시마 원전사고는 전화위복의 계기 (LESSONS LEARNED FROM FUKUSHIMA AND POSSIBLE COUNTERMEASURES)

이창건, KEPIC 위원회 위원장
(Chang Kun LEE, KEPIC* Committee Chair)

Korea-Japan Nuclear Experts Meeting, 한·일 원자력 전문가 회의 KAIST, April 18-19, 2011

후쿠시마 원전사고는 지난 3월 11일에, TMI 원전 사고는 1979년 4월 11일에 일어났다. 뉴욕 세계무역 센터에 대한 알카에다의 공격은 9월 11일에 발생했다. KAIST가 예약한 지난 밤 나의 호텔방은 11층 1112호, 한 곳 차이로 불행을 모면했다. 그 덕분에 나는 무사했고 지금도 그 당시의 엇갈릴 수도 있었던 운명의 순간을 되새기며 삶의 열정을 가속화하고 있다.

17년 전 일본에서 열린 국제원자력학술회의에서 동경전력회사 (TEPCO)의 젊은 사원들이 논문 발표를 아주 멋지게 하기에 나는 휴식시간에 TEPCO 연구책임자에게 이렇게 말했다.

“당신, 사원들을 아주 잘 훈련시킨 것이 분명하오. 어쩌면 그렇게 다들 연구업적을 논리 정연하고 멋지게 발표하고 또 모두 그렇게 미 남자들이요? 축하하오!”

그러자 나와 구면인 그가 대답했다.

“사실은 사내에서 미리 경쟁시켜 제대로 할 만한 직원들만 데리고 나온 것이요. 회사안에서의 경쟁은

매우 치열하며 이 같은 경쟁은 앞으로도 지속될 것입니다.

호랑이는 자기 새끼들을 절벽에서 떨어뜨려 어느 놈이 살아남는가를 시험해 본다고 하지 않소? 마찬가지로 TEPCO도 젊은이들을 국제회의라는 절벽에 내몰아 그중 누가 제대로 견디는가를 확인해 보기 위해 논문을 발표케 한 것이오...”

그 얘기를 들은 나는 TEPCO의 기술력이 출중하고 그래서 그들의 앞날이 아주 밝을 것이라 생각했다.

그때 논문을 멋지게 발표한 젊은이들은 지금 TEPCO의 중견 간부일 것이고, 후쿠시마 원전사고 때는 사후수습은 기술적으로 책임지는 자리에 있었을 것이다. 그렇다면 그렇게 우수하고 믿음직스럽던 엘리트들이 어째서 그렇게 엄청난 사고를 그토록 방치했고 또 왜 사고처리를 그렇게 엉망으로 했을까?

감히 추측해 보면, 후쿠시마의 통제불능사고는, 재정문제가 엔지니어링보다 우위에 있었고, 손익 계산만을 따지는 지시사항과 분기별 결과가 건전한

* Korea Electric Power Industry Code



엔지니어링보다 더 중요하게 간주되는 TEPCO의 새로운 경영문화가 직접적인 요인으로 작용하지 않았을까 추측된다. 일례로 수도권의 대기환경 요구 사항을 준수하기 위해 불가피한 천연가스의 과도한 사용은 더 많은 재정적 압박을 초래했고, 끊임없는 원자재 가격상승 또한 경영을 압박했다. 안타깝게도, 그런 경영문화의 변화는 회사의 재정담당자와 관리자들에게 우선권이 주어진 반면, 지진과 쓰나미에 대응할 보다 더 안전한 장비도입을 희망한 엔지니어들의 의견은 후순위로 밀려났을 가능성이 높아 보인다.

이러한 추정은 TEPCO의 중요 관리자들의 전문 배경을 단순 검토해 보면 쉽게 짐작이 간다. 최고 경영자들 대부분이 경영이나 법률전공 배경을 가지고 있고, 최고 경영진에는 엔지니어가 거의 없는 실정이다.

지난 3월 11일 이래, 나는 TV 앞에 매달려 후쿠시마 제1 발전소에 대한 사고관련 보도에 지대한 관심을 기울여왔다.

일본 북동 해변에서 나오는 뉴스 세례를 받고 있는 중에도, 나는 국제원자력학회협의회(INSC)를 포함한 국제원자력 관련 기구가 무엇을 해 왔는지, 또한 그들이 전 지구적 당면과제에 대해 도외시한 점들이 무엇인지에 대해 생각해 보았다.

나도 어느 정도 책임을 느끼고 있는 일이지만, 그들(국제 기구들)의 큰 실수나 심지어 직무태만 중의 하나는, 지진과 쓰나미에 대한 실행 가능한 대처방안과 관련해 지금까지 실효적인 권고나 적극적인 요구가 매우 부족했다는 점이다.

후쿠시마 원자력 사고 보도를 들었을 때 나는 프랑스대혁명이 일어난 다음 단두대로 끌려가던 루이 16세가 들릴 듯 말 듯 혼자 중얼거렸다는 푸념이 머리에 떠올랐다.

“지난 10년 동안 짐(朕)은 이런 유형의 사건이 언제라도 일어날 수 있다고 예측해 왔노라. 그럼에도 불구하고 짐은 그런 일이 발생하지 않아야 한다고 단지 희망했을 뿐, 그 같은 사태발생에 대해 사전에 아

무런 예방조치나 사태대응책을 마련해놓지 않아 이 꼴이 되고 말았노라……”

1793년 1월 21일에 프랑스 국왕이 했던 마지막 말은 다음과 같았다.

“나에게 선고된 범죄사항들은 사실이 아니므로 나는 아무런 잘못도 없이 죽는다. 나는 나의 죽음을 초래한 사람들을 용서한다. 그리고 나는 당신들이 곧 보게 될 그 피가 프랑스를 물들이지 않기를 신께 기원하노라.”

당연하게도 내 주위의 많은 사람들은 한국 원자로 안전에 대해 걱정하면서 나에게 후쿠시마 원자로와 한국 원자로의 주요 차이점에 대해 질문해 왔다.

우선 후쿠시마 원전설비는 비등수형원자로(BWR)인데 비해 한국 설비는 가압수형원자로(PWR 혹은 PHWR)이다. 우리나라의 두 노형은 증기발생기를 갖고 있으므로 BWR보다 더 많은 열을 흡수할 수 있다. 또 한국 원자로의 격납용기 용량은 후쿠시마 원자로의 그것보다 5~10배에 달해 안전성 확보면에서 그만큼 여유가 있다는 점이다.

후쿠시마 제1 원자력발전소 1호기는 한국의 첫 원자로 보다 10년 전에 설계·건설되었다. 이 시차는 한국 원자로에 더 새롭고 한층 더 좋은 안전설비를 설치했음을 의미한다. 이 사실은 후쿠시마 북쪽에 있는 요네가와 원자력발전소의 원자로만이 아니라 후쿠시마 제1원전 남쪽 10km에 위치한 후쿠시마 제2 원자력발전소의 4기 원자로들에게도 동일하게 적용되며, 이들 발전소의 모든 원자로들은 그 운명의 날 같은 정도의 지진과 쓰나미의 내습을 받았음에도 불구하고, 온전한 상태를 유지했다.

재앙이 닥치자 마자, 나는 일본 동료들과 함께 재앙복구 작업에 참가하기 위해 후쿠시마로 서둘러 갈 것을 고려하였다. 일본 북동부에 가려는 또 다른 목적은 미디어 광란에 사로 잡혀 있는 히스테리 상태의 세계 시민들에게 원자력 종사자들의 최대 허용치 이

하에서의 방사선 피폭, 즉 일반인들보다 10배 높은 피폭량에 노출된다 해도 전혀 해가 없다는 것을 보여 주기 위함이었다.

이러한 내 계획을 전해 들은 내 아들은 잠자코 있었지만, 딸과 며느리는 내가 방사능 오염지역에 가는 것을 적극 만류했다. 이에 계획을 바꿔, 메일을 통해 일본인 친구들과 주한 일본 대사에게 내 생각을 서면으로 전달하게 되었는데 그 중 일부 내용은 다음과 같다.

[A] 물을 뿌리기 전 후쿠시마 제1원전 4개 원자로 주위를 비닐로 완벽히 덮도록 하자. 나중에 처리하게 될 살포된 물을 모으기 위한 방수처리 연못을 4개 원자로 주변에 파자.

[B] 제1원전 부지에 기체 저장용 대형 철제 탱크를 만든 다음 원전 안의 오염 기체를 빼낼 수 있도록 원자로와 탱크사이를 파이프로 연결하자. 배기가스의 경우처럼 대기에 방출할 기체를 깨끗하고 오염이 안된 상태로 정화하기 위해 이 철제 탱크 벽에 여러 개의 방사능 기체 및 에어로졸 제거 시스템을 설치하자. 이 시스템으로도 제거되지 않는 방사성 핵종은 분리해서 다른 탱크에 보관해야 한다.

[C] 4개 원자로의 (고준위) 방사성 오염수 저장을 위해 철제 탱크를 여러 개 만들자. 만약 오염수의 방사선 준위가 너무 높아 사람이 작업하거나 다루기 힘들면, 일본이 자랑하는 로봇과 로봇시스템 배치를 고려할 수도 있을 것이다.

[D] 필요한 곳이라면 장소불문 수소 재결합 장치와 점화기를 설치하자.

[E] 상당한 비용이 들더라도, 비상용 디젤 발전기들을 확보하여 현장 요소요소에 설치할 것을 강력히 추천한다. 먼 지역에서의 디젤 발전기 운송은 항공편에 의존해야 한다. 이와관련 현대중공업이 주파수를 60Hz를 50Hz로 개조하여 선박으로 4기의 비상용 발전기를 보내기로 했다는 뉴스는 고무적인 일이다.

보일러가 처음 유럽국가들에 소개되었을 때, 폭발 사고와 사상(死傷)자 속출을 포함한 여러가지 초기 문제가 발생했고, 사회의 반응도 대단히 부정적이었다. 그래서 많은 사람들이 견뎌내지 못했다. 예를 들어 독일 함부르크의 병무청장은 보일러로 인해 독일 미래에 망조가 들게되었고, 독일의 국가 생존 자체를 위해 보일러 사용을 금지해야 한다고 강력히 주장했다. 그러나 그의 주장은 받아들여지지 않았다.

시간이 지나면서 끊임없는 모델 개선과 경험 상승 곡선에 힘입어 더 높은 압력과 더 높은 온도에 견딜 수 있는 개선된 보일러 모델이 설계·제작되어 이제 는 폭발과 여러가지 사고들이 과거의 일이 되었다.

마찬가지로, 원자력 관련기술의 끊임없는 발전과 원자력설비에 대한 규제기관의 엄격한 규제시행과 함께 산업계의 꾸준한 기술기준 확립은 결과적으로 표준화 촉진과 안전성 제고에 크게 이바지하고 있다.

지난 금요일(4월 15일)은 타이타닉호 침몰 99주년이었다. 또한 한국 역사상 아주 나쁜 인물의 생일이기도 한데, 그는 내 고향 가까이에서 출생했고 한국을 매우 불행하고 비극적으로 만든 자였다. 그의 이름은 김일성이다. 사람들은 당시 침몰할 수 없으리라 생각되었던, 26 노트로 운행하는 길이 260미터, 무게 46,400톤의 거대한 초특급 호화 선박이 북대서양에서 유빙과 충돌해 2,208명 탑승객과 선원들 가운데 1,513명이 희생되었던 것을 회상할 것이다. 너무도 비극적인 사건이었기에 타이타닉호 침몰은 조선업계에 경종을 울리는 계기가 되었고, 그후 선박 건조기술과 운용방식에 엄청난 변화를 가져왔다. 타이타닉호 사건 이후 해양운송 부문은 상전벽해와 같은 변화, 안전성과 생산성 부문에서 급격한 성장을 유인했다.

원자력이 더 효율적이며 생산적이고 안전성이 강화된 사고없는 설비가 될 수 있도록, 체르노빌 원전 1호기와 후쿠시마 원전의 불행 경험이 우리 모두의 각성을 촉구하는 계기가 되기를 희망한다.



한국은 석유, 가스, 경제성 있는 석탄 그리고 이것들을 대체할만한 다른 어떤 에너지원도 가지고 있지 않다. 우리에게서는 다른 선택이 없다. 인간은 현대문명 시스템의 작동과 도로, 도시 그리고 거실에 불이 꺼지지 않게 하기 위해서는 어쩔 수 없이 원자력에 의존해야 한다. 제한된 자원의 고갈, 환경보존의 필요, 인구증가 그리고 경제적 번영에 대한 우리 욕구가 있기에, 원자력은 우리와 함께 있어야 하고 실제 우리는 지금보다도 더 많이 원자력에 의존하게 될 것이다.

원자력 산업계는 원자력에 대한 최근의 신뢰성 상실을 이겨내고 옛 명성을 되찾아야 한다. 그리고 원전설비의 신개념 설계와 개선에서는 다음 항목에 유의해야 할 것이며, 특히 이 때 안전성향상을 염두에 둬야 한다.

첫번째, 각각의 잔열제거계통(RHRS)에 대해서 가능한 최고조의 높은 주의를 기울여야 한다. 마지막 방어선인 RHRS를 지진에도 견딜 수 있는 방수구조로 건설함으로써 최후까지 작동하도록 만들어야 한다.

이 구조를 설계함에 있어 아마 우리는 잠수함 격실이 독립적이면서 방수가 되게끔 어떻게 만들어 졌는지 잠수함 설계에서 아이디어를 찾아 볼 수 있고, 심지어 우주선 제조에서도 아이디어를 얻을 수 있다. 디젤 저장 탱크의 용량과 그 위치 또한 철저히 검토해 볼 필요가 있는 사항이다.

두번째, 격납용기와 사용후 핵연료 저장조 상부에 커다란 증류수 저장 탱크를 설치할 것을 여기서 제안한다. 내진 대책으로는 증류수 저장 탱크 아래와 격납용기 외벽에 대구경의 철제 파이프 지지주를 세우는 것이 더 효율적이라 판단된다. 증류수 저장 탱크와 잔열제거계통(RHRS) 그리고 원자로 용기 사이의 연결 파이프는 이 철제 파이프 지지주 안에 설치될 수 있다.

격납용기와 사용후 핵연료 저장조 상부에 대량의 증류수를 저장하자는 것은, 2009년 7월 13일 이후

설계·건설되는 원자력 설비에 대형 민간항공기 충돌시의 영향에 대한 구체적 설계 평가를 요구하고 있는 미국 NRC의 요구사항(10CFR Parts 50과 150)을 만족할 것이라는 점에서 긍정적으로 검토될 수 있다. 이 조항은 안전성을 높이고 원자력 설비의 건전성향상에 기여하게 될 것이며, 후쿠시마 원전사고와 같은 비상 상황에서 특히 그럴 것으로 예상된다.

세번째, 20세기 최고 건축가 중 한 사람인 Frank Lloyd Wright의 지혜를 배워 보자. 도쿄에서의 새로운 특급 호텔설계를 위해 일본 황실에 초대받은 Wright는 부유식 매트리스 구조를 대범하게 제안했고, 공극이 많아 가벼운 화산회암(火山灰岩)을 포함하여 그 지역에서 이용 가능한 건축 재재를 많이 사용하기로 했다.

모든 것은 자연과 조화를 이루어야 한다는 그의 건축철학과 일맥상통하는 것이다. 이 호텔은 중앙에 큰 연못을 비롯한 멋진 일본식 정원을 갖추고 세워졌다.

호텔 완공 직후인 1923년 9월 1일, 도쿄지역 일원에서 기록적인 지진이 일어나 대도시 지역 건물 대부분이 파괴되었다. 1923년 발생한 간토대지진은 리히터 규모 7.9를 기록했고, 대략 100,000명 내지 140,000명이 사망했다.

그러나 놀랍게도 Frank Lloyd Wright가 설계한 그 황실 호텔은 손상되지 않은 채 고스란히 남아 있었다. 더구나 정원의 연못물은 소방관이 호텔 주변에서 불타는 모든 목재 건물들에 대한 진화작업에 직접 사용되었다.

이것들을 참작하여, 나는 모든 원자력 발전소 주위에 큰 연못을 만들 것을 제안한다. 이 연못은 시원한 바람 생성에 기여할 것이고, 또한 발전소에서 근무하는 직원들이 정서적으로 즐겁게 휴식하는데 도움을 줄 것이다. 더구나 연못은 결국 단조로울 수 밖에 없는 산업시설 풍경을 아름답게 꾸며 줄 것이며, 철새를 끌어들여 그들의 휴식 장소로서 기쁘게 해 줄 것이다. 무엇보다도 후쿠시마 원전사고와 같은 비상사

태 시 연못물의 유용성을 절감하게 될 것이다. 이 때 어떤 경우에도 연못은 쓰나미 도달 가능 수위보다 높은 지대에 만들어야 할 것에 유의해야 한다.

단전상태의 송전선을 수리하여 후쿠시마 1호기로 외부전원을 끌어 들이는데 꼬박 1주일이 걸렸으며, 그 기간은 지진발생이라는 매우 급박한 시기에 너무도 긴 기간이었다. 그 사이 만약 발전함 혹은 폐속선이나 트레일러에 적재된 비상발전기를 사고 지역으로 시급히 보낼 수 있었다면 큰 도움이 되었을 것이다.

네번째, 나는 많은 비상 디젤발전기를 사용후핵연료 운반선에 충분한 양의 디젤과 함께 싣고 다닐 것을 제안한다. 이런 선박들이 그 기간 거의 사용되지 않는 상태였다는 것을 기억하면 납득이 갈 것이다.

사용후핵연료 운반선에 실려 있는 비상디젤 발전기들은 한반도 동해안에 위치한 3개 원자력 발전단지들을 커버할 수 있을 것이며, 동해에 접해 있는 60Hz 권의 일본 원자력 발전소도 담당할 수 있을 것이다.

이와 관련하여 우리의 발전기 적재 선박은 우리 한빛발전소와 함께 황해연안에 위치한 중국 원자력 발전소에도 이용될 수 있을 것이다.

다섯번째, 동아시아 3개 원자력 보유국인 한국, 일본과 그리고 중국은 긴급필요시 상호전달 가능한 부품, 물자, 기자재 등에 대한 재고 리스트 교환과 공조 시스템 확립을 제안한다. 일단 이 계획이 시행되면 우리는 공동 협력프로젝트를 추진할 수 있고 나아가 인력의 상호교환도 가능한 협력체 구성단계까지 발전시켜 나갈 수 있다.

여섯번째, 건설 산업계에서 100여 개의 특허를 가지고 있는 내 동생이 일전에 원자력발전소 건설현장을 방문한 적이 있다. 방문 후 그는 비용, 시간 그리

고 효율적면서 설계와 건설 방식에 대한 개선점을 나에게 귀뜸해왔다. 이를 볼 때 우리 업계에 건설적이고 유용한 아이디어와 비평을 제공할 수 있는 외부 전문가의 운영도 적극 검토해 볼 필요성이 충분하다. 때때로 우리는 너무도 원자력에 한정되어 몰입됨으로써 설령 해결책이 다른 시각을 가진 외부인에게는 명백하더라도, 우리 스스로는 해결책을 볼 수 없을 수도 있다.

내 제안은 우리 원자력 산업계의 향상을 위하여 외부 전문가들이 우리에게 건설적인 아이디어, 시각 그리고 가능한 해결책을 제시할 수 있도록, 원자력 공동체 바깥분야 전문가들을 정성껏 초대해 보자는 것이다.

일곱번째, 동전의 또 다른 면은 우리 원자력 관련인들이 관련 외부전문가들과의 대화를 통해 많이 배우고 유용한 것을 얻자는 것이다. 조선, IT, 재료과학 등과 같은 산업으로부터 얻은 노하우는 우리에게 엄청난 도움이 될 것이다. 상호 공동의 방문 프로그램은 지속적 개발과 원자력의 진정한 잠재력을 구현하는데 아주 유용하게 작용할 것이다.

마지막으로, 아래와 같은 지혜의 글은 이런 시기에 우리를 깊이있는 생각으로 유도하는 공명작용을 일으킬 수 있다.

“옛일을 거울삼으면 흥망의 원인을 알 수 있다. 미래에 대해 알고 싶으면 과거의 일을 꼼꼼히 살펴 봐야 한다.”

以古爲鏡可知興替 欲知來者察往.

(이 글은 일본의 대표적 에너지 정책잡지 “에네르기 리뷰”지 2011년 9월호에 필자와 함께 일본어로 번역되어 게재된 바 있다.) 