



## 원자력 새 場을 위한 溫故而知新



**박군철**

서울대학교 원자핵공학과 명예교수

- 서울대학교 원자핵공학과 교수
- 차세대지역에너지연구소 소장
- 서울대학교 공학연구소 소장
- 원자력안전전문위원회 위원장
- 한국원자력학회 회장
- 한국과학기술기획평가원 부원장
- 한국원자력통제기술원 이사장
- 한국전력국제원자력대학원대학교 총장

우리가 역사를 이야기할 때에는 고대사, 근대사 그리고 현대사로 분류한다. 그리고 역사를 되새기는 것은 미래에 대한 지표를 제시하기 위함이다. 즉, 과거가 영화로웠던 영욕스러웠던 이를 냉철히 현대적 시각으로 분석하여 미래를 예측하고 준비하자는 것이 “溫故而知新”의 가르침이다. 그래서 원자력산업도 이렇게 고대, 근대 그리고 현대적으로 더듬어 보고 새로운 정부가 시작되는 이 시점에서 원자력계의 앞날을 새롭게 기획하고 국가발전을 위해 다시 한번 힘을 모아야 할 것이다.

우선 원자력의 『고대사』라고 할 수 있는 시기는 이승만 대통령의 공릉동 원자로 건설의 첫 삽을 뜨는 사진에서 박정희 대통령의 고리원전 준공식의 사진으로 대변될 수 있을 것이다. 이 시기는 국가 GDP \$300 미만에서 잘 살아보자는 기치 아래에 원자력 1세대들의 피나는 노력과 사명감으로 이 땅에 그 당시 우리나라의 실

정으로는 감히 손댈 수 없다고 생각한 원자력에너지를 도입함으로써 국가경제 재건에 박차를 가했다.

본인이 KINGS 총장시절 말레이시아 정부를 방문했을 때 방글라데시 출신의 교수를 만난 자리에서 우리는 고리 1호기 건설 당시 우리의 GDP가 \$220이었다고 했더니 GDP가 \$2,600인 방글라데시의 대학교수는 입을 다물지 못했다. 우리나라 산업 중 일본을 거치지 않고 자립한 유일한 산업이 원자력산업인 것은 그 당시 선진기술을 갈망했던 당시 원자력선배들의 헌신적 노력과 국가 지도자의 국가 미래지향적 판단이 가장 주효하였다.

다음은 『근대사』로 넘어가 보자. 이 시기는 원자력발전소의 활발한 건설과 기술자립에 매진하였던 시기이다. 그 결과 근대사의 마지막 꽃이자 우리 원자력계의 그간의 노력의 결실이고 榮華의 pivot 이었던 “UAE 원전 수출”



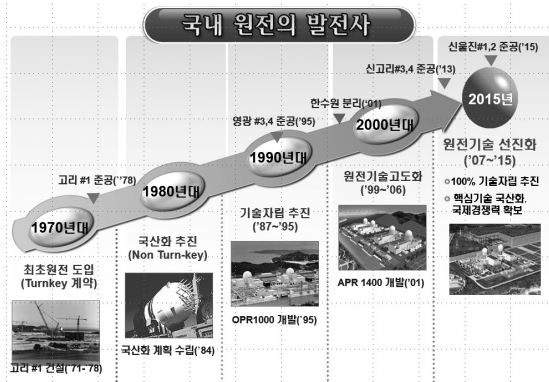
을 하게 되었다. 이 계약이 성사되던 날 나는 ANS 학술대회에 참석차 Washington에 있으면서 그때의 감격을 지금도 잊을 수가 없다. 그 날 Washington Post 지에 “Korea succeeded the UAE bidding.”라는 기사가 실렸고 그들에게는 모든 기술을 전수받는 기술 3류 국가인 한국이 감히 원전 건설을 수주했다는 것이 매우 당혹스럽다는 기사였다. 그 학회에서는 한국 참석자들은 축제 분위기에 휩싸였던 기억을 지금도 잊을 수 없다. 그리고 근대사의 또 다른 중요한 역사는 기술자립과 SMART 원자로 설계였다. 물론 지속적인 원전건설로 세계 5위의 원전 국가로 우뚝 서게 된 것도 원자력 근대사의 큰 족적이기도 하다. 하지만 무엇보다도 이런 과정에서 기술자립을 위한 우리의 노력은 아무리 자화자찬해도 모자람이 없을 것이다. 특히 기술자립의 가장 큰 계기이자 성과는 영광 3,4호기의 설계라고 생각된다. 웨스팅하우스의 벽을 넘어 CEO로부터의 기술전수로 기술자립의 목표를 달성하고자 할 즈음에 1,300MW Palo Verde 원전을 1,000MW 영광 원전으로 scale down 시키는 과정에서 우리는 모든 설계를 원천적으로 이해해야 했고 이 과정에서 많은 원자력 설계자와 인허가 기관 그리고 학계 교수들이 총동원되어 검토하고 문제점들을 해결했다.

또한 이 때부터 SMR의 필요성과 장래를 내다보고 SMART 원자로의 설계를 시작했다. 그 당시 CAREM, KLT60, AP600등 많은 비슷한 설계들이 있었지만 그래도 가장 활발히 진행한 곳

은 우리나라였다. 이 과정에서도 사업자변경, 용량격상 논란, 기술료 문제, 인허가 논란 등 많은 고초와 갈등이 있었지만, 이러한 어려움을 극복하고 2012년 세계 최초로 표준설계인허가를 취득했다. 물론 이 기간에도 모든 과정이 순탄하지만은 않았다. 증가 일변도인 원전건설사업과 이에 따른 방사성폐기물 처분은 결국 크나큰 사회문제로 표출되어 굴업도사건과 가장 극심했던 2003년 부안방폐장사건을 겪으면서 원자력산업이 엄청난 저항을 받았던 것이 뼈아픈 추억이었다. 그러나 이 모든 갈등 속에서 국가발전에 대한 원자력산업계의 노력과 국가의 의지로 마침내 30년의 갈등 속에서 2015년 경주방폐장이 준공되었다.

그 외에도 반드시 새기고 싶은 이벤트는 원전 가동 30년을 맞이하여 2008년 5월부터 2달간 실시된 “원전 종합안전진단”으로 국내 20기의 전 발전소 안전성을 종합 점검함으로써 안전 수준을 확인하는 것이었다. 이를 위해 안전위원이었던 본인을 단장으로 국내 11명의 기술자와 IAEA, WANO, INPO 소속의 외국전문가들로 점검단이 구성되어 처음이자 마지막으로 국내 원전의 종합안전점검을 실시하여 많은 개선점을 도출하여 원전의 안전성 향상에 크게 이바지했다. 아쉽게도 이 종합점검은 일회성으로 끝나 버렸다.

이제 『현대사』를 정리하자면 이는 2013년에 시작한 박근혜 정부에서 다음달에 끝나는 문재인 정부로 이어지는 시대이다. 이 시기는 원자력



[그림 1] 국내 원전의 발전사

계로써는 다시는 오지 말아야 할 암울한 시기이다. 이 시기의 특징을 3가지로 요약하자면 원전 비리, 탈원전과 그로 인한 원전수출동력 상실이다. 2013년 새 정부가 들어서면서 원전의 부품 납품과정 중 품질기준에 미달하는 부품들이 시험성적서가 위조되어 납품되었다는 원전비리사건이 터졌다. 이 과정에서 한수원 사장 등 20여 명이 구속되는 치욕적인 일이 발생되었다. 이는 결국 원자력 안전의 불신으로 이어졌고 시민단체의 반핵운동에 큰 빌미를 주었다.

정부의 과도한 원전비리 확대와 경주 지진에 따른 원전 안전성에 대한 지나친 우려에 대한 억울함도 없지 않았지만 그간 원자력 르네상스의 심취되었던 원자력계의 깊은 자성도 뒤따랐다. 고려의 권신이던 권근의 비유처럼 큰 매(대형 원전사고)를 피하기 위해 작은 매(원전비리)를 맞았다고 할 수 있었다.

이렇게 시작된 원자력산업의 고난은 2017년 문재인 정부에 들어서서 탈원전이라는 정부 정책으로 완전히 기반이 흔들리게 되었다. 국가의

에너지믹스 정책은 국가경제발전, 환경친화성과 사회수용성을 기반으로 한 평가를 통해 합리적으로 수립되어야 한다. 그러나 문정부의 판단은 에너지전문가들의 기술적이고 합리적인 판단보다는 이념의 논리를 앞세웠다. 그래서 문재인 정부가 출범하자마자 고리 1호기가 영구 정지되었고, 그 다음 해엔 월성 1호기가 35년 만에 조기 폐쇄되었다. 그리고 준비 중이던 신규 원전 건설 계획마저 전면 백지화하면서 탈원전을 선언하고 원전의 설계 수명을 연장하지 않겠다고 했다. 이러한 비이성적인 국정운영은 결국 전력공급의 불안정은 물론이고 한전의 적자와 전기료 인상에 따라 예상되는 수출력 약화는 물론이고 세계적 이슈인 기후변화 대응에도 큰 걸림돌을 안게 되었다.

그리고 그 대안으로 제시한 신재생에너지산업의 과도한 확장으로 오히려 비리의 의혹과 많은 역환경 문제를 야기하였다. 물론 원자력계가 직격탄을 맞은 것은 말할 나위가 없다. 그간 쌓았던 기술력의 상실과 사업생태계의 붕괴는 물론이고 기술인력의 유출과 공급부족은 가장 뼈아픈 손실이었다. 물론 이러한 손실은 정량적으로는 평가하기 어렵지만 국가산업 미래관점에서는 예측이 불가할 정도로 막대할 것이다. 특히 대학에서는 원자력전공 학생이 30% 감소하였고 산업체에서는 2016년에서 2019년까지 약 1,800명의 인력이 증발했다고 작년 매일경제는 보도하였다. 매출도 6조, 수출액도 한 해 3억 7천만달러가 감소했다고 한다. 물론 이것은 공식



적인 집계이고, 그 후의 더 나빠진 상황에서의 실제 수치는 파악되고 있지 않다. 그리고 탈핵정책과 함께 그 대안으로 내세운 신재생에너지 정책에서는 더욱 점입가경의 모습을 보여주고 있다. “2030년 온실가스 감축목표 40%, 2050년 배출량은 ‘0’ ”라는 환상적인 목표마저 제시하였으며, 그간 표출된 풍력, 태양광 발전단지의 엄청난 문제점과 최근 EU택소노미와 미, 중에서의 원자력 그린에너지 분류 논의에도 꿈쩍도 하지 않고 있다.

이러한 탈핵정책에 놓인 원자력산업의 실태이지만 그래도 다행한 것은 이 기회로 오히려 원자력에너지에 대한 올바른 지식이 국민들에게 자연스럽게 각인되었다. 최근 기후변화로 인한 피해는 지구의 다른 곳에서 일어나는 문제가 아니고 우리나라도 직접 피해를 보는 현실적 재해라는 것과, 한전의 적자가 바로 국민생활에 직결되는 문제이고 원자력생태계의 붕괴는 우리의 현실이자 미래의 문제라는 것이다. 따라서 어떤 규모이던 간에 원자력에너지는 가장 필요한 에너지 부분이라는 것에 공감을 얻게 되었다.

이러한 근대와 현대사를 겪으면서 濫故(Lessons Learned)는 다음과 같이 요약해 본다.

- 끊임없는 기술개발은 미래에 대한 확실한 투자이다.
- 국가는 합리적인 미래지향적 에너지정책을 수립해서 장기적으로 확고히 추진해야 한다.
- 원자력산업 발전은 국민의 신뢰가 토대가 되어야 하고 그를 위한 가장 결정적 요건은 안

전확보임을 배웠다.

- 원자력산업수출(원전설계 및 건설, 기자재, 인력 모든 분야)만이 국가와 국민에 대한 보답이다.

이제 새 정부가 들어선다. 새 지도자의 일같이 원자력산업 재건이었다. 그렇다면 우리도 암울했던 현대사를 뒤로 하고 미래를 준비하고 개척해 나가야 할 것이다. 가장 시급한 일은 신한울 3,4호기 원전 건설을 재개하고 원자력산업의 수출에 총력으로 매진하는 것이다. 신한울 원전의 건설은 원자력산업의 활기를 되찾을 뿐만 아니라 국가 경쟁력을 확보하고 기후변화에 대응하여 “2030 국가 온실가스 배출목표(NDC)”를 달성하는 데 크게 이바지할 것이다. 그리고 요동치는 유가와 LNG 가격 아래 국가 에너지안보 차원에서 새 정부의 시작과 더불어 시급히 결정되어야 할 것이다. 또한 내년 4월 8일 설계수명에 다하는 고리 2호기의 수명연장 검토도 조속히 재개되어야 한다. 7,000억원을 들여 안전성을 보강해 놓고서도, 계속 가동하는 것이 경제성이 있다는 경제성 평가 결과를 반대로 조작하다 시피 해서 조기 폐쇄 결정을 내린 월성 1호기의 전철을 밟아서는 아니될 것이다.

물론 이 모든 결정은 새 정부의 에너지믹스 정책과 철저한 안전성 평가에 따라야 할 것이다. 이 에너지정책은 이전의 이념에 입각한 논리가 아닌 경제성, 환경친화성 그리고 사회수용성의 Trilemma에 대한 전문가들의 합리적인 결정을 기반으로 도출되어야 할 것이다. 그래서 국내 내

수 확보와 원자력산업인력의 재결집을 통해 원전수출의 원동력을 찾도록 서둘러야 할 것이다. 세계 원전 수출비즈니스는 무섭게 변화하고 국가적으로 추진되고 있다. 원자력선진국은 물론이고 중국의 강력한 원자력 확장도 우리에게는 엄청난 장애물이다. 한편으로는 최근 우크라이나 전쟁 때문에 그간 가장 강력히 세력을 키워왔던 러시아의 진출이 매우 불안정한 상태에 놓이게 되었다. 이러한 상황에서 우리는 원전 수출 SWOT를 다시 그려보고 평가하여야 할 것이다. 무엇보다 중요한 동인은 이전 정권의 탈원전 이미지 때문에 받았던 부정적 효과는 깔끔히 지울 수 있게 된 점이다.

다음은 원자력의 미래 동력개발이다. 현재 세계적인 추세인 SMR이 그 중 하나이다. 한수원, 한원연, KEPCO-ENC 그리고 일부 대학들도 참여하여 각자 개념설계를 하고 있지만 인허가까지 받은 SMART의 수출이 지지부진하고 미국 NuScale의 약진과 국내 기업의 참여로 정확한 구심점과 추진방향을 찾기 어려운 실정이다. 이러한 난제를 극복하기 위해서는 시장의 재평가, 우리 기술의 우월성과 취약성 그리고 경쟁 대상 노형과 개발 국가의 객관적 분석 등이 광범위하고 체계적으로 수행되어야 하고 이를 위한 국가 Governance가 확립되어 강력히 추진되어야 할 것이다. 또한 앞으로의 해양시대 대응과 북극해 개발을 위해 해상원전 및 원자력선박에 대한 연구도 심도 깊게 검토되어야 할 것이다. 이 모든 과제는 산학연의 긴밀한 협조와 업무분담 아

래 수행되어야 하고 정부의 과학기술발전의 강한 의지 아래 지속적인 지원이 뒷받침되어야 할 것이다.

셋째는 탄소중립 목표달성을 위한 수소경제의 도래에 대응하는 원자력수소 생산이다. 향후 수소경제는 탈탄소화에 따른 수소 중심의 에너지 패러다임 변화의 필연적 선택이다. 그간 수소경제 개화가 지연된 이유는 효율적 대량 전해조(electrolyzer) 개발이 지연되었고 원자력과 마찬가지로 힌덴부르크 비행선사고의 원초적 공포와 저비용편익(low cost benefit) 관점 때문이었지만, 지금은 환경 친화적인 에너지원의 갈망과 수소가격경쟁력 상승, 이에 따른 활용도의 증가로 많은 기대를 모으고 있는 실정이다. 그래서 2050년 글로벌 수소경제 예측에서 수소는 에너지는 세계 최종 에너지 수요의 18%를 감당하여 연간 6Gt의 CO2를 감축시키며 2.5조 달러 이상의 부가가치를 창출하고 나아가 누적 3천만개의 일자리를 만들어 질 것으로 기대하고 있다. 그래서 각국은 앞다투어 수소경제 활성화 전략을 수립하고 있다. CO2 배출이 세계 7위이고 배출량 증가율이 세계 1위인 우리나라의 경우는, 이미 50개국이 도입하였거나 도입될 예정인 탄소국경세가 미칠 막대한 무역손실과 국가 GDP 하락을 막기 위해서도 수소경제도입은 선택이 아니고 필연이다. 물론 박근혜 정부에 이어 문재인 정부에서도 이에 대한 중요성을 인지해서 수소경제 활성화 로드맵을 제시하여 “수소 전기차 및 연료전지 세계시장 점유율 1위 달성”



을 목표로 수소 활용산업에서의 시장창출과 육성을 우선하겠다고 발표했지만 문제는 가장 핵심 관점인 “수소를 어떻게 대량으로 값싸게 생산하느냐”에 대해서는 납득하기 어려운 해답을 제시하고 있다. 재생에너지를 이용한다든지, 더욱 황당하게 수소를 해외에서 수입하자는 방안까지 제시하고 있다. 이는 역시 해외 에너지의 존도를 높이고 수송 및 보관과 공급망에서 근본적인 해결책이 될 수 없다. 따라서 결론은 무탄소에너지를 사용한 원자력으로 대량 생산하여 경제성을 확보하고 에너지안보를 지키는 것이다. 원자력수소는 두가지 방법으로 생산될 수 있다. 첫째는 기존의 대형 원전에서 전기와 잉여 전력이나 열을 이용한 수소생산을 같이한 Co-generation 방법이고 둘째는 아예 수소 전용 생산로인 VHTR 원자로를 개발하여 열화학(SI) 분해를 이용하는 방법이다. 그래서 새 정부는 이러한 관점에서 원전의 비중을 재검토하고 병행하여 미래 안정적 수소확보를 위해 고온가스로와 SI 생산방법의 개발에 적극 투자하여야 한다. 결론적으로 원자력수소는 과학적 판단아래 국가미래차원에서 도입되어야 한다.

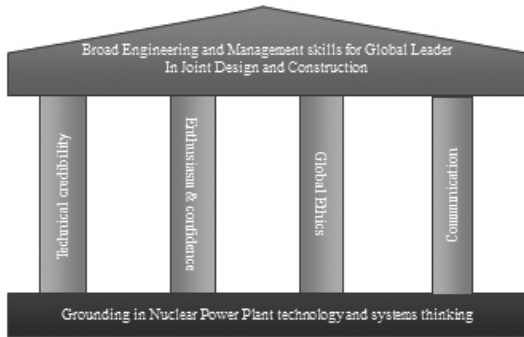
다음은 원자력의 안전확보이다. 앞에서도 언급하였지만 이 정부의 무리한 탈원전정책에 대한 언론과 국민적 저항으로 원자력이용의 대한 정당한 이해와 지지를 얻게 되었지만 이는 기후변화대응과 경제성 관점에 기인하고 있다. 아직 대다수의 국민으로부터 원자력이 안전한 에너지라는 신뢰를 얻었다고는 볼 수 없다. 지난 근,

현대사에서 濫故로 얻은 교훈은 안전에 대한 확고한 믿음 없이는 원자력의 미래에 대한 보장은 결코 확보할 수 없다는 것이다. 앞으로 있을 건설재개, 원전 추가건설, 수명연장, 소동력으로 도입 그리고 무엇보다 당장 눈앞에 닥친 방사성폐기물처분장 확보 등 어느 하나도 국민과의 소통과 신뢰없이는 헤쳐 나갈 수 없는 과제이다. 결국 원자력안전확보는 운영자와 규제기관의 공동 노력이 있어야 할 것이다. 운영자인 한수원은 안전관리에 대한 확고한 안전문화를 최우선적으로 정착시켜야 하고 안전인력의 능력과 인원을 충분히 확보하여야 한다. 그리고 안전인력을 효율적으로 관리하여 외부의 비기술적 시각에 기인한 불필요한 지적에 대응하는 데 에너지를 소비하는 일을 막아야 한다. 그래서 이전에 일회성 행사로 끝난 “전 호기 종합 안전점검”을 국내외 전문가와 주민의 참여하여 주기적으로 수행할 필요가 있다.

다음은 규제기관의 체질개선이다. 한마디로 규제기관은 독립성과 전문성을 가져야 한다. “원안위는 기술로만 말한다.”과거 고리1호기 수명연장 논란 당시 했던 일같이다. 즉 국민들이 원안위가 내린 기술적 판단을 전적으로 신뢰할 수 있을 때 비로소 원전의 안전도 신뢰할 수 있을 것이다. 이를 위해 원자력안전위원회는 고도의 원자력 전문지식을 갖춘 객관적 인사로 구성되어야 하고 이들 중 전부 혹은 일부는 상설위원이 되어 변화하는 최신 원자력기술과 규제 현황을 충분히 연구하여 결정할 수 있어야 할 것이

다.

마지막으로 인력양성이다. 인력에는 두가지 측면이 있다. 우수한 원자력 기술인력과 Global 원자력 인재이다. 우선 그동안 무너진 원자력산업 생태계를 다시 활성화하고 원전 건설과 수출의 원동력이 될 우수한 원자력 기술인력을 재정비하고 육성시키는 것이 무엇보다도 시급하다.



[Temple 형 인재 요건]

이를 위해 산학연이 합심하여 청년인력, 실무인력 그리고 연구인력을 확보하고 그들의 질을 제고하여야 할 것이다. 그간 침체된 기술인력들의 사기를 앙양시키고 원자력 중소기업체들의 일감을 만들어 관련인력들을 다시 모으고 질을 향상시킬 단기 및 중기계획이 수립되도록 국가의 지원아래 한수원이 앞장서야 한다. 대학도 인력양성을 위해 가르치는 과목을 현장 중심으로 체질

개선하여야 하고 학생들의 인력수급을 분야별로 면밀히 파악하여 과잉공급과 이에 따른 학생 질의 저하를 막아야 할 것이다. 그리고 앞으로 세계 원자력산업을 우리나라가 원자력선진국으로서 이끌어 가기 위해서는 내수용이 아니고 global 시각을 가지고 수출을 주도하고 원자력 도입예정국가들을 상대로 우리나라의 위상을 높일 수 있는 원자력인재가 양성되어야 할 것이다. 즉, 기술 지상주의인 I 빔형 인재가 아닌 그림과 같이 전문지식을 바탕으로 소통, 윤리성을 갖춘 열정적인 Temple형 global 인재를 확보해야 한다. 이를 위해 산업체와 대학이 협의하여 전문과정을 만들어 다양한 분야의 전문 지식을 습득하도록 해야 할 것이다.

결론적으로 미래는 준비하는 자의 것이라고 하지만 그것보다도 미래는 정확히 예측하는 자의 것이라 본다. 즉 “知新”하는 자만이 미래를 준비하고 대체해 나갈 수 있다. 이제 새 정부가 들어서면서 원자력산업계도 새로운 場을 맞이할 것으로 기대된다. 그럴수록 과거의 영광이 어떻게 이루어졌는지 또 뼈아픈 현실은 어떻게 다가왔는지를 깊이 통찰하며 재도약에 만전을 기해야 할 것이다. 그 기치는 “안전”이다. **KIIF**