

# 원자력의 편익과 대가, 그리고 탄소중립을 위한 조화

원자력 발전에 대한 이슈가 뜨겁다. 독자들을 위해 우리나라 원자력 역사를 먼저 간략히 소개하고 사용후 핵연료 문제와 탄소중립의 연관성을 위한 소견을 얘기할까 한다.

\* 본 기고는 FUTURE ECO의 편집방향과 무관합니다.

## 한국원자력학회장 이재주



### 우리나라 원자력의 역사와 현황

해방이후 우리는 전력난이 심각해 북한으로부터 96%의 전력을 공급은 바 있다. 특히 1948년 5월에는 북한이 돌연 송전을 중단해 어려움을 겪기도 했다. 1950년 625 전쟁 발발 이후의 상황은 더욱 심각해졌다. 우리나라는 GNP 67달러의 세계 최빈국이 됐고 그때의 전기 설비용량은 127MW에 불과했다. 이는 일반 회사의 비상발전기 수준이다.

1957년 7월 이러한 상황을 타개하기 위해 이승만 대통령은 미국의 전력회사 사장이며 아이젠하워 대통령 고문이었던 시슬러 박사를 만난다. 이때 시슬러 박사는 “현재 한국은 아무것도 없으니 머리에서 캐는 원자력 에너지를 하라. 열심히 하면 20년 후에는 원자력 발전소를 가질 수 있을 것”이라고 조언한다. 이 조언이 국내에서 원자력을 시작하게 된 계기가 됐다고 한다. 정부는 과학기술처에 원자력과를, 한양대와 서울대에 원자력공학과를 창립했으며, 1959년에는 원자력연구소를 설립하고, 미국의 무상원조와 정부 예산 35만 달러를 투자해 TRIGA MARK II라는 연구용 원자로를 준공한다. 당시 정부 예산이 230만 달러에 불과했음을 감안하면 해당 프로젝트는 정부 예산의 1.5%에 해당하는 거대한 프로젝트였다. 1959년 기공식을 가진 TRIGA MARK II는 1962년 완공됐는데, 이는 우리나라 최초의 원자로로 기록됐다.

그 당시 원자력공학과는 전국의 수재들이 모였으나 졸업 후 직장이 없어 대개 유학을 선택했다. 그 분들은 다시 고국으로 돌아와 원자력기술의 1세대가 됐다. 1971년 고리1호기 건설을 결정해 4억 9300만 달러의 예산이 책정됐는데 이것은 정부 예산의 25%에 달했다. 고리1호기 용량은 그 당시 우리나라 전력

설비가 2.1GW였으니 전체의 23%를 차지하는 규모였다.

이후 우리나라는 시슬러박사의 예언대로 20년 후인 1978년 고리1호기가 상업운전에 성공했다. 그렇게 가난하고 아무것도 없었던 나라의 기적이었다. 고리1호기가 영구 폐쇄될 때 많은 분들이 남다른 감회가 있는 것은 이런 역사가 있었기 때문이다. 고리1호기는 모든 것을 미국이 주도했으나 그 다음부터는 국산화를 시작해 건설과 기기제작을 일부 국내에서 수행했다. 특히 1979년 3월 28일 TMI 사고가 발생해 미국의 원자력산업이 위기를 맞았을 때 우리는 이 사고를 기회로 활용해 미국과 설계기술전수계약을 맺어 핵심설계까지 완전한 국산화에 도전했다. 미국은 우리나라가 기술 좀 배워간다고 문제될 것이 없다고 생각했지만 ‘기술을 배우지 못하면 태평양에 빠져 죽는다’는 결의와 열정으로 무장한 200여명의 국내 과학기술자들은 기어이 한국형 원전을 탄생시켰다. 한국형 원전은 한빛 3·4호기 한울3·4호기 등에 적용됐고 그 후로도 끊임없는 기술 축적으로 APR1400을 개발해 UAE에 수출을 하고 가장 엄격한 미국의 규제기관으로부터 설계인증까지 받게 됐다. 2020년 우리는 24기를 운전하며 설비용량 약23GW로 160,183GWh를 발전했고 우리나라의 전기의약 30%를 담당하고 있다.

지금의 우리는 설계, 건설, 운영 기술이 세계 최고에 올라섰다. 거의 모든 기기를 자체 공급하는 공급망을 갖추고 꾸준한 원전 건설과 운영으로 생생한 경험을 보유하기 있기 때문이다. 우리의 경쟁자였던 일본은 후쿠시마 원전 폭발사고 후 힘을 잃었고, 프랑스는 핀란드 사업의 부실로 큰 위기에 봉착했으며, 미국은 TMI 사고 이후 신규 원전건설이 거의 없어 기반 산업을 잃었다. 지금은 중국과 러시아가 가장 강력한 경쟁자

인데 서방세계 특히 미국은 원자력의 패권 즉 핵비 확산이 중국과 러시아의 손에 들어가는 것을 경계해 경쟁력을 갖춘 서방세계의 유일한 공급자인 한국이 역할을 해 주기를 바란다. 우리의 원자력기술이 세계의 것이 된 것이다. 시장에서 절대 우위를 가지고 탄소중립으로 원자력이 다시 필수적인 옵션으로 부각된 상황에서 탈원전을 맞아 산업이 붕괴되는 현실은 참으로 안타까운 일이다.

### 사용후핵연료 처분이라는 대가

무엇이든 편익이 있으면 반드시 대가가 있다. 원전의 편익은 탄소제로, 미세먼지 제로, 적은 부지와 높은 효율, 높은 경제성, 안정적인 전기 공급 등이다. 하지만 공짜는 없다. 안전에 대한 우려와 사용후핵연료 문제는 치러야 할 대가이다. 우리는 이 대가가 편익보다 더 심각한지 따져보아야 한다. 우리 원전의 설계는 TMI원전의 사촌, 후쿠시마 원전의 사돈의 팔촌, 체르노빌 원전에 비해서는 외계인쯤 될 것 같다. 사고로 인한 방사선피폭사망자는 각각 0, 0, 43명이다. 안전에 대해서는 이 정도만 언급하고 사용후핵연료가 에코시스템에 미치는 영향을 이번엔 간략히 한 번 살펴보고자 한다.

사용후핵연료는 밀봉 후 지하 500m에 매립해 인간과 영원히 격리해 관리하지 않고 잊어버려도 될 만큼 조치하는 것이 사용후핵연료 처분의 기본 철학이다. 물론 우리가 사는 지상은 자연 상태이다. 그러면 처분장은 얼마나 필요한가. 1978년 고리1호기부터 신고리5·6호기 운전 완료인 60년 후까지 100년간 발생하는 사용후핵연료는 경수로에서 약 2만 7000톤, 중수로에서 1만 2000톤이며, 중수로 사용후핵연료 처분면적은 경수로의 처분 면적의 약 6분의 1이므로 경수로 사용후핵연료로 환산하면 전체는 약 2만 9000톤이다. 이를 모두 처분하려면 핀란드, 스위스, 프랑스 등에서 개발한 처분기술들을 사용하면 약 25만평으로 900m×900m, 3층으로 건설하면 약 500m×500m에 처분할 수 있다. 환원이라는 과정을 거치면 1/3~1/4로 줄여지며 파이로프로세싱을 거치면 수십분의 1로 줄여지지만 이 과정은 아직 실증 중이고 처리하는 공장을 지어야 하므로 미래옵션으로 두겠다. 이 처분장은 탈원전과 무관하게 이미 발생했거나 앞으로 발생할 것이기 때문에 우리가

무조건 확보해야 한다. 중단돼 있는 신한울3·4호기를 건설하면 10%의 면적이 늘어날 뿐이다. 기술도 있고 지하는 지상에 비해 매우 넓으며 관련 비용은 모두 적립하고 있다. 왜곡된 대답이 없고 의지만 있으면 충분히 할 수 있는 문제다.

예를 들어 APR1400 1기에 해당하는 에너지를 풍력발전으로 충당하려면 최대 용량인 8MW짜리 풍력발전기의 수명과 가동률을 고려할 때 1575기가 필요하며, 영종대교 주탑 높이에 해당하는 약 100m의 기둥과 기초공사에는 원전 100개 정도를 지을 수 있는 콘크리트가 사용돼야 한다. 설계 수명 후에는 자연에 버려진다. 총 길이가 약 400km, 무게 16만 5365톤이 되는 4725개의 날개도 폐기물이 된다. 이것이 풍력의 편익에 따른 대가이다. 태양광은 더 많다. 에너지는 선택이다. 원자력의 사용후핵연료 처분이 편익에 비해 수용할 수 없는 과도한 대가일까.

### 원자력의 미래와 탄소중립을 위한 조화

나는 신재생의 확대를 반대하지 않는다. 우리는 자원이 없고 좁은 국토에 많은 인구가 살며, 에너지를 많이 소비하는 나라이다. 찬밥 더운밥 가리지 않고 할 수 있는 모든 것을 해야 하는 나라이다. 그러나 바다도 산도 땅도 자원도 기술도 모두 너무 편중되면 생태계가 힘들어지므로 한정된 우리의 국토와 생태계가 부작용을 소화할 수 있도록 균형을 잡아야 한다. 편향된 목표를 정해 놓고 무리하게 추진하면 중국 모택동 시절의 토벌고로처럼 반드시 탈이 나는 법이다. 속도와 규모와 방법을 신중히 선택해야 한다는 것이다.

원자력은 탄소제로 전기생산의 한 축을 담당하고 신재생의 간헐성 에너지를 보완하는 부하추종 능력을 가진 선진소형 원전의 개발에 박차를 가할 것이며, 그린수소 생산과 산업활동의 고온열 공급에도 원자력을 활용해 탄소중립에 기여할 것이다. 석탄과 가스도 어떻게 최소한의 충격으로 전환할 것인가 합리적이고 실용적인 고민을 함께 해야 한다. 그들도 그동안 많은 역할을 했는데 원자력처럼 적폐 취급해 배척하고 갈등을 야기하는 것은 문제해결에 도움이 되지 않는다. 모두가 오픈된 마음으로 선입견 없이 소통하는 것이 탄소중립을 연착륙시키는 첫 단추이다. 🌍