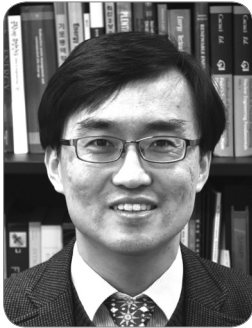


## 장기적인 관점에서 안전을 포함한 원자력의 목표 설정 필요

정용훈

한국과학기술원 원자력 및 양자공학과 교수



- KAIST 원자력 및 양자공학 박사
- 미 MIT 박사후 연구원
- UAE 칼리파대학 초빙교수
- KAIST 원자력 및 양자공학과 교수 (07)

### 에너지 전환과 8차 전력수급계획

정부가 추진하고 있는 에너지 전환은 안전과 환경을 위해 원전과 석탄을 없앤다는 탈원전과 탈석탄으로 요약될 수 있다. 원자력은 사고 시 방사능 재해가 우려되므로, 석탄은 미세먼지 배출과 이산화탄소 배출이 있으므로 퇴출해야 하며, 태양광과 풍력을 늘려가야 한다는 것이다. 더불어 LNG 발전도 늘어나게 된다.

탈원전과 탈석탄을 목표로 하는 에너지 전환 로드맵이 2017년 10월 발표되었다. 에너지 전환 로드맵을 구체화한 것이 2017년 12월 말에 발표된 「제8차 전력수급계획」이다.

8차계획에 따르면 현재 30.3%인 원자력 발전 비중을 23.9%로 낮추고, 석탄 발전 비중도 45.4%에서 36.1%로 낮추게 된다. 설비로 보면 원자력은 2017년 22.5GW에서 2030년 20.4GW로 감소한다. 계속운전을 불허하고, 신한울 3·4 부터 신규 건설은 백지화하고, 월성 1호기를 계획에서 배제했기 때문이다. 그러나 석탄은 36.9GW에서 39.9GW로 오히려 증가하게 된다. 신규 석탄발전소 9기 중 7기(7.3GW)가 그대로 건설되기 때문이다. LNG도 37.4GW에서 44.3GW로 증가한다.

원자력은 감축하나 석탄과 LNG는 증설되어 탈원전과 탈석탄 중 탈석탄은 사실상 포기 혹은 2030년 이후로 미루어진 것으로 볼 수 있다. 신재생은 11.3GW에서 58.5GW로 증설된다. 47.2GW의 증기분은 대부분 태양광과 풍력 설비가 된다. 이에 110조원 가량의 정부 재원, 공공 재원, 민간 재원이 투자될 예정이다.

8차계획에 따르면 47.2GW 태양광 풍력의 유효 용량은 5GW 수준이다. APR1400 4기 수준인 것이다. 게다가 태양광과 풍력은 수명이 20년으로서 APR1400의 1/3 수준이다. 즉, APR1400 1.3기의 전력 생산에 110조원의 재원이 투자되는 것이다.

넉넉잡아 2기라고 하자. APR1400 2기 건설에는 10조원 수준의 투자면 가능하므로 추가되는 60년간 원전 운영 비용(연료, 운영, 사후 처리 등 포함) 20조원 내외를 감안해도 30조원 수준에 가능한 투자를 110조원으로 대체하는 것이니 충분히 과잉 투자라고 볼 수 있다.

게다가 2022년 설비 예비율이 최고점(31.4%)에 도달하게 되므로 향후 4~5년 이상은 태양광 풍력 설비를 증설할 필요가 없음에도 선제적 투자라는 이름으로 설비 확충이 추진된다. 4~5년 후 설비 가격이 조금이라도 더 낮아진다면 그 때 건설하면 더 효과적이는데 말이다.

원자력처럼 10년 가까운 시간이 걸리는 건설도 아니니 서두를 필요가 없다. 필요한 시기에 건설하면 될 일이다. 오히려 간헐성 전원이 20% 수준에 이를 때 일어날 수 있는 문제에 대처하기 위한 계획을 차근차근 세우면서 실행해 나갈 필요가 있다.

태양광 풍력이 20% 수준에 이르면 평균 전력 수요의 0~100%를 오가는 간헐성이 발생하게 되므로 당장 태양광 패널과 풍력 터빈을 설치하는 것 보다 송배전망과 에너지 저장 인프라를 확충하는 것이 더 중요하다.

### 에너지 믹스에서 원자력의 역할은 무엇인가?

우선 순위, 실행 가능성 및 효과에 있어서 문제점들이 있지만 8차 전력수급계획은 정부 계획으로 확정되었고 실행에 들어갈 것이다.

향후 원자력의 역할을 안전한 운영에만 국한하면 충분한 것인가? 국가 에너지믹스는 8차 전력수급계획으로 종결되거나 완성되는 것이 아니다. 계속되는 진행형이다. 따라서 장기적인 관점에서 안전을 포함한 원자력의 목표 설정이 필요하다.

#### 1. 제1 우선 순위 안전한 원자력발전소 운영

안전은 지금 측정 가능한 것이 아니라는 한계를 가

진다. 최선을 다하더라도 간접적인 측정만 가능할 뿐이며 개연성은 있으나 인과성은 있을 경우도 없을 경우도 있다. 예를 들어 불시 고장정지 회수 등이 간접적 지표는 될 수 있으나 안전성 지표로 바로 사용할 수는 없다. 따라서 측정이 불가능한 안전성을 어떻게 확인할 것인가? 어떻게 보장할 것인가?

우선 기술적 안전성에 있어서는 객관성을 확보해야 한다. 객관적 자연 현상은 우리의 의식이나 믿음과는 관계없이 독립적으로 존재하는 자연 법칙에 따라 움직인다. 우리는 자주 상호 주관적인 것을 객관적이라고 착각한다. 사회를 구성하는 대다수가 공유하는 가치이니 상호 주관은 자연 법칙이 아니라 상호 간에 공유하고 있는 상상 속의 개념일 뿐이다.

방사선의 인체 영향은 정치 체제, 경제 원칙, 법질서 등과는 무관하며 지진 진동에 의한 기계의 반응도 그들과 무관하다. 우리가 어떻게 믿는지와 상관없이 자연계에 존재하는 자연 법칙에 따라 움직인다.

원자력 안전의 기술적 실체는 다중 방벽으로 이루어진 다중 방호 체계이다. 기계와 인간으로 구성된 것이다. 우리는 이에 대한 기술적 확인과 검증에 항상 철저해야 한다. 정치적 입장에 따라, 환경에 따라, 요구에 따라 바뀌는 것이어서는 안 되겠다.

안전기준 수립 과정은 철저하게 사회적 수용성을 목표로 공학적 관점에서 타당하고 합리적이어야 하며, 확인 과정에서는 기술적 엄밀성만 추구되어야 한다. 자칫 정치적 혹은 목적적 이해 관계가 안전기준 수립과 그의 확인과정에 개입되는 순간 기술적 안전은 무시된다. 안전 기술자조차도 안전성의 기술적 확인 과정이 무가치하다고 생각하게 될 것이다.

기술적으로 안전하지 않아도 다수가 안전하다고 하면 안전한 것으로 된다면? 기술적으로 안전한데도 다수가 안전하지 않다고 하면 안전하지 않은 것으로 된다면? 결국 안전에 대한 기술적 능력은 쓸모없는 것이

된다. 탈원전 정책과는 무관하게 원자력 안전의 기술력은 항상 같고 닦아야 하며, 안전기술 인력의 전문성은 항상 존중되어야 한다.

안전은 기술만으로 이룰 수 없다. 합리적 안전기준 수립과 평가가 안전을 담보할 수 없다. 다중 방호도 결국 기계와 사람으로 구성된다. 안전문화가 뒷받침되어야 한다. 오늘 어떻게 안전하게 운영을 할 수 있었는지 원인을 알고 있어야 하며, 관리 감독 체계가 존중되어야 한다.

사고가 나는 경우 일벌백계, 발본색원해서는 안전문화가 만들어질 수 없다. 원자력발전소 현장은 한수원 경영진이 상상하는 대로, 원자력안전위원회의 상상하는 대로 돌아가고 있지 않을 수 있다. 얼마간의 괴리는 반드시 존재하게 된다. 경영진과 관리 감독 기관의 상상과 현장의 괴리가 최소화될 때 원자력의 안전문화는 형성된 것이며, 비로소 원자력발전소가 설계되고 평가된 대로 안전할 것이라고 조심스럽게 말할 수 있을 것이다.

현장의 운영과 실제 시스템의 복잡성은 우리의 상상을 초월한다. 복잡한 시스템을 다룰 때 우리는 우리가 취한 조치와 그 결과를 관측하면서 축적한 일종의 감을 가지고 있을 뿐이다.

이 감이라는 것의 실체는 우리가 시스템을 이해하는 일종의 모델이다. 매일매일 그 감을 미세하게 조정하면서 우리 머릿속의 시스템을 실제와 일치시켜나가는 것이 안전성 확보에 가장 중요하다.

현장 전문가가 이 감을 버리게 만드는 문화를 피해야 한다. 내가 할 일 리스트만 다 체크하면 그만이라고 생각하게 만들면 안 된다. 그리고 그 감을 만들어가는 과정에서 생길 수 있는 시행착오는 용납되는 문화가 되어야 한다.

발전소 운영자만 감을 가져야 하는 것은 아니다. 관리감독자가 현장에 상주하는 이유도, 인원을 2배로 늘

린 이유도 동일하다고 본다. 관리감독자도 현장에 대한 감이 가장 중요하다. 사건 사고가 있을 경우 원인을 규명하고 규정과 원칙을 엄밀히 적용하기 위해서만 존재하는 것이 아니다. 관리감독자가 가진 현장 모델이 현장과 다르다면 관리 감독은 공허한 것이 된다. 어쩌면 독이 될 수도 있다. 반면 관리감독자가 지속적인 관찰을 통해 구성한 현장 모델을 기반으로 지적하는 사항에 대해서는 그 중요성을 운영자가 한없이 무겁게 받아들여야 한다.

운영자와 감독자의 기술적 우수성과 전문성, 현장감이 지극히 존중될 때에만 안전문화가 정착될 수 있다. 발전소 운영에 있어서 전문성이 없으면 운영자도 감독자도 아니라는 인식이 공유되어야 한다. 전문가가 있다면 진급시켜서 다른 역할을 맡기지 말고 진급보다 큰 인센티브를 줘서 그 자리에 머물 수 있도록 시스템을 바꿔야 한다. 안전문화는 '안전 제일'이라는 구호로는 불가능하다. 전문성에 대한 인식과 보상 시스템이 바뀌어야 한다.

## 2. 원자력 기술 및 공급망 유지와 원자력 수출

최근 APR1400 첫 호기인 신고리 3호기가 첫 주기에서 한 주기 무고장 안전 운전을 달성했다. UAE 바라카 원전의 안전 운영에 청신호가 켜졌다. 모범적인 건설 실적에 초기 안전 운영 실적이 더해진다면 국산 노형의 수출이 탄력을 받을 수 있다. 영국, 체코, 사우디아라비아 등 우리 원전을 고려하고 있는 국가들에게는 APR1400의 성공적 건설과 운영 실적은 가장 중요한 고려사항이 될 것이다.

현재 국내 원자력산업은 죽음의 계곡을 건너야 한다. 수출이 계약과 매출로 연결되기 위해서 필요한 5년 남짓의 시간 동안 설계 및 건설 기술이 유지되어야 하며, 공급망이 유지되어야 한다. 운영만으로 기술과 공급망이 유지되는 것은 기대할 수 없다.

미국이 신형 원전 개발과 건설 없이 100기 가까운 원전을 TMI 사고 이후 지금까지 운영해오고 있지만 기술과 공급망이 와해된 것을 보면 알 수 있다. 잠수함과 항공모함 원전 건조는 지속해왔음에도 상용 원전의 기술과 공급망은 유지되지 않았다.

원전 기술과 공급망은 새로운 기술이 적용된 새로운 노형이 건설되고 운영되어야 가능하다. 진행중이었던 신한울 3,4호기의 건설이 중요한 이유 중에 하나이다. 신한울 3,4호기 2.8GW 용량은 설계수명 60년간 생산할 전기가 고려했을 때 8차 전력수급계획에서 2030년까지 증설할 태양광과 풍력 47.2GW가 20년 수명 기간 동안 생산할 전기와 비슷하다. 110조에 이르는 태양광과 풍력 설비 확충에 차질이 있을 경우를 대비해서 10조 이하의 신한울 3,4호기 건설은 고려해 볼 문제라고 생각한다.

### 3. 간헐성 전원의 보완을 위한 원자력 발전 기술 개발

원자력은 현재 석탄과 함께 기저부하의 역할만 수행하고 있다. 첨두부하를 담당하는 것은 LNG 발전과 약간의 양수 발전이다. 기저를 담당하는 것은 발전 단가가 가장 저렴하기 때문이다.

현재까지는 첨두부하를 담당하기 위한 부하추종 운전과 주파수 조정 운전이 필요치 않았다. 그러나 장기적으로는 태양광과 풍력의 변동성을 LNG와 약간의 양수 발전만으로 감당하기에는 LNG는 비용 문제가 있고, 양수 발전은 배터리보다는 양호하지만 용량의 한계가 있다.

현재 설계에서 큰 변경 없이 10% 이내의 주파수 조정 운전과 제한된 부하추종 운전을 할 수 있는 방안을 찾아볼 필요가 있다. 또한 장기적으로는 대규모 부하추종 운전이 가능하도록 설계를 개발할 필요도 있다.

같은 부하추종에 LNG보다 저렴한 원자력을 이용하지 않을 이유가 없으며, 주파수 조정에 활용하지 않을

이유가 없다. 현재 상태로 불가능하다면 2030에 대비하여 이를 가능하도록 기술을 개발해야 한다.

탈원전은 원자력 발전의 위험성을 이유로 추진되는 정책이다. 원자력이 지속적으로 안전 운전되고, 안전성이 더욱 향상된 신형 원전 개발이 성공적이라면 탈원전 정책을 유지할 이유가 없다.

정책은 언제나 유연성을 가져야 한다. 관측된 증거와 통계, 상황과 전망이 바뀐다면 정책이 바뀌어야 한다. 따라서 원자력 발전의 지속 가능성은 열어두어야 한다. 미래를 대비해서 우수한 안전성에 간헐성 전원을 수용할 수 있는 부하추종 능력을 더한 신형 원전 개발에 투자할 필요가 있다.

### 4. 신형 원전의 제품화를 위한 설계 인증

개발될 신형 원전은 우리 땅에 건설하는 것이 가장 바람직하나 그렇지 않더라도 국제 시장에 상품으로서의 내용을 물건으로는 만들어야 한다. 즉 설계에 대한 인증은 마쳐야 한다.

G7 프로젝트의 일환으로 차세대 원자로 KNGR로 시작되어 우여곡절을 겪었지만 APR1400 설계의 인증을 마무리할 수 있었기에 신고리 3,4가 있었고, UAE 수출이 있었다. 또한 많은 부침이 있었지만 스마트 원전 설계도 우리가 설계 인가를 마무리했기에 현재 사우디 프로젝트가 성사될 수 있었다.

신형 원전 설계의 인증이 마무리될 수 있도록 해야 향후 우리가 국제 시장에 내용을 제품이 마련되는 것이다. 이것이 신형 경수로 및 고속로 등의 설계와 설계 인증 완료가 중요한 이유이다.

이를 통해 우리의 설계 및 인허가 기술이 유지될 뿐만 아니라 고도화될 수 있다. 최악의 경우 해외 시장에 진출할 제품은 될 수 있을 것이다.

안전 운영과 새로운 원자력 기술 개발로 장기적인 대비를 해야 한다. 🌍