



원자력 누적 발전량 3조kWh 달성의 경제적 · 환경적 효과

김범년

한국수력원자력(주) 부사장



- 부산대 기계공학과 졸업
- 부산대 경제학 석사
- 충남대 기계공학 석사, 박사

- 한전 전력연구원 원자력발전연구소장
- 한수원 중앙연구원 연구전략실장, 원전기술지원센터장
- 한수원 울진 제2발전소장
- 한수원 엔지니어링본부장
- 한수원 발전본부장(부사장 겸직, 2014~)

한국 원자력 발전의 태동

원자력에 대한 일반 대중의 막연한 두려움은 세계2차대전 중 미국이 원자폭탄을 일본 나가사키와 히로시마에 실제 사용함으로써 비롯되었다. 그 후 인류에게는 ‘원자력=파괴력이 강한 무기’라는 인식이 강하게 심어졌고 원자폭탄에 대한 트라우마에서 쉽게 벗어나지 못했다.

1953년에 미국의 아이젠하워 대통령은 원자력 에너지의 평화적 사용을 목적으로 하는 국제기구 창설을 주장했다. 1955년 8월 제네바에서는 국제원자력평화회의가 열렸고, 1957년 드디어 80개국으로 구성된 국제원자력기구(IAEA)가 발족하였다.

우리나라도 국제원자력평화회의에 3명의 과학자가 참가하는 것을 시작으로 국제원자력기구 출범 시에 IAEA헌장에 서명하고 회원국으로 가입했다. 이로써 자원 빈국인 우리나라도 원자력의 평화적 이용, 즉 장기적 관점에서 원자력 에너지의 활용에 큰 기대를 가지게 되었다.

1959년 원자력 연구 개발을 위한 전문 연구 기관으로 한국원자력연구소를 발족시켰다. 1962년 3월 최초의 연구용 원자로인 TRIGA Mark-II를 가동해 기초 연구와 동위원소 생산 등의 연구를 본격적으로 시작했다.

1970년대에 들어 세계적인 석유 파동으로 원자력의 중요성이 크게 부각되었다. 이러한 세계적 환경에서 1971년 3월 19일, 역사적인 고리 원자력 1호기



일본이 진주만을 기습한 지 꼭 12년째 되는 1953년 12월 8일 유엔에서 평화를 위한 원자력을 주제로 연설하는 아이젠하워 미국 대통령

를 착공해 1978년 4월 29일에 가동함으로써 우리나라는 세계 21번째로 원전 보유국이 되었다.

1987년부터는 기술 자립 계획에 따라 영광 원자력(현재 한빛) 3,4호기 건설 사업을 사업자 주도 방식으로 전환해 원전 자립을 추진했고, 이러한 건설 경험을 바탕으로 한국표준형원전(OPR1000)인 울진(현재 한울) 3,4,5,6호기, 영광 5,6호기 등을 추가로 건설하여 한국형원전의 시대를 열었다. 특히, 당시 가장 안전한 원자력발전소 형태인 가압경수로(PWR), 가압중수로(PHWR) 노형의 선택은 원전 후발 국가라는 핸디캡을 극복할 수 있었던 탁월한 선택이었다.

우리나라 원자력은 2001년 11월 누적 발전량 1조kWh, 2008년 5월 2조kWh를 돌파하면서 국가 전력 산업의 중추적 역할을 충실히 수행했다. 또한 원전에 대한 국민 이해와 합의를 바탕으로 오랫동안 표류되었던 중저준위 방사성폐기물 부지를 선정했고 고리 1호기의 계속운전을 이끌어냈다.

우리나라 원자력 발전 도전사는 국내에만 머물지 않았다. 수 년간의 도전 끝에 2009년 12월 200억 달러 상당의 UAE 원전을 수주하면서 해외 원전 수출의 교두보를 확보했다. 전기 용량 1,400MW의 APR(Advanced Power Reactor) 노형을 독자적으로 개발한 결과이다. 마침내 고리 1호기 가동 이후 38년 만인 2015년 4월 20일, '원자력 누적 발전량 3조 kWh'라는 결실을 맺었다.

원자력 누적 발전량 3조kWh 달성의 경제적 효과

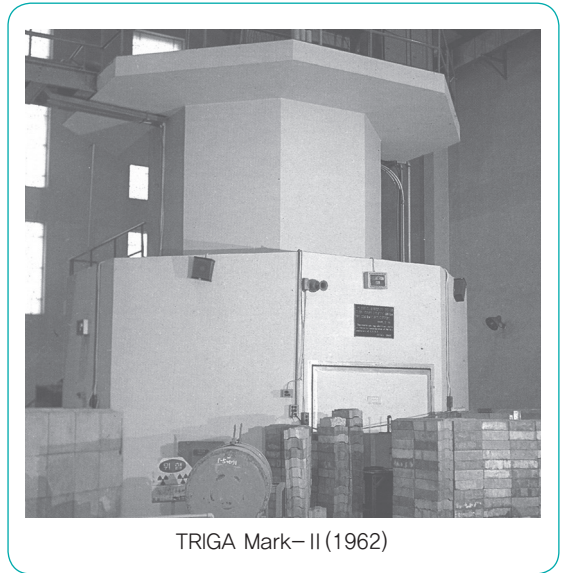
1. 국가 경제 발전의 버팀목 역할 수행

우리나라 국내총생산(GDP)은 2014년 기준 1조 7,898억 달러로 세계 13위, 1인당 GDP는 2만 8,739달러로 세계 29위(이상 세계은행)이다. 1차 경제개발 5개년 계획(1962~1966)이 마무리된 해인 1966년 당시 각각 37억 달러, 125달러에

비하면 ‘한강의 기적’이라 불릴 만큼 세계사에 유래가 없는 경제적 성공을 달성했다.

이러한 성과는 철강, 중화학, 전자, 자동차 등 수출 주도형 산업이 이끌었고, 이들 산업은 대량 전력 소비 산업이라는 공통점을 지니고 있다. 만약 안정적 전력 공급이 없었다면 오늘날의 경제적 기적은 쉽지 않았을 것이다. 우리나라의 경제 성장기의 안정적 전력 공급에는 원자력 발전이 그 중심에 서 있었다.

원자력 발전은 현재 국내 전력 생산량의 약 30%를 담당하는 주발전원이다. 경제성장률이 8~10%에 달했던 1982~1988년에는 원자력 발전 비중이 최대 50%까지 차지하는 등 국가 경제 발전의 든든한 버팀목 역할을 수행했다. 2035년까지 원자력 발전 설비 비중을 29%까지 확대(실제 발전 비중은 더욱 높다)할 것을 고려하면, 앞으로도 원자력 발전은 국가 경제의 핵심 역할을 지속적으로 수행할 것으로 예상된다.



TRIGA Mark-II (1962)

2. 산업 경쟁력 향상에 기여

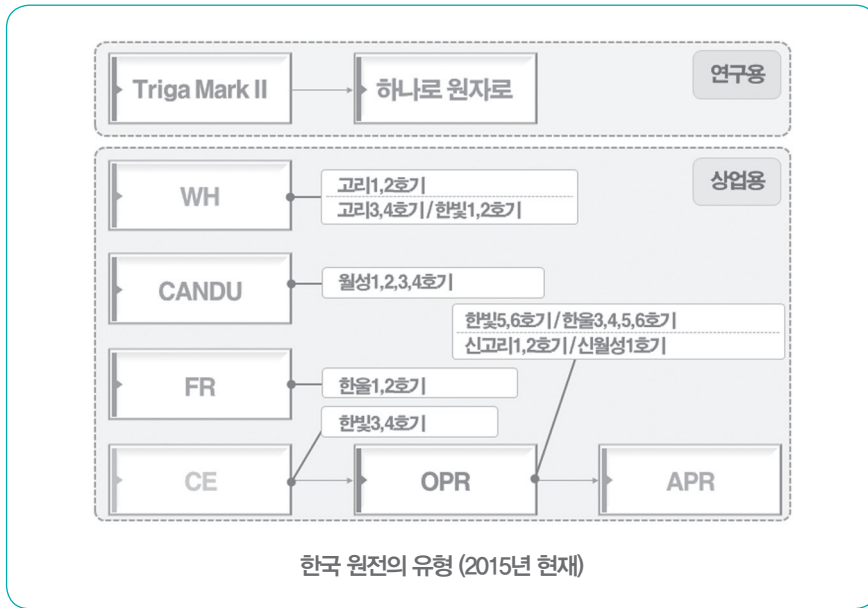
원자력 발전은 안정적 전력 공급을 통해 전력 수급 안정뿐만 아니라 낮은 전력요금으로 산업 경쟁력 제고에도 크게 기여하고 있다. 1982년 이후 소비자 물가가 271% 상승하는 동안 국내 전력요금은 소비자 물가 상승률의 18% 수준인 49%만 상승하였다.

1990년 이후 우리나라의 전력요금 수준은 지속적으로 상승했으나, 산업용 전력요금은 평균 요금보다 항상 낮은 수준을 유지했다. 2013년 기준으로 OECD 32개국과 비교해보면, 산업용 전력요금은 11위, 주택용 전력요금은 7위로 OECD 평균보다 낮은 수준이다.

낮은 전력요금은 에너지 주요 수입국인 우리나라의 현실을 감안하면 놀라운 일이다. 이는 전력 판매 단가에 있어 타 발전원에 비해 가격 경쟁력이 우수한 원자력 발전이 있기에 가능했다. 차후 APR1400과 APR+ 등 고도의 기술력을 접목한 신규 원전이 건설되면 장기적으로도 타발전원 대비 경제적 우위를 지속할 것으로 전망된다.

3. 에너지 수입 감소에 기여

원자력 발전은 에너지의 수입, 특히 화석연료 수입을 크게 감소시켰다. 원자력 발전량 3조kWh 전량을 일시에 화력 발전으로 대체해 생산한다고 가정할 경우, 연료 수입 비용은 약 219조원이 소요된다. 이는 2014년 우리나라 총 GDP의 11% 수준이다.



화석연료 수입 대체 효과

유연탄	LNG	석유	전원 비중 고려
132.5조원	301.2조원	497.7조원	219.6조원

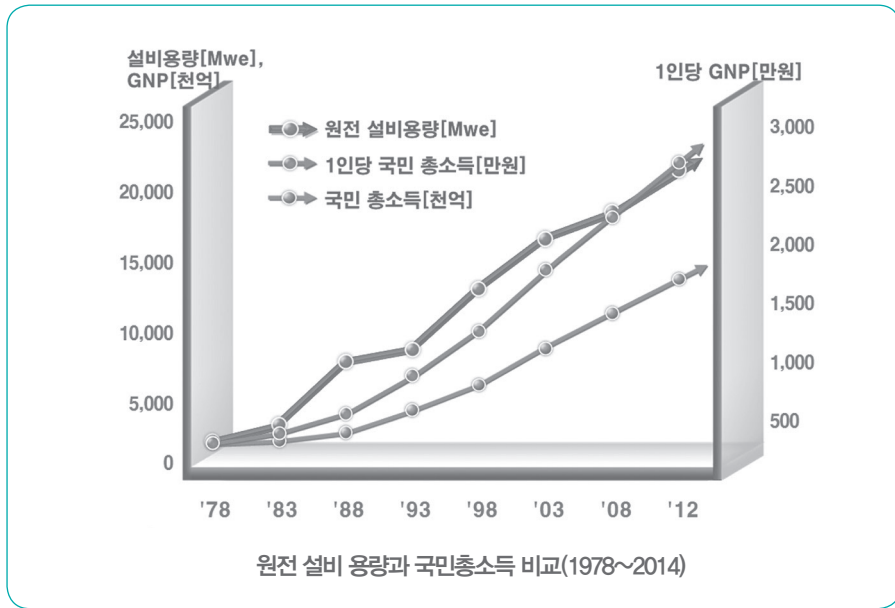
* 산출에 적용된 화석연료 수입 단가('13년 기준)는 석탄 111,813(원/톤), 석유 653(원/리터), LNG 845,363 원/톤임

에너지의 대부분을 해외에서 수입하는 우리나라에서 원자력 발전은 에너지 수입 의존도를 낮추는 데 크게 기여하고 있다.

원자력발전량 3조kWh 달성의 환경적 효과

1. 지구 온난화 방지에 기여

미국 해양대기청(NOAA)에 따르면 올해 3월 지구의 이산화탄소 농도가 400ppm에 도달했다고 한다. 1958년 온실가스 관측 시작 당시 280ppm 정도이던 대기 중 이산화탄소 농도가 불과 50여년 만에 120ppm 가량 증가한 것이다. 이제 지구 온난화는 전 세계가 풀어야 할 심각한 인류 생존의 문제가 되었다. 전 세계적으로 열대야, 가뭄, 폭풍, 폭우의 증가 등 우리는 지구 온난화로 인한 이상 기후를 직접 피부로 느끼고 있기 때문이다. 이러한 상황에서 원자력 발전은 온실가스 배출 저감을 통해 지구 온난화 방지에도 기여하고 있다.



2006년 IAEA에서 발표한 발전원별 이산화탄소 등가 배출량을 비교할 때 원자력 발전의 온실가스 배출량은 타발전 원 대비 최저 수준이며 석탄 발전의 1% 수준에 불과하다.

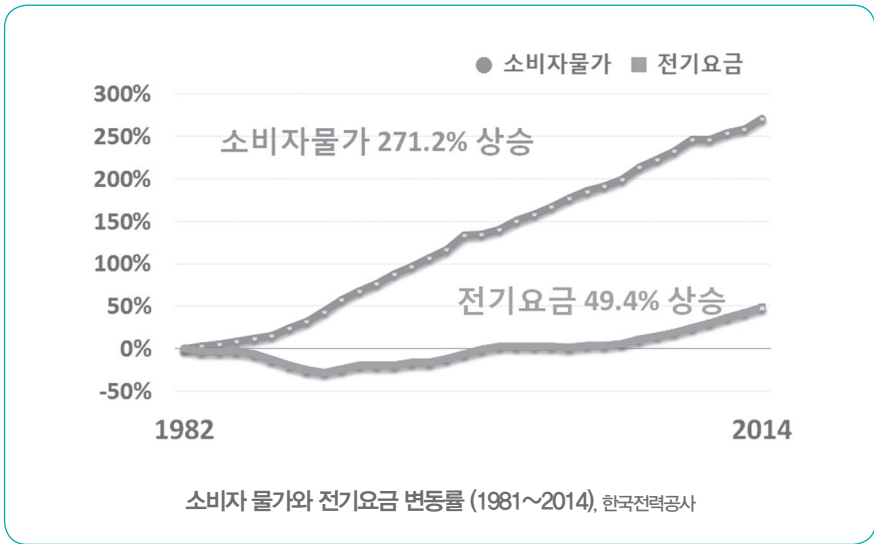
3조kWh 전량을 2013년 화력 발전 비율(석탄:LNG:석유=6:3:1)로 대체하여 발전한다고 가정할 경우, 온실가스 배출 저감 효과는 약 20억 톤이며, 이는 우리나라의 온실가스 총배출량('11년 6억톤)의 3배가 넘는 수치이다. 또한 '15년 1월부터 시행하고 있는 온실가스 배출권 거래제 가격을 적용할 경우, 약 20조원의 경제적 가치가 있다.

그간 원자력 발전을 통한 온실가스 저감 효과에도 불구하고 현재 우리나라의 온실가스 배출량은 세계 7위이며, 배출 증가율 측면에서도 세계적 수준이다. 현재 정부가 정한 국가 중기 온실가스 감축 목표(2020년까지 BAU¹⁾ 대비 온실가스 30% 감축)를 달성하기 위해서는 앞으로도 원자력 발전을 적극 활용할 수밖에 없는 것이 현실이다.

2. 대기 오염 물질 배출 억제에 기여

원자력을 석탄과 LNG로 대체할 경우, 화력 발전 과정에서 배출되는 미세먼지, 이산화황, 분진 등의 대기 오염 물질은 장거리로 퍼져나가 환경과 건강에 악영향을 미칠 것이다. 특히, 노후된 석탄 화력 발전은 심각한 건강 피해의 원인으로 지목되는 초미세먼지를 다량 배출하고 있다.

1) BAU(Business As Usual) : 과거 시점 대비 목표량 비교시 사용(온실가스 감축 목표는 2005년을 BAU 기준년도로 봄)



최근 발간한 그린피스의 ‘침묵의 살인자, 초미세먼지’ 보고서(2015.3)에 따르면 국내 석탄 화력의 초미세먼지로 인한 조기 사망자 수는 매년 최대 1,600명으로 추정되며, 증설 계획 중인 석탄화력발전소가 운영되기 시작하는 2021년에는 최대 1,200명이 더 늘어날 것으로 전망하고 있다.

이에 비하면 원자력발전소는 정상 운전 중 대기 오염 물질을 거의 방출하지 않는다. 만약 3조kWh만큼의 전력량을 원자력 발전 다음으로 경제성이 있는 석탄 화력으로 대체했다면 오늘날 중국발 초미세먼지 영향이 더해져 우리는 더욱 암울한 대기 오염 속에서 살고 있을지도 모른다.

유럽의 에너지원별 전력 생산에서의 인체 영향

[단위 : 사망자/TWh]

구분	사 고		대기오염 관련 효과	계
	일반대중	종사자		
석탄	0,02	0,10	28,55	28,67
가스	0,02	0,001	2,8	2,821
원자력	0,003	0,019	0,052	0,074

출처 : America Chemistry Society, 'Electricity generation and health'

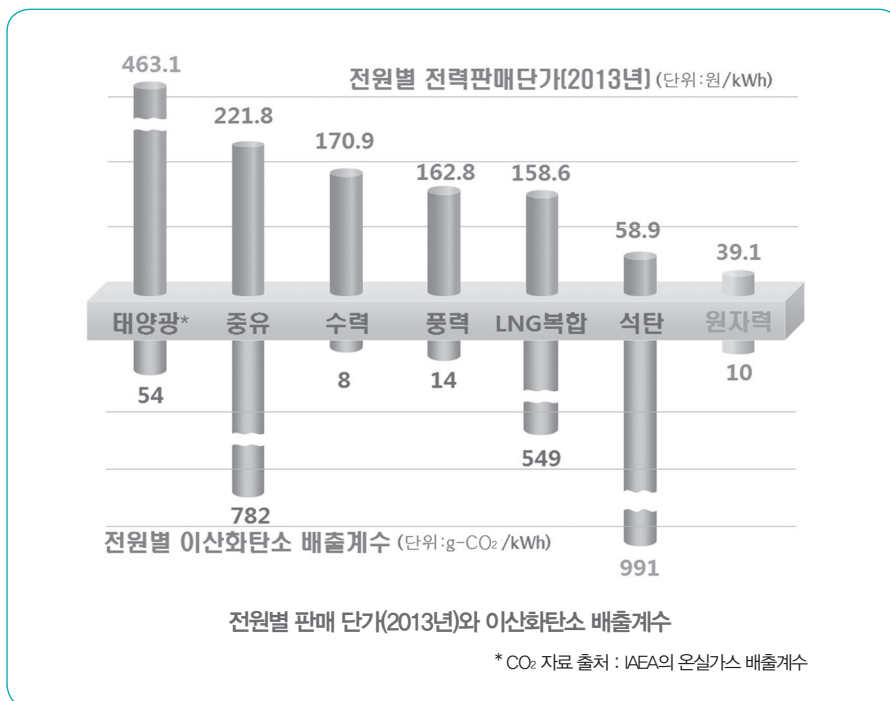
에너지를 생산하는 경로에서 발생하는 일반 대중과 종사자의 생명에 대한 위험 또한 고려해 볼 가치가 있다. 즉, 원전 사고로 인한 인명 피해뿐만 아니라 석유 채굴 시의 유정 사고, 석탄을 캐는 중에 발생하는 광산 재해와 호흡기 질환 등을 충분히 염두에 둘 필요가 있다.

줄리언 사이먼은 <근본자원>에서 연간 1GW를 생산할 때 작업자가 중상을 입는 경우를 비교했다. 석탄이 1.4명으로 가장 높고, 천연가스 1.2명, 석유 0.35명, 그리고 원자력의 경우 0.2명이었다. 이러한 측면에서도 국내 원자력 발전은 보이지 않는 전력 생산 관련 인명 사고를 미연에 방지한 효과가 크다고 할 수 있겠다.

원자력 발전 운영 현황과 장기적 과제

원자력 발전의 전력 생산량 3조kWh를 달성한 현재 원전 23기가 운전 중이고 올해 신월성 2호기가 상업 운전을 시작할 예정이다. 제2차 국가에너지기본계획(14.1)에 따라 2035년까지 총 16기의 원자력발전소 추가 건설을 통해 원자력 발전소는 총 40기, 설비 용량으로는 45,000MW에 도달한 것으로 전망하고 있다.

앞에서 살펴보았듯이 3조kWh 달성을 통한 경제적·환경적 효과뿐만 아니라 지정학적 특성에 따른 우리나라 전력 계통의 고립성과 격변하는 국제 정세에서 안정적으로 에너지를 확보하기 위한 에너지 안보 관점에서도 원자력 발전은 국가 전력 산업의 핵심적 역할을 여전히 수행해야 할 것이다.





3조kWh 달성을 통한 경제적, 환경적 효과뿐만 아니라 지정학적 특성에 따른 우리나라 전력 계통의 고립성과 격변하는 국제 정세에서 안정적으로 에너지를 확보하기 위한 에너지 안보 관점에서도 원자력 발전은 국가 전력 산업의 핵심적 역할을 여전히 수행해야 할 것이다.

● **관건은 소통과 신뢰**

2011년 후쿠시마 원전 사고와 2012년 고리 1호기 전원 상실 사고 이후 원전 중심 전력 산업 패러다임이 흔들리고 있다. 후쿠시마 사고는 선진적 안전문화와 기술 능력을 가진 일본의 안전 신화를 깨면서 국내 여론과 일반인은 원전의 안전성에 대한 의구심을 가지기 시작했다. 특히, 국내 최초 원전인 고리 1호기 전원 상실 사고는 사고 원인에도 문제가 있었지만, 사고 후 대처 과정에서 보여준 불투명한 결정 등으로 인해 원자력산업 전반에 대한 국민 신뢰에 악영향을 미쳤다.

어떠한 개인이나 조직이 완벽할 수는 없다. 실수나 오류는 언제든 발생할 수 있다. 문제는 이러한 실수나 오류를 겹쳐히 받아들이고, 과학적 근거를 바탕으로 이해 관계자와 적극적인 소통을 통해 의구심을 떨치는, 진심을 담은 개선을 이행 하는가이다. 이런 노력을 통해 국민의 신뢰를 회복해야 한다.

한국수력원자력은 근래 몇 년간 과감한 변화를 선택했다. 소통과 신뢰를 회복하기 위해 선제적인 안전성 향상과 운영의 투명성 확보를 위해 적극적인 원전 운영 현황 등을 공개하고 어느 기관보다 엄격한 윤리적 잣대를 적용하고 있다. 이러한 변화가 성공적으로 마무리될 때, 원자력 발전은 우리나라가 경제부국으로, 선진국으로 입지를 다지는 데 다시 한 번 큰 역할을 할 것이다.

원자력 누적 발전량 4조kWh, 5조kWh, 더 나아가 10조kWh 달성을 통해 국민과 함께 기쁨을 나눌 수 있는 그 날이 기다려진다. 