



# 원자력의 해법과 미래



신 상 운  
한수원중앙연구원 성장동력연구실장

## 1. 개 황

최근 들어 “기존의 화석·원자력 에너지와 풍력·태양광과 같은 대체 에너지 중 무엇을 선택할 것인가?”가

사회적 핫이슈로 부상하고 있다. 원자력에너지와 신재생 에너지가 그 논란의 중심에 있으며, 그 배경에는 원자력 산업의 국내외적인 환경변화가 있다. 고갈되어 가는 화석연료와 치솟는 유가, 지구온난화에 대응할 수 있는

가장 효과적인 수단으로 원자력을 선택한 세계 각국은 중국, 인도 등을 중심으로 강력한 원전개발정책을 추진하는 한편, 미국, 프랑스, 일본 등의 선진국들도 원전 정책을 견고하게 지지해왔다.

우리나라 원자력산업계도 UAE 원전수출과 원자력 발전소의 높은 운영실적 등에 힘입어 바야흐로 원자력 중흥의 시대를 맞고 있었다. 2010년에 수립된 제5차 전력 수급기본계획에 의하면 2024년까지 원자력 설비비중 32%, 발전비중 48%로 원자력 이용을 확대하는 것으로 되어 있다.

그러나 작년 3월 발생한 후쿠시마 원전 사고 이후 원자력의 안전성에 대한 의구심과 재생에너지에 대한 국민적 관심이 고조된 가운데 ‘고리 1호기 소내정전 사건’ 등 연이어 발생한 불미스러운 일들로 인해 ‘안전성과 국민적 신뢰’에 큰 타격을 입었다. 이로 인해 ‘대체 에너지(재생에너지) 비중 확대와 원자력에너지 비중

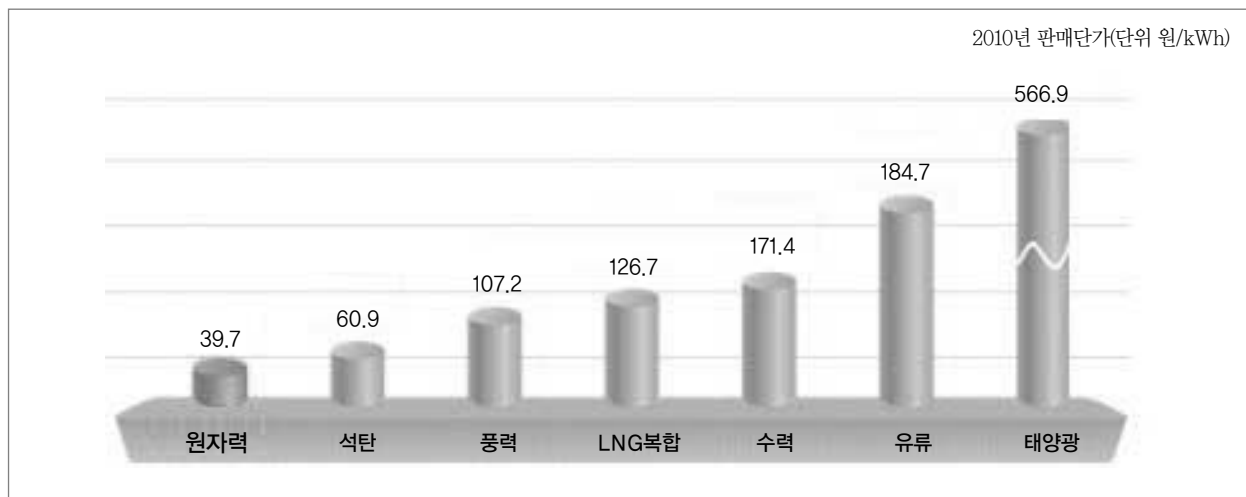
축소 또는 폐지’ 주장이 향후 전원구성에 얼마만큼 영향을 미칠지 가늠하기 쉽지 않은 상황이 되었다.

따라서 각 에너지원의 장단점과 필요성을 객관적으로 비교·평가하고, 국민과의 적극적인 의사소통을 통해 국민적 합의를 이끌어내는 것이 지금의 난제를 풀어내는 유일한 해법일 것이다.

## 2. 현황

### 가. 원자력과 대안 에너지의 균형점을 찾는 사회적 거버넌스<sup>1)</sup>가 필요한 시점

서로 복잡하게 얽혀 있는 이해관계를 풀어내기 위해서는 개방적이고 체계적인 절차와 조직을 마련하여 각 에너지원의 특성과 기술적·지리적·경제적 제한사항 등에 대한 이해와 합의에 이르는 사회적 거버넌스가 전제되어야 한다.



[그림 1] 발전원별 판매 단가

(출처 : 간추려 본 한국전력 2011)

1) 거버넌스 : UN의 정의를 살펴보면 의사결정 과정 또는 결정사항이 실행되는 과정을 말하며, 어떠한 목표를 달성하는데 있어 그 달성되어가는 과정의 참여성, 투명성, 효율성을 중시함. 글로벌거버넌스 분야의 최고석학 중 한 명인 Guy Peters는 "거버넌스란 steering(조향 또는 조정)이다"라고 간결하게 정의. 즉, 한 가지 방향과 목표를 향해 다양한 행위자들을 조율하고 인도하는 행위를 뜻함.

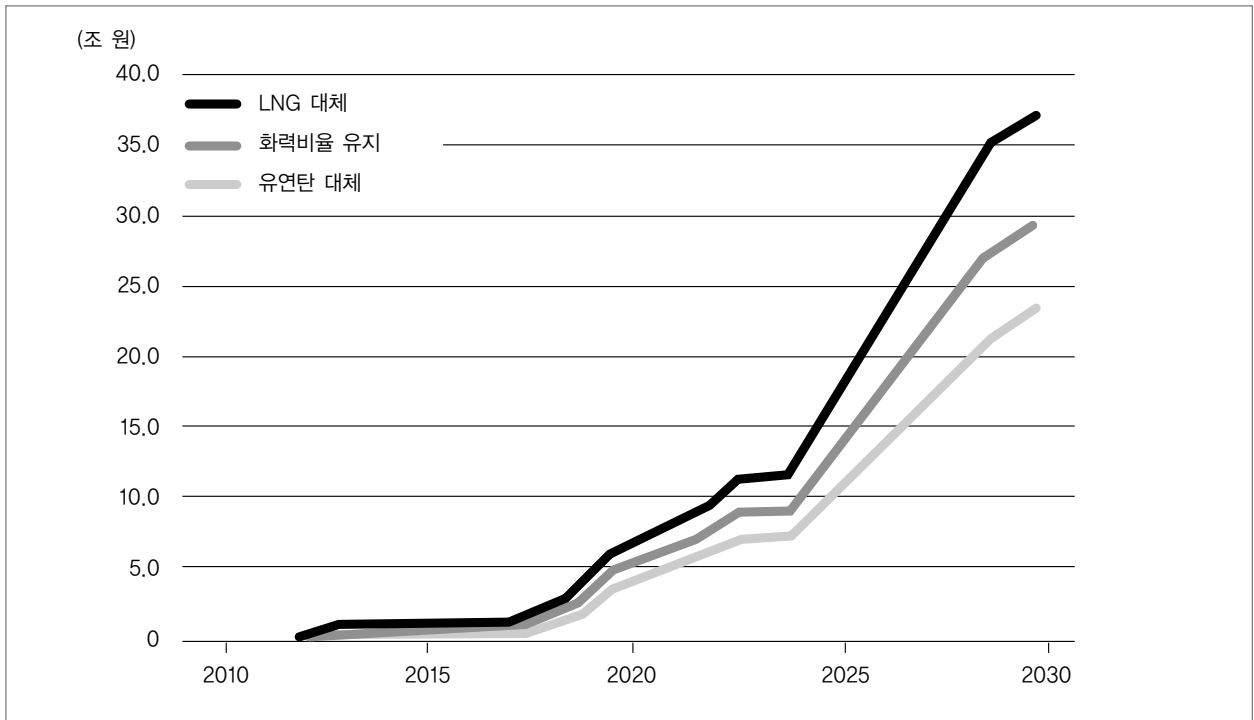
세계 각국은 고갈되는 화석에너지와 격화되는 자원 전쟁으로 인해 1950년대부터 새로운 에너지원 개발을 모색해왔다. 원자력 그리고 풍력, 조력, 연료전지와 같은 신재생에너지 등이 그것이다. 신재생에너지는 에너지 밀도가 낮아 대규모 단지 개발이 필요하여 해결이 쉽지 않은 문제이며, 이용률도 20%를 넘기기 어렵다. 그렇다고 국내의 태양광이나 풍력 자원이 풍부한 것도 아니다.

따라서 현재까지의 기술력과 경제성 면에서 한계가 있는 것이 사실이다.

우리나라의 경우, 국내 원자력 설비용량 24.3GW (2011년 말 기준, 건설 중 5.6GW 포함)를 모두 해상풍력으로 대체할 경우, 추산되는 투자비용은 약 437조 원<sup>2)</sup>에

달한다. 이는 2012년 국가예산이 325조 원 수준임을 감안할 때 소요비용을 감당하기 곤란하다. 설사 가능하다 하더라도 국내에서 개발 가능한 풍력발전 용량은 총 12.4GW(해상 8.8, 육상 3.6)에 불과하므로 원자력을 풍력으로 대체하는 것 자체가 불가능하다.

최근 에너지경제연구원은 '원전 부재 시 우리 경제에 미치는 영향 분석' 보고서에서 2030년까지 수명이 도래되는 원전을 단계적으로 폐쇄할 경우, 총 134 ~ 217조 원이 소요되고 전기요금은 44.2 ~ 71.3%가 인상되어야 할 것으로 전망하고 있다. 단적인 예로 지난해 거의 모든 원전을 가동 정지한 일본의 경우, 화석연료 수입액 급증(3.3조 엔) 등으로 인해 30년 만에 2.5조 엔(320억 불)의 무역적자를 기록하였다.



[그림 2] 대체 발전 방안별 연간 추가 소요액

(출처 : 에너지경제연구원)

2) 그린에너지 전략로드맵 2011, 지식경제부/한국에너지기술평가원. 해상풍력 설치비용 4조 원/GW과 해상풍력 평균이용율 20%, 원자력 90% 가정 시 풍력의 설비용량은 원자력의 4.5배가 됨. 따라서, 원자력을 해상풍력으로 대체하기 위한 비용은 24.3GW × 4조 원 /GW × 4.5 = 437.4조 원

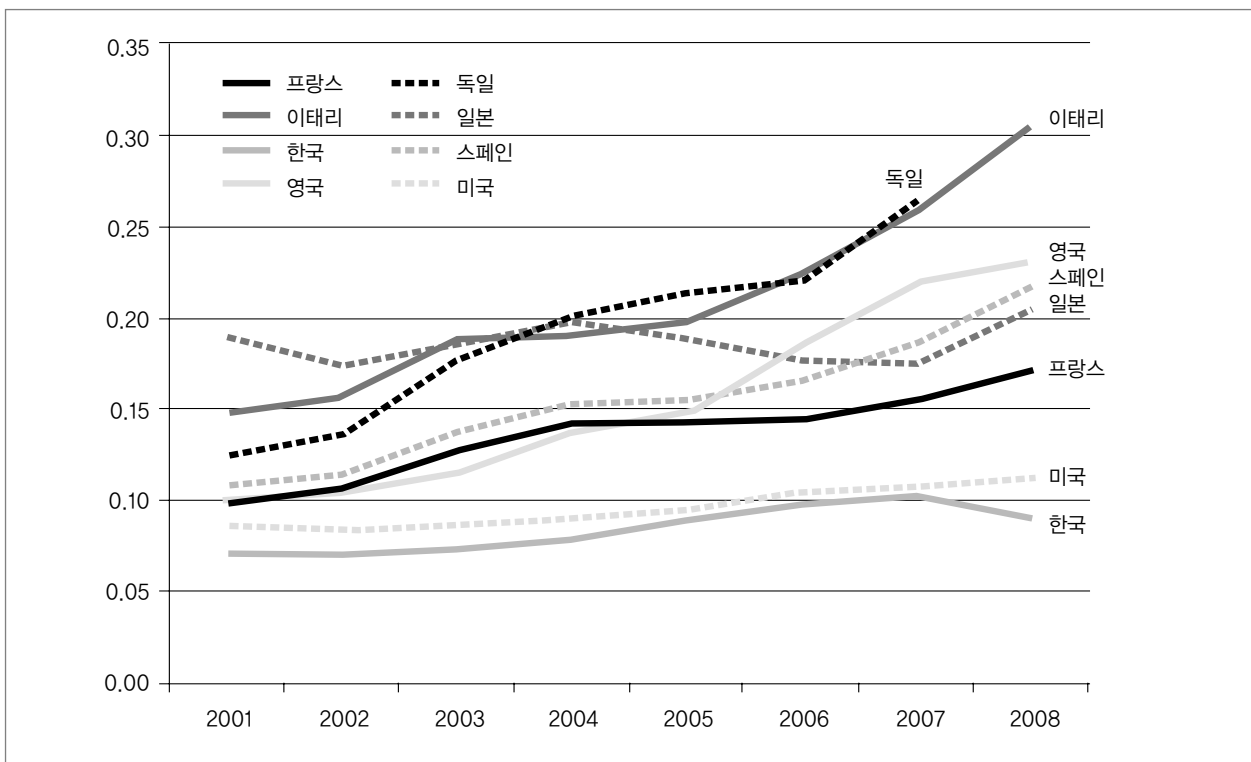
신재생에너지가 자원 고갈의 염려가 없고 다른 에너지원보다 환경 친화적이라고 하나 풍력은 소음, 태양광은 솔라셀 제작 시 발생하는 독성물질에 의한 수질오염 등의 환경위해성을 지니고 있다. 또한, 원가저감 및 대규모 단지 개발이 곤란하여 규모의 경제성을 달성하기 어려울 뿐만 아니라 안정적인 전력공급을 위해서는 충분한 전력 저장설비나 추가적인 후비 발전설비(Back-up Facilities)를 갖추어야 한다. 화석에너지는 가장 보편적이고 전통적인 자원이지만 에너지 안보와 온실가스 발생, 에너지 가격상승에 따른 무역수지 악화 등의 문제가 있다. 반면에 원자력은 에너지 밀도가 높기 때문에 소규모 부지에서 대용량의 전력생산이 가능하다. 하지만 방사성폐기물의 발생과 안전성에 대해 국민의 우려를 해소해야 하는 문제가 있다.

따라서 각 에너지원의 장단점은 물론, 에너지 안보, 친환경성(또는 환경위해성), 경제성과 효율성, 국민경제

및 국가경제에 미치는 영향, 대체에너지 개발에 필요한 소요자금 등을 면밀히 고려하여 중진국에서 선진국으로 도약하기 위한 전원구성을 마련해야 한다. 이때 유념해야 할 것은, 전원구성을 위한 정책이 결정되고 시행되는 과정에서 다양한 구성원들이 참여하여 투명하고 효율적인 방법으로 국민 대다수가 납득하고 지지할 수 있는 사회적 거버넌스를 확보해야 한다는 것이다.

#### 나. 선진국으로 한 단계 업그레이드하기 위한 전원 구성 전략의 답은 원자력!

우리나라가 1인당 국민소득(GNP) 2만 불 시대를 넘어 3만 불, 4만 불 시대로 발전하기 위한 전원구성 전략에 대한 사회적 거버넌스를 마련하는 기준은 무엇이 되어야 할까? 그 기준은 발전원의 안정적인 공급가능성 외에도 부존자원의 양과 에너지 안보(에너지 해외의존도), 친환경성(또는 환경위해성), 경제성과 효율성, 상업화가 가능한



[그림 3] 세계 각국의 전력가격 추이(US\$/kWh)

[표 1] 한국투자 일본기업(2011년)

기업명	사업분야	투자액(억 엔)	공장가동	입지
스미토모화학	사파이어기판 터치패널	1,000	2012년 상반기	대구, 평택
후지필름	반도체 소재	230	2012년 3월	천안
이데미쓰코산	OLED 소재	300	2013년 초	-
아사히카세히	아크릴로니트릴	200	2013년 1월	-
미쓰비시레이온	메타크릴레이트	200	2013년 1분기	서산
도레이	탄소섬유	900	2013년 1월	구미
JX일본오일	파라자일렌	900	2014년	울산
소프트뱅크텔레콤	IT	50	2011년 말	김해
OSG	절삭공구	16	2011년 말	대구
도카이카본	태양전지 소재	121	2014년	-

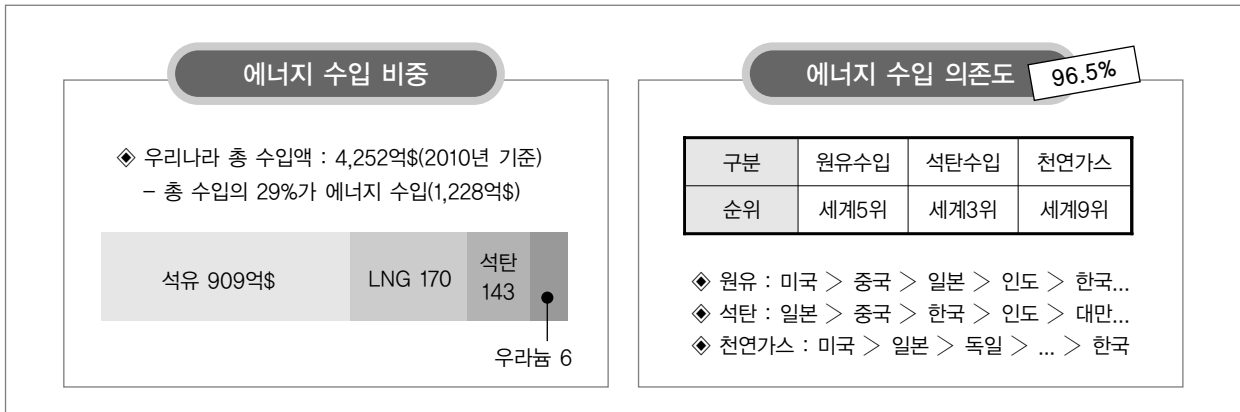
기술력의 확보 여부, 고용 및 경제적 효과를 함께 고려해야 한다. 이러한 측면들을 고려해 볼때, 우리나라가 한 단계 발전된 국가로 도약하기 위해서는 '원자력에너지가 전원구성의 중추'가 될 수밖에 없는데, 그 이유는 다음과 같다.

첫째, 국가경쟁력 강화와 외자유치로 국가경제를 활성화하는데 크게 기여한다. 우리나라가 국민소득 2만 불 시대를 달성하는데 철강, 자동차, 조선, 석유화학, 반도체와 같은 국가 기간산업이 큰 역할을 담당하였다. 이 산업은 에너지 다소비 업종이므로 가격경쟁력을 유지하기 위해서는 다른 나라에 비해 낮은 가격의 전력을 필요로 한다.

원자력산업계는 원전의 건설기간 최적화, 기자재 국산화, 핵심기술 개발(Nu-tech 2012)과 같은 기술개발과 운영 기술 혁신을 통해 세계 최고수준의 이용률을 달성함으로써 '값싼 전기 생산'이라는 시대적 요구에 부응하여 왔다. 최근에는 일본보다 50%이상 저렴한 전기요금의

이점으로 인해 일본 기업들이 한국으로 몰려오고 있다. 2011년 한해 일본기업이 국내에 투자하거나 계획한 금액만도 약 4,000억 엔(약 5.8조 원)에 이르며, 꾸준히 증가할 것으로 예측되고 있다. 이와 같이 국가 기간산업 및 외국기업의 활동이 왕성해지면 유치지역의 고용창출과 경제 활성화뿐만 아니라, 지자체·국가의 세수 증대에 기여하여 국가경제의 체질을 강화하고 국민생활을 윤택하게 하는 효과가 있다.

둘째, 에너지 안보를 강화하고 무역수지를 개선하는 효과가 있다. 우리나라는 현대사회에 가장 보편적으로 사용되고 있는 1차에너지인 화석연료 의존량이 턱없이 부족한 실정이다. 그나마 유일하게 매장량이 풍부한 무연탄은 산업용으로서의 용도가 거의 없다. 즉, 전력생산에 이용 가능한 화석연료인 유연탄과 석유, 가스는 대부분 수입해야 하므로 에너지 공급의 안정성과 해외의존도, 무역수지 건전성 측면에서 취약해질 수밖에 없다.



[그림 4] 에너지 수입 비중 및 에너지 수입 의존도

(출처 : 에너지경제연구원)

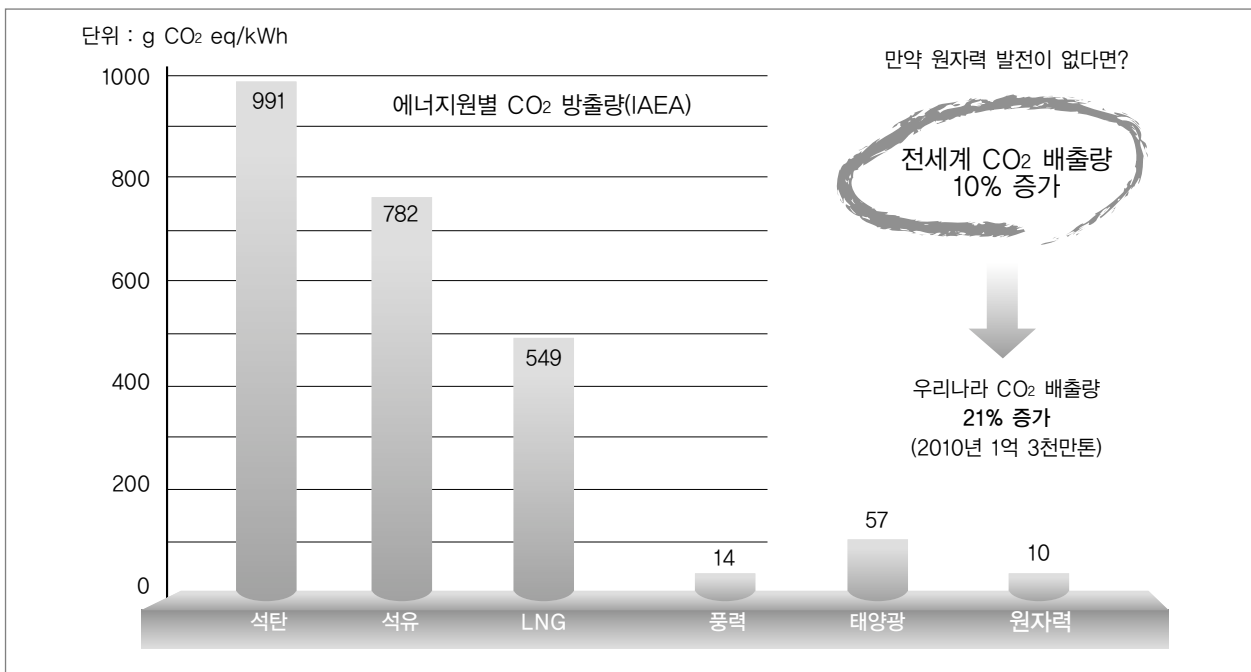
이러한 가운데 원자력은 높은 기술자립도(>95%)와 낮은 연료비 비중을 갖는 준국산 에너지로서, 화석연료 수입 대체효과뿐만 아니라 에너지 해외의존도를 낮추는 역할을 한다. 원자력이 화석연료를 대체함으로써 얻는 수입대체 효과는 연간 64 ~ 171억 불에 이르는 것으로 평가되고 있다.

[표 2] 원자력에너지의 화석연료 수입대체 효과(억 U\$)

석탄(유연탄)	석유(중유)	가스(LNG)
64	171	101

주) 2010년 원자력발전량 1,486억 kWh를 화력으로 대신할 경우, 추가로 소요되는 연료수입액

[출처 : Nuclear Power Note 2011, 지식경제부]



[그림 5] 에너지원별 이산화탄소 방출량

(출처 : IAEA & Nuclear Power Note)

원자력발전소의 연료인 우라늄은, 국내 비축분이 2년 물량(우라늄 1,800톤<sup>3)</sup>)으로 100만kW급 석탄발전소의 연간 연료소모량 220만 톤의 1/1,000도 되지 않는다. 비축량이 6개월분도 되지 않는 화력보다 원자력이 훨씬 안정적으로 연료 공급이 가능하다는 장점을 갖고 있다.

셋째, 물가안정에 기여함으로써 소상공업을 활성화하여 서민경제의 버팀목 역할을 한다. 원자력은 소상공인과 자영업자, 일반가정에 주요 선진국의 절반 수준으로 전력을 공급 가능케 함으로써, 사업경비 부담과 가계지출 부담을 경감 또는 완화하고 있다. 이를 통해 소상공인의 영업활동을 촉진하고, 일반 가정에는 빠듯한 가정살림의 산소 같은 역할을 해왔다. 최근 20년간의 전기요금 인상률이 물가 상승률에도 미치지 못한다는 통계에서 알 수 있듯이, 값싼 전기는 원자력이 있기에 가능하였다.

넷째, 온실가스가 거의 발생하지 않기 때문에 지구 온난화 방지에 크게 이바지 한다. 국제원자력기구(IAEA)의 연구결과에 따르면, 원자력에너지는 단위출력당(kWh)

10g의 온실가스(CO<sub>2</sub>)를 발생시키므로 석탄, 석유와 같은 화석에너지뿐 아니라 태양광이나 풍력보다도 낮다. 지식경제부의 통계자료에 의하면, 2010년 원자력발전량을 화석연료로 대체했을 경우 6천만 ~ 1억 3천만 톤의 온실 가스가 추가적으로 발생한다. 이를 금액으로 환산하면, 유럽 탄소거래시장 거래가격으로 1.2 ~ 2.6조 원의 온실 가스 저감이익이 발생한 것으로 평가된다.

마지막으로, 원전의 생애주기 전 과정에서 고용 및 경제적 파급효과가 크다. 원자력발전소는 100만개 이상의 부품으로 구성된 거대한 전기 생산 공장이기 때문에 발전소의 설계·건설·운영과정은 물론, 안전하게 사후 처리(폐로)하는 과정에서 많은 인력과 장비, 비용이 소요 된다. 즉, 고용증대와 지역·국가경제 활성화에 기여하는 바가 크다. 2008년 발표한 국내 연구결과에 따르면, 원자력발전의 국가경제 기여도는 2004년을 기준으로 국민총생산(GDP)의 1.3%인 10.5조 원이며, 13.3조 원의 공급유발효과와 2.3조 원의 부가가치 창출효과가 발생 한다고 한다.<sup>4)</sup>

[표 3] 100만kW급 원전의 고용 및 경제적 효과(2010년 기준)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상품 및 서비스(전력판매, 물자구매 등) : 4.7억 불</li> <li>• 직·간접 급여소득 : 0.4억 불 이상</li> <li>• 세수 증대 : 매년 지역/주세 0.16억불, 연방세 0.67억 불</li> <li>• 기준원전에 1불을 투여 시 연쇄 유발효과             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역사회 1.04불, 州경제 1.18불, 미국경제 1.87불</li> </ul> </li> <li>• 원자력의 일자리 창출은 단위출력(MW)당 0.5개로 태양광 1.06개 보다 낮으나, 석탄의 0.19개, 복합화력 0.05개 보다 높음             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 태양광은 고용효과는 높으나, 평균급여가 시간당 15불로 원자력의 시간당 31불의 절반 수준에 불과</li> </ul> </li> <li>• 건설기간 동안 숙련노동자와 엔지니어 등 15,000개 이상의 일자리 제공</li> <li>• 철강, 콘크리트, 전선 등 수백 개의 제조업체와 관련 산업의 활성화</li> <li>• 상업용 원자력 수출시 매 10억 불마다 5,000~10,000개의 일자리 창출</li> </ul>
---

[출처 : Nuclear Energy's Economic Benefits-Current and Future, NEI, 2011]

3) 한국수력원자력(주) 통계자료, 2012년 1분기 기준

4) “지속가능한 발전을 위한 원자력의 역할 : 원자력발전의 국민경제적 기여” 연구, 원자력연구원, 2008

미국의 원자력에너지협회(NEI)는 100만kW급 원전의 건설·운영에 따른 경제적 이득을 정량적으로 분석하였는데, 그 결과는 표 3에 제시된 바와 같다.

또한, 원전해체에 대한 국내외 연구결과에 따르면, 수명이 다한 원전을 안전하게 처리하는 과정에서 제염해체, 관리 및 지원, 폐기물의 운반 및 처리 등에 1기당 수백 명의 직·간접 고용효과가 수년간 발생하며 3,000억 원 이상의 해체비용을 관련 산업에 수혈함으로써 경제 활성화에 기여 한다.<sup>5)</sup>

### 3. 향후 계획

중진국에서 선진국으로 도약하기 위한 지금까지의 전원 구성 전략에서 신재생에너지의 한계와 원자력에너지의 필요성에 대해 알아보았다.

그러나 국민 모두의 뜻을 모으지 않고서는 이러한 시대적 요구를 수행하기 어렵다. 사회적 거버넌스를 마련하기 위해서는 원자력산업계와 정부는 물론, 지자체와 지역주민, 민간단체 등 모든 이해관계자의 진지한 대화와 협력이 반드시 필요하다. 이해관계자들과의 대화와 협력을 이끌어내기 위해서는 다음 사항이 선행되어야 한다.

첫째, 원자력발전소의 운영과 방사성폐기물의 관리 대책에 대한 의구심을 풀기 위한 노력을 계속해야 한다. 고도의 지식과 전문성을 요구하는 원자력발전소의 건설과 운영, 폐로 및 방사성폐기물 처리과정을 쉽게 풀어냄으로써 일반대중이 친숙하게 느낄 수 있도록 해야 한다.

동영상이나 애니메이션을 만들어 배포하고 발전소 현장 견학 등 기존의 홍보활동을 활성화하여 접근성을 높이는 한편, 시뮬레이터를 활용한 1일 원자로 운전원 체험이나 다큐 3일, 인간극장과 같은 프로그램을 통해 원자력 발전소와 종사자의 일상을 보여주는 새로운 수단도 생각해 볼 필요가 있다. 또한, 발전소에서 공개하는 각종 원전 운영정보에 대한 신뢰성을 높이고, 지속적인 안전성 설비 보강과 안전문화 수준을 향상시키기 위한 노력도 병행하여야 한다.

둘째, 모든 원자력 종사자들은 철저한 윤리의식과 공기업 임직원으로서의 사명감으로 무장해야 한다. 원자력의 안전성과 국민의 신뢰를 회복하기 위해서는 고리 1호기 소내정전 사건 은폐, 납품비리 등과 같은 일들이 다시는 발생하지 않도록 제도를 강화하고 윤리의식과 사명감을 높여야 한다.

셋째, All or Nothing이 아닌 서로에게 이득이 되는 Win-Win 협상전략이 필요하다. 이를 위해서는 서로의 주장에 대한 논리와 근거를 세분화하여 협상안 또는 차선의 대안을 모색한 후, 그룹화하여 절충안을 마련하는 통합적인 접근전략을 검토할 필요가 있다. 예를 들면, 국가적 필요에 의해 원자력을 확대하는 대신에 신재생 에너지의 장점을 살릴 수 있도록 기반기술이나 상용화 기술을 개발하는데 원자력산업계가 적극적으로 참여하는 방안도 생각해 볼 일이다.

넷째, 과학적 분석을 통한 감성적 접근전략이 필요하다. 그동안 원자력계와 시민단체는 서로 평행선을 달림으로써 논리싸움에서 감정싸움으로 변질된 측면이 없지 않다.

5) 중장기 원전해체 대책에 관한 연구, 한국수력원자력(주), 2011



이로 인해 일반대중은 원자력에너지에 대해 사실과 다른 인식을 갖는 경우가 많다. 그리고 일반대중은 원자력의 필요성에 대해 인정함에도 불구하고, 원전 건설 및 운영 과정에서 지역주민과의 마찰에 시달리는 문제에 부딪히곤 한다. 따라서 사실과 인식(또는 사회적 인식과 개인적 인식)의 차이를 줄이기 위해서는 사회심리학·행동심리학적 이해가 필요하다. 심리학적 이해를 바탕으로 감정적인 문제를 해결하고 난 후에야, 이성적 설득과 합리적 해결 방안을 모색하는 것이 가능하기 때문이다.

이러한 자구노력과 함께 정부, 원자력산업계, 경제 및 에너지 전문가, 지자체 및 지역주민, 시민단체 등이 참여하여 전원정책을 논의하는 협의체를 운영한다면, 한국의 원자력산업계가 새로운 도약의 시대를 열어가는 주역이 될 수 있으리라 확신한다. KEA

#### [참고문헌]

1. Nuclear Energy's Economic Benefits—Current and Future, NEI, 2011.12
2. 중장기 원전해체 대책에 관한 연구, 한수원, 2011.8
3. Japan Energy Brief No.18, 일본에너지경제연구소(IEEJ), 2012.3
4. Nuclear Power Note 2011, 지식경제부/한국수력원자력(주), 2011
5. 2011년 일본의 무역수지 적자 원인과 전망, 대외경제정책연구원(KIEP), 2012.2
6. 그린에너지 전략로드맵 2011, 지식경제부/한국에너지기술평가원, 2011
7. 지속가능한 발전을 위한 원자력의 역할 : 원자력발전의 국민경제적 기여, 원자력연구소, 2008
8. 최근 일본기업의 한국 투자 동향, 대한무역협회 도쿄지부, 2011.12
9. Energy, International Fragmentation, and Rebuilding Decontamination Costs Place Heavy Burden on Japanese Public, Japan Center for Economic Research, 2011.12
10. 대지진 이후 1년, 일본 경제·산업의 구조변화와 향후 전망, 삼성경제연구소, 2012.3