

개량형 경수로의 경제적 경쟁 요건

C. R. Hudson
Technology Insights

E. Bertel
OECD/NEA

K. H. Paik/J. H. Roh
KEPCO

V. Tort
CEPN

이 논문은 경쟁력 있는 개량형 경수로가 되기 위한 경제적 측면의 필요 조건을 분석하였다.

화석 연료 발전소의 2005~2010년까지 가동 운전을 예상한 각국별 최근 발전 단가 비교 자료를 활용하여 원자력발전소 비용 측면의 목표를 논의하였다.

또한 이들 개량형 경수로의 목표를 달성시키기 위한 주요 요건 등을 논의하였고, 원자력 프로그램을 수행하며 얻어진 경험 등을 프랑스·한국을 예로 들어 기술하였다.

그리고 원자력 발전의 경쟁성에 대한 세계화, 전력 시장의 규제 철폐, 전력 산업의 사기업화에 따른 영향

등을 기술하였고, 외적 비용의 내적화에 관련된 문제점 등을 고찰하였다.

서론

경제적 측면의 경쟁력은 모든 전기 생산 방식이나 관련 기술의 성공적인 발전을 도모하기 위한 기본적인 사항이다.

비록 전기 생산 기술과 에너지원별 구성에 대한 결정은 사회적·환경적 요인 등을 포함하여 여러 가지 비경제적 문제점 등에 대해 고려되어야 하지만, 최종적인 결정은 우선적으로 대체 에너지원의 전기 생산 비용과 기술력의 시장성 등에 근거하여 사업자가 갖고 있다.

그러므로 개량형 경수로의 설계자와 제작자들은 다른 발전원과 비교하여 경쟁력 있는 비용을 갖는 원자력 발전소를 생산해야만 한다.

대체 전원의 경쟁력 평가와 함께 전기 산업 분야의 정책 입안 체제의 개선도 고려되어야 한다.

이와 같은 개선은 원자력 발전을 포함하여 또다른 발전 기술에 대해

새로운 도전과 기회를 마련할 것이다.

전력 시장의 규제 철폐와 사기업화는 경쟁력 평가를 기본으로 하는 원칙을 변화시키고 있다.

개인 투자자들은 투자비에 대해 빠른 회수성을 갖고 있는 낮은 자본 집약적 기술을 보다 선호하는 경향을 갖고 있다.

시장의 규제 철폐는 전력 공급의 공개적인 경쟁으로 인한 전기 생산자 각각의 판매 가격에 대한 불확실성 때문에 원자력 발전과 같은 자본 집약적 기술이 넘어야 할 장벽으로 다가서고 있다.

재정적 위협을 줄이기 위해 생산자는 상대적으로 낮은 투자비와 최단 기간 내 이익 회수성을 갖고 있는 소규모 발전소를 기본으로 한 보다 탄력성 있는 발전 전력을 추구하는 경향을 갖게 될 것이다.

원자력 발전은 민간 분야에서 지원하기에는 어려운 매우 정밀한 산업인 동시에 R&D 산업 기반을 요구하는 상대적으로 복잡한 기술이라는 사실 때문에 시장 환경 변화 속에서 경쟁적인 위치를 유지하기 위해 노력해야 할 것이다.

그 반면에, 확충되는 전력망에 따른 대규모 전력 상호 교환은 원자력 발전소와 같은 장기간의 안정적인 발전 단가를 갖는 대규모 발전소에 대해 새로운 시장 참여 기회를 제공하고 있다.

기술 선택에서부터 나타나는 환경 문제의 자각, 폭넓은 거시 경제적인 식 및 사회적 영향 등은 서로 다른 발전 방식의 경쟁력 평가에 있어 새로운 접근 방식과 부수적인 기준들을 이끌어내고 있다.

발전 기술의 비용 비교는 사회(외적 요인)에 대한 기타 경비를 가능한 내적화 하여 사업자에 대해 직접 경비를 계산하는 전통적인 방식으로 얻을 수 있다.

외적 요인의 내적화는 화석 및 가스 화력 발전소에 대한 원자력 발전의 경쟁력을 증진시킬지도 모른다.

일찍이 이산화 방사선으로부터 국민과 환경에 대한 효과적인 방호 필요성을 인식함에 따라, 이전의 평준화된 비용 평가에는 채광에서부터 시설 폐쇄까지의 기간 동안 원자력 발전의 인체 및 환경 영향에 관련된 대부분의 요소들을 이미 고려하였다.

또한 안전 기준과 규제 적용에 관련된 비용은 원자력발전소의 출자 및 운전·유지 관리 비용에 포함되었다.

그 반면에 화석 연료 발전으로부터 발생하는 부담 비용, 예를 들어 온난

화 가스 방출에 따른 잠재적인 비용 등은 현재 충분히 고려하지 않고 있으며, 앞으로 이들 비용이 부담되었을 때 원자력과 비교하여 화석 연료 발전 단가는 증가될 것이다.

이 논문에서는 경쟁력 있는 개량형 경수로가 되기 위한 단가 측면의 경제적 필요성을 논의하였다.

개량형 경수로가 다른 발전 방식에 비해 유리하게 경쟁할 수 있는 단가 목표를 확인하였으며, 원자력 발전 비용에 영향을 끼치는 요소 등을 분석하였고, 프랑스와 한국에서 성공적으로 수행한 원자력 발전 프로그램을 통해 얻어진 비용 절감을 예로 들어 과거 경험을 통한 교훈을 설명하였다.

또한 새로운 경제 전망에 따른 도전과 기회, 그리고 개량형 경수로의 경쟁력에 따른 영향 분석과 함께 원자력 발전과 대체 발전 방식의 외적 비용 등을 검토하였다.

개량형 경수로의 비용 목표

현재 개발중인 개량형 경수로는 2005~2010년까지는 상업 운전이 가능할 것이다.

이들 개량형 경수로는 필연적으로 신기술의 석탄 발전이나 가스 발전과 경쟁 관계에 있을 것이다.

수력 발전을 제외한 재생 에너지원

은 일반적으로 기저 부하로서는 검토하고 있지 않다.

예를 들어 OECD에서 수행하였던 발전 예측 단가에 관한 연구에서도, 참여 국가들은 대부분 석탄 화력, 가스 화력 및 원자력 발전에 대해서만 단가를 예측하였다.

OECD 연구에 참여한 국가별 예측 발전 단가 자료는 비슷한 기술력에도 불구하고 국가별 특수한 경제 사정에 따라 차이가 다양함을 보여주고 있다.

그러나 이 연구를 통해서 일반적 체제 및 포괄적 가정을 이용하여 얻은 평균 발전 단가는 가사적인 수준인 미래의 발전 단가를 추정하는 일관적인 기준치를 마련하였다.

참가국들이 마련한 단가 예측치는 96년 7월 1일 현재 각국의 통화로 표시하였으며, 일관성을 위해 단가 예측 결과는 96년 7월 1일 공식적인 환율을 적용하여 미국 화폐로 변환하였다.

평균적으로 석탄 화력 발전소의 예측 발전 단가는 연간 5%의 실제 할인율인 경우 약 41mill/kWh¹⁾이며 연간 10%의 할인율에서는 약 51mill/kWh로 나타났다.

이들 단가는 발전소의 가동 연도인 2005년의 석탄 가격인 1~2.8\$/GJ 범위와 연간 0.3%의 평균 증가율을 감안하였다.

1) 1mill = 10⁻³\$



(표 1) 평균 예측 발전 단가(1996 USmill/kWh)

Country	At 5 per cent discount rate			At 10 per cent discount rate		
	Coal	Gas	Nuclear	Coal	Gas	Nuclear
Canada	29.2	30.0	24.7	37.0	33.0	39.6
Finland	31.8	35.9	37.3	39.1	41.1	55.9
France	46.4	47.4	32.2	59.5	53.3	49.2
Korea	34.4	42.5	30.7	45.0	47.0	48.3
Spain	42.2	47.9	41.0	54.7	54.4	63.8
Turkey	39.8	30.7	32.8	48.7	33.9	51.8
United states	25.0	23.3	33.3	34.7	23.6	46.2
Brazil	35.4	28.5	33.1	43.2	32.7	46.7
China	31.8	n.a.	25.4	40.0	n.a.	39.0
India	33.0	n.a.	32.8	40.2	n.a.	51.0
Russia	46.3	35.4	26.9	55.3	39.0	46.5

가스 화력 발전소의 경우 평균 예측 발전 단가는 5%와 10%의 연간 할인율 적용시 각각 40mill/kWh와 43mill/kWh로 나타났다.

가스 가격은 연간 0.8%의 평균 증가율을 감안하여 2005년에는 1.6~5.4\$/GJ 범위에서 변동될 것으로 추정하였다.

동일한 연구에서 원자력 발전의 평균 발전 단가는 5%와 10%의 연간 할인율 적용시 각각 32mill/kWh와 49mill/kWh로 나타났다.

〈표 1〉은 40년간의 수명과 75% 부하율을 참고 경우로 하여 OECD의 연구에서 얻은 결과를 요약하였고, 11개 국가에서는 원자력 발전과 최소 1개 이상의 대체 에너지원 단가를 제시하였다.

가스 화력 발전에 대한 자료를 마련하지 못한 중국과 인도를 제외하고 모든 국가들은 석탄 화력 발전과 가

스 화력 발전 및 원자력 발전에 대한 추정 단가를 보고하였다.

이 연구에서 다목적 발전소의 경우는 오직 기술/연료에 대해 값싼 발전 소만을 표시하였다.

5%의 할인율인 경우, 석탄 화력 발전소의 평균 발전 단가는 25~46mill/kWh 범위로 평균 약 36USmill/kWh이다.

가스 화력 발전소의 경우는 23~48 USmill/kWh로 평균 약 36USmill/kWh이며, 원자력 발전소의 경우는 25~41USmill/kWh로 평균 약 32USmill/kWh이다.

10%의 할인율인 경우는 석탄 화력, 가스 화력 및 원자력의 평균 단가 범위는 각각 35~60USmill/kWh, 25~44USmill/kWh, 39~64USmill/kWh로서 평균값은 각각 약 45, 40, 49USmill/kWh이다.

석탄과 원자력을 검토한 11개 국

가에서 원자력과 석탄 발전과의 예측 단가 비율은 5%의 할인율인 경우 0.58~1.33이며, 10%의 할인율인 경우는 0.83~1.43 범위로 나타났다.

가스와 원자력을 검토한 10개 국가에서 원자력과 가스 발전과의 예측 단가 비율은 5%의 할인율인 경우는 0.68~1.43이며, 10%의 할인율인 경우는 0.92~1.96를 나타냈다.

또한 동일 국가에 있어서 석탄과 가스 발전과의 예측 단가 비율은 5%의 할인율인 경우는 0.76~1.24이고, 10%의 할인율인 경우는 0.68~1.04로 나타났다.

위에서 언급한 바와 같이 각각의 기술과 에너지원에 대한 발전 단가 범위는 매우 광범위하며, 경쟁력을 평가함에 있어 각각의 경우에 대한 적용 가능한 특수 기술 및 경제 조건을 근본으로 하며 국가와 산업 수준에 대해 건수별로 평가되어야 함을 강조하고 있다.

그럼에도 불구하고 위에 제시된 평균 발전 단가는 경쟁력 있는 개량형 경수로가 되기 위한 목표치를 제시해 주고 있다.

예측 단가 요소의 불확실성과 일반적 가정에 근거한 국제적인 연구 범위 내의 개념적 수준 때문에 발전 단가에서의 작은 차이는 중요하지 않다.

그러나 10% 보다 많은 차이는 각 나라에 있어 상대적인 경쟁성을 나타내고 있음을 생각할 수 있다.

원자력 발전에 대한 자료를 제시한 11개국 가운데 5% 할인율인 경우 원자력은 5개국에서 최소 10% 차이만큼이나 값싼 에너지로 나타났으며, 석탄·가스는 1개국에서 최소 10% 만큼 값싼 에너지원임을 나타내고 있다.

10%의 할인율인 경우에는 원자력 발전이 10% 차이만큼 값싼 에너지원이라고 한 나라는 없었으며, 석탄은 1개국에서 그리고 가스 발전은 5개국에서 나타났다.

이에 대해 할인율이 증가할수록 낮은 자본 집약적 기술이 유리함을 예상할 수 있다.

개량형 경수로의 경쟁성 향상을 위한 주요 요인

과거 원자력 발전의 단가는 매우 유동적이었다.

일부 국가에서는 원자력 발전이 기저 부하 발전의 주에너지원으로 자리 잡고 있다.

그러나 다른 나라, 특히 미국의 경우에는 낮은 발전 단가로 전력을 생산하는 일부 설비들이 있는 반면에 비경제성으로 인해 설계 수명 이전에 폐쇄되는 또다른 설비 등으로 인해 원자력 발전 단가에 있어 모순이 있다.

이와 같은 모순의 원인은 이 논문에서는 제외하지만 이런 경우를 통해 얻은 교훈은 미래의 원자력 발전에

있어 매우 관련성이 있다.

경험으로부터의 교훈, 그리고 원자력 발전의 경제성 개선 등을 위해 그동안 많은 연구가 수행되었다.

90년에 OECD 원자력기구(NEA)는 여러 회원국에 있어서 원자력 발전의 건설 비용을 절감시키는 방안을 연구하였다.

미국에서는 전력연구소(EPRI)가 원전 사업자와 미국 에너지성(DOE)의 협력하에 차세대 원자력발전소에 대한 사업자 설계 요건을 개발하였다.

미국 전력연구소의 사업자 요건서(URD)는 미래 경수로에 대한 포괄적인 설계 요건들로 구성되어 있다.

일부 사업자 요건서에는 이와 같은 내용을 성취하는 데 필요한 여러 가지의 주요 요건들이 기술되어 있다.

이들 요건들은 새로운 원전의 잠재적인 경제적 경쟁성에 많은 영향을 주고 있는데, 그 요건 내용은 다음과 같다.

1. 단순화

본질적으로 원자력 발전은 매우 복잡한 분야이다. 그럼에도 불구하고 발전소의 설계는 필수적인 기능 요건을 감안하여 시스템·밸브·펌프 등의 수량을 최소화하려고 노력하고 있다.

단순화의 주요 방향은 특히 발전소 운전에 대한 분야이다.

인간 - 기계 연계성 향상, 단순화

된 방어 논리와 작동 시스템, 운전원의 요구 사항을 최소화하는 시스템 설계 등으로 인해, 보다 높은 원자력 발전소 이용률과 낮은 사고 위험을 도모할 수 있을 것이다.

2. 규제 안정성

비용이 많이 들어가는 재설계 및 발전소 변경을 피하기 위해서는 규제 승인을 얻는 데 필요한 요구 사항은 투명하고 안정적이어야 한다.

미국에서는 원자력규제위원회(NRC)가 「원 - 스텝 인허가 처리」를 통해 인허가 과정의 개선과 인허가 내용의 명확한 규정을 위해 관련 규칙을 개발하였다.

또한 발전소 설계자와 규제 기관간의 사전 대화는, 규제 요건에 대한 이해 증진과 함께 발전소 설계에 어떻게 이들 요구 조건을 맞출 것인가 하는 점 등을 개선할 수 있다.

3. 표준화

저렴한 비용을 실현하기 위한 주요 메커니즘은 표준 발전소의 설계 및 건설이다.

표준화는 엔지니어링, 건설, 그리고 일정 분야에서 효율화를 가져오고 있다.

표준화 발전소로 인해 많은 설계 분야와 엔지니어링 활동이 한번에 수행될 수 있으며, 비용은 많은 원전들과 함께 공유되고, 인허가 시간과 인허가 비용이 절감될 것이다.

또한 건설 기술이 더욱 개선될 것이며 비용과 건설 공기 일정이 단축될 것이다.

또한 운전원 실수의 감소와 유지 관리의 효율성 개선을 통해 원전 운전과 유지 관리 비용이 절감될 것이다.

4. 건설 능력 향상

앞에서 지적한 사항들이 모두 가능하다면 원전 건설 비용에 많은 영향을 미치고 있는 건설 기간의 단축이 가능할 것이다.

더불어 건설 착수 이전에 많은 부분의 설계를 완료한 경우에도 또한 건설 분야의 개선은 가능하다.

예를 들어 미국 전력연구소의 사업자 요건서에는 원전 건설 착수 이전까지 90%의 설계를 이미 완료하도록 요구하고 있다.

90%의 설계 완료는 100% 설계 완료를 의미한다.

또다른 건설 능력의 개선 사항으로는 제작소에서의 설비 제작 및 조립, 그리고 설치 및 연결을 위한 원전 부지로의 이동 등 모듈화 건설이다.

제작소 환경은 많은 자동화나 높은 생산성을 도모할 수 있도록 많은 품질 관리 활동으로 쾌적한 작업 환경을 제공하고 있다.

또한 원전 부지 외부에서의 모듈 생산과 부지의 효과적인 활용 등을 통해 부지 내 혼잡함을 줄이며 건설 기간을 개선한다.

(표 2) 원자력발전소의 일일 비용 (1×1,000MWe를 1로 하였을 경우)

1×300*	2×300*	1×650*	2×650	1×1,000*	2×1,000	1×1,350	2×1,350*
1.82	1.44	1.22	1.0	1.0	0.84	0.87	0.75

* Reactor Size in MWe

5. 부지의 효율적 사용

경제적 경쟁성에 영향을 미치는 또 다른 요소는 부지의 효율적 사용이다.

원전 부지 토지 비용의 공동 부담과 더불어 원전 부지 인가 비용을 여러 유닛과 공동 부담하는 게 가능하다.

건설 기간 동안 단계적인 건설과 하나의 유닛에서 다음 유닛으로 작업팀의 순환 배치 등을 통해 효율성과 비용 절감을 얻을 수 있다.

또한 반복적인 건설에 의해 작업자에게 주어진 작업 수행 시간을 줄이며 동시에 노동 비용과 공정 기간을 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

마지막으로 행정 및 관리 시설, 창고 시설, 도로 및 경비 시설 등 공통적 시설은 동일 부지 내의 다중 유닛 건설로 공유가 가능하다.

경험의 반영

원자력발전소의 발전 단가 대부분은 원전 건설 비용과 관련이 있기 때문에 원전 건설 비용의 절감은 원자력 발전의 경쟁성을 향상시키는 데 필수 요건이다.

앞에서 언급한 바와 같이 90년에 원자력기구(NEA)가 수행한 연구에

서 원자력발전소의 건설 비용을 절감할 수 있는 방법을 분석하였는데, 주요 사항으로는 원자력발전소의 크기, 부지 내 다수 원전, 설계 개선, 표준화, 모듈화 및 개선 사항에 대한 수행 등이다.

현재 98년말까지 완료될 두 번째 연구가 회원국들이 얻은 경험을 바탕으로 수행중에 있다.

이런 관점에서 표준 원전 및 다수의 시리즈 발주로 원자력 프로그램을 추진하고 있으며, 화석 연료와 비교하여 경쟁력 있는 원자력 발전 단가를 성취한 프랑스의 경험은 매우 흥미롭다.

원자력발전소의 크기 및 동일 부지 내에 건설되는 유닛 수에 대한 영향을 프랑스 자료에 근거하여 <표 2>에 표시하였다.

또한 프랑스의 경우, 시리즈 발주의 효과는 매우 중요한 것으로 평가되고 있다.

시리즈 원전 중 최초 원전(FOAK)의 초기 비용은 새로운 설계와 기존 원전과의 차이에 따른 시리즈 원전의 비용보다도 15~55% 정도가 더 높은 것으로 예상된다.

시리즈 원전을 발주할 때 생산성 효과로 얻어지는 부수적인 비용 절감은 3기째의 원전이 건설될 때부터 가

〈표 3〉 KSNP 후속기에 대한 건설비 (첫 번째와 두 번째 원전을 1로 하였을 경우)

	1st & 2nd units	3rd & 4th units	5th & 6th units
Direct cost	1.0	0.9	0.9
Indirect cost	1.0	0.9	0.73
Contingency	1.0	0.9	0.85
Total capital cost	1.0	0.9	0.85

〈표 4〉 KSNP와 비교한 예측되는 비용 절감 및 영향 요소

Influencing factor	Expected cost reduction
Standardised design	4.9%
Simplified design	> 4%
Capacity upgrade	8%
Reduced construction period	4%
Total capital cost reduction	> 16.9%

〈표 5〉 발전 방식에 대한 외적 단가 평가치

Source	Lower estimate	Higher estimate
Coal	7	60
Gas	3	14
Nuclear	1	3
Biomass	1	12

* Normalised to 1 for nuclear power lower estimate

능하다.

2기째의 원전 이후 각각의 새로운 원전에 대해 2%의 생산성을 고려할 경우, 시리즈에서의 8기째 원전의 건설 비용이 초기 원전의 건설 비용보다 10% 저렴하다.

한국의 원자력 발전 프로그램은 표준화와 기술 자립이 특징이다.

87년 이후 한국은 100MWe급 PWR형인 한국 표준형 원자력발전소(KSNP)를 개발하여 왔다.

현재 1기의 표준형 원자력발전소

가 운전중이며 추가로 5기가 건설중에 있다.

한국 표준형 원전 후속기에 대한 건설 비용은 〈표 3〉에 표시하였다.

가장 현저한 비용 절감은 증기발생기 설비나 터빈 설비 그리고 설계 및 엔지니어링에서 달성하였다.

증기발생기 및 터빈 설비에서의 비용 절감은 반복된 건설과 설계 개선을 통한 증진된 기술 자립, 그리고 제조 과정에서의 생산성 향상의 결과이다.

가장 큰 표준화의 이득은 설계와 엔지니어링 비용이다.

비용 절감에 중요한 영향을 미치는 또다른 요소는 지속적인 프로젝트의 단계적인 건설이다.

한국 표준형 원전에 이어 한국은 1,300MWe급 PWR형인 한국 차세대 원자력발전소(KNGR)의 개발을 위한 프로그램에 착수하였다.

한국 차세대 원전 개발 프로그램의 주요 목적은 안전성과 경제성의 증진이다.

기존의 한국 표준형 원전과 비교하여 예측되는 비용 절감과 한국 차세대 원전에 대한 경제적인 타당성 연구를 통해 평가된 영향 요소를 〈표 4〉에 나타냈다.

새로운 경제 전망에 대한 적응

전력 시장의 규제 철폐와 사기업화는 경쟁성 평가를 기본으로 하는 기준을 변화시키고 있다.

민간 투자자들은 투자액에 대한 빠른 이익이 기대되는 낮은 비용 집약적 기술을 선호하는 경향이 있을 것이다.

따라서 시장 규제 철폐는 원자력과 같은 비용 집약적 기술에 대한 하나의 도전이다.

왜냐하면 전력 공급의 개방적 경쟁 결과는 각각의 생산자에 의한 판매 단계에서 매우 불확실성을 나타낼 것이기 때문이다.

재정적인 위협을 줄이기 위해 생산자는 상대적으로 낮은 투자 비용과 짧은 비용 회수 기간을 갖고 있는 소규모의 발전소를 기본으로 한 보다 융통성 있는 발전 전략을 선호하게 될 것이다.

이와 같은 시장에서 경쟁적인 위치를 유지하기 위해서 원자력발전소 설계자는 앞으로의 요구 사항에 대한 불확실성에 좀 더 적응하기 위한 소규모의 모듈 유니트의 고려를 포함하여, 간소화 개념과 산업 분야 및 R&D 기간 산업의 단순화 요구 등을 목표로 삼아야 할 것이다.

경쟁적인 사항은 전력사들에 대한 경제적 위협의 증가 때문에 전력사들의 할인율을 높일 것이다.

그런 이유로 관리 부분에 높은 비용을 갖고 있는 원자력발전소는 낮은 비용의 가스 화력 발전과 비교해 볼 때 단점을 갖고 있다고 본다.

그러나 전력 계통망의 확장에 의해 거대한 전력 상호 교환은 개량형 경수로와 같은 장기간의 안정적인 발전 단가를 갖고 있는 거대 유니트에 대한 새로운 시장 참여 기회를 제공하고 있다.

외적 비용

위에서 언급된 직접적인 평균 발전 단가 이외에 생산자 또는 소비자에 의해 직접적으로 발생되지 않으면서 전력 생산과 관계가 있는 외적 비용

이 있다.

사회에 대한 비용과 이익은 일반적으로 전기 발전의 직접 비용에 포함되지 않는다.

즉 거시 경제적 영향인 직업 창출, 가격 안정 및 수입 균형, 공급 안정 및 다양성과 같은 전력 요소, 자원 관리 및 보존, 찌꺼기 방출의 위생적·환경적 영향 등이다.

공급의 다양성 보장과 에너지 안정성 유지는 정책 입안자들과의 관련 사항이다.

그러나 에너지의 다양성과 안정성의 가치 평가를 목적으로 한 경험적·분석적 연구는 각 나라의 특수한 사정에 크게 의존되어 그 결과나 결론이 매우 큰 차이를 보이고 있다.

원자력 발전은 에너지원의 다양성 도입과 함께 에너지 공급의 안정성을 강화시켰지만, 또한 발전 단가 및 물가면에서 영향을 끼친다는 점이 문제이다.

환경 영향은 잠재적으로 가장 중요한 전기 발전의 외적 비용이다.

증가되고 있는 환경에 대한 지구 영향의 자각과 자원의 보존 개념에 관한 폭넓은 인식은, 경쟁적 측면으로의 평가 과정에 있어서 명백히 또는 묵시적으로 이와 같은 매개 변수들을 포함시키는 방향으로 분석가들이나 정책 결정권자들을 유도하고 있다.

정상적인 가동이나 비정상적인 상황에 있어서나 현재 발전하고 있는 것 중에서 매우 낮은 외적 비용 요소

를 갖고 있는 원자력발전소로서, 외적 요소의 내적화는 석탄과 가스 화력 발전에 비해 원자력 발전의 경쟁성을 증진시킬지도 모른다.

유럽위원회의 후원 아래 수행된 연구에서는 연료 사이클에 대한 외적 비용은 본질적으로 국가 및 기술의 특성과 관련이 있으며, 물리적 충격 및 그들의 화폐 가격에 대한 커다란 불확실성은 대체 에너지원의 선택이 지역 조건과의 관계 또는 예측된 비용과의 관계를 비교하기에 충분하다고 결론하고 있다.

하지만 연구를 통해 얻어진 외부 비용 범위는, 원자력 발전의 외적 요인이 석탄이나 가스에 비해 매우 낮으며, 또한 화석 연료 발전소의 유해 가스 환경 배출 때문에 우수함을 명확히 암시하고 있다.

원자력발전소 운전과 관련된 외적 비용 평가는 일반인 그리고 작업자에 대한 인체 영향 등을 종합한 금전적 가격을 기본으로 하였다.

일반인과 관련한 이들의 영향은 원자력발전소로부터 환경으로 방출되는 방사성과 관련시켰다.

직업적인 인체 영향은 직업적 사고뿐만 아니라 이온화 방사선 조사에 의한 잠재적 인체 영향을 포함하고 있다.

현재 1,300MWe급 프랑스 원전의 경우 일상적인 운전시 전기 발전에 따른 인체 영향에 관련된 값은 원전 부지에 있어서 3%의 할인율시 0.017~0.04mill/kWh 사이로 평균



차세대 원자력발전소 조감도. 원자력발전소의 발전 단가 대부분은 원전 건설 비용과 관련이 있기 때문에 원전 건설 비용의 절감은 원자력 발전의 경쟁성을 향상시키는 데 필수 요건이다.

0.022mill/kWh이다.

할인율을 고려하지 않을 경우 이 값은 장기간 영향 때문에 0.57mill/kWh에 이른다.

이 값은 과거 구모델인 900MWe 급 PWR형인 프랑스 원전의 0.026 mill/kWh의 값과 비교할 수 있다.

정상적으로 운전하고 있는 경우, 부지와 방출 특성의 차이점에도 불구하고 PWR 두 종류 사이의 차이점은 본질적으로 중요하지 않다는 것이 중요하다.

만약에 건설과 폐로 영향을 고려한다면 PWR형 모두에 대한 평균값은 0.08mill/kWh가 된다.

결론

원자력 발전은 자본 집약적 기술이다.

따라서 변화와 불안정한 사업 환경 속에서 원전 기술에 대한 소유자의 위협은 낮은 자본 비용을 갖고 있는 기술에 비해 크다.

전세계 공공 산업이 규제 철폐와 사유화로 진행되고 있는 가운데 시장은 높은 자본 집약 기술에 많은 관심을 기울이고 있지 않다.

자유 시장에 있어서 상대적 비용은 선택 과정에 있어 매우 중요한 영향력이 있을 것이다.

그러므로 개량형 경수로 원전은 성

공적인 발전을 위해 매우 경쟁적인 총비용으로 추진되어야 한다.

포괄적인 적용으로 볼 때 현재 저렴한 화석 연료 가격을 한꺼번에 추격하기에는 어려움이 있다.

그러나 부존 화석 연료가 부족한 시장에서 원자력 발전은 경제적 이점을 갖게 될 것이다.

만약 초기에 확실한 조건이 주어진다면 원자력발전소 비용은 최소화가 가능하다.

이러한 조건으로는 설계의 단순화 및 표준화, 규제 요건의 명확성 및 안정성, 건설 이전의 높은 설계 완성도, 건설 단계에서의 다중 원전 부지의 활용과 건설의 모듈화 등을 꼽을 수 있다.

앞으로 경제성 있는 원자력 발전에 영향을 끼칠 수 있는 요소는 외적 비용이다.

에너지 안정과 공급의 다양성에 관한 국가 정책 논쟁은 상대적인 내적 비용으로부터 선택 과정을 수정해야 할 것이다.

여러 가지 발전 기술의 지구 환경 영향은 현재 구체적으로 정립되어 있지 않다.

이것이 구체화된다면 원자력 발전은 세계적으로 증진된 경제 순위에도 도달할 것이다.

그러나 언제 그와 같은 인식이 일어날지는 불분명하다.

그러므로 개량형 경수로는 오로지 직접 및 내적 비용을 기본으로 하여 경쟁되어야 하는 것이다. ☼