



# 원자력 발전의 경제적 효과 - 현재 그리고 미래

## Nuclear Energy's Economic Benefits - Current and Future

본고는 미국원자력협회(NEI, Nuclear Energy Institute)에서 2014년 4월에 발간한 백서(White Paper)로 원자력 발전의 경제적 효과를 다루고 있다. 백서는 전력 수요에 부응할 수 있으면서 온실가스도 발생되지 않는 발전원 중 이미 기술이 입증된 에너지원은 원자력 발전이 유일하다고 기술하고 있다. 백서 전문을 게재한다.

원자력산업은 단기적으로는 물론 장기적으로도 고용 창출과 경제 성장에 중요한 역할을 하고 있는데, 미국의 경우 100기에 이르는 원전의 운영을 통해 10만개가 넘는 일자리 창출과 함께 매년 400억~500억 달러에 이르는 전력 판매를 통해 미국 경제에 상당한 기여를 하고 있는 있다.

현재 전 세계적으로 72기에 이르는 원전이 신규로 건설되고 있고, 170기 이상의 원전이 계획 중이거나 인허가 심사 단계에 있다. 이로 인해 재료, 부품, 서비스 등 각종 원자력산업 분야에서 다양한 수요가 창출될 것으로 예측되고 있다. 미 상무부에 따르면 전 세계적으로 원자력과 관련된 각종 제품, 서비스, 연료 등의 분야에서 창출 가능한 시장 규모가 향후 10년에 걸쳐 5,000억 달러~7,400억 달러에 이를 것으로 전망되고 있다.

미 에너지부는 미국의 향후 전력 수요량이 2040년까지 28%나 증가할 것으로 예측하고 있다. 이는 과거의 전력 수요 증가율보다 낮은 연간 1% 이하라는 보수적인 가정에 근거하여 계산했는데도 나온 결과 값이기도 하다.

이처럼 계속적으로 증가하는 전력 수요에 부응하기 위해서는 수백 기에 이르는 발전소를 신규로 건설해야 하며, 노후화된 각종 인프라를 대체하기 위한 새로운 설비의 구축도 필요하다. 현재 이와 같은 전력 수요에 부응할 수 있으면서 온실가스도 발생되지 않는 발전원 중 이미 기술이 입증된 에너지원은 원자력 발전이 유일하다.

### 원자력 발전의 경제적 효과

1,000MW급 원자력발전소 1기가 만들어내는 경제적 산출물 또는 경제적 가치는 매년 대략 4억 7천만 달러에 이른다.<sup>1)</sup> 이 금액에는 3,500만 달러 이상의 총

인건비가 포함되어 있다. 또한 이 금액은 1차적인 직접 효과와 부차적인 간접 효과 모두를 반영하고 있다.

1차적인 직접 효과는 발전소가 만들어내는 전력의 판매액으로 계산되는데, 대략 연간 4억5,300만 달러에 이른다. 부차적인 간접 효과는 발전소가 운영됨으

1) 2010년 화폐 가치 기준



〈표 1〉 에너지원별 고용 및 소득 창출 효과

Technology <sup>3</sup>	Jobs/MWe	Average Size (MWe)	Direct Local Jobs	Average Salary (\$/hour)	Workforce Income (\$ Million/year)
Nuclear	0.50	1,000	504	\$31	\$32.49
Coal	0.19	1,000	187	\$28	\$10.99
Hydro > 500 MW	0.11	1,375	156	\$33	\$10.79
Hydro Pumped Storage	0.10	890	85	\$38	\$6.70
Hydro > 20 MW	0.19	450	86	\$33	\$5.79
Concentrating Solar Power	0.47	100	47	\$27	\$2.62
Gas Combined Cycle	0.05	630	34	\$28	\$2.02
Solar Photovoltaic	1.06	10	11	\$15	\$0.33
Micro Hydro < 20 MW	0.45	10	5	\$35	\$0.33
Wind	0.05	75	4	\$35	\$0.29

로써 지역에 미치는 경제적 파급 효과로 계산되는데, 발전소 운영에 필요한 각종 부품 등의 구매 활동이나 발전소 직원들의 소비 활동 등으로 인한 지역 경제 파급효과는 대략 1,700만 달러에 이른다.

간접 효과에는 이러한 지역 경제 파급 효과 외에도 주(state) 또는 국가 차원의 경제파급 효과도 있다. 1,000MW급 1기가 주 경제 및 국가 경제에 미치는 파급효과는 각각 8,000만 달러 및 3억9,300만 달러나 된다.

총 41기의 원자료가 운영되고 있는 미국의 23개 발전소를 대상으로 분석한 결과, 원자로 1기에서 1달러를 소비할 경우 인근 지역에 미치는 경제 파급 효과는 1.04달러, 지역이 속해 있는 주와 국가 경제 전체에 미치는 파급 효과는 각각 1.18달러와 1.87달러가 되는 것으로 나타났다.<sup>2)</sup>

원자력발전소 1기가 지역과 주에 내는 법인세는 연간 1,600만 달러 정도가 되는 것으로 나타났다. 지역 당국은 이 세금으로 학교나 도로, 기타 지역에서 필요

로 하는 각종 인프라를 구축하는 데 사용하고 있다. 지역에 내는 법인세 외에도 매년 연방정부에 내는 법인세도 원자력발전소 1기당 6,700만 달러나 된다.

### 고용 및 소득 창출 효과

최근의 한 연구 결과에 따르면 발전소를 운영하는 데 필요한 인력의 규모나 숫자로 볼 때 원자력발전소가 다른 종류의 발전소에 비해 가장 큰 경제적 효용 가치가 있는 것으로 나타났다. 원자력발전소 1기를 운영하는 데는 평생직장의 개념에서 볼 때 400명에서 700명 정도가 필요하다. 이들이 받는 임금도 지역의 평균 임금보다 36%나 더 높다.

미래의 고용 창출 측면에서도 원자력 발전은 매우 유리하다. 현재 원자력발전소에서 근무하는 인력의 39%가 2016년까지는 퇴직해야 하는데, 그 인원이 대략 25,000명 정도가 된다.

<sup>2)</sup> 사용된 경제 모델에 대해서는 본고 뒷부분에서 설명하고 있다.

최근에 수행된 또 다른 연구 결과에서도 원자력발전소가 다른 종류의 발전소에 비해 설비용량 규모도 크고, 사람이 많이 필요한 노동집약적 기술이기도 하여 고용 창출과 소득 창출 효과가 큰 것으로 나타났다. <표 1>은 에너지원별로 소요 인력, 평균 임금, 총 수입 등을 비교하여 나타낸 것이다.<sup>3)</sup>

### 제조 및 서비스업에 미치는 영향

현재 미국에서는 100기의 원자력발전소가 운영되고 있다. 이들 원자력발전소에서 생산되는 전기의 판매량은 연간 약 400억 달러에서 500억 달러가 된다. 원자력 발전 회사들은 이러한 판매 수입금으로 원전을 운영하는 데 필요한 각종 자재, 연료, 서비스 등을 국내의 공급처로부터 구매하고 있다. 이들 회사가 구매 비용으로 지출하는 금액은 연간 140억 달러에 이른다.<sup>4)</sup>

한편, 원자력 발전 회사들의 미국 내에서의 구매 활동으로 혜택을 보고 있는 곳은 모두 50개 주에 이른다. 참고로 미국에는 현재 31개 주에서 원자력발전소가 운영되고 있다. 계산결과 원자력발전소 운영에 필요한 구매 활동으로 인해 1개 주에서 벌어들이는 돈은 연간 평균 2억7,000만 달러를 상회하는 것으로 나타났다. 그리고 각종 자재, 연료, 서비스를 원자력발전소에 공급하고 있는 기업은 미국 전역에서 22,500개가 넘는 것으로 조사되었다.<sup>5)</sup>

원자력발전소의 설계에서부터 건설 및 운영, 그리고 폐쇄에 이르기까지 전 생애 주기 과정에서 필요한

모든 제품과 서비스는 미국에 있는 기업들이 전량 공급하고 있다. 건설 단계에서는 원자로와 터빈 발전기, 그리고 기타 여러 가지 발전소 시스템에 대한 설계, 엔지니어링, 구매, 건설 및 컨설팅 서비스를 미국의 기업들이 제공하고 있다.

뿐만 아니라 각종 주요 기자재, 부품, 연료, 물품, 그리고 여러 가지 다양한 소모품들도 미국에 기반을 두고 있는 제조 회사들이 공급을 하고 있다. 대표적인 주요 기자재로는 터빈, 폴라 크레인, 펌프, 밸브, 파이프, 각종 계측제어 시스템, 그리고 안전성 제품인 배터리와 원자로의 제어봉 구동 메커니즘 등이 있다.

발전소 운영 단계에서는 발전소 운영, 유지, 보수 및 검사 서비스와 관련된 업무를 미국의 기업들이 제공하고 있다. 뿐만 아니라 이들 기업들은 발전소 유지 보수에 필요한 각종 교체 부품들을 제공함과 아울러 발전소 기능 향상에 필요한 각종 서비스를 제공하는 일도 하고 있다.

계속적으로 수행되어야 하는 원자력발전소의 유지 보수 업무도 미국의 관련 기업들에게는 수익 창출의 좋은 기회로 작용하고 있다. 미국에서 운영되고 있는 100기의 원자로를 유지 보수하기 위해서는 이 분야의 기능 인력을 매년 3,000만 man-hour 이상 추가로 투입해야 한다. 이를 전일제 업무량으로 환산하면 14,000명의 전일제 직원이 필요한 것으로 계산된다.<sup>6)</sup>

### 신규 원전 건설 파급 효과

발전소 용량에 따라 다소 차이가 나기는 하지만 원

3) Donald Harker and Peter Hans Hirschboeck, "Green Job Realities: Quantifying the Eco-nomic Benefits of Generation Alternatives," Public Utilities Fortnightly, May 2010.

4) 구매와 관련된 자료는 NEI가 회원사들을 대상으로 한 조사에 근거하고 있다. 원자력 서비스 구매에는 규제기관에 지불한 수수료가 포함되어 있다.

5) 2008년 기준 1,000달러 이상의 구매 실적이 있는 기업을 그 대상으로 하였다.

6) "Associated Maintenance Contractors"(2007년 10월 기준)을 참고



〈표 2〉 1,000MW급 원전 1기가 지역 및 국가 경제에 미치는 영향<sup>7)</sup>

Impact of a 1,000 MW nuclear plant on Local, State and National Economies					
Units	Region	Effect	Output	Labor Income	Employment
Multipliers		Direct	1.00	1.00	1.00
	Local	Direct + Indirect/Induced	1.04	1.22	1.66
	State	Direct + Indirect/Induced	1.18	1.49	2.36
	National	Direct + Indirect/Induced	1.87	3.75	8.26
			\$ 2010 Millions		
Dollar and job values per gigawatt	Local	Direct	453	36	319
		Direct + Indirect/Induced	471	44	528
	State	Direct	453	61	505
		Direct + Indirect/Induced	533	91	1,192
	National	Direct	453	65 <sup>7)</sup>	530
		Direct + Indirect/Induced	846	244	4,372

Source of data: IMPLAN model. See detailed description on pages 6-7.

자력발전소 1기를 짓는 데는 건설 기간 중에 발생하는 이자를 포함하여 보통 60억 달러에서 80억 달러라는 대규모의 투자가 필요하다. 그리고 원자력발전소를 신규로 건설하는 데는 용접, 배관, 석공, 목공, 기계 설치, 판금, 전기, 철공, 중장비 등 여러 분야의 숙련된 기술자들이 필요하다. 뿐만 아니라 이러한 대형 건설 프로젝트를 관리하고 감독하기 위한 관리감독자들도 필요하다.

지난 2005년 이래로 미국의 관련 기업들은 신규 원자력발전소 건설이 재개됨에 따라 버지니아, 노스캐롤라이나, 사우스캐롤라이나, 테네시, 펜실베이니아, 루이지애나, 인디애나 등에서 15,000명이 넘는 기술자를 새로 채용하였다. 그리고 채용 분야도 펌프, 밸브, 배관, 절연, 원자로 압력용기, 가압기, 열교환기, 그리고 습분분리기와 같은 각종 기자재의 제작과 엔

지니어링 서비스 등으로 다양하다.

신규 원자력발전소를 건설하는 데는 피크 시의 경우 최대 3,500명에 이르는 인력이 필요하다. 콘크리트와 철강 같은 다양한 건설 자재도 대량 필요하다. 수백 종에 이르는 다양한 기자재도 필요하다. 또한 원자력발전소 1기를 건설하는 데는 약 400,000yd<sup>3</sup>의 콘크리트와 66,000톤의 철강, 44마일의 파이프, 300마일의 전선, 그리고 130,000개에 이르는 각종 전기 부품이 필요하다.

### 미국의 원자력 장비 및 서비스 구매 파급 효과

지난 1980년 이래 미국은 물론 해외에서도 신규 원자력발전소 건설 숫자가 줄어들면서 미국의 원자력 공급망(supply chain)도 위축되었다. 그래도 다행히

<sup>7)</sup> 국가 차원의 직접 인건비(\$65, \$2010 Million)가 앞의 표에 나온 값(\$32, \$2010 Million)과 다른 이유는 복리후생비 등 부가적인 임금을 포함했는지의 여부 때문이다.

미국을 포함한 전 세계 국가들의 원자력 발전 비중이 늘어난 덕분에 미국은 원자력 기술에서 요구되는 초정밀 및 고품질의 기자재를 생산할 수 있는 최신 공정과 시설 투자를 통해 원자력 기자재 분야만큼은 활기를 되찾을 수 있게 되었다. 그 덕분에 이제 미국의 원자력 기자재 기업들은 해외 수출을 기대할 수 있게 되었다.

최근 몇 년 동안 미국에서는 원자력 기기 공급업체들의 숫자가 눈에 띄게 많이 늘어났다. 원자력 기기 공급자들은 'N-stamp'로 알려진(또는 ASME Section III-Nuclear Certificates로도 알려진) 인증 시스템을 통해 제품의 품질을 인증 받는다. 이 말은 곧 상업용의 원자력 등급(nuclear-grade) 제품을 생산하기 위해서는 원자력 기기의 안전성에 관한 미국기계학회(ASME)의 품질보증 기준인 'Boiler and Pressure Vessel Nuclear Codes and Standards'를 만족시켜야 한다는 사실을 의미한다. 2007년 이래로 미국 기업들이 인증 받은 N-stamp의 숫자는 70%나 증가했다.

NEI가 N-stamp 인증 시스템을 구축한 미국의 기업들을 대상으로 정보를 수집한 결과, 물론 일부 민감한 정보는 영업 비밀인 관계로 공개되지 않아 알 수는 없었지만, 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

- N-stamp 인증시스템을 구축한 기업들은 미국 기업들이 발주하는 기자재, 제품, 서비스의 60%에서 80%를 수주하게 될 것이다.
- 이미 20억 달러가 넘는 장비 및 서비스가 미국의 17개 주에 있는 기업들로부터 구매되었다.

### 해외 원전 수출 = 더 많은 일자리 창출

현재 전 세계적으로 원자력 발전 비중이 확대되는 추세이다. 그리고 그로 인한 혜택을 미국의 기업들이

보고 있다. 발전기, 원자로 냉각재 펌프, 각종 계측 제어 시스템을 포함하여 수십억 달러 규모에 달하는 각종 장비 및 서비스 공급을 위한 계약을 이미 체결한 상태이다.

또한 그렇게 벌어들인 수입은 미국의 원자력 공급망을 통해 재투자되면서 일리노이, 오하이오, 펜실베이니아, 사우스캐롤라이나, 버지니아, 테네시 등을 포함한 25개 주에서 일하고 있는 관련 인력들이 고스란히 그 혜택을 보고 있다.

중국에서 추진되고 있는 4기의 AP1000 건설 프로젝트로 인해 15,000개가 넘는 일자리가 미국에서 새로 만들어졌다. 특히, 설계와 엔지니어링, 제조, 정보 기술, 수송 등과 관련된 일자리들이 많이 생겨났다.

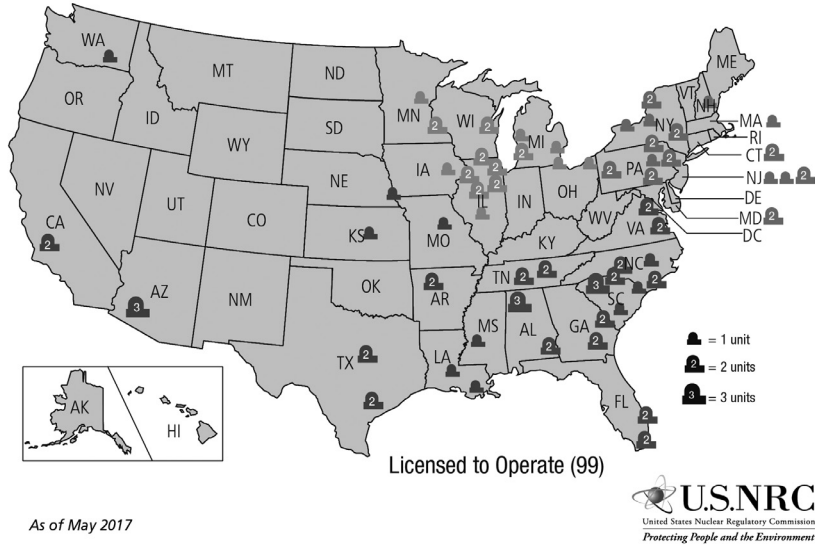
UAE에서 수행되고 있는 신규 원자력발전소 건설 프로젝트의 경우, 비록 미국이 원자로 공급 계약을 따낸 것은 아니지만 수출입은행을 통해 20억 달러의 차관을 제공함으로써 미국 기업들이 그 프로젝트에 각종 원자력 관련 재화와 서비스를 수출할 수 있도록 지원하고 있다. 이와 관련하여 미국의 많은 원자력 관련 기업들은 UAE와 계약을 맺고 프로그램 관리, 규제, 법무, 설계, 엔지니어링, 환경, 감시, 훈련, 인허가 서비스 등을 제공하고 있다.

웨스팅하우스의 경우 원자로 냉각재펌프, 원자로 기기, 제어시스템, 엔지니어링 서비스, 교육 훈련 등 미국의 기업들 중에서도 가장 많은 기자재와 서비스를 UAE 프로젝트에 공급하고 있다. 웨스팅하우스 외에 다른 기업들도 추가적인 엔지니어링 서비스와 건설 관리, 품질 감독, 재료 관리, 인허가 등의 서비스를 제공하고 있다.

미 상무부에 따르면 미국의 기업들이 해외 수출로 10억 달러를 벌어들일 때마다 5,000개에서 10,000개에 이르는 일자리가 새로 만들어진다.



### U.S. Operating Commercial Nuclear Power Reactors



미국의 원전 현황

#### ◆ IMPLAN 모델로 밝혀진 막대한 경제적 효과

NE는 투입 대비 산출 효과를 알아보기 위해 미국 정부 기관에서 널리 이용하고 있는 IMPLAN 모델을 이용하여 41기의 원자로가 가동되고 있는 23기의 원자력발전소를 대상으로 13개 항목으로 구성된 경제적 파급 효과 분석 연구를 수행하였다. NE는 수집된 자료를 통해 원자력발전소의 건설 및 운영에 따른 여러 측면에서의 경제적 효과, 즉 전력 판매의 경제적 가치 또는 경제적 산출 효과, 일자리 창출 효과, 근로소득(경제적 가치의 일부) 등에 대한 개략적인 결과를 알 수 있었다.

투입/산출 분석 모델은 농업, 건설, 공공, 가정, 제조, 서비스 및 무역 등 국민 경제를 구성하는 각 부문에 대한 투입 대비 산출의 상호 관계를 보여주는 경제성 분석 방법의 하나이다. 이 방법을 이용하게 되면 지역 간의 경제적 상호 관계를 알 수 있고, 국가 그리고 지역 차원에서 이루어지는 소비의 흐름에 대해서도 알 수가 있다.

#### ● 산출(Output)

IMPLAN과 같은 투입/산출 모델은 직접적 가치(direct values)를 이용하여 2차 효과(secondary impacts)를 측정한다. 가령, <표 1>에 제시된 '\$453 million'이라는 직접적 산출물은 평균 1,000MW급 원자력발전소 1기에 의해 만들어지는 연간 수입을 의미하는데, 이렇게 벌어들인 돈은 원자력발전소 직원들의 급여와 각종 재화 및 서비스의 구매, 국세와 지방세 등 각종 세금, 그리고 투자자 배당금 등 다양한 형태로 흘러나간다.

벌어들인 돈이 다양한 형태로 다시 흘러나가게 되면 2차 효과(secondary effects)가 발생된다. 이러한 2차 효과는 간접 효과(indirect effect)와 유발 효과(induced effect)로 나누어진다.

간접 효과는 카운티나 주, 또는 국가 전체로 흘러나간 돈이 그 지역에 있는 재화 공급자 또는 서비스 공급자들에게 어떠한 경제적 효과를 미치는지를 보여준다. 그리고 유발 효과는 어떤 지역에서 벌어들인 근로소득이 그 지역의 재화

및 서비스 구매에 어떤 영향을 미치는지, 그리고 그러한 재화 및 서비스의 구매력 향상이 어떻게 다시 생산과 투자를 유발시켜 지역 경제를 활성화시키는지 보여준다.

이처럼 원자력발전소가 생산하는 직접적 산출물에 2차 효과를 더하게 되면 원자력발전소가 갖고 있는 경제적 총가치 또는 경제적 총산출물을 구할 수 있게 된다.

지역의 입장에서 볼 때 지역 경제 활성화에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 직접적 산출물이다. 그러나 국가 경제 전체 차원에서 볼 때는 2차 효과가 훨씬 더 중요한 요인이라고 할 수 있다.

● **근로소득(Labor Income)**

원자력발전소의 경제적 효과를 알아보기 위해서는 근로소득이 그 지역에 어떤 영향을 미치는지에 대해서도 알아야 한다. 근로소득은 원자력발전소에 근무하는 직원들의 급여라고 할 수 있다. 직원들이 받는 이러한 직접적 근로소득은 다시 지역에 지출되어 그 지역의 생산과 투자를 유발하는 2차 효과로 이어지게 된다.

● **승수(Multiplier)**

승수란 어떤 시설이 만들어내는 경제적 총산출물(또는 총가치)에서 직접적 산출물(또는 가치)이 차지하는 비율을 의미하며, 특정 산업/사업 또는 특정 지역을 대상으로 하여 산출할 수 있는 지표이다.

통상적으로 어떤 한 지역의 승수 값은 그 지역을 포함하는 보다 넓은 광역 지역의 승수 값보다 작다. 그 이유는 경제 활동으로 인한 소비 지출은 보통은 어떤 한 작은 지역에서 시작하여 그보다 좀 더 큰 지역으로 흘러들어가는 형태를 띠기 때문이다.

지역 차원에서 볼 때 승수의 값은 그 지역의 시설이 필요로 하는 재화와 서비스를 많이 공급할수록 커진다. 그리고 총산출물에 대한 승수는 직접 산출물 1달러가 그 지역에서 어느 정도의 소비 지출 효과를 유발하는지를 보여준다. 가령, 원자력발전소를 1년 동안 가동했을 때 그 지역의 승수가 1.04(\$471 million/\$453 million)라는 것은 원자력발전소에서 1달러의 수입을 올리게 되면 그 지역의 소비 지출

효과가 1.04달러가 된다는 의미이다. 그리고 지역이 클수록 승수도 커져서 그 지역이 있는 주에 대한 승수는 1.18, 국가에 대한 승수는 1.87로 나타났다.

● **고용(Employment)**

원자력발전소 1기가 유발하는 직접적인 고용 창출 효과는 평균 530명에 이른다. 그 중 약 60%에 해당하는 319명 정도는 원자력발전소가 위치하고 있는 카운티 출신의 주민들이고, 95%에 해당하는 505명 정도가 원자력발전소가 위치하고 있는 주의 주민들이다.

고용 승수(employment multiplier)란 어떤 한 산업의 직접적 고용 증가로 인한 파급 효과로서, 그 지역의 전체 산업에 얼마만큼의 고용 증가를 유발시키는지 보여주는 지표이다. 계산 모델에 따르면 어떤 한 원자력 시설에서 100명의 인력을 고용할 때마다 해당 지역에서는 66명의 간접 고용 증가 효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 주에 대한 고용 승수는 2.36, 국가에 대한 고용 승수는 8.26으로 나타났다. 따라서 어떤 한 원자력발전소에서 100명의 인력을 고용할 때마다 국가 전체로는 726명의 간접적인 고용 창출 효과가 있다고 말할 수 있다.

● **계산 모델의 개요(Economic Modeling Description)**

본고에서 제시된 각종 추정치는 41기의 원자로가 운영되고 있는 미국의 23개 원자력발전소를 대상으로 하여 그 경제 효과 및 고용 효과 분석을 통해 계산된 정규화된 평균값에 근거하고 있다. 23개 원자력발전소는 Braidwood, Byron, Catawba, Clinton, Diablo Canyon, Dresden, Grand Gulf, Hope Creek, Indian Point, LaSalle, Limerick, McGuire, Millstone, Oconee, Oyster Creek, Palo Verde, Peach Bottom, Quad Cities, Salem, Susquehanna, Three Mile Island, Wolf Creek 등이다.

또한 제시된 수치들은 1,000MWe급 원자력발전소를 대상으로 하여 계산된 것들이다. 따라서 실제로는 신규 원자력발전소 용량이 1,000MWe보다 큰 것이 보통이기 때문에 경제 파급 효과도 표에 제시된 값보다 훨씬 더 크다고 할 수 있다. 🍌