

원전해체의 경제적 파급효과 연구: 고리 1호기를 중심으로

박동규* · 김동환**

Economic Impacts of Nuclear Power Plant Decommissioning

Park, Tong-Kyu · Kim, Dong-Hwan

-Abstract-

Discussions on possible decommissioning of domestic nuclear power plants(NPPs) have recently been one of the hot issues in Korea. Numerous articles and conferences have talked about the pros and cons on decommissioning and the actions needed in terms of the national interest. Amidst these controversies, however, studies on the impacts of NPP decommissioning on the region where it is located have been missing, which should have been an indispensable cornerstone for the consecutive discussion. Based on the above observation, this study analyzes various impacts of NPP decommissioning on the economy through the input-output analyses using the assumption of decommissioning of the Unit 1, Gori NPP. If decommissioning is realized in 2017, total benefits to the national economy will consist of KRW 1,184.3billion of the induced production effect, KRW 457.3 billion of the induced value-added effect, and 5,295 people of the induced employment effect. Total tax revenue of the region from decommissioning is expected to be KRW 35.2 billion.

Keywords: Nuclear power plant decommissioning, Economic impacts, Input-output analysis

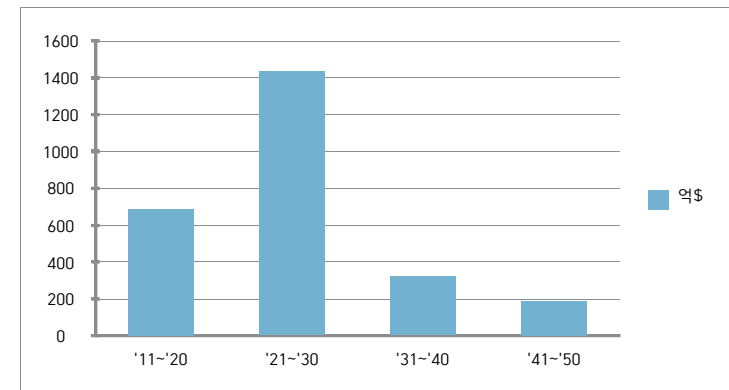
* 한양대학교 경영전문대학원 교수, 교신저자 (tkpark@hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 경영학과 박사과정, 제1저자 (nergul@hanyang.ac.kr)

◇ 논문접수일: 2016. 07. 05. ◇ 논문심사일: 2016. 09. 13. ◇ 논문게재 확정일: 2016. 09. 27.

1. 서론

세계적으로 원전의 영구정지 및 해체 사례들이 증가하고 있으며, 특히 후쿠시마 원전 사고 이후 원전사업의 환경과 정책 변동성이 커지면서 해체에 대한 관심과 사전 대비 필요성이 부각되고 있다. 전 세계적으로 2014년 3월 기준 영구정지 원전 149기 중 19기가 해체 완료 되었으며, 향후 2050년까지 430여 기가 해체될 전망이다. <그림 1>에서 보듯이 국제 원전해체 시장은 '11~'20년대 684억 달러, '21~'30년대 1,434억 달러, '30~'40년대 319억 달러 규모로 전망된다. '21~'30년대 시장이 급격하게 증가하는데, 이는 '70~'80년대 집중 건설된(300여기) 원전이 대규모 해체 시장으로 투입되기 때문이다.



자료: 산업부, 우리나라 원전해체 정책방향(2013. 04.)

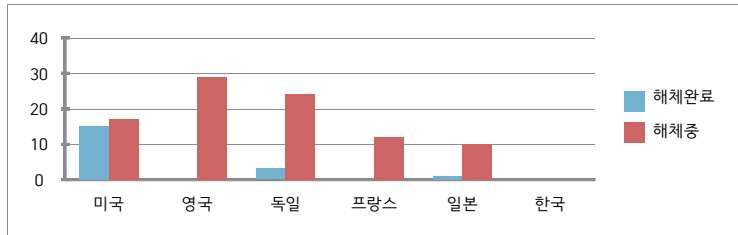
<그림 1> 2050년까지 국제 원전해체 시장 전망

주요국별 원전해체 현황을 살펴보면, 미국은 해체 중인 원전 32기, 해체완료 원전이 15기이며, 영국은 해체 중인 원전 29기, 독일은 해체 중인 원전 27기, 해체완료 원전 3기 등 이다(<그림 2> 참조). 이와 같이 원전해체를 이미 진행 중인 국가도 있지만 우리나라는 최근 고리 1호기의 해체가 결정되었을 뿐, 아직 해체 준비단계라고 할 수 있으며 정부는 원전의 안전한 해체를 위해 다각적인 노력을 기울이고 있다.²⁾

2) 산업부, 원전해체 비용 재산정 및 산정기준 개선(2012. 12)

미래부, 원전해체 핵심 기반기술 개발 계획 수립(2012. 12)

산업부, 실용화 해체기술 확보를 위해 국가 로드맵 수립(2013. 6)



자료: 박동규 외(2014)

<그림 2> 주요국 영구정지, 해체완료 현황

주요국들의 해체 추진주체는 원전사업자와 공공기관으로 대별된다. 미국, 프랑스, 일본 등은 자율 경쟁적 원전시장에서 원전사업자들이 부지재활용을 위해 전담팀 등을 구성하는 등 원전해체를 총괄 추진하고 있다. 반면 영국, 이탈리아, 스페인 등은 독과점 원전사업자가 비용 최소화를 위해 원전해체에 소극적임을 감안하여 별도 전담기관이 해체를 하도록 하고 있다.

<표 1> 영구정지원전 보유 국가들의 해체사업 체계

국가	보유 원전	영구 정지 원전	해체사업 주관	비고
미국	132	32	원전사업자	
프랑스	70	12	원전사업자	운영사(EDF) 산하에 해체조직(CIDEN)
일본	59	11	원전사업자	
영국	45	29	전담기관	국영 해체전문기관(NDA) 주도
러시아	38	5	원전사업자	
독일	36	27	원전사업자	
우크라이나	19	4	원전사업자	
스웨덴	13	3	출자회사	운영사 공동출자 전문기관(SKB) 설립
스페인	10	2	전담기관	국영 해체전담기관(ENRESA) 설립
벨기에	8	1	원전사업자	운영사 파산시 전담기관(ONDRAF) 수행
이태리	4	4	전담기관	국영 해체전담기관(SOGIN) 설립

자료: 박동규 외(2014)

해체기술 개발 면에서 정부는 교과부의 “원자력시설 해체 기반기술 개발계획”과 연계하여 실용화 중심의 “원전해체 상용화 R&D 로드맵”을 수립하여 응용기술 등 다양한 기술 확보방안을 강구하고 있고, 해체에 필요한 재정 및 자금 확보 면에서도 원전 해체비

용 현실화, 기존 원전해체 총당부채 중 일부 현금화, 합리적인 현금화 단가를 도출하기 위한 국내 해체비용 평가 프로그램을 통해 해체비용을 체계적으로 재평가하는 작업이 이루어지고 있다.

상기한 바와 같이, 최근 국내에서 원전 해체의 효율적 추진 체계 및 전략, 관련기술의 발전 등에 대한 논의는 활발하게 이루어지고 있으나 원전 해체가 지역사회 및 국민경제 등에 미치는 파급효과에 대한 연구는 극히 미흡한 상황이다. 이는 기초 자료나 근거가 없는 상황에서 관련연구가 진행되고 국가 및 지자체의 정책이나 제도가 결정되는 것과 같은 불합리한 상황이라고 할 수 있다.

이러한 제반 상황을 고려하여, 본 연구는 설계수명이 도래하는 고리 1호기 해체를 가정 한 시뮬레이션을 통해 원전 해체가 지역사회에 미치는 다양한 경제적 파급효과를 분석하고 시사점을 제시하는 것을 목적으로 한다. 제시된 연구목적의 달성하기 위해 본 연구는 다음과 같이 구성된다. I장 서론에 이어 II장에서는 선행연구의 검토 및 본 연구의 차별성에 대해 기술한다. III장은 원전 해체비용의 구조 및 분석모형의 도출에 대해 논의하고, IV 장은 입지상 분석, 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수 및 기간별 경제적 파급효과 등 분석결과를 정리한다. V장에서는 본 논문의 결론을 도출하고 시사점을 제시한다.

2. 선행연구의 검토 및 본 연구의 필요성

2.1 선행연구의 검토

국내에서 지금까지 원전 해체의 지역사회에 대한 파급효과 관련 연구는 없었다. 지역산업연관분석과 관련해서는 관광 등 여타 산업에서의 신규 개발이나 입지가 해당 지역사회에 미치는 연구들이 있지만³⁾, 내용 및 방법론 면에서 이 선행연구들과 본 연구의 관련성은 거의 없다고 할 수 있다.

외국 연구 중에서 본 연구에 시사점을 제공할 수 있는 연구로는 Western Illinois University 산하 Rural Economic Technical Assistance Center(2007)의 연구를 들 수 있는데, 이는 일리노이 주 및 미국 전역에 대한 IMPLAN Data Package⁴⁾를 이용하여 일리노이 소재 Zion 원전의 해체가 지역사회에 미치는 파급효과를 분석한 것이었다. 원전 해체가 지역사회에 미치는 파급효과의 유형을 경제적 산출물(원전 해체로 인해 산출된 제화 및 용역의 가치), 고용창출, 고용에 따른 소득 증가, 정부/지자체 수입으로 나누었으며 원전 해체의 직/간접효과 및 유발효과를 측정하였다. 연구 결과, 총 10억 달러가 투입될 것으로 보이는 본 해체사업은 인근 지자체(일곱 개 counties)들에 5.3억 달러의 생산유발효과, 10년간 2,690명의 고용 및 1.9억 달러의 임금 창출, 6,950만 달러의 세수 증대를 가져올 것으로

3) 김현환, 최영배, 김대관, 박효연(2013) 등

4) 미국의 산업연관분석 Package의 일종이다.

분석되었다. 또한 광역지자체인 일리노이 주에는 10년간 6.1억 달러의 생산유발효과, 3,170명의 고용 및 2.1억 달러의 임금 창출, 8,120만 달러의 세수 증대를 가져올 것으로 분석되었다.

Vandellios I 원전은 1972년 3월에 운전이 개시되어 1989년 10월에 화재로 인해 운영이 정지되었다. 이 사고로 인해 방사능 유출은 없었지만 재가동에는 여러 문제가 있어, 1998년 원전의 소유권을 원전해체전문기구인 ENRESA로 이전하고 이 기관 주도로 스페인 최초의 원전해체가 시작되었다. 원전 해체로 인해 Tarragona 지역에 약 4억 달러의 투자유발효과, 1,700만 달러의 소비유발효과, Baix Camp 지역에는 1억 8천만 달러의 투자유발효과, 1,100만 달러의 소비유발효과를 발생시키는 것으로 분석되었다⁵⁾. 또한, Tarragona 지역에 1억 달러의 직접유발효과와 7,600만 달러의 간접유발효과를, Baix Camp 지역에 4,800만 달러의 직접유발효과와 4,200만 달러의 간접유발효과를, Municipalities 지역에 4,600만 달러의 직접유발효과와 4,300만 달러의 간접유발효과를 발생시키는 것으로 분석되었다. 세 지역 모두 고용유발효과는 직접투자효과로 인한 고용유발이 대부분을 차지하고 소비유발효과로 인한 고용증가는 미미한 것으로 나타났다.

2.2 연구의 필요성 및 중요성

전술한 선행연구에서 볼 수 있듯이 지역경제 파급효과에 대한 연구는 다양한 분야에서 활용되고 있으나, 국내에서 원전 해체에 적용된 적은 없었다. 해외의 원전해체 사례를 보면, 1973년에 가동된 미국 Zion 원전은 수리비용이 폐로비용을 넘자 수명을 15년이나 남기고도 해체에 들어갔으며, 현재 미국 32기, 독일 27기, 일본 11기가 해체 중에 있다.

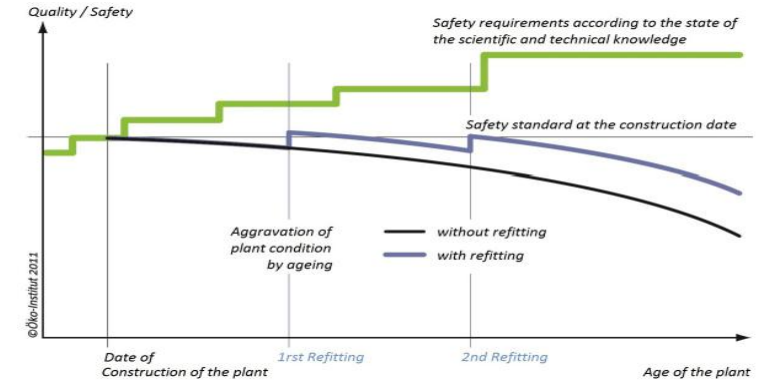
원전 문제는 경제성의 원칙보다 안전성의 원칙을 우선시해야 하는데, <그림 3>은 원전의 안전수준이 시간이 지남에 따라 점차 불확실성에 직면한다는 것을 보여준다⁶⁾.

<그림 3>을 보면 원전은 건설 후 즉시 안전성이 하락하는 것을 볼 수 있다. 원전은 건설과 동시에 안전성 측면에서 불확실성이 존재한다는 것이다. 계획된 원전 수명 도중 1차 및 2차 중간보수로 안전성이 높아진다. 하지만 이러한 중간보수 효과는 일시적이며, 설계된 원전 수명이 지난 시점부터는 안전성이 급격하게 하락함을 보인다.

현재 우리나라는 월성 1호기 수명연장을 계획 중에 있고, 이미 고리 1호기는 계획수명을 10년 연장하여 가동 중이다. 2015년 원자력안전위원회는 상기한 안전성 위협을 고려하여 고리 1호기의 해체를 결정한 바 있다. 동 원전은 2017년 6월 19일자로 영구정지에 들어갈 계획으로 있어 안전하고 효율적인 해체대책 수립이 시급한 상황이다.

5) 보다 자세한 내용은 Bond, Palerm and Haigh(2004) 참조.

6) Greenpeace, Lifetime extension of ageing nuclear power plants Entering a new era of risk(S. Mohr, J. Breuer, S. Kurth, C. Pistner, 2014) 참조



자료 : Greenpeace(2014).

<그림 3> 원전노후와 안전성의 관계

미국 등 선진국에서는 원전수명이 남아 있어도 안전성과 경제성을 고려하여 해체를 결정한 사례도 여럿 발견되며, 월성 1호기는 2009년 6,000억을 들여 보수 작업을 진행했는데, 이 보수비용은 해체비용을 상회하는 수준으로서 경제성 측면에서도 원전해체가 필요할 수 있음을 시사한다.

이러한 상황에서 정부와 한수원(주)은 해체의 핵심 절차인 부지 처리에 대해 주민과 갈등 중이며, 해체 관련법과 제도의 정비도 제대로 이루어지고 있지 않다. 또한 국내 원전해체 기술력의 한계, 막대한 비용의 문제가 대두되고 있으며 해체 시 실업 증가 및 각종 보조금 감소와 관련하여 인근지역의 경제 활성화 대책도 필요하다. 이러한 제반 이슈는 후쿠시마 원전 사고, 한수원(주)의 원전부품 납품비리, 국내 일부 원전의 수명 도래 등을 계기로 우리 사회의 주요 갈등으로 대두될 가능성이 크다.

원전 해체를 효율적으로 대비하기 위해서는, 실제 해체가 이루어질 때 그것이 지역사회에 어떤 경제적 파급효과를 미치는가에 대한 분석부터 선행되어야 하지만 지금까지 이와 관련된 국내 연구는 전무했던 것이 사실이다. 국내 최초의 원전 해체가 결정된 현 시점에서 이것이 인근 지역경제에 어떠한 영향을 미칠 것인가는 해당 지역과 원전사업자를 넘어 정부와 전국민의 관심사이며, 이에 대한 분석결과는 향후 해체와 관련된 각종 갈등과 문제를 해결하기 위한 출발점이 될 것이다.

본 연구는 현재 해체가 계획되어 있는 고리 1호기를 대상으로 한다. 현재 부산시는 건설예정 원전까지 포함해 우리나라 원전의 약 81%가 몰려있는 원전 초밀집 지역이다. 그리고 원자력 시설 해체기술종합연구센터 유지를 적극적으로 추진하며 원전해체산업의 허브

를 자처하고 있어 부산시의 동 센터 유치 및 원전해체산업 허브 역할의 수행을 가정하였다. 본 연구는 또한 다양한 시뮬레이션을 통해 원전해체의 경제적 파급효과를 분석하고 해당 지역 및 국민 경제에 대한 시사점을 제시하고자 한다. 우리나라는 원전해체 경험이 아직 없다는 점에서 시사점은 몇 가지 해외사례와 비교하여 제시한다.

3. 분석방법론 및 원전 해체비용의 구조

3.1 연구의 의의 및 데이터

한 경제 시스템 내의 1개 산업에 자금이 투입되면 그 자금은 그 산업에만 영향을 미치는 것이 아니고 이 산업과 연관되어 있는 여러 다른 산업에도 영향을 미친다. 다른 산업에 미치는 영향에는 직접적 영향과 간접적 영향이 있는데, 간접적 영향은 파생되므로 이를 승수적 효과라고도 한다. 또한 경제적 효과는 수익적 관점에서만 평가(Private Analysis)할 것이 아니라 사회, 문화적 효과까지도 고려한 사회적 평가(Social Analysis)가 보다 객관적이고 합리적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 원전해체의 경제적 파급효과가 단일 산업에만 발생하지 않고 여타 산업에도 영향을 미친다는 점을 고려하여 '산업연관분석'을 분석의 도구로 채택하였다.

산업연관분석은 국민경제 내의 각 산업에서 생산되는 제화 및 서비스가 국민경제 내의 다른 산업에 투입되는 구조, 즉, 거래 관계를 행렬형식으로 기록한 것이다. 산업연관분석은 국민경제 전체의 거시적 분석뿐만 아니라 산업과 산업 간의 연관관계까지도 분석이 가능하기 때문에 구체적인 경제구조를 분석하는데 유리하다는 점에서, 원전해체산업과 다른 산업 간의 관계를 쉽게 분석할 수 있다. 뿐만 아니라 최종 수요가 생산, 고용, 소득 등 국민경제에 미치는 각종 파급효과를 산업부문별로 나누어서 분석할 수 있으므로, 원전해체 산업부문의 최종 수요 변화가 여타 산업에 미치는 영향(생산, 고용, 소득 등의 관점에서)을 도출해 낼 수 있다. 그러므로 산업연관분석은 원전해체와 관련된 경제정책의 수립 및 예측에서 유용한 분석도구로 활용될 수 있다.

고리 1호기 해체의 경제적 파급효과를 분석하기 위한 과정을 단계적으로 설명하면 다음과 같다. 첫째, 한국은행에서 발표하는 '2013년 전국 및 지역산업연관표'를 활용하였다. '2013년 지역산업연관표'는 지역 간 교역을 반영한 자료로서 어느 한 지역에 투입 시 산업별로 전국적으로 파급되는 효과를 분석할 수 있다. 둘째, '2013년 지역산업연관표'의 생산·부가가치·고용유발계수를 활용하여 원전해체(고리 1호기)시 경제적 파급효과를 분석하였다. 셋째, 원전해체 기간에 따른 경제적 파급효과를 별도로 도출하였다. 넷째, 본 연구를 해외 사례와 비교분석하여 시사점을 도출하였다.

3.2 원전 해체비용의 구조 및 내역

한수원(주)은 1996년 "원전 2기 기준으로 밀폐관리(5~10년) 후 해체철거"를 해체전략으로 결정하고, 이를 토대로 원전의 해체비용을 산정하였다. 당시 해체비용 산정은 다음과 같은 사항을 가정하여 이루어졌다.

- ① 해외 원전해체 사례를 기준으로 추정비용 산정
- ② 원전(웨스팅하우스 900MWe 경수로) 운영종료 후 10년간 밀폐관리 후 해체
- ③ 해체폐기물 처분비용은 호기당 14,500드럼에 여유도 30%를 적용하여 평가한 해체폐기물 발생량을 토대로 산정

상기 제반 가정을 토대로 2004년과 2012년에 호기당 해체비용을 산정한 바 있으며, 이의 산정구조 및 내용은 <표 2>와 같다. 2012년에 재산정한 해체비용은 1) 밀폐관리 및 철거비용에 연도별 물가상승률(2.3%)을 적용하였고, 2) 2012년도 재산정한 중·저준위방사성폐기물 관리비용(1,310.35만원/드럼⁷⁾, 참고로 2003년도 처분단가는 385만원/드럼)을 반영한 해체폐기물 처분비용 등으로 구성되어 있다. 2012년도 해체비용에는 예비비 항목이 추가 반영되었는데, 호기당 해체비용 중에서 해체폐기물 처분비용을 제외한 비용(3,098억 원)에 일정 비율(15%)을 적용하여 산출했다.

<표 2> 원전 해체비용의 산정구조 및 내용

단계	내용	기간	비용(억 원)		
			2004년	2012년	
1단계	밀	운전 종료전 사전준비	-2 ~ 0년	1,436	3,098
2단계	폐	연료이송, 냉각수 제거	0 ~ 1년		
3단계	관	저장조 냉각 후 연료 반출	1 ~ 6년		
4단계	리	시설유지 및 밀폐관리	6 ~ 10년	1,089	
5단계	철	원자로 등 주요계통 철거, 오염계통 및 건물제염, 건물 철거, 부지복원	11 ~ 13년		
6단계	폐	기	-	726	2,470
	물	해체폐기물 처분			
	처				
	분				
기타		예비비(밀폐관리+철거비)의 15%	-	-	465
합계				3,251	6,033

자료: 방사성폐기물관리비용 산정 최종보고서(2012. 12)

7) 2012년 방폐물처분비용 = 관리비용(1,193만원) + 지역수수료(63.75만원) + 운송료(53.6만원)

호기당 원전 해체폐기물 발생량은 발생량 산정기준⁸⁾에 기초하고 독일 원전 해체폐기물량의 평균을 바탕으로 산정한 14,500드럼에 여유도 30%를 반영하여 18,850드럼으로 결정하였다.

3.3 산업연관분석 방법론

1) 산업연관표의 기본구조

산업연관표는 일정기간 중에 발생한 모든 재화와 서비스의 거래를 금액단위로 작성한 것이다. 한 나라의 경제는 소비, 투자, 수출 등 최종 수요가 생산을 유발하고 그 생산 활동의 결과 부가가치로서 소득이 발생하며, 발생한 소득은 차기의 최종 수요로 다시 지출되는 형태로 순환된다. 이러한 국민경제의 순환 중 최종수요가 어떠한 구조에 따라 생산을 유발하는가를 다루고 있는 것이 산업연관분석이다. 그리고 일정기간(보통 1년) 동안 국민경제 내에서 재화와 서비스의 생산 및 처분과정에서 발생하는 모든 거래를 일정한 원칙에 따라 행렬 형식으로 기록한 종합적인 통계표를 '산업연관표'라고 한다.

산업연관표에서는 재화와 서비스의 거래를 산업 상호간의 중간재 거래부문, 각 산업부문에서의 노동, 자본 등 본원적 생산요건의 구입부문 및 각 산업부문 생산물의 최종소비자에게로의 판매부문 등 세 가지로 구분하여 기록한다.

산업연관표는 두 가지 방향으로 읽을 수 있는데 표의 세로방향은 각 산업부문이 재화 및 용역을 생산하기 위하여 지출한 생산비용의 구성, 즉 투입구조를 나타낸다. 이는 원재료 투입을 나타내는 중간투입(Intermediate Inputs) 부문과 임금, 이윤, 이자, 간접세 등 본원적 생산요소의 구입비용을 나타내는 부가가치(Value-Added) 부문으로 구분되며 그 합계를 총 투입액이라 한다. 표의 가로 방향은 각 산업부문의 생산물의 판로구조, 즉 배분구조를 나타내는 것으로 중간재로 판매되는 중간수요(Intermediate Demand) 부문과 소비자, 자본재, 수출상품 등 최종재로 판매되는 최종수요(Final Demand) 부문의 두 부분으로 나뉘어진다. 중간수요와 최종수요를 합한 것을 총 수요액이라 하고 여기서 수입을 공제한 것을 총 산출액이라 하는데 각 산업부문의 총산출액과 이에 대응되는 총 투입액은 항상 일치한다.

2) 생산유발효과 추정 방법

- 8) 해체폐기물 발생량 산정기준
- 원자력형 및 발전용량에 관계없이 동일한 양의 폐기물 발생
 - 원자로 설계 수명은 40년(단, 고리 1호기와 월성 1호기는 30년)
 - 해체방법은 운전종료 5년 후 3년간 해체, 해체폐기물은 동 기간 중 균일하게 발생

산출승수(Output Multiplier)는 어떤 산업부문의 산출물에 대한 최종 수요 1단위를 충족하기 위해 직·간접적으로 유발된 전체 산업부문의 산출액을 의미하고, 이것은 생산유발계수 행렬에서 열의 합계이다. 산출승수는 직접효과(Direct Effects)와 간접효과(Indirect Effects)의 합으로 구성된다.

<표 3> 산업연관표의 기본구조

	중간수요						최종수요	수입(공제)	총산출액	
	1	2	·	·	·	n				
중간투입	1	X_{11}	X_{12}	·	·	·	X_{1n}	Y_1	M_1	X_1
	2	X_{21}	X_{22}	·	·	·	X_{2n}	Y_2	M_2	X_2
	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
	n	X_{n1}	X_{n2}	·	·	·	X_{nn}	Y_n	M_n	X_n
부가가치	V_1	V_2	·	·	·	V_n				
총 투입액	X_1	X_2	·	·	·	X_n				

<표 3>을 이용하면 각 생산물의 수급관계는 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} + Y_1 - M_1 &= X_1 \\
 X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} + Y_2 - M_2 &= X_2 \\
 &\vdots \\
 X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + Y_n - M_n &= X_n
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

<표 4> 투입계수표의 형식

	1	2	·	·	n
1	$a_{11} = X_{11}/X_1$	$a_{12} = X_{12}/X_2$	·	·	$a_{1n} = X_{1n}/X_n$
2	$a_{21} = X_{21}/X_1$	$a_{22} = X_{22}/X_2$	·	·	$a_{2n} = X_{2n}/X_n$
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
n	$a_{n1} = X_{n1}/X_1$	$a_{n2} = X_{n2}/X_2$	·	·	$a_{nn} = X_{nn}/X_n$
부가가치	$v_1 = V_1/X_1$	$v_2 = V_2/X_2$	·	·	$v_n = V_n/X_n$
계	1	1	·	·	1

그리고 <표 4>의 투입계수를 이용하여 식 (1)을 표현하면 다음 식(2)와 같다.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + Y_1 - M_1 = X_1$$

$$\begin{aligned}
 a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n + Y_2 - M_2 &= X_2 & (2) \\
 &\vdots \\
 a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nn}X_n + Y_n - M_n &= X_n
 \end{aligned}$$

다음으로 식 (2)을 행렬식으로 표현하면 식 (3)과 식 (4)와 같이 된다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A \cdot X + Y - M = X \quad (4)$$

행렬 A는 투입계수행렬, 벡터 X는 총 산출액 벡터, 벡터 Y는 최종수요 벡터, 그리고 벡터 M은 수입액 벡터를 나타낸다. 식 (4)를 X에 대하여 정리하면 식 (5)와 같이 되는데, 식 (5)에서 $(I-A)^{-1}$ 을 생산유발계수행렬 또는 레온티에프 역행렬이라고 한다.

$$\begin{aligned}
 X - AX &= Y - M \\
 (I - A)X &= Y - M & (5) \\
 X &= (I - A)^{-1}(Y - M)
 \end{aligned}$$

한편 식 (5)의 생산유발계수 $(I-A)^{-1}$ 은 식 (6)과 같이 전개될 수 있다.

$$(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots \quad (6)$$

식(6)의 의미를 살펴보면 우변에서 단위행렬 I는 각 산업부문 생산물에 대한 최종수요가 1단위씩 발생할 때, 이를 충족시키기 위한 각 산업부문의 직접생산효과가 되며 A는 각 산업부문의 생산물 1단위 생산에 필요한 중간재 투입액, 즉 1차 생산파급효과가 된다. A^2 은 1차 생산파급효과로 나타난 각 산업부문 생산물 생산에 필요한 중간재 투입액, 즉 2차 생산파급효과가 되며 마찬가지로 A^3, A^4, \dots 는 각각 3차, 4차, ... 생산파급효과가 된다. 따라서 $(I-A)^{-1}$ 은 최종수요 1단위 증가에 따라 유발되는 직·간접 생산파급효과를 합한 생산유발계수를 의미한다.

3) 부가가치유발효과 추정 방법

최종수요와 부가가치의 관계는 최종수요의 발생이 생산을 유발하고 유발된 생산이 부

가가치를 창출하는 과정으로 설명할 수 있다. 최종수요와 부가가치유발효과를 분석하기 위한 기본적인 모형은 $X=(I-A^d)^{-1} \cdot Y^d$ 와 부가가치 벡터 $V=\widehat{A}^v X$ 을 결합한 것인데, 이 식의 $\widehat{A}^v(I-A^d)^{-1}$ 을 부가가치유발계수행렬이라고 한다.

$$V = \widehat{A}^v(I-A^d)^{-1} \cdot Y^d \quad (7)$$

산업별 부가가치유발계수는 생산유발계수표에 부가가치투입계수를 곱한 부가가치유발계수행렬인 $\widehat{A}^v(I-A^d)^{-1}$ 을 열벡터로 더하여 계산한다. 여기에서 산업별 부가가치유발계수는 어떤 산업에서 생산한 생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생할 경우 국민경제 전체에 직·간접으로 유발되는 부가가치 단위를 나타낸다.

3.4 해체비용 내역과 산업분류와의 연계

고리 1호기의 해체에는 <표 2>에 나타나 있는 바와 같이 총 6,033억 원이 투입될 것으로 추정된다. 그 본 연구는 파급효과를 도출하는 것이 목적이기 때문에 투입비용의 구조를 <표 5>에 나타나 있는 바와 같이 조정하고 산업연관표 상의 산업분류와 일치시킨다. 투입비용이 적용되는 산업연관표의 산업분류는 국내에서 원전해체의 경험이 없기 때문에, RETAC(2007)을 참고하였다.

<표 5> 고리 1호기 해체비용 내역과 산업분류와의 연계

단계	해체비용 내역	산업연관표 산업분류	비용
			(억 원) 2012년
-2~0년	설계비	전문, 과학 및 사업지원 서비스	506.59
	특수장비 구매비	기계 및 장비	168.86
	연구개발비	전문, 과학 및 사업지원 서비스	84.43
1~10년	국가차원에서 투입되는 비용(합계)		759.88
	연료이송 및 냉각수 제거비	수도, 폐기물 재활용	422.16
	지장조냉각 및 연료반출	수도, 폐기물 재활용	422.16
	밀폐 및 차폐격리비	수도, 폐기물 재활용	422.16
	원자로 해체, 방폐물 처리	건설	506.59
11~13년	건물 해체, 방폐물처리	건설	726.11
	건물해체, 부지복원	건설	303.95
	부산시에 투입되는 비용(합계)		3,563
6단계	폐기물 처분	해체폐기물 처분 - 경주시에 투입되는 비용	2,470
기타	예비비(밀폐관리+철거비)의 15%		-
원전해체 1호기 당 총 투입 비용(합계)			6,033

자료: 산업부, 우리나라 원전해체 정책방향(2013)

주) 한국은행 산업분류표 산업분류, RETAC(2007) 등을 참조하였다.

4. 분석결과 및 시사점

4.1 연구의 도출과정

한국은행에서 발표한 '2013년 전국 및 지역산업연관표'를 기준으로 분석하였다. 그리고 산업부의 '우리나라 원전해체 정책방향(2013)'을 참고하여 원전해체비용이 투입되는 지역을 설정하였다. 이에 따르면, 연료이송 및 냉각수 제거, 저장조 냉각 및 연료 반출, 건물 해체 등의 산업은 부산시에 비용이 투입되며, 해체폐기물 처분은 경상북도 경주시에 투입된다. 그리고 설계비, 특수장비 구매비, 연구개발비는 국내 전 지역에 비용이 투입될 것이다. 따라서 부산시와 경주시에 투입되는 비용은 '2013년 지역산업연관표'를 활용하여 분석하였으며, 국가 전반적으로 비용이 투입되는 것은 '2013년 전국산업연관표'를 활용하여 분석하였다.

4.2 고리 1호기 해체로 인한 생산 및 부가가치·고용유발효과

<표 6>에는 한국은행 '2013년 전국 및 지역산업연관표' 기준으로 산업별 생산유발계수의 결과가 나타나 있다.

<표 6> 원전해체 관련 산업별 생산유발효과

지역	구분	수도, 폐기물 및 재활용서비스	건설
부산	해당 지역	1.311	1.263
	타 지역	0.570	1.020
	합계	1.881	2.283
수도, 폐기물 및 재활용서비스			
경상북도	해당지역	1.268	
	타 지역	0.593	
	합계	1.861	
		전문, 과학 및 사업지원 서비스	기계 및 장비
국가전반(전국)	전국	1.638	2.297

주) 지면관계상 원전해체비용이 투입되는 산업만 작성하였다.

생산유발계수는 최종수요 1단위가 발생될 때 각 산업부문이 전 산업에 파급 6시킨 직·간접 생산유발 효과를 의미한다. <표 6>에 있는 바와 같이, 부산지역 생산유발계수 중 해당지역에서 발생하는 생산유발계수는 수도, 폐기물 및 재활용서비스 1.311, 건설 1.263이며, 타 지역에서 발생하는 생산유발계수는 0.570, 1.020으로 나타났다. 경주시가 포함된 경상북도의 해당지역에서 발생하는 생산유발계수는 수도, 폐기물 및 재활용서비스 1.268이며,

타 지역에서 발생하는 생산유발계수는 0.593으로 나타났다. 그리고 전국적으로 적용되는 부문에서 전문, 과학 및 사업지원 서비스는 1.638, 기계 및 장비는 2.297로 나타났다. 예를 들어 부산시 수도, 폐기물 및 재활용서비스 부문이 1.311라는 것은 수도, 폐기물 및 재활용서비스 부문에 1원이 투입될 때마다 부산시 지역경제에 직·간접 효과를 통하여 1.311원의 생산효과를 유발시킨다는 것을 의미한다.

고리 1호기 해체에 따른 총 투입비 6,033억 원⁹⁾과 전출한 해체폐기물처리비, 밀폐관리 및 철거비 등의 추징액에 위의 계수들을 적용하면, 본 해체사업으로 인해 부산지역의 수도, 폐기물 및 재활용서비스 부문에 1,266.48억 원¹⁰⁾이 투입되어, 해당지역 1,660.36억 원¹¹⁾, 타 지역 721.89억 원¹²⁾, 총 2,382.25¹³⁾억 원의 생산유발효과가 창출되며, 건설 부문에 1,536.65억 원¹⁴⁾이 투입되어, 해당지역에 1,940.79억 원, 타 지역에 1,567.38억 원의 생산유발효과가 창출되는 것으로 나타났다. 경상북도에는 수도, 폐기물 및 재활용서비스부문에 2,470억 원¹⁵⁾이 투입되어, 해당지역에 3,131.96억 원, 타 지역에 1,464.71억 원의 생산유발효과가 창출되는 것으로 나타났으며, 국가 전반적으로 비용이 투입되는 전문, 과학 및 사업지원서비스 부문과 기계 및 장비 부문은 각각 591.02억 원, 168.86억 원이 투입되어 968.09억 원, 50.15억 원의 생산유발효과가 창출되는 것으로 나타났다.

<표 7> 원전해체 관련 산업별 부가가치유발효과

지역	구분	수도, 폐기물 및 재활용서비스	건설
부산	해당 지역	0.607	0.424
	타 지역	0.163	0.296
	합계	0.770	0.720
수도, 폐기물 및 재활용서비스			
경상북도	해당지역	0.590	
	타 지역	0.184	
	합계	0.774	
		전문, 과학 및 사업지원 서비스	기계 및 장비
국가전반(전국)	전국	0.805	0.618

주) 지면상의 이유로 원전해체 비용이 투입되는 산업만 작성하였다.

9) <표 5>의 원전해체 1호기 당 총 투입 비용 참조

10) 부산지역의 수도, 폐기물 및 재활용서비스 투입금액 = 연료이송 및 냉각수 제거비(422.16억 원) + 저장조냉각 및 연료반출(422.16억 원) + 밀폐 및 차폐격리비(422.16억 원)

11) 투입비용 × 해당지역 생산유발계수

12) 투입비용 × 타지역 생산유발계수

13) 투입비용 × (해당지역 생산유발계수 + 타지역 생산유발계수)

14) 부산지역의 건설 투입금액 = 원자로 해체, 방폐물처리비(506.59억 원) + 건물 해체, 방폐물처리비(726.11억 원) + 건물해체, 부지복원비(303.95억 원)

15) <표 5>의 해체폐기물 처분 비용 참조

부가가치유발계수는 최종수요 1단위가 발생될 때 각 산업부문이 전 산업에 파급시킨 직·간접 부가가치효과를 나타낸다. <표 7>에 있는 바와 같이, 원전해체 시 부산시에 투입되는 비용에 대한 산업분류의 해당지역 부가가치유발계수는 수도, 폐기물 및 재활용서비스 0.607, 건설 424이며, 타 지역에 발생하는 부가가치유발계수는 각각 0.163, 0.296으로 나타났다. 경상북도에 투입되는 비용에 대한 수도, 폐기물 및 재활용서비스 부분은 해당지역 0.590, 타 지역 0.184로 나타났다. 그리고 전국적으로 적용되는 전문, 과학 및 사업지원 서비스는 0.805, 기계 및 장비는 0.618로 나타났다. 예를 들어 부산시 수도, 폐기물 및 재활용서비스의 부가가치유발계수가 0.607이라는 것은 수도, 폐기물 및 재활용서비스에 1원이 투입될 때마다 부산시 지역 경제에 직간접적으로 0.607원의 부가가치유발효과가 발생한다는 것을 의미한다.

고리 1호기 해체에 따른 총 투입비 6,033억 원과 전술한 해체폐기물처리비, 밀폐관리 및 철거비 등의 추정액에 위의 계수들을 적용하면, 본 해체사업으로 인해 부산지역의 수도, 폐기물 및 재활용서비스 부분에 1,266.48억 원이 투입되어, 해당지역 768.75억 원, 타 지역 206.44억 원, 총 975.19¹⁶⁾억 원의 부가가치유발효과가 추정되며, 건설 부문에 1,536.65억 원이 투입되어, 해당지역에 651.54억 원, 타 지역에 454.85억 원, 총 1,106억 원의 부가가치유발효과가 추정되는 것으로 나타났다. 경상북도에는 수도, 폐기물 및 재활용서비스부분에 2,470억 원이 투입되어, 해당지역에 1,457.30억 원, 타 지역에 454.48억 원, 총 1,911.78억 원의 부가가치유발효과가 추정되는 것으로 나타났으며, 국가 전반적으로 비용이 투입되는 전문, 과학 및 사업지원서비스 부분과 기계 및 장비 부분은 각각 591.02억 원, 168.86억 원이 투입되어 475.77억 원, 104.36억 원의 부가가치유발효과가 추정되는 것으로 나타났다.

<표 8>에는 '2013 전국산업연관표' 근거한 산업별 고용유발계수가 나타나 있다.

<표 8> 원전해체 관련 산업별 고용유발효과

	수도, 폐기물 및 재활용서비스	건설	전문, 과학 및 기술서비스	기계 및 장비
고용유발효과	7.6	10.1	13.4	6.6

주) 지면상의 이유로 원전해체 비용이 투입되는 산업만 작성하였다.

고용유발계수는 최종수요 1단위가 발생될 때 각 산업부문이 전 산업에 파급시킨 고용효과를 나타낸다. 이러한 고용유발계수는 특정 산업의 경제활동이 어느 정도의 일자리 및 고용기회를 제공하는가를 측정하는 지표이다. <표 8>에서 나타나 있는 바와 같이, 해당 산업의 고용유발계수는 수도, 폐기물 및 재활용서비스 7.6, 건설 10.1, 전문 과학 및 기술서비스 13.4, 기계 및 장비 6.6로 나타났다. 예를 들어 건설 산업의 고용유발계수는 10.1로

16) 투입비용 × (해당지역 부가가치유발계수 + 타지역 부가가치유발계수)

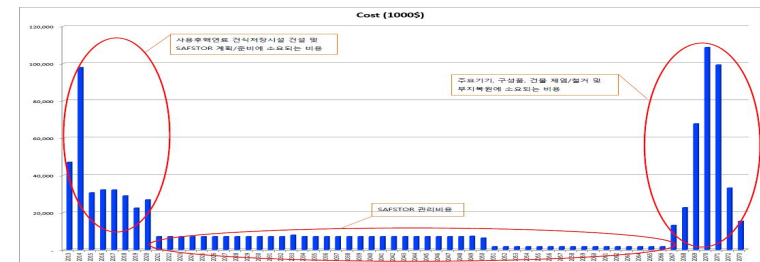
나타났는데, 이는 최종수요 10억 원을 건설업에 투입했을 때 이에 따른 고용창출효과가 10.1명임을 의미한다. 따라서 고리 1호기 해체로 인한 해체폐기물처리, 밀폐관리 및 철거 등의 각종 사업으로 인한 고용유발효과는 수도, 폐기물 및 재활용서비스 2,840명, 건설 1,553명, 전문 과학 및 기술서비스 791명, 기계 및 장비 111명, 총 5,295명으로 추정된다¹⁷⁾.

4.3 해의 사례와 비교한 기간별 경제적 파급효과

고리 1호기 해체사업의 기간별 비용투입구조를 추정하기 위해 외국 해체사례의 분석을 통해 투입비용의 시계열적 변화를 살펴보았다. 이를 통해 해체사업의 시기나 단계에 따라 어떠한 투입비용의 변화가 있는지를 살펴보고 이를 바탕으로 본 해체사업의 연도별 투입비용 및 경제적 파급효과를 분석했다.

1) Kewaunee 원전 지연해체사례

미국의 Kewaunee 원전은 2013년 7월 1일 운전을 정지하고 관련 규정에 따라 60년 이내에 해체사업을 종료(2073년 12월 4일)하는 지연해체방식(SAFSTOR)으로 원전 해체를 결정했다. 본 원전의 해체비용 추정치가 해체공정에 따라 어떻게 계획되는지를 살펴보았다. 원전 영구정지 후에 바로 사용후핵연료를 인출하여 보관할 수 있는 건식저장설비(ISFSI)를 건설하고, SAFSTOR를 위해 계획 및 준비하는데 소요되는 비용이 해체사업 초기에 집행된다. 약 50년에 걸친 휴면기간(Dormancy) 동안에 설비 유지비(대부분이 인건비)가 지출된다. 이후 약 5~6년에 걸쳐 주요 구성기기, 부품 및 건물 등에 대한 제염/철거작업과 부지복원 작업에 비용이 소요된다. <그림 4>은 Kewaunee 원전의 해체공정에 따라 소요되는 비용을 보여주고 있다.

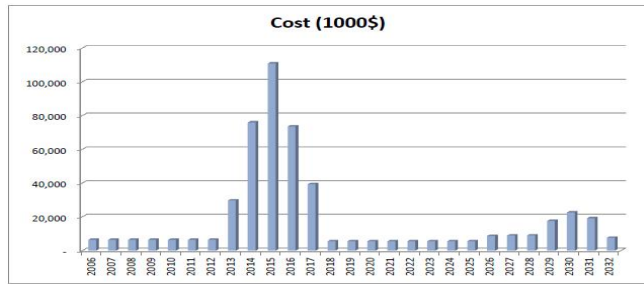


<그림 4> Kewaunee 원전 해체공정일정에 따른 해체비용

17) 해당산업 고용유발계수 × 0.1(단위 조정) × 투입금액(<표 5> 및 <표 10>, <표 14> 참조)

2) Zion 원전 1·2 호기 즉시해체사례

1997년 2월 21일 영구 정지한 Zion 원전은 2개 호기를 동시에 운영종료하기 위해 1호기는 별도의 휴면기간을 반영한 해체공정을 바탕으로 해체비용을 평가하였다. <그림 5>에서 보듯이 2012년까지는 휴면기간으로서 설비유지비가 일부 지출되었을 뿐이며, 2013년부터 2017년까지는 즉시해체 준비 및 대형기기 제거에 소요되는 비용이 집중적으로 투자될 예정이다. Zion 2호기 해체와 연계하기 위해 2018년부터 2028년까지 추가적인 휴면기간을 고려하여 비용이 계상되었다. 2029년부터 2032년까지는 부지복원 및 인허가 종료를 위해 소요되는 비용을 고려하였다. <그림 5>에서 보듯이, 해체일정에 따른 소요 비용은 준비과정, 주요기기 절단 및 제염 과정에 많은 해체비용이 수반된다는 것을 알 수 있다. 즉시해체와 지연해체의 시기별 해체비용 면에서의 주된 차이는 설비유지비가 필요한 휴면기간에 있다.



<그림 5> Zion 원전 1·2 호기 해체공정일정에 따른 해체비용

3) Kewaunee, Zion 해체사례와 비교 및 고리 1호기 기간별 경제적 파급효과

아래의 <표 9>에는 2017년부터 15년간 본 해체사업으로 인한 기간별 경제적 파급효과가 나타나 있다. 국내에서는 원전해체 경험이 없기 때문에 한국수력원자력(2014), 산업통상자원부(2013), Kewaunee Power Station(2013), RETAC(2007) 등을 참고하여, 원전해체준비단계 2년, 냉각수 제거 및 밀폐관리 10년, 건물해체 및 부지복원 3년, 총 13년 동안의 원전해체기간을 가정하였다. <그림 4>과 <그림 5>와 마찬가지로 <그림 6>의 고리 1호기 원전 해체공정일정도 원전해체 초기 단계와 마지막 단계에 비용이 집중적으로 투입된다. 하지만 Kewaunee 원전의 경우 지연해체방식을 채택함으로써 SAFSTOR관리기간에서 고리1호기와 차이가 있으며, Zion 원전의 경우 2개 호기(1·2호기) 동시해체로 인해 고리1호기와 투입비용면에서 차이가 있다.

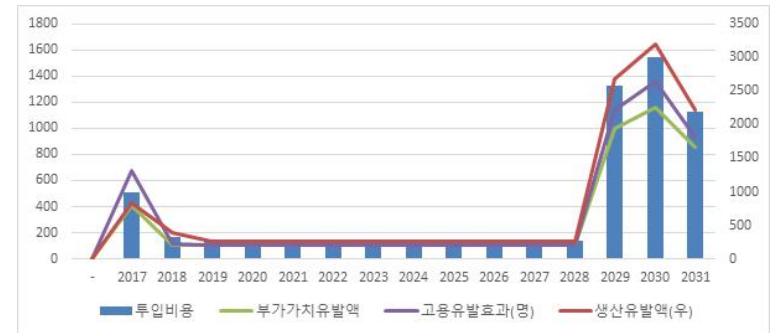
<표 9>에 나타나 있는 바와 같이 고리 1호기의 운영정지 및 해체가 2017년부터 현실화 되고 전술한 바와 같은 해체비용 6,033억 원이 투입될 경우, 15년간 11,843억 원의 생산유발효과, 4,573억 원의 부가가치유발효과가 기대된다. 그리고 15년간 5,295명의 고용창출효과가 기대된다.

<표 9> 고리 1호기 해체의 기간별 경제적 파급효과

(단위: 억 원)

년도	투입금액	생산유발액	부가가치유발액	고용유발효과(명)
2017	506.59	829.79	407.80	678.83
2018	168.86	387.87	104.35	111.44
2019	135.09	252.05	104.31	107.56
2020	135.09	252.05	104.31	107.56
2021	135.09	252.05	104.31	107.56
2022	135.09	252.05	104.31	107.56
2023	135.09	252.05	104.31	107.56
2024	135.09	252.05	104.31	107.56
2025	135.09	252.05	104.31	107.56
2026	135.09	252.05	104.31	107.56
2027	135.09	252.05	104.31	107.56
2028	135.09	252.05	104.31	107.56
2029	1329.92	2688.76	1002.00	1137.38
2030	1549.44	3189.93	1160.05	1359.10
2031	1127.28	2226.14	856.10	932.72
합계	6,033.01	11,843.05	4,573.48	5,295.15

주) <표 5>과 산업부, 우리나라 원전해체 정책방향(2013)에 근거하여 투입금액 비중을 산정하고 그에 따른 기간별 경제적 파급효과를 산출했다.



(단위 : 억 원)

<그림 6> 고리 1호기 해체의 기간별 경제적 파급효과

4.4 고리 1호기 해체로 인한 세수 유입

개인소득세 및 법인세 과세 대상은 부산시 지역산업연관표의 부가가치(피용자보수(임금) + 영업잉여(사용자 이윤) + 고정자산소모 + 간접세)에 포함되어 있는 피용자보수(임금)와 영업잉여 부분으로 나눌 수 있다. <표 10>에는 2013년 전국산업연관표에 의해 산출된 피용자보수, 영업잉여, 고정자산소모, 기타생산세(간접세) 유발계수가 나타나 있다.

피용자보수는 고용주가 피용자에게 지급한 현금 또는 현물형태의 급여는 물론 피용자를 위하여 사회보장기금, 연금기금 및 보험에 납부한 고용주분담금을 포함한다. 또한 피용자의 퇴직급여에 충당하기 위하여 당기에 적립한 퇴직급여충당금도 피용자보수에 포함된다. 영업잉여는 산업부문의 생산활동에 참여한 자본에 대한 대가이며 부가가치총액에서 피용자보수, 고정자산소모, 간접세를 뺀 잔액과 같다. 이 영업잉여는 생산주체의 투입구조상 영리를 목적으로 하는 산업에서만 발생하며 정부 및 가계에 봉사하는 비영리서비스생산자의 부가가치에는 나타나지 않는다. 고정자산소모는 기계장치 등의 고정자산이 일정기간 동안 생산에 사용됨으로써 발생하는 물리적 감모, 진부화 및 일상적인 손실 등에 따른 가치감소를 말한다. 간접세(보조금 공제)는 부가가치세나 특별소비세와 같이 생산자에게 부과되어 생산비에 포함됨으로써 결국 그 부담이 소비자에게 전가되는 조세를 말한다.

<표 10> 원전해체의 피용자보수, 영업잉여, 기타생산세(간접세) 유발효과

산업분류	피용자보수	영업잉여	고정자산소모	기타생산세(간접세, 보조금공제)
기계 및 장비	0.1967	0.0901	0.0685	0.0012
수도, 폐기물 및 재활용서비스	0.2093	0.0878	0.1952	0.0032
건설	0.2640	0.0350	0.0300	0.0050
전문, 과학 및 기술서비스	0.3956	0.1100	0.0809	0.0031
소계	1.0656	0.3230	0.3747	0.0126

고리 1호기 해체에 투입될 비용¹⁸⁾에 위 <표 10>의 산업분류 각각의 유발계수를 곱하고 더하면 원전해체로 인해 창출될 피용자보수, 영업잉여, 간접세 등을 산출할 수 있는데, 그 결과는 각각 1,454.74억 원, 462.07억 원, 834.84억 원, 21.67억 원으로 나타났다. 개인소득세 및 법인세 규모는 상기한 피용자보수와 영업잉여에 개인소득세 및 법인세율¹⁹⁾을 곱하여 산출하였다. 그 결과 피용자보수에 대한 개인소득세 부과로 238.67억 원, 영업잉여에 대한

18) <표 5> 및 각주 10), 14) 참조

19) 특정 세율을 산출하는데 어려움이 있기 때문에 개인소득세는 과세표준 1,200만원 ~ 4,600만원 이하 세율인 15%와 4,600 ~ 8,800만원 이하 세율은 24%의 평균값인 19.5%를 가정, 법인소득세는 과세표준 2억 원 초과 ~ 200억 원 이하의 세율인 20%를 가정하여 산출함

법인세 부과로 92.14억 원, 간접세로 인해 21.67억 원으로 총 352.48억 원의 세수가 고리 1호기가 해체되는 15년의 기간 중 나타날 것으로 예측된다.

4.5 해외사례와의 비교분석

국내에서는 아직까지 원전해체 사례가 없어 본 연구결과와 해외사례와의 비교분석이 필요하다고 판단된다. 최근의 해외사례 중 우리나라에 가장 의미 있는 시사점을 던져 줄 수 있는 사례로 미국의 Zion 원전 해체사례를 들 수 있다. Zion 원전은 1,040MW급 2개 호기로 구성되어 있는데, 해체 개시 후 10년간 약 10억 달러(2007년 기준가격)의 비용이 소요될 것으로 예상된다. 따라서 1개 호기의 해체에는 2007년 기준으로 5억 달러가 소요되는데 고리 1호기의 설비용량은 587MW로서 Zion 원전과 규모상의 차이는 어느 정도 있다 하더라도, 2013년 말 기준 불변가격을 적용하고 영구정지부터 복원/종료까지 13년이 소요된다고 가정한다는 점에서 위의 호기당 해체비용 5억 달러는 고리 1호기 해체비용 6,033억 원에서 크게 벗어나지 않는 가격이라 할 수 있을 것이다.

RETAC(2007)이 분석한 Zion 원전 해체의 지역사회에 대한 파급효과가 <표 11>에 요약되어 있다. 해당 원전의 해체로 인한 직간접 및 유발효과와 세수 효과를 종합하면, 총 10억 달러가 투입될 것으로 보이는 본 사업은 지역사회(7개 counties)에 5.3억 달러의 직간접 및 유발효과, 10년간 2,689명의 고용 및 1.9억 달러의 임금 창출, 6,950만 달러의 세수 증대를 가져올 것으로 분석되었다. 또한 원전해체로 인한 산출물, 고용, 임금 등 지역사회에의 기간별 경제적 파급효과는 해체 개시 후 5년까지 급격하게 증가하다가 7년차부터는 급격하게 감소한다는 사실도 발견되었다.

<표 11> Zion 원전 해체가 지역사회에 미치는 경제적 파급효과

	Illinois 주	7개 county 지역	합계
Economic output	\$612.9M	\$532.1M	\$1,145M
Employment	3,170.9	2,689.3	5860.2
Employment compensation	\$214.6M	\$189.6M	\$404.2M
Public revenues	\$57.9M(연방정부) \$23.3M(지자체)	\$50.4M(연방정부) \$19.1M(지자체)	\$108.3M(연방정부) \$42.4M(지자체)

자료: RETAC(2007)

상기한 분석결과는 2개 호기 해체를 상정한 것이므로 고리 1호기와 같이 1개 호기만 해체 시에는 절반 정도의 파급효과를 예상할 수 있을 것이다. 우리나라와 미국의 원전관련 규제, 시장구조, 세제 등에서의 차이를 감안해야겠지만, 1,040MW급 2개 호기의 원전을 해

재할 경우 상기한 정도의 지역사회 파급효과가 유발된다는 것을 감안하여 향후의 국내 원전해체 정책 및 계획을 수립해야 할 것이다.

4.6 분석결과의 종합

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다. 고리 1호기 해체가 2017년부터 현실화될 경우, 소재지인 부산시를 포함한 전국에 15년 동안 11,843.05억 원의 생산유발효과, 4,573.48억 원의 부가가치유발효과, 5,295.15명의 고용유발효과가 기대된다. 세수 유입을 살펴보면, 피용자보수에 대한 개인소득세 부과로 238.67억 원, 영업잉여에 대한 법인세 부과로 92.41억 원, 간접세로 인해 21.67억 원 등 총 352.48억 원의 세수가 15년의 해체기간 중 발생할 것으로 분석되었다.

상기한 파급효과는 고리 1호기 해체로 인하여 신규로 발생하는 각종 유발효과라고 할 수 있는데, 이에 반해 기존에 가동 중이던 원전이 중단됨으로써 지역사회에 미치는 파급효과도 고려해야 할 것이다. 이러한 효과들을 정리하면 다음과 같다. 우선 고리 1호기가 포함된 고리원전본부에는 부산시 등 주변지역 출신 근로자 386명(한수원(주), 한전KPS 포함, 2012년 기준 전체 근로자 2,526명의 15.28%에 해당)이 근무하고 있다. 고리 1호기의 발전출력은 604MW로서 고리원전본부에 속하는 원전 6기의 전체 출력(5357MW)의 11%에 해당되는데, 이 만큼의 주변지역 근로자의 고용이 중단되거나 보직이 변경될 것으로 예측된다. 2012년 기준 고리원전본부는 407억 원을 납부하여 주변지역 지방세수의 25%를 차지했는데, 이러한 지방세수도 고리 1호기의 전체 출력 비중인 11% 만큼 줄어들 것으로 전망된다.

<표 12> 고리원전본부 근무자 현황 (단위: 명)

구분	주변지역 출신		타지역 출신		합계	
	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS	한수원	한전KPS
고리	324 (14.4%)	62 (21.9%)	1,920 (85.6%)	220 (78.1%)	2244	282

자료: 한수원(주)

주) 1. ()내는 4개 원전본부 전체인력 중 주변지역 출신 비중

2. 주변지역 범위: 부산광역시 기장군 장안읍, 일광면, 울산시 울주군 서생면

고리 1호기 해체를 위한 운영정지에 들어가면 전력 판매량에 따른 정부와 한수원(주)의 각종 지역사회 지원도 중단된다. 총 지원금액은 고리 1호기의 연간 전력판매량에 연동되는데, 그 유형 및 금액은 다음의 <표 13>에 나타나 있는 바와 같다. 구체적으로 전력판매량 kWh 당 0.25원이 지역협력사업비, 0.5원이 지역자원시설세, 1.2원이 원자력연구기금으

로 지원되도록 되어 있다. 이에 따라 2008-12년 기간 중 연평균 10.6억 원(지역협력사업비), 21.3억 원(지역자원시설세), 51.1억 원(원자력연구기금)이 지역사회에 지원되었는데, 고리 1호기가 운영정지되면 이러한 지원이 중단될 것으로 전망된다.

<표 13> 고리 1호기 가동에 따른 지역사회 지원 유형 및 금액

구분	2008	2009	2010	2011	2012	5년 평균
연간판매량 (GWh)	4,605	4,824	4,903	4,396	2,554	4,256
지역협력사업비(천원)	1,151,250	1,206,000	1,225,750	1,099,000	638,500	1,064,100
지역자원시설세(천원)	2,302,500	2,412,000	2,451,500	2,198,000	1,277,000	2,128,200
원자력연구기금(천원)	5,526,000	5,788,800	5,883,600	5,275,200	3,064,800	5,107,680

5. 결론 및 시사점

1950년대 후반부터 시작하여 1970년대 본격 상업운전을 시작한 1세대 원전들은 설계수명이 완료되었고 1970년대 이후 운전개시된 2세대 원전들도 일부 노후 원전은 설계수명이 완료된 상황이다. 그 외의 많은 원전들도 설계수명 완료예정일이 다가오고 있어 원전 해체는 우리나라에도 현실적이고 직접적인 문제로 대두되고 있다. 현재 가동 중인 우리나라 원전들은 1970~80년대에 건설된 설계수명 30~40년의 2세대 원전으로서, 2030년까지 12기(9,716MW), 2035년까지 2기(2,000MW)의 원전이 설계수명이 만료될 전망이며, 계속운전 여부에 따라 향후 20~30년 사이에 해체될 계획이다.

고리 1호기를 포함한 노후 원전의 해체 계획 및 전략은 국내 유일의 원전 운영기업인 한수원(주)의 전반적인 경영에도 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 2014년 2월 현재 한수원이 운영 중인 원전은 23기, 20,716MW 용량인데, 이러한 상황에서 고리 1호기의 운영 정지 및 해체는 그 자체로는 587MW급 원전 1기가 없어지는 것에 불과하고 전체 용량에서 차지하는 비중도 2.8%에 그쳐 표면적인 파급효과는 미미하다고 할 것이다. 그러나 향후 80년대 초반에 건설된 3개(고리 2-3 및 월성 1호기)의 원전이 추가해체에 들어갈 경우, 약 3,000MW의 용량 감축이 예상되어 한수원(주)의 경영은 물론 우리나라의 전체 전력 공급계획에 미치는 파급효과도 상당할 것으로 판단된다.

산업부에 의하면 2030년까지의 원전 비중 목표 29%에 필요한 원전 설비량은 42.7GW로 추정된다. 그런데 현 시점에서 2024년까지 15.2GW의 11기의 신규 원자력 발전 건설이 확정되어 36GW의 설비규모가 확보되어 있다. 따라서 산업부는 이미 확정된 신규 원자력 발전 외에도 추가로 7GW 이상의 신규 건설이 불가피하다고 보고 있는데, 7GW의 설비용량

은 1,500MW급 신형원전 5기를 추가로 건설해야 함을 의미한다. 그런데 여기에서 70년대 후반-80년대 초반에 건설된 고리 1호기를 포함한 운영 중인 원전 4기의 해체가 향후 이루어진다면 약 10GW의 추가 원전 건설이 필요하다는 결론에 이르게 된다. 따라서 기존 원전의 해체에 따른 상당수의 추가 원전 건설이 필요하며, 이는 한수원의 전반적인 경영상황과 재무구조에 영향을 미칠 것이고 에너지기본계획의 재수립에도 이를 수 있는 것이다.

기존 원전의 해체 및 신규원전의 건설과 관련하여, 2016년 상반기 현재 원전 건설에 우호적이지 않은 국내 여론, 대상 지역 상황, 공기업 구조조정 문제, 예산 확보 등의 제반 문제에 치밀한 대응과 준비가 이루어지지 않는다면 한수원(주)의 경영은 물론 원전관련산업 전반에 상당한 변화가 유발될 것으로 전망된다. 그럼에도 불구하고 우리나라는 원전해체와 관련된 구체적 추진전략은 물론 체계도 제대로 수립되어 있지 않은 상황이며, 이러한 추진체계와 전략을 수립하기 위해서는 국내의 제반 상황 하에서 원전해체가 원전해체업자와 지역사회에 미치는 파급효과에 대한 분석이 선행되어야 하는데, 이에 대한 연구가 없었던 것이 현실이었다.

본 연구는 부산이 건설예정 원전까지 포함해 우리나라 원전의 약 81%가 몰려있는 원전 초밀집 지역이라는 점을 고려해 부산시를 원전해체산업의 허브로 가정하였다. 그리고 지역 산업연관 분석을 활용하여 고리 1호기가 해체될 경우를 가정하여 생산·부가가치·고용·유발계수를 통해 국가 및 지역사회에 미치는 경제적 파급효과를 도출하고 해외사례와 비교 분석함으로써 몇 가지 시사점들을 제시했다.

원전관리비용과 환경비용 등을 포함하면 원전을 유지하는 경우보다 해체하는 것이 경제적인 것으로 보이며, 안전성 측면에서도 해체하는 것이 바람직하다. 또한 본 연구의 파급효과는 정량화할 수 있는 최소한의 크기이며 향후 원전해체에 따른 비용/편익 분석을 수행할 경우에는 이러한 비시장적 가치 및 사회적 파급효과까지도 고려해야 할 것이다. 요컨대, 향후 연구과제로서 원전의 환경비용 및 사회적 비용에 대한 연구가 제시될 수 있을 것이다. 또한 본 연구는 원전해체 시 고용 감소, 세수 감소, 지원비 감소 등의 영향을 분석하였지만, 원전 해체로 인한 원전 불안 해소 효과, 관광 증대 효과 등 (+)의 효과도 고려해야 할 것이다.

원전해체의 경제적/비용적 분석도 중요하지만 원전해체의 실제 경험은 국가적으로도 중요한 이슈가 될 것이다. 대부분의 국내 원전이 2020-30년대에 계획수명이 종료되는데, 아직 관련업계는 해체에 대한 원천기술 조차 제대로 확보하지 못하고 있는 상황이다. 이러한 측면에서 실제 해체를 통한 원천기술 개발에 정책적 노력을 기울여야 하며 이를 바탕으로 해외 원전해체 시장에서의 진출도 염두에 두어야 한다.

본 연구의 한계점으로 일반적으로 산업연관분석은 특정 산업부문에 의한 경제적 파급효과 산정 시 외생화 기법을 적용해야 하지만, 국내에서 아직까지 원전해체가 한 건도 착수되지 않았고, 한국은행 산업연관표에 산업분류 또한 되지 않은 상황이기 때문에, 본 연구는 대분류 상에서 전체 산업부문을 대상으로 그 효과를 산정하였다는 점을 들 수 있다.

본 연구는 이를 보완하기 위해 다양한 해외 사례를 비교분석하여 시사점을 도출하였다.

본 연구결과가 향후 도래할 원전해체와 관련하여 원전 운영 및 해체업체, 지역사회 등 이해관계자의 주도면밀한 대비와 정부의 효율적인 대응전략 수립에 유용한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 김봉석 (2009), "지역산업연관모형을 이용한 경기도 전시산업의 지역경제 파급효과," 「한독경상논총」, 27(3), 47-68.
- [2] 김현관·최영배·김대관·박효연 (2013), "지역산업연관분석을 이용한 제주도 인센티브 관광의 경제적 파급효과 분석", 「관광연구」, 27(1), 229-314.
- [3] 권태현 (2004), "SAS를 이용한 산업연관분석", 청람.
- [4] 금융경제연구원 동북아경제팀 (2004), "개성공단 조성의 경제적 효과 분석", 한국은행.
- [5] 동국대학교 산업협력단 (2012), "방폐장 유치에 따른 경주지역 경제유발 효과와 지역협력 증대방안 연구용역", 한국방사성폐기물관리공단
- [6] 박동규·문주현·김동환·우재문 (2014), "원전해체의 경제적 파급효과 분석연구", 한국수력원자력.
- [7] 산업통상자원부 (2013), "우리나라 원전해체 정책방향", 산업통상자원부.
- [8] 이춘근 (2006), "지역산업연관분석론", 학문사.
- [9] 이현석 (2014), "핵발전소 폐로와 사용후핵연료 처분비용 쟁점과 정책과제", 연구보고서-최재천 의원실.
- [10] 지식경제부 (2012), "방사성폐기물관리비용 산정 최종보고서", 지식경제부.
- [11] 최춘신 (2007), "산업연관분석해설", 한국은행
- [12] 한국원자력연구원 (2014), "원자력시설 해체 종합연구 사업 예비타당성 보고서", 한국원자력연구원
- [13] 허가형 (2014), "원자력 발전비용의 쟁점과 과제", 국회예산정책처
- [14] Alan Bond, Juan Palerm and Paul Haigh (2004), "Public Participation in EIA of Nuclear Power Plant Decommissioning Projects : A Case Study Analysis," *Environmental Impact Assessment Review*, 24, 617-641.
- [15] Catherine W. Ferdinand, Black Diamond Consultants, Inc. (2005), *The Maine Yankee Decommissioning Advisory Panel : A Model for Public Participation in Nuclear Projects*.
- [16] Greenpeace (2014), *Lifetime Extension of Ageing Nuclear Power Plants: Entering a New Era of Risk*.
- [17] IAEA, (2008), *Managing The Socioeconomic Impact of The Decommissioning of Nuclear Facilities, Technical Report Series No. 464*.
- [18] Kewaunee Power Station (2013), *Post-Shutdown Decommissioning Activities Report*.
- [19] John R. Mullin, Zenia Kotval (1997), *The Closing of the Yankee Rowe Nuclear Power Plant: The Impact on a New England Community*.
- [20] OECD/NEA (2007), *Stakeholder Involvement in Decommissioning Nuclear Facilities*.
- [21] Rural Economic Technical Assistance Center(RETAC) (2007), *The Economic Impacts of Decommissioning the Zion Nuclear Power Station*.
- [22] US NRC Regulatory Guide 1.202, *Standard Format and Content of Decommissioning Cost Estimates for Nuclear Power Reactors*.