



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

박사학위논문

에너지전환 정책에 따른  
원자력 관련 산업의 구조변화와 경제적 효과 분석

Structural Change and Economic Effects of  
Nuclear Energy Related Industries under the Energy Transition Policy

2019년 2월

세종대학교 대학원  
기후변화협동과정  
유 국 희

에너지전환 정책에 따른  
원자력 관련 산업의 구조변화와 경제적 효과 분석

Structural Change and Economic Effects of  
Nuclear Energy Related Industries under the Energy Transition Policy

지도교수 전 의 찬

이 논문을 기후변화정책학 박사학위논문으로 제출함

2019년 2월

세종대학교 대학원  
기후변화협동과정  
유 국 희

유국회의 박사학위논문을 인준함

2019년 2월

심사위원장           권 태 현           (인)

심 사 위 원           손    욱           (인)

심 사 위 원           김 종 성           (인)

심 사 위 원           김 하 나           (인)

심 사 위 원           전 의 찬           (인)

## 국문초록

화석연료 중심의 에너지시스템을 신재생에너지에 기반한 공급체제로 바꾸는 에너지전환은 세계적인 흐름이다. 우리나라는 ‘에너지전환 로드맵’과 ‘제8차 전력수급기본계획’을 통해 원자력과 석탄화력 발전의 단계적 감축과 신재생에너지를 확대하는 에너지전환 정책을 추진하고 있다. 정부는 2030년까지 원자력 발전량과 석탄화력 발전량 비중을 각각 23.9%와 36.1%까지 줄이고 신재생에너지를 20.0%까지 늘리는 전력 공급 목표를 설정하였다.

원자력발전소는 가동이 영구히 정지되면 해당 시설을 철거하고 부지를 복원하는 해체 과정을 거친다. 국내 원자력발전소는 도입된 지 40년이 경과하면서 설계수명이 종료되어 해체대상이 되는 원전이 계속 늘어나게 된다. 에너지전환 정책과 함께 본격적으로 원자력발전소 해체가 시작되면서 건설과 가동 중심인 국내 원자력 산업에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구의 목적은 에너지 정책의 변화가 원자력 관련 산업에 미치는 영향과 파급효과를 정량적으로 분석하여 에너지 관련 산업을 육성하는데 필요한 정책적 시사점을 도출하는 것이다.

본 연구에서는 3개 원전 관련 부문인 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 산업 연관 효과를 분석하여 에너지전환 정책에 따른 원자력 관련 산업구조의 변화를 예측하고, 전·후방연쇄효과를 분석하여 원전 관련 산업의 특성을 파악하였다. 2050년까지 원전산업에 의한 경제적 파급효과를 전망하고, 해체 원전 부지의 재이용 방안에 대한 경제적 효과를 분석하였다. 동일한 경제구조 내에서 원전산업의 파급효과를 보다 실질적이고 종합적으로 분석하기 위해 3개 원전 부문을 투입산출표의 산업 분류에 모두 반영하였다.

원전 부문이 다른 산업에 미치는 산업연관 효과를 분석한 결과, 원전건설은 전기 및 전자기기 제조업, 1차금속제품 제조업, 금속제품 제조업, 기계

및 장비 제조업 등 원전 건설에 투입되는 기자재 공급 부문에서 생산유발 효과가 크게 창출되는 것으로 나타났다. 원자력 발전의 경우는 화학제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 석탄 및 석유제품 제조업 등 원전 운영에 필요한 물품을 생산하는 부문에서 생산유발효과가 크게 나타났다. 원전해체의 경우는 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업 등 해체작업에 주요 부분을 담당하는 부문의 생산유발효과가 크게 나타났다.

에너지전환 정책에 따라 원전건설이 중단되고 원전해체가 활발해지면, 원자력 관련 산업 부문은 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 1차금속제품 제조업, 전문·과학 및 기술서비스업 등의 생산활동이 증가하고, 전기 및 전자기기 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업 등의 생산활동이 감소하는 구조적 변화를 나타낼 것으로 전망된다.

부문별 부가가치유발효과를 분석한 결과, 원전건설 부문에서 부가가치유발효과가 큰 부문은 전기 및 전자기기 제조업, 도매 및 소매업, 금속제품 제조업, 전문·과학 및 기술서비스업 순으로 나타났고, 원자력발전 부문의 경우에는 도매 및 소매업, 화학제품 제조업, 금융 및 보험업, 사업지원서비스업 순으로 나타났다. 원전해체 부문의 경우에는 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 금융 및 보험업 순으로 부가가치유발효과가 큰 것으로 나타났다. 원전산업으로부터 투입규모가 크고, 부가가치율이 높은 부문에서 부가가치유발효과도 크게 창출되는 것으로 분석되었다.

원전 부문의 고용유발계수를 산출하여 비교한 결과, 원전해체 부문이 가장 높게 나타나 원전건설과 원자력발전 부문에 비해 투입량 대비 직·간접적인 고용유발효과가 가장 효과적인 것으로 분석되었다. 원전 1기의 해체에 따른 직·간접적인 고용효과는 총 9,380명으로 산정되었다.

원전 부문의 전·후방연쇄효과를 분석한 결과, 원전건설과 원전해체는 산업 평균보다 높은 후방연쇄효과를 나타내어 타 부문의 생산 활동에 큰 영

향을 미치는 산업으로 나타났다. 전방연쇄효과는 3개 원전 부문 모두 산업 평균 이하로 낮게 나타나 원전 부문은 최종 수요적 산업형으로 분석되었다. 생산한 전력을 다른 산업 부문에 중간재로 투입하는 원자력발전의 전방연쇄효과가 낮게 나타난 것은 제강 산업과 같이 생산품의 생산 원가 중 전기료의 비중이 상대적으로 낮은 데 따른 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 향후 2050년까지 원전 부문을 포함한 에너지 부문이 산업에 미치는 경제적 파급효과를 5년 단위의 시계열로 분석하였다. ‘제8차 전력수급기본계획’ 과 제3차 에너지기본계획 워킹그룹의 ‘에너지전환 정책 중장기 정책 방향에 대한 권고안’ 에 따른 2050년까지의 원자력, 석탄화력, 신재생에너지의 발전량 비중 변동치와 2050년까지 해체 대상 원전의 해체 일정에 따른 연도별 투입구조를 반영하여 실증분석을 수행하였다. 원전해체는 해체기간 동안 공정에 따라 산업 부문별로 투입규모가 다르게 나타나므로 세부공정별 산업별 투입구조를 반영하여 분석하였다.

에너지원별 경제적 파급효과를 분석한 결과, 원자력 발전에 의한 생산유발액은 2025년 14조 9,968억 원에서 2050년 7조 6,790억 원으로 약 49% 감소하는 반면, 원자력 발전량 감소분을 상당부분 충당하는 신재생에너지에 의한 생산유발액은 2025년 16조 8,349억 원에서 2050년 38조 9,624억 원으로 약 2.3배 증가하는 것으로 나타났다.

원전해체에 의한 생산유발액은 2025년 910억 원, 2030년 6,598억 원, 2035년 1조 2,972억 원으로 해체대상 원전 기수가 늘어남에 따라 2030년대 후반까지 증가추세를 보였다. 최대 생산유발액은 2037년 1조 8,523억 원으로 2025년의 생산유발액과 비교하여 20배 큰 값을 나타내었다. 이후 2040년 1조 1,538억 원, 2045년 5,992억 원, 2050년 8,534억 원으로 2040년대 이후부터는 감소하는 것으로 나타났다.

원전 해체에 의한 고용유발효과를 분석한 결과, 2025년 1,136명, 2030년 8,236명, 2035년 1만 6,193명, 2040년 1만 4,403명, 2045년 7,480명, 2050년 1만 653명의 고용이 창출되는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 해체 원전 부지에 태양광 발전 설비를 설치하는 경우 생산 가능한 연간 발전량을 계량화하여 해체 부지 재이용의 효과를 분석해 보았다. 신재생에너지 생산량과 경제적 효과를 평가하는 RETScreen model을 이용하여 해체대상 원전의 부지 면적과 NASA가 제공하는 기상데이터를 통해 연간 태양광 발전량을 도출하였다.

2050년까지 해체 대상인 원전 부지 전체에 태양광 발전설비를 설치하는 경우 연간 총 발전량은 약 863GWh로 나타났다. 이 발전량은 ‘재생에너지 3020 계획’ 상 2030년의 태양광 발전량 전망치인 42,322GWh의 2% 수준이다. 원전 지역별 발전설비 용량 대비 연간 발전량을 비교한 결과, 한울, 월성, 한빛, 고리 원전 지역 순으로 나타나 태양광 발전을 위한 지리적 여건은 한울 원전 지역이 타 지역에 비해 상대적으로 효율적인 것으로 분석됐다.

에너지전환 정책에 따른 산업 파급효과를 분석한 결과, 원전건설과 가동 중심에서 신재생에너지 확대와 원전해체로의 정책 전환에 따라 원자력 관련 산업의 구조와 파급효과가 크게 변화하기 때문에 이에 대비한 산업별 정책수립이 필요하다는 정책적 시사점을 얻을 수 있었다. 생산활동이 증가하고 고용유발효과가 큰 산업 부문인 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 1차 금속제품 제조업, 전문·과학 및 기술서비스업 등에 대해서는 생산활동 활성화 위한 육성정책이 필요하며, 생산활동이 감소할 것으로 예측되는 산업 부문인 전기 및 전자기기 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업 등에 대해서는 생산활동 감소에 대비한 보완대책 수립이 필요하다.

정부는 원전안전 운영과 해체산업 중심의 원전 산업구조 개편을 포함하여 에너지 전환에 따라 영향을 받게 되는 국내 산업에 대한 대책을 강구하



고 있다. 원자력 관련 산업의 구조 변화와 경제적 파급효과를 분석한 본 연구 결과가 정부의 에너지전환 정책에 따라 영향을 받는 산업별 육성 및 보완대책을 수립하는데 정책 자료로 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 에너지전환, 산업연관분석, 원전해체, 원자력 관련 산업, 태양광 발전



# 목 차

## 제1장 서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성 .....	1
제2절 연구의 목적 .....	3
제3절 연구의 범위 및 내용 .....	4

## 제2장 이론적 고찰

제1절 에너지전환 정책 및 전력수급계획 .....	9
제2절 원자력 관련 산업계 현황 및 구조 .....	18
제3절 원전해체 현황 및 비용 구조 .....	23
제4절 선행연구 분석 .....	49

## 제3장 에너지전환 정책의 산업 파급효과 분석방법

제1절 산업연관분석 .....	57
제2절 연구데이터 구축 .....	71

## 제4장 원자력 관련 산업의 구조 및 산업 파급효과

제1절 원전산업의 생산유발효과 .....	103
제2절 원전산업의 부가가치유발효과 .....	108
제3절 원전산업의 고용유발효과 .....	111
제4절 원전산업의 산업 파급효과 종합분석 .....	115
제5절 원전산업의 전·후방연쇄효과 .....	123

## 제5장 미래 원전산업의 경제적 파급효과

제1절 원전해체에 따른 경제적 파급효과 .....	129
제2절 에너지원별 경제적 파급효과 .....	137
제3절 원전해체 부지 재이용 효과 .....	145

## 제6장 결론

제1절 연구 요약 .....	151
제2절 연구의 한계 및 시사점 .....	155

참 고 문 헌 .....	159
---------------	-----

부 록 .....	167
-----------	-----

Abstract .....	189
----------------	-----

## 표 목 차

〈표 2-1〉 2050년까지 국내 가동 원전 및 설비용량 전망 .....	11
〈표 2-2〉 연도별 발전설비 용량 비중 전망 .....	14
〈표 2-3〉 연도별 정격용량 기준 전원 구성 전망 .....	15
〈표 2-4〉 2017년도 발전용 연료비 기준 시나리오의 발전량 비중 전망 ....	16
〈표 2-5〉 환경비용을 고려한 목표 시나리오의 발전량 비중 전망 .....	17
〈표 2-6〉 국내 가동 원전의 설계수명 현황 .....	25
〈표 2-7〉 해체 방사성폐기물 발생량 국제비교 .....	31
〈표 2-8〉 제염 및 철거작업 세부 역무 .....	34
〈표 2-9〉 고리 1호기 해체일정 .....	35
〈표 2-10〉 IAEA Level 1 해체분류 .....	39
〈표 2-11〉 원전해체 비용항목 및 세부 구성요소 .....	41
〈표 2-12〉 해체대상 원전 건물 .....	43
〈표 2-13〉 국내 안전관리 및 해체대상 원전 기수(2018~2050) .....	47
〈표 2-14〉 원전건설 및 발전에 대한 경제효과 분석 선행연구 사례 .....	52
〈표 2-15〉 원전해체에 대한 경제적 효과 분석 선행연구 사례 .....	54
〈표 3-1〉 투입산출표 기본구조 .....	61
〈표 3-2〉 생산유발계수표의 종류 및 특징 .....	66
〈표 3-3〉 원전관련 투입산출표 대분류 및 기본부문 산업분류 .....	73
〈표 3-4〉 투입산출표 산업 부문 재분류 항목 .....	75
〈표 3-5〉 원전해체 비용구조 도출을 위한 기본 가정 .....	77
〈표 3-6〉 표준형 원전 1기의 항목별 해체비용 구조 .....	78
〈표 3-7〉 원전해체 비용항목별 산업 부문 및 비용 .....	81
〈표 3-8〉 산업 부문별 원전해체 투입비용 .....	83
〈표 3-9〉 원전관련 고용표 대분류 및 소분류 산업분류 .....	85

<표 3-10> 고용표상 산업 부문 재분류 항목 .....	86
<표 3-11> 원전건설, 원자력발전, 원전해체 반영 고용표 .....	88
<표 3-12> 2030년까지 에너지원별 발전량 비중 .....	90
<표 3-13> 2031-2050년까지 원자력 및 신재생에너지 발전량 비중 .....	91
<표 3-14> 표준형 원전의 해체단계별 공정 기간 .....	92
<표 3-15> 원전 1기당 공정 항목별 해체비용 투입구조 .....	96
<표 3-16> 원전 1기당 산업 부문별 해체비용 투입구조 .....	97
<표 3-17> 연도별 산업 부문별 해체비용 투입구조 .....	98
<표 4-1> 원전산업에 따른 주요 산업 부문의 생산유발계수 비교 .....	117
<표 4-2> 산업 부문별 부가가치율 .....	118
<표 4-3> 원전산업에 따른 주요 산업 부문의 부가가치유발계수 비교 ...	120
<표 4-4> 원전산업에 따른 산업별 고용유발효과 비교 .....	122
<표 4-5> 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 영향력계수와 감응도계수 ...	124
<표 4-6> 산업별 영향력계수와 감응도계수 .....	125
<표 5-1> 국내 해체대상 원전 수(2050년까지 5년 단위) .....	130
<표 5-2> 원전해체에 따른 주요 산업 부문의 연도별 생산유발계수 .....	131
<표 5-3> 원전해체에 따른 주요 산업 부문의 연도별 부가가치유발계수	134
<표 5-4> 2050년까지 원자력과 신재생에너지의 발전량 비중 .....	137
<표 5-5> 2050년까지 원자력발전에 따른 생산유발액 및 증가율 .....	138
<표 5-6> 2050년까지 신재생에너지에 따른 생산유발액 및 증가율 .....	140
<표 5-7> 원자력발전과 신재생에너지의 생산유발액 비교 .....	143
<표 5-8> 원자력발전과 신재생에너지의 부가가치유발액 비교 .....	144
<표 5-9> 태양광 발전량 산정을 위한 가정 .....	148
<표 5-10> 원전별 부지 면적 및 태양광 발전설비 설치가능 용량 .....	149
<표 5-11> 원전별 연간 태양광 발전량 .....	150

## 그림 목 차

〈그림 1-1〉 연구내용 및 절차 .....	6
〈그림 2-1〉 원자력공급 산업체 매출액의 분야별 구성 .....	20
〈그림 2-2〉 원자력발전 사업체의 분야별 투자액 구조 .....	21
〈그림 2-3〉 원전해체 과정 .....	26
〈그림 2-4〉 원전해체 세부절차 .....	27
〈그림 2-5〉 해체부지 활용가능 시나리오 .....	32
〈그림 2-6〉 해체 비용평가 계층구조 .....	38
〈그림 2-7〉 해체단계별 주요 핵심기술 .....	45
〈그림 2-8〉 2050년까지 국내 원전별 해체일정 .....	48
〈그림 3-1〉 산업연관분석 절차도 .....	72
〈그림 3-2〉 표준형 원전의 해체기간 중 연차별 해체 공정도 .....	94
〈그림 3-3〉 해체기간 중 원전 1기당 산업별 투입비용 .....	100
〈그림 3-4〉 2050년까지 산업별 원전해체 중간투입액 .....	101
〈그림 4-1〉 원전건설에 따른 산업 부문별 생산유발효과 .....	104
〈그림 4-2〉 원자력발전에 따른 산업 부문별 생산유발효과 .....	106
〈그림 4-3〉 원전해체에 따른 산업 부문별 생산유발효과 .....	107
〈그림 4-4〉 원전건설에 따른 산업 부문별 부가가치유발효과 .....	108
〈그림 4-5〉 원자력발전에 따른 산업 부문별 부가가치유발효과 .....	109
〈그림 4-6〉 원전해체에 따른 산업 부문별 부가가치유발효과 .....	110
〈그림 4-7〉 원전건설에 따른 산업 부문별 고용유발효과 .....	112
〈그림 4-8〉 원자력발전에 따른 산업 부문별 고용유발효과 .....	113
〈그림 4-9〉 원전해체에 따른 산업 부문별 고용유발효과 .....	114
〈그림 4-10〉 산업 부문별 영향력계수 및 감응도계수 분포 .....	127

〈그림 5-1〉 원전해체에 따른 생산유발계수 변화 추이 .....	132
〈그림 5-2〉 원전해체에 따른 생산유발액 변화 추이 .....	133
〈그림 5-3〉 원전해체에 따른 부가가치유발액 변화 추이 .....	135
〈그림 5-4〉 원전해체에 따른 고용유발효과 변화 추이 .....	136
〈그림 5-5〉 원자력발전에 따른 생산유발액 변화 추이 .....	138
〈그림 5-6〉 원자력발전에 따른 부가가치유발액 변화 추이 .....	139
〈그림 5-7〉 신재생에너지에 따른 생산유발액 변화 추이 .....	141
〈그림 5-8〉 신재생에너지에 따른 부가가치유발액 변화 추이 .....	142
〈그림 5-9〉 RETScreen (Expert) 시작화면 .....	146
〈그림 5-10〉 원전해체 부지의 태양광 발전량 산정 절차 .....	147



# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 필요성

‘에너지전환’은 에너지시스템의 근본적인 구조 변화로 정의된다. 원자력과 석탄, 석유, 가스 등 화석연료 중심의 기존 에너지시스템을 풍력, 태양력, 수력, 바이오매스, 지열 등과 같은 재생에너지에 기반한 새로운 에너지 중심으로 대체하는 것이다(세계에너지협의회, 2014).

이 용어는 독일의 생태융합연구소가 1980년에 발간한 “Energie-Wende : Wachstum und Wohlstand ohne Erdoil”에서 처음으로 등장한다. 독일은 2030년까지 전체 전력량의 65%를 재생에너지로 생산할 계획을 가진 나라로 세계적으로 대표적인 에너지전환 정책 추진 국가이다. 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)는 전체 에너지 중 재생에너지의 비중이 2017년 25%에서 2040년에는 40%로 확대될 것으로 전망하는 등 에너지 전환이 세계적인 흐름이 될 것으로 예상된다(IEA, 2018).

우리나라에서 원자력을 이용한 전력 생산은 1978년 고리 1호기가 상업운전에 착수하면서 시작되었다. 이후 원자력발전은 양적·질적으로 확대를 계속하여 2018년 현재 총 24기의 원자력발전소가 가동 중에 있으며, 5기가 건설 중에 있다. 국내에서 생산되는 전체 전력량 중 원자력발전이 차지하는 비중은 2015년 기준으로 31.5%로 전력 에너지원 중 화력발전에 이어 2번째이다(산업통상자원부, 2016).

우리나라 원자력발전 정책은 40여 년간 확대 중심으로 추진되어 왔으나, 최근 정책적 환경변화로 인해 큰 변화를 맞고 있다. 2011년 3월 일본의 대지진에 따른 후쿠시마 원전사고는 국내에서도 원자력발전소의 안전문제를 사회 이슈화하는 계기가 되었다. 2016년 규모 5.8의 경주대지진과 2017년

포항지진으로 인해 해당 지역을 중심으로 원전의 안전성에 대한 우려가 확대되고 원전 정책에 대한 사회적 논의가 더욱 확산되었다.

2017년 정부에서는 원전의 안전성 문제와 석탄화력의 미세먼지 등 환경적 측면을 고려하여 원전과 석탄화력 발전을 줄여나가면서 신재생에너지 비중을 확대하는 에너지전환 정책을 발표하였다(산업통상자원부, 2017b).

우리나라에서 원자력발전을 시작한 지 40년이 지나면서 장기 가동되고 있는 원전이 늘어나고 있다. 설계수명 이후 계속운전으로 10년간 더 가동된 고리 1호기는 2017년부터 영구정지된 상태이다. 영구정지된 고리 1호기는 현재 해체를 위한 준비 작업이 진행되고 있다. 우리나라도 원자력발전소에 대한 해체가 현실화되고 있는 것이다.

에너지전환 정책과 원전해체의 시작은 우리나라 원자력 관련 산업계에 획기적인 변화를 가져오게 될 것이다. 2017년 10월 발표된 에너지전환 로드맵에 따르면 정부는 신고리 5, 6호기를 제외하고 현재 계획된 신규 원전 건설 계획을 백지화하고, 노후 원전은 계속운전을 추진하지 않는다고 밝혔다(산업통상자원부, 2017b). 이에 따라, 그 동안 원전건설과 가동 중심의 원자력 산업이 원전해체 산업 분야로 빠르게 바뀌어 갈 것으로 전망된다.

이 시점에서 에너지전환에 따라 원자력 관련 산업분야는 어떻게 변화하고 산업계에는 어떠한 영향을 가져 올 것인지, 앞으로의 경제적 효과는 어떠한 것인지를 파악하는 것은 에너지전환 정책에 따른 산업정책을 수립하는데 있어 의미있는 작업이 될 것이다.

## 제2절 연구의 목적

『원자력산업실태조사보고서』(원자력산업회의, 2017)에 따르면 2016년도 국내 원자력 산업분야 총 매출액은 27조 4,513억 원이며, 고용 인력은 3만 7,232명으로 조사되었고, 원자력 관련 업체수도 500여개에 달하고 있다. 이는 원자력 관련 산업계의 규모가 상당히 크고, 관련되는 산업 부문도 매우 다양함을 나타낸다.

‘에너지전환 정책’에 따라, 원자력 관련 산업계는 원전건설이 중단되고, 원전해체가 본격화되는 등 큰 변화에 직면해 있다. 이 변화는 원자력 산업계의 규모만큼 우리나라 산업에 많은 구조적 변화와 영향을 줄 것이다. 원전건설의 중지, 원전해체의 본격화에 따라 생산활동이 줄거나 늘어나는 산업 부문을 분석하고, 고용이 줄거나 늘어나는 산업 부문을 파악하는 것은 관련 산업정책 수립에 있어서 의미있는 작업이 될 것이다. 또, 이러한 작업은 ‘에너지전환’ 정책이 산업계에 미칠 부정적인 영향을 최소화하고, 긍정적인 효과를 극대화하기 위해서도 필요한 일이다.

본 연구의 목적은 산업연관분석 방법을 활용하여 원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 산업 부문의 경제적 파급효과를 분석하여 에너지 정책의 변화가 원자력 관련 산업에 어떠한 영향을 미치는지와 새로운 산업인 원전해체 부문이 국내 산업에 어떠한 산업연관효과를 유발하는지를 살펴보는 것이다. 또한, 에너지전환 정책에 따라 국내 발전 에너지원의 비중 변화와 원전해체에 따른 원자력 관련 산업의 경제적 파급효과도 파악하고자 한다.

### 제3절 연구의 범위 및 내용

산업 구조와 경제적 기여도를 분석하는 방법에는 산업연관분석(IO Analysis: Input Output Analysis), 사회회계행렬(SAM: Social Accounting Matrix), 연산일반균형모형(CGE: Computable General Equilibrium Model) 등 다양한 분석 방법이 있다.

본 연구에서는 산업 간의 연관관계와 직·간접적인 경제효과를 볼 수 있는 산업연관분석 방법을 이용하였다. 본 연구에서는 가장 최근 한국은행이 발표한 2014년 산업연관표를 사용하였고, 에너지 부문과 원자력 관련 부문을 제외한 산업구조가 동일하다는 전제에 따라 분석을 수행하였다.

에너지전환 정책이 산업계에 미치는 영향과 2050년까지 원자력발전과 해체에 따른 경제적 파급효과를 도출하기 위하여 다음의 사항을 수행하였다. 첫째, 원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 산업 부문의 연관 관계와 최종수요에 따른 각 부문 생산활동의 변화 추이를 분석하였다. 둘째, 에너지원별 비중 변화를 반영하고 원전해체 산업을 고려하여 연간 산업연관효과를 도출하였다.

국내 원전해체 산업은 2020년대 후반부터 본격화되어 2030년대와 2040년대에 활발해진 후 2040년대 이후부터 감소 추세를 보일 것으로 전망된다. 본 연구에서는 원전해체가 향후 국가경제와 관련 산업에 미치는 효과를 실질적으로 도출하기 위하여 분석 범위를 2050년까지로 설정하였다.

연구 수행에 이용된 통계자료는 2014년을 기준으로 한 원전건설, 원자력 발전에 대한 경제통계, 원전해체의 비용구조, 각종 전력통계, 에너지원별 발전량, 원자력산업 통계 등이다. 보다 실질적이고 현실을 반영한 분석이 되도록 최신 통계 및 수치자료를 수집하여 활용하였다.

도출된 결과에 대해서는 산업 정책적 측면에서 그 의미를 해석하여 시사

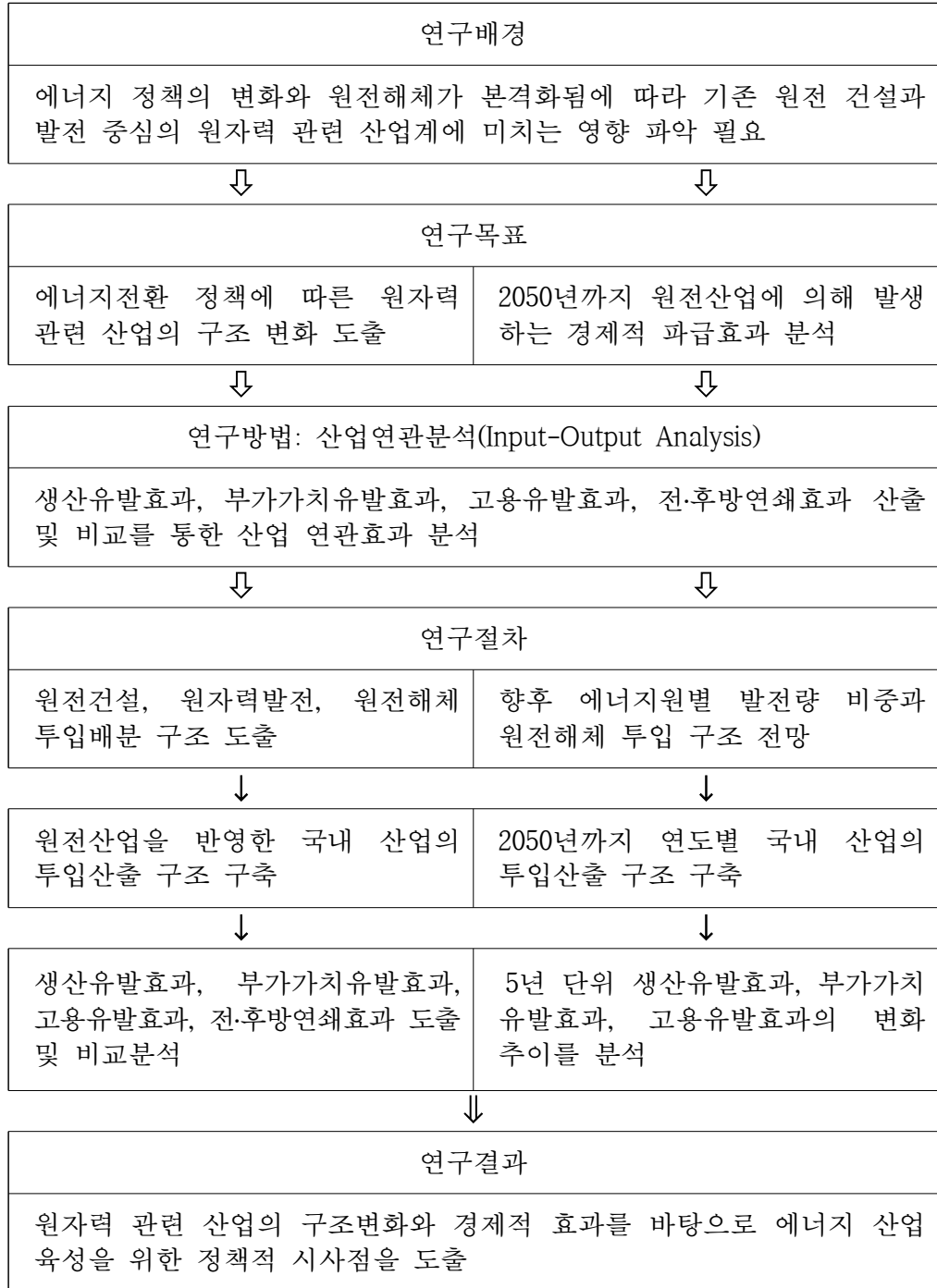
점을 도출하고 필요 시 산업계의 사례분석을 통해 결과의 신뢰성을 확인하였다. 미래 산업구조 및 에너지 전망 등 불확실성에 대해서는 가정을 통해 연구를 수행하였다.

원전해체 부지의 재이용 측면에서 신재생에너지원의 부지로 활용할 경우 편익을 계량화하는 사례분석을 제시하여 향후 정책수립에 도움을 주고자 하였다.

본 연구의 분석대상에 정부 정책의 효과에 대한 비교나 에너지원별 경제적 효과에 대한 비교 등은 포함하지 않는다. 본 연구의 목적은 에너지전환 정책이 원자력과 관련된 산업계에 미치는 영향과 구조적 변화를 분석하고, 경제적 파급효과를 예측하는 것이다. 따라서 이번 연구에서는 전력원별 비중 변화에 따른 산업연관효과나 에너지전환 정책 자체의 효과에 대한 비교 분석은 포함하지 않는다.

원자력 관련 산업계의 구조적 변화를 분석하고 예측하는 것이 본 연구의 실질적인 목표이기 때문에 투입계수를 활용한 분석에 중점을 두며, 산업연관효과에 의한 경제적 파급효과는 2050년까지 에너지원의 비중 변화와 원전해체 산업에 의한 실증적인 경제 기여도 분석을 통해 살펴보았다.

수행된 연구내용과 절차를 도식화하면 <그림 1-1>과 같다.



〈그림 1-1〉 연구내용 및 절차

제1장에서는 본 연구의 배경과 목적, 그리고 범위에 대한 설명을 기술하였고, 제2장에서는 정부의 에너지전환 정책과 원자력 산업계의 현황, 원전 해체의 이론적 사항 등을 살펴보고 선행연구의 내용과 한계점, 본 연구의 차별성 등을 기술하였다. 특히, 에너지전환 정책의 의미, 원전정책 전망, 원자력산업의 산업 간 연관성, 해체비용의 특징 등을 고찰하였다.

제3장에서는 본 연구에서 수행한 연구 방법, 사용된 데이터와 그 근거에 대해 기술하고 상세한 연구 절차를 설명하였다. 제4장에서는 원전건설, 원자력발전, 원전해체에 대한 산업연관효과 분석 결과를 설명하고 의미를 도출하였다. 제5장에서는 2050년까지의 원전산업에 따른 경제적 파급효과를 분석·정리하였다. 해체원전 부지를 태양광 발전 부지로 활용하는 경우 경제적 효과를 계량화하는 사례분석을 통해 원전해체 부지 재이용에 관한 정책적 고려사항을 제안하였다. 제6장에서는 결론을 종합하고 본 연구의 의의 및 한계와 시사점을 제시하였다.





## 제2장 이론적 고찰

### 제1절 에너지전환 정책 및 전력수급계획

#### 1. 에너지전환 정책

우리나라는 1970년 초부터 신재생에너지에 대한 관심을 갖기 시작하였으나, 에너지전환을 위한 근본적이고도 구체적인 행동을 취하지 못해 왔기 때문에 신재생에너지 개발이 매우 미흡한 실정이었다(김종달, 1998).

이러한 상황에서 2017년 6월 고리 1호기 영구정지 선포식에서 국민 안전을 최우선으로 하는 국가 에너지정책 방향이 제시됨으로써 우리나라 에너지전환 정책 추진을 위한 구체적인 행동의 시작점이 되었다. 2017년 10월 산업통상자원부에서 발표한 에너지전환 로드맵<sup>1)</sup>은 원전의 단계적 감축과 재생에너지의 확대, 그리고 이러한 정책에 따른 지역과 산업에 대한 보완대책으로 요약된다(산업통상자원부, 2017b).

원전의 단계적 감축은 신규 원전건설 백지화, 노후 원전의 계속운전 금지와 함께, 가동하는 원전을 2017년 24기에서 2022년 28기, 2031년 18기, 2038년 14기로 단계적으로 감축해 나간다는 내용이다.

우리나라의 원전 중 고리 1호기와 월성 1호기는 해외에서 도입된 원전으로 설계수명 30년으로 설계되었다. 이후 원전들은 설계수명이 40년으로 설계되었으며, 신고리 3호기부터는 60년으로 늘어났다. 고리 1호기의 경우는 설계수명이 만료된 2007년 이후 10년간 계속운전이 승인되어 가동되었으며,

---

1) 정부는 신고리 5, 6호기 공론화위원회의 정책권고('17.10.20)에 따라 신고리 5, 6호기 건설 재개를 결정하면서 원전 정책을 포함한 에너지전환 로드맵을 제45회 국무회의에서 확정하였다.

2017년에 영구정지되었다. 월성 1호기는 2015년 2월에 2022년까지 계속운전이 승인되었으나, 원전 운영자인 한국수력원자력(주)에서 조기폐쇄를 결정한 상태이다.

원전의 단계적 감축에서 나타난 가동 원전의 호기 수는 추가 건설을 추진하지 않고, 설계수명이 만료된 원전을 영구정지하여 해체를 진행하는 경우에 정해지는 수치이다. 이러한 전제를 계속 유지해 나갈 경우 2050년에 가동하는 원전 수는 9기로 줄어들게 되며, 현재 건설 중인 신고리 6호기가 2023년부터 운전을 시작할 경우 설계수명이 만료되어 영구정지되는 2083년에 우리나라는 원전제로 상황에 이르게 된다.

<표 2-1>은 2050년까지 에너지전환 정책에 따른 국내 원전 가동 기수와 해당 설비용량을 전망한 것이다. 월성 1호기는 한국수력원자력(주)의 조기폐쇄 결정을 반영하여 2019년에 영구정지하는 것으로 가정하였다. 신규 원전의 가동시점은 규제기관의 운영허가를 예측할 수 없으므로 사업자인 한국수력원자력(주)의 일정에 따라 시운전을 포함한 건설절차가 모두 완료된 후 상업운전에 착수하는 것으로 가정하였다. 이 가정에 따르면 신고리 4호기는 2019년, 신한울 1, 2호기는 2019년과 2020년, 신고리 5, 6호기는 2022년과 2023년에 각각 가동을 시작하게 된다.

<표 2-1> 2050년까지 국내 가동 원전 및 설비용량 전망

년도	가동 원전 수	가동 원전 용량 (MWe)	년도	가동 원전 수	가동 원전 용량 (MWe)
2018	24	22,529	2035	16	18,400
2019	25	24,650	2036	16	18,400
2020	26	26,050	2037	16	18,400
2021	26	26,050	2038	14	16,400
2022	27	27,450	2039	14	16,400
2023	27	28,200	2040	14	16,400
2024	26	27,250	2041	13	15,400
2025	24	25,350	2042	12	14,400
2026	23	24,400	2043	11	13,400
2027	22	23,700	2044	10	12,400
2028	20	22,050	2045	10	12,400
2029	18	20,400	2046	10	12,400
2030	18	20,400	2047	10	12,400
2031	18	20,400	2048	10	12,400
2032	18	20,400	2049	10	12,400
2033	18	20,400	2050	9	11,400
2034	17	19,400			

자료: 에너지전환 로드맵(산업통상자원부, 2017b) 및 제8차 전력수급기본계획(산업통상자원부, 2017c)을 토대로 작성

원전의 감축에 따라 감소되는 발전량은 주로 신재생에너지가 담당하게 한다는 것이 로드맵의 두 번째 핵심인 신재생에너지의 확대이다. 정부는 현재 7%인 재생에너지의 발전량 비중을 2030년까지 20%로 확대하여 원전의 축소에 따라 줄어드는 발전량을 태양광, 풍력 등 청정에너지로 충당할 계획이다.

2017년 신재생에너지 생산량 중 폐기물과 바이오매스의 비중은 78.8%이다(한국에너지공단, 2018). 폐기물을 활용한 재생에너지는 2차 환경오염을

유발할 수 있어서 엄밀한 의미에서 재생에너지로 분류하지 않는 국가들도 다수 있다. 정부에서는 이를 고려하여 신재생에너지 부문을 태양광과 풍력 중심으로 전환할 계획이다.

에너지 전환에 따라 영향을 받게 되는 지역과 산업 부문에 대한 보완 대책은 원전해체 기술의 확보와 해체산업 육성, 지역주민과 지자체의 에너지 사업 참여방안 강구 등을 내용으로 하고 있다. 특히, 해체산업과 관련해서는 고리 1호기의 해체가 2022년부터 본격적으로 시작될 것으로 예상되기 때문에 해체 기술의 확보와 함께 산업계의 적극적인 대비와 준비가 필요한 시점이다.

## 2. 전력수급계획

산업통상자원부에서는 2017년 12월 에너지전환 정책을 실행하기 위한 ‘제8차 전력수급기본계획’을 확정하여 공고하였다. 이 계획은 2017년부터 2031년까지 향후 15년간의 전력수급 전망과 전력설비 계획을 주요 내용으로 하고 있다.

이번 전력수급 계획은 수급안정과 경제성을 중심으로 수립된 기존 계획과는 달리 최근 전기사업법의 개정<sup>2)</sup> 취지를 반영하여 환경과 안전성을 고려하여 수립된 것이 특징이다. 또한, 새로운 원전정책에 대한 논란과 관심이 증대됨에 따라 이번 계획은 수립 단계에서 다양한 의견수렴 과정을 거쳤다. 2017년 7월 수요전망 및 설비계획의 초안을 공개하는 것을 시작으로 국회의 각 관련 위원회 보고와 원전 관련 단체, 지역주민, 환경단체 등이 참석한 공청회를 거쳤다. 이는 이번 계획이 기존의 전력수급기본계획과는 달리 에너지 정책, 특히 경제성을 고려하여 전력수급에 상당한 역할을 부여

2) 2017년 3월 개정된 전기사업법 제3조 제2항에는 ‘전력수급기본계획을 수립할 때 전기설비의 경제성, 환경 및 국민안전에 미치는 영향 등을 종합적으로 고려하여야 한다’라고 규정되어 있다.

해 온 원자력발전 정책에 있어서도 큰 변화를 가져왔다는 것을 의미하는 것이기도 하다.

#### 가. 제8차 전력수급기본계획 개요

기존 계획과 비교해 제8차 전력수급기본계획의 방향은 합리적이고 객관적인 수요전망, 수요관리의 이행률 제고, 전력수급 안정을 위한 적정 설비 예비율 산정, 경제성을 확보하면서 안전하고 깨끗한 발전원 구성, 이를 뒷받침하는 전력계통 인프라 구축 등으로 정리된다(산업통상자원부, 2017c).

전력수급기본계획을 수립할 때와 전력시장 및 전력계통을 운영할 때에도 경제성뿐만 아니라 환경과 국민안전에 미치는 영향을 고려하도록 전기사업법이 개정된 것은 최근 안전하고 친환경적인 전력공급에 대한 국민적 관심을 반영한 것이다.

일본의 후쿠시마 원전사고(2011. 3월)에 이은 경주지진(2016. 9)과 포항지진(2017. 11)으로 국내 원전의 안전에 대한 우려가 확산되었으며, 고농도 미세먼지가 사회문제로 부각되면서 이에 대한 근본적인 대책 요구가 크게 늘었다. 경제성 등 여러 제약이 있었던 재생에너지는 지속적인 기술개발 등으로 발전원가가 계속 하락하고 있는 추세이며, 세계적으로 발전량이 증가<sup>3)</sup>하고 있다(IEA, 2017).

제8차 전력수급기본계획은 이러한 환경변화를 고려하여 발전원의 비중에 있어서 원자력과 석탄 발전을 단계적으로 줄여 나가면서, 신재생에너지를 중심으로 친환경 에너지를 대폭 확대하도록 하였다.

---

3) IEA(International Energy Agency)(2017)의 통계자료 'World Energy Investment 2017'에 따르면 2016년도 신규 발전설비 투자 중 재생에너지가 차지하는 비중이 OECD 국가의 경우 75.8%, 전 세계의 경우 67.5%이다.

나. 장기 발전설비 계획 및 발전량 전망

2030년까지의 발전설비 용량을 결정하기 위해서는 적절한 설비 예비율을 정해야 한다. 설비 예비율은 발전기 고장, 예방정비 등 공급신뢰도와 풍력, 태양광 등 재생에너지의 출력 변동, 그리고 수요 불확실성과 공급 지연 가능성 등을 고려하여 책정하는데 이번 전력수급기본계획에서는 2030년에 22% 수준을 적정예비율로 설정하였다. 실효용량 기준<sup>4)</sup>으로 2030년 목표수요는 100.5GW, 정격용량 기준으로는 169.2GW이며, 적정 설비용량은 122.6GW이다. 기존 계획에 따른 확정 설비용량 118.3GW를 제외하면 신규로 필요한 전력설비는 4.3GW 규모이다.

2030년 목표 연도까지 에너지전환 로드맵에 따른 각 발전원별 발전설비 용량은 <표 2-2>와 같다.

<표 2-2> 연도별 발전설비 용량 전망

(단위: GW)

에너지원	2017년	2022년	2030년	비 고
원자력	22.5	27.5	20.4	노후원전 10기 폐쇄
석탄	36.9	42.0	39.9	노후발전소 10기 조기 폐지
신재생에너지	11.3	23.3	58.5	태양광, 풍력 중심
LNG	37.4	42.0	47.5	석탄 6기를 전환
기타	8.9	7.5	6.1	

자료: 제8차 전력수급기본계획(산업통상자원부, 2017c)을 바탕으로 작성

4) 실효용량은 태양력, 풍력 등과 같이 에너지원의 간헐성에 따른 발전효율을 고려한 실질적 용량을 뜻한다. 신재생에너지의 경우 2030년 발전설비 용량은 58.5GW이나 실효용량은 8.8GW이다.

신규로 필요한 발전설비는 신재생에너지를 중심으로 확대해 나가되 신재생에너지의 변동성을 감안하여 이를 보완할 수 있는 LNG 발전기와 양수발전기를 추가할 계획이다.

확정 발전설비와 신규 설비를 모두 반영한 전원 구성 결과는 2030년 정격용량 기준으로 신재생에너지(33.7%), LNG(27.3%), 석탄(23.0%), 원자력(11.7%) 순이다. 정격용량 기준으로 연도별 전원 구성 전망은 <표 2-3>과 같다.

<표 2-3> 연도별 정격용량 기준 전원 구성 전망

(단위: GW)

연도	구분	원자력	석탄	LNG	신재생에너지	석유	양수	계
2017	용량	22.5	36.9	37.4	11.3	4.2	4.7	117.0
	비중	19.3%	31.6%	31.9%	9.7%	3.5%	4.0%	100%
2022	용량	27.5	42.0	42.0	23.3	2.8	4.7	142.4
	비중	19.3%	29.5%	29.5%	16.4%	2.0%	3.3%	100%
2026	용량	23.7	39.9	44.3	38.8	1.4	4.7	152.8
	비중	15.5%	26.1%	29.0%	25.4%	0.9%	3.1%	100%
2030	용량	20.4	39.9	47.5	58.5 <sup>1)</sup>	1.4	6.1	173.7
	비중	11.7%	23.0%	27.3%	33.7%	0.8%	3.5%	100%
2031	용량	20.4	39.9	47.5	58.6	1.4	6.7	174.5
	비중	11.7%	22.9%	27.2%	33.6%	0.8%	3.8%	100%

자료: 산업통상자원부(2017c)

주 1) 실제 가동률에 따른 실효용량은 약 8~10GW 수준이다.

발전원별 실제 발전량은 에너지원의 특성과 전력계통 운영에 따른 요건 등을 고려하여 결정하게 된다. 예를 들면, 원자력이나 석탄화력은 기저부하 용으로 주로 이용하기 때문에 발전소 가동률이 다른 에너지원에 비해 상대적으로 높다.

2030년까지의 발전량 비중 전망을 보면 전력계통의 운영에 있어서도 경제급전뿐 아니라 환경과 안전을 고려하고 있다. <표 2-4>는 현행 전력시장 제도 하에 2017년도 각 에너지원의 연료비를 기준으로 하여 최적의 급전 시나리오를 적용한 에너지원별 발전량 비중을 나타낸다. 주요 특징을 보면, 신재생과 LNG의 비중은 2017년 23.1%에서 2030년에는 34.5%까지 증가하는 반면, 원전과 석탄화력의 비중은 2017년 75.7%에서 2030년에는 64.4%까지 줄어들게 된다.

<표 2-4> 2017년도 발전용 연료비 기준 시나리오의 발전량 비중 전망

연도	원자력	석탄	LNG	신재생 에너지	석유	양수	계
2017	30.3%	45.4%	16.9%	6.2%	0.6%	0.7%	100%
2030	23.9%	40.5%	14.5%	20.0%	0.3%	0.8%	100%

자료: 산업통상자원부(2017c)

<표 2-5>는 급전순위 결정시 환경비용을 고려하여 발전비용을 재조정된 시나리오에 따른 발전량 비중을 나타낸다. 이는 환경 측면에서 석탄 발전량의 감축을 위한 목표 시나리오에 따른 발전량 비중 전망이다. 원자력발전은 2017년 30.3%에서 2030년 23.9%로, 석탄화력은 2017년 45.4%에서 2030년 36.1%로 각각 감소하며, 신재생에너지는 2017년 6.2%에서 2030년 20.0%로



증가하게 된다.

본 연구에서는 정부의 에너지전환 정책을 담은 목표 시나리오에 의한 발전량 비중 전망치를 이용하여 에너지 부문의 환경변화를 반영하였다.

<표 2-5> 환경비용을 고려한 목표 시나리오의 발전량 비중 전망

연도	원자력	석탄	LNG	신재생 에너지	석유	양수	계
2017	30.3%	45.4%	16.9%	6.2%	0.6%	0.7%	100%
2030	23.9%	36.1%	18.8%	20.0%	0.3%	0.8%	100%

자료: 산업통상자원부(2017c)

## 제2절 원자력 관련 산업계 현황 및 구조

국내 원자력산업의 태동은 고리 1호기 원전 도입을 그 시작점으로 볼 수 있다. 원전 도입이 실행계획으로 구체화되기 시작한 것은 1965년경이었으나, 정부의 공식계획에 반영된 것은 1967년 수정된 제2차 전원개발 5개년계획부터 시작되었다(한국전력공사, 1981, 홍덕화, 2016).

1978년에 국내 원자력발전이 시작되고, 1980~1990년대 원전건설 및 발전사업의 국산화 과정을 거치면서 원자력 산업은 국내의 여러 산업 부문에 커다란 영향을 주었다. 원자로 및 원전 설계, 발전설비 제작, 핵연료 국산화 등이 본격적으로 추진되면서 중화학공업 부문과 밀접한 연관성을 갖게 되었고, 중전기, 정밀기기 등을 대량으로 소비함에 따라 기계 산업의 국내시장에도 많은 영향을 주었다(홍덕화, 2016).

한국원자력산업회의에서는 원자력산업실태조사<sup>5)</sup>를 매년 시행하고 있는데, 2016년도 조사결과에 따르면 원자력관련 업무가 있는 관련 사업체와 기관의 수가 약 550여개에 이른다. 그 중 원자력공급 산업체가 500여개를 점하고 있으며, 그 외는 원자력발전 사업체와 연구 및 공공기관이다. 원자력공급 산업체는 원전건설이나 원자력발전에 소요되는 부품 및 기기 등을 생산하고 공급하는 업체를 말한다.

원자력산업의 매출액 규모는 총 27조 4,513억 원이며, 이중 원자력발전 사업체가 20조 7,655억 원(75.6%), 원자력공급 산업체가 5조 5,034억 원(20%), 연구 및 공공기관이 1조 1,824억 원(4.3%)이다. 2016년도 우리나라 총산출액은 3,616조 2,720억 원이므로 이중 원자력산업의 매출 규모는 0.76%를 차지한다<sup>6)</sup>. 비원자력분야를 포함한 관련 업체 및 기관의 총 매출액

5) 1995년부터 국내 원자력발전 사업체, 원자력공급산업체, 연구 및 공공기관, 원자력관련 대학을 대상으로 매출, 투자, 인력현황을 조사하여 분석을 수행하고 있다.

6) 매출액과 근접한 비교를 위해 부가가치와 중간투입의 합인 총산출액에 대한 비중치를 계산하였다.

은 211조 5,259억 원으로 이 중 원자력분야 순 매출은 13% 수준이다.

원자력발전소 설계와 건설, 운영, 그리고 원자력관련 연구개발이 수행되면서 투입되는 원자력 산업분야의 총 투자액은 2016년도에 총 8조 3,504억 원 규모이다. 이 중 원자력발전 사업체는 7조 975억 원(88.5%), 원자력공급 사업체는 3,082억 원(3.8%), 연구 및 공공기관은 9,447억 원(11.3%)의 분포를 보였다. 가장 큰 비중을 차지하는 원자력발전 사업체의 분야별 투자비 분포를 보면, 설비투자비 2조 1,898억 원(30.9%), 원전 운영 및 정비비 1조 3,033억 원(18.4%), 폐기물처리 관련비 1조 2,055억 원(17.0%), 원전연료비 8,825억 원(12.4%), 인건비 8,160억 원(11.5%), 연구개발비 4,067억 원(5.7%)으로 나타났다.

원자력분야 종사인력은 2016년도 조사시점 기준으로 총 3만 7,232명으로 이 중 원자력발전 사업체에 1만 2,014명(32.3%), 원자력공급 사업체에 2만 2,355명(60.0%), 연구 및 공공기관에 2,863명(7.7%)이 각각 종사하고 있다.

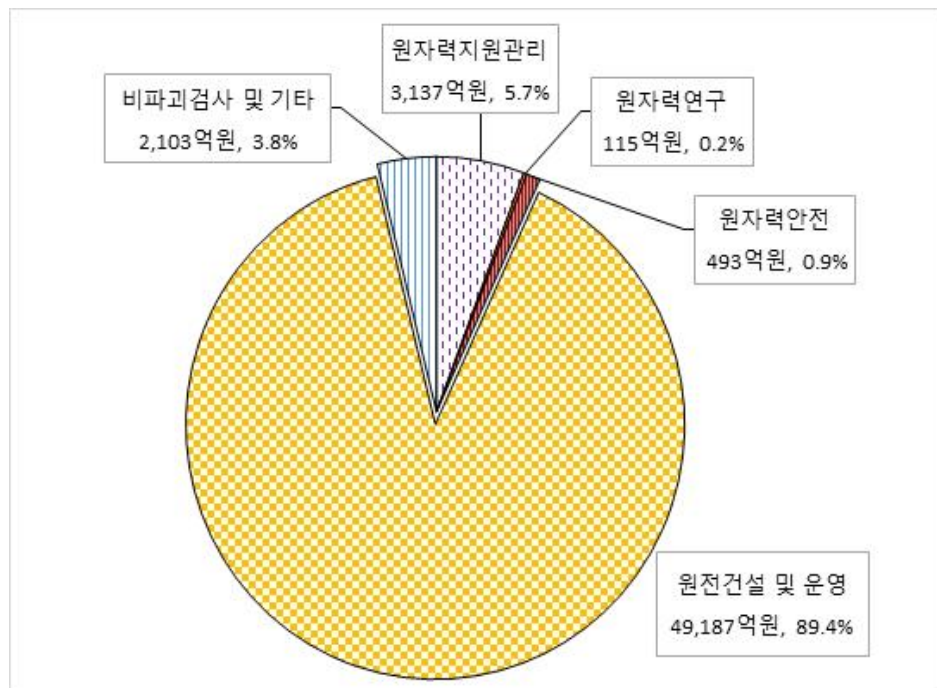
전체 종사인력 중 원전건설 및 운영 분야가 2만 404명으로 비중이 가장 높게 나타났으며, 그 외는 원자력안전분야 4,938명(13.3%), 원자력 지원 및 관리분야 5,915명(15.9%), 비파괴검사 및 기타 분야에 3,979명(10.7%), 원자력 연구개발 분야에 1,996명(5.4%) 등이다.

종사자들을 학력으로 구분하면, 학사학위자가 1만 9,236명(51.7%), 고졸이하가 6,320명(17.1%), 석사학위자가 4,125명(11.1%), 박사학위자가 1,539명(4.1%) 순으로 나타났다. 이들의 전공분포를 보면 원전 건설과 발전 부문이 다양한 기술 분야를 망라하는 종합적인 산업임을 알 수 있다. 기계 및 기계설계 전공자가 7,122명(23%), 전기전자계측제어 분야가 6,818명(22.1%)을 차지하고 있으며, 인문사회과학 전공자는 3,565명(11.5%), 원자력 및 방사선 관련 전공자는 2,520명(8.2%)의 분포를 보였다.

원자력 산업분야는 종합적인 분야로 엔지니어링에서부터 토목, 건축, 기

계, 전자, 전기 등 많은 산업분야와 연관되어 있다. 따라서 원자력공급 산업체의 매출 구조와 원자력 산업에서의 주요 투자분야를 파악하는 것은 원자력과 관련된 산업 분야의 연관성을 이해하는데 도움이 될 것이다.

2016년도 원자력산업실태조사 대상 기관 중 원자력발전소 운영 주체인 한국수력원자력(주)와 한국전력기술(주)를 제외하면 500여개 업체로 대부분이 원자력분야의 공급 산업체이며, 이중 연간 매출액이 100억 원 이상인 업체가 49개, 10억 원 이상인 업체가 95개에 이른다. 원자력공급 산업체의 매출액 5조 5,034억 원의 분야별 분포는 <그림 2-1>과 같다. 원전건설 및 운영이 4조 9,187억 원(89.4%)으로 매출액의 대부분을 차지하며, 원자력 지원 관리(5.7%), 비파괴검사 및 기타(3.8%), 원자력안전(0.9%), 원자력연구(0.2%)의 순으로 분포한다.

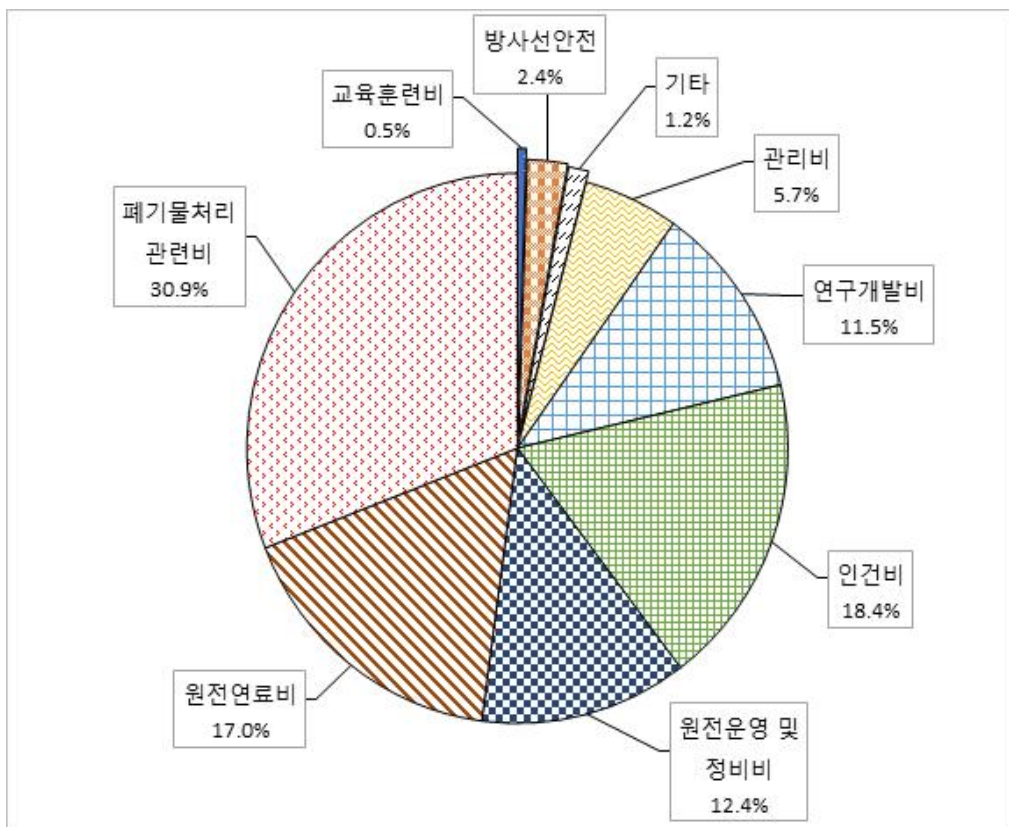


<그림 2-1> 원자력공급 산업체 매출액의 분야별 구성

자료 : 한국원자력산업회의(2017)

원전 건설 및 운영 분야 매출의 구조는 기자재 2조 931억 원(38.0%), 원전 건설 및 시공 1조 6,141억 원(29.3%), 원전 운영 및 정비 8,334억 원(15.1%), 설계 및 엔지니어링 3,723억 원(6.8%)의 순으로 구성된다.

원자력분야 투자액의 90% 수준을 차지하는 원자력발전 사업체의 투자비 7조 975억 원의 분야별 구성은 <그림 2-2>와 같다. 폐기물처리 관련비(30.9%), 인건비(18.4%), 원전 연료비(17.0%), 원전 운영 및 정비비(12.4%), 연구개발비(11.5%) 등으로 구성되며, 폐기물 처리와 원전 운영에 필요한 연료비 및 인건비가 큰 비중을 차지하고 있다.



<그림 2-2> 원자력발전 사업체의 분야별 투자액 구조

자료 : 한국원자력산업회의(2017)

그 동안 국내 원자력 산업 분야는 원전의 건설과 가동에 관련되는 산업 분야와 밀접한 연관을 가져왔다. 원전 건설과 발전 중심의 원자력발전 정책이 에너지 전환정책으로 바뀌게 되면 원자력관련 산업분야 구조에도 큰 변화와 파급효과가 나타날 수 있을 것이다.

원전해체의 경우에도 고리 1호기를 시작으로 국내 원전의 설계수명이 끝나는 원전이 지속적으로 발생하기 때문에 본격적으로 원전해체가 착수되면 해체시장이 매우 커지게 되고 이와 관련된 산업분야에 많은 영향을 줄 것으로 예상된다.

## 제3절 원전해체 현황 및 비용 구조

### 1. 원전해체 개요

원전해체는 운영이 끝난 원전시설의 철거와 부지에 대한 복원까지 포함하는 개념이다(김형국, 2015). 「원자력안전법」에서는 원전을 영구정지한 후 해당시설과 부지를 철거하거나, 방사성 오염을 제거함으로써 원자력 안전규제의 적용대상에서 배제하기 위한 모든 활동으로 정의한다. 이는 규제 관점에서 사람과 환경에게 방사성에 의한 영향을 주지 않는 상태로 복원하는 것을 의미한다. 방사성 오염물질을 제염하고, 제염이 되지 않는 폐기물을 안전하게 관리할 수 있도록 처리하는 행위가 원전해체의 가장 크고 중요한 부분이며, 이것이 다른 일반 건축물들의 해체절차와 다른 부분이다.

원자력은 원자폭탄이 일본의 히로시마와 나카사키에 투하된 후 유엔총회에서 원자력의 평화적 이용을 천명한 이래 인류가 발전용으로 이용해 온 에너지원이다. 원자력발전소는 세계적으로 60여년 넘게 운영되고 있다. 원자력발전소의 건설과 운영은 필연적으로 원전해체를 동반하게 된다.

세계적으로 원전의 영구정지와 해체 사례가 증가하고 있고, 특히 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 원전 안전에 대한 우려와 에너지 환경과 정책의 변동성이 커지면서 원전해체에 대한 관심과 사전 대비의 필요성이 매우 커지고 있다(한국방사성폐기물학회, 2014).

국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)에 따르면 세계적으로 총 615기의 원전 중 166기가 영구정지 상태이며, 이 중 이미 해체가 완료된 원전이 21기이고 해체가 진행 중인 원전이 109기에 이르고 있다(IAEA, 2018). 현재 가동 중인 원전 449기도 영구정지를 거쳐 모두 해체의 대상이 될 것이다.

우리나라도 고리 1호기를 시작으로 앞으로 설계수명이 만료되어 영구정지하는 원전이 계속 늘어날 것으로 예상된다. 설계수명은 초기 원전과 월성 지역에 설치된 가압중수로형 원전의 경우 30년이며, 신형 원전인 신고리 3호기가 60년, 이 외는 40년으로 되어 있다. 2050년까지 설계수명이 만료되는 원전은 총 21기로서 원전해체에 대한 철저한 준비가 중요한 과제로 대두되고 있다. 현재 가동 중인 국내 원전의 설계수명 현황은 <표 2-6>과 같다. 월성 1호기는 원전운영자인 한국수력원자력(주)에서 자체적으로 조기폐쇄를 결정하였으나, 현재 기준으로 원자력안전법상 원자력안전위원회로부터 10년간 계속운전을 승인받은 상태이므로 설계수명일을 2022년 11월 20일로 설정하였다.



<표 2-6> 국내 가동 원전의 설계수명 현황

발전소명	설비용량 (MWe)	운영허가일	설계수명 기간(년)	설계수명일
고리 1호기	587	1972. 05.31	30	2017. 06.18
월성 1호기	679	1978. 02.15	30	2022. 11.20
고리 2호기	650	1983. 08.10	40	2023. 04.08
고리 3호기	950	1984. 09.29	40	2024. 09.28
고리 4호기	950	1985. 08.07	40	2025. 08.06
한빛 1호기	950	1985. 12.23	40	2025. 12.22
한빛 2호기	950	1986. 09.12	40	2026. 09.11
월성 2호기	700	1996. 11.02	30	2026. 11.01
한울 1호기	950	1987. 12.23	40	2027. 12.22
월성 3호기	700	1997. 12.30	30	2027. 12.29
한울 2호기	950	1988. 12.29	40	2028. 12.28
월성 4호기	700	1999. 02.08	30	2029. 02.07
한빛 3호기	1000	1994. 09.09	40	2034. 09.08
한빛 4호기	1000	1995. 06.02	40	2035. 06.01
한울 3호기	1000	1997. 11.08	40	2037. 11.07
한울 4호기	1000	1998. 10.29	40	2038. 10.28
한빛 5호기	1000	2001. 10.24	40	2041. 10.23
한빛 6호기	1000	2002. 07.31	40	2042. 07.30
한울 5호기	1000	2003. 10.20	40	2043. 10.19
한울 6호기	1000	2004. 11.12	40	2044. 11.11
신고리 1호기	1000	2010. 05.19	40	2050. 05.18
신고리 2호기	1000	2011. 12.02	40	2051. 12.01
신월성 1호기	1000	2011. 12.02	40	2051. 12.01
신월성 2호기	1000	2014. 11.14	40	2054. 11.13
신고리 3호기	1400	2015. 10.30	60	2075. 10.29

국내에서 원자력시설에 대한 해체 경험은 소형 연구용 원자로 2기(트리거마크 II, III)와 우라늄 변환시설을 해체해 본 것이 전부이다. 해체 대상 시설 규모가 원전에 비해 매우 작은 관계로 참여 인력이 제한되었고, 기술 습득도 상당한 한계가 있는 것으로 평가되고 있다(최양규, 2015).

원전해체는 10여년 이상의 장기간이 소요되고 비용도 수천억 원에 이르는 대형 사업으로 원전건설 당시의 경제적 영향 못지않게 국가적, 지역적으로 큰 영향을 줄 것으로 예상된다(안상규 외, 2006).

## 2. 해체의 기술적 사항

### 가. 해체 과정

원전이 설계수명에 도달하면 그 시설물들을 안전하게 제거하고 해당 부지를 재활용하기 위해 방사능을 규제차원의 허용기준까지 감소시켜 원자력 안전법상의 운영허가를 종료하는 해체과정을 거치게 된다(박동규, 2014). 해체 과정은 기본적으로 <그림 2-3>과 같이 제염, 철거, 폐기물처리, 환경복원 등의 과정을 거치게 된다.



<그림 2-3> 원전해체 과정

원자력발전소는 구조물과 기기 및 계통으로 구성되어 있다. 주요 구조물을 보면 원자로가 위치한 격납건물, 보조계통들이 있는 보조건물, 터빈설비들이 있는 터빈건물 등이 있으며, 주요 기기로는 원자로, 증기발생기, 터빈, 발전기와 각종 계통의 배관, 밸브, 전자 및 전기기기 등을 들 수 있다. 이들 구조물과 기기들을 제염, 철거하고 이 과정에서 발생하는 폐기물을 안전하게 관리할 수 있도록 처리하며, 철거된 해당 부지를 재활용할 수 있도록 복원하는 일련의 절차를 일반적으로 나타내면 <그림 2-4>와 같다.



<그림 2-4> 원전해체 세부절차

자료: 서범경(2018)

### 나. 해체 전략

해체 전략에 대해서는 국제적으로 3가지 정도의 방법이 알려져 있다. 즉, 영구정지 후 해체 과정으로 바로 진입하는 ‘즉시해체’, 일정기간 안전관리 후 해체에 들어가는 ‘자연해체’, 부지 내에 밀폐 관리하는 ‘차폐격리’가

그 것이다. 해체 전략은 실현성, 안전성, 경제성, 부지의 특성 등을 감안하여 결정하게 되며, 해체 비용을 산출하고 평가하는 데에도 상당한 영향을 미친다(한국수력원자력(주), 2017).

IAEA가 내린 정의에 의하면, ‘즉시해체’는 영구정지 직후 오염된 설비, 구조물의 방사성 오염을 제거하여 무제한적 사용 혹은 규제기준을 만족하는 수준까지 제염하는 것이다. 빠른 부지 재이용이 가능하며, 발전소 운영 경험의 활용, 기금확보의 용이성 등의 장점이 있으나 상대적으로 높은 방사능으로 인해 직업자의 피폭 증가 등의 단점이 있다.

‘지연해체’는 안전저장 혹은 안전 봉인으로 방사성물질을 포함하고 있는 시설의 보관 또는 일부의 오염을 처리한 후 보관하여 일정기간 후 무제한적인 사용 혹은 규제기준을 만족하는 수준이 되도록 제염 또는 철거하는 것을 말한다. 방사능 농도를 낮추기 때문에 작업자의 피폭 저감, 고준위 또는 중준위 폐기물 발생량의 감소 등 장점이 있으나, 해체지연에 따른 비용 증가, 설비 경험인력의 유출 등 단점이 있다.

마지막으로 방사성 오염물질을 감싸는 전략으로 장반감기 핵종이 붕괴하여 시설의 무제한적 사용 혹은 규제해제가 가능한 수준에 도달할 때까지 ‘차폐격리’ 하는 방법이 있다. 체르노빌 원전 같이 사고로 인한 방사성물질 확산 방지를 목적으로 하는 것으로 국제적으로 권고하지 않는 방법이다.

3가지 해체 전략 중 원전 운영 경험자의 활용 가능성, 사회적 수용성과 부지 재이용 가능성 측면에서 최근에는 ‘즉시해체’가 많이 선호되고 있다.

#### 다. 해체 단계별 주요공정

일반적으로 원전의 영구정지가 결정되면 그 시점부터 해체를 준비하게 되는데, 세부적으로 보면 해체계획 수립, 엔지니어링 시방서 준비, 작업계획 및 절차서 준비, 그리고 「원자력안전법」에 따른 해체승인을 위한 준비

등을 수행하게 된다.

해체작업을 위한 준비단계가 시작되면 방사능으로 오염된 구조물이나 기기 및 계통에 대한 제염 작업이 수행된다. 제염은 시설이나 장비의 표면에서 세척이나 가열, 화학적 또는 전기화학적 처리, 기계적 처리, 용융 등의 방법으로 오염을 제거하는 것이다. 제염은 해체, 철거 작업 시 작업자의 피폭량을 감소시키고 안전관리 대상이 되는 방사성폐기물의 양을 줄이거나 준위를 낮춰서 폐기물 관리비용을 줄이기 위한 것이다.

다음으로 구조물과 기기에 대한 철거 작업이 수행된다. 원전시설의 설비와 구조물을 열적 또는 기계적 절단 기술을 이용하여 제거하는 것으로, 안전하고 경제적으로 작업을 수행하기 위한 기술들이 필요하다.

원전에는 규모가 큰 대형 기기들이 있는데, 격납건물내의 원자로압력용기(Reactor Pressure Vessel)와 내부구조물(Reactor Pressure Vessel Internals), 증기발생기(Steam Generator), 원자로냉각재펌프(Reactor Coolant Pump), 가압기(Pressurizer) 등을 들 수 있다. 이들 대형 기기들을 철거하기 위해서는 각종 계통의 배관, 배관지지대, 콘크리트 벽 그리고 이들과 연결되어 있는 기기 설비들을 절단해서 제거해야 한다.

원자로압력용기 내부구조물은 방사화되어 있어 저준위보다 높은 중준위 방사성폐기물로 분류되며 작업자의 피폭관리 등 안전관리를 위해 조심스러운 작업수행이 요구된다.

대부분의 설비와 시설이 철거되면 사용후핵연료 임시저장시설이 남게 된다. 사용후핵연료는 원자로에서 에너지를 발생시키고 남은 연료를 말하는데 방사능이 매우 높아 고준위폐기물로 분류된다. 사용후핵연료는 원자로에서 제거된 후에도 방사능 붕괴가 계속되어 장기간 높은 열을 방출하기 때문에 열을 제거하기 위해 일정기간 수조에 보관하여야 한다. 우리나라는 현재 사용후핵연료를 각 원전 부지 내에 임시로 저장하고 있는데 해체대상이 되면

기존의 저장시설을 활용하거나 새로운 임시저장시설을 설치하여 사용후핵연료를 보관하여야 한다. 이 시설은 고준위방사성폐기물 처분장이 건설되어 운반될 때까지 운영되어야 하며, 운반이 완료된 후 철거하게 된다.

원전에서 구조물과 설비들이 철거되면 해체 폐기물이 발생하게 된다. 해체 폐기물은 일반 폐기물과 방사성폐기물로 분류된다. 원전해체 때 발생하는 방사성폐기물의 양은 전체 해체 폐기물의 5% 미만 정도인 것으로 알려져 있다(신상화, 2017).

안전관리가 필요한 방사성폐기물의 발생량은 발전소의 설비용량, 원자로의 노형, 운전기간, 해체 방식, 폐기물 처리 및 부피 저감 방법 등에 의해 결정된다(김학수 외, 2012). IAEA에서는 1000MWe 설비용량의 가압경수로(Pressurized Water Reactor, PWR)형 원전 1기에서 발생하는 방사성폐기물 발생량을 200리터 드럼 기준으로 약 14,000드럼(약 6,200톤) 정도로 예상하고 있다. OECD의 원자력기구(NEA, Nuclear Energy Agency)에서 회원국을 대상으로 실시한 설문조사 결과로 보면 원전 1기당 평균 5000톤 이하로 예상하고 있다(송중순 외, 2015).

해체 경험이 있는 독일, 프랑스, 일본, 캐나다의 실제 해체 원전을 대상으로 평가한 방사성폐기물 발생량은 <표 2-7>과 같다. 원전해체에서 발생하는 방사성폐기물 발생량은 해체대상 원전의 운전 이력이나 해당 국가의 관리 규제, 해체전략 등에 따라 많은 편차가 있다.

<표 2-7> 해체 방사성폐기물 발생량 국제비교

(단위: 200리터 드럼)

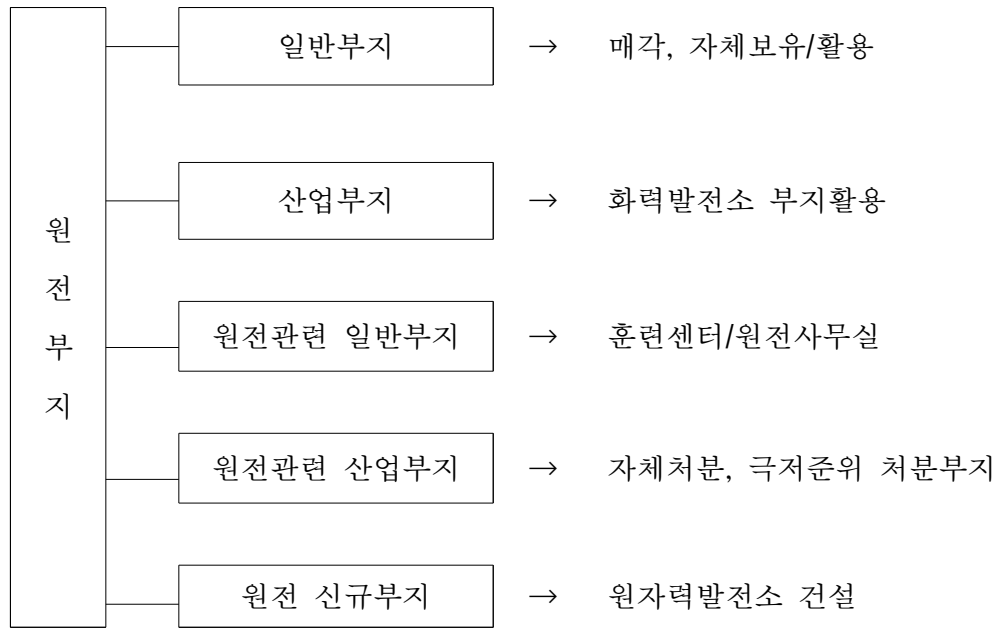
기관/국가	해체 방사성폐기물 발생량
IAEA	14,000
독일	6,600~17,500
프랑스	35,100
일본	12,400~31,000
캐나다	14,500

자료: 송중순 외(2015)

방사성폐기물을 형태별로 분류하면 금속과 콘크리트 폐기물이 90% 이상을 차지하며, 기타 가연성 잡고체, 폐수지, 폐필터, 슬러지 등이 10% 미만으로 나타난다(서범경, 2018).

제염 및 철거 작업이 완료되어 원전부지 내에 잔존하는 시설들이 모두 철거되면 부지복원 과정을 거쳐 부지를 재이용할 수 있는 상태로 만들게 된다. 부지복원이란 해체가 완료된 시설 및 부지의 잔류 방사성 물질을 제거하여 원래의 깨끗한 상태로 되돌리는 활동을 말한다(서경범, 2018).

원전해체 경험이 있는 미국, 독일, 일본 등에서는 지역적 특성과 환경에 따라 다양한 방법으로 부지 재이용을 시행하였다(이후석 외, 2014). 환경복원 이후의 부지는 일반 부지, 산업 부지, 원자력 관련 부지 등으로 재이용될 수 있는데, 부지 재이용 방안은 환경복원 전략의 수립, 시설해체의 범위 그리고 해체 비용 산출에 큰 영향을 미친다(이후석 외, 2014). 해외 사례 등을 참조하여 부지 재이용 방안을 정리하면 <그림 2-5>와 같다.



<그림 2-5> 해체부지 활용가능 시나리오

자료: 한국수력원자력(주)(2017)

라. 단계별 세부 역무 및 소요기간

해체 과정에서의 공정 단계별 세부 역무와 소요기간은 원전의 노형, 구조물 및 설비들의 구성과 배치 등에 따라 매우 다르다. 우리나라 표준형 원전인 1000MWe 설비용량의 가압경수로형을 기준으로 세부 역무와 일반적으로 예측되는 소요기간을 기술한다.

원전이 영구정지되면 해체의 기초 활동을 수행하는 안전관리 기간 중에 제염과 해체를 위한 계획 수립, 기초 엔지니어링 작업과 부지 특성 조사 등을 수행하게 된다. 해체 작업, 공정 일정 및 해체비용 사용 방안에 대한 상세 내용을 작성하고 원자로압력용기, 내부구조물과 냉각재펌프 배관 및 각종 기기들의 제거를 위한 작업계획을 수립하게 된다.



이와 함께 해체 활동과 관련된 환경영향평가를 수행한다. 해체활동을 위한 부지준비 작업은 작업 구역과 주요 기기에 대한 방사능 조사를 포함한 부지 및 지역 환경에 대한 특성 조사, 방사성물질과 유해성 물질의 처리 및 운반요건 준비, 작업자 피폭관리와 산업안전 관리를 위한 절차서 준비 등으로 구성된다.

사용후핵연료 저장조와 연료이송 장치의 격리조치도 해체작업으로부터 사용후핵연료를 보호하기 위해 이 기간 중에 수행해야 할 조치이다. 안전관리 기간은 약 5년 정도가 소요될 것으로 예상된다.

본격적인 해체작업은 방사능으로 오염된 구조물 및 기기들을 제염하고 철거하는 작업으로 약 6년 정도 소요될 것으로 예상된다. 주요 해체작업은 <표 2-8>과 같다.

<표 2-8> 제염 및 철거작업 세부 업무

구분	세부내용	비고
감용시설 건설 및 시설개조	-발생하는 해체폐기물의 부피를 감소시키는 설비 설치 -장비 및 기기 제거를 용이하게 하기 위한 설비 개조	감용시설 사용 후 철거
구조물 및 설비 재배치	-대형기기 및 구조물 제거 중장비의 접근을 위한 구조물 재배치 및 시설 보강	
차폐 및 방사선 관리	-방사성 기기 절단, 철거, 운반을 위한 차폐체 설계 및 제작	철거 및 방사선안전 관리
기기 및 계통 제염	-해체폐기물 감소 및 작업자 피폭 저감을 위한 조치	제염
원자로 압력용기 상·하부 및 내부구조물 절단, 제거	-제어봉 구동장치 및 부속물 -상·하부 구조물 절단 및 제거 -내부구조물 분리 및 용기 자체 절단 처리	제염 및 철거
콘크리트 철거	-차폐체를 포함한 방사화 콘크리트 철거 및 처분	제염 및 철거
대형기기 제염 및 처리	-증기발생기, 가압기, 냉각재계통 제염 및 감용 처리	제염
발전소 건물 및 설비로부터 오염된 장비와 오염 물질 제거	-오염된 장비에 대해 제염 실시 후 일반 철거방법으로 제거	제염 및 철거
기타 발전소 계통 및 기기 철거	-전력계통 등 해체공정이나 작업자 보호와 무관한 설비 철거	철거
방사성폐기물 감용 및 처리	-제염 및 철거에서 발생한 방사성폐기물을 감용하여 처리 및 포장	폐기물 처리

자료: 문상래(2017)

주요 구조물 및 설비의 제염과 철거 작업이 완료되면 일반건물 철거, 그리고 부지 내 잔류 방사성물질을 제거하는 부지복원 절차가 진행된다. 부지복원은 모든 해체작업이 종료된 후 부지 특성 조사를 통해 부지 내의 잔류 방사능 농도가 규제기관이 제시하는 기준치 이하임을 증명할 수 있어야 완료된다. 기간은 2년 정도 소요된다.

고리 1호기는 국내에서 최초로 해체가 수행되는 첫 번째 원전으로 해체준비가 상당히 진행되고 있다. ‘즉시해체’를 해제전략으로 적용하였으며, 해체 일정 상 소요기간은 안전관리 기간 5년, 제염 및 철거 8.5년, 부지복원 2년으로 계획되어 있다. 2032년 해체완료 및 운영허가 종료를 목표로 예정된 해체일정은 <표 2-9>와 같다.

<표 2-9> 고리 1호기 해체일정

일정	주요활동	비고
2017. 06	원전 영구정지 해체준비 착수 사용후핵연료 운반 착수	안전관리 5년
2022. 06	해체작업 착수 감용설비 구축 착수 비방사선구역 구조물 및 계통 철거 착수	해체승인 철거 및 제염 8.5년
2025. 12	방사선구역 구조물 및 계통 철거 착수 해체 방사성폐기물 처리	사용후핵연료 이송 완료
2030. 12	부지복원	2년 소요
2032. 12	해체완료	운영허가 종료

자료: 한국수력원자력(주) (2018)

### 3. 해체비용

원전해체에 소요되는 비용을 적립하기 위해 책정하는 해체비용 충당금은 「방사성폐기물관리법」 시행령 제5조에 따라 2년마다 고시하도록 규정되어 있다. 산업통상자원부에서는 2017년 12월 원전해체 비용 충당금을 재산정하였는데, 2015년에 고시한 6,437억 원에서 16.7% 증가한 7,515억 원으로 고시한 바 있다(산업통상자원부, 2017e).

원전 해체비용 산정은 해체 설계 및 계획을 수립하는데 있어서 중요한 요소로 해체 활동 단계와 대상 시설의 구성요소에 맞게 작업을 분류하여 계산하여야 한다(정관성 외, 2006). 산출 방법은 해체대상 원전의 오염도와 시공 물량 등을 상세히 평가하여 그에 맞는 해체 및 제염공법을 적용하고, 해체 시 발생한 폐기물을 관련 규제 규정에 따라 안전하게 처리, 처분하는 비용을 산출하게 된다(강상호 외, 2009).

해체비용은 사전 준비단계에서부터 인허가 및 폐기물 처리까지의 모든 활동에 대한 비용을 포함해야 한다. 이를 크게 나누면, 해체 준비 및 인허가 비용, 물리적 해체비용, 폐기물 처리 및 처분비용으로 구분할 수 있다(우리나 외, 2014).

비용 평가는 우선적으로 해체전략이 정해져야 하는 데, 최근 일반적으로 선택되고 있는 즉시해체를 전제로 해체비용에 대한 사항을 고찰한다.

#### 가. 해체비용 분류 해외사례

해체비용 항목을 분류하기 위해서는 해당 원전의 구조 및 계통, 건물도면, 배관 및 설비 구조, 운전자료 등 기초자료에 대한 검토가 필요하며, 이를 바탕으로 해체작업을 계층 구조로 구성하고 비용 항목 별로 분류하여 그룹화해야 한다(정관성 외, 2006).

해외의 원전 해체비용 항목 분류 방법은 원자로의 형태에도 차이가 있지만, 비용평가 방법, 해당 국가의 규제상황, 관련 산업의 원가, 예비율 산정 방법 등에 따라 큰 차이를 보인다. 각 국가에서는 자체 실정에 적합한 비용평가 프로그램을 개발하여 사용하고 있다. 미국이나 영국에서는 단위비용인자(Unit Cost Factor)를 주로 사용하고 일본은 선행 해체사례를 바탕으로 개발한 COSMARD 프로그램을 사용하고 있다(신상화, 2016).

미국 Maine Yankee 원전의 경우 주요 해체 활동 및 작업, 장비와 구조물에 대한 제염 및 철거 비용, 처분 부지에 적용 가능한 폐기물 처분 비용, 최종부지 조사 비용 등으로 비용항목이 구성되어 있다. 유럽 전기사업자협회(Eurelectric)에서는 비용항목을 크게 방사성폐기물 및 사용후핵연료 처리 비용, 해체 과도기 동안의 해체비용, 해체후 부지복원 비용으로 구분하고 있다. 또한, 비용산정 범위를 다음의 11개 항목으로 구분하여 제시하고 있다(신상화, 2016).

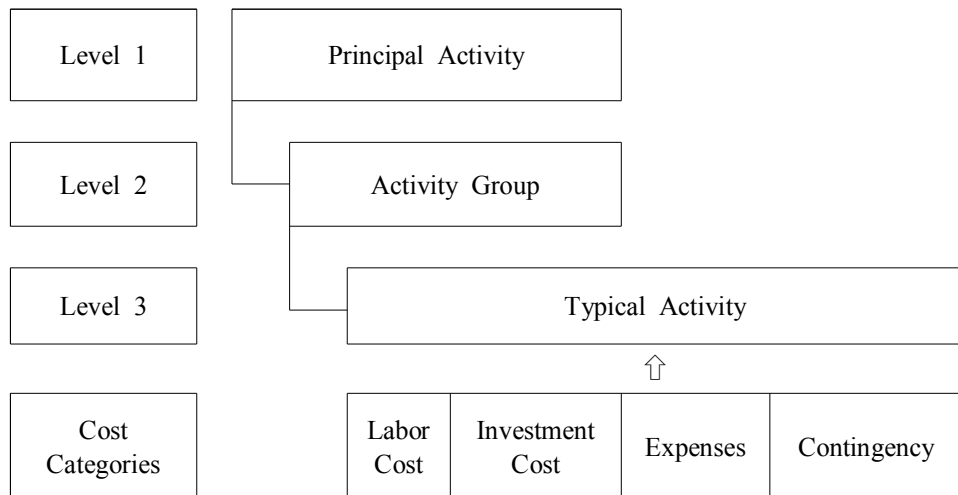
- ① 해체 계획 수립
- ② 해체관련 인허가
- ③ 운전정지 활동
- ④ 발전소 해체 준비 작업
- ⑤ 관리구역내 기기, 구조물 해체 및 철거 작업
- ⑥ 비관리구역내 기기, 구조물 해체 및 철거 작업
- ⑦ 부지복원
- ⑧ 방사성폐기물 운반 및 처분
- ⑨ 사용후핵연료 부지내 저장
- ⑩ 사용후핵연료 운반
- ⑪ 사용후핵연료 처분

IAEA와 OECD/NEA가 공동 작업한 국제 표준 원자력시설의 해체비용 구조(International Structure for Decommissioning Costing of Nuclear Installation)

를 보면, Level 1부터 3까지 해체작업을 분류하고 이에 연계된 비용항목을 Labor Cost, Investment Cost, Expenses, Contingency 등 4개의 비용 범주로 나누고 있다.

주요 특징은 실제 해체작업에 가깝도록 비용항목을 나누고 IAEA에서 정의한 해체 전략과 공정의 각 단계를 반영하였다. 방사성폐기물의 최신 분류 기준에 따라 폐기물의 특성화, 처리, 저장, 운반 및 처분 등 주요 작업을 반영하고, 유해폐기물과 기타 폐기물을 별도로 고려하고 있다. 이 비용 구조는 원전뿐만 아니라 모든 원자력 관련 시설에도 적용 가능하도록 개발되었다.

<그림 2-6>은 비용평가 계층구조를 도식화하여 나타낸 것이다. 레벨 1, 2, 3의 작업분류는 각각 표준화된 비용구조와 연결되며, 이를 통해 비용평가에서 어떤 작업을 반영하고 있는지를 알 수 있다.



<그림 2-6> 해체 비용평가 계층구조

자료: IAEA & OECD/NEA(2009)

해체공정의 가장 기본이 되는 주요 해체작업을 11개로 구분하여 정리한 것이 레벨 1이며, 이를 정리하면 <표 2-10>과 같다.

<표 2-10> IAEA Level 1 해체분류

구분	작업분류	주요내용
01	Pre-decommissioning actions	해체 인허가를 준비하는 동안 수행되는 작업(해체 준비작업)
02	Facility shutdown activities	원전의 영구정지 관련 작업
03	Additional activities for safe enclosure or entombment	매몰이나 안전밀폐를 위한 추가적 작업(지연해체 또는 매몰 관련)
04	Dismantling activities within the controlled area	방사선 관리구역에서 수행되는 제염 및 철거작업
05	Waste processing, storage and disposal	철거된 구성품들중 방사성폐기물을 분리하여 처리, 저장, 처분하는 작업
06	Site infrastructure and operation	원전부지의 보안, 관리 및 유지활동과 관련된 작업
07	Conventional dismantling, demolition and site restoration	일반 구조물과 설비들의 해체, 처분 및 부지복원과 관련된 작업
08	Project management, engineering and support	해체 프로젝트 관리 및 각종 부대지원과 관련된 작업
09	Research and development	해체와 관련된 기술의 연구개발 관련 작업
10	Fuel and nuclear material	사용후핵연료의 제거 및 처리와 관련된 작업
11	Miscellaneous expenditures	위 항목으로 분류될 수 없는 기타 작업

자료: IAEA, OECD/NEA(2009)

해체비용을 세부적으로 평가하기 위해서는 일정한 분류를 통해 소요비용의 세부 항목을 나누고, 이에 해당하는 구성요소를 구분하는 작업이 필요하다. <표 2-11>은 원전해체 비용을 구성하는 해체 관련 작업을 비용항목별로 그룹화하고 세부 구성요소를 정리한 표이다. 이를 통해 해체비용을 구성하는 세부 작업내용을 파악할 수 있다.



<표 2-11> 원전해체 비용항목 및 세부 구성요소

비용항목	구성요소
해체 준비작업	해체계획 수립 시설 특성조사 폐기물 관리계획 수립 인허가 관련 활동 계약 및 관리조직 준비
시설 운전정지 활동	시설 운전정지 및 검사 시스템 배수 및 건조 선량 저감을 위한 폐쇄시스템의 제염 방사선학적 재고량 조사 계통유 및 잔여물질 제거
안전관리 및 차폐격리 활동	안전밀폐 및 시설 차폐 격리 부지 경계구역 설정 및 보안 조치
관리구역 내 철거 작업	제염 및 철거관련 장비 조달 사전 제염 작업 구조물, 장비의 제거 건물의 오염 구조물 및 장비의 제거 시설내 방사능 조사
부지 인프라 및 운영	부지 운영, 보안, 감시, 유지 보수 방사선 및 환경 안전 모니터링
비관리구역 철거 및 부지복원	철거 장비 조달 건물 및 구조물 철거 부지에 대한 최종 방사능 조사
프로젝트 관리 및 엔지니어링	사업관리 설계 및 연구개발
폐기물 처리, 처분	폐기물 감용 및 드럼화 등 처리 안전관리를 위한 처분
기타	보험료, 세금 등

자료: 신상화(2016)

#### 나. 국내 표준형 원전의 해체비용 항목

해외사례와 국내 관련 전문가의 자문 등을 통해, 본 연구의 대상 원전인 설비용량 1000MWe 가압경수로형 원전에 적합한 해체비용 항목을 설정하였다. 비용항목은 크게 안전관리 및 철거비와 방사성폐기물 처분비로 나눌 수 있다. 안전관리 및 철거비는 해체작업을 수행하는데 필요한 직접적인 경비인 해체 사업비와 해체 폐기물 발생량을 줄이기 위한 감용시설비, 규제비용을 포함한 기타 경비로 구성된다.

해체 사업비는 해체사업 관리를 위한 인건비와 대상 원전에 존재하는 구조물과 기기 및 계통을 철거하는데 소요되는 경비, 그리고 방사능에 오염된 구조물과 기기 및 계통을 제염하는데 발생하는 비용이다.

철거비는 대형 기기의 철거에서부터 각종 배관 내부 구조물, 건축물과 전자전기기기의 제거 등에 소요되는 비용이다. 대형 기기를 포함한 금속물, 배관, 밸브 등의 플랜트 총 재고량, 각종 케이블, 전선관 등의 총 재고량, 콘크리트, 구조용 강철 등 구조물의 총 재고량 등 철거 대상의 재고 데이터와 작업 단가를 통해 산출된다.

제염비는 원자로압력용기 절단 및 제염, 방사능에 오염된 각종 기기 및 계통, 그리고 콘크리트 및 현장 금속 폐기물 등에 대한 제염 활동에 소요되는 경비이다.

원전은 방사성물질의 존재 유무에 따라 관리구역과 비관리구역으로 구분한다. 철거와 제염 대상이 되는 원전의 건물을 관리구역과 비관리구역으로 나누어 보면 <표 2-12>와 같다.

<표 2-12> 해체대상 원전 건물

구분	철거 및 제염대상 건물
관리구역	격납건물(Containment Building)
	핵연료건물(Fuel Building)
	방사성폐기물건물(Radwaste Building)
	1차보조건물(Primary Auxiliary Building)
	2차보조건물(Secondary Auxiliary Building)
	출입통제건물(Access Control Building)
	원자로보조냉각수건물 (Nuclear Service Cooling Water Building)
	야드(Yard)
비관리구역	기기냉각수 열교환기건물 (CCW Heat Exchanger Building)
	디젤발전기건물(Diesel Generator Building)
	소방/폐수처리건물 (Fire Pump & Waste Water Treatment Building)
	스위치야드(Switch Yard) 시설
	345kV Yard 시설

자료: 문상래(2017)

감용시설비는 해체에서 발생하는 금속류를 포함하여 필터, 폐수지, 잡고체, 콘크리트 파편, 스캐블링(표면이 오염된 콘크리트), 케이블 등의 부피를 대폭 줄이는 시설을 설치, 운영하고 시설이용 종료 후 해체하는 비용을 모

두 포함한다.

기타 비용으로는 현장 해체작업과 직접 관련되지는 않으나 현장 활동을 지원하거나 돌발 상황이 발생하는 때를 대비하기 위한 비용으로서 보험료, 규제비용, 유틸리티 에너지 사용비용, 연구개발비 등이 포함된다. 규제비용은 해체 인허가 여부를 심사하기 위해 납부하는 해체계획서 등의 심사비용이다.

방사성폐기물 처분비는 해체 현장에서 발생한 해체 방사성폐기물을 처분하는데 소요되는 비용이다. 방사성폐기물 처분비(방사성폐기물 관리비용)는 방사성폐기물관리법 시행령에 따라 원전해체 총당금과 같이 2년마다 고시하도록 규정되어 있다. 2017년 12월 고시된 바에 따르면, 중·저준위 방사성폐기물 처분비용을 200리터 드럼 기준으로 드럼당 1,373만원으로 재산정하였다. 발생 폐기물량 산정에는 불확실성이 존재하므로 산정된 방사성폐기물량의 초과 발생 여유분을 가정하여 예비비를 책정하게 된다.

#### 4. 해체기술 및 해체 일정

미국, 영국, 독일, 프랑스 등은 국가 주도로 해체 기술을 개발한 후 해체 경험을 통하여 독자적인 기술을 보유하고 있다.

우리나라는 원전에 대한 해체 경험이 없어 원전해체를 경험한 선형 외국의 사례 등을 통해 해체를 준비하고 있는데, 현재 국내에서 보유한 해체기술은 2017년 기준으로 선진국 대비 80% 수준인 것으로 알려져 있다(서범경, 2018).

해체의 핵심기술로는 방사선학적 특성평가 기술, 1차계통 제염기술, 원격절단 및 해체기술, 해체폐기물 처리기술, 부지복원 기술로 크게 구분될 수 있다. <그림 2-7>은 해체단계별로 세분화한 주요 핵심기술을 나타낸다.

단계	핵심기본기술
해체준비	⇨ 방사능재고량 평가 기술 표면오염도 측정 및 핵종분석 기술 환경영향평가 기술 방사선안전관리 기술 품질보증 기술
구조물, 기기, 계통 제염	⇨ 분사연마 제염 기술 전해연마/화학침수 제염 기술 제염에 의한 재료 건전성 평가 기술
절단 및 철거	⇨ 원격절단 시뮬레이터 고자유도 원격절단 통합평가 기술 기계적 절단 기술
방사성폐기물처리	⇨ 금속폐기물 절단 및 제염 기술 금속용융 기술 금속체 방사능 평가 및 재활용 기술 콘크리트폐기물 감용/재활용/안정화 기술
부지복원	⇨ 해체부지 복원 최적화 기술 규제해제 평가기술 오염토양 처리 기술

<그림 2-7> 해체단계별 주요 핵심기술

자료: 서범경(2018)

국내 가동 중인 원전의 향후 해체일정을 설계수명 종료일을 기준으로 산정하였다. 2050년까지 해체 대상 원전 수를 본격적인 철거 전 단계인 안전

관리 기간과 실질적인 해체작업이 수행되는 해체기간으로 구분하여 정리하면 <표 2-13>과 같다. 이 때, 적용되는 가정은 다음과 같다.<sup>7)</sup>

- 해체기간은 준비기간 2년, 안전관리 5년, 해체 8년(부지복원 2년 포함)
- 설계수명이 종료된 원전은 2년의 준비기간 후 안전관리를 시작
- 안전관리 및 해체는 착수년도 차년도부터 본격 착수
- 고리 1호기는 2022년부터 해체에 돌입하나 2023년부터 본격 착수하고 해체기간은 8.5년으로 가정
- 월성 1호기는 2019년 영구정지 후 해체준비에 착수, 2022년부터 안전관리 착수로 가정

국내 원전의 해체는 2020년대부터 서서히 증가 추세를 보이다가 2030년대부터 본격화하는 것으로 나타났다. 2037년과 2038년에 연간 10기로 최대치를 보이며, 2040년대부터 감소 추세로 나타났다. 2050년까지 연간 평균 원전해체 대상 수는 5기로 산정되었다.

2050년까지 해체대상 원전의 일정을 도식화하면 <그림 2-8>과 같다.

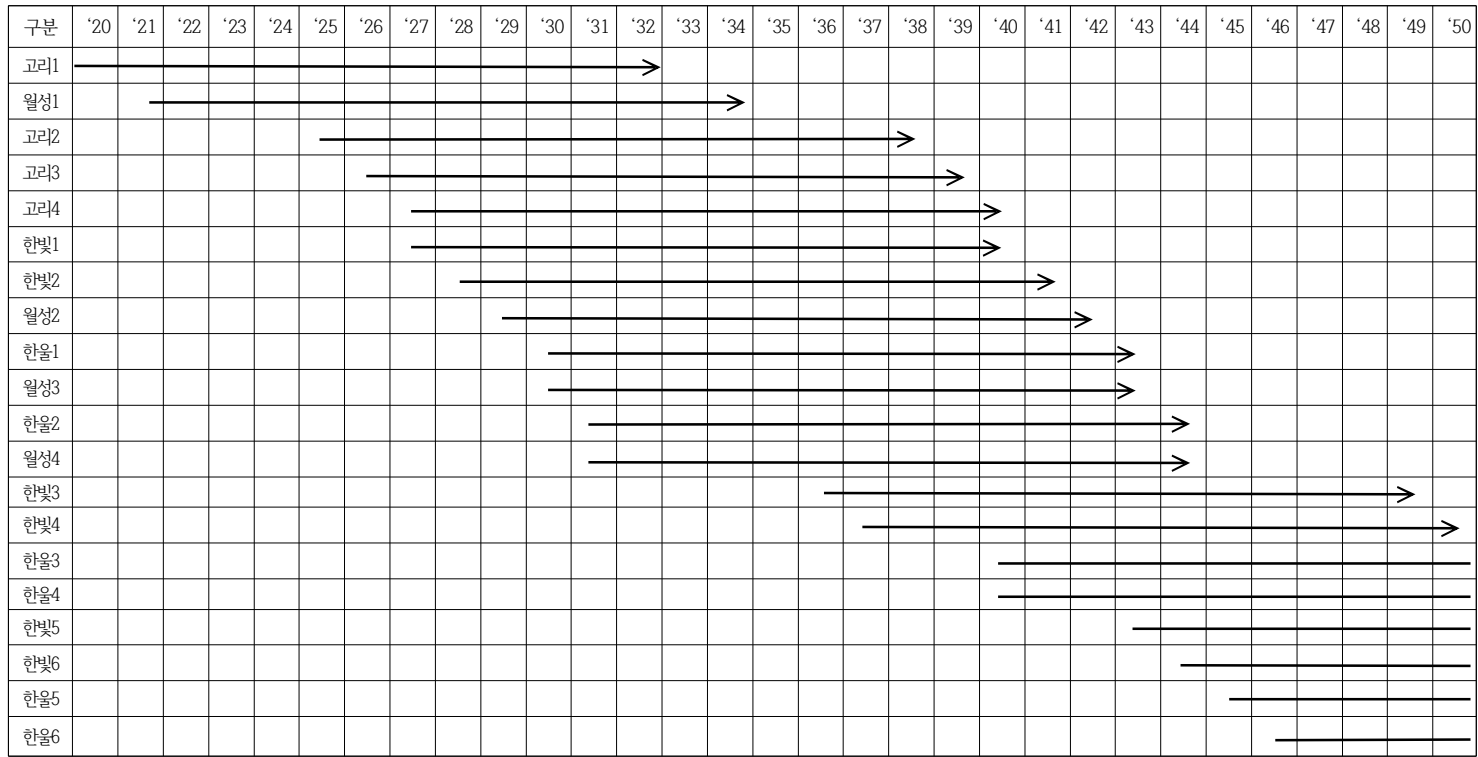
---

7) 원전의 영구정지와 해체는 규제기관의 인허가 사항으로 승인시기에 따라 해체 일정이 변할 수 있으나 승인시기를 예측할 수 없으므로 상기 가정을 적용하였다.

<표 2-13> 국내 안전관리 및 해체대상<sup>1)</sup> 원전 기수(2018~2050)

연도	안전관리 대상 수	해체 대상 수	연도	안전관리 대상 수	해체 대상 수
2018	1	0	2035	4	6
2019	1	0	2036	2	8
2020	1	0	2037	1	10
2021	1	0	2038	2	10
2022	2	0	2039	2	9
2023	2	1	2040	2	8
2024	2	1	2041	4	6
2025	2	1	2042	3	6
2026	2	2	2043	2	6
2027	2	2	2044	3	4
2028	4	2	2045	4	2
2029	5	2	2046	3	4
2030	6	2	2047	4	4
2031	7	2	2048	4	4
2032	8	3	2049	3	5
2033	6	5	2050	2	5
2034	5	6			

주 1) 안전관리 대상 수는 본격적인 해체 및 철거작업 이전에 계통 재분류 등을 수행하는 기간 중에 있는 원전 수이며, 해체 대상 수는 직접적인 해체와 철거 기간 중에 있는 원전 수를 의미한다.



<그림 2-8> 2050년까지 국내 원전별 해체일정



## 제4절 선행연구 분석

원전산업의 경제적 효과에 관한 연구는 산업연관분석을 이용한 파급효과 분석을 중심으로 수행되어 왔다. 각 산업 부문의 생산활동에 대해 최종수요가 어떠한 경제적 영향을 주는지를 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수입유발효과, 취업유발효과, 물가파급효과 등을 통해 분석한 선행연구를 중심으로 살펴본다.

### 1. 원전건설 및 발전의 경제적 효과 분석 연구

국내에서 원전산업에 대한 경제적 효과분석은 1990년대부터 시작되었다. 초기단계에는 기본적인 분석으로 원전산업에 대한 생산유발, 부가가치유발효과 등을 도출하는 연구가 수행되었고, 이후 공급지장비용이나 가동되는 원전이 없는 때의 국민경제적 영향 등 다양한 기법을 활용한 경제적 효과 분석 연구가 수행되었다.

문기환, 김승수(1998)는 원전가동에 따른 경제적 효과를 중간재와 최종재로 나누어 분석하고, 원전 건설에 대해서는 관련 산업에 미치는 경제적 효과와 국산화에 따른 영향을 분석하였다. 중간재로서의 경제적 효과를 분석하기 위해 산업 부문별 중간수요비와 중간투입비를 산업평균과 비교하였으며, 최종재로서의 효과는 원자력발전의 최종수요 변동 시 생산유발효과와 부가가치유발효과 등을 도출하여 비교 분석하였다. 원전 건설에 따른 경제적 효과는 원전건설의 총 투자액을 추정하고 원전건설 분야의 국산화율을 적용하였다. 원전 건설의 국산화에 대한 경제적 기여도를 분석하기 위해 건설 투자액을 외자와 내자로 구분하여 산업연관분석을 통해 산업별 효과를 도출하였다.

원전의 가동과 건설에 대한 경제적 효과를 한 논문에서 다룬 연구라는

관점에서 의미가 있으며, 당시 원전건설의 국산화가 활발히 추진되고 있는 상황에서 이의 경제적 가치를 도출함으로써 시의성을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 1993년 산업연관표를 이용하였으며 원전건설을 전력시설 건설에 포함하여 분석하였고, 국산화를 적용을 위해 기자재, 설계, 시공분야에 제한적으로 투입부분이 적용되었다.

유태호(2001)는 1995년 산업연관표를 활용하여 원자력발전에 따른 경제적 파급효과 즉, 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수입유발효과, 취업유발효과, 공급지장비용 등을 분석하였다. 이 논문의 특징은 원전에 대한 최종수요 변동에 따른 경제적 효과를 분석하면서 원전산업 자체 부문에 대한 효과를 배제하기 위하여 원자력발전 부문을 외생화하여 분석하였다는 것이다. 외생화란 자체 부문의 최종수요 또는 총산출량 변동 시 자신의 최종수요나 총산출량에 미치는 영향을 배제하고 타 산업에의 영향만을 도출하는 분석 방식을 말한다. 외생화 분석방법은 최종수요로 판매하는 비중이 높은 경우에는 적절하나 중간수요 비중이 높은 경우는 파급효과 측정이 충분하지 않을 수 있어 유의할 필요가 있다.

IAEA(2008)는 산업연관분석 모형을 활용하여 우리나라 원자력발전의 국민경제적 기여도를 분석하여 원자력과 타 산업과의 연관관계를 정량적으로 도출하고 국민총생산(GDP)에의 기여율을 산출하였다. 국내 원전에 대해 원전건설과 원전운전의 두 부문으로 나누어 산업연관분석 방법을 활용하여 경제적 파급효과를 도출하였다. 원전건설의 경우는 비용항목을 건설·시공, 기자재, 설계용역, 초기노심 연료, 건설이자, 사업주비<sup>8)</sup> 등으로 구분하여 추정하고 이들 항목을 투입산출표의 산업 부문을 고려해 작성된 산업연관표를 활용하였다. 원전운전 부문은 한국은행이 발간한 산업연관표를 그대로 활용하였다.

8) 건설현장에서 건설이 진행되는 동안 사업주인 한국수력원자력(주)의 인력 등이 거주하면서 지불하는 비용으로 다양한 산업 부문으로 구성된다.

이 두 부문의 경제적 효과와 국민총생산(GDP)를 비교하여 기여율을 도출함으로써 원전산업의 경제적 효과를 나타내었다. 분석기간은 1980년부터 5년 단위로 2005년까지 6개 년도를 선정하여 시계열적으로 분석하였다. 이 연구는 원자력발전과 건설 부문의 산업별 지출액을 산출하고 산업연관분석을 수행하여 원전산업의 전·후방연쇄효과를 살펴보는데 주안점을 두었다.

이 외에 원자력발전 부문의 경제적 파급효과를 국민총생산 기여도나 공급에 지장이 발생할 때의 비용을 도출하여 분석한 연구 등이 있다. 이성렬(2013)은 산업연관분석의 공급유도모형을 이용하여 원자력, 수력, 화력발전의 공급이 정지되는 경우에 경제적 영향을 산출하는 공급지장비용 분석을 수행하였다. 정기호, 박주헌(2016)은 ‘원전제로’<sup>9)</sup> 상황을 설정하고 이를 산업연관분석에 적용하여 GDP와 수입에 미치는 영향을 분석함으로써 원자력발전에 대한 국가경제 기여도를 측정하였다.

해외 연구사례를 살펴보면 원전건설과, 원자력발전에 따른 경제적 효과 분석연구가 다수 수행되었는데 미국, 영국 등 우리나라보다 먼저 원전을 개발한 국가에서 주로 수행되었다. 연구시기도 국내보다 빠른 1980~90년대에 수행된 것을 볼 수 있다.

Lewis(1986)는 1개의 원전이 운영과정에서 어느 정도의 경제적 효과를 유발하는지와 이러한 효과가 원전폐쇄 시점까지 얼마나 축적되는지를 분석하였다. 특히, 운전과정에서 나타나는 고용 효과와 폐쇄시의 실업 효과를 비교하여 경제적 효과를 도출한 것이 특징이다.

Management Information Service(MIS)(1994)는 원자력발전과 방사선 이용에 따른 고용창출 효과 및 경제적 기여도를 각각 측정하여 원전과 방사선이용 산업에 의한 파급효과를 비교하였다.

Glasson(2005)은 영국의 Sizewell B 원전의 건설에 따른 지역사회의 사회

---

9) 가동되는 원전이 없는 상황을 말한다.

경제적 효과를 분석하였다. 지역사회의 고용 효과, 비용 지출 효과와 이 효과를 어떻게 측정하고 관리할 것인지, 어떻게 최대화할 것인지를 제시하고 있다.

원자력발전뿐만 아니라 방사선의 이용에 대한 경제적 효과 분석 연구 사례도 있는데, 오완근(1999)은 방사선 및 방사성동위원소 이용기관들을 대상으로 한 설문조사를 바탕으로 경제적 효과를 분석하였다. 김윤경(2010)은 방사선 이용이 국민들의 후생과 복지 증진에 기여하는 부분을 정량적으로 도출하여 방사선 이용의 경제규모를 추정하였다.

원전산업에 대한 대표적 선행연구를 정리하면 <표 2-14>와 같다.

<표 2-14> 원전건설 및 발전에 대한 경제효과 분석 선행연구 사례

논문저자	연구범위	연구방법	주요특징
문기환 외 (1998)	원전건설 및 발전에 대한 경제적 효과	1993년 산업연관표를 활용한 산업연관분석	국산화 기여 분석
유태호 (2001)	원자력발전에 대한 경제적 효과	1995년 산업연관표를 활용한 산업연관분석	원전 부문 외생화
IAEA (2008)	원전건설, 운전에 대한 경제기여 분석	1980~2005년도 산업연관표	시계열적 분석
이성렬 (2013)	원자력발전의 경제적 효과	공급유도모형	공급지장비용 분석
정기호 외 (2016)	원자력발전의 국가경제 기여도	GDP와 수입영향 분석	원전제로 상황을 설정
Lewis (1986)	1개 원전의 경제적 효과	원전폐쇄까지의 효과 분석	폐쇄 시 실업 효과 분석
MIS (1994)	원자력발전과 방사선 이용의 고용 및 경제적 효과	산업연관분석	원전과 방사선 산업의 효과 비교
Glasson (2005)	영국 원전건설에 대한 경제적 효과	지역경제 및 사회적 효과 분석	비용지출효과 분석

## 2. 원전해체의 경제적 효과 분석 연구

최근 원전해체가 가시화됨에 따라 원전해체 산업의 경제적 효과를 분석하는 연구도 활발히 이루어지고 있다.

방사성폐기물학회(2014)는 고리 1호기의 해체가 지역경제에 어떠한 경제적 영향을 미치는지를 분석하였다. 2011년도 산업연관표를 이용하여 지역산업의 가중지수로 지역산업연관표를 재작성하고 고리 1호기의 해체비용을 이용하여 산업별 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수를 통해 지역경제 기여액을 도출하였다. 고리 1호기 해체에 따른 지역경제 효과에 중점을 두고 있어 고리 원전이 소재한 기장군에 국한하여 경주시에 투입되는 해체 폐기물 처분비용을 제외하고 분석하였다. 이 외에도 원전사업자와 관련 에너지 업계에 대한 파급효과도 함께 분석하였다.

박동규(2016)는 고리 1호기 해체 시 투입되는 비용의 산업별 특성에 따라 지역경제에 미치는 효과와 국가 전반에 미치는 경제적 효과를 분리하여 분석하였다. 즉, 철거 및 해체작업에 투입되는 비용은 지역경제에 영향을 미치고, 연구용역이나 설계역무는 국가 전반에 영향을 준다는 가정 하에 전국 및 지역산업연관표를 활용하여 생산 및 부가가치, 고용유발효과를 산출하였다. 또한, 해체전략으로서 즉시해체를 선택할 경우 미국의 Kewaunee 원전과 Zion 원전의 해체사례를 통해 해체 초기 및 말기에 비용 투입이 집중되는 것으로 가정하여 해체기간 동안의 경제적 파급효과를 도출하였다.

해외에서의 연구사례로 미국 Western Illinois University 산하의 Rural Economic Technical Assistance Center(RETAC)(2007)는 일리노이주(州)에 위치한 Zion 원전의 해체가 지역사회에 미치는 파급효과를 분석하였다. 일리노이주(州) 전 지역과 원전 인근 7개의 카운티를 대상으로 Zion 원전 해체에 따른 직·간접적인 효과를 분석하여 경제적 산출물의 가치, 고용창출 효과, 고용에 따른 소득 증가 효과, 세수 유입 효과 등을 분석하였다.

IAEA(2008)는 원전시설 해체에 따른 사회·경제적 파급효과를 어떻게 관리해야 하는 지에 중점을 둔 Technical Report를 발간하였다. 원전해체의 사회·경제적 효과를 정의하고 이것이 원전운영자와 고용자, 그리고 지역사회에 미치는 영향과 잠재적인 결과에 대해 논의하고 있다. 원전해체가 가져오는 부정적인 효과를 완화하기 위해 치밀한 기획, 지역사회와의 소통과 협력, 적절한 투자 등을 해법으로 제시하면서 각 국가별 특성에 맞는 해결방안을 도출할 것을 제안하고 있다.

원전해체에 대한 경제적 파급효과를 분석한 대표적인 선행연구 사례는 <표 2-15>와 같다.

<표 2-15> 원전해체에 대한 경제적 효과 분석 선행연구 사례

연구자	연구범위	연구방법	주요특징
방사성폐기물학회(2014)	고리 1호기 해체 시 지역경제 효과	지역산업연관표 활용	부산지역에 한정
박동규(2016)	고리 1호기 해체 시 지역 및 국가경제 기여도	전국 및 지역산업 연관표 활용	해체기간 중 효과 분석
RETAC(2007)	Zion 원전의 해체 시 지역에 미치는 파급효과	지역사회에 미치는 산업연관 효과	경제적 산출물, 세수유입 효과 등 포함
IAEA(2008)	원전해체의 사회 경제적 효과	지역사회 영향과 잠재적 효과 도출	부정적 효과 등 관리방안 제시

### 3. 선행 연구와의 차별성

원자력발전소는 건설, 가동, 해체가 동시적이며, 순차적으로 진행된다. 앞에서 본 바와 같이 원전의 경제적 파급효과에 대한 연구는 다수가 수행되어 왔으나, 건설, 가동, 해체에 대해 각각 별도의 분석이 수행되어 원전산업에 대한 종합적인 분석에는 한계가 있다. 원전해체의 경우는 최근 국내에서도 관련 연구가 시작되고 있으나, 고리 1호기에만 국한하여 파급효과가 분석되었고 미래 다수의 원전해체가 진행되는 데에 따른 경제적 파급효과에 관한 연구는 수행되지 않았다.

국내 원전이 건설, 가동, 해체가 동시에 진행되는 상황을 고려할 때 원전산업이 타 산업 부문에 미치는 파급효과를 보다 정확하게 비교·분석하기 위해서는 원전건설, 원자력발전, 원전해체를 동시에 투입산출표에 반영하여 종합적으로 비교할 필요가 있다.

원전건설과 원자력발전에 대한 경제적 효과를 각각 분석한 연구 사례는 있으나, 해체까지 포함한 원전 관련 산업 3개 부문을 모두 반영하여 산업에 미치는 영향을 분석한 연구는 아직 수행되지 않았다. 본 연구에서는 에너지 정책의 변화가 산업에 미치는 영향을 살펴보기 위해 3개 원전산업을 모두 반영한 산업연관분석을 수행하고 경제적 파급효과를 도출하였다.

원전해체에 대한 경제적 효과 연구는 최근 다양하게 수행되고 있으나, 고리 1호기에 국한하여 수행되어 왔다. 고리 1호기의 해체착수가 2022년이고 이후 매년 1기 이상의 원전이 해체대상이 되며 2037년에는 안전관리 대상 원전을 제외하고도 10기의 원전해체가 동시에 진행될 것으로 예측된다. 그러므로 국내 원전의 해체일정을 고려하여 향후 다른 산업에의 파급효과와 경제적 영향을 실증적으로 분석할 시점으로 판단된다. 본 연구에서는 국내 원전의 해체 일정을 고려하여 2050년까지의 원전해체에 따른 경제적 파급효과를 도출하였다.

원전해체는 공정 단계별로 절차에 따라 해체 역무가 수행되어 공정에 따라 산업 부문에 투입되는 구조가 공정 연차별로 다르게 나타난다. 본 연구에서는 공정연차별 투입구조를 반영하여 보다 실증적으로 해체에 따른 경제적 파급효과를 도출하였다.

한 국가의 에너지정책은 국내 전력수요를 충족하기 위해 에너지원별로 어떤 비중을 두고 전력을 생산할 것인지, 즉, 에너지 믹스를 정하는 것이 가장 중요한 부분이다. 에너지전환 정책은 에너지 믹스를 바꾸는 정책이다. 이 정책에 따른 산업 부문의 파급효과를 밝히기 위해서는 원자력발전뿐 아니라 다른 에너지원의 변화도 반영이 되어야 한다. 선행연구에서는 에너지원별 비중 변화를 반영한 사례가 없었으나, 본 연구에서는 화력발전, 신재생에너지 등 주요 발전량 비중 등 에너지 부문의 변화를 미래의 투입배분 구조에 반영하여 원전산업에 따른 경제적 파급효과를 분석하였다.



## 제3장 에너지전환 정책의 산업 파급효과 분석방법

에너지전환 정책과 원전해체 산업의 시작은 원전과 관련된 산업 부문에 많은 영향을 주게 된다. 에너지 믹스의 변화는 원전, 신재생에너지 등의 생산활동을 변화시키고 관련 부문에도 영향을 준다. 원전건설 부문에서 원전해체 부문으로의 이동은 원자력 관련 산업계에 구조적 변화를 가져온다.

본 연구에서는 에너지전환 정책에 따른 환경의 변화가 산업구조에 미치는 영향과 산업 파급효과를 살펴보고, 미래 원전산업의 경제적 파급효과를 실증적으로 분석하기 위해 산업연관분석 방법을 이용한다.

### 제1절 산업연관분석

#### 1. 산업연관분석 개요

산업연관분석은 산업연관표를 이용하여 생산활동을 통해 이루어지는 산업간 연관관계와 산업구조를 정량적으로 분석하는 방법이다. 레온티에프(Wassily W. Leontief)는 미국경제의 모든 재화와 서비스의 흐름을 분석한 「미국 경제체계에서의 수량적인 투입산출 관계」(Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States)라는 논문을 1936년에 발표하였는데, 이 것이 산업연관분석의 시초이다(한국은행, 2014).

한 국가 경제에서 각 산업들은 생산활동을 위해 상호 간에 재화와 서비스를 구입하고 판매하게 되며, 이러한 과정을 통해 직·간접적으로 서로 관계를 맺게 된다(한국은행, 2014).

산업연관표는 한 지역단위 경제에 대해 일정기간 중 발생한 모든 재화와 서비스의 거래관계를 일정한 원칙에 따라 행렬형식으로 기록한 통계표이다(박동규, 2016). 이 통계표를 이용하면 부문별 투입과 배분구조를 통해 산업

간의 연관관계를 밝히고, 세분화된 산업구조를 분석할 수 있다. 미래의 투입배분 구조를 통해 산업연관표를 시계열적으로 분석하면 부문별 경제적 효과의 변화 추이를 분석할 수도 있다.

일반적으로 국민경제의 순환과정은 국민소득 통계를 이용한 소득순환과 산업간 생산물 순환의 두 가지 측면에서 볼 수 있다. 소득통계를 이용한 소득순환은 소득의 발생에서부터 분배 및 처분과정을 거쳐 다음 생산과정으로 환류되는 과정이며 생산물 순환은 생산 부문 상호간에 발생하는 중간생산물 거래를 나타낸 것으로 산업연관표는 이들 모두를 나타내는 통계표이다(한국은행, 2014).

산업연관표에는 산업 상호 간의 중간재 거래 부문을 나타낸 내생부문과, 각 산업에서의 노동, 자본 등 본원적 생산요소의 구입부문 및 각 생산물의 최종수요를 나타내는 외생부문으로 구분하여 기록된다(박동규, 2014).

산업연관표를 이용하는 산업연관분석은 최종수요가 유발하는 생산, 고용, 소득 등의 파급효과를 산업 부문별로 구분하여 측정할 수 있으며, 특정 산업에서 생산된 상품의 수요가 증가하면 어느 산업의 생산활동에 어느 정도 영향을 미치게 되고 산업별 부가가치나 고용이 어떻게 변화하는 가를 파악할 수 있다(한국은행, 2014).

각 산업의 생산기술 구조와 그에 따른 산업간 연관관계, 최종수요의 구성 등을 모두 고려하여 분석하기 때문에 특정 정책이나 특정 산업 부문의 변화에 따른 산업구조 변화나 경제적 효과를 계량화할 수 있으며, 새로운 산업 발생에 따른 산업 부문별 영향을 분석할 수도 있다(이동준, 2010).

우리나라의 산업연관표는 1960년 한국은행에서 이를 작성하면서 비교적 체계적인 형식과 내용을 갖추게 되었다(유태호, 2001). 이후, 한국은행에서는 경제규모의 확대에 따른 산업구조의 변화를 정확하게 파악하고 제반 경제정책의 기초자료로 활용할 수 있도록 5년마다 실측표를 작성하고, 1년마

다 연장표를 작성하여 정기적으로 산업연관표를 발행하고 있다(한국은행, 2014).

산업연관표는 구매자가격평가표와 생산자가격평가표, 기초가격평가표가 있고, 수입품의 취급방법에 따라 경쟁수입표와 비경쟁수입표가 있다. 여러 형태의 가격표는 각 상품에 대한 부가가치, 유통 마진<sup>10)</sup>, 생산물세 등을 어떻게 반영하느냐에 따라 구분되며, 수입표는 수입된 재화를 국내에서 거래되는 재화와 어떻게 구분하느냐에 따라 분류된다. 경쟁수입형은 수입된 재화나 서비스를 국내 상품과 구분하지 않고 작성하며, 비경쟁수입형은 수입품을 국산품과 별개의 상품으로 취급하여 각각을 분리해서 국산거래표와 수입거래표로 작성한다(이동준, 2010).

산업연관표는 작성 형식에 따라 상품기준의 생산내역을 나타낸 투입산출표와 산업기준의 생산내역과 상품공급 내역을 나타낸 공급사용표가 있다. 공급표는 열 방향으로 보면 각 산업이 어떤 상품을 생산하여 공급하였는지를 알 수 있고 행 방향으로서는 각 상품이 어떤 산업에서 생산되어 공급되었는지를 파악할 수 있다. 이에 비해 사용표는 열 방향으로서는 각 산업이 생산 활동을 하기 위하여 지출한 투입구조를 나타내고, 행 방향으로서는 각 상품이 어떤 산업에 얼마나 이용되었는지 또는 최종수요로 얼마나 사용되었는지의 배분구조를 나타낸다.

투입산출표는 상품을 기준으로 각 산업별 상품의 투입구조와 배분구조를 나타낸 표이다. 즉, 공급사용표는 상품×산업 행렬을 나타내고 투입산출표는 상품×상품 행렬을 나타낸 통계표이다. 투입산출표는 산업별 단일 상품 생산을 전제로 하며 공급사용표는 산업 내 여러 가지 상품이 결합적으로 생산되는 것을 반영하는데, 투입산출표는 산업연관효과 분석에 주로 이용되며 공급사용표는 경제구조 분석에 이용된다.

---

10) 유통 마진에는 도·소매 마진과 운수 마진으로 구분된다.

본 연구에서는 연구 목적에 적합하도록 다음과 같은 종류의 투입산출표를 활용하여 분석하였다.

첫째, 에너지전환 정책에 따른 산업구조를 분석하는 본 연구의 목적에 따라 상품에 대한 통계표인 투입산출표를 활용하지만 각 부문을 산업으로 표기한다.

둘째, 유통 마진이나 생산물세가 포함되지 않은 기초가격에 의한 투입산출표를 활용한다. 동일한 상품에 대해 수요 부문마다 서로 다른 유통 마진과 생산물세가 적용될 경우 파급효과 측정에 왜곡이 발생할 수 있기 때문이다.

셋째, 국내 관련 산업의 구조와 파급효과를 분석하기 위하여 비경쟁수입표 중 국산거래표를 활용한다.

## 2. 산업 파급효과 분석

### 가. 투입산출표의 기본구조

투입산출표의 기본전제는 “총산출=총투입”이다. 이는 각 산업에서 생산한 개별 상품의 수요와 공급이 일치한다는 것을 의미한다. 산업연관효과 분석은 산업 부문별 중간 투입액을 총투입액으로 나눈 투입계수를 이용하게 되는데 이 투입계수는 소비, 투자, 수출 등 외생적으로 결정되는 최종수요와 총산출 수준을 연결하는 매개 역할을 한다.

투입계수는 산업 간의 연관관계나 상호의존 관계를 나타내는 것으로 해당 산업의 생산함수로 이해할 수 있는데, 이를 레온티에프 생산함수라고 한다(한국은행, 2014). 산업연관분석은 산업구조가 동일하다는 전제 즉, 투입계수가 고정적이라는 것을 기준으로 다음 4가지의 가정을 기반으로 한다.

- ① 결합생산이 존재하지 않는다. 즉, 한 산업에서는 한 상품만 생산한다.
- ② 대체생산 방법이 존재하지 않는다. 즉, 각 상품은 하나의 생산 방법만 존재한다.
- ③ 규모의 경제가 존재하지 않는다. 즉, 각 부문이 사용한 투입량은 그 부문의 생산 수준에 비례한다.
- ④ 외부경제가 존재하지 않는다. 즉, 각 부문의 개별적 생산활동 총계는 각 부문이 동시에 행한 결과와 같다.

투입산출표에서 투입계수와 부가가치율을 계산할 수 있는데 먼저 투입산출표의 기본구조를 보면 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 투입산출표 기본구조

구분	중간수요	최종수요	총수요	총산출액	수입	잔폐물(+)	총공급
중 간 투 입	$x_{11} \ x_{12} \ \dots \ x_{1n}$	$y_1$		$x_1$	$m_1$	$z_1$	
	$x_{21} \ x_{22} \ \dots \ x_{2n}$	$y_2$		$x_2$	$m_2$	$z_2$	
	$\vdots \ \vdots \ \dots \ \vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
	$x_{n1} \ x_{n2} \ \dots \ x_{nn}$	$y_n$		$x_n$	$m_n$	$z_n$	
소 계							
순생산물							
잔폐물(-)							
중간투입계							
부가가치	$v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n$						
총투입액	$x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n$						

위 기본구조에서  $X_{ij}$  는  $n$ 개의 산업이 경제 내에 존재할 때  $i$ 부문에서  $j$ 부문으로 투입되는 중간재(산업간 중간에 수요에 따라 투입되는 재화)의 양을 말한다. 여기에서 잔폐물은 상품의 생산활동 중에 발생하는 스크랩<sup>11)</sup>이나 폐품, 고물 등으로 다른 산업의 원재료로 투입되는 것을 말한다.

순생산물세는 생산물세<sup>12)</sup>에서 생산물 보조금<sup>13)</sup>을 뺀 것인데, 생산물세란 재화나 서비스의 사용에 따라 부과되는 조세이며, 생산물 보조금은 정부가 수출 진흥, 적자 보전, 생산 장려 등을 위해 생산자에게 무상으로 지급하는 지출금을 말한다.

투입계수는 앞서 언급했듯이, 각 산업이 재화나 서비스의 생산에 사용하기 위하여 구입한 각종 원재료와 연료 등 중간투입액을 해당 상품의 총투입액(=총산출액)으로 나눈 것으로 생산물 1 단위 생산을 위한 중간재 및 부가가치의 단위를 나타내는 생산함수이다.

기본구조에서 중간수요와 중간투입 부문을 내생부문이라고 하며, 그 외 부문을 외생부문이라고 한다. 외생부문 중 최종수요는 소비, 투자, 수출로 구성되며, 소비는 민간과 정부 소비지출로 나누어지고 투자는 민간과 정부 고정자본형성, 재고증감, 귀중품 순취득으로 이루어진다.

고정자본형성은 유, 무형의 고정자산 구입액과 건설비 등을 포함하는데, 각종 산업시설 등의 건설을 생산활동으로 볼 때 그 생산물은 배분구조에서 고정자본형성으로 기록된다.

부가가치는 경제활동 주체가 생산활동에서 새롭게 창출하는 가치를 나타내는 것으로, 피용자보수, 영업잉여, 고정자본소모 등으로 구성되며 산출액(=총투입액)에서 중간투입액을 차감한 것이다.

11) 예를 들면, 폐지가 펄프로 사용되는 경우를 말한다.

12) 생산자의 생산물에 비례하여 부과하는 부가가치세와 기타생산물세, 생산활동에 사용하는 토지, 건물, 기타 자산에 부과되는 기타생산세가 있다. 대표적인 사례로 담배세가 있다.

13) 생산물과 관련하여 지급하는 보조금과 생산물과 상관없이 정책적으로 해당산업에 지급하는 보조금으로 나뉜다. 대표적인 사례로 연탄에 지급되는 보조금이 있다.

어떤 재화나 서비스의 최종수요가 증가하면 이를 충족시키기 위하여 직접적으로 필요한 재화나 서비스가 생산되어야 하고 이는 또 다시 해당 재화나 서비스 생산에 필요한 재화나 서비스가 연속적으로 투입되어야 한다. 이는 투입계수에 따라서 그 크기가 결정되며 이렇게 최종수요의 변동에 따라 발생한 직·간접적인 생산의 크기를 계측하고 분석하는 것이 산업연관분석의 기본원리이다.

다음으로는 산업연관효과 분석에 사용되는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과 등의 일반적인 산출 방법에 대한 설명과 함께, 본 연구에서 활용한 분석 방법과 그 사유 및 근거를 제시하고자 한다.

#### 나. 생산유발효과 분석 방법

투입산출표의 기본구조에서  $X_{ij}$ 를 총투입액인  $X_j$ 로 나누면 투입계수가 되고, 부가가치액인  $V_j$ 를  $X_j$ 로 나누면 부가가치율이 된다. 이를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$\text{투입계수} : a_{ij} = X_{ij}/X_j, \text{ 부가가치율} : a^v_j = V_j/X_j \quad (1)$$

앞의 기본구조에서 각 품목 생산물의 수급관계를 보면, 중간수요와 최종수요의 합에서 수입과 잔폐물을 차감한 값은 총산출액과 같으므로 식 (2)의 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} X_{11}+X_{12}+X_{13}+ \cdots +X_{1n}+y_1-m_1-z_1 &= X_1 \\ X_{21}+X_{22}+X_{23}+ \cdots +X_{2n}+y_2-m_2-z_2 &= X_2 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots & \\ X_{n1}+X_{n2}+X_{n3}+ \cdots +X_{nn}+y_n-m_n-z_n &= X_n \end{aligned} \quad (2)$$

여기에 투입계수를 대입하여 행렬식으로 나타내면

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_i \\ \vdots \\ m_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_i \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

이고 이는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 여기에서, A는 투입계수행렬, x는 총산출액 벡터(vector), y는 최종수요 벡터, m은 수입액 벡터, z는 잔폐물 발생액 벡터를 나타낸다.

$$Ax + y - m - z = x \quad (3)$$

식 (3)를 전개하여 x에 대해 풀면 식 (4)와 같다. 여기서, I는 주대각요소가 1이고 나머지는 0인 단위행렬이며,  $(I-A)^{-1}$  행렬은 생산유발계수 또는 레온티에프역행렬이라고 한다. 이 식을 통해 생산유발계수 값을 알면 최종수요, 수입, 잔폐물 등의 변동에 따라 각 상품에서 직·간접적으로 유발되는 총산출액을 구할 수 있다. 즉, 생산유발계수는 최종수요가 한 단위 발생했을 때 이를 충족하기 위하여 각 부문에서 직·간접적으로 유발되는 생산액의 정도를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 x - Ax &= y - m - z \\
 (I-A)x &= y - m - z \\
 x &= (I-A)^{-1}(y - m - z) \quad (4)
 \end{aligned}$$



생산유발계수의 수학적 의미를 풀어보면, 이 계수의 실질적 의미를 확인할 수 있다. 생산유발계수  $(I-A)^{-1}$ 을 무한등비급수의 합으로 대비하여 표현하면 식(5)와 같다<sup>14)</sup>. 식 (5)에서 단위행렬  $I$ 는 각 부문 생산물에 대한 최종 수요가 한 단위 발생했을 때 이를 충족시키기 위한 각 부문의 직접생산효과를 의미하게 되며,  $A$ 는 각 부문의 생산물을 한 단위 생산하기 위한 중간재 투입액으로 1차 생산과급효과를 의미한다.

이런 논리를 적용하면,  $A^2$ 는 1차 생산과급효과로 나타난 생산물을 생산하기 위한 중간재 투입액인 2차 생산과급효과,  $A^3$ 는 3차,  $A^4$ 는 4차 ... 등을 의미한다. 즉, 생산유발계수  $(I-A)^{-1}$ 는 최종수요 한 단위 발생에 따라 각 부문에서 유발되는 직·간접 생산과급효과를 합한 생산유발효과를 나타낸다.

$$(I-A)^{-1} = \sum_{n=0}^{\infty} A^n \quad (5)$$

생산유발계수표에는 수입품과 국산품을 구분하느냐 하지 않느냐에 따라 <표 3-2>와 같이 4가지 종류로 나눌 수 있다.

---

14) 공비가  $a$ 인 무한등비수열의 합이  $(1-a)$ 의 역수로 수렴하려면  $0 < a < 1$ 의 조건을 만족하여야 하며, 따라서 투입계수  $A$ 도 이 조건을 만족하여야 한다. 이를 어떤 재화의 한 단위 생산에 투입되는 재화의 직·간접투입량의 합은 한 단위 투입량보다 작아야 한다는 호킨스-사이먼 조건이라 한다.

<표 3-2> 생산유발계수표의 종류 및 특징

구분	주요 특징	비고
$(I-A)^{-1}$ 형	국산과 수입을 구분하지 않는 경쟁 수입형 투입산출표의 투입계수를 기초로 도출된 생산유발계수표	수입을 외생변수로 취급
$(I-A+\hat{M}^*)^{-1}$ 형	각 부문의 수입이 국내 총산출에 따라 결정된다는 전제를 반영한 생산유발계수표	수입을 내생화
$[I-(I-\hat{M})A]^{-1}$ 형	수입을 내생변수로 취급하되 수입품이 수출에 포함되지 않도록 도출한 생산유발계수표	최종수요의 수출에 수입품이 포함되는 것을 배제
$(I-A^d)^{-1}$ 형	국산과 수입을 구분하는 비경쟁수입형 투입산출표의 투입계수를 기초로 도출된 생산유발계수표	국산거래표와 수입거래표 각각에 대해 도출 가능

자료: 한국은행(2014)

국산과 수입을 구분하지 않고 작성된 생산유발계수표는 순수한 국내 생산과급효과와 수입으로 인한 해외누출 부분을 구분할 수 없게 된다. 수입품에 대한 최종수요가 국내 산출에 영향을 주지 않고 국산품의 최종수요 발생에 따른 국내 산출효과를 분석하고자 한다면 국산거래표를 활용한  $(I-A^d)^{-1}$  형이 적합하다고 볼 수 있다.  $(I-A^d)^{-1}$  형은 수입비율을 일률적으로 적용하는 다른 형태보다 현실 경제의 반영도가 높다. 본 연구는 원전산업의 최종수요 변동이 국내 다른 부문의 생산구조 및 생산활동에 어떠한 영향을 미치는 지를 파악하기 위한 것이므로  $(I-A^d)^{-1}$  형을 활용하여 산업연관효과를 분석한다.

#### 다. 부가가치유발효과 분석방법

최종수요가 국내 생산활동을 유발하고 이에 의해 부가가치가 창출되므로 최종수요의 변동이 부가가치 변동의 원천이라고 할 수 있다. 다시 말해 산업연관표를 이용하면 최종수요의 변동이 각 부문의 부가가치에 어떠한 영향을 주는가를 파악할 수 있다. 이것이 부가가치유발효과이다.

본 연구에서는 앞서 생산유발효과 분석과 마찬가지로 부가가치유발효과도 국산거래표를 활용한 투입산출표를 기준으로 분석한다<sup>15)</sup>.

각 부문의 부가가치율을 단위행렬에 대입한 대각행렬을  $\hat{A}^v$ 라 하면  $v = \hat{A}^v x$ 이고 이를 비경쟁수입형 생산유발관계식에 대입하면 식 (6)를 얻을 수 있다.

$$v = \hat{A}^v (I - A^d)^{-1} (y^d - z) \quad (6)$$

이 식에서  $\hat{A}^v (I - A^d)^{-1}$ 를 부가가치유발계수행렬이라고 하며, 이는 어떤 부문의 국내 생산물에 대한 최종수요가 한 단위 발생할 때 국민경제 전체에서 직·간접적으로 유발되는 부가가치의 단위를 나타낸다.

#### 라. 고용유발효과 분석방법

고용표는 각 부문의 산출물을 생산하기 위해 1년 동안 투입된 노동량을 일정한 기준에 따라 작성한 표이다. 고용표는 부문별 연간 취업자 수와 피용자 수를 나타내는 것으로 이를 산업연관표와 연결하면 특정 부문의 최종수요가 증가하는 경우 이에 따라 필요한 노동수요를 도출할 수 있다.

전 산업 부문 중 일정기간 동안 각 산업에 투입된 총 노동량은 노동량

---

15) 국산거래표를 활용한다는 의미는 수식 (4)에서  $m=0$ 임을 뜻한다.

계측 단위에 따라 연인원과 전업전환기준으로 나뉘게 된다. 연인원은 1년 동안 각 산업에 투입된 실제 노동량을 계측하지만, 전업근로자보다 근무시간이 짧은 임시근로자나 시간제 근로자도 동일한 노동량으로 취급하는 한계가 있다. 전업환산기준(full-time equivalent)은 근로자가 제공하는 근무시간을 전업근로자의 연간 평균 근로시간으로 환산하여 산정된 인원을 기준으로 한다. 이 기준은 근로기간과 근무시간을 모두 감안한 노동량을 계측하므로 보다 정확한 노동수요를 산출할 수 있다.

고용표는 취업자와 피용자 기준으로 나누어 작성되는데, 피용자는 임금근로자를 기준으로 하며, 취업자는 피용자에 자영업자와 무급가족종사자를 합친 개념이다. 자영업자와 무급가족종사자란 임금을 받지 않는 근로자로서 고용주를 포함한 자영업자와 그 가족이면서 급여를 받지 않고 근무한 경우를 뜻한다.

우리나라의 경우 전체 취업자 중 자영업자의 비율이 2016년도 기준 25.5%(OECD, 2016)로 OECD 회원국 중 5위인 점을 감안한다면 취업자 수 통계가 더 현실을 반영하고 있다고 볼 수 있다. 본 연구는 원전의 건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 각 산업별 고용유발효과를 분석하기 위한 것이다. 원전과 관련된 산업 부문은 자영업자와 크게 연관되지는 않을 것으로 예측되나 국가경제 측면에서 보다 적절한 효과를 산출하기 위하여 취업자 수를 기준으로 한 취업계수표를 활용한다.

취업계수는 고용표의 취업자 수를 각 부문의 산출액으로 나눈 값으로 1 단위 생산에 직접 필요한 노동량을 뜻한다. 일반적으로 취업자 수를 10억 원 단위의 총산출액으로 나누어 얻는데, 각 생산물 산출액 10억 원을 생산하는데 필요한 노동량을 말한다. 노동집약적 산업일수록 산출량 단위당 필요한 노동량이 많다는 의미이므로 취업계수가 크게 나타나며, 자본집약적 산업일수록 산출량 단위당 필요한 노동량이 적다는 것을 의미하므로 취업

계수가 작게 나타날 수 있다.

각 부문의 취업계수를 주대각요소로 하는 대각행렬을  $\hat{i}$ 라 하면 노동량 벡터  $L = \hat{i}x$ 이며, 이를 국산거래표 생산유발계수 방정식에 대입하면 식 (7)과 같다. 여기에서  $\hat{i}(I-A^0)^{-1}$ 는 취업유발계수이며, 취업계수에 최종수요 한 단위 당 직·간접 생산유발계수를 곱한 값으로 국내 해당 산업 부문의 생산물에 대한 최종수요가 한 단위 발생할 때 필요한 총 노동량을 뜻한다.

$$L = \hat{i}(I-A^0)^{-1}(y^d - z) \quad (7)$$

#### 마. 전·후방연쇄효과

각 산업은 다른 산업의 생산물을 중간재로 구입하여 생산활동을 하고, 그 결과로 생산된 생산물을 다른 산업에 중간재로 판매하는 활동을 통해 상호 의존관계를 갖게 된다. 해당 산업이 다른 산업으로부터 중간재를 구매하는 정도를 나타내는 것이 후방연쇄효과이며, 해당산업의 생산물이 다른 산업의 중간재로 사용되는 정도를 나타내는 것이 전방연쇄효과이다.

생산유발계수를 이용하면 각 산업간 상호 의존관계의 정도를 분석할 수 있다. 영향력계수와 감응도계수는 생산유발계수를 통해 구하는 값으로 각 산업의 전·후방 연쇄효과를 측정할 수 있는 척도이다.

영향력계수는 해당 산업의 생산유발계수의 열 합계를 전 산업의 평균으로 나누어 얻는데 이를 수식으로 표현하면 식 (8)과 같다.

$$j \text{ 부문의 영향력계수} = \frac{j \text{ 부문의 생산유발계수의 열 합계}}{\text{전 부문의 생산유발계수 열 합계의 평균값}} \quad (8)$$

영향력계수는 어떤 부문의 생산물에 대한 최종수요가 한 단위 증가하였

을 때 전 산업 부문에 미치는 영향, 즉 후방연쇄효과의 정도를 나타낸다. 생산유발효과가 큰 부문일수록 영향력계수는 커지게 된다.

감응도계수는 해당 산업의 생산유발계수의 행 합계를 전 산업의 평균으로 나누어 얻는데 이를 수식으로 표현하면 식 (9)와 같다.

$$i \text{ 부문의 감응도계수} = \frac{i \text{ 부문의 생산유발계수의 행 합계}}{\text{전 부문의 생산유발계수 행 합계의 평균값}} \quad (9)$$

감응도계수는 모든 산업 부문의 생산물에 대한 최종수요가 각각 한 단위 증가하였을 때 어떤 산업이 받는 영향, 즉 전방연쇄효과의 정도를 나타낸다. 각 부문의 생산활동에 중간재로 활용되는 정도가 높을수록 감응도계수도 크다

## 제2절 연구데이터 구축

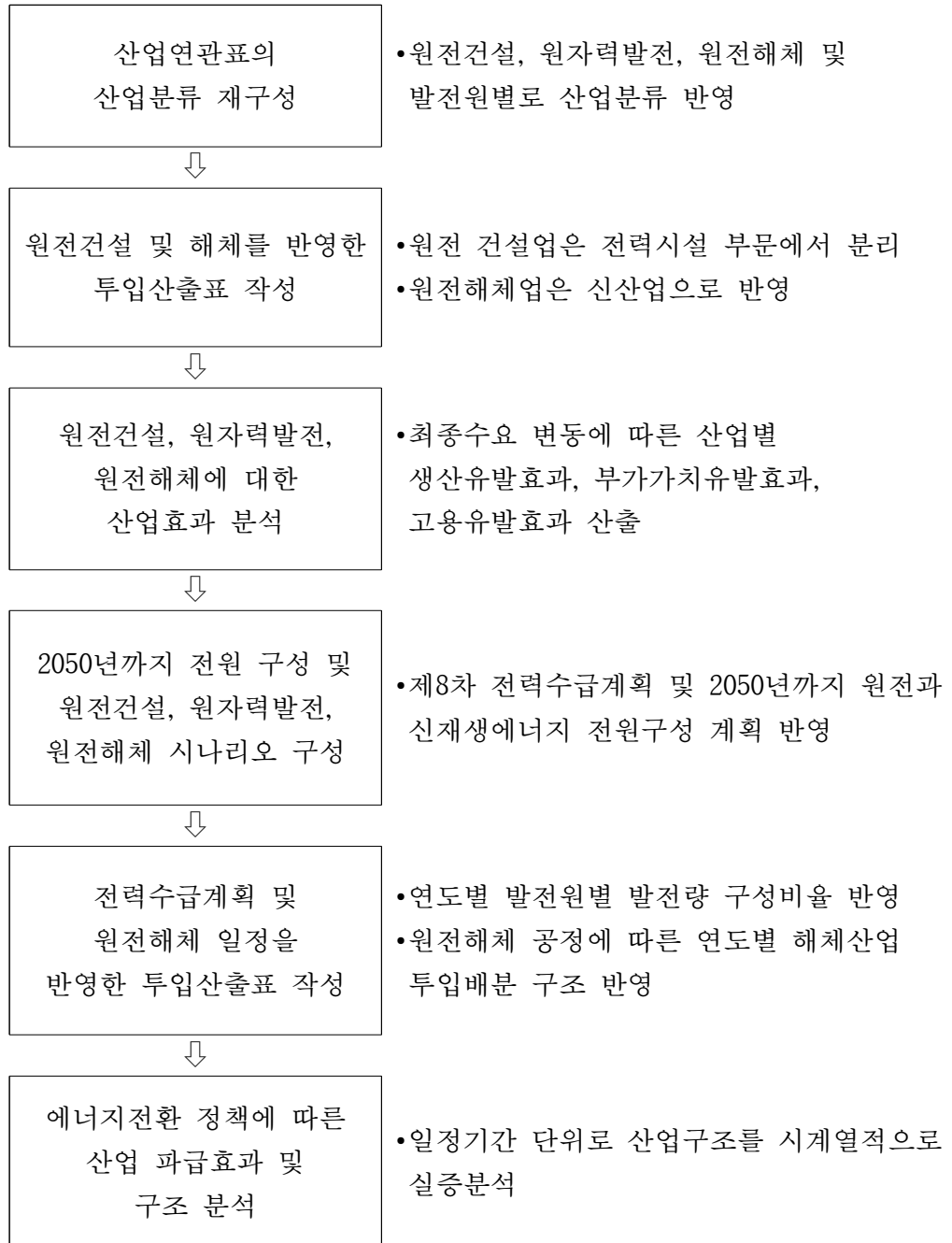
### 1. 분석 절차

본 연구는 에너지 정책의 변화가 산업계에 미치는 영향과 파급효과를 분석하여 원자력 관련 산업계의 구조적 변화를 살펴보고, 향후 2050년까지 산업별 경제적 파급효과를 시계열적으로 분석하여 미래 산업 수요 변화를 예측하기 위한 것이다. 2015년 산업연관표 실측표는 현재 기록 작업이 진행 중에 있으므로, 본 연구에서는 2014년 산업연관표를 사용한다.

원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문을 반영한 산업연관표를 작성하기 위해 이 부문을 반영하여 산업분류를 재구성한다. 이 분류 기준에 따라 원전건설과 원전해체의 투입·배분 구조를 반영하여 투입산출표를 작성하고 산업연관효과를 분석한다.

2050년까지의 원전산업의 산업연관효과를 도출하기 위해서는 우선 에너지 부문의 변화와 새로운 산업인 원전해체를 반영하여야 한다. 에너지원별 발전량 비중 전망치를 이용한 에너지 부문의 투입배분 구조와, 원전해체 일정을 고려한 투입배분 구조를 투입산출표에 대입하여 에너지전환 정책에 따른 미래 투입산출표를 작성한다. 이 산업연관표를 통해 산업연관효과를 도출하여 원전산업의 파급효과와 산업구조의 변화 추이를 분석한다.

<그림 3-1>은 본 연구의 분석절차와 단계별 수행내용을 정리한 것이다.



<그림 3-1> 산업연관분석 절차도



## 2. 산업연관표 작성

### 가. 산업 부문 재분류

산업연관표의 부문 분류는 대분류, 중분류, 소분류, 기본부문으로 나누어진다. 2014년도 산업연관표를 기준으로 보면 대분류 30개, 중분류 82개, 소분류 161개, 기본부문 384개 부문으로 구성된다.

한국은행이 발간한 투입산출표의 대분류 및 기본부문 분류에서 원전건설, 원자력발전, 원전해체와 관련된 부문은 <표 3-3>과 같이 구성되어 있다. 원자력발전 부문은 대분류 ‘전력, 가스 및 증기업’의 한 부문으로 분류되어 있으며, 원전건설 부문은 대분류의 건설업 중 전력시설의 일부로 포함되어 있다. 원전해체 부문은 새로운 신산업으로 기존의 부문 분류에는 포함되어 있지 않다.

<표 3-3> 원전관련 투입산출표 대분류 및 기본부문 산업분류

대분류	기본부문	비고
전력, 증기 및 온수업	수력, 화력, 원자력, 자가발전, 신재생에너지, 도시가스, 증기 및 온수	
건설업	주거용건물, 비주거용건물, 건축보수, 도로시설, 철도시설, 항만시설, 하천사방, 상하수도시설, 농림수산토목, 도시토목, 환경정화시설, 통신시설, 전력시설 <sup>1)</sup> , 산업플랜트, 기타건설	원전해체는 미포함

주 1) 원전건설 부문은 전력시설 건설 부문에 포함되어 있다.

원전의 건설, 원자력발전, 원전의 해체에 따른 산업연관효과를 분석하기 위해서는 우선 산업 부문을 재분류하여야 한다. 본 연구에서는 30개 대분류를 기준으로 에너지전환 정책에 따른 변동을 반영하고 원전산업의 구조를 분석하기 위해 원전건설과 원전해체를 포함하여 산업을 재분류한다.

에너지전환 정책에 따라 비중변동이 큰 에너지원은 화력, 원자력과 신재생에너지이다. 에너지원별 비중변동을 반영하기 위하여 ‘전력, 증기 및 온수업’ 부문을 원자력발전업, 신재생에너지발전업, 화력발전업과 그 외 발전업 부문으로 재분류한다. 원전건설업은 전력시설건설업에서 별도로 분리하여 재분류하고, 원전해체는 새로운 산업 부문으로 건설업에 추가한다. 이 과정을 통하여 기존 30개 대분류 산업 부문을 총 35개 산업 부문으로 재분류한다. 재분류한 투입산출표 산업 부문 항목은 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 투입산출표 산업 부문 재분류 항목

부문	2014 기준 대분류	부문	산업분류 재분류
1	농림어업	1	농림어업
2	광업	2	광업
3	음식료품 및 담배 제조업	3	음식료품 및 담배 제조업
4	섬유 및 가죽제품 제조업	4	섬유 및 가죽제품 제조업
5	목재, 종이, 인쇄 및 복제업	5	목재, 종이, 인쇄 및 복제업
6	석탄 및 석유제품 제조업	6	석탄 및 석유제품 제조업
7	화학제품 제조업	7	화학제품 제조업
8	비금속광물제품 제조업	8	비금속광물제품 제조업
9	1차금속제품 제조업	9	1차금속제품 제조업
10	금속제품 제조업	10	금속제품 제조업
11	기계 및 장비 제조업	11	기계 및 장비 제조업
12	전기 및 전자기기 제조업	12	전기 및 전자기기 제조업
13	정밀기기 제조업	13	정밀기기 제조업
14	운송장비 제조업	14	운송장비 제조업
15	기타 제조업	15	기타 제조업
16	전력, 가스 및 증기업	16	원자력발전업
		17	신재생에너지발전업
		18	화력발전업
		19	그 외 발전업
17	수도·폐기물 및 재활용서비스업	20	수도·폐기물 및 재활용서비스업
18	건설업	21	원전건설업
		22	원전해체업
		23	그 외 건설업
19	도매 및 소매업	24	도매 및 소매업
20	운수업	25	운수업
21	음식점 및 숙박업	26	음식점 및 숙박업
22	정보통신 및 방송업	27	정보통신 및 방송업
23	금융 및 보험업	28	금융 및 보험업
24	부동산 및 임대업	29	부동산 및 임대업
25	전문·과학 및 기술서비스업	30	전문·과학 및 기술서비스업
26	사업지원서비스업	31	사업지원서비스업
27	공공행정 및 국방	32	공공행정 및 국방
28	교육서비스업	33	교육서비스업
29	보건 및 사회복지서비스업	34	보건 및 사회복지서비스업
30	문화 및 기타 서비스업	35	문화 및 기타 서비스업

## 나. 투입산출표 재작성

본 연구에서는 2014년 기초가격기준의 국산거래표를 기준으로 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문을 반영하여 투입산출표를 재작성한다.

원전건설업은 산업분류 384개 기본부문 중 전력시설 건설에 해당된다. 전력시설 건설에는 각종 발전소와 송배전시설, 변압시설의 건설을 포함하고 있어 이 중 원전건설 부문을 별도의 부문으로 분리하여야 한다. 이를 위해서는 2014년도에 원전건설에 따른 각 부문별 투입액을 파악하여야 하나 이는 현실적으로 한계가 있다.

본 연구에서는 원전건설과 전력시설의 건설에 대한 산업구조가 동일하다고 가정하였다. 2014년도의 원전건설에 대한 지출결산액 1조 9,092억 원(한국수력원자력(주) 세입세출결산보고서)은 총투입액으로 볼 수 있다. 이를 전력시설의 산업별 투입구조와 동일한 비율을 적용하여 원자력건설에 대한 산업별 투입액을 추정하고 이 값을 전력시설 건설 부문 전체에서 차감하여 작성하였다.

원전해체는 장기간 동안 고비용이 소요되는 대규모 사업으로 미래의 신산업으로 볼 수 있다. 신산업의 산업 파급효과를 분석하기 위해 투입산출표에 반영하는 방법은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 현재의 산업 부문과 유사한 부문을 선정하여 산업연관표를 재분류하는 방법이고, 두 번째는 신산업의 비용자료를 이용하여 투입산출표를 새로 구축하는 것이다(손희철, 2016).

본 연구에서는 비용항목별 해체비용 구조를 활용하여 투입산출표에 반영하는 방법을 이용하였다. 해체비용 구조는 대상 원전의 용량, 운전 기간, 해체예정 기간, 대상 원전의 구조물 및 계통 배치, 해체 전략, 단위비용 인자 등 다양한 요소에 따라 결정된다. 본 연구에서 비용 구조 도출을 위해 적용한 기본적인 가정은 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> 원전해체 비용구조 도출을 위한 기본 가정

항목	가정	비고
대상원전	설비용량 1000MWe의 표준형 원전	
운전기간	40년	
해체전략	즉시해체	
해체단계별 기간	해체준비 2년, 안전관리 5년 해체 6년, 부지복원 2년	표준형 원전의 해체기간 적용
사용후핵연료 관리	저장조에 냉각관리 후 임시저장시설 관리	사용후핵연료관리 부담금으로 충당되어 해체비용에서 제외 <sup>1)</sup>
방사성폐기물 처리방법	감용처리 후 드럼처분	200리터 드럼 기준
방사성폐기물 처분비	방사성폐기물관리법 및 중저준위폐기물유치특별법에 따른 비용	고준위폐기물 처분비용 제외
단위비용 인자	미국 Maine Yankee 사례 등 적용	
재료비 및 장비비	표준품셈 자료 참조	

주 1) 방사성폐기물관리법에 따라 사용후핵연료부담금은 원전해체 총당금과 별도로 산정하여 충당토록 규정되어 있다.

표준형원전의 비용항목은 해체사업비, 방사성폐기물 처분비, 감용시설비 등으로 구성되는데 항목별 해체비용 구조는 <표 3-6>과 같다.

<표 3-6> 표준형 원전 1기의 항목별 해체비용 구조<sup>1)</sup>

(단위: %)

구분	세부내용		비용비율
밀폐관리 및 철거	해체사업비	인건비	16.6
		철거비	21.1
		제염비	8.7
	감용시설비 <sup>2)</sup>	건설비	2.5
		설비구축비	1.2
		해체비	0.5
		설계비	0.2
	기타	보험료	4.0
		규제비용	3.7
		연구개발비	1.1
		유틸리티에너지	1.4
방사성폐기물 처분	처분비		27.4
	지역지원비 <sup>3)</sup>		1.4
	운반비		1.2
	예비비		9.0
합계			100.0

주 1) 해외 사례와 해체 관련 전문가 자문을 토대로 작성하였다.

2) 감용설비는 동일부지에 있는 다수 원전의 공용설비로서 국내 원전부지의 평균 원전 수 6기를 감안한 비율이다.

3) ‘중저준위방사성폐기물 처분지역 지원에 관한 법률’에 따라 방사성폐기물의 드림당 일정액을 지역지원비로 사용토록 규정되어 있다.

해체비용 중 주요 비중을 차지하는 것은 제염 및 철거비용으로 전체 비용의 약 30%를 차지하고 있다. 이 비용은 역무의 성격상 구조물과 건축물 등의 제염 및 철거와 기기, 계통 등의 제염 및 철거로 나누는 작업이 필요하다.

한국표준작업분류 기준에 따르면 구조물 등의 제염과 해체는 건설업으로 분류되며, 기기 및 계통에 대한 제염과 해체작업은 수도·폐기물 및 재활용 서비스업으로 나누어지기 때문에 산업별 영향분석을 위해서는 각각의 비용을 분리하여 반영하여야 한다. 철거대상물의 용량과 배치, 오염도 등 세부 데이터에 작업 단가를 적용하여 산출한 구조물과 기기 및 계통의 제염철거비용에 대한 비중은 각각 85%와 15%로 도출되었다.

감용설비는 동일 부지에 다수의 원전이 해체대상이 되는 경우 공용으로 사용할 수 있는 설비이다. 국내 원전은 대부분 현재 동일부지에 가동원전이 6기인 점을 감안하여 원전 1기당 해체비용을 적용하기 위해 감용설비에 해당하는 비용을 6등분하여 그 비율을 반영하였다.

방사성폐기물 관리비용에서 예비비는 예상치 못한 상황으로 인해 추가적으로 발생하는 방사성폐기물로 인한 비용을 고려한 것이다. 예상되는 방사성폐기물 발생량에 30%를 추가하여 총 발생량을 산출하고 이를 드림 당 관리비용인 처분비 단가, 지역지원비 단가, 운반비 단가에 반영하여 각각의 비율을 산출하였다.

산업통상자원부에서는 최근 원전해체 총당금을 7,515억 원으로 변경 고시하였는데, 이는 부지복원 수준<sup>16)</sup>을 기존의 15cm에서 1m로 반영한 것이 주요 변화요인 중의 하나이다. 부지복원의 깊이는 해체의 주요공정인 제염, 철거에 소요되는 비용과 발생하는 폐기물의 양에 상당한 영향을 주게 된다. 한국수력원자력(주)의 비용구조 평가는 부지복원의 깊이를 1m로 반영하고

---

16) 부지복원 수준은 해체 부지 지상으로부터 방사능 오염 제거 범위를 의미한다.

있어 해체작업량에 유의미한 영향을 미치지 않으므로 총당금과의 차이는 주로 물가 상승률과 할인율에 의한 것으로 판단된다. 따라서, 최근 고시된 총당금 총 7,515억 원을 원전 1기당 해체비용으로 적용하기 위해 비용구조를 각 항목의 해당 비율로 반영하였다.

해체의 각 비용항목을 역무의 성격에 따라 투입산출표의 산업 부문과 매칭하여 정리하면 <표 3-7>과 같다. 주요 비용항목과 산업분류를 보면, 기기 및 계통의 제염·철거비와 방사성폐기물처분비는 수도·폐기물 및 재활용서비스업으로 분류되며 각각 1,906억 원과 2,677억 원이다. 연구개발비와 감용시설 설계비는 전문·과학 및 기술서비스업으로 분류되며 각각 359억 원과 14억 원, 구조물 제염·철거비는 건설업으로 분류되며 336억 원으로 배분된다.



<표 3-7> 원전해체 비용항목별 산업 부문 및 비용

(단위: 억 원)

비용항목	관련 산업 부문	비용
해체사업 인건비	원자력해체업	1,246
구조물 제염·철거비	건설업	336
기기, 계통 제염·철거비	수도·폐기물 및 재활용서비스업	1,906
감용시설 건설 및 해체비	건설업	227
감용시설 설계비	전문·과학 및 기술서비스업	14
감용시설 구축비	기계 및 장비 제조업	84
보험료	금융 및 보험업	301
연구개발비	전문·과학 및 기술서비스업	359
유틸리티에너지비	전력업	108
방사성폐기물 처분비	수도·폐기물 및 재활용서비스업	2,677
지역지원비 <sup>1)</sup>	보건 및 사회복지서비스업	140
운반비	운수업	117
합계		7,515

주 1) 「중저준위방사성폐기물 처분지역 지원에 관한 법률」에 따라 처분장지역에 방사성폐기물의 드럼당 일정액을 지역지원비로 사용토록 규정되어 있다.

연간 투입액을 투입산출표에 반영하기 위해서는 해체기간을 설정하여야 한다. 고리 1호기의 경우는 현재 총 해체기간을 안전관리 기간 5년, 제염 및 해체·철거 8.5년, 부지복원 2년 등 총 15.5년으로 계획하고 있다. 고리 1호기는 국내에서 최초로 해체가 진행되는 원전으로 후속 원전의 해체보다는 상대적으로 기간이 더 소요될 것으로 예상된다.

본 연구는 2050년까지의 분석을 목적으로 하고 있어 국내의 대표적인 원전인 표준형 원전을 대상으로 하는 것이 적합하므로 표준형 원전의 해체기간을 적용한다. 표준형 원전의 해체기간은 총 13년(안전관리 5년, 제염 및 철거 6년, 부지복원 2년)으로 이 기간 동안 동일비율로 비용이 투입된다고 가정하였다. 본 연구의 분석기간인 2050년까지 해체되는 원전의 연간 평균 해체 기수는 5기이다. 이를 근거로 연간 해체 대상 원전 수를 5기로 가정하여 투입구조에 반영하였다.

원전해체의 산업별 투입비용을 투입산출표에 반영하기 위해서는 기초가격기준을 적용하여야 한다. 원전해체비용 총당금을 기준으로 한 해체비용은 해당 산업에 투입되는 비용(해당 상품을 구입하는 비용), 즉 구매자 가격 기준이므로 이 가격에서 부가가치와 순생산물세를 차감하여 반영하여야 한다.

원전해체업은 건설업에 추가되는 신산업이므로 건설업의 2014년도 부가가치율과 순생산물세율을 적용하여 이를 각 비용항목에서 차감하면 원전해체업의 투입구조가 산출된다. 산업별 부가가치의 합은 인건비와 함께 부가가치 부문에 반영한다. 투입산출표에 작성되는 연간 원자력해체업의 투입구조는 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 산업 부문별 원전해체 투입비용

(단위: 억 원)

산업 부문	투입액	비고
건설업 <sup>1)</sup>	138	
수도·폐기물 및 재활용서비스업	1,123	
전문·과학 및 기술서비스업	91	
기계 및 장비 제조업	21	
금융 및 보험업	74	
전력업	26	
보건 및 사회복지서비스업	34	
운수업	29	
부가가치	1,310	인건비와 부가가치의 합 <sup>2)</sup>
합계	2,846	

주 1) 원전해체는 한국표분산업분류표에 따르면 전문직별 공사업 중 해체 공사업으로 분류된다. 건설 부문 투입구조는 부문별 투입을 산업별로 세분화하고, 배분구조는 외생부문으로 작성되어야 하나 본 연구에서는 해체 공사업으로 직접 투입되는 것으로 처리한다.

2) 해체사업 인건비와 각 부문별 부가가치액의 합계이다.

국내 원전의 해체비용은 방사성폐기물 관리비용 및 사용후핵연료관리 부담금 등의 산정기준에 관한 규정에 따라 2년 마다 산정되는 금액을 한국수력원자력(주) 회계상 총당금으로 반영하도록 하고 있다. 따라서 원전 해체비용은 한국수력원자력(주)의 영업이익인 전력판매 수익에서 총당되는 것으로 볼 수 있다. 이를 투입산출표에 반영하기 위하여 상기 원전해체의 산업별 투입액을 원전해체업으로 추가 반영하고 이들 투입액을 원자력발전업의 투입구조에서 차감한다.

이 경우 원자력발전업의 총투입액에 변화가 발생하게 되는데 차감금액을 원자력발전업의 투입부분 중 원전해체업의 배분구조에 반영하여 원자력발전의 총투입액에는 변동이 없도록 보정한다.

상기 과정에 따라 2014년도 투입산출표를 재작성하여 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문이 별도로 표시된 총 35개 부문의 투입산출표를 구한다.

#### 다. 고용표 재작성

고용효과를 분석하기 위해서 먼저 고용표상의 산업 부문에 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문이 반영된 산업 재분류가 필요하다. 산업연관표의 부속표인 고용표는 384개 기본부문은 작성되어 있지 않고 30개 대분류, 82개 중분류, 161개 소분류로 구성되어 있다. 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문과 관련된 고용표의 부문 분류는 <표 3-9>와 같다.

<표 3-9> 원전관련 고용표 대분류 및 소분류 산업분류

대분류	소분류	비고
전력, 증기 및 온수업	전력 및 신재생에너지 <sup>1)</sup> , 도시가스, 증기 및 온수	
건설업	주거용건물, 비주거용건물, 건축보수, 교통시설건설, 일반토목시설건설, 산업시설건설 <sup>2)</sup> , 기타건설	원전해체는 미포함

주 1) 원자력발전은 전력 및 신재생에너지에 포함된다.

2) 원전건설은 산업시설 건설에 포함된다.

원전관련 부문을 반영하기 위하여 고용표의 각 부문 중 전력 부문에서 원자력발전업, 산업시설에서 원전건설업을 각각 별도로 분리하고, 원전해체 부문을 건설업의 신규 부문으로 추가한다. 이 과정을 통해 <표 3-10>과 같이 총 33개 부문으로 고용표의 산업 부문을 재분류한다.

고용효과 분석은 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문의 생산활동에 따른 타 산업 부문의 고용효과를 분석하는 것으로 전력업 부문의 화력발전과 신재생에너지 부문에 대한 별도의 분석을 필요로 하지 않는다. 따라서, 투입산출표의 제작성을 위해 35개 부문으로 재분류한 것과 달리 고용효과 분석에서는 화력발전과 신재생에너지 부문은 별도로 분류하지 않고 33개 부문으로 재분류한다.

<표 3-10> 고용표상 산업 부문 재분류 항목

부문	2014 기준 대분류	부문	산업분류 재분류
1	농림어업	1	농림어업
2	광업	2	광업
3	음식료품 및 담배 제조업	3	음식료품 및 담배 제조업
4	섬유 및 가죽제품 제조업	4	섬유 및 가죽제품 제조업
5	목재, 종이, 인쇄 및 복제업	5	목재, 종이, 인쇄 및 복제업
6	석탄 및 석유제품 제조업	6	석탄 및 석유제품 제조업
7	화학제품 제조업	7	화학제품 제조업
8	비금속광물제품 제조업	8	비금속광물제품 제조업
9	1차금속제품 제조업	9	1차금속제품 제조업
10	금속제품 제조업	10	금속제품 제조업
11	기계 및 장비 제조업	11	기계 및 장비 제조업
12	전기 및 전자기기 제조업	12	전기 및 전자기기 제조업
13	정밀기기 제조업	13	정밀기기 제조업
14	운송장비 제조업	14	운송장비 제조업
15	기타 제조업	15	기타 제조업
16	전력, 가스 및 증기업	16	원자력발전업
		17	그 외 발전업
17	수도·폐기물 및 재활용서비스업	18	수도·폐기물 및 재활용서비스업
18	건설업	19	원전건설업
		20	원전해체업
		21	그 외 건설업
19	도매 및 소매업	22	도매 및 소매업
20	운수업	23	운수업
21	음식점 및 숙박업	24	음식점 및 숙박업
22	정보통신 및 방송업	25	정보통신 및 방송업
23	금융 및 보험업	26	금융 및 보험업
24	부동산 및 임대업	27	부동산 및 임대업
25	전문·과학 및 기술서비스업	28	전문·과학 및 기술서비스업
26	사업지원서비스업	29	사업지원서비스업
27	공공행정 및 국방	30	공공행정 및 국방
28	교육서비스업	31	교육서비스업
29	보건 및 사회복지서비스업	32	보건 및 사회복지서비스업
30	문화 및 기타 서비스업	33	문화 및 기타 서비스업

원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문을 나타내는 고용표를 재작성하기 위해서는 각 부문의 취업자 수 통계가 필요하다.

본 연구에서는 한국원자력산업회의에서 2014년도를 대상으로 실시한 원자력산업 실태조사 결과를 활용하였다. 원자력발전 관련 사업자와 원자력 관련 산업체, 공공기관 등 총 472개 기관을 대상으로 실시된 조사에서 원자력 발전사업에 종사하는 인력은 8,356명<sup>17)</sup>, 원자력 건설사업에 종사하는 인력은 4,174명<sup>18)</sup>으로 나타났다. 원전해체산업에 따른 취업자 수는 한국수력원자력(주)의 해체비용 구조 평가에서 1,290명의 사업관리 인력이 필요한 것으로 분석되었다.

상기 원전건설 인력과 해체 인력은 관련 산업에 종사하는 인력에 국한된 것으로 건설공사와 해체공사에 각각 투입되는 공사인력은 제외되어 있다. 건설공사 인력의 경우 대한건설협회의 통계조사<sup>19)</sup>에 따르면 2014년도 산업설비 부문의 공사원가 대비 노무비의 비중은 6.92%로 나타났다. 이를 2014년도 원자력건설의 총결산액(1조 9,091억 원)에 대입하면, 총 노무비는 70,448백만 원으로 계산된다. 2014년도 건설공사 표준품셈 자료에 의하면 원자력 직종의 평균 노무임금은 206,068원이므로 원전건설 부문의 공사인력은 2,696명으로 산출된다. 원전 해체의 경우에도 동일한 노무비율이 적용된다고 가정하면 해체에 투입되는 공사인력은 592명<sup>20)</sup>으로 산출된다.

33개 부문으로 재작성된 투입산출표의 총투입액과 취업자 수를 같이 표시하고, 총투입액의 10억 원 단위로 취업자 수를 나누면 <표 3-11>과 같은 취업계수를 구할 수 있다.

17) 원자력발전사업자인 한국수력원자력(주)의 인력 중 건설 부문에서 종사하는 인력 수는 평균 1천명 수준이다.

18) 원자력건설산업체에 종사하는 인력과 한국수력원자력(주)의 건설 부문 종사인력의 합이다.

19) 대한건설협회에서는 매년 공종별, 공사규모별, 공사기간별로 건설공사 원가를 계산하여 제공하고 있다.

20) 해체공사는 원자력직종과는 역무에 차이가 있어 일반공사직종의 노임단가를 가정하였다.

<표 3-11> 원전건설, 원자력발전, 원전해체 반영 고용표

산업분류	취업자수 (명)	총산출액 (백만원)	취업계수 (명/10억 원)
농림어업	1,416,962	57,030,474	24.846
광업	13,819	4,399,222	3.141
음식료품 및 담배 제조업	324,826	108,373,712	2.997
섬유 및 가죽제품 제조업	331,330	74,796,298	4.430
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	189,987	39,310,608	4.833
석탄 및 석유제품 제조업	12,045	146,200,344	0.082
화학제품 제조업	374,327	267,726,070	1.398
비금속광물제품 제조업	92,260	37,074,155	2.489
1차금속제품 제조업	170,105	203,881,689	0.834
금속제품 제조업	250,196	96,939,138	2.581
기계 및 장비 제조업	404,853	120,106,019	3.371
전기 및 전자기기 제조업	588,115	362,573,150	1.622
정밀기기 제조업	97,886	27,152,966	3.605
운송장비 제조업	492,892	250,505,191	1.968
기타 제조업	447,646	63,190,544	7.084
전력, 가스 및 증기업	70,704	93,423,523	0.757
원자력발전업	8,356	10,056,791	0.831
수도·폐기물 및 재활용서비스업	110,448	22,992,393	4.804
그 외 건설업	1,567,197	191,889,480	8.167
원전건설업	8,870	1,909,202	4.646
원전해체업	1,892	284,600	6.648
도매 및 소매업	3,289,539	234,457,982	14.030
운수업	1,473,228	135,653,567	10.860
음식업 및 숙박업	1,714,707	100,744,584	17.020
정보통신 및 방송업	662,595	119,571,697	5.541
금융 및 보험업	747,151	138,769,548	5.384
부동산 및 임대업	587,683	160,828,392	3.654
전문·과학 및 기술서비스업	1,376,243	127,042,907	10.833
사업지원서비스업	1,088,122	45,105,365	24.124
공공행정 및 국방	942,762	119,880,731	7.864
교육서비스업	1,569,977	103,362,049	15.189
보건 및 사회복지서비스업	1,628,110	113,226,211	14.379
문화 및 기타 서비스업	1,515,050	79,825,347	18.980



### 3. 에너지 부문의 투입배분 구조

2050년까지 에너지 부문의 변화를 반영하기 위해서는 전력부문에서의 에너지원별 발전량 비중과 원전해체에 따른 투입 구조를 산정하여 투입산출표에 적용하여야 한다. 전력부문과 원전해체의 투입배분 구조를 산정하는 방법과 절차는 다음과 같다.

#### 가. 전력 부문 투입배분 구조

2050년까지 원전산업에 의한 산업연관분석을 위해 본 연구는 원전을 포함한 에너지 부문을 제외하고 다른 부문은 2014년도 산업구조와 동일하다는 가정에 따라 수행한다. 에너지 부문의 변화는 2050년까지의 에너지원별 발전량 변화와 해체대상 원전의 변동으로 크게 구분된다. 원전건설 부문은 에너지전환 정책에 따라 신고리 5, 6호기 이후 건설계획이 백지화되어 신고리 6호기의 건설이 마무리되는 2021년경이면 국내에서 원전건설에 투입되는 비용은 매우 적은 규모가 되기 때문이다.

에너지원별 변화를 반영하기 위해서는 발전량 전망치가 필요하다. 제8차 전력수급기본계획에 따르면 2030년의 에너지원별 발전량 비중 목표치는 각각 원자력 23.9%, 석탄 36.1%, 신재생에너지 20.0%, LNG 등 기타 20.0%이다. 각 에너지원별 발전량의 목표치를 충족하기 위하여 2017년부터 매년 동일한 증가율 또는 감소율을 적용하면 <표 3-12>와 같이 2030년까지 매년 에너지원별 발전량 비중을 산출하게 된다.

〈표 3-12〉 2030년까지 에너지원별 발전량 비중

(단위: %)

년도	원자력	화력	신재생에너지	기타
2018	29.4	44.2	6.7	19.7
2019	28.9	43.5	7.4	20.2
2020	28.5	42.8	8.1	20.6
2021	28.0	42.2	8.8	21.0
2022	27.6	41.5	9.7	21.2
2023	27.1	40.8	10.6	21.4
2024	26.6	40.2	12.1	21.1
2025	26.2	39.5	13.2	21.1
2026	25.7	38.9	14.4	21.0
2027	25.3	38.2	15.6	20.9
2028	24.8	37.5	17.1	20.6
2029	24.4	36.9	18.5	20.3
2030	23.9	36.2	20.0	19.9

정부의 전력수급계획기간 이후인 2031년부터 2050년까지는 다음 사항을 가정하여 에너지원별 발전량 비중을 도출한다.

- ① 원자력발전은 에너지전환 정책에 따라 설계수명 만료 후 해체
- ② 원자력발전의 가동율은 2030년 기준을 동일하게 적용
- ③ 석탄화력발전은 미세먼지 등 환경요인을 고려하여 2030년 수준 유지
- ④ 원전의 가동 수 감소에 따른 발전량 감소분을 신재생에너지가 충당<sup>21)</sup>

21) 2018년 11월 제3차 에너지기본계획 워킹그룹의 ‘에너지전환정책 중장기 정책방향에 대한 권고안’에 따르면 2040년 신재생에너지 발전비중목표를 ①25%, ②30%, ③40%의 3가지 시나리오로 제시하고 있다. 본 연구의 가정에 따른 신재생에너지의 발전비중은 권고안의 1안과 유사한 값을 나타내고 있어 동 가정이 합리적인 근거하에 있음을 보여주고 있다.

2031년부터 2050년까지의 원자력 및 신재생에너지의 발전량 비중 전망은 <표 3-13>과 같다.

<표 3-13> 2031-2050년까지 원자력 및 신재생에너지 발전량 비중 (단위: %)

년도	원자력	신재생에너지	년도	원자력	신재생에너지
2031	23.9	20.0	2041	18.0	25.9
2032	23.9	20.0	2042	16.9	27.0
2033	23.9	20.0	2043	15.7	28.2
2034	22.7	21.2	2044	14.5	29.4
2035	21.6	22.3	2045	14.5	29.4
2036	21.6	22.3	2046	14.5	29.4
2037	21.6	22.3	2047	14.5	29.4
2038	19.2	24.7	2048	14.5	29.4
2039	19.2	24.7	2049	14.5	29.4
2040	19.2	24.7	2050	13.4	30.5

2014년도 기준 에너지원별 발전량 비중은 화력발전 43.7%, 원자력발전 30.2%, 신재생에너지 4.3%, 기타 발전 21.8%이다(KOSIS, 2015).

에너지 부문 최종수요에 변동이 없다는 가정에 따라 에너지원별 발전량 비중 변동을 투입산출표상에 대입하면, 해당년도의 에너지 부문의 투입배분 구조를 산출할 수 있다. 즉, 2050년까지의 에너지원별 발전량 비중 변화를 투입산출표의 전력업 부문 중 원자력, 화력, 신재생에너지 및 그 외 발전업 부문에 적용하여 에너지전환 정책에 따른 전력산업 부문의 투입산출표를 5년 단위로 작성한다.

나. 원전해체업의 투입배분 구조

원전해체는 해체단계별 공정에 따라 해체기간 동안 연도별로 투입되는 비용과 비용이 투입되는 산업 부문이 다르게 된다. 표준형원전의 해체공정을 기반으로 주요 단계별 공정 기간을 정리하면 <표 3-14>와 같다.

<표 3-14> 표준형 원전의 해체단계별 공정 기간

구분	비용항목	공정 기간
사업관리 및 제염, 철거	사업관리	전 해체기간 중
	건물, 구조물 제염 및 철거	해체승인 후 착수
	기기, 계통 제염 및 철거	철거전 안전관리기간 중 건물내 계통 제염 해체착수 후 제염 및 철거
감용시설 구축	감용시설 설계	해체작업 전 완료
	감용설비 제작	해체작업 전 완료
	감용시설 건설	해체작업 전 완료
	감용시설 해체	해체폐기물 처리 후
기타	보험	전 해체기간 중
	연구개발	전 해체기간 중
	유틸리티 에너지	전 해체기간 중
방사성 폐기물 처분	방사성 폐기물 처분	해체작업 직후
	지역지원사업	해체작업 직후
	방사성 폐기물 운반	해체작업 직후
부지	부지복원	해체 및 철거작업 완료 후

자료: 문상래(2017)

해체단계별 공정기간을 총 해체기간인 안전관리 기간 5년, 해체 및 철거 6년, 부지복원 2년의 연차별 공정에 따라 도식화하여 나타내면 <그림 3-2>와 같다.

구 분	공정항목	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	11년차	12년차	13년차
안전관리 및 철거	사업관리													
	건물, 구조물 철거													
	기기, 계통 제염철거													
감용시설 구축	감용시설 설계													
	감용설비 구축													
	감용설비 건설													
	감용설비 해체													
기 타	보험													
	연구개발													
	유틸리티에너지													
방폐물 처분	방폐물 처분													
	지역지원													
	방폐물 운송													
부지	부지복원													

< 그림 3-2> 표준형 원전의 해체기간 중 연차별 해체 공정도

항목별 공정기간 동안 해당 비용이 연차별로 동일한 비율로 투입된다고 가정하고, 항목별 비용을 나타낸 <표 3-7>을 적용하면 원전 1기당 해체기간 중 공정별 투입비용을 알 수 있다. 공정별 비용을 기초가격으로 환산하여 연차별로 나타내면 <표 3-15>와 같다. 기초가격은 항목별 투입비용에서 부가가치와 순생산물세를 차감하여 구한다. 건물철거비의 경우 철거착수 초기 3년간 터빈건물 철거 비용이 추가되며, 기기철거 제염비의 경우 초기 단계에 투입되는 제염비에 해당하는 수치이다. 인건비는 안전관리 기간보다 해체기간에 많이 투입되는 것으로 가정하였다.

<표 3-7>에 따라 비용항목을 관련 산업 부문별로 매칭하여 통합한다. 이때 피용자 보수인 인건비는 부가가치 항목이므로 산업 부문별 부가가치와 합하여 부가가치 항목으로 작성한다. 이 과정을 통해 <표 3-16>의 원전 1기당 산업 부문별 연차별 투입구조를 얻게 된다. 원전 1기의 해체기간 중 6년, 7년, 8년차에 가장 많은 비용이 투입되며 산업 부문 중 기기철거 및 제염과 방사성폐기물 처분을 위한 수도·폐기물 및 재활용서비스업 부문이 가장 큰 부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

<그림 2-8>은 고리1호기부터 한울 6호기까지 가동원전의 해체일정을 나타낸다. 이 일정에 따라 원전 1기당 해체기간 동안의 연차별 산업 부문별 비용구조를 대입하여 산업 부문별로 통합하면 <표 3-17>과 같이 2050년까지의 원전해체에 대한 투입배분 구조를 구할 수 있다.

<표 3-15> 원전 1기당 공정 항목별 해체비용 투입구조

(단위: 억 원)

구분	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	11년차	12년차	13년차
건물철거비	0	0	0	0	0	47	47	47	25	25	25	0	0
기기철거제염비	120	120	0	0	0	163	163	163	163	163	163	0	0
감용시설 건설, 해체비	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0	24	0	0
감용시설 설계비	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
감용설비구축비	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
보험료	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
연구개발비	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
유틸리티 에너지	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5
방폐물처분비	0	0	0	0	0	243	243	243	243	243	243	243	0
지역지원비	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12	12	0
운반비	0	0	0	0	0	11	11	11	11	11	11	11	0
사업관리인건비	82	82	82	82	82	94	94	94	94	94	94	94	94
부가가치(산업 부문)	88	105	52	68	68	270	270	270	270	270	283	168	23
합계	332	381	207	252	252	883	883	883	859	859	896	570	158



<표 3-16> 원전 1기당 산업 부문별 해체비용 투입구조

(단위: 억 원)

구분	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	11년차	12년차	13년차
그 외 건설업	0	0	0	60	60	47	47	47	25	25	49	0	0
수도·폐기물 및 재활용서비스업	120	120	0	0	0	406	406	406	406	406	406	243	0
전문·과학 및 기술서비스업	22	26	26	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
기계 및 장비 제조업	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금융 및 보험업	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
발전업	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5
보건 및 사회복지서비스업	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12	12	0
운수업	0	0	0	0	0	11	11	11	11	11	11	11	0
부가가치	170	187	134	150	150	364	364	364	364	364	377	262	116
합계	332	381	207	252	252	883	883	883	859	859	896	570	158

<표 3-17> 연도별 산업 부문별 해체비용 투입구조

(단위: 억 원)

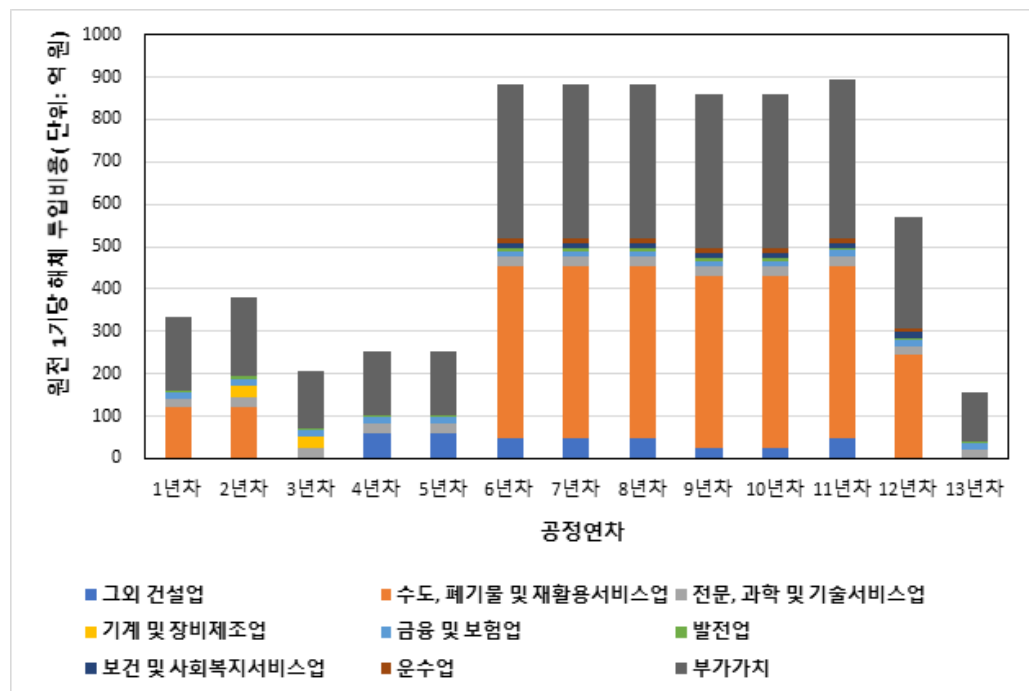
구분	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
그 외 건설업	0	0	0	60	121	108	95	95	133	171	302	325	310	396	481
수도폐기물 및 재활용서비스업	120	240	120	0	0	526	1,052	1,173	1,173	1,052	1,579	1,942	2,108	2,030	2,436
전문과학 및 기술서비스업	22	48	52	48	44	66	92	140	166	188	227	275	280	249	219
기계 및 장비 제조업	0	27	54	27	0	0	27	54	81	81	54	81	108	54	0
금융 및 보험업	15	29	29	29	29	44	58	87	102	117	146	175	175	160	146
발전업	5	10	10	10	10	16	22	32	36	41	52	63	64	59	54
보건 및 사회복지서비스업	0	0	0	0	0	12	25	25	25	25	37	50	62	62	74
운수업	0	0	0	0	0	11	22	22	22	22	33	44	55	55	66
부가가치	170	358	322	284	300	685	1,086	1,390	1,557	1,654	2,217	2,667	2,778	2,655	2,784
합계	332	713	588	459	504	1,467	2,478	3,018	3,295	3,350	4,647	5,621	5,939	5,719	6,258

<표 3-17> (계속)

(단위:억 원)

구분	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
그 외 건설업	434	360	337	218	208	268	206	95	216	193	144	229	265	218	265
수도폐기물 및 재활용서비스업	3,247	4,017	3,731	3,043	2,273	2,108	1,945	1,299	932	1,052	1,864	1,864	1,581	1,461	1,624
전문과학 및 기술서비스업	219	240	267	249	223	219	206	184	153	136	162	184	184	179	153
기계 및 장비 제조업	0	0	27	54	27	0	54	54	0	27	54	54	54	27	0
금융 및 보험업	146	160	175	160	146	146	131	117	102	87	102	117	117	117	102
발전업	54	60	64	58	51	51	47	42	37	31	37	42	42	42	37
보건 및 사회복지서비스업	99	124	112	99	74	62	62	50	25	25	50	50	50	50	50
운수업	87	109	98	87	66	55	55	44	22	22	44	44	44	44	44
부가가치	3,223	3,719	3,672	3,156	2,610	2,499	2,282	1,752	1,431	1,386	1,947	2,110	1,988	1,904	1,872
합계	7,509	8,790	8,483	7,125	5,678	5,407	4,986	3,636	2,918	2,959	4,404	4,693	4,324	4,040	4,146

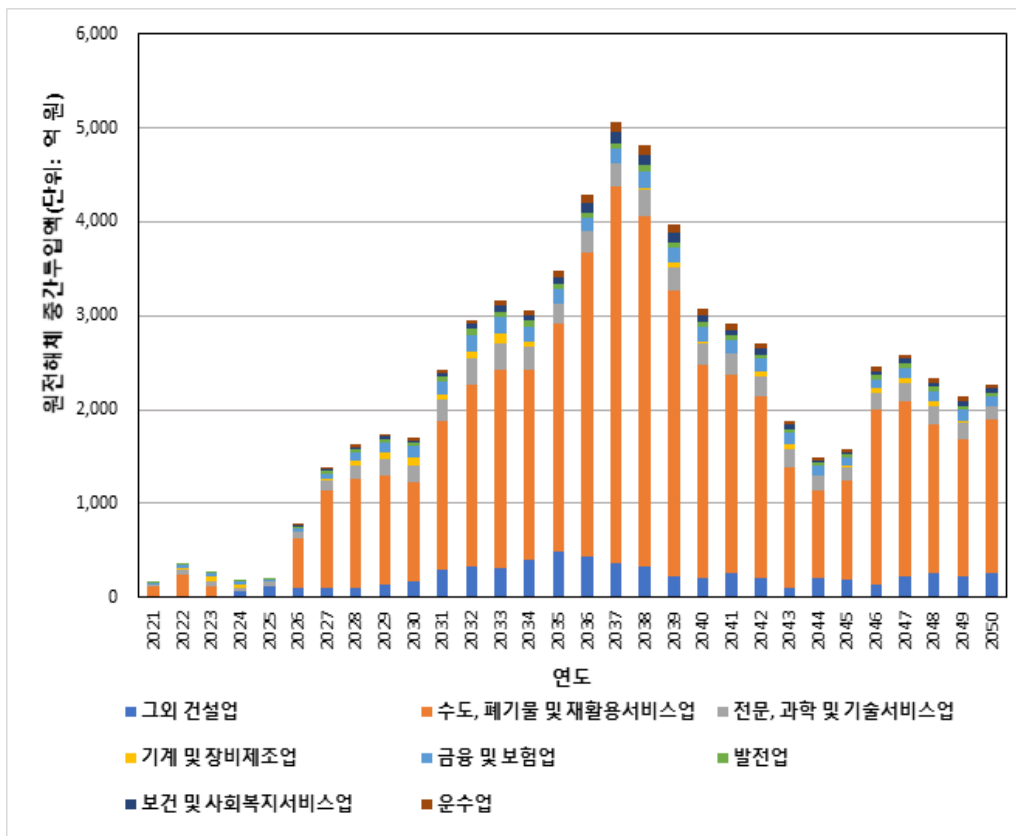
원전 1기를 대상으로 13년 해체기간 동안 투입되는 비용을 그래프로 나타내면 <그림 3-3>과 같다. 해체비용은 안전관리 기간 동안 300억 원 이하로 투입되다가, 건물, 기기의 철거 및 제염과 방사성폐기물 발생에 따른 처리·처분이 본격화되는 6년차부터 11년차까지 매년 약 900억 원 수준의 비용이 투입된다. 이후 해체작업이 마무리 단계에 접어드는 12, 13년차에 크게 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 수도·폐기물 및 재활용서비스업의 경우 안전관리 기간 초기 1~2년차에 기기 제염을 위해 120억 원 정도의 비용이 투입된 후 철거 및 제염 작업이 본격화되는 6년차부터 12년차까지 총 비용의 50% 수준이 투입되는 것으로 나타났다.



<그림 3-3> 해체기간 중 원전 1기당 산업별 투입비용

2050년까지 산업 부문별 중간투입액을 그래프로 나타내면 <그림 3-4>와 같다. 2050년까지 산업별 투입액을 보면, 2026년부터 해체 및 철거 작업이

본격화되면서 산업별 투입액이 증가하게 되며 2037년에 해체대상 원전이 10기에 달하면서 총투입액은 8,790억 원으로 최대치를 나타낸다. 가장 많은 비용이 투입되는 산업은 기기 철거 및 제염과 방사성폐기물 처분을 위한 수도·폐기물 및 재활용서비스업 부문이다. 산업별 투입규모 비교를 용이하게 하기 위하여 부가가치 항목은 제외하였다.



<그림 3-4> 2050년까지 산업별 원전해체 중간투입액



## 제4장 원자력 관련 산업의 구조 및 산업 파급효과

에너지전환 정책과 원전산업의 새로운 부문인 원전해체가 원자력 관련 산업의 구조에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하기 위하여, 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 3개 부문 원전 산업에 따른 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용유발효과, 전·후방연쇄효과를 도출하고 이를 분석하였다.

### 제1절 원전산업의 생산유발효과

원전건설, 원자력발전, 원전해체 산업을 반영하여 재작성된 투입산출표를 이용하여 원전산업에 의한 생산유발효과를 도출하였다.

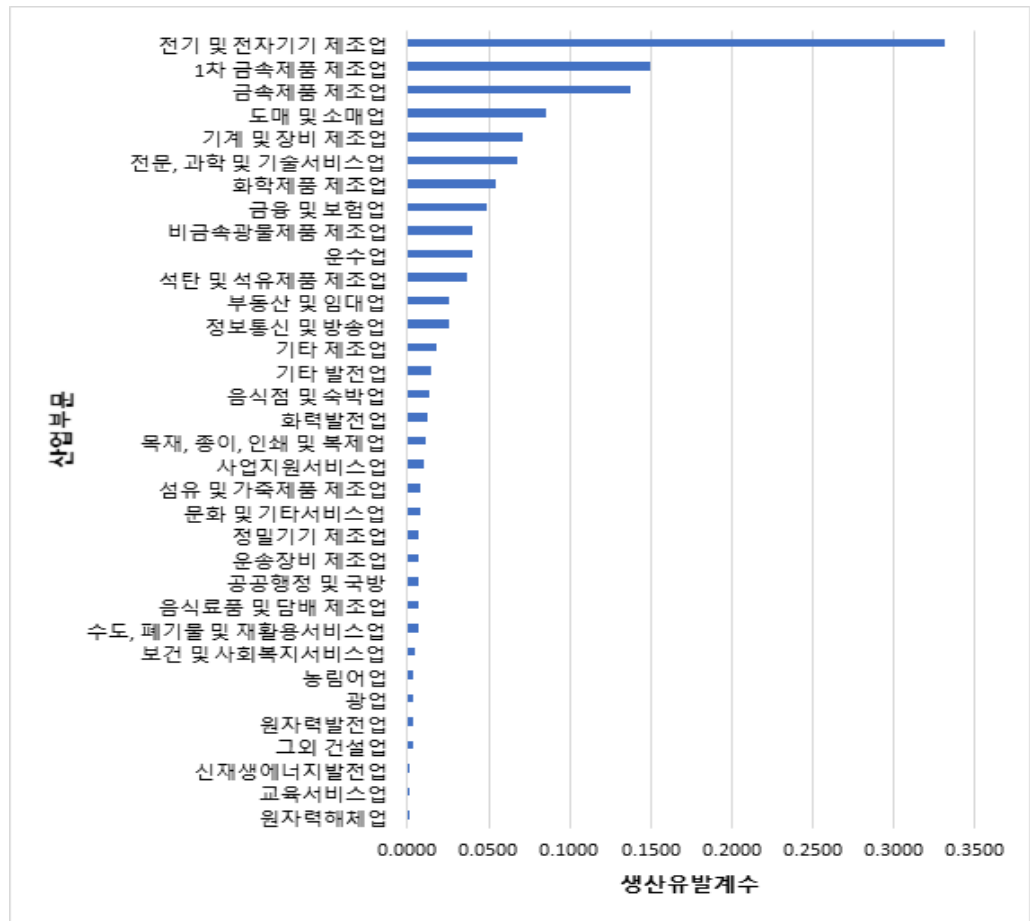
한 부문의 최종수요 변동에 따른 산업연관분석에 있어서 타 부문의 파급효과에 중점을 두고 분석하기 위해 해당 산업 부문을 외생화하는 방법이 있다(유태호, 2001). 본 연구과정에서 외생화를 통한 분석을 일부 수행하여 비교한 결과 산업별 파급효과에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 외생화 작업을 수행하지 않았다.

분석결과, 원전건설에 따른 산업의 생산유발계수 총합은 2.2595로 나타났다. 이는 원자력발전과 원전해체에 따른 생산유발효과보다 큰 수치로 원전건설이 토목, 건축 부문뿐 아니라 기자재, 설계엔지니어링 등 분야에서 대규모 비용이 투입되는 대형 사업임을 반영한 것으로 해석된다.

<그림 4-1>은 원전건설에 따른 산업별 생산유발계수를 나타낸 것이다. 생산유발효과가 큰 부문은 전기 및 전자기기 제조업, 1차금속제품 제조업, 금속제품 제조업, 도매 및 소매업, 기계 및 장비 제조업, 전문·과학 및 기술서비스업, 화학제품 제조업, 금융 및 보험업, 비금속광물제품 제조업, 운수업 순으로 나타났다. 원전건설에 필요한 기기 및 장비를 제조하는 부문에서 큰 생산유발효과를 창출하는 것으로 해석된다.

주목할 필요가 있는 부문은 전문·과학 및 기술서비스업과 화학제품제조업이다. 전문·과학 및 기술서비스업은 원전 건설에서 설계, 용역업무가 차지하는 비중이 큰 것이 반영된 것이고, 화학제품 제조업은 원전 건설시 초기연료<sup>22)</sup>의 생산이 반영된 것으로 해석된다.

산업 부문별 각각의 생산유발계수 값은 원자력발전 및 원전해체에 따른 생산유발계수와의 비교를 위해 <표 4-1>에 같이 기록하였다.



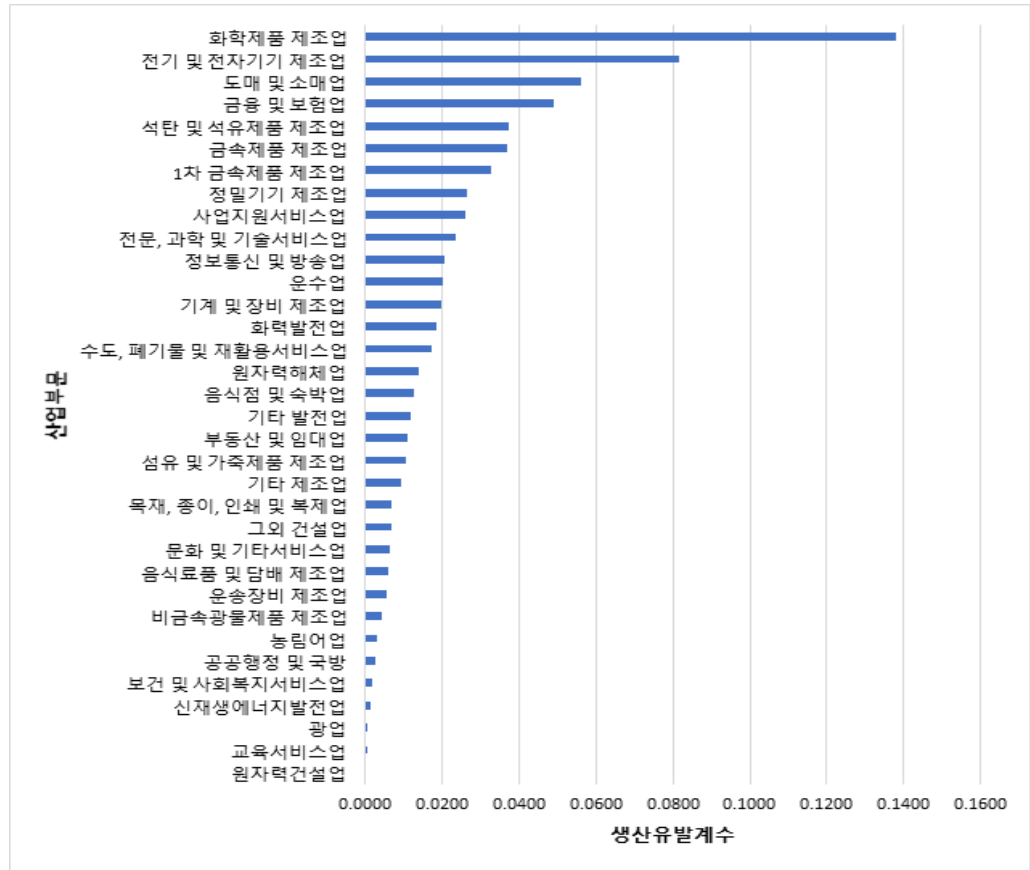
<그림 4-1> 원전건설에 따른 산업 부문별 생산유발효과

22) 원전 가동시 연료는 1/3 정도를 교체하나 건설 후 초기 노심연료는 전 노심에 신연료가 장전되므로 연료생산량 규모가 크다(신고리 1, 2호기의 경우 약 2,012억 원이 소요)



원자력발전에 따른 산업의 생산유발계수 총합은 1.7207로 나타났으며, 산업 부문별 생산유발계수는 <그림 4-2>와 같다. 생산유발효과가 큰 부문은 화학제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 도매 및 소매업, 금융보험업, 석탄 및 석유제품 제조업, 금속제품 제조업, 1차금속제품 제조업, 정밀기기 제조업, 사업지원서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업 등의 순으로 나타났다.

주목할 만한 산업 부문으로는 화학제품 제조업과 석탄 및 석유제품 제조업 그리고 전기 및 전자기기, 금속제품, 정밀기기 제조업을 들 수 있다. 원전 운영을 위해서는 봉산냉각수와 각종 계통수 등 화학제품이 다량 소요되며, 부품이나 기기의 보수 및 교체, 정비 등 작업이 수행되는 점을 고려할 때 원전 가동에 필요한 물품이나 장비를 생산하는 부문에서 상대적으로 큰 생산유발효과를 창출하는 것으로 해석된다.



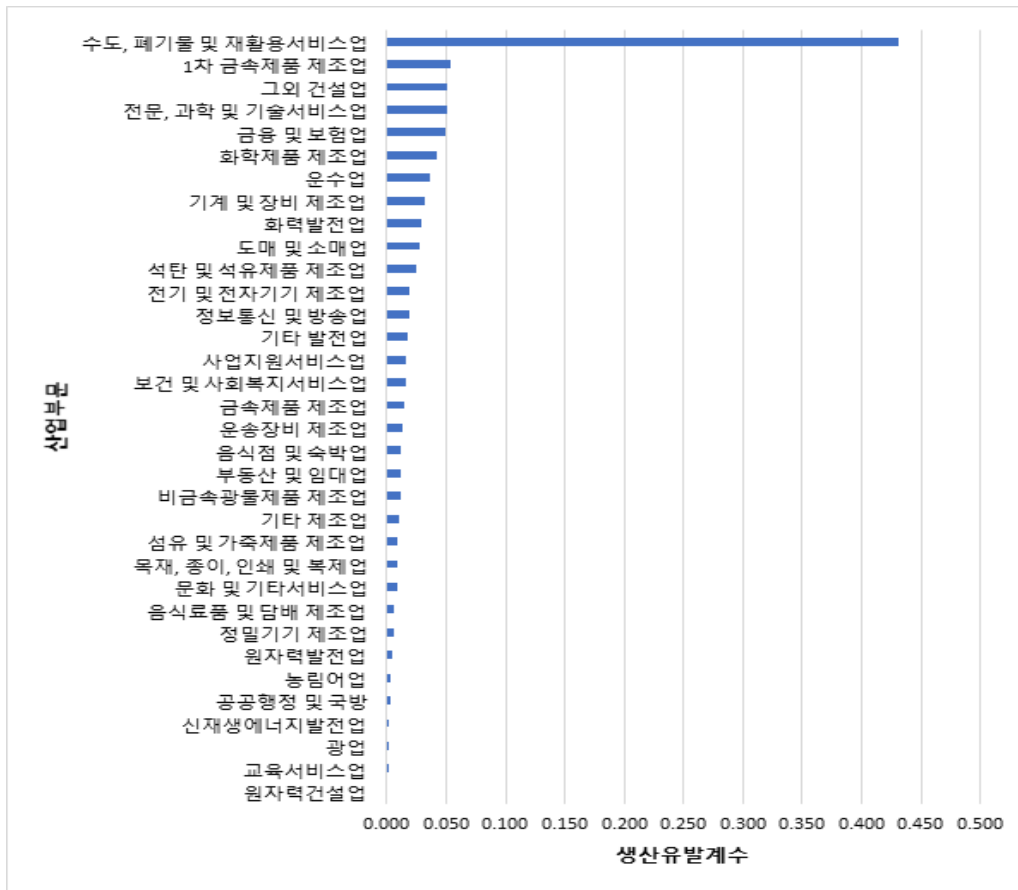
〈그림 4-2〉 원자력발전에 따른 산업 부문별 생산유발효과

원전해체에 따른 산업의 생산유발계수 총합은 2.0328로 나타났으며, 산업 부문별 생산유발계수는 <그림 4-3>과 같다. 생산유발효과가 큰 부문은 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 1차금속제품 제조업, 금융 및 보험업, 화학제품 제조업, 운수업, 기계 및 장비 제조업, 화력발전업, 도매 및 소매업 순으로 나타났다.

원전 해체의 주요 역무는 제염 및 철거 작업과 방사성폐기물 처분작업이다. 한국표준산업분류에 따르면 이들 역무가 모두 수도·폐기물 및 재활용서비스업<sup>23)</sup>으로 분류되어 있어 이 부문에서 타 산업에 비해 월등히 큰 생산

유발효과를 창출하는 것으로 나타났다.

전문·과학 및 기술서비스업의 경우, 해체 산업의 특성상 공사 원가 중 재료비는 크게 소요되지 않으면서 상대적으로 해체 설계 업무 등이 주요한 역무인 점이 반영되어 상대적으로 높은 생산유발효과를 나타내었다. 운수업의 경우는 방사성폐기물의 처분을 위해 원전부지에서 방사성폐기물 처분장으로의 운반역무가 반영된 것으로 해석된다.



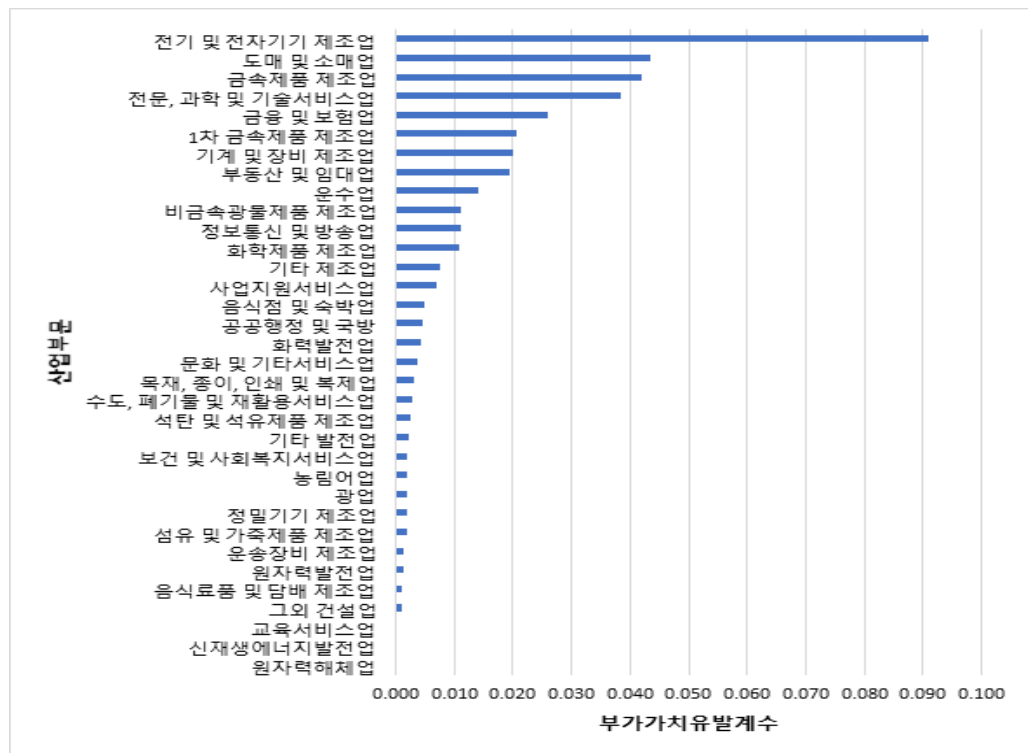
<그림 4-3> 원전해체에 따른 산업 부문별 생산유발효과

23) 표준산업분류표에 의하면 건물 및 구축물 해체는 건설업, 금속 및 비금속 해체는 폐기물 처리업으로 분류된다.

## 제2절 원전산업의 부가가치유발효과

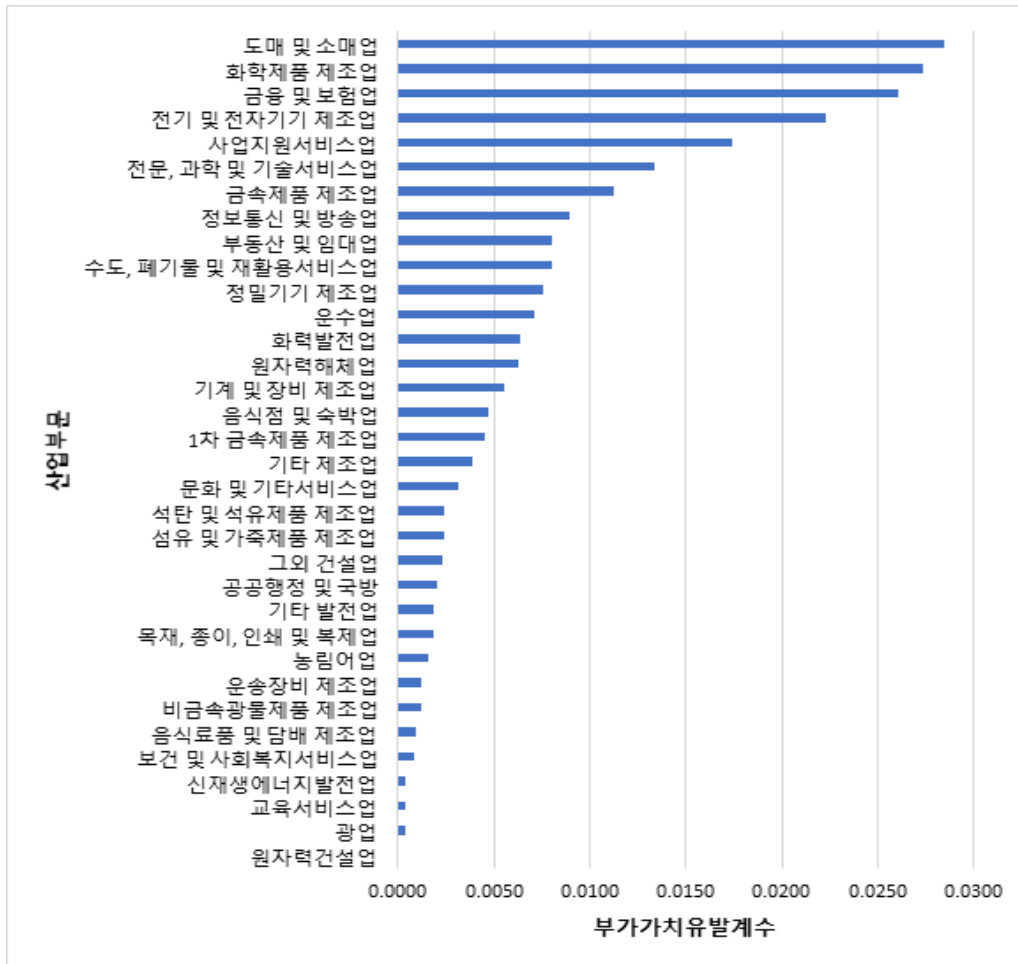
각 부문 최종수요의 변동은 국내 생산활동의 변화를 가져오고 이는 산업 부문별 부가가치의 변화를 초래한다. 제1절의 생산유발계수표를 이용하여 부가가치유발계수를 구하고 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 수요변동에 따른 타 부문의 부가가치유발효과를 비교, 분석하였다.

원전건설에 따른 산업의 부가가치유발계수 총합은 0.7175로 산출되었으며, 산업별 부가가치유발계수는 <그림 4-4>와 같다. 부가가치유발효과가 큰 부문은 전기 및 전자기기 제조업, 도매 및 소매업, 금속제품 제조업, 전문·과학 및 기술서비스업, 금융 및 보험업, 1차금속제품제조업, 기계 및 장비제조업, 부동산 및 임대업, 운수업, 비금속광물제품 제조업 등의 순으로 나타났다.



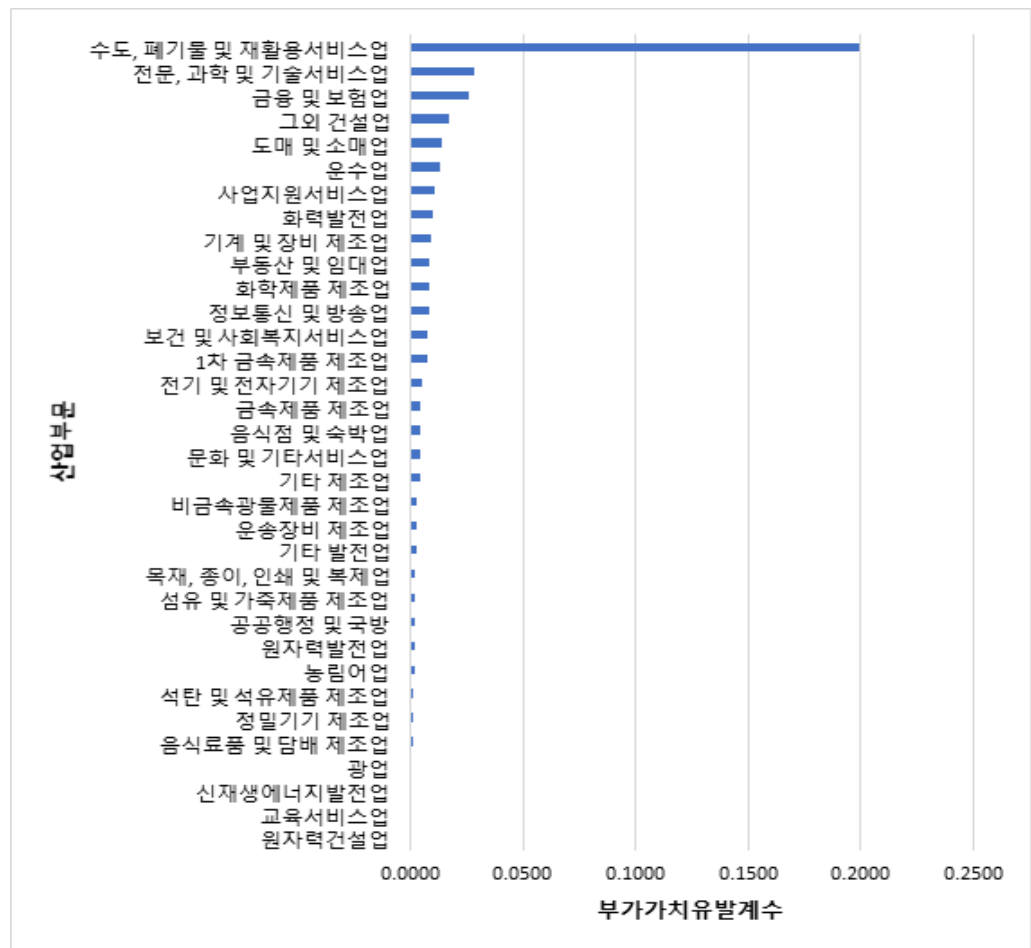
<그림 4-4> 원전건설에 따른 산업 부문별 부가가치유발효과

원자력발전에 따른 산업별 부가가치유발계수의 합은 0.6953으로 산출되었으며, 산업별 부가가치유발계수를 그래프로 나타내면 <그림 4-5>와 같다. 부가가치유발효과가 큰 부문은 도매 및 소매업, 화학제품 제조업, 금융 및 보험업, 전기 및 전자기기 제조업, 사업지원서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 금속제품 제조업, 정보통신 및 방송업, 부동산 및 임대업, 수도·폐기물 및 재활용서비스업 등의 순으로 나타났다.



<그림 4-5> 원자력발전에 따른 산업 부문별 부가가치유발효과  
원전해체에 따른 산업별 부가가치유발계수의 합은 0.8739로 산출되었으

며, 산업별 부가가치유발계수를 그래프로 나타내면 <그림 4-6>과 같다. 부가가치유발효과가 큰 부문은 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 금융 및 보험업, 그 외 건설업, 매 및 소매업, 운수업, 사업지원서비스업, 화력발전업, 기계 및 장비 제조업, 부동산 및 임대업 등의 순으로 나타났다. 특히, 원전해체 부문에서 투입규모가 상대적으로 매우 큰 수도·폐기물 및 재활용서비스업에서 월등한 부가가치유발효과가 창출되었다.



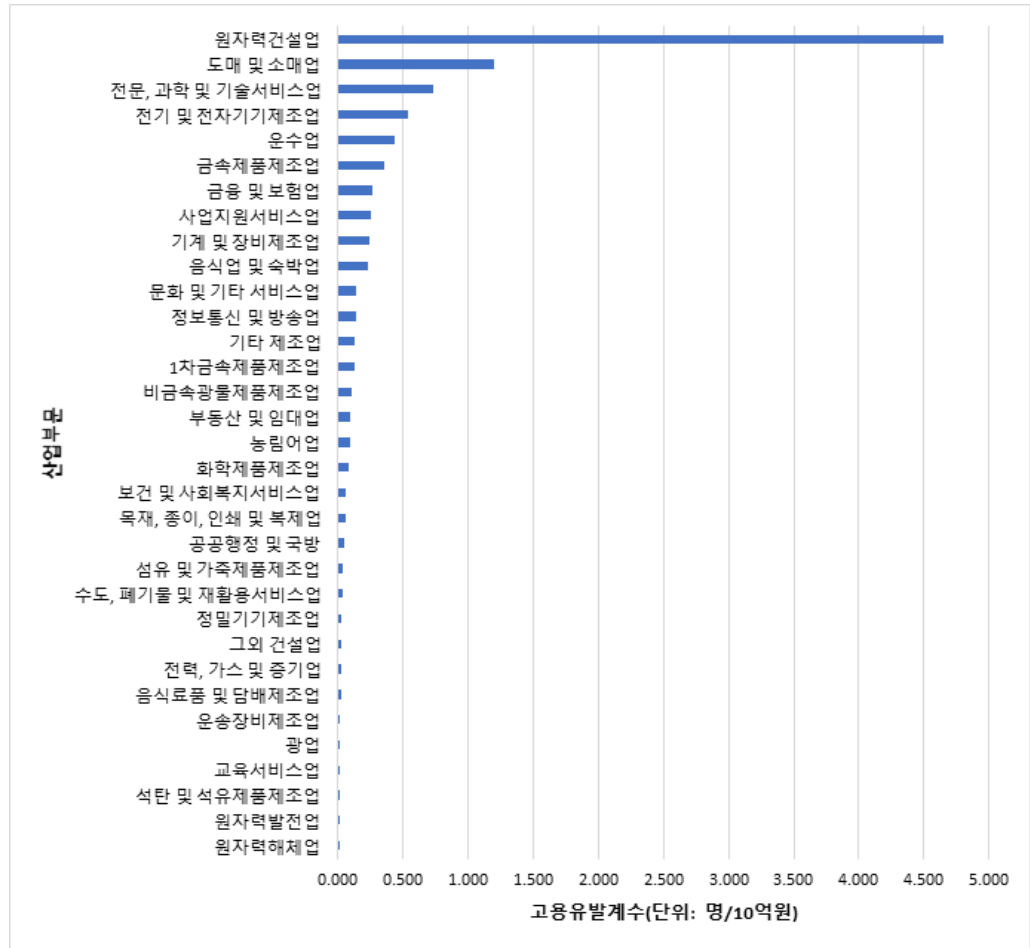
<그림 4-6> 원전해체에 따른 산업 부문별 부가가치유발효과

### 제3절 원전산업의 고용유발효과

고용유발계수 산출방법을 이용하여 원전건설, 원자력발전, 원전해체에 대한 고용유발효과를 분석하였다. 고용유발효과는 최종수요에 따라 산업 부문의 생산활동에 필요한 직접 고용인력과 산업간 연관관계에 따른 간접적 고용인력을 모두 포함하는 개념이다(한국은행, 2014). 산업별 고용유발효과를 도출함으로써 에너지전환 정책에 따른 부문별 고용구조의 변화를 예측하고 산업 부문별 인력수요에 대비할 수 있을 것이다.

원전산업의 변화에 따른 타 부문의 구조변화를 파악하기 위한 생산유발효과나 부가가치유발효과 분석과 달리, 고용유발효과의 경우에는 최종수요 변동에 따른 직·간접 고용효과를 모두 살펴보는 것이 바람직하므로 이번 분석에서는 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문 자체의 고용유발효과도 분석대상에 포함하였다.

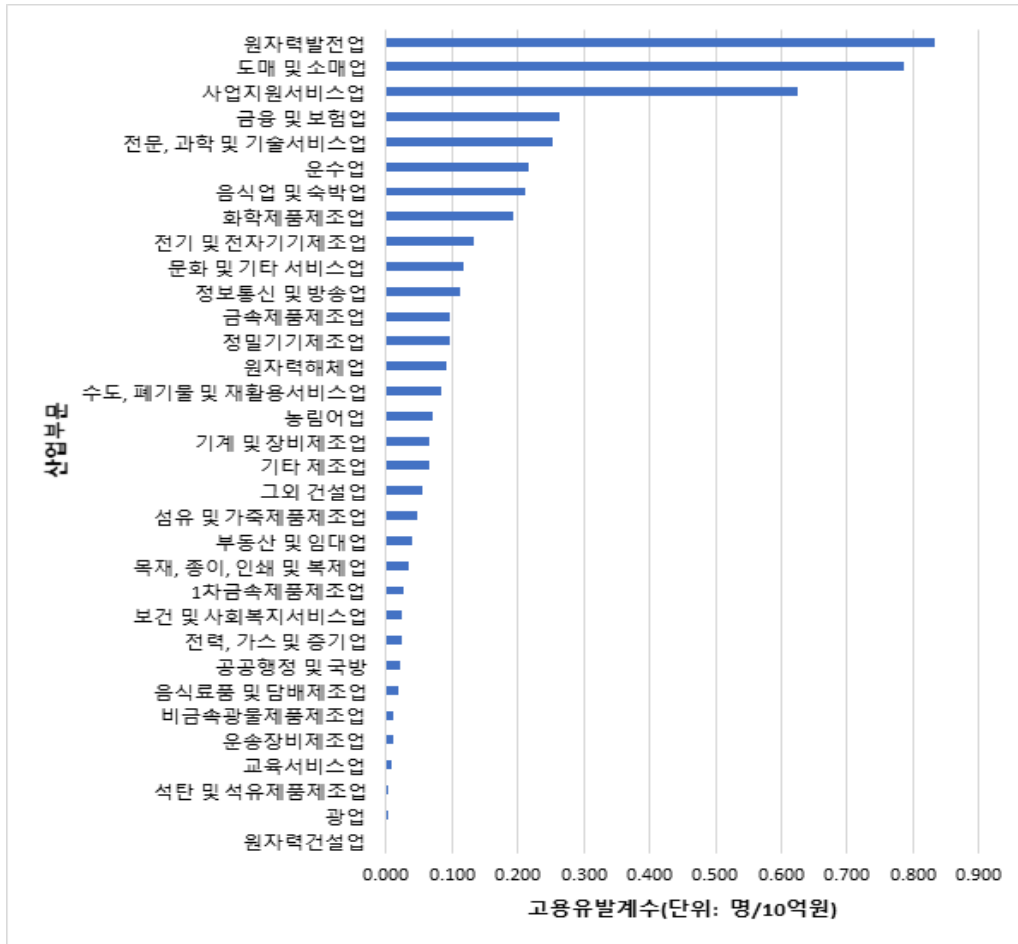
원전건설에 따른 고용유발효과는 10.116(명/10억 원)으로 도출되었으며, 산업별 고용유발계수는 <그림 4-7>과 같다. 고용유발효과가 큰 부문은 원전건설업, 도·소매업, 전문·과학 및 기술서비스업, 전기 및 전자기기 제조업, 금속제품 제조업, 금융 및 보험업, 사업지원서비스업, 운수업, 기계 및 장비 제조업, 정보통신 및 방송업 등의 순으로 나타났다. 직접적인 고용효과인 원전건설 부문과 노동집약적인 산업 부문인 도매 및 소매업, 전문·과학 및 기술서비스업에서 고용효과가 크게 창출되는 것으로 해석된다.



<그림 4-7> 원전건설에 따른 산업 부문별 고용유발효과

원자력발전에 따른 고용유발효과는 4.631(명/10억 원)으로 도출되었으며, 산업별 고용유발계수는 <그림 4-8>과 같다. 고용유발효과가 큰 부문은 원자력발전업, 도매 및 소매업, 사업지원서비스업, 금융 및 보험업, 전문·과학 및 기술서비스업, 화학제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 음식업 및 숙박업, 운수업, 정보통신 및 방송업 등의 순으로 나타났다. 직접적인 고용효과 부문인 원자력발전업과 노동집약적인 산업 부문인 도매 및 소매업, 사업지원서비스업에서 고용효과가 크게 창출되는 것으로 나타났다.



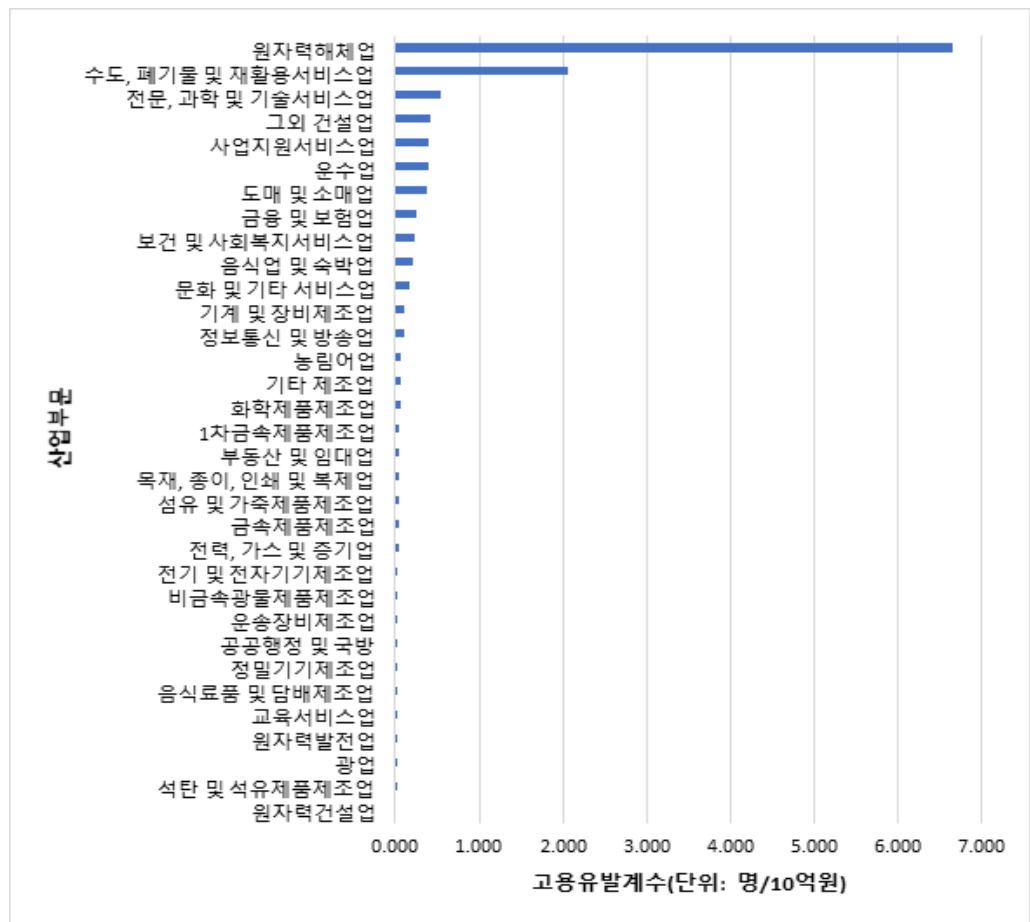


〈그림 4-8〉 원자력발전에 따른 산업 부문별 고용유발효과

원전해체에 따른 고용유발효과는 12.483(명/억 원)으로 도출되었으며, 산업별 고용유발계수는 <그림 4-9>와 같다. 고용유발효과가 큰 부문은 원전해체업, 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 그 외 건설업, 사업지원서비스업, 운수업, 도·소매업, 금융 및 보험업, 보건 및 사회복지서비스업, 음식업 및 숙박업 등의 순으로 나타났다.

직접적인 고용효과 부문인 원전해체업과 노동집약적인 부문인 전문·과학 및 기술서비스업, 사업지원서비스업 등에서 고용유발효과가 높게 나타났다.

특히, 수도·폐기물 및 재활용서비스업 부문은 해체업의 주요역무인 제염 및 철거작업과 방사성폐기물 처분을 담당하고 있어 원전해체업을 제외하고 타 부문보다 상대적으로 높은 고용유발계수를 나타내었다.



<그림 4-9> 원전해체에 따른 산업 부문별 고용유발효과

## 제4절 원전산업의 산업 파급효과 종합분석

원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 산업별 생산유발효과를 비교하면 각 부문의 최종수요 변동이 어떠한 산업에 얼마 만큼의 영향을 주는 가, 또는 향후 원전해체 산업이 활발하게 수행될 경우 어떠한 부문에 큰 영향을 미치는가 등을 살펴볼 수 있다. 즉, 에너지 정책에 따른 관련 산업계의 파급효과 및 구조적 변화를 파악할 수 있다.

원전산업 부문에 따른 주요 산업의 생산유발계수와 전 산업 부문의 생산유발계수 합계는 <표 4-1>과 같다. 원전 3개 부문의 산업별 생산유발계수의 합계를 비교해보면, 원전건설 > 원전해체 > 원자력발전 순으로 나타나 원전건설이 산업별 생산활동에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 분석된다. 원전해체의 경우도 원전건설에 비해 다소 낮은 생산유발효과를 보이지만 원자력발전보다는 산업에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

원전건설 부문에서는 ‘전기 및 전자기기 제조업’, ‘1차금속제품 제조업’, ‘금속제품 제조업’에서 큰 생산유발효과를 나타내었다. 원자력발전의 경우는 ‘화학제품 제조업’, ‘전기 및 전자기기 제조업’, ‘도매 및 소매업’에서 큰 생산유발효과를 나타내었고, 원전해체의 경우는 ‘수도·폐기물 및 재활용서비스업’, ‘1차금속제품 제조업’, ‘전문·과학 및 기술서비스업’에서 큰 생산유발효과를 나타내었다.

산업별로 보면, ‘화학제품 제조업’이나 ‘1차금속제품 제조업’은 원전건설, 원자력발전, 원전해체에서 모두 상대적으로 높은 생산유발효과를 나타내어 에너지 정책과 큰 상관없이 원전에 의한 파급효과가 큰 것으로 해석된다. 특히, ‘화학제품 제조업’은 상대적으로 원자력발전 부문에서 두드러진 생산유발효과를 나타내었는데 이 부문이 원전건설이나 해체보다 원전 운영과 상대적으로 밀접한 연관효과가 있는 것을 반영한 것으로 해석된다.

설계 및 용역, 연구개발 업무활동을 하는 ‘전문·과학 및 기술서비스업’의 생산유발효과는 원자력발전 < 원전건설 < 원전해체 순으로 나타나, 원전건설과 원자력발전 부문보다 원전해체에서 큰 연관효과를 보였다. 이는 원전해체에서 이 부문이 차지하는 비중이 상대적으로 높은 것으로 해석된다.

인력 파견이나 시설 유지 관리 서비스를 제공하는 ‘사업지원서비스업’은 원전 가동 시 정비인력, 운영인력 활용과 원전 시설 관리 업무 등이 반영되어 상대적으로 높은 생산유발효과를 나타내는 것으로 분석된다.

‘전기 및 전자기기 제조업’은 원전건설과 원자력발전에 의한 영향이 크나 원전해체와는 상대적으로 연관효과가 약한 것으로 나타났다. ‘비금속광물제품 제조업’은 원자력발전이나 원전해체에 비해 원전건설에서 상대적으로 높은 생산유발효과를 나타내었다. 이는 원전 건설에 비금속류 기자재가 사용되는 것을 반영한 것으로 해석된다.

원전해체에 따라 큰 생산유발효과를 창출하는 ‘수도·폐기물 및 재활용서비스업’의 경우 원전건설과 원자력발전 부문과의 산업 연관성은 낮은 것으로 나타났다.

생산유발계수의 산업별 행 합계는 원전 3개 부문에 대한 생산유발효과를 합한 것이므로 원전산업에 의해 종합적으로 영향을 받는 정도를 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 분석결과, 수도·폐기물 및 재활용서비스업 > 전기 및 전자기기 제조업 > 1차금속제품 제조업 > 화학제품 제조업 > 금속제품 제조업 순으로 나타났다.

향후 에너지 정책에 따라 원전건설이 중단되고 해체산업이 활성화되면, 수도·폐기물 및 재활용서비스업과 전문·과학 및 기술서비스업 부문의 생산활동이 크게 증가할 것으로 예측된다. 반면, 비금속광물제품 제조업이나 금속제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업 부문 등은 상대적으로 생산활동이 감소할 것으로 분석된다.

<표 4-1> 원전산업에 따른 주요 산업 부문의 생산유발계수 비교

구분	원전건설	원자력발전	원전해체	행 합계
석탄 및 석유제품 제조업	0.0371	0.0374	0.0239	0.0984
화학제품 제조업	0.0545	<b>0.1382</b>	0.0419	<b>0.2346</b>
비금속광물제품 제조업	0.0403	0.0043	0.0110	0.0557
1차금속제품 제조업	<b>0.1501</b>	0.0326	<b>0.0529</b>	<b>0.2356</b>
금속제품 제조업	<b>0.1380</b>	0.0370	0.0151	0.1901
기계 및 장비 제조업	0.0706	0.0195	0.0314	0.1215
전기 및 전자기기 제조업	<b>0.3320</b>	<b>0.0815</b>	0.0191	<b>0.4327</b>
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0063	0.0174	<b>0.4312</b>	<b>0.4548</b>
도매 및 소매업	0.0855	<b>0.0562</b>	0.0276	0.1692
운수업	0.0394	0.0199	0.0359	0.0952
금융 및 보험업	0.0489	0.0491	0.0485	0.1465
전문·과학 및 기술서비스업	0.0674	0.0235	<b>0.0502</b>	0.1410
산업 부문 총 합계	2.2595	1.7207	2.0328	-

원전산업 3개 부문의 부가가치유발효과를 비교하여 산업에 미치는 영향을 분석하였다. 부가가치유발효과 결과의 의미를 해석하기 위해서는 산업별 부가가치율과 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 투입구조를 살펴볼 필요가 있다.

부가가치는 재화 및 서비스의 생산에 투입된 생산요소 즉, 토지, 노동, 자본의 대가로서 피용자 보수와 영업잉여, 고정자본소모, 순생산세로 구성된다. 국산거래표를 기준으로 산업별 부가가치액을 총투입액(총산출액)으로 나눈 값인 부가가치율은 <표 4-2>와 같다. 부가가치율이 높은 부문을 보면,

부동산 및 임대업, 교육서비스업, 사업지원서비스업, 도매 및 소매업, 전문·과학 및 기술서비스업, 농림어업, 광업 등으로 나타난다.

<표 4-2> 산업 부문별 부가가치율

부문	부가가치율	부문	부가가치율
농림어업	0.55	신재생에너지발전업	0.30
광업	0.56	수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.46
음식료품 및 담배 제조업	0.16	그 외 건설업	0.35
섬유 및 가죽제품 제조업	0.23	원전건설업	0.31
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.27	원전해체업	0.46
석탄 및 석유제품 제조업	0.06	도매 및 소매업	0.51
화학제품 제조업	0.20	운수업	0.36
비금속광물제품 제조업	0.28	음식점 및 숙박업	0.38
1차금속제품 제조업	0.14	정보통신 및 방송업	0.44
금속제품 제조업	0.30	금융 및 보험업	0.53
기계 및 장비 제조업	0.28	부동산 및 임대업	0.75
전기 및 전자기기 제조업	0.27	전문·과학 및 기술서비스업	0.57
정밀기기 제조업	0.29	사업지원서비스업	0.67
운송장비 제조업	0.22	공공행정 및 국방	0.74
기타 제조업	0.42	교육서비스업	0.74
기타 발전업	0.16	보건 및 사회복지 서비스업	0.51
화력발전업	0.35	문화 및 기타 서비스업	0.49
원자력발전업	0.45		

부가가치율이 높은 산업 부문과 원전건설업, 원자력발전업, 원전해체업 부문에서 산업별 투입량을 고려하면, 도매 및 소매업, 금융 및 보험업, 전문·과학 및 기술서비스업, 사업지원서비스업 등은 상대적으로 높은 투입량과 부가가치율이 반영되어 부가가치유발효과가 크게 창출되는 것으로 해석된다.

원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 주요 산업별 부가가치유발계수를 비교하면 <표 4-3>과 같다.

농림어업이나 광업 등은 부가가치율은 높으나 투입량이 매우 적은 구조를 갖고 있어 상대적으로 낮은 부가가치유발효과를 보이고 있다. 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 화학제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 금속제품 제조업 등은 부가가치율이 높지 않으나, 상대적으로 투입량이 많아 높은 부가가치유발효과를 나타내고 있다. 원전건설, 원자력발전, 원전해체 산업의 특성에 따라 투입량이 많거나 산업특성에 따라 부가가치율이 높은 부문에서 높은 부가가치유발효과를 창출하는 것으로 해석된다.

수도·폐기물 및 재활용서비스업의 경우, 원전해체에 따른 부가가치유발효과는 매우 크게 창출되나 원전건설이나 원자력발전에 따른 부가가치유발효과는 낮게 나타났다. 사업지원서비스업의 경우, 원전건설보다 원자력발전과 원전해체에서 상대적으로 높은 부가가치유발효과를 나타내었다.

3개 원전 산업의 부가가치유발계수 합을 비교하면, 원전해체업의 부가가치유발계수 합이 원전건설업과 원자력발전업의 합에 비해 높게 나타났으며, 원전건설과 원자력발전은 큰 차이를 보이지 않았다. 원전해체 부문이 원전건설과 원자력발전 부문에 비해 상대적으로 높은 부가가치를 창출하는 것으로 분석되었다.

〈표 4-3〉 원전산업에 따른 주요 산업 부문의 부가가치유발계수 비교<sup>1)</sup>

구분	원전건설	원자력발전	원전해체
농림어업	0.0020	0.0016	0.0016
광업	0.0019	0.0003	0.0006
화학제품 제조업	0.0108	0.0273	0.0083
금속제품 제조업	0.0420	0.0112	0.0046
전기 및 전자기기 제조업	0.0908	0.0223	0.0052
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0029	0.0080	0.1991
도매 및 소매업	0.0433	0.0285	0.0140
금융 및 보험업	0.0260	0.0261	0.0258
전문·과학 및 기술서비스업	0.0384	0.0134	0.0286
사업지원서비스업	0.0069	0.0174	0.0111
전 산업 합계 <sup>주1</sup>	0.7175	0.6953	0.8739

주 1) 부가가치유발계수가 크게 나타난 주요 산업 부문을 대상으로 한 비교표이며, 전 산업 부문의 부가가치 유발계수의 합계를 표시하였다.

원전건설, 원자력발전, 원전해체에 대한 산업별 고용유발계수는 〈표 4-4〉와 같다. 3개 부문에 대해 모든 산업의 고용유발계수 합을 비교하면 원전해체업 > 원전건설업 > 원자력발전업 순으로 나타났다.

고용유발계수는 해당 산업 부문에 10억 원의 수요가 있을 때 모든 산업 부문에서 필요로 하는 직·간접적인 고용인력을 포함한다. 분석결과에 따르면 원전해체 산업이 원자력발전이나 원전건설에 비해 투입량 대비 큰 고용



유발효과를 창출하는 것으로 나타났다.

원전관련 3개 부문에서 고용유발효과를 분석해 보면, 원전건설, 원자력발전, 원전해체 산업의 각각 자체 고용유발효과가 모두 가장 높게 나타났다.

전문·과학 및 기술서비스업, 사업지원서비스업, 금융 및 보험업, 도매 및 소매업, 운수업 등 노동집약적인 산업은 3개 원전산업 부문에서 모두 높은 고용유발효과를 나타내었다. 반면, 광업, 음식료품 및 담배 제조업, 석탄 및 석유제품 제조업, 교육서비스업 등에서의 고용유발효과는 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다.

전기 및 전자기기 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업 등 원전건설 부문에 투입되는 기자재를 생산하는 부문은 원전건설에 따른 고용창출효과가 크게 나타났으며, 원전 운영에 소요되는 물품을 생산하는 화학제품 제조업은 원자력발전에 따른 고용유발효과가 큰 것으로 나타났다. 수도·폐기물 및 재활용서비스업의 경우, 원전해체에 따른 고용유발효과가 원전건설이나 원자력발전에 따른 고용유발효과에 비해 매우 큰 것으로 도출되었다. 전문·과학 및 기술서비스업은 원전건설과 원전해체에 따른 고용유발효과가 원자력발전에 의한 고용유발효과보다 상대적으로 큰 것으로 분석되었다.

원전산업 부문에서 새로운 산업으로 등장하는 원전해체에 의한 고용유발효과는 10억 원 투입 당 고용자 수, 즉 고용계수에 표준형 원전 1기당 투입되는 해체비용 7,515억 원을 고려할 때, 원전 1기 해체에 따른 총 고용유발효과는 9,380명으로 산출되었다.

<표 4-4> 원전산업에 따른 산업별 고용유발효과 비교

(단위: 명/10억 원)

산업 부문	원전건설업	원자력발전업	원전해체업
농림어업	0.089	0.070	0.073
광업	0.011	0.002	0.003
음식료품 및 담배 제조업	0.019	0.018	0.017
섬유 및 가죽제품 제조업	0.034	0.046	0.039
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.055	0.033	0.042
석탄 및 석유제품 제조업	0.003	0.003	0.002
화학제품 제조업	0.076	0.193	0.058
비금속광물제품 제조업	0.100	0.011	0.027
1차금속제품 제조업	0.125	0.027	0.044
금속제품 제조업	0.356	0.095	0.039
기계 및 장비 제조업	0.238	0.066	0.105
전기 및 전자기기 제조업	0.538	0.132	0.031
정밀기기 제조업	0.024	0.095	0.019
운송장비 제조업	0.013	0.011	0.026
기타 제조업	0.127	0.064	0.067
전력, 가스 및 증기업	0.020	0.022	0.034
원자력발전업	0.002	0.834	0.003
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.030	0.083	2.066
그 외 건설업	0.023	0.055	0.411
원전건설업	4.646	0.000	0.000
원전해체업	0.000	0.092	6.648
도매 및 소매업	1.199	0.786	0.384
운수업	0.428	0.216	0.388
음식업 및 숙박업	0.227	0.211	0.204
정보통신 및 방송업	0.141	0.113	0.103
금융 및 보험업	0.263	0.264	0.260
부동산 및 임대업	0.095	0.039	0.042
전문·과학 및 기술서비스업	0.730	0.253	0.542
사업지원서비스업	0.248	0.624	0.397
공공행정 및 국방	0.050	0.021	0.022
교육서비스업	0.005	0.008	0.004
보건 및 사회복지서비스업	0.058	0.025	0.221
문화 및 기타 서비스업	0.142	0.118	0.162
합계	10.116	4.631	12.483

## 제5절 원전산업의 전·후방연쇄효과

원전산업이 다른 산업 부문에 미치는 영향의 특성을 파악하고자, 생산유발계수를 이용하여 원전건설, 원자력발전, 원전해체 산업 부문의 영향력계수와 감응도계수를 비교·분석하였다. 영향력계수는 한 산업 부문의 수요가 다른 산업 부문의 생산활동에 주는 영향의 정도 즉, 후방연쇄효과를 나타내며, 감응도계수는 다른 산업 부문의 중간재 투입으로서 주는 영향의 정도 즉, 전방연쇄효과를 나타낸다. 영향력계수와 감응도계수를 통해 직접적인 생산유발효과뿐 아니라 간접적인 생산유발효과까지 반영하여 산업간 연쇄효과를 분석할 수 있다(유태호, 2001).

원전건설, 원자력발전, 원전해체의 영향력계수와 감응도계수를 비교하여 각 부문의 후방연쇄효과와 전방연쇄효과의 특성을 살펴보았다. 3개 원전산업 부문의 영향력계수와 감응도계수는 <표 4-5>와 같다.

각 계수 값이 '1' 보다 크면 산업평균 이상, '1' 보다 작으면 산업평균 이하임을 나타낸다. 영향력계수의 경우 원전건설과 해체는 산업 평균 이상 값을 나타내었고, 원자력발전은 산업 평균 이하 값을 나타내어, 원전건설과 해체 부문의 후방연쇄효과가 큰 것으로 분석되었다.

감응도계수는 원전건설, 원자력발전, 원전해체 모두 산업 평균 이하 값을 나타내어 원전산업은 전방연쇄효과가 크지 않은 것으로 분석되었다. 이는 원전건설, 원자력발전, 원전해체 산업의 특성 상 생산활동에 소요되는 투입량이 많아서 타 산업 부문의 생산활동을 증가시키지만, 원전산업으로 생산된 생산품이 타 산업의 생산활동에 투입되는 중간재로의 역할은 적다는 것을 의미한다. 특히, 원전건설이나 원전해체 산업의 경우 건설업의 특성 상 생산품이 다른 산업 부문의 중간재로 투입되지 않고 외생부문의 고정자본 형성으로 분류되기 때문인 것으로 해석된다.

<표 4-5> 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 영향력계수와 감응도계수

구분	원자력발전	원전건설	원전해체
영향력계수	0.9077	1.1920	1.0660
감응도계수	0.6100	0.5275	0.5360

원자력발전의 경우, 생산된 전력은 타 산업 부문의 중간재로서 투입된다. 대부분의 산업 부문이 전력을 생산요소로 사용하고 있음에도 불구하고 전방연쇄효과가 산업평균 이하로 낮게 나타난 원인을 철강 제조업 부문을 사례로 살펴보았다. 전자공시시스템에서 제공되는 2001년도 한 철강 제조업체의 사업보고서 중 제조원가명세서<sup>24)</sup>를 보면 총 제조원가 중 전력비가 차지하는 비중은 약 7.74% 수준으로 매우 낮다. 원자력발전으로 생산된 전력이 제조업을 포함한 대부분의 산업 부문에 투입되나 국내의 값싼 전기료로 인해 타 산업으로의 전방연쇄효과는 크지 않은 것으로 분석된다.

산업 부문별 영향력계수와 감응도계수는 <표 4-6>과 같다. 타 산업 부문에서 영향력계수가 산업평균보다 큰 부문은 1차금속제품 제조업, 운송장비 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업, 비금속광물 제조업 등으로 나타났다. 감응도계수가 큰 부문은 화학제품 제조업, 1차금속제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 도·소매업, 운수업, 금융 및 보험업, 석탄 및 석유제품 제조업 등으로 나타났다. 전기 및 전자기기 제조업과 석탄 및 석유제품 제조업의 경우 감응도계수는 산업평균보다 높고 영향력계수는 산업평균 이하로 나타났으며, 정밀기기 제조업과 운송장비 제조업의 경우 영향력계수가 산업평균보다 높고 감응도계수는 산업평균 이하로 나타났다.

24) 전자공시시스템은 국내 산업체의 연도별 사업보고서를 공개하고 있으나, 제조원가 중 전력비를 파악할 수 있는 최신 자료는 2001년도 보고서이며, 이후 보고서에서는 공개되어 있지 않다.

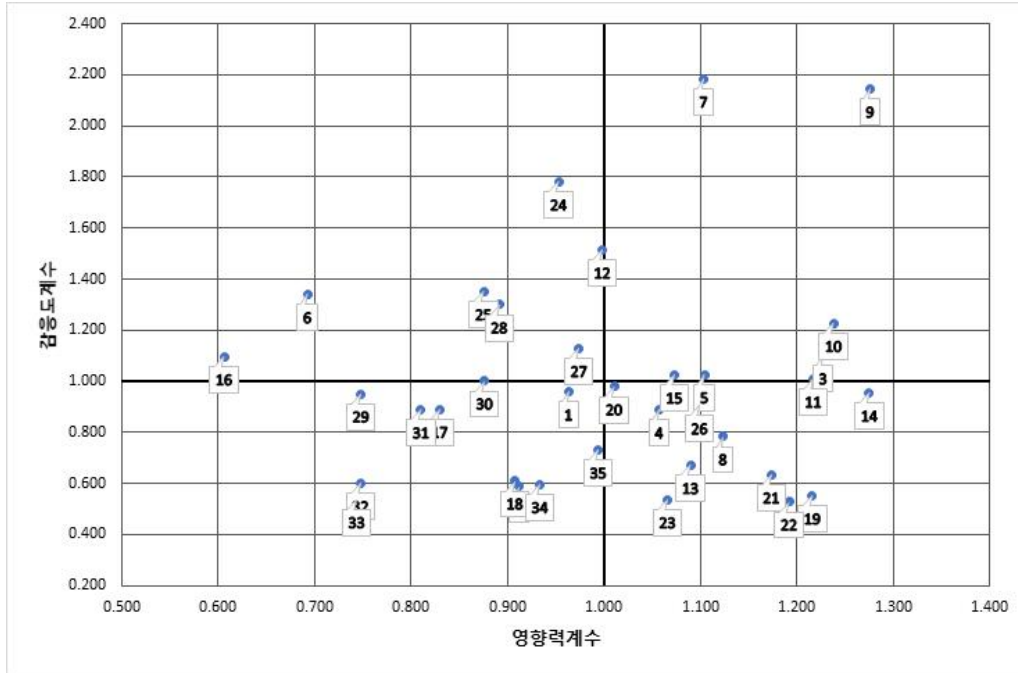
<표 4-6> 산업별 영향력계수와 감응도계수

구분	영향력계수	감응도계수
농림어업	0.9633	0.9584
광업	0.9115	0.5873
음식료품 및 담배 제조업	1.2272	1.0999
섬유 및 가죽제품 제조업	1.0572	0.8878
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	1.1041	1.0257
석탄 및 석유제품 제조업	0.6926	1.3394
화학제품 제조업	1.1032	2.1842
비금속광물제품 제조업	1.1233	0.7836
1차금속제품 제조업	1.2759	2.1450
금속제품 제조업	1.2381	1.2267
기계 및 장비 제조업	1.2171	1.0087
전기 및 전자기기 제조업	0.9985	1.5140
정밀기기 제조업	1.0898	0.6704
운송장비 제조업	1.2753	0.9539
기타 제조업	1.0731	1.0244
기타 발전업	0.6063	1.0962
화력발전업	0.8297	0.8903
원자력발전업	0.9077	0.6100
신재생에너지발전업	1.2162	0.5513
수도·폐기물 및 재활용서비스업	1.0106	0.9787
그 외 건설업	1.1736	0.6334
원자력건설업	1.1920	0.5275
원자력해체업	1.0660	0.5360
도매 및 소매업	0.9531	1.7808
운수업	0.8753	1.3508
음식점 및 숙박업	1.0991	0.9042
정보통신 및 방송업	0.9742	1.1285
금융 및 보험업	0.8915	1.2996
부동산 및 임대업	0.7482	0.9509
전문·과학 및 기술서비스업	0.8762	1.0017
사업지원서비스업	0.8105	0.8880
공공행정 및 국방	0.7478	0.5996
교육서비스업	0.7438	0.5367
보건 및 사회복지서비스업	0.9336	0.5956
문화 및 기타 서비스업	0.9942	0.7308

3개 원전 산업을 모두 반영하였을 때 각 산업이 다른 산업에 대해 어느 정도의 연관성을 갖는지를 파악하기 위하여 영향력계수와 감응도계수의 분포를 이용하여 산업별 전·후방연쇄효과를 분석하였다.

영향력계수와 감응도계수의 분포도를 산업평균값인 1을 기준으로 그래프에 표시하면 <그림 4-10>과 같다. 영향력계수의 값이 '1'인 축(y축)과 감응도계수의 값이 '1'인 축(x축)을 기준으로 1사분면은 전·후방연쇄효과가 모두 높은 산업군, 2사분면은 전방연쇄효과는 높고 후방연쇄효과는 낮은 산업군, 3사분면은 전·후방연쇄효과가 모두 낮은 산업군, 4사분면은 전방연쇄효과는 낮고 후방연쇄효과는 높은 산업군을 표시한다.

전·후방연쇄효과가 모두 높은 산업군(1사분면)은 화학제품 제조업, 1차금속 제품 제조업, 금속제품 제조업이다. 이들 산업군은 생산 활동에 투입되는 중간재를 생산하는 산업과 생산 활동에 따른 생산물을 중간재로 사용하는 산업 모두에게 큰 영향을 주는 부문이다. 전·후방연쇄효과가 모두 낮은 산업군(3사분면)은 공공행정 및 국방, 교육서비스업, 보건 및 사회복지서비스업, 화력발전업 등으로 다른 산업의 생산 활동에 큰 영향을 주지 않는 부문이다. 전방연쇄효과가 높고 후방연쇄효과는 낮은 산업군(2사분면)은 석탄 및 석유제품 제조업, 운수업, 금융 및 보험업 등으로, 이들 산업군의 생산물을 중간재로 사용하는 산업에 큰 영향을 주는 부문이다. 후방연쇄효과가 높고 전방연쇄효과가 낮은 산업군(4사분면)은 정밀기기 제조업, 비금속광물 제조업, 그 외 건설업, 그 외 발전업 등으로, 이들 산업군에 투입되는 중간재를 생산하는 산업에 큰 영향을 주는 부문이다.



- |                     |                     |                    |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1. 농림어업             | 13. 정밀기기 제조업        | 25. 운수업            |
| 2. 광업               | 14. 운송장비 제조업        | 26. 음식점 및 숙박업      |
| 3. 음식료품 및 담배 제조업    | 15. 기타 제조업          | 27. 정보통신 및 방송업     |
| 4. 섬유 및 가죽제품 제조업    | 16. 그 외 발전업         | 28. 금융 및 보험업       |
| 5. 목재, 종이, 인쇄 및 복제업 | 17. 화력발전업           | 29. 부동산 및 임대업      |
| 6. 석탄 및 석유제품 제조업    | 18. 원자력발전업          | 30. 전문·과학 및 기술서비스업 |
| 7. 화학제품 제조업         | 19. 신재생에너지발전업       | 31. 사업지원서비스업       |
| 8. 비금속광물제품 제조업      | 20. 수도폐기물 및 재활용서비스업 | 32. 공공행정 및 국방      |
| 9. 1차금속제품 제조업       | 21. 그 외 건설업         | 33. 교육서비스업         |
| 10. 금속제품 제조업        | 22. 원전건설업           | 34. 보건 및 사회복지서비스업  |
| 11. 기계 및 장비 제조업     | 23. 원전해체업           | 35. 문화 및 기타 서비스업   |
| 12. 전기 및 전자기기 제조업   | 24. 도매 및 소매업        |                    |

<그림 4-10> 산업 부문별 영향력계수 및 감응도계수 분포





## 제5장 미래 원전산업의 경제적 파급효과

### 제1절 원전해체에 따른 경제적 파급효과

2050년까지 에너지 부문과 원전해체업의 투입배분 구조를 반영하여 투입 산출표를 재작성하고 이를 통해 경제적 파급효과를 분석하였다. 생산유발액과 부가가치유발액은 모두 2014년 기준의 명목가격으로 산출하였다.

원전해체 산업은 2022년부터 고리 1호기에 이어 후속 호기들이 연이어 해체에 착수하기 때문에 원자력 관련 산업에 많은 변화를 가져올 새로운 산업 부문이며, 국가 경제적 파급효과에도 큰 영향을 줄 것으로 전망된다.

향후 국내 원전의 해체 일정과 해체 공정에 따른 산업별 투입구조를 반영하여 2050년까지의 원전해체 산업의 생산유발효과, 부가가치유발효과 등 경제적 파급효과를 분석하였다. 본 연구에서는 경제적 파급효과의 변동 추이에 대해 2025년부터 5년 단위로 시계열로 분석을 수행하였다. 본 장에서 분석에 따른 결과 값은 해당년도 한 해에 해당하는 수치를 의미한다.

국내 원전의 해체일정을 감안하여 해체대상 원전 수를 5년 단위로 살펴보면 <표 5-1>과 같다.

<표 5-1> 국내 해체대상 원전 수(2050년까지 5년 단위)

년도	안전관리 대상 수	해체 대상 수
2025	2	1
2030	6	2
2035	4	6
2040	2	8
2045	4	2
2050	2	5

원전해체에 따른 주요 산업 부문의 연도별 생산유발계수는 <표 5-2>와 같다. 원전해체에 따른 생산유발효과가 큰 산업 부문은 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 건설업, 금융 및 보험업, 운수업 등으로 나타났다.

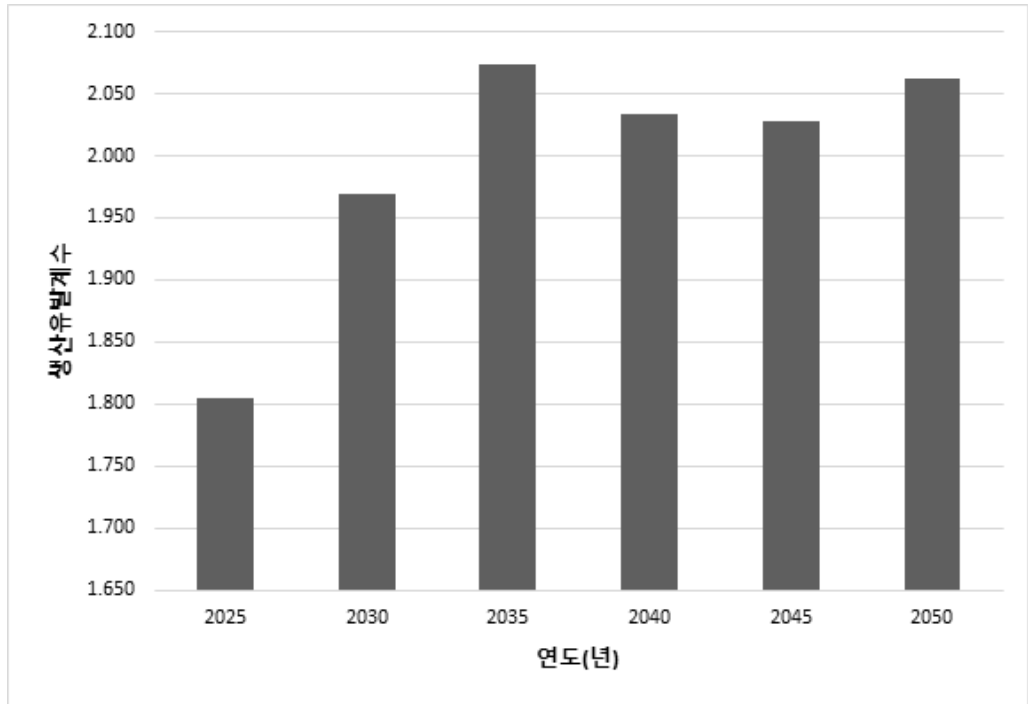
국내 원전해체 산업의 초기인 2025년경에는 전문·과학 및 기술서비스업, 건설업 등이 높은 생산유발계수를 나타내었고, 해체가 본격화되고 방사성폐기물의 처분장 운반이 진행되면서 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 운수업 등이 높은 생산유발계수를 나타내었다. 전 산업 부문의 생산유발계수의 합은 2025년 1.805, 2030년 1.9696, 2035년 2.0729, 2040년 2.032, 2045년 2.025, 2050년 2.0583으로 도출되었다. 해체비용 투입액이 가장 많은 2037년의 생산유발계수는 2.1081이다. 전문·과학 및 기술서비스업의 경우 해체 설계 등 엔지니어링 작업이 활발한 초기에 높은 생산유발효과를 나타내지만 해체가 본격화되어 동 작업이 일정 수준에 이르는 2030년대 이후에는 유사한 생산유발효과를 나타내는 것으로 분석된다.

<표 5-2> 원전해체에 따른 주요 산업 부문의 연도별 생산유발계수<sup>1)</sup>

구분	2025년	2030년	2035년	2040년	2045년	2050년
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0033	0.3430	0.4248	0.4365	0.3881	0.4274
전문·과학 및 기술 서비스업	0.1118	0.0737	0.0551	0.0570	0.0650	0.0563
기계 및 장비 제조업	0.0125	0.0480	0.0240	0.0285	0.0329	0.0237
건설업	0.2412	0.0527	0.0787	0.0385	0.0670	0.0658
금융 및 보험업	0.0803	0.0572	0.0465	0.0481	0.0522	0.0476
운수업	0.0158	0.0300	0.0370	0.0374	0.0325	0.0368
전 산업 부문 합계	1.8050	1.9696	2.0735	2.0336	2.0278	2.0617

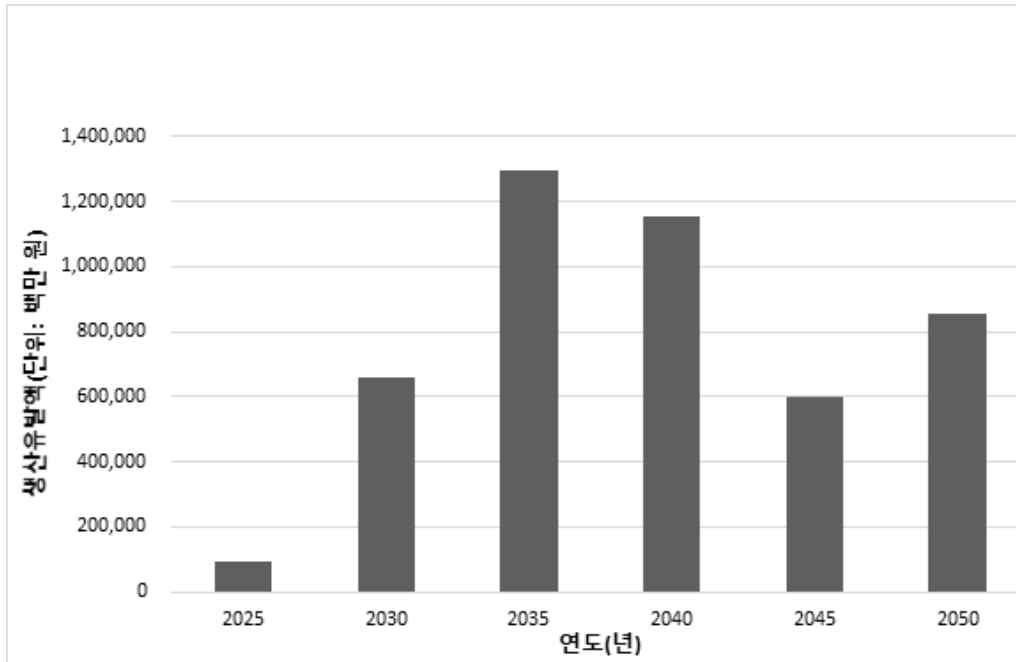
주 1) 전 산업 부문 중 연도에 따라 유의미한 변동을 나타내는 주요 산업 부문에 대해서만 표기함

2050년까지 생산유발계수의 변화 추이를 그래프로 나타내면 <그림 5-1>과 같다. 해체대상 원전 기수가 증가하는 2030년대 후반까지 생산유발계수가 급격히 증가하다가 2040년대 이후 다소 감소한 후, 해체원전이 증가하는 2045년 이후에 약간 상승하는 추세를 보이고 있다.



〈그림 5-1〉 원전해체에 따른 생산유발계수 변화 추이

2050년까지 생산유발액의 변화 추이는 <그림 5-2>와 같다. 원전해체에 따른 모든 산업 부문의 총 생산유발액은 2025년 910억 원, 2030년 6,598억 원, 2035년 1조 2,972억 원, 2040년 1조 1,538억 원, 2045년 5,992억 원, 2050년 8,534억 원으로 나타났다. 산업 투입액이 최대치를 보인 2037년의 경우 총 생산유발액은 1조 8,523억 원으로 2025년의 생산유발액 보다 20배 큰 값을 나타내었다. 2025년부터 서서히 증가하여 2037년에 최대 생산유발액을 나타낸 후 감소추세를 보이다가 원전해체 수가 약간 증가하는 2045년 이후 다시 상승하는 추이를 보이고 있다.



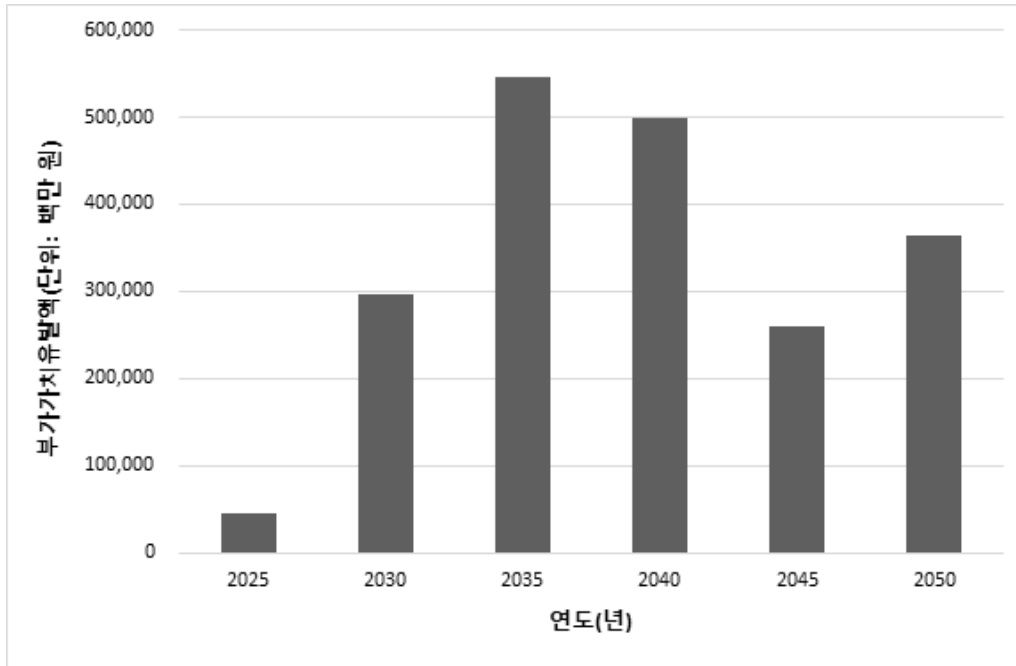
<그림 5-2> 원전해체에 따른 생산유발액 변화 추이

원전해체에 따른 주요 산업 부문에 대한 연도별 부가가치유발계수를 정리하면 <표 5-3>과 같다. 부가가치유발계수는 수도·폐기물 및 재활용서비스업이나 사업지원서비스업의 경우 해체가 본격적으로 활성화되는 2030년대 이후부터 큰 값을 나타내었다. 수도·폐기물 및 재활용서비스업은 원전해체가 본격화되는 2030년대 이후부터 높은 부가가치유발효과를 나타내었다. 전문·과학 및 기술서비스업은 원전해체 착수 초기인 2025년에 높은 부가가치유발효과를 나타내나 해체가 본격화되어 설계를 포함한 엔지니어링 분야가 일정 수준에 이르는 2030년대 이후에는 유사한 부가가치유발효과를 나타내는 것으로 분석된다.

<표 5-3> 원전해체에 따른 주요 산업 부문의 연도별 부가가치유발계수

구분	2025년	2030년	2035년	2040년	2045년	2050년
원전해체업	0.5952	0.4937	0.4449	0.4597	0.4684	0.4515
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0015	0.1584	0.1961	0.2016	0.1792	0.1973
전문·과학 및 기술 서비스업	0.0637	0.0420	0.0314	0.0325	0.0370	0.0320
금융 및 보험업	0.0427	0.0304	0.0247	0.0256	0.0277	0.0253
사업지원서비스업	0.0056	0.0101	0.0113	0.0114	0.0108	0.0113
전 산업 부문 합계	0.9009	0.8829	0.8729	0.8778	0.8796	0.8767

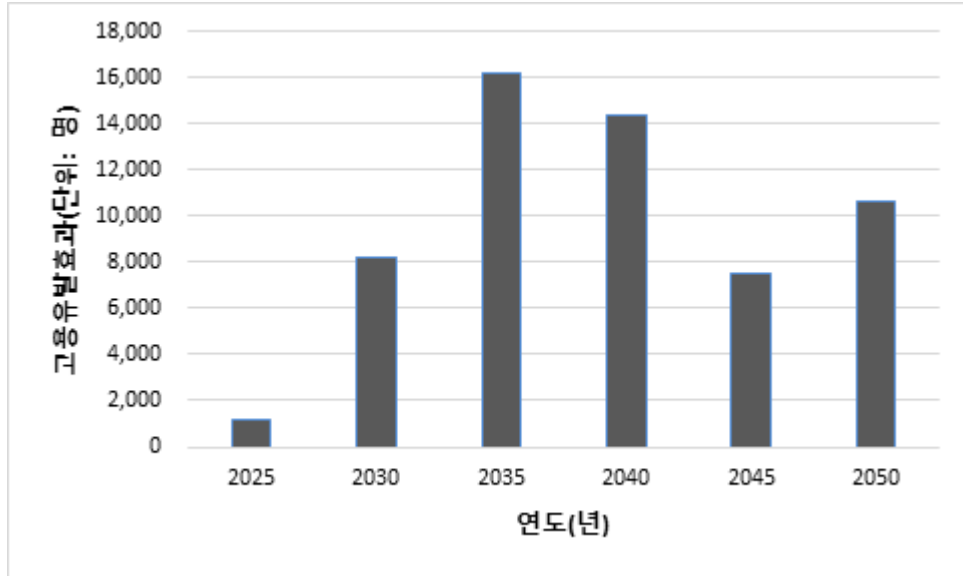
2050년까지 부가가치유발액의 변화 추이는 <그림 5-3>과 같다. 원전해체업의 부가가치유발액은 2025년 454억 원, 2030년 2,958억 원, 2035년 5,461억 원, 2040년 4,981억 원, 2045년 2,599억 원, 2050년 3,629억 원으로 나타났다. 연도별 변화 추이는 생산유발액의 변화 추이와 유사한 형태를 나타내었다.



<그림 5-3> 원전해체에 따른 부가가치유발액 변화 추이

원전해체에 따른 연도별 생산유발액을 원전해체업의 고용유발계수(12.483명/10억 원)에 반영하여 고용유발효과를 산출하였다. 2050년까지 원전해체에 따른 고용유발효과의 변화 추이는 <그림 5-4>와 같다. 원전해체에 따른 직·간접적인 고용효과는 2025년 1,136명, 2030년 8,236명, 2035년 1만 6,193명, 2040년 1만 4,403명, 2045년 7,480명, 2050년 1만 653명으로 나타났다.

원전해체의 고용유발효과 변화 추이는 생산유발효과 변화와 유사하게 2030년대 후반까지 증가하다가 2040년대부터는 감소 추세를 보인 후 2045년 이후에 다소 증가하는 것으로 나타났다.



<그림 5-4> 원전해체에 따른 고용유발효과 변화 추이



## 제2절 에너지원별 경제적 파급효과

제3장 제2절의 <표 3-12>와 <표 3-13>에서 산정한 2050년까지 원자력과 신재생에너지의 발전량 비중을 5년 단위로 정리하면 <표 5-4>와 같다.

<표 5-4> 2050년까지 원자력과 신재생에너지의 발전량 비중  
(단위: %)

구분	원자력	신재생에너지
2025	26.2	13.2
2030	23.9	20.0
2035	21.6	22.3
2040	19.2	24.7
2045	14.5	29.4
2050	13.4	30.5

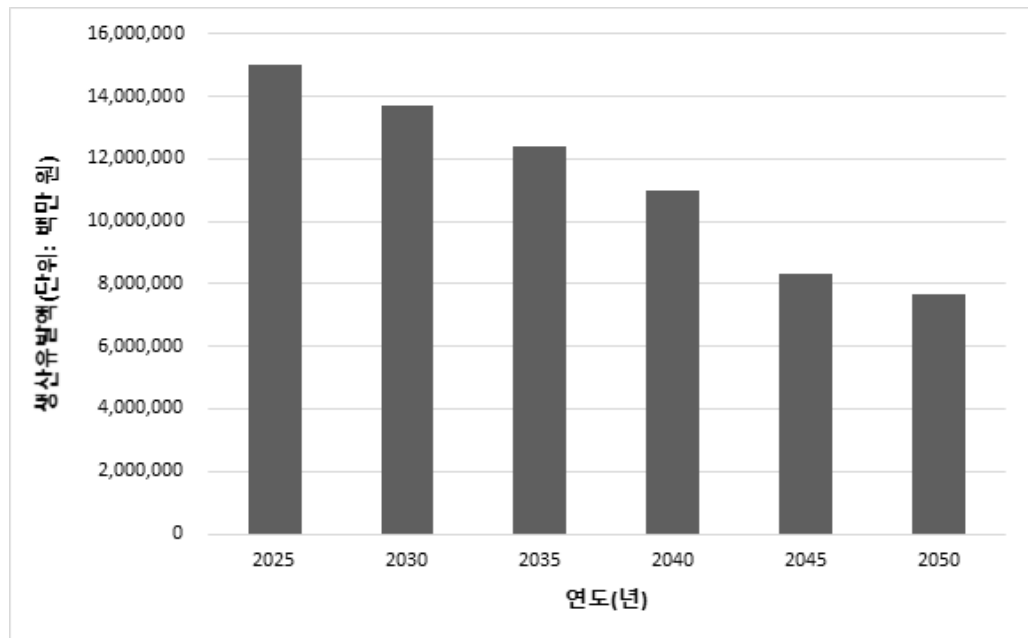
에너지원별 발전량 비중을 반영하여 5년 단위로 투입산출표를 제작성하고 이를 통해 에너지전환 정책의 핵심 부문인 원자력발전과 신재생에너지 등 두 에너지원의 비중 변화에 따른 생산유발액을 분석하였다.

2050년까지 원자력발전에 따른 생산유발액과 발전량 비중을 같이 표시하면 <표 5-5>와 같다. 에너지원별 발전량 전망에 의하면, 원전의 발전량 비중은 2014년 30.2%에서 2050년 13.4% 수준으로 감소하게 된다. 생산유발액은 2025년 14조 9,968억 원, 2030년 13조 6,832억 원, 2035년 12조 3,692억 원, 2040년 10조 9,971억 원, 2045년 8조 3,086억 원, 2050년 7조 6,790억 원으로 감소하는 것으로 도출되었다. 2025년 대비 2050년 생산유발액은 약 49% 감소하며, 발전량 비중이 크게 감소하는 2045년에 생산유발액 감소율이 가장 큰 것으로 나타났다.

<표 5-5> 2050년까지 원자력발전에 따른 생산유발액 및 증가율

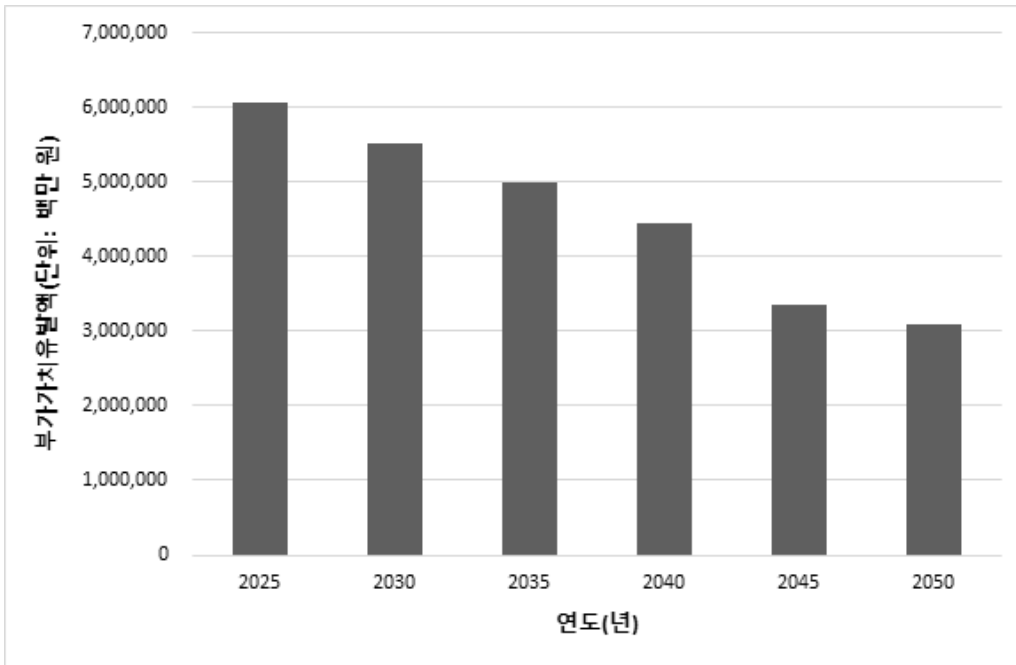
연도	생산유발액(억 원)	증가율(%)	발전량 비중(%)	가동 원전 수
2025	149,968	—	26.2	24
2030	136,832	-8.8	23.9	18
2035	123,692	-9.6	21.6	16
2040	109,971	-11.1	19.2	14
2045	83,086	-24.4	14.5	10
2050	76,790	-7.6	13.4	9

원자력발전에 의한 2050년까지의 생산유발액 변화추이를 그래프로 나타내면 <그림 5-5>와 같다. 2045년까지 감소율이 지속적으로 증가하다가 그 이후는 감소율이 다소 낮아지는 추이를 보이고 있다.



<그림 5-5> 원자력발전에 따른 생산유발액 변화 추이

원자력발전에 따른 부가가치유발액의 변화 추이를 그래프로 나타내면 <그림 5-6>과 같다. 부가가치유발액은 2025년 6조 541억 원, 2030년 5조 5,238억 원, 2035년 4조 9,929억 원, 2040년 4조 4,387억 원, 2045년 3조 3,531억 원, 2050년 3조 989억 원으로 감소하는 것으로 산출되었다. 2025년 대비 2050년의 부가가치유발액은 약 49% 감소하며, 부가가치유발액의 변화 추이는 생산유발액의 변화 추이와 유사한 것으로 나타났다.



<그림 5-6> 원자력발전에 따른 부가가치유발액 변화 추이

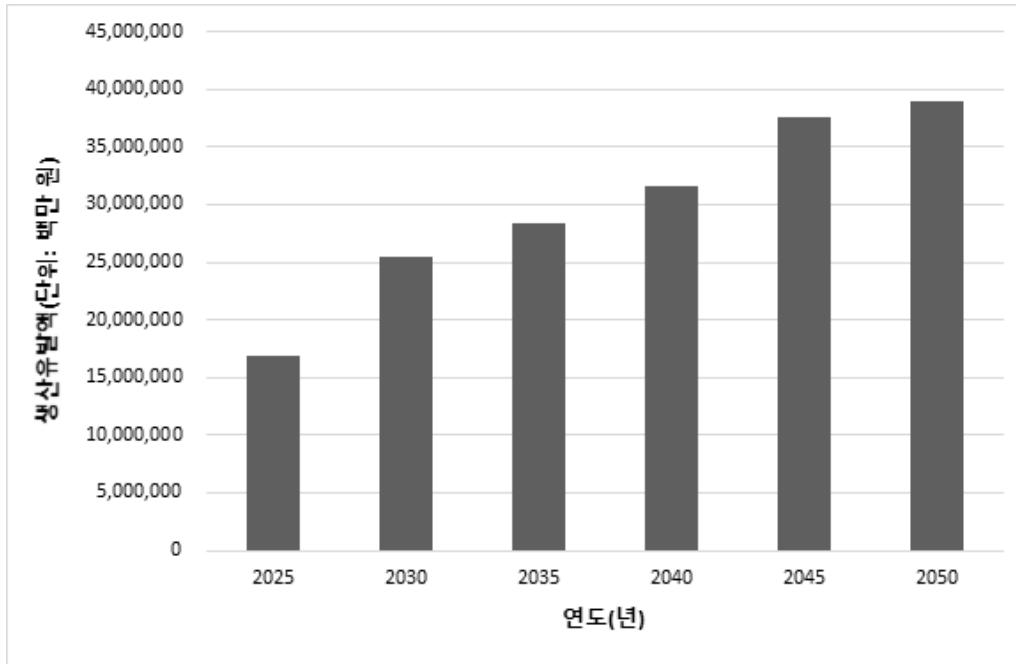
신재생에너지의 2050년까지 생산유발액과 발전량 비중을 같이 표시하면 <표 5-6>과 같다. 신재생에너지의 발전량 비중은 2014년 4.3%에서 2050년에는 30.5% 수준으로 대폭 증가하게 된다. 신재생에너지에 따른 생산유발액은 2025년 16조 8,349억 원, 2030년 25조 5,146억 원, 2035년 28조 4,578억 원, 2040년 31조 5,296억 원, 2045년 37조 5,519억 원, 2050년 38조 9,624억 원

원으로 증가하는 것으로 산출되었다. 2025년 대비 2050년의 생산유발액은 약 2.3배 증가하며, 발전량 비중이 급격히 상승하는 2030년대에 생산유발액도 크게 상승하고 이후 10%대의 증가율을 보이다가 2050년에 상승폭이 감소하는 것으로 나타났다.

<표 5-6> 2050년까지 신재생에너지에 따른 생산유발액 및 증가율

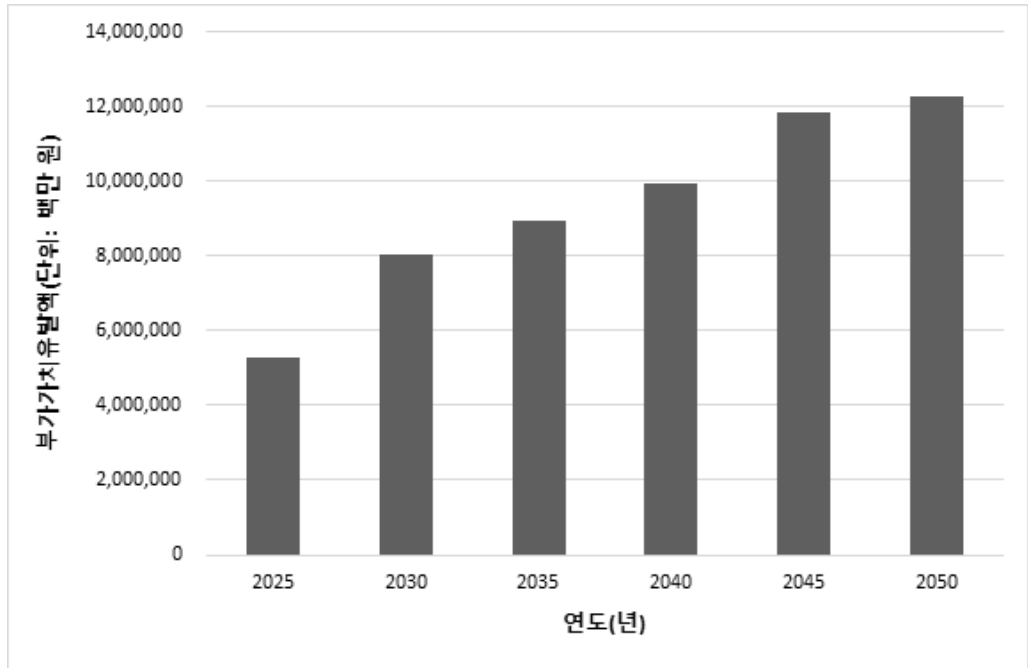
연도	생산유발액(억 원)	증가율(%)	발전량 비중(%)
2025	168,349	—	13.2
2030	255,146	51.6	20.0
2035	284,578	11.5	22.3
2040	315,296	10.8	24.7
2045	375,519	19.1	29.4
2050	389,624	3.8	30.5

신재생에너지에 따른 2050년까지 생산유발액의 변화 추이를 그래프로 나타내면 <그림 5-7>과 같다. 2030년대에 크게 상승한 후 2050년에 상승폭이 감소하는 추세를 보이고 있다. 신재생에너지에 따른 생산유발효과가 큰 부문은 화학제품 제조업, 금속제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 도매 및 소매업 등으로 나타났다.



<그림 5-7> 신재생에너지에 따른 생산유발액 변화 추이

신재생에너지에 따른 부가가치유발액의 변화 추이를 그래프로 표시하면 <그림 5-8>과 같다. 신재생에너지에 따른 부가가치유발액은 2025년 5조 3,029억 원, 2030년 8조 376억 원, 2035년 8조 9,643억 원, 2040년 9조 9,314억 원, 2045년 11조 8,271억 원, 2050년 12조 2,711억 원으로 지속적으로 증가하는 것으로 도출되었다. 생산유발액과 유사하게 2030년에 크게 증가한 후 2050년에 증가폭이 다소 낮아지는 추세를 보이고 있다.



<그림 5-8> 신재생에너지에 따른 부가가치유발액 변화 추이

원자력발전과 신재생에너지에 따른 연도별 생산유발액과 증가율을 비교하면 <표 5-7>과 같다. 원자력발전에 따른 생산유발액은 2040년에서 2045년 사이에 감소분이 24.4%로 매우 크게 나타나는 반면, 신재생에너지의 생산유발액은 2025년에서 2030년 사이에 51.6% 증가하여 증가폭이 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 원자력발전의 경우 발전량 비중 감소폭이 2040년에서 2045년 사이에 가장 크며, 신재생에너지의 경우 발전량 비중이 2025년에서 2030년 사이에 가장 증가폭이 큰 것에서 기인하는 것으로 분석된다.

<표 5-7> 원자력발전과 신재생에너지의 생산유발액 비교

연도	원자력발전 생산유발액(억 원)	증가율 (%)	신재생에너지 생산유발액(억 원)	증가율 (%)
2025	149,968	—	168,349	-
2030	136,832	-8.8	255,146	51.6
2035	123,692	-9.6	284,578	11.5
2040	109,971	-11.1	315,296	10.8
2045	83,086	-24.4	375,519	19.1
2050	76,790	-7.6	389,624	3.8

원자력발전과 신재생에너지에 따른 부가가치유발액을 연도별로 비교하면 <표 5-8>과 같다. 원자력발전과 신재생에너지에 따른 부가가치유발액의 연도별 증가 또는 감소분이 생산유발액과 유사하게 나타남을 알 수 있다. 이러한 현상의 이유는 생산유발계수와 부가가치유발계수의 관계에서 찾을 수 있다. 국내 총투입은 국내 중간투입과 부가가치의 합에 수입 중간투입을 더한 값이다. 본 연구에서는 수입부문을 별도로 고려하지 않고 국내 산업을 대상으로 한 국산거래표를 활용하여 생산유발계수를 산출하였으므로 부가가치유발계수의 증가 또는 감소율은 생산유발계수의 증가 또는 감소율과 유사하게 나타나게 된다.

<표 5-8> 원자력발전과 신재생에너지의 부가가치유발액 비교

연도	원자력발전 부가가치유발액 (억 원)	증가율 (%)	신재생에너지 부가가치유발액 (억 원)	증가율 (%)
2025	60,541	—	53,029	-
2030	55,238	-8.8	80,376	51.6
2035	49,929	-9.6	89,643	11.5
2040	44,387	-11.1	99,314	10.1
2045	33,531	-24.5	118,271	19.1
2050	30,989	-7.6	122,711	3.8



### 제3절 원전해체 부지 재이용 효과

경제적 측면에서 원전해체 산업의 가장 큰 편익은 해당 부지의 재이용이다. 원전해체의 경제적 효과를 정확하게 분석하기 위해서는 부지재이용에 대한 편익을 계량화하여야 한다.

원전해체가 완료된 부지는 녹지, 산업시설, 새로운 발전시설 등 다양한 형태로 재활용되고 있다. 원전해체를 경험한 선행 국가의 대표적인 부지 재이용 사례를 보면, 독일 Greifswald 원전은 항만 등 산업단지, 미국 Shippingport 원전은 공원, 일본 Tokai-1 원전은 원전 시설, 영국 Jason 원전은 강연장 등으로 활용되고 있다(이후석 외, 2014). 미국의 Rancho Seco 원전의 경우에는 2006년 이후 해체된 부지를 태양광 발전에 재이용하고 있으며 2015년에는 태양광 사업 확대가 결정되었다(안석영, 2017). 태양광 발전 활용은 원전과 같은 에너지 관련 부지로 활용한다는 측면에서 의미가 있다.

우리나라는 동일부지에 다수의 원전이 운영 중이다. 따라서 한 부지 내에 일부 원전의 해체가 완료되어 부지복원이 되어도 인접구역에 원전이 가동되고 있어 시설보안, 안전문제 등 여러 가지 제약사항으로 인해 일반인의 출입이 요구되는 활용방안에는 제한이 있을 것으로 판단된다.

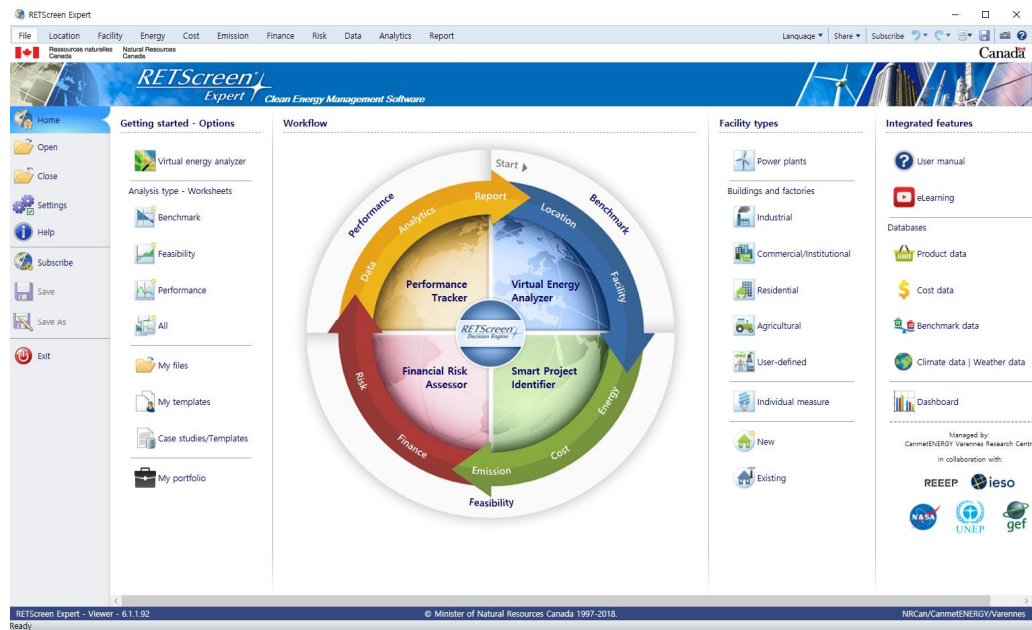
에너지전환 정책에 따라 원전 발전량의 감소부분은 신재생에너지가 담당하게 된다. 그러나 현재 태양광이나 풍력발전소의 경우 사회적 수용성 문제로 인해 시설 건설을 위한 부지확보에 어려움을 겪고 있다.

원전과 같은 발전소 부지로 활용한다는 측면에서 미국 Rancho Seco 원전의 사례와 같이 해체원전 부지를 신재생에너지를 위한 부지로 활용하는 방안도 여러 가지 대안 중 하나로 고려할 수 있다. 정책적 관점에서 이 방안에 대한 경제적 효과를 평가하기 위해 국내 원전의 해체부지에 태양광 발전기를 설치할 경우 생산할 수 있는 발전량을 분석해 보았다.

본 경제성 평가는 캐나다 Natural Resource Canada(NRCan)의 VANMET Energy Diversification Research Laboratory(CEDRL)에서 개발한 RETScreen model을 사용하였다. 이 프로그램은 특정 신재생에너지 설비에 대해 설비 투자비용, 특성, 설비 위치의 기상자료 등을 입력하여 에너지 생산량과 경제적 효과를 평가하는 모델로 활용된다(강성민 외, 2017).

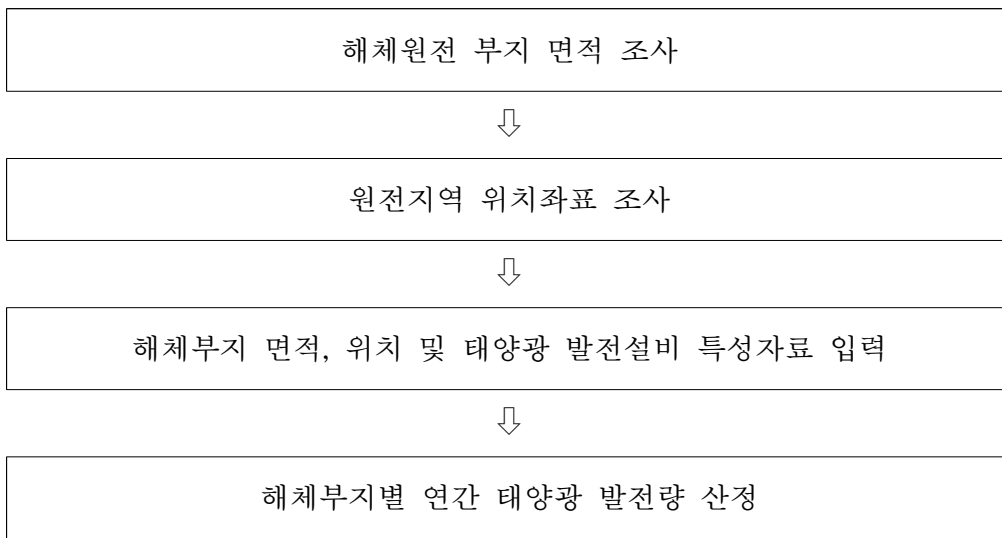
RETScreen model은 분석대상인 신재생에너지 프로젝트의 데이터와 수문학 및 NASA에서 제공하는 기상데이터가 사용된다. 분석 절차는 에너지 모델링 → 비용 분석 → 온실가스 분석 → 재정 분석 → 민감도 분석 등 5단계를 거치게 된다. 입력 자료는 부지 면적, 위치 좌표와 태양광 발전설비의 용량, 모듈, 효율 등 설비특성 데이터가 사용된다.

본 분석에서 사용한 RETScreen (Expert)의 시작화면은 <그림 5-9>와 같다.



<그림 5-9> RETScreen (Expert) 시작화면

태양광 발전설비 특성과 기상자료, 원전별로 해체 완료된 부지 면적을 사용하여 원전부지별 태양광 발전설비를 설치하는 경우의 연간 발전량을 계산하였다. 분석절차는 <그림 5-10>과 같다.



<그림 5-10> 원전해체 부지의 태양광 발전량 산정 절차

본 평가에서 가정한 태양광 발전설비의 발전용량은 면적별 설치 용량 20  $\text{m}^2/\text{kW}^{25)}$ 을 적용하였다. 이 외 설비 특성으로 태양광 모듈은 200W급 단결정 셀로 발전효율은 15.67%, 경사각은  $30^\circ$ , 인버터 용량과 효율은 각각 400W, 95%로 가정하였다. <표 5-9>는 태양광 발전량 산정을 위한 가정을 정리한 것이다.

25) 한국태양광산업협회의 “태양광발전 보급잠재량 조사를 통한 확대기반 조성” 자료에서 인용하였다.

<표 5-9> 태양광 발전량 산정을 위한 가정

구분	가정
태양광 모듈	단결정
태양광 모듈 발전용량	200W
태양광 모듈 발전효율	15.67%
태양광 집열판 경사각	30°
인버터 용량	400W
인버터 효율	95%

기상데이터는 태양광 발전에 매우 큰 영향을 미치는 요소로 위치 좌표에 따라 해당지역의 기상여건이 결정된다. 국내에서 원전해체로 부지 재이용이 가능한 지역은 고리원전 지역, 한빛원전 지역, 월성원전 지역, 한울원전 지역 등 4개 지역으로 구분될 수 있다. 지역별 위치 좌표 입력을 통해 NASA에서 제공하는 해당지역의 기상데이터를 이용하였다.

국내 원전의 부지 면적<sup>26)</sup>과 태양광 발전설비를 설치할 경우 가능한 용량은 <표 5-10>과 같다. 해당 원전은 2050년까지 원전해체를 완료하거나 해체에 착수한 원전을 대상으로 하였다.

26) 부지 면적의 구분은 한국수력원자력에서 제공하는 자료를 기준으로 작성하였다.

<표 5-10> 원전별 부지 면적 및 태양광 발전설비 설치가능 용량

발전소명	태양광 발전 설치용량(kW)	부지 면적(m <sup>2</sup> )
고리 1호기	30,351	607,027
고리 2호기	30,351	607,027
고리 3, 4호기	50,500	1,010,000
한울 1, 2호기	120,000	2,400,000
한울 3, 4호기	110,000	2,200,000
한울 5, 6호기	110,000	2,200,000
한빛 1, 2호기	8,623	172,468
한빛 3, 4호기	8,323	166,469
한빛 5, 6호기	9,429	188,587
월성 1, 2, 3, 4호기	100,637	2,012,733
합계	578,514	11,564,311

태양광 발전설비의 특성과 기상자료를 활용하여 국내 원전 해체부지에 태양광 발전설비를 설치하는 경우 발전량을 산정한 결과는 <표 5-11>과 같다. 2050년까지 해체 대상이 되는 원전 부지 전체에 태양광 발전설비를 설치하는 경우 연간 총 발전량은 862,899MWh로 나타났다. 이 발전량은 ‘재생에너지 3020 계획’ 상 2030년의 태양광 발전량 전망치인 42,322GWh의 2% 수준이다.

한 지역의 원전부지 전체에 태양광 발전기를 설치하는 경우 한울원전 지역이 가장 큰 발전량을 생산하는 것으로 나타났다. 지역별 연간 발전량을 보면, 고리원전 지역은 147,054 MWh, 한울원전 지역은 522,490 MWh, 한빛원전 지역은 40,115 MWh, 월성원전 지역은 153,254 MWh로 산정되었다.

발전설비 용량 대비 연간발전량은 해당지역의 기상조건에 따라 영향을 받게 된다. 지역별 수치를 비교하면 한울원전 지역이 태양광 발전에 가장 좋은 기상조건을 갖고 있으며, 월성, 한빛, 고리원전 지역 순으로 나타났다.

<표 5-11> 원전별 연간 태양광 발전량

발전소명	연간 태양광 발전량(MWh)	발전설비 용량대비 연간 발전량(MWh/kW)
고리 1호기	40,136	1.3224
고리 2호기	40,136	
고리 3, 4호기	66,781	
한울 1, 2호기	184,404	1.5367
한울 3, 4호기	169,037	
한울 5, 6호기	169,037	
한빛 1, 2호기	13,115	1.5209
한빛 3, 4호기	12,658	
한빛 5, 6호기	14,341	
월성 1, 2, 3, 4호기	153,254	1.5227
합계	862,899	-

이상과 같은 결과는 향후 해체 원전부지의 재이용 정책을 수립하는 과정에서 정책적 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 제6장 결론

### 제1절 연구 요약

에너지전환 정책과 원전해체의 시작은 우리나라 원자력 관련 산업계에 큰 변화를 가져올 것으로 예상되어 산업계에 미치는 영향과 파급 효과에 대한 분석이 필요한 시점이다.

본 연구의 목적은 에너지 정책의 변화가 산업계의 생산활동에 미치는 영향을 분석하여 원자력 관련 산업 부문의 구조적 변화를 예측하고, 향후 관련 산업계의 파급효과를 실증적으로 분석하여 산업수요 변화에 대비하기 위한 정책적 시사점을 도출하는 것이다.

본 연구에서는 투입산출표를 이용한 산업연관분석 방법을 활용하였으며, 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문을 모두 고려하여 전 산업에 대한 산업연관효과를 종합적으로 비교·분석함으로써 관련 산업의 구조적 변화를 보다 명확하게 규명하고자 하였다.

에너지전환 정책에 따른 발전시장의 변화와 국내 원전의 해체일정 및 단계별 공정을 반영함으로써 2050년까지 국내 에너지 환경과 해체 산업의 규모를 실질적으로 반영한 실증 분석을 수행하였다.

생산유발효과에 있어서는 원전건설의 경우, 전기 및 전자기기 제조업, 1차금속제품 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업 등 원전 건설에 투입되는 부품 및 장비산업 부문의 생산유발효과가 큰 것으로 나타났으며, 원자력발전은 화학제품 제조업, 전기 및 전자기기 제조업, 석탄 및 석유제품 제조업 등 원전 운영에 필요한 제품을 생산하는 산업 부문이 큰 생산유발효과를 나타내었다. 해체산업의 경우는 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업 등 원전 해체의 주요 역무를 담당하는 산업 부

문이 큰 생산유발효과를 나타내었다.

원전산업이 건설 중심에서 해체부문으로 이동하게 되면 원전건설과 연관성이 높은 산업 부문인 전기 및 전자기기 제조업, 1차금속제품 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업 등의 생산활동이 감소하는 반면, 원전해체와 연관성이 높은 산업 부문인 수도 및 폐기물재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업 등의 생산활동이 활발해질 것으로 예측된다.

비용자 보수, 영업인여, 고정자본 소모 등으로 구성되는 부가가치의 경우는 원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따라 투입되는 규모가 크고 부가가치율이 높은 산업 부문인 도매 및 소매업, 금융 및 보험업, 전문·과학 및 기술서비스업, 사업지원서비스업 등에서 높은 부가가치유발효과를 나타내었다.

원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 고용유발효과에 있어서는 각각의 자체 부문 고용효과와 함께 건설의 경우는 도매 및 소매업, 전문·과학 및 기술서비스업, 전기 및 전자기기 제조업 등이 높은 고용유발효과를 나타내었으며, 원자력발전의 경우는 사업지원서비스업, 도매 및 소매업, 금융 및 보험업 등에서 높은 고용유발효과를 보였다. 원전 해체는 수도 및 폐기물재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 사업지원서비스업 등에서 높은 고용유발효과를 나타냈다.

원전건설, 원자력발전, 원전해체의 고용유발계수를 비교한 결과, 원전해체가 가장 높게 나타나 원전건설과 원자력발전에 비해 투입량 대비 직·간접적인 고용효과가 효과적인 것으로 분석되었다. 새로운 산업으로서 원전해체업의 고용효과를 분석한 결과 원전 1기당 총투입액이 7,515억 원일 경우 직·간접적인 고용자 수는 9,380명으로 산출되었다.

원전건설, 원자력발전, 원전해체산업의 영향력계수와 감응도계수를 비교한 결과 원전건설이 후방연쇄효과가 가장 크며, 다음은 원전해체 순으로 나타났다. 전방연쇄효과와 경우 3개 원전산업 부문이 모두 낮은 것으로 나타



났다. 발생 전력을 타 산업 부문의 중간재로 공급하는 원자력발전의 경우 제강산업의 사례와 같이 생산원가 중 전기료 비중이 낮은 것이 전방연쇄효과가 낮게 나타난 주요 원인으로 분석되었다.

3개 원전산업을 반영하였을 때 모든 산업의 전·후방연쇄효과를 살펴보았다. 전·후방연쇄효과가 모두 높은 산업군은 화학제품 제조업, 1차금속제품 제조업, 금속제품 제조업이며, 모두 낮은 산업군은 공공행정 및 국방, 교육 서비스업, 보건 및 사회복지서비스업, 화력발전업 등으로 나타났다. 전방연쇄효과가 높고 후방연쇄효과는 낮은 산업군은 석탄 및 석유제품 제조업, 운수업, 금융 및 보험업 등이며, 후방연쇄효과가 높고 전방연쇄효과가 낮은 산업군은 정밀기기 제조업, 비금속광물 제조업, 그 외 건설업, 그 외 발전업 등으로 나타났다.

에너지전환 정책에 따라 원전건설이 중단되고 원전해체가 활발해지면, 원자력 관련 산업 부문은 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 1차금속제품 제조업, 전문·과학 및 기술서비스업 등의 생산활동이 증가하고, 전기 및 전자기기 제조업, 금속제품 제조업, 기계 및 장비 제조업 등의 생산활동이 감소하는 구조적 변화를 나타낼 것으로 전망된다.

단계적인 원전해체에 따라 원자력발전에 의한 발전량 비중은 2050년 13.4% 수준으로 감소하며 이에 따라 모든 산업에 대한 직·간접적인 생산유발액은 2025년 14조 9,968억 원에서 2050년 7조 6,790억 원으로 약 49% 감소하는 것으로 나타났다. 원자력발전량 감소분을 상당부분 충당하게 되는 신재생에너지의 경우에는 발전량 비중이 2050년 30.5% 수준으로 증가하며, 생산유발액은 2025년 16조 8,349억 원에서 2050년 38조 9,624억 원으로 약 2.3배 증가하는 것으로 나타났다.

부가가치유발액은 원자력발전의 경우 2025년 6조 541억 원에서 2050년 3조 989억 원으로 감소하고, 신재생에너지는 2025년 5조 3,029억 원에서

2050년 12조 2,711억 원으로 증가한다.

원전산업의 새로운 부문인 원전해체의 2050년까지 산업연관효과를 분석하였다. 원전해체에 따라 생산활동에 큰 영향을 받는 부문은 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 전문·과학 및 기술서비스업, 건설업, 금융 및 보험업 등으로 나타났다. 원전해체 산업의 초기인 2025년경에는 전문·과학 및 기술서비스업, 건설업 등이 높은 생산유발계수를 나타내었고, 해체가 본격화되고 방사성폐기물의 처분장 운반이 진행되면서 수도·폐기물 및 재활용서비스업, 운수업 등이 높은 생산유발계수를 나타내었다.

원전해체에 따른 전 산업의 총 생산유발액은 2025년 910억 원, 2030년 6,598억 원, 2035년 1조 2,972억 원, 2040년 1조 1,538억 원, 2045년 5,992억 원, 2050년 8,534억 원으로 나타났으며, 해체원전 수가 증가하는 2030년대 후반까지 지속적으로 증가하다가 2040년대 이후 감소 추세를 보인 후 2045년 이후에 다소 증가하는 것으로 분석되었다.

원전해체에 따른 전 산업의 총 부가가치유발액은 2025년 454억 원, 2030년 2,958억 원, 2035년 5,461억 원, 2040년 4,981억 원, 2045년 2,599억 원, 2050년 3,629억 원으로 나타났다. 원전 해체에 따른 고용효과는 2025년 1,136명, 2030년 8,236명, 2035년 1만 6,193명, 2040년 1만 4,403명, 2045년 7,480명, 2050년 1만 653명으로 산출되었다. 부가가치유발액과 고용효과의 연도별 변화 추이는 생산유발효과와 동일하게 2030년대 후반까지 증가하다가 2040년대부터는 감소 추세를 보인 후 2045년 이후에 다소 증가하는 것으로 분석되었다.

## 제2절 연구의 한계 및 시사점

본 연구는 원전건설, 원자력발전, 원전해체에 따른 산업구조와 2050년까지의 경제적 파급효과를 분석하였다. 본 연구의 의의는 다음과 같다.

첫째, 원전건설, 원자력발전, 원전해체의 3개 원전산업 부문을 모두 반영한 종합적인 분석을 수행한 것이다. 국내에서 수행된 원전산업과 관련한 경제적 파급효과 분석은 원전건설과 원자력발전 부문에 대해 각각 별도로 수행되어 왔다. 본 연구는 원전건설, 원자력발전, 원전해체 부문이 모두 반영된 투입산출표를 사용함으로써 원전산업에의 영향을 보다 실질적으로 분석하였다. 1개의 투입산출표에서 3개 원전산업의 생산유발효과와 부가가치유발효과, 고용효과를 비교하여 각 산업 부문에 대한 파급효과의 특성을 분석하였으며, 해체 중심으로서의 원전정책의 변화가 산업계에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보았다.

둘째, 해체공정을 반영하여 향후 진행될 원전해체의 경제적 효과를 실증적으로 도출한 것이다. 2020년대부터 본격화될 원전해체는 향후 국내에서 원자력 분야의 주요 산업으로 성장해 나갈 것이다. 본 연구에서는 원전 1기의 해체 효과 분석이 아닌 2050년까지의 국내 원전해체 일정을 모두 반영하여 국내 원전해체 산업이 미칠 경제적 파급효과를 실증적으로 예측하였다.

셋째, 에너지 발전비중의 변화를 반영하고, 신재생에너지에 대한 경제적 파급효과를 도출하여 에너지전환 정책에 따른 경제적 파급효과를 분석한 것이다. 에너지전환 정책은 원전산업뿐 아니라 신재생에너지 부문에도 커다란 변화를 가져온다. 이 정책에 따라 향후 급속하게 성장하게 될 신재생에너지 부문에 대한 경제적 파급효과도 함께 분석하여 에너지전환 정책이 가져올 경제적 기여도를 종합적으로 도출하였다.

2050년까지 에너지전환 정책에 따른 산업별 생산유발효과와 고용효과 등을 분석한 본 연구결과가 에너지전환 정책 하에서 산업별 정책 수립과 산업 부문별 고용인력 등 산업인력 수급계획을 수립하는데 정책적 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 신산업의 반영과 미래 경제효과의 분석 측면에서 현실적인 제약을 극복하고 연구목적을 효과적으로 달성하기 위하여 여러 가지 가정을 적용하였다. 본 연구의 한계와 향후 과제는 다음과 같다.

미래의 산업연관분석을 수행하기 위해서는 미래 산업연관표(투입산출표)의 작성이 필요하다. 투입산출표는 각 부문(상품)의 생산활동에 따른 중간재 투입과 수요구조 등 산업구조를 반영해야 하며, 각 산업 부문의 총산출 규모를 추정하여야 한다. 현대의 경제구조는 산업간 연관성이 매우 복잡하고 특히, ICT나 바이오산업과 같이 모든 산업 부문에 커다란 변혁을 가져오는 산업의 등장과 급격한 성장은 계량하기 어려운 큰 구조적 변화를 가져오게 된다.

본 연구에서는 미래 산업연관표 추정의 불확실성을 감안하여 에너지 부문을 제외한 산업구조는 2014년도와 동일하다는 가정하에 에너지 관련 산업 부문의 변화와 신산업으로서의 원전해체업을 반영하여 산업연관분석을 실시하였다.

에너지 부문은 전력수요 변동에 따라 총 발전량이 증가하게 되며 이에 따라 외생부문의 최종수요가 변화하게 된다. 최종수요의 변화는 다시 가계, 기업 등 경제주체의 경제활동 즉 소비, 지출에 변화를 가져오게 된다. 본 연구에서는 발전량의 변화가 없다는 가정에 따라 에너지원별 발전량 비중의 변화만을 반영하였다.

보다 현실적인 산업구조 분석과 파급효과 예측을 위해서는 미래 산업연관표의 작성과 연계하여 발전량의 증가 등 최종수요를 반영한 추가적인 연

구가 필요하다.

원전해체는 사용후핵연료의 처리를 필수적으로 동반한다. 본 연구에서는 비용 측면에서 별도의 사용후핵연료관리 충당금으로 운영되는 점을 감안하여 사용후핵연료 처리 및 처분작업은 해체역무에서 제외하여 연구를 수행하였으나, 사용후핵연료 처리 및 처분에 따른 경제적 효과에 대해서도 앞으로의 연구과제로 추진되어야 한다.

본 연구결과에서 보듯이 향후 신재생에너지에 의한 경제적 파급효과는 급격히 증가할 것으로 예측된다. 신재생에너지가 향후 에너지원 중에서 가장 발전량 변화가 많은 에너지원임을 고려할 때 신재생에너지에 의해 생산 활동에 영향을 받는 산업 부문의 분석과 신재생에너지 발전 시나리오에 따른 경제적 파급효과에 대한 추가적인 분석이 필요하다. 나아가 에너지산업 부문과 환경 관련 산업을 연계한 산업연관분석을 수행하면 에너지와 환경 산업과의 연관성을 밝히는 데 도움을 줄 것이다.



## 참 고 문 헌

### [국내 문헌]

- 강상호, 이승기, 정재훈, 이병식, Jim Garvey, Eric Darois, 김학수, 황태원 (2009). 원전해체 비용평가 방법론 개발. 2009년 한국방사성폐기물 학회 추계 학술대회 논문집 (pp. 33-34). 한국전력기술(주), 김천
- 강성민, 전영재, 조성흠, 이대겸, 전의찬(2017). RETScreen 기반 유희공간 태양광 발전 시스템의 경제성 평가 연구 - 부산시 강서구 사례를 중심으로 - . Journal of Climate Change Research 2017. 8(1), 21-30.
- 곽승준, 유승훈, 유태호(2002). 원자력발전의 산업 파급효과 분석: 투입산출 분석을 이용하여. 경제학연구. 50(3), 83-109.
- 김종달(1998). 에너지전환의 정치경제; 제도론적 고찰. 환경정책. 6(2), 54-71.
- 김용수(2016). 원전해체 안전규제 정책 연구. 한양대학교, 서울.
- 김용수(2016). 원전해체 및 제염·복원 안전연구. 한양대학교, 서울.
- 김윤경(2010). 2005년 산업연관표를 이용한 우리나라의 방사선 이용의 경제 규모에 대한 추정 연구. 기술혁신학회지. 13(4), 772-793.
- 김창락(2016). 원전해체 폐기물 관리 규제연구. 한국전력국제원자력대학원대학교, 부산.
- 김학수, 정성환, 맹성준(2012). 원전 방사성폐기물 형태별 해체물량 예비평가. 2012년 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회 논문집 (pp. 189-190).
- 김형국, 김형준(2015). 한국형 원전해체 추진체계 구축 방향에 관한 해외 사

- 례 비교 연구. 중앙대학교, 서울
- 김홍배(2008). 방재의 경제성 분석 및 국가경제 파급효과 연구. 한양대학교 산학협력단, 서울.
- 권태현(2004). SAS를 이용한 산업연관분석. 서울: 청람.
- 대한건설협회(2015). 2014년 건설공사 통계자료.
- 대한건설협회(2018). 2016년도 완성공사원가통계.
- 민병주, 이만기, 안성규(2008). 지속가능 발전을 위한 원자력의 역할: 원자력 발전의 국민경제적 기여. 한국원자력연구원, 대전.
- 문기환, 김승수(1998). 원자력 산업의 산업연관분석. 1998년 한국원자력학회 춘계학술발표회 논문집 (pp. 67-72). 한국원자력연구소, 대전.
- 문상래(2017). 표준형 원전 해체비용 평가.
- 박동규, 김동환(2016). 원전해체의 경제적 파급효과 연구: 고리 1호기를 중심으로. 지역사회연구. 24(3), 119-143.
- 박동규, 문주현, 김동환, 우제문(2014). 원전해체의 경제적 파급효과 분석 연구. 한국방사성폐기물학회, 대전.
- 산업통상자원부(2015). 2014 원자력발전백서.
- 산업통상자원부(2016). 2015 원자력발전백서.
- 산업통상자원부(2017a). 2016 원자력발전백서.
- 산업통상자원부(2017b). 에너지 전환 로드맵. 보도자료.
- 산업통상자원부(2017c). 제 8차 전력수급기본계획(2018~2031).
- 산업통상자원부(2017d). 재생에너지 3020 이행계획.
- 산업통상자원부(2017e). 방사성폐기물 관리·원전 해체 비용 고시. 보도자료.
- 산업통상자원부(2017f). 방사성폐기물 관리비용 및 사용후핵연료 관리 부담금 등의 산정기준에 관한 규정.
- 신상화(2017). 원전 해체비용 및 방사능 재고량 규제연구 개발. TUV라인란



드코리아, 서울.

신상화, 이재민(2013). 원전 해체비용 산정시 단위비용인자 산정 방법론에 대한 연구. 2013년 한국방사성폐기물학회 학술논문집

손희철(2016). 환경분야 신산업의 경제적 파급효과 분석. 중앙대학교, 서울.

송종순, 김형국, 이상헌(2015). 신 분류기준을 적용하기 위한 원전 해체 폐기물량 및 처분 비용 산정에 대한 사전 연구. Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology. 13(1), 45-53.

서범경(2018). 원자력시설 해체기술 개발 현황과 전망. 2018년 제1차 원자력환경포럼.

안상규, 전인영(2006). 원전해체 규제제도. 한국방사성폐기물학회지. 4(4), 401-409.

안석영(2017). 원전해체 부지 제염 복원 규제 연구개발.

이기원, 박진호, 홍상범, 윤경수(2012). 해체전략 선택에 따른 방사성폐기물 발생량 예측. 2012년 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회 논문집 (pp. 229-230)

이동준(2010). 신산업 파급효과 분석을 위한 산업연관표의 Matrix Balancing 응용연구. 서울대학교 대학원, 서울.

이성렬(2012). 한국의 발전원별 공급지장 비용 분석. 호서대학교, 아산.

이재민, 신상화(2015). 미국의 원전해체 비용평가 기준자료 분석. 2015년 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회 논문집 (pp. 325-326).

이후석, 이승준, 홍상현, 이종세(2014). 원전 해체 후 부지 재이용을 위한 해외 사례 분석 연구. 2014년 대한토목학회 정기학술대회 논문집 (pp. 1039-1040).

이희연, 권영상, 이동근, 전의찬(2017). 인구감소·기후변화 시대의 공지의 재발견 유희·방치 부동산 살릴 길 찾다. 고양: 문우사.

- 우리나, 김용민(2014). 국내 사이클로트론 해체 사례 분석을 통한 해체 계획 비용산정 방법 연구. Journal of Korean Society on Radiology. 8(3), 97-99.
- 유태호(2001). 원자력산업의 산업과급에 관한 연구: 산업연관분석을 중심으로. 고려대학교 대학원, 서울.
- 에너지전환정보센터(2017). 왜 에너지전환인가?.
- 정기호, 박주현(2016). 원자력 발전의 국가경제 기여 분석. 에너지경제연구. 15(1), 1-32.
- 정관성, 이동규, 이근우, 오원진, 정종현, 박진호(2006). 원자력 연구시설 해체비용 산정 구조. Journal of Korean Radioactive Waste Society. 4(2), 171-181.
- 조병도, 정준호(2011). 산업연관 분석을 이용한 한국 경제의 산업구조 변화와 성장 요인 분석(1995~2008). 산업경제연구. 24(6), 3433-3456.
- 조정형(2015). 국내외 원전해체 산업 현황과 전망. 전기저널, (pp. 30-34). 전자신문, 서울.
- 통계청(2016). 한국산업표준분류.
- 최명섭, 김준형, 임인혁, 이상영(2016). 건축물 에너지 효율등급 강화에 따른 주택건설의 경제적 과급효과 분석. 대한국토·도시계획학회지. 51(5), 233-246.
- 최왕규(2015). 한국의 원전해체 기술개발 현황과 전망. 원자력산업. 35(8), 33-40.
- 한국건설기술연구원(2016). 2014 건설공사 표준품셈.
- 한국수력원자력(주)(2015). 2014년도 결산보고서.
- 한국수력원자력(주)(2018). Decommissioning Plan for Kori 1.
- 한국은행(2016). 2014년 산업연관표.

한국은행(2014). 산업연관분석 해설(2014)

한국원자력산업회의(2017). 2016년 제 22회 원자력산업실태조사 보고서.

한국원자력산업회의(2015). 2014년 제 20회 원자력산업실태조사 보고서.

한국원자력산업회의(2018). 원자력산업의 또 다른 기회-제염 해체분야. 원자력산업. 63(767), 102-104.

한국에너지공단(2018). 2017 신·재생에너지 보급통계.

한국태양광산업회의(2011). 태양광 발전 보급 잠재량 조사를 통한 확대기반 조성.

홍덕화(2016). 한국 원자력 산업의 형성과 변형: 원전 사회기술 체제의 산업 구조와 규제 양식을 중심으로(1967~2010). 서울대학교 대학원, 서울.

[외국 문헌]

- Diletta C. I., Giorgio L., Naomi J. B.(2017). How benchmarking can support the selection, planning and delivery of nuclear decommissioning projects. *Progress in Nuclear Energy 99*, 155-164. University of Leeks, UK.
- Dorfman R., Samuelson P. A., Solow R. M.(1958). *Linear Programming and Economic Analysis*. McGraw-Hill, New York.
- Electric Power Research Institute (EPRI)(2007). *Rancho Seco Nuclear Generating Station Decommissioning Experience Report: Detailed Experiences 1989-2007*. Palo Alto.
- Electric Power Research Institute (EPRI)(2006). *Connecticut Yankee Decommissioning Experience Report: Detailed Experience 1996-2006*. Palo Alto.
- IAEA(2005). *Standard Format and Content for Safety Related Decommissioning Documents*. Safety Report Series No. 45.
- IAEA(2006). *Redevelopment of Nuclear Facilities after Decommissioning*. Technical Report Series No. 444.
- IAEA(2006). *Prospects for the role of nuclear power: Towards Sustainable Development on the Republic of Korea*.
- IAEA(2008). *Managing The Socioeconomic Impacts of The Decommissioning of Nuclear Facilities*.
- IAEA(2011). *Redevelopment and Reuse of Nuclear Facilities and Sites: Case Histories and Lesson Learned*. Series No. NW-T-22.
- IAEA(2017). *World Energy Investment 2017*.
- IAEA(2018). *Power Reactor Information System(PRIS) Database*.

- IEA(2018). World Energy Outlook 2018.
- John Glasson(2012). Better monitoring for better impact management: the local socio-economic impacts of constructing Sizewell B Nuclear Power Station.
- John R. Mullin, Zenica Kotval(1997). The Closing of the Yankee Rowe Nuclear Power Plant: The Impact on a New England Community.
- Klein L. R. (1953). On the Interpretation of Professor Leontief's System. *The Review of Economic Studies* Vol. 20, No. 52, pp. 131-136.
- LaGuardia T. S. et al. (1986). Guidelines for Producing Commercial Nuclear Power Plant Decommissioning Cost Estimates.
- Leontief W. (1936). Quantitative Input-Output Relations in the Economic System of the United States. *Review of Economics and Statistics* Vol. 18, No. 3.
- Management Information Service(1994). The Unfold Story: The Economic Benefits of the Use of Nuclear Energy to produce Electricity. The U. S. Council for Energy Awareness. Washington D. C.
- OECD/NEA(2003). Decommissioning Nuclear Power Plants-Policies, Strategies and Costs.
- OECD/NEA(2014). Nuclear Site Remediation and Restoration during Decommissioning of Nuclear Installation. NEA No. 7192.
- OECD/NEA(2016). Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants. NEA No. 7201.
- OECD(2016). Labour Force Statics. Self-employment rate 2016.
- RETScreen International(2005). Clean Energy Project Anaysis.
- Robert A. Meck(2012). Approches used for Clearance of Lands from Nuclear

- Facilities among Several Countries. Swedish Radiation Safety Authority.
- Rong-Haw Wu, Chia-Yon Clen(1990). On the application of input-output analysis to energy issues.
- Rural Economic Technical Assistance Center(2007). The Economic Impacts of Decommissioning the Zion Nuclear Power Station.
- Smith R. I., Konzek G. J., Kennedy W. E. (1998). Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Pressurized water Reactor Power Station. NUREG/CR-0130.
- TLG Services, Inc.(2007). Decommissioning Cost Analysis for the Vermont Yankee Nuclear Power Station.
- TLG Services, Inc.(2013). Decommissioning Cost Analysis for the Oconee Nuclear Power Station.
- U. S. Nuclear Regulatory Commission(U. S. NRC)(1995). Revised Analysis of Decommissioning for the Reference Pressurized Water Reactor Power Station. NUREG/CR-5884.
- U. S. Nuclear Regulatory Commission(U. S. NRC)(2014). Decommissioning Nuclear Power Plants. NUREG/BR-0521.

## [부 록]

### 목 차

#### [부록 1] 원전산업의 전 산업 부문별 산업연관분석 결과

〈부록 표 1-1〉 원전산업에 따른 생산유발계수 .....	168
〈부록 표 1-2〉 원전산업에 따른 부가가치유발계수 .....	169
〈부록 표 1-3〉 원전해체에 따른 산업별 생산유발계수(2025~2050년) .....	170
〈부록 표 1-4〉 원전해체에 따른 산업별 부가가치유발계수(2025~2050년) ...	171
〈부록 표 1-5〉 원자력발전에 따른 산업별 생산유발계수(2025~2050년) ...	172
〈부록 표 1-6〉 원자력발전에 따른 산업별 부가가치유발계수(2025~2050년) ...	173
〈부록 표 1-7〉 신재생에너지에 따른 산업별 생산유발계수(2025~2050년) ...	174
〈부록 표 1-8〉 신재생에너지에 따른 산업별 부가가치유발계수(2025~2050년) ...	175
〈부록 표 1-9〉 전 산업 부문의 생산유발계수 .....	176
〈부록 표 1-10〉 전 산업 부문의 부가가치유발계수 .....	177

#### [부록 2] 해체 원전 부지의 태양광 발전 용량 및 발전량 추정

1. 태양광 발전 용량 및 발전량 추정 조건 .....	179
2. 해체 원전 부지의 태양광 발전 설치가능 용량 및 발전량 추정 .....	180

## [부록 1] 원전산업의 전 산업 부문별 산업연관효과

<부록 표 1-1> 원전산업에 따른 생산유발계수

산업분류	원전건설	원자력발전	원전해체
농림어업	0.0036	0.0028	0.0029
광업	0.0034	0.0006	0.0011
음식료품 및 담배 제조업	0.0063	0.0059	0.0057
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0078	0.0103	0.0088
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0113	0.0068	0.0087
석탄 및 석유제품 제조업	0.0371	0.0374	0.0239
화학제품 제조업	0.0545	0.1382	0.0419
비금속광물제품 제조업	0.0403	0.0043	0.0110
1차금속제품 제조업	0.1501	0.0326	0.0529
금속제품 제조업	0.1380	0.0370	0.0151
기계 및 장비 제조업	0.0706	0.0195	0.0314
전기 및 전자기기 제조업	0.3320	0.0815	0.0191
정밀기기 제조업	0.0066	0.0264	0.0053
운송장비 제조업	0.0065	0.0054	0.0132
기타 제조업	0.0179	0.0091	0.0095
기타 발전업	0.0139	0.0116	0.0171
화력발전업	0.0126	0.0183	0.0294
원자력발전업	0.0029	1.0041	0.0042
신재생에너지발전업	0.0008	0.0014	0.0018
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0063	0.0174	0.4312
그외 건설업	0.0029	0.0068	0.0504
원자력건설업	1.0000	0.0000	0.0000
원자력해체업	0.0000	0.0139	1.0001
도매 및 소매업	0.0855	0.0562	0.0276
운수업	0.0394	0.0199	0.0359
음식점 및 숙박업	0.0134	0.0124	0.0121
정보통신 및 방송업	0.0254	0.0204	0.0188
금융 및 보험업	0.0489	0.0491	0.0485
부동산 및 임대업	0.0259	0.0108	0.0115
전문·과학 및 기술서비스업	0.0674	0.0235	0.0502
사업지원서비스업	0.0103	0.0259	0.0166
공공행정 및 국방	0.0063	0.0027	0.0028
교육서비스업	0.0004	0.0005	0.0003
보건 및 사회복지서비스업	0.0040	0.0017	0.0154
문화 및 기타 서비스업	0.0075	0.0062	0.0086
합계	2.2595	1.7207	2.0328



<부록 표 1-2> 원전산업에 따른 부가가치유발계수

산업분류	원전건설	원전가동	원전해체
농림어업	0.0020	0.0016	0.0016
광업	0.0019	0.0003	0.0006
음식료품 및 담배 제조업	0.0010	0.0009	0.0009
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0018	0.0024	0.0021
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0031	0.0018	0.0024
석탄 및 석유제품 제조업	0.0024	0.0024	0.0016
화학제품 제조업	0.0108	0.0273	0.0083
비금속광물제품 제조업	0.0112	0.0012	0.0031
1차금속제품 제조업	0.0206	0.0045	0.0073
금속제품 제조업	0.0420	0.0112	0.0046
기계 및 장비 제조업	0.0201	0.0055	0.0089
전기 및 전자기기 제조업	0.0908	0.0223	0.0052
정밀기기 제조업	0.0019	0.0076	0.0015
운송장비 제조업	0.0014	0.0012	0.0029
기타 제조업	0.0076	0.0039	0.0040
기타 발전업	0.0022	0.0019	0.0027
화력발전업	0.0044	0.0064	0.0102
원자력발전업	0.0013	0.4553	0.0019
신재생에너지발전업	0.0002	0.0004	0.0006
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0029	0.0080	0.1991
그외 건설업	0.0010	0.0023	0.0174
원자력건설업	0.3120	0.0000	0.0000
원자력해체업	0.0000	0.0062	0.4590
도매 및 소매업	0.0433	0.0285	0.0140
운수업	0.0141	0.0071	0.0128
음식점 및 숙박업	0.0050	0.0047	0.0045
정보통신 및 방송업	0.0111	0.0090	0.0082
금융 및 보험업	0.0260	0.0261	0.0258
부동산 및 임대업	0.0193	0.0080	0.0086
전문·과학 및 기술서비스업	0.0384	0.0134	0.0286
사업지원서비스업	0.0069	0.0174	0.0111
공공행정 및 국방	0.0047	0.0020	0.0020
교육서비스업	0.0003	0.0004	0.0002
보건 및 사회복지서비스업	0.0020	0.0008	0.0079
문화 및 기타 서비스업	0.0037	0.0031	0.0042
합계	0.7175	0.6953	0.8739

<부록 표 1-3> 원전해체에 따른 산업별 생산유발계수(2025~2050년, 5년 단위)

산업분류	2025	2030	2035	2040	2045	2050
농림어업	0.0031	0.0029	0.0031	0.0030	0.0030	0.0031
광업	0.0029	0.0010	0.0014	0.0009	0.0012	0.0012
음식료품 및 담배 제조업	0.0047	0.0056	0.0059	0.0059	0.0058	0.0059
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0036	0.0077	0.0090	0.0090	0.0084	0.0090
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0096	0.0089	0.0101	0.0095	0.0099	0.0102
석탄 및 석유제품 제조업	0.0151	0.0212	0.0248	0.0240	0.0231	0.0246
화학제품 제조업	0.0292	0.0385	0.0452	0.0431	0.0424	0.0449
비금속광물제품 제조업	0.0298	0.0106	0.0144	0.0097	0.0127	0.0129
1차금속제품 제조업	0.0503	0.0506	0.0564	0.0510	0.0535	0.0543
금속제품 제조업	0.0323	0.0169	0.0185	0.0144	0.0179	0.0173
기계 및 장비 제조업	0.0125	0.0480	0.0240	0.0285	0.0329	0.0237
전기 및 전자기기 제조업	0.0246	0.0201	0.0212	0.0192	0.0208	0.0207
정밀기기 제조업	0.0031	0.0051	0.0054	0.0055	0.0053	0.0054
운송장비 제조업	0.0036	0.0114	0.0133	0.0135	0.0124	0.0133
기타 제조업	0.0077	0.0093	0.0098	0.0093	0.0095	0.0096
기타 발전업	0.0123	0.0142	0.0148	0.0148	0.0146	0.0148
화력발전업	0.0237	0.0246	0.0241	0.0245	0.0245	0.0244
원자력발전업	0.0013	0.0029	0.0031	0.0027	0.0020	0.0019
신재생에너지발전업	0.0012	0.0071	0.0095	0.0106	0.0116	0.0130
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0033	0.3430	0.4248	0.4365	0.3881	0.4274
건설업	0.2412	0.0527	0.0787	0.0385	0.0670	0.0658
원자력해체업	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
도매 및 소매업	0.0254	0.0269	0.0295	0.0278	0.0284	0.0291
운수업	0.0158	0.0300	0.0370	0.0374	0.0325	0.0368
음식점 및 숙박업	0.0097	0.0120	0.0124	0.0125	0.0123	0.0125
정보통신 및 방송업	0.0194	0.0198	0.0193	0.0195	0.0197	0.0195
금융 및 보험업	0.0803	0.0572	0.0465	0.0482	0.0522	0.0476
부동산 및 임대업	0.0098	0.0113	0.0120	0.0119	0.0117	0.0120
전문·과학 및 기술서비스업	0.1118	0.0737	0.0551	0.0570	0.0650	0.0563
사업지원서비스업	0.0084	0.0151	0.0168	0.0170	0.0162	0.0170
공공행정 및 국방	0.0018	0.0026	0.0028	0.0028	0.0027	0.0028
교육서비스업	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
보건 및 사회복지서비스업	0.0021	0.0105	0.0154	0.0165	0.0118	0.0156
문화 및 기타 서비스업	0.0052	0.0079	0.0087	0.0087	0.0084	0.0087
합계	1.8050	1.9696	2.0735	2.0336	2.0278	2.0617

<부록 표 1-4> 원전해체에 따른 산업별 부가가치유발계수(2025~2050년, 5년 단위)

산업분류	2025	2030	2035	2040	2045	2050
농림어업	0.0017	0.0016	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
광업	0.0017	0.0006	0.0008	0.0005	0.0007	0.0007
음식료품 및 담배 제조업	0.0008	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0008	0.0018	0.0021	0.0021	0.0020	0.0021
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0026	0.0024	0.0027	0.0026	0.0027	0.0028
석탄 및 석유제품 제조업	0.0010	0.0014	0.0016	0.0016	0.0015	0.0016
화학제품 제조업	0.0058	0.0076	0.0089	0.0085	0.0084	0.0089
비금속광물제품 제조업	0.0083	0.0029	0.0040	0.0027	0.0035	0.0036
1차금속제품 제조업	0.0069	0.0070	0.0078	0.0070	0.0074	0.0075
금속제품 제조업	0.0098	0.0051	0.0056	0.0044	0.0054	0.0053
기계 및 장비 제조업	0.0036	0.0136	0.0068	0.0081	0.0093	0.0067
전기 및 전자기기 제조업	0.0067	0.0055	0.0058	0.0052	0.0057	0.0057
정밀기기 제조업	0.0009	0.0015	0.0016	0.0016	0.0015	0.0016
운송장비 제조업	0.0008	0.0025	0.0030	0.0030	0.0028	0.0030
기타 제조업	0.0033	0.0039	0.0042	0.0039	0.0040	0.0041
기타 발전업	0.0020	0.0023	0.0024	0.0024	0.0023	0.0024
화력발전업	0.0082	0.0086	0.0084	0.0085	0.0085	0.0085
원자력발전업	0.0006	0.0013	0.0014	0.0012	0.0009	0.0009
신재생에너지발전업	0.0004	0.0022	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0015	0.1584	0.1961	0.2016	0.1792	0.1974
건설업	0.0833	0.0182	0.0272	0.0133	0.0231	0.0227
원자력해체업	0.5952	0.4937	0.4449	0.4597	0.4684	0.4515
도매 및 소매업	0.0129	0.0136	0.0150	0.0141	0.0144	0.0147
운수업	0.0057	0.0107	0.0132	0.0134	0.0116	0.0132
음식점 및 숙박업	0.0036	0.0045	0.0047	0.0047	0.0046	0.0047
정보통신 및 방송업	0.0085	0.0087	0.0085	0.0085	0.0086	0.0085
금융 및 보험업	0.0427	0.0304	0.0247	0.0256	0.0278	0.0253
부동산 및 임대업	0.0073	0.0084	0.0089	0.0088	0.0087	0.0089
전문·과학 및 기술서비스업	0.0637	0.0420	0.0314	0.0325	0.0371	0.0321
사업지원서비스업	0.0056	0.0101	0.0113	0.0114	0.0109	0.0114
공공행정 및 국방	0.0013	0.0019	0.0021	0.0021	0.0020	0.0021
교육서비스업	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
보건 및 사회복지서비스업	0.0011	0.0054	0.0079	0.0084	0.0060	0.0080
문화 및 기타 서비스업	0.0026	0.0039	0.0043	0.0043	0.0041	0.0043
합계	0.9009	0.8829	0.8729	0.8778	0.8796	0.8767

<부록 표 1-5> 원자력발전에 따른 산업별 생산유발계수(2025~2050년, 5년 단위)

산업분류	2025	2030	2035	2040	2045	2050
농림어업	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029
광업	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
음식료품 및 담배 제조업	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0070	0.0071	0.0071	0.0071	0.0072	0.0072
석탄 및 석유제품 제조업	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377
화학제품 제조업	0.1388	0.1390	0.1390	0.1390	0.1391	0.1392
비금속광물제품 제조업	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045
1차금속제품 제조업	0.0332	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333
금속제품 제조업	0.0372	0.0373	0.0373	0.0374	0.0374	0.0374
기계 및 장비 제조업	0.0199	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200
전기 및 전자기기 제조업	0.0818	0.0819	0.0819	0.0819	0.0820	0.0820
정밀기기 제조업	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265	0.0265
운송장비 제조업	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056	0.0056
기타 제조업	0.0092	0.0092	0.0092	0.0093	0.0093	0.0093
기타 발전업	0.0114	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109
화력발전업	0.0179	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174
원자력발전업	1.0039	1.0038	1.0037	1.0036	1.0033	1.0033
신재생에너지발전업	0.0023	0.0031	0.0033	0.0036	0.0041	0.0042
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0222	0.0222	0.0222	0.0222	0.0222	0.0222
건설업	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
원자력해체업	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
도매 및 소매업	0.0565	0.0566	0.0566	0.0567	0.0567	0.0567
운수업	0.0203	0.0203	0.0204	0.0204	0.0204	0.0204
음식점 및 숙박업	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126	0.0126
정보통신 및 방송업	0.0207	0.0207	0.0207	0.0207	0.0207	0.0207
금융 및 보험업	0.0497	0.0497	0.0497	0.0497	0.0497	0.0497
부동산 및 임대업	0.0110	0.0110	0.0110	0.0110	0.0110	0.0110
전문·과학 및 기술서비스업	0.0242	0.0242	0.0242	0.0242	0.0242	0.0242
사업지원서비스업	0.0261	0.0261	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262
공공행정 및 국방	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
교육서비스업	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
보건 및 사회복지서비스업	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
문화 및 기타 서비스업	0.0063	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
합계	1.7189	1.7192	1.7196	1.7200	1.7207	1.7209

<부록 표 1-6> 원자력발전에 따른 산업별 부가가치유발계수(2025~2050년, 5년 단위)

산업분류	2025	2030	2035	2040	2045	2050
농림어업	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016
광업	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
음식료품 및 담배 제조업	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
석탄 및 석유제품 제조업	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
화학제품 제조업	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275
비금속광물제품 제조업	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
1차금속제품 제조업	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046
금속제품 제조업	0.0113	0.0113	0.0114	0.0114	0.0114	0.0114
기계 및 장비 제조업	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057
전기 및 전자기기 제조업	0.0224	0.0224	0.0224	0.0224	0.0224	0.0224
정밀기기 제조업	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076
운송장비 제조업	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
기타 제조업	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039
기타 발전업	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
화력발전업	0.0062	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061	0.0061
원자력발전업	0.4553	0.4552	0.4552	0.4551	0.4550	0.4550
신재생에너지발전업	0.0007	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0103	0.0103
건설업	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
원자력해체업	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
도매 및 소매업	0.0287	0.0287	0.0287	0.0287	0.0287	0.0287
운수업	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
음식점 및 숙박업	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
정보통신 및 방송업	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091
금융 및 보험업	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264	0.0264
부동산 및 임대업	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082	0.0082
전문·과학 및 기술서비스업	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138	0.0138
사업지원서비스업	0.0175	0.0176	0.0176	0.0176	0.0176	0.0176
공공행정 및 국방	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
교육서비스업	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
보건 및 사회복지서비스업	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
문화 및 기타 서비스업	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031
합계	0.6939	0.6940	0.6941	0.6942	0.6944	0.6945

<부록 표 1-7> 신재생에너지에 따른 산업별 생산유발계수(2025~2050년, 5년 단위)

산업분류	2025	2030	2035	2040	2045	2050
농림어업	0.0066	0.0066	0.0066	0.0066	0.0066	0.0066
광업	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
음식료품 및 담배 제조업	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.1029	0.1031	0.1031	0.1031	0.1032	0.1033
석탄 및 석유제품 제조업	0.0511	0.0511	0.0512	0.0512	0.0512	0.0512
화학제품 제조업	0.2399	0.2402	0.2403	0.2403	0.2405	0.2405
비금속광물제품 제조업	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059
1차금속제품 제조업	0.0700	0.0701	0.0701	0.0702	0.0702	0.0702
금속제품 제조업	0.1146	0.1147	0.1147	0.1148	0.1149	0.1149
기계 및 장비 제조업	0.0588	0.0589	0.0589	0.0589	0.0589	0.0590
전기 및 전자기기 제조업	0.1107	0.1108	0.1109	0.1109	0.1110	0.1110
정밀기기 제조업	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0216	0.0216
운송장비 제조업	0.0215	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
기타 제조업	0.0195	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196	0.0196
기타 발전업	0.0178	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169
화력발전업	0.0236	0.0226	0.0226	0.0226	0.0226	0.0226
원자력발전업	0.0052	0.0050	0.0047	0.0045	0.0040	0.0038
신재생에너지발전업	1.0036	1.0050	1.0055	1.0060	1.0070	1.0072
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0309	0.0309	0.0309	0.0310	0.0310	0.0310
건설업	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
원자력해체업	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
도매 및 소매업	0.1107	0.1108	0.1109	0.1109	0.1110	0.1110
운수업	0.0392	0.0392	0.0393	0.0393	0.0393	0.0393
음식점 및 숙박업	0.0244	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245	0.0245
정보통신 및 방송업	0.0297	0.0297	0.0297	0.0298	0.0298	0.0298
금융 및 보험업	0.0392	0.0392	0.0392	0.0392	0.0392	0.0392
부동산 및 임대업	0.0294	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295
전문·과학 및 기술서비스업	0.0307	0.0307	0.0307	0.0307	0.0308	0.0308
사업지원서비스업	0.0468	0.0468	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469
공공행정 및 국방	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
교육서비스업	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
보건 및 사회복지서비스업	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024
문화 및 기타 서비스업	0.0108	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109
합계	2.3066	2.3072	2.3080	2.3086	2.3100	2.3104

<부록 표 1-8> 신재생에너지에 따른 산업별 부가가치유발계수(2025~2050년, 5년 단위)

산업분류	2025	2030	2035	2040	2045	2050
농림어업	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
광업	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
음식료품 및 담배 제조업	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
섬유 및 가죽제품 제조업	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
목재, 종이, 인쇄 및 복제업	0.0279	0.0279	0.0279	0.0279	0.0280	0.0280
석탄 및 석유제품 제조업	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
화학제품 제조업	0.0474	0.0475	0.0475	0.0475	0.0476	0.0476
비금속광물제품 제조업	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016
1차금속제품 제조업	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0097	0.0097
금속제품 제조업	0.0348	0.0349	0.0349	0.0349	0.0349	0.0349
기계 및 장비 제조업	0.0167	0.0167	0.0167	0.0167	0.0168	0.0168
전기 및 전자기기 제조업	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0304	0.0304
정밀기기 제조업	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062
운송장비 제조업	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
기타 제조업	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
기타 발전업	0.0029	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027
화력발전업	0.0082	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079
원자력발전업	0.0024	0.0022	0.0021	0.0020	0.0018	0.0017
신재생에너지발전업	0.3024	0.3029	0.3030	0.3032	0.3035	0.3035
수도·폐기물 및 재활용서비스업	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143
건설업	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
원자력해체업	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
도매 및 소매업	0.0561	0.0562	0.0562	0.0562	0.0562	0.0562
운수업	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0141	0.0141
음식점 및 숙박업	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
정보통신 및 방송업	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130
금융 및 보험업	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208	0.0209	0.0209
부동산 및 임대업	0.0219	0.0220	0.0220	0.0220	0.0220	0.0220
전문·과학 및 기술서비스업	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175
사업지원서비스업	0.0314	0.0314	0.0315	0.0315	0.0315	0.0315
공공행정 및 국방	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027
교육서비스업	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
보건 및 사회복지서비스업	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
문화 및 기타 서비스업	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054	0.0054
합계	0.7266	0.7268	0.7270	0.7272	0.7276	0.7276





<부록 표 1-9> 전 산업 부문의 생산유발계수

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	1.120	0.005	0.361	0.005	0.020	0.001	0.007	0.004	0.003	0.004	0.004	0.002	0.003	0.004	0.006	0.001	0.001	0.003	0.007	0.004	0.008	0.004	0.003	0.009	0.004	0.143	0.007	0.007	0.002	0.010	0.008	0.005	0.007	0.018	0.019	
2	0.000	1.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.066	0.004	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012	0.003	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	
3	0.213	0.009	1.211	0.009	0.014	0.003	0.014	0.009	0.006	0.008	0.008	0.005	0.007	0.008	0.011	0.001	0.002	0.006	0.012	0.009	0.008	0.006	0.006	0.019	0.008	0.297	0.014	0.014	0.004	0.022	0.019	0.011	0.015	0.027	0.049	
4	0.013	0.008	0.012	1.249	0.023	0.003	0.017	0.012	0.007	0.012	0.010	0.007	0.013	0.017	0.065	0.001	0.003	0.010	0.017	0.019	0.010	0.008	0.009	0.015	0.015	0.013	0.008	0.010	0.003	0.007	0.015	0.009	0.005	0.017	0.021	
5	0.021	0.010	0.041	0.020	1.290	0.005	0.019	0.024	0.009	0.019	0.014	0.012	0.013	0.015	0.042	0.002	0.002	0.007	0.103	0.015	0.028	0.011	0.009	0.027	0.013	0.024	0.031	0.019	0.005	0.019	0.012	0.011	0.017	0.016	0.020	
6	0.057	0.084	0.045	0.031	0.042	1.040	0.111	0.098	0.085	0.051	0.039	0.023	0.031	0.038	0.043	0.012	0.048	0.037	0.051	0.045	0.048	0.037	0.024	0.038	0.135	0.036	0.021	0.014	0.014	0.022	0.023	0.020	0.027	0.034	0.035	
7	0.120	0.060	0.103	0.150	0.132	0.029	1.418	0.082	0.037	0.115	0.095	0.087	0.166	0.141	0.125	0.005	0.012	0.138	0.240	0.081	0.102	0.055	0.042	0.043	0.042	0.057	0.031	0.020	0.010	0.036	0.059	0.018	0.019	0.173	0.099	
8	0.003	0.002	0.009	0.002	0.006	0.002	0.006	1.134	0.015	0.008	0.008	0.024	0.014	0.009	0.009	0.000	0.002	0.004	0.006	0.012	0.123	0.040	0.011	0.002	0.002	0.005	0.003	0.002	0.004	0.003	0.002	0.004	0.002	0.003	0.004	
9	0.011	0.027	0.020	0.023	0.021	0.015	0.040	0.082	1.845	0.441	0.276	0.094	0.087	0.185	0.118	0.003	0.007	0.033	0.070	0.101	0.200	0.150	0.053	0.011	0.016	0.014	0.012	0.008	0.010	0.019	0.009	0.013	0.008	0.016	0.030	
10	0.010	0.025	0.028	0.020	0.014	0.017	0.023	0.034	0.023	1.165	0.122	0.031	0.072	0.098	0.050	0.003	0.006	0.037	0.114	0.018	0.128	0.138	0.015	0.011	0.013	0.018	0.009	0.007	0.007	0.012	0.007	0.012	0.006	0.010	0.023	
11	0.009	0.025	0.012	0.008	0.012	0.016	0.028	0.028	0.018	0.049	1.186	0.022	0.020	0.060	0.023	0.005	0.005	0.020	0.059	0.049	0.045	0.071	0.031	0.009	0.011	0.008	0.008	0.007	0.005	0.013	0.008	0.007	0.005	0.008	0.021	
12	0.008	0.017	0.011	0.011	0.014	0.009	0.013	0.021	0.015	0.026	0.099	1.299	0.214	0.067	0.035	0.005	0.017	0.082	0.111	0.030	0.080	0.332	0.019	0.023	0.023	0.016	0.070	0.023	0.010	0.042	0.027	0.013	0.018	0.018	0.054	
13	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.017	0.006	1.053	0.009	0.005	0.001	0.002	0.026	0.021	0.010	0.006	0.007	0.005	0.004	0.003	0.003	0.006	0.003	0.001	0.015	0.004	0.005	0.006	0.018	0.005	
14	0.009	0.051	0.009	0.006	0.010	0.004	0.007	0.026	0.006	0.010	0.018	0.004	0.005	1.347	0.008	0.001	0.002	0.005	0.022	0.029	0.009	0.006	0.013	0.014	0.044	0.006	0.009	0.006	0.004	0.011	0.006	0.012	0.003	0.009	0.076	
15	0.010	0.024	0.031	0.108	0.044	0.003	0.028	0.034	0.026	0.048	0.054	0.026	0.042	0.082	1.139	0.001	0.002	0.009	0.020	0.018	0.027	0.018	0.009	0.011	0.009	0.021	0.009	0.008	0.004	0.009	0.009	0.006	0.019	0.012	0.023	
16	0.008	0.016	0.014	0.019	0.026	0.017	0.026	0.032	0.049	0.034	0.020	0.015	0.014	0.017	0.018	1.063	0.366	0.012	0.019	0.029	0.017	0.014	0.017	0.015	0.017	0.034	0.012	0.010	0.014	0.015	0.009	0.009	0.022	0.028	0.031	
17	0.010	0.027	0.016	0.022	0.035	0.013	0.021	0.030	0.026	0.024	0.017	0.013	0.014	0.015	0.018	0.003	1.009	0.018	0.025	0.045	0.015	0.013	0.029	0.023	0.017	0.020	0.019	0.014	0.022	0.020	0.012	0.013	0.024	0.022	0.024	
18	0.002	0.006	0.004	0.005	0.008	0.003	0.005	0.007	0.006	0.006	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.001	0.002	1.004	0.006	0.009	0.004	0.003	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.003	0.005	0.005	0.003	0.003	0.006	0.005	0.006	
19	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	1.002	0.004	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
20	0.005	0.004	0.010	0.006	0.027	0.002	0.014	0.019	0.028	0.017	0.009	0.005	0.007	0.009	0.011	0.002	0.003	0.017	0.031	1.087	0.010	0.006	0.430	0.007	0.005	0.013	0.005	0.008	0.006	0.005	0.005	0.010	0.008	0.022	0.009	
21	0.002	0.004	0.003	0.002	0.003	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.003	0.007	0.004	0.003	1.002	0.003	0.050	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003	0.031	0.004	0.002	0.022	0.005	0.005	0.004	
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.074	0.038	0.160	0.114	0.108	0.033	0.093	0.088	0.048	0.093	0.099	0.072	0.110	0.102	0.087	0.008	0.018	0.056	0.111	0.048	0.080	0.085	0.028	1.040	0.043	0.129	0.099	0.028	0.011	0.047	0.034	0.023	0.026	0.078	0.065	
25	0.030	0.126	0.070	0.052	0.075	0.032	0.060	0.128	0.050	0.060	0.055	0.034	0.043	0.044	0.046	0.004	0.009	0.020	0.039	0.051	0.045	0.039	0.036	0.095	1.060	0.033	0.033	0.031	0.010	0.034	0.031	0.021	0.013	0.026	0.027	
26	0.010	0.020	0.017	0.016	0.020	0.006	0.018	0.019	0.013	0.017	0.018	0.011	0.015	0.016	0.021	0.003	0.004	0.012	0.024	0.021	0.015	0.013	0.012	0.043	0.018	1.016	0.029	0.034	0.009	0.045	0.043	0.025	0.041	0.024	0.046	
27	0.014	0.015	0.025	0.020	0.024	0.012	0.020	0.024	0.015	0.020	0.021	0.022	0.022	0.021	0.025	0.003	0.008	0.020	0.030	0.029	0.024	0.025	0.019	0.094	0.025	0.026	1.158	0.085	0.019	0.097	0.045	0.035	0.028	0.026	0.042	
28	0.026	0.055	0.038	0.032	0.043	0.012	0.031	0.042	0.024	0.038	0.039	0.023	0.034	0.038	0.036	0.004	0.010	0.049	0.039	0.035	0.048	0.049	0.048	0.064	0.034	0.039	0.034	1.138	0.140	0.036	0.045	0.029	0.019	0.048	0.046	
29	0.010	0.030	0.022	0.023	0.021	0.006	0.016	0.019	0.010	0.014	0.015	0.011	0.015	0.015	0.019	0.002	0.004	0.011	0.029	0.019	0.019	0.026	0.011	0.071	0.023	0.059	0.040	0.041	1.028	0.032	0.025	0.021	0.019	0.043	0.031	
30	0.010	0.013	0.021	0.019	0.022	0.013	0.023	0.025	0.020	0.024	0.026	0.018	0.021	0.029	0.030	0.004	0.009	0.023	0.031	0.029	0.079	0.067	0.050	0.033	0.014	0.018	0.054	0.043	0.012	1.033	0.019	0.014	0.012	0.016	0.018	
31	0.007	0.010	0.014	0.015	0.015	0.007	0.012	0.015	0.016	0.015	0.012	0.008	0.010	0.012	0.021	0.006	0.010	0.026	0.047	0.033	0.013	0.010	0.017	0.040	0.030	0.013	0.064	0.058	0.012	0.018	1.029	0.020	0.010	0.014	0.024	
32	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.001	0.002	0.003	0.001	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.000	0.001	0.003	0.004	0.005	0.003	0.006	0.003	0.006	0.004	0.005	0.020	0.011	0.005	0.005	0.004	1.001	0.002	0.005	0.006	
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	1.000	0.000	0.001	
34	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003	0.001	0.002</																													

<부록 표 1-10> 전 산업 부문의 부가가치유발계수

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	0.619	0.003	0.199	0.003	0.011	0.001	0.004	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.004	0.000	0.001	0.002	0.004	0.002	0.004	0.002	0.002	0.005	0.002	0.079	0.004	0.004	0.001	0.006	0.005	0.003	0.004	0.010	0.010	
2	0.000	0.564	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.037	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.007	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3	0.034	0.001	0.192	0.001	0.002	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.047	0.002	0.002	0.001	0.004	0.003	0.002	0.002	0.004	0.008	
4	0.003	0.002	0.003	0.292	0.005	0.001	0.004	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.004	0.015	0.000	0.001	0.002	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.004	0.005	
5	0.006	0.003	0.011	0.005	0.349	0.001	0.005	0.007	0.003	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004	0.011	0.000	0.001	0.002	0.028	0.004	0.008	0.003	0.002	0.007	0.004	0.007	0.008	0.005	0.001	0.005	0.003	0.003	0.005	0.004	0.005	
6	0.004	0.005	0.003	0.002	0.003	0.068	0.007	0.006	0.006	0.003	0.003	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.009	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
7	0.024	0.012	0.020	0.030	0.026	0.006	0.281	0.016	0.007	0.023	0.019	0.017	0.033	0.028	0.025	0.001	0.002	0.027	0.047	0.016	0.020	0.011	0.008	0.009	0.008	0.011	0.006	0.004	0.002	0.007	0.012	0.004	0.004	0.034	0.020	
8	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.000	0.002	0.314	0.004	0.002	0.002	0.007	0.004	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.034	0.011	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
9	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.005	0.011	0.254	0.061	0.038	0.013	0.012	0.025	0.016	0.000	0.001	0.004	0.010	0.014	0.027	0.021	0.007	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.004	
10	0.003	0.008	0.008	0.006	0.004	0.005	0.007	0.010	0.007	0.354	0.037	0.010	0.022	0.030	0.015	0.001	0.002	0.011	0.035	0.005	0.039	0.042	0.005	0.003	0.004	0.005	0.003	0.002	0.002	0.004	0.002	0.004	0.002	0.003	0.007	
11	0.003	0.007	0.003	0.002	0.003	0.004	0.008	0.008	0.005	0.014	0.337	0.006	0.006	0.017	0.007	0.001	0.002	0.006	0.017	0.014	0.013	0.020	0.009	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001	0.002	0.006	
12	0.002	0.005	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003	0.006	0.004	0.007	0.027	0.356	0.059	0.018	0.010	0.001	0.005	0.022	0.030	0.008	0.022	0.091	0.005	0.006	0.006	0.004	0.019	0.006	0.003	0.011	0.007	0.003	0.005	0.005	0.015	
13	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.002	0.302	0.003	0.001	0.000	0.001	0.008	0.006	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.004	0.001	0.001	0.002	0.005	0.001	
14	0.002	0.011	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.006	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001	0.301	0.002	0.000	0.000	0.001	0.005	0.006	0.002	0.001	0.003	0.003	0.010	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.017	
15	0.004	0.010	0.013	0.046	0.018	0.001	0.012	0.014	0.011	0.020	0.023	0.011	0.018	0.035	0.482	0.000	0.001	0.004	0.008	0.008	0.011	0.008	0.004	0.005	0.004	0.009	0.004	0.004	0.002	0.004	0.004	0.002	0.008	0.005	0.010	
16	0.001	0.003	0.002	0.003	0.004	0.003	0.004	0.005	0.008	0.006	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.171	0.059	0.002	0.003	0.005	0.003	0.002	0.003	0.002	0.003	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.004	0.005	
17	0.004	0.009	0.006	0.008	0.012	0.004	0.007	0.011	0.009	0.008	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	0.001	0.351	0.006	0.009	0.016	0.005	0.004	0.010	0.008	0.006	0.007	0.006	0.005	0.008	0.007	0.004	0.004	0.009	0.008	0.008	
18	0.001	0.003	0.002	0.002	0.004	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.001	0.455	0.003	0.004	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003		
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.302	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	0.002	0.002	0.005	0.003	0.013	0.001	0.007	0.009	0.013	0.008	0.004	0.002	0.003	0.004	0.005	0.001	0.001	0.008	0.014	0.502	0.004	0.003	0.199	0.003	0.002	0.006	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.010	0.004	
21	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.001	0.346	0.001	0.017	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.011	0.001	0.001	0.008	0.002	0.002	0.001	
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.459	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
24	0.037	0.019	0.081	0.058	0.055	0.017	0.047	0.044	0.024	0.047	0.050	0.036	0.056	0.052	0.044	0.004	0.009	0.028	0.056	0.025	0.041	0.043	0.014	0.527	0.022	0.066	0.050	0.014	0.006	0.024	0.017	0.011	0.013	0.040	0.033	
25	0.011	0.045	0.025	0.019	0.027	0.011	0.021	0.046	0.018	0.021	0.020	0.012	0.015	0.016	0.016	0.001	0.003	0.007	0.014	0.018	0.016	0.014	0.013	0.034	0.379	0.012	0.012	0.011	0.004	0.012	0.011	0.008	0.005	0.009	0.010	
26	0.004	0.007	0.006	0.006	0.008	0.002	0.007	0.007	0.005	0.006	0.007	0.004	0.006	0.006	0.008	0.001	0.002	0.005	0.009	0.008	0.006	0.005	0.005	0.016	0.007	0.383	0.011	0.013	0.003	0.017	0.016	0.009	0.015	0.009	0.017	
27	0.006	0.007	0.011	0.009	0.010	0.005	0.009	0.011	0.006	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.011	0.001	0.004	0.009	0.013	0.013	0.011	0.011	0.008	0.041	0.011	0.012	0.507	0.037	0.008	0.042	0.020	0.015	0.012	0.012	0.019	
28	0.014	0.029	0.020	0.017	0.023	0.006	0.016	0.022	0.013	0.020	0.021	0.012	0.018	0.020	0.019	0.002	0.005	0.026	0.021	0.019	0.025	0.026	0.026	0.034	0.018	0.021	0.018	0.605	0.074	0.019	0.024	0.015	0.010	0.025	0.025	
29	0.007	0.023	0.016	0.017	0.016	0.005	0.012	0.014	0.007	0.011	0.011	0.008	0.011	0.011	0.015	0.002	0.003	0.008	0.022	0.014	0.014	0.019	0.009	0.053	0.017	0.044	0.030	0.031	0.766	0.024	0.019	0.015	0.014	0.032	0.023	
30	0.006	0.007	0.012	0.011	0.013	0.007	0.013	0.014	0.011	0.014	0.015	0.010	0.012	0.016	0.017	0.002	0.005	0.013	0.017	0.017	0.045	0.038	0.029	0.019	0.008	0.010	0.031	0.024	0.007	0.589	0.011	0.008	0.007	0.009	0.010	
31	0.005	0.007	0.010	0.010	0.010	0.005	0.008	0.010	0.011	0.010	0.008	0.005	0.007	0.008	0.014	0.004	0.007	0.017	0.031	0.022	0.009	0.007	0.011	0.027	0.020	0.009	0.043	0.039	0.008	0.012	0.691	0.013	0.007	0.009	0.016	
32	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.002	0.005	0.002	0.005	0.003	0.003	0.014	0.008	0.003	0.003	0.003	0.740	0.002	0.004	0.004	
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.740	0.000	0.000		
34	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000</																														

[부록 <표 1-9, 10>의 산업 부문 분류 번호]

- |                     |                      |                    |
|---------------------|----------------------|--------------------|
| 1. 농림어업             | 13. 정밀기기 제조업         | 25. 운수업            |
| 2. 광업               | 14. 운송장비 제조업         | 26. 음식점 및 숙박업      |
| 3. 음식료품 및 담배 제조업    | 15. 기타 제조업           | 27. 정보통신 및 방송업     |
| 4. 섬유 및 가죽제품 제조업    | 16. 그 외 발전업          | 28. 금융 및 보험업       |
| 5. 목재, 종이, 인쇄 및 복제업 | 17. 화력발전업            | 29. 부동산 및 임대업      |
| 6. 석탄 및 석유제품 제조업    | 18. 원자력발전업           | 30. 전문·과학 및 기술서비스업 |
| 7. 화학제품 제조업         | 19. 신재생에너지발전업        | 31. 사업지원서비스업       |
| 8. 비금속광물제품 제조업      | 20. 수도·폐기물 및 재활용서비스업 | 32. 공공행정 및 국방      |
| 9. 1차금속제품 제조업       | 21. 그 외 건설업          | 33. 교육서비스업         |
| 10. 금속제품 제조업        | 22. 원전건설업            | 34. 보건 및 사회복지서비스업  |
| 11. 기계 및 장비 제조업     | 23. 원전해체업            | 35. 문화 및 기타 서비스업   |
| 12. 전기 및 전자기기 제조업   | 24. 도매 및 소매업         |                    |

## [부록 2] 해체 원전 부지의 태양광 발전 용량 및 발전량 추정

### 1. 태양광 발전 용량 및 발전량 추정 조건

- 부지 면적별 태양광 발전용량은 “태양광발전 보급잠재량 조사를 통한 확대기반 조성” 자료의 면적별 설치용량 20m<sup>2</sup>/kW를 적용
- 태양광 모듈은 RETScreen에서 reference 자료로 제시하고 있는 ECONESS사의 200W급 단결정 셀로 선정하였으며, 모듈의 효율도 Retscreen에 제시된 15.67%로 설정
- 경사각은 태양광 모듈의 최적효율을 위해 30° 를 유지하도록 하였으며, 집열판은 관리 및 유지가 용이한 고정형 방식을 선택.
- 인버터는 400W, 효율 95%의 제품을 설치하는 것으로 가정.

<부록 표 2-1> 태양광 발전량 산정을 위한 가정

태양광 모듈 Type	단결정
태양광 모듈발전 용량	200W
태양광 모듈 발전효율	15.67%
경사각	30°
인버터 효율	95%
인버터 용량	400 W

## 2. 해체 원전 부지의 태양광 발전 설치가능 용량 및 발전량 추정

### 1) 고리원전의 태양광 발전 설치가능 용량 및 발전량 추정

#### ■ 고리원전의 태양광 발전 설치가능 용량

발전소명	면적(m <sup>2</sup> )	태양광 발전 설치가능 용량(kW)
고리 1호기	607,027	30,351
고리 2호기	607,027	30,351
고리 3, 4호기	1,010,000	50,500
총 계	2,224,054	111,202

#### ■ 기상자료

위도	기후 데이터 위치		설비 위치	자원					
	35.2	35.3	129.2						
경도	129.2		129.2						
기후대	4A - 혼합됨 - 습함			지중+NASA					
고도	m	70	34	지중 - 지도					
난방 설계 온도	°C	-3.9		지중					
냉방 설계 온도	°C	30.1		지중					
대지 온도의 범위	°C	11.2		NASA					
월	기온		일일 태양 복사 - 수		대기압	풍속	대지 온도	난방도일 18 °C	냉방도일 10 °C
	°C	상대 습도 %	강수 mm	평선상 kWh/m <sup>2</sup> /일					
1월	3.1	45.4%	54.63	2.39	101.3	3.9	8.5	462	0
2월	4.8	48.0%	54.30	3.02	101.2	4.0	8.6	370	0
3월	8.6	56.3%	74.48	3.59	101.0	4.2	10.6	291	0
4월	13.7	63.1%	107.47	4.50	100.7	4.2	14.3	129	111
5월	17.5	70.4%	145.01	4.81	100.3	3.8	17.9	16	233
6월	20.7	78.0%	207.47	4.42	100.0	3.5	21.3	0	321
7월	24.1	84.5%	304.03	3.98	99.9	4.0	24.1	0	437
8월	25.9	80.0%	247.98	4.22	100.0	3.9	25.9	0	493
9월	22.2	74.5%	190.03	3.47	100.5	3.9	23.4	0	366
10월	17.5	64.7%	75.42	3.31	101.0	3.5	19.3	16	233
11월	11.7	57.4%	63.05	2.61	101.3	3.6	14.8	189	51
12월	5.8	47.8%	48.88	2.28	101.4	3.7	10.8	378	0
연간	14.7	64.3%	1,572.75	3.55	100.7	3.8	16.7	1,850	2,244
자원	지중	지중	NASA	지중	NASA	지중	NASA	지중	지중
에 측정된					m	10	0		

■ 태양광 발전량

- 연간 147,054 MWh 발전

태양광발전		레벨	
설명	태양광발전		레벨 1
주요			레벨 2

태양광발전 - 레벨 2			
<b>자원 평가</b>			
태양열 추적 모드		고정된	▼
경사지	°	30	
방위	°		
⊖ 정보 보기			
<b>태양광발전</b>			
유형		단결정-실리콘	▼
발전 용량	kW	111,200	📄 🗑️
제조업체		ECONESS	
모델		단결정-실리콘 - EN125M-72-200	
유니트의 수		556,000	
효율	%	15.67%	📄 🗑️
정상 운전시 셀 온도	°C	45	
온도 계수	% / °C	0.4%	
태양열 집열기 면적	m <sup>2</sup>	709,636	
여러가지 손실	%		
<b>변환기</b>			
효율	%	95%	
용량	kW	0.4	
여러가지 손실	%		
<b>정리</b>			
용량비	%	15.1%	
초기 투자비	KRW/kW	1,981,000	💰
	KRW	220,287,200,000	
운영 비용 (절감)	KRW/kW-년	19,810	💰
	KRW	2,202,872,000	
전기 역송전 단가		계통선에 송출한 전력 - 연간	▼
	KRW/kWh	81.39	
계통선에 송출한 전력	MWh	147,054	
전력 수출 수익	KRW	11,968,724,637	

## 2) 한울원전의 태양광 발전 설치가능 용량 및 발전량 추정

### ■ 한울원전의 태양광 발전 설치가능 용량

발전소명	면적(m <sup>2</sup> )	태양광 발전 설치가능 용량(kW)
한울 1, 2호기	2,400,000	120,000
한울 3, 4호기	2,200,000	110,000
한울 5, 6호기	2,200,000	110,000
총 계	6,800,000	340,000

### ■ 기상자료

위도	기후 데이터 위치		설비 위치		자원				
	경도	고도	고도	고도					
37.5	129.2	51	0	지중-NASA					
37.0	129.4	0	0	지중 - 지도					
기후대	4A - 혼합됨 - 습함				지중				
고도	m				지중				
남방 설계 온도	°C				NASA				
냉방 설계 온도	°C								
대지 온도의 범위	°C								
	일일 태양 복사 - 수		난방도일		냉방도일				
월	기온	상대 습도	강수	평선상	대기압	풍속	대지 온도	난방도일	냉방도일
	°C	%	mm	kWh/m <sup>2</sup> /일	kPa	m/초	°C	18 °C °C-d	10 °C °C-d
1월	1.1	48.2%	49.59	2.78	100.7	4.6	7.0	524	0
2월	2.4	52.9%	42.77	3.50	100.6	4.4	7.0	437	0
3월	6.3	60.2%	56.91	4.27	100.4	4.3	9.0	363	0
4월	11.9	63.9%	92.68	5.37	100.1	4.4	13.0	183	57
5월	15.9	72.0%	121.40	5.62	99.7	4.0	16.7	65	183
6월	19.0	80.9%	156.79	5.18	99.4	3.4	20.3	0	270
7월	22.7	83.7%	288.71	4.32	99.3	3.4	23.2	0	394
8월	23.8	84.1%	248.99	4.17	99.5	3.5	24.9	0	428
9월	19.8	80.3%	176.02	3.78	99.9	3.7	22.3	0	294
10월	15.0	69.9%	62.59	3.51	100.4	3.9	18.1	93	155
11월	9.2	60.3%	54.95	2.75	100.7	4.2	13.4	264	0
12월	3.8	49.5%	35.96	2.49	100.8	4.4	9.4	440	0
연간	12.6	67.2%	1,387.36	3.98	100.1	4.0	15.4	2,369	1,780
자원	지중	지중	NASA	NASA	NASA	지중	NASA	지중	지중
에 측정된			m		10	0			

■ 태양광 발전량

- 연간 522,490 MWh 발전

태양광발전		레벨	
설명	태양광발전		
주의			
		레벨 1	레벨 2
태양광발전 - 레벨 2			
<b>자원 평가</b>			
태양열 추적 모드		고정된	
경사지	°	30	
방위	°		
<input type="button" value="정보 보기"/>			
<b>태양광발전</b>			
유형		단결정-실리콘	
발전 용량	kW	340,000	
제조업체		ECONESS	
모델		단결정-실리콘 - EN125M-72-200	
유니트의 수		1,700,000	
효율	%	15.67%	
정상 운전시 셀 온도	°C	45	
온도 계수	% / °C	0.4%	
태양열 집열기 면적	m <sup>2</sup>	2,169,751	
여러가지 손실	%		
<b>변환기</b>			
효율	%	95%	
용량	kW	0.4	
여러가지 손실	%		
<b>정리</b>			
용량비	%	17.5%	
초기 투자비	KRW/kW	1,981,000	
	KRW	673,540,000,000	
운영 비용 (절감)	KRW/kW-년	19,810	
	KRW	6,735,400,000	
전기 역송전 단가		계통선에 송출한 전력 - 연간	
	KRW/kWh	81.39	
계통선에 송출한 전력	MWh	522,490	
전력 수출 수익	KRW	42,525,475,049	



### 3) 한빛 원전의 태양광 발전 설치가능 용량 및 발전량 추정

#### ■ 한빛원전의 태양광 발전 설치가능 용량

발전소명	면적(m <sup>2</sup> )	태양광 발전 설치가능 용량(kW)
한빛 1, 2호기	172,468	8,623
한빛 3, 4호기	166,469	8,323
한빛 5, 6호기	188,587	9,429
총 계	527,524	26,375

#### ■ 기상자료

위도	기후 데이터 위치		설비 위치		자료
	단위	값	단위	값	
위도		35.2		35.5	
경도		126.3		126.3	
기후대		4A - 혼합된 - 습함			지중-NASA
고도	m	13		12	지중 - 지도
난방 설계 온도	°C	-6.2			지중
냉방 설계 온도	°C	32.8			지중
대지 온도의 범위	°C	19.5			NASA

월	기온		강수	일일 태양 복사 - 수		대기압	풍속	대지 온도	냉방도일 18 °C	냉방도일 10 °C
	°C	상대 습도 %		평선상 kWh/m <sup>2</sup> /일	kPa					
1월	0.2	75.3%	47.58	2.45	101.6	2.1	0.1	552	0	
2월	1.7	71.0%	46.90	3.44	101.4	2.3	2.5	456	0	
3월	6.3	68.0%	58.44	4.44	101.1	2.4	7.8	363	0	
4월	12.7	68.3%	96.91	5.37	100.7	2.3	15.1	159	81	
5월	17.9	70.8%	133.50	5.51	100.3	2.3	20.2	3	245	
6월	22.5	76.3%	200.66	5.13	99.9	1.9	24.0	0	375	
7월	26.2	80.2%	313.38	4.76	99.8	2.2	25.6	0	502	
8월	26.9	78.6%	280.56	4.92	100.0	1.9	26.1	0	524	
9월	21.6	77.3%	176.42	4.29	100.5	1.7	22.3	0	348	
10월	15.0	75.7%	56.25	3.71	101.1	1.7	16.4	93	155	
11월	8.3	75.3%	53.60	2.67	101.4	1.8	8.9	291	0	
12월	2.7	75.3%	41.52	2.22	101.6	1.8	2.5	474	0	
연간	13.6	74.4%	1,505.72	4.08	100.8	2.0	14.4	2,391	2,230	
자원	지중	지중	NASA	NASA	NASA	지중	NASA	지중	지중	

에 측정된	단위	값
	m	10
		0

■ 태양광 발전량

- 연간 40,115 MWh 발전

태양광발전

설명 태양광발전

주의

레벨

레벨 1

레벨 2

---

태양광발전 - 레벨 2

**자원 평가**

태양열 추적 모드		<span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">고정된</span>
경사지	·	30
방위	·	

(v) 정보 보기

**태양광발전**

유형		<span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">단결정-실리콘</span>
발전 용량	kW	26,376.2
제조업체		ECONESS
모델		단결정-실리콘 - EN125M-72-200
유니트의 수		131,881
효율	%	15.67%
정상 운전시 셀 온도	°C	45
온도 계수	% / °C	0.4%
태양열 집열기 면적	m <sup>2</sup>	168,323
여러가지 손실	%	

**변환기**

효율	%	95%
용량	kW	0.4
여러가지 손실	%	

**정리**

용량비	%	17.4%
초기 투자비	KRW/kW	1,981,000
	KRW	52,251,252,200
운영 비용 (절감)	KRW/kW-년	19,810
	KRW	522,512,522
전기 역송전 단가		<span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">계통선에 송출한 전력 - 연간</span>
	KRW/kWh	81.39
계통선에 송출한 전력	MWh	40,115
전력 수출 수익	KRW	3,264,969,805

#### 4) 월성 원전의 태양광 발전 설치가능 용량 및 발전량 추정

##### ■ 월성원전의 태양광 발전 설치가능 용량

발전소명	면적(m <sup>2</sup> )	태양광 발전 설치가능 용량(kW)
월성 1, 2, 3, 4 호기	2,012,733	100,637

##### ■ 기상자료

단위	기후 데이터 위치		설비 위치		자원
	기후 데이터 위치	설비 위치	기후 데이터 위치	설비 위치	
위도	35.5	35.7			
경도	129.3	129.5			
기후대	4A - 혼합됨 - 습함				지중+NASA
고도	m	36	19		지중 - 지드
냉방 설계 온도	°C	-4.7			지중
냉방 설계 온도	°C	31.8			지중
대지 온도의 범위	°C	11.2			NASA

월	기온	상대 습도	강수	일일 태양 복사 - 수평선상	대기압	풍속	대지 온도	냉방도일 18 °C	냉방도일 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m <sup>2</sup> /월	kPa	m/초	°C	°C-d	°C-d
1월	2.0	45.6%	54.63	2.90	101.3	2.5	8.5	496	0
2월	3.8	47.6%	54.30	3.55	101.2	2.6	8.6	398	0
3월	7.8	55.1%	74.48	4.22	101.0	2.6	10.6	316	0
4월	13.6	60.0%	107.47	5.26	100.7	2.4	14.3	132	108
5월	17.8	66.6%	145.01	5.57	100.3	2.2	17.9	6	242
6월	21.3	73.4%	207.47	5.05	100.0	2.0	21.3	0	339
7월	24.9	78.6%	304.03	4.40	99.9	2.1	24.1	0	462
8월	25.9	77.7%	247.98	4.31	100.0	2.1	25.9	0	493
9월	21.5	75.5%	190.03	3.72	100.5	2.1	23.4	0	345
10월	16.2	66.6%	75.42	3.56	101.0	2.0	19.3	56	192
11월	10.2	58.9%	63.05	2.83	101.3	2.1	14.8	234	6
12월	4.3	48.9%	48.88	2.64	101.4	2.3	10.8	425	0
연간	14.2	63.0%	1,572.75	4.00	100.7	2.2	16.7	2,063	2,187
자원	지중	지중	NASA	NASA	NASA	지중	NASA	지중	지중

예 측정된

에 측정된	m	10	0
-------	---	----	---

■ 태양광 발전량

- 연간 153,254 MWh 발전

태양광발전		레벨	
설명	태양광발전		
주의			
		레벨 1	레벨 2
태양광발전 - 레벨 2			
<b>자원 평가</b>			
태양열 추적 모드		고정된	
경사지	°	30	
방위	°		
<input checked="" type="checkbox"/> 정보 보기			
<b>태양광발전</b>			
유형		단결정-실리콘	
발전 용량	kW	100,630	
제조업체		ECONESS	
모델		단결정-실리콘 - EN125M-72-200	
유니트의 수		503,150	
효율	%	15.67%	
정상 운전시 셀 온도	°C	45	
온도 계수	% / °C	0.4%	
태양열 집열기 면적	m <sup>2</sup>	642,183	
여러가지 손실	%		
<b>변환기</b>			
효율	%	95%	
용량	kW	0.4	
여러가지 손실	%		
<b>정리</b>			
용량비	%	17.4%	
초기 투자비	KRW/kW	1,981,000	
	KRW	199,348,030,000	
운영 비용 (절감)	KRW/kW-년	19,810	
	KRW	1,993,480,300	
전기 역송전 단가		계통선에 송출한 전력 - 연간	
	KRW/kWh	81.39	
계통선에 송출한 전력	MWh	153,254	
전력 수출 수익	KRW	12,473,306,227	

## **Abstract**

# Structural Change and Economic Effects of Nuclear Energy Related Industries under the Energy Transition Policy

Gukhee Yoo

Cooperate Course for Climate Change

The Graduate School

Sejong University

Transition of the basis of energy supply system from fossil fuels to renewable energy is now a global trend. The Korean government is pursuing energy transition policy through ‘Energy Transition Roadmap’ and ‘Eighth Basic Plan for Electricity Supply and Demand’ to gradually reduce nuclear power and coal-fired plants and expand renewable energy generation. By 2030, the government has set its electricity supplement targets to reduce the proportions of nuclear power and coal-fired plant-based energy generation to 23.9% and 36.1%, respectively, and to increase the proportion of renewable energy generation to 20%.

Nuclear power plants which shut down permanently, go through disassembly where the plant is torn down and its site is restored. Nuclear power plants to be shut down in this country will increase continuously, since it has been 40 years since the first operation of nuclear power plant, and many will reach their designed lifetime.

Energy transition policy together with increasing nuclear power plant decommissioning will greatly impact the current domestic nuclear energy related industries which is based mostly on construction and operation of nuclear power plants.

The purpose of this study is to identify policy implications that promote energy-related industries by performing quantitative analysis on the ripple effect on nuclear energy related industries under the energy transition policy.

In this study, changes in nuclear power-related industrial structure resulting from energy transition policy and economic ripple effect of nuclear energy related industries till 2050 was predicted using Input-Output Analysis on three sectors of nuclear energy industry: nuclear power plant construction, nuclear power generation and nuclear power plant decommissioning.

As nuclear power plant constructions are discontinued and plant decommissioning are invigorated along with the energy transition policy, nuclear power related industrial sectors are predicted to show the following structural changes. While production activities in electrical equipment/electronics manufacturing, metal products manufacturing and machinery/apparatus manufacturing will be decreased, that of water supply services/waste management and recycling services, primary metal products manufacturing, specialty and science/technology services will be increased.

Analysis of value added inducement in each sector revealed that largest value added inducement effects were created in sectors that have high ratio of added value and large scale of input into nuclear power plant industry. Direct and indirect effects of employment due to decommissioning of nuclear power plants, a new sector in nuclear power plant industry, was calculated to be 9,380 persons per plant.

Analysis of the backward and forward linkage effects of nuclear power plant sectors showed that nuclear power plant construction and nuclear power plant

decommissioning creates a large impact on production activities of other sectors of businesses, having higher-than-average backward linkage effects. Nuclear power plant sector was determined as final demand industry type since all three sectors showed lower-than-average values than the industrial average in forward linkage effect. Forward linkage effect of nuclear power generation turned out to be low, since the cost of electricity is relatively low among the cost of production, as in the steel manufacture industry.

In this study, the economic ripple effects of the nuclear power generation and renewable energy sector, on industry was chronologically analyzed in steps of five years until the year 2050.

Analysis on the economic ripple effect revealed that while production inducement by nuclear power generation will be decreased from 14,996,800 million won in 2025 to 7,679,000 million won in 2050, production inducement by renewable energy will be increased from 16,834,900 million won in 2025 to 38,962,400 million won in 2050. Analysis of the economic ripple effect of nuclear power plant decommissioning showed that production inducement is predicted to be 91,000 million won in 2025, 659,800 million won in 2030, 1,297,200 million won in 2035, 1,153,800 million won in 2040, 599,200 million won in 2045 and 853,400 million won in 2050. Employment inducement effects due to decommissioning of nuclear power plants were shown to create 1,136 employments in 2025, 8,236 employments in 2030, 16,193 employments in 2035, 14,403 employments in 2040, 7,480 employments in 2045 and 10,653 employments in 2050.

Also in this study, the effects of reusing the disassembled site by installing solar photovoltaic power generation equipments was analyzed by quantifying the possible amount of annual power generation.

Total annual solar photovoltaic power generation was calculated to be 862,899MWh when solar power generation equipments were hypothesized to be

installed to all sites of nuclear power plant decommissioning by 2050. According to the 'Renewable Energy Plans 3020', this value corresponds to 2% of 42,322GWh, the expected amount of solar photovoltaic power generation in 2030.

According to this study, specific government measures must be established for each industry in accordance with its predicted changes in production activity.

The results from this study can be utilized as resource materials for establishing policy measures on industry, being the first one to analyze the structural changes in nuclear energy related industries and economic ripple effects of nuclear energy industry after the energy transition policy announcement from the government in 2017.

**Keywords : energy transition, Input-Output analysis, nuclear power plant decommissioning,  
nuclear energy related industry, solar photovoltaic power generation**