

우리나라 원자력발전의 경제유발효과 분석*

김지환** · 김윤경***

요 약

2022년에 발표된 제10차 전력수급기본계획의 기본방향은 이전의 계획들과 마찬가지로 재생에너지의 비중은 계속 높이지만 동시에 원자력발전의 비중을 높인다고 제시하였다. 이에 본 연구에서는 원자력발전의 건설과 운영을 구분하여 우리나라의 대표 원자력발전소 노형인 APR-1400의 신규 건설과 운영에서 얻게 되는 경제적 측면의 유발효과를 추정하였다. 전원 구성에서 각 전원의 비율이 변화하면 필요로 하는 생산요소들이 달라지게 되므로 증가하는 전원과 감소하는 전원의 여하에 따라서 관련 산업부문의 생산활동, 생산물, 산업구조, 고용이 각각 다른 영향을 받게 된다. 분석 결과에 따르면 원자력발전 건설의 생산유발계수는 1.968, 고용유발은 10.065명/십억원이다. 원자력발전 운영의 생산유발계수는 0.414, 고용유발은 1.763명/십억원이다. 선행연구들의 석탄화력발전 및 LNG 발전의 생산유발계수와 비교할 때에 우리나라에서는 여전히 원자력발전이 더 큰 유발효과를 가지므로 원자력발전이 신규로 건설되기 시작하고 계속운전을 하는 것은 다른 화석연료 전원들에 비해서 우리나라에 더 큰 유발효과를 가져올 것으로 기대된다.

주요 단어 : 원자력발전, 산업연관분석, 유발효과, 에너지안보
경제학문헌목록 주제분류 : Q4, Q0, L0

* 본 연구는 한국지질자원연구원 기본사업 (GP2020-05; 23-3214)의 재원으로 수행되었음.

** 한국지질자원연구원 미래전략연구센터 선임연구원(주저자) (e-mail: kjiwhan@kigam.re.kr)

*** 이화여자대학교 경제학과 교수(교신저자) (e-mail: yoonkim@ewha.ac.kr)

I. 서 론

2023년 1월에 정부는 제10차 전력수급기본계획을 발표하였다. 전력수급기본계획의 목적은 우리나라의 중기 및 장기의 전력수요를 전망하고 이 전망에 부합하도록 전력설비를 마련하는 것이다. 이 계획은 2년 주기로 수립되며, 이는 「전기사업법」 제25조 및 시행령 제15조에 따른다. 전력수급기본계획은 2002년에 제1차를 발표한 이래로 현재까지 10차례의 계획을 수립하여 발표하였다.

정부는 2022년 7월의 「새정부 에너지정책 방향」에서 원자력발전의 경우에는 신한울 3호기와 4호기의 건설 재개와 계속운전을 추진하고, 재생에너지의 경우에는 실현가능성, 주민수용성 등을 고려하여 합리적 수준에서 보급하고, 석탄발전의 경우에는 합리적 감축을 유도한다고 제시하였다. 그리고 정부의 120대 국정과제에서는 원자력발전에 대해서 탈원전 정책을 폐기하고 원자력산업 생태계를 강화한다는 과제를 제시하였고,¹⁾ 또한 신한울 3호기와 4호기를 건설하는 것을 다시 시작하고 운영허가가 만료된 원자력발전을 안전성 전제 하에 계속 운전할 것 등을 제시하면서 2030년에 원자력발전의 비중을 상향하겠다고 언급했다.²⁾ 이에 제10차 전력수급기본계획은 제8, 9차 전력수급기본계획과는 다른 기본방향을 갖고 있다. 이전의 제8, 9차 전력수급기본계획에서는 탈석탄과 탈원자력, 그리고 재생에너지와 신에너지 중심의 에너지 전환을 기본방향으로 제시하였지만, 제10차 전력수급기본계획에서는 실현할 수 있고 균형을 갖춘 전원 믹스, 원자력발전의 활용과 적정 수준의 재생에너지를 기본방향으로 제시하였다.³⁾ 이러한 기본방향은 이전의 기본방향을 유지하면서 에너지 안보를 보다 강화하고자 한 것이다.⁴⁾

1) 탈원전 정책 폐기 및 원자력산업 생태계 강화의 주요 내용으로 원전의 적극적 활용, 원전의 수출산업화, 원자력 협력 외교 강화, 차세대 원전기술 확보, 방폐물 관리를 제시하였다.

2) 대한민국정부(2022).

3) 산업통상자원부(2022), 산업통상자원부(2023).

전원 구성에서 각 전원의 비율이 변화하면, 발전소를 건설할 때의 투입요소들과 운영할 때의 투입요소들이 전원별 특성에 따라서 달라지기 때문에 기존과는 다른 재화를 생산해야 한다. 따라서 이러한 변화는 해당 전원 자체에서만 영향을 일으키는 것이 아니라, 관련된 다른 산업부문의 생산활동, 생산물, 산업구조, 고용에도 함께 영향을 미친다.

우리나라를 대상으로 원자력발전이 갖는 경제적 효과를 산업연관분석으로 추정 한 연구에는 양민영·김진수(2023), 최용석·조창익(2019), 정기호(2016), 정수관 외 (2015) 등이 있다.⁵⁾ 양민영·김진수(2023)는 제10차 전력수급기본계획을 고려하여 석탄, 가스복합화력, 태양광발전, 풍력 발전을 별도로 구분한 산업연관표를 작성하고 원자력 발전을 포함한 모든 전원의 생산유발계수를 추정하였다. 최용석·조창익 (2019)은 2010~2014년의 5개년도 산업연관표를 이용하여 전원별 생산유발효과를 추정하였다.

본 연구에서는 선행연구들과 달리 우리나라의 대표 원자력발전소 노형인 APR-1400 1기를 가정하고 APR-1400 1기가 신규로 건설되고 운영기간이 연장되어 계속운전하는 것이 우리나라의 경제에 미치는 유발효과를 추정한다. 그리고 본 연구에서는 원자력발전의 건설과 운영을 분리하여 신규 건설과 계속운전의 상이함이 드

-
- 4) 주요국들은 러시아-우크라이나 전쟁 등과 같은 글로벌 에너지 공급망 불안에 따라 국가 안보 강화를 위해 에너지 수급 안정화에 우선순위를 두면서 자국에서 생산하는 에너지의 중요성을 재조명하고 있다. 영국 정부는 2022년에 *British Energy Security Strategy*를 발표하여 전쟁에 의한 세계적 에너지 가격 급등 대응 전략으로 다양한 국산에너지원을 증강하기 위해 재생에너지 외에 2050년까지 8기의 원자력 발전을 추가한다고 제시하였다. 미국은 원자력 발전을 CFE(Carbon Pollution Free Electricity)에 포함해 상업 원전에 대한 지원을 확대하고, 벨기에 는 원전 2기에 대한 계속운전 기한을 기존의 2025년에서 2035년으로 연장하고, 이탈리아는 단기대응인 대체에너지 방침으로 원자력 폐지를 재검토하고 있다. 더하여 IEA(2021)는 2050 탄소중립 달성에서 원자력발전이 중요한 역할을 수행할 것이라고 평가하였다.
- 5) 정기호(2016)는 과거 시점을 대상으로 가상적인 전제를 설정해서 상황을 만들어 당시 경제 상황과 비교하는 접근 방식을 산업연관모형에 적용하여 원자력발전 운영에 따른 국가 경제 기여 효과를 분석하였다. 정수관·임나라·원두환(2015)은 원자력발전과 도매전력가격의 관계를 ARDL(Autoregressive Distributed Lag)모형과 Granger 인과성으로 분석하였다. 따라서 이 논문들은 원자력 발전을 대상으로 하고 있지만, 본 논문에서 고려하는 원자력발전의 생산유발 효과를 결과로 제시하고 있지 않다.

러나도록 각각 별도의 부문으로 설정하여 추정한다. 원자력발전 설비들이 제조되고, 발전소가 건설되고, 발전소 내에 이 설비들이 설치되는 과정을 “건설”로, 발전소가 건설된 후에 운영되면서 각종의 유지보수과정을 “운영”으로 한다.⁶⁾

분석방법으로는 산업연관분석(Input-Output Model, IO Model)을 이용한다. 그리고 유발효과로는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 피용자보수유발효과, 고용유발효과를 추정한다. 그리고 1차 유발효과에 더해 생산유발에 의한 피용자보수 변화에 따른 2차 유발효과도 추정한다.

분석에서는 2019년에 공표된 우리나라의 2015년 산업연관표(실측표)를 이용하여 우리나라의 경제, 생산, 소비구조를 반영하였다.⁷⁾ 2015년의 산업연관표는 현재와 시차를 갖지만 산업부문을 대상으로 조사하는 실측표로 2021년에 공표된 2019년 산업연관표(연장표)에 비해서 정확도가 높다.⁸⁾⁹⁾ 더하여 현재 건설되고 있는 발전소들의 확정시점은 제3차 전력수급기본계획(2006년 수립)이고, 발전소의 건설기간이 20년 정도의 장기간을 필요로 한다는 점도 반영한다.

논문의 II장에서는 제10차 전력수급기본계획에서 제시된 연도별 전원 구성에 대한 전망을 정리한다. 이어서 III장에서는 분석방법인 투입산출분석모형과 분석용 산업연관표를 작성할 때에 적용한 균형조정법을 제시한다. 그리고 원자력발전의 건설과 운영을 구분하여 산업연관표에 포함시켜 분석용 산업연관표를 작성한다. 이를 위해서 원자력발전의 건설비와 운영비, 건설 시의 비용 구조와 운영 시의 비용 구조를 조사하여 반영한다. IV장에서는 원자력발전의 생산유발효과, 부가가치유발효과, 피용자보수유발효과, 고용유발효과를 추정한 결과를 제시한다. V에서는 분석 결과가 갖는 시사점을 제시한다.

-
- 6) 건설과 운영을 함께 고려하면 신규 원전이 건설되어 운영되는 것을 반영하게 되고, 운영만을 고려하면 기존 원전이 계속운전하는 것을 반영하게 된다.
 - 7) 전력산업부문의 매출, 발전량, 설비용량, 이용률, 고용자수, 발전사별 실적, 전력거래금액 등의 통계는 2015년의 값을 이용한다.
 - 8) 연장표를 작성할 때에는 산업연관표의 안정적 투입계수의 가정이 현실과 괴리를 갖는다는 점, 그리고 시간의 변화에 따른 투입계수의 변화를 인정하는 것이 타당하다는 점에 근거하여 투입계수의 변화를 예측한다. 그리고 추정의 최종단계에서 균형조정을 사용한다.
 - 9) 2020년의 산업연관표(실측표)는 아직 공표되지 않았다.

Ⅱ. 제10차 전력수급기본계획의 원자력발전 비중

제10차 전력수급기본계획은 전원 구성에서 원자력발전에 대한 비중을 이전에 비해서 증가시켰다. 발전설비계획을 보면, 원자력의 경우에 계속운전과 신규 건설을 반영하여 확정설비로 2036년 하계 기준 142.2GW를 제시하였다. 여기에서 신규 원자력발전은 신한울 1호기와 2호기(순서대로 2022년과 2023년), 신고리 5호기와 6호기(순서대로 2024년과 2025년), 신한울 3호기와 4호기(순서대로 2032년과 2033년)을 칭한다.¹⁰⁾ 이에 따른 연도별 전원 구성은 <표 1>과 같고, 2036년 시점에 정격용량을 기준으로 보면, 신재생이 45.3%으로 가장 높고 그 다음으로 LNG 27.0%, 원자력 13.2%의 순서이다.

발전량에 대한 전망은 <표 2>와 같으며, 원자력발전에 대해서는 계속운전과 신규 원자력발전을 반영하고 있다. 그 결과로 원자력발전의 비중이 2018년에는 23.4%였지만 2030년에 32.4%로 증가하고 2036년에는 34.6%로 증가한다.

<표 1> 연도별 전원 구성(연말 정격용량 기준) 전망

단위: GW

연도	구분	석탄	원자력	LNG	양수	신재생	기타	계
2023	용량	40.2	26.1	43.5	4.7	32.8	1.1	148.4
	비중	27.1%	17.5%	29.3%	3.2%	22.1%	0.8%	100%
2026	용량	37.6	28.9	52.4	4.7	44.8	0.7	169.1
	비중	22.2%	17.1%	31.0%	2.8%	26.5%	0.4%	100%
2030	용량	31.7	28.9	58.6	5.2	72.7	0.9	198.0
	비중	16.0%	14.6%	29.6%	2.6%	36.7%	0.5%	100%

10) 여기에서 신규 원자력발전은 신한울 1호기(2022년), 신한울 2호기(2023년), 신고리 5호기(2024년), 신고리 6호기(2025년), 신한울 3호기(2032년), 신한울 4호기(2033년)이다.

연도	구분	석탄	원자력	LNG	양수	신재생	기타	계
2033	용량	29.7	31.7	62.0	5.8	91.5	0.9	221.6
	비중	13.4%	14.3%	28.0%	2.6%	41.3%	0.4%	100%
2036	용량	27.1	31.7	64.6	6.5	108.3	0.8	239.0
	비중	11.3%	13.2%	27.0%	2.7%	45.3%	0.5%	100%

주: 기타는 유류, 폐기물, 부생가스 설비, 기타 저장장치 등
 자료: 산업통상자원부(2023)

〈표 2〉 전원별 발전량 및 비중 전망

단위: TWh

연도	구분	석탄	원자력	LNG	신재생	수소 암모니아	기타	계
2030	발전량	122.5	201.7	142.4	134.1	13.0	8.1	621.8
	비중	19.7%	32.4%	22.9%	21.6%	2.1%	1.3%	100%
2036	발전량	95.9	230.7	62.3	204.4	47.4	26.6	667.3
	비중	14.4%	34.6%	9.3%	30.6%	7.1%	4.0%	100%

주: 신재생은 태양광·풍력 출력 제어 적용 후 발전량
 자료: 산업통상자원부(2023)

Ⅲ. 투입산출분석모형과 분석용 산업연관표 작성

1. 투입산출분석모형과 균형조정법

분석에서는 산업연관표와 투입산출분석모형을 이용한다. 산업연관표는 국민소득통계 및 다른 통계들과 정합성을 가지며, 일반적으로 1년의 기간을 대상으로 산업별 재화와 용역의 생산 및 배분을 나타내는 경상적 생산활동과 관련된 모든 거래를 담는다. 그러므로 산업연관표는 해당 연도에 각 부문의 개별 지출의 흐름을 통해서 경제의 다양한 부분, 즉 농업, 건설, 정부, 가계, 제조업, 서비스, 교역을 연결한다.¹¹⁾

따라서 지역의 투입 또는 수요, 산출 또는 공급, 산업, 정부간의 상호관계, 그리고 이 부문들과 가계부문의 최종수요를 위한 재화와 용역의 소비를 파악하게 한다. 이러한 형태를 갖는 산업연관표는 수요와 공급의 과정에서 나타나는 경제파급효과를 고려할 수 있도록 한다. 산업연관표에서 수요와 공급은 일치한다.

식 (1)은 산업연관표를 표현한 것이다. 산업간 거래를 표현한 행렬에서 열의 데이터는 산출 1단위를 생산하기 위해서 필요한 직접 투입량을 의미한다. 열의 값은 각 부문이 다른 산업으로부터 구매한 것들이므로 이 구매한 것들을 각 부문의 산출로 나누는 수치는 투입계수가 되고, 이 투입계수들을 모든 산업들에 대해서 도출하면 투입계수행렬(A)로 표현할 수 있다.

그리고 투입계수행렬과 같은 크기의 단위행렬에서 이 투입계수행렬을 빼서 I-A 행렬을 도출한 후에, 이 I-A 행렬을 역행렬로 하면 상호의존계수행렬(레온티에프 역행렬, $(I - A)^{-1}$)을 얻게 된다. 상호의존계수행렬을 구성하는 각 상호의존계수(interdependence coefficients)는 b_{ij} 로 표현되며, 이 값은 j 산업에 부과된 최종수요 1단위에 대해서 산업 i 로부터 요구된 직접과 간접 산출의 합에 해당한다. 따라서 최종수요 1단위가 변화하여 j 산업의 산출에 영향을 미치게 되면, 이 변화로부터 만들어지는 총변화는 행합 $\sum_j b_{ij}$ 으로 계산된다. 이에 상호의존계수행렬을 이용하면 최종수요에서 변화가 있을 때에 경제부문이 받게 되는 변화를 산출 변화의 정도로 파악할 수 있다.

$$Output = X_{FinalDemand} + X_{Export} - X_{Import} \quad (1)$$

$$Output = (I - A)^{-1}(FinalDemand + Export - Import) \quad (2)$$

$$Value Added = V(I - A)^{-1}(FinalDemand + Export - Import) \quad (3)$$

$$Employment = L(I - A)^{-1}(FinalDemand + Export - Import) \quad (4)$$

11) Elder and Butcher(1989).

$$Output = \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_N \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$FinalDemand = \begin{pmatrix} fd_1 \\ \vdots \\ fd_N \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$Export = \begin{pmatrix} ex_1 \\ \vdots \\ ex_N \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$Import = \begin{pmatrix} im_1 \\ \vdots \\ im_N \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$ValueAdded = \begin{pmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_N \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$Employment = \begin{pmatrix} L_1 \\ \vdots \\ L_N \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{1N} \\ & \ddots \\ a_{N1} & a_{NN} \end{pmatrix} \quad (11)$$

$$(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{1N} \\ & \ddots \\ b_{N1} & b_{NN} \end{pmatrix} \quad (12)$$

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad (13)$$

$$V_i = \frac{v_j}{X_j} \quad (14)$$

$$L_j = \frac{l_j}{X_j} \quad (15)$$

$i, j = 1, \dots, N$

FinalDemand	최종수요 벡터
Export	수출 벡터
Import	수입 벡터
ValueAdded	부가가치율 벡터
Employment	고용계수 벡터
$X_{FinalDemand}$	국내생산유발액 중 최종수요에 의한 부분
X_{Export}	국내생산유발액 중 수출에 의한 부분
X_{Import}	국내생산유발액 중 수입에 의한 부분
$X_{j,j}$	산업의 총생산
$x_{i,j}$	산업의 i 산업에 대한 투입
fd_i	i 산업의 최종수요
ex_i	i 산업의 수출
im_i	i 산업의 수입
v_j	j 산업의 부가가치
l_j	j 산업의 고용
I	단위행렬
$(I - A)^{-1}$	레온티에프 역행렬

유발효과분석은 안정적인 수입계수와 투입구조를 가정한 후에 1단위의 최종수요가 그 재화에서 발생할 때 이 최종수요 1단위를 충족시키기 위해서 각 산업부문이 갖게 되는 직·간접의 정도를 유발효과로 추정한다. 유발효과와 대상이 되는 것은 일반적

으로 생산, 부가가치, 고용이다. 이때에 투입계수표(A)와 단위행렬을 이용하여 도출한 생산유발계수표(레온티에프 역행렬)를 사용한다.

생산유발을 추정할 때는 식 (2)를 이용하며, 최종수요에서 1단위가 증가하면 각 산업부문에서 직접 및 간접으로 받는 영향의 정도를 생산측면에서 추정한다. 부가가치유발을 추정할 때는 식 (3)을 이용하며, 생산유발과 마찬가지로 최종수요에서 1단위가 증가하면 각 산업부문에서 직접 및 간접으로 받는 영향의 정도를 해당 산업의 부가가치측면에서 추정한다. 고용유발을 추정할 때는 식 (4)를 이용하며 최종수요에서 1단위가 증가하면 각 산업부문에서 직접 및 간접으로 받는 영향의 정도를 해당 산업의 부가가치측면에서 추정한다. 이 때 도출되는 효과는 특정산업의 수요에 의해 유발되었으므로 1차 유발효과에 해당한다.

1차 유발효과에 이어서 특정산업의 수요에 의한 유발효과가 각 산업에서 발생하게 되면, 이는 다시 각 산업의 피용자보수를 증가시키고 결과적으로 소비를 촉진하게 된다. 그리고 이 증가된 소비는 다시 각 산업의 생산을 유발한다. 증가된 피용자보수에 의한 각 산업에 대한 생산유발효과는 2차 유발효과에 해당한다. 본 연구에서는 1차 유발효과에 더해서 피용자보수 유발에 의한 2차 유발효과도 추정한다.

본 연구에서는 공표 산업연관표에 원자력발전의 건설부문과 운영부문을 추가하므로 산업연관표의 조정을 위하여 균형조정법으로 라그랑주승수법(Lagrange multiplier)을 적용한다. 균형조정법은 각 부문의 생산액 합계를 추정할 때에 관련 데이터들을 사용하며, 예측하려는 시점의 투입계수를 추정할 때에 투입구조 관련 정보에 대한 잠정치¹²⁾가 파악되는 경우에 기준년도의 투입계수를 기준으로 한다.¹³⁾ 한국은행은 5년마다 발표하는 산업연관표의 실측표를 보완하기 위하여 작성하는 연장표에서 균형조정법을 사용한다. 균형조정방법으로는 반복계산법을 사용하는 RAS법과 평균증가배율법, 통계학적 방법을 사용하는 라그랑주승수법이 있다. 라그랑주승수법에서는 최소자승법을 사용하며, 생산액의 잠정치에 예측하려는 시점의

12) 중간투입 합계, 중간수요 합계, 생산액 등

13) 연장표를 추정할 때 작성부터 공표까지의 시간 제약으로 이용할 수 있는 자료들이 한정된다. 이에 추정의 최종단계에서 균형조정법을 사용한다.

투입계수를 곱했을 때 그 행의 합계와 그 열의 합계가 각각 중간수요액 잠정치와 중간투입액 잠정치와 일치해야 한다는 조건을 설정한 후에 기준시점의 투입계수와 예측하려는 시점의 투입계수와와의 차이의 제곱합이 최소화되도록 한다. 따라서 기준이 되는 행렬의 열 비율인 투입계수와 행렬의 행 비율인 산출비율은 기준시점의 산업연관표로부터 인용하여 사용한다.

2. 원자력발전 건설의 투입 및 산출구조와 운영의 투입 및 산출구조

건설비는 직접비, 간접비, 건설이자로 구성되며, 간접비는 설계용역비, 용지비, 사업주 제경비, 외자제작비, 예비비로 구성된다. 일반적으로 건설단가는 총공사비를 기준으로 한다. 순공사비는 직접비와 간접비로 구성되며, 여기에 건설이자를 더하면 총공사비가 된다. 이 중에서 건설이자는 금융기관에 지불되는 것이므로 재화와 용역을 구매하는 형태는 아니지만, 사업을 수행하기 위해서는 필요하다. 원자력발전의 건설비의 경우에 신한울 1·2호기의 사업비는 2014년의 선정 시점에 7조 9,823억 원이었지만, 2022년 10월에 10조 3,274억 원으로 책정되었다.¹⁴⁾ 이에 본 연구에서는 원자력발전 APR-1400 2기의 건설비로 10조 3,274억 원을, 1기의 건설비로 5조 1,637억 원을 사용한다.

비용 중에서 직접비는 기자재비와 시공비로, 간접비는 설계기술용역비, 사업주 제경비, 외자제작비, 용지비, 예비비로 구분된다. 이 비용항목들과 산업연관표의 산업분류를 대응시키면 기자재비는 일반기계, 전기 및 전자기기, 정밀기기에, 시공비는 건설업에, 간접비는 사업서비스에 포함된다.

원자력발전소 건설의 투입구조를 확정하기 위하여 Energy Policy Institute at Chicago(EPC)의 건설비용 내역과 산업연관표의 기본거래표(기본부문분류)에서 No.5133 전력시설의 투입구조를 이용한다.¹⁵⁾ EPC의 데이터는 2011년 통계이지만,

14) 서울경제(2022) 2022년 10월 3일자에 따르면, 이는 한국수력원자력 2022년 4차 이사회에서의 결정 사항이다.

15) 산업연관표 기본거래표의 No.5133 전력시설에는 원자력발전 외에 석탄화력 등과 같이 발전을 하는 시설이 모두 포함된다. 따라서 No.5133 전력시설의 투입구조를 그대로 원자력발전

원자력발전소의 건설공정은 이전과 유사하므로 EPC의 건설비용 구조를 참고한다.

원자력발전의 운전유지비는 한국전력통계에서 한국수력원자력의 판매실적(MWh)과 2015년 산업연관표의 기본거래표 중에서 No.4503 원자력발전의 총투입계 13,293,434백만원을 이용하여 추정한다.¹⁶⁾ 이 수치들을 이용하면 2015년에 MWh당 투입액은 84,566원이며, 이를 APR-1400에 적용하면 118,391,751백만원이 되므로 이를 운전유지비로 이용하고 산업연관표의 원자력발전 운영부문의 Control Total로 한다.

운전유지비는 인건비, 수선유지비, 경비, 일반관리비, 사후처리비로 구성되며, <표 3>은 각 항목의 구성요소와 비중이다. 운전유지비가 많이 발생하는 시기는 상업 운전 초기 5년 이전과 운전경과년수 25년 이후이다. 이는 발전소에서 고장 정지가 많이 발생하는 시점들에 해당한다. 따라서 원자력발전소의 경우에 운전경과년수가 5~25년에 해당되는 경우에는 운전유지비가 상대적으로 작다. 산업연관표의 기본거래표 중에서 No.4503 원자력발전은 원자력 발전을 이용하여 전력을 생산하기 위해서 필요한 투입요소들의 구조와 원자력발전에서 생산한 생산물(전력)의 배분구조를 제시하고 있다. 이에 산업연관표의 기본거래표 중에서 No.4503 원자력발전의 투입구조와 산출구조를 이용하여 운전유지비를 배분한다.

의 건설에 이용할 수 없다.

16) 한국전력통계 2015년도에 따르면, 2015년 원자력발전의 설비용량은 21,716MW, 한국수력원자력의 판매실적은 157,196,827MWh이고 98,279억원이다. 한국수력원자력의 판매실적(MWh)을 이용하면 APR-1400 1기의 운영비는 87,527,594백만원이 된다. 한국전력통계의 2015년 전력구입액은 41,913,114백만원(49,513,858MWh)이며, 이 중에서 한국수력원자력의 전력판매액은 10,555,051백만원(25.2%)이다. 그리고 판매량은 161,401,770MWh(32.6%)이다. 본 연구에서는 분석대상을 원자력발전에 한정하고 있으므로 한국수력원자력의 전력판매량과 전력판매액에서 원자력발전에 해당하는 부분만을 구분한다. 이 실적은 각각 157,196,827MWh와 9,827,900백만원이다. 2015년 기준으로 원자력발전의 설비용량은 21,716MW(전체 97,649MW 대비 22.23%), 발전량은 164,762GWh(전체 528,091GWh 대비 31.19%),

〈표 3〉 원자력발전의 운전유지비 구성 요소

항목	구성요소	비중(%)
인건비	급여와 임금, 수당, 잡급 등	17.6
수선유지비	수선유지 재료비, 설비경상보수비, 수선유지 용역비 등	18.3
경비	교육훈련비, 지역협력비, 광고선전비, 제세/보험료 등	33.0
일반관리비	판매 및 관리비	5.1
사후처리비	원자력 철거비, 폐기물 및 사용후연료 처분비용	26.0

자료: 에너지경제연구원(2017)

원자력발전의 설비용량과 발전량은 같지 않으며, 이는 다른 전원의 경우에서도 동일하다. 이에 유발효과를 추정할 때에 해당 전원의 설비용량 외에 발전량(이용률 미반영 및 반영)도 함께 고려해야 현실과의 부합 정도를 높일 수 있다. 이에 유발효과 분석에서 원자력발전의 발전량을 고려하도록 이용률을 사용한다. 이용률에 대해서는 본 분석에서 기준으로 하는 산업연관표가 2015년을 기준으로 하므로 한국수력원자력의 열린원전운전정보에 공표된 2015년의 원자력발전소 이용률(85.3%)을 이용한다.¹⁷⁾

3. 인원

원자력발전의 운영 인원 수치로는 산업연관표 2015의 고용표, 에너지통계연보 2015, 원자력산업실태조사 2015의 종사자수를 이용한다. 산업연관표 2015의 고용표에 따르면, 전기업의 취업자수는 58,528명, 피용자수는 57,274이다. 그리고 원자력산업실태조사 2015에 따르면 원자력발전 종사자수는 10,745명이므로 나머지 47,783명은 다른 전원에 종사한다.

17) 한국전력통계 2015의 2015년 원자력발전 설비용량은 21,716MW, 한국수력원자력의 판매 실적은 157,196,827MWh이다. 이 통계들을 이용하여 도출한 원자력발전의 이용률은 82.6%이다.

4. 원자력발전 반영의 산업연관표 작성

유발효과분석에서는 한국은행(2019)이 2019년에 공표한 2015년 산업연관표(실측표, 생산자가격¹⁸⁾ 기준)를 이용한다. 그리고 산업간 거래가 명시적으로 드러나도록 중분류 수준을 유지하여 82개의 부문으로 한다. 산업부문의 범위를 넓게 설정하여 산업부문의 분류수를 적게 하면, 산업 사이에서 이루어지는 거래가 합쳐져서 사라지므로 다른 산업에 대한 유발을 과소로 추정할 수 있다. 한편 산업부문의 범위를 좁게 설정하여 산업부문의 분류수를 많게 하면, 산업 사이에서 이루어지는 거래를 중복하여 반영하게 되므로 다른 산업에 대한 유발을 과대로 추정할 수 있다. 82개의 중분류 산업연관표에 분석 대상 전원인 원자력발전 1기(1400MW)의 건설과 운영을 추가한다. 이는 No.83 원자력발전 1기(1400MW) 건설, No.84 원자력발전 1기(1400MW) 운영이다. 이에 부문수는 84부문이다. 분석대상을 포함시킨 부문분류표는 <부록>과 같다.

건설기간과 운영기간은 각각 1년을 대상으로 한다. 건설사업은 1년보다 긴 시간이 걸리고 매해의 지출액은 균등하지 않지만, 산업연관표가 1년간의 경제활동을 대상으로 하는 통계이므로 기간을 1년으로 가정한다. 그리고 유발효과분석에서는 각 사업의 총지출액과 이 금액을 지출하여 발생시킨 유발액을 이용하여 유발계수를 도출한다. 유발계수는 해당 전원에 대한 최종수요 1단위가 유도하는 직간접의 효과를 나타내므로 지출액 규모에 의한 영향력을 제외한다.

건설의 산출물은 발전소 시설과 설비이므로 최종수요의 고정자본형성에 배분한다. 운영의 산출물은 전력이므로 No.4503 원자력의 산출구조에 따라서 배분한다.

18) 생산자가격은 공장도가격과 같다.

생산자가격 = 기초가격 + 생산물세 - 부가가치세 - 보조금

기초가격 = 구매자가격 - 운송마진 - 생산물세 + 보조금 = 민간부문의 생산자가 실질적으로 수취하는 가격

IV. 원자력발전 1기(1400MW)의 경제적 유발효과 추정

1400MW의 원자력발전 1기의 건설부문과 운영부문의 영향력계수와 감응도계수는 <표 4>와 같다. 전력산업이 생산하는 재화의 특징을 고려할 때에 원자력발전의 감응도계수가 영향력계수보다 크게 나타난다. 발전부문이 생산하는 전력은 산업부문과 소비부문의 투입요소로 사용되므로 운영의 감응도계수가 크다.

후방연쇄효과를 나타내는 영향력계수는 하나의 산업부문이 생산하는 재화에 대해서 최종수요가 1단위 증가할 때 산업부문 전체에 미치는 영향을 나타낸다. 영향력계수는 전산업의 평균에 대한 후방연쇄효과를 상대적 크기로 나타낸 계수이다.¹⁹⁾

전방연쇄효과를 나타내는 감응도계수는 전체 산업부문이 각각 생산하는 재화에 대해서 최종수요가 1단위씩 증가할 때 각 산업에 미치는 영향을 각 산업의 측면에서 나타낸다. 감응도계수는 전산업의 평균에 대한 전방연쇄효과를 상대적 크기로 나타낸 계수이다.²⁰⁾

<표 4> 원자력발전 1기(1400MW)의 건설 및 운영의 영향력계수와 감응도계수

	영향력계수	감응도계수
건설	0.865913	0.527879
운영	0.778440	2.057462

19) 해당 산업의 생산유발계수의 열 합을 전산업의 평균으로 나누어 도출한다. 이를 통해서 산업 전체에 미치는 생산과급의 영향을 대소로 구분하여 보다 큰 영향을 미치는 열 부분을 찾을 수 있다. 이 값이 1보다 큰 부문은 영향력이 전체 산업 평균보다 크고, 1보다 작은 부문은 영향력이 평균보다 작은 것이 된다.

20) 해당 산업의 생산유발계수의 행 합을 전산업의 평균으로 나누어 도출한다. 이 값을 이용하면 각 열부분에 각각 1단위의 최종수요가 있을 때, 각 행부분이 받는 영향을 대소로 구분하여 보다 큰 영향을 받는 행 부분을 찾을 수 있다.

영향력계수측면에서 보면 건설부문이 운영부문보다 큰 값을 갖는다. 이는 다른 전원에서도 동일하며, 건설이 다른 산업에 대해서 더 많은 연관관계를 갖고 있기 때문에 다른 산업에 더 영향을 미친다는 것을 의미한다.

감응도계수측면에서 보면 운영부문이 건설부문보다 큰 값을 갖는다. 이는 운영을 거쳐 생산된 전력이 다른 산업에 중간투입재로 공급되기 때문에 운영부문이 건설부문에 비해서 다른 산업으로부터 더 많은 영향을 받는 것에 기인한다. 원자력발전 운영의 감응도계수는 2의 값을 가지며 전산업의 평균인 1보다 크다.

원자력발전의 건설 및 운영의 수요액에 따른 유발효과의 추정 결과는 <표 5>와 같다. 여기에서 수요액은 건설 시에 투입된 비용과 운영 시에 투입된 비용이다. 원자력발전의 건설비로 신한울 1·2호기의 사업비(10조 3,274억원)를 이용하지만, 이 값은 2기(1400MW × 2)를 건설하는 경우이므로 분석대상에 맞추어서 이 값의 1/2인 5조 1,637억원을 이용한다. 이 표에서 제시한 값들은 유발효과 금액이며, 총유발효과는 직접효과, 1차 유발효과, 2차 유발효과를 모두 합한 값이다.

이어서 원자력발전의 1차 유발효과 추정 결과를 보면, 이는 원자력발전에서 최종 수요가 발생하였을 때 다른 산업의 생산에 영향을 미치는 정도이다. 2차 유발효과는 원자력발전에서 최종수요가 발생하여 다른 산업의 생산에 영향을 받은 후에 이 결과로 해당 산업들의 피용자보수가 증가하고, 이 증가가 소비를 촉진하게 되고, 이에 의해서 생산이 다시 유발되는 정도이다. 따라서 1차 유발효과에 비해서 2차 유발효과는 고용자들의 소득과 연결되어 나타나는 것이므로 상대적으로 유발효과의 크기는 작다.

유발효과의 크기는 수요액이 클수록 크다. 따라서 수요액이 큰 건설부문의 유발효과가 생산유발, 부가가치유발, 피용자보수유발, 고용유발 모두에서 운영부문의 유발효과보다 크다.

〈표 5〉 원자력발전 1기(1400MW)의 건설 및 운영에 따른 유발효과 추정 결과

단위: 백만원, 명

		수요액	생산 유발액	부가가치 유발액	피용자보수 유발액	고용유발
총	건설	5,163,700	10,160,108	2,484,142	1,475,972	51,973
	운영	118,391	49,045	18,867	3,797	209
1차	건설		8,712,353	1,915,148	1,209,352	40,848
	운영		45,319	17,405	3,113	183
2차	건설		1,447,755	568,994	266,620	11,124
	운영		3,726	1,462	683	26

다음은 위에서 제시한 유발효과의 금액 기준 추정 결과를 계수로 환산한 것이다. 건설부문 및 운영부문은 최종수요액이 상이하고 건설부문의 수요액이 운영부문의 수요액보다 크기 때문에 금액 기준으로 유발효과를 살펴보면 건설부문의 유발효과는 크고 운영부문의 유발효과는 작다. 이에 금액 기준의 유발효과를 수요액으로 나누어 유발계수를 도출한다.

원자력발전 건설의 생산유발계수는 1.968, 운영의 생산유발계수는 0.414이다. 건설의 부가가치유발계수는 0.481, 운영의 부가가치유발계수는 0.159이다. 건설의 피용자보수유발계수는 0.286, 운영의 피용자보수유발계수는 0.032이다. 고용유발은 모든 전원에서 건설부문이 운영부문보다 크다. 건설의 고용유발계수는 10.1명/십억원, 운영의 고용유발계수는 1.8명/십억원이다.

〈표 6〉 원자력발전 1기(1400MW)의 건설 및 운영의 유발효과 계수

	생산유발	부가가치유발	피용자보수유발	고용유발 (명/백만원)
건설	1.967602	0.481078	0.285836	0.010065
운영	0.414266	0.159358	0.032068	0.001763

〈표 7〉 원자력발전 1기(1400MW)의 건설 및 운영의 설비용량당 유발효과

단위: 백만원/MW

	생산유발	부가가치유발	피용자보수유발	고용유발 (명/MW)
건설	4,671	1,142	679	23.894
운영	59	23	5	0.251

원자력발전의 설비용량당 유발효과는 <표 7>과 같다. 설비용량을 고려할 때, 원자력발전의 건설은 MW당 4,671백만원의 생산유발효과를, 1,142백만원의 부가가치유발효과를 갖는다. 그리고 원자력발전의 운영은 MW당 59백만원의 생산유발효과를, 23백만원의 부가가치유발효과를 갖는다. 설비용량당 고용유발을 보면, 건설에서 23.894명/MW, 운영에서 0.251명/MW이다. 운영 시의 고용유발계수를 보면, 설비용량당 고용유발이 작아서 고용측면에서 원자력발전의 운영으로부터 고용효과를 기대하기는 어렵다.

V. 결 론

본 연구에서는 2022년 7월의 「새정부 에너지정책 방향」과 정부의 120대 국정과제, 제10차 전력수급기본계획에 따라서 앞으로 확대될 원자력발전이 우리나라의 경제에 대해서 가질 유발효과를 추정하였다. 제10차 전력수급기본계획은 원자력발전의 신설과 계속운전을 제시하고 있으므로 원자력발전의 신규 건설과 운영이 우리나라의 경제와 산업에 계속 영향을 미치게 된다는 점을 고려하였다.

분석결과에 따르면 원자력발전을 건설하는 경우의 생산유발계수는 1.968, 부가가치유발은 0.481, 피용자보수유발은 0.286, 고용유발은 10.065명/십억원이다. 원자력발전을 운영하는 경우의 생산유발계수는 0.414, 부가가치유발은 0.161, 피용자보수유발은 0.032, 고용유발은 1.763명/십억원이다. 따라서 우리나라에서 원자력발

전소를 신규로 건설하거나 기존의 원자력발전소를 계속운전할 때에 이 유발계수에 부합하는 크기의 경제적 유발효과를 얻을 수 있게 된다.

제10차 전력수급기본계획에 따르면 기후변화와 탄소중립의 정책 기조 하에서 석탄발전을 계속 축소하므로 그만큼 유발효과가 줄어들지만, 원자력발전이 증가하는 만큼 유발효과는 추가로 발생하게 된다. 양민영·김진수(2023)에 따르면, 생산유발계수는 원자력발전이 1.956, 석탄발전이 1.176, 가스복합화력이 1.898이다. 본 연구에서 추정된 원자력발전의 생산유발계수가 1.968라는 점을 고려하고 양민영·김진수(2023)의 전원별 유발효과계수의 관계(원자력발전 > 가스복합화력 > 석탄발전)를 수용하면 석탄발전이 축소되고 폐지되는 것을 원자력발전이 충당하게 되어 우리나라 경제 전체에서 석탄발전 축소에 따른 유발효과를 상쇄하는 유발효과를 얻을 것으로 예상된다. 우리나라의 2014년 산업연관표를 이용한 Kim and Kim(2020)에 따르면, LNG 발전 건설의 생산유발계수는 1.926이다. 이 값과 본 연구의 원자력발전 생산유발계수의 관계에 적용하면, LNG 발전에 대해서도 우리나라에서는 여전히 원자력발전이 더 큰 유발효과를 갖는다. 따라서 원자력발전이 신규로 건설되기 시작하고 계속운전을 하는 것은 다른 화석연료 전원들에 비해서 우리나라에 더 큰 유발효과를 가져올 것으로 기대할 수 있다.

전원 구성은 단순히 환경측면에서만 고려할 수 있는 문제는 아니다. 이전과 달리 국제에너지시장의 변동성은 커졌고 지정학적 위험에 의한 영향이 지속되고 있다. 그리고 기후변화와 탄소중립이라는 세계적인 모멘텀도 존재한다. 에너지를 둘러싼 환경은 이전에 비해서 복잡성과 복합성을 갖고 있다. 그리고 우리나라의 산업과 경제에 미치는 생산측면의 효과도 고려해야 한다. 특정 전원을 늘리거나 줄이는 것은 해당 전원과 관련된 산업들의 생산을 변동시키고, 더하여 다른 전원의 증감과도 연결되어 다른 전원과 관련된 산업들의 생산에도 영향을 미친다. 따라서 환경뿐만 아니라 국제에너지시장 동향, 우리나라의 제조업에 대한 영향 등 다양한 측면과 제약 조건을 고려하여 최적 전원 구성을 선택해야 한다. 이는 우리나라의 에너지안보를, 나아가 경제안보를 달성할 수 있도록 할 것이다.

접수일(2023년 9월 5일), 수정일(2023년 9월 27일), 게재확정일(2023년 9월 27일)

◎ 참고 문헌 ◎

- 대한민국정부(2022). 윤석열정부의 120대 국정과제. 세종 : 대한민국 정부. <https://www.opm.go.kr/opm/info/governement02.do> (검색일 : 2023.01.12).
- 산업통상자원부(2020). 제9차 전력수급기본계획. 세종 : 산업통상자원부.
- 산업통상자원부(2023). 제10차 전력수급기본계획(2022~2036). 산업통상자원부 공고 제 2023-036호. 세종 : 산업통상자원부.
- 서울경제(2022). [단독] 탈원전에 신한울 1·2호기 공사비 2조 넘게 들었다. 2022년 10월 3일.
- 양민영·김진수(2023). “10차 전력수급기본계획에 따른 발전원별 경제적 파급효과 분석.” 에너지경제연구 22(1) : 135-158.
- 에너지경제연구원(2016). 에너지통계연보 2015. 울산 : 에너지경제연구.
- 에너지경제연구원(2017). 에너지원별 균등화비용(LCOE) 추정 연구, 보고서, 울산 : 에너지경제연구.
- 열린원전운영정보, https://npp.khnp.co.kr/index.khnp?menuCd=DOM_000000102002003000. 경주 : 한국수력원자력 (검색일 : 2023.01.12).
- 원자력산업협회(2016). 원자력산업실태조사 2015. 서울 : 원자력산업협회.
- 정기호(2016). “원자력발전의 국가경제 기여 분석: 가상적 부재 접근.” 에너지경제연구 15(1) : 1-32.
- 정수관·임나라·원두환(2015). “The Impact of Nuclear Power Generation on Wholesale Electricity Market Price.: 자원환경경제연구 24(4) : 629-655.
- 최용석·조창익(2019). “산업연관관계에 의한 원자력발전의 경제적 효과.” 사회과학연구 45(3) : 125-149.
- 한국은행(2019). 산업연관표 2015. 서울 : 한국은행.
- 한국전력공사(2016). 한국전력통계 2015. 나주 : 한국전력공사.
- Energy Policy Institute at Chicago (EPC) (2011). “Analysis of GW-Scale Overnight

Capital Costs.” Report.

IEA(2021). Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, Flagship report, May 2021. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (검색일 : 2022.03.24).

Kim, J. W. and Kim, Y. K.(2021). “Induced effects of environmentally friendly generations in Korea.” *Sustainability* 13(8) : 4404.

Miler, R. and Blair, P.(2009). Input·Output Analysis: Foundations and Extensions. Cambridge : Cambridge University Press.

◎ 부 록 ◎

〈부록〉 원자력발전 건설 및 운영 반영의 내생부문(산업부문분류)

코드	부문분류	코드	부문분류
001	작물	043	선박
002	축산물	044	기타 운송장비
003	임산물	045	기타 제조업 제품 및 임가공
004	수산물	046	전력 및 신재생에너지
005	농림어업 서비스	047	가스, 증기 및 온수
006	석탄, 원유 및 천연가스	048	수도
007	금속 및 비금속광물	049	폐수처리
008	식료품	050	폐기물 및 자원재활용서비스
009	음료품	051	건물건설 및 건축보수
010	담배	052	토목건설
011	섬유 및 의복	053	도소매서비스
012	가죽제품	054	육상운송서비스
013	목재 및 목제품	055	수상운송서비스
014	펄프 및 종이제품	056	항공운송서비스
015	인쇄 및 복제	057	창고 및 운송보조서비스
016	석탄 및 석유제품	058	음식점 및 숙박서비스
017	기초화학물질	059	통신서비스
018	합성수지 및 합성고무	060	방송서비스
019	화학섬유	061	정보서비스
020	의약품	062	소프트웨어 개발 및 컴퓨터관리서비스
021	비료 및 농약	063	출판서비스
022	기타 화학제품	064	영상, 오디오물 제작 및 배급
023	플라스틱제품	065	금융서비스
024	고무제품	066	보험서비스
025	유리 및 유리제품	067	금융 및 보험 보조서비스
026	기타 비금속광물제품	068	주거서비스

코드	부문분류	코드	부문분류
027	철강1차제품	069	부동산서비스
028	철강가공제품	070	기계장비 및 용품 임대
029	비철금속괴 및 1차제품	071	연구개발
030	금속 주물	072	사업관련 전문서비스
031	금속제품	073	과학기술관련 전문서비스
032	일반목적용기계	074	사업지원서비스
033	특수목적용기계	075	공공행정 및 국방
034	전기장비	076	교육서비스
035	반도체	077	의료 및 보건
036	전자표시장치	078	사회복지서비스
037	기타 전자부품	079	문화서비스
038	컴퓨터 및 주변기기	080	스포츠 및 오락 서비스
039	통신, 방송 및 영상, 음향기기	081	사회단체
040	가정용 전기기기	082	수리 및 개인 서비스
041	정밀기기	083	원자력발전 1기(1400MW) 건설
042	자동차	084	원자력발전 1기(1400MW) 운영

원자력발전 건설 및 운영 반영의 부가가치부문과 최종수요부문 분류

코드	부문명	코드	부문명
V-1	피용자보수	F-1	민간소비지출
V-2	영업잉여	F-2	정부소비지출
V-3	고정자본소모	F-3	고정자본형성
V-4	생산세(보조금 공제)	F-4	재고증감 및 귀중품순취득
		IM-1	수입
		IM-2	수출

ABSTRACT

An Analysis of the Economic Induced Effects of Nuclear Power Plant in Korea*

Ji Whan Kim** and Yoon Kyung Kim***

The direction of the 10th Basic Plan for Power Supply and Demand, announced in 2022, suggested that both the proportion of renewable energy and the proportion of nuclear power to increase. Therefore, this study estimated the economic inducement effect of new construction and continued operation by separating the construction sector and generation sector of APR-1400. This is because when the ratio of the generation resource changes, the required inputs change, which has a different effect on the production and employment of related industry. According to the analysis results, the induced production coefficient of nuclear power construction is 1.968 and the induced employment coefficient is 10.065 people/billion Won. The induced production coefficient of nuclear power operation is 0.414, and the induced employment coefficient is 1.763 people/billion Won. Compared to the induced production coefficient of coal power and LNG power in the previous studies, nuclear power still has a greater inducement effect in Korea. It is expected that the construction and continued operation of nuclear power will have a greater inducement effect in Korea than other fossil fuel sources.

Key Words : nuclear power plant, Input-Output analysis, induced effect, energy security

* This study was conducted with the fund of the Korea Institute of Geological Mineral Resources (GP2020-05; 23-3214).

** Senior Researcher, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (First author), kjiwhan@kigam.re.kr

*** Professor, Department of Economics, Ewha Womans University (Corresponding author), yoonkkim@ewha.ac.kr