

발전부문 천연가스 사용 확대에 따른 도시가스 산업의 경제적 파급효과 분석[†]

양민영* · 김진수**

요약 : 앞으로 우리나라의 발전원 구성은 신정부의 에너지 정책에 따라 석탄화력과 원자력이 감소하고 가스복합과 신재생에너지가 증가할 것으로 예상되며, 그러한 변화로 도시가스 산업에도 변화가 있을 것이다. 본 연구에서는 발전원 변경에 따른 영향을 정량적으로 살펴보기 위하여 석탄화력과 원자력을 각각 가스복합과 연료전지로 대체하는 시나리오를 설정하여 시나리오 별로 도시가스 산업이 다른 산업에 미치는 경제적 파급효과의 변화를 분석하였다. 이 과정에서 정책의 영향이 나타날 시점을 고려하여 2030년 산업연관표를 추정하여 분석을 실시하였다. 분석 결과 가스복합으로 발전원을 대체하는 경우는 전체 산업에 유발하는 생산이 감소하고 연료전지를 사용하는 경우 증가하는 것으로 나타났으며, 모든 시나리오에서 전체 산업에 유발하는 부가가치는 동일한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 발전원 변경 시, 변경 영향이 상대적으로 작게 나타나며 진입장벽이 낮은 가스복합을 단기적으로 활용하고, 장기적으로는 경제적 파급효과가 큰 연료전지를 활용하는 방안이 적절함을 의미한다.

주제어 : 발전원 구성, 가스복합, 연료전지, 경제적 파급효과, 산업연관표

JEL 분류 : C67, Q48, Y10

접수일(2017년 10월 27일), 수정일(2017년 12월 12일), 게재확정일(2017년 12월 19일)

[†] 본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원(No. 20174010201170)과 2015년 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2015S1-A3A2046684)을 받아 수행한 연구임.

* 한양대학교 자원환경공학과 석·박사통합과정, 제1저자(e-mail: yminy94@hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 자원환경공학과 조교수, 교신저자(e-mail: jinsookim@hanyang.ac.kr)

Economic Impact of City-Gas Industry by the Expansion of Natural Gas Use in Power Generation

Minyoung Yang* and Jinsoo Kim**

ABSTRACT : Recently, power mix of Korea is planned to be changed from coal-fired and nuclear to gas-combined and renewables by the energy policy of new government. This change will also affect city-gas industry. This paper analyze the economic impact of city-gas industry by scenario that switching coal-fired and nuclear power generation into gas-combined and fuel cell. 2030 input-output table is estimated to take the transfer period into account. As results, the induced impact by city-gas industry to the others was negative when switching into gas-combined while that was positive when switching into fuel cell. This results imply that the gas-fired can be a feasible alternative for short-run but fuel cell is more helpful for our economy in long-run.

Keywords : Power mix, Gas-combined, Fuel cell, Economic impact, Input-output table

Received: October 27, 2017. Revised: December 12, 2017. Accepted: December 19, 2017.

* Ph.D. Student, Dept. of Earth Resources and Environmental Eng., Hanyang University,
First Author(e-mail: yminy94@hanyang.ac.kr)

** Assistant Professor, Dept. of Earth Resources and Environmental Eng., Hanyang University,
Corresponding Author(e-mail: jinsookim@hanyang.ac.kr)

I. 서론

1992년도 브라질 리우에서 유엔기후변화협약이 채택된 이후로 온실가스의 배출을 저감하고자 하는 노력은 국제사회의 흐름으로 자리 잡았다. 이러한 흐름은 2005년 교토 의정서의 발효로 상승세를 보였으나 이후 주요 국가들이 이행을 거부하기 시작하였다. 이에 따라 효력을 잃고 한동안 잠시 정체기를 보이다가 2015년 파리에서 제21차 기후변화협약 당사국총회(Conference of the Parties, COP)가 개최되면서 기후변화와 온실가스에 대한 관심이 다시금 높아지게 되었고, 아직은 감축의무를 포함한 관련 세부사항들에 대한 조정이 필요한 단계이기는 하나 국제적으로 온실가스 감축 문제는 확실하게 자리매김 하였다.

최근 EU에서는 2020년까지 1990년 대비 20% 감축이라는 온실가스 중기감축목표를 제시하였으며, 영국은 이보다 높은 36%를 목표로 설정하였다. 일본은 동 기간에 25%를, 중국에서는 2005년 대비 2020년까지 총 GDP당 온실가스 배출량의 40~45% 개선을 감축목표로 설정하였으며 노르웨이, 독일, 프랑스 등의 국가들도 2020년까지 1990년 대비 각각 40%, 40%, 12.75%를 목표치로 잡았다(KCRC, 2014). 한편, 최근 도널드 트럼프 대통령이 파리 기후변화협정에서 미국의 탈퇴를 선언하였으나 “기후변화에 관한 유엔 기본협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)”에서 완전히 탈퇴하는 것은 아니며, 미국 내에서도 캘리포니아, 워싱턴, 뉴욕을 포함한 일부 주에서 “미국 기후연맹(United States Climate Alliance)”을 조직하여 기존의 목표를 이행하기 위하여 노력하겠다는 의사를 밝히는 등 온실가스 부문에 있어서의 전체적인 흐름에는 변화를 미치지 못하였다(에너지경제연구원, 2017a).

한국도 2015년 온실가스 감축 목표치를 2030년 배출전망치 대비 37%로 발표하면서 정부 및 관련 업계들이 이를 목표치 달성 방안을 모색하려는 움직임을 보이고 있다. 이러한 상황에서 에너지 부문의 온실가스 감축은 자연스럽게 관심의 대상이 되었으며, 특히 발전분야에서의 개선을 고려하고 있다. 우리나라는 구조적인 한계¹⁾로 인하여 국내감축

1) 우리나라의 산업부문은 철강, 석유화학산업 등의 에너지효율이 이미 세계최고수준을 기록하는 등 이미 높은 수준의 효율을 달성하고 있어서 추가적인 저비용 감축수단이 매우 제한적인 상황이다. 수송이나 건물 부문에서도 기술적인 측면을 감안하면 중단기적으로 저비용 감축 달성이 어려울 전망이다(한국수출입은행, 2017).

활동이 당분간 발전 부문을 중심으로 이루어질 수밖에 없는 실정이며, 국내 산업에서는 석탄발전의 중단 및 가스 발전원으로서의 대체나 신재생에너지 등 저탄소 발전원의 비중을 확대할 전망이다(한국수출입은행, 2017).

위와 같은 발전원의 변경은 우리나라뿐 아니라 다양한 국가들이 시행 및 시행예정에 있어 국제적인 추세라 되었다. 미국은 2000년부터 석탄을 사용한 화력 발전을 억제하면서 천연가스를 활용한 발전을 지속적으로 증가시키는 방식으로 온실가스의 배출을 줄이려는 움직임을 보였다. 그 결과 발전부문에서의 배출계수는 2006년 612 kg·CO₂/MWh에서 2014년 528kg·CO₂/MWh로 8년 동안 14% 하락하였으며, 2005년 이래 석탄에서 천연가스로의 연료전환으로 12억 5,400만 톤의 온실가스 감축을 달성하였다(한국가스공사, 2016). 따라서 근래의 이러한 동향을 반영한다면 우리나라 역시 가스를 사용한 화력발전으로의 전환이나 이미 시장의 발달이 진행된 태양광 이외의 신재생 발전원의 활성화 등의 움직임을 보여야 한다. 후자의 경우 국내 상황과 잠재력을 고려하여 연료전지가 언급되고 있으며, 두 발전원은 공통적으로 가스를 사용한다는 특징을 가진다. 따라서 국내의 가스 도입형태가 전부 LNG (Liquefied Natural Gas, 액화천연가스)라는 점을 고려하였을 때, 위의 방안들로 인해 LNG 시장의 움직임 및 관련 계획뿐 아니라 가스수요의 변화 역시 예상된다. 우리나라는 가스공사를 통해 들어오는 가스의 전량을 도시가스로 사용하므로 위의 상황들로 인한 영향은 도시가스 산업에서 가장 클 것으로 보인다.

한편 최근까지 국내의 발전분야 및 LNG 시장의 예측은 이와는 정반대였다. 산업통상자원부(2015a)는 기존의 발전계획에 따라 석탄 화력발전소가 기저발전소로 대거 진입하면서 천연가스의 수요가 감소할 것이라고 언급하였다. 그러나 에너지관리공단(2016a; 2016b)에 따르면 국내의 온실가스 감축 목표의 달성을 위해서는 발전설비 계획의 재구성이 불가피한 상황이며, 미세먼지의 주범이라는 분석까지 나오면서 LNG에 대한 관심이 더욱 높아졌다. 이는 “제 12차 장기 천연가스 공급계획”에서 발전용 가스의 수요가 연평균 4.17% 감소²⁾할 것이라는 예측과는 다르게 수요가 증가할 것이라는 점을 시사한다. 따라서 산업통상자원부(2015a)의 내용은 국제적인 추세와 반대될 뿐만 아니라 국내에서 거론되고 있는 천연가스와 연관된 쟁점들³⁾과도 다소 거리감이 있다. 특히 최근 신

2) 해당 계획에서는 2014년 1,796만 톤이던 발전용 가스수요가 2029년 948만 톤 까지 감소할 것이라고 예측하였다.

정부가 가스발전을 대거 증가시키는 정책을 공개하면서 가스수요의 증가는 불가피한 상황으로 여겨지며, 만약 해당 정책이 실현된다면 이러한 차이가 심화될 전망이다.

발전 이외의 부문에서도 가스시장의 변화가 나타나고 있다. 에너지경제연구원(2016)에 따르면 2016년 미국의 신규 LNG 프로젝트에서 목적지 제한조항의 철폐가 논의되면서 기존에는 금지되었던 수입 LNG의 재수출이 허용되고 공급자 우위였던 가스시장의 변동이 일어나고 있다. 즉, 현재 한국의 가스 산업은 동 산업의 기본 특성인 자원안보 측면에서 고려대상일 뿐 아니라 최근의 추세인 온실가스 감축을 위한 중요한 열쇠로 발전할 수 있는 기로에 놓여있으며, 따라서 산업을 올바른 방향으로 발전시키기 위해서는 천연가스의 수요의 변화와 더불어 그로 인한 산업에의 영향까지 고려할 필요가 있다.

상기 언급한 내용에 따라 국내의 발전부문에 큰 변화가 있을 것이며 그중에서도 가스와 연관된 변화가 큰 비중을 차지할 것으로 예상된다. 그러므로 본 논문에서는 “제 12차 장기 천연가스 수급계획” 및 “제 7차 전력수급기본계획”과 같이 천연가스와 연관이 있는 국가 계획들을 참고하여 현재의 계획과 변동사항을 반영한 시나리오를 각각 설정하고, 시나리오 별로 가스의 수요가 변화할 때 산업에 미치는 경제적 파급효과를 분석하도록 한다. 이 때, 신정부에서 발표한 발전원 구성안을 바탕으로 시나리오를 구성하여 해당 정책이 실현되는 경우 발생하는 효과 및 천연가스 분야의 감축목표량 달성 가능성과 경제성에 대해서 복합적으로 알아보도록 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 도시가스산업의 산업파급효과를 분석한 선행연구를 정리하고, 연구방법론인 투입산출분석과 분석모형을 소개한다. III장에서는 시나리오에 대해서 설명하고 각 시나리오에 따른 수요의 변화량에 대해서 설명한다. IV장에서는 직접 산업연관분석을 시행하고 분석결과를 제시하며 마지막 장에서는 결론과 시사점 및 연구의 한계점에 대해서 서술하도록 한다.

3) 현재 국내에서는 온실가스 감축 목표의 달성을 위해서 발전설비 계획의 재구성이 불가피하다는 의견 뿐만 아니라, 미세먼지의 주범으로 석탄화력발전소가 지목되면서 이를 대체할 발전원으로 LNG가 지목되는 등 제 12차 장기 천연가스 수급계획과는 거리가 있는 수요의 움직임이 보이고 있다(에너지관리공단, 2016a, 2016b).

II. 연구 방법론

1. 국내 선행 연구 검토

도시가스산업의 산업파급효과를 분석한 국내 선행 연구사례는 다음과 같다. 허재용·유승훈(2008)은 유가의 고공행진과 교도의정서 발표에 의한 이산화탄소 저감을 고려하여 석유를 대체할 자원으로 천연가스를 언급하면서 도시가스산업 정책의 수립을 위해서 국민경제에 미치는 영향을 분석하는 것의 중요성을 언급하였다. 따라서 2007년 발간된 2003년의 산업연관표를 이용하여 도시가스산업을 외생화하고 다른 산업에 미치는 파급효과를 분석하였다. 그 결과 생산유발계수가 높은 항목은 대부분 서비스 산업이며 제조업에서는 석유, 석탄제품과 화학제품이 비교적 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 산업의 구조를 반영하는 부가가치 유발계수는 도시가스 산업에서 100의 추가 생산이 이루어지는 경우 다른 산업 전체에 약 3.5에 해당하는 만큼의 부가가치를 유발하는 것으로 나타났다. 또한 도시가스산업의 산출이 10억 원 증가하는 경우 0.7465명의 취업유발이 발생하고, 공급이 1원 지장을 받으면 0.2172원의 공급지장효과가 나타났다. 아울러 감응도계수와 영향력계수를 통해서 도시가스산업이 경기가 좋은 경우에 산업성장에 자극 받는 정도가 작고 최종 수요적 성격을 가지며 원시산업적인 성격을 가진다는 분석을 하였다. 이러한 결과를 바탕으로 도시가스산업에 대한 신규 투자에 대한 타당성 평가를 진행하거나 용도별 우선공급순위 결정을 위한 자료, 가격책정을 위한 참고자료로의 사용 가능성을 시사하고 있다.

정낙훈(2011)은 자원위기와 온실가스 감축의 측면에서 가스 산업을 바라보기 위하여 도시가스산업의 경제적 영향력을 고찰하였으며, 2009년의 산업연관표를 사용하여 산업연관분석을 진행하였다. 해당 연구에서는 도시가스산업의 외생화를 통해 총산출 변동에 초점을 맞춘 분석을 진행하였으며 분석결과는 다음과 같다. 도시가스 산업에서 추가적인 1원 생산이 국가경제에 1.0250원의 생산을 유발하며 0.0723원의 부가가치를 창출한다. 또한 도시가스산업의 가격이 10% 인상될 때 미치는 물가파급효과는 0.0124%로, 1원의 공급지장이 오는 경우 우리나라 전체의 생산은 1.6311원 감소하는 것으로 나타났다. 도시가스 산업은 전, 후방연쇄효과를 통해 최종수요적 원시산업으로 분석되며

경기변동에 크게 영향을 받지 않는 기간 산업적 성격이 강하지만 다른 부문보다 투자지출에 따른 경제적 파급효과가 작은 것으로 나타났다. 허재용·유승훈(2008)은 2003년도 산업연관표를 사용하여 결과를 도출하였으며, 정낙훈(2011)은 2009년의 산업연관표를 활용하였다. 이에 따라 도시가스 산업의 1원 추가 생산이 타 산업에서 유발하는 생산은 각각 0.09426원, 0.0250원으로 나타났으며 부가가치의 유발은 각각 0.03483원, 0.0104원으로 나타났다.

선행연구는 자원위기와 이산화탄소 저감 측면에서 가스 산업의 중요성을 강조하였으며, 이를 위해 도시가스산업의 분야별 경제적 영향력을 분석하기 위하여 산업연관분석을 진행하였다. 그러나 본 연구는 도시가스산업 자체의 영향력이 아닌 수요 변동에 따른 경제적 영향력을 확인하기 위해서 산업연관분석을 시행한다는 것에서 차이점을 지니고 있다.

2. 연구의 방법론

본 연구는 산업연관분석을 활용하여 변경된 에너지정책으로 인한 도시가스산업의 타 산업으로의 파급효과를 분석하였다. 산업연관분석은 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업 간의 상호연관관계를 수량적으로 분석하는 경제 분석방법이다. 레온티에프(Wassily W.Leontief)는 1936년과 1939년에 “미국경제의 구조, 1919-1939”에서 왈라스(L.Walras)의 일반균형이론을 바탕으로 미국의 모든 재화와 서비스의 흐름을 나타내는 산업연관표를 작성 및 분석하여 각각 발표하였으며, 이것이 산업연관분석의 원전에 해당한다. 이후 제2차 세계대전 후의 미국의 철강 생산수준과 관련 고용문제 예측에 해당 기법이 유용하다는 점이 밝혀지면서 미국정부가 1947년 공식적으로 산업연관표를 작성하였고, 이후 1948년에 영국, 1951년에 일본이 산업연관표를 구축하는 등 많은 국가가 산업연관표를 작성하기 시작하였다.

산업연관분석에 사용되는 산업연관표는 재화와 서비스의 산업간 거래를 나타내는 내생부문과 최종수요와 부가가치를 나타내는 외생부문으로 구성된다. 여기서 내생부문이란 외생부문의 수치가 모형 밖에서 독립적으로 주어지면 이에 따라 모형 내에서 그 값이 결정되는 부분이다. 외생부문은 내생부문과는 관계없이 모형 밖에서 값이 결정되는 분

야를 의미하며 산업연관분석은 외생부문의 변동이 국민경제에 어떠한 파급효과를 미치는가를 알아보는 것이다. 이러한 산업연관분석은 구조적 측면에서 산업간 연관관계를 파악할 수 있다는 것과 거시적 분석이 미치지 못하는 산업간 상호연관관계에 대한 분석이 가능하다는 점에서 파급효과를 파악하는 방법론으로 자주 사용되고 있다(한국은행, 2014).

산업연관분석에 사용되는 표는 행과 열로 구분해서 파악할 수 있다. 먼저, 표를 행 방향으로 보면 n 개의 산업 중에서 특정 산업(i)의 중간수요(x_{ij})와 최종수요(y_i), 총 산출액(x_i)이 기록되어있다. i 산업을 기준으로 보면 각 분야의 관계는 다음의 식과 같이 나타난다.

$$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_{ij} + y_i \quad (1)$$

여기서 a_{ij} 란 투입계수로 i 부문의 중간투입내역을 i 부문의 총 투입으로 나눈 값($a_{ij} = x_{ij}/x_j$)이다. 이 값은 j 부문에서 한 단위의 산출물을 생산하기 위해 투입된 i 산업의 산출물을 의미한다.

표를 다시 열 방향으로 확인하면, i 부문의 중간투입(x_{ij})와 부가가치(v_i), 총 투입액(x_i)이 기록되어있다. 마찬가지로 각 항목들의 관계를 수식으로 나타내면 다음의 식과 같다.

$$x_i = \sum_{i=1}^n x_{ij} + v_i \quad (2)$$

위의 식의 부가가치(v_i)를 j 부문의 총 투입액으로 나눈 것($a_j^v = v_i/x_j$)을 부가가치율이라고 하며, j 부문에 한 단위의 투자를 한 경우 얻어지는 부가가치를 의미한다. 산업연관분석을 사용하는 경우 필요에 따라서 특정항목들을 수식을 통해 계산하여 계수들을 만들고, 이 계수들을 이용한 다양한 분석이 가능하다는 특징을 가진다(허재용·유승훈, 2008).

산업연관분석을 진행할 때는 분석하고자하는 부분에 초점을 맞춘 모형 또는 계수를 활용한 공식을 사용한다. 일반적으로 분석 방식은 최종수요에 의한 유발효과와 물가파급효과를 분석하는 두 가지로 나뉜다. 본 연구의 목적은 도시가스산업의 수요 변동에 따른 영향을 파악하는 것이므로 최종수요에 의한 유발효과를 분석하도록 한다. 최종수요에 의한 유발효과로는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수입유발효과, 취업유발효과가 있다.⁴⁾

도시가스산업의 최종수요에 의한 유발효과를 산정하기 위해서는 먼저 도시가스산업의 산출이 정해진다. 그런데 이 경우 주어진 표를 그대로 이용하면 도시가스산업의 수요 변화가 산출을 변화시키는 모순이 발생하게 된다. 이러한 문제를 방지하기 위해서는 분석의 대상인 분야를 외생부문으로 취급하는 ‘외생화’ 방식을 사용하게 된다. 즉, 특정 부문의 산출액이 사전적으로 결정되는 경우 외생화를 이용하여 분석을 진행한다(손태환, 2014). 따라서 본 연구에서는 도시가스산업을 외생화하여 변동된 산출액에 따른 국민경제에의 파급효과를 보는 방식을 적용하였다.

앞서 언급한 산정식들에 외생화 방식을 적용시키면 다음과 같다. 먼저, 생산유발효과를 보기 위해서는 특정 부문의 변화된 최종수요가 그 부문을 제외한 산업들에서 얼마나 산출액을 변화시켰는지 확인해야한다. $(I - A^c)^{-1}$ 는 투입계수행렬에서 특정부문의 산업의 행과 열을 제외한 나머지 부분의 레온티에프 역행렬이며, 생산유발계수라고도 한다. A_k^c 는 투입계수행렬 A 에서 특정부문(k)을 나타내는 열벡터 중 해당 부문의 원소를 제외한 열벡터이며 x_k 는 k 부문의 산출액을 나타낸다. 즉, 분석대상인 k 부문에 영향을 받은 타 부문의 산출 증감량을 Δx^c 라고하면, 계산방법은 다음의 식과 같다.

$$\Delta x^c = (I - A^c)^{-1} \cdot (A_k^c \cdot \Delta x_k) \quad (3)$$

또한, 부가가치계수의 대각행렬에서 k 부문의 행과 열을 제외시키고 남은 행렬을 \widehat{A}^{v^c} 라고 두고 k 부문의 최종수요변화에 영향을 받은 다른 부분들의 부가가치의 변화를 Δv^c

4) 천연가스는 대부분 수입에 의존하기 때문에 수입유발효과는 도시가스 산업에서 큰 의미를 가지지 않는다. 또한 본 연구는 미래 시점을 기준으로 하고 있어 취업유발효과 역시 연구의 목적에 부합하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 해당 계수들은 산정하지 않았다.

라고 두면 부가가치의 변화를 구하는 방식은 다음의 식과 같다.

$$\Delta v^c = \widehat{A}^{v^c} \cdot \Delta x^c = \widehat{A}^{v^c} \cdot (I - A^c)^{-1} \cdot (A_k^c \cdot \Delta x_k) \quad (4)$$

3. 미래 산업연관표의 추정

산업연관분석을 진행할 때, 공표된 산업연관표를 사용하여 분석을 진행하는 것은 해당 산업연관표의 자료들이 조사된 시점의 국내 산업의 다양한 효과를 분석하는 방식이다. 본 연구에서는 현재 보도된 에너지 정책이 실현되는 상황을 가정하여 그에 따른 파급 효과를 분석하는 것이 목적이므로 공표된 산업연관표를 그대로 사용하는 것은 분석의 대상이 되는 시점의 국내 산업의 변화를 반영하지 못한다. 즉, 국내의 산업구조가 변하지 않는다는 가정 하에서 분석이 이루어진다는 의미이며 이는 타당한 분석이 될 수 없다.

김윤경·김정인(2006)에 따르면, 예측시점의 투입계수에 대한 직접적인 정보가 없는 경우라도 간접적인 정보를 활용하여 투입계수를 구하는 것이 과거의 투입계수를 사용하는 것보다는 현실을 반영하므로 추정결과의 신뢰성을 높인다고 언급하였다. 따라서 본 연구에서는 해당 정책의 영향을 제대로 파악하기 위해서 산업연관표를 추정하여 분석을 진행한다.

특정시점의 산업연관표를 추정하기 위해서는 여러 가지 방법이 있다. 그 중 RAS 방법은 1963년 영국 캠브리지 대학의 R. Stone 교수가 기준연도 투입계수로부터 예측연도의 투입계수를 추정하기 위하여 제시한 방법이다. 예측연도의 중간수요계, 중간투입계, 총 산출액의 예상 산출이 가능한 경우에 행변화계수(r계수)와 열변화계수(s계수)를 이용하여 반복 계산하는 방법으로 R. Stone 교수가 독자적으로 제시한 명칭인 RAS 방법 이외에도 이중비례조정법(Biproportional adjustment method)라고도 부른다(Stone et al., 1963).

RAS 방법에 의해 특정 시점의 투입계수를 예측하는 방식은 다음과 같다. 예측을 하고자 하는 시점의 중간수요계, 중간투입계, 총 산출액을 먼저 산정한다. 이후 기준연도의 투입계수행렬(A^0)을 예측을 하고자 하는 시점의 산출액(${}_t x$)과 곱하여 잠정거래행렬($M^{<1>}$)을 작성한다. 잠정거래행렬의 열의 합인 잠정중간수요계를 구하여 이를 미리

지정해놓은 중간수요계와 비교하였을 때, 동일한 값을 나타내지 않는다면 목표치인 중간수요계를 잠정중간수요계의 요소들로 각각 나누어준 행수정계수($r_i^{<1>}$)를 작성한다. 이를 다시 $M^{<1>}$ 과 곱하여 제2차 잠정거래행렬($M^{<2>}$)을 만들고 열의 합계인 잠정중간투입계를 작성된 중간투입계와 비교하여 일치하지 않을 경우 행수정계수와 동일한 방법으로 열수정계수($s_j^{<1>}$)를 작성한다. 마찬가지로 이을 앞의 $M^{<2>}$ 에 곱하여 다시 중간수요계와 비교하는 과정을 반복한다. 즉, 잠정거래행렬의 산정은 다음의 식과 같은 과정을 반복하여 이루어진다. 이때, \hat{r} 과 \hat{s} 은 각각 r 과 s 를 대각요소로 하는 대각행렬을 의미한다.

$$\begin{aligned} M^{<2>} &= \hat{r}^{<1>} \cdot M^{<1>} \\ M^{<3>} &= M^{<2>} \cdot \hat{s}^{<1>} \\ &\vdots \end{aligned} \tag{5}$$

최종적으로 잠정거래행렬의 열과 행의 합이 목적으로 하는 행렬의 열과 행의 합과 일치하면 이를 해당 시점의 산업연관표로 가정하고 사용한다.

그러나 두 가지를 모두 만족하는 행렬을 계산하는 것은 쉬운 일이 아니므로 일정한 수렴조건을 사용하여 행수정계수와 열수정계수가 거의 1에 가까운 값을 나타낼 때까지 반복하여 계산한다. Lahr and Mesnard (2004)에 따르면 일반적으로 수렴조건으로 사용하는 것은 두 가지이다. 첫 번째로, 1과 차이가 크지 않은 수정계수를 사용하는 방식이 있다. 보통 0.0000001을 기준으로 오차가 기준보다 작은 경우에 반복을 중단한다. 두 번째는 반복의 횟수를 사용하는 방식이다. 특정 횟수 k번을 기준으로 그 반복 횟수 이후에도 수렴하지 않는다면 k번째 반복의 수정계수를 사용하여 추정을 한다. 이 경우 k는 충분히 큰 수로 설정한다. 하지만 산업연관표의 특성상 이러한 조건 역시 만족시키기 어렵다. 첫 번째 조건은 오차가 기준만큼 작아지지 않아 발산하게 되는 경우가 다수이며, 두 번째는 이론적으로 타당한 특정 반복 횟수를 정하는 것에서 문제가 생긴다. 이러한 문제를 보완하기 위하여 Bacharach(1970)는 상기 언급된 두 가지 기준에 부합하지 않더라도 수렴하는 행렬이 있음을 밝혀냈다. 즉, 우리가 목표로 정해준 행렬(\bar{Z}^*)와 일치하지 않고 주어진 기준에 부합하지 않더라도 독자적으로 수렴하는 해(unique equilibrium)를 가진다

는 것을 증명하였다.⁵⁾ 위와 같이 특수한 경우를 제외하고 일정 수렴조건을 성립하는 경우, 행수정계수 R과 열수정계수 S는 다음의 식과 같이 나타난다.

$$\begin{aligned} R_i &= [r_i^{<1>} \cdot r_i^{<1>} \cdot \dots \cdot r_i^{<n>}] \\ S_i &= [s_i^{<1>} \cdot s_i^{<1>} \cdot \dots \cdot s_i^{<n>}] \end{aligned} \quad (6)$$

최종적으로 목적으로 하는 시점, 즉 작성연도의 투입계수행렬은 다음의 식과 같이 얻어진다.

$${}_tA = \hat{R} \cdot A^0 \cdot \hat{S} \quad (7)$$

앞서 언급한 바와 같이 특정 시점의 파급효과를 분석하기 위해서는 동일한 시기의 산업연관표를 사용하는 것이 타당하므로 본 연구에서는 위의 방법으로 2030년의 산업연관표를 추정하였다. 추정에 있어서 투입계수 이외에 중요한 항목은 목표연도의 중간투입액과 중간수요액을 산정하는 것이다. 해당 값은 국내총생산(GDP), 산업구조, 인구변화 등의 거시경제지표의 전망을 사용하여 산출이 가능하다(김윤경, 김정인, 2006). 따라서 본 연구에서는 관련 기관에서 발표한 거시경제지표들의 전망치를 사용하였다.

먼저, 국내총생산에 대한 전망을 반영하기 위해서 기획재정부가 2015년 발표한 자료를 참고하여 한국개발연구원(KDI)⁶⁾의 전망치를 사용하였다. 해당 전망치를 활용하면 2020년까지는 3.60%, 2030년까지는 2.7%의 전망치를 가진다. 또한, 산업구조의 경우는 산업연구원(KIET)에서 2012년 발표한 중장기 산업구조 전망치를 활용⁷⁾하였다.

산업분류는 본 논문에서 사용한 2013년의 산업연관표 상의 분류와 동일하게 사용하였다. 해당 산업분류 역시 목표연도에는 통합 또는 분할의 가능성이 있으나 이를 추정하

5) 본 연구에서 해당 방법론을 사용하여 추정한 2030년의 산업연관표 추정치가 이러한 경우에 해당한다.

6) 해당 보고서에서는 KDI와 한국은행, OECD의 잠재성장률 전망치 비교하였으며 그 값들의 차이를 고려하여 본 연구에서는 KDI의 전망치를 사용하였다.

7) 해당 전망치의 경우 본 연구에서 사용한 산업분류와 일부 다른 항목이 존재하였다. 따라서 본 연구의 분류를 기준으로 세분화된 전망치는 평균을 활용하였으며, 본 연구의 분류가 더 세분화된 경우는 해당 하는 전망치의 값을 동일하게 적용하였다.

기 위해서는 많은 가정이 필요하며, 이는 본 연구의 목적을 고려하였을 때 불필요한 가정을 추가하게 되므로 적합하지 않다. 이에 따라 본 연구의 산업분류는 아래의 <표 1>과 같은 2013년 기준의 대분류(30부문)를 사용하도록 한다.

<표 1> 대분류에 따른 상품부문표

	분류		분류		분류
1	농림수산물	11	기계 및 장비	21	음식점 및 숙박서비스
2	광산물	12	전기 및 전자기기	22	정보통신 및 방송 서비스
3	음식료품	13	정밀기기	23	금융 및 보험 서비스
4	섬유 및 가죽제품	14	운송장비	24	부동산 및 임대
5	목재 및 종이, 인쇄	15	기타 제조업 제품 및 임가공	25	전문, 과학 및 기술 서비스
6	석탄 및 석유제품	16	전력, 가스 및 증기 ⁸⁾	26	사업지원서비스
7	화학제품	17	수도, 폐기물 및 재활용서비스	27	공공행정 및 국방
8	비금속광물제품	18	건설	28	교육서비스
9	1차 금속제품	19	도소매서비스	29	보건 및 사회복지서비스
10	금속제품	20	운송서비스	30	문화 및 기타 서비스

본 연구에서는 위의 <표 1>과 같은 상품분류에 맞추어 상기한 거시경제지표의 전망치를 사용, 목표연도의 중간투입액 및 중간수요액을 예측하여 미래시점의 산업연관표를 추정하였으며 이를 활용하여 앞서 언급한 방법론으로 2030년의 산업연관표를 추정하였다.

III. 시나리오 설정

본 연구의 목적은 정책 시나리오에 따라 변동된 천연가스의 수요를 통해 경제적 파급효과를 분석하여 정책적 시사점을 알아보는 것이다. 현재 가스 산업은 신정부의 에너지

8) 전력, 가스 및 증기(16부문)은 본 논문에서의 연구 목적에 맞추어 시나리오 별로 추가적인 과정을 거쳤으며 결과 분석 시 수정된 산업연관표를 사용하였다. 모든 경우에서 도시가스 부문을 외생화하였기 때문에 해당 부문은 변경된 전력의 영향과 제거된 가스의 영향을 모두 포함하고 있다. 그러나 표기법에서는 기존 부문과 비교 시 혼동을 방지하기 위하여 기존의 분류와 동일하게 “전력, 가스 및 증기”로 사용하였다.

관련 정책 발표로 인해 많은 변화가 예상된다. 신정부 전원구성안 영향 분석(에너지경제연구원, 2017)에 따르면 ‘탈원전’, ‘탈석탄’을 발전관련 정책의 기초로 두고 2030년까지 신재생에너지가 발전량의 20%를 담당할 수 있도록 확대할 예정이다.

따라서 해당 정책이 실현될 경우에 에너지 업계 및 국내 경제에 미치는 영향을 파악할 필요가 있다. ‘탈원전’과 ‘탈석탄’이라는 정책 기초는 원자력과 석탄을 활용한 발전의 비중이 줄거나 혹은 중단된다는 것을 의미하며 이로 인한 가스산업의 변화는 불가피하다. 그러므로 본 연구에서는 에너지경제연구원의 연구 자료와 기존 7차 전력수급기본계획 및 제 12차 장기 천연가스 수급계획을 활용하여 발전원이 전환되는 시나리오를 구축하고, 이에 따른 결과들을 기존의 계획이 그대로 진행되는 기준 시나리오와 함께 분석하였다. 이 때, 중단되는 발전원들의 대안으로 가스복합 화력 및 연료전지로의 전환을 살펴보고자 한다.

최근 정부는 2035년까지 1차 에너지의 11.0%, 2030년까지 전력의 20%를 신재생에너지로 달성하는 것으로 정책의 방향을 설정하였다. 국내·외의 신재생에너지 분야는 현재 빠른 속도로 발전하고 있는데, 2015년을 기준으로 세계의 재생에너지의 투자액 중 풍력과 태양에너지가 94.6%를 차지하였으며 국내에서도 태양광과 풍력이 신재생에너지로의 투자 및 발전의 중심이 되고 있는 실정이다(한국에너지공단, 2017a). 그러나 태양광과 풍력은 충분한 에너지 확보를 위해 필요한 설치면적이 넓어 국내 시장의 발전에는 다소 무리가 있다. 연료전지는 발전규모를 조정하기가 쉽고 비교적 설치면적이 작아 그러한 문제를 극복하면서도 기존 화석에너지원들에 비해 온실가스의 배출이 적어 대안으로 주목받고 있는 분야이다(전력거래소, 2015). 반면 높은 건설비로 인해 초기 투자비용이 많이 필요하며 기본 원리와는 다르게 LNG를 활용하고 있어 가격변동의 우려로 발전은 다소 더딘 분야이다(한국에너지공단, 2017b). 그러나 신정부의 신재생에너지 발전 비중 20% 달성을 위해 추가로 발전설비가 필요하다는 점과 국내의 여건을 고려하면 연료전지는 대안으로서의 가능성을 지닌 분야이며, 본 연구에서는 그러한 가능성을 경제적 파급효과를 산출하는 방식으로 고려하고자 연료전지로의 전환을 가정하여 시나리오를 설정하였다.

본 연구의 분석 대상이 되는 시나리오는 7차 전력수급기본계획에서 명시된 발전원들의 정격용량 구성을 그대로 가지는 기본 시나리오 및 석탄화력 및 원자력이 각각 가스복

합과 연료전지를 발전원으로 하는 4가지 경우이다. 한편, 분석 시 모든 값들은 2014년을 기준으로 변환하여 적용하도록 하였다.

1. 석탄화력에서 가스복합화력으로 발전원 변경 시나리오

신정부에서 내건 ‘탈석탄’이라는 공약에 의거, 정부는 건설 이후 30년 이상이 지난 노후 석탄화력 발전소를 조기 폐쇄하기로 하였다. 또한, 공정률 10% 미만의 석탄발전소의 건설을 중단하고 신규 석탄발전소의 건설 역시 중단한다는 공약을 발표하였다(에너지신문, 2017). 이러한 상황을 반영하기 위하여 해당 시나리오에서는 중단하는 석탄화력을 가스복합화력으로 변경하는 경우를 가정하였다. 따라서 석탄의 정격용량을 에너지경제연구원에서 가정한 수치인 23,133MW로 가정하고 나머지 발전원들은 7차 전력수급기본계획 하의 정격용량으로 사용하였다.

한편, 앞선 과정에서 RAS 방법을 활용하여 추정된 2030년의 산업연관표는 기존의 7차 전력수급기본계획이 그대로 실행되는 경우의 국내 경제상황이 반영되어 있는 표이다. 현재 분석 대상이 되는 상황은 기존의 계획에서 변동사항이 발생한 경우를 가정하고 있으므로 이러한 변동사항을 반영하기 위해서는 해당 시나리오에 맞추어 산업연관표를 변형할 필요가 있다. 즉, 산업연관표에서 기존의 석탄화력 만큼의 영향을 제외하고 추가되는 가스복합화력의 영향을 반영하는 과정이 필요하다. 이러한 영향을 반영하기 위해서는 우선적으로 해당 산업의 투입구조와 수요구조를 파악해야 한다. 이에 본 연구에서 사용한 방식은 다음과 같다.

먼저 본 시나리오에서 전환이 가정되는 화력발전의 운영비를 산정한다. 이를 위해서 2013년의 기본분류 하의 발전원의 부문별 비율을 활용⁹⁾하여 2014년의 대분류 산업연관표에서 각 발전원을 분할한다¹⁰⁾. 이 때, 본 시나리오의 상황을 반영하기 위해서는 석탄화력과 가스복합화력 각각의 운영비에 대한 정보가 필요하나 산업연관표의 기본분류

9) 현재 가장 최근에 발표된 연장표는 2014년이나, 이는 소분류까지만 나타낸 도표이다. 산업연관표의 소분류에서는 전력 및 신재생(101부문)으로 통합된 형태이므로 발전원별 비율을 알 수 없다. 따라서 사용이 가능한 가장 최근의 자료인 2013년의 기본분류표의 비율을 활용하였다.

10) 이때 각 부문별로 비율을 별도 적용한다. 즉, 2013년도 기본분류의 값을 2014년도의 대분류의 분류기준과 동일하게 변경하고 각 부문별로 비율을 적용한다. 만일 행과 열의 계로 발전원을 분할한다면 부문별로 상이한 투입 및 수요구조를 반영하지 못하므로 정확한 구조의 반영을 위하여 각각의 비율을 산정 및 적용하였다.

에서도 두 가지를 구분하지 않고 있다. 두 발전 방식은 건설비 및 운영비에서 서로 다른 특징 및 값을 가지며, 타당한 분석을 위해서는 두 비용을 모두 고려해야 한다. 한편 해당 비용을 적용시키는 경우 1년을 기준으로 하는 산업연관표의 특성상 신규 건설되는 발전소의 건설비와 운영비를 한 시점에 적용하면 과다산정 문제가 발생할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 위와 같은 특성 및 발전방식의 운영비 및 건설비의 영향을 복합적으로 감안할 수 있는 방안으로 균등화 발전비용(Levelized Cost of Electricity)을 활용¹¹⁾하여 석탄화력발전과 가스복합발전을 분할하도록 하였다¹²⁾. 균등화 발전비용은 IEA(2015)를 기준으로 현재 국내에 가장 많이 사용 중인 용량의 균등화 발전비용 값을 차용하였으며, 기획재정부에서 발표한 2014년도의 환율을 적용시켰다. 위의 언급된 방식으로 2014년을 기준으로 한 석탄화력발전과 가스복합발전의 운영비를 산출하고 해당 연도의 기설 정격용량¹³⁾을 사용하여 단위 용량을 기준으로 바꾸어준다.¹⁴⁾

이와 같은 과정으로 석탄화력과 가스복합화력의 운영비를 각각 산정한 후, 앞서 언급한 시나리오 상의 변동된 발전원의 정격용량을 적용하여 준다. 이때, 석탄화력의 경우 기존보다 감소한 만큼의 운영비의 영향을 제거하여주고 기존보다 증가한 정격용량만큼의 가스복합화력의 영향을 추가한다. 이후 세분화된 항목들의 변경을 반영하기 위해 바뀌었던 부문¹⁵⁾을 대분류에 맞추어 원래와 동일한 항목으로 나타내고, 도시가스를 외생화한다. 최종적으로 변경된 산업연관표를 이용하여 투입계수와 생산유발계수를 만들고, 도시가스 부문의 산출액 변화를 계산하여 변화된 수요에 따른 생산유발계수와 부가가치유발계수를 산출 및 분석하였다. 이때, 산출액의 변화를 계산하기 위한 발전용 천연가스 요금은 가스공사에서 발표한 2014년도의 발전용 천연가스 요금인 19,330.21원/GJ을 사용하였다.¹⁶⁾

11) LCOE를 활용하는 경우, 운영비와 건설비를 1년 단위로 적용시키는 것에 대한 문제를 해결할 뿐 아니라 발전원별 특성에 의한 가동률 변화를 함께 고려할 수 있다는 장점이 있다.

12) 대분류 상의 광산품(2부문)의 내부에 포함된 석탄은 가스복합화력과 석탄화력을 비교하였을 때, 석탄화력에서 대부분 사용할 것이므로 예외적으로 비율을 사용하지 않고 전부 석탄화력 하에 위치하도록 한다. 이외의 다른 에너지부문의 특성도 고려할 필요가 있으며 도시가스의 경우에는 추후 처리과정을 통해 제외되므로 여기서는 변경하지 않는다.

13) 전력거래소(2015)의 2014년도 발전설비현황을 참고하였다.

14) 부가가치의 경우에도 기설 정격용량 비율로 나누어 단위 용량 당 부가가치를 계산하였다.

15) 광산품(2부문)의 경우 석탄, 원유 및 천연가스, 금속 및 비금속으로 전력, 가스 및 증기(16부문)는 도시가스, 증기 및 온수로 분할하여 사용하였으며 합본에서도 해당 부문은 시나리오를 반영하여 기존과는 다른 값을 지닌다.

16) 예측의 목표연도가 2030년이므로 가스의 가격도 2030년에 맞추는 것이 가장 타당한 방법이다. 이를

2. 원자력에서 가스복합화력으로 발전원 변경 시나리오

본 시나리오는 신정부의 ‘탈원전’ 공약을 기반으로 원자력 발전에 할당되어 있던 용량만큼을 가스복합화력을 이용하여 발전하는 경우를 가정한 시나리오이다. 해당 시나리오 역시 앞선 시나리오와 동일하게 산업연관표의 조정이 필요하며, 이를 위해 운영비의 산정이 선행되어야 한다. 따라서 2013년도의 기본부문의 비율을 활용하여 2014년도의 원자력으로 인해 투입 및 수요가 이루어진 금액을 산정하고, 기설 정격용량 자료를 활용하여 용량당 운영비를 산정한다. 또한 시나리오에서 가정한 상황을 적용시키기 위하여 앞서 산정한 가스복합화력의 운영비 자료도 함께 활용하도록 한다.

이후 발전원에 따른 운영비를 각각 산정하여 2030년의 산업연관표에서 감소한 원자력만큼의 영향을 제거하고 복합화력이 증가된 용량만큼의 영향을 추가하도록 한다. 해당 시나리오 역시 앞서 언급한 에너지경제연구원의 자료를 바탕으로 정격용량을 구성하였으며, 시나리오 2에서 사용된 원자력의 정격용량은 17,600 MW이고 가스복합은 63,465 MW이다. 해당 영향을 반영한 산업연관표를 기존의 산업연관표의 대분류와 일치하도록 변경된 부분을 조정하고 도시가스 부문을 외생화하도록 한다. 최종적으로 만들어진 산업연관표로 시나리오 2의 가정을 반영한 경우의 각 부문의 생산유발계수와 부가가치 유발계수를 도출한다.

3. 석탄화력에서 연료전지로 발전원 변경 시나리오

본 시나리오는 시나리오 1에서와 유사하게 석탄화력을 중단하면서 해당 정격용량만큼을 연료전지를 활용한 발전으로 대체하는 경우를 가정한 시나리오이다. 앞선 시나리오들과 동일하게 산업연관표에 변경된 상황을 포함하기 위한 운영비 값이 필요하며, 이때 사용되는 석탄화력의 단위용량당 운영비는 시나리오 1에서와 동일한 값이다.

연료전지는 2014년의 산업연관표에서 신재생부문과 합산되어 있으므로 연료전지만의 운영비를 산정하는 것은 어려운 일이다. 또한 2014년을 기준으로 산업연관표상의 신

위해서는 천연가스의 가격을 예측한 자료를 사용할 필요가 있다. 그러나 가스 가격의 예측에도 다양한 가정이 필요하다는 점과 본 연구의 목적 및 방법론 하에서의 가격이 미치는 영향력을 고려하였을 때 예측치를 사용하는 것은 적합하지 않다. 또한 현재 산업연관표가 2014년을 기준으로 불변가로 작성되었다는 점을 고려하였을 때 2014년도 기준의 천연가스 요금을 사용하는 것이 적합하다.

재생에너지 항목에 포함되어있는 발전원들의 가격 구성이 제각각이므로 단순 비율로는 연료전지의 특성을 반영한 운영비를 산출하기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 연료전지의 수요에 해당하는 행 부문은 2014년의 신재생에너지 항목에서 연료전지의 정격용량을 고려하여 비율로 분할¹⁷⁾하고, 투입에 해당하는 열 부문은 실제 시행된 사업 자료를 활용하여 신규 건설비를 반영하였다. 이러한 방식으로 산출한 연료전지의 운영비를 활용하여 2014년 기준 단위용량 당 연료전지의 운영비를 산출하였다. 마찬가지로 산업연관표에서 감소하는 용량만큼의 석탄화력의 영향을 제외하고 증가하는 연료전지의 영향을 더해준 후에 기존 산업연관표와 동일한 구성이 되도록 조정하고 도시가스 부문을 외생화한다.

해당 시나리오에서 석탄의 정격용량은 23,133 MW, 신재생에너지의 정격용량은 53,775 MW이다. 마찬가지로 신재생에너지의 정격용량 중 기존의 계획과 차이가 나는 만큼을 모두 연료전지로 전환하는 것을 가정한다. 연료전지의 발전량에 따른 LNG소비는 222.728 Nm³/MWh이며 한국가스공사를 기준으로 평균 열량에 해당하는 42.7 MJ/Nm³를 사용하였다. 해당 자료들을 바탕으로 가정한 시나리오에 따른 도시가스 산업의 생산유발계수와 부가가치 유발계수를 산정하였다.

4. 원자력에서 연료전지로 발전원 변경 시나리오

본 시나리오는 감소하는 원자력의 정격용량만큼을 연료전지로 대체하는 시나리오이다. 해당 시나리오는 앞선 시나리오 2에서의 원자력의 운영비와 시나리오 3에서의 연료전지의 운영비를 그대로 사용하여 계산하였다. 시나리오 4의 정격용량 구성은 원자력이 17,600 MW, 신재생이 53,619 MW에 해당된다. 이를 적용하여 기존 산업연관표에서 감소한 원자력의 영향을 제외하고 증가한 신재생의 영향을 연료전지의 운영비로 더해준다. 이후 마찬가지로 대분류와 동일하게 산업연관표를 조정하고 도시가스 부문의 외생화를 거쳐 시나리오에 맞는 생산유발계수와 부가가치 유발계수를 산정한다.

언급한 바와 같이 상황에 따라 발전원별 정격용량은 다르게 나타나게 되며, 다음의

17) 신재생에너지원들이 각기 다른 특성을 나타내더라도 수요는 그러한 특성에 영향을 받지 않는다. 즉, 현재 신재생에너지원으로 인한 발전은 급전 우선순위에 배치되어 있기는 하나 해당 발전원이 신재생이기만 하다면 수요는 동일한 것으로 간주한다는 의미이다.

<표 2>는 각 시나리오별로 설정한 각 발전원의 용량을 나타낸 것이다.

<표 2> 시나리오에 따른 생산유발계수

발전원	정격용량[MW]				
	기준 시나리오	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
석탄	44,018	23,133	44,018	23,133	44,018
가스	42,736	63,621	63,465	42,736	42,736
원자력	38,329	38,329	17,600	38,329	17,600
신재생	32,890	32,890	32,890	53,775	53,619
기타	5,785	5,785	5,785	5,785	5,785
계	163,758	163,758	163,758	163,758	163,758

IV. 분석 결과

본 연구에서는 앞선 4개의 시나리오 각각의 상황을 반영한 산업연관표를 사용하여 생산유발계수와 부가가치 유발계수를 산정하였다. 또한 이에 따른 산업에의 파급효과를 확인하기 위하여 7차 전력수급기본계획을 바탕으로 하는 기준 시나리오와 함께 생산유발계수 및 부가가치 유발계수를 정리하면 아래의 <표 3>, <표 4>와 같이 나타난다.

<표 3> 시나리오에 따른 생산유발계수

부문	생산유발계수				
	기준 시나리오	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
1	0.01602	0.01597	0.01586	0.01639	0.01630
2	1.07160	1.06623	1.07191	1.06213	1.06369
3	0.02431	0.02422	0.02408	0.02482	0.02470
4	0.02362	0.02354	0.02336	0.02439	0.02429
5	0.02752	0.02747	0.02726	0.02861	0.02851
6	0.21937	0.21782	0.21931	0.21733	0.21717
7	0.16700	0.16696	0.16314	0.17476	0.17385
8	0.00771	0.00768	0.00762	0.01060	0.01075

〈표 3〉 시나리오에 따른 생산유발계수 (Continued)

부문	생산유발계수				
	기준 시나리오	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
9	0.11158	0.11121	0.11014	0.12420	0.12409
10	0.05730	0.05713	0.05675	0.05894	0.05883
11	0.06323	0.06298	0.06271	0.06380	0.06366
12	0.05478	0.05460	0.05394	0.11956	0.12401
13	0.00798	0.00800	0.00768	0.00875	0.00873
14	0.09652	0.09608	0.09608	0.09665	0.09635
15	0.05083	0.05063	0.05045	0.05413	0.05413
16	0.07288	0.07225	0.07926	0.06191	0.06917
17	0.01008	0.01009	0.00986	0.01017	0.01010
18	0.00694	0.00690	0.00689	0.00820	0.00828
19	0.08703	0.08675	0.08616	0.09100	0.09088
20	0.25965	0.25846	0.25842	0.26172	0.26104
21	0.03799	0.03784	0.03775	0.03857	0.03847
22	0.03475	0.03461	0.03446	0.03619	0.03611
23	0.10553	0.10510	0.10476	0.10627	0.10592
24	0.06256	0.06229	0.06221	0.06316	0.06298
25	0.03450	0.03436	0.03422	0.03892	0.03912
26	0.02970	0.02961	0.02950	0.02960	0.02952
27	0.00547	0.00544	0.00543	0.00556	0.00554
28	0.00054	0.00054	0.00053	0.00055	0.00055
29	0.00522	0.00520	0.00518	0.00533	0.00532
30	0.01830	0.01823	0.01818	0.01850	0.01844
계	2.77051	2.75820	2.76310	2.86073	2.87051

〈표 4〉 시나리오에 따른 부가가치 유발계수

부문	생산유발계수				
	기준 시나리오	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
1	0.00546	0.00544	0.00540	0.00559	0.00556
2	0.37275	0.37098	0.37155	0.37149	0.37061
3	0.00269	0.00268	0.00266	0.00275	0.00273
4	0.00435	0.00434	0.00429	0.00451	0.00448

〈표 4〉 시나리오에 따른 부가가치 유발계수 (Continued)

부문	생산유발계수				
	기준 시나리오	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
5	0.00587	0.00586	0.00579	0.00613	0.00609
6	0.00927	0.00920	0.00925	0.00920	0.00918
7	0.03286	0.03285	0.03204	0.03448	0.03423
8	0.00167	0.00166	0.00164	0.00231	0.00233
9	0.01230	0.01226	0.01211	0.01373	0.01369
10	0.01402	0.01398	0.01386	0.01446	0.01441
11	0.02366	0.02357	0.02345	0.02391	0.02383
12	0.00933	0.00930	0.00918	0.02039	0.02112
13	0.00235	0.00236	0.00226	0.00258	0.00257
14	0.01339	0.01333	0.01332	0.01342	0.01337
15	0.01266	0.01261	0.01255	0.01351	0.01349
16	0.03352	0.03699	0.03973	0.00919	0.01142
17	0.00445	0.00446	0.00433	0.00453	0.00447
18	0.00184	0.00183	0.00183	0.00218	0.00220
19	0.04392	0.04378	0.04337	0.04610	0.04591
20	0.09637	0.09594	0.09572	0.09742	0.09696
21	0.01456	0.01450	0.01444	0.01483	0.01476
22	0.00944	0.00941	0.00935	0.00986	0.00982
23	0.06015	0.05990	0.05964	0.06068	0.06041
24	0.04484	0.04466	0.04444	0.04551	0.04521
25	0.02060	0.02052	0.02038	0.02332	0.02338
26	0.02085	0.02079	0.02069	0.02082	0.02074
27	0.00368	0.00366	0.00365	0.00374	0.00373
28	0.00038	0.00038	0.00037	0.00039	0.00039
29	0.00282	0.00281	0.00280	0.00290	0.00288
30	0.00574	0.00572	0.00569	0.00583	0.00579
계	0.88575	0.88575	0.88575	0.88575	0.88575

우선 기존의 계획대로 진행하였을 때의 파급효과를 확인하기 위하여 기준 시나리오를 살펴보면 다음과 같다. 기준 시나리오의 경우 생산유발계수는 2.77051, 부가가치 유

발계수는 0.88575로 나타난다. 두 계수 모두에서 광산품이 가장 높은 값을 나타내고 있으며, 특히 생산유발계수에서는 1이 넘는 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 이는 해당 부문 내부에 천연가스 항의 영향이므로 본 연구에서는 중점적으로 다루지 않는다. 두 계수 모두에서 광산품(2부문) 다음으로 높은 수치를 가지는 것은 운송업(20부문)으로 나타났으며, 그 뒤로는 생산유발계수는 주로 제품 위주로 높은 순위를 차지하고 부가가치 유발계수는 서비스가 높은 순위를 차지하는 것을 확인할 수 있다. 이는 제품을 생산하는 제조업의 특성과 부가가치가 높은 서비스 부문의 특성이 반영된 결과이며, 이 외의 결과 값들에서도 일반적인 도시가스 산업과 유사한 양상을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

각 시나리오에 따라 계수들의 변화를 확인하면 다음과 같다. 시나리오 1의 경우에는 생산유발계수의 합이 약간 감소하지만 거의 유사한 값으로 산정되었다. 부가가치 유발계수의 합은 기준 시나리오와 동일하게 나타났으나 전력, 가스 및 증기(16부문)에서 기존에 비해 10%가량 상승하였다. 시나리오 1의 경우 기존과 석탄화력발전에서 가스복합화력발전으로 전환을 가정한 시나리오이다. 이 경우 생산유발금액은 24,399,122백만 원이고 부가가치 유발금액은 7,835,415백만 원이며, 산업의 구조는 기존과 거의 동일하게 나타난다. 따라서 생산유발계수는 비율에 의한 영향으로 약간 감소한 값을 나타내기는 하지만 큰 변화를 보이지 않는다. 부가가치 유발계수의 경우 오히려 가스복합발전의 특성을 드러내는 값을 나타낸다. 석탄화력발전에 비해서 가스복합발전이 관련된 산업이 더 다양하기 때문에 가스를 활용하는 발전의 비중이 높아지는 시나리오 1에서 부가가치의 값이 상승하는 것을 확인할 수 있다.

시나리오 2에서도 큰 변화를 나타내지는 않지만 시나리오 1과 비교하여 상대적으로 차이를 가지는 부문이 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 먼저 해당 시나리오의 생산유발금액은 24,344,325백만 원이며 부가가치 유발금액은 7,803,951백만 원이며 전력, 가스 및 증기(16부문)의 생산유발계수가 기준 시나리오에 비해 약 9% 증가하는 것을 확인할 수 있다. 원자력발전의 경우 발전하는 방식 자체는 복잡하지만 가스복합화력에 비해 산업 구조는 비교적 단순하다. 따라서 발전 방식에 따른 차이로 인하여 해당 항목에서 중간에 투입되는 품목들의 생산이 유발되어 생산유발계수가 양의 증가를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 동일한 이유로 정밀기기(13부문)와 화학제품(7부문) 등에서 생산유발계수가 약간 감소하나 특징적으로 큰 변동을 보이는 부문은 없는 것으로 나타났다. 부가가치

유발계수에서는 시나리오 1과 동일한 이유로 전력, 가스 및 증기(16부문)의 값이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 반면, 정밀기기(13부문)와 화학제품(7부문)의 부가가치는 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 상대적으로 기술 집약적인 원자력발전을 가스복합 화력이 대체하면서 발생하는 변화를 반영한 결과이다.

시나리오 3의 생산유발금액은 86,595,929백만 원이며 부가가치 유발금액은 26,812,250백만 원으로, 시나리오 1과 2에 비하여 생산유발계수의 합은 양의 변화를 보였으며 부가가치 유발계수의 합은 동일하나 세부 구성항목이 큰 변화를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 가장 큰 양의 변화가 나타난 부문은 전기 및 전자기기(12부문)로 생산유발계수와 부가가치 유발계수 모두 2배 이상의 양의 증가를 보였다. 연료전지로 감소하는 석탄화력 정격용량을 충당하기 위해서는 새로운 연료전지 발전 시설의 건설이 불가피하므로 전기 및 전자기기(12부문)의 계수 값들이 큰 폭으로 상승한 것이며, 비금속광물제품(8부문)도 계수의 값이 40% 가량 증가하였다. 또한 그 정도는 다르나 건설(18부문)과 1차 금속제품(9부문), 기타 제조업 제품 및 임가공(15부문)의 생산유발계수 및 부가가치 유발계수 역시 증가하였다. 한편 연료전지 산업의 기술집약적인 특성은 전문, 과학 및 기술 서비스(25부문)와 정밀기기(13부문)의 계수 값들의 증가로 확인할 수 있다. 해당 특성에 따라 투입물이 증가하면 고부가가치 투입물의 증가를 다시 유발하고 이에 따라 부가가치 그 자체도 증가한다. 한편 전반적인 경향과 반대로 전력, 가스 및 증기(16부문)에서는 생산유발계수와 부가가치 유발계수가 감소하는 결과가 나타났다. 이는 앞서 시나리오 1과 시나리오 2에서의 변화와 동일한 이유로 정반대의 양상을 보이는 것이다. 즉, 화력발전에서 연료전지로 발전방식이 변화함에 따라서 필요한 투입재화를 유발하는 정도가 감소하게 되어 해당 부문의 생산유발계수가 감소하게 된다. 부가가치 유발계수는 이러한 감소가 더욱 크게 드러나는데, 이는 앞서 언급한 바와 같은 이유에서 기인한 결과이다. 연료전지를 활용한 신재생에너지의 확대는 이를 위해 필요한 투입요소들과 연관된 부문들에서는 고부가가치의 투입을 증가시키므로 부가가치를 증가시키는 역할을 한다. 그러나 상대적으로 발전에 들어가는 비용이 높아지면서 전력, 가스 및 증기(16부문)의 부가가치는 낮추게 된다. 따라서 결과적으로 부가가치 유발계수의 값이 작아지는 것이다.

시나리오 4의 결과 생산유발금액은 86,242,833백만 원이며 부가가치 유발금액은

26,611,991백만 원으로 산출되었다. 해당 시나리오의 결과를 확인해보면 전반적으로 시나리오3과 유사한 결과를 나타내는 것을 알 수 있다. 시나리오3과 시나리오4는 전반적으로 비슷한 경향을 보이지만 그 값에서는 차이를 나타낸다. 이는 두 시나리오 모두 연료전지로의 변화를 전제로 하고 있어서 산업의 변화를 나타내는 경향성 부문에서는 동일하게 나타나는 것이며, 변동 이전의 발전원의 차이로 값의 변화 정도가 다르게 나타나는 것이다. 대표적으로 전력, 가스 및 증기(16부문)가 감소하는 경우에 시나리오3에서 감소의 폭이 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 이미 언급한 바와 같이, 화력발전이 원자력발전에 비해 중간 투입을 더 많이 유발하는 특성을 가진 발전이므로 해당 발전의 감소로 인한 영향이 결과에 더 큰 변화를 야기하게 되어 발생하는 차이이다.

결과에 따라 전반적으로 동일한 발전원으로의 변경을 가정하고 있는 시나리오1과 시나리오2, 그리고 시나리오3과 시나리오4가 각각 유사한 경향성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 또한 각각의 시나리오의 차이는 변동 이전의 발전원의 특성을 반영한 결과임을 알 수 있다.

V. 결론

최근 기후협약과 관련하여 발전 부문에 대한 제고가 전 세계적으로 이루어지는 가운데, 우리나라에서도 신정부의 ‘탈석탄’, ‘탈원전’ 공약으로 인해 이에 따른 영향을 살펴보는 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 해당 내용을 바탕으로 한 선행연구기관들의 분석 결과를 참고하여 관련 정책이 실제로 시행되는 경우 국내 경제에 미치는 파급효과를 분석하기 위하여 산업연관분석 방식을 사용하였다. 그중에서도 원전과 석탄을 대체할 수 있는 위치에 있으며, 그러한 변화로 인해 가장 큰 영향을 받을 것으로 예측되는 도시가스 산업의 파급효과를 분석하기 위하여 외생화 방식을 사용하였으며, 정책이 시행되는 시기를 고려하여 RAS 방식을 적용시켜 각 시나리오의 상황에 따른 2030년의 산업연관표 및 생산유발계수와 부가가치 유발계수를 산출하였다.

기존의 연구가 도시가스 산업이 국내 경제에 미치는 파급효과를 살펴보는 것이었다면, 본 연구는 정책의 변화로 인하여 발전원이 변경된다면 국내 경제가 나타내는 양상 역시 달라질 것이며 이에 따른 변화가 가장 직접적으로 나타날 도시가스 산업을 활용하여

그 영향을 정량적으로 확인하고자 진행하였다. 분석 결과로 확인할 수 있는 사실은 다음과 같다. 첫째, 시나리오 1과 시나리오 2의 결과는 각각 발전원들의 특징에 따라 비중이 증감이 발생하는 것으로 나타났다. 특히 시나리오 2에서는 변경되는 타 산업과의 관계와 관련된 전력, 가스 및 증기(16부문)과 정밀기기(13부문), 화학제품(7부문)의 계수가 변하는 것으로 나타났다. 시나리오 1의 경우 화력발전을 분할하는 과정에서 결과적으로는 석탄화력과 가스복합이 거의 유사하게 반영된 듯 보이며 이에 대한 근거로 생산유발계수의 변동이 적은 것을 들 수 있다. 그러나 전력, 가스 및 증기(16부문)의 부가가치 유발계수가 증가함에 따라 현재 주어진 자료 내부에서 각 발전원의 특성이 반영되어 있음을 확인할 수 있다. 둘째, 시나리오 3과 시나리오 4의 경우 각 발전원의 영향을 반영한 계수의 변화를 확인할 수 있다. 특히 전기 및 전자기기(12부문)과 건설(18부문), 1차 금속제품(9부문), 전문, 과학 및 기술 서비스(25부문)와 정밀기기(13부문)와 같이 전반적으로 연료전지로 인한 변화가 크게 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나 해당 시나리오의 경우 연료전지에 대한 자료의 부족으로 특정 부문의 절대적인 변화보다는 경향성에 초점을 둔 분석이 필요하다. 이러한 관점에서 해당 부문의 경우 결과가 각 발전원의 영향을 반영하고 있으며 따라서 타당한 해석의 도출이 가능하다는 점을 확인할 수 있다. 셋째, 앞서 언급한 것과 같이 각 부문들이 차이를 다소 나타내기는 하지만 전체 합을 살펴보았을 때, 시나리오 1과 시나리오 2의 생산유발계수는 약간 감소하고 시나리오 3과 시나리오 4의 생산유발계수는 상대적으로 더 많이 증가한다. 또한 부가가치 유발계수의 합은 전체 시나리오에서 거의 유사한 값을 나타내는 것을 알 수 있다.

신정부의 ‘탈원전’, ‘탈석탄’ 정책이 시행되는 경우에 경제에 미칠 파급효과를 살펴보는 것은 정책으로 인한 영향을 살펴보는 것으로 관련 기관 및 업계뿐 아니라 정책을 시행하는 입장에서도 관심사에 해당한다. 본 연구의 결과에 따르면 만일 원전과 석탄 화력발전을 가스복합 화력발전으로 전환하는 경우에는 도시가스 산업이 국내의 전 산업으로부터 유발하는 생산의 정도가 다소 감소할 수 있으며, 연료전지로 변환하는 경우 상대적으로 그 값이 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 부가가치의 경우 구성은 크게 변화하나 산업 전반의 총 부가가치는 크게 변하지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 현재 비용과 기술적인 측면에서 전 세계적으로 가스복합 화력발전을 기존의 발전원들의 대안으로 사용하고 있으나 장기적인 관점에서 국가 경제가 양의 변화를 가지기 위해서는 연료

전지로의 전환이 더 효과적이라는 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서 사용된 방법론은 다양한 경제 변수들의 투입과 특정한 가정들을 전제로 하고 있다. 또한 보다 정확한 분석을 위해서는 세부적인 자료를 필요로 하는 방법이다. 그러나 본 연구에서는 현재 단계에서 사용이 가능한 자료들을 활용하였으며, 실제 자료가 필요한 부분에서 가정을 전제로 분석을 진행하였다. 따라서 그러한 점에서 분석의 한계가 발생한다. 특히 각 발전원의 특성상 정량적으로 나타내지 못하는 특성 또한 반영되어야 하지만, 특성을 반영할 수 있는 자료가 없는 경우에는 해당 특성에 대한 가정을 추가하는 방식으로 분석을 진행하였다. 한편, 신재생에너지의 경우에는 추가되는 용량 전부를 연료전지로 대체한다는 다소 강한 전제를 사용하여 연구를 진행하였다. 이는 본 연구의 분석대상인 도시가스 산업과 신재생에너지원들의 특성을 고려하는 동시에 앞으로의 연료전지로 인한 경제적 파급효과를 분석하기 위해 설정한 것으로 그러한 관점에서 유의미한 분석이라고 할 수 있다. 또한 본 연구는 현재의 단계에서 발표한 정책의 기본적인 정보 및 자료들을 활용하여 그러한 정책이 실행되는 경우 국가 경제에 미칠 파급효과를 정량적으로 살펴보았다는 점에서 의의를 지닌다.

[References]

- 권준범, “에너지정책, 대통령 후보에게 듣는다”, 『에너지 신문』, 2017.04.24., (<http://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=47461>).
- 기획재정부, 『대한민국 중장기 경제발전전략』, 2015.
- 김윤경·김정인, “산업연관분석을 이용한 수소 에너지 도입에 따른 중장기 국내 총산출 변화 분석”, 『한국신재생에너지학회』, 제2권 제1호, 2006, pp. 72~81.
- 산업통상자원부, 『제12차 장기 천연가스 수급계획』, 2015a.
- 산업통상자원부, 『제7차 전력수급기본계획』, 2015b.
- 손태환, “외생화 산업연관 모형에 대한 고찰”, 『한국산업경제학회』, 한국산업경제학회 정기학술발표대회 논문집, 2014, pp. 59~77.
- 에너지경제연구원, 『세계 에너지시장 인사이트 제 16-18호』, 에너지경제연구원 에너지국제협력본부 해외정보분석실, 2016.

- 에너지경제연구원, 「세계 에너지시장 인사이트 제 17-20호」, 에너지경제연구원 에너지국제협력본부 해외정보분석실, 2017a.
- 에너지경제연구원, 「신정부 전원구성안 영향 분석」, 「에너지경제연구원 보도자료」, 2017b.
- 이진면·민성환·정운선·김바우·김재진·이용호·한정민, “고령화를 고려한 중장기 산업구조 전망”, 연구보고서 2012-638, 산업연구원, 2012.
- 정낙훈, “우리나라 도시가스산업의 경제적 파급효과분석”, 석사학위 논문, 2011.
- 전력거래소, 『2014년도 발전설비현황』, 2015.
- 정환수·이은영·이운제·허학무, “기후변화가 국내 산업에 미치는 영향 및 대응방안”, 「연구보고서」 Vol. 9, 한국이산화탄소포집 및 처리연구개발센터, 2014.
- 한국가스공사, 『계간 가스산업』, 한국가스공사 경영연구소, 제15권 제2호, 2016.
- 한국수출입은행, 『新기후체제가 국내 산업에 미치는 영향』, 한국수출입은행 해외경제연구소, 2017.
- 한국에너지공단, 「주간 에너지 이슈 브리핑 제131호」, 한국에너지공단 글로벌전략실, 2016a.
- 한국에너지공단, 「주간 에너지 이슈 브리핑 제136호」, 한국에너지공단 글로벌전략실, 2016b.
- 한국에너지공단, 『에너지신산업·신재생에너지 정책설명회』, 한국에너지공단 정책설명회 발표자료, 2017a.
- 한국에너지공단, 『2016 신·재생에너지 백서』, 2017b.
- 한국은행, 『산업연관분석해설』, 2014.
- 허재용·유승훈, “도시가스산업의 산업파급효과 분석”, 「한국지구시스템공학회지」, 제45권 제4호, 2008, pp. 360~369.
- M. Bacharach, *Biproportional Matrices and Input-Output Change*, University Cambridge Department of Applied Economics, 1970.
- M. L. Lahr, and L. de Mesnard, “Biproportional Techniques in Input-Output Analysis: Table Updating and Structural Analysis,” *Economic Systems Research*, Vol. 16, No. 2, 2004, pp. 115~134.
- R. Stone, J. Bates, and M. Bacharach, “Input-Output Relationships. 1954-1966 in A Programme for Growth,” University Cambridge Department of Applied Economics, Vol. 3, 1963.