에너지경제연구 제23권 제1호
Korean Energy Economic Review
Volume 23, Number 1, March 2024: pp. 125~147
DOI: https://doi.org/10.22794/keer.2024.23.1.006

수요체계모형을 이용한 우리나라의 1차 에너지 수요 추정 연구*

김지환** · 김윤경***

요 약

2021년 기준으로 94.8%의 에너지수입의존도를 갖는 우리나라는 과거 30여년간 계속 이 수준을 유지하고 있다. 이에 본 연구에서는 1차에너지에 대한 수요 양상이 바뀌고 있다는 점을 밝히고자 1차 에너지원을 대상으로 2단계 수요체계 모형을 이용해 석탄, 원유, 천연가스를 포함한 에너지원과 노동, 기타투입재 간의 수요체계를 추정하였다. 추정결과에 따르면 1998년 이전 기간에서는 모든 재화에 대해 자기가격탄력성이 유의한 양의 값으로 나타났으며, 총산출에 대해서도 모두 양의 값을 보였다. 1999년 이후 기간에서는 모든 재화의 자기가격 탄력성이 음의 값을 보이며, 총산출에 대해서는 양의 값을 갖는 것으로 나타났다. 1차 에너지원에 대한 추정 결과를 보면, 연료용 석유를 전력으로 대체하면서 기저전원을 담당하는 석탄과 원유간의 교차가격탄력성이 유의한 양의 값으로 나타났다. 일반적으로 에너지에 대한 수요는 전력이나 석유제품과 같은 전환에너지를 대상으로 하므로 전환에너지를 생산하기 위한 1차 에너지의 가격 변동을 체감하기는 쉽지 않다. 우리나라와 같이 에너지수입의존도가 높은 나라에게 1차 에너지의 가격 변동은 정부의 정책 노력으로 완화시키기 어려우므로 더 큰 위험으로 나타나게 된다. 이에 시기에 따라서 바뀌고 있는 1차 에너지에 대한 수요체계를 검토하면서 위험을 완화할 수 있는 대책을 마련하는 것이 필요하다.

주요 단어 : 수요체계모형, 1차 에너지, 탄력성, 수입의존도
경제학문헌목록 주제분류 : Q41, Q43, E21

* 이 논문은 한국지질자원연구원 기본사업 (GP2020-005 ; 24-3214)의 지원을 받아 연구하였습니다(2024년도).
** 한국지질자원연구원 미래전략연구센터 선임연구원(주저자) (e-mail: kjiwhan@kigam.re.kr)
*** 이화여자대학교 경제학과 교수(교신저자) (e-mail: yoonkkim@ewha.ac.kr)

Ⅰ. 서 론

우리나라를 포함하여 세계는 1970년대에 2차례의 오일쇼크를 거치면서 유가 상승 충격이 물가 상승 압력을 통해 경제 침체를 유발하는 것을 경험하였다. 2000년대에 국제 에너지 가격이 원유가격 상승에 동반되고 지속적으로 상승하는 추세를 보이며 2009년에는 150달러에 달하는 고유가에 이르렀지만, 경제에 미친 영향은 이전의 오일쇼크 때와 같지 않았다. 이는 1970년대 오일쇼크 이후에 유가 변화가 경제에 미치는 영향이 이전과는 달라졌음을 확인한 Dhawan et al.(2010), Kilian(2008; 2009), Lippi and Nobili(2008), Blanchard and Gali(2007), De Gregorio et al.(2007), Herrera and Pesavento(2009), Edelstein and Kilian(2007) 등에서 예견되기도 하였다. 국내 선행연구들은 에너지 수요의 변화 요인이나 유가 변화가 우리나라 경제에 미치는 영향 변화을 분석하여 그 원인으로 산업구조 및 에너지 소비구조의 변화, 에너지 이용 효율성 변화 등을 제시하였다.

1차 에너지의 가격 변동이 경제에 영향을 미치는 것은 주요 에너지원의 부존 편재성과 물질적 이질성에 기인한다. 대표적인 1차 에너지인 석탄, 원유, 천연가스, 우라늄은 특정지역에 편재되어 있다. 그리고 이 에너지원들은 각각 다른 형태로 존재하여 적합한 이용 방법과 설비가 다르기 때문에 특정 에너지원의 가격이 변화하였을 때 전환에너지 생산공정에서 투입에너지원을 다른 에너지원으로 즉각 대체하기는 곤란하다. 우리나라의 에너지수입의존도는 2021년 기준으로 94.8%이고,[1] 이 수치는 1990년에 88.7%였지만 그 이후에는 계속 90% 이상을 유지하고 있으며 최고치는 1997년의 98.3%였다.[2] 이처럼 에너지수입의존도가 높고 에너지부존 정도가 낮은 우리나라의 경우에 1차 에너지가 갖는 원별 상이성과 특성은 가격 변동이 발생했을

1) 에너지수입의존도는 1차 에너지 공급량(TPES) 중 수입에너지가 차지하는 비중이다. 2021년 기준 우리나라의 에너지 수입액은 1,359.4억 달러였다.

2) 에너지경제연구원(2022). 에너지통계연보 2022.

때에 더 큰 영향을 미치게 된다.

주요 에너지원 대부분을 수입에 의존하는 우리나라는 그동안 국제 에너지 가격의 변동에서 취약성을 가지므로 그 영향을 줄이기 위해 공급안정성 확보방안, 수요관리 방안 등 다양한 정책을 시행하였다. 이러한 정책들이 보다 효율적으로 시행되려면 현재 상태에 대한 판단이 선결되어야 한다. 이에 본 연구는 1차 에너지의 수요체계를 확인함으로써 우리나라 경제의 에너지 수요를 파악하고 1차에너지에 대한 수요 양상이 바뀌고 있다는 점을 밝히고자 한다. 일반적으로 에너지에 대한 수요는 전력이나 석유제품과 같은 전환에너지를 대상으로 하므로 전환에너지를 생산하기 위한 1차 에너지의 가격 변동을 체감하기는 어렵다. 그렇지만 우리나라와 같이 에너지수입 의존도가 높은 나라에게 1차 에너지의 가격 변동은 국제에너지시장의 가격 변동 그 자체이고 중간의 완충단계를 갖지 못하기 때문에 더 큰 위험으로 나타난다.

분석에서는 Stone's price가 적용된 수요체계모형과 Edgerton(1993; 1997)에서 제안된 2단계 모형을 이용해 우리나라의 1차 에너지원에 대한 수요체계를 추정한다. 수요체계모형은 경제주체의 전체 수요구조를 분석하기에 적절하며, 단일 방정식으로 밝히기 어려운 관계성을 파악하기 용이하다는 장점을 갖는다. 그리고 분석에서 고려하는 항목은 석탄, 원유, 천연가스를 포함한 1차 에너지, 노동, 기타투입재이다. 분석대상기간은 1985~2021년이며, 1970~1980년대와 2000년대의 1차 에너지 가격 변화가 경제에 미치는 영향이 상이할 수 있으므로 Kim and Kim(2023), 이근영(2011), 한국은행(2009)에서 제시된 1998년을 기준으로 기간을 구분한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II에서는 수요체계모형을 개괄하고 Deaton and Muellbauer(1980)의 수요체계모형과 Edgerton(1997)의 다단계 수요체계모형을 정리한다. III에서는 2단계 수요체계모형을 구축하여 수요체계를 추정한다. IV에서는 분석 결과를 정리하고 결론을 제시한다.

Ⅱ. 분석모형

1. 수요체계모형

수요체계 모형은 경제주체의 전체 수요구조를 분석하기에 적절하며, 단일 방정식으로 밝히기 어려운 관계성을 파악하기 용이하다(Gostkowski, 2018). 수요체계 모형에 대한 연구는 Christensen et al.(1971)과 Deaton and Muellbauer(1980)가 대표적이며, 전자는 translog cost 모형을 근간으로 하는 생산요소 수요체계 추정모형을, 후자는 효용극대화 소비이론으로부터 유도된 수요체계 모형(AIDS : Almost Ideal Demand System)을 다루었다. translog cost 모형과 AIDS 모형은 기원과 유도과정은 상이하지만, 개발된 모형의 형태는 동일하고 특정 가격지수의 적용 여부에서만 차이를 갖는다. 특정 가격지수는 Stone‘s price로 분석에 도입된 재화 중심의 가격지수로서, 화폐 단위로 표시된 총지출(혹은 총산출) 항을 재화 단위에 비례하도록 표시하여 실질적인 재화 수요량을 반영하여 이론적으로 적합성을 갖는다(Thompson, 2013)

Edgerton(1993; 1997)은 AIDS 모형을 발전시켜 다단계 수요체계모형을 유도하였다. 다단계 수요체계모형은 수요체계 내에 재화그룹을 도입하여, 재화그룹을 포함한 수요체계를 추정하고, 재화그룹에 포함된 재화 간 수요체계를 추정하여 궁극적으로 전체 재화 간 수요체계를 추정하는 모형이다. 이 모형을 이용하여 에너지 재화의 수요체계를 분석한 연구들은 대부분 에너지 제품(2차 에너지)을 대상으로 하였지만,[3] Thompson(2013)은 에너지원(1차 에너지)을 대상으로 수요체계를 분석하였다.

Weng and Mount(1997)에 따르면, translog cost 모형이나 AIDS 모형과 같이 비

3) Dissou and Ghazal(2008), 에너지경제연구원(2006), Dahl and Erdogan(2000) 등

용 비중을 이용한 모형은 수요체계모형으로서 소비자 수요와 요소 수요에 대해 동일하게 적용할 수 있다. 아울러 이 연구는 양자 모두 지출 합(adding up) 제약, 동차성(homogeneity) 제약, 대칭성(symmetry) 제약으로 인해 추정의 효율성(efficiency of the estimation)을 높일 수 있는 장점을 확인하였다.

이에 본 연구에서는 1차 에너지원을 대상으로 한 수요체계를 추정할 때 Deaton and Muellbauer(1980)의 AIDS 모형과 Edgerton(1997)의 수요체계모형을 이용한다. 수요체계의 추정에서는 연도별 통계의 이용, 추정 모수의 개수 등을 고려하여 2단계 추정을 선택하였다.[4)]

2. Deaton and Muellbauer(1980)의 수요체계 모형

수요체계모형은 PIGLOG(Price-Independent Generalized Logarithm) 함수로부터 유도된다. PIGLOG 지출함수는 다음과 같다.

$$\ln C(u, p) = u \ln a(p) + (1-u) \ln b(p)$$

C : 지출함수, u : 효용$(0 \leq u \leq 1)$, p : 가격벡터,

$$\ln a(p) = a_0 + \sum_i a_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j$$

$$\ln b(p) = \ln a(p) + \beta_0 \prod_{i=1}^{n} p_1^{\beta_1}$$

$\ln a(p)$와 $\ln b(p)$를 첫 식에 대입하면,

$$\ln C(u, p) = a_0 + \sum_i a_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j + u\beta_0 \prod_{i=1}^{b} p_i^{\beta_1}$$

4) 다만 2단계 추정은 추정치를 이용한 추정의 과정이 진행되므로 최종 결과치의 유의도가 낮을 수 있다는 단점이 있다.

이 를 $\ln\ p_i$로 미분하면, 다음 식과 같은 지출 비중(ω_i)을 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial \ln C(u,p)}{\partial \ln p_1} = \frac{\partial\ C(u,p)}{\partial\ p_1}\frac{p_i}{C(u,p)} = q\frac{p_i}{C(u,p)} = \omega_i$$

$$\therefore \omega_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n}\gamma_{ij}\ln p_j + \beta_i\, u\, \beta_0 \prod_{i=1}^{b} p_i^{b_i}$$

$$u\beta_0 \prod_{i=1}^{b} p_i^{\beta_1} = \ln\ C(u,p) - a_0 - \sum_{i}^{n} a_i \ln p_i - \frac{1}{2}\gamma_{ij}\ln p_i \ln p_j$$

이때, $a_0 + \sum_{i}^{n} a_i \ln p_i + \frac{1}{2}\gamma_{ij}\ln p_i \ln p_j$는 $\ln P$로 나타내며, 이는 Stone 가격 지수($\sum \omega_i\ \ln p_i$)로 대체한다. 따라서 비중 함수는 다음 식으로 나타난다.

$$\therefore \omega_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n}\gamma_{ij}\ln p_j + \beta_i \ln\left[\frac{C(u,\ p)}{P}\right]$$

$$(\ln\ P = \sum_{k}\omega_k \ln p_k \ :\ \text{Stone's Price index})$$

이렇게 유도된 수요체계 추정을 위한 비중 함수는 지출 합(adding-up) 제약, 동차성(homogeneity) 제약, 대칭성(symmetry) 제약이 충족되어야 한다.

$$\text{adding-up restriction} : \sum_{i}\alpha_i = 1,\ \sum_{j}\gamma_{ij} = 0,\ \sum_{i}\beta_i = 0$$

$$\text{homogeneity restriction} : \sum_{j}\gamma_{ij} = 0$$

$$\text{symmetry restriction} : \gamma_{ij} = \gamma_{ji},\ i \neq j$$

이때, 보상, 비보상 자기 및 교차 가격탄력성과 소득탄력성은 다음과 같은 산식을 추정함으로써 도출할 수 있다.

비보상 가격 탄력성 : $\varepsilon_{ii} = -1 + \frac{\gamma_{ii}}{\omega_i} - \beta_i,\ \varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{\omega_i} - \beta_i \frac{\omega_j}{\omega_i}$

보상 가격탄력성 : $\eta_{ii} = -1 + \frac{\gamma_{ii}}{\omega_i} - \omega_i,\ \eta_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{\omega_i} + \omega_j$

지출(소득)탄력성 : $\upsilon_{ii} = 1 + \frac{\beta_i}{\omega_i},\ \varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{\omega_i} - \beta_i \frac{\omega_j}{\omega_i}$

3. Edgerton(1997)의 수요체계 모형

m개의 재화를 소비하는 경우를 가정하여 Edgerton(1997)의 다단계 수요체계 모형을 도출한다. 수량 q, 가격 p, 총지출 y로 할 때, 수요함수는 다음과 같다.

$$\mathbf{q} = f(\mathbf{p},\ y)$$

이때, q는 m개의 재화에 대한 수요량 벡터, p는 명목가격 벡터, $y = q'p$는 총지출이다. 이 구조를 전제로 2단계 지출체계(2 stage budgeting)를 표현하면, 독립된 두 개의 단계로 구분된다. 첫 단계는 총지출을 n개의 재화 그룹에 할애하는 것을 대상으로 , 둘째 단계는 n개 그룹 중 한 그룹의 m_r개 그룹에 대한 지출을 대상으로 한다.

$$\mathbf{x} = \psi(P,\ y)$$

첫 단계의 n개 그룹을 대상으로 표현한 것이며, x와 P는 각각 $\mathrm{n} \times 1$ 벡터인 그룹 지출과 가격지수이다.

$$\mathbf{qr} = h_r(p_r,\ x_r)$$

둘째 단계의 m_r개 하위 그룹을 가진 r그룹을 대상으로 표현한 것이며, q_r은 $m_r \times 1$ 벡터인 r그룹의 수요량이며, h_r, p_r, x_r은 각각 r그룹에 해당하는 수요함수,

가격지수, 지출이다. 이들은 전체 지출에 대해 $\sum x_r = y$, $\sum m_r = m$을 만족한다. 이렇게 구성된 수요함수 식은 다음을 만족한다.[5)]

$$f_r(\mathbf{p}, y) = h_r[\mathbf{pr}, \psi_r(P, y)] \quad r = 1, 2, ..., n$$

이 관계를 만족하는 수요함수를 전제로 단계를 나누지 않은 i재화의 수요체계와 단계를 나누어 r그룹 원소인 i재화의 그룹 내 수요체계 간 관계를 일반화된 형태로 도출함으로써 2단계 수요체계를 확인할 수 있다.[6)]

모형의 관계식을 재정리하면, i 재화의 소득탄력성은 다음 식과 같이 r그룹의 소득탄력성과 r그룹 내에서 i재화의 소득탄력성의 곱으로 표시될 수 있다.[7)]

$$E_i = E_{(r)i} \cdot \left(E_{(r)} + \frac{\partial \ln P_r}{\partial \ln y}\right) = E_{(r)i} \cdot E_{(r)}$$

r그룹 내 i재화와 s그룹 내 j재화의 전체 수요체계에 대한 가격탄력성 e_{ij}는 다음과 같이 유도된다.

$$e_{ij} = \delta_{rs} e_{(r)ij} + E_{(r)i} w_{(s)j} e_{(r)(s)}$$

가격탄력성을 유도한 식에서 $e_{(r)ij}$는 r그룹 내 두 재화인 i와 j 간의 상대가격탄력성(j 재화의 가격변화율에 따른 i 재화의 수요량 변화율)이고, $e_{(r)(s)}$는 r 그룹과 s 그룹 간의 상대가격탄력성(s 그룹의 가격변화율에 따른 r 그룹의 수요량 변화율)이다.

---

5) 단계를 구분하지 않고 산출한 수요량과 하위 그룹을 설정하여 도출한 수요량이 동일함을 의미한다.

6) 상세 유도과정은 Edgerton(1997)을 참고하라.

7) 소득탄력성 식에서 $\frac{\partial \ln P_r}{\partial \ln y}$ 의 값을 고려하지 않고 있는데, Edgerton(1997)은 이에 대해 많은 연구들이 이미 식 (1)-(12)의 추정방식을 적용하고 있고, 점근적인 차이에 불과하며, 전체 모형이 잘 갖춰지지 못했을 때 다소의 오차를 갖는다는 점을 근거로 식 (1)-(12)를 제시하였다.

Ⅲ. 수요체계모형 실증 분석

1. 실증 분석 모형

실증분석에서는 분석대상이 1차 에너지라는 점을 고려하여 1차 에너지의 수요구조와 그 외 재화의 수요구조를 구분하여[8] 2단계 수요체계모형을 구축하였다. 그리고 1999년 이전과 이후의 변화를 반영할 수 있도록 기간을 구분하는 더미변수를 이용하였다.

1단계에서는 우리나라 경제가 에너지원, 노동, 기타 투입재에 지출하는 구조로 비중함수를 구축하여 추정하고, 2단계에서는 1차 에너지 그룹 내의 석탄, 원유, 천연가스를 구분하여 1차 에너지 수요량의 비중함수 형태로 추정한다. 그리고 각 단계의 결과를 이용해 전체 수요체계를 추정하였다. 비중함수는 다음과 같이 구성하였다.

1단계 :

$$S_{i,t} = (\alpha_i + \theta_i D_i) + \sum_j (\gamma_{ij} + \rho_{ij} D_{ij}) \log(p_j) + (\beta_i + \eta_{ij} D_{ij}) \log(\frac{Y}{P})$$

S_i = i재화의 총생산 중 비중, p_j = j재화의 가격지수

t = 1998년까지 기간에 대해 0, 이후 기간에 대해 1을 표시

γ_{ij} = j재화 가격에 대한 i재화 비중의 추정계수

D_{ij} = 1998년까지 0, 1999년부터 1인 더미변수

i, j = 1차 에너지 재화(e), 노동(l), 기타투입재($oths$)

Y = 총산출, P = $Stone's\ price$

8) 약분리성(weak separability)를 만족한다.

2단계 :

$$E_{n,t} = (\alpha_n + \tau_n D_n) + \sum_m (\theta_{nm} + \delta_{nm} D_{nm}) \log(p_m) + (\beta_n + \tau_{nm} D_{nm}) \log(TE)$$

E_n = n 재화의 에너지 재화수요량 중 비중

p_m = m 재화의 가격지수

t = 1998년 까지 기간에 대해 0, 이후 기간에 대해 1을 표시

θ_{nm} = m 재화 가격에 대한 n 재화비중의 추정계수

D_{nm} = 1998년까지 0, 1999년부터 1인 더미변수

n, m = 석탄(c), 원유(o), 천연가스(g),

TE = 총에너지(석탄, 원유, 천연가스 합) 수요량

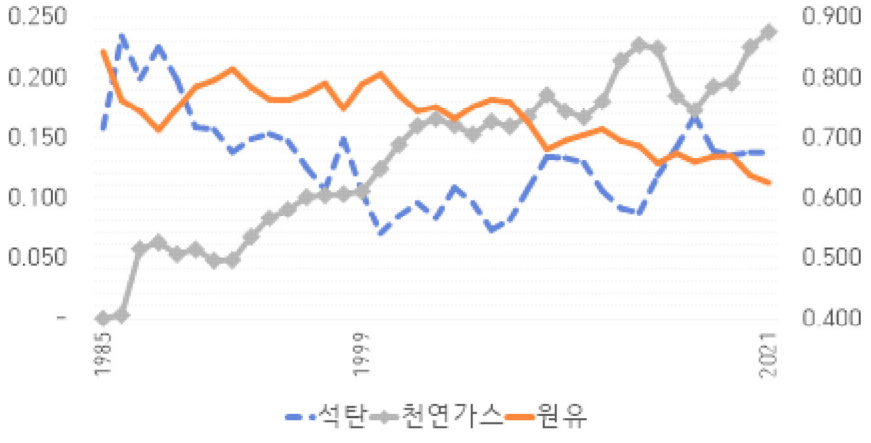
소득변수에 대해 한국은행이 제공하는 국내총산출 자료[9]를 이용한다. 에너지원의 가격지수는 대부분의 에너지원 공급을 해외에 의존하고 있으므로 한국은행의 수입물가지수를 이용한다. 분석대상 에너지원과 기간을 고려할 때, 국내산 무연탄의 경우는 생산자물가지수를 적용하여 가중평균한 값을 이용한다. 에너지원에 대한 수요는 열량 단위로 환산하여 그 합계를 이용한다. 노동의 가격지수로는 임금지수를 이용하며,[10] 전체 분석대상기간에 대한 자료이용을 위해 IMF(International Monetary Fund)의 International Financial Statistics의 자료를 이용한다. 그리고 기타투입재의 가격지수로는 경제의 전반적인 물가수준 지표인 GDP 디플레이터를 이용한다.

에너지원별 비중 추이는 <그림 1>과 같다. 과거에는 원유와 석탄의 비중이 높았지만 점차로 천연가스의 비중이 증가하고 있으며, 석탄은 2000년 이후 다시 증가하고 있다.

9) 한국은행 홈페이지(ecos.bok.or.kr) 자료를 이용하였다.

10) Thompson(2013)의 방법과 동일하다.

〈그림 1〉 에너지원별 비중 변화 추이(1985-2021)



2. 단계별 수요체계모형 실증 분석 결과

실증분석은 비중함수의 추정결과를 이용해 수요체계 즉, 각 재화의 탄력성을 추정하는 과정으로 진행되었으며, Deaton and Muellbauer(1980)가 제시한 지출합(adding-up) 제약, 동차성(homogeneity) 제약, 대칭성(symmetry) 제약이 부과되었다. 수요체계모형의 추정은 비중함수를 이용하여 연립방정식 형태로 추정되므로 SUR(Seemingly Unrelated Regression) 추정법을 적용한다.

1단계에서 실시한 1차 에너지, 노동, 기타 투입재의 비중함수 추정결과를 <표 1>에 제시하였다. 좌측 열은 종속변수, 각 종속변수 열의 위 3개 행은 1985~1998년의 추정결과, 다음 3개 행은 1999년~2001년에 대한 추정결과이다. 1998년까지 우리나라 경제의 에너지 비중은 에너지원 가격이 상승하면 증가(0.0502)하고 총산출이 증가하면 에너지 비중은 감소(-0.0110) 하는 값을 보였던 것으로 나타났다.

〈표 1〉 1단계 비중함수 추정 결과

	constant	p_e	p_l	p_{oths}	Y
$S_{e,0}$	-50.3643 ***	0.0502 ***	-0.0203	-0.0299 **	-0.0110
std.error	9.2412	0.0071	0.0145	0.0135	0.0097
prob	0.0000	0.0000	0.1642	0.0273	0.2579
$S_{e,1}$	1.0147 ***	0.0110	0.0076	-0.0186	-0.0528 ***
std.error	0.1040	0.0074	0.0177	0.0165	0.0118
prob	0.0000	0.1385	0.6695	0.2763	0.0000
$S_{l,0}$	-54.1486 **	-0.0203	0.5567 **	-0.5364 **	0.0657 **
std.error	21.6904	0.0145	0.2294	0.2235	0.0300
prob	0.0144	0.1642	0.0172	0.0174	0.0312
$S_{l,1}$	0.8047 ***	0.0076	-0.5158 *	0.5082	-0.0969 ***
std.error	0.2893	0.0177	0.2923	0.3419	0.0334
prob	0.0066	0.6695	0.0810	0.1393	0.0046
$S_{oths,0}$	105.4630 ***	-0.0299 **	-0.5364 **	0.5667 **	0.0547 *
std.error	20.9518	0.0135	0.2235	0.2253	0.0298
prob	0.0000	0.0273	0.0174	0.0137	0.0683
$S_{oths,1}$	-1.8174 ***	-0.0186	0.5082	-0.4901 *	0.2097 ***
std.error	0.2850	0.0165	0.3419	0.2780	0.0327
prob	0.0000	0.2763	0.1393	0.0813	0.0000

Note : ***, ** and * denote significance at the 1%, 5%and 10% levels, respectively.

1999년 이후에는 1차 에너지 가격이 상승할 때 1차 에너지 비중이 증가(0.0110)하나 유의하지 않고, 총산출이 증가할 때에 에너지원 비중은 10% 수준에서 유의하게 감소(-0.0528)하는 것으로 나타났다. 기타 투입재 비중은 1998년까지는 1차 에너지 가격이 상승할 때 5% 수준에서 유의하게 감소(-0.0299)하는 것으로 나타났으며, 총산출이 증가할 때에 이는 1998년까지 10% 수준에서 유의하게 증가(0.0547)하고, 이후 기간에 1% 수준에서 유의하게 증가(0.2097)하는 것으로 나타났다.

1단계 추정결과에 따라 수요체계를 추정하면 <표 2>와 같다. 1차 에너지의 수요는 1998년까지 자기가격에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 가격탄력성(0.5270)을

보였으며, 총산출에 대해 양의 탄력성 값(0.6727)을 보였다. 기타 투입재 가격에 대해 10% 수준에서 유의한 음의 탄력성을 보였다. 동 기간 노동수요의 경우, 1차 에너지 가격과 기타 투입재 가격에 대해 음의 탄력성을 보였으며, 자기가격에 대해서는 10% 수준에서 유의한 양의 탄력성을 보였다. 총산출에 대해 노동의 수요탄력성은 10% 수준에서 유의한 양의 값을 보였다.

〈표 2〉 1단계 비중 함수 추정결과에 따른 탄력성 추정 결과

1985–1998	E Price	L Price	Oths Price	Y
E Demand	0.5270 **	-0.1703	-0.3566 *	0.6727
S.E	0.2113	0.4305	0.2073	1.0181
p-val.	0.0124	0.7022	0.0913	0.5013
L Demand	-0.0132	0.7179 *	-0.7047 *	1.1517 *
S.E	0.0334	0.3993	0.4032	0.6262
p-val.	0.6933	0.0751	0.0835	0.0688
Oths Demand	-0.0225 **	-0.5730 **	0.5962 **	1.1027 *
S.E	0.0103	0.2416	0.2418	0.6169
p-val.	0.0307	0.0196	0.0154	0.0768

1999–2021	E Price	L Price	CA Price	Y
E Demand	-0.0390 *	0.2559	-0.2169	0.0699 **
S.E	0.0230	0.7488	0.1541	0.0329
p-val.	0.0937	0.7333	0.1624	0.0363
L Demand	0.0398	-0.4662 *	0.4264 *	0.9293 **
S.E	0.1390	0.2766	0.2540	0.4244
p-val.	0.7753	0.0963	0.0986	0.0413
Oths Demand	-0.0303	0.3837	-0.3536 *	1.5394 *
S.E	0.0242	0.4386	-0.1969	3.5299
p-val.	0.2137	0.2853	0.0755	0.0776

Note : ***, ** and * denote significance at the 1%, 5%and 10% levels, respectively.

기타투입재의 경우, 1차 에너지 가격, 노동의 가격, 자기가격, 총산출에 대해 유의한 결과를 보였다. 기타투입재의 1차 에너지 가격에 대한 교차탄력성은 5% 수준에

서 유의한 음의 값(-0.0225)을, 노동의 가격에 대해서는 5% 수준에서 유의한 음의 값(-0.5730)을, 자기가격 탄력성은 5% 수준에서 유의한 (0.5962)을 보였다. 총산출에 대해서는 10% 수준에서 유의한 값(1.1027)을 보였다.

1999년 이후 기간을 대상으로 한 탄력성 추정결과를 보면, 1차 에너지, 노동, 기타 투입재의 자기가격에 대한 탄력성은 모두 유의한 음의 값이었고 총산출 탄력성에 대해서는 모두 양의 유의한 값을 보였다. 에너지원은 자기가격에 대해 10% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0390)을, 총산출 탄력성은 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.0699)을 보였다. 1985~1998년을 대상을 한 추정결과와 비교하면, 자기가격에 대해 양의 값에서 음의 값을 보여 보다 이론에 부합하는 경제로 이행하였다고 볼 수 있다.

2단계에서의 1차 에너지 종별 비중함수 추정결과는 <표 3>과 같다. 1998년까지 석탄의 수요 비중은 자기가격에 대해 1% 유의수준에서 양의 값(0.1301)을 보였다. 원유가격에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.1738)을, 천연가스 가격에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.0437)을, 총에너지 수요변화에 대해 석탄 수요의 비중은 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0855)을 보였다. 1999년 이후, 석탄의 수요 비중은 자기가격 상승에 대해 5% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0632)을, 원유가격 변화에 대해 1% 수준에서 유의한 양의 값(0.1516)을, 천연가스 가격 변화에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0884)을 보였다. 총에너지 수요량 변화에 대해 석탄 수요의 비중은 1% 수준에서 유의한 양이 값(0.1339)을 보였다.

원유의 수요 비중은 1998년까지 자기가격 변화에 대해 1% 수준에서 유의한 양의 값(0.2485)을, 천연가스 가격에 대해 음의 값을 보였다. 총에너지 수요 변화에 대해 원유 수요의 비중은 1% 수준에서 유의한 양의 값(0.0916)을 보였다. 1999년 이후, 원유의 수요 비중은 자기가격에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.2365)을 보였다.

천연가스의 수요 비중은 1998년까지 석탄 가격 변화에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 값을 보였다. 1999년 이후 천연가스 수요 비중은 석탄 가격 변화에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0884)을, 총에너지 수요량 변화에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.1553)을 보였다.

〈표 3〉 2단계 비중함수 추정 결과

	constant	p_c	p_o	p_g	TE
$ES_{c,0}$	-25.1911	0.1301 ***	-0.1738 ***	0.0437 **	-0.0855 ***
std.error	19.8556	0.0224	0.0290	0.0203	0.0155
prob	0.2078	0.0000	0.0000	0.0321	0.0000
$ES_{c,1}$	-1.5667 ***	-0.0632 **	0.1516 ***	-0.0884 ***	0.1339 ***
std.error	0.4995	0.0242	0.0313	0.0223	0.0419
prob	0.0023	0.0107	0.0000	0.0001	0.0019
$ES_{o,0}$	148.9367 ***	-0.1738 ***	0.2485 ***	-0.0747	0.0916 ***
std.error	26.4716	0.0290	0.0649	0.0504	0.0241
prob	0.0000	0.0000	0.0002	0.1417	0.0003
$ES_{o,1}$	-0.3626	0.1516 ***	-0.2365 ***	0.0849	0.0214
std.error	0.7055	0.0313	0.0710	0.0567	0.0591
prob	0.6085	0.0000	0.0013	0.1379	0.7182
$ES_{g,0}$	-122.8391 ***	0.0437 **	-0.0747	0.0312	0.0061
std.error	20.5265	0.0203	0.0504	0.0453	0.0210
prob	0.0000	0.0321	0.1417	0.4928	0.7725
$ES_{g,1}$	1.9280 ***	-0.0884 ***	0.0849	0.0038	-0.1553 ***
std.error	0.5634	0.0223	0.0567	0.0528	0.0474
prob	0.0009	0.0001	0.1379	0.9432	0.0014

Note : ***, ** and * denote significance at the 1%, 5%and 10% levels, respectively.

2단계 수요비중 추정결과에 따라 2단계 수요체계를 추정하면 <표 4>와 같다. 1998년까지 석탄은 자기가격에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0475)을 보였으며, 원유가격에 대한 교차탄력성은 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.2761)을, 천연가스 가격에 대한 교차탄력성은 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.3236)을, 총에너지 수요량 변화에 대해 1% 수준에서 유의한 양의 값(0,4824)을 보였다. 원유 수요의 석탄 가격 교차탄력성은 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0588)을, 자기가격에 대해 1% 수준에서 유의한 양의 값(0.0960)을, 총에너지 수요량 변화에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 값(1.1181)을 보였다. 천연가스의 경우, 1998년까지는 석탄 가격에 대

한 교차탄력성은 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.9029)을 보였다.

〈표 4〉 2단계 비중함수 추정 결과에 따른 탄력성 추정 결과

1985–1998	C Price	O Price	G Price	TE
C Demand	-0.0475 ***	-0.2761 ***	0.3236 **	0.4824 ***
S.E	0.0082	0.0461	0.1503	0.0874
p-val.	0.0000	0.0000	0.0315	0.0000
O Demand	-0.0588 ***	0.0960 ***	-0.0371	1.1181 **
S.E	0.0072	0.0273	0.0295	0.5075
p-val.	0.0000	0.0002	0.2126	0.0331
G Demand	0.9029 **	-0.4865	-0.4144	1.1026
S.E	0.3958	0.3682	0.5909	3.4981
p-val.	0.0315	0.1389	0.4830	0.7571

1999–2021	C Price	O Price	G Price	TE
C Demand	-0.3482 ***	0.5005 ***	-0.1524 **	1.3795 ***
S.E	0.1200	0.1241	0.0586	0.4042
p-val.	0.0053	0.0000	0.0161	0.0009
O Demand	0.0947 ***	-0.3082 ***	0.2135	1.1676
S.E	0.0235	0.0833	0.1421	1.2956
p-val.	0.0000	0.0007	0.1398	0.3592
G Demand	-0.0979 **	0.7253	-0.6255	0.2478
S.E	0.0375	0.4809	1.6554	0.3282
p-val.	0.0161	0.1398	0.7180	0.3869

Note : ***, ** and * denote significance at the 1%, 5%and 10% levels, respectively.

1999년 이후 석탄의 수요탄력성은 자기가격, 원유가격, 천연가스 가격에 대해 유의한 결과를 보였으며, 총에너지 수요에 대해서도 유의한 결과를 보였다. 석탄의 수요탄력성은 자기가격에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.3482)을, 원유가격에 대한 석탄 수요의 교차탄력성은 1% 수준에서 유의한 양의 값(0.5005)을, 천연가스 가격에 대한 석탄 수요의 교차탄력성은 5% 수준에서 유의한 음의 값(-0.1524)을 보였다. 총에너지 수요량 변화에 대해 석탄의 수요탄력성은 1% 수준에서 유의한 양의

값(1.3795)을 보였다.

석탄 가격에 대한 원유 수요의 교차탄력성은 1% 수준에서 유의한 양의 값(0.0947)을, 자기가격에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.3082)을 보였다. 천연가스 수요는 석탄 가격에 대해 5% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0979)을 보였다.

1998년 이전에 비해 1999년 이후는 석탄 수요의 자기가격 탄력성이 보다 탄력적으로 바뀌었고, 원유가격에 대한 교차탄력성도 유의한 양의 값으로 바뀌었다. 총에너지 수요의 증가에 따라 석탄의 수요탄력성은 보다 탄력적으로 변화하였다. 원유의 자기가격탄력성은 유의한 양의 값으로 변화하였다. 천연가스 가격에 대한 교차탄력성도 커져서 대체관계를 보이기는 하지만, 유의하지는 않았다.

1, 2단계 추정결과를 이용하여 전체 수요체계를 추정한 결과를 <표 5>와 <표 6>에 제시하였다. 1998년까지를 대상으로 추정한 결과에 따르면, 석탄 수요는 자기가격에 대해 1% 수준에서 유의한 음의 값(-0.0055)을, 원유 수요는 자기가격에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.5529)을 천연가스 수요는 가격과 무관한 양태를 보였다.

소득탄력성은 원유 수요가 10% 수준에서 유의한 양의 탄력적인 값(3.2521)을 보였다. 대체관계를 나타내는 교차탄력성은 석탄 수요는 천연가스 가격에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.3386)을, 기타투입재에 대해 5% 수준에서 유의한 음의 값(-0.1720)을 보였다. 원유 수요의 경우, 임금에 대해 10% 수준에서 유의한 음의 값(-0.1905)을, 기타투입재 가격에 대해 10% 수준에서 유의한 음의 값(-0.2125)을 보였다.

1999년 이후에 석탄 수요의 자기가격 탄력성은 5% 수준에서 유의한 음의 값(-0.3550)을, 원유가격에 대해 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.4589)을 보였다. 소득에 대한 석탄의 수요탄력성은 5% 수준에서 유의한 양의 값(0.0964)을 보였다. 원유 수요의 자기가격 탄력성은 10% 수준에서 유의한 음의 값(-0.3388)을, 석탄 가격에 대한 교차탄력성은 10% 수준에서 유의한 양의 값(0.0889)을 보였다.

〈표 5〉 1985~1998년에 대한 수요체계 추정 결과

1985-1998	C Price	O Price	G Price	L Price	Oths Price	Y
C Demand	-0.0055 ***	-0.0789	0.3386 **	-0.0822	-0.1720 **	0.3245
S.E	0.0019	0.0659	0.0371	0.0877	0.1010	0.2809
p-val.	0.0041	0.2341	0.0409	0.3511	0.0457	0.2507
O Demand	0.0385	0.5529 **	-0.0023	-0.1905 *	-0.2125 *	3.2521 *
S.E	0.0328	0.2605	0.0014	0.0977	0.1110	1.1469
p-val.	0.2421	0.0362	0.1097	0.0541	0.0583	0.0510
G Demand	0.9990	-0.0359	0.7567	-0.1878	-0.3933	3.7417
S.E	0.9066	0.0348	0.9315	0.2168	0.4518	4.5918
p-val.	0.2731	0.3052	0.4185	0.3883	0.3862	0.4170
L Demand	-0.0025	-0.0118	-0.0009	0.7179 *	-0.7047 *	1.1517 *
S.E	0.0026	0.0130	0.0009	0.3993	0.4032	0.6262
p-val.	0.3363	0.3660	0.3386	0.0751	0.0835	0.0688
Oths Demand	-0.0041 *	-0.0192 *	-0.0015 *	-0.5730 **	0.5962 **	1.1027 *
S.E	0.0021	0.0098	0.0008	0.2416	0.2418	0.6169
p-val.	0.0538	0.0519	0.0609	0.0196	0.0154	0.0768

Note : ***, ** and * denote significance at the 1%, 5%and 10% levels, respectively.

〈표 6〉 1999년~2001년에 대한 수요체계 추정 결과

1999-2021	C Price	O Price	G Price	L Price	Oths Price	Y
C Demand	-0.3550 **	0.4589 **	-0.1630 **	-0.0471	-0.2992 ***	0.0964 **
S.E	0.1645	0.2104	0.0771	0.0520	0.1702	0.0403
p-val.	0.0333	0.0315	0.0369	0.3671	0.0817	0.0186
O Demand	0.0889 *	-0.3388 *	0.2045	0.1318	-0.2532	0.0816
S.E	0.0521	0.1987	0.1267	0.2178	0.2240	0.0629
p-val.	0.0910	0.0912	0.1096	0.5462	0.2608	0.1977
G Demand	-0.0992 *	0.7188	-0.6274	-0.0053	-0.0538	0.0173
S.E	0.0590	0.4830	-0.6441	0.0090	0.0489	0.0138
p-val.	0.0981	0.1398	0.3325	0.5601	0.2747	0.2116
L Demand	0.0047	0.0249	0.0073	-0.4662 *	0.4264 *	0.9293 **
S.E	0.0057	0.0310	0.0089	0.2766	0.2540	0.4244
p-val.	0.4083	0.4236	0.4100	0.0963	0.0986	0.0413
Oths Demand	-0.0060	-0.0315	-0.0093	0.3837	-0.3536 *	1.5394 *
S.E	0.0041	0.0224	0.0064	0.4386	-0.1969	3.5299
p-val.	0.1456	0.1633	0.1490	0.2853	0.0755	0.0776

Note : ***, ** and * denote significance at the 1%, 5%and 10% levels, respectively.

1998년까지 1차 에너지, 노동, 기타투입재로 구성된 수요체계에 따르면, 자기가격에 대한 수요탄력성이 양의 유의한 값을 보였다. 그리고 원유 수요는 총산출에 대해서도 양의 유의한 값을 보였다. 1999년 이후의 기간에 대해서는 에너지, 노동, 기타투입재 모두 자기가격에 대해 유의한 음의 탄력성 값을 보였으며, 총산출에 대해 유의한 양의 탄력성 값을 보였다.

석탄, 원유, 천연가스의 수요체계 추정결과를 보면, 1999년 이후 석탄과 원유는 자기가격에 대해 유의한 음의 값을 보였다. 석탄과 원유는 교차탄력성에서도 양의 유의한 값을 보여 대체성을 갖는다고 할 수 있다. 석탄은 발전용으로 사용되므로, 원유와의 대체성은 석유제품을 이용하던 분야에서 전기로의 전환이 많아진 것으로 이해할 수 있다.

우리나라 경제 전체의 수요체계에서 보면, 석탄의 수요는 자기가격과 원유가격에 대해 유의한 값을 보였으며, 총산출 변화에 대해 양의 유의한 탄력성을 보였다. 원유의 수요는 자기가격과 석탄 가격에 대해 유의한 탄력성을 보이는 것으로 나타났다.

Ⅳ. 결　　론

본 연구는 우리나라의 에너지수입의존도가 높다는 점을 고려하여 2단계 수요체계 모형을 이용해 우리나라를 대상으로 석탄, 원유, 천연가스를 포함한 1차 에너지와 노동, 기타 투입재 간의 수요체계를 추정하였다.[11] 이를 통해서 시간에 따라 1차 에너지에 대한 수요 양상이 바뀌고 있다는 점을 밝히고자 하였다. 실증분석에서는 비중함수 추정결과를 이용하여 각 재화의 탄력성을 추정하였고, 이때 지출합 제약, 동차성 제약, 대칭성 제약을 부과했다. 분석기간은 우리나라 경제구조의 변화를 반영하여 1985~1998년과 1999년~2021년으로 구분했다.

추정결과에 따르면 1985~1998년에는 1차 에너지, 노동, 기타투입재로 구성된 수

11) 모형에서 필요로 하는 자료 중에 월 혹은 분기 자료를 이용하기 곤란한 변수로 인해 부득이 연간 단위 자료를 이용했다. 연간 단위 자료의 이용으로 기타투입재의 범위를 넓게 설정하게 되었고, 2단계 분석을 진행하여 추정치의 유의도가 낮아졌다는 점은 개선이 필요하다.

요체계에 따르면, 자기가격에 대한 수요탄력성이 양의 유의한 값을 보였다. 그리고 원유 수요의 경우에 총산출에 대해서도 양의 유의한 값을 보였다. 1999년 이후 기간에 대해서는 에너지, 노동, 기타 투입재 모두 자기가격에 대해 유의한 음의 탄력성 값을 보였으며, 소득에 대해 유의한 양의 탄력성 값을 보였다.

석탄, 원유, 천연가스의 수요체계 추정결과를 보면, 1999년~2021년에는 석탄과 원유는 자기가격에 대해 유의한 음의 값을 보였다. 석탄과 원유는 교차탄력성에서도 양의 유의한 값을 보여 대체성을 갖는다고 할 수 있는 결과를 보였다. 석탄은 발전용으로 사용되므로 원유와의 대체성을 고려하면 석유를 이용하던 분야에서 전력으로의 대체성이 높아진 것으로 볼 수 있다.

1998년까지의 수요체계 추정결과는 정상재에 대한 수요 행태와 다소 상이한 결과를 보였으나, 1999년 이후 수요체계의 추정결과는 정상재에 대한 수요행태와 같은 결과를 보였다. 두 기간에 대해 추정결과가 다른 것은 구조적 변화가 발생했다는 것을 의미한다. 1980~1990년대에는 우리나라의 고도성장기가 포함되어 있고 전원 구성에서 석유를 다른 에너지원으로 대체하고자 노력하였고 천연가스 수입으로 도시가스의 보급이 시작되었던 시기이다. 또한 1970년대에 발생하였던 오일쇼크의 경험으로 석유공급 안정성 확보를 위한 비축유 사업이 진행되었던 시기이다. 이어 2000년대에는 우리나라 경제의 성장세가 둔화되면서 전반적인 효율성 증진이 요구되었고 전력 이용 분야가 이전 기간에 비해 폭넓게 확대되는 시기이다. 각 분석대상기간에서 있었던 경제 상황 변화와 에너지 관련 변화가 반영된 추정결과로 해석된다.

일반적으로 에너지에 대한 수요는 전력이나 석유제품과 같은 전환에너지를 대상으로 하므로 전환에너지를 생산하기 위한 1차 에너지의 가격 변동을 체감하기는 어렵다. 우리나라와 같이 에너지수입의존도가 높은 나라에게 1차 에너지의 가격 변동은 국제에너지시장의 가격 변동 그 자체이기 때문에 완충하기 어려워서 더 큰 위험으로 다가오게 된다. 분석결과에 따르면 우리나라의 경제는 1998년을 기점으로 유가가 상승하면 원유 수요가 감소하는 형태를 보이고 있다. 따라서 이처럼 1차 에너지 가격 변화에 대한 수요 반응이 시기별로 달라지고 있으므로 이를 고려하면서 대응하는 것이 필요하다.

접수일(2024년 2월 14일), 수정일(2024년 2월 27일), 게재확정일(2024년 2월 27일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

에너지경제연구원(2006). 계량경제모형을 이용한 탄소세의 산업별 실효성에 관한 연구. 의왕 : 에너지경제연구원.

에너지경제연구원(2022). 에너지통계연보. 울산 : 에너지경제연구원.

이근영(2011). “유가충격이 거시경제변수에 미치는 영향.” 금융연구 25(4) : 59-93.

한국은행(2009). “우리나라의 물가에 관한 연구.” 서울 : 한국은행.

한국은행. 경제통계시스템. ecos.bok.or.kr (검색일: 2024.01.08).

Blanchard, O. J. and Gali, J.(2007). “The Macroeconomic Effects of Oil Shocks: Why Are the 2000s So Different from the 1970s?.” *NBER Working Paper* 13368.

Christensen L. R., Jorgenson, D. W. and L. J. Lau.(1971). “Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function.” *Econometrica* 39(4) : 32-39.

Dahl, C. and Erdogan, M.(2000). “Energy and interfactor substitution in Turkey.” *OPEC Energy Review* 24(1) : 1-22.

De Gregorio, J., Landerretche, O., Neilson, C., Broda, C. and Rigobon, R.(2007). “Another pass-through bites the dust? Oil prices and inflation [with comments].” *Economia* 7(2) : 155-208.

Deaton, A. D. and Muellbauer, J.(1980). :An Almost Ideal Demand System.“ American *Economic Review* 70(3) : 312-326.

Dhawan, R., Karsten, J. and Silos, P.(2010). “Productivity, Energy Prices and Great Moderation: A New Link.” *Review of Economic Dynamics* 13(3) : 715-724.

Dissou, Y. and Ghazal, R.(2008). “Energy Substitutability in Canadian Manufacturing, Econometric Estimation with Bootstrap Confidence intervals.” Working Paper #0809E. University of Ottawa.

Edelstein, P. and Kilian, L.(2007). “The response of business fixed investment to changes in energy prices: A test of some hypotheses about the transmission of energy

price shocks.” *The B.E. Journal of Macroeconomics* 7(1).

Edgerton, D. L.(1993). “On the Estimation of Separable Demand Models.” *Journal of Agricultural and Resource Economics* 18(2) : 141-146.

Edgerton, D. L.(1997). “Weak Separability and the Estimation of Elasticities in Multistage Demand Systems.” *American Journal of Agricultural Economics* 79(1) : 62-79.

Gostkowski, M.(2018). “Elasticity of consumer demand : Estimation using a quadratic almost ideal demand system.” *Econometrics* 22(1) : 68-78.

Herrera, A. M. and Pesavento, E.(2009). “Oil Price Shocks, Systematic Monetary Policy and the Great Moderation.” *Macroeconomic Dynamics* 13(1) : 107-137.

Kilian, L.(2008). “The Economic Effects of Energy Price Shocks.” *Journal of Economic Literature* 46(4) : 871-909.

Kilian, L.(2009). “Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market.” *American Economic Review* 99(3) : 1053-1069.

Kim, Y. K. and Kim, J. W.(2023). “A Study on Changes in Industrial Value Added Response to Oil Prices in Korean.” *Econ Environ Geol* 56(4) : 447-456. https://doi.org/10.9719/EEG.2023.56.4.447

Lippi, F. and Nobili, A.(2008).Oil and Macroeconomy: A Structural VAR Analysis with Sign Restrictions.Paris & London : CEPR Press.

Thompson, A.(2013). “An almost ideal supply system estimate of US energy substitution.” *Energy Economics* 40 : 813-818.

Weng, W. and Mount, T. D.(1997).Demand Systems for Energy Forecasting: Practical Considerations for Estimating a Generalized Logit Model. New York : Cornell University.

ABSTRACT

Estimation of Primary Energy Demand in Korea Using the Demand System Model*

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

Korea's energy import dependency is 94.8% as of 2021, has maintained this level for the past 30 years. In this study, the demand system between energy sources including coal, crude oil, and natural gas, labor, and other inputs was estimated using a two-stage demand system model to reveal that the demand pattern for primary energy is changing. According to the estimation results, in the period before 1998, self-price elasticity was a positive value for all goods. All of them showed positive values for total output. In the period after 1999, the self-price elasticity of all goods showed negative values. It was found to have a positive value for the total output. According to the estimation results for the primary energy, the cross-price elasticity between coal and crude oil, which are in charge of base power while substitute fuel oil with electricity, was found to be a significant positive value. It is not very often to experience price change of primary energy to produce conversion energy because the price of electricity and petroleum products are regulated in Korea. However, for countries with a high energy import dependency, such as Korea, price change of primary energy are exposed to greater risks because they are induced from international energy market. Therefore it is necessary to examine the demand response to primary energy that is changing over time.

Key Words : demand system model, primary energy, elasticity

* This study was conducted with the fund of the Korea Institute of Geological Mineral Resources (GP2020-005 ; 24-3214).

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

*** Professor, Ewha Womans University, yoonkkim@ewha.ac.kr