

시계열 자료를 이용한 도시가스의 수요함수 추정

이승재 · 어승섭 · 유승훈[†]

서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과

(2013년 10월 29일 접수, 2013년 12월 10일 수정, 2013년 12월 10일 채택)

Estimation of city gas demand function using time series data

Seung-jae Lee, Seung-seob Euh, Seung-Hoon Yoo[†]

Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology

(Received 29 October 2013, Revised 10 December 2013, Accepted 10 December 2013)

요 약

본 연구에서는 1981년부터 2012년까지의 시계열 자료를 이용하여 도시가스의 수요함수를 추정하고자 한다. 도시가스의 수요함수는 수용가의 도시가스 수요행태에 대한 정보를 제공하여 가격과 같은 주요 정책변수의 효과를 사전적으로 진단하는 데, 그리고 수요예측을 하는 데 유용하게 활용된다. 시계열 데이터를 효과적으로 활용하기 위하여 내생시차변수 모형을 활용하였고, 수요함수의 모수에 대한 강건한 추정치를 얻기 위해 최소자승법 추정법을 사용하였다. 단기 가격탄력성 및 소득탄력성은 각각 -0.522 및 0.874로 추정되었으며 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하였다. 단기 가격탄력성은 가격에 비탄력적인 도시가스수요의 특징을 보여주고 있으며, 단기 소득탄력성 역시 비탄력적으로 추정되어 소득 증감에 따라 도시가스의 수요가 크게 변화지 않음을 알 수 있다. 반면, 장기 가격탄력성 및 소득탄력성은 각각 -2.155 및 3.607로 나타나 탄력적임을 알 수 있다.

주요어 : 수요함수, 도시가스, 가격탄력성, 소득탄력성, 내생시차변수 모형

Abstract - This paper attempts to estimate the city gas demand function in Korea over the period 1981-2012. As the city gas demand function provides us information on the pattern of consumer's city gas consumption, it can be usefully utilized in predicting the impact of policy variables such as city gas price and forecasting the demand for city gas. We apply lagged dependent variable model and ordinary least square method as a robust approach to estimating the parameters of the city gas demand function. The results show that short-run price and income elasticities of the city gas demand are estimated to be -0.522 and 0.874, respectively. They are statistically significant at the 1% level. The short-run price and income elasticities portray that demand for city gas is price- and income-inelastic. This implies that the city gas is indispensable goods to human-being's life, thus the city gas demand would not be promptly adjusted to responding to price and/or income change. However, long-run price and income elasticities reveal that the demand for city gas is price- and income-elastic in the long-run.

Key words : demand function, city gas, price elasticity, income elasticity, lagged dependent variable model

[†]To whom corresponding should be addressed.

Department of Energy Policy, Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science & Technology

Tel : 02-970-6802 E-mail : shyoo@seoultech.ac.kr

1. 서 론

도시가스는 편리성, 안정성 등의 장점으로 취사용과 난방 및 급탕용으로 널리 이용되고 있으며, 전력, 상하수도과 같이 국민생활에 필수재적 성격을 갖고 있는 공공재의 특성을 갖고 있다. 또한 도시가스는 유연탄, 석유 등 화석연료에 비하여 대기오염물질이 거의 발생하지 않아 친환경적 청정연료이다.

최근 몇 년간 도시가스의 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 전체 가구에서 도시가스 사용 가구의 비중은 2001년 50.3%에서 2012년 72.8%로 증가하였으며, 특히 서울시의 경우에는 도시가스 사용 가구의 비중이 2012년 현재 92%에 달하는 것으로 나타났다(가스통계, 2013). 최종에너지 수요부문에서도 도시가스의 비중은 2010년 21.4%, 2012년 22.8%, 2020년 27.4%로서 연평균 2.4%의 증가세로 지속적으로 확대될 것으로 예상 된다. 이는 자체적인 소비의 편리성 및 전력수요 증가에 의한 침투부하용 수요의 증가 등에 기인하는 것으로 분석되고 있다(녹색성장위원회, 2012).

이렇게 도시가스의 수요가 증가할 것으로 예상되는 가운데, 도시가스 수요에 대한 명확한 예측은 합리적인 에너지 정책을 구현하는데 아주 중요하다. 본 연구는 도시가스 수요함수를 추정함으로써 우리나라의 도시가스 수요의 장단기 가격 및 소득 탄력성을 추정하고자 한다.

도시가스에 대한 장단기 수요 탄력성은 각 독립변수의 변화에 수요량이 얼마나 민감하게 변화하는지를 보여줄 수 있다. 단기 수요 탄력성은 도시가스 수요자가 비교적 짧은 시간에 수요의 구조적인 변화 없이 독립변수의 변화에 대한 반응을 나타내며, 장기 수요 탄력성은 도시가스 수요자가 장기적으로 수요의 구조 자체를 어떻게 변화시키는데 대한 정보를 제공한다.

도시가스 수요에 대한 가격 탄력성은 도시가스를 주로 이용하는 소비자의 도시가스 수요 행태에 대한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 에너지 정책의 기본 자료로서, 가격과 같은 주요 정책변수의 효과를 사전적으로 예측하는 데 유용하게 활용할 수 있다. 도시가스 수요의 소득탄력성은 가계 소득이 증가할 경우 도시가스 수요의 변화를 계량적으로 분석하는 데 활용할 수 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제2절은 도시가

스 수요함수에 대한 선행연구 사례를 분석하고 제3절에서는 수요함수 추정모형의 연구방법론을 설명한 후 제4절은 본 수요함수 추정모형을 적용한 분석결과를 제시한다. 그리고 마지막 제5절은 연구 결과를 요약하고 시사점을 도출할 것이다.

2. 선행연구 분석

선행연구 사례를 분석하면, 도시가스 수요함수 추정에 대한 연구는 에너지 일반에 대한 수요함수 추정 연구에 비해 많지 않다. 도시가스 수요함수 추정에 대한 국내 사례는 거의 없는 가운데, 해외 일부 국가들을 대상으로 도시가스 용도로도 쓰이는 천연가스의 수요함수를 추정한 연구사례는 일부 보고되고 있다. Table 1에 연구결과를 요약하여 제시하였다.

Lee and Singh(1994)는 1987년의 미국 캘리포니아 지역 패널자료를 활용하여 가정용 천연가스에 대한 장기 소득탄력성을 추정하였다. 추정결과 장기 소득탄력성은 비탄력적으로 추정되었다. Balestra and Nerlove(1996)은 1957년부터 1962년의 시계열 자료와 미국 36개 주의 횡단면 자료를 활용하여 천연가스의 수요의 가격 및 소득 탄력성을 추정하였다. 추정결과 장기 소득 탄력성은 -0.01에서 -0.20로 미국 천연가스 수요는 수요 법칙이 성립되며, 가격변화에도 비탄력적으로 나타나 천연가스가 필수재적 성격을 가지고 있음을 알 수 있다. Beierlein et al(1981)과 Blattenberger et al(1983) 역시 패널 자료를 활용하여 천연가스 수요의 가격 및 소득 탄력성을 추정하였다. 추정결과 단기에 있어서 수요의 가격탄력성은 각각 -0.05와 -0.03으로 비탄력적으로 추정되었으며, 장기에 있어서 수요의 가격탄력성은 -0.33과 -0.26으로 추정되었다. 단기 수요의 소득탄력성은 각각 0.11과 0.06이며, 장기 수요의 소득탄력성은 0.77과 0.48로 추정되었다. Herabert(1986)는 1970년부터 1982년 6개주 지역 패널자료를 활용하여 장기 가격 및 소득탄력성을 추정하였는데, 각각 -0.22, 0.17로 분석한 바 있다.

도시가스 용도로도 사용되는 천연가스에 대한 선행연구는 대부분 북미 지역에서 이루어 졌으며, 분석결과를 살펴보면 수요의 가격탄력성의 추정결과는 장단기 모두 음수로 추정되었다. 도시가스는 수요 법칙이 성립되는 재화의 속성을 가지는 것으로 분석되었다. 이와 함께 장단기 소득탄력성은 절대값이 1보

Table 1. Empirical results for the estimation of the natural gas demand function

Countries	Sources	Study period	Price elasticity		Income elasticity	
			Short-run	Long-run	Short-run	Long-run
United States (California)	Lee and Singh	1987	-	-	-	0.18
United States (36 states)	Balestra and Nerlove	1957~1962	-	-0.01 ~ -0.20	-	0.01 ~ 0.02
United States (Northeastern states)	Beierlein et al.	1961 ~ 1970	-0.05	-0.33	0.11	0.77
	Blattenberger et al.	1961 ~ 1974	-0.03	-0.26	0.06	0.48
United States (6 states)	Herbert	1970 ~ 1982	-	-0.22	-	0.17

다 작아 비탄력적으로 추정되었고 천연가스 및 도시가스가 필수재적 성격을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

3. 수요함수의 추정모형

일반적으로 시차를 고려하지 않은 회귀모형은 독립변수의 변화가 종속변수에 미치는 동시적 영향만을 분석하는 모형이며 정태적 모형이라 할 수 있다. 그런데 실제 경제 모형에서는 어떤 독립변수의 경우에는 즉각적으로 종속변수에 영향을 주기도 하지만, 과거의 특정 독립변수의 경우에는 일정한 시차를 두고 종속변수에 영향을 주기도 한다. 이와 같이 독립변수의 변동에 대해 종속변수가 즉각적으로 반응하지 않고 일정한 시차를 두고 변동하는 경우를 분석하기 위해서는 독립변수의 과거값도 설명변수로 포함하는 회귀모형을 사용해야 한다. 특히 시계열 자료에 대한 회귀분석에서는 독립변수 또는 종속변수의 시차변수를 설명변수로 포함하는 경우가 많다. 이 경우 바로 전기의 수요뿐만 아니라 그 이전으로부터의 수요 등도 함께 고려하는 것이 더 현실적인 인과관계 모형이라 할 수 있다.

본 연구에서는 도시가스의 시계열 데이터를 효과적으로 활용하기 위하여 내생시차변수 모형을 이용한다. 내생시차변수 모형은 코익(Koyck)의 분포모형이라고도 불리는 것으로, 내생시차변수를 독립변수로 고려함으로써 탄력성의 값은 단기와 장기로 구분하여 측정할 수 있는 장점을 가진다(유승훈 외, 2005).

도시가스수요는 각 가구의 사회경제적 여건에 영향을 받는다. 도시가스 수요함수를 추정함에 있어 다음과 같은 모형을 설정하였다.

$$Q = f(P, Y, Q_{t-1}) \quad (1)$$

이때 Q 는 연간 도시가스 소비량, P 는 도시가스의 소비자 물가지수, Y 는 국내총생산, Q_{t-1} 은 전년도 도시가스 소비량을 의미한다. (1)의 기본 모형에서 본 연구는 양변에 자연로그를 취해 추정가능한 회귀방정식을 구성한다.

$$\ln Q_t = a_0 + a_1 \ln P_t + a_2 \ln Y_t + a_3 \ln Q_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

여기서 현재(Q_t)와 과거(Q_{t-1})의 연간 도시가스 소비량은 내생변수(endogenous variable)로 취급하고 P_t 는 수요모형에서 외생변수(exogenous variable)로 취급한다. 그리고 a_0, a_1, a_2, a_3 는 추정해야 할 모수이며 ε_t 는 오차항이다.

도시가스수요에 대한 단기 가격탄력성 a_1 이 되며, 도시가스수요의 단기 소득탄력성은 a_2 가 된다. $(1 - a_3)$ 는 독립변수의 외생적인 충격으로 인해 실제 도시가스 소비가 바람직한 도시가스 소비수준으로 조정되어 가는 속도인 조정률(rate of adjustment)의 의미하며 이를 이용하면 장기탄력성을 계산할 수 있다. 즉, 수요의 장기 가격 탄력성 및 소득 탄력성은 각각 $\frac{a_1}{1 - a_3}$ 과 $\frac{a_2}{1 - a_3}$ 가 된다(Agthe and Billings, 1980).

4. 분석결과

4-1. 수요함수 추정결과

Table 2. Estimation results for city gas demand function

Variables	Estimates	(t-values)
Constant	-9.480	(-3.15)*
ln P	-0.522	(-6.00)*
ln Y	0.874	(3.69)*
ln Q _{t-1}	0.864	(15.86)**
R ²	0.997	
F-statistic(p-value)	3249.505 (0.000)*	
RESET-statistic (p-value)	0.027 (0.871)	
Durbin's h(p-value)	-1.461 (0.144)	
Sample size	32	

Note: *indicate statistical significance at the 1% level, respectively.

Table 3. Estimation results for city gas demand function

	Short-run	Long-run
price	-0.522 (-6.00)*	-2.155 (-5.58)*
income	0.874 (3.70)*	3.607 (16.70)*

Note: *indicates statistical significance at the 1% level.

우리나라 도시가스 수요함수를 추정하기 위해 사용된 최소자승법(OLS, Ordinary Least Square)의 추정결과는 Table 2에 제시되어 있다. 통상적으로 내생 시차변수모형을 적용한 회귀모형에는 OLS와 같은 모수적인 기법이 사용된다. OLS 추정결과에서 제시된 t -값은 White(1980)의 이분산-일치적(heteroscedasticity-consistent) 분산행렬 공식을 활용한 추정값이다. 이것은 존재할지 모르는 오차항(ϵ_t)의 이분산성으로 인한 영향을 처치하기 위해서이다. 시계열 자료를 사용할 때는 자기상관(autocorrelation)에 대한 검정이 필요하다. 본 연구는 시차변수를 이용하였기 때문에 DW-통계량 대신 Durbin's h 통계량을 제시한다. 검정결과 검정통계량은 -1.461로 p-값은 0.144이므로 자기상관이 없다는 귀무가설이 기각되지 않는다.

또한 수요함수의 추정에 있어서 중요하지만 고려되지 않은 변수가 있을 수 있다. 이를 통계적 용어로 누락변수(omitted variable bias)라 하며, 이에 대해 검정할 필요가 있다. 이를 위해, 본 연구에서는 Ramsey(1969)가 제안한 RESET(regression specification error test)-정형검정을 적용하였다. 이

검정은 적용하기가 비교적 쉽고, 누락변수편의 존재 여부에 대해서도 판단할 수 있는 장점을 가지고 있다. RESET-검정법은 추정식에서의 적합치의 제곱값을 새로운 설명변수로 추가한 회귀분석 결과에서 이 설명변수의 통계적 유의성 여부를 따짐으로써 누락변수편의를 체크하는 방법이다. 검정결과 검정통계량은 0.027로 이에 대한 p-값은 0.871이므로 누락변수편의가 없다는 귀무가설이 기각되지 않는다. 즉 본 연구에서 사용된 모형에는 누락변수편의로 대표되는 정형 오류가 있다는 증거를 찾을 수 없다. 따라서 본 연구의 주된 결과를 이끌어내는 추정모형은 RESET-정형 검정을 통과하는 것으로 결론을 내릴 수 있다. 그리고 F-통계량으로 판단하건데 추정계수가 모두 0이라는 귀무가설은 기각되어 도시가스 수요함수의 추정식은 통계적으로 유의하다. 이어 도시가스 수요에 대한 OLS 추정결과를 살펴보면, 모든 추정계수가 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

4-2. 도시가스 수요의 가격 및 소득 탄력성 추정

본 연구에서 가장 중요한 목적은 추정된 도시가스 수요함수로부터 장단기 가격탄력성 및 소득탄력성에 대한 정보를 얻는 것이다. 도시가스 수요에 대한 장단기 가격탄력성과 소득탄력성 추정결과는 Table 3에 제시되어 있다. 본 연구 결과는 해외연구 사례와 유사하게 도출되었다. 도시가스 수요의 단기 가격탄력성은 -0.522로 추정되어 가격탄력성은 예상대로 음수로 추정되어 수요곡선이 우하향한다는 수요법칙을 잘 보여주고 있다. 아울러 절대값의 크기가 1보다 작아 생활에 필수적인 재화로서 가격변동에 민감하지 않다고 할 수 있다. 장기 가격탄력성의 경우도 -2.155로 음수로 추정되어 수요법칙을 잘 보여주고 있지만 수요의 가격탄력성은 절대값의 크기가 1보다 커 단기에 비해 가격변동에 민감하게 반응하고 있는 것으로 나타났다.

단기 소득탄력성은 0.874로 추정되었고 부호와 크기로부터도 도시가스는 정상재이며 소득 변화에 대해 비탄력적임을 알 수 있다. 장기 소득탄력성은 3.607로 추정되었고 절대값이 1보다 커 소득 변동에 민감하게 반응한다는 점을 알 수 있다. 이는 소비자들의 소득이 증가하면 장기적으로 도시가스의 소비량이 더 많이 증가함을 의미한다. 이 값들은 향후 도시가스 가격, 소득 변동에 따른 도시가스 수요 변화를 예측하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

5. 결론 및 시사점

우리나라는 현재, 전력난을 효과적으로 극복하고 더불어 친환경에너지 정책을 확대해야하는 시점에 와 있다. 특히 도시가스는 유연탄, 석유 등 화석연료에 비하여 대기오염물질이 거의 발생하지 않는 친환경적 청정연료로서 지속적으로 그 수요가 증대되고 있다.

이에 주로 난방 및 취사용 연료로 사용되는 도시가스의 수요관리 및 공급을 위한 적절한 투자 등 합리적인 정책을 수립, 시행하기 위해서는 도시가스의 수요함수에 대한 정확하고 객관적인 정보가 필요하다. 본 연구에서는 우리나라 도시가스수요의의 장단기 가격 및 소득탄력성을 추정하였다.

도시가스 수요의 단기 가격탄력성과 소득탄력성은 각각 -0.522, 0.874로 추정되었다. 이는 도시가스가 생활에 필수적인 재화이므로 도시가스의 가격이 변동된다고 해서 급격하게 도시가스의 수요를 조정하기 어려우며, 소득이 변동된다고 해서 빠르게 수요를 조정하는 것이 쉽지 않음을 시사한다.

반면, 도시가스 수요의 장기 가격탄력성과 소득탄력성은 절대값이 1보다 큰 가운데 각각 -2.155와 3.607로서 장기 탄력적인 것으로 추정되었다. 이는 가격이 상승 또는 하락할 경우 소비자들이 도시가스 소비에 민감하게 반응함을 의미하며 또한 소비자들의 소득이 증가 또는 감소될 경우 도시가스의 수요가 더 크게 변화될 수 있다는 것을 의미한다. 난방 및 취사용 에너지원으로서 도시가스는 소득이 증가하면 증가할수록 장기적으로 소비자들의 도시가스 수요가 증가하는 정상재임을 알 수 있다. 또한 장기 가격탄력성 역시 탄력적인 것으로 분석되었다. 도시가스 수요에 대한 가격 정책의 실효성을 거두기 위해서는 단기 정책보다는 장기 정책에 초점을 둘 필요성이 제기된다.

정리하면, 도시가스의 수요관리 및 공급을 위한 합리적인 정책을 수립하기 위해서는 도시가스 수요에 대한 장기적인 시각이 필요하다고 할 수 있다. 효과적인 도시가스 정책을 수행하기 위해서는 거시적인 경제전망 즉, 소득 수준 변화에 대한 장기적인 전망과 함께 가격변화에 따른 장기적인 탄력성을 동시에 고려해야 한다.

참고문헌

1. 녹색성장위원회, 에너지수요관리 혁신 및 정책 거버넌스 개선방안 연구, 2012.
2. 유승훈, 정근오, 양창영, 가구 서베이 자료를 이용한 서울시 생활용수의 수요분석, 서울도시 연구, 2005, 6(1), pp.1~16.
3. 한국가스안전공사, 가스통계, 2013.
4. Agthe, D. E., Billings, R. B., Dynamic Models of Residential Water Demand, Water Resources Research, 1980, 16, pp476~480.
5. Balestra, P., Nerlove, M., Pooling cross section and time series data in the estimation of a dynamic model: the demand for natural gas, Econometrica, 1996, 34(3), pp585~612.
6. Bassett, G., Koenker, R., Asymptotic Theory of Least Absolute Error Regression, Journal of the American Statistical Association, 1978, 73(363), pp.618~622.
7. Beierlein, JG., Dunn JW., McConnon JC., The demand for electricity and natural gas in the northeastern United States, Rev Econ Statist, 1981, 63, pp403~408.
8. Blattenberger, GR., Taylor, LD., Rennhack RD., Natural gas availability and the residential demand for energy, Energy J, 1983, 4, 23~45.
9. Herbert, JH., Data analysis and the estimation of aggregate natural gas demand per customer, J Econ Soc measure, 1986, 4, 165~174.
10. Kennedy, M., An economist model of the world oil market, The Bell Journal of Economics and Management, 1974, 5(4), pp.540~577.
11. Lee RS., Singh N. Patterns in residential gas and electricity consumption: an econometric analysis. J Econs Soc Measure, 1994, 12, pp.165~174
12. Pindyck, R. S., The structure of world energy demand, The MIT Press, Cambridge, MA, 1979.
13. Pitt, M. M., Equity, externalities and energy subsidies: the case of kerosene in Indonesia, Journal of Development Economics, 1995, 17(3), pp.201~217.

14. Rajindar, K. K., Manjulica, K., Roy, G. Boyd, Hasan, R., Demand for kerosene in developing countries: A case of Indonesia, *Journal of Asian Economics*, 1999, 10(2), pp.329~336.
15. Ramsey, J. B., Test for specification errors in classical linear least squares regression analysis, *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 1969, 31(2), pp.350~371.
16. Rousseeuw, P. J., Least median squares regression, *Journal of the American Statistical Association*, 1984, 79(388), pp.871~880.
17. White, H., A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity, *Econometrica*, 1980, 48(4), pp.817~838.
18. Yoo, S. H., A robust estimation of hedonic price model: Least absolute deviations estimation, *Applied Economics Letter*, 2001, 8(1), pp.55~58.