

## 한국 도시가스용 천연가스의 소비함수에 대한 실증분석 - 시간변동계수(TVC) 시계열모형 활용 -

김점수 · 양춘승 · 박중구<sup>†</sup>

서울과학기술대학교 에너지환경대학원

(2011년 9월 8일 접수, 2011년 12월 5일 수정, 2011년 12월 8일 채택)

## An Empirical Study on the Consumption Function of Korean Natural Gas for City Gas - Using Time Varying Coefficient Time Series Model -

Jum-Su Kim, Chun-Seung Yang and Jung-Gu Park<sup>†</sup>

*Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science and Technology*

(Received 8 September 2011, Revised 5 December 2011, Accepted 8 December 2011)

### 요 약

본 연구는 최근 이상기온 현상으로 기온의 변동성이 커지고 국제유가 급등으로 인한 도시가스 수요의 변동성이 확대되어 가는데 대응하여 시간변동계수를 가지는 시계열 모형을 이용하여 보다 정확한 천연가스의 소비함수를 추정하고자 하였다. 천연가스 소비함수에 가장 영향을 미치는 국내총생산과 기온을 중요변수로 활용하였으며, 방법론으로는 시간변동계수를 갖는 공적분회귀모형과 오차수정모형을 사용하였다. 분석의 결과, 천연가스 소비함수는 국내총생산과 기온변수와의 상관관계에서 시간변동계수에 의해 영향을 받는다는 것으로 검증되었다. 이러한 시간변동계수 시계열모형을 이용하여 2011년 7월~2012년 12월까지 18개월 동안 천연가스 월별 수요예측을 실시한 결과, 2011년의 도시가스용 천연가스 소비량은 18,303천톤으로 예측되었으며, 상반기 경기회복에 따른 각 소비주체들의 소비급증으로 실제 사용된 18,681천톤과 큰 차이를 보이지 않은 것으로 분석되었다. 그리고 2012년에는 약 19,213천톤이 소요될 것으로 추정되었다. 향후 천연가스의 가격 및 대체재간 상대가격, 수요가의 규모 등을 포함하여 수요모형의 확대가 필요하다.

**주요어** : 한국의 천연가스 수요, 이상기온현상, 시간변동계수 시계열모형, 국민총생산, 기온효과

**Abstract**— This study focuses on enhancing the accuracy of consumption function of Korean natural gas for city gas. It is using time-series model with time-varying coefficients taking into account the recent abnormal temperature phenomenon and the changing gross domestic product (GDP) as important variables. This study estimates the cointegrating regression model for the long-run estimation and the error correction model for the short-run estimation. The consumption function of Korean natural gas is estimated to be influenced by the time-varying coefficients of GDP and temperature. Using the estimated time-series model with time-varying coefficients, this study forecasts the consumption of natural gas for city gas from July 2011 to December 2012. The consumption in 2011 would be 18,303 thousand tons, which is little different from the imported 18,681 thousand tons. The consumption of natural gas for city gas in 2012 is forecast to be 19,213 thousand tons. The consumption model of this study is needed to extend by considering the relative prices between natural gas and its substitutes, the scale of consumers and others.

**Key words** : Consumption function of Korean natural gas; Time series model with time varying coefficients; GDP; Abnormal temperature phenomenon

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.

Department of Energy Policy, Seoul National University of Science & Technology, 172 Gongreung-dong, Nowon-gu, seoul, 139-743, Korea  
Tel : 02-971-6598; E-mail : [pjg@snut.ac.kr](mailto:pjg@snut.ac.kr)

## 1. 서 론

2010년 세계 천연가스 시장에서 공급은 23.3억톤, 수요는 23.1억톤으로 균형을 유지하였다. 그러나 수요가 세계적인 동절기 이상한파와 유가급등으로 지속적인 증가 추세를 나타냄으로써 수급간 불일치가 나타날 것으로 예상되고 있다(British Petroleum, 2011. 7.). 이러한 전망에 따라 세계 각국은 천연가스의 안정적 공급을 위한 정책을 추구하는 한편, 수요관리를 위해서도 노력하고 있다.

특히 천연가스의 공급에 비해 용이한 수요관리를 위해서는 수요예측을 위한 연구가 필요하다. 그러나 현재까지 이루어진 수요예측에 대한 연구는 전력에 치우쳐 있으며(한진현, 2011), 천연가스에 대한 연구는 미흡하다. 한국의 천연가스 수요예측은 주로 국가단위의 장기공급계획을 수립하기 위해 연구되어 왔으며, 주로 국내총생산(gross domestic product, GDP)과 가격 등의 탄력성이 고정되어 있는 모형을 활용하여 왔다. 또한 장기공급계획에 맞춰 용도별로 추정하여 왔는데(김영덕, 1989; 산업연구원, 2001), 추정모형의 오차가 크고 개별변수의 검정통계량과 모형전체의 적합성이 미흡하다는 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 본 연구는 수요의 탄력성을 감안한 시간변동계수(time-varying coefficient, TVC)를 도입하고, 기존의 설명변수 이외에 천연가스 수요의 특징인 기온효과를 포함하기로 한다. 또한 도시가스용 천연가스 수요에 초점을 맞추어 수요모형의 오차를 줄이고자 한다.

본 논문에서는 1993년 1월부터 2011년 6월까지 도시가스용 천연가스에 대한 소비실적을 이용하여 수요예측 모형을 설정하고, 2011년 7월 이후 18개월 소비에 관한 예측을 실시하기로 한다. 방법론으로는 한국 도시가스용 천연가스에 대한 수요모형을 수립하고 단위근 검정, 공적분 모형과 오차수정모형을 통해 실증 연구를 실시하기로 한다.

본 논문은 제1장 서론에 이어, 제2장에서 선행연구와 문제점을 설정한 후 제3장에서 분석방법론과 자료를 제공하기로 한다. 제4장에서는 분석결과를 제시하고, 제5장에서 요약 및 정책적 시사점을 제시하기로 한다.

## 2. 선행연구

우리나라의 천연가스 소비함수에 대한 실증적 연구는 주택난방용 천연가스의 원단위를 추정하고 주택형태별 보급률을 연계하여 천연가스 수요를 추정하는 것으로부터 시작되었다(김영덕, 1998). 그러나 상기연구는 천연가스 보급초기에 이루어진 연구로서, 자료의 수가 적고 기초자료의 오류가 많아 통계적 신뢰성을 확보하는데 어려움이 있었다. 또한 천연가스 소비가 기온에 대단히 민감한데, 평균기온이나 최고, 최저기온만을 이용하거나 난방도일<sup>1)</sup>을 사용하여 초기 주택난방용 수요에 대한 기온효과 요인을 적절히 반영하지 못한 한계를 지니고 있었다.

이후 이동인(1998), 산업연구원(2001), 이완성(2005) 등의 선행연구에서는 설명변수가 고정 계수(fixed coefficients)를 갖는 회귀모형을 이용하여 고려하는 기간 동안 탄력성이 고정되어 있다는 가정 하에 천연가스 수요와 경제변수의 관계를 분석하였다. 그러나 이러한 모형은 설명변수의 탄력성이 변하는 것을 반영할 수 없으며, 이러한 비현실적인 가정으로 인해 실증분석에 대한 예측오차가 크고, 천연가스 소비에 대한 예측 정확도도 떨어질 수밖에 없다는 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 본 논문은 천연가스 수요와 그 설명변수인 GDP와 기온효과 간 장기적이면서 탄력적인 관계를 바르게 설정할 수 있도록 시간변동계수를 갖는 시계열모형을 고려하기로 한다.

이완성(2005) 등은 가정용 수요추정을 위해 다변수, 비선형 소비함수를 추정하고 있는데, 소비함수를 구성하는 다수 설명변수의 예측이라는 점에서 모형의 오차율이 증대될 수 있다. 따라서 본 논문은 GDP나 기온분포에 따른 탄력성을 정확히 파악할 수 있는 단일 도시가스 수요모형을 고려하기로 한다. 또한 기존 연구들은 천연가스 소비를 각 용도별로 구분하여 추정할 결과 절대평균백분오차율(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)이 상당히 크다. 이것을 개선하기 위해 용도를 구분하지 않고 도시가스 소비 전체를 하나의 소비함수로 추정하기로 한다.

한편, 해외 연구사례로는 Dahl(1993)이 천연가스 수요예측을 위해 가격탄력성 변수만을 적용하여 최소자승회귀법(OLS)으로 연구한 결과가 있으나 설명변수

1) 일평균기온이 기준 온도(18℃)보다 낮은 경우에, 일평균 기온과 기준온도와의 차이를 일별로 누적한 것을 난방도일이라 한다.

**Table 1.** Precedent Studies on the Demand for Natural Gas.

저자	분석대상	분석방법론	분석변수
김영덕 ('98)	천연가스 수요함수	OLS	기온, 소득, 보급률, 난방면적
이동인 ('98)	단기수요예측	OLS, ARIMA	기온, 소득
이완성 ('05)	소비함수	OLS	기온, 소득, 난방면적
Dahl ('93)	에너지 수요탄력성	OLS	전력, 가스, 기타연료
Nilsen ('05)	천연가스 수요탄력성	GLS, ARIMA	소득, 전력, 가스, 기타연료

에 한계를 지니고 있는 것으로 분석된다. 또한 Nilson (2005)은 9가지 모형을 이용하여 천연가스 수요함수에 대해 분석하고 있는데, 그 중 6가지는 기초자료인 소득과 가격을 통합(pooling)하여 OLS, GLS, GLS-AR1, FE, FE-AR1, RE, RE-AR1 모형을 이용하였으며, 다른 세가지 모형은 이분산을 고려한 모형을 추정하고 있다. 그러나 모두 소득과 가격변수만으로 함수를 구하였다는 한계를 지니고 있다. 이러한 해외 선행연구에 대해 한국 내 천연가스 수요는 주로 동고하저의 기온효과에 대응하여 난방용으로 사용되고 있고, 경제변수 중 소득변수 이외에 가격변수는 통계적으로 유의하지 않기 때문에 직접 활용하기에는 부적합하다고 판단된다.

### 3. 분석방법론과 자료

#### 3-1. 분석 방법론

본 연구에서는 천연가스 수요탄력성에 직접적으로 많은 영향을 주는 GDP와 기온변수를 소비함수 모형 설정에 중요변수로 활용하였다. 즉 도시가스 수요가 장기적 관점에서 경기변동을 나타내는 GDP변수와 안정적인 상관관계를 나타내고 GDP변수 및 실질가스 가격 등에 대한 수요 탄력성의 변화에 반응하는 것으로 가정하였다. 이들 간 상관관계는 시간의 흐름에 따라 기술의 진보, 가스인프라 구축 정도, 경제성장 단계, 소비자들의 성향 변화, 정부의 에너지 정책 등으로 인해 변화될 수 있다. 본 논문에서 실질 가스가격 지수는 도시가스 수요량의 대부분을 차지하는 주택난방용 가격이 정부의 정책적 관리 하에 있기 때문에 배제하였다. 그리고 기술진보, 가스 인프라구축 등 다른 변수들 역시 매우 가변적이거나 가스 인프라구축이 거의 완료되었기 때문에 배제하였다.

또한 단기적 관점에서의 수요변동요인은 도시가스 수요의 강한 계절성으로 기온의 변화에 따른 수요의 탄력성이 경제변수에 대한 수요의 탄력성보다 큰 것

으로 나타나고 있다. 따라서 단기수요는 기본적으로 성장추세는 GDP에 의하여 설명되나, 주로 기온변동, 특히 동절기의 기온변화에 의하여 결정되는 것으로 가정하였다.

여기서 기온효과는 기온분포함수와 기온반응함수의 적분값으로 계산된다. 구체적으로  $f_t$ 를  $t$ 시점에서의 기온분포함수라 하고  $g$ 를 기온반응함수라고 하면,  $t$ 시점에서의 기온효과는 식 (1)과 같이 정의될 수 있다.

$$\int g(s)f_t(s)ds \quad (1)$$

실제의 기온효과는 시점  $t$ 에서의 기온분포함수를 추정 한 뒤에 이를 기온반응 함수와 서로 곱해서 적분하여 해당 월의 기온효과를 추정하게 된다. 기온분포함수는 주어진 기간 동안의 기온이 각 온도에서 얼마나 자주 나타났는지의 상대빈도(relative frequency)를 평활화(smoothing)한 함수이다. 기온반응함수는 비선형적 기온효과를 추정하기 위해서 새롭게 도입한 개념으로, 가스수요가 각 온도에 반응하는 민감도를 나타내는 함수로 볼 수 있다. 이것은 온도에 대한 가스수요의 반응이 비선형적임을 뜻한다. 이러한 비선형적 형태는 기온이 낮을 때에 가스수요가 상대적으로 더 크게 발생하는 것을 의미하며, 이와 같은 기온반응함수는 겨울철에 난방부하로 인해 가스수요가 커지는 현상을 잘 입증한다. 추정된 기온반응함수로 기온의 수준에 따라서 기온변화에 대해 수요의 변화가 다르게 나타나는 현상을 설명할 수 있다.

추정방법론으로는 가스수요시계열 및 GDP시계열에 대한 단위근 검정을 하기 위해서 Augmented Dickey - Fuller(1981) 검정법을 이용하였다. 다음으로, 고정계수를 갖는 공적분 모형식이 부적절하다는 것을 보이기 위해 Park and Hahn(1999)의 검정방법에 따라 GDP시계열과 가스 시계열이 공적분 관계가 있다는 가정을 한 뒤에 그 계수가 고정되었는지 여부를 검정하였다.

즉, 고정계수를 갖는 공적분 모형의 검정은 식 (2)와 같이 회귀모형식을 귀무가설로 하는 검정법이다.

$$y_t = \alpha + \beta X_t + v_t \quad (2)$$

이때 검정 통계량은

$$\tau = \frac{RSS_{FC} - RSS_{FC}^S}{\hat{w}_{nk}^2} \quad (3)$$

로 주어지며, 여기서  $RSS_{FC}$ 와  $RSS_{FC}^S$ 는 각각 고정계수를 갖는 공적분 회귀모형의 잔차제곱합과  $t, t^2, \dots, t^{s-1}$  등 여분의 시간추세 설명변수가 추가된 회귀모형의 잔차제곱을 뜻한다.

Park and Hahn(1999)은 귀무가설에서  $\tau$ 의 극한분포가  $\chi_s^2$ 를 따르고 대립가설하에서는 수렴하지 않고 발산한다는 것을 보였다. 고정계수를 갖는 공적분 모형을 검정하기 위해서 위 식의 회귀모형에  $t, t^2, t^3, t^4$  등 4개의 추가적인 시간추세 설명변수를 추가했다. 따라서 검정통계량  $\tau$ 의 극한분포는  $\chi_4^2$  분포를 따르는 것으로 검정되었다.

또한 Park and Hahn(1999)의 검정에서는 여분의 (superfluous) 시간추세 다항식을 사용하여, “시간변동계수를 갖는 공적분 모형을 따른다”는 귀무가설을, “비정상적인 오차를 갖는 가성회귀모형을 따른다”는 대립가설로 삼아서 검정하였다. 대립가설하에서 회귀모형은 단위근을 갖는 시계열들 사이의 관계를

$$y_t = \alpha + \beta_t X_t + v_t \quad (4)$$

과 같은 시간변동계수를 갖는 공적분 회귀모형(cointegrating regression with time varying coefficients)으로 설정하고 추정하였다. 여기서  $y_t$ 는 천연가스 수요 변수를,  $x_t$ 는 천연가스 수요를 설명하기 위한 경제 변수를 나타내며,  $v_t$ 는 정상 시계열을 가지는 것으로 가정하였다. 이렇게 추정된 공적분 관계는 천연가스 수요와 다른 경제변수들 사이의 장기 균형관계(long-run equilibrium)를 나타내며 그들의 관계는 시간에 따라 변하는 것으로 보아 시간변동계수(TVC)로 설정하였다.

또한 단기 천연가스 소비함수 모형 역시 단위근을 갖는 시계열과 매우 비슷한 성질을 가지고 있으므로, 이를 반영하여 시간변동계수를 갖는 공적분 관계뿐만 아니라 단기 동태적(short-run dynamics)인 관계도 함

께 고려한 오차수정모형(error correction model)을 이용하였다.

$$y_t = \alpha + \beta_t X_t + \epsilon_t, \quad \epsilon_t = \sum_{i=1}^t v_i \quad (5)$$

이 때, 검정통계량은 식 (6)과 같이 주어지며

$$\tau = \frac{RSS_{TVC} - RSS_{TVC}^S}{\hat{w}_{nk}^2} \quad (6)$$

여기서  $RSS_{TVC}$ 와  $RSS_{TVC}^S$ 는 각각 위 식과 같은 꼴의 회귀모형의 잔차제곱합과  $t, t^2, \dots, t^{s-1}$  등의 여분의 시간추세설명변수가 추가된 회귀모형의 잔차제곱을 뜻한다. Park and Hahn(1999)의 검정에서는 귀무가설에서  $\tau$ 의 극한분포가  $\chi_s^2$ 를 따르고 대립가설하에서는 발산한다는 것을 보였다. 시간변동계수(TVC)를 갖는 공적분 모형을 검정하기 위해서 위 식의 회귀모형에  $t, t^2, t^3, t^4$  등의 여분의 시간추세설명변수를 추가했다. 여기서 검정통계량  $\tau$ 의 극한분포는  $\chi_4^2$ 를 따르는 것으로 가정되었다.

또한 예측 모형의 변수들은 대부분 단위근을 가지는 비정상적인 시계열의 특징을 가지고 있으며, 이들 변수간의 장기적 균형관계는 시간변동계수를 갖는 공적분 모형으로 가정되었다. 따라서 월별 도시가스용 수요를 예측하기 위해서 식 (7)과 같은 공적분 모형으로 장기적인 균형 관계를 설정하였다.

$$\log(MGD_t) = \alpha + \beta_t \log(GDP_t) + \gamma_t TE_t + \epsilon_t \quad (7)$$

여기서 MGD는 월별 천연가스 수요를 뜻하고, GDP와 TE는 실질 국내총생산과 기온효과를 나타낸다. 변수들 사이의 균형관계는 시간에 따라서 변하는 것으로 보아 GDP의 계수  $\beta_t$ 와 TE의 계수  $\gamma_t$ 를 시간변동계수로 설정하였다.

이러한 도시가스용 천연가스에 대한 장기수요의 균형과 더불어, 단기의 동태적 관계를 모형하기 위해서 식 (8)과 같은 오차수정모형을 이용하였다.

$$\Delta \log(MGD_t^s) = \alpha(\log(MGD_{t-1}^s) - \beta_{t-1} \log(GDP_{t-1}^s)) + \sum_{k=1}^p \delta_k \Delta \log(MGD_{t-k}^s) + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta \log(GDP_{t-i}^s) + \epsilon_t \quad (8)$$

여기서  $MGD^S$ 는 월별 가스 판매량에서 평균과 기온

효과 등과 같은 확정적 설명변수에 의해 설명되는 부분을 제거하고 남은 확률적 부분이다. 식 (8)에서 월별 도시가스용 판매량의 변화를 나타내는  $\Delta \log(MGD_t^s)$ 는 ①  $\alpha(\log(MGD_{t-1}^s) - \beta_{t-1} \log(GDP_{t-1}^s))$ 으로 표현된 전월의 장기균형관계에서 벗어난 불균형 오차수정항과, ② 전월 도시가스용 천연가스 판매량의 변화  $\sum_{k=1}^p \delta_k \Delta \log(MGD_{t-k}^s)$ 와, ③ 전월 GDP의 변화차분변수  $\sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta \log(GDP_{t-i}^s)$ 에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 오차수정모형에서 ②, ③의 경우 차분변수의 자기회귀차수를 1차까지 포함시켰으며, ①의 불균형 오차 수정항은 바로 전기(前期) 만을 사용하였다.

3-2. 자료분석

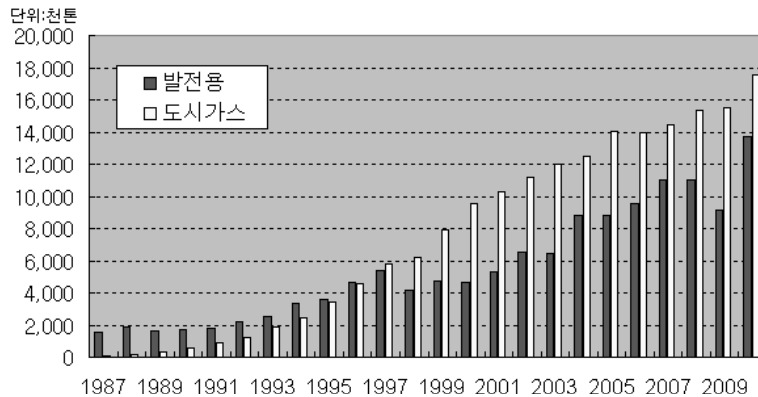
우리나라 천연가스 도입량은 1986년 11월 약 161만톤으로 시작하여 2010년에는 3,182만톤을 도입하였다. 천연가스는 도시가스용과 발전용으로 구분되는데, 2010년 수요량은 도시가스용으로 1,752만톤(53%), 발전용으로 1,368만톤(47%)이 사용되었다.

본 논문에서는 천연가스 소비함수 추정을 위해 도시가스용만을 대상으로 한다. 이는 첨두발전에 사용되는 천연가스의 경우 원료비 외에 발전용 수요변동에

영향을 미치는 기온과 전력수요, 기저발전기의 예방정비계획 및 불시고장, 배전시설의 계통제약, 소용량 발전소의 가동률 등 예측하기 어려운 변수들이 작용하기 때문이다.

도시가스용 천연가스 소비는 처음 공급된 해인 1987년부터 2000년까지 도입초기단계에는 수도권의 배관망 확충에 따른 보급 확대와 지방권의 주배관망 건설에 따른 신규공급지역의 확대 등에 힘입어 연평균 32.4%씩 급속히 증가하였다. 이후 수도권, 광역시 및 주요도시에 대한 배관망사업이 대부분 완료되고 2002년 전국 환상배관망이 완성됨에 따라 수요확대의 여지가 크게 줄어들어 연평균 5.8% 증가에 그치고 있다. 이는 도시가스용 천연가스 수요가 배관망 등 기반 구축에 의해서 급증하는 수요확충기를 지나 신규 소비자의 확대는 안정적으로 유지되고 기온이나 경제변수에 따라 수요가 변동하는 성숙기에 접어들었기 때문이다.

여기서 천연가스 소비관련 자료는 1993년 1월부터 2011년 6월까지의 한국가스공사의 일별 천연가스 판매자료를 활용하였다. GDP 관련자료는 1998년부터 2011년 6월까지 한국은행 분기별 분석 자료를, 기온 자료는 동기간 기상청의 일별 및 시간별 기온자료를



자료: 도시가스편람, 각 년도

Fig. 1. Consumption Change of Natural Gas.

Table 2. Comparison of City Gas Demand & GDP growth rate.

구분	GAS	GDP	탄력성
91~95년	27.0%	7.4%	3.6
96~00년	11.5%	4.7%	2.4
01~05년	10.4%	4.6%	2.2
06~10년	7.6%	3.4%	2.2

자료: GAS-에너지경제연구원(2011), GDP-한국은행(2011)

사용하였다.

도시가스 수요는 기온변수와 관련하여 주로 난방용 수요를 담당하고 있어 여름에 비하여 겨울에 더 높게 나타나는 뚜렷한 동고하저형의 계절성을 보이고 있다.

설명변수 중에서 GDP는 계절 조정된 자료를 기본으로 하되 분기별 자료를 월별자료로 전환키 위해 산업생산지수를 이용하였다. 먼저 산업생산지수를 분기별로 합하여, 분기별 GDP를 분기별 산업생산지수로 나누어 이 비율을 다시 월별로 분배한 후 그 비중에 따라 분기별 GDP를 적용하여 월별자료로 전환하여 사용하였다. 그리고 단기 월별 예측에 사용한 GDP 예측치는 한국은행 전망치인 4.5% 성장할 것으로 가정하였다.

단기 도시가스 수요에 있어 증가 추세를 설명해주는 주요변수인 GDP에 대한 수요 탄력성을 살펴보면, 도시가스 수요의 강한 계절성으로 기온보다는 상대적으로 수요변동에 미치는 영향이 작은 것으로 나타나고 있다. 도시가스 수요가 주로 난방용 수요를 담당하고 있어 계절성이 뚜렷하여 경제변수에 대한 수요 탄력성 보다는 기온변화에 따른 수요탄력성이 크기 때문이다.

GDP에 대한 도시가스 수요탄력성은 2004년 이후 정체를 보이는 점(Fig. 2)과 소득이 늘어난 만큼 가스 수요를 증가시킬 유인(보급증가 등)이 크지 않아, GDP

증가에 따른 수요증가는 미미한 수준임을 알 수 있다.

또한 실제로 소득에 대한 도시가스 수요 탄력성은 Table 2에서 보듯이 확충기라고 볼 수 있는 1991년에서 2000년까지는 급속한 경제성장과 더불어 가스 공급 인프라의 확충에 힘입어 소득에 대한 수요 탄력성이 급격히 증가했으나, 대략 2000년을 기준으로 수요 성숙기에 접어들면서 탄력성의 증가가 크게 둔화된 것을 알 수 있다.

다음으로, 기온효과를 추정하기 위해서 최근 10년간(1998년~2010년)의 전국 5대 지역(서울, 부산, 대구, 광주, 대전)의 기온분포를 추정한 뒤에 이들 지역의 판매량의 비율로 가중 평균하여 전국의 기온분포를 계산하여 이용하였다.

기온예측 및 기온적용의 문제를 살펴보면, 단기 수요를 결정하는 기온변수의 경우 향후의 기온 예측값을 대신하기 위하여 “평년기온(30년, 1971~2000년)을 적용할 것인가?”, “10년 평균기온을 적용할 것인가?”, “5년 평균기온을 적용할 것인가?”하는 기온적용의 문제가 있다.

기상청에서 말하는 평년기온은 30년(1971~2000) 기온을 말하고 있으나 30년 기온은 최근의 기온온난화현상을 반영하는데 문제가 있을 수 있다고 판단된다. 10년 평균기온은 30년 평균기온과 비교 시 온난화현상 등이 반영되어, 수요에 영향이 없는 하절기를 제외하고는 일관되게 30년 평균기온보다 높아 예측

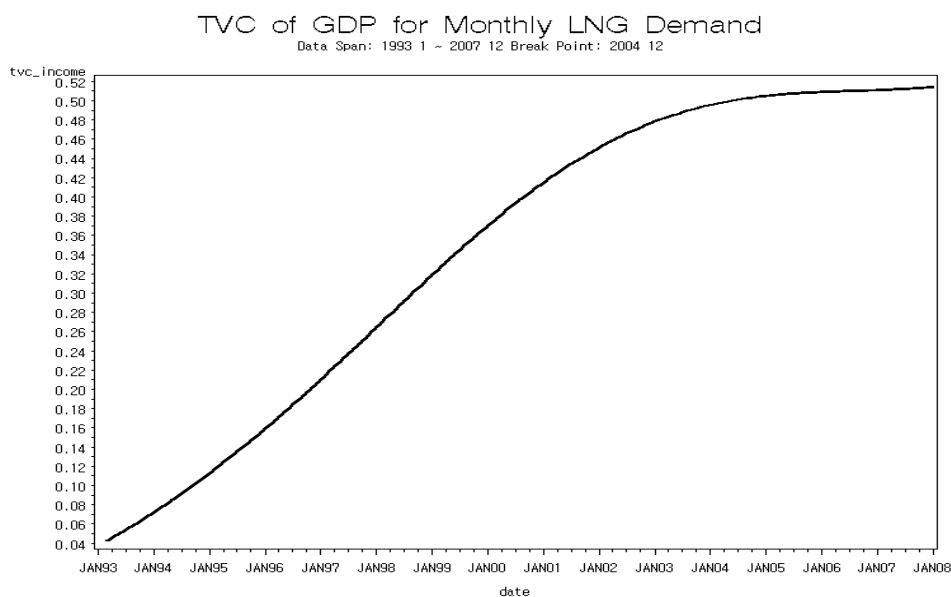
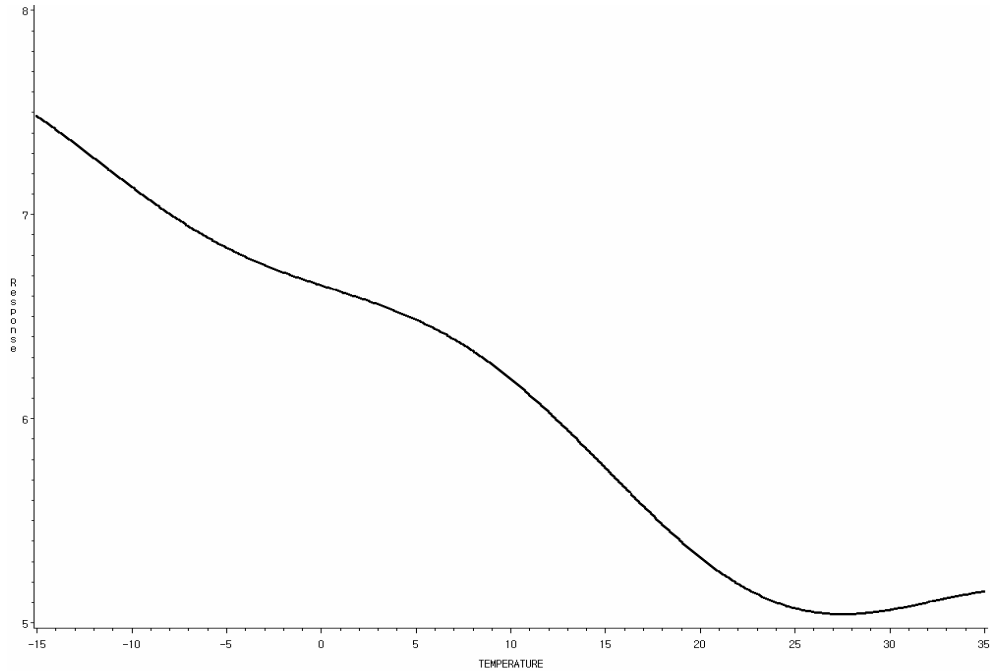


Fig. 2. Change of Demand Elasticity for GDP.

**Table 3.** Comparison of Temperature for Normal-years/10-years Average/5-years Average.

구분	평년 (1971~2000년)	10년 (2001~2010년)	5년 (2006~2010년)
연평균	13.40	13.86	13.97

**Fig. 3.** Temperature Response Function.

력 평가 시에 오차율이 가장 작다고 분석된다. 5년 평균기온은 10년 평균기온과 유사하나 자료구간이 짧아 평균기온으로서의 대표성이 다소 떨어져 상대적으로 불확실성이 크고 예측력 평가 시에도 10년 평균기온 적용시보다 다소 오차율이 크다. 결론적으로 단기 수요를 결정하는 기온변수의 경우, 최근 온난화 현상을 반영할 수 있고 예측력이 높은 최근 10년 평균기온을 적용하였다.

도시가스용 수요는 기온에 민감하게 반응하는데, 평균이나, 최저, 최고 기온보다는 기온의 지속시간 등을 고려한 기온분포에 반응한다. 이는 평균기온이 같아도 일교차가 크면 수요가 증가하고, 최고, 최저 기온은 하루의 기온을 제대로 반영하지 못하기 때문이다.

Fig. 3은 가스수요가 온도에 반응하는 민감도를 나타내는 기온반응함수이다. 천연가스 소비 시계열은 뚜렷한 계절성을 보이는데, 도시가스용 수요는 여름철에 비해서 겨울철에 수요가 많은 특징을 보이고, 이는 주로 도시가스가 난방용 수요를 충족하는데 사용되기 때문이다. 천연가스 소비 자료의 계절성은 주로 난방부하로부터 기인하며, 따라서 기온 분포에 의해

서 결정된다고 볼 수 있다. 이 같은 도시가스 시계열의 계절성과 기온분포와의 관계를 모형화하기 위해 기온반응함수의 개념을 도입하였다. 즉 난방부하가 크게 발생하는 낮은 온도에서 아주 큰 값을 갖고, 기온이 올라감에 따라서 기울기가 달라지면서 낮아지다가 난방수요가 발생하는 아주 높은 기온에서는 조금 올라가는 형태를 보이고 있다.

#### 4. 분석 결과

수요예측에 사용하고 있는 공적분 모형은 각 변수들이 단위근을 갖는다는 전제하에서만 의미를 갖게 되므로, 개별 시계열들에 대한 단위근 검정이 필요하게 된다. 또한 이들 단위근 시계열들 간에 시간변동계수를 가지는 공적분이 존재하는가에 대한 검정이 요구되는데, 여기서는 Park and Hahn(1999)의 검정법을 따라 이에 대한 검정을 두 단계로 나누어 시행하였다.

첫번째로는 시간변동계수를 갖는 공적분 모형을 고정계수를 갖는 공적분 모형과 비교하여 그 상대적인 적합성을 검증하였는데, 이는 공적분이 있다는 가정

하에 계수가 시간에 따라 변하는가를 검정하였다.

두번째로는 시간변동계수를 갖는 공적분 모형을 공적분이 없는 가성회귀(spurious regression)와 비교하여, 시간에 따라 계수가 변화한다고 할 경우 공적분이 존재할 것인가를 검정하였다. Park and Hahn(1999)의 검정결과에서 보인 바와 같이 이와 같은 2단계 모형 설정을 통해, 시간변동계수를 가지는 공적분 모형의 적합성을 검정할 수 있다.

단위근 검정의 결과 Table 4의 각각 단위근을 갖는다는 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타났다. 위 검정결과는 1차 자기회귀 모형에 추가적으로 4개의 차분된 시차변수를 포함한 식으로부터 계산된 것이다. 차분된 시차변수의 개수를 다르게 설정하여도 시계열들이 단위근을 갖는다는 결과에는 변함없었다.

다음으로, 고정계수를 갖는 공적분 모형식이 부적절하다는 것을 보이기 위해 Park and Hahn(1999)의 검정방법에 따라 GDP시계열과 천연가스 수요시계열이 공적분 관계가 있다는 가정을 한 뒤에 그 계수가 고정되었는지 여부를 검정하였다.

Park and Hahn(1999)은 귀무가설에서  $\tau$ 의 극한분포가  $\chi^2$ 를 따르고 대립가설하에서는 수렴하지 않고 발산한다는 것을 보였다. 고정계수를 갖는 공적분 모형을 검정하기 위해서 위 식의 회귀모형에  $t, t^2, t^3, t^4$  등 4개의 추가적인 시간추세 설명변수를 추가했다. 따라서 검정통계량  $\tau$ 의 극한분포는  $\chi^2_4$  분포를 따르는 것으로 검정되었으며 “고정계수를 갖는 공적분 모형이다”라는 귀무가설이 5% 내의 통계적 유의수준에서 기각되는 것으로 나타났다(table 5 참조).

또한 Park and Hahn(1999)의 검정에서는 여분의(superfluous) 시간추세 다항식을 사용하여, “시간변동계수를 갖는 공적분 모형을 따른다”는 귀무가설을, “비정상적인 오차를 갖는 가성회귀모형을 따른다”는 대립가설로 삼아서 검정하였다. 검정결과는 Table 6에서와 같이 “TVC를 갖는 공적분 모형이다”라는 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타났다.

이상의 검정결과를 종합하여 보면, 예측 모형의 변수들은 대부분 단위근을 가지는 비정상적인 시계열의 특징을 가지고 있으며, 이들 변수간의 장기적 균형관계는 시간변동계수를 갖는 공적분 모형으로 구축되는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 1993년 1월부터 2011년 6월까지 천연가스 판매자료를 이용하여 공적분모형을 추정한 결과는 Table 7과 같다.

여기서  $\beta_i$ 는 도시가스 수요의 GDP에 대한 탄력성

**Table 4.** Test Results of Unit Root.

구 분	ADF	P-value
GDP시계열	-0.10	0.95
도시가스수요 시계열	0.75	0.98
임계치 (5%)	-3.05	0.05

**Table 5.** Test Results of Co-integrating Model with Fixed Coefficient.

구 분	검정 통계량
$\tau_1$	2,032.40
임계치 (5%)	9.49
임계치 (1%)	13.28

**Table 6.** Test Results of Co-integrating Model with Time-varying Parameter.

구 분	검정 통계량
$\tau_1$	7.72
임계치 (5%)	9.49
임계치 (1%)	13.28

**Table 7.** Results of Estimated Monthly City Gas Consumption Function by Using Co-integrating Model.

구 분	요 인	계 수	T-value	F-value
$\alpha$	상수항	-5.87	23.44	18673.629
$\beta_i$	GDP	TVC		
$\gamma_i$	기온효과	TVC		

을,  $\gamma_i$ 는 도시가스 수요의 기온효과에 대한 탄력성을 의미하며, 시간에 따라서 탄력성이 변하는 것을 볼 수 있다.

이에 따라 1993년 1월부터 2011년 6월까지 천연가스 판매자료(도시가스편람, 각년도)를 이용하여 GDP 및 기온효과의 시간변동 계수를 추정하였다.

GDP의 시간변동계수의 추정치를 보면(Fig. 4 참조), 전반적으로 증가하고 있으며, 2000년 들어서 증가 추세가 작아진 것을 알 수 있다. 이는 도시가스용 수요가 빠른 증가율로 증가하다가 수요 확대 여지가 줄어들어 최근에는 낮은 증가율로 증가하기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

다음으로, 기온효과의 시간변동계수의 추정치를 보면(Fig. 5 참조), 전반적으로 낮아지고 있음을 알 수 있다. 이는 난방용 수요의 비중이 낮아지기 때문인 것으로 보인다.

이러한 도시가스용 천연가스에 대한 장기수요의 균



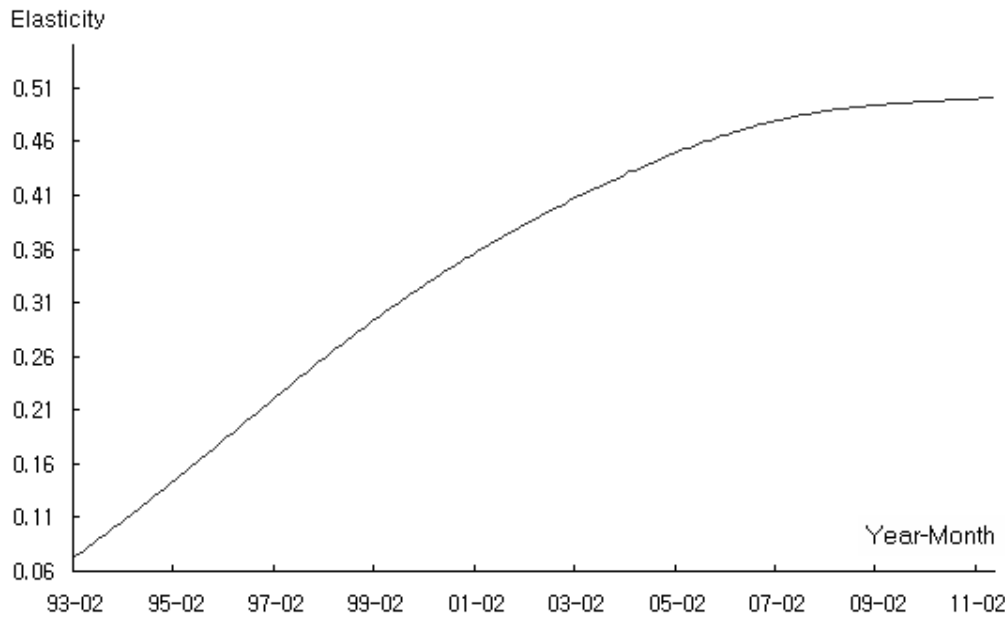


Fig. 4. Result of Estimated TVC by GDP.

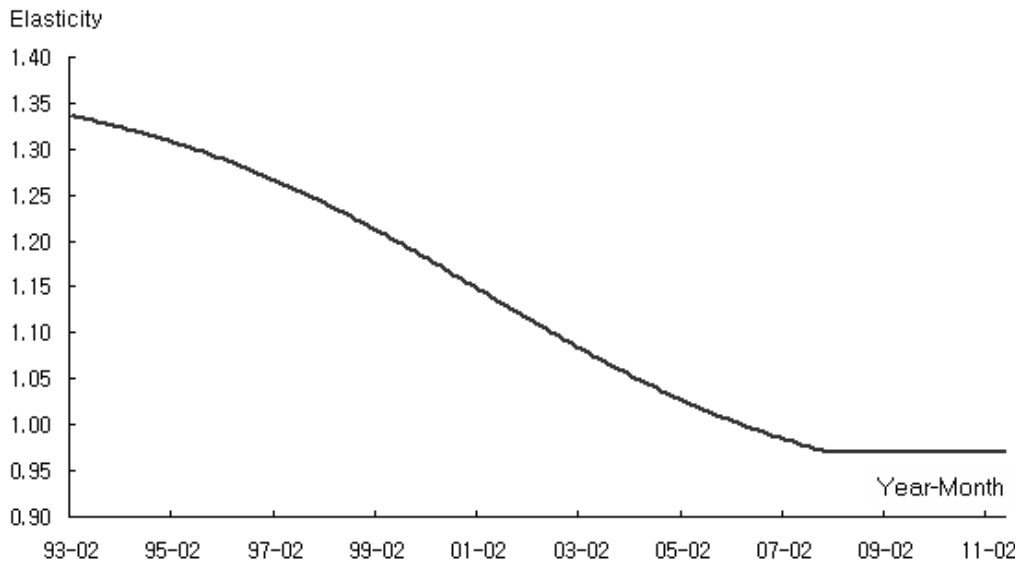


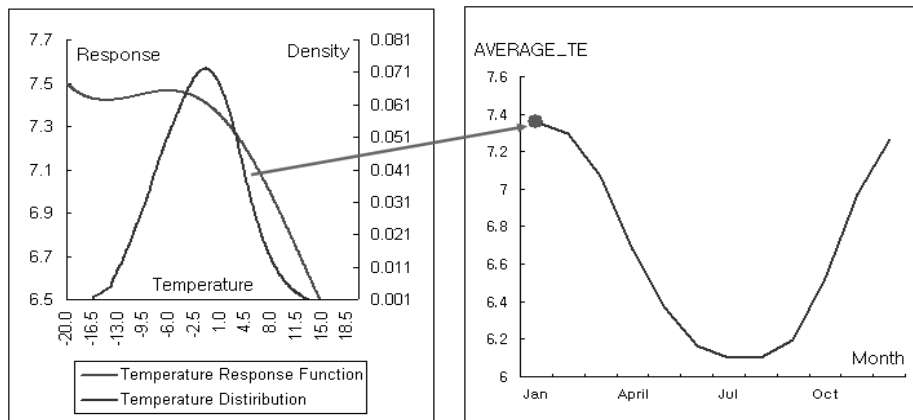
Fig. 5. Results of Estimated TVC by Temperature Effect.

형과 더불어, 단기의 동태적 관계를 모형하기 위해서 오차수정모형을 추정한 결과(Table 8 참조), F값이 통계적 유의수준 1%범위 내에서 유의한 것으로 분석되어 설정된 모형이 현실을 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다. 다음으로 오차수정항에 대한 계수  $\alpha$ 가 음수로 유의하게 나타나서 자기균형으로 오차를 수정하는 의미를 갖는 것으로 분석되었다. 그리고  $\delta$ 와  $\gamma$ 는 모두 양의 부호로 나와 전기의 차분된 공급량과 GDP 등이 현기의 수요에 양의 영향을 미치는 것으로 나타

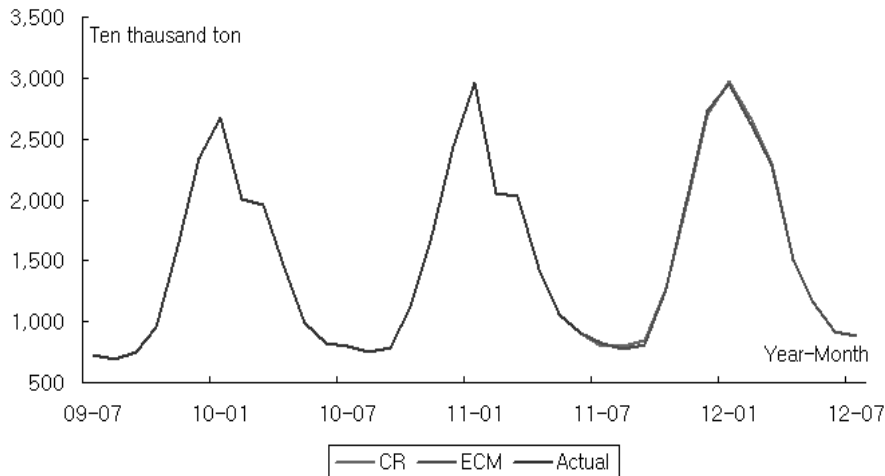
났다. 오차수정모형 구축 시 적합도가 우수한 모형을 선정하기 위해 차분변수들의 각 차수(p)의 결정은 Maddala(2001)가 제시한 정보기준 통계량(Schwarz's Bayesian Criterion, SBC)에 의해 결정되었는데, 모두 통계적으로 유의한 것으로 검증되었다. 즉, 전월의 장기균형에서 벗어난 불균형 오차수정항과 전월 도시가스용 천연가스 판매량의 변화 등은 통계적 유의성을 가지고 유의미한 것으로 분석되었다.

**Table 8.** Results of Estimated Monthly City Gas Consumption Function by Using Error Correction.

구 분	계 수	T-value	F-value
$\alpha$	-0.48	-7.80	15404.156
$\delta$	0.22	3.32	
$\gamma$	0.19	1.52	
SBC		-1109.25	



**Fig. 6.** Measurement of Temperature Effect.



**Fig. 7.** Results of Expected Co-integrating and Error Correction Model.

다음으로, 기온효과를 월별 가스소비에 대한 기온반응함수와 기온분포함수를 곱하여 적분한 결과 Fig 6와 같은 기온효과를 추정하였다. 기온효과가 월별 기온에 따른 난방용 수요의 비중이 정확하게 추정되었다.

또한, 이와 같은 검증된 모형을 이용하여 2011년 7월부터 2012년 12월까지 총 18개월 동안 도시가스용 천연가스의 월별 예측을 실시한 결과(Fig. 7), 하절기 외에 전년 동월과 비슷한 패턴을 보이고 있다.

천연가스 소비함수를 이용한 예측결과 2011년의 천

연가스 소비량은 18,681천톤으로 2010년 대비 6.6%의 증가가 예상되었으며 국제금융위기 등의 회복에 따른 파급효과 및 병커씨유 등 산업용 경쟁연료대비 천연가스의 가격경쟁력이 높아져서 상반기 실적을 보면 예측보다 3.8% 증가하였으며 단기예측모형의 예측대비 오차는 5.9%로 분석되었다.

그러나 오차는 예측전제인 기온에서 '11년 동절기 기온이 평년기온에 비해 -2℃도 이상 낮았던 부분을 감안하면 3%이하 수준 정도이다.

**Table 9.** Result of Expected Monthly City Gas Consumption.

Date	'10실적	'11실적 (예측)	'12예측
Jan	2,674	2,964 (2,839)	2,820
Feb	2,007	2,051 (2,179)	2,462
Mar	1,956	2,032 (2,000)	2,152
Apr	1,472	1,435 (1,303)	1,420
May	989	1,060 (961)	1,050
Jun	819	906 (788)	855
Jul	802	904	828
Aug	756	845	836
Sep	787	829	860
Oct	1,119	1,190	1,234
Nov	1,704	1,831	1,936
Dec	2,437	2,634	2,760
합 계	17,522천톤	18,681 (18,303)천톤	19,213천톤

본 논문에서는 천연가스 소비함수는 가장 중요한 요인인 기온변수와 경제변수 간 상관관계에서 시간변동계수(TVC)에 의해 영향을 받는다는 것을 검증하였으며 보다 정확한 수요예측을 위해서는 시간변동계수 시계열모형의 활용이 바람직하다는 것을 알 수 있었다. 즉, 천연가스 수요 시계열은 단위근을 갖는 시계열과 매우 비슷한 성질을 가지고 있으므로 이를 반영하여 시간변동계수를 갖는 공적분 관계뿐만 아니라 단기 동태적(short-run dynamics)인 관계도 함께 고려한 동적인 모형인 오차수정모형을 이용하여야 한다는 것을 검증하였다.

이에 따라 2011년 7월 이후 2012년까지 국내 천연가스에 대한 수요를 추정한 결과(Table 9 참조), 국내 수요는 2011년 말에는 약 18,303천톤, 그리고 2012년에는 약 19,213천톤이 소요될 것으로 분석되었다.

## 5. 요약 및 정책적 시사점

본 연구는 천연가스 수요함수의 가장 중요한 요인인 경제변수와 기온변수에 대한 시간변동계수를 가지는 시계열 모형을 이용하여 천연가스의 소비실적을 분석하고 수요함수를 추정하였다. 수요함수를 추정하는데 있어서 고정계수를 이용한 기존 연구와 달리 시간변동계수를 갖는 공적분모형으로 구축하였다는 것이 차별화되는 점이다.

본 연구의 결과, 단일 도시가스 소비모형은 GDP나 기온분포에 탄력성을 보이는 것으로 검증되었다. 또

한 단기 월 천연가스 소비함수 모형을 구성하는 기온 반응함수, 기온분포함수 등을 적분한 기온효과 개념을 이용한 공적분 및 오차수정모형을 이용하여 전년 동월 대비 소비 증감율이 분석되었다. 그리고 기온의 변화에 따른 민감도 분석과 GDP의 변화에 따른 민감도 분석을 모형식에서 추정한 계수를 이용하여 검증하였다. 이러한 결과를 기반으로 천연가스 소비행태의 장기 변화에 대한 보다 정확한 세부 분석이 가능하였다.

그러나 본 연구에서 가정한 도시가스 수요함수 추정 모형은 소득과 기온효과만을 통해 월별 천연가스 수요를 예측하는 형태를 취함으로써 한계를 가지고 있다. 에너지의 수요를 결정하는 요인에는 소득과 온도뿐만 아니라 자기 재화의 가격과 대체·보완관계에 있는 다른 재화의 가격들이 함께 포함됨으로써 상대가격의 변화에 따른 수요의 변동이 적절히 반영되어야 한다는 점이다. 예를 들어, 고유가에 따른 도시가스, 특히 산업용 부문의 천연가스 가격 대비 B-C유 가격에 대한 부분으로써 상대가격의 경쟁력여부에 따른 초과수요에 대한 검토가 필요한 시점이 아닌가 한다.

향후 도시가스 실질가격, 대체 에너지원의 실질가격, 규모변수(수용가 수) 등을 추가적으로 고려한 분석이 필요하다. 이를 통해 확대되는 도시가스 수요의 변동성을 잘 극복할 수 있는 해결방안으로서 저장능력의 한계라는 제약조건하에서 거의 전량을 수입에 의존하는 한국의 천연가스 단기적인 수급관리에 대한 대안을 모색해야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 김영덕, 천연가스에 대한 수요함수 추정 및 수요분석에 관한 연구, 에너지경제연구원, 1998.1 pp. 61-69.
2. 도시가스사업편람, 한국도시가스협회, 각 년도.
3. 산업연구원 “장기천연가스수요전망”, 2001.10, pp. 97-124.
4. 이동인, 도시가스 단기 수요예측 및 수급관리 프로그램 연구, 한국가스공사 연구개발원, 1998.7.
5. 이완성, 한국의 천연가스 소비함수 분석, 국방대학원, 2005.12.
6. 에너지경제월보, 에너지경제연구원, 2000.1~2011.6.
7. 한진현, 최대전력수요의 예측 및 결정요인에 관한 연구, 서울과학기술대, 2011.2.
8. 한국은행, GDP 통계자료, 2011.
9. 기상청, 5대도시 시간별 기온자료, 2011.
10. BP, *Statistical Review of World Energy Full Report* 2011, (2011.7).
11. Dahl, *A Survey of Energy Demand Elasticities in Support of the Development of the NEMS*, Contract No. DE-AP01-93EI23499 (Washington, DC, October 1993).
12. Joon Y. PARK and Sang. B. HAHN, *Cointegrating Regressions With Time Varying Coefficients*, *Econometric Theory*, Jan, 1999, pp. 664-703.
13. Maddala, G. S., *Introduction to Econometrics*, John Willey and Sons Inc, 2001, pp. 624.
14. Maddala, G. S. and In-Moo Kim, *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge University Press, UK. 1998, pp. 505.
15. Nilsen, Odd Bjarte, Frank Asche And Ragnar Tveteras, *Natural Gas Demand In The European Household Sector*, *Bergen Open Research Archive Working Paper*, Aug. 2005.