

## 都市가스産業에서의 規模의 效果

金 映 德\*

### 논문 초록

우리나라 천연가스 산업조직의 도소매 이원화에 따른 문제점과 도시가스회사의 사업영역의 적정 규모에 대한 논의가 있어 왔다. 이 논문에서는 도시가스회사의 비용함수를 추정하고, 사업영역에서의 규모의 효과를 도출함으로써, 이러한 논의에 대한 두 가지 사항에 접근할 수 있었다. 첫째, 도시가스회사의 비용함수로부터 도시가스회사는 그들이 직면하고 있는 계절부하 차이에 대하여 비용 측면에서 반응하지 않는다는 것이다. 이는 도시가스회사가 계절부하의 차이에 대하여 비용부담을 하지 않고, 도매사업자에게 전가한다는 천연가스산업의 이원화에 따른 도시가스회사의 수요관리 동기 부재론을 반영한 것으로 여겨진다. 둘째, 사업영역의 규모에 대하여 일정한 사업영역당 비용을 경험하고 있다는 것이다. 이는 현재 도시가스회사의 사업영역이 너무 세분화되어 규모의 효과를 가지지 못한다는 이론을 지원한다고 보기는 힘들다. 현재의 규모보다 확장되더라도 규모의 효과를 가질 수 있음을 시사하고 있다. 따라서 도시가스회사의 경쟁을 유도하기 위해서는 도시가스회사의 사업영역 확장을 허용할 수 있다는 것을 의미할 수도 있다.

핵심주제어: 규모의 경제, 도시가스산업, 서비스영역

경제학문헌목록 주제분류: L9, Q4

\* 에너지경제연구원 연구위원.

## I. 머리말

천연가스산업은 일반적으로 천연가스의 생산부터 소비까지 생산, 도입(수입), 저장, 하역, 수송, 분배 등의 여러 기능을 가진 산업조직 형태를 나타내고 있다. 우리나라의 천연가스산업은 도시가스사업법에 의거하여 도매사업부문과 소매사업부문으로 이원화되어 있다. 도매부문은 정부투자기관인 한국가스공사가 담당하고 있으며, LNG의 도입, 인수기지 및 공급배관망의 건설·운영, 천연가스의 제조·공급의 역할을 수행하고 있다. 반면, 소매부문은 지역별 공급독점권을 인정받고 있는 민간 도시가스회사가 담당하고 있으며, 최종소비자에게 가스를 공급·배분하는 역할을 수행하고 있다.

소매부문인 도시가스회사들의 경우 지역분할 독점에 따른 수익 보장으로 소비자 서비스에 대한 무관심 등 경영의 비효율을 초래하고 있으며, 독점 권역이 세분화되어 있어 규모의 경제 효과가 있는지 불확실하여, 규제정책이 효율적으로 집행되기 어려운 문제를 안고 있다(한국가스안전공사·에너지경제연구원, 1997). 따라서 도시가스회사가 지역 독점에 따른 규모의 경제 효과를 가지고 있는지, 또는 도시가스회사의 비용구조에 비하여 독점권이 인정되는 지역이 너무 세분화되어 있는지를 확인하는 것은 중요한 작업일 수 있다.

최근에 에너지산업에서의 효율성 향상 및 개방에 관한 논의가 이루어지고 있다. 이러한 논의에 천연가스산업도 포함되고 있으나, 대부분의 가스산업에서의 논의는 공기업인 한국가스공사의 민영화 등 도매부문에 대한 논의가 중심이 되고 있다.<sup>1)</sup> 그러나 한국의 천연가스 산업은 도매와 소매가 이원화된 산업조직을 가지고 있으며, 이러한 이원화가 여러 문제<sup>2)</sup>를 노출시키고 있다는 것이 일반적인 시각이다. 따라서 이원화의 문제를 발생시키고 있는 두 주체인 한국가스공사와 도시가스회사들 모두에 대하여 산업조직 및 비용구조를 분석할 필요가 있다. 그럼에도 불구하고 도

1) 이러한 논의로는 가스공사 이외의 대규모 사용자의 LNG 직도입, 천연가스 배관망의 공동이용 문제, 가스공사의 민영화 등의 논의를 들 수 있다. 한국가스공사·에너지경제연구원(1995, 1997), 한국가스공사·Salgas Training & Consultancy Ltd. (1997) 참조.

2) 이러한 문제로는 도소매사업자간의 상이한 사업목표로 상호 대립적인 요소의 내재, 요금체계의 적정화 애로, 수요관리의 적정화 부재, 가격승인권의 이원화에 따른 정부의 가격정책이 최종소비자에게 전달되는 과정에 애로가 발생하는 등의 문제를 들 수 있다. 한국가스안전공사·에너지경제연구원(1997) 참조.

매부문인 가스공사에 대한 분석은 많은 반면, 도시가스회사의 비용구조 및 사업수행에 관한 연구는 매우 드문 형편이다.

앞서 언급한 천연가스 산업조직의 이원화는 도시가스회사의 영업활동에서 발생하는 수요관리 비용을 가스공사로 이전하는 문제점을 안고 있다. 도시가스회사가 가스공사로부터 가스를 배관을 통하여 공급받아 이를 최종소비자에게 배분하는 역할을 함에 따라, 소비자의 수요 변화에 대한 불확실성을 그들의 공급설비에 반영시키는 것이 아니라, 그대로 가스공사의 공급물량을 변동시킴으로써 해결하게 되는 구조를 갖고 있다. 이러한 구조하에서는 도시가스회사는 수요관리에 대한 비용을 부담하지 않기 때문에 최종소비자의 부하 차이가 도시가스회사의 비용구조에 영향을 미치지 않을 가능성이 높다. 따라서 이러한 방향으로 가스산업의 이원화가 도시가스회사의 분배비용에 미치는 영향을 소비자의 부하 차이의 비용에 대한 효과로 살펴볼 수 있을 것이다.

또한, 도시가스회사의 지역독점으로부터 발생하는 문제는 지역독점의 영역이 너무 세분화되어 있어 규모의 경제 효과가 제대로 이루어지고 있는지 불확실하다는 것이다. 이러한 의미에서 현재 도시가스회사가 규모의 경제를 나타내고 있는지를 살필 필요가 있으며, 현재의 도시가스회사의 행태를 통하여 과연 도시가스회사의 영역이 광역화되었을 경우 규모의 경제 효과를 누릴 수 있는 비용구조를 가지고 있는지를 검토할 필요가 있을 것이다.

일반적으로 지역독점을 인정하는 근거로서 수요가 가지고 있는 공간적 특성과 공급이 가지고 있는 고정설비 기술을 들 수 있다(Lowry, 1973 참조). 특히, 공간적 수요의 특성을 반영한 규모의 효과를 고려하여야 한다는 논의는 오래 전부터 있어 왔다(Caves, Christensen, and Tretheway, 1984; Roberts, 1986 참조). 공간적으로 퍼져 있는 소비자에게 생산물을 수송하는 산업의 경우 판매량의 변화가 기존 소비자의 소비량의 변화인지 신규 소비자의 등장 때문인지 또는 사업영역 확장에 따른 것인지를 구분하기 어렵기 때문에 규모의 효과를 파악하기 어렵다. 따라서 보다 세분화되어 있는 규모의 효과를 파악하는 것이 분배를 업무로 하는 산업의 지역독점을 정당화하는 데 필요할 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 사업영역의 변화에 대한 사업영역당 비용의 반응을 규모의 효과로 간주하고, 사업영역당 사용자수 변화에 따른 비용반응효과와 사용자당 소비량 변화에 대한 비용반응을 고려하였을 때의 규모의 효과를 분석하였다.

이러한 여러 형태의 규모의 효과를 분석한 기존의 연구들은 대부분 모수추정 방법으로 비용함수를 추정하고 추정된 계수를 이용하여 여러 형태의 탄력성을 구함으로써 규모의 경제를 파악하는 것이었다.<sup>3)</sup> 그러나 이러한 방법은 규모의 효과를 비선형적인 관계로 파악하기 힘들고, 각각의 형태가 모두 다른 조건이 일정하게 주어졌을 때의 한계적인 분석만이 가능하다. 본 연구에서는 비모수추정방법을 이용하여 규모의 효과를 분석하는 방법으로 규모의 효과의 비선형적 관계를 추적하고, 소비량과 사업영역에 대한 변화가 가져오는 규모의 효과를 분석하였다.

본 연구는 다음과 같은 내용으로 진행된다. 제 II 절에서는 도시가스산업과 규모의 경제에 관하여 서술하고, 제 III 절에서는 모형과 자료에 대하여 기술한 후, 제 IV절에서 규모의 효과를 추정하고 그 결과에 대하여 설명하였다. 제 V 절에서는 맺는 말과 함께 향후의 과제에 대하여 서술하였다.

## II. 도시가스산업에서 규모의 효과

### 1. 한국의 천연가스산업과 산업조직의 이원화

한국의 천연가스산업은 LNG를 도입하여 대규모 소비자와 도시가스회사에 공급하는 도매부문인 한국가스공사와 한국가스공사로부터 천연가스를 공급받아 일반 소비자에게 공급하는 소매부문의 도시가스회사들로 구성되어 있다. 도매부문에서 독점기업인 한국가스공사는 해외 가스전으로부터 천연가스를 도입·저장하여 파이프라인을 통하여 대규모 소비자에게 직접 공급하거나, 도시가스회사에 공급하는 역할을 수행한다. 또한, 소매부문을 담당하는 도시가스회사는 한국가스공사로부터 공급받은 천연가스를 독점적으로 일정 지역의 최종 소비자에게 공급하는 역할을 수행하고 있다. 천연가스 공급배관망이 구축된 지역에 있는 일반도시가스회사에 의하여 수행되고 있는 천연가스의 소매사업은 도시가스회사가 사업허가 지역에서의 독점권을 인정받아 다른 도시가스회사와의 경쟁 없이 천연가스를 최종소비자에게 공급하는 것을 의미한다. 도시가스회사는 자기의 공급지역 내에서 수요를 개발하며, 공급

3) 분배부문의 규모의 효과에 관하여 Roberts(1986), Caves, Christensen, and Tretheway (1984), Caves, Christensen, and Swanson(1981), Filippini(1996) 참조.

배관 및 설비를 설치, 운영, 관리하고 있다.

천연가스산업의 산업조직상에 나타나는 문제점으로 흔히 두 가지를 지적하고는 한다(한국가스안전공사·에너지경제연구원, 1997 참조). 첫째, 천연가스 유통체계의 이원화에 따른 문제이고, 둘째, 도시가스회사의 지역독점에 따른 문제이다.

천연가스 유통체계의 이원화에 따른 문제로는 두 부문간의 상이한 사업목표, 수급구조 적정화 불일치, 수요관리효과가 반영되지 않은 가격정책 등이 있으며, 이러한 문제는 결국 산업조직이 이원화됨에 따라 두 부문간에 비용을 서로 전가하려는 의도에 의하여 실제 비용에 반영될 수 있을 것이다. 도매부문인 가스공사의 경우에는 천연가스의 도입과 함께 이를 하역 저장하는 기능을 가지고 있다. 반면에 일반 도시가스회사는 저장기능을 가지고 있지 않고, 가스공사로부터 배관을 통하여 천연가스를 받아 최종소비자에게 배관을 통하여 천연가스를 판매하기 때문에 부하와 관련한 비용 — 예를 들어 천연가스의 계절부하의 차이에서 발생하는 저장비용 등 — 을 지불하지 않고 가스공사에 실질적으로 전가하는 경우가 발생할 수 있다. 계절부하가 큰 신규 소비자에게 가스를 공급하는 경우 도시가스회사는 추가적인 저장비용 없이 수입을 증대시킬 수 있는 반면, 가스공사는 수입증대와 함께 추가적인 저장비용의 부담을 질 수밖에 없다.<sup>4)</sup> 이러한 이유로 도시가스회사들이 일정 부분 부담해야 할 부하관리 책임을 도매부문으로 전가하는 결과를 낳고 있다. 도시가스회사의 비용함수가 적절하게 정의된 상태에서 계절부하의 차이가 도시가스회사의 비용에 미치는 효과를 실증적으로 분석한다면, 이러한 산업조직 이원화로부터 발생하는 비용전가 현상을 추적할 수 있을 것이다.

## 2. 분배기능에서 규모의 효과

우리나라 천연가스 산업에서 지적되고 있는 문제점 중의 하나는 일반도시가스회사의 지역독점에 관련한 것이다. 도시가스회사들이 일정 권역에 대하여 가스를 공급함으로써 서비스에 대한 무관심 등 경영의 비효율성을 초래하고 있다고 지적되고 있다. 경쟁 부재와 일정한 투자보수율에 의한 수익보장으로 도시가스회사들은 경영 효율에 대한 동기를 가지고 있지 못한 것으로 나타나고 있다. 또한, 독점권역이 세

4) 더 흥미로운 사실은 이러한 저장비용의 완화를 위하여 수요관리를 하는 경우, 수요관리가 용이한 주체는 도시가스회사인 반면, 수요관리를 필요로 하는 주체는 가스공사라는 점이다.

분화되어 정부의 규제정책이 효율적으로 집행되지 못하고 있다고 지적되고 있다(한국가스안전공사·에너지경제연구원, 1997 참조). 이러한 논의는 결국 도시가스회사가 현재 가지고 있는 지역독점이 타당한 것인지, 그 독점영역은 적절한 규모인지를 살펴 봐야만 그 논의에 대한 접근을 할 수 있을 것이다.

일반적으로 산출물이 하나일 때, 자연독점은 주어진 생산수준을 생산하는 데 하나의 기업이 둘 이상의 기업의 생산 결합보다도 저렴한 비용으로 생산활동을 할 수 있다는 것을 의미한다(Baumol, 1977). 그러나 일정 지역의 소비자에게 재화를 수송·분배하는 기능을 가지고 있는 공익사업, 예를 들면 도시가스사업 또는 전기분배사업에 있어서 자연독점의 유무를 추정하기 위하여 총비용의 산출물에 대한 탄력성을 사용할 수 있는 것은 아니다. 공간적으로 흩어져 있는 소비자에게 재화를 수송하는 기능을 가진 산업의 경우, 자연독점의 유무는 기본적으로 비용함수의 오목성(concavity)과 관련이 있다. 그러나 이때의 비용함수는 총비용이 아니라 단위수송비용함수(unit transmission cost function)여야 한다(Schmalensee, 1978). 따라서 분배기능을 가진 산업에서 비용함수로부터 규모의 경제를 추정하기 위해서는 이에 영향을 주는 요인인 사업서비스영역을 고려하여야 한다. 일반적으로 서비스영역의 증가는 같은 수요밀도하에서 한 단위의 천연가스 평균 수송비용을 하락시키며, 이를 밀도의 경제라고 할 수 있다.

그러나 수요밀도는 현실적으로 기존 소비자의 수요가 변화하였을 때도 변화할 수 있으며, 주어진 사업영역 안에 신규 소비자가 등장하였을 때도 변화할 수 있다(Roberts, 1986 참조). 따라서 같은 수요밀도하에서 규모의 효과를 추정하기 위해서는 사업영역당 사용자수와 사용자당 산출량이 비용에 주는 효과를 고정시켰을 때 서비스 영역을 증가시켜 추정하는 것이 바람직할 것이다.

### Ⅲ. 규모의 효과에 대한 비모수추정

#### 1. 모형 설정

규모의 효과를 추정하기 위하여 일반적인 비용함수를 설정하였다. 즉, 도시가스 회사의 비용은 자본과 노동의 가격과 도시가스 분배비용을 반영하는 특성의 변수로

구성된다.

$$C = C(w, r, Q, Z, S) \quad (1)$$

여기서  $C$ 는 비용을 나타내며,  $w$ 는 노동의 가격을,  $r$ 는 자본의 가격을 의미하며,  $Q$ 는 수송·배분된 생산량을 뜻하며,  $Z$ 는 도시가스회사의 비용에 영향을 주는 변수의 벡터를 나타내고,  $S$ 는 사업영역을 나타내는 변수를 의미한다. 이러한 비용함수를 도시가스회사의 비용을 파악하기 위하여 적용하는 것이 바람직한 것인지는 고려할 필요가 있다. 일반적으로 자본의 가격을 비용함수에 포함시키는 것은 추정하는 비용함수가 균형하에 있다는 것을 의미한다. 그러나 도시가스회사의 수송·분배 자본은 장기적인 수요예측의 방법에 의하여 결정되어 단기적인 선택모형에서 항상 편의를 갖게 될 가능성이 크다. 즉, 도시가스회사는 부정확한 장기수요예측을 바탕으로 배관을 건설하기 때문에 수요예측의 오차가 잔존하게 되어 비용함수를 추정하게 될 경우 추정된 비용함수는 균형에 놓여 있지 않을 가능성이 높다. 따라서 수송·분배기능을 주로 하는 도시가스회사의 배관자본을 준고정투입요소로 고려하여 자본의 양을 직접 비용함수에 변수로 사용하는 것이 더 합리적일 것이다(Filippini, 1996 참조). 이러한 경우 비용함수는 다음과 같이 설정된다.

$$VC = VC(w, K, Q, Z, S) \quad (2)$$

여기서  $VC$ 는 가변비용을 나타내며,  $K$ 는 도시가스회사의 자본을 뜻한다.  $Z$ 가 포함하고 있는 변수로서 여기서는 도시가스회사의 가스공급 연수, 도시가스회사의 계절간 부하 차이 등을 포함한다.

## 2. 자료

도시가스회사의 비용을 계산하기 위하여 각 도시가스회사의 손익계산서를 이용하였다. 이 논문에서 이용한 자료는 1990, 1991, 1996, 1997년도의 손익계산서 세부자료이다. 비용함수의 총수송비용은 각 도시가스회사의 판매 및 일반관리비와 순이자비용의 합으로 정의하였다.<sup>5)</sup> 또한, 가변비용은 위의 총수송비용에서 자본비용

5) 여기서 가스의 제조원가를 포함하지 않은 것은 도시가스로 이용하고 있는 LNG와 LPG 간의

을 차감하여 계산하였다.

자본은 『도시가스사업편람』 자료를 이용하여 배관의 용량으로 측정하였다. 비교적 배관의 길이와 관경에 대한 자료가 자세하게 수록되어 있어 자본의 측정을 배관 용량(capacity measure)으로 산정하기에 편리한 장점이 있다.<sup>6)</sup>

이러한 용량으로서의 자본은 배관의 길이가 길수록 자본이 커지나, 자본의 소모를 인정하지 않는 단점이 있다. 이러한 부분을 보완하기 위하여 비용함수의 추정식에 회사의 가스공급 경과연수를 포함시켰다. 가스공급 경과연수가 길수록 배관 등 자산에 대한 유지관리비용이 커지므로 이를 조정하기 위해 경과연수를 사용하였다.

임금은 노동에 대한 종업원 평균보상을 구하였다. 이를 위하여 손익계산서에서 노동의 보상에 관련한 항목을 합산하고 이를 종업원수로 나누어 산정하였다. 노동의 보상에 대한 항목으로 임금과 급여, 상여금, 복리후생비, 여비교통비 등을 포함하였다.

분배기능을 가진 도시가스회사의 규모의 효과를 파악하기 위해서는 수요밀도의 단위수송비용에 대한 효과를 분석하여야 한다. 그러나 수송비용을 구체적으로 분리하기가 어렵고, 도시가스회사의 경우 지역독점이 인정되고 있기 때문에 사업영역의 크기인 면적이 나타내는 수치가 실제로 서비스영역을 의미하기에는 부적절하며 면적을 측정하기에도 부적합한 것으로 판단된다. 따라서 사업영역을 의미하는 변수를 『도시가스사업편람』의 배관길이 자료를 이용해 다음과 같이 정의하여 사용하였다.

$$S = 2mr + \pi r^2 \quad (3)$$

즉, 도시가스회사의 사업영역은 도시가스배관이 지나는 한 점에서  $r$  거리에 있는 원의 면적이며 이를 도시가스회사의 배관의 거리에 대하여 합하여 이루어진다고 정의하였다.  $S$ 는 도시가스회사의 사업영역을 의미하고  $m$ 은 도시가스회사의 배관중 사업자자산에 해당하는 배관의 길이를 뜻한다. 또한,  $r$ 은 사용자가 도시가스회사의 배관으로부터 평균적으로 떨어져 있는 거리를 의미하며, 이는 사용자자산에 해당하는 배관의 길이를 해당 도시가스회사가 공급하는 사용자수로 나누어 구하였다.

---

제조비용의 차이가 발생하여 이러한 차이를 배제하는 것이 분배 및 수송에서의 비용을 계산하는 데 더 합리적이기 때문이다.

6) 자본소트의 측정으로 용량자료를 사용하는 것이 생산능력을 대표하는 데 더 적절하다는 논문들이 있다. Filippini(1996), Callan(1991), Nelson(1990) 참조.



### 3. 비모수추정의 이용

도시가스회사의 규모의 효과를 추정하기 위하여 비용은 사업영역에 대하여 비선형의 관계를 가지고 있으나, 다른 변수에 대하여는 로그선형관계를 유지한다고 가정하였다.

$$\log\left(\frac{C}{S}\right) = \beta_0 + \beta_1 \log\left(\frac{LOAD}{S}\right) + \beta_3 \log\left(\frac{PIPE}{S}\right) + \beta_4 \log(WAGE) + \beta_5 AGE + f(\log(S)) + u \quad (4)$$

$C$  = 도시가스회사의 가변비용

$S$  = 도시가스회사의 사업영역

$LOAD$  = 소비자 계절부하의 차이

$PIPE$  = 도시가스회사의 파이프라인 용량(capacity)

$WAGE$  = 노동에 대한 평균 보상

$AGE$  = 도시가스회사의 도시가스공급연수

여기서  $f$ 는 비선형 함수의 규모의 효과로 가정하였다. 규모의 효과는 선형관계에 있지 않으며, 규모의 효과가 점진적으로 하향하여 어떤 점으로 수렴하는 패턴을 보일 수도 있으며, U자형의 모양을 나타낼 수도 있음을 의미한다.

비선형의 규모의 효과를 추정하기 위하여 2단계 추정을 시도하였다. 우선, 차분 자료를 이용하여 선형함수부분의 계수를 추정하고, 이를 이용하여 비모수추정방법에 의하여 규모의 효과를 추정하는 방법을 사용하였다.

예를 들어  $c = x\beta + f(s) + u$ 라는 모델에 대하여  $(c_1, x_1, s_1), \dots, (c_T, x_T, s_T)$ 라는 자료가 주어지고,  $u$ 는  $(x, s)$ 가 주어졌을 때 평균이 0이고 분산이  $\sigma_u^2$ 인 i.i.d라고 가정하고  $s$ 는 단위구간(unit interval)으로부터 추출할 수 있다고 가정하였다. 이 때,  $s$ 의 크기 순으로 다시 자료를 정리하고,  $f$ 는 일차미분이 어떤 상수에 bounded라는 것이 알려져 있다면, 1차차분을 함으로써 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$c_t - c_{t-1} = (x_t - x_{t-1})\beta + (f(s_t) - f(s_{t-1})) + (u_t - u_{t-1}) \quad (5)$$

표본의 크기가 커짐에 따라  $s_t - s_{t-1}$ 은  $1/T$ 의 속도로 줄어들어 결국  $f(s_{t-1})$ 은 점근적으로  $f(s_t)$ 를 상쇄시키게 된다.  $x$ 와  $s$ 가 상관관계가 없다면, 차분자료를 이용한 통상최소자승(OLS) 추정치인  $\beta$ 는 구해질 수 있으며,

$$\hat{\beta}_{diff} = \frac{\sum (c_t - c_{t-1})(x_t - x_{t-1})}{\sum (x_t - x_{t-1})^2} \quad (6)$$

다음과 같은 표본 분포를 갖게 된다.

$$\hat{\beta}_{diff} \sim N\left(\beta, \frac{1}{T} \frac{1.5\sigma_u^2}{\sigma_\varepsilon^2}\right) \quad (7)$$

여기서  $\sigma_\varepsilon^2$ 는  $s$ 가 주어졌을 때  $x$ 의 분산을 의미한다. 이러한 방법으로 1단계의 차분자료를 이용한 계수( $\beta_{diff}$ )를 구하고, 이러한 차분자료를 이용한 계수( $\beta_{diff}$ )를 적용하여  $s$ 에 대한 비선형관계를 추적할 수 있다. 2단계에서는 차분자료를 이용하여 구한 계수( $\beta_{diff}$ )를 가지고,  $c_t - x_t \hat{\beta}_{diff}$ 를 구한 후에 이를  $s_t$ 에 대하여 비모수 추정을 하여 비선형의 관계를 추정하는 것이다.

여기서는 비모수추정의 방법으로 부분가중회귀(locally weighted regression: LOWESS)를 이용하였다. LOWESS는 자료의 어떤 한 점 부근에서 두 변수의 관계를 매끄럽게 설명하여 주는 회귀방식으로 설명할 수 있다. 기본적으로 두 변수  $s$ 와  $c$ 가 있을 때, 각각의  $c_i$ 에 대하여 해당되는 추정값(smoothed value)을 가지는 새로운 변수를 만들어내는 것이다. 이러한 추정값은  $(s_i, c_i)$ 와 그 부근의 자료를 부분적으로 이용하여  $c_i$ 를  $s_i$ 에 대하여 회귀하는 방법으로 얻어진다. 이러한 회귀에서 LOWESS는 추정치의 중간 자료인  $(s_i, c_i)$ 에 대하여는 가장 큰 비중을 가지고 중간 자료로부터 멀어질수록 비중이 작게 되는 가중치를 설정한다. 이러한 방법으로 회귀추정하여 각각의 점에 대하여 부드러운 관계를 갖는 값들을 제공한다.

구체적으로 다음과 같은 방법으로 LOWESS를 이용하였다. 두 변수  $c_i$ 와  $s_i$ 가 있고, 자료가  $s_i$ 의 크기 순으로 정리하면,  $i = 1, \dots, N-1$ 에 대하여  $s_i < s_{i+1}$ 로 자료가 구성될 수 있으며, 이때 각  $c_i$ 에 대하여 추정값  $c_i^s$ 가 계산된다.  $c_i^s$ 를 계산하는 데 사용된 부분집합은 인덱스  $i- = \max(1, i-k)$ 부터  $i+ = \min(i+k, N)$ 까지이다. 여기서  $k$ 는  $N \times \text{bandwidth}$ 를 의미한다. 각각의 자료에 대하여 사용한 가중치는 다음과 같다.

$$w_j = \left( 1 - \left[ \frac{|s_j - s_i|}{\Delta} \right]^3 \right)^3$$

$$\Delta = 1.0001 \max (s_+ - s_i, s_- - s_i) \quad (8)$$

이러한 과정으로  $c_i^s$ 가 가중회귀에 의한 예측의 형태로 추정값을 갖게 된다.

#### IV. 추정 결과

앞에서 언급한 추정방법에 따라 첫 단계로 차분자료를 이용한 선형함수의 추정계수를 살펴보면 <표 1>과 같다. 비용함수의 종속변수는 사업영역당 가변비용의 로그값을 이용하였다. 추정된 계수 값을 살펴보면, 우선 사업영역당 소비자의 계절부하 크기는 음(-)의 값을 가지나 유의적이지 않은 것으로 나타났다. 만일 도시가스 회사가 계절부하의 크기에 따라 비용을 부담하였다면, 이 변수의 계수는 양(+)의 값을 가져야만 할 것이다. 그러나 이 계수 값은 두 식에서 모두 음(-)의 값을 가지고 있으며, 유의하지 않은 것으로 추정되었다. 이는 도시가스회사가 계절부하의 크기에 대하여 비용측면에서 부담이 없음을 의미한다. 이러한 결과는 도시가스회사의 영업행위와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 국내의 천연가스 판매업은 도매부문과 소매부문이 분리되어 있으며, 도매부문을 담당하고 있는 한국가스공사는 천연가스의 도입과 저장도 겸하고 있어 천연가스의 공급과 수요의 밸런스를 맞추기 위하여 저장비용을 감수하고 있다. 소매부문은 지역적으로 독점적인 도시가스회사들이 담당하고 있으며, 도매부문으로부터 가스를 구입하여 각 소비자에게 공급 판매하는 역할을 하기 때문에 가능하면 많은 양의 가스를, 가스의 계절적인 부하차이와 관계없이, 판매하는 것을 목적으로 한다. 이러한 판매극대화 전략은 도시가스회사의 계절부하관리 동기를 부여하지 못하고, 이를 수급밸런스를 책임지는 도매부문에 전가하는 효과가 발생하게 되는 것이다. 이러한 현상이 도시가스회사의 비용함수를 추정하는 데 계절부하의 크기가 영향을 미치지 않는 결과를 가져왔다고 할 수 있다.

도시가스회사의 도시가스공급연수(AGE)에 대한 계수는 양(+)의 값을 가지며 유의적인 것으로 나타났다. 공급경과연수가 오래된 도시가스회사의 경우 노후시설

〈표 1〉 차분자료를 이용한 비용함수의 계수 추정 결과

	(1)	(2)
$\Delta \log (LOAD/S)$	-0.1696 (0.1600)	-0.0142 (0.0918)
$\Delta AGE$	0.0546 (0.0246) **	0.0583 (0.0247) ***
$\Delta \log (PIPE/S)$	0.1965 (0.1304) *	0.2566 (0.1216) **
$\Delta \log (WAGE)$	0.8416 (0.2011) ***	1.0008 (0.1511) ***
$\Delta \log (Q/S)$	0.2935 (0.2487)	
$\Delta LNGDUM$	0.0577 (0.2202)	-0.0201 (0.2127)
$\Delta 91DUM$	0.1030 (0.1575)	0.1446 (0.1554)
$\Delta 96DUM$	-0.0362 (0.2266)	-0.0207 (0.2291)
$\Delta 97DUM$	-0.1841 (0.1860)	-0.1647 (0.2877)
R-squared	0.8836	0.8777

주: ( ) 안의 숫자는 표준오차임. \*, \*\*, \*\*\*는 10%, 5%, 1% 안에서 계수가 0이 되는 귀무가설을 채택하는 유의수준을 의미함.

이나 교체시설 등이 많아 이를 유지하는 데 비용이 들게 되므로 공급연수와 비용 간에 양(+)의 관계가 나타나는 것이 일반적이다. 우리의 도시가스회사의 경우에도 이러한 현상이 나타나는 것으로 확인되었다.

자본스톡을 의미하는 변수인 사업영역당 배관용량( $PIPE/S$ )의 계수를 살펴보면 양(+)의 값을 가지며 유의적인 것으로 추정되었다. 그러나, 이는 자본스톡에 대하여 증가하지 않는다는 가변비용함수의 정규조건을 만족하고 있지 않다. 이러한 현상은 여러 가변비용함수 추정연구에서도 종종 나타나고 있는 현상이다(Filippini, 1996 참조). 이러한 현상에 대하여 보통 두 가지 해석이 가능하다. 자본스톡의 계수가 양(+)의 값을 가지는 것은 기업이 자본스톡을 과도하게 보유하고 있을 경우 발생할 수 있다. 이러한 경우에 자본스톡의 증가는 가변비용과 고정비용 모두를 증가시킬 수 있다. 또 다른 해석으로는 자본스톡과 생산량 간에 다중공선성(multi-collinearity)으로부터 자본스톡의 계수가 부정확한 값을 가지는 현상을 유발할 수 있다는 것이다(Filippini, 1996). 즉, 자본스톡과 생산량을 비용함수에 포함시켰을 경우 이들의 상관관계가 높아 자본스톡의 계수의 부호가 부정확하게 추정될 가능성이 있다는 것이다.

임금( $WAGE$ )의 계수는 임금이 오르면 가변비용이 증가한다는 정규조건과 일치하는 양(+)의 값으로 유의적으로 추정되었다. 또한 사업영역당 생산량( $Q/S$ )도

(1)의 추정식에서 양의 값으로 추정되었으나, 유의적이지는 않은 것으로 나타났다.

도시가스 원료인 LNG와 LPG가 비용함수에서 차이를 가져올 수도 있다고 가정하고 더미변수(LNGDUM)를 포함시켰으나, 두 추정식에서 부호는 서로 다르게 추정되었으나 유의적이지는 않은 것으로 나타났다. 또한 연도별 특성이 비용함수에 내재될 수도 있어 이를 조정하기 위하여 더미변수(91DUM, 96DUM, 97DUM)를 추정식에 포함시켰으나, 이들 역시 유의적이지 않은 것으로 추정되었다.

차분자료를 이용한 추정계수( $\beta_{diff}$ )<sup>7)</sup>를 가지고 비용함수에서 설명되지 않은 비용( $c - x\hat{\beta}_{diff}$ )을 도출하고, 그 값과 사업영역(S) 간의 비선형관계( $f(S)$ )를 비모수추정방법인 부분가중회귀(LOWESS)를 사용하여 추정하였다.

이러한 방법에 의하여 추정한  $c - x\hat{\beta}_{diff}$ 과 S와의 관계를 살펴보면 <그림 1>과 같다. <그림 1>은 밴드크기가 40%, 50%, 60%에 대하여 각각 추정된 것으로 비용과 사업영역 간의 관계가 U자형을 나타내는 것으로 추정되고 있다. 사업영역이 일정 수준에 미치지 못하는 경우에 사업영역이 큰 회사는 작은 회사에 비하여 규모의 효과를 가지는 반면, 사업영역이 일정 수준 이상인 경우에는 사업영역이 큰 회사의 영역당 비용이 사업영역이 작은 회사보다 증가하였음을 알 수 있다. 그림에서 나타나는 것과 같이 대부분 회사들이 일정 사업영역 이상에 몰려 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 대부분의 도시가스회사에서 사업영역이 큰 회사일수록 사업영역당 비용이 증가하는 것을 나타내는 것이며, 이는 사업영역을 확장하는 것이 규모의 효과를 나타내지 못하는 것을 보여주고 있는 것이다.

그러나 사업영역이 비용에 미치는 효과를 관찰하기 위해서는 다른 사항을 고려할 필요가 있다. 각 도시가스회사가 동일한 사업영역을 가진다 하더라도 사업영역당 사용자수의 크기나, 사용자당 소비량에 차이가 있다면, 사업영역이 비용에 미치는 효과는 다르게 나타날 수 있다. 따라서 사업영역당 사용자수와 사용자당 소비량이 비용에 미치는 효과가 사업영역이 비용에 미치는 효과에 영향을 미치지 않도록 조정할 필요가 있다. 이를 위해 앞의 비용과 사업영역 간의 비선형관계를 다음과 같이 재설정하였다.

$$c - X\hat{\beta}_{diff} = f\left(\log\left(\frac{Q}{N}\right), \log\left(\frac{N}{S}\right), \log(S)\right) \quad (9)$$

7) 여기서는 추정식(2)를 이용하였다.

즉, 사용자당 소비량과 사업영역당 사용자수의 비용에 대한 효과도 비선형의 관계에 있다고 가정하였다. 이러한 사용자당 소비량과 사업영역당 사용자수의 비용에 대한 효과를 제거하였을 때 사업영역 확장의 비용에 대한 효과를 살펴본다면 사업영역에 대한 규모의 효과를 보다 적절하게 접근할 수 있을 것이다. <그림 2>는 사용자당 소비량( $Q/N$ )과 사업영역당 사용자수( $N/S$ )의 비용에 대한 효과를 제거하였을 때, 사업영역( $S$ )과 비용 간의 비선형적인 관계를 밴드크기가 40%, 50%, 60% 각각에 대하여 LOWESS로 추정한 것이다. <그림 2>는 사업영역과 비용 간에 양(+)의 관계가 있는 것처럼 보인다. 그러나, 사실상 추정선이 거의 수평선에 가깝다. 또한 <그림 1>과 <그림 2>를 동시에 표현한 <그림 3>을 살펴보았을 때, <그림 2>의 추정선은 <그림 1>의 추정선에 비하여 수평선에 가깝다는 것을 보다 명확히 알 수 있다. 보다 정확하게 비용과 사업영역 간의 비선형관계를 추정한 <그림 2>의 추정선에서는 <그림 1>의 추정선에서 나타난 U자형의 관계가 나타나지 않고 있다. 이는 사업영역이 확장되더라도 사업영역당 비용에는 변화가 미미하다는 효과를 나타낸다고 할 수 있다. 따라서 우리나라 도시가스회사의 경우에, <그림 2>의 추정선이 비선형관계를 바르게 추정한 것이라면, 사업영역에 대한 규모의 효과를 갖지 않는다고 볼 수는 없다. 또한, 이러한 것은 앞서 서론에서 언급한 규모의 효과를 누리기에는 도시가스회사의 사업영역이 세분화되어 있는지를 판단하기는 어렵다. 다만, 중앙값(median)에서 사업영역이 확대되더라도 사업영역당 비용이 증가하지 않을 수 있으므로 지금보다 사업영역 규모를 더 확장할 수도 있을 것이다.

<그림 1>과 <그림 2>의 추정선간의 차이는 결국 사용자당 소비량과 사업영역당 사용자수의 비용에 대한 효과에 의하여 설명될 수 있을 것이다.<sup>8)</sup> 이러한 사용자당 소비량의 비용에 대한 효과와 사업영역당 사용자수의 비용에 대한 효과를 조정한

8) <그림 4>는 사업영역당 사용자가 비용에 미치는 효과와 사업영역 간의 관계를 나타내고 있다. 사업영역 규모가 작은 도시가스회사의 경우 사업영역당 사용자수가 비용에 미치는 효과가 사업영역과 음(-)의 관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 음(-)의 관계가 <그림 1>에서 사업영역이 작은 도시가스회사의 경우 사업영역이 비용에 미치는 (-)의 관계를 설명하고 있다고 하겠다. 마찬가지로 <그림 5>는 사용자당 소비량이 비용에 미치는 효과와 사업영역 간의 관계를 나타내고 있다. <그림 5>에서 사업영역 규모가 큰 도시가스회사의 경우 사용자당 소비량이 비용에 미치는 효과가 사업영역과 양(+)의 관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 양(+)의 관계가 <그림 1>에서 사업영역이 큰 도시가스회사의 경우 사업영역이 비용에 미치는 (+)의 관계를 설명하고 있다고 하겠다. 따라서 두 효과를 제거하여 사업영역이 비용에 미치는 효과를 살펴보면, <그림 2>와 같이 수평에 가까운 관계가 표현된 것으로 여겨진다.

후의 사업영역과 비용 간의 관계를 추정하면, <그림 2>에서와 같이 현재의 사업영역하에서는 도시가스회사는 규모의 효과를 누리고 있으며, 사업영역이 큰 회사의 경우 우하향하는 기울기를 가질 수도 있는 것으로 나타나는 것으로 보아 사업영역이 확장되더라도 규모의 효과를 여전히 가질 수도 있음을 시사하고 있다. 이로 미루어 보아 도시가스회사간의 경쟁을 유도하기 위해서는 최소한 현재보다 사업영역이 확장되는 것을 고려해 볼 수 있을 것이다.

## V. 맺는 말

천연가스 산업에서 최근에 논의되고 있는 천연가스산업의 이원화의 문제와 도시가스회사의 규모의 효과를 도시가스회사의 비용함수를 추정하고 사업영역과 비용 간의 비선형관계를 비모수추정방법으로 추정하여 분석하였다.

천연가스산업의 이원화는 도시가스회사로 하여금 계절부하의 차이에 따른 수요관리의 동기를 줄이고, 계절부하로부터 발생하는 비용을 가스공사에 전가하는 행태를 발생시킬 것이다. 또한 도시가스회사의 경우 사업영역이 너무 세분화되어 있어 규모의 효과를 누리고 있는지 의문시되고 있다. 이러한 의문에 대한 설명을 위하여 도시가스회사의 비용함수를 추정하고 사업영역과 비용 간의 관계를 추정하였다.

이를 위하여 도시가스회사의 재무제표 자료를 이용하여 선형의 비용함수를 추정하였고, 이를 바탕으로 사업영역과 비용 간의 비선형관계를 비모수추정방법에 의하여 추정하였다.

비용함수 추정으로부터 계절부하의 차이가 도시가스회사의 비용에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다. 이는 천연가스산업이 이원화되어 있어, 도시가스회사가 계절부하의 차이에 따른 수요관리의 동기가 없다는 추론을 지지하는 결과라고 할 수 있다.

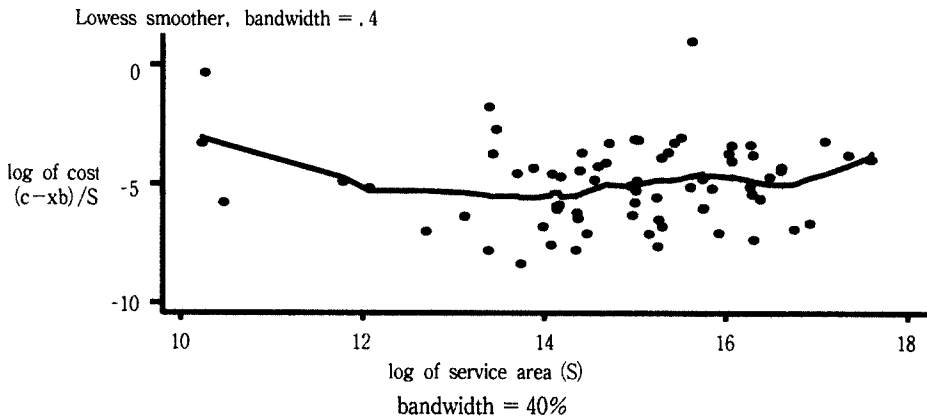
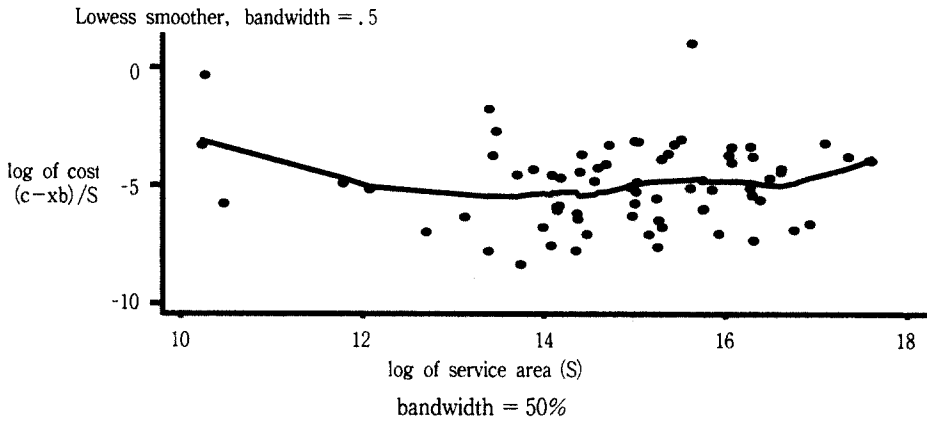
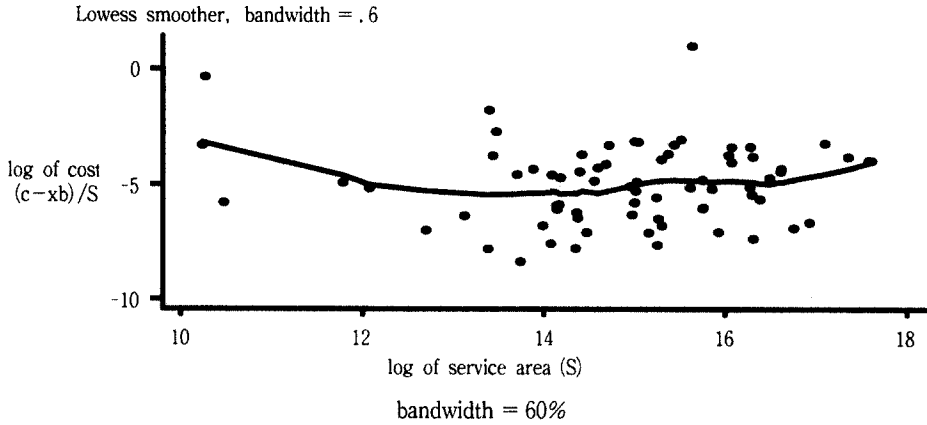
또한, 사업영역과 비용과의 비모수추정을 시도한 결과, 사업영역당 사용자수와 사용자당 소비량이 비용에 주는 영향을 조정한 경우에, 도시가스회사의 비용은 사업영역의 확장이 사업영역당 비용에 주는 영향이 미미한 것으로 추정되었다. 이는 도시가스회사의 사업영역이 규모의 효과를 누리기에는 너무 세분화되어 있는지를 파악하기에는 어려움이 있으나, 지금보다 중앙값(median)의 사업영역이 확장되더

라도 현재와 같은 규모의 효과를 누릴 수 있음을 알 수 있다. 따라서 도시가스회사 간 경쟁을 유도하기 위하여는 현재보다 사업영역이 확장되는 것이 바람직할 수 있겠다.

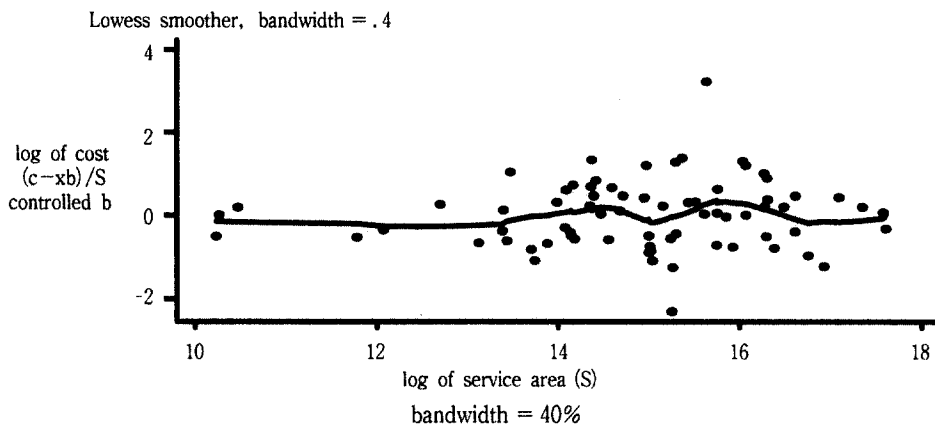
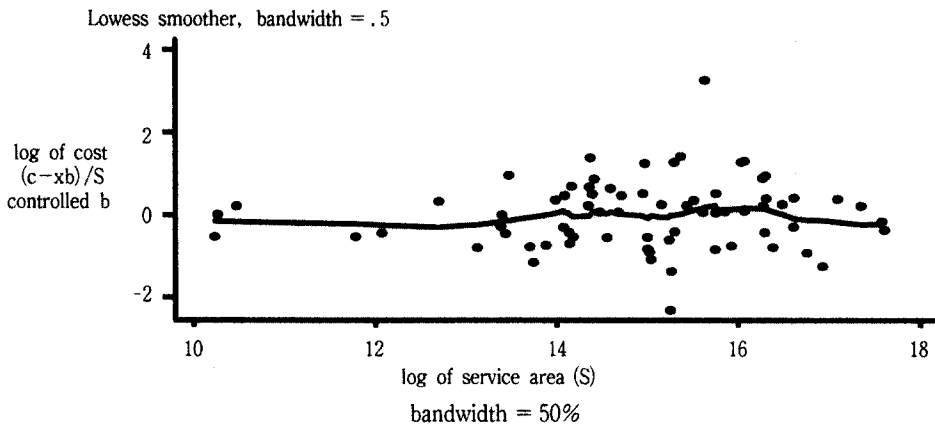
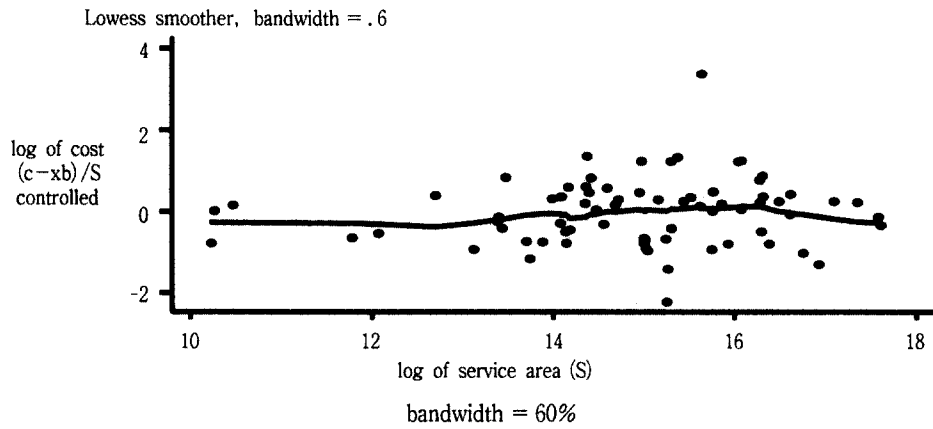
그러나 앞서 추정한 바와 같이 모든 계수가 정규조건을 만족하고 있는 것은 아니다. 따라서 모형의 적합성을 검토할 필요가 있으며, 특히 자본의 경우 자본스톡을 과도하게 보유하고 있을 때의 비용함수를 어떻게 설정할 수 있는지를 고려하는 것이 향후의 과제라 할 수 있다.



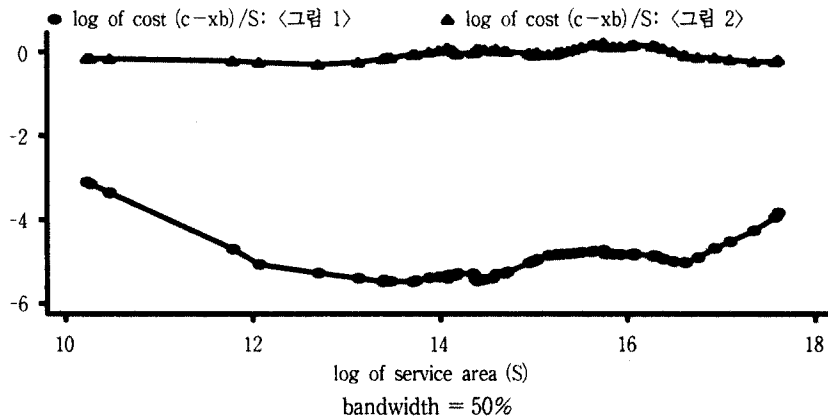
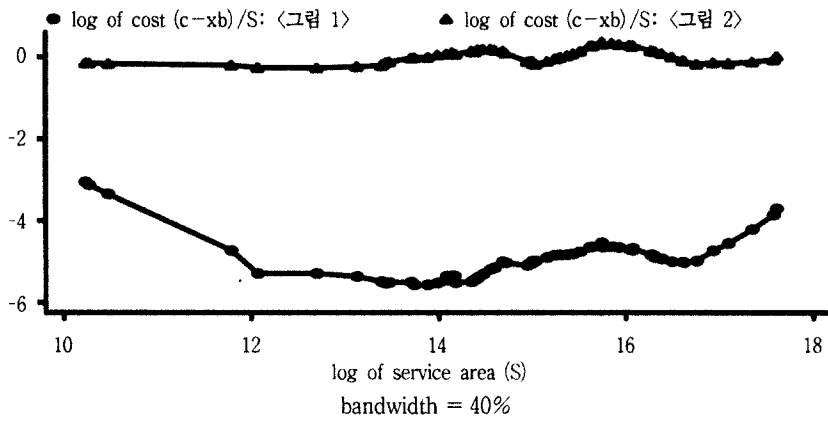
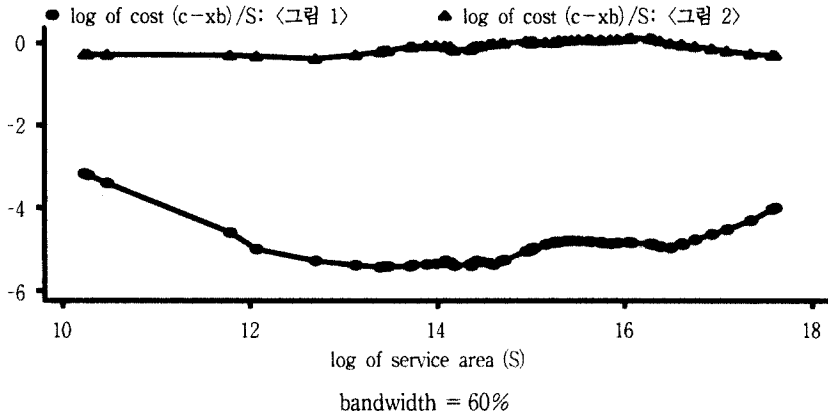
〈그림 1〉 사업영역과 비용의 관계 (1)



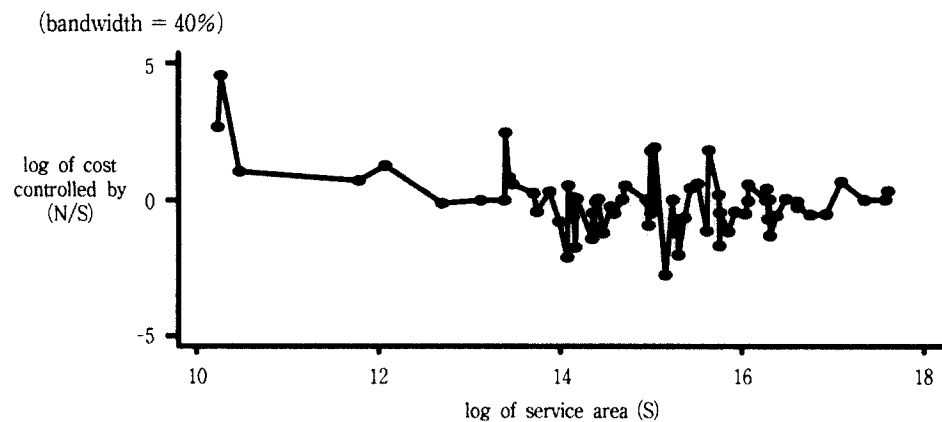
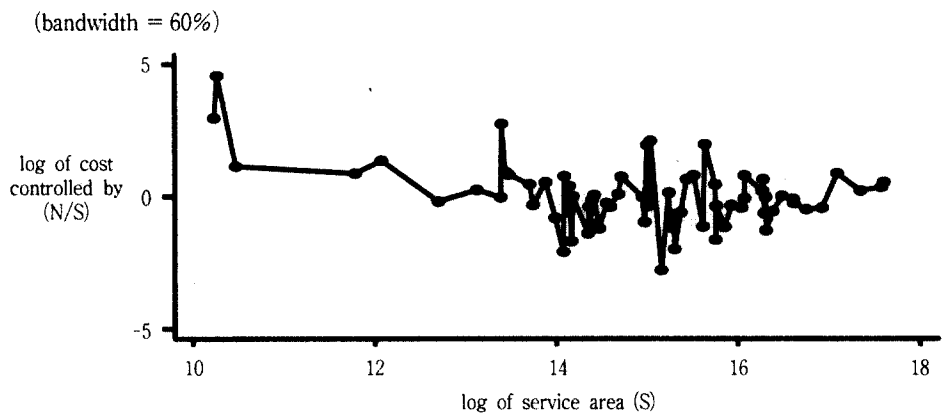
〈그림 2〉 사업영역과 비용의 관계 (2)



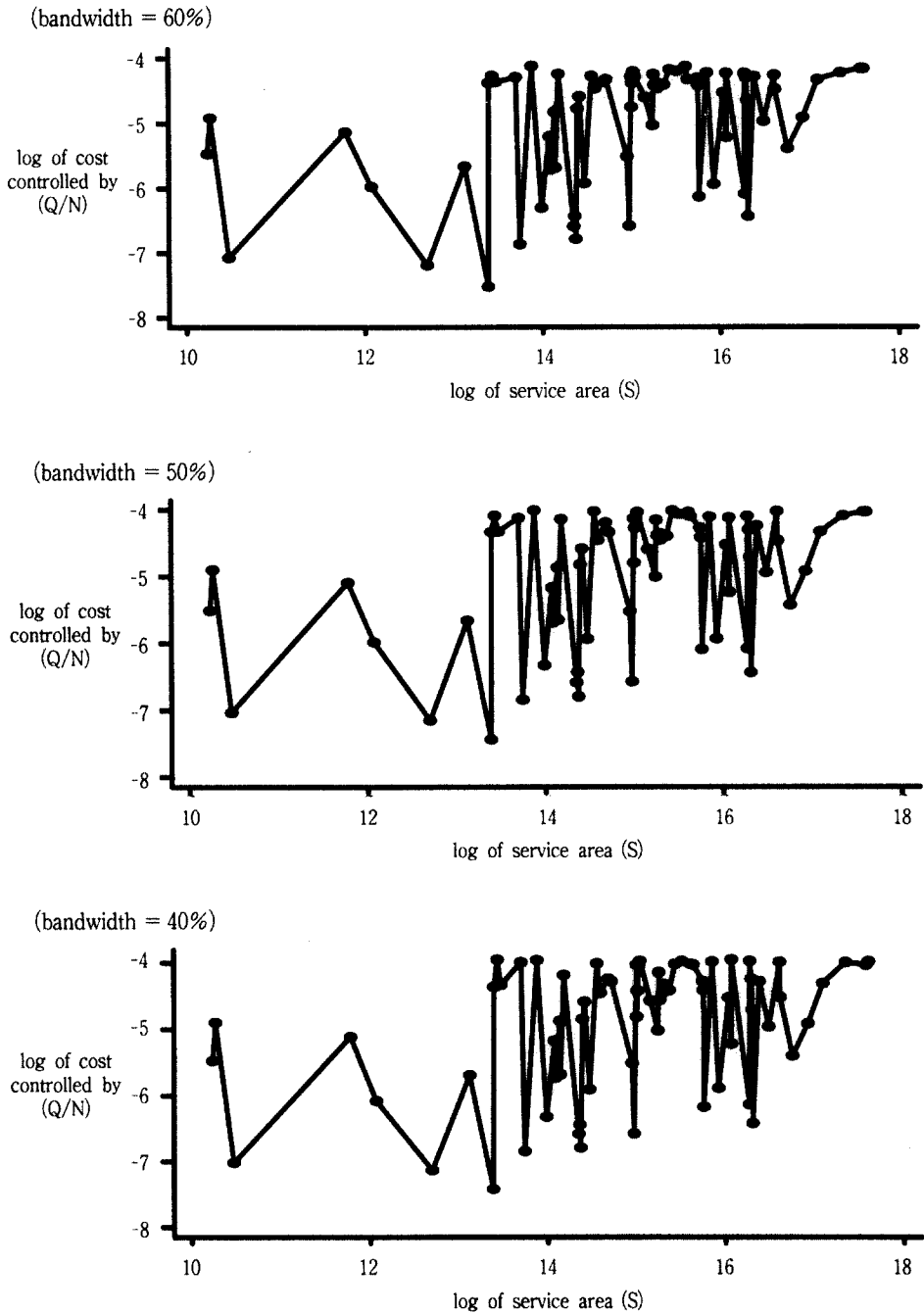
〈그림 3〉 사업영역과 비용: 〈그림 1〉 vs. 〈그림 2〉



〈그림 4〉 사업영역과 비용: 사업영역당 사용자 수가 비용에 미치는 효과



〈그림 5〉 사업영역과 비용: 사용자당 소비량이 비용에 미치는 효과



# ■ 參考文獻

1. 한국가스공사 · Salgas Training & Consultancy Ltd., *Feasibility Study on the Open Access in the Korean Gas Industry*, 1997. 10.
2. 한국가스공사 · 에너지경제연구원, 『한국가스공사 민영화 방안 연구』, 1995. 7.
3. ———, 『한국의 천연가스산업에 배관망공동이용제도의 도입이 미치는 영향 검토』, 1997. 11.
4. 한국가스안전공사 · 에너지경제연구원, 『가스사업체계 및 제도개선에 관한 연구』, 1997. 4.
5. 한국도시가스협회, 『도시가스사업편람』, 1990~1997 각년도.
6. Baumol, W. J., "On the Proper Cost Test for Natural Monopoly in a Multiproduct Industry," *American Economic Review*, 67, 1977, pp. 809~822.
7. Burns, P. and T. G. Weyman-Jones, "Is the Gas Supply Market a Natural Monopoly? Econometric Evidence from the British Gas Regions," *Energy Economics*, 20, 1998, pp. 223~232.
8. Callan, S. J., "The Sensitivity of Productivity Growth Measures to Alternative Structural and Behavioral Assumptions: An Application to Electric Utilities 1951~1984," *Journal of Business and Economics Statistics*, 9, 1991, pp. 207~213.
9. Callen, J. L., "Production, Efficiency, and Welfare in the Natural Gas Transmission Industry," *American Economic Review*, Vol. 68, No. 3, 1978, pp. 311~323.
10. Caves, D. W., L. R. Christensen, and J. A. Swanson, "Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in US Railroads, 1955~74," *American Economic Review*, 71, 1981, pp. 994~1002.
11. Caves, D. W., L. R. Christensen, and M. W. Tretheway, "Economies of Density Versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ," *Rand Journal of Economics*, 15, 1984, pp. 471~489.
12. Filippini, M., "Economies of Scale and Utilization in the Swiss Electric Power Distribution Industry," *Applied Economics*, 28, 1996, pp. 543~550.
13. Lowry, E. D., "Justification or Regulation: The Case for Natural Monopoly," *Public Utilities Fortnightly*, Vol. 28, 1973, pp. 1~7.
14. Nelson, R. A., "The Effects of Competition on Public-owned Firms, Evidence from the Municipal Electric Industry in the US," *International Journal of Industrial Organization*, 8, 1990, pp. 37~51.
15. Roberts, M. J., "Economies of Density and Size in the Production and Delivery of Electric Power," *Land Economics*, Vol. 62, No. 4, 1986, pp. 378~387.
16. Schmalensee, R., "A Note on Economies of Scale and Natural Monopoly in the Distribution of Public Utility Services," *Bell Journal of Economics*, 9, 1978, pp. 270~276.