

미설명 도시가스의 분석 : 경인지역 중심으로

김수덕 · 서정규*

아주대학교 에너지학과 · *에너지경제연구원

E-mail : suduk@ajou.ac.kr

A Study of Unaccounted-for Gas Volume : Seoul, Kyunggi Area

Suduk Kim and J. K. Seo*

Dept. of Energy Studies, Graduate School Ajou University, *Korea Energy Economics Institute

요 약

본 연구에서는 경인지역 도시가스회사들이 가스공사로부터 도매 매입한 도시가스의 양이 배관내재고 등의 기타 용도를 포함한 도시가스판매량과의 차이에 대해 검토하여 보고자 하였다. 1996년부터 2001년의 자료를 이용하여 가스공사로부터 매입한 물량, 배관길이, 판매자료, 손실, 자가소비, 기타의 항목으로 기존의 자료를 정리하였고, 이를 기초로 하여, 배관내재고량 변화, 판매 자료에 기초한 추정 미검침 재고량과 그 이월분 등을 확인하였다. 또 이를 통해 우리의 관심의 대상이 되는 오차를 이해할 수 있는 틀을 제공하고, 사실관계의 확인을 실증적인 분석을 통해 제시하고자 하였다. 결과, 각 도시가스회사가 도매 매입한 물량이 미검침 재고량의 이월분, 배관내재고, 검침판매량, 손실, 자가소비, 기타를 합한 량보다 많다는 통계적 가설을 기각함을 보인다.

Abstract— A study is performed on the difference between the volume of gas purchased from Korea Gas Corporation (KGC) and that of measured gas deliveries including total sales, pipeline inventory, and other usage by gas companies at Seoul and Kyunggi area. Actual data and information from 1996 to 2001 on gas purchase from KGC, sales, loss and own company use and pipeline status of each gas company are used to identify net inventory change in pipeline, unaccounted inventory estimates based on billing cycle and their net changes. A framework to be used for the analysis of such differences and an empirical test result are being provided. As a conclusion, the hypothesis that each gas company purchased more than the volume of gas accounted-for by all the possible factors is shown to be rejected.

1. 서 론

도시가스회사가 일정기간동안 최종소비자에게 판매한 가스의 량과 도시가스 배관망에 주입한 가스의 물량 간에는 차이가 발생할 수 있다. 이러한 차이를 일반적으로 "미설명가스(Unaccounted-for gas)"라고 언급하고 있으며¹⁾ 특정연도 혹은 일정기간 동안 도시가스회사가 필요한 천연가스를 구매하기 위한 구매계약을 체결하고자 할 때, 반영되는 가스 구매 필요량의 구성요소가 된다. 즉, 총 구매 필요량은 예상되는 판매량에 미설명가스 물량을 반영하여 추정하게 된다.²⁾

미국가스협회의 천연가스산업 관련 전문용어(Natural Gas Glossary)를 설명하는 웹 페이지에서는 미설명가스

를 다음과 같이 정의하고 있다.³⁾

모든 공급원으로부터 획득하여 배관망 시스템내에 주

¹⁾American Gas Association, Gas Rate Fundamental, 1988, p. 227.

²⁾국내 도시가스회사들은 한국가스공사로부터 천연가스를 구입하게 되는데, 약정물량제도에 따라 구입할 필요가 있는 물량의 수준을 가능한 정확하게 추정하는 것이 필요하다.

³⁾<http://www.aga.org>

⁴⁾우리나라의 경우와는 달리 미국 지역 도시가스회사(Local Distribution Company)의 가스 공급원은 가스생산자, 파이프라인사업자, 저장사업자 등 매우 다양하다.

⁵⁾제삼자 접속이 허용되는 미국에서는 최종소비자에 판매하기 위한 가스이외에 제삼자의 가스를 수송해 주는 서비스도 제공하고 있다. 순교환은 이러한 수송서비스 제공과 관련된 가스물량의 주입-인출의 순변동과 회사간 가스의 순교환 등을 의미한다.

입한 총 가스량⁴⁾과 판매(sales), 순교환(net exchange)⁵⁾, 회사 자체소비 등으로 인출된 것으로 설명되는 총 가스 간의 차이로 이 차이에는 누설 혹은 다른 실제 손실, 계량기의 부정확성에 따른 차이, 기온 및 압력의 편차(variation)에 따른 차이, 요금청구의 시차(billing lag)와 같은 기타 요인에 따른 차이를 포함한다.

미국에서 지역 분배망 회사가 주 규제위원회에 보고 하는 미설명가스에 대한 일반적인 정의는 다음과 같은 식으로 나타내는 것이 가능하다.

$$UAF=A-B$$

A=측정된 가스의 주입량: 소비자에게 판매하기 위해 구매한 가스의 량, 제삼자 접속을 허용하는 경우에 수송을 위해 받아들이는 가스과 도시가스회사 간 물량교환에 따라 받아 들이는 가스량, 라인팩과 가스 이용기기에 머물러 있는 가스를 포함하는 저장변동분(net storage)

B=측정된 가스의 송출량: 소비자에게 판매한 가스의 량, 제삼자 접속을 허용하는 경우에 수송된 가스의 량과 교환된 가스의 량, 자체소비 등을 포함

이러한 미설명가스를 비율로 표시할 때에는 시스템의 총 송출량의 비율로 나타낸다. 즉,

$$UAF\%=(UAF\div T)\times 100$$

T=주어진 기간동안의 시스템의 총 송출량

앞에서 언급한 바와 같이 최종 소비자에게 공급할 필요가 있는 총 가스량을 평가할 때 활용하는 자료로서의 가치 이외에 미설명가스는 도시가스 공급망 시스템 운영의 질(quality)을 나타내 주는 하나의 총체적인 지표로 천연가스산업에서 활용되는 운영 파라미터의 하나가 된다. 다시 말해, 검침(혹은 계량)의 정확도, 배관망의 안전도 등을 개선하고자 하는 장기 계획의 효과를 나타내 주는 귀중한 지표가 될 수 있다. 또한 규제기관에서 미설명가스를 요금에 반영하는 정도에 따라 사업자의 수익은 달라질 수도 있다.⁶⁾

우리나라에서는 도시가스회사들이, 실제로 가스공사에서 구매한 도시가스량보다 판매량이 많다는 지적(시·도 지사의 도시가스 요금승인 업무지도감독에 관한 건, 감사원, 1999.12.20)이 있는 이후, 이 문제에 대한 관심이 고조되어 온 것이 사실이다. 본 연구는 이러한 배경에서 진행된 연구결과를, 경인지역의 도시가스회사를 중심으로 정리한 것이다. 따라서, 2장에서는 미설명가스의 발생원인을 유형별로 살펴보고, 3장은 미설명가스설명 모형설정, 4장은 물량자료를 이용한 검증의 결과를 제시한다. 그리고 마지막으로 5장에서는 미설명가스의 발생

에 관한 본 연구의 결론을 내리고자 한다.

2. 미설명가스의 발생원인

미설명가스는 (1) 대구경의 주배관망을 통해 도매회사로부터 구입한 가스의 검침 량과 수많은 소규모 수요가의 계량기의 검침을 통해 집계되는 소매 판매한 가스의 검침량 간의 차이, (2) 도시가스회사의 배관망에 가스가 투입되는 시점과 송출된 량으로 검침되는 시점간의 시차에 의한 차이, (3) 배관망상의 손실과 도용(theft) 등에 의해 발생한다. 열량단위당 가스요금을 부과하는 경우에는 요금징수 목적으로 사용되는 가스의 열량 값과 송출된 가스 량의 열량 값 간의 차이도 하나의 원인으로 지적되기도 한다.

1991년 1월~1992년 12월 중에 시행된 미국 GRI(Gas Research Institute)의 Southern California Gas Company(이하 SoCalGas)의 1991년 미설명가스 발생 원인에 대한 조사⁷⁾에서는 상기의 미설명가스량 추정식에 근거한 연간 미설명가스량 추정 방식으로 세 가지를 제시하고 있다.

첫 번째는 회계장부상의 자료를 이용해 매출량과 매입량간의 차이를 파악하는 회계기준 미설명가스량(accounting unaccounted-for gas)이다. 미국의 주 에너지 규제위원회에서는 요금조정⁸⁾을 위해 제출토록하는 미설명가스량에 관한 정보는 주로 회계장부에 기재된 판매량과 구매량을 기초로 추정하게 되는데, 이러한 회계기준의 미설명가스는 앞에서 정의한 방식의 미설명가스량을 정의하는 식의 관점에서 볼 때, 천연가스의 구매는 매년 1월 1일~12월 31일 기간 중에 이루어지고, 재고의 순증감(배관내 재고, 미검침 재고량 등)이 없는 것으로

⁴⁾1987년 미국 캘리포니아주에 위치한 PG&E는 Gas Research Institute와 미설명가스의 원인분석을 수행한 바 있는데, 이러한 분석용역을 수행하게 된 배경에는 첫째, 규제기관에서 미설명가스에 따른 가스손실을 요금에 반영시 그 증명자료를 요구하였다는 점을 들 수 있다. 그리고 둘째, 주택 및 소형 상업용 수요가와 대체연료를 가지고 있는 대형 수요가간의 미설명가스량의 분배작업이 미설명가스에 대한 충분한 이해가 없이 이루어지고 있다는 점을 지적하고, 개방된 시장(설비의 개방, 상품시장의 경쟁)하에서 공정한 비용 배분체계의 확립이 필요하게 되었다. 그리고 마지막으로 지구온난화와 같은 환경보호에 대한 관심사가 집중함에 따라 도시가스의 주성분인 메탄의 대기방출에 대한 평가가 필요하였다. J. R. Grinstead and Cowgill, R. M. "미계량 원인분석" 한국도시가스협회, 「外國의 도시가스사업관련 자료」, 1994.

⁷⁾Gas Research Institute, A study of The 1991 Unaccounted-For Gas Volume At The Southern California Gas Company, Vol. II, 1993.

⁸⁾주로 원료비 단가의 연동지표를 산정하는 과정(Purchased gas cost adjustment)에 활용된다.

전제하는 것이다.⁹⁾ 물론 도시가스회사의 수요량이 연중 안정적이고, 매년 온도의 변화에 따라 수요의 변화가 거의 없는 경우에는 앞에서 언급한 (2)의 요인에 의한 미설명가스의 비중은 그리 크지 않을 것이다. 그리고 기온이 비교적 낮은 추운 지역으로 소비량이 온도의 변화에 따라 다소 큰 폭으로 변동하는 경우에는 미설명가스의 량을 측정할 때, 달력상의 1년 기간이 아니라 하절기를 기점으로 하는 1년 기간의 물량을 기준으로 하면 기온 변화의 효과를 상당히 제거하는 것이 가능하다.¹⁰⁾

이러한 측면을 감안하여 미국의 주 규제위원회에서는 미설명가스에 대한 정보를 제출할 때, 통상의 달력상의 1년(1월 1일~12월 31일)이 아니라, 6~8월 중 특정 월의 1일을 시작으로 다음해 시작 월의 익월의 마지막 일을 기준으로 미설명가스량을 추정하도록 하고 있다. 예를 들어, 텍사스 주 규제위원회(Railroad Commission of Texas)에서는 7월 1일~6월 30일을 산정기간으로 하고 있고,¹¹⁾ 오하이오주 규제위원회(Ohio Public Service Commission)에서는 9월 1일~8월 31일을 기준으로 미설명가스를 추정하도록 하고 있다.¹²⁾ 호주 빅토리아주의 규제위원회에서는 달력상의 일자를 기준으로 추정하고 있다.

둘째로, 이러한 회계장부상의 미설명가스량은 실제 도시가스회사의 시스템 운영과 일치하는 것이 아니며, 연도별로 수요가 증가하는 시점과 수요가 감소하는 시점 등 특정한 연도의 영업환경에 따라 미설명가스의 량을 변동시켜 미설명가스의 진정한 원인의 파악을 어렵게 할 수 있다. 이러한 측면에서 GRI는 미설명가스의 원인분석에 앞서, 회계장부에 근거한 매출량(검침자료)과 구입량 자료를 달력 기준의 매출량과 구입량을 환산하는 작업을 통해 운영상의 미설명가스량(operating unaccounted-for gas)을 추정하고 있다.

세 번째로는 미설명가스를 설명하는 각각의 원인별로 미설명가스량을 추정하여 연간 미설명가스량을 추정하는 방식으로 GRI는 이를 공학적 접근법을 적용한 원인별 미설명가스량(engineering unaccounted-for gas volume-by-element)라 하고 있다. 한편 이 보고서에서는 매년 이러한 운영상의 혹은 원인별 미설명가스량을 추정하는 것이 미설명가스 발생 원인을 정확하게 파악하는데 있어 매우 적절한 방식이지만, 상당한 비용이 소요되는 작업으로 보고, 그 대안으로 회계 장부상의 매출과 구입량 차이의 장기 평균치를 활용하는 방안을 권고하고 있다.

우리나라의 경우에는 미국의 경우와 달리 천연가스의 공급원이 하나이기 때문에 달력상 일년동안의 구입량을 정확히 평가하는 것이 가능하다. 그리고 대부분의 도시가스회사들이 결산시에 실지재고조사법(physical inventory method)¹³⁾에 근거하여 당기 매출량을 추정하고 있어 연

간 매출량도 매년 추정하고 있다. 따라서, 실제로는 운영상의 미설명가스량(operating unaccounted-for gas)을 매년 추정하고 있는 것으로 보아도 무리가 없을 것이다.

회사가 연말에 판매재고(배관망안에 들어있는 재고량을 사를-보일의 법칙에 의해 계산함)와 미검침재고(현재 일부회사는 검침기준에 의하여 검침일부터 연말까지의 사용량을 전년 동월의 사용량에 근거하여 추정하고 있음)를 계산해보면, 기말재고량은 전년보다 늘어난 배관 길이, 판매재고 계산 기준 시점의 온도 및 압력의 차이, 전년 12월대비 당해 12월의 평균기온차이(이는 전년 동월의 사용량에 근거한 미검침재고 계산시 영향을 미침) 등으로 인하여 전년과 비슷한 수준이거나 다소 증가하는 것이 일반적이다.

결국 회사는 이미 판매한 물량에 대한 조정은 불가능하므로, 회사가 물량흐름에 따라 계산한 기말재고량과 연말에 기말재고 및 미검침재고를 산정하여 추정한 기말재고량은 차이를 보이게 된다. 앞에서 설명한 물량차이분이 발생하게 되는 이유를 정리하여보면, 대략 다음과 같다.

(1) 온도와 압력의 차이 등 운영상의 요인

가스공사에서 매입한 LNG는 회사의 지구정압기에서 중압관, 저압관(직경도 차이가 나고 있음)을 통하여 개별 수용가에게 공급되는데, 압력이 높은 관에서 낮은 관으로 이동하면서 각 관별로 압력차이로 인해 부피가 팽창하게 된다. 이는 물량차이의 주요 원인이 되고 있다. 또한 온도가 변하는 경우에도 부피가 수축 또는 팽창하게 된다. 그 외에 계량상의 오차, 배관의 파손이나 부식, 도용 등도 미설명가스를 발생시키는 운영상의 주요 요인으로 지적되고 있다.

(2) 판매재고 계산의 오류

회사가 기말에 판매재고를 계산하는 과정에서 계산상

⁹⁾검침시점에서 매출을 인식하는 경우를 의미한다. 인도시점에서 매출을 인식하는 경우에는 검침과 관계없이 수요가가 사용한 도시가스량을 기준으로 매출을 인식하는 것이기 때문에 검침이후, 월말까지의 소비량을 별도로 추정하여 매출로 인식하게 된다. 따라서 이 경우에는 추정상의 오차 자체가 미설명가스량을 결정하는 하나의 요소가 된다.

¹⁰⁾American Gas Association, 전제서.

¹¹⁾The Railroad Commission of Texas, Texas Administrative Code, Title 16, Part 1, Chapter 7, Subchapter E, Rule 7.5525.

¹²⁾Ohio Public Service Commission, Ohio Administrative Code, 4904 : 1.

¹³⁾기말 재고 수량을 파악하는 하나의 방식으로 기중에 입고수량과 출고수량을 일일이 장부에 기록하여 기준의 순변동량을 기초재고수량에서 가감하여 기말의 재고수량을 파악하는 방법인 반면에 실지재고조사법은 기말에 실제로 보유하고 있는 재고자산을 조사하여 수량을 파악하는 방법으로 이는 실현 매출액을 산출하는 근거가 된다. 이정호, 현대회계이론, 17장, 1985.

의 오류가 발생가능할 수 있다. 판매재고 계산에서는 샤를-보일의 법칙을 적용하고 있는데, 이때도 온도와 압력 변수가 들어가게 되는데, 실제 적용하는 온도와 압력의 차이는 기말 지정 시점에 일부지점에서 측정된 온도와 압력으로, 전체 배관에서 영향을 주고 있는 온도와 압력과는 차이가 발생할 소지가 있다.

(3) 미검침재고 계산의 오류

도시가스업체의 매출 인식은 인도시점과 검침시점으로 분류되고 있다. 인도시점에서의 매출인식은 검침과 관계없이 수용가가 사용한 도시가스량을 기준으로 매출을 인식하는 것이다. 만약 검침일이 매월 15일인 수용가를 가정할 경우 16일부터 31일까지의 사용량을 매출로 인식한다는 것이다. 이때 결산일이 12월 31일로 본다면, 다음달 1월 15일 검침량을 월 사용일인 31일로 나누어 일 평균 사용량을 12월 16일부터 12월 31일까지의 일수인 16에 곱하여 미검침부분에 대한 매출로 인식하고 있다.

검침시점에서 매출인식은 검침량만을 매출로 인식하고 있으므로, 위에서 언급한 경우에 12월 16일부터 12월 31일까지의 사용량은 매출로 보는 것이 아니라 미검침재고로 인식하여 회사의 재고자산으로 보고 있다.

위의 두가지 경우 모두, 12월 16일에서 12월 31일까지의 물량확인을 위한 검침(1월 15일) 자료가 기말결산이 완료되는 시점(1월 20일로 가정)전에 수집이 된다는 것을 전제로 하고 있다. 그러나 검침기준일이 12월 하순인 경우에는 기말결산 완료 전에 검침자료가 수집될 가능성이 낮으며, 이 경우에는 전년 동월(1월)의 사용량을 당월의 온도변화 등을 고려하여 추정하고 있다.

이러한 추정과정은 실제 사용량을 정확하게 반영하고 있지 않으므로, 실제 사용량과 미검침 재고 계산량과의 오차가 발생할 소지가 있다. 특히 소비자 부재로 계량이 어렵거나, 계량기의 파손으로 계량이 불가능한 경우에 공급규정에 정해진 기준에서 따라 사용량을 추정하는데 이 또한 오차를 유발시킨다(인정고지 오차).

3. 미설명가스설명 모형설정

위의 논의에서 물량차이가 발생하게 되는 부분을 구체적으로 확인하여 보기 위한 방법으로 각 물량을 아래와 같이 표시한다.

- $S_{i,t}$: 매입물량 또는 공급량
- $C_{i,t}$: 실제(true) 판매량 또는 소비량 (1월 1일부터 12월 31일까지)
- $\hat{C}_{i,t}$: 검침판매량(전년 12월 검침일 이후부터 금년 12월 검침일까지)
- $e_{c,i,t}$: 검침오류

- $U_{i,t}$: 실제(true) 미검침재고량
- $\hat{U}_{i,t}$: 추정 미검침재고량
- $e_{u,i,t}$: 미검침재고 추정오류
- $P_{i,t}$: 실제(true) 배관내재고량
- $\hat{P}_{i,t}$: 추정 배관내재고량
- $e_{p,i,t}$: 배관내재고 추정오류
- $l_{i,t}$: 손실(loss, theft), 자가소비, 기타

여기서, i 는 각 도시가스회사, t 는 시점 또는 주어진 년도를 나타낸다. 참고로 위의 자료들 중 검침오류나 추정오류의 값을 제외한 나머지의 변수는 모두 양의 값을 가짐을 알 수 있다. 이 때, 아래와 같은 관계가 성립한다.

$$\begin{aligned} U_{i,t} &= \hat{U}_{i,t} + e_{u,i,t} \\ P_{i,t} &= \hat{P}_{i,t} + e_{p,i,t} \end{aligned} \tag{1}$$

또한, 당기이월 미검침재고는

$$\begin{aligned} \Delta U_{i,t} &= U_{i,t} - U_{i,t-1} = (\hat{U}_{i,t} + e_{u,i,t}) - (\hat{U}_{i,t-1} + e_{u,i,t-1}) \\ &= (\hat{U}_{i,t} - \hat{U}_{i,t-1}) - (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \end{aligned} \tag{2}$$

이고, 1월 1일부터 12월 31일까지의 실제판매량 $C_{i,t}$ 는 아래와 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} C_{i,t} &= (\hat{C}_{i,t} + e_{c,i,t}) + \Delta U_{i,t} = (\hat{C}_{i,t} + e_{c,i,t}) \\ &+ (\hat{U}_{i,t} - \hat{U}_{i,t-1}) - (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \end{aligned} \tag{3}$$

당기이월 배관내고 또한 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta P_{i,t} &= P_{i,t} - P_{i,t-1} = (\hat{P}_{i,t} + e_{p,i,t}) - (\hat{P}_{i,t-1} + e_{p,i,t-1}) \\ &= (\hat{P}_{i,t} - \hat{P}_{i,t-1}) + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) \end{aligned} \tag{4}$$

당해년도에 각 도시가스회사가 가스공사로부터 구입한 물량 $S_{i,t}$ 는 1월 1일부터 12월 31일까지의 실제판매량 $C_{i,t}$, 실제배관내재고의 당기증감분 $\Delta P_{i,t}$, 손실 (loss, theft), 자가소비, 기타 $l_{i,t}$ 과 정확히 일치해야하는 항등식이 존재함을 알 수 있다. 즉,

$$\begin{aligned} S_{i,t} &\equiv C_{i,t} + \Delta P_{i,t} + l_{i,t} \\ &= (\hat{C}_{i,t} + e_{c,i,t}) + (\hat{U}_{i,t} - \hat{U}_{i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \\ &+ (\hat{P}_{i,t} - \hat{P}_{i,t-1}) + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + l_{i,t} \\ &= (\hat{C}_{i,t} + \Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + l_{i,t}) \\ &+ e_{c,i,t} + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \end{aligned} \tag{5}$$

또는

$$\begin{aligned} S_{i,t} &= (\hat{C}_{i,t} + \Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + l_{i,t}) \\ &= e_{c,i,t} + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \end{aligned} \tag{6}$$

의 관계가 성립한다. 식 (5)을 이용하여, 0 시점에서 T 기까지의 누적공급량 $\sum_t^T S_{i,t}$ 은

$$\begin{aligned} \sum_0^T S_{i,t} &\equiv \sum_0^T (\hat{C}_{i,t} + \Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + I_{i,t}) \\ &\quad + \sum_0^T (e_{c,i,t} + e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1} + e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \\ &= \sum_0^T (\hat{C}_{i,t} + I_{i,t}) + (\hat{P}_{i,t} - \hat{P}_{i,0}) + (\hat{U}_{i,t} - \hat{U}_{i,0}) \\ &\quad + \sum_0^T (e_{c,i,t} + e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1} + e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \end{aligned} \quad (7)$$

즉,

$$\begin{aligned} &\sum_0^T (e_{c,i,t} + e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1} + e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \\ &= \sum_0^T [S_{i,t} - (\hat{C}_{i,t} + \Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + I_{i,t})] \end{aligned}$$

의 관계를 보이는 것을 알 수 있다.

4. 물량자료를 이용한 검증과 결과

4-1. 자료의 설명

연구를 위해 이용한 자료는 도시가스협회가 제공한 1988년 이후부터의 용도별(가정, 영업, 업무, 산업, 열병합, 수송용) 검침판매량, 배관내재고,¹⁴⁾ 자가소비, Purge 및 기타 용도별 사용량자료와 해당기간동안의 가스공사의 일별 공급량자료로부터 얻어진 1월 1일부터 12월 31일까지의 구입량, 그리고 이 자료로부터 얻어진 매년 12월의 월구입량과 <표 1>의 일별 검침자료를 이용하여 일률적으로 환산한 당해 미검침재고자료¹⁵⁾를 본 연구의 기본분석을 위한 데이터로 삼았다. 연구의 결과는 편의상 1996년 이후의 자료를 중점으로 보고하고 있다. 이는 앞서 지적한 바와 같이, 본문내의 표와 부록 표 작성상의 기술적 문제와 미설명가스에 대한 관심의 시점을 반영한 것이다. 실제 주어진 자료의 전체기간을 살펴 본 그 결과에는 그 방법상 통계적 가설검정의 방법을 거치지 않는다고 하더라도, 본 연구의 결론과는 달라지지 않을 것임을 쉽게 알 수 있다고 하겠다.¹⁶⁾

<표 3-1>에서 <표 3-6>의 표에는 1996년부터 $S_{i,t}$, $\hat{C}_{i,t}$, $\Delta \hat{U}_{i,t}$, 그리고 $\hat{P}_{i,t}$ 의 값들이 정리되어 있으며, 이들 값은 관측이 가능한 자료이다. 여기서 $I_{i,t}$ 으로 표시된 자가소비와 기타용도의 자료는 기간내에 서울도시가스, 인천도시가스만이 보고하고 있으며, 다른 도시가스 회사의 경우엔 자료의 정리미비로 현재까지 보고되지 못하였으나 최소한 양의 값을 갖는다는 것은 명확하다.

$\Delta \hat{U}_{i,t}$ 는 주어진 기간 동안 대상회사 모두의 경우에서 양의 값으로 나타나있으며, 이는 미검침재고는 추정 특성상 당연히 양의 값을 가지나, 수요의 증가추세가 전체적으로 체감하는 기간임에도 불구하고 이의 이월분은

로 표시되는 $\Delta \hat{U}_{i,t}$ 도 항상 양의 값을 가지는 것에는 주목할 필요가 있다.

$\Delta \hat{P}_{i,t}$ 역시 한 경우의 예외(소수점이하의 값으로 1996년 강남도시가스를 제외하면, 모든 도시가스회사가 주어진 기간동안 양의 실적을 보이고 있다. 이는 배관의 길이가 공급이 확대됨에 따라 늘어나는 추세를 감안한다면, 당연하다 하겠다.

4-2. 실증 방법

위 자료를 통해, 우리는 $\Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + \hat{C}_{i,t}$ 에 해당하는 값을 도시가스회사별, 년도별로 구하고, Dif 로 표시되는 $(\Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + \hat{C}_{i,t}) - S_{i,t}$ 의 값을 구하였다. 이 값은 한가지의 예외(97년 극동)를 제외하면 모두 양의 값을 가짐을 보여준다.

따라서, 식 (5)로부터, 이들 경우에는

$$\begin{aligned} S_{i,t} - (\Delta \hat{U}_{i,t} + \Delta \hat{P}_{i,t} + \hat{C}_{i,t}) &= I_{i,t} \\ &\quad + e_{c,i,t} + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) < 0 \end{aligned} \quad (8)$$

의 관계가 성립함을 알 수 있다. $I_{i,t}$ 가 양임은 이미 지적한 바 있다. 따라서, 식 (8)이 의미하는 바는

$$I_{i,t} + e_{c,i,t} + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) < 0$$

또는

$$e_{c,i,t} + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) < -I_{i,t} < 0 \quad (9)$$

으로 표시가 가능하다. 즉, 식 (9)에 따르면, 만약 실제 판매량이 구매량보다 많을 경우, 검침오류, 배관내재고 이월추정오류, 미검침재고 이월추정오류의 합이 항상 음의 값을 가지며, 그 절대값이 자가소비, 기타의 합보다도 크게 나타난다는 것이다. 이들 각 항목이 음의 값을 갖는다는 것이 의미하는 바를 좀 더 살펴보면:

4-2-1. 첫째항

첫째항은, 식 (2)로부터

$$(e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) = \Delta U_{i,t} - \Delta \hat{U}_{i,t} \leq 0 \quad (10)$$

¹⁴⁾<표 2>의 방식에 의해 환산함.

¹⁵⁾이렇게 환산된 당해의 미검침재고량은 실제 검침일이 과거에는 다왔던 점을 감안하면 비현실적이라는 지적이 있을 수도 있다. 그러나, 매년의 검침시점의 차이에서 오는 미검침재고의 크기의 변화는 결국 결산년도가 바뀔 때 따라 등락이 엇갈릴 수는 있으나, 장기적인 추세상에서는 연간 구매량과 판매량의 차이로서의 미설명가스를 추정해 내는 데에는 큰 문제가 되지 않는다.

¹⁶⁾산업자원부, 도시가스 계량기술 및 판매시스템 분석(KRISS/IR-2003-044)의 보고서 pp. 315-328에 의하면, 1988 이후 2001년 기간동안 서울, 경인지역 각 도시가스 회사에 대해, 추정 판매량과 실제구입량 대비 누척차이(추정판매량+이월배관내재고+자가소비, 기타 - 구입량) 값의 비율을 계산하여 보여주고 있으며, 그 비율은 예외없이 확대되어 왔음을 보여준다.

<표 1> 도시가스회사별 검침 현황

(2002. 12. 2)
열병합유무 (** 유)

회사명	1차	2차	3차	4차	5차	6차	비고
대한	6~11일	16~21일	26~말일	16~21 (격월검침)	26~말일 (격월검침)	1~7(40등 이상) 6~9(40등 이하)	1~3차 : 가정용 4~5차 : APT 취사전용 6차 : 비가정용 **
극동	6~9일	16~19일	26~29일	26~말일	10일		1~3차 : 가정용 4차 : 비가정용 5차 : 중앙난방
서울	1~3일	4~6일	11~13일	14~16일	21~26일	1일	1~5차 : 가, 일, 업무용 6차 : 산업용 **
강남	5~11일	15~21일	24~말일	26~말일			1~3차 : 가정용 4차 : 비가정용
한진	1~4일	6~9일	11~14일	16~19일	22~24일 26~29일	1~4일	1~5차 : 가정용 6차 : 비가정용 **
삼천리	5~10일	20~25일					1차 : 가정용 2차 : 가정용, 비가정용
인천	7~10일	13~16일	19~21일	24~27일	23~27일	말일	1차~4차 : 가정용 5차 : 비가정용 6차 : 대용량업체

<표 2> 배관내 재고량 산출방법

전북도시가스 및 경남도시가스 회사의 계산방법 원용

$$\text{중압배관 재고량} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times P_1$$

D : 배관의 내경 (m)

L : 배관의 연장 (m)

P₁ : 중압배관의 압력

$$((\text{공급압력 (5.0 kg/cm}^2) + \text{대기압 (1.0332)}) / 1.0332)$$

$$\text{저압배관 재고량} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times P_2$$

P₂ : 저압배관의 압력

$$((\text{공급압력 (0.02 kg/cm}^2) + \text{대기압 (1.0332)}) / 1.0332)$$

임을 보일 수 있는데, 이것이 음이라면 실제 미검침재고의 당기이월분보다 추정미검침재고의 이월분의 크기가 크다는 것으로, 이는 시간이 경과함에 따라 그간 누적된 추정미검침재고의 량이 과대하여질 가능성이 있음을 의미한다.

4-2-2. 둘째항

둘째항은, 식 (4)로부터, 같은 방법으로

$$(e_{P,i,t} - e_{P,i,t-1}) = \Delta P_{i,t} - \Delta \hat{P}_{i,t} < 0 \quad (11)$$

임을 보일 수 있는데, 이것이 음이라면 실제 배관내재고의 당기이월분보다 추정배관내재고의 이월분의 크기가 크다는 것으로, 이는 시간의 경과에 따른 배관내재고추정량의 누적크기가 과대하여질 가능성을 의미한다. 배

<표 3-1> 1996년도의 도시가스회사별, 이월미검침재고, 이월배관재고, 추정판매량, 매입량의 구성내용 및 비율
(단위 : 1000 m³, %)

	$\Delta \hat{U}_i$	$\Delta \hat{P}_i$	l_i	\hat{C}_i	S_i	Dif	$\frac{\Delta \hat{U}_i}{S_i}$	$\frac{\Delta \hat{P}_i}{S_i}$	$\frac{l_i}{S_i}$	$\frac{\hat{C}_i}{S_i}$	$\frac{S_i}{S_i}$	$\frac{Dif}{S_i} \times 100$
대한	2020	27	0	774425	767579	8893	0.3	0.00	0.00	100.9	100	1.2
극동	5672	8	0	653361	657304	1737	0.9	0.00	0.00	99.4	100	0.3
서울	4213	15	197	1234395	1228556	10264	0.3	0.00	0.02	100.5	100	0.8
한진	6428	10	0	376143	375884	6697	1.7	0.00	0.00	100.1	100	1.8
삼천리	7480	27	0	1153684	1127745	33446	0.7	0.00	0.00	102.3	100	3.0
강남	1213	-0	0	239903	233697	7419	0.5	-0.00	0.00	102.7	100	3.2
인천	1755	8	53	345432	339155	8093	0.5	0.00	0.02	101.9	100	2.4

$$Dif = (\Delta \hat{U}_i + \Delta \hat{P}_i + \hat{C}_i + l_i) - S_i$$

l_i : 자기소비와 기타 용도

<표 3-2> 1997년도의 도시가스회사별, 이월미검침재고, 이월배관재고, 추정판매량, 매입량의 구성내용 및 비율
(단위 : 1000 m³, %)

	$\Delta\hat{U}_i$	$\Delta\hat{P}_i$	l_i	\hat{C}_i	S_i	Dif	$\frac{\Delta\hat{U}_i}{S_i}$	$\frac{\Delta\hat{P}_i}{S_i}$	$\frac{l_i}{S_i}$	$\frac{\hat{C}_i}{S_i}$	$\frac{S_i}{S_i}$	$\frac{Dif}{S_i} \times 100$
대한	2098	29	0	846981	831079	18029	0.3	0.00	0.00	101.9	100	2.2
극동	4805	23	0	749380	755777	-1568	0.6	0.00	0.00	99.2	100	-0.2
서울	8542	17	172	1329711	1313092	25350	0.7	0.00	0.01	101.3	100	1.9
한진	9557	13	0	459115	459425	9260	2.1	0.00	0.00	99.9	100	2.0
삼천리	12097	67	0	1335662	1318723	29103	0.9	0.01	0.00	101.3	100	2.2
강남	1757	1	0	265816	262218	5356	0.7	0.00	0.00	101.4	100	2.0
인천	1551	2	44	383857	379107	6347	0.4	0.00	0.01	101.3	100	1.7

<표 3-3> 1998년도의 도시가스회사별, 이월미검침재고, 이월배관재고, 추정판매량, 매입량의 구성내용 및 비율
(단위 : 1000 m³, %)

	$\Delta\hat{U}_i$	$\Delta\hat{P}_i$	l_i	\hat{C}_i	S_i	Dif	$\frac{\Delta\hat{U}_i}{S_i}$	$\frac{\Delta\hat{P}_i}{S_i}$	$\frac{l_i}{S_i}$	$\frac{\hat{C}_i}{S_i}$	$\frac{S_i}{S_i}$	$\frac{Dif}{S_i} \times 100$
대한	2676	33	0	820798	803928	19580	0.3	0.00	0.00	102.1	100	2.4
극동	2490	7	0	763752	760211	6038	0.3	0.00	0.00	100.5	100	0.8
서울	7302	16	216	1288883	1268272	28146	0.6	0.00	0.02	101.6	100	2.2
한진	4325	8	0	474151	472514	5970	0.9	0.00	0.00	100.3	100	1.3
삼천리	9131	11	0	1428273	1389455	47961	0.7	0.00	0.00	102.8	100	3.5
강남	186	4	0	256958	253150	3999	0.1	0.00	0.00	101.5	100	1.6
인천	1449	8	36	382962	378397	6057	0.4	0.00	0.01	101.2	100	1.6

<표 3-4> 1999년도의 도시가스회사별, 이월미검침재고, 이월배관재고, 추정판매량, 매입량의 구성내용 및 비율
(단위 : 1000 m³, %)

	$\Delta\hat{U}_i$	$\Delta\hat{P}_i$	l_i	\hat{C}_i	S_i	Dif	$\frac{\Delta\hat{U}_i}{S_i}$	$\frac{\Delta\hat{P}_i}{S_i}$	$\frac{l_i}{S_i}$	$\frac{\hat{C}_i}{S_i}$	$\frac{S_i}{S_i}$	$\frac{Dif}{S_i} \times 100$
대한	14692	18	0	978743	980376	13077	1.5	0.00	0.00	99.8	100	1.3
극동	16570	11	0	960137	956055	20663	1.7	0.00	0.00	100.4	100	2.2
서울	23784	3	258	1541582	1528226	37401	1.6	0.00	0.02	100.9	100	2.4
한진	9916	10	0	573556	569256	14226	1.7	0.00	0.00	100.8	100	2.5
삼천리	24201	33	0	1809631	1791552	42314	1.4	0.00	0.00	101.0	100	2.4
강남	2256	1	0	301752	300091	3918	0.8	0.00	0.00	100.6	100	1.3
인천	3713	4	51	478830	477691	4907	0.8	0.00	0.01	100.2	100	1.0

<표 3-5> 2000년도의 도시가스회사별, 이월미검침재고, 이월배관재고, 추정판매량, 매입량의 구성내용 및 비율
(단위 : 1000 m³, %)

	$\Delta\hat{U}_i$	$\Delta\hat{P}_i$	l_i	\hat{C}_i	S_i	Dif	$\frac{\Delta\hat{U}_i}{S_i}$	$\frac{\Delta\hat{P}_i}{S_i}$	$\frac{l_i}{S_i}$	$\frac{\hat{C}_i}{S_i}$	$\frac{S_i}{S_i}$	$\frac{Dif}{S_i} \times 100$
대한	6306	17	0	1148506	1135941	18887	0.6	0.00	0.00	101.1	100	1.7
극동	-662	8	0	1153081	1119649	32778	-0.1	0.00	0.00	103.0	100	2.9
서울	3052	3	291	1735998	1705175	34169	0.2	0.00	0.02	101.8	100	2.0
한진	4876	13	0	669857	661893	12854	0.7	0.00	0.00	101.2	100	1.9
삼천리	9372	50	0	2227232	2207370	29285	0.4	0.00	0.00	100.9	100	1.3
강남	256	1	0	328039	325279	3018	0.1	0.00	0.00	100.8	100	0.9
인천	1918	14	69	538656	531926	8732	0.4	0.00	0.01	101.3	100	1.6

<표 3-6> 2001년도의 도시가스회사별, 이월미검침재고, 이월배관재고, 추정판매량, 매입량의 구성내용 및 비율 (단위 : 1000 m³, %)

	$\Delta\hat{U}_i$	$\Delta\hat{P}_i$	l_i	\hat{C}_i	S_i	Dif	$\frac{\Delta\hat{U}_i}{S_i}$	$\frac{\Delta\hat{P}_i}{S_i}$	$\frac{l_i}{S_i}$	$\frac{\hat{C}_i}{S_i}$	$\frac{S_i}{S_i}$	$\frac{Dif}{S_i} \times 100$
대한	14029	25	0	1207483	1206713	14824	1.2	0.00	0.00	100.1	100	1.2
극동	8617	8	0	1188051	1177127	19550	0.7	0.00	0.00	100.9	100	1.7
서울	16215	16	295	1759500	1750466	25560	0.9	0.00	0.02	100.5	100	1.5
한진	7775	8	0	708206	706089	9900	1.1	0.00	0.00	100.3	100	1.4
삼천리	16933	32	0	2416587	2410191	23361	0.7	0.00	0.00	100.3	100	1.0
강남	1389	2	0	322068	321453	2006	0.4	0.00	0.00	100.2	100	0.6
인천	2192	4	64	546971	545977	3254	0.4	0.00	0.01	100.2	100	0.6

관내재고의 이월분의 크기는 <표 3-1>에서 <표 3-6>에 나타난 것과 같이 그 크기로 볼 때, 그 효과는 첫째항에 비해 상대적으로 미미할 것임을 알 수 있다.

4-2-3. 셋째항

세 번째항이 음이라는 것의 의미를 이해하기 위해, 식 (3)을 재정리한 아래 식을 살펴보자.

$$e_{c,i,t} = [C_{i,t} - (\hat{C}_{i,t} + \Delta\hat{U}_{i,t})] - (e_{U,i,t} - e_{U,i,t-1}) < 0 \quad (12)$$

우선, 식 (12)의 마지막 항이 영보다 작거나 같은 경우는 4-2-1의 논의와 같은 경우이다.¹⁷⁾ 즉 $C_{i,t} - (\hat{C}_{i,t} + \Delta\hat{U}_{i,t} - (e_{U,i,t} - e_{U,i,t-1})) \leq 0$ 이 성립하여,

$$e_{c,i,t} = [C_{i,t} - (\hat{C}_{i,t} + \Delta U_{i,t})] < 0 \quad (12-1)$$

$$C_{i,t} - \Delta U_{i,t} < \hat{C}_{i,t} \quad (12-1)$$

$$C_{i,t} < \hat{C}_{i,t} + \Delta U_{i,t} \quad (12-2)$$

식 (12-1)은 검침일 기준으로 환산했을 경우, 실제 판매량보다 검침판매량이 과다하다는 것을 의미하고, 식 (12-2)는 1년(1월1일부터 12월 31일까지)으로 환산된 실제 판매량보다 추정검침판매량이 많다는 것과, 4-2-1의 논의로부터, 실제 미검침재고의 당기이월분보다 추정미검침재고의 이월분의 크기가 크다는 의미를 동시에 갖고 있다.

결국, 이러한 자료가 나타내는 의미는 계량기상의 기계적 오류나 인위적인 결산서조작 (위 논의의 (4) 기타 요인) 등이 없다는 전제 하에서 실제 데이터에서 이와 같은 결과가 계속적으로 일어날 수 있는나는 결국 확률적인 문제로 귀결된다. 우리는 식 (9)과 같은 관계가 지속될 확률이 얼마나 될 것인가에 초점을 맞추어 설명되지 않는 오차가 식 (9)과 같이 일률적으로 음의 값을 가질 확률이 얼마나 될 것인지를 검정해 보기로 한다.

우선 식 (8)로부터, 확인할 수 없는 오차부분, 즉, 미설명부분들을 아래와 같이 표시하면

¹⁷⁾이외의 경우는 일률적으로 판단하기 어렵다.

$$x_{i,t} = S_{i,t} - (\Delta\hat{U}_{i,t} + \Delta\hat{P}_{i,t} + \hat{C}_{i,t}) - l_{i,t} \\ = [e_{c,i,t} + (e_{P,i,t} - e_{P,i,t-1}) + (e_{U,i,t} - e_{U,i,t-1})] \quad (13)$$

$x_{i,t}$ 는 확률변수로 기대값 θ_i , 분산 σ_i^2 를 갖는 어떤 분포로 볼 수 있다. 우리는 $x_{i,t}$ 가 어떤 분포를 갖는지를 알지 못한다. 또한 $x_{i,t}$ 는 식 (12)에서 볼 수 있듯이 그 크기가 S_i 와 무관하게 결정되지도 않을 것이다.

여기서 우리는 이러한 문제를 고려하여, 차이의 크기를 공급량에 대한 상대적 비율로 변환하여, 일단 예상되는 이산성의 문제를 최대한 약화시킨 후, 그 분포에 대해 검토하는 것이 합당하다고 하겠다. 이 때, 이 확률변수에 대해 어떤 특정분포의 형태를 가정하지 않고 분석하는 것이 바람직하지만 정규분포를 가정하는 경우, 각 연도별로 관찰된 값들이 특정한 가설하에서 나타날 확률이 얼마인지를 보여준다는 점에서, 좀 제약적이지만 이러한 제약을 주고 검정해 보는 것도 의미있다고 하겠다. 아래에서는 이의 두가지 방법을 적용했을 때의 결과를 살펴보기로 한다.

4-2-4. 정규분포를 가정한 경우

확률변수 X_i 가 기대값 θ_i , 분산 σ_i^2 를 갖는 정규분포라면, $X_i \sim N(\theta_i, \sigma_i^2)$ 라고 표시할 수 있으며, $(X_i - \theta_i) / \hat{\sigma}_i \sim t_{n-1}$ 임을 알 수 있다. 이 때 검정을 위한 가설을 $H_0 : \theta_i \geq 0, H_1 : \theta_i < 0$ 라고 두면, 귀무가설 H_0 이 참일 경우, 이의 기각확률인 유의수준 α 는 $\alpha = P[T < -t_{n-1, \alpha} | H_0]$ 로 표시된다.

검정값 $(X_i - \theta_i) / \hat{\sigma}_i |_{H_0, \theta_i = 0} = \hat{t}_{n-1}$ 이 이 영역에 속하게 되면 귀무가설을 기각하게 된다. 이는 주어진 귀무가설하에서, 주어진 X_i 가 나타날 확률을 의미하는 p-값을 각 연도별로 $Pr(T < -\hat{t}_{n-1} | H_0)$ 과 같이 구할 수도 있다.

4-2-5. 정규분포를 가정하지 않은 경우

확률변수 X_i 가 기대값 θ_i , 분산 σ_i^2 를 갖는 정규분포가 아니라도, 중심극한정리로부터의 관계가 있음을 알 수 있다. 이 때 $(\bar{X}_i - \theta_i) / \frac{\hat{\sigma}_i}{\sqrt{n}} |_{H_0, \theta_i = 0} \sim t_{n-1}$ 임을 알 수 있다.

<표 4> 차이 $Dif=(\Delta\hat{U}_{i,t}+\Delta\hat{P}_{i,t}+\hat{C}_{i,t}+I_{i,t})-S_{i,t}$
(단위 : 1000 m³)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
대한	8893	18029	19580	13077	18887	14824
극동	1737	-1568	6038	20663	32778	19550
서울	10264	25350	28146	37401	34169	25560
한진	6697	9260	5970	14226	12854	9900
삼천리	33446	29103	47961	42314	29285	23361
강남	7419	5356	3999	3918	3018	2006
인천	8093	6347	6057	4907	8732	3254

<표 5> 공급량(S_i)
(단위 : 1000 m³)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
대한	767579	831079	803928	980376	1135941	1206713
극동	657304	755777	760211	956055	1119649	1177127
서울	1228556	1313092	1268272	1528226	1705175	1750466
한진	375884	459425	472514	569256	661893	706089
삼천리	1127745	1318723	1389455	1791552	2207370	2410191
강남	233697	262218	253150	300091	325279	321453
인천	339155	379107	378397	477691	531926	545977

검정을 위한 가설은 $H_0 : \theta_i \geq 0, H_1 : \theta_i < 0$ 로 표시하면, 귀무가설 H_0 이 참일 경우, 이의 기각확률인 유의수준 α 는 $\alpha = P[T < -t_{n-1, \alpha} | H_0]$ 로 표시된다.

검정값 $(\bar{X}_i - \theta_i) / \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n}}$ 이 이 영역에 속하게 되면 귀무가설을 기각하게 된다. 이는 주어진 귀무가설하에서, 추정된 평균 \bar{X}_i 가 나타날 확률을 의미하는 p-값을 $Pr(T < -\hat{t}_{n-1} | H_0)$ 과 같이 구할 수도 있다. 그러나 이 때는 위의 경우와 달리, 주어진 기간내의 전체를 통해 볼 때, 귀무가설의 타당성을 검정하기 때문에 연도별로는 $Pr(T < -\hat{t}_{n-1} | H_0)$ 값을 구할 수 없다.

이러한 논의에서, 식 (13)에 의거하여, 서울, 경기지역의 도시가스 회사들의 경우, 판매량과 공급량과의 차이(Dif)를 계산, 정리한 것이 <표 4>이다. <표 5>는 그 차이의 상대적 크기를 비교할 수 있도록 공급량(S_i)을 정리하였다. 또 분석을 위해, 각 연도별, 회사별 공급량대비 차이의 상대적 크기(Dif_{i,t}/S_{i,t})의 음의 값을 변수화하여 분석모형에서 설명한 확률변수 X_{i,t}로 사용하였다.

4-3. 검증결과

부록에 첨부된 <표 3-1>부터 <표 3-6>의 표는 위에서 논의된 각 항목별 측정가능한 자료의 내용을 1996년부터 2001년까지, 경인지역 각 도시가스회사별로 요약한 자료이다. 여기에서 알 수 있듯이, 배관내재고물량의 크기는 공급물량에 비해서는 0.01% 이하의 수준이며, 미검침재고량에 비해 매우 미미하다. 배관내재고물

량의 측정이 배관의 크기(내경), 연장길이, 배관내압력 등을 고려하여 계산되고 있고, 온도보정절차 또한 연도별 12월 평균온도의 분포가 비슷하다고 할 때, 이의 측정으로 인한 오류가 다른 항목에 비해 미미하리라는 것을 미루어 볼 수 있다.¹⁸⁾

미검침재고의 추정의 경우, 실제 검침일별 자료의 미비로 말미암아, 개별 도시가스회사의 관행과 달리 우리의 경우, <표 1> 도시가스 회사별 검침현황(2002.12)에 따라 각 연도에 일률적으로 적용하였다. 이에 따라 검침판매량에 이월미검침재고를 고려한 추정검침 판매량의 추정시 각 도시가스회사의 각년도 회계기준에 의한 추정량과는 상이한 결과를 나타낼 것임은 자명하다. 하지만 이는 추정상의 오류의 분산에 영향을 미칠 수는 있으나, 그 절대 크기의 평균적 수준을 크게 바꾸지는 않는다.

<표 3-1>부터 <표 3-6>은 매입량대비 추정이월 미검침재고의 크기는 양의 값을 가짐을 보여주고 있다. 실제로 <표 3>의 연도별 자료를 살펴보면 경인지역 7개 도시가스회사들의 경우 1996년부터 2001년까지의 경우에서 매입량대비 추정이월 미검침재고의 비중이 음인 경우는 2000년 극동도시가스 -0.1% 단 한 경우가 있으며, 나머지의 경우는 0이상 4%에 해당하는 양의 값을 가짐을 확인할 수 있다.

경인지역 7개 도시가스회사들의 경우 1996년부터 2001년까지 단하나의 예외(극동 1997년 99.8%)를 제외하고 모든 회사들이 모든 해당연도에서 추정판매량이 매입량을 초과하는 결과가 있음에도 불구하고, 회계상으로 일치시킬 수 있는 가능성에 대한 논의도 필요하며, 이는 이론적으로 볼 때, 아래의 방식으로 설명가능하다. 즉, 미설명가스의 량을 $\Pi_{i,t}$ 로 두면,

$$\begin{aligned} \Pi_{i,t} &= sS_{i,t} - [cC_{i,t} + p\Delta P_{i,t} + 0I_{i,t}] \\ &= sS_{i,t} - c(\hat{C}_{i,t} + \Delta\hat{U}_{i,t}) - p\Delta\hat{P}_{i,t} \\ &\quad + ce_{c,i,t} + p(e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + c(e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \end{aligned}$$

와 같이 표시할 수 있으며, s, c, p(각각 매입단가, 판매단가, 배관내재고단가) 그리고 물량이 보고되지 않는 경우, S_{i,t}까지 실공급량의 인정범위 등 다양한 조합으로 존재한다.

또한 판매량이 구입량을 초과하는 것이 지속될 가능성이 얼마나 될 것인가에 초점을 맞추어, 주어진 자료를 이용하여 검증하여 보자. 귀무가설을

$$H_0 : S_i \geq \Delta\hat{U}_i + \Delta\hat{P}_i + \hat{C}_i + I_i$$

¹⁸⁾<표 2> 배관내 재고량 산출방법 참조.
¹⁹⁾편의상 <표 6>에서 $-\hat{t}_{n-1}$ 는 - 대신 \hat{t}_{n-1} 으로 표시하였다.

<표 6> 차이에 대한 검정(검정값) $t_{n-1, 0.05}=2.015$
 차이=추정판매량+당기이월배관내재고-구입량(가스공사 공급량)

	평균	1996	1997	1998	1999	2000	2001
대한	7.693	2.186	4.093	4.595	2.516	3.137	2.318
극동	2.601	0.222	-0.174	0.666	1.812	2.454	1.392
서울	7.634	1.434	3.313	3.809	4.200	3.439	2.506
한진	9.953	3.984	4.507	2.825	5.588	4.342	3.135
삼천리	5.744	3.142	2.338	3.656	2.502	1.405	1.027
강남	4.318	3.478	2.238	1.731	1.430	1.016	0.684
인천	5.934	3.886	2.726	2.606	1.673	2.673	0.970

**평균 : 정규분포를 가정하지 않은 경우의 결과
 **기타의 경우, 정규분포를 가정한 결과.

<표 7> 차이에 대한 검정(p-value)
 차이=추정판매량+당기이월배관내재고-구입량(가스공사 공급량)

	평균	1996	1997	1998	1999	2000	2001
대한	0.000	0.040	0.005	0.003	0.027	0.013	0.034
극동	0.024	0.417	0.566	0.268	0.065	0.029	0.111
서울	0.000	0.106	0.011	0.006	0.004	0.009	0.027
한진	0.000	0.005	0.003	0.018	0.001	0.004	0.013
삼천리	0.001	0.013	0.033	0.007	0.027	0.109	0.176
강남	0.004	0.009	0.038	0.072	0.106	0.178	0.262
인천	0.001	0.006	0.021	0.024	0.078	0.022	0.188

**평균 : 정규분포를 가정하지 않은 경우의 결과.
 **기타의 경우, 정규분포를 가정한 결과.

로 설정하여 이를 검증하여 보는 것이다. 즉, i 도시가스회사의 경우, 가스공사로부터 공급받은 도시가스량이 미검침재고량의 이월분, 배관내재고, 검침판매량, 손실, 자가소비, 기타를 모두 합한 양보다 많다는 가설이며, 이를 얼마나 높은 확률로 기각할 수 있는가 하는 문제이다. 이는 식 (9)에서의 설명되지 않는 오차가

$$H_0 : e_{c,i,t} + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + (e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) \geq 0$$

를 검정하는 것과 다름이 없다. 결과는 아래 <표 6>과 <표 7>에 정리되어 있다. 여기서 “평균”이라고 되어 있는 칼럼이 정규분포를 가정하지 않은 경우의 결과이다. 또, 각 회사별, 년도별 결과는 정규분포를 가정한 경우의 결과를 한 테이블에 정리한 것이다.¹⁹⁾

정규분포를 가정하지 않은 대부분의 경우, 귀무가설을 기각함을 알 수 있으며, 특히 분석 대상인 수도권의 도시가스회사들의 경우는 예외없이 최소 98.2% 이상의 확률로 귀무가설을 기각함을 알 수 있다(<표 7>의 ‘평균’ 항목 검증결과 참조). 위의 결과가 의미하는 바는 식 (13)에서 나타나는 오류의 항목들을 살펴봄으로써 좀 더 명확해 질 수 있다. 이는 앞서 이미 논의한 바와 같이, 식

$$(e_{u,i,t} - e_{u,i,t-1}) + (e_{p,i,t} - e_{p,i,t-1}) + e_{c,i,t}$$

의 값 중 어느 한 항목은 최소한 음이 될 확률이 매우 높음을 의미한다. 이는 위에서 살펴본 바와 같이, 환산된 실제판매량보다 추정검침판매량이 많거나, 실제 미검침재고의 당기이월분보다 추정미검침재고의 이월분의 크기가 클 확률이 높다는 의미이다. 그리고, 실제 배관내재고의 당기이월분보다 추정배관내재고의 이월분의 크기가 크다는 것으로, 이는 시간의 경과에 따른 추정검침판매량, 추정미검침재고의 이월분, 또는 배관내재고추정량의 누적크기가 과대하여질 가능성이 매우 높음을 보여준다는 것은 이미 살펴본 바 있다.

이제까지의 분석결과는 구매량과 판매량간의 차이가 갖는 의미에 관한 것이다. 이는 실제 나타나는 현상을 구체적인 틀을 통해 살펴보고자 한 것이라 하겠다. 그러나, 향후의 연구는 여러 가지 이유에서 각 회사들이 제대로 정리하거나 파악하는데 게을리하는 자료의 수집 완비를 위한 방법, 또 현상의 판단에서 한발 더 나아가 근본적으로 미설명 가스의 존재나 발생의 문제를 해결할 수 있는 틀-예를 들면, 온도, 압력차이에서 발생하는 오차나 계량상의 오차를 기술적으로 감소시키는 방법과 경제적 비용 등의 파악, 회계 및 요금행정 측면의 보완점 검토, 나아가서 가스산업구조개편과 관련하여 설비공공이용제를 시행할 경우에 물량정산 방안 등--을 제공하는 합당한 방법에 초점이 맞추어져야 한다고 판단한다.

5. 결 론

도시가스회사들이 구매량보다 판매량이 많다는 감사원의 지적과 이 문제에 대한 관심을 배경으로, 그 역사가 상대적으로 오래된 경인지역의 도시가스회사를 중심으로 연구를 진행하였다. 미설명가스의 발생원인을 유형별로 살펴보고, 미설명가스의 가능한 원인을 설명하고자 하는 모형설정하여 보았다. 배관내재고나 자가소비, 기타원인에 대한 실제 자료가 미미한 상태임을 감안한다면, 회계상으로 나타나는 판매량이 구매량보다 많다고 기록되는 것이, 미검침재고나 배관내재고의 크기가 추정치라는 점에서 단기적으로는 가능하다 하더라도 장기적으로는 실제 불가능할 것이다. 우리는 모형의 설정에서 이러한 상황이 회계상으로 가능하려면 나타날 수 있는 조합을 살펴본 바 있다. 통계적으로 보았을 때에도, 이러한 상황이 계속적으로 일어나는 것을 확률적인 측면에서 검증해 보았다.

특히 <표 7>의 결과에서 정규분포를 가정하지 않고, 주어진 자료의 기간에 대해 검증한 결과인 ‘평균’ 항목은 이러한 소위 초과판매의 현상이 최근 몇 년간 부인할 수

없을 정도의 높은 확률로 계속적으로 진행되어 왔다는 것을 보여주고 있다. '평균' 항목에서 나타난 p-value의 크기는 이러한 현상의 상대적 심도를 보여주는 지표라고도 할 수 있다.

물론 본 연구는 공급의 초기단계부터의 자료 모두를 가지고 분석한 것이 아니나, 이미 지적인 바와 같이 전기기간의 자료 역시 전반적인 판매초과현상을 보임을 고려할 때 (산업자원부, 도시가스 판매량 오차원인 분석결과에 따른 제도개선 참조), 결과는 크게 달라지지는 않음을 확인할 수 있다.

후 기

본 연구는 산업자원부/한국표준과학연구원의 도시가스 판매량 오차원인 분석에 대한 과제에서 수행된 내용을 근간으로 하여, 실증검정 부분을 추가 분석하였다. 자료의 제공에 협조하여 주신 도시가스 회사, 협회, 가스공사의 관계자 여러분께 감사드린다.

참고문헌

1. 감사원, 시·도지사의 도시가스 요금승인 업무지도감독에 관한 건 (1999년 12월 20일).
2. 산업자원부, 도시가스 계량기술 및 판매시스템 분석, KRISS/IR-2003-044 (2003년 3월).
3. 산업자원부, 도시가스 판매량 오차원인 분석결과에 따른 제도개선, KRISS/IR-2003-045 (2003년 3월).
4. 한국표준과학연구원, 대한상사중재원 감정의뢰에 대한 보고서 - 한국가스공사 대 인천도시가스(주) 건 (1995년 3월).
5. American Gas Association, Gas Rate Fundamental, p. 227 (1988).
6. Donath, Ralph, Gaspreisbildung in Europa, Idstein: Shultz-Kirchner (1996).
7. Gas Research Institute, A Study of the 1991 Unaccounted-For Gas Volume At The Southern California Gas Company, Vol. II (1993).
8. Goodman, L. S., Process of Ratemaking, Vol, I, II, Public Utility Report (1998).
9. Haydell, Mike, Unaccounted-for Gas Poses Lost Revenue Threat to LDCs : Determining if loss occurs in field or in accounting department is important key to reducing lost volumes, Pipe Line & Gas Industry, Aug., pp. 59 (1999).
10. Office of the Regulator-General, Proposed Amendment to the Unaccounted for Gas Table in the Victorian Gas Distribution System Code (June 1999).
11. Ohio Public Service Commission, Ohio Administrative Code, 4904 : 1 (As of 2003).
12. Pacific Gas and Electric Company, Unaccounted-For Gas Project: Accounting (May, 1990).
13. Southern California Gas Company, A Study of the 1991 Unaccounted-For Gas Volume At the Southern California Gas Company, V.1-V.6 (Aug. 1993).
14. The Railroad Commission of Texas, Texas Administrative Code, Title 16, Part 1, Chapter 7, Subchapter E, Rule 7.5525 (As of 2003).
15. U.S. Department of Transportation, Transportation Safety Institute, Guidance Manual for Operations of Small Natural Gas Systems (May 2002).