

I. 서론

저출산·고령화로 인구성장이 정체·감소되는 추세로 전환되고 경제의 양적 성장이 한계에 달함으로써, 공공부문 재원확보의 어려움이 증대할 것으로 예상되고 있다. 공공투자 재원의 증가가 한계에 달하게 되면 신규투자의 비용효율성 확보와 기존 투자의 효율적인 유지·관리가 중요한 정책이슈로 부각될 것이다. 이러한 차원에서 수자원 분야도 예외가 아니다. 수자원 분야도 규모의 경제성 확보가 중요한데, 규모의 경제성 확보를 위해서는 광역적 대응을 통한 적정 수요 확보가 필수적이다. 특히, 하수도 부문은 지자체별로 운영되고 있어서 영세한 규모의 자자체가 많고, 요금 현실화율이 낮아 재정적자에 허덕이는 지자체가 많은 실정이다.

우리나라의 하수도 보급률(하수처리시설, 폐수처리시설 처리구역 내 거주 인원 비율)은 2009년 말 현재 89.4%다. 하수도 보급률 추이는 2001년 73.2%에서 점차 상승하여 2009년 말에 89.4%까지 도달하였다.

하수처리시설도 꾸준히 늘어 시설용량이 2001년에 비해서 30% 정도 증가하여, 전국에 가동 중인 공공하수처리시설은 500m³/일 이상 기준 438개소이며, 500m³/일 미만 시설용량 처리시설은 2,332개다. 총 시설용량은 2,475만 3,610m³/일인데, 이 중 500m³/일 미만인 하수처리 시설용량은 17만 1,428m³/일이다(환경부, 2009).

한편, 2009년 말 현재 우리나라는 152개 지자체에서 하수도요금을 징수하고 있다. 전국 하수도의 평균 요금은 274.0원/m³인데, 이는 처리원가 715.6원의 38.3% 수준이다. 2001년에는 하수처리 요금 현실화율이 57.7%에 이르렀으나, 2007년, 2008년, 2009

년에는 각 42.6%, 41.5%, 38.3%로 현실화율이 오히려 더 떨어졌다. 다시 말해, 하수도 사업 재정 상황이 더욱 악화되었다고 할 수 있다. 지방일수록 이러한 경향은 더욱 두드러지는데, 전라남도의 경우 현실화율이 22.3%에 그쳤으며, 충청남도도 23.2%, 전라북도도 27.0%에 그쳤다. 이는 결국 지자체의 재정부담으로 귀결된다.

이와 더불어 2010년부터 방류수 수질기준이 강화됨에 따라 수질보전을 위한 하수처리비용이 증가할 것으로 예상된다. 게다가 London Dumping Protocol¹⁾의 발효로 하수슬러지의 해양 투기가 금지되어 슬러지 처분 비용도 증가할 것으로 보인다. 또한 앞으로 기후변화에 따른 집중 폭우로 하수관거 정비의 필요성이 증대되어 이 또한 하수요금 상승의 한 요인이 되고 있다.

우리나라 하수처리 요금 현실화율이 38.3%로 매우 낮은 가운데, 지역 간 하수도 요금 격차도 심각한 실정이다. 하수도 요금의 지자체 간 격차가 존재하는 이유는 하수처리 인구 규모, 하수관거 보급률, 그리고 재정능력 등에서의 차이가 있으며, 또한 지자체별로 하수처리시설의 개소와 규모, 지형 등이 다르기 때문이다. 하수도 요금은 각 지자체별로 요금 인상 요인이 다르고 요금 결정구조도 달라서 지자체에서 원가인상 요인을 그대로 반영하여 집행하는 데는 한계가 있다.

정부는 행정구역 단위로 하수처리시설을 설치·운영하는 데 따른 설치비 및 운영비 등의 낭비를 막고자 전국을 43개 권역으로 나누어 권역별로 관리하는 하수도시설 운영관리 통합추진계획을 발표하였다. 이를 위해 댐상류 하수도시설 확충사업지역 10개 권역의 통합관리를 우선 추진하고, 2015년까지 일반

1) 정식 명칭은 1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972. 우리나라는 London Convention에 1992년 가입하였고 London Protocol은 2009년 1월 22일에 비준하여, 2009년 2월 21일에 국내 법상 발효되었음.

시·군지역 25개 권역을 대상으로 단계별로 하수시설을 통합 운영할 계획이다.

이런 배경하에 본 논문은 하수처리의 규모의 경제성을 살펴봄으로써 통합논의에 대해 이론적, 정책적 함의를 제공하고자 한다. 본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 비용함수를 이용한 규모의 경제성에 대한 선행연구사례를 살펴보고, 제3장에서는 하수처리의 비용함수를 추정하며, 제4장에서는 하수도 사업에 대한 규모의 경제성을 분석하여 광역화가 타당한지를 평가한다. 마지막으로 제5장은 연구 결과를 요약하고 본 연구의 한계점 및 의의를 제시할 것이다.

II. 선행연구 사례

상수도 또는 하수도 비용함수를 통해 규모의 경제성에 관해 논의한 연구사례는 많은 편이다. 지금까지 출판되었거나 작성 중인 논문 및 보고서의 연구사례를 잘 정리해놓은 논문으로는 Abbott and Cohen(2009)와 Carvalho et al.(2012)을 들 수 있다. Carvalho et al.(2012)에 따르면, 1986년부터 2010년까지 41개의 연구사례 중 외견무상관 회귀분석(Seemingly Unrelated Regression: SUR)을 이용한 사례가 15개로 가장 많았으며, 여러 가지 방법론을 혼합해서 사용한 사례도 14개나 있었다. 또한, 분석기간이 1년인 횡단면 자료를 이용한 연구사례는 16개였으며, 최소 2년에서 최대 30년의 자료를 이용한 연구사례는 총 25개였다.

이 중 본 논문과 가장 유사하며 비교적 최근 발표된 연구사례를 중심으로 선행연구 사례를 살펴보면 <표 1>과 같다. 김의준(1997)은 4대강 권역별로 지방상수도 공급 지자체를 대상으로 1989~1994년의 자료로 규모의 경제성을 측정하였다. 초월대수(translog)함수를 이용하여 SUR을 적용하였으며, 전체 61개 지자체 중 6개의 지자체는 규모의 불경제성이 존재하는 것으로 나타났고, 그 외의 지자체는 규모의 경제성이 존재하였다.

Kim and Lee(1998)는 지방상수도 공기업을 대상으로 1989~1995년의 자료를 이용하여 SUR로 규모의 경제성을 추정하였다. 그 결과, 4개의 도시에서는

표 1 _ 비용함수를 이용한 규모의 경제성에 관한 선행연구 사례

구분	분석기간	대상 국가	연구 방법	함수 형태	연구대상	분석 결과
김의준(1997)	1989~1994	한국	SUR	TL	상수도	△
Kim and Lee(1998)	1989~1995	한국	SUR	TL	상수도	△
Ashton(1999)	1989~1997	영국	SUR	TL	상하수도	×
Garcia and Thomas(2001)	1995~1997	프랑스	GMM	TL	상수도	○
Sauer(2005)	2001	독일	SUR	SGM	상수도	○
Martins et al.(2006)	2002	포르투갈	OLS	Q	상수도	△(소규모 기업), ×(전반적)
Nauges and Berg(2008)	1996~2004, 2003~2004, 1996~2004, 1997~2000	브라질, 콜롬비아, 몰도바, 베트남	SUR	TL	상하수도	○(브라질 제외)
Tsegai et al.(2009)	2004, 2006	남아프리카	SUR	TL	상수도	○

주: 1) SGM은 Symmetric Generalized McFadden(SGM) Functional Form을 의미하고, TL은 Translog Function(초월대수 함수)을 의미하며, Q는 이차함수(Quadratic Function)를 의미함.

2) ○(규모의 경제성 존재), △(규모의 경제성 일부 존재), ×(규모의 불경제성 존재).

규모의 불경제성이 존재하였고, 23개는 규모의 불변 경제성을 나타냈고, 나머지 12개 도시에서는 규모의 경제성이 발견되었다.

Ashton(1999)은 영국의 상수도 산업에 대해 가변 비용함수로 초월대수 함수형태를 설정하여 규모의 경제성 존재여부를 확인하였다. 영국의 상수도 산업에는 유의하지만 약간의 규모의 불경제성이 있는 것으로 나타났다.

Garcia and Thomas(2001)의 연구에 따르면, 프랑스의 165개 지방상수도 공기업의 시계열자료(1995~1997)를 이용하여 초월대수 함수를 설정하여 규모의 경제성을 분석하였다. 분석 결과, 규모의 경제성이 일정 수준에서 존재하고, 그 이상에서는 규모의 비경제성이 존재하는 것으로 나타났다.

Sauer(2005)는 2001년 서독과 동독의 지방상수도 공급 기업의 자료를 수집하여 Symmetric Generalized McFadden(SGM) 함수형태를 이용하여 규모의 불변 경제를 검증하였다. 연구 결과, 규모의 불변경제가 있다는 가설을 기각하였고 최적의 기업 규모는 현재보다 3배 정도 크다는 사실을 알아냈다. 따라서 상수도 공급 기업은 규모의 경제성이 있다고 결론을 내렸다.

Martins et al.(2008)은 2002년 포르투갈의 상수도 공급 기업들을 기업 규모별로 구분하여 이차 함수 형태의 비용함수를 이용하여 최소자승법으로 분석하였는데, 소규모의 기업에서는 규모의 경제성이 발견되었으나 전반적으로 보았을 때 규모의 불경제성이 존재한다는 연구 결과를 얻었다.

Nauges and Berg(2008)는 브라질, 콜롬비아, 몰도바, 베트남을 대상으로 각기 다른 시계열 자료를 활용하여 초월대수 함수형태로 SUR을 이용하여 상·하수도의 규모의 경제성을 분석하였는데, 브라질을 제외한 세 국가에는 모두 규모의 경제성이 존재하는 것으로 나타났다.

마지막으로 Tsegai et al.(2009)은 남아프리카의

2004년과 2006년 자료를 이용하여 상수도 산업의 규모의 경제성이 존재하는지를 초월대수 함수 형태를 이용하여 SUR로 추정하였다. 연구 결과, 규모의 경제성이 존재하여 상수도 공급 지자체 통합이 경제적으로 이익이라고 주장하였다.

이상 8개의 연구사례를 살펴보았는데, 한국을 대상으로 규모의 경제성을 분석한 사례는 김의준(1997)과 Kim and Lee(1998)가 있다. 그 밖에도 노동투입함수를 이용하여 규모의 경제성이 존재하는지 연구한 박상인(2005)이 있었다. 하지만, 이 두 연구는 모두 상수도에 관한 연구사례로, Carvalho et al.(2012)에 제시되어 있는 연구사례와 저자들이 수집한 연구사례들을 살펴본 결과, 한국 하수도 부문의 규모의 경제성 연구사례는 전무했다.

한국의 경우 상수도와 하수도는 그 사업의 성격이나 운영방식이 다르다. 상수도는 공기업인 한국수자원공사에서 광역상수도를 공급한 후 지자체에서 지방상수도를 공급하지만 하수도는 민영업체들이 더 많고 광역상수도처럼 일괄적으로 관리되기보다는 지자체별로 민영 업체들이 하수도 처리장을 운영하는 방식이다. 따라서 하수도는 상수도와 분리하여 추정할 필요가 있다.

그리고 본 연구의 방법론과 비용함수 형태에 관해서는 <표 1>에서 제시한 연구사례들을 면밀히 검토하여 결정하였는데, 대부분의 연구사례들이 방법론으로 SUR을 채택하고 있으며 함수형태는 초월대수(translog) 함수를 많이 활용하고 있었기 때문에 본 연구도 이를 따라 방법론으로 SUR을, 함수형태는 초월대수 함수 형태를 이용하여 분석하였다.

본 연구의 목적은 두 가지로 요약된다. 첫째, 기존에 연구가 이루어지지 않았던 하수도 부문 규모의 경제성을 측정해보고 정책적 함의와 시사점을 생각해 보고자 한다. 상수도에 비해 관심이 다소 적었던 하수도 부문에 대해 규모의 경제성을 연구해봄으로써 연

구의 범위를 넓히는 효과도 기대해볼 수 있다.

둘째, 일부 기존 상수도 연구사례의 모형적 측면의 개선을 시도하고자 한다. 기존에 한국을 대상으로 한 연구사례들은 기술변화 효과를 모형에 담지 않았지만, 본 연구에서는 기술변화 효과를 고려하여 분석함으로써 기술 향상이 주는 영향도 고려하고자 했다.

III. 비용함수의 설정

본 연구에서는 앞서 연구사례에서 살펴보았듯이, 비용함수 연구에서 가장 많이 사용되고 있는 초월대수함수를 이용하고자 한다. 초월대수함수는 매우 유연한 함수 형태를 갖고 있기 때문에 알려져 있지 않은 어떤 비용함수에 대해서도 2차 테일러 전개를 통해 근사치가 될 수 있다(Nauges and Berg, 2008). 또한 동조성, 중립성, 규모수의불변에 대한 사전 가정이 전혀 포함되어 있지 않다(Tsegai, 2009).

본 연구는 선행연구 사례와 마찬가지로 초월대수 비용함수의 형태를 이용할 것이며, 그 구체적인 형태는 <식 1>과 같다. K, L, M 은 각각 자본, 노동, 중간재 투입물이며, Q 는 하수처리량으로서 산출물로 해석된다. <식 1>의 비용함수는 가장 간단한 형태이며, 기존 한국의 상수도 규모의 경제성 연구사례인 김의준(1997), Kim and Lee(1998)과 다른 점은 시간변수 T 를 추가하여 다년도에 걸친 panel 형태의 자료에서 기술변화효과를 모형에 포함시켰다는 점이다.²⁾ 위 두 연구사례에서는 각각 1989~1994, 1989~1995의 자료를 이용하는 데에도 불구하고 기술변화효과를 모형에 반영하지 않았다. 하지만 많은 연구사례들(Ashton, 1999; Garcia and Thomas, 2001; Nauges

and Berg, 2008; Tsegai, 2009)에서 다년도에 걸친 자료를 이용할 때 시간변수 또는 기술변수(technical variables)를 모형에 포함시키고 있다.

$$\ln VC = a_0 + a_Q \ln Q + \sum_i a_i \ln P_i + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \beta_{Qi} \ln Q \ln P_i + a_i T \quad (i = K, L, M) \quad <식 1>$$

여기서 VC 는 가변비용, P_L, P_M, P_K 는 각각 노동가격, 중간재 가격, 자본가격이며, Q 는 하수처리량이다.

<식 1>에서 만약 $a_{0Q} = 0$ 이면, 이 비용함수는 동조함수가 되며 만약 $a_{0Q} = a_{Q0} = 0$ 이면, 투입요소 가격에 대해 1차 동차함수가 된다.

한편, 비용점유율 방정식(cost share equations)은 전체 투입량에 대한 비용에서 각 투입요소의 비용이 차지하는 비중을 나타내는 식으로 <식 2>와 같이 나타낼 수 있다. 그리고 초월대수함수에 셰퍼드의 정리(Shephard's lemma)를 적용하면 투입요소의 비용점유율 방정식을 도출할 수 있으며, 이는 <식 3>과 같다.

$$S_i = \frac{P_i X_i}{\sum P_i X_i} \quad <식 2>$$

여기서 아래첨자 i 는 투입요소 K, L, M 을 의미하며, X_i 는 투입요소의 투입량을 의미한다. 예를 들어, XL 은 노동투입량이다.

$$S_i = \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln P_i} = a_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \sum_i \beta_{Qi} \ln Q \quad (i, j = K, L, M) \quad <식 3>³⁾$$

2) 본 논문의 1차적인 관심사는 시간추세의 영향을 시간변수로 통제하면서 규모의 경제성을 분석하는 것이기에, 시간추세를 독립적인 1차항으로 다루는 것이 적절함. 하지만 시간의 흐름에 따른 비용함수의 구조적 변화를 파악하려 한다면 익명의 심사위원이 지적한 바와 같이, 시간변수와 타 독립변수와의 곱 항을 독립변수로 포함할 수 있음.

3) Chain rule을 적용하면 쉽게 동일한 결과를 얻을 수 있음.

〈식 1〉의 비용함수에 약간의 가정을 하게 되는데, 비용함수의 정규성 조건을 만족시키기 위해 〈식 4〉와 같은 1차 동차 조건(homogeneous of degree one in factor prices)과 〈식 5〉와 같은 대칭성 조건(symmetry constraint)을 부과했다.

$$\sum_i a_i = 1 \quad (i = K, L, M) \quad \text{〈식 4〉}$$

$$\sum_i \beta_{si} = 0 \quad (s = K, L, M, Q, i = K, L, M)$$

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (i, j = K, L, M, Q) \quad \text{〈식 5〉}$$

한편, 〈식 4〉의 제약조건을 부과한 비용함수 및 비용배분방정식을 추정하는 데에는 다중공선성 문제가 발생한다. 따라서 이를 해결하기 위하여 하나의 투입요소 방정식을 생략하여야 하므로 P_M 을 생략하면 〈식 1, 3〉은 각각 식 〈6, 7〉처럼 다시 쓸 수 있다.

$$\ln VC = a_0 + a_Q \ln Q + \sum_i a_i \ln P_i$$

$$+ (1 - a_L - a_K) \ln P_M + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \left(\frac{\ln P_i}{\ln P_M} \right) \left(\frac{\ln P_j}{\ln P_M} \right)$$

$$+ \sum_i \beta_{Qi} (\ln Q) \left(\frac{\ln P_i}{\ln P_M} \right) + a_i T$$

$$(i = K, L) \quad \text{〈식 6〉}$$

$$S_i = a_i + \beta_{ii} \left(\ln \frac{P_i}{P_M} \right)$$

$$+ \beta_{ij} \left(\ln \frac{P_j}{P_M} \right) + \beta_{iQ} \ln Q$$

$$(i = K, L, j = L, K) \quad \text{〈식 7〉}$$

IV. 추정결과

1. 자료구성 및 추정방법

1) 자료구성

본 연구는 1998년부터 2009년까지에 대해 부산광역시, 울산광역시, 경상남도, 경상북도의 28개 지자체 자료를 이용하였다. 다만 17개 지자체는 1998년부터 2009년의 자료 중 누락된 연도가 있어서 일관성 유지를 위해 제외하였다.

사용된 주요 변수는 다음과 같다. 총비용(C)은 처리장 비용, 하수관거 비용, 유수지 및 배수펌프장 비용의 합을 사용하였고, 단위는 백만 원이다. 노동비용(L)은 하수도 통계상에 인건비 항목이 명확하지 않아서 상수도의 노동가격을 준용하여⁴⁾ 상수도 노동가격과 하수도 직원 수를 곱하여 계산하였다. 자본비용(K)은 처리장, 하수관거, 유수지 및 배수펌프장 시설비의 합을 활용하였다. 중간재비용(M)은 처리장, 하수관거, 유수지 및 배수펌프장의 개보수비, 운영유지비, 기타유지비를 더한 값이다.

앞서 서술했듯이 노동가격(P_L)은 상수도의 노동가격을 준용하였고, 자본가격(P_K)은 자본비용을 자본의 양으로 나눈 값이지만, 자본의 양에 대한 자료를 얻기 힘들기 때문에 하수처리량(Q)으로 대신 나누었다. 그 이유는 하수처리량이 늘어나면 하수처리장, 하수관거 등 자본의 양이 늘어날 것이며, 자본의 양이 늘어나기 위해서는 하수처리량이 늘어나야 하기 때문이다. 중간재가격(P_M)은 자본가격과 같은 이유로 중간재비용(M)을 하수처리량(Q)으로 나눈 값을 사용하였다. 직원 수, 하수처리량 변수만 제외

4) 상수도과 하수도 인력은 직업군의 특성이 비슷하기 때문에 노동가격(임금)도 지자체별로 비슷할 것이라고 가정하였음.

하고 모든 변수는 생산자 물가지수를 적용하여 보정하였다.

분석대상 지자체별 Q, N, L, K, M의 1998년~2009년의 평균값은 <표 2>와 같다. 전체 28개 지자체 중 12년 평균 하수처리량이 가장 큰 지자체는 부산광역시이며, 평균 하수처리량은 3억 7,190만 1천 톤/년이다. 그 밖에 직원 수, 노동비용, 자본비용, 중간재비용 모두 부산광역시의 평균이 가장 높았다.

2) 추정방법

계수의 추정방법은 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 비용함수식을 최소화방법으로 추정하는 것이다. 이 방법은 추정이 단순하다는 장점을 가지고 있으나 비용점유율 방정식의 정보를 이용하지 못하며, 추정해야 하는 모수의 수가 많고 관측치의 수가 적은 경우에는 자유도의 문제가 제기될 수 있다.

둘째, 비용점유율 방정식을 Zellner(1962)의 SUR로 추정하는 것이다. 그러나 이 방법은 비용함수식의 정보를 이용하지 못하고 규모의 경제성에 대한 추정치를 얻지 못하는 단점이 있다.

세 번째 방법은 비용함수식과 비용점유율 방정식을 결합한 모형(multi-variate regression system)을 이용하되 Zellner의 반복적 추정법을 적용하는 것이다. 이 방법은 모든 정보를 완전히 이용할 수 있으므로 많이 이용되고 있다. Zellner의 반복적 SUR회귀모형은 ITSUR(Iterated Seemingly Unrelated Regression Model)라고도 불린다.

초월대수 비용함수를 계량경제모형으로 추정하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 세 번째 방법인 Zellner의 반복적 SUR회귀모형인 ITSUR로 분석

표 2 _ 지자체별 변수들의 평균값

(단위: 천 톤, 명, 백만 원)

지자체	하수 처리량 (Q)	직원 수 (N)	노동 비용 (L)	자본 비용 (K)	중간재 비용 (M)	
부산광역시	371,909	589	20,421	127,314	59,379	
울산광역시	174,080	214	7,150	42,047	41,935	
경상 북도	포항시	45,779	58	1,705	40,240	10,285
	경주시	18,902	40	1,306	22,097	6,836
	김천시	13,372	29	804	6,986	3,497
	안동시	11,423	26	758	13,544	4,726
	구미시	100,145	52	1,399	26,665	21,752
	영주시	7,845	27	774	5,928	3,439
	영천시	5,701	30	790	9,982	3,300
	상주시	5,003	18	482	5,308	1,777
	문경시	5,047	25	663	13,124	3,509
	경산시	15,253	21	604	17,366	12,946
	칠곡군	8,446	10	214	9,866	3,358
	울진군	1,514	12	190	4,802	1,081
경상 남도	창원시	64,590	28	862	10,535	8,477
	마산시	43,983	86	2,633	25,050	8,704
	진주시	40,412	57	1,632	21,116	10,011
	진해시	12,582	11	341	14,484	2,451
	통영시	9,681	25	775	6,783	2,395
	사천시	7,057	28	943	18,548	3,767
	김해시	33,090	46	1,855	40,901	6,286
	밀양시	6,330	19	563	8,199	5,193
	거제시	12,072	16	557	18,375	3,119
	양산시	13,136	22	553	27,642	4,081
	창녕군	3,686	19	209	8,273	3,551
	하동군	629	13	188	10,381	1,478
산청군	610	5	136	6,637	382	
거창군	3,756	12	249	6,985	2,180	

하였다.

2. 비용함수 추정결과

<표 3>에는 추정된 비용함수의 계수값이 정리되어 있다. 전체 추정계수 16개 중 β_{LM} 만 제외하고 모든 계수가 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하여 추정된 비용함수는 비교적 유의하다고 판단된다.

표 3 _ 비용함수의 추정된 계수 값

계수	추정치	계수	추정치
a_0	1.227 (11.23)**	β_{KM}	-0.150 (-67.09)**
a_L	0.030 (2.01)**	β_{KQ}	0.016 (8.94)**
a_M	0.535 (25.81)**	β_{MQ}	-0.011 (-4.36)**
a_K	0.435 (27.99)**	β_{LL}	0.018 (6.13)**
a_Q	0.894 (39.09)**	β_{MM}	-0.149 (-40.64)**
β_{LK}	-0.020 (-11.54)**	β_{KK}	0.170 (90.15)**
β_{LM}	0.001 (-0.46)	β_{QQ}	0.010 (3.57)**
β_{LQ}	-0.015 (-2.39)**	a_0	-0.002 (-2.20)**

주: 괄호 안의 숫자는 t-값이며, **은 유의수준 1%에서 유의함을 의미.

3. 규모의 경제성

추정된 비용함수에서 규모경제성 지표를 도출하기 위해서는 먼저 비용탄력성을 정의할 필요가 있다. 비용탄력성(cost elasticity)은 산출량을 단위 퍼센트(%) 증가시켰을 때 발생하는 비용의 변화율(%)로 정의되며 <식 1>에서 정의된 초월대수 비용함수 형태를 가정할 때 다음과 같이 표현된다.

$$E_{CQ} = \frac{\Delta C / \Delta Q}{C} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q}$$

$$= a_Q + \beta_{QQ} \ln Q + \beta_{LQ} \ln P_L + \beta_{MQ} \ln P_M + \beta_{KQ} \ln P_K$$

<식 8>

규모의 경제성을 나타내는 지수를 SCE(Scale economies)라 표기하면 SCE는 비용탄력성을 이용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$SCE = 1 - E_{CQ}$$

$$= 1 - (a_Q + \beta_{QQ} \ln Q + \beta_{LQ} \ln P_L + \beta_{MQ} \ln P_M + \beta_{KQ} \ln P_K)$$

<식 9>

표 4 _ 연도별 하수처리의 규모의 경제성

연도	SCE	t-값
2001	0.003	0.44
2002	0.004	0.67
2003	0.005	0.95
2004	0.010**	2.01
2005	-0.001	-0.23
2006	0.005	1.09
2007	0.003	0.65
2008	0.003	0.55
2009	0.008*	1.67

주: *은 유의수준 10%에서 유의함을 의미하며, **은 유의수준 5%에서 유의함을 의미함.

SCE가 양(+)의 값을 가지는 경우는 산출이 1% 증가할 때 그 산출증가를 위한 투입요소비용이 1%보다 작게 증가하는 경우 산출단위당 비용(=평균비용)이 하락하게 되므로 규모의 경제성(Increasing Returns to Scale: IRS)이 존재한다. 반면, SCE가 음(-)의 값을 가지면 산출이 1% 증가할 때 비용이 1% 이상 증가함으로써 평균비용이 상승하게 되므로 규모의 불경제성(Decreasing Returns to Scale: DRS)이 존재한다는 것을 의미한다. 또한, SCE가 0인 경우는 규모 확대에 의한 이득도, 불리함도 존재하지 않는 규모의 불변경제성(Constant Returns to Scale: CRS) 상태가 된다.

하수처리에 있어서 각 연도별로 변수들의 평균을 대입하여 구한 규모의 경제성은 <표 4>와 같다. 2005년을 제외하고 2001년부터 2009년까지 양수값으로 나타나 규모의 경제성이 존재하는 것으로 보인다. 다만 연도에 따라 유의한 정도의 차이를 보이고 있다.

4. 하수처리의 적정 규모

현재의 생산기술적 특성을 유지한 채 향후 확대된 하수처리물량에서 규모의 경제성이 얼마나 변화할 것 인지를 살펴보는 것은 중요한 정책적 시사점을 제공

해 줄 수 있다. 생산기술적 특성을 유지한다는 의미는 현재의 비용함수 계수와 요소가격이 변하지 않는 것을 의미하며, 따라서 비용함수가 시간이 흘러도 변하지 않음을 가정한다. 비용함수를 그대로 유지한 채 하수처리량 Q 를 늘려가면 SCE가 0이 되어 규모확대가 불리해지는 수량, 다시 말해 최소효율 규모 또는 적정 규모를 찾을 수 있다.

2009년의 부산, 울산을 포함한 경상남·북도 28개 지자체의 변수들의 평균값은 <표 5>와 같다. 규모의 경제성 지표 예측치는 하수처리량 Q 를 제외하고 요소가격을 2009년도 기준으로 고정하고 경영환경이 미래에도 크게 변화하지 않는다고 가정하여 계산하였다. 하수처리의 규모의 경제성은 처리량이 약 9,097.1만 톤일 때 소실되는 것으로 나타났으며, 이는 2009년 26개 지자체의 평균 처리량인 3,872.8만 톤과 비교했을 때 약 2.3배에 해당하는 값이다.

5. 하수처리의 지자체별 규모의 경제성

규모의 경제성이 소실되는 하수 처리량(Q^*)을 살펴보는 것만큼 각 지자체별 하수 처리의 규모의 경제성 지표를 살펴보는 것도 정책적 시사점을 제공해 줄 수 있다. 부산, 울산을 포함한 경남·북도의 28개 지자체의 비용탄력성(EcQ)은 <식 8>에 의해 계산하였으며, 모든 지자체에서 비용탄력성이 1보다 작은 것으로 나타나 규모의 경제성이 존재하는 것으로 나타났다.

<표 6>을 살펴보면, 28개 지자체는 비용탄력성이 0.9에서 1 사이에 있기 때문에 개별 지자체의 하수처

표 5 _ 2009년 하수도 지자체의 평균값

(단위: 천 톤, 십만 원/명, 십만 원/천 톤)

하수처리량 (Q)	노동가격 (P_L)	자본가격 (P_C)	중간재가격 (P_M)
38,728.36	453.59	27.94	9.68

리량은 최소효율규모에 미치지 못한 상태라고 볼 수 있다. 따라서 지자체의 하수 통합처리를 통해 개별 지자체의 하수처리량을 늘림으로써 최소효율 규모에 도달할 가능성이 존재한다.

V. 결론

앞서 언급한 바와 같이 하수도 부문은 지자체별로 운영되고 있기 때문에 규모가 영세한 곳이 많고 요금 현실화율이 낮기 때문에 재정적자를 호소하는 지자체가 많은 실정이다. 게다가 노후화된 하수관거의 개선, 신규 하수관거의 확충 등 투자가 필요한 상황이기 때문에 효율적인 운영 및 관리가 요구된다.

본 연구는 하수처리에 있어서 규모의 경제성이 존재하는가를 확인하기 위하여 초월대수 비용함수를 활용하여 부산, 울산, 경상남·북도의 28개 지자체를 대상으로 분석하였다. 기존에 한국의 하수도 부문 규모의 경제성에 관한 연구사례가 없었기 때문에 본 연구는 한국 하수도 부문의 규모의 경제성에 관한 최초

표 6 _ 지자체별 비용탄력성

지자체	비용탄력성 (EcQ)	지자체	비용탄력성 (EcQ)	
부산광역시	0.996	울산광역시	0.960	
경상북도	포항시	0.984	창원시	0.973
	경주시	0.981	마산시	0.934
	김천시	0.965	진주시	0.991
	안동시	0.982	진해시	0.976
	구미시	0.974	통영시	0.973
	영주시	0.951	사천시	0.970
	영천시	0.960	김해시	0.969
	상주시	0.908	밀양시	0.972
	문경시	0.952	거제시	0.928
	경산시	0.957	양산시	0.952
	칠곡군	0.963	창녕군	0.971
	울진군	0.975	하동군	0.967
			산청군	0.992
			거창군	0.969

의 실증연구로서 의미를 지닌다. 또한 기존 한국 상수도 연구사례의 모형을 개선함으로써 시계열 특성을 지니는 panel 자료를 이용하여 규모의 경제성을 측정할 때 기술변화효과를 통제해주어 규모의 경제성을 보다 정확하게 측정이 가능하도록 하였다.

28개 지자체의 하수도 부문 규모의 경제성 분석결과, 2009년을 기준으로 했을 때 규모의 경제성이 존재하였으며, 규모의 경제성이 소실되는 하수처리량은 2009년 수준의 2.3배에 해당하는 약 9,097.1만 톤인 것으로 나타났다.

또한 지자체별로 비용탄력성을 추정한 결과, 모든 지자체의 하수처리량은 최소효율 규모보다 작아 최소효율 규모 상위에 도달하지 못했음을 알 수 있었다. 따라서 개별 지자체가 처리시설 통합 또는 처리 규모 증가를 통해 하수처리량을 늘린다면 규모의 경제성을 획득하여 최소효율 규모에 도달할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구의 통계분석결과는 향후 하수도 분야의 광역 및 통합화의 추진에 이론적 근거자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 인접한 지자체의 하수종말처리시설의 용량이 충분할 경우, 공동으로 이용할 수 있게 된다면 규모의 경제성 때문에 하수종말처리시설을 따로 운영할 때보다 비용을 절감할 수 있다. 지역에 따라 공동 이용이 가능한 경우라면 이를 통해 경제적 이득을 얻을 수 있다.

본 연구는 지자체별로 하수도 부문의 규모의 경제성을 분석하였다. 만약 자료가 충분히 세분화되어 있어 개별 하수종말처리장의 자료를 얻을 수 있다면 보다 정교한 분석결과를 얻을 것이고 연구결과의 정책적 함의점 또한 구체화 될 수 있을 것이다.

본 연구의 한 가지 아쉬운 점은 하수도 통계에 인건비 항목이 없어 상수도의 임금을 준용했다는 점이다. 민간업체들이 하수처리를 맡고 있는 지자체가 많기도 하고 하수도 통계 집계 시 인건비 항목을 따로

산정하고 있지 않았기 때문이지만, 정확한 인건비 자료를 얻을 수 있었다면 본 연구의 결과는 더욱 견고해졌을 것으로 예상된다.

참고문헌

- 김의준. 1997. “우리나라 지방상수도서비스의 광역운영에 따른 지역경제 효과”. 국토연구 제26권, pp73-84.
- 환경부. 1999-2010. 하수도 통계.
- Abbott, M. and Cohen, B. 2009. “Productivity and Efficiency in the Water Industry”. *Utilities Policy* vol.17. pp233-244.
- Ashton, J. 1999. “Economies of Scale, Economies of Capital Utilisation and Capital Utilisation in the English and Welsh Water Industry”. *Working Paper Series*. no.17. Bournemouth, UK : Bournemouth University.
- Carvalho, P., Marques, R. and Berg, S. 2012. “A Meta-Regression Analysis of Benchmarking Studies on Water Utilities Market Structure”. *Utilities Policy* vol.21. pp40-49.
- Garcia, S. and Thomas, A. 2001. “The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities”. *Journal of Productivity Analysis* vol.16. pp5-29.
- Kim E. J. and Lee, H. 1998. “Spatial Integration of Urban Water Services and Economies of Scale”. *Review of Urban and Regional Development Studies* vol.10, no.1. pp1-18.
- Martins R., Coelho, F. and Fortunato, A. 2008. “Water Losses and Hydrographical Cost Structure Industry”. *Working paper* no.6. Coimbra, Portugal : University of Coimbra.
- Nauges, C. and Berg, C. 2008. “Economies of Density, Scale and Scope in the Water Supply and Sewerage Sector: A Study of Four Developing and Transition Economies”. *Journal of Regulatory Economics* vol.34. pp144-163.
- Sauer, J. 2005. “Economies of Scale and Firm Size Optimum in Rural Water Supply”. *Water Resource Research* vol.41. pp1-13.
- Tsegai, D., Linz, T. and Kloos, J. 2009. *Economic Analysis of Water Supply Cost Structure in the Middle Olifants Sub-Basin of South Africa*. SSRN Working Paper. no.129. Bonn, Germany : Zentrum für Entwicklungsforschung(ZEF).
- Zellner, A. 1962. “An Efficient Method of Estimating Seemingly

Unrelated Regressions and Tests for Aggregation
Bias". *Journal of the American Statistical Association*
vol.58. pp997-992.

- 논문 접수일: 2012. 3. 27
- 심사 시작일: 2012. 5. 3
- 심사 완료일: 2012. 6. 13

Economies of Scale in Sewage Treatment Using a Translog Cost Function

Keywords: Economies of Scale, Sewage Treatment, Variable Cost Function, Translog Cost Function, Spatial Integration

The Korean Government announced integration plans for sewerage operation in order to prevent the waste of management cost and excessive investment on sewage treatment equipments which is respectively executed by local governments. Currently, the cost-recovery rate of Korea's sewer treatment is very low at 38.3%, with local governments managing their own sewer sector. Many of them suffer from financial deficit, which in turn fails to secure economy of scale. A case study of Busan, Ulsan, Gyoungsangnam-do, and Gyoungsangbuk-do was performed to discover cost function of sewerage section from 1998 to 2009, employing translog cost function. Estimates suggest the existence of economies of scale. These findings said that moderate cost savings from prudent mergers could be expected. In addition, these results could be understood that integration and area-widening can improve efficiency of sewage treatment section.

초월대수 비용함수를 이용한 하수도 부문의 규모의 경제성 평가

주제어: 모의 경제성, 하수처리, 비용함수, 트랜스로그 함수, 광역화, 통합화

정부는 행정구역 단위의 하수처리시설 설치비 및 운영비의 낭비를 막고자 하수도시설 운영관리 통합추진계획을 발표하였다. 현재 하수도 부문은 요금현실화율이 30%수준으로 매우 낮고, 지자체마다 자체적으로 하수도 업무를 관장하다보니 규모가 적은 지자체가 상당수 있어서 규모의 경제성을 벗어나지 못하고 있다. 이런 배경하에 본 연구는 하수처리의 규모의 경제성을 살펴봄으로써 통합논의에 이론적, 정책적 함의를 주고자 한다. 부산, 울산, 경상남·북도의 28개 지자체의 1998년-2009년 자료를 통해 분석한 결과, 규모의 경제성이 존재하는 것으로 나타났다. 또한 상당수 지자체가 최소효율규모에 도달하지 못한 상태임을 알 수 있었다. 따라서 하수처리 지자체의 광역화 및 통합화를 통해 효율성을 제고시킬 수 있을 것이다.