

# Economies of Scale in the Sewerage Treatment Sectors of Cheonla Province Area

전라남북도 하수처리시설 운영에 대한 규모의 경제성 분석

Kyunghag Kim · Seung-Hoon Yoo\*

김경학 · 유승훈\*

서울과학기술대학교 에너지환경대학원

**Abstract :** This Study includes the information of integrated discussion and economies of scale on local governments' sewerage treatment plant through translog function based on the reality reports of sewerage treatment plant operation published by Ministry of Environment and sewerage statistics data from 2005 to 2010. Based on analysis results from the data of 35 local governments in Jeollanamdo and Jeollabukdo, which are selected as pilot project areas of sewerage facility integration by Ministry of Environment and have low percent of sewered population, it shows the existence of economies of scale. The economies of scale on sewerage treatment show the loss of approximately 22,211 thousand ton/day in sewage treatment, it is 1.7 times compared to the average treatment amount of 35 local governments as of 2010. It means the economies of scale can be achieved by lowering operation cost along with large scale integration in installation, operation and maintenance due to the features of sewerage industry as one of network industry.

**Key words :** Economies of scale, Sewerage treatment, Translog cost function, Area-widening, Spatial Integration

**주제어 :** 규모의 경제성, 하수처리, 비용함수, 광역화, 통합화

## 1. 서론

우리나라 하수도 사업은 1960년대 경제성장과 함께 도시화·산업화의 영향에 따라 그 필요성이 인식되면서 체계화되기 시작하였다. 1966년 국내에서 처음으로 하수도법이 제정되고 1976년에는 청계천하수처리장이 15만 m<sup>3</sup>/일의 용량으로 준공되면서 본격적인 하수처리 시설이 가동되었다. 그 후 1989년 맑은물 공급 종합대책과 1996년 물관리 종합대책, 1999년 4대강 물관리 종합대책 수

립 등의 정부 정책을 계기로 하수도 사업에 집중 투자를 하게 되었다. 특히, 1992 ~ 2010년까지 총 19조 2천억 원의 국고를 투자하여 국내 하수도 보급률이 2010년 현재 90.1%로 달하고 있다. 이는 우리나라의 하수도 산업이 양적, 질적 측면에서 많은 발전이 이루어졌으며 선진국 수준에 도달했음을 보고 주고 있다.

그러나 서울을 비롯한 특광역시를 제외한 소규모 지자체에서는 인구성장이 정체·감소되는 추세로 경제의 양적 성장이 한계에 달함으로써 공공부문 재원확보의 어려움이 가중될 것으로 예상되고 있다. 또한, 현재 운영 중인 하수시설의 내구연수 도래에 따른 시설개량·개선과 노후관망

\* Received 24 August 2012, revised 18 December 2012, accepted 22 December 2012.

\* Corresponding author: Tel.: (02)970-6802, E-mail: shyoo@seoultech.ac.kr

의 보수·개량에 많은 재정적 지원이 필요할 것으로 판단된다. 이에 대비하여 하수도 부문의 공공성을 토대로 한 경제성 확보 및 기존 투자 시설에 대한 효율적인 유지·관리의 전환 등에 대한 구체적인 방안이 요구되는 실정이다. 하지만 하수도 시설의 건설·개량은 운영주체가 지자체이기 때문에 재정 자립도가 낮은 지자체의 경우 재정적 부담이 커서 현실적으로 계획에 따른 시설투자에 어려움이 있으며, 하수도 요금 역시 각 지자체별로 요금 인상요인이 다르고 요금 결정 구조도 달라 지자체에서 요금의 원가인상 요인을 현실적으로 반영하여 집행하는데 한계가 있다. 이에 따라, 정부는 하수도시설의 경제적·효율적 성과를 극대화하고 중복투자 방지를 위하여 전국을 43개 권역으로 나누어 권역별로 관리하는 하수시설 통합 관리 추진 계획을 발표하였다.

우리나라의 하수도 보급률은 2010년 말에 90.1%이며, 하수도 보급률 추이는 2002년 75.8%에서 점차 상승하여 2010년 말에 14.3% 상승한 90.1%까지 도달하였다. 특히 90년대 중반이후 물관리 종합대책 및 4대강 대책 등과 같은 정부의 정책과 투자 및 민간의 하수 시설 투자에 의하여 단기간에 국내 하수도 보급률이 급성장하였다.

그러나 하수도 사업의 급성장에도 불구하고 지역별 보급률의 격차는 커지고 있으며 서울특

별시는 하수 보급률이 100%에 이르러 발생하는 모든 하·폐수는 전부 처리되어지고 있다. 하지만 조사 지역인 전라북도의 보급률은 80.0%, 전라남도 70.9%에 이르고 있다. 특히, 전라남도는 전국에서 가장 낮은 하수도 보급률을 보이고 있고 전국 평균보다 약 20%정도 낮은 실정에 있다.

전국에 가동 중인 공공 하수처리시설은 500 m<sup>3</sup>/일 이상 기준 470개소이며, 총 시설용량은 25,100천톤/일이다. 이 중 전라북도는 500 m<sup>3</sup>/일 이상 하수처리시설은 44개이며, 총 시설용량은 974.7천톤/일이다. 전라남도의 하수처리시설은 58개이고, 총 시설용량은 676.7천톤/일이다.<sup>2)</sup>

한편, 전국 하수도의 평균 요금은 283.6원/톤인데, 이는 처리원가 744.4원의 38.1%수준이다. 2002년에는 하수처리 요금 현실화율이 60.2%에 이르렀으나, 최근 2년 사이인 2009년과 2010년은 현실화율이 30%대로 더 떨어지고 있다. 지방일수록 이러한 경향은 더욱 두드러지고 있다. 전라북도의 경우 현실화율이 21.7%에 그쳤으며, 전라남도는 전국에서 가장 낮은 16.7%에 이르고 있다. 이는 결국 지방자치단체의 재정 부담으로 귀결된다.

이런 배경 하에 본 논문에서는 하수도 통계의 비용자료를 토대로 지방 하수처리시설의 규모의 경제성을 살펴봄으로써 통합논의에 대해 시사점

Table 1. Sewerage service availability trends in 2010

Classification	Nation-wide	Jeollabuk-do	Jeollanam-do
Treatment facility (ea)	470	44	58
Service availability(%)	90.1%	80.0	70.9
Facility capacity (thous. ton/day)	25,100	975	677

Source : Korea Ministry of Environment (2010), Annual report of public sewerage system.

Table 2. Tariff of sewerage service in 2010

Classification	Nation-wide	Jeollabuk-do	Jeollanam-do
Avg. tariff (won/ton)	283.6	182.9	147.0
Actual production cost (won/ton)	744.4	841.5	878.3
Actual charge rate (%)	38.1%	21.7%	16.7%

Source : Korea Ministry of Environment (2010), Sewerage Statistics.

2) 하수도 산업은 하수처리시설 부문과 하수관거 부문으로 구분되며 본 논문에서는 500m<sup>3</sup>/일의 하수처리시설의 운영 분야에 대하여 유지관리 비용을 참조로 하여 연구되었으며, 하수관거 부문을 포함한 연구는 광역적인 차원에서 지속적 조사가 필요하다.

을 제공하고자 한다. 이를 위해 제2절에서는 분석 모형으로써 비용함수 접근법에 대해 설명하고 제3절에서는 본 연구의 자료 구성 및 비용함수 추정방법, 추정결과를 제시한다. 제4절에서는 추정된 결과를 토대로 규모의 경제성 검토, 하수도 시설 규모 등에 대해 평가한다. 마지막 제5절은 연구 결과 요약 및 본 연구의 의의를 제시한다.

## 2. 분석모형 : 비용함수 접근법

### 2.1 비용함수

공공부문에서 비용함수를 통해 규모의 경제성에 대하여 연구한 논문은 많이 발표되고 있다. Christensen and Green(1976)은 미국의 발전부문을 대상으로 초월대수함수를 이용한 규모의 경제성 분석을 수행하였는데 공공부문에 대한 규모의 경제성을 분석한 최초의 논문으로 인정되고 있다. 상하수도 부문에서도 규모의 경제성에 관해 논의한 연구사례는 많은 편이다. Kim and Clark(1988)와 Kim and Lee(1998)은 국내 상수도 부문을 대상으로 규모의 경제성을 분석하였고, Bottasso and Conti(2009)은 영국의 상·하수도 부문에 있어서 규모의 경제와 기술적 변화에 대하여 분석하였다. 한편, Abbott and Cohen(2009)와 Carbalho et al.(2012)은 비용함수 접근법을 적용하여 공공부문의 규모의 경제성을 분석한 여러 연구사례들을 살펴보고 있다. 지금까지의 문헌들을 살펴보면 공공부문의 규모의 경제성을 분석 시 비용함수 접근법이 가장 널리 활용되었음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서도 규모의 경제성을 분석할 수 있는 여러 기법 중에서 비용함수 접근법을 이용하여 실증 분석을 수행하였다. 본 연구에서 채택한 비용함수모형은 다음과 같이 전개된

다. 전라남북도 각 지자체에 있는 하수처리시설에 노동(L), 자본(K), 중간재(M), 슬러지(S)<sup>3)</sup>를 투입하여 지역에서 발생하는 하수량(Q)을 처리한다고 가정하면 생산비용을 투입요소가격의 함수로 표현하는 비용함수(Cost function)를 이용하여 생산기술을 모형화 할 수 있다. 본 연구에서는 대표적인 유연한 함수형태이면서 기존의 연구들에서 활용되고 있는 초월대수 비용함수(Translog cost function)를 이용하여 추정하였다. 전라남북도의 하수처리 시설에 대한 초월대수 비용함수의 형태는 식(1)과 같다. 네 개의 투입물(K, L, M, S)과 하나의 산출물(Q)로 구성되며, 추정해야 할 계수는 5개의  $\alpha$ 와 15개의  $\beta$ 이다.

$$\begin{aligned} \ln VC = & \alpha_0 + \alpha_L \ln P_L + \alpha_K \ln P_K + \alpha_M \ln P_M + \alpha_S \ln P_S + \alpha_Q \ln Q \\ & + \beta_{LK} \ln P_L \ln P_K + \beta_{LM} \ln P_L \ln P_M + \beta_{LS} \ln P_L \ln P_S + \beta_{LQ} \ln P_L \ln Q \\ & + \beta_{KM} \ln P_K \ln P_M + \beta_{KS} \ln P_K \ln P_S + \beta_{KQ} \ln P_K \ln Q + \beta_{MS} \ln P_M \ln P_S \\ & + \beta_{MQ} \ln P_M \ln Q + \beta_{SQ} \ln P_S \ln Q + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln P_L)^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln P_K)^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_{MM} (\ln P_M)^2 + \frac{1}{2} \beta_{SS} (\ln P_S)^2 + \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 VC는 가변비용,  $P_L, P_M, P_K, P_S$ 는 각각 노동 가격, 중간재 가격, 자본가격, 슬러지처리 가격이며, Q는 하수처리량이다.

비용점유율 방정식(Cost share equations)은 전체 투입량에 대한 비용에서 각 투입요소의 비용이 차지하는 비중을 나타내는 식으로 식(2)와 같이 나타낼 수 있다. 또한, 초월대수함수에 쉘퍼드의 정리(Shephard's lemma)를 적용하면 투입요소의 비용점유율 방정식을 도출할 수 있으며, 이는 식(3)과 같이 각 요소 가격들이 각 요소 비용에서 하는 역할을 표현하였다.

3) 2010년부터 London Dumping Protocol의 발효로 하수슬러지의 해양 투기 금지로 슬러지 처분 비용은 계속 증가하고 있다. 특히, 슬러지처리와 관련하여 2010년도 하수슬러지 발생량 중 해양 투기는 전체 슬러지 처리량의 43%를 차지하고 있으나 2012년 1월부터 하·폐수슬러지의 전면 해양배출 금지가 이루어지고 모든 슬러지를 육상 처리 및 매립, 소각·재활용해야 함으로 슬러지 처리 및 투자비용은 계속 상승하고 있어 슬러지 처리 비용을 변수로 추가하여 연구 진행하였다.

$$S_i = \frac{P_i X_i}{\sum P_i X_i} \quad (2)$$

여기서 하첨자  $i$ 는 투입요소  $K, L, M, S$ 를 의미하며,  $X_i$ 는 투입요소의 투입량을 의미한다. 예를 들어,  $X_L$ 은 노동투입량이다

$$S_i = \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln P_i} \quad (3)$$

$$= \alpha_i + \beta_{iL} \ln P_L + \beta_{iK} \ln P_K + \beta_{iM} \ln P_M + \beta_{iS} \ln P_S + \beta_{iQ} \ln Q$$

또한, 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 부과한다.

$$\begin{aligned} \alpha_L + \alpha_K + \alpha_M + \alpha_S &= 1 & \beta_{ML} + \beta_{LL} + \beta_{LK} + \beta_{LS} &= 0 \\ \beta_{MK} + \beta_{KK} + \beta_{LK} + \beta_{SK} &= 0 & \beta_{MS} + \beta_{SK} + \beta_{LS} + \beta_{SS} &= 0 \\ \beta_{MM} + \beta_{ML} + \beta_{MK} + \beta_{MS} &= 0 & \beta_{MQ} + \beta_{LQ} + \beta_{KQ} + \beta_{SQ} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad i, j = L, K, M, S, Q \quad (5)$$

한편, 식 (4)의 제약조건을 부과한 비용함수 및 비용점유율 방정식을 추정하는 데에는 다중공선성(Multicollinearity) 문제가 발생한다. 따라서 이를 해결하기 위하여 하나의 투입요소 방정식을 생략하여야 한다. 예를 들어, 중간재( $M$ )를 생략할 경우 식 (4)는 식 (6)으로 다시 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \alpha_M &= 1 - \alpha_L - \alpha_K - \alpha_S & \beta_{ML} &= -(\beta_{LL} + \beta_{LK} + \beta_{LS}) \\ \beta_{MK} &= -(\beta_{KK} + \beta_{LK} + \beta_{SK}) & \beta_{MS} &= -(\beta_{SK} + \beta_{LS} + \beta_{SS}) \\ \beta_{MM} &= \beta_{LL} + \beta_{KK} + \beta_{SS} + 2(\beta_{LK} + \beta_{LS} + \beta_{SK}) \\ \beta_{MQ} &= -(\beta_{LQ} + \beta_{KQ} + \beta_{SQ}) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ln VC &= \alpha_0 + \alpha_L \ln P_L + \alpha_K \ln P_K + (1 - \alpha_L - \alpha_K - \alpha_S) \ln P_M + \alpha_S \ln P_S \\ &+ \alpha_Q \ln Q + \beta_{LK} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) + \beta_{LQ} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) \left( \ln Q \right) + \beta_{LS} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) \\ &+ \beta_{KQ} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) \left( \ln Q \right) + \beta_{SK} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) + \beta_{SQ} \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) \left( \ln Q \right) \\ &+ \frac{1}{2} \beta_{QQ} (\ln Q)^2 + \frac{1}{2} \beta_{LL} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right)^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right)^2 + \frac{1}{2} \beta_{SS} \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right)^2 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} S_L &= \alpha_L + \beta_{LL} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) + \beta_{LK} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) + \beta_{LS} \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) + \beta_{LQ} \ln Q \\ S_K &= \alpha_K + \beta_{LK} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) + \beta_{KK} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) + \beta_{SK} \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) + \beta_{KQ} \ln Q \\ S_S &= \alpha_S + \beta_{LS} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) + \beta_{SK} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) + \beta_{SS} \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) + \beta_{SQ} \ln Q \\ S_Q &= \alpha_Q + \beta_{LQ} \left( \ln \frac{P_L}{P_M} \right) + \beta_{LQ} \left( \ln \frac{P_K}{P_M} \right) + \beta_{SQ} \left( \ln \frac{P_S}{P_M} \right) + \beta_{QQ} \ln Q \end{aligned} \quad (8)$$

식 (6)을 식 (1)에 대입하면 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

또한, 중간재 가격을 생략한 식 (6)을 비용점유율 방정식 식 (3)에 대입하여 각 요소 가격별로 정리하면 면 식 (8)와 같이 표현할 수 있다.

## 2.2 비용함수의 추정법

비용함수 계수의 추정방법은 크게 세 가지로 구분된다. 첫째, 비용함수식을 최소자승법(Ordinary least squares)으로 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 외관상 무관회귀모형(SUR, Seemingly unrelated regression model)을 이용하여 추정하는 것이다.<sup>4)</sup> 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 sys-



tem)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 Zellner의 반복적 SUR회귀모형인 ITSUR으로 분석하였다. 많은 연구에서 비용함수 식(1) 대신에 비용점유율 방정식(2)을 이용하여 분석하고 있다. 앞서 설명하였듯이, 비용 점유율 방정식을 이용할 경우에는 규모의 경제에 대한 추정치를 얻지 못하는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 비용함수식 식 (1)과 비용점유율 방정식 식 (2)를 결합하는 ITSUR을 이용하였으며 ITSUR을 이용한 추정 결과는 점근적으로 최우추정법의 결과와 동일하며 최우추정법의 경우 생산 요소별 수요방정식 중 어떤 식을 제외하여도 동일한 결과를 보여준다.

### 2.3 비용탄력성 및 규모의 경제성 추정

규모의 경제성은 생산요소 투입량의 증대(생산규모의 확대)에 따른 생산비 절약 또는 수익향상의 이익을 나타내는 지표로 사용된다. 추정된 비용함수를 이용하여 규모경제성 지표를 도출하기 위해서는 먼저 비용탄력성( $E_{CQ}$ , Cost elasticity)을 정의할 필요가 있다. 비용탄력성은 산출량을 단위 퍼센트(%) 증가시켰을 때 발생하는 비용의 변화율(%)로 정의되며 식(9)에서 정의된 초월대수 비용함수형태를 가정할 때 다음과 같이 표현된다.

$$E_{CQ} = \frac{\Delta C}{C} \bigg/ \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} \quad (9)$$

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

규모의 경제성을 나타내는 지수를  $SCE$ (Scale economies)라 표기하고  $SCE$ 는 비용탄력성을 이용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$SCE = 1 - E_{CQ} \quad (10)$$

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

## 3. 추정결과

### 3.1 자료

본 연구는 전국에서 하수도 보급률과 요금 현실화율이 가장 낮아서 규모의 경제에 따른 통합시 사업 효율성을 높일 수 있으며, 환경부에 의해 하수시설 통합권역 시범 지역으로 일부 선정된 전라남북도의 35개 지자체 자료를 이용하였다. 광주광역시는 하수 시설 통합관리 43개 권역 중에서 통합제외 구역(8개 권역, 특광역시·제주)으로 선정되었고 다른 지자체보다 월등히 큰 규모이기 때문에 편의를 일으킬 가능성 때문에 제외하였다. 자료의 범위는 충분한 자유도를 확보하면서 최근 6개년간인 2005년부터 2010년까지의 자료를 이용하였다.

사용된 주요 변수는 다음과 같다. 총비용( $C$ )은 처리장 총 공사비용, 노동비용, 자본비용, 중간재비용, 슬러지처리비용의 합을 사용하였고, 단위는 백만원이다. 노동비용( $L$ )은 하수도 운영 실태 보고서 통계상의 직원 수와 노동가격을 사용하였으며, 자본비용( $K$ )은 하수처리장의 총 공사비를 활용하였다. 중간재비용( $M$ )은 하수처리장의 개보수비, 운영유지비, 기타유지비, 전력비, 약품비를 더한 값이며, 슬러지비용( $S$ )은 하수처리 후 발생하는 최종 슬러지 처리 비용의 합을 사용하였다.

앞서 서술하였듯이 노동가격( $P_L$ )은 하수처리 통계상의 총 인건비를 운영인력으로 나눈 값을

4) 비용점유율 방정식의 합은 1이므로 이들 방정식의 오차항( $u$ )의 합계는 각 투입요소별로 영(0)이 된다. 따라서 오차항의 분산과 공분산 행렬은 특이행렬(Singular matrix)이며 역행렬이 존재하지 않는다(Brent-Wood, 1975). 이를 해결하기 위해 비용점유율 방정식 가운데 임의로 하나의 방정식을 생략하여야 한다. 이때 생략하는 방정식의 종류에 따라서 모수의 추정치의 값이 다르게 나타나며, 이 문제는 Zellner의 반복적 추정법에 의하여 해결된다. Zellner의 반복적 추정법에 의한 추정치는 최우추정법(Maximum likelihood method)에 의한 추정치와 같아진다는 것이 증명되었다(Kmenta-Gibert, 1968).

사용했고, 자본가격( $P_K$ )은 자본비용을 자본의 양으로 나눈 값이지만, 자본의 양에 대한 자료를 얻기 힘들어 하수처리량과 비례한다고 가정하고, 하수처리량( $Q$ )으로 나누었다. 중간재가격( $P_M$ )은 위와 같은 이유로 중간재비용( $M$ )을 하수처리량( $Q$ )으로 나눈 값이며, 슬러지가격( $P_S$ )도 동일하게 하수처리량( $Q$ )으로 나눈 값을 적용하였다. 분석대상 지자체별 변수의 2005년 ~ 2010년 평균값은 Table 3과 같다.

### 3.2 비용함수 추정결과

Table 4는 추정된 비용함수의 계수 값을 정리한 것이다. 전체 추정계수 21개 모든 계수가 유의수준 5 %에서 유의한 것으로 나타났다. 종합적으로 모두 안정적인 추정결과로 판단된다.

## 4. 분석결과에 대한 논의

### 4.1 규모의 경제성 추정 결과

Table 3. Average value of variables by local government of Jeolla-do<sup>5)</sup>

(Unit : thous. ton/yr, pers/yr, mil. won/yr)

Local gov.	Sewage treatment ( $Q$ )	Staff no. ( $N$ )	Labor cost ( $L$ )	Capital cost ( $K$ )	Inter-material cost ( $M$ )	Sludge treatment cost ( $S$ )	
J e o l l a b u k - d o	Jeonju-si	127,872	40	1,066	195,429	5,925	2,135
	Gunsan-si	60,162	35	1,285	202,341	2,418	701
	Iksan-si	40,697	30	1,173	109,100	2,243	781
	Jeongeup-si	14,713	14	687	74,782	847	215
	Namwon-si	12,966	14	531	41,297	386	272
	Gimje-si	5,646	12	542	67,707	366	119
	Wanju-gun	6,613	16	582	52,774	359	74
	Jinan-gun	1,093	18	328	15,422	251	24
	Muju-gun	1,317	4	120	25,358	282	22
	Jangsu-gun	910	11	274	23,600	243	17
J e o l l a b u k - d o	Imsil-gun	910	7	244	38,674	283	16
	Sunchang-gun	952	7	187	10,637	321	4
	Gochang-gun	4,321	16	492	39,806	564	90
	Buan-gun	3,467	9	411	37,133	319	81
	Mokpo-si	35,680	39	1,597	230,594	2,889	389
	Yeosu-si	19,102	28	947	197,017	2,439	458
	Suncheon-si	36,255	30	988	149,555	1,880	622
	Naju-si	6,483	29	771	45,768	526	85
	Gwangyang-si	13,094	22	727	89,137	837	283
	Damyang-gun	2,348	10	183	27,709	186	11
J e o l l a b u k - d o	Gokseong-gun	1,426	10	284	21,135	244	6
	Gurye-gun	2,117	7	241	33,667	225	22
	Goheung-gun	2,576	15	347	45,276	762	68
	Boseong-gun	2,131	10	343	37,203	726	74
	Hwasun-gun	7,605	19	614	44,343	409	92
	Gangjin-gun	1,730	5	119	25,704	100	33
	Haenam-gun	2,483	5	117	25,153	220	2
	Yeongam-gun	10,098	19	703	55,636	1,858	13
	Muan-gun	1,556	8	270	22,259	627	30
	Hampyeong-gun	2,546	11	261	28,315	273	18
J e o l l a b u k - d o	Yeonggwang-gun	2,299	7	178	27,015	248	34
	Jangseong-gun	3,674	7	239	23,512	627	30
	Jindo-gun	1,460	5	114	31,877	222	25
	Sinan-gun	180	10	33	17,559	106	5
	Wando-gun	921	8	268	26,894	227	3

5) Table 3의 자료는 환경부의 2005 ~ 2010년도 하수도 운영실태결과보고서를 참조로 하여 각 변수별 평균값 적용하였다.

Table 4. Estimation results of cost function

Coeffi-cients	Estimates	Coeffi-cients	Estimates	Coeffi-cients	Estimates
$a_{\theta}$	0.3507(20.20) **	$\beta_{LL}$	0.0048(16.52) **	$\beta_{SK}$	-0.0010(-5.14) **
$a_L$	0.0354(13.15) **	$\beta_{KK}$	0.0209(32.15) **	$\beta_{SQ}$	0.0007(6.16) **
$a_k$	0.8773(209.02) **	$\beta_{SS}$	0.0011(8.49) **	$\beta_{ML}$	0.0009(3.36) **
$a_s$	0.0053(3.16) **	$\beta_{LK}$	-0.0053(-14.90) **	$\beta_{MK}$	-0.0146(-34.27) **
$a_Q$	0.9778(334.45) **	$\beta_{LQ}$	-0.0038(-13.55) **	$\beta_{MS}$	0.0003(2.05) **
$a_M$	0.0820(29.25) **	$\beta_{LS}$	-0.0004(-3.71) **	$\beta_{MM}$	-0.0133(-33.50) **
$\beta_{QQ}$	0.0026(9.13) **	$\beta_{KQ}$	0.0040(11.68) **	$\beta_{MQ}$	-0.0009(-3.81) **

Notes : The numbers in parentheses are t-values. \*\* indicates statistical significance at the 5 % level.

규모의 경제성을 나타내는 지수를 *SCE*(Scale economies)라 표기하며 비용탄력성을 이용하여 정의된다. *SCE*가 양(+)의 값을 가지는 경우는 산출이 1퍼센트 증가할 때 그 산출증가를 위한 투입요소비용이 1퍼센트보다 작게 증가하는 경우 산출단위당 비용(=평균비용)이 하락하게 되므로 규모의 경제성(*IRS*, Increasing returns to scale)이 존재한다. 반면, *SCE*가 음(-)의 값을 가지면 산출이 1퍼센트 증가할 때 비용이 1퍼센트 이상 증가함으로써 평균비용이 상승하게 되므로 규모의 불경제성(*DRS*, Decreasing returns to scale)이 존재한다는 것을 의미한다. 또한, *SCE*가 1인 경우는 규모의 확대에 의한 이득도, 불리함도 존재하지 않는 규모의 불변경제성(*CRS*, Constant returns to scale)상태가 된다.

하수처리에 있어서 각 연도별로 변수들의 평균을 대입하여 구한 규모의 경제성은 Table 5와 같다. 2005년부터 2010년까지 모두 양수 값으로 나타나 규모의 경제성이 존재하는 것으로 보인다. 또한 모든 연도에 있어서 유의수준이 전부 5%에서 유의함을 보이고 있다.

#### 4.2 하수처리의 적정 시설규모

현재 하수시설의 기술적 처리 특성을 유지한 채 향후 증대되는 하수처리 물량에서 규모의 경제성이 존재하는 것인지를 살펴보는 것을 통하여 적정 시설의 설치 및 투자 효율을 증대할 수 있는 중요한 정책적 시사점을 도출할 수 있

다. 2010년의 전라남북도 35개 지자체의 변수들의 평균값은 Table 6과 같다. 규모의 경제성 지표 예측치는 하수처리량(*Q*)을 제외하고 요소가격을 2010년도 기준으로 고정하고 경영환경이 미래에도 크게 변화하지 않는다고 가정하여 계산하였다. 전라남북도 하수처리 규모의 경제성은 처리량이 약 22,211천톤/년일 때 소실되는 것으로 나타났으며, 이는 2010년 현재 35개 지자체의 평균 처리량 13,436천톤/년과 비교했을 때 약 1.7배에 해당한다. 이는 하수도 사업이 네트워크 산업의 특성상 하수 처리 시설을 통합 설치·운영·관리하면 운영비용 절감과 경영의 효율성 향상으로 인하여 규모의 경제 달성에 대한 가능성이 존재한다.

Table 5. The scale of economic on yearly sewerage treatment in Jeolla-do

Year	SCE	t-value
2005	0.002627 **	10.37
2006	0.001956 **	6.59
2007	0.001805 **	6.16
2008	0.001686 **	5.89
2009	0.001626 **	5.51
2010	0.001292 **	4.35

Note : \*\* indicates statistical significance at the 5 % level

Table 6. Average value of variables by local government in Jeolla-do

(Unit : thous, ton/yr, hund, thous, won/per, hund, thous, won/thous, ton)

Sewage treatment( <i>Q</i> )	Labor cost ( $P_L$ )	Capital cost ( $P_K$ )	Inter-material cost ( $P_M$ )	Sludge treatment cost ( $P_S$ )
13,436.60	331.71	156.88	1.76	0.22

### 4.3 지자체별 규모의 경제성 검토

하수처리 시설의 통합으로 인한 규모의 경제성이 소실되는 하수처리량( $Q^*$ )을 살펴보는 것뿐만 아니라 전라남북도 각 지자체별 하수 처리의 규모의 경제적 지표인 비용탄력성을 살펴봄으로써 지역별 규모의 경제성이 존재하는지 정책적 시사점을 도출할 수 있다. 전라남북도의 35개 지자체의 비용탄력성은 식 (9)에 의해 계산하였으며, 전라남북도에서 목포시, 순천시, 여수시, 전주시, 군산시, 익산시를 제외한 29개 지자체 모두 비용탄력성이 1보다 작은 것으로 나타나 모두 규모의 경제성이 존재하는 것으로 나타났다.

Table 7을 살펴보면, 목포시, 여수시, 순천시, 전주시, 군산시, 익산시는 비용탄력성이 1.0 이 넘기 때문에 SCE가 음수가 되어 규모의 비경제성이 존재하는 것으로 보인다.<sup>6)</sup> 이는 6개 시 하수처리 시설의 처리용량이 10만톤/일 이

상으로 시설을 분산 설치하지 않고 통합 설치하여 운영비용을 낮춤으로서 규모의 경제성을 실현한 것으로 판단된다. 하지만 그 외의 29개 지자체는 비용탄력성이 1.0에서 0.9 사이에 있기 때문에 하수시설 설치·관리 및 운영의 통합 가능성이 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 전라남북도 35개 각 지자체별 운영 자료를 토대로 하여 현재의 수준에서 하수처리시설의 통합에 따른 규모의 경제성을 초월대수 비용함수를 이용하여 추정하였다. 위의 자료를 분석한 연구 결과 하수처리 시설이 2010년 현재 처리량의 1.7배인 약 22,211천톤/년일 때 규모의 경제성이 소실되는 것으로 나타났으며, 각 지자체별 비용탄력성 역시 총 35개의 지자체중 29개에서 1.0 ~ 0.9 사이에 있어 경제

Table 7. Cost elasticity by local governments in Jeolla-do

Local government		Cost elasticity( $E_{CQ}$ )	Local government		Cost elasticity( $E_{CQ}$ )
J e o l l a n b u k - d o	Mokpo-si	1.001	J e o l l a b u k - d o	Jeonju-si	1.005
	Yeosu-si	1.000		Gunsan-si	1.003
	Suncheon-si	1.001		Iksan-si	1.002
	Naju-si	0.997		Jeongeup-si	0.999
	Gwangyang-si	0.999		Namwon-si	0.999
	Damyang-gun	0.995		Gimje-si	0.997
	Gokseong-gun	0.994		Wanju-gun	0.997
	Gurye-gun	0.994		jinan-gun	0.992
	Goheung-gun	0.995		Muju-gun	0.993
	Boseong-gun	0.994		Jangsu-gun	0.993
	Hwasun-gun	0.998		Imsil-gun	0.993
	Gangjin-gun	0.993		Sunchan-gun	0.992
	Haenam-gun	0.995		Gochang-gun	0.996
	Yeongam-gun	0.998		Buan-gun	0.996
	Muan-gun	0.993			
	Hampyeong-gun	0.994			
	Yeonggwang-gun	0.994			
	Jangseong-gun	0.995			
	Jindo-gun	0.993			
	Sinan-gun	0.988			
Wando-gun	0.992				



적 비용의 효율성이 낮은 것으로 추정되어 하수 처리시설의 통합에 의한 규모의 경제적 시너지 효과가 있다.

본 연구 분석 결과 하수도 산업은 네트워크와 플랜트가 결합된 장치산업의 특성을 보여주는 필수적인 기본재 산업으로 공공부문의 독점적 요소를 가지고 있다. 따라서 개별적으로 운영되는 것보다는 통합하여 운영함으로써 효율성이 증가하게 되는 것을 보여주고 있다. 즉, 통합에 따라 불필요한 재정적 지출을 줄일 수 있으며, 유사한 분야의 기능별 적정 인력배치를 통하여 사업조직의 효율화를 추구할 수 있다. 특히, 전라남북도와 같은 작은 지자체의 경우 개별적으로 분리 운영되는 것보다는 지자체간의 수평적 통합에 의해 하수처리량의 증가에 따른 하수처리의 시설비용 절감과 하수처리시설의 적정 가동율을 유지함으로써 운영비용 절감 등으로 하수도 사업의 요금 현실화율을 높여 재정부족을 완화시킬 수 있다.

국내에서 하수도사업은 인구 성장이 정체·감소되고 경제가 저성장 시대에 도달함에 따라 시설의 보급 및 확대가 아닌 유지관리의 시대로 변화되어 가고 있다. 이에 맞추어 광역 및 통합화를 하기 위해서는 중앙 정부 중심에서 경제적, 행정적 지원책을 통한 지자체 중심의 하수도 광역 및 통합화를 유도하고, 각 지역적 특성을 고려한 규모의 경제를 달성한다면 경영 효율화를 극대화시킬 수 있을 것이다.

본 연구의 후속 작업으로서 충분한 자료를 확보하여 수원, 급수인구, 지역 특성, 상수관망, 하수관거 등을 고려한 유역별 또는 권역별 분석을 수행한다면 좀 더 다양한 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 특히, 인구규모가 작은 지자체에서는 시설의 통합 시 상수관망과 하수관거 설치 등 시설비 투자가 과다하여 경제성이 떨어질 수 있다. 이에 단순히 규모의 경제성뿐만 아닌 기술적, 행

정적 분석까지 포함하여 종합적인 분석을 고려한다면 상수도 및 하수도 시설의 중복·과잉 투자, 조직 및 물순환 관리체계의 통합에 따른 비용절감, 요금 현실화율 등 경제성 분석에 있어서 본 연구의 결과보다 상수도 및 하수도 시설의 통합운영의 가치는 더욱 클 것으로 예상된다.

## 참고문헌

- Kim, E.J. (1997) Regional economic effects by the spatial integration of local water supply services in Korea, *The Korea Spatial Planning Review*, Vol. 26, pp. 73-84
- Kim, C.W. (2012) Economic incentives for the promotion of wide area integration of water supply and sewerage system, *Journal of Water Policy & Economy*, 18, pp. 95-106
- Shin, S.Y, Lee, J.D, Kim, T.Y and Heo, E.Y. (1998), A study on the economies of scale in the Korean LNG industry, *Journal of The Korea Resources Engineering*, Vol. 35, pp. 137-142
- Lee, J.D, Shin, S.Y and Kim, T.Y. (1998) Economies of scale in electricity generation sector and Its implication for industrial policy, *Journal of The Korea Association for Policy Studies*, Vol 7(3), pp. 331-352
- Ju, H.C. and Lee, C.K. (2010) Measuring economies of scale in Korean transmission and distribution electric sector with fourier flexible functional form, *Productivity Review*, Vol. 24, No.2, pp. 5-29
- KRISHS (2011) *Advanced water r source management of green growth · area wide · integration period(I)*
- K-water (1997) *An analysis study on the economic effects of SOC investment for the development of water resources*
- K-water (2006) *A Feasibility study on sewerage projects participation*
- K-water (2008) *The impact of the wide-area and local water and sewerage integrated operating in the national economy*

6) 비용탄력성이 1보다 큰 목포시, 여주시, 순천시, 전주시, 군산시, 익산시 6개시는 하수처리에 대한 규모의 경제를 상실한 지자체들로 이들 지역은 하수처리 운영 시장을 분할하거나 또는 규모의 경제가 높은 다른 지자체와 공동으로 발생하는 하수를 처리하여야 한다.

- Korea Ministry of Environment (2005–2010) *Sewerage statistics*
- Korea Ministry of Environment (2005–2010) *Annual report of public sewerage system*
- Korea Ministry of Environment (2008) *Research report of water and sewerage integrated operational feasibility Study*
- Antonioli B. and M. Filippini (2002) Optimal size in the waste collection sector, *Review of Industrial Organization* 20, pp. 239–252
- Bottasso Anna and M. Conti (2009) Scale economies, technology and technical change in the water industry: Evidence from the English water only sector, *Regional Science and Urban Economics* 39, pp. 138–147
- Carvalho P, R. C. Marques, S. Berg (2012) A meta-regression analysis of benchmarking studies on water utilities market structure, *Utilities Policy*, 21, pp. 40–49
- Christensen, L.R., and W. H. Greene (1976) Economies of scale in U.S. Electric Power Generation, *Journal of Political Economy*, 84, pp. 665–675
- Kim E. J. and H. Lee (1998) Spatial integration of urban water services and economies of scale, *Review of Urban and Regional Development Studies*, 10(1), pp. 1–18
- Kim H. Y. and R. M. Clark (1988) Economies of scale and scope in water supply, *Regional Science and Urban Economics*, 18, pp. 479–502
- Abbott M and B. Cohen (2009) Productivity and efficiency in the water industry, *Utilities Policy*, 17, pp.233–244
- Zellner A. (1962) An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias, *Journal of the American Statistical Association*, 58, pp. 992–997