

# DEA 및 Malmquist 지수를 이용한 물자원사업 민간위탁경영기관에 관한 효율성 분석

김희경\* · 이창원\*\*

## 〈요 약〉

오늘날의 시대는 블랙골드(black gold)시대를 벗어나 이제 블루골드(blue gold)의 시대가 도래되었다고 할 수 있다. 물에 대한 중요성이 증가되는 가운데, 물 산업의 발전을 위한 지원 및 정책이 제시되고 있다. 물 산업은 공공서비스이지만, 불균형한 공급으로 인한 문제점들이 존재하며 이를 해결하기 위해서 공공서비스의 민영화라는 주제와 관련해 가장 민감하고 관심이 집중된 분야라고 할 수 있다. 우리나라도 이러한 물 산업의 민영화에 대한 주제가 언급되면서 현행 수도법에 근간한 민영화 운영방식 중 하나인 전문기관(한국수자원공사)에 의한 민간위탁이라는 방식으로 공공서비스의 효율성을 높이고자 사업을 진행 중에 있다. 따라서 본 연구에서는 지방상수도 민간위탁 운영을 실행 중인 18개 지역의 위탁사업소들을 대상으로, 2012년부터 2014년까지의 데이터를 바탕으로 하여 민간위탁운영에 대한 효율성 및 생산성 분석을 실시하고자 한다. 본 연구의 효율성 분석결과, 3개년 동안 18개의 위탁기관 중 10개 기관이 효율적인 기관으로 나타났으며 생산성 변화에 대한 분석을 실시한 결과, 1기(2012-2013년)에서 2기(2013-2014년)로 넘어가는 동안 생산성이 감소된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 생산성에 영향을 미치는 원인은 누수율과 원수의 유효이용률로 선정하였고 누수율의 경우 생산성에 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났고 원수의 유효이용률의 경우, 생산성에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 현 수도사업의 문제점을 해결하기 위한 해결책에 대한 효율성과 생산성을 분석하였다는 점에서 기존의 수도사업과 관련된 연구들이 제시하지 못한 시사점을 지니고 있다고 할 수 있다.

핵심주제어: 지방상수도 민간위탁, DEA, 맘퀴스트 지수, 효율성 분석, 생산성 원인 분석

논문접수일: 2017년 07월 13일 수정일: 2017년 08월 25일 게재확정일: 2017년 08월 28일

\* 한양대학교 일반대학원 박사과정(제1저자), kimhk1866@hanyang.ac.kr

\*\* 한양대학교 경영학부 교수(교신저자), leecw@hanyang.ac.kr

## I. 서론

전 세계적으로 물 산업의 투자는 2025년까지 1,000조원까지 증가할 것으로 전망되고 있다. 지난 20세기는 석유로 대표되는 블랙골드(Black gold)의 시대였다면, 21세기에는 물의 시대, 즉 블루골드(Blue gold)의 시대가 도래 할 것이라고 전문가들은 주장하고 있다(국토해양부, 한국수자원공사, 2016). 세계 물 선진국과 관련 산업에서는 전 지구적인 물 문제로부터 새로운 사업의 기회를 발견하고 물 관련 산업에 적극적으로 진출하고 있는 상황이다(이종석 외, 2012; Carvalho & Marques, 2011; Guerrini et. al., 2013). 우리나라 정부도 지속적인 가뭄으로 인하여 물 산업의 중요성을 인식하고 국내 열악한 물 산업 육성 기반을 조성하여 국내 관련 업계의 해외진출을 도모할 수 있는 정책과 사업들을 제시하고 있다. 또한 2015년 4월 12일 대구에서 개최된 '2015 대구·경북 세계 물 포럼'을 통하여 물 문제에 대한 도전을 선진국과 개도국 모두 경제성장의 기회로 바꿔야 한다며 국가 간 협력의 중요성 역시 강조하였다.

이러한 관심과 달리, 우리나라가 직면하고 있는 수도사업의 문제점은 개선의 정도가 매우 미미하다. 현재 우리나라는 162개 지자체가 지방상수도를 개별적으로 운영하고 있으나 재정여건, 보급인구규모 등을 고려하지 않고 행정구역을 기준으로 분할되어 있기에 규모의 영세성, 비전문성, 중복·과잉투자 등에서 오는 지역 간 서비스 불균형과 노후 상수도(경년관)로 인한 저품질의 문제가 발생하고 있으며 이러한 문제점은 국가 차원에서의 비효율성으로 연결되고 있다(김나운 외, 2015; 송건섭, 2015; 이종석, 김중욱, 2012; 장덕희, 신열, 2009). 환경적 특성으로 인하여 우리나라의 연평균 이용 가능한 수자원량은 753억 m<sup>3</sup>으로 연평균 수자원총량 1,297억m<sup>3</sup>의 58% 밖

에 되지 않으며 노후상수도관으로 인하여 발생하는 누수율은 전국 특별·광역시를 제외한 지자체 10.4%~11.1%로 제자리걸음을 하고 있고 재정여건이 열악한 중소 지자체는 적자를 실현함으로써 지방상수도를 관리하는데 한계가 있다.(국토해양부, 2011; 환경부, 2015).

이러한 상황에서 정부는 지방상수도사업이 효율적으로 운용되지 못하고 있음을 확인하여 지방상수도 구조개편을 위한 다양한 방법 중 행정안전부가 제시한 '민간위탁' 방식을 선택하였으며 이는 현행 수도법이 허용하고 있는 수도사업의 운영방식의 하나이다. 현재 22개 지자체가 전문기관인 한국수자원공사(K-Water)에 의해 시설을 위탁운영 중에 있고 지방상수도 민간위탁운영을 함으로써 전문화를 가능케 하고 선진 경영기법을 도입하여 운영비절감, 노후시설 개량을 통해 누수율 절감과 서비스 향상 등 기술혁신과 원가절감을 위한 혁신을 이뤄 생산원가를 줄이는 것이 사업의 목적이다(고광홍, 2001; 고광홍 외, 2008; 원구환, 2010; 최경호, 조정근, 2014). 앞서 말했듯, 지방상수도 사업은 효율성 추구에 그 목적이 있으나 민간위탁이 결정된 지방상수도 사업소는 각 지자체와 한국수자원공사 간의 개별적인 실시협약에 따른 것이기에 실제 민간위탁운영이 필요한 기관이 선정되었는지에 대해서는 알 수가 없다.

수도사업의 효율성을 높이기 위한 노력에도 불구하고 지속적으로 발생하는 누수율과 노후상수도관 등의 문제들을 해결하기 위한 시설개선 보수작업 투자에도 불구하고 상수도의 효율성이 개선되지 않는다는 점에서 본 연구의 질문을 제시할 수 있다. 이에 우선적으로 민간위탁 운영이 시행되고 있는 지방상수도 사업소들의 효율성을 분석할 필요성을 느꼈으며 그 결과를 바탕으로 비효율적인 기관들의 잠재적 개선치를 파악하고자 하였다. 상수도 사업과 관련된 이슈들에 대해

서는 계속 언급되고 있고 이에 대한 여러 연구가 진행되어 왔지만 지방상수도와 관련된 연구는 효율성이 아닌 경영성과측정을 중심으로 이뤄진 연구가 많았으며 지방상수도 민영화 정책과 관련된 연구는 부족한 것을 확인할 수 있었다. 현재 시행 중인 지방상수도 민영화 정책에 대한 평가연구 및 사례연구는 많이 찾아 볼 수 있었지만, DEA를 이용한 효율성 측면에서의 연구는 상대적으로 부족하다고 할 수 있다(여영현, 고종욱, 2009; 조임곤, 2012; Romano & Guerrini, 2011; Lee et. al., 2013). 이는 지방상수도 민간위탁운영 사업이 2004년 논산을 시작으로 2014년 봉화까지 총 22개 지역에서 실시되었고 사업기간이 20~30년인 것에 비해 상대적으로 사업 초기 단계이기에 다양한 관점에서의 연구가 진행되지 못하였다.

상기의 연구배경을 바탕으로 하여 수도서비스에서 발생하는 문제점과 비효율성을 극복하기 위해 시행 중인 상수도 효율화 사업소들을 선정하여 지방상수도 위탁운영 사업소의 효율성과 생산성 측면을 실증분석할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 전국 단위나 특정 지역에만 국한되어 왔던 연구대상을 민간위탁 운영되고 있는 기관들 총 22개 중 18개의 위탁기관을 선정하여 상수도 효율화 사업의 성과를 DEA분석을 통해 실무적 및 학술적 시사점을 제공하고자 한다. 연구의 목적을 달성하기 위해 DEA와 Malmquist 생산성 지수를 이용하여 각 기관의 효율성과 시간흐름에 따라 변화하는 기술적 패러다임을 파악하고자 한다. 기존에 지방상수도 민간위탁운영 사업과 관련된 연구에서는 효율성 측면만을 분석하여 시사점을 제공한 연구가 많았기 때문에 Malmquist지수를 이용하여 시간흐름에 따른 기술적 변화를 파악한 연구는 미비하였다. 본 연구에서는 효율성뿐만 아니라 지방상수도 민간위탁 운영에 대한 생산성 변화를 파악하고 이에 영향

을 미치는 요인을 파악함으로써 기존 연구에서 제시하지 못한 효율성과 생산성의 관계에 대해서도 파악하고자 한다. 본 연구에서는 첫 번째, 상수도 효율화 사업의 일환인 민간위탁 운영기관들의 효율성은 어떠한가? 민간위탁운영이 필요한 기관이 선정되었는가? 두 번째, 위탁기관의 생산성 변화는 시간흐름에 따라 어떻게 변화하는가? 세 번째, 생산성 변화에 영향을 미치는 요인들은 무엇이며 어떠한 영향을 미치는지? 등에 초점을 맞춰 향후에 상수도 서비스의 공급불균형 해소와 경영효율성을 향상시킬 수 있는 개선 방안을 제공하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. DEA 모형

공기업을 대상으로 효율성을 분석하는 데에는 다양한 관점 및 분석기법들이 존재하지만, 일반적으로 투입과 산출의 비율을 측정하는 효율성을 분석하기 위해서는 DEA 모형을 적용한다(강성, 최경호, 2015; 고광홍 외, 2008; 김도년, 주상호, 2015). DEA(data envelopment analysis)는 유사한 외부 경영환경에 놓인 경영의사결정단위(decision making unit, DMU)들의 효율성을 상호 비교분석하는 방법으로써 자료포락분석, 비모수 효율성분석법 등의 명칭으로 지칭되기도 한다. 공식적으로, 1970년대 후반에 등장하였고 등장 이래로 많은 경영 및 경제 분석 사례연구에서 널리 활용되고 있으며 국내에서도 DEA를 활용한 연구가 활발히 이루어지고 있다(이정동, 오동현, 2012; 조임곤, 2012; Charnes et. al., 1978). DEA는 의사결정단위들의 투입과 산출에 관한 실제 패널데이터를 별도의 정제과정 없이 그대

로 사용할 수 있고 상호비교 관점에서 가장 효율적인 DMU의 성과에 대하여 상대적 효율성을 평가한다(고광홍 외, 2008; 이창원, 김현수, 2016; Mbuvi et. al., 2012). 이때, 투입물과 산출물은 단일이 아닌 다수의 투입물과 다수의 산출물로써 DMU들의 효율성 결과에 중대한 영향을 미치게 되는데, 이는 투입물과 산출물의 선택이 효율성 분석결과에 매우 중요하며 신중하게 고려되어야 한다는 것을 시사하고 있다.

DEA 모형은 흔히 투입의 최소화 또는 산출물의 최대화라는 지향성을 기준으로 하여 투입기준 모델(input-based model)과 산출기준 모델(output-based model)로 구분된다. 투입기준 모델은 산출을 고정시킨 상태에서 투입을 최소화하는 모형으로, 공공분야 관련 사업과 관련된 연구에서 주로 사용하며 산출기준 모델은 투입기준 모델과는 반대로 투입을 고정시킨 상태에서 산출을 최대화하는 모형을 말한다(염명배 외, 2011; 이창원, 2009; 송건섭, 2015; Correia & Marques, 2011; Peda et. al., 2013).

DEA 모형을 구분하는 또 다른 기준은 규모수익으로 구분할 수 있다. 첫 번째는 불변규모수익(Constant Returns to Scale, CRS)모형으로, 투입과 산출의 관계가 규모에 관계없이 일정한 비율로 동일하다는 가정을 기본전제로 하며 DEA 모형 중 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)에 의해 제시된 최초의 모형이다(이창원, 김현수, 2016; 오동현 외, 2011). 이 모형은 CRS모형 또는 최초 모형을 제시한 저자들에 이름을 따 CCR모형이라고 불린다.

$$\theta^{k*} = \min \left\{ \theta^k - \epsilon \left( \sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \right\} \quad (1)$$

$$\theta^k x_m^k = \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m = 1, 2, \dots, M) \quad (1)$$

$$y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^- \quad (n = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

$$\lambda^j, s_m^-, s_n^+ \geq 0, \quad (j, m, n = 1, 2, \dots, J, M, N) \quad (1)$$

<수식 1> 투입기준 CRS (또는 CCR) 모형

식 (1)은 투입기준 CCR모형으로 총 N개의 의사결정단위(DMU)와 M개의 투입물, 그리고 s개의 산출물이 있다고 가정한다. 상기의 식에서  $\theta^k$ 는 DMU<sub>k</sub>의 효율성 지표를 나타내며  $s^-$ 와  $s^+$ 는 각 투입물과 산출물의 여유변수(slack)를 나타낸다.  $\theta^*$ 는 효율성 값을 나타내는 것으로 관심 DMU의 효율성 수준을 제시해주는 직접적인 척도라고 할 수 있다(Kwak and Lee, 2009; Kundi, M., and Sharma, S., 2014).

두 번째로는 가변규모수익(Variable Returns to Scale, VRS)모형으로, 앞서 언급한 CRS모형의 가정을 완화시킨 것으로써 불변규모수익이 성립하지 않는다면, 규모의 경제성(Increasing Returns to Scale, IRS) 혹은 규모의 불경제성(Decreasing Returns to Scale, DRS)이 존재한다는 것을 의미한다. 즉, 규모의 경제성은 투입이 증가한 만큼 산출도 증가한 경우를 의미하며 규모의 불경제성은 투입이 증가하였지만 산출은 감소한 경우를 말한다(이정동, 오동현, 2012; Mbuvi et. al., 2012). 본 모형은 Banker, Charnes, and Cooper(1984)에 의해 제시된 것으로, 이들의 이름을 따 BCC모형 혹은 VRS모형(식 (2))이라고 칭하며 CCR모형에 볼록성(식 (3))의 특성을 추가적으로 갖고 있다.

$$\theta^{k*} = \min \left\{ \theta^k - \epsilon \left( \sum_{m=1}^M s_m^- + \sum_{n=1}^N s_n^+ \right) \right\} \quad (2)$$

$$\theta^k x_m^k = \sum_{j=1}^J x_m^j \lambda^j + s_m^- \quad (m = 1, 2, \dots, M) \quad (2)$$

$$y_n^k = \sum_{j=1}^J y_n^j \lambda^j - s_n^- \quad (n = 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J \lambda^j = 1 \quad (3)$$

$$\lambda^j, s_m^-, s_n^+ \geq 0, \quad (j, m, n = 1, 2, \dots, J, M, N) \quad (2)$$

<수식 2> 산출기준 VRS (또는 BCC) 모형

CCR모형에 의해 도출된 효율성은 불변규모수익 가정 하에서의 전체 기술효율성이고 BCC모형에 의해 도출된 효율성은 가변규모수익 가정 하에서의 순수 기술효율성이다. 따라서 이 두 모형에 의해 도출된 효율성을 가지고 규모의 효율성(SE)에 대하여도 파악할 수 있게 된다. 규모의 효율성은 전체 기술 효율성에서 순수 기술효율성을 나눈 것으로 구할 수 있으며 각 효율성 지표는  $\theta^*$ 로 나타낸다. 규모의 효율성 도출식은 식 (4)와 같다.

$$SE = \frac{\theta^*(CCR)}{\theta^*(BCC)} \quad (4)$$

<수식 3> 규모의 효율성(SE)

## 2. Malmquist 지수 및 생산성 원인분석

DEA 효율성 분석이 유사한 상황에 놓인 다수 관측점들 간의 투입대비 산출의 상대비율을 비교하는 목적의 분석이라면, 서로 다른 시점에서 시간의 흐름에 따라 투입대비 산출의 비율이 증가 혹은 감소하였는지를 추적할 수 있는 분석이 Malmquist 생산성 지수분석이라고 한다. 맘퀴스트 생산성 변화 지수(Malmquist productivity growth index)는 t기와 t+1기 DMU의 생산성을 분석하여 '1'을 기준으로 생산성 증가 혹은 감소를 평가하며 생산성 변화를 기술변화와 효율성 변화로 분해할 수 있다는 데 장점이 있다(정성민, 유한주, 2011; 송건섭, 2015; Guerrini, A. et al., 2013; Romano & Guerrini, 2011).

맘퀴스트 지수는 효율성 변화율(EC)과 기술변화율(TC)의 곱으로 나타낼 수 있다. 효율성 변화율(EC)은 t기와 t+1기 사이에 관측치가 이전

시점에 비해 생산변경으로부터 얼마나 멀어졌는지 가까워졌는지를 표현하는 값으로 현실적으로는 추격효과(catching-up effect)를 나타낸다고 본다(박만희, 2008). 생산성 지수를 통하여 양의 효율성 변화가 있었다는 것은 최대 효율성을 발휘하는 생산자와 더 유사해졌다는 것을 의미한다. 기술변화율(TC)은 생산변경의 확대된 폭을 측정하는 것으로 일반적으로 t점과 t+1점의 관측치의 기하평균을 가지고 정의하게 된다(최경호, 조정근, 2014). 대다수의 맘퀴스트 지수를 이용한 선행연구는 생산성 변화에 대한 분석에서 그치지 않고, 생산성 변화를 파악하는 것에 그치지 않고 생산성에 영향을 미치는 요인을 파악하는 생산성 원인분석을 적용하여 보다 정확한 생산성 변화요인을 확인할 수 있다.

생산성 원인분석은 맘퀴스트 생산성 변화 지수를 종속변수로 하고 이에 영향을 미칠 것으로 짐작되는 변수들을 독립변수로 하는 회귀분석 중 하나이며 분석에 사용되는 자료는 패널데이터임을 유의하여 활용해야 한다. 일반적으로 여러 개의 관측치에 대해 t기간 동안의 투입 및 산출자료를 바탕으로 하여 각 관측치 별로 시점 간 변화를 분석하게 되는 것이다. 생산성 원인분석을 실행할 시, 생산자별로 고유한 속성이 있기 때문에 풀링회귀모형(pooling regression)을 적용하면 생산자가 가지고 있는 고유속성을 간과해 분석결과의 신뢰도가 낮아질 수 있다. 이를 보완하기 위한 모형이 바로 고정효과모형과 임의효과모형이다. 우선, 고정효과모형(fixed effect model)은 절편이 총 J개로, 절편항이 각 생산자별로 다르게 주어진다고 가정하고 수정하여 특정한 생산자의 절편과 나머지 (J-1)개의 생산자별 더미변수를 도입하여 추정하는 모형과 동일하며 더미최소자승추정(least-square dummy variable method)이라고 불리기도 한다. 다음으로, 임의효과모형(random effect model)은 관측

차별 고유한 속성이 확률적으로 주어진다고 가정하는 모형으로, 즉 어떤 기업의 생산성 향상이 빠른 것은 그 기업에만 주어진 고유한 특성에 머무르는 것이기는 하나, 그 특성이 해당 기업에게 확률적으로 주어진 것이라고 본다(박만희, 2008; 이동동·오동현, 2012). 고정효과모형과 임의효과모형의 표현방식을 다음의 식 (5)와 (6)과 같다.

$$\text{Mit} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \text{uit} \quad (5)$$

$$\text{Mit} = \beta_i + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \epsilon_i + \text{uit} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \text{wit} \quad (6)$$

<수식 4> 생산성원인분석(고정효과/임의효과모형)

### 3. 지방상수도 효율성 관련 선행연구

우리나라 공공서비스 민간위탁 방식에 대한 선행연구는 3가지 방향으로 구분할 수 있다. 첫째, 공공서비스 민간위탁의 한계점과 가능성에 관한 연구, 둘째, 실제 사례를 바탕으로 한 시행과정의 평가, 셋째, 민간위탁운영의 문제점과 효율적인 실행을 위한 개선방안을 간구하는 연구 등으로 구분되어진다. 하지만 많은 공공서비스 중에서도 상수도의 민간위탁운영에 관한 탐색적인 연구는 많이 존재하지 않는데, 이는 수도서비스의 민간위탁 사업기간이 20~30년인 것에 비해 시행된 지 얼마 되지 않기 때문이다. 2004년 논산을 시작으로 하여 2014년 봉화까지 총 22개 지역에서 진행된 민간위탁운영은 사업초반 단계 이기에 위탁운영방식에 대한 조건과 개선안 등이 제대로 연구되지 않았다. 따라서 기존의 상수도 효율성과 관련 선행연구들은 전반적인 지방상수도 전 사업소를 대상으로 이루어지거나 특정지역을 중심으로서 진행된 연구가 많았다.

우선, 전국의 지방상수도 사업소를 대상으로

DEA 효율성을 분석하고 사업장의 특성에 따른 차이분석을 실시하고 광역상수도과 지자체 상수도 사업소의 효율성을 비교하거나 직접운영 집단과 위탁운영집단으로 구분하여 비교분석을 실시하는 등 차이분석을 통하여 효율성 분석을 실시한 연구들이 있었으며(고광홍, 2001; 고광홍 외, 2008; 김상문, 2011; 원구환, 2010) 민영화 정책에 대한 고찰과 함께 정책방향에 따른 지방상수도 민간위탁 모델의 타당성을 검증하거나 공기업의 민영화라는 이슈를 바탕으로 하여 수도 사업을 예로써 경영성과에 대하여 분석하고 이에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한 연구가 진행되었다(여영현, 고종욱, 2009; 조임곤, 2012). 또한, 우리나라 상수도 사업의 전반적인 문제점을 지적하면서 전북지역을 연구대상으로 효율성과 생산성 변화를 파악하거나 충북지역을 대상으로 하여 상수도사업의 효율성을 평가하고 진단하면서 정책적인 제언을 하고자 한 연구도 진행되었으며 전국을 대상으로 하여 지방상수도의 경영성과에 대한 효율성과 생산성을 분석하여 군(郡)지역과 시(市)지역 등 지역적인 차이가 존재하는지를 파악하고자 진행된 연구가 있었다(김나운 외, 2015; 송건섭, 2015; 최경호, 조경근, 2014).

지방상수도 위탁운영과 관련된 연구들은 수도사업 민영화 정책에 대한 고찰과 위탁기관과 직영기관 간의 차이분석을 통한 연구가 많이 진행되어왔으나, 민간위탁기관 자체를 대상으로 하여 진행된 효율성 연구는 부족한 실정이라 할 수 있다.

국외연구에서도 상수도 효율성에 대한 연구는 국내연구와 같은 맥락으로 진행되어왔다. 수도사업의 민영화와 관련된 국외연구로는 칠레, 포르투갈, 프랑스를 대상으로 하여 수도사업의 생산성 향상을 위한 민영화 정책의 영향에 대하여 분석하고 기업규모와 배분방식이 상수도 효율성

에 미치는 영향, 수도서비스의 직영기업과 민영기관의 효율성을 비교분석하는 등의 연구가 진행되어 왔으며 큰 틀에서 공공서비스에서의 민영화에 대한 개선방안에 관한 연구도 진행된 것을 확인할 수 있었다(Correia & Marques, 2011; Lannier & Porcher, 2014; Molinos-Senante & Sala-Garrido, 2015; Zahra et. al., 2000). 또한 지방상수도 사업을 대상으로 실증분석을 통해 수자원의 효율성 자체가 상수도 시설 운영에 미치는 영향을 파악하고 지방상수도의 아웃소싱을 실시하여 효율성에 미치는 영향 등에 대하여 연구를 진행하였다(Carvalho & Marques, 2011; González-Gómez, 2013). 따라서 본 연구에서는 지방상수도 사업의 전반기관 민간위탁에 따른 효율성 분석을 실시하고 시사점을 도출하고자 하였으며 기존의 연구에서는 진행되지 않았던 시간의 흐름에 따른 생산성 분석을 추가적으로 실행하여 효율성 측면과 생산성 측면을 비교해 보고 또한 어떠한 원인이 위탁경영의 생산성 측면에 영향을 미치는지를 파악함으로써 타 연구와의 차별화를 시도하고자 하였다.

### III. 연구설계

#### 1. 표본(DMU)의 선정 및 자료수집

상수도의 민영화는 현재 여러 국가들에 의해 이루어지고 있으며 이들 민영화에 따른 성공과 실패사례는 불균형한 수도서비스 공급문제를 겪고 있는 다른 국가들에게 요긴한 해결책을 제공하고 있다. 오늘날 블루골드(blue gold) 시대에 접어들면서 물 산업에 대한 관심은 이루 말할 수 없이 폭발적이라 할 수 있지만 공공서비스의 사유화라는 관점에서 회의적인 의견의 주장이 더 강하게 받아들여지고 있다(원구환, 2010; 송건

섭, 2015; González-Gómez et. al., 2013).

상수도의 민영화는 크게 3가지로 분류할 수 있으며 이는 민간기업의 참여 정도에 따라 순수민영화, 양여 또는 리스계약, 관리계약으로 구분할 수 있다. 첫 번째, 순수민영화(full privatization)는 용어 그대로 상수도와 관련된 모든 소유지분과 법적 책임을 민간 기업에게 넘기는 것을 말하며 일각에서는 사기업의 공공서비스 공급이라는 점에서 공공요금의 상승으로 이어져 사용자의 부담이 증가할 것이라는 문제점을 내세우기도 한다. 두 번째로는 양여 또는 리스계약(concession or lease)을 통한 민영화 방식이 있다. 이는 상수도 시설관리에 대한 권리를 민간 기업에게 양여하여 시설투자와 요금징수권을 갖게 하는 방식을 말한다. 마지막으로 세 번째는 관리계약(management contract)으로 소유권과 요금결정권 및 요금징수권은 각 지역의 지방자치단체에서 소유하고 시설유지 및 관리 등의 제한된 분야만을 위·수탁하는 민영화 방식을 말한다(여영현, 고종욱, 2009; 원구환, 2010; Molinos-Senante & Sala-Garrido, 2015; Zahra et. al., 2000). 현재 한국수자원공사에서 시행하고 있는 민영화 정책이 바로 관리계약 방식으로 현재 22개 지역의 기관을 위탁운영 중에 있다.

본 연구에서는 한국수자원공사의 지방상수도 효율화 사업으로 지방상수도 민간위탁운영을 <표 1>과 같이 22개의 지자체 중에서 봉화, 진도, 완도, 장흥 4개 지역을 제외한 18개의 위탁기관을 대상으로 효율성을 측정하고 위탁기관의 생산성 지수 및 생산성에 영향을 미치는 원인분석을 실시하고자 한다. 제외된 4개 지역은 신설위탁기관으로 효율성 분석을 실행하기에 충분한 데이터가 없기에 본 연구대상에서 제외하였다. 수집된 데이터는 한국수자원공사와 환경부에서 제공하는 2012년부터 2014년도까지의 가장 최근 3개년의 종적 데이터를 활용하였다.

&lt;표 1&gt; 지방상수도 위·수탁 운영현황

운영 개시일(년)	수탁 대상	사업 기간	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	총인구 (천명)	급수인구 (천명)	급수 보급률(%)	총사업비 (백만원)
2004	논산	30년	45,340	131	82	63.0	292,618
2005	정읍	20년	60,900	122	113	92.7	109,921
	예천	30년	13,400	47	29	62.1	75,007
	사천	30년	65,470	117	109	93.5	288,929
2006	서산	30년	80,700	164	135	82.2	107,515
	천안*	20년	90,000	-	-	-	25,468
	고령	30년	11,750	37	30	82.7	37,882
2007	금산	30년	18,500	57	35	61.7	73,518
	동두천	30년	60,000	99	98	99.0	182,079
2008	거제	20년	102,200	242	226	93.7	108,721
	단양	20년	22,200	32	22	69.7	58,400
	나주	20년	79,100	90	63	70.3	62,155
	양주	20년	145,500	208	194	93.3	153,314
2009	함평	20년	10,550	37	16	44.1	43,735
	파주	20년	168,000	387	365	94.4	291,055
	광주	20년	124,000	275	230	83.7	256,514
2010	고성	20년	20,000	59	40	68.0	61,916
	통영	20년	85,400	144	136	94.7	117,734
2013	진도	20년	19,720	34	31	93.0	100,347
	완도	20년	31,690	55	43	77.9	143,878
	장흥	20년	17,100	43	23	53.7	56,166
2014	봉화	20년	10,800	34	16	46.7	48,481

\*천안은 공업용수 위탁

출처: 한국수자원공사(2013년 10월 22)

현 시점을 기준으로 하였을 때, 본 연구에 사용한 데이터는 가장 최신의 데이터이며 또한 한국의 불균형적인 강수량으로 인한 환경적 특성과 광역도시 중심으로 이루어지고 있는 수도공급의 불균형에 대하여 파악하고자 본 데이터를 사용하였다. 시간이 흐름에 따라 지방 중소도시들의 용수공급부족은 점점 사회적 이슈로 커지고 있으며 이를 해결하고자 제시한 민간위탁경영이라는 해결책이 근본적인 수도공급의 불균형을 해소하는지를 본 데이터를 사용하여 파악하

고자 한다.

## 2. 투입 및 산출변수 선정

DEA 모형을 적용하여 효율성분석을 실시할 경우, 가장 중요한 것 중 하나는 투입변수와 산출변수를 선정하는 것에 있다(엄명배 외, 2011; 이정동, 오동현, 2012; Mbuvi et. al., 2012). 따라서 변수 선정 시, 개선가능성(improvability)이 있고 대표성을 띤 변수를 찾아 효율성 분석을



실시하여야 한다(이창원, 김현수, 2016; Romano & Guerrini, 2011). 이에 본 연구에서는 효율성 분석에 필요한 투입 및 산출변수를 선정하기 위해 한국수자원공사와 환경부에서 제공한 통계지표와 지방상수도 민간위탁에 대한 효율성을 측정하는 선행연구를 참조하였다.

본 연구에서는 투입변수로 지방자치단체 수도사업장의 생산요소 투입정도를 나타내는 급수인구, 인건비, 원정수구입비, 급수인구, 원수의 유효이용률을 선정하였다. 우선 각 지방상수도에서 민간위탁을 체결할 경우, 수자원공사에 위탁대가를 지불해야 하는데 위탁대가는 영업비용에 포

합되는 항목이며 지자체는 민간위탁을 통하여 비용절감이라는 지자체들의 1차적 목표를 달성할 수 있다. 하지만 위탁대가에는 인건비와 원정수구입비 등이 누락되어 있어 실질적으로 지자체들은 위탁대가를 지불하는 것만으로는 수도사업의 모든 역할과 비용 부담에서 벗어날 수 없다. 인건비의 경우, 민간위탁을 체결하면서 해당 시설에 근무한 공무원들을 수공직원으로 고용승계하고 있으며 원정수구입비의 경우, 2006년 이후 민간위탁된 지자체의 운영관리비는 두 배 이상 수자원공사로부터 원정수를 구입하는 비용으로 추가 지불되고 있다.

<표 2> 연구대상 18개 지역의 투입 및 산출 변수

DMU	투입변수					산출변수	
	급수인구 (명)	인건비 (천원)	원·정수 구입비 (천원)	누수율 (%)	원수의 유효이용률 (%)	유수율 (%)	영업이익 (천원)
논산(D1)	98,751	415,012	-	10.4	89.6	84.8	9,532,487
정읍(D2)	116,065	806,387	5,528,495	14.3	85.7	80.9	9,548,502
사천(D3)	112,829	650,993	5,670,528	14.2	85.7	81.2	10,012,008
예천(D4)	33,864	75,368	9,411	17.2	74.7	77.9	2,284,289
서산(D5)	152,366	503,768	6,428,650	13.0	87.0	82.5	11,435,255
천안(D6)	550,453	5,301,074	32,768,988	6.7	93.3	87.6	50,038,629
고령(D7)	32,762	892,616	1,226,610	15.5	81.5	80.0	1,893,965
금산(D8)	41,429	-	2,350,633	19.2	80.8	75.5	2,713,760
동두천(D9)	99,623	243,384	-	6.9	87.9	88.5	10,186,607
거제(D10)	253,207	423,967	10,316,696	14.7	85.3	80.4	19,796,209
양주(D11)	203,139	597,913	10,239,436	7.1	92.9	88.0	21,863,120
나주(D12)	72,818	427,167	2,965,709	12.4	87.4	83.1	5,061,449
단양(D13)	21,831	-	54,729	15.3	73.1	80.1	2,638,632
과주(D14)	406,145	650,361	11,714,086	8.8	88.9	86.7	30,265,159
함평(D15)	24,276	45,000	280,000	24.7	64.9	68.5	1,424,144
광주(D16)	270,988	980,266	1,733,561	10.4	50.8	84.6	18,490,639
고성(D17)	25,606	39,671	2,973,600	15.0	85.0	80.0	3,465,635
통영(D18)	141,068	395,410	6,846,610	15.4	84.6	78.5	12,562,035

출처: 환경부, 한국수자원공사 2014년 정보 기준

따라서 본 연구에서는 인건비와 원정수구입비가 영업이익에 영향을 미치는 변수로 고려하여 총 영업비용에서 누락된 인건비와 원정수구입비를 투입변수로 선정하였으며 인건비는 노동투입을 나타내는 지표로써 근무시간을 정확하게 측정가능하다면 단위시간당 산출물 실적을 측정할 수 있고 대기시간을 제외한 실질적 단위노동시간당 능률을 나타내는 것으로 볼 수 있고 원정수구입비는 각 사용자에게 용수를 공급하기 위한 원수를 구입하는 비용이라 정의할 수 있다. 급수인구의 경우, 18개의 위탁기관의 서비스 대상인원을 고려할 수 있는 변수로 사용하여 지역별 특성을 나타낼 수 있는 변수로써 선정하였고 누수율과 원수의 유효이용률의 경우를 살펴보면, 앞서 말한 위탁대가에서 시설투자비용 역시 누락이 되어 있다. 따라서 각 지자체별로 보급률을 높이기 위한 사업을 실시할 경우, 수자원공사의 시설개선사업은 신규보급을 위한 사업이기 때문에 보급률 확대사업은 현행 수도법 상 민간위탁 대상이 아니다. 따라서 민간위탁 범위를 벗어난 사업과 비용이 제외되어 노후관 개선사업에 지장이 있으며 이는 지자체의 역할과 비용 부담을 가중시키게 된다.

따라서 본 연구에서는 노후상수도관을 통한 용수보급으로 발생하는 누수율과 낙후된 수도관을 통해 공급되는 원수의 유효이용률을 추가적인 투입변수로 선정하였으며 누수율은 노후상수도관으로 인해 발생하는 문제점으로 대두되고 있으며 연간 누수되는 물의 비율로 산정하고 마지막으로 원수의 유효이용률은 원수를 구입한 후, 정화단계를 거쳐 실제로 공급되는 용수의 비율이라 정의할 수 있다.

다음으로 산출변수는 유수율과 영업이익을 선정하였다. 지방상수도 위탁운영은 공공성 차원과 수익성 차원을 동시에 고려해야 하기 때문에 공공성 차원에서는 유수율을, 수익성 차원에서는

영업이익을 고려하였다. 유수율은 유효수량 증요금으로 징수할 수 있는 물의 비율로써, 이 지표는 상수도관련 선행연구에서 매우 중요하게 고려된 산출변수이다. 또한 영업이익의 경우, DEA 모형은 모형의 특성상 부(-)의 값을 갖는 지표는 사용할 수 없기에 기존 선행연구들의 결과를 바탕으로 영업이익을 수익성 지표로 선정하였다(고광홍 외, 2008; 원구환, 2010; 이상철, 권영주, 2009; 최경호, 조정근, 2014).

## IV. 분석결과

### 1. 효율성 분석결과

18개의 지방상수도 위탁운영기관을 대상으로 투입기준 CCR 모형과 투입기준 BCC 모형을 이용하여 위탁운영기관의 효율성을 측정하였다. DEA 효율성 분석은 DMU가 가진 효율성 중에서 최고치와 비교하여 상대적으로 나타내는 상대효율성을 분석하기 위한 주요 수단으로, 효율성이 1이 나오면 해당 DMU는 전체 DMU 중 가장 효율적이라고 할 수 있으며 효율성이 1이 아닌 DMU들은 상대적인 효율성 값을 갖게 된다.

다음의 <표 3>과 <표 4>는 본 연구의 효율성 분석결과를 나타낸다. 첫 번째 열에는 본 연구의 대상인 총 18개의 지방상수도 위탁기관을 나타내며 두 번째 위치한 값은 CCR모형에 의한 효율성 값을, 세 번째 위치한 값은 BCC모형에 의한 효율성 값을, 네 번째 위치한 값은 규모의 효율성 값을 나타내고 있다. 규모의 효율성(SE)은 전체 기술효율성을 순수 기술효율성으로 나눈 값(TE/PTE)을 나타내며 규모의 효율성은 1에 가까울수록 최적규모에 가까워 투입규모로

인한 효율성 손실이 없고, 1이면 불변규모수익을 이루므로 이를 바탕으로 하여 해당 DMU의 투입  
 나타낸다. 다섯 번째 위치한 값은 람다 함께 값 규모의 현 상태를 파악할 수 있다.

&lt;표 3&gt; DEA 효율성 분석결과

2012년 효율성분석					
DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE	$\sum \lambda$	RTS
논산(D1)	1	1	1	1	Constant
정읍(D2)	0.9178	0.9467	0.9695	0.9696	Increasing
사천(D3)	1	1	1	1	Constant
예천(D4)	1	1	1	1	Constant
서산(D5)	0.9580	0.9604	0.9975	1.0085	Decreasing
천안(D6)	1	1	1	1	Constant
고령(D7)	1	1	1	1	Constant
금산(D8)	0.9309	0.9602	0.9695	0.9695	Increasing
동두천(D9)	1	1	1	1	Constant
거제(D10)	0.9033	0.9346	0.9665	0.9195	Increasing
양주(D11)	1	1	1	1	Constant
나주(D12)	0.8899	0.8932	0.9963	0.9962	Increasing
단양(D13)	1	1	1	1	Constant
파주(D14)	1	1	1	1	Constant
함평(D15)	0.6774	0.9051	0.7484	0.7484	Increasing
광주(D16)	1	1	1	1	Constant
고성(D17)	0.7849	0.9461	0.8296	0.8192	Increasing
통영(D18)	0.8045	1	0.8045	0.5648	Increasing
2013년 효율성분석					
DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE	$\sum \lambda$	RTS
논산(D1)	1	1	1	1	Constant
정읍(D2)	0.7247	0.7654	0.9468	0.9469	Increasing
사천(D3)	1	1	1	1	Constant
예천(D4)	1	1	1	1	Constant
서산(D5)	0.8339	0.8492	0.9820	0.9819	Increasing
천안(D6)	1	1	1	1	Constant
고령(D7)	1	1	1	1	Constant
금산(D8)	0.6379	0.7124	0.8954	0.8844	Increasing
동두천(D9)	1	1	1	1	Constant
거제(D10)	0.9241	0.9622	0.9604	0.8768	Increasing
양주(D11)	1	1	1	1	Constant
나주(D12)	0.9104	0.9196	0.9899	0.9900	Increasing
단양(D13)	1	1	1	1	Constant
파주(D14)	1	1	1	1	Constant
함평(D15)	0.9100	1	0.9100	0.7520	Increasing
광주(D16)	1	1	1	1	Constant
고성(D17)	1	1	1	1	Constant
통영(D18)	0.8958	1	0.8958	0.6843	Increasing

\*TE: 기술효율성, PTE: 순수기술효율성, SE: 규모효율성

\*\*Constant: 불변규모수익(CRS), Increasing: 규모수익체증(IRS), Decreasing: 규모수익불변(DRS)

&lt;표 4&gt; DEA 효율성 분석결과 (계속)

2014년 효율성분석					
DMU	TE(CCR)	PTE(BCC)	SE	$\Sigma\lambda$	RTS
논산(D1)	1	1	1	1	Constant
정읍(D2)	0.7594	0.7835	0.9692	0.9692	Increasing
사천(D3)	1	1	1	1	Constant
예천(D4)	1	1	1	1	Constant
서산(D5)	0.8474	0.8535	0.9928	0.9930	Increasing
천안(D6)	1	1	1	1	Constant
고령(D7)	1	1	1	1	Constant
금산(D8)	0.6469	0.7381	0.8764	0.8548	Increasing
동두천(D9)	1	1	1	1	Constant
거제(D10)	0.9275	0.9782	0.9481	0.8942	Increasing
양주(D11)	1	1	1	1	Constant
나주(D12)	0.8890	0.8920	0.9966	0.9966	Increasing
단양(D13)	1	1	1	1	Constant
과주(D14)	1	1	1	1	Constant
함평(D15)	0.9047	1	0.9047	0.8110	Increasing
광주(D16)	1	1	1	1	Constant
고성(D17)	1	1	1	1	Constant
통영(D18)	0.8748	0.9590	0.9122	0.8406	Increasing

\*TE: 기술효율성, PTE: 순수기술효율성, SE: 규모효율성

\*\*Constant: 불변규모수익(CRS), Increasing: 규모수익체증(IRS), Decreasing: 규모수익불변(DRS)

2012년부터 2014년까지의 3개년 자료를 바탕으로 투입 및 산출변수를 이용하여 효율성을 평가한 결과는 다음과 같다. 우선, 3개년에 걸쳐 전체효율성(TE), 순수 기술적 효율성(PTE), 규모의 효율성(SE) 등 모든 측면에서 효율성 값이 1로서 가장 효율적인 위탁운영기관은 10개 기관으로 나타났으며 논산(D1), 사천(D3), 예천(D4), 천안(D6), 고령(D7), 동두천(D9), 양주(D11), 단양(D13), 과주(D14), 광주(D16)가 해당한다. 비효율적인 위탁기관으로 나타난 DMU에 대해 살펴보면, 통영(D18)의 경우 2012년과 2013년에, 함평(D15)의 경우 2013년과 2014년에 BCC 모형에서 효율성 값이 1이 나타났는데 이는 규모 면에서 비효율적인 기관이라는 것을 확인할 수 있었다. 이 비효율성의 원인은 기술적 효율성에 의한 것이 아닌 전적으로 투입규모의 비효율성에 의해 발생한 것이기에 투입변수인 원정수급비,

인건비 등을 통해 CCR 모형에서 나타난 비효율성을 제거할 가능성이 존재한다. 다음으로 고성의 경우, 2012년에 비효율적 기관으로 나타났지만 2013년과 2014년에는 효율적인 기관으로 나타났다. 이는 2012년 고성의 비효율성은 규모의 효율성 부분(0.8296)에서 발생하였으며 이는 투입규모를 증가할수록 수익률이 증가하는 규모수익체증(IRS)상태에 있는 지역인 것을 알 수 있었다. 그렇기 때문에 2013년과 2014년도에 효율적으로 나타난 것은 투입규모측면에서 해당 위탁기관에 대한 투자가 있었음을 확인할 수 있다.

DEA 효율성 분석을 통해 각 DMU별 규모에 의한 증감수익에 대하여 알 수 있다. 이는 규모의 경제성과 관련된 문제를 분석할 수 있는 것으로, 효율성 수준을 판단하는 것과 달리 현재의 규모가 최적 상태인지, 최적상태가 아니라면 효율성을 높이기 위해 생산자의 투입규모를 증가

혹은 감소시켜야 하는지에 대한 정보를 제공하여 의사결정에 도움을 준다.

본 연구결과로는 불변규모수익(CRS), 규모수익 체감(DRS), 규모수익체증(IRS)으로 구분되어 나타났다. 첫째, 불변규모수익(CRS)에 해당하는 위탁기관은 3개년에 걸쳐 논산, 사천, 예천, 천안, 고령, 동두천, 양주, 단양, 파주, 광주로 효율성 값이 1로 나타난 기관들이었다. 즉, 불변규모수익 상태의 기관들은 기존 상태에서 투입규모를 늘리거나 줄인다 하더라도 투입 대비 산출을 의미하는 생산성이 변화하지 않는다는 것을 나타내며 이는 현재 투입규모가 최적의 상태를 나타내는 것을 의미한다.

둘째, 규모수익체감(DRS)에 해당하는 기관은 2012년에 서산(D5)만이 이에 해당하는 DMU로 나타났는데, 규모수익체감 상태에 해당하는 기관의 특징은 투입요소의 규모를 늘릴 때 투입 대비 산출의 비율이 감소한다는 것을 뜻하며 투입요소의 규모를 감소시킴으로써 투입대비 산출의 비율을 개선할 수 있다.

마지막으로 규모수익체증(IRS)에 해당하는 기관은 정읍을 포함한 7개의 위탁기관이 포함되었으며 서산의 경우, 2012년과 달리 2013년과 2014년에는 투입규모측면에서 증가해야 하는 상태로 나타났다. 이는 생산자의 규모를 증가시킴으로써 투입 대비 산출의 비율을 향상시킬 수 있음을 시사하고 있다.

## 2. 비효율적 기관 잠재적 개선가능치

### 도출

비효율적 DMU(관측치)들을 대상으로 하여 효율성 분석을 수행하면 효율성 값을 나타내는  $\theta^*$ , 효율적 관측치가 비효율적 관측치에 미치는 영향력의 정도를 나타내는  $\lambda^*$ (람다)값, 그리고

투입 및 산출변수의 잠재적인 증가/감소분을 나타내는 여유분(slack)  $s^-$ ,  $s^+$  값의 해를 얻게 된다. 이들을 이용하여 비효율적인 관측치가 어떤 점을 벤치마킹의 대상으로 삼아 효율적인 상태로 이동할 수 있는지에 대한 정보를 얻을 수 있다. 즉, DEA 분석을 통해 제시된 상기의 4가지 해를 이용하여 각 비효율적인 기관의 잠재적 개선 가능치를 파악할 수 있으며 이를 통해 어떤 변수가 얼마만큼 비효율적인지를 확인하여 효율성 제고의 목표를 세울 수 있다. 본 연구에서 효율성 분석을 통해 도출된 비효율적인 기관들이 효율적인 기관으로 되기 위해 운영 상 벤치마킹의 대상으로 삼아야 될 참조기관과  $\lambda$ 값은 다음의 <표 5>와 같다.

효율적인 DMU가 비효율적인 DMU에 미치는 영향력의 정도를 나타내는  $\lambda$ 값은 비효율적인 DMU가 우선적으로 고려해야 될 벤치마킹의 대상을 고려해볼 수 있는 기준이 된다. 여기서 비효율적인 DMU가 벤치마킹해야 할 대상은 참조집단(reference set)으로써 효율성 값이 1로, 생산변경(production frontier)을 구성하는 DMU들을 말하며 본 연구에서는 연구대상이 되는 위탁기관과 생산변경에 상대적으로 가까이 위치하고 있는 DMU들이 참조집단을 의미한다. 정읍의 경우, 참조집단은 고령과 양주, 광주이며 고령은 0.3700, 양주는 0.1187, 광주는 0.5113만큼의 영향력을 끼치고 있는 것을 알 수 있고 또한 정읍은 이들에 비해 효율성이 78%에 불과한 것을 확인할 수 있었다.

<표 5>에서 참조집단의 횡수란 비효율적인 DMU의 평가를 위해 사용된 횡수으로써 횡수가 많을수록 여타 비효율적인 DMU 평가에 많이 사용되었음을 알 수 있다. 본 연구에서 가장 많은 참조횡수를 기록한 기관은 광주(D16)로 총 6번이 기록됨을 볼 수 있다.

&lt;표 5&gt; 참조집단 DMU

DMU	PTE(BCC)	참조DMU( $\lambda$ 값)	참조횟수
논산(D1)	1.0000		
정읍(D2)	0.7835	D7(0.3700), D11(0.1187), D16(0.5113)	
사천(D3)	1.0000		
예천(D4)	1.0000		
서산(D5)	0.8535	D7(0.4669), D11(0.2129), D16(0.3201)	
천안(D6)	1.0000		
고령(D7)	1.0000		3
금산(D8)	0.7381	D15(0.2542), D16(0.7458)	
동두천(D9)	1.0000		1
거제(D10)	0.9782	D14(0.5272), D15(0.3473), D16(0.1255)	
양주(D11)	1.0000		3
나주(D12)	0.8920	D7(0.3645), D9(0.2091), D11(0.2053), D16(0.2211)	
단양(D13)	1.0000		
파주(D14)	1.0000		2
함평(D15)	1.0000		3
광주(D16)	1.0000		6
고성(D17)	1.0000		
통영(D18)	0.9590	D14(0.2786), D15(0.5073), D16(0.2141)	

DEA 효율성 분석결과를 통하여 비효율적 기관들의 잠재적인 개선 가능치를 도출할 수 있으며 그 결과는 다음의 <표 6>과 같고 잠재적 개선치는 투입변수와 산출변수의 실제치와 목표치를 분석하여 파악할 수 있다. 잠재적 개선치( $[(\text{목표치}-\text{실제값})/\text{실제값}] \times 100$ )는 비효율적 기관의 참조집단  $\lambda$ 값을 이용하여 도출할 수 있는데, <표 6>을 살펴보면 우선 투입기준 BCC모형의 효율성 분석결과, 가장 비효율적인 기관은 금산으로써 참조집단인 함평과 광주에 비해 효율성이 73.81%이며 각각의 영향력( $\lambda$ 값)은 함평은 0.2542, 광주는 0.7458의 영향력을 미치고 있었다. 이 결과를 바탕으로 하여 금산의 목표치를 구할 수 있는데, 금산의 참조집단인 함평과 광주의  $\lambda$ 값을 함평과 광주의 투입 및 산출변수 실제값에 곱하여 합하게 되면 이것이 바로 금산의 목표치로 나타나게 된다.

비효율적 기관의 목표치를 구한 후, 이 목표치와 현재 비효율적 기관의 투입·산출변수의 실

제값을 이용하여 잠재적 개선치를 구할 수 있다. 다음의 <표 6>은 비효율적 기관들의 잠재적 개선치를 도출한 결과를 나타내며 투입기준 BCC모형을 통하여 비효율적인 기관으로 도출된 기관은 총 6개 기관으로 금산(D8), 정읍(D2), 서산(D5), 나주(D12), 통영(D18), 거제(D10) 순으로 효율성이 낮게 나타났고 가장 비효율적 기관인 금산은 현재 공급하는 급수인구의 규모를 28.14% 늘리면서 투입변수인 인건비를 26.19%, 원정수구입비를 48.32%, 누수율을 38.65%, 원수의 유효이용률을 26.19% 줄인다면, 산출물로서 우수율은 11.63%, 영업이익 422.36%를 증가시켜 함평과 광주와 같은 효율적인 기관이 될 수 있는 잠재적 가능성을 보이는 것으로 나타났다. 나머지 5개 기관에 대한 개선가능치도 <표 6>의 결과를 참고하여 투입변수의 양을 조절하여 도출된 산출변수으로써 효율적인 기관이 될 수 있음을 시사하고 있다.

&lt;표 6&gt; 비효율적 DMU의 투입 및 산출변수 잠재적 개선치 도출결과

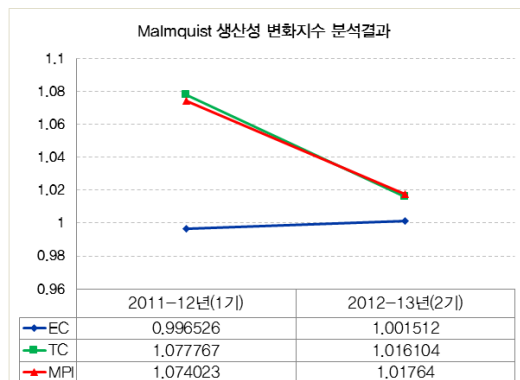
비효율적 DMU	효율성	투입변수					산출변수	
		급수인구 (명)	인건비 (천원)	원·경수구입비 (천원)	누수율 (%)	원수의 유효 이용률(%)	유수율 (%)	영업이익 (천원)
정읍(D2)	0.7835	20.12%	-21.65%	-59.58%	-21.65%	-21.65%	3.17%	30.38%
서산(D5)	0.8535	16.39%	-14.66%	-53.30%	-14.66%	-14.67%	0.70%	1.37%
금산(D8)	0.7381	28.14%	-26.19%	-48.32%	-38.65%	-26.19%	11.63%	422.36%
거제(D10)	0.9782	1.26%	-2.18%	-43.99%	-16.66%	-2.18%	4.00%	28.34%
나주(D12)	0.8920	16.59%	-10.80%	-10.80%	-10.80%	-10.80%	0.34%	123.94%
통영(D18)	0.9590	6.21%	-4.10%	-53.82%	-23.39%	-23.39%	6.84%	15.94%

### 3. Malmquist 생산성 변화지수 결과

지방상수도 민간위탁 운영 중인 18개의 기관을 대상으로 하여 Malmquist 생산성 지수를 파악하고자 하였으며 이를 통하여 기술변화와 효율성 변화를 살펴보고자 하였다.

<그림 1>은 Malmquist 지수 변화를 나타낸 것으로, 총 18개의 위탁기관의 전체 MPI값의 변화를 통하여 생산성은 1기 (2012-2013년)에서 2기 (2013-2014년)에 흐름에 따라 감소함을 알 수 있다. 효율성 변화율(EC)은 0.9965에서 1.0015로 효율성이 향상되었지만, 기술변화율(TC)은 1.0778에서 1.0161로 감소하여 18개 지역의 위탁기관들의 기술이 퇴보되었음을 알 수 있다. 즉, 생산변경이 더 확대되면 동일한 투입수준으로

더 많은 산출을 생산할 수 있는 가능성이 적어진다는 것을 뜻한다. 따라서 최종적으로 생산성 변화지수는 1.0740에서 1.0716으로 감소하였고 이는 생산성 역시 감소하고 있음을 확인하였다. 각 DMU별 생산성 분석결과는 다음의 <표 7>과 같으며 18개의 DMU 중 천안(D6)의 경우 전체 생산성 변화지수와 다른 결과를 볼 수 있다. 천안(D6)의 생산성을 분해한 결과, 기술변화율이 1.1078에서 1.1308로 나타났다. 이는 2012년에서 2013년으로 시간이 흐름에 따라 기술진보가 일어났음을 의미한다. 이는 천안의 경우, 위탁기관이 가정용 상수도 공급이 아닌 공업단지 상수도 공급으로 위탁기관 스스로에 의해 기술진보가 발생한 것이 아니라 위탁기관이 위치한 영역에서 일어난 기술진보라고 볼 수 있다.



&lt;그림 1&gt; Malmquist 지수 변화

&lt;표 7&gt; Malmquist 생산성 변화지수 분석결과

DMU	2012년-2013년			2013년-2014년			DMU별 기하평균		
	효율성 변화율 (EC)	기술 변화율 (TC)	PC (MPI)	효율성 변화율 (EC)	기술 변화율 (TC)	PC (MPI)	효율성 변화율 (EC)	기술 변화율 (TC)	PC (MPI)
논산(D1)	1	1.0774	1.0774	1	0.9663	0.9663	1	1.0204	1.0204
정읍(D2)	0.7896	1.2726	1.0048	1.0479	0.9631	1.0092	0.9096	1.1071	1.0070
사천(D3)	1	0.9723	0.9723	1	0.6681	0.6681	1	0.8060	0.8060
예천(D4)	1	1.0600	1.0600	1	1.5841	1.5841	1	1.2959	1.2959
서산(D5)	0.8705	1.1769	1.0244	1.0163	0.9727	0.9885	0.9406	1.0699	1.0063
천안(D6)	1	1.1078	1.1078	1	1.1308	1.1308	1	1.1192	1.1192
고령(D7)	1	0.9522	0.9522	1	1.0645	1.0645	1	1.0068	1.0068
금산(D8)	0.6852	1.2086	0.8282	1.0142	0.9536	0.9671	0.8336	1.0736	0.8950
동두천(D9)	1	0.9527	0.9527	1	1.2252	1.2252	1	1.0804	1.0804
거제(D10)	1.0230	1.0403	1.0643	1.0036	1.0350	1.0387	1.0133	1.0376	1.0514
양주(D11)	1	1.1190	1.1190	1	0.9009	0.9009	1	1.0041	1.0041
나주(D12)	1.0231	1.1559	1.1826	0.9765	0.9644	0.9416	0.9995	1.0558	1.0553
단양(D13)	1	0.9651	0.9651	1	0.9839	0.9839	1	0.9745	0.9745
과주(D14)	1	1.0686	1.0686	1	1.0857	1.0857	1	1.0771	1.0771
함평(D15)	1.3434	1.0054	1.3506	0.9942	1.0133	1.0074	1.1557	1.0093	1.1664
광주(D16)	1	1.0353	1.0353	1	0.9561	0.9561	1	0.9949	0.9949
고성(D17)	1.2740	1.2415	1.5817	1	1.0391	1.0391	1.1287	1.1358	1.2820
통영(D18)	1.1134	1.0626	1.1830	0.9766	1.0231	0.9992	1.0427	1.0427	1.0872
평균	1.0068	1.0819	1.0850	1.0016	1.0294	1.0309	1.0013	1.0506	1.0517
최대값	1.3434	1.2726	1.5817	1.0479	1.5841	1.5841	1.1557	1.2959	1.2959
최소값	0.6852	0.9522	0.8282	0.9765	0.6681	0.6681	0.8336	0.8060	0.8060

\*PC(MPI): Malmquist 생산성 지수

또한 맘퀴스트 생산성 분석을 통하여 어떤 DMU가 생산변경을 확장시켰는지를 판단하여 혁신적인 DMU를 도출할 수 있는데, 이는 다음의 조건식(7)과 (8)을 만족시켜야 성립될 수 있다.

$$D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = 1 \quad (7)$$

$$D^t(x^{t+1}, y^{t+1}) > 1, \quad TC > 1 \quad (8)$$

<수식 5> 혁신적인 DMU 도출 조건식

예천(D4)의 경우, 2013년에서 2014년으로 옮겨가는 시점에서 위의 조건을 만족시켜 이 시기에 생산가능집합이 확장되고 있음을 확인할 수 있었으며 혁신적인 DMU라는 것을 알 수 있다.

#### 4. 생산성 원인 분석결과

생산성 원인분석을 실행할 시, 생산자별로 고유한 속성이 있어 풀링회귀모형(pooling regression)을 적용하면 생산자가 가지고 있는 고유속성을 간과하는 것이기에 분석결과의 신뢰도가 낮아질 수 있다. 이를 보완하기 위한 모형이 바로 고정효과모형(fixed effect model)과 임의효과모형(random effect model)인데, 본 연구에서는 고정효과모형을 적용하여 분석을 실시하였다. 고정효과모형을 적용한 이유는 첫째, 연구대상이 표본이라면 임의효과모형을 선택하는 것이 일반적이지만, 본 연구에서는 연구대상이 모집단, 즉 지방상수도 위탁운영중인 전체기관을 대상으로 했



기에 고정효과모형을 적용하였고 두 번째 선택 이유는 생산자의 수가 적을 경우, 고정효과모형과 임의효과모형의 큰 차이가 없기에 상대적으로 간편한 고정효과모형을 적용하였다.

따라서 본 연구에서 선행연구를 바탕으로 생산성에 영향을 미치는 요인으로 누수율과 유효수량을 정하였다. 환경부가 발표한 2015년 상수도 통계에 따르면, 상수도관 노후 등으로 인한 연간 수도물 누수량은 6억 8700만 $m^3$ 로 누수율 10.9%를 기록하였고 2006년 14.2%였던 누수율은 2010년 10.8%까지 감소하였다. 노후수도관의 누적 등으로 인해 최근 6년 새에는 10.4%~11.1%의 제자리걸음을 하고 있는 실정이다. 유효수량의 경우, 우리나라의 유효수량은 전 급수량의 90.9%이지만 앞서 말한 누수율로 인하여 상수도관을 통해 공급되어 실제 사용되는 수량으로 상수도관이 낙후된다면, 이는 유효수량에도 영향을 미치기에 유효수량은 누수율과 연관이 되는 원인이 된다. 만약 유효수량이 확보되지 않는다면, 이는 공급능력에도 영향을 미쳐 이는 생산성에 저하 요인이 될 수 있다(곽태열 외, 2013; 박영진·조진규, 2009). 따라서 본 연구에서는 이러한 누수율과 유효수량이 지방상수도 생산성 지수에 영향을 미칠 것으로 판단하였으며 가설을 다음과 같이 설정하였다.

가설 1: 지자체별 유효수량은 상수도 생산성 변화에 정(+)<sup>1</sup>의 영향을 미칠 것이다.

가설 2: 지역별 지방상수도의 누수율은 상수도 생

산성변화에 부(-)<sup>2</sup>의 영향을 미칠 것이다.

생산성 원인분석결과는 다음의 <표 8>과 같다. 분석결과를 살펴보면 유효수량과 누수율 모두 생산성에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 설명력 역시 65.9%로 높은 수준으로 나타났다. 유효수량의 경우, 회귀계수는 1.3377, p-value가 0.0140으로 유의수준 5%에서 유의한 것으로 나타나 유효수량은 생산성 변화에 정(+)<sup>3</sup>의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이로써 가설 1이 채택되었다. 즉, 유효수량이 높을수록 지방상수도의 생산성도 역시 높아질 것이라는 사실을 도출할 수 있다. 다음으로 누수율의 경우, 회귀계수가 -0.0612, p-value는 0.0492으로 유의수준 5%에서 유의한 것으로 나타나 가설 2 역시 채택되었음을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 각 지역 지방상수도의 누수율이 높을수록 지방상수도의 생산성은 낮아진다는 부(-)<sup>4</sup>의 관계가 입증되었으며 누수율을 감소시키기 위해 지자체별로 진행 중인 시설개선작업은 고액의 비용이 수반되고 누수 방지 대책의 경제성을 무시할 수 없다. 따라서 각 지자체별로 누수 방지 대책 중 대중요법적 방법인 시설 개선에 대한 적극적인 비용투자방법으로 노후관을 교체 및 보수하는 작업과 누수 방지 예방책인 신규 수자원을 개발하는 등의 방법 등의 효과를 분석하여 대중요법적 방법으로 누수율을 감소시켜야 하는지 예방책의 방법으로 누수율을 감소시켜야 하는지에 대하여 고려해 볼 필요성이 있다.

<표 8> 생산성 원인분석결과

	Estimate	표준편차	t-value	p-value
유효수량	1.3377	0.08852	1.5111	0.0140**
누수율	-0.0612	0.03832	-1.5975	0.0492**

$R^2 = 0.698, Adj-R^2 = 0.659, F_{(2,16)df} = 2.5520, p-value = 0.0119$

\* $p > 0.1$ , \*\* $p > 0.05$ , \*\*\* $p > 0.01$

## V. 결 론

본 연구는 DEA와 Malmquist 생산성 지수를 이용하여 한국수자원공사와 환경부에서 제공하는 2012년부터 2014년도에 걸친 3개년 패널데이터를 바탕으로 지방상수도 민간위탁 운영에 대한 효율성 분석을 실시하고 개선방향을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 급속한 가뭄으로 인하여 물산업의 중요성이 부각됨에 따라 기존 물산업 분야에 부족한 기반을 육성하고 해외진출을 제고하기 위한 역발상과 이를 구체화할 수 있는 발전전략의 필요성을 강조하고 있다. 우리나라의 연평균 이용 가능한 수자원량은 753억 $m^3$ 으로 연평균 수자원총량 1,297억 $m^3$ 의 58%로 나머지는 증발산 및 차단 등으로 손실되고 있으며 지역 및 유역별로 편차가 심해 물 공급의 곤란을 겪고 있다. 전국 상수도 보급률은 2015년 대비 98.8%로 매우 높지만 수도공급에 불균형이 발생하여 지역 간의 격차가 존재하고 있다. 이에 대한 해결책 중 하나로 제시된 것이 지방상수도 민간위탁 운영방식으로, 현재 2016년 기준 총 22개 지역이 위탁운영 중에 있으며 이를 통하여 균형 있는 수도서비스의 제공과 품질 향상을 목적으로 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 수도사업의 문제점을 보완하기 위한 해결책의 한 가지로, 지방상수도 민간위탁 운영기관들을 대상으로 효율성 분석을 실시하고자 하였으며 이를 바탕으로 생산성에 영향을 미치는 요인들을 발견하고자 하였다. 본 연구의 목적에 따른 효율성분석 결과와 시사점은 다음과 같다.

첫 번째, 상수도 효율화 사업의 일환인 민간위탁 운영기관들의 효율성은 어떠하며 민간위탁운영이 필요한 기관이 선정되었는가하는 질문에 대해서 살펴보면, 우선 2012년부터 2014년까지의 3개년 패널데이터를 바탕으로 총 18개의 위탁

기관을 DMU로 설정하였고 그 결과, 10개의 위탁기관이 효율적인 기관으로 도출되었다. 나머지 비효율적인 기관을 대상으로 하여 잠재적 개선가능치를 분석하였으며 이 중 금산이 효율성이 가장 낮았고 투입변수와 산출변수 모두 상황에 맞게 상대적으로 증·감축하여야 되지만 특히, 투입변수 중에서는 원정수구입비를, 산출변수 중에서는 영업이익을 크게 감소 및 증가시켜야 할 필요성이 있음을 확인하였다. 현재 전문기관에 의한 민간위탁운영은 지자체가 운영하기엔 적자인 상황이기에 운영을 전문기관의 위탁하고 있지만, 이러한 위탁체결이 개별적인 실시협약으로 진행되는 것이기에 본 연구의 효율성 분석결과를 바탕으로 하여 광역상수도과 지방상수도로 이원화되어 있는 현 상황에서 중복투자를 지양할 수 있으며 또한 위탁체결 시점에서 보다 객관적이고 효율적인 분석으로 시행될 수 있는 시스템적 위탁체결에 필요성을 고려해 볼 수 있다는 이점을 제공한다. 또한, 기존 연구들에서 진행되었던 민간위탁 효율성 분석에서 간과하였던 위탁대가라는 부분을 고려하여 이 위탁대가가 수도요금(영업이익)을 결정짓는 주요 요소인 것을 파악하였고 위탁대가에서 누락되었던 인건비와 원정수구입비를 투입요소로 선정함에 있어 산출요소인 영업이익과 우수율에 대한 투입요소의 효율성을 분석하였음을 시사하고 있다.

두 번째, 위탁기관의 시간흐름에 따른 생산성 변화정도에 대해서 살펴보면, 맘퀴스트(malmquist) 생산성 지수에 대한 결과, 1기(2012-2013년)에서 2기(2013-2014년)로 넘어감에 따라 생산성이 감소한다는 것을 확인할 수 있었다. 효율성 변화율을 나타내는 EC의 경우 향상되었지만, 기술변화율을 나타내는 TC는 감소하여 18개 지역 위탁기관들의 기술이 퇴보되었음을 알 수 있었다. 이는 동일한 투입물로써 이전보다 많은 산출물을 생산할 수 있는 가능성이

적어졌다는 것을 확인할 수 있었으며 이는 18개 지역에 대한 기술적인 부분에 대한 문제점을 파악하는 것이 중요하며 이는 생산성 원인 분석을 통하여 생산성에 영향을 미치는 원인요소들을 파악하는 데 시발점이 될 수 있다. 따라서 상수도의 기술적인 부분에 해당하는 상수도관 배치, 상수도관 보존기술, 노후상수도관 교체, 원수정화기술 등에 대한 고찰이 필요함을 시사하고 있다.

세 번째, 생산성 변화에 영향을 미치는 요인들과 그 요인들에 영향정도에 대한 결과를 살펴보면, 본 지방상수도 위탁기관의 생산성에 영향을 미치는 원인요인들을 선행연구를 바탕으로 선정한 결과, 누수율과 유효수량이 생산성에 유의미한 영향을 미치는 것을 확인하였으며 누수율은 생산성에 부(-)의 영향을, 유효수량은 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 전국 20년 이상된 노후상수도관이 31%를 차지하고 있으며 이러한 결과 누수율 역시 매년 증가하고 있음을 확인하였다. 용수는 상수도 사업장에서 수도관을 따라 각 사용자에게 공급되는데 노후상수도관으로 인한 누수로 유효수량이 감소하여 불균형한 공급이 발생하게 되고 이는 각 상수도 사업장의 생산성 감소와도 연결이 된다. 또한 본 연구는 기존에 진행되었던 맘퀴스트 생산성 지수분석결과에 생산성 원인 분석을 추가적으로 하여 생산성 변화를 파악하는 것에 그치지 않고 그 변화에 영향을 미치는 요인들을 선정하였고 회귀분석을 실시하여 변화의 원인을 파악하였다. 이를 통하여 향후 맘퀴스트 지수를 이용한 연구들이 기술적 패러다임뿐만 아니라 기술적 패러다임을 야기하는 원인들을 도출하여 명확한 변화의 원인을 파악할 수 있을 것이다.

본 연구는 지방상수도의 효율화 사업으로 시

행중에 있는 지방상수도 민간위탁 운영기관들에 대한 효율성 및 생산성 분석을 실시하였으며 비효율적인 기관들의 비효율성 원인, 생산성 감소에 영향을 미치는 원인 등을 검증하고자 하였다. 하지만 지리적 여건이나 각 지방자치단체가 처해있는 특정 상황들에 대한 정보가 부족하여 각 지자체의 특수성을 충분히 고려하지 못한 한계점을 배제할 수 없었다. 또한 1차적인 산출물 지표를 이용하여 효율성을 측정하였기에 본 연구에서 사용한 지표들로 인해 효율성이 판명되었다고 하여도 지방자치단체의 각 사업장이 궁극적인 목표에 달성할 수 있는지에 대한 여부는 의문으로 제기될 수 있다. 효율성 분석은 수치적인 분석을 바탕으로 한 것이기에 품질에 대한 고려가 부족한 부분이 있으며 효율적인 기관으로 분류되었다고 하여도 산출물의 품질이 우수하다고 결론짓기에는 어려움이 존재한다. 하지만 본 연구는 다음과 같은 의의를 가지고 있다. 기존에 진행되었던 수도관련 연구는 수도 사업 자체에 대한 성과측면의 분석과 특정지역의 기존의 상수도 효율성분석에 국한되었지만, 본 연구는 현재 수도 사업이 직면하고 있는 문제점을 해결하기 위한 해결책으로써 진행 중인 민간위탁운영사업에 대한 효율성을 분석하고 생산성에 영향을 미치는 원인들을 검증해냈으며 수자원공사의 단일 관리감독이 이루어지고 있는 상황에서 특정 지역의 관리감독 소립현상과 단일감독으로 인해 발견할 수 없었던 비효율적 부분과 원인들을 실증분석을 통해 검증하였다는 것에 의의를 가질 수 있다. 본 연구에서 도출하지 못한 결과는 향후에 각 지역별 특정 상황 혹은 운영배경 등 특수성을 고려하여 효율성에 대한 원인을 더 명확하게 파악하고자 한다.

## 참고문헌

1. 강성 · 최경호(2015), “자료포락분석 및 맘퀴스트 생산성 지수를 활용한 화장품 산업의 경영 효율성 분석”, *한국생산관리학회*, 26(1), 41-56.
2. 고광홍(2001), “지방상수도사업의 성과측정에 관한 실증적 연구”, *회계연구*, 6(2), 273-295.
3. 고광홍 · 이동규 · 이도희(2008), “상수도사업의 효율적 운영관리 방안을 위한 DEA성과분석”, *회계연구*, 13, 123-150.
4. 국토해양부(2011), *수자원 장기 종합 계획 (2011~2020)보고서*.
5. 국토해양부 · 한국수자원공사(2016), *물과 미래: 2016 세계 물의 날 자료집*.
6. 김나운 · 김선덕 · 이만형(2015), “자료포락분석을 이용한 상수도사업 효율성 분석: 충청북도를 중심으로”, *도시행정학보*, 28(4), 269-288.
7. 김도년 · 주상호(2015), “정부출연연구기관 평가제도 개선을 위한 DEA 활용방안과 결과”, *한국생산관리학회*, 26(4), 403-421.
8. 김용호 · 송경수(2010), “사회적 기업 지원정책 중요도에 대한 연구-부산지역 전문가 AHP 분석을 통한 연구”, *경영과 정보연구*, 29(4), 267-286.
9. 박만희(2008), “DEA 효율성 및 Malmquist 생산성 분석시스템 개발”, *생산성논집*, 22(2), 241-265.
10. 송건섭(2015), “DEA-Malmquist 방법을 이용한 지방공기업 경영성과분석”, *정책분석평가학회보*, 25, 115-140.
11. 염명배 · 성을현 · 황경연(2011), “DEA 모형을 이용한 지역별 R&D 투자의 효율성 비교 분석”, *생산성논집*, 25(2), 259-287.
12. 오지환 · 정기호(2012), “DEA 모형을 이용한 부품소재산업의 효율성 분석”, *경영과 정보연구*, 31(1), 273-292.
13. 이창원 · 김현수(2016), “비영리조직의 효율성 분석과 개선방안에 관한 연구: 문화예술기관을 중심으로”, *로고스경영연구*, 14(2), 155-172.
14. 이창원(2009), “Assessing Business Value Dynamics and Corporate DNA”, *로고스경영연구*, 7(3), 83-94.
15. 박춘란(2007), “비영리조직에 대한 지속적 기부행동에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”, *경영과 정보연구*, 20, 33-60.
16. 장영재 · 양동현(2013), “한국과 OECD국가의 의료서비스산업의 기술효율성 분석”, *경영과 정보연구*, 32(1), 1-24.
17. 정성민 · 유한주(2011), “국내 제약회사의 효율성 및 생산성 분석”, *생산성논집*, 25(4), 239-265.
18. 조임곤(2012), “수도사업 경영성과 결정요인에 관한 연구”, *GRI 연구논총*, 14(3), 103-118.
19. 최경호 · 조정근(2014), “DEA 및 맘퀴스트 지수를 이용한 전라북도 지방상수도 효율성 사례분석”, *디지털융복합연구*, 12(21), 571-580.
20. 최창열 · 함형범(2009), “로짓분석을 통한 중소기업 정책자금 지원의 위험예측력에 대한 연구”, *경영과 정보연구*, 28(3), 1-23.
21. Banker, R. D., A. Charnes, & W. Cooper(1984). “Some Model for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
22. Carvalho, P. and Marques, R. C.(2011). “The influence of the operational environment on the efficiency of water utilities”, *Journal of environmental management*, 92(10), 2698-2707.
23. Lee, C. W., Kwak, N. K., & Garrett Jr, W. A.(2013), “A comparative appraisal of

- operational efficiency in U.S. research-university libraries: A DEA approach”, *Applications of Management Science*, 16, 117-130.
24. Charnes, A., W. Cooper, and E. Rhodes(1978). “Measuring the Efficiency of Decision Making Unit”, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
  25. Correia, T. and Marques, R. C.(2011). “Performance of Portuguese water utilities: how do ownership, size, diversification and vertical integration relate to efficiency?”, *Water Policy*, 13(3), 343-361.
  26. Da Cruz, N. F., Marques, R. C., Romano, G., & Guerrini, A.(2012). “Measuring the efficiency of water utilities: a cross-national comparison between Portugal and Italy”, *Water Policy*, 14(5), 841-853.
  27. De Witte, K. and Dijkgraaf, E.(2010). “Mean and bold? On separating merger economies from structural efficiency gains in the drinking water sector”, *Journal of the Operational research Society*, 61(2), 222-234.
  28. Farrell, M. J.(1957), “The measurement of productive efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-290.
  29. 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*, 16(1), 5-29.
  30. González-Gómez, F., García Rubio, M. A., Alcalá-Olíd, F., & Ortega-Díaz, M. I.(2013). “Outsourcing and efficiency in the management of rural water services”, *Water resources management*, 27(3), 731-747.
  31. Guerrini, A., Romano, G., & Campedelli, B.(2013). “Economies of scale, scope, and density in the Italian water sector: a two-stage data envelopment analysis approach”, *Water resources management*, 27(13), 4559-4578.
  32. Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M., & Sala-Garrido, R.(2011). “Energy efficiency in Spanish wastewater treatment plants: a non-radial DEA approach”, *Science of the Total Environment*, 409(14), 2693-2699.
  33. Lannier, A. L. and Porcher, S.(2014). “Efficiency in the public and private French water utilities: prospects for benchmarking”, *Applied Economics*, 46(5), 556-572.
  34. Mbuvi, D., De Witte, K., and Perelman, S.(2012). “Urban water sector performance in Africa: a step-wise bias-corrected efficiency and effectiveness analysis”, *Utilities Policy*, 22, 31-40.
  35. Molinos-Senante, M. and Sala-Garrido, R.(2015). “The impact of privatization approaches on the productivity growth of the water industry: a case study of Chile”, *Environmental Science & Policy*, 50, 166-179.
  36. Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R., & Lafuente, M.(2015). “The role of environmental variables on the efficiency of water and sewerage companies: a case study of Chile”, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(13), 10242-10253.
  37. Kwak, N. K. and Lee, C. W.(2009),

- “Sustainability assessment of venture business firms using data envelopment analysis”, *Applications of Management Science*, 13, 247-260.
38. Peda, P., Grossi, G., & Liik, M.(2013). “Do ownership and size affect the performance of water utilities? Evidence from Estonian municipalities”, *Journal of Management & Governance*, 17(2), 237-259.
39. Romano, G. and Guerrini, A.(2011). “Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: a data envelopment analysis approach”, *Utilities Policy*, 19(3), 202-209.
40. Thanassoulis, E.(2000). “The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution”, *European Journal of Operational Research*, 126(2), 436-453.
41. Worthington, A. C.(2014). “A review of frontier approaches to efficiency and productivity measurement in urban water utilities”, *Urban Water Journal*, 11(1), 55-73.
42. Zahra, S. A., Ireland, R. D., Gutierrez, I., & Hitt, M. A.(2000). “Privatization and Entrepreneurial Transformation: Emerging Issue and A Future Research Agenda”, *Academy of Management Review*, 25(3), 509-524.

## Abstract

### A Study on Efficiency of Local Water Supply Service Contracting by Data Envelopment Analysis and Malmquist Index

Kim, Hee-Kyung<sup>\*</sup> · Lee, Chang-Won<sup>\*\*</sup>

The era of today's day is that the era of the black gold age is now approaching the era of the blue gold age. As the importance of water increases, support and policies for the water industry are presented. The water industry is a public service industry but it faces the problem for unbalanced supply between users. One of solutions for solving the problem at hand is the privatization of the public service and it is the most sensitive and focused subject to the issue.

Korea is also coming up for the privatization of the water industry. So, one of the privatization operations based on the privatization of the current waterworks law is management contract by the specialized organization and it is in progress to enhance the efficiency of public services. Therefore, this study aims at finding out the local water supply services' efficiency by K-Water using DEA(Data Envelopment Analysis), and productivity analysis by malmquist index on 18 organizations of the implementation of local water supply management contract using the date from 2012 to 2014.

According to the result of the DEA, 10 of the 18 organizations were the most efficient during 3 years and malmquist index for analysing the productivity was decreasing. That is because of the leakage ratio and utilization ratio of the raw water and both of them are significant to productivity. As a result, this study differs from the previous studies by analysing efficiency and productivity using DEA and malmquist index to the solution for the problem faced by current water industry.

Key Words: Water Supply Service Contracting, DEA, Malmquist Index, Efficiency of Local Water supply

\* Ph.D, Dept. of Business Administration, Hanyang University, kimhk1866@hanyang.ac.kr

\*\* Professor, Dept. of Business Administration, Hanyang University, leecw@hanyang.ac.kr

