

시스템 다이내믹스를 이용한 투명성의 수도사업에 대한 영향 분석

Analyzing Effects of Transparency on a Water Business Case Using System Dynamics

이상은 · 김현옥 · 박희경*

Lee, Sangeun · Kim, Hyunok · Park, Heekyung

한국과학기술원 건설 및 환경공학과

(2006년 5월 2일 논문 접수; 2006년 7월 25일 최종 수정논문 채택)

Abstract

This study focused on analyzing effects of transparency on the water system specifically and quantitatively. It was observed that transparency can give a water utility considerable motives for improving its performance and make the service price meet the production cost. System simulation made sure that these functions of transparency will eventually result in the better service for customers and the more favorable finance for a water utility. Results of this study can help some decision makers and utilities to sort out positive countermeasure for improving transparency.

Key words: transparency, water system, system dynamics, service standardization

주제어: 투명성, 수도사업, 시스템 다이내믹스, 서비스 표준화

1. 서 론

투명성에 대한 논의는 90년대 초반 유럽위원회에서 처음 제기된 이래로, 그 가치가 사회 전반적으로 매우 급격히 확산되어 이제는 21세기 개혁의 핵심가치로 여겨지고 있다(Vishwanath et al., 1999; Finel et al., 1999; Florini, 1999, 박홍식, 2001). 투명성이 갑자기 이처럼 중요하게 된 원인은 **Table 1**에 나타난 것과 같이 여러 가지로 해석된다. 이 중 세계화, 민주화, 디지털화 등의 패러다임들은 한국 사회가 비켜날 수

도 없을 뿐만 아니라 앞으로도 계속해서 중요성이 확장될 것이 분명하기 때문에 투명성에 대해 사회전반에 걸쳐 상당한 도전이 예상된다.

수도사업도 예외일 수는 없다. 수도사업을 둘러싼 두 가지 큰 이슈들을 살펴볼 때 이미 투명성에 대한 상당한 도전에 직면하고 있는 것으로 판단된다. 우선 국내 수도사업은 시민들로부터 심각한 불신을 겪고 있다. 수도물 음용과 관련된 조사 결과, 시민들의 불신의 대상은 '수도물'이 아닌 '수도사업자' 임이 확인되었다(박희경, 2005). 그러나 이에 대한 대책들을 살펴보면, 주로 엄청난 자금이 소요되는 관망정비 및

*Corresponding author Tel: +82-42-869-3620, FAX: +82-42-869-3610, E-mail: hkpark@kaist.ac.kr (Park, H.K.)

Table 1. 투명성이 중요시되는 원인

배경	투명성의 중요성
세계화	해외 자본의 유입에 필수조건
민주적 규범의 확장	주민에 대한 정부윤리의 핵심적 가치
뉴 거버넌스 (new governance)	공공문제의 사회적 합의
디지털 정보혁명	정보의 집중 견제 및 글로벌 통합 촉진
시민사회의 성장	공공문제의 참여
국제기구의 요구	효과적인 임무수행

자료: Florini, 1999; Vishwanath & Kaufmann, 1999; Finel&Lord, 1999; Putzel, 1998

고도 정수처리 시설 설치와 수돗물 음용의 안전성을 강조하는 직접적인 홍보가 대표적이다. 이러한 대책들은 '수돗물'의 불신을 없애려는 데에 초점이 맞추어져 있는 것으로, '사업자'에 대한 신뢰를 높이기 위해서는 사업자가 양질의 서비스를 공급하기 위해 '무엇을', '어떻게', '얼마나 잘' 하고 있는지를 시민들이 알 수 있도록 해야 함은 당연한 사실이다. 즉, 국내 수도사업은 사업운영 전반을 공개하여 시민에게 투명성을 검증받아야 할 필요가 제기된 것이다.

또한 외부적인 요인으로 인해 투명성 논의가 진행되고 있기도 하다(Lee et al., 2006). 이는 전 세계적으로 진행되고 있는 국제 상하수도 서비스 표준화 작업(ISO/TC 224)에 대한 한국의 이행여부가 주된 내용이다. 국제 상하수도 서비스 표준화 작업은 "사업자가 달성하여야 할 서비스의 항목과 질의 평가 기준, 관련지표를 목록화"한 표준을 제정하여, 전 세계의 수도사업자들이 지켜야 할 최소한의 요건을 제시하고, 수도사업 관리기구들이 사업자들을 감시 감독 평가하는 수단으로 활용케 하려는 목적을 갖고 있다(박희경, 2004; Lee et al., 2006). 따라서 서비스 표준화를 실시하는 것은 사업운영 전반에 대한 정보공개를 요하기 때문에 수도사업에서 투명성 논의는 분명 필요할 것으로 판단된다.

투명성 가치에 대한 연구는 현재 사회과학 분야에서 활발히 진행되고 있는 주제이지만 아직은 당위성에 그치고 있으며 본격적인 정의나 개념 분석에 관한 논의마저도 충분치 않다고 비판을 받고 있다(박홍식, 2001). 특히 투명성이 각 분야에서 '어떤 식으로', 그리고 '얼마나 영향을 주는 지'에 대한 연구는 아직 찾아보기 힘들다. 따라서 특정 정부기관 또는 사업자

가 투명성 개선 정책을 시행할 지를 결정하는 데에 있어 투명성의 영향을 예측한 선행적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 이러한 배경에 따라 본 연구는 다음과 같은 목적을 가지고 진행되었다.

· 수도사업에서 투명성의 의미 또는 기능 조사

· 투명성의 기능이 수도사업의 성과(소비자에 대한 긍정적 편익) 및 재정 상황(사업자에 대한 긍정적 편익)에 미치는 영향 예측

특히, 본 연구에서는 투명성의 영향을 시스템 시뮬레이션을 통하여 체계적 정량적 분석함으로써 설득력 및 활용성이 있는 수도정책의 연구자료를 제시하는 데에 초점을 맞추었다. 연구결과는 정책결정자 또는 사업자들에게 각종 투명성 개선책들을 긍정적이고 적극적인 태도로 검토케 하는 데에 도움을 줄 것으로 기대된다.

2. 투명성의 의미

2.1. 투명성의 정의 및 필요성

Finel et al.(1999)는 투명성에 대해 '국내 정치시스템 안팎의 행위자들에 이용 가능한 정부 및 사회의 내적 특징에 관한 정보를 만들어 내는 법적 정치적 제도적 구조'라고 한 바 있으며, Florini(1999)는 '공개정보에 의해 정부가 무엇을 하는지 시민들이 알 수 있도록 하는 것' 또는 '현재의 조건, 결정 및 행위에 관한 정보가 접근가능하고 가시적이며 이해될 수 있도록 만드는 과정'이라 표현한 바 있다. 또한 Vishwanath et al.(1999)은 함축적으로 '경제, 사회 및 정치에 관한 적시에 믿을 만한 정보의 증가된 흐름'이라 표현한 바 있다.

한편, 박홍식(2001)은 투명성이라는 표현에서는 완전한 정보와 자유로운 흐름이 중요하다고 밝힌 바 있다. 완전한 정보란 정확하고, 왜곡, 거짓이 없으며 모든 의문에 답할 수 있을 만큼의 충분한 정보를, 그리고 자유로운 흐름이란 정보를 필요로 하는 사람은 누구나 방해나 장애없이 획득할 수 있는 상태를 의미함을 언급한 바 있다. 그리고 이에 따라 투명성을 '공공서비스 생산시스템을 구성하는 법령, 제도, 절차, 관행, 태도, 사고 등이 정직한 정보의 자유로운 유통을 온전히 허용해 시민들이 행정기관의 공공업무의 처리 과정 전반에 대한 완전한 정보에 막힘이나 거부

Table 2. 투명성의 필요성

	정부기관 대 시민	사업체 대 시민
필요성	본인-대리인간의 계약관계를 바탕으로 한 시민들의 정부 통제 및 감시	사업체의 사회에 대한 책임 보장
투명성 제고 절차	1차적으로 시민들이 정부의 행정시스템에 대한 투명성 요구	정부에서 사회 각 분야에 대한 투명성 규제정책 실시

없이 자유로이 접근이 가능한 상태'로 정의하고 있다.

일반적으로 투명성의 필요성은 당사자들간의 관계에 따라 달라진다. 정부기관 대 시민, 사업체 대 시민, 사업체 대 사업체, 국가 대 국가 등의 관계들은 저마다 다양한 이유로 투명성의 가치를 요구하기 때문이다. 이 중에 대표적인 관계인 정부기관 대 시민 그리고 사업체 대 시민의 관계의 필요성은 각각 다음 **Table 2**와 같다.

한편, **Table 2**에 나타난 필요들은 민주행정이라는 의의에서는 가치있는 것이지만, 실제로 우리 사회에 얼마만큼의 편익을 제공하는 지에 대해서는 명확한 답을 제공해 주지 않는다. 따라서 사업자나 정책결정자의 입장에서 투명성 요구는 쉽게 받아들이기 힘든 경우가 많다. 특히, 이들은 투명성 요구가 다분히 추가적 행정업무로 여겨질 수 있으며, 그 동안 가려져 있었거나 납득시키기 힘든 문제들, 예를 들어 정책실패, 무능력, 낭비 등을 노출시키는 데 부담을 갖고 있다. 이 때문에 투명성 요구에 대해 직접적으로 반대하지는 않지만 빈번히 많은 행정적 비용이나 낮은 정책적 이익, 현실적 제공의 어려움 등의 문제를 들어 이러한 요구를 피하려고 적극적으로 노력하기 마련이다(박홍식, 2001; 성도경, 1997).

이러한 까닭에 투명성의 필요성은 보다 구체적으로 제시될 필요가 있는 것으로 판단된다. 사업자에게 확고한 의지를 불러일으키지 않는다면 아무리 좋은 제도가 마련된다고 해도 그것이 제대로 운영되기 어렵다(성도경, 1997). 따라서 다분히 모호한 투명성의 필요성을 강조할 것이 아니라, 투명성의 영향에 대해서 예를 들면, 특정 지자체 또는 사업자가 갖고 있는 현재의 문제를 개선하는 데에 '어떠한 도움을' 제공하는 지, 또는 소비자에게 '얼마만큼의 편익을' 제공

하는 지 등을 체계적이고 정량적으로 분석되어야 한다고 판단된다.

2.2. 수도사업에서의 투명성이 갖는 기능

투명성이 수도사업에 주는 기능은 크게 두 가지로 예측된다. 첫째, 수도사업자는 성과를 향상시킬 동기를 갖게 된다. 국내 수도사업의 운영체계에 대해서 많은 연구들(한국상하수도협회, 2004; 한국물환경학회, 2003; 한국환경정책평가연구원, 2001)은 공통적으로 책임경영이 힘든 점을 지적하고 있다. 수도사업이 지자체 독점방식을 따르기 때문에 경쟁이 결여되어 있고 거버넌스상 주체적인 의사결정 권한이 상대적으로 약하기 때문에 혁신적인 운영을 하기 힘든 것이다(Lee et al., 2005). 이러한 상황에서 투명성은 경직된 운영체계에 상당한 동력을 제공할 수 있다. 정보공개는 자연스럽게 사업자간의 성과비교를 가능케 하여 산업내 경쟁이 형성되기 때문이다. 그 결과 해당 지자체, 소비자, NGOs 등의 감시하에 성과가 좋지 않은 사업자는 빠른 시일 내에 성과개선을 위한 노력을 하지 않을 수 없게 된다. 이를 다르게 표현하면, 투명성으로 인해 사업자는 목표로 하는 성과와 현재 성과간의 차이를 개선하는 데에 소요되는 기간을 단축시키는 효과가 있다고 하겠다.

둘째, 수도서비스에 대한 요금을 적정수준으로 회복할 수 있다. 현재 수도서비스가 원가이하로 요금이 유지되는 원인은 오랜 기간 공공서비스로의 보편성이 관철되었고 사업자 입장에서도 요금인상이 일으킬 수 있는 정치적 반향을 우려하기 때문이다. 만일 투명성의 개선으로 인해 소비자들이 수도서비스의 적정 가치에 대해 바르게 판단할 수 있다면 사업자는 정책적으로 요금현실화에 근거를 마련할 수 있다. 즉, 생산 원가와 실제 요금간의 격차를 보다 빠른 시간에 줄일 수 있다는 효과를 의미한다.

(수도사업에서 투명성으로 인한 효과가 모두 성과개선에 대한 시간 단축으로 귀결된다는 본 연구의 주장에 대해서는 다소 추가적인 논의를 필요로 한다. 그러나 시간에 따라 연속성이 있는 특정 성과를 대상으로 성과개선을 위한 시간 단축은 특정 시간에서의 성과 개선을 의미하며, 이는 사업자에게, 때로는 주민들에게 적절한 사업운영에 대한 구속력을 의미하는 투명성 본래의 의미와 부합되는 것으로 판단되었다.)

이처럼 투명성이 수도사업에 주는 기능들은 사업에 긍정적인 영향을 제공할 것으로 기대된다. 즉, 성과개선을 통해 소비자들에게 더 나은 서비스를, 사업자에게 더 좋은 재정상황을 제공할 것으로 판단된다. 본 연구는 이러한 예상에 대한 체계적 검증, 즉 구체적인 메커니즘 및 정량적 효과를 검토하는 것을 대상으로 하였다.

3. 연구방법

투명성의 영향을 규명하기 위해서는 우선 사업자의 유사 집단을 대상으로 투명성과 성과간의 상관관계를 분석하거나 사업자들의 투명성 개선 전후의 성과비교를 통계적으로 수행하는 방법을 고려할 수 있다. 그러나 투명성 평가에 대해 신뢰성있고 정량적인 방법론이 제시되지 못했을 뿐만 아니라, 수도사업에서는 전 세계적으로 투명성 개선 정책이 규제개혁, 민영화, 대규모 정부 보조금 투입 등 다양한 수도개혁 정책과 병행하여 이루어졌기 때문에 투명성의 영향을 통계적으로 파악하기 힘들다. 따라서 투명성의 영향을 구체적으로 파악하기 위해 특정 수도사업의 특징을 잘 묘사할 수 있는 시스템 모델을 개발하고 투명성의 영향을 가상 실험하는 작업이 필요한 것으로 판단된다. 이러한 배경에 따라 투명성의 영향을 검토하기 위해 본 연구에서 시스템 시뮬레이션을 이용하였다.

시스템 시뮬레이션의 다양한 방법론 중에서 어느 것을 선택하는 지에 대한 여부는 필요한 시스템 모델의 특성에 따라 결정된다(김승연 등, 1993). 이에 따라 수도사업이라는 실제 시스템의 특징을 외부환경과의 관계, 시스템 변화의 연속성, 시스템 복잡성 등에 따라 구분하여 적합한 시스템 모델을 검토하였고 그 결과 수도사업은 매우 높은 동적 복잡성(Dynamic Complexity)을 갖는 시스템임을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 동적 복잡성을 갖는 시스템 모델 분석에 장점을 갖는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하기로 하였다. 시스템 다이내믹스 방법론은 1961년 MIT의 Jay Forrester에 의해 처음 창안된 것으로 대부분의 실제 시스템의 중요한 특징인 매우 높은 동적 복잡성을 체계적으로 구현하는 데에 큰 장점이 있어 사회학, 공학, 생태학 등 여러 학문영역에 걸쳐 시스

템의 장기적인 동태분석을 위한 중요한 도구로 사용되고 있으며 국내에서도 경영, 정책, 산업 분석 등을 위한 적용이 증가되고 있다(이상은 등, 2006).

4. 시스템 모델 개발 및 검증

4.1. 시스템 모델 개발

본 연구에서는 수도사업이라는 시스템을 서비스의 공급부분인 유수율 및 급수인구와 사업자의 재정상황만으로 범위를 한정하였다. 서비스 질과 관련된 수압, 수질 등에 대해서도 분석이 필요하지만 서비스의 공급부분과 비슷한 효과가 있을 것으로 예상되어 시스템을 단순화시킨 것이다. 그러나 이에 대해서는 추후 연구로 이루어질 필요가 있다고 판단된다. 이러한 이유로 본 연구에서는 수도사업 시스템 모델을 유수율 변동 기작, 급수인구 변동 기작, 그리고 재정상황 변동 기작에 따라 크게 세 가지로 나누어 구축하였으며 각각의 인과지도는 다음 Fig. 1과 같다(Fig. 1~Fig. 3은 실제로 이용된 인과지도를 쉽게 요약한 것이다).

Fig. 1에 나타난 유수율 변동 기작은 전체적으로 음의 루프를 따르고 있다. 이는 외부의 변화요인에 대해 안정적인 특성을 의미하므로 유수율을 쉽게 개선하기 힘든 시스템 특성이 예측되었다. 한편, Fig. 1의 인과지도를 컴퓨터 모델(Stock & Flow Model)로 옮기기 위해서는 관로 개량투자로 인한 유수율 증가에 대한 통계분석을 요한다. 다음 식(1)에 대해 상수도통계(환경부)를 참고로 SPSS ver.10.0을 이용하여 분석하였다. 통계분석 결과 식(1)은 유의확률 5% 이내로 매우 신뢰도가 높으며 이 때 상수 k 는 0.4293(%·km/백만원)이다.

$$(\text{유수율 증가}) = k \times \frac{(\text{개량투자비})}{(\text{전체관로연장})} \quad [1]$$

Fig. 2와 같이 급수인구 변동 기작 또한 전체적으로 음의 루프를 따르고 있다. 따라서 급수인구는 외부의 변화요인에 대해 쉽게 변동하지 않는 시스템 특성이 예측되었다. Fig. 2의 인과지도를 컴퓨터 모델(Stock & Flow Model)로 옮기는 데에도 확장투자로 인한 급수인구 증가에 대한 통계분석을 요한다. 관계식은 다

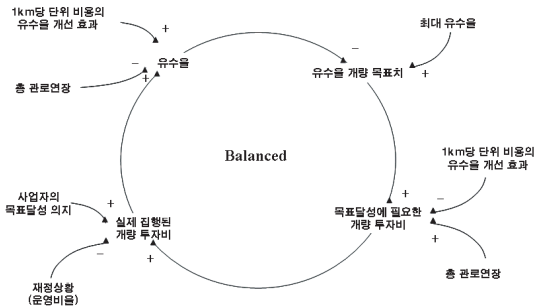


Fig. 1. 유수율 변동에 대한 인과지도.

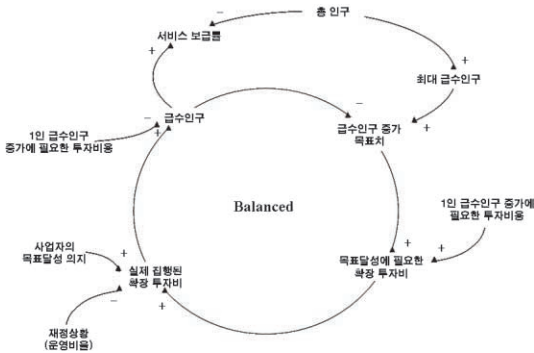


Fig. 2. 급수인구 변동에 대한 인과지도.

음 식[2]과 같고 통계분석 결과 식[2]은 유의확률 5% 이내로 통계적으로 매우 신뢰도가 높으며 이 매 상수 l 은 0.000745(천명/백만원)이다.

$$(\text{보급인구 증가}) = l \times (\text{확장 투자비}) \quad [2]$$

Fig. 3에서 재정상황을 결정하는 총수입과 총지출은 양의 피드백 루프를 따르고 있다. 이는 외부의 변화에 대해 불안한 동태를 의미하므로 사업자의 재정

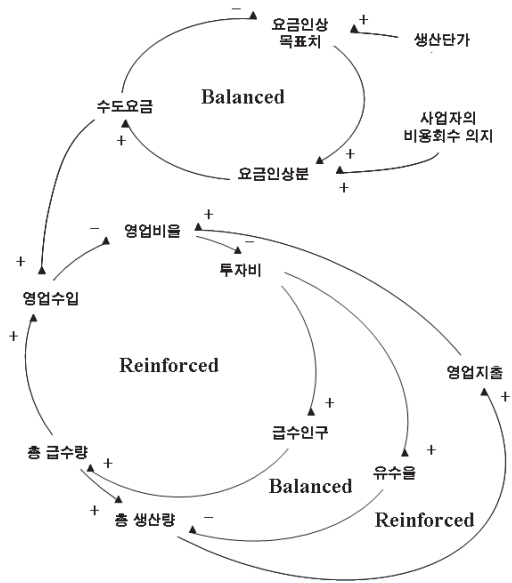


Fig. 3. 재정상황 변동에 대한 인과지도.

상황은 유수율이나 급수인구와 같은 성과들에 비해 변화가 심한 특성이 예상된다. 재정상황에 따르는 투자결정 과정은 Fig. 3에 나타난 것보다 실제로 훨씬 복잡하다. 하지만 수도사업의 투자에 현금유동 상황이 중요한 점을 고려하여 영업비율을 재정상황에 대한 지표로 간주하였다.

앞서 투명성이 수도시스템에 대한 두 가지 기능을 정의한 바 있다. 이를 모델에 반영하기 위해 Table 6과 같이 3가지 외생변수를 적용하였다. 이 외생변수들은 특정 수도사업이 정상적인 의사결정 상황에서 잠재적인 목표달성을 위해 소요되는 시간을 의미하는 것으로, 앞서 정의하였던 투명성의 기능과 관련이 있는 부분이다. 외생변수의 입력자료는 민감도 분석을 통해 현실(통계자료)을 가장 잘 묘사하는 값을 역추

Table 6. 투명성이 수도시스템에 주는 기능을 고려하기 위해 적용한 변수

투명성의 기능	모델에 적용된 변수	단위	모델상의 의미
성과를 향상시키도록 하는 자발적인 구속력	유수율 목표달성 시간	시간(year)	정상적인 재정상황에서 유수율 목표치에 도달하는데 소요되는 시간
	급수보급률 목표달성 시간	시간(year)	정상적인 재정상황에서 급수인구 목표치에 도달하는데 소요되는 시간
수도서비스의 가격 회복	요금의 원가회복 시간	시간(year)	서비스 요금을 원가수준으로 인상하는데 소요되는 시간

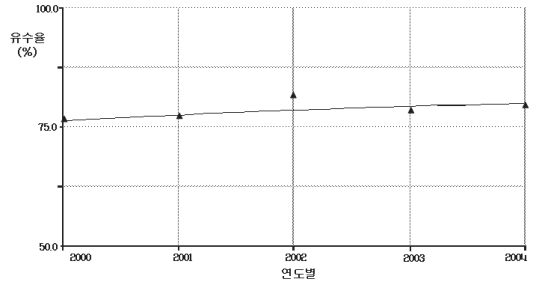
적하여 모델에 적용하였다.

Fig. 1~Fig. 3의 인과지도를 바탕으로 부록 1과 같이 컴퓨터 모델을 작성하였다(High Performance Systems, Inc.의 Stella ver 8.0을 이용). Fig. 1~Fig. 3은 각각 독립된 모델이 아니라 동시에 시뮬레이션 되고 서로 피드백 영향을 주고받도록 구현되었다.

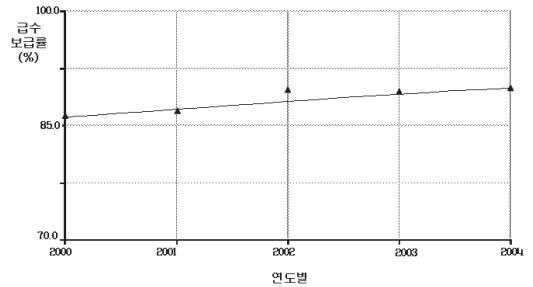
4.2. 시스템 모델 검증

구축된 모델이 수도사업에 대한 현실적인 동태를 적절히 묘사하는 지를 검증하기 위해 먼저 Fig. 1~Fig. 3의 각 모델에 대해 외부의 피드백 루프를 일시적으로 해체한 뒤 Partial Model Test(Sterman, 2004)를 수행하였다. 즉, Fig. 1의 유수율 변동 모델은 재정상황 변동 모델로부터 '영업비율'의 영향을, 그리고 Fig. 2의 급수인구 변동 모델은 유수율 변동 모델로부터 '재정상황에 대한 인식'과 '재정상황이 투자 집행에 미치는 영향'을 해체하였다. 마찬가지로 그림 3의 재정상황 변동 모델은 유수율 변동 모델로부터 '유수율'을, 그리고 급수인구 변동 모델로부터 '급수인구'의 영향을 해체하고 해체된 변수들을 외생변수로 간주하여 시계열 통계자료(행정자치부, 각년도)를 입력하였다. Partial Model Test 결과, 각 모델들은 적절히 현실을 묘사함을 확인하였다.

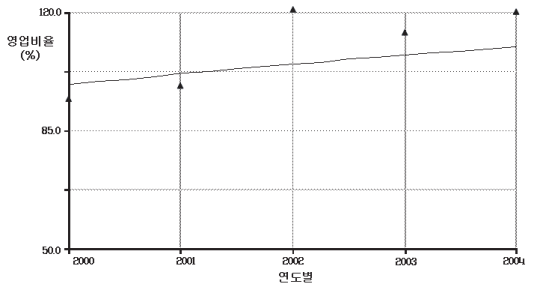
한편, 전체 시스템 모델을 동시에 시뮬레이션 한 결과와 실제 통계자료를 비교하였다. Fig. 4에서 모델은 전체적으로 실제 통계자료의 동태를 잘 설명하고 있음을 확인할 수 있다. 단, 영업비율이 다소 차이가 있는 것은 시스템 특성으로 설명된다. 인과지도 분석에서 사업자의 재정상황은 유수율이나 급수보급률과 같은 성과에 비해 시스템적으로 동적 특성을 갖고 있음을 언급한 바 있다. 따라서 외부변화에 민감한 특성이 있기 때문에 현실을 단순화한 모델이 이를 세부적으로 묘사하는 데 한계가 있음을 알 수 있다. 그러나 영업비율에 대한 시뮬레이션 결과가 실제 자료의 증감 범위내에서 동일한 경향을 따르고 있다는 점과 이 때 유수율, 급수보급률 등의 모든 변수들을 실제 자료에 매우 근접하게 묘사하고 있다는 점을 고려해 추가적인 모델 보정은 불필요하고 전체 시스템 모델이 현실을 잘 묘사하는 것으로 판단하였다.



(a) 유수율 검증 결과



(b) 급수보급률 검증 결과



(c) 영업비율 검증 결과

주) 실선: 시뮬레이션 결과, 점선: 통계자료

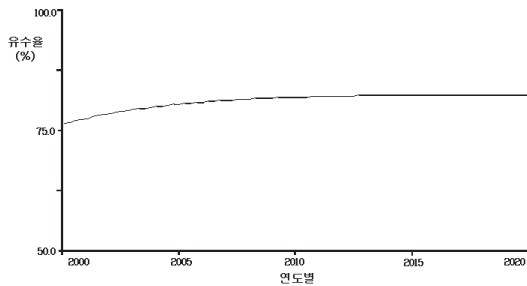
Fig. 4. 시뮬레이션 결과와 실제 통계자료간의 비교.

5. 시스템 시뮬레이션

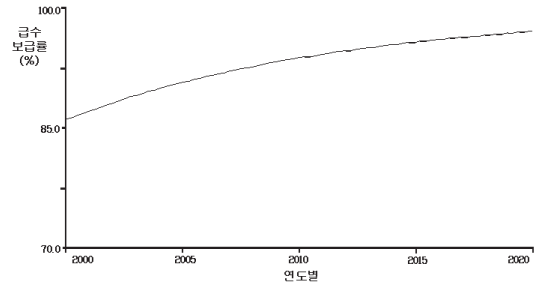
한국의 지방상수도 사업은 불균형이 심하기 때문에 적용 대상에 따라 시뮬레이션 결과는 큰 차이가 발생할 수 있다(Lee et al., 2005). 이러한 이유로 모델에 사용된 많은 변수들을 중심으로 전국의 평균치와 근접한 지자체를 조사하였으며 그 결과 C시를 대표적인 지방상수도 사업으로 선정하였다. Table 7과 같이 시스템 모델에 입력된 자료는 C시의 2000년 자료

Table 7. 모델에 입력된 C시의 자료

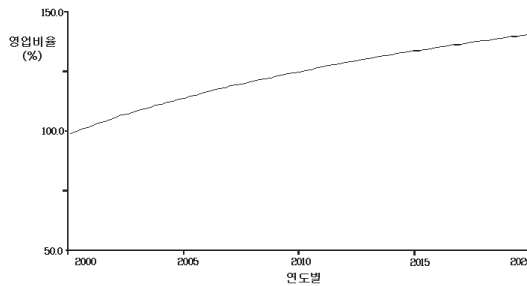
모델 변수	단위	입력자료	출처
초기 유수율	%	76.1	행정자치부(2001) 참고
초기 급수인구	명	214,750	행정자치부(2001) 참고로 단순화
초기 수도요금	원	395.0	행정자치부(2001) 참고
초기 생산단가	원	511.0	행정자치부(2001) 참고
총인구	명	250,000	행정자치부(2001) 참고로 단순화
연간 1인당 물이용량	m ³	101.11	행정자치부(2001) 이용 산출
관로 노후화율	%	2.0	김현옥(2006) 참고
생산자 물가인상률	%	2.68	행정자치부(각년도) 이용 평균치 산출
관로 개량투자로 인한 유수율 증가	km/원	4.29×10^{-7}	환경부(각년도) 이용 산출
확장투자로 인한 급수인구 증가	명/원	7.45×10^{-7}	환경부(각년도) 이용 산출
사업자의 목표달성 의지 1	년	4.7	민감도 분석 이용 역추적
사업자의 목표달성 의지 2	년	10.0	민감도 분석 이용 역추적
사업자의 비용회수 의지	년	30.0	민감도 분석 이용 역추적
재정상황이 투자에 미치는 영향	#	0.2	민감도 분석 이용 역추적



(a) 유수율 예측 결과



(b) 급수보급률 예측 결과



(c) 영업비용 예측 결과

Fig. 5. 시뮬레이션을 통한 C시 수도사업자의 성과 및 재정상황 예측 결과.

를 기준으로 하였다. 이는 과거 추이를 동시에 살펴봄으로써 시스템의 동적 특성을 보다 잘 관찰하기 위한 것으로, 검증단계에서 2004년까지 현실을 잘 묘사하는 것을 확인하였기 때문에 입력 자료의 연도는 문제 되지 않는 것으로 판단된다.

- 시뮬레이션 결과, C시의 성과 및 재정상황은 Fig. 5와 같이 예측되었다. 이를 요약하면 다음과 같다.
- 유수율: 소폭 개선, 2010년 이후 82% 수준으로 정체됨

- 급수보급률: 지속적으로 개선, 2020년 97% 도달 후 수렴하는 경향이 관측
- 영업비율: 지속적으로 악화되어 2020년에는 133% 수준으로 예측

5. 결과 및 토의

5.1. 민감도 분석: 투명성의 영향

앞에서 투명성을 수도사업에 대한 기능에 대해 3가지 변수를 써서 시간 단위로 정의하였다. 투명성이 수도사업 시스템에 주는 영향을 파악하기 위해, **Table 8**과 같이 3가지 변수들 각각에 대한 민감도 분석을 실시하였다.

- 유수율 목표달성 시간: 투명성 개선 정책을 통해 유수율 목표달성 시간이 감소할수록 유수율을 크게 개선시킬 수 있다. 그러나 요금인상이 그에 따르지 못해 영업비율은 크게 악화됨을 알 수 있다. 따라서 유수율의 개선을 위해서는 투명성 개선 정책에 유수율 목표달성 시간외에도 요금의 원가회복 시간 모두를 고려해야 한다. 한편, 유수율 목표달성 시간의 변화가 급수인구에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 예측되었다.
- 급수보급률 목표달성 시간: 급수보급률 목표달성 시간이 감소할수록 급수보급률에 미치는 영향 또한 큰 것으로 예측되었다. 특히, 투명성 개선 정책이 목표달성 시간을 현재의 절반 수준으로 단축시킬 경우 2020년에는 급수보급률이 99% 이상 도달할 것으로 분석되었다. 한편, 급수보급률 목표달성 시간이 영업비율에 미치는 영향은 미미한 것으로 예측되었다. 이는 비록 요금인상이 따르지 않았다고 하더라도 지출이 증가하는 만큼 고객 확보로 인한 수입 효과가 상충하기 때문인 것으로 분석되었다.
- 요금의 원가회복 시간: 투명성 개선 정책이 사업자에게 비용회수의 근거를 마련할 경우 생산원가와 요금간의 차이를 줄이는 시간은 획기적으로 개선될 것으로 판단된다. 특히, 현재의 30년 수준에서 5년 수준으로 개선시킬 경우에는 영업비율이 100%가 되어 안정적인 재정상황을 유지할 수 있을 것으로 분석되었다.

민감도 분석을 통한 **Table 8**의 수치들은 어디까지

나 모델상의 의미이다. 정책적인 의미를 제공하기 위해서는 현실적이고 구체적인 목표를 달성하기 위해 각각의 변수를 어떻게 조정해야 하는 지를 살펴볼 필요가 있다. 이러한 배경에 따라 민감도 분석 결과를 참고하여 2020년까지 유수율 90%, 급수보급률 99% 그리고 영업비율 100%를 동시에 달성시키도록 하는 변수값을 산출하기로 하였다. 그 결과를 요약하면, 투명성 개선 정책을 통해 유수율 개선의 경우 현재 수준에 비해 약 2배, 급수인구 개선의 경우 현재 수준에 비해 약 1.5배, 그리고 수도요금의 비용회수의 경우 약 6.7배의 목표기간 단축이 각각 필요한 것으로 예측되었다(이러한 투명성 개선 정책의 효과는 **Fig. 6**과 같다).

5.2. 투명성 개선을 위한 정책 수단

수도사업 성과향상을 투명성 개선 정책을 통해 위와 같이 달성하고자 할 경우, NGOs의 정기적인 정보공개 요구, 사업자의 시민참여 메커니즘 마련 및 적극적 홍보, 정부의 지방상수도 평가 강화 등 다양한 정책수단이 강구될 수 있다. 본 연구에서는 서론에서 언급한 국제 상하수도 서비스 표준화의 적극적인 활용을 제안하고자 한다. 본 대안은 다양한 정책수단들을 포괄할 뿐만 아니라 사업자 지자체 소비자의 공동 이익을 도모하고 객관적인 성과지표를 토대로 목표달성을 구축할 수 있기 때문에 투명성 제고에 효과적인 대안으로 판단된다. 특히, 투명성이 본 연구와 같이 수도사업의 성과향상을 목적으로 할 경우 성과지표 시스템을 통해 각각의 성과에 대한 구축력을 조절할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구를 통해 투명성이 수도사업에 주는 영향을 구체적, 정량적으로 살펴보았다. 연구 결과, 투명성의 기능은 수도사업자로 하여금 성과를 향상시킬 동기를 제공하고 수도서비스에 대한 요금을 적정수준으로 회복할 수 있을 것으로 조사되었다. 이러한 기능은 다분히 모호한 필요성을 제기하는 데에 그치지 않고 성과개선을 통해 소비자들에게 더 나은 서비스를, 그리고 사업자에게는 더 좋은 재정상황을 제공하는 영향이 시뮬레이션을 통해 관측되었다. 따라서 정책

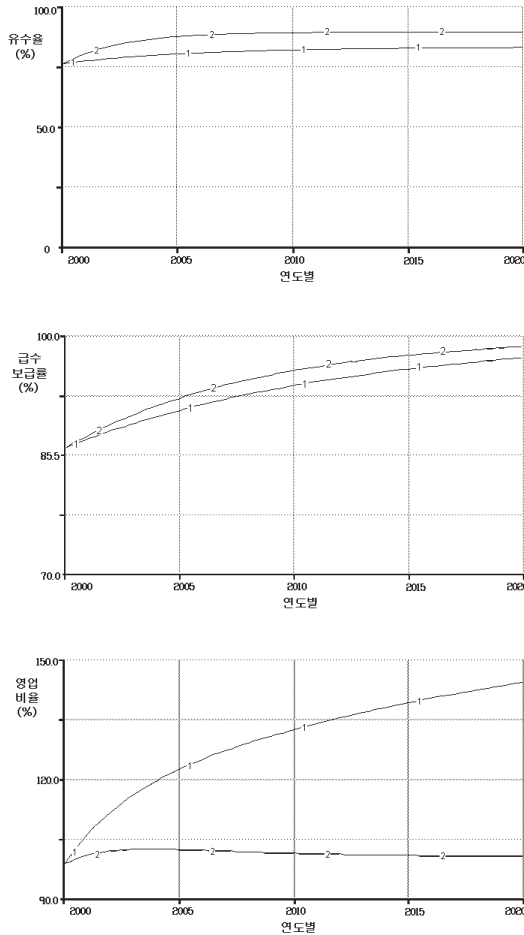
Table 8. 민감도 분석의 주요 결과

유수율 목표달성 시간의 변화가 유수율에 미치는 영향											
연도별	목표달성 의지 1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
2000		0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
2005		0.92	0.88	0.85	0.82	0.8	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74
2010		0.92	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74	0.73
2015		0.92	0.9	0.87	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.72
2020		0.92	0.89	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
증감		△0.16	△0.13	△0.11	△0.08	△0.06	△0.03	△0.01	▼0.01	▼0.03	▼0.05
유수율 목표달성 시간의 변화가 영업비율에 미치는 영향											
연도별	목표달성 의지 1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
2000		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2005		1.29	1.23	1.18	1.14	1.11	1.09	1.07	1.06	1.04	1.03
2010		1.37	1.33	1.28	1.24	1.2	1.17	1.14	1.12	1.1	1.08
2015		1.43	1.39	1.35	1.31	1.27	1.23	1.19	1.16	1.14	1.11
2020		1.49	1.44	1.4	1.36	1.31	1.27	1.24	1.2	1.17	1.14
증감		△0.51	△0.46	△0.42	△0.38	△0.33	△0.29	△0.26	△0.22	△0.19	△0.16
급수보급률 목표달성 시간의 변화가 급수보급률에 미치는 영향											
연도별	목표달성 의지 2	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
2000		0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
2005		0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.91	0.9	0.9	0.9	0.89
2010		0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.92
2015		0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94
2020		0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95
증감		△0.13	△0.13	△0.12	△0.12	△0.11	△0.11	△0.11	△0.1	△0.1	△0.09
요금의 원가회복 시간의 변화가 영업비율에 미치는 영향											
연도별	비용회수 의지	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0
2000		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2005		0.89	0.97	1.02	1.05	1.07	1.08	1.1	1.11	1.11	1.12
2010		0.89	0.97	1.03	1.07	1.11	1.14	1.16	1.18	1.2	1.21
2015		0.9	0.97	1.03	1.09	1.13	1.17	1.2	1.23	1.26	1.28
2020		0.9	0.97	1.03	1.09	1.14	1.19	1.23	1.27	1.3	1.33
증감		▼0.08	▼0.01	0.05	0.11	0.16	0.21	0.25	0.29	0.32	0.35

주) 현재 수준은 음영으로 표시

결정자나 사업자들은 추가적인 행정업무로 여기거나 정보노출에 대한 부담으로 투명성 개선 정책을 회피할 것이 아니라 현재 수도사업이 지닌 문제들을 개선하고 사업의 성과목표를 달성하기 위해 적극적으로 검토할 가치가 있는 것으로 판단된다.

한편, 본 연구에서 시스템 모델을 서비스 공급부분에 국한하여 살펴본 반면, 수도물 수질이나 수압 등의 서비스의 질에 대한 모델 또한 추후 연구되어야 할 것이다. 특히, 본 모델에서 다루었던 방법론으로 서비스의 질과 지불용의간의 관계를 체계적으로 분석



주) 1: 투명성 개선 정책 전, 2: 투명성 개선 정책 후

Fig. 6. 투명성 개선 정책 전후의 성과 및 재정상황 예측 비교.

한다면 투명성 정책으로 인한 요금의 원가회복 시간을 조정하는 데에 큰 의미를 더 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김승연, 김동환 (1993) *시스템 시뮬레이션과 시뮬레이션언어*, 흥릉과학출판사, pp. 8-12.
2. 김현옥 (2006) 정보 공개도 향상이 국내 수도시스템에 미치는 영향 분석: 시스템 다이내믹스 활용, *한국과학기*

술원 석사학위 논문, pp. 27-28.

3. 박희경 (2004) ISO/TC 224 제3차 국제 총회를 마치고 - 상·하수도 서비스 국제표준 제정의 시사점들, *J. Water Industry*, 한국수자원공사, 창간호, pp. 74-84.
4. 박희경 (2005) 수도사업 자유화와 서비스의 표준화를 통한 경쟁력 강화, *고려대학교 100주년 기념 학술 시리즈 #18, 세계화를 지향하는 한국의 물 산업*, 고려대학교 환경기술정책연구소, pp. 121-135.
5. 박홍식 (2001) 투명성 가치: 개념적 구조와 의미, *한국사회와 행정 연구*, 12(3), pp. 103-118.
6. 성도경 (1997) 지방자치와 행정정보공개, *새마을 지역개발연구*, 21, pp. 21-44.
7. 이상은, 차동훈, 박희경 (2006) 시스템 다이내믹스를 이용한 부에노스아이레스 수도사업 양여계약사례의 고찰, *상하수도학회지*, 20(1), pp. 104-114.
8. 한국물환경학회 (2003) *물산업 구조개편 방안 연구*, 한국수자원공사, pp. 120-124.
9. 한국상하수도협회 (2004) *미국과 일본의 수도관리 체계의 분석*, 서울시 수돗물 수질평가위원회, pp. 177-180.
10. 한국환경정책평가연구원 (2001) *상하수도사업 민영화 기본계획 수립연구*, 환경관리공단, pp. 18-31.
11. 행정자치부, *지방상수도 현황*, 각년도.
12. 환경부, *상수도 통계*, 각년도.
13. Finel, B.I., Lord, K.M. (1999) The Surprising Logic of Transparency, *International Studies Quarterly*, 43(2), pp. 315-339.
14. Florini, A.M. (1999), Does the Invisible Hand need a Transparent Glove? The Policy of Transparency, *Annual Conference on Development Economics*, The World Bank, pp. 163-184.
15. Lee, S., Park, H., Choi, D. (2005) A Benchmarking Study for Improving Governance Structure of a Korean Water, *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(2), IWA, pp. 9-15.
16. Lee, S., Cha, D., Park, H. (2006) International Standards for Services Activities Relating to Drinking Water Supply and Wastewater System, *Water Science and Technology*, 53(6), pp. 75-82.
17. Sterman, J.D. (2000) *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill, International Edition, pp. 605-609.
18. Vishwanath, T., Kaufmann, D. (1999), *Towards Transparency in Finance and Governance*, The World Bank, pp. 1-2.

부록 1. Stella Programming

Financial condition of the utility

$water_tariff(t) = water_tariff(t - dt) + (increase) * dt$

INIT water_tariff = 395

INFLOWS:

$increase = target_water_tariff/actual_willingness_to_recover_price$

$actual_willingness_to_recover_price = 30$

$annual_consumption_per_capita = 101.11$

$annual_production = actual_service_population * annual_consumption_per_capita / revenue_rate$

$income_from_water_service = annual_production / revenue_rate * water_tariff$

$inflation = 0.027$

$initial_unit_production_cost = 511$

$operating_ratio = production_cost / income_from_water_service$

$production_cost = annual_production * unit_production_cost$

$target_water_tariff = unit_production_cost - water_tariff$

$unit_production_cost = initial_unit_production_cost * (1 + inflation)^{time}$

Revenue Rate

$cognition_of_financial_condition(t) = cognition_of_financial_condition(t - dt) + (change_in_stage) * dt$

INIT cognition_of_financial_condition = .934

INFLOWS:

$change_in_stage = (operating_ratio - cognition_of_financial_condition) / delay_time$

$revenue_rate(t) = revenue_rate(t - dt) + (improvement - deterioration) * dt$

INIT revenue_rate = 0.761

INFLOWS:

improvement =

$investment_cost_on_pipe_repair * effect_of_investment_on_repair_of_a_unit_length / total_pipe_length$

OUTFLOWS:

$deterioration = pipe_aging$

$actual_willingness_to_meet_1st_target = 4.7$

$coefficient_for_effect_of_financial_condition_on_investment = 0.2$

$delay_time = 2$

$effect_of_investment_on_repair_of_a_unit_length = 4.29e-7$

$investment_cost_on_pipe_repair =$

$Max(0, total_cost_required_to_meet_the_1st_target / actual_willingness_to_meet_1st_target *$

$(1 - coefficient_for_effect_of_financial_condition_on_investment * cognition_of_financial_condition))$

$maximum_revenue_rate = 0.95$

$pipe_aging = 0.02$

$target_revenue_rate = Max(0, maximum_revenue_rate - revenue_rate)$

total_cost_required_to_meet_the_1st_target =
target_revenue_rate*total_pipe_length/effect_of_investment_on_repair_of_a_unit_length
total_pipe_length = 124468

Service Expansion

actual_service_population(t) = actual_service_population(t - dt) + (service_expansion) * dt

INIT actual_service_population = 214750

INFLOWS:

service_expansion = investment_cost_on_service_expansion*investment_cost_required_to_connect_a_customer

actual_willingness_to_meet_2nd_target = 10

investment_cost_on_service_expansion =

Max (0, total_cost_required_to_meet_2nd_target/actual_willingness_to_meet_2nd_target*
(1-coefficient_for_effect_of_financial_condition_on_investment*cognition_of_financial_condition))

investment_cost_required_to_connect_a_customer = 7.45e-7

maximum_service_population = total_population

service_coverage = actual_service_population/total_population

target_service_population = maximum_service_population-actual_service_population

total_cost_required_to_meet_2nd_target =

target_service_population/investment_cost_required_to_connect_a_customer

total_population = 250000