

Characterization of the ratio of revenue water in the 79 cities by Principal Component Analysis and Clustering Analysis

정신호*, 이화경**, 구자용***, 유명진****

Chung, Shinho·Lee, Hwakyong·Koo, Jayong·Yu, Myongjin

1.

국내에서 우수율과 관련된 연구가 근래에 활발히 진행되고 있다. 우수율을 낮추는 큰 요인 중의 하나인 누수를 저감 또는 방지하기 위한 연구가 적극적으로 진행되고 있으며 부과량을 늘리기 위한 노력에도 적극적이다. 각 지자체의 상수도관련 부서들에서는 우수율 제고목표를 세우고 누수가 많이 발생하는 지역의 관망교체사업, 누수탐사, 수압관리 등을 시행하고 있다.

부과량 증대와 누수량 감소의 두가지 방향으로 우수율을 높이려는 노력은 진행되고 있지만 그 지역의 우수율이 왜 그렇게 나올 수밖에 없는지에 대한 연구는 미흡하다. 매년 지자체별로 상수도 통계를 통해 발표하고 있는 우수율 실적을 볼 때, 그 행정구역의 우수율을 알 수는 있지만 그것이 다른 지역과는 어떤 관계가 있는지 왜 이런 우수율이 나타났는지는 알 수 없다. 대개의 경우 우수율 분석은 누수사고가 어떤 원인에 의해서 일어났는지의 분석에 치중되어 있다. 특히 민원으로 들어온 사고신고는 욕안으로 관찰이 되는 정도의 누수이므로 스며 나와 새는 물이라기 보다는 파열로 인한 누수에 해당한다. 교통진동, 부등침하, 시공불량, 자재불량, 부식, 노후 등의 원인을 기록하고 있으나 이런 것들은 발생하는 경우를 정량화하거나 예측하기 불가능하다. 이런 원인은 우연 발생적이어서 우수율이라는 결과와 상관성을 분석하기 불가능하고, 원인을 파악했다라도 그 대책 마련이 어렵다는 것이 사실이다.

이러한 우연 발생적 원인보다는 급수구역의 특성을 나타내는 영향인자를 조사하여 우수율과의 상관성을 파악, 분석하고 그 관계를 정량화할 수 있는 방법이 필요하다. 단순히 관로의 노후 때문에, 어떠한 사고 때문에 누수가 많아서 혹은 계량기 불감수량이 높아서 우수율이 낮다고 말하기 보다는 급수구역의 현재 상태를 수치화하고 우수율과의 관계성이 밝혀지면 그 관계로 부터 우수율을 높이기 위한 대책 마련에 기여할 수 있다고 여겨진다.

2.

상수도시스템의 수행능 평가를 위한 우수율이라는 지표를 지역의 특성과 결부하여 상관성을 증명하고 막연히 관련이 있다고 여겨 온 인자들의 영향정도를 정량화할 필요가 있다. 예를 들어 관로노후가 심한 지역은 누수가 많을 것이므로 우수율이 낮다고 여길 수 있으나 어느 정도 영향이 있는지 정량화되어 있지 않다. 또는 아파트지역의 우수율이 단독주택지역보다 우수율이 높을 것이라고 생각할 수 있으나 아직까지 이에 대한 체계적인 분석이 되어 있지는 않다. 지역특성과의 관계가 제대로 밝혀지지 않는다면, 지역 특수성때문에 우수율이 낮을 수 밖에 없는 경우에도 경쟁적 우수율 달성목표로 인해 비현실적, 비경제적 우수율제고 노력을 추진할 수도 있다고 염려된다.

이에 본 연구에서는 전국 도시지역의 우수율 현황과 해당 도시의 특성을 나타내는 인자들에 대해 종합적으로 분석을 하여 지역여건과 우수율의 관계를 밝히고 각 영향인자들의 영향정도를 정

* 서울시립대학교 환경공학부 대학원, shinho@ene.uos.ac.kr

** 서울시립대학교 환경공학부 대학원, hkyoung@hanmail.net

*** 서울시립대학교 환경공학부 교수, jykoo@uos.ac.kr

**** 서울시립대학교 환경공학부 교수, myong@uos.ac.kr

량화하여 분석하고자 하였다.

3.

3.1

본 연구의 연구대상은 군단위 지역과 2개의 계룡, 증평출장소를 제외한 전국의 79개 도시지역으로 하였다. 전국적으로 인구,가구,주택조사(전수조사)를 실시한 연도가 2000년이어서 상수도통계도 2000년의 자료를 이용하였다. 상수도 관련 정보는 지자체로부터 자료를 보고받아 환경부에서 매년 취합하여 발표하는 상수도통계에서 발췌하였다. 그리고 연구대상지역의 특성을 나타내는 인구통계, 가구통계, 주택통계, 국토통계는 통계청 홈페이지에서 통계DB검색을 통하여 획득하였다. 연구대상지역의 기본 정보를 요약하여 Table 3.1-1에 나타내었다. 2000년 현재 특광역시 7개를 포함하여 총 79개 도시가 존재하고 총 도시인구는 42,437,540명으로 전국인구 47,975,732명의 88.5%가 도시에 살고 있어 도시편향적인 거주현황을 알 수 있었으며 연구대상 도시들은 인구, 면적, 상수생산량, 유수율 면에서 매우 큰 편차를 가지고 다양한 범위에 분포하고 있었다. 2000년도 전국 79개 도시의 유수율은 51.3~93.9%의 범위로 평균 75.3%의 값을 나타내었다.

<Table 3.1-1> Brief statistical summary of cities studied

| Category | | Total population (persons) | Area (km ²) | Revenue water (%) | Water production (1000m ³ /yr) |
|----------|----------|----------------------------|-------------------------|-------------------|---|
| Values | Minmum | 5,606 | 33.29 | 51.2 | 57,067 |
| | Average* | 69,801 | 521.09 | 75.3 | 537,184 |
| | Maximum | 1,526,721 | 1,519.81 | 93.9 | 10,373,234 |
| | STD | 185,943 | 363.43 | 9.2 | 1,259,662 |
| | CV | 2.664 | 0.697 | 0.122 | 2.345 |
| Cities | Minmum | Gimje | Guri | Masan | Taebaek |
| | Average | Gunsan | Iksan | Wonju | Changwon |
| | Maximum | Seoul | Andong | Uiwang | Seoul |

3.2

상기에 언급한 대상도시들의 각종 통계자료로부터 지역을 특성을 나타내면서 상수도과 관련이 있을 것으로 추정되는 인자들을 선별하여 총 90개의 영향인자를 추출하였다. 각 영향인자들이 나타내는 지역의 특징이 유수율에 어떻게 어느 정도의 영향을 주는지를 파악하고자 각 영향인자들을 급수규모를 나타내는 인자들, 수도사용의 밀집정도를 나타내는 인자들, 지역의 노후정도를 나타내는 인자들, 주거의 유형을 나타내는 인자들, 주거수준을 나타내는 인자들, 상수도세출항목에 관련된 인자들 및 기타의 7개 대분류로 나누고 분석을 시도하였다.

조사된 통계자료의 일부는 원래 수치를 그대로 사용하였고 일부는 조사자료를 가공하여 비율로 산출하였다. 일부는 조사자료끼리 합하거나 곱하거나 나누어 보다 의미있는 인자로 변환하였다.

3.3

산출된 90개 영향인자에 대하여 유수율과의 단순상관성 분석 및 중회귀분석을 수행하였다. 위에서 산출된 영향인자를 독립변수로 유수율을 종속변수로 놓고 두 변수간의 관련성을 피어슨의 상관계수를 사용하여 분석하였다. 그리고 상관도분석의 결과로부터 가장 영향력있는 변수를 선정하였다. 선정된 영향인자들을 독립변수로 간주하고 전체 도시에 대하여 변수를 여러 개 사용하여 종속변수를 설명하는 중회귀분석을 수행하여 분석하였다. 중회귀모델의 상관도는 상관계수(r), 결정계수(r²)를 이용하였고 오차의 분석은 평균제곱근오차(RMSE), 절대평균오차(MSE)를 사용하였으며, 다중공선성을 위해서는 분산팽창인자(VIF), 잔차의 자기회기성에 대해서는 더빈왓슨통계량(DW)를 이용하여 검정하였다. 모델의 전반적인 적합도는 95% 신뢰수준에서 F-검정을 수행하였고, 회귀계수에 대하여는 T-검정을 수행하였다.