

도시 물생태발자국 평가분석

- 서울시를 대상으로 -

신나

서울대학교 생태조경학과 대학원

I. 서론

자연자원의 이용과 관리의 핵심은 지속가능한 개발이다(Wackemagel *et al.*, 2004). 토지면적으로 자연자원량을 계산하는 생태발자국 방법은 이미 전지구, 나라, 지역, 도시, 산업, 회사와 개인의 척도에 응용되고 있다. 물이 생태계에서의 양적순환은 도시를 포함한 인류사회의 건강발전에서 그 중요성이 강조되고 있다. 따라서 물의 양으로 나타내는 지역의 최소생태 물수요량, 인류 물사용량, 갱신가능한 도시 물자원량의 양호한 관계는 도시의 지속가능한 물순환과 발전에 큰 의의를 가진다.

본 연구의 목적은 물생태발자국에 대한 이해를 바탕으로 현재 서울시의 물사용 현황과 물순환시스템을 분석하여 환경적, 사회적, 경제적인 지속가능 여부를 평가하고 문제점과 잠재력을 분석하며, 나아가서는 서울을 포함한 도시개발이 신속히 일어나고 있는 도시 정책결정자들에게 합리적인 제안을 하는 것이다.

이를 위해 본 연구는 다음과 같은 순서와 방법으로 진행된다. 첫째, 문헌고찰을 통해 생태발자국을 기초로 하는 물생태발자국의 개념과 선행연구에 대해 조사한다. 둘째, 서울시를 대상으로 통계청에서 제공하는 자료를 바탕으로 도시 물생태발자국을 산출한다. 셋째, 세계적인 도시들과의 비교를 통하여 차이점과 문제점을 도출하고, 합리적인 해법을 제안한다.

II. 물생태발자국

생태발자국은 1996년 캐나다 경제학자 마티스 웨커네이겔과 윌리엄 리스가 개발한 개념이며, 인간이 자연에 남긴 영향을 발자국으로 표현하였다. 생태발자국이란 인간이 지구에서 삶을 영위하는 데 필요한 의·식·주 등을 제공하기 위한 자원의 생산과 폐기에 드는 비용을 토지로 환산한 지수를 말한다. 즉, 인류가 지구의 생태시스템에 대한 수요량을 측정한 양이다(위키피디아). 이와 비슷한 개념으로 물발자국은 단위 제품 및 단위 서비스 생산 전과정(Life cycle) 동안 직간접적으로 사용되는 물의 총량을 뜻하는 것으로, 우리가 일상생활에서 사용하는 제품을 생산, 소비하는데 얼마나 많은 양의 물이 필요한지 나타내 주는

지표이다(UNEP, 2012).

도시의 물수요량과 물생산량 사이의 관계를 연구하기 위하여 Zhou *et al.*(2006)은 물생태발자국(Water Ecological Footprint)이라는 개념을 도입하였다. 물생태발자국은 인류의 물사용량, 도시생태계의 지상수와 지하수 물수요량과 지역에서 갱신 가능한 물자원량과의 관계를 나타내는 지표이다. 물생태발자국은 아래의 형식으로 표현할 수 있다.

$$WEF = (W_e + W_h) / W_r \quad (\text{식 1})$$

여기서, WEF=물생태발자국

W_e =생태계 물수요량

W_h =인류 물사용량

W_r =도시 물자원량

III. 서울시의 WEF 분석

도시 생태물수요량(W_e)은 강우량의 영향을 받으며, 여기서는 인류의 영향을 무시할 수 있다. 즉, 호수, 하천과 지하수의 생태 물수요량을 의미한다. 최소생태 물수요량은 하천유량의 10%인 최소유량 물수요량, 최소증발 물수요량, 최소유사 물수요량, 최소지하수 물수요량 등을 포함한다. 여기서 서울시 지하수 사용량은 $0.2244 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 로 나타났고, 서울시의 최소생태 물수요량은 $96.170 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 로 산출되었다.

서울시 주민 물수요량은 2012년 기준 서울시 전체 급수량으로 $1.1195 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 로 나타났다.

서울시의 도시물자원량은 자체생산가능 물자원량과 수입한 물자원량을 포함하며, 본 연구에서는 서울시 일인당 물자원량(2012)과 인구수(2012)를 기준으로 산출되었으며, $151.438 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 로 나타났다.

따라서 서울시 물생태발자국은 $WEF = (W_e + W_h) / W_r = 0.709$ 이며, 1보다 작게 나타났다.

IV. 결론

연구결과는 다음과 같다.

첫째, 서울시 최소생태 물수요량은 $96.170 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 이고, 물생태발자국은 0.709로 1보다 작은 수치를 나타냈다. 이는 하천이 부족한 북경시의 WEF이 1.42(Zhou *et al.*, 2006)인 것과 비교했을 때 상대적으로 낮다. 서울시의 물순환이 현재까지는 환경, 사회, 경제방면에서 상대적으로 지속가능하다는 것을 의미한다.

둘째, 서울시의 지하수 사용량은 $0.2244 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ 이며, 기타 도시와 비교하였을 때 비교적 낮은 것으로 나타났다. 이는 서울시가 미래에 지하수를 적극적으로 이용할 수 있는 잠재력을 보여준다.

셋째, 서울시의 일인당 물 자원량을 세계의 다른 도시들과 비교하여 보았을 때(Pairs $490 \text{m}^3/\text{a}$, Tokyo $398 \text{m}^3/\text{a}$, Singapore $211 \text{m}^3/\text{a}$, Shanghai $145 \text{m}^3/\text{a}$, Beijing $119 \text{m}^3/\text{a}$), 서울은 $1,453 \text{m}^3/\text{a}$ 로서 가장 높게 나타났다. 이는 주요하게 서울시에서 큰 유량 하천인 한강이 흐르고 있기 때문이다.

결론적으로 서울시의 생태적으로 건강한 물사용량은 서울시 수용량의 0.079배이다. 물생태발자국이 1보다 작은 경우가 지속 가능한 경우라고 가정한다면 서울시의 도시적인 물순환시스템은 현재의 상황에서 환경적, 사회적, 경제적으로 지속가능하다. 이는 서울시의 지리적인 우세인 큰 유량 하천-한강의 영향을 많이 받으며, 서울시는 미래에 현재로서는 사용량이 적은 지하수를 더욱 적극적으로 이용할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

이러한 결과는 지표수와 지하수의 수질 물수요량을 고려하지 않은 경우이며, 가뭄이 오면 도시 물자원량이 현저히 줄어들게 되어 서울시의 물생태발자국이 1을 초과할 수도 있다. 서울시는 현재의 우세를 적극적으로 발휘하고, 미래에도 물생태발자국이 1을 초과하지 않도록 인구수를 통제하고, 생태계를 보호하여 물순환시스템의 지속가능한 개발을 영위해야 할 것이다.

참고문헌

1. Dong, Huijuan(2013) Regional water footprint evaluation in China: A case of Liaoning, Science of the Total Environment 442: 215-224.
2. Hoekstra, Arjen Y., Ashok K, Chapagain, Maite M, Aldaya and Mesfin M, Mekonnen(2011) The Water Footprint Assessment Manual, London, Washington, DC.
3. Jenerettea, G. Darrel, et al.(2006) Linking ecological footprints with ecosystem valuation in the provisioning of urban freshwater, Ecological Economics 59: 38-47.
4. Jia, Shao feng(2002) Regional water resources stress and water resources security appraisalment indicators, Progress in Geography 21(6).
5. Vanham, Davy and Giovanni Bidoglio(2013) A review on the indicator water footprint for the EU28, Ecological Indicators 26: 61-75.
6. Wackernagel, Mathis, et al.(1999) National natural capital accounting with the ecological footprint concept, Ecological Economics 29: 375-390.
7. Zhou, Wenhua(2006) Urban water ecological footprint analysis-a case study in Beijing, China, Acta Scientiae Circumstantiae 26(9).