

GIS의 공간분석을 이용한 배수 블록의 물 수요 예측

구 자 용 · 윤 여 천
(서울시립대학교 환경공학부)

Water Demand Prediction in Water Distribution System using GIS Spatial Analysis

Koo, Ja Yong · Yoon, Yeo Cheon

ABSTRACT

In this study, S water distribution area in Seoul is selected, and total floor area according to building type in study area is calculated by GIS spatial analysis. From the results, study area consists of single-unit housing area(34.4%), apartment complex(25.1%), tenement house(10.9%) and non-residential building (29.4%). So residential area and commercial area is miscellaneous in this area. From the analysis, *lpad* of tenement house is 11.36 ($L/m^2/day$), *lpad* of apartment complex is 8.87 ($L/m^2/day$), *lpad* of single-unit housing area is 13.97 ($L/m^2/day$), *lpad* of non-residential building is 12.52 ($L/m^2/day$). And values of R^2 between water usage and total floor area according to residential types are 0.96, 0.98, 0.85, 0.86, respectively. So, it is known that water usage and total floor area have a high interrelationship each other. In the amount of water usage calculating from *lpad*, water usage of single-unit housing area is larger than other residential type. Additional water usage is $429.98 m^3/h$ and increasing ratio of quantity to total water demand is 8.9% until the end of the 2003 year.

Key Word : *lpcd* (Liter per capita day), Modified *lpad*(Liter per area day), Small water distribution area, Water demand prediction, Residential type, Geographical information system (GIS), Spatial analysis, Coefficient of correlation

1 서론

상수도 보급이 시작 된지 90 년이 지난 현재, 상수도 시설의 신설 및 확장은 꾸준히 진행되고 있다. 그러나 시설확장 및 신설시 용량결정을 위한 장기 물수요 예측방법은 1 인 1 일 평균 물 사용량(*lpcd*: liter per capita day)을 이용한 원단위법에 의해서 결정되는 것이 일반적이며, 현재와 같이 도시의 고밀도 개발과 물 사용량의 지역적 특성이 뚜렷하게 존재하지 않았던 과거에는 큰 문제가 되지 않았다²⁾. 하지만 기존 원단위법에 의한 물수요 예측방법은 도시의 재개발, 도시지역별 다양한 주거, 소비, 생활 패턴의 변화에 따른 물수요 영향요인을 충분히 반영하지 못함으로 써 실제 물 사용량과의 큰 오차를 유발하고 상수도 시설의 용량과 규모 등이 지역에 따라 과소 또는 과대 설계되어, 시설물의 건설 후에도 적정 운전과 합리적인 유지관리가 어렵게 되는 경우가 있다^{2),6)}.

현재 물 수요량의 예측 시에 발생되는 또 하나의 문제는 가정용 계량기에 의해 측정된 물 사용량 자료가 있는 경우에도, 단지 요금 고지를 위한 D/B 관리 수준으로만 사용되어, 물 수요 예측을 위해 별도로 수요가의 물 사용량에 대한 통계적 집계가 이루어지고 있지 않다.

그로 인해 자치구와 행정 동까지의 물 사용량에 대해서만 신뢰 할 수 있을 정도의 통계적 집계가 이루어지고 있으며, 또한 인구 집계의 최소단위도 행정 동까지만 보고 되고 있어,^{1),5)} 실질적으로 지역별 물 사용량 특징을 결정하는 행정 동단위 이하의 소 블록에서의 물 사용량에 대한 산정 및 예측 기법은 방법론적으로 아직 미흡하다.

그러므로, 소 블록내 관망의 수리적 안정성 평가를 위해 모델링을 하거나, 행정 동경계를 기준으로 하지 않는 권역별 개발에 의한 물 수요량을 산정할 때, 또는 특정 소 블록의 집약적인 주거단지 개발과 같은 행정 동 단위 이하의 소 블록에 대한 물 수요산정과 예측 시에는 별도의 방법이 필요하게 된다.

따라서 본 연구에서는 GIS 의 공간분석 기능을 이용하여 행정 동 단위 이하의 소 블록에서의 물 수요 산정 방법을 제시하였다. 또한 연구를 통해 만들어진 새로운 물 수요 산정 방법을 이용하여 신규 물 수요 발생량을 예측하였다.

2 이론적 고찰

2.1 기존 상수도 물 수요 예측 방법

상수도 수요 예측을 위해 많은 방법들이 사용되고 있으며, 이러한 방법들 중 하나의 방법을 선택하는 기준은 분석 방법의 기술적 정밀도, 자료의

수집 가능성 및 수집된 자료의 정확도에 따라 결정된다. 비록 장기 예측 방법의 정확도가 떨어진다고 해도, 예측 기법은 인구, 공업 생산품, 기후 상태, 가격 변동, 수자원 보전 방법 등의 변화에 따른 영향을 평가하는데 많은 도움을 줄 수 있다⁴⁾. 이제까지 이용되어 온 종래의 물 수요 예측법에 대하여 추계방법에 따라 그 개요를 간단히 설명하면 다음과 같다¹¹⁾.

(1) 원단위법 (Per capita and other unit use coefficient approaches)

원단위법은 용도별(가정용수, 영업용수, 공업용수등)로 단위수량을 정하고 인구 및 기타 단위를 곱해서 수요 예측을 하는 방법이다. 일반적으로, 가정 용수는 1 인당 사용량에다 인구 또는 가구를 곱하고, 영업용수는 단위 면적 또는 종사자에 원단위 곱하여 산정하고있다. 대도시의 상수도 시스템에서는 종종 물 사용량 예측을 주거 지역, 상업지역, 공업지역 및 공공용으로 분류하여 계산한 단위 물 사용 지수를 이용하여 계산하기도 한다.

이 방법을 적용할 경우 장래 물 수요 예측은 대상지역의 장래 토지 이용 계획에 근거하여 계산하게 된다. 이러한 토지 이용 형태에 따른 물 수요량 예측은 토지 이용 계획이 엄격히 관리되고, 포괄적인 토지 이용 계획이 수립되어 있는 안정적인 공업

도시에서의 물 수요 예측 시 정확도가 높다고 할 수 있다.

(2) 최종 소비 모델 (End-Use Models)

최종 소비 모델은 사용목적별 분석 방법이라고도 하는데, 가정용수의 경우 세탁기, 화장실 용수 등과 같이 사용 목적별 분석에 의하는 방법으로, 물 사용형태에 주목하여 용수 수요를 구성하는 사용목적 또는 최종소비별로 장래 수요량을 예측하는 방법이다. 이 방법은 생활 형태를 충분히 반영한다는 이점이 있기 때문에 용수 수요 추정에 많이 사용되는 기법이다.

(3) 외삽법 (Extrapolation)

외삽법은 미래의 물소비가 과거와 유사한 패턴으로 이루어질 것이라는 가정에서 과거의 용수소비추세를 미래에 그대로 연장하는 방법이다. 이 방법에는 단순시계열모형, 지수평활법, ARIMA 모형 등의 기법이 있다. 이러한 방법은 미래가 과거와 본질적으로 유사하다면 합리적으로 정확한 예측을 할 수 있을 것이다. 그러나 미래의 수요는 반드시 과거와는 같지 않기 때문에 장기예측에는 적합한 방법이 아니지만, 시계열의 경향을 가지는 단기예측에는 유용한 방법이 될 수 있다. 우리나라 생활용수 수요예측에서는 1 일 1 인당 급수량 및 보급률을 산정할 때는 이 외삽법을 사용하고 있다.

(4) 요인별/구조적 모형 (Causal/Structural Models)

용수 사용량에 크게 영향을 미치는 요인으로는 용수 요금, 에너지 가격, 소득수준, 강수량, 기온과 같은 지역별 기후변화 등이 있는데, 이러한 요인을 고려한 수요예측모형이 요인별/구조적 모형이다. 이 방법은 주로 다중회귀 모델을 이용하는데, 용수 수요 변동을 면밀히 분석하여 용수 수요에 영향을 미치는 요인을 찾아내는 분석적 방법이 방법론상에 있어서 설득력이 있기 때문에 선진국에서 많이 이용되고 있다. 그러나 일반적으로 분석적 방법의 결과가 외삽법에 의한 결과에 비해 용수 수요 추정량이 적은 것으로 알려져 있다.

2.2 기존 원단위법의 문제점 및 개선 방안

기존의 물 사용량과 인구에 대한 통계적 집계와 보고가 자치구, 행정 동 단위까지만 이루어지고 있어 상수도 시설의 계획 시 사용되어 왔던 *lpcd*의 경우 자치구, 행정 동 단위까지만 적용이 가능하였다. 만약 그 이하의 지역에 대한 *lpcd*를 적용할 경우 실제 사용량에 대한 예측된 값이 정확하지 않게 된다. 또한 주거형태가 혼재 되어 있는 도시지역의 경우 *lpcd*에 의해 예측된 값은 더욱 부정확하게 된다. 즉 대부분의 *lpcd*가 인구수에 대한 물 사용량

과의 관계로부터 도출되기 때문에, 대도시지역의 경제적, 산업적 특성을 정확히 반영 할 수 없게 된다²⁾.

도시전체에 대한 *lpcd*의 적용은 어느 정도 물 수요량 변동을 설명 할 수 있으나, 더 세밀한 지역에 대한 물 수요 예측 시에는 오차가 발생하게 된다. Fig.1은 종로구와 중구의 평균 *lpcd*와 서울시의 평균 *lpcd*를 실제 물 사용량과 비교 해본 결과이다²⁾.

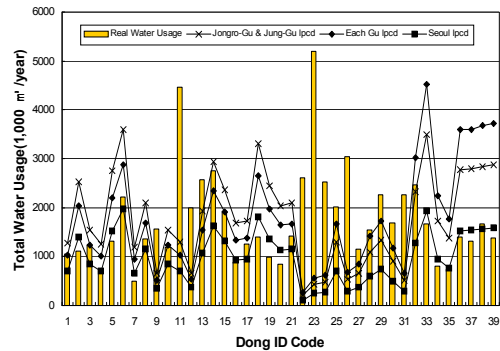


Fig. 1 Comparison between average *lpcd* and measured water usage in Seoul & Gu

Fig.1에서 알 수 있듯이 *lpcd* 값이 실제 물수요량을 정확히 설명하지 못하는 것을 알 수 있다. 이렇게 기존의 *lpcd*법에 의해 산정한 값이 실제 물 수요량과 오차를 발생하는 이유는 유동 인구에 의해 소비되는 영업용수가 거주 인구에 의해 평가, 추정되기 때문이다.

이러한 *lpcd*의 문제점을 보완하기 위해 여러 가지 방법들이 제시되었으며, 그중 한 방법이 *lpad*를 이용한 방법이다. 기존에 사용하고 있는 *lpad*법은 물수요량 산정 시 단위 연 면적당 1 일

평균(최대) 물 사용량에 대상지역의 총 연면적을 곱하여 산정 하게 된다.

그러나 총 연면적에 단일 $lpad$ 를 적용하기 때문에 건축물 용도에 따른 물 사용량을 설명하는데 한계가 있게 된다. 따라서 주거형태에 따른 물수요 변동을 적절히 설명 할 수 있도록 건축물을 주거 형태로 구분하여 $lpad$ 를 산정 할 경우 이러한 문제들을 극복 할 수 있게 된다³⁾.

(1) 광역-단일 원단위 모델

$$\text{Water demand} = (lpad_t) \times T_t \quad (1)$$

(2) 용도별-지역별-이원 원단위 모델

$$\text{Water demand} = lpcd \times P_r + lpad \times A_c \quad (2)$$

(3) 주거 형태별 다원 원단위 모델 (수정 $lpad$ 모델)

$$\text{Water demand} = lpad_s \times A_s + lpad_t \times A_t + lpad_a \times A_a + lpad_n \times A_n \quad (3)$$

where,

$lpad_t$: 총 건축물의 연면적당 1 일 급수량,

T_t : 총 건축물의 연면적,

P_r : 거주인구,

A_c : 영업용 연상면적,

$lpad_s$: 단독주택의 단위 연면적당 1 일 물사용량,

$lpad_t$: 연립주택의 단위 연면적당 1 일 물 사용량,

$lpad_a$: 아파트의 단위 연면적당 1 일 물 사용량,

$lpad_n$: 비주거용 건물의 단위 연면적당 1 일 물 사용량,

A_s : 대상지역의 단독주택 총 연면적,

A_t : 대상지역의 연립주택 총 연면적,

A_a : 대상지역의 아파트 총 연면적,

A_n : 대상지역의 비주거용 건물 총 연면적,

본 연구에서는 GIS 를 이용하여 수치지도상의 건축물들의 공간적 분포를 분석자의 사용목적에 따라, 구획 또는 합산하여 대상지역 건축물의 총 연면적을 구하고, 이것에 단위 연 면적당 1 일 평균(최대) 물 사용량 (이하 수정 $lpad$)을 곱하여 물 수요량을 산정 하는 방식을 적용하였다. 이 방법을 사용할 경우 대상지역의 권역별 개발계획 수립 시 개발형태에 따른 물 수요량 예측이 용이 하게 된다. 즉 어느 지역이 개발될 때에 개발 계획에 따라서 주거지역, 아파트단지, 공업지역 등으로 구분되며, 이러한 권역별 개발계획 시 세분화된 수정 $lpad$ 에 의해서 정확한 물 수요를 예측 할 수 있게 된다.

3 연구 방법

3.1 연구대상지역 선정

본 연구를 수행하기 위해서 2 개 구에 물을 공급하는 서울시내의 S 배수 블록을 선정하였다. S 배수블록은 S 배수지로부터 물을 공급 받으며, 전 체 배수 블록의 면적은 16.6 km^2 이다. 총 급수인구는 27 만 명이며, 단독주택 과 아파트 및 공업 단지 등이 혼재 되어

있다. 대상 배수 블록내 관련 동들의 공간적 분포는 Fig. 2 와 같다.

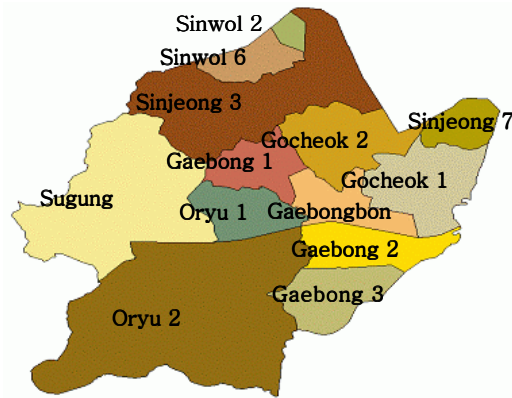


Fig. 2 Administrative dong in water distribution block

본 연구가 수행된 배수구역의 몇 개 동은 행정 동 경계와 배수블록 경계가 정확히 일치하지 않는다. 즉, 신월 2 동의 경우 전체 대상 동 면적중 연구대상 지역의 면적은 22.4% 인 0.105 km^2 이며, 신정 3 동은 98%인 1.76 km^2 , 신정 7 동은 39%로써 0.68 km^2 가 대상 배수지로부터 물을 공급 받고 있고, 나머지 동들은 동경계와 배수구역의 경계가 일치한다.

Fig. 3 은 대상 배수 블록을 배수관망도 및 공급계통을 참조하여 49 개의 소 배수 블록으로 분획한 것을 나타낸다. 또한 대상 배수구역내의 주거 형태를 4 가지로 분류하여 각각의 주거 형태에 따른 총 연면적을 계산해보면 Table 1 과 같다.

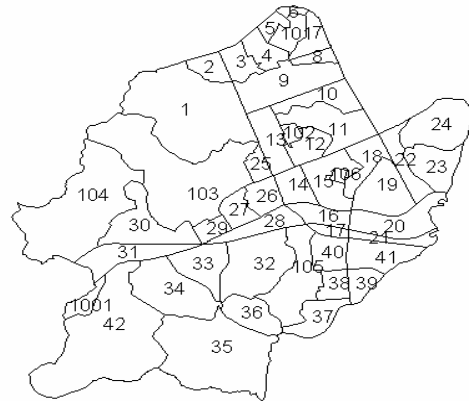


Fig. 3 Spatial location of 44th small water distribution block in study area

Table 1 The occupation ratio according to residential type in study area

Residential type	Floor area (m^2)	Ratio (%)
Single-unit house	3,291,236	34.5
Apartment complex	2,391,426	25.1
Tenement house	1,042,671	10.9
Non-residential	2,804,455	29.4
Total floor area	9,529,788	100.0

Table.1 에서 알 수 있듯이 대상연구지역내 건축물들의 총 연면적은 $9,529,788 \text{ km}^2$ 로 조사되었으며, 건축물중 단독주택이 34.4%로써 가장 많은 점유율을 차지하는 것으로 조사되었다. 가장 작은 점유율을 차지하는 것은 연립주택으로써 10.9%를 나타내고 있다.

3.2 GIS를 이용한 수정 *lpad* 산정 방법

GIS를 이용하여 *lpad*를 산정하는 방법상의 절차는 크게 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째 작업은 대상지역을 소 배수블록으로 분획하고, 각 소 블록내 건축물을 주거형태에 따라서 단독주택, 연립주택, 아파트, 비주거용건물(상·공업용 건물, 공공건물)로 분류하여 각 건물들의 건축면적을 계산하고, 계산된 건축면적으로부터 건물의 평균 층수를 곱하여 총 연면적을 계산한다. 두 번째 작업은 대상지역에 대한 일 최대 물 사용량을 산정하는 것이다.

우선 CAD file로부터 필요한 행정동을 추출하여 GIS의 폐합형(polygon) 생성 및 면적계산 기능을 이용하여 대상지역의 주거형태에 따라서 건축면적을 생성하였다^{11),12)}. 연구에 사용된 CAD 파일은 1:5000의 축척을 갖는 수치지도로써, 대상지역은 7개의 도엽으로 구성되어 있다. 수치지도로부터 국가표준지형코드를 참조하여 필요한 대상 건축물들 추출하여, 용도에 따라 별도의 주제도를 작성하였다.

새로이 작성된 수치지도는, 그 내용에 따라서, 행정 동경계도, 도로망도, 등고선도, 건축물도(단독주택, 연립 및 다세대주택, 아파트, 상·공업용 건물과 공공건물)등으로 분류하였다.

또한 행정 동경계로부터 대상 배수블록내의 배수 관망의 분기점 위치에 따라서 배수 관망도를 구성하고, 각 분

기점 또는 관망에서 공급 가능한 지역을 도로망도와 서울시에서 작성한 대상 급수구역의 소 블록도를 참조하여 49개의 소 블록으로 구획하였다. 이 과정을 흐름도로 설명하면 다음과 같다.

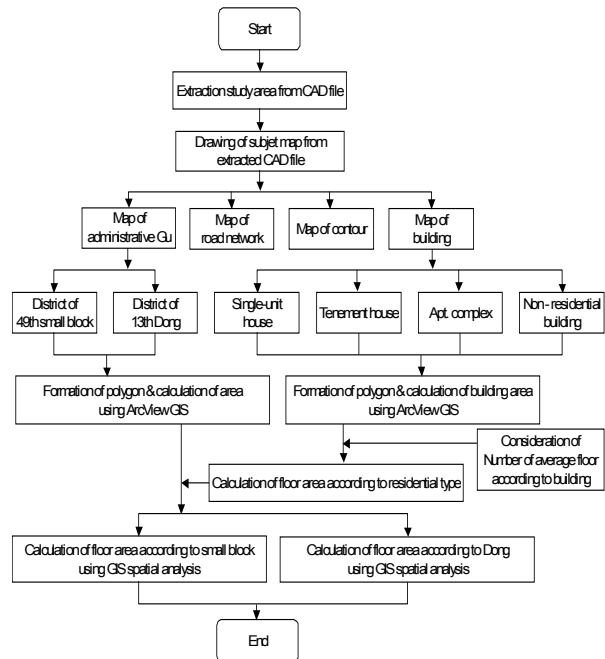


Fig. 4 Calculation Proceeding of floor area

현재 수용가 쪽에서 소비한 물에 대한 집계는 두 달에 한번씩 계량기 검침을 통해 산정되고 있다. 따라서 본 연구를 수행하기 위해서는 수요자의 실측자료는 두 달에 한번씩 고지되는 요금 고지서상의 물 사용량을 월 대비 배수지 유출량 비로 배분하여 연구 대상 월의 물 사용량을 산출하였다.

물 사용형태를 동별 주거형태별(단독, 연립, 아파트, 비주거용 건물)로 나누어 구하였다. 단독주택의 경우 대상지역의 동별 단독주택의 물 사용량으로부터 산출하였으며, 아파트의 경우 대상연구지역내의 5층 이상 건물로써, 아파트

로써의 구성요건에 맞는 건물에 대해서 단지 내의 주 계량기에서 측정한 자료를 이용하여 산정하였다. 연립주택은 대상지역내의 공동주택[아파트+연립주택(다세대주택포함)]의 물 사용량에서 아파트의 물 사용량을 공제하여 연립주택의 물 사용량을 산정하였다. 비주거용 건물의 물 사용량은 대상연구지역내의 상업용, 업무용, 욕탕용 등을 합산하여 산정하였다.

$$\text{Total water demand} \\ = W_s + W_t + W_a + W_n \quad (4)$$

$$W_t = W_h - W_a \quad (5)$$

$$W_n = W_i + W_o + W_b \quad (6)$$

Where,

W_s : 단독주택 사용수량,

W_t : 연립주택 사용수량,

W_a : 아파트 사용수량,

W_n : 비주거용 건물 사용수량,

W_h : 공동주택 사용수량,

W_a : 아파트 사용수량,

W_i : 상·공업 용수량,

W_o : 업무용수량,

W_b : 욕탕용수량

앞에서 구한 자료들은 월 합계이기 때문에 한달의 일수로 나눌 경우, 일 평균 물 사용량이 구해지며, 이렇게 구한 일평균 물 사용량에 배수지의 침투계수를 곱하여 주거형태별 일 최대 물 사용량을 산정하였다.

앞에서 주거형태에 따라 구한 일 최대 물 사용량은 동별을 기준으로

구한 것으로서, 동별로 구한 값을 소 배수블록별로 배분하기 위해, 실제 물 수요를 발생하는 각 건물들의 총 연면적을 각 소 배수블록별로 총합 하였다. 이렇게 총합된 소 블록들의 각 건물의 총 연면적을 행정 동을 기준으로 산정된 각 건물들의 총 연면적으로 나누어, 각 소 블록이 행정 동내에서 차지하는 점유율을 계산하였다. 그 후 이렇게 계산된 비율에 의해 물 수요가 비례한다는 가정에 따라서 동별 일 최대 물 사용량을 각 소 배수블록에 분배하여 각 배수블록별로 합산 하였다.

4 연구결과 및 고찰

4.1 대상지역의 용도별 $lpcd$

Fi.5 와 Fig.6 에 대상지역의 동별 사업체 종사자수와 동별 주거인구에 대해서 일 최대 물 사용량과의 관계로부터 $lpcd$ 를 산정해 보았다.

상업용수를 나타내는 사업체 종사자수의 경우 상관계수가 0.61 이었고, 생활용수를 나타내는 거주 인구수에 대한 일 최대 물 사용량의 상관계수는 0.69 으로 나타났다. 이것은 인구로 표현되는 $lpcd$ 로는 대상지역의 물 수요를 정확히 표현하는 데 한계가 있음을 의미한다.

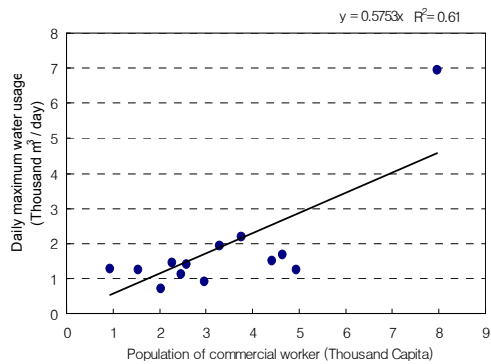


Fig. 5 Variation of daily maximum water usage according to population of commercial worker

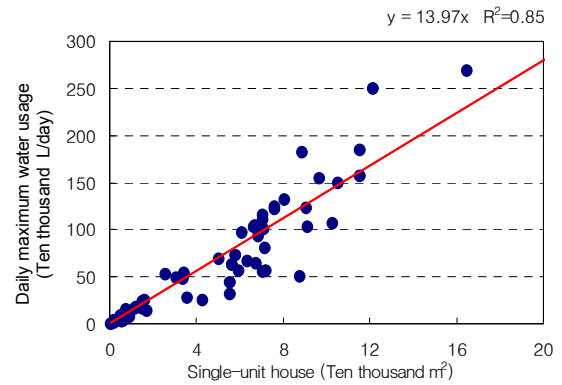


Fig. 7 Relationship between single-unit house and daily maximum water usage

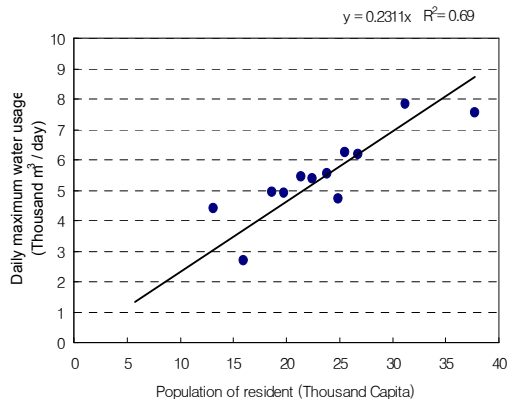


Fig. 6 Variation of daily maximum water usage according to population of resident

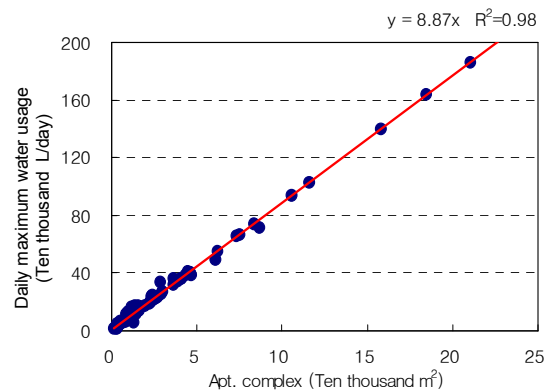


Fig. 8. Relationship between Apt. complex and daily maximum water usage

4.2 대상지역의 주거형태별 수정 *lpad*

대상지역내에 존재하는 건축물들을 종류별로 분류하여 각 건축물들의 총 연면적에 대한 일 최대 물 사용량과의 관계로부터 *lpad*를 산정해 보았고 그 결과를 Fig.7~8에 도식하였다. 또한 Table.2는 각 동별별 주거형태에 따른 *lpad*를 나타내었다.

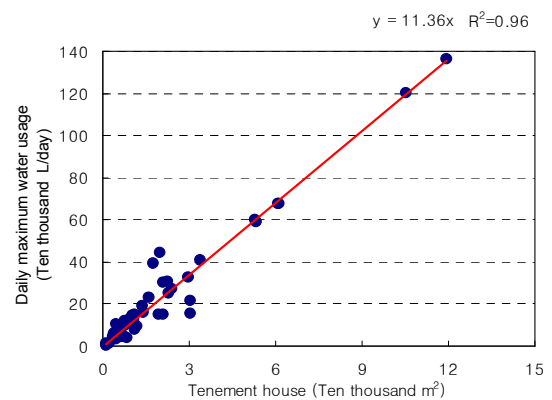


Fig. 9 Relationship between tenement house and daily maximum water usage

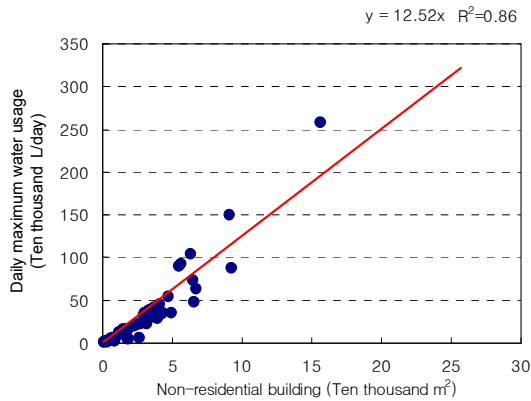


Fig. 10 Relationship between Non-residential building and daily maximum water usage

Table 2 *lpad* according to residential type in dong

Residential type Dong	Single - unit house (L/m ² day)	Tenement house (L/m ² day)	Non-residential house (L/m ² day)	Apt. complex <i>lpad</i> (L/m ² day)	Average <i>lpad</i> (L/m ² day)
Gaebong 1	15.56	12.19	8.90	8.43	11.27
Gaebong 2	9.52	22.58	8.23	9.47	12.45
Gaebong 3	13.58	14.62	11.58	11.36	12.78
Gaebongbon	20.58	8.03	7.35	8.59	11.14
Gocheok 1	14.11	14.11	16.53	9.12	13.47
Gocheok 2	15.99	13.59	8.39	8.98	11.74
Sugung	5.70	11.43	2.97	0	6.70
Sinwol 2	15.51	11.10	8.97	10.04	11.41
Sinwol 6	10.44	5.21	11.43	9.13	9.05
Sinjeong 3	16.30	7.24	11.35	9.22	11.03
Sinjeong 7	12.55	4.67	3.52	8.87	7.40
Oryu 1	11.21	15.72	9.52	9.13	11.40
Oryu 2	7.86	11.12	2.45	14.66	9.02

앞의 Fig. 7~10 에서 알 수 있듯이 연립주택의 경우 *lpad* 는 11.36 (L/m² day)이고 R² 는 0.96 으로 조사되었으며, 아파트는 8.87 (L/m² day) R² 0.98, 단독주택은 13.97 (L/m² day) R² 0.85, 비주거용 건물은 12.52 (L/m² day) R² 0.86 으로 나타났다. 결과로부터 알 수 있듯이 4 가지의 주거 형태로 분류하여 물 사용량 과 비교 분석해본 결과 연면적과 물 사용량과는 높은 상관성이 있는 것으로

조사되었다. 또한 앞의 인구와 물 사용량의 관계로 부터 도출된 *lpcd* 의 경우 대상지역의 물 수요변동을 R² 값 0.61, 0.69 수준 에서 설명한 것에 비해 연면적을 이용한 *lpad* 의 경우 0.85 이상의 상관성을 가지고 물수요 변 동을 설명하고 있다. 따라서 본 연구 에서 사용한 방법이 좀더 정확한 대상 지역의 물수요 변동을 설명한다고 말 할 수 있다. Table 3 은 앞의 결과를 정리한 것이다.

Table 3 Comparison between *lpad* and *lpcd* according to residential type

Residential type	<i>lpad</i>	R ² value of <i>lpad</i>	R ² value of <i>lpcd</i>
Single-unit house	13.97	0.85	0.69
Tenement house	11.36	0.96	
Apt. complex	8.87	0.98	
Non-residential building	12.52	0.86	0.61

Fig.11 은 수정 *lpad* 와 *lpcd* 를 이용해 산정한 물 사용량과 실제 물 사용량을 비교해 보았다.

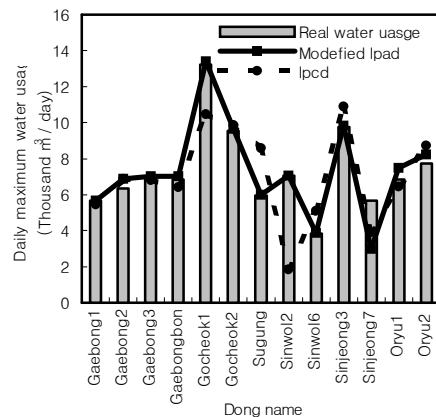


Fig. 11 Comparison between Modified *lpad*, *lpcd* and measured water usage in study area

그 결과 수정 $lpad$ 는 실제 물 사용량에 대해서 절대 표준 오차 5%에서 실제 물 사용량을 적절히 묘사하고 있으나, $lpcd$ 의 경우 실제 물 사용량에 대해 19%의 절대 표준 오차를 갖는 것으로 나타나, 수정 $lpad$ 가 더 잘 실제 물 사용량을 묘사하는 것으로 평가 되었다.

4.3 대상지역의 신축 아파트 단지에 의한 수정 $lpad$ 증가분 산정

대상지역의 경우 2003 년 말까지 약 8200 세대분의 아파트가 새로이 신축 될 계획이다. 이 경우 새로운 입주로 인해 신규 물 수요가 발생되게 되며, 신규 발생된 물 수요에 대한 예측이 필요하게 된다.

본 연구에서 신축되는 아파트에 대한 정보는 부동산 관련 회사나 건설회사 및 1:5000 서울시 정밀지도의 자료를 이용하였다. Table 4 는 신축되는 아파트에 대한 일반적인 정보를 나타내고 있다.

Table 4 Information of a new-built Apt. complex

B/L	Apt. complex	Dong	No. of House-holds	Total floor area (m ²)
10	Sinteuri 3	Sinjeong 3	537	58695.87
1	Sinjeong	Sinjeong 3	430	42271.95
1	Hyundai 6	Sinjeong 3	703	107157.17
1	pureun 1	Sinjeong 3	500	32670.66
1	Pureun 2	Sinjeong 3	470	36817.32
1	Pureun 3	Sinjeong 3	440	41769.39
9	Taeyeong	Sinjeong 3	162	17483.22
27	Hansin	Oryu 1	299	32758.2
24	Samsung	Sinjeong 7	253	23392.86
33	Yeongpung	Oryu 2	627	70954.85
41	Family 1	Gaebong 2	2412	298193.6
41	Family	Gaebong 2	964	115362.62
20	Samhwan	Gaebongbon	173	16800.77
20	Hanmaeum 2	Gocheok 1	886	100157.62

신규 발생되는 물 수요의 경우 앞의 Fig.8 에서 기존의 아파트 단지들의 총 연면적과 일일 최대 물 사용량과의 관계식으로부터 신축 아파트 단지의 연면적을 입력하여 산정하였다.

즉,

Maximum daily water demand in Apt. complex [ℓ /day]

$$= 8.8689 [\ell/m^2 \text{ day}] \times \text{Total floor area of Apt. complex } [m^2] \quad (7)$$

식 7 의 기존 아파트 단지들의 물 사용량과 총 연면적과의 관계는 R^2 0.98 수준으로, 매우 높은 상관성을 보여주고 있어, 식 7 을 통해 신축되는 아파트 단지에 의해 유발되는 신규 물 수요량을 정확히 산정 할 수 있을 것으로 사료된다.

식 7 을 이용하여 각 아파트별 신규 발생되는 물 수요량을 산정한 값이 Table 5 에 나타나 있다. Table 5 에서 신축되는 아파트 중 개봉 2 동에 신설되는 아파트 단지가 가장 많은 신규 물 수요를 유발하는 것으로 계산되었으며, 그 양은 $100.19 \text{ m}^3/\text{h}$ 이다.

Table 5 A new-built Apt. complex and increased water usage

B/L	Apt. complex	Dong	Increased flow (m ³ /h)
10	Sintouri 3	Sinjeong 3	21.69
1	Sinjeong	Sinjeong 3	15.57
1	Hyundai 6	Sinjeong 3	39.47
1	pureun 1	Sinjeong 3	12.03
1	Pureun 2	Sinjeong 3	13.56
1	Pureun 3	Sinjeong 3	15.39
9	Taeyeong	Sinjeong 3	6.46
27	Hansin	Oryu 1	12.11
24	Samsung	Sinjeong 7	8.64
33	Yeongpung	Oryu 2	26.22
41	Family 1	Gaebong 2	110.19
41	Family	Gaebong 2	42.63
20	Samhwan	Gaebongbon	6.21
20	Hanmaeum 2	Gocheok 1	37.01

대상지역내에 2003 년 아파트의 신축에 의해 증가되는 물 수요량은 429.98 m³/h 로써 전체 물 수요량에 대해서 8.9%의 증가를 유발하게 된다.

5 결론

본 연구에서는 상수도 시설의 확장 및 신설의 경우에, 용량결정을 위한 물 수요 예측 방법으로 GIS 의 공간 분석 기능을 이용한 주거형태별 물 사용량을 반영한 수정 *lpad* 를 사용 하여, 연구 대상지역내에 신축되는 건물에 의해 발생되는 신규 물 수요량을 예측하였다.

(1) GIS 의 공간 분석기능을 이용하여 대상 연구지역내 건축물들의 총 연면적을 계산해본 결과, 건축물중 단독주택이 3.3 km² (34.4%), 아파트 단지 2.3 km² (25.1%), 연립주택 1.0 km² (10.9%), 비주거용 건물 2.8 km² (29.4%)로 나타

나, 주거지역과 상업지역이 혼재 되어 있는 지역으로 조사되었다.

(2) 인구와 물 사용량의 관계로부터 도출 된 *lpcd* 의 경우 대상지역의 물 수요변동을 R² 값 0.61, 0.69 수준 에서 설명한 것에 비하여 주거형태를 단독주택, 연립주택, 아파트, 비주거 용 건물로 분류하여 *lpad* 를 산정 해본 결과, 연립주택의 경우 *lpad* 는 11.36 (L/m² day)이고 R² 는 0.96 으로 조사되었으며, 아파트는 8.87 (L/m² day) R² 0.98, 단독주택은 13.97 (L/m² day) R² 0.85, 비주거용 건물은 12.52 (L/m² day) R² 0.86 으로 나타났고, 이 결과로부터 주거형태에 따른 연면적과 물 사용량과는 높은 상관성이 있음을 알 수 있었다.

(3) 수정 *lpad* 와 기존의 *lpcd* 를 이용하여 산정한 물 사용량과 실제 물 사용량을 비교해본 결과 수정 *lpad* 는 실제 물 사용량에 대해서 절대 표준 오차 5%에서 실제 물 사용량을 묘사 하였으며, *lpcd* 의 경우 19%의 절대 표준 오차를 갖는 것으로 나타나, 수정 *lpad* 가 실제 물 사용량을 더 잘 묘사하는 것으로 평가되었다.

(4) 대상지역의 경우 2003 년 말까지 약 8200 세대분의 아파트가 새로이 신축될 계획이며, 이로 인해 신규로 발생되는 물수요량을 앞에서 산정한 수정 *lpad* 를 이용하여 예측한 결과, 아파트의 신축에 의해 증가되는 물 수요량은 429.98 m³/h 로써 전체 물

수요량에 대해서 8.9%의 증가를 유발하는 것으로 평가되었다.

<참고문헌>

1. 환경부, 1987, 상수도시설기준.
2. 최재호, 2000, “상수도시스템의 시설 계획과 운영의 최적화”, 서울시립 대학교 박사학위논문.
3. 주충남, 2001, “배수관리를 위한 단기 물수요 예측모델의 개발과 적용”, 서울시립대학교 박사학위논문.
4. 건설교통부, 2000, “수자원 장기 종합 계획”, pp. 123 ~ 125.
5. 한국토지공사, 2000, “주택단지내 상수·오수발생량 원단위 산정 및 하수처리시설 소요 비용 연구”, pp. 18 ~ 25.
6. 최재호, 구자용, 유명진, 1999, “도시의 재개발 계획에 따른 장기 물 수요 예측과 수리학적 검증에 관한 연구”, 대한환경공학회, 제 21 권, 제 9 호, pp. 1783 ~ 1796.
7. 건설교통부, 2000, “2000 년 GIS 세미나”.
8. 심순보, 김주훈, 고덕구, 1996, “GIS 를 이용한 수도관망해석”, 충북대 건설 기술 논문집, 제 15 권, 제 2 호, pp. 189 ~ 198.
9. 국토연구원, 1999, “전문가 시스템을 활용한 상·하수관 유지관리 시스템 구축 방안”, pp. 25 ~ 28.
10. 김계현, 1998, “GIS 개론”, 대영사, pp. 175 ~ 218.
11. Billings, R. B., 1996, “Forecasting urban water demand”, AWWA, pp. 6 ~ 11.
12. ESRI, 1998, “Introduction to ArcView GIS”, ESRI press, Redlands, CA, U.S.A.
13. Tim, O., Jonell A., 1999, “Extending ArcView GIS”, ESRI press, Redlands, CA, U.S.A.