

# 생활용수 회귀수량 산정방법의 개선연구



**정충길** ●●●  
건국대학교 사회환경시스템공학과 박사과정  
wjid0823@konkuk.ac.kr



**김성준** ●●●  
건국대학교 사회환경시스템공학과 교수  
kimsj@konkuk.ac.kr

## 1. 서론

최근까지 우리나라에서 물은 무한정 공급 할 수 있는 천혜의 자원으로 인식되었고, 1970년 이후 경제개발로 인한 생활수준의 향상은 용수 수요량을 급격히 증가시켰으며, 이에 대한 수요를 충족시키기 위하여 대규모 댐을 개발하였다. 그러나 수요량은 지속적으로 증가하는데 더 이상의 대규모 댐 개발의 한계성 때문에 우리나라는 국가적으로 물 부족 위기에 처해있다. 물 부족 문제는 절대적인 공급원의 부족뿐만 아니라 수자원관리체계의 문제이기도하며, 우리나라에만 국한된 문제는 아니고 전 세계적인 문제이기도 하다. 미국 등 선진외국에서는 더 이상 수자원을 무한재로 인식하

지 않고 유한재로 인식하여 과거 공급위주 정책을 지양하고 물 수요관리측면에 중점을 두고 있으며, 우리나라 역시 최근 물 공급측면에 대한 정책뿐만 아니라 물 수요관리측면에 대한 정책을 병행하고 있다(유병로 등, 2006).

물 수요관리측면에 대한 정책을 수립하기 위해서는 현재 또는 장래에 대한 용수수급의 정확한 이해를 필요로 한다. 우리나라는 장기적인 수자원 개발계획수립과 용수수급에 대한 이해 및 예측을 위하여 물수지 분석을 이용하고 있으며, 이에 대한 분석방법 및 물수지 모형 또한 크게 발전하였다. 물수지 분석을 위해서는 수요량 및 공급량뿐만 아니라 여러 산정요소를 필요로 하는데, 그 중 회귀수량은 물이 이용되고 다시 하천으로 회귀되어 다시 이용될 가능성이 있는 수량으로 정의되며, 용수수급 및 용수절약 측면에서 회귀수량은 중요한 요소라 할 수 있다. 그러나 회귀율은 과거 이용되었던 수치가 관행처럼 이용되고 있는 실정이다. 그러한 수치는 순물소모량(물소모량)에 기초한 회귀율로서 개념적인 이론을 기반으로 도출된 결과이다. 또한 그 결과는 1970년대 말의 사회적 여건 및 경제적 상황이 반영된 결과로서, 현재의 사회적 여건 및 경제적 상황이 과거의 상황과 상이하므로 현재 상황에 적용되기가 곤란하다. 즉, 용수 이용량뿐만 아니라 생활양식 및 제품제조방식 등이 과거의 그것에 비하여 크게 변동하

여, 현 실정에 맞는 회귀율 실측조사는 절실한 실정이나 최근에서야 몇몇 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구 또한 국부적인 지역에 한정되어 전체 유역을 대표할 수 없으며, 시간적으로 수년에 걸친 지속적인 연구가 수행되지 못한 관계로 그 신뢰도가 부족하다(한국수자원공사, 2010).

회귀수량 조사는 유역조사 사업 이래, 10년간 생·공용수를 중심으로 미시적, 거시적으로 조사를 시행하였으나, 측정자료의 신뢰도, 조사방법 및 지점선정 등의 문제로 인하여 조사성과의 활용성이 매우 낮은 실정이다. 하천설계기준, 수자원장기종합계획(국토해양부, 2011) 등 수자원관련 계획수립시 생·공용수의 회귀율을 65%로 적용하고 있으나, 우리나라 실정에 맞는 회귀율 산정은 반드시 필요하게 된다. 기존 회귀수량 산정 연구에 한계를 보완하고 유역조사 시행을 위한 개선된 회귀수량을 산정하고자 한다.

## 2. 회귀수량의 특성분석 및 개선방향

### 2.1 회귀수량의 특성분석

생활용수 회귀수량은 가정에서 사용하는 가정용수와 일상생활에 사용되는 용수로 정의된다. 생활용수 회귀수량은 생활용수로 공급된 용수 중에서 이용된 후 방류되어 하천으로 유입되어 다시 이용될 가능성이 있는 용수로 정의된다. 기존 연구결과를 보면 생활 및 공업용수 지역사회의 구성원, 생활수준 등 생활양식에 의하여 크게 영향을 받으며 임의의 지점에서의 회귀율이 전체유역에 대한 보편적인 회귀율로 대표되지 않음을 나타냈다. 또한, 하수 보급률이 높고 하수 계통이 잘 구축된 도시일수록 회귀율이 100%가 넘게 산정된다. 이는, 평소 하수관거 보급률이 높은데다 비가 오는 날 우수로 인한 침입수가 합류식 관망으로 유입되어 나타나는 현상으로 도시면적이 넓고 하수관거 공

사 및 보급률이 높은 도시에서 자주 나타난다. 반면 상대적으로 보급률에 비해 회귀율이 낮게 산정되는 지역에서는 하수관거의 부식 또는 노후로 인한 누수율 증가로 근접한 지역이라고 해도 서로 다른 회귀율이 나타나는 특성이 있다. 따라서, 기존 연구결과들을 종합하여 회귀수량 특성을 분석한 후 제한적인 특성들을 고려하여야 한다. 또한, 시험지구 선정 절차는 전국에서 지역으로 지역에서 표본조사지점으로 상세화 과정에 따라 거시적, 미시적 분석이 이루어져야 한다.

### 2.2 기존연구의 한계

기존 연구에서 산정된 생활용수 회귀율 결과들은 지역별로 매우 큰 차이를 나타내고 있으며, 특히 거시적 조사방법에 의한 회귀율은 100% 이상으로 산정되는 지역이 나타나고 있다. 이는 여러 가지 원인이 존재할 수 있으나, 대표적으로 우수에 의한 영향으로 추정하고 있다. 또한, 비교적 높은 회귀율은 불명수의 유입, 파악되지 않은 지하수 이용 및 하수관망에 의한 것으로 추정하고 있다.

가장 최근의 연구로 생활 및 공업용수 회귀수량은 미시적, 거시적 분석방법을 적용하였다. 미시적 분석방법은 실측된 하수배출량이 하천으로 유입되는 도중에 유입/침투수 없이 그대로 유입된다는 가정 하에 아파트 단지 또는 주택단지 한 블록 등 균일한 소규모 주거단지를 기준으로 회귀율을 산정하는 방법으로 실측에 의한 직접적인 생활용수 회귀율 조사방법이다. 거시적 분석방법은 시군단위 이상으로 조사기준을 세우고 회귀율을 산정하는 방법으로 표본지구 전체에 대한 관할 하수처리장을 중심으로 용수공급 및 하수배출량을 조사하여 용수회귀율을 분석하는 방법이다. 이러한 추정방법은 엄밀한 의미에서 자유입지업체 용수량이 포함되므로 도시용수 회귀율에 해당된다. 또한 직접적인 실측이 곤란하여, 자료를 수집하여 추정되는 값이므로 간접추정에 의한 회귀율방법에 해

당되며, 불명수의 유입 등으로 인한 오차가 발생할 우려가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해서는 불명수 유입에 대한 고려와 검증이 필요하게 된다.

기존 분석방법에 한계는 다음과 같다.

- 거시적 분석방법을 통한 회귀율 산정 후 미시적 분석방법이 적용되어야 한다.
  - 산정된 표본지구가 조사대상 전체에 대한 대표성을 가질 수 없는 단점이 있다.
- 거시적 분석방법에 세부적인 시험지구 적용단위가 넓다.
  - 기존 연구는 대규모 도시 전체에서의 시도단위에 분석을 실시하여 회귀수량을 산정하였지만 상수도 및 하수도시설은 구 또는 동 수준의 거시적 분석방법이 요구된다.
  - 대규모 도시에서의 세부적인 시험지구의 상수도 및 하수도 처리경로 및 계통도 흐름의 명확한 작성 및 회귀율 산정이 필요하다.
- 거시적 분석방법에 정확성이 부족하다.
  - 기존 분석결과와 거시적 분석방법은 평균 90% 이상의 회귀율이 보이고 있다. 기존 회귀율은 시 전체의 총 용수이용량/하수량의 비율로 강우유입량이 고려되지 않았다. 하수처리량의 유입량은 우수 및 오수 또는 연계처리장으로부터의 유입량이 포함된 처리량으로 용수공급에 따른 순 회귀율 산정의 정확성이 부족하다. 따라서, 우수 및 오수 또는 연계처리량이 포함되어 산정된 최종 회귀율은 수치가 90%이상 나타나며 100%가 넘는 경우가 나타난다.
- 실공급량으로부터 회귀율을 구할 수가 없다.
  - 기존 연구에서는 총 생활용수 이용량으로부터 회귀율을 산정하였다. 이는 누수율이 고려되지 않아 실제 가구로 공급되는 공급량으로부터 회귀되는 양을 구할 수가 없다.
- 미시적 분석 결과의 일관성이 부족하다.
  - 기존 연구에서는 미시적 조사방법을 단독주택, 아파트, 상가로 구분하여 측정값을 이용

하여 회귀율을 산정하였다. 이 방법은 용수이용량을 추정하는 값을 사용하여 정확성이 떨어지며 상가지역의 경우 자체 폐수 재이용 시설의 설치유무를 고려하여 오수배출량이 용수이용량보다 크게 나타나는 경우가 나타난다. 따라서, 회귀율이 일관성 있게 나타나지 않으며 상가의 경우 100%가 넘는 회귀율이 나타난다.

### 2.3 회귀율 산정 방법의 개선

개선된 회귀수량을 산정하고자 다음과 같이 기존 분석방법에 제한된 점을 개선하고자 한다.

- 거시적 분석방법을 통한 회귀율 산정 후 미시적 분석방법이 적용되어야 한다.
  - 기존 연구에서는 거시적 분석방법결과와는 별도로 미시적 분석 방법을 실시하였다. 이는, 산정된 표본지구가 조사대상 전체에 대한 대표성을 가질 수 없는 단점이 있으며 미시적 분석 방법으로 추정된 회귀수량에 유효성을 판단하기 어렵다. 따라서, 거시적 분석방법으로 산정된 회귀수량 결과에 따라 미시적 분석방법을 적용하여 유효성을 판단한다. 거시적 분석방법에 결과에 크게 차이가 나는 지역에 회귀수량을 제외하고 다른 지역에서의 회귀수량을 산정 후 제외된 지역에 대한 회귀수량 검증을 실시하고자 한다. 개선된 분석과정은 조사대상 전체에 대표성을 나타내는 지역을 선정 할 수 있으며 합리적인 값을 도출할 수 있다.
- 하수배출량이 하천으로 유입되는 도중 유입/침투수 등에 우수 및 누수율을 고려되어야 한다.
  - 상수공급에 따른 우수율을 고려하여 실 상수 유입량을 산정하고 하수시설로 공급에 따른 우수율 또한 고려가 되어야한다. 하수시설에 우수율이 고려가 되어야만 우수 발생 시 흘러들어오는 침투수의 유입량을 따로 분류가 가

능하게 된다. 일반화된 회귀수량을 구할 수 없는 이유로 강우에 따른 무작위로 발생하는 회귀수량을 고려하지 않기 때문이다. 이를 보완하기 위해, 강우에 영향을 미치지 않는 11 ~ 2월 기간에서의 회귀수량 산정결과로부터 얻어지는 회귀율로부터 강우에 영향을 받는 시기조절을 통한 계획을 수립하였다. 강우시기 조절과 함께 관망에 유입되는 강수량을 고려해야 한다. 일반적으로 합류식 관망에 유입되는 우수량에 대한 유입량 자료는 미비하기 때문에 추정 및 보완하는 방법이 필요하다.

- 거시적 분석방법에 세부적인 시험지구 적용단위를 상세화해야 한다.
  - 기존 연구는 대규모 시도단위에 분석을 실시하여 회귀수량을 산정하였지만 상수도 및 하수도시설은 구 또는 동 수준의 거시적 분석방법이 요구된다. 미시적 분석방법은 정확한 거시적 분석방법에 따른 결과로부터 영향을 받게 된다. 따라서, 정확하고 세세한 거시적 분석방법을 실시하기 위해서는 기존 연구에서 적용된 시도단위별이 아닌 실제 상수도 공급 지역, 하수처리장 처리구역을 구, 동별로 구분하여 실제 공급량 및 배출량에 세분화하여 회귀수량을 산정해야 한다. 이를 적용하기 위해서는 가용자료조사가 수반되어야 하며 필요한 자료가 구축되어야 한다.
- 거시적 미시적 분석방법에 정확성이 부족하여 용수계통도가 고려되어야 한다.
  - 세부 시험지구 범위가 넓어 상수도 및 하수도 처리경로 및 계통도 흐름의 모의가 부족하여 정확성이 떨어진다. 이를 보완하기 위해 용수계통도를 작성해야 한다. 각각의 도시별 상수도 사업본부로부터 파악되는 상수계통도와 하수처리시설 계통도를 파악한 후 실제적인 흐름을 최대한 회귀수량 산정과정에 적용하여야 한다.
- 표본조사지점선정 절차 개선이 필요하다.

- 기존연구에서는 미시적, 거시적 조사방법의 조사지점 선정은 명확한 선정절차 및 선정 검증이 이루어지지 않았다. 근본적인 회귀율의 정확성의 증가는 신뢰성 있는 표본조사지점을 선정하는데 있다. 이러한 방법은 최종적으로 각각의 조사방법에 따라 검증절차가 모두 이루어져야 한다. 실측 회귀율 자료를 구할 수 없기 때문에 표본조사지점의 신뢰성을 검증하고 거시적-미시적-표본조사선정절차의 순차적 연계성을 가지고 단계별 검증을 실시할 수 있다. 거시적 방법에 의한 합리적인 지역을 선정하고 선정지역으로부터 미시적인 분석을 실시 및 검증 후 검증된 지역에서의 주거형태에 따른 표본지구 선정 및 조사가 이루어져야 한다.

- 대표성을 갖는 표본조사지점에 장기적인 모니터링을 실시해야 한다.
  - 아파트, 상가, 단독주택 등 생활용수 미시적 분석의 구분은 표본조사지점의 부족과 단기적인 모니터링 결과로 신뢰성 있는 회귀율을 산정하기 어렵다. 따라서, 신뢰성 있는 표본조사 지점을 선정하여 장기 모니터링을 실시하여 기존 통계 측정 자료를 이용하여 산정된 회귀율을 검증 및 보정을 실시해야 한다.

### 3. 회귀수량 분석방법의 정립 및 조사결과

기존연구에서 제시한 거시적, 미시적 의미와는 다르게 본 연구에서는 거시적은 통계자료를 이용한 시군구 스케일의 분석단계를 거시적 분석으로 정의하고 통계자료가 아닌 상수도 사업소 및 하수처리장에서 직접 얻게 되는 자료와 상세 용수계통도를 이용하여 통계자료로 분석되는 거시적 분석보다 지역 스케일이 상세화 된 지역에서의 분석을 미시적 분석 방법으로 정의한다.

### 3.1 전국 시군구 거시적 분석결과

위에서 제시한 개선방법으로부터 용수별 표본 조사지점선정 절차의 순서대로 분석을 실시하였다. 전국 시군구별 자료를 이용하여 거시적인 회귀수량 및 회귀율 산정을 위해 전국 시군구별 정수공급자료(상수도통계)와 실공급량을 산정하기 위한 전국 시군구별 평균 유수율과 방류량 자료로 전국 하수처리장에서의 일별 하수처리량 자료를 구축하여 구축된 자료로부터 시군구별 연간 하수처리방류량을 산정하였다. GIS (Geographic Information System) 기술을 이용하여 시군구별 총 급수량, 유수율을 산정하였다. 총 급수량과 유수율을 각각 곱하여 실제 급수량을 산정하였다.

시가화 지역(불투수층)에 강수량에 의해 유입되는 유입량을 산정하기 위해 기상청 지점강우 및 AWS (Automatic Weather System) 자료를 이용하여 면적강우량을 산정하였고 시군구별 유입량을 최종 산정하였다. 회귀율을 산정하기 위해 하수도통계 자료를 이용하여 시군구별 하수처리 방류량을 산정하였다. 최종적으로 산정된 시군구별 실제 급수량, 강우 유입량과 하수처리 방류량으로부터 회귀율을 산정하였다. 산정 결과로부터 전국 시군구별 회귀율은 11.0 ~ 89.5 %로 산간지역 및 해안지역에서 낮은 회귀율을 나타냈다. 서울특별시 회귀율 산정결과는 70.1%로 나타났다. 산정과정 및 회귀율 산정 결과는 <그림 1>에서와 같이 나타났다.

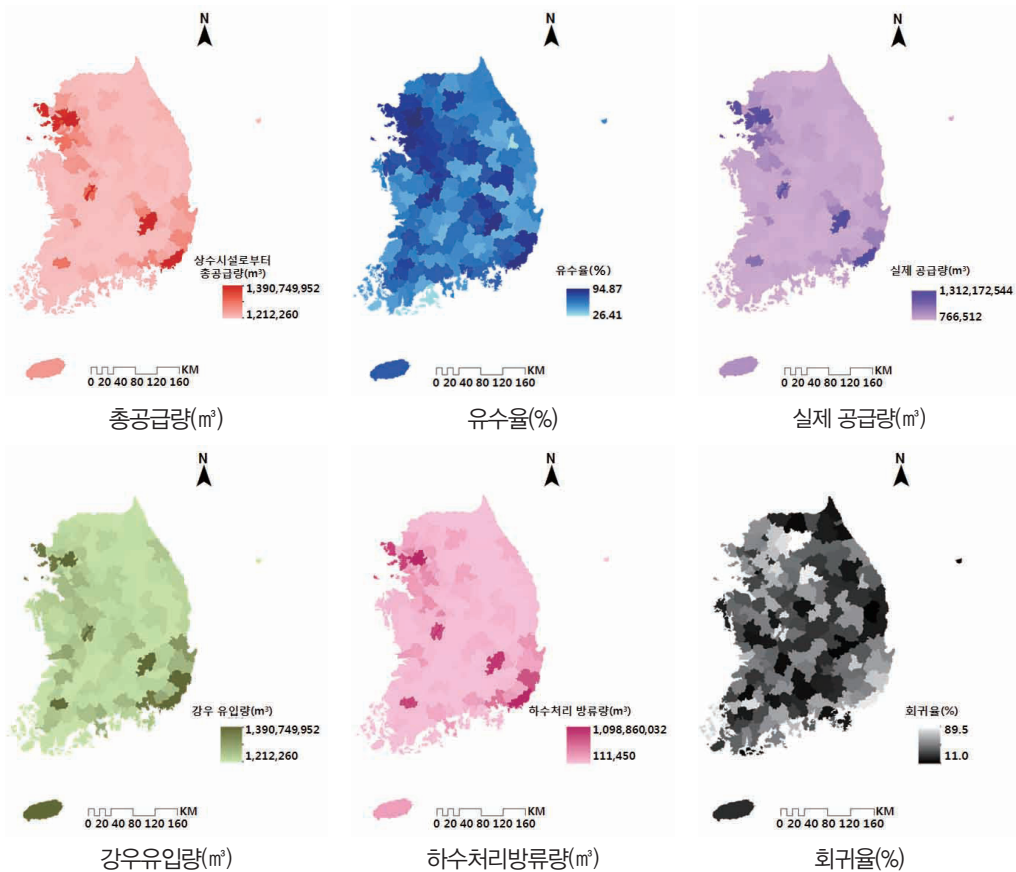


그림 1. 2012년 전국 시군구별 연회귀율 산정과정 및 결과

### 3.2 선택지역 미시적 분석결과

통계자료를 이용한 전국 시군구별 거시적 회귀율 산정결과로부터 합리적이고 일관된 회귀율 값을 나타내고 총 용수이용 중에서 생활용수 사용이 지배적인 도시지역의 분포가 높다고 판단되는 서울특별시에서의 미시적 분석방법을 실시하였다. 미시적 분석은 시군구별 연평균 회귀율을 산정한 거시적인 산정결과로부터 시간 및 공간적으로 상세화가 요구된다. 따라서, 월별 및 생활용수 대표성을 나타내는 하수처리구역 기준에 지역을 상세화하여 회귀율을 산정하였다. 선정 상세화 지역 고려조건은 다음과 같다.

- 취수/정수/하수 일 운영자료 확보 여부
- 전국 취수장, 정수장, 하루처리장 위치 및 처리

구역도 구축 여부

- 취수-정수-하수 주 흐름망도 구축 여부
- 해당구역 상수도 보급률, 유수율(누수율 포함) 자료 확보 여부

위에서의 조건으로 고려하여 중랑천유역을 중심으로 한 중량물재생센터 처리구역기반의 미시적 분석을 위한 상세화 지역을 선정하였다. 이 지역은 면적 191.6km<sup>2</sup>로 도시 및 주거지 면적이 70% 이상으로 생활용수 회귀수량을 산정하는데 적합한 지역으로 판단되어 선정하였다. <그림 2>은 선정지역 및 용수계통도를 작성한 그림이다. 용수계통도를 구축한 중량물재생센터와 하수처리구역에 해당되는 정수시설에 대한 용수계통도를 활용하여 2011 ~ 2012년 까지 급수시설의 실 공급량을 다음 <표 1>, <표 2>와 같이 산정하였다. 다음과 같

표 1. 2012년 시험지역 생활용수 실공급량 산정결과

월	공급량(1000m <sup>3</sup> )				유수율		실공급량(1000m <sup>3</sup> )*				강수량 (1000m <sup>3</sup> )
	목도 정수장	구의 정수장		강북 정수장			목도 정수장	구의 정수장		강북 정수장	
	대현산	아차산	용마	강북	중부	동부	대현산	아차산	용마	강북	
1	11,912	1,459	4,193	24,134	0.89	0.96	11,415	1,398	4,018	24,134	539
2	11,616	1,417	3,979	22,806	0.85	0.92	10,692	1,304	3,663	22,806	64
3	12,129	1,500	4,193	24,093	0.92	0.97	11,815	1,461	4,084	24,093	3,814
4	11,801	1,481	4,215	23,825	0.86	0.92	10,818	1,358	3,864	23,825	12,634
5	12,710	1,595	4,279	25,724	0.94	1.01	12,846	1,612	4,324	25,724	659
6	12,964	1,657	4,268	25,829	0.88	0.96	12,397	1,584	4,082	25,829	7,395
7	13,222	1,945	4,464	26,006	0.93	1.00	13,279	1,953	4,484	26,006	32,044
8	13,335	1,942	4,417	25,994	0.88	0.97	12,898	1,878	4,272	25,994	33,186
9	12,253	1,834	4,203	24,561	0.90	0.95	11,679	1,748	4,006	24,561	17,060
10	12,124	1,730	4,171	24,607	0.88	0.94	11,427	1,631	3,931	24,607	7,991
11	11,606	1,495	3,958	23,648	0.89	0.96	11,722	1,510	3,998	23,648	5,456
12	12,052	1,412	4,337	24,587	0.88	0.94	11,344	1,329	4,082	24,587	3,331
평균	12,310	1,622	4,223	24,651	0.89	0.96	11,861	1,564	4,067	24,651	10,348

\*실공급량 = 공급량 × 유수율

표 2. 2011년 시험지역 생활용수 회귀수량 산정결과

월	강우량 고려된 최종공급량	강우량	하수처리방류량	회귀율 (강우량 미고려)	회귀율 (강우량 고려)
	(1000m3)	(1000m3)	(1000m3)	(%)	(%)
1	39,958	539	33,202	83.1	81.8
2	36,652	64	32,039	87.4	87.3
3	40,829	3,814	34,540	84.6	77.4
4	37,881	12,634	38,706	102.2	76.6
5	44,783	659	35,923	80.2	79.1
6	42,764	7,395	35,831	83.8	71.4
7	45,836	32,044	49,875	108.8	64.0
8	44,192	33,186	49,637	112.3	64.2
9	40,845	17,060	49,131	120.3	84.9
10	40,185	7,991	36,903	91.8	76.6
11	41,116	5,456	38,445	93.5	82.6
12	39,899	3,331	36,775	92.2	85.1
평균	41,245	10,348	39,251	95.0	77.6

은 과정을 통하여 공급량을 산정 후 하수처리 용수계통도와 하수처리 유입량을 고려하여 회귀수량을 산정하고 하수처리 유입시 합류식 관거를 고려하기 위한 면적강우량 자료를 유입량으로 환산하여 회귀율을 산정하였다.

산정결과 2011년 월별 회귀율은 강우유입량을 고려했을 경우 41.5 ~ 88.5%로 나타났으며 2012년 산정결과는 64.0 ~ 87.2%로 2개년도 일관된 회귀율을 나타냈다. 연평균 회귀율은 78.3, 77.6%로 나타나 거시적인 분석결과 산정된 서울 특별시 전체 평균 70.1%로 유효성이 있는 것으로 판단된다. 또한, 이 결과는 기존에 제시된 과거 관용적으로 사용된 65% 회귀율보다 약 12 ~ 13%로 증가하였으며 이는, 하수처리시설 구축 및 처리효율의 증가와 상수처리시설의 관로시설의 개량으로 인한 유수율 및 누수율 감소로 회귀율이 증가

한 것으로 판단된다.

표본조사지점 선정 절차는 <표 5-1>결과와 같이 1단계와 2단계 오차검증을 실시하여 최종 지점을 선정한다. 1단계에서 가용자료는 통계자료로부터 시군구별 회귀율을 산정하고 각각의 시군구별을 대표 할 수 있는 세부지역을 선정하여 세부적인 하수처리구역 및 계통도, 상수공급량 및 공급지역, 유수율 및 강우량 자료를 구축하여 회귀율을 산정한다. 최종 1단계와 2단계 결과의 오차를 계산하고 2단계 회귀율에서의 99% 신뢰구간  $(\text{평균} \pm 2.57 \times \frac{\text{표준편차}}{\text{표본개수}})$ 을 추정하여 1단계 회귀율과 비교하여 신뢰구간에 포함되는 값으로 나타나는 지역에서의 표본조사지점으로 선택하고 실제 모니터링을 실시한다.

표 3. 서울특별시 순차적 방법에 따라 거시적/미시적 연계회귀율 분석결과

1단계		2 단계		3 단계	
시군구별 거시적인 회귀율 분석 (범위별 분류)		회귀율 구분에 따른 대표세부지역 선정		오차율의 비교 및 검증에 따른 표본조사 지점 선정	
회귀율(%)	개수	대표지역	검증(포함여부)	지점 선정	
70 ~ 90	16	서울특별시	1단계와 2단계 회귀율의 99% 신뢰구간 내로 포함되는지 여부 판단 (거시적 미시적 분석결과 비교)	서울특별시 중랑천 유역에서의 표본조사 지점 선정	

### 3.3 순차적 방법에 따른 연계 회귀율 분석결과 및 표본조사지점 선정

본 연구에서 제안한 방법으로 거시적인 시군구별 분석에 따른 회귀율 범위별로 지역으로 나누고 각각 시군별로 생활용수를 대표하는 미시적인 분석 지역을 선정하여 순차적으로 회귀율 분석 절차를 거쳐서 두 분석 결과에 따른 회귀율 일치성에 따른 오차율을 산정한다. 산정된 거시적, 미시적인 회귀율의 일치성을 분석한다. 최종적으로 추후 실제 모니터링을 위한 합리적으로 판단되는 지역을 표본조사지점으로 선정한다. 표본조사지점에서의 실제 회귀율을 모니터링 실시하여 얻은 회귀율을 상위 미시적/거시적 분석단계와 비교 검증하여 오차율을 산정하여 합리적인 회귀율 산정 지역과 아닌 지역을 판단 및 구분한다(표 3).

표본조사 지점을 선정하기 위해 순차적 연계방법을 적용하여 기존 조사지점 결과를 토대로 유효한 조사지점 검증을 실시하였다. 통계자료를 이용한 시도별 회귀율을 산정 후 결과로부터 미시적 시험지역을 새롭게 선정하여 미시적인 회귀율 분석을 실시한다. 두 결과를 대조 검토하여 회귀율이 유효한 연관성이 있는지 판단 후 유효한 지역을 표본조사 지점으로 선정한다. 선정된 표본조사 지점을 주거지역 특성에 따라 단독주택, 아파트, 상가로 구분하여 모니터링을 실시한다.

표본조사지점선정 절차는 <표 3>과 같이 1단계와 2단계 오차검증을 실시하여 최종 지점을 선정한다. 1단계에서 가용자료는 통계자료로부터 시군구별 회귀율을 산정하고 각각의 시군구별을 대표 할 수 있는 세부지역을 선정하여 세부적인 하수처리구역 및 계통도, 상수공급량 및 공급지역, 우수율 및 강우량 자료를 구축하여 회귀율을 산정한다. 최종 1단계와 2단계 결과의 오차를 계산하고 2단계 회귀율에서의 99% 신뢰구간 ( $\text{평균} \pm 2.57 \times \frac{\text{표준편차}}{\text{표본개수}}$ )을 추정하여 1단계 회귀율과 비교하여 신뢰구간에 포함되는 값으로 나타나는 지역에서의 표본조사지점으로 선택하고 실제 모니터링을 실시한다.

### 4. 결론

본 고에서 소개한 회귀율 산정 방법은 기존의 방법을 보완하고 검증단계를 추가하여 회귀율 산정결과의 유효성을 판단을 위한 기반을 마련하는 것으로 기존 연구성과의 신뢰도 제고를 위해 순차적으로 연계 회귀율 사전조사와 검증을 통해 신뢰성을 높이는 과정을 추가하는 방안을 마련했다. 또한, 최종적으로 실제 모니터링 실시를 위한 표본조사지점을 선정하기 위한 과정으로 추 후 표본



조사지점을 선정하고 실측 모니터링 실시 결과를 반영하여 전국 지자체 및 유역별로 각각의 회귀율을 산정하여 전국유역조사에 반영될 수 있는 결과로 이용 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구 결과는 추 후 중장기 계획으로 표본조사 지점의 수를 증가시키고 유역별로 회귀율을 확산시킬 때 유량관측소의 관측자료와 비교 검증과정을 추가함으로써 신뢰도를 더욱 향상 시킬 수 있을 것으로 본다. 신뢰성 향상과 구축자료의 증가로 표준화 된 회귀율 공급이 가능하게 되어 장기적으로 행정구역 및 유역별 회귀율을 산정하여 공급 할 수 있는 정보시스템을 구축한다면 그 활

용성이 매우 높을 것으로 판단된다. 연구 성과의 실용적인 관리차원에서 장기적으로 지역 및 유역에 맞는 최신 회귀율을 공급함으로써 유역 수문 모델링 및 농업 관개, 하천유지유량 공급계획 등 그 활용성이 다양해 질 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(15AWMP-B079625-02)에 의해 수행되었습니다.



### 참고문헌

- 국토해양부. 2011. 수자원장기종합계획 2011~2020.
- 유병로, 최옥연, 2006. 생활용수의 회귀수량 산정-대전광역시를 중심으로-, 한국환경기숙학회지(논문), 제7권, 제4호, pp. 236-248.
- 한국수자원공사(2010), 생공용수 회귀수량 표본조사 학술용역 최종보고서.