

# 수자원 개발을 위한 용수수요 추정 시스템 구축

Development of a Water Use Forecasting System for Developing Water Resource

○윤석영\*, 최희철\*\*, 김선미\*\*\*, 최준석\*\*\*\*

## 1. 서론

경제, 사회의 환경변화에 따른 용수수요의 증감에 적절히 대비하여 한정된 수자원을 효율적으로 확보하고 배분하는 것은 수자원 관리 측면에서 매우 중요하다.

이와 같은 현실적인 문제에 대처하기 위해 본 연구는 각종 수자원 계획 수립시 현재 용수 수요량과 장래 용수 수요량 예측이 가능하도록 분석 방법을 정형화하고 각종 자료를 지원하는 D/B를 구축하여 기존의 생활, 공업, 농업용수 수요예측 방법의 불확실성을 개선할 수 있는 신뢰성 있는 용수수요 예측 시스템을 구축하였다.

본 시스템은 생활, 공업, 농업용수를 일괄 계산 할 수 있도록 각각의 산정 방법을 프로그램으로 패키징화하여 모니터상에서 입력되는 자료와 D/B에 내장된 입력자료를 이용하여 정책 입안자나 설계자가 손쉽게 계산하고 결과를 출력할 수 있도록 하였다. 또한 시스템은 지역의 특수한 여건에 따라 변동하는 생활, 공업, 농업용수에 대해 전국을 대상으로 총용수량을 산정하거나, 특정 지역에 대해 각각의 용수를 산정할 수 있도록 구축하여 사용자들의 편리를 도모하였다. 산정 결과는 표와 그림으로 나타내고 파일 형태로 관리할 수 있도록 하였으며, 모든 계산 결과는 행정 단위에서 유역단위로, 유역단위에서 행정단위로 변환 할 수 있도록 구축하였다.

## 2. 생활용수 수요추정 시스템 구축

본 연구에서는 보다 체계적인 생활용수 수요추정 방법을 확립하고자 두가지 방법에 의한 추정을 시스템화 하였다. 첫 번째는 기존의 원단위법을 이용한 추정을 보완하는 방법이고 두 번째는 사용량을 기준으로한 총량법에 의한 추정방법이다. 또한 각각의 추정에 따른 인자들에 대한 사용자의 편의를 최대한 반영하여 여러 가지 옵션을 선택할 수 있도록 하였으며 이러한 출력결과를 다른 시스템에서 다양하게 이용할 수 있도록 추정결과를 D/B화 하였다.

### 2.1 원단위법에 의한 추정

원단위법은 기존에 이용되었던 1인 1일 평균급수량과 인구, 그리고 보급율을 각각 추정된 뒤 이를 산술적으로 계산하는 방법으로서 기존의 방법을 보완하여 시스템화 하였다. 우선 각인자들에 과거추세를 분석하여 회귀분석을 실시하였고 이렇게 추정된 각 인자들에 대해 결과에 옵션을 부과하여 사용자가 선택하는 값에 따라 추정결과를 달리 보여줌으로서 다양한 형태로의 표현이 가능하게 하였다. 원단위법에 의한 계산과정은 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{생활용수량} &= (\text{1인 1일 평균급수량} \times \text{보급율} \times \text{인구}) \\ &+ (\text{미보급지역 1인 1일 평균급수량} \times (1 - \text{보급율}) \times \text{인구}) \end{aligned} \quad (1)$$

#### 가. 1인 1일 평균급수량

1인 1일 평균급수량의 경우 과거자료를 이용하여 회귀분석을 실시하여 증가추세를 분석한 뒤 이 증가추세가 감소되는 연도 및 연평균 증가율을 사용자가 시스템내에서 선택할 수 있도록 하였다. 전국의 시·군이상 행정기관에 대한 분석을 실시하였으나 미보급지역의 경우 “상수도 원단위 산정 및 장기종합개발계획 수립에 관한 연구(건설부, 1988)”에서 산정한 119ℓ로 계산하였다.

#### 나. 인구

기존의 연구에서 인구에 대한 추정은 주로 경제기획원 및 통계청에서 발표한 자료를 주로 이용하였으나 장기적인 추정값을 얻을 수 없어서 본 연구에서는 과거자료를 이용한 회귀분석을 실시하여 과

\* 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원

\*\* 한국건설기술연구원 환경연구실 선임연구원

\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원

\*\*\*\* 한국건설기술연구원 환경연구실 연구원

거증가 추세를 분석하였다. 그리고 이러한 증가<sup>2</sup>가 감소되리라고 예상되는 시기 및 연평균 증가율을 사용자가 시스템에서 선택할 수 있도록 하였다.

#### 다. 보급율

보급율의 계산도 과거자료를 이용한 회귀분<sup>3</sup>에 의한 추세를 분석한 뒤, 장래에 증가추세의 감소가 예상되는 연도 및 연평균 증가율을 사용자가 시스템에서 직접 선택할 수 있도록 하였다.

#### 라. 누수율 및 침투부하율

본 시스템에서는 장래 누수율 및 침투부하율을 시스템에서 직접 사용자가 선택할 수 있도록 하였다. 누수율의 경우 상수도 정비가 우수한 신도시의 누수율이 10% 내외인 점을 감안하면 장래 누수율도 그와 비슷한 수치를 기록할 것으로 여겨진다. 또한 침투부하율의 선택에 따른 다양한 추정결과로 정책 결정자에게 상수도 시설의 계획에 있어서 상당한 도움이 되리라고 생각된다.

### 2.2 총량법에 의한 추정

총량법에 의한 추정은 과거 상수도 사용량을 기준으로 하여 회귀분석을 실시하는 방법이다. 이는 각 인자들에 대한 각각의 추정 후, 이를 다시 산술적으로 산정하는 기존의 방법보다는 접근방식이 단순하나 각각의 인자들에 대한 추정의 오차를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 이와 함께 본 시스템에서는 전체 사용량을 용도별로 분석하여 각각의 가정용, 영업용, 공공용, 목욕탕용 등에 대한 추정도 함께 실시하여 시스템에 포함시켰다.

### 3. 공업용수 수요추정 시스템 구축

본 시스템에서는 두가지의 원단위를 이용한 추정을 할 수 있도록 시스템을 설계하였다. 이는 사용자가 추정결과를 다양하게 비교할 수 있도록 하기위함이며 각각의 추정에 필요한 자료를 사용자가 직접 입력할 수 있도록 하여 다양한 출력결과를 얻을 수 있도록 하였다. 또한, 이러한 추정결과를 다른 시스템에서 다양하게 활용할 수 있도록 D/B화 하였다.

#### 3.1 원단위 이용법

본 시스템에서는 두가지의 원단위를 이용하여 추정을 실시하도록 하였다. 본 시스템에서 이용하는 원단위는 부지면적 원단위와 부가가치액 원단위로서 부지면적 원단위의 경우 우리나라와 같이 공단중심의 개발을 실시하고 있는 지역에 적합하여 장래 부지면적에 대한 자료가 확보되면 손쉽게 장래 공업용수 수요량을 예측할 수 있다.

부지면적 원단위의 경우 장래 공단개발 계획과 밀접한 관계가 있기 때문에 단기적인 예측을 하는데 적합하고 부가가치액 원단위의 경우 경제적인 면을 고려할 수 있기에 중·장기적인 예측에 적합할 것으로 사료된다.

#### 3.2 원단위 산정

##### 가. 부지면적 원단위

부지면적 원단위의 경우 과거자료를 이용하여 23개 업종에 대한 원단위를 산정하였다. 본 시스템내에서는 각각의 업종에 추정은 기초자료의 부족으로 인하여 구현하지 못했다. 본 연구에서 산정한 부지면적 원단위의 경우 제조업 평균  $5.78\text{m}^3/\text{m}^2$ 을 나타내고 있다.

##### 나. 부가가치액 원단위

부가가치액 원단위는 산업활동에 의해서 생산된 부가가치액을 1990년도를 기준으로 하여 불변가격으로 나타낸 후 이를 이용하여 원단위를 산정하였다. 이것은 물가상승에 따른 변화량을 고려해준 것으로 보다 정확한 비교값을 얻을 수 있다. 부가가치액 원단위도 한국산업표준분류기준에 따라 23개업종으로 구분하였다. 본 연구에서 산정한 부가가치액 원단위의 경우 제조업평균  $24.55\text{m}^3/\text{백만원}$ 을 나타내고 있다.

#### 3.3 장래부지면적 및 부가가치액

장래 공업용수 수요추정을 위한 장래 부지면적 및 부가가치액의 경우 본 시스템내에서 사용자가 직접 그 값을 입력하게 하였다. 따라서 사용자가 다양한 추정결과를 비교하여 선택할 수 있도록 하였다.

### 4. 농업용수 수요추정 시스템 구축

#### 4.1 용수 산정 방법의 정립

#### 4.1.1 기본식

답 관개를 주로하는 농업용수의 수요량을 산정하는 구성요소는 식(2), 식(3)과 같다.

$$\text{순용수량} = \text{증발산량} + \text{침투량} - \text{유효우량} \quad (2)$$

$$\text{조용수량} = \text{순용수량} / (1 - \text{관리용수율}) \quad (3)$$

#### 4.1.2 증발산량

Penman(FAO-24)식을 증발산량 산정공식으로 적용하였다. Penman(FAO-24)에 대한 기본식은 식(4)와 같다.

$$ET_o = W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d) \quad (4)$$

ET<sub>o</sub> : 기준작물 증발산량(mm/day)

R<sub>n</sub> : 순일사량(mm/day)

f(u) : 풍속에 관한 변수

e<sub>a</sub> : 평균기온에서의 포화증기압

e<sub>d</sub> : 대기에서의 실제평균 증기압

$$W = \frac{\Delta}{(\Delta + \gamma)} : \text{온도에 관련된 가중치}$$

Δ : 포화증기압대 온도곡선의 변화율(mb/°C)

γ : 乾濕球 상수(Psychrometer Constant)(mb/°C)

#### 4.1.3 침투량

침투량은 강우 또는 관계에 의해 공급된 물이 토양속으로 스며든 양을 말하며 mm/day로 표시된다. 본 연구에서는 용수의 안정적 확보라는 측면에서 침투량을 5 mm/day로 설정하여 적용하였다.

#### 4.1.4 유효우량

유효우량은 관개기간중 경지에 내린 강우량 중 일부 또는 전량이 경지에서 이용된 양으로 정의된다. 농업진흥공사(1989)의 연구결과에 의하면 현담수심은 답에서의 허용담수심을 60mm로 가정하고 전일담수심에서 당일의 강우량 및 필요수량을 가감하여 식(5)와 같이 계산된다.

$$\text{현담수심} = \text{전일담수심} + \text{강우량} - \text{필요수량} \quad (5)$$

식(5)에서 현담수심 < 0이면 현담수심 = 0로 하고 현담수심 > 허용담수심이면 현담수심 = 허용담수심으로 대체하여 계산한다.

유효우량은 현담수심에서 필요수량 및 전일담수심을 가감하여 식(6)과 같이 계산된다.

$$\text{유효우량} = \text{현담수심} + \text{필요수량} - \text{전일담수심} \quad (6)$$

식(6)에서 강우량이 없으면 (강우량 = 0) 유효우량도 없는(유효우량 = 0) 것으로 하며 일단위로 계산된다.

농업진흥공사(1989)에 의하면 답을 정지하고 답수하는데 필요한 수량인 정지용수량 140mm내에는 답을 필요한 수심으로 답수시키는데 필요한 수량으로 40mm로 추정하였으며, 이 값을 모가 눈에 이양된 후 초기에 유지되는 수심으로 가정하였다.

#### 4.1.5 관리용수량

관리용수량은 보통 순용수량에 대한 손실량비로 나타내는데 이를 관리용수율이라 하며 조용수량 산정시 순용수량에 더해 주어야할 관리용수량을 비율로 나타낸다.

본 연구에서 관리용수율은 농촌의 현대화와 영농의 과학화에 따른 관리용수율이 증가추세에 있는 여건과 농업용수의 안정적 확보라는 측면에서 시설관리 용수율로 15%, 재배관리 용수율로 20%를 채택하여 총 35%를 반영하여 계산하였으나 시스템에는 관리용수율을 이용자가 선택하도록 설계하였다.

### 4.2 농업용수 원단위 산정

#### 4.2.1 수리안전담

가. 벼농사 재배력

벼농사의 재배력은 벼농사의 전과정을 단계별로 구분해 놓은 농업력으로 각 단계는 농업용수를 추정하는 중요한 시점이 된다. 벼농사 재배력은 농촌진흥공사의 연구결과(1989)에 근거하여 강원도를 포함하는 북부지역과 경기, 충청도를 포함하는 중부지역을 하나로 묶어 중북부지역으로 그리고 전라도와 경상도를 포함시켜 남부지역으로 구분하였으며, 품종은 조생종 일반계에 맞추어 그림 1.과 같이 결정하였다.

중북부	4			5			6			7			8			9			10			
	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	10	20	30	10	20	31	
못자리 준비	—																					
못자리 생육기		—																				
논정지, 답수, 이앙					—																	
성장기							—															
남 부	4			5			6			7			8			9			10			
	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	10	20	31	10	20	30	10	20	31	
못자리준비	—																					
못자리 생육기		—																				
논정지, 답수, 이앙					—																	
성장기							—															

그림 1. 논농사(벼) 재배력

나. 생육단계별 원단위

생육단계별 원단위는 중북부지역과 남부지역으로 구분하여 그림 1.에 제시되어 있는 재배력에 따라 못자리 준비, 못자리 생육기, 논정지 및 답수 및 이앙기, 성장기로 구분하여 식(7)을 기본식으로 설정하여 순용수량을 산정하는 방법을 택하였다.

$$D(\text{순용수량}) = ET_o(\text{증발산량}) + PL(\text{침투량}) - ER(\text{유효우량}) \quad (7)$$

여기서 공통적으로 침투량은 5mm/day, 증발산량은 기상청 각 관측지점의 모든 관측자료를 사용해 산정한 순별 합산치가 적용되며 단계별로 특별히 적용되는 변수는 해당 단계에서 설명된다.

다. 순별, 지역별 계산 총괄표

순용수량 산정을 위한 순별, 지역별 계산 총괄표는 표 1.과 같다. 계산 총괄표를 이용할 때는 Penman FAO-24식을 이용하여 산정한 기준작물 증발산량(ET<sub>o</sub>)과 유효우량(ER)을 입력자료로 준비해야 한다. 이 표는 순별, 생육단계별로 계산 과정과 결과가 명확하여 계산의 오류를 쉽게 발견할 수 있고 수정할 수 있는 장점이 있다.

표 1. 순별, 지역별 계산 총괄표

생육단계 및 기간	지 역 구 분		
	북 부	중 부	남 부
(1) 못자리 준비기간	D(4.1)=8.25+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(4.1)=8.25+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(4.2)=8.25+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER
(2) 못자리 생육기간	D(4.2)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(4.2)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(4.2)=1.25+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER
	D(4.3)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(4.3)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(4.3)=2.50+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER
	D(5.1)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(5.1)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(5.1)=2.50+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER
	D(5.2)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(5.2)=2.5+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER	D(5.2)=2.50+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER
	D(5.3)=1.25+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER		D(5.3)=1.25+0.05ET <sub>o</sub> -0.05ER
(3) 정지 및 이앙기간	D(5.2)=68.10+0.95ET <sub>o</sub> -0.95ER	D(5.2)=68.10+0.95ET <sub>o</sub> -0.95ER	D(5.3)=118.8+0.95ET <sub>o</sub> -0.95ER
	D(5.3)=140.9+0.95ET <sub>o</sub> -0.95ER	D(5.3)=140.9+0.95ET <sub>o</sub> -0.95ER	D(6.1)=114.0+0.95ET <sub>o</sub> -0.95ER

<표계속>

생육단계 및 기간	지 역 구 분		
	북 부	중 부	남 부
(4) 성장기간	D(6.1)=50+1.00×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(6.1)=50+1.07×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(6.2)=50+1.27ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(6.2)=50+1.22×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(6.2)=50+1.24×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(6.3)=50+1.41ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(6.3)=50+1.39×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(6.3)=50+1.39×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(7.1)=50+1.52ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(7.1)=50+1.50×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(7.1)=50+1.50×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(7.2)=50+1.60ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(7.2)=50+1.56×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(7.2)=50+1.59×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(7.3)=55+1.66ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(7.3)=55+1.58×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(7.3)=55+1.65×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(8.1)=50+1.68ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(8.1)=50+1.56×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(8.1)=50+1.68×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(8.2)=50+1.68ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(8.2)=50+1.51×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(8.2)=50+1.68×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(8.3)=55+1.65ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(8.3)=55+1.42×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(8.3)=55+1.66×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(9.1)=50+1.60ET <sub>0</sub> -1×ER
	D(9.1)=50+1.31×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(9.1)=50+1.60×ET <sub>0</sub> -1×ER	D(9.2)=50+1.55ET <sub>0</sub> -1×ER

◦ 작물계수(kc)의 적용 : 작물계수는 농업진흥공사(1989)에서 제시한 값이 적용되며 이들 값은 프로 그래프상에 입력되도록 하였다.

라. 조용수량 산정

본연구는 평년의 기상자료와 강우자료를 이용하여 용수원이 확보된 상태에서 장래의 농업용수 수요량을 산정하고 과우년(1967. 10-1968. 9)의 기상자료를 이용하여 용수수급에 필요한 농업용수 수요량을 산정하는 방법을 택하였다.

이들 수요량은 일반적으로 계획 수립시 동시에 산정되며, 다만 사용되는 자료가 다르다. 10년 빈도의 조용수량 산정은 21세기를 바라보는 수자원 전망(수자원공사, 1993)에서 적용한 바 있는 Log-Pearson type III 분포를 이용하고 빈도계수법에 의해 빈도분석을 하였다.

첫째, 용수원이 확보된 상태에서 수요량의 산정

- 평년의 기상자료와 강우자료를 이용하여 소비수량과 유효수량 산정

둘째, 용수수급 계획(물수지 분석)을 위한 수요량의 산정(빈도개념의 도입)

- 과우년(1967.10-1968.9)의 기상자료를 이용하여 소비수량과 유효수량 산정

- 10년 빈도의 조용수량 산정

마. 조용수량 산정 결과

전술한 조용수량 산정 방법을 이용하여 한강 유역, 낙동강 유역, 금강 유역, 영산강 유역, 섬진강 유역, 만경강 유역, 동진강 유역, 안성천 및 삽교천 유역 등의 대표 관측소 68개 지점에 대해 적용 자료 별로 농업용수 원단위를 산정하였으며 권역별 평균값은 표 2와 같다.

표 2. 권역별, 산정기준별 평균 조용수량(단위용수량)

권역명	산정기준별 조용수량(단위용수량)		
	평년 기준	과우년 기준	10년빈도 기준
한 강 권역	1,264.8	1,380.9	1,333.1
낙동강 권역	1,378.4	1,583.5	1,517.2
금 강 권역	1,336.9	1,634.4	1,449.3
영산강 및 섬진강 권역	1,336.8	1,725.4	1,479.7

4.2.2 수리불안전담

수리 불안전 담은 수리 안전담과 같이 필요한 물을 적기에 충분히 공급할 수 없고 관개시설에 의한 용수공급이 없으므로 단위용수량은 관개효율을 고려하지 않은 담관개 용수량인 수리안전담 단위용수량의 65%를 적용하였다.

#### 4.2.3 관개전

관개전의 단위용수량은 “수자원 개발 가능지점 광역배분계획 기본조사(2차)보고서(수자원공사 미발간 보고서)”에 제시되어 있는 권역내 소유역별로 산정된 값을 평균하여 적용하였으며 유역별 단위용수량은 표 3과 같다.

표 3 유역별 : 개전의 단위용수량 (단위 : mm)

유역명	관개전의 단위용수량
한 강	508
낙동강	491
금 강	474
영산강	551
섬진강	514
만경강	459
동진강	542
삼교천	474

### 4.3 관개 면적 및 용수 수요량 산정

#### 4.3.1 관개 면적

농업용수 수요량은 관개면적의 증감과 수리불안전담의 수리안전담화에 크게 영향을 받는다. 관개면적은 수리안전담, 수리불안전담, 관개전으로 구분하여 산정하였다. 관개면적은 최근 “수자원 개발 가능지점 및 광역배분계획 기본조사(2차)보고서(수자원공사 미발간 보고서)”에서 조사된 자료를 이용하였다. 권역별 농경지 면적은 표 4에 나타난 바와 같으며, 소유역별 농경지 면적 자료는 시스템의 D/B에 저장된다. 관개가 필요한 경지면적의 증감율은 지역적인 특성을 감안하여 사용자가 선정하여 입력시킬 수 있도록 시스템을 설계하였다.

표 4 권역별 농경지 면적 (단위 : ha)

권역명	총계	안전담	불안전담	관개전
한강 권역	300,121.1	191,428.9	94,098.6	14,593.6
낙동강 권역	422,139.0	280,761.6	97,318.8	64,058.6
금강 권역	336,930.1	234,911.2	87,412.9	14,606.0
영산강 및 섬진강 권역	349,001.8	243,194.3	91,799.6	14,007.9

#### 4.3.2 용수 수요량 산정

용수 수요량은 농경지별 단위용수량과 담 면적을 곱해 해당 소유역의 농업용수 수요량을 구하게 되며, 농업용수 총수요량은 아래와 같이 각 항을 더해서 산정한다. 이들 값은 소유역과 해당 행정구역을 연결하는 코드에 의해 수요량이 행정구역별로 전환될 수 있도록 시스템이 구축되어 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{총수요량} &= \text{수리안전담 면적} \times \text{수리담 단위용수량} \\
 &+ \text{수리불안전담 면적} \times \text{수리불안전담 단위용수량} \\
 &+ \text{관개전 면적} \times \text{관개전 단위용수량}
 \end{aligned}$$

### 5. 결 론

수자원 계획의 최적화 연구의 1차년도 연구사업인 용수수요 추정 시스템 개발 연구를 수행하였다. 본 연구는 생활용수, 공업용수, 농업용수 수요량 산정에 적용되었던 기존 방법을 비교 검토하여 시스템 구축에 필요한 합리적인 용수수요 추정 방법론을 정립하였으며, 각종 용수 수요량을 설계자의 의도대로 필요한 변수만을 조정하여 간단하게 일괄적으로 계산할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 특히 전국규모는 물론 유역별, 소유역별, 도단위 행정구역별, 군단위 행정구역에 이르기까지 다양하게 용수수요량을 계산할 수 있도록 하였다.

## 참 고 문 헌

1. 건설부, 한강유역 조사사업 보고서, 1971
2. 건설부, 한강유역조사보고서, 1978
3. 한국수자원공사, 한강유역조사보고서, 1990
4. 건설부, 금강유역 조사사업 보고서, 1971
5. 건설부, 일본공영, Report on the GUEM River Basin, 1972
6. 한국수자원공사, 생공용수 중심 용수이용 현황 조사자료집, 1994
7. 한국수자원공사, 전국 용수이용 현황 조사자료집, 1993
8. 건설부, 상수도 원단위 산정 및 장기종합개발계획 수립에 관한 연구, 1988
9. 한국수자원공사, 수자원장기종합계획('91~2001), 1990
10. 경제기획원, 산업센서스 보고서 상·하, 1988
11. 한국수자원공사, 한강유역권 용수이용 현황 조사자료집, 1993
12. 일본국토청, 일본의 수자원 - 그 개발, 보전과 이용의 현황, 1988
13. 건설부, 한국공업용수도 현황,
14. 건설부, 낙동강유역 개발지원 조사보고서, 1973
15. 국토개발연구원, 생활용수 수요의 예측 모형에 관한 연구, 1994
16. 한국수자원공사, 용수수요 예측시스템 개발보고서, 1989
17. 한국수자원공사, 21세기를 바라보는 수자원 전망, 1993
18. 건설부, 수자원개발 가능지점 및 광역 배분계획 기본조사보고서, 1996
19. 농림수산부/농진공, 농업용수 안전공급계획('82~2001), 1983
20. 농진공, 소비수량 산정방법의 실용화 연구, 1989
21. 수공학연구발표회, 김남원, "농업용수 추정방법의 재고찰", 1994
22. 농림수산부/농진공, "한해극복", p.52, 1995
23. 수도권 광역 상수도계획(1~6차)
24. 텍사스수자원개발국, Annual municipal water use summaries for cities and counties, water uses section, 1980-1991.
25. 텍사스수자원개발국, Annual per capita water use: Annual municipal water use summaries for cities and counties, water uses section, 1980-1991.
26. 텍사스수자원개발국, 텍사스천연자원보전위원회, Municipal water conservation savings, Staff Files, 1993.
27. 텍사스수자원개발국, 1994 Consensus population projections for cities and counties, Water uses section, 1994.
28. 환경처, 환경백서, 1992
29. 우효섭, "바람직한 수자원 정책", 수자원환경, 제90호, 1996
30. 정병길, "금호강 유역의 수질오염원 현황과 장래예측", 오염심화하천의 실천적 정화방안, 국립환경연구소, 1986
31. 環境技術硏究會, 生活系排水處理ガイドブック, 1985
32. U. S. EPA, Design Manual, On-site Wastewater Treatment and Disposal System, 625/1-81-013, Wasington, D. C, 1981
33. 환경부, '95공장폐수의 발생과 처리, 1995
34. 농수산부/농진공, 작물소비수량의 산정방법의 정립, 1985, 1986.
35. 충남대, 경지 정리 후의 물소요(증가)에 관한 연구(I), 1972.
36. 농림수산성 구조개선국, 토지개량사업계획실계기준, 계획, 농업용수(수전), 평성 5년.
37. 농수산부, 농업진흥공사, 작물소비수량 산정방법의 정립, 1985, 1986.