

## 회귀모형을 이용한 전북지역 미계측 유역의 저유량 해석

조기태·박영기·이장춘\*  
전북대학교 토목환경부·익산대학 토목환경과  
(1999년 11월 20일 접수)

### The analysis of the low-flow statistics using regression model at the Chonbuk regional ungaged basin

Ki-Tai Jo, Young-Ki Park\*, and Jang-Choon Lee\*

Dep't of Civil and Environmental Engineering, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

\*Dep't of Civil and Environmental Engineering, Iksan National College, Iksan, 570-752, Korea

(Manuscript received 20 November, 1999)

The purpose of this study is to estimate the low-flow statistics at the mountainous watershed. The formulation for the estimation of the design low-flow statistics was obtained by means of a hydraulic approach applied to a simple conceptual model for a mountainous watershed. Three of the independent variables associated with the low-flow statistics is watershed area(A), average basin slope(S) and the base flow recession constant(K); Watershed area was measured from topographic maps and average basin slope is approximated in this study using Strahler's slope determining method. And base flow recession constant computed using Vogel and Kroll's method. Unfortunately, this method is usually unavailable at ungaged sites. In this study, recession constant at ungaged sites is estimated using graphical regression method used by Giese and Mason. The model for estimating low-flow statistics were applied to all 61 catchments in the Sumjin, Mankyung basin.

Key words : low-flow statistics, average basin slope, recession constant

#### 1. 서론

용수수요의 급증, 수자원 개발의 한계, 하천 환경 문제 등으로 소하천이나 산지하천 관리의 중요성이 부각되었다. 이에 정부는 소하천을 종합적이고 체계적으로 관리하기 위하여 1995년 소하천 정비법을 제정하였다.<sup>2)</sup> 그러나 이 법이 실효를 거두기 위해서는 설계수문량이 전제되어야 하므로 홍수와 갈수 관련 수문자료가 풍부하여야 한다. 그러나 우리나라 대부분의 중·소하천에서는 수문관측을 실시하지 않고 있다. 따라서 중·소하천이나 미계측지점의 하천에서 설계수문량은 수문관측소 지점의 값을 토대로 추정하는 수밖에 없다. 홍수의 경우 이러한 문제를 극복하기 위해 지역 빈도해석과 같은 수법을 사용하여 왔다. 그러나 갈수의 경우는 아직도 현업에서 단순 면적비율법을 사용하고 있다. 그러나 면적비율법 등은 지형, 지질조건이 반영되지 않아 현실성이 적다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 많은 수문학자들은 갈수에 관한 연구를 수행한 바 있다.

이명섭<sup>3)</sup>은 유역면적, 기저유출 지수, 연평균 강우량 등을 이용하여 갈수량을 추정하는 모형을 제안한 바 있으며,<sup>3)</sup> 한편, Parker(1977)는 유역면적과 연평균 강우량을 이용하여 갈수량을 추정하는 모형을 제안하였으며,

Downer(1983)은 유역면적, 최소 유역 표고, 2년 24시간 강우를 이용하여 갈수량을 추정하는 모형을 제안하였다.<sup>13)</sup> 그리고 Tasker(1972)은 유역면적과 지하수 인자를 고려하여 갈수량을 추정하는 모형을 제안하였으며, Male & Ogawa 등은 유역면적, 연평균 강수량, 2년 24시간 강우량, 지하수 인자, 산림피복, 유역면적에 대한 도시면적의 비율 등을 이용하여 갈수량을 추정하는 모형을 제안하였으며,<sup>14)</sup> Kroll & Vogel은 유역면적, 유역경사, 감수계수 등을 이용한 설계갈수량 추정모형을 제안하였다.<sup>10)</sup>

이러한 모형들은 대부분 취득하기 어려운 인자들을 포함하고 있을 뿐만 아니라 장기 수문자료를 확보할 수 없는 미계측 지점에서는 적용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 지형도에 부분적인 갈수량 측정자료를 이용하여 미계측지점의 갈수량을 추정할 수 있는 방법을 모색하였다.

#### 2. 갈수유출

갈수는 감수부의 수문사상이며 현재로서는 감수식을 결정하는데 쓸 수 있는 표준기법은 없다. 따라서 본 연구에서는 갈수 유출특성을 고려하여 갈수량을 추정하기 위한 방법을 모색하였다. 이를 위하여 본 장에서는 갈수

유출 특성을 개괄하고, 갈수유출특성의 지배인자인 유역 면적, 유역경사, 그리고 감수계수에 관하여 기술한다.

2.1. 갈수유출 특성

유역은 다수의 유로와 대수층 요소들로 구성되어 있다. Vogel & Kroll 등은 유역을 단위 유로-대수층의 집합체로 간주하고 수로의 단위길이당 지하수 유출량은 수문학적 동질성을 가정하여 전 유역으로 확장하여 대상유역 출구점의 갈수유출량은 하천에 기여하는 측방 유입량의 총합으로 다음과 같이 정의하였다.<sup>10)</sup> 즉,

$$Q = 2Lq_0 e^{-\alpha} \quad (1)$$

$$Q = Q_0 K_b \quad (2)$$

여기서, L은 유역내 총 하천연장이고,  $Q_0$ 는 초기유량이며,  $2Lq_0$ 이고,  $K_b$ 는 감수계수이며  $e^{-\alpha}$ 이다.

또한, Brutsaert and Nieber(1977), Vogel & Kroll (1992)등은 초기 유량을 대수층의 수리학적 특성치인 유역면적(A), 유역경사(S), 투수계수(k), 그리고 전유역에 대한 유출에 기여하는 유역면적비(a) 등의 함수로 표현하였다.<sup>10,11)</sup> 즉,

$$Q_0 = 2akAS^2 \quad (3)$$

한편, Ambroise(1996)는 기저유출 감수곡선부의 초기 유량을 유역면적(A), 유역경사(S), 전달계수(T) 등의 함수로 다음과식과 같이 정의하였다.<sup>8)</sup>

$$Q_0 = Af(S, T) \quad (4)$$

이들의 연구결과를 종합해보면 갈수유출의 초기유량은 유역경사에 관한 함수와 수리특성에 관한 함수로 분리될 수 있음을 알 수 있다. 또 갈수유출은 저류량의 고갈상태로 이행되는 시점이므로 감수부의 초기 유량은 대수층의 규모, 저류수준, 수리특성 등에 지배된다고 할 수 있다. 이를 종합하여 보면 갈수유출의 초기유량은 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_0 = Af(S)f'(k) \quad (5)$$

감수계수  $K_b$ 는 무차원 상수로서 통상 0.7이상의 값을 갖으며, 유역경사(S), 대수층 규모(V), 그리고 수리 특성치(W) 등에 지배된다고 할 수 있다. 이와 같은 각 변수들간의 정확한 함수관계는 규정할 수 없지만 감수계수를 다음식과 같이 일반화 할 수 있다.

$$K_b = g(S, V)g(W) \quad (6)$$

위의 식(3)~(6)를 종합하여 정리하면 갈수량은 유역 특성치인 유역면적, 지형 특성치인 유역경사 그리고 대수층의 물리특성과 수리특성을 감수계수의 항으로 나타내어 분리하면 다음식과 같이 표현할 수 있다. 즉,

$$Q = b_0 A^{b_1} S^{b_2} K_b^{b_3} \quad (7)$$

한편, 국내외의 많은 수문학자들은 미계측지점의 설계 갈수량을 추정하기 위하여 지형자료, 지질자료 그리고 기상자료 등을 이용하여 비교적 용이하게 취득할 수 있는 인자들을 독립변수로 한 지역수문모형을 개발하기 위한 연구를 시도해왔다. 본 연구에서는 갈수량에 지배적인 영향을 미치는 인자를 유역면적, 유역경사, 감수계수 등으로 설정하고 이를 이용하여 갈수량을 추정할 수 있

는 대안을 모색하였다.

2.2. 평균유역경사

지금까지 평균 유역경사를 산정할 수 있는 많은 방법들이 연구되어 왔다. 그중 대표적인 방법의 하나는 Horton (1932)의 교차선법이다. 이 방법은 해당지형도상에 격자선을 긋고, 이선이 등고선과 교차할 때의 점의 수를 세는 방법이다. 격자선의 총길이와 이 수가 근사 평균경사를 산출하는 식에 이용된다. 이 방법의 정도는 격자선의 간격에 반비례하고, 넓은 유역에 적용하거나 격자선의 간격이 조밀하면 많은 시간과 비용이 든다. 이러한 점을 개선하기 위하여 Strahle는 Horton이 제안한 배수밀도(drainage density)식을 이용하여 간단하게 유역경사를 산정할 수 있는 방법을 제안하였다.<sup>9)</sup> 즉,

$$S \approx 2Hd \quad (8)$$

여기서, H는 유역의 정상과 출구사이의 표고차인 유역기복(watershed relief)이며, d는 단위 유역면적당 하천길이의 배수밀도(drainage density)이다. 본 연구에는 연구목적과 정확성 그리고 유역경사 산정의 용이성 등을 고려하여 Strahler가 제안한 방법을 이용하여 유역경사를 산정하였다.

2.3. 감수계수

지금까지 감수계수를 산정할 수 있는 많은 방법들이 연구되어 왔다. 이들 방법들은 도해적인 방법과 장기수문자료를 이용하여 수치적으로 계산하는 방법으로 대별할 수 있다. 이들 방법중 도해적인 방법의 예를 들면 다음과 같다. Langbein(1940)은 시간 t와 유출량 log Q를 도시하여 감수계수를 산정하는 방법을 제안하였으며, Martin(1973)은 반대수지상의 x축에 유량 Q를 도시하고 y축에 시간 t를 도시하여 감수계수를 산정하는 방법을 제안하였다. 그러나 이와같이 도해적인 방법을 이용하여 감수계수를 산정할 경우 완전한 수문곡선을 얻는데 많은 노력과 시간을 필요로 하고, 또 도해 곡선을 fitting할 때 무작위성이 포함될 수 있다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 James & Thompson은 선형 감수모형에서 최소자승법을 이용하여 감수계수를 추정하는 모형을 제시하였다.<sup>12)</sup> 최소자승법을 이용하여 정확하게 감수계수를 산정하기 위해서는 감수시점의 유량이 커야하고, 유량 감수계열의 일수가 8일 이상 확보되어야 한다. Vogel & Kroll은 유출량과 유역 저류량의 관계를 지수함수로 가정하고 이 식을 연속방정식에 도입하여 다음 식을 제안하였다.<sup>10)</sup> 즉,

$$K_b = \exp \left\{ - \exp \left[ \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\ln(Q_{t-i} - Q) - \ln[\frac{1}{2}(Q_i + Q_{i+1})]) \right] \right\} \quad (9)$$

여기서, m은 일하천유량  $Q_{t-1}$ 과  $Q_t$  쌍의 개수이다. 여기서 제시된 식은 연속 하천유량자료가 확보되어 있는 지점에서는 적용이 가능하나, 미계측 지점에서는 적용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 수문관측지점의 유량과 미계측지점의 유량과의 관계를 다음식과 같이 정의하였다.

$$Q' = rQ^\beta \quad (10)$$

여기서,  $Q'$ 는 수문관측소 상류의 임시측정지점의 유량이며,  $r, \beta$ 는 상수이다.

또한, 수문관측소 지점의 감수계수로부터 미계측지점의 감수계수 산정식을 구하기 위하여 수문관측지점의 감수계수와 미계측지점의 감수계수의 관계를 다음식과 같이 정의하였다.

$$K_b' = K_b^\beta \quad (11)$$

여기서,  $K_b'$ 는 임시측정지점의 감수계수이다.

### 3. 대상 산지유역

설계 갈수량을 추정하기 위한 모형을 적용할 대상유역은 자연유량 관측이 가능한 지역, 갈수량의 계량이 가능한 지역, 장기 수문 시계열 자료 획득이 가능한 지역 등의 조건을 고려하여 선정하여야 한다. 본 연구에서는 전라북도에 위치하고 있는 주요하천을 대상으로 하여 연구의 목적에 적합한 산지유역을 선정하였다.

#### 3.1. 산지유역 선정

갈수량 특성 파악이 가능한 지역의 선정기준은 자연유량 관측이 가능하고, 갈수량의 계량이 가능하며, 장기 수문 시계열 자료의 획득이 가능한 지역이어야 한다. 자연유량 관측이 가능한 지역이란 인위적인 유량조절이 없는 지역을 의미한다. 즉, 도시가 발달되었거나 경작지와 저수지 등이 없는 지역이어야 한다.<sup>6)</sup> 갈수량의 계량이 가능한 지역은 갈수특성 요인들이 갈수량에 미치는 영향의 정도를 계량할 수 있는 곳을 말하며, 장기 수문 시계열 자료의 획득이 가능한 지역이란 측정지점의 인근에 수문관측소가 설치 운영되고 있어, 하천의 수위와 유량 등의 수문자료를 얻을 수 있는 지역을 의미한다.

본 연구에서는 전라북도에 위치한 섬진강, 만경강 유역을 대상으로 갈수량 특성을 파악할 수 있는 산지유역을 선정하기 위하여 각 유역의 유역현황을 조사하였다. 만경강 유역은 전주, 고산, 임피에 기상관측소가 위치하고 있으며, 대천 및 동지산에 수위관측소가 설치 운영되고 있다. 본 유역의 주요하천은 전주천, 소양천, 삼천천, 고산천 등이 있는데, 전주천과 삼천천 유역내에는 전주시가 소재하고 있어, 도시화가 진행되고 있는 하천이며, 이들 하천의 상류에는 중규모의 저수지가 축조되어 있다. 한편 고산천 유역은 비교적 산지유역이나 고산천의 상류에 경천 및 대아저수지를 비롯하여 크고 작은 저수지들이 산재해 있다.<sup>4)</sup> 반면 소양천 유역은 산지유역이며, 유역의 상류에 대규모 저수지가 없어 하천수의 교란이 적은 유역이다. 본 연구의 대상유역은 Fig. 1에 도시하였다.

#### 3.2. 산지 유역특성

지하수 유출에 영향을 주는 유역특성으로는 유역면적, 유역경사, 지질, 토지이용 상태, 소류지 분포 등이 있다. 유역면적은 강우로부터 발생하는 유출의 잠재력을 나타내는 잠재 유출능력의 척도이고 침투유량의 가장 중요한 인자로서 강우가 지속되는 동안 해당유역의 출구를 통과

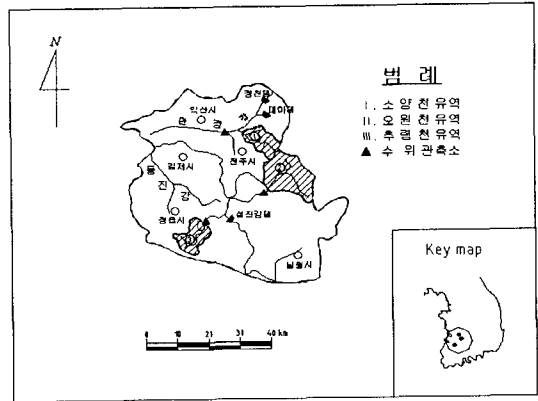


Fig. 1. The Study Basin.

하는 유출에 기여하는 모든 지면으로 정의된다. 본 연구에서는 지형도를 이용하여 유역면적을 산정하였다. 대상유역별 평균 유역면적은 오원천 유역 10.13km<sup>2</sup>, 추령천 유역 4.83km<sup>2</sup>, 소양천 유역 3.08km<sup>2</sup>이다.<sup>5)</sup>

유역경사는 강우의 침투량이나 유출율에 영향을 주는 인자이며, 지표면 유출 속도를 좌우하는 중요한 요소중의 하나로서 두 지점간의 표고차이와 거리의 비로 정의된다. 본 연구에서는 유역경사를 Strahler's 방법을 이용하여 산정하였다. 토지 이용율에 따라 침투율과 유출율이 크게 달라지기 때문에 대상유역내의 토지 이용율은 중요한 유역특성 인자 중의 하나이다. 본 연구에서는 대상유역의 토지이용 상태를 파악하기 위하여 토지이용 상태를 전, 답, 임야 그리고 기타지역으로 구분하였다.

유역내의 소류지, 댐, 호수 등과 같은 저류 시설물들은 유출에 상당한 영향을 미치는 인자들이다. 본 연구에서는 댐이나 저수지 등이 없는 지점을 기준으로 선정하였기 때문에 대상유역내에는 소규모 소류지들만 있다. 본 연구 대상유역의 유역별 평균 유역특성치는 Table 1에 게재하였다.

#### 3.3. 대상 수위관측소 유황

유황은 유량관측소에서 일유량의 연간상황을 의미하며, 일유량의 크기와 능가일수로 표시한다. 여기서 일유량이란 보통수위표에 의한 수위기록으로부터 수위 유량곡선식을 이용하여 유량을 산정하여 평균한 값이며, 연평균 유량은 일유량의 1년 총계를 당해년 일수로 나눈 평균값이다. 유황을 나타내는 지표유량으로는 연평균유량, 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량 등이 있으며, 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량은 각각 355, 275, 185, 95일로 이보다 더 작지 않은 유량이다. 특히, 갈수량은 하천의 최소한의 기능을 유지할 수 있도록 보장해 주는 유량으로 통상 기준이 되는 설계 갈수량은 평균 갈수량과 기준 갈수량이다. 평균 갈수량은 유황곡선상의 355일(97.3%)에 해당하는 유량 또는 최근 10~20년간의 연도별 갈수량의 평균값이며, 기준 갈수량은 10년 빈도 갈수량으로서 매년 갈수량을 빈도분석하여 비초과 확률 10%에 해당하는

갈수량 또는 최근 10~20년간의 연도별 갈수량 중 1위 또는 2위에 해당하는 갈수량이다.<sup>6)</sup>

이와 같은 유황분석을 위해서는 충분한 유량 측정자료가 확보되어야 하며, 유황은 유역환경에 지배되므로 분석기간에 따라 다르다. 하천 정비기본계획에서 이수기준으로 삼는 설계갈수량은 해당유역이 자연상태라고 할 수 있는 기간에 실시한 유황분석 결과이다. 전북지역하천에서 이러한 유황자료가 있는 곳은 섬진강 유역의 송정, 만경강 유역의 대천 수위표지점 등이다. 이외의 본 연구 대상하천의 수위표 지점으로는 쌍치, 관촌 수위 관측소 등이 포함된다. 이 곳은 유량측정 기록이 작거나 유황변동이 작아서 자연 상태의 유황을 분석하기가 어려운 곳이다.

각 수위표지점의 유황을 살펴보면 송정 수위표지점의 유황은 섬진강 하천 정비 기본계획시 분석한 것으로 10년간(1979년~1988년)의 일별 유출자료를 이용하여 설계갈수량을 정하였다.<sup>5)</sup> 대천 수위표지점에는 만경강 하천 정비 기본계획시 10개년(1966년~1975년)의 수위관측값을 분석하여 설계 갈수량을 산정하였다. 관촌 수위표지점의 유황은 섬진강 하천정비 기본계획시 적정수위표지점의 유황을 비유량법으로 환산한 값을 채택한 것이고, 쌍치 수위표지점은 추령천 하천정비 기본계획시 송정 수위표지점의 유황을 비유량법으로 환산한 값을 채택하였다.<sup>4)</sup> 각 수위표 지점별 유황은 Table 2와 같다.

4. 갈수특성

4.1. 설계 갈수량 산정

우리 나라에서는 하천 기본계획 수립시 해당하천에서 유황자료가 있는 경우 이를 분석하여 설계 갈수량을 산정하지만 유황자료가 없는 미계측 하천에서는 인근 유역의 유황자료와 유역면적 비 그리고 연평균 강우량을 이용하여 간접적으로 설계갈수량을 산정하는 면적 비율법을 이용한다. 그러나 면적 비율법은 유역간의 수문학적

동질성을 확보할 수 있는 경우에 적용하여야 한다. 특히, 소하천이나 산지하천의 경우 유역특성에 따라 설계갈수량이 크게 변화하기 때문에 면적 비율법을 적용할 때 주의하여야 한다.<sup>6)</sup>

본 연구에서는 수위관측소 지점의 설계 갈수량은 기존 하천 정비기본계획 수립시 공고한 설계 갈수량을 이용하였으며, 미계측지점의 설계갈수량은 수위 관측소 지점의 유량과 해당 미계측 지점에서 부분적으로 관측된 갈수량 자료를 이용하여 설계갈수량을 산정하였다. 대상지점에서 설계 갈수량 산정결과는 Table 3에 게재하였다.

4.2. 감수계수 산정

전북지역 산지하천 유역의 설계 갈수량을 추정하는데 지질인자로 이용되는 감수계수를 산정하기 위하여 연속적인 일하천 유량 자료가 구축되어 있는 수위관측소 지점의 경우 Vogel & Kroll 등이 제시한 식을 이용하였으며,<sup>10)</sup> 연속적인 일하천 유량자료가 구축되지 않은 산지하천의 미계측지점에서는 수위관측소 지점에 공식된 감수계수와 미계측지점의 갈수량을 이용하여 감수계수를 산정하였다. 본 연구의 대상유역에서 산정한 감수계수를 살펴보면 소양천 유역의 대천 수위표 지점에서 감수계수는 0.899로 산정되었으며, 미계측지점의 감수계수는 0.717~0.860까지 산정되었다. 오원천 유역의 경우 관촌 수위표 지점에서 감수계수는 0.910이었으며, 미계측 산지유역에서 산정된 감수계수는 0.792~0.963, 추령천 유역의 경우 쌍치 수위 관측소 지점의 감수계수는 0.796, 인근 미계측 산지유역에서 산정된 감수계수는 0.767~0.865로 각각 나타났다. 본 연구 대상유역의 대상 수위관측소 지점과 수위 관측소 인근 미계측 산지유역에서 산정된 감수계수의 결과는 Table 4에 게재하였다.

5. 적용 및 고찰

본 연구에서는 전북지역의 섬진강과 만경강 유역의

Table 1. The average basin Characteristics by basins

Basin	Section	Basin Area (km <sup>2</sup> )	Basin Slope	Land Used Rate(%)				Reservoir
				Paddy	Dry	Forest	Rest	
Soyang	Range	0.7~72.2	0.39~1.81	0.0~0.32	0.0~6.5	74.5~100	0.0~7.5	11
	Ave.	13.6	1.11	11.1	8.1	78.1	2.6	
Ohwon	Range	1.4~33.3	0.36~2.32	1.1~6.2	0.2~52.8	67.9~98.6	0.0~10.9	25
	Ave.	10.13	1.50	9.5	1.9	85.7	2.8	
Churung	Range	0.6~119.7	0.32~1.80	0.0~33.3	0.0~25.2	35.8~93.2	0.9~5.7	24
	Ave.	13.7	0.87	9.8	3.2	82.4	3.5	

Table 2. The discharge of gaging station

Gaging Station	Ave. Lowflow (CMS)	Ref. Lowflow (CMS)	Basin Area (km <sup>2</sup> )	Lowflow (CMS)	Mim. streamflow (CMS)	Nor. Sreamflow (CMS)	Wet Streamflow (CMS)
Daichun	1.08	0.80	879.2	-	-	-	-
Konchon	1.22	0.64	294.4	1.22	2.11	3.39	6.41
Ssangchi	0.19	0.09	119.7	0.19	0.85	2.11	3.93

Table 3. The Low-flow Statistics of study sites

(10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/sec)

Point No.	Soyang		Ohwon		Churung	
	Ref.	Ave.	Ref.	Ave.	Ref.	Ave.
1	17.0	38.0	3819.0	19489.0	90000.0	190000.0
2	17.0	41.0	5056.0	23145.0	13191.0	26275.0
3	41.0	80.0	13377.0	34180.0	2241.0	5932.0
4	20.0	44.0	50414.0	136919.0	972.0	2202.0
5	12.0	26.0	7440.0	13707.0	1569.0	2908.0
6	2.0	5.0	385972.0	496599.0	1042.0	2632.0
7	4.0	11.0	56114.0	179023.0	4283.0	8188.0
8	2.0	5.0	171818.0	274824.0	253.0	790.0
9	244.0	514.0	1272.0	6042.0	121.0	327.0
10	1625.0	2489.0	8670.0	27541.0	156.0	415.0
11	173.0	421.0	778.0	3386.0	-	-
12	-	-	54455.0	119639.0	-	-

Table 4. The estimation values of recession constant

Point No.	Soyang	Ohwon	Churung	Remark
1	0.758	0.792	0.851	
2	0.734	0.804	0.796	
3	0.789	0.873	0.826	
4	0.755	0.865	0.865	
5	0.757	0.914	0.805	
6	0.728	0.963	0.859	
7	0.720	0.846	0.767	
8	0.717	0.933	0.792	
9	0.770	0.800	0.796	
10	0.860	0.846	-	
11	0.733	0.810	-	
12	-	0.892	-	
Gaging Point	0.899	0.910	0.839	

산지하천 중 하천수의 인위적 교란이 적고, 갈수량 특성 파악이 가능한 지점을 대상지점으로 선정하였다. 그리고 선정된 대상지점에 대하여 유역특성 및 지형특성 그리고 지질특성 등을 파악하였으며, 각각의 대상지점에서 지역 설계 갈수량을 평가하였다. 각 대상지점에서 평가된 설계 갈수량을 종속변수로 하고 대상지점에서 산정된 유역 특성치인 유역면적, 지형특성치인 유역경사, 지질특성치인 감수계수를 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

각 유역특성치가 설계갈수량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Table 5와 같이 유역면적(A), 유역면적과 감수계수(K), 유역면적과 유역경사(S) 그리고 유역면적, 감수계수, 유역경사의 3개 독립변수 모두를 포함하는 4가지 모형으로 나누어 분석을 실시하였다. 그 결과 기준갈수량과 평균갈수량은 3개 종속변수를 모두 포함하였을 때 결정계수가 각각 82.2, 84.6으로 가장 높게 나타났다.

며, 그 다음은 유역면적과 감수계수만을 독립변수로 하였을 때 결정계수가 높았다. 그리고 유역면적만을 독립변수로 취했을 때 결정계수가 가장 낮게 평가되었다.

이와 같이 최종 선정된 설계 갈수량 추정식에 대하여 각 대상지점에서 산정된 유역특성치를 대입하여 구한 설계 갈수량과 면적 비율법에 의하여 산정된 설계 갈수량을 비교한 결과 본 연구에서 제시한 설계 갈수량 추정식에 의해 산정된 값이 현업에서 사용하고 있는 면적 비율법에 의해 산정된 값보다 대체적으로 상관성이 양호한 것으로 나타났다.

Table 5. The results of regression analysis

Section	Model	Regression Coefficient				Determination Coefficient
		b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	
Mankung	A	0.0677	1.4643	-	-	32.6
	Ref. AK <sub>3</sub>	5.9756	1.0966	-	23.3542	81.3
	AS	0.0447	1.7094	-0.5924	-	34.3
Sumjin Basin	ASK <sub>3</sub>	10.0458	0.8921	0.4542	24.4036	82.2
	A	0.1731	1.4891	-	-	36.3
	Ave. AK <sub>3</sub>	12.5401	1.1376	-	22.3228	84.1
Lowflow	AS	0.1083	1.7665	-0.6705	-	42.7
	ASK <sub>3</sub>	18.0497	0.9942	0.3184	23.0586	84.6

## 6. 결론

본 연구는 유역특성 인자와 지질학적 특성인자들을 이용하여 신뢰성 있는 설계 갈수량을 추정하기 위하여 다중회귀분석을 이용하였다. 이를 위하여 전라북도에 위치한 주요하천에 대하여 갈수량 특성을 파악할 수 있는 유역을 기준으로 대상지점을 선정하였으며, 선정된 각 지점에서 유역특성치를 파악하였다. 그리고 해당유역 상·하류간 유량관계를 이용하여 미계측 지점의 설계 갈수량 및 감수계수를 산정하였으며, 그 결과를 토대로 미

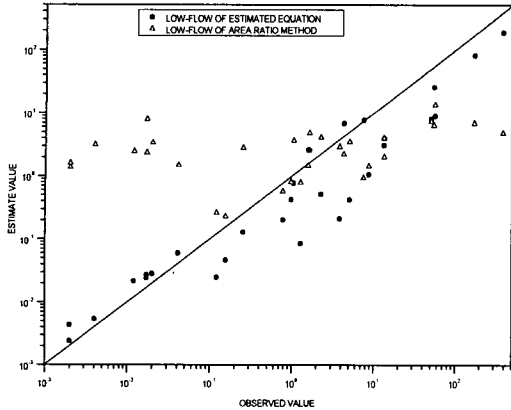


Fig. 2. The comparison of reference low-flow.

계측 산지유역의 설계갈수량을 추정하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 갈수 유출모형은 모형이 비교적 간단하고, 모형에 포함된 변수들을 취득하기가 용이하며, 유역의 지형, 지질학적 특성을 모두 반영하는  $Q = b_0 A^{b_1} S^{b_2} K_b^{b_3}$ 의 형태가 실용성과 신뢰성 측면에서 가장 적합한 것으로 판단되었다.

2) 수위 관측소 지점의 설계 갈수량과 미계측 산지하천 유역에서 설계 갈수량간의 상관관계를  $Q' = \gamma Q^{\beta}$ 로 정식화 하였다.

3) 수위 관측소 지점의 감수계수와 미계측 산지하천 유역의 감수계수간의 상관관계를  $K_b' = K_b^{\alpha}$ 으로 정식화 하였다.

4) 본 연구에서 제안한 갈수유출 산정식에 의하여 산정된 결과와 현업에서 사용하고 있는 면적비율법에 의하여 산정된 결과를 비교한 결과 본연구에서 제안한 갈수유출 산정식에 의한 결과가 면적비율법에 의한 결과에 비해 실측값이 양호하게 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 건설부, 1991, 섬진강 홍수통제소, 섬진강홍수예경보.
- 2) 내무부, 1996, 소하천 정비법.
- 3) 이명섭, 1993, 유역특성을 이용한 갈수량 산정에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교, 6.
- 4) 전라북도, 1976, 만경강 하천정비기본계획.
- 5) 전라북도, 1990, 섬진강 하천정비기본계획.
- 6) 한국수문학회, 1995, 하천시설기준(조사편).

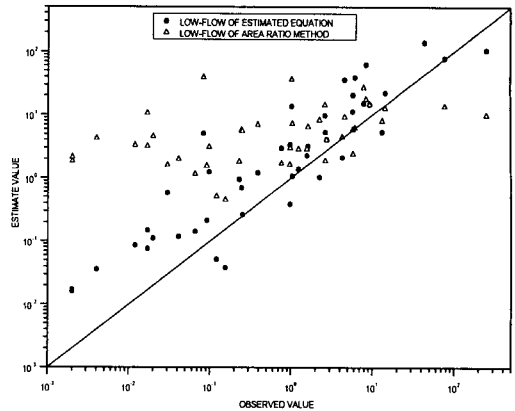


Fig. 3. The comparison of reference low-flow by estimation and specific values by estimation and specific values.

- 7) Donald C. Hayes, 1991, Low-Flow Characteristics of Streams in Virginia, U. S. Geological Survey, 7~11pp.
- 8) Institute of Hydrology, 1980, Low Flow Studies, Report, No. 1~4.
- 9) Strahler, J. R., 1950, Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis, *Am. J. Sci.*, 248, 673~696pp.
- 10) Vogel, R. M. and C. N. Kroll, 1992, Regional Geohydrologic-Geomorphic Relationships for the Estimation of Low-Flow Statistics, 28(9), 2451~2458pp.
- 11) Zecharias B, Brutsaert, 1988, Recession Characteristics of Groundwater Outflow and Base flow from Mountainous Watersheds, W. R. R., Vol.24, No.10, 1651~1658pp.
- 12) James L. and O. Thomson, 1970, Least Squares Estimation of Constants in a Linear Recession Model, W. R. R. Vol. 6., No.4., 1062~1069pp.
- 13) Singh, K. P., 1968, Some factors affecting base flow, W. R. R., 4; 985~999pp.
- 14) Male, J. W. and H. Ogawa, 1982, Low flows of Massachusetts streams, Publ. 125, W. R. R. Cent., Univ. of Mass., Amherst.