

## 유형곡선과 공간 내삽 알고리즘을 이용한 일유출량 특성의 지역화

### Regionalization of Daily Flow Characteristics Using Flow Duration Curve and Spatial Interpolation Algorithm

윤 용 남\* / 김 재 성\*\* / 이 동 루\*\*\*

Yoon, Yong Nam / Kim, Jae Sung / Lee, Dong-Ryul

#### Abstract

Regionalization technique using flow duration curve and spatial interpolation algorithm is developed for the purpose of estimating daily flow time series at ungauged station. In this study, we assumed a part of 8 gauging stations of Nakdong River basin as ungauged stations. Then, we generated flow duration curves and daily flow hydrographs by regionalization technique at ungauged stations. And we compared generated and observed hydrographs. The simulation results showed that the observed flows were well simulated by the proposed method and that the general patterns of the observed flows were satisfactorily reproduced by the regionalization technique. From these results, it is possible that we obtain daily flow information without application of labour intensive and time consuming deterministic models, which require complicating quantification of model parameter values. And we compared the regionalization techniques with the specific discharge method which is the most general approach in hydrological practice in Korea. The results showed that the regionalization technique was superior to specific discharge method.

*keywords* : regionalization technique, spatial interpolation algorithm, flow duration curve, daily flow hydrographs, specific discharge method

#### 요 지

미계측지점에서의 일유출량 시계열을 합성하기 위한 도구로서 유형곡선과 공간내삽알고리즘을 이용한 지역화 기법이 개발되었다. 본 연구에서는 낙동강 유역의 8개 유량 관측 지점들 중 일부를 미계측지점으로 가정하여 지역화 기법을 통해 미계측 지점의 유형곡선을 합성하였으며, 합성된 유형곡선을 공간 내삽 알고리즘에 적용하여 미계측 지점의 일유출수문곡선을 합성하였다. 미계측지점으로서 가정된 지점에서의 관측 수문곡선과 합성 수문 곡선을 비교한 결과는 상당히 좋은 값을 나타내었으며, 이로써 지역화 기법이 대상 하천의 유출 특성을 잘 나타내어 주는 기법임을 알 수 있었다. 이는 복잡한 매개 변수 산정을 필요로 하고 시간과 비용이 많이 드는 확정론적 모형의 적용 없이도 합리적인 일유출량 정보를 지역화 기법을 통해 획득할 수 있음을 보여준다. 그리고 수자원 실무에서 많이 이용되는 비유량법과의 비교를 통해 지역화 기법이 비유량법보다 더 좋은 결과를 나타냄을 확인하였다.

**핵심용어** : 지역화 기법, 공간내삽알고리즘, 유형곡선, 일유출수문곡선, 비유량법

\* 고려대학교 토목환경공학과 교수

Professor, Dept. of Civil & Environmental Eng., Korea Univ., Seoul 136-701, Korea

\*\* 고려대학교 토목환경공학과 석사

Master, Dept. of Civil & Environmental Eng., Korea Univ., Seoul 136-701, Korea

\*\*\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

Senior Researcher, Division of Water Resources and Environmental Engineering, Korea Institute of Construction Technology, Kayang, Kyeonggi, 441-410, Korea

## 1. 서 론

일유출량 정보는 하천 생태계에 대한 수자원 개발의 영향 평가, 소단위 지역의 물 공급계획 설계, 수질 및 환경보전을 비롯한 많은 수자원 계획에 있어서 필수적이다. 그러나 우리나라에서 관측된 유량 자료는 신뢰성의 문제가 있었고 제한된 지점에서만 사용이 가능하다. 또한 미계측지점에 대한 유량 정보는 비유량법, 확정론적 모형을 이용한 방법으로 얻고 있다. 그러나 비유량법의 경우, 같은 유역내의 유량이 단순히 면적에만 비례한다고 가정하는 것으로 강수량의 공간적 특성을 고려하지 못하므로 신뢰성이 떨어지는 방법이다. 확정론적 모형의 경우 장기 일유출량 시계열이 모의되고 이로부터 필요한 유출 특성을 얻을 수 있다. 그러나 이러한 확정론적 모형의 경우 모형 매개 변수의 적절한 정량화와 믿을만한 강우 입력 자료가 필요하다. 매개 변수값의 산정은 경우에 따라 유역의 지형학적 특성 파악의 부족으로 인해 어렵고, 강우 입력 자료 또한 언제나 가능한 것은 아니다. 또한 확정론적 모형은 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 소규모 수자원 계획에 있어서 이런 복잡한 방법을 이용하는 것은 시간과 비용이 많이 들기 때문에 좀더 단순한 산정 기법이 효율적이다. 따라서 본 연구에서는 일유출량 산정을 위하여 유황곡선과 공간 내삽 알고리즘을 이용한 지역화 기법이라는 새로운 방법의 적용성을 검토해 보고자 한다.

지금까지 지역화 기법에 대한 연구는 유황곡선을 매개변수화하여 이를 지역화하는 Quimpo 등(1983), Mimikou 등(1985) 및 Fennessey 등(1990)의 연구가 있다. 그러나 이들은 유량 미계측지점에서 실질적인 일유출량 시계열을 계산하는 것이 목적이 아니라, 유황곡선만을 계산하는 것이 목적이었다. 지역화 기법을 통해 유량 미계측지점에서 일유출량 시계열을 계산하기 위한 시도는 Smakhtin 등(1997)의 연구에서 시작되었다.

## 2. 지역화 기법의 기본 이론

### 2.1 유황곡선

유황곡선은 해당 지점에서의 기록기간의 전 일유출량자료를 사용하여 초과백분율별 일유출량을 결정하여 횡축에 초과 백분율, 종축에 일유출량을 도시한 것을 말한다(윤용남, 1998). 유황곡선은 어떤 지점에서의 가용 하천유량의 규모와 변동성을 평가하기 위한 수단으

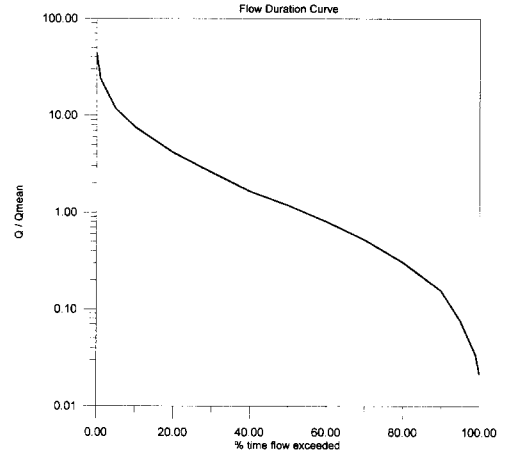


그림 1. 정규화된 유황곡선

로서 사용된다. 유황곡선 작성시 종축은 대수축을 쓰고, 횡축은 정규분포축이나 혹은 산출축을 사용한다.

### 2.2 지역화 기법에 의한 무차원 유황곡선의 계산

유량 미계측지점에서의 유황곡선은 지역화 기법에 의해 산정된 무차원 유황곡선에 의하여 계산할 수 있으며 그 방법은 다음과 같다. 같은 유역내의 각 분석 대상 지점의 월별 유황곡선에서 일유출량을 장기 평균 일유출량(가용한 자료 계열에서 모든 일유출량 자료의 평균으로서 산정됨)으로 나누어 무차원 유황곡선을 작성한다. 각 지점에 대해 계산된 무차원 유황곡선들을 단순 평균하여 그림 1과 같이 정규화된 무차원 유황곡선으로 작성한다. 미계측지점의 유황곡선은 정규화된 유황곡선의 종좌표에 회귀 분석을 통해 구한 장기 평균 일유출량을 곱하여 계산한다.

이 때 미계측지점에서의 장기 평균일유출량( $Q_{mean}$ ) 값은 식 (1)과 같은 유역 면적과 연평균강수량을 독립 변수로 한 다중 회귀 분석에 의해 구할 수 있다(Smakhtin 등, 1997).

$$Q_{mean} = a_0 \times A^{a_1} \times MAP^{a_2} \quad (1)$$

식 (1)로 다중 회귀분석을 실시하기 위해서는 선형 회를 시켜야 하며 식(2)와 같이 양변에 로그를 취함으로써 가능하게 된다.

$$\ln(Q_{mean}) = \ln(a_0) + a_1 \ln(A) + a_2 \ln(MAP) \quad (2)$$

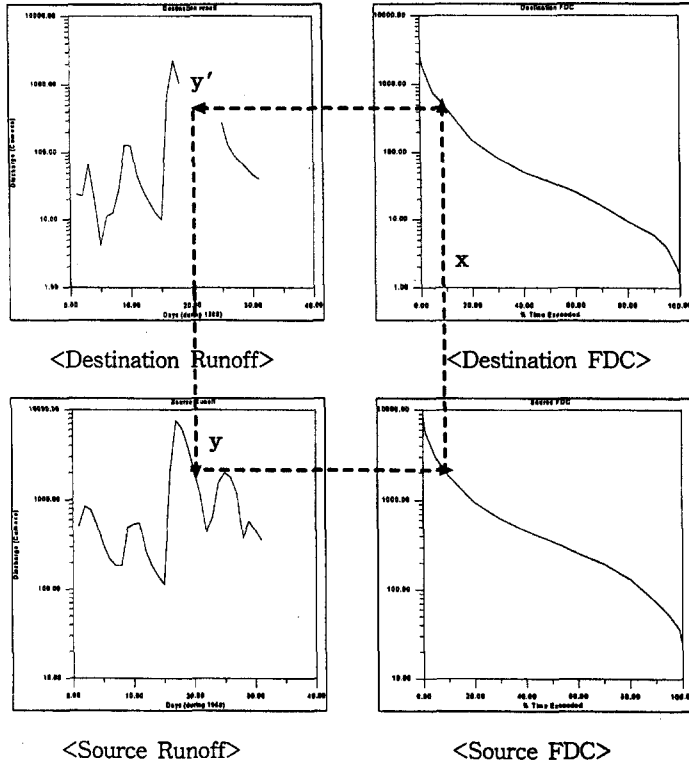


그림 2 공간 내삽 알고리즘

여기서,  $Q_{mean}$  은 장기 평균일유출량 ( $m^3/sec$ ),  $A$ 는 유역면적 ( $km^2$ ),  $MAP$  는 연평균강수량 (mean annual precipitation,  $mm$ )을 의미한다. 그림 2. 공간 내삽 알고리즘

### 2.3 공간 내삽 알고리즘

유량 미계측지점의 일유출량 시계열을 계산하기 위한 방법인 공간 내삽 알고리즘은 사용하기 간편하면서 지점들 유출의 비정상성과 지점간 유출특성 사이의 비선형성을 설명할 수 있는 방법이며, 그림 2는 유황곡선(FDC, flow duration curve)의 공간 내삽 알고리즘을 도시화하여 나타낸 것이다.

그림 2. 공간 내삽 알고리즘

공간 내삽 알고리즘을 적용하는 방법 및 절차는 다음과 같다(Smakhtin 등, 1997).

(1) 유량 미계측지점인 대상(destination)지점과 대상 지점의 일유출량 시계열 계산의 출처가 되는 기준(source) 지점을 선택한다. 이 때 기준 지점은 2개까

지 선택할 수 있다.

(2) 각 대상 지점과 기준 지점에 대해 월별로 유황 곡선을 작성한다. 이 때 대상 지점의 유황곡선은 지역화 기법에 의해 계산한다. 그리고, 유황곡선의 17개 시간 초과 백분율( $x_i$ ,  $i=1\sim17$ ; 0.01, 0.1, 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99, 99.9, 99.99%)에 상응하는 일유출량( $y_i$ ,  $i=1\sim17$ )을 월별로 기준 지점과 대상 지점에 대해 계산한다.

(3) 대상 지점에서의 일유출량을 구하기 위해서는 구하고자 하는 날짜에 해당하는 기준 지점의 일유출량( $y$ )을 구하고, 그 일유출량이 기준 지점의 유황곡선에서 갖는 시간 초과 백분율( $x$ )을 구한다. 앞에서 구한 시간 초과 백분율( $x$ )에 해당하는 대상 지점에서의 일유출량을 구하면 그 값이 바로 구하고자 하는 날짜의 대상지점에서의 일유출량( $y'$ )이 된다. 이와 같은 방법에는 기준 지점과 대상 지점에서의 같은 날짜의 일유출량 값들이 각각의 유황곡선에서 갖는 시간

초과 백분율은 같다 ( $x = x'$ )는 가정이 세워져 있다. 한편, 기준 지점과 대상 지점의 시간 초과 백분율의 값이 (2)항에서 구한 17개 시간초과 백분율일 경우에는 이미 계산해 놓은 일유출량 값을 이용할 수 있지만 대부분의 경우 17개 시간초과 백분율과 일치하지는 않는다. 그러한 경우에는 식 (3), 식 (4)와 같이 내삽을 실시한다.

$$x = x_{i-1} + \frac{\ln(y) - \ln(y_{i-1})}{\ln(y_i) - \ln(y_{i-1})} \times (x_i - x_{i-1}) \quad (3)$$

$$y' = \exp\left(\frac{\ln(y'_i) - \ln(y_{i-1}')}{x'_i - x_{i-1}'} \times (x - x_{i-1}') + \ln(y_{i-1}')\right) \quad (4)$$

여기서,  $y_i$ 는 기준 지점의 유황곡선에서 17개 시간 초과 백분율에 해당하는 일유출량 값들 중  $y$ 보다 작은 값을 가지면서  $y$ 에 가장 가까운 값을 의미하고,  $x_i$ 는  $y_i$ 에 해당하는 시간 초과 백분율을 의미하며  $i-1$ 은 17개 시간초과 백분율중에서  $i$ 보다 한 단계 낮은 해당 백분율을 의미한다. 그리고 첨자(')로 표시한 것은 대상 지점에서의 값을 의미한다.

### 3. 대상 유역의 선정 및 자료 수집

본 연구의 대상 유역은 가용한 자료가 가장 많고 계측지점이 유역 전반에 걸쳐 분포되어 있는 낙동강 유역으로 하였으며, 사용되는 자료는 일유출량 자료와 연강수량 자료이다. 일유출량 자료는 지역화 기법을 통한 유출량 산정에 필요하며, 연강수량 자료는 장기 평균 일유출량의 회귀 방정식을 구하는데 필요하다. 일유출량 자료는 댐지점의 경우에는 댐유입량 자료를 이용하고, 수위 관측 지점의 경우 각 수위관측소로부터 수집할 수 있는 수위 자료로부터 이동률(1995)에 따라 계산한 수위-유량 곡선으로부터 계산하였다. 연강수량 자료는 월강수량과 일강수량의 형태로 수집하여 각 수위 관측지점에 영향을 주는 우량 관측소로 분류하여 연유역평균강수량을 산정하여 이용하였다. 본 연구에서 분석 대상 지점은 인위적인 영향에 의해 유역의 자연 유량특성에 영향이 없어야 하며 일년 중 흐름이 지속적이고, 어느 정도 통계분석이 가능한 10년 이상의 자료 기간을 가지고 있어

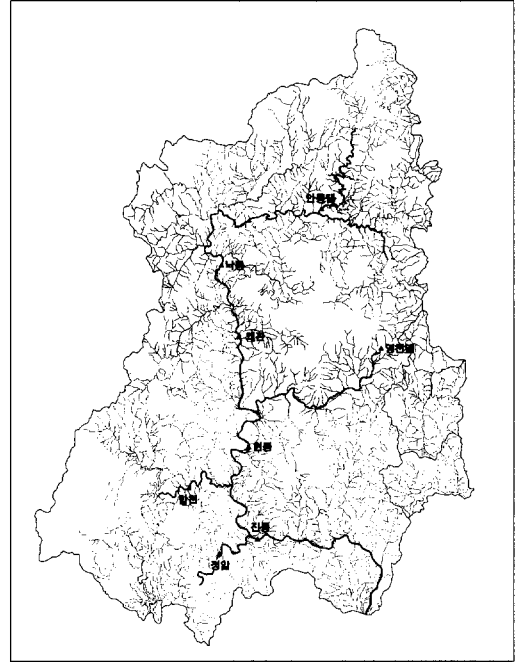


그림 3. 낙동강 유역의 분석 대상 지점

야한다는 기준에 따라 선정되었다. 위와 같은 기준에 의해 선정된 지점은 그림 3과 같으며 표 1은 각 지점의 유역면적과 연평균강수량이다.

### 4. 지역화 기법의 실유역적용

#### 4.1 다중회귀분석의 시행

유황곡선의 지역화를 위하여 평균일유출량 ( $Q_{mean}$ )

표 1. 분석 대상 지점

관측소	유역면적 (km <sup>2</sup> )	선정기간	연평균강수량 (MAP, mm)
진동	20,311	1958-1979	1,064
정암	3,280	1957-1969	1,142
합천	1,042	1971-1982	1,015
현풍	14,001	1965-1979	1,045
왜관	11,074	1958-1977	1,055
낙동	9,369	1958-1977	1,012
안동댐	1,584	1977-1994	1,039
영천댐	235	1985-1997	1,100

표 2. 다중회귀분석 결과

지점	$Q_{mean}(reg)$ ( $m^3/sec$ )	$Q_{mean}(obs)$ ( $m^3/sec$ )	상대오차(%)
진동	325.9	343.1	-5
정암	56.2	59.0	-5
합천	17.3	19.1	-10
현풍	224.3	191.2	17
왜관	179.0	200.8	-11
낙동	149.0	126.8	18
안동댐	26.3	30.7	-14
영천댐	4.2	3.6	16

을 산정하기 위한 각 지점에서의 회귀분석 결과는 식 (5)와 같으며 회귀분석에 의한 각 지점에서의 장기 평균일유출량은 표 2와 같다.

$$Q_{mean} = 7.77 \times 10^{-4} A^{0.98} MAP^{0.46} \quad (5)$$

식 (5)의 결정계수( $R^2$ )은 0.99로서 회귀분석의 결과가 매우 좋게 나타났다. 표 2에서 두 번째 항은 회귀분석을 통해 구한 장기 평균 일유출량, 세 번째 항은 관측된 자료로써 구한 장기 평균 일유출량을 의미하고, 네 번째 항은 관측된 값에 대한 회귀분석을 통해 구한 값의 상대 오차이다. 오차의 절대값은 모든 지점에 대해 5%에서 18%사이로 그리 크지 않은 것으로 나타났다.

그림 4는 회귀 분석에 의해 구한 장기 평균 일유출량을 횡축에, 관측된 장기 평균 일유출량을 종축에 나타내어 도시한 것으로서 관측값과 회귀 분석에 의한 값이 상당히 일치하며 매우 큰 상관성( $R^2 = 0.98$ )을 가짐을 확인할 수 있다.

즉, 위의 표 2와 그림 4로부터 다중 회귀 분석에 의해 구한 장기 평균 일유출량 값이 합리적인 값이라는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 지역화 기법을 이용한 일유출량 시계열의 발생

본 연구에서는 지역화 기법의 성공도 여부를 판단하기 위해 낙동강 유역의 8개 관측 지점들 중 일부를 미계측지점으로 가정하여 지역화 기법을 통해 일유출량 시계열을 발생시켰다. 그리고, 미계측지점으로 가정된 지점들의 합성된 시계열과 관측된 시계열을 비교함으로써 기법의 성공도 여부를 평가하였다.

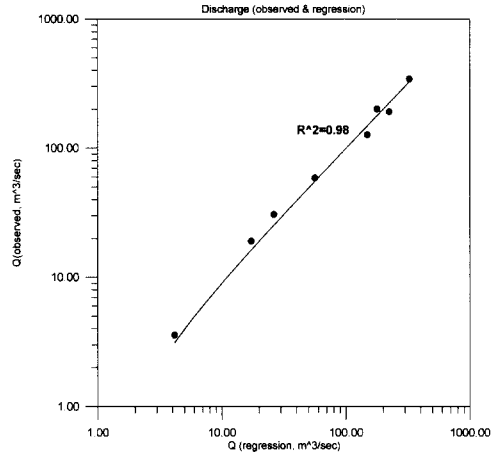


그림 4. 장기 평균 일유출량의 비교

#### 4.2.1 기준 지점과 대상 지점(미계측지점)의 선정

본 연구의 대상 지점들 중 대상 지점(미계측지점)의 선정 기준과 기준 지점의 선정 기준은 다음과 같다.

- (1) 대상 지점(미계측지점)으로 가정한 지점은 1개 혹은 2개의 기준 지점이 가까운 곳에 위치하여야 한다.
- (2) 기준 지점의 관측 기간이 대상 지점(미계측지점)으로 가정한 지점의 관측 기간과 중복되어야 한다. 이는 대상 지점에서 합성한 일유출량 시계열과 관측된 일유출 시계열을 비교하기 위함이다.
- (3) 가능한 한 대상 지점과 기준 지점은 같은 분류 상에 있거나 혹은 같은 지류상에 있어야 한다. 위와 같은 조건으로 선정한 기준 지점과 대상 지점을 표 3에 수록하였다.

#### 4.2.2 무차원 유황곡선의 작성

앞서 설명한 지역화 기법에 따라 그림 5와 같이 각 월에 대한 지역 정규화 유황곡선을 작성하였으며, 지역 정규화 유황곡선의 종축에 장기 평균 일유출량을 곱하여 그림 6과 같이 미계측지점의 합성유황곡선을 계산

표 3. 기준 지점과 대상 지점

번호	대상지점	기준지점	비교기간
1	진동	정암, 현풍	1965-1969
2	왜관	낙동, 현풍	1965-1977

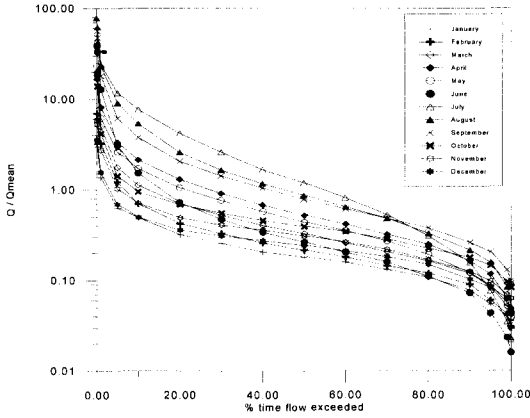


그림 5. 월별 지역화된 정규화 유황곡선

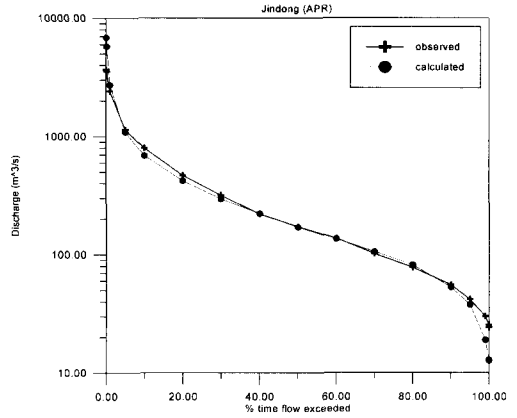


그림 6. 합성 유황곡선(진동, 4월)

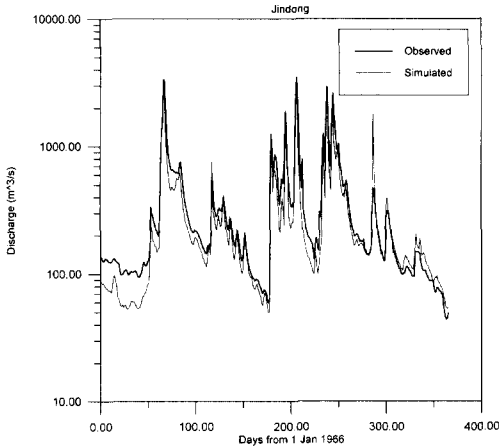


그림 7. 합성 유출 수문곡선(진동, 1966)

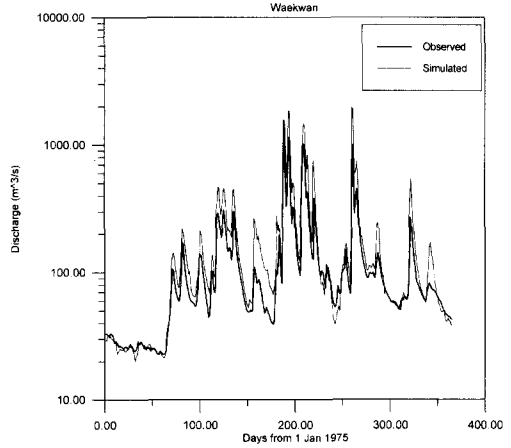


그림 8. 합성 유출 수문곡선(왜관, 1975)

하였다.

그림 6을 보면 알 수 있듯이, 지역화 기법에 의해 합성된 유황곡선은 관측자료를 이용하여 계산한 유황곡선과 상당히 일치하는 것으로 평가할 수 있으며 미계측지점의 유황곡선으로서 이용되기에 적절한 것으로 판단된다.

#### 4.2.3 지역화 기법을 이용한 미계측지점에서의 일유출 수문곡선의 합성

대상 지점에서 지역화 기법에 의해 합성된 유황 곡선을 앞서 설명한 공간 내삽 알고리즘에 적용하여 일유출 수문 곡선을 합성하였으며 그림 8과 그림 9는 진동과 왜관 지점의 유출 수문곡선을 나타낸다.

위의 그림 7과 그림 8의 수문곡선을 살펴보았을 때 지역화 기법에 의해 합성한 일유출수문곡선과 관측치로 계산한 일유출수문곡선은 상당히 일치하는 것을 알 수 있으며 특히 경향면에서 그러하다.

#### 4.2.4 예측 결과의 비교와 고찰

관측된 일유출량 시계열과 지역화 기법에 의해 합성된 일유출량 시계열을 비교하는 기준은 최대 일유출량, 평균 일유출량, 표준편차, 결정계수, 효율계수, 상관계수로 정하였다. 그리고 저수량(low-flow)부분에 대해 일치하는 정도를 평가하기 위해 일유출량 시계열에 로그를 취해서 최소값, 결정계수, 효율계수, 상관계수를 통해 비교를 수행하였다. 이들 중 효율계수는 Nash와

표 4. 관측, 합성 수문 곡선의 비교

지점	구분	최대값 (m <sup>3</sup> /sec)	평균값 (m <sup>3</sup> /sec)	표준 편차	결정계수	상관계수	효율계수
진동	관측	10759.7	329.1	760.5	0.82	0.90	0.77
	합성	19639.9	281.0	841.6			
왜관	관측	6936.8	186.8	403.0	0.85	0.92	0.84
	합성	7687.2	149.1	350.8			
평균					0.84	0.91	0.81

Sutcliffe(Aitken, 1973)에 의해 관측 수문곡선과 합성 수문곡선 사이의 상관 관계를 설명하기 위해 도입되었다. 이는 관측 유출량 시계열과 합성 유출량 시계열을 각 날에서 1대1로 대응시켰을 때 일치하는 정도의 지표이며, 식 (6)과 같이 표현된다.

$$CE = \frac{\sum(Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2 - \sum(Q_{obs} - Q_{est})^2}{\sum(Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2} \quad (6)$$

여기서, CE 는 효율 계수, Q<sub>obs</sub> 는 관측 일유출량, Q<sub>est</sub> 는 합성 일유출량 (m<sup>3</sup>/sec)을 의미한다. 관측 일유출량 시계열 (Q<sub>obs</sub>) 과 합성 일유출량 시계열 (Q<sub>est</sub>)이 완전히 같을 때 효율계수가 1이 되며 관측 시계열과 합성 시계열의 차이가 클수록(잔차가 클수록) 효율계수의 값이 작아진다. Smakhtin 등(1997)에 따르면 일반적으로 CE 가 0.6보다 크게 되면 결과가 만족스러운 것으로 판단한다. 위와 같은 일곱 가지 방법으로 관측 수문 곡선과 합성 수문 곡선을 비교하여 표 4에 수록하였고, log 변환한 일유출 자료에 대한 비교도 표 5에 수록하였다.

표 4에서 진동지점 최대값의 경우 과대 산정되었는데 이는 첨두유량 계산시 이용된 대상 지점의 유허곡선이 나머지 7개 지점의 유허곡선의 종좌표를 평균한 결과로 사료된다. 합성 수문 곡선과 관측 수문 곡선의 평균값과 표준편차는 대체로 비슷한 값을 보인다. 이는 관측치로 계산한 수문 곡선의 일반적인 경향이 지역화 기법을 이용하여 합성된 수문곡선에 의해 잘 재생된다는 것을 보여준다. 또한 결정계수와 상관계수의 평균값은 각각 0.84, 0.91로서 상당히 높은 값을 보이는데 이는 지역화 기법에 의해 합성한 수문곡선과 관측치로써 계산한 수문곡선의 높은 상관성을 보여준다.

효율계수 (CE)의 경우 관측 자료와 모의 자료간의

표 5. log변환한 일유출 자료의 비교

지점	구분	최소값 (m <sup>3</sup> /sec)	결정계수	상관계수	효율계수
진동	관측	1.33	0.82	0.91	0.81
	합성	2.84			
왜관	관측	0.04	0.81	0.90	0.70
	합성	1.72			
평균			0.82	0.91	0.76

1대1 대응의 지표라 할 수 있는데 대략 0.81의 높은 평균값을 보여주어 관측 자료와 모의 자료가 잘 부합함을 알 수 있다.

표 5는 log 변환된 합성 일유출량 시계열과 관측 일유출량 시계열을 비교한 것으로서, 먼저 최소값의 경우 관측치와 합성치가 조금 차이를 보이며, 이는 극저수량 부분에서의 오차를 반영한다. 결정계수와 상관계수는 log 변환을 하지 않았을 때의 경우와 비교해서 큰 차이가 없다. 효율계수의 경우 상당히 높은 값을 보이는데, 이는 지역화 기법에 의해 합성된 일유출 수문곡선이 유량이 작은 저수량 부분과 중간수량부분에서 관측된 일유출 수문 곡선과 잘 부합됨을 의미한다.

### 4.3 지역화 기법과 비유량법의 비교

비유량법은 수자원 실무에서 많이 이용되기 때문에 왜관 지점의 경우를 예로 들어 지역화 기법과 비유량법을 비교하여 지역화 기법의 합리성 및 효용성을 평가하고자 하였으며, 그 결과는 표 6과 같다. 비유량법에 의한 기준지점은 낙동지점으로 하였다

표 6에서 최대값의 경우 관측치와 지역화 기법에 의한 합성치는 비슷한 값을 보이는 반면에 비유량법에

표 6. 지역화 기법과 비유량법의 비교(왜관)

구분	최대값 (m <sup>3</sup> /sec)	평균값 (m <sup>3</sup> /sec)	표준 편차	결정 계수	상관 계수	효율 계수
관측계열	6936.8	186.8	403.0			
지역화 기법	7687.2	149.1	350.8	0.85	0.92	0.84
비유량법	2960.9	104.2	194.1	0.80	0.89	0.59

의한 합성치는 관측치와 큰 차이가 생겼다. 이는 침투 홍수량 부분에서 지역화 기법이 비유량법보다 좋은 결과를 도출함을 나타낸다. 평균값과 표준편차의 경우에도 지역화 기법에 의한 합성치가 비유량법에 의한 합성치보다 관측치와 훨씬 잘 일치하였다. 이는 분석 대상 지점에서의 유출 경향이 비유량법의 경우보다 지역화 기법에 의해서 더 잘 재생되어짐을 나타낸다. 그리고 결정계수와 상관계수는 관측된 시계열과 각 모의 방법에 의해 합성된 시계열로써 계산하였으며 이 경우에는 지역화 기법과 비유량법의 경우 모두 큰 값을 보여주었다. 그러나 이 경우에도 지역화 기법이 비유량법에 비해 조금 높은 값을 나타냈으며 이는 지역화 기법에 의해 합성된 시계열이 비유량법의 경우보다 관측 시계열과의 상관성이 더 크다는 것을 나타낸다. 효율계수의 경우 지역화 기법의 경우에는 0.84로서 큰 값을

나타냈으나 비유량법의 경우에는 0.59로서 만족스럽지 않은 결과를 나타내었다. 이는 지역화 기법에 의해 합성된 시계열은 관측 시계열과 각 날에서 1대1로 대응시켰을 때 좋은 결과를 나타내지만 비유량법의 경우에는 그다지 좋지 못한 결과를 나타내는 것으로 평가할 수 있다. 그림 9는 관측 수문곡선과 지역화 기법에 의해 합성된 수문곡선, 비유량법에 의해 합성된 수문곡선을 비교한 것이다. 그림 9에서 알 수 있듯이 지역화 기법에 의해 합성된 수문곡선의 추세는 관측 수문곡선의 추세와 매우 일치하나, 비유량법에 의해 합성된 수문곡선의 경우에는 그렇지 못하다. 또한 일자료를 1대1로 대응시켰을 때 비유량법에 의해 합성된 값보다 지역화 기법에 의해 합성된 값이 관측값에 더욱 일치하는 것을 확인할 수 있다.

위와 같은 결과를 종합하여 볼 때 미계측 지점에서의 일유출량 시계열 합성시 지역화 기법이 비유량법에 비해 더 합리적이고 좋은 결과를 나타냄을 알 수 있다. 이는 비유량법의 경우 미계측지점의 유역 특성으로서 유역 면적만 고려하지만, 지역화 기법의 경우에는 대상 지점의 유역 면적 뿐만 아니라 강수량 및 유황곡선이 유역 특성으로서 기법내에 포함되어 지점간 유출 특성간의 비선형성을 설명할 수 있기 때문이다.

### 5. 결 론

유역내 유량관측지점의 일유출량 자료를 이용하여

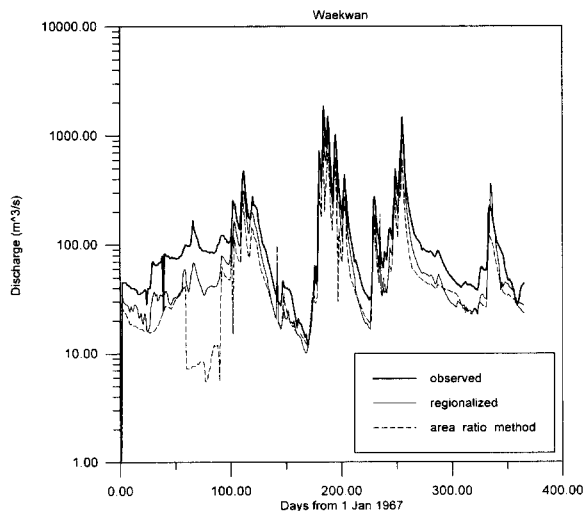


그림 9. 관측 및 합성 수문곡선(왜관, 1967)



미계측지점에서의 일유출량 시계열을 합성하기 위한 도구로서 유황곡선과 공간 내삽 알고리즘을 이용한 지역화 기법이 개발되었다. 본 연구에서는 낙동강 유역을 대상유역으로 하고 8개 유량 관측 지점을 대상 지점으로 하였다. 각 유량 관측 지점에서 지역화 기법에 의해 합성된 유황곡선은 관측된 유황곡선과 상당히 일치하였으며, 장기 평균 일유출량을 구하기 위해 지역화 기법에 적용된 회귀 분석은 미계측지점에서 유황곡선을 합성하는데 있어서 좋은 결과를 나타내었다. 지역화 기법을 이용하여 미계측지점에서 실제 일유출량 시계열을 합성했을 때, 관측 시계열과의 비교는 상당히 좋은 결과를 나타내었다. 이는 지역화 기법을 이용하였을 때, 복잡한 매개 변수 산정을 필요로 하고 시간과 비용이 많이 드는 확정론적 모형의 적용 없이도 유량 미계측지점에서 합리적인 일유출량 시계열을 합성할 수 있다는 것을 보여준다. 마지막으로 지역화 기법과 비유량법을 비교하였을 때, 지역화 기법이 훨씬 좋은 결과를 나타내었다. 이는 비유량법의 경우 지점간 유출 특성의 관계를 유역 면적만의 함수로 설명하는 반면에, 지역화 기법의 경우 대상지점의 유출특성을 포괄적으로 나타내는 유황곡선과 유출의 지배인자중 기후학적 인자인 강수량이 기법내에 포함되어 지점간 유출 특성의 비선형성을 설명할 수 있기 때문이다.

### 참 고 문 헌

Aitken, A.P. (1973), "Assessing Systematic Errors in Rainfall-Runoff Models", *Journal*

*of Hydrology*, Vol. 20, pp. 121~136.

Fennessey, N., and Vogel, R.M. (1990), "Regional Flow Duration Curves for Ungaged Sites in Massachusetts", *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 116, No. 4, pp. 530~549.

Mimikou, M., and Kaemaki, S. (1985), "Regionalization of Flow Duration characteristics", *Journal of Hydrology*, Vol. 82, pp. 77~91.

Quimpo, R.G., Alejandrino, A.A., and McNally, T.A. (1983), "Regionalized Flow Duration Curves for Philippines", *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 109, No. 4, pp. 320~330.

Smakhtin, V.Y., Hughes, D.A., and Naudin, E. (1997), "Regionalization of Daily Flow Characteristics in Part of the Eastern Cape, South Africa", *Hydrologoccal Sciences Journal*, Vol. 42, No. 6, pp. 919~936.

윤용남 (1998), 공업수문학, 청문각.

이동률 (1995), "지하수 감수곡선을 이용한 지하수 함양량 추정과 장기 갈수량 예측, 고려대학교 토목환경공학과 박사학위 논문.

(논문번호:00-056/접수:2000.08.16/심사완료:2000.10.14)