

대청댐유역의 기저유출분리를 통한 기저유량 산정에 관한 연구

A Study on the Estimation of Base Flow Using Baseflow Separation in the Daichung Dam Basin

김경수(Gyung-Soo Kim)* · 조기태(Ki-Tai Jo)**

요 약: 본 연구는 하천유량 수문곡선의 분리를 통한 기저유량 산정에 관한 것이다. 수문곡선을 분리하기 위하여 Institute of Hydrology(1980)에서 제안한 표준방법(Standard Method)을 이용하였다. 이를 위하여 대상유역의 유역특성치와 기저유출관계를 이용하여 모형의 매개변수를 산정하였으며, 그 결과를 토대로 수문곡선을 분리하여 기저유량을 산정하였다. 기저유량 산정결과 기저 유출율은 20.0%~39.4%로 나타났으며, 유역면적이 비교적 큰 유역에서는 기저 유출율이 다소 높게 나타났고, 상대적으로 유역면적이 적은 지역에서는 기저 유출율이 적게 나타났다. 그리고 연 강우량과 기저 유출율의 관계를 분석한 결과 연강우량과 기저 유출율의 상관성은 거의 나타나지 않았다.

Abstract: This study estimates the baseflow using the separation of daily streamflow hydrograph. For the separation of hydrograph, we used standard method. This method was presented by Institute of Hydrology in 1980. For the estimation of baseflow, we estimated the parameters of model using the relation of the catchment properties and the baseflow index. The baseflow is estimated by the results of the separation of daily streamflow hydrograph and is estimated 20.0%-39.4%. Baseflow rates is high for larger catchments but low for smaller catchments. As the results of this study, there is no relation between rainfall and baseflow rates.

서 론

기저유출 감수곡선은 대수층 특성에 관한 중요한 정보를 포함하고 있기 때문에 수문곡선으로부터 기저유량의 분리는 오랜 기간동안 수문학에서 중요한 관심분야였다. 기저유출 감수 해석은 갈수량 예측, 용수공급, 수력발전소 설계, 오염회색 방안에 이용된다. 오늘날 도시화, 산업화 등으로 인하여 용수 수요가 급격히 증가하고, 수질오염이 심화됨에 따라 기저유출에 대한 관심은 더욱 증대되고 있다. 한편, 기저유출은 해당유역의 지형학적 특성, 지질학적 특성, 토양성질, 유역피복상태, 기후학적 특성 등과 같은 많은 인자들에 영향을 받는다. 기저유출은 많은 학자들에 의하여 여러 가지 방법으로 정의되었다. 각 연구자들에 의해 정의된 기저유출은 다음과 같다. Hall(1968)은 기저유량을 지하수로부터 발생하는 유출의 한 부분으로 정의하였으며, Chow (1988)은 무강우 기간동안 서서히 변화하는 유량(flow)으로 기저유량을 정의하였다. 그리고 Ward & Robinson (1990)은 지하수 유출량(Groundwater runoff)의 합으로 기저유량을 정의하였다. 기저유출에 관한 기본이론은 Singh(1968)이 구체적으로 논한 이후 많은 연구자들에 의하여 연구되어 왔다. Singh & Stall(1971)은 도식적인 방법을 이용하여 기저유량을 추정한 바 있으며, Britles(1978)은 지하수의 2차원 이론을 Vector장의 Gauss이론을 적용함으로써 증산, 토

양의 함수 미흡량 및 대수층의 유입량을 고려하여 산정한 유출량과 실측값 사이에 최소자승법을 적용하여 기저유출을 분리한 바 있다. 그리고 Hino & Hasebe(1981)은 일 우량을 백색잡음으로 가정하여 비선형의 유역계를 선형으로 취급한 지표수(Surface flow), 지하수 그리고 지하수의 부계(Subsystem)들에 대하여 추계학적 모형의 개념을 도입하여 기저유량을 분리한 바 있다. 한편, Institute of Hydrology(1980)에서는 기저유량 분리를 위한 표준방법(Standard Method)을 제안하였다. 이 방법은 해당 년을 N-day기간으로 분할하고, 각 기간에 최소유량(Minimum flow)을 결정하여 기저유량을 분리한다. 이들 최소유량들은 기저유출 수문곡선의 잠재적인 변환점(Turning Points)이다. 또한, Lacey & Grayson(1998)은 Nathan & McMahon(1990)이 제안한 Digital Filter를 이용하여 일 유출 수문곡선으로부터 기저유량을 산정하는 방법을 제안한 바 있다. 본 연구에서는 기저유량을 산정하기 위하여 Institute of Hydrology(1980)에서 제안한 표준방법(Standard Method)을 선택하였다.

기저유출의 기본이론

일반적으로 하천으로 유입되는 지하수에 의한 기저흐름은 다음 그림과 같이 고려할 수 있다. 그림에서 h_0 는 지하수 경계층인 $x=0$ 에서 불투수층으로부터 하천수위이고, H_0 는 $x=B$ 에서 불투수층으로부터 자유면 대수층의 지하수위(Groundwater Table)이며, d 는 수로바닥으로부터 하천수면까지의 높이이다.

수면위의 모세관 현상의 영향을 무시하면, 1차원 Boussinesq

* 군산대학교(Kunsan National University, San 68, Miroung-Dong, Kusan 573-360)

** 전북대학교(Chonbuk National University, 664-14, Dukjin-Dong, Dukjin-Gu, Chonju 561-756, Korea)

방정식은 수평 불투수층위의 지하수위($h(x, t)$)는 다음 식과 같이 표현할 수 있다. 즉,

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k}{\phi} \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (1)$$

여기서, k 는 자유면 대수층의 수리전도도(hydraulic conductivity), ϕ 는 배수 공극율(drainable porosity), t 는 시간, x 는 수평거리이다.

한편, Brutsaert & Nieber(1977)는 폭이 B 인 완전관통하천(Fully Penetrating Stream) ($h(0, t)=0$)의 경우, 짧은 기간동안 하천으로의 단위 유출량을 다음 식과 같이 표현하였다. 즉,

$$q(t) = 0.332(k\phi)^{1/2} D^{1/2} t^{1/2} \quad (2)$$

여기서 D 는 대수층 깊이이다.

또한, 지하수 감수곡선의 수위저하를 대수층의 전체 폭까지 연장하였을 때, 장기간동안 하천으로의 유출량을 다음식과 같이 표현하였다. 즉,

$$q(t) = \frac{0.862kD^2}{B \left[1 + 1.115 \left(\frac{kD}{\phi B^2} \right) t \right]} \quad (3)$$

일반적으로, 식(2)에서 짧은 시간동안 지하수가 하강하기 시작하는 시간은 알 수 없기 때문에 Brutsaert & Nieber(1977)은 유량(Q)의 함수로서 감수 수문곡선의 기울기(dQ/dt)을 해석할 수 있는 방법을 제안하였다. 즉, 그들은 감수곡선의 경사를 다음 식과 같이 표현하였다. 즉,

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -aQ^b(t) \quad (4)$$

여기서, Q 는 관측유량이며, a , b 는 상수이다.

자연하천의 배수밀도와 유효 하천 폭을 이용하면, 식(4)의 상수는 짧은 시간동안 하천으로의 유출에 관한 식(2)의 경우, 식(5)과 같이 표현할 수 있으며, 장기간 동안 하천으로의 유출에 관한 식(3)의 경우 식(6)과 같이 표현 할 수 있다. 즉,

$$a_1 = \frac{1.133}{k\phi D^3 L^2}, b_1 = 3 \quad (5)$$

$$a_2 = \frac{4.804k^{1/2}L}{\phi A^{3/2}}, b_1 = 3/2 \quad (6)$$

한편, $Q(0)=Q_0$ 의 초기조건을 이용하여, 지하수가 하강하기 시작하는 시점에서 유출량을 다음식과 같이 표현하였다. 즉,

$$b \neq 1 \text{ 인 경우, } Q(t) = \left(Q_0^b - (1-b)at^{\frac{1}{1-b}} \right) \quad (7)$$

$$b = 1 \text{ 인 경우 } Q(t) = Q_0 e^{-at}$$

기저유출에 영향을 미치는 인자

기저 유출량은 지형학적 인자, 지질학적 인자, 토양인자, 식생 및 기후학적 인자 등의 함수이다. 지형학적 인자들은 유역면적(A), 총 유로연장(L), 유역의 가장 높은 표고와 가장 낮은

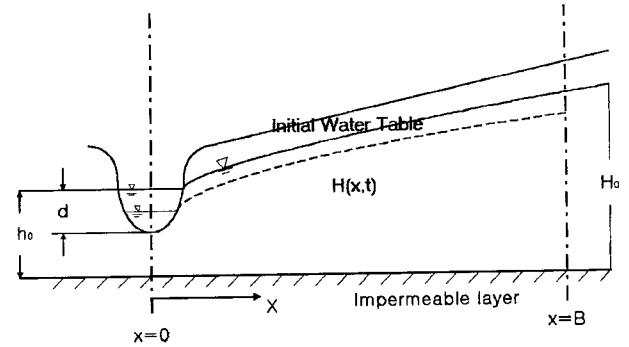


Figure 1. Schematic diagram of an initially saturated unconfined aquifer.

표고로 정의되는 유역기복(H), 주 하천의 길이(L_s) 등이다.

Gregory & Walling(1968)은 기저유출은 배수밀도에 영향을 받는다고 제안하였으며, Zecharias & Brutsaert(1988)는 기저 유출량은 배수밀도와 평균유역경사에 의하여 영향을 받는다고 제안하였다. 또한, Vogel & Kroll(1992)는 설계 갈수량은 유역기복과 평균유역경사에 의하여 영향을 받는다고 제안하였다. Nathan 등(1996)은 오스트레일리아의 Victoria주에 있는 164개 유역의 많은 유역특성을 이용하여 기저유출 지수(Baseflow Index)에 대한 회귀분석을 수행한 바 있다. 이들은 유역면적, 유역표고와 유로연장, 잠재 증발산량, 숲에 덮여있는 지역, 강우량 등이 기저유출 지수에 영향을 끼친다고 하였다. 여기서, 기저유출 지수는 기저 유출량을 총 하천 유출량으로 나눈 것으로 정의된다(Institute of Hydrology, 1980).

기저유출분리방법

한 호우에 대한 수문곡선은 호우 이전의 하천유량과 호우로 인한 유출량을 합한 것이므로 특정 호우와 이로 인한 유출간의 관계를 해석하기 위해서는 총 유량으로부터 호우에 의하여 발생된 유량, 즉 직접유출을 분리하는 것이 필요하다. 따라서 수문곡선 해석의 첫 단계는 수문곡선을 직접유출과 기저유출로 분리시키는 것이며 이를 기저유출의 분리라고 한다.

기저유출을 분리하는 방법 중 대표적인 것이 주지하수감수곡선(Master Groundwater Recession Curve)이다. 주지하수감수곡선은 주어진 하천지점에서 관측된 많은 감수곡선을 중첩하여 얻어지는 유량감소를 나타내는 특성곡선으로서 이 방법은 다수의 수문곡선이 있는 경우에 가능하며 도식적인 방법을 이용하여 기저유출을 분리하기 때문에 많은 시간과 노력을 필요로 한다.

이와 김(1985)은 수치해법과 경험적 방법을 합성하여 기저 유출을 분리하는 방법을 제안한 바 있다. 여기서 그들은 기저 유출 감수곡선에 대해서는 선형화된 Boussinesq방정식과 저류 함수를 적용하였으며, 강우에 의하여 지하 대수층에 침투된 물이 하천으로 유입하는 기저 유출량은 Singh와 Stall 등이 제안한 도식적 방법을 이용하였다. 그러나 이들이 제안한 방법은 손실이 발생하는 부분 침투층에서 기저유출을 분리하는데 그 적용의 한계가 있다. 기저유출을 분리하는 또 다른 방법은 N-

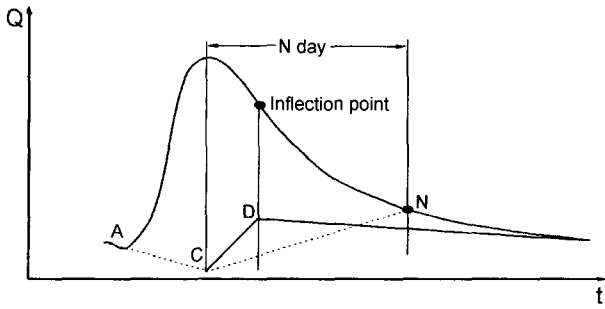


Figure 2. Baseflow separation by the N-day method and the changeable slope method.

day방법과 가변 경사방법을 들 수 있다. N-Day법은 직접유출이 첨두 이후 고정시간 N-day에서 끝나는 것으로 가정한다. Figure 2에서 상승기점(A) 이전의 감수곡선을 첨두까지 연장하고 C와 N을 연결한다.

한편, 가변경사방법은 직접유출이 시작되기 이전의 기저유출 수분곡선을 상승기점A에서 첨두(C)까지 연장하고 직접유출이 끝난 이후의 감수곡선을 변곡점까지 연장한 후 C, D를 직선으로 연결하는 방법이다. 본 연구에서는 N-day법을 이용하여 기저유출을 분리하는 방법을 채택하였다.

유역특성

본 연구에서는 일유출 수분곡선 분리를 통한 기저유량을 산정하기 위한 대상유역으로 대청댐 유역에 옥천 수위관측소 유역을 포함하여 5개 유역과 섬진강 유역의 쌍치 수위관측소 유역 등 총 6개 유역을 대상유역으로 선정하였다.

댐청댐 유역은 금강 상류유역으로 유역면적은 금강 전체 유역면적의 약 49%를 차지하고 있으며, 유로연장은 273.1 km이며, 하상은 자갈석인 모래로 형성되어 있어 자연상태로는 안정을 유지하고 있으나 하류쪽에는 골재채취 등 인위적인 요소로 인하여 하상변동이 발생하고 있다. 금강의 최상류인 전북 장수군 일대의 산악지형으로부터 발원한 금강은 신탄진까지는 가파른 협곡사이를 유하하고 있으나 신탄진 이하의 중하류 지역은 대체로 완만한 경사의 저구릉 지대를 통과하여 서해로 유입되고 있다. 본 유역은 동절기에는 대륙성 고기압의 영향을 받아 한냉건조하며 하절기에는 해양성 고기압의 영향을 받아 고온다습하고, 금강유역의 연평균 강우량은 1240 mm로 연강우량의 약 65%가 우기인 6-9월에 집중하며, 건조기인 10월부터 익년 3월까지 6개월 동안에 약 20%, 농번기인 4-5월에 약

15%가 내린다. 하절기와 동절기의 기온 차가 심하여 여름철에는 38°C까지 상승하지만 겨울철에는 -25°C까지 내려가는 경우도 있다. 본 유역의 유역면적은 9,810.3 km²로서 충남, 충북, 전북, 경북에 걸쳐있으며, 농경지가 24.2%, 산림지가 64.2%, 기타 택지, 공업용지, 공공용지 등이 11.6%의 분포를 이루고 있다.

쌍치수위 관측소 유역은 섬진강 유역의 최상류에 위치하고 있으며, 전북 순창군 북흥면에서 발원하여 섬진강댐으로 유입하는 섬진강 수계의 제1지류이다. 본 유역은 섬진강댐 전체 유역면적 중 약 16.5%를 점유하고 있으며, 유역면적은 126.3 km², 유로연장 36 km의 준용하천이다. 쌍치유역의 유수로 형상은 수지상이며, 지형은 산지면적이 넓고 산간부의 기반암은 화강암과 응회암질 사암 및 역암으로 되어있다. 한편, 본 유역은 동절기에는 대륙성 기후의 영향으로 한냉건조하고, 하절기에는 해양성 기후의 영향을 받아 고온다습하다. 또한 본 유역은 타 유역과는 달리 평·갈수시의 유출이 적고, 홍수시 지체시간이 짧다.

수문관측현황

본 연구의 대상유역인 대청댐 유역내의 우량관측소는 군북 우량관측소를 포함하여 총 15개 우량관측소가 설치 운영중이며, 1979년 9월부터 현재까지 우량관측을 실시하고 있다. 한편 섬진강댐 유역내의 우량관측소는 쌍치 우량 관측소를 포함하여 총 4개소가 운영중이며, 이들 우량 관측소는 1990년 12월부터 우량 관측을 실시하고 있다. 한편 대청댐 유역내 수위관측소는 옥천, 송천, 수통, 청성, 호탄 수위관측소가 설치운영중이며, 이중 옥천, 청성, 호탄 수위관측소는 1979년 9월부터 관측을 실시하였으며, 송천, 수통 수위관측소는 1992년 7월부터 관측을 실시하였다. 그리고 각 수위관측소의 유역면적은 484.0~2,957.0 km²이며, 유로연장은 34.11~130.15 km이다. 각 수위관측소별 유황을 살펴보면, 풍수량은 2.6~71.8 m³/sec, 평수량은 0.8~24.9 m³/sec, 저수량은 0.5~14.9 m³/sec, 갈수량은 0.2~10.9 m³/sec로 각각 나타났다. 한편 섬진강댐 유역에는 칠보, 관촌, 쌍치, 강진, 운암수개 등 총4개소의 수위관측소가 설치운영중이다. 이들 수위관측소 중 하천수의 교란이 비교적 적고, 관측자료의 신뢰성이 확보된 지점은 쌍치 수위관측소이다. 따라서 본 연구에서는 쌍치 수위관측소를 대상지점으로 선정하였다. 쌍치 수위관측소는 전북 순창군 쌍치면에 위치하고 있으며, 유역면적은 126.3 km², 유로연장 36.0 km, 관측개시일은 1990년 12월이다. 본 연구에서 선정한 대상 수위관측소의 현황은 Table 1에 게재하였으며, 각 수위관측소의 유황은 Table

Table 1. The present condition of the stage gage stations

Gauging station	Location			Area (km ²)	River length (km)	Gage datum (EL.m)	Observation date	Remark
	지명	경도	위도					
Okchon	충북 옥천군 동이면	127-39-05	36-16-05	2957.0	130.15	83.5	79-09-15	
Songchon	충북 영동군 용산면	127-48-20	36-13-24	619.0	34.11	119.9	92-07-09	
Sutong	충남 금산군 부리면	127-35-45	36-02-46	1539.0	60.31	146.2	92-07-09	
Chungsung	충북 옥천군 청성면	127-44-15	36-18-38	484.0	35.54	93.3	79-09-15	
Hotan	충북 영동군 양산면	127-38-52	36-07-37	1909.0	95.26	113.9	79-09-15	
Ssangchi	전북 순창군 쌍치면	127-00-40	35-29-46	126.3	36.00	221.9	90-12-15	

Table 2. The flow duration of the stage gage stations

Gauging Station	Wet flow (m ³ /sec)	Norma l flow (m ³ /sec)	Low flow (m ³ /sec)	Drought flow (m ³ /sec)	Remark
Okchon	71.8	24.9	14.9	10.9	
Songchon	6.4	3.3	2.6	1.2	
Sutong	19.2	9.3	6.6	5.5	
Chungsung	3.0	1.6	0.6	0.2	
Hotan	43.7	24.6	13.7	5.6	
Ssangchi	2.6	0.8	0.5	0.2	

Table 3. Annual rainfall at the stage gauging points (mm)

Gauging station	1995	1996	1997	1998	Remark
Okchon	977.4	1154.5	1344.1	1402.5	
Songchon	863.5	1110.3	1090.5	1487.4	
Sutong	1034.5	1177.1	1441.8	1603.3	
Chungsung	962.7	1064.5	1294.9	1704.2	
Hotan	1044.4	1176.5	1421.3	1593.8	
Ssangchi	1009.0	1133.0	1425.9	1923.0	
Average	981.9	1136.0	1336.4	1619.0	

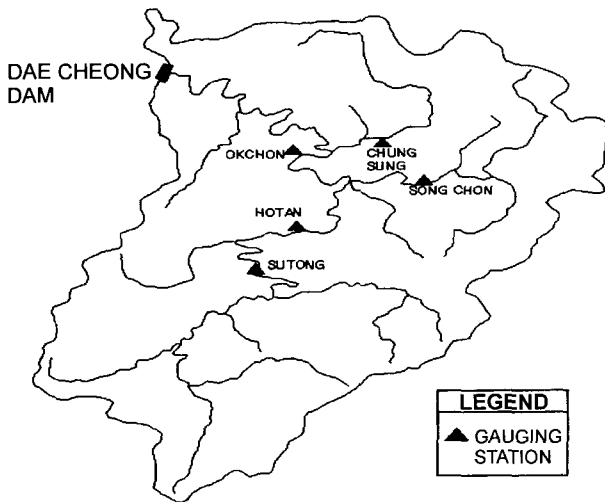


Figure 3. Location of stage gage stations.

2에 게재하였다. 한편, 각 수위관측소 지점의 연 강우량은 1995년부터 1998년까지 863.5~ 1923.0 mm이며, 각 연도별 평균강우량은 1995년의 경우 981.9 mm로 가장 적은 강우량을 기록하였으며, 1998년의 경우에는 1619.0 mm로 가장 많은 강우량을 기록하였다. 각 수위관측소 지점의 연강우량은 Table 3에 게재하였다.

모형매개변수 산정

본 연구에서 기저유출을 분리하기 위하여 선정한 모형은 변수 N값에 가장 많은 영향을 받는다. N값이 증가함에 따라 고 유량 일(higher flow day)은 배제되기 때문에 모형에 의하여 산정된 기저유량은 감소한다. Figure 4는 옥천 수위관측소 지점

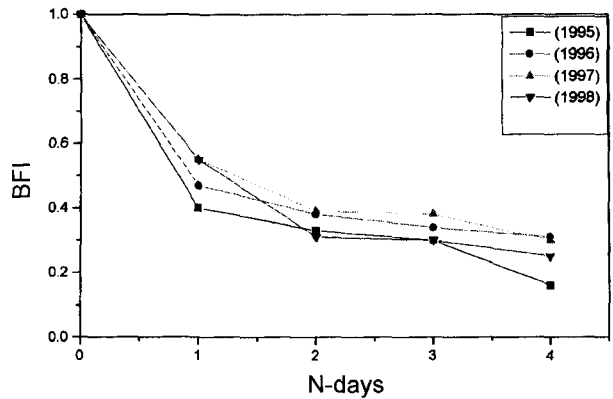


Figure 4. Relation between Base Flow index(BFI) and number of days(N-day)모형매개변수 산정.

Table 4. Baseflow runoff rates (%)

Gage station	1995	1996	1997	1998	Average	Remark
Okchon	33.2	38.3	39.0	31.3	35.4	
Songchon	21.8	25.7	33.4	36.2	29.2	
Sutong	33.2	25.7	25.4	19.6	25.9	
Chungsung	23.2	18.9	21.7	14.5	20.0	
Hotan	43.7	40.7	34.0	39.3	39.4	
Ssangchi	15.2	15.3	31.2	20.4	20.5	
Average	28.4	27.4	30.8	26.9	28.4	

에서 1995년부터 1998년까지 N값과 기저유량 지수(Base flow Index)간의 관계를 도시한 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 N값이 증가하면 직접유출이 제거되기 때문에 추정된 기저 유출량은 급격히 감소한다. N값이 한계값에 달하면 모든 직접 유출량은 제거되고 추정된 기저 유출량의 감소 정도는 적어져 N값이 증가함에 따라 곡선은 거의 선형이 된다. 그리고 N값을 더욱 증가시키면 증가시킬수록 기저 유출량은 감소하게 된다. 따라서 적절한 N값은 곡선의 기울기가 변화하는 점의 값이 된다. 이러한 방법을 이용하여 본 연구에서는 대상 수위 관측소 지점의 매개변수 값을 선정하였다. 각 수위 관측소지점에서 산정된 변수 N값은 유역면적이 비교적 큰 옥천, 호탄, 수통, 송천 수위관측소 지점의 경우 N=2, 유역면적이 비교적 작은 쌍치와 수통 수위관측소의 경우 N=1로 나타났다.

기저유량 산정 결과

본 연구에서는 기저유출 분리를 통한 기저유량을 산정하기 위하여 대청댐 유역의 옥천, 송천, 수통, 청성, 호탄 등 5개소의 수위관측소와 섬진강댐 유역의 쌍치 수위관측소 지점을 대상지점으로 선정하였다. 그리고 수문곡선 분리대상 자료는 1995년 1월부터 1998년 12월까지 총 4개년의 자료를 수집하여 이를 분석하였다. 그 결과, 옥천 수위 관측소지점의 경우 기저 유출율은 31.3~39.0%의 범위를 나타냈으며 전 기간에 대하여 평균한 결과 기저 유출율은 약 35.4%로 나타났다. 그리고 송천 수위관측소의 경우 21.8~36.2%, 수통 수위관측소의 경우 19.6~33.2%, 청성 수위관측소의 경우 14.5~33.2%, 호탄 수위 관측소의 경우 34.0~43.7%, 쌍치 수위관측소의 경우 15.2~

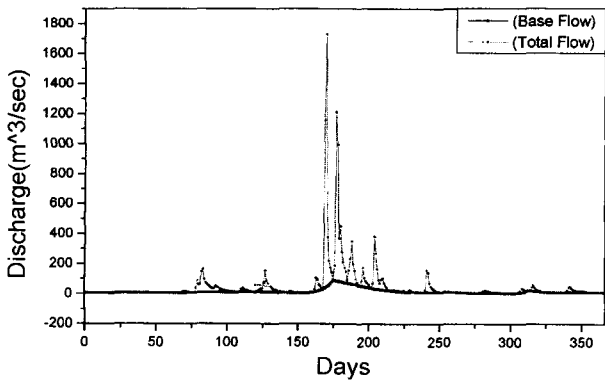


Figure 5. The separation of Baseflow(Okchon gauging station).

30.8%로 나타났다. 기저유출 분리를 통한 기저 유출량 산정결과, 대부분의 경우 강우량이 가장 작은 1995년에 기저 유출율이 가장 크게 나타났으나, 청성과 쌍치 수위관측소의 경우에는 타 수위관측소의 결과와 상이한 결과가 나타났다. 본 연구에서는 이러한 원인에 대하여 분석을 실시하지 않았다. 각 관측소별 기저 유출을 산정결과는 Table 4에 게재하였으며, 옥천 수위관측소 지점의 기저유출 분리결과는 Figure 5에 도시하였다.

결 론

본 연구에서는 Institute of Hydrology(1980)에서 제안한 표준방법(Standard Method)을 이용하여 일 하천유량 수문곡선을 분리하여 해당유역의 기저 유출량 산정에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위하여 대상유역으로 대청댐 유역에 설치 운영되고 있는 옥천, 송천, 청성, 수통, 호탄 등 5개소의 수위관측소 지점과 섬진강댐 유역에 설치 운영되고 있는 쌍치 수위관측소 등 총 6개소의 수위 관측소 지점을 선정하였다. 그리고 이들 지점에서 1995년부터 1월 1998년 12월까지 총 4개년의 하천 유량자료를 수집하여 이를 본 연구에 이용하였다. 그리고 각 대상유역의 유역특성 및 수문관측 현황들을 수집·분석하여 이를 토대로 해당지점의 기저 유출율을 산정하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 수위관측소 지점에서 기저유출지수(Baseflow Index, BFI)와 모형변수 N값과의 관계를 분석하여 변수 N값에 따른 기저유출량의 변화를 분석한 결과 유역면적이 비교적 큰 옥천, 호탄, 송천, 수통 수위관측소 등은 N=2로 산정되었으며, 유역면적이 상대적으로 작은 청성과 쌍치 수위관측소는 N=1로 산정되었다.

2. 본 연구에서 선정한 모형을 이용하여 해당유역에서 기저 유출율을 산정한 결과, 유역면적이 비교적 큰 옥천, 송천, 호탄, 수통 수위관측소에서 기저 유출율은 25.9~39.4%로 나타났으며, 유역면적이 적은 청성과 쌍치 수위관측소 지점에서는 20.0~20.5%로 나타났다.

3. 연 강우량별 기저 유출율의 관계를 살펴보면, 연 강우량이 가장 작은 1995년에 기저 유출율은 28.4%이며, 연 강우량이 가장 많은 1998년의 경우 26.9%로 나타났다. 이는 기저 유출율과 연 강우량간의 상관관계가 거의 없음을 보여준다.

참고문헌

- Britles, A. B., 1978, Identification and separation of major base flow components from a stream hydrograph, *Water Resource Research*, 14(5), p. 791-803.
- Brutsaert, W. and Nieber, J. L., 1977, Regionalized drought flow hydrographs from a mature glaciatic plateau, *Water Resource Research*, 13, p. 637-643.
- Chow, V. T. and Maidment, D. R. and Mays, L. W., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.
- Gregory, K. J. and Walling, D. E., 1968, The variation of drainage density within a catchment, *Int. Assoc. Sci. Hydrol. Bull.*, 13(2), p. 61-68.
- Hall E. R., 1968, Base flow recessions: a review, *Water Resource Research*, 4(5), p. 973-983.
- Hino, M. and Hasebe, M., 1981, Analysis of hydrologic characteristics from runoff data-a hydrologic inverse problem, *J. of Hydrology*, 49, p. 287-313.
- Institute of Hydrology, 1980, *Low flow studies*, Wallingford, Oxon, United Kingdom, Report No. 3, p. 12-19
- Lacey G. C. and Grayson R. B., 1998, Relating baseflow to catchment properties in south-eastern Australia, *J. of Hydrology*, 204, p. 231-250.
- Nathan, R. J. and Austin, K. and Crawford, D. and Jayasuriya, N., 1996, The estimation of monthly yield in ungaged catchments using a lumped conceptual model, *Water Resource Research*, 1(2), p. 65-75.
- Nathan, R. J. and McMahon, T. A., 1990, Evaluation of automated techniques for base flow and recession analysis, *Water Resource Research*, 26(7), p. 1465-1473.
- Singh, K. P., 1968, Some factors affecting base flow, *Water Resource Research*, 4(5), p. 985-999.
- Singh, K. P., Stall, J. B., 1971, Derivation of base flow recession curves and parameters, *Water Resource Research*, 7(2), p. 292-303.
- Vogel, R. M. and Kroll, C. N., 1992, Regional geohydrologic-geomorphic relationships for the estimation of low-flow statistics, *Water Resource Research*, 28(9), p. 2451-2458.
- Ward, R. C. and Robinson, M., 1990, *Principles of hydrology*, McGraw-Hill, New York.
- Zecharias, Y. B. and Brutsaert, W., 1988, The influence of basin morphology on groundwater outflow, *Water Resource Research*, 24(10), p. 1645-1650.
- 이원환, 김재한, 1985, 기저유출 분리를 위한 강우와 감수곡선간의 상관해석, *한국수문학회지*, 18(1), p. 85-94.
- 한국수자원공사, 1995, 금강유역조사보고서, p. 2-1~3-35.
- 한국수자원공사, 1995-1998, 수문자료집.