

낙동강 수계 유출특성 분석

Analysis for Rainfall Characters on the Nakdong River

맹승진*·이순혁·나상일·이순주(충북대)

Maeng, Seung Jin*·Lee, Soon Hyuk·Na, Sang Il·Lee, Soon Ju

Abstract

In this study, following works have been carried out : division of Nakdong River Basin into 25 sub basins, development of a technique to evaluate spatial distribution of rainfall and analysis of rainfall data of 169 stations, selection of control points, and selection of a hydrologic model(SSARR). Analysis results were found that total volume of discharges at every control points have errors in a reasonable range, and the correlations between observed and calculated daily runoff discharges at every control points were well coincided.

I. 서론

본 연구는 '낙동강 수계 유출분석을 위한 강우-유출 모형의 매개변수 산정(2005년도 한국농공학회 학술발표회)'의 결과에 이어 분석한 자료를 중심으로 서술하였다. 전술한 논문에서는 낙동강 수계의 특성 분석, 낙동강수계 소유역 분할, 분석대상 년도별 강우관측소 선정과 SSARR 모형의 매개변수 초기 값을 선정하였고 본 연구에서는 선정된 매개변수의 초기값에 의해 SSARR 모형을 보정하였다. 이렇게 보정된 매개변수에 의한 소유역별 자연유출량을 산정하여 낙동강 수계의 유출 특성을 분석하였다.

II. 모형의 보정

1. 보정방법의 선정

최근 컴퓨터의 발전에 따라 많은 수문학자들은 유역내의 복잡한 수문학적 현상들을 예측하기 위한 모형을 개발하기보다는 정확한 예측을 위한 모형으로의 개선에 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 모형들은 복잡한 현상을 분석하고 조합하여 현상에 따른 결과를 예측할 수 있게 해주지만, 모형의 결과는 항상 정확한 것이 아니다. 모형의 가정, 입력자료 그리고 매개변수의 보정(Calibration)이 대상유역에 올바르게 적용될 경우에만, 그 결과가 신뢰성을 인정받을 수 있다. 그러므로 모형의 올바른 적용을 위해서는 대상유역의 특성을 잘 나타낼 수 있는 모형의 선정과 매개변수의 보정을 통해 모형이 대상유역의 현상을 보다 가깝게 나타낼 수 있도록 하는 과정이 필수적이라고 할 수 있다.

지표면이나 지표면을 침투한 물의 흐름을 나타내는 물리적개념으로 묘사하는 과정에서 대부분의 모형은 이러한 묘사과정에 따라 물리적 매개변수(Physical Parameter), 수문기상 매개변수(Hydro-Meteorological Parameter), 내부처리 매개변수(Processing Parameter)로 구성되어진다. 물리적 매개변수와 수문기상 매개변수는 대상 유역으로부터 측정이 가능한 매개변수들로서 고도별 면적비, 저수지특성자료, 강우자료, 강설자료 등과 같은 매개변수이고, 내부처리 매개변수는 대상

유역으로부터 직접 측정할 수 없는 토양습윤상태별 유출율, 침투량별 지하수 유출율 등과 같은 매개변수들로서 모형의 결과가 대상 유역의 실제 현상과 가깝도록 하기 위한 모형 보정의 대상이 되는 매개변수들이다. 이러한 매개변수를 보정하는 경우 사용되어지는 방법은 크게 수동 보정(Manual Calibration)과 자동 보정(Automatic Calibration)에 의한 방법으로 나뉘어 질 수 있다. 수동 보정은 각각의 매개변수들을 변화시키면서 관측유량과 모의유량의 오차가 적어지도록 매개변수를 조정하는 방법으로서 경험이 적은 사람은 많은 시간과 노력을 필요로 하게 되며, 객관성을 얻기 힘든 방법이다. 자동 보정은 목적함수(Objective Function)와 최적화 알고리즘(Optimization Algorithm)에 따라 모형을 보정하는 방법으로서 숙련되지 않은 사람의 경우에도 보정시간이 짧고 객관성과 모형 예측값의 신뢰도도 높은 방법이다. 그러나 자동보정을 사용한 강우-유출모형의 보정은 매개변수의 집합을 결정하는 조합최적화 문제(Combinatorial Optimization Problem)로서 매개변수의 수가 많아지는 경우에는 경사법 등의 수학적 모형에 기반한 최적화 방법들을 이용하면 국지최대(Local Maximum) 또는 국지최소(Local Minimum)에 도달할 가능성이 많은 것으로 알려져 있다. 이러한 국지최대 또는 국지최소로 해가 도달하는 문제를 해결하기 위해서 최근 들어 고도로 발달된 컴퓨터를 이용하여 여러 가지 무작위 탐색방법(Random Search)에 기반한 알고리즘이 개발되고 있다.

2. 민감도 분석 및 보정대상 매개변수의 선정

보정의 대상이 되는 내부처리 매개변수의 민감도 분석을 통하여 내부처리 매개변수 중에서 민감도가 큰 5개의 내부처리 매개변수만을 보정하기로 하였으며 이를 위하여 이길성 등(1996)이 수행한 바 있는 SSARR 모형의 내부처리 매개변수에 대한 민감도분석 결과를 이용하였다.

민감도분석을 위한 각 매개변수의 범위는 SSARR 모형의 매뉴얼을 참조하여 적당하다고 판단되는 범위를 설정하여 분석을 실시하였다. SMI-ROP곡선은 BII값이 0일때의 값만 10%씩 증감시킨 값, 그리고 S-SS곡선은 0.15 cm/hr 증감시킨 값에 대하여 각각 분석을 실시하였다. 민감도 계산에 사용된 식은 다음과 같으며 이 식은 매개변수의 증감량에 대한 유량 변화량의 기하평균값으로 정의된다. 아래 식에서 Q, P는 각각 유량과 매개변수값을 나타내며 하첨자 o, u, l은 각각 지표값과 상한값 및 하한값을 의미한다.

$$\text{민감도} = \sqrt{\frac{\left[\frac{(Q_u - Q_o)/Q_o}{(P_u - P_o)/P_o} \right]^2 + \left[\frac{(Q_o - Q_l)/Q_o}{(P_o - P_l)/P_o} \right]^2}{2}}$$

고수시와 저수시에 상관없이 민감도가 큰 SMI (Soil Moisture Index), TS (지표수의 저류시간), TSS (복류수의 저류시간)와 저수시에 민감도가 큰 BII (Baseflow Infiltration Index) 및 S-SS (Separation Index of Surface Subsurface)를 보정대상이 되는 내부처리 매개변수로 결정하였다.

3. 자연유출량 산정 및 분석

본 분석에서는 분석된 낙동강수계의 주요지점에 대한 유출모형의 매개변수 보정 결과를 사용하여, 1983년부터 2003년까지 21개년에 걸쳐 낙동강수계내 25개 소유역별 일간 자연유출량을 산정하고자 한다.

본 분석에서는 21개년에 대한 25개 소유역에서의 일간 자연유출량을 산정하고 이를 다시 반순,

순, 월 및 연 단위로 구분하여 유출 특성을 분석하였다. 따라서, 본 절에서는 단위 기간별 유출량을 이용하여 향후 댐운영에 필요한 지표(index)를 개발할 수 있는 기반 자료를 제공 하고자 한다.

1983년부터 2003년까지 25개 소유역별 일간 평균유출을 산정한 결과에서 소유역 1과 25에 대한 것은 그림 1 및 2와 같다. 그리고 소유역별로 산정된 일간 평균유출에 대한 반순, 순, 월 및 연간 자연유출량은 각각 표 4.14 ~ 표 4.17과 같다.

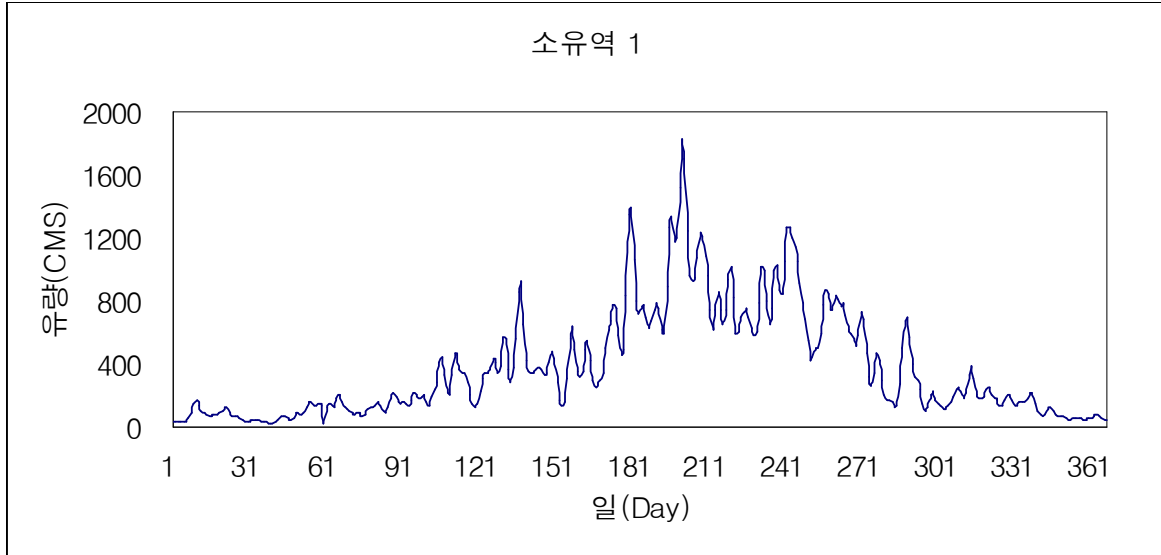


그림 1. 1번 소유역 일평균 자연유출량

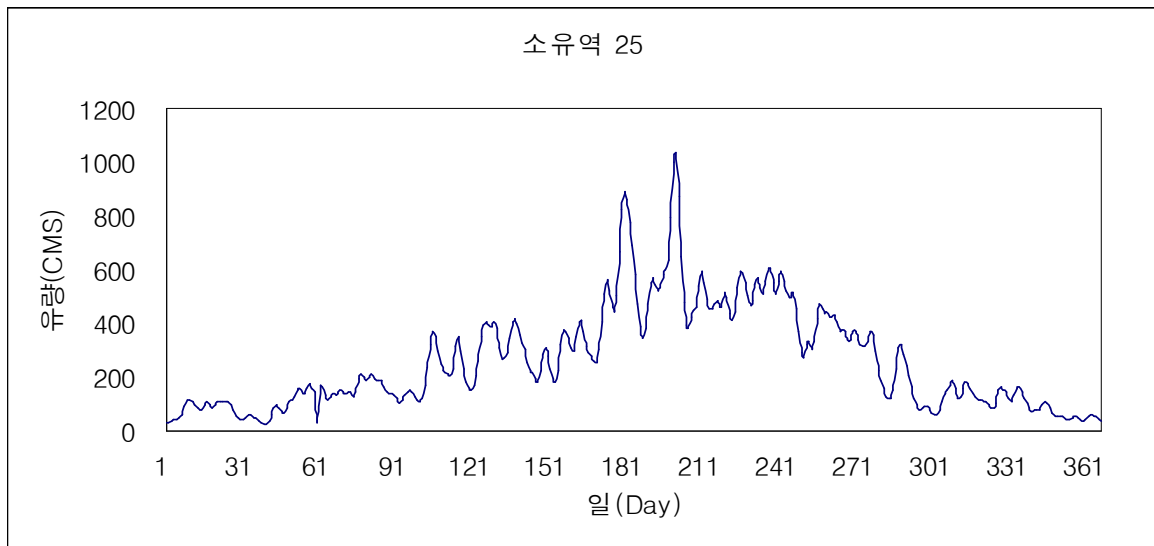


그림 2. 25번 소유역 일평균 자연유출량

표 1. 소유역별 반순평균 자연유출량(단위: m³/s)

소유역1											
1월	1일~5일	35.2	4월	1일~5일	174.7	7월	1일~5일	718.6	10월	1일~5일	344.5
	6일~10일	102.2		6일~10일	177.5		6일~10일	715.6		6일~10일	155.1
	11일~15일	94.4		11일~15일	314.1		11일~15일	1055.6		11일~15일	543.3
	16일~20일	86.2		16일~20일	309.8		16일~20일	1497.0		16일~20일	281.6
	21일~25일	95.8		21일~25일	358.5		21일~25일	1026.8		21일~25일	165.5
	26일~31일	46.0		26일~30일	146.0		26일~31일	895.1		26일~31일	137.0
2월	1일~5일	41.5	5월	1일~5일	357.1	8월	1일~5일	787.2	11월	1일~5일	222.0
	6일~10일	29.2		6일~10일	453.6		6일~10일	745.7		6일~10일	288.7
	11일~15일	60.6		11일~15일	490.0		11일~15일	677.6		11일~15일	207.8
	16일~20일	75.3		16일~20일	538.1		16일~20일	840.0		16일~20일	167.0
	21일~25일	132.9		21일~25일	359.7		21일~25일	860.6		21일~25일	176.0
	26일~29일	133.5		26일~31일	353.0		26일~31일	1129.2		26일~30일	161.2
3월	1일~5일	143.4	6월	1일~5일	359.6	9월	1일~5일	798.6	12월	1일~5일	152.6
	6일~10일	144.1		6일~10일	403.1		6일~10일	492.2		6일~10일	98.6
	11일~15일	82.1		11일~15일	360.2		11일~15일	795.3		11일~15일	68.4
	16일~20일	117.8		16일~20일	489.6		16일~20일	780.1		16일~20일	52.9
	21일~25일	125.9		21일~25일	612.6		21일~25일	572.3		21일~25일	53.8
	26일~31일	177.5		26일~30일	1089.5		26일~30일	494.2		26일~31일	62.1
소유역25											
1월	1일~5일	38.6	4월	1일~5일	130.3	7월	1일~5일	495.3	10월	1일~5일	317.2
	6일~10일	87.7		6일~10일	123.2		6일~10일	504.6		6일~10일	141.8
	11일~15일	89.1		11일~15일	290.5		11일~15일	574.6		11일~15일	258.3
	16일~20일	96.0		16일~20일	240.5		16일~20일	871.9		16일~20일	166.3
	21일~25일	109.9		21일~25일	279.2		21일~25일	425.7		21일~25일	85.6
	26일~31일	61.2		26일~30일	146.0		26일~31일	516.1		26일~31일	86.0
2월	1일~5일	53.3	5월	1일~5일	324.1	8월	1일~5일	466.1	11월	1일~5일	157.3
	6일~10일	31.1		6일~10일	376.0		6일~10일	460.2		6일~10일	159.9
	11일~15일	80.8		11일~15일	315.5		11일~15일	554.3		11일~15일	120.8
	16일~20일	100.6		16일~20일	362.8		16일~20일	520.6		16일~20일	97.2
	21일~25일	148.9		21일~25일	214.6		21일~25일	566.8		21일~25일	146.5
	26일~29일	150.0		26일~31일	253.9		26일~31일	540.9		26일~30일	143.0
3월	1일~5일	140.9	6월	1일~5일	294.5	9월	1일~5일	426.5	12월	1일~5일	92.2
	6일~10일	142.0		6일~10일	342.1		6일~10일	312.4		6일~10일	93.8
	11일~15일	140.6		11일~15일	332.5		11일~15일	443.7		11일~15일	62.9
	16일~20일	198.1		16일~20일	347.2		16일~20일	412.6		16일~20일	47.2
	21일~25일	193.2		21일~25일	498.3		21일~25일	357.1		21일~25일	44.7
	26일~31일	139.9		26일~30일	804.7		26일~30일	332.5		26일~31일	50.0

표 2. 소유역별 순평균 자연유출량(단위: m³/s)

소유역1								
1월	초순	68.7	5월	초순	264.4	9월	초순	645.4
	중순	90.3		중순	514.0		중순	787.7
	하순	68.6		하순	356.1		하순	533.2
2월	초순	35.3	6월	초순	179.0	10월	초순	249.8
	중순	68.0		중순	424.9		중순	412.5
	하순	133.1		하순	851.0		하순	150.0
3월	초순	78.0	7월	초순	717.1	11월	초순	255.3
	중순	99.9		중순	1276.3		중순	187.4
	하순	154.0		하순	955.0		하순	168.6
4월	초순	176.1	8월	초순	766.4	12월	초순	125.6
	중순	311.9		중순	758.8		중순	60.6
	하순	1007.1		하순	1007.1		하순	58.3

소유역25								
1월	초순	63.2	5월	초순	228.6	9월	초순	369.5
	중순	92.6		중순	339.2		중순	428.1
	하순	83.3		하순	236.1		하순	344.8
2월	초순	42.2	6월	초순	179.0	10월	초순	229.5
	중순	90.7		중순	339.8		중순	212.3
	하순	149.4		하순	651.5		하순	85.8
3월	초순	78.0	7월	초순	499.9	11월	초순	158.6
	중순	169.3		중순	723.2		중순	109.0
	하순	164.1		하순	475.0		하순	144.8
4월	초순	126.8	8월	초순	463.2	12월	초순	93.0
	중순	265.5		중순	537.4		중순	55.0
	하순	552.6		하순	552.6		하순	47.6

표 3. 소유역별 월평균 자연유출량(단위: m³/s)

소유역	1	2	3	4	5
1월	75.7	55.5	41.5	126.5	68.8
2월	75.4	51.2	47.9	148.9	81.3
3월	133.3	103.1	80.0	235.9	129.8
4월	250.8	135.0	97.2	334.1	175.6
5월	422.9	235.8	142.0	532.1	276.4
6월	552.4	365.4	213.0	716.7	400.1
7월	981.9	500.3	338.2	1206.7	735.3
8월	849.4	535.3	335.8	1116.2	626.6
9월	655.4	397.6	236.6	794.2	451.8
10월	266.8	170.0	89.0	335.4	169.2
11월	203.8	117.6	72.4	258.1	140.9
12월	80.8	57.8	39.5	132.0	72.9

표 3. 계속

소유역	21	22	23	24	25
1월	59.6	18.6	9.5	79.9	79.8
2월	67.7	20.1	9.2	106.8	90.6
3월	123.6	35.1	17.9	145.9	158.5
4월	149.6	43.5	25.1	196.9	206.9
5월	206.9	66.8	34.9	263.6	306.1
6월	309.7	97.9	48.7	397.3	436.6
7월	470.2	167.5	70.5	627.3	563.1
8월	463.0	163.7	61.8	605.3	518.9
9월	313.5	117.9	46.4	430.9	380.8
10월	140.2	49.0	19.4	169.4	173.0
11월	105.1	31.5	16.7	126.6	137.5
12월	59.1	13.8	7.6	75.0	64.7

표 4. 소유역별 연평균 자연유출량(단위 : m³/s)

소유역1	소유역2	소유역3	소유역4	소유역5
381.0	228.1	145.0	497.0	278.7
소유역6	소유역7	소유역8	소유역9	소유역10
296.5	128.2	345.6	244.6	196.5
소유역11	소유역12	소유역13	소유역14	소유역15
47.2	339.5	143.6	208.8	229.3
소유역16	소유역17	소유역18	소유역19	소유역20
255.7	88.3	214.8	706.2	292.8
소유역21	소유역22	소유역23	소유역24	소유역25
206.6	69.1	30.8	269.8	260.6

V. 결론

본 연구에서는 '낙동강 수계 유출분석을 위한 강우-유출 모형의 매개변수 산정(2005년도 한국농공학회 학술발표회)'의 결과를 중심으로 서술해 보기로 한다. 우선적으로 수문모형의 기본 모형인 SSARR 모형을 검토한 결과는 다음과 같다. 적용대상 유역은 낙동강수계로 하였으며 소유역 분할은 총 25개로 구분하였다. 강우관측소의 선정과 Thiessen 계수의 산정은 최근에 한국수자원공사에서 새로 추가한 강우관측소를 위주로 강우관측소를 대상으로 하였다. SSARR 모형의 입력자료를 물리적 매개변수, 수문기상 매개변수 및 내부처리 매개변수로 구분하여 구축하였다. 이러한 결과에 이어 본 연구에서는 선정된 매개변수의 초기값에 의해 SSARR 모형을 보정하였다. 이렇게 보정된 매개변수에 의한 소유역별 자연유출량을 산정하여 낙동강 수계의 유출 특성을 분석한 결과 소유역별로 유역 물수지가 잘 적용되고 있음을 알 수 있었다.