

〈論 文〉

# Thomas 月 流出模型의 未計測 流域 適用에 관한 研究

## A Study on the Application of Thomas Monthly Runoff Prediction Model for Ungauged Watersheds

金 元 碩\*, 尹 龍 男\*\*, 崔 榮 博\*\*  
Kim, Won Seok \* Yoon, Yong Nam \* Choi, Young Bak

**Abstract** □ An effort was made to develop a monthly runoff prediction method based on the Thomas model. For the 20 watersheds selected the Thomas model was fitted, the parameters being determined by the Rosenbrock's rotating coordinate search method using the monthly rainfall and runoff data. The so determined parameters were correlated with the meteorologic, topographic and geologic characteristics of the watersheds. The model was tested by comparing the observed and simulated monthly runoff records from two test watersheds.

The result showed that the model developed in the present study could satisfactorily be applied to ungauged watersheds. It was noticed that the model had the tendency of slightly overestimating the runoff during winter period and underestimating during the spring period.

**要 旨** : 全國에 散在해 있는 20개 河川流域을 선정하여 月降雨量과 流出量 資料를 사용하여 Rosenbrock의 Rotating Coordinate Search Method에 의해 Thomas abcd 모형의 변수를 결정하였다. 결정된 4개 변수와 2개 초기조건 변수는 流域의 氣象因子, 地形因子 및 地質特性因子와 多重相關關係로 표시하였다. 이와 같이 구성된 Thomas 形의 月流出 模型을 2개 試驗流域에 적용하여 實測 月流出量과 비교해 본 결과 본 모형은 春季에는 약간 작게 추정하였고 그 외의 기간에는 약간 크게 추정하는 성향을 보였으나 대체로 만족스러운 결과를 주었으므로 未計測 河川의 月流出量 추정 모형으로 사용 가능한 것으로 판단하였다.

### 1. 序論

河川 流域의 月流出量 추정을 위한 確定論的 流出模型에는 여러가지가 있다(朝鮮總督府, 1929; US/SCS, 1972; Thomas & Benson, 1970; 國土開發研究院, 1987; 尹龍男, 1990). 본 연구에서는 이들 確定論的 流出模型 중에서 비교적 구조가 간단한 Thomas abcd 모형에 포함되어 있는 4개의 모형변수 및 2개의 초기조건과 流域의 流出特性을 지배하는 氣象, 地形, 地質學的 因子와의 관계를 통해 변수들의 특성을 분석하고 이를 바탕으로 각 流域別로 相異なる 변수값을 추정하여 이 모형의 未計測 流域 적용을 위한 방법을 모색하는 데 목적을 두었다.

Thomas 모형은 4개의 모형변수와 2개의 초기조건을 갖는, 구조가 비교적 간단한 流出模型으로 月降水量은 直接 및 基底流出, 蒸發 및 蒸散, 土壤貯溜, 地下水帶貯溜 형태로 분배되며 이 값들은 月降水의 크기( $x_t$ ), 潛在蒸發散量( $V_t$ ), 前月の 土壤貯溜水分( $S_{t-1}$ )과 地下水帶貯溜量( $G_{t-1}$ )에 의해 결정된다. 이 모형의 기본 개념은 그림 1.과 같이 도식적으로 나타낼 수 있으며 다음의 식들을 통해 降水量의 분배가 이루어진다(Thomas, 1981; Thomas, Marin, Brown and Fiering, 1983).

$$y_t = y_t(X_t) = \frac{X_t + b}{2a} - \sqrt{\left(\frac{X_t + b}{2a}\right)^2 - \frac{X_t b}{a}} \dots \dots \dots (1)$$

여기서  $y_t$  : 月蒸發散量과 土壤貯溜水分의 합, 非飽

### 2. Thomas abcd 모형

\* 고려대학교 토목공학과 대학원 석사과정  
\*\* 고려대학교 토목공학과 교수

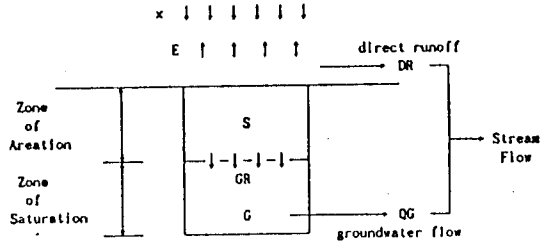


그림 1. Thomas abod 모형의 기본 개념

和帶 貯溜量 ( $S_i + E_i$ )

$X_i$ : 月降水量과 前 月의 土壤貯溜水分의 합 ( $S_{i-1} + X_i$ )

各 月別로 보면  $X_i - y_i$ 만큼이 直接流出되거나 地下水帶로 流入하며 변수  $a$ 는 流域의 土壤이 飽和되기 이전에 流出이 일어나는 정도, 변수  $b$ 는 地下水面 위의 非飽和帶 水分貯溜量의 上限界값으로 정의된다. 降水後의 蒸發散에 의한 土壤貯溜水分의 손실율은 月潛在蒸發散量에 비례한다고 가정하며 이 때의 비례상수는 土壤의 飽和程度를 나타내는  $S_i / b$  이다.

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{V_i}{b} S_i \dots\dots\dots (2)$$

그러므로,

$$S_i = y_i \exp(-V_i / b) \dots\dots\dots (3)$$

$$E_i = y_i - S_i = y_i [1 - \exp(-V_i / b)] \dots\dots\dots (4)$$

直接流出量과 地下水帶로의 流入量은 모형변수  $c$  와  $d$  를 사용하여 다음과 같이 나타낸다.

$$\text{直接流出 } DR_i = (1 - c) (X_i - y_i) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{地下水帶로의 流入 } GR_i = c (X_i - y_i) \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{地下水 流出 } QG_i = d G_i \dots\dots\dots (7)$$

地下水帶의 量的 平衡을 고려하면,

$$c (X_i - y_i) + G_{i-1} = d G_i + G_i = (d + 1) G_i \dots\dots\dots (8)$$

식 8)을 地下水帶의 貯溜量  $G_i$ 에 대해 정리하면,

$$G_i = (1 + d)^{-1} [c(X_i - y_i) + G_{i-1}] \dots\dots\dots (9)$$

결국 河川으로의 月流出量은,

$$Q_i = DR_i + QG_i \dots\dots\dots (10)$$

### 3. 對象流域의 選定 및 資料의 獲得

對象流域: Thomas 모형에 필요한 입력자료는 月降水量과 月潛在蒸發散量이다. 그러나 본 연구의 목적은 Thomas 모형의 모형변수와 초기조건을 流域特性因子를 통해 구하는 것이므로 이 변수들을 既存의 流出資料를 통해 最適化技法에 의해 산정하는 것이 선행되어야 한다. 따라서 對象流域은 무엇보다도 流域의 流出特性을 일관성있게 잘 반영하는 양질의 流出資料가 있는 지점이어야 한다. 이를 위해 그림 2에 표시한 바와 같이 22개의 流域을 선정하여 이 중 20개의 流域은 모형 개발을 위한 檢定流域으로 나머지 2개는 개발된 모형의 평가를 위한 試驗流域으로 정해 본 연구의 결과를 檢證하도록 하였다.

月流出量: 對象流域別로 1966.1 1988.12 기간 중 日平均 水位資料가 있는 年度의 日平均 水位를 水位-流量關係曲線式에 의해 日平均 流出量으로 환산하여 月別로 합산함으로써 月流出量을 산정하였다. 이때 水位觀測所別로 기존의 水位-流量關係曲線式을 전부 적용, 流出高로 환산한 후 月降水量과 비교하여 가장 합당한 결과를

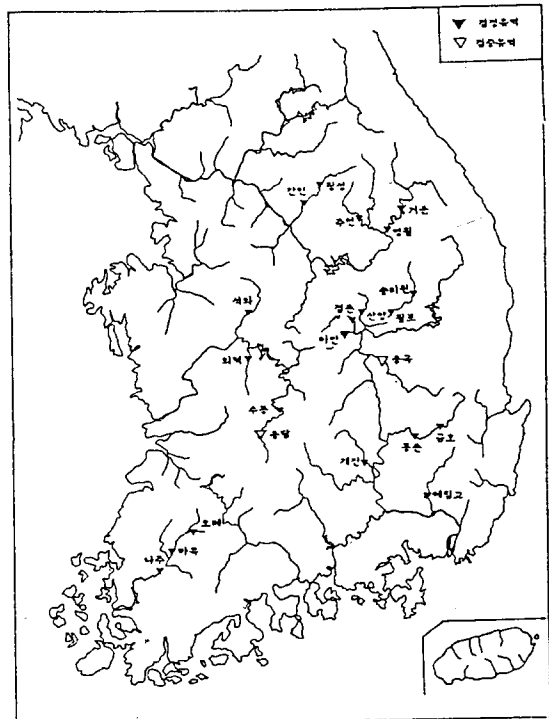


그림 2. 대상유역 위치도

주는 식을 해당년의 月流出量 산정에 사용하였다(한국건설기술연구원, 1989).

月降水量: 모형에 적용할 月降水量은 流出資料가 있는 기간에 대하여 건설부 및 기상청 산하 104개소의 우량관측소에서 관측한 日降水量을 합산하여 月降水量으로 하였다. 月降水量의 산정에 포함한 우량관측소는 流域内 혹은 인근에 위치한 관측소로 算術平均法에 의해 流域의 月降水量을 산정하였다(한국건설기술연구원, 1989).

月潛在蒸發散量: 본 연구에서는 月潛在蒸發散量의 값으로 기상청 산하 기상측후소와 관측소의 計器蒸發量을 對象流域別 각 측후소 및 관측소의 支配面積(농업진흥공사, 1989)을 구하여 면적비례로 평균한 값을 流域別 潛在蒸發散量으로 채택하였다.

地形學的 因子: 流域의 地形學的 특성들이 流出에 미치는 영향을 분석하기 위해 표 1에 수록된 바와 같이 流域面積(A), 河川本流의 流路延長(L) 등 기본적인 流域特性

과 함께 流域의 排水能과 관련있다고 판단되는 河川密度(D<sub>0</sub>), 形狀係數(S)와 流域傾斜의 尺度로 河川本流의 傾斜(S<sub>0</sub>)를 사용하였다. 아울러 流域出口 水位標 地點의 零點標高(EL)를 추가하여 流域의 위치가 流出의 樣相에 미치는 영향을 고려하였다.

流域의 地質特性: 한 流域의 含水能力의 尺度가 되는 飽和雨量은 流域의 지질구성에 크게 지배되는 바 지질종류별 基準飽和雨量을 流域의 지질별 면적 구성비를 가중인자로 하여 평균함으로써 流域의 飽和雨量을 추정하고자 하는 시도가 있어왔다(건설부, 1986.12). 본 연구에서는 이러한 시도의 일환으로 1/250,000 지질도(국립지질광물연구소, 1973)에 분류된 수십 종의 岩石層을 最大含水能力에 따라 6개 群으로 분류하여 流域의 各地質群別 면적을 바탕으로 流域의 含水能力과 관계된 변수를 추정하고자 한다. 여기서 사용한 岩石群의 분류는 표 2와 같으며 각 流域의 地質群別 支配面積은 표 1에 표시되어 있다.

표 1. 대상 유역의 지형학적 특성인자 및 지질군별 지배면적

유역	유로연장 (km)	유로경사	형상계수	하천밀도 (1/km)	최저표고 (m)	면적 (km <sup>2</sup> )	지질군별 지배면적 (km <sup>2</sup> )					
							A 군	B 군	C 군	D 군	E 군	F 군
간 현	82.1	0.0253	2.647	0.477	61.397	1273.7	-	31.8	-	13.0	1093.9	135.0
황 성	49.1	0.0235	3.455	0.469	107.009	445.2	-	16.2	-	2.1	360.0	66.8
주 천	72.0	0.0431	2.495	0.388	239.515	528.8	-	-	22.9	12.8	118.3	374.7
영 월	186.5	0.0134	3.205	0.454	183.218	2450.6	-	663.1	974.6	105.4	543.1	164.2
거 운	167.4	0.0146	2.809	0.429	196.549	2272.1	-	583.7	881.6	104.5	539.2	163.1
예림교	66.2	0.0025	1.943	0.525	3.020	1330.6	19.3	51.4	-	-	1259.9	-
개 진	58.7	0.0105	2.521	0.474	15.346	856.0	0.8	245.3	-	-	298.1	311.8
동 촌	89.4	0.0072	2.890	0.535	26.552	1544.0	242.2	885.8	-	-	416.0	-
금 호	61.8	0.0087	2.386	0.541	52.567	1002.0	68.0	654.9	-	-	279.0	-
이 안	34.5	0.0085	2.642	0.422	66.529	195.5	-	19.3	128.2	-	27.4	18.7
점 촌	57.3	0.0102	2.898	0.502	62.812	608.0	6.0	73.6	94.4	59.9	359.8	14.3
산 양	36.7	0.0172	3.032	0.512	68.005	215.0	-	-	25.2	5.0	91.2	93.7
월 포	39.9	0.0078	2.725	0.531	78.769	1134.5	-	-	-	-	754.1	380.4
송리원	40.4	0.0118	2.827	0.537	130.827	482.0	-	-	-	-	223.6	271.5
석 화	72.6	0.0151	2.534	0.529	22.811	1590.4	141.2	151.1	-	97.7	741.0	459.5
회 덕	43.1	0.0152	2.661	0.508	31.105	560.0	95.8	4.5	40.6	141.7	277.4	-
수 통	46.4	0.0059	2.322	0.466	147.230	1599.3	-	237.7	-	1.3	392.3	968.1
나 주	75.1	0.0016	2.589	0.475	1.372	2058.7	222.8	488.5	-	-	976.6	370.8
마 륵	56.0	0.0023	2.543	0.495	9.654	684.0	61.6	99.9	-	-	482.9	39.6
오 례	12.0	0.0042	1.915	0.420	51.021	36.4	0.8	2.7	-	-	19.6	13.4
용 곡	91.8	0.0050	2.183	0.613	42.527	1318.3	9.0	1139.8	-	-	169.5	-
용 담	60.3	0.0063	2.251	0.490	198.663	989.5	-	221.7	-	1.3	139.7	626.7

표 2. 지질군의 분류

지질군명	암석종류	암석명칭
A	층적층	$Q_0$
B	고화된 퇴적층	$K_{s1}, K_{s2}, K_{n1}, K_{n2}, K_{s0}, K_i, J_{na},$ $J_{na1}, J_{na2}, R_n, P_g, P_s, C_h, Y_r$
C	석탄암층	$O_{12}, O_{13}, \epsilon_{11}, \epsilon_{O_{11}}$
D	편암층 (규암, 슬레이트 포함)	$\epsilon_y, O_g, P \epsilon_{eu}, P \epsilon_{se}$
E	화성암층	$K_p, K_{p1}, h_s, P_1, K_m, K_{hgs}, K_{as},$ $K_{iv}, g, J_k, J_{gk}$
F	편마암층	$P \epsilon_{gs}, P \epsilon_{ms}, P \epsilon_{js}, P \epsilon_{ms}, P$ $\epsilon_{ps}$

4. 模型變數의 推定

20개 檢定流域에 대한 Thomas 모형의 4개의 변수와 2개의 초기조건 변수의 최적값은 Rotating coordinate search 방법(Rosenbrock, 1960)에 의해 결정하였으며 변수 b를 제외한 3개의 변수와 2개의 초기조건 변수는 이들 최적값을 종속변수로 하고 앞에서 언급한 각종 地形, 地質, 氣象因子들을 독립변수로 한 Stepwise 회귀분석에 의해 다음과 같은 관계식들을 구하였다. 또한 변수 b는 式 11)과 같이 지질 종류별 基準飽和雨量을 地質群別 면적 구성비를 가중인자로 하여 평균함으로써 추정한다고 가정하고 변수 b의 20개 流域의 최적값 및 각 流域의 地質群別 면적비를 사용하여 역시 Rotating coordinate search 방법에 의해 地質群別 基準飽和雨量의 최적값을 산정하였다. 이 결과로 표 3과 같은 地質群別 포화우량의 최적값을 구하였는 바 流域의 地質群別 支配面積비를 구하여 式 13)에 의해 변수 b의 값을 추정하였다.

$$b = \sum_{i=1}^6 S_{ri} \cdot A_i \dots \dots \dots (11)$$

여기서  $S_{ri}$ 는 地質群別 飽和雨量,  $A_i$ 는 地質群別 支配

面積比이다.

$$a = 0.1408 - 5.4062S_b - 1.4421D_d + 0.001304b + 0.000938E_{YEAR} \dots \dots \dots (12)$$

(R = 0.846)

$$b = 327.82A_A + 264.45A_B + 139.03A_C + 212.46A_D + 205.39A_E + 197.74A_F \dots \dots \dots (13)$$

(R = 0.735)

$$c = 0.5541 + 0.004211P_{12}$$

$$- \frac{(1-c)(X_i - y_i)}{(1-c)(X_i - y_i) + dG_0} \dots \dots \dots (14)$$

(R = 0.837)

$$d = -0.1157 + 0.0394S_f + 0.1461D_d + -2.6411 \times 10^{-5}A + 3.26 \times 10^{-4}L \dots \dots \dots (15)$$

(R = 0.869)

$$S_0 = -43.7971 + 0.6673P_{12} + 0.2999b + 69.9028a - 0.4571E_{12} \dots \dots \dots (16)$$

(R = 0.883)

$$G_0 = 1.4951d^{0.8700} e^{0.8186} P_{YEAR}^{0.5360} \dots \dots \dots (17)$$

(R = 0.961)

여기서 R은 다중상관계수이고 A는 流域面積(km<sup>2</sup>), P<sub>YEAR</sub>는 年降水量(mm), E<sub>YEAR</sub>는 年潛在蒸發散量(mm), A<sub>A</sub> ~ A<sub>F</sub>는 각 地質群別 支配面積比, P<sub>12</sub> 및 E<sub>12</sub>는 각각 12월의 降水量(mm) 및 潛在蒸發散量(mm)이다.

5. 모형변수의 특성분석

변수 a: a값은 降水量과 非飽和帶로의 浸透量과의 관계를 나타내는 변수, 즉 浸透率과 같은 개념으로 流域 特性因子와의 관계를 보면 流域의 傾斜가 급하고 河川密度가 클수록 a값이 작아지고 있다. 이는 流域의 傾斜가 급

표 3. 地質群別 推定 飽和雨量

(단위 : mm)

群	A	B	C	D	E	F
岩石層	층적층	고화퇴적층	석탄암층	편암층	화강암층	편마암층
飽和雨量	327.82	264.45	139.03	212.46	205.39	197.74

할수록 地表面 流出速度가 빠르므로 河川으로의 到達時間이 단축되고 河川密度가 크면 지표에 도달한 강수가 河川으로 유입되기까지의 거리가 짧아져 그만큼 빨리 河川에 유입되어 浸透에 의한 손실의 기회가 적어지기 때문이라 풀이된다. 또한 이 값은 浸透에 영향을 미치는 流域의 土壤條件을 간접적으로 나타낸다고 볼 수 있는 변수 b값과도 관계가 있으며 流域의 年平均 潛在蒸發散량을 변수로 추가한 결과 a값을 더욱 近似하게 추정할 수 있게 되었다.

변수 b : Thomas는 b값을 地下水面 위 非飽和帶의 水分貯溜量의 上限界값이라 정의 하였다(Thomas, 1981). 이는 곧 b값이 流域의 可能 水分貯溜量이라 할 수 있으며 또한 流域의 飽和雨量과 같은 의미로 볼 수 있다. 式 13)의 방법으로 산정한 b값과 實測流量과의 최적화를 통해 결정한 b값과의 상관계수는 0.7346으로 이 값을 더욱 정확히 추정하기 위해서는 非飽和帶의 분포나 두께 등의 지질학적 자료를 통해 보완해야 할 것이다.

변수 c : Thomas 모형에서 변수 a, b는 이 모형이 설정하고 있는 시스템 내로의 입력에, d는 시스템의 출력에 관계된 변수로 이런 특징 때문에 실제 流域인 物理界(physical system)의 입,출력과 관련된 각종 水文資料와의 관계를 통해 이들 값을 추정할 수 있지만 변수 c의 경우는 시스템 내에서의 물의 이동과 관련된 변수이기 때문에 다른 변수와 같은 방법으로는 추정이 곤란하다. 이런 이유로 c값이 流域의 流出 特性에 미치는 영향을 20개 流域의 模擬結果를 통해 간접적으로 추정한 결과 c값은 流域에서의 直接流出과 總流出의 比에 큰 영향을 미치고 있으며 구체적으로 각 流域의 12월의 總流出에서 直接流出이 차지하는 比와는 式 18)과 같은 관계에 있다. 이 결과는 降水量 중 地下水帶로의 流入量이 많을수록 直接流出이 적어지는 流域의 水文反應을 나타내고 있으며 매년 12월의 경우 基底流出量에 큰 변동이 없어서 總流出에서 直接流出이 차지하는 比는 降水量에 좌우됨을 보여주고 있다.

$$DR_{12} / Q_{12} = 0.6091 - 1.0992c + 0.004629P_{12} \quad (18)$$

이 관계를 c에 대해 정리한 후 式 5)와 7)을 대입한 결과 式 14)이다.

변수 d : 변수 d는 地下水帶 貯溜量의 流出率을 의미하는

것으로 다시 말하면 地下水帶에서의 排水作用의 程度를 의미한다고 볼 수 있다. 이때 流域의 地下水 흐름에 관계된 地質學的 特性을 무시한다면 이런 排水作用의 程度는 결국 排水地域으로의 이동거리 및 排水地域의 넓이에 支配될 것이다. 이는 式 15)의 결과에서도 알 수 있는데 d값은 流域의 폭이 상대적으로 좁을수록 크며 流域面積이 클 경우에는 감소하는 성향을 보이고 있어 地下水의 이동거리에 따른 영향으로 보이며 河川密度나 河川本流의 길이가 클 경우에 d값이 증가함은 排水地域의 크기에 관련된 것이라 풀이된다. 그러나 여기서 주의할 것은 d값이 크다고 해서 基底流出의 절대량이 크을 의미하는 것은 아니라는 점이다.

초기조건 : 초기조건  $S_0$ 와  $G_0$ 는 流出量을 추정하고자 하는 기간의 바로 前月の 土壤貯溜水分량과 地下水帶 貯溜量을 의미하는 것으로 본 연구에서는 流出量의 推定時點을 어느 해의 1월로 보고  $S_0$ 와  $G_0$ 는 바로 前年 12월의 값으로 限定하였다. 土壤貯溜水分량은 a, b값에 비례하고 해당월의 降水量이 클수록 증가하며 潛在蒸發散量과는 반비례하는 결과를 보이고 있다. 이 결과는 式 1)과 3)의 관계에서도 알 수 있는 바와 같이 a값이 클수록 非飽和帶 貯溜에 의한 손실량이 크며 土壤貯溜水分은 바로 이 非飽和帶 貯溜量( $y_i$ )에 비례하는 바 a가 증가함에 따라 土壤貯溜水分이 증가한다. b 역시 流域의 貯溜能에 해당하므로 이 값이 클수록 土壤貯溜水分이 증가함을 볼 수 있다. 또한 地下水帶 貯溜量의 경우 地下水帶로의 流入量과 流出量을 결정짓는 변수 c와 d에 큰 영향을 받으며 단기간의 기상조건보다는 장기적인 기상조건에 영향 받음을 알 수 있다.

## 6. 未計測 流域 適用

前節에서 구한 6개의 변수 추정식에 대한 평가를 위해 추정식 개발에 포함하지 않았던 낙동강의 용곡, 금강의 용담 流域을 未計測 流域으로 가정하여 式 12)에서 17)까지의 식을 통해 모형변수와 초기조건을 추정한 후 Thomas 모형을 통해 月流出量을 추정하였다. 이 결과를 그림 3, 4에서와 같이 실측치와 비교하였으며 표 4 및 5와 같이 Thomas 모형에 의한 2개 流域의 流出量 추정치에 대한 실측치와의 t-Test와 F-Test에 의한 統計的 檢定을 실시하여 현재 실무에서 주로 사용하고 있는 가지야마 공식에 의한 추정치와 비교하였다. 이때 가지야마 공

식에 의한 추정치는 f값을 0.6 1.4까지 변화시켜가면서 月別 실측치와의 誤差의 自乘의 합이 최소가 되는 f값을 구하여 月流出量을 추정하였다.

먼저, 그림 3, 4에서 본 모형에 의한 결과는 2개 流域 모두 실측 月流出量의 변동 성향을 대체로 잘 모의하고 있음을 알 수 있다. 또한 표 4의 月別 流出量의 t-Test 결과를 보면 Thomas 모형의 경우 대부분의 月流出量이 실

측치보다 크게 추정되고 있지만 3, 4, 5월의 流出量은 작게 추정되는 경향을 볼 때 Thomas 모형이 降雪과 融雪에 따른 流出의 遲滯效果를 고려해 주지 못함을 볼 수 있다. 반면에 가지야마 공식에 의한 결과는 6, 7, 8, 9월의 洪水期를 제외하고는 실측값보다 작게 추정되는 성향을 보여주고 있다.

또한 月流出量의 변화를 얼마나 잘 반영하고 있는가

그림 3. 실측 유출고와 abcd 모형에 의한 추정치의 비교(용곡)

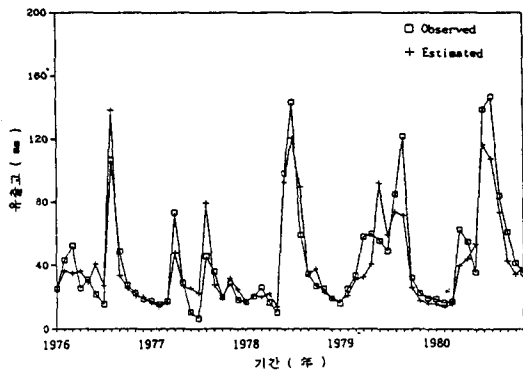


그림 4. 실측 유출고와 abcd 모형에 의한 추정치의 비교(용담)

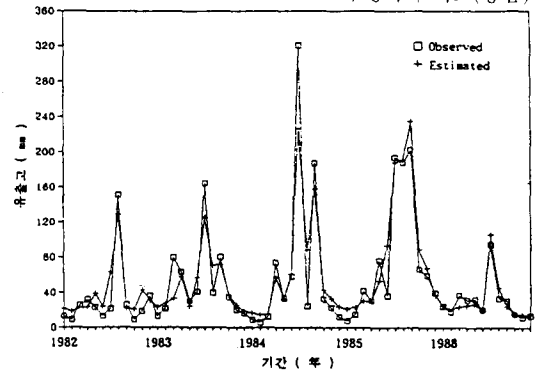


표 4. 월별 유출량의 t-Test 결과

유역	방법	월												Annual	한계치 ( $\alpha=0.05$ )
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
용곡	abcd모형	1.086	0.645	0.925	1.750	1.403	-0.898	0.321	-1.161	-0.273	-0.198	-1.194	-1.302	-0.158	1.812
	가지야마	10.509	2.765	2.416	1.113	2.991	-0.139	0.195	-1.140	-0.030	2.279	2.066	2.496	1.408	
용담	abcd모형	-2.608	-0.351	2.133	1.056	0.215	-1.343	0.490	-0.529	0.311	-1.360	-1.177	-1.234	-0.203	1.725
	가지야마	0.834	1.679	3.595	0.430	1.549	-0.076	-0.043	-0.341	0.292	0.282	0.508	2.371	0.624	

표 5. 월별 유출량의 F-Test 결과

유역	방법	월												Annual	한계치
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월		
용곡	abcd모형	1.126	1.310	2.610	4.661	2.820	1.447	2.150	2.928	0.526	0.985	1.121	1.005	0.942	3.18
	가지야마	25.964	1.719	5.437	1.608	4.822	0.767	1.315	0.907	0.347	7.619	1.854	3.664	1.514	
용담	abcd모형	1.569	4.622	3.983	1.671	1.816	1.014	1.497	1.133	0.801	0.671	1.265	2.067	1.120	2.17
	가지야마	3.529	5.249	4.644	1.269	3.467	0.544	1.172	0.841	0.724	1.439	1.653	13.131	1.443	

를 알아보기 위해 月別 流出量에 대해 실시한 표 5의 F-Test를 결과 보면 대체로 Thomas 모형의 경우에는 실측치에 비해 추정치의 分散이 작게 나온 반면 가지야마 공식에 의한 추정치는 실측치에 비해 약간 큰 성향을 보이고 있다. 이러한 결과는 모형변수의 추정이 잘못된

데에서도 그 원인을 찾을 수 있겠지만 Thomas모형은 地下水 이동에 의한 손실을 고려하지 않고 있어 月別로 크게 변화하지 않는 基底流出量을 실제보다 크게 추정하고 있을 가능성이 있음을 생각할 수 있다. 이와는 반대로 가지야마 공식은 基底流出에 대한 고려가 부족하여 流

출의 月別 변동성향이 지나치게 크게 나타나는 것으로 보인다.

## 7. 結論

본 연구에서는 Thomas abcd 모형의 未計測 流域 적용을 위하여 이 모형의 4개의 변수와 2개의 초기조건 변수를 流出特性에 영향을 미치는 氣象·地形·地質學的 因子와의 관계를 통하여 추정하여 2개 流域의 月流出量을 산정하였다. 또한 이에 선행하여 각 변수와 초기조건이 流域의 流出特性에 미치는 영향을 분석한 바 그 결과는 다음과 같다.

1) 이 모형에 포함된 4개의 변수와 流出特性에 영향을 미치는 氣象·地形·地質學的 因子와의 관계는 이론적으로 타당한 결과를 보여주고 있으나 본 연구에서 사용한 자료만으로는 모형변수의 정확한 추정에 부족함이 있다. 따라서 이들 변수 추정식을 개선하여 未計測 流域의 月流出量을 정확히 산정하기 위해서는 流域의 각종 특성자료에 대한 기본적인 연구가 선행되어야 한다.

2) 초기조건  $S_0$ 와  $G_0$ 는 매월 변화하는 값으로 流出量을 추정하고자 하는 시점의 바로 前月の 土壤水分 貯溜量과 地下水帶의 貯溜量을 의미한다. 이중 土壤水分 貯溜量은 地下水帶 貯溜量에 비해 氣象條件에 영향받는 정도가 커서 月別 변화가 큰 반면 地下水帶 貯溜量은 단기적인 기상조건보다 장기적인 기상조건에 영향을 받지만 그 반응 속도가 매우 느리다. 이들 값은 결국 流域의 地表面下에서 이루어지는 물의 이동의 결과이므로 이 모형이 설정하고 있는 시스템으로의 입력인 기상특성과 시스템 내에서의 물의 이동을 제어하는 모형변수에 영향받는 정도가 매우 크다.

3) Thomas abcd 모형의 각 변수와 초기조건을 流域 特性因子와 氣象條件에 의해 추정하여 實流域에 적용한 결과 2개 試驗流域의 年流出量의 추정치가 모두 실측치

보다 약간 크게 추정되었으며 月別 流出量의 분산이 실측치에 비해 작게 나왔다. 이런 결과는 모형변수의 추정에 있어서의 어려움에서도 그 원인을 찾을 수 있지만 이 모형 자체가 地下水 이동에 의한 손실을 무시하기 때문에 基底流出이 실제보다 크게 추정되고 降雪과 融雪에 의한 流出의 遲滯를 고려하지 못하기 때문으로 판단된다. 따라서 이에 대한 보완이 필요하다.

## 參考文獻

1. 國立地質鑛物研究所(1973), 1/250,000 지질도.
2. 國土開發研究院(1987), 中小水系的 河川流出量 推定 모델 開發.
3. 建設部 漢江洪水統制所(1986), 洛東江 洪水豫警報 프로그램 開發 最終報告書.
4. 建設部(1989.12), 韓國水文觀測所 - 覽, 水資源管理技法 開發研究調查 報告書, 별책부록 제1권.
5. 農業振興公社(1989), 消費水量 算定方法 實用化 研究.
6. 尹龍男(1986), 工業水文學, 淸文閣.
7. 尹龍男(1990.12), 未計測 中小流域의 月流出量 推定을 위한 多重回歸模型 研究, 國際水文開發計劃 研究報告書, Ch. V, 建設部.
8. 朝鮮總督府(1929), 朝鮮河川調查書.
9. 韓國建設技術研究院(1989), "水文 데이터 베이스".
10. Joseph, E.J. and C.T. Haan(1974), Calibrating a Water Yield Model for Small Ungaged Watershed, WRR, Vol. 10, No. 2.
11. Rosenbrock, H.H.(1960), An Automatic Method for Finding the Greatest or Least Value of a Function, Computer J., 3.
12. Thomas, D.M., and Benson, M.A.(1970), Generalization of Streamflow Characteristics from Drainage-Basin Characteristics, Water Supply Paper 1975, U.S. Geological Service, Washington, D.C.
13. Thomas, H.A.(1981), Improved Methods for National Water Assessment Water Resources Contract WR15249270, U.S. Water Resour. Council, Washington, D.C.
14. Thomas, H.A., C.M. Marin, M.J. Brown and M.B. Fiering(1983), Methodology for Water Resource Assessment report to U.S. Geological Survey, Rep. NTIS 84-124163, Natl. Info. Serv., Springfield, Va.
15. US/SCS(1972), National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.

1991년 10월 21일 접수