

水文模型 ANSWERS 의 半月流域에의 適用

Application of a Hydrologic Model ANSWERS to Banweol Watersheds

金 秉 辰* · 朴 承 禹*
Kim, Byeong Jin · Park, Seung Woo

Summary

A physically-based, distributed hydrologic model ANSWERS is described and its test results with two small watersheds near the Banweol reservoir are presented. The sizes of the watersheds are 270 ha and 477 ha, respectively. The smaller one has a mild topography with 40 percent forest area. The other has a steeper slope and 87 percent forest area. The model parameters were calibrated using observed runoff data and used for storm runoff simulation. The simulated peak discharges were in good agreement with the data. The model underestimated the recession parts of hydrographs as compared to the observed ones.

I. 緒 論

小流域의 流出現象은 氣候·氣象因子, 地相因子 그리고 이들의 相互作用에 의하여 支配된다. 이러한 流出現象을 定量的으로 分析·評價하기 위해서는 諸因子의 影響을 數式 등으로 正確히 定義하도록 해야한다. 流域水文特性을 分析하기 위한 數學的 道具, 即 數式이나 數值 등을 數學的 水文模型(hydrologic model) 또는 단순히 水文模型이라 한다.

流域의 水文模型은 流域特性의 表示方法에 따라 總括形과 分布形으로 區分할 수 있다.⁸⁾ 總括形 模型(lumped-system mode¹은 流域을 하나의 시스템으로 假定하여 그 入力(降雨)과 出力(流出)의 關係를 解析하는 것이다. 分布形 模型(distributed-system model)은 流域을 一定한 數의 同質의 要素로 세분하고, 그 各各의 要素의 水文特性을

解析함으로써 全流域의 水文現象을 計量化하는 方法이다.

總括形 模型으로는 잘 알려진 單位圖法, 貯溜函數法, 流出函數法 등이 있으며, 分布形 模型에는 ANSWERS, FESHM 模型 등이 있다.

分布形 模型의 하나인 ANSWERS 模型은 Huggins와 Monke (1966)¹¹⁾에 의해 短期流出 模型으로 開發되었다. 이 模型은 遮斷(Interception), 浸透率(Infiltration), 排水率(Drainage), 貯溜量(Storage) 등의 水文過程을 考慮했으며, 動水波理論(Kinematic wave theory), 直較格子法(Rectangular grid system)을 利用하였다.

ANSWERS 模型은 Huggins와 Monke (1968)¹²⁾, Huggins et al. (1973)¹³⁾, Beasley (1977)⁵⁾, 그리고 Beasley와 Huggins (1980)⁷⁾ 등에 의해서 더 큰 流域에 適用될 수 있도록 擴張되었고, 地表越流 要素(Overland flow elements)에 河川流出要素(Cha

* 서울大學校 農科大學

nnel element)가 重複되었다. 또한 流砂移動 模擬發生을 爲한 土粒子的 離脫(Detachment) 과 移動에 대한 模型도 添加되었다.¹⁶⁾

Dickey (1978)는 美國 Illinois 州 中部에 位置한 二個의 小流域에, 二가지 水文模型의 適用性을 檢討하였다.⁹⁾ 그 二 模型中 하나가 ANSWERS 模型의 初期版 이었는데, 二個의 相異한 流域에 各各 좋은 適用性을 보여 주었다.

朴(1981)은 ANSWERS 模型의 流砂移動 模擬發生 部分을 더욱 發展된 形態로 바꾼 MOD-ANSW 模型을 開發하였다. 또한, 이를 美國의 3個流域에 適用시켜 良好한 結果를 얻은바 있다.¹⁶⁾

本 研究에서는 ANSWERS 水文模型을 半月流域에 適用시켜 降雨時 流出量을 計算하고자 한다. 즉 本 研究의 目的은 ANSWERS 水文模型을 半月流域에 適用시켜 流域의 地相因子들을 定義하여 模型의 媒介變數를 推定하고, 檢型的 檢證을 실시하므로써 國內 流域에의 適用性을 檢討함에 있다.

II. 模型의 構成

1. 模型의 構成

本 ANSWERS 模型은 對象流域을 그 水文特性에 따라 數個의 同質의 要素로 區分하고, 各 各의 地表水의 水理的 關係를 解析함으로써 流域 水流量을 分析하도록 構成되어 있다.

同模型의 主要 水文因子는 다음과 같다.

가. 連續方程式(Continuity equation)

任意의 流域要素에 對한 連續方程式은 다음과 같이 表示할 수 있다. 즉,

$$O_2 + \frac{2S_2}{\Delta t} = I_1 + I_2 - O_1 + \frac{2S_1}{\Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, I = 流入率(mm/sec), O = 流出率(mm/sec) S = 貯溜量(mm), Δt = 時間間隔(sec), 그리고 添字 1, 2 = 各各 Δt의 처음과 끝을 나타낸다. 式(1)의 I는 有效降雨強度, 즉 降雨量과 遮斷量의 差에서 오는 時間的 變化率과 上流로부터 流入되는 流量의 合計이다.

貯溜量은 地面의 凹凸로 因한 地面貯溜量과 有效水深으로 構成되며, 前者는 浸透를 供給하여 주고 後者는 動水傾斜를 維持시킨다. 따라서 以上의 流入量과 貯溜量이 定義되면 式(1)로부터 流

出量이 決定된다.

流域要素의 流出量이 決定되면, 이는 隣接한 要素의 流入量으로 바뀌어지는데, 이때 地表越流의 境遇는 地相學的 特性 즉, 流向이나 地面傾斜에 依해 隣接한 二개의 要素로 나뉘어진다. 이를 그림으로 나타낸 것이 Fig.1이다,

이 分離率을 式으로 나타내면 다음과 같다.

$$RFL = \tan(ANG)/2. \text{ if : } ANG \leq 45 \text{ deg.}$$

$$RFL = 1 - \tan(90 - ANG)/2.$$

$$\text{if : } 45 < ANG < 90 \text{ deg.} \dots\dots\dots (2)$$

여기서, RFL = 列(Row)方向으로의 分離率이다.

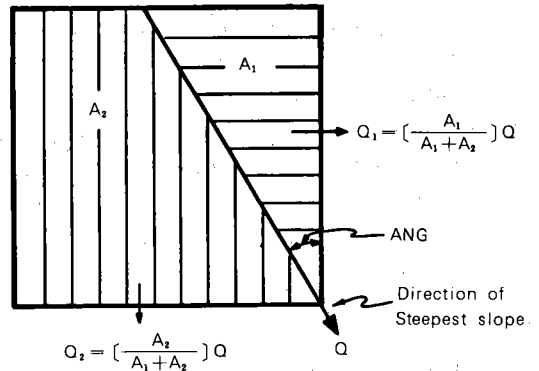


Fig. 1. Partitioning of overland flow.

나. 遮斷(Interception)

遮斷은 作物이나 草木의 種類, 크기 및 그 被覆狀에 따라 決定된다. 따라서, 草木의 種類 등에 따른 潛在遮斷量을 定하고, 生育時期別로 變化하는 被覆程度로 부터 遮斷量이 決定된다.

다. 地面貯溜量(Retention storage)

地面貯溜는 地表面의 凹凸에 따른 無效水深으로서 浸透量을 提供하는 水文過程이다. 이 貯溜量은 Huggins-Monke¹¹⁾ 式으로 다음과 같이 表示된다.

$$DEP = HU * ROUGH * (H/HU)** (1./ROUGH) \dots\dots\dots (3)$$

여기서, DEP = 貯溜量, H = 水深, HU = 粗度의 最高높이, 그리고 ROUGH = 地表面의 特性을 나

타내는 媒介變數이다.

라. 浸透率 (Infiltration)

浸透率は Horton 式을 土壤含水量의 函數로 變形한 다음 式으로서 定義된다.

$$FMAX = FC + A (PIV/TP)^B \dots\dots\dots (4)$$

여기서, FMAX = 浸透率, FC = 正常狀態의 浸透率, PIV = 土壤中的 剩餘貯溜量, TP = 統制土壤深中の 總空隙量, A = 初期浸透率, 그리고 B = 指數이다.

마. 排水率 (Drainage)

統制容積으로 부터의 土壤水分移動, 즉 排水率은 統制容積內的 土壤水分含量에 따른 函數로 나타낸다. 즉

$$DR = FC (-PIV/GWC)^{e_d} \dots\dots\dots (5)$$

여기서, DR = 排水率, GWC = 最大重力水量, 그리고 e_d = 指數이다.

2. 模型의 入力資料

模型의 入力資料는 ① 模擬發生 調節情報, ② 降雨資料, ③ 土壤資料, ④ 土地利用 및 植生資料,

⑤ 水路傾斜 및 斷面資料, 그리고 ⑥ 流域要素資料 등으로 나눌 수 있다.

模擬發生 調節情報는 格子의 크기, 計算時間 등이 降雨資料로는 地點別, 時間別 降雨強度가 要求된다. 土壤資料는 土壤種類別 浸透 및 排水函數의 媒介變數 등을 必要로 하며, 土地利用 및 植生資料는 作物別 地表面狀態와 Manning의 粗度係數 등으로 構成된다. 그리고, 流域要素資料는 各要素의 排列과 各各의 土壤植生 條件을 表示하고, 傾斜度 및 流向을 定義함으로써 流域의 特性을 效率的으로 表示하도록 構成하였다.

다음의 Table-1은 本 模型의 基本的인 入力變數들을 나타내었다.

III. 模型의 適用

1. 試驗流域과 水文特性

가. 位置

試驗流域은 京畿道 華城郡 半月面에 位置한 2 個 流域을 선정하였다. (Fig. 2) WS #1 流域은 半月貯水池 우측의 大夜味里에 位置하며, WS # 3 流域은 半月貯水池의 主된 水源으로 速達里에

Table-1. Basic input data required by ANSWERS model for hydrologic simulation.

Group	Hydrologic Process	Variable name	Parameter Descriptions
Soils	Infiltration	TP	Total porosity in percent (volume)
		FCAP	Field capacity in percent (saturation)
		FC	Steady state infiltration rate
		A	Difference between steady state and maximum infiltration rate
		B	Exponent in infiltration equation
		ASM	Antecedent soil moisture content in percent
		DF	Infiltration control depth
	Drainage	e_d	Drainage exponent
Crop and Surface Conditions	Interception	PIT	Potential interception volume
		RER	Percentage of surface covered by specific land use
	Depression storage	RC	Roughness Coefficient
		HU	Maximum roughness height
Overland flow routing	n	Manning's roughness coefficient	
	Channel flow routing	WID	Channel width
Topography	Flow routing	S	Slope steepness
		ANG	Direction of slope

서 屯袋里에 걸쳐 位置하고 있다.

나. 流域의 地相因子

試驗 流域의 地相因子에는 流域面積, 流路長, 形狀係數, 最大起伏量, 起伏量比, 河川 平均傾斜, 河川頻度, 그리고 土地利用比 등이 속하는데, 이 값들을 1 : 25,000 地形圖를 利用하여 求하고 現場調查를 通하여 補完하였다. Table-2는 各 流域의 流域特性을 보여 주고 있다.

Table-2와 같이, 流域의 形狀係數(Shape factor)는 WS #1이 0.19로서 기다란 形狀을 가지며, WS #3은 WS #1보다는 둥글지만 0.32로서 역시 긴 모양을 나타낸다.

起伏量比(Relief ratio)는, 最長河川길이는 비슷하지만 最大起伏量은 差異가 커 WS #3이 0.113

으로 WS #1의 0.021보다 매우 큰 값을 보이는데, 이는 平均河川傾斜 값으로도 判斷할 수 있겠다.

河川頻度(Channel frequency)는 WS #3이 WS #1보다 單位面積當 約4倍가량 河川이 많이 發達되어 있음을 나타내는데, 이는 Fig. 6. 에서도 잘 관찰된다.

Table-3. 은 各 流域別 土地利用 狀態와 그 構成 百分率을 나타내었다. 이는 1 : 25,000地形圖에서 林野, 畚, 田, 그리고 家屋, 牧場 등의 其他地域 등으로 區分하고, 現地 踏查를 通해 比較한 다음 各 面積構成比를 算出하였다. WS #1流域은 傾斜가 완만한만큼 畚과 田의 比率이 WS #3보다 월등히 높았다. 반대로 WS #3 流域은 林

Table-2. Characteristics of tested watersheds.

Characteristics	WS # 1	WS # 3
	Kyeonggi-do Whaseong-gun Daeyami-ri	Banweol-myeon Dundae-ri
Longest channel length(km)	3.83	3.85
Shape factor	0.19	0.32
Maximum Relief(m)	81.4	435.7
Relief ratio	0.021	0.113
Mean Channel slope(m/km)	13.77	31.40
Channel frequency(No./km ²)	0.364	1.45

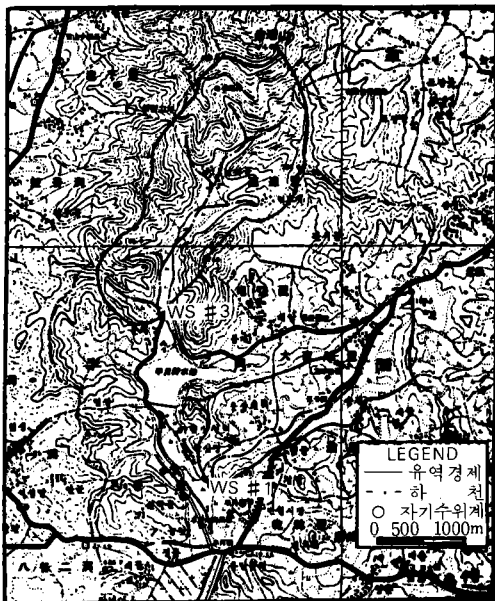


Fig. 2. Location of tested watersheds.

Table-3. Land use of tested watersheds.

Watersheds		Forest	Paddy field	Upland	Etc	Total
WS #1	Area (ha)	108	81	59	22	270
	%	40	30	22	8	100
WS #3	Area (ha)	415	33	24	5	477
	%	87	7	5	1	100

野의 比率이 87%로 WS #1의 40%보다 2배정도 높았다.

다. 地形 및 格子網

試驗 流域의 地形圖및 格子網은 Fig. 3, 4에 各 各 圖示하였다. 格子網의 構成은 各 流域의 形態를 行과 列로써 效率의으로 表示할 수 있도록 그 基本 方向을 定하였다. 流向은 基本 方向으로부터 反시계 方向으로의 角度로 表示되며, 그 方向은 높은 곳에서 낮은 곳으로의 傾斜方向으로 한다. 만약, 要素內에 산등성이가 있을 경우에는 稜線方向이 流向이 된다. 傾斜度는 千分率(‰)로 表示한다.

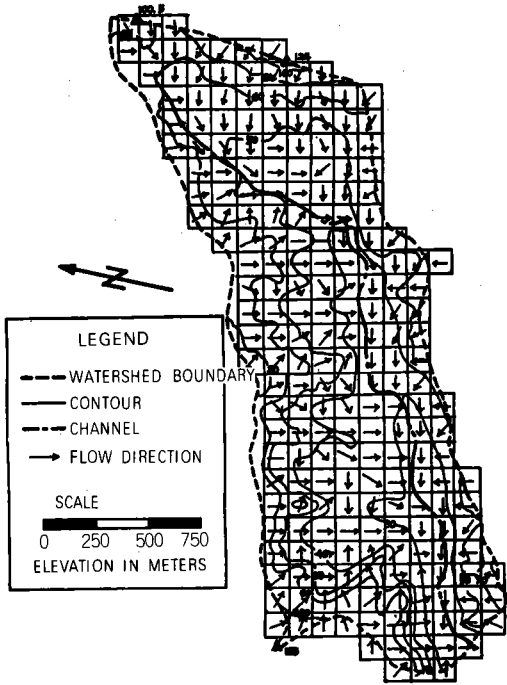


Fig. 3. Watershed segmentation of WS# 1.

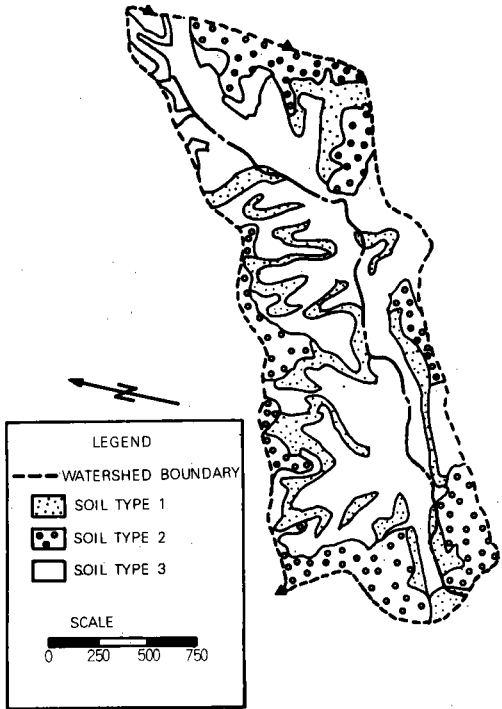


Fig. 5. Soil type classification of WS# 1.

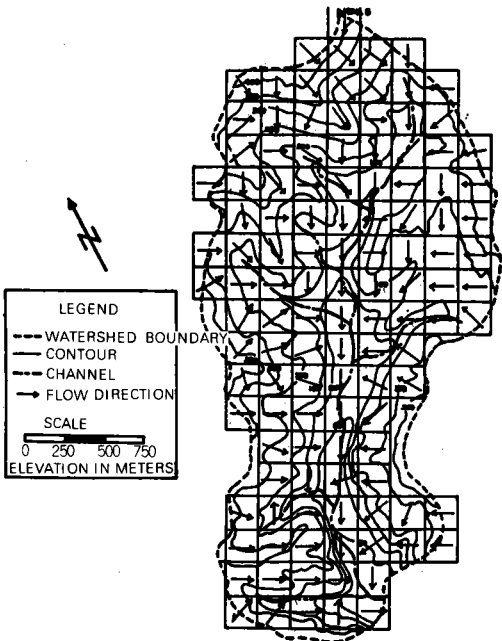


Fig. 4. Watershed segmentation of WS# 3.

라. 土壤

土壤은 各 流域의 精密土壤圖로부터 사양토, 자갈 또는 잔돌이 있는 양토, 양토의 3가지로 간단히 分類하여 각각 1, 2, 3의 숫자로 表示하였다. 이를 各 流域別로 Fig. 5, 6에 나타내었다. 各 土壤의 浸透率을 나타내는 主要 媒介變數는 Table-4와 같다. 그밖의 土壤因子에는 先行 土壤水分量(ASM)이 있는데 이는 先行降雨에 따라 좌우된다.

Table-4. Soil Characteristics.

Soil types	TP	FCAP	FC	A	B	DF
1	0, 52	0, 600	4, 540	160,0	0, 65	137, 0
2	0, 49	0, 740	5, 110	179,0	0, 60	110, 0
3	0, 45	0, 750	4, 470	147,0	0, 60	125, 0

마. 植生및 被覆狀態

植生및 被覆狀態는 遮斷, 地面貯溜量, 그리고 有效水深(Detention storage) 등을 定義하는데, 本研究에서는 主要 農作物의 潛在遮斷量을 Park-

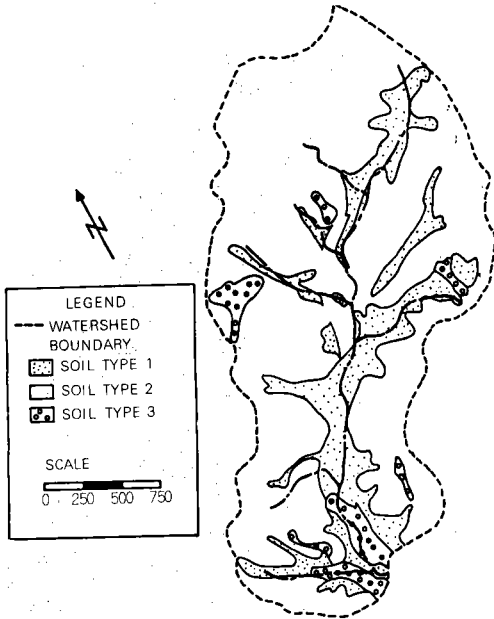


Fig. 6. Soil type classification of WS# 3.

Mitchell¹⁸⁾이 整理한 指數로서 算定하였다. 또한, 上記式(3)의 HU, ROUGH 값들도 Park-Mitchell¹⁸⁾에 定義된 값을 사용하였다.

本 模型에서 使用한 諸變數 값들은 다음의 Table-5에 나타내었다.

Table 5. Surface roughness and Crop data.

No.	CROP	PARAMETERS					
		PIT	PER	RC	HU	RN	DIR
1	CORN	0.75	0.60	0.47	15.0	0.070	5.08
2	GRASS	1.0	1.0	0.44	3.0	0.150	4.00
3	PASTURE	0.4	1.0	0.55	3.5	0.040	3.55
4	BEANS	1.0	0.90	0.47	10.0	0.060	5.08
5	PADDY	0.04	0.90	0.55	20.8	0.120	6.00
6	WOODS	1.7	0.90	0.55	8.5	0.200	3.00
7	HOMESITE	0.02	0.50	0.40	9.0	0.090	4.00
8	FALLOW	0.00	0.00	0.47	7.0	0.100	3.00

바. 降雨·流出 資料

本 研究에서는 1986年 7月 11일부터 8月 28日 까지의 降雨을 使用하였다. 時間別 降雨 測定은 現地에 設置한 自記降雨計로 부터 구하였다. 降雨資料는 降雨始作時間부터의 누가시간을 分單位로 表示하고, 降雨強度는 切點法(Break-point method)으로 읽어 mm/hr로 表示하였다.

流出量의 算定은 流出量 測定地點에 自記水位計를 設置하여 時間別 水位資料를 얻고, 降雨時 同地點의 流速測定을 통해서 流量을 實測하여 流出地點에서의 水位-流量關係로 부터 可能하게 된다. 流速測定이 不可能한 渴水期에는 Bucketing을 實施하여 流量을 測定하였다.

이와같이, 流量이 決定되면 降雨時 水文曲線이 만들어진다. 이를 模型의 模擬發生値와 比較하기 위해서는 觀測流出量에서 基底流量(Base flow)을 除去시켜야만 한다. 本 研究에서는 降雨에 의한 流出이 始作되기 직전의 流出量을 基底流量으로 보고 分離시키는 水平直線法을 使用하였다.

2. 初期條件

浸透量은 土壤含水量의 函數로 表示하므로 模擬發生의 初期條件으로 그때의 土壤水分을 正確히 推定해야 한다. 이 先行土壤水分量(Antecedent soil moisture)은 土壤의 物理的 特性은 勿論 氣候條件등에 의하여 決定된다. 따라서, 先行 降雨量을 利用, 推定하고 土壤의 特性에 따라 補正하는 것이 必要하다.

本 研究에서는 先行土壤水分量을 計算하기 위해 다음의 물收支式을 利用하였다.

$$ASM = ASML + RAIN - ET - RO - PERC \dots (6)$$

여기서, ASM = 先行土壤水分量, ASML : 直前 土壤水分量, RAIN = 日降雨量, ET = 蒸發散量, RO = 流出量, 그리고 PERC = 地下 浸透量(Percolation)등을 나타낸다.

위 式(6)에서 地下浸透量은 물이 圃場用水量에 達한 후 排除되는 重力水(Gravitational water)를 말한다. 또한, 計算의 單純化를 위해서 다음과 같은 假定을 하였다.

(1) 先行土壤水分量에 影響을 주는 土壤 깊이는 統制土壤深(D_F)으로 한다.

(2) 流出은 降雨當日로 끝난다.

(3) 圃場用水量 以上の 過剩水는 降雨가 發生한 다음날 地下 浸透된다. 단, 그 量은 降雨發生日의 流出量을 넘지 못한다.

Fig. 7은 물收支式을 利用, 試驗日別 土壤水分을 推定하여 最適 先行土壤水分量 資料와 比較한 結果를 圖示한 것이다.

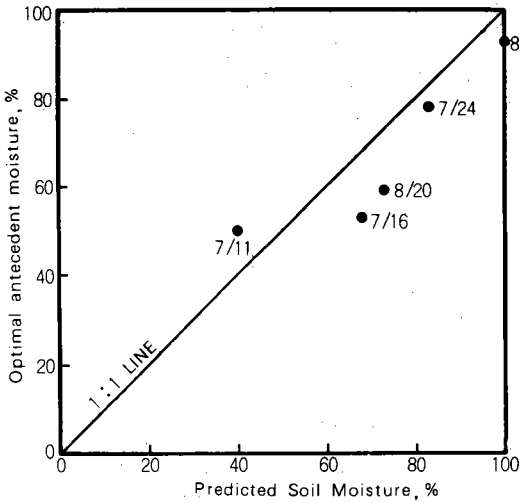


Fig. 7. Relation between optimal antecedent moisture contents for ANSWERS model and predicted ones from water balance model.

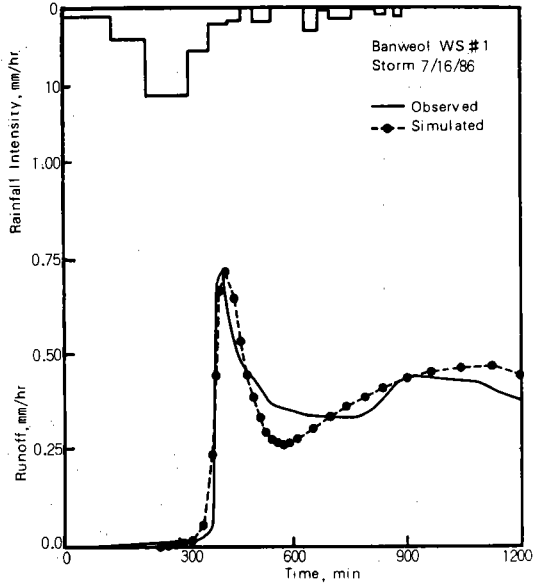


Fig. 8. July 16, 1986, rainfall hyetograph, and observed and simulated hydrographs with ANSWERS model at Banwoel WS #1.

3. 媒介變數의 決定

媒介變數를 決定하기 위해서는 模型의 모든 入力資料가 入力되어 模型의 運轉을 통한 模擬發生 試驗을 거쳐야 한다. 처음의 模擬發生試驗은 物理的 算定法을 통한 測定媒介變數의 값과 補定媒介變數의 假定值를 入力資料로하여 行해지며, 觀測水文曲線과 模擬發生水文曲線을 比較하여 다음 의 入力資料를 準備한다. 이렇게 反復的인 試行 錯誤를 通하여 媒介變數의 값을 決定한다.

Dickey (1978)에 依하면 ANSWERS 模型의 媒介變數中 6個는 降雨에 따라 相異하기 때문에, 試驗마다 그 값을 定해야 한다고 報告한 바 있다.⁹⁾ 그 6個의 媒介變數는 先行土壤水分量(ASM), 初期浸透率(A), 定常狀態의 浸透率(FC), 統制土壤深(DF), Manning의 粗度係數(n), 그리고 地表面粗度높이(HU) 등이다.

4. 模擬發生 結果

實測流量과 模擬發生한 流量圖를 對比한 結果는 Fig. 8, 9에 나타내었다. 試驗에 使用한 降雨와 그때의 主要 媒介變數의 推定值는 Table-6.에 整理하였다. 媒介變數 決定에 使用된 降雨의 模擬發生 結果는 Table-7.에 整理하였다.

Table-7. 에 나타낸 結果를 通해 볼때, 대체적

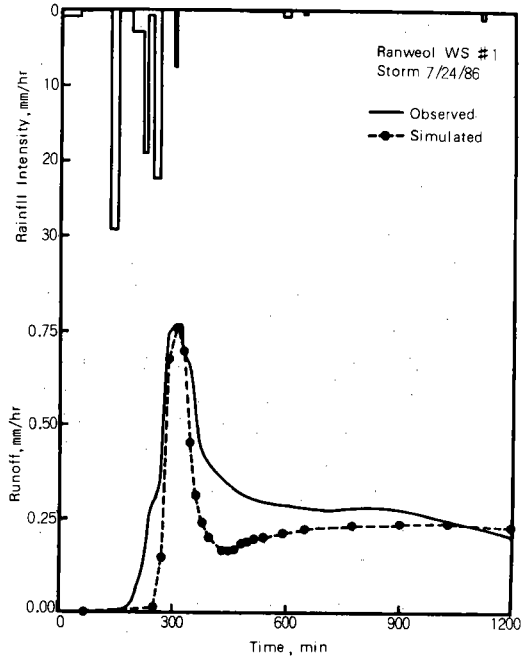


Fig. 9. July 24, 1986, rainfall hyetograph, and observed and simulated hydrographs with ANSWERS model at Banwoel WS #1.

Table-6. Optimal values of parameters^{b)} used in storm simulation with ANSWERS model.

Watershed	Storm event	Infiltration Parameters ^{a)}				Surface roughness HU, mm	Manning's Coefficient	
		FC mm/hr	A mm/hr	DF mm	ASM		Overland flow	Channel flow
WS# 1	7/11/86	3.04	137.7	120	.50	9.6	0.070	0.070
	7/16/86	3.08	130.0	125	.52	9.7	0.099	0.070
	7/24/86	4.38	131.7	110	.77	9.6	0.104	0.050
	8/13/86	1.93	33.3	72	.93	9.6	0.104	0.075
	8/20/86	3.60	116.7	70	.59	9.6	0.104	0.110
	MEAN	3.21	108.7	99	.66	9.6	0.096	0.075

a) Parameters defined in Table-1.

b) Arithmetic mean value.

Table-7. Summary of hydrologic simulation with ANSWERS model.

Watershed	Storm event	Total rainfall, millimeters	Total runoff, millimeters		Peak discharge, millimeters/hour		Time of peak minutes	
			Observed	Simulated	Observed	Simulated	Observed	Simulated
WS# 1	7/11/86	43.84	4.300	4.404	0.4310	0.4272	920	924
	7/16/86	43.24	7.836	7.837	0.7059	0.7127	413	432
	7/24/86	24.13	6.300	5.422	0.7578	0.7461	319	306
	8/13/86	27.90	15.865	8.290	2.3765	2.3627	935	944
	8/20/86	22.48	8.079	4.656	1.3150	1.3172	120	120
	MEAN	-	-	8.476	6.122	1.1172	1.1132	-

으로 尖頭流量과 그 到達時間의 觀測值와의 誤差 百分率은 各各 平均 0.4%, 1.97%로 아주 精確히 模擬發生시켰으나, 總流出量은 平均 27.8%로 比較의 낮은 精度를 보였다.

5. 模型的 檢證

本 模型的 檢證은 媒介變數 決定에 使用한 WS #1 流域에 未使用 降雨를 利用하여 實施하였다. 또한, 本 模型을 無計測流域 WS #3에 適用하여 그 實用性을 檢證하였다.

檢證은 Table-6. 에 나타낸 主要 媒介變數中, 先行土壤水分量은 물收支法에 의해 推定된 값을 利用하고 그의 變數들은 各各의 平均值를 취하여 計算한 結果를 觀測值와 比較하여 行하였다. 그 結果를 使用降雨와 함께 나타내면 Table-8. 과 같다. 또한, 이를 觀測水文曲線과 比較한 것은 Fig 10, 11에 나타내었다.

模型的 檢證 結果, 尖頭流量到達時間은 잘 一致하였다. 그러나, 尖頭流量의 境遇, 無計測流域 WS #3에서는 誤差 百分率이 4%인데 반해 WS #1 流域은 52.9%로 나타났고, 總流出量의 誤差 百分率은 各各 72.6%, 24.5%로 크게 나타났다. 그러나, 總流出量에서 觀察되는 큰 誤差는 諸

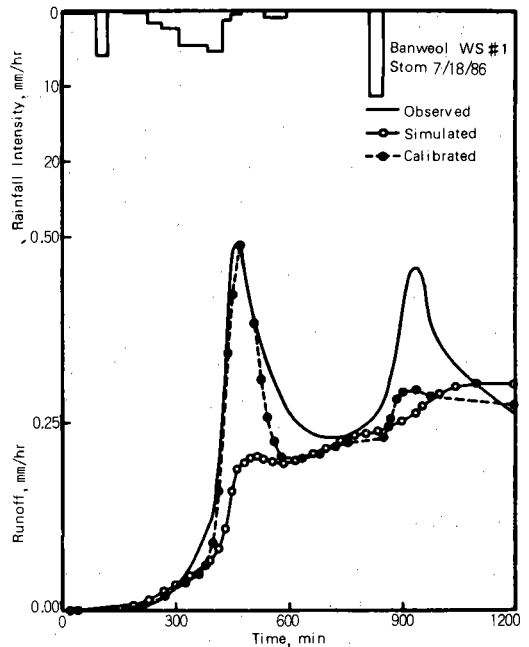


Fig. 10. July 18, 1986, rainfall hyetograph, and observed and simulation hydrographs with ANSWERS model at Banweol WS# 1.

水文模型 ANSWERS의 半月流域에의 適用

Table-8. Summary of hydrologic simulation for verification with ANSWERS model

Watershed	Storm event	Total rainfall millimeters	Total runoff, millimeters		Peak discharge, millimeters/hour		Time of peak, millimeters	
			Observed	Simulated	Observed	Simulated	Observed	Simulated
WS #1	86/7/18	25.25	6.098	5.223 5.501*	0.4804	0.2004 0.4791*	468	522 468*
	86/7/26	13.79	2.491	1.259 1.632*	0.4716	0.2458 0.4699*	1,020	1,027 1,019*
	MEAN	-	4.295	3.241 3.567*	0.4760	0.2241 0.4745*	-	-
WS #3	86/8/11	69.52	9.435	3.630	1,9014	1.8814	845	851
	86/8/28	66.81	15.080	3.092	1,8520	1,7210	1,110	936
	MEAN	-	12.258	3.361	1,8767	1,8012	-	-

* : Values calibrated.

Table-9. Variations of infiltration parameters.

Statistics	FC	A	DF
MEAN	3.12/3.21*	93.34/108.7*	93/99*
STANDARD DEV.	0.75/0.90*	43.64/42.61*	25 (26.5*

*Average values from Table-6.

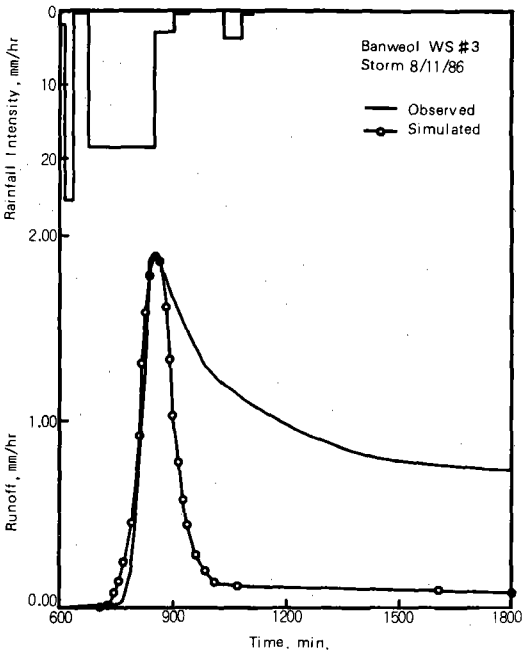


Fig. 11. August 11, 1986, rainfall hyetograph, and observed and simulated hydrographs with ANSWERS model at Banweol WS# 3.

流域變數의 誤用과 水平直線法으로 基底流量을 除去시킨 데에 그 理由가 있을 것으로 생각된다. 더불어 Fig. 11에서 관찰되는 減退部의 큰 差異는 WS #3 測定地點 下流 約 8m에 위치한 沓의 影響을 받아 觀測曲線이 完滿하게 떨어진 것에도 基因한 것으로 보인다.

WS #1 流域에서 檢證에 使用한 7/18/86의 降雨을, 浸透率과 統制土壤深만을 고쳐 計算해 본 結果, 上記 尖頭流量과 總流出量의 誤差百分率이 各各 0.3%, 16.9%로 적어져 아주 良好하게 들어 맞고 있음이 Fig. 10에서 잘 나타나고 있다. 이러한 現象은 本 模型의 媒介變數 決定이 아직 完全이 이루어지지 않았음을 示唆하는 것이다. 이들 媒介變數의 變化幅은 Table-9에 나타내었다. 媒介變數 決定에 使用하였던 5個의 資料만으로 計算한 값과 이들 값을 比較하여 보면 平均値는 減小하였고, 標準偏差도 줄어들었으므로 變數 값이 收斂되는 것을 볼 수 있다. 그러므로, 더 많은 數의 降雨을 使用하여 諸媒介變數의 값을 定할때, 더 높은 精度의 豫測結果를 얻을 수 있고, 또한 本 模型이 水文特性因子의 大部分을 使用하였기 때문에 地形因子로 인한 模型의 適用性의 制限은 없을 것으로 생각된다.

IV. 要約 및 結果

水文模型 ANSMERS는 直較格子網을 利用, 流域의 水文特性을 同質의 要素로 分離하여, 各 要素의 土壤·植生狀態 및 地形因子 등의 水文特

性 解析을 피하는 模型이다. 同模型을 半月小流域에 適用, 他降雨, 他流域에 대하여 各各 檢證함으로써 그 適用性을 檢討한 結果, 다음과 같다.

1. WS #1 流域에서 相異한 降雨에 대한 檢證 結果, 到達時間을 除外한 尖頭流量과 總流出量에서 다소 誤差가 있었다. 無計測流域 WS #3에 의 檢證 結果, 尖頭流量, 到達時間은 잘 一致하였으나 減退部의 流量이 적게 나타나 總流出量은 큰 誤差가 發生하였다.

2. 本 模型을 半月 小流域에 適用해 본 結果, 本 模型은 尖頭流量 및 到達時間 推定에는 應用性이 있었다. 그러나, 減退部 推定 誤差에 따른 總流出量 推定은 媒介變數 調整 등에 의하여 수정, 보완해야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. 朴成宇 外 5名. 1984. 應用水文學. 鄉文社.
2. 朴承禹. 1983. 小流域 水文模型의 開發과 應用(I). 韓國農工學會誌. 26(2) : 125-132.
3. _____. 1985. 模型解析의 理論과 應用(II). 韓國農工學會誌. 27(3) : 42-46.
4. 서울大學校 農科大學 附屬 農業開發研究所. 1985-86. 貯水池 물管理研究(I, II). 農水産部, 農業振興公社.
5. Beasley, D.B. 1977. ANSWERS : A Mathematical Model for Simulating the Effects of Land Use and Management of Water quality. Unpublished Ph.D. Thesis, Purdue Univ., West Lafayette, Indiana. 55p.
6. Beasley, D.B., L.F. Huggins, and E.J. Monke. 1980. ANSWERS : A Model for Watershed Planning. Trans. ASAE 23(4) : 938-944.
7. Beasley, D.B., and L.F. Huggins. 1980. ANSWERS : User's Manual. Agr. Eng. Dept., Purdue Univ., West Lafayette, Indiana.
8. Chow, V.T. 1972. Hydrologic Modeling. Proc. Boston Soc. Civil Eng. 60(5) : 1-27.
9. Dickey, E.C. 1978. The Application of Hydrologic Models to Small Watersheds having Mild Topography. Ph.D. Thesis, Univ. of Illinois, Urbana, IL.
10. Holtan, H.N., C.B. England and V.O. Shanholtz. 1967. Concepts in Hydrologic Soil Grouping. Trans. ASAE 10(3) : 407-410.
11. Huggins, L.F. and E.J. Mone. 1966. The Mathematical Simulation of the Hydrology of Small Watersheds. Wat. Res. Res. Center, Tech. Rep. No.1. Purdue Univ., West Lafayette, Ind.
12. Huggins, L.F. and E.J. Monke. 1968. A Mathematical Model for Simulating the Hydrologic Responce of a Watershed, Wat. Res. Res. 4(3) : 529-539.
13. Huggins, L.F. et. al., 1973. Simulation of the Hydrology of Ungaged Watersheds, Wat. Res. Res. Center, Tech. Report No. 82, Purdue Univ., West Lafayette, Indiana. 50p.
14. Jensen, M.E., J.L. Wright and B.J. Pratt. 1971. Estimating Soil Moisture Depletion from Climate, Crop and Soil Data, Trans. ASAE 14(5) : 954-959.
15. Nilsen, D.R., J.W. Biggar and B.J. Miller. 1967. Field Observations of Infiltration and Soil-water Redistribution. Trans. ASAE 10(3) : 382-287.
16. Park, S.W. 1981. Modeling Soil Erosion and Sedimentation on Small Watershed. Ph.D. Thesis. Univ. of Illinois, Urbana, IL. : pp7-
17. Park, S.W., J.K. Mitohell, and J.N. Scarborough. 1982. Soil Erosion Simulation on Small Watersheds : A Modified ANSWERS Model. Trans. ASAE 25(6) : 1581-1588.
18. Park, S.W. and J.K. Mitchell. 1983. MODAN-SW (A modified ANSWERS Model) : User's Manual. Agr. Eng. Res. Rep. Univ. of Illinois, Urbana, IL.
19. Ree, W.O., F.L. Wimberley and F.R. Crow. 1977. Manning and the Overland Flow Equation, Trans. ASAE 20(1) : 80-95.
20. Shanholtz, V.O. and J.C. Carr. 1975. Optimizing Parameters for A Watershed Model. Trans. ASAE 18(2) : 307-311.