

小流域 水文模型의 開發과 應用(I)

—模型的 構成—

Applications of A Hydrologic Model to Small Watersheds

—Description of Model Components—

朴 承 禹*
Park, Seung Woo

Summary

A physically-based, distributed, parametric hydrologic model PARK 10 is described and its test results with three agricultural watersheds are presented. The model uses a rectangular grid system to depict hydrologic characteristics of a watershed, and thus, has potentials of identifying the effects of changes in land uses and/or other activities. The model is being tested with small watersheds in the peninsula.

I. 序 論

小流域의 流出現象은 氣候·氣象因子, 地狀因子, 그리고 이들의 相互作用에 따라 支配된다. 이러한 流出現象을 定量的으로 分析評價하기 위하여는 諸因子的 影響을 數式등의 方法을 通하여 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)이라 한다.

流域의 水文模型은 流域特性의 表示方法에 따라 總括型和 分布型으로 區分할 수 있다¹⁾. 總括形模型(lumped-system model)은 流域을 하나의 시스템으로 假定하여 그 入力(即 降雨)과 出力(流出)의 關係를 解析하는 것으로, 잘 알려진 單位圖法, 貯溜函數法, 流出函數法등이 그 例이다. 한편, 分布形模型(distributed-system model)은 流域을 일정한 數의 작은 同質의 要素로 細分하며, 그 各各의 要素의 水文特性을 解析하므로 全流域의 水文現象을 計量化하는 方法이며, 그 例로는 ANSWERS²⁾, FESHM³⁾등이 있다.

이중 分布形模型은 流域水文特性의 空間的 變化를 効果的으로 表示할 수 있기 때문에, 流域의 開發, 土地利用狀態의 變化, 또는 營農方法등에 따른 流域水文特性의 影響을 計量化할 수 있는 利點을 갖게된다. 따라서, 美國등지에서 農耕地로 부터의 환경오염 평가방법등의 하나로 이러한 分布形模型의 應用이 試圖되기에 이른 것이다⁴⁾.

本 論文은 分布形 模型의 하나인, ANSWERS 水文模型을 改編한 結果인 PARK 10 模型의 特性과 그 檢定結果에 關하여 記述하며, 그 適用性을 概括的으로 다룬 것이다. PARK 10 水文模型은 筆者가 開發한 改編 ANSWERS 模型(MODANSW^{5,6)})을 根幹으로 韓國의 地形特性등에 맞도록 開發중에 있는 流域水文模型을 代表하는 母模型임을 여기에 밝힌다.

II. 模型의 開發

가. 地點水文過程

流域의 水文因子등은 偶然的이고 統計的인 同時에 物理的 基本法則을 滿足하는 特徵을 갖는다. 그

* 서울大學校 農科大學

偶然性是 氣候 氣象因子的 實現性이 갖는 特徵으로, 長期間의 觀測이 要求되고, 流域水文의 物理學的 發展의 障礙要素의 하나인 것이다. 그러나, 이러한 偶然性을 제외하면 아무리 複雜한 流域水文現象이라도 한 地點에서의 降雨-流出關係는 基本物理法則의 하나인 質量保存法則을 滿足하게 된다.

地點에서의 水文現象은 다음과 같이 定義할 수 있다. 즉 降雨量의 일부는 地面에 닿기 前에 植物 등에 의하여 차단되고 蒸發되어 大氣로 환원된다. 그리고, 일단 地面에 達한 降雨의 일부는 地面의 凹凸部分에 貯溜되어 土壤중에 滲透된다. 地表貯溜量을 充足시킨 물은 動水力學의 原理에 따라 下流로 流去된다. 한편, 地中에 滲透된 土壤水分은 重力의 影響으로 排水되어 地下水를 이루며, 移動중에 地表水로 환원되기도 한다. 이러한 水文循環이 反覆된 結果로서 地表越流 또는 河川流去 등이 發生되며, 各各의 地點의 水文現象의 積分値가 流域水文을 決定하게 된다.

勿論, 앞서 살펴본 地點水文現象은 水文循環의 諸過程을 완벽하게 說明한 것은 아니다. 그밖의 現象들은 비교적 短期間(1~2時間) 동안에는 無視할 수 있거나, 或은 다른 水文過程에 陰性的으로 포함시킬 수 있다. 예로서 蒸發散量은 차단으로서 代置될 수도 있다고 假定하는 것이다.

Fig. 1은 以上の 地點水文過程을 圖示化한 것으로 이를 概念化하면 Fig. 2와 같은 系統圖로서 表示된다. 따라서, 流域의 流出現象은 Fig. 2와 같은 地點水文系統을 全面積에 대하여 積分한 結果로 解析할 수 있다. 여기서, 各 地點의 水文特性등의 差異등과 같은 不均質性을 積分過程에서 解析할 수 있다면 地點水文模型의 一般化가 可能하게 되는 것이다.

나. 流域特性的 表示

地點水文模型은 所謂 連續方程式의 各項을 概念化한 것으로, 그의 適用은 同質한 流域特性을 갖는 地域으로 制限된다. 이는 類似한 물收支模型이 通常의인 流域에 適用될 경우, 많은 經驗係數의 補正이 必要하다는 것이 그 理由중의 하나인 것이다. 따라서, 流域을 水文特性에 따라 數個의 均質한 要素로 區分하고, 그 各各의 地表水의 水理的 關係를 解析함으로써 流域水文의 理論的 分析이 可能하게 되는 것이다. 이러한 流域要素의 分割을 流域表示法(watershed representation)이라 한다.

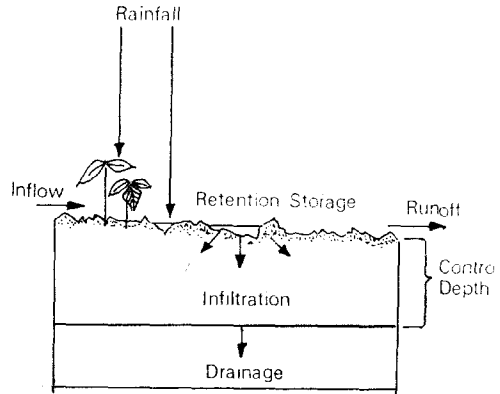


Fig. 1. Conceptualized hydrologic processes at a point

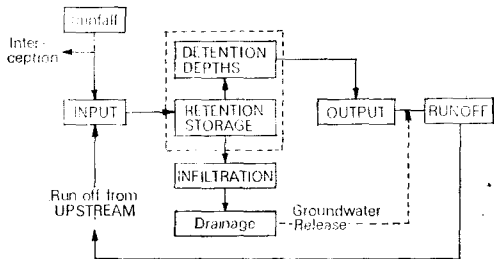


Fig. 2. Modeling of hydrologic processes at a point

數學的 水文模型에서 使用되는 流域特性의 表示方法에는 ① 連鎖法(sequential method), ② 直交格子法(rectangular grid method), 그리고 ③ 三角網法(triangular grid method) 등이 있다. 連鎖法은 流域의 特性을 흐름의 特性에 따라 地表越流區間, 集水區間등의 段階로 區分, 洪水追跡의 方法을 적용하는 것으로 CREAMS模型⁶⁾ 등에서 使用되었다. 直交格子法은 流域을 일정한 크기의 正方形으로 配分하는 것으로 ANSWERS模型에서 實用化한 方法이며, 三角網法은 有限要素法을 利用하는 模型등에서 채택되는 方法으로 FESHM模型이 그 예이다. 各方法등에 關한 詳細한 內容등은 Park (1981)⁹⁾에 整理되었다.

본 Park10模型에서는 Fig. 3과 같이 流域을 細分하여, 그 各要素(watershed element)에 對한 水文特性을 定義하는 直交格子法을 擇하고 있다. 이때 流域要素의 크기등은 流域의 水文特性에 따라 決定되며, 또한 流域의 크기나 方向등에 따라서 調整될 수 있다. Park-Mitchell¹⁰⁾은 Park10模型의 應用方法등을 整理하였다.

다. 水文過程의 模型化

Fig. 2의 물收支模型에서 보여준 小流域의 水文過程등의 數學的 關係式은 다음과 같이 表示할 수 있다.

1) 連續方程式

任意的 流域要素에 대한 連續方程式은 다음과 같은 一般式으로 表示할 수 있다. 즉

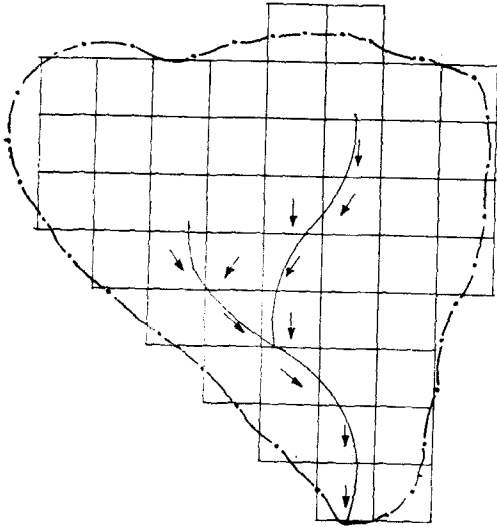


Fig. 3. Representation of watershed elements in Park 10 Model

$$\frac{ds}{dt} = I - O \dots\dots\dots(1)$$

여기서, S=貯溜量(mm), I=流入率(mm/sec), O=流出率(mm/sec), 그리고 t=時間(sec)이다.

式(1)의 流入率은 有效降雨強度, 즉 降雨量과 遮斷量의 時間的 變化率과 上流로 부터 流入되는 流量의 合計이다.

貯溜量은 地面의 凹凸로 인한 地表貯溜量과 有效水深으로서 構成되며, 前者는 滲透를 供給하여주고 後者는 動水傾斜를 유지시킨다. 따라서, 이상의 量이 定義되면 式(1)로 부터 流出量이 決定된다.

2) 遮斷(Interception)

遮斷은 作物이나 草木의 種類, 크기 및 그 被覆狀態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를 比率로 곱하면 遮斷量이 決定된다. 主要 農作物의 潛在遮斷量은 Park-Mitchell¹³⁾에 整理되어 있다. 한편, 被覆程度는 季節에 따라 다르며,

그 變化는 작은 量이나 流域水文의 季節因子를 計量化할 수 있게 된다.

3) 地面貯溜量(Retention storage)

地面貯溜는 地面의 凹凸에 따른 無效水深으로서 滲透量을 提供하는 水文過程이다. 따라서, 그 絶對量은 地面의 粗度狀態에 따라 決定되며, 粗度狀態는 降雨一流出現象에 의하여 時間的으로 變化되기 때문에¹⁴⁾, 結果적으로 水文特性의 制限성을 支配하는 要因이 된다. 그 貯溜量은 Huggins-Monke¹⁵⁾式으로 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$S/S_u = a_1(h/h_u)^{e_1} \dots\dots\dots(2)$$

여기서, S_u=最大貯溜量, h=水深, h_u=粗度の 최대높이(단면의 최대높이와 최저 높이의 差), 그리고 a₁과 e₁=係數와 指數이다. 式(2)의 h_u는 耕耘方法 등에 따라 支配되며, a₁과 e₁의 값등과 함께 Park-Mitchell¹³⁾에 定義하였다.

4) 滲透率(Infiltration)

地表貯溜量의 土壤滲透率은 滲透率로 부터 決定된다. 滲透率은 Horton式을 土壤含水量의 函數로 變形한 Huggins-Monke¹⁵⁾式으로서 다음과 같이 定義된다.

$$f = f_c + A \left(\frac{S_p - F}{T_p} \right)^b \dots\dots\dots(3)$$

여기서, f=滲透率; f_c=正常狀態의 滲透率, S_p=土壤층의 最大貯溜量, F=總滲透量, T_p=統制土壤深층의 總空隙量, 그리고 A와 b=係數 및 指數이다. 以上の 各 變數등은 土壤의 特性에 의하여 定義되며, 이를 決定하려면 A-horizon의 深度, 空隙率, 土壤種類, 土壤水分特性曲線등의 資料가 必要하게 된다. 土壤分類法에 따른 各變數의 개량치와 그 決定方法등은 Park-Mitchell¹³⁾에 整理하였다.

한편, 式(3)은 滲透量을 土壤水分不足量에 對한 函數로 表示되어 Horton式의 時間에 따른 變化와 對照된다. 이는 自然降雨強變의 變化에서 觀察되는 偶然性을 效果的으로 計量化하는데 적합한 方法이라고 思料된다.

5) 排水率(Drainage)

滲透量方程式의 土壤층의 剩餘貯溜量(即 S_p-F의 값)은 滲透量과 排水量등에 의하여 決定된다. 실제로 土壤水分이 圃場容水量에 達한 경우 排水됨을 감안하여, 排水率은 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$D_r = f_c \left(1 - \frac{T_p - M_a}{M_{ga}} \right)^b \dots\dots\dots(4)$$

여기서, D_r=排水率, M_a=非飽和空隙量, M_{ga}=

最大 重力水量, 그리고 b =指數이다.

6) 動水波理論(Kinematic-wave theory)

地面貯留량을 滿足시킨 地表水는 有效水深으로 動水傾斜에 따라 下流로 流去된다. 이때 水深과 流量과의 關係는 운동량 方程式의 하나인 動水波方程式을 利用, 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$S_0 = S_f \dots \dots \dots (5)$$

여기서, S_0 =地面傾斜 그리고 S_f =摩擦傾斜이다. 한편 마찰계사 S_f 는 Manning式으로 부터,

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \dots \dots \dots (6)$$

로 定義된다. 여기서, V =流速, R =動水半徑, 그리고 n =Manning의 粗度係數이다.

라. 模型의 構成

以上の 細部水文模型은 流域要素의 하나하나에 適用되며, 流域要素의 相互關係는 流向에 따라 定義된다. 이때 流向에 따른 流量의 配分은 그 要素의 分割面積比로서 決定하게 된다.

한편, 流域의 흐름特性은 地表越流와 集中흐름으로 各各 區分하여, 地下水의 基底流의 再現은 일정한 比率로 하여 集中흐름에 加算되도록 하는 등의 일련의 선택(option)을 하였다.

그밖에도 PARK 10模型은 流域의 土壤流失·流砂移動, 그리고 堆積 등의 추정을 위한 計算이 可能하도록 되었으며, 그에 對한 內容은 Park et al.에 詳細히 다루었다.

마. 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 水路断面資料, 그리고 ⑥ 流域要素資料 등으로 大別할 수 있다. 格子의 크기, 計算時間 등은 調節情報로 區分되며, 地點別 時間別 降雨強度가 降雨資料로서 要求된다. 土壤資料는 土壤種類別 滲透 및 排水函數의 媒介變數 등을 정리하여, 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 配列과 各各의 土壤·植生條件을 表示하고, 傾斜度 및 流向을 定義하므로써 流域의 特性을 效率적으로 表示하도록 構成하였다. 이밖에도 水路나 河川의 断面形態 등의 情報나, 土壤流失係數 등을 利用하여 보다 複雜한 流域特性의 解折이 可能하도록 構成되어 있다.

III. 模型의 應用

가. 試驗流域

Table-1은 본 模型의 應用을 위하여 使用된 3個의 小流域의 特性을 要約한 것이다. 이들 試驗流域은 美國中西部에 位置하여 地形이 매우 완만한 경사를 갖는 特徵을 보여 주었다. 土壤은 Allerton 流域의 경우는 흑갈색의 loam 혹은 silt loam, ISU 流域은 이와 類似한 silt loam 등으로 土深이 깊고 따라서 滲透量이 큰 관계로 流出率이 낮다. 그러나, 排水

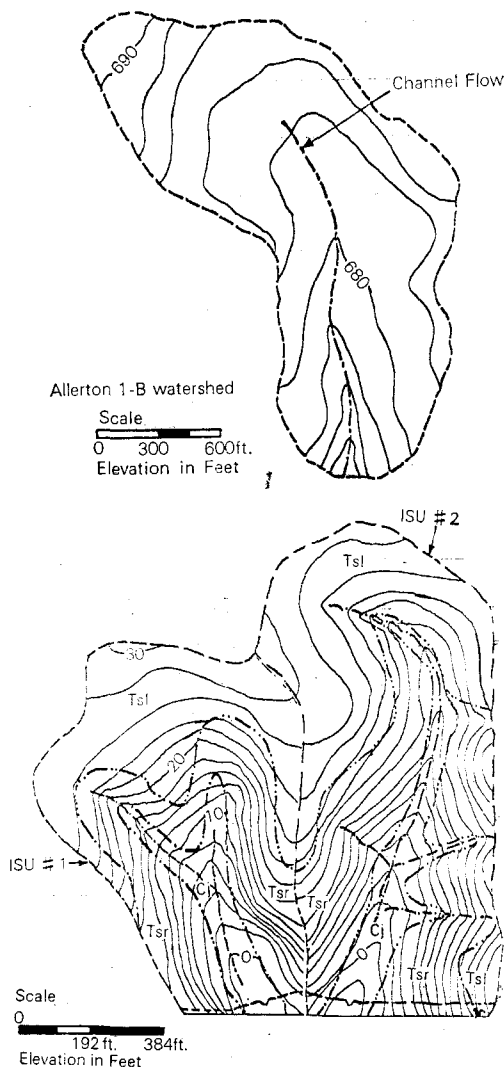


Fig. 4. Topographic map of three tested watersheds: Allerton, ISU #1, and #2.

Table-1. Characteristics of tested watersheds

Watershed	Location	Sub-watershed	Area (ha)	No. of storms	Crops	Soils	Topo-graphy
Allerton	Near Monticello, Illinois	1-B	18.4	6	Corn and soybeans	Drummer, Flanagan, Sunbury, Thorp silt loam	0 to 4 percent slope
ISU	Northwest of Tama, Iowa	Site 1	5.6	7	Corn or soybeans	Tama and Colodjudson silt loam	0 to 9 percent slope
		Site 2	7.6	4			

程度는 不良하여 Allerton 流域의 경우, 降雨後 耕地內를 걸기가 어려울 때가 많다.

Fig. 4는 試驗流域의 地形條件을 各各 例示하여 준다. 同 流域의 경우 自然的 排水方式을 利用하여 耕地로 부터 排水를 實施하고 있으며, 부분적으로 草生水路의 形態를 갖고 있었다.

試驗流域의 경우, 隣接地域에 自記降雨計가 各各 設置되어 있어 그로부터 降雨記錄을 얻었으며, 流出量의 測定은 Allerton 流域의 경우는 V-notch狀, ISU流域의 경우는 H/L Flume을 利用하여 各各 自記水位를 觀測하였으며, 일정한 補正公式을 利用하여 流量圖를 求하고 이를 模擬發生 流量圖와 比較함으로써 模型의 應用性을 評價하도록 하였다.

나. 媒介變數의 決定

ANSWERS模型의 水文模型을 그대로 利用한 PARK 10模型의 檢定을 위하여, 앞서 言及한 바 있는 流域의 水文特性을 代表하는 入力資料의 媒介變數 決定은 試驗流域의 土壤條件·植生·土地利用 등의 諸資料에 依하였다. 특히 이들 3개의 試驗流域의 土地利用·營農資料등이 充實히 記錄保全된 가답에 水文分析은 勿論, 媒介變數의 推定에 도움을 얻을 수 있었다. 다만 流域의 地形特性이나 土壤狀態등의 경우 Allerton은 筆者가 數年에 걸쳐 計測管理에 參與한 加답에 쉽게 判斷되었으나 ISU流域의 경우는

現地踏査와 試料의 채취분석을 通하여 決定하였다.

Table-2는 試驗에 使用한 降雨와 그때의 主要 媒介變數의 推定値를 보여준다.

다. 初期條件의 決定

滲透量은 式 (3)과 같이 土壤含水量의 函數로 表示하였으므로 模擬發生의 初期條件으로 그때의 土壤水分을 正確히 推定하지 않으면 안된다. 이 初期含水量(antecedent moisture content)은 土壤의 物理的 特性은 勿論 기후조건등에 依하여 決定된다. 따라서, 先制 降雨量을 이용, 推定하고 土壤의 特性에 따라 補正하는 것이 必要하다.

初期含水量의 決定은 美國土壤保全局의 方法(SCS 1972)등의 方法이 있으나, 流域의 水收支 模型 WABAM을 Fig. 1의 結果로 부터 開發, 日別 土壤水分을 推定하여, 最適 初期含水量의 資料²⁾와 比較한 結果 Fig. 5와 같았다. Fig. 5의 結果로 부터 본 水文模型의 媒介變數등이 物理的 意味가 있음이 確認되었고, 또한 WABAM 模型과 같은 概略模型과 본 模型을 並行하여 使用할 수 있음을 알 수 있었다. 한편, WABAM 模型의 電算프로그램은 Park²⁾의 附錄에서 찾아 볼 수 있겠다.

라. 模擬發生의 結果

Fig. 3은 模型의 結果가 實測値의 差比結果를 보

Table-2. Parameters used in storm simulation with Park 10 model

Watershed	Storm event	Infiltration parameters				Surface roughness HU, mm	Manning's coefficient	
		FC mm/hr	A mm/hr	DF ^{a)} mm	ASM ^{b)}		Overland flow	Channel flow
Allerton 1-B	6/21/74	1.3	64	380	.76	0.5	.05	.07
	5/6/77	1.3	125	250	.79	0.5	.06	.07
	7/16/77	1.3	75	400	.43	1.4	.06	.07
	8/5/77	1.3	125	460	.82	1.4	.09	.11
	9/30/77	1.3	75	380	.87	1.4	.08	.10
	10/7/77	1.3	64	150	.92	0.2	.04	.04
	Mean	1.3	88	340	.76	0.9	.06	.08

ISU Site 1	4/19/77	1.0	125	230	.81	1.5	.08	.06
	8/15/77	1.0	125	230	.81	0.5	.10	.08
	8/28/77	1.0	90	270	.94	0.5	.06	.06
	4/17/78	1.0	90	230	.74	1.5	.08	.06
	4/18/78	1.0	90	330	.85	0.2	.06	.06
	5/27/78	1.0	125	300	.44	0.2	.12	.10
	5/31/78	1.0	125	300	.80	0.2	.10	.08
	Mean	1.0	110	270	.77	0.8	.09	.07
ISU Site 2	8/15/77	1.0	125	300	.60	0.2	.10	.07
	4/17/78	1.0	125	220	.73	2.5	.07	.06
	4/18/78	1.0	125	220	.83	0.2	.07	.06
	5/27/78	1.0	125	200	.79	0.2	.09	.10
	Mean	1.0	125	230	.74	0.8	.08	.07

^{a)} infiltration control depth ^{b)} antecedent moisture

여준다. 여기서, 媒介變數나 初期條件은 Table-2의 結果를 利用하고, ISU流域의 初期條件은 WABAM 模型의 利用을 위한 資料不足으로 最適化法의 하나인 等方向法(uni-directional method)를 적용하여 使用하였다.

Fig. 6은 模型의 應用에 使用된 3個의 試驗流域의 實測流量과 模擬發生한 流量圖를 對比한 結果이다. Fig. 6에서와 같이 模型의 結果는 以上の 流域의 降雨-流出關係를 잘 再現하고 있음을 알 수 있었다. 따라서, 본 模型의 應用性은 대체적으로 良好한 便으로 判斷되었다. 이러한 結果는 Beasley等¹⁾에 依한 模擬發生 結果와 一致하며, 最近에 美國伊利노이大學校의 獨立된 檢定結果나, 남아프리카共和國의 研究에서도 본 模型이 應用되고 있음을 볼 때, 그 適用 可能性은 매우 큰 것으로 期待되고 있다.

마. 模型의 應用

본 PARK 10模型은 앞서 前提한 바와 같이 流域

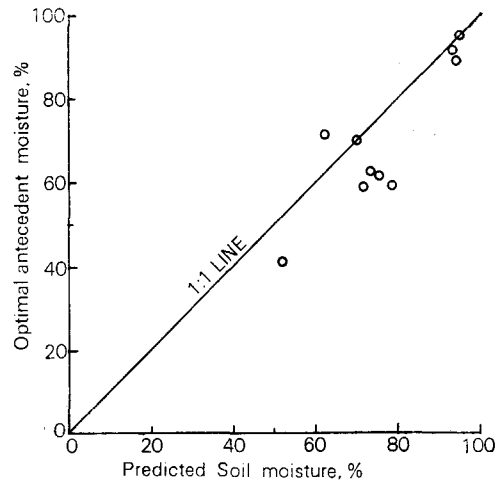


Fig. 5. Relation between optimal antecedent moisture contents for ANSWERS model by Dickey(1978)^{b)} and predicted ones from WABAM

Table-3. Summary of hydrologic simulation with Park 10 model

Watershed	Storm event	Total rainfall, mm	Total runoff mm		Peak discharge, mm/hour		Time of peak, minutes	
			Observed	Simulated	Observed	Simulated	Observed	Simulated
Allerton 1-B	6/21/74	51.8	12.25	12.33	13.30	12.13	360	362
	5/6/77	39.6	6.91	7.25	1.83	1.78	288	300
	7/16/77	41.4	0.66	1.29	1.10	1.10	130	133
	8/5/77	101.3	42.85	42.73	13.92	17.52	1853	1848
	9/30/77	45.2	13.06	13.41	3.10	5.71	227	209
	10/7/77	27.7	0.78	0.76	0.42	0.46	1315	1376
	Mean			12.75	12.85	5.64	6.45	—

ISU Site 1	4/19/77	20.1	4.62	4.59	35.18	16.18	1033	1035
	8/15/77	25.9	4.83	4.82	20.27	16.92	1348	1348
	8/28/77	7.6	0.16	0.15	0.41	0.22	48	57
	4/17/78	30.5	0.21	0.39	0.12	1.42	920	972
	4/18/78	22.1	0.91	0.89	0.62	0.76	1395	1388
	5/27/78	28.4	1.19	1.25	4.06	3.33	1010	1002
	5/31/78	14.7	0.22	0.22	1.14	0.38	1336	1348
	Mean		1.73	1.76	8.83	5.60	—	—
ISU Site 2	8/15/77	25.9	0.81	0.81	3.12	2.23	1346	1348
	4/17/78	30.5	0.66	0.68	0.38	1.33	945	1002
	4/18/78	22.1	1.31	1.36	3.33	1.48	1410	1505
	5/27/78	28.4	10.22	10.20	34.32	22.92	1006	1006
		Mean		3.25	3.26	10.29	7.03	—

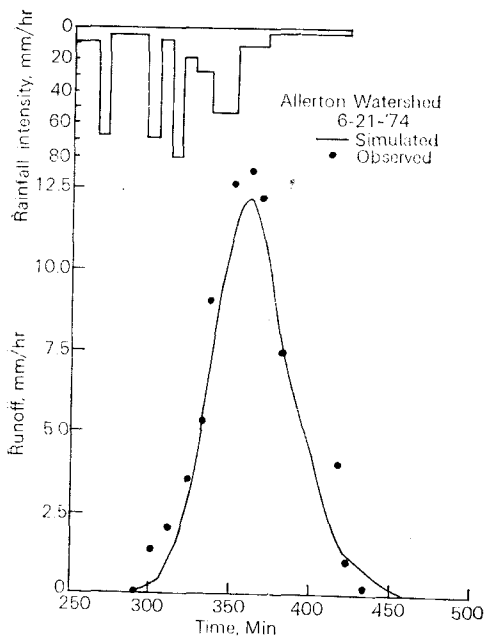


Fig. 6(a). June 21, 1974, rainfall hyetograph, and observed and simulated hydrographs with Park 10 model at Allerton 1-B watershed

要素의 水文特性을 이용하는 까닭에, 流域의 開發 또는 植生狀態의 變化에 따른 流域水文特性의 變化를 評價分析할 수 있다. 즉 流域內의 임의의 位置에 農地保全工法의 하나인 테라스를 設置하고자 할 경우, 본 模型은 해당 流域要素들의 地形特性과 植生 등의 媒介變數를 적절히 調整하고 模擬發生함으로써 豫想되는 降雨-流出關係를 計量化할 수 있는

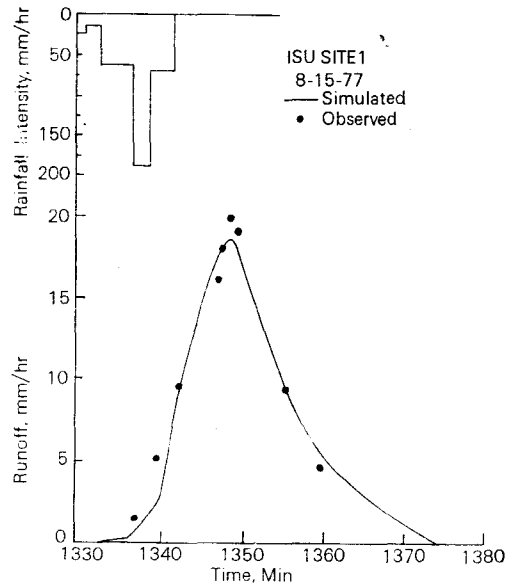


Fig. 6(b). August 15, 1977 rainfall hyetograph, and observed and simulated hydrographs with Park 10 model at ISU site 1 watershed

것이다. 실제로 美國에서 본 模型을 利用, 軍 camp의 건설에 따른 환경평가가 獨立的으로 進行되어 그 實用化가 推進되고 있으며, 大學의 民願봉사의 하나로서 地域環境管理의 檢討用 模型으로 使用되기도 한 것을 볼 때, 그와 類似한 目的의 利用이 可能하리라고 判斷된다.

바. 今後의 計劃

本 水文模型은 現在 錦江流域의 一部에 對하여 適

用 試驗증에 있다. 이를 위하여 對象流域의 豫備調查를 實施하여 土地利用 및 植生등을 分析하였고, 細部調查를 計劃하고 있다. 그 結果가 分析되는 대로 同流域의 水文分析을 實施하여 適用性 評價結果를 發表할 計劃이다. 그러나, 本 模型은 水文特性의 大部分을 使用한 까닭에 地形因子등의 差異로 因한 模型의 적용성의 制限은 없을 것으로 期待하고 있다

IV. 要約 및 結論

小流域의 降雨一流出關係 및 土壤侵蝕, 流砂移動과 堆積등 水文移動過程의 計量的 評價를 위하여 開發된 2次元 水文模型 PARK 10의 適用性은 評價하기 위하여 그 根幹이 되는 水文模型인 ANSWERS 模型의 檢定結果를 紹介하였다. 동 模型은 直交格子網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에 미치는 影響을 高찰하므로써 全流域의 水文特性의 解析을 伺하는 模型이다. 同 模型은 美國中西部의 3個 試驗流域에 成功的으로 適用되었으며, 그밖에도 獨立的으로 美國과 南아프리카 등지에서 適用되고 있어, 그의 應用성과 함께 國內의 實用化의 可能性이 높은 것으로 期待된다.

參 考 文 獻

1. Beasley, D.B., L.F. Huggins, and E.J. Monke. 1980. ANSWERS: A model for watershed planning. Trans. ASAE 23(4) : 938-944.
2. Chow, V.T. 1972. Hydrologic modeling. Proc. Boston Soc. Civ Eng. 60(5) : 1-27
3. Dickey, E.C. 1978. The application of hydrologic models to small watersheds having mild topography. Ph. D Thesis, Univ. of Illinois, Urbana, IL. 1939.
4. Huggins, L.F. and E.J. Monke. 1966. The mathematical solution of the hydrology of small watersheds. Wat. Res. Res. Center, Tech. Rep. No.1. Purdue Univ., W. Lafayette, Ind.
5. Knisel, W.C. 1980. CREAMS: A field-scale model for chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. USDA. Conservation Res. Rep. No. 26, 640p.
6. Park, S.W. 1981. Modeling soil erosion and sedimentation on small agricultural watersheds. Ph. D. Thesis. Univ. of Illinois, Urbana, IL., 258p.
7. Park, S.W., J.K. Mitchell and J.N. Scarborough. 1982. soil erosion simulation on small watersheds: A modified ANSWERS model. Trans. ASAE 25(6) : 1581-1588.
8. Park, S.W. and J.K. Mitchell. 1983. MOD-ANSW(A modified ANSWERS model): User's manual. Agr. Eng. Res. Rep. Univ. of Illinois, Urbana, IL 84p.
9. Ross, B.B., V.O. Shanholtz, and D.N. Contractor. 1980. A spatially responsive hydrologic model to predict erosion and sediment transport. Wat. Res. Bull. 16(3) : 538-545.