

장기 유출 모형의 매개변수 산정 및 적용

신 용 노*, 권 오 현**
Shin Yong Lo, Kwon Oh Hun

1. 緒 論

유출 모형의 基本 目的은 유출 현상을 모의 발생하거나 豫測하기 위한 것으로 치수목적으로는 시간 단위의 단일 홍수 사상 모형이, 利水 目的으로는 일 단위 이상의 장기 모형이 주로 사용되고 있다. 현재 치수 목적으로 4대강 流域의 流出 模型은 貯留函數法에 근간을 둔 洪水-流出 模型이 각 수계별로 구축되어 있으나 강우 발생 유무에 상관없이 連續적으로 流出을 模擬할 수 있는 체계가 갖추어져 있지 못하다. 우리 나라는 수자원 개발을 위한 하천 유입량 추정예 梶山의 월 수수량 공식이 널리 사용되고 있다. 이 공식에 많은 문제점이 지적되고 있는데도 불구하고 많이 사용되는 큰 이유는 공식 구조의 簡單性과 이를 대체할 수 있는 실용적인 모형이 제시되지 못하였기 때문이라 생각된다.

1980년대 후반 들어 梶山의 月 流出量 公式에서 탈피하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있으나 아직 다목적댐의 계획 및 운영에 활용되는 실용적인 모형은 없다. 따라서 본 연구에서는 토양층의 물 이동 경로가 비교적 실제 구조에 가깝도록 설계된 토양함수 모형(SAC-SMA)과 HEC-1의 Kinematic wave 하도추적 모형을 결합하여 만든 미 기상국의 NWS-PC 모형을 우리나라 初有의 다목적댐인 소양강 다목적댐에 적용하여 유역의 물리적 특성에 부합한 매개변수를 추정하고 일 단위 유출 모형으로 적용 가능성을 검토 하고자한다.

2. NWS-PC 降雨-流出 模型의 構成

NWS-PC 模型은 크게 토양함수(SAC-SMA) 模型과 흐름에 대한 追跡模型으로 구분된다. SAC-SMA의 模型 分類는 確定論的 集中 入力(lumped input), 集中 媒介變數(lumped parameter) 模型에 속하며, 이는 水文 循環過程의 土地部分(land phase)에서, 입력된 강우를 河道 흐름의 유입량으로 변환시킨다. 흐름에 대한 追跡模型의 기능은 河道 流入量을 流域 또는 小流域 出口의 流出로 追跡하며 運動波 追跡法이나 單位圖-Muskingum 방법의 조합을 사용한다.

2.1 SAC-SMA 模型

SAC-SMA 模型은 流域을 上層部(upper zone)와 下層部(lower zone)로 구분한다. 上層部는 上部 土壤層과 遮斷 貯留池를 나타내고, 下層部는 土壤 水分體나 地下水體를 표시한다. 상/하층의 수분은 자유로이 이동할 수 있는 自由水(free water)와 토양 입자에 부착된 附着水(tension water)로 이루어진다. 그리고 下層部の 지하수는 다시 두 가지로 나누어져서, 장기간의 基底流出을 模擬하는 基底 自由水(primary free water)와 상대적으로 최근에 발생한 강우에 의해 나타나는 補助(supplemental) 自由水로서 존재한다. 模型에서 고려하는 물 배분의 개념은 먼저 附着水 성분이 채워지고 나서 自由水 성분이 공급되는 것이다. 附着水는 증발산에 의해서만 脫水(depletion)되며 自由水는 浸透와 蒸發散에 의해 脫水된다. 上層部에서 下層部로 수분이 이동하는 浸漏 現狀

* 정희원, 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

** 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

은 上層部 可用水分과 下層部 水分 不足量의 函數이다.

NWS-PC에서 模擬되는 流出成分은 다음의 다섯 가지로 구분된다.

- 1) 영구적인 또는 일시적인 不透水 領域으로부터 流出되는 直接 流出(direct runoff)
- 2) 上層部の 自由水 貯留池가 포화되거나, 강우강도가 浸透 및 中間流出率을 초과할 때 발생하는 地表面 流出
- 3) 上層部の 自由水에서 배수되는 中間流出
- 4) 補助 地下水
- 5) 基底 地下水

처음 3개 성분으로 구성된 총 하도 유입량은 運動波 追跡法이나 單位圖-Muskingum 방법에 의해 河道追跡되며, 마지막 2개의 성분으로 구성되는 地下 流出(subsurface flow)은 線形, 減衰 加重 函數(linear, decay weighting function)로 계산한 후 流域 出口에서 합산된다.

2.2 運動波 追跡法

전술한 바와 같이 NWS-PC 模型의 追跡方法은, 運動波로서 流域의 斜面과 河道를 追跡할 수도 있고, 單位圖-Muskingum 방법을 조합하여 追跡할 수 있으나 본 연구에서는 運動波 追跡法을 사용하였으며, 본 논문에는 이 방법에 대해서만 기술하였다.

運動波 追跡法에서의 運動量方程式은 $g(S_o - S_f)$ 이외의 항을 무시하는 경우이므로,

$$S_o = S_f \quad (1)$$

로 표시된다. 여기서, S_o 는 河床 傾斜, S_f 는 에너지 경사이고 g 는 중력가속도이다. 식 (1)을 流量의 項으로 나타내기 위해 Manning 공식으로 표시하면 다음과 같다.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_f^{1/2} = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_o^{1/2} \quad (2)$$

여기서, Q 는 유량, n 은 Manning 粗度係數이고 R 은 動水半徑이다.

식 (2)는 河道의 形狀과 粗度係數에 따른 고유의 값 α , m 을 써서 다음과 같이 단순화된다.

$$Q = \alpha A^m \quad (3)$$

그리고 連續方程式은 통수단면적 A 와 유량 Q 를 써서 다음과 같이 나타내진다.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (4)$$

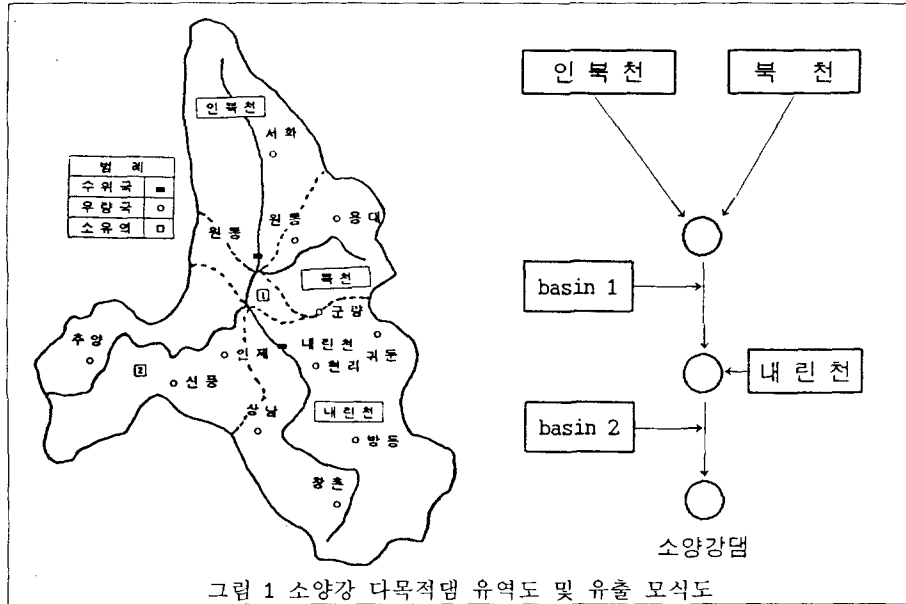
식 (3)과 (4)에서 Q 를 소거하면 다음 식이 된다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \alpha m A^{(m-1)} \frac{\partial A}{\partial x} = q \quad (5)$$

여기서, q 는 보통 超過 降雨量(excess rainfall)으로 일컬어지는 總 河道 流入量이거나 側方 流入量이다. 식 (3)과 (4) 또는 (5)는 地表面 흐름이나 河道追跡의 支配方程式이 된다. 이 식의 수치해는 有限差分 陽解法을 사용한다⁽¹¹⁾. 總 河道流入量 q 는 지표면 흐름 요소를 통하여 追跡되며, 이때의 흐름 요소는 넓은 사각형(wide rectangular) 하도로 취급되어 $\alpha = S^{1/2} \cdot N$, $m=5/3$ 이다. 그리고 지표면 흐름요소의 유출량은 集水河道가 있을 경우에 이 河道의 側方 流入量이 되어 河道追跡된다. 다시 集水河道의 流出量을 主河道의 流入量으로하여 河道追跡하면 최종적으로 流域出口의 지표 흐름 유출량이 된다.

3. 研究 對象 流域의 水文 分析

研究 對象 流域은 저수지 연계 운영 및 강우-유출 등의 많은 연구 성과로 기초 자료가 풍부한 한강 수계에 위치한 소양강 다목적댐으로 선정하였다. 일주일 이상 한달 등의 용수공급을 고려할 때 日 단위의 流出量 模擬가 적절하고 강우량, 수위, 潛在 蒸發散量 推定을 위한 기후자료 등은 日 단위로 관리되고 있으므로 자료 이용에서도 용이하여 시간 간격은 日 단위로 하였다. 또한 눈의 融解 流出은 별도의 附屬 模型과 많은 입력 자료를 요구하므로 일 유출 모형 대상 기간을 5월부터 10월로 결정하였으며, 소양강 다목적댐 유역도 및 유출 모식도는 그림 1과 같다.



3.1 유역 평균 강우량 산정

1995년 現在 소양강 다목적댐 流域에는 總 12個所의 自記 雨量 觀測所(T/M)를 韓國水資源公社에서 운영 중에 있다. 이는 單位面積 225km² 당 1개소의 分布로 세계기상기구(WMO)의 기준(산악지역 100~200km²)을 약간 상회하는 것으로 나타나 우량 관측소의 수는 증가되어야 할 것으로 판단된다. 소양강 다목적댐 流域內 주요 지점에 對한 面積雨量은 각 降雨 觀測所間 運續 記錄을 參考하여 '92년 7월 이전에 설치한 10개 우량관측소의 Thiessen 계수를 이용하여 산정하였다.

3.2 유출 분석

소양강 다목적댐에서 일 유출 모형 체계 구축을 위한 NWS-PC 모형 관련 매개변수 보정은 상류 수위관측소에서 수행하였다. 소양강 다목적댐 유역에는 한국수자원공사에서 관리하고 있는 원통 및 내린천 수위관측소가 있다. 먼저 모형 보정 및 검정을 위해 '90년 이후의 수위-유량 관측 자료⁽¹⁸⁾⁽²¹⁾를 이용하여 지수 함수식 rating Curve를 유도하여 유출 분석을 수행한 결과, 내린천 수위관측소의 유출율은 63 %로 소양강 다목적댐의 유출율(64 %)과 거의 비슷하나 인북천에 위치한 원통 수위관측소의 경우 67%로 약간 높은 편이다. 그러나 비유량을 보면 소양강 다목적댐은 0.04317 m³/s·km², 내린천 수위관측소는 0.04660 m³/s·km², 원통 수위관측소는 0.04014 m³/s·km²로 비슷하다. 따라서 본 일 유출 자료들을 이용해 강우-유출모형 매개변수를 보정 및 검증하였다.

3.3 잠재 蒸發散量 산정

잠재 증발산량을 계산하는 이론적인 방법은 1931년에 Thornthwaite가 기후 구분을 위해 기온

과 일조량을 가지고 증발산량을 추정해 내는 경험식을 유도 발표 하였다. 그후 Penman, McIlroy, Blaney and Criddle, Leichman 등 여러 학자들이 열수지, 공기 역학적, 경험적인 증발산 추정 식을 유도 발표한 바 있다. 본 연구에서는 증발산 산정식으로써 세계적으로 그 유용성이 확인되고 또 현재 우리 나라가 가지고 있는 기상 관측 자료로서 계산이 가능한 Penman식(이광호 1972)⁽³⁾을 이용하여 산정한 증발산 계수(한국수자원공사 1990)⁽⁴⁾를 활용하여 소양강 다목적댐 인근에 위치한 춘천 축후소 관측자료로 추정하였다.

4.0 지형인자 추출 및 토양함수 모형의 매개변수 보정

4.1 지형인자 추출

運動波 追跡法을 流域追跡에 사용하려면 지형학적 자료들이 필요하다. 즉 流域 斜面的 傾斜와 集水河道 또는 主河道의 傾斜, 河道의 形狀, 流域 斜面的 幅 및 길이가 필요하다. 먼저 流域 斜面的 傾斜는 두 가지 방법으로 추출될 수 있다. 하나는 지형도에서 추출하는 것이고 또 하나는 지형 정보 체계(Geographic Information System; GIS)로부터 얻는 것이다.

본 연구에서는 3" 간격의 수치 고도 자료를 이용하여 GIS 소프트웨어로 소양강 다목적댐의 소유역별 사면경사를 산정한 값(한국수자원공사 1993)⁽⁶⁾을 이용하였다. 하도경사는 유역의 응답시간(response time)고려한 등가 경사(equivalent slope, S_3)를 활용하였다. 昭陽江 多目的댐 유역은 일부 구간만 하천 종횡단 측량 성과를 이용할 수 있다. 그래서 1:50,000 지형도상의 하천 교차 등고선 자료와 하천정비 기본계획⁽¹⁾⁽²⁾에 수록된 측량 성과를 이용하여 구한 河道 길이 L_i 와 표고차로 부터 다음 공식으로 하도 경사 S 를 추정하였다(Ponce 1989)⁽⁹⁾

$$S = [\sum L_i / \sum (L_i / S_i^{1/2})]^2 \quad (6)$$

소유역별로 그 소유역을 대표하는 하나의 하도폭은 '93년에 소양강댐 상류의 인북천, 내린천, 그 외의 여러 小支流 등 16 개 지점의 단면 측량한 자료로 작성한 아래식⁽⁶⁾을 이용하였다.

$$BW = 1.033 \times CL + 13.864 \quad (7)$$

여기서, BW(m)는 바닥폭이며 CL(km)는 발원지로부터의 거리이다. 이상에서 유역 사면과 하도에서 운동과 추적을 위하여 산정된 소유역별 지형인자를 요약하면 다음의 표 1과 같다. 이중 2번 잔류 유역의 하도 경사는 21년간('74 ~ '94년)의 소양강 다목적댐의 연평균 유량인 66.4 CMS 유입시 에너지 경사이다.

표 1 運動波 적용을 위한 소유역별 지형인자

소유역명	지표 흐름 평면				主河道			
	길이 (m)	사면경사	조도 계수	총면적 (km ²)	길이(m)	하도경사	조도 계수	지배면적 (km ²)
원릉수위표	4,328	0.298	0.3	528.1	61,010	0.00683	0.04	528.1
내린천수위표	6,964	0.339	0.3	1,077.3	77,350	0.00422	0.04	1,077.3
북천역	4,910	0.376	0.3	304.5	31,010	0.010122	0.04	304.5
Subbasin (1)	7,648	0.319	0.3	128.5	8,400	0.00400	0.04	125.9
Subbasin (2)	5,603	0.330	0.3	686.2	61,230	0.00024	0.04	667.2

4.2 土壤 鹹水 모형의 媒介變數 補整

NWS-PC 모형을 이용하여 일 유출량을 모의하기 위해서는 다음의 표2에 수록된 22개 토양 함수 모형의 매개변수들을 결정하여야 한다.

표 2 NWS-PC 모형의 토양함수 모형 관련 매개 변수

변수명	설 명
LZTWM	하층부의 부착수의 최대 저류용량
ZPERC	포화상에서 건조상으로 변할 때 증가되는 침투량에 관련된 계수
REXP	하층부 수분 부족량 변화에 따른 침투 곡선의 곡률을 나타내는 지수
LZSK	하층부 보조 지하수 탈수 계수
LZPK	하층부 기저 지하수 탈수 계수
UZTWM	상층부 부착수의 최대 저류용량
LZFPM	하층부 자유수대 기저 지하수의 최대 저류용량
LZFSM	하층부 자유수대 보조 지하수의 최대 저류용량
ADIMP	부착수가 포화될 때 불투수층이 되는 면적비
UZFWM	상층부의 자유수의 최대 저류용량
RIVA	하천, 호수, 늪지나 하천 식물군으로 덮인 면적비
PCTIM	영구 불투수 구역의 면적비
PFREE	침투수가 하층부 자유수대로 유입되는 비율
UZK	상층부 자유수 탈수 계수
RSERV	하층부 자유수중 증발산에 의해 소모되지 않는 비
SIDE	타유역으로 배수되는 기저 지하수 비
UZTWC	상층부 부착수의 현재 저류량
UZFWC	상층부 자유수의 현재 저류량
LZTWC	하층부 부착수의 현재 저류량
LZFSC	하층부 자유수대의 보조 지하수 현재 저류량
LZFPK	하층부 자유수대 기저 지하수 현재 저류량
ADIMC	임시 불투수 지역의 현재 저류량

토양함수 모형의 매개변수 보정은 수동 보정과 자동 보정을 선택적으로 사용할 수 있고, 이 중에서 수동 보정은 유량 수문곡선을 주로 이용하며, 자동 보정은 제약 Rosenbrock 알고리즘⁽¹⁰⁾을 사용한다. '94년에 NWS-PC 모형의 일부 매개변수를 수문곡선으로 부터 보정하였으나 자동 보정한 값과 많은 차이를 보이고⁽⁷⁾, 내린천 수위관측소의 '91, '92, '93, '94년의 低水位 관측 기록이 많은 기간 동안 일정해 매개변수 수동보정은 불가능하였다. 따라서 소양강 다목적댐 상류에 위치한 2개 수위관측소의 매개변수는 자동보정기법을 사용하였다. 본 모형에서 선택할 수 있는 목적함수는 5개가 있는데, 이중 관측 유량과 계산유량의 오차가 큰 부분에 중점을 두는 아래 식을 이용하였다.

$$O.F. = \text{Min} \sum_{i=1}^n (Q_{OBS} - Q_{COM})^2 / n \quad (8)$$

여기서, Q_{OBS} 는 관측 유량이고 Q_{COM} 는 계산 유량이다.

토양함수 모형의 매개변수는 상류 수위관측소의 '90, '92 와 '93년의 5월에서 10월까지의 수문자료를 이용하여 보정하였다. 토양함수 모형의 초기 수분조건은 관측 초기 유량과 비슷해 질 때까지 시산으로 조정하면서 계산을 수행하였으며, SIDE는 0으로 하여 한 유역에서 지하수 유출 성분은 모두 그 유역 출구로 유출된다고 가정하였다. 각 매개변수들은 계산 및 관측 유량의 평균 제곱 오차, 목적함수와 민감도 분석 결과⁽¹⁰⁾를 참조하여 수차에 걸친 시산으로 영향이 적은 매개

변수부터 차례로 결정한 결과는 다음의 표 3과 같다.

표 3 NWS-PC 모형의 토양함수 관련 매개변수 보정 결과

변수명	원 통 수위관측소	내 린 천 수위관측소	평 균
UZTWM	7.521	27.444	17.483
UZFWM	38.847	13.154	26.000
UZK	0.396	0.391	0.394
PCTIM	0.089	0.093	0.091
ADIMP	0.094	0.096	0.095
RIVA	0.035	0.049	0.042
ZPERC	19.916	19.588	19.752
REXP	0.40	0.743	0.572
LZTWM	50.010	65.454	57.732
LZFSM	102.098	77.401	89.750
LZFPM	376.4	385.0	380.7
LZSK	0.034	0.030	0.032
LZPK	0.013	0.006	0.010
PFREE	0.354	0.380	0.367
RSERV	0.334	0.355	0.345
SIDE	0.0	0.0	0.0

5.0 모형 검증 및 홍수 유출 검토

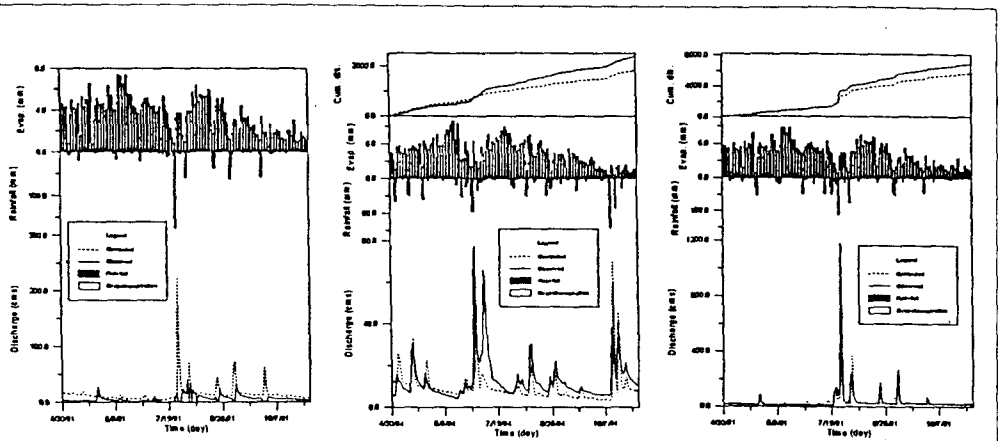
5.1 모형 검증

모형 검증은 상류 수위관측소의 '91 과 '94년 수문자료와 소양강 다목적댐의 5 년간('91-'94년) 유입량 자료⁽⁶⁾를 이용하였다. 모형 검증시 초기 토양 함수 조건은 관측 유량과 초기 토양함수 조건에 따른 민감도 분석 결과를 참조하여 수행한 결과는 다음의 표 4와 같다.

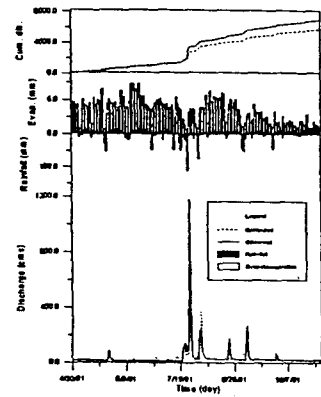
표 4 모형 검증시 상류 수위표와 소양강 다목적댐의 모의 결과 비교

구 분	년 도	관측유량평균 (CMS)	계산유량평균 (CMS)	상대 오차 (%)	평균제곱오차 (CMS ²)	목적함수 (CMS ²)
원통수위관측소	'94	12.8	9.8	23.4	9.0	92.0
	'91	37.9	31.2	17.7	44.9	2018.0
내린천 수위 관측소	'94	27.2	25.6	5.9	2.5	418.8
	'90	232.2	213.0	8.3	367.1	343767.8
소양강 다목적댐	'91	93.6	91.3	2.5	5.6	35277.9
	'92	88.9	82.1	7.6	45.1	10841.1
	'93	111.7	91.0	18.5	427.3	21218.7
	'94	55.6	59.7	7.4	16.6	4600.2

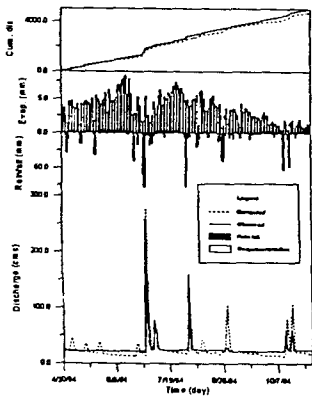
표 4의 관측 및 계산 평균 유량의 상대오차를 보면 원통 수위관측소의 '94년, 내린천 수위관측소의 '91년, 소양강 다목적댐의 '93년의 경우 10%로 이상인데, 이는 주로 강우 발생시 홍수 유출량 차이가 큰 영향을 주었다. 따라서 토양 상층부의 홍수유출 관련 매개변수를 시자료로 포함한 더 많은 수문자료로 분석할 필요가 있다. 그러나 위에서 언급된 년도를 제외하면 상대오차가 10% 미만이고, 소양강 다목적댐에서는 평균 8.9%의 오차를 보인다. 또한 상류 수위표와 댐 지점에서 계산 수문곡선과 관측 수문곡선을 도시한 그림 2를 보면 전반적으로 강우 입력과 유출 응답이 일관성을 보이므로 매개변수의 값이 상식적인 물리적 값의 범위에 있음을 알 수 있었다.



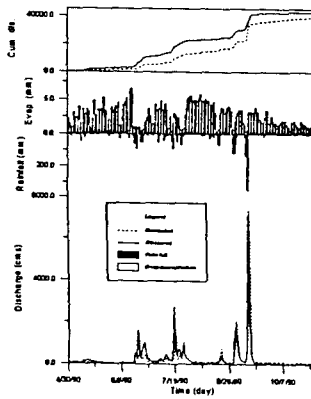
원통 수위표



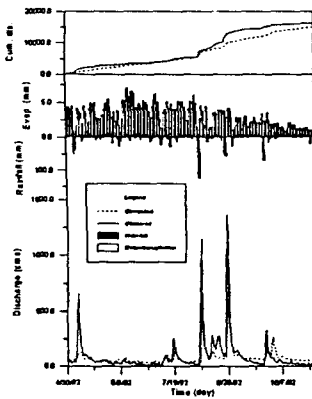
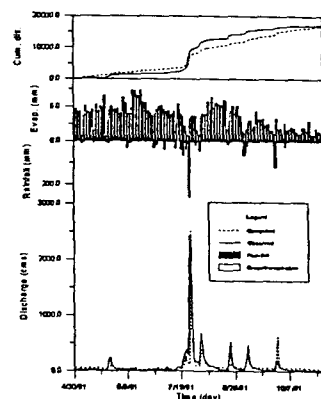
내린천 수위표



내린천 수위표



소양강 다목적댐



소양강 다목적댐

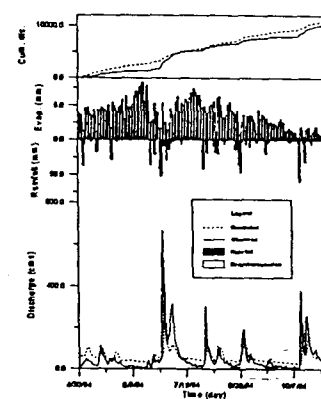
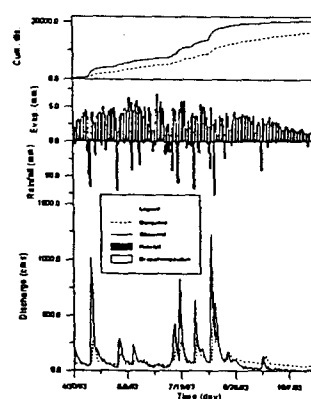


그림 2 모형 검증시 수문곡선 및 강우량, 증발산량 도

5.2 홍수 유출 검토

본 연구에서는 일 단위로 모의하였으나 NWS-PC 모형은 입력 자료만 세분하여 준비한다면 시간 단위로 곧바로 확장될 수 있는 장점이 있다. 또한 일 단위의 장기 유출 모형에서는 토양함수 상태를 고려하기 때문에 유역의 물리적 특성에 부합되는 매개변수만 확보된다면 유효우량을 계산하는데 있어서는 단기 유출모형을 이용하는 것보다는 유리할 것이다. 따라서 본 장에서는 장기 유출 모형에서 계산이 가능한 토양함수를 이용하여 홍수유출을 시험 모의하여 보았다.

적용 대상 홍수는 소양강 다목적댐 유역에서 큰 홍수를 야기한 '90년 7월('90년 7월 17일 - 7월 21일) 및 9월 홍수('90년 9월 9일 - 9월 20일)를 선정하였으며, 시간 단위는 1시간으로 하였다. 홍수 도래시 초기 토양 함수 조건은 7월 17일 및 9월 9일의 토양함수 조건을 이용하여 계산한 결과 '90년 9월 홍수의 경우 계산 최대 홍수량이 11,197 CMS로 관측 최대 홍수량 10,653 CMS 보다 약간 크며, 홍수 도달 시간은 3시간 지체된다. 또한 7월 홍수의 경우 최대홍수량은 지체되고 총 유출량은 적다. 그러나 일 단위 장기 유출 모형에서 추정된 매개변수를 전혀 수정하지 않은 것임을 감안할 때는 상당히 양호한 것으로 판단된다. '90년의 2개 홍수 사상으로 모의된 결과라 속단 할 수는 없으나, 향후 신뢰성 있는 수문자료를 바탕으로 일 단위 장기 유출과 시간 단위의 홍수 유출을 동시에 적용하여 매개변수를 보정 및 검증, 하도추적 방법을 單位圖-Muskingum 조합 방법으로서의 대안 검토를 통해 이.치수 목적 유역 유출 모형으로 검토 해 볼 필요가 있다.

6. 結論 및 向後 課題

본 연구에서는 미 기상국의 NWS-PC 모형을 우리나라 初有의 다목적댐인 소양강 다목적댐에 적용하여 모형의 적용 가능성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 모형 보정을위한 수문자료는 소양강 다목적댐 상류의 원통 및 내린천 수위관측소의 '90, '92, '93년 수문자료를 이용하였다. 또한 모형 검증은 상류 수위관측소의 '91년, '94년 수문자료와 소양강 다목적댐의 5년간('90-'94년)의 자료를 이용하여 검정한 결과, 소양강 다목적댐에서 평균 8.9 %의 오차를 보이는 것으로 나타났다. 또한 함께 비교 도시한 계산 및 관측 유량 수문곡선을 볼때 강우 입력에 따른 유출 응답이 일관성을 보여 매개변수의 값이 상식적인 물리적 범위에 있음을 알수 있었다.
- 나. 상층부 자유수의 저류량은 무시하고 초기 토양함수 조건에 따른 민감도 분석을 수행한 결과, 초기 함수 조건이 계산 결과에 많은 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 NWS-PC 모형을 댐 운영에 활용하기 위해서는 향후 선행 강우 지수에 따른 토양함수 조건의 변화를 지속적으로 조사 분석할 필요가 있다.
- 다. 전반적으로 계산 유출량이 관측 유출량보다 작다. 지금으로서는 Rating curve에 의한 유출량의 오차가 지배적인지 아니면 잠재증발산량 추정의 오차인지는 명확하지 않으므로 추후 신뢰성 있는 관측 수문자료를 이용하여 지속적으로 모형을 검증 보완할 필요가 있다.
- 라. 일 단위 유출 모형에서 고려하는 토양수분 조건을 고려하여 홍수유출 모의 가능성을 검토하기 위하여 소양강 다목적댐에서 큰홍수를 일으킨 '90년 7월과 9월 홍수에 적용하여 본 결과, 본 NWS-PC 모형은 입력자료만 세밀히 준비한다면 충분한 이용 가능성이 있음을 알수 있었다. 따라서 향후 신뢰성 있는 수문자료를 바탕으로 일단위 장기 유출과 시간 단위의 홍수 유출을 동시에 적용하여 매개변수를 지속적으로 보정 및 검증, 하도추적 방법을 單位圖-Muskingum 조합 방법으로서의 대안 검토를 통해 이.치수 목적 유역 유출 모형으로 검토 해 볼 필요가 있다.

參 考 文 獻

1. 강원도, 소양강 하천정비 기본계획, 1991.
2. 강원도, 인북천 하천정비 기본계획, 1991.
3. 이광호, Penman 식과 기상요소를 이용한 증발산 모델에 관하여, 한국수문학회지 6(2), 1972.
4. 한국수자원공사, 한강 유역조사 보고서, pp383, 1990.
5. 한국수자원공사, 소양강댐 상류 유량 측정 및 하천 횡단 측량 보고서, 1993.
6. 한국수자원공사, GIS(지리정보 시스템)를 이용한 수자원 관리 및 계획에 관한 연구, 1993.
7. 한국수자원공사, 한강수계 다목적댐 하류 연속유출 모형과 동역학적 하도추적 모형 연구(1차년도 : 강우-유출 연속모의 모형), 1994.
8. 한국수자원공사, 소양강 다목적댐 관리년보, 1990-1994.
9. Ponce, V.M., Engineer Hydrology Principles and Practices, Prentice-Hall, New Jersey 59, 1989.
10. Tabios III, G., Obeysekera, J.T., and Salas, J.D., Hydrology and Water Resource Program, Colorado State Univ., Ft. Collins, Colorado, 1986.
11. U.S. Army Corps of Engineers, HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual(Revised Edition), The Hydrologic Engineering Center, Davis, CA., 1985.