

유역수분저류 특성을 고려한 강우-유출 모형의 개발

김현준¹

1. 서론

대부분의 강우-유출 모형들은 장기 또는 홍수 유출 해석 단일 목적의 모델로서 계산시간이 월, 일 또는 시간 중에서 하나를 적용하게 되어 있으며 많은 매개변수를 포함하고 있다. 그러나 하천예보를 위해서는 적용이 쉬우면서 일유출 및 월유출을 동시에 처리할 수 있는 방법이 필요하다. 효율적 수자원관리를 위해서는, 유역의 현재 수분상태를 일별로 모의하면서 장기(월) 기상예보를 이용하여 유출을 예보하는 방법이 필요하다.

본 연구에서는 유역수분저류량을 이용하여 일유출 및 월유출 추정할 수 있는 개념형 강우-유출모형을 개발하였다. 유역수분저류량과 유출의 비선형 관계를 고려하였으며, 유역증발산 매개변수와 유출매개변수 등 3개의 매개변수를 이용하여 일유출 및 월유출을 모의할 수 있도록 하였다.

2. 모형의 개발

Xiong과 Guo(1999)는 월유출량을 산정하기 위하여 2변수 물수지 모델을 제시하고, 중국 남부지방의 70개 유역에 적용하였다. 기본 개념은 유역의 수분저류량에 의하여 유출량이 결정되고, 계기증발량(EP)과 강우량(P)에 의하여 증발산량(E)이 산정되는데 이들 관계는 Tanh 함수를 이용하여 비선형적으로 해석된다. 그러나 식(1)에서 보듯이 이들이 제시한 증발산량의 산정식은 월별 강우가 전혀 없을 때 증발산도 없는 것으로 계산되는 불합리한 점이 있으며, 유역의 수분저류량과 유출량(Q)의 관계가 유역의 포장용수량(Field capacity)으로 표현되는 특정값에만 관계가 있다는 한계를 보이고 있다. 국내에서도 Lim 등(2000)은 이들이 제시한 방법을 이용하여 한강유역의 월유출량을 산정하였는데, 포장용수량(SC)를 SCS의 CN 값으로부터 구하여 적용한 바 있다.

한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원
411-712 경기도 고양시 일산구 대화동 2311
Tel : 031-910-0266, Fax : 031-910-0251
E-mail : hjkim@kict.re.kr

$$E = C \times EP(t) \times \text{Tanh}(P(t)/EP(t)) \quad \text{식 (1)}$$

$$Q = S(t) \times \text{Tanh}(S(t)/SC) \quad \text{식 (2)}$$

본 연구에서는 이러한 한계점을 해결하기 위하여 무강우시에도 유역수분저류량의 함수로서 증발산량을 산정하고(토양수분으로부터 증발이 이루어지고, 식물의 뿌리를 통한 증산작용을 고려하기 위하여), 유출량의 산정에서도 유역최대수분저류량과 비선형 관계의 형상인자를 도입하여 다음과 같이 제시하고자 한다.

$$E = C \times EP(t) \times \text{Tanh}(S(t)/S_{max}) \quad \text{식 (3)}$$

$$Q = S(t) \times \{ \text{Tanh}(S(t)/S_{max}) \}^\alpha \quad \text{식 (4)}$$

강우-유출의 관계를 비선형적으로 해석하는 방법은 Amorocho(1973)에 의해서도 제기되었고, 최근에는 Basha(2000)에 의해서 지수함수 형태의 해석이 시도되었다.

유역수분저류량과 유출량의 비선형관계를 해석하기 위하여 다항식, 지수식, Tanh를 비교하여 보았다(그림 1). 다항식과 지수식보다 Tanh 함수를 사용하는 것이 전체적으로 유출모의에 유리함을 알 수 있다.

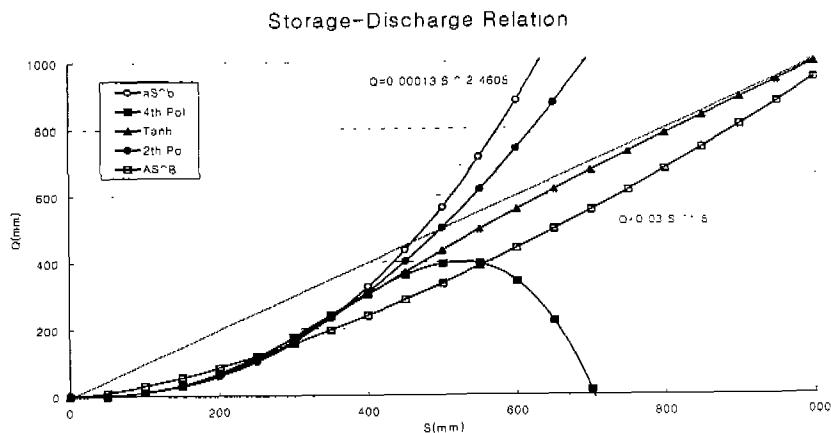


그림 1. 유역수분저류량과 유출량의 비선형 관계

3. 모형의 적용

모형의 적용성을 살펴보기 위하여 국내 및 국외의 유역에 적용하였다. 중대규모 유역으로는 국내의 소양강댐을 비롯한 10개 유역과, 건교부의 수위관측소 4개 유역을 대상으로 하였다. 소유역으로는 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 설마천유역과 서울대학교 농과대학 농공학과에서 운영하고 있는 4개 시험유역을 포함하여 5개 유역에 적용하였다. 국외의 자료도 적용을 하였는데, 미국 아리조나 주의 Leaf River 유역('48-'88)과 인디아나 주의 Little Eagle Creek 유역('72-'92) 및 영국의 요오크셔 지방의 3개 유역('70-'95)에 적용하였다.

모형의 매개변수는 유역최대수분저류량(S_{max}), 증발산계수(E_c) 및 비선형 형상계수 α 등 3개이다. 매개변수 보정을 위한 최적화기법은 SCE-UA(Shuffled Complex Evolution-University of Arizona)법을 사용하였다(Duan 등, 1994; 강민구, 1998; 임상준, 2000). SCE-UA법은 Duan 등(1992)에 의해 제안되었으며, simplex법, controlled random search법, 경쟁적 진화(competitive evolution) 등 기존의 탐색기법과 집합체의 혼합(complex shuffling)이라는 새로운 개념을 적용한 전채탐색법(global search method)이다(강민구, 1998).

경기도 광주군 도척면에 소재한 도척시험유역에 대한 일유출 모의결과 및 소양강댐 유역에 대한 월유출 모의결과는 그림 2 및 표 1과 같다.

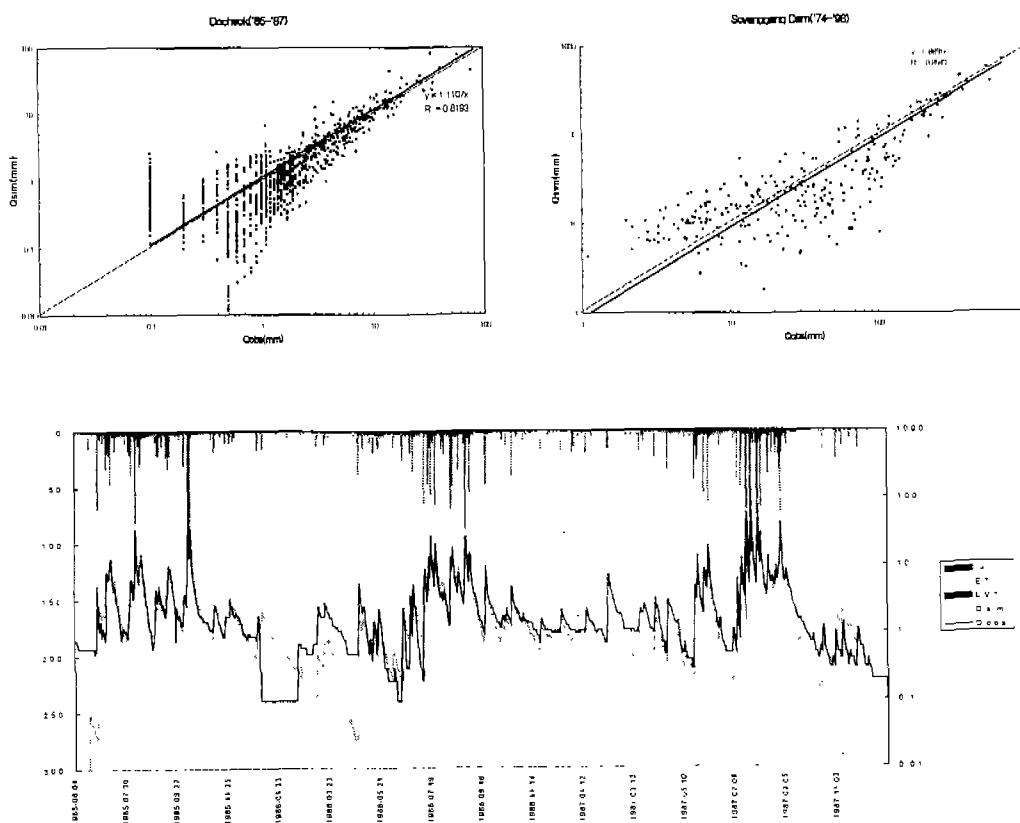


그림 2. 일유출(도척) 및 월유출(소양강댐) 모의 결과

표 1. 유출량 모의결과

유역	기간	강우량(mm)	계기증발량(mm)	증발산량(mm)	실측유량(mm)	모의유량(mm)
도척	'85-'87	4,079.5	2,049.8	1,313.4	2,804.9(68.7%)	2,733.9(67.0%)
소양강댐	'74-'96	26,323.9	21,175.8	8,174.1	18,011.8(68.4%)	18,121.7(68.8%)

5. 결론

본 연구는 유역의 강우-유출 관계를 해석하기 위하여 최소한의 매개변수를 적용하는 방안을 제시하고자 하였다.

이를 위하여 Xiong과 Guo(1999)가 제시한 유역수분저류량과 유출량의 비선형 관계의 제한점을 보완하여 일반화된식을 제시하였다.

모형의 매개변수 보정을 위하여 Duan 등(1992)이 제시한 전체탐색법(global search method)을 이용하여 최적화된 매개변수를 얻도록 하였다.

모형의 적용성을 입증하기 위하여 국내의 중대규모 14개 유역과 5개의 시험유역에 적용하였으며, 미국과 영국의 5개 유역에도 적용하여 양호한 결과를 얻었다.

참고문헌

- 1) 강민구, 1998. SSARR모형을 이용한 관개용 저수지 시스템의 거동분석, 서울대학교 석사학위논문.
- 2) 임상준, 2000. 농업유역의 논 관개회구수량 추정 모형의 개발, 서울대학교 박사학위논문.
- 3) Amoroch, J., 1973, Nonlinear hydrologic analysis, Advances in Hydroscience, Vol 9, ed. Chow, V.T., Academic Press, pp. 203-251.
- 4) Basha, H.A., 2000, Simple nonlinear rainfall-runoff model, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 25-32.
- 5) Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta V.K., 1992. Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models, Water Resources Research, Vol. 28, No. 4, pp. 1015-1031.
- 6) Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta, V.K., 1994, Optimal use of the SCE-UA global optimization method for calibrating watershed models, Journal of Hydrology, 158, pp. 265-284.
- 7) Lim, D.S., Kim, H.S. and Seoh, B.H, 2000, A comparative study on Kajiyama equation and two-parameter water balance model for monthly runoff simulation, Proceedings of 4th International Conference on Hydro-Science and -Engineering, Sep. 26-29, Seoul, Republic of Korea.
- 8) Xiong, L. and Guo, S., 1999, A two-parameter monthly water balance model and its application, Journal of Hydrology, 216, pp. 111-123.