

사천만 방수로가 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향 평가를 위한 분포형 모형의 적용

최 천 규* / 최 윤 석** / 김 경 탁***

Application of a Distributed Model for Evaluating the Effect of Sacheonman Spillway on the Flood Reduction in the Downstream of Namgang Dam

Cheon Kyu Choi* / Yun Seok Choi** / Kyung Tak Kim***

요약 : 남강댐은 남강 상류에 위치하고 있으며 남강댐의 일류문과 사천만 방수로를 통하여 남강댐 하류의 홍수조절을 하고 있다. 홍수유출 발생시 남강댐은 하류에 대한 홍수조절을 댐의 계획방류량에 의해 수행하고 있으나 사천만 방수로의 방류량에 의한 남강댐 하류의 홍수량 저감효과에 대한 적절한 평가는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 홍수유출 발생시 남강댐 하류 유역에 대하여 남강댐과 사천만 방수로의 방류량을 고려한 유출해석을 수행하고, 이를 통하여 사천만 방수로가 남강댐 하류에 미치는 홍수량 저감효과를 평가하고자 하였다. 유출해석에는 분포형 강우-유출 모형인 GRM(Grid based Rainfall-runoff Model)을 이용하였다. 연구 결과, 사천만 방수로는 남강댐 방류량에 비해 많은 홍수량을 방류하고 있으며, 남강댐 하류유역의 홍수량 저감에 큰 영향을 미치는 것으로 모의되었다.

핵심용어 : 사천만 방수로, 남강댐, 분포형 모형, 홍수량 저감효과, GRM

Abstract : Namgang Dam is located in the upstream of Nam river. Namgang Dam controls flood for the downstream of Namgang Dam using the Namgang spillway and the Sacheonman spillway with planned discharge. However, it had not been evaluated adequately that the effect of the discharge through Sacheonman spillway on the flood reduction of the downstream of Namgang Dam. This study performs runoff simulation considering the discharge from Namgang Dam and Sacheonman spillway. And modeling results are evaluated for the flood reduction effect of Sacheonman spillway on the downstream of Namgang Dam. This study uses a distributed model, GRM(Grid based Rainfall-runoff Model) for runoff analysis. As a result, Sacheonman spillway is assigned more discharge than Namgang Dam, and Sacheonman spillway greatly affects flood reduction in the downstream of Namgang Dam.

keywords : Sacheonman spillway, Namgang Dam, distributed model, flood reduction effect, GRM

1. 서 론

우리나라는 1년 중 여름에 연 강수량이 집중되는 기후적 특성 때문에 하천에는 이수와 치수를 위하여 댐과 저수지가 다수 존재한다. 또한, 우리

나라의 댐과 저수지는 하천의 상류에 주로 위치하고 있기 때문에 댐의 방류량은 댐 하류 지역에 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 댐의 하류유역에서는 방류량을 고려한 유출해석이 필요하다(한건연 등 2005, 최윤석 등 2009). 댐 하류에 대한

+ Corresponding author : Choi, Yun Seok, yschoi51@kict.re.kr, +82-31-910-0590

* 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 · E-mail : ckchoi@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 수자원연구실 수석연구원 · E-mail : yschoi51@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구위원 · E-mail : ktkim1@kict.re.kr

유출해석은 대부분 수리학적 홍수추적 모형을 이용하였으나 수리학적 모델링을 위한 자료 구축 및 적용에는 많은 노력이 요구된다(이을래 등 2006, 이을래 등 2008, 지병걸 등 2005, 최윤석 등 2009).

최근 GIS 및 위성영상의 활용이 높아지고 컴퓨터의 성능이 개선되면서 분포형 모형의 적용을 위한 공간자료를 효과적으로 구축할 수 있게 되었으며 유출해석에 소요되는 시간 또한 단축됨으로써 분포형 모형의 사용이 늘어가고 있는 추세이다(김성준 2002, 박인혁 등 2011). 분포형 모형을 이용한 댐 방류량이 댐 하류에 미치는 영향을 평가한 연구를 살펴보면, 최윤석 등(2009)은 GRM모형을 이용하여 한강 수계의 여주 수위관측소 유역에 대하여 충주 조정지댐과 황성댐의 방류량을 고려한 유출해석을 수행하여 댐 하류 유역에 대한 분포형 모형의 적용성을 평가한 바 있다. 또한, Takahiro et al.(2005)는 분포형 유출예측시스템을 이용하여 댐 운영에 따른 방류가 일본의 요도천에 미치는 영향을 평가한 바 있으며, Nicola Montaldo et al.(2004)는 분포형 모형을 이용하여 Toce강 유역의 14개 댐의 초기 유량을 변화시켜 댐 하류에 대한 영향을 평가한 바 있다. 댐의 방류량을 고려하여 댐 하류에 미치는 영향을 평가한 과거의 연구는 유출해석 결과를 통하여 댐 하류 지점의 홍수량을 예측하기 위한 연구라고 할 수 있다.

한편, 우리나라 경상남도 남서내륙에 위치한 남강댐 유역은 집중호우나 태풍을 동반하는 다우지역이며, 우리나라의 상습 침수지역 중 한 곳이다(<http://www.kma.go.kr>). 낙동강 지류인 남강의 상류에는 남강댐이 존재하며, 두 개의 방수로로 이용하여 홍수조절을 하고 있다. 남강댐의 여수로 는 남강으로 방류할 수 있는 남강댐의 일류문과 가화천으로 방류하여 사천만으로 유입되는 사천만 방수로(계수문)가 있다. 이러한 남강댐 유역에 대한 연구를 살펴보면, 이을래 등(2006)은 강우에 의한 유출 발생시 남강으로 연결된 남강댐의 방류량과 평상시 발전방류에 대하여 수리학적 모형을

이용하여 댐 하류에 대한 홍수저감효과를 비교분석을 한 바 있으며, 박진혁 등(2007)은 레이더와 지점 강우관측소를 보정한 강우자료를 바탕으로 분포형 모형인 Vflo™모형을 이용하여 남강댐의 유입량을 예측한 바 있다. 또한 배민식 등(2007)은 남강댐 유역의 지점 강우자료를 Krigging기법을 이용하여 결측 지점의 강우자료를 생성하고 HEC-GeoHMS의 유출해석을 통하여 강우의 신뢰성을 평가한 바 있다. 한편, 김차겸(2010)은 사천만 방수로로 통한 남강댐의 담수가 사천만으로 유입됨에 따라 사천만에 미치는 영향과 남강댐으로부터 유입된 방류수의 확산패턴을 해석한 바 있다. 이상과 같은 기존의 남강댐에 대한 연구는 남강댐의 유입량과 유출량에 대한 평가를 위주로 수행되었으며, 사천만 방수로가 남강에 미치는 영향 평가는 적절하게 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 사천만 방수로의 방류량이 남강에 미치는 홍수저감효과를 평가하기 위하여, 남강댐과 사천만 방수로의 방류량이 남강 본류로 방류된다는 가정을 바탕으로 분포형 강우-유출 모형인 GRM을 이용한 유출해석을 수행하여 남강 댐 하류 유역의 홍수량 저감효과를 평가하였다.

2. GRM의 개요

본 연구에서 사용된 GRM(Grid based Rainfall-runoff Model)은 GIS기반의 물리적 분포형 강우-유출 모형으로서 호우사상에 대해 지표면 유출, 하도 유출, 침투, 지표하 유출, 기저유출 및 하천에서의 인위적인 유량 조절을 고려한 유출해석을 수행할 수 있다(한국건설기술연구원 2011). 그림 1은 GRM 모형의 수문성분의 유출과정을 모식화한 것이다.

GRM은 지표흐름에 대해서 지표면 흐름과 하도 흐름으로 나누며 흐름해석을 위하여 운동과 방정식을 이용한다. 지표면 흐름의 해석은 식(1)과 같은 연속방정식을 적용하며, 하도 흐름은 식(2)를 적용하고 운동량 방정식은 식(3)과 같다.

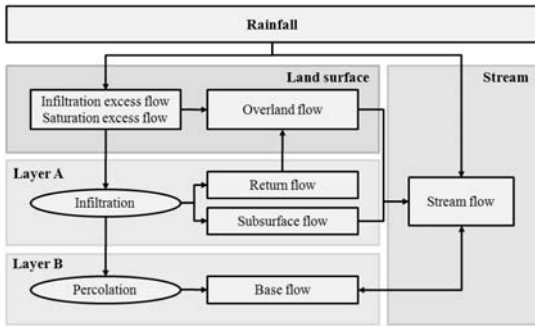


그림 1. 수문성분의 유출과정 (한국건설기술연구원 2011)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r - f + \frac{q_r}{\Delta y} \quad (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = r\Delta y + q_L + q_{ss} + q_b \quad (2)$$

$$S_0 = S_f \quad (3)$$

여기서 q : 단위 폭당 유량($q = uh$), u : x 방향 유속, r : 강우강도, f : 침투율, A : 하도단면적, q_r : 복귀류, A : x 방향에 직각인 단면적, Q : 유량, h : 수심, q_L : 지표면 흐름에 의한 측방유입, q_{ss} : 하도로 유입되는 지표하 유출, q_b : 기저유출, t : 시간

GRM에는 하천의 인공구조물이나 인위적인 유량 조건을 유출모의에 반영할 수 있는 Flow control module이 있으며, 모의할 수 있는 유량 조건으로는 "Reservoir outflow", "Inlet", "Reservoir operation", "Sink flow", "Source flow" 기능이 있다. 그림 2는 Flow control 모듈의 각 기능을 설명하고 있다(한국건설기술연구원 2011). 본 연구에서는 댐 방류량을 유출해석에 적용하기 위하여 "Inlet"기능을 이용하였으며, 남강댐과 사천만 방수로의 방류량을 입력자료로 활용하였다.

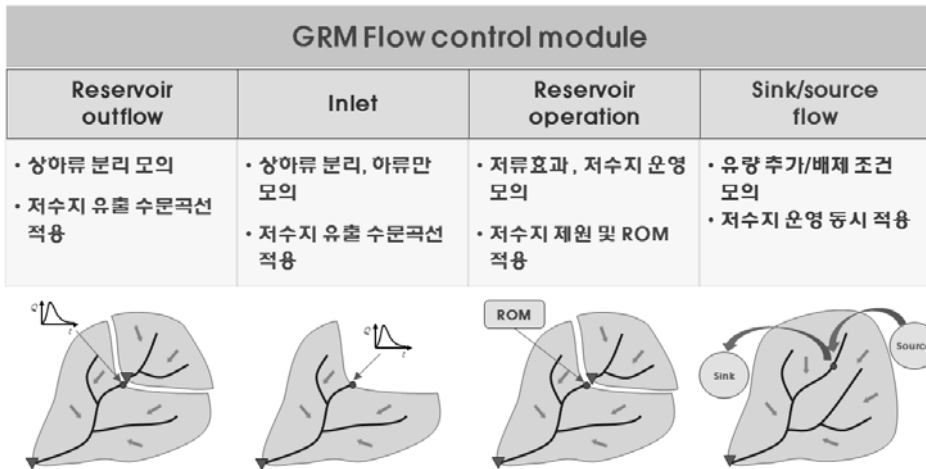


그림 2. flow control module의 기능(한국건설기술연구원 2011)

3. 대상 유역의 개황 및 연구방법

본 연구는 남강댐의 방류량에 따른 댐 하류의 유출해석을 통하여 본 댐과 사천만 방수로가 남강에 미치는 영향을 평가하고자 한다. 따라서 대상

유역은 남강댐으로부터 남강댐 하류 약 20km에 위치한 대곡 수위관측소까지의 사이 구간을 대상 유역으로 선정하였으며 대상 유역의 면적은 약 339km²이다. 그림 3은 남강댐과 대곡 수위관측소를 포함한 대상 유역의 위치를 나타낸 것이다. 대상

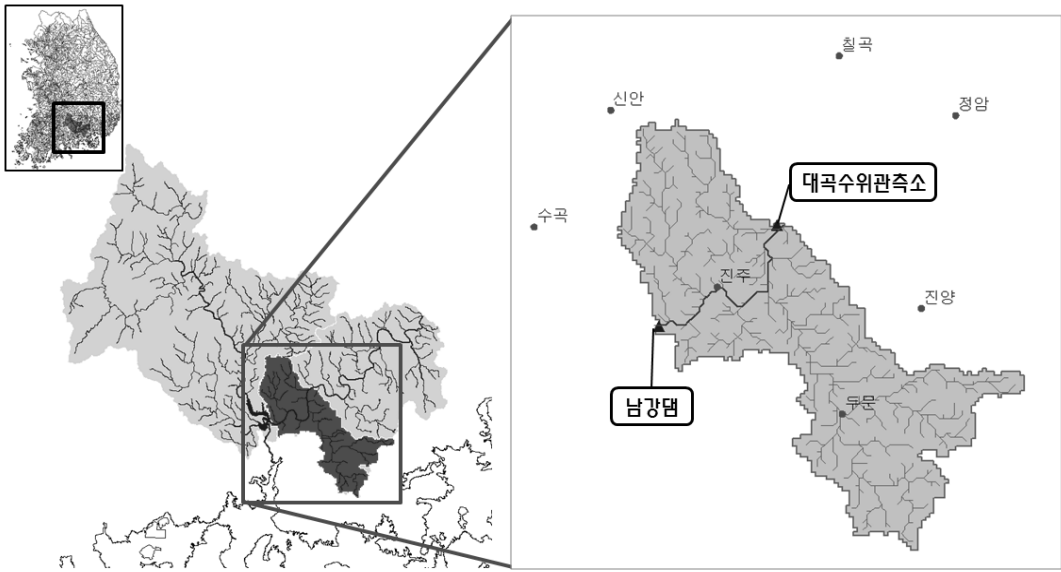


그림 3. 대곡 지역의 개황도

유역의 상류에 위치한 남강댐은 낙동강 합류지점으로부터 약 80km 상류에 위치한 다목적 댐으로서 두 개의 여수로를 이용하여 홍수조절을 하고 있다. 남강댐은 남강으로 방류할 수 있는 남강댐 방수로와 사천만 방수로가 있으며 남강댐 방수로의 계획방류량은 하류지역에 대한 무피해 방류량인 800m³/sec이며, 사천만 방수로의 계획방류량은 3,250m³/sec이다. 또한 대곡 수위관측소 지점의 계획홍수량은 2,750m³/sec이다(국도양부, 2009).

그림 4는 연구흐름을 개략적으로 나타낸 것이다. 먼저, 대상 유역에 대하여 공간자료와 수문자료를 구축하고 남강댐의 방류량과 대상 유역의 관측 수문사상을 이용하여 모형을 보정 및 검정하였다. 이와 같이 보정된 모형을 이용하여 남강댐 방류량과 사천만 방수로의 방류량을 합한 방류량을 대곡 유역에 적용하여 유출해석을 수행하였다. 이때 댐 방류량을 유출해석에 반영하기 위해서 GRM 모형의 Flow control module 중 "Inlet" 기능을 이용하였다.

이러한 연구 방법은 사천만 방수로가 없을 경우를 가정하고, 사천만으로 방류되고 있는 유량이 모두 남강댐 하류로 방류된다는 조건을 설정한 것

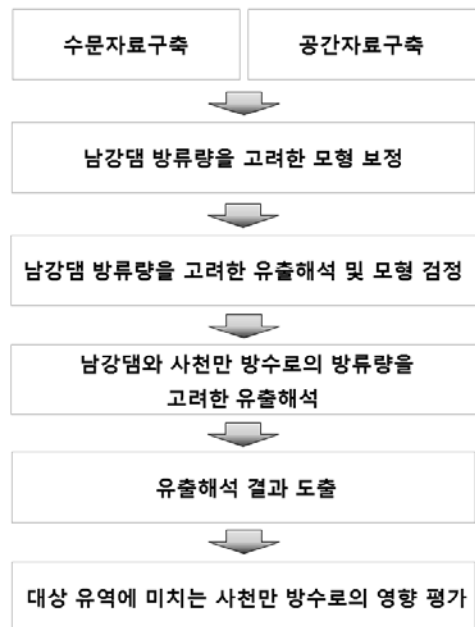


그림 4. 연구흐름도

이다. 이를 통하여 사천만 방수로의 방류량이 남강댐 하류의 홍수량에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 이때 남강댐 방수로의 계획방류량이 800 m³/sec이므로 실제로는 사천만 방수로의 방류량

을 남강댐 방수로로 방류할 수는 없으나, 본 연구에서는 사천만으로 방류되는 유량이 남강댐 하류로 방류되는 경우와 사천만 방수로로 방류되는 경우를 비교함으로써 사천만 방수로가 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

4. 공간자료 구축

물리적 분포형 강우-유출 모형인 GRM은 격자 형태로 구축된 지형 및 수문 시계열 자료를 입력자료로 이용한다. 따라서 지형자료는 낙동강 유역조사 사업(2004)에서 구축된 30m×30m 크기의 DEM을 300m×300m 크기의 DEM으로 리샘플링하여 입력자료를 구축하였다. 분포형 모형에서 격자의 크기는 해상도 문제(Blöschl and Sivapalan, 1995)와 유출해석 소요시간에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 그러므로 유출해석 목적과 유역 특성을 함께 고려하여 유출해석에 적용할 해상도를 결정해야 하며, 특정 지역에 최적화된 유출해석 시스템을 구축하기 위해서는 해당 유역

에 대해 다양한 해상도에 따른 유출해석 결과를 분석하고 이를 통해 최적 해상도를 평가해야 한다.

본 연구는 사천만 방수로가 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향을 평가하는 것을 주된 목적으로 하고 있다. 그러므로 대상 유역에 대한 최적 해상도 평가절차를 거치지 않는 것이며, 대곡 수위관측소의 최대 하폭(260m)과 대상 유역의 면적(339km², 유출해석 대상 격자의 개수:약3,760개)을 고려하여, 300m×300m 크기의 해상도로 공간자료를 구축하였다.

토지피복도는 환경부에서 제공하는 대분류 토지피복도를 이용하였으며, 침투량 산정에 Green-Ampt 모형을 적용하기 위하여 농업과 학기술원(1992)에서 제공하는 정밀토양도를 이용하여 토성도와 토양심도를 구축하였다. 그림 5는 대곡 유역의 지형기복도와 하천망도를 나타낸 것이며 그림 6 ~ 그림 8은 각각 토지피복도, 토양도 및 토양심도를 나타낸다. 표 1은 GRM의 입력자료로 사용된 공간자료 및 구축방법을 나타낸다.

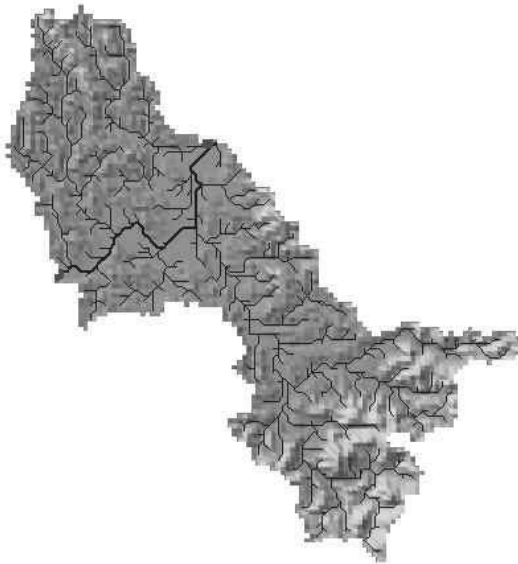


그림 5. 지형기복도 및 하천망도

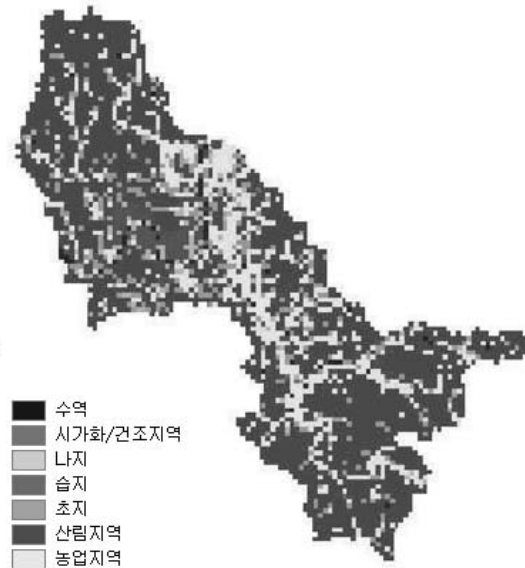


그림 6. 토지피복도

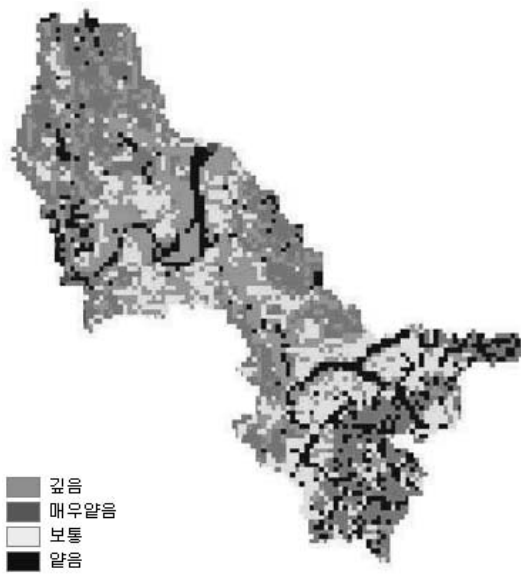


그림 7. 토양심도

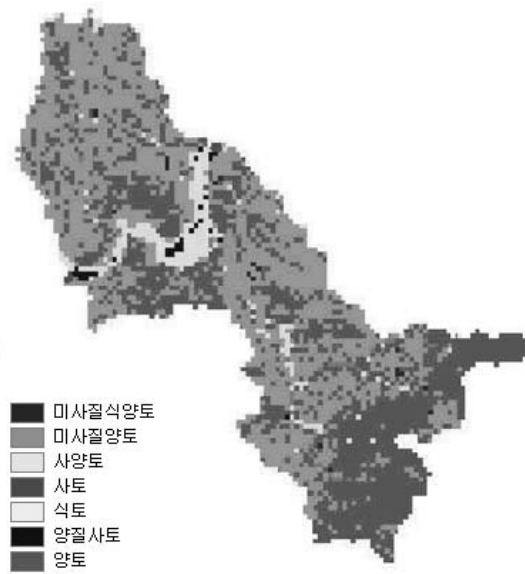


그림 8. 토성도

표 1. 대상 유역의 공간자료 및 구축방법

공간자료	구축방법	비고
DEM	Resampling (300m×300m)	낙동강 유역조사 사업(2004)에서 구축된 30m×30m DEM 이용
Flow direction Flow accumulation Slope Stream Watershed	HyGIS를 활용한 공간자료 구축 (300m×300m)	Sink와 Flat area가 처리된 DEM
Land cover	DEM과 동일한 격자 (300m×300m)	환경부 대분류 토지피복도
Soil depth Soil texture	DEM과 동일한 격자 (300m×300m)	농업과학기술원 정밀토양도

5. 수문자료 구축

대곡 유역의 유출해석을 위하여 총 7곳의 강우 관측소(칠곡, 정암, 신안, 수곡, 진주, 진양, 두문)와 대곡 수위관측소에 대하여 낙동강홍수통제소(<http://www.nakdongriver.go.kr>)에서 제공하는 각 관측소에 대한 10분 간격의 자료를 검토하였으며, 이중 2010년과 2011년 사이에 발생한 5개의 수문사상을 선정하였다. 선정된 수문사상의 강우자료는 krigging기법을 이용하여 공간분포 시켰으

며, 공간자료와 동일한 해상도인 300m×300m 크기의 격자로 구성된 래스터 레이어를 생성하여 유출해석에 적용하였다. 또한 남강댐과 사천만 방수로의 방류량 자료는 한국수자원공사(<http://www.kwater.or.kr>)에서 제공하는 60분 단위의 댐방류량 자료를 활용하였다. 대곡 유역의 강우관측소와 대곡수위관측소와 댐의 위치는 그림 3에 표시하였으며, 표 2는 본 연구에서 적용한 5개의 수문사상을 나타낸 것이다. 또한 침투유량은 대곡 수위관측소의 관측값이다.

표 2. 대곡 유역 수문사상

수문사상	기간	첨두유량[m ³ /s]
사상1	2010/7/15/20:40 - 2010/7/21/10:00	864.76
사상2	2010/8/10/13:00 - 2010/8/13/07:00	1,400.73
사상3	2010/9/06/14:00 - 2010/9/09/00:00	1,323.05
사상4	2011/6/25/05:00 - 2011/6/28/08:00	802.54
사상5	2011/7/08/12:20 - 2011/7/13/12:20	2699.04

6. 모형 보정 및 검증

6.1 모형 보정

대곡 유역에 대한 GRM 모형의 보정을 위하여 ‘사상3’을 이용하였으며, 강우와 남강댐의 방류를 고려한 유출해석을 통하여 매개변수를 보정하였다. 표 3은 보정된 매개변수를 나타낸 것이며 그림 9와 표 4는 관측수문곡선과 모형 보정 전과 후의 유출해석 결과를 나타낸 것이다. 모형 보정 전의 모의수문곡선은 관측수문곡선의 첨두유량보다 크고 첨두시간은 빠르게 유출모의가 되었으나,

모형 보정후의 모의수문곡선은 관측수문곡선과 비교할 때 첨두유량의 오차와 첨두시간의 차이가 각각 2.3%, 0.2hr로 감소되어 보정 전보다 관측수문곡선을 잘 재현하는 것을 확인하였다. 따라서 ‘사상3’에 의해 보정된 표 3의 매개변수 중 초기포화도를 제외한 모든 매개변수를 그대로 이용하여 모형을 검증하였으며, 초기포화도는 수문사상별로 추정하였다. 또한 남강댐과 사천만 방수로의 방류량을 합한 방류량이 대곡 유역으로 방류된다는 가정에 의한 유출해석에도 동일한 매개변수를 적용하였다.

표 3. 주요 매개변수의 보정 결과

	초기포화도	하도최소경사	최소하폭	하도조도계수	최대하폭
기본값	1.00	0.008	15	0.045	계획하폭공식
모형보정	0.92	0.004	15	0.050	계획하폭공식

계획하폭공식(남부지방) : $B = 1.698 A^{0.318} / S^{0.5}$

B: 계획하폭[m], S: 하상경사, A: 유역면적[km²], 하천설계기준(2009)

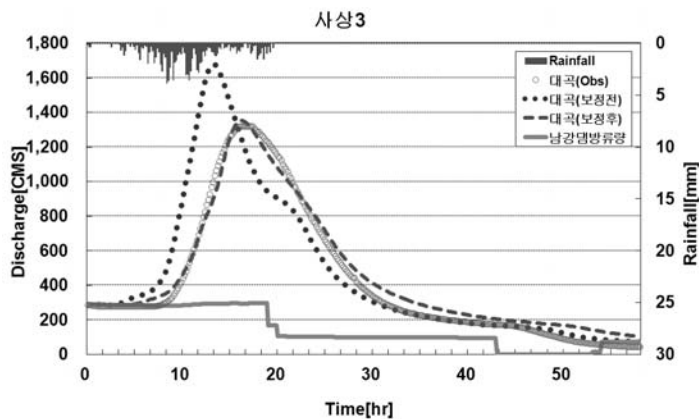


그림 9. 모형 보정 결과(사상3)

표 4. 모형 보정 전/후의 유출해석 결과

구분	총 유출량[10 ³ ×m ³]			침투유량[m ³ /s]			침투시간[hr]		
	Obs.	Sim.	Err.	Obs.	Sim.	Err.	Obs.	Sim.	Err.
보정전	89,490	96,559	7.9	1,323	1,678	26.8	16.0	13.2	17.7
보정후	89,490	96,105	7.4	1,323	1,353	2.3	16.0	16.2	0.2

6.2 모형 검증

‘사상3’을 제외한 4개의 수문사상에 대해 표 3의 보정된 매개변수를 이용하여 모형을 검증하였으며, 유출해석 결과는 표 5와 그림 10 ~ 그림 13과 같다. 유출해석 결과, 관측수문곡선의 침투부가 직선으로 나타난 ‘사상5’를 제외한 모든 사상에서 침투유량이 관측수문곡선과 상대오차가 10% 이내로 관측수문곡선을 잘 재현하는 것을 확인할 수 있었다. ‘사상1’은 관측수문곡선에서 비슷한 침투유량이 두 번 발생하였으며 모의결과에서 침투유량 발생시간이 다소 차이가 나지만 모의 수문곡선의 상승부와 하강부에서 관측수문곡선을 잘 재현하였다.

한편, ‘사상5’는 관측수문곡선의 침투부에서 약 10시간 동안 동일한 유량을 나타내고 있으며 유출해석 결과는 표 5에서 알 수 있듯이 총유출량과 침투유량이 다소 크게 모의 되었으나 유출해석 결과는 상대오차가 10% 이내로 관측수문곡선을 잘 재현하였다. ‘사상5’의 침투부에서 동일한 유량이 관측된 것은 남강지역에 집중호우가 내려 진주시 시가지 및 농경지에 침수피해가 발생하였으며(기상청 2011, 진주인터넷뉴스 2011.7.11), 대곡 수위관측소의 수위-유량 관계곡선식의 상한 수위인 6.04m보다 큰 수위가 발생하였기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 모형 검증결과, 보정된 매개변수가 대곡 유역의 특성을 잘 반영하며 유출해석에 적용할 수 있는 것으로 판단된다.

표 5. 일류문 방류량을 고려한 유출해석 결과

사상	초기 포화도	총유출량			침투유량			침투시간		
		Obs. [10 ³ ×m ³]	Sim. [10 ³ ×m ³]	Err. [%]	Obs. [m ³ /s]	Sim. [m ³ /s]	Err. [%]	Obs. [hr]	Sim. [hr]	Err. [hr]
사상1	0.87	151,994	153,712	1.1	865	878	1.5	26.5	18.5	8.0
사상2	0.85	105,039	102,590	2.3	1,401	1,418	1.2	22.7	21.7	1.0
사상4	0.60	85,621	91,715	7.1	803	799	0.5	34.8	32.8	2.0
사상5	1.00	432,769	355,718	17.8	2,699	2,883	6.8	26.0	28.5	9.6

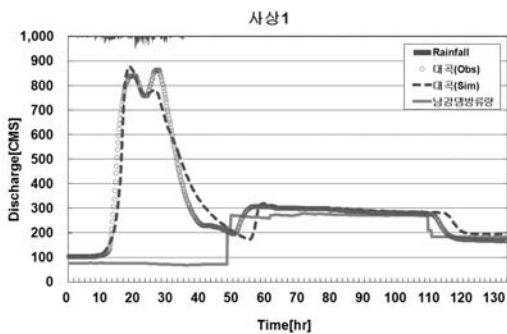


그림 10. 유출해석 결과(사상1)

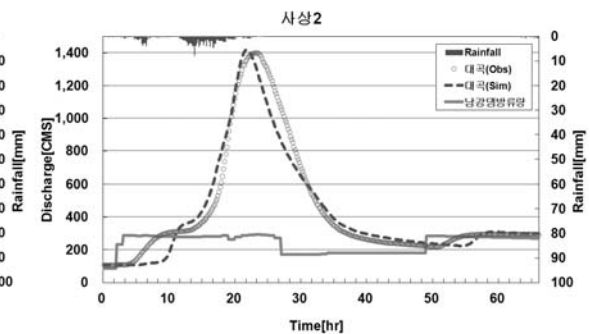


그림 11. 유출해석 결과(사상2)

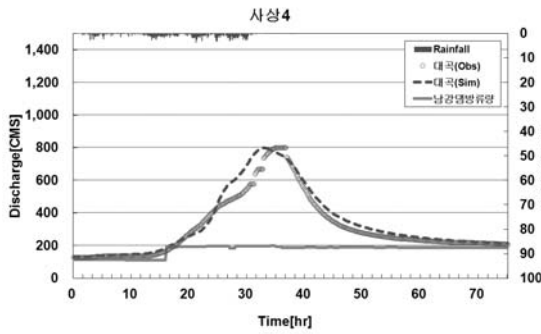


그림 12. 유출해석 결과(사상4)

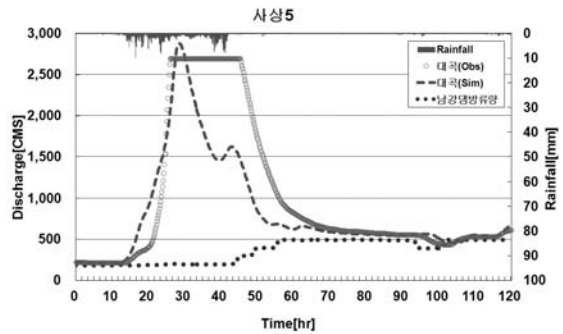


그림 13. 유출해석 결과(사상5)

7. 사천만 방수로의 방류량을 포함한 유출해석

본 연구는 남강댐 방류량과 사천만 방수로의 방류량을 비교하고, 실제 사천만 방수로가 담당하는 홍수방류량을 평가하였다. 또한 남강댐의 방류량과 사천만 방수로의 방류량을 합한 방류량을 남강으로 방류할 경우를 가정하여 남강댐 하류에 대하여 유출해석을 수행하였으며, 이를 통하여 사천만 방수로의 방류량이 남강댐 하류에 미치는 영향을 평가하였다. 남강댐과 사천만 방수로의 방류량을 합한 방류량을 고려한 유출해석은 표 3의 보정된 매개변수와 표 5의 사상별 초기포화도를 이용하였다.

7.1 남강댐 방류량과 사천만 방수로의 방류량 비교

남강댐은 계획홍수위인 46.0m에 근접하도록 조절방류를 하며 계획방류량은 남강댐을 통하여 남강 본류에 800m³/s, 사천만 방수로는 3,250m³/s를 넘지 않도록 운영하고 있다(국토해양부 2009). ‘사상1’ ~ ‘사상5’의 발생시기에 각각의 방류량은 표 6과 같다. 표 6에서 사천만 방수로의 방류량은 남강댐 총 방류량의 평균 약 78%를 담당하여 남강댐의 홍수조절에 대한 방류량의 기여도가 큰 것으로 나타났다. 또한 방류량의 첨두유량은 사천만 방수로가 남강댐에 비해 평균 약 6배 크게 방류한 것으로 나타났다.

표 6. 남강댐 방류량과 사천만 방류량의 비교

사상	첨두유량			총유출량					
	(2) [m ³ /s]	(3) [m ³ /s]	(3)/(2) [%]	(1) [10 ⁸ ×m ³]	(2) [10 ⁸ ×m ³]	(3) [10 ⁸ ×m ³]	(2)/(1) [%]	(3)/(1) [%]	(3)/(2) [%]
사상1	278.7	2,005.9	720	371,825	88,192	283,634	23.7	76.3	322
사상2	295.4	1,492.9	505	377,006	57,237	319,769	15.2	84.8	559
사상3	296.1	676.9	229	105,704	29,597	76,108	28.0	72.0	257
사상4	198.8	1,995.6	1,004	213,258	46,914	166,344	22.0	78.0	355
사상5	497.3	3,196.4	643	817,681	156,080	661,601	19.1	80.9	424
첨두유량 평균			620	총유출량 평균			21.6	78.4	383

※ (1) : 남강댐 총 방류량(남강댐 방류량+ 사천만 방수로 방류량), (2) : 남강댐 방류량, (3) : 사천만 방수로 방류량

홍수유출 발생시 댐 방류량은 댐 하류 유역의 홍수량에 직접적인 영향을 미치게 되며(최윤석 2009), 이는 댐 방류량을 줄임으로써, 댐 하류의 홍수량을 저감시킬 수 있음을 나타낸다. 본 연구의 남강댐과 사천만 방수로의 방류량 비교 결과, 사천만 방수로의 방류량이 총 방류량의 약 78%를 평균적으로 방류함으로써 남강댐 방류량은 남강댐 총 방류량의 약 22%만을 방류하게 되어 남강댐 하류에 미치는 홍수량을 직접적으로 저감시켜 홍수발생의 위험을 줄이는 것을 확인할 수 있었다.

7.2 사천만 방수로의 방류량을 포함한 유출해석 결과

남강댐과 사천만 방수로의 방류량을 합한 남강댐 총 방류량이 남강으로 방류되었을 때를 가정하

여 대곡 수위관측소 지점에서 유출모의를 수행하였으며, 유출해석 결과는 표 7과 그림 14 ~ 그림 18과 같다. 유출해석 결과, 총유출량은 사천만 방수로의 방류량에 의한 영향으로 관측값보다 약 73% ~ 279% 크게 나타났다. 특히, '사상2', '사상4', '사상5'의 사상에서는 대곡 수위관측소에서 계획홍수량을 초과하는 첨두유량이 나타났으며 '사상1'은 계획홍수량보다 약 500m³/s가 작게 모의되었다. 하지만 '사상3'의 첨두유량은 첨두유량 발생시기에 사천만 방수로는 방류를 하지 않아 댐 하류에 대한 사천만 방수로의 영향이 관측수문곡선과 유사하게 모의되었다.

한편, 본 연구의 대상 유역의 유출구인 대곡 수위관측소 지점의 계획홍수량은 100년 빈도의 홍수량으로 2,750m³/s이다(국토해양부 2009). 또한 표 7과 그림 14 ~ 그림 18에서 '사상2', '사상4',

표 7. 사천만 방수로를 고려한 대곡 지점의 유출해석 결과

사상	총유출량[10 ³ ×m ³]			첨두유량[m ³ /s]					
	(A) [10 ³ ×m ³]	(B) [10 ³ ×m ³]	(B)-(A)/(A) [%]	(A) [m ³ /s]	(B) [m ³ /s]	(B)-(A)/(A) [%]	(C) [m ³ /s]	(B)-(C) [m ³ /s]	(D)
사상1	151,994	436,773	187	865	2,275	163	2,750	-475	
사상2	105,039	398,190	279	1,401	2,940	110	2,750	190	○
사상3	89,490	155,119	73	1,323	1,366	3	2,750	-1,384	
사상4	85,621	240,914	181	803	2,765	245	2,750	15	○
사상5	432,769	1,002,388	132	2,699	4,914	82	2,750	2,164	○

※ (A) : 관측값, (B) : 남강댐+ 사천만 방수로 방류량 고려, (C) : 계획홍수량, (D) : (C)보다 큰 사상

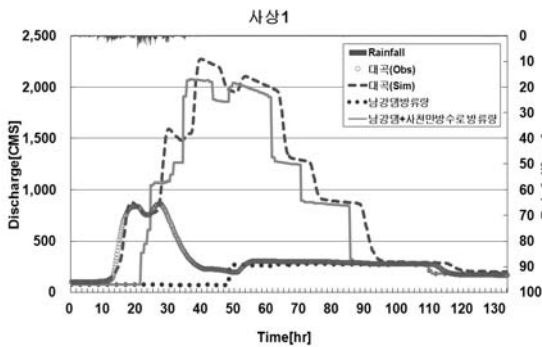


그림 14. 제수문을 고려한 유출해석(사상1)

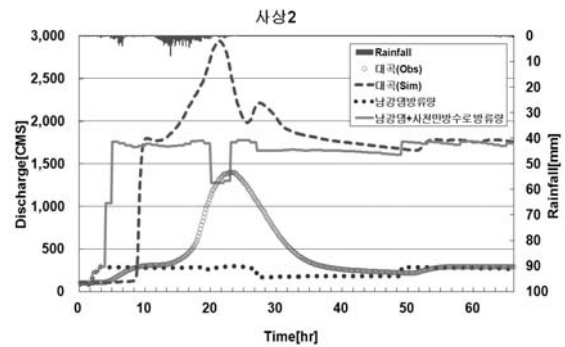


그림 15. 제수문을 고려한 유출해석(사상2)

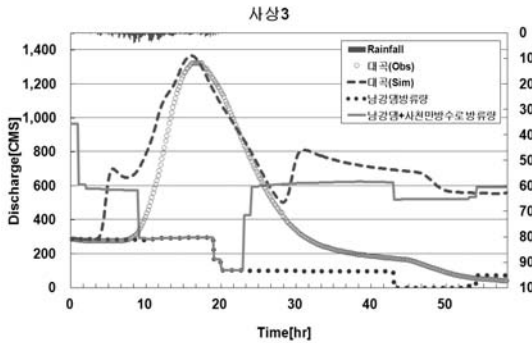


그림 16. 제수문을 고려한 유출해석(사상3)

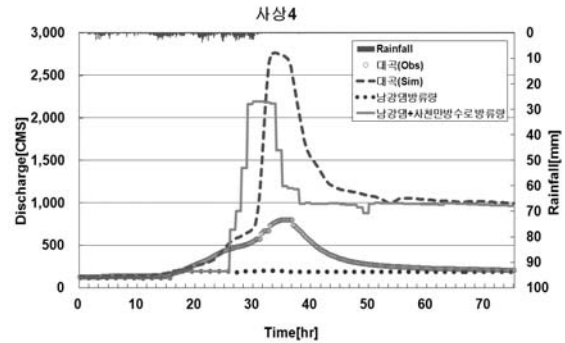


그림 17. 제수문을 고려한 유출해석(사상4)

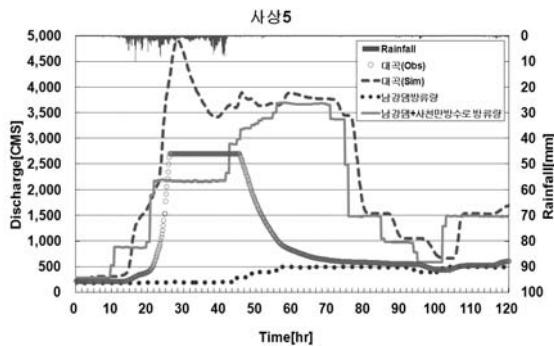


그림 18. 제수문을 고려한 유출해석(사상5)

‘사상5’의 첨두유량은 약 2,750m³/s를 초과한다. 그러므로 대곡 수위관측소의 계획홍수량과 ‘사상5’의 첨두유량을 고려하였을 때 사천만 방수로의 방류량이 남강으로 방류될 경우 ‘사상2’, ‘사상4’, ‘사상5’에서 침수피해가 발생할 가능성이 있음을 추정할 수 있다.

8. 요약 및 결론

본 연구에서는 남강댐 하류로부터 대곡 수위관측소 지점 사이의 유역에 대하여 강우와 남강댐의 방류량을 이용하여 모형을 보정 및 검정하였다. 사천만 방수로가 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향을 평가하기 위해서 남강댐과 사천만 방수로의 방류량이 남강으로 방류되는 경우를 가정하고, 대곡 유역의 실측 수문사상으로 보정 및 검정된 모형을 이용해서 유출해석을 수행하였다. 이

때 남강댐 방수로의 계획방류량은 800m³/sec이고, 대곡 수위관측소 지점의 계획 홍수량은 2,750 m³/sec이므로, 남강댐 방수로에서 최대 방류량인 800m³/sec로 방류가 되더라도 이에 따른 하류에서의 홍수위험은 크게 발생하지 않는다. 그러므로 본 연구에서는 사천만 방수로의 방류량이 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향을 평가하기 위해서 남강댐 방수로가 계획방류량을 초과하는 유량으로 방류가 가능하고, 사천만 방수로의 방류량이 전량 남강댐 하류로 방류되는 상황을 가정하여 유출해석을 수행하였다. 유출해석은 물리적 분포형 모형인 GRM을 활용하였으며, 댐 방류량은 GRM모형의 Flow control module의 “Inlet”기능을 이용하여 유출해석에 적용하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 남강댐의 사천만 방수로의 계획방류량은 3,250m³/s이며 남강댐 계획방류량의 약 80%

를 차지한다. 사천만 방수로의 방류량은 남강댐 방류량과 비교하였을 때 총 방류량에서 평균 약 3.8배 정도 많이 방류하였으며, 침투유량은 약 6배 정도 큰 값을 나타냈다. 따라서 사천만 방수로의 방류량이 남강댐 하류유역으로 흐르는 방류량을 감소시켜 댐 하류유역의 홍수량 저감에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

(2) 남강 본류의 방류량만을 고려한 유출해석에서는 ‘사상5’를 제외한 사상에서 계획홍수량보다 작은 홍수량이 남강에 흐르지만 남강댐의 방류량과 사천만 방수로의 방류량을 합한 방류량을 고려한 남강댐 하류에 대한 유출해석시에는 대곡 수위관측소 지점의 계획홍수량인 2,750m³/s를 3개의 사상이 초과하며 이는 댐 하류의 홍수위험을 크게 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 또한 적용된 수문사상에서 사천만 방수로 방류량이 남강으로 유출될 경우, 총유출량은 최대 279%, 침투유량은 최대 245%가 관측값보다 큰 유출이 발생하는 것으로 모의 되었다. 그러므로 사천만 방수로의 방류량은 남강댐 하류에 대하여 홍수량을 크게 감소시켜 계획홍수량보다 작은 홍수량을 유하시킬 수 있으며, 이를 통해 남강댐 하류유역의 홍수조절에 크게 기여하는 것으로 나타났다.

(3) 본 연구에서는 남강댐의 방류량과 사천만 방수로의 방류량이 남강 본류로 방류되는 가정을 바탕으로 유출해석을 수행하고 사천만 방수로가 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향을 평가하였다. 이러한 연구 방법은 다양한 방류시나리오 및 여러 가지 하천의 인공구조물에 의한 유출 상황을 모의하는데 적용할 수 있다. 따라서 향후 분포형 모형을 이용하여 댐 방류량이 댐 하류에 미치는 영향을 평가하거나 인공구조물의 영향을 고려한 여러 가지 유출 시나리오의

모의시 GRM 모형을 이용한 다양한 상황에서의 유출해석이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 중소하천 홍수예경보 체계구축(과제번호:NEMA-자연-2011-45) 과제와 기초기술연구회의 일반연구사업(사업명: 위성자료 공공활용 연구, 과제명: 위성영상을 이용한 하천 정보생산 및 활용에 관한 연구)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

건설교통부. 2004. 낙동강 유역조사 보고서.
 국토해양부. 2009. 남강 하천기본계획(변경) 보고서. pp 4-15 - 4-145.
 국토해양부. 2008. 2007년도 유량조사 보고서 - IV.낙동강 유량측정. pp. 136-141.
 기상청. 2011. 2011년 7월 기상월보. pp. 2.
 기상청. 국내기후자료. <http://www.kma.go.kr>
 2012. 6. 27일 접속.
 김성준. 2002. 수자원관리에서 분포형 수문모델링의 역할. 한국수자원학회논문집 35(2): 45-56.
 김차겸. 2010. 진수만의 해수순환에 미치는 남강댐 방류수 영향 및 확산. 2010 대한토목학회 정기학술대회 논문집. pp 515-518.
 낙동강홍수통제소. 강우관측소 자료 및 수위관측소 자료. <http://www.nakdongriver.go.kr> 2012. 7. 3일 접속.
 농촌진흥청. 1992. 증보 한국토양총설-토양조사 자료 13. pp 283-290.
 박인혁, 박진혁, 허영택. 2011. 격자기반의 강우 유출모형을 통한 한강수계 다목적댐의 홍수유출해석. 한국물환경학회지 27(5): 587- 596.
 박진혁, 강부식, 이근상, 이을래. 2007. 레이더강우와 Vflo모형을 이용한 남강댐유역 홍수유출해석. 한국지리정보학회지 10(3): 13-21.

- 이을래, 박진혁, 김우구, 황필선. 2006. 2006년 호우에 따른 남강댐 홍수조절 현황. 2006년 대한토목학회 정기학술대회 논문집. pp 1609-1612.
- 정인균, 김성준, 박진혁, 황필선. 2007. 남강댐하류유역 분포형 강우유출모형 개발. 대한토목학회 정기학술대회 논문집. pp 2035-2039.
- 지병걸, 노정환, 전경수, 이재형. 2005. 홍수시 영산강수계 댐 군의 연계운영에 관한 연구. 2005년 한국수자원학회 학술발표회 논문집. pp 1466-1470.
- 진주 인터넷 뉴스. 2011. 진주에 물폭탄 비상!-334.2mm 기록적 폭우 쏟아져. <http://www.jjinews.asia/ArticleSearchView.asp?intNum=9115&ASection=001001>.
- 최윤석, 김경탁, 이진희. 2009. 댐 하류 지점에 대한 분포형 모형의 적용성 평가. 한국수자원학회논문집 42(9): 703-713.
- 한건연, 최규현, 김원, 김동현. 2005. 한강수계에서의 댐의 영향을 고려한 홍수추적. 한국수자원학회 논문집 38(9): 747-760.
- 한국건설기술연구원. 2011. HyGIS-GRM User's manual. pp 1-2.
- 한국수자원공사. 남강댐 방류량 자료. <http://www.kwater.or.kr> 2012. 7. 4 일 접속.
- 한국수자원학회. 2009. 하천설계기준·해설. pp 262-265.
- Blöschl, G. and Sivapalan, M. 1995. Scale issues in hydrological modelling: a review. Hydrological Processes 9: pp 251-290.
- Montaldo, N., Mnacini, M. and Resso, R. 2004. Flood hydrograph attenuation induced by a reservoir system: analysis with a distributed rainfall-runoff model. Hydrological Process 18: pp 545-563.
- Takahiro Sayama, Yasuto Tachikawa, Kaoru Takara and Yutaka Ichikawa. 2005. Development of a distributed rainfall-runoff prediction system and assessment of the flood control ability or dams. 土木學論文集 803(Ⅱ)73: pp 13-27.

- 논문접수일 : 2012년 08월 07일
- 심사의뢰일 : 2012년 08월 08일
- 심사완료일 : 2012년 08월 24일