GIS 기반 분포형 유출모형을 이용한 임하댐 유역의 수문조사 신뢰도 검증

Evaluation of Reliability Hydrologic Investigation in Imha Basin Using Distributed Model

김명현**, 안형모***, 김창순****, 이명현*****

Kim Myung Hyun, An Hyung Mo, Kim Chang Soon, Lee Myung Hyun

요 지

최근 수자원의 효율적인 배분을 위한 수자원관리의 중요성에 대한 인식과 하천의 환경적 기능에 대한 사회적 요구 증대로 수자원 기초조사에 의해 수집되어진 자료의 활용빈도가 다양한 분야에서 증가하고, 높은 신뢰도와 정확도를 요구하고 있다. 개발된 수위-유량 관계식의 신뢰도 검증은 일반적으로 지점별 수위-유량 관계식과 수위자료에 의해 산정된 유하량을 유역의 면적평균 강우량을 이용하여 산정한 유출률과 비교 분석하는 수문학적 방법에 의해 이루어지고 있는 실정이다.

최근에는 공간적인 비균질성을 고려하여 유출과정에서 운동역학적인 이론을 기반으로 물의 흐름을 수리학적으로 추적해 나가는 물리적 기반의 분포형 유출모형의 활용도가 높아지고 있음에 따라 본 연구에서는 낙동강수계 임하댐유역을 대상으로 물리적 기반의 분포형 모형인 Vflo^{TM} 을 적용하여 유출량을 산정하고, K-water에서 수자원·환경기초조사 성과로 개발된 임하댐 상류 영양 수위관측소의 수위-유량 관계 곡선식을 이용하여 산정된 유출량과 비교함으로써 수자원기초조사 성과의 신뢰도를 검증하였다.

분포형 유출모형 적용에 필요한 매개변수 추출을 위해 GIS 기법을 이용하여 DEM, 토지피복도, 토양도에서 Vflo^{TM} 의 입력인자인 경사도, 흐름방향, 조도계수, 수리전도도, 유효공극률, 토양심도를 추출·산정하였으며, 임하댐 유역의 8개 우량관측소 시우량자료를 이용하여 강우의 공간적인 통계 특성을 잘 반영하는 크리깅(Kriging) 기법에 의한 분포형 강우를 생성하였다.

또한, 본 모형을 통해 검증된 초기함수조건 등의 유역의 특성을 이용한 단기유량예측을 통하여 홍수량 예측 및 수문조사 효율성 향상에 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 수위-유량 관계 곡선식, 분포형 모형, GIS, 유출량, 초기함수조건

1. 서 론

과거 우리나라의 하천관리는 안정적인 물공급과 홍수로부터 국민의 생명과 재산을 보호하는 이수, 치수측면 위주로 추진되었으나, 국민의 생활수준의 향상으로 깨끗한 물과 쾌적한 하천환경의 요구가 지속적으로 증가되고 환경운동연합, 녹색연합 등의 환경단체의 활발한 활동이 전개되기 시작하고 있다. 특히, 2000년대에 들어 주민들의 여가와 접목되는 환경친화적인 하천공간으로의

** 한국수자원공사 경북지역본부 낙동강중류유역팀 사원 · E-mail : tpc13th@kwater.or.kr
*** 한국수자원공사 경북지역본부 낙동강중류유역팀 팀장 · E-mail : ahm@kwater.or.kr
**** 한국수자원공사 경북지역본부 낙동강중류유역팀 차장 · E-mail : waterkcs@kwater.or.kr
***** 한국수자원공사 경북지역본부 낙동강중류유역팀 사원 · E-mail : gasaku@kwater.or.kr

욕구가 급격히 증가하고 있어 하천환경 분야가 하천정책에 주요한 부분으로 대두되고 있는 실정이다. 이에 따라 국토해양부에서는 '05년 6월 수문조사 선진화 5개년계획을 수립하여 '11년 하천의 주요지점에서 흐르는 물의 양을 실시간 제공하는 것으로 목표로 하는 계획을 추진중이며, '08년 4월 시행된 하천법에는 과거 유역조사로 일괄조사 되었던 유역특성, 수위 유량을 유역조사와 수문조사로 구분하고 10년단위의 수문조사 기본계획수립 등 수문조사의 체계적 달성을 위한 조항들을 포함하였다. 「하천법」 제17조에 의거 실시하고 있는 수문조사는 수자원계획, 하천의 이·치수 및 하천환경을 고려한 하천유지관리 등의 기본 자료이며, 최근 수자원의 효율적인 배분을 위한 수자원관리의 중요성에 대한 인식과 하천의 환경적 기능에 대한 사회적 요구 증대로 수자원 기초조사에 의해 수집되어진 자료의 활용빈도가 다양한 분야에서 증가하고, 높은 신뢰도와 정확도를 요구하고 있다. 개발된 수위-유량 관계식의 신뢰도를 검증하기 위해서는 지점별 수위-유량관계식과 수위자료에 의해 산정된 유하량을 유역의 면적평균 강우량을 이용하여 산정한 유출률과 비교 분석하는 수문학적 방법이 일반적이다.

최근에는 공간적인 비균질성을 고려하여 유출과정에서 운동역학적인 이론을 기반으로 물의 흐름을 수리학적으로 추적해 나가는 물리적 기반의 분포형 유출모형의 활용도가 높아지고 있음에 따라 본 연구에서는 낙동강수계 임하댐 유역을 대상으로 물리적 기반의 분포형 모형인 Vflo^{TM} 을 적용하여 유출량을 산정하고, 2009년 수자원·환경 기초조사 성과로 개발된 수위-유량 관계 곡선식을 이용하여 산정된 유출량과 비교함으로써 기초조사 성과의 신뢰도를 검증하였다. 또한 본 모형을 통해 검증된 유역반응시간 등의 유역특성을 이용한 단기유량예측을 통하여 홍수량 예측 및 수문조사 효율성 향상에 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

2. 연구 대상 유역 현황 및 수위-유량 관계 곡선식

2.1 임하댐 유역현황

낙동강하구로부터 약 356㎞ 상류지점에 위치한 임하댐은 안동댐과 함께 경북권에 위치한 다목적댐으로 유역면적 1,361㎢이며, 본 유역을 흐르는 낙동강의 주요 지류인 반변천은 전반적으로 굴곡이 심한 사행하천으로 평균하상구배는 1/500, 낙동강유역면적의 5.7%를 차지한다.

임하댐에는 8개의 우량관측소와 14개 수위관측소(유역외포함)가 있으며, K-water 경북지역본부에서 실시하고 있는 수자원·환경기초조사 중 임하댐 상류에서는 반변천을 대표하는 영양 수위관측소와 용전천을 대표하는 청송 수위관측소 지점에서 유량측정을 실시하고 있다.

구분	관측소명	관측방법	위도	경도
수위	청송	레이더식	129-01-57	36-26-24
	영양	레이더식	129-06-32	36-39-01
우량	수비	전도형	129-12-15	36-41-40
	일월	전도형	129-05-19	36-44-54
	석보	전도형	129-05-36	36-32-33
	진보	전도형	129-04-17	36-31-28
	부동	전도형	129-08-42	36-22-34
	부남	전도형	129-04-19	36-19-47
	영양	전도형	129-06-32	36-39-01
	청송	전도형	129-02-38	36-25-42

그림 1. 임하댐 유역 및 수문관측소 현황

2.2 수위-유량 관계 곡선식

본 연구의 대상 지점인 영양지점은 임하댐 유입지천인 반변천에 수위계측을 목적으로 설치되었으며, 유역면적 330.0㎢으로 1987년부터 수위 관측이 시작되었으며 2005년부터 지속적으로 유량을 측정하고 있다. 2009년의 유량측정은 24회를 계획하여 28회를 측정하였다. ISO규정에 따라 평·갈수기에는 프로펠러 및 회전식 유속계를 활용한 도섭법으로 실시하였으며 홍수기에는 전자파표면유속계를 사용하여 실시하였다. 또한 측정 자료를 활용하여 2003년 한국수자원공사에서 자체 개발한 수문분석소프트웨어인 'HydroToolKit'을 이용하여 수위-유량 관계식을 개발하였다.

개발된 영양수위국 지점의 수위-유량 관계식은 식(1)과 같다.

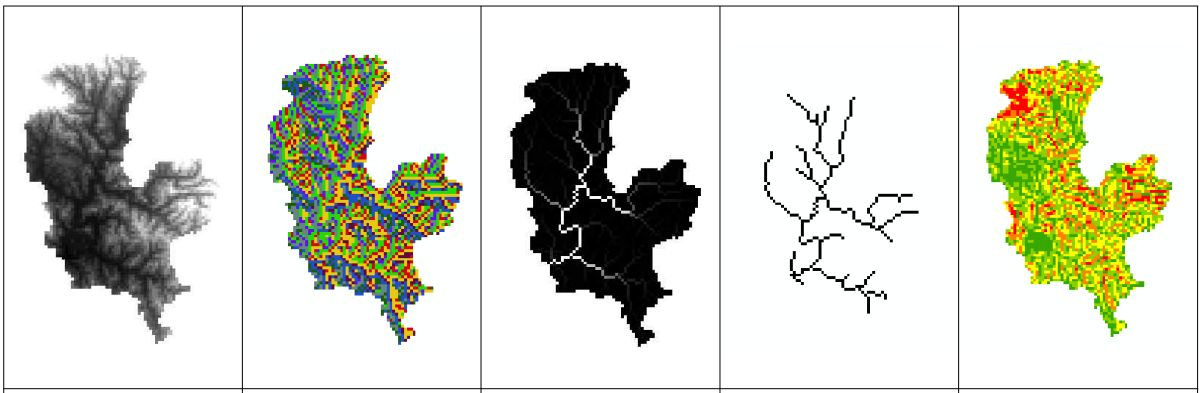
$$0.47 \le h \le 2.14 \qquad Q = 20.866(h - 0.290)^{2.816} \qquad \text{식 (1)}$$

$$2.14 < h \le 4.50 \qquad Q = 23.291(h - 0.290)^{2.259}$$

3. GIS를 이용한 수문매개변수 추출

해당 유역을 잘 표현하고 계산 시간에 무리가 없도록 격자의 크기를 200m x 200m로 정하고 30m DEM 자료를 Resampling 하였으며, 물리적 기반의 분포형 모형의 입력자료인 지표면의 수문매개변수 추출에 필요한 DEM, 토지피복도, 토양도 등은 K-water의 유역조사 성과를 활용하였다. ArcGIS의 Geoprocessing 기능과 ArcHydro Tool 을 활용하여 DEM 자료로부터는 하천셀, 배수흐름방향, 유역경사, 하상경사, 하도폭 등을 추출하고, Raster 데이터를 Reclassify하여 토지피복도로부터 각 토지피복별 조도계수를 추출하고, 토양도로부터 유효토심과 Green-Ampt 침투과정을 모의하기 위한 습윤전선, 포화투수계수 그리고 유효공극율과 같은 침투 매개변수를 추출할 수 있다. 매개변수의 값은 Vflo 모형을 개발한 오클라호마 대학의 Vieux교수가 제시한 값을 참고로 하였다.

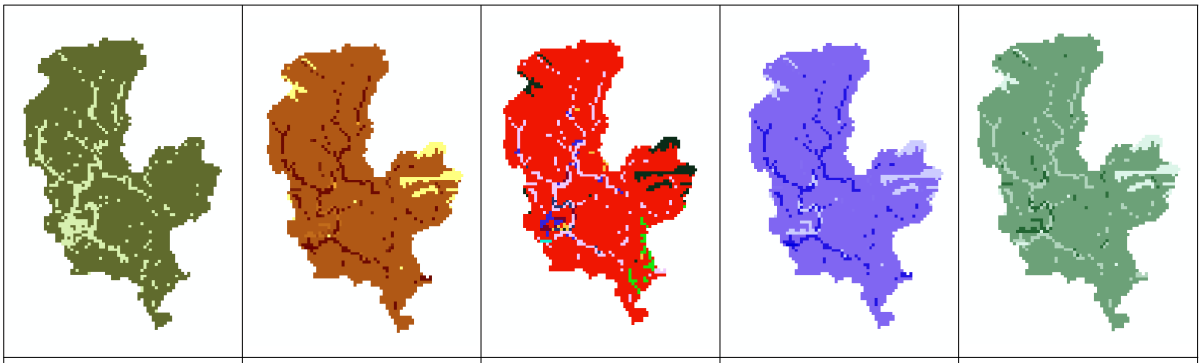
3.1 지형 매개변수



DEM	Flow direction	Flow accumulation	Channel	Slope

그림 2. GIS를 이용한 영양 지점 지형 매개변수 추출

3.2 토지피복 및 토양 매개변수



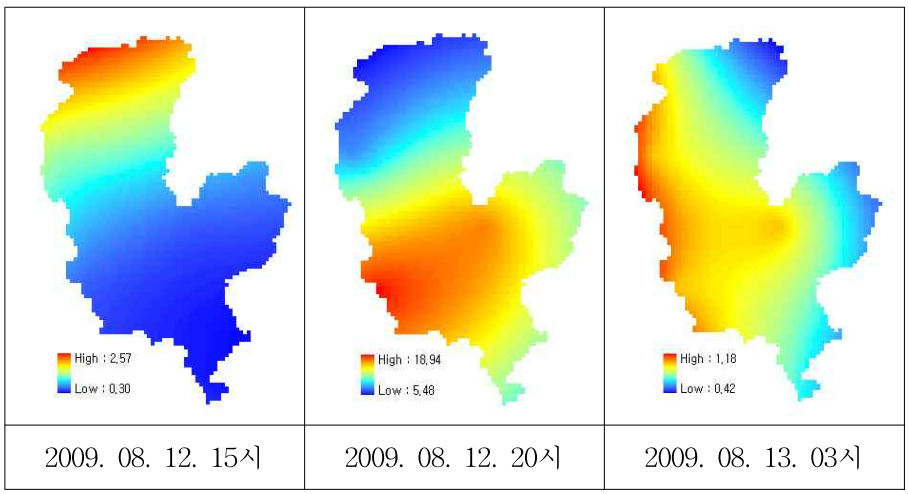
조도계수	유효공극율	유효토심	투수계수	흡인수두계수

그림 3. GIS를 이용한 영양 지점 토지피복 및 토양 매개변수 추출

4. 영양지점 유출량 모의

4.1 분포형 강우 생성

분포형 모형에 입력되는 격자형 강우는 2009년 7월 21일 02시부터 2009년 7월21일 07시까지, 2009년 8월 12일 15시부터 2009년 8월 13일 04시까지의 임하댐 유역의 8개 우량관측소 시우량자료를 이용하여 강우의 공간적인 통계 특성을 잘 반영하는 크리깅(Kriging) 기법에 의한 분포형 강우를 생성하였다. 크리깅 기법은 반분산을 이용하여 공간상의 추정오차를 최소화하여 미계측지점의 값을 내삽하는 방법으로 우리나라와 같이 강우의 계절성이 심하고 산악지형의 영향으로 강우의 공간적 변동성이 큰 지역에 적합하다.



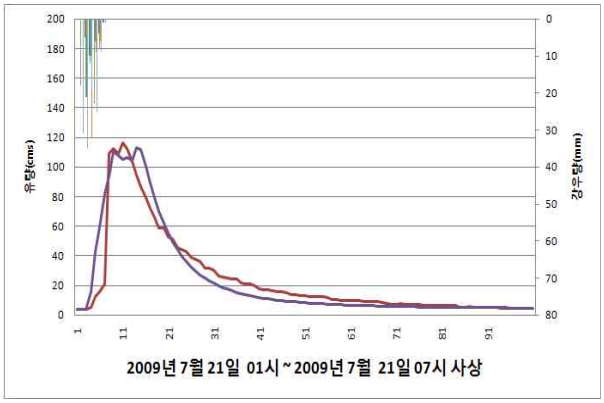
2009. 08. 12. 15시	2009. 08. 12. 20시	2009. 08. 13. 03시

그림 4. 크리깅 기법에 의한 분포형 강우 예시

4.2 유출량 모의

GIS를 활용해 추출한 매개변수 및 분포형 강우자료를 ASCII 자료로 변환하여 Vflo 모형에 적

용하였다. 영양 수위관측소에서서 실측한 수위를 수위-유량 관계 곡선식에 의해 환산된 유량을 기준으로 매개변수 보정을 실시하였으며 홍수기임을 감안하여 초기함수비를 0.8로 가정하였다.



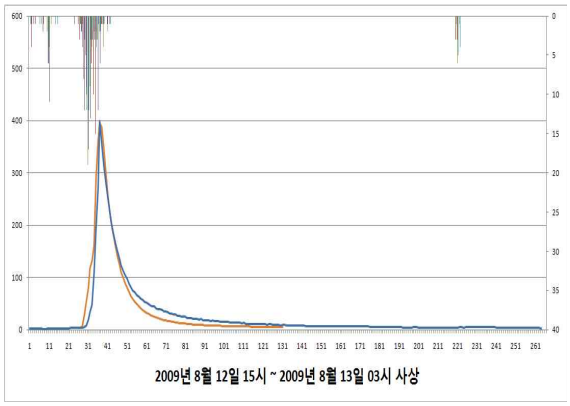


그림 5. 영양지점 유출량 모의 및 실측유량 비교

호우사상	실측유량 (cms)	모의유량 (cms)	차이(%)
'09 7.21. 01시 ~ '09 7.21. 07시	2414	2363	2.11
'09 8.12. 15시 ~ 09' 8.13. 03시	5887	5557	5.60

표 1 영양지점 재현기간별 모의 및 실측 유량 비교

매개변수 보정결과 조도계수와 침투관련 계수의 이론값보다 작게 산정 되었으며 재현기간동안의 실측유량에 대한 모의유량의 차이는 각각 2.11%, 5.6% 로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 실측한 유량과 분포형 모형을 통해 모의한 유량을 비교하여 보았다. GIS를 이용한 지형 및 토양 매개변수 추출, 분포형 모형을 이용한 전 유역을 고려한 유출 분석을 통해 강우-유출 관계에 영향을 미치는 인자를 평가 할 수 있었으며 이를 통해서 기준이 되는 수문조사의 정확도와 신뢰도 향상에 기여 할 수 있을 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 박진혁, 강부식, 이근상(2008). 레이더강우를 이용한 GIS기반의 분포형모형 적용성 분석, 한국지형공간학회지, 제16권 제1호, pp. 23-32.
2. 박진혁, 허영택(2008). 초기토양조건에 대한 분포형모형 유출민감도분석, 대한토목학회논문집, 제28권 제 4B호, pp.375-381.