

## 금강 상류 중·소규모 유역의 홍수 위험 평가

고아라\*, 김성덕\*\*, 박상덕\*\*\*, 이효상\*\*\*\*

중·소규모 유역의 홍수 위험도 평가는 관측 홍수량 자료의 부족으로 여전히 어려운 문제로 남아있다. 본 연구에서는 금강 대청댐상류 및 미호천의 16개 중·소규모 유역을 대상으로 2002-2011년 기간의 관측 첨두홍수량 자료와 유역의 유역특성인자와의 관계식을 제시하고 이를 바탕으로 홍수 위험 평가 방안을 제시한다. 유역의 면적, 평균표고, 수계밀도, 형상계수, CN2007, SAAR, FARL을 상관관계분석 및 수문학적인 고려를 통하여 대표 유역특성인자로 선정하였다. 선형회귀 관계식 추정 시 자료의 활용성을 높이기 위하여 잭나이프 방법(Jackknife method)을 적용하였으며 모든 유역에서 가장 좋은 모형성능을 보이는 관계식을 선정하여 16개의 유역의 위험홍수량을 산정하였다. 이를 2002년-2011년의 관측홍수량과 비교한 결과 16개 중 5개의 유역이 5%이내의 오차율을 보였으며 그 중 3개의 유역은 2%이내의 오차율을 나타냈다. 또한 산계유역을 대상으로 선정된 관계식의 적용성을 평가한 결과 오차율이 0.5%로 관계식의 우수한 성능을 확인하였다. 대상 유역의 5개 유역에서 최근 설계홍수량을 초과하는 홍수를 경험하였으며, 본 연구에서 제시한 홍수 위험도 평가에서 이를 충분히 반영하고 있다. 본 연구는 향후 중·소규모 유역의 홍수 위험 평가 및 관리의 기초자료로서 활용할 수 있다.

**주제어:** 홍수위험평가, 유역특성인자, 지역화

### 1. 서론

최근 이상기후로 인하여 집중호우 및 태풍 등에 의한 자연재해의 빈도와 피해가 증대되고 있다. 최근 2002년, 2005 및 2011년 등에 발생한 극심한 강우-홍수 사상은 기존의 설계 홍수량(통계적인 100년 빈도의 확률강우량에 의한 홍수량)을 초과하는 등, 기존 빈도개념의 하천관리의 효용성에 대한 문제점을 제기하고 있다. 이러한 자연재해에 대한 위험도 평가는 시급히 요구되고 있으나, 관측 자료의 미비 등으로 인하여 일반적인 홍수량 산정 방법(통계적인 홍수빈도해석 등)의 적용에 한계점이 있다. 또한 국내 국토의 많은 부분이 수문 관측 자료를 신뢰할 수 없는 미계측 유역으로 분류되고 있으며,

\* 충북대학교 대학원 토목공학과. \*\* 중앙대학교 대학원 토목공학과.

\*\*\* 강릉원주대학교 공과대학 토목공학과 정교수

\*\*\*\* 충북대학교 공과대학 토목공학과 조교수

이를 해결하기 위하여 다양한 연구가 국내외에서 진행 중에 있다.

국내에서는 양동율 외(1981)는 국내 5개 국가하천의 유역특성과 확률홍수량의 상관관계분석을 실시하여 미계측 유역에서도 확률홍수량을 구할 수 있는 산정공식을 유도하였다. 유역특성으로 유역면적, 주하천길이, 형상계수, 평균경사와 주하천경사를 고려하였고, 확률홍수량은 Gumbel-Chow와 Weibull-plot에 의한 홍수빈도곡선에서 재현기간에 따라 선택하였다. 그 결과 Weibull-plot에서 구한 확률홍수량과 유역면적에 의한 상관관계분석에 따른 확률홍수량 공식이 가장 현실적이라고 판단하였다. 이길춘 등(1998)은 국내 자연 하천 유역을 대상으로 홍수빈도분석을 실시하여 홍수량의 크기와 빈도를 추정하고 유역특성인자와의 회귀분석을 통하여 홍수량 결정에 영향을 미치는 인자들의 상관성을 분석하였다. 그 결과 한강 수계 및 중부 지역에서 유역면적이 홍수유출에 가장 큰 영향을 미치고 있음을 확인하였고, 한강 수계에서는 유역 표고차, 유역 형상계수가 면적 다음으로 높은 상관성을 보였고, 중부지역의 경우 유역 형상계수, 유역 표고차 순으로 상관관계가 높음을 확인하였다. 정윤석(1999)은 도시하천 유역인 안양천 수계를 대상으로 확률홍수량과 지상학적 인자들 간의 회귀분석을 통하여 상관 모형식 및 상관도를 개발하였다. 유역특성인자들과 확률홍수량간의 상관분석을 한 결과 유역면적이 확률홍수량에 가장 큰 영향을 미치는 인자임을 확인하였고 유역경사, 유역형상계수 순으로 상관관계가 높음을 확인하였다. 박기범(2006)은 낙동강 유역의 하천정비기본계획이 수립된 125개의 유역을 대상으로 빈도별 홍수량과 설계홍수량의 지형학적 인자들의 상관관계를 해석하였으며, 각각에 대한 선형 회귀식을 유도하였다. 그 결과 낙동강 유역의 기 수립된 하천정비 기본계획의 빈도별 홍수량과 상관성이 높은 항목은 유역면적이며, 다음으로 유역 평균폭과 유로연장이 상관성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 이러한 연구들은 확률론적인 설계홍수량과의 상관관계를 도출한 경우가 일반적이며, 실관측 최대 홍수량과의 관계도출 등은 관측 자료의 미비 등으로 충분히 검토되지 않아 실무에 적용이 어려운 실정이다.

국외의 연구로는 Moss, *et. al.*(1974)이 지역하천 유량 자료로부터 얻는 정보를 유량관측점의 수 및 관측점에서 얻을 수 있는 기록치 길이에 관한 함수로 나타내는 NARI(Network Analysis for Regional Information)기법을 개발하였다. NARI는 수문정보의 지역화 기법으로서 지형학적 특성치에 대한 유량 특성치의 회귀관계에 의존하며, 회귀분석에서 사용된 관측점 수와 기록치 길이에 대한 회귀관계의 정밀도는 지역화회귀분석에서 본래부터 가지고 있는 시간적·공간적 오차 및 모형오차들과 관측점 사이의 기록 값들의 상관을 설명한다. Stedinger, *et. al.*(1985)은 유량자료를 유역특성 및 기후자료와 연관시키는 지역화 회귀모형을 개발하는데 있어서 보통 최소자승법, 가중 최소자승법 및 일반화 최소자승법의 모수산정능력을 비교하였다. 또한 유량통계량 추정치들의 표본산정과 상관관계뿐만 아니라 회귀 모형의 정밀도를 추정하기 위한 방법을 개발하였고, Monte Carlo 방법을 이용한 여러 가지 실험을 통하여 일반화평균평방오차 추정량이 기초회귀모형이 지니는 오차분석에 대한 합리적이고도 편의 되지 않은 추정량을 제공해 준다는 결론을 얻었다.

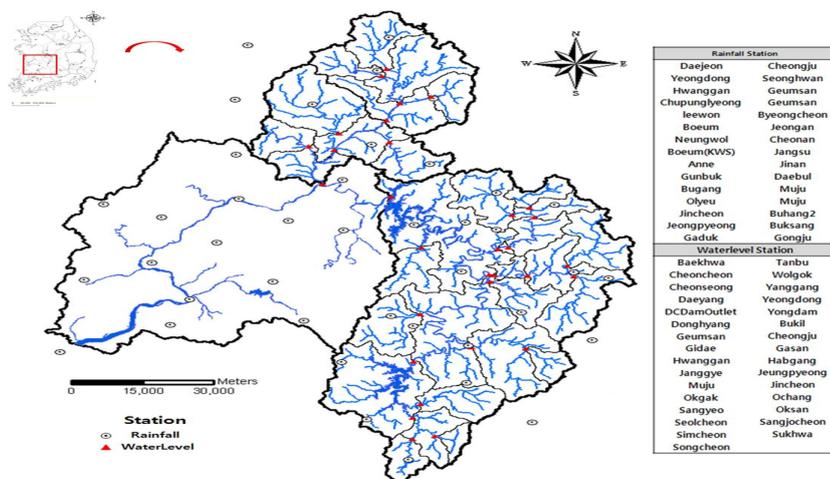
본 연구에서는 시간단위 이하의 첨두홍수량 자료를 보유한 금강 15개소 유역의 2002-2011년간의

최대 홍수사상을 분석하고, 이를 최대 홍수량과 유역 특성인자와의 경험적(Empirical)인 관계식을 도출한다. 이를 기존의 하천 관리 계획 홍수량과 비교하여 현재 하천의 홍수위험 대비 수준을 평가한다. 이를 통하여 미계측 유역의 기초적인 홍수 위험 평가를 위한 방법을 제시한다.

## II. 대상연구유역

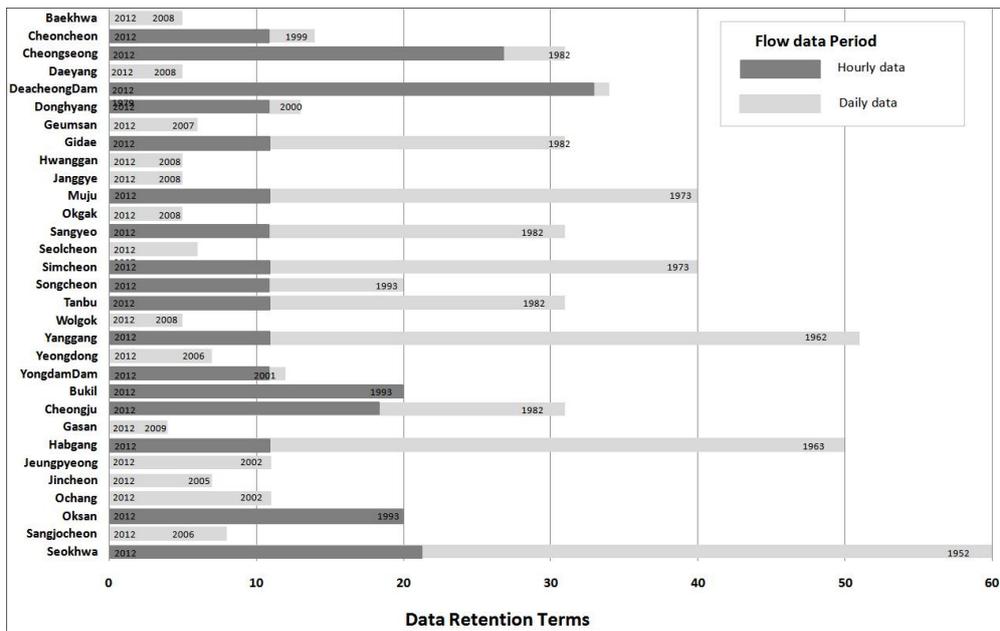
본 연구의 대상 유역인 금강은 한반도의 중서부에 위치하고 있으며, 북쪽으로 차령산맥과 남쪽으로 소백산맥을 경계로, 각각 한강유역과 낙동강유역과 접하고 있다. 금강의 대청댐 상류유역의 면적은 약 4,252.3km<sup>2</sup>이며 금강 유역면적의 43%를 차지한다. 대청댐 유역 상류부에는 용담댐이 위치하고 있고 유역면적은 약 929km<sup>2</sup>이며 대청댐 유역면적의 약 24%를 차지한다. 대청댐 유역은 사계절이 뚜렷한 온대 대륙성 기후로서 유역의 년 평균 기온은 11.5℃(대청댐 기준)이며, 년 평균 강우량은 약 1284.55mm로 6~9월에 강우가 집중하는 전형적인 한반도 중부권역의 기후 특성을 보여 주고 있다(국토해양부, 2002; 건설교통부, 한국수자원공사, 2006).

금강 유역의 수위관측소를 기준으로 총 31개의 소유역으로 분할되며, 대청댐 상류 유역은 21개, 미호천 유역은 10개의 소유역으로 이루어져 있다. 대청댐 상류 및 미호천의 유역도는 Fig. 1과 같다. 상류 및 지류 유역으로 대청댐 상류유역에는 월곡, 장계, 동향 등을 포함하여 17개 유역이 있으며 미호천 유역에는 가산, 진천 등 6개 유역이 있다. 금강 본류에 위치하는 수위관측소를 유출구로 하는 유역들은 대청댐 상류에 4개(천천, 용담, 양강, 대청댐), 미호천에는 4개(오창, 북일, 석화, 합강)가 있으며 이들 유역은 상류 및 지류 유역들을 모두 포함한다.



<Fig. 1> Study Catchments; Upper DaecheongDam and Miho stream

금강 대청댐 상류 유역 및 미호천의 31개의 유역의 유량관측의 일자료 및 시자료 현황은 Fig. 2와 같으며, 일자료는 최소 2009년부터 최대 1952년의 자료 분포를 보이고 시자료는 최소 2002년부터 최대 1981년의 자료 분포를 보인다. 30년 이상의 일자료를 보유하는 관측소는 6개소(대청댐, 무주, 심천, 양강교, 합강, 석화 관측소)이고, 20년 이상의 일자료를 보유하는 관측소는 위의 6개소를 포함 11개소(청성, 기대, 산계, 탄부, 청주 관측소 포함)이며, 10년 이상의 일자료를 보유하는 관측소는 총 19개소(천천, 동향, 송천, 용담댐, 북일, 옥산, 진천, 오창 관측소 포함)이다. 일자료에서는 일단위의 홍수량을 확인할 수 있으나, 하천의 홍수위험을 평가하기위한 필수 자료인 첨두홍수량을 확인할 수 없는 한계점이 있다. 따라서 시간 단위의 수위자료에서 산정한 홍수량을 바탕으로 유역의 최대홍수량을 산정한다. 시자료의 현황으로는 6개 유역(청성, 대청댐, 북일, 청주, 옥산, 석화)은 1년 이상의 자료를 보유하고 있으나, 대다수의 유역(11개소)은 2002년부터 시자료를 보유하고 있다. 따라서 자료의 동질성을 확보하기 위하여 2002년 이후의 자료를 우선적으로 검토한다.



<Fig. 2> Flow Data period in upper Geum River region

### III. 대표 유역특성인자 선정

유역은 수자원 관리에 있어 기본이 되는 중요한 공간적 단위로 그 특성은 유역의 수문학적 반응을 추정할 수 있는 기초자료로 활용될 뿐만 아니라 수자원 관련 제반 분석의 기본이 된다(국토해양부,

2009). 본 연구에서는 금강 상류의 17개 유역을 대상으로 유역특성인자를 지리정보시스템(ArcGIS)을 사용하여 산정하며, 이 특성인자들 간의 상관관계분석 및 수문학적 고려를 통하여 유역의 유출특성에 영향을 크게 미치는 대표 유역특성인자를 선정한다.

유역특성인자는 지형학적 특성인자와 토양학적 특성인자, 그리고 수문학적 특성인자로 구분된다. 지형학적 특성인자에는 WAMIS에서 제공하는 21개의 유역 특성인자가 있으며, 토양학적 특성인자에는 토양의 선행함수 조건을 고려하는 CN(Curve Number)와 시가화 비율 LCu(Urbanized area ratio in Land Cover Map)이 있고, 수문학적 특성인자는 저수지에 의한 홍수저감효과를 반영하는 FARL(Flood attenuation by Reservoir and Lakes index)과 표준기간 30년(1981-2010)동안의 평균 강우량을 지표화한 SAAR8110(Standard-period Average Annual Rainfall)이 있다(Flood Estimation Handbook, 1999).

산정된 유역특성인자들 간의 상관관계를 분석한 결과 높은 상관성(상관계수  $\pm 0.65$  이상)을 나타내는 그룹은 4개로, 이들 그룹의 대표 유역특성인자는 A(유역면적), ALTB(평균표고), Rf(형상인자), D(수계밀도)이다. 또한 유역의 수문학적인 고려를 통하여 중요한 유역 특성인자로서 SAAR8110, FARL, CN2007을 추가로 대표 유역특성인자로 선정하였다. 유역별 대표 유역특성인자 값은 <Table 1>과 같다(고아라, 2012).

<Table 1> Catchment characteristics in Upper Geum River region

	A [km <sup>2</sup> ]	ALTB	Rf	D	SAAR8110 [mm/hr]	FARL	CN2007
Tanbu	76.39	363.19	0.33	2.45	1090.01	0.926	54.19
Donghyang	164.58	646.6	0.35	1.68	1234.63	0.964	60.03
Cheongju	178.92	158.55	0.37	2.4	1191.71	0.983	71.66
Cheoncheon	285.99	555.01	0.3	3.27	1302.79	0.959	65.4
Oksan	342.38	152.76	0.33	3.05	1215.85	0.976	69.34
Gidae	373.21	284.21	0.22	3.09	1195.78	0.967	65.35
Muju	388.86	614.54	0.45	1.49	1186.76	0.991	58.99
Sangyeo	492.4	271.69	0.29	3.1	1207.55	0.956	65.6
Cheongseong	499.67	270.16	0.3	3.09	1209.98	0.953	65.64
Songcheon	608.48	385.1	0.24	2.17	1135.01	0.974	60.58
Simcheon	651.38	372.22	0.28	2.22	1138.56	0.976	60.96
Bukil	909.1	151.17	0.24	2.08	1221.9	0.924	67.42
YongdamDam	945.59	504.62	0.28	2.27	1301.6	0.782	59.91
Sukhwa	1599.95	142.89	0.21	2.29	1223.16	0.944	68.57
Habgang	1848.83	135.56	0.24	2.41	1225.07	0.952	69.07
Yanggang	2078.15	449.27	0.48	2.24	1246.39	0.887	61.33
DeachengDam	4179.51	362.83	0.53	2.51	1215.75	0.819	64.23

수계밀도는 하천수계의 조밀상태, 유역 내 지류의 많고 적음의 척도를 알려주는 지표로써, 유역의 지형 및 피복 상태에 따른 강수량의 관계를 추정할 수 있다. 대상 유역 중 수계밀도가 가장 높은 유역은 천천(3.27)이고, 산계(3.10), 보청천(3.09), 기대(3.09), 옥산(3.05)이 수계밀도가 3이상의 값을 갖는다. 수계밀도가 높다는 것은 유역의 단위면적당 평균하천길이가 길다는 것을 의미하므로 천천 및 산계 등의 유역에 호우가 내일 경우 유출응답이 빠르며 배수가 양호할 것으로 판단된다.

30년(1981-2010) 동안의 연평균 강우량을 나타내는 SAAR8110를 산정한 결과 대상 유역에서 가장 큰 SAAR8110값을 갖는 유역은 천천으로 1302.79mm값을 가지며 용담댐이 1301.60mm로 두 번째로 큰 값을 갖는다. 천천유역과 용담댐유역은 금강이 발원하는 소백산맥 북서쪽에 위치하고 있어 산악지형의 특성을 반영한다. 가장 작은 값을 갖는 유역은 탄부유역으로 1090.01mm를 나타내며 천천유역과 약 210mm의 차이를 갖는다.

유역별 저수지의 홍수저감효과를 나타내는 FARL를 산정한 결과 0.782(용담)에서 0.991(무주)의 분포를 나타낸다. 유역면적, 저수지의 위치, 저수지의 크기가 고려된 인자 FARL은 그 값이 작을수록 홍수저감 효과가 큰 것을 의미한다. 대상유역 중에서 저수지에 의한 홍수저감 효과가 큰 유역은 용담댐 유역으로 홍수저감지표가 0.782로 산정되었으며 대청댐상류 유역이 0.819, 양강유역이 0.887로 산정되었다. 용담댐유역 및 양강유역에는 다목적 댐인 용담댐이 위치하며 대청댐 상류유역은 용담댐 및 대청댐이 위치하고 있어 댐의 영향이 반영된 것으로 판단된다.

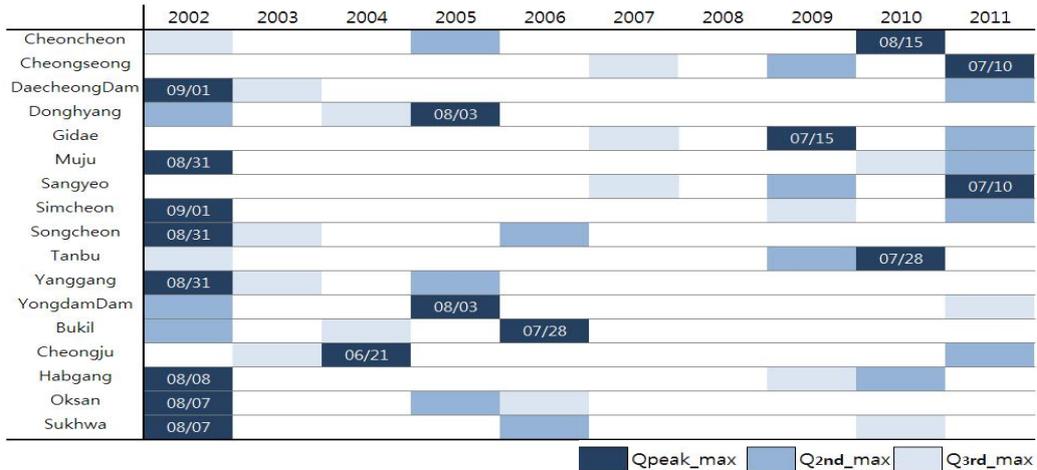
2007년도의 토지 피복도를 사용하여 산정한 유역의 평균 CN2007은 금강 대청댐 상류유역에서는 54.19-65.64, 미호천 유역에서는 67.42-71.66의 범위를 보였다. 금강대청댐 상류에서는 청성 유역(65.64)이 가장 큰 값을 나타냈으며, 탄부유역(54.19)이 작은 값을 나타냈다. 또한 미호천에서는 시가화비율이 14.7%로 도시화가 많이 진행되어 직접유출량이 상대적으로 많은 청주 유역(71.66)이 가장 큰 값을 나타내고 북일 유역(67.42)이 작은 값을 보인다.

#### IV. 유역 홍수 수문특성 분석

##### 1. 금강 상류 유역의 홍수 수문특성

최근 이상기후로 인하여 태풍 및 집중호우에 의하여 기존의 설계홍수량을 넘어서는 이상홍수가 발생하고 있다. 대상유역의 과거 30년 동안의 발생된 최대 홍수량을 10년 단위로 구분하여 확인한 결과 2002-2011년 기간에 관측된 최대홍수량이 과거 30년 동안 발생한 최대홍수량과 비슷하거나 더 큰 값을 나타내는 경향을 확인할 수 있다(고아라, 2012). 또한 소방방재청의 2010년 재난연감에서 제시한 바와 같이 과거 국내에 발생한 주요호우 및 태풍피해현황의 우선순위(1위-20위)를 살펴보면 2000년대

에 발생한 피해가 20위권 내에 8개 존재하며, 10위권 내에는 5개가 존재한다. 또한 1, 2, 3위가 2000년대에 발생한 태풍 및 집중호우에 의한 것이다. 이에 추후 설계홍수량 산정 시 최근자료를 우선적으로 분석하는 것이 중요하다고 판단되어 본 연구에서는 금강 상류의 유역별 최근 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량자료를 바탕으로 유역의 홍수 수문특성을 분석한다. 유역별 관측 최대홍수량 발생 현황은 다음 <Fig. 3>과 같으며, 2와 3순위의 년도도 함께 표시 하였다.



<Fig. 3> Occurrence years of Observed Maximum Floods

유역별 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량을 산정하여 분석한 결과 2002년도에 관측 최대홍수량이 발생한 유역이 8개로 가장 많았으며, 2005년과 2010년, 2011년도에 각각 2개의 유역에서 관측 최대홍수량이 발생하였다. 또한 2002-2011년 기간 동안 발생한 연도별 최대홍수량을 상위 3개를 확인한 결과 2002년도에 13개 유역(1순위 8, 2순위 3, 3순위 2개 유역)이 포함되었으며 2011년도에 8개 유역(1순위 2, 2순위 5, 3순위 1개 유역)이, 2009년도에 6개 유역(1순위 1, 2순위 3, 3순위 1개 유역)이 포함되었다.

2002년도의 관측 최대홍수량이 발생한 기간은 8월7일-8일, 8월31일-9월1일로 나뉘며 공간적으로도 대청댐(8월31일-9월1일)유역과 미호천(8월7일-8일)유역으로 구분된다. 이는 당시 기상상황의 공간적인 차이에 의한 것으로 판단된다. 2002년 8월7일-8일은 국내 태풍피해현황의 순위의 여섯 번째 해당하는 호우사상이 발생(2002.8.4-8.11)한 기간으로 당시 8일에 걸친 지속적인 호우에 의하여 23명의 인명피해와 9,181억 원의 재산피해가 발생했다. 또한 2002년의 8월 31일에서 9월 1일은 국내 과거 주요호우 및 태풍피해현황 중 가장 큰 재산피해를 입힌 태풍 ‘루사’가 한반도에 상륙한 기간으로 246명의 인명피해와 51,479억 원의 재산피해가 있었고 당시 1904년 한반도에서 기상관측이 시작된 이래 가장 많은 1일 강수량을 발생시킨 태풍(강릉 870.5mm)으로 기록되었다.

각 2개의 유역에서 관측 최대홍수량이 발생한 2005년과 2010년, 2011은 폭우와 국지적인 집중호우

에 의한 것이었다. 2005년에는 8월2일부터 11일까지 10일간에 걸쳐 동향유역과 용담댐유역이 위치한 전라북도 산간지역에 시간당 15-71mm의 국지적인 집중호우가 발생하였다. 2010년은 7월 28일 북태평양 고기압에 의하여 충청남북도에 국지적으로 시간당 최고 80mm의 집중호우가 발생하였고, 8월13-15일에는 이틀에 걸쳐 충남북, 전북지역에 누적강우량 약 300mm가 내렸다. 탄부유역은 충청북도의 보청천의 수계에 위치하고, 천천유역은 전북의 용담댐수계에 위치한다. 2011년 7월 9-10일 동안 충청남·북도와 전라북도에 많은 곳은 250mm이상의 집중호우가 내리, 충청북도의 보청천 수계에 위치하는 청성과 산계에서 관측 최대홍수량이 발생하였다.

## 2. 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량(Qobsmax0211)

2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량은 대상 유역 내 10년(2002.01-2011.09)의 시자료를 보유하는 17개 유역에 대하여 일 최고수위자료를 사용하여 산정하였으며, 유역의 자료현황에 따라 일 평균최고수위자료를 바탕으로 10년, 20년, 30년 빈도의 최대일평균홍수량(Qdmax)을 산정하였다. 대청댐 및 용담댐의 경우 시간단위의 댐 유입량 자료(수자원공사, 2008, 금강홍수통제소, 2011)를 사용하였다.

금강 대청댐 상류 및 미호천의 관측유량의 일자료의 현황은 30년 이상의 유량자료를 보유한 관측소는 6개소이고, 20년 이상 자료를 보유한 관측소는 위의 관측소를 포함하여 총 11개소이다. 이러한 자료의 개수(총 11개)는 도출된 관계식(회귀분석)으로부터 홍수 수문특성을 분석하기에는 통계적으로 충분하지 않다. 또한 최근 이상 기후로 인해 기존의 설계홍수량을 넘어서는 이상홍수가 빈번히 발생하고 있어 추후 설계홍수량 산정 시 최근자료를 우선적으로 분석하는 것이 중요하다.

## 3. 확률빈도 100년의 설계홍수량(Qpromax100)

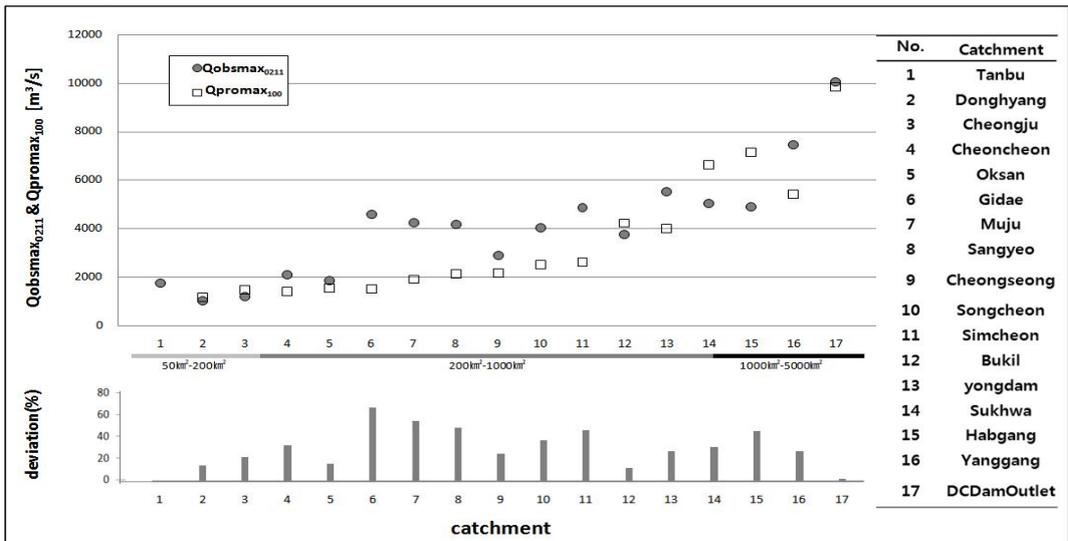
국내 하천기본정비계획에서 채택하고 있는 계획홍수량의 설계빈도는 하천의 중요도와 계획 규모에 따라 국가하천의 경우 100-200년 빈도이고, 주요 지방하천 및 일반적인 지방하천의 경우 50-100년이다(국토해양부 2006). 충청북도 지방소하천의 설계홍수량으로는 확률빈도 100년의 홍수량이 채택되고 있다.

본 연구에서는 미계측 지역 및 중·소규모 지방하천에 적용 가능한 설계홍수량 회귀모형을 개발하기 위하여 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량(Qobsmax0211)과 하천기본정비계획에 수립된 확률적 재현빈도 100년의 홍수량)의 자료와 비교·검토하였다. 또한 국내 수문자료의 현황을 고려하여 관측소의 일자료를 바탕으로 10년, 20년, 30년 동안의 관측 최대일평균홍수량(Qdmax0110, Qdmax9110, Qdmax8110)을 산정하였다. 유역별 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량 및 관측 최대일평균홍수량, 100년 빈도의 최대 설계홍수량은 다음 <Table 2>와 같다. <Table 2>에서 제시한 것과 같이 일단위

의 최대 홍수량 자료는 시간단위의 자료보다 월등히 낮은 수치를 제시하고 있어, 첨두홍수량 자료로서 활용이 불가하며, 본 연구에서 검토한 시간단위 이하의 자료가 홍수위험을 평가하기 위한 자료로서 적합함을 확인할 수 있다. 탄부유역은 하천기본정비계획에서 100년 빈도의 설계홍수량이 산정되지 않아 자료에서 제외하였다. 또한 <Fig. 4>는 유역별 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량과 100년 빈도의 설계홍수량을 도식화 한 것이다.

<Table 2> The Observed Maximum Flood and 100yr return period Design Flood

		Qobsmax0211		Qpromax100		Qdmax0110	Qdmax9110	Qdmax8110
		[m <sup>3</sup> /s]	[mm/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[mm/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
1	Tanbu	1743.39	7.99	-		139.57	139.57	
2	Donghyang	1023.8	22.39	1170	25.59	890.30		
3	Cheongju	1199.6	24.14	1463	29.44	390.67	390.67	
4	Cheoncheon	2088.89	26.29	1405	17.69	399.32		
5	Oksan	1857.74	19.50	1555	16.35	979.46		
6	Gidae	4580.8	20.57	1516	14.62	726.86	1155.97	
7	Muju	4254.56	39.39	1905	17.64	1243.81	1243.81	1243.81
8	Sangye	4162.27	18.08	2140	15.65	465.07	652.08	
9	Cheongseong	2877.5	20.73	2150	15.49	740.00	740.00	
10	Songcheon	4033.11	23.86	2520	14.91	4023.73		
11	Simcheon	4860.93	26.87	2600	14.37	1155.34	1705.31	1993.73
12	Bukil	3771.18	14.93	4225	16.73	1662.92		
13	YongdamDam	5519.2	21.01	4010	15.27	1979.80		
14	Sukhwa	5050.64	10.51	6640	14.94	1898.52	2519.36	2519.36
15	Habgang	4898.15	9.54	7155	13.93	1954.92	1954.92	1954.92
16	Yanggang	7445.89	12.90	5415	9.38	1297.68	1297.68	1297.68
17	DaechongDam	10056	8.66	9830	8.47	5321.20	5321.20	5321.20



<Fig. 4> The Resent Observed Maximum Flood in 10 years and 100yr return period Design Flood

유역별 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량과 하천기본정비계획에서 수립된 100년 빈도의 설계홍수량을 비교한 결과 대상유역 17개 중 11개 유역이 기 수립된 100년 빈도의 설계홍수량과 비슷하거나 이를 상회하는 홍수량을 나타내었다.

특히 무주 및 송천, 심천, 양강 유역은 1.5배 이상 100년 빈도의 설계홍수량을 초과하였다. 해당 유역의 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량 발생 년도를 분석한 결과 용담댐을 제외한 4개 유역은 2002년 태풍 '루사'의 영향에 의해 기록적인 강우량을 기록한 유역들이다. 김광수(2005)가 태풍 '루사'에 의해 24시간 강우량이 최고 870.50mm를 기록한 강릉을 대상으로 태풍 '루사'의 강우강도의 재현기간을 분석한 결과 지속시간 24시간에서 12,335년을 나타내는 극심한 강도의 강우사상임을 확인하였다. 이에 무주 및 송천, 심천, 양강 유역은 태풍 '루사'의 영향에 의하여 설계빈도 100년을 1.5배 이상 초과하는 최대홍수량이 발생한 것으로 판단된다.

또한 20년 이상의 일자료를 보유한 유역의 20년의 일평균최대홍수량을 10년의 홍수량과 비교하였을 때 Table 2의 회색 표시 부분과 같이 10개의 유역 중 7개의 유역이 10년의 홍수량과 동일한 값을 가지는 것으로 나타났으며, 30년의 일평균최대홍수량도 6개 유역 중 석화와 심천의 제외한 4개의 유역이 10년의 홍수량과 동일한 값을 갖는다. 이는 최근 기후변화로 인한 집중호우 및 태풍의 발생빈도 증가에 따른 홍수량증가의 경향성을 나타내는 것으로 판단된다.

## V. 대표 유역특성인자에 따른 최근 년도(2002-2011)의 첨두홍수량의 경험식 산정

최근 이상기후 및 기후변화 등에 따라 집중호우가 증대되고 있으며, 이에 따른 중·소규모 유역의 홍수위험이 증대 되고 있다. 이러한 중·소규모의 유역은 유량 관측 자료가 충분하지 않은 유역이거나 미계측 유역인 경우가 많아 일반적인 홍수빈도해석이나 모형의 검정 및 검증을 통한 홍수량 산정이 불가능하다. 이러한 지역의 홍수특성을 분석하기 위하여 앞서 산정한 대표 유역특성인자와 최근 이상기후의 영향이 반영된 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량의 선형회귀관계식을 도출하였다. 이를 통하여 유역의 특성인자를 바탕으로 발생 가능한 위험홍수량을 산정한다.

본 연구에서는 최근 2002-2011년 기간의 시간단위 관측 유량을 보유하는 금강 상류의 17개의 유역 중 관계식의 적용성 평가를 위한 산계유역을 제외한 16개 유역에 대하여 대표 유역특성인자와 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량 자료를 바탕으로 통계적인 선형회귀분석을 수행하여 관계식을 도출한다. 통계적인 선형회귀분석은 대표적인 상용프로그램인 IBM SPSS statistics 19(Statistical Package for the Social Sciences) 적용하였으며 종속변수에는 10년의 최대홍수량을 설명변수로는 대표 유역특성인자를 입력하였다. 변수선택 방법으로는 독립변수를 동시에 모두 투입하는 방식인 Enter 방법을 사용하였다. 이는 유역의 홍수 특성에 연관이 높은 유역 특성인자를 수문학적인 고려를 통하

여 선정된 대표 유역특성인자(면적, 평균표고, 수계밀도, 형상계수, CN2007, SAAR, FARL)를 모두 반영하기 위한 적용방법이다.

선형회귀 관계식 추정 시 자료의 활용성을 극대화하기 위하여 잭나이프 방법(Jackknife method)을 적용하였다. 잭나이프 방법은 주어진 표본의 관측 값을 가지고 통계량을  $n$ 번 반복 추정하되, 각각의 추정에서 관측 값을 하나씩 차례로 제외시킨  $(n-1)$ 개의 관측 값으로 그 통계량을 추정하여, 이들 합수로써 표본 통계량의 성질을 다시 추정하는 기법으로 매개변수추정이나, 계통수의 신뢰성 평가에 이용된다(김혜중 외, 1991). 이에 본 연구에서는 총 16개 유역의 자료 중 1개의 대상유역을 제외한 나머지 유역(15개소)의 자료를 바탕으로 회귀분석을 수행하고, 도출된 관계식을 모든 유역에 적용하여 관계식에 의한 홍수량을 산정하였다. 모든 유역에 대하여 가장 우수한 적용 성능을 보이는 선형회귀 관계식 선정을 위해 무차원 목적함수인 Nash Sutcliffe Efficiency(NSE\*, Nash and Sutcliffe, 1970)를 적용하여 관계식에 의해 산정된 홍수량 결과와 10년 관측 최대홍수량을 비교·검토하고 관계식의 성능을 평가하였다. 본 연구에서 사용된 목적함수 NSE\*는 다른 유역들의 결과를 비교 검토하는데 적합하며 편차의 제곱의 형태를 사용하는 무차원 목적함수로  $-\infty$ 에서 1까지의 최적값을 갖는다. 산정된 16개의 선형회귀 관계식 및 NSE\*의 적용결과는 다음 Table 3과 같다. 각 관계식의 NSE\*는 0.143-0.543의 분포를 보였으며 기대 유역을 제외하고 회귀분석을 한 관계식이 모든 유역에 가장 우수한 적용성능(NSE 0.143)을 나타내어 이를 금강 상류 중·소규모 유역의 홍수량 산정식으로 선정하였다. 선정된 관계식은 다음 식 (1)과 같으며 상관계수  $R$ 은 0.924이고, 결정계수  $R^2$ 는 0.854이다. 모형의 성능을 나타내는 결정계수는 0과 1사이의 값을 갖고, 완전히 일치할 경우 1, 전혀 일치하지 않을 경우는 0을 갖는다. 이를 백분율로 바꾸어 주면 현재 회귀모형이 전체 관측 값을 몇 % 설명하고 있는가를 알 수 있다(김현철, 2009). 본 연구에서 선정된 관계식은 추정 값이 관측 값과 85%로 일치하고 있음을 나타낸다.

<Table 3> Results of regression analysis applied Jackknife method

	A	CN2007	SAAR8110	FARL	ALTB	D	Rf	constant	NSE*
Cheoncheon	2.09	-108.27	11.33	3301.68	-1.38	-609.96	-2735.15	-5478.52	0.144
Cheongseong	2.09	-99.12	10.03	2260.44	-1.41	-776.50	-2516.51	-3202.37	0.143
DaecheongDam	3.06	387.42	-27.77	-20052.27	11.84	147.56	18.84	24416.67	0.543
Donghyang	1.99	-51.48	10.54	3484.74	1.25	-1250.73	-2050.46	-7550.76	0.189
Gidae	2.07	-123.22	12.50	3415.03	-2.32	-838.29	-3598.47	-5009.61	0.143
Muju	2.06	-113.26	9.16	-1512.90	-2.98	-178.50	-2267.17	1206.33	0.177
Simcheon	2.02	-96.78	11.14	-4658.18	-2.80	-22.84	-745.24	-209.95	0.231
Songcheon	1.98	-199.80	21.07	1804.55	-6.42	-289.23	-5562.28	-8670.80	0.215
Tanbu	1.80	-412.21	5.79	-3386.48	-7.96	384.06	-2331.93	27150.38	0.402
Yanggang	1.86	102.57	-8.44	-12753.04	2.51	168.80	2714.91	15452.24	0.230
YongdamDam	3.05	-195.07	9.80	27859.15	-3.46	64.39	-3236.59	-23241.53	0.400
Bukil	2.07	-111.24	8.93	-1146.26	-2.74	-103.00	-2586.09	787.47	0.178
Cheongju	1.65	108.06	-5.6	-9748.23	-4.4	-505.95	-4447.80	7396.55	0.199
Habgang	2.18	-169.78	13.55	2283.88	-4.60	-252.19	-2484.53	-3296.93	0.179

Oksan	2.04	-116.37	9.70	-1192.73	-3.25	-122.91	-2448.63	504.83	0.181
Sukhwa	2.09	-116.08	9.14	-1327.34	-3.02	-167.55	-1810.95	1125.30	0.179

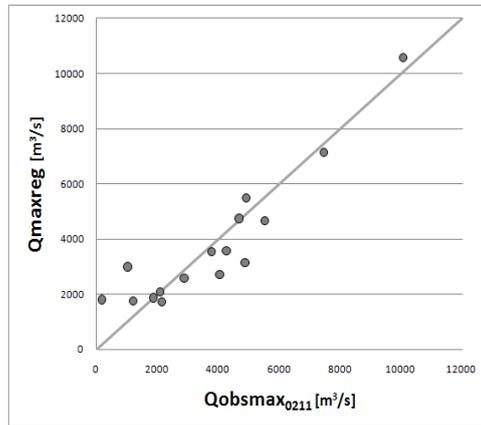
$$Q = 2.07A - 123.22CN_{2007} + 12.50SAAR_{8110} + 3415.03FARL - 2.32ALTB - 38.29D - 598.47Rf - 5009.61 \quad R^2=0.854 \quad (1)$$

Table 4. Results of Qmaxreg estimated by the chosen regression equation

	A [km <sup>2</sup> ]	Qobsmax0211 [m <sup>3</sup> /s]	Qmaxreg [m <sup>3</sup> /s]	Measuring efficiency
Tanbu	76.39	169.49	1813.53	9.70
Donghyang	164.58	1023.80	2996.95	1.93
Cheongju	178.92	1199.60	1751.28	0.46
Cheoncheon	285.99	2088.89	2099.36	0.01
Oksan	342.38	1857.74	1877.90	0.01
Gidae	373.21	2131.97	1732.72	-0.19
Muju	388.86	4254.56	3567.60	-0.16
Cheongseong	499.67	2877.50	2577.60	-0.10
Songcheon	608.48	4033.11	2714.85	-0.33
Simcheon	651.38	4860.93	3143.16	-0.35
Bukil	909.10	3771.18	3531.95	-0.06
YongdamDam	945.59	5519.20	4667.37	-0.15
Sukhwa	1599.95	4669.20	4744.33	0.02
Habgang	1848.83	4898.15	5494.34	0.12
Yanggang	2078.15	7445.89	7135.44	-0.04
DeacheongDam	4179.51	10056.00	10586.25	0.05

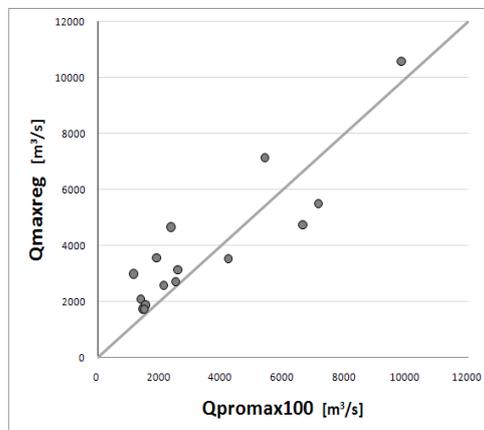
<Table 4>는 위에서 선정된 관계식을 적용하여 산정된 위험홍수량(Qmaxreg)과 10년 관측 최대홍수량을 비교한 표이다. 소규모 유역(유역면적 200km<sup>2</sup> 이하)의 경우 3개의 유역이 오차율이 최소 46%(천천)에서 최대 970%(탄부)까지 크게 과다산정이 되며 유역면적이 작을수록 큰 오차가 발생하였다. 특히 탄부유역에서는 오차율이 매우 크게 발생하였는데 이는 본 연구에서 소규모(유역면적이 200km<sup>2</sup> 이하)유역의 적용수개수의 한계에 의한 것으로 판단된다. 중·소규모 유역(유역면적 200km<sup>2</sup>-1000km<sup>2</sup>)의 경우 오차율은 1-35% 범위를 보이며 대부분 위험홍수량이 과소하게 산정되었다. 9개 유역 중에서 4개 유역은 오차율 10% 이내로 우수한 모의성능을 보이거나 송천과 심천유역의 경우 각각33%와 35%의 오차율을 나타냈다. 이 두 유역은 10년 관측 최대홍수량이 100년 빈도 설계홍수량보다 140%와 147%로 크게 발생한 유역으로 다른 유역에 비해 비교적 큰 차이를 보였다. 이는 선정된 관계식이 비교적 큰 이상홍수량을 보이는 유역에서는 한계점을 가짐을 나타낸다. 대규모 유역(유역면적 1000km<sup>2</sup>-5000km<sup>2</sup>)에서는 양강 유역을 제외하고 3개의 유역에서 관계식에 의한 위험홍수량이 관측 최대홍수량 보다 과다하게 산정 되었다. 대규모 유역의 오차율은 10%내외(2-12%)이며 4개 유역 중 3개의 유역에서는 5%이하의 오차율을 보여 우수한 성능을 나타낸다.

전체 대상유역 16개 중 9개 유역은 오차율이 15%이하로 우수한 성능을 보여 주고 있으며 그중 5개 유역은 5%이하의 오차율을 보여 관계식의 적용성이 우수함을 확인 하였다. 특히 천천, 옥산, 석화 유역의 경우 오차율이 2%이내로 매우 우수한 성능을 나타내고 있다.



<Fig. 5> Comparison with  $Q_{maxreg}$  and  $Q_{obsmax0211}$

<Fig. 5>는 본 연구에서 도출한 관계식을 통한 위험홍수량( $Q_{maxreg}$ )과 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량( $Q_{obsmax2011}$ )을 도시한 것으로, x축은 10년간의 관측 최대홍수량, y축은 위험홍수량을 나타낸다. 점이 45도 선상에 위치한다면 두 값이 일치하며, 하단에 위치하면 위험홍수량이 과소하게 산정됨을 나타낸다. 45도 선상에는 관계식의 우수한 성능을 나타내는 천천과 옥산, 석화유역의 3개의 점이 위치하고 있고 8개 유역이 45도 선상에 가까이 위치하고 있어 전반적으로 관계식의 우수한 성능을 보여준다.



<Fig. 6> Comparison with the  $Q_{maxreg}$  and  $Q_{promax100}$

<Fig. 6>은 위험홍수량( $Q_{maxreg}$ )과 하천기본정비계획에 있는 100년 빈도의 설계홍수량( $Q_{promax}$  100)을 도시한 것으로, x축은 100빈도 설계홍수량, y축은 위험홍수량을 나타낸다. <Fig. 5>와 달리 위험홍수량이 100년 빈도의 설계홍수량보다 과다하게 산정되는 유역이 12개로 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량에 비해 6개 유역이 더 많다.

본 연구에서 선정된 관계식의 금강 유역의 적용성을 평가하기 위하여 관계식 도출에 포함되지 않은 산계 유역을 적용성 평가 유역으로 선정 하였다. 산계 유역은 유역 면적이  $492.4\text{km}^2$ 로 대상유역에서 중 규모 유역에 해당하며 금강수계의 보청천유역에 위치한다. 산계유역의 관계식을 적용하여 산정 된 홍수량은  $2485.27\text{m}^3/\text{s}$ 로 관측된 홍수량의  $2473.10\text{m}^3/\text{s}$ 와 0.5%의 오차를 나타내고 있어 선정된 관계식의 우수한 성능을 보여준다. 본 연구를 통하여 대표 유역특성인자를 바탕으로 한 홍수량 산정의 가능성을 확인 하였으며, 이를 통하여 미계측 유역의 홍수위험 평가를 수행할 수 있다.

## VI. 결론

본 논문에서는 중·소규모 미계측 유역의 신뢰성 있는 설계홍수량 산정을 위하여 금강 대청댐상류 및 미호천의 16개 유역을 대상으로 유역의 수문학적 특성을 반영하는 대표 유역특성인자와 최근 2002-2011년 기간의 최대홍수량과의 관계식을 제시하여, 홍수 위험도 평가를 산계유역에서 적용하여 그 효용성을 확인 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 총 16개의 대상유역 중 10개 유역에서 최근 2002-2011년 기간의 관측 최대홍수량이 하천정비기본계획의 설계홍수량(100년 빈도)을 상회하였다. 2002년에는 태풍 루사 및 집중호우 등의 영향으로 설계홍수량보다 약 50%이상 큰 홍수량이 관측된 무주 및 심천, 송천, 양강 유역을 포함하여 6개(옥산, 대청댐)유역에서 설계홍수량보다 큰 홍수량이 관측되었으며, 2011년에 2개(청성, 산계) 유역, 2005년에 1개(용담)유역, 2009년에 1개(기대) 유역에서 설계홍수량보다 큰 홍수량이 관측되어, 현재의 하천 홍수 위험관리의 재평가가 필요하다.

2) 본 연구에서 제안한 경험적인 홍수위험평가는 소규모 유역(유역 면적  $200\text{km}^2$  이하)에서 3개의 유역이 과다하게(46-970%의 오차) 산정이 되며, 특히 유역면적  $100\text{km}^2$  이하의 유역(탄부)에 대해서는 매우 큰 오차율을 보여 유역면적이 매우 작은 유역에 대해서 한계점을 보였다. 그러나 대규모 유역(유역 면적  $1000\text{km}^2 - 5000\text{km}^2$ 이하)의 경우 2 - 12%의 오차를 보이며 우수한 성능을 나타낸다. 중·소규모 유역(유역면적  $200\text{km}^2 - 1000\text{km}^2$ )의 경우 9개 유역 중 4개 유역은 10%이내로 우수한 성능을 보여 주고 있으나 이상홍수량이 크게 관측된 송천과 심천유역에서는 33%와 35%의 오차율을 보였다. 16개의 대상 유역 중 5개 유역은 5%이내의 오차율을 보여 관계식의 우수한 적용성을 확인하였으며 특히 천천, 옥산, 석화 유역의 경우 오차율이 2% 이내로 매우 우수한 성능을 보인다.

3) 산정된 관계식의 금강 유역의 적용성을 평가하기 위하여 금강 상류의 중·소규모 유역으로 관계식 도출에 적용되지 않은 유역 면적이 492.4km<sup>2</sup>, 강우량이 1207.55mm/yr인 산계 유역을 적용성 평가 유역으로 선정 하였다. 관계식을 적용하여 산정된 의 위험홍수량은 2485.27m<sup>3</sup>/s로 관측된 최대홍수량 2473.10m<sup>3</sup>/s와 0.5%의 오차를 나타내고 있어 관계식의 적용가능성을 확인하였다. 본 논문을 통하여 대표 유역특성인자를 바탕으로 한 홍수위험의 평가가 가능함을 확인 하였다.

본 논문은 최근의 홍수 특성을 반영한 금강 상류의 중·소규모 유역의 홍수위험관리 평가를 위한 경험적인 방법을 제시하였으며, 이는 하천 홍수위기 관리 평가를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 건설교통부, 수자원공사. 2006. 금강유역조사: III 수리·수문조사보고서.
- 국토해양부. 2002. 금강 하천기본정비계획 보고서.
- 국토해양부. 2006. 금강 하천기본정비계획 보고서.
- 국토해양부. 2009. 금강 하천기본정비계획 보고서.
- 고아라. 2012. 금강 상류 중소 규모 유역을 대상으로 한 대표 유역특성인자와 홍수지표의 관계식 도출. 충북대학교 석사학위논문.
- 김광수. 2005. 2002년 태풍 루사로 인한 영동지역의 강우량 및 유출분석에 관한연구. 서울시립대학교 석사학위논문.
- 김현철. 2009. SPSS에 의한 회귀분석의 실제. 경문사.
- 박기범. 2006. 유역특성인자를 이용한 설계홍수량 추정에 관한연구. 한국환경학회지. 15(9): 887-895.
- 소방방재청. 2010. 2010년 재난연감.
- 양동윤, 고재웅. 1981. 유역특성으로부터 확률홍수량의 유도에 관한 연구. 한국수문학회지. 14(3): 37-46.
- 이길춘, 노재식. 1998. 하천유역의 설계홍수량 추정 모형 개발. 단국대학교논문집. 33: 163-167.
- 정윤석. 1999. 안양천 유역 확률홍수량과 지상학적인자간의 상관해석. 단국대학교 석사학위논문
- 한국수자원공사. 2008. 댐운영 실무편람
- Institute of Hydrology. 1999. *Flood Estimation Handbook*. 3-5 Volumes and Associated Software. Institute of Hydrology.
- Moss, M. E. and M. R. Karlinger. 1974. Surface Water Network Design by Regression Analysis Simulation. *Water Resources Research*. 10: 427-433.
- Nash, J. and J. Sutcliffe. 1970. River Flow Forecasting through Conceptual Models: Part I - A Dis

cussion of Principles. *Journal of Hydrology*. 10: 282-290.

Scarrott R., D. Reed, and A. Bayliss. 1999. Indexing the Attenuation Effect Attributable to Reservoirs and Lakes. *Flood Estimation Handbook*. Volume 4-5. Institute of Hydrology. Wallingford.

Stedinger, J. R. and G. D. Tasker. 1985. Regional Hydrologic Analysis: 1. Ordinary, Weighted, and Generalized Least Squares Compared. *Water Resources Research*. 21(9): 1421-1432.

Geum River Flood Control Office. [www.geumriver.go.kr](http://www.geumriver.go.kr).

Korea Meteorological Administration Agency. [www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr).

Water Management Information System. [www.wamis.go.kr](http://www.wamis.go.kr).

---

**高아라:** 충북대학교에서 공학석사(수문학 전공) 학위를 취득하고 현재 충북대학교에서 연구원으로 재직 중이다. 최근 저서로는 “금강 상류 유역의 저수지 홍수저감지수 산정”, “개념적 강우유출모형의 적용성 평가- 충청북도 보청천 유역” 등이 있으며 관심분야는 유역수문, 홍수유출, 지역화 등이다(one4158@naver.com).

**金成德:** 중앙대학교에서 공학박사(하천 및 해안공학 전공) 학위를 취득하고 현재 충북대학교 토목공학부 대학원에서 시간강사로 재직 중이다. 최근 저서로는 “비탈면 경사변화에 따른 토석류 거동의 수치모의”, “Simulation of Seawater Intrusion Range in Coastal Aquifer using the FEMWATER Model for disaster information”, “Characteristics of Parameters for Local Scour around Submarine Pipelines in Waves” 등이 있으며 관심분야는 하천 및 해안, 방재 등이다(soungdoug@hanmail.net).

**朴相德:** 연세대학교에서 공학박사(수문학 전공) 학위를 취득하고 현재 강릉원주대학교에서 교수로 재직 중이다. 최근 저서로는 “Statistical Soil Erosion Model for Burnt Mountain Areas in Korea-RUSLE Approach”, “만곡하천의 자갈하상재료 분포에 따른 한계수류력 평가”, “산불사면에 대한 토양침식모형의 적용 평가 - RUSLE, WEPP, SEMMA” 등이 있으며 관심분야는 하천공학, 수자원공학, 생태수리학 등이다(sdpark@gwnu.ac.kr).

**李曉相:** Imperial College London에서 공학박사(수문학 전공) 학위를 취득하고 현재 충북대학교에서 조교수로 재직 중이다. 최근저서로는 “미호천 유역의 지역화 연구를 위한 개념적 강우유출모형의 평가”, “금강 상류 유역의 저수지 홍수저감지수 산정”, “Stream flow Prediction with Uncertainty Analysis, Weida Catchment, Germany”, “강우자료의 불확실성을 고려한 강우 유출 모형의 적용” 등이 있으며 관심분야는 수자원공학, 하천방재 등이다(hyosanglee@chungbuk.ac.kr).

투 고 일: 2013년 01월 23일

수 정 일: 2013년 02월 22일

게재확정일: 2013년 02월 25일

## Empirical Flood Risk Assessment in Mid-Small Catchments, Upper Geum River

Ara Ko, Sung Duk Kim, Sang Deuk Park, Hyo Sang Lee

The estimation of flood frequency in small and mid sized catchments has been remained as difficult problems due to lack of observed data. This study aims to develop the appropriate relationships between observed maximum peak Flood(Qobsmax0211) in the period of 2002–2011 and the Catchment Characteristics(CCs) for predicting stream flood at mid/small sized ungauged catchments. This study presents the relationships between 7 representative CCs(A, ALTBAR, Rf, D, SAAR8110, FARL, and CN2007) and the 16 Qobsmax0211, upper Geum River region. The linear regression model with Jackknife approach is employed using the SPSS program. The results indicate the best relationship(regression model) showing acceptable performances; 5 catchments have the  $-2\% \sim 5\%$  of the flood estimation error and 3 catchments have less than 2% error rate. The validation of the derived relationship (Qobsmax0211–CCs) at the Sangyeo catchment shows an acceptable performance of 0.5% error rate in flood prediction.

**key words:** flood risk assessment, catchment characteristics, regionalization