

# 돌발홍수 모니터링 및 예측(F2MAP)모형을 이용한 태풍 루사에 의한 양양남대천 유역의 돌발홍수 모니터링

김병식\* / 홍준범\*\* / 최규현\*\*\* / 윤석영\*\*\*\*

Kim, Byung Sik / Hong, Jun Bum / Choi, Kyu Hyun / Yoon, Seok Young

---

## Abstract

The typhoon Rusa passed through the Korean peninsula from the west-southern part to the east-northern part in the summer season of 2002. The flash flood due to the Rusa was occurred over the Korean peninsula and especially the damage was concentrated in Kangnung, Yangyang, Kosung, and Jeongsun areas of Kangwon-Do. Since the latter half of the 1990s the flash flood has become one of the frequently occurred natural disasters in Korea. Flash floods are a significant threat to lives and properties. The government has prepared against the flood disaster with the structural and nonstructural measures such as dams, levees, and flood forecasting systems. However, since the flood forecasting system requires the rainfall observations as the input data of a rainfall-runoff model, it is not a realistic system for the flash flood which is occurred in the small basins with the short travel time of flood flow. Therefore, the flash flood forecasting system should be constructed for providing the realistic alternative plan for the flash flood. To do so, firstly, Flash Flood Monitoring and Prediction (FFMP) Model must be developed suitable to Korea terrain.

In this paper, We develop the FFMP model which is based on GIS, Radar techniques and hydro-geomorphologic approaches. We call it the **F2MAP** model. F2MAP model has three main components (1) radar rainfall estimation module for the Quantitative Precipitation Forecasts (QPF), (2) GIS Module for the Digital terrain analysis, called TOPAZ(Topographic PArametiZation), (3) hydrological module for the estimation of threshold runoff and Flash Flood Guidance(FFG).

For the performance test of the model developed in this paper, F2MAP model applied to the Kangwon-Do, Korea, where had a severe damage by the Typhoon Rusa in August, 2002. The result shown that F2MAP model is suitable for the monitoring and the prediction of flash flood.

**Keyword:** flash flood, thphoon Rusa, Radar, F2MAP Model, GIS, Yangyan Namdaechen

---

## 1. 서론

지난 2002년 8월 말경 태풍 루사가 한반도를 통과하면서 전국에 걸쳐 강풍과 폭우로 많은 피해가 발생한 가운데 특히 영동지방에 기록적인 폭우가 쏟아져 피해가 집중되었다. 특히 강릉지역에 내린 1일 강수량은 870.5 mm로 기록되었다. 강릉지역의 연 평균 강수량 1401.9 mm의 62 %가 하루에 내렸다. 이는 지난 1981년 9월 2일 장흥에서 기록된 547.4 mm를 300 mm이상 초과한 것이다. 시간당 강수량도 최고 100.5 mm에 달해 지난 1987년 7월 16일 수립되었던 기록 60 mm를 크게 넘어섰다. 대관령지역에도 1일 강수량 712.5 mm를 기록하여 역대 1일 강수량 2위를 차지했다. 태풍 루사에 의한 홍수피해는 특히 강릉시, 양양군, 고성군, 정성군 지역의 피해가 가장 컸으며 피해액도 전국 집계액의 46%, 인명피해는 58%, 이재민은 82%를 차지하였다. 이처럼 강수의 특

---

\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원·공학박사 (E-mail : [hydrokbs@kict.re.kr](mailto:hydrokbs@kict.re.kr))

\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·공학석사 (E-mail : [hongjb@kict.re.kr](mailto:hongjb@kict.re.kr))

\*\*\* 정회원·건설교통부 한강홍수통제소 하천정보센터 토목연구사·공학박사 (E-mail : [khchoi@moct.go.kr](mailto:khchoi@moct.go.kr))

\*\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구위원·공학박사 (E-mail : [syyoon@kict.re.kr](mailto:syyoon@kict.re.kr))

징이 극단화되면서 과거와는 다른 국지적 집중호우 현상에 의한 돌발홍수가 빈번히 발생하고 있으며, 도시화 및 산업화로 동일 강우임에도 피해는 급격히 대형화 되는 추세이다.

돌발홍수는 소유역 규모의 좁은 지역이며, 급경사지역에서 짧은 지속시간과 집중적인 강우강도에 의해 발생하고 빠른 유속과 토사를 동반하기 때문에 빠른 수문반응으로 홍수를 대비할 수 있는 시간이 부족한 것이 특징이다. 특히, 인구밀도가 높은 우리나라의 경우 위험도가 매우 높다고 할 수 있다. 그러므로 기존의 대 유역 수위, 우량관측소 위주의 홍수방재 시스템으로는 그 한계가 있다고 할 수 있다. 이처럼 돌발홍수를 사전에 인지할 방법이 제한되어 있으므로, 정부에서는 정확한 강우현상을 파악하기 위하여 첨단 강우레이더 도입을 추진 중에 있다.

본 연구에서는 강우레이더와 연계할 수 있는 돌발홍수 모니터링 및 예측 모형(Flash Flood Monitoring and Prediction model, F2MAP)을 개발하였으며, 이를 이용하여 강원도 양양 남대천 유역에서의 돌발홍수기준도를 작성하였다. 또한, 태풍 루사에 의해 집중호우가 발생한 2002년 8월 30일 01시부터 9월 1일 24시 사이에 내린 강우특성을 분석하고 이때의 돌발홍수 상황을 모니터링 하였다.

## 2. 돌발홍수 모니터링 및 예측 모형의 해외개발 사례

돌발홍수는 전통적으로 누적 초과 강우(excessive precipitation accumulation)에 대한 분석과 예보에 집중되어 연구되어 왔다. 선진국의 경우, 1970년대부터 우량관측소의 우량을 개략 모형(lumped model)에 적용하여 유출량 산출에 대한 연구가 활발하게 진행되었으며, 현재에는 강우레이더의 도입으로 인하여 개략 모형(lumped model)과 분포형 모형(distributed model)을 이용한 유출량 산출에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

돌발홍수의 기본 개념은 미국의 국립기상청(NOAA's NWS)에서 '70년대 중반에 처음 도입되었으며 '90년대 초반 컴퓨터의 발달과 지형정보시스템(geographic Information System, GIS)이 보편화되면서 소유역 단위로 돌발홍수능 산정이 가능해졌다. Sweeney(1992)는 돌발홍수능의 표준적인 산정알고리즘을 제시하였으며, Carpenter와 Georgakakos(1993)는 돌발홍수능 산정하는데 있어 중요한 한계유출량 산정의 4가지 방법을 제시하였다. NOAA(2001)는 Arc View / Avenue를 이용하여 GIS 기반의 돌발홍수능 산정모형인 AV-TreshR를 개발하였다.

미국에서는 지역 단위의 효과적인 홍수예보를 위하여 통합홍수관측 및 경보시스템(Integrated Flood Observing and Warning System, IFLOWS)이 1978년에 국가적 돌발홍수개선계획(National Flash Flood Program Development Plan)의 일종으로 제안되었다. 1979년 7월 31일에 Larimer 군에서 발생한 돌발홍수의 후속조치로 돌발홍수 예측 프로그램(Flash Flood Prediction Program, F2P2)을 개발하였다. 이 프로그램은 도시 배수 & 홍수통제 지구(Urban Drainage & Flood Control District, UDFCD)의 지원하에 계속적으로 향상되고 있다. 미기상청(NWS) 산하 기상개발연구소(Meteorological Development Laboratory, MDL)에서는 지상관측망, GOES 위성, Doppler 레이더로부터의 기상 자료를 대용량 전산 시스템 및 인터넷 망을 통하여 수집·관리하는 선진기상연계처리시스템(Advanced Weather Interactive Processing System, AWIPS)의 한 부분으로 돌발홍수 모니터링 및 예측 (Flash Flood Monitoring and Prediction, FFMP) 모형을 제안하였다.

해외의 돌발홍수 모니터링 및 예측 (Flash Flood Monitoring and Prediction Model, FFMP) 모형을 조사하여 각 모형의 특성을 분석·검토 결과, 대부분의 모형들이 공통적으로 GIS 자료로부터 지형인자를 추출하기 위해 미국 ESRI사에서 개발한 GIS 소프트웨어인 Arc-View 또는 Arc-GIS의 Avenue를 이용하는 것으로 조사되었다. Avenue는 매크로 언어로써 사용자가 필요한 기능을 쉽게 수행할 수 있도록 변경하고 새로운 기능을 생성, 활용할 수 있는 능력은 가지고 있지만, 일반적인 사용자가 미리 Arc-View 소프트웨어에 대한 사용법을 인지해야 하며, 항상 Arc-View 소프트웨어를 하드웨어에 탑재해야 하는 번거로움과 많은 비용을 지불해야 하는 저작권 문제가 연계되어있다. 그러므로 국내의 홍수예보시스템과 같이 독립적 시스템이 필요한 경우, 자체적인 지형분석 모듈을 개발하여 돌발홍수모니터링 및 예측 모형에 탑재할 필요가 있다.

## 3. F2MAP(Flash Flood Monitoring and Prediction) 모형의 개발

본 연구에서는 국내유역에서 모형의 입력자료로써 활용 가능한 기상자료 및 수문자료 그리고, GIS 자료를 고려하여 국내유역에 적합한 돌발홍수 모니터링 및 예측(Flash Flood Monitoring and Prediction, F2MAP) 모형

을 개발하였다.

F2MAP 모형은 크게 TM 강우량 자료, 수치예보자료 그리고 레이더자료를 이용한 기상학적 모형, 지형인자를 추출하기 위한 GIS 분석 모형, 한계유출량 및 돌발홍수능을 평가하기 위한 수문학적 모형으로 구성하였다.

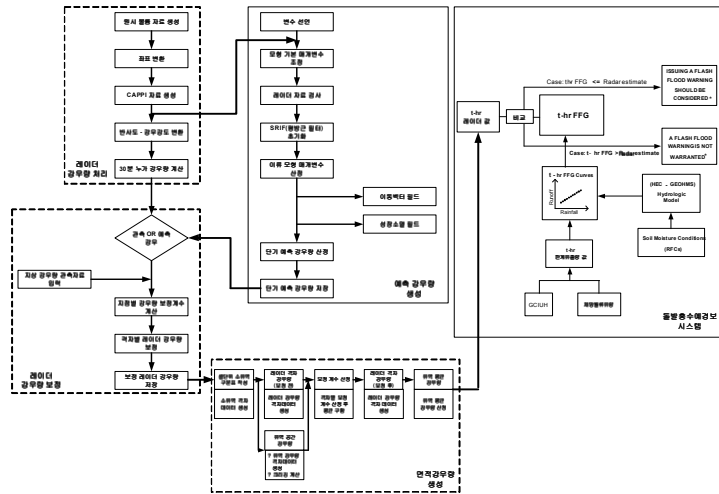


그림 1. F2MAP 모형의 흐름도

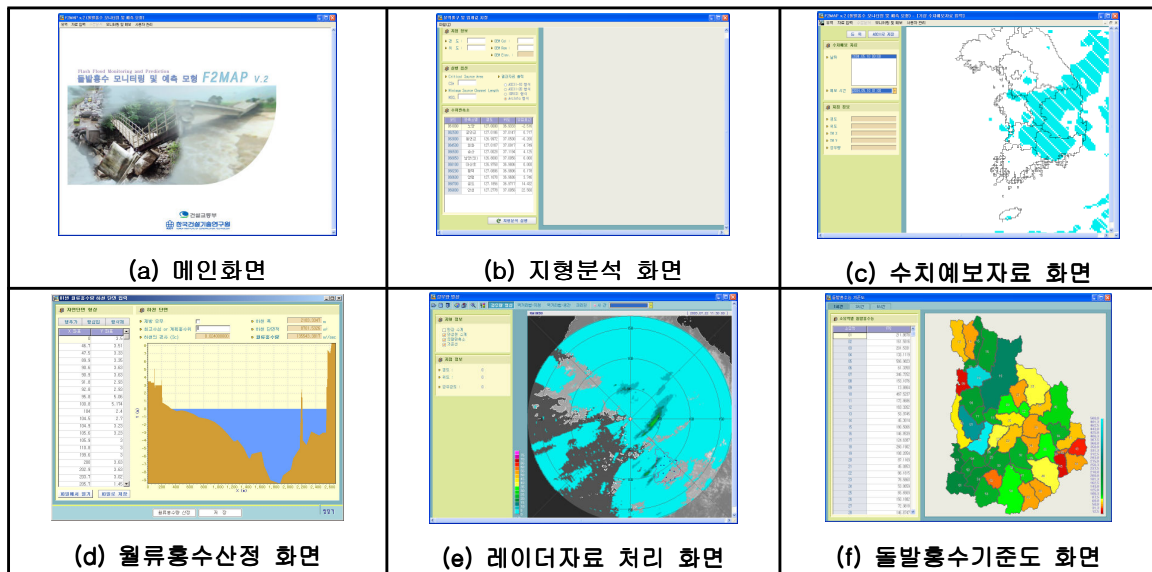


그림 2. F2MAP 모형의 화면

#### 4. F2MAP 모형에 의한 실제 유역에서의 돌발홍수 모니터링

본 연구에서는 태풍 루사에 의해 막대한 홍수피해를 입었던 강원도의 중앙위치에 자리잡고 있는 양양남대천을 대상으로 본 연구에서 개발한 F2MAP 모형을 이용하여 돌발홍수 모니터링을 실시하였다. 양양남대천은 동해로 유입되는 하천으로 유역형상은 평행형에 가깝다. 유역의 위치는 동경 128°24'10"~128°42'20", 북위 37°48'30"~38°07'10" 사이에 위치하며 북으로는 인제군 북면의 설악산맥과 양양군 강현면의 물유천 유역과 접하고 서로는 태백산맥을 분수령으로 소양강의 유역과, 남으로는 오대산맥을 분수령으로 이루어진 연곡천의 유역과 각각 접하고 있다.

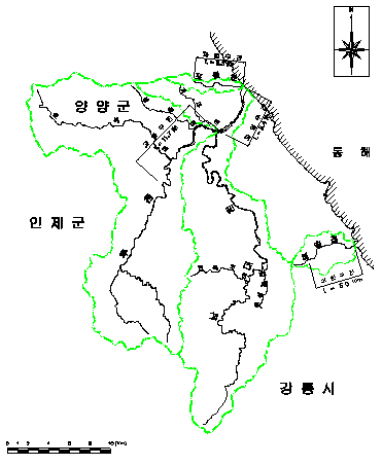


그림 3. 유역도  
(하천정비기본계획, 2002)

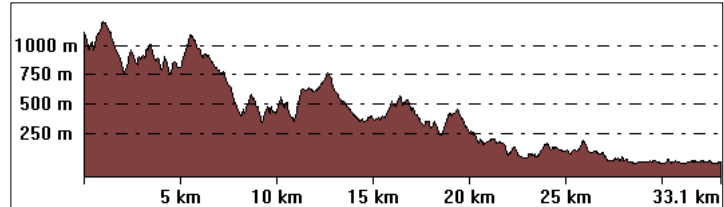


그림 4. 양양남대천의 횡단면도

(1) 강우 사상(2002.8.31.01:00-9.1.24:00)

양양, 속초, 고성, 지역에서는 태풍루사 호우로 인해 시간당 약 40mm 이상의 폭우가 6시간 이상 지속되었으며, 24시간만에 400-850 mm 라는 기록적인 호우가 발생하여 홍수피해의 직접적인 원인이 되었다고 판단할 수 있다. 또한 48시간 지속시간에서의 강우량이 24시간에서의 값과 큰 차이 없이 나타나고 있으므로 이번 호우는 약 24시간 가량 지속된 호우사상임을 알 수 있다.

(2) F2MAP의 적용

본 연구에서는 양양남대천 유역의 수치고도자료, 토지피복도, 하도단면자료, 강우량 자료를 F2MAP의 입력자료로 사용하여 태풍루사 기간 동안의 돌발홍수모니터링 분석을 실시하였으며, 그림 5는 F2MAP의 적용 결과를 각 단계별로 나타낸 것이다.

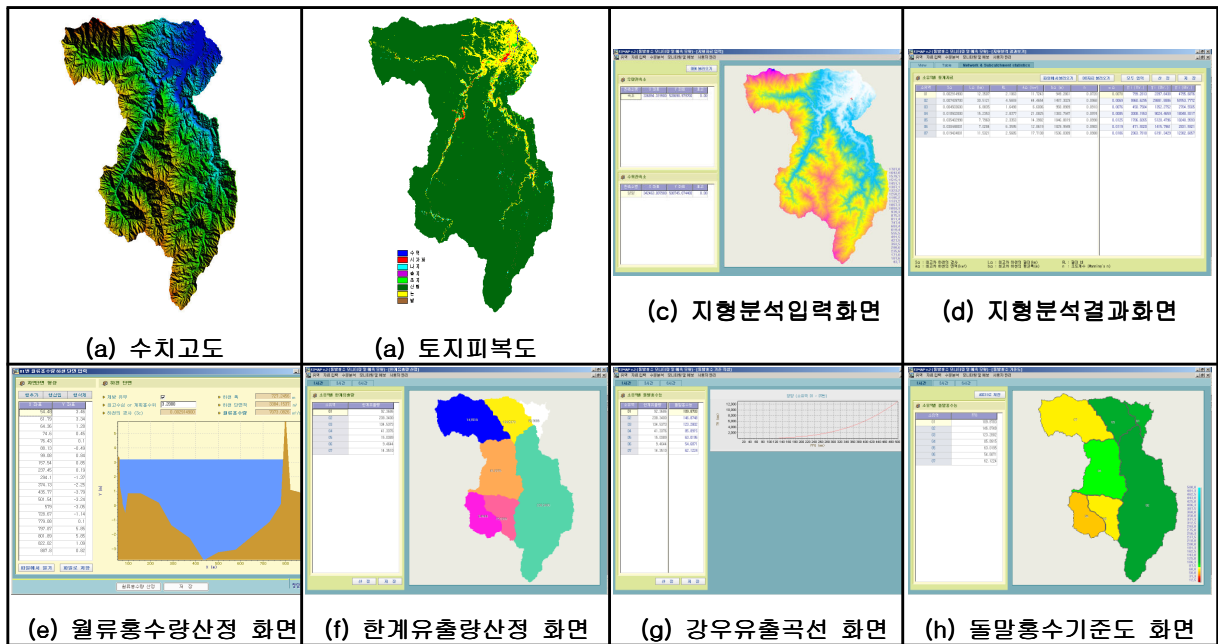


그림 5. F2MAP 분석 결과

그림 6은 양양 남대천 유역의 돌발홍수 모니터링 결과를 나타낸 것이다.

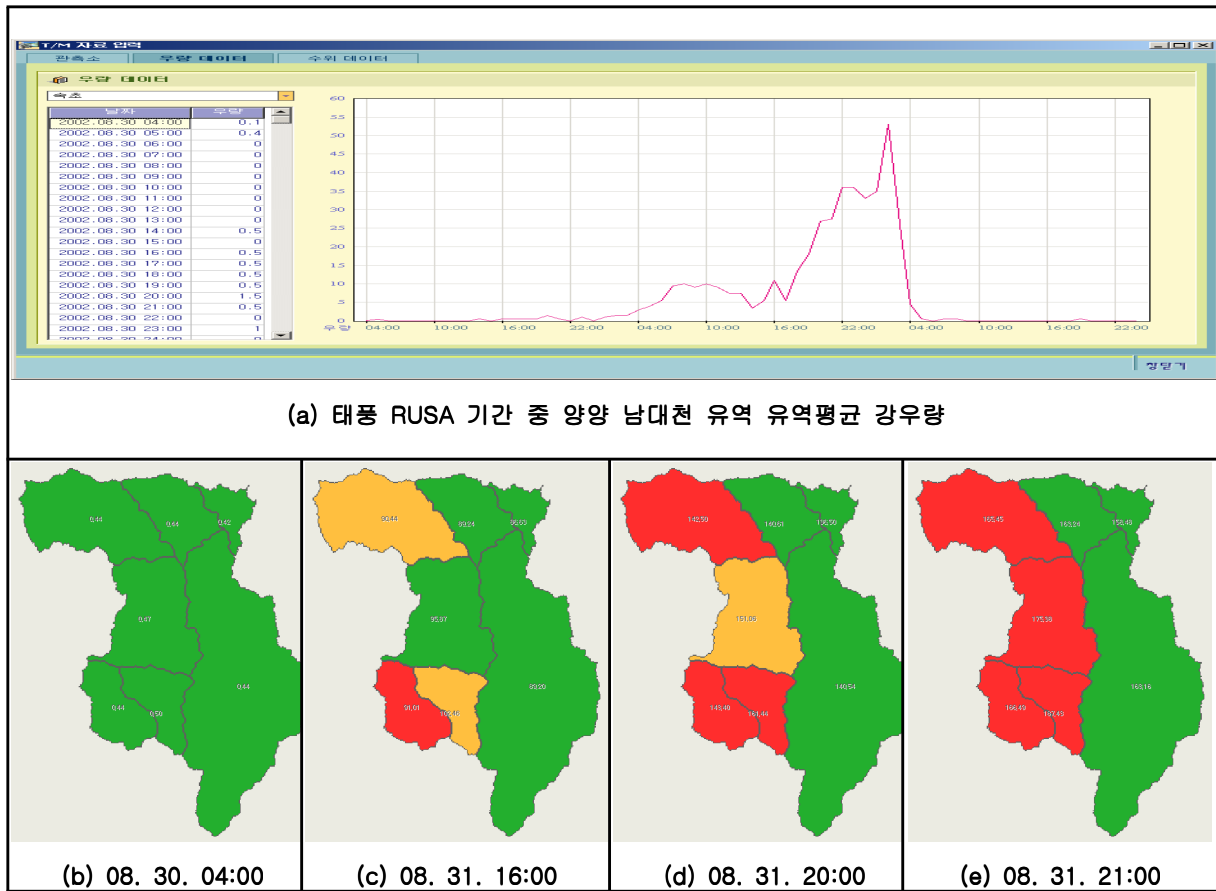


그림 6. 양양 남대천 유역의 돌발홍수 모니터링 결과

## 5. 결 론

본 연구에서는 강우레이더와 지형분석모형을 연계할 수 있는 돌발홍수모니터링 및 예측 모형을 개발하였으며 이를 이용하여 태풍루사에 의해 돌발홍수 피해가 발생했던 양양남대천 유역에 돌발홍수기준도(Flash Flood Guidance map)를 작성하였다. 또한, 태풍루사 기간의 강우자료를 입력하여 돌발홍수모니터링을 실시하였으며, 적용 결과, 태풍 루사로 인해 발생된 돌발홍수 피해지역을 확인 할 수 있었으며, 이를 통해 F2MAP 모형이 적용가능함을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 수자원국의 국책연구인“강우레이더에 의한 돌발홍수예보시스템 개발(2차년도)”의 연구비 지원에 의해 이루어 졌으며, 정부의 지원과 관심에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. Sweeney, T.L. (1992). "Modernized area flash flood guidance, NOAA Technical Report NWS HYDRO 44, Hydrologic Research laboratory, National Weather Service, NOAA.