

최 중  
연구보고서

# RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발

Development of Flood Disaster Evaluation and Prediction System for  
Anseong-cheon using Geographic Information System and  
Remote Sensing Techniques

연구기관  
건국대학교

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2007 년 5 월 일

주관연구기관명 : 건국대학교

총괄연구책임자 : 김 성 준

세부연구책임자 : 김 선 주

연구보조원 :

박 근 애      박 민 지

이 미 선      신 형 진

김 상 호      강 수 만

이 용 준      조 윤 환

박 종 윤      안 소 라

하 립      지 용 근

이 주 용      이 상 윤

강 승 목

협동연구기관명 : 인하대학교

협동연구책임자 : 김 계 현

세부연구책임자 : 김 의 찬

연구보조원 :

이 철 용      박 은 지

# 요 약 문

## I. 제목

### RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해 평가 및 예측 시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

RS, GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발 연구의 목적은 크게 기술적 측면, 경제·산업적 측면, 사회·문화적 측면의 3가지로 나눌 수 있다. 각 연구개발의 목적은 다음과 같다.

### 1. 기술적 측면

우리나라는 자연적인 지형조건 및 토지개발에 따른 인위적인 요인에 의하여 해마다 필연적인 크고 작은 홍수피해를 입고 있다. 1917년 이후 홍수로 인한 년도별 피해규모를 보면 2002년(재산피해 7.2조, 농경지 피해액: 4,400억), 1999년(재산피해 1.2조, 농경지 피해액 230억), 1998년(재산피해 4,603억, 농경지 피해액: 1,100억), 1995년, 1996년, 1990년, 1991년 순으로 나타나, 우리나라 최악의 물난리 10건 중에서 7건이 최근 15년 동안에 발생하였다.

홍수로 인한 산사태와 하천 범람에 의한 제내지의 농경지 및 농촌마을의 침수피해는 그 피해의 범위가 넓고 하천유로 변경에 의하여 복구가 불가능한 지역 그리고 복구를 하더라도 그 기간이 오래 걸리기 때문에, 산림과 농경지의 피해면적 분포와 관련 정보를 수집하여 관리 및 분석하므로서 차기 홍수에 효과적으로 대처할 필요가 있다.

과학기술의 발달과 함께 홍수 재해관리에도 많은 발전이 있어 왔다. 특히 인공위성을 이용한 기상관측과 통신기술을 기반으로 하여 이루어지는 호우 예보는 빠른 속도의 기술적 발달을 보이고 있다. 또한 홍수 전후의 자원탐사 위성영상을 이용하여 산사태 발생지역과 농경지

피해지역을 파악할 수 있게 되었다. 이와 더불어 홍수가 발생한 지역적 특성과 관련된 지형, 식생, 토양 등에 관한 폭 넓은 수치자료를 활용하면 재해지역의 원인분석도 가능할 것으로 판단된다. 이와 같이 위성영상을 이용하여 공간적인 피해지역을 파악하고 다양한 종류의 공간정보를 입력자료로 하는 GIS기반의 수문모형을 이용하여 홍수 전후의 유출변화를 분석하면, 산사태 복구 우선지역 결정, 유로변경에 의한 농경지 피해복구 불가능 지역 결정, 상습 침수지역의 등급결정 등 향후 홍수에 대비할 수 있는 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 경제·산업적 측면

산업화, 개발에 따른 농촌 경제활동과 농업활동은 그 동안 토지와 물의 이용이라는 측면에 중점을 두고 이루어져 왔다고 말할 수 있다. 그러나 이와 관련된 농촌지역의 산지 개간, 하천 주변의 농경지 확장, Levee 효과에 의한 농촌마을의 조성 등은 홍수에는 취약한 상태로 변화시키게 되었다. 특히 최근 들어서는 과거와는 달리 여름철의 강우량이 증가하고 있고, 강우일수는 감소하나 시간당 100 mm 이상의 강우강도를 가지는 국지성 호우와 태풍에 의한 전국적인 집중호우로 인하여, 농업 시설물의 붕괴, 농경지 침수지역의 확대, 농촌마을의 상습적인 침수 등 농업경제의 기반을 흔들고 있다. 또한 농촌지역은 도시와는 달리, 농촌마을의 산재적 분포, 하천변을 따라 넓게 위치해 있는 농경지 등의 특성으로 인하여, 도시의 홍수피해 복구능력과는 비교가 안 될 정도로 많은 복구시간과 노력이 요구된다.

이러한 관점에서 농촌지역도 과거의 홍수에 대응하는 체제와는 달리 홍수에 대비하는 체계적인 일련의 정보수집, 관리, 분석체계를 갖출 필요가 있다고 판단된다. 기존의 방법으로 광범위한 홍수피해지역의 관련 자료들을 수집하는 데에는 대개 현지조사와 도면을 이용한 개략적인 파악이 고작이다. 이는 자료의 수집과 관리측면에서 투입된 시간과 노동력에 비하여 향후 정보로서의 활용가치가 거의 없다고 해도 과언이 아니다. 따라서 원격탐사기술은 넓은 지역을 대상으로 비교적 최신의 자료를 반복적으로 제공받을 수 있으므로, 보다 적은 비용과 인력을 투입하여 홍수재해와 관련된 제반자료의 효율적인 수집 및 제작이 가능하고, GIS기술과 수문모형을 이용하면 공간자료의 가공 및 분석기능으로 요구되는 다양한 정보를 얻을 수 있으므로 경제적인 효과가 충분히 있다고 판단된다.

## 3. 사회·문화적 측면

지난 수십 년 동안 농촌유역에서는 벌채, 개간 등의 산림개발 그리고 농촌마을 조성, 농경지 확대 등의 토지이용변화와 관련된 꾸준한 인간 활동과 더불어 자연발생적인 토양침식에 의한 퇴적물들이 하천과 저수지로 이동·퇴적된 결과 현재 치수에 많은 문제를 가지고 있는 것이 사실이다.

또한 1960년대 이후 농촌지역은 식량증산정책의 일환으로 하천주변의 농경지가 확대되면서 하폭의 축소가 발생하였으며, 하천의 수자원을 개발하기 위하여 보를 설치하거나, 하천주변의 공간을 홍수로부터 안전하게 이용하기 위하여 제방을 쌓는 등 인간에 의한 하천의 간섭행위가 하천의 자기조절기능을 저하시켰다고 할 수 있다. 이와 더불어 하천의 상류지역에서 발생한 산사태와 산지 하천구역의 측방침식에 따른 과도한 토사유출이 하상을 상승시키면서 홍수시 제방월류와 제방붕괴 등에 의하여 농경지 침수 및 하천유로의 변경을 발생시키고 있다. 특히 장기간의 저수지 퇴사는 저수용량에 심각한 영향을 미치게 되는데, 전국적으로 산재해 있는 수많은 농업용 저수지는 당초 저수용량 대비 현재 저수용량의 감소로 인해 홍수 방어능력이 얼마나 떨어졌는지 그 누구도 정확하게 말할 수 없는 실정이다. 홍수가 한번 지나가면 그 피해에 대한 통계는 단순히 Text 정도의 정보로 남아있게 되고, 시간이 흐르면 기억속에서 잊어버리는 악순환을 거듭하고 있다.

따라서, 정보화의 힘을 빌어 농촌지역의 산림, 저수지, 하천, 농경지를 하나의 유기적인 조직체계로 관리하므로써, 홍수에 안전하게 대응할 수 있는 체제의 정비가 요구된다. 이를 위해서는 RS, GIS기반의 수문모형을 이용하여 홍수시 산림의 저류효과, 저수지의 저수용량에 따른 홍수방어 능력, 하천의 홍수배제 능력, 농경지의 저류 능력을 공간적으로 파악하므로써 최적의 유역관리 및 농지규모 관리가 필요하다고 판단된다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 RS, GIS 기술을 이용하여 홍수재해 진후에 안성천 지역의 농촌수자원 평가 및 예측기법을 개발하고 하천 수질을 평가하였다. 나아가 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템을 개발하여 홍수재해에 따른 피해를 최소화하는 것으로 연구의 세부내용은 다음과 같다.

## 1. RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기법 개발

연구 대상지역에 대한 원격탐사자료(Landsat, RADARSAT, KOMPSAT 등)와 GIS 자료(DEM, 하천망, 토양도, 행정경계 등)를 획득하고 인공위성영상과 GIS 기법을 이용하여 산사태 위험지도 작성 및 홍수범람 피해지역을 분석하였다. 또한 RS, GIS기반의 수문, 수리모형인 HEC-HMS 유역유출모형과 FLUMEN 홍수범람모형을 이용하여 홍수전후의 수문 변화를 분석하고 홍수피해를 최소화할 수 있는 방안을 연구하였다.

## 2. 홍수재해 전후의 하천 수질 평가기법 개발

경기도 안성시 고삼저수지 상류의 소유역을 대상으로 강우가 집중되는 3~5월, 7~9월에 홍수재해 전후의 유출량과 오염농도를 실측하여 분석하였으며, 강우 형태에 따른 오염물질의 배출특성을 알아보기 위해 유역관리모형인 BASINS/WinHSPF 모형을 적용하였다. 적용된 모형에 대상지구의 강우량, 강우강도, 강우지속시간 등의 확률강우를 산정하여 강우에 따른 홍수재해 전후의 오염물질 배출 특성을 파악하고 이에 따른 오염 물질 저감 방안에 대해 연구하였다.

## 3. 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발

GIS와 RS기반의 홍수피해 관련 해외 유사 시스템 구축사례를 분석하고, 시스템의 사용자 요구분석을 하였다. 요구사항 분석을 통하여 시스템 설계 및 데이터베이스를 설계하고 구축하였다. 또한, 홍수재해 평가를 위한 데이터베이스 검색과 사용자 편의를 위한 인터페이스를 구현하여 사용이 용이하도록 개발하였다. 이외에도 다양한 주제도 및 홍수 관련 정보를 검색할 수 있도록 하였으며, 모형과 연결을 통하여 수문변화 분석도 가능하도록 하였다.

# IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

## 1. RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기법 개발

고해상도 영상을 이용한 침수피해 분석을 위해 RADARSAT-1 영상을 선정하여 홍수재해에 대한 집중 분석을 실시하였다. Logistic회귀분석과 AHP기법의 산사태위험지도 작성기법을 복합한 New-Grade 산사태위험 지도를 작성하여 산사태의 분류정확도를 높일 수 있었다. 농경지 홍수범람모의를 위하여 HEC-HMS와 FLUMEN 모형의 적용성을 검토하였으며, 제방보축과 천변저류지에 의한 침수 저감효과를 모의하였다.

RS/GIS기법을 이용하여 정량적인 홍수피해 자료를 구축함으로써 농림부, 농업기반공사의 정책적인 의사결정의 기초 자료로서 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 중앙정부, 지자체 및 관련 연구기관과 연계하여 농촌지역에 대한 홍수 피해 산정과 나아가 보상액 산정 등을 위한 기반데이터, 시스템통합(SI) 및 토목엔지니어링 업체와 연계하여 농촌지역의 다양한 지형유형에 따른 홍수위험도 산정기능을 모듈화하여 전국 농촌지역에 대한 홍수피해 예측시스템 구축시 본 연구의 결과를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 홍수재해 전후의 하천 수질 평가기법 개발

강우시 토지 이용별 오염물질의 배출 농도를 시간단위로 파악함으로써 홍수재해 전후의 오염물질 배출특성에 대해 분석하였으며, 유역관리모형을 이용하여 대상지구에 적용하였다. 이를 통하여 시나리오별 강우에 따른 오염물질 배출 특성에 대해 판단할 수 있으며, 결과의 분석을 통하여 대상지구 특성에 맞는 오염물질 저감방안을 수립할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 임야, 경작지, 초지의 면적이 80% 이상인 대상지구의 특성을 고려했을 때, 추후 지속적인 연구와 측정이 계속된다면 자연계 오염부하량 측정에 있어 면적대비 원단위로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발

본 시스템은 연구대상지역인 안성천 유역과 관련된 다양한 홍수 데이터를 데이터베이스의 형태로 구축하였으며, 다양한 조회 기능과 검색기능을 갖추었다. 따라서 본 시스템을 이용하여 다양한 홍수 관련 분석이 가능할 것으로 사료된다. 추후 지속적인 연구개발이 진행되어 홍수 재해 예측 관련 의사결정 지원 부분이 구축된다면 기본 데이터를 바탕으로 여러 가지 다양하고 향상된 홍수 재해 예측 및 효율적 대처, 피해 삭감 등이 가능하리라 판단된다.

# SUMMARY

## 1. Development of Assessing and Predicting Process Before and After Flood Disaster of Anseong-cheon using Geographic Information System and Remote Sensing Techniques

RADARSAT image was adopted and suggested to trace the flood inundation area around rural small stream because it has the ability of acquiring data during storm period irrespective of rain and cloud. For the storm August 9, 1998 in the Anseong-cheon watershed, three RADARSAT images before, just after and after the storm were used. After ortho-rectification using 5 m DEM, two methods of RGB composition and ratio were tried and found the inundated area in the tributary stream, the Seonghwan-cheon and the Hakjeong-cheon. The inundated area had occurred at the joint area of two streams, thus the floodwater overflowed bounding discharge capacity of the stream. The progression of damage areas were stopped by the local road and farm road along the paddy. The result can be used to acquire the flood inundation data scattered as a small scale in rural area.

This study suggested a combination method in mapping landslide hazard by giving equal weight for the result of LRA and AHP. The LRA (Logistic Regression Analysis) conducts a quantitative analysis by collecting a lot of samples and the AHP (Analytic Hierarchy Program) makes use of expert decision influenced by subjective judgment to a certain degree. Topographic factors (slope, aspect, elevation), soil drain, soil depth and land use were adopted to classify landslide hazard areas. The three methods (LRA, AHP, the combined approach) was applied to a 520 km<sup>2</sup> region located in the middle of South Korea which have occurred 39 landslides during 1999 and 2003. The suggested method showed 58.9 % matching rate for the real landslide sites comparing with the classified areas of high-risk landslide while LRA and AHP showed 46.1 % and 48.7 % matching rates respectively. Further studies are recommended to find the optimal combining weight of LRA and AHP with more landslide data.

For Jinwie watershed (737.7 km<sup>2</sup>), HEC-HMS was calibrated using 6 storm events for preparing input data for FIA (Flood Inundation Analysis) and FDA (Flood Damage Assessment). Geospatial data processors, HEC-GeoHMS is used for HEC-HMS input data. The parameters of rainfall loss rate and unit hydrograph are optimized from the observed data. The results will be used for river routing and inundation propagation analysis for various flood scenarios.

Non-structural counterplan using flood inundation simulation model such as FLUMEN can play a certain role for the mitigation of flood damage by suggesting some scenarios and actions for flood. This study tested the applicability of flood inundation simulation model, FLUMEN for flood mitigation. The model that solves the shallow-water equations with a finite volume method in case of flood propagation from stream to surface was constructed and applied to the part of Jinwicheon reach (4.9 km). The model was tested for the spatial record of past flood inundation occurred on 7 to 9 August of 1998. The computed inundation extend agreed well with the observed one. As a model application, two mitigation method of elevating levee of the stream reach and constructing riverside storage area in upstream area was tested and suggested by identifying the decrease of flood inundation extend for 200 years frequency rainfall.

## **2. Investigation of sediment/pollutant before and after floods and development of analysis method**

It is important to understand the characteristics of discharged pollutants affected by major factors, such as frequency, intensity, duration of rainfalls. Furthermore, to manage the water quality effectively in the drainage area, it is required to conduct a quantitative analysis of pollutant load and develop an effective technology and policy for reducing pollutant load.

This study intended to analyze sediments and nutrients before and after flood. The upstream catchment of Gosam reservoir was surveyed and analyzed for the flow

discharge and pollutant concentration. BASINS/WinHSPF model, a basin management model, was employed to understand the characteristics of pollutants according to rainfall frequencies. Probabilistic rainfall of precipitation, intensity, and duration for the study catchment was applied in order to understand the characteristics of discharged pollutants before and after flood and to find the solution for reducing the pollutant loads.

The land use of subject area is composed of forest and upland crops. In case of upland area, high concentration of nutrient in the beginning of rainfall was caused by the influence of fertilization. Among the pollutants (TN, TP, TSS and BOD), BOD was the most sensitive in the discharged concentration during the initial period of rainfall.

### **3. Development of user interface system for flood disaster evaluation and prediction**

The user interface system for flood disaster evaluation has been developed. It was developed using VB.Net and ArcObject, with DB linked to Access DB. In the case of mdb file, it can be easily used to access by any system.

The base display of the system is divided with three parts - menu and tool bar, layer screen, and map screen. It was simplified to easily manage the system especially for the beginners. In the case of tool bar, it has functions to handle the map easily. For example, functions includes pan, zoom-in, zoom-out, full-extent and so on.

Databases comprise with graphic and attribute database. These are used to search information and maps. A menu composition is classified with base information, flood analysis and simulation information, landslide information, and flood evaluation information. A menu of base information is mainly inquired of thematic maps. A menu of flood results information has the function that can provide the amount of flood damage of Anseong-cheon and Jinwi-cheon. A menu of flood simulated information can be confirmed to flood information classified by frequent and simulated model through HEC application. Menus of landslide information can affiliate three techniques of

landslide analysis. Finally, a menu of flood valuation information shows mitigation scenarios of flood damage.

# CONTENTS

## **Chapter 1 Introduction**

- Section 1 Backgrounds
- Section 2 Objectives and scopes
- Section 3 Implementation strategies
- Section 4 Participated researchers

## **Chapter 2 Development of Assessing and Predicting Process Before and After Flood Disaster of Anseong-cheon using Geographic Information System and Remote Sensing Techniques**

- Section 1 Introduction
- Section 2 An intensive analysis about land use change before and after flood disaster using satellite images
- Section 3 An intensive analysis about flood disaster area using GIS techniques
- Section 4 A study on the minimization of flood disaster damages, and an analysis about hydrological change using RS and GIS-based hydraulic and hydrologic models
- Section 5 Summary and conclusions

## **Chapter 3 Investigation of sediment/pollutant before and after floods and development of analysis method**

- Section 1 Introduction
- Section 2 Sampling and analysis of pollutants before and after floods
- Section 3 Application of basin management model
- Section 4 Reduction method of pollutants
- Section 5 Summary and conclusions

## **Chapter 4 Development of user convenience system for a flood disaster valuation and prediction System**

Section 1 Research backgrounds and objectives

Section 2 Analysis of oversea GIS system

Section 3 System and database design

Section 4 System and database development

Section 5 User interface

Section 6 Summary and conclusions

## **Chapter 5 Conclusions**

## **References**

## **Color plates**

# 목 차

요 약 문 .....	2
목 차 .....	13
<b>제 1 장 서 론 .....</b>	<b>15</b>
제 1 절 연구 배경 .....	15
제 2 절 연구개발 목표 및 내용 .....	19
제 3 절 추진전략 체계 .....	25
제 4 절 연구원 편성표 .....	26
<b>제 2 장 RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기     법 개발 .....</b>	<b>27</b>
제 1 절 연구 배경 및 목적 .....	27
제 2 절 인공위성영상을 이용한 홍수 전/중/후의 토지이용변화에 대한 집중분석 .....	29
제 3 절 GIS기법을 이용한 홍수재해지역 집중 분석 .....	60
제 4 절 RS, GIS기반의 수문, 수리모형을 이용한 홍수전후의 수문변화 분석 및 피해 최 소화 방안연구 .....	83
제 5 절 요약 및 결론 .....	119
<b>제 3 장 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발 .....</b>	<b>121</b>
제 1 절 연구 배경 및 목적 .....	121
제 2 절 홍수재해 전후의 오염물질 샘플링 및 분석 .....	123
제 3 절 유역관리모형의 적용 .....	130
제 4 절 오염물질 저감방안 .....	143
제 5 절 요약 및 고찰 .....	147
<b>제 4 장 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발 .....</b>	<b>149</b>

제 1 절 연구 배경 및 목적 .....	149
제 2 절 해외 GIS 시스템 구축사례 분석 .....	151
제 3 절 시스템 및 DB 설계 .....	155
제 4 절 시스템 및 DB 구축 .....	166
제 5 절 사용자 인터페이스 및 기능 .....	178
제 6 절 요약 및 결론 .....	198
제 5 장 종합결론 .....	200
참 고 문 헌 .....	202
부록 가. 시스템 메인 코드 .....	207
부록 나. 홍수실적 정보 조회 코드 .....	231
부록 다. 시수위, 시우량 조회 코드 .....	234

---

제 1 장  
서 론

---

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 배경

### 1. 연구 개발의 필요성

#### 가. 기술적 측면

우리나라는 자연적인 지형조건 및 토지개발에 따른 인위적인 요인에 의하여 해마다 필연적인 크고 작은 홍수피해를 입고 있다. 1917년 이후 홍수로 인한 년도별 피해규모를 보면 2002년(재산피해 7.2조, 농경지 피해액: 4,400억), 1999년(재산피해 1.2조, 농경지 피해액 230억), 1998년(재산피해 4,603억, 농경지 피해액: 1,100억), 1995년, 1996년, 1990년, 1991년 순으로 나타나, 우리나라 최악의 물난리 10건 중에서 7건이 최근 15년 동안에 발생하였다.

홍수로 인한 산사태와 하천 범람에 의한 제내지의 농경지 및 농촌마을의 침수피해는 그 피해의 범위가 넓고 하천유로 변경에 의하여 복구가 불가능한 지역 그리고 복구를 하더라도 그 기간이 오래 걸리기 때문에, 산림과 농경지의 피해면적 분포와 관련 정보를 수집하여 관리 및 분석함으로써 차기 홍수에 효과적으로 대처할 필요가 있다.

과학기술의 발달과 함께 홍수 재해관리에도 많은 발전이 있어 왔다. 특히 인공위성을 이용한 기상관측과 통신기술을 기반으로 하여 이루어지는 호우 예보는 빠른 속도의 기술적 발달을 보이고 있다. 또한 홍수 전후의 자원탐사 위성영상을 이용하여 산사태 발생지역과 농경지 피해지역을 파악할 수 있게 되었다. 이와 더불어 홍수가 발생한 지역적 특성과 관련된 지형, 식생, 토양 등에 관한 폭 넓은 수치자료를 활용하면 재해지역의 원인분석도 가능할 것으로 판단된다. 이와 같이 위성영상을 이용하여 공간적인 피해지역을 파악하고 다양한 종류의 공간정보를 입력 자료로 하는 GIS기반의 수문모형을 이용하여 홍수 전후의 유출변화를 분석하면, 산사태 복구 우선지역 결정, 유로변경에 의한 농경지 피해복구 불가능 지역 결정, 상습 침수지역의 등급결정 등 향후 홍수에 대비할 수 있는 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 나. 경제·산업적 측면

산업화, 개발에 따른 농촌 경제활동과 농업활동은 그 동안 토지와 물의 이용이라는 측면에 중점을 두고 이루어져 왔다고 말할 수 있다. 그러나 이와 관련된 농촌지역의 산지 개간, 하천 주변의 농경지 확장, Levee 효과에 의한 농촌마을의 조성 등은 홍수에는 취약한 상태로 변화시키게 되었다. 특히 최근 들어서는 과거와는 달리 여름철의 강우량이 증가하고 있고, 강우일수는 감소하나 시간당 100 mm 이상의 강우강도를 가지는 국지성 호우와 태풍에 의한 전국적인 집중호우로 인하여, 농업 시설물의 붕괴, 농경지 침수지역의 확대, 농촌마을의 상습적인 침수 등 농업경제의 기반을 흔들고 있다. 또한 농촌지역은 도시와는 달리, 농촌마을의 산재적 분포, 하천변을 따라 넓게 위치해 있는 농경지 등의 특성으로 인하여, 도시의 홍수피해 복구능력과는 비교가 안 될 정도로 많은 복구시간과 노력이 요구된다.

이러한 관점에서 농촌지역도 과거의 홍수에 대응하는 체제와는 달리 홍수에 대비하는 체계적인 일련의 정보수집, 관리, 분석체계를 갖출 필요가 있다고 판단된다. 기존의 방법으로 광범위한 홍수피해지역의 관련 자료들을 수집하는 데에는 대개 현지조사와 도면을 이용한 개략적인 파악이 고작이다. 이는 자료의 수집과 관리측면에서 투입된 시간과 노동력에 비하여 향후 정보로서의 활용가치가 거의 없다고 해도 과언이 아니다. 따라서 원격탐사기술은 넓은 지역을 대상으로 비교적 최신의 자료를 반복적으로 제공받을 수 있으므로, 보다 적은 비용과 인력을 투입하여 홍수재해와 관련된 제반자료의 효율적인 수집 및 제작이 가능하고, GIS기술과 수문모형을 이용하면 공간자료의 가공 및 분석기능으로 요구되는 다양한 정보를 얻을 수 있으므로 경제적인 효과가 충분히 있다고 판단된다.

## 다. 사회·문화적 측면

지난 수십 년 동안 농촌유역에서는 벌채, 개간 등의 산림개발 그리고 농촌마을 조성, 농경지 확대 등의 토지이용변화와 관련된 꾸준한 인간 활동과 더불어 자연발생적인 토양침식에 의한 퇴적물들이 하천과 저수지로 이동·퇴적된 결과 현재 치수에 많은 문제를 가지고 있는 것이 사실이다.

또한 1960년대 이후 농촌지역은 식량증산정책의 일환으로 하천주변의 농경지가 확대되면서 하폭의 축소가 발생하였으며, 하천의 수자원을 개발하기 위하여 보를 설치하거나, 하천주변의 공간을 홍수로부터 안전하게 이용하기 위하여 제방을 쌓는 등 인간에 의한 하천의 간섭행위가 하천의 자기조절기능을 저하시켰다고 할 수 있다. 이와 더불어 하천의 상류지역에서 발생한 산사태와 산지 하천구역의 측방침식에 따른 과도한 토사유출이 하상을 상승시키면서 홍

수시 제방월류와 제방붕괴 등에 의하여 농경지 침수 및 하천유로의 변경을 발생시키고 있다. 특히 장기간의 저수지 퇴사는 저수용량에 심각한 영향을 미치게 되는데, 전국적으로 산재해 있는 수많은 농업용 저수지는 당초 저수용량 대비 현재 저수용량의 감소로 인해 홍수 방어능력이 얼마나 떨어졌는지 그 누구도 정확하게 말할 수 없는 실정이다. 홍수가 한번 지나가면 그 피해에 대한 통계는 단순히 Text 정도의 정보로 남아있게 되고, 시간이 흐르면 기억속에서 잊어버리는 악순환을 거듭하고 있다.

따라서, 정보화의 힘을 빌어 농촌지역의 산림, 저수지, 하천, 농경지를 하나의 유기적인 조직체로 관리함으로써, 홍수에 안전하게 대응할 수 있는 체제의 정비가 요구된다. 이를 위해서는 RS, GIS기반의 수문모형을 이용하여 홍수시 산림의 저류효과, 저수지의 저수용량에 따른 홍수방어 능력, 하천의 홍수배제 능력, 농경지의 저류 능력을 공간적으로 파악함으로써 최적의 유역관리 및 농지구도 관리가 필요하다고 판단된다.

## 2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

지난 1960년대부터 발사되기 시작한 각종 기상위성은 홍수재해를 야기할 수 있는 집중적인 호우를 미리 찾아내고 그 진행과정을 추적하는데 매우 효과적으로 사용되어 왔다. 이와 더불어 지난 1972년 발사된 미국의 Landsat 위성으로부터 시작하여 프랑스의 SPOT, 인도의 IRS, 우리나라의 KOMPSAT 등 현재 세계 각국의 지구관측 위성영상은 일정한 주기를 가지고 동일 지역을 반복하여 촬영할 수 있기 때문에, 홍수재해관리에 있어 활용 잠재력을 가지고 있다. 영상자료에 의한 연구로는 침수 이전과 이후의 영상을 같이 처리함으로써, 홍수로 인하여 발생한 토양의 침식이나 퇴적으로 인한 지형적 변화특성을 밝히거나 또는 홍수로 인한 농지의 손실과 토지이용의 변화 등을 분석하는 경우가 대부분이다.

한편 전 세계적으로 원격탐사기법을 이용하여 토지이용의 변화가 유역의 수자원에 미치는 영향을 분석하는 연구는 아직도 초기단계에 머물러 있다. 과거로부터 지금까지의 꾸준한 토지개발은 강우에 의한 침투, 증발산, 토양침식에 영향을 미치기 때문에 수문모형을 이용하여 하천으로 유입되는 홍수 유출량이 이전보다 얼마만큼 증가되는지를 추정하여 하천정비사업시 기초자료로 제공하는 수준으로 시작되고 있다. 이를 위한 수문모형의 중요한 입력자료로서 여러 시기의 인공위성영상을 분석하여 토지이용의 공간적인 형태변화 자료를 활용하게 된다.

그러나 원격탐사기술과 더불어 GIS기반의 수문모형으로 홍수에 의한 토지이용의 변화를 집중적으로 분석하고, 더 나아가 산사태 복구 우선지역, 농경지 피해복구 가능 및 불가능 지

역, 상습 침수지역의 등급 결정 등과 같은 다양한 정보를 제공하는 심층연구는 없는 실정이다. 이와 같은 연구의 결과는 그동안의 홍수피해에 대한 자료기록 및 관리체계를 한 차원 높이는 계기가 될 것이며, 호우시 산사태 우려지역, 홍수시 산림의 저류효과, 하천의 홍수배제 능력, 농경지의 저류 능력을 공간적으로 파악하므로서 최적의 유역관리 및 농지규모 관리가 가능할 것으로 판단된다.

### 3. 앞으로 전망

21세기 우주개발시대를 맞이하여 이제는 우리나라도 KOMPSAT-1, KOMPSAT-2 인공위성 등 우리나라의 국토환경에 맞게 시·공간적으로 운영될 수 있기 때문에, 이 영상자료를 이용한 연구의 활용기반이 확보되었으므로, 이에 상응하는 농업관련 원격탐사 응용기술개발이 적기를 맞을 것으로 판단된다. 원격탐사기술은 매우 상상을 초월할 정도로 발전하고 있다. 농업, 기상, 수자원, 환경, 해양 등과 같은 여러 응용분야에서는 이러한 기술들을 적극 수용하여 적용하고자 노력할 것이며, 그 이유는 21세기는 이러한 기술들을 사회적인 기반으로 하는 정보화시대가 될 것이고 이 분야의 산업수요 또한 증가할 것이기 때문이다. 따라서 농업분야는 이 기술들을 응용하는 주요 분야이기도 하며, 이 분야에 대한 과감한 연구투자가 이루어진다면 선진농업을 위한 정보화로 진일보하는 계기가 될 것이다.

특히, 홍수와 가뭄 같은 광범위한 지역에 걸쳐 발생하는 재해를 감시하고, 이의 피해를 최소화하기 위한 효과적인 방법 중의 하나로서, 원격탐사와 GIS기술 그리고 이들을 기반으로 하는 수자원, 환경관련 연구가 증가할 것으로 판단된다. 일례로, 농업기반공사는 농업가뭄과 관련하여 앞으로 2011년까지 NOAA 기상위성영상을 이용한 광역적 가뭄예보시스템의 개발에 박차를 가하고 있다.

### 4. 기술도입의 타당성

인공위성영상의 분석기술은 우리나라의 실정에 맞게 정착되어 있다고 볼 수 있으며, 홍수에 의한 피해상황은 우리나라의 농촌환경, 농업구조를 잘 아는 우리가 우리 실정에 맞게 개발하는 것이 타당하다고 판단된다.

## 제 2 절 연구개발 목표 및 내용

농촌지역의 홍수피해 정보화, 예방 및 방어능력 제고를 위한 다양한 정보제공을 목적으로 다음과 같이 3개의 분야 즉, ① RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기법 개발(주관연구기관: 건국대), ② 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발(주관연구기관: 건국대), ③ 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발(협동연구기관: 인하대)로 정리될 수 있으며, 자세한 연구내용은 다음과 같다.

1. RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측 기법 개발(주관: 건국대)

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 ( 2004 )	<ul style="list-style-type: none"> <li>·대상지역에 대한 원격 탐사자료의 획득 및 분석</li> <li>·인공위성영상을 이용한 홍수 전후의 토지 이용변화 분석기법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농촌지역을 중심으로 한 홍수피해기록 조사 및 분석</li> <li>- 집중호우 및 태풍에 의한 안성천유역의 홍수피해 지역 선정</li> <li>- 현장답사를 통한 홍수피해상황 및 원인분석</li> <li>- 홍수피해를 분석하기 위한 최적 위성영상 선정 및 구입(고해상도 및 저해상도 영상)</li> <li>- 영상전처리(현장GPS측량, GCP 설정)</li> <li>- 홍수피해지역의 파악을 위한 영상의 잡음제거 및 필터링</li> <li>- 토지이용분류를 위한 세부항목 결정 및 제시</li> <li>- 고해상도 및 저해상도 영상을 이용한 홍수전과 후의 토지이용변화 분석</li> <li>- 행정구역내의 토지이용 지적통계자료를 이용한 토지이용분류결과의 정확도 검증(행정구역도 작성 및 지적통계자료 수집)</li> <li>- 고해상도 영상을 이용한 산사태 발생지역, 농경지 훼손지역, 마을 침수지역 등을 집중분석</li> <li>- 현장조사 및 GPS 측량에 의한 추출정확도 검증</li> <li>- 현장조사 및 GPS 측량에 의한 피해 미복구지역도 작성</li> </ul>

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 ( 2005 )	GIS기법을 이용한 홍수피해지역 분석기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수재해관련 수치자료(NGIS 등고 및 하천도, 정밀토양도 등)의 수집 및 구입</li> <li>- 1:5,000 NGIS 등고 수치지도를 이용한 DEM (2.5m 해상도) 작성</li> <li>- DEM의 해상도별(15m, 30m, 50m, 100m, 200m 등) 지형특성(표고, 경사, 방향 등) 분석</li> <li>- 작성된 DEM과 NGIS 하천도를 이용한 DEM기반의 하천(선) 및 홍수 흐름경로도 작성기법 개발</li> <li>- 1:25,000 정밀토양도를 이용한 토양특성도(토양종류, 토양배수, 유효깊이, 공극률, 포장용수량, 저류능 등) 작성</li> <li>- DEM, 토양도, 저해상도 및 고해상도 토지이용도를 이용한 산사태 발생지역 원인분석기법 개발</li> <li>- DEM, 하천도, 제방정보를 고려한 침수지역 및 제방붕괴지점 원인분석기법 개발</li> <li>- 홍수당시의 대상지역 강우분포도 작성(주변 기상관측소 자료 이용)</li> <li>- GIS의 Overlay기법을 이용한 산사태 우려지역 및 침수우려지역 분포도 작성</li> <li>- 분석된 산사태 및 침수 우려지역의 토양조사 및 하천관련 정보 수집 및 분석</li> </ul>

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
3차 년도 ( 2006 )	RS, GIS기반의 수문, 수리모형을 이용한 홍수전후의 수문변화 분석 및 피해 최소화 방안연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분석 대상유역(피해지역을 고려한 소유역 분할) 선정 및 유역경계도 작성</li> <li>- RS, GIS기반의 강우유출 및 홍수추적모형 조사</li> <li>- 분석 대상유역 및 하천구간의 기상, 수문, 수리자료 수집 및 분석</li> <li>- 홍수분석을 위하여 RS, GIS정보를 최대한 활용할 수 있는 GIS기반의 강우유출모형 구축</li> <li>- 기존 수문자료를 이용한 강우유출모형의 적용성 검토</li> <li>- 홍수전후의 토지이용변화에 따른 하천유출량의 변화분석</li> <li>- 기상변화에 따른 강우유출모형의 유출량 변화분석</li> <li>- 기상변화에 따른 평가인자의 정량화 방안 제시</li> <li>- GIS기반의 홍수 하도추적모형 구축</li> <li>- 제방월류, 제방붕괴에 의한 침수지역 모의를 위한 하천(면) DEM 작성기법 개발</li> <li>- 기존 수리자료를 이용한 하도추적모형의 적용성 검토</li> <li>- 제방월류 및 기존의 제방붕괴지점을 이용한 침수지역의 시간적 변화도 작성</li> <li>- 하천구간내의 토지이용 점유 지적도 작성(하천유로 변경 및 하폭확대에 의한 피해보상액 산정자료)</li> <li>- 침수피해의 최소화를 위한 하천유로의 변경, 하천폭의 확대, 제방보강 구간 등의 제시</li> </ul>

## 2. 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발(주관: 건국대)

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 ( 2004 )	· 홍수재해 전후의 토사/영양물질 샘플링 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유역내의 각 관할 기관 즉, 건교부, 기상청 등의 기상관측소 자료의 수집</li> <li>- 시군별, 읍면별 통계연보의 확보</li> <li>- 수질측정 지점 선정을 위하여 유역내 토지피복상태, 유역특성 조사</li> <li>- 유역내 주요 모니터링 지점 선정</li> <li>- 강우 개시후 토사 및 영양물질 조사</li> <li>- 현장조사를 통한 밭 재배작물 및 시비량 조사</li> </ul>
2차 년도 ( 2005 )	· 지속적인 토사/영양물질 샘플링 및 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도에 이어서 지속적인 토사 및 영양물질 샘플링 및 분석</li> <li>- 1차년도에 이어서 지속적인 관련 문헌조사 및 현장조사</li> </ul>
3차 년도 ( 2006 )	· 유역의 오염원인 분석 및 저감방안 제시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유역의 오염부하량 증가에 대한 원인 분석</li> <li>- 강우량, 강우강도, 강우지속시간에 따른 토사 및 영양물질의 변화 분석</li> <li>- 유역의 토지이용 형태에 따른 토사 및 영양물질의 변화 분석</li> <li>- 토사 및 영양물질 조사 및 분석을 통한 최적의 유역 오염저감방안 제시</li> </ul>

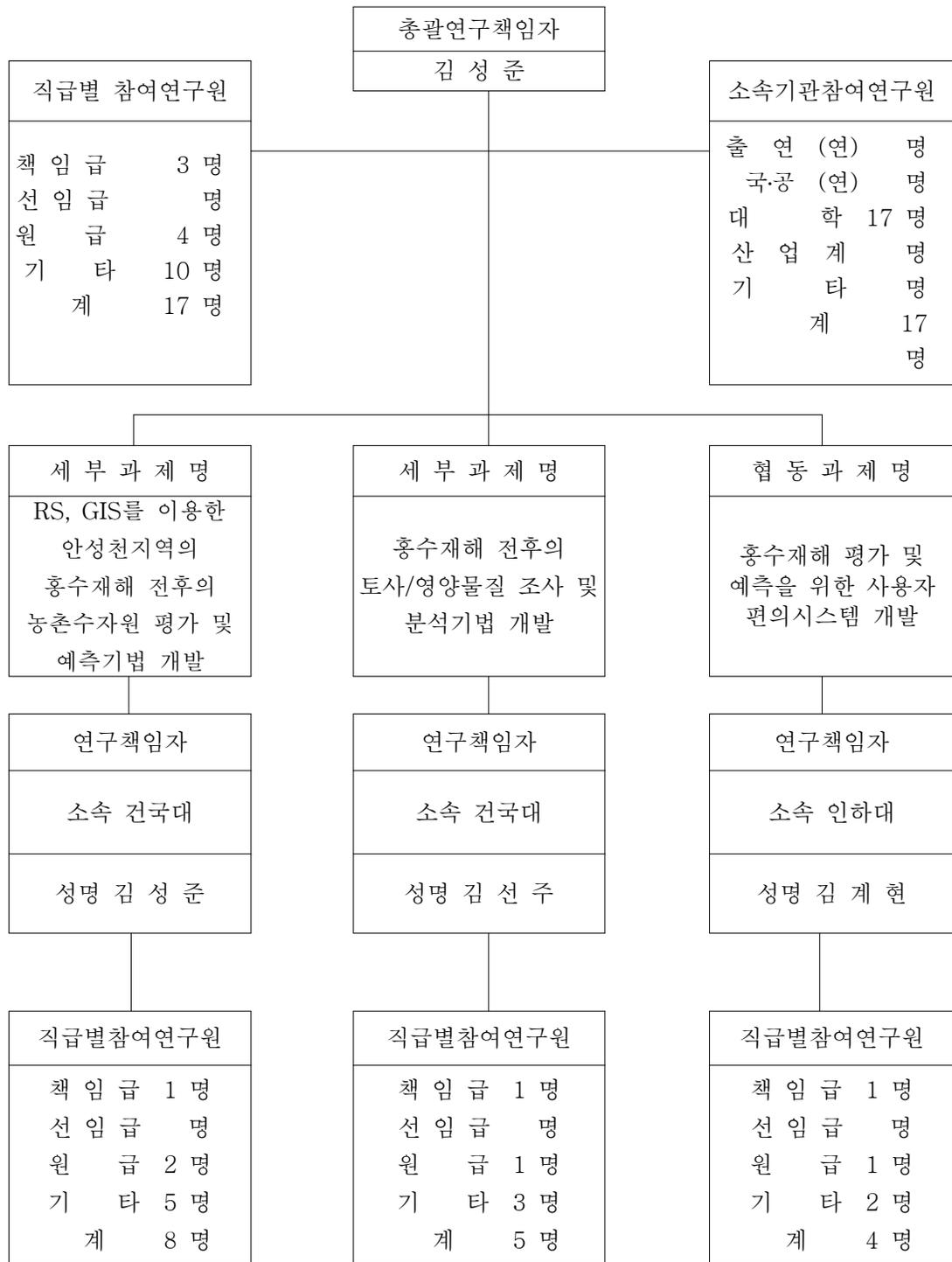
### 3. 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발(협동: 인하대)

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 ( 2004 )	·RS, GIS 기반의 홍수 피해평가를 위한 시 스템 설계 및 지형 데이터 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해외 유사 GIS시스템 구축사례 분석</li> <li>- 시스템의 사용자 요구사항 분석</li> <li>- 홍수피해평가를 위한 GIS 주제도의 정의 및 분석 방법론 제시</li> <li>- 시스템 설계 및 데이터베이스 설계</li> <li>- 데이터 구축 및 시스템 개발상의 표준화 방안 제 시</li> </ul>
2차 년도 ( 2005 )	·RS, GIS 기반의 홍수 피해평가시스템 개 발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터베이스의 검색과 분석을 위한 기능 개발</li> <li>- 제방월류, 제방붕괴에 의한 침수지역 모의를 위한 DEM 작성기법 개발</li> <li>- 지형도 및 토지이용현황도 작성</li> </ul>
3차 년도 ( 2006 )	·RS, GIS 기반의 홍수 피해예측시스템 개 발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용자 편의를 위한 GUI 개발</li> <li>- 침수피해우려도 작성기능 개발</li> <li>- 하천 침수위험도 작성</li> </ul>

### 제 3 절 추진전략 체계

RS 및 GIS를 기반으로 한 안성천지역의 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발			
1차년도 (2001)	RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌 수자원 평가 및 예측기법 개발	홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발	홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 원격탐사 자료의 획득 및 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- RADARSAT, IKONOS, KOMPSAT, SPOT, Landsat</li> </ul> </li> <li>● 원격탐사 자료를 이용한 홍수 전후의 토지이용변화 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산사태, 침수, 토사퇴적, 등의 홍수재해에 대한 집중 분석</li> </ul> </li> <li>● GIS 기본 주제도 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1:5,000이상DEM, 하천도, 1:25,000이상 정밀토양도</li> </ul> </li> <li>● 홍수재해 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수재해 원인 분석</li> <li>- 홍수재해 우려 지역 분포도 작성</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 샘플링 지점 선정 및 관련 조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산지 및 발지역으로 선정</li> </ul> </li> <li>● 토사/영양물질 조사 및 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강우개시후 적절한 간격으로 조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>● 관련 문헌조사 및 현장조사                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유역의 토지이용현황 파악</li> <li>- 수치지도를 이용한 유역경계 생성 및 발계 추출</li> <li>- 샘플링 지점에 대한 좌표 획득 및 GIS 자료 구축</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 시스템 및 DB 설계                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유사 시스템 사례 분석</li> <li>- 사용자 요구조사 분석</li> <li>- 표준 분석 방법론 제시</li> </ul> </li> <li>● 시스템 및 DB 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준화 방안 제시</li> <li>- 농업분야의 홍수재해 분석에 사용가능한 시스템 및 DB 구축시 표준화 제시</li> </ul> </li> <li>● 홍수재해 평가 시스템 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검색 및 분석기능 설계</li> <li>- 제방일류, 제방붕괴에 의한 침수지역 모의를 위한 DEM 작성기법 개발</li> <li>- 지형도, 토지이용현황도 작성</li> </ul> </li> </ul>
	2차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GIS기반의 수문, 수리모형을 이용한 수문변화 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강우-유출모형 및 하도 추적모형</li> <li>- 하천유출변화 분석</li> </ul> </li> <li>● 기상변화에 따른 평가인자의 정량화</li> <li>● 홍수재해 대책 및 최소화방안 제시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 침수지역의 시간적 변화 작성</li> <li>- 피해 최소화 방안 제시</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 유역의 오염원인 및 저감방안 제시                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오염부하량 증가의 원인 분석</li> <li>- 토지이용 형태 및 강우 형태에 따른 유역의 오염부하 분석</li> <li>- 이상의 분석결과를 이용한 유역의 오염저감 방안 제시</li> </ul> </li> </ul>
3차년도 (2003)	연구결과의 종합정리 및 농촌지역 홍수재해 시스템의 실용화 방안 연구		

## 제 4 절 연구원 편성표



---

## 제 2 장

RS, GIS를 이용한 안성천 지역의  
홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및  
예측기법 개발

---

# 제 2 장 RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기법 개발

## 제 1 절 연구 배경 및 목적

지난 1960년대부터 발사되기 시작한 각종 기상위성은 홍수재해를 야기할 수 있는 집중적인 호우를 미리 찾아내고 그 진행과정을 추적하는데 매우 효과적으로 사용되어 왔다. 이와 더불어 1972년 발사된 미국의 Landsat 위성으로부터 시작하여 프랑스의 SPOT, 인도의 IRS, 우리나라의 KOMPSAT 등 현재 세계 각국의 지구관측 위성영상은 일정한 주기를 가지고 동일 지역을 반복하여 촬영할 수 있기 때문에, 홍수재해관리에 있어 활용 잠재력을 가지고 있다. 영상자료에 의한 연구로는 침수 이전과 이후의 영상을 같이 처리함으로써, 홍수로 인하여 발생한 토양의 침식이나 퇴적으로 인한 지형적 변화특성을 밝히거나 또는 홍수로 인한 농지의 손실과 토지이용의 변화 등을 분석하는 경우가 대부분이다.

한편 전 세계적으로 원격탐사기법을 이용하여 토지이용의 변화가 유역의 수자원에 미치는 영향을 분석하는 연구는 아직도 초기단계에 머물러 있다. 과거로부터 지금까지의 꾸준한 토지개발은 강우에 의한 침투, 증발산, 토양침식에 영향을 미치기 때문에 수문모형을 이용하여 하천으로 유입되는 홍수 유출량이 이전보다 얼마만큼 증가되는지를 추정하여 하천 정비사업시 기초자료로 제공하는 수준으로 시작되고 있다. 이를 위한 수문모형의 중요한 입력자료로서 여러 시기의 인공위성영상을 분석하여 토지이용의 공간적인 형태변화 자료를 활용하게 된다.

그러나 원격탐사기술과 더불어 GIS기반의 수문모형으로 홍수에 의한 토지이용의 변화를 집중적으로 분석하고, 더 나아가 산사태 복구 우선지역, 농경지 피해복구 가능 및 불가능 지역, 상습 침수지역의 등급 결정 등과 같은 다양한 정보를 제공하는 심층연구는 없는 실정이다. 이와 같은 연구의 결과는 그동안의 홍수피해에 대한 자료기록 및 관리체계를 한 차원 높이는 계기가 될 것이며, 호우시 산사태 우려지역, 홍수시 산림의 저류효과, 하천의 홍수배제 능력, 농경지의 저류 능력을 공간적으로 파악함으로써 최적의 유역관리 및 농지 규모 관리가 가능할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 위성영상을 이용한 홍수 전/중/후의 토지이용변화에 따른 수문변

화 분석 및 모형에 입력자료로서 활용하여 홍수에 따른 피해를 산정하는 한편, 복구방안을 제시함으로써 영상의 활용성 및 홍수 재해에 대한 피해를 최소화하는 방안을 제시하고자 한다.

## 제 2 절 인공위성영상을 이용한 홍수 전/중/후의 토지이용변화에 대한 집중분석

### 1. 대상지역의 홍수피해 상황 및 현장조사

#### 가. 대상지역의 홍수피해 상황

본 연구에서는 서울·경기도를 포함한 중부지역을 중심으로 최근년도에 발생한 집중호우로 피해를 입은 지역들 중에서 농경지와 하천의 붕괴로 피해를 입은 안성천 유역을 대상 유역으로 선정하였다. 안성천 유역은 동북쪽으로는 한강유역, 남동쪽으로는 금강유역, 남서쪽으로는 삼교천유역과 접하고 있으며 경기도 안성을 중심으로 평택, 충청남도 천안에 걸쳐 있다. 유역면적은 924.3km<sup>2</sup>이며, 유로연장은 71.73km이다. 안성천 유역은 1974년 아산방조제 준공과 더불어 대단위 농경지가 조성되었으며, 전체적인 유역경사는 완만한 편이고, 하천경사도 상류부 일부를 제외하고는 상당히 완만한 지역이다. 또한 산업화로 산림지역이나 농경지의 상당부분이 택지로 전환되는 등 토지이용의 변화가 현저한 지역이다.

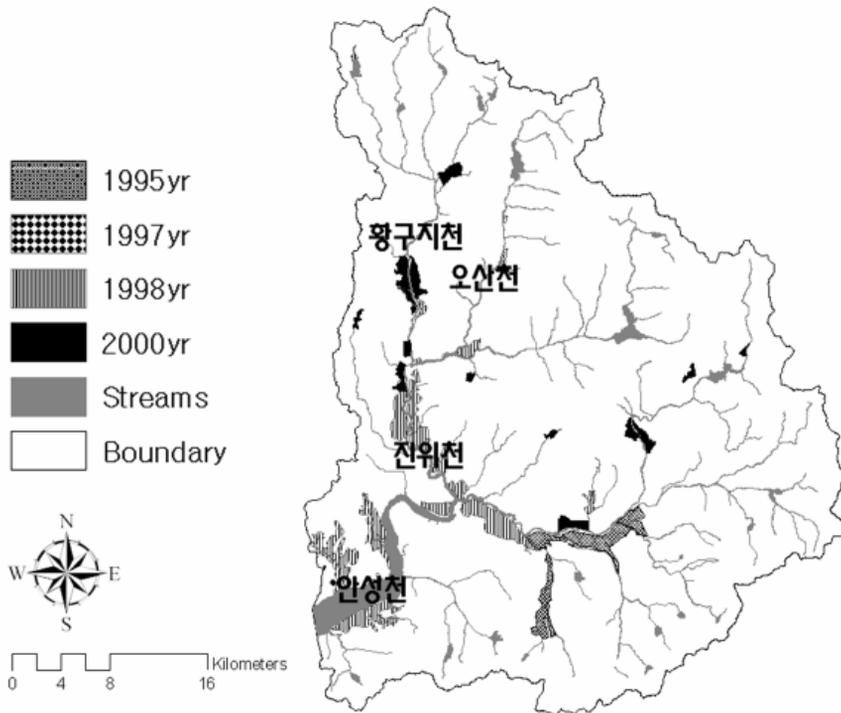
본 연구의 대상유역인 안성천 유역이 속해있는 안성시의 홍수피해 상황을 최근 1998년부터 2006년까지의 기상청에서 자료를 수집하여 <표 2-1>에 수록하였다. 조사 결과 2000년 및 2006년에 태풍과 집중호우로 인해 안성시의 침수피해가 가장 큰 것으로 나타났다.

<표 2-1> 안성시의 호우, 태풍에 의한 홍수해 피해내용

년도	피해일	원 인	피해내용
1998	07/31~ 08/18	호우	총이재민 : 2세대/7명 : 사망 1명, 계 1명 : 농경지 202.8ha, 계 202.8ha : 답 6.8ha, 계 6.8ha, 피해액 75,557천원 : 기타 23.9ha, 계 23.9ha : 전작 시설 : 교량 2개소/61m, 하천 14개소/3,056m : 총 피해액 : 2,104,283천원
1999	07/22~ 08/04	호우, 태풍	총이재민 : 7세대/28명 : 부상 1명, 계 1명 : 농경지 1,444.8ha, 계 1,444.8ha : 답 0.5ha, 계 0.5ha, 피해액 1,638천원 : 전작 0.3ha, 기타 22.5ha, 계 22.8ha : 하천 5개소/357m, 소하천 3개소/175m, 수리시설 2개소 : 비닐하우스 - 시설 11.6ha : 총 피해액 : 1,304,200천원
2000	07/22~ 07/24	호우	총이재민 : 36세대/107명 : 사망 3명, 부상 1명, 계 4명 : 농경지 1,796ha, 계 1,796ha : 답 291ha, 계 291ha, 피해액 983,000천원 : 전작 32ha, 답작 1,732ha, 계 1,764ha : 교량 1개소/184m, 하천 23,849m, 소하천 40개소/21,913m : 비닐하우스 - 시설 : 총 피해액 : 15,827,811천원
2000	08/23~ 09/01	호우, 태풍	총이재민 : 1세대/3명 : 도시 989ha, 계 989ha : 답 1ha, 계 1ha, 피해액 6,280천원 : 전작 1ha, 계 1ha : 하천 10개소/2,094m, 소하천 13개소/3,629m : 비닐하우스 - 피해액 17,183천원 : 총 피해액 : 1,566,966천원
2001	07/21~ 07/24	호우	농경지 : 답 5ha, 계 5ha, 피해액 14,633천원 : 하천 4개소/1,220m, 소하천 9개소/5,060m, 수리시설 2개소 : 총 피해액 : 1,336,405천원
2002	08/04~ 08/11	호우	총이재민 : 199세대/560명 : 농경지 1,000.7ha, 계 1,000.7ha : 전 6.7ha, 답 64.9ha, 계 71.6ha, 피해액 255,665천원 : 전작 2.5ha, 답작 785.7ha, 계 788.2ha : 교량 1개소/20m, 하천 34개소/18,008m : 총 피해액 : 9,287,164천원
	08/30~ 09/01	태풍	건물 : 계 14동, 피해액 189,000천원 : 전작 3.2ha, 기타 1,249.3ha, 계 1,252.5ha : 비닐하우스 - 시설 1.1ha : 총 피해액 : 1,309,301천원
2004	06/19~ 06/21	호우	침수 : 농경지 5.3ha, 계 5.3ha : 물물 : 답작 5.3ha, 계 5.3ha : 총 피해액 : 15,000천원
	07/02~ 07/17	호우, 태풍	침수 : 농경지 21.7ha, 계 21.7ha : 물물 : 계 3동 : 농경지 : 전 0.7ha, 답 3.5ha, 계 4.3ha, 피해액 15,239천원 : 전작 11.3ha, 답작 9.6ha, 계 20.9ha : 하천 6개소/860m, 소하천 16개소/3,231m : 총 피해액 : 3,027,789천원
	08/17~ 08/19	태풍	침수 : 농경지 0.6ha, 계 0.6ha : 물물 : 전작 0.6ha, 계 0.6ha : 총 피해액 : 100,866천원
2005	09/17~ 09/18	태풍	농경지 : 전 0.0ha, 답 0.1ha, 계 0.2ha, 피해액 824천원 : 물물 : 하천 5개소/629m, 소하천 2개소/650m : 총 피해액 : 696,703천원
2006	07/14~ 07/20	태풍	농경지 : 답 0.0ha, 계 0.0ha, 피해액 29천원 : 물물 : 기타 0.3ha, 계 0.3ha : 하천 3개소/120m, 소하천 2개소/65m : 총 피해액 : 344,164천원
	07/25~ 07/29	호우	총이재민 : 15세대/35명 : 농경지 900ha, 계 900ha : 전 11.1ha, 답 45.1ha, 계 56.3ha, 피해액 202,074천원 : 전작 7.1ha, 답작 28.1ha, 기타 150.3ha, 계 185.6ha : 교량 1개소/49m, 하천 - 33개소/20,617m : 총 피해액 : 17,312,302천원

## 나. 침수실적 현황

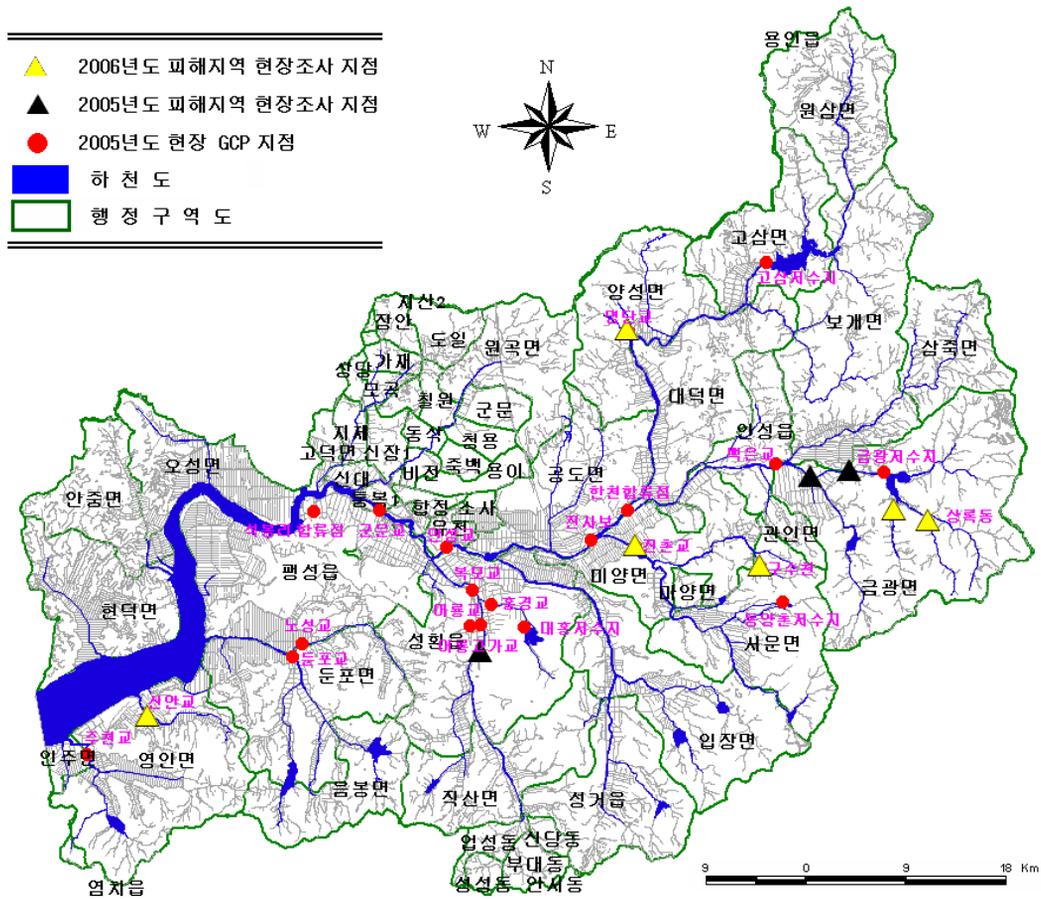
국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)에서 제공하는 1995, 1997, 1998, 2000년 침수실적도를 검토한 결과 하천 주변에 집중되어 있는 농경지와 유역 남단에 피해가 가장 많이 발생한 것으로 나타났다 <그림 2-1>.



<그림 2-1> 상습침수지역도

## 다. 안성천지역 홍수피해 현장 조사

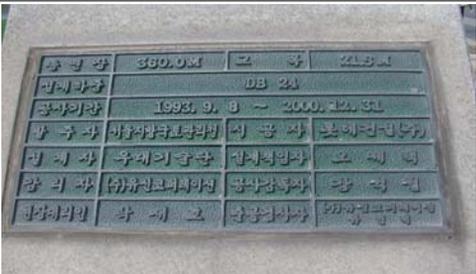
<그림 2-2>은 2005년과 3월 19일, 2005년 6월 24일 안성천 유역내의 현장 GCP 조사 (약 21개 지점)와 과거 침수피해를 입은 지역을 방문(5개 지점)하여 과거 침수시 상황을 현지 주민들과의 인터뷰를 통하여 침수시기의 상황을 알아볼 수 있었다. 또한 2006년 7월 29일 태풍 개미에 의해 안성천 유역이 침수되었던 다음날 가장 피해가 심했던 3개의 지점을 방문하여 범람상황을 현장조사를 통하여 실시하였다.



<그림 2-2> 현장 조사 지점

1) 2005년 GCP 현장조사

2005년과 3월 19일, 2005년 6월 24일 2차례 현장을 방문하여 RADARSAT 영상 보정에 사용할 현장 GCP 21개 지점에 대하여 하천을 따라 측량하였다<그림 2-3>.

	
<p>고삼저수지</p>	<p>백운교</p>
	
<p>금광저수지</p>	<p>동양촌저수지</p>
	
<p>안성천합류점</p>	<p>진사보</p>
	
<p>진사보 수위 계측기</p>	<p>북모교</p>
	
<p>군문교 (평택T/M수위우량관측소)</p>	<p>평택T/M수위우량관측소</p>

	
<p>홍경교</p>	<p>대홍저수지</p>
	
<p>안궁교</p>	<p>노성교</p>
	
<p>둔포교</p>	<p>주천교</p>

<그림 2-3> 현장 GCP 지점

2) 2005년 홍수피해 현장 조사

과거 발생한 홍수피해 상황을 파악하고자 안성천 유역내 홍수피해를 입은 지역을 직접 방문하여 주민들과의 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰 내용을 정리하면 다음과 같다.



<그림 2-4> 명단교

명단교 지점은 고삼저수지 하류부에 농경지가 위치하고 있으며, 2000년 7월 22일부터 이틀간의 집중호우로 인하여 하천수위가 급격하게 상승하면서 주변 농경지가 침수되었다 <그림 2-4>.



<그림 2-5> 금광저수지 금광면 한운리 중턱

<그림 2-5>과 같이 안성시 금광면 한운리 중턱 지점은 집중호우로 인하여 저수위가 상승하면서 흙 담을 넘어 농경지로 침투, 농경지가 일시적으로 배수되지 못하고 포화상태로 인하여 농경지 및 인삼재배지의 피해가 가중되었다.



<그림 2-6> 신기리 구수천

안성시 서운면 신기리 구수천 유역은 상습적으로 침수되는 유역으로서, <그림 2-6>과 같이 피해를 줄이기 위하여 2003년 제방 건설을 착공하였으나, 그 이듬해인 2004년 집중호우로 인하여 유속을 견디지 못해 제방이 유실되고, 수충부의 치수처리가 미비하여 주변 농경지가 침수 되었다.



<그림 2-7> 상록동

<그림 2-7>은 안성시 금광면 상록동으로 보는바와 같이 농경지가 하천의 주변에 위치하고 있으며, 대체적으로 낮은 지대에 있어 집중호우로 인한 유속을 견디지 못하고, 하천제방이 붕괴되면서 주변 농경지 침수되었다. 약 1,000 ha 침수 되었으며, 2002년의 집중호우 피해로 인하여 제방 공사 착공되었으나, 그 이듬해의 집중호우로 인하여 일부 제방이 다시 붕괴 되면서 주변 농경지가 다시금 침수되었다.



<그림 2-8> 진촌리 진촌교

안성시 진촌리 진촌교는 2000년 7월 22 ~ 7월 24일 이틀간의 집중호우(폭우)로 인하여 주변 농경지가 침수되었다<그림 2-8>. 하천의 단면 폭이 좁고, 상류유역에서 신릉천이 청룡천과 합류하면서 하천의 수위가 급격하게 상승하면서 주변 농경지가 침수되었다. 그 후 도로의 확장과 포장 공사가 시행(2003년 12월 9일 ~ 2005년 4월 23일)되어 향후 홍수피해가 줄어들었다고 한다.



<그림 2-9> 신안교

신안교 지점은 2004년도에 제방공사(다리 확장공사, 돌망태 건축)가 완료되었다<그림 2-9>. 제방공사가 완공되기 전 농경지의 고도가 낮아 하천 범람 시 주변 농경지 상습침수 되었으나 제방공사 후 침수 피해 없다고 한다.

### 3) 2006년 홍수피해 현장조사

2006년은 장기간 전국에 걸쳐 여러 번의 집중호우가 발생하였으며 그에 따라 지역별로 많은 인명 및 재산피해가 발생하였다. 특히 2006년 7월의 홍수 피해는 그동안 겪어 왔던 집중호우와는 달리 에위니아(EWINIAR), 빌리스(BILIS), 개미(KAEMI) 등의 태풍이 한정된 시기에 겹치면서 피해가 가중되었다. 그 중 본 연구지역인 안성천 유역은 태풍 개미 및 집중호우에 의한 피해가 가장 심했다. 따라서 본 연구에서는 2006년 7월 28~29일 안성천 유역의 피해 및 원인을 조사 하였다. <표 2-2>, <표 2-3>은 7월 27일과 29일 사이에서 지속시간별 최대 누가우량과 지속 시간별 빈도를 나타내었다.

<표 2-2> 안성천 유역의 지속시간별 최대 누가우량

지점	지속시간별 최대 누가우량 (mm)					
	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간
서운(건교부)	59.0	84.0	103.0	146.0	261.0	329.0
안성(건교부)	37.0	56.0	82.0	420.0	206.0	280.0
양성(건교부)	29.0	41.0	55.0	92.0	156.0	239.0
고삼(AWS)	33.5	59.0	71.5	100.0	173.5	280.5
보개(AWS)	36.5	64.0	91.0	129.0	210.0	298.0
서운(AWS)	63.5	86.5	109.0	150.5	253.0	304.0
안성(AWS)	31.5	58.0	82.5	125.5	190.5	271.0
양성(AWS)	35.0	55.0	67.0	100.5	171.5	252.0
일죽(AWS)	45.5	54.5	81.0	113.5	186.5	226.5
하개정(AWS)	28.0	53.0	79.0	124.5	223.0	283.5

<표 2-3> 안성천 유역의 지속시간별 빈도

지점	지속시간별 빈도(년)					
	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간
서운(건교부)	< 10	< 20	< 20	< 20	< 100	< 100
안성(건교부)	< 2	< 10	< 10	< 10	< 20	< 50
양성(건교부)	< 2	< 2	< 2	< 5	< 5	< 10
고삼(AWS)	< 2	< 10	< 5	< 5	< 10	< 50
보개(AWS)	< 2	< 10	< 10	< 10	< 20	< 50
서운(AWS)	< 20	< 20	< 50	< 20	< 100	< 100
안성(AWS)	< 2	< 10	< 10	< 10	< 20	< 50
양성(AWS)	< 2	< 10	< 5	< 5	< 10	< 20
일죽(AWS)	< 2	< 10	< 10	< 5	< 20	< 10
하개정(AWS)	< 2	< 10	< 5	< 10	< 50	< 50

※ < 2 : 2년 빈도 이하

2006년 태풍과 집중호우로 안성천유역내의 범람 상황을 현장조사를 통하여 실시하였다. 다음은 피해지역을 조사한 사항을 중심으로 한 현장사진과 설명 자료이다.

가) 조령천 일대 피해 조사

2006년 7월 28일 낮 12시 집중호우로 인하여 경기도 안성시 가현동 안성천 상류 지천인 조령천의 보에서 갑자기 유량이 늘어남에 따라 유속의 증대로 부실한 제방과 만곡 영향으로 수위가 상승하여 하천 옆의 제방 취약 부분(103m)이 파해 되었으며, 둑이 유실 되면서 강물이 넘쳐 인근 저지대 가현동 수용촌, 동신리 동문 마을 주민 500여명이 대피 하였다 <그림 2-10>.



<그림 2-10> 조령천 일대 침수피해 지역

나) 성환천 일대 피해 조사

평택에서는 성환천과 동북천 제방에 설치된 배수구가 집중호우로 인한 수압을 이기지 못하고 터지면서 강물이 넘쳐 인근의 통복 지하차도가 침수되었으며 또한 수위 상승으로 인하여 제방(좌안)이 유실 및 붕괴되었다. 제방의 유실로 우안 측의 농경지는 침수되었고 비닐하우스와 저지대 주택 30여 채와 상가가 침수 되었다<그림 2-11>.

	
<p><b>문제가 되었던 배수구</b></p>	<p><b>침수되었던 지하도</b></p>
	
<p><b>침수되었던 비닐하우스 (1)</b></p>	<p><b>침수되었던 비닐하우스 (2)</b></p>
	
<p><b>미 피해 방제</b></p>	<p><b>피해 방제</b></p>

<그림 2-11> 성환천 일대 침수피해 지역

다) 월동천 일대 피해 조사

조령천과 월동천 합류부 상류(170m) 일대에서는 집중호우로 인하여 계획홍수위를 초과함에 따라 유속이 빨라지면서 상류 부분의 교량을 통과하고 급 축소 구간에서 외력이 상승하여 제방(우안)이 붕괴 되었다. 또한 하류 부분에 보와 만곡 부분이 위치하여 월류가 발생하여 제방(우안)이 침식되었다<그림 2-12>.

<p><b>상류 (피해지역)</b></p>	<p><b>상류 (피해지역 복구)</b></p>
<p><b>중간의 보</b></p>	<p><b>하류 (피해지역 복구)</b></p>
<p><b>하류 (피해지역 복구)</b></p>	<p><b>하류 (피해지역 복구)</b></p>

<그림 2-12> 월동천 일대 침수피해 지역

## 2. 인공위성영상을 이용한 홍수 전·후의 토지이용변화에 따른 집중분석

### 가. 원격탐사자료의 획득

안성천 유역의 농촌지역을 중심으로 과거 10여 년간의 홍수피해기록을 조사한 결과 <표 2-4>과 같다. 이 기간을 대상으로 다양한 원격탐사자료(Landsat, SPOT, RADARSAT 등)들을 검토한 결과, Landsat, SPOT 등 광학위성은 홍수 전·중·후에 촬영된 영상이 없었으며, 캐나다의 RADARSAT영상은 구름 및 강우시에도 지표면 촬영이 가능한 능력을 가지고 있어 이 영상을 대상으로 선정을 시도하였다.

<표 2-4> 안성천 유역의 연도별 홍수피해지역

번호	기 간	홍수피해지역
1	1995년 8. 19 ~ 8. 21	평택, 성환
2	1998년 7. 31 ~ 8. 18	발안, 오산, 숙성, 서정, 언중, 평택, 성환, 속리
3	2000년 7. 22 ~ 7. 24	남양, 발안, 오산, 조암, 숙성, 서정, 동항, 안성 성환, 죽산, 생극, 단월, 좌항, 가남 이천, 능서
4	2002년 8. 4 ~ 8. 11	서울, 인천, 안양, 부천, 광명, 고양, 파주, 안성, 여주, 이천, 평택, 양평

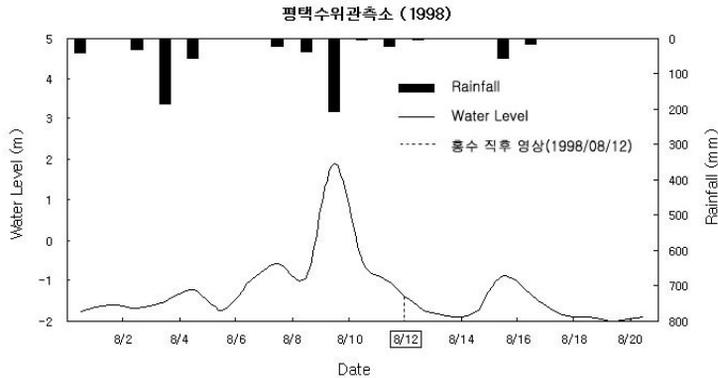
우리나라의 경우 하절기에 짧은 기간 동안 집중적으로 강우가 내리기 때문에 그만큼 영상을 선택할 수 있는 폭이 한정되어 있다. 침수피해 분석을 위해 Landsat 영상은 2002년 8월 4일~11일을 중심으로 선정하였으며, RADARSAT 영상은 1998년 8월 2일부터 8월 18일까지 649 mm 강우에 의하여 하천 붕괴와 농경지 침수 등으로 침수피해를 겪은 시기의 영상을 선정하였다.

Landsat 영상은 구름과 연모 등 날씨의 영향을 받기 때문에 영상 선정 시 홍수를 중심으로 침수 전의 영상은 침수 후의 영상과 계절이 같고 연도의 차가 되도록 적은 자료 중에서 구름상태가 양호한 것으로 선정하였다<표 2-5>.

<표 2-5> 홍수피해 전후의 Landsat 영상자료 선정

홍수피해년도	구분	날짜	센서	Path/Row	구름량
2002년 8. 4~8. 11	침수 전	2001년 9월 23일	ETM <sup>+</sup>	116/34	1 %
	침수 후	2002년 9월 10일	ETM <sup>+</sup>	116/34	0 %

RADARSAT 영상은 기상의 영향을 받지 않으며 밤에도 영상을 촬영할 수 있다는 장점을 가지고 있어 재해에 활용도가 높아지고 있다. 연구에 사용된 RADARSAT 영상으로는 침수 직후영상인 8월 12일 영상을 최종 선정하였으며, 침수분석을 위하여 2개의 영상을 추가적으로 선정하여 총 3개의 영상을 침수분석에 사용하였다. 1998년 7월 9일 영상은 침수 전의 피복 상태를 확인하기 위하여 선정하였고, 1999년 7월 25일 영상은 침수 후의 침수된 지역에 대한 안정 상태를 살펴보고자 선정하였다. <그림 2-13>은 홍수기간 중의 평택수위 관측소에서의 하천수위를 나타낸 것이다.



<그림 2-13> 연구대상지역의 강우량과 수위량의 변화

<표 2-6>은 사용된 RADARSAT 영상의 자료와 각 영상에 대한 특징을 정리한 것이다. 영상의 특징을 살펴보면 C밴드(파장: 5.6 cm)에서 촬영되었으며, 7개의 Beam 모드 중에서 Standard 모드에서 12.5 m 화소(pixel)이며 서울을 포함 수도권 일부 지역까지 포함하고 있다. 그 중 안성천 유역을 추출하여 사용하였다.

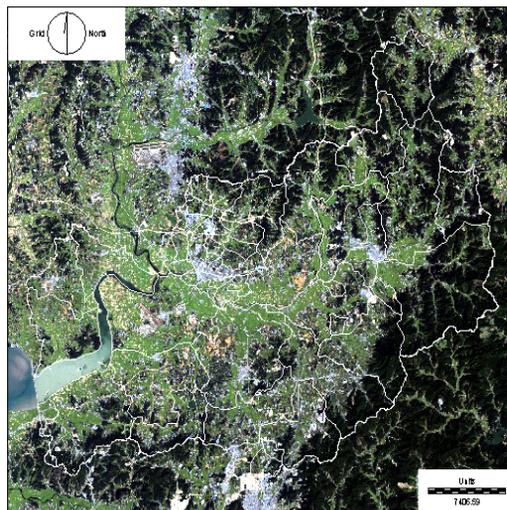
<표 2-6> 홍수피해 전중후의 RADARSAT 영상자료 선정

구 분	날 짜		
	1998년 7월 5일	1998년 8월 12일	1999년 7월 25일
Part	침수 전	침수 직후	침수 후
Product Type	Path Image(SGF)	Path Image(SGF)	Map Image(SSG)
Beam Mode	Standard 3	Standard 6	Standard 6
Orbit	ASCENDING	ASCENDING	DESCENDING
Pixel spacing	12.5m		
피해년도	1998년 7월 31일 ~ 1998년 8월 18일		

#### 나. Landsat 위성영상을 이용한 홍수 전·후의 토지이용변화에 대한 집중분석

##### 1) 위성영상의 전처리

영상의 전처리는 Landsat ETM<sup>+</sup>은 영상의 기하학적인 왜곡을 보정하기 위하여 ERDAS Imagine 8.5를 사용하였으며, Spheroid Bessel, Datum Tokyo (Korea), Projection TM (Transverse Mercator)으로 투영하기 위해 1991년 5월 31일 Landsat ETM<sup>+</sup> 영상을 기준으로 Image to Image 방법을 이용하여 기하보정을 실시하였다. 재배열(resampling) 방법으로는 최근린 내삽법을 이용하여 30m의 동일한 해상도를 갖도록 재배열을 실시하였다. 기하보정 결과, RMSE (Root Mean Square Error)는 Landsat ETM<sup>+</sup> 2001년 9월 23일 영상 자료는 0.32, 2002년 9월 10일 자료는 0.43으로 분석되었으며, 기하보정 된 영상은 <그림 2-14>와 같다.

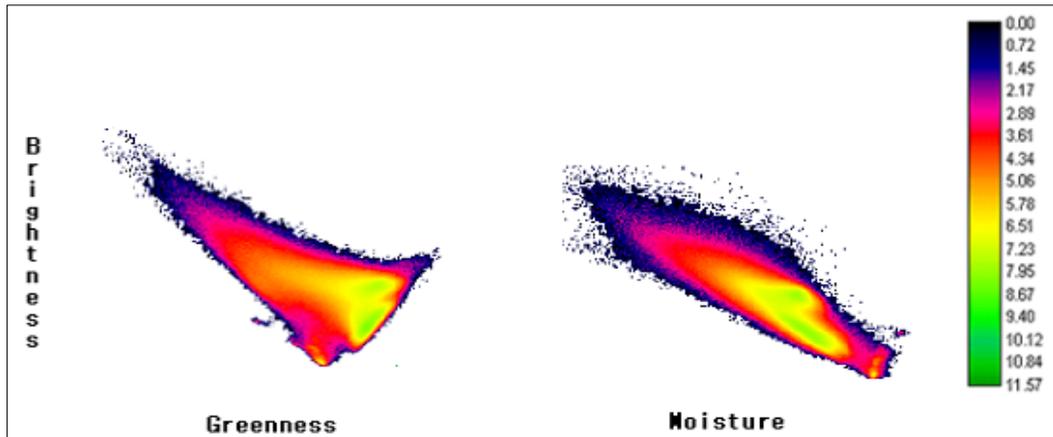


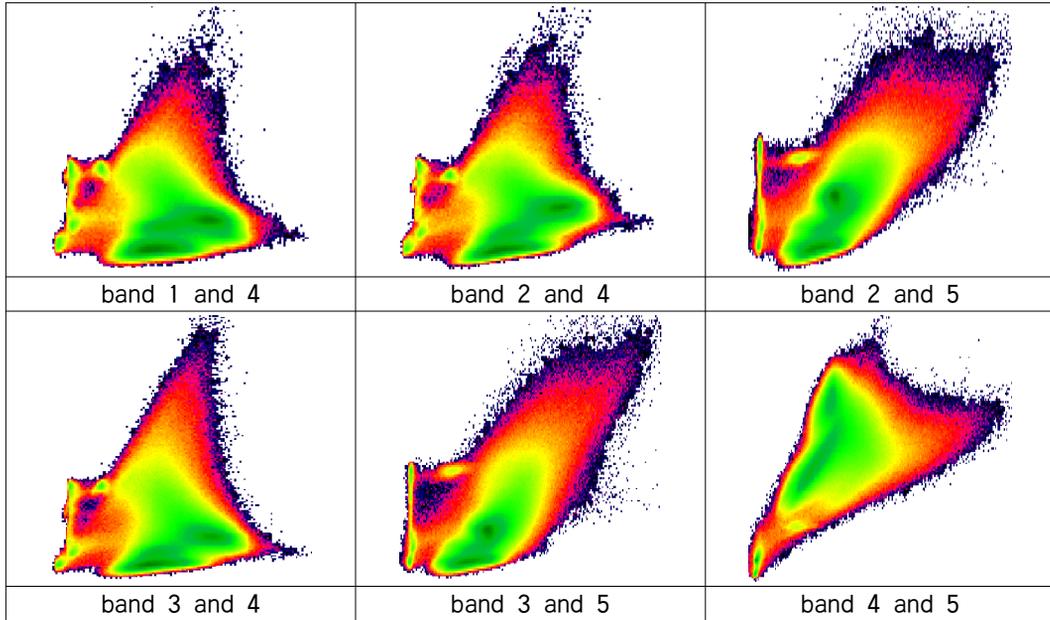
<그림 2-14> 기하보정 결과

## 2) 밴드선정

토지피복분류를 위한 최적의 밴드구성을 위해 대상지역인 안성천 유역에 대하여 조사한 결과, 산림, 논, 밭의 비율이 높은 지역임을 알 수 있었다. 연구대상지역이 식생에 대한 비율이 크기 때문에 식생에 대한 정보를 잘 반영하는 Tasseled Cap 변환계수를 이용한 지수밴드와 이와 조합하여 DN 분포도가 높은 분광밴드를 선정하여 사용하였다.

Tasseled Cap 변환은 식생에 대한 정확한 정보를 얻기 위하여 Kauth와 Thomas(1976)가 Landsat Multi-Spectral Sensor에서 수집된 자료를 대상으로 Gram-Schmidt의 연속직교기법(Sequential Orthogonalization Technique)을 이용하여 개발한 것을 Crist와 Cicone(1984)이 TM에 적용한 것으로 밴드 6을 제외한 6개의 밴드를 사용하여 새로운 축을 가지는 3개의 밴드를 생성하게 된다. 생성된 첫 번째 밴드는 Brightness 밴드로 토양반사에 대한 주변화를 나타내는 방향으로 정의되며, 두 번째 밴드는 Greenness 밴드로 Brightness 밴드에 직교하며 녹색식물의 양과 강한 상관관계를 가진다. 세 번째, Moisture 밴드는 피복 및 토양함수량과 상관관계가 있다. Tasseled Cap과 분광밴드간의 상관성을 알아보기 위하여 scatter diagram을 작성하였으며, 그 결과 Brightness와 Greenness 두 밴드의 화소 값이 골고루 분포되어 있음을 확인 할 수 있었다<그림 2-15>. 피복분류 항목별 DN 분포도를 작성한 결과 Tasseled cap과 분광밴드를 조합하여 사용하는 것이 더욱 DN 값이 골고루 분포되어 있음을 확인할 수 있었고, 따라서 밴드 3, 4, 5를 조합하여 사용하였다.





<그림 2-15> 각 밴드간 scatter diagram

### 3) 훈련지역 선정

영상의 전처리 과정을 거친 후 기하보정이 된 밴드들을 조합하여 훈련지역을 획득하였다. 훈련지역(Training site)이란 감독분류에 사용할 통계 값을 추출하기 위해서 선택한 토지피복 특성을 대표하는 영역을 말한다. 이 단계는 대표적인 샘플지역을 모든 대상물체들의 분광 속성을 작성하기 위하여 수행되며, 영상에 존재하는 모든 픽셀들은 훈련지역의 각 항목과 수치적으로 비교되고, 분광 특성이 가장 유사하게 보이는 항목들의 명칭에 따라 구분된다. 모든 물체는 고유한 분광 반사특성과 복사정도에 따라 고유의 DN을 지니고 있는데 모든 픽셀의 내부에 존재하는 분광패턴은 분류 과정의 수치적인 근거로 사용된다.

토지피복분류시 분류항목의 결정은 분류결과에 사용 목적과 분류하고자 하는 영상의 공간해상도와 같은 요인에 따라 결정되는데, 우리나라의 경우는 좁은 지역 내에 상당히 다양한 토지피복(이용)형태들이 모여 있어 등급 III과 같은 세부적인 분류는 쉽지 않다고 판단되며, Landsat TM 자료의 해상도(30m)의 한계가 있기 때문에 한국수자원공사(2000)가 제시한 기준(등급 I)을 적용하였다.

안성천 유역의 분류항목 선정시 1:25,000 지형도와 환경부의 토지피복 분류도, 그리고 현장 답사 및 분광복사계(Spectroradiometer)의 분광반사도를 측정, 분석한 자료를 바탕으

로 하여 작성하였고, 분류항목을 8~10개 정도로 선정하여 세분류하였으나 산림, 주거지, 수역, 초지, 나지, 논, 밭 등 7개 항목으로 동일하게 재분류하였다<표 2-7>.

<표 2-7> 안성천 유역 교사 자료의 분류항목

분류 번호	2001년 9월 23일		2002년 9월 10일	
	항 목	재분류	항 목	재분류
1	수역	산림	수역	산림
2	주거지	주거지	산림1	주거지
3	도로	수역	산림2	수역
4	산림1	초지	도심지	초지
5	산림2	나지	도로	나지
6	초지	논	초지	논
7	나지	밭	나지	밭
8	논1		논1	논(침수지)
9	논2		논2	
10	밭		밭	

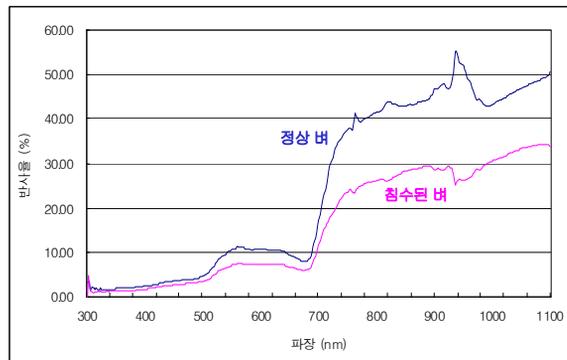
#### 4) 감독분류에 의한 토지피복분류

침수피해를 분석하기 위하여, 영상을 구성하는 각각의 화소들 중 비슷한 분광 특성을 갖는 것들을 집단화시켜 주는 방법에서 토지피복분류 방법을 사용하였다. 토지피복분류 방법으로는 감독분류 (Supervised Classification)와 무감독분류 (Unsupervised Classification)로 구분할 수 있으며, 본 과업에서는 감독분류법을 이용하였다.

감독분류법은 평행 육면체 분류기법(Parallelepiped Classification: PLC), 최소거리 분류기법(Minimum Distance to Means Classification: MDC), 최대우도 분류기법(Maximum Likelihood Classification: MLC)과 같이 대표적으로 3가지의 방법이 있다. 그 중 본 과업에서는 최대우도 분류기법을 사용하였으며 이 방법은 통계적인 방법을 통하여 화소가 각 군집에 속할 확률을 구하고 확률이 가장 큰 군집에 속하는 것으로 판단하는 방법으로 그 정확도와 활용도가 높은 기법으로 평가되어, 현재 가장 널리 쓰이고 있다.

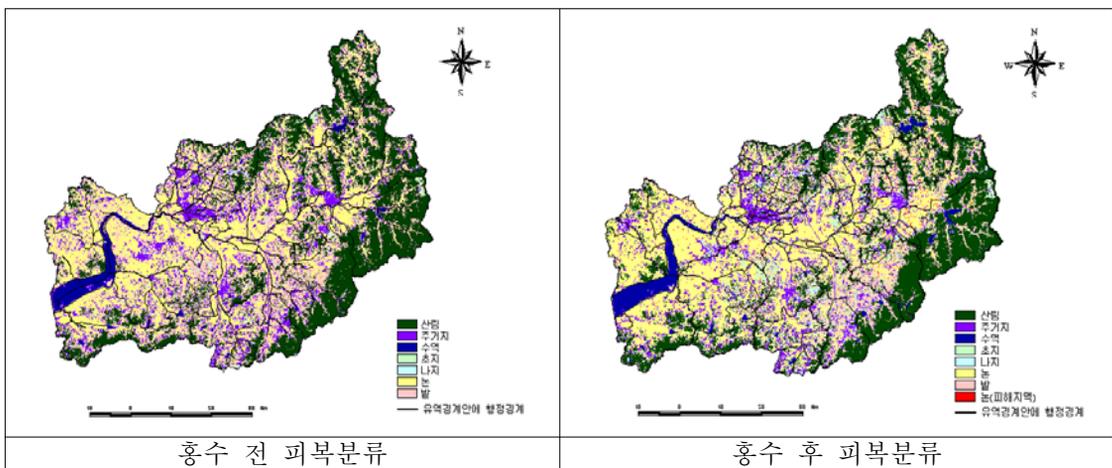
2002년 8월 안성천 유역의 침수피해는 게릴라성 폭우로 인해 배수가 일시적으로 이루어지지 않아 발생된 것으로, 홍수 후 약 2~3일이 지나면 배수가 원활하게 되어 물이 빠져나가 침수로 인한 피해지역을 추출한다는 것에 어려움이 있었다. 사용된 태풍 후 영상은 홍수가 있던 시기보다 1달 정도의 시간이 흐른 뒤이기 때문에 홍수 피해 흔적을 찾을 수 없었으므로 분광복사계(Spectroradiometer)를 이용하여 안성지역의 벼를 대상으로 분광반사도

를 측정된 결과를 이용하여 반사율을 구하여 피해 지역을 추출에 사용하였다<그림 2-16>. 정상 생육한 벼와 홍수로 인해 침수피해를 입은 벼의 분광반사도를 측정된 결과, 두 종류의 벼 사이의 반사도가 확연히 차이가 나타남을 볼 수 있었고, 이를 바탕으로 피복분류시 농경지 피해지역을 추출하였다.



<그림 2-16> 벼 반사율

홍수 전·후의 토지피복분류 결과를 유역경계별로 나타낸 결과 <그림 2-17>와 같다.



<그림 2-17> Landsat 위성영상을 이용한 홍수 전후 피복분류 결과

Landsat 위성영상을 이용한 피복분류 후 분류항목에 대한 면적을 산출하였다<표 2-8>. 분광반사도에 의한 농경지 침수 면적을 산출한 결과 약 9.8km<sup>2</sup>, 전체 면적의 약 1.1%가 침수된 것으로 분석되었다.

<표 2-8> 분류항목별 면적 및 비율

분류항목	2001년 9월 23일		분류항목	2002년 9월 10일	
	면적(km <sup>2</sup> )	백분율(%)		면적(km <sup>2</sup> )	백분율(%)
산림	274.36	29.68	산림	272.9	29.5
주거지	104.84	10.26	주거지	104.9	11.3
수역	23.38	2.53	수역	35.9	3.9
초지	27.02	2.92	초지	38.2	4.1
나지	7.99	0.86	나지	18.8	2.0
논	238.00	26.83	논	224.3	24.3
밭	248.79	26.91	밭	219.6	23.8
			논(침수지)	9.8	1.1
합계	924.38	100(%)	합계	924.4	100(%)

#### 5) 분류정확도 검증

위성영상 데이터의 분류결과를 객관적이고 정확하게 평가하고자 가장 일반적인 방법 중의 하나인 오차행렬 (error matrix)을 이용하여 Kappa 계수 및 Overall Accuracy를 산정하였다. 오차행렬이란 알고 있는 실제 지표자료와 피복 분류된 결과물 사이의 일치성을 비교한 것으로 개별 항목들의 정확도는 각 항목에서 정확하게 분류된 픽셀들의 수를, 행과 열, 둘 중 하나에 있는 전체 픽셀의 개수로 나누어 계산한다. 분석결과, 2001년과 2002년 피복 분류의 Kappa 계수는 각각 0.96, 0.98로 나타났으며, Overall Accuracy는 97.68%, 99.27%로 계산되었다. 분류정확도의 2차 평가로서 안성시 행정구역내의 지적통계자료와의 비교를 실시하였다<표 2-9>.

<표 2-9> 행정구역내의 지적통계자료와의 비교를 통한 분류 정확도

항 목		면 적(km <sup>2</sup> )		면적비(%)	
		2001	2002	2001	2002
산림	지적통계	294.0	294.0	53.1	53.1
	분류결과	262.5	261.6	47.4	47.3
	절대오차	31.5	32.4	5.7	5.8
논	지적통계	123.0	123.0	22.2	22.2
	분류결과	117.2	113.4	21.2	20.5
	절대오차	5.8	9.6	1.0	1.7
밭	지적통계	58.4	58.4	10.5	10.5
	분류결과	92.8	95.1	16.6	17.2
	절대오차	34.4	36.7	6.1	6.7
주거지	지적통계	34.0	34.0	6.1	6.1
	분류결과	36.2	38.0	6.5	6.9
	절대오차	2.2	4.0	0.4	0.8
합계	지적통계	554.2	554.2	100.0	100.0
	분류결과	553.4	553.4	100.0	100.0

모의침수지역과 실제침수지역을 비교분석하기 위해 『행정자치부 중앙재해대책본부, 2002, 재해연보』를 조사한 결과, 2002년 8월 4일~11일 동안의 집중호우로 인해 침수된 농경지가 28.42km<sup>2</sup>이 발생한 것으로 나타났다. 피복분류 결과보다 18.62km<sup>2</sup>이 큰 값으로써 사용한 영상은 홍수 발생 후 약 1달 후의 영상이므로 침수지역이 기존의 토지피복형태로 어느 정도 회복되었기 때문으로 판단된다.

#### 6) 홍수재해에 대한 집중 분석

홍수재해에 대해 면/동 행정구역 단위로 집중 분석하기 위해 토지피복분류도를 행정구역별 분류항목에 대한 면적을 산정하였다<표 2-10>. 그 결과 보개면(0.8km<sup>2</sup>), 금광면(0.4km<sup>2</sup>), 공도면(0.4km<sup>2</sup>), 대덕면(0.4km<sup>2</sup>), 미양면(0.4km<sup>2</sup>), 서운면(0.2km<sup>2</sup>) 등이 농경지 침수피해를 많이 입은 것으로 분석되었다. <그림 2-2>의 실제 현장조사 및 자료조사에서 보개면, 금광면, 대덕면, 서운면이 농경지 등의 침수를 입은 것으로 조사되었다. 금광면과 서운면은 폭우로 인하여 하천의 제방이 무너지면서 주변 농경지가 침수가 된 것으로 조사되었으며 보개면의 경우 주위가 산림으로 둘러싸인 유역으로 산림에서 흡수되지 못한 유출수와 함께 쓸려 내려온 토사 등으로 인하여 피해를 입은 것으로 판단된다. 또한 대덕면은 고삼저수지의 하류에 위치하고 있으며, 집중호우시 유속이 빨라져 명단교 지점의 만곡부에서 제방이 붕괴되어 만곡부의 안쪽에 위치하고 있는 농경지가 침수되어 피해를 입은 것으로 판단된다.

<표 2-10> 안성천 유역 행정구역별 피복분류 결과(2002년 9월 10일)

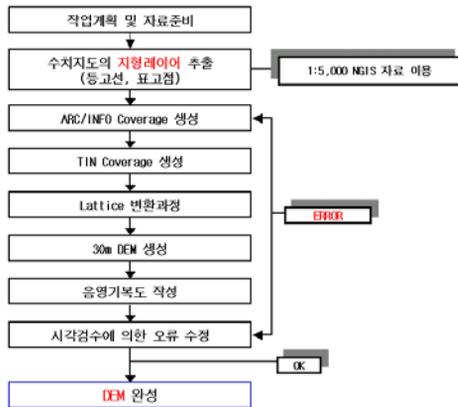
(단위: km<sup>2</sup>)

면/동	산림	주거지	수역	초지	나지	논	밭	논 (피해지역)
가재	0.5	0.5	0.0	0.3	0.1	1.1	0.4	0.0
고덕면	0.1	0.4	0.2	0.3	0.0	2.3	0.3	0.0
고삼면	12.8	0.8	2.1	1.9	0.3	4.8	4.6	0.2
공도면	1.5	4.1	0.5	3.8	0.6	17.9	3.7	0.4
관인면	1.3	0.2	0.0	0.2	0.1	1.1	0.9	0.1
군문	1.3	0.7	0.1	0.5	0.2	2.3	1.3	0.1
금광면	50.6	1.7	1.9	2.7	0.3	8.0	9.0	0.4
남사면	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
대덕면	8.0	3.5	0.1	2.1	0.9	10.9	6.9	0.4
도일	2.7	0.4	0.0	0.4	0.1	1.5	1.5	0.0
동삭	0.2	0.4	0.0	0.2	0.0	0.8	0.3	0.0
두정동	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
둔포면	4.7	5.2	0.4	3.2	0.7	23.1	3.2	0.3
마양면	0.9	0.2	0.0	0.4	0.0	1.1	1.2	0.0
만승면	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
모곡	0.0	1.2	0.0	0.1	0.2	0.8	0.0	0.0
목천면	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
미양면	4.1	3.2	0.1	2.4	0.7	13.2	5.8	0.4
백곡면	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
보개면	24.7	2.4	0.2	2.7	0.5	11.9	11.6	0.8
부대동	1.2	1.0	0.0	0.4	0.3	1.1	0.7	0.0
북면	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
비전	0.1	1.0	0.0	0.1	0.1	0.7	0.1	0.0
삼죽면	12.9	0.9	0.0	0.8	0.3	1.6	3.6	0.1
서운면	17.0	1.4	0.2	2.2	0.4	5.5	9.6	0.2
성거읍	10.7	4.4	0.2	2.8	0.9	4.4	7.8	0.0
성성동	0.4	0.5	0.1	0.3	0.1	0.6	0.2	0.0
성환읍	7.1	7.7	0.3	6.3	1.6	23.8	9.3	0.3
소사	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	2.0	0.1	0.0
신당동	0.6	0.5	0.0	0.2	0.0	0.4	0.4	0.0
신대	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	1.9	0.0	0.0
신장1	0.2	1.9	0.0	0.4	0.3	1.5	0.2	0.0
쌍용1동	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
안서동	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
안성읍	3.1	3.1	0.1	0.9	0.5	4.0	2.5	0.2
안중면	2.7	3.1	0.0	0.8	0.3	12.8	0.5	0.1
양성면	13.6	1.7	0.2	1.8	0.4	9.2	5.4	0.3
업성동	0.3	1.4	0.2	0.4	0.3	1.2	0.3	0.0

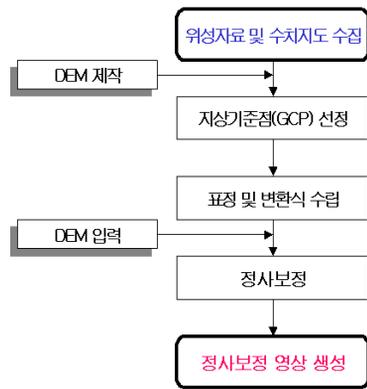
다. RADARSAT SAR 영상을 이용한 홍수 전·후의 토지이용변화에 대한 집중분석

1) 위성영상의 전처리

RADARSAT SAR센서는 한쪽 방향만을 관측하기 때문에 지표면 경사에 따라 생기는 기하학적 왜곡을 보정하기 위하여 수치지도로부터 구축한 5m DEM을 이용하여 정사보정을 실시하였다<그림 2-18>. 정사보정은 ERDAS IMAGINE 8.6을 사용하였으며, DEM을 이용한 정사영상 제작법인 원영상에 있는 DN값을 DEM의 영상좌표로 이동시키는 과정에서 외부표정요소, 내부표정요소, 초점거리, 공선조건을 고려하여 수정하는 방법으로 하였다 <그림 2-19>.

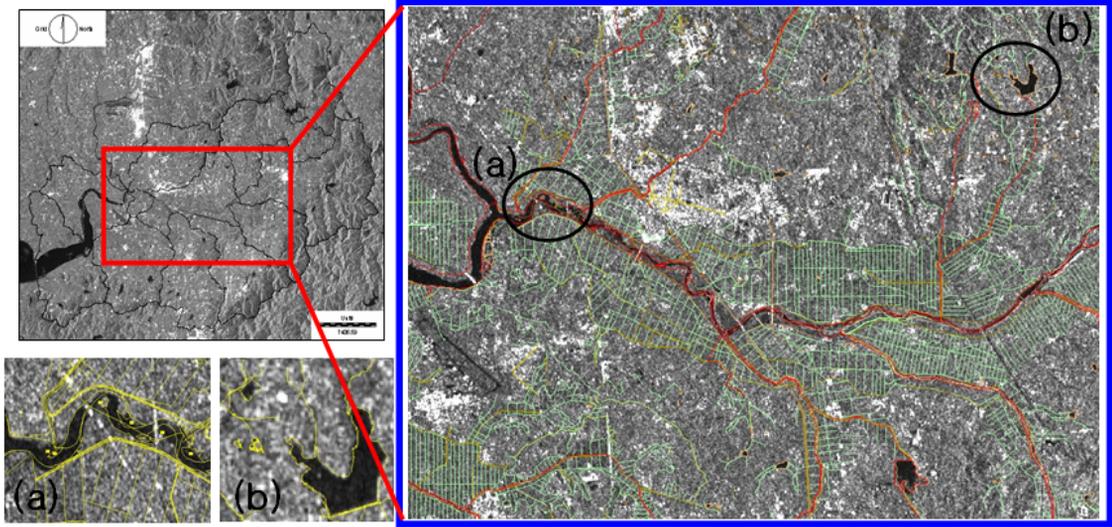


<그림 2-18> DEM 생성과정



<그림 2-19> 정사보정 과정

1999년 7월 25일 영상은 수치지도를 이용한 image to map 방법으로 보정을 하였고, 이 영상을 이용하여 image to image 방법으로 1998년 7월 5일 영상과 1998년 8월 12일 영상을 보정, 약 9~10개의 지상기준점(Ground Control Points)을 선정하여 Spheroid Bessel, Datum Tokyo(Korea), Projection TM(Transverse Mercator)으로 투영하였고, Bilinear 내삽법에 의해 정사보정을 실시하여 결과는 RMSE (Root Mean Square Error)가 해상도 12.5m에 대해 0.25~0.62 pixel로 분석되었고, <그림 2-20>과 같이 수치지도와 중첩하여 그 정확도를 확인하였다.



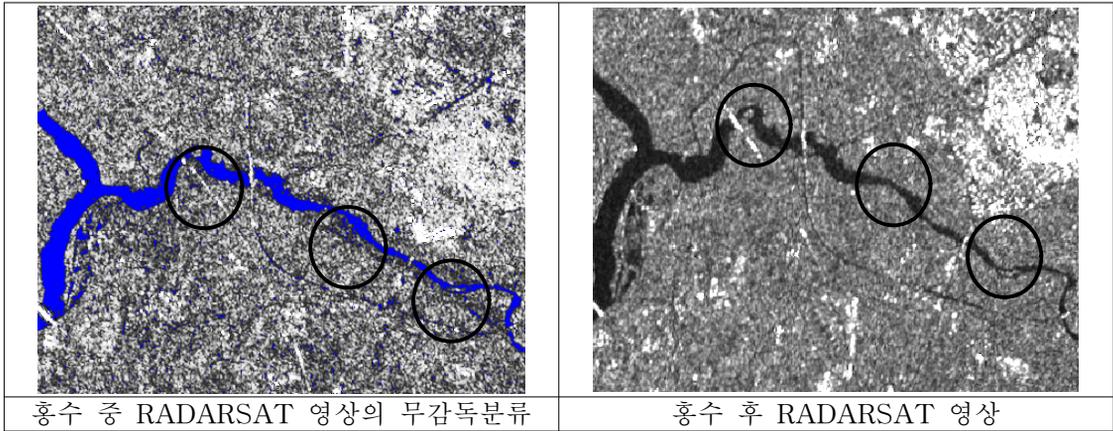
<그림 2-20> 정사보정 결과 ((a) 하천 부분 (b) 저수지 부분)

## 2) 홍수재해에 대한 집중 분석

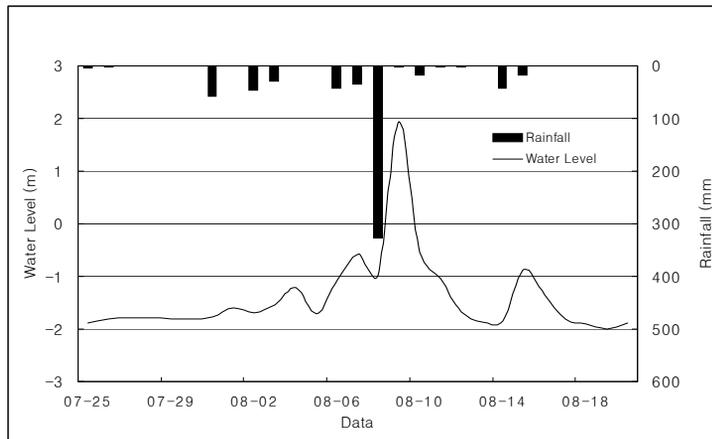
### 가) 토지피복분류 - 무감독분류 방법

RADARSAT 영상으로부터 침수지역을 추출하기 위하여 토지피복분류 중 무감독분류를 사용하였다. 무감독 분류(Unsupervised Classification)는 군집화(Clustering)라고도 불리며, 분류 항목에 대한 사용자의 사전 설정 없이 단지 입력 영상의 통계적 특징에만 의존하여 영상을 몇 가지의 피복군으로 분류한다. PG-STEAMER는 Sequential, K-Means, ISODATA의 무감독 분류 기법을 제공하며 각 알고리즘에 따라 각기 다른 종류의 변수 입력이 요구된다. 그 중 침수지역 추출을 위해 ISODATA(Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) clustering 방법을 이용하였다. ISODATA clustering 방법은 반복 계산시 각 군집의 새로운 평균이 계산되며 군집 정리시 군집의 표준편차 값을 분석하여 편차 값이 너무 큰 경우 두 개의 군집으로 분리할 수 있으며, 이러한 군집 분리 기능을 가짐으로써 잃어 들인 모든 화소는 분광거리가 가장 가까운 군집으로 할당하게 된다. class 분류 개수는 12개로 하였으며, 그 중 하천 주변을 중심으로 무감독분류를 실시하였다. <그림 2-21>는 침수 직후와 후로, 직후의 영상은 무감독분류를 실시한 결과이며 그 중 수역으로 분류된 부분만을 보여주고 있다. 육안으로 판독한 결과 하천의 굴곡부분과 하천 주변에 위치한 농경지 등은 침수로 인하여 물과 비슷한 반사 값을 지니고 있어 침수된 것으로 판단

된다.



<그림 2-21> RADARSAT 위성영상을 이용한 홍수 중후 피복분류 결과



<그림 2-22> 평택 관측소의 강우, 수위량

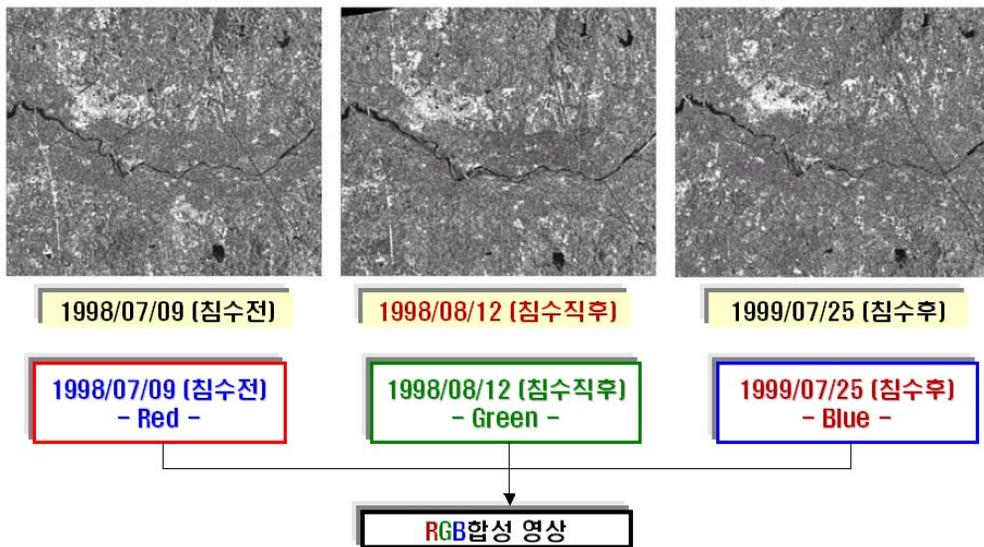
RADARSAT 영상 분석에 있어 평택 강우관측소와 수위관측소로부터 일강우량과 일수위량을 그래프로 나타냈다<그림 2-22>. 사용된 영상은 8월 12일 영상으로 집중호우(경기도 8/7-8/8일)가 지나간 후의 영상으로 폭우로 인한 일시적 배수불량으로 침수의 피해를 입은 것이므로 침수로 인한 침수지역을 추출 시 어려움이 따른다.

#### 나) 영상의 RGB 합성

침수피해지역에 대한 범위를 추정하기 위하여, 세 시기의 영상을 칼라 합성하고 레이더의

반사 값을 이용하여 나타나는 색의 변화를 살펴보고 침수여부를 판단하였다.

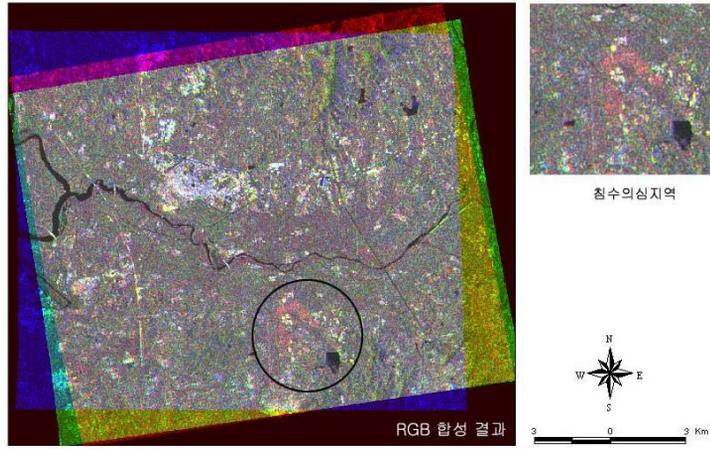
동일한 좌표체계로 보정한 세 시기의 영상을 중첩하여 칼라 합성하는 경우 각 시기의 상대적 화소 값의 차이에 따라 독특한 색을 띠게 된다(이규성 등, 2000). 세 시기의 영상을 합성하기 위하여 ERDAS IMAGINE 8.6에서 제공하는 Layer Stack 모듈을 이용해 <그림 2-23>과 같이 1998년 7월 9일 영상은 적색, 1998년 8월 12일 영상은 녹색, 1999년 7월 25일 영상은 청색으로 칼라 합성하였다. RGB로 칼라 합성한 후, 이규성 등(2000)이 분석한 연구를 토대로 합성영상의 여러 지표물의 반사특성을 고려한 결과, 주로 하천 주변의 농경지 부분에서 영상 시기별 레이더 반사신호의 차이로 인한 색변화가 나타나는 것을 확인할 수 있었다<그림 2-12>.



<그림 2-23> RGB 합성 과정

RGB 칼라 합성시 영상간의 변화가 나타나지 않는 지역에 대해서는 검은색, 회색, 흰색으로 나타나게 된다. 즉 영상에서 물과 같이 습기가 많은 곳은 반사도가 낮은 값을 가지고 있기 때문에 검게 보이며, 도심지의 경우 건물의 측면과 입사되는 레이더파의 기하학적 관계로 인해서 반사 값이 매우 높아 가장 밝게 나타나게 된다. 농경지나 산림은 식물이 1 cm이상 되는 경우 잎과 가지에 레이더파가 접촉하게 되어 반사 값이 증가한다. 따라서 홍수로 인해 토지 피복의 변화가 발생되면 그 반사값 또한 변화가 되어 합성 시 홍수피해지역은 색변화가 발생하게 된다.

<그림 2-24>와 같이 RGB 방법으로 영상을 합성결과, 일반적으로 강이나 저수지 등은 거의 낮은 값을 가지기 때문에 검게 나타나며, 도로나 도심지의 경우는 밝게 나타나는 것으로 합성 전 영상과 같은 색상을 나타내었다. 하지만, 침수된 것으로 추측되는 지역의 경우 하천 본류의 주변과 농경지 일대를 중심으로 짙은 계통의 보라색이 나타나고 있다. 보라계열은 토지피복에 변화가 있는 지역은 침수 전의 적색과 후의 청색이 합성되어 보라계열의 색이 나타나는 것으로 판단된다.

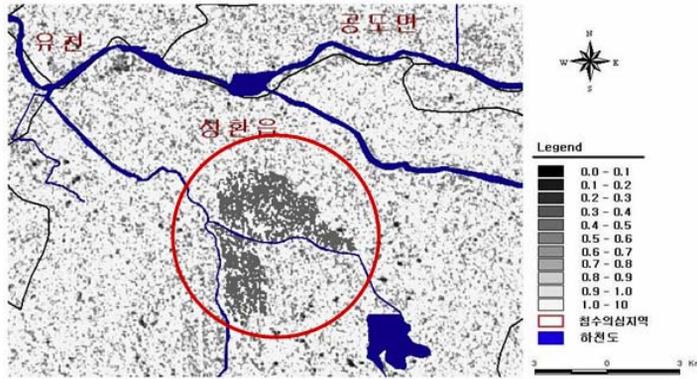


<그림 2-24> RGB 합성영상과 침수의심지역

#### 다) 영상간의 Ratio 연산

영상간의 RGB 칼라합성으로 침수의심 지역은 추출할 수 있었으나 정확한 침수지역의 경계를 파악하는 것은 불가능하였다. 이를 위해 본 연구에서는 2개의 영상을 대상으로 서로 나누는 Ratio 연산방법을 이용하여 보다 정확한 침수피해지역의 경계를 추출하고자 하였다.

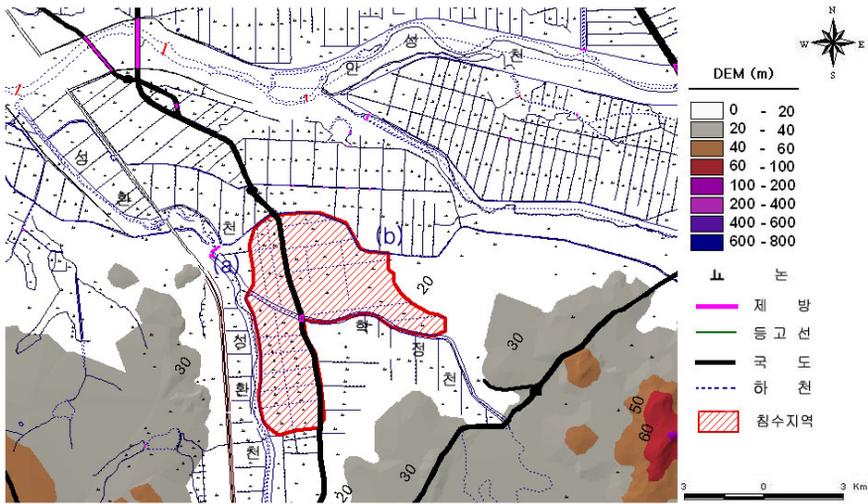
Layout 모듈을 이용하여 침수 직후의 영상을 침수 전의 영상으로 나누는 Ratio 연산을 실시하였고 그 결과 ratio 값이 0.07~19.54로 분포하였다. 홍수로 침수가 발생한 지역은 낮은 반사 값을 가지므로, 침수 직후의 영상을 침수전의 영상으로 나눈 Ratio 값은 1보다 작은 값으로 산정되었다. 또한 1보다 작게 산정된 지역의 Ratio 값들을 몇 개의 구간으로 구분하여 표현한 결과, RGB 방법보다는 훨씬 뚜렷한 침수지역의 경계를 파악할 수 있었다<그림 2-25>.



<그림 2-25> Ratio 연산 결과

<그림 2-25>의 침수지역 경계를 스크린 디지털라이징하여 벡터경계를 생성하였으며, 그 결과를 NGIS(National Geographic Information) 1:5,000 수치지도와 중첩하여 나타낸 결과는 <그림 2-26>와 같다.

그림을 살펴보면, 학정천과 성환천의 합류지점을 중심으로 주위의 농경지가 침수된 것을 확인할 수 있었다. 침수지역의 (a) 부분은 집중호우로 농경지 주변의 소하천 수위가 급상승하면서 하천의 합류지점에서 제방을 월류하여 표고가 낮은 하천 주변의 농경지가 침수된 것으로 판단된다. 침수지역의 (b) 부분은 학정천 하폭(평균 38m)이 성환천의 하폭(평균 86m)보다 약 2~3배 정도 작기 때문에 폭우로 인하여 일시적으로 하천의 통수능력을 상실하여 범람한 것으로 판단되어진다. 범람한 하천수는 표고가 낮은 지역을 대상으로 범람된 용량만큼 낮은 지역을 침수시키면서 진행되다가 표고가 높은 도로, 논둑을 만나면서 더 이상 침수범위가 확대되지 않고 침수위를 상승시킨 것으로 추정된다. 현장 조사결과, 침수경계의 도로와 논둑의 표고가 높은 것을 확인하였다. 분석 결과에 대한 검증을 거쳐야 하나, 1998년 성환천 유역의 침수피해 조사 결과가 있지 않아 현장조사와 주민들의 면담조사를 통하여 당시 성환천과 학정천 주변의 농경지 및 주거지가 침수되었음을 확인할 수 있었다. <그림 2-26>의 결과에 의한 피해면적을 토지이용 항목별로 추출한 결과, 총 침수피해면적은 1.27 km<sup>2</sup>가 침수되었으며, 그 중에서 1.13 km<sup>2</sup>로 논이 피해가 가장 심하였고, 주거지와 나지는 0.08 km<sup>2</sup>, 수역은 0.05 km<sup>2</sup>, 밭은 0.01 km<sup>2</sup>가 침수된 것으로 분석되었다.



<그림 2-26> 수치지도와 침수지역의 중첩

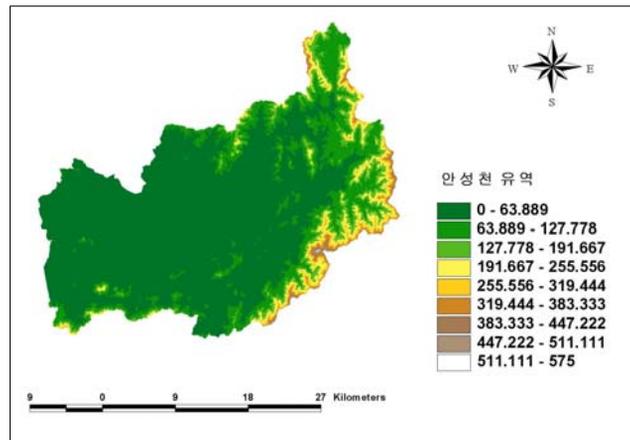
# 제 3 절 GIS기법을 이용한 홍수재해지역 집중 분석

## 1. GIS기법을 이용한 침수 위험 지역 분석

### 가. 침수 위험 지역 분석을 위한 입력 자료 구축

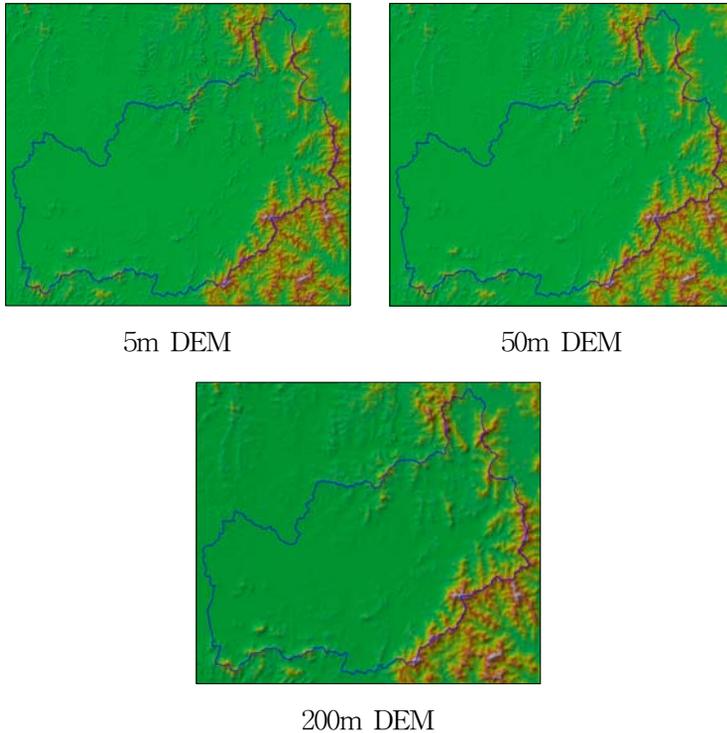
#### 1) 침수 위험 지역 분석을 위한 DEM 구축 및 최적해상도 결정

대상유역인 안성천 유역에 대한 침수 위험 지역 추출을 위해 국립지리원에서 1994년부터 수행한 수치지도 구축사업에 1:5,000 축척의 수치지형도를 사용하여 DEM을 구축하였다. DEM 제작에는 1:5,000 수치지도 191장과 1:25,000 수치지도 7장의 DXF(Drawing eXchange Format) 파일을 이용하였으며, 지형관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점)을 ARC/INFO의 스크립트언어인 AML (ARC/INFO Macro Language)을 적용하여 라인 및 포인트 커버리지로 변환하였으며(정인균 등, 2003), 추출한 커버리지의 도형자료 및 dxf-elevation 필드에 저장된 고도 값을 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Network) 커버리지 생성, Lattice 변환과정을 거쳐 추출한 후 격자간격 5m의 DEM을 생성하였다. DEM 작성 시 지형 관련 레이어 중에서 등고선과 표고점 레이어를 GIS 프로그램인 Arc/Info를 이용해 추출한 후 추출된 지형 레이어를 전처리하여 오류를 수정하였다<그림 2-27>.



<그림 2-27> 안성천 유역 DEM(해상도 5m)

DEM은 침수피해 분석에 있어서 중요한 자료로서 결과에 영향을 끼칠 것이라고 판단되어, 적절한 DEM의 해상도를 찾기 위해 해상도별 지형특성인자를 비교해 보았다. DEM은 5m, 15m, 30m, 50m, 100m, 200m의 해상도로 작성하였다. 이 중 5m, 50m, 200m 해상도의 DEM은 <그림 2-28>와 같다.



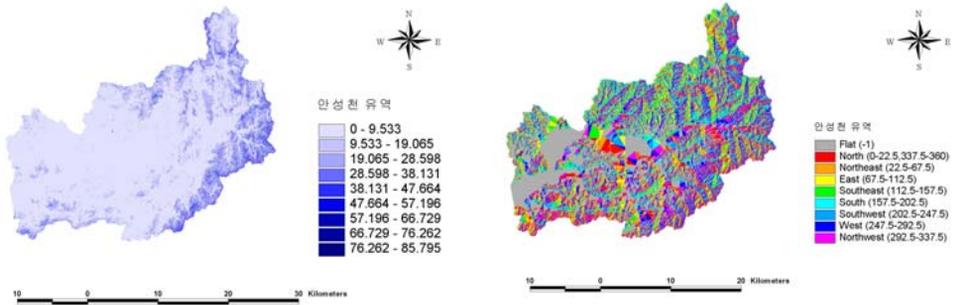
5m DEM

50m DEM

200m DEM

<그림 2-28> 해상도별 DEM

위에 해상도별 DEM을 이용하여 Arc/View 프로그램으로 경사도, 경사향도를 구축<그림 2-29>하였고, DEM 해상도에 따라 비교 지형특성 인자들(유역면적, 최저표고, 최고표고, 평균표고, 평균경사)의 값을 추출하여 그 결과를 정리하였다. 그 후 DEM 해상도에 따른 인자들의 변화 형태를 좀 더 체계적으로 살펴보고자 상관관계식과 결정계수를 추출하였다 <표 2-12 ~ 표 2-13>, <그림 2-30>.



경사도

경사향도

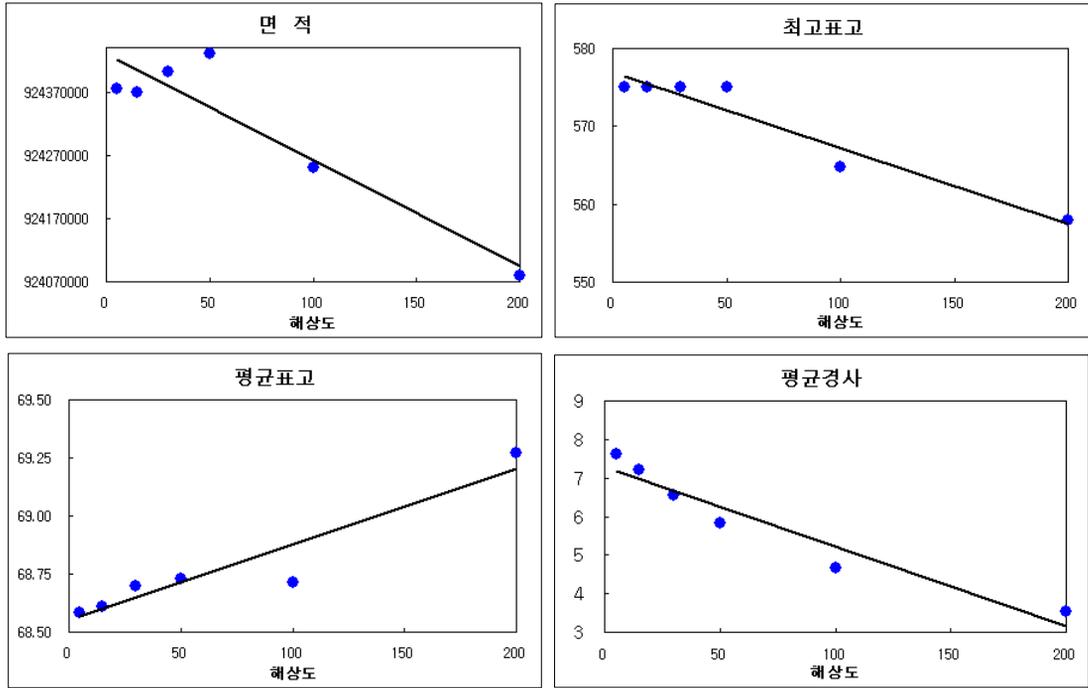
<그림 2-29> 안성천 유역의 경사도와 경사향도

<표 2-12> 지형특성 인자들의 값

DEM 해상도	유역면적(m <sup>2</sup> )	최저표고(m)	최고표고(m)	평균표고(m)	평균경사(°)
5m	924375360.00	0.00	575.00	68.58	7.62
15m	924368384.00	0.00	575.00	68.61	7.22
30m	924401728.00	0.00	575.00	68.70	6.54
50m	924430016.00	0.00	575.00	68.73	5.81
100m	924249984.00	0.00	564.81	68.71	4.68
200m	924080000.00	0.00	557.91	69.27	3.53

<표 2-13> 지형특성인자들과 DEM의 선형 회귀식

지형특성인자	DEM 상관관계식	R <sup>2</sup>
면적	$y = -1670.58x + 924428950.79$	0.87
최고표고	$y = 0.0033x + 68.549$	0.93
평균표고	$y = 0.0033x + 68.549$	0.90
평균경사	$y = -0.0205x + 7.2678$	0.92



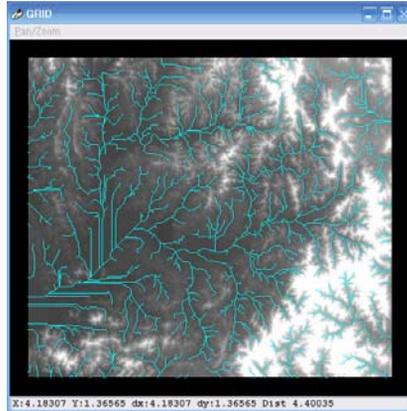
<그림 2-30> DEM 해상도에 따른 인자들의 상관관계

DEM 해상도에 따른 인자들 상관회귀분석을 실시한 결과, 최저표고를 제외한 유역면적, 최고표고, 평균경사, 평균표고와의 상관성이 매우 높은 것으로 분석되었다. 해상도가 낮아질수록 유역면적, 최고표고와 평균경사 값이 작아지는데, 이는 고해상도에서 저해상도가 될 때 부여되는 셀 값이 가장 많은 수의 셀의 값을 반영하기 때문으로 판단된다. 유역 평균표고는 해상도가 낮아질수록 그 값이 커지는 것으로 나타났는데, 이는 고해상도에서보다 저해상도에서의 표고 값 분포가 편중되지 않고 고르기 때문에 평균표고 산술평균시 값이 높게 추출되는 것으로 판단된다.

해상도별 분석 결과 100m이상의 해상도는 지형특성을 반영하지 못하였으며, 5m와 30m의 해상도별 차이는 면적이 26,368m<sup>2</sup>, 평균표고가 0.12m, 경사가 1.08°로 미미하여 30m DEM을 이용한 분석을 실시하였다. 해상도별 DEM 분석에는 안성천 본류만 고려하였으나 침수위험 지역 분석에는 안성천 유역 전체에 대한 추출을 위해 진위천과 오산천, 황구지천을 포함한 DEM을 사용하였다.

## 2) 홍수흐름경로도 작성

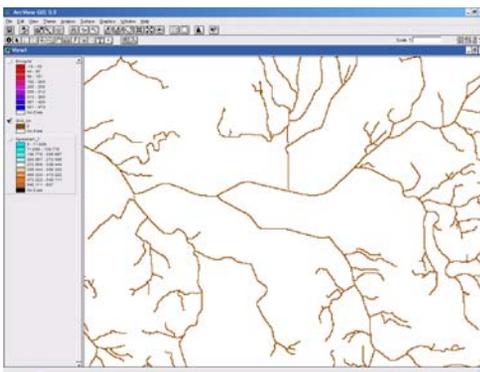
위와 같이 생성된 DEM을 이용하여 물이 지표면을 따라 흐를 때 흐름방향을 주변의 8 방향으로 나타낼 수 있는데 8개의 값을 가지는 새로운 형태의 자료로 흐름방향도를 작성한 후, 임의의 지점으로 흐르게 되는 모든 격자수를 누적하는 누적흐름도를 사용하여 하천망도를 추출한다. 이 때 NGIS 하천도로 Agree burning 기법을 사용하여 대상구역의 홍수 흐름경로도를 작성하였다<그림 2-31>.



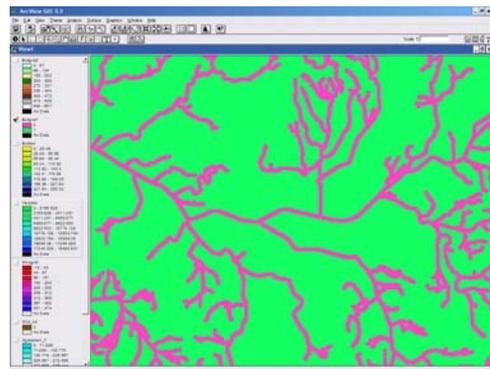
<그림 2-31> 완성된 하천도

Agree burning은 하천망 벡터파일을 그리드 자료로 변화한 후, 하천망에 DEM의 고도를 주고 Buffer시킨 후 Buffer된 셀 간의 거리와 인접 Buffer셀 간의 고도를 저장하여 하천망도를 작성하는 방법으로 하천망 생성 과정은 <그림 2-32>와 같다.

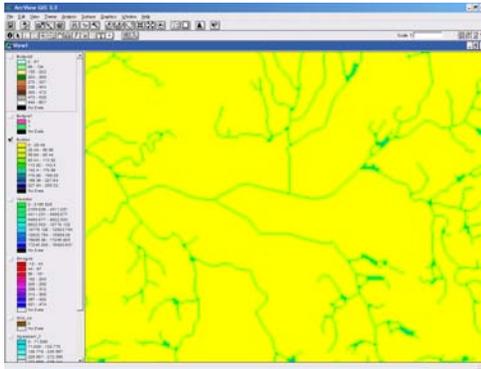
step 1. 하천망 벡터파일을 그리드  
자료로 변환



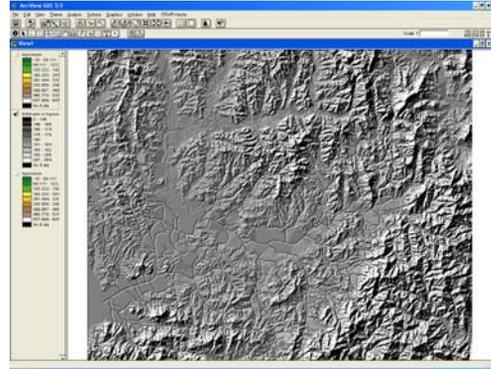
step 2. Buffer 실행



step 3. Buffer의 셀 간의 거리와  
고도를 계산



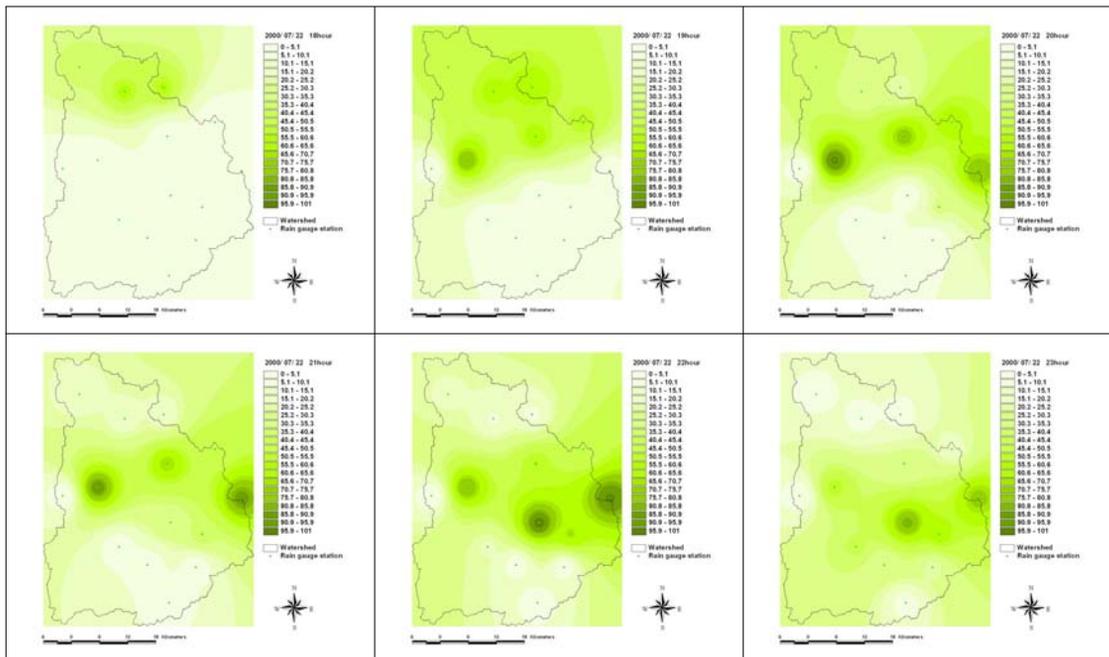
step 4. 하천망 작성



<그림 2-32> Agree burning은 하천망 생성과정

### 3) 대상지역에 대한 강우분포도 작성

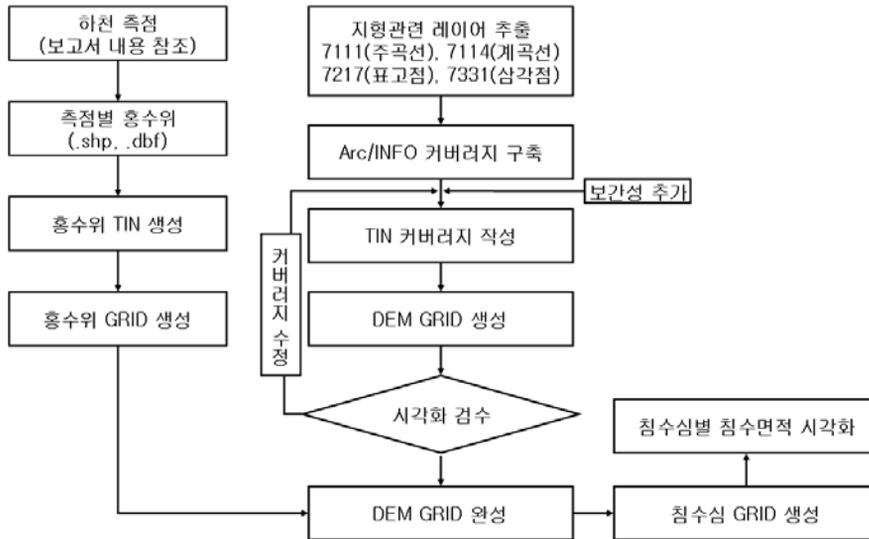
홍수시에 강우 특성을 파악하고자 홍수 당시에 강우분포도를 작성하였다. 안성천 유역의 강우관측소 14곳(성거, 서운, 성환, 용인, 삼죽, 양감, 원삼, 수원, 이동, 양성, 기흥, 평택, 회화, 안성)을 선정, Idrisi 소프트웨어를 사용하여 내삽하였다. 2000년 7월 22일~24일의 시 강우분포도를 작성하여 강우 특성을 가시화하였다<그림 2-33>.



<그림 2-33> 2000년 홍수시 강우분포도

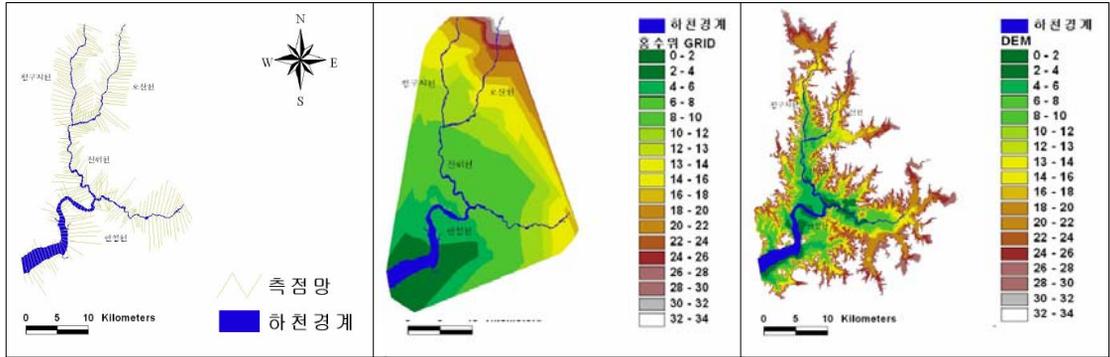
## 나. GIS기법을 이용한 침수피해지역 분석 결과

침수구역이란 ‘홍수로 인해 제내지의 토지, 건물 및 그 내용물, 공공시설물, 농작물 등 모든 종류의 재산이 피해를 입을 수 있을 만큼의 일정시간동안 물에 잠겨있는 구역’으로 정의할 수 있으며, 예측을 위해서는 침수심, 침수면적, 침수시간의 산정의 필요성이 요구된다. GIS를 이용한 침수지의 예측을 위해서 가장 우선시 되는 것이 표고에 대한 정보라 할 수 있으며, 표고가 홍수위보다 낮을 경우 월류나 제방붕괴에 의한 침수가 발생하므로 DEM과 홍수위를 제내지로 연장하여 분석을 통해 침수구역을 설정하였다. 침수심 및 침수면적 추출을 위한 흐름도는 다음 <그림 2-34>와 같다.



<그림 2-34> 침수심 및 침수면적 추출을 위한 흐름도

홍수위의 분포를 나타내기 위해서 1994년 안성천치수대책조사 하천정비기본계획(보완) 보고서를 참조하여 안성천 전체 유역에 대한 50년, 80년, 100년, 150년 빈도의 홍수위를 측정별로 입력하였다. 이 때 홍수위는 각 측정별로 차이가 나타났으며, 50년과 150년을 비교하였을 때 0.00m에서 0.87m까지의 차이를 나타냈다. 빈도별 홍수위의 제내지 연장 시에는 DEM과 흐름방향도를 고려하였다<그림 2-35>.



하천의 측점

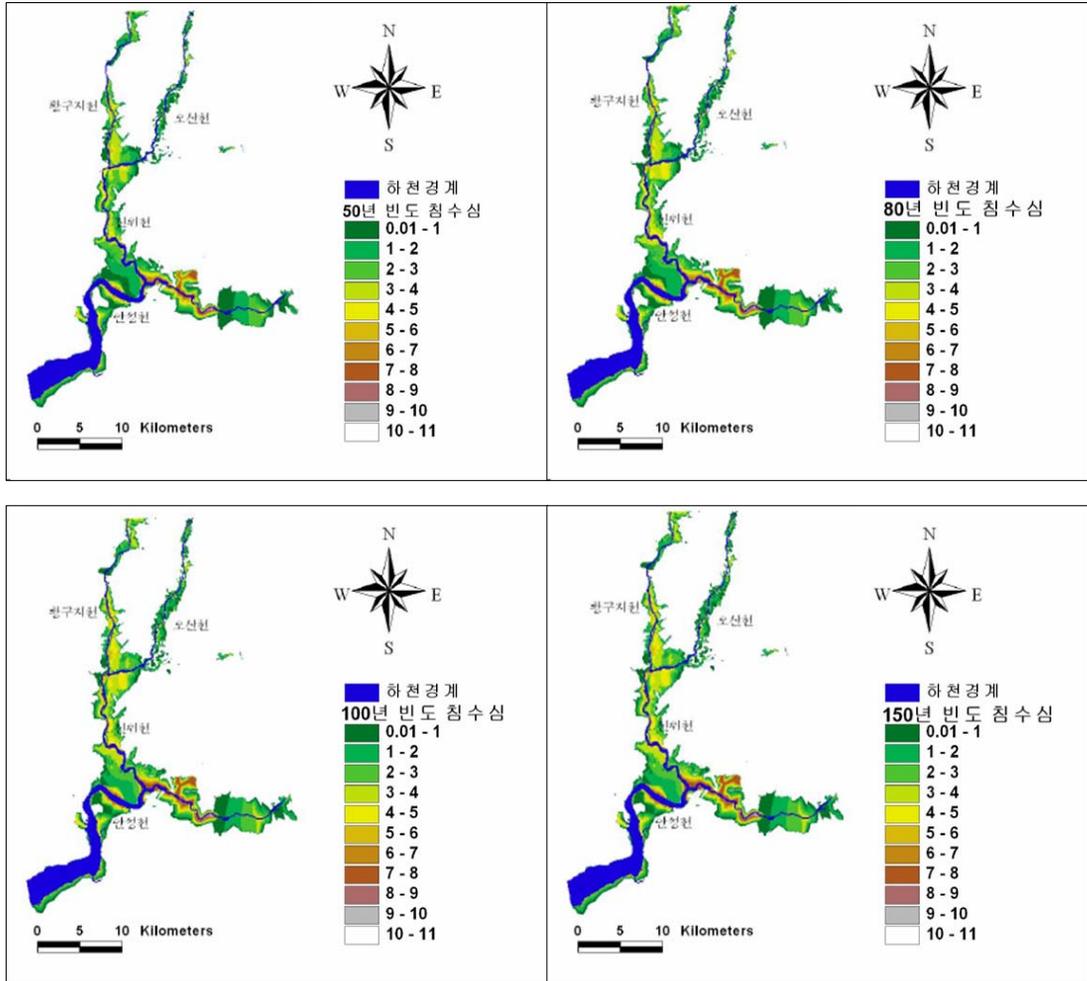
홍수위 분포도

DEM 분포도

<그림 2-35> 침수지 분석을 위한 GIS 자료 구축

빈도별 홍수위를 GRID화하여 DEM보다 큰 지역을 추출하여 그 지역의 차로써 침수심이 계산되며, 침수지역을 가시화된다.

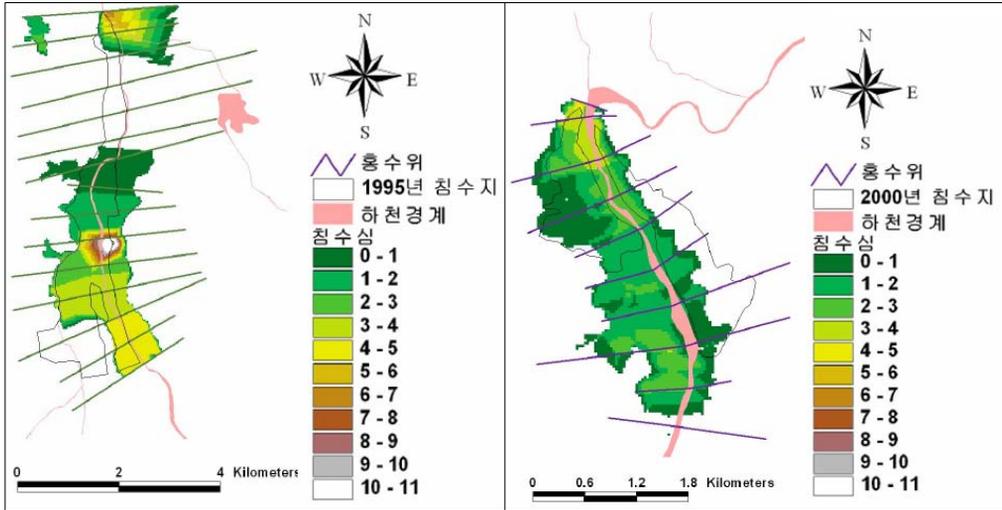
ArcView상에 통계자료를 이용하여 침수심 분포를 확인한 결과 50년 빈도의 홍수위에 대한 침수심 분포는 0.00m에서 8.86m이며, 평균 1.20m, 80년 빈도 일 때의 범위는 0.00~9.07m 평균 1.33m, 100년 빈도는 0.00~9.25m, 평균 1.41m, 150년 빈도의 범위는 0.00~9.51m 평균은 1.54m로 나타났으며, 대부분 하천 주변에 표고가 낮은 곳들의 침수가 확인되었으며, 빈도가 증가할수록 침수면적의 증가를 확인할 수 있었다<그림 2-36>.



<그림 2-36> 빈도별 침수심

국가수자원관리 종합정보에서 제공하는 \*.shp 형식의 자료를 안성천 중심으로 취득한 과거 실제 피해가 있었던 침수지와 표고와 홍수위를 이용한 침수지 산정 결과의 비교를 실시하였다.

2000년과 1995년에 홍수위가 산정되어 있지 않은 지류를 중심으로 한 침수지에 측선을 설정하여 홍수위를 입력하였다. 임의의 홍수위 입력을 위해 표고가 비슷한 분류와 비교와 측점별 증가량을 고려하였다. 1995년에 홍수위는 16.60m~25.00m, 2000년에는 24.16m~29.72m 입력하였다. 실제 침수지와 비교하였을 때 다른 조건을 고려하지 않은 상태에서 침수지에 대한 정보를 표현하였으며 월류 지점에 대한 유추가 가능함을 확인할 수 있다<그림 2-37>.



1995년 침수지

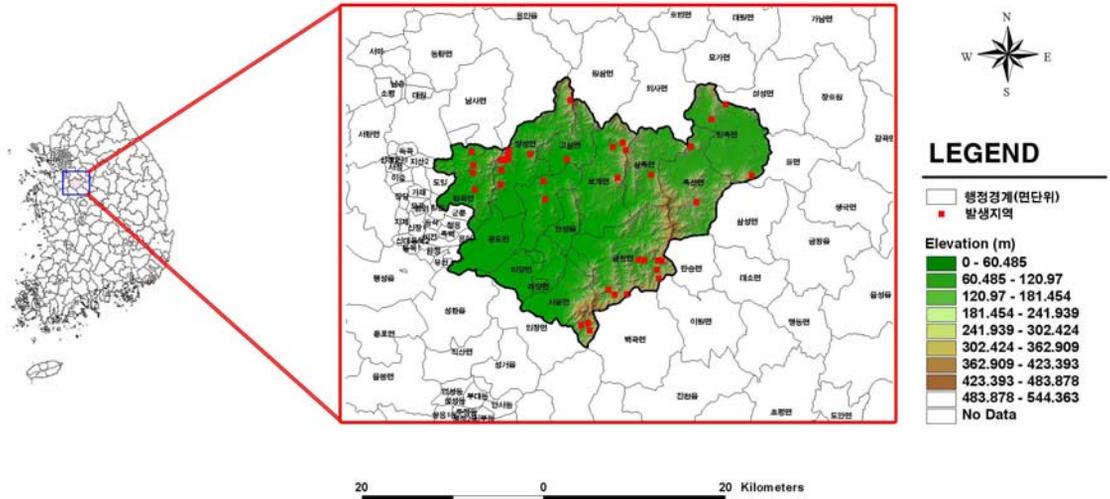
2000년 침수지

<그림 2-37> 기왕 침수자료와 비교

## 2. RS/GIS기법을 이용한 산사태 위험지역 분석

우리나라는 매년 여름철의 집중호우로 인해 산사태가 7-8월에 집중적으로 발생한다. 또한, 최근에 이르러 무분별한 개발로 인해 토양의 구조가 파괴되어 그 피해가 급증하고 있다. 산사태로 인하여 발생하는 인적, 물적 피해를 줄이기 위해서는 산사태에 관한 예측 모델이 필요하다. 산사태 예측모델을 통해서 위험지역을 미리 예측하고 적절한 방안을 마련한다면 산사태로 인한 피해를 줄일 수 있을 것이다. 산사태 예측모델은 많은 현장자료를 가지고 과학적인 방법으로 분석할 수 있어야 하며 산사태의 특성상 광범위한 지역을 분석하기 위해서 많은 시간과 비용 등이 소비된다. 하지만 GIS와 RS를 이용하여 산사태 예측모델을 적용하면 이러한 문제들을 쉽게 해결할 수 있다. RS는 실세계 현상을 위성영상이나 항공사진 등을 이용하여 실측하기 어려운 곳까지 포함하여 매우 광범위하게 분석할 수 있으며, GIS는 방대한 양의 자료 분석을 한 번에 할 수 있기 때문에 효율성도 높일 수 있다.

가. 연구대상 지역의 개요

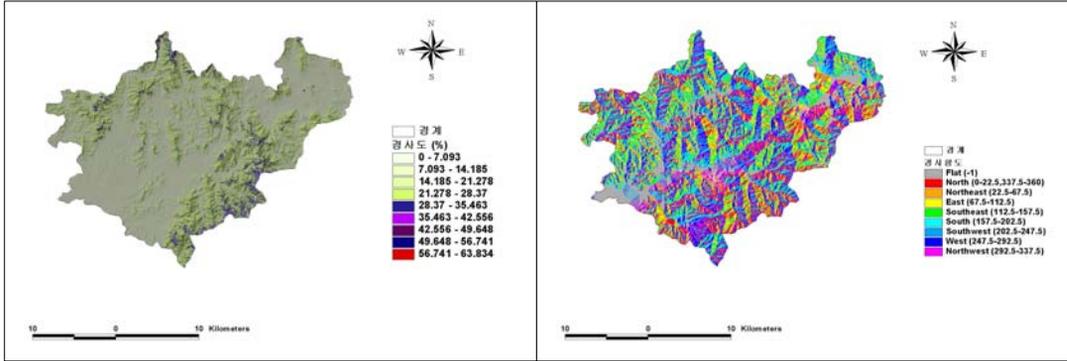


<그림 2-38> 연구대상지역

산사태 분석 대상 지역은 경기도 안성시로서 면적은 520km<sup>2</sup>이며, 동경 127°06′, 북위 36° 54′에 위치하고 있다. 서쪽으로는 평택, 북동쪽으로는 이천시, 남쪽으로는 천안, 북쪽으로는 용인이 자리 잡고 있다. 전체적으로는 동북이 높고 서남의 경사가 완만하여 크고 낮은 산들이 동북쪽을 중심으로 에워싸고 있다<그림 2-38>.

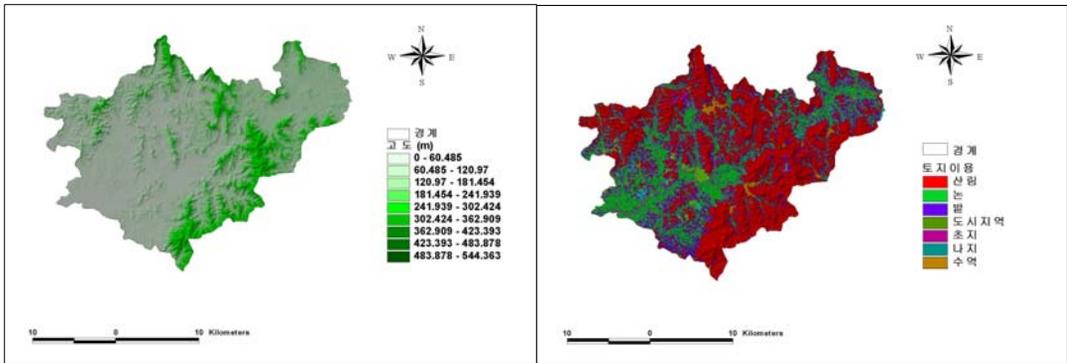
나. 산사태 위험지역 분석을 위한 입력자료 구축

수치고도모델(DEM)은 침수분석에서 구축된 30m의 DEM을 사용하여 경사도, 경사향, 고도 자료를 구축하였으며, 토양도는 농촌진흥청 토양물리과에서 제작된 정밀토양도(1:25,000), 개략토양도(1:50,000, 1:250,000)가 있는데, 이들 자료는 모두 토양부호를 기본 속성으로 되어 있다. 벡터 커버리지 형태의 1:50,000 개략토양도를 이용하여 토양종류도를 작성하였으며, 또한 토양의 물리적인 매개변수인 토양배수와 토심자료를 구축하였다. 또한 Landsat TM 영상을 사용하여 2000년 토지이용도를 7개의 항목(수역, 시가지, 나지, 초지, 산림, 논, 밭)으로 감독분류하여 생성하였다<그림 2-39 ~ 그림 2-44>.



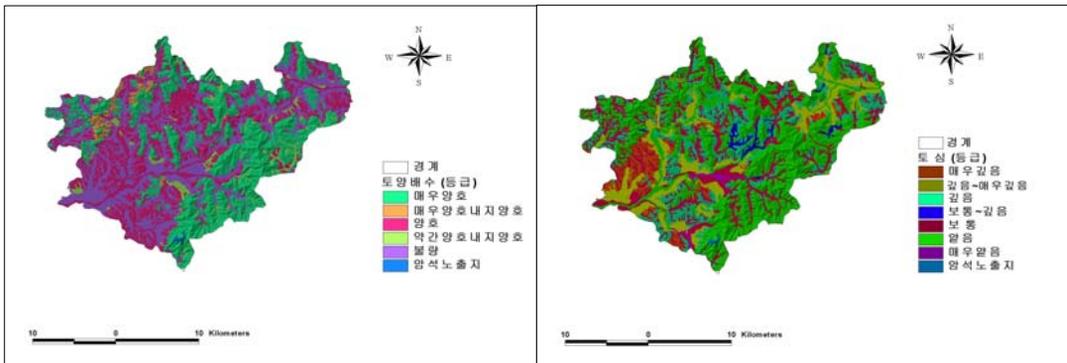
<그림 2-39> 경사도

<그림 2-40> 경사향도



<그림 2-41> 고도

<그림 2-42> 토지이용



<그림 2-43> 토양배수

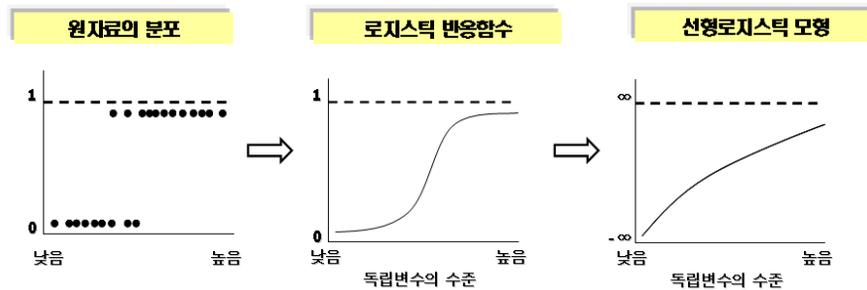
<그림 2-44> 토심

## 다. 분석기법

### 1) 로지스틱 회귀분석

한 개의 종속변수와 여러 개의 독립변수간의 상호관련성에 대해 분석하려 할 때 가장

널리 사용되는 분석방법이 회귀분석이다. 일반적인 회귀분석법은 독립변수들에 의해서 종속 변수의 변화가 직선적으로 변한다고 가정하기 때문에 산사태와 같은 종속변수가 산사태의 발생유무로 표시되는 이항적인 사건을 다루는 데에는 적합하지 않다. 이에 반하여 종속 변수와 독립변수와의 관계를 비선형이라 가정하여 로지스틱 회귀계수를 추정하는 로지스틱 회귀분석은 두 개의 값만 가지는 종속변수와 독립변수들의 관련성을 분석 할 수 있다<그림 2-45>. 따라서 본 연구에서는 안정시의 산사태 분석을 위해 첫 번째 방법으로 로지스틱 회귀분석을 실시하였으며, 이를 위해 종속변수로서는 ‘산사태의 발생유무’를, 독립변수로는 ‘산사태 발생 영향 인자(6개 인자: 경사, 경사향, 고도, 토양배수, 토심, 토지이용)’로 적용하여 종속변수와 독립변수간의 관계를 추정하였다.



<그림 2-45> Logistic회귀분석 모식도

일반적으로 회귀분석에서의 모형은 주어진 독립변수  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$  하에서 종속변수의 평균이 독립변수에 대한 선형식으로 아래의 <식 2-1>과 같이 표현된다.

$$E(y|x) = B_0 + B_1x_1 + \dots + B_kx_k \quad \text{<식 2-1>}$$

그러나, 산사태와 같은 이분형 종속 변수인 경우에  $E(y|x)$ 는 독립변수가  $x$ 로 주어진 경우에는 산사태가 일어나게 되는 확률을 의미하게 된다. 여기서  $x$ 의 범위가  $-\infty$ 에서  $+\infty$ 의 값을 가지면  $P_x$ 값은 확률이므로 0에서 1의 값만을 가질 수 있으며,  $P_x$ 는 S자형에 가까운 곡선의 모형을 가지게 되며 이러한 특성은 산사태의 발생 유무를 확률로 변환 시킬 수 있는 장점을 가진다. 따라서 아래와 같이 로지스틱 함수로 나타낼 수 있다.

$$E(y|x) = \frac{\exp(B_0 + B_1x)}{1 + \exp(B_0 + B_1x)} \quad \text{<식 2-2>}$$

위의 로지스틱 함수는  $B_0$ 와  $B_1x$ 에 대하여 비선형이지만  $E(y|x) = P$ 로 가정하면 선형으로 <식 2-3>으로 변화시킬 수 있다.

$$P' = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \ln\left(\frac{E(y|x)}{1-E(y|x)}\right) \quad \text{<식 2-3>}$$

위의 식에 <식 2-2>을 대입하여 아래와 같은 식으로 선형화시킬 수 있다.

$$P' = B_0 + B_1x \quad \text{<식 2-4>}$$

이와 같은 변환을 로지스틱 변환(Logistic transformation)이라 하고  $P'$ 을 로짓(Logit)이라 부른다. 선형회귀분석에서의 최소 자승법(LSM: Least-Squares Method)은 잔차의 제곱합을 최소화하여 회귀계수를 추정하지만, 로지스틱 회귀분석에서는 우도(Likelihood) 즉, 사건의 발생가능성을 크게 하는 최대 우도 추정법(MLE: Maximum-Likelihood Method)을 이용하여 계수를 추정한다.

## 2) AHP기법

산사태 분석 두 번째 방법인 AHP기법은 전문가들의 집단 의사결정을 체계화할 수 있는 방법이며 의사결정의 대상들에 대한 상대적 중요도를 결정하는데 유용한 방법으로서 구조화된 설문을 통하여 전문가들의 의견을 수집 분석하여 전문가들의 의견을 종합한 가중치를 산정할 수 있다는 점에서 산사태 위험 인자 채택에 적합한 방법론으로 판단된다. 본 연구에서는 산사태를 예측하는데 있어서 인자(경사, 경사향, 고도, 토양배수, 토심, 토지이용)간의 가중치를 결정하기 위하여 설문에 의해 인자들의 중요도를 서로 상대적으로 비교 판단하였다. 설문은 산사태 분야의 전문가와 산사태에 관심이 있는 사람을 대상으로 실시하였다.

이원비교행렬의  $n$  개의 원소들을 둘씩 비교할 때, 요소들을  $A_1, A_2, \dots, A_n$  이라하고 그들의 중요도를  $W_i$ 로 나타낸다.  $n$  개의 원소의 이원비교논리는 아래의

Matrix  $A = (A_{ij})$ 와 같이 수행된다.

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \dots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{pmatrix}$$

<식 2-5>

여기서  $A$ 는 중요도 평가 매트릭스이며,  $W_n/W_n$ 는 평가기준 상호간의 상대적 중요도 값이다. 위의 행렬에서 가중치 벡터  $W$ 를 곱하면  $A$ 의 고유치를 구하는 식은 아래와 같다.

$$A \cdot W = \lambda \cdot W \quad \text{<식 2-6>}$$

여기서,  $W$ 는 각 평가기준의 가중치 벡터이며  $\lambda$ 는  $A$ 의 고유치이다. 여기서 최대 고유치를  $\lambda_{\max}$ 라고 하고,  $\lambda_{\max}$ 에 대한 고유벡터의 각인자의 합이 1이 되도록 표준화 하면 가중치가 된다. 보통 평가 행렬  $A$ 를 완전한 정합성을 가지고 작성된 경우에는  $\lambda_{\max}$ 는  $n$ 과 같으며 일반적으로 완벽한 정합성을 이루기 어려우므로  $\lambda_{\max}$ 는  $n$ 보다 크다. 이에 대하여 Saaty(1990)는 정합성을 평가하기 위한 정합도 지수(consistency index, CI)를 다음과 같이 정리 할 수 있다.

$$C.I = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad \text{<식 2-7>}$$

이 값을 일반적으로 하기 위해 무작위 정합지수(random consistency index, RI)를 아래와 같이 제시 하였다<표 2-14>. 이 때 RI에 대한 CI비를 CR로 정의하고, 이 CR이 0.1이하이면 좋은 정합성(good consistency)을 가진다.

<표 2-14> 무작위 정합지수 ( random consistency index, RI )

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

라. 산사태분석 결과

1) 로지스틱 회귀분석

안성시에서 산사태가 일어났을 당시의 재해 복구자료(임업 연구원)를 바탕으로 산사태 발생지역 39개소와 산사태 미 발생 지역 30개소를 선정 한 후, 로지스틱 회귀분석 실시하여 가장 최적의 회귀모형을 추정한 후<표 2-15>, 로지스틱 회귀모형을 적용하기 위해서는 설정한 예측회귀모형이 얼마나 잘 분류했는지 결과에 대한 정확성을 검증 하여야 한다. 이를 설명해주는 적합도 통계량(Goodness of Fit Statistic)에서 P-value값인 유의수준은 0.003으로 어느 정도 통계적인 의미가 있다고 분석 되었다. 즉, 고도, 경사도, 경사향, 토양 배수, 토심, 토지이용와의 관계를 로지스틱회귀모형으로 분석할 때 적합 하다고 할 수 있다. 추정된 회귀모형이 얼마나 적합한가를 평가하는 또 다른 방법 중 하나는 실측 및 관측치의 분류 결과를 비교하는 것이다. <표 2-16>은 전체 통계처리 자료 중 산사태가 일어나지 않은 지역 30개소와 실제 산사태가 일어난 지역 39개소를 회귀모형에서 얼마나 옳게 예측했는가를 나타내며, 표의 역대 각 원소의 합은 잘못 분석된 지역을 나타낸다. 이 모형에서는 16개소가 잘못 예측 되었다. 따라서 전체적으로 위 모형을 이용한다면 약 77%의 예측률을 가짐을 알 수 있다. <그림 2-46>은 결과로 나온 로지스틱 회귀분석 결과를 선형회귀식으로 대상지역에 적용한 결과이다.

<표 2-15> 분류 정확도

분 류		예 측 값		분류정확(%)
		산사태 미발생	산사태 발생	
실 측	산사태 미발생	19	11	63.3
	산사태 발생	5	34	87.2
전 체				76.8

<표 2-16> 단계적 변수법을 이용한 로지스틱 회귀분석의 결과

	B	S.E	Wald	자유도	유의확률	Exp(B)
고 도	0.003	0.005	0.374	1	0.541	1.003
경사도	0.077	0.044	3.034	1	0.082	1.080
경사향	0.001	0.001	0.023	1	0.879	1.001
토 심	0.201	0.201	0.562	1	0.453	1.223
토양배수	-0.204	-0.204	0.528	1	0.467	0.815
토지이용	-0.058	-0.058	0.051	1	0.822	0.944
상수	-1.849	2.281	0.658	1	0.417	0.157

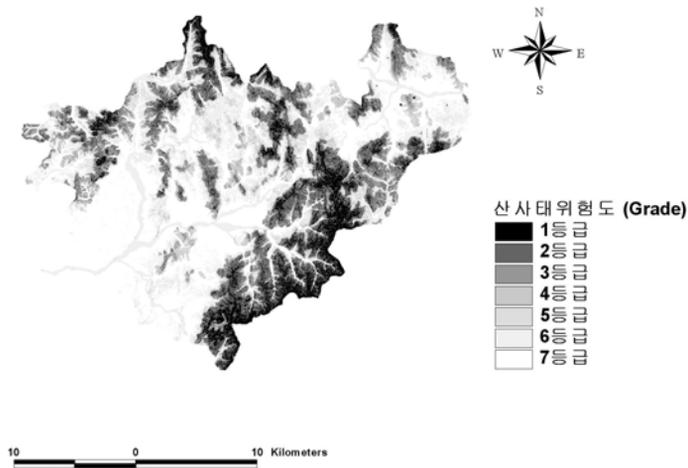
B : 회귀식의계수    S.E : 표준오차    Wald : ( 회귀식의 기울기 / 표준오차 )<sup>2</sup> 유의성검증을 위한 통계량

$$\begin{aligned}
 \text{Logit} = & 0.077x\text{경사도} - 0.001x\text{경사향} + 0.003x\text{고도} + 0.201x\text{토심} \\
 & - 0.204x\text{토양배수} - 0.058x\text{토지이용} - 1.849
 \end{aligned}$$

<식 2-8>

$$\text{산사태발생 확률} = \frac{\text{EXP}(\text{Logit})}{1 + (\text{EXP}(\text{Logit}))}$$

<식 2-9>



<그림 2-46> Logistic회귀분석을 적용한 등급별 산사태 위험도

2) AHP기법

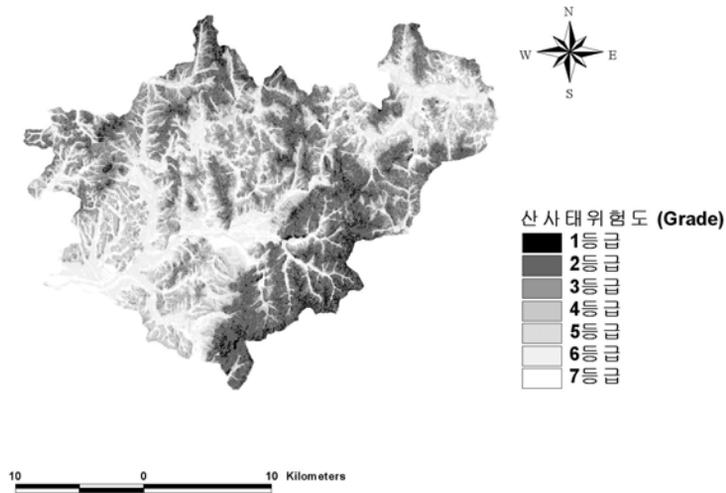
상호관련성을 가진 원소들로 이루어진 복잡한 시스템에서 발생하는 모호함을 계층구조를 통해 해결하고자 AHP이론을 적용하였다. AHP이론을 적용하기위해 이천용 등(2002), 이명진 등(2004)을 통하여 산사태 위험인자 중 경사도, 경사향도, 고도, 토양의 배수, 토심, 토지이용의 6개 변수를 산사태 위험인자로 정하여 분석하였다. 또한 전문가들의 의견을 듣기 위한 설문지에 사용된 이원비교 척도의 범위는 9점 척도를 사용하였다. 이러한 설문지를 토대로 산사태 발생원인의 가중치를 분석한 후 적절히 설정 하였는지 검증하여야 한다 <표 2-17 ~ 표 2-18>. 검증 방법으로는 Saaty(1990)이 제안한 이론을 바탕으로 중요도의 일관성 검증을 하기 위해 고유치를 구하여 일관성 비율(consistency ratio, C.R)이 유의 수준인 0.1이하 값인 0.026469로 일관성이 있다고 판단한 후, 산사태 위험지도를 작성하기 위해 가중치를 적용하여 합산하였다<그림 2-47>.

<표 2-17> 인자별 이원비교 행렬

	경사도	경사향도	고도	토양의 배수	토심	토지이용
경사도	1	6	7	2	3	4
경사향도	1/6	1	1	1/6	1/2	1/3
고도	1/7	1	1	1/5	1/2	1/3
토양의 배수	1/2	6	5	1	5	4
토심	1/3	2	2	1/4	1	1
토지이용	1/4	3	3	1/4	1	1
합 계	2.392	19	19	3.816	11	10.666

<표 2-18> 인자별 중요도

	경사도	경사향도	고도	토양의 배수	토심	토지이용	기하평균	중요도 (가중치)
경사도	1	6	7	2	3	4	0.3709	0.3823
경사향도	0.1667	1	1	0.1667	0.5	0.3333	0.0478	0.0493
고도	0.1429	1	1	0.2	0.5	0.3333	0.0480	0.0495
토양의 배수	0.5	6	5	1	5	4	0.3031	0.3124
토심	0.3333	2	2	0.25	1	1	0.0939	0.0969
토지이용	0.25	3	3	0.25	1	1	0.1064	0.1097
합 계							0.9703	1

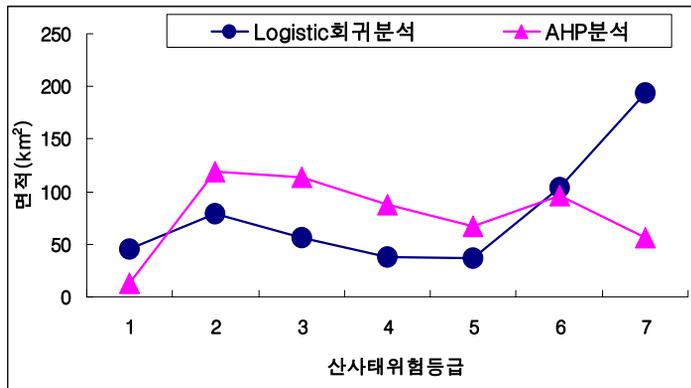


<그림 2-47> AHP기법을 적용한 산사태 위험지도

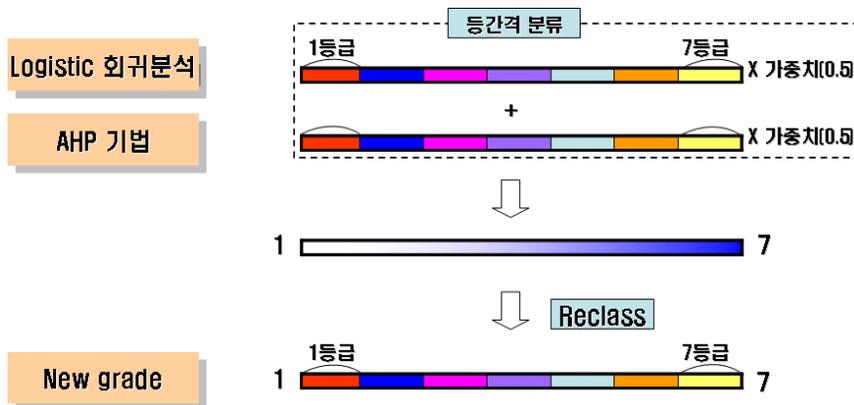
### 3) New-Grade기법

로지스틱 회귀분석과 AHP이론을 이용한 산사태 위험지도를 비교하기 위하여 그림 11과 같이 등급별 면적을 표시하고 그래프로 작성하였다. 1-2등급의 면적을 서로 비교해 보면 Logistic 회귀분석은 전체 면적의 22.35%를 차지하고 AHP이론을 적용한 산사태 위험도 분석에서는 전체 면적의 23.87%로 Logistic 회귀분석결과 보다 많은 면적으로 나타났다. 이와는 반대로 산사태 위험등급이 낮은 4-7등급에서는 Logistic 회귀분석이 보다 높은 면적

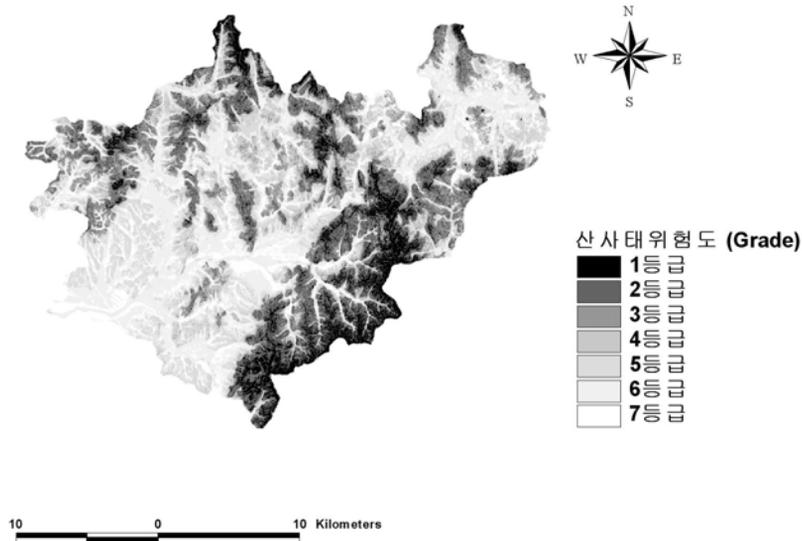
을 차지하였다. 두 기법은 동일한 인자를 가지고 같은 지역에 적용하였지만 분석 기법의 처리 과정이 다르기 때문에 분류하는데 있어 차이가 발생하였다. 이는 로지스틱 회귀분석은 표본의 자료 즉, 산사태 피해 복구 자료를 바탕으로 표본을 작성하였기 때문에 많은 수의 표본들의 정확한 확보가 전제를 이루어야 하며, AHP기법은 기준들의 중요도를 서로 상대적으로 비교하여 결정 하지만 전문가의 판단을 자료로 사용하기 때문에 주관적인 판단이 어느 정도 영향을 끼친다고 할 수 있다. 따라서 Logistic 회귀분석과 AHP이론을 적용한 방법은 서로 분석과정의 차이를 가지고 있기 때문에 두 기법을 상호 보완하기위해 <그림 2-48>과 같은 방법으로 가중치를 부여한 후 재분류하여 New-Grade 산사태위험지도<그림 2-49>를 작성하였다.



<그림 2-48> 산사태위험지 등급별 면적 비교

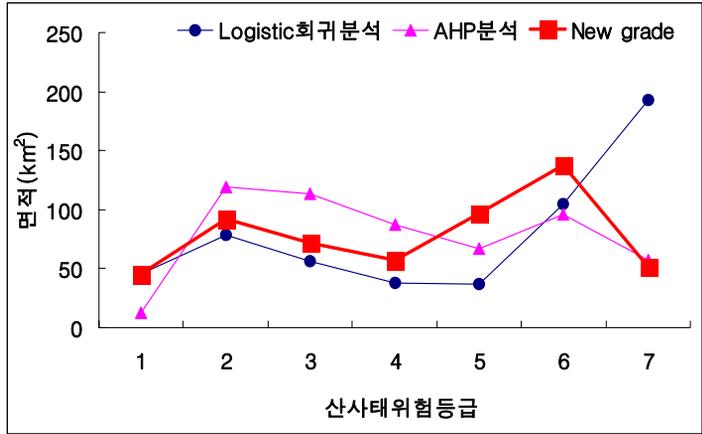


<그림 2-49> New-Grade 기법

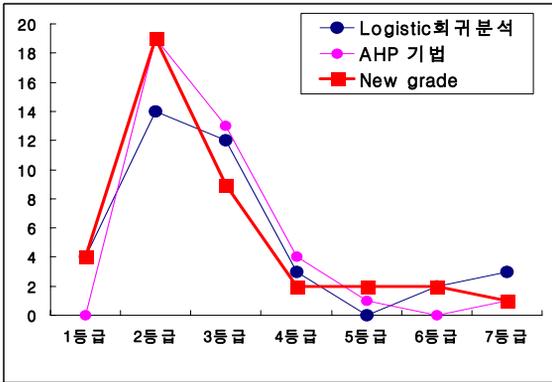


<그림 2-50> New-Grade 기법을 적용한 산사태 위험지도

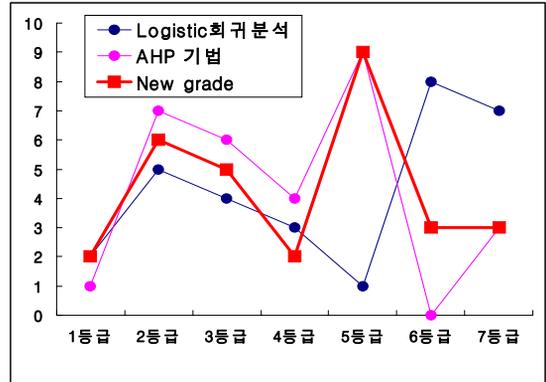
New-Grade 기법으로 작성된 산사태 위험지도<그림 2-50>와 Logistic회귀분석, AHP기법의 산사태위험지도를 등급별 면적으로 <그림 2-51>와 같이 나타낸 결과, New-Grade 기법에서 1-2등급까지의 면적은 24.89%를 차지하여 다른 기법보다 산사태 위험 가능성이 높은 지역을 보다 많이 분석하였다. New-Grade 기법의 검정을 위해서 산사태 표본 산사태 발생지역 39개소와 산사태 미 발생지점 30개소를 <그림 2-52>과 같이 등급별 빈도수로 나타낸 후, 산사태 위험지도를 표본 자료와 비교한 결과 산사태가 발생한 표본에서 산사태 위험성이 높은(1-2등급)지역이 Logistic 회귀분석에서는 46.1% AHP 기법은 48.7%로 분류되어 AHP 기법이 분류도가 높다고 분석되었다. 그러나 New-Grade 산사태 위험지도에서는 산사태가 발생한 표본에서 1-2등급지역이 58.9%로 분류되어 분류정확도를 높일 수 있었으며, New-Grade 기법이 두 가지 기법의 오차율을 낮춘 것으로 분석되었다.



<그림 2-51> 산사태위험지 등급별 면적 비교



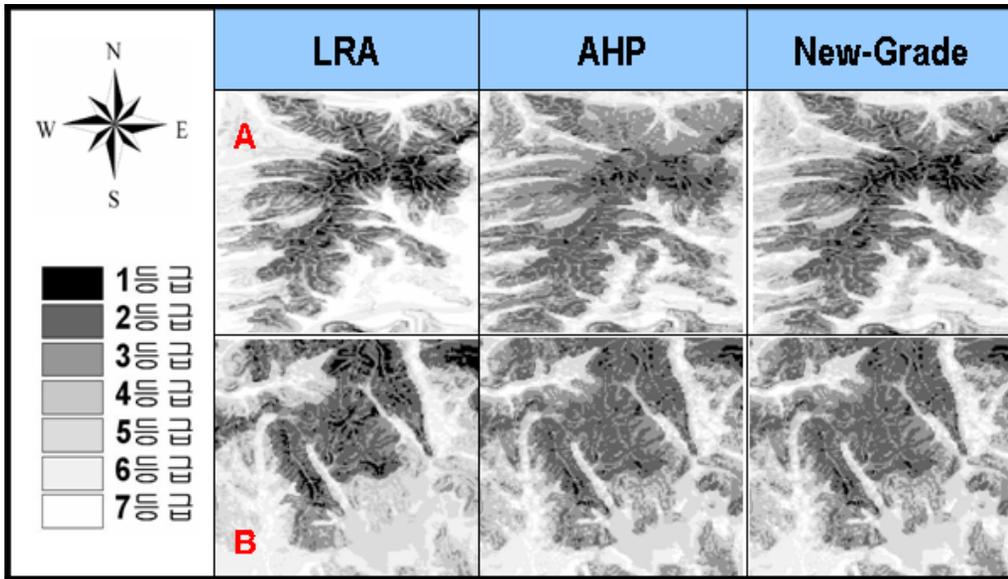
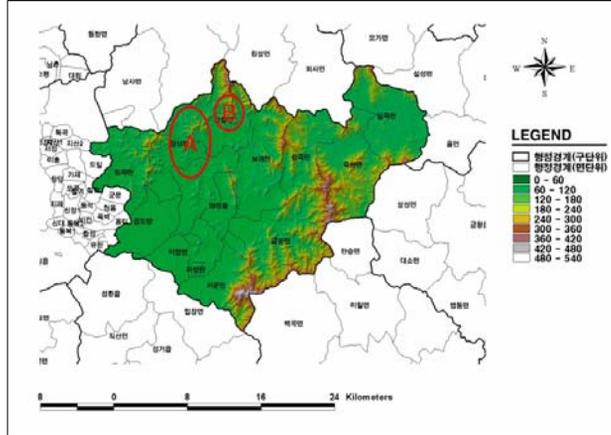
(a) 등급별 산사태 발생지역 분포



(b) 등급별 산사태 미 발생지역 분포

<그림 2-52> New-Grade 검증

고삼면의 일부지역(A, B)을 중심으로 로지스틱 회귀분석법, AHP기법과 New-Grade법에 의해 작성된 산사태위험지도를 비교해 보았다<그림 2-53>.



<그림 2-53> 산사태 위험지도 비교

# 제 4 절 RS, GIS기반의 수문, 수리모형을 이용한 홍수전후의 수문변화 분석 및 피해 최소화 방안연구

## 1. GIS기반의 수문, 수리모형을 이용한 수문변화분석 및 검토

### 가. GIS 기반인 수리, 수문 모형 조사 및 선정

수리, 수문모형을 이용한 수문변화분석을 위해 과거 개발 사용되고 있는 여러 수리, 수문 모형을 조사, 비교하여 모형을 선정하고자 하였다. 조사한 수리, 수문 모형을 <표 2-19 ~ 표 2-20>에 정리하였다.

<표 2-19> 수리, 수문 모형의 종류(1)

모형명	개요	개발자
DAMBK(Dam Break Flood Forecasting Model Ver. 6.20, 4/88)	여수로나 댐붕괴 단면을 통과하는 홍수파를 비정상 1차원 Saint-Venant방정식에 의하여 하도 추적함으로써 하류 지점에서의 유량 수문 곡선을 계산해 내는 프로그램	D.L. Freak, NWS Hydrologic Research Laboratory
DAMP(Drainage Analysis Nodeling Program Ver. 1.1)	포장된 지역의 배수(drainage)문제를 분석하는 프로그램	Federal Highway Administration
DR3M(Distributed Routing Rainfall-Runoff Model Ver. 5.0)	강우에 따른 수계내 관망이나 자연하도를 통한 우수의 유출을 모의하기 위한 프로그램	U. S. Geological Survey(USGS)
FESWMS-2DH(Finite Element Surface Modeling System Ver. 11/93)	하도의 협착부나 교량, 홍수터 등 복잡한 수리현상이 발생하는 지점에 대하여 정상 또는 비정상류 상태의 흐름을 수심 방향 적분된 2차원 동수역학모형에 의하여 모의하는 프로그램	USGS
HEC-1(Flood Hydrograph Package)	단일 기록 강우나 가상의 강우에 대하여 강우-유출 계산, 하도 추적에 의하여 홍수 수문 곡선을 계산하는 프로그램	U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center(HEC)
HEC-HMS(Hydrologic Modeling System)	기본적인 구조는 HEC-1과 비슷, 수문요소는 나무구조 네트워크에 의해 배열되고, 상류에서 하류로 연속적으로 계산	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-2(Water Surface Profiles)	하도 단면에서 정상 상태 1차원 점변류(gradually varied flow)에 대한 수면 곡선을 계산하는 프로그램으로서 교량, 암거, 보와 같은 수공 구조물이 수면 곡선에 미치는 영향을 모의 가능	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-5Q(Simulation of Flood Control and Conservation Systems)	일정 기간에 걸친 홍수조절과 수질 보전을 위한 저수지 운영 상황을 모의할 수 있으며, 최대 20개의 저수지에 대해서 시, 일, 또는 월별 단위로 모의 가능	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-6(Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs)	하상의 소류사와 수중의 부유사의 상호작용을 고려하여 하도 단면에서의 하도 퇴적/침식 형상과 수면 곡선의 형상을 계산하는 1차원 유사이송 모형	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-FDA Package(Flood Damage Analysis)	홍수 피해 분석을 위한 프로그램으로 이를 위한 일련의 수문 분석도 수행함	U. S. Army Corps of Engineers, HEC

<표 2-20> 수리, 수문 모형의 종류(2)

모형명	개요	개발자
HEC-FFA(Flood Frequency Analysis)	연 최고 홍수량 계열에 대하여 빈도 해석을 수행하는 프로그램	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-IFH(Interior Flood Hydrology Package)	내수 침수에 의한 홍수 위험도의 평가와 홍수 피해 저감 대책의 효과를 평가할 수 있는 프로그램	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-PAS(Preliminary Analysis System for Water Surface Profile Computation)	하도의 기하학적 형상과 Manning 조도 계수의 신뢰도로부터 수면곡선 계산의 정확도를 예측하기 위한 프로그램	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HEC-UNET(One-Dimensional Unsteady Flow through a Full Network of Open Channels)	하도 네트워크를 통한 1차원 비정상류의 흐름을 모의하기 위한 프로그램	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HECWQRS(Water Quality for River-Reservoir Systems Ver. Jan. 1999)	하천과 호소의 생태계 순환을 포함한 수질을 평가하기 위한 프로그램	U. S. Army Corps of Engineers, HEC
HSPF(Hydrologic Simulation Program-FORTRAN Ver. 10.10)	유역 재에 위치한 투수성 및 불투수성 지표면이나 하천, 저류지에 대한 수문 및 수질을 모의할 수 있는 프로그램	U. S. EPA
HYDRAIN(Integrated Drainage Design Computer System Ver. 5.0)	홍수나 배수 문제와 관련된 수리-수문 분석과 설계를 수행하는 프로그램으로서 도로의 계획이나 단지 개발시에 적용 가능	GKY and Associates, Inc.
HYDRO-HL	하도나 암거의 분석 및 설계 프로그램	Dodson & Associates, Inc.
HYDRO-HY	유출 계산과 유수지 설계를 위한 프로그램	Dodson & Associates, Inc.
NETWORK(Enhanced Dynamic Wave Model, DWOPER Ver. 7/18/84)	수지상 하도에 대한 비정상 1차원 홍수 추적 모형	D. L. Fread, NWS Hydrologic Research Laboratory
PRMS(Precipitation-Runoff Modeling System Ver. 1.00)	강우, 기후, 토지이용이 하천유출량과 토사 유출, 기타 유역의 수문현상에 미치는 영향을 평가하기 위한 프로그램	USGS
SWMM(Storm Water Management Model Ver. 4.30)	주로 도시 유역에 대하여 수질과 수문 현상을 모의할 수 있는 프로그램으로서 단일호우사상은 물론 연속적인 모의도 가능함	U. S. EPA
THYSYS(Texas Hydraulic System Ver. 2.4.3)	도로와 관련된 수공 구조물을 설계/분석하는 프로그램	Texas Department of Transportation
XSPRO(A Channel Cross-Section Analyzer Ver. 1.00)	하도의 형상과 이에 따른 수리학적 관계를 분석하기 위한 프로그램으로 특히 경사가 급한 (>0.01) 하천을 위하여 개발됨. 수위-유량 관계곡선 산정이나 하도 단면 변화 등을 평가할 수 있는 기능들이 있음	U.S.D.A. Forest Service, U.S.D.A. Bureau of Land Management
FLUMEN(FLUvial Modelling ENgine Ver. 1.3 for Linux)	FLUMEN은 홍수범람해석모형으로서 Depth-averaged shallow water equation을 불규칙한 격자구조에서 해석이 가능, 다양한 지형바닥에서의 wet and dry domains, 상류 및 사류 조건의 적용이 가능. 이 프로그램은 하천의 합류점이나 만곡부부분과 같이 수리학적으로 복잡한 해석에 적합한 상용 모형	Cornel Beffa (1994)

본 연구에서는 HEC-1을 대신할 차세대 소프트웨어로서 다양한 매개변수에 대한 최적

화 기능이 포함되어 있으며, 그래픽 사용자 환경과 통합된 수문 해석, 데이터 저장과 관리, 도표와 보고서 등으로 구성되어있는 HEC-HMS를 강우-유출해석에 의한 홍수량 추정을 위한 수문모형으로 선정하였다. 한편, 홍수범람상황을 파악하기 위해 우리나라 홍수지도제작에 많이 이용되는 홍수범람분석 모형인 FLUMEN (FLUvial Modelling ENgine)을 선정하여 홍수에 따른 수문변화와 홍수 흐름을 모의하였다.

## 나. 강우유출모형 HEC-HMS를 이용한 홍수전후의 토지이용변화에 따른 하천유출량의 변화분석

### 1) HEC-HMS의 개요

강우-유출해석에 의한 하천유출량 추정을 위한 수문모형으로 HEC-HMS (Hydrologic Modeling System)를 선정하였다. HEC-HMS를 이용하여 유출량을 추정하는 과정은 먼저 GIS 표준 소프트웨어를 이용하여 NGIS, RGIS로부터 DEM, 토지이용도, 토양도를 구축한 후, 이를 HEC-GeoHMS에 입력하여 지형처리, 유역수문처리, 수문변수를 추정하고 HEC-HMS의 GIS 입력자료를 생성하며, HEC-HMS는 HEC-GeoHMS가 생성한 입력자료를 이용하여 강우에 의한 유역의 유출량을 계산한다.

#### 가) 유출량 (Runoff Volume)

유출량은 총강우량에서 지하침투, 식생에 의한 차단 및 증발산, 지표저류 등의 강우손실량을 차감함으로써 계산된다. HEC-HMS에서 지원하는 손실량 산정모형으로는 Initial and Constant-Rate, SCS Curve Number (CN), Green and Ampt, Deficit and Constant-Rate, SMA 등이 있다. 본 연구에서 침투는 SCS Curve Number 방법을 이용하여 유출량을 산정하였다.

#### 나) 직접유출량 (Direct Runoff)

HEC-HMS가 지원하는 초과우량에 대한 직접유출모의 모형으로는 크게 경험적 모형 (Empirical Model)과 개념적 모형 (Conceptual Model)으로 구분할 수 있다. 경험적 모형으로는 Clark, ModClark, Snyder, SCS, User-Specified 등 단위도법에 의한 모형이 있고, 개념적 모형으로는 Kinematic Wave 방법에 의한 모형이 있다. 본 연구에서는 SCS 단위도법을 적용하여 직접유출량을 산정하였다.

#### 다) 기저유량 (Base Flow)

HEC-HMS에서 지원되는 기저유량 모의모형으로는 월별 일정 기저유량 모형, 지수감수 모형, 토양수분량 계산모형과 연계하여 사용되는 선형 저수량 계산모형 등 3가지 모형이 있다. 본 연구에서는 지수감수모형을 적용하여 기저유출량을 산정하였다.

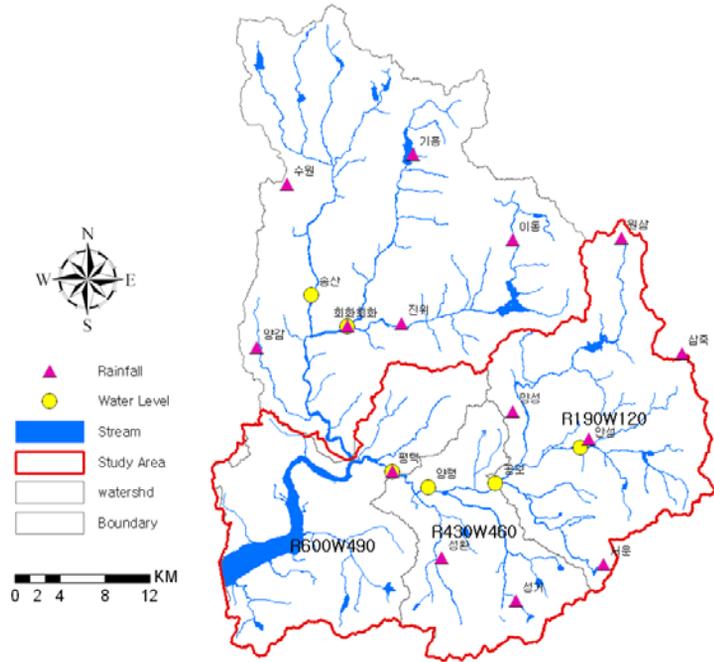
#### 라) 하도추적 (Routing)

HEC-HMS는 Lag, Muskingum, Modified Puls, Kinematic Wave, Muskingum Cunge와 같은 하도추적모형을 지원하고 있으나, 그 적용이 제한적이다.

### 2) GIS기반의 입력 자료의 구축

#### 가) 연구지역의 개요

본 연구에서는 충남 아산시 안성천의 하류지점인 아산만방조제를 유역 출구로 하는 진위천유역을 제외한 안성천을 대상으로 분석하였다<그림 2-54>. 안성천은 황구지천과 오산천이 합류되는 진위천과 본류인 안성천이 합류되어 서해로 유입되는 하천이며, 유역면적은 총 1654.7km<sup>2</sup>이고 유로연장은 70km이다. 안성천 유역은 건설교통부에서 설치한 14개의 우량관측소와 9개의 자기수위관측소가 설치되어 있으나, 본 연구에서는 시수위자료와 시우량자료의 습득이 용이한 수문자료를 입력 자료로 구축하였으며, 3개의 소유역별 유역특성을 <표 2-21>와 같이 정리하였다.



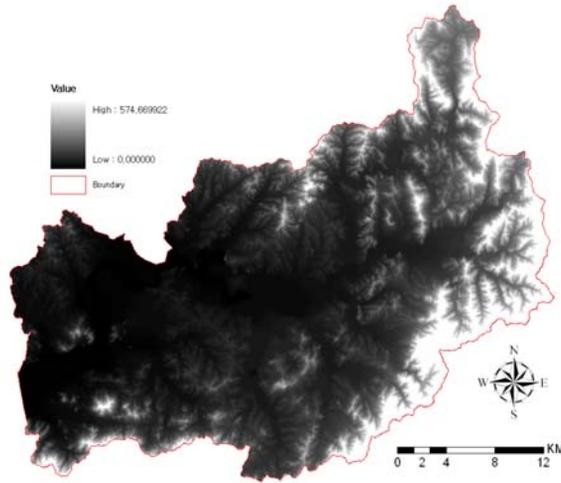
<그림 2-54> 대상유역 및 관측소 현황

<표 2-21> 소유역별 유역특성

지형인자	R190W120	R430W460	R600W490
면적 (km <sup>2</sup> )	367.88	218.84	330.92
유역경사 (m/m)	20.97	6.66	7.55
유로연장 (km)	37.90	25.90	40.16

나) 수치 표고 모형 (Digital Elevation Model, DEM)

수문모형인 HEC-HMS 지형입력자료 구축의 기반이 되는 DEM자료를 1:5,000의 수치지도로부터 DEM을 제작하였으며, HEC-GeoHMS 모듈에서 제공하는 Fill Sink 보간 방법을 이용하여 DEM의 함몰부를 보간하였다<그림 2-55>.

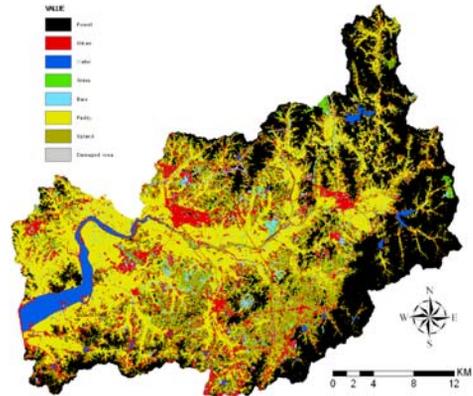
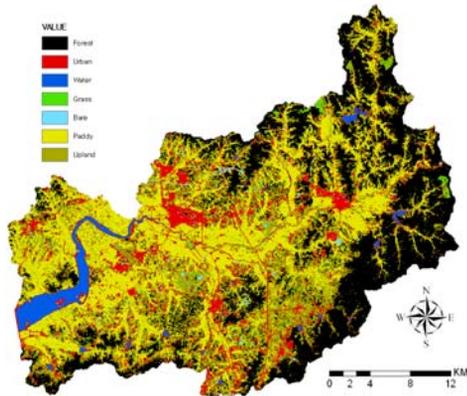


<그림 2-55> DEM (Digital Elevation Model)

DEM은 HEC-GeoHMS 모듈의 입력 자료로서 HEC-HMS의 지형입력 자료를 산출하는 기본 자료가 되기 때문에 정확한 DEM의 제작 기법이 필요하다. 한편 구축한 DEM의 해상도는 30m이고, 대상구역의 고도는 0~575m의 분포를 나타내고 있다.

다) 토지이용도

안성천 유역의 토지이용자료는 제2절에서 구축한 2001년 9월 23일, 2002년 9월 10일 Landsat 위성영상을 이용하여 영상의 보정 후 재분류 작업을 실시한 홍수 전·후의 토지이용도를 사용하였다<그림 2-56 ~ 그림 2-57>.

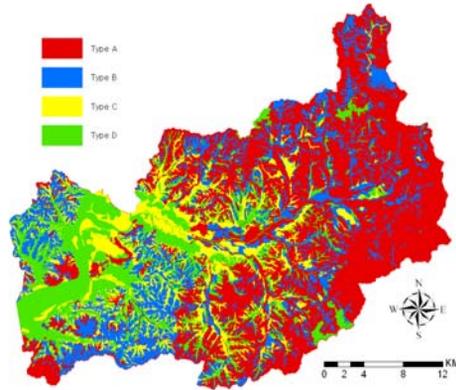


<그림 2-56> 홍수 전 토지이용도 (2001)      <그림 2-57> 홍수 후 토지이용도 (2002)

라) 토양도

토양의 성질에 따라 침투능이 상이하기 때문에 한 유역의 토양특성은 강우로 인한 유출 과정에 직접적인 영향을 미친다. 이런 토양의 성질을 표현하기 위하여 미국토양보존국 (Soil Conservation Service, SCS)은 토양의 침투능을 기준으로 Type A, B, C, D 4개의 토양군으로 분류하고 있다. 각 토양군의 토양침투능의 크기는 A, B, C, D 순이고 유출률은 이의 역순이다.

안성천 유역의 토양특성에 따른 토양군으로 분류하기 위하여 농촌진흥청에서 제작한 개략토양도 (S=1:50,000)로부터 토양도의 배수정도 속성을 사용하여 SCS 수문학적 토양군 A, B, C, D로 재분류하였다 <그림 2-58>.



<그림 2-58> 수문학적 토양그룹

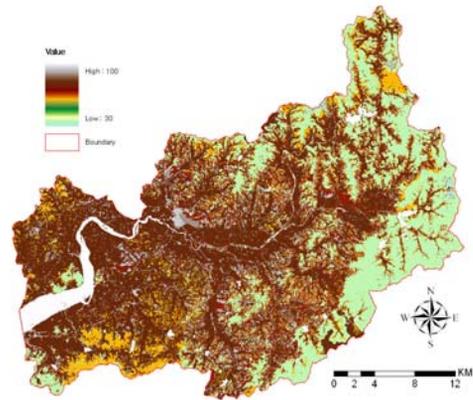
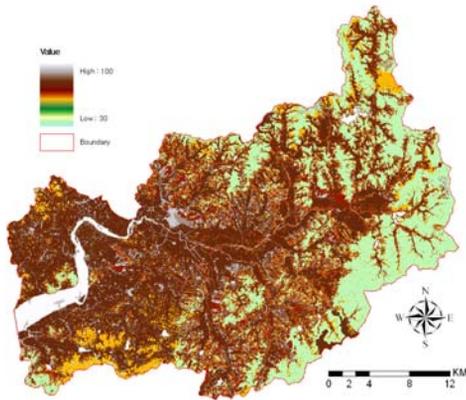
토양형별 분포 분석결과 배수상태가 양호한 수문학적 토양군 A, B는 산간지역에, 배수상태가 불량한 토양군 C, D는 해안가에 주로 분포함을 알 수 있다.

마) CN 분포도

수문모형에서 유출량 산정 시 중요한 매개변수가 되는 유역의 홍수도달시간 및 유출능력을 표현하는 CN값을 산정하기 위해 토지이용도 Grid 자료와 수문학적 토양군 Grid 자료를 이용하여 ArcGIS의 Raster Calculator로 Overlay하여 선행함수조건(AMC) II에서의 토지이용항목별 CN값<표 2-22>과 유역의 홍수 전·후의 CN분포도<그림 2-59 ~ 그림 2-60>를 작성하였다.

<표 2-22> 토지이용항목에 따른 CN값 (AMC-II)

분류항목	수문학적 토양군에 따른 CN			
	A	B	C	D
Forest	30	55	70	77
Urban	77	85	90	92
Water	100	100	100	100
Grass	30	58	71	78
Bare	68	79	86	84
Paddy	78	78	78	78
Upland	51	67	76	80
Damaged area	98	98	98	98



<그림 2-59> CN Value (홍수 전, 2001)    <그림 2-60> CN Value (홍수 후, 2002)

또한 소유역에 대한 선행함수조건(AMC)을 I, II, III로 달리하여 홍수 전과 후의 CN 분포도를 작성하여 소유역별 CN값을 산정하였다<표 2-23>.

<표 2-23> 선행함수조건에 따른 소유역별 CN값

Watershed	CN Value					
	AMC-I		AMC-II		AMC-III	
	홍수 전 (2001년)	홍수 후 (2002년)	홍수 전 (2001년)	홍수 후 (2002년)	홍수 전 (2001년)	홍수 후 (2002년)
R190W120	35.2	37.6	51.5	51.7	68.4	68.5
R430W460	47.4	49.0	64.1	65.6	78.4	79.5
R600W490	55.8	57.2	71.7	72.8	84.0	84.7
평 균	46.1	47.9	62.4	63.4	76.9	77.6

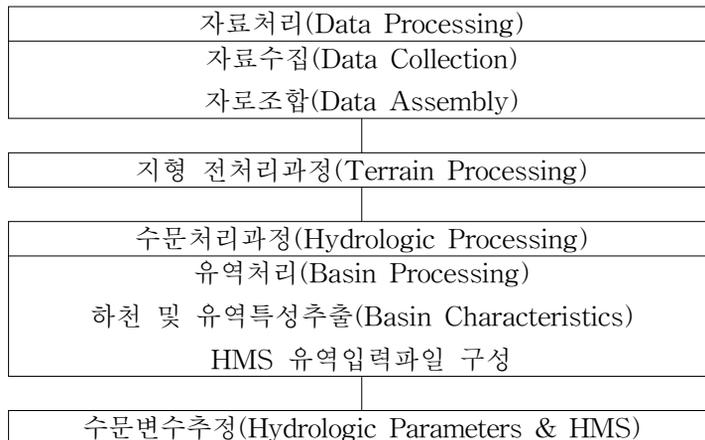
홍수 전·후의 토지이용변화에 따른 CN값의 변화는 AMC-II 조건하에서 평균 1.0정도의 증가를 보였다. 따라서 소유역별 평균 CN값은 홍수 전·후의 유출량 변화 분석에 중요한 인자로서 HEC-HMS 모형 구동시 유출량 변화에 크게 작용함을 알 수 있다.

### 3) 수문모형의 적용

#### 가) 유역 입력 자료

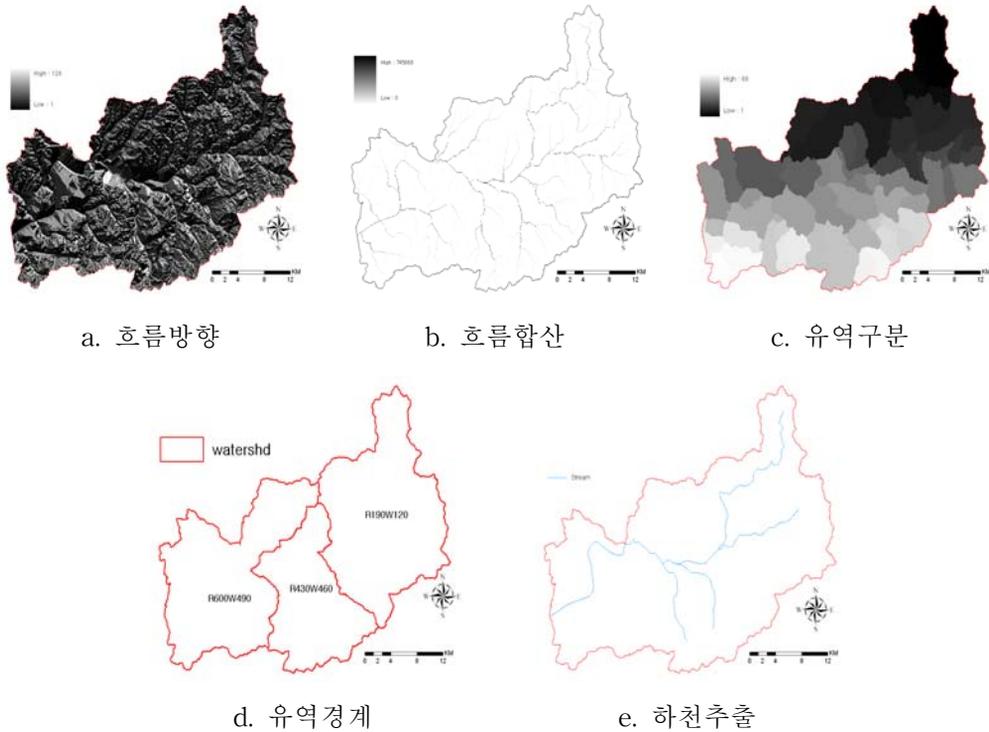
HEC-HMS의 실행에 필요한 유역과 관련된 지형입력 자료는 ArcView GIS의 확장모듈로써 2000년 미 육군 공병단 (US Army Corps of Engineers)과 환경시스템연구소 (Environmental Systems Research Institute, Inc., ESRI)가 공동으로 개발한 HEC-GeoHMS를 사용하였다.

GIS자료는 ARC Grid 형식을 지원하는 표준 GIS 소프트웨어 패키지를 사용하여 자료를 조합한 후, HEC-GeoHMS를 이용하여 여러 가지 수문입력자료 생성을 위한 지형 공간자료를 처리하고, 하천과 유역의 특성, 강우자료, 유량자료를 이용하여 수문변수를 추정한다. 여기에서 만들어진 수문입력 자료는 HEC-HMS모형의 초기 입력 자료로 이용된다. GIS는 방대한 자료의 포맷지정 및 처리, 좌표변환을 위해서 사용되며, DEM, 토양유형, 토지이용정보, 강우량 등과 같은 공간 수문 데이터베이스를 생성한다. HEC-GeoHMS를 이용하여 자료의 수집 및 조합, 지형전처리, 유역과 하천 특성을 처리하는 수문처리, 수문변수 추정 과정을 거쳐 HEC-HMS 입력 자료를 생성하게 된다<그림 2-61>.



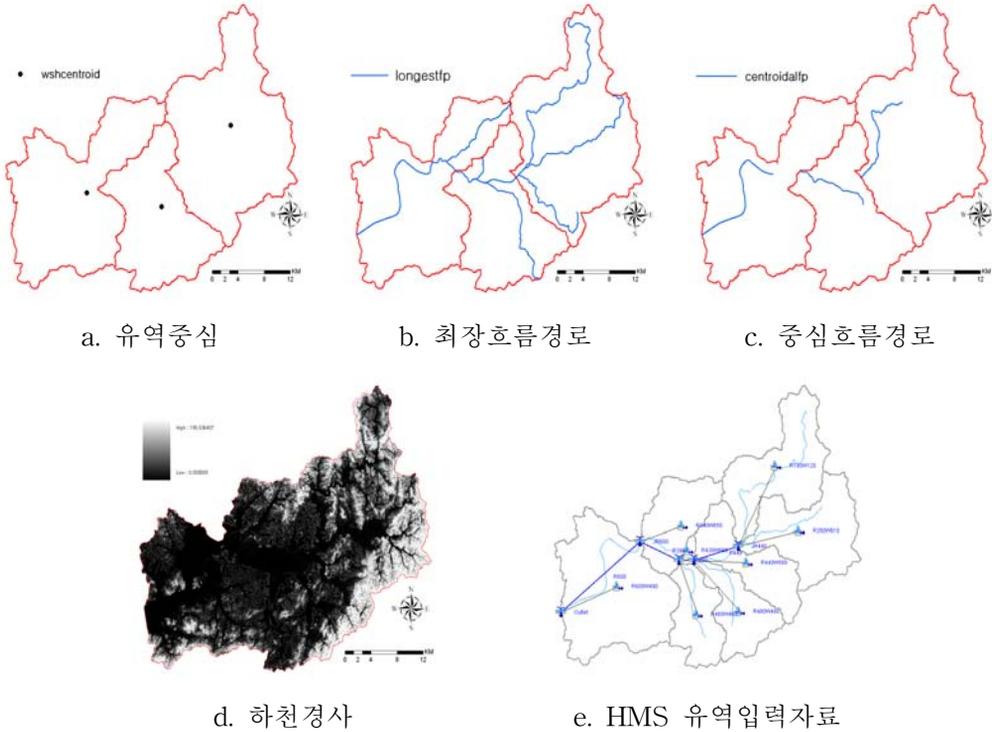
<그림 2-61> HEC-GeoHMS 모형의 절차

먼저, 대상유역의 DEM 자료를 기초로 흐름방향, 흐름합산, 하천정의, 유역구분, 유역경계추출, 하천구간처리 등의 지형전처리 작업을 수행하여 대상 유역을 소유역으로 구분하였고 하천도를 생성하였다<그림 2-62>.



<그림 2-62> 지형 전처리과정

수문처리에서는 지형 전처리에서 추출된 소유역을 분할, 합병 등 유역처리과정과 하천길이, 하천 상하류의 고도 및 경사와 같은 하천특성인자와 최장 흐름경로, 중심흐름경로 등의 유역특성인자를 추출하는 과정을 시행하였고 마지막으로 HMS 유역입력파일을 작성하였다<그림 2-63>.



<그림 2-63> 수문처리(Hydrologic Processing) & HMS 유역입력자료

한편, 구축된 지형자료는 HEC-HMS의 유출량 산정에 있어 지표, 중간, 기저 유출로 분리하여 각각의 유출량을 산정하기 위한 매개변수 값의 입력이 필요하다. 유출량 산정에 필요한 각 인자들의 매개변수 값은 HEC-HMS의 최적화 기법을 사용하여 평가하게 되는데, 적절한 초기값 입력을 위해 HEC-GeoHMS에서는 지형자료를 통한 매개변수 추정 기능을 제공하고 있다.

#### 나) 기상 입력 자료

HEC-HMS의 기상 입력 자료로는 강우량과 증발산량이 있는데 강우량은 대상 지역에 설치된 우량계의 강우량 데이터를 사용하면 더 정확한 모형의 결과를 산정할 수 있다.

기상 입력 자료를 처리하는 모듈인 Meteorologic Model은 Basin Model과 연결되어 사용되는 과거 또는 가상의 강우를 정의하는 데 필요한 정보를 다룬다. 기상 입력 자료로는 강우자료와 증발산 자료 등을 포함하고 있으며 강우자료는 대상유역에 설치된 우량계의 강우량 자료를 입력하는 방법과 빈도해석에 의한 확률 강우량 자료를 입력하는 방법들을 제

공하고 있다. 본 연구에서는 증발산량 자료는 제외하였으며, 대상 유역 내 강우관측소에서 관측된 2002년의 7, 8, 9월의 강우량자료를 바탕으로 <표 2-24>과 같이 모형의 보정과 검증을 위한 강우사상 3개를 수집하였으며, 구축된 강우자료는 소유역별로 관리되고 HEC-DSS(Data Storage System)를 통하여 저장된다.

<표 2-24> 모형의 보정과 검증을 위하여 수집한 강우사상

강우사상	평균강우량 (mm)	지속시간 (hr)	최대강우강도 (mm/hr)	비고
14 July 02 / 07:00 ~ 16 July 02 / 12:00	81.7	54	43.0	보정
06 Aug. 02 / 05:00 ~ 09 Aug. 02 / 12:00	294.7	91	60.0	보정
31 Aug. 02 / 04:00 ~ 02 Sept. 02 / 20:00	51.3	65	7.0	보정

다) 시간 설정 자료

구축된 각 유역별 및 각 강우사상 (Event)별로 모형을 실행하여 유출량을 산정하기 위해서는 실행하고자 할 자료의 시간을 설정할 필요가 있다. 시간 설정 자료를 처리하는 모듈인 Control Specifications에서는 이러한 시간과 관련된 자료의 입·출력과 자료 분석의 시간간격, 강우 유출의 시작시간과 종료시간을 제어할 수 있다. 이렇게 구축된 3개의 요소를 시뮬레이션 함으로서 최종 결과 값을 산정해 낸다.

라) HEC-HMS 모형의 보정 및 유역 평균 매개변수 추정

본 연구에서는 모형의 보정을 위하여 평택과 공도 수위 및 유량관측소지점을 대상으로 HEC-HMS에서 제공하는 최적화 기법을 이용하였다. HEC-HMS는 실측 수위자료가 주어 진다면 앞서 수문자료구축에서와 같이 수위-유량 관계곡선식에 의해 구축된 유량자료를 바탕으로 소유역 및 하도추적에 관련된 매개변수의 최적값을 계산할 수 있다. 본 연구에서는 HEC-HMS에 내장된 최적화방법을 이용하여 목적함수의 변화에 따른 매개변수의 변동특성 및 시뮬레이션 된 유출량의 적정성을 평가하였다.

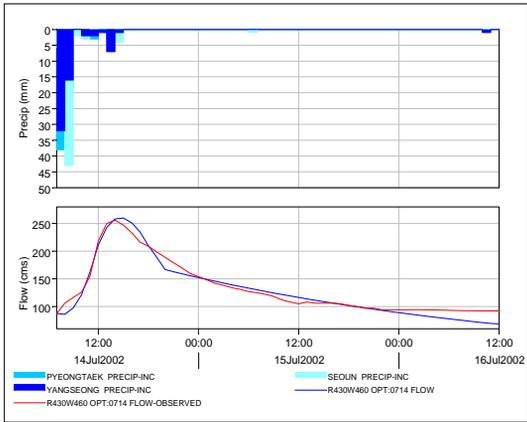
HEC-HMS의 최적화 모듈에서 목적함수는 총 5가지가 제공되는데, 이중에서 1998년에 미군 공병단 (USACE)에서 제시한 가중-침투 RMSE (Root Mean Square Error) 방법을 이용하였다. 한편, HEC-HMS에서는 목적함수를 최소화하고 최적의 매개변수 값을 찾아내기 위한 방법으로 단일변량구배 방법과 Nelder & Mead 방법이 제공되는데, 본 연구에서는 단일변량구배 방법을 적용하였다. 이 방법은 여러 매개변수가 있을 때, 하나의 매개변수만 조정하고, 나머지 매개변수들은 고정시켜 놓고 계산한다.

<표 2-25> 강우사상에 대한 매개변수 보정 결과

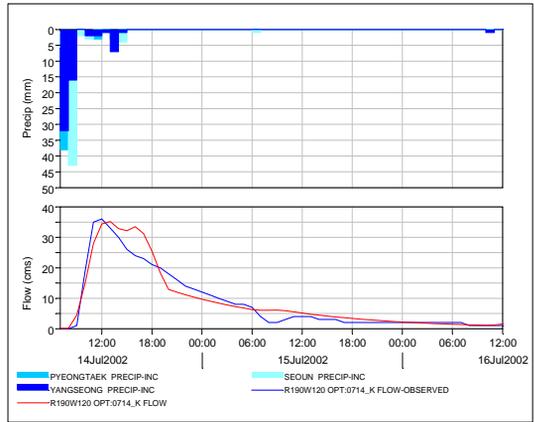
Event		14 July 2002		07 Aug. 2002		31 Aug. 2002	
Watershd		R190 W120	R430 W460	R190 W120	R430 W460	R190 W120	R43 OW460
매개 변수	Recession Constant	0.20	0.60	0.20	1.00	0.50	0.60
	Baseflow Initial Flowrate	0.0001	90	0.02	105	0.01	85
	Initial Abstraction	40	43	48	100	0.00	0.00
	Curve Number	51.50	64.10	51.50	64.10	51.50	64.10
	Baseflow Threshold Ratio	0.40	1.00	0.40	0.1	0.01	0.01
	SCS Lag	200	420	235	300	320	509.56
침투 유량 (m <sup>3</sup> /s)	Obs.	36.0	256.0	725.0	2549.0	56.0	264.0
	Sim.	35.2	259.6	816.3	1,150.1	56.4	247.8
총 유출량 (mm)	Obs.	4.51	115.35	117.83	909.51	13.19	164.98
	Sim.	4.72	112.58	106.36	364.19	10.70	147.24
침투 시간	Obs.	14 July 2002 12:00	14 July 2002 14:00	07 Aug. 2002 11:00	07 Aug. 2002 15:00	01 Sept. 2002 05:00	01 Sept. 2002 07:00
	Sim.	14 July 2002 13:00	14 July 2002 15:00	07 Aug. 2002 14:00	07 Aug. 2002 15:00	01 Sept. 2002 07:00	01 Sept. 2002 06:00

<표 2-25>는 HEC-HMS 모형의 유출량과 침투시간을 보정하여 모의한 결과와 실측치

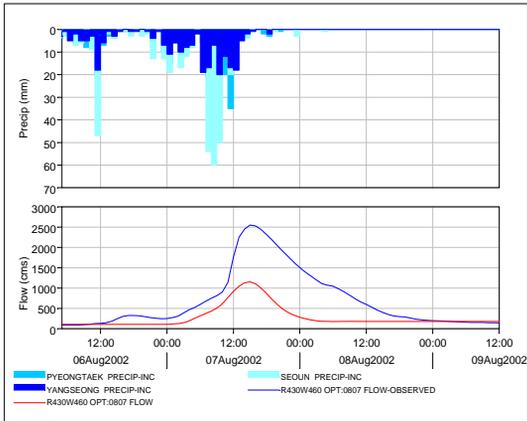
를 비교한 결과이고 <그림 2-64>은 보정후의 수문곡선을 보여주고 있다. 또한 유역유출에 대표적으로 영향을 미치는 CN과 초기차단량 (Initial Abstract) 매개변수의 값도 추정하였다.



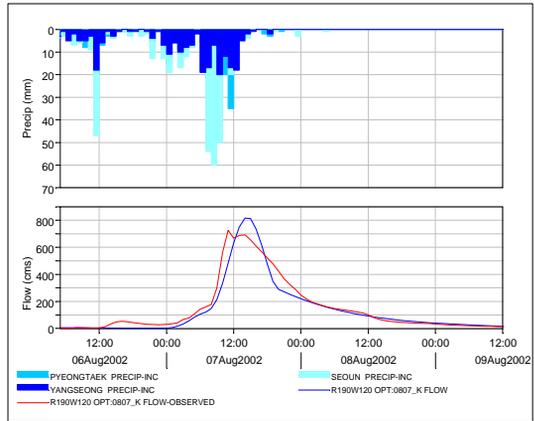
a. 07 July 2002 평택



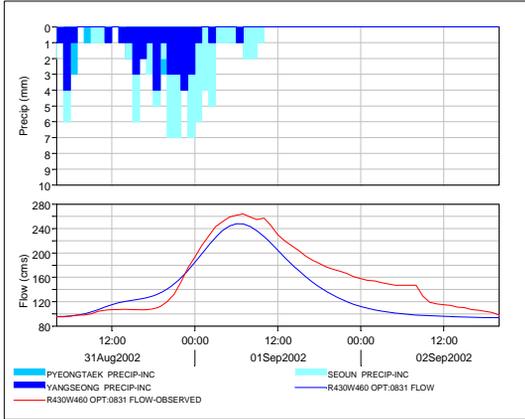
b. 07 July 2002 공도



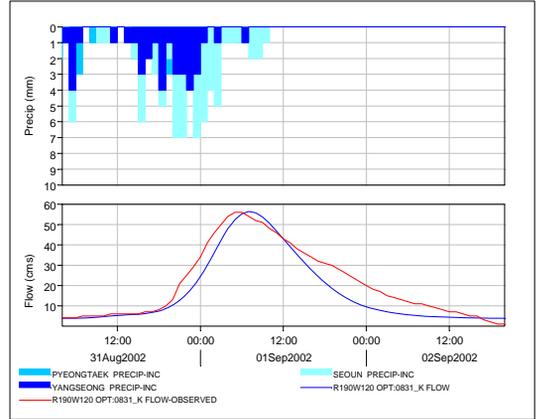
c. 07 Aug. 2002 평택



d. 07 Aug. 2002 공도



e. 31 Aug. 2002 평택



f. 31 Aug. 2002 공도

<그림 2-64> 실측 수문곡선과 모의 수문곡선의 비교

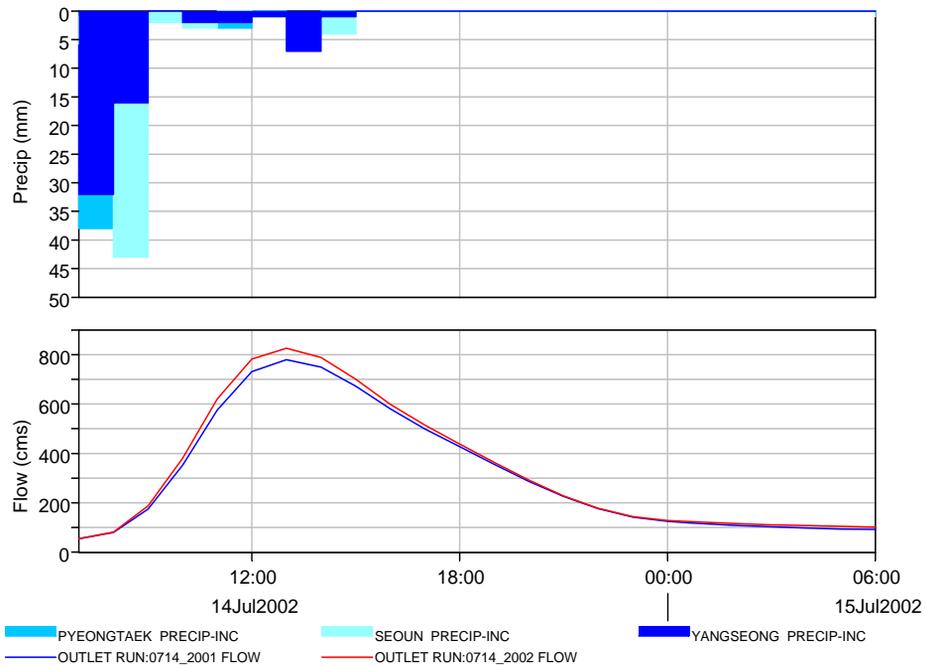
4) 홍수 전·후의 하천유출량 변화 분석

본 연구에서는 홍수 전·후의 토지이용에 따른 유출량 변화를 분석하기 위해서 총 6개의 매개변수 중 유역의 유출량을 산정하는 중요한 매개변수인 CN값은 고정시켜놓고 나머지 매개변수들을 조정하여 계산하였다. 먼저 선행함수조건(AMC-II)에 의한 홍수전인 2001년 소유역별 CN값을 고정시키고 다른 매개변수들을 조정하여 계산하고, 이후 보정된 유출량에 홍수후인 2002년의 CN값을 적용하여 토지이용변화에 따른 유출량의 변화를 비교분석하였다<표 2-26>.

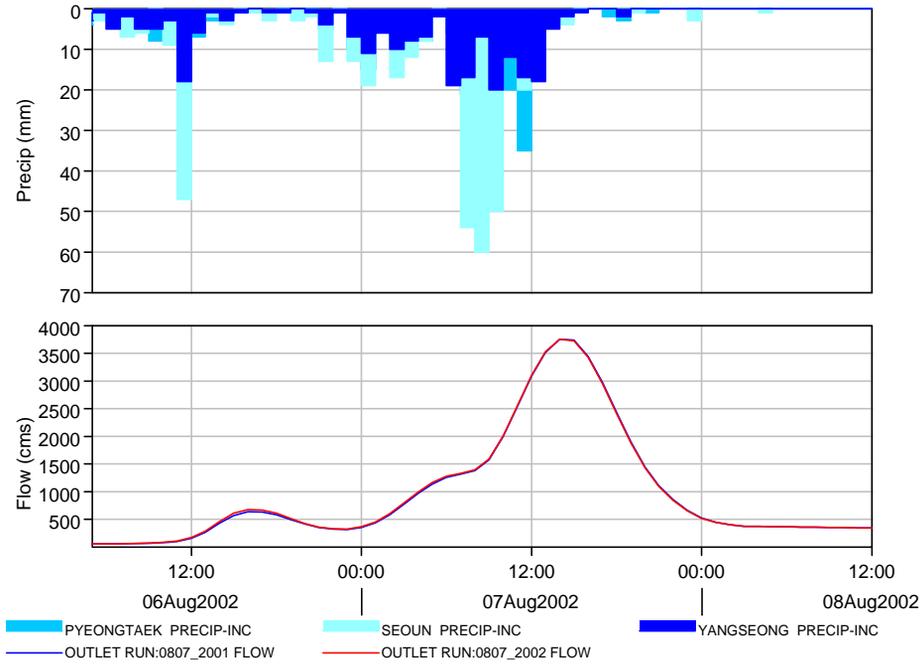
<표 2-26> 홍수 전·후의 유출 비교

Event	강우량 (mm)	AMC	침투유량 (m <sup>3</sup> /s)			총유출량 (mm)		
			전	후	차이	전	후	차이
14 July 2002	81.7	I	507.0	533.7	26.7	28.24	29.32	1.08
		II	779.7	826.7	47	38.74	43.31	2.57
		III	1199.7	1222.1	22.4	55.97	56.89	0.92
07 Aug. 2002	294.7	I	2,947.8	3,044.0	96.2	182.44	188.93	6.49
		II	3,753.3	3,754.3	1	238.52	240.10	1.58
		III	4,270.2	4,284.9	14.7	283.61	285.26	1.65
31 Aug. 2002	51.3	I	196.2	205.5	9.3	18.77	19.28	0.51
		II	294.0	310.4	16.4	24.02	25.22	1.2
		III	451.6	460.4	8.8	33.27	33.80	0.53

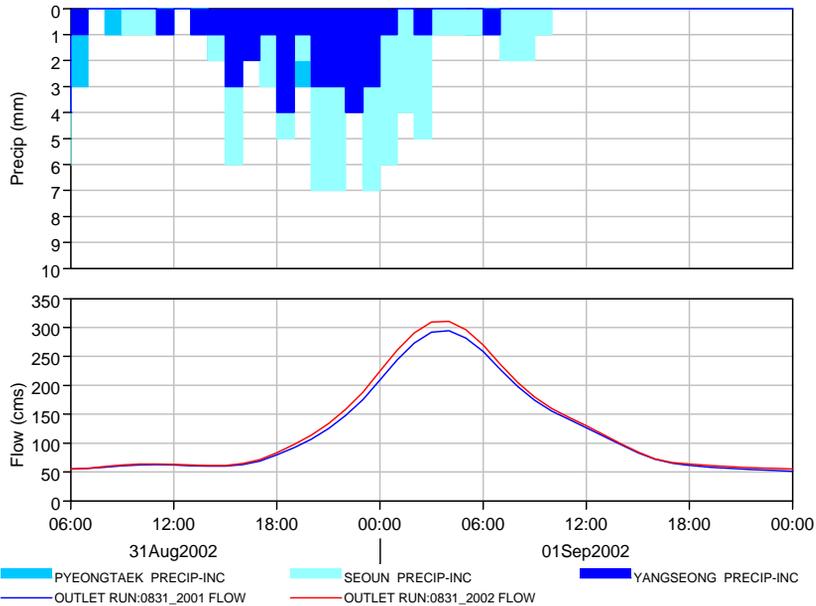
그 결과, 상대적으로 비가 가장 많이 왔던 2002년 8월 7일의 강우사상에서 홍수전후 침투유량 및 총유출량의 차이가 크며, 선행함수조건 AMC-II, AMC-III보다 AMC-I에서 홍수 후 침투유량 및 총유출량의 차이가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 전체적인 변화를 살펴보면, AMC-I에서 AMC-III로 갈수록 유출량은 증가하였으며, 총유출량에서의 변화는 크지 않으나, 침투유량에서 차이를 보임에 따라, 홍수 전·후의 토지피복 변화에 따른 수문변화는 침투유량에 더 민감한 것으로 나타났다. <그림 2-65> ~ <그림 2-67>은 홍수 전·후의 수문곡선을 비교한 것으로, 수문곡선의 패턴은 일치하나, 홍수 후의 침투유량이 증가하는 것으로 분석 되었다.



<그림 2-65> 홍수 전·후의 수문곡선 비교 (14 July 2002)



<그림 2-66> 홍수 전·후의 수문곡선 비교 (07 Aug. 2002)

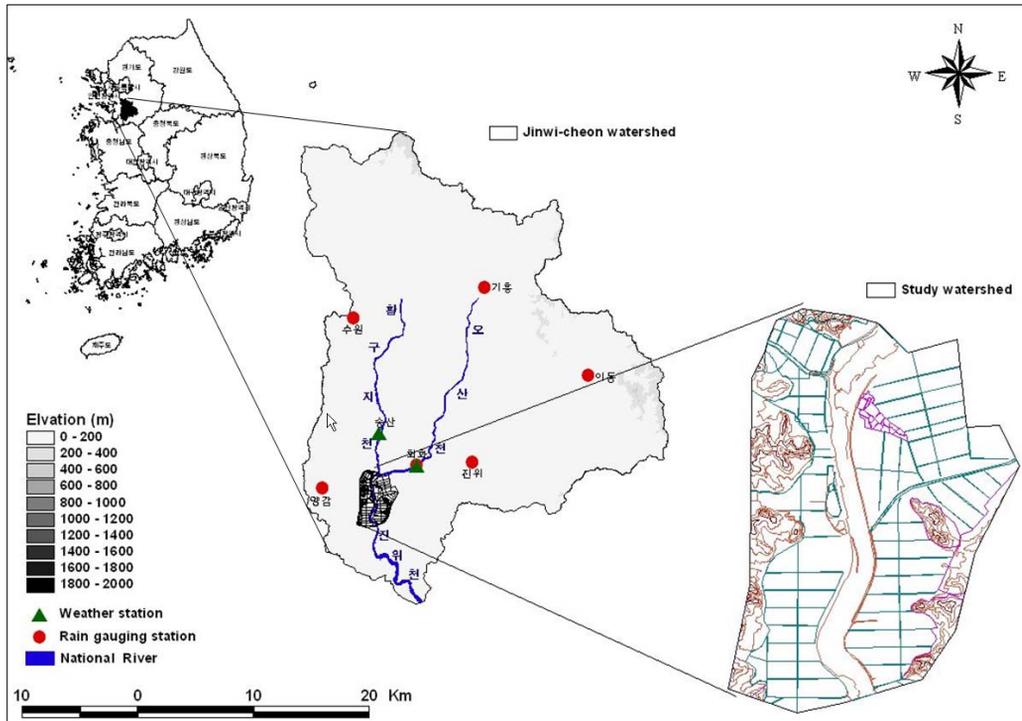


<그림 2-67> 홍수 전·후의 수문곡선 비교 (31 Aug. 2002)

다. 홍수범람모형 FLUMEN의 기상, 수문, 수리자료 구축 및 적용성 검토

1) 연구지역의 개요

본 연구의 안성천 유역내에서 적용 구간은 황구지천과 진위천 구간의 합류점으로부터 동연교 수위관측 지점까지의 하천구간으로 유역면적은 12.11 km<sup>2</sup>, 하천 연장은 4.85 km이다. 본 범람해석을 실시하는 구간은 대상유역 면적의 약 62%가 농경지 지역으로 좌·우안이 대부분 농경지이며, 제내지의 일부구간이 농가 및 소규모 주거지역으로 구성되어 있다<그림 2-68>. <그림 2-69>와 <그림 2-70>은 연구대상지역의 제1지류인 천천이 합류되는 지점과 하류 경계지점인 동연교 수위관측소이다.



<그림 2-68> 연구지역



<그림 2-69> 지류(천천)와 합류점



<그림 2-70> 동연교 수위 관측소

## 2) 수문 자료의 구축

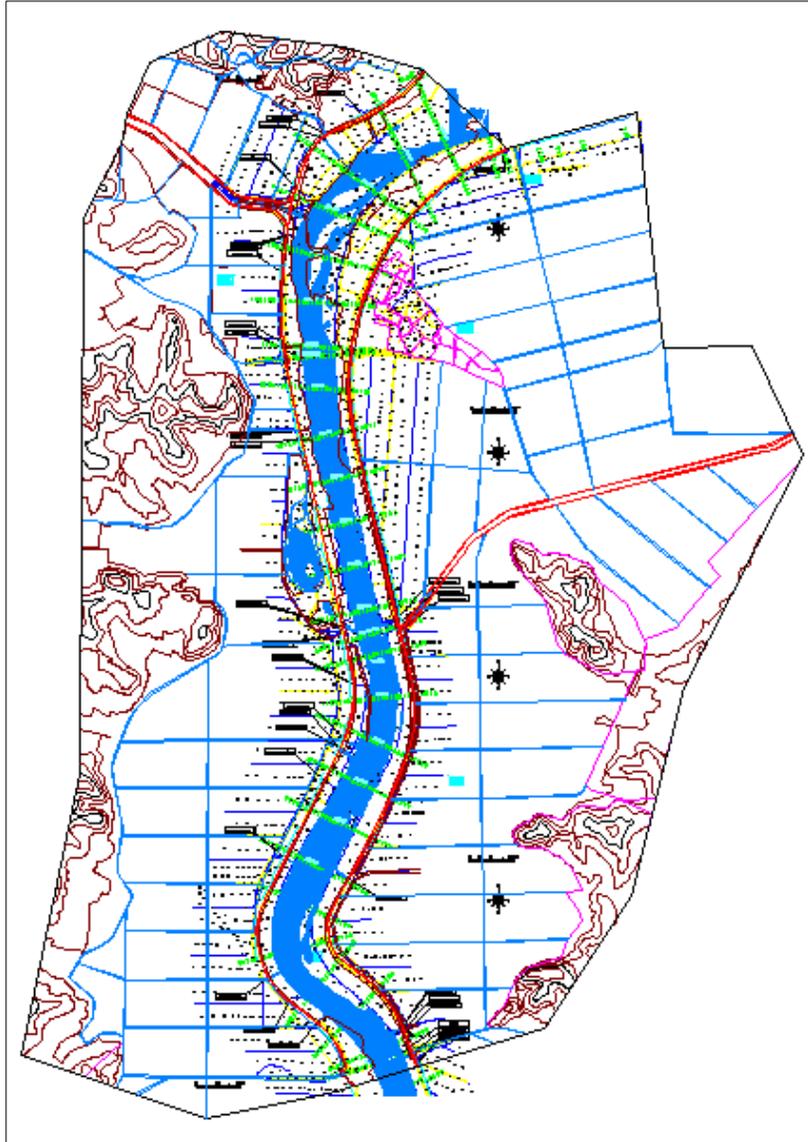
FLUMEN 모형은 유입량 경계조건은 반드시 기지의 유량으로 지정되어야 한다. 경계조건으로 상류 경계조건으로 유량자료와 하류 경계조건인 수위자료를 필요로 한다. 유입부의 유량자료를 등류 유입량으로 가정하여 계산영역 경계에 분배한다. 만약 FLUMEN에서 유입량 경계조건이 수위나 수심으로 정의될 경우, 수렴되지 않는 잘못된 계산 시스템을 야기한다. 하류 유출량 경계조건은 에너지 경사 (slope of energy head)나 수위 (waterlevel)로 정의되어야 한다.

따라서 강우-유출해석에 의한 유입부의 홍수량 추정을 위한 수문모형으로는 HEC-HMS (Hydrologic Modeling System)를 선정하였다. HEC-HMS를 이용하여 홍수량을 추정하기 위해 먼저 GIS 표준 소프트웨어를 이용하여 NGIS, RIMGIS로부터 DEM을 생성하고 토지이용도, 토양도를 구축한 후, 이를 HEC-GeoHMS에 입력하여 지형처리, 유역수문처리, 수문변수를 추정하고 강우에 의한 유역의 홍수량을 계산한다. 모형의 적용성 검토를 위한 1998년에 관측된 집중강우의 8월 7일부터 8월 9일까지 상류부 경계조건 자료는 실제 강우량을 적용 HEC-HMS로 대상유역의 유입부 유량자료를 구축하였으며, 수위자료는 같은 기간에 대하여 하류경계지점의 동연교 수위관측소 자료를 사용하였다.

범람모의를 위한 빈도별 홍수량의 구축하기 위한 강우자료는 건설교통부가 관리하는 3개 강우 관측소(수원, 기흥, 송산)의 자료를 사용하였으며, HEC-HMS에 적용하여 대상유역의 유입부 홍수량을 구축하였다. 대상유역의 하류 경계조건인 수위자료는 건설교통부 관할의 동연교 수위 관측소의 수위-유량 관계곡선을 이용하여 수위자료를 구축하였다.

### 3) 지형자료의 구축

FLUMEN 모형에서 사용되는 수치해석 mesh는 불규칙삼각망(TIN : Triangular Irregular Network) 형태이다. Mesh 작성을 위해서 1:5,000의 수치지도를 기본으로 이용하였으며, 하천구간은 RIMGIS와 「안성천수계 하천정비기본계획, 2002.12, 건교부」의 지형평면도 및 중·횡단 측량 자료를 이용하였다<그림 2-71>.



<그림 2-71> 지형자료의 구축

지형자료를 가지고 2차원 수리분석을 위한 불규칙 삼각망을 구성하는 방법에는 3가지가 있다. 첫 번째 방법은 Triangle 모형을 이용하는 것이다. Triangle은 mesh의 밀도 조절이 쉽고 삼각형의 각도 조절도 가능하여 편리하지만, 구성된 mesh를 그래픽으로 쉽게 확인할 수 없는 단점을 가지고 있다. 두 번째 방법은 SMS(Surface Modeling System) 모형을 이용하여 삼각망을 만드는 것인데, 삼각망을 손쉽게 수정 할 수 있는 쉬운 장점이 있으나 정해진 node에 의해 삼각망이 만들어지기 때문에 전체적인 수정을 해야 하는 단점을 가진다. 세 번째 방법은 스위스의 Beffa에 의해 개발된 Fluviz를 이용하는 것이다. Fluviz는 표고자료가 구축되어 있을 시에 쉽게 poly 파일을 작성하여 mesh를 만들 수 있으나, 수정이 어려운 단점을 가진다. 본 연구에서는 Triangle 모형의 각기 다른 격자의 밀도를 쉽게 조절할 수 있다는 장점과 불규칙삼각망 구성 후 삼각망의 확인 및 수정이 쉽지 않은 Triangle의 단점을 SMS를 사용하여 해결 하였으며 그 과정은 <그림 2-72>와 같다.

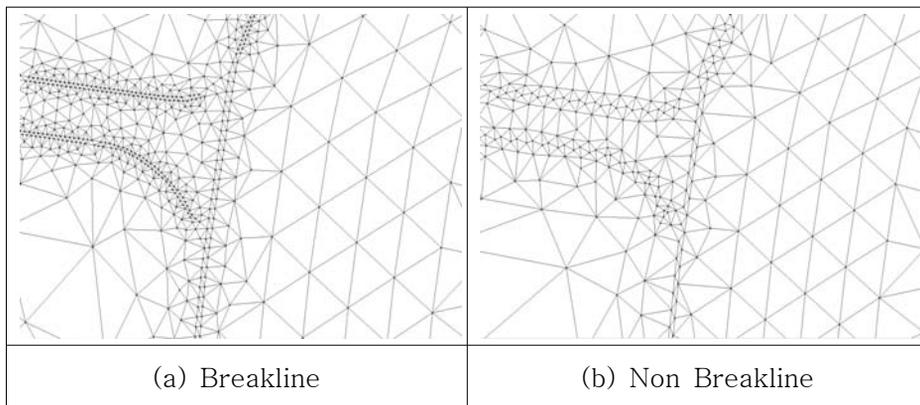


<그림 2-72> Flow chart of TIN

### 가) Breakline의 작성

Breakline은 구성된 격자상에서 mesh 기울기 값이 정의되지 않은 불연속적인 선을 표현하는 것으로 Breakline을 따라 격자점이 놓여진다. 주로 제방, 하도, 도로의 격자 밀도를 조정하여 mesh를 작성하기 위해서 이를 표시하게 된다. 홍수범람모의 TIN 구축 시 Breakline의 처리가 중요한 이유는 제방의 파제 또는 외수의 범람에 의해 제내지가 침수되는 경우에 물의 흐름에 가장 큰 영향을 미치는 지형지물이기 때문이다. 따라서 제내지의 Breakline을 가능한 한 실제 지형과 가깝게 표현해야 정확한 홍수범람 모의가 가능하며, 연구대상 지역의 Breakline을 적용시와 미 적용시의 차이점을 <그림 2-73>에 나타내 비교해보았다.

<그림 2-73>의 (a)는 Breakline을 처리한 것으로 Breakline을 중심으로 TIN이 형성됨을 알 수 있다. 그러나 (b)는 Breakline을 미처리한 경우로서 표고점들 위주로 TIN이 생성된 것을 알 수 있다. 즉 Breakline을 처리한 경우 도로의 외곽선이 실제지형과 같이 외곽선이 표현되어 있으나, 설정하지 않은 경우에는 성토제 선과 관계없이 TIN이 생성되므로 실제 지형과 같은 외곽선이 표현되지 못하고 완만한 지형으로 표현 되었다. 따라서 홍수범람 모의용 TIN에서는 Breakline을 설정하여 실제 지형과 같은 자료구축이 필수적이라 할 수 있다.



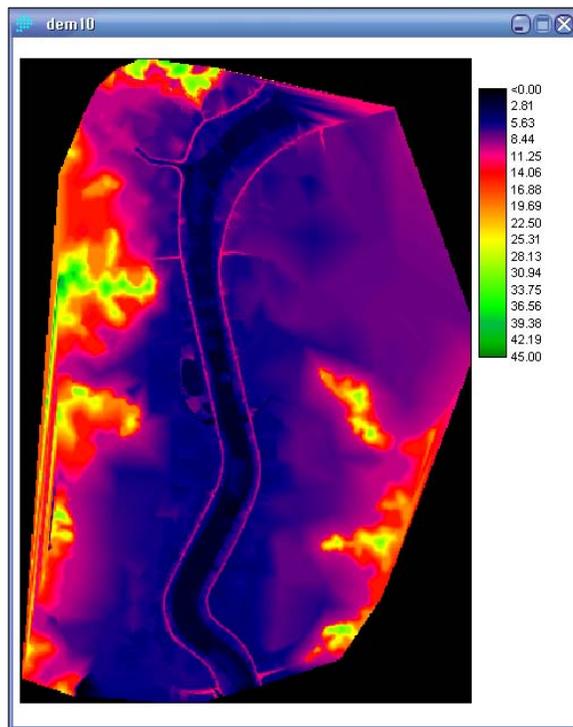
<그림 2-73> Breakline의 적용

### 나) Triangle & SMS 모형을 이용한 삼각망 작성

FLUMEN 모형의 기본 입력 자료인 모든 포인트의 좌표속성을 담고 있는 node 파일과

삼각망의 속성을 담고 있는 ele 파일을 만들기 위한 과정은 다음과 같다.

- ① 대상지역의 외곽경계를 이루고 있는 polyline의 node 좌표를 추출한다.
- ② 외곽경계 및 Breakline을 구성하는 제방과 하도구간 내의 polyline의 node 좌표와 번호에 대한 정보를 포함한 poly 파일을 작성한다.
- ③ poly 파일을 입력 자료로 하여 Triangle 모형을 실행시키면 2차원 TIN을 생성하게 되며 node파일과 ele 파일이 생성된다.
- ④ NGIS 1:5,000 수치지도의 등고선 및 표고점과 관련된 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점) 레이어를 RIMGIS자료, 하천정비계획의 중·횡단 측량 자료를 이용하여 FLUMEN을 구동하는 대상유역에 맞게 해상도 10m의 수치고도모델(DEM)을 작성한다. 수치고도모델의 격자의 좌표와 표고값을 IDRISI를 이용하여 추출한다<그림 2-74>.

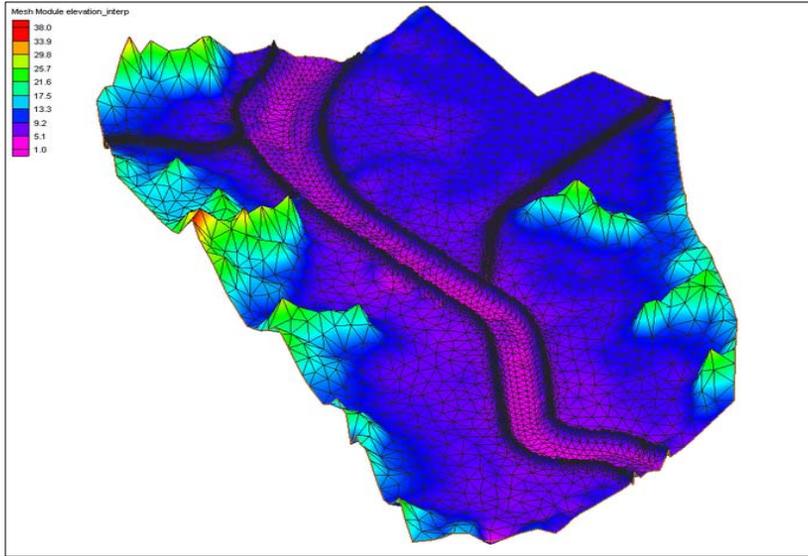


<그림 2-74> FLUMEN에 적용될 DEM

- ⑤ SMS상에서 Triangle에서 얻어진 mesh를 먼저 불러들인 후, DEM에서 추출된 격자 list

를 Scatter로 불러들여 Interpolation을 이용하여 mesh에 표고값을 대입시킨다.

- ⑥ 구성된 mesh를 SMS상에서 3차원으로 도시하여 실제 지형과 비교하는 검증 작업을 수행한다<그림 2-75>.
- ⑦ 최종적으로 얻어진 mesh의 구성정보를 담은 SMS의 geo 파일을 사용하여 FLUMEN의 입력 자료인 node 파일과 ele 파일을 만든다.



<그림 2-75> 대상구역의 3차원 표현

다) 삼각망 작성 결과

대상지역에 작성된 삼각망의 결과는 <표 2-27>와 같다. FLUMEN 모형의 제한 node수 46,000개 중에서 10,646개로 구성되어 있으며, 삼각망의 개수는 21,119개이며, 최대 삼각망의 크기는 약 9,960 m<sup>2</sup> 이다.

<표 2-27> 대상구역의 mesh 작성결과

하천	범람해석면적 (km <sup>2</sup> )	Point	Triangles	최대요소면적(m <sup>2</sup> )
진위천	12.11	10,646	21,119	9,959.95

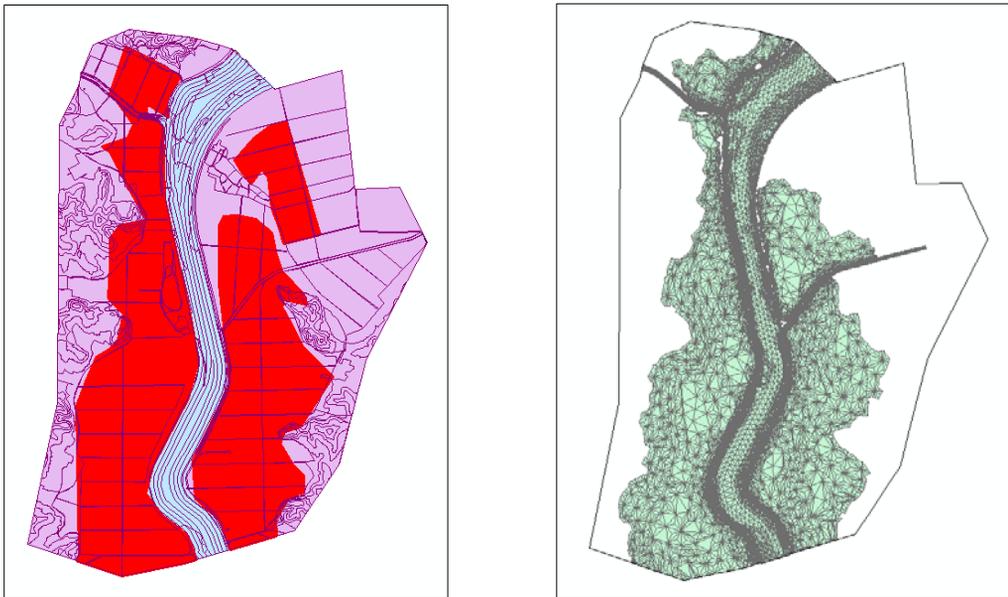
#### 4) 모형의 적용성 검토

FLUMEN 모형을 이용한 실제 지형에서의 홍수범람 모의를 하는데 있어 본 모형이 적합한 모형인가를 확인하기 위해 본 연구에서는 실제적으로 가장 큰 피해를 입은 강우 기간에 대하여 모형을 모의하여 침수실적도와 비교함으로써 그 적용성을 검토하였다.

과거 1995년 이후 안성천 수계에서 막대한 피해를 발생시킨 주요 홍수 중 그 피해액이 가장 큰 1998년에 대하여 FLUMEN 모형을 이용하여 범람해석을 실시하고, 1998년의 침수실적도와 비교·분석하였다.

안성천 유역에서 1998년에 관측된 집중강우는 8월 7일부터 8월 9일까지 3일간 발생하였다. 1998년 호우기간 최대 시우량은 수원관측소 70 mm, 기흥관측소 98 mm, 평택관측소 95 mm 로 관측되었다. 1998년 호우기간에 관측된 시우량을 재현기간으로 평가하면 수원지방에 내린 최대 시우량 70 mm는 약 30년 빈도 확률 강우량에 해당되지만, 기흥이나 평택은 수원지방을 기준으로 할 때 300년 빈도 이상의 확률강우량이 됨을 알 수 있다.

1998년도의 WAMIS에 있는 침수 흔적도와 FLUMEN 모형의 범람 모의의 결과는 <그림 2-76>과 <표 2-28>에 나타내었다. 침수흔적도의 범람 면적은 5.27 km<sup>2</sup>이며, FLUMEN 모형의 범람 면적은 5.09 km<sup>2</sup>으로 0.16 km<sup>2</sup>의 면적차이를 나타냈다.



<그림 2-76> 1998년의 침수실적도와 FLUMEN모의 결과 비교

<표 2-28> 침수실적도와 FLUMEN의 결과비교

모의년도	1998년	
	침수흔적도	FLUMEN 모형
침수면적	5.27 km <sup>2</sup>	5.09 km <sup>2</sup>

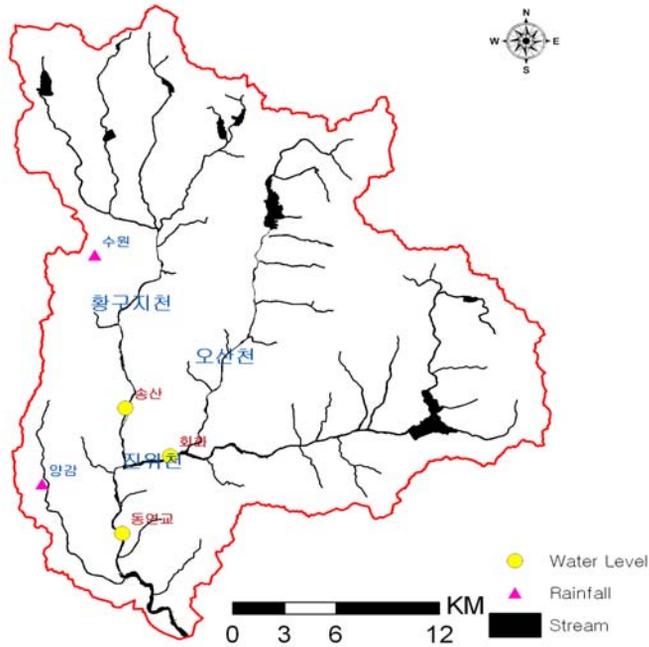
실제 1998년도의 침수흔적도와 모형을 이용한 모의결과가 미미한 차이를 나타내므로, 본 연구에서 적용한 FLUMEN 모형은 홍수범람 모의에 적합한 모형으로 판단된다.

## 2. 기상변화에 따른 평가인자의 정량화 방안 제시

### 가. 모형을 이용한 기상변화에 따른 수문변화분석 및 검토

#### 1) 강우자료 구축 및 분석

HEC-HMS 수문모형을 이용한 기상변화에 따른 수문변화분석을 위하여 먼저 진위천유역내 양감, 회화 강우관측소의 1975~2006년까지의 30개년 일 단위 강우자료를 구축하고 강우량의 변화패턴 분석하였다.

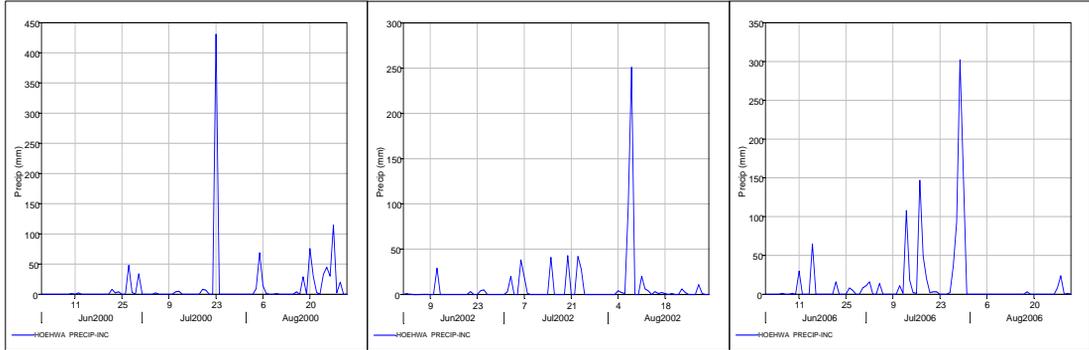


<그림 2-77> 강우, 수위 관측소 현황

<그림 2-77>과 같이 안성천 유역의 강우, 수위 관측소 30년간의 강우 데이터를 바탕으로 시기적으로 비가 가장 많이 내리는 우리나라 7~9월 사이의 강우 데이터를 중심으로 평균적인 강우패턴에 비해 비가 가장 많이 왔던 1990, 2000, 2002, 2006년에 대하여 최대강우량을 보인 4개의 강우이벤트를 선정하였으며<표 2-29>, 강우그래프를 작성하여 <그림 2-78>에 나타내었다.

<표 2-29> 강우사상

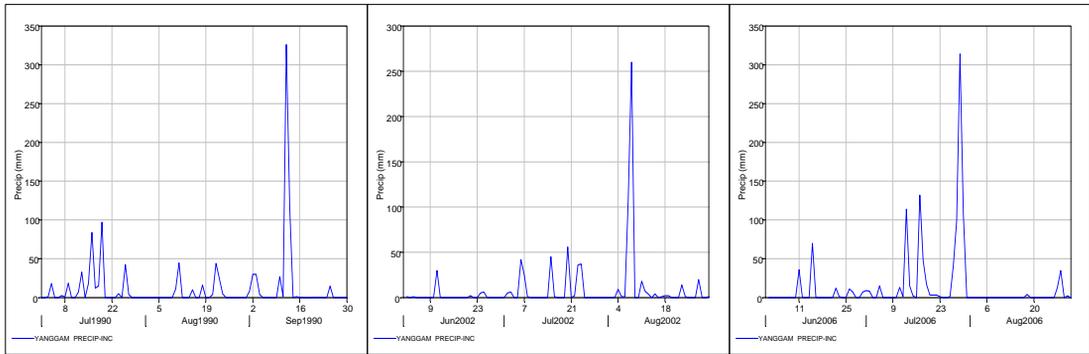
강 우 사 상	강우량 (mm)	지속시간 (day)
1990년 9월 9일	469.0	11
2000년 7월 9일	446.0	22
2002년 8월 2일	396.5	18
2006년 7월 25일	577.0	9



b. 회화(2000)

c. 회화(2002)

a. 회화(2006)



d. 양감(1990)

f. 양감(2002)

e. 양감(2006)

<그림 2-78> 관측소별 강우 그래프

<표 2-30> 관측소별 일 최대 강우량과 순위

관측소	순위	1	2	3	관측소	순위	1	2	3
양감	연도	1990	2006	2002	회화	연도	2000	2006	2002
	일최대강우량 (mm)	326	314	260		일최대강우량 (mm)	431	302	251
	총강우량 (mm)	469	564	408		총강우량 (mm)	446	590	385
	시작일	9.9	7.25	8.3		시작일	7.18	7.25	8.3
	종료일	9.14	7.29	8.12		종료일	7.22	7.29	8.12

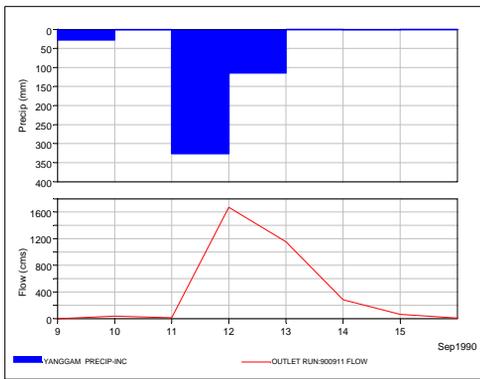
강우이벤트 일최대강우량을 각 관측소 빈도별 확률강우량과 비교한 결과, 양감 관측소에

서 326mm가 관측되어 약 80년 빈도의 확률강우량으로 평가되며, 회화 관측소에서 431mm가 관측되어 약 90년 빈도의 확률강우량으로 평가된다<표 2-30>.

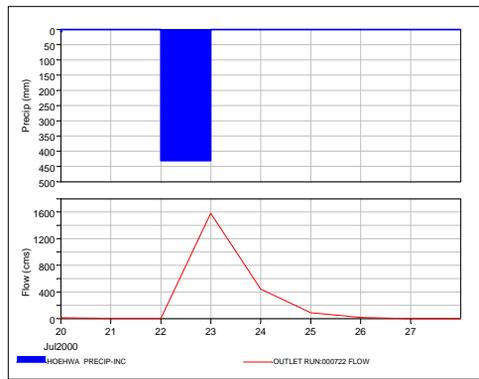
2) 강우-유출모형을 이용한 유출량 변화 분석

HEC-HMS 강우-유출모형을 이용하여 기상변화에 따른 유출변화를 모의하기 위하여, 최적화방법을 통해 유역 평균 매개변수를 추정하고 모형의 보정을 통한 유역입력자료(Basin Model)를 구축하였다.

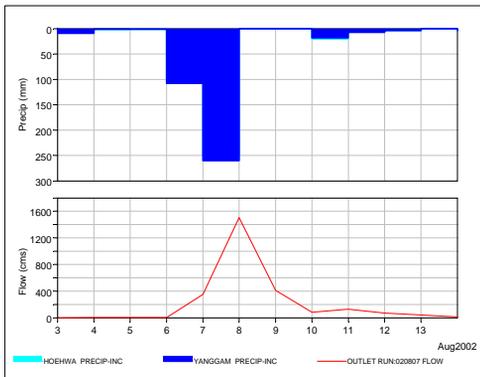
기상입력자료(Meteorologic Model)는 증발산량 자료를 제외한 강우량 데이터로 구축하였다. 앞에서 구축한 강우사상을 시간설정자료(Time Specification Model)로 입력하여 유역 유출구에 대한 유출량 변화를 모의한 결과는 <그림 2-79>, <표 2-31>과 같다.



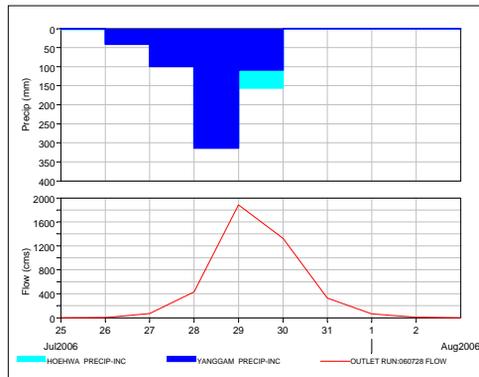
a. 1990년 9월 9일



b. 2000년 7월 9일



c. 2002년 8월 2일



d. 2006년 7월 25일

<그림 2-79> 유출량 모의에 따른 수문곡선 변화

<표 2-31> 유출량 모의 결과

강우사상	침투유출량 (m <sup>3</sup> /s)	침투시간	유출량 (mm)	유역면적 (km <sup>2</sup> )
1990년 9월 9일	1,671.1	12 Sept. 1990	379.57	734.55
2000년 7월 9일	1,582.4	23 July 2000	594.88	
2002년 8월 2일	1,504.7	08 Aug. 2002	313.81	
2006년 7월 25일	1,888.6	29 July 2006	484.02	

### 3. 홍수범람모형 FLUMEN을 이용한 홍수재해 대책 및 최소화 방안 제시

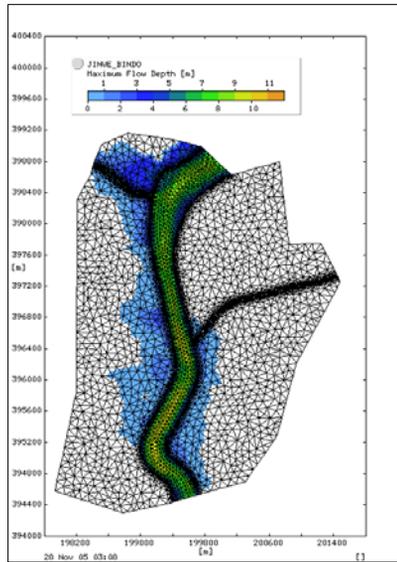
FLUMEN 모형을 이용하여 빈도별 범람모의를 실시해 본 결과, 200년 빈도 이상의 결과에서 범람 면적이 매우 크게 증가하였는데, 이는 진위천 유역이 100년 빈도 홍수에 대해 설계되었기 때문이라고 판단된다. 본 연구에서는 서론에서 언급한 바와 같이, 단순한 빈도별 범람 모의뿐만 아니라, 200년 빈도 홍수량에 대하여 침수면적을 줄일 수 있는 방안을 제시하여 보았다. 첫 번째 방법은 제방의 표고값을 올려 수로 단면적을 증가시키는 방법이다. 제방을 25 cm ~ 100 cm 까지 25 cm씩 증축하여 4가지 조건으로 200년 빈도 홍수량의 침수면적과 비교하였다.

두 번째 방법은 유입되기 전 상류의 천변 저류지를 만들어 유량을 흘려보내는 방법이다. 천변 저류지의 생성을 가정하여, 홍수시 수문곡선 최대 유량의 일정량을 천변 저류지로 흘려보내어 범람에 영향을 끼치는 유량을 감소시켜 홍수피해를 저감하는 방법이다. 이와 같은 Peak flow의 감소를 100 CMS ~ 250 CMS 까지 50 CMS씩 증가시켜 4가지 조건으로 설정하고 FLUMEN 모형을 이용하여 범람 분석하였다.

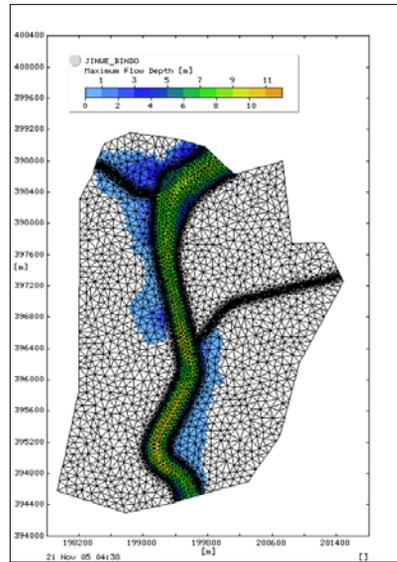
#### 가. 제방고의 증축에 의한 수로단면적의 증가 방안

빈도별 시나리오에서 범람 모의했던 200년 빈도의 모의 결과를 가지고 유입되는 홍수량을 고정해 두고, 제방의 전체적인 표고점을 올려 제방을 보축한 것처럼 가정하여 범람 분석을 실시하였다. 200년 빈도홍수량을 대상으로 하여 제방고를 25 cm ~ 100 cm 까지 변화시켜, 범람 면적의 변화 양상을 분석하였다. 그 결과는 <그림 2-80>과 같으며, 최대침수심

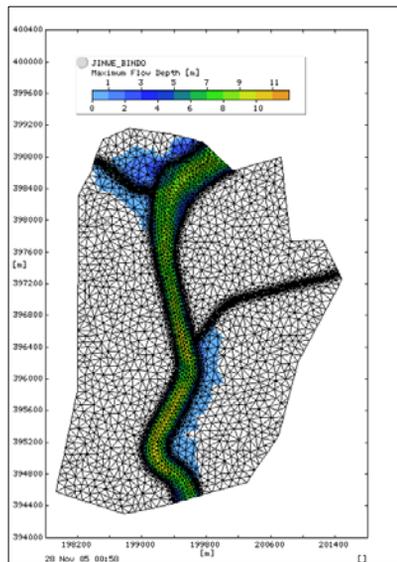
과 침수면적에 대한 결과는 <표 2-32>에 정리하였다.



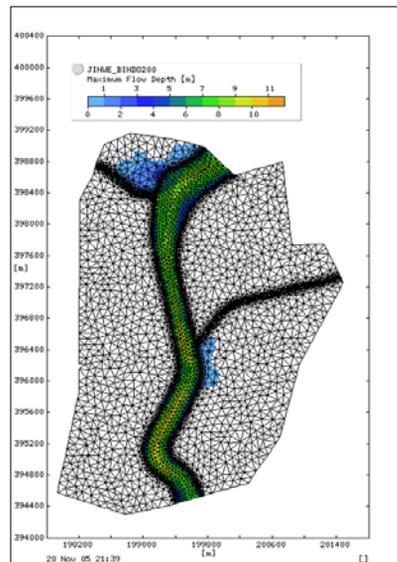
(a) 제방보축 (+25cm)



(b) 제방보축 (+50cm)



(c) 제방보축 (+75cm)



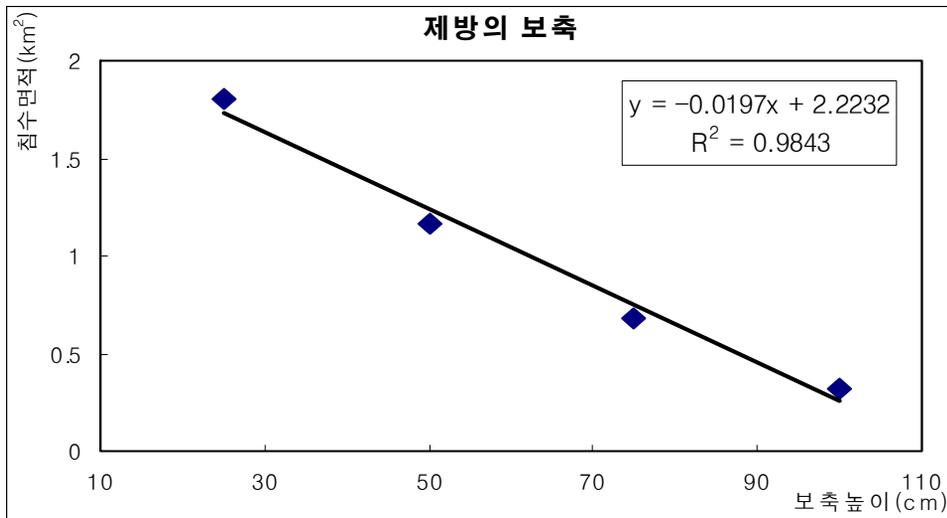
(d) 제방보축 (+100cm)

<그림 2-80> 제방보축 후 범람모의 결과(25 cm ~ 100 cm)

<표 2-32> 제방보축 후 범람모의 결과 (25 cm to 100 cm)

시나리오	침수 면적 (km <sup>2</sup> )	최대 침수심 (m)
200년 빈도	4.30	4.27
제방 25 cm 보축	1.80	3.77
제방 50 cm 보축	1.16	3.62
제방 75 cm 보축	0.69	2.64
제방 100 cm 보축	0.32	2.19

보축전의 침수면적은 약 4.30 km<sup>2</sup>였으며, 제방 25 cm 보축 결과 침수면적은 1.803 km<sup>2</sup>으로 크게 감소하였으며, 제방 100 cm 보축 결과 침수면적은 약 0.321 km<sup>2</sup>로 침수가 거의 발생하지 않았다. 제방의 보축 높이와 침수면적과의 상관관계를 선형 회귀식을 이용하여 살펴보면 결정계수가 0.98로써 밀접한 관계를 가지는 것으로 분석되었다<그림 2-81>.



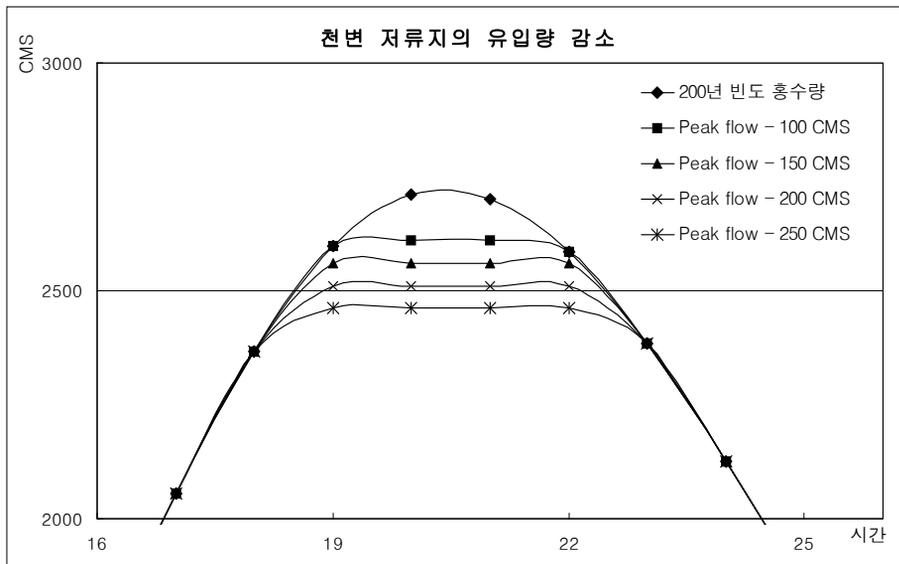
<그림 2-81> 침수면적과 보축높이와의 상관관계

#### 나. 천변저류지에 의한 홍수량 감소 방안

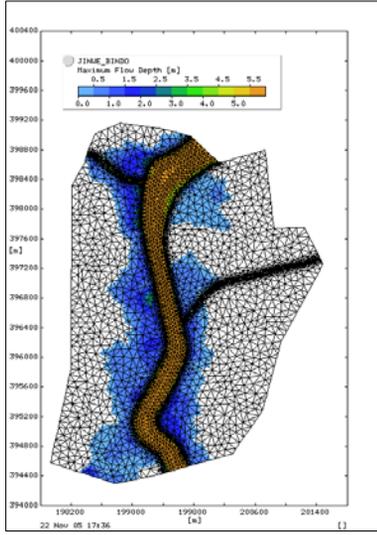
홍수기의 천변저류지란 하천변의 홍수터로써 홍수조절을 주목적으로 하고, 일정한 수표

면을 유지하거나 토양이 항상 또는 일정기간 동안 포화되는 저류지를 말한다. 비홍수기의 천변저류지는 저류지내 물의 순환관계를 유지시켜주고, 수량 및 수질 조절 기능을 수행하며, 생태계의 다양성을 위해 서식처를 제공하여주는 하천변 홍수터 습지의 기능을 한다. 비홍수기시의 천변저류지는 습지 외에도 다양하게 활용할 수 있다.

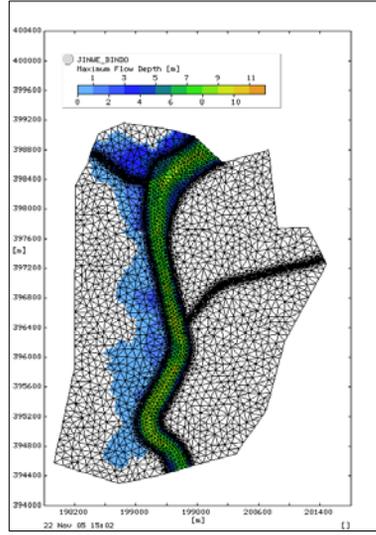
천변저류지를 상류에 설치하는 것으로 가정하고 이때의 수문곡선의 Peak flow의 100 CMS ~ 250 CMS 까지의 4가지 조건으로 설정하고 모형을 이용하여 범람 분석을 실시하였다. <그림 2-82>는 상류 천변저류지 설치에 의한 유입량의 Peak flow가 감소 될 때의 수문곡선의 변화를 나타내며, FLUMEN 범람모의 결과는 <그림 2-83>에 도시하였다. 최대 침수심과 침수면적의 결과는 <표 2-33>에 정리하였다.



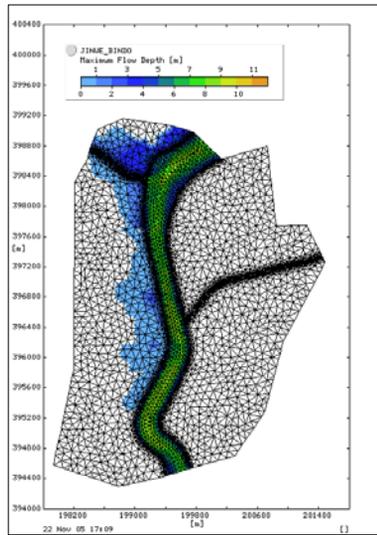
<그림 2-82> 천변저류지에 의한 수문곡선의 변화



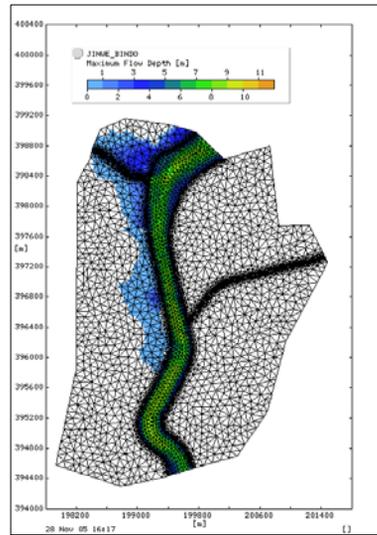
(a) Peak flow -100 CMS



(b) Peak flow -150 CMS



(c) Peak flow -200 CMS



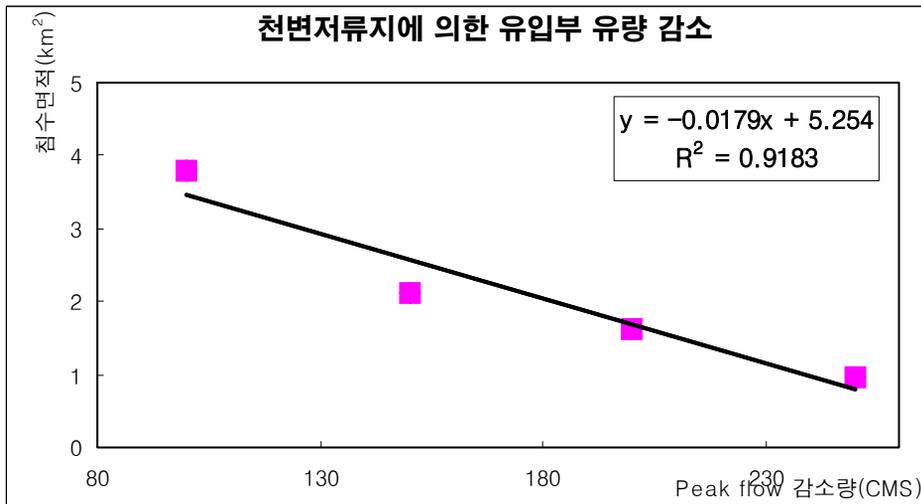
(d) Peak flow -250 CMS

<그림 2-83> 천변저류지에 의한 범람모의 결과

<표 2-33> 천변저류지에 의한 범람모의 결과

시나리오	침수 면적 (km <sup>2</sup> )	최대 침수심 (m)
Peak flow -100 CMS	3.79	3.20
Peak flow -150 CMS	2.11	2.88
Peak flow -200 CMS	1.63	2.72
Peak flow -250 CMS	0.97	2.32

200년 빈도의 홍수량이 발생 하였을 때 침수면적은 약 4.30 km<sup>2</sup>였으며, Peak flow -100 CMS 감소 결과 침수면적은 2.11 km<sup>2</sup>으로 감소하였으며, Peak flow -200 CMS를 감소 시켰을 경우에는, 침수면적 1.63 km<sup>2</sup>, 최대 침수심은 2.72 m 까지 감소하였다. 천변저류지에 의한 상류 유입부 유량 감소량과 침수면적과의 상관관계를 선형 회귀식을 이용하여 살펴보면 <그림 2-84>, 결정계수가 0.92로써 제방의 보축보다는 조금 낮지만 침수면적과 천변저류지에 의한 Peak flow 감소는 침수면적과 밀접한 관계를 가지는 것으로 분석되었다.



<그림 2-84> 천변저류지에 의한 감소홍수량과 침수면적의 상관관계

#### 다. FLUMEN에 의해 모의된 침수면적 빈도별 피해액 산정

하천의 범람으로 인한 예상피해액을 산정하기 위해 10년(1989~1998)간의 「재해연보」

및 「건설교통 통계연보」상의 자료들을 이용하여 침수면적을 변수로 한 침수면적-피해액 관계식을 도출하였다(수자원설계실무, 2007). 연구지역인 진위천 유역은 군급 도시중 인구 밀도 500명/km<sup>2</sup> 이상, 임야면적 70% 미만인 농촌지역으로 그에 해당하는 회귀상수를 다음 식에 대입하여 산정된 도시유형별 피해 자산별 보정계수에 피해자산별 기준피해액과 홍수 빈도율을 곱하여 자산별 피해액을 산정하였다<표 2-34>.

$$D = a+b \cdot s^n$$

D : 도시유형별 피해 자산별 보정계수

a, b, n : 침수면적-피해액 관계식 매개변수

s : 실제침수면적(ha)을 도시유형별 평균 침수면적(ha)

<표 2-34> 도시유형별 침수면적-피해액 관계식 매개변수 및 기준피해액

	a	b	n	평균침수면적 (ha)	기준피해액 (백만원)	주기
건축물	0.01164	0.286	2	761.2	206.7	1.3
농경지	0.11744	0.226	2		933.0	
공공시설	0.38670	0.157	2		5,370.3	
기타	0.49185	0.130	2		325.1	

FLUMEN을 구동하여 모의된 토지이용별 침수면적을 매개변수로 하여 <표 2-35>와 같이 빈도별 피해액을 예측하였다. 초지와 산림은 기타, 시가지는 건축물, 논과 밭은 농경지로 적용하여 피해액을 산정하였다.

<표 2-35> 빈도별 피해액

분류	100년 빈도		200년 빈도		500년 빈도	
	면적 (ha)	피해액 (백만원)	면적 (ha)	피해액 (백만원)	면적 (ha)	피해액 (백만원)
시가지	10.44	1.86	23.94	1.90	70.11	2.24
초지	9.99	123.01	6.93	123.00	16.56	123.02
산림	5.94	123.00	1.08	123.00	8.37	123.00
논	0.54	84.29	394.02	127.75	888.21	305.13
밭	166.68	92.06	11.43	84.32	33.48	84.60
합계	187.83	424.22	437.4	459.97	1,016.73	637.98

## 제 5 절 요약 및 결론

본 연구는 안성천 지역 내의 태풍 혹은 집중호우로 인한 홍수피해 지역으로 선정하고 고해상도 영상을 이용한 침수피해 분석을 위해 1998년 7월 31~8월 18일에 집중호우로 인하여 홍수 피해가 발생한 1998년 8월 12일, 침수 후 1999년 7월 25일 RADARSAT-1 영상을 선정하여 기하보정 및 밴드선정 여러 가지 처리를 거쳐 Landsat 위성영상과 비교하여 홍수재해에 대한 집중 분석을 실시하였다. 성환천 유역의 GIS자료인 토지이용도와 중첩하여 피해면적을 추출한 결과 1.27 km<sup>2</sup>가 침수된 것으로 분석되었으며 그 중에서 1.13 km<sup>2</sup>로 논의 피해가 가장 심하였고, 주거지와 나지는 0.08 km<sup>2</sup>, 수역은 0.05 km<sup>2</sup>, 밭은 0.01 km<sup>2</sup>가 침수된 것으로 분석되었다. 또한, 침수 및 산사태 위험 지역 분석 및 수문학적 예측을 위한 입력자료 구축의 일환으로 해상도별 DEM을 이용하여 하천망, 유역경계를 생성하였으며 침수시 강우분포도를 작성하였다.

위의 GIS 자료를 입력하여 산사태 분석을 실시하였고, 이에 Logistic회귀분석방법과 AHP기법을 적용하였다. Logistic회귀분석방법과 AHP기법의 산사태위험지도를 이용하여 New-Grade 산사태위험 지도를 작성하였다. New-Grade 산사태위험지도를 사용함으로써 Logistic회귀분석방법과 AHP기법의 장점을 부각시키고 상호 문제를 검토 보완하였다. New-Grade 기법의 검정을 위해서 산사태 표본 산사태 발생지역 39개소와 산사태 미 발생지점 30개소를 등급별 빈도수로 나타낸 결과 산사태가 발생한 표본에서 산사태 위험성이 높은(1-2등급)지역이 Logistic회귀분석에서는 46.1% AHP기법은 48.7%로 New-Grade 산사태위험지도 58.9%로 분석되어 분류정확도를 높일 수 있었다.

범람모의를 위한 빈도별 홍수량의 구축하기 위한 강우자료는 건설교통부가 관리하는 3개 강우 관측소(수원, 기흥, 송산)의 자료를 사용하였으며, HEC-HMS에 적용하여 대상유역의 유입부 홍수량을 구축하였다. 대상유역의 하류 경계조건인 수위자료는 건설교통부 관할의 동연교 수위 관측소의 수위-유량 관계곡선을 이용하여 수위자료를 구축하였다. 그 후 과거 실제 강우량, 유출자료와 검보정을 실시하여 구축된 경계자료를 FLUMEN 모형에 입력하여 침수지역 모의를 실시한 결과 1998년도의 WAMIS에 있는 침수 흔적도와 FLUMEN 모형의 범람 모의의 결과 침수흔적도의 범람 면적은 5.27 km<sup>2</sup>이며, FLUMEN 모형의 범람 면적은 5.09 km<sup>2</sup>으로 0.16 km<sup>2</sup>의 면적차이를 나타냈다. 침수 저감 효과를 모의하기 위해 제방을 보축하거나 천변저류지의 만들어 FLUMEN 모형을 구동하여 적정한 제방고

및 천변저류지의 용량을 결정하였다.

본 연구의 결과를 기초로 하여 홍수와 같이 광범위한 지역에 걸쳐 발생하는 재해를 감시하고, 이의 피해를 최소화하기 위한 효과적인 방법 중의 하나로서, 원격탐사와 GIS기술 그리고 이들을 기반으로 하는 수자원, 환경관련 연구 및 개발에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

---

## 제 3 장

# 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발

---

# 제 3 장 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석 기법 개발

## 제 1 절 연구 배경 및 목적

수질오염에 의한 국내의 연구는 1980년대에 들어와서 본격적으로 시작되었으나, 아직도 수 환경에 대한 종합적이고 체계적인 오염실태 및 조사 자료의 축적이 되어 있지 못한 실정이다.

오염원에 대한 농도규제 방식에서 탈피하여 90년대 말부터 도입된 오염총량관리제는 수계 전체에 환경용량을 감안한 목표수질을 설정하고 허용 가능한 오염총량을 해당 배수구역에 할당하는 등 수계전체를 대상으로 보다 근원적이고 광범위한 수질관리 정책으로 평가되고 있으나, 개별 배수구역에서 배출되는 오염부하량을 정확히 산정하여 목표수질을 설정해야 함에도 불구하고 수계 오염원에 대한 체계적인 조사 자료의 축적이 미흡한 상태이며, 지형 및 강우 특성에 따른 오염물질 배출 형태에 대한 이해가 부족한 실정이다.

오염물질의 배출은 오염원의 형태뿐만 아니라 개별 오염원의 발생형태에 따라 수역으로 유입되는 물질량이 달라지며, 강우의 영향에 의한 시기별 배출량의 변화가 크다. 따라서 정확한 오염물질 배출량을 산정하기 위해서는 오염원마다 발생형태를 구분하고 오염물질이 수역으로 유입되는 동안의 제거 및 변화량 등을 면밀하게 고려해야 한다. 특히 오염물질에 가장 큰 영향을 미치는 강우에 대해 빈도, 강도, 지속 시간 등 강우 형태에 따른 오염물질 배출 특성 등을 종합적으로 고려해야 유역으로 배출 되는 오염물질량을 정확히 산정할 수 있다. 또한, 유역의 효율적인 수질관리를 위해서는 유역 내에서 발생하는 토양유실 및 오염물질 잠재지역의 위치 규명, 그리고 오염부하의 정량적인 분석 등 합리적인 조사와 오염부하 절감을 위한 효율적인 기술 및 정책의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 홍수재해 전후의 토사와 영양물질을 조사하고 분석하였다. 경기도 안성시 고삼저수지 상류의 소유역을 대상으로 홍수재해 전후의 토지이용별 유출량과 오염농도를 실측하여 분석하였으며, 강우 형태에 따른 오염물질의 배출특성을 알아보기 위해 유역관리모형인 BASINS/WinHSPF 모형을 적용하였다. 이렇게 적용된 모형에 대상지구의 강우량, 강우강도, 강우지속시간 등의 확률강우를 적용하여 강우에 따른 홍수재해 전후의 오

염물질 배출 특성을 파악하고 이에 따른 오염 물질 저감 방안에 대해 연구하였다.

## 제 2 절 홍수재해 전후의 오염물질 샘플링 및 분석

### 1. 연구 대상지역의 선정

#### 가. 관련 자료 분석

연구를 위한 대상 지역을 선정하기 위해 경기도 안성천 상류유역에 대한 기초 자료를 수집, 분석하였다. <표 3-1>은 대상지역의 선정을 위한 관련자료 수집 경로와 속성을 나타낸 것이다.

<표 3-1> 자료수집경로 및 속성

자료 항목		자료 추출 및 획득	활용 가능한 속성	비고
GIS 자료	1. 수치지형도	·국립지리원에서 발간하는 NGIS 수치지형도 취득	·지점선정 및 유역경계 획득	
	2. 토양도	·농촌진흥청 토양물리과에서 제작한 정밀 토양도 취득	·지점 토성 분석	
	3. 토지이용 현황도	·국립지리원에서 발간하는 토지이용현황도 취득	·지점 토지이용현황 분석	
4. 기상통계연보		·기상청에서 발간하는 기상통계연보 취득	·지점 강우특성 분석	·1998년 ~ 2004년 자료
5. 시군별 통계연보		·안성시에서 발간하는 통계연보 취득	·지점 특성 분석	·1998년 ~ 2002년 자료
6. 시비량		·현지주민 설문을 통해 취득	·강우시기에 따른 수질 변화요인	

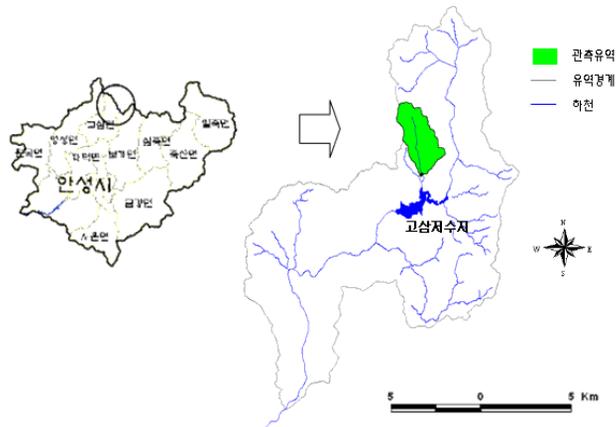
국립지리원의 1:25,000 토지이용현황도를 구입하여 대상지역에 해당하는 377141, 377134, 377143, 367012 도엽을 이용하여 토지이용현황도를 작성하였다. 토지이용현황도의 토지이용 분류체계는 대분류(4), 중분류(14), 세분류(37) 중 세분류 속성을 이용하여 8개의 토지이용 항목(산림, 초지, 방목장, 하천·하수, 논, 거주지, 과수원 및 기타, 보통 및 특수작물)으로

재분류 하였다.

농촌진흥청의 1:50,000 개략토양도로부터 토양 종류별 특성을 추출하였고, 1:50,000 개략 토양도는 모두 Arc/Info 벡터 커버리지로 구축되어 있으며, “토양부호”를 기본속성으로 하고 있어 해당 분야에서 활용하기 위해 토양총설의 내용을 이용, 토양종류, 배수정도, 유효 토심, 유기물함량 등의 속성을 수자원·수질분야에 맞게 속성을 재분류 하였다.

## 나. 연구대상 지역

홍수전후의 오염물질 배출특성을 연구하기 위해 경기도 안성시 고삼저수지 상류유역에 토지이용이 단순하고 유량 및 수질 조사가 용이한 소유역을 연구 대상으로 선정하였다<그림 3-1>. 고삼저수지는 인근 농업지구의 주 수원공이며, 낚시터로 유명하였으나 근 5년간 지속적인 수질 악화로 유역관리가 시급한 것으로 평가되고 있다. 대상지역은 경기도 안성시 고삼면 쌍지리에 위치한 EL. 326m의 경수산에서 발원하여 고삼저수지로 유입되는 지류를 포함한 유역으로 동경 127° 06′, 북위 36° 54′에 위치하고 있다. 유역의 대부분이 임야와 논, 나지로 이루어져 있으며, 주거지 및 축사 등의 인위적인 토지이용현황 상태가 적어 자연계 오염부하량 측정을 위한 적지 조건을 갖추었다. 소유역의 면적은 591.8ha, 하천길이 3.41km, 유역 경사 0.591m/m, 하천 경사는 0.042m/m로 조사되었다<표 3-2>.



<그림 3-1> 연구 대상지역

<표 3-2> 연구 대상지역의 토지이용 면적

토지이용	논	밭	나지	임야	초지	물	기타 (도로, 건물)	총계
면적(ha)	63.8	27.4	94.5	368.9	19.2	8.2	9.9	591.9

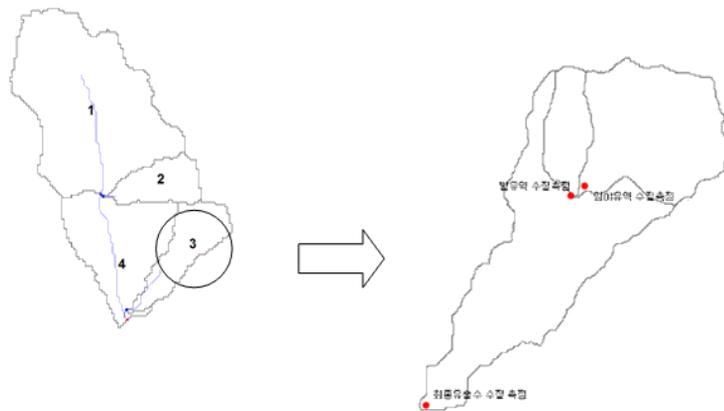
## 2. 토지이용별 오염물질 배출 특성

토지이용별 오염물질 배출특성을 조사하기 위해 대상 전체 연구대상 지역 내 임야와 밭으로만 이루어진 지역을 선정하여 수질 모니터링을 실시하였다.

### 가. 수질 모니터링 지점 및 기간

<그림 3-2>는 토지이용에 따른 오염물질 배출특성을 파악하기 위한 선정 지구의 수질 모니터링 지점을 나타낸 것이며, <표 3-3>는 각 토지이용별 특성을 나타낸 것이다. 전체 연구지역 중 임야와 밭으로만 이루어진 3번 소유역을 대상으로 홍수재해 전후의 토지이용별 오염물질 배출 특성을 분석하였다.

3번 소유역 중 작은 유역의 두 곳의 샘플링한 영양물질을 통해 고삼저수지 일대 유역의 분석이 가능한가 알아보기 위해 오염물질 배출에 대한 분석에는 고삼저수지 상류 유입부(최종 유출수 수질 측정)에서 샘플링하여 배출의 특성을 분석하였다.



<그림 3-2> 수질 모니터링 지점

<표 3-3> 토지 이용별 특성

분류	면적(km <sup>2</sup> )	하천길이(km)	유역경사(m/m)	하천경사(m/m)
임야	0.26	0.23	0.4245	0.017
밭	0.04	0.03	0.0312	0.022
유역	0.71	0.64	0.2475	0.010

수질 모니터링 기간은 2005년의 선정된 3~5월 및 7~9월의 기간 동안 집중 모니터링 실시하였다<표 3-4>. 5회 강우사상에 토지이용별 실측 수질 농도를 분석 하였다.

<표 3-4> 조사기간 및 강우특성 (2005년)

조사기간	총강우량(mm)	평균강우량(mm/hr)	지속시간(hr)
4월 9일 ~ 10일	182	9.01	22
5월 17일 ~ 18일	119	9.94	12
7월 27일	124	11.3	11
8월 24일 ~ 25일	241	12.8	19
9월 30일 ~ 10월 1일	93	2.84	33

#### 나. 수질 조사 및 분석 결과

<표 3-5 ~ 표 3-6>은 각 강우 이벤트에 따른 토지이용별 수질농도를 실측한 것이다.

연구 대상 지역의 토지이용은 임야와 밭이 주를 이루는 지역으로 밭의 경우 시비에 의한 영향이 많으므로 강우 초기에 영양물질농도가 높아지는 것으로 분석되었다. BOD의 경우 유출량에 따라 변화 폭이 크게 나타났는데, 이는 임야인 관계로 강우강도에 민감하게 반응한 것으로 판단되며, TN과 TP는 BOD에 비해 초기 강우강도에 따라 많은 양을 배출하였다.

강우사상에 따른 특성으로 총강우량이 100mm 내외로 비슷한 강우량을 기록한 <표 3-7 ~ 3-9>의 평균 오염농도를 비교하였을 때 강우강도가 클수록 TN, TP, TSS는 높은 값을 보이는 뚜렷한 경향을 보였으나, BOD는 특이한 경향이 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 연구기간 중 단일 최고 시강우량을 기록한 표 2-7의 TSS는 다른 강우사상에 비해 높은 값을 보였으나 다른 영양물질 농도항목에서는 큰 차이를 보이지 않았다.

시기적으로 장마기간이었음을 고려하였을 때, 선행강우의 유무에 따라 TSS를 제외한 다른 항목의 물질농도에는 영향을 미치는 것으로 판단되며 TSS의 경우는 강우강도에 의해 그 농도가 크게 영향을 받는 것으로 판단된다.

<표 3-5> 토지이용별 실측 수질농도 (4월 9일~10일)

시간	강우량 (mm)	BOD(mg/l)			TN(mg/l)			TP(mg/l)			TSS(mg/l)		
		입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구
23:00 -24:00	16.6	2.95	1.53	3.79	0.72	1.88	2.02	0.53	0.30	0.55	210	43	324
24:00 -02:00	21.2	2.45	1.73	3.12	0.61	1.43	2.00	0.32	0.25	0.29	232	50	331
02:00 -04:00	31.1	3.40	1.77	4.21	0.84	1.86	2.03	0.68	0.34	0.52	335	93	321
04:00 -05:00	25.6	4.41	2.29	4.43	0.92	2.73	2.95	0.80	0.40	0.71	295	70	389
05:00 -07:00	39.0	5.52	2.87	4.41	1.40	2.90	3.32	0.71	0.56	0.64	584	199	407
07:00 -08:00	16.6	2.96	1.54	3.08	0.73	1.89	2.42	0.54	0.30	0.60	191	43	351

<표 3-6> 토지이용별 실측 수질농도 (5월 17일~18일)

시간	강우량 (mm)	BOD(mg/l)			TN(mg/l)			TP(mg/l)			TSS(mg/l)		
		입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구
20:00 -21:00	24.2	4.19	1.00	5.21	2.24	2.60	3.95	0.50	0.31	0.75	479	199	643
21:00 -22:00	29.9	5.10	1.16	6.73	2.55	3.13	4.45	0.61	0.36	0.82	592	250	698
22:00 -23:00	16.0	3.60	1.36	5.12	2.24	1.96	4.09	0.30	0.29	0.63	616	311	587
23:00 -01:00	12.4	1.11	0.32	2.77	0.53	0.74	2.23	0.09	0.08	0.26	116	60	256
01:00 -03:00	16.1	1.46	0.47	3.25	0.82	0.92	2.42	0.12	0.11	0.28	187	7	276
03:00 -05:00	6.2	0.72	0.16	2.53	0.33	0.56	1.92	0.05	0.05	0.12	39	15	222
05:00 -06:00	3.5	0.39	0.03	2.51	0.41	0.50	1.97	0.02	0.02	0.10	27	17	178

<표 3-7> 토지이용별 실측 수질농도 (7월 27일)

시간	강우량 (mm)	BOD(mg/ℓ)			TN(mg/ℓ)			TP(mg/ℓ)			TSS(mg/ℓ)		
		입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구
06:00 -07:00	12.0	1.36	1.61	2.45	1.01	1.30	3.58	0.27	0.21	0.27	109	56	87
07:00 -08:00	33.0	2.48	1.86	5.17	2.37	2.27	3.52	0.67	0.40	0.71	304	178	441
08:00 -09:00	32.0	5.58	3.21	5.16	2.52	3.76	4.99	0.60	0.60	0.94	608	528	745
09:00 -10:00	7.8	1.26	1.00	2.17	0.76	0.89	2.44	0.15	0.15	0.36	122	130	197
10:00 -11:00	8.0	1.14	0.74	2.09	0.75	1.12	2.32	0.19	0.17	0.28	72	32	87
11:00 -12:00	4.3	0.62	0.53	2.12	0.51	0.47	2.71	0.11	0.10	0.21	51	41	84

<표 3-8> 토지이용별 실측 수질농도 (8월 24일~25일)

시간	강우량 (mm)	BOD(mg/ℓ)			TN(mg/ℓ)			TP(mg/ℓ)			TSS(mg/ℓ)		
		입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구
19:00 -20:00	6.7	1.36	0.53	2.39	0.47	0.42	0.51	0.24	0.26	0.24	151	39	148
20:00 -21:00	10.0	1.89	0.62	2.45	0.63	0.48	0.67	0.28	0.28	0.35	228	69	231
21:00 -23:00	23.9	4.12	0.99	4.79	0.99	0.74	0.87	0.46	0.41	0.56	350	195	454
23:00 -01:00	32.5	6.20	1.62	6.33	1.38	1.17	1.54	0.77	0.61	0.93	895	408	1034
01:00 -03:00	6.7	2.80	0.38	3.27	0.40	0.22	0.61	0.14	0.19	0.52	354	141	326
03:00 -05:00	8.7	2.52	0.47	2.92	0.36	0.38	0.47	0.20	0.23	0.22	194	46	162
05:00 -07:00	25.0	6.01	1.72	5.74	1.19	0.93	1.05	0.54	0.46	0.77	617	438	875
07:00 -08:00	2.0	1.73	0.45	2.19	0.44	0.51	0.52	0.18	0.15	0.20	86	121	276

<표 3-9> 토지이용별 실측 수질농도 (9월 30일 ~10월 1일)

시간	강우량 (mm)	BOD(mg/ℓ)			TN(mg/ℓ)			TP(mg/ℓ)			TSS(mg/ℓ)		
		입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구	입야	밭	출구
14:00 -15:00	2.3	0.65	0.28	2.37	0.97	0.83	1.21	0.29	0.24	0.23	29	21	37
15:00 -17:00	5.3	1.13	0.55	2.45	1.08	1.10	1.33	0.32	0.34	0.25	119	72	75
17:00 -19:00	2.0	0.59	0.31	2.40	0.95	0.99	1.28	0.28	0.24	0.27	114	39	71
19:00 -21:00	9.8	1.86	0.67	3.25	1.22	1.48	2.06	0.36	0.38	0.52	142	86	194
21:00 -23:00	6.0	1.25	0.57	3.00	1.10	1.16	1.56	0.32	0.35	0.47	135	75	151
23:00 -01:00	3.3	0.87	0.37	2.58	0.61	0.93	1.71	0.30	0.26	0.40	79	31	134
01:00 -05:00	3.5	0.84	0.50	2.47	1.02	0.95	1.68	0.32	0.33	0.40	77	67	133
05:00 -08:00	5.8	1.21	0.56	2.70	1.09	1.25	2.22	0.35	0.35	0.54	130	74	183
08:00 -09:00	2.3	0.65	0.47	2.34	0.98	1.09	1.32	0.29	0.32	0.37	49	63	97

## 제 3 절 유역관리모형의 적용

홍수재해 전후의 오염물질 배출 특성을 파악하기 위하여 유역관리 모형인 WinHSPF를 대상지구에 적용하였다. 2004~2006년의 3년 동안 대상 유역 출구점의 유량과 수질을 측정하여 모형을 검보정 하였으며, 모형에 각 시나리오별 강우 이벤트를 적용하여 강우에 따른 홍수 재해 전후의 오염물질 배출특성을 분석하였다.

### 1. HSPF 구축 및 검보정

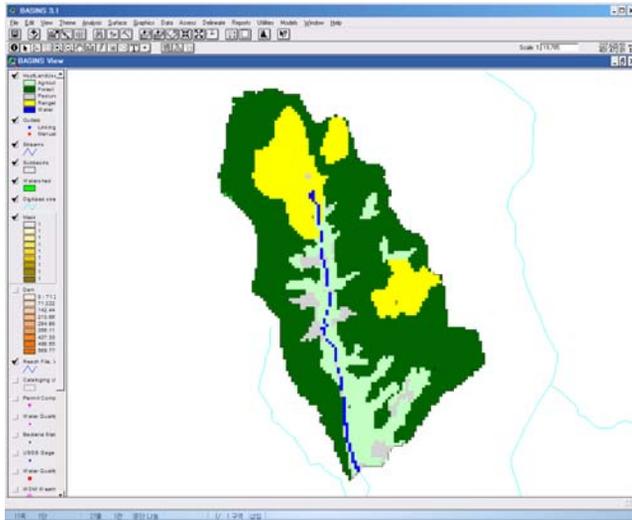
HSPF모형의 적용을 위해서는 토지이용도, 하천도, 수치지도 등 유역의 지형자료와 강우, 풍속, 일사, 기온, 전운량, 이슬점 온도 등의 수문학적 자료가 필요하다.

#### 가. 자료 구성

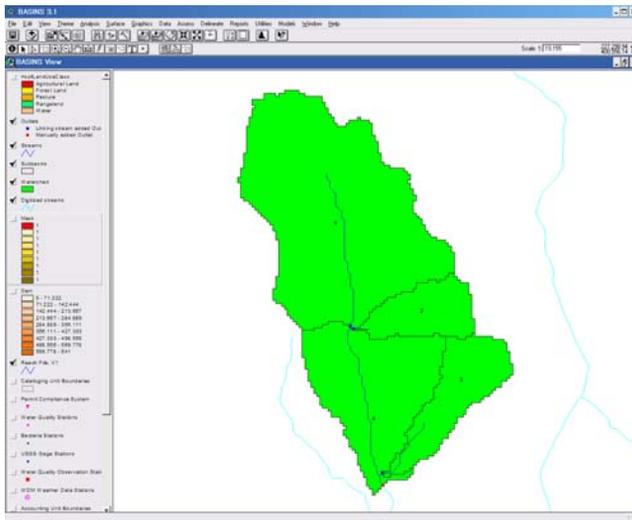
지형자료는 GIS와의 연계를 통해 WinHSPF 입력자료의 전처리가 가능한 BASINS를 이용하여 구축하였다. DEM은 유역조사의 일환으로 남한전체의 수치지도로부터 구축한 30m 간격의 DEM을 가공하여 6m 간격의 DEM을 사용하였고, 하천도는 동일한 DEM에서 추출하였다. 토지 이용도는 2004년 1:25,000 도를 이용하였다.

수문자료는 모형 적용을 위해서 기상자료를 WDMUtil을 통해 입력하였다. 강우자료를 포함한 기온 및 풍속 등의 기상자료를 시간별로 입력하였다. 시자료 및 기상관측이 누락된 항목에 대해서는 일평균 및 월평균을 적용하였다. 오염농도에 큰 영향을 미치는 강수 자료는 고삼저수지 인근에 있는 원삼강우관측소 자료를 이용하였으며, 풍속, 일사, 기온, 전운량, 이슬점 온도는 관할 관측소인 수원 기상관측소의 자료를 이용하였다.

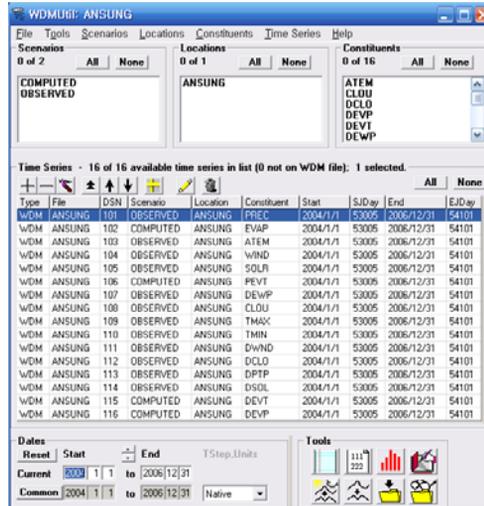
<그림 3-3 ~ 그림 3-4>는 BASINS에서 지형 자료를 이용하여 토지이용분류와 유역분할의 작업과정이며, <그림 3-5>는 WDMUtil 화면이며, <표 3-10>는 WDM화일에 적용되는 기상 데이터들을 나타낸 것이다.



<그림 3-3> 토지이용 분류



<그림 3-4> BASINS에 의한 유역 분할



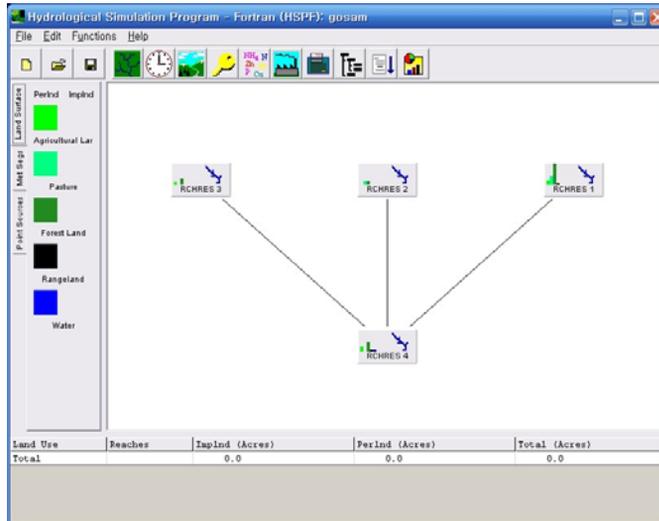
<그림 3-5> WDMUtil에 의한 기상자료 입력

<표 3-10> 입력 기상데이터

입력변수	입력변수 정의	단위	방 법
PREC	precipitation : hourly	in/hr	observed
EVAP	evaporation : daily	in	observed
TMAX	air temperature : daily maximum	deg.F	observed
TMIN	air temperature : daily minimum	deg.F	observed
ATEM	air temperature : hourly	deg.F	disaggregated daily to hourly
DPTP	air temperature : daily	deg.F	observed
DEWP	air temperature : hourly	deg.F	disaggregated daily to hourly
DCLO	cloud cover : daily	tenth	observed
CLOU	cloud cover : hourly	tenth	disaggregated daily to hourly
WIND	wind speed : hourly	mph	disaggregated daily to hourly
SOLR	solar radiation : hourly	ly/hr	disaggregated daily to hourly
DEVT	potential evaportranspiration : daily	in	computed
PEVT	potential evaportranspiration : hourly	in/hr	disaggregated daily to hourly

## 나. HSPF의 적용

BASINS와 WDMUtil을 이용하여 HSPF를 세팅하였다<그림 3-4>. 대상지구를 4개의 소유역으로 분할하여 각각의 유출량과 수질을 모의하였으며, 모형의 검보정은 최종 유출 지점을 대상으로 실시하였다.



<그림 3-4> HSPF 초기화면

## 다. 매개변수 보정 및 검증

매개변수는 시강우량에 의해 모의한 값과 다수의 실측자료와 비교하여 시행착오 방법을 통해 단기 유출을 중점으로 보정하였으며, 모형의 검증은 RMSE(Root Mean Square Error)와 RE(Relative Error)를 사용하였다.

모형의 적용성을 알아보기 위한 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.0~1.0 범위의 값을 가지며, 1.0에 가까울수록 모의치가 실측치의 경향을 잘 반영한다. 그러나 결정계수는 단지 무작위 오차만을 평가하는 것으로서 오차의 정도를 나타내지는 못한다. 따라서 오차의 정도를 나타내기 위해 RMSE, RE를 사용하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i^{sim} - q_i^{obs})^2}{n}}$$

$$RE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{abs(q_i^{sim} - q_i^{obs})}{q_i^{obs}}$$

홍수 전후의 오염물질 농도를 분석하는 것이 목적으로, 2004년부터 2006년 까지 실측된 평수와 홍수자료를 이용하였으며, 모형의 보정은 유출량, TN, TP, BOD 순서로 진행하였다. 모의한 유출량의 보정은 침투유량과 지체시간에 대하여 민감한 변수부터 수정하였다. 수리수문에 관련한 20여개의 매개변수 중 LZSN, INFILT, AGWRC, UZSN DEEPFR, LZFTP, INTFW, IRC 등이 단기 유출에 대한 민감도가 높은 것으로 분석되었다<표 3-11>. 수질에 대해서는 투수지형에서의 일반적인 수질 항목들을 모의하는 PQUAL 모듈과 수체내에서의 BOD, 영양염류 등의 항목들을 모의하는 OXRX, SEDMNT, NUTRX 모듈내의 주요 매개변수들을 통해 모형을 보정하였다<표 3-12>.

<표 3-11> 유출량 매개변수 보정

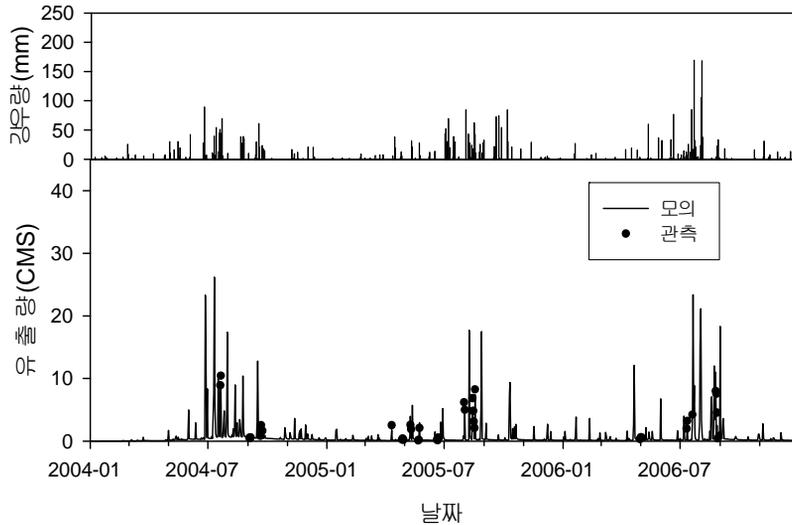
매개변수	내 용	초기치	보정 결과	타 연구자 보정 비교	
				Kim(2003)	Im(2003)
LZSN	Lower zone nominal storage (in)	4 ~ 6.5	4.0	4.0	4.3 ~ 5.8
INFILT	Soil infiltration capacity index (inhr)	0.16	0.08 ~ 0.1	0.08	0.047 ~ 0.075
AGWRC	Groundwater recession coefficient (day <sup>-1</sup> )	0.98	0.98	0.98	0.88 ~ 0.91
UZSN	Upper zone nominal storage (in)	1.128	1.1	0.15	0.35 ~ 1.0
DEEPER	Fraction of groundwater inflow to deep recharge	0.1	0.2	0	0.05 ~ 0.45
LZETP	Lower zone ET parameter (none)	0.1	0.2	0.2 - 0.4	0.2 ~ 0.7
INTFW	Interflow inflow parameter (none)	0.75	0.1 ~ 0.4	1.28	1.0 ~ 1.7
IRC	Interflow recession parameter (day <sup>-1</sup> )	0.5	0.3 ~ 0.5	0.5	0.3 ~ 0.5

<표 3-12> 수질 매개변수 보정

매개변수	개요	초기 치	보정결과	타 연구자 보정 비교	
				Kim(2003)	Im(2003)
KBOD20	Unit BOD decay rate at 20°C (1/hr)	0.004	0.0035	0.0036	0.0004
KODSET	BOD setting rate (ft/hr)	0.027	0.07	0.055	0.09
SUPSAT	The maximum allowable dissolved oxygen supersaturation (none)	1.15	1.32	1.38	1.16
CVBO	Conversion from milligrams biomass to milligrams oxygen (mg/mg)	1.63	1.7	1.85 ~ 1.92	1.8
CVBPC	Conversion from biomass expressed as phosphorus to carbon (moles/mol)	106	90 ~ 120	102	93 ~ 128
CVBPN	Conversion from biomass expressed as phosphorus to nitrogen (moles/mol)	16	16	15	16.2
KTAM20	Nitrification rate of ammonia at 20°C (1/hr)	0.015	0.02	0.01	0.028
KNO220	Nitrification rate of nitrate at 20°C (1/hr)	0.002	0.002 ~ 0.004	0.01 ~ 0.031	0.02 ~ 0.004
KNO320	Denitrification rates at 20°C (1/hr)	0.002	0.002 ~ 0.003	0.002	0.001 ~ 0.003
TCDEN	Temperature correction coefficient for nitrification (none)	1.04	1.04	1.07	1.02

## 라. 유출

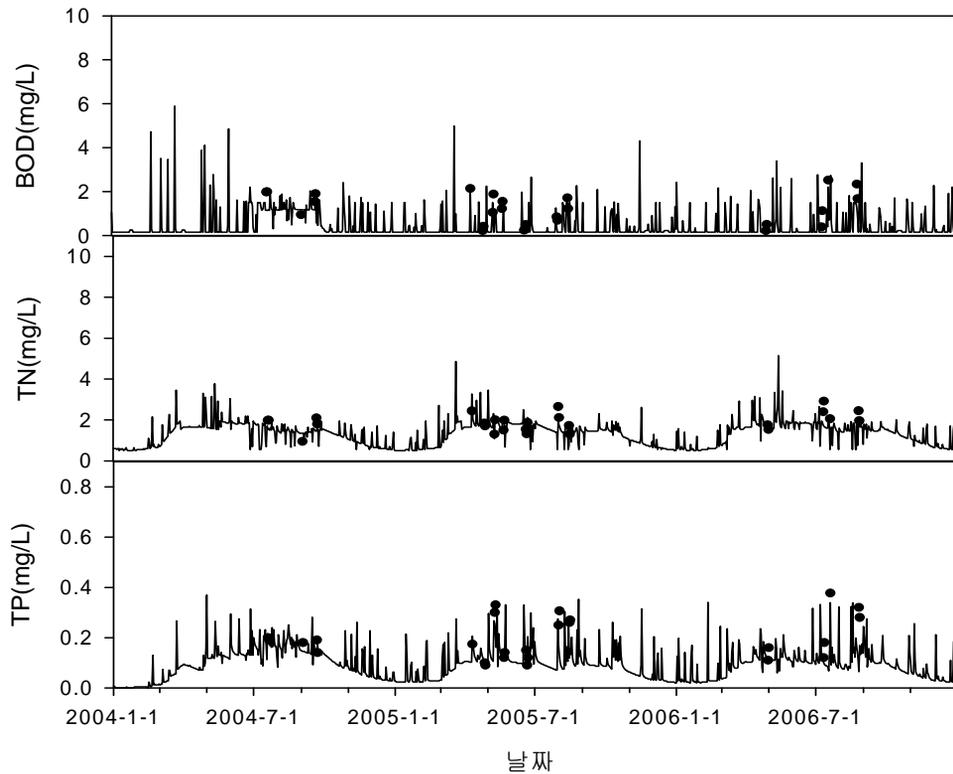
WinHSPF 모형의 유출량에 대한 보정은 총유출량과 침두유량에 대하여 변위가 큰 변수부터 시행 착오법을 이용하여 수정하였다. 2004~2005년 자료에 대하여 모형을 보정하였으며, 수치의 초기값과 연속성을 고려하여 2006년을 검정기간으로 하였다. <그림 3-5>는 모형의 검보정 기간에 대한 유출량 비교 그래프를 나타낸 것이며, 유출량에 대한 보정결과 RMSE(Root Mean Square Error)는 0.89 CMS, RE(Relative Error)는 0.25로 나타났으며, 검정결과 RMSE는 1.34 CMS, RE는 0.28로 분석되었다.



<그림 3-5> 모형의 검보정 기간에 대한 유출량 비교

#### 마. 오염물질 농도

영양물질에 대한 모형의 보정과 검정은 총질소와 총인, BOD에 대하여 유출과 동일한 자료기간에 대해 실시하였다. <그림 3-6>은 BOD와 TN, TP에 대한 검보정 결과를 나타낸 것이다. 수질보정에 사용된 매개변수 중 KBOD20과 KODSET이 BOD에 중요한 변수로 작용하였으며, TN과 TP는 CVBPC, CVBPN, KTAM20, KNO220, KNO320이 중요한 매개변수로 작용하였다. <표 3-13>은 오염물질 농도에 대한 실측과 모의치를 비교한 통계학적 결과이다. 결과를 살펴보면 특정 항목은 관측치와 모의치가 유사한 경향을 보이는 것도 있었으나 상이한 경우가 많이 나타났다. 따라서 보다 정밀한 검증이 필요할 것으로 나타났다.



<그림 3-6> 모형의 검보정기간에 대한 오염물질 농도 비교

<표 3-13> 모형의 검보정 결과

구 분	보정(2004 ~ 2005)		검정(2006)	
	RE	RMSE(CMS)	RE	RMSE(CMS)
BOD	0.30	0.70	0.32	0.72
TN	0.28	0.78	0.31	0.78
TP	0.27	0.09	0.29	0.09

## 2. 빈도별 강우분포

대상지구에 적용된 WinHSPF에 여러 가지 강우형태를 적용하기 위하여 빈도별 강우분포를 산정하였다. 빈도별 강우는 10년, 20년 빈도의 강우를 산정 하였으며, 강우 분포는 Huff 분포를 이용하였다. 대상지구의 적정 확률분포형인 Gumbel법을 사용하였으며, 각 분

위별 초과확률 50%에 해당하는 누가 강우량을 산정하였다(건설교통부, 2000). 자료의 결측치는 관할 관측소인 수원관측소의 자료를 사용하였으며, <표 3-14>는 최근 3년간 강우를 분석한 각 분위별 발생빈도 비율을 나타낸 것이다.

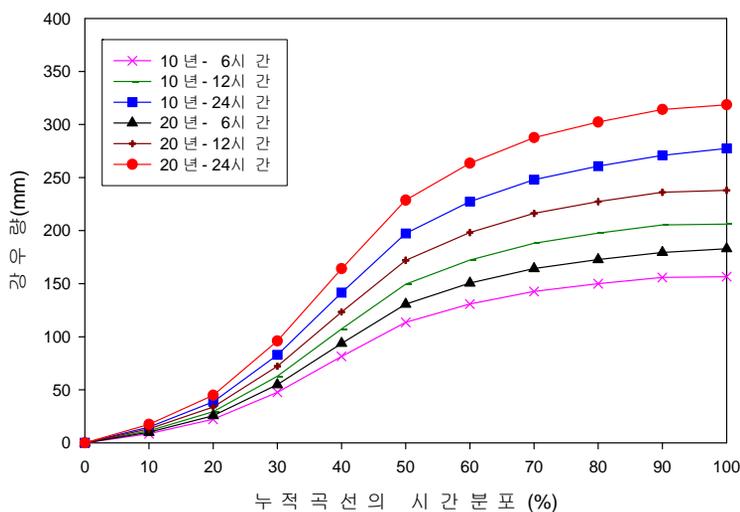
<표 3-14> 각 분위별 발생빈도 (2004~2006년, 원삼)

분 류	1분위	2분위	3분위	4분위
0~6시간	24 %	34 %	30 %	12 %
6~12시간	15 %	44 %	22 %	19 %
12~24시간	22 %	28 %	28 %	22 %

대상지구의 지속시간별 확률강우의 결과는 <표 3-15>와 같으며, Huff 분포에 따른 지속시간별 누가호우비율은 그림 5와 같다. 대상지구의 최근 3년간(2004~2006년) 강우 패턴 분석결과, 강우지속시간 6, 12, 24시간 모두 2분위에서 발생빈도가 가장 높은 것으로 나타나 Huff 2분위를 채택하여 모형에 적용하였다<그림 3-7>.

<표 3-15> 대상지구의 확률강우량 (단위 : mm)

재현기간(년)	6시간	12시간	24시간
10	156.5	205.9	277.4
20	183.0	235.7	318.6

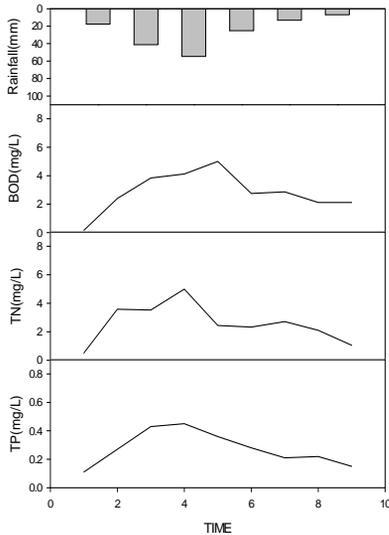


<그림 3-7> Huff 분포에 따른 지속시간별 누가호우비율 (2분위, 발생확률 50%)

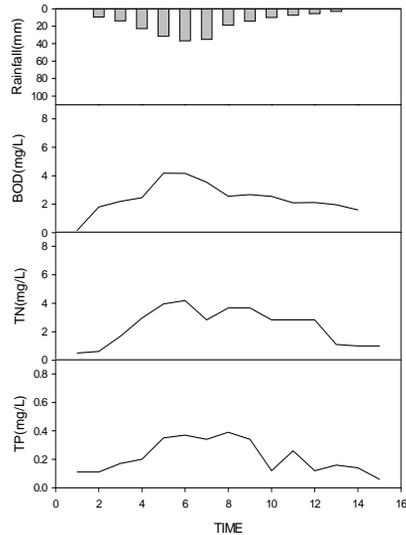
### 3. 강우 형태에 따른 홍수재해 전후의 오염물질 배출 특성

그림 3-6, 3-7은 산정된 빈도 및 지속시간별 확률강우를 WinHSPF에 적용한 결과이다. 분포조건은 선행강우가 있는 15일 후이며, 시기는 봄이 끝나가는 5월로 하였다.

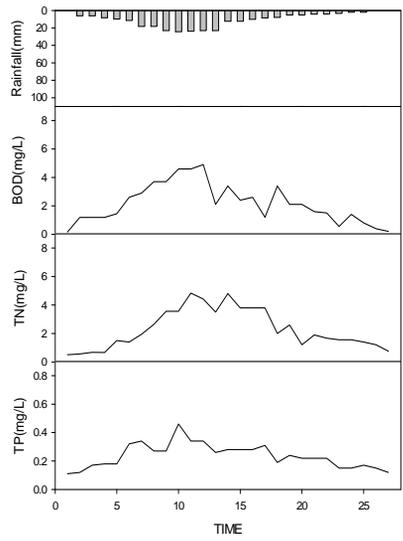
TN과 TP, BOD의 농도 변화는 강우강도 변화와 비슷한 경향으로 나타났다. 전체적으로 BOD의 경우 강우변화에 가장 민감한 변화를 보였는데, 이는 대상지구의 60%이상이 임야인 관계로 강우강도에 민감하게 반응한 것으로 판단된다. TN과 TP는 BOD에 비해 강우와 유출변화에 민감하지 않았으나, 초기 강우강도에 따라 높은 오염물질 농도를 나타내었다. TN과 TP의 경우 지속시간이 짧고 강우강도가 클수록 초기에 높은 값을 나타냈다. 지속시간별 평균 오염물질 농도를 살펴보면, 지속시간이 짧을수록 모두 높게 나타났으며, 강우강도가 클수록 높게 나타났다<그림 3-8 ~ 그림 3-9>. 이는 지속시간이 길수록 확률 강우량이 높아 총 유출량이 높아지기 때문으로 판단된다.



(a) 지속시간 6시간

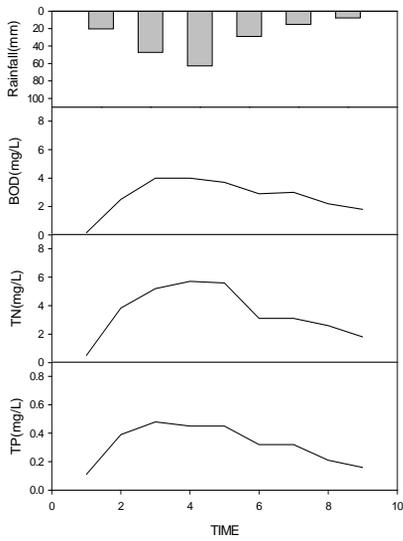


(b) 지속시간 12시간

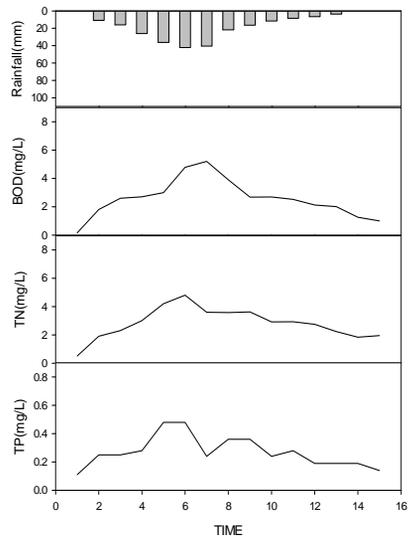


(c) 지속시간 24시간

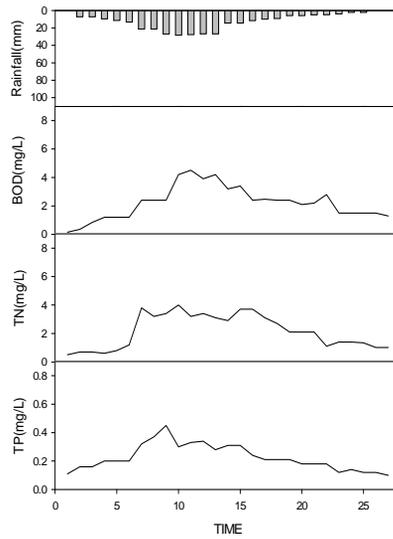
<그림 3-8> 10년 빈도 강우에 대한 오염물질 농도



(a) 지속시간 6시간



(b) 지속시간 12시간



(c) 지속시간 24시간

<그림 3-9> 20년 빈도 강우에 대한 오염물질 농도

전체적으로 BOD는 0.15~5.2mg/L, TN은 0.5~5.7mg/L, TP는 0.11~0.48mg/L을 나타냈으며, 지속기간별 강우발생시간동안의 평균 오염물질 농도는 <표 3-16>과 같다. 전체 면적의 62%를 차지하는 임야의 영향이 가장 크나 강우 시 논과 밭의 시비에 의해 높게 올라가는 경향을 보였다. 이는 추후 지속적인 연구를 통하여 유역 면적 대비 원단위로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

<표 3-16> 지속기간별 강우발생시간동안 평균 오염물질 농도 (단위:mg/L)

구 분	6시간			12시간			24시간		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
10년빈도	3.50	3.26	0.28	2.69	2.77	0.24	2.38	2.57	0.25
20년빈도	3.35	4.42	0.31	3.14	3.05	0.26	2.36	2.94	0.27

## 제 4 절 오염물질 저감방안

본 연구의 대상지구는 <표 3-2>와 같이 임야와 초지, 경작지가 전체 면적의 80% 이상인 전형적인 농촌지역이다. 또한 거주 인구가 적어 점오염원 보다는 비점오염원에 의한 오염물질 발생이 대부분이다. 임야를 포함하는 농촌지역의 지표면은 대체로 투수성으로 이루어져서 토양이 쉽게 유실될 수 있다.

현재 비점오염원을 가장 효율적으로 감소시키는 방안으로 최적 관리기법(BMP : Best Management Practices)이 많이 제안되고 있다. 최적관리기법은 비점오염원 중에서 가장 비중을 크게 차지하는 농업을 중점적으로 다루고 있으며, 이러한 최적관리기법은 경제적, 기술적 측면의 타당성도 고려해야만 실행성 여부를 높일 수 있다.

본 절에서는 대상지구의 특성에 맞는 최적관리기법을 포함한 여러 가지 오염물질 저감 방안들에 대하여 연구하였다.

### 1. 작물영양 관리

작물영양관리는 작물에 필요한 영양분을 알맞은 양과 시비형식, 시기에 맞춰 살포하여 최적 수확량을 확보하고, 수질을 보호하는 방안이다. 이를 위해 2년에서 4년마다 토양시험을 실시하고, 현실적인 수확량 목표를 설정해야 한다. 이 방안은 영양분을 적절히 조절하여 비료의 사용량을 줄일 수 있고, 비료비나 인력비를 줄이고, 수질을 보호한다. 또한, 정확한 분뇨와 생체고형을 적용은 토양 경운성과 유기물질의 함량을 개선한다.

<표 3-17>은 대상지구내에 있는 거봉밭의 시비량을 현지주민 설문에 의해 정리한 것이다. 특별한 시비관리보다는 주민들의 판단에 의한 시기와 양을 정하고 있는 실정으로 작물영양 관리를 통한 비점오염원 관리가 필요하다고 판단된다. 또한 화학비료 및 농약의 과다 사용 억제를 위한 주민 홍보도 필요하다.

<표 3-17> 거봉밭의 시비시기와 시비량

종 류	시 비 시 기	시 비 량	시비비율(%)		
			질소	인산	칼륨
퇴 비	11월하순~땅이 얼기전	그루당 두삽	-	-	-
밑거름	땅이 얼기전~땅이 녹은 직후	15(kg/10a)이내	60	100	50
덧거름	5월 상·중순	7~10(kg/10a)이내	20	-	50
가을거름	수확직후(9월 중순)	10(kg/10a)이내	20	-	-
농약, 살충제	3월 중순, 5월 중순~10월 초순	월 1회 살포	-	-	-

## 2. 침전지 및 습지 조성

연구 대상지구의 임야는 경사가 급한 산지가 대부분이다. 강우 시 저수지로의 유출이 급격하게 일어나는 지역이다. 급격한 유출로 인하여 오염물질이 충분히 여과되지 못하고 저수지로 유입되고 있다. 저수지 유입부에 침전지, 습지 등을 설치하여 비점오염원을 제거해야 할 필요성이 있다.

침전지로서 휴경논을 농업 비점오염물질 저감시설로 적극 활용할 수 있을 것이라 판단된다. “농업수리 시스템과 유희농지를 이용한 수질관리기술 개발(2006, 한국농촌공사)”에서 연구한 휴경논의 수질 정화 효과를 살펴보면, BOD의 경우 약 20%, TN, TP의 경우 60% 이상의 저감 효과를 보이는 것으로 나타났다. 이처럼 휴경지를 침전지로서 활용한다면 비점오염물질의 저감 효과를 가져 올 것으로 판단된다.

또한 습지의 조성을 들 수 있다. <그림 3-10>은 충청남도 당진의 습지조성 지역의 예로, 최근 활발히 연구되어 지고 있는 습지의 오염물질 저감은 상당한 효과를 거둘 것으로 판단된다. 습지는 토양이 수분으로 포화된 상태로 수생식물이 자라는 늪지대이다. 습지는 야생동물의 서식처를 제공하고, 농경지 유출수를 자연적으로 여과한다. 자연습지는 여러 곳에 생성되어 있으며 그 크기, 모양, 형태는 서로 다르다. 습지관리는 자연상태로 놔두는 것이 가장 효과적이나, 상대적으로 건조한 습지에는 풀을 심어주거나 물을 추가해줘야 한다. 이 방안은 임야가 대부분인 대상지역에서 자연적인 오염조절 기능을 제공한다. 비료와 농약, 세균들을 제거하는 등 효율적이며 저렴한 하수처리장과 가축분뇨처리장 역할을 한다. 그리고 유출수로부터 토사를 여과하고, 지표수의 월류를 느리게 하여 유출수의 저류시간을 증가시켜 토양침식을 줄이고, 하류의 홍수침수를 감소시킨다. 또한 저류수를 지면 아래로 침투시켜 지하수를 충전하고, 생태적 종을 다양화하고, 경관을 개선하여 친환경적 공간을 제공한다.



<그림 3-10> 습지 (충청남도 당진)

### 3. 유수토사 조절지

유수토사 저절지는 테라스 설치에 어려운 곳에 배수로로 가로질러 설치하여 작은 흠뎨을 형성하는 것이다. 물이 집중적으로 유출하는 요지를 가로질러 흠뎨을 설치하여 테라스와 같은 작용을 하도록 한다.

이를 위해 초생피복을 유지하고, 큰 폭우 직후에는 조절지를 검사하여 필요한 보수를 한다. 이 방안은 상류지역에서 토사를 포착하여 수질을 개선하고, 구조물로 배수를 조절함으로써 걸리 침식을 줄여준다.

### 4. 배수로 및 하천 관리

대상구역의 유출수는 쌍지천을 통해 고삼 저수지로 유입된다. 그러므로 쌍지천의 관리를 통해 비점오염원을 저감 하여야 한다. 또한 쌍지천으로 연결되는 경작지의 배수로도 충분한 관리가 이루어져야 한다.

<그림 3-11>와 같이 최근 수질 정화체를 배수로에 설치하여 오염물질을 저감시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 배수로 사면을 환경 친화적인 재료로 시공하는 것도 생각할 수 있다. 환경 친화적인 재료의 사용은 내부 공극을 인위적으로 크게 높여 줌으로써 접촉 표면적을 높여 미생물이 안정하게 서식할 수 있는 공간을 확보하여 배수로의 자정 능력을 극대화 할 수 있다.



(a) 반구형



(b) 정육각형

<그림 3-11> 수질정화체

하천의 직접적인 보호도 비점오염원 관리의 방법이라 할 수 있다. 가축으로부터 하천을 보호하고, 초생 완충대를 유지하여 지표 유출수를 여과하고 비료분이나 화학물질을 흡수하는 방안이다. 하천의 가장자리를 따라 초본이나 사석, 소단 등을 설치하여 폭우로부터 제방을 보호하고 침식을 감소시킨다.

## 제 5 절 요약 및 결론

본 연구에서는 경기도 안성시 고삼저수지 상류의 소유역을 대상으로 강우가 집중되는 3~5월, 7~9월에 홍수재해 전후의 유출량과 오염농도를 실측하여 분석하였으며, 강우 형태에 따른 오염물질의 배출특성을 알아보기 위해 유역관리모형인 BASINS/WinHSPF 모형을 적용하였다. 적용된 모형에 대상지구의 강우량, 강우강도, 강우지속시간 등의 확률강우를 산정하여 강우에 따른 홍수재해 전후의 오염물질 배출 특성을 파악하고 이에 따른 오염물질 저감 방안에 대해 연구하였다. 연구의 주요결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 연구 대상 지역의 토지이용은 임야와 밭이 주를 이루는 지역으로 밭의 경우 시비에 의한 영향이 많으므로 강우 초기에 영양물질 농도가 높아지는 것으로 분석되었다. BOD의 경우 유출량에 따라 변화 폭이 크게 나타났는데, 이는 임야인 관계로 강우강도에 민감하게 반응한 것으로 판단되며, TN과 TP는 BOD에 비해 초기 강우강도에 따라 많은 양을 배출하였다. 시기적으로 장마기간이었음을 고려하였을 때, 선행강우의 유무에 따라 TSS를 제외한 다른 항목의 물질농도에는 영향을 미치는 것으로 판단되며 TSS의 경우는 강우강도에 의해 그 농도가 크게 영향을 받는 것으로 판단된다.
2. 홍수재해 전후의 오염물질 배출 특성을 파악하기 위하여 유역관리 모형인 WinHSPF를 대상지구에 적용하였다. 2004~2006년의 3년 동안 대상 유역 출구점의 유량과 수질을 측정하여 모형을 검보정 하였으며, 유량에 대한 보정결과, RMSE는 0.89 CMS, RE는 0.25로 분석되었으며, 검정결과는 RMSE는 1.34, RE는 0.28로 나타났다. 수질에 대한 보정 결과, BOD, TN, TP의 RE는 각각 0.30, 0.28, 0.27이며, RMSE는 각각 0.70, 0.78, 0.09로 나타났다. 검정결과는 RE가 0.32, 0.31, 0.29, RMSE가 0.72, 0.78, 0.09로 각각 분석되었다.
3. 대상지구에 적용된 WinHSPF에 여러 가지 강우형태를 적용하기 위하여 빈도별 강우 분포를 산정하였다. 빈도별 강우는 10년, 20년 빈도의 강우를 산정 하였으며, 강우 분포는 Huff 분포를 이용하였다. 대상지구의 적정 확률분포형인 Gumbel법을 사용하였

으며, 각 분위별 초과확률 50%에 해당하는 누가 강우량을 산정하였다. 지속시간을 6, 12, 24시간으로 적용한 결과, 전체적으로 BOD는 0.15~5.2mg/L, TN은 0.5~5.7mg/L, TP는 0.11~0.48mg/L을 나타냈다. 전체 면적의 62%를 차지하는 임야의 영향이 가장 크나 강우 시 논과 밭의 시비에 의해 높게 올라가는 경향을 보였으며, 이는 추후 지속적인 연구를 통하여 유역 면적 대비 원단위로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 본 연구의 대상지구는 임야와 초지, 경작지가 전체 면적의 80% 이상인 전형적인 농촌지역이며, 거주 인구가 적어 점오염원 보다는 비점오염원에 의한 오염물질 발생이 대부분이다. 대상지구의 특성에 맞는 오염물질 저감방안으로는 첫째, 작물영양 관리를 통한 비점오염원 관리가 필요하다고 판단되며, 화학비료 및 농약의 과다 사용 억제를 위한 주민 홍보도 필요하다. 또한 연구 대상지구의 임야는 경사가 급한 산지가 대부분으로 강우 시 저수지로의 유출이 급격하게 일어나는 지역이다. 급격한 유출로 인하여 오염물질이 충분히 여과되지 못하고 저수지로 유입되고 있어 저수지 유입부에 침전지, 습지 등을 설치하여 비점오염원을 제거해야할 필요성이 있다고 판단된다. 그 외로 우수토사 조절지의 설치와 수질정화체를 이용한 배수로관리 및 쌍지천의 직접적인 관리가 필요하다고 판단된다.

---

## 제 4 장

홍수재해 평가 및 예측을 위한

사용자 편의 시스템 개발

---

# 제 4 장 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의 시스템 개발

## 제 1 절 연구 배경 및 목표

### 1. 연구 배경

지난 수십 년 동안 농촌지역에서는 별채, 개간 등의 산림개발 그리고 농촌마을 조성, 농경지 확대 등의 토지이용변화와 관련된 꾸준한 인간 활동과 더불어 자연발생적인 토양침식에 의한 퇴적물들이 하천과 저수지로 이동·퇴적된 결과 현재 치수에 많은 문제점을 가지고 있는 실정이다.

또한 1960년대 이후 농촌지역은 식량증산정책의 일환으로 하천주변의 농경지가 확대되면서 하폭의 축소가 발생하였으며, 하천의 수자원을 개발하기 위하여 보를 설치하거나, 하천주변의 공간을 홍수로부터 안전하게 이용하기 위하여 제방을 쌓는 등 인간에 의한 하천의 간섭행위가 하천의 자기조절기능을 저하시켜왔다. 이와 더불어 하천의 상류지역에서 발생한 산사태와 산지 하천구역의 측방침식에 따른 과도한 토사유출이 하상을 상승시키면서 홍수시 제방월류와 제방붕괴 등에 의하여 농경지 침수 및 하천유로의 변경을 발생시키고 있다. 특히 장기간의 저수지 퇴사는 저수용량에 심각한 영향을 미치게 되는데, 전국적으로 산재해 있는 수많은 농업용 저수지는 당초 저수용량 대비 현재 저수용량의 감소로 인해 홍수 방어능력이 얼마나 저하되었는지 아무도 정확하게 말할 수 없는 실정이다. 홍수가 한번 지나가면 그 피해에 대한 통계는 단순히 텍스트 정도의 정보로 남고, 시간이 흐르면 기억 속에서 잊어버리는 악순환을 거듭하고 있다.

따라서 정보화의 힘을 빌려 농촌지역의 산림, 저수지, 하천, 농경지를 하나의 유기적인 조직체계로 관리함으로써, 홍수에 안전하게 대응할 수 있는 체제의 정비가 요구되고 있다. 이를 위해서는 RS, GIS기반의 수문모형을 이용하여 홍수시 산림의 저류효과, 저수지의 저수용량에 따른 홍수방어 능력, 하천의 홍수배제 능력, 농경지의 저류 능력, 홍수 피해액 산정 등을 공간적으로 파악하여 최적의 유역관리 및 농지규모 관리가 필수적이다. 본 연구에서는 안성천 지역을 선정하여 과거 홍수정보를 확인하고, 홍수 모의 정보 및 홍수 피해액

의 예상을 파악할 수 있는 홍수재해평가 시스템을 구축하였다.

## 2. 연구 목표와 내용

홍수재해평가시스템은 안성천 지역의 홍수피해 정보화 마련과 예방 및 방어능력 제고를 위한 다양한 정보제공을 목적으로 다음과 같은 연구 목표와 내용을 연차적으로 수행하였다.

### 1) 1차년도

- GIS와 RS기반의 홍수피해평가를 위한 시스템 설계 및 지형 데이터 구축
  - 해외 유사 시스템 구축사례 분석
  - 시스템의 사용자 요구사항 분석
  - 홍수피해평가를 위한 GIS 주제도의 정의 및 분석방법론 제시
  - 시스템 설계 및 데이터베이스 설계
  - 데이터 구축 및 시스템 개발상의 표준화 방안 제시

### 2) 2차년도

- GIS와 RS 기반의 홍수피해평가시스템 개발
  - 데이터베이스의 검색과 분석 기능 개발
  - 제방월류, 제방붕괴에 의한 침수지역 모의를 위한 DEM 작성기법 개발
  - 지형도 및 토지이용현황도 작성

### 3) 3차년도

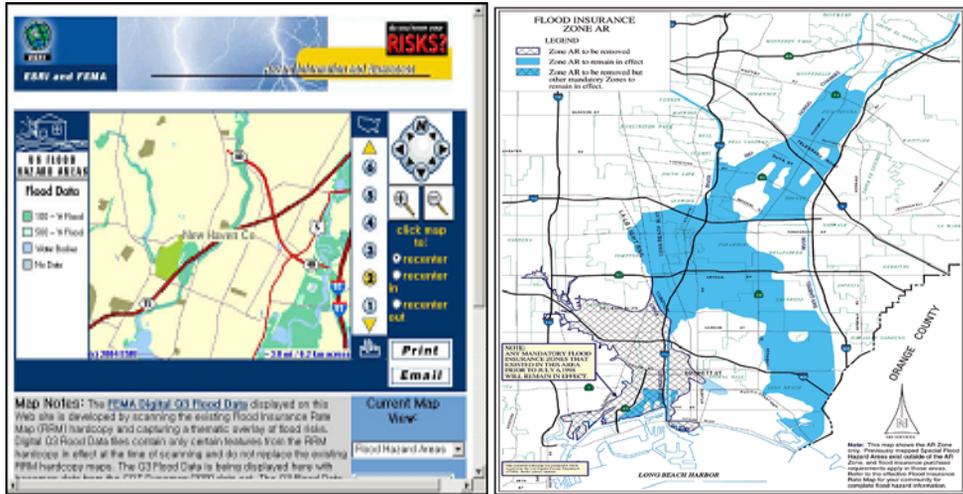
- GIS와 RS 기반의 홍수피해예측시스템 개발
  - 사용자 편의를 위한 GUI 개발
  - 침수우려지역도 작성 기능 개발
  - 하천 침수위험도 작성

## 제 2 절 해외 GIS 시스템 구축사례 분석

### 1. 미국

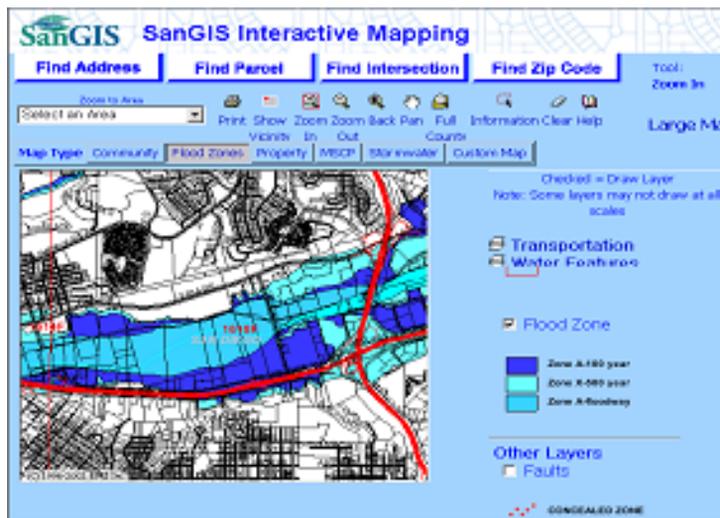
미국의 관련 GIS 시스템으로는 NWSRFS(National Weather Service River Forecast System), FEMA & ESRI US Flood Hazard Areas, SanGIS 등이 있다. 각 GIS 시스템의 특성들을 살펴보면 다음과 같다.

- 미국의 NWSRFS(National Weather Service River Forecast System) : NWSRFS는 매우 합리적인 구조의 시스템이다. 다양한 유출계산 프로그램을 선택적으로 이용이 가능하도록 구축되었다. 또한, 새롭게 개발된 모형의 적용이 용이하고, 홍수예보 기능 및 ESP(Extended Streamflow Prediction)라는 예보정보의 확률분석 기능이 있어서 장기적인 유출예보의 확률적 분석이 가능하다. 아울러 자체적으로 모형변수에 대한 검증과정으로 전체자료를 이용한 모형변수의 조정이 가능하다. NWSRFS는 수문순환과정을 물리적으로 표현하는 여러 가지 성분 모형으로 구성되어 있으며, Mainframe과 소형 컴퓨터 모두 수행이 가능한 시스템이다.
- FEMA & ESRI US Flood Hazard Areas : FEMA & ESRI US Flood Hazard Areas는 미국의 FEMA와 ESRI가 공동으로 구축한 시스템이다. 종이지도 형태의 FIRM(Flood Insurance Rate Map)을 스캐닝하여 제작된 Digital Q3 Flood Data를 기반으로 작성되었다. 이 시스템은 관련된 주제 레이어를 함께 제공하며, Web 기반으로 홍수정보서비스를 제공한다. 현재 미국전역에서 1,200개 카운티에 대한 홍수정보를 제공하고 있다. <그림 4-1>은 US Flood Hazard Areas의 지도서비스 화면이다.



<그림 4-1> US Flood Hazard Areas

- 미국 샌디에이고(SanGIS) : 샌디에이고 시는 부서별로 구축되는 데이터의 통합과 공유를 통한 비용감소를 목적으로 200여개 주제도 데이터를 구축하여 제작된 주제도 데이터를 인터넷을 통해 시민들에게 제공하고 있다. 또한, 200여개 주제도의 검색과 사용자가 등급을 나누어 주제도를 제작할 수 있도록 인터랙티브 맵(interactive map)을 제공하여 효율성을 높였다. 이외에도 자연재해정보 및 선거결과, 필지, 범죄, 경제개발, 산업, 인구 관련 등 다양한 정보를 함께 제공하고 있다. <그림 4-2>는 홍수범람지역 지도서비스의 화면이다.

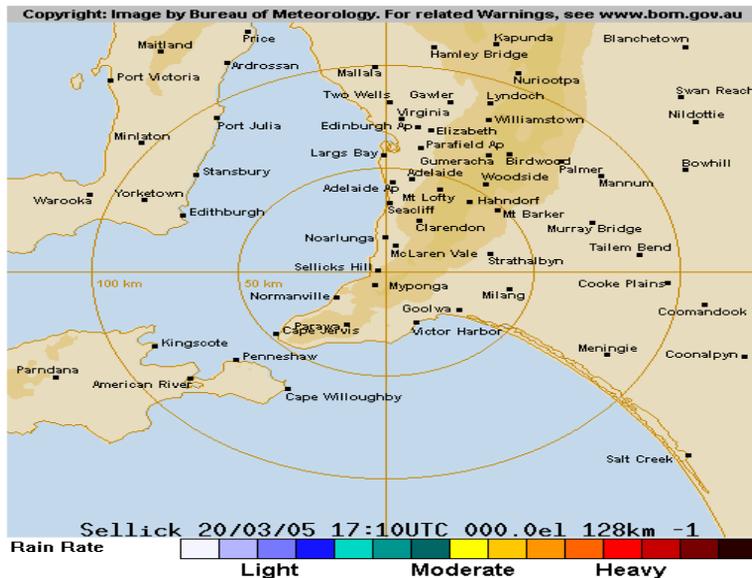


<그림 4-2> SanGIS - Flood Zone

## 2. 호주

국가적인 홍수 경보를 관리하고 있는 호주의 기상국(Bureau of Meteorology)의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 호주의 기상국(Bureau of Meteorology) : Bureau of Meteorology는 지역사무소의 홍수 경보 센터(Flood Warning Center)를 통해 업무를 수행하고 있다. 하천의 유량예측(호주 서부와 북부 일부지역은 주내의 Water Agency에서 수행하며, 나머지 다른 주는 기상국에서 수행하고 있음) 및 손실모형(API-Initial Loss, IL-continuing Loss, Proportional Loss)을 적용한 단위유량도 모형으로 수문학적 홍수추적(Muskingum 형태)과 지류유입해석, 강우-유출해석(비선형 네트워크 모형(RORB, RAFTS, URBS)을 이용) 및 하도추적 단위유량도와 네트워크 모형, 수문학적 홍수추적기법 등이 프로그램화 되어 다양한 정보를 표현한다. 입력 자료는 실시간으로 자료수집프로그램에서 직접 제공되며 상황에 따라 수동 입력도 가능하다. 최근에는 실시간 자료수집시스템이 개발되어 효율성을 높였다. <그림 4-3>은 Bureau of Meteorology를 나타낸 화면이다.



<그림 4-3> Bureau of Meteorology

### 3. 그 외 나라들

그 외에 영국과 캐나다 사례를 찾아볼 수 있는데 영국의 경우 국립하천관리청(National Rivers Authority)가 있고, 캐나다의 경우 다섯 개의 지역하천예보센터가 있다. 각각의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

- 영국 - 국립하천관리청(National Rivers Authority) : 국립하천관리청은 잉글랜드와 웨일즈 지방에 대한 홍수위험경보를 제공한다. 위험지역에 거주하고 있는 주민들에게 사전에 위험을 통보하기 위해 경찰과 지방자치 비상재해대책기구(emergency services)등이 연계하여 활용하고 있고, 홍수예경보 활동은 10개로 나누어진 각 지구별로 운영되고 있다.
- 캐나다 - 다섯 개의 지역하천예보센터 : 캐나다는 캐나다 전역에 걸쳐 있는 다섯 개의 지역하천예보센터에서 예경보를 실시하고 있다. 홍수의 형태와 지방의 필요성에 따라서 서로 다른 특성을 보여준다.

## 제 3 절 시스템 및 DB 설계

### 1. 사용자 요구 분석

시스템 설계에 있어서 먼저 사용자 요구 분석은 필수적이다. 사용자 요구 분석을 2가지 측면으로 나누어 각각을 세부적으로 분석하면 다음과 같다.

#### 가. 관리자 측면

- ① 유관기관이나 부서간의 용이한 데이터의 호환이나 시스템의 손쉬운 사용 및 경제성이 요구됨
- ② 실제 현장을 방문하여 조사를 실시한 결과 현업종사자의 컴퓨터에 관한인지도 및 사용경험이 필요함
- ③ 관련 유관기관이나 부서간의 용이한 데이터의 호환을 고려한 시스템의 구축이 요구되었으며, 가능한 범용의 S/W와 표준화된 데이터베이스 설계를 기반으로 데이터베이스가 구축되어야 한다고 판단됨
- ④ 전문지식이 없는 사용자들도 시스템의 용이한 유지보수와 함께 데이터베이스의 주기적 갱신이 용이하도록 사용이 간편한 시스템의 구축이 필요하다고 사료됨
- ⑤ 시각적으로 이해가 용이한 그래픽을 기반으로 하는 시스템의 구축과 사용자의 연계 강조한 시스템 설계가 요망됨

#### 나. 기술적 측면

- ① 종합적인 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발 제공하여야 함
- ② 개발 후에는 유관기관 및 부서간의 업무지원이 가능하여야 하며, 광범위한 데이터의 통합을 위한 확장성을 요구됨
- ③ 많은 데이터의 활용 역시 많은 기관을 전제로 하는 만큼 광범위한 데이터의 공유를 위한 시스템의 호환성이 요구됨
- ④ 시스템의 전반적인 순환이 원활히 이루어져야 되며, 안정성 높은 시스템이 요구됨

## 2. 시스템 개발 환경 분석

본 시스템을 구현할 때 사용한 언어는 VB.Net을 사용하였으며, 도형정보를 다룰 수 있는 라이브러리로 ArcObject를 사용하였다. 데이터베이스는 MDB를 이용하여 검색할 수 있도록 하였다. VB.Net과 ArcObject를 사용하게 된 것은 다음과 같은 특징들을 가지고 있기 때문이다. VB.Net의 주요 특징은 다음과 같다.

- ① Windows 환경에서 수행되는 모든 종류의 프로그램이 개발할 수 있도록 지원
- ② Visual 방식의 폼, 컨트롤, 컴포넌트와 시각적인 설계에 의해 작성된 각 요소들에 직접 코드를 부여할 수 있는 기능을 가짐
- ③ 빠르고 효율적이며, 일반적인 Windows의 인터페이스를 갖는 Application을 손쉽게 작성할 수 있음
- ④ 다른 프로그래밍 도구와 함께 개발이 용이함
- ⑤ Application을 개발, 배치하는 것을 단순화, 현대화 시킨 새로운 플랫폼인 .Net 프레임워크를 가짐
- ⑥ 풍부한 클래스 라이브러리를 제공
- ⑦ 독립적인 관리 환경인 Common Language Runtime을 통해 코드 실행을 지원

도형정보를 다룰 수 있는 ArcObject의 특징은 다음과 같다.

- ① Windows 응용프로그램에 동적인 매핑 기능이나 GIS 기능 구현을 지원
- ② 사용자 요구에 맞는 매핑 기능과 GIS 제품을 구현할 수 있음
- ③ 기존 응용프로그램에 맵컴포넌트 추가 가능
- ④ Menu Tool bar와 Map Control간의 손쉬운 연결 가능
- ⑤ 특정한 작업과 요구사항을 만족시킬 수 있는 사용자 정의 매핑 가능

본 시스템의 개발 환경을 정리하면 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 개발 환경

개발도구 요소	개발 환경
Programming Language	Microsoft Visual Studio VB.Net
Library	ArcObject
DBMS	Access DB(mdb)
Data Type	shp, tif, mdb, etc.

### 3. 시스템 설계

#### 가. 시스템 내용

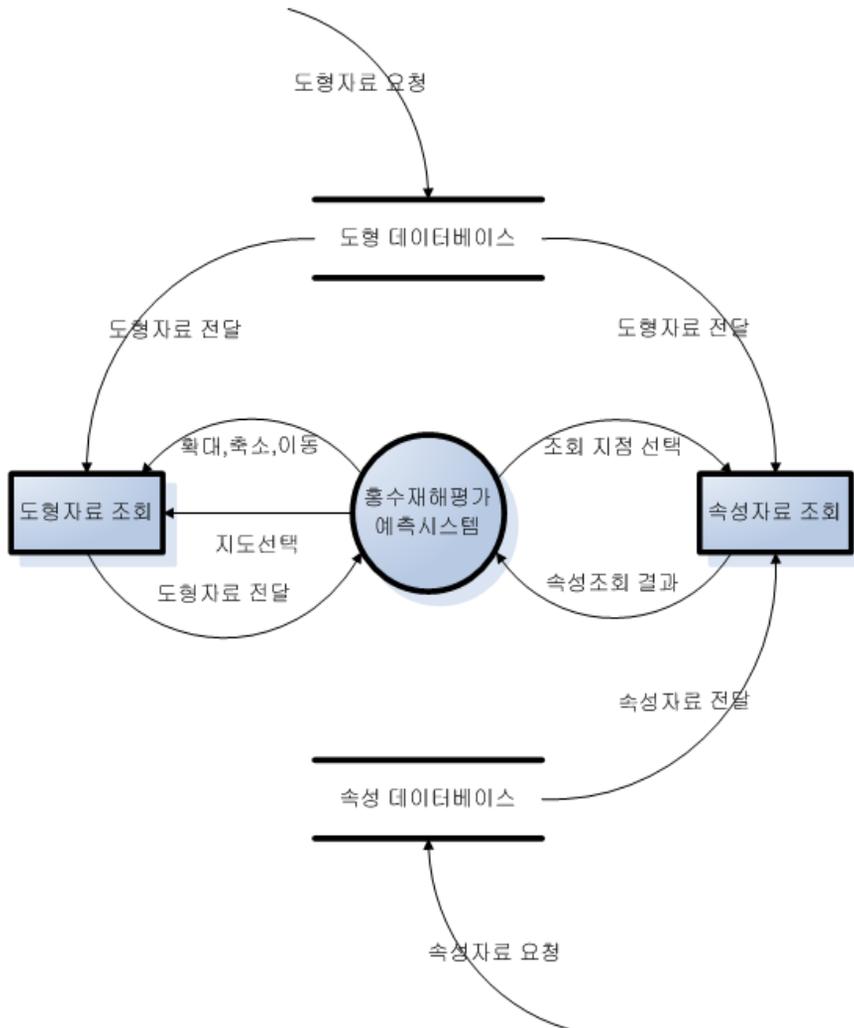
본 시스템은 다음과 같은 내용으로 설계하였다.

- ① 사용자 요구분석의 요건을 충족시킬 수 있는 하드웨어나 소프트웨어의 전체적 구조, 구성 요소, 모듈, 인터페이스 등을 규정하여 설계
- ② 시스템의 각 구성요소들 간의 연관관계를 구체적으로 도식하여 시스템의 전체적인 구조를 쉽게 파악할 수 있도록 설계
- ③ 홍수피해 관련 도형 및 속성자료의 제공을 주안점으로 사용이 편리한 GUI 구조로 설계
- ④ 도형자료제공을 위한 ArcObject와 도형 데이터베이스와 속성자료 구축을 위한 MDB 속성 데이터베이스 서버로 설계
- ⑤ 도형 및 속성 정보 조회를 위한 도형 검색시스템과 속성 검색시스템은 도형 및 속성 자료를 화면에 도식하고 다양한 형식으로 출력이 이루어지도록 설계
- ⑥ 수치지형도는 각 기관에서 기 구축된 자료를 최대한 활용하여 연구대상지역에 즉시 활용하기 위하여 가공하여 시스템에 반영할 수 있도록 설계

## 나. 시스템 구성

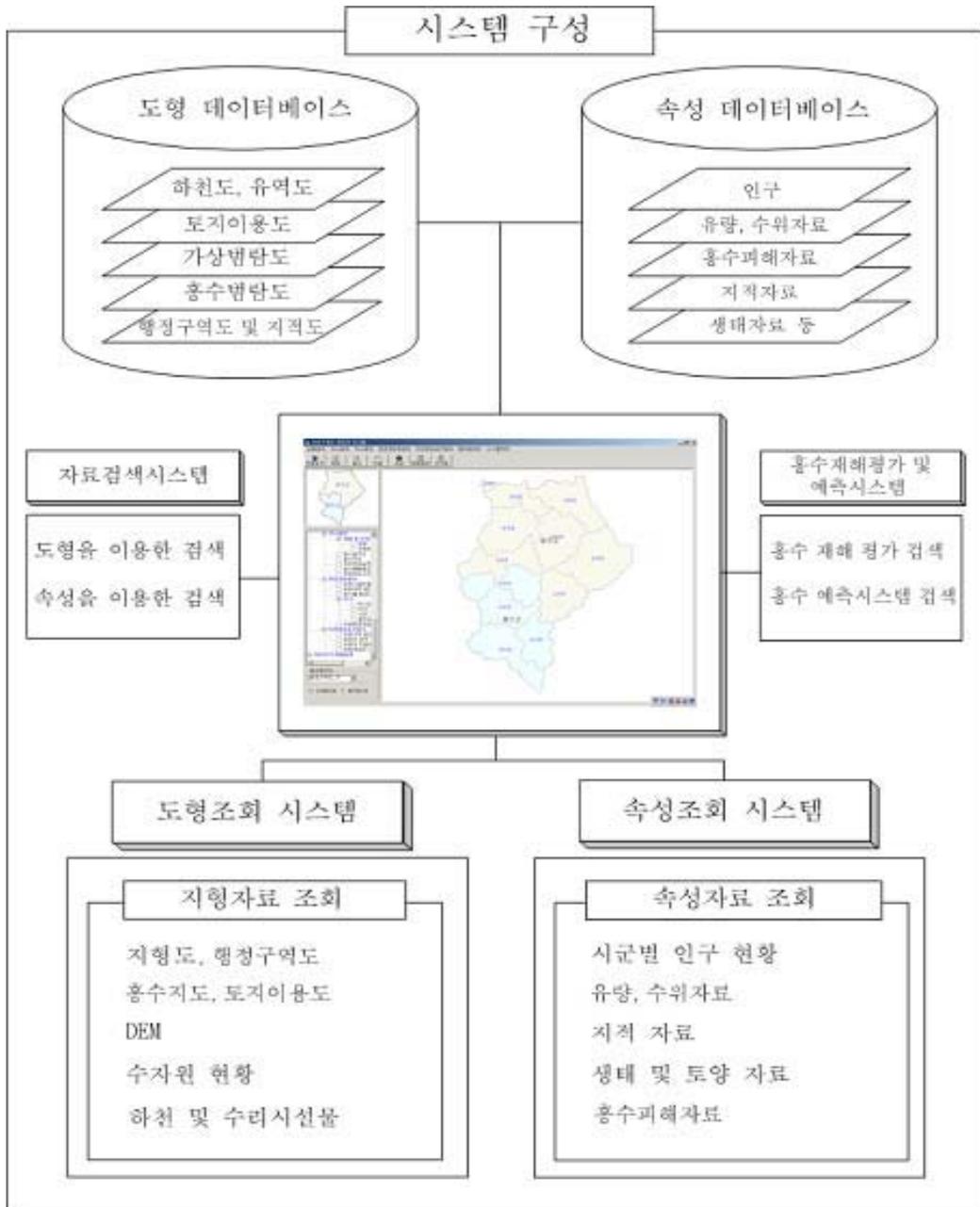
시스템의 기본 자료 흐름도는 <그림 4-4>와 같다. 도형자료와 속성자료를 조회할 때 각각의 데이터베이스 즉, 도형 데이터베이스와 속성 데이터베이스로부터 자료를 전달 받게 된다. 홍수재해평가 시스템에서 도형자료 조회 기능을 이용하게 되면 도형자료는 홍수재해평가 시스템으로 전달되어 화면에 보여지게 되고, 시스템 상에서 여러 지도(레이어)들 중 선택해서 볼 수 있게 된다. 또한, 확대나 축소, 이동 등의 조작을 통해 도형자료를 조회할 수 있다.

속성자료 조회 기능도 마찬가지로 홍수재해평가 시스템에서 속성 정보를 조회하게 되면 검색된 속성자료들의 결과를 화면을 통해서 보여지게 된다.



<그림 4-4> 기본 자료 흐름도

시스템의 구성도는 <그림 4-5>와 같다. <그림 4-4>의 기본 자료 흐름도에서 살펴본바와 같이 도형데이터베이스와 속성데이터베이스가 있고 가운데 홍수재해평가 예측시스템이 있다.



<그림 4-5> 시스템 구성

## 4. DB 설계

DB 설계는 도형 데이터베이스 설계와 속성 데이터베이스 설계로 나누어 볼 수 있다. 본 시스템에서는 정확한 정보의 전달 및 향후 관리를 위하여 Access DB를 이용하였다.

### 가. 도형 데이터베이스 설계

연구대상 지역의 도형자료를 수치지도 및 이미지의 형태로 보완하여 구축하였다. 이미 지나 그리드 형태의 도형자료의 경우 시스템상에서 쉽게 불러올 수 있도록 Layer를 생성하여 사용되도록 하였다. 도형 데이터베이스의 내용은 건국대 산학협력단에서 제공한 데이터를 기초로 하고 있다. <표 4-2>는 안성천과 관련된 도형 데이터베이스 내역이다.

<표 4-2> DB 설계 내역

테이블명	주요 내용	레이어 형태
우량측정망	지역명	점
수위측정망	지역명 및 교량명	점
수질관측망	지역명, 주소, 용수 등	점
하천망도	길이	선
티센망도	티센망도	그리드
CN분포도	CN분포	그리드
등우선도	우량 분포 표시	선, 면
강우분포도	강우 분포 표시	그리드
하천시설물도	하천시설물 이름, 위치	점
유역도	이름, 길이 등	면
토양도	30m 토양도	그리드
식생도	식물 군락표시	선, 면

<표 4-2> DB 설계 내역(계속)

테이블명	주요 내용	레이어 형태
토지피복도	토지 피복	그리드
표고분포도	DEM	그리드
침수실적도	연도	면
행정구역도	행정구역도 도, 시·군, 동 이름	면

### 나. 속성 데이터베이스 설계

속성 데이터베이스는 홍수와 관련된 테이블로서 안성천 지역과 진위천 지역의 홍수 피해액을 검색할 수 있는 테이블과 침수실적 관련 테이블, 시수위, 시우량 테이블이 있다. 시수위와 시우량 테이블은 각각 1998년도와 2000년도 2가지로 나누어 저장되었다. 각각의 1998년도와 2000년도의 필드명은 동일하며, 각 테이블 설계 내용은 다음과 같다.<표 4-3 ~ 표 4-7>

<표 4-3> 안성천 홍수 피해액 테이블

No.	필드명	데이터 유형	설명
1	년도	문자	피해 년도
2	총액	정수	피해 총액
3	이재민_세대	정수	이재민 세대수
4	이재민_인	정수	이재민 수
5	인명	정수	인명피해
6	침수면적	실수	침수 면적
7	건물	정수	건물피해액
8	선박	정수	선박피해액
9	농경지	정수	농경지 피해액
10	농작물	정수	농작물 피해액
11	공공시설	정수	공공시설 피해액
12	기타액	정수	기타 피해액

<표 4-4> 진위천 홍수 피해액 테이블

No.	필드명	데이터 유형	설명
1	년도	문자	피해 년도
2	총액	정수	피해 총액
3	이재민_세대	정수	이재민 세대수
4	이재민_인	정수	이재민 수
5	인명	정수	인명피해
6	침수면적	실수	침수 면적
7	건물	정수	건물피해액
8	선박	정수	선박피해액
9	농경지	정수	농경지 피해액
10	농작물	정수	농작물 피해액
11	공공시설	정수	공공시설 피해액
12	기타액	정수	기타 피해액

<표 4-5> 침수실적내용 테이블

No.	필드명	데이터 유형	설명
1	도	문자	도 이름
2	시군	문자	시군 이름
3	읍면동	문자	읍면동 이름
4	리	문자	리 이름
5	관련하천	문자	하천 이름
6	호우종류	문자	호우 이름(집중호우)
7	토지이용	문자	농경지 또는 주택지
8	침수면적	실수	침수 면적
9	침수형태	문자	침수 형태 및 유형
10	침수원인	문자	침수 원인 설명

<표 4-6> 시수위 테이블(1998년, 2000년)

No.	필드명	데이터 유형	설명
1	관측소명	문자	관측소 이름
2	년월일	날짜/시간	행정구역코드
3	1시	실수	1시경 시수위량
4	2시	실수	2시경 시수위량
5	3시	실수	3시경 시수위량
6	4시	실수	4시경 시수위량
7	5시	실수	5시경 시수위량
8	6시	실수	6시경 시수위량
9	7시	실수	7시경 시수위량
10	8시	실수	8시경 시수위량
11	9시	실수	9시경 시수위량
12	10시	실수	10시경 시수위량
13	11시	실수	11시경 시수위량
14	12시	실수	12시경 시수위량
15	13시	실수	13시경 시수위량
16	14시	실수	14시경 시수위량
17	15시	실수	15시경 시수위량
18	16시	실수	16시경 시수위량
19	17시	실수	17시경 시수위량
20	18시	실수	18시경 시수위량
21	19시	실수	19시경 시수위량
22	20시	실수	20시경 시수위량
23	21시	실수	21시경 시수위량
24	22시	실수	22시경 시수위량
25	23시	실수	23시경 시수위량
26	0시	실수	0시경 시수위량

<표 4-7> 시우량 테이블(1998년, 2000년)

No.	필드명	데이터 유형	설명
1	관측소명	문자	관측소 이름
2	년월일	날짜/시간	행정구역코드
3	0시	실수	0시경 시우량
4	1시	실수	1시경 시우량
5	2시	실수	2시경 시우량
6	3시	실수	3시경 시우량
7	4시	실수	4시경 시우량
8	5시	실수	5시경 시우량
9	6시	실수	6시경 시우량
10	7시	실수	7시경 시우량
11	8시	실수	8시경 시우량
12	9시	실수	9시경 시우량
13	10시	실수	10시경 시우량
14	11시	실수	11시경 시우량
15	12시	실수	12시경 시우량
16	13시	실수	13시경 시우량
17	14시	실수	14시경 시우량
18	15시	실수	15시경 시우량
19	16시	실수	16시경 시우량
20	17시	실수	17시경 시우량
21	18시	실수	18시경 시우량
22	19시	실수	19시경 시우량
23	20시	실수	20시경 시우량
24	21시	실수	21시경 시우량
25	22시	실수	22시경 시우량
26	23시	실수	23시경 시우량
27	계	실수	해당 일의 총 시우량 합계

## 제 4 절 시스템 및 DB 구축

### 1. DB 구축

도형 데이터베이스의 경우 일부는 좀 더 세분화하여 구축되었다. 세분화된 도형은 강우 분포도, 등우선도, 표고분포도, 행정구역도가 있다.

#### 가. 강우분포도

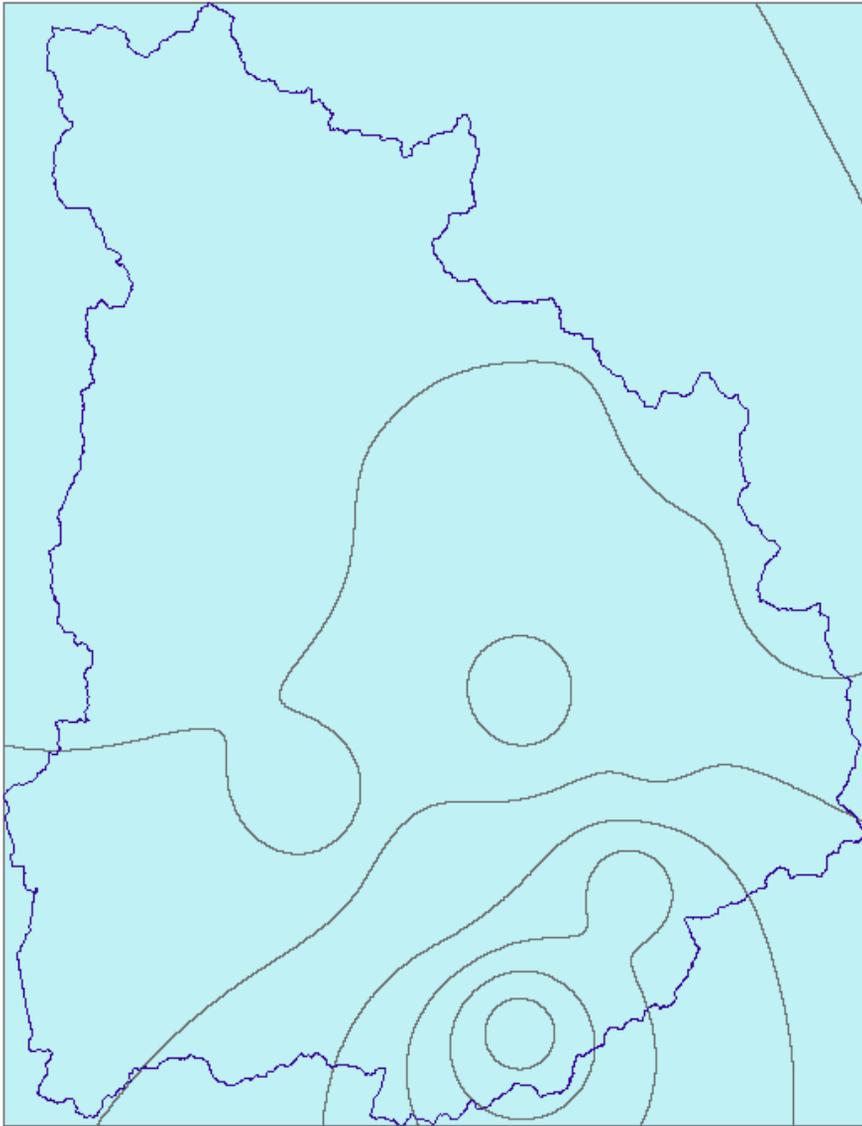
강우분포도는 1998년과 2000년까지의 자료를 모아 구축하였다. 그리드 데이터로 가지고 있으며 다른 맵과 중첩할 수 있도록 하였다. <그림 4-6>은 강우분포도 중에서 2000년 자료 중 하나의 모습이다.



<그림 4-6> 강우분포도

## 나. 등우선도

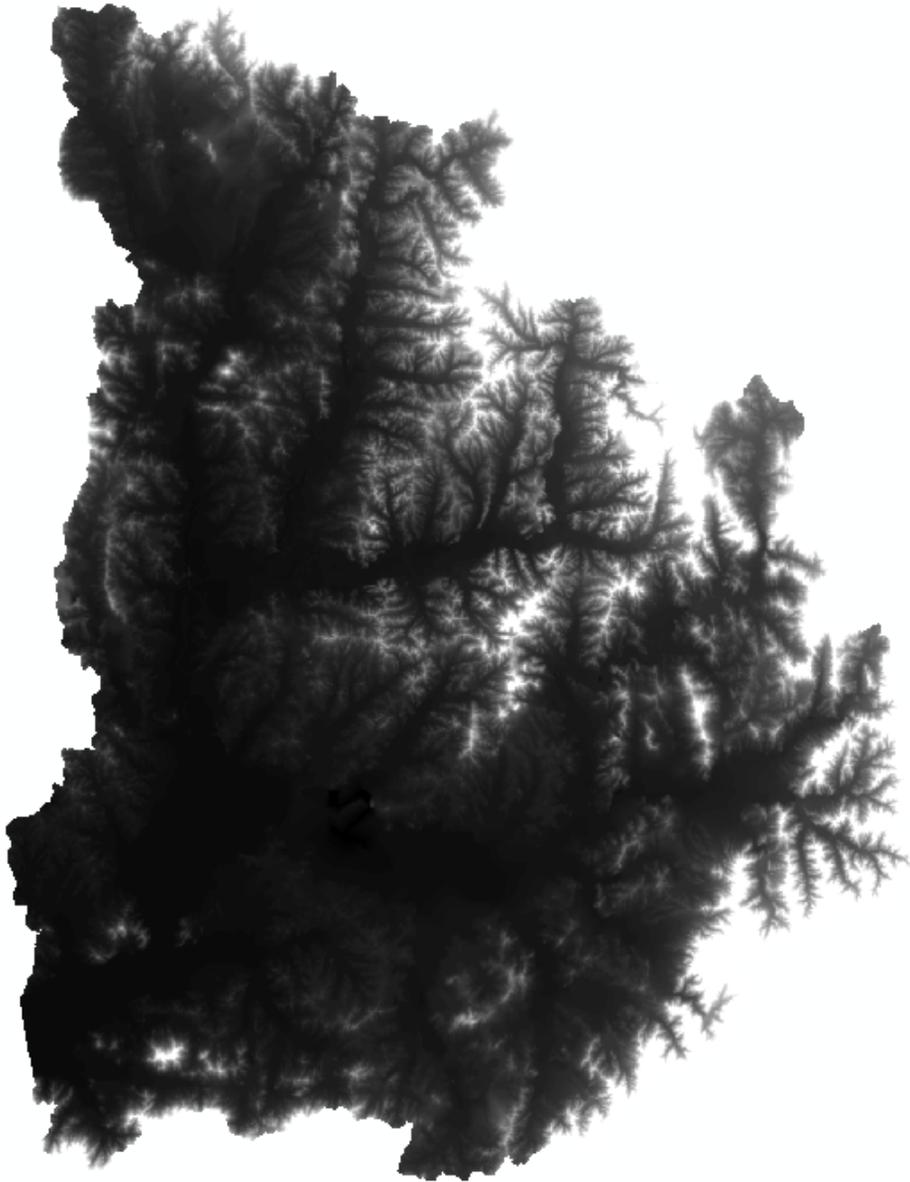
등우선도도 강우분포도와 마찬가지로 1998년 자료와 2000년 자료를 구축하였다. 등우선도는 우량의 분포를 표시하는 것으로 안성천 유역의 우량 분포를 확인할 수 있다. <그림 4-7>은 2000년 자료 중 하나를 보여주는 그림이다.



<그림 4-7> 등우선도

#### 다. 표고분포도

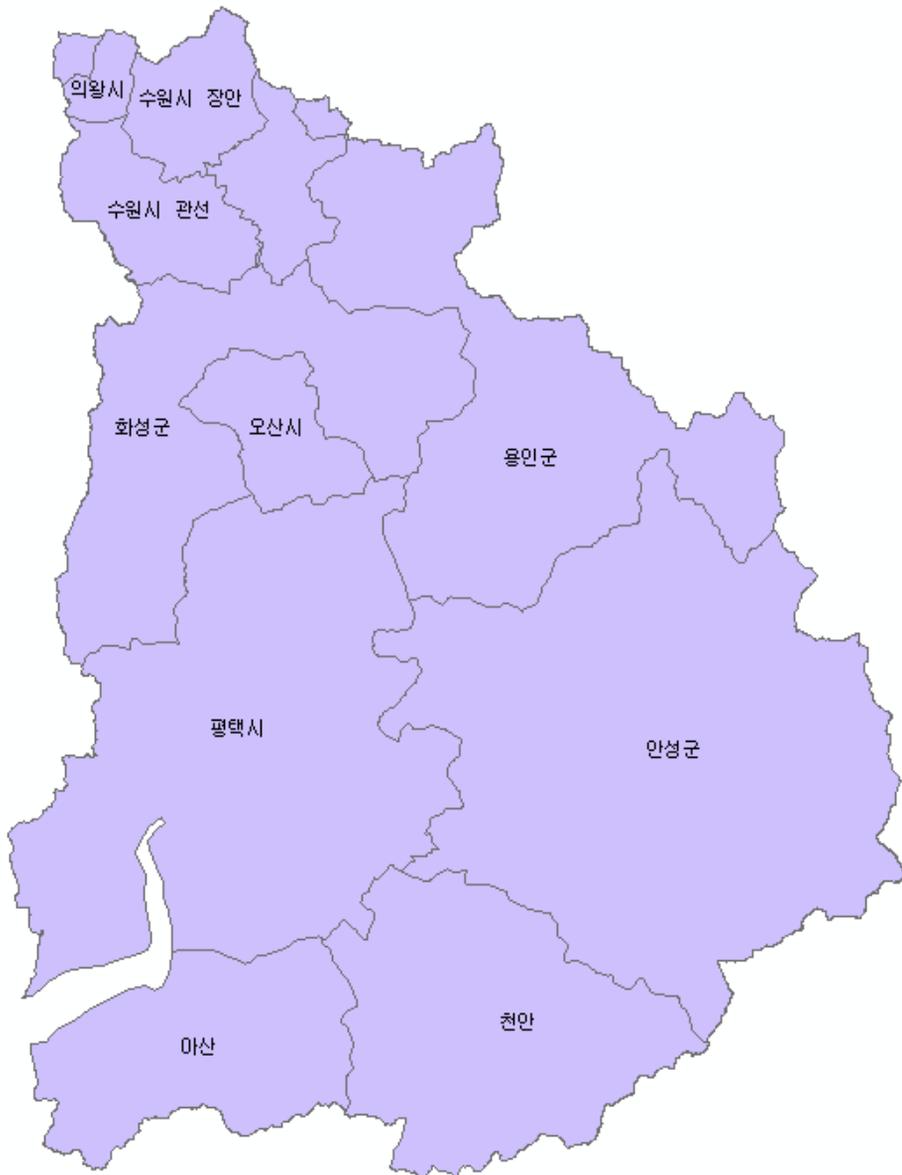
표고분포도는 3m, 5m, 10m, 20m, 30m로 나누어 구축하였으며 타 레이어와 중첩이 가능하도록 하였다. <그림 4-8>은 표고분포도 중 3m 표고분포도의 모습이다.



<그림 4-8> 표고분포도(3m)

## 라. 행정구역도

행정구역도는 도, 시·군, 동으로 나누어 구축하였다. 다른 레이어들과 중첩하여 위치 등 정보를 확인할 수 있도록 하였다. <그림 4-9>는 행정구역도 중 시·군에 해당하는 그림이다.

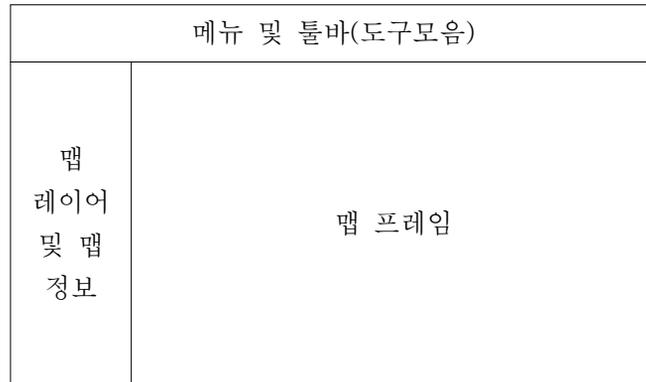


<그림 4-9> 행정구역도(시·군)

## 2. 시스템 구축

### 가. 화면 구성

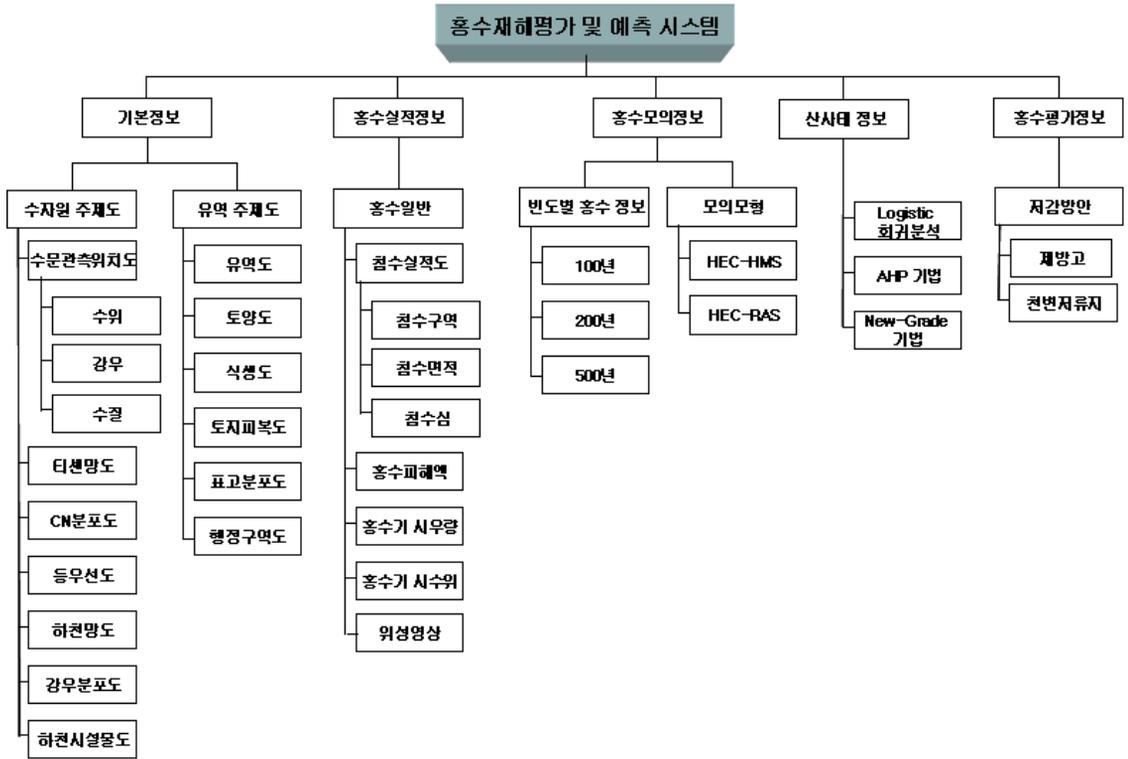
본 시스템의 화면 구조는 <그림 4-10>과 같다. 메뉴와 툴바(도구모음)는 상단에 위치시켰다. 대부분의 윈도우 품의 메뉴가 그러하듯 일반적인 위치에 배치하여 쉽게 접근할 수 있도록 하였다. 맵을 열었을 때 나타나는 모습은 화면 우측에 배치하였고 전체 윈도우의 대부분을 차지하도록 하였다. 좌측에 맵 레이어 및 맵 정보의 경우 맵 프레임에 나타나는 레이어에는 어떤 것들이 있는지 확인 가능하도록 하였으며, 탭 형태로 만들어 메뉴 상의 정보가 많은 경우 리스트로 정보들을 확인할 수 있도록 하였다.



<그림 4-10> 화면 구조

### 나. 메뉴 구성

본 시스템의 메뉴 구성은 <그림 4-11>과 같다. 기본 정보에는 수자원 주제도와 유역주제도가 들어가 있으며 각각의 메뉴에 해당하는 맵 형태의 확인이 가능하다. 홍수실적정보에는 홍수에 관한 내용이 포함되었으며 연도별로 피해액 등의 검색이 가능하다. 홍수모의 정보에는 빈도별 홍수 정보 내용과 HEC 모의 모형에서 사용되는 데이터를 만들 수 있도록 구성되었다. 산사태 정보에는 3가지 기법에 대한 내용을 담고 있으며 홍수평가정보에서는 홍수피해액 산정방법과 저감방안에 대한 정보를 볼 수 있다.



<그림 4-11> 메뉴 구성도

#### 다. 시스템 디렉토리 구축 환경

본 홍수재해평가 및 예측 시스템은 홍수재해 정보 및 평가에 있어서 체계적이고 효율적인 지원을 위한 시스템으로 VB .Net, ArcObject, Access DB를 이용하여 Windows 2000 server 기반에서 개발되었다. 각 사용 이미지 및 DB 데이터는 몇 개의 디렉토리로 나누어 저장하여 사용하였다. <표 4-8>은 시스템에서 사용되는 데이터들의 디렉토리 구축환경을 나타낸 것이다.

<표 4-8> 디렉토리 구축 환경

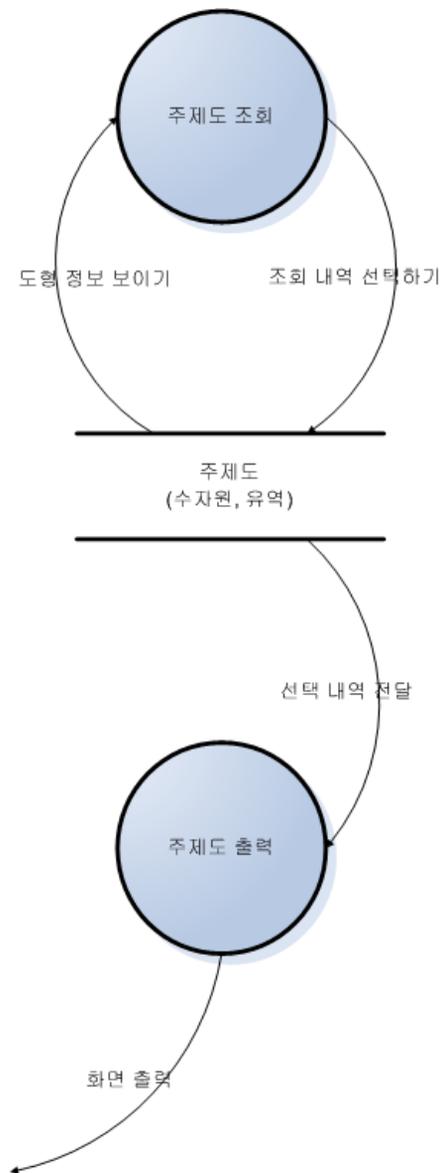
경로	작업디렉토리	비고
ASRData/	기본정보	수자원주제도, 유역주제도 자료 저장
	홍수실적정보	홍수재해 정보 관련 자료 저장
	홍수모의정보	빈도별 홍수 정보 자료 저장
	산사태정보	산사태 관련 정보 자료 저장
	홍수평가정보	저감방안에 관련된 자료 저장

각 데이터들은 메뉴별 구성과 비슷하게 만들어 개발할 때와 개발 후 수정 및 시스템을 개선할 때에도 쉽게 자료를 찾아볼 수 있다.

### 3. 시스템 세부 자료 흐름도

#### 가. 주제도 조회

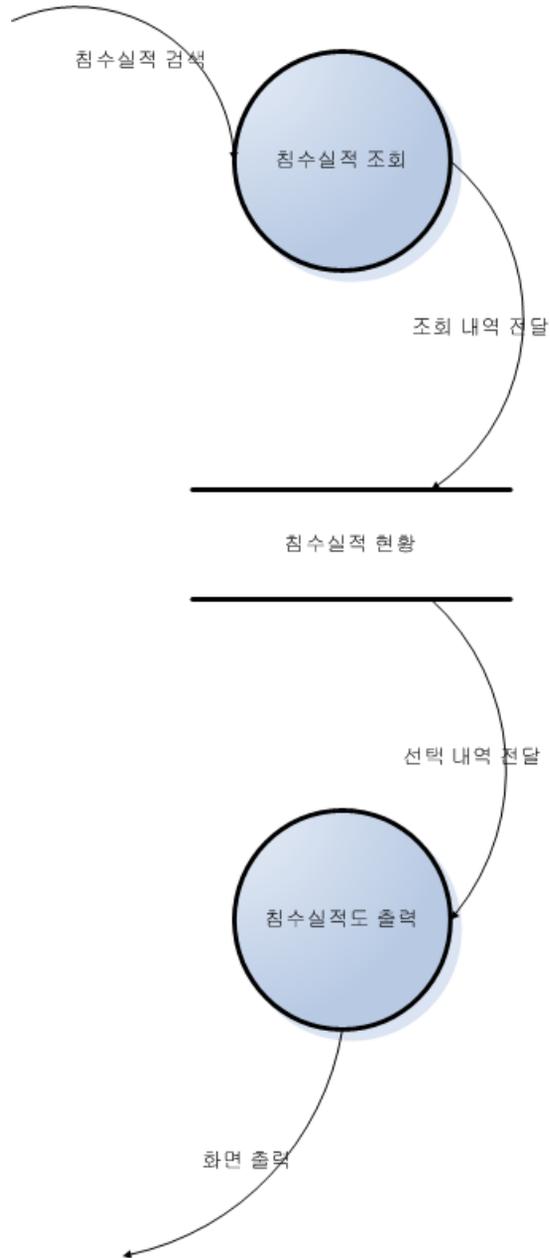
수자원 주제도, 유역 주제도를 조회하여 화면에 출력한다.<그림 4-12>



<그림 4-12> 주제도 조회

## 나. 침수실적 조회

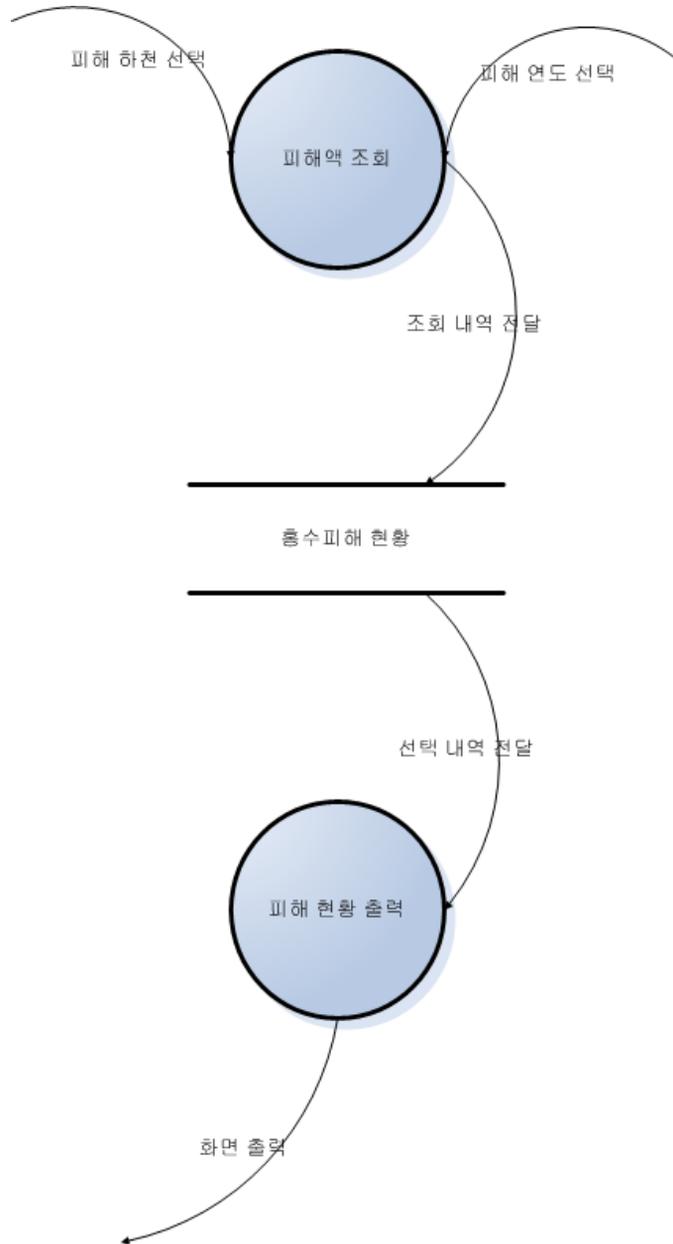
침수실적 위치 검색을 통해 침수실적도를 출력 한다.<그림 4-13>



<그림 4-13> 침수실적 조회

### 다. 홍수 피해액 조회

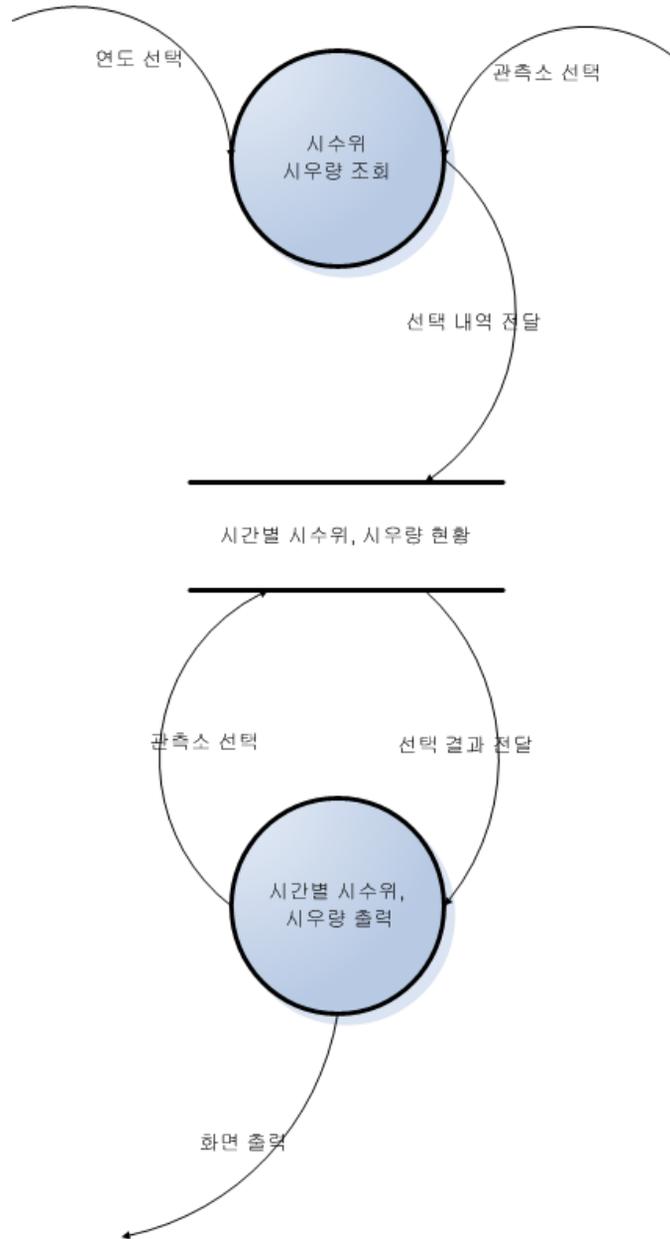
홍수 피해액은 피해하천을 선택하고 피해 연도를 선택하면 해당하는 년도의 피해액이 조회되어 출력된다.<그림 4-14>



<그림 4-14> 홍수피해액 조회

라. 홍수기 시우량, 시수위 조회

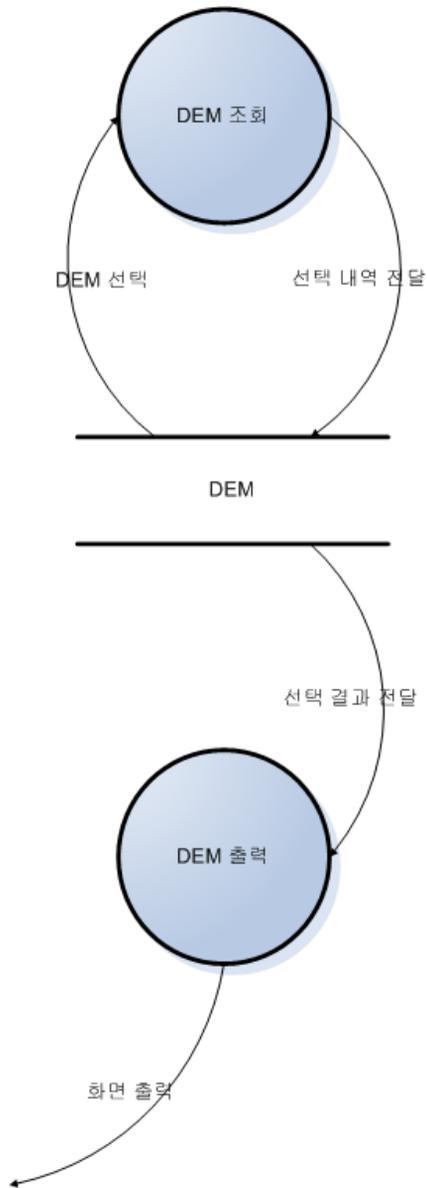
홍수기 시우량, 시수위는 연도와 관측소 별로 검색이 가능하다.<그림 4-15>



<그림 4-15> 시수위, 시우량 조회

## 마. DEM 조회

DEM(표고분포 자료)은 m값에 따라서 5개의 자료로 나누어져 있으며 선택한 m값에 따른 DEM 자료를 조회해볼 수 있다.<그림 4-16>

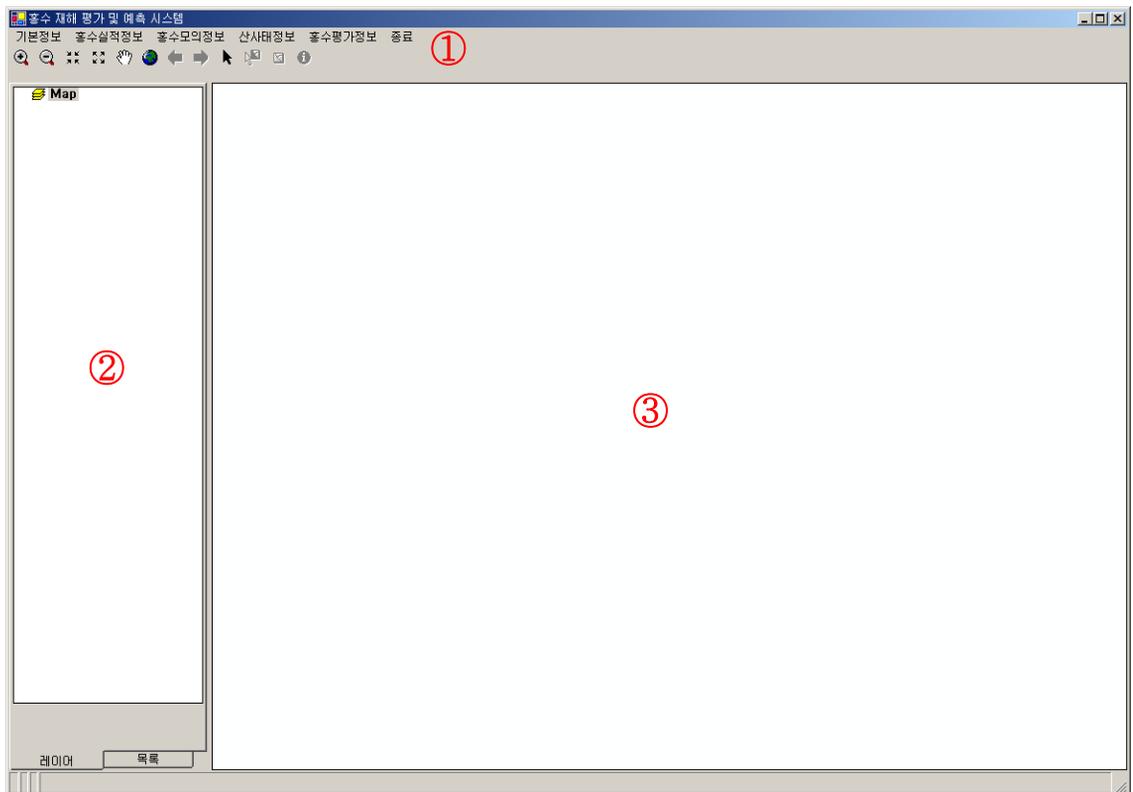


<그림 4-16> DEM 조회

## 제 5 절 사용자 인터페이스 및 기능

### 1. 메인 화면

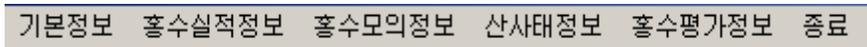
본 시스템의 메인화면은 <그림 4-17>과 같다. 앞서 언급하였듯이 상단에(① 번) 메뉴와 툴바(도구모음)를 확인할 수 있다. 또한, 우측(② 번)에 여러 개의 레이어를 트리형태로 확인할 수 있는 화면이 있으며 레이어와 목록이라는 탭으로 나누어져 있다. ③ 번은 맵이 나타나는 부분이다.



<그림 4-17> 홍수재해평가 및 예측 시스템 메인 화면

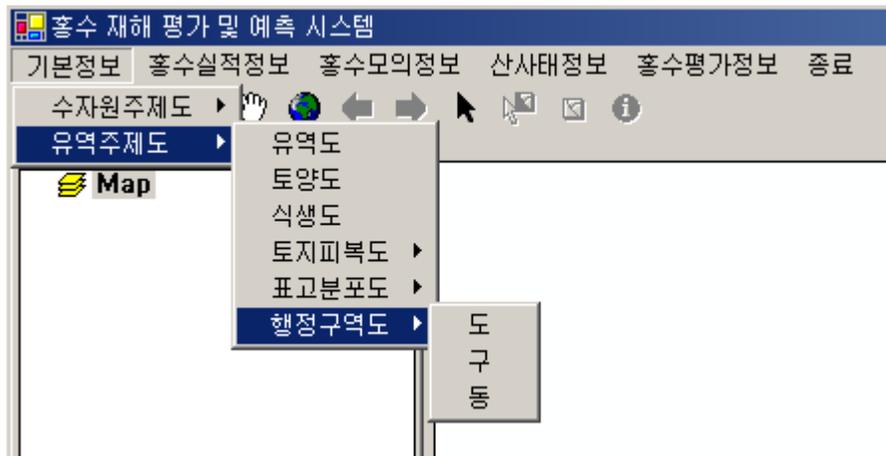
## 2. 메뉴와 툴바(도구모음)

본 시스템의 메뉴는 <그림 4-18>에 나타나 있는 구성과 같이 만들어져 있다. <그림 4-19>는 본 시스템의 구현된 메뉴 목록이다.



<그림 4-18> 메뉴 내용

<그림 4-18>의 각 메뉴를 클릭하게 되면 해당되는 서브메뉴 목록이 나오게 된다. <그림 4-19>는 기본정보의 서브 메뉴 중 유역주제도를 선택하고 유역주제도의 서브메뉴 중 행정구역도를 선택한 화면이다.



<그림 4-19> 서브메뉴 선택 화면

다음으로 <그림 4-20>은 툴바로서 맵을 손쉽게 다룰 수 있는 기능을 가지고 있는 도구 모음이다. 각 기능들에 대한 내용은 다음과 같다.

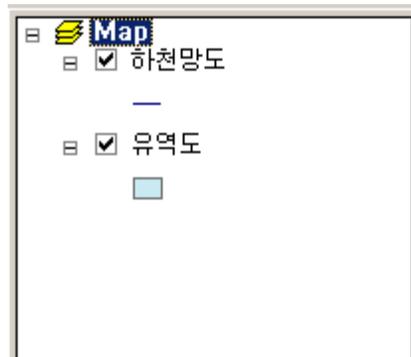


<그림 4-20> 툴바 모습

- ① 확대: 맵에서 임의의 부분을 확대할 때 사용
- ② 축소: 맵에서 임의의 부분을 확대할 때 사용
- ③ 고정 확대: 맵 전체를 확대할 때 사용
- ④ 고정 축소: 맵 전체를 축소할 때 사용
- ⑤ 이동: 화면을 이동시킬 때 사용
- ⑥ 전체화면: 확대나 축소 이후에 전체화면을 볼 때 사용
- ⑦ 이전작업: 확대나 축소 이후에 다시 이전 작업 화면으로 되돌아갈 때 사용
- ⑧ 이후작업: 이전 화면으로 되돌아간 후 다시 이후 작업을 재수행할 때 사용
- ⑨ 엘리먼트 선택: 엘리먼트 선택시 사용
- ⑩ 도형 선택: 도형 선택시 사용
- ⑪ 선택 취소: 도형 선택을 취소할 때 사용
- ⑫ 속성: 속성정보 확인시 사용

### 3. 레이어 화면

<그림 4-21>은 시스템 화면 구성에서 좌측 화면으로 각 레이어의 목록이 나타나는 부분이다.



<그림 4-21> 레이어 모습

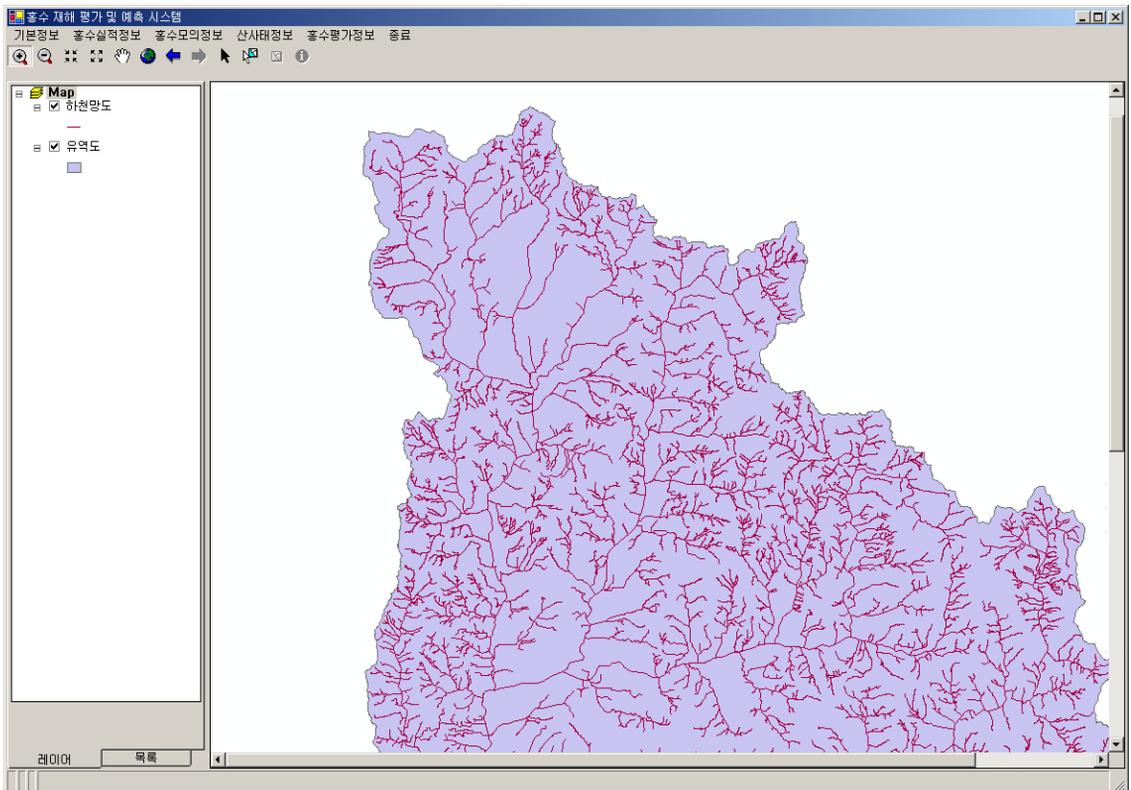
<그림 4-21>에서 보는바와 같이 체크박스를 가지고 있어서 해당 레이어의 체크를 풀어 주면 맵에서 체크가 off된 레이어는 나타나지 않는다. 또한, 각 레이어의 도형이 선인지 면

인지를 보여준다.

레이어를 보여주는 화면 하단에 두 개의 탭이 있다. 하나는 레이어이고 다른 하나는 목록이다. 레이어는 <그림 4-21>과 같이 각 레이어를 보여주고 목록은 서브메뉴 중 많은 목록을 가지고 있는 등우선도나 강우분포도를 따로 관리하기 위해 만들었다. 그 외 기본적인 정보나 설명이 있는 부분을 처리하기 위하여 목록 탭을 만들어 사용하였다.

#### 4. 맵 화면

맵 화면은 맵을 열었을 때 해당 맵이 나타나는 부분으로 4.2절에서 나온 툴바를 이용하여 맵을 사용할 수 있다. <그림 4-22>은 맵을 열어서 부분 확대를 한 화면이다.

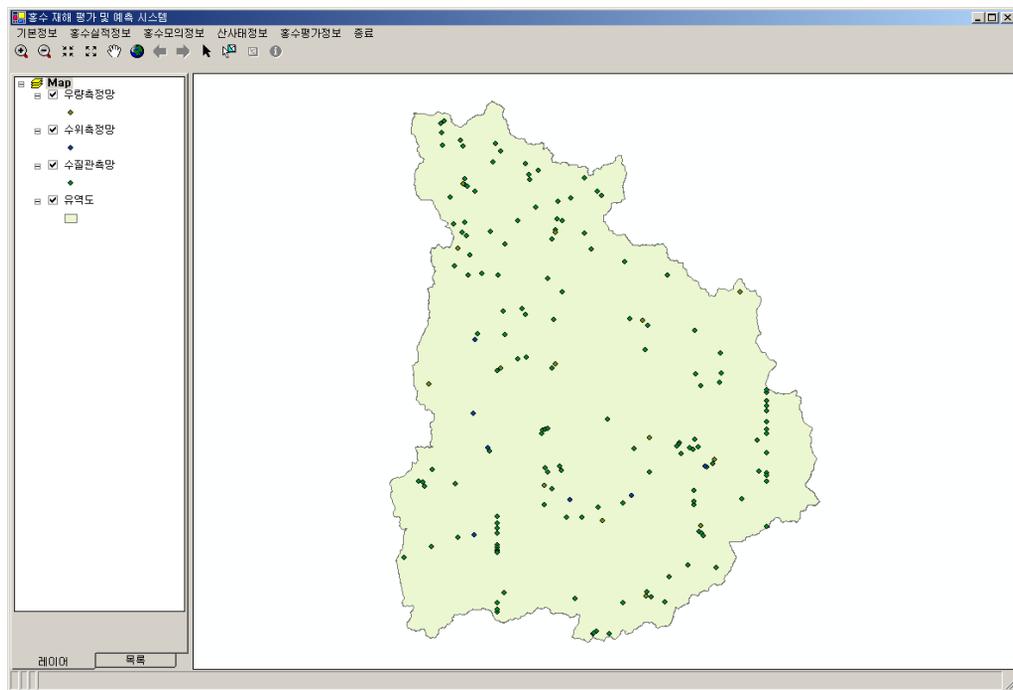


<그림 4-22> 맵 사용 모습

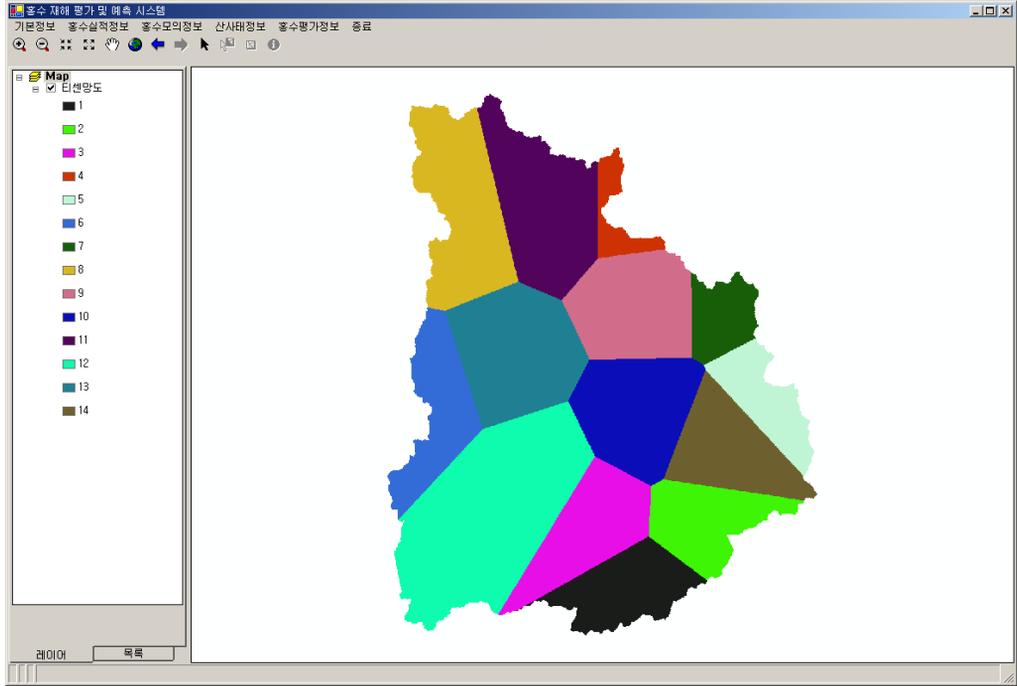
## 5. 메뉴 별 내용

### 가. 기본 정보

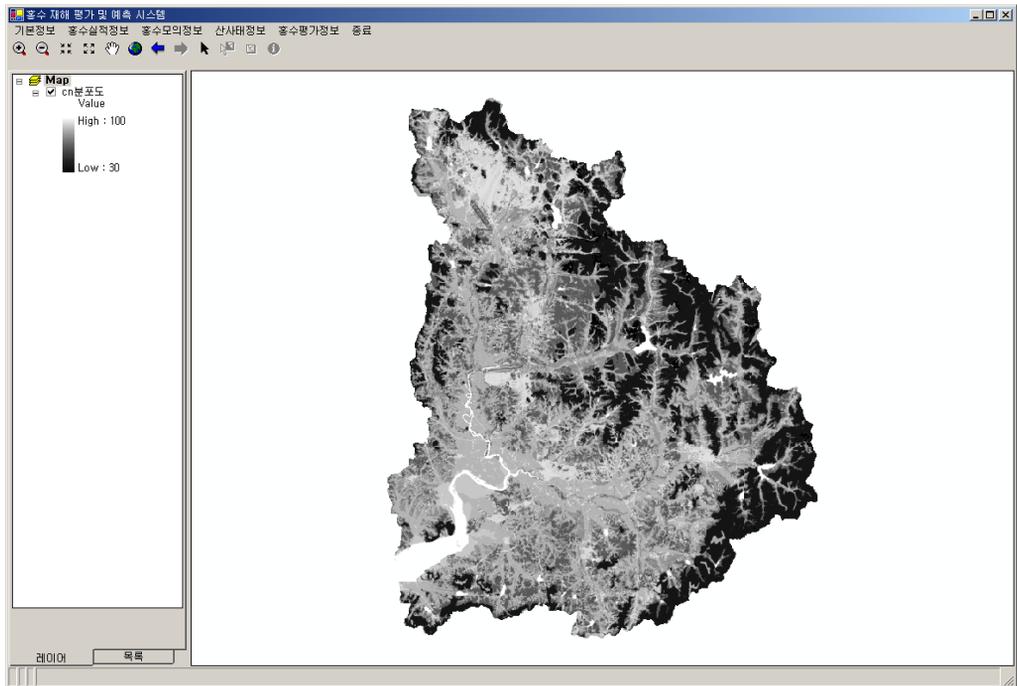
기본정보 메뉴는 크게 수자원 주제도와 유역 주제도로 나누어진다. 각 주제도를 조회할 수 있도록 되어 있다. 수자원 주제도의 경우 수문관측 위치도(우량, 수위, 수질), 티센망도, CN분포도, 등우선도, 하천망도, 강우분포도, 하천시설물도, 하천단면도를 조회할 수 있고, 유역 주제도의 경우 유역도, 토양도, 식생도, 토지피복도, 표고분포도, 행정구역도를 조회할 수 있다. <그림 4-23>부터 <그림 4-32>까지는 수자원 주제도와 유역 주제도의 각 주제도 조회 결과 화면 모습이다.



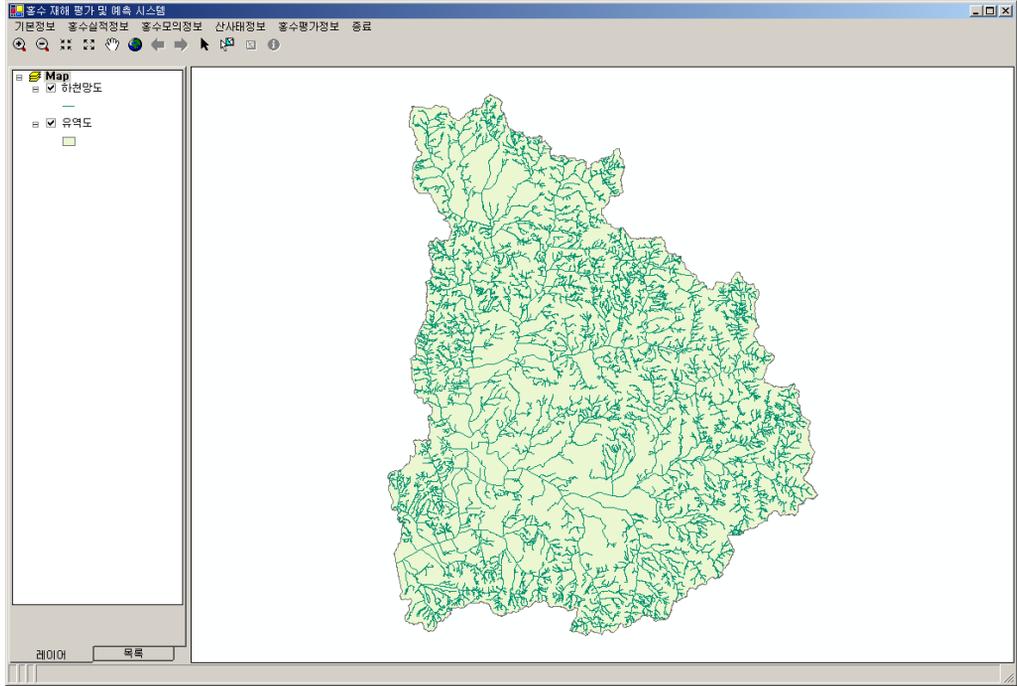
<그림 4-23> 수문관측 위치도 조회 화면



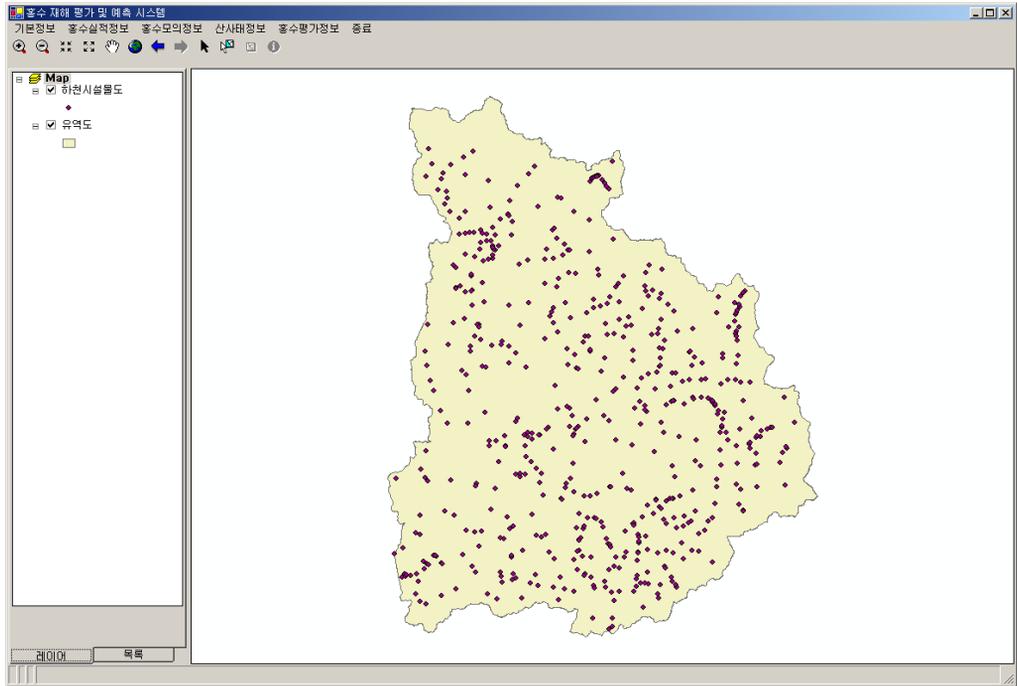
<그림 4-24> 티센망도 조회 화면



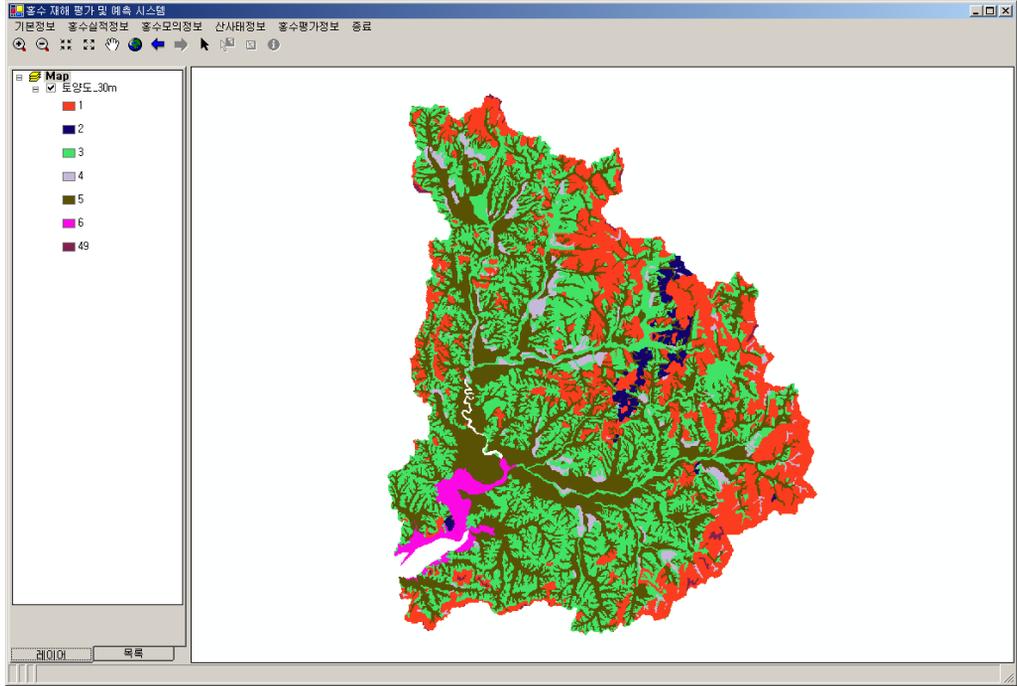
<그림 4-25> CN 분포도 조회 화면



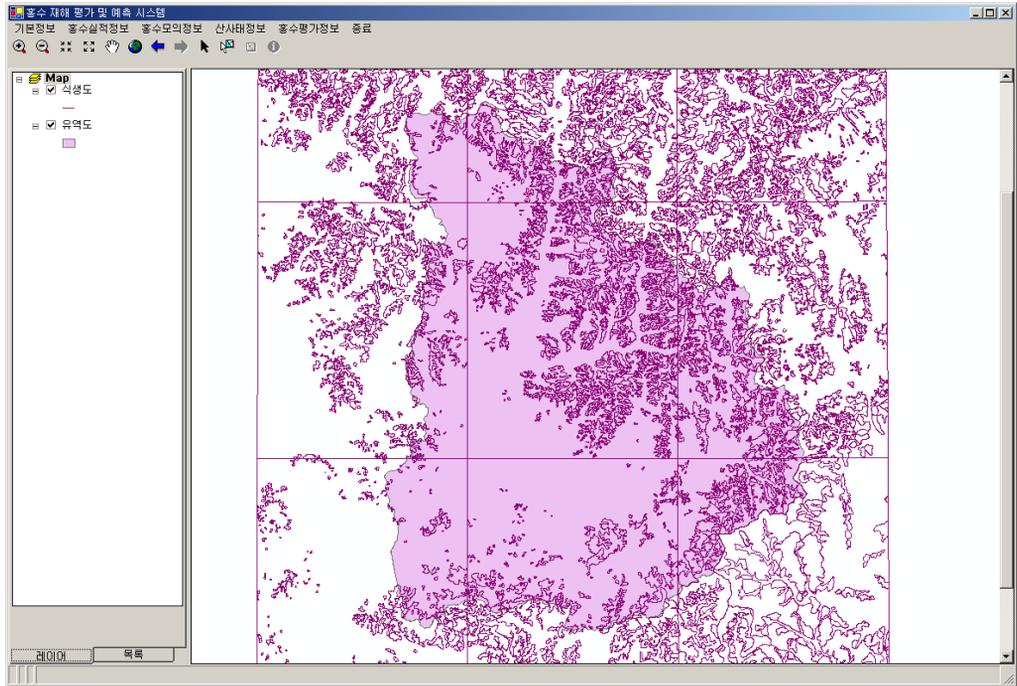
<그림 4-26> 하천망도 조회 화면



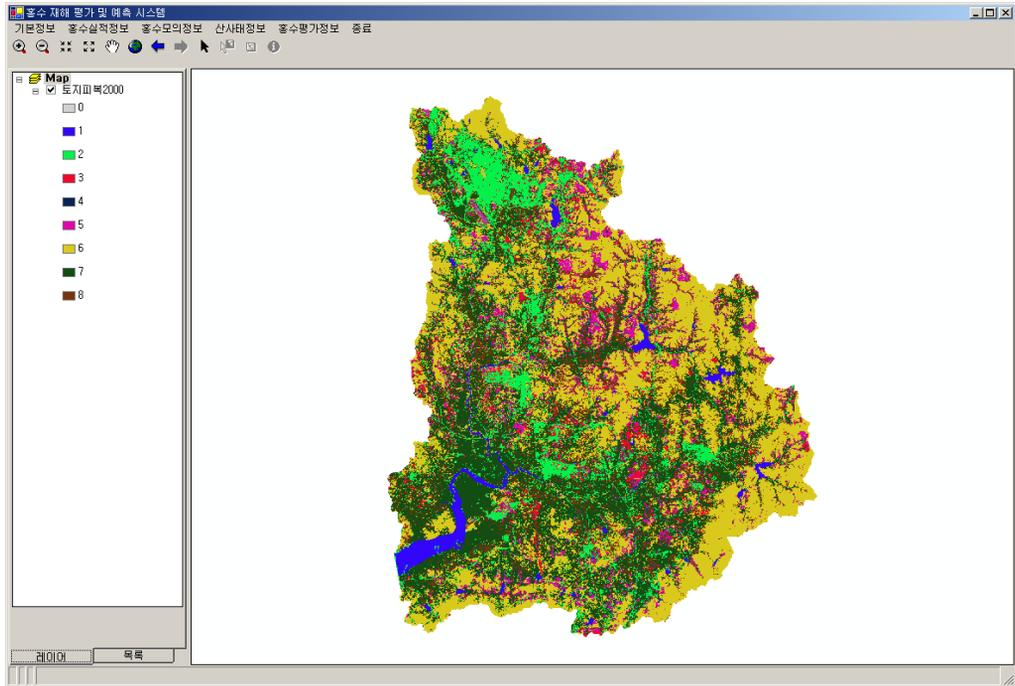
<그림 4-27> 하천시설물도 조회 화면



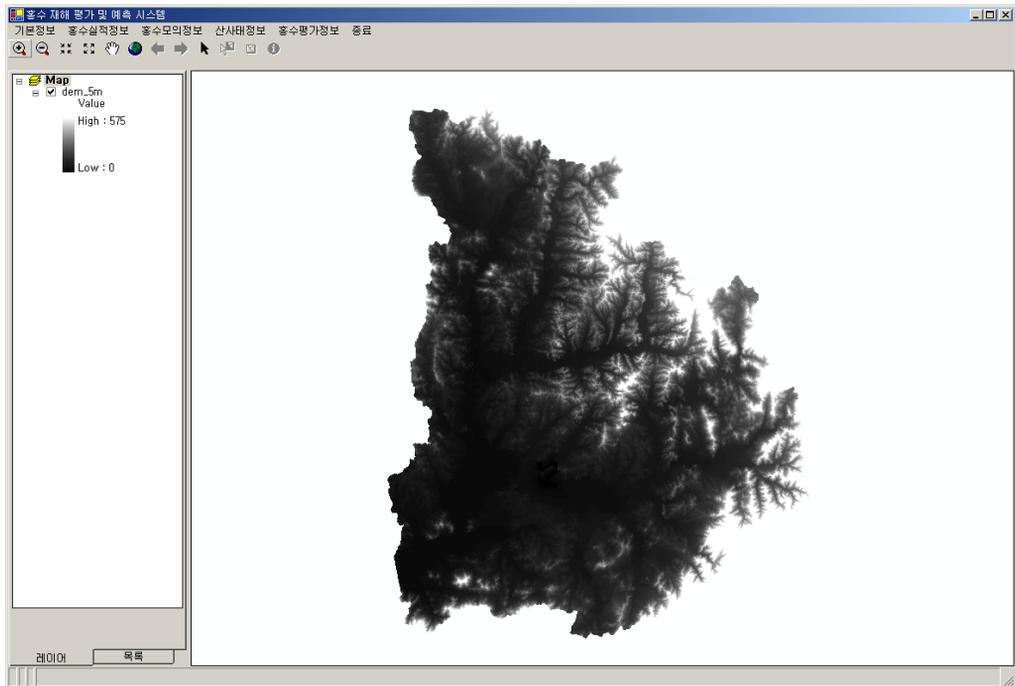
<그림 4-28> 도양도 조회 화면



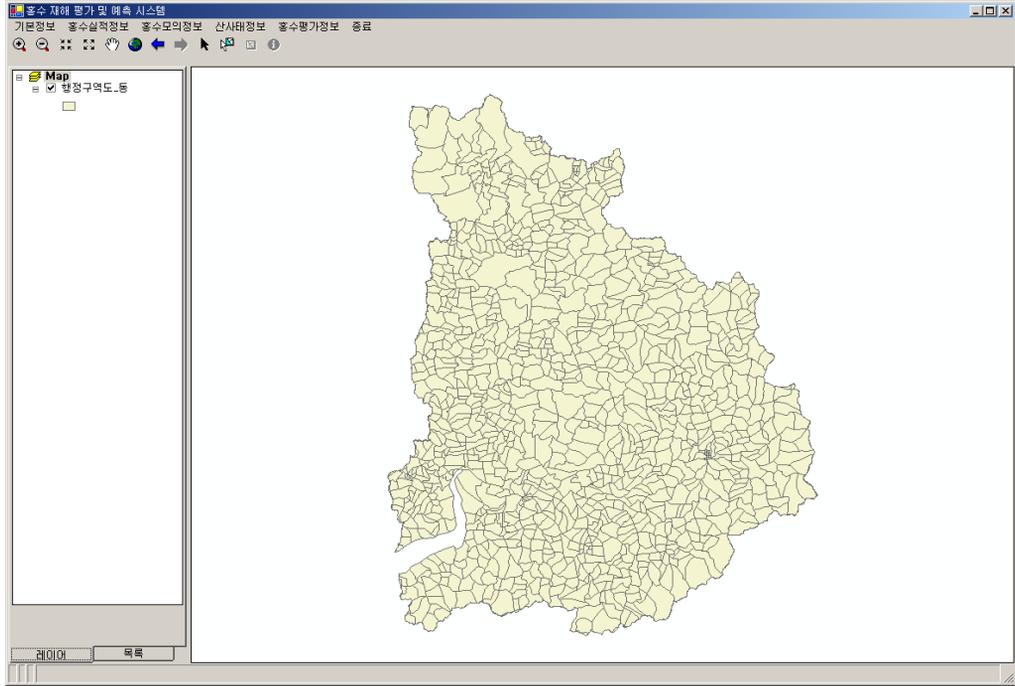
<그림 4-29> 식생도 조회 화면



<그림 4-30> 토지피복도(2000년) 조회 화면



<그림 4-31> 표고분포도(5m) 조회 화면

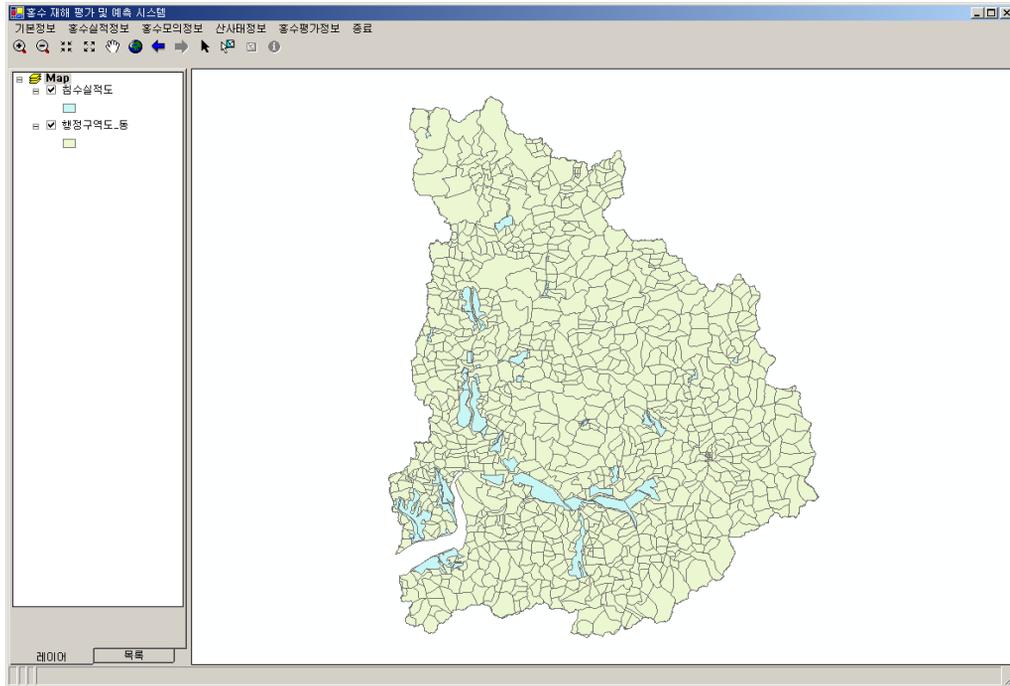


<그림 4-32> 행정구역도(동) 조회 화면

## 나. 홍수실적 정보

홍수 실적정보에는 침수실적도, 홍수피해액, 홍수기 시우량, 홍수기 시수위, 위성영상을 조회할 수 있다. 침수실적도의 경우 <그림 4-33>와 같이 화면조회가 가능하며, 홍수피해액은 안성천과 진위천, 두 지역으로 나누어 정보를 검색할 수 있다. 특히 홍수피해액은 연도별로 조회가 가능하며 총 피해액도 조회할 수 있다.

<그림 4-34>은 진위천과 안성천 중 안성천의 피해액을 조회해 볼 수 있는 화면 모습이다. 화면에서 년도 선택이라고 되어 있는 부분을 클릭하여 해당년도나 합계를 선택을 하게 되면 해당년도의 피해액을 볼 수 있다. <그림 4-35>은 2001년을 선택했을 때 나타나는 모습이다. <그림 4-36>는 1971년부터 2001년까지의 총 피해액을 검색한 결과이다. 진위천도 안성천과 같이 년도별로 검색할 수 있으며 총 피해액도 검색가능하다.



<그림 4-33> 침수실적도 조회 화면

<그림 4-34> 안성천 피해액 조회 화면

안성천

### 한강권역 안성천유역 과거홍수피해액 현황 (1971~2001)

2001년

피해 현황

이재민(세대)	60	이재민(인)	207
인 명(인)	1	침수면적(ha)	88.40

피해액(천원)

건 물	84,579	선 박	0	공공시설	1,912,264
농경지	33,704	농작물	0	기타액	41,964,741
				총 액	43,995,288

달 기

<그림 4-35> 2001년 안성천 피해현황 조회한 화면

안성천

### 한강권역 안성천유역 과거홍수피해액 현황 (1971~2001)

합계

피해 현황

이재민(세대)	445	이재민(인)	10,762
인 명(인)	45	침수면적(ha)	36,391.00

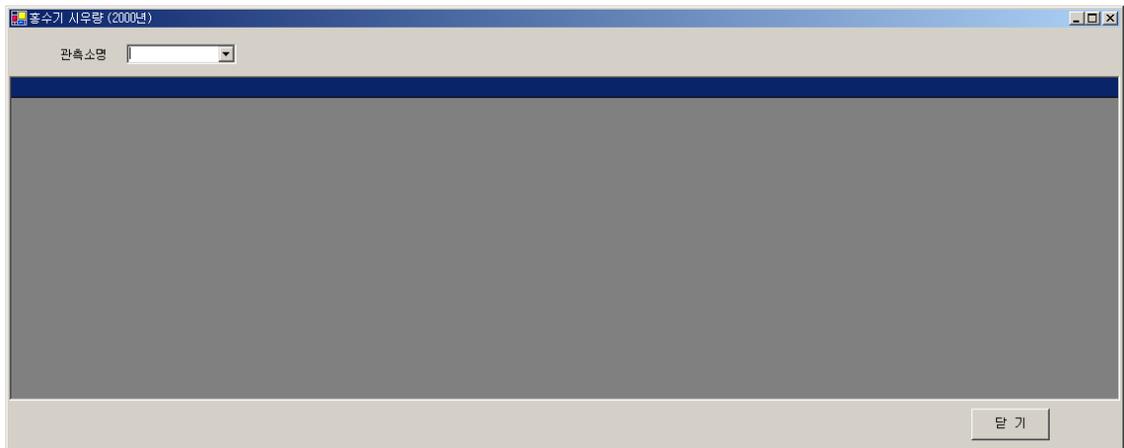
피해액(천원)

건 물	2,072,248	선 박	408,864	공공시설	66,308,619
농경지	11,691,620	농작물	17,130,489	기타액	61,582,484
				총 액	159,194,324

달 기

<그림 4-36> 안성천유역의 홍수피해액 합계를 조회한 화면

시수위나 시수량의 경우는 각 시간별로 어떻게 되는지 관측소별로 조회가 가능하다. 먼저 1998년과 2000년 중 하나를 선택한 다음 관측소 별로 검색해 볼 수 있다. 또는 모든 관측소를 검색해서 살펴볼 수 있다. <그림 4-37>은 홍수기 시수량에서 2000년을 선택했을 때 나타나는 화면이며 <그림 4-38>는 관측소 중 하나를 선택하였을 때의 결과 화면 모습이다. 홍수기 시수위 또한 <그림 4-37>과 <그림 4-38>와 같은 화면을 가지고 있으며 관측소 별로 검색이 가능하다.

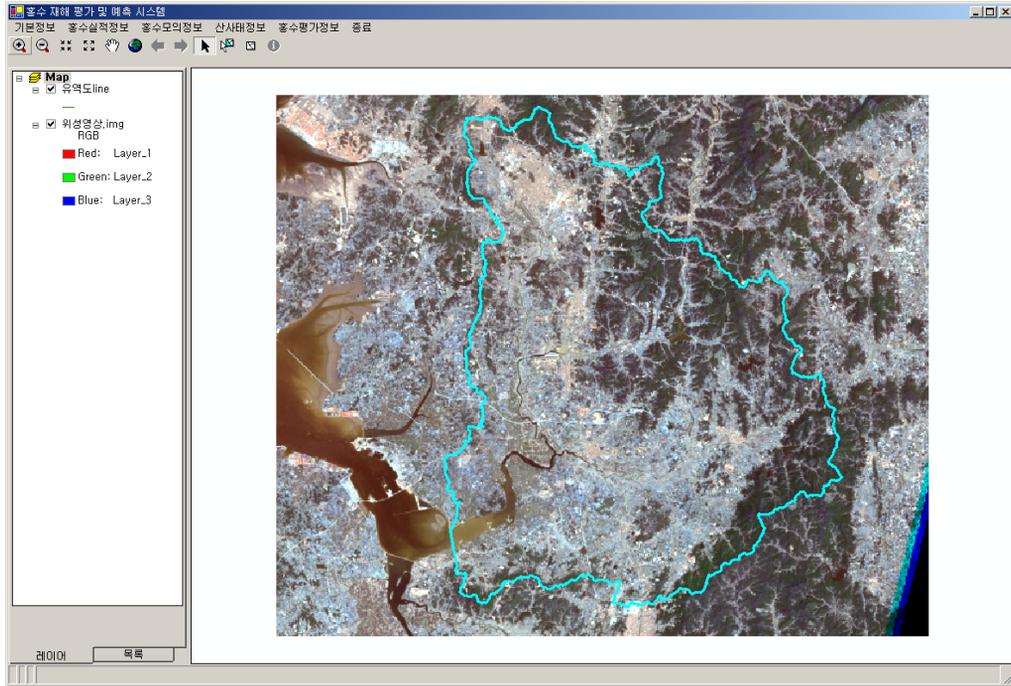


<그림 4-37> 홍수기 시수량(2000년) 화면

년월일	0시	1시	2시	3시	4시	5시	6시	7시	8시	9시	10시	11시	12시
2000-06-26	-	16	5	2	1	8	9	3	2	1	-	-	-
2000-06-27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-06-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-06-30	1	1	2	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
2000-07-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	15
2000-07-23	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-08-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-08-05	-	-	-	-	-	-	4	1	1	-	-	-	-
2000-08-19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-08-20	-	-	1	2	11	34	5	7	15	23	-	-	-
2000-08-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	2
2000-08-25	1	2	2	3	2	4	8	9	7	12	-	-	-
2000-08-26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	3
2000-08-27	-	1	3	10	2	5	3	2	5	-	-	-	-
2000-09-14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3

<그림 4-38> 홍수기 시수량(2000년) 관측소 조회 화면

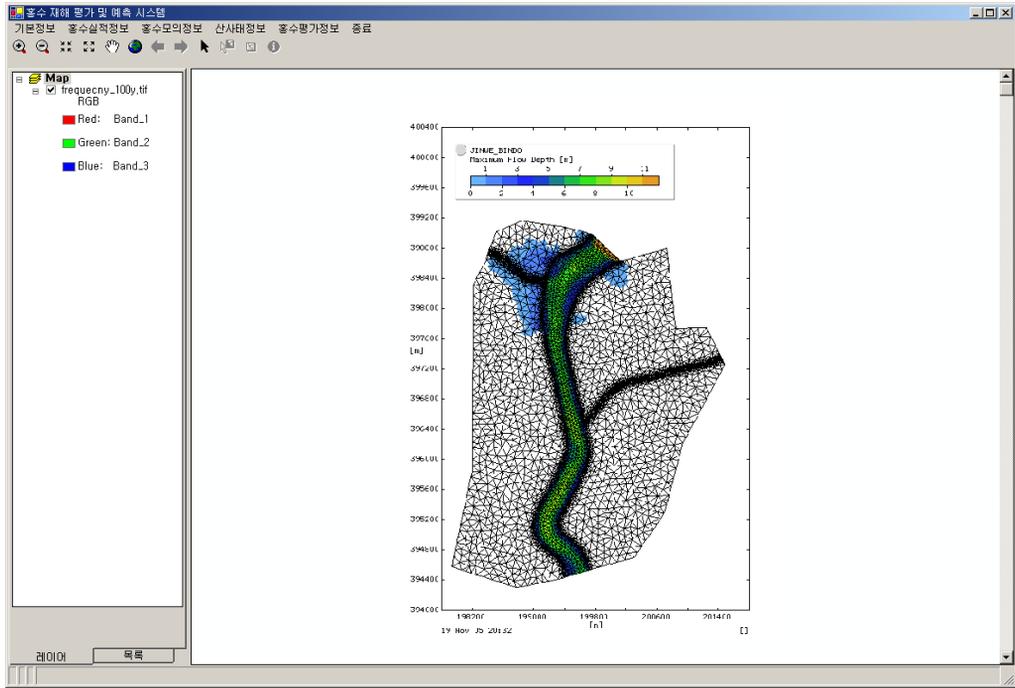
위성영상은 LANDSAT 위성영상을 보여준다. <그림 4-39>와 같이 안성천 지역의 위성 영상 모습을 볼 수 있다.



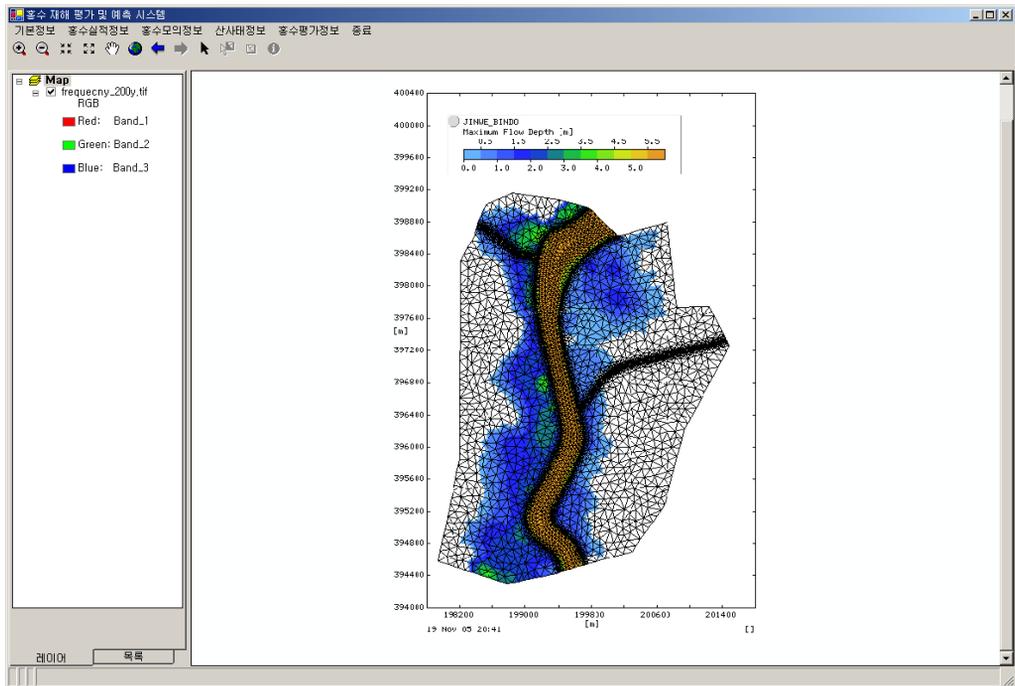
<그림 4-39> 안성천 지역의 위성영상 조회 화면

#### 다. 홍수모의 정보

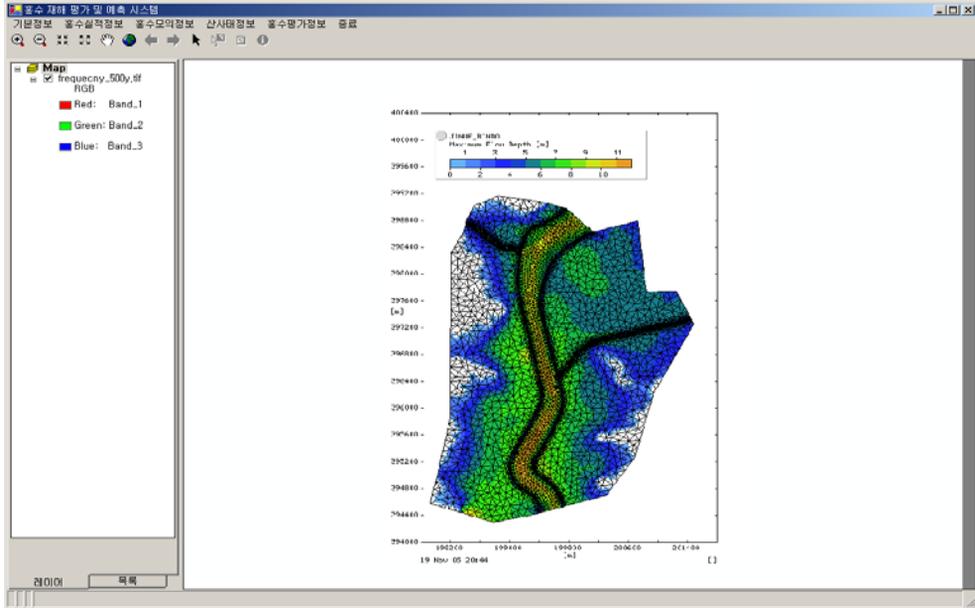
홍수모의 정보는 빈도별 홍수정보와 모의모형이 있다. 빈도별 홍수 정보의 경우 100년, 200년, 500년으로 조회할 수 있다. 빈도별 홍수 정보 모습은 <그림 4-40>부터 <그림 4-42>와 같다. 각각 100년, 200년, 500년 모습을 조회한 화면이다.



<그림 4-40> 빈도별 홍수정보 조회 화면(100년)

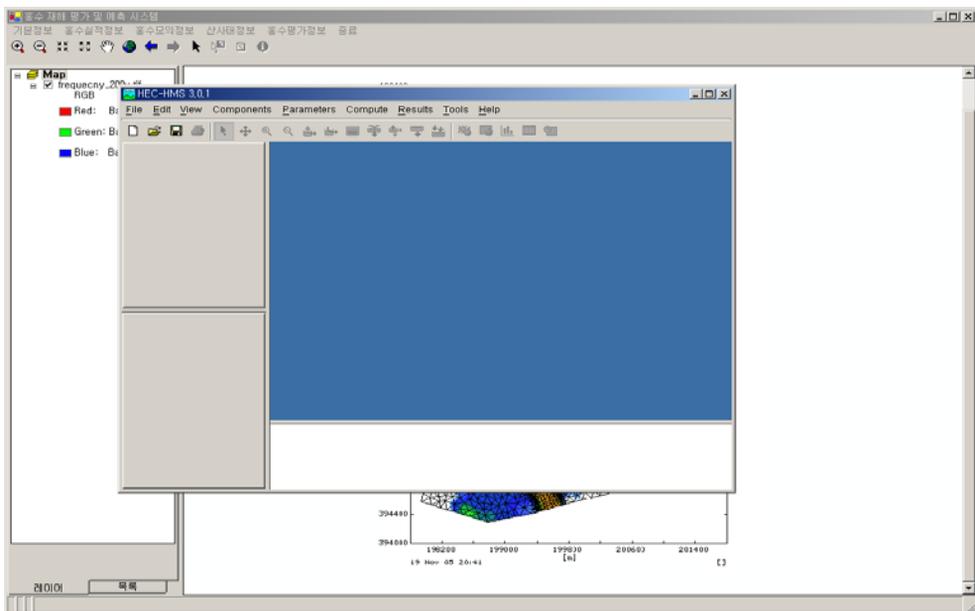


<그림 4-41> 빈도별 홍수정보 조회 화면(200년)



<그림 4-42> 빈도별 홍수정보 조회 화면(500년)

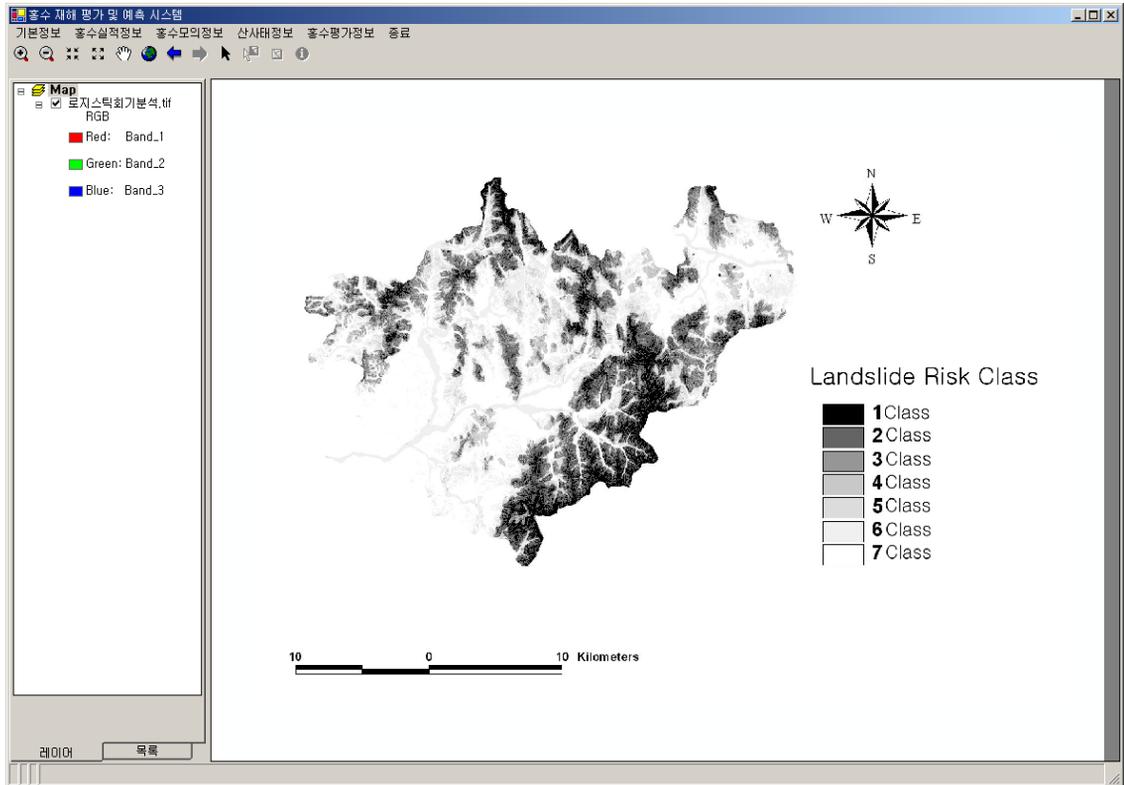
모의모형은 HEC-HMS와 HEC-RAS가 있다. 모의모형의 경우 HEC application을 이용할 수 있도록 하였다. 실행된 모습이 <그림 4-43>에 나타나있다.



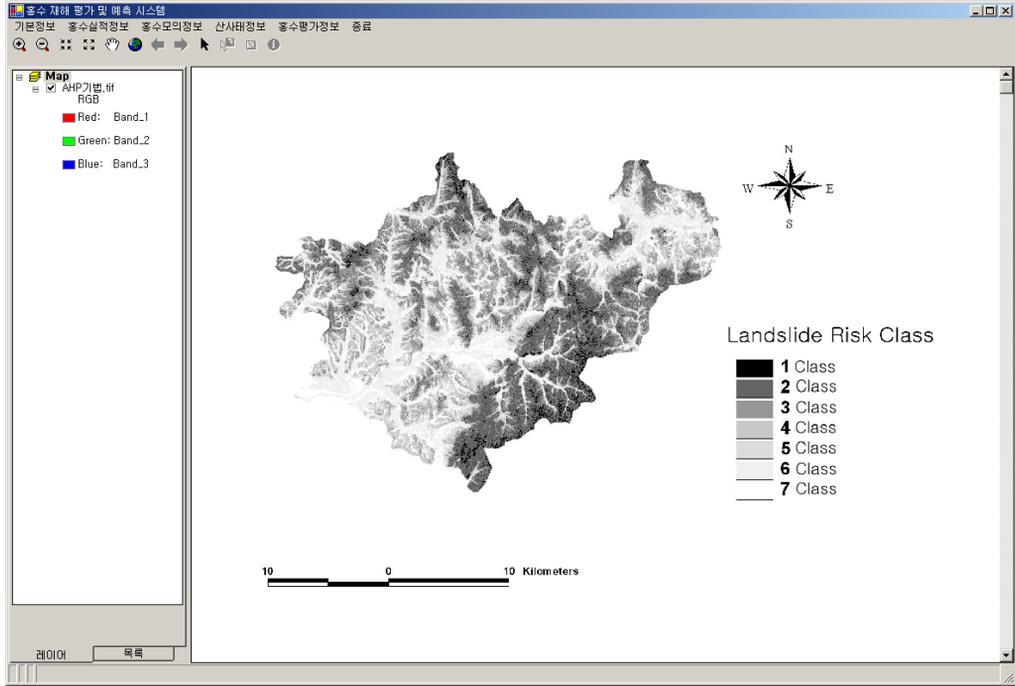
<그림 4-43> 모의모형 중 HEC-HMS 실행 모습

## 라. 산사태 정보

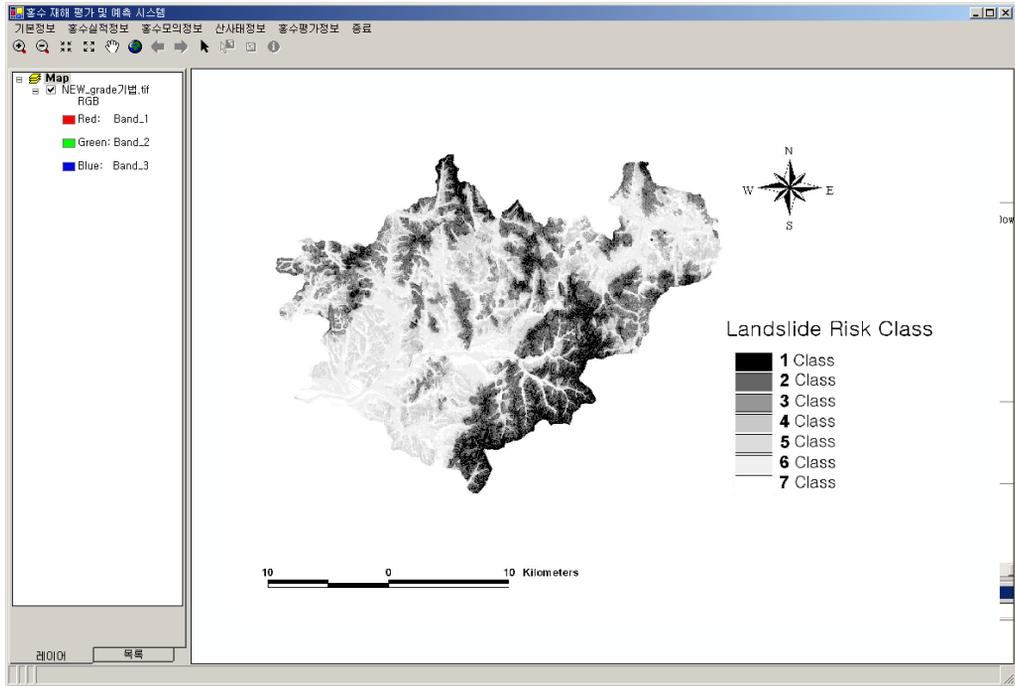
산사태 정보는 Logistic 회귀분석, AHP기법, New-Grade 기법이 있다. 각 등급별 산사태 위험도를 나타내는 화면을 <그림 4-44> ~ <그림 4-46>에 보여주고 있다.



<그림 4-44> Logistic 회귀분석 화면



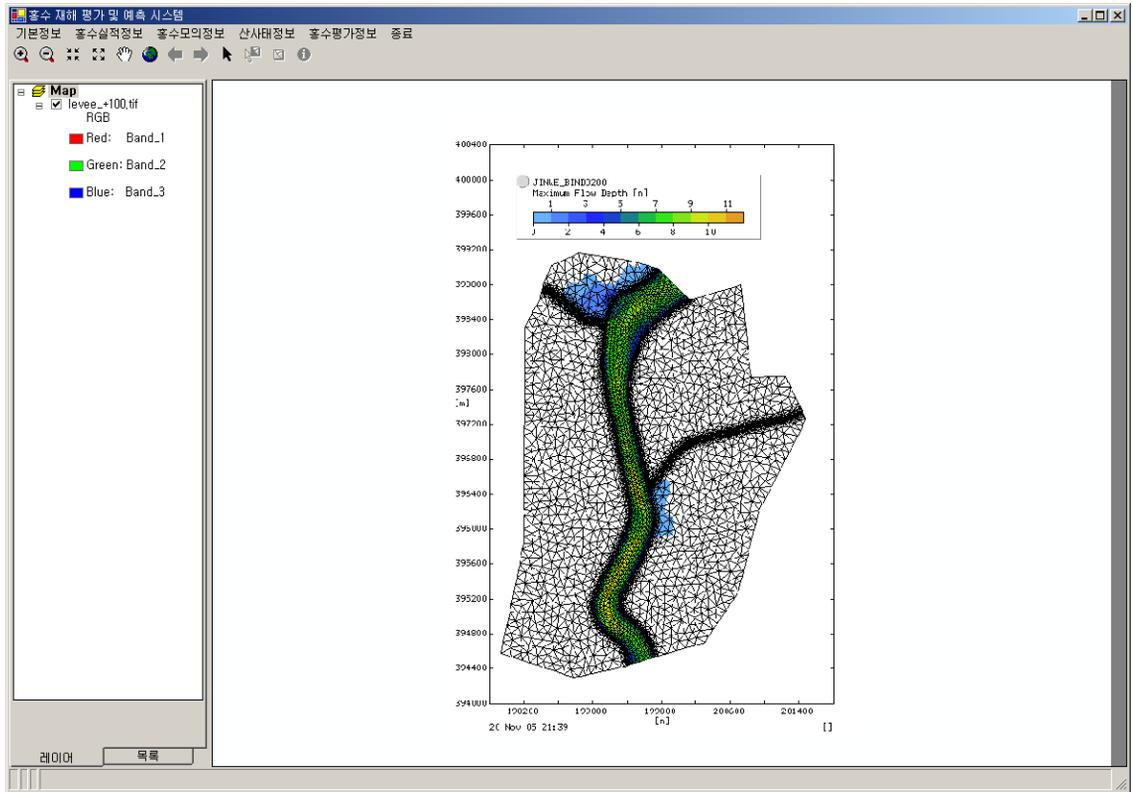
<그림 4-45> AHP 기법 화면



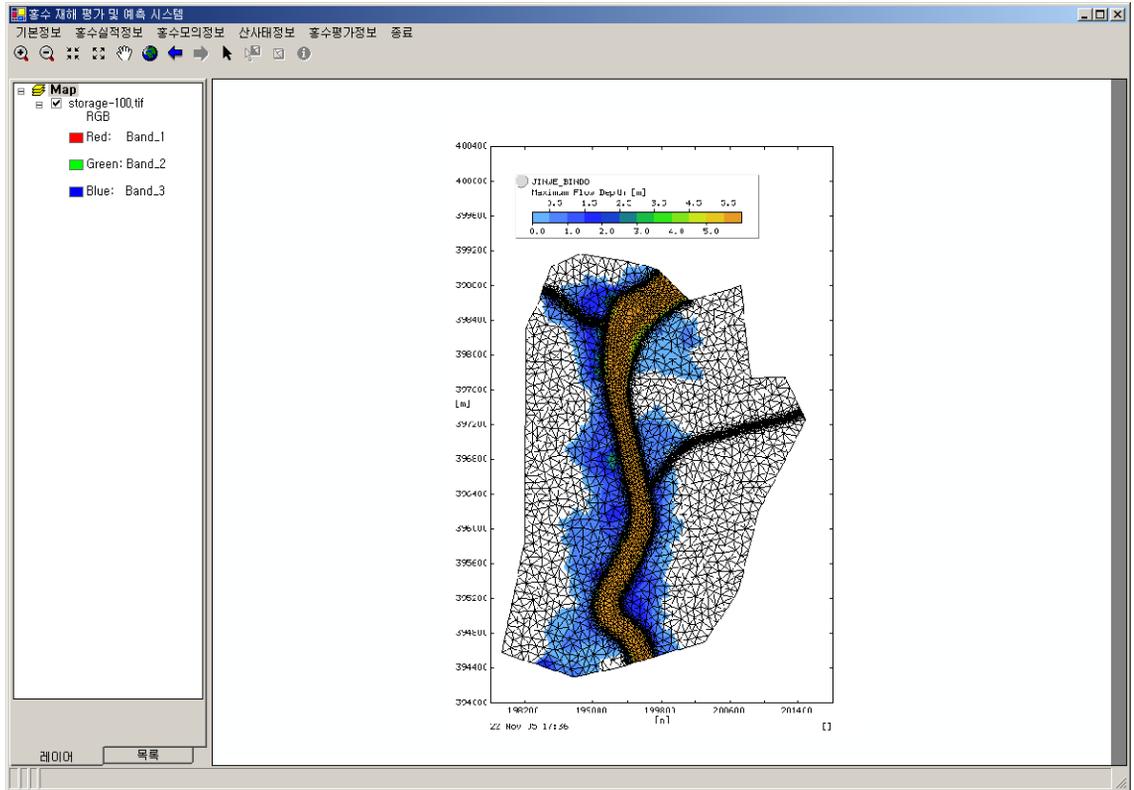
<그림 4-46> New-Grade 기법 화면

## 마. 홍수평가정보

홍수평가정보에는 홍수평가산정과 홍수피해액 저감방안이 있다. 홍수피해액 저감방안에는 제방고와 천변저류지로 나누어진다. <그림 4-47>과 <그림 4-48>은 각각 제방고와 천변저류지 모습이다.



<그림 4-47> 제방고 조회 화면



<그림 4-48> 천변저류지 조회 화면

## 제 6 절 요약 및 결론

### 1. 연구 요약

본 연구에서는 홍수재해평가 및 예측 시스템을 개발하였다. 시스템은 VB.Net과 ArcObject를 이용하여 개발하였으며, DB는 Access DB를 이용하였다. mdb파일의 경우 어느 시스템에서 쉽게 접근할 수 있는 데이터베이스 파일이다.

#### o 사용자 인터페이스 구성

화면은 크게 메뉴 및 툴바, 레이어화면, 맵화면으로 나누어 초보자도 쉽게 구분지어 볼 수 있도록 단순화 시켰다. 툴바의 경우 맵을 쉽게 다룰 수 있는 기능을 가지고 있다. 예를 들어, 화면 이동, 확대, 축소 등이 있다.

#### o 데이터베이스와 시스템 설계 및 구축

데이터베이스는 도형과 속성으로 나누어지며 조회 및 검색에 사용되도록 하였다. 메뉴 구성은 기본정보, 홍수실적정보, 홍수모의정보, 산사태정보, 홍수평가정보로 나누어진다. 기본정보는 주로 주제도를 조회할 수 있는 메뉴이고, 홍수실적정보는 연도별로 안성천과 진위천의 홍수피해액 현황을 검색할 수 있는 기능이 있다. 홍수모의 정보에서는 빈도별 홍수정보를 확인할 수 있으며 HEC 응용프로그램을 통해 모의모형을 확인할 수 있다. 산사태 정보 및 홍수평가정보에서는 각 기법의 결과와 홍수피해액 저감방안을 확인할 수 있다.

### 2. 연구 결론

본 시스템은 VB.Net과 ArcObject를 이용하여 구축하였으며, 데이터베이스를 구축한 자료로는 연구 대상지역인 안성천 유역의 다양한 홍수 관련 데이터들이다. 구축된 데이터베이스를 통해서 여러 가지 다양한 데이터를 손쉽게 조회하고, 필요한 여러 정보를 추출할 수 있도록 개발하였다. 또한, 사용자의 편의를 위하여 화면 구성도 알아보기 쉽도록 구성하

였으며, 틀바에 다양한 기능을 포함시켜 맵을 다루기 쉽게 개발하였다. 본 시스템을 이용하면 향후 다양한 홍수 관련 분석이 가능할 것으로 사료된다.

본 시스템에서 추가적으로 필요한 부분은 자료 검색이나 다양한 조회 기능을 갖추고 있지만, 모의 모형 기능은 현재 다른 응용프로그램을 통해 지원하고 있다. 따라서 이에 따른 의사결정 지원이 미흡하며 향후 본 시스템에서 보완되어야 할 사항이다. 또한, DB의 지속적인 갱신을 통한 새로운 홍수 정보의 확보를 통한 DB 갱신이 향후 지속적으로 이루어져야 할 부분이다. 이러한 노력을 통하여 향후 본 시스템이 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

---

제 5 장  
종 합 결 론

---

## 제 5 장 종합결론

본 연구는 농촌지역의 홍수피해 정보화, 예방 및 방어능력 제고를 위한 다양한 정보제공을 목적으로 다음과 같이 3개의 분야 즉, ① RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기법 개발, ② 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발, ③ 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의시스템 개발로 구성되어 있다. 각 세부 연구 과제를 다음과 같이 요약·정리할 수 있다.

### 제 1 절 RS, GIS를 이용한 안성천 지역의 홍수재해 전후 농촌수자원 평가 및 예측기법 개발

고해상도 영상을 이용한 침수피해 분석을 위해 RADARSAT-1 영상을 선정하여 홍수재해에 대한 집중 분석을 실시하였다. Logistic회귀분석과 AHP기법의 산사태위험지도 작성기법을 복합한 New-Grade 산사태위험 지도를 작성하여 산사태의 분류정확도를 높일 수 있었다. 농경지 홍수범람모의를 위하여 HEC-HMS와 FLUMEN 모형의 적용성을 검토하였으며, 제방보축과 천변저류지에 의한 침수 저감효과를 모의하였다.

본 연구의 결과는 농촌지역의 홍수재해와 관련한 과거 자료의 공간적 구축, 홍수에 대비한 침수저감의 구조적 대책 수립(제방보축 및 천변저류지 조성 등)에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 제 2 절 홍수재해 전후의 토사/영양물질 조사 및 분석기법 개발

안성시 고삼저수지 상류의 소유역을 대상으로 강우가 집중되는 3~5월, 7~9월에 홍수재해 전후의 유출량과 오염농도를 실측하여 분석하였으며, 강우 형태에 따른 오염물질의 배출특성을 알아보기 위해 유역관리모형인 BASINS/WinHSPF 모형을 적용하였다. 적용된 모형에 대상지구의 강우량, 강우강도, 강우지속시간 등의 확률강우를 산정하여 강우에 따른 홍수재해 전후의 오염물질 배출 특성을 파악하고 이에 따른 오염 물질 저감 방안에 대해 연구하였다.

### 제 3 절 홍수재해 평가 및 예측을 위한 사용자 편의 시스템 개발

본 연구의 목적은 홍수재해 평가 및 예측을 위하여 사용자 편의 시스템을 개발하는 것이다. 시스템은 VB.Net과 ArcObject를 이용하여 개발하였으며, DB는 Access DB를 이용하였다. 화면은 크게 메뉴 및 툴바, 레이아웃화면, 맵화면으로 나누어 초보자도 쉽게 구분지어 볼 수 있도록 단순화시켰다. 메뉴 구성은 기본정보, 홍수실적정보, 홍수모의정보, 산사태정보, 홍수평가정보로 나누었다. 툴바의 경우 맵을 쉽게 다룰 수 있는 기능을 갖도록 하였다. 데이터베이스는 도형과 속성으로 나누었으며, 조회 및 검색에 사용되도록 하였다. 데이터베이스를 구축한 자료는 연구 대상지역인 안성천 유역의 다양한 홍수 관련 데이터들이다. 본 시스템은 구축된 데이터베이스를 통해서 여러 가지 다양한 홍수 관련 데이터를 손쉽게 조회하고, 필요한 여러 정보를 추출할 수 있도록 개발하였기에 향후 다양한 홍수 관련 분석이 가능할 것으로 사료된다.

---

## 참 고 문 헌

---

## 참 고 문 헌

1. 강승목, 김선주, 이주용, 2006, 소유역의 강우에 따른 영양물질 배출 특성 연구, 2006한국농공학회 학술발표회 논문집.
2. 건설교통부, 2000, 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 건설교통부.
3. 건설교통부, 2002, 안성천 수계 하천정비 기본계획서
4. 건설교통부, 한국수자원공사. 2000. 수자원장기종합계획보고서 : Water vision 2020
5. 건설교통부, 서울지방국토관리청(2002) 안성천수계 하천정비기본계획.
6. 국립환경연구원, 1998, 수질개선시스템 개발(VI)
7. 권형중, 김성준. 2003. TOPMODEL과 Muskingum 기법을 연계한 안성천유역의 홍수유출 분석. 한국지리정보학회지 6(1): 1-11.
8. 김정섭 외 5인, 1998, 환경시스템 최적화, 동화기술
9. 김계현, 2000, GIS 개론, 대영사
10. 김계현, 신성필, 2000, “농업용수 수질정보 종합관리시스템의 개발”, 대한환경공학회 논문집
11. 김계현, 2004, 공간분석, 도서출판 두양사
12. 김범철, 최광순, 김철구, 이유희, 김윤희, 1997, 강우시 소양강의 소유역으로부터 비점오염원의 유출특성, 1997한국수질보전학회 추계학술발표회 논문집.
13. 김상민, 박승우, 2004, 농촌소유역의 오염부하추정을 위한 HSPF 모형의 보정과 검증, 한국수자원학회논문집 37(8), pp. 643-651.
14. 김상호. 2006. GIS기반 홍수지도의 개발. 환경대학교 대학원 석사학위논문. 60-79쪽.
15. 김 훈(2004) 지역빈도 강우자료와 HEC-RAS를 이용한 농지침수지역 추정. 박사학위논문, 서울대학교 대학원.
16. 농림부, 2001, 간척지 담수호의 수질관리시스템 개발
17. 농림부, 2003, RS, GIS를 이용한 광역적 농촌 수자원 평가 및 예측기법 개발
18. 농업기반공사, 1998, GIS를 이용한 농업용수 수질정보관리시스템 구축
19. 농업기반공사, 2003, 인공습지 및 우수지에 의한 수질개선 현장시험, 농업기반공사.
20. 농업기반공사, 2005, 북한지역 농업정보 데이터베이스 구축 및 관리시스템 개발
21. 박기춘, 2007, 수질정화체를 설치한 배수로의 수리적 안정성 검토, 건국대학교 석사학위 논문.

22. 박병욱, 김철 (1997). “원격탐사 자료를 이용한 자연재해분석에 관한 연구.” 한국측지학회논문집, 한국측지학회지, 제15권, 제2호, pp. 237-244.
23. 박종민. 2003. GIS를 이용한 농경지 침수모의시스템 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 109-122쪽.
24. 박준일, 신형우, 조봉철, 장영태. 2000. 남강댐 유역에서의 HEC-HMS 모형의 적용성. 생산기술연구소논문집 16(1): 161-167.
25. 배용훈, 고덕구, 조용식(2005) FLUMEN 모형을 이용한 홍수범람모의. 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제38권, 제5호, pp. 355-364.
26. 서울대학교, 2006, 비점오염포럼, 서울대학교 농업생명과학대학.
27. 송창화, 1997, 시스템 분석과 설계, 도서출판 대림
28. 신대호 (2004). 단일 기준점을 이용한 RADARSAT SAR 영상의 위성궤도 보정과 3차원 위치결정. 석사학위논문, 연세대학교.
29. 심순보, 김주훈, 임광섭, 오덕근(2003) GIS를 이용한 홍수범람 분석. 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제6권, 제1호, pp. 132-142.
30. 오경두, 홍일표, 전병호, 안원식, 이미영 (2006). “GIS기반 산사태 예측모형의 적용성 평가”, 한국수자원학회, 39권 1호, pp. 23-33.
31. 여중현, 김건하, 2005, 도시, 농촌 및 임야유역으로부터 배출되는 비점원 오염부하의 특성비교, 한국물환경학회지 21(2), pp. 184-189.
32. 이규성, 김양수, 이선일 (2000). “시계열 위성레이더 영상을 이용한 침수지 조사.” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제24권, 제5D호, pp. 823-828.
33. 이명진, 이사로, 원중선 (2004). “GIS와 원격탐사를 이용한 강릉지역 산사태 연구 - 산사태발생위치와 영향인자와의 상관관계분석”, 자원환경지질, 대한자원환경지질학회, Vol. 37(4), pp. 425-436.
34. 이미선, 박근애, 김성준 (2004). “태풍 RUSA 전·후의 토지피복변화 분석 기법 연구.” 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제33권, 제4호, pp. 427-435.
35. 이준우, 권형중, 신사철, 김성준. 2003. WMS HEC-1 모형을 이용한 경안천 유역의 경년 수문변화 분석. 한국지리정보학회지 6(1): 107-118.
36. 이진덕, 연상호, 김성길, 이호찬 (2002) 산사태발생 가능지 예측을 위한 GIS의 적용, 한국지리정보학회, 제5권 1호, pp.38-47.
37. 이천용, 최경, 이종학, 이창우 (2002). "GIS를 이용한 산사태 위험지도 작성기법개발" ,

산림과학논문집, 국립산림과학원, Vol. 65, pp. 1-10.

38. 이홍래, 한건연, 김상호, 최현상(1998) 하천 홍수범람해석을 위한 수치모형의 개발 (I):GIS와의 연계해석. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제31권, 제4호, pp. 415-427.
39. 장석환, 구본웅. 2004. GIS를 이용한 한탄강 유역의 홍수량산정. 대진논총, 11(1): 115-128.
40. 장인수. 2004. HEC-HMS 모델을 이용한 산지 소하천유역의 홍수유출량 산정. 한국산업응용학회지 7(3): 281-288.
41. 장재호, 윤춘경, 정광욱, 전지홍, 2006, BASINS/HSPF를 이용한 용담댐 유역의 오염 부하량 산정, 한국육수학회지 39(2), pp.187-197.
42. 정수은, 조효섭, 양동윤, 정관수(20001) GIS를 이용한 영산강 중류의 홍수범람도 작성 연구. 한국수자원학회, 학술발표회 논문집(II), pp. 1044-1049.
43. 정원교, 홍석영, 임상규, 조인상 (1998). “인공위성 영상자료를 이용한 농경지 침수지역 조사.” 1998년도 춘계총회 및 합동 학술대회 특별강연 및 발표 논문초록집, 한국농화학회, pp. 71.
44. 정인균, 이미선, 김성준 (2003). “1:5000 수치지도를 이용한 DEM생성 기법 연구.” 한국농업정보과학회논문집, 한국농업정보과학학회, 제4권, 제1호, pp. 27- 35.
45. 정중호, 윤용남, 2003, 수자원설계실무, 구미서관.
46. 채병곤, 김원영, 조용찬, 겸경수, 이춘오, 최영섭 (2004) 토석류 산사태 예측을 위한 로지스틱 회귀모형 개발, 대한지질공학회, 14권 2호, p.211-222.
47. 최한규, 백효선, 정병하. 2002. 내린천 유역의 HEC-HMS 모형 적용에 관한 연구. 산업기술연구 22(A): 211-218.
48. 한건연, 박재홍(1995) 도시하천에서의 홍수범람도 작성을 위한 2차원 모형의 개발. 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제28권, 제6호, pp. 119-131.
49. 한건연, 이종석, 김상호(1997) 댐 및 하천제방에 대한 위험도 해석기법의 개발:II, 적용 예. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제30권, 제6호, pp. 675-686.
50. 한국농촌공사, 2006, 농업수리시스템과 유희농지를 이용한 수질관리기술 개발, 농림부.
51. 한국수자원공사, 1996, 낙동강 수계 실시간 최적 저수관리 시스템 개발
52. 한국수자원공사, 2003, 하천정보웹서비스시스템 구축 보고서
53. 한국수자원공사, 2003, 하천정보웹서비스시스템 사용자 지침서

54. 한국수자원공사, 2004, 댐유역 오염원 관리방안 연구, 한국수자원공사.
55. 홍성민, 정인균, 이준우, 김성준. 2004. SMS를 이용한 경안천 하류구간의 하천흐름 분석. 한국지리정보학회지 7(1): 94-104.
56. 환경부, 1995, 수질정보종합관리시스템 개발
57. 환경부, 1995, 환경정보화 장기 종합계획
58. Bicknell, B.R., J.C. Imhoff, J.L. Kittle, Jr., T.H. jobs, and A.S. Donigan, Jr., 2001, Hyrdologic Simulation Program-Fortran (HSPF) User's Manual for Version 12, U.S. Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory, Athens, GA.
59. Davis, D.W,1991, A risk and uncertainty based concept for sizing levee projects, Proc. of a Hydrology and Hydraulics Workshop on Riverine Levee Freeboard. U.S. Army Corps of Engineering Center, pp. 231-249.
60. Huff, F. A. ,1964, "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms.", Water Resources Research, Vol 3, No. 4, pp. 1007 ~ 1019.
61. Hummel, P., Kittle, J.Jr., Gray, M., 2001, WDMUtil User's Manual, Wa- ter United States Environmental Protection Agency.
62. Hydrologic Engineering Center,1992, Floodplain analysis tools, User's documentation. US Army Corps of Engineers, Davis, CA.
63. Jensen, R., 2002, 환경원격탐사
64. Johanson, R.C., J.C. Imhoff, J.L. Kittle, and A.S. Donigan, 1984, Hydrol- ogic Simulation Program - Fortran (HSPF): User's Manual, Release 8, EPA 600/3-84-006, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA.
65. National Resources Canada ,2006, "Educational Resources for Radar Remote Sensing,"<[www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/gsarcd/pdf/intro\\_e.pdf](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/gsarcd/pdf/intro_e.pdf)> (2006.01.10)
66. Syme, W.J., and Paudyal, G.N. ,1994, bangladesh flood management model. Proc. of Second International Conference on River Flood Hydraulics, March 22-25, 1994, York, england, pp. 167-176.
67. Saaty, T. L. ,1990, "How to make a Decision: The Analytic Hierarchy Process." European Journal of Operational Research, Vol. 48, pp. 9-26.

68. U.S Army corps of Engineers,1996, Hydrology and Hydraulics Workshop on Risk- Based Analysis for Flood Damage Reduction Studies. Washington D.C.
69. U.S Army corps of Engineers,1997, Hydrology and Hydraulics Workshop on Risk- Based Analysis for Flood Damage Reduction Studies. Publication SP-28. Davis, Calif.

---

# 부 록

---

## 부록 가. 시스템 메인 코드

```
Dim filePath, fileName As String
```

```
Dim swlfrm98 As sWLForm98
```

```
Dim swlfrm00 As sWLForm00
```

```
Dim srfrm98 As srForm98
```

```
Dim srfrm00 As srForm00
```

```
Dim jwfrm As jwFDForm
```

```
Dim asfrm As asFDForm
```

```
Dim frafrm As frAreaForm
```

```
Dim frzfrm As frZoneForm
```

```
Dim pMap As IMap
```

```
Dim pLayer As ILayer
```

```
Dim pOther As Object
```

```
    Dim pIndex As Object
```

```
    Dim pltem As esriTOCControlltem
```

```
Private Sub MainFrm_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
```

```
    AxTOCControl1.SetBuddyControl(AxMapControl1)
```

```
    AxToolbarControl1.SetBuddyControl(AxMapControl1)
```

```
    AxToolbarControl1.AddToolBarDef(New ControlsMapNavigationToolBarClass, -1, False, ,  
esriCommandStyles.esriCommandStyleIconOnly)
```

```
    AxToolbarControl1.AddItem("esricontrolcommands.controlsselecttool", -1, 8, False, ,  
esriCommandStyles.esriCommandStyleIconOnly)
```

```
    AxToolbarControl1.AddItem("esricontrolcommands.controlsselectfeaturestool", -1, 9, False, ,  
esriCommandStyles.esriCommandStyleIconOnly)
```

```
    AxToolbarControl1.AddItem("esricontrolcommands.controlsselectclearselectioncommand", -1, 10, False, ,  
esriCommandStyles.esriCommandStyleIconOnly)
```

```
    AxToolbarControl1.AddItem("esricontrolcommands.ControlsReaderIdentifyTool", -1, 11, False, ,  
esriCommandStyles.esriCommandStyleIconOnly)
```

```
End Sub
```

```
#Region "기본정보메뉴"
```

```

#Region "수자원주제도"
Private Sub fgObservation_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
fgObservation.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\유역도", "유역도.shp")
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\수문관측위치도\수질", "수질
관측망.shp")
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\수문관측위치도\수위", "수위
측정망.shp")
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\수문관측위치도\강우", "우량
측정망.shp")

End Sub

Private Sub tsenNet_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
tsenNet.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\티센망도\티센망도.lyr")
End Sub

Private Sub cnDistribution_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles cnDistribution.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\CN분포도\CN분포도.lyr")
End Sub

Private Sub im1998_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
im1998.Click
    subListlbl.Text = "등우선도(1998)"
    subListbox.Items.Clear()
    subListbox.Items.Add("1998080609")

```

```
subListBox.Items.Add("1998080610")
subListBox.Items.Add("1998080611")
subListBox.Items.Add("1998080612")
subListBox.Items.Add("1998080613")
subListBox.Items.Add("1998080615")
subListBox.Items.Add("1998080617")
subListBox.Items.Add("1998080708")
subListBox.Items.Add("1998080711")
subListBox.Items.Add("1998080717")
subListBox.Items.Add("1998080718")
subListBox.Items.Add("1998080720")
subListBox.Items.Add("1998080721")
subListBox.Items.Add("1998080722")
subListBox.Items.Add("1998080802")
subListBox.Items.Add("1998080803")
subListBox.Items.Add("1998080804")
subListBox.Items.Add("1998080805")
subListBox.Items.Add("1998080806")
subListBox.Items.Add("1998080818")
subListBox.Items.Add("1998080819")
subListBox.Items.Add("1998080820")
subListBox.Items.Add("1998080821")
subListBox.Items.Add("1998080822")
subListBox.Items.Add("1998080823")
subListBox.Items.Add("1998080900")
subListBox.Items.Add("1998080901")
subListBox.Items.Add("1998080902")
subListBox.Items.Add("1998080903")
```

```
If subListBox.SelectedItem = "1998080609" Then
```

```
    AxMapControl1.ClearLayers()
```

```
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080609.shp")
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub im2000_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
im2000.Click
```

```
subListlbl.Text = "등우선도(2000)"  
subListbox.Items.Clear()  
subListbox.Items.Add("2000072211")  
subListbox.Items.Add("2000072212")  
subListbox.Items.Add("2000072213")  
subListbox.Items.Add("2000072214")  
subListbox.Items.Add("2000072215")  
subListbox.Items.Add("2000072216")  
subListbox.Items.Add("2000072217")  
subListbox.Items.Add("2000072218")  
subListbox.Items.Add("2000072219")  
subListbox.Items.Add("2000072220")  
subListbox.Items.Add("2000072221")  
subListbox.Items.Add("2000072222")  
subListbox.Items.Add("2000072223")  
subListbox.Items.Add("2000072300")  
subListbox.Items.Add("2000072301")  
subListbox.Items.Add("2000072302")  
End Sub
```

```
Private Sub riverNet_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
riverNet.Click
```

```
subListlbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
AxMapControl1.ClearLayers()  
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\유역도\", "유역도.shp")  
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\ASRData\수자원주제도\하천망도", "하천망도.shp")  
End Sub
```

```
Private Sub rd1998_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
rd1998.Click
```

```
subListlbl.Text = "강우분포도(1998)"  
subListbox.Items.Clear()  
subListbox.Items.Add("r1998080609")  
subListbox.Items.Add("r1998080610")
```

```
subListBox.Items.Add("r1998080611")
subListBox.Items.Add("r1998080612")
subListBox.Items.Add("r1998080613")
subListBox.Items.Add("r1998080615")
subListBox.Items.Add("r1998080617")
subListBox.Items.Add("r1998080708")
subListBox.Items.Add("r1998080711")
subListBox.Items.Add("r1998080717")
subListBox.Items.Add("r1998080718")
subListBox.Items.Add("r1998080720")
subListBox.Items.Add("r1998080721")
subListBox.Items.Add("r1998080722")
subListBox.Items.Add("r1998080802")
subListBox.Items.Add("r1998080803")
subListBox.Items.Add("r1998080804")
subListBox.Items.Add("r1998080805")
subListBox.Items.Add("r1998080806")
subListBox.Items.Add("r1998080818")
subListBox.Items.Add("r1998080819")
subListBox.Items.Add("r1998080820")
subListBox.Items.Add("r1998080821")
subListBox.Items.Add("r1998080822")
subListBox.Items.Add("r1998080823")
subListBox.Items.Add("r1998080900")
subListBox.Items.Add("r1998080901")
subListBox.Items.Add("r1998080902")
subListBox.Items.Add("r1998080903")
End Sub
```

```
Private Sub rd2000_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
rd2000.Click
```

```
subListBl.Text = "강우분포도(2000)"
subListBox.Items.Clear()
subListBox.Items.Add("r2000072211")
subListBox.Items.Add("r2000072212")
subListBox.Items.Add("r2000072213")
subListBox.Items.Add("r2000072214")
```

```

subListbox.Items.Add("r2000072215")
subListbox.Items.Add("r2000072216")
subListbox.Items.Add("r2000072217")
subListbox.Items.Add("r2000072218")
subListbox.Items.Add("r2000072219")
subListbox.Items.Add("r2000072220")
subListbox.Items.Add("r2000072302")
End Sub

```

```

Private Sub subListbox_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
subListbox.Click
    If subListbox.SelectedItem = "1998080609" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080609.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "1998080610" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080610.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "1998080611" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080611.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "1998080612" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080612.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "1998080613" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080613.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "1998080615" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080615.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "1998080617" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()

```

```

AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080617.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080708" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080708.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080711" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080711.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080717" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080717.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080718" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080718.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080720" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080720.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080721" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080721.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080722" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080722.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080802" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080802.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080803" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",

```

```

"1998080803.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080804" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080804.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080805" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080805.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080806" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080806.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080818" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080818.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080819" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080819.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080820" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080820.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080821" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080821.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080822" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080822.shp")
    ElseIf subListBox.SelectedItem = "1998080823" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\1998080823.shp")

```

```

Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080900" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080900.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080901" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080901.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080902" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080902.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "1998080903" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\1998\",
"1998080903.shp")
End If

If subListbox.SelectedItem = "2000072211" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
"2000072211.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "2000072212" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
"2000072212.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "2000072213" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
"2000072213.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "2000072214" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
"2000072214.shp")
Elseif subListbox.SelectedItem = "2000072215" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",

```

```

"2000072215.shp")
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072216" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072216.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072217" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072217.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072218" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072218.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072219" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072219.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072220" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072220.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072221" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072221.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072222" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072222.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072223" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072223.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
    ElseIf subListbox.SelectedItem = "2000072300" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath &
"2000072300.shp") & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",

```

```

Elseif subListBox.SelectedItem = "2000072301" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
"2000072301.shp")
Elseif subListBox.SelectedItem = "2000072302" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\등우선도\2000\",
"2000072302.shp")
End If

If subListBox.SelectedItem = "r1998080609" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080609.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080610" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080609.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080611" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080611.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080612" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080612.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080613" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080613.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080615" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080615.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080617" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도

```

```

\r1998080617.lyr")
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080708" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080708.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080711" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080711.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080717" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080717.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080718" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080718.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080720" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080720.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080721" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080721.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080722" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080722.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080802" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080802.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080803" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
        AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath &
\r1998080803.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도

```

```

Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080804" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080804.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080805" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080805.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080806" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080806.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080818" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080818.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080819" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080819.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080820" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080820.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080821" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080821.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080822" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080822.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080823" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r1998080823.lyr")
Elseif subListbox.SelectedItem = "r1998080900" Then

```

```

        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r1998080900.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080901" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r1998080901.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080902" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r1998080902.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r1998080903" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r1998080903.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    End If

    If subListBox.SelectedItem = "r2000072211" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r2000072211.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072212" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r2000072212.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072213" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r2000072213.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072214" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r2000072214.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
    Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072215" Then
        AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath
|r2000072215.lyr") & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도

```

```

Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072216" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r2000072216.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072217" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r2000072217.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072218" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r2000072218.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072219" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r2000072219.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072220" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r2000072220.lyr")
Elseif subListBox.SelectedItem = "r2000072302" Then
    AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\강우분포도
\r2000072302.lyr")
End If
End Sub

```

```

Private Sub riverFacilities_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles riverFacilities.Click
    subListBl.Text = ""
    subListBox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\유역도\", "유역도.shp")
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\수자원주제도\하천시설물도", "하천시설물
도.shp")
End Sub

```

```
Private Sub riverSection_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
riverSection.Click
```

```
subListlbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()
```

```
End Sub
```

```
#End Region
```

```
#Region "유역주제도"
```

```
Private Sub waterArea_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
waterArea.Click
```

```
subListlbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
AxMapControl1.ClearLayers()  
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\유역도", "유역도.shp")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub soilMap_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
soilMap.Click
```

```
subListlbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
AxMapControl1.ClearLayers()  
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\토양도\토양도_30m.lyr")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub vegetationMap_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)  
Handles vegetationMap.Click
```

```
subListlbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
AxMapControl1.ClearLayers()  
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\유역도", "유역도.shp")  
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\식생도", "식생도.shp")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub lc1975_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
lc1975.Click
```

```
subListlbl.Text = ""
```

```

subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\토지피복도\토지피복
1975.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub Ic1980_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Ic1980.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\토지피복도\토지피복
1980.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub Ic1985_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Ic1985.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\토지피복도\토지피복
1985.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub Ic1990_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Ic1990.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\토지피복도\토지피복
1990.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub Ic1995_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Ic1995.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()

```

```

AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\토지피복도\토지피복
1995.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub lc2000_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
lc2000.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\토지피복도\토지피복
2000.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub dem3M_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
dem3M.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\표고분포도\dem_3m.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub dem5M_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
dem5M.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\표고분포도\dem_5m.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub dem10M_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
dem10M.Click
subListlbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\ASRData\유역주제도\표고분포도\dem_10m.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub dem20M_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
dem20M.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\표고분포도\dem_20m.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub dem30M_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
dem30M.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\표고분포도\dem_30m.lyr")
End Sub

```

```

Private Sub adsec_do_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
adsec_do.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\행정구역도\", "행정구역도_
도.shp")
End Sub

```

```

Private Sub adsec_gu_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
adsec_gu.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\행정구역도\", "행정구역도_
구.shp")
End Sub

```

```

Private Sub adsec_dong_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
adsec_dong.Click
    subListlbl.Text = ""

```

```

subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\행정구역도\", "행정구역도_
등.shp")
End Sub
#End Region

#End Region

#Region "홍수실적정보메뉴"

Private Sub floodingResults_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
floodingResults.Click

subListbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
AxMapControl1.ClearLayers()
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\행정구역도\", "행정구역도_
등.shp")
AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\침수실적도\", "침수실적도.shp")

frafrm = New frAreaForm
frafrm.Show()

End Sub

Private Sub jwRiver_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
jwRiver.Click

subListbl.Text = ""
subListbox.Items.Clear()
jwfrm = New jwFDForm
jwfrm.Show()

End Sub

Private Sub asRiver_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles

```

asRiver.Click

```
subListbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
asfrm = New asFDForm  
asfrm.Show()  
End Sub
```

Private Sub swl1998\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
swl1998.Click

```
subListbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
swlfrm98 = New sWLForm98  
swlfrm98.Show()  
End Sub
```

Private Sub swl2000\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
swl2000.Click

```
subListbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
swlfrm00 = New sWLForm00  
swlfrm00.Show()  
End Sub
```

Private Sub sr1998\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
sr1998.Click

```
subListbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
srfrm98 = New srForm98  
srfrm98.Show()  
End Sub
```

Private Sub sr2000\_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
sr2000.Click

```
subListbl.Text = ""  
subListbox.Items.Clear()  
srfrm00 = New srForm00  
srfrm00.Show()
```

```

End Sub

Private Sub satelitelmng_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
satelitelmng.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\위성영상\위성영상.lyr")
    AxMapControl1.AddShapeFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\유역주제도\유역도\", "유역도Line.shp")
End Sub

#End Region

#Region "홍수모의정보메뉴"

Private Sub freq100y_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
freq100y.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\빈도별\frequecny_100y.lyr")
End Sub

Private Sub freq200y_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
freq200y.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\빈도별\frequecny_200y.lyr")
End Sub

Private Sub freq500y_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
freq500y.Click
    subListlbl.Text = ""
    subListbox.Items.Clear()
    AxMapControl1.ClearLayers()
    AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\빈도별\frequecny_500y.lyr")
End Sub

```

#End Region

```
Private Sub menuExit_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
menuExit.Click  
AxMapControl1.ClearLayers()  
Me.Dispose()  
End Sub
```

```
Private Sub AxMapControl1_OnMouseDown(ByVal sender As Object, ByVal e As  
ESRI.ArcGIS.MapControl.IMapControlEvents2_OnMouseDownEvent) Handles AxMapControl1.OnMouseDown
```

```
If pLayer.Name.ToString = "침수실적도" Then
```

```
    If e.button = 1 Then
```

```
        MsgBox(pltem.esriTOCControlItemLegendClass.ToString)
```

```
'MsgBox("x: " & e.x.ToString & ", y: " & e.y.ToString)
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub AxTOCControl1_OnMouseDown(ByVal sender As Object, ByVal e As  
ESRI.ArcGIS.TOCControl.ITOCControlEvents_OnMouseDownEvent) Handles AxTOCControl1.OnMouseDown
```

```
pMap = New MapClass
```

```
pLayer = New FeatureLayerClass
```

```
pOther = New Object
```

```
    pIndex = New Object
```

```
    pltem = New esriTOCControlItem
```

```
AxTOCControl1.HitTest(e.x, e.y, pltem, pMap, pLayer, pOther, pIndex)
```

```
If (e.button = 1) Then
```

```
    If pLayer.SupportedDrawPhases = 0 Then
```

```

                MsgBox("test")
            End If

            End If
        End Sub

        Private Sub logistic_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
logistic.Click
            subListlbl.Text = ""
            subListbox.Items.Clear()
            AxMapControl1.ClearLayers()
            AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\산사태관련\로지스틱회기분석.lyr")
        End Sub

        Private Sub newgrade_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
newgrade.Click
            subListlbl.Text = ""
            subListbox.Items.Clear()
            AxMapControl1.ClearLayers()
            AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\산사태관련\New_grade기법.lyr")
        End Sub

        Private Sub jebang_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
jebang.Click
            subListlbl.Text = ""
            subListbox.Items.Clear()
            AxMapControl1.ClearLayers()
            AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\제방고\levee_+100.lyr")
        End Sub

        Private Sub chunbyun_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
chunbyun.Click
            subListlbl.Text = ""
            subListbox.Items.Clear()
            AxMapControl1.ClearLayers()
            AxMapControl1.AddLayerFromFile(Application.StartupPath & "\\ASRData\천변저류지\storage-100.lyr")
        End Sub

```

## 부록 나. 홍수실적 정보 조회 코드

```
Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Dim DSin, DSin2 As DataSet
Dim MDBPath As String = Application.StartupPath & "\ASRData\anseong.mdb"
Dim sqlstr As String
    Dim mfrm As New MainForm
Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnClose.Click
Me.Close()
End Sub

    Private Sub asFDForm_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MyBase.Load
mfrm = New MainForm
If System.IO.File.Exists(MDBPath) = False Then
    MessageBox.Show("자동입력 파일이 없습니다.", "파일오류", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Information)
Me.Close()
Else
    MyConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" &
"Data Source= " & MDBPath & ";")
sqlstr = "select * from 안성천_홍수피해액"
MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sqlstr, MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("안성천_홍수피해액")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("안성천_홍수피해액"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
End If
    End Sub

    Private Sub yearcbx_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles yearcbx.SelectedIndexChanged
```

```
Dim i, j As Integer
```

```
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1
```

```
If yearcbx.SelectedIndex = i Then
```

```
    totaltbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(1), 0))
```

```
    gentbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(2), 0))
```

```
    intbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(3), 0))
```

```
    in2tbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(4), 0))
```

```
    hatbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(5)))
```

```
    buildingtbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(6), 0))
```

```
    shiptbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(7), 0))
```

```
    fstbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(8), 0))
```

```
    ftbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(9), 0))
```

```
    pftbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(10), 0))
```

```
    ecttbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(11), 0))
```

```
End If
```

```
    Next
```

```
End Sub
```

```
Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
```

```
Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
```

```
Dim DSin, DSin2 As DataSet
```

```
Dim MDBPath As String = Application.StartupPath & "\ASRData\anseong.mdb"
```

```
Dim sqlstr As String
```

```
    Dim mfrm As New MainForm
```

```
Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
```

```
    btnClose.Click
```

```
Me.Close()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub jwFDForm_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
MyBase.Load
```

```
mfrm = New MainForm
```

```
If System.IO.File.Exists(MDBPath) = False Then
```

```
    MessageBox.Show("자동입력 파일이 없습니다.", "파일오류", MessageBoxButtons.OK,  
    MessageBoxIcon.Information)
```

```

Me.Close()
Else
    MyConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" &
    "Data Source= " & MDBPath & ";")
    sqlstr = "select * from 진위천_홍수피해액"
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sqlstr, MyConnection)

    DSin = New DataSet
    DSin.Tables.Add("진위천_홍수피해액")
    MyCommand.Fill(DSin.Tables("진위천_홍수피해액"))
    MyConnection.Close()

    DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
End If
End Sub

Private Sub yearcbx_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles yearcbx.SelectedIndexChanged
Dim i, j As Integer

    For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1

If yearcbx.SelectedIndex = i Then
        totaltbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(1), 0))
        gentbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(2), 0))
        intbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(3), 0))
        in2tbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(4), 0))
        hatbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(5)))
        buildingtbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(6), 0))
        shiptbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(7), 0))
        fstbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(8), 0))
        ftbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(9), 0))
        pftbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(10), 0))
        etctbx.Text = CStr(FormatNumber(DSin.Tables(0).Rows(i).Item(11), 0))
    End If

        Next
    End Sub

```

## 부록 다. 시수위, 시우량 조회 코드

```
Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Dim DSin, DSin2 As DataSet
Dim MDBPath As String = Application.StartupPath & "\ASRData\anseong.mdb"
Dim sql(8) As String
    Dim mfrm As New MainFrm

Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnClose.Click
Me.Close()
End Sub

    Private Sub srForm00_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
mfrm = New MainFrm
If System.IO.File.Exists(MDBPath) = False Then
    MessageBox.Show("자동입력 파일이 없습니다.", "파일오류", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Information)
Me.Close()
Else
    MyConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" &
"Data Source= " & MDBPath & ";")
sql(0) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='기흥'"
sql(1) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='서운'"
sql(2) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='성거'"
sql(3) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='성환'"
sql(4) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='수원'"
sql(5) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='양감'"
sql(6) = "select * from 시우량_2000 where 관측소명='양성'"
sql(7) = "select * from 시우량_2000"
End If

End Sub

    Private Sub obsNamecbx_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles obsNamecbx.SelectedIndexChanged
```

```

Dim i, j As Integer
    If obsNamecbx.SelectedItem = "기흥" Then

        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(0), MyConnection)

        DSin = New DataSet
        DSin.Tables.Add("시우량_2000")
        MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
        MyConnection.Close()

        DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
        DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
        For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
            For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
                If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                    DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
                End If
            Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
    ElseIf obsNamecbx.SelectedItem = "서윤" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(1), MyConnection)

        DSin = New DataSet
        DSin.Tables.Add("시우량_2000")
        MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
        MyConnection.Close()

        DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
        DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
        For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
            For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
                If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                    DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
                End If
            End If
        End If
    End If

```

```

        Next
    Next
    'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "성거" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(2), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
        Next
    Next
    'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "성환" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(3), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1

```

```

If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
    DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If

    Next
Next
'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "수원" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(4), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
    DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If

    Next
Next
'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "양감" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(5), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")

```

```

DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "양성" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(6), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "모두" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(7), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_2000"))

```

```

MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")

For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_2000")

End If
End Sub

Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Dim DSin, DSin2 As DataSet
Dim MDBPath As String = Application.StartupPath & "\ASRData\anseong.mdb"
Dim sql(12) As String

Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnClose.Click
Me.Close()
End Sub

Private Sub srForm98_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles MyBase.Load
If System.IO.File.Exists(MDBPath) = False Then
        MessageBox.Show("자동입력   파일이   없습니다.",   "파일오류",   MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Information)
Me.Close()
Else
        MyConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" &
"Data Source= " & MDBPath & ".")

```

```

sql(0) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='기흥'"
sql(1) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='서운'"
sql(2) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='성거'"
sql(3) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='성환'"
sql(4) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='수원'"
sql(5) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='양감'"
sql(6) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='양성'"
sql(7) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='원삼'"
sql(8) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='이동'"
sql(9) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='평택'"
sql(10) = "select * from 시우량_1998 where 관측소명='회화'"
sql(11) = "select * from 시우량_1998"
End If

```

End Sub

```

Private Sub obsNamecbx_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles obsNamecbx.SelectedIndexChanged
Dim i, j As Integer
If obsNamecbx.SelectedItem = "기흥" Then

MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(0), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
Next
Next

```

```

'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "서운" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(1), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
    DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
    Next
Next
'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "성거" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(2), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
    DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""

```

```

End If

        Next
    Next
    'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "성환" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(3), MyConnection)

    DSin = New DataSet
    DSin.Tables.Add("시우량_1998")
    MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
    MyConnection.Close()

    DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
    DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
    For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
    For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
    If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
            DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
    End If
        Next
    Next
    'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "수원" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(4), MyConnection)

    DSin = New DataSet
    DSin.Tables.Add("시우량_1998")
    MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
    MyConnection.Close()

    DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
    DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
    For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1

```

```

For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If

                Next
Next
'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "양감" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(5), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If

                Next
Next
'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "양성" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(6), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

```

```

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "원삼" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(7), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "이동" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(8), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")

```

```

MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "평택" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(9), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "회화" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(10), MyConnection)

```

```

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "모두" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql(11), MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시우량_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시우량_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")

For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시우량_1998")

```

```

End If
    End Sub

Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Dim DSin, DSin2 As DataSet
Dim MDBPath As String = Application.StartupPath & "\ASRData\anseong.mdb"
Dim sql1, sql2, sql3 As String

    Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnClose.Click
Me.Close()
End Sub

    Private Sub sWlForm00_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MyBase.Load
If System.IO.File.Exists(MDBPath) = False Then
    MessageBox.Show("자동입력    파일이    없습니다.",    "파일오류",    MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Information)
Me.Close()
Else
    MyConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" &
"Data Source= " & MDBPath & ";")
sql1 = "select * from 시수위_2000 where 관측소명='동연교'"
sql2 = "select * from 시수위_2000 where 관측소명='평택'"
sql3 = "select * from 시수위_2000"
End If

    End Sub

    Private Sub obsNamecbx_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles obsNamecbx.SelectedIndexChanged
Dim i, j As Integer
    If obsNamecbx.SelectedItem = "동연교" Then

        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql1, MyConnection)

```

```

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시수위_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시수위_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시수위_2000")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "평택" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql2, MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시수위_2000")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시수위_2000"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        Next
        'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시수위_2000")

```

```

Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "모두" Then
    MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql3, MyConnection)

    DSin = New DataSet
    DSin.Tables.Add("시수위_2000")
    MyCommand.Fill(DSin.Tables("시수위_2000"))
    MyConnection.Close()

    DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")

    For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
    For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
    If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
        DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
    End If
        Next
    Next
    'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

    DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시수위_2000")

End If
End Sub

Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Dim DSin, DSin2 As DataSet
Dim MDBPath As String = Application.StartupPath & "\ASRData\anseong.mdb"
Dim sql1, sql2, sql3 As String

Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnClose.Click
Me.Close()
End Sub

Private Sub sWlForm98_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MyBase.Load

```

```

If System.IO.File.Exists(MDBPath) = False Then
    MessageBox.Show("자동입력    파일이    없습니다.",    "파일오류",    MessageBoxButtons.OK,
    MessageBoxIcon.Information)
Me.Close()
Else
    MyConnection = New System.Data.OleDb.OleDbConnection("Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" &
    "Data Source= " & MDBPath & ".")
    sql1 = "select * from 시수위_1998 where 관측소명='동연교'"
    sql2 = "select * from 시수위_1998 where 관측소명='평택'"
    sql3 = "select * from 시수위_1998"
End If

    End Sub

    Private Sub obsNamecbx_SelectedIndexChanged(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles obsNamecbx.SelectedIndexChanged
Dim i, j As Integer
    If obsNamecbx.SelectedItem = "동연교" Then

        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql1, MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시수위_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시수위_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
        DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
        Next
    Next
    'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

```

```

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시수위_1998")
Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "평택" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql2, MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시수위_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시수위_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")
DSin.Tables(0).Columns.Remove("관측소명")
For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If
                Next
        Next
        MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

        DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시수위_1998")

Elseif obsNamecbx.SelectedItem = "모두" Then
        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter(sql3, MyConnection)

DSin = New DataSet
DSin.Tables.Add("시수위_1998")
MyCommand.Fill(DSin.Tables("시수위_1998"))
MyConnection.Close()

DSin.Tables(0).Columns.Remove("ID")

For i = 0 To DSin.Tables(0).Rows.Count - 1 Step 1
For j = 0 To DSin.Tables(0).Columns.Count - 1 Step 1
If DSin.Tables(0).Rows(i).IsNull(j) = True Then
                DSin.Tables(0).Rows(i).Item(j) = ""
End If

```

Next

Next

'MsgBox(DSin.Tables(0).Columns(0).ToString)

DataGrid1.DataSource = DSin.Tables("시수위\_1998")

End If

End Sub

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.