

홍수에경보 현황 및 개선방향

서 병 하 인하대학교 토목공학과 교수

1. 서론

우리 나라는 여름철에 년 강우량의 2/3가 내리며 국지성 집중호우가 빈발하는 기상학적으로 특이한 강우특성을 가지고 있으며, 좁은 국토에 많은 인구를 수용하기 위한 토지이용의 고도화와 경제발전과 산업구조의 다양화로 인하여 도시로의 인구와 자산의 집중현상은 호우피해의 대형화, 다원화를 가져올 수 밖에 없는 자연적, 인문적인 취약점을 가지고 있다. 우리 나라의 최근 10년간(1986년~1995년) 발생한 재해현황은 총 278회(호우 90, 태풍 21, 폭풍 116, 기타 51)로 매년 246명의 인명과 4천 6백억원에 달하는 재산피해가 평균적으로 발생했으며, 또한, 재해복구를 위한 비용으로 5천 2백억원 정도가 매년 소요되고 있다(한기선, 1996). 우리 나라에서 발생한 기상재해의 대부분은 홍수기(6~9월)에 집중되며, 그중 최다발생빈도를 나타내고 있는 것은 호우와 폭풍 및 태풍으로 전체 기상재해의 약 75% 정도를 차지하고 있다.

우리 나라 홍수재해의 특징은 기상학적·지형학적·사회경제적인 요인으로 구분할 수 있다. 기상학적인 요인으로는 여름철 북태평양 고기압의 영향에 따른 장마와 폭우를 동반하는 2~3개 정도의 태풍으로 인한 집중호우에 의해 홍수피해가 발생한다. 우리 나라 전역에서 일 강우량이 80mm 이상 되는 호우의 발생 회수는 연평균 25회 정도이고, 150mm 이상의 강한 호우는 연평균 7회 정도로 전체 호우의 약 85% 정도가 6~9월의 홍수기에 발생한다. 호우발생빈도가 높은 지역으로는 남해안, 지리산 부근의 산청지방, 강화를 중심으로 한 경기 북부지방, 대관령 부근의 산간 지방과 제주도 지방이다. 지형학적인 요인으로는 전국토의 2/3 이상이 산지로 구성되어 있고 동고서저의 지형에 따라 대부분의 중소하천은 급류가 많고 호우가 하천유역에 집중되는 경향이 있다. 또한, 산지의 대부분은 풍화된 화강암과 편마암으로 구성되어 피복도가 낮고 수분함유 능력이 적어 대량의 토사나 암석이 밀려와 산사태와 토사유출로 인해 홍수피해를 가중시키는 경향이 있다. 사회경제적인 요

인으로는 산업화와 도시화의 결과로 인한 토지이용의 고도화에 따라 재해요인이 해마다 증가하는 추세에 있으며, 증가된 재해요인은 재해 발생시에 서로 연관되어 그 파급효과가 미치는 영향은 상당히 광범위하다.

특히 1998년에는 지구 온난화, 엘리뇨, 라니냐 등으로 인한 기상이변이 세계도처에서 발생하였으며, 우리 나라도 예외는 아니어서 7월 31일부터 20여일 동안 소위 게리라성 호우라 불리울 만큼 전국 곳곳에 집중호우가 발생하여 1조 3000여억원에 달하는 기록적인 홍수피해를 유발하였다.

이러한 홍수피해를 줄이기 위해서는 홍수조절 및 방어계획과 관련한 방재 대책을 수립하여야 한다. 방재 대책으로는 구조적 대책과 비구조적 대책으로 구분되고, 비구조적 대책의 일환으로 구축되는 홍수예경보 시스템은 재해예방과 재해응급대책, 재해복구 등의 3단계로 분류되는 방재체제 중 예방과 응급대책에 준하는 방재활동이라 할 수 있다. 홍수예경보의 목표는 홍수피해 경감에 있으며 홍수피해의 정의가 다원화되고 있는 추세에서 각 나라는 국민의 생명과 재산을 보호할 목적뿐만 아니라 민생안전의 차원에서 지속적인 홍수예경보시스템의 향상과 개선을 위해 노력하고 있다.

홍수예경보시스템은 홍수관측망과 예측과정, 예경보과정 등으로 구성된다. 홍수기에 간헐적으로 발생하는 홍수특성에 따라 홍수예경보시스템은 항상 지속적으로 가동되는 저수관리 시스템과는 달리 홍수 징후가 예견될 때마다 수시로 운영된다. 홍수사상에 관련된 수문 기상학적인 조건이 탐지되면 홍수관측망이 가동되어 주어진 시간간격에 따라 관측치가 입수되고, 이들 자료를 이용하여 홍수수문곡선 등의 예측과정이 일차적으로 수행된다. 이러한 예측 결과를 토대로 이차적으로 홍수예경보의 발령여부를 판단하게 된다. 따라서 일반적인 홍수예경보시스템은 홍수 징후와 홍수량 예측과정을 합친 예측시스템과 홍수재난을 알리는 경보시스템으로 구분할 수 있다.

이러한 홍수예경보를 포함한 치수·방재 대책과 더불어 우리 나라에 최근에는 극심한 가뭄이 닥친바가 있고 세계적으로 보면 우리 나라는 수자원 빈국으로 평가되어 치수는 물론 이수문제도 중요한, 국가가 서둘러서 그 대책을 수립해야 할 수자원 문제로 논란이 되고 있다. 최근 경제 발전에 따른 도시로의 인구와 산업 집중 현상으로 치수, 이수, 환경면에서 여러 가지 문제가 야기되고 있어, 이러한 문제를 해결하기 위한 필요성이 크게 대두되고 있다. 하천 관리자가 하천을 합리적으로

로 관리하기 위하여는 우선 종래의 치수 위주의 하천 관리는 물론 이수, 그리고 하천환경 관리를 적극적으로 검토할 필요가 있다. 한마디로 말하면 하천유역에서는 물이 많이 흘러서 발생하는 홍수재해와 물이 너무 적게 흘러서 발생하는 가뭄재해 문제가 반복 발생하여 인간에게 많은 인명적, 경제적 손실을 야기시킨다는 것이다. 그리고 최근에 경제발전과 함께 심각하게 논란이 되는 하천환경 문제도 수자원 기술자가 반드시 하천관리에 있어서 고려해야 할 중요한 이슈 중의 하나라고 할 수 있다. 하천의 이수, 치수, 환경기능을 고려하여 하천관리의 구성을 수문자료관리, 저수관리, 홍수관리, 하천환경관리로 나눌 수 있으며 이들 중 홍수관리, 저수관리와 수문자료관리는 하천 유수관리를 구성한다고 볼 수 있어 하천관리는 크게 하천 유수관리(river flow management)와 하천 환경관리(river environment management)로 대별할 수 있다.

이들 중 홍수관리(flood management)의 목적은 전술한 바와 같이 홍수피해로부터 국민을 보호하기 위한 것이다. 또한 저수관리(lowflow management)의 목적은 하천별로 용수수요량을 파악하고 물 공급가용량을 예측하여 하천내 물의 수요와 공급의 평형을 유지시키는 것이다. 저수관리에서 가장 중요한 과제는 일년내내 하천유출을 예측하고 댐의 저수능력을 고려하여 용수공급 가용량을 파악하고, 유지용수, 수질, 수리권 등을 고려한 용수수요량을 파악하여 용수수급의 원활화를 꾀하는 것이다. 그리고 마지막으로 수문자료관리(hydrologic data management)는 하천관리에 필요한 여러가지 자료의 관측, 수집, 정리 및 분석을 체계적으로 수행하는 것이 그 목적으로 하천관리 중에서 가장 기본적이고도 중요하다. 하천의 효율적인 관리를 위해서는 각종 수문자료가 사용자에게 신속, 정확하게 제공되어야 함은 기초적이고 필수적인 선행조건이다.

홍수예경보 업무는 홍수관리중 홍수피해예방의 한 수단으로서 컴퓨터와 통신기술의 발달로 현재는 홍수시에 하천의 유황을 온라인 시스템을 이용하여 실시간으로 파악하는 것이 가능하게 되었다. 뿐만 아니라 이 시스템을 활용하면 비 홍수기의 하천유황을 파악하여 효율적인 저수관리가 가능하게 되어서 우리나라도 이 시스템의 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있다.

여기에서는 우리나라의 홍수예경보 시스템의 연혁과 현존하는 홍수예경보 시스템의 현황과 문제점 등을 기존의 보고서나 관련 자료를 기본으로 하여 분석하고 기

술적인 면과 조직 및 행정 제도적인 면을 고려하여 그의 개선방향을 제시하고자 한다.

2. 우리나라 홍수예경보 시스템의 연혁 및 현황

2.1 홍수예경보의 연혁

우리나라 홍수예경보의 현황, 문제점 및 개선방향을 전개하기에 앞서 이를 다소간 깊이있게 이해하기 위해서는 홍수예보의 발자취를 더듬어 보는 것이 필요하다고 생각되어 이에 대하여 개략적으로 기술하기로 한다(박영일, 1996). 세계에서 홍수예보를 가장 먼저 실시한 사례는 1876년에 프랑스의 Belgrand가 Pari시 부근인 세느(Seine)강에 설치된 수위표의 수위를 3일전에 예보하여 1cm의 오차를 가져왔던 것이 홍수예보의 효시이다.

우리나라에서는 이씨조선 시대인 1413년 5월에 큰비가 내리므로 한성부에 명하여 천변 민가를 순찰케하고 수몰인가가 없도록 하였다는 기록이 있으나 홍수예보보다는 재해대책의 일환으로 봄이 타당할 것이다. 그 후 제일 처음으로 홍수예보를 시도한 강은 대동강으로서 1911년 평양 시가의 방·배수사업 착수와 동시에 홍수를 미리 알아둘 필요가 있어 대동강 상류지역인 덕천, 순천, 성천등에 수위표를 설치하여 홍수가 일어날 경우 일정 수위 이상에 도달하면 수위가 30cm 상승할 때마다 전보로서 평양에 통보하여 평양의 홍수를 예측코져 하였으나 당시에는 홍수전과 시간, 수위상관 등이 연구되지 않는 불완전한 상태였다.

실질적으로 제일 먼저 홍수예보체제를 갖춘 것은 한강으로서 1920년 우리나라 중부 이남지방에 대홍수가 발생하여 한강연안에 막대한 수해를 입었고, 특히 용산역이 침수되어 화물 등의 막대한 피해를 보게 되어 홍수예보의 필요성이 제창되었다. 이에 당시의 철도, 경찰, 토목 등 관련 실무자가 협의하여 홍수시 서울까지의 홍수도달에 약 12시간이 걸리는 남한강의 여주, 북한강의 가평 등 두지점의 수위표에 나타나는 수위를 매 3시간마다 전보를 이용하여 통보함으로써 서울의 홍수위를 예보를 할 수 있도록 하였다. 그러나 1925년 대홍수에는 침수로 인해 통신망이 파괴되어 상류 두지점에서의 수위보고를 받지 못하여 예상수위를 계산하지 못하였다. 그후에 통신망을 개량하여 홍수시에도 수위보고를 할 수 있도록 하였으며 이때부터 한강의 홍수예보는 서울시에 꼭 필요한 사항으로 되었다. 그후 대동강은 1923년의

홍수로 인하여 1927년부터, 낙동강은 1935년 대홍수에 따라 1936년부터 홍수예보를 실시하게 되었다.

이때의 홍수예보 방법은 하류의 수위표까지의 홍수도달시간이 비교적 유사한 상류의 두 개 수위표 지점을 선정하여 도달시간 동안의 강우량을 감안한 경험적으로 유도된 상하류의 수위값의 상관곡선이나 상관식에 의해 하류 수위표 지점의 홍수위를 추정하는 방법이 대부분이었다. 한강 유역은 전술한 바와 같은 남한강의 여주 및 북한강의 가평지점의 수위와 서울의 인도교와의 수위관계를 기왕의 홍수관측기록에 나타난 수위자료 관계를 기초로 하여 상관도표를 작성하여 홍수위를 예보하였으며, 낙동강은 본류와 남강의 합류점인 거룡강 수위에서 도달시간이 약 17시간 소요되는 진주와 왜관수위를 이용하여 도달시간 동안의 우량을 감안하고 거룡강 수위 및 하류의 진동, 수산, 삼랑진 지점의 수위를 수위대응표를 만들어 홍수예보를 실시하였다. 이 방법의 문제점으로는 ① 홍수도달시간이 홍수의 규모에 관계없이 일정하다는 것과, ② 상류 두지점의 수위와 인도교 수위의 대응이 일정하고 합류 및 하도저류 효과에 대한 홍수파형의 변형영향이 고려되지 않았다는 것과, ③ 강우의 시간적 분포 및 지역적 분포영향이 고려되지 않았다는 것이다.

1965년에는 상기 방법보다 예측정도를 향상하기 위하여 한강, 낙동강에 수위에 따른 도달시간의 차이를 감안한 새로운 도표를 작성하여 홍수예측을 하도록 하였다. 한강은 청평댐 건설에 따라 가평지점 대신 청평수위표를 이용하였으며 여주에서 고안, 고안에서 청평사이에 수위에 따른 도달시간을 도표로 작성하여 고안의 우량을 계산토록 하고 이 우량의 크기에 따른 인도교 도달시간과 수위를 산정하도록 하였다. 또한 한강하류에 우량이 많고 적음에 따라 예측치를 가감할 수 있도록 도표를 작성하여 실용화 하였다. 이 방법의 문제점으로는 ① 예측시간의 연장이 불가능하다는 점과, ② 홍수 전파과정에서의 하도 저류효과에 의한 홍수파의 변형이 고려되지 않았고, ③ 다우지역인 청평, 여주와 인도교간의 강우에 대한 시간적, 지역적 분포영향이 고려되지 않았다는 것이며, 특징은 홍수의 크기에 따른 도달시간을 고려하였다는 것이다.

1967년 수해복구사업으로 일환으로 추진되어 각 수위관측소의 자료(Data)를 입수하기 위해 건설부와 지방건설국에 1968년부터 업무의 원활화를 위하여 SSB(single side band) 통신망이 전국에 설치되었으며, 이 통신망을 이용하여 한강과 낙동강 유역에서는 홍수예보를 실시하고 나머지 금강, 영산강, 섬진강은 당시의 수위상황만을 보고 하도록 하였다.

전술한 바와 같이 홍수예보는 실시하였으나 그 여유시간과 정확도에 문제점이

있어 이를 개량화할 필요성이 대두되던 중 1968년 12월 제 1차 아시아 및 극동경제 위원회/세계기상기구 태풍위원회(WMO, Typhoon Committee)에서 한강유역을 홍수 예경보시설의 자동화 시범지역으로 선정하게 되었다. 이에 따라 72년 한강에 대한 홍수예경보시설 조사를 위하여 일본 전문가들이 파견되었으며 이들의 목적은 주로 ① 현지조사 및 자료수집과, ② 예보 대상지역의 예비적 선정 작업을 위한 것이었다. 이들 조사단이 1차 조사를 마치고 난 후 8월 19일에 인도교 최고수위가 11.24m까지 이르는 대홍수가 일어나 막대한 홍수피해를 보았다. 이에 따라 건설부 실무자간에 홍수예경보시설의 조기완성에 대한 필요성이 대두되어 이를 적극적으로 추진하던 중 '73년 1월 17일 대통령의 건설부 연두순시시 자동 홍수예경보 체제를 재 정비토록 하라는 지시에 의거 결정적인 사업추진의 계기가 되었고, 같은 해 1월 동 사업이 대일청구권 유상자금사용에 따른 사업계획서가 비상국무회의를 통과하고, 제2차 일본 조사단이 세부적인 조사를 실시하여 73년 7월 20일에 홍수예경보 시설에 대한 한일간의 사업협정 조인이 이루어져 본격적으로 사업을 추진하게 되었으며, 74년 6월 29일에 한강홍수통제소 직체가 신설되고, 7월 3일부터 홍수통제소가 개소되어 우리나라 최초로 현대적 의미의 홍수예경보시설이 본격적으로 가동하게 되어 오늘에 이르고 있다.

2.2 국내 홍수예경보 시스템 현황

(1) 한강유역

한강유역은 유출계산을 위한 단위를 30개 소유역과 23개의 하도로 분할하여 유출계산을 실시하고 있으며, 이들 30개 소유역은 북한강상류, 북한강하류, 남한강상류, 남한강하류 및 남북한강 합류점의 5개 대유역으로 분류하여 예측강우량을 입력시키기 위한 방편으로 하였고, 유출모형으로서는 소유역과 하도 공히 저류함수법을 채택하고 저류함수법에 사용되는 각종 매개변수는 일본 도네가와(이근천)의 제정수를 채택하였다.

전산시스템은 1974년에 우리나라에서 최초로 시도된 온라인(on-line) 및 오프라인(off-line) 텔레미터 시스템으로서, 자료(Data) 발생지점인 각 수위국, 우량국, 댐(Dam)국으로부터 한강홍수통제소까지 VHF 및 마이크로웨이브(Micro Wave)로 수신하고, 이 자료를 컴퓨터 시스템(Computer-system)에 맞도록 처리하여 필요한 결과는 즉시 재해대책본부에 송신하고 이 자료를 주 컴퓨터에 입력하여 홍수예경보에 필요한 유출계산을 실시하고 그 결과를 송신토록하는 방법이다.

홍수유출계산을 실시하기 위한 텔레메타(Telemeter, T/M) 수문 관측시설은 당초에 우량 38개소, 수위 17개소(5개 댐포함)로 합계 55개소의 수위, 우량 자료를 입력할 수 있었으나, 관측시설의 밀도가 낮아 유역 유출계산의 정확도를 높이기 위하여 꾸준히 우량 수위관측소를 증설하여 1996년말 현재 우량 90개소, 수위 40개소의 자료(수자원공사 관리분포함)를 입력하고 있으며, 현재에도 증설공사를 시행 또는 계획중에 있다. 한강유역의 홍수유출계산을 위한 모식도는 그림 2.1과 같다. 유출계산은 당초에 일본조사단이 일본에서 만들어 74년부터 사용한 저류함수법에 의해 계산되고 있으나 여러 가지 가정을 전제로 구성되어 우리나라 홍수특성을 나타내기에는 많은 어려움이 있다. 90년대에 들면서 컴퓨터의 비약적인 발전과 더불어 홍수예보에도 많은 변화가 발생하였다. 우선 기존에 사용하던 프로그램에 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 전·후처리 프로그램을 추가하여 홍수예보의 효율성이 향상 되도록 하였다. 또 발전된 컴퓨터에서 효율적으로 프로그램이 실행될 수 있도록 프로그램을 꾸준히 수정, 보완하였으며 과거자료를 이용하여 유출프로그램의 매개변수를 개선하였다. 94년에는 홍수 예측프로그램을 메뉴방식으로 전환하였고 모든 입출력을 그래픽으로 처리할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 또한 홍수예보 모형의 다양화도 큰 변화로 들 수 있는데, 94년에는 팔당댐 하류구간에 수리학적 모형을 이용한 예측시스템을 개발한 바 있고, 97년에는 남한강의 충주댐, 북한강의 청평댐, 한강본류의 강화도 지점까지 구간을 확장하여 수리학적 모형을 이용한 예측시스템을 구축하고 있다. 또한, 지금까지 저류함수법으로만 실시하던 홍수예보를 유역이나 하도의 특성에 적합하게 다양한 모형을 사용할 수 있도록 시스템을 구성 중이며, 전체유역이 하나의 시스템으로 구성되어 있는 현재의 시스템을 소유역 단위로 전환하는 작업도 현재 진행중이다. 뿐만 아니라, 홍수규모와 피해액이 커지면서 홍수범람에 대한 관심이 고조되어 침수범위 예측모형개발에 대한 요구가 증대되어 침수구역 조사기법에 대한 조사를 실시한 바 있고 현재 수리학적 모형과 GIS를 이용한 침수범위 예측모형을 개발중에 있다.

이와 같이 개발된 모형을 효율적으로 운영할 수 있도록 홍수관리종합운영시스템을 현재 구축하고 있다.(건설교통부, 1997)

(2) 낙동강유역

낙동강유역의 유출 모형은 한강과 마찬가지로 홍수유출모형으로서 저류함수법을 채택하였다. 유출모형의 구성은 당초 43개 유역과 28개 하도로서 구성되었으나, 예측시 지천의 본류 유입에 따른 수위 변동이 잘 나타나지 않아 실측치와 예측치간에 상당한 차이가 있어, 이를 개선하기 위해 반변천의 합류점 전후와 금호강의 합류점과 합류후, 황강의 합류전과 합류후, 밀양강의 합류전과 합류후 하도로 구분 시행하여 유출계산에 임하도록 하고, 대유역 분할은 낙동강 본류의 지류의 합류점을 기준으로 하여 동서남북에 4개 대유역으로 분할하여 유출 계산하고 있다.

전산시스템은 한강유역과 유사한 시스템으로 구축되어 있으며 종래의 시스템에 처음으로 부산국토관리청, 경상북도청, 경상남도청, 부산시, 대구시 및 부산지방측후소에 모뎀(Modem), CRT 및 프린트(Printer)를 설치하여 낙동강홍수통제소에서 실측한 수위, 우량, 댐현황 및 예측자료를 매시간 전송할 수 있도록 하여 관련기관의 재해대책업무와 기상예보에 도움을 줄 수 있게 하였다.

T/M 수문관측시설에 대하여는 한강 홍수예경보 시설을 운용한 결과 관측시설 개소의 부족이 홍수유출계산의 정확도에 미치는 영향이 크다는 것을 인식하여 낙동강홍수예경보 시설에는 처음부터 한강보다 많은 개소수인 수위 42개소(댐수위 포함), 우량 54개소의 관측시설을 설치하였고, 그후에도 꾸준히 관측시설을 증설하여 1996년에는 수위 66개소, 우량 98개소에 이르렀다. 이와 동시에 우리나라 최초로 저수관리를 목적으로 안동, 왜관, 고령, 남지 하구언에 5개의 자동 수질관측소를 설치하였다. 관측항목은 7개 항목으로서 수온, PH, 암모니아, 탁도, 전기전도도, 용존산소, 시안 등이다. 낙동강 유역의 홍수유출계산을 위한 모식도는 그림 2.2와 같다.

낙동강은 수질, 환경, 용수이용, 홍수예보 등의 목적으로 계획을 수립하였으므로, 유출계산도 홍수유출과 저수유출 두 가지 방법을 병행할 수 있도록 하였다. 유출계산 모형으로서는 홍수유출은 저류함수법에 의한 시간단위 유출량을 계산토록 하고, 저수유출은 탱크모형(Tank Model)에 의한 일단위 유출량을 계산토록 하였다. 유출모형의 매개변수 산정은 토양도 및 토지이용도 등을 적용하여 종래에 사용하던 도네가와식 등과 비교하여 가장 적합성이 높은 변수를 이용하고자 하였으나 실제 운용과정에서 예측치와 실측치간에 많은 차이가 있어, 1994년에는 합천, 임하댐 건설에 따른 유출변화를 고려하여 예측시스템을 개선하고, 1995년에는 유출프로그램에 사용되는 수위-유량 관계 곡선식에 대한 보정을 실시하였으며, 1997년에는 낙동강 하구둑이 예보시스템에 미치는 영향을 검토하여 연계운영 방안을 조사하는 사업과 낙동, 현풍 수위표 지점에 대한 홍수예경보 시스템의 확장사업이 진행중이다.

(3) 금강, 섬진강, 영산강유역

이들 3개 강은 한국건설기술연구원에서 유출계산에 대한 시스템의 구성과 유출계산 Program을 작성하였고, 홍수 유출모형으로서는 3개강 공히 한강과 마찬가지로 저류함수법을 채택하였다.

전산시스템은 한강, 낙동강유역과 유사한 시스템으로 구축되어 있으며, T/M 수문 관측시설은 개소 당시 우량관측소와 수위관측소는 각각 금강 35개소, 24개소, 섬진강 21개소, 19개소, 영산강 14개소, 19개소이었으나 금강유역은 42개소, 27개소로, 섬진강 유역은 17개소, 23개소로 증설되어 운영하고 있다. 그리고 금강, 영산강, 섬진강의 홍수 유출계산을 위한 모식도는 그림 2.3 ~ 그림 2.5와 같다.

또한, 통신시설은 섬진강 홍수예보시설부터는 전산기를 제외한 전체 기자재를 국산화하여 설치하였고 금강, 영산강은 시설공사 중 장비 및 시설공사가 예정대로 추진되지 못하여 보완공사 등으로 실제 사업기간의 준공일보다 늦게 정상가동을 하게 되었다.

(4) 안성천 및 형산강유역

안성천 홍수예경보시설은 1994년 9월에 착수하여 1996년 8월 완료되어 1997년부터 정상가동 되었고 형산강은 현재 공사 실시중에 있다.

안성천과 형산강의 계산은 유역 유출계산 합성단위도를 이용하고 하도계산은 수리학적 모형을 적용하고 있는점이 특색이라 할 수 있으며 안성천은 한강홍수통제소에서, 형산강은 낙동강홍수통제소에서 홍수예경보를 실시하도록 되어있다.

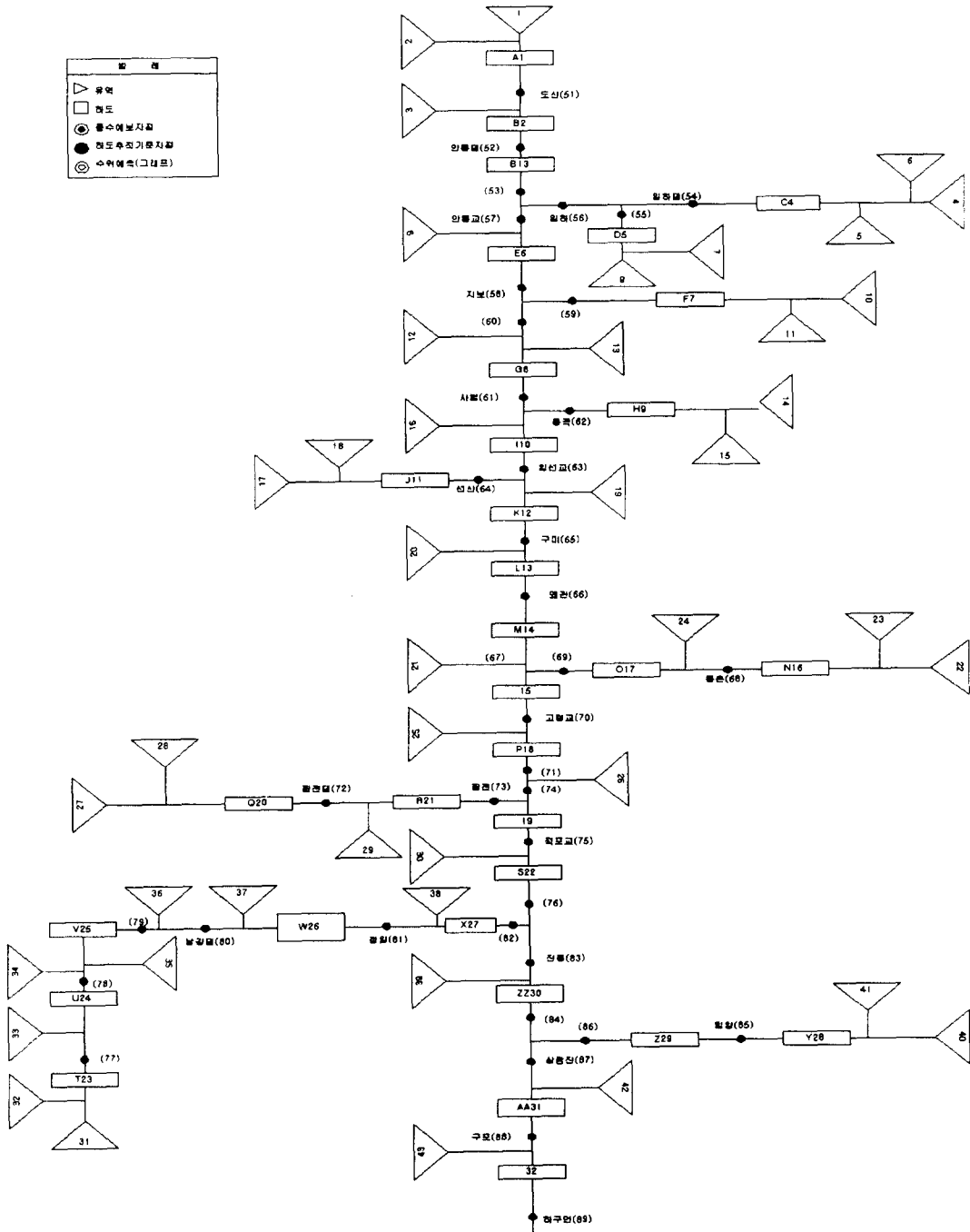
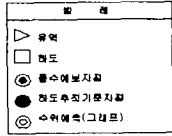


그림 2.2 낙동강 수계 모식도

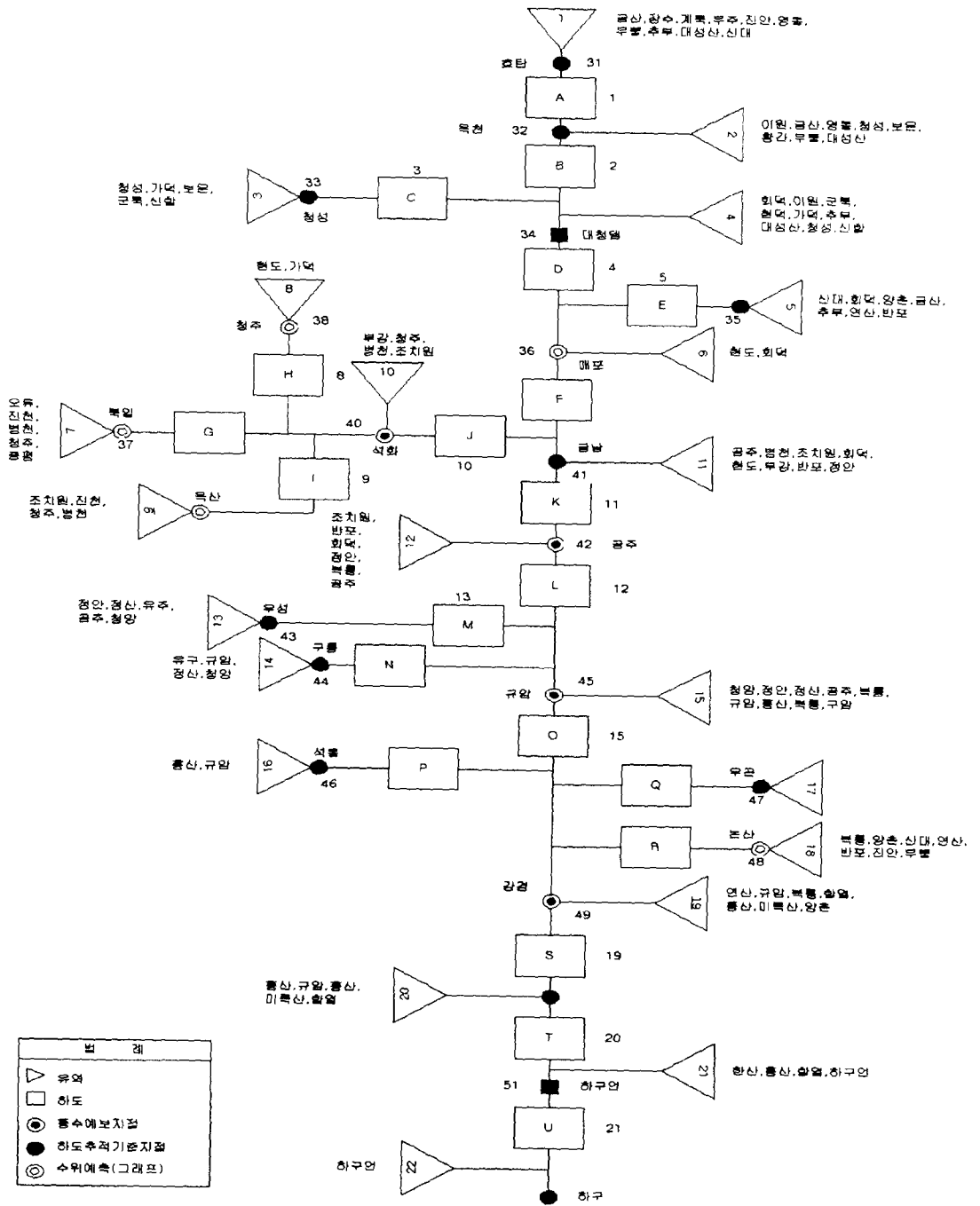
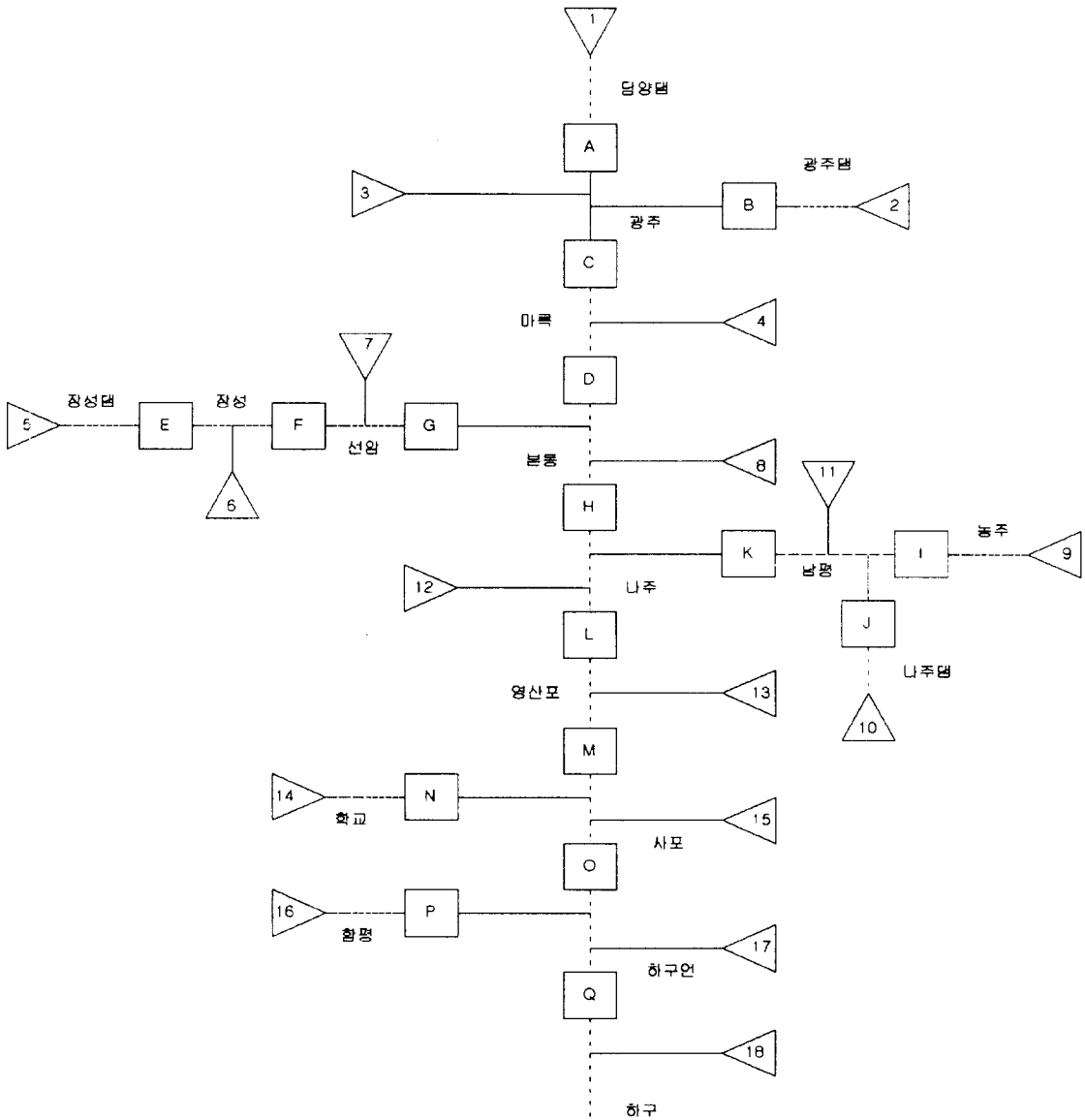


그림 2.3 금강 수계 모식도



기호	
□	사무소
△	영역
---	영산강 수계

그림 2.4 영산강 수계 모식도

3. 1998년 호우발생 및 홍수위 현황

3.1 호우발생 현황

1998년 호우기간동안의 지속기간별 강우량의 크기와 특성에 대한 분석 결과는 본 발표논문집 “1998년 대홍수 기간의 강우특성 분석”에서 상세히 논술하였으므로, 여기에서는 호우의 지역적인 분포와 이동경로를 파악하여 이러한 호우발생 상황에서의 홍수에경보 시스템의 개선방향을 모색하고자 1998년 7월 31일부터 8월 19일 동안에 발생한 호우에 대한 기상청 산하의 71개 우량관측소의 일 강우량을 이용하여 일 등우선도를 작성하였으며, 그 결과는 다음 그림 3.1 ~ 그림 3.20에 나타내었다(한국수자원공사, 1998). 그리고 이를 토대로 호우발생 지역과 일 강우량 현황을 간단히 살펴보면 아래와 같다.

7월 31일 - 강우는 약 20.0mm ~ 190.0mm의 분포로 서해안 지역과 강원 서북부 지역에서 발생되었으며, 강우 중심 지역의 강우량은 순천지점이 187.0mm, 해남지점이 102.5mm의 일 강우량이 기록되었다.

8월 1일 - 강우는 약 10.0mm ~ 180.0mm의 분포로 전국에 걸쳐 발생하였으며, 강우 중심은 전날에 비해 동쪽으로 이동하여 많은 인명피해와 재산피해가 발생한 지리산유역 부근으로 이동하였으며, 강우 중심지역의 강우량은 산청지점이 181.5mm, 거제 지점이 158.5mm가 발생하였다.

8월 2일 - 전날 전국적으로 발생한 강우가 20.0mm ~ 150.0mm의 분포로 남쪽 지역에만 집중되었으며, 특이한 것은 강우 중심이 두 개로 분리되어 하나는 전남지역으로, 다른 하나는 경남지역으로 이동되었으며, 강우 중심지역의 강우량은 장흥지점이 147.0mm, 남해 지점이 127.5mm, 진주지점이 136.3mm가 발생하였다.

8월 3일 - 전날 우리나라 남쪽 지방인 전남과 경남에서 발생하였던 강우가 전북, 충·남북지역 및 경북 북부지역과 서울·경기 남쪽지역으로 북상하면서 20.0mm ~ 130.0mm의 강우가 발생하였으며, 강우중심은 전남과 경남지역으로부터 북상하였다. 강우 중심지역의 강우량은 이천 122.0mm, 대전 108.7mm, 청주 104.7mm가 발생하였다.

8월 4일 - 전날 전북, 충·남북지역 및 경북 북부지역과 서울·경기 남쪽지역에서 발생하였던 강우가 서울과 경기지역으로 북상하면서 20.0mm ~ 220.0mm

의 강우가 발생하였으며, 강우중심은 충남·북 지역과 경기 남쪽지역에서 좀 더 북상하였다. 강우 중심지역의 강우량은 서울 211.4mm, 양평 132.5mm가 발생하였다.

8월 5일 - 전날 서울지역에서 발생하였던 강우가 강화, 인천 및 철원등 **경기 북부지역**으로 약간 북상하면서 20.0mm ~ 140.0mm의 강우가 발생하였으며, 강우 중심은 경기 북부지역으로 북진하며 이동하였다. 강우 중심지역의 강우량은 강화 138.5mm가 발생하였다.

8월 6일 - 전날 **경기 북부지역**에서 발생하였던 강우가 강우중심은 이동하지 않고 강화, 서울, 인천, 춘천, 인제 그리고 충주와 아산 등 **강원 서북지역과 충청 북부지역**으로 세력을 확장하여, 20.0mm ~ 480.0mm의 강우가 발생하였으며, 전날 경기 북부지역에 위치했던 강우중심은 각 방위로 세력을 확장하였다. 강우 중심지역의 강우량은 강화 481.0mm, 서울 122.9mm, 인천 105.4mm, 춘천 104.6mm, 인제 147.5mm, 충주 105.0mm, 아산 90.5mm가 발생하였다.

8월 7일 - 전날 경기 북부지역과 강원 서북지역과 충청 북부지역에서 발생하였던 강우가 춘천, 양평 등 **강원 서북지역과 경기 동남지역**으로 이동하면서 20.0mm ~ 80.0mm의 강우가 발생하여, 강우중심 세력은 많이 약화되었다. 강우 중심지역의 강우량은 춘천 76.4mm, 양평 62.5mm가 발생하였다.

8월 8일 - 전날 강원 서북지역과 경기 동남 지역에서 세력이 약화된 강우는 서울, 양평지점으로 약간 이동하면서 세력을 확장하여 수원, 이천, 강화 등 **경기도 전지역**과 춘천, 홍천, 원주, 대관령 등 **강원 전지역**, 충주, 제천 등 **충북 북부지역**, 문경, 춘양, 영주, 대구, 구미 등 **경북 북부 및 동부지역**에 20.0mm ~ 350.0mm의 분포를 보이며 강우가 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 서울 332.8mm, 양평 346.0mm, 수원 208.1mm, 이천 174.5mm, 강화 125.0mm, 춘천 137.8mm, 홍천 185.5mm, 원주 160.1mm, 대관령 103.0mm, 충주 100.0mm, 제천 95.0mm, 문경 65.0mm, 춘양 52.5mm, 영주 54.0mm가 발생하였다.

8월 9일 - 전날 경기, 강원 전지역과 충북 북부지역, 경북 북부지역에서 발생하였던 강우가 **경기 남부지역과 충남 서북부 지역**으로 이동하면서 세력이 많이 약화되어 20.0mm ~ 150.0mm의 강우가 발생하였다. 그러나 강우 중심지역의 강우량은 세력이 약화되었다 할지라도 서산 지점이 152.0mm를 기록하였다.

8월 10일 - 전날 경기 남부지역과 충남 서북부 지역에서 발생하였던 강우는

두 개로 분리되어 하나는 **경기 북부**로 이동하면서 20.0mm ~ 80.0mm의 강우를 발생하였다. 다른 하나는 **충남 및 전북 내륙 지역**으로 남하하면서 전남 전남 남서 지역에서부터 강원 북동지역에 걸쳐 있던 미약한 강우세력과 결합하면서 **충남 및 전북 내륙 지역**과 **전남 동북지역**으로 이동하면서 20.0mm ~ 90.0mm의 강우분포를 나타내었다. 또한 강우 세력은 경기 북부지역의 경우 전날에 비해 세력이 증가하였고, **충남 및 전북 내륙지역**과 **전남 동북 지역**은 전날에 비해 세력이 많이 약화되었다. 강우 중심지역의 강우량은 서울 69.4mm, 철원 69.0mm, 대전 85.1mm, 남원 75.5mm를 기록하였다.

8월 11일 - 전날 경기 북부지역과 **충남 및 전북 내륙지역**과 전남 남서 지역에서 발생하였던 두 개의 강우는 **충청 내륙지역**을 중심으로 다시 결합하여 **경북 북부 지역**까지 세력을 확장하면서 20.0mm ~ 150.0mm의 강우를 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 대전 148.0mm, 보은 108.0mm, 문경 114.5mm, 청주 67.5mm를 기록하였다.

8월 12일 - 전날 **충청 내륙지역**, **전북 내륙지역**과 **경북 북부지역** 지역에서 발생하였던 강우는 **보은, 대전, 부여지점에** 중심을 두고 **경북지역의 안동, 문경, 의성 지점, 경남지역의 거창, 밀양 지점** 등으로 세력을 확장하면서 20.0mm ~ 410.0mm의 강우를 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 보은 407.5mm, 대전 189.2mm, 부여 143.0mm, 안동 76.9mm, 문경 74.5mm, 의성 72.0mm, 거창 69.5mm, 밀양 57.0mm를 기록하였다.

8월 13일 - 전날 **충청 내륙지역**에 중심을 두고 **경북, 경남 지역**에서 발생하였던 강우는 세력이 많이 약화되어 20.0mm ~ 140.0mm의 강우를 발생하면서 두 개로 분리되어 **광주지역과 대구지역**으로 강우 중심을 이동하였다. 강우 중심지역의 강우량은 광주 123.6mm, 순천 137.0mm, 무안 86.1mm, 고흥 78.5mm, 밀양 56.2mm를 기록하였다.

8월 14일 - 전날 **광주지역**에 중심을 두고 발생하였던 강우는 광주 인근 지역에 약 20.0mm 내외의 강우를 발생하고, 세력의 변화 없이 **서울지역**으로 강우 중심을 이동하여 **경기일원에** 20.0mm ~ 110.0mm의 강우를 발생하였다. 또한, **대구지역**에 중심을 두고 발생하였던 강우는 **경북 북부지역**으로 북상하면서 세력이 약화되었다. 강우 중심지역의 강우량은 서울 108.9mm, 양평 70.5mm, 서산 80.2mm를 기

록하였다.

8월 15일 - 전날 서울 지역에 중심을 두고 발생하였던 강우는 **충북 보은 인근지역과 경북 북부 지역**으로 이동하여 20.0mm ~ 140.0mm의 강우를 경남지역과 전남 남부 지역을 제외한 대부분 지역에서 강우가 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 보은 129.0mm, 춘양 114.0mm, 영주 112.5mm, 문경 92.5mm를 기록하였다.

8월 16일 - 전날 경북 북부지역에 중심을 두고 발생하였던 강우는 **대구, 경북 지역**으로 이동하여 20.0mm ~ 190.0mm의 강우를 우리나라 **중남부지역**에 발생시켰다. 강우중심은 대구, 경북북부지역으로 강우 중심지역의 강우량은 구미 185.5mm, 의성 155.5mm, 영덕 103.5mm, 안동 111.8mm, 추풍령 106.1mm, 금산 128.5mm, 장수 118.0mm를 기록하였다.

8월 17일 - 전날 대구, 경북북부 지역에 중심을 두고 발생하였던 강우는 **경남 울산지역**으로 이동하면서 세력이 많이 약화되어 20.0mm ~ 90.0mm의 강우를 경남 동남부 지역에서 강우가 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 울산 86.6mm를 기록하였다.

8월 18일 - 전날 경남 동남부 지역에서 발생하였던 강우는 세력을 확장하여 우리나라 남부지역을 중심으로 20.0mm ~ 120.0mm의 강우를 **경북, 경남지역과 전북, 전남 지역**에서 강우가 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 임실 107.0mm, 정읍 101.0mm, 장수 121.0mm, 무안 114.0mm를 기록하였다.

8월 19일 - 전날 우리나라 남부지역에 중심을 두고 발생하였던 강우는 소강상태로 접어들어 **충북 북부지역과 강원지역**에서만 강우를 발생하였다. 강우 중심지역의 강우량은 영월 38.5mm, 제천 24.0mm를 기록하였다.

이상에서 살펴본 호우기간 동안의 일별 강우의 공간분포는 강우를 발생시킨 기상학적인 요인에 대한 조사·연구에 의하여 추후에 좀 더 구체적으로 구명되겠으나, 일별 등우선도만을 고려한다면 '98 호우는 강우전선이 북상, 남하, 동진하면서 거의 한반도 전지역에 집중호우를 내리게 하여, 과거에 그 예를 찾아볼 수 없는 특징을 가지고 있다고 하겠다.

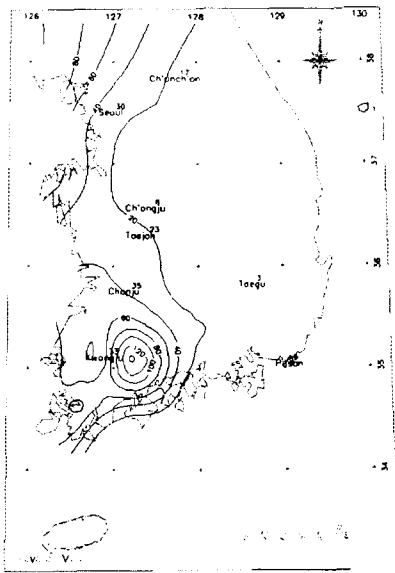


그림 3.1. 7월 31일의 강우량 분포도

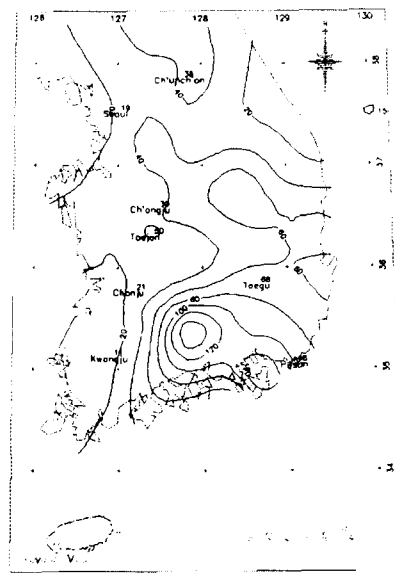


그림 3.2. 8월 1일의 강우량 분포도

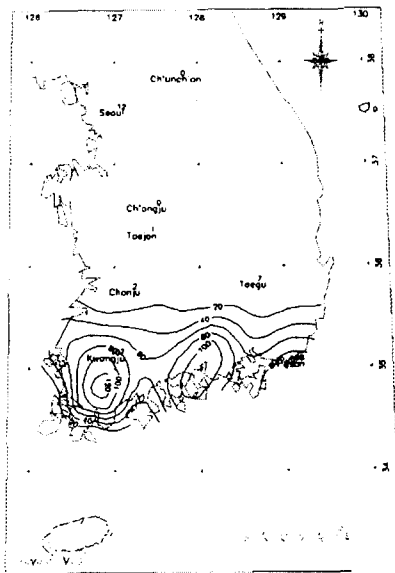


그림 3.3. 8월 2일의 강우량 분포도

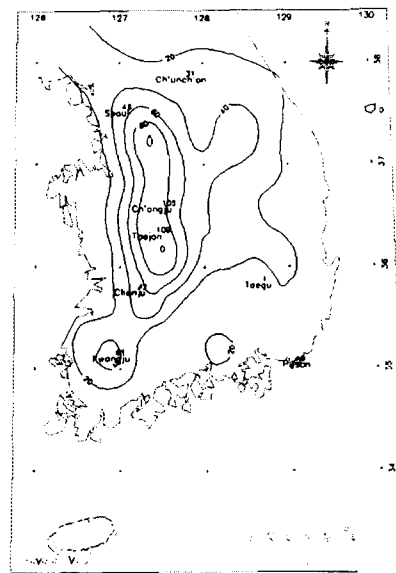


그림 3.4. 8월 3일의 강우량 분포도

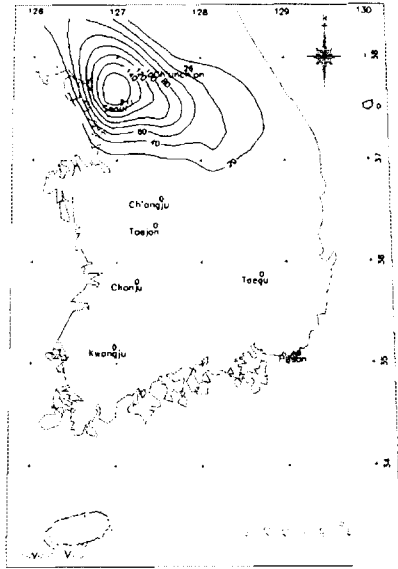


그림 3.5. 8월 4일의 강우량 분포도

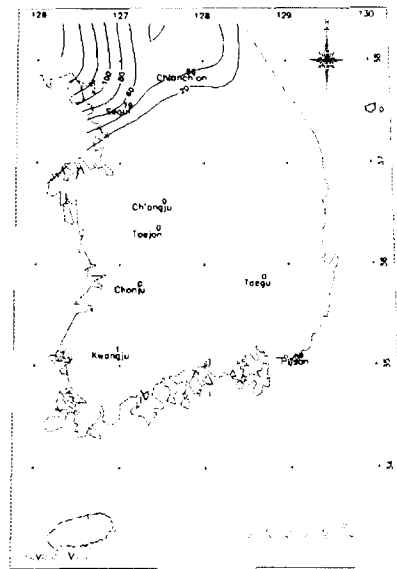


그림 3.6. 8월 5일의 강우량 분포도

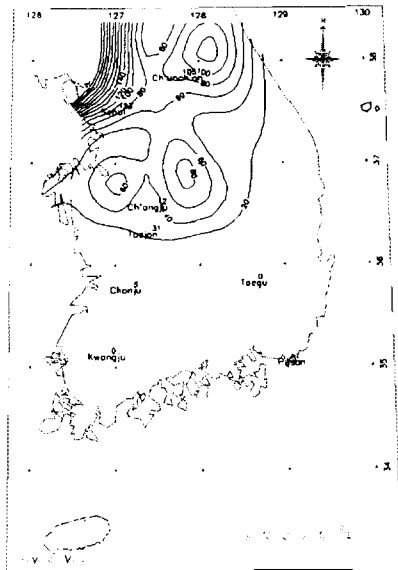


그림 3.7. 8월 6일의 강우량 분포도

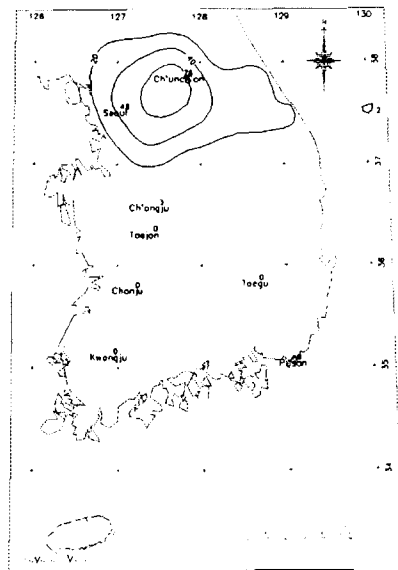


그림 3.8. 8월 7일의 강우량 분포도

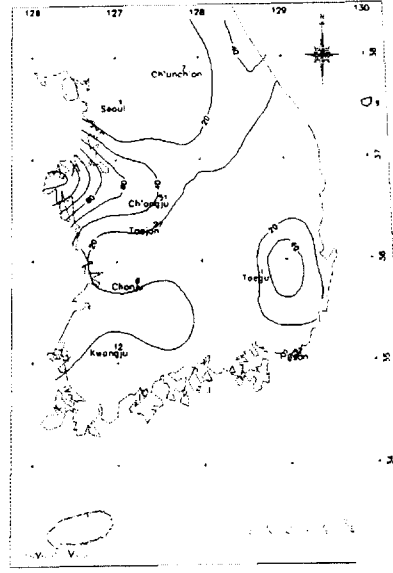
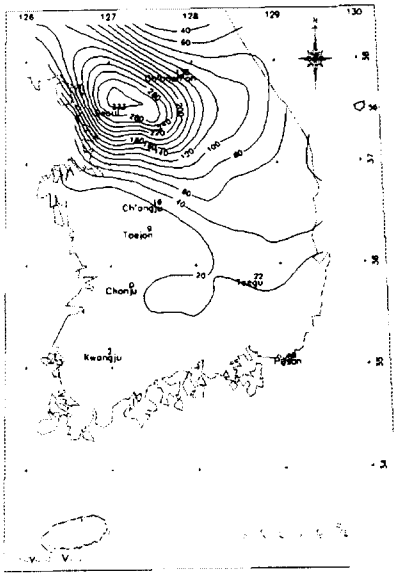


그림 3.9. 8월 8일의 강수량 분포도

그림 3.10. 8월 9일의 강수량 분포도

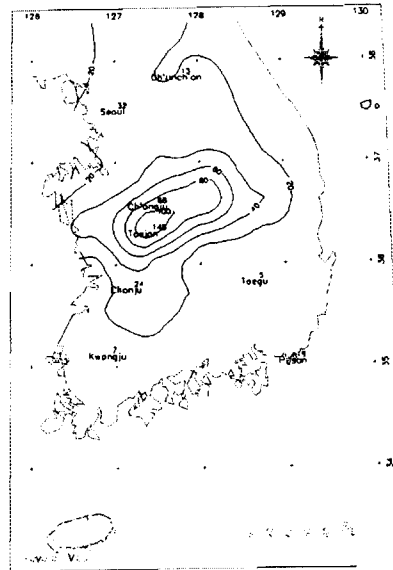
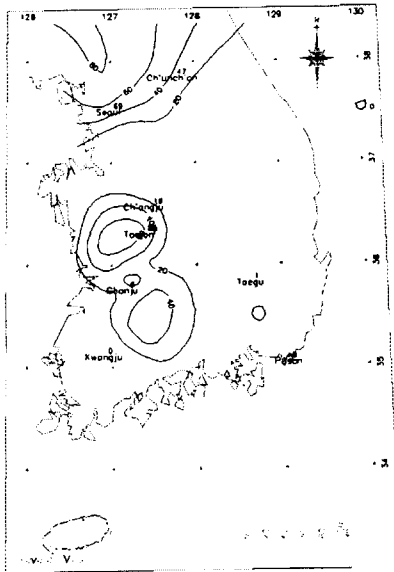


그림 3.11. 8월 10일의 강수량 분포도

그림 3.12. 8월 11일의 강수량 분포도

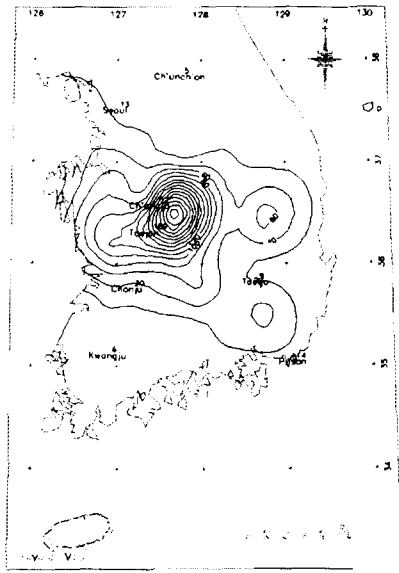


그림 3.13. 8월 12일의 강우량 분포도

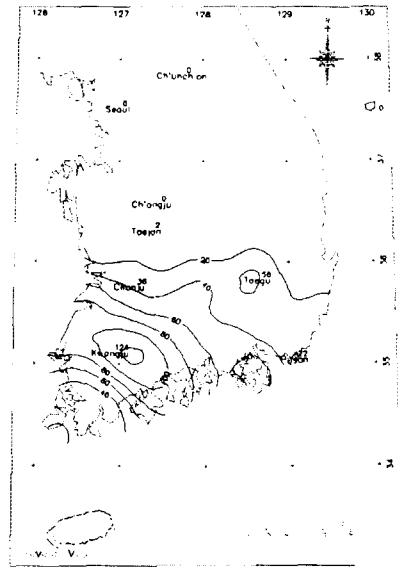


그림 3.14. 8월 13일의 강우량 분포도

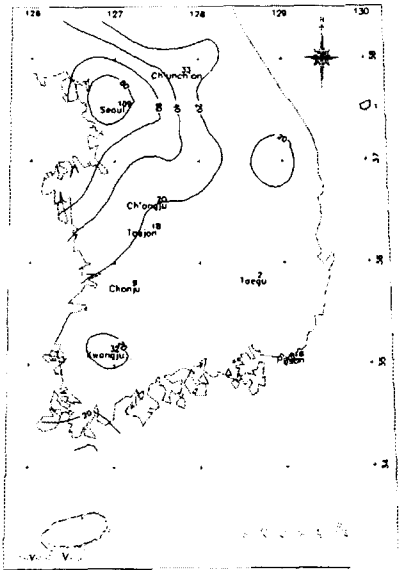


그림 3.15. 8월 14일의 강우량 분포도

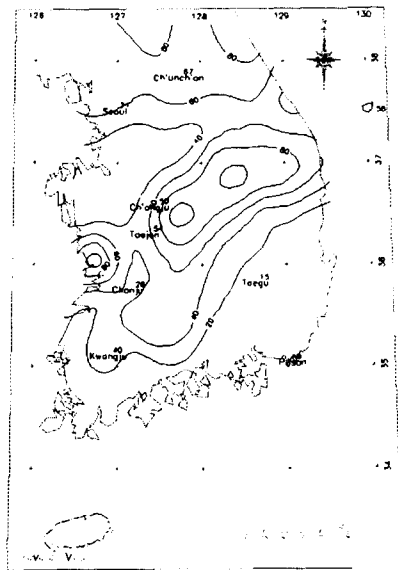


그림 3.16. 8월 15일의 강우량 분포도

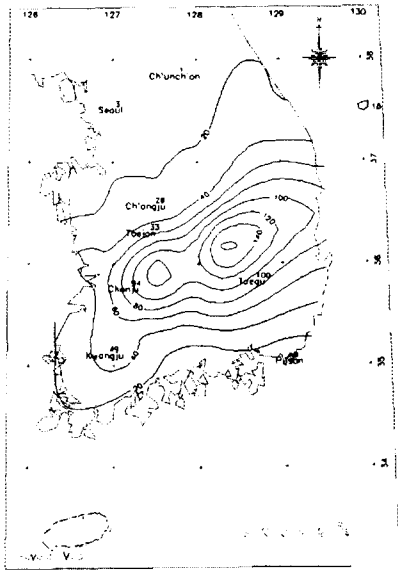


그림 3.17. 8월 16일의 강우량 분포도

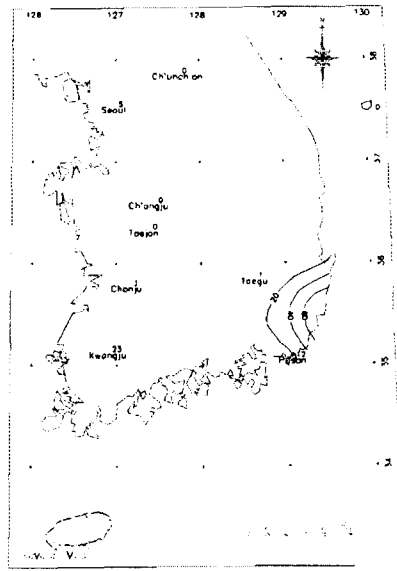


그림 3.18. 8월 17일의 강우량 분포도

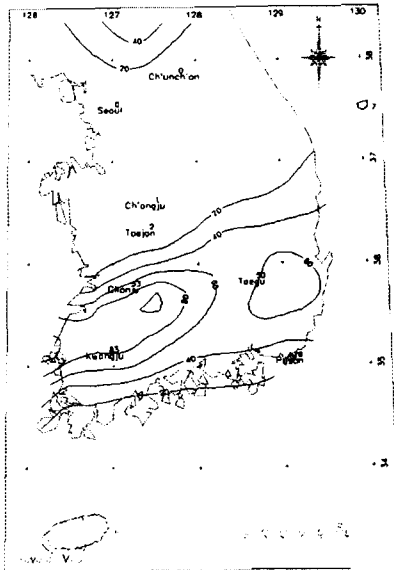


그림 3.19. 8월 18일의 강우량 분포도

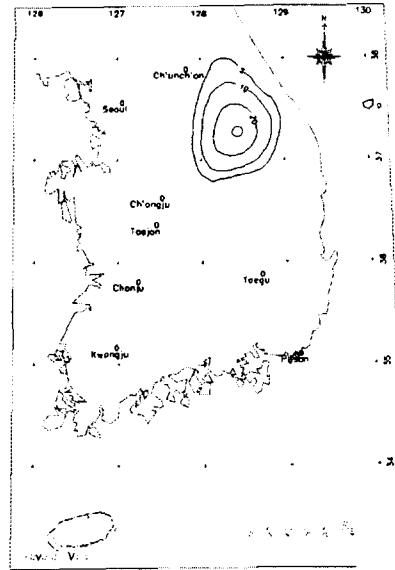


그림 3.20. 8월 19일의 강우량 분포도

3.2 홍수위 및 예경보 발령 현황

(1) 자료의 수집

'98년 강우는 예년과는 다르게 소위 게릴라성 호우에 의해 우리 나라 전 지역에서 홍수가 발생하였다. 따라서, 홍수위 분석은 4대강 유역을 대상으로 댐 하류 주요 지점의 수위를 조사·분석하였으며 분석대상 지점은 다음과 같다.

한강유역은 하류 수위관측소 중 여주, 인도교, 잠수교지점, 낙동강유역은 사별, 왜관, 진동, 삼랑진지점, 금강유역은 공주, 규암, 강경지점, 섬진강유역은 구례, 송정지점을 선정하여 분석하였다.

홍수위 분석을 위해 사용된 자료는 한강유역은 8월 7일 01시~8월 20일 24시, 낙동강유역은 8월 12일 01시~8월 21일 24시, 금강유역은 8월 10일 01시~8월 21일 24시, 섬진강유역은 8월 11일 01시~8월 21일 24시 동안의 시간수위자료이며, 이 자료들은 한국수자원공사 물관리 종합상황실에서 입수한 자료이다.

(2) 홍수위 현황

① 한강 유역

한강유역은 8월 7일 01시부터 8월 20일 24시 동안에 여주지점과 인도교 및 잠수교 지점의 홍수위를 도시하면 그림 3.21과 같다. 그림에서 보면 인도교지점과 잠수교지점의 수위변화는 일치하고 있고, 첨두 발생시간도 두 지점 모두 8월 8일 22시에 발생하였으며, 첨두 수위는 잠수교지점이 10.87m, 인도교지점이 8.55m를 기록하여 인도교지점은 경계수위를 5cm 초과하였다. 여주지점은 인도교 및 잠수교지점의 첨두 발생 5시간후인 8월 9일 03시에 첨두 수위가 기록되었으며, 이때의 수위는 7.86m로 여주지점의 경계수위를 0.36m 초과하였다. 첨두 발생 이후의 수위변화는 계속 감소하면서 상류 유역에 위치하고 있는 소양강댐과 충주댐의 방류량 영향을 받아 상승과 하강을 반복하였다.

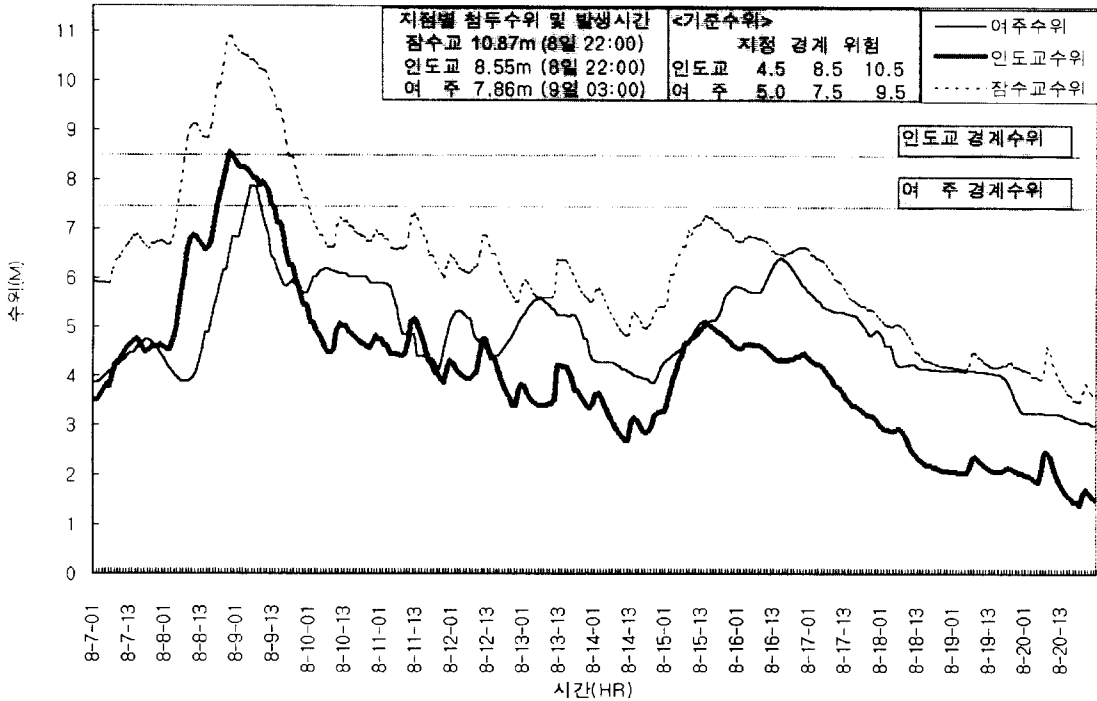


그림 3.21 한강 하류 지점 수위상황(8월 7일 ~ 20일 24시)

② 낙동강 유역

낙동강유역은 8월 12일 01시부터 8월 21일 24시 동안에 사벌, 왜관, 진동, 삼랑진지점의 홍수위를 도시하면 그림 3.22와 같다. 그림에서 침투수위 발생시간을 살펴보면 사벌지점이 8월 12일 13시에 가장 먼저 침투수위가 발생하였고, 왜관 지점이 17일 07시, 진동지점이 17일 21시, 그리고 삼랑진지점이 18일 18시에 침투수위가 발생하였다. 침투수위는 진동지점이 10.47m, 사벌지점이 6.74m, 삼랑진 지점이 8.31m, 왜관지점이 7.63m를 기록하여, 왜관, 진동, 삼랑진지점 모두 지점별 경계수위를 초과하였다. 또한, 진동지점은 위험수위인 10.5m에 0.03m의 근소한 차이를 두고 감소하였으며, 삼랑진지점은 위험수위인 9.0m에 0.69m를 남기고 수위는 감소하였다.

한편 수위변화를 지점별로 살펴보면 진동지점과 삼랑진지점의 수위는 남강댐에서 8월 10일 16시에 방류를 시작하면서 수위가 상승하여 진동지점 8.59m, 삼랑진지점 6.64m를 기록한 후 수위는 계속 하강하였다. 그러나 8월 16일 14시에 임하댐의 방류가 시작되면서 수위는 다시 상승하여 '98 호우기간중 최고 수위를 기록한

후 계속 감소하였다. 또한 진동과 삼랑진지점의 수위변화 양상은 대부분 일치하고 있으며, 침투 발생시간만 삼랑진지점이 약 21시간 정도 늦게 발생하였다.

임하댐 하류 수위표지점인 사벌지점과 왜관지점은 8월 12일에 수위가 상승하여 사벌지점은 6.74m로 침투수위가 발생되었으며, 왜관지점은 6.20m를 기록한 후 계속 감소하다가 8월 15일 이후 상승하다가 8월 16일 14시에 임하댐에서 방류를 시작하면서 수위는 가파르게 상승하였으며, 왜관지점에서 침투수위를 기록하였다.

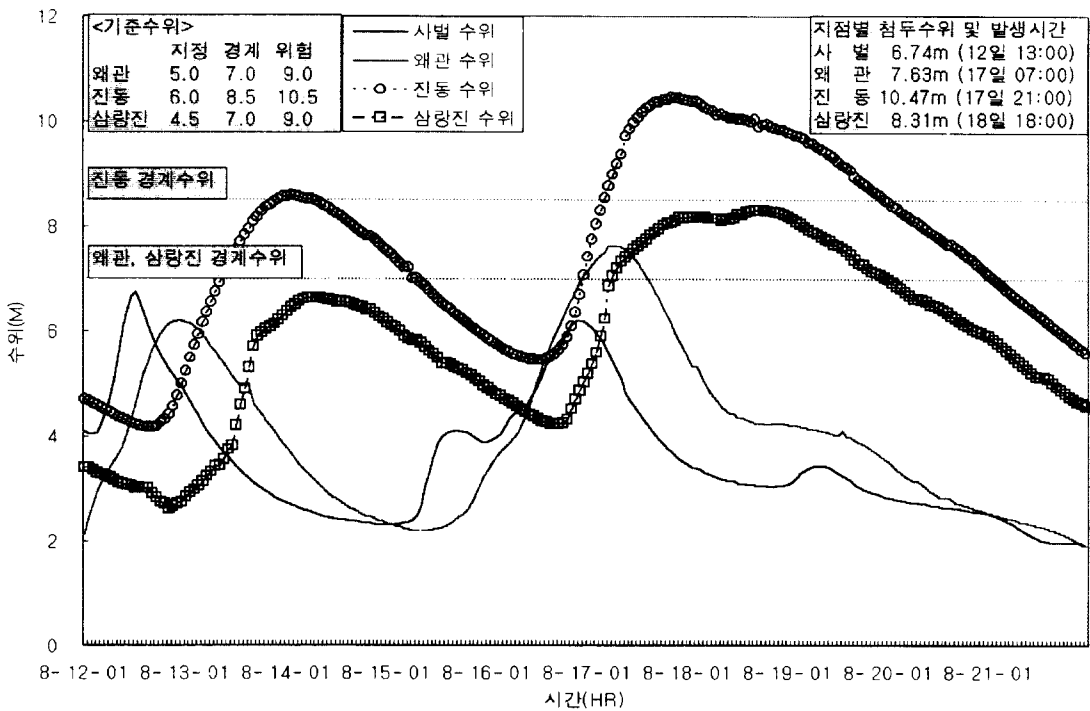


그림 3.22 낙동강 하류지점 수위상황(8월 12일 01시 ~ 21일 24시)

③ 금강 유역

금강유역은 8월 10일 01시부터 8월 21일 24시 동안에 공주, 규암, 강경 지점의 홍수위를 도시하면 그림 3.23과 같다.

그림에서 각 수위표 지점별로 침투수위 발생시간을 살펴보면 강경지점이 8월 16일 12시에 가장 먼저 침투수위가 발생하였고, 공주 지점이 16일 14시, 규암지점이 16일 18시에 침투수위가 발생하였다. 침투수위는 공주지점이 4.70m, 규암지점이 7.85m, 강경지점이 7.16m를 기록하였다.

한편 수위변화를 지점별로 살펴보면 대청댐 하류의 공주와 강경, 규암지점의 수위는 호우에 의해 한번 상승하였다가 감소하여 다시 상승하던 중 대청댐에서 8월 12일 15시에 방류를 시작하여 공주지점이 12일 20시에 4.37m, 강경지점이 12일 22시에 6.75m, 규암지점이 13일 01시에 7.82m를 기록하여 공주지점을 제외한 강경과 규암지점은 경계수위를 초과하였다. 그 이후 수위는 대청댐이 14일 15시에 2,470cms를 방류하면서 상승하다가 첨두에 도달하였다. 그러나 각 지점에서 발생한 첨두수위는 대청댐이 16일 22시에 '98 호우 기간중 최대 방류량인 2,574cms를 방류하기 몇 시간 이전에 발생하였으며, 강경지점만 위험수위를 0.16m 초과하고 규암지점은 경계수위는 초과하였지만 위험수위에는 미치지 못하였으며, 공주지점은 경계수위인 6.5m 보다 많이 낮았다. 또한 공주, 규암, 강경지점의 수위변화 양상은 대부분 일치하고 있으며, 첨두 발생시간은 공주에 비하여 강경지점은 2시간 빠르고, 규암지점은 4시간 늦게 발생하였다.

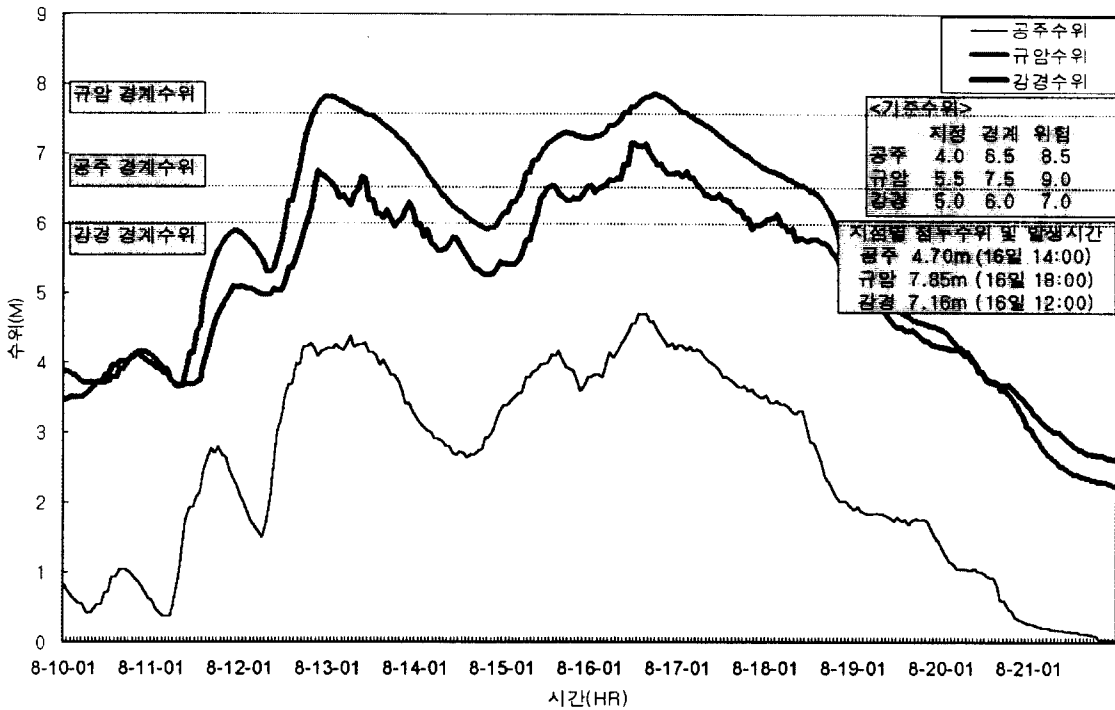


그림 3.23 금강 하류지점 수위상황(8월 10일 01시 ~ 21일 24시)

④ 섬진강 유역

섬진강유역은 8월 11일 01시부터 8월 21일 24시 동안에 송정, 구례지점의 홍수위를 도시하면 그림 3.24와 같다. 그림에서 첨두수위 발생시간을 살펴보면 송정지점은 8월 18일 19시, 구례지점은 8월 18일 17시에 첨두수위가 발생하였다. 첨두수위는 송정지점이 8.38m, 구례지점이 4.86m를 기록하였다.

한편 수위변화를 살펴보면 송정지점과 구례지점의 수위는 섬진강댐에서 8월 11일 14시에 400cms 이내로 방류를 시작하면서 수위가 상승하였다가 감소하던 중 다시 급하게 상승하여 8월 13일 17시에 송정지점은 7.67m, 구례지점은 4.18m를 기록한 후 감소하였다. 그 이후 각 지점의 수위는 주암댐과 섬진강댐의 방류량으로 인해 상승과 하강을 계속 반복하다가 구례지점이 이번 '98 호우 기간중 최대수위인 4.86m를 기록하며 먼저 첨두에 도달하고, 2 시간 후인 8월 18일 19시에 송정지점에서 8.38m로 첨두가 발생하였다. 송정과 구례지점의 수위는 변화 양상뿐만 아니라 첨두 발생시간도 거의 일치하고 있다.

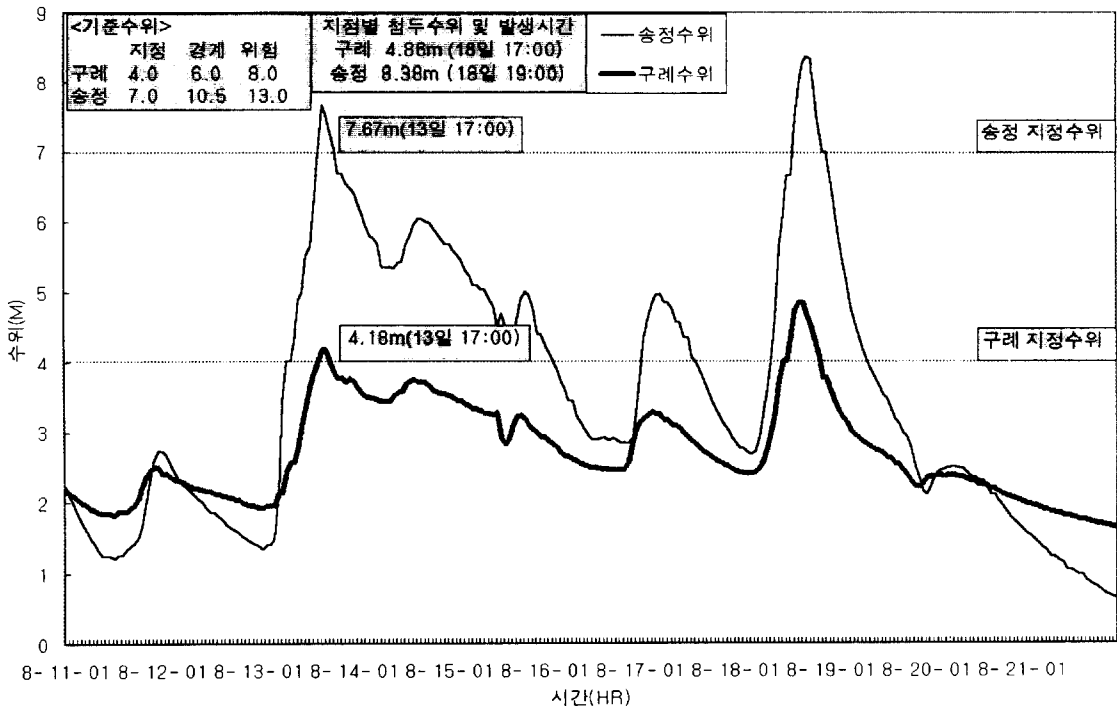


그림 3.24 섬진강 하류지점 수위상황(8월 11일 01시 ~ 21일 24시)

(3) 호우기간동안의 홍수예경보 발령현황

호우기간동안에 전국적으로 각 홍수통제소별로 홍수주위보와 홍수경보를 발령한 통계를 살펴보면 표 3.1과 같으며 5대강 홍수통제소 중에서 한강, 낙동강 및 금강 홍수통제소에서의 발령현황을 보면 표 3.2~표 3.4와 같다.

표 3.1 1998년 호우기간동안의 전국 홍수예경보 발령 현황

수계별	계	주위보		경보	
		발령회수	대상지점	발령회수	대상지점
계	22회	15회		7회	
한강	2회	<2회> - 8.8 17:00 - 8.8 21:00	- 인도교 - 여주		
낙동강	8회	<5회> - 8.12 17:00 - 8.13 09:00 - 8.16 10:00 - 8.16 14:00 - 8.16 22:30	- 왜관,현풍 - 진동,삼량진,구포 - 낙동 - 왜관 - 진동,삼량진,구포	<3회> - 8.12 09:00 - 8.16 22:30 - 8.17 04:00	- 낙동 - 낙동,왜관,현풍 - 진동,삼량진,구포
금강	5회	<3회> - 8.12 14:00 - 8.15 08:00 - 8.16 09:00	- 규암,강경 - 규암,강경 - 규암	<2회> - 8.12 19:00 - 8.16 09:00	- 강경 - 강경
섬진강	2회	<2회> - 8.13 14:00 - 8.18 13:00	- 구례,송정,하동 - 구례,송정,하동		
임진강	2회	<2회> - 8.6 07:00 - 8.8 18:15	- 적성 - 적성		
안성천	1회			<1회> - 8.8 23:00	- 평택,동연교
삼교천	2회	<1회> - 8.12 11:00	- 원평	<1회> - 8.12 13:30	- 원평

표 3.2 1998년 호우기간동안의 한강 홍수예경보 발령 현황

발 표 일 시	예 보 등 급	발 효 일 시	지 점	예 측 최 고 수 위			실 최 고 수 위			비 고 (해 제)
				예 측 시 점	발 현 일 시	최 고 수 위	발 현 일 시	최 고 수 위	유 량 (m ³ /s)	
8.8 17:00	홍수주의보	8.8 17:00	한강대교	7.09	8.8 19:00	8.0	8.8 21:00	8.55	20,463	8.9 23:00
8.8 21:00	홍수주의보	8.8 21:00	여주	6.55	8.8 22:00	7.5	8.9 05:00	7.86	9,026	“
8.8 23:00	홍수경보	8.8 23:00	동연교	5.70	8.8 24:00	6.8	8.9 04:00	8.50	701	
			평택	0.40	“	2.0	8.9 06:00	2.90	1,253	
8.9 14:00	홍수주의보 (대체발령)	8.9 15:00	동연교	6.60	8.9 15:00	6.5	8.9 15:00	6.37	827	8.9 19:00
			평택	2.00	“	2.0	“	1.87	771	“
8.4 10:00	잠수예측	8.4 12:00	잠수교	5.92	8.4 12:00	-	8.4 14:00	-	-	
8.4 16:00	부상예측	8.4 17:00	“	6.30	8.4 17:00	-	8.4 17:00	-	-	
8.6 06:30	잠수예측	8.6 08:00	“	6.16	8.6 08:00	-	8.6 09:00	-	-	
8.6 17:00	부상예측	8.6 20:00	“	7.20	8.6 20:00	-	8.6 20:00	-	-	
8.7 07:00	잠수예측	8.7 09:00	“	6.16	8.7 09:00	-	8.7 11:00	-	-	
8.11 23:30	부상예측	8.12 01:00	“	6.58	8.12 01:00	-	8.12 01:00	-	-	
8.12 06:20	잠수예측	8.12 07:00	“	6.13	8.12 07:00	-	8.12 10:00	-	-	
8.12 13:30	부상예측	8.12 15:00	“	6.67	8.12 15:00	-	8.12 14:00	-	-	
8.15 01:40	잠수예측	8.15 13:00	“	5.86	8.15 03:00	-	8.15 05:00	-	-	
8.17 00:20	부상예측	8.17 02:00	“	6.59	8.17 02:00	-	8.17 01:00	-	-	

표 3.3 1998년 호우기간동안의 낙동강 홍수예경보 발령 현황

발표시	예보급	발효시	지점	예측최고수위			실최고수위			비고
				예측시점	발현시	최고수위	발현시	최고수위	유량(m ³ /s)	
8.12 09:00	경보	8.12 09:00	낙동	8.12 08:00	8.12 13:00	9.26				
		8.12 14:00	낙동	8.12 13:00	8.12 18:00	8.46	8.12 15:00	8.40	5,497	예측수위 변경통보
8.12 17:00	주의보	8.12 17:00	낙동 왜관	8.12 16:00	8.12 23:00 8.13 08:00	6.50 10.50	8.12 23:00 8.13 12:00	6.20 10.33	5,266 5,761	경보, 주의보
8.13 09:00	주의보	8.13 09:00	진동 삼랑진	8.13 08:00	8.13 20:00 8.14 02:00 8.14 09:00	8.50 6.40 3.30	8.14 02:00 8.14 06:00 8.14 02:00	8.59 6.64 3.57	5,891 6,402 7,700	
8.13 16:00	주의보 해제	8.13 15:00	낙동 왜관							
8.15 00:00	"	8.15 00:00	현풍							
8.16 10:00	"	8.16 10:00	진동 삼랑진							
8.16 10:00	주의보	8.16 10:00	낙동	8.16 09:00	8.16 19:00	8.0				
8.16 14:00	주의보	8.16 14:00	왜관	8.16 13:00	8.17 00:00 8.17 06:00	6.7 10.0				
8.16 22:30	경보	8.16 22:30	낙동 왜관	8.16 22:00	8.17 02:00 8.17 05:00 8.17 10:00	8.7 7.5 12.5	8.17 02:00 8.17 07:00 8.17 12:00	8.55 7.63 12.78	5,761 8,424 8,460	주의보·경보 "
8.16 22:30	주의보	8.16 22:30	진동 삼랑진	8.16 22:00	8.17 08:00 8.17 15:00 8.18 04:00	8.70 7.00 3.80				
8.17 04:00	경보	8.17 04:00	진동 삼랑진	8.17 03:00	8.17 20:00 8.18 04:00 8.18 20:00	10.50 8.0 4.0	8.17 21:00 8.18 17:00 8.18 08:00	10.47 8.31 4.15	8,281 9,267 11,000	주의보·경보 " "
8.17 14:00	주의보	8.17 14:00	낙동							경보·주의보
8.17 18:00	주의보	8.17 18:00	왜관							"
8.18 03:00	주의보 해제	8.18 03:00	낙동							
8.18 06:00	"	8.18 06:00	왜관							
8.19 16:00	주의보	8.19 16:00	현풍							경보·주의보
8.20 00:00	주의보	8.20 01:00	진동 삼랑진							" " "
8.20 15:00	주의보 해제	8.20 15:00	현진 삼랑진							

표 3.4 1998년 호우기간동안의 금강 홍수예경보 발령 현황

발 표 일 시	예 보 등 급	발 효 일 시	지 점	예 측 최 고 수 위			실 최 고 수 위			비 고
				예 측 시 점	발 현 일 시	최 고 수 위	발 현 일 시	최 고 수 위	유 량 (m ³ /s)	
8.12 14:30	주의보	8.12 14:30	규암 강경	8.12 14:00	8.12 19:00 8.12 22:00	7.6m 6.4m	8.12 24:00 8.12 21:00	7.82m 6.75m	4,799 5,147	규암해제 8.14 09:30
8.12 19:00	경보	8.12 19:00	강경	8.12 18:00	8.12 23:00	6.9m	8.12 21:00	6.75m	5,147	
8.14 07:00	주의보	8.14 07:00	강경	8.14 06:00	-	-	-	-	-	경보에서 주의보로 대치 강경해제 8.14 14:30
8.15 08:00	주의보	8.15 08:00	규암 강경	8.15 07:00	8.15 13:00 8.15 14:00	7.6m 6.4m	8.15 17:00 8.15 13:00	7.31m 6.55m	4,183 4,796	규암해제 8.15 20:00
8.16 09:00	경보	8.16 09:00	강경	8.16 08:00	8.16 12:00	7.0m	8.16 12:00	7.16m	5,909	
8.16 09:00	주의보	8.16 09:00	규암	8.16 08:00	8.16 13:00	7.8m	8.16 17:00	7.85m	4,837	규암해제 8.18 10:00
8.17 07:00	주의보	8.17 07:00	강경	8.17 06:00	-	-	-	-	-	경보에서 주의보로 대치 강경해제 8.18 19:00

(4) 홍수예경보 면에서의 '98호우의 교훈

7월 31일부터 20여일간 우리나라 곳곳에 막대한 홍수피해를 유발한 '98년 호우는 예년의 호우발생 양상과는 다르게 소위 게릴라성 호우라고 불리울 만큼 강우 중심이 북상, 남하, 동진하면서 우리 나라 전 유역을 강타하였다. 이러한 호우상황에서 현존의 홍수예경보 관련 시설과 시스템 운영을 어떻게 개선하여야 하는가 하는 문제는 국가 차원에서 반드시 조사, 검토되고 연구되어야 할 문제라고 판단된다. 좀더 구체적이고 세부적인 개선사항은 추후 이 문제에 대한 조사, 연구를 통하여 도출되리라고 예상하며, 여기에서는 현존의 홍수예경보 시스템 상태하에서 '98호우

와 같은 홍수가 닥칠 경우에 고려되어야 할 사항을 몇가지 제시하고자 한다.

1) 홍수예경보는 기상예보와 밀접한 관계를 가지고 있으므로 홍수예경보 시스템의 개선과 병행하여 우리나라도 선진국과 같은 수준의 기상관측 및 분석 시스템을 갖추지 않으면 '98 호우와 같이 강우의 이동경로가 복잡한 기상상황을 사전에 보다 정확히 예보하기에는 현 시설로는 역부족이다. 그동안 기상청에서 막대한 예산을 들여 기상관측의 자동화를 위해 자동기상관측소(AWS, automatic weather station) 체계를 갖추고는 있으나 기상 및 홍수예경보의 원활화를 위해 시설확장이 절실하다.

또한 우리나라의 홍수예경보는 하천 상류에 호우가 발생하는 시점에서 시스템이 가동하는 경우가 허다함으로 가능한 범위내에서 기상예보와 홍수예보가 동시에 이루어질 수 있는 체제가 필요하다.

2) '98 호우와 같이 집중호우가 하천 본류구간보다는 하천 상, 하류의 지천이나 지류유역에서 발생할 경우에 대비한 홍수예경보 시스템의 대응책이 마련되어야 한다. 예로서 평균 홍수도달시간이 짧은 소유역에서는 미국 기상청(National Weather Service)에서 개발되어 운영되고 있는 돌발홍수(flash flood) 예경보 시스템과 같은 시스템의 도입이 적극적으로 검토되어야 한다. 특히 이번에 많은 인명 피해를 유발한 지리산 지역의 홍수와 같이 산지 하천에서의 돌발홍수에 대한 연구를 전국적으로 실시하여 관광지와 야영지의 안전이나 경보시스템과 대피요령 등에 대한 방재 대책이 수립되어야 한다.

3) 이번과 같은 호우 발생양상을 고려하여 기존의 5대강 유역에서의 홍수예경보 지점에 대한 검토가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 홍수유출 예측 프로그램의 구조에 대한 검토가 병행 되어야 한다. 이번 호우 기간 동안에 하천 본류 구간은 실제적으로 큰 홍수피해가 발생하지 않아서 주로 본류구간과 주요 하류 지점에 편중되어 있는 현재의 홍수 예경보 시스템의 운영상에는 별 문제가 없었다. 물론 이 경우에도 전술한 홍수 예경보 발령 현황에서 본바와 같이 예보치의 정확도 향상이 선결되어야 할 문제로 남아 있다.

4) 홍수 예보치의 정확도 향상은 사용되는 유출모형과 과거 홍수관측자료를 기본으로 한 모형 매개변수의 검증이 무엇보다도 중요하다. 예측치의 정확도 향상의 선결 문제는 유출예측치의 정확도 검증이 중, 하류의 주요 예보지점에 국한 되어

있는 현 운영체제를 탈피하여 상류 소유역이나 1, 2차 지류에 해당하는 소유역 출구인 수위 관측지점의 홍수 유량 관측을 지속적으로 시행하여 소유역별 홍수 유출 예측치의 정확도 향상에 노력하여야 한다. 이렇게 함으로서 지류나 지천 유역의 홍수예보가 용이할 뿐만 아니라 하류 주요 지점에 대한 예보의 정확도를 향상시킬 수 있다.

4. 홍수예경보 시스템의 문제점 및 개선방향

4.1 홍수예경보 시스템의 문제점

(1) 홍수예경보 시스템과 관리상의 문제점

우리나라에는 현재 5대강 유역과 중소 직할하천 유역에 홍수예경보시스템이 설치되어 운영되고 있거나 설치중이다. 우리나라의 홍수예경보시스템은 직할하천의 관리를 담당하고 있는 건설교통부가 1974년 한강유역에 시스템을 설치하기 시작하여, 1987년에 낙동강유역, 1990년에 금강과 섬진강유역, 1991년에 영산강유역에 설치를 시작함으로써, 현재는 5대강 유역에 홍수통제소가 설치되어 시스템이 운영되고 있다. 한편, 5대강 유역뿐만 아니라 중소 직할하천 유역에 대한 홍수피해를 최소화하기 위하여 1993년에는 안성천과 형산강에 대한 홍수예경보시스템의 기본설계가 완료되어 현재 설치중이며, 1997년 6월에는 삼교천, 만경강, 동진강, 탐진강, 태화강유역에 대한 기본설계가 완료되어 현재는 프로그램의 개발이 진행중이다. 이와 함께 그동안 홍수예경보에서 사실상 제외되어 왔으나 유역면적이 상대적으로 크고 1996년에 대홍수를 겪은 임진강유역에 대한 홍수예경보 시스템의 구축도 추진되고 있다. 1997년에는 건설교통부가 임진강과 한강본류의 합류부를 포함한 한강 하류부에 대한 수리학적 홍수예보모형을 개발하였는데, 이 모형에서 임진강의 유출은 기상청의 자동기상관측소의 강우자료를 활용하여 예측하였다. 또한, 한국수자원공사는 1997년에 임진강유역에 대한 레이더 강우계측시스템의 기본설계를 실시하고 설치를 추진중이다.

그러나 5대강 유역과 주요 중소하천을 대상으로 설치 운영되고 있거나 설치중인 시스템은 전반적으로 노후화된 것으로 그 운영의 효율성이 낮은 실정이다. 우

리나라 홍수예경보의 중요한 문제점으로서 세 가지를 들 수 있다(건설교통부, 1997).

첫째, 홍수예경보의 정확도가 충분치 못하다는 것이다. 홍수예경보의 생명은 정확성이다. 그러나 우리나라의 홍수예경보의 정확도는 아직 정량적으로 평가된 적이 없다. 관측되는 유량자료가 부정확하기 때문에 정확도를 평가한다는 것 자체가 모순일 수도 있다. 아무튼, 단정할 수는 없으나 우리나라 홍수예보의 정확도는 다른 나라와 비교할 때 결코 높지는 않을 것으로 추측된다.

둘째, 홍수예보를 담당하는 실무자의 전문성 부족을 들 수 있다. 홍수예보의 주체는 어디까지나 인간이다. 홍수예보의 대상인 강우-유출 현상은 아직 인간의 이해가 충분치 않은 자연현상이기에 모든 것을 수식화하여 컴퓨터로 처리하는 것은 불가능하다. 따라서, 홍수예경보는 학문적인 이해와 충분한 경험을 가진 전문가에 의존할 수밖에 없다. 우리나라에서는 이러한 전문가가 절대적으로 부족하므로 비전문가들이 홍수예보를 담당할 수밖에 없으며, 이것이 바로 문제이다.

셋째, 국가적 차원에서 홍수예경보 시스템은 지속적으로 개선되고 있으나, 본래의 시스템 골격을 그대로 유지하면서 부분적인 개선에 그치고 있다. 이는 우리나라에서 운영되고 있는 각 유역의 홍수예경보 시스템의 기본골격 자체가 일본의 기술진이 개발하여 1974년 한강홍수통제소에 설치한 한강 홍수예경보 시스템에 뿌리를 둔 동일 종류의 시스템이기 때문에 개선상의 어려움이 많다.

앞에서 기술한 문제점의 원인은 간접적인 것과 직접적인 것으로 구분할 수 있다. 간접적인 원인으로 현재의 시스템은 여러 명의 사용자가 동시에 프로그램을 구동할 수 없는 구조를 가지고 있으며, 유출이나 하도의 추적에는 저류함수법이 고정적으로 사용되며, 실시간으로 수집되는 TM(Telemetering) 정보를 효율적으로 활용하지 못하며, 유역간 시스템의 호환성이 떨어지는 것을 들 수 있다. 직접적인 원인으로서는 현재의 시스템은 20년이상 노후된 것으로 시스템의 구조가 비효율적이며, 프로그램의 구조가 모듈별로 분리되지 않아 산만하고, 동일 기능에 대한 사양(option)을 선택할 수 없으며, 실시간 정보를 이용하여 예경보를 최적화 하는 기능이 미흡하고, 프로그램의 일반화가 되어 있지 않은 점을 들 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 현재의 시스템에 대한 전반적인 개선이 필요하다. 5대강 홍수예경보시스템은 필요에 따라 각 유역별로 독자적으로 개선되어

왔다. 특히, 한강 홍수예경보시스템은 개발되어 운영된지 24년이 지난 만큼 개선실적이 다른 유역에 비하여 월등하다. 그동안 홍수예경보시스템의 개선사업은 크게 3가지로 구분할 수 있다. 첫째는 사용하고 있는 유출모형의 예보능력을 개선하기 위한 노력으로서 사용하고 있는 저류함수법의 매개변수 도출과 보정 방법 개발 등을 들 수 있다. 둘째는 새로운 소프트웨어 도구와 하드웨어의 적용 등 날로 발전하는 개발도구와 장비를 활용함으로써 시스템의 효율을 높이는 사업으로서 한강홍수예경보시스템에 대하여 개발한 홍수데이터베이스의 개발, 메뉴형식의 프로그램개발, 그리고 침수실적을 그림으로 나타내기 위하여 지리정보시스템을 적용한 것 등을 들 수 있다. 셋째는 주로 최근에 수행되었거나 현재 수행중인 것으로서 기구축된 프로그램으로 처리되지 않는 부분을 보완하기 위한 것이다. 여기에는 원래의 홍수예경보시스템에서는 처리되지 않던 낙동강, 금강, 영산강의 하구언에 대한 수리학적 하도추적모형의 개발과 적용, 한강 하류구간에 대한 수리학적인 모형의 적용도 포함된다.

현재의 홍수예경보시스템은 개발당시의 기본골격을 사실상 그대로 유지하고 있는데, 개발후 24년이 흐르는 동안 예보를 위한 환경과 도구나 장비는 개발 당시와는 사실상 전혀 다를 정도로 변화되었으므로 전면적인 검토를 거쳐 대폭적인 개선이 불가피해졌다. 토지이용도의 증가와 경제수준의 향상에 따른 홍수예보의 중요도 상승, 컴퓨터와 소프트웨어의 비약적인 발달, 계측 및 통신기술의 발달, 기상예보와 유출예보기술의 발전, 지구온난화 등에 기인한 이상홍수의 빈번한 발생 등 개발당시에는 전혀 예상하지 못했던 것들이 현실화되었으며 비약적인 기술발전이 성취되었다.

기상재해를 극소화시키기 위한 많은 노력에도 불구하고 아직 예·경보 기술은 많은 측면에서 개선의 여지가 있다. 현재 기상청에서는 집중호우에 관한 예보활동을 하고 있으나 많은 부분에서 예보자의 경험에 의한 주관적인 예보에 의존하고 있는 실정이다. 집중호우의 발생 배경에 관한 예보는 효과적이나 집중호우의 실시간 예보는 아직 미흡한 부분이 상당히 남아 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 시공간적으로 현재보다 좀더 조밀한 관측자료를 이용하여 집중호우를 유발하는 기상현상의 변화와 이동 경로 등을 집중적으로 감시하고 특히, 세밀한 관측자료의 실시간 분석이 이루어져야 한다.

(2) 저류함수법 이용에 따른 제반 문제점

현재 국내 5대강 유역의 홍수유출은 저류함수법에 의해 계산되고 있으나 여러 가지 가정을 전제로 구성되어 실제 적용시에는 많은 어려움이 있다(박영일, 1996).

저류함수법을 이용한 유출계산의 오차 원인과 국내 홍수예경보의 전반적인 당면 과제로는 우량관측의 오차, 수위-유량곡선의 정확도, 저류함수법의 여러 상수의 적정화 및 적용 한계 등을 열거할 수 있을 것이다. 저기압이나 태풍시에는 강한 바람으로 인하여 우량계의 관측자료는 실제의 강우량과 차이가 있으므로 지형의 방향성과 풍속에 따라 우량 관측치의 대표성 문제가 대두되고 있다. 수위-유량곡선의 신뢰도 문제에 있어 유량측정시의 부정확한 오류도 있지만 국토개발에 따른 하천 종횡단면의 변화와 골재채취 등으로 인해 유수단면적과 하천경사의 변화가 야기되므로, 측정시에는 정확히 관측된 자료라 하더라도 일정 시간이 경과되면 부정확한 것이 일반적이다. 저류함수법에 사용되는 각각의 상수는 요도가와(이근천)식에 근거한 것으로 이를 한강에 적용하였고, 그 후 몇 차례에 걸쳐 각 상수들의 값을 조정하면서 사용되어 왔다. 이들 값을 일관되게 적용하는 것은 경우에 따라 상당한 오차가 발생하며 적절한 조정을 하는 데에는 분석자의 상당한 경험을 필요로 한다.

4.2 홍수예경보 시스템의 개선방향

'93, '94년의 극심한 가뭄에 의한 용수수급 문제, '98년 호우에 의한 홍수피해 방지 문제 등 최근에 하천관리 문제가 다양화되고 있는 시점에서 낙동강 유역에서 시도한 바와 같이 기존의 홍수 예경보 시설을 활용하여 저수관리 시스템을 5대강 유역 공히 구축하여 홍수예경보만의 기능에서 하천 유수관리 시스템으로 전환하는 문제는 검토해 볼 가치가 충분히 있다고 사료되어, 저수관리를 포함한 기존 홍수예경보 시스템의 개선방향을 제시하고자 한다.

(1) 기술적인 면

① 수문자료관리 시스템의 구축 및 운영

홍수관리 계획이나 이수관리 계획을 수립하고 하천 유수관리를 원활히 하기 위해서는 1월 1일부터 12월 31일까지의 매일 매일의 유황을 파악하여야 한다. 이를 위해서는 낙동강 유역에서 기 개발한 바 있는 홍수유출과 저수유출모형과 같은 목

적의 하천 유출모형이 개발되어야 한다. 이를 위하여는 무엇보다도 신뢰성 있는 수문자료의 확보가 필수적인 것은 재론의 여지가 없다. 신뢰성 있는 수문자료의 확보는 정확한 수문관측에 의해서만 가능하다. 이들 중 현재 신뢰성에 문제가 있는 수위-유량 관계곡선의 정확도를 높이기 위한 유량 관측기술에 대한 폭 넓은 연구와 조사를 실시해야 한다. 또한, 수문자료에 대한 중요성을 인식하여 관측자료의 신뢰도에 대한 책임을 지고 관측을 실시하는 전문기관이 없어서 자료에 대한 신뢰도가 낮은 실정이다. 그러므로 각 유역별로 유량관측을 직접 실시하거나 외부 용역기관에 의뢰하여 실시할지라도 직접 현장에 나가 감독할 수 있는 조직이 필요하다.

또한, 전자통신 분야의 발전, 특히 센서(sensor)기술과 마이크로 칩을 이용한 자료 집적 시스템(data acquisition system)의 발달과 통신기기 및 통신망 구축기술의 발달로 계측 및 자료 축적 기능이 과거보다 많이 향상된 수문 계측기기가 개발되고 있으므로 이를 이용한 수문관측 시스템을 도입하여 하천유역별로 우수관리 시스템을 구축하고 운영하는 방법에 대해 검토할 필요가 있다.

② 하천 유출모형의 개선 및 개발

현재 각 수계 홍수통제소에서 사용되고 있는 홍수유출모형인 저류함수모형의 모형변수 추정 및 검정방법을 계속 연구 조사하여 홍수예보의 정확도를 제고하는 한편, 우리나라 하천 홍수특성에 맞고 좀더 신뢰성 있는 홍수유출 모형의 개발이 시급하며 이에 대한 적극적인 관심과 투자가 있어야 한다. 또한 낙동강 유역의 저수관리 시스템에 적용한 바 있는 탱크모형과 같은 저수유출 모형의 개발도 병행되어 각 유역 별로 하천 우수관리 시스템이 구축될 수 있도록 하여야 한다. 저류함수모형이나 탱크모형은 일본에서 개발되어 사용하고 있는 방법이나 이론의 타당성과 정확성에는 많은 논란이 있다. 그러나 계산의 간편성과 검정해야 하는 모형 변수의 수가 적은 등의 이점은 있어 일본에서 많이 사용되고 있다.

모형 개발시 고려되어야 할 내용중의 하나는 1997년 사업으로 한강홍수통제소에서 시도한바 있는 내용으로, 세계적으로 기 개발되어 사용되고 있는 예보모형의 각 구성모형(component model)의 알고리즘(algorithm)을 체계적으로 분석하여 모듈(module)화 하는 방법도 검토해 볼 필요가 있다. 그리고 전술한 바와 같이 상류 하천이나 1, 2차 지류나 지천 유역별로 유역추적 모형의 적정 모형 매개변수를 추정하여 검증하는 데 많은 시간과 노력을 아끼지 말아야 한다. 하류의 수위표 지점의 유출량은 상류나 지천의 유출량이 모여서 형성되는 강우-유출과정의 결과이기 때문에 소유역별 유역추적, 하도추적, 댐 운영 등의 과정모형의 개선에도 많은 노력

을 기울여야 한다.

그리고 1998년 8월 지리산 야영객 참사사건과 같은 홍수 재해를 방지하기 위한 돌발홍수 예경보 기법에 대한 연구도 시급히 이루어져야 할 것이다.

③ 통신시설의 현대화

현대는 통신위성이나 기상위성 등의 발달로 정보통신의 혁명시대라고 할만큼 통신기술이 발달되고 있다. 이에 수문관측 기기나 자료전송 체계도 이전에는 상상조차 할 수 없을 정도로 발달되어 자료 결측이나 통신라인 단절에 의하여 하천 유수 관리 시스템 운영에 지장을 초래하는 결과를 최소화 할 수 있다. 각 유역별로 낙후된 통신시설의 문제점을 파악하고 현대적 의미의 통신시설로 개설하는 문제는 적극적으로 검토되어야 한다. 물론 이를 위해서는 예산상의 뒷받침이 절실하다고 하겠으나 시설 유지관리와 운영비가 기존의 시설보다 상당히 저렴한 것으로 알려져 있으므로 이에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다.

④ 홍수위험지도의 작성 및 운용방안 검토

홍수피해 상황분석을 실시하기 위해서는 일차원적으로 현재 실시 중인 홍수흔적 조사를 가능한 범위내에서 항공기에 의한 사진 촬영 등을 통하여 평면적인 홍수흔적 조사를 실시하여, 홍수 침수 실적도를 작성하고, 이를 활용하여 홍수 위험 지도를 작성하는 방법에 대하여 연구 조사한다. 또한 현재 1999년 이전에 우리나라 국가지리정보시스템(GIS, geographical information system)이 완전히 구축될 계획이므로 이 시스템을 활용하여 홍수 위험 지도를 작성하는 기법도 연구 검토되어야 한다. 홍수규모별로 예상침수구역을 사전에 판단할 수 있는 홍수위험지도를 활용하면 좀더 신속하고 효과적인 재해대책이나 방재 업무수행이 가능할 것이다.

(2) 제도적인 면

① 가칭 “하천정보센터”의 신설 검토

하천유수관리에 필수적인 홍수기의 홍수예경보나 홍수통제업무와 비홍수기의 용수수급 관리업무는 학문적인 체계에서 보면 수문학의 정수라고 할 수 있는 강우 예측, 유역추적, 하도추적, 저수지 운영조작 등에 관한 고도의 전문기술과 경험을 필요로 하는 하천유출 예측기법의 적절한 적용이 그 주된 임무이므로 전문 수문 기술자에 의해 업무가 수행되어야 한다. 그러나 현재 홍수통제소에서 근무하고 있는 인력은 전문기술자가 아닌 일반 토목기사 또는 통신기술자로 이루어져 있으므로 전문 수문 기술자의 확보 및 양성이 필요하다.

유수관리의 원활화를 위한 전문 수문 기술자의 확보나 양성 방법의 하나로 중

양에 가칭 “하천정보센터(River Information Center)”를 신설하는 방안을 검토할 필요가 있다. 이 기관의 주요 업무는 1월 1일부터 12월 31일까지의 전국 하천유역의 유황을 항상 파악하기 위하여, 홍수기에는 홍수예보를 하기 위한 홍수유출량을 주요 지점별로 산정하고, 비홍수기에도 각 하천유역별로 저수관리를 위한 주요지점에서의 하천유량을 산정하여 필요한 기관이나 개인에게 알려주는 기능을 갖는 조직을 신설할 필요가 있다.

우리나라의 현 여건하에서 전문가를 확보하거나 양성할 수 있는 방안은 많이 있을 수 있으나 선진국에서와 같이 장래에 하천 정보가 정보로서의 가치로서 인정될 때를 대비하여서도 이의 신설은 적극적으로 검토되어야 한다. 또한 기상예보 기술자와의 긴밀한 협조체제가 이루어져 기상예보와 홍수 및 가뭄예보가 동시에 이루어질 수 있도록 검토되어야 한다. 물론 이에 대한 행정, 제도적, 조직적인 면에서의 면밀한 검토가 선행되어야 할 것이다.

② 유역관리사무소 형태의 조직 신설 또는 재편 검토

하천유황은 하천의 수문기상 특성과 하천 형태학적, 지형학적 특성은 물론 유역내 토지이용상태에 따라서도 서로 상이하게 나타나는 것은 주지의 사실이다. 그러므로 하천을 과학적이고 체계적으로 관리하기 위해서는 유역별 이들의 특성을 현장조사와 관측을 통하여 구명하고, 여기에서 얻어진 지식을 근거로 하여 홍수통제나 용수수급관리가 이루어져야 한다. 그런데 현재 5대강 유역에 설치 운영되고 있는 홍수통제소는 홍수가 내습하면 홍수예경보 업무에만 매달리어 홍수가 발생하고 있는 현지 지역이나 지점에서의 홍수현황을 파악할 인력이나 시간적인 여유가 없는 실정이다. 그래서 홍수가 발생하면 홍수 예경보 업무는 전담기구인 가칭 “하천정보센터”에 위임하고 하천유역의 관측시설의 점검, 시스템상으로는 파악할 수 없는 홍수상황의 파악, 더 나아가서 홍수유량 관측도 실시할 수 있는 조직으로의 전환이 바람직하다고 생각된다.

그리고 평상시 하천의 흐름을 이루고 있는 비홍수기에도 하천 수리시설의 점검, 하천유량 및 수질 관측, 수리권 조사 등 용수수급관리에 필요한 제반 사항들을 조사하는 기능을 갖도록 함으로서 모름지기 하천유역의 하천관리를 전담하는 “○○강 유역 관리 사무소”로 기존의 홍수 통제소를 재편하거나 또는 신설하는 방안을 검토할 필요가 있다. 이러한 형태의 조직은 1966년부터 한시적으로 설치 운영되었던 유역 조사단과 유사하다고 볼 수 있다. 물론 가칭 “하천정보센터”의 신설과 연계하여 면밀히 검토되어야 할 사안이라고 사료된다.

5. 결론

우리나라의 홍수예경보시스템은 하천관리를 담당하고 있는 건설교통부가 1974년 한강유역에 시스템을 설치하기 시작하여, 1987년에 낙동강유역, 1990년에 금강, 섬진강유역, 1991년에 영산강유역에 설치하여 현재 5대강 유역에 홍수통제소가 설치되어 시스템이 운영되고 있다. 한편, 5대강 유역 뿐만 아니라 중소 직할하천 유역에 대한 홍수피해를 최소화하기 위하여 1993부터 안성천, 형산강, 삼교천, 만경강, 동진강, 탐진강, 태화강, 임진강유역 등에 예경보 시설을 설치중이거나 계획중에 있다. 여기에서는 우리나라 홍수예경보의 연혁과 현황, 그리고 그 문제점을 살펴보고 홍수예경보 시스템의 개선방향을 제시하였다. 특히 1998년 호우기간 동안의 호우 특성을 파악하여 이러한 호우가 발생할 시의 홍수예경보에 의한 대처방안을 검토하여 개선방향을 제시하였다. 그 내용을 요약하면 아래와 같다.

1) 용수수급문제와 홍수피해 방지문제 등 하천관리문제가 다양화 되고 있는 시점에서 기존의 홍수예경보 시설을 활용하는 저수관리 시스템을 추가적으로 구축하여 홍수예경보 기능에서 하천 유수관리 기능으로 확장, 전환할 필요성이 있다.

2) 수문자료의 질적인 향상을 위하여 각 유역별로 유량관측을 직접 실시하거나 감독할 수 있는 조직으로 기존의 조직을 재편 또는 신설하여 하천유수관리를 전담하는 기구를 설치할 필요가 있다.

3) 하천의 유수관리에 필요한 홍수유출과 저수유출을 예측하기위한 하천 유출모형의 개선이나 개발이 필요하다. 이를 위하여는 전문 기술자의 확보와 양성이 필요한 바, 가칭 「하천정보센터」의 신설을 검토할 필요가 있다.

4) 노후화된 통신시설을 통신위성 등을 이용하는 현대화된 시설로 바꾸어 하천예보의 정확도를 제고할 필요가 있다.

5) 홍수 도달시간이 짧은 하천유역에서의 돌발홍수 예경보 시스템의 개발과 GIS를 이용한 침수구역의 파악이나 홍수위험지도의 작성 등에도 많은 노력을 기울여야 하겠다.

여기에서의 기존의 홍수예경보 시스템의 개선방향 중 조직의 신설이나 재편에 관한 내용은 기존의 보고서나 자료와 선진국에서 이루어 지고 있는 하천 유수관리 시스템을 고려하여 제시한 내용으로 다소간 우리나라의 여건상 실현성이 없는 부분이 있을 수 있지만, 다가오는 세기에 예견되는 용수부족문제와 기상이변에 의한

1998년 같은 호우가 다시 발생하는 데 대비하여 반드시 검토되고 추진되어야 할 사항이라고 생각하며 정부당국이나 관련 기관의 적극적인 검토를 바라마지 않는다. 끝으로 정부조직의 구조조정은 인원을 감축하는 것이 아니라 정부가 할 일과 해야 할 일을 분석하여 해야 할 일은 인원이 증가된다 할지라도 조직을 확장해야 한다고 생각하며 정부당국이나 관련기관의 선처를 바라마지 않는다.

참고문헌

건설교통부(1997), **홍수관리 종합운영 시스템(1)** 보고서.

박영일(1996), “홍수예경보”.

한국수자원공사(1998), **1998 호우 및 댐 운영 효과분석** 보고서.

Kyiamah, G.K.A.(1996), "Monitoring and characterization of flash flood." Thesis for Degree of Masters of Science, Dept. Civil Eng., Univ. of Louisville.

Sweeney, T. L.(1988). "The flash flood hydrologic forecast model." Proceedings of Computerized Decision Support Systems for Water Managers, ASCE.