

GOVP1200505916

최 종
연구보고서

GIS, RS를 이용한 광역적 농촌 수자원 평가 및 예측기법 개발

Development of Assessing and Predicting Process of Rural Water
Resources using Geographic Information System and
Remote Sensing Techniques

연구기관
건국대학교

농림부

목 차

요 약 문	2
목 차	13
제 1 장 서 론	15
제 1 절 연구 배경	15
제 2 절 연구개발 목표 및 내용	20
제 3 절 추진전략 체계	28
제 4 절 연구원 편성표	29
제 2 장 농촌지역의 수자원관련 시설 조사 및 자료수집기법 개발	33
제 1 절 연구배경 및 목적	33
제 2 절 농촌지역의 수자원관련 시설 및 자료의 특성	34
제 3 절 GPS를 이용한 조사기법	37
제 4 절 연구대상 지역에서의 적용	41
제 5 절 수자원관련 시설조사 및 자료수집 기법	71
제 6 절 요약 및 결론	75
제 3 장 RS, GIS를 이용한 기상관련정보 생성 및 예측기법 개발	77
제 1 절 서 론	77
제 2 절 국내외 기술개발 현황	82
제 3 절 RS, GIS를 이용한 기본 주제도 작성	84
제 4 절 AWS 자료를 이용한 기상관련정보의 특성 분석	97
제 5 절 기상예측알고리즘 개발을 위한 공간특성 분석	101
제 6 절 요약 및 고찰	110
제 4 장 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발(저해	

상도 부문)	111
제 1 절 연구배경 및 목적	111
제 2 절 원격탐사의 활용성	112
제 3 절 식생지수(Normailzed Difference Vegetation Index)	119
제 4 절 증발산량 산정 모형	128
제 5 절 광역물수지 모형	145
제 6 절 결론	166
제 5 절 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발(고해상도 부문)	167
제 1 절 연구배경 및 목적	167
제 2 절 연구대상지역 개요	168
제 3 절 RS를 이용한 농촌수자원 관련정보의 평가	169
제 4 절 RS, GIS를 이용한 농촌수자원 관련정보의 생성	178
제 5 절 RS, GIS를 이용한 농촌수자원 관련정보 예측기법 개발	199
제 6 절 결론	232
제 6 절 종합결론	236
참 고 문 헌	239
칼 라 그 림	245

제 1 장

서 론

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경

1. 연구 개발의 필요성

가) 기술적 측면

21세기에는 우주경쟁이 더욱 치열해질 것으로 예측하고 있다. 현재 지구상공에는 지구 자원탐사위성을 비롯하여 기상 관측위성, 범세계 위치정보위성, 통신위성, 첩보위성 등이 미국, 일본, 프랑스, 인도, 캐나다 등의 국가에 의해 제 각각의 목적에 따라 운영되고 있다. 특히 과거 군사적인 목적위주로 활용되던 원격탐사기술이 탈냉전시대 이후부터는 지구의 자원, 기상, 환경 등 인류의 번영을 위한 목적으로 전환되어 사용되기 시작하였다. 우리나라도 시기적으로 늦은 감이 있으나, 한국항공우주연구소에서 다목적실용위성 (KOMPSAT-1)을 발사하여 2000년 초부터는 한반도 주변의 위성영상을 공급할 계획에 있어, 이를 이용하는 응용분야에서의 활발한 연구가 기대된다. 농업분야는 RS (Remote Sensing; 원격탐사) 기법을 활용하는데 무한한 잠재력을 가지고 있는 응용분야이다. 예를 들어 위성영상을 활용한 구름 및 강우분포, 홍수와 가뭄 피해지역, 작물의 생육상태와 수확량, 토양수분과 증발산량의 파악, 자연 생태계의 변화, 수질오염 감시 등 무궁무진하다.

21세기는 이미 많은 학자들이 정보화시대가 될 것이라고 말하고 있다. GIS (Geographic Information System; 지리정보시스템)는 우리나라에서는 '80년 초부터 관심이 일기 시작하여 현재는 국가차원의 NGIS 사업이 계획대로 진행되면서 우리나라의 사회기반산업으로 그 자리를 확고히 다진 상태이다. 따라서 농업분야에서도 이들 자료를 이용하는 수요와 응용이 기하급수적으로 증가될 것이 자명하다. GPS (Global Positioning System; 범세계위치정보시스템)는 미 국방성이 '70년대에 고속으로 이동하는 선박, 항공기, 로켓 등 위치를 파악하기 위하여 개발을 시작하여 '93년에 실용화시킨 인공위성 항법시스템이지만, GPS가 농업분야에서도 효과적인 GIS 자료수집기술로 발전하고 있다. GPS기술은 해상도의 한계로 인한 불명확한 위치자료를 수집하고, 계속 변화하는 자료를 최신의 자료로 갱신(update)할 수 있다는데 그 장점이 있다.

상기의 정보기술 (RS, GIS, GPS)들은 상호 보완적인 관계를 유지하면서 급진적으로 발전

을 거듭하고 있다. 특히 농업분야에서는 그 활용범위가 넓고, 활용도 또한 높은 만큼 이 기술들을 이용한 농업관련 연구가 필요하다고 생각된다.

현재 기상분야에서는 RS, GIS를 이용한 전지구적 대기순환모델(Global Circulation Model; GCM)에 집중적인 연구가 진행되고 있다. 이는 지구의 다양한 기후변화 시나리오에 의한 지구 자원의 변동상황을 예측하고, 이에 대한 범세계적인 차원의 대책수립을 지원하기 위함이다. 한편 GCM과 같은 전지구적 규모 (global-scale)의 모델 결과를 지역적/구역적 규모 (regional/local-scale; 수문학적인 측면에서는 광역적 규모; meso-scale) 모델과 결합하기 위한 연구가 필요하다. 이는 우리나라 내에서 필요로 하는 보다 상세한 농업관련 정보들을 지역적/구역적 규모에서 획득하여 농업재해 대책수립 및 집중호우와 태풍시의 종합적인 안전관리 대책수립을 위한 3차원적 공간자료기반 조성이 필요하다.

RS, GIS기술의 또 다른 장점으로서는 농촌과 같이 넓게 분포되어 있는 지역의 다양한 농업 정보들을 한꺼번에 효율적으로 수집하여 분석하는데 있다. 따라서 본 과제에서 수행하고자 하는 “농촌지역의 광역적 자원·환경 평가 및 예측기법 개발”은 이들 기술을 적극 도입·활용함으로써 단기간에 최대한의 효과를 기대할 수 있으며, 농업자원분야에서 반드시 해결해야 할 과제라고 판단된다.

나) 경제·산업적 측면

현재 우리나라의 RS, GIS, GPS 관련업체들은 지난 10년간 수백 개에 이를 정도로 벤처기업으로서 창업의 붐이 일고 있다. 이는 업계에서 관련학과 졸업자들의 수요를 창출하고 있다는 것을 의미하며, 향후 이에 대한 산업 열기는 더욱 가속화될 것으로 전망된다. 한편 관련 연구사업들이 수자원, 환경, 정보통신, 해양 등 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있어 우리 농업분야에서도 이 분야에 대한 적극적인 투자를 지원함으로써 타 분야와 대등한 농업정보체계를 갖출 필요가 있다고 판단된다.

기존의 방법으로 광범위한 농촌지역의 자원 그리고 환경관련 자료들을 수집하기 위해서는 장기간의 계획과 이에 따른 많은 비용이 투입되어야 한다. 이는 자료수집과 분석에 있어 많은 시간과 노동력이 필요하다는 것을 의미한다. 그러나 이제는 RS, GIS 기술을 이용함으로써 보다 빠른 시간내에 보다 적은 비용과 인력을 투입하여 농업관련 제반자료의 효율적인 수집/제작 그리고 이들이 지니고 있는 공간자료의 가공 및 분석기능으로 원하는 결과를 얻을 수 있으므로 경제적인 효과는 충분히 있다고 판단된다.

다) 사회·문화적 측면

지난 수십년 동안 농촌지역에서는 산림(벌채, 개간 등), 토지이용(주거지 조성, 경지정리 등), 물이용(지하수 개발, 경지내 비닐하우스 재배 등)의 변화 및 자원·환경관련 시설물(수리 시설물, 환경기초시설 등)의 개발 등 꾸준한 변화가 지속되어 왔다.

유역의 상류인 산림지역은 과거와는 달리 조밀한 상태로 변하여 증발산량 등 수자원 함양량 및 생태계 측면에서 변화가 있음이 틀림없다. 이는 수자원 부존량의 변화와 산림내 탄소와 질소 함유량의 변동을 의미하는데, 이에 대한 과거와 현재의 변화를 비교·평가하고 예측해 볼 필요가 있다. 한편 토지이용의 변화는 물이용의 변화와 직결된다. 특히 하천 주변의 농경지에 지하수를 관개수로 사용하는 비율이 높아지는 등 농촌지역 소하천의 자연유량은 현저하게 줄어든 상태이다. 이는 지역 생태계에 어떠한 형태로든 영향을 주었다고 말할 수 있다.

따라서 농촌유역 내에 존재하는 자원관련 정보(하천유량, 토양수분 저장량, 지하수 함양량 등)를 예측하므로써 이들에 대한 동적관리(dynamic management)가 필요하다. 토양수분 변화량은 농민에게는 자신의 경작지에 대한 토양의 기본지식을 함양시켜 최적의 경작지 관리 및 작물 재배관리에 도움을 주는 한편, 작물의 정상적인 발육을 도모하기 위한 차기 관개시기 및 관개량 판단을 위한 의사결정 자료를 제공할 수 있다. 지하수 함양량은 농촌지역에서 그 비중이 자못 큰 지하수의 이용과 개발에 영향을 미치므로 이에 대한 예측정보는 농촌개발의 계획 수립에 기초자료로 제공될 수 있다.

2. 국내·외 관련기술의 현황과 문제점

분야별 연구현황을 살펴보면, “RS를 이용한 자원·환경 평가기법”은 지금까지 대부분 Landsat MSS/TM, JERS-1 SAR, NOAA AVHRR 영상자료를 이용한 연구가 주종을 이루어 왔다. 지난 20년동안 수문분야만 하더라도 엄청나게 많은 연구가 진행되어 왔다. 그 결과 일반적인 처리과정이 정립되었는데, 이는 “영상처리(imgae proecessing)”라는 표현으로 요약할 수 있는 원격탐사자료의 전처리과정과 후처리 과정을 포함한다 (Swain & Davis, 1978; Schowengerdt, 1983; Lillesand & Kiefer, 1994). 이 분야에 대한 최근의 연구들은 “Advances in Environmental Remote Sensing” (Danson and Plummer, 1995), “Remote Sensing Applications to Hydrology” (O’Donnell, 1996), “Remote Sensing and Geographic Information Systems for Design and Operation of Water Resources Systems” (Baumgartner et al., 1997)에서 찾아볼 수 있다. 주요 내용으로는 지표면 피복, 작물 모니터링, 강우, 지표수, 적설분

포, 지표면 증발산량, 토양수분, 생태계 수질 모니터링, 지하수, RS와 GIS의 통합문제, 수자원 관리 등이다. 국내의 연구로는 지표면 또는 식생분류 관련연구(연상호, 1986; 지광훈 등, 1986; 박종화, 1992), 증발산량 관련연구(안충현 등, 1995; 신사철, 1996; 채효석 등, 1999), 해수면은도 관련연구(정종철, 유신재, 1999), 수질 관련연구(이건희 등, 1997) 등이 있다.

현재까지는 새로운 인공위성이 발사되면 획득된 영상의 활용가능성과 활용범위에 주안점을 두었다고 할 수 있다. 그러나 이제는 '70년대 초부터 지금까지 약 30년간의 다양한 영상자료가 축적되어 있다. 따라서 이들 자료를 이용한 장기간의 자원·환경 변화를 시계열적으로 분석하고, 그 결과를 농업 정보분야에 다방면으로 활용할 필요가 있다.

“RS, GIS를 이용한 자원 관련정보 생성 및 예측기법”은 GIS 기술이 급성장하면서 그 응용사례가 급증하고 있는 추세이다. 자원관련 RS, GIS 정보는 현재 NGIS에서 추진하고 있는 대부분의 기본도 및 각종 주제도에 해당하는데, 이들을 농업분야에 활용하기 위해서는 일련의 처리(속성처리 및 격자화)가 필수적이다. 이 과정이 제대로 정리되어야 사용자가 GIS자료를 쉽고도 빠르게 사용할 수 있게 된다. 예측기법은 주로 격자화된 자료를 입력자료로 하는 분포형 모형의 개발 및 적용과 관련된 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 국외의 대표적인 분포형 모형으로는 NWSRFS (Hydrologic Research Laboratory, 1972), ANSWERS (Beasley, et al., 1980), TOPMODEL (Beven, et al., 1979, 1984), SHE (Abbott, et al., 1986a, 1986b), AGNPS (Young, et al., 1989), DBSIM (Cabral, et al., 1990), THALES (Grayson, et al., 1992) 등이 있는데, 이 모형들에 대한 자세한 내용은 Singh(1996)의 “Computer Models of Watershed Hydrology”에서 찾아볼 수 있다. 또한 하드웨어의 그래픽 성능이 모델의 입력과 출력을 쉽게 가시화할 수 있게 되면서 1990년대 중반부터는 MIKE SHE(Refsgaard and Storm, 1995), WMS 등과 같이 포괄적인 그래픽 사용자환경을 제공하는 시스템의 개발도 병행되고 있다.

한편 이들 모형들은 대부분 소유역(수십 km² 이내)을 대상으로 개발된 모형이고, 우리나라와는 달리 우리 농촌지역에서 큰 비중을 차지하고 있는 논에 대한 기작을 고려하지 않고 있다. 따라서 이 분야에서 해결해야 할 가장 큰 숙제로 삼고 있는 규모(scale)의 확대문제와 특히 우리나라 고유의 토지이용을 고려한 자원·환경 예측기법이 요구된다.

“RS, GIS를 이용한 기상환경 관련정보 생성 및 예측기법”은 과거 수십년동안 개발되어 온 기상관련 모형들이 필요로 하는 입력자료를 RS기법으로 획득이 가능하게 되므로써 지역규모 (regional scale)의 연구가 확대되고 있다. 현재 지구적 규모 (global scale)에서의 기상환경 예측은 활발히 이루어지고 있으나, 지역적 규모에서의 연구는 미진한 실정이다. 따

라서 우리나라 내에서 지역별로 토지이용변화, 기상변화의 시나리오에 따른 농촌지역 산림 보존의 적정규모, 물의 효율적인 이용방안 등 장기적인 농촌지역 보전대책을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

상기의 연구들은 국내외 관련기술의 현황을 고려할 때 우리나라 농업정보가 선진국 대열에 진입할 수 있는 절호의 계기가 될 것으로 판단되므로 본 연구가 조속히 수행되어야 한다고 판단된다.

3. 앞으로 전망

RS, GIS, GPS 기술은 가히 상상을 초월할 정도로 매년 발전하고 있다. 이 기술들과 관련된 여러 응용분야 (농업, 토목, 환경, 수자원, 해양 등)에서는 이 기술들을 적극 수용하여 적용하고자 노력할 것이 틀림없다. 그 이유는 이미 언급하였듯이 21세기는 이 기술들을 사회적인 기반으로 하는 정보화시대가 될 것이며, 이 분야의 산업수요 또한 증가할 것이기 때문이다. 따라서 우리 농업분야는 이 기술들을 응용하는 주요 분야이기도 하며, 이 분야에 대한 과감한 연구투자가 이루어진다면 선진 농업정보화로 진일보하는 계기가 될 것이다.

4. 기술도입의 타당성

'70년대부터 현재까지 인공위성 영상자료의 구입은 불가피하다. 아직은 외국의 인공위성에 100 % 의존하고 있기 때문이다. 그러나 2000년 초부터는 우리나라도 다목적 실용위성 KOMPSAT-1 그리고 계획 중인 KOMPSAT-2의 영상자료 획득이 가능하게 되므로 영상자료의 구입환경이 훨씬 나아질 것이다.

자원환경 예측기법은 현재 외국에서도 해결해야 할 규모문제(scale problem)가 있으며, 특히 외국의 모형을 사용하기보다는 우리나라 농촌의 토지이용 실정에 맞는 기법의 개발이 보다 타당하다고 판단된다. 또한 본 연구진이 지난 수년간의 관련 연구성과를 활용하므로써 본 연구의 개발기간을 최소한으로 단축시킬 수 있기도 하다.

기상환경 예측기법은 기존에 개발된 과정들이 범용적이며, 본 연구진과 기간 그리고 비용을 고려해 볼 때, 기존의 방법을 재정립하여 우리나라 농촌실정에 맞게 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

제 2 절 연구개발 목표 및 내용

본 연구는 농업분야에서 그 활용범위가 확산되고 있는 RS, GIS, GPS기술을 이용하여 광범위한 농촌지역에서의 자원 및 환경관련 정보를 효율적으로 수집·분석·생성하는 방법을 정립하고, 나아가 농업을 시스템적인 측면에서 관리하기 위하여 필요한 정보예측기법들을 개발하므로서 농업의 발전방향 제시 및 정보화에 기여하고자 한다.

연구개발목표는 ① RS를 이용한 농촌지역의 자원·환경 평가기법 개발, ② RS, GIS를 이용한 자원 관련정보 생성 및 예측기법 개발(이상 주관연구기관: 건국대), ③ 농촌지역의 자원·환경관련 주요시설 조사 및 수문·수자원 자료수집기법 개발(협동연구기관: 한경대), ④ RS, GIS를 이용한 기상환경 관련정보 예측기법 개발(협동연구기관: 경일대)의 4가지 분야로 정리될 수 있으며, 자세한 연구내용은 다음과 같다.

1. RS, GIS를 이용한 농촌지역의 자원·환경 평가 및 예측기법 개발(주관: 건국대)

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • RS를 이용한 농촌지역의 자원·환경 평가기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내외 관련 문헌조사 - 연구대상지역 선정 - 원격탐사자료의 획득/구입 <ul style="list-style-type: none"> · Landsat MSS(70년대, 80년대)-자원환경변화 · Landsat TM(90년대)-자원환경변화 · SPOT(90년대)-해상도 증진 · KOMPSAT-1(2000)-해상도 증진 · JERS-1(90년대)-생물총량 추정 · NOAA(90년대)-자원환경변화 추정 - 영상자료 분석기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 기하보정 · 교차자료 분류기준 설정 · 최적 조합밴드 설정 · 자원환경인자 추정기법 정립-LAI, 생물총량, 알베도, NDVI 등 · 감독분류 · 통계자료와의 오차분석 - 자원·환경 변화분석 <ul style="list-style-type: none"> · 광역적 변화분석(NOAA AVHRR) · 지역적 변화분석(Landsat + SPOT) · 과거 수십년간의 변화 추정 · 변화로 인한 자원·환경에 영향 평가

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • RS, GIS를 이용한 자원 관련정보 생성 기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사자료의 획득/구입 - 자원환경변화 분석 - 자원관련정보의 생성기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 기상정보-측후소 위경도 점자료를 이용하여 구축/속성 결정/Framework data 구축 · 수치고도정보-DEM(경위도 3초간격) · 토양정보-속성결정/Framework data 구축 · 지하수정보-지하수 위경도 점자료를 이용하여 구축 · 행정구역정보-리경계 입력 · 유역경계정보-지도로부터 입력 · 하천정보-수치고도정보로부터 추출 - 자원관련정보의 예측기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 자원환경인자 추정 및 변화 분석-LAI, 생물총량, 알베도, NDVI 등 · GIS와 RS자료의 전처리과정 개발 · 고해상도 예측기법의 개발-해상도 결정, 모형개발, 일차모의를 통한 모형의 거동분석 · NOAA(90년대)-자원환경변화(한반도 전체) · 저해상도 예측기법의 개발-증발산량 모형개발

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
3차 년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • RS, GIS를 이용한 자원 관련정보 예측 기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 원격탐사자료의 획득/구입 - 자원환경변화 분석 - 자원관련정보의 예측기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 자원환경인자 추정 및 변화 분석-LAI, 생물총량, 알베도, NDVI 등 · 고해상도 예측기법의 개발-이차모의를 통한 모형의 보정 · NOAA(90년대)-자원환경변화(한반도 전체) · 저해상도 예측기법의 개발-광역물수지 모형 개발 · 결과의 후처리과정 개발-visualization 기법 · 고해상도 예측결과의 검증 · 저해상도 예측결과의 검증 · 기상이변(가뭄, 홍수)에 따른 예측기법의 활용 · 토지이용 변화에 따른 예측기법의 활용

2. 농촌지역의 자원·환경관련 시설조사 및 수문·수자원 자료수집기법 개발 (협동: 한경대)

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 대상지역내 주요 시설의 선정 및 조사 • GPS를 이용한 시설의 위치 및 범위자료의 활용성 분석 • 수문·수자원 측정 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구대상지역 선정 - 현장조사 - 적정 GPS 선정에 관한 기준 제시를 위한 연구 - GPS를 이용한 주요시설 모니터링 <ul style="list-style-type: none"> · 주요 시설물 선정-녹지, 습지, 환경기초시설, 수원공 - GIS자료화 기법 개발 - 중첩을 통한 오차의 한계 도출 - 토양수분 변화 측정 <ul style="list-style-type: none"> · 계측밀도의 결정 및 계측망의 구성 · 계측빈도의 결정 및 측정방법의 결정 · 토양수분측정장치의 설치 및 측정 - 지하수위 변화 측정 <ul style="list-style-type: none"> · 계측밀도의 결정 및 계측망의 구성 · 계측빈도의 결정 및 측정방법의 결정 · Piezometer의 설치 및 측정 - 하천 수위측정 <ul style="list-style-type: none"> · 계측밀도의 결정 및 측정지점의 선정 · 자기수위계 설치 및 측정 · 유속측정 및 수위-유량관계식 도출 · 유량환산

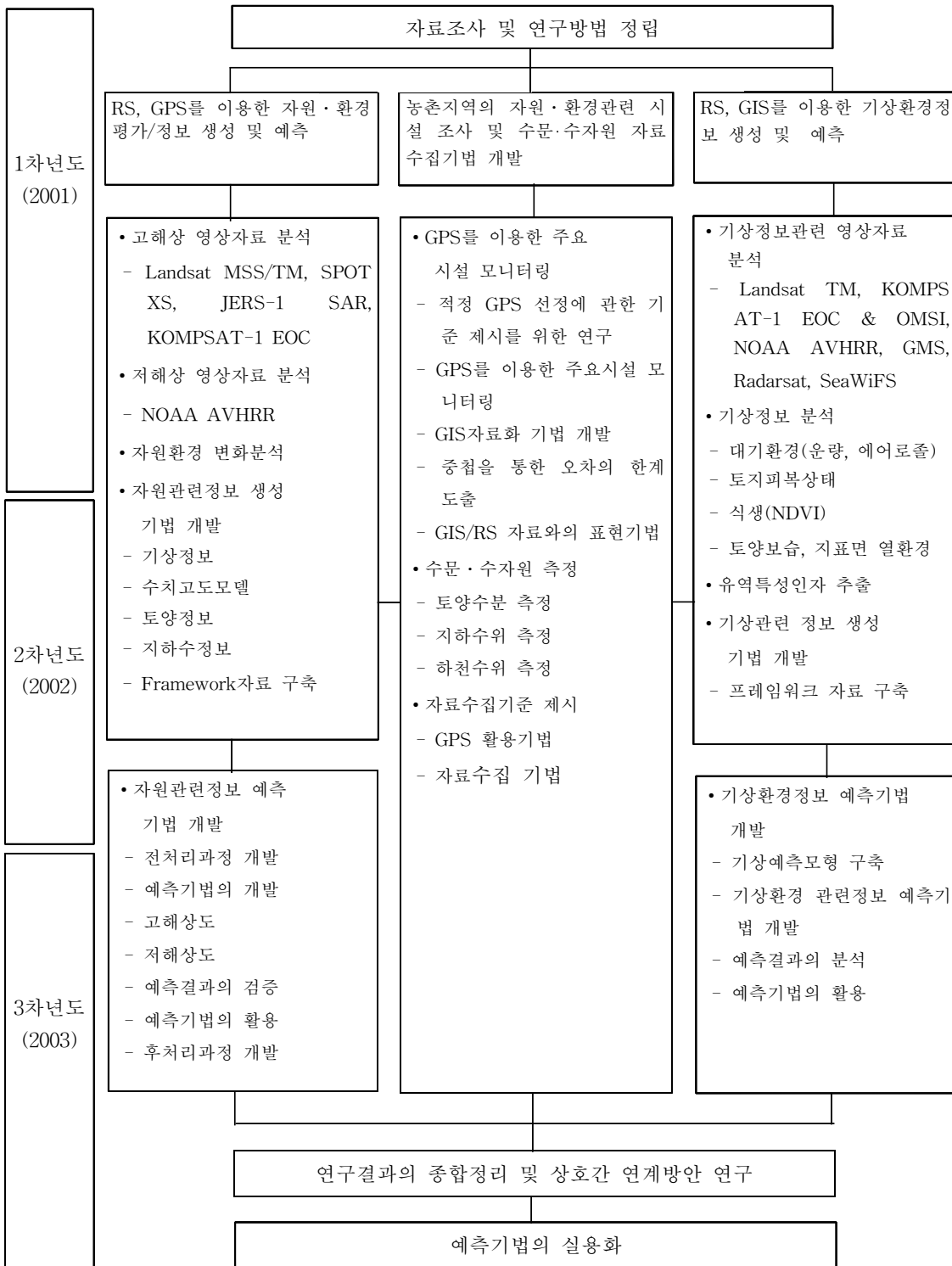
구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • GPS를 이용한 시설의 위치 및 범위자료의 활용성 분석 • 수문·수자원 측정 	<ul style="list-style-type: none"> - GPS를 이용한 주요시설 모니터링 • 주요 시설물 선정-녹지, 습지, 환경기초시설, 수원공 - GIS자료화 기법 개발 - 중첩을 통한 오차의 한계 도출 - Resampling 보정을 통한 자료의 활용방안 도출 - GIS, RS자료와의 표현기법 개발 - 토양수분 변화 측정 - 지하수위 변화 측정 - 하천 수위측정 • 수위측정 • 유속측정 및 수위-유량관계식 도출 • 유량환산
3차 년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • GPS를 이용한 시설의 위치 및 범위자료의 활용성 분석 • 수문·수자원 측정 • 자료수집기준의 제시 	<ul style="list-style-type: none"> - GPS를 이용한 주요시설 모니터링 • 주요 시설물 선정-녹지, 습지, 환경기초시설, 수원공 - GIS자료화 기법 개발 - Resampling 보정을 통한 자료의 활용방안 도출 - GIS, RS자료와의 표현기법 개발 - 자원환경관련 정보와의 연계기법 개발 - 기상관련정보와의 연계기법 개발 - 토양수분 변화 측정 - 지하수위 변화 측정 - 하천 수위측정 • 수위측정 • 유속측정 및 수위-유량관계식 도출 • 유량환산 - GPS 활용기법 - 수문·수자원 자료수집 기법

3. RS, GIS를 이용한 기상환경 관련정보 예측기법 개발(협동: 경일대)

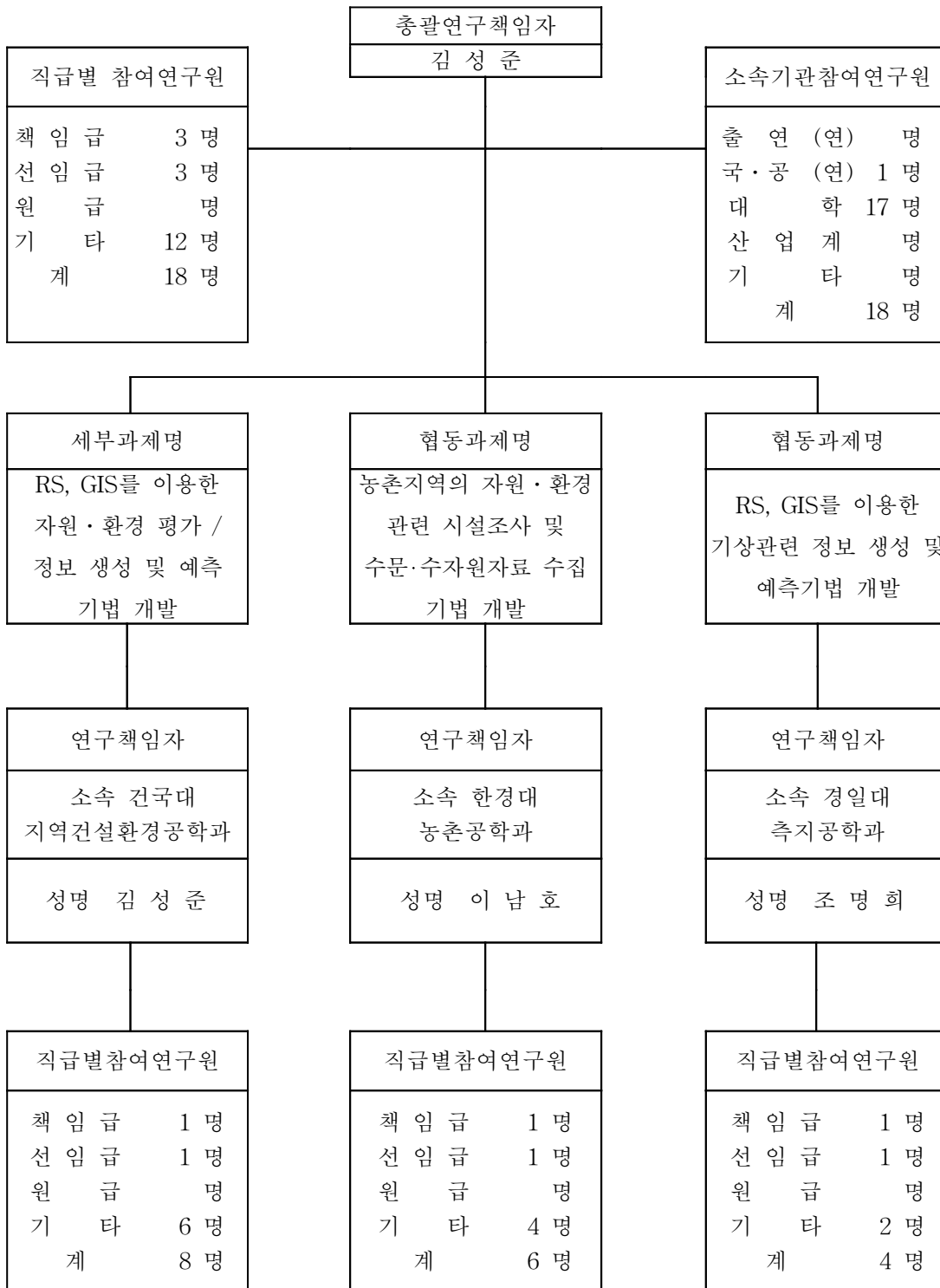
구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 농촌지역의 기상환경 관련정보 평가기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 관련자료 수집 및 분석 - 대상지역 선정 - Landsat TM, KOMPSAT-1 EOC & OMSI, NOAA AVHRR, GMS, Radarsat, SeaWiFS 등의 다양한 지구관측위성영상을 분석 • 대기환경(운량, 에어로졸 등) • 토지피복상태(각 월별 및 다시기별) • 식생(NDVI), 농작물분포상황 • 토양보습, 지표면 열환경 • 수면상의 클로로필 - 유역특성인자 추출 • 대상유역의 1:25,000 지형도를 기본도로 함 • ESRI사의 Arc/Info(UNIX) GIS시스템을 이용하여 유역의 특성인자에 대한 자료를 분석함
2차 년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • RS, GIS를 이용한 기상관련정보 생성기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 기상정보-측후소 위경도 점자료를 이용하여 구축/속성 결정/Framework data 구축 - 기상환경 관련정보의 생성기법 개발 • Arc/Info UNIX GIS Tool을 이용하여 지형도(1:25,000)를 기본도로 행정경계, 수계망, 소유역 분지경계, 도로망과 인구분포도 등의 단계구분도와 같은 수치주제도 작성 • 수치지형모델(Digital Terrain Model)을 구축하여 처리된 위성영상과의 위치정합이 이루어지도록 기하보정을 실시함으로써 기상환경 관련정보 통합기반시스템을 구축함 • GIS Tool을 이용하여 유역의 수문지형 특성인자 분석에 필요한 수치정보 자료를 생성함

구 분	연 구 개 발 목 표	연구개발 내용 및 범위
3차 년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • RS, GIS를 이용한 기상환경 관련정보 예측기법 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 기상예측모형의 구축 <ul style="list-style-type: none"> • 현지관측검증자료(토지피복, 강수량, 유출량, 수질, 작물분포, 토양입도)와 위성영상 및 GIS에서 도출된 자료를 비교·분석하여 예측 모형구축 - 기상환경 관련정보 예측기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 농촌지역의 강수량, 유출량, 홍수예측, 수질변화 • 토지이용도와 수치토양도를 기초로 하여 행정단위별 농업생산량을 검토하고, 농작물의 품목별 적지 선정에 필요한 농업환경정보를 작성함 • 홍수다발지역과 한발지역 등의 상습재해지역에 대한 종합적인 대책수립을 입안하고 재해상습지역분포도를 작성함 • Semi-real time의 기상위성영상과 구축된 수치주제도를 통합함으로써 실시간에 가까운 농업기상예보시스템을 구축함 • 고해상도와 저해상도간의 규모와 해상도 연구

제 3 절 추진전략 체계



제 4 절 연구원 편성표



1. 총괄연구책임자

가. 인적사항

성 명	국 문	김 성 준 (한문) 金 成 俊	직위(급)	부교수
	영 문	Kim, Seong Joon		
주 소	자 택	서울시 송파구 풍납동 401-1 쌍용아파트 102동 404호 (전화 : 02-471-5206) (FAX :)		
	직 장	서울시 광진구 화양동 1번지, 건국대학교 지역건설환경공학과 (전화 : 02-450-3749) (FAX : 02-444-0186)		
주민등록번호				

연도(부터 ~ 까지)	학 력	전 공	학 위
1981. 3. ~ 1985. 2.	서울대학교 농과대학 농공학과	농업토목	농학사
1985. 3. ~ 1987. 2.	서울대학교 대학원 농공학과	관개배수	농학석사
1987. 3. ~ 1991. 2.	서울대학교 대학원 농공학과	관개배수	농학박사
최종학위논문제목	토양의 물리적 특성의 변화를 고려한 강우-침투모형 개발		

다. 경 력

연도(부터 ~ 까지)	기 관	직 위(직명)	비 고
1990. 9. ~ 1995. 7.	서울대 농업개발연구소	특별연구원	
1994. 8. ~ 1995. 7.	환경부	자문위원	
1995. 7. ~ 1996. 7.	미국 코넬대 농업생물공학과	방문연구원	
1996. 8. ~ 1998. 2.	한국수자원공사 수자원연구소	선임연구원	
1999. 3. ~ 현 재	한국수자원공사 연수원	GIS담당 외부강사	
1998. 3. ~ 2003. 2.	건국대학교 농공학과	조교수	
2003. 3. ~ 현 재	건국대학교 지역건설환경공학과	부교수	

2. 협동·세부·위탁연구책임자

구분	세부과제명	성명	소속기관 (부서)	직위	연구 참여 직급	전 공 및 학 위				참여 율 (%)
						학위	년도	전공	학교	
세 부	RS, GIS를 이용한 지역규모/광역적 자원·환경 예측 기법 개발	김성준	건국대 (지역건설환 경공학과)	부교수	선임	농학 박사	1991	관개 배수	서울 대학	20
협 동	농촌지역의 자원환경 관련 시설조사 및 수문·수자원 자료수집기법 개발	이남호	환경대 (지역자원시 스템공학과)	부교수	선임	농학 박사	1989	농촌 수자원	서울 대학	20
협 동	RS, GIS를 이용한 기상관련 정보 생성 및 예측기법 개발	조명희	경일대 (도시정보 지적공학과)	조교수	선임	공학 박사	1998	원격 탐사	일본 동해 대학	20

3. 연구원

세부과제명 (담당연구내용)	성명	소속기관 및 부서	직위	연구참여 직 급	전 공 및 학 위			
					학 위	년 도	전 공	학 교
RS, GIS를 이용한 지역규모 자원·환경 예측 기법 개발	김성준	건국대 지역건설환 경공학과	조교수	선임급	농학박사	1991	관개배수	서울대
	권형중*	지역건설환 경공학과	박사2	보조원	공학석사	2002	지역정보	건국대
	정인균*	지역건설환 경공학과	석사2	보조원	공학사	2002	지역정보	건국대
	박근애*	지역건설환 경공학과	석사2	보조원	공학사	2002	지역정보	건국대
	이미선*	지역건설환 경공학과	석사1	보조원	공학사	2003	지역정보	건국대
RS, GIS를 이용한 광역적 자원·환경 예측 기법 개발	신사철	안동대 토목공학과	조교수	선임급	공학박사	1996	수문학	일본 동북대
	김철준*	토목공학과	석사2	보조원	공학사	2001	토목환경	안동대
	안태용*	토목공학과	석사2	보조원	공학사	2001	토목환경	안동대
RS, GIS를 이용한 기상환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발	조명희	경일대 도시정보 지적공학과	조교수	선임급	공학박사	1998	원격탐사	일본 동해대
	서애숙	기상청 기상연구소	실장	책임급	공학박사	1997	원격탐사	일본 동해대
	신동호*	도시정보 지적공학과	석사2	보조원	공학사	2002	원격탐사	경일대
	김성재*	도시정보 지적공학과	석사1	보조원	공학사	2003	원격탐사	경일대
	허영진*	도시정보 지적공학과	석사1	보조원	공학사	2003	원격탐사	경일대
	박노원*	도시정보 지적공학과	학부4	보조원	-	-	원격탐사	경일대
농촌지역의 자원·환경 시설조사 및 수문·수자원자료 수집 기법 개발	이남호	환경대 지역자원시 스템공학과	부교수	책임급	농학박사	1989	농촌수자원	서울대
	홍성구	지역자원시 스템공학과	조교수	선임급	Ph. D.	1995	농촌환경 공학	버지니아 주립대
	최윤선*	지역자원시 스템공학과	조교	보조원	공학사	2001	농촌수자원	한경대
	심재훈*	지역자원시 스템공학과	석사2	보조원	공학사	2002	농촌수자원	한경대

제 2 장

농촌지역의 수자원관련 시설조사 및 자료수집기법 개발

제 2 장 농촌지역의 수자원관련 시설조사 및 자료수집기 법 개발

제 1 절 연구배경 및 목적

최근 우리나라는 물 부족 국가군으로 분류되면서 신규 및 대체 수자원의 개발뿐만 아니라 수자원 이용의 효율성 제고를 위한 노력이 다양하게 경주되고 있다. 수자원의 효율적 이용을 위해서는 기존의 각종 수자원시설의 현황 파악이 선행되어야 하며 관련 자료의 체계적인 수집이 선행되어야 한다. 시설물의 사용연수가 증가함에 따라서 노후화 및 각종 파손 등의 문제점이 커지므로 정기적인 시설조사가 이루어져야 한다. 이러한 조사를 바탕으로 유지관리 계획을 수립할 수 있고 시설물의 제 기능이 유지될 수 있다. 유지관리는 시설물의 각종 유해요인을 제거하고 손상된 부분을 원상 복구하고 목적한 기능을 유지토록 하기 위한 것이다.

우리나라의 농업과 관련된 수자원시설은 1999년도 말 현재 총 63,500여개 로서 저수지, 양배수장, 보, 집수암거, 관정 등의 수원공 시설과 수원공에 연결되어 농업용수를 공급하는 용수로, 농지의 잉여수를 배제하기 위한 배수로가 약 17여만 km 등이 있다. 이러한 시설들은 배수개선사업이나 경지정리사업 등에 의해서 신규 건설 또는 조정되어오고 있으며, 일부 지역에서는 도시화 등의 지역개발로 인해 적지 않은 시설들이 제 기능을 하지 못하거나 소멸되기도 한다.

전국의 농업과 관련된 수자원시설 63,500여개 가운데 저수지가 17,956개소로 전체 시설수의 약 28%를 차지하고 있다. 용배수로 가운데 용수로는 약 10여만km, 배수로는 6만여 km에 이르고 있다. 이러한 시설에 대한 적절한 유지관리는 수자원의 효율적 이용에 직접 영향을 미칠 수 있다. 설치된 연대별로 각종 시설물을 살펴보면 30년 이상 된 시설의 수가 전체의 50% 이상을 차지하고 있으며, 특히 저수지의 경우 약 89%가 30년 이상 되어 관개용수의 공급뿐만 아니라 홍수에 대한 위험성이 커서 이에 대한 관리가 대단히 중요함을 알 수 있다.

이와 같은 각종 시설물의 현황조사는 더 이상 미룰 수 없는 과제이며, 지속적이고 장기적으로 추진되어야 한다. 시설물의 현황조사와 함께 유량과 같은 각종 계측자료가 함께 데

이터베이스의 형태로 구축된다면 농업용수의 수자원관리는 매우 효과적으로 추진될 것이다. 특히 최근에 많은 분야에서 활용되고 있는 지리정보시스템(GIS)이나 위성측위시스템(GPS) 등을 이용한다면 신속하고 효율적인 자료정보 수집과 관리가 이루어질 것이다.

따라서 본 연구에서는 수자원관련 시설조사와 자료 수집을 위한 기법을 개발하고 수집된 조사 자료를 효과적으로 활용하기 위하여 지리정보시스템 내에서 구현할 수 있는 방법론을 정립하고자 하였다. 특히 현장 조사에 있어서 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 GPS를 활용하고 수집된 현장 조사결과를 효율적으로 GIS 내에서 구현하는 방법론을 정립하였다. 또한 정립된 방법론을 적용하기 위하여 대상지역을 선정하고, 현장조사 결과를 GIS 내에 구축해 나아가면서 각종 문제점을 분석하여 안정적인 조사기법을 수립하였다.

제 2 절 농촌지역의 수자원관련 시설 및 자료의 특성

1. 농촌지역 수자원관련 시설

농촌지역의 수자원관련시설은 주로 농업기반시설물로 구성되며, 이외에 하수처리장이나 생활용수 공급을 위한 수원공 및 정수장이 포함될 수 있다. 우리나라의 농업기반 시설물은 99년 말 현재 총 63,547개소로서 저수지, 양배수장, 보, 집수암거, 관정 등의 수원공 시설과 수원공에 연결된 17여만 km의 용수로와 배수로가 있으며, 해안지대에서 간척농지 조성을 위하여 축조된 방조제가 있다(허, 2001). 전국의 수리시설물 63,547개소 중 저수지가 17,956개소로서 전체 시설 수의 28%를 차지하고 있고 수혜면적은 약 63%를 차지하고 있다. 농업기반시설 관리규정에서는 시설물의 유지 및 안전관리를 위한 계획을 수립하고 시행토록하고 있다. 시설관리주체는 농업기반시설을 3개종으로 나누어 제1종은 저수지의 경우 총저수량 50만 톤 이상인 시설, 단위시설로서 2,000HP 이상인 양배수장, 방조제, 그리고 하구둑으로 분류되며, 제2종 시설은 1종 시설 이외의 저수지와 단위시설로서 1,000HP 이상인 양배수장 및 지방관리 방조제 등으로 구성된다. 제3종 시설은 1,2종 이외의 양배수장 및 방조제와 공공의 안전에 지장이 없는 취입보, 지하수이용시설, 용배수로 및 그 부대시설로 이루어져 있다. 이러한 시설에 대하여 시설관리자는 일상점검을 실시하고 주요 시설에 대한 재해방지 모니터링을 실시하는 것을 임무로 부여받고 있다.

각종 수리시설로서 농업기반시설은 준공된 지 30년 이상 된 시설의 수가 전체의 51.3%

를 차지하고 있어서 유지관리가 더욱 중요하며, 앞으로 특히 재해방지를 위하여 유지보수 등이 더욱 중요하게 될 것이다. 농업기반공사 관리 시설물을 대상으로 실시한 개보수사업 대상지 일체조사 결과에서는 긴급하게 보수 및 보강이 필요한 불량시설물이 저수지 17.1%, 양배수장 16.1%, 취입보 21.4%, 집수암거 23%, 대형관정 5.1% 등으로 나타났다. 또한 부분적인 보수가 필요한 시설물의 비율은 저수지가 36.7%, 양배수장 31.7%, 취입보 27.0%, 집수암거 25.4%, 대형관정 13.0% 등으로서 앞으로 농촌지역의 수자원관련시설에 대한 유지관리를 위한 조사는 앞으로 더욱 요구될 전망이다.

농촌지역의 수자원시설과 관련된 자료는 농업기반공사의 지사별로 소장하고 있는 시설물 대장 등을 기반으로 구축이 가능하나 현실적으로 시설물 대장이 체계적으로 관리되어 있지 않으며, 소장하고 있는 대장 또한 정기적으로 관리되지 않고 있기 때문에 자료의 데이터 베이스화는 더욱 절실한 상황이다. 본 연구에서 정립되는 수자원관련 자료수집 기법과 함께 자료구축시스템이 완비된다면 농업기반시설의 효율적 관리가 이루어질 수 있다고 판단된다.

수자원시설과 병행해서 수집 또는 관리되어야 할 자료로서는 시설물의 운영관련 자료가 있다. 저수지의 통수일지나 양수장의 가동현황 자료 등은 물론 농업기반공사의 지사별 담당부서에서 지속적으로 수집, 관리되고 있으나 시설물과 연계하여 구축되지 않는 상황이다. 또한 통수일지 등이 현실적으로는 활용이 어려운 자료로서 앞으로 이에 대한 개선이 시급하다.

2. 수자원관련 자료

수자원관련 자료로서는 각종 농업기반시설의 운영현황을 나타내는 것으로서 저수지의 통수량 및 통수시간, 양배수장의 가동자료, 주요 하천 지점별 유량자료 등이 있다. 또한 유역관리 차원에서 주요 지점별 토양수분 측정자료 등이 포함될 수 있다. 이러한 자료는 공간속성자료와 결합하여 관리된다면 그 활용성을 더욱 높일 수 있다. 또한 수자원 관리와 밀접한 관계를 갖는 각종 기상자료 또한 데이터 베이스화 하여 효율적으로 관리할 수 있다. 농촌지역의 수자원관련 자료는 다음과 같이 분류될 수 있다.

- 수원공 : 저수지, 양수장, 관정, 집수암거, 취입보 등
 - 가동시간

- 통수량
- 수위
- 가동 전후의 저수량 또는 유량 변화
- 하천 및 용배수로
 - 시간별 수위
- 기상자료
 - 기온
 - 강수량 등
- 기타자료
 - 토양수분
 - 지하수위

3. 시설조사 및 자료수집 기법

농촌지역의 수자원시설에 대한 조사와 관련 자료의 수집은 두 가지로 수행될 수 있다. 하드웨어로서 시설자체에 대한 조사와 시설조작 또는 운영 및 수자원 현황과 같은 시간에 따른 변량 자료의 수집이다. 시설자체에 대한 조사는 기본제원 등과 같은 불변의 자료와 노후화에 따른 각종 파손지점 또는 구간 등으로 일정 기간별로 조사되어야 하는 자료로 세분할 수 있다. 시간에 따른 수자원관련 자료는 시설조작과 관련된 통수량을 포함하여 하천의 유량, 대표지점의 토양수분이나 지하수위 등을 포함할 수 있다. 수자원관련 자료는 고정된 지점에서의 측정 자료가 대부분이나 토양수분이나 지하수위 등의 자료는 시공간적인 변화를 알기 위해서는 GPS 장비를 이용하는 경우 효과적으로 수집할 수 있다. 수자원시설 및 관련 자료는 다음과 같이 분류될 수 있다.

- 시설관련 자료
 - 고정 기본자료 : 각종 제원, 노선, 설치년도, 설계기준 등
 - 가변 자료 : 개보수실적, 파손 등의 주요 문제지점 등
- 수자원관련 자료
 - 시설관련 자료 : 통수량, 통수시간, 각종 시설가동관련 자료 등
 - 일반 자료 : 기상자료, 유량, 토양수분, 지하수위 등

이러한 자료는 수집된 후, GIS 내에서 공간정보와 결합하여 데이터베이스화하여 효율적으로 관리하는 것이 바람직하다. GIS 내에서 정리된 수자원관련 자료는 다양한 시각적 자료로서 가공되어, 각종 의사결정과정에서 활용될 수 있다.

제 3 절 GPS를 이용한 조사기법

1. GPS 개요 및 활용사례

1970년대 초 미국정부가 군사용으로 개발에 착수하여 현재 민간용으로 다양하게 활용되고 있는 위성측위시스템(Global Positioning System, GPS)은 지상, 해상, 공중 등 지구상의 어느 곳에서나 시간의 제약 없이 인공위성에서 발신하는 신호를 수신하여 정지 또는 이동체의 위치를 측정할 수 있도록 인공위성군, 지상제어국, 사용자의 3 요소로 구성된 전천후측위시스템이다. 더욱이 2000년 5월에서는 인위적인 신호교란을 해제하여 현재는 수신기의 성능에 따라서 다르지만 저가의 수신기로도 약 10m 내외의 오차를 갖는 유용한 측위체제이다. 특히 보정작업(DGPS)을 추가하면 이 보다 더 정교한 측위가 가능하다.

가. GPS의 기본원리

GPS는 삼각측량의 원리를 사용하는데 기존의 삼각측량에서는 알지 못하는 지점의 위치가 그 점을 제외한 두 각의 크기와 그 사이의 변의 길이를 측정함으로써 결정되는데 반해 GPS에서는 알고 싶은 점을 사이에 두고 있는 두 변의 길이를 측정함으로써 미지의 점의 위치를 결정한다. 신호를 보내는 인공위성으로부터 수신기까지의 거리는 각 위성에서 발생하는 부호신호의 발생시점과 수신시점의 시간 차이를 측정한 다음 여기에 빛의 속도를 곱하여 계산한다. 또한 위성의 위치를 기준으로 수신기의 위치를 결정하기 위해서는 이 거리자료 이외에도 위성의 정확한 위치를 알아야 하는데 이 위성의 위치를 계산하는 데는 GPS 위성으로부터 전송되는 궤도력을 사용한다.

측지분야에 종사하는 사람들은 수년전부터 GPS를 이용하여 정밀한 측정을 해오고 있었다. 이것은 한점의 위치를 mm까지의 정밀도로 상대측지 하는 것으로 간섭계(Interferometry)

의 원리를 GPS에 적용하므로 가능하다. DGPS에서처럼 여러 수신기를 사용하는데 일반 사용자가 이용하는 것과는 다른 매우 고가의 수신 장비를 이용하여 장시간 동안의 측량을 통해서 이루어 질 수 있다. 측지가들이 이용하는 이러한 기술들은 일반사용자들이 구현하기에는 다소 너무 전문적이었지만 현재는 보통 GPS 수신기에도 이러한 기술들이 서서히 적용되고 있다. 반송파의 경우 수신된 파가 언제 위성으로부터 출발하였는지 알 수 없으므로 2개 이상의 측량용 수신기로 GPS위성이 반송하는 C/A 코드 및 L1, L2 전파의 위상(Carrier Phase)을 관측하여, 상대측위를 행함으로써 관측점간의 기선 벡터를 구할 수 있게 된다.

한 대의 GPS 수신기를 이용하여 위치측정을 수행할 경우, 위치 결정 정밀도는 수신기의 능력에 의해 좌우된다. GPS 신호의 부호 체계 중 C/A코드를 이용하여 수신자의 위치를 결정하는 저가의 상용 수신기는 그 정밀도가 수십 미터에서 수 백 미터에 이르며, 암호화된 P코드를 사용하는 수신기의 경우에도 1m 이하의 정밀도를 갖기가 어렵다. 측지 및 측량, 지각 변동의 감시등과 같이 수 cm 이하의 고 정밀 위치결정이 요구되는 분야에서는 단독측위에 따른 GPS의 위치결정 한계를 극복하기 위하여 후처리 상대측위 기법을 이용한다. 이 기법은 단독측위와는 달리 정밀한 위치를 알고 있는 지점과 위치측정이 요구되는 지점에서 동시에 GPS 관측을 수행하고, 두 수신기에 수신된 고주파 확산 스펙트럼 형식인 반송파를 이용한 자료처리로 정밀도를 현격히 증가시키는 방법이다.

GPS의 신호 체계 상 반송파에 의한 위치결정 방법이 코드에 의한 위치결정보다 정밀도 면에서 큰 이득을 주지만, 반송파에 의한 단독측위 역시 후처리 상대측위 기법보다는 정밀도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 광범위한 관측점의 정밀 좌표들을 빠른 시간 내에 획득하기 위해서는 이동측량을 수행하는 동시에 후처리 자료처리 기법이 갖는 정밀도에 근접한 결과를 산출할 수 있는 방법이 요구된다.

이러한 목적을 위해 개발된 것이 고 정밀 이동측량 기법인 RTK(Real Time Kinematic)로서, 기본개념은 정밀한 위치를 확보한 기준점의 반송파 오차 보정치를 이용하여 사용자가 실시간으로 수 cm의 정밀도를 유지하는 관측치를 얻을 수 있게 하는 것이다. RTK의 기본개념은 오차보정을 위해 기준국에서 전송되는 데이터가 반송파 수신 자료라는 것을 제외하고는 DGPS의 개념과 거의 유사하다. 다만 RTK가 각 위성에 대한 반송파 측정치를 지속적으로 제공하여야 하고, 정보의 전송장애로 발생할 수 있는 오차의 한계가 DGPS보다 상대적으로 크기 때문에 보다 안정적이고도 신속한 정보전달 통신 시스템이 요구된다. 현재 GPS를 응용하는 여러 분야에서 DGPS와 RTK가 주로 사용되고 있으며, GIS나 측량, 항법

등 모든 응용분야가 RTK 기법의 사용에 초점을 맞추어 실용화되고 있다.

단독측위와 DGPS에 비해서 후처리 상대측위나 실시간 이동측위(RTK) 방법은 훨씬 높은 정밀도를 가진다. 상대측위 방법은 실시간 감시가 불가능한 반면에 1년 이상의 장기적인 측정을 할 경우 몇 mm의 정밀도로 측정할 수 있다. 실시간 이동측위의 경우에는 실시간으로 1~2cm의 정밀도로 측정이 가능하다.

나. GPS 장비의 종류

GPS 수신기는 1주파형과 2주파형의 두 가지로 구분되며 무선모뎀 및 RTK 프로그램 장착여부에 따라서 후처리용과 실시간 처리용으로 나눌 수 있다. 1주파형 수신기의 후처리용과 RTK/DGPS용은 L1 반송파를 이용하며 DGPS용은 C/A 코드를 사용한다. 2주파형 수신기는 모두 L1, L2 모두를 사용한다. RTK/DGPS용은 초기화하는데 1주파형은 15분 2주파형은 30초가량 소요된다. 후처리 보정을 거치게 되면 대체로 5mm 정도의 정확도를 가지게 되며, 실시간 처리시의 경우 오차는 좀 더 커지게 된다. RTK/DGPS용은 장애물이 비교적 적은 지역에서 사용하는 것이 바람직하며 정밀 측량에 활용되고 있다.

그밖에 비콘형 DGPS(Beacon DGPS)가 있는데 이것은 선박의 안전운항을 목적으로 해양수산부에서 설치한 비콘 기지국에서 반송하는 위치보정데이터를 수신하여 이동 수신기(rover) 한대만으로도 1~3cm 정도의 정확도로 위치를 측정할 수 있는 실시간 GPS 장비이다. 현재 우리나라 해안의 전역에서 사용이 가능하며 해안과 가까운 지역의 육상부에서도 부분적인 사용이 가능하다. 레저/스포츠용으로 보급되고 있는 휴대용 GPS는 사용하기 간편하며 약 6~15m 정도의 개략적인 위치측정이 가능하다.

다. GPS의 활용

민간용 GPS는 목적별로 항법용, 지리측정, 측량용, 그리고 시간과 주파수의 전송용으로 구분할 수 있으며, 최근에는 개인 레저/스포츠용으로 각광을 받고 있으며, 육상운송 차량의 통제, 해상에서 선박 운항, 항공기의 운항과 위성의 관찰, 토목공사의 측지, 측량, 수색구조 보안활동, 자연과학 탐사활동 등으로 활용되고 있다. 또한 GPS를 이용하여 농지에서 수확량과 토양비옥도 등에 대한 관계를 파악하여 보다 효율적인 작물생산을 유도하는 정밀농업(Precision farming)에도 활용이 되고 있다.

GPS는 위성영상 해독의 보완 자료의 수집, 수문학 관련 자료 수집 등에 이용되고 있으며, 정밀도가 높은 수신기를 이용하는 경우 GIS 분야에서 실시간 매핑, 수치지도 제작 및

갱신, 지하시설물 위치측량, 도로 시설물 위치측량, 환경생태분야, 자원 및 지질 분야, 문화재 및 고고학 분야 등 방대한 분야에서 활용되고 있고, 활용 분야는 더욱 늘어날 전망이다.

2. GPS를 이용한 조사기법의 정립

농촌지역 수자원관련 시설에 대해 GPS는 이미 구축된 관련시설의 위치 및 노선도의 확인뿐만 아니라, 현장 조사에서 파손지점 등과 같은 위치의 정확한 공간자료 및 속성 관리가 용이하며, 넓은 조사지역에서 이루어지는 자료수집에 있어서 공간자료가 요구되는 경우 효과적으로 적용될 수 있다.

GPS를 수자원관련 시설에 대해 적용하는 경우는 다음과 같이 3가지로 분류할 수 있다.

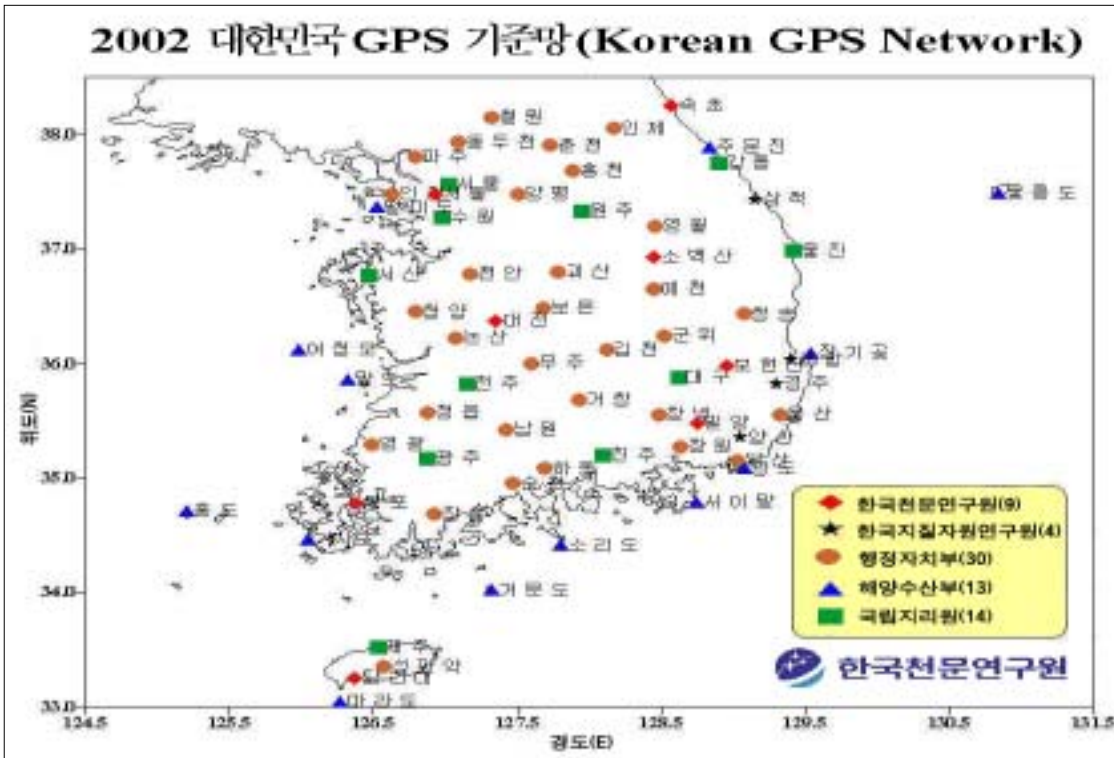
- 기존 시설의 공간정보 확인 : 시설의 위치, 수로 등의 노선
- 기존 시설의 정기적인 현황파악 : 파손, 토사퇴적 등
- 조사지점의 파악 : 토양수분 측정망, 시료채취지점

특히 조사지점의 파악에 있어서는 해당 조사지점이 사전에 결정되어 있지 않은 경우 효과적이다. 예를 들어 시료의 채취나 측정이 임의로 결정되어야 하는 경우 현장에서 시료를 채취하거나 측정과 동시에 공간정보를 즉시로 수집할 수 있기 때문이다. GPS가 없는 경우 지도를 이용하여 개략적인 위치를 파악해야 하며, 정밀한 공간정보가 요구되는 경우 기준점에서 측량기기를 이용하여야 하기 때문이다.

3. GPS/GIS의 연계

GPS를 이용하여 수집된 공간 및 관련 속성정보는 손쉽게 지리정보시스템(GIS) 내에서 활용이 가능하다. 최근의 GIS 소프트웨어 또는 GPS 수신기와 함께 제공되는 자료처리 소프트웨어에서는 상호 자료교환 도구를 제공하고 있기 때문에 별도의 수작업을 거치지 않고 자료의 가공이 가능하다.

GIS 내에서 수집된 공간자료를 이용하기 위해서는 보정작업(DGPS)이 필요하다. 수신기에 따라서는 실시간 DGPS가 가능한 것도 있으나, 국내에 설치된 상시 측정망 자료를 이용하여 후처리보정을 할 수도 있다. <그림 2-1>은 국내 상시측정망의 분포를 나타내고 있다.



<그림 2-1> 국내 상시측정망의 현황 (한국천문연구원, 2003)

일단 보정작업이 완료된 후에는 GIS 내에서 각종지도와 함께 자료를 표현할 수 있다.

또한 대부분의 GPS 수신기에는 공간정보 뿐만 아니라 사용자가 현장에서 자료를 수집하면서 현장의 속성정보를 입력하거나 이미 분류된 항목을 선택할 수 있도록 되어 있는데, 이러한 속성자료를 GIS 내에서 효율적으로 구현하는 것이 가능하다.

제 4 절 연구대상 지역에서의 적용

1. 연구대상 지역 개황

본 연구에서는 수자원관련 시설조사 및 자료 수집을 위한 방법론을 정립하기 위하여 경기도 관내 용덕 저수지와 운수저수지의 2개 저수지 지구와 경기도 안성시 고삼면에 위치한 고삼저수지 인근 소유역을 대상으로 조사연구를 수행하였다.

홍수로가 대부분을 차지하고 있는 용덕지구에는 신규로 왕복 4차선의 국도가 건설되고 있는 중이어서 앞으로 개발이 급속도로 진행될 것으로 추정된다. 1개 노선으로 구성된 용수간선의 한 쪽 면에만 관개지역이 형성되어 있다. 용수간선과 하천사이에 형성된 관개지역은 하천으로부터도 용수공급이 이루어지고 있다. 길이 77m의 통관의 통수능력은 $0.47\text{m}^3/\text{s}$ 이며, 상대적으로 유역면적이 크고 유효저수량이 풍부한 수원공을 가지고 있다. 관개지역 내에 건설 중인 도로와 주변지역의 개발로 인해 논면적이 급격하게 감소되어 앞으로 용수공급 면에서는 문제가 없을 것으로 예상되는 지구이다.

관개지구의 중앙에 하천이 흐르고 하천 양측으로 관개면적이 형성되어 있는 운수지구는 수로의측에 인접한 지역에서 각종 개발로 인하여 수로 내로 토사유입 및 오물의 유입 가능성이 높은 편이다. 관리대장에 의하면 개보수 내역으로 제당 그라우팅, 저수지 준설, 제당성토 등이 기록되어 있다. 수로의 80%이상이 구조물로 개보수 되었으며, 1998년도 정밀 안전진단 점검에서 제당누수 등이 진단되어 1999년부터 2001년까지 개보수 된 적이 있다. 간선시점 부근의 수로내벽은 적갈색으로 변한 상태로서 인근 주민 및 지사에 의하면 댐 코어에서의 누수를 그 원인으로 추정하고 있다. 또한 주변의 개발로 인해 신설된 도로의 우수가 용수로로 배제되고 있어 용수 수질에 영향을 미칠 가능성이 높다. 통관의 통수능력은 다소 작은 $0.225\text{m}^3/\text{s}$ 로서 53m의 연장을 가지고 있다. 취수시설은 사통형으로서 연장 28m, 취수공의 직경은 0.6m이다. 운수지구의 2개간선 모두 평균구배가 1 : 600을 가지고 있다.

조사된 고삼저수지 인근 소유역은 유역면적이 4.12km^2 로서 축산농가가 산재해 있는 전형적인 소유역으로서 하천 유량을 측정하기 위한 자기식 수위계를 설치하였고, 토양수분 측정망을 구축하여 토양수분을 측정하였고, 주변의 관정을 대상으로 지하수위를 측정하였다.

2. 수자원관련 시설

조사 대상지구의 수자원관련 시설은 저수지 지구의 용수로, 유역에서는 유역 내 하천의 노선과 보나 교량과 같은 시설에 대해 조사하였다. 저수지 지구의 용수로 조사에서는 노선을 따라서 이동하면서 수로 내 각종 문제점을 파악하는 형식으로 자료를 수집하였으며, 자료를 정량화하기 위한 방안을 모색하였다.

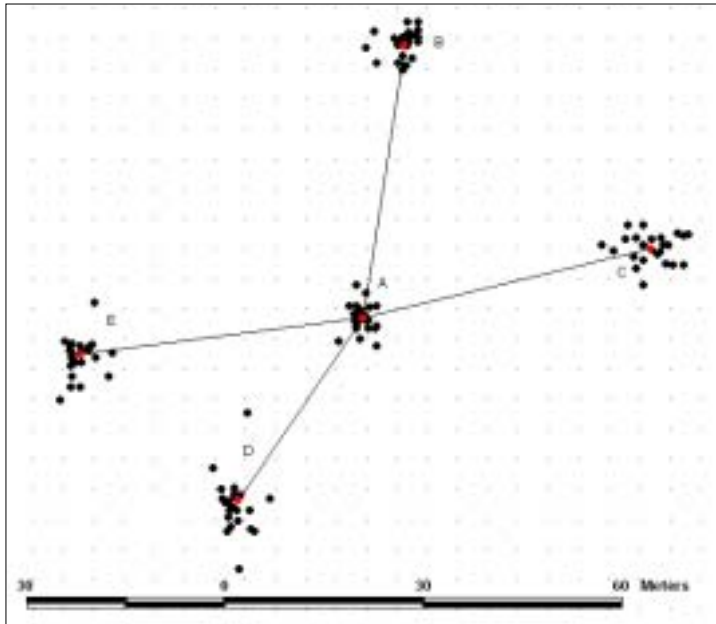
농촌지역 수자원관련 시설의 조사대상은 녹지, 습지, 환경기초시설, 각종 수원공 및 수자원 이용시설 등으로 분류할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 수자원 이용시설을 중심으로 현장조사 및 GPS/GIS 적용에 대하여 그 적용성을 평가하는데 주안점을 두었다. 특히 저수

지 지구의 경우 용수간선을 중심으로 노선 조사를 실시하였고, 노선 조사과정에서 필요한 지점 정보를 수집하는 방식으로 현장 자료를 수집하였다. 지점(point)속성 자료로서는 파손, 수문 등의 시설물의 위치 및 현황 등을 포함하였다. 하천에 상당히 많이 설치되어 있는 보는 현재 현황 파악이나 관리가 매우 어려운 상황이므로 이에 대한 기초자료 구축의 필요성으로 조사대상에 포함하였다.

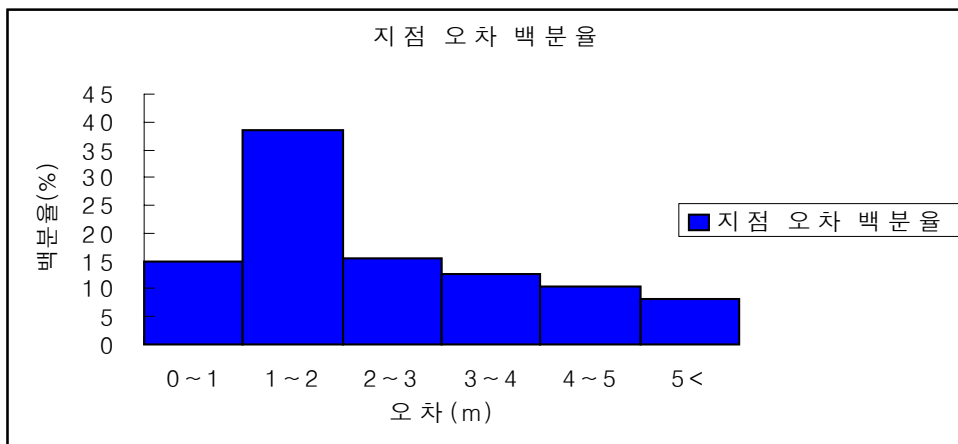
3. 수자원관련 자료의 수집

수로조직에 관련된 현장조사는 GPS 수신기를 이용한 수로현황 조사를 중심으로 수행하였다. 본 연구에서 사용한 GPS 수신기는 Microtechnology 사의 March II를 이용하였다. 현장 조사에 사용하기 전에 GPS 수신기에 대한 오차를 검정하기 위하여 고정된 지점에 대해 반복 측정된 결과 측정치의 약 57%가 2m 이하의 오차를 가지는 것으로 나타났으며, 91%가 5m이하의 오차를 가지는 것으로 나타났다. 위성신호를 수신하는 일시에 따라서 DOP(Dilution of Precision)가 변화하고 오차에 영향을 주기 때문에 이를 고려하여 현장조사를 하는 것이 바람직하다.

DGPS의 필요성을 확인하고, 보정 없이 GPS 수신된 자료의 오차를 분석하기 위하여 지상에서 일정한 간격으로 고정된 지점에 대하여 약 1개월 동안 자료를 수집한 결과 대부분 5m 이하의 오차 수준임을 알 수 있었다<그림 2-2, 그림 2-3>.



<그림 2-2> 5개 고정점에 대한 일정기간 수신된 자료의 분포



<그림 2-3> 고정점 수신 자료의 오차 백분율 분포

현장조사 방법은 수신기를 작동시킨 상태에서 수로의 노선에 따라 이동하면서 구간별 특성분류와 위치 기록을 하였으며, 각종 시설물, 오물, 파손지점 등에 대해서는 정지상태에서 지점의 분류와 위치 기록을 하였다. 구간에 대한 조사항목은 수초구간, 토사퇴적구간, 토사유입구간 등의 통수에 영향을 주는 구간과, 수로의 재질 등으로 구분하였다. 지점에 대한

조사항목은 수문 등의 시설물, 파손지점, 외수 유입지점 등으로 구분하였다.

해당 지사에서 수집된 자료와, 현장조사 자료 등을 이용하여 지구별 간선에 대한 기본 특성에 대하여 분석하였다. 지구별 특성자료는 관개지구 단위면적당 용량, 수로연장 등의 기본 제원, 조사된 수로구간의 단위 길이 당 주요 구간 또는 지점의 비율 및 빈도를 산정하였다. 지구별 수로조직의 분류를 위해 선정한 주요특성은 다음과 같다.

- 흙수로 구간의 비율
- 수초생장 구간의 비율
- 토사퇴적 및 유입구간의 비율
- 수로 단위길이 당 외수 유입구 수
- 수로 단위길이 당 파손지점 수
- 수로 단위길이 당 장애물 및 오물 관측지점 수

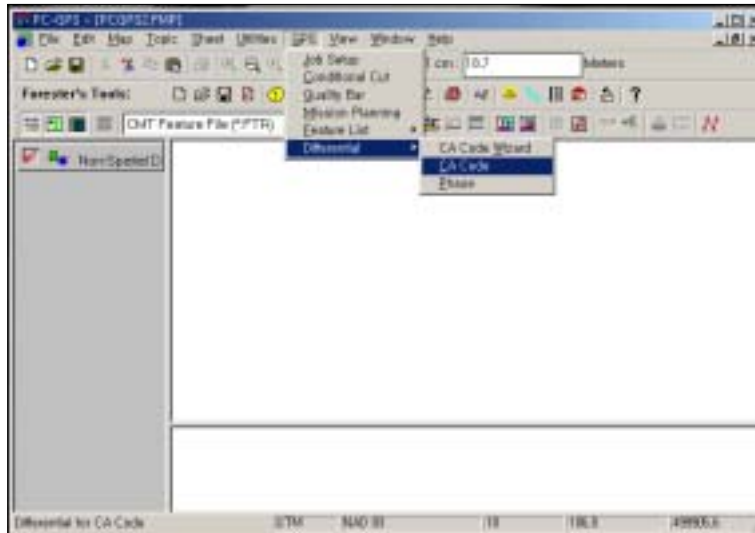
현장에서 수집된 노선, 지점에 대한 속성과 위치좌표는 후처리 보정작업(Differential Correction)을 통해 정확도를 높였다. 후처리 보정작업에 이용된 상시 관측 자료는 대전의 천문연구원의 상시관측지점에서 수집된 것을 이용하였다. 후처리 보정을 통해 수정된 자료는 ArcGIS 8.0을 이용하여 지도와 중첩시켜 공간적 특성을 파악하고, 구간별 길이 등의 분석 작업에 활용하였다.

4. GPS 자료의 보정

우리나라에서 기준국의 보정값 데이터를 제공하는 곳은 한국 천문 연구원, 한국 지질 자원 연구원, 해양수산부, 행정자치부, 국립지리원이 있다. 각각 사용자에게 보정값 데이터를 제공하는 방식에는 차이가 있는데 본 서에서는 한국 천문 연구원(KAO)의 보정값 데이터를 획득하였고 자료의 제공 형태는 인터넷을 통한 자료의 다운로드 방식을 취하고 있다. 어느 곳의 보정값 데이터를 사용하는가의 문제는 GPS 데이터를 획득한 곳과의 인접성과 관계가 있다. GPS 데이터를 획득한 지역과 가까운 곳의 기준국을 선택하는 것이 DGPS과정에 있어서 바람직 할 것이다. 한국 천문 연구원에서 제공하는 상시 측정 자료는 해당 웹사이트에서 쉽게 얻을 수 있다(한국천문연구원, 2003).여기서 데이터 형식란이 있는데 이것은 GPS 수신기의 기종과 관련된다. 일부 특정 GPS 수신기를 위한 DAT파일 형태와 보편

적인 GPS 수신기를 위한 RINEX파일 형태를 제공해준다. 즉 RINEX파일 형태는 어느 GPS 수신기에도 사용 가능함을 의미한다. 이렇게 다운로드 받은 기준국의 보정값을 컴퓨터에 저장한다.

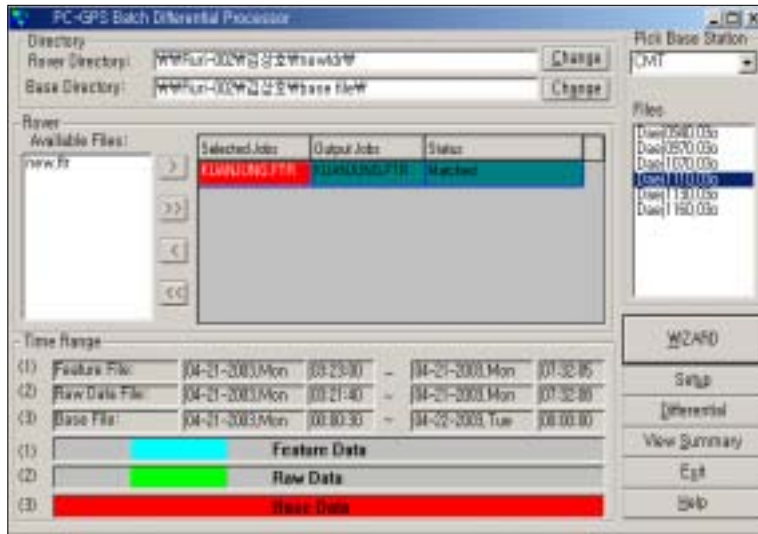
이렇게 획득한 보정값 데이터 파일과 GPS로 수신된 데이터를 March II GPS 수신기와 함께 제공되는 PC-GPS 소프트웨어를 사용하여 비교, 분석 과정을 거쳐 GPS 데이터의 오차를 보정해 줄 수 있다. 이 과정이 DGPS의 핵심적 내용이라 할 수 있다.



<그림 2-4> PC-GPS에서 후처리보정 시작메뉴

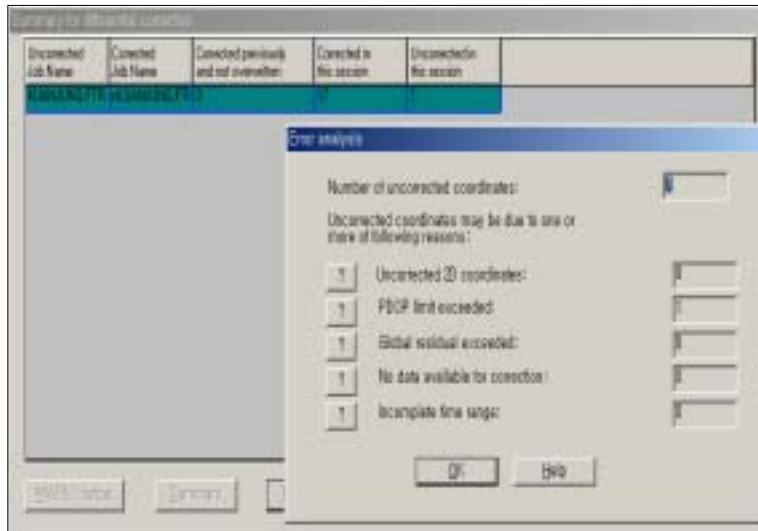
먼저 <그림 2-4>에서 보이는 바와 같이 PC-GPS를 실행시킨 뒤 GPS탭에서 Differential을 선택한 후 팝업 메뉴에서 CA Code 항목을 선택한다. 위 그림처럼 PC-GPS Bach Differential Processor 대화 상자가 나타나는데<그림 2-5> 여기에서 Rover Directory는 GPS 수신기로 획득한 데이터가 포함된 폴더를 의미하고 Base Directory는 기준국의 보정값 데이터가 포함된 폴더를 의미한다. Rover의 Available File란의 항목에서 GPS 데이터를 선택하여 '>' 기호를 누르면 Selected Jobs에 GPS 데이터가 첨가된다. 그리고 이 때 화면 오른쪽의 Pick Base Station의 File란에 해당 GPS 데이터를 보정할 기준국의 보정값 데이터가 존재하면 Status에 Matched라는 글자가 나타난다. 여기서 Matched의 의미는 GPS 데이터가 측정된 같은 날짜에 해당하는 기준국의 보정값 데이터가 컴퓨터 내에 존재함을 의미한다. 위의 선택과정을 마친 뒤 Differential 버튼을 클릭하면 Rover 파일(GPS 데이터)

과 Base 파일(기준국의 보정값 데이터)의 Processing 작업을 수행하게 된다.



<그림 2-5> DGPS를 위한 파일의 관리

Processing 작업이 끝나면 작업 결과의 요약 내용(summary)을 보여주는데<그림 2-5> 이 부분에서 DGPS의 성과를 알 수 있다. 즉 GPS 데이터가 보정되는 과정에서 일부 데이터의 미보정이 발생 할 수 있는데 이러한 문제가 발생한 원인이 무엇인지 알려주고 그에 따른 재보정을 실시한다.



<그림 2-6> 보정 후 요약 화면의 예

<그림 2-6>를 보면 현재 총 18개의 GPS 데이터 중 DGPS과정을 거쳐 17개의 데이터가 보정(Corrected)되었고 1개의 데이터가 미보정(Uncorrected)되었다. 그리고 1개의 데이터가 미보정된 원인은 해당 데이터가 PDOP의 제한된 범위를 초과했기 때문(PDOP limit exceeded)이다. 따라서 PC-GPS Batch Differential Processor 대화 상자로 돌아가서 Set Up란의 DOP관련 설정을 다시 해준 후 DGPS과정을 반복하면 미보정된 데이터를 보정할 수 있다.

보정작업이 완료된 후에는 DGPS 자료를 GIS 내에서 활용하기 위해서 GIS에서 활용이 가능한 데이터의 형태로 변환하여야 한다. 그러한 데이터의 형태 중 하나가 바로 SHP 파일인데 PC-GPS에서는 SHP 파일로의 변환 기능을 제공한다.

변환된 SHP 파일은 그 자체로 GIS 내에서 구현된다. 하지만 PC-GPS에서 생성된 SHP 파일은 GPS 수신기에 설정되어 있는 좌표체계의 정보를 가진 파일로서 GIS 내에서 단지 그래픽화 하는 것에 불과한 형태이다. 따라서 기존의 GIS 자료와 중첩을 하기 위해서는 DGPS에서 변환된 SHP 파일의 좌표체계가 기존의 GIS 자료의 그것과 일치된 체계로 변환하여야 한다. 본 연구에서 활용한 ArcGIS는 이러한 좌표체계의 변환 기능을 제공한다. 이 기능을 사용하여 DGPS 데이터에서 변환된 SHP 파일을 중첩하고자 하는 자료와 일치하는 좌표체계를 가진 COVERAGE 파일로 변환하는 작업을 수행한다.

ArcGIS에서 Input Shapefile란에 변환하고자 하는 SHP 파일의 경로를 지정하고 Output Coverage에 변환될 SHP 파일을 저장할 Coverage의 경로를 지정한 후 변환과정을 마친다.

여기에서 새로운 Coverage 파일이 생성되었으나 이것은 단지 SHP에서 Coverage로의 형식만 바꾸었을 뿐이고 이 Coverage 파일 또한 SHP 파일과 마찬가지로 GPS 수신기로 데이터 수신 시 설정되어 있는 좌표체계를 따르고 있다. 따라서 이 Coverage 파일의 좌표체계를 기존의 자료인 수치지도에 설정되어 있는 좌표체계로 바꾸어야 한다.

먼저 수치지도의 좌표체계는 TM(Transverse Mercator)으로 제작되었기 때문에 위에서 생성된 Coverage 파일은 TM 좌표체계를 가져야 한다. ArcGIS/ArcInfo의 Workstation에서 Project라는 명령어와 좌표변환 정보를 갖는 파일을 이용하여 변환할 수 있다.

5. GIS내 자료구축

현재 수치지도가 거의 완성되어 손쉽게 현장 측정 자료를 연계하여 분석이 가능하나, 일부 지역의 경우 수치지도를 활용하기가 곤란한 경우가 있다. 이러한 경우에는 일반 지도를

스캔하여 스캔된 도면에 대해 좌표 기준점을 설정하여 GPS 자료를 중첩하는 방식으로 조사 자료를 분석할 수 있다. 스캔된 도면을 이용하여 GPS를 사용하는 경우 FUGAWI 같은 상업용 소프트웨어를 사용하였다. FUGAWI는 수치지도 뿐만 아니라 일반 도면을 스캔한 후, 공간좌표를 알고 있는 3개 이상의 지점을 등록하면, 곧바로 GPS에 연결하여 활용할 수 있는 간이 항법용 프로그램이다. 수치지도가 제작 또는 보급되지 않는 정밀도 또는 일부지역의 토양도는 이와 같은 방식으로 스캐닝 하여 항법, 자료구축에 활용할 수 있다.

배포되고 있는 수치지도를 이용하는 경우에는 앞서서 설명한 바와 같이 보정 및 투영(Projection)체계 조정 후에 중첩할 수 있다. 일단 GPS 수신기를 이용하여 공간자료를 수집하고 보정한 후에는 조사 지점에 대한 각종 속성정보의 데이터베이스 구축이 가능하다.

6. 조사기법의 적용 및 결과

가. 용수로 조사

1) 용덕지구

용덕저수지의 불변자료로서 지구특성은 관개면적 227.8ha, 간선총연장 6,000m, 사통의 취수용량은 0.47m³/s, 저수량은 1,003*10³ m³이다. 용수간선은 <그림 2-7>에 보이는 바와 같이 단선으로서 최근에는 왕복 4차선의 국도가 신설되어 관개면적의 일부가 잠식당한 특성을 보이고 있다. 수로는 거의 대부분의 구간이 흙수로 이루어져 있으며, 약 12.9% 만이 구조물 수로로 이루어져 있다<그림 2-8>.



<그림 2-7> 용덕지구 용수로 노선도



<그림 2-8> 용덕지구 흡수로(굵은선) 및 구조물수로(가는선) 구간

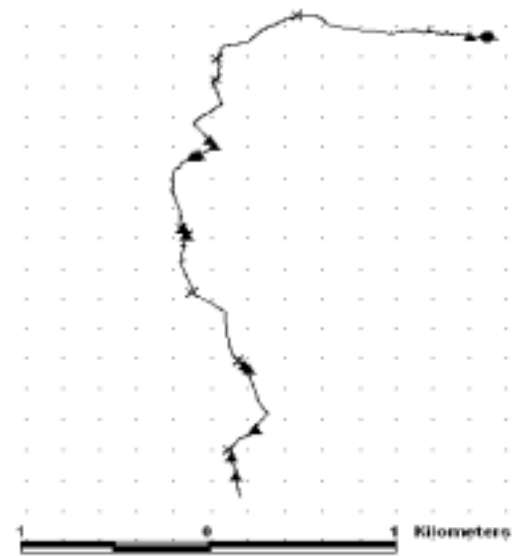


<그림 2-9> 용덕지 간선 중 수초 구간(굵은 선)

<그림 2-10>은 용덕지구의 용수로 구간 중 토사유입 구간을 나타낸 것이며, <그림 2-11>은 용수간선 내 주요 구조물 등의 분포를 나타내고 있다. 이러한 지점(point)자료의 경우 사진촬영을 통해서 GIS 내에서 확인할 수 있는 데이터베이스 구축으로 보다 현실적인 유지 관리에 활용할 수 있다.

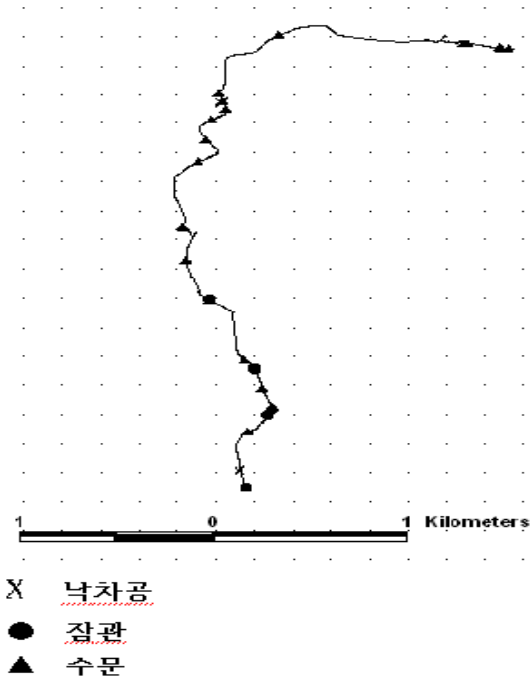


<그림 2-10> 용덕지 간선 중 토사유입 구간(굵은 선)



- X 배수구
- 분수구
- ▲ 유입구

<그림 2-11> 용덕지구 간선 중 주요 지점 분포



<그림 2-12> 용덕지구 간선 내 주요 구조물 분포

용덕저수지 지구에 대하여 GPS를 이용하여 얻어진 자료를 GIS 내에서 구현하여 분석된 조사결과를 요약하면 (표 2-1)과 같다.

(표 2-1) 용덕저수지 지구 GPS 조사결과

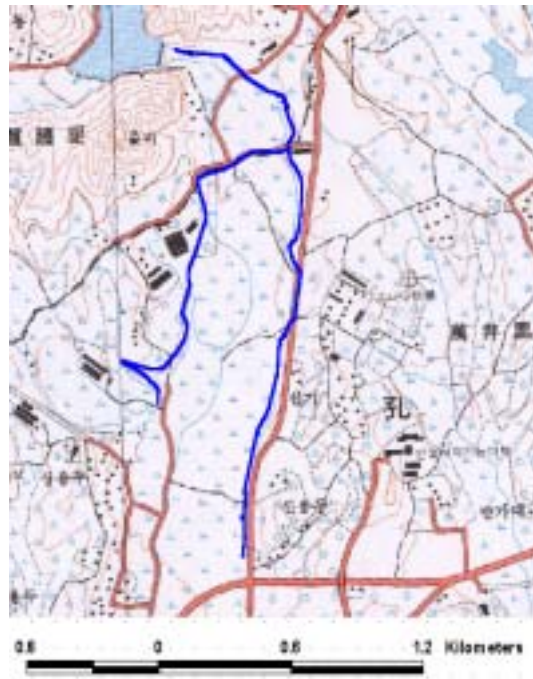
총 조사구간 (m)		5,388
흡수로 구간 (%)		87.1
수초발생 구간(%)		73.9
외수 유입구	개소/km	2.2
파손 지점		-
장애물		-
오물		-

2) 운수지구

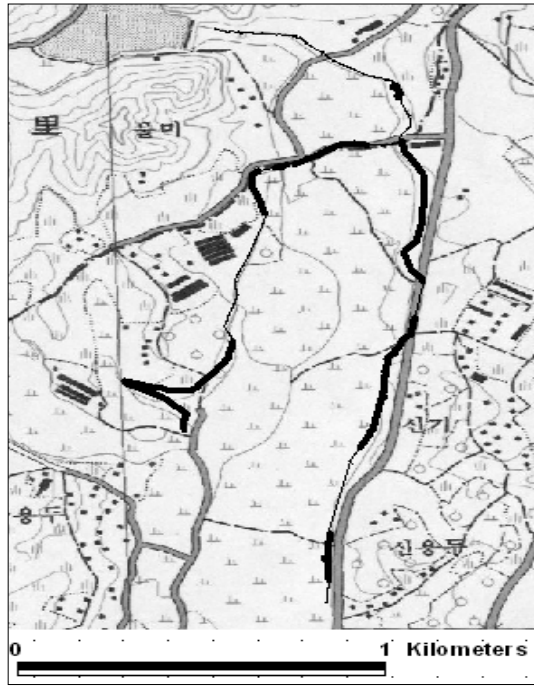
시설관리대장에 의하면 운수저수지 지구의 용수간선 총 연장은 4,759m이고 관개면적은 124ha로 나타나 있다. 또한 취수용량은 0.225m³/s, 유효저수량은 364천m³으로서 시설의 고정 자료로서 관리될 수 있다. 최근에 개보수 과정에서 콘크리트 라이닝수로로 바뀌어 현장조

사 결과에 의하면 흙수로 구간은 2.0%에 불과한 것으로 나타났다. 흙수로의 모든 구간에서는 수초가 번성하고 있었으며, 구조물 수로구간의 52.5%에서 수초가 번성하고, 약 20% 정도 되는 구간에서는 토사가 유입될 수 있는 조건을 가졌다. <그림 2-13, 그림 2-14, 그림 2-15>는 각각 운수지구의 용수간선 노선도, 수초발생구간, 그리고 토사퇴적구간을 나타내고 있다.

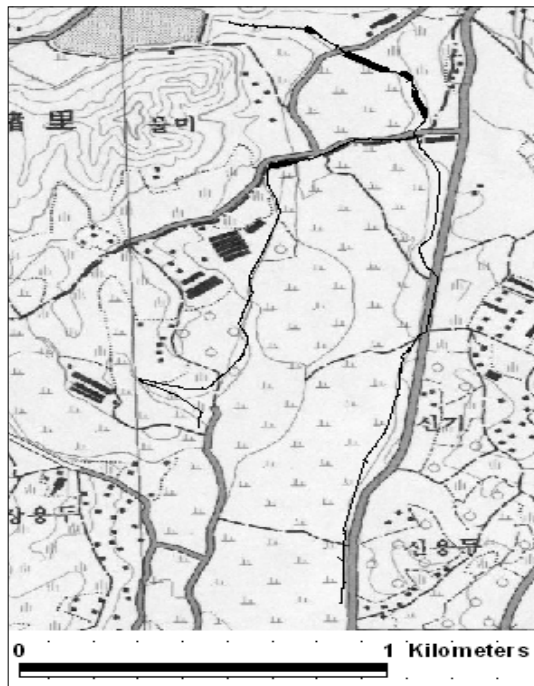
운수지구는 주변지역의 개발이 진행되고 있어서 주변의 건설공사과정에서 용수로 주변의 토사야적으로 인해 토사유입이 일어나 간선 총 연장의 7% 구간에서는 바닥에 토사가 퇴적되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(그림 2-16).



<그림 2-13> 운수지구 용수로 노선도



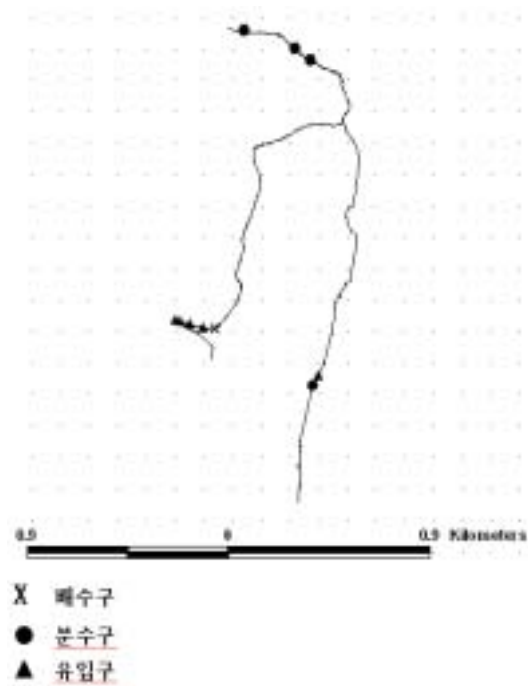
<그림 2-14> 운수지구 수초발생구간(굵은선)



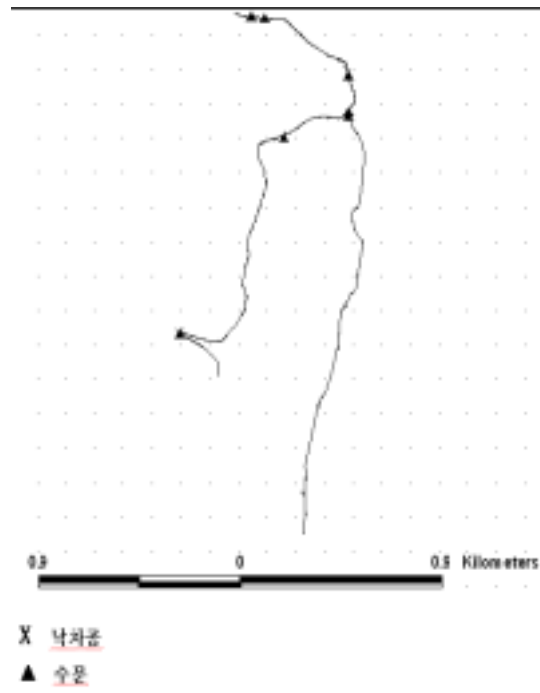
<그림 2-15> 운수지구 토사퇴적구간(굵은선)



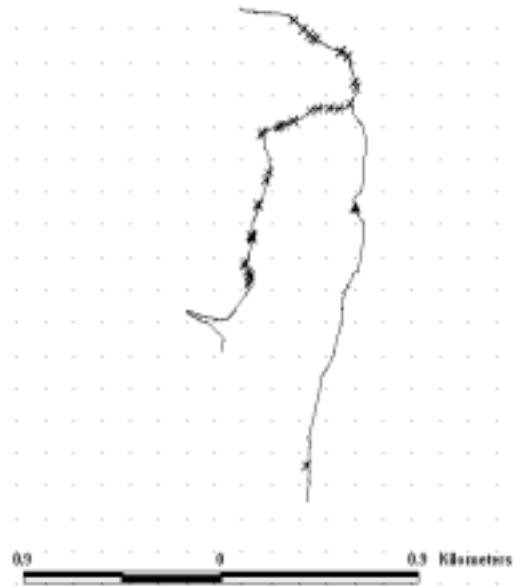
<그림 2-16> 운수지구 간선 중 토사유입 및 유입가능 구간(굵은 선)



<그림 2-17> 운수지구 간선의 주요 지점 분포



<그림 2-18> 운수지구 간선 내 주요 시설물 분포



X 파손
▲ 장폐물

<그림 2-19> 운수지 내 주요 문제 지점의 분포



<그림 2-20> 운수지구 용수로 노선 중 파손구간 예

운수지구에서는 용수로 주변에 위치하는 농지로부터 강우시 유출수를 배제하기 위하여 용수로의 일부를 파손시킨 지점이 많이 발견되었다<그림 2-19, 그림 2-20> 특히 수로를 경계로 인접한 외측 농지의 위치가 높고 경사진 곳에서는 강우 유출수 배제를 위해서 수로를 농민이 임의로 파손하여 만든 유입구가 많았다. 이러한 외수 유입구를 통해서 유출수 뿐만 아니라 동시에 많은 양의 토사가 유입되기 때문에 장기적으로 수로 및 잠관 등에서 토사퇴적으로 문제를 일으킬 것으로 예상된다. 운수지구의 용수로 상류부에는 용수공급을 보다 원활하게 하기 위하여 나무판 등을 농민이 임의로 설치한 것을 발견할 수 있었는데 이러한 것들은 장애물로 분류하여 결과를 정리하였다. 단위 길이 당 주요 문제지점의 빈도는 (표 2-2)에 제시된 바와 같다.

(표 2-2) 운수저수지 지구 GPS 조사결과

총 조사구간 (m)		4,402
흡수로 구간 (%)		2.0
수초발생 구간(%)		54.5
토사퇴적 구간(%)		7.0
토사유입 구간(%)		20.0
외수 유입구	개소/km	4.1
파손 지점		0.7
장애물		0.2
오물		-

나. 소유역 하천조사

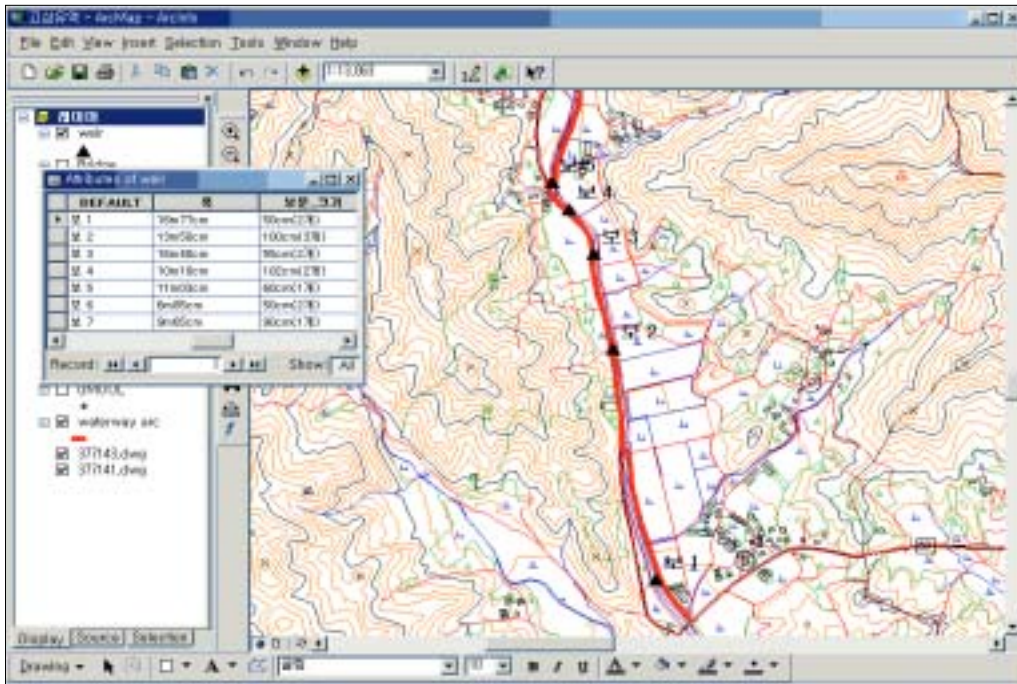
경기도 안성시 관내 고삼저수지의 소유역에 대하여 수자원관련 시설 조사는 하천에 설치되어 있는 보, 교량 등에 대하여 실시하였다. 또한 유역 내 토양수분 측정을 위한 측점에 대하여 공간정보와 측정 자료를 GIS 내에서 구현하였다. 공간정보는 GPS 수신기를 이용하여 수집한 후 대전에 위치한 천문연구원의 상시 측정 자료를 이용하여 보정한 후 ArcGIS에서 해당지역의 수치지도와 중첩한 후 자료를 정리하였다.

하천에 설치된 보에 대한 현장 자료로서는 보의 위치, 폭, 보문의 개수와 폭을 실측하였다. 수자원관련 시설로서 보에 대한 자료는 다음과 같은 항목을 지점자료(point)로서 데이터베이스로 관리할 수 있다.

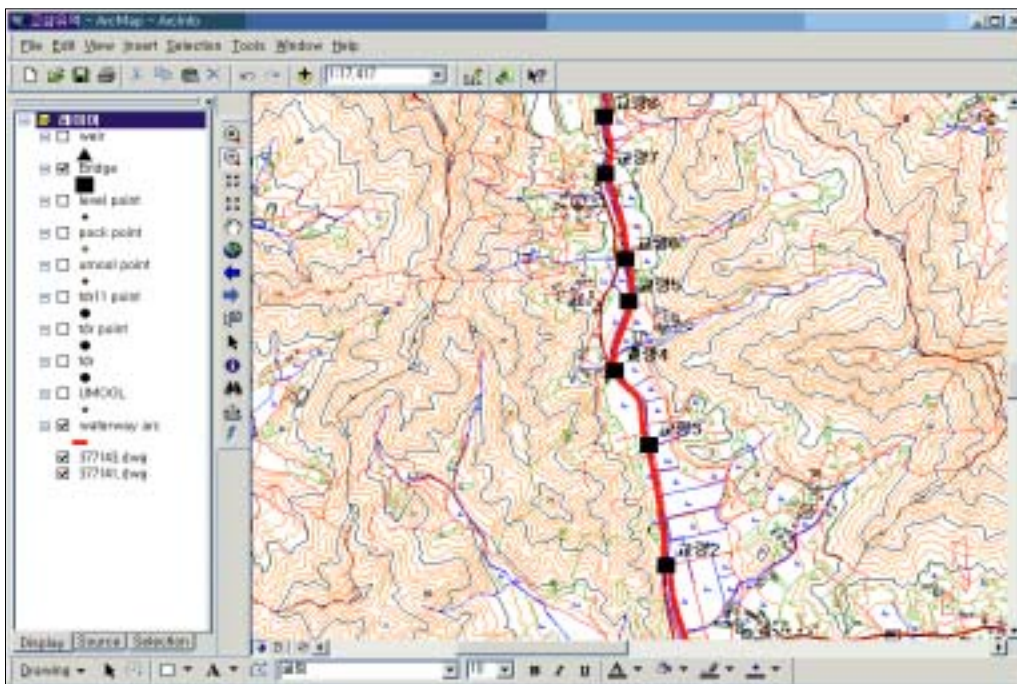
- 설치년도
- 제원 : 폭, 보문의 개수, 보문의 폭
- 개보수실적
- 상류측 토사퇴적 현황
- 시설 사진
- 기타

현장에서 촬영된 사진은 파일로 저장하여 하이퍼링크 방식으로 GIS 주 화면에서 확인이 가능토록 관리한다면, 해당시설의 유지관리에 필요한 자료로서 활용이 가능할 것이다. 하천에 설치되어 있는 교량 또한 유사한 방식 및 항목을 설정하여 자료관리가 가능하다. <그림 2-21, 그림 2-22>은 GPS를 이용하여 현장에서 수집된 공간자료를 보정 후에 수치지도와

중첩하고, 입력된 관련정보를 보여주고 있다.



<그림 2-21> GIS내에서 구현된 대상 소유역 내 하천노선 및 보의 위치도



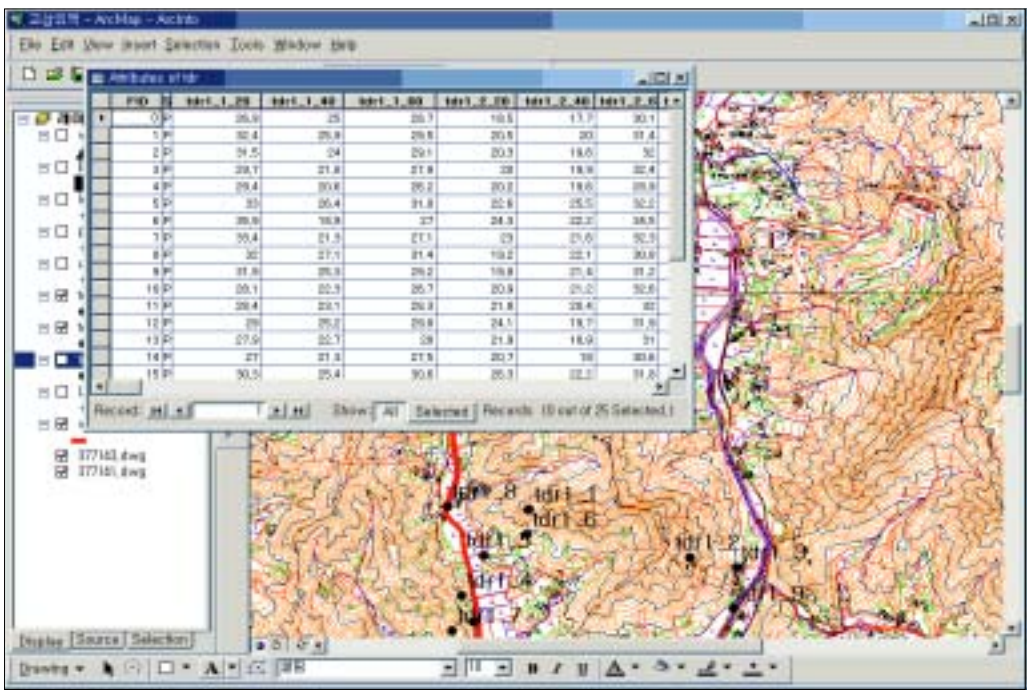
<그림 2-22> 하천 내 교량의 위치도

다. 수자원관련 자료조사

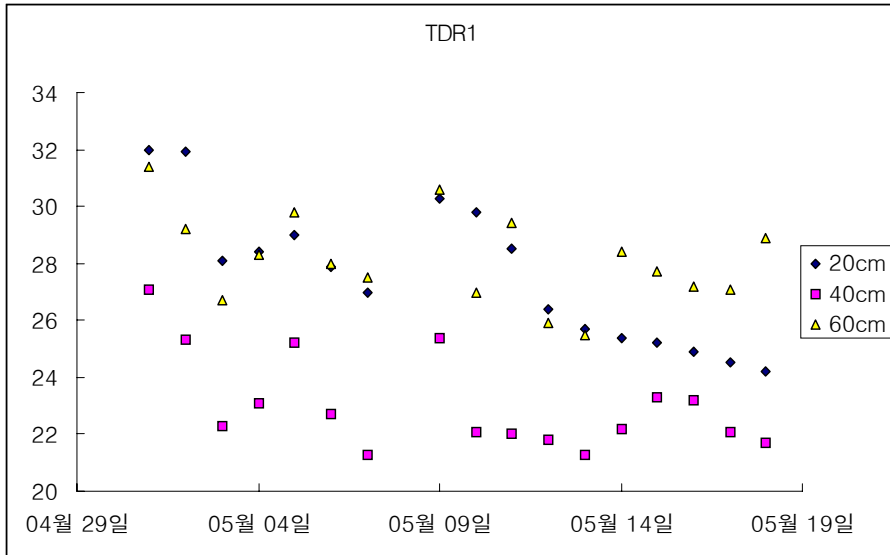
1) 토양수분 및 지하수위 조사

수자원관련 실측자료는 GIS 내의 데이터베이스나 별도로 Spreadsheet 프로그램을 이용하여 관리할 수 있다. GIS 내에서 입력된 실측자료는 Export 기능을 이용하여 자료를 별도로 저장한 후 다시 Spreadsheet 프로그램 등을 이용하여 필요한 정보를 추출하거나 가공할 수 있다. <그림 2-23>는 토양수분 측정망과 현장에서 실측된 측정 자료를 나타내고 있다.

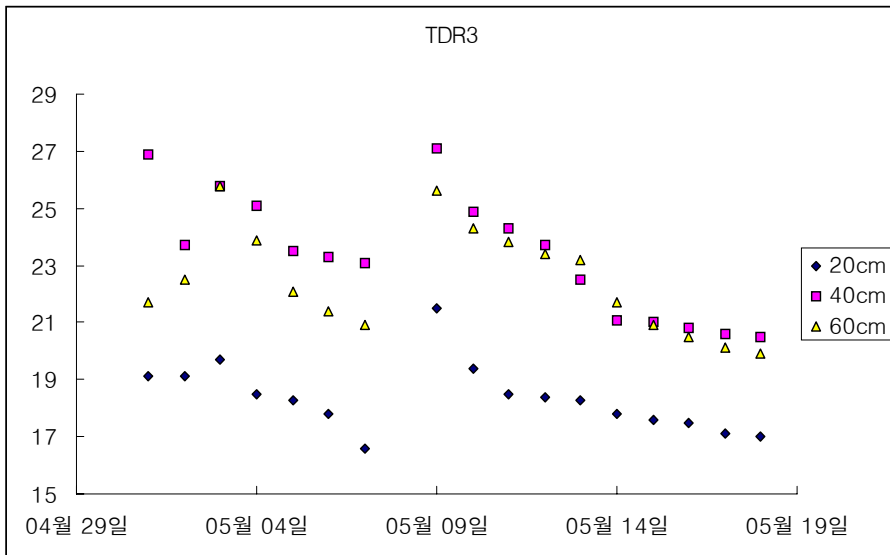
측정 자료를 마이크로소프트 엑셀에서 그래프로 나타내어 토심별 토양수분 분포 및 변화를 파악할 수 있었다<그림 2-24, 그림 2-25, 그림 2-26, 그림 2-27> 4월 29일과 5월 7일에 각각 50.5mm, 90.5mm의 강우로 인해 토양수분이 상승하고 이후로 지속적으로 낮아지는 경향을 파악할 수 있다. 또한 측점에 따라서 토심별 토양수분 분포가 다르게 나타남을 알 수 있었다.



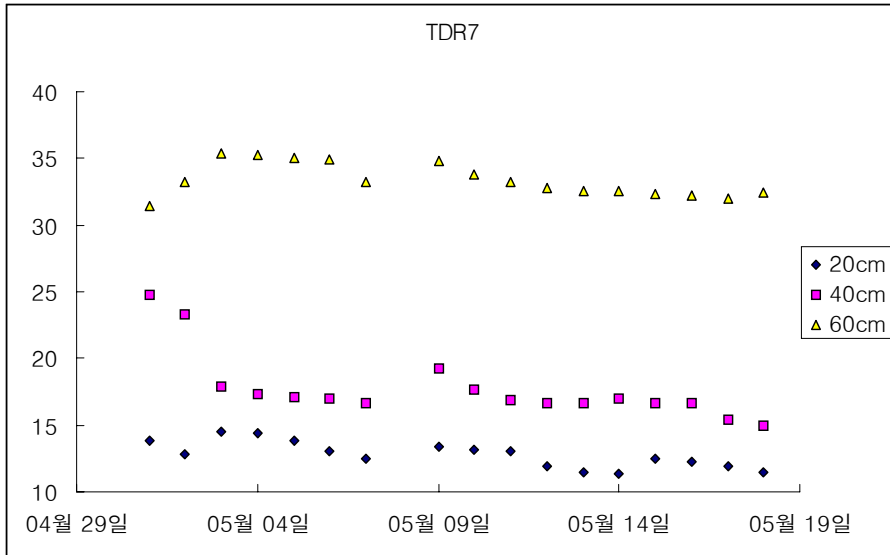
<그림 2-23> 토양수분측점의 위치와 데이터베이스로 구축된 측정자료



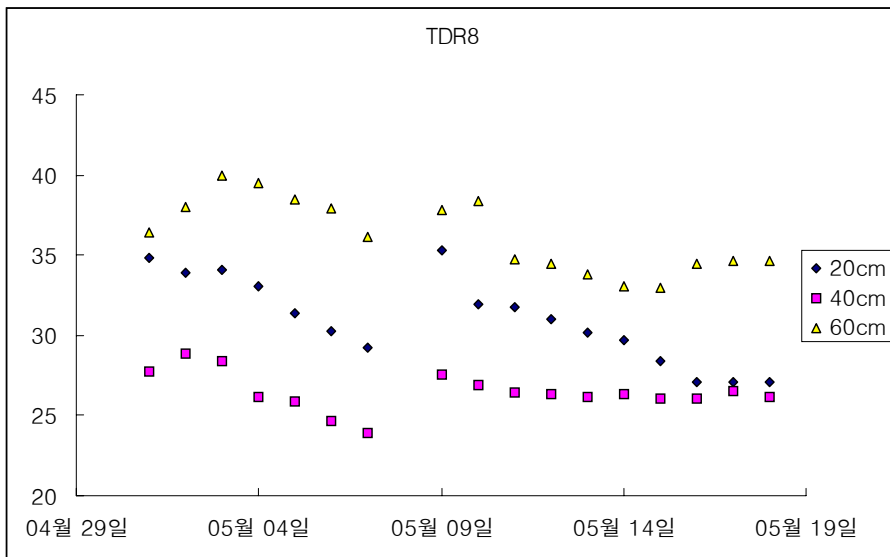
<그림 2-24> 측점 #1에서 강우직후 토심별 토양수분의 분포 및 시기별 변화



<그림 2-25> 측점 #3에서 강우직후 토심별 토양수분의 분포 및 시기별 변화



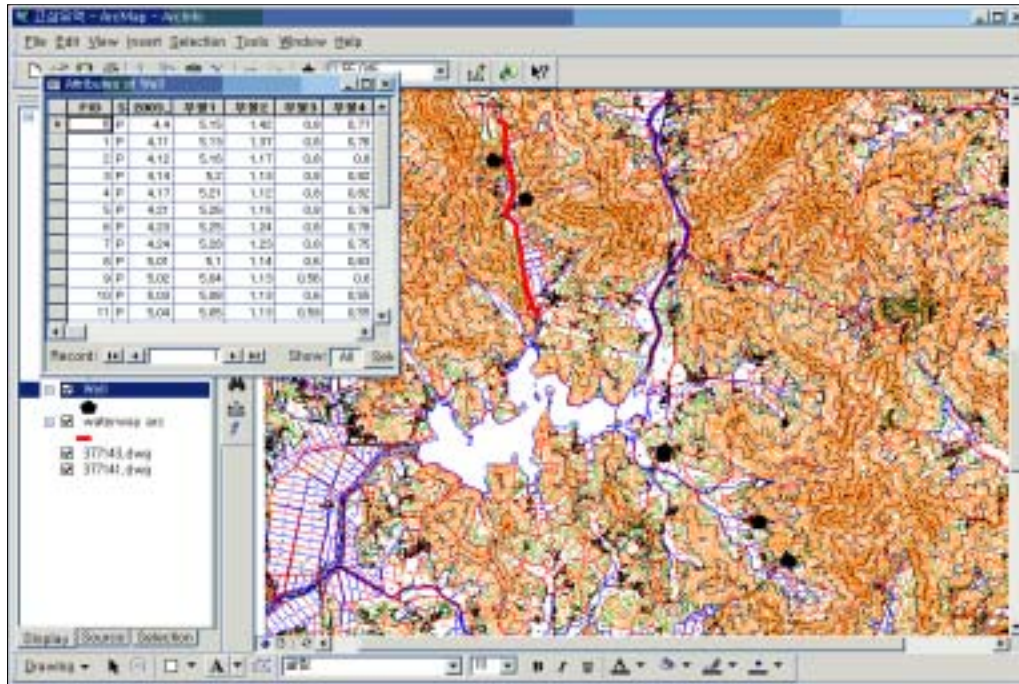
<그림 2-26> 측정점 #7에서 강우직후 토심별 토양수분의 분포 및 시기별 변화



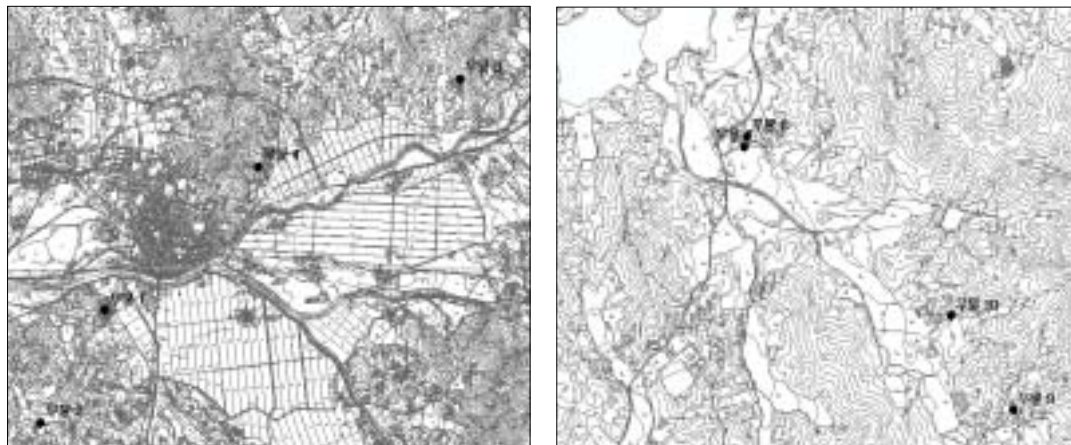
<그림 2-27> 측정점 #8에서 강우직후 토심별 토양수분의 분포 및 시기별 변화

지하수위를 측정한 관정의 분포와 실측치는 <그림 2-28>에 제시된 바와 같다. 지하수위가 측정된 관정은 하천조사와 토양수분이 조사된 소유역에 국한하지 않고 고삼저수지 주변에 위치한 것들을 대상으로 하였다. 토양수분과 마찬가지로 GIS에 입력된 자료를 추출한

후, 강우직후 시간에 따른 지하수위의 변화를 살펴본 바, 그 결과는 <그림 2-29>에 제시된 바와 같다.

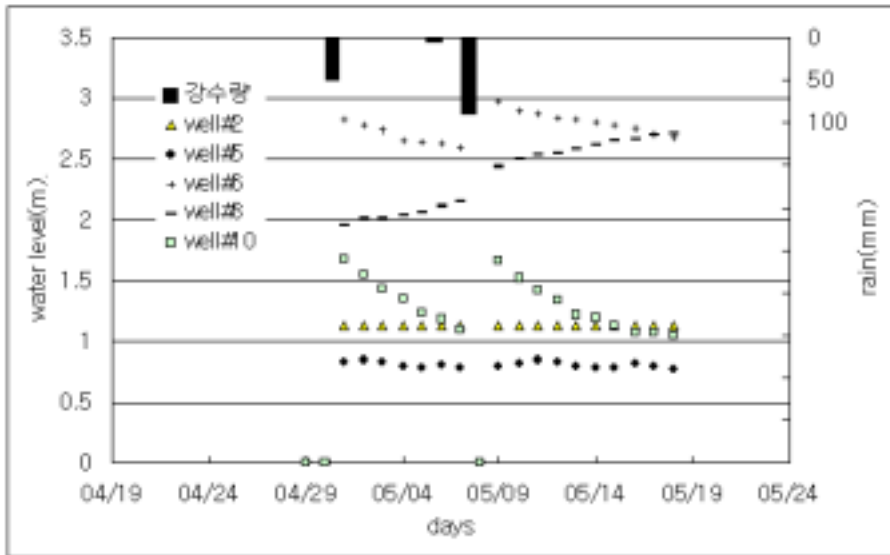


a) 관정 및 지하수위 측정 자료를 나타내고 있는 ArcGIS 화면



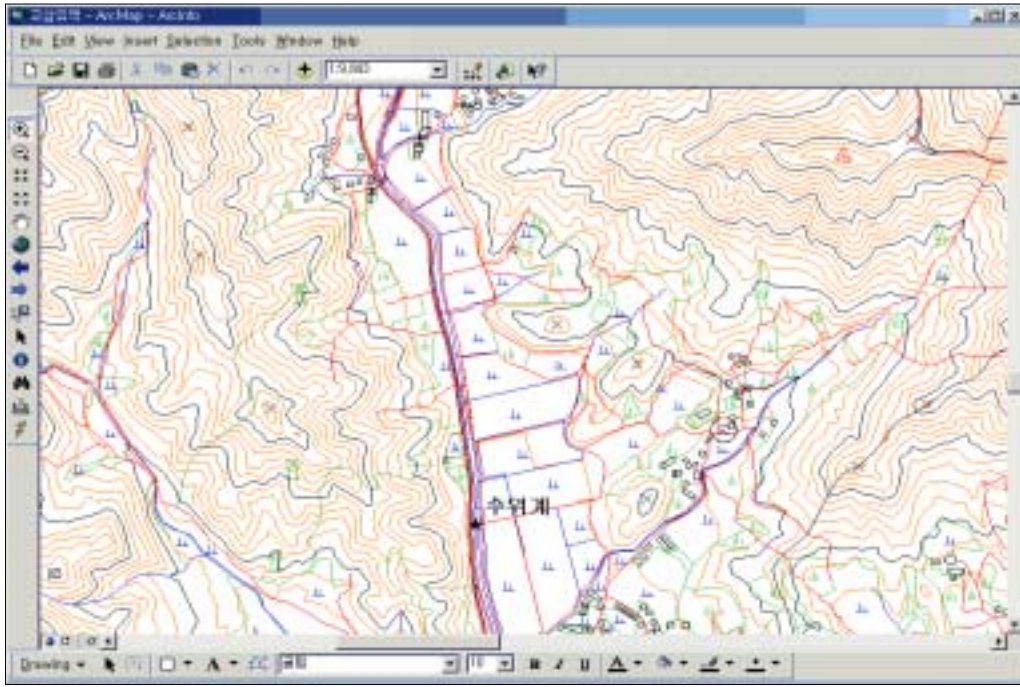
b) 조사된 관정의 위치도

<그림 2-28> 지하수위 측정 관정의 분포와 측정자료



<그림 2-29> 강우직후 주요 관정의 수위변화

소유역 말단부에 설치한 자기식 수위계의 위치는 <그림 2-30>에 나타낸 바와 같다. 측정 자료는 토양수분이나 관정의 지하수위 측정 자료와 마찬가지로 GIS 내에서 관리가 가능하나 시간별 측정 자료에 대한 다양한 활용을 고려한다면 별도의 spreadsheet 프로그램에서 관리하는 것이 바람직하다고 판단된다.



<그림 2-30> 수위계 설치지점과 해당 속성자료의 GIS 내 구축

제 5 절 수자원관련 시설조사 및 자료수집 기법

1. 수자원관련 시설

농촌지역의 수자원관련 자료로서는 넓은 범위로서 유역차원의 각종 시설물뿐만 아니라 수자원의 분포나 이용에 영향을 주는 습지나 녹지 등의 자연조건을 포함할 수 있다. 이러한 수자원관련 자료는 위치를 나타내는 공간정보와 함께 규모, 설치조건, 운영관리 상태 등이 조사되고 일정한 양식으로 데이터베이스화되어야 한다. 이와 같은 맥락으로 농업기반공사에서는 1994년부터 종합적인 농어촌정보 체계를 구축하기 위하여 RGIS를 구축하기 시작하였으며, 여기에는 농지이용관리체계와 농정자료의 표준화 및 국가자원화 개념이 포함되어 있다. RGIS의 주제도 가운데에는 유역면적, 수혜면적, 배수시설물 현황 등이 포함되어 있는 배수개선현황도와 경지정리, 정비계획, 배수개선정비계획, 농어촌용수정비계획 등이 포함되어 있는 생산기반종합정비계획도 등으로 구성되어 있다.

건설교통부의 수자원관리종합정보시스템은 수자원관련 정보를 종합적으로 제공하기 위

하여 1999년도에 완성되었으며, 용수이용정보 Framework 내의 농업용 수리시설물 현황에는 지역별로 저수지, 양수장, 양배수장, 배수장, 보, 집수암거, 관정, 기타 등으로 분류하여 자료를 제공하고 있다. 각 시설물별로 시설코드, 위치, 용량(채수량, 관개면적 등), 준공연도, 관할기관 등의 정보가 구축되어 인터넷을 통해서 공개되고 있다. 환경부는 1999년 정보화근로사업을 통해서 기존의 환경기초자료수집 전산망을 개선한 환경종합정보시스템을 구축하여 공개하고 있는 상태인데 여기에서는 수질보전자료로서 각종 폐수종말처리시설, 분뇨 및 축산폐수처리시설, 간이축산폐수처리시설, 간이오수처리시설, 폐수배출시설, 댐 및 농업용저수지, 수위 관측 지점, 유량관측지점을 갖추고 있고 상하수도조사 자료로서 하수종말처리시설, 정수 및 취수장, 먹는 물 공동시설 등의 정보를 구축한 상태이다.

앞으로 특히 농촌지역에서 수자원의 효율적 이용과 개발을 위해서는 현재 국가 기관별로 구축하고 있는 정보시스템으로는 충분치 않음을 알 수 있다. 더욱이 각종 시설물의 유지관리를 위해서는 보다 상세한 데이터베이스 체계가 요구되며, 정기적인 현장조사결과를 체계적으로 관리할 수 있는 자료수집 및 관리시스템이 필요함을 알 수 있다. 예를 들어서 용배수로의 관리에 있어서 현재도 적지 않은 개보수사업이 진행되고 있음에도 불구하고 관할 담당기관 또는 부서에서 관리대장이나 일지 등이 부실하게 관리되는 부분이 남아 있고, 현황 파악이 제대로 이루어지지 않는 상황이다.

이를 위해서는 건설교통부의 수자원종합관리시스템에서 갖추어진 코드 및 관련정보체계와 유사하게 또는 연계하여 고유의 코드를 부여함으로써 새로이 구축되는 데이터베이스와 연계하여 활용이 가능한 체제로 나아가는 것이 바람직하다.

가. 시설별 데이터베이스 체계

수자원관련 시설의 자료는 그 특성에 따라서 시설별 데이터베이스가 구축되어야 한다. 시설에 따라서 자료의 수집 주기와 내용이 결정되어야 한다. 수원공을 포함한 각종 수로에 대한 자료들을 데이터베이스에 구축되어야 한다.

- 저수지

- 고유코드, 시설명, 위치 및 위경도, 유역면적, 유효저수량, 만수면적, 높이, 길이, 형식, 관개면적, 구역 외 급수면적, 준공연도, 관할기관, 개보수실적, 여수로 용량, 사통수량, 문제점, 기타

- 양수장
 - 고유코드, 시설명, 위치 및 위경도, 원동기 수, 양수량, 관개면적, 구역 외 급수 면적, 준공연도, 관할기관, 개보수실적, 기타

- 배수장
 - 고유코드, 시설명, 위치 및 위경도, 원동기 수, 배수량, 배수면적, 배수대상하천, 준공연도, 관할기관, 개보수실적, 기타

- 보
 - 고유코드, 시설명, 위치 및 위경도, 유역면적, 높이, 길이, 구조, 보문길이, 준공 연도, 관할기관, 상류측 하상높이, 누수도, 개보수실적, 파손여부, 기타

- 집수암거
 - 고유코드, 시설명, 위치 및 위경도, 유역면적, 채수량, 관개면적, 구역 외 급수 면적, 준공연도, 관할기관, 개보수실적, 기타

- 관정
 - 고유코드, 시설명, 위치 및 위경도, 채수량, 준공연도, 관할기관 또는 소유주 해당지역 수원공 고유코드, 개보수실적, 기타

- 용수로
 - 고유코드, 수원공 코드, 총연장, 수로재질, 구조물수로연장 비율, 준공연도, 각종 수로시설물 수(잠관, 분수문 등), 관개면적, 분기 간선수, 개보수실적, 수리요망(파손, 토사퇴적 등) 구간(위치, 길이), 기타

- 배수로 (용배수로)
 - 고유코드, 시설명, 인접 용수로코드, 해당 수원공 코드, 유역면적, 접속 하천명, 수로 재질(특성), 수로연장, 개보수실적, 수리요망 구간(위치, 길이), 기타

- 수문 (일정규모 이상)

- 고유코드, 시설명, 상류측 수로코드, 방류수체 구분(코드), 파손여부

나. 자료수집 주기

상기의 자료들 가운데 대부분은 기왕의 자료로서 이미 정비되어 입력되거나 기존의 자료에서 추출될 수 있다. 그러나 기존의 전산자료로 입력되지 않은 자료 등은 신규로 입력되어야 한다. 또한 시설의 특성 및 항목에 따라서는 유지관리 차원에서 정기적인 현장조사를 통해서 지속적으로 축적되어야 하는 정기자료로 구분하여 관리되어야 한다. 정기자료는 그 속성에 따라서 조사 빈도를 설정할 수 있다.

- 기왕자료
 - 각종 제원관련 자료 등
- 정기자료
 - 개보수실적, 파손 지점의 구분 및 위치, 수리요망 구간(위치, 길이) 등

2. 수자원관련 자료

수자원과 관련된 자료로서는 강수량과 같은 기상자료, 유출량, 용수 공급 또는 이용량, 배수량, 토양수분, 지하수위 등을 포함한다. 유량과 같은 자료는 각종 기관에 의해서 설치, 운영되어 수집되는 경우 쉽게 이용할 수 있는 경우도 있으나, 농업용 저수지의 통수량 등은 현재 구조적으로 추정이 어렵다. 용수로 시점에 별도의 수위계를 설치하지 않은 경우가 대부분이고, 통관의 개폐를 정확하게 파악하기 어렵기 때문에 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

현재 각종 측정망을 통해서 수집되어 공개되는 자료 이외에 비공식적으로 다양한 분야에서 연구목적으로 측정되었고, 현재도 수집되고 있는 수자원 관련 자료가 있으므로 이를 활용할 수 있는 체계를 구축하는 것이 바람직하다. 비록 단기간의 자료라고 하더라도 위치 정보와 측정 시간을 포함하여 자료가 수집된다면 효과적으로 이용될 수 있기 때문이다. 인터넷을 활용한다면 자료입력 체계를 갖추고 전국에 산재해 있는 자료의 통합적 수집체계와 관리를 꾀할 수 있을 것이다. 이를 위해서 수자원관련 자료의 체계는 다음과 같이 구성할 수 있다.

- 자료의 구분
 - 지표수, 지하수, 토양수분, 강수량, 용/취수량
- 자료의 세부항목
 - 위치(위경도, 고유코드), 측정시간, 유량/수위/함수비, 지속기간(용/취수/강수량), 수집자명(또는 고유번호), 측정방법 및 기기

수질측정 자료가 있는 경우 입력의 편의를 위하여 수질항목을 세부항목에 추가하는 것도 고려할 수 있을 것이다. 다만 자료의 신뢰성을 유지하기 위하여 자료를 수집하고 입력하는 주체(개인 또는 기관)에 대한 관리 문제는 남아 있다. 자료의 수집 및 입력 주체에 대하여 고유번호를 부여함으로써 자료의 사후 검증과 자료의 신뢰성을 유지할 수 있을 것이다.

한편, 수자원 관련 자료를 수집하는데 있어서 때로는 자료 수집 전에 측점을 사전에 결정하여야 하는 경우가 있다. 소위 평면 공간에 대해서 사전에 임의의 측점(random sampling site)을 결정하여야 하는 경우 GPS는 대단히 효과적으로 이용될 수 있다. 또한 시간에 따라서 측점을 계속해서 변경해야 하는 경우에도 GPS를 적절하게 활용할 수 있을 것이다.

제 6 절 요약 및 결론

수자원의 효율적인 관리와 이용을 위해서는 농촌지역의 수자원관련 시설조사 및 자료조사 기법의 정립이 선행되어야 한다. 수자원의 효율적 이용을 위해서는 각종 시설의 현황을 정확하게 파악하고 관련 자료를 적절하게 수집하여야 하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 GPS와 GIS를 이용하여 현장 조사와 조사된 자료를 효율적으로 관리할 수 있는 방안에 대하여 검토하였다. DGPS 과정을 통해서 충분한 정확도로서 공간 정보를 24시간 개방된 어느 곳에서든지 수집할 수 있음을 확인하였고, 농촌지역에 산재해 있는 다양하고 많은 수의 농업기반시설물 조사에 유용하게 활용할 수 있음을 확인하였다. 또한 손쉽게 토양수분 측점을 파악함으로써 시료 또는 자료 수집 지점을 GIS 내에서 표현하여 효과적으로 자료의 가공이나 분석할 수 있음을 알 수 있었다. 더욱이 국내에 GPS 상시 관측망이 구축되어 손

쉽게 자료를 보정할 수 있어서 각종 수자원관련 시설의 유지관리를 위한 현장 조사 작업은 보다 신속하고 효율적으로 추진할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 DGPS 과정을 통해서 보정된 공간자료는 현재 배포되고 있는 수치지도와 문제없이 연계하여 이용이 가능하며, 앞으로 수자원 관련시설의 조사뿐만 아니라 수자원 관련 자연시설 및 생태환경 조사에 있어서도 그 활용성이 높다고 판단된다.

GPS를 이용하여 수집된 공간 및 속성자료를 GIS 내에서 데이터베이스화한 결과 자료의 관리와 가공이 대단히 효율적으로 이루어질 수 있음을 알 수 있었다. 시설의 기본제원과 같은 불변자료 뿐만 아니라, 정기적으로 수집되는 자료 또한 데이터베이스화하여 유지관리 및 정책결정도구로서 활용이 가능함을 알 수 있었다. 또한 토양수분이나 지하수위와 같이 시간에 따라서 지속적으로 수집되어야 하는 자료 또한 GIS 내에서 구현이 가능하고 자료가공이 가능함을 알 수 있었다. 물론 시간에 따라 지속적으로 수집되어야 하는 자료의 경우 그 효율성 측면에서는 해당 전문 프로그램을 활용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

GPS를 이용하여 수집된 시설관련 자료와 각종 측정 자료를 GIS 내에서 관리하기 위해서는 데이터베이스 체계를 구축하는 것이 선행되어야 한다. 제5절에서 기술된 바와 같이 시설에 따라서 고유코드를 부여하고 그 특성에 적합한 항목(field)을 설계하는 것이 선행되어야 한다. 정기적인 자료의 update를 위한 항목과 불변 항목을 구분하여 적절히 설계한 후, 지속적으로 입력하는 노력이 뒷받침되어야 할 것이다. 또한 각종 측정 자료의 경우 시설관련 데이터베이스와 마찬가지로 자료의 종류별로 적합한 항목으로 구성하여 표준화하는 것이 요구된다. 특히 개별적으로 수집된 측정 자료가 표준화된 데이터베이스에 입력될 수 있는 기반을 구축하는 것도 필요하다. 다양한 지역에서 비공식적으로 수집된 자료가 신뢰성 검증을 거쳐서 입력된다면 공식적으로 수집되는 자료를 보완할 수 있기 때문이다.

본 연구의 결과를 기초로 하여 먼저 수자원관련 시설 및 측정 자료에 대한 데이터베이스가 공식적으로 완비되고 표준화된 후, 기존에 조성된 정보시스템의 자료와의 연계와 GPS를 이용하여 얻어지는 자료를 추가적으로 계속해서 입력한다면 앞으로 농촌지역의 수자원 관련 시설의 유지관리 뿐만 아니라 수자원의 효율적 이용 및 개발에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제 3 장

RS, GIS를 이용한 기상관련정보 생성 및 예측기법 개발

제 3 장 RS, GIS를 이용한 기상관련정보 생성 및 예측기법 개발

제 1 절 서 론

1. 연구 배경 및 목적

가. 연구 배경

1) 기술적 측면

활동에서부터 자연환경에 이르기까지 종합적이고 체계적인 정보수집이 가능하게 되었으며 과거 수십년 동안 개발되어온 기상관련 모형들이 필요로 하는 입력자료를 원격탐사기법으로 획득이 가능하게 됨으로서 전지구적 규모에서의 기상환경 예측뿐만 아니라 국지지역에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

현재 지구적 규모(Global Scale)에서의 기상환경 예측은 활발히 이루어지고 있으나, 지역적 규모에서의 연구는 미진한 실정이다. 기존의 방법으로 광범위한 농촌지역의 자원 그리고 환경관련 자료들을 수집하기 위해서는 장기간의 계획과 이에 따른 많은 비용이 투입되어야 한다. RS, GIS 기술을 이용함으로써 보다 빠른 시간 내에 보다 적은 비용과 인력을 투입하여 농업관련 제반자료의 효율적인 수집/제작 그리고 이들이 지니고 있는 공간자료의 가공 및 분석기능으로 원하는 결과를 얻을 수 있으므로 경제적인 효과는 충분히 있다고 판단된다.

2) 사회 문화적 측면

과거 수십년 동안 개발되어온 기상관련 모형들이 필요로 하는 입력자료를 RS기법으로 획득이 가능하게 됨으로서 지역적 규모(Regional Scale)의 연구가 확대되고 있다. 현재 지구적 규모(Global Scale)에서의 기상환경 예측은 활발히 이루어지고 있으나, 지역적 규모에서의 연구는 미진한 실정이다.

따라서 우리나라 내에서 지역별로 토지이용변화, 기상변화의 시나리오에 따른 농촌지역

산림보존의 적정규모, 물의 효율적인 이용방안 등 장기적인 농촌지역 보전대책을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

상기의 연구들은 국내외 관련기술의 현황을 고려할 때 우리나라 농업정보가 선진국 대열에 진입할 수 있는 절호의 계기가 될 것으로 판단되므로 본 연구가 조속히 수행되어야 한다고 판단된다.

지난 수십년 동안 농촌지역에서는 벌채, 개간, 주거지 조성, 경리정리 등의 많은 변화가 꾸준히 지속되어 오고 있다. 이로 인하여 변화되는 기상현상을 지역적으로 규명할 필요성이 제기 되었다.

나. 연구 목적

1) 농업지역 지형정보 특성분석

- 가) GIS 공간자료를 이용하여 유역특성에 따른 농업지역의 지형특성 분석
- 나) 지형특성이 기상특성에 미치는 영향 분석

2) 농촌지역 기상정보 특성분석

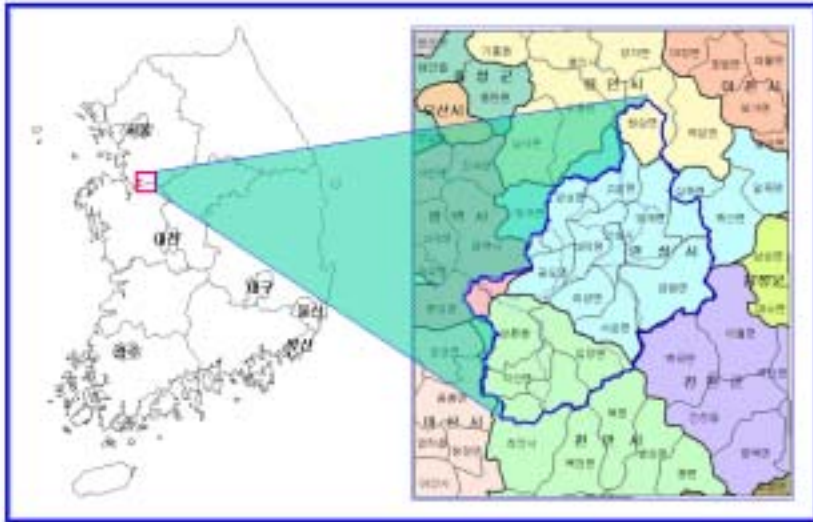
- 가) 다시기의 Landsat TM 위성영상과 GIS의 공간분석 기법을 활용하여 농촌지역 토지 피복변화, 지표온도 및 정규식생지수(NDVI : Normalized Difference Vegetation Index) 분포 패턴등 농촌지역 주변공간특성을 다양한 기법을 사용하여 체계적으로 분석
- 나) 유역주변의 자동기상관측장치(AWS : Automatic Weather Station) 현지관측자료와 인구분포자료 등을 기초로 안성천 유역의 다양한 인문·자연환경정보를 보다 세분화하여 농촌지역의 기상환경특성을 보다 합리적으로 해석

2. 연구 내용

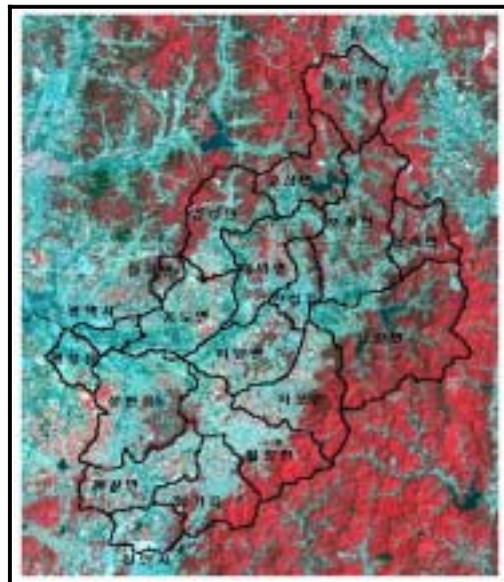
가. 연구 지역

안성천 유역(585.13km²)의 고삼면, 공도면, 금광면, 대덕면, 미양면, 보개면, 삼죽면, 서운면, 성거읍, 성환읍, 안성시, 양성면, 원곡면, 원삼면, 입장면, 직산면, 천안시, 팽성읍, 평택시

를 포함한다. 연구지역은 다음 <그림 3-1>과 같다.



<그림 3-1> 연구 대상지역 (안성천 유역 경계도)



<그림 3-2> 안성천유역 Landsat TM 영상
(2000년 5월 7일, band 4/3/2)

나. 농촌지역의 지형특성인자 분석

1) 수치지형자료를 이용하여 GIS 공간DB 수치주제도를 생성함으로 농촌지역의 지형특

성 해석

- 2) 지표공간 모델링을 통하여 위성영상자료와의 종합적인 GIS 공간분석 및 3차원 분석

다. 농촌지역의 기상관련정보 분석

- 1) AWS 기상관측망의 위·경도 점자료를 일별, 월별로 구축하여 농촌지역의 기상정보 해석
- 2) 기상관측자료의 공간분석을 통하여 농촌지역 기상관련정보 생성기법개발을 위한 기초자료 생성
- 3) 농촌지역 주변 식생 활력도와 기상과의 상관관계를 분석하기 위해 지표온도 및 NDVI 분석

3. 연구 방법

가. 사례조사

- 1) 서울시가 추진중이거나 향후 고려 할 수 있는 기상특성 고려 농촌이 아닌 도시계획 제도의 도입과 활용에 있어 기상특성을 고려한 도시계획제도의 도입과 활용을 도모하기 위해, 선진 외국사례 분석을 통한 제반 시사점의 도출과 서울시의 적용가능성에 관심을 둠
- 2) 기상·에너지·환경·토지이용 등과 관련된 외국사례의 경우 과학적인 방법으로 접근하여 환경친화적 농촌지역의 환경을 창출하기 위한 법적·제도적 검토 등을 중점적으로 분석

나. 기상정보 평가기법 개발

- 1) GIS 수치주제도 작성
 - 가) 안성천유역 및 그 주변지역의 지형특성을 보다 세분화하여 분석하기 위해 1:25,000 수치지도 및 종이지형도(총 16도엽)를 활용하여 GIS DB 구축
 - 나) GIS DB를 활용하여 안성천유역을 중심으로 행정경계, 수계망, 소유역분지 경계, 10간격의 등고선망, 도로망과 인구분포도 등의 단계구분도와 같은 수치주제도 작성
- 2) 지표공간 모델분석

- 가) 지표공간 모델링은 지표공간의 3차원적 형상을 표현하는 기법으로 등고선 등을 바탕으로 경사의 정도, 향 등을 분석할 때 이용
- 나) 가장 대표적인 TIN모델은 Surface 정보를 생성, 저장, 분석하고 표현할 수 있게 해주는 것으로서 X, Y좌표와 Z값을 가지고 있는 불규칙한 간격의 Points로부터 계산된 중첩되지 않는 삼각형이 인접해 있는 집합임
- 다) 고도데이터 이용으로 사면경사(Slope) 및 사면방향(Aspect)을 산출하여 분석목적에 맞게 재분류한 후 위성원격탐사 자료로부터 추출된 NDVI 및 토지피복분류 결과 등과 함께 종합적인 GIS 공간분석 및 3차원 분석을 실시

3) AWS 기상관측자료 구축

- 가) 안성천 유역 내의 2개 지점(안성, 성거)과 유역주변의 5개 지점(진천, 외사, 이동, 평택, 용인)의 AWS 기상관측망의 위·경도 점자료를 이용하여 구축(1996년~2000년)
- 나) 4년간 안성천 유역 7개 지점의 AWS 관측자료로부터 평균최고기온, 평균최저기온, 평균기온, 최고기온, 최저기온, 최대풍속, 최소풍속, 평균풍향이 발생한 일수(월단위), 강수량, 강수량이 발생한 일수(월단위) 등의 자료를 획득하여 이를 일별, 월별자료로 분류 및 구축

다. 기상정보 예측기법 개발

영상자료처리는 ERDAS Imagine 8.5를 활용하였으며 공간 분석은 Arcview3.2에서 수행하였으며, 기상 실측자료로는 기상청의 자동무인관측망(AWS)자료를 이용

1) 기상관측자료의 공간분석

가) 구축된 AWS 점자료를 2차 년도에 보다 세분화되어 구축된 GIS DB와 연계함으로써 기상자료의 공간분석 기반 마련

- 나) GIS DB로 구축된 AWS 현지관측자료를 기초로 과거 안성천 유역의 기상환경특성을 보다 세분화하여 분석함과 동시에 이를 안성천 유역 기상관련정보 생성 기법 개발을 위한 기초자료로 활용

2) 영상 분석

가) 열 분포 특성의 시공간적 분석

- (1) Landsat TM(1987년 5월 20일, 1993년 5월 20일, 2000년 5월 7일), ETM(2002년 4월 3일) band 6의 DN(Digital Number)값으로부터 구해진 복사휘도값으로부터 지표 온도 추출(Markham and Becker, 1986)

나) 토지피복분류, NDVI 및 Tasseled-cap 분석

- (1) 1:25,000 수치지도 및 지형도를 이용하여 모식지역(training area) 선정
- (2) 감독분류 기법 중 최대우도법(MLC)으로 산림, 논, 밭, 수계, 도시, 나지의 6개 클래스로 분류
- (3) 유역주변 식생의 활력도를 분석하기 위하여 정규식생지수(NDVI)를 산출하였다.
- (4) 지역 식생의 활력도 및 수분함유량, 토양 밝기의 상관관계를 분석하기 위하여 Landsat ETM을 Tasseled-cap 변환계수를 이용하여 비교·분석함

제 2 절 국내의 기술개발 현황

1. 국내의 기술 현황

농촌지역에 있어서의 기상은 작물의 생육상태, 병해충 및 작황 등에 영향을 미친다. 이러한 영향으로 기상에 따른 특정작물의 생육발달 상태, 병해충 및 작황의 결과에 대해 많은 연구가 이루어 졌으며, 또한 그 결과물들이 발표되고 있다.

기존의 연구는 기상관측소의 기후자료를 이용한 경우가 대부분으로 국소지역 기상자료로서의 대표성을 갖기에는 부족하였다. 무인자동기상관측시스템(AWS : Automatic Weather System)의 도입으로 기상관측망이 구축되어 다양한 지역의 실측기상 data를 얻을 수 있게 되었다. 그러나 아직까지도 대표성을 두기에는 관측망의 범위가 넓은 것이 현실이다.

현재는 원격탐사기술의 발달로 실측값에 준하는 기상데이터를 얻을 수 있으며, 실측기상 관측데이터의 보조자료로 이용이 되고 있다. 기상전용 인공위성으로 NOAA, GMS 자료가 대표적이며 그 외 미국의 GEOS 시리즈, 유럽 우주청의 METEOSA 등이 있다. 기상위성이 라는 특징으로 인하여 넓은지역의 기상특성을 파악하기에 적합하다. 지구관측위성을 이용하여 국소지역의 기상특징을 추출하여야 한다.

2. 앞으로의 전망

기상은 대기 중에서 일어나는 각종 물리현상으로 넓은 의미로는 대기의 상태와 속에서

일어나는 대기현상의 전부를 말한다. 대부분의 기상은 넓은 지역에 걸쳐서 특징 되어지며 분석되고 있다. 그러나 산을 중심으로 기상특성이 달라지는 것을 확인 할 수 있다. 즉 산이라는 장애물에 의하여 반대편의 기상은 전혀 다른 결과를 초래하는 것이다.

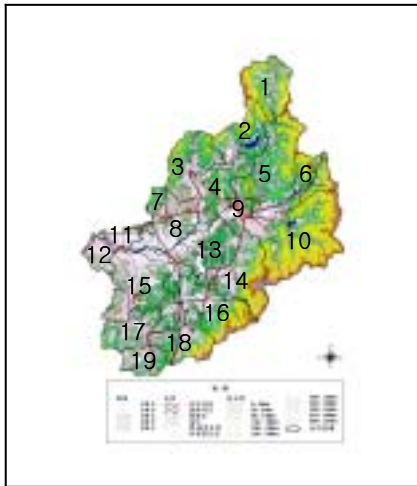
우리나라는 70%가 산으로 덮여 있어 지역마다 서로 다른 성향의 기상특성을 가지고 있다. 이런 경우 넓은 지역의 기상자료를 토대로 국소지역의 기상특성을 규명하는 것에는 무리가 있다. 특히 농촌지역의 주요 생산물인 작물은 기상의 영향을 가장 많이 받는 것 중의 하나라 볼 수 있다.

이러한 결과로 기온의 경년 변화가 적은 지역일지라도 장애물(예산) 안의 데이터 값을 밖의 데이터 값으로 넣는 偶를 범하지 않기 위해 좀 더 많은 실측 관측 값이 요구된다. 현재 기상청에서 2003년까지 500대의 자동기상관측장비를 증설 및 운용계획에 있으며, 측정된 자료를 알고리즘에 의한 자동품질검사(AQC)를 통해 송신, 분배, 저장이 가능한 기능을 구축하고 있다(기상청 홈페이지). 국지기후에 대한 관심이 모이는 가운데 기상관련자료 생성에 대한 다각도의 연구가 이루어져야 한다.

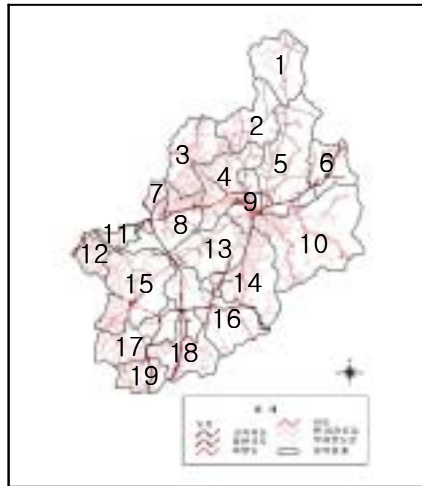
제 3 절 RS, GIS를 이용한 기본 주제도 작성

1. GIS 기본 주제도 작성

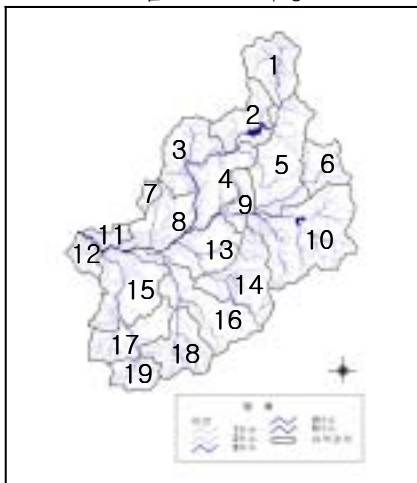
NGIS 수치지도의 속성 레이어를 이용하여 지형도, 도로망도, 수계망도를 작성하였다.



<그림 3-3> 지형도



<그림 3-4> 도로망도

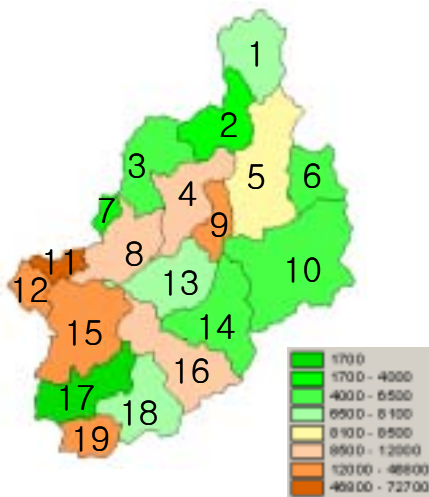


<그림 3-5> 수계망도

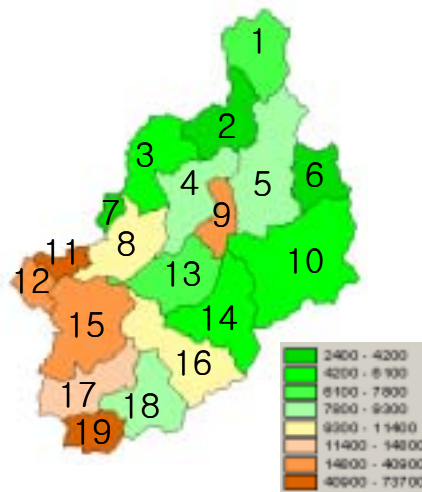
- | | |
|---------|---------|
| 1. 원삼면 | 11. 평택시 |
| 2. 고삼면 | 12. 평성읍 |
| 3. 양성면 | 13. 미양면 |
| 4. 대덕면 | 14. 서운면 |
| 5. 보개면 | 15. 성환읍 |
| 6. 삼죽면 | 16. 입장면 |
| 7. 원곡면 | 17. 직산면 |
| 8. 공도면 | 18. 성거읍 |
| 9. 안성시 | 19. 천안시 |
| 10. 금광면 | |

2. 인구분포에 따른 온도변화 분석

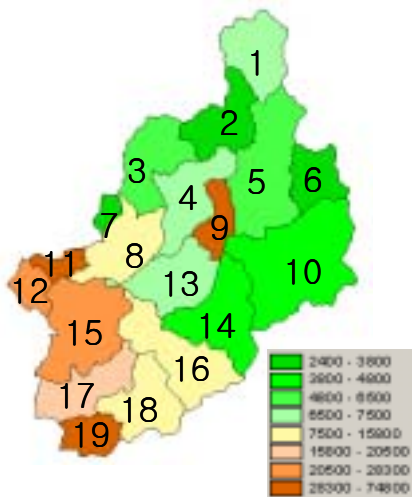
1987년, 1993년, 2000년 안성천 유역의 온도별 인구 분포도를 조사한 결과 인구분포와 온도는 비례관계에 있는 것으로 나타났으며, 이는 그 지역에 인구가 증가함에 따라 주거지역, 도로지역, 상업지역, 공업지역이 형성되면서 도시화현상이 나타남에 따라 온도가 상승하는 결과를 보여주며, 이와 반대로 인구가 감소함에 따라서도 인구분포와 온도가 비례관계가 성립되면서 온도는 감소하는 추세를 보이고 있다.



<그림 3-6> 1987년 인구분포



<그림 3-7> 1993년 인구분포



<그림 3-8> 2000년 인구분포

- | | |
|---------|---------|
| 1. 원삼면 | 11. 평택시 |
| 2. 고삼면 | 12. 평성읍 |
| 3. 양성면 | 13. 미양면 |
| 4. 대덕면 | 14. 서운면 |
| 5. 보개면 | 15. 성환읍 |
| 6. 삼죽면 | 16. 입장면 |
| 7. 원곡면 | 17. 직산면 |
| 8. 공도면 | 18. 성거읍 |
| 9. 안성시 | 19. 천안시 |
| 10. 금광면 | |

3. GIS 공간분석 및 3차원 분석

가. 소유역별 유역인자 특성

GIS Tool을 이용하여 안성천 유역의 면적, 둘레, 하천길이 등을 기초로 하여 밀도, 수계 빈도, 유역 밀집도 및 분기율을 계산하였는데 그 결과 전체유역에 대한 면적 585.18km, 하천 길이 569.60km, 유역둘레 137.51km, 밀도 0.97, 하천총수 854.00개, 수계빈도 1.45, 유역 밀집도 7.31로 나타났고 (표 3-1)은 유역별로 산출한 결과이다.



<그림 3-9> 하천차수망도

(표 3-1) 유역별 특성인자 추출

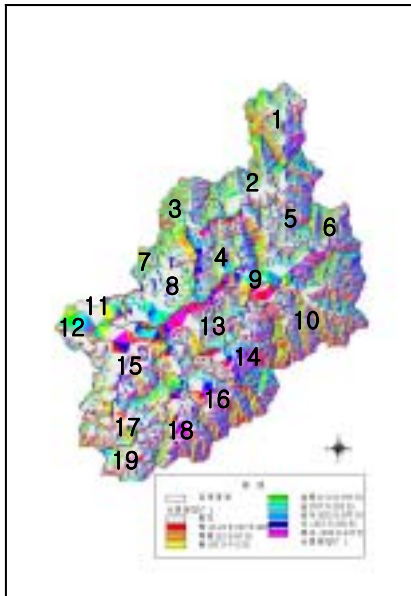
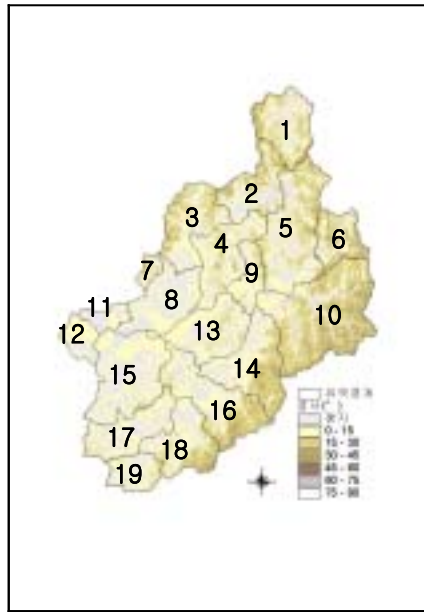
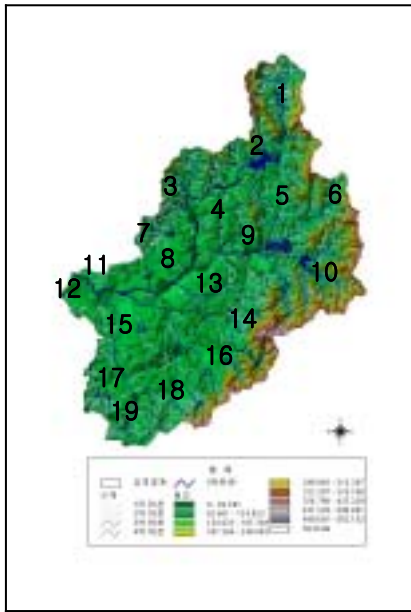
	면적 (km ²)	수계길이 (km)	둘레길이 (km)	하천밀도 (km/km ²)	하천총수 (개)	수계 빈도	유역 밀집도	93년
공도면	39.62	37.16	36.65	0.93	42	1.06	3.68	24.2
한 천	64.11	69.17	51.99	1.07	109	1.7	3.93	23.38
고삼면	39.2	42.15	34.43	1.07	56	1.42	3.78	22.94
독심천	66.45	62.59	41.41	0.94	84	1.26	4.49	22.53
삼죽면	42.79	45.65	34.12	1.06	63	1.47	3.96	22.78
금광면	78.06	95.41	42.29	1.22	167	2.13	4.81	22.49
청룡천	78.45	84.79	41.69	1.08	138	1.75	4.84	23.48
입장천	92.8	62.66	54.5	0.67	94	1.01	4.62	24.63
성환천	83.65	71.19	55.56	0.85	101	1.2	4.34	23.78

나. 유역별 지형인자 특성

1) 지표공간 모델링

가) 지표공간 모델링은 지표공간의 3차원적 형상을 표현하는 기법으로 등고선 등을 바탕으로 경사의 정도, 향 등을 분석할 때 이용된다. 그 중 가장 대표적인 TIN모델은 Surface 정보를 생성, 저장, 분석하고 표현할 수 있게 해주는 것으로서 X, Y좌표와 Z값을 가지고 있는 불규칙한 간격의 Points로부터 계산된 중첩되지 않는 삼각형이 인접해 있는 집합을 말한다.

나) 고도데이터를 이용으로 사면경사(Slope) 및 사면방향(Aspect)을 산출하여 분석목적에 맞게 재분류한 후 위성원격탐사 자료로부터 추출된 NDVI 및 토지피복분류 결과 등과 함께 종합적인 GIS 공간분석 및 3차원 분석을 실시하였다<칼라그림 1>.



- 1. 원삼면 11. 평택시
- 2. 고상면 12. 평성읍
- 3. 양성면 13. 미양면
- 4. 대덕면 14. 서운면
- 5. 보개면 15. 성환읍
- 6. 삼죽면 16. 입장면
- 7. 원곡면 17. 직산면
- 8. 공도면 18. 성거읍
- 9. 안성시 19. 천안시
- 10. 금광면

<그림 3-10> 지표공간 분석

(표 3-2) 고도별 지형인자 특성분석

Elev. (m)	면적 (km ²)	Slope (°)	Aspect (°)	87년		93년		2000년	
				Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI
0-50	264.040	2.27	164.08	23.63	96	24.52	125	21.93	107
51-100	145.310	8.13	188.26	22.33	135	23.28	162	20.12	137
101-150	67.146	13.71	184.58	20.71	162	22.27	187	17.95	165
151-200	41.611	17.78	186.89	19.83	181	21.85	200	16.93	184
201-250	27.687	20.32	191.51	19.18	192	21.59	206	16.32	192
251-300	16.979	22.52	196.55	18.86	199	21.37	209	15.91	195
301-350	10.811	23.65	200.83	18.57	203	21.04	212	15.66	195
351-400	6.316	23.89	205.95	18.28	205	20.78	215	15.41	193
401-450	3.106	22.37	201.34	18.20	203	20.45	217	15.38	187
451-500	1.057	21.89	195.20	18.35	204	20.32	218	15.59	181
501-570	0.320	19.15	217.36	19.00	170	20.56	208	16.18	146

(표 3-3) 경사별 지형인자 특성 분석

Slope (°)	면적 (km ²)	Elev. (m)	Aspect (°C)	87년		93년		2000년	
				Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI
0-5	336.083	52.84	164.85	23.39	109	24.29	138	21.51	117
6-10	81.276	95.04	187.49	22.00	144	23.04	172	19.66	147
11-15	57.117	137.36	185.32	20.68	168	22.16	190	18.03	167
16-20	48.167	177.31	185.63	19.97	180	21.75	199	17.06	180
21-25	34.645	216.77	191.83	19.44	189	21.46	205	16.37	190
26-30	19.177	252.76	199.71	19.00	196	21.16	209	15.87	195
31-35	7.000	285.32	206.73	18.64	201	20.92	213	15.60	197
36-40	1.253	298.46	205.04	18.62	202	20.81	212	15.84	192
41-45	0.103	213.04	193.93	19.90	175	21.36	190	17.58	166
46-50	0.037	143.86	110.84	21.28	156	22.17	176	20.55	141
51-55	0.032	148.94	141.87	20.68	161	21.77	188	20.08	157
56-60	0.017	213.18	118.79	21.16	159	22.36	199	19.88	168
61-63	0.002	262.00	66.00	21.00	151	23.00	209	17.00	189

(표 3-4) 경사별 지형인자 특성 분석

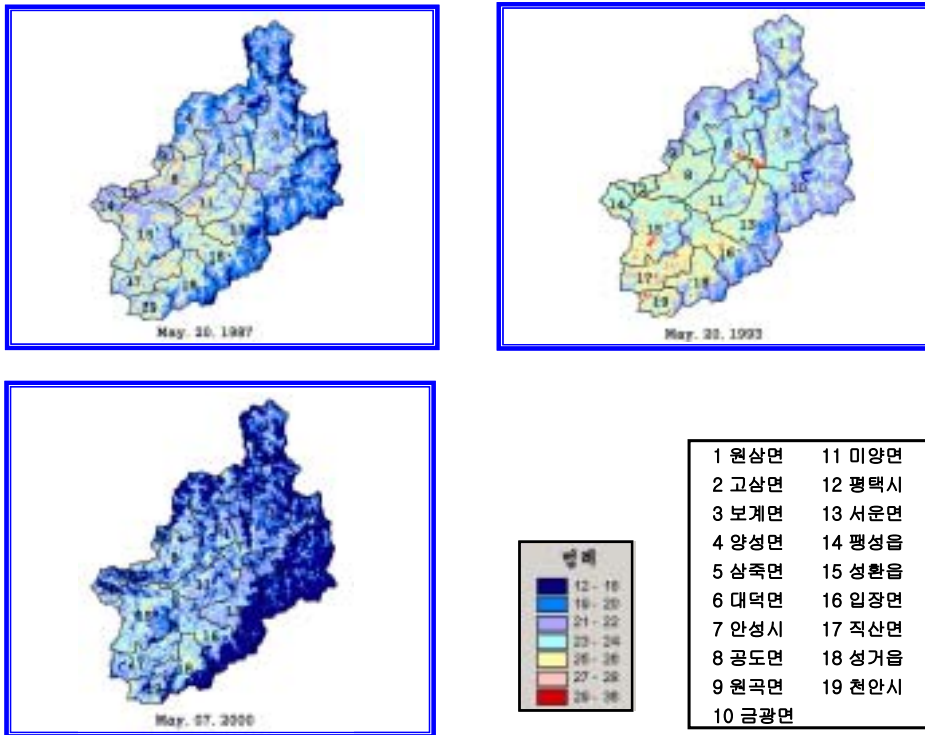
Aspect	면적 (km ²)	Elev. (m)	Slope (°)	87년		93년		2000년	
				Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI
Flat	154.336	34.12	0.00	23.17	93	24.32	120	21.34	101
North	47.250	132.83	11.79	21.22	153	22.63	177	18.67	157
Northeast	48.852	130.58	12.06	21.53	156	22.94	181	19.21	157
East	46.892	125.18	12.11	21.93	156	23.18	182	19.70	157
Southeast	49.088	117.09	11.31	22.04	151	23.23	177	19.76	153
South	42.358	116.96	11.00	21.84	151	23.07	174	19.42	154
Southwest	58.766	123.79	11.79	21.36	151	22.71	172	18.82	153
West	68.475	129.79	12.21	21.02	149	22.43	171	18.36	153
Northwest	68.894	134.44	12.20	20.98	150	22.43	173	18.35	154

(표 3-5) 행정구역별 온도 및 인구

읍면명	87년도		93년도		2000년도	
	인구(명)	Temp.(°C)	인구(명)	Temp.(°C)	인구(명)	Temp.(°C)
고삼면	2,964	20.68	2,422	22.35	2,364	8.83
공도면	11,954	24.03	11,372	24.39	15,779	9.08
금광면	6,230	20.42	5,984	22.44	4,683	6.88
대덕면	10,653	22.61	9,097	23.44	7,457	9.90
미양면	8,134	23.81	7,234	24.09	6,997	9.91
보개면	8,505	21.63	8,637	22.92	6,461	9.35
삼죽면	6,457	20.28	4,162	22.39	3,831	7.76
서운면	5,926	21.93	5,447	23.01	4,779	7.94
성거읍	7,776	22.43	9,276	23.78	11,065	8.27
성환읍	28,563	23.43	27,577	24.43	27,844	9.42
안성시	32,758	23.34	40,854	24.02	54,046	9.02
양성면	6,515	21.95	6,073	22.70	5,916	8.80
원곡면	3,967	22.64	3,807	22.70	3,505	10.56
원삼면	7,957	20.12	7,831	22.89	7,505	8.29
입장면	11,200	22.49	10,949	23.33	12,902	8.12
직산면	1,744	23.97	14,803	25.12	20,539	9.69
천안시	46,848	23.19	54,357	24.60	71,909	8.78
팽성읍	30,102	23.14	29,062	24.27	28,310	8.03
평택시	72,693	22.95	73,733	24.43	74,787	8.60

다. 지표온도

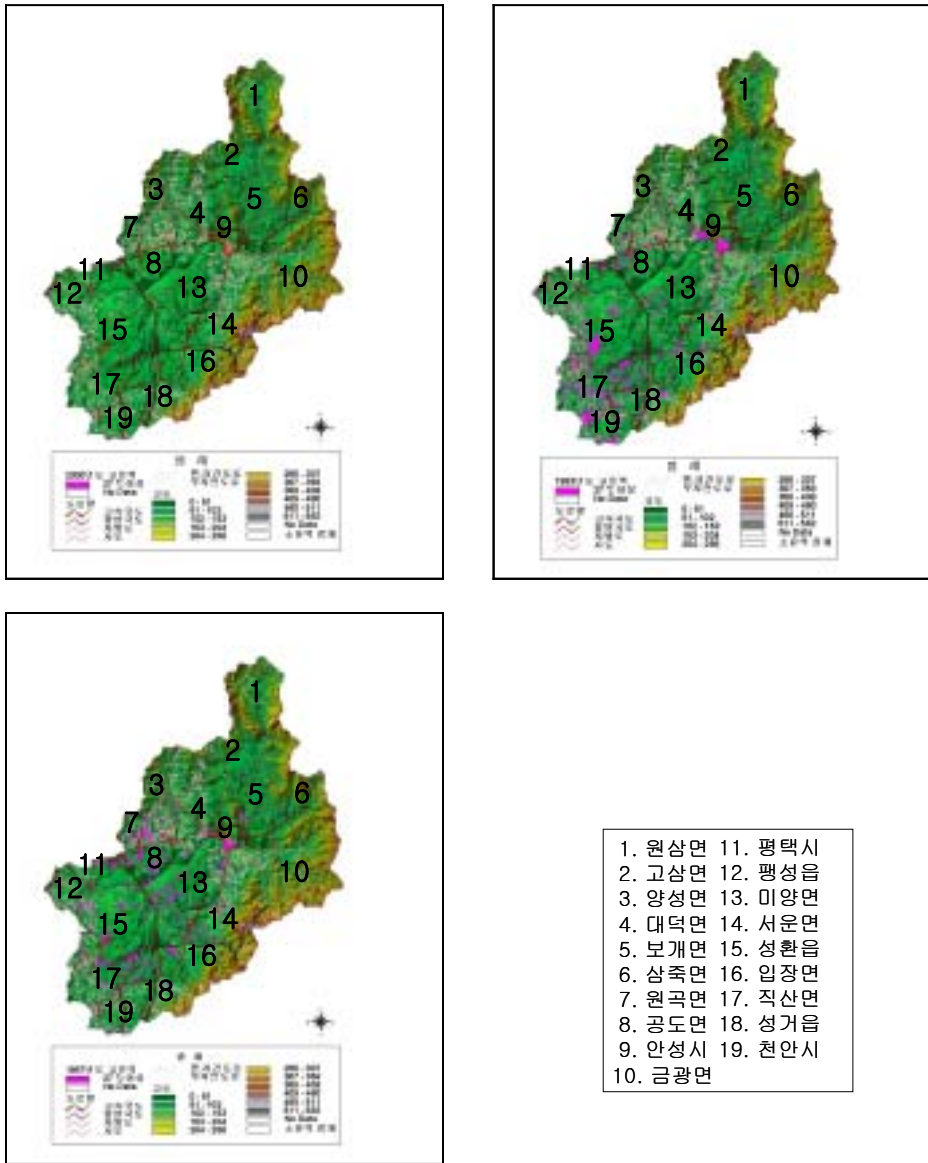
1987년 가장 높은 지표온도 클래스인 28℃~31℃는 지형적으로는 평균고도 35.22m, 경사는 1.31. 에 분포하고 있다. 1993년, 2000년의 경우에도 온도가 높은값을 보임에 따라 평균적으로 경사, 고도값, 평균NDVI값이 낮아지고 있음을 알 수 있었는데 이는 전반적으로 고온대가 도심의 일부 녹지 지역을 제외한 평탄한 저지대를 중심으로 형성되어 있기 때문에 나타난 결과로 해석되어 진다. 온도에 따라서 NDVI, 고도, 경사는 일정한 상관성을 가지고 있는 것으로 분석되었으며, 면적과 사면방향은 상관성을 보여주지 못했다.



<그림 3-11> 시기별 지표 열 온도 분포도

라. 고온역대 분포도

행정구역별로 지형정보를 추출해본 결과 안성천 유역의 고온 역대를 살펴보면 공도면, 미양면, 성환읍, 안성시, 직산면, 천안시, 평택시, 팽성읍등 도시화 특성이 나타나는 지역이 높은 지표온도 분포대를 형성하고 있었으며 평균고도 79.08m 에 비해 이 지역의 평균고도는 35.61m 로 낮은 지역을 이루고 있다. 또한 평균 경사 6.26. 에 비해 평균 2.26. 의 평탄지로 나타나고 있다. 그리고 온도가 높아질수록 NDVI 값이 낮아지는 것을 알 수 있었으며 인구가 많은 지역일수록 높은 온도 분포대를 형성하고 있었다. 고온 역대 지역에서 벗어나 교외지 역으로 나아갈수록 온도차이가 급격히 일어나는 전형적인 도시기후의 특징에 비해서 안성천 유역은 온도차이가 급격히 나지 않는 것으로 봐서는 전형적인 도시지역이라고 보기는 어렵다. 2000년 자료에서 보면 1987년과 1993년의 온도분포가 현저하게 달라진 것을 알 수 있다. 이 결과는 2000년도 관측일의 기상이상으로 인한 일시적인 온도감소에 의한 결과이며 2000년 자료에서도 다른 지역에 비해서 공도면, 미양면, 성환읍, 안성시, 직산면, 천안시등 도시화 특성이 나타나는 지역이 높은 지표온도 분포대를 형성하고 있었다.

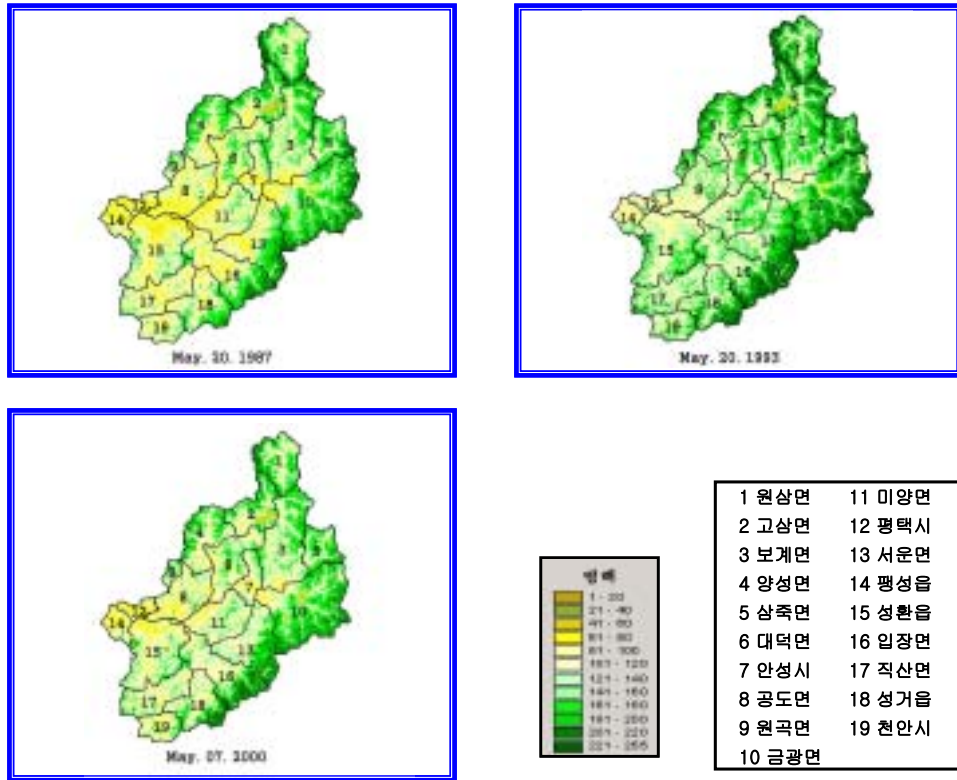


<그림 3-12> 시기별 고은역 분포도

마. 시기별 NDVI 분포

보개면, 금광면, 원삼면 지역 등과 같이 산림이 많이 분포하고 있는 지역들에서 전반적으로 높은 NDVI 값을 발견할 수 있었다. 하지만 삼죽면의 경우에는 다른 높은 NDVI 값을 가진 지역에 비해 산림면적이 15.212km²으로 작은 편이지만 NDVI 값은 높게 나타났다.

특히 93년 NDVI값은 180으로 가장 높은 값을 나타냈다. 이는 산림면적에 비해 건강한 식생을 다른 지역보다 많이 보유하고 있는 것으로 해석되어 질 수 있다. NDVI값이 높을수록 고도, 경사 값이 높아지는 비례관계를 보여주고 있다. 온도에 대한 NDVI값의 관계는 온도에 대한 상관성 분석에서도 나타났듯이 NDVI값이 낮으면 온도는 높아지는 것으로 추정할 수 있다.



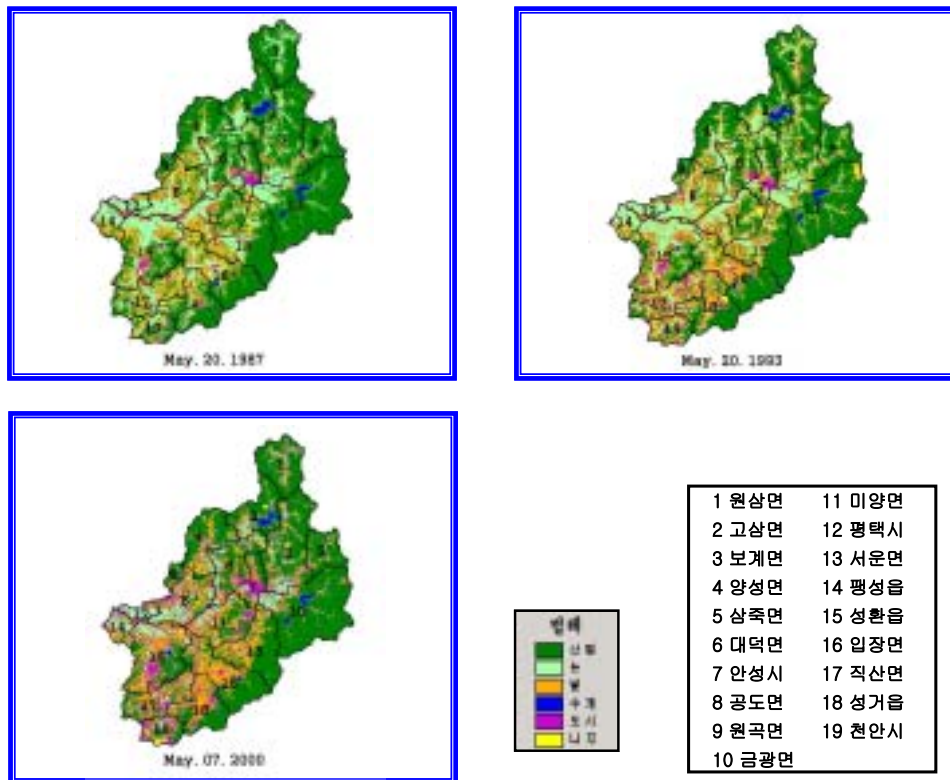
<그림 3-13> 시기별 NDVI 분포도

바. 시기별 토지피복 분포

87년 토지피복분류 결과 구역내에서 산림이 가장 많이 분포하고 있었으며 그 다음으로 논, 밭, 도시, 나지, 수계의 순서를 보였다. 그러나 1993년에는 전반적으로 산림, 논 지역이 감소하고 도시 및 밭 지역이 많이 증가했음을 알 수 있었는데 특히 입장면을 중심으로 밭 지역이 많이 늘어난 것으로 나타났다. 이는 90년도부터 활성화된 포도재배 단지의 증가로 인하여 나타난 결과로 해석되어진다. 또한 안성시와 천안시 지역이 연구대상 구역내에서

도시화 가 가장 활발히 이루어진 것으로 나타났는데 대부분 도로를 따라 시가지가 발달되어 있으며 면 또는 읍 소재지를 중심으로 도시지역이 많이 분류되어 나타났다. 한편 나지로 분류된 지역은 대부분 공장부지나 골프장 등의 개발을 위해 개간된 것으로 확인되어진다.

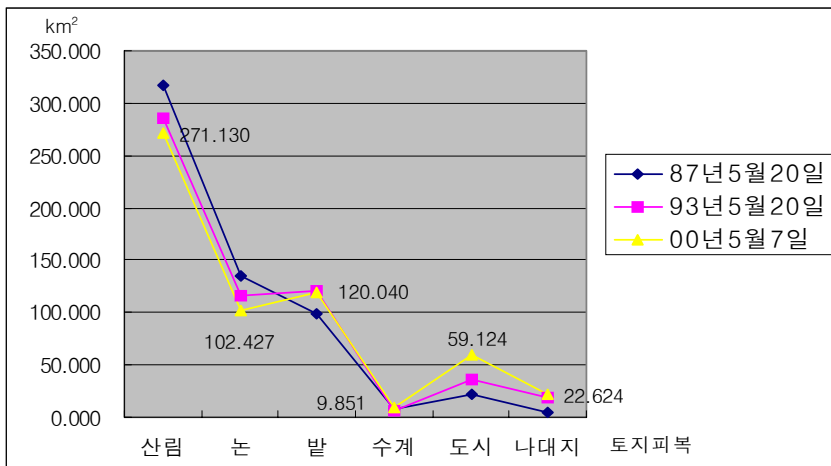
2000년에는 산림, 논, 밭의 감소와 도시 및 수계 나지가 증가하였다. 수계의 증가는 시간이 지남에 따라 수질오염의 심각성이 대두되자 상수원보호구역을 새로이 지정하였으며(안성시 1998년) 위생 처리장의 신설등으로 인한 수계면적의 증가에서 나타난 것으로 추정된다.



<그림 3-14> 시기별 토지피복분류도

(표 3-6) 시기별 토지피복별 면적

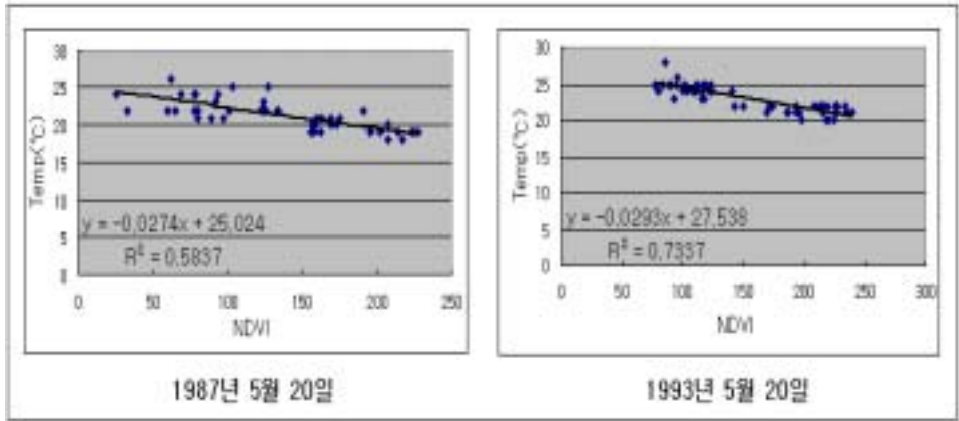
관측일시 토지피복	87년5월20일	93년5월20일	00년5월7일
산림	317.723	286.252	271.130
논	134.862	115.776	102.427
밭	99.050	121.432	120.040
수계	7.725	6.956	9.851
도시	21.410	36.267	59.124
나대지	4.426	18.505	22.624
합계	585.196	585.188	585.197



<그림 3-15> 시기별 토지피복별

사. 지표온도와 NDVI간의 상관성 분석

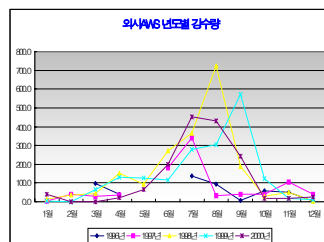
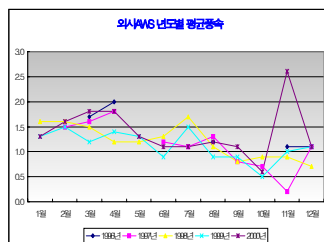
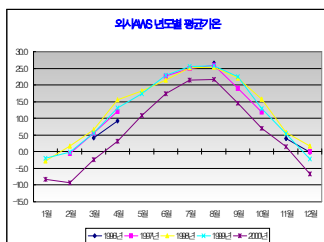
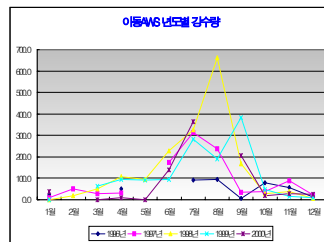
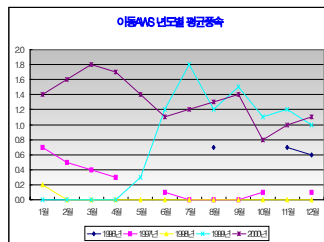
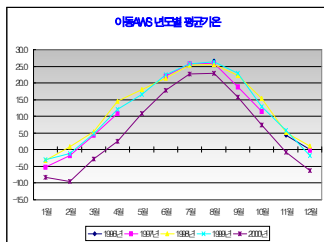
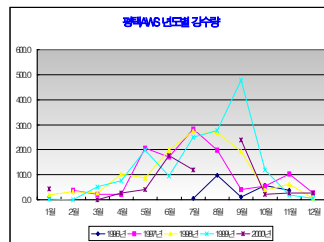
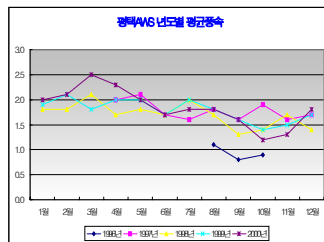
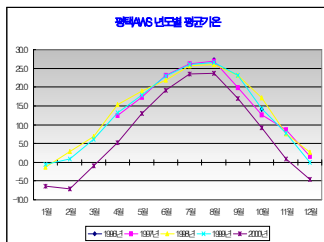
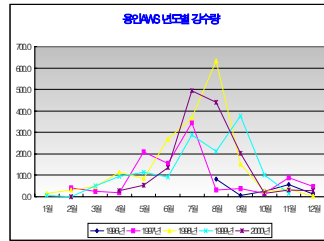
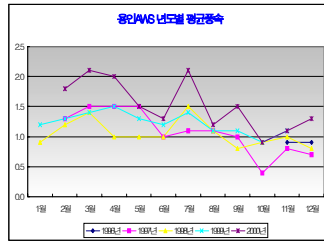
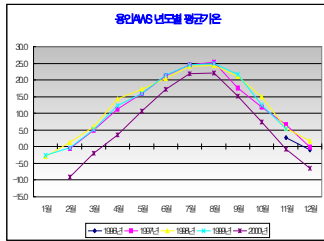
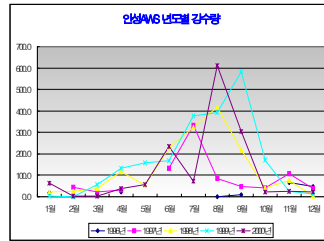
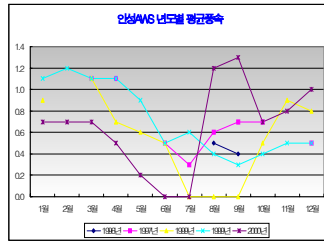
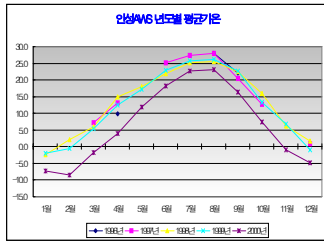
Landsat TM band 3, band 4를 이용하여 산출된 식생지수 값을 분석한 결과 1987년에 비해 1993년에 증가된 골프장 및 공업단지 등으로 인하여 일부지역에서 식생지수의 변화를 명확하게 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 지표온도와 NDVI간의 상관관계를 규명하기 위하여 상관 및 회귀분석을 실시하였는데 그 결과는 <그림 3-16>과 같으며 지표온도와 NDVI사이에는 뚜렷한 음(-)의 상관관계가 존재함을 알 수 있었다. 또한 회귀분석결과 두시기 평균 69% 정도의 신뢰도를 기반으로 NDVI와 지표온도의 관계를 해석할 수 있는 경험식을 구하였다.

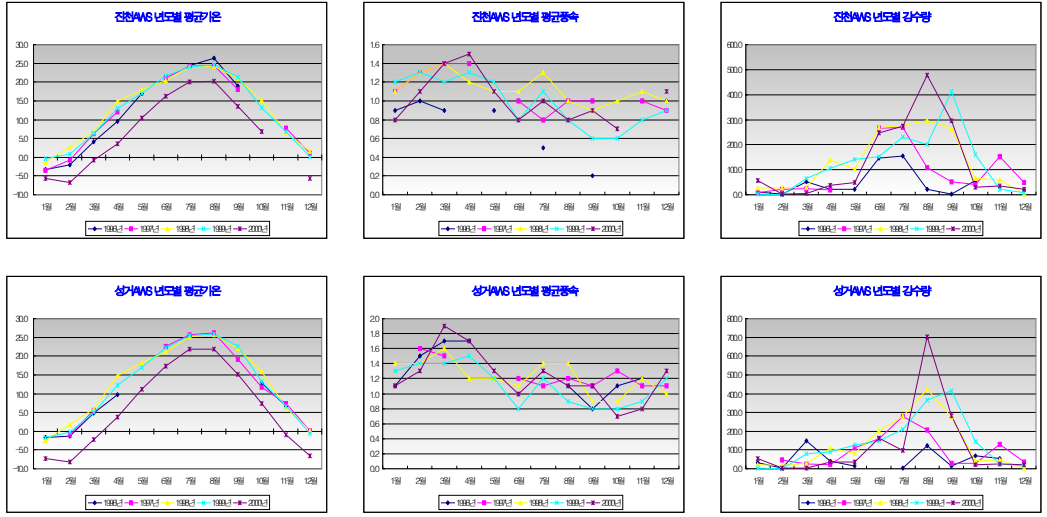


<그림 3-16> NDVI와 지표온도의 회귀분석

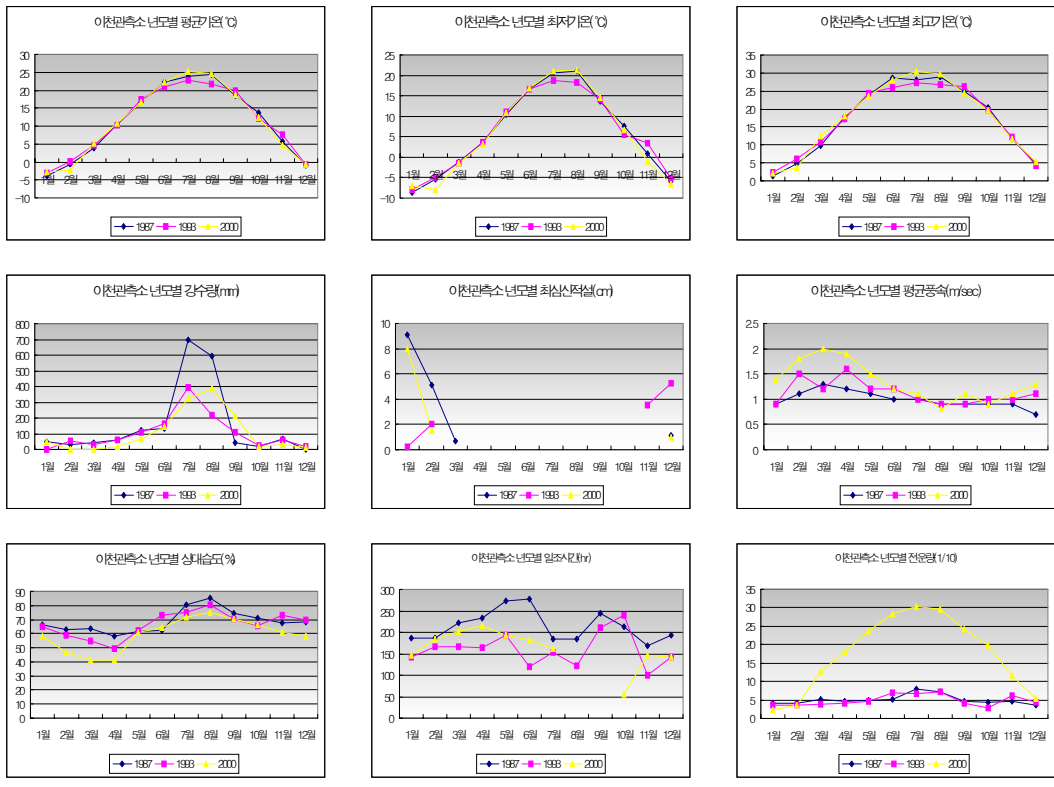
제 4 절 AWS 자료를 이용한 기상관련정보의 특성 분석

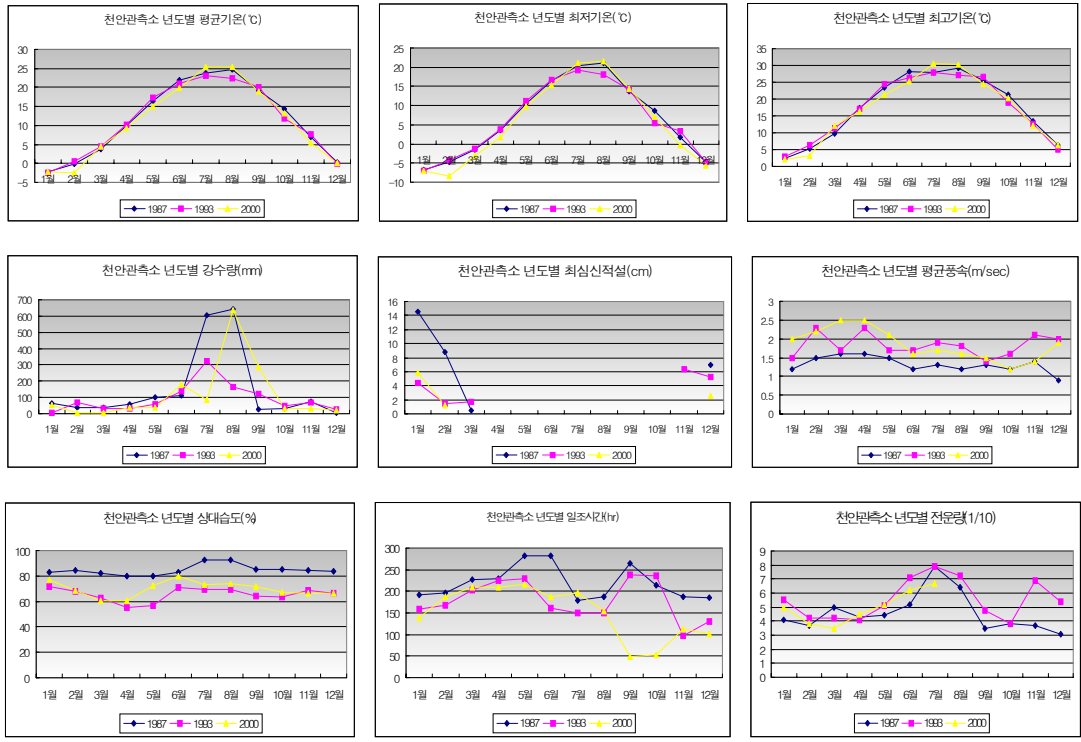
수집된 <그림 3-17> 기상자료를 지역별, 월별, 년도별로 세분화하여 <그림 3-17>과 같이 평균기온, 풍속, 강수량을 기준으로 유역주변지역의 과거 기상특성을 분석하였다. 그 결과 지역별 기상특성의 분포를 살펴보면 기온은 지역별, 년도별로 25℃를 전후로 하여 8월이 가장 높은 것으로 나타났으며 풍속은 평균적으로 평택지역이 다른 지역보다 높은 것으로 나타났다. 이와는 반대로 이동은 1999년을 제외하고는 타지역에 비해 전반적으로 가장 낮은 패턴을 보이고 있다. 한편 강수량을 분석한 결과 1997년에는 7월, 1998년에는 8월, 1999년에는 9월이 가장 강수량이 많은 것으로 확인되었으며 이중 특히 1998년 8월 외사지역의 경우 평균 700mm이상의 가장 높은 강수량을 나타냈다(2002년 자료는 AWS 관측자료가 통계연보에 구축되지 않았음).



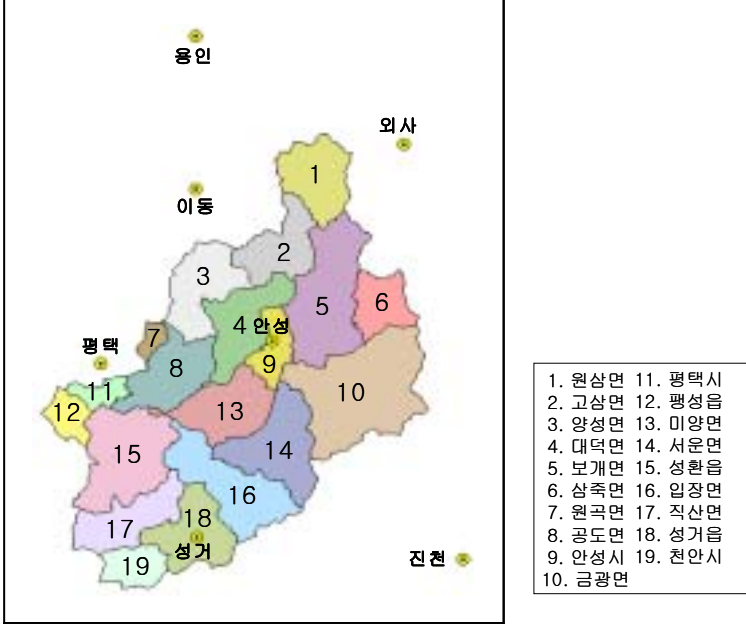


<그림 3-17> AWS 년도별 관측치





<그림 3-18> 관측소별 년도 관측치



<그림 3-19> AWS 관측 위치도

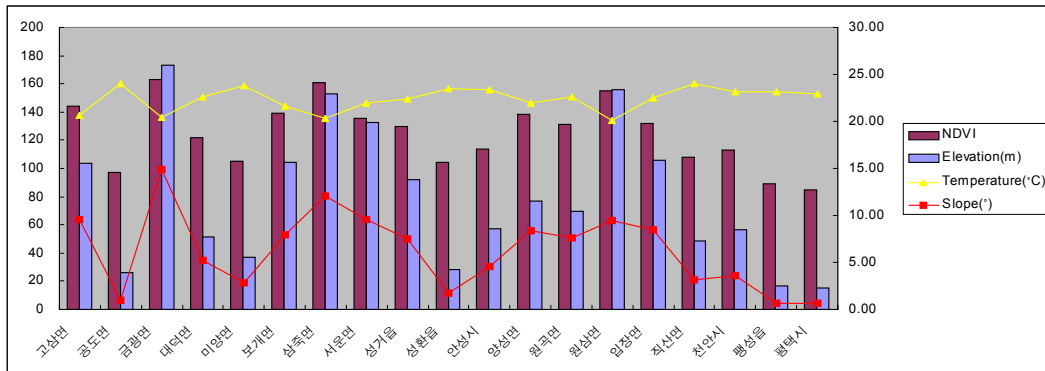
제 5 절 기상예측알고리즘 개발을 위한 공간특성 분석

1. 행정구역별 분석

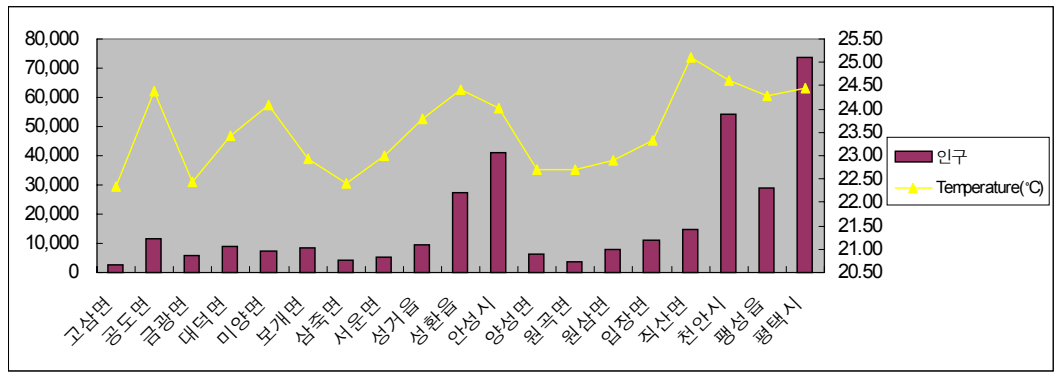
행정구역별로 지형정보를 추출해본 결과 안성천 유역의 고온 역대를 살펴보면 공도면, 미양면, 성환읍, 안성시, 직산면, 천안시, 평택시, 팽성읍 등 도시화 특성이 나타나는 지역이 높은 지표온도 분포대를 형성하고 있었으며 평균고도 79.08m 에 비해 이 지역의 평균고도는 35.61m로 낮은 지역을 이루고 있다. 또한 평균 경사 6.26°에 비해 평균 2.26°의 평탄지로 나타나고 있다. 그리고 온도가 높아질수록 NDVI 값이 낮아지는 것을 알 수 있었으며 인구가 많은 지역일수록 높은 온도 분포대를 형성하고 있었다. 고온 역대 지역에서 벗어나 교외지 역으로 나아갈수록 온도차이가 급격히 일어나는 전형적인 도시기후의 특징에 비해서 안성천 유역은 온도차이가 급격히 나지 않는 것으로 봐서는 전형적인 도시지역이라고 보기는 어렵다. 2000년 자료에서 보면 1987년과 1993년의 온도분포가 현저하게 달라진 것을 알 수 있다. 이 결과는 2000년도 관측일의 기상이상으로 인한 일시적인 온도감소에 의한 결과이며 2000년 자료에서도 다른 지역에 비해서 공도면, 미양면, 성환읍, 안성시, 직산면, 천안시 등 도시화 특성이 나타나는 지역이 높은 지표온도 분포대를 형성하고 있었다.

<표 3-7> 87년 행정구역별 지표 공간 특성인자 분석

면 명	인구(명)	NDVI	Temp.(°C)	Elev.(m)	Slope(°)	Aspect(°)
고삼면	2,964	144	20.68	103.66	9.58	131.03
공도면	11,954	97	24.03	25.84	0.93	70.36
금광면	6,230	163	20.42	172.94	14.93	177.33
대덕면	10,653	122	22.61	51.09	5.22	134.16
미양면	8,134	105	23.81	36.70	2.87	118.34
보계면	8,505	139	21.63	104.45	7.93	163.06
삼죽면	6,457	161	20.28	152.92	12.02	188.85
서운면	5,926	135	21.93	132.93	9.60	183.81
성거읍	7,776	130	22.43	92.01	7.53	166.99
성환읍	28,563	104	23.43	28.60	1.73	92.60
안성시	32,758	114	23.34	57.18	4.54	134.54
양성면	6,515	138	21.95	76.67	8.37	129.72
원곡면	3,967	131	22.64	69.69	7.56	140.02
원삼면	7,957	155	20.12	155.76	9.50	153.45
입장면	11,200	132	22.49	105.46	8.53	154.96
직산면	1,744	108	23.97	48.38	3.12	110.28
천안시	46,848	113	23.19	56.81	3.61	135.43
팽성읍	30,102	89	23.14	16.51	0.66	48.61
평택시	72,693	85	22.95	14.89	0.62	48.44
Mean	310,946	125	22.37	79.08	6.26	130.63



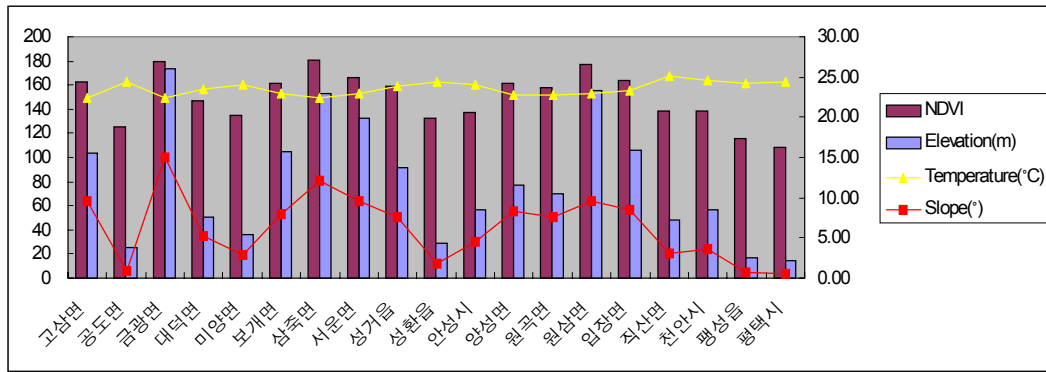
<그림 3-20> 87년 행정구역별 지표 공간 특성인자 분석



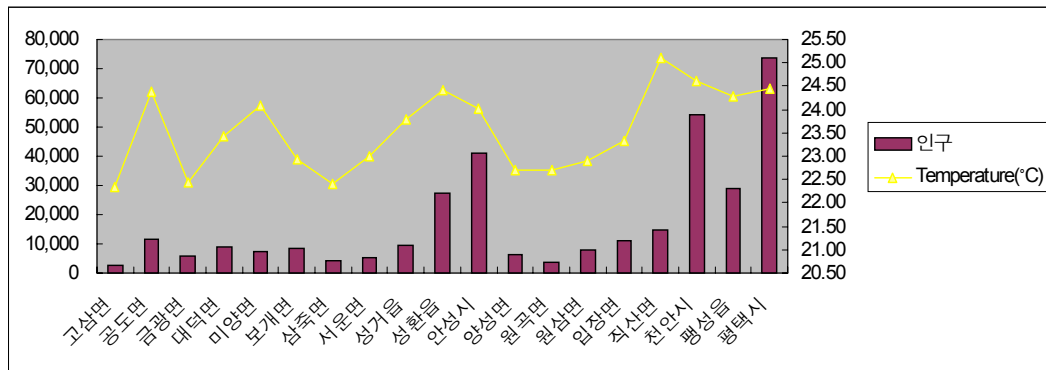
<그림 3-21> 87년 행정구역별 인구에 따른 온도분포

(표 3-8) 93년 행정구역별 지표 공간 특성인자 분석

면 명	인구(명)	NDVI	Temp.(°C)	Elev.(m)	Slope(°)	Aspect(°)
고삼면	2,422	163	22.35	103.66	9.58	131.03
공도면	11,372	125	24.39	25.84	0.93	70.36
금광면	5,984	179	22.44	172.94	14.93	177.33
대덕면	9,097	147	23.44	51.09	5.22	134.16
미양면	7,234	135	24.09	36.70	2.87	118.34
보계면	8,637	162	22.92	104.45	7.93	163.06
삼죽면	4,162	180	22.39	152.92	12.02	188.85
서운면	5,447	166	23.01	132.93	9.60	183.81
성거읍	9,276	159	23.78	92.01	7.53	166.99
성환읍	27,577	132	24.43	28.60	1.73	92.60
안성시	40,854	138	24.02	57.18	4.54	134.54
양성면	6,073	161	22.70	76.67	8.37	129.72
원곡면	3,807	157	22.70	69.69	7.56	140.02
원삼면	7,831	177	22.89	155.76	9.50	153.45
입장면	10,949	164	23.33	105.46	8.53	154.96
직산면	14,803	139	25.12	48.38	3.12	110.28
천안시	54,357	138	24.60	56.81	3.61	135.43
팽성읍	29,062	115	24.27	16.51	0.66	48.61
평택시	73,733	108	24.43	14.89	0.62	48.44
Mean	332,677	150	23.54	79.08	6.26	130.63



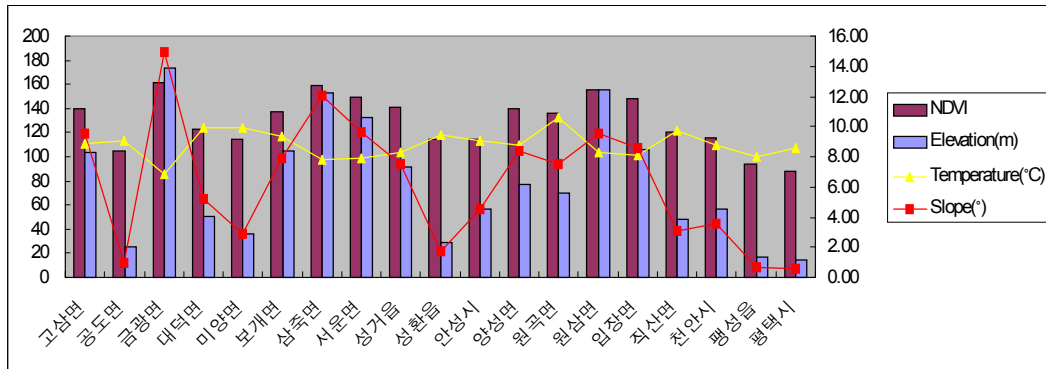
<그림 3-22> 93년 행정구역별 지표 공간 특성인자 분석



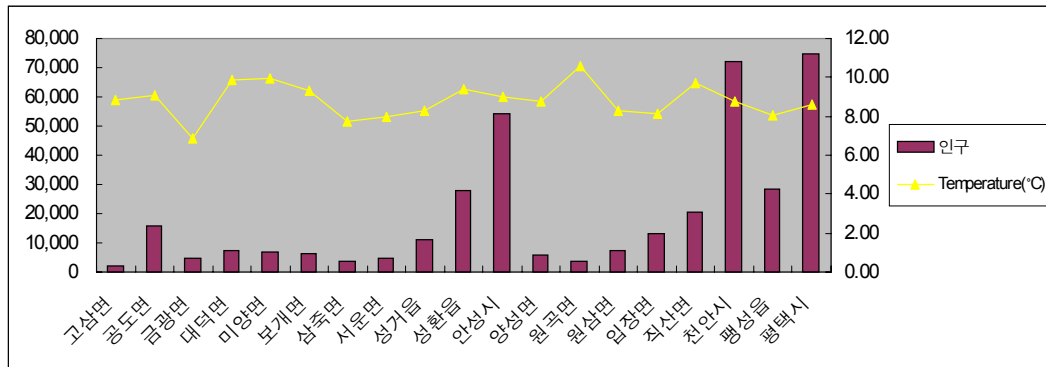
<그림 3-23> 93년 행정구역별 인구에 따른 온도분포

(표 3-9) 2000년 행정구역별 지표 공간 특성인자 분석

면 명	인구(명)	NDVI	Temp.(°C)	Elev.(m)	Slope(°)	Aspect(°)
고삼면	2364	140	8.83	103.66	9.58	131.03
공도면	15779	105	9.08	25.84	0.93	70.36
금광면	4683	161	6.88	172.94	14.93	177.33
대덕면	7457	123	9.90	51.09	5.22	134.16
미양면	6997	115	9.91	36.70	2.87	118.34
보계면	6461	137	9.35	104.45	7.93	163.06
삼죽면	3831	159	7.76	152.92	12.02	188.85
서운면	4779	149	7.94	132.93	9.60	183.81
성거읍	11065	140	8.27	92.01	7.53	166.99
성환읍	27844	115	9.42	28.60	1.73	92.60
안성시	54046	115	9.02	57.18	4.54	134.54
양성면	5916	139	8.80	76.67	8.37	129.72
원곡면	3505	136	10.56	69.69	7.56	140.02
원삼면	7505	155	8.29	155.76	9.50	153.45
입장면	12902	148	8.12	105.46	8.53	154.96
직산면	20539	120	9.69	48.38	3.12	110.28
천안시	71909	116	8.78	56.81	3.61	135.43
팽성읍	28310	94	8.03	16.51	0.66	48.61
평택시	74787	88	8.60	14.89	0.62	48.44
Mean	370679	129	8.80	79.08	6.26	130.63



<그림 3-24> 2000년 행정구역별 지표 공간 특성인자 분석



<그림 3-25> 2000년 행정구역별 인구에 따른 온도분포

2. 고도별 분석

안성천 유역의 (표 3-10)의 고도별에 따른 면적과 방향, 경사, 온도 및 NDVI에 관해 분석해본 결과 0~50m구간의 면적이 가장 높은 값을 나타내고 있으며 고도값이 높아질수록 면적이 차지하는 비율이 낮아지는 것을 알 수 있다. 방향은 안성천 동편에 위치하고 있는 남서 방향으로 뻗어 있는 차령산맥의 영향으로 방향이 남쪽으로 치우쳐져 있다. 전체적으로 351~400m 구간과 501~570m 구간만 남서사면이고 나머지는 남사면으로 전체적으로 사면방향은 남쪽으로 치우쳐져 있다. 전반적으로 0-100m구간까지는 10. 안 밖이며 나머지구간에서는 10. 이상의 가파른 경사도를 보여주고 있다. 평균온도는 고도가 높아짐에 따라 낮아지는 성향을 보이고 있으며 NDVI는 고도가 높아짐에 따라 NDVI값이 전체적으로 높아지는 값을 보여주고 있다.

(표 3-10) 고도별 지형인자 특성분석

Elev. (m)	면적 (km ²)	Slope (°)	Aspect (°)	87년		93년		2000년	
				Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI
0-50	264.040	2.27	164.08	23.63	96	24.52	125	21.93	107
51-100	145.310	8.13	188.26	22.33	135	23.28	162	20.12	137
101-150	67.146	13.71	184.58	20.71	162	22.27	187	17.95	165
151-200	41.611	17.78	186.89	19.83	181	21.85	200	16.93	184
201-250	27.687	20.32	191.51	19.18	192	21.59	206	16.32	192
251-300	16.979	22.52	196.55	18.86	199	21.37	209	15.91	195
301-350	10.811	23.65	200.83	18.57	203	21.04	212	15.66	195
351-400	6.316	23.89	205.95	18.28	205	20.78	215	15.41	193
401-450	3.106	22.37	201.34	18.20	203	20.45	217	15.38	187
451-500	1.057	21.89	195.20	18.35	204	20.32	218	15.59	181
501-570	0.320	19.15	217.36	19.00	170	20.56	208	16.18	146

3. 경사별 분석

(표 3-11)는 경사에 따른 면적과 방향, 경사, 온도 및 NDVI의 분포도를 보여 주고 있다. 경사도에 따른 면적은 11. ~15. 구간을 제외하고는 경사가 가파를수록 면적 값이 작아지는 것을 알 수 있으며 0. ~10. 구간에서만 100m이하의 고도 값만 나타날 뿐 경사가 가파른 지역일수록 고도 값이 높아지는 것으로 나타났다. 방향은 0. ~30. 구간에서는 남사면 방향이며 31. ~40. 구간에서는 남서사면 방향으로 향하며 경사가 가파를수록 남서사면 방향에서 동사면 방향으로 향하고 있는 것을 볼 수 있다. 평균온도와 NDVI에 대한 경사 값은 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석결과 나타났다.

(표 3-11) 경사별 지형인자 특성 분석

Slope (°)	면적 (km ²)	Elev. (m)	Aspect (°)	87년		93년		2000년	
				Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI
0-5	336.083	52.84	164.85	23.39	109	24.29	138	21.51	117
6-10	81.276	95.04	187.49	22.00	144	23.04	172	19.66	147
11-15	57.117	137.36	185.32	20.68	168	22.16	190	18.03	167
16-20	48.167	177.31	185.63	19.97	180	21.75	199	17.06	180
21-25	34.645	216.77	191.83	19.44	189	21.46	205	16.37	190
26-30	19.177	252.76	199.71	19.00	196	21.16	209	15.87	195
31-35	7.000	285.32	206.73	18.64	201	20.92	213	15.60	197
36-40	1.253	298.46	205.04	18.62	202	20.81	212	15.84	192
41-45	0.103	213.04	193.93	19.90	175	21.36	190	17.58	166
46-50	0.037	143.86	110.84	21.28	156	22.17	176	20.55	141
51-55	0.032	148.94	141.87	20.68	161	21.77	188	20.08	157
56-60	0.017	213.18	118.79	21.16	159	22.36	199	19.88	168
61-63	0.002	262.00	66.00	21.00	151	23.00	209	17.00	189

4. 사면방향별 분석

(표 3-12)는 방향에 따른 면적과 경사, 온도 및 NDVI의 상관성 관계를 보여 주고 있다. Flat(0. ~22.)구간의 면적이 가장 넓은 것으로 나타났으며 이에 따른 고도, 경사, NDVI등은 가장 낮은 값을 보였다. Flat구간이 안성천 유역에서 산림지보다는 도시지역, 즉 주거, 상업지역이나, 논, 밭으로 추정된다.

(표 3-12) 사면방향별 지형인자 특성 분석

Aspect	면적 (km ²)	Elev. (m)	Slope (°)	87년		93년		2000년	
				Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI	Temp. (°C)	NDVI
Flat	154.336	34.12	0.00	23.17	93	24.32	120	21.34	101
North	47.250	132.83	11.79	21.22	153	22.63	177	18.67	157
Northeast	48.852	130.58	12.06	21.53	156	22.94	181	19.21	157
East	46.892	125.18	12.11	21.93	156	23.18	182	19.70	157
Southeast	49.088	117.09	11.31	22.04	151	23.23	177	19.76	153
South	42.358	116.96	11.00	21.84	151	23.07	174	19.42	154
Southwest	58.766	123.79	11.79	21.36	151	22.71	172	18.82	153
West	68.475	129.79	12.21	21.02	149	22.43	171	18.36	153
Northwest	68.894	134.44	12.20	20.98	150	22.43	173	18.35	154

5. 안성천 유역 자연 공간 환경특성 변화탐지

안성천 일대의 자연 공간 환경특성 변화탐지를 위하여 Tasseled-cap Transformation에 의한 지표 자연상태를 추출하였다.

안성천 일대는 경년에 따른 도시화 특성이 두드러지게 나타난 것을 알 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 토양이 밝은 지역(도시)이 시간이 지남에 따라 많이 증가한 것을 알 수 있으며 수분이 많은 지역(강, 호수등)과 식생이 많은 지역(산)등이 감소하였다. 빨간색으로 분류된 지역은 토양과 깊은 연관관계를 보이며 분홍색으로 분류된 지역은 식생의 상태와

깊은 연관이 있는 것으로 나타났으며 노란색으로 분류된 지역은 수분과의 연관관계가 있는 것으로 나타났다<칼라그림 2>.

제 4 절 요약 및 고찰

본 연구의 결과를 다음과 같이 정리한다.

1. GIS 주제도 작성

가. GIS공간분석 기능을 강화함으로써 위성영상분류 결과를 좀 더 정밀하게 분류함

나. GIS공간분석 기능을 최대한 활용할 목적으로 종합적인 농촌지역 GIS DB를 구축하여 모식지역 선정, 기하보정, 안성천 일대의 도시지역의 열 패턴파악 및 NDVI 분포 형태 등 전반적인 분석에 활용함

2. 자동기상관측(AWS) 자료활용

가. 기상청이 운영하고 있는 안성천 일대의 7개 지점(안성, 용인, 평택, 외사, 이동, 진천, 성거)의 자동기상관측장치(Automatic Weather Station) 기온자료, 평균풍속, 강수량 등을 DB로 가공함

나. 가공된 DB를 기반으로 본 연구에서 사용된 Landsat TM영상을 이용한 지표 온도 추출에 따른 기상예측과의 상관분석을 하였으나 영상촬영 시간과 AWS 관측시간의 차이로 지표온도에 따른 기상예측과의 상관분석 및 회귀분석 자료로는 활용하지 못함

다. AWS 관측지점의 정확한 좌표를 추출하여 위치도 작성을 위하여 1:25,000 지형도를 활용함

3. 다시기별 Landsat TM영상의 분석

가. 농촌지역의 기상예측알고리즘 개발을 위한 열섬효과 및 공간특성을 보다 효과적으로 규명하고자 Landsat TM, ETM(1987년 5월 20일, 1993년 5월 20일, 2000년 5월 7일) 영상을 사용함

나. 시기 Landsat TM, ETM 영상에 적용할 수 있는 다양한 알고리즘을 적용시켜 농촌 지역의 공간특성 및 변화탐지를 파악함

제 4 장

RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원 · 환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발 <저해상도 부문>

제 4 장 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발 <저해상도 부문>

제 1 절 연구배경 및 목적

지구환경의 중요성이 계기가 되어 지구상의 수자원에 대한 정도의 획득도 보다 광역적 문제를 취급하고자 하는 시도가 많이 이루어지고 있다. 산간의 작은 유역 및 시험 유역을 대상으로 배양되어 온 연구 성과를 보다 대규모의 지역에 적용하여 대규모의 물순환 과정에 접근하고자 하는 연구가 이루어지고 있다. 이와 같은 연구가 이루어지게 된 동기에는 인공위성이라는 우주에서 지구의 정보를 획득할 수 있는 기술이 발전된 점과 또 하나는 연구분야의 횡단화에 의해 공간 스케일이 다양화된 점을 들 수 있다. 지구 규모의 환경 문제를 대상으로 한 기상 및 기후의 문제, 유역에의 토사 및 수질 성분의 수송 문제에 있어서 수리 및 수질의 문제, 산림을 대상으로 한 식물 및 생태계의 문제에 대한 관여는 더욱 수자원에 대한 광역화를 촉진하는 요인이 될 것이다. 물수지의 구성요소의 정량적인 특성 및 그 분포를 파악하는 것은 수자원량의 파악에 있어서 가장 기본적인 사항이며, 수자원 부존량 및 그 변화를 정확히 평가함에 의해 수자원의 이용, 보전, 관리에 과학적인 근거를 제공하는 것이다. 그러나 물의 거동은 시시각각 변화하고 있으며 그 순환과정을 정량적으로 파악하는 것은 대단히 어려운 문제이다. 또한 인류 문명의 발달에 의한 물수요의 증대에 따라 인간의 활동이 물순환과정에 미치는 영향도 대단히 크다.

본 연구에서는 인공위성 자료를 이용하여 비교적 간단하게 얻어지는 식생지수 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 수문해석에 응용하는 것을 목표로 한다. 식생의 상태는 그 자신이 인류에 있어 관심의 대상이 되지만, 기후변동과의 관계에서 식물의 물수지, 에너지수지에의 영향, 또한 장기간에는 광합성활성으로부터 대기중의 CO₂농도에의 영향이라는 입장에서로부터 관심의 대상이 되고 있다.

식생상태를 파악하기 위해 원격탐사는 넓은 지역을 정기적으로 관측하므로 매우 유용하게 이용될 수 있다. 식물의 활성도는 가시역, 근적외역의 파장대에서 잘 검출되며 NDVI는 NOAA/AVHRR 자료의 channel 1과 2의 산술연산에 의해 얻어진다. 이 NDVI는 유역 내의 증발산량 및 유출문제 등의 수문과정에 있어서 지배적인 역할을 담당하고 있다.

최근, 원격탐사와 지리정보시스템(Geographical Information System ; GIS)의 발달에 따라 강

우 - 유출문제에 있어서도 입력 및 출력에서 분포정보로서의 요구가 높아지고 있다. 이런 경우 유역의 식생환경은 그 유역의 사면과 지형특성 및 토지이용에 관하여 대단히 중요한 정보를 제공하고 있다.

또한, 각종 수문량 중에서 증발산량은 지표로부터 수분이 기화되어 대기 중으로 방출되는 현상으로서 특정 유역의 물수지를 생각할 때 대단히 중요한 양임에도 불구하고, 넓은 지역에 대한 분포량을 지표면의 상황을 고려하여 산정한다는 것은 대단히 어려운 문제이다. 최근, 미기상 관측과 정밀한 에너지수지 모형에 의한 추정 및 여기에 원격탐사 자료를 조합하는 접근법이 시도되고 있으나, 이러한 방법 또한 많은 관측점과 많은 수의 매개변수 동정이 필요하여 보다 넓은 지역으로 확장하기 위해서는 어려운 점이 많다.

따라서, 본 연구에서는 NDVI를 이용하여 넓은 지역의 증발산량을 추정하고, 인공위성 자료만으로 증발산량을 산정할 수 있는 모형을 개발하였다. 이러한 모형에 의하여 증발산량의 분포가 얻어진다면 그에 따른 기후학적 물수지를 분석하여 우리나라 전역에 대한 물수지의 정량적 평가가 가능하게 된다.

제 2 절 원격탐사의 활용성

1. 식생 원격탐사

우리가 인공위성자료를 이용하여 어떠한 물리량을 추출하고자 할 때 가장 먼저 생각하여야 할 것은 어떠한 위성을 이용할 것인가를 결정하는 것이다. 이것을 결정하기 위해서는 지금 하고자 하는 분석이 어떠한 해상도에 초점을 두어야 하는가를 결정하여야 한다. 예를 들어 어떤 한 시점에서 임의의 지역의 보다 자세한 현황 파악에 주목적이 있다면 시간해상도는 큰 문제가 되지 않으며 공간해상도가 좋은 위성자료를 선택하게 될 것이다. 그러나 우리나라 전역의 수자원 관련 현상을 파악한다면 지는 넓은 지역을 대상으로 하는 경우 시계열 자료로서의 출력을 요구하게 되며, 이러한 경우 시간해상도가 가장 결정적인 역할을 담당하게 된다. 그러나 위성의 특성 상 시간해상도와 공간해상도 전부를 만족시킬 수는 없으므로 어느 하나를 선택할 수밖에 없다. 따라서, 현 시점에서 시계열 자료가 필요한 경우 촬영일수가 짧은 NOAA/AVHRR자료를 이용하는 것이 최선의 선택이 될 것이다.

그 다음으로 중요한 것은 위성자료로부터 어떠한 정보를 추출할 것인가를 결정하는 것이다. 지표

면의 물리적 특성을 인공위성 자료로부터 해석하고자 할 때 우리가 가장 원하는 정보는 인공위성으로부터 수자원 관련 정보를 직접 얻는 것이다. 그러나 인공위성 원격탐사 자료는 물리, 생물 또는 사회과학을 수행하는데 필요한 모든 정보를 제공할 수 있는 만능은 아니며, 단순히 관심 대상 지역에서 반사 혹은 방출되는 전자기에너지를 수동적으로 기록하여 공간적, 분광적 및 시간적 정보로 제공해 줄뿐이다. 따라서, 우리가 관심을 갖고 있는 수자원관련 정보를 인공위성 자료를 이용하여 해석하고자 할 때 가장 적절한 센서와 분해능, 또한 인공위성 자료 중 무엇을 이용할 것인가를 결정하여야 한다.

불행하게도 일반적으로 인공위성으로부터 수자원관련 정보를 직접 파악할 수 있는 자료는 제공받을 수 없다. 따라서, 간접적으로 이를 판단할 수 있는 정보를 위성자료로부터 추출하여야 하며 현 시점에서 인공위성 자료를 이용한 수자원관련 정보를 얻고자 하는 시점은 식생판독으로부터 출발하는 것이 일반적이다.

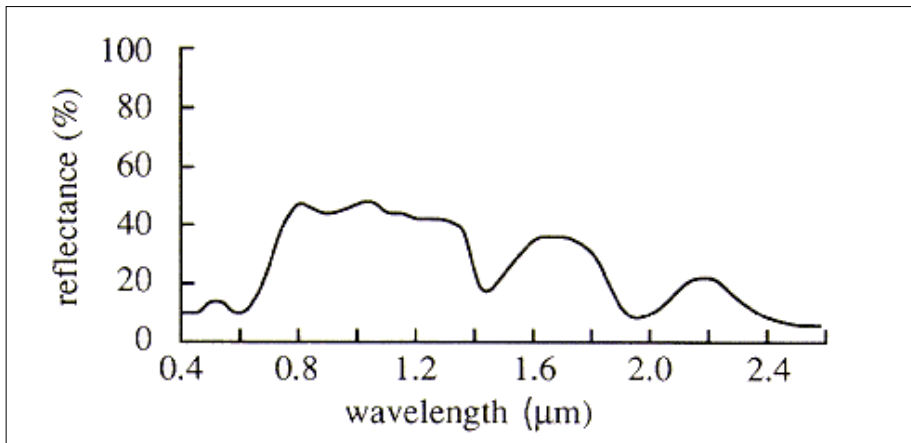
어느 지역의 유출현상 및 증발산 현상은 어떠한 형태로든 그 지역의 식생상태에 영향을 받게 된다. 또한, 우리나라는 전 국토의 70%가 산지로 이루어져 있으며 식생의 양과 변화양상에 의하여 그 지역의 특성이 결정된다고 해도 과언은 아니다. 어떤 지역의 식생과 관련된 정보는 그 지역의 기후, 토양, 지질 및 지리적 특성을 밝히는 데 중요한 역할을 한다.

1960년대이래 원격탐사 자료로부터 식물의 생·물리학적 특성을 나타내는 다양한 인자들을 밝혀내고자 노력해 왔으며, 이러한 노력의 대부분은 식생지수의 개발로 이어졌다. 식생지수는 단위가 없는 복사값으로서 녹색식물의 상대적 분포량과 활동성, 엽면적지수, 엽록소함량, 엽량 및 광합성 흡수복사량 등과 관련된 지표로 사용된다. 현재까지 약 20여 종류의 식생지수가 사용되고 있으나, NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)라 알려진 정규화식생지수가 가장 널리 이용되고 있다. 정규화식생지수 NDVI는 인공위성 영상자료로부터 지표면의 식생피복과 관련된 정보를 얻기 위한 수단으로 사용되어 왔다. 계절별 NDVI 자료를 이용한 시계열분석을 통하여 여러 형태들에 대한 순생산량 추정, 식생피복의 생육기간별 모니터링, 그리고 특정 식물의 생육기간 또는 건조기간을 추정하였다.

일반적으로 인공위성 자료를 이용한 식생의 관측은 가시 및 근적외의 자료를 이용하여 파악되며 원격탐사 자료의 활용측면에서 무엇보다도 이용이 가장 활발한 대상이다. <그림 4-1>에 나타낸 녹색의 잎이 표시하는 분광반사 특징에 착안하면, 잎의 성장기는 클로로필이 형성되는 단계이며, 잎의 성장단계에서는 적색 파장대의 흡수는 발생되지 않으나, 잎의 성장이 진행되면서 적색 파장대의 흡수가 발생한다. 그림에서와 같이 성장한 잎에서는 약 0.68 μm 에서 최대 흡수가 발생하며, 약 0.55 μm 부근에서 가시광선의 최대반사율을 보이고 있다. 잎이 성장함에 따라 잎은 진한 녹색으로 변화하며,

녹색의 반사율이 낮아지고 근적외 파장대의 반사율이 증가한다.

이러한 특성은 광합성에 의한 클로로필 자신이 나타내는 반사특성이라 말할 수 있다. 이러한 특성을 잘 이용하면 식생의 상황을 적절히 파악할 수 있으며, 이러한 특성을 이용한 하나의 지표로서 정규화 식생지표(Normalized Difference Vegetation Index ; NDVI)가 있다. 현재까지 NDVI는 식생에 직·간접적으로 연관되어 있는 식물의 양을 추정하고 작물의 재배 면적 등을 분석하는 것 이외에도 식생의 상황으로부터 간접적으로 현상을 규명하고자하는 이용에도 활용되고 있다. 예를 들면, 식생활성의 변화를 지반상황과 연결하여 사면안정의 예측 가능성에 대한 연구 또는 증발산량의 추정 등 유출해석에 필요한 입력변수의 추정에도 활용되고 있다.



<그림 4-1> 식생에 대한 분광반사 특성

2. NOAA 위성의 개요

넓은 지역을 대상으로 시계열 자료의 획득이 용이하다는 측면에서 NOAA 위성의 자료는 활용성이 대단히 크다. NOAA 위성은 미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration)에 의해 운영되고 있는 제 3세대 기상관측위성이다. NOAA 시리즈는 1960년에 NASA(National Aeronautics and Space Administration)에 의해 발사된 실험용 기상위성 TIROS(Television and Infrared Observation Satellite)가 최초이며, 그 후 실용위성으로서 ESSA(Environmental Survey Satellite)가 운용되었다. 미국 기상청에서는 1966년 3월부터 구름화상의 수신을 개시하여 1968년부터 정식으로 예보업무의 일환으로 NOAA 위성을 사용하였다. 1966년에 개량형 실용위성으로서 ITOS(Improved Tiros Operational Satellite) 시리즈가 등장하였으며,

2호기 이후부터 미국 기상청이 기구 개편에 따라 해양대기청으로 개편되면서 NOAA 위성이라 불리게 되었다. 1978년에는 TIROS-N형으로 발전되어 그때부터 AVHRR 센서가 탑재되었다. 일반적으로 NOAA 시리즈는 센서, 궤도 등의 차이에 의해 TIROS를 제 1세대, ITOS를 제 2세대라 하며 현재 가동중인 NOAA 위성을 제 3세대라 부르고 있다.

NOAA 위성의 이용 목적은 정상적인 기상 업무이며, 항상 2개의 위성이 운용되고 있다. 하나의 위성에 의해 지상의 동일 지점을 하루에 2회 관측이 가능하므로 2개의 위성으로 총 4회 이상의 관측이 가능하다.

NOAA 위성에 탑재되어 있는 주요 센서는 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)과 TOVS(TIROS Operational Vertical Sounder)가 있다. AVHRR 센서는 구름의 분포, 지표면의 온도분포 등의 관측을 목적으로 하는 센서이며, TOVS는 대기중의 기온 및 습도의 연직분포를 구하기 위한 다밴드 분광방사계이다. AVHRR의 가시 및 근적외 channel 자료로부터 구해지는 NDVI는 여러 분야에서 이용되고 있으며, 본 연구에서 이용하는 자료도 이 AVHRR 센서에 의한 것이다.

(표 4-1) NOAA/AVHRR 센서의 특징

channel	wavebands(μm)	observed classes
1	0.58 ~ 0.68 (visible)	cloud, ice, snow
2	0.725 ~ 0.11 (near infrared)	water, vegetation
3	3.55 ~ 3.93 (middle infrared)	surface temperature, cloud
4	10.3 ~ 11.3 (thermal infrared)	surface temperature, cloud
5	11.5 ~ 12.5 (thermal infrared)	surface temperature, cloud

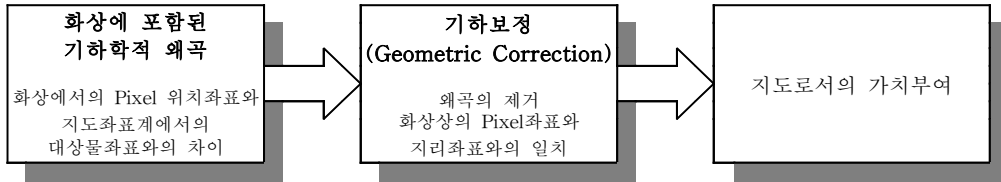
3. NOAA/AVHRR 자료의 기하보정

1998년과 2000년에 대하여 일별 NOAA 자료를 기상청으로부터 수집하여 분석을 위한 전처리 과정을 실시하였다. 본 과업에서 영상 처리에 관련된 분석은 ERDAS IMAGINE 프로그램을 이용하였다.

영상보정(image correction)은 왜곡(distortion)이 있는 영상으로부터 그것을 제거하는 것으로 기하학적 왜곡을 제거하는 것을 기하보정(geometric correction)이라 한다. 영상에 포함되는 기하학

적 왜곡은 화상에서의 각 화소 위치좌표와 지도좌표계에서의 대상물 좌표와의 차이로서 나타낼 수 있다. 영상상의 화소좌표와 대상물의 지리좌표와의 대응관계(좌표변환식)를 정량적으로 명확히 하는 것이라고도 말할 수 있다.

위성의 궤도는 원형의 극궤도를 이루지만 위성이 움직이는 동안 지구가 자전하기 때문에 실제 궤도는 약간 경사지게 되며, 이로 인하여 관측된 위성자료는 실제 지형위치에 대해 왜곡된다. 따라서 GCP(Ground Control Point)를 이용하여 정밀 기하보정을 실시한 후 분석하여야 한다.



우리 나라에서는 1910년대에 일본의 Tokyo원점을 기준으로 조선총독부에 의하여 기준점망이 설정되었고, 준거면은 Bessel 타원체를 채택하여 현재까지 사용하고 있다. 따라서, 본 과업에서는 TM(중부원점)좌표에 일치하도록 기하보정을 실시하였다.

GCP는 화상에서 명확히 식별되는 점이어야 하며 일반적으로 교량, 도로의 교차점 및 육지와 수면의 경계점 등이 사용되고, 또한 기복변위의 영향을 최소화하기 위하여 가급적 동일표고의 점을 선정하는 것이 좋다. GCP의 분포는 전체적인 결과에 영향을 미치므로 해석대상 영역 전반에 고르게 분포되어야 하며, 가급적 많을수록 좋은 결과를 얻게 된다.

그러나 NOAA 위성의 경우 공간분해능이 낮아 위성영상에서 식별되는 육지상의 점을 선정하는 것은 실질적으로 불가능하다. 따라서, 본 과업에서는 기준이 될 수 있는 해안선 vector 자료를 이용하여 NOAA 위성의 기하보정을 실시하였다.

기하보정에서는 영상에 지도좌표를 부여하고 화소를 이에 맞게 재배열(resample)한다. 본 과업 수행 시 다음과 같은 고차다항식을 사용하였으며, 미정계수는 최소제곱법을 이용하여 결정될 수 있다.

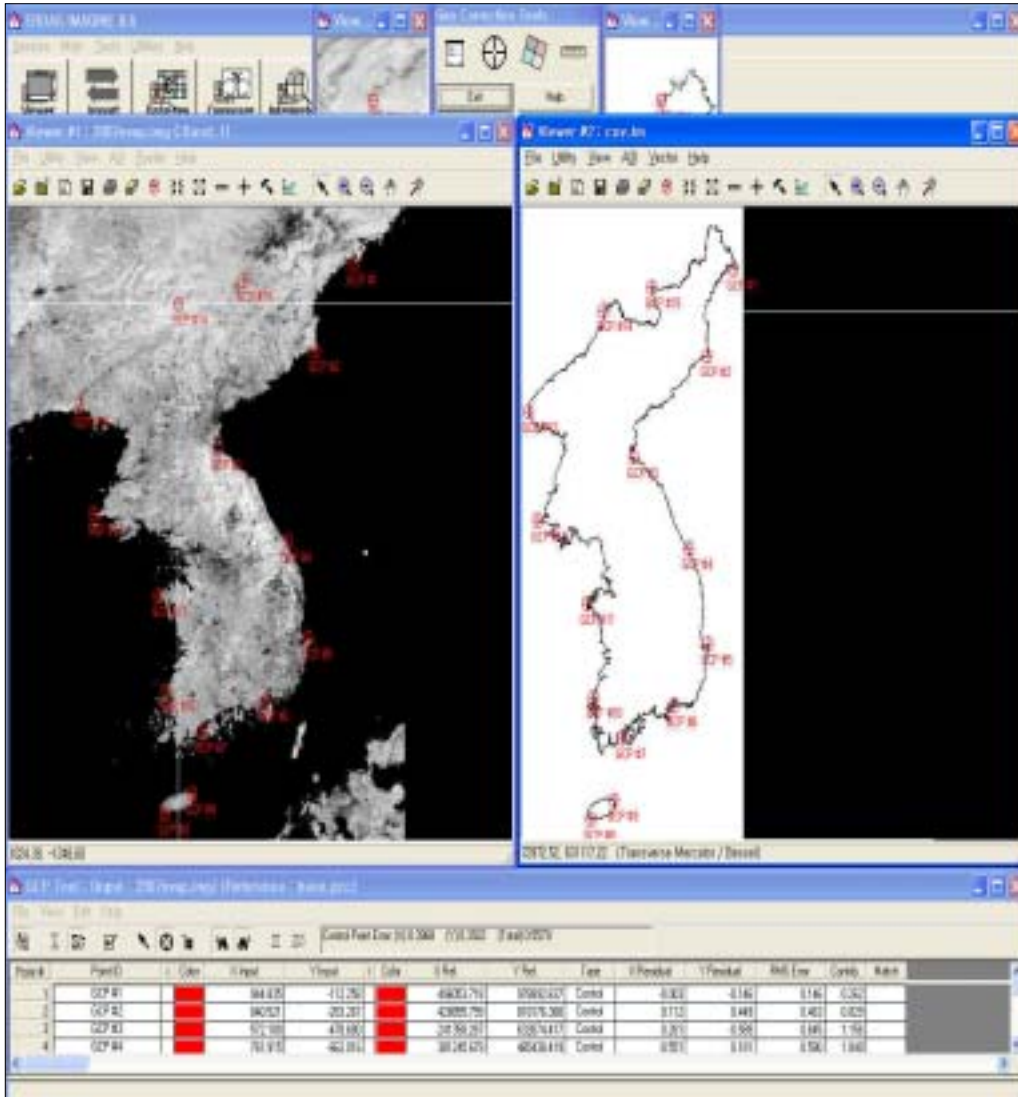
$$X = a_0 + a_1U + a_2V + a_3UV + a_4U^2 + a_5V^2 + \dots + a_kU^mV^m \quad (4-1)$$

$$Y = b_0 + b_1U + b_2V + b_3UV + b_4U^2 + b_5V^2 + \dots + b_kU^mV^m \quad (4-2)$$

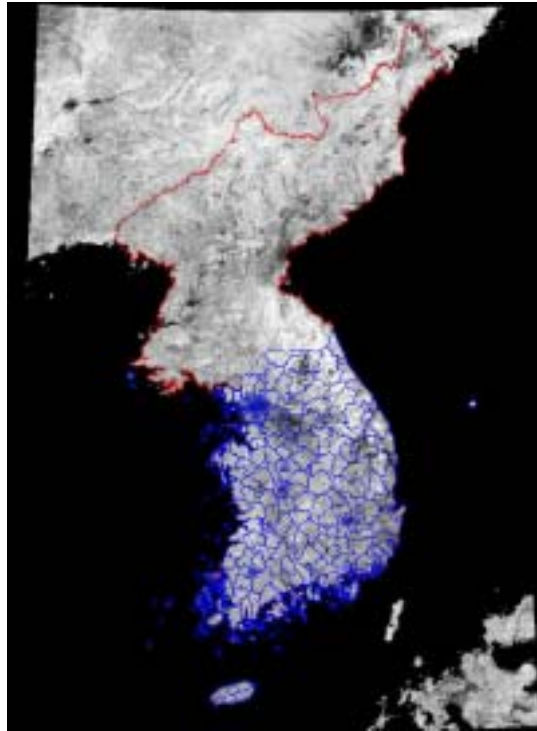
실제 선정된 GCP에 대하여 Affine 변환식 및 2차 이상의 고차 다항식을 이용하였을 때 평균제곱오차(RMS)는 변환식의 차수가 높을수록 감소하여 정밀변환을 할 수 있다. 본 과업에서는 GCP를 이용하여 위성영상의 RMS(root mean square) 오차를 0.5화소 이내로 조정하였다.

이와 같이 GCP 좌표들을 기준으로 변환식이 구성되면, 그 변환식을 기준으로 원격탐사 영상자료를 재배열(resampling)시킴으로서 최초로 취득된 원격탐사 자료는 기하보정 및 좌표일치가 될 수 있다. 재배열이란 기준도상에서 격자로서 배열된 일정영역을 가지는 특정위치의 값을 원격탐사 자료로부터 계산해 내는 과정이다. 이와 같이 지리적인 좌표체계를 가지는 기준도상에서 재배열됨으로서, 원격탐사 자료는 기하학적으로 왜곡이 보정됨과 동시에 실제 좌표체계를 갖는 공간자료로서의 가치를 갖게 된다. 재배열은 NOAA 위성의 직하 공간분해능인 1.1km로 격자간격을 설정하였으며, 재배열 과정은 출력화소의 위치를 변환식의 역변환식에 대입하여 미보정 화상에서의 화상좌표를 구한 후 그 위치에 해당되는 화소값을 취함으로서 이루어진다. 이때 계산된 화상좌표는 화소단위 이하이므로 주위의 화소값을 참조하여 최종 데이터값을 결정하게 되며 여기에는 최근린 내삽법(nearest neighbour), 공일차 내삽법(bilinear interpolation), cubic convolution 방법 등이 적용된다.

각각의 방법들은 고유의 장, 단점을 가지고 있으나, 최근린 내삽법은 계산된 화상좌표에 가장 가까운 화소의 값을 택하는 방법으로 결과로서 나타나는 자료를 영상으로 표현하였을 때 부드럽게 보이지는 않으나 당초의 자료값과 다른 새로운 값이 생성되지 않는다는 점에서 주로 이용되고 있다. 따라서 본 과업에서는 최근린 내삽법을 이용하여 1.1km가 되도록 재배열을 실시하였다. <그림 4-2>는 Erdas Imagine 소프트웨어를 이용하여 기하보정을 하고 있는 과정을 나타낸 것이며, <그림 4-3>은 기하보정이 완료된 이후 NOAA 위성 자료와 우리 나라 해안선 및 행정구역도가 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다.



<그림 4-2> NOAA 위성의 기하보정 과정



<그림 4-3> 기하보정 이후의 영상

제 3 절 식생지수(Normalized Difference Vegetation Index)

원격탐사의 가장 보편적인 응용의 하나는 지상의 식생에 대한 평가 및 감시이다. 여기서 식생상황을 평가하기 위한 지표로서 NDVI가 가장 널리 사용되고 있다. 식물의 잎은 태양으로부터 직접 전달되거나 또는 하늘의 산란광으로부터 간접적으로 입사되는 복사에너지를 차단 흡수한다. 입사된 전자기에너지는 잎속의 색소, 수분, 그리고 분자간의 공극과 상호반응을 하게 된다. 잎에 투사된 에너지는 반사, 흡수 및 투과되어 에너지평형식을 적용하거나 입사된 에너지의 변동과정을 세밀히 추적한다면 이 세부분으로 나누어지는 복사에너지량을 정확히 측정할 수 있다.

1960년대이래 원격탐사 자료로부터 식물의 생물리학적 특성을 나타내는 다양한 인자들을 밝혀내고자 노력해 왔으며, 이러한 노력의 대부분은 식생지수의 개발로 이어져왔다. 식생지수는 단위가 없는 복사값으로서 녹색식물의 상대적 분포량과 활동성, 엽면적지수, 엽록소함량, 엽량 및 관함성 흡수

복사량 등과 관련된 지표로 사용된다.

현재까지 약 20여 종류의 식생지수가 사용되고 있으며 대부분의 식생지수는 정보량 측면에서 기능적으로 거의 같지만 몇몇 식생지수들은 나름대로 독특한 생물리학적 정보를 제공한다. 최초의 식생지수는 1968년 Birth와 McVey에 의해 발표된 적색과 근적외선 영역에서의 반사값을 나눈 단순 식생지수로 알려져 있다.

$$SR = \frac{NIR}{Red} \quad (4-3)$$

여기서, NIR은 근적외밴드의 분광반사이며, Red는 적밴드의 분사반사도이다.

1974년 Rouse 등은 현재 NDVI로 알려진 정규화 식생지수를 개발하였다.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (4-4)$$

정규화식생지수 NDVI는 널리 채택되었으며 최초로 Landsat MSS 영상자료에 적용되었다. 이러한 NDVI가 식생조사에 널리 사용되고 있는 이유는 식물 고유의 분광반사 특성 때문이다. 식물의 잎에 함유되어 있는 클로로필은 $0.45\mu m \sim 0.67\mu m$ 의 파장대를 강하게 흡수한다. 그 결과 가시영역의 적밴드에서의 반사율은 낮아지게 된다. 따라서 식물의 잎이 녹색으로 보이게 된다. 또한 $0.74\mu m \sim 1.3\mu m$ 의 근적외영역에서의 강한 반사특성을 갖는다. 이와같은 적밴드에서의 강한 흡수와 근적외밴드에서의 강한 반사를 갖는 특수성에 의해 가시·근적외영역이 식생조사에 이용되고 있다. 따라서, 식생 영역에 있어서는 NDVI가 높게 되며, 구름·물·눈에 대해서는 근적외영역에 비하여 가시영역의 파장이 강하게 반사하여 NDVI는 부(-)값을 갖게 된다. 암반 및 나지면에 대해서는 양파장의 반사율이 거의 같아지게 되어 그 결과 0에 가까운 값을 갖게 된다.

광역면에 있어서의 개략적인 식생상태를 파악하기 위해서는 NOAA 위성에 탑재되어 있는 AVHRR 센서가 유효하다. NOAA/AVHRR 자료를 이용하면 NDVI는 다음 식에 의해 계산된다.

$$NDVI = \frac{Ch.2 - Ch.1}{Ch.2 + Ch.1} \quad (4-5)$$

여기서, Ch.1 은 channel 1(가시)의 반사율이며, Ch.2 는 channel 2(근적외)의 반사율이다. 또한, 어느 기간 동안의 NDVI의 총량을 정량적으로 표시하기 위해 iNDVI(integrated NDVI)가 이용되어진다.

$$iNDVI = \frac{\sum(NDVI_j \times d_j)}{\sum d_j} \quad (4-6)$$

여기서, $NDVI_j$ 는 j 번째 NDVI이며, d_j 는 $NDVI_j$ 에 대응하는 관측일수이다.

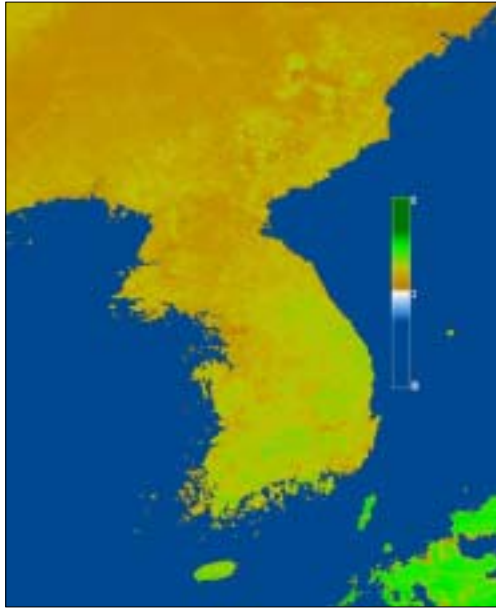
Rasmussen(1992)은 iNDVI와 농작물 수확량과의 비례관계를 보고하였으며, 순일차생산량(NPP : Net Primary Production)의 평가에 대한 보고도 발표되고 있다(Lo Seen Chong et. al., 1993)

1. NDVI와 iNDVI data set의 작성

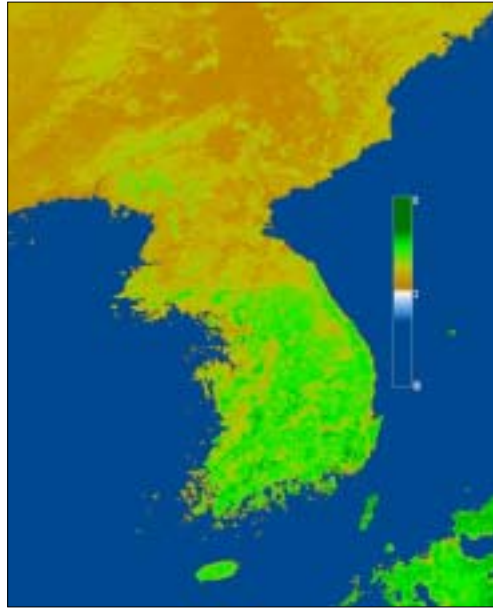
본 연구에서 사용한 위성자료는 1999년과 2000년에 대하여 3월부터 11월까지의 NOAA/AVHRR 자료를 이용하였으며, 적설의 영향으로 지표면의 정확한 관측이 불가능한 겨울철의 자료는 분석에서 제외하였다.

NOAA 위성의 AVHRR 센서는 광학 센서이므로 대상지역이 구름으로 덮여 있는 경우 지상의 정보를 얻을 수 없게 된다. 그러나 넓은 지역을 대상으로 하는 경우 구름의 영향이 전혀 없는 날의 위성자료를 얻는다는 것은 불가능하며 어떠한 방법에 의하여 구름을 영향을 제거한 NDVI를 작성할 필요가 있다. 지상의 관측을 저해하는 요소가 되는 구름이 존재하는 경우 NDVI는 대단히 낮아지며, 옅은 구름이 있는 경우라 하더라도 꽤정일에 비해 NDVI는 저하한다.

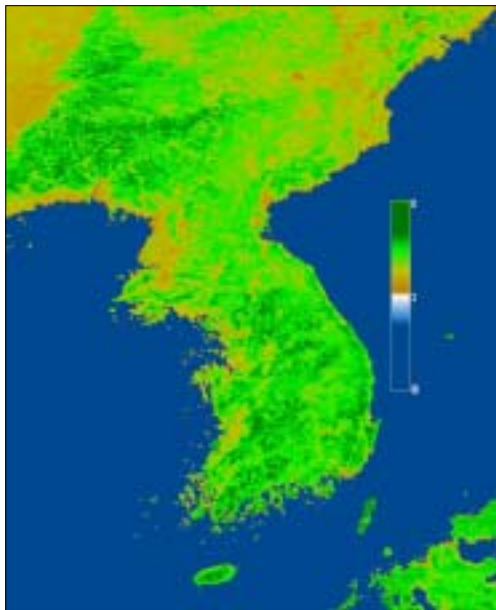
동일지점의 NDVI가 단기간에 급격하게 저하하는 경우 그 자료는 구름의 영향을 받은 것이라 생각할 수 있다. 반대로, 일정기간 동안의 NDVI가 가장 크게 나타난 자료가 가장 구름의 영향을 받지 않은 것이라 생각할 수 있다. 따라서 복수의 NDVI로부터 각 화소별로 최대치를 선택함으로써 구름의 영향을 최소화한 NDVI 자료를 얻을 수 있다<그림 4-4, 그림 4-5>. 이러한 과정을 거쳐 작성된 월 대표 NDVI를 이용하여 적분값인 연도별 iNDVI를 작성하였으며 그 결과를 <칼라그림 3>에 나타내었다. 월별 NDVI는 증발산량의 산정에 이용되며, iNDVI는 연도별 식생의 등급 결정에 이용된다.



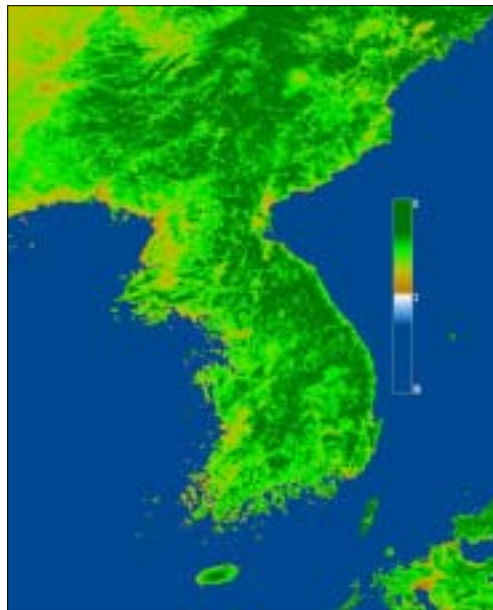
1999년 3월 NDVI



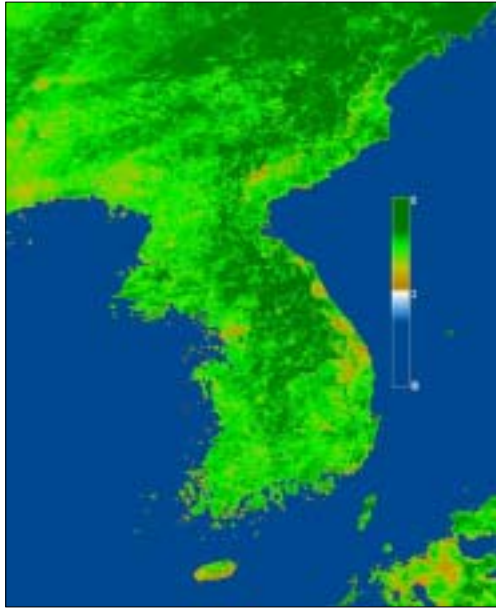
1999년 4월 NDVI



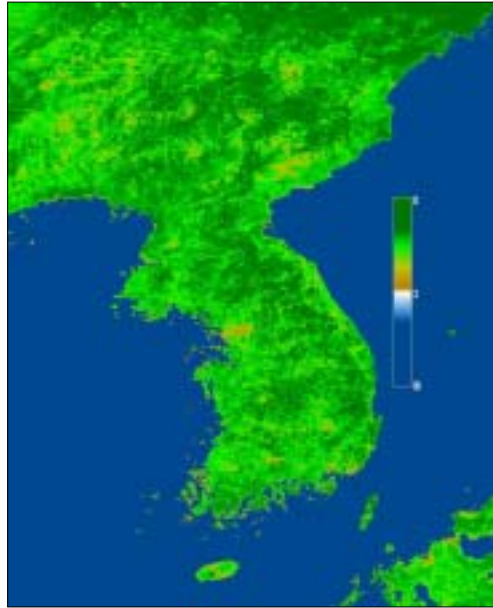
1999년 5월 NDVI



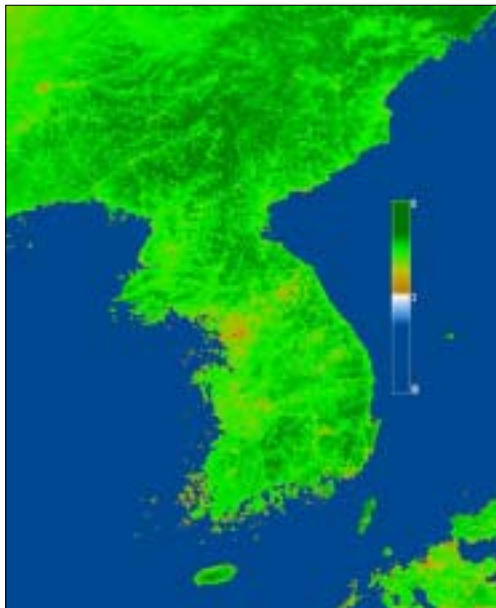
1999년 6월 NDVI



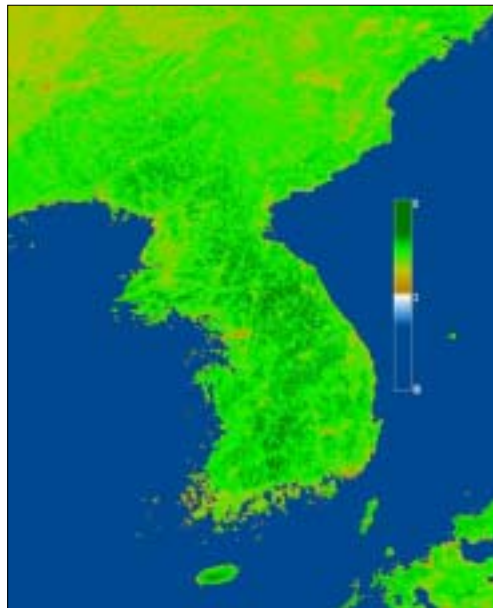
1999년 7월 NDVI



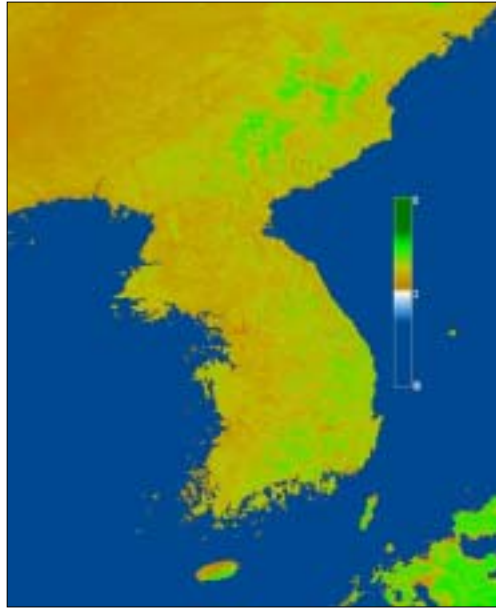
1999년 8월 NDVI



1999년 9월 NDVI

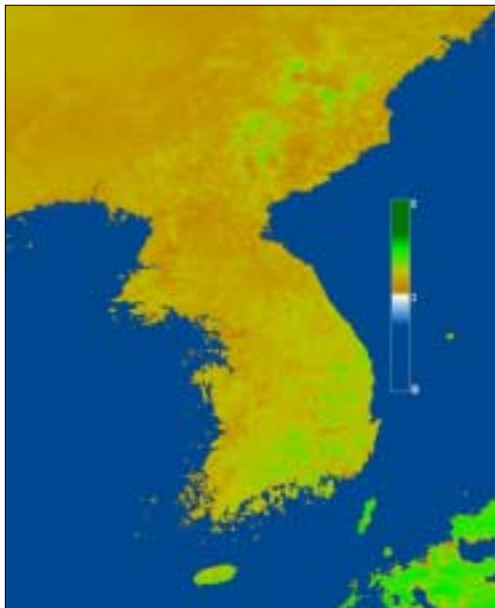


1999년 10월 NDVI

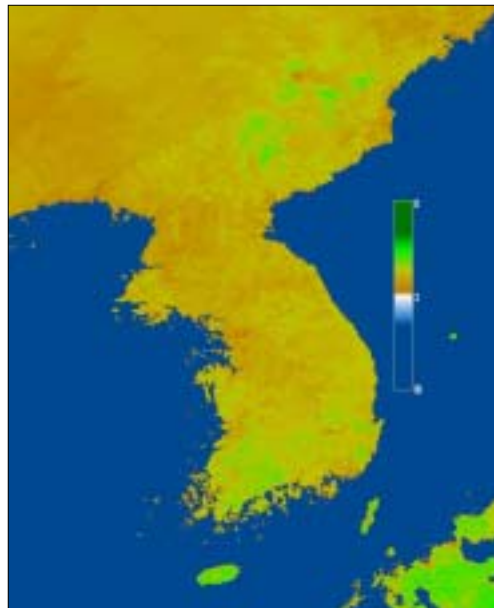


1999년 11월 NDVI

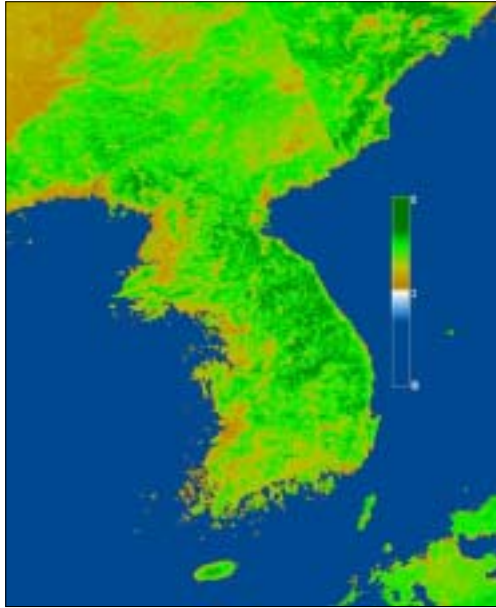
<그림 4-4> 1999년의 월별 대표 NDVI images



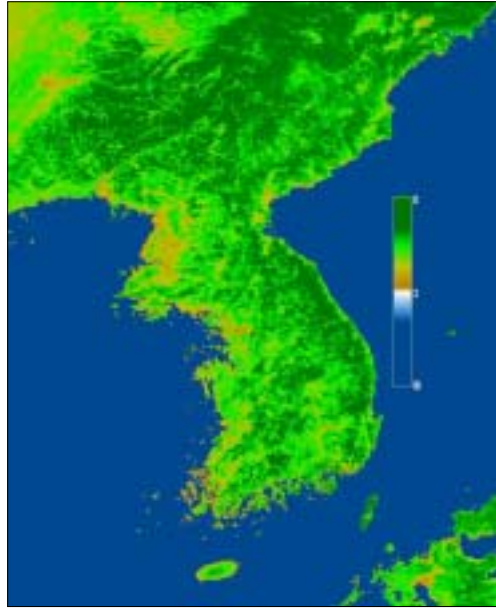
2000년 3월 NDVI



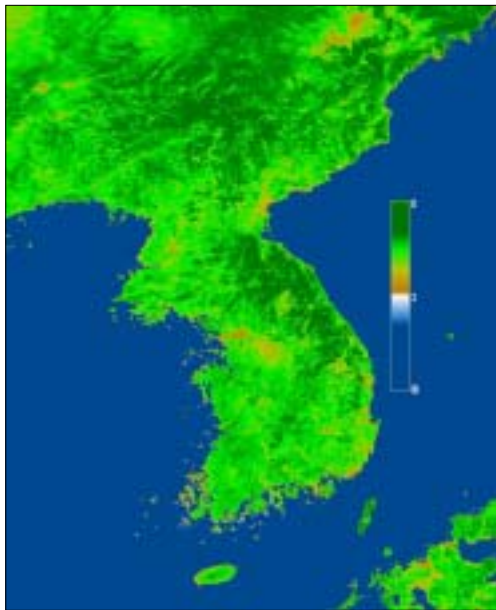
2000년 4월 NDVI



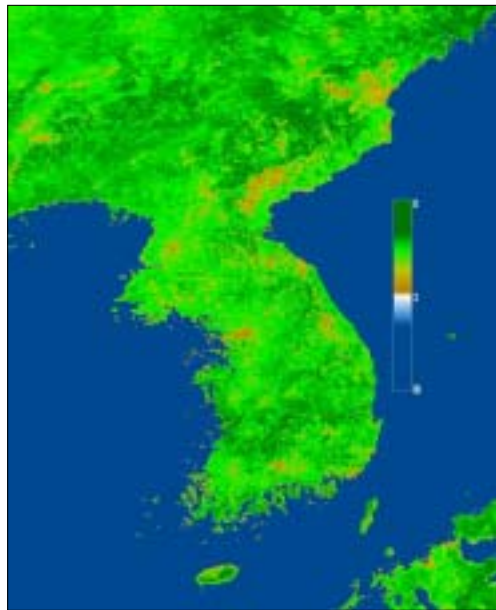
2000년 5월 NDVI



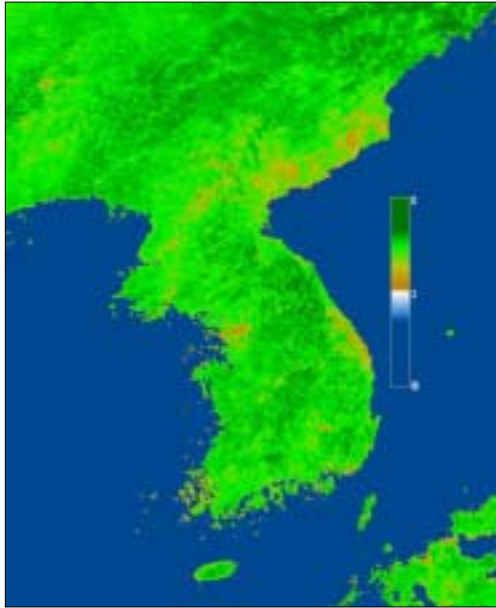
2000년 6월 NDVI



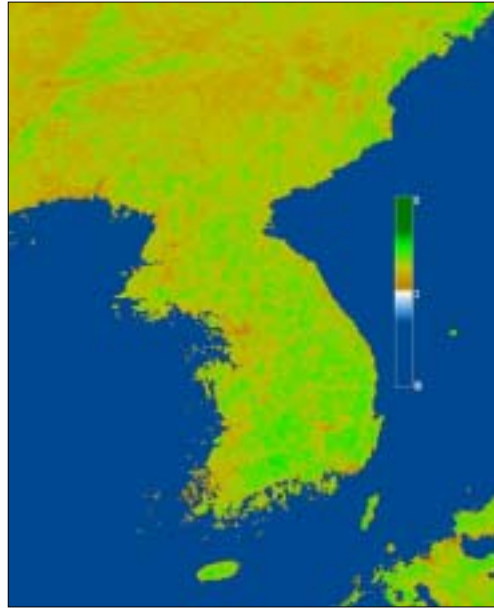
2000년 7월 NDVI



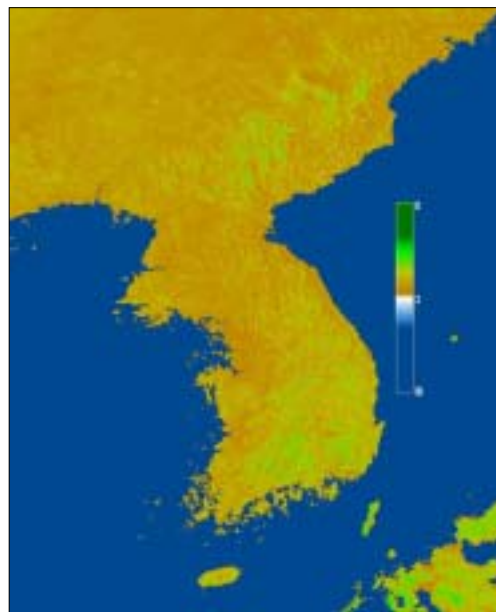
2000년 8월 NDVI



2000년 9월 NDVI



2000년 10월 NDVI



2000년 11월 NDVI

<그림 4-5> 2000년의 월별 대표 NDVI images

2. 식생등급 분류

토지피복분류(Land Cover Classification)는 원격탐사자료의 가장 대표적이고 전형적인 응용방법의 하나로 숲, 초지, 콘크리트 포장과 같은 대지 표면의 물리적 상황을 분류한 것이며, 토지이용(Land Use)은 공업지역, 주거지역, 농경지 등과 같은 토지이용현황 및 계획상태를 반영하는 것으로 개념상 차이가 있다.

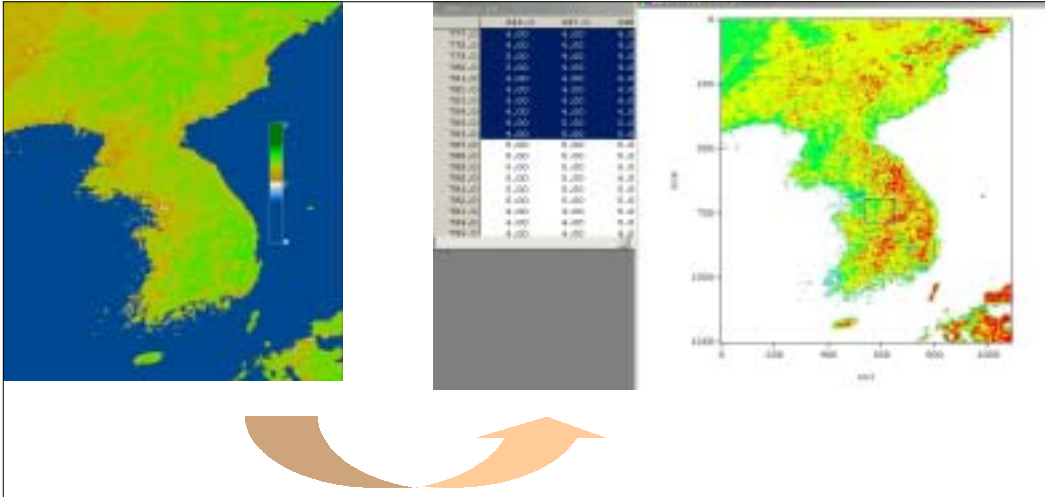
인공위성을 이용한 원격탐사 자료는 항공사진에 비하여 광역적이고 주기적인 자료획득이 가능하며 수치형태로 취득할 수 있다는 장점으로 그 활용성이 대단히 크다. 우리나라에서도 그 동안 도시지역의 토지피복분류, 산림자원 관리, 환경자원관리 등을 중심으로 연구가 진행되었으며 수자원분야에의 효용성도 입증되고 있다.

NOAA 위성 자료를 이용할 경우 해상도가 충분히 확보될 수 없으며, 본 연구의 목적에서도 정확한 토지피복상황을 분류하는 것이 아니기 때문에 정확한 토지피복의 분류는 보다 높은 해상도를 갖는 위성자료를 이용하여 분류하는 것이 바람직하며, 여기서는 식생정보를 이용하여 그 식생상황을 대략적인 분류를 실시하는 것으로 한다.

분류하는 방법은 일반적인 토지피복 분류를 하는 방법과 동일하며, 광범위한 지역을 대상으로 해상도 낮은 위성자료를 이용하므로 정확한 지표면의 정보를 입력자료로 활용하는 감독분류는 적용 상의 문제점이 많으므로 최소의 초기입력 자료만이 요구되는 무감독분류를 실시하였다.

이것은 다과장 공간을 조사함으로써, 화소의 분광특성을 자연 군집화하기 위한 조사를 수행하는 수학적 과정에 의해 처리된다. 분석자는 분류에 사용되는 계급 평균과 공분산 행렬을 선택하며, 자료가 분류되면, 분광계급을 해당되는 정보계급에 할당하기 위한 분류 후 과정을 통하여 식생등급이 할당된다.

<그림 4-6>은 iNDVI로부터 식생을 유사 등급으로 분류하는 과정을 보여주고 있다. 이러한 식생등급을 구분하는 목적은 이후에 실시하게 될 증발산량과 NDVI와의 관계식을 추정하고자 할 때 우리나라를 하나의 식으로 만들게 되면 그만큼 오차가 커질 가능성이 발생하므로 식생의 패턴이 유사한 지역을 그룹화(약 5단계로)하여 각각의 관계식에 의하여 증발산량을 구하고자 하는 것이다.



<그림 4-6> 식생 등급 분류

제 4 절 증발산량 산정 모형

물순환 과정에 있어서 증발산은 강수와 함께 지표면의 건습을 결정하는 중요한 인자이다. 증발산은 대기중에 있어서 수증기의 이동현상이므로 실제증발산량을 구한다는 것은 현재의 시점에서 대단히 어려운 일이며, 과거부터 수 많은 방법이 제안되어 왔다. 예를 들면, 수증기의 흐름을 직접 산정하고자 하는 공기동역학적방법, 증발산에는 열에너지의 소비가 동반된다는 점을 이용한 열수지법, 열수지법의 온도경사를 온도-수증기압곡선을 이용하여 수증기압경사로 변환시킨 Penman법, 또한 기온만을 변수로 하는 Thornthwaite법 및 Hamon법 등이 있다.

최근, 지구환경이라는 전 지구적 관점에서 증발산량의 추정이 요구되고 있으며, 지금까지의 지점증발산량을 구하는 방법으로는 광역면에서의 증발산량 및 그의 공간적 분포 등의 추정은 곤란하다. 따라서, 인공위성자료를 이용하여 넓은 지역에 대한 증발산량을 구하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 이와 같이 최근 인공위성 자료에 의한 광역증발산량의 추정이 시도되어지고 있으나 기상정보 등의 지상자료를 조합하는 방법이 대부분이며, 지상자료의 획득이 불가능한 지역에 있어서의 적용은 어렵다. 또한 지상자료가 획득된다 하더라도 분석 시 마다 기상자료를 입력으로 하는 분석을 실시하여야 한다면 실제 적용에 있어 여러

가지 문제점이 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 인공위성자료만으로 광역면에서의 증발산량을 용이하게 파악할 수 있는 방법을 개발하였다.

기상자료의 밀도가 충분치 않은 식생지역, 더욱이 광역면을 대상으로 하는 경우 많은 매개변수를 필요로 하는 정밀한 추정법을 이용하여 증발산량 분포를 추정한다는 것은 불가능하다. 우리 나라의 경우 그 대부분이 산림으로 이루어져 있어, 식생을 변수로 하는 광역의 증발산분포의 추정법은 대단히 유효하다. 증발산 현상은 기온, 일조 및 식생 등에 의해 지배된다. 또한 기온, 일사 등의 기상조건은 식생에 지배적인 영향을 주고 있다. 따라서 식생을 정량화 한다면 그것은 증발산량과 강한 상관관계가 있을 것으로 생각할 수 있다. 또한 Running 과 Nemani(1988)은 NDVI의 적분값은 iNDVI와 연 증발산량과는 비례관계가 성립함을 보고하고 있다. 이와 같은 식생지수 NDVI와 증발산량과의 강한 상관관계가 성립한다는 점에 착안하여 인공위성 자료로부터 얻어지는 NDVI만을 이용하여 지상 자료없이 증발산량을 구할 수 있는 방법을 개발하였다.

분석단계에서 필요한 실제증발산량을 산정하기 위하여 Morton(1978, 1983)에 의해 제안된 보완관계식을 이용하였다. 보완관계식은 일반적인 지상의 기상관측자료로부터 실제증발산량을 직접 산정하는 기후학적 추정법으로 제안된 방법이다. 이 방법은 Penman의 가능증발산량이 실제증발산량에 대하여 보완적으로 변화하는 점을 이용한 방법이다. 이 방법의 장점은 토양수분량 혹은 기공저항 등 관측이 어려운 인자를 매개변수로 이용하지 않고 일반적인 지상 기상관측자료 만으로 실제증발산량을 산정할 수 있다는 점이다. 또한 증발산비를 이용하는 증발산량 추정법과 같이 미리 대상유역에 고유의 매개변수 및 경험계수를 구할 필요가 없다는 장점도 있다.

보완관계식에 있어서 증발산에 관한 개념은 ① 실제증발산 E_a ② Priestly and Taylor의 잠재증발량 E_p ③ Penman의 잠재증발산량 E_{pp} 의 3개로 분류된다. 여기서 Penman의 잠재증발산량은 건조조건 하에서 습도의 저하(기공의 수증기압의 감소), 기온의 상승(공기의 포화증기압 상승)에 의해 공기동력학항이 증가하고 실제증발산량에 비해 잠재증발산량은 증가한다. 즉, 순방사량이 동일한 경우 Penman법에 의한 잠재증발산량이 클수록 실제증발산량은 작아진다는 가정에 근거하고 있다.

Morton에 의한 보완관계식은 산정과정에서 경험식을 이용하여 구하는 요소가 대단히 많으며, 산정법은 불필요하게 복잡한 경향이 있다. 따라서, Brutsaert 와 Stricker(1979)는 열수지관측으로부터 Morton에 의한 보완관계식을 간단화하여 직접 Penman법과 Priestly 와 Taylor법을 이용하는 보완관계식을 제안하였다. 본 연구에서는 이와 같은 Brutsaert 와

Stricker에 의한 보완관계식을 이용하여 실제증발산량을 대유역별로 산정하였으며, 이때 이식에 의한 증발산량은 겨울철에 과소평가되는 지적에 따라 이식에 Morton에 의해 제안된 이류항을 고려하는 것으로 하였다. 이 이류항은 겨울철 이외의 시기에는 0이 된다. 또한 피복별 지중열플럭스 계수(soil heat flux coefficient)를 이용하여 지표면과 흙속의 전도에 의한 열 교환을 고려하였다.

$$E_a = 2E_p - E_{pp} \quad (4-7)$$

$$E_p = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + M - G) \quad (4-8)$$

$$E_{pp} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + M - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u)(e_s - e_a) \quad (4-9)$$

$$E_a \leq E_{pp} \quad (4-10)$$

$$M = 0.66L_n - 0.44R_n \quad (4-11)$$

$$G = C_r \cdot R_n \quad (4-12)$$

여기서, L_n : 장파방사량(J/m²/d), R_n : 순방사량(J/m²/d), G : 지중열플럭스(J/m²/d), C_r : 지중열플럭스 계수

관측치를 제외한 각각의 값은 다음과 같은 근사식을 이용하여 구하였다.

$$\Delta = \frac{1779.75 \cdot \ln 10 \cdot e_s}{(237.3 + t)^2} \quad (4-13)$$

$$\gamma = \frac{1005 \cdot P_r}{0.622 \cdot \lambda} \quad (4-14)$$

$$f(u) = 0.26(1 + 0.5u) \quad (4-15)$$

$$e_s = 6.11 \times 10^{7.5t/(237.3+t)} \quad (4-16)$$

$$P_r = 1013.25 - 0.119861H + 5.356 \times 10^{-6} H^2 \quad (4-17)$$

$$\lambda = (2501 - 2.37t) \times 10^3 \quad (4-18)$$

여기서, t : 대기온도(°C), P_r : 대기압(hPa), λ : 증발의 잠열(J/kg), u : 지상 2m에서의 풍속(m/s), H : 고도(m)

이상의 보완관계식을 이용하여 피복조건별로 증발산량을 계산한다.

1. NDVI에 의한 광역 증발산량 추정

어느 지점의 NDVI가 그 지점의 식생상태를 잘 표현하고 있다는 것은 일반적으로 입증된 사실이다. 따라서, NDVI와 증발산량과는 기후조건 등의 밀접한 관계가 있다는 점에 착안하여 인공위성 자료를 이용하여 광역면에서의 증발산량을 추정한다.

각 화소에서의 증발산량이 주어진다고 할 때, 이들의 평균이 유역전체의 평균 증발산량이 된다. 따라서, 다음과 같은 식이 성립한다.

$$E = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P e_i \quad (4-19)$$

여기서, E : 유역의 평균 증발산량, P : 총 화소수, e_i : 각 화소에서의 증발산량

그러나, 이식으로는 유역평균증발산량으로부터 역산하여 화소단위의 증발산량을 구하는 것은 불가능하다. 여기서, NDVI의 정보를 이용하여 화소단위의 증발산량 e_i 를 추정한다. NDVI의 히스토그램이 식생의 계절변화를 잘 반영하고 있는 점으로부터 NDVI를 어느 일정한 값으로 분할하고, 각각의 화소수를 변수로 하는 다음의 중회귀분석을 피복조건별로 연관을 통하여 실시함으로써 어느 지점의 NDVI에 대응하는 그 지점의 증발산량이 구해진다.

$$E = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^n e_i p_i \quad (4-20)$$

여기서, p_i : 분할된 각 단계에서의 화소 수, n : NDVI의 분할 수

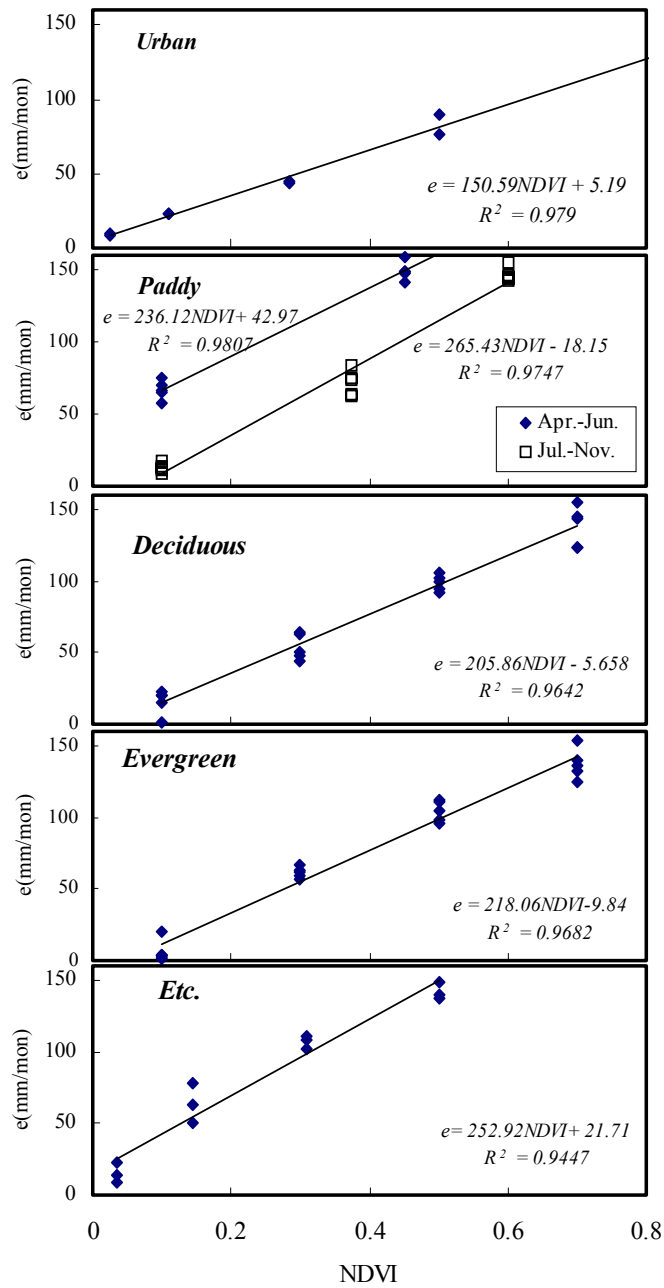
보완관계식으로부터 구한 증발산량을 목적변수, NDVI로부터 구해지는 분할된 각 단계에서의 화소수를 설명변수로 하면 회귀분석에 의해 n 개의 회귀계수 e_i 가 구해진다. 즉, 어느 화소에서의 NDVI를 위성자료로부터 구해 놓으면, 그 NDVI에 대응하는 e_i 의 값이 그 지점에서의 증발산량이 된다.

이러한 과정을 거쳐 우리나라 5대유역에 대하여 NDVI와 증발산량과의 사이에 성립하는 비례관계를 이용하여 우리나라 전역에 대한 피복조건별로 NDVI와 증발산량과의 회귀직선식을 구하였다. <그림 4-7>과 같은 근사식을 각 연도별로 NDVI에 적용함으로써 각 NDVI에 대응하는 증발산량을 산정할 수 있다.

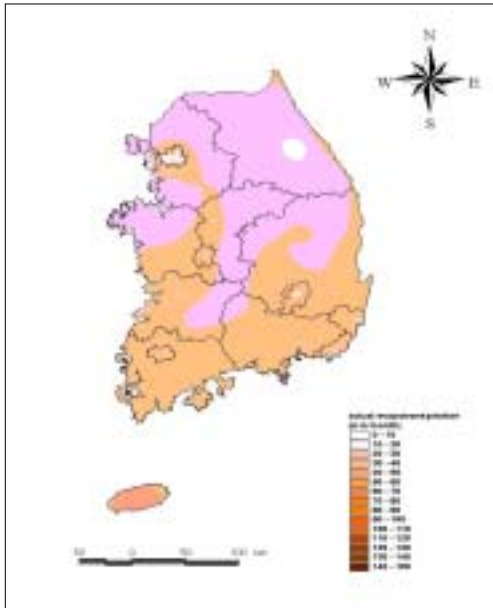
이러한 NDVI와의 상관관계로부터 증발산량의 공간적 분포를 산정한 결과는 <그림 4-8,

그림 4-9>와 같다. 3월까지의 산림 및 논에서의 증발산량은 적으나 식물의 잎이 서서히 성장하여 6월부터 여름에 걸쳐 전체적인 증발산량은 점차 증가한다. 9월이 되면 기온이 급격히 하강하고 일사량도 감소함으로써 증발산량은 현저하게 감소한다.

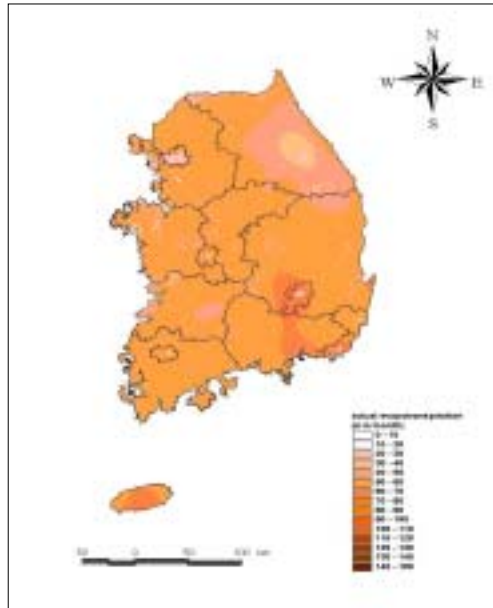
또한 2000년에 비하여 1999년의 증발산량이 상대적으로 크게 나타나고 있으며, 이것은 2000년에 가뭄현상으로 인하여 증발산이 억제될 수 있으며, 식생의 활성도가 1999년에 비해 저하하여 식생으로부터의 증산도 상당히 억제되었을 가능성이 있는 것으로 판단된다.



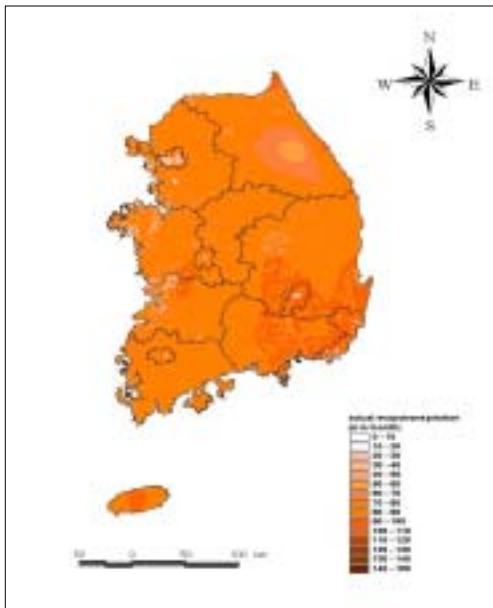
<그림 4-7> 각 피복조건에 대한 NDVI와 증발산량과의 관계



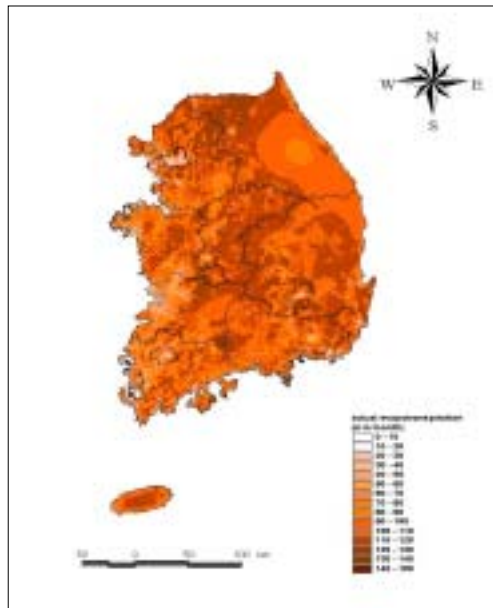
1999년 3월



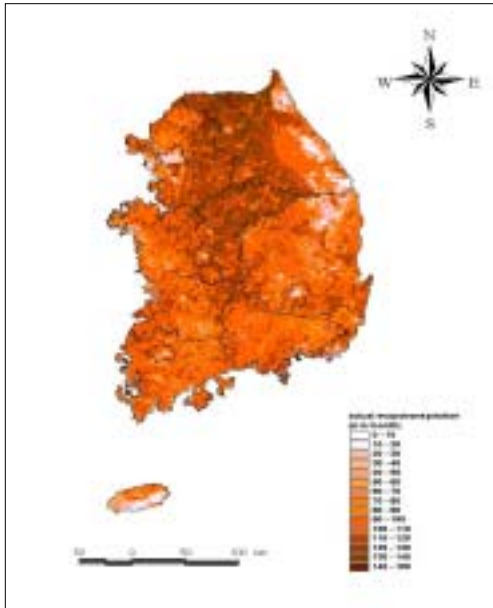
1999년 4월



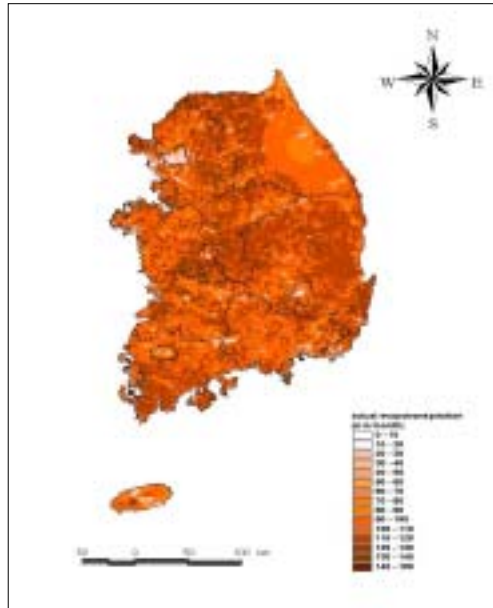
1999년 5월



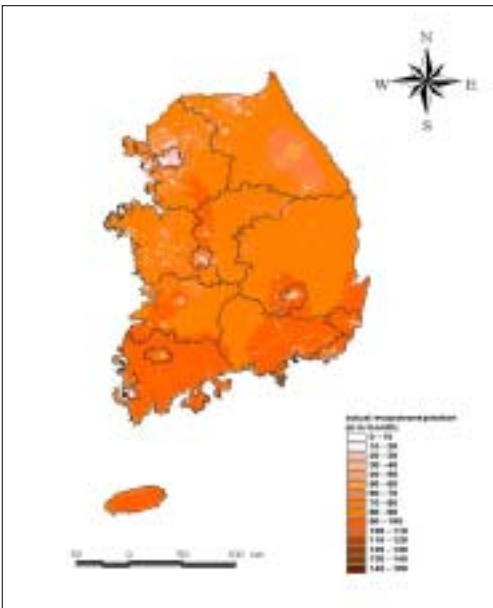
1999년 6월



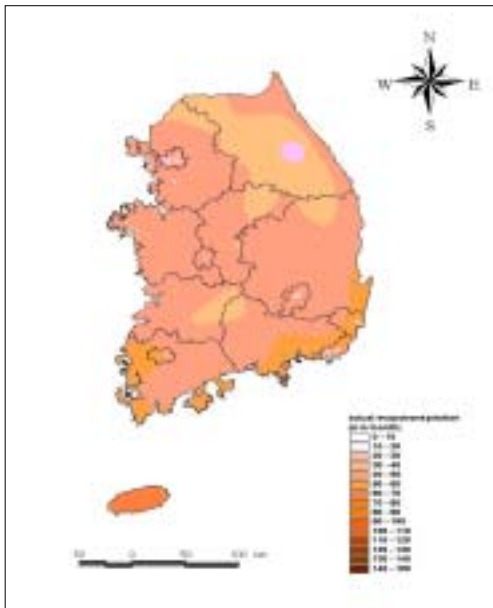
1999년 7월



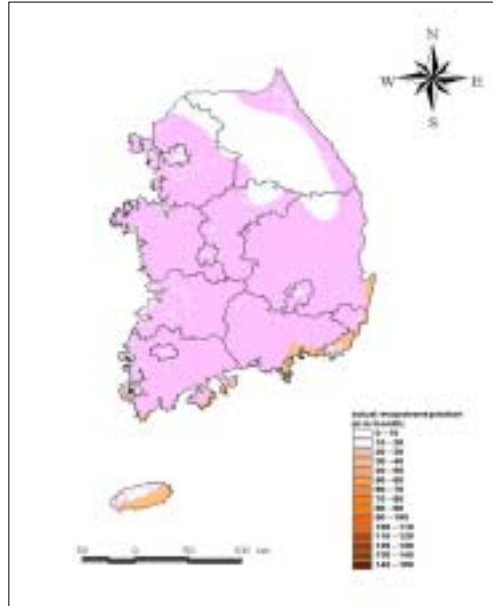
1999년 8월



1999년 9월

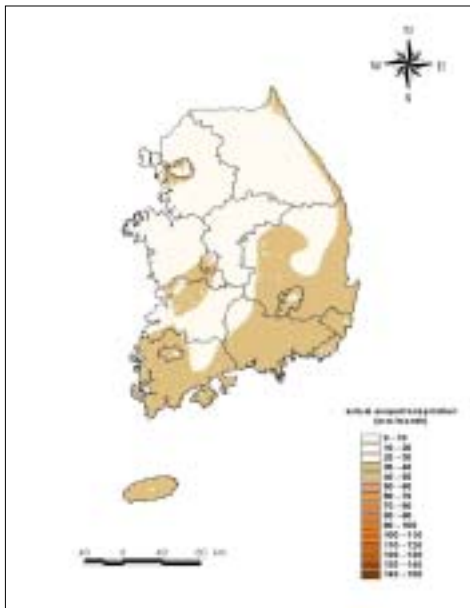


1999년 10월

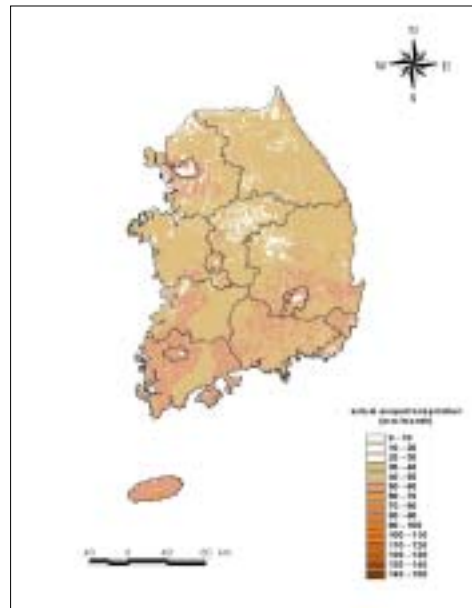


1999년 11월

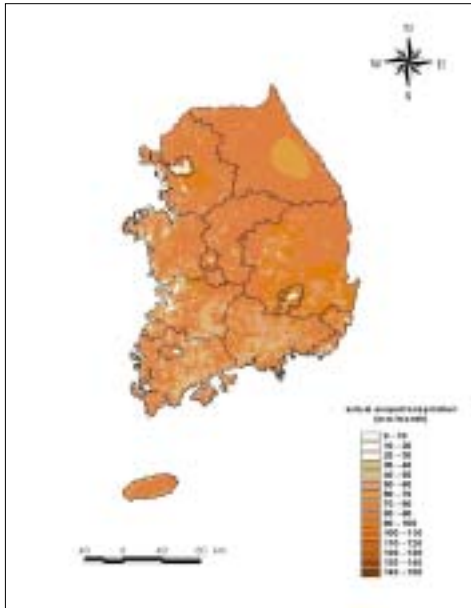
<그림 4-8> 실제응발산량의 분포(1999년)



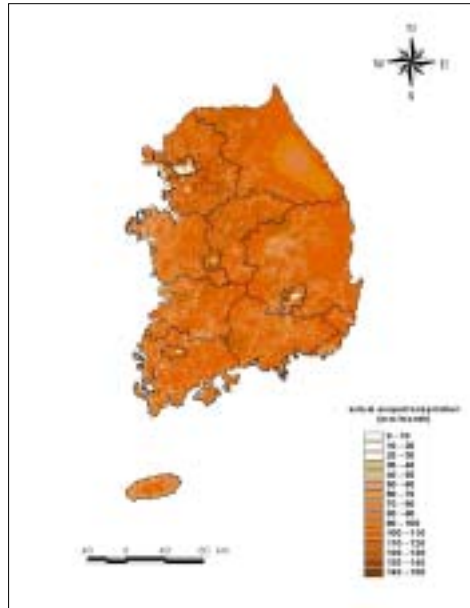
2000년 3월



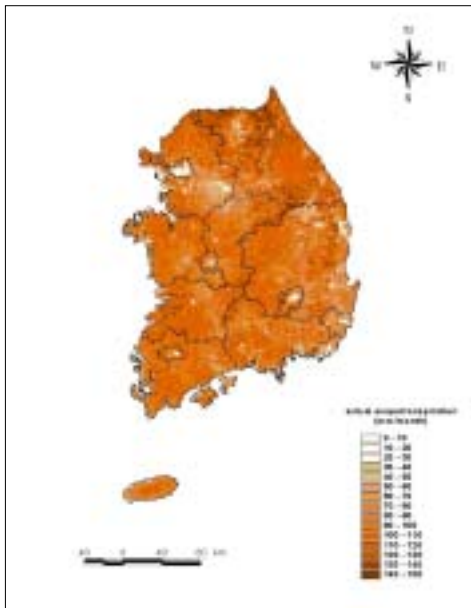
2000년 4월



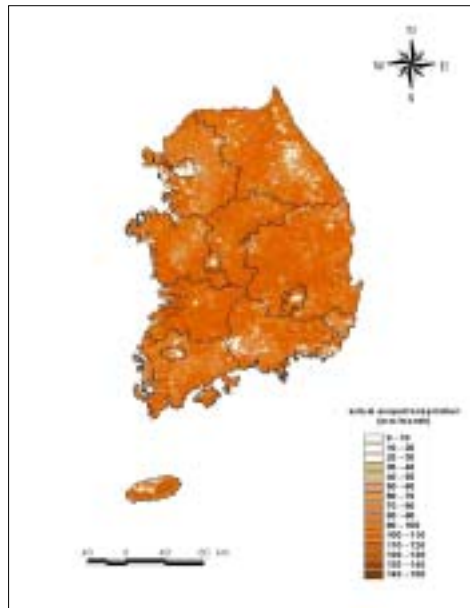
2000년 5월



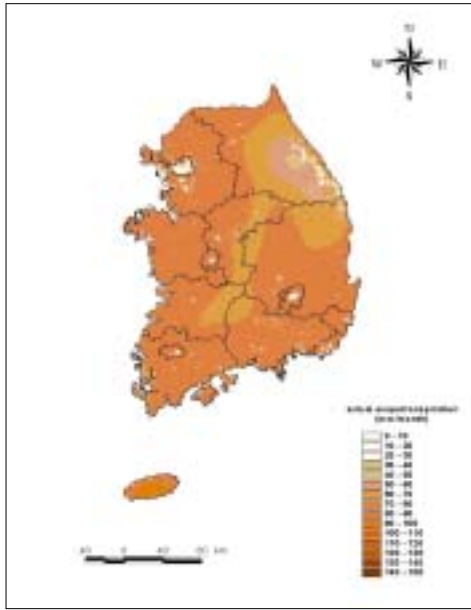
2000년 6월



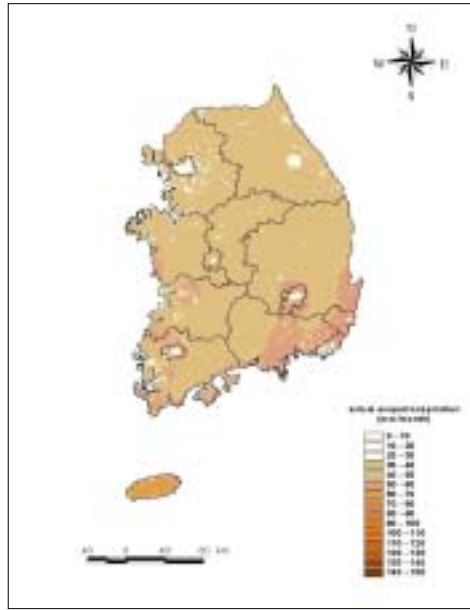
2000년 7월



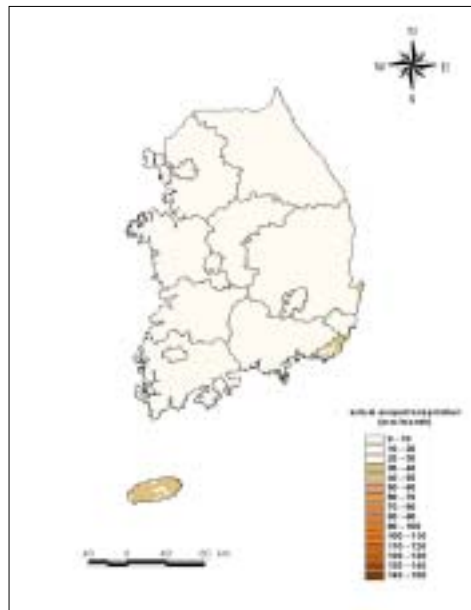
2000년 8월



2000년 9월



2000년 10월



2000년 11월

<그림 4-9> 실제증발산량의 분포(2000년)

2. 잠재증발산량의 분포 추정

잠재증발산량은 낮은 초목으로 덮여있는 지표면에서 물부족이 발생되지 않도록 충분한 물의 공급이 이루어질때의 증발산량으로 정의된다. 임의 지점의 잠재증발산량을 추정하기 위한 경험식은 여러 가지가 제안되었으며 용도에 맞게 사용되어 진다. 일반적으로 경험식은 평균기온만을 변수로 하는 간단한 방법으로부터 다양한 정보가 필요로 하는 복잡한 방법까지 다양하다.

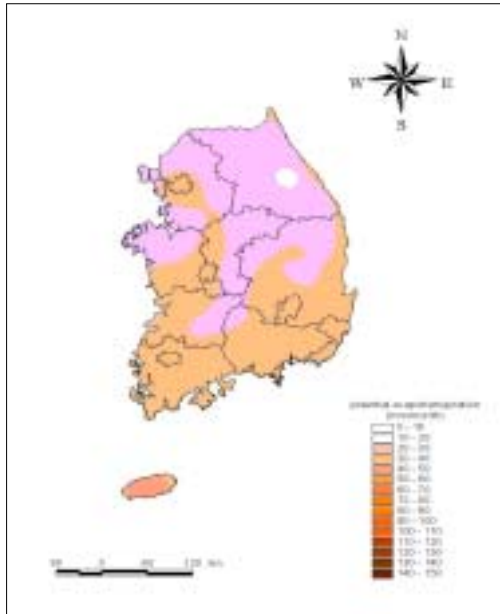
기온만을 변수로 하는 추정법으로는 Thornthwaite법과 Hamon법이 있으며, 증발산량을 평균기온의 함수로 근사적으로 표현하고 있다. 증발산량을 기온의 함수로 표현하는 것은 방사량이 기온과 높은 상관관계가 있다는 이론적 근거를 갖고 있다. 이들의 방법은 많은 정보를 필요로 하는 방법에 비하여 불가피한 이론적 결점도 갖고 있으나 기온 이외의 기상요소가 획득될 수 없는 지역 및 넓은 지역을 대상으로 하는 경우에 유효하게 이용될 수 있다.

본 연구에서는 우리나라 전역을 대상으로 하고 있으므로 여러 기상요소를 필요로 하는 산정방법은 적절하지 않으므로 기온만을 필요로 하는 다음과 같은 Hamon법에 의하여 우리 나라 전역에 대한 잠재증발산량을 산정하였다.

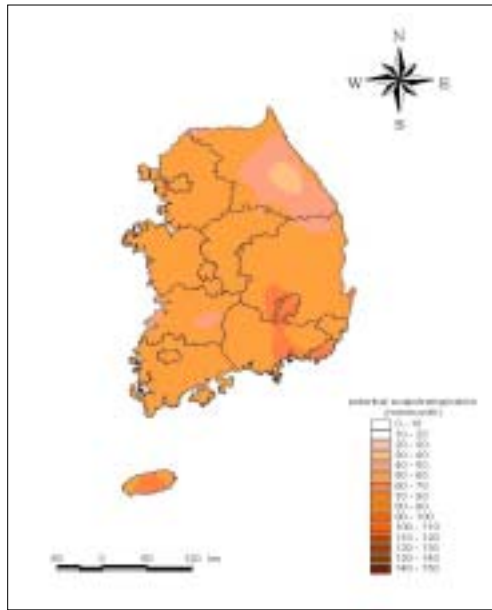
$$PE = 0.14D_0^2 p_t \quad (4-21)$$

여기서, PE : 잠재증발산량(mm/d), D_0 : 가조시간(12시간=1), p_t : 평균기온에 대한 포화절대습도(g/m^3)

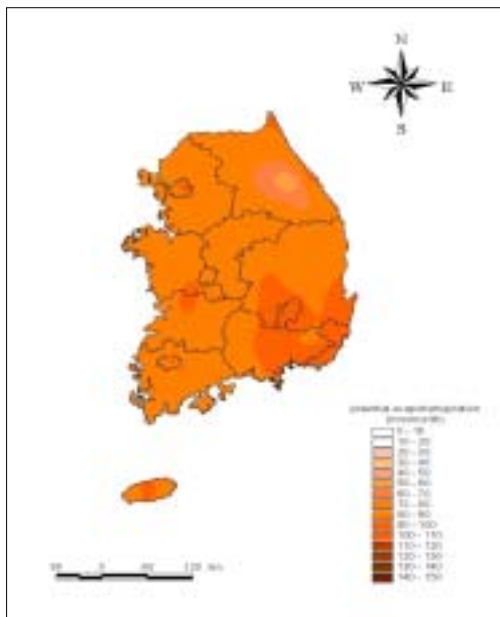
우리나라 전역에 대한 Hamon법에 의해 산정된 잠재증발산량을 <그림 4-10, 그림 4-11>에 나타내었으며, 이 잠재증발산량은 기후학적 물수지를 산정하기 위한 입력자료로 활용된다.



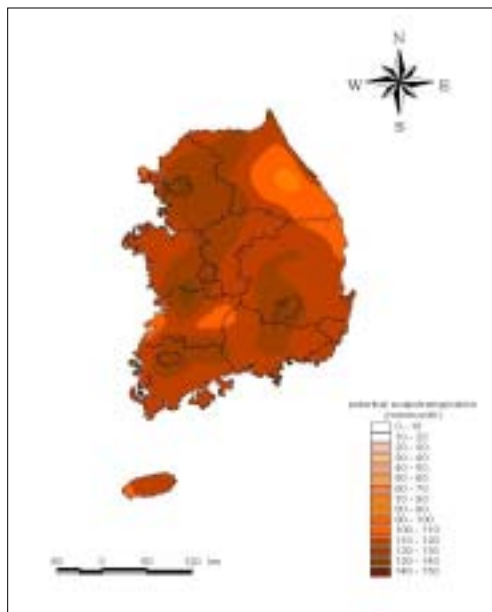
1999년 3월



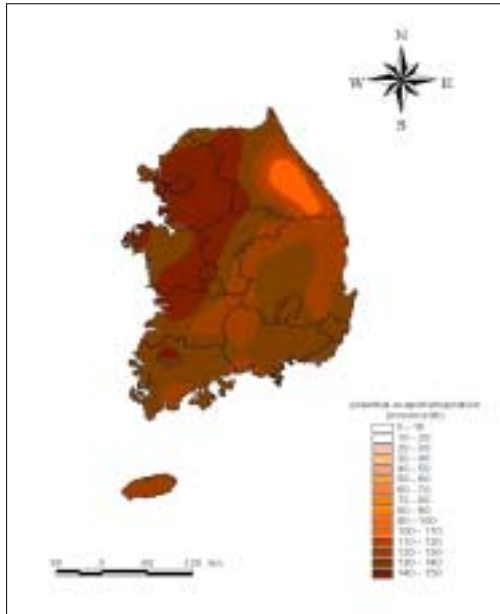
1999년 4월



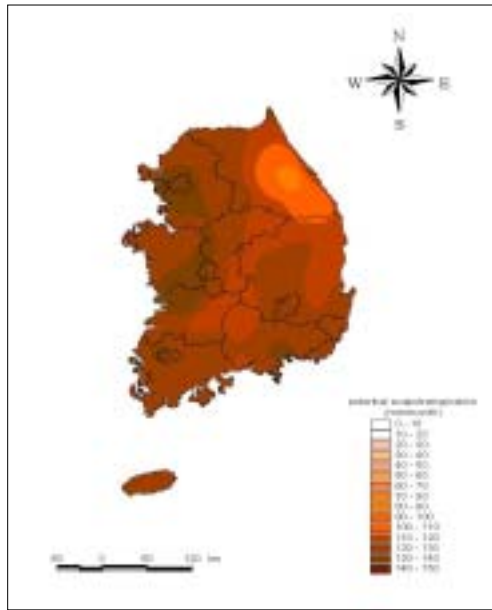
1999년 5월



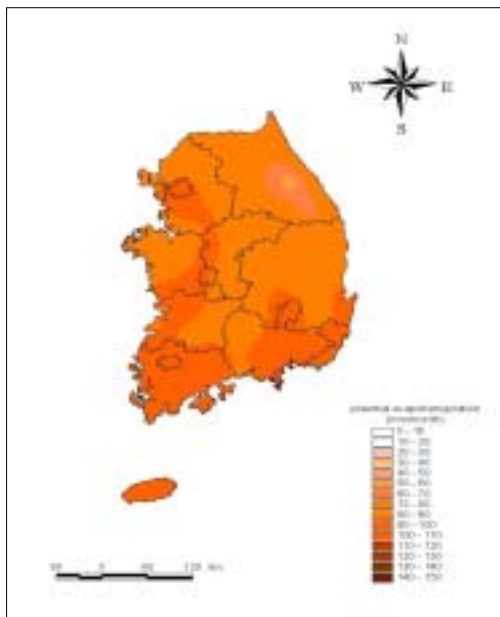
1999년 6월



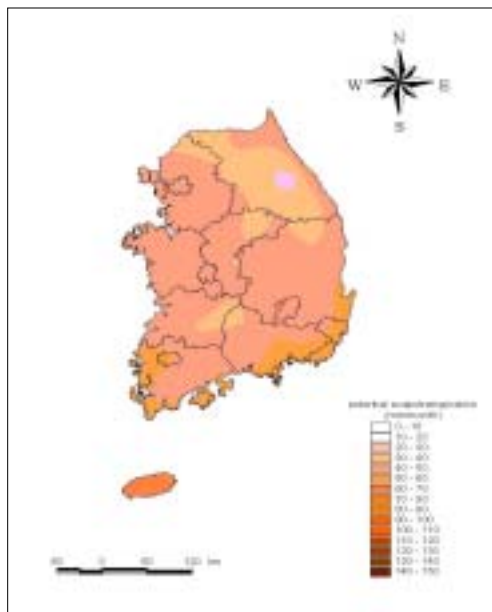
1999년 7월



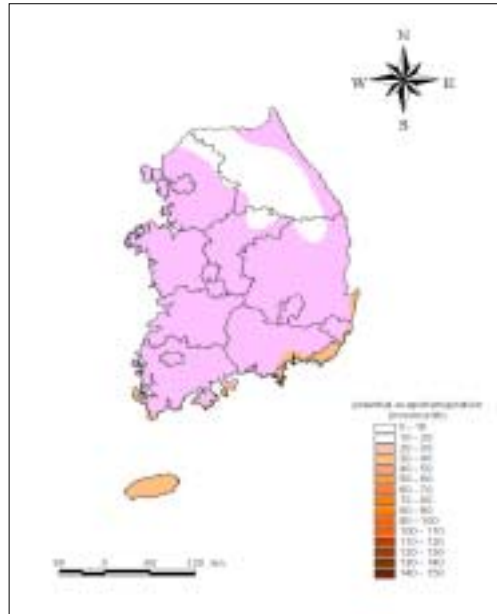
1999년 8월



1999년 9월

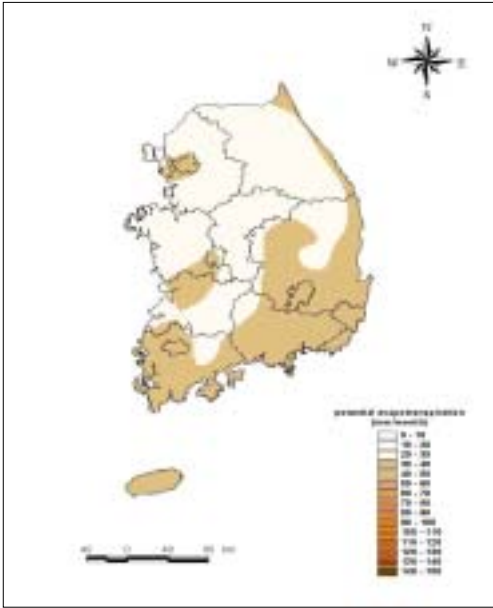


1999년 10월

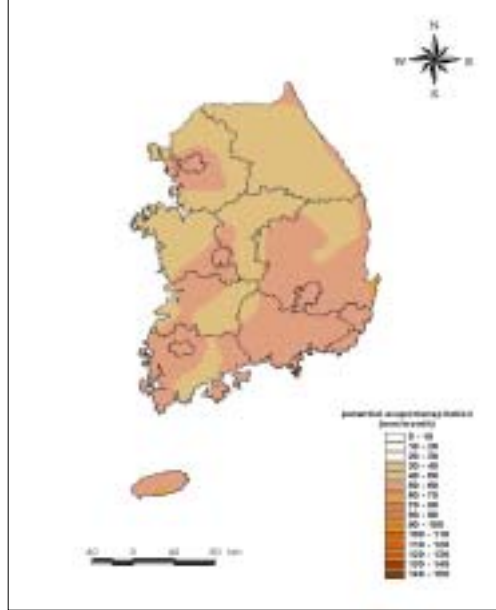


1999년 11월

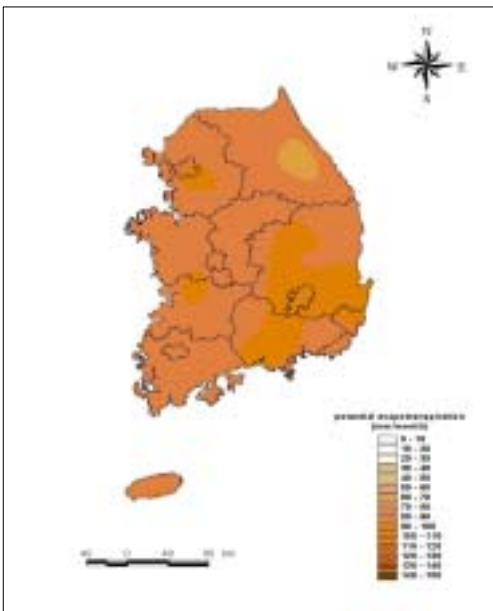
<그림 4-10> 잠재증발산량의 분포(1999년)



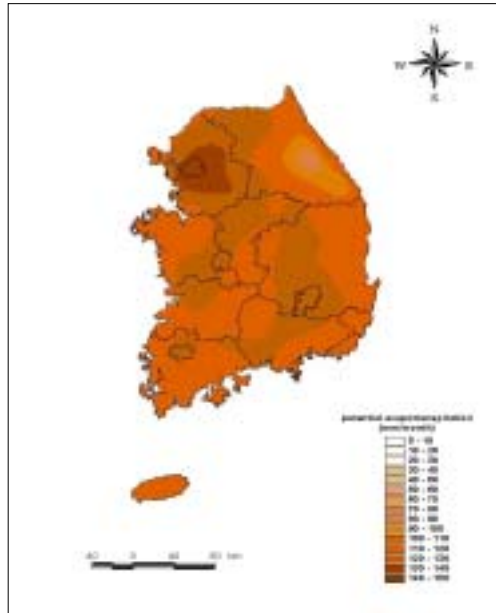
2000년 3월



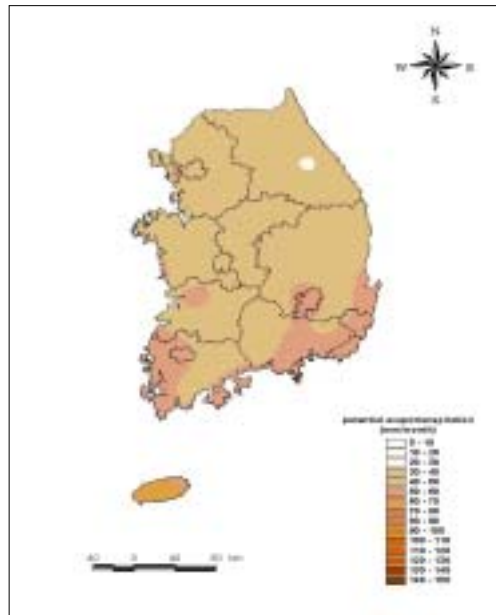
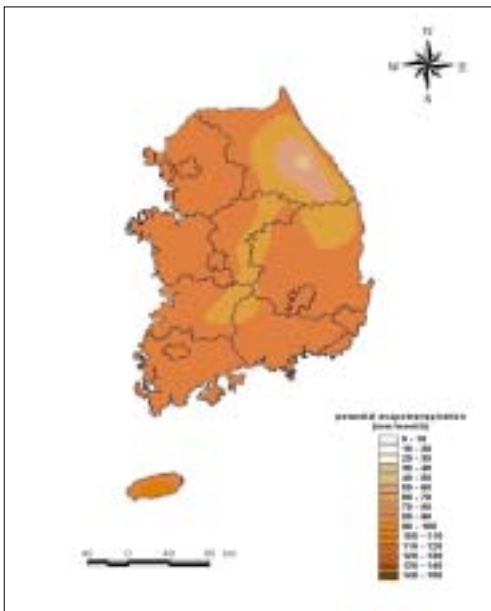
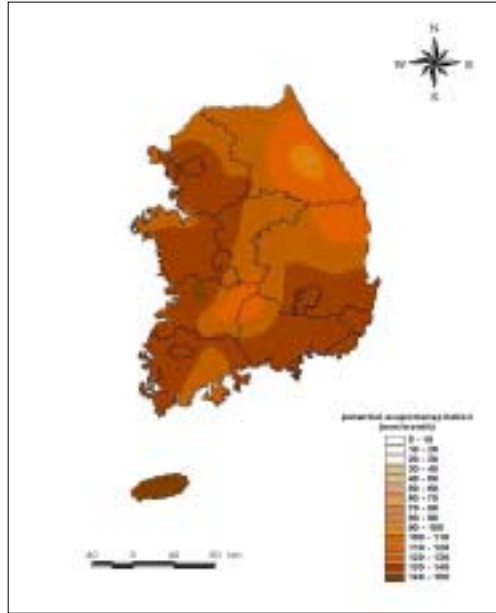
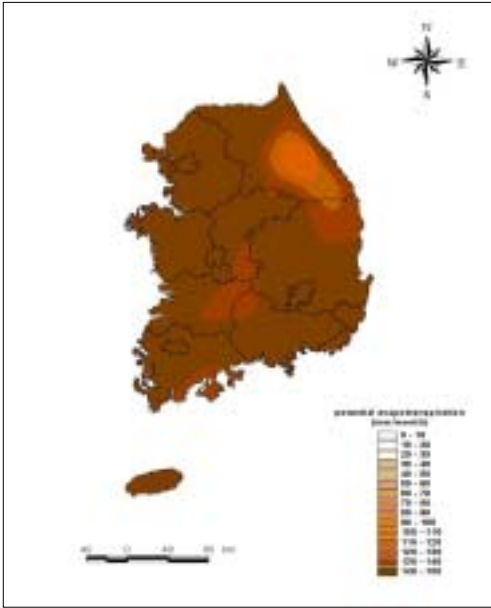
2000년 4월

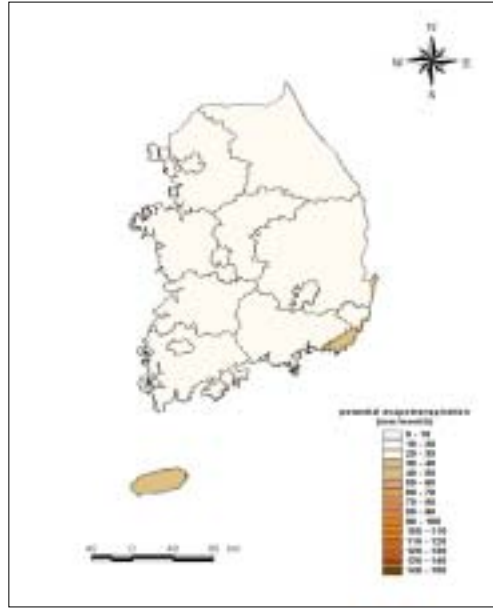


2000년 5월



2000년 6월





2000년 11월

<그림 4-11> 잠재증발산량의 분포(2000년)

제 5 절 광역물수지 모형

물수지는 수자원개발, 환경보전 등을 생각할 때 기본이 되는 중요한 개념이다. 그 이유는 재생가능한 자원으로서 수자원을 이용하기 위해서는 물수지의 실태파악이 불가결하며, 생태계가 물의 흐름에 강하게 규제되어 성립하며 인간활동이 전개되기 때문이다.

최근, 지구환경의 관심이 높아지면서 공간적으로 광역적 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 기후변동을 포함한 환경변화의 문제는 광역면에서의 물수지 파악의 중요성을 시사하고 있다. 광역물수지를 규명하기 위해서는 강우량 분포도, 실제증발산량 분포도 및 잠재증발산량의 분포도 이용되며, 이들을 입력 자료로 하여 기후학적 관점으로부터 물수지를 파악하게 된다.

1. 강우량의 공간분포

우리 나라의 연평균 강수량은 1,274mm로 세계 평균 973mm의 약 1.3배에 이르고 있어 비교적 풍부하나, 1인당 수자원 총량은 2,900m³로 국토면적과 인구수에 비교하면 세계 평균치의 11분의 1에 불과한 실정이다. 더욱이 우리 나라의 강수형태는 연중 고르게 내리는 것이 아니고, 연평균강수량의 2/3가 우기인 6~9월에 내려 수자원의 대부분이 홍수로 유출되고 만다. 그러므로, 유역의 강우량을 정확히 측정하여 토양의 건습을 측정하거나 물 순환과정을 규명하는 것은 우리 나라 수자원관리 차원에서 중요한 정보와 자료를 제공한다.

수자원에서 공간분포를 위하여 주로 사용하는 방법은 유역의 평균 강우량을 산정하기 위하여 가장 널리 이용되는 방법으로 Thiessen방법이 있다. Thiessen방법에서 폴리곤의 생성은 인접한 두 관측소를 연결한 후 연결된 선의 중심에서 수직으로 이등분하여 연장선을 그어 작성방법이며, 2차원 혹은 3차원 공간에서 곡선을 그리는데 편리한 방법으로 소구간별 함수를 이용하여 양간의 자료 점들을 일치시키게 하는 Spline법, Z값에 의해서 표현되는 현상에 있어서 공간변화가 통계적으로 지표면내에서 균일하다는 지역변수(regionalized variable)이론을 전제로한 Kriging법, 본 연구에 적용한 추이면(trend surface)의 점진적 변화를 Thiessen 폴리곤의 근접성 개념과 결합한 것으로 일종의 이동평균법인 IDW(역거리가중법), 이 밖에 Isohyetal법, 추이분석법 등이 있다.

가. Thiessen 방법

Thiessen 방법은 일반적으로 유역의 평균강우량을 산정하기 위하여 가장 널리 이용되는 방법으로 Thiessen 폴리곤의 생성은 인접한 두 관측소를 연결한 후 연결된 선의 중심에서 수직으로 이등분하여 연장선을 그어 작성한다. 이와 같은 방법으로 모든 관측점들에 대해서 동일한 과정을 적용하면 폴리곤이 생성되게 되며, 이 폴리곤은 하나의 속성 값을 갖게 된다. 이때 속성 값은 0을 가지게 되며 관측소 위치가 서로 등간격일 경우에는 동일한 크기를 가지는 폴리곤이 생성하게 된다. Thiessen 방법은 점자료를 공간적으로 연결시키는 가장 빠른 방법으로서 자주 사용되지만, 임의의 대상지역에서 기상자료는 가장 가까운 기상관측소로부터 구한다는 것을 가정하고 있다.

나. IDW(역거리가중법)

역거리 가중법은 추이면(trend surface)의 점진적 변화를 Thiessen 폴리곤의 근접성 개념과 결합한 것으로 일종의 이동평균법이다. 미계측 지역에서 관측값은 이웃 또는 주변 윈도우 내에 있는 관측소 사이의 거리가중평균이라고 가정한다. 관측소는 전형적으로 규칙적인 격자 상의 위치하거나 또는 불규칙적으로 분포하게 된다.

역거리 가중법은 주변관측소의 값들을 이용하여 임의의 지점에 대한 값을 추정하는데 있어 거리

에 따른 가중치를 부여하여 계산하게 된다. 구하고자 하는 값이 강우량인 경우 거리의 제곱의 역으로 가중치를 부여하는 경우에 가장 좋은 결과를 얻는 것으로 알려져 있으며, 구하고자 하는 지점에서 가까운 지점일수록 큰 가중치를 지니게 되는 방식이다.

다. Spline

Spline은 2차원(또는 3차원) 공간에서 곡선을 그리는데 편리한 방법으로, 소구간별 함수를 이용하여 약간의 자료 점들을 일치시키게 된다. Spline 보간법은 표본점들을 이용하여 이차원의 최소곡률을 해석하여 적용하는 것으로 표면을 완만하게 변화하는데 적절하다.

GIS를 이용한 보간법 중에서 정밀한 Spline 방법이 공통적으로 이용된다. 자료가 2차원 혹은 3차원 공간상에서 측정되었을 경우에 자연적인 변화량 및 관측값에 포함된 오차의 효과는 측정된 값보다 과도하게 높거나 낮은 국부적인 인위적 값을 생성할 수 있다. 이러한 인위적인 값들은 “thin plate spline”을 이용하여 가능한 가깝게 관측점을 지나도록 하며 가능한 평활화해져야 한다고 가정한다.

라. Isohyetal

Thiessen 방법은 산술평균보다는 비교적 정확히 평균강우량을 계산할 수 있는 방법이지만, 유역에서 관측인자에 영향을 줄 수 있는 지형인자와 같은 영향을 고려하지 못하는 단점을 갖고 있다. Isohyetal 방법은 이러한 단점을 보완할 수 있는 내삽방법이다. 특히 등우선을 작성함으로써 각 관측소에서 유역과 관련 있는 지역의 경계를 연결하게 되며, 인접한 등우선 내의 지역은 근접한 등우선과 관련 있는 평균강우량에 따른 가중치를 부여하게 된다.

가중치를 만들기 위하여 각 강우관측소에서 유역에 영향을 미치는 인자들에 대한 지식을 포함시킬 수 있는 것이 Isohyetal 방법의 장점이다. 그러나, 관측망의 밀도가 낮을 경우 등우선의 작성이 다소 주관적일 수 있다는 것이 단점이다.

마. 추이분석

속성의 변화가 대상지역 전체에 걸쳐 연속적이고 장기적인 변화를 나타내는 경우 다항식의 회귀분석에 의하여 모형화할 수 있다. 이러한 모형들은 관측점에서 관측값에 대한 다항식의 형태와 일치시키게 되며, 미계측 지역에서 값들이 관측점에 대한 좌표들로부터 계산될 수 있다.

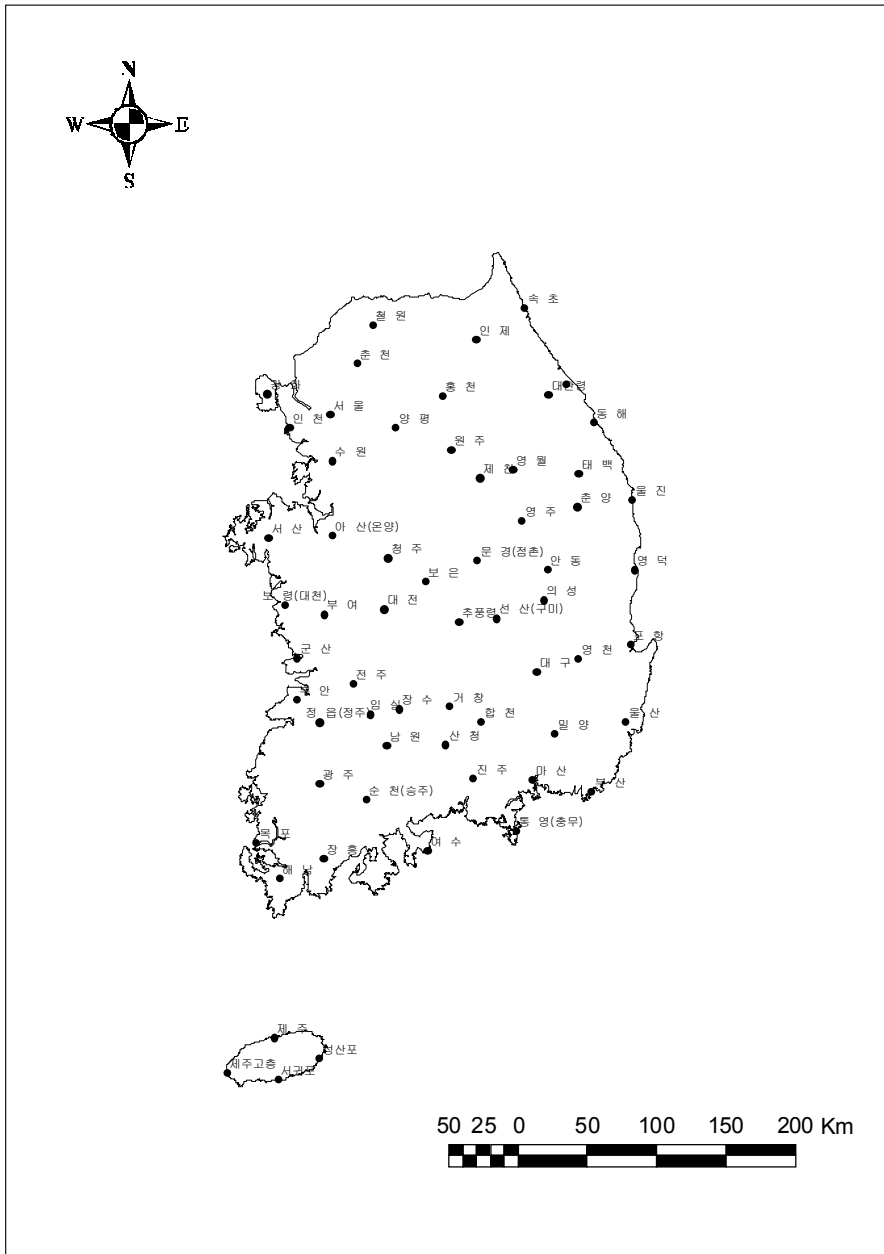
넓은 범위의 공간변화를 모형화하는 가장 간단한 방법은 속성값과 좌표로 된 자료를 이용한 다중회귀법을 이용하는 것이다. 이 방법은 자료의 공간적인 형태에 따라 다항식을 선 혹은 면으로 일

치시키게 된다

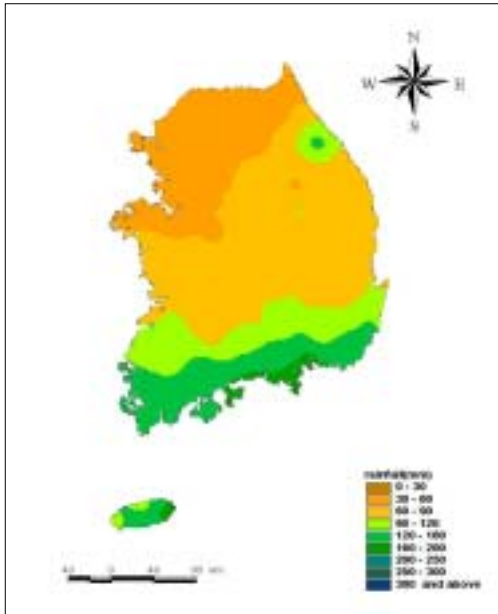
바. Kriging

Kriging 기법은 매우 강력하고 정교한 격자내삽 기술이며, 이 기법을 사용하기 위해서는 상당한 지식을 갖고 있어야 한다. Kriging 기법은 Z값에 의해서 표현되는 현상에 있어서 공간변화가 통계적으로 지표면내에서 균일하다는 지역변수(regionalized variable)이론을 전제로 한 것이다. 즉, 공간 변수가 가지는 변이의 크기는 일정한 평균값으로서 나타낼 수 있는 공간상의 구조적 성분, 무작위로 공간상의 위치와 연관성을 가지고 달라지게 되는 요소, 그리고 무작위로 발생하는 오차나 잡음에 해당하는 요소 등 세가지 성분으로 구성된다.

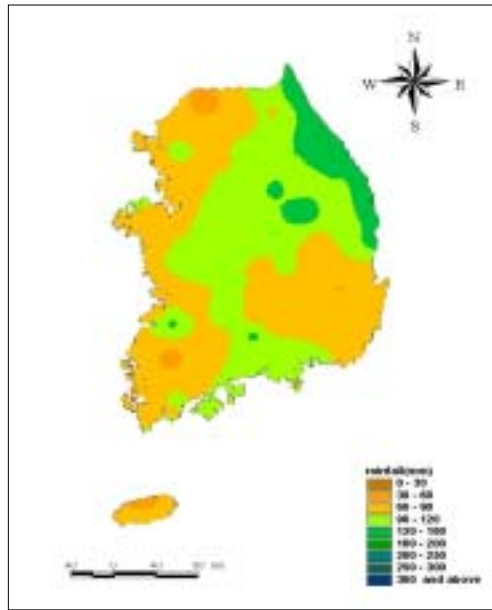
본 연구에서는 전국의 강우관측소 중 61개소<그림 4-12>을 기준으로 각 지점별 강우량을 기상청으로부터 획득하여 관측소별 강우량에 따른 등우선도의 작성과 함께 IDW법을 사용하여 강우량의 공간분포를 실시하였다. 연도별로 분포된 월 강우량도를 <그림 4-13, 그림 4-14>에 나타내었으며, 1999년에 비하여 2000년도에 상대적으로 강우가 적었음을 알 수 있다.



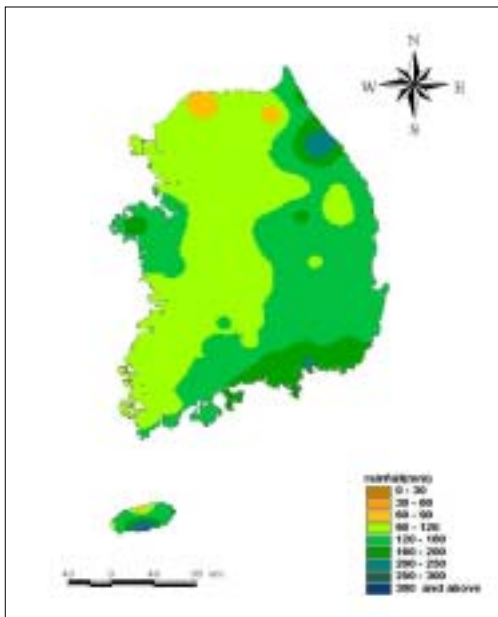
<그림 4-12> 연구에 사용된 강우관측소



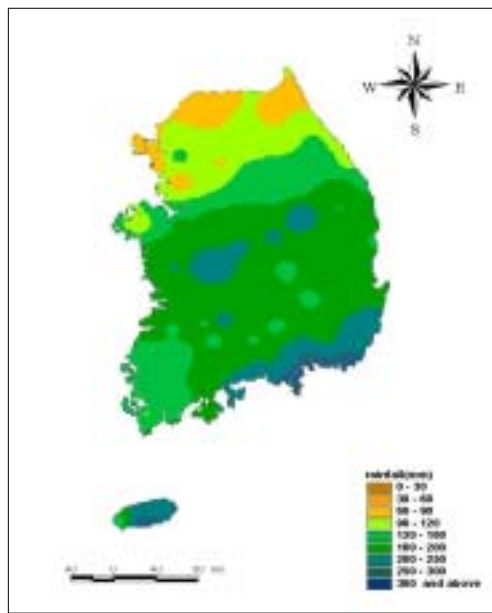
1999년 3월



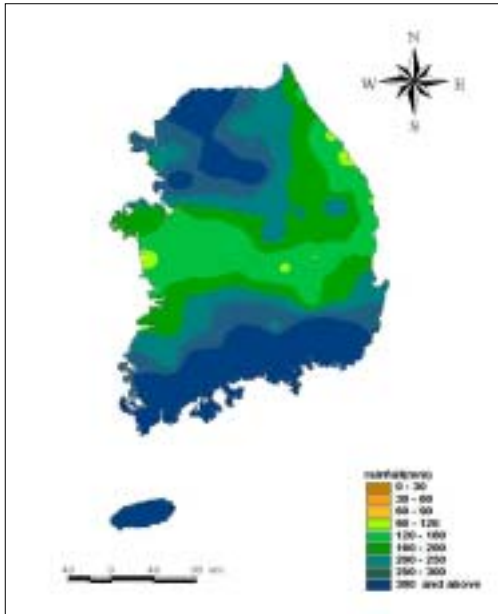
1999년 4월



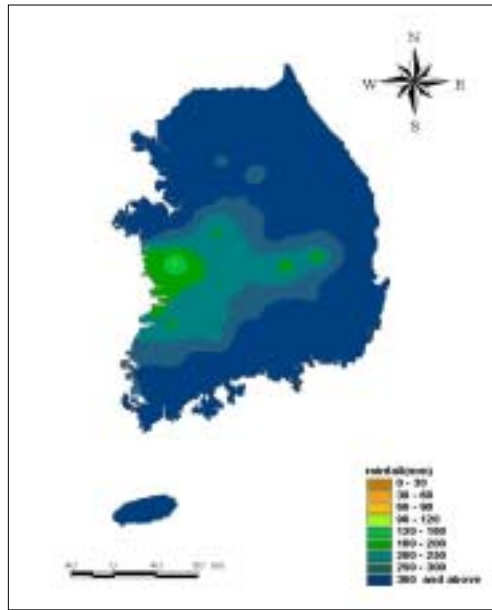
1999년 5월



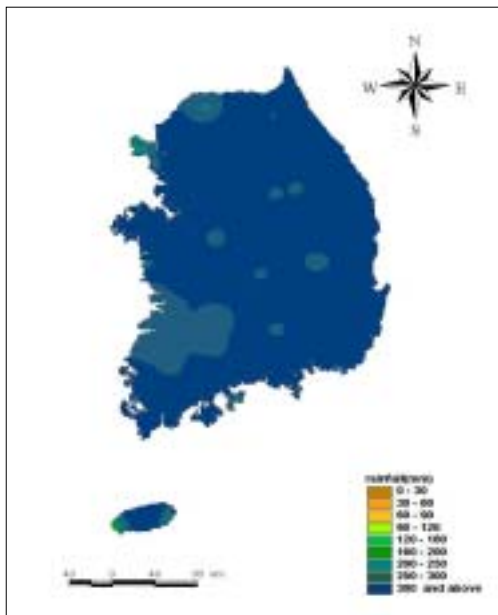
1999년 6월



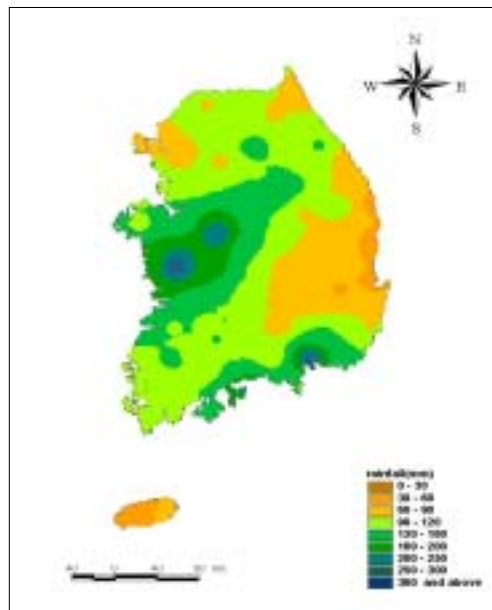
1999년 7월



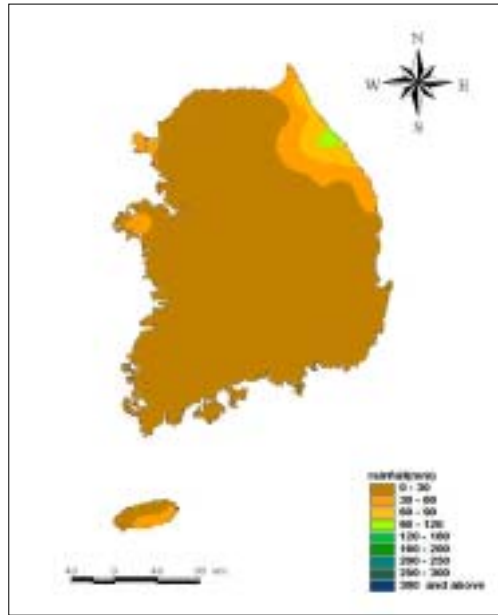
1999년 8월



1999년 9월

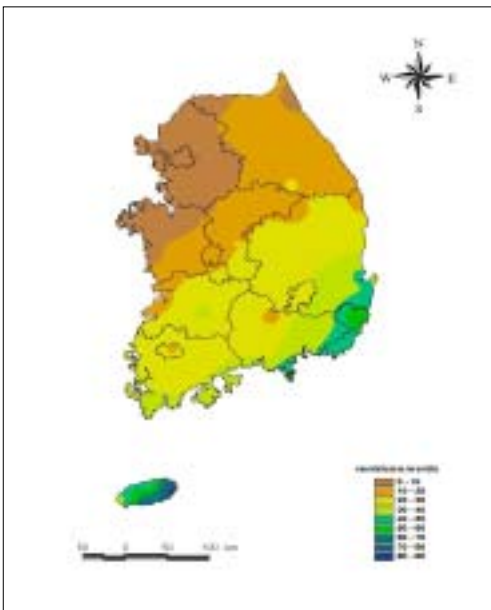


1999년 10월

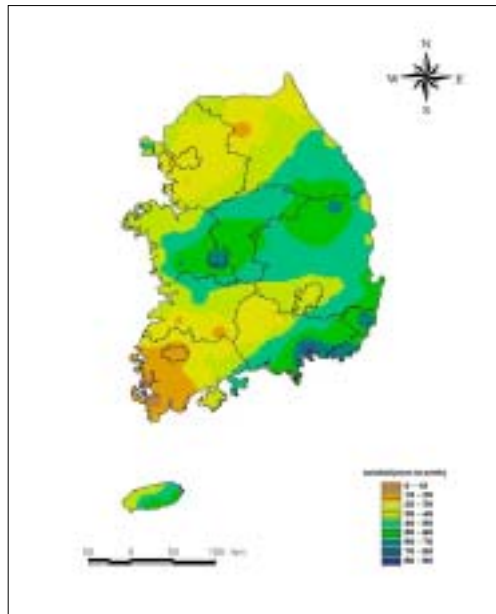


1999년 11월

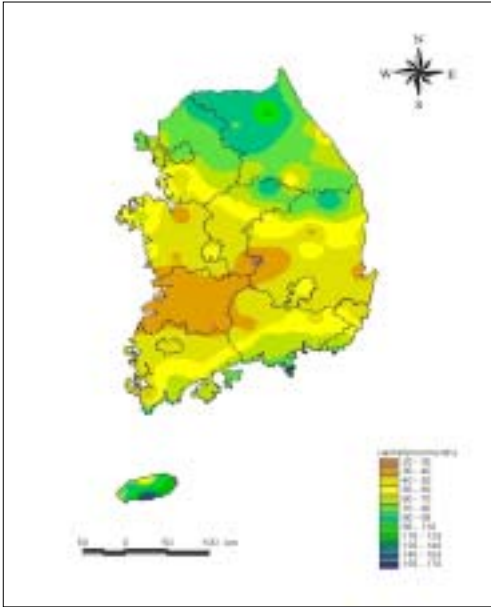
<그림 4-13> 강수량 분포(1999년)



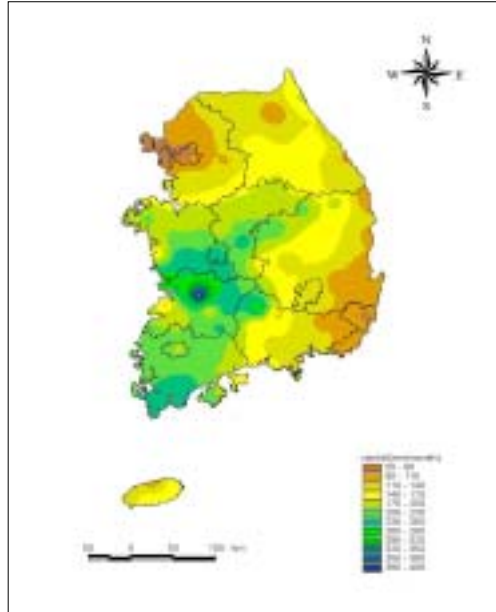
2000년 3월



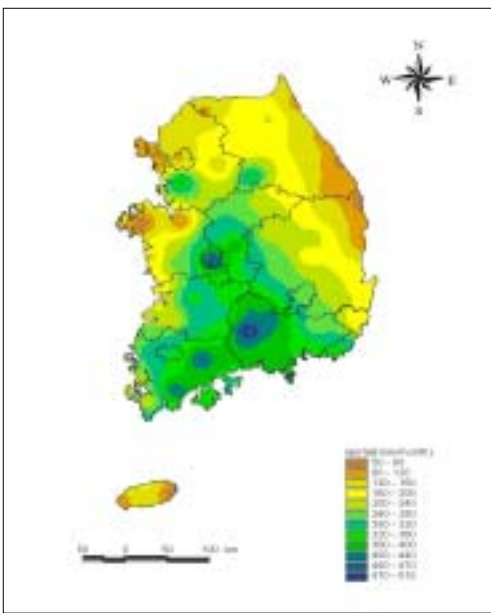
2000년 4월



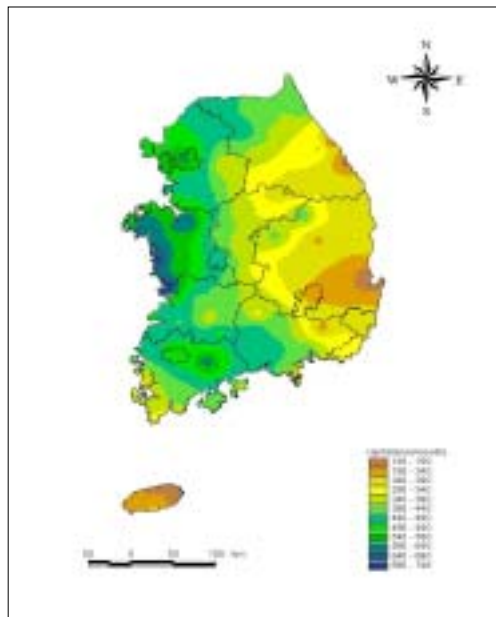
2000년 5월



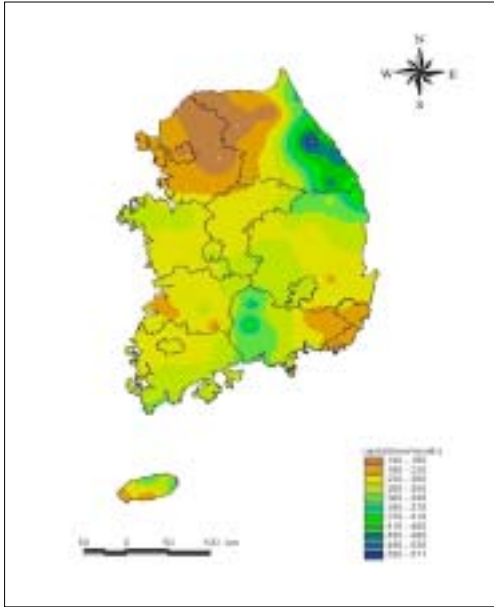
2000년 6월



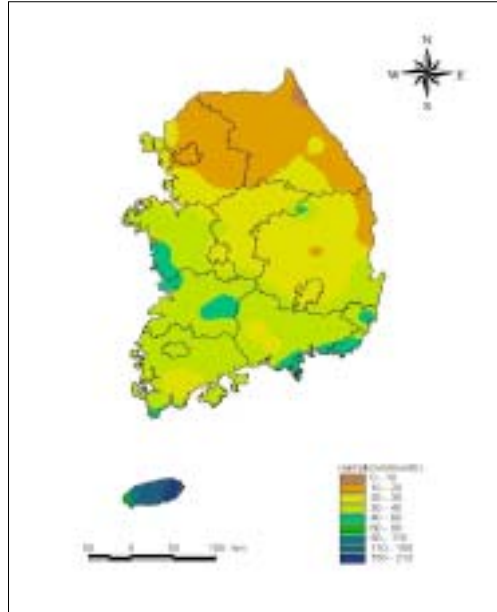
2000년 7월



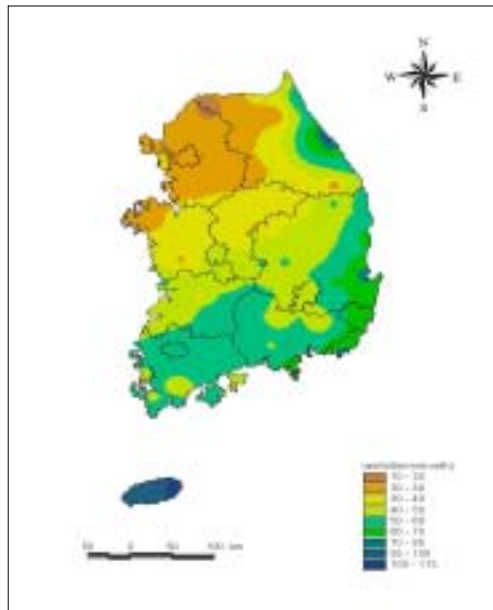
2000년 8월



2000년 9월



2000년 10월



2000년 11월

<그림 4-14> 강우량 분포(2000년)

2. 기후학적 물수지의 평가

기후학적 물수지는 기후구분을 위하여 Thornthwaite(1948)에 의해 개발된 이래, 다양한 수문기상학적 문제의 정량적 정보를 획득하기 위한 하나의 방법으로 응용되어 왔다(Legates and Mather, 1992).

물의 공급(강수)과 기후학적 물수요(증발산량)와의 비교에 의해 복잡한 지형 조건하에서의 물 보유량 등의 정보가 파악된다. 여기서 부족수분량(D)는 기후학적 수요량과 실제 공급량과의 차로 정의된다. 또한 과잉수분량(S)는 식물에 의한 수요량 이상의 수분량으로 정의된다. 부족수분량은 식생의 성장을 유지하기 위하여 관개 등에 의해 공급되어야 할 양이다. 또한 과잉수분량은 지하에 침투하는 양과 하천수에 의해 손실되는 수분이다. 과잉수분량에는 표면류와 지표하유출에 유출량을 포함하고 있다.

$$S_i = P_i - E_i \quad (4-22)$$

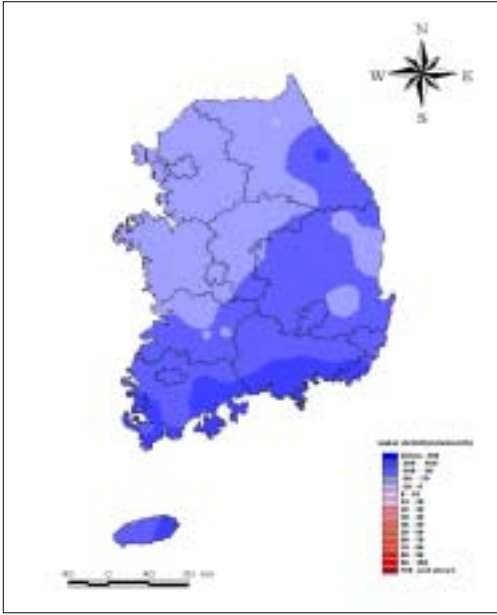
$$D_i = PE_i - P_i \quad (4-23)$$

여기서, S_i : 과잉수분량(mm/year), D_i : 부족수분량(mm/year), P_i : 강수량(mm/year), E_i : 실제증발산량(mm/year), PE_i : 잠재증발산량(mm/year)

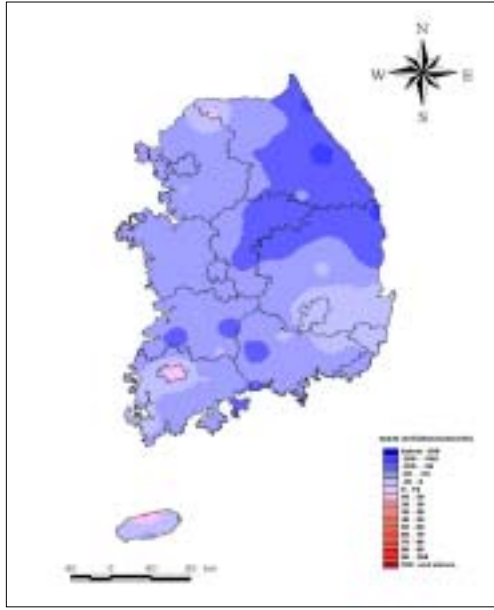
지금까지 구한 강수량 분포도, 실제증발산량 및 잠재증발산량 분포도를 이용하여 우리나라에 대한 과잉수분량과 부족수분량을 구한 결과를 <그림 4-15, 그림 4-16, 그림 4-17, 그림 4-18>에 나타내었다.

부족수분량의 분포를 보면 1999년의 경우 6월에 경기 북부지역에서 약간의 수분 부족이 나타나고 있을 뿐 전체적인 수분 부족이 발생되고 있지 않음을 알 수 있다. 반면에 2000년의 경우 3,4,5월에 많은 물부족 현상이 발생하고 있으며, 특히 5월에는 거의 전국적인 물부족 현상이 발생되고 있다.

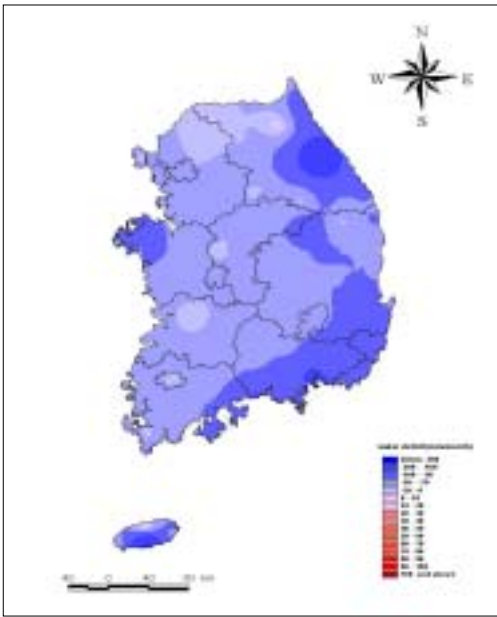
반대로 과잉수분량의 경우 1999년의 경우 대부분 과잉수분량이 존재하여 하천수 혹은 지하수 흐름에 많은 부분이 기여하고 있음을 알 수 있으며, 2000년 봄의 경우 과잉수분량이 존재하지 않아 하천수의 고갈 등이 예상될 수 있음을 알 수 있다.



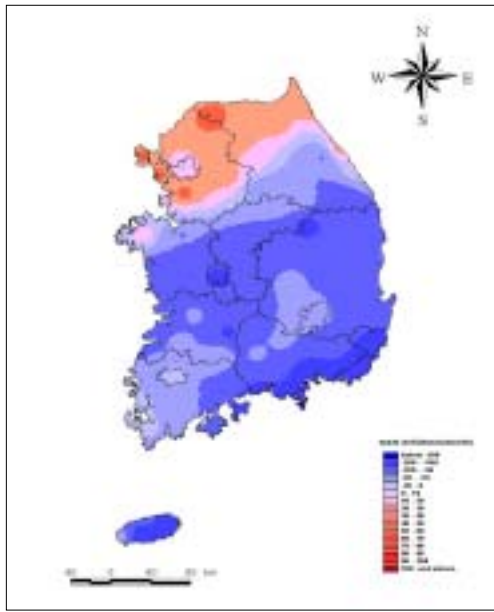
1999년 3월



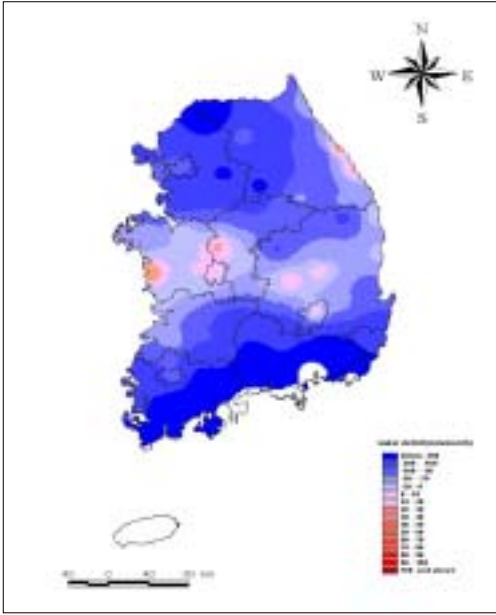
1999년 4월



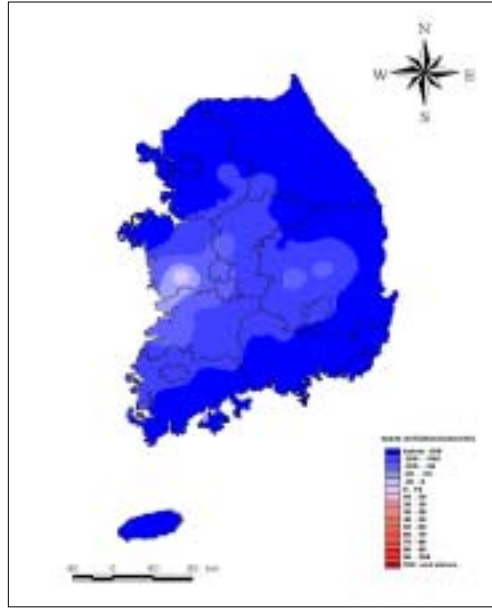
1999년 5월



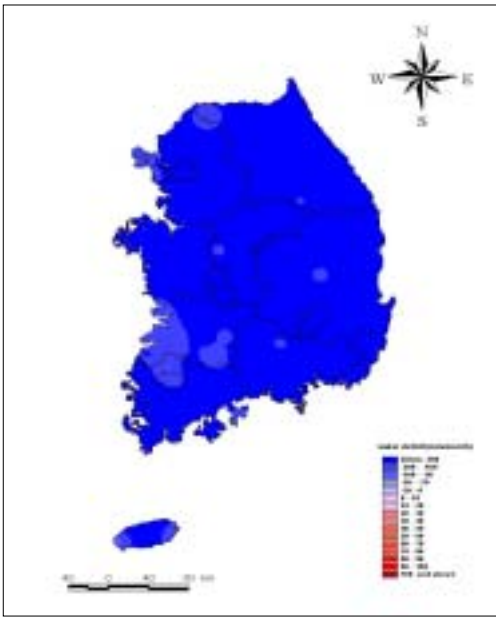
1999년 6월



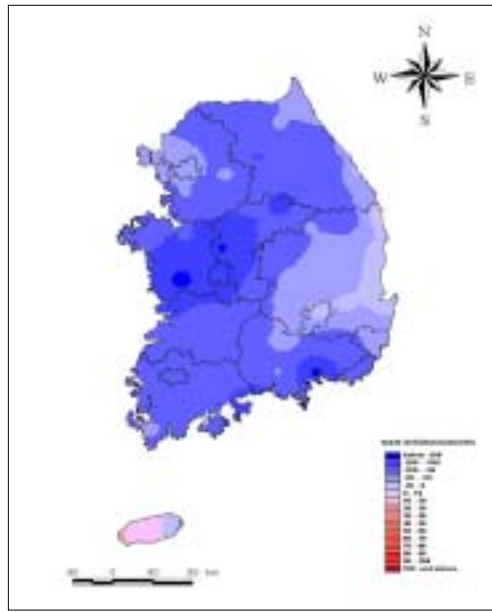
1999년 7월



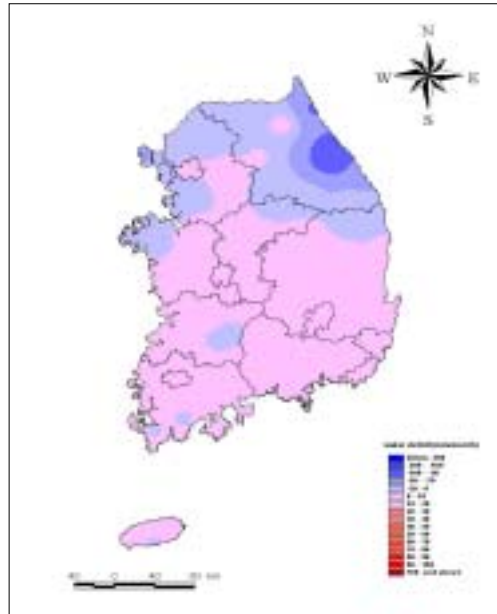
1999년 8월



1999년 9월

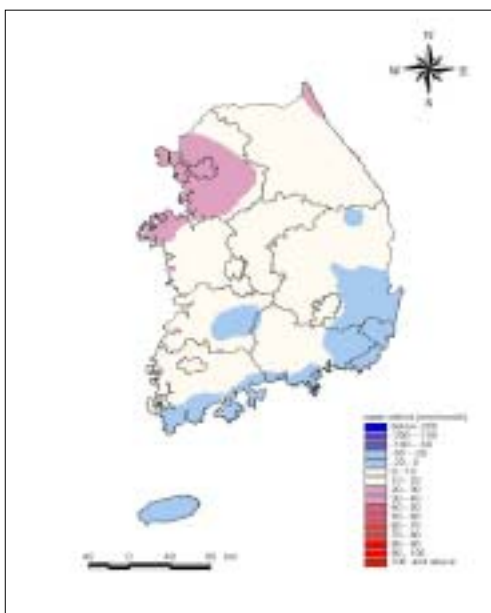


1999년 10월

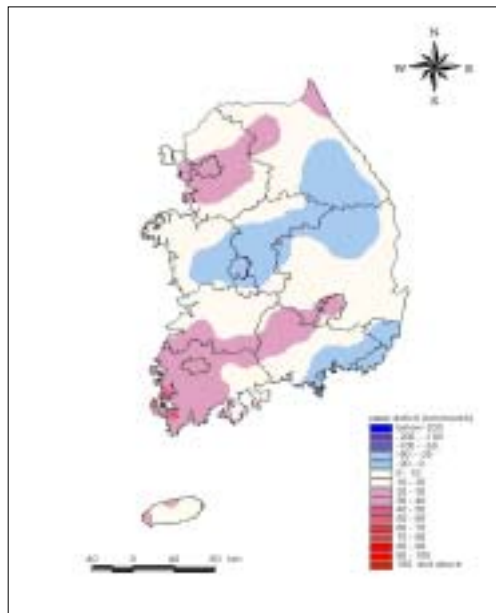


1999년 11월

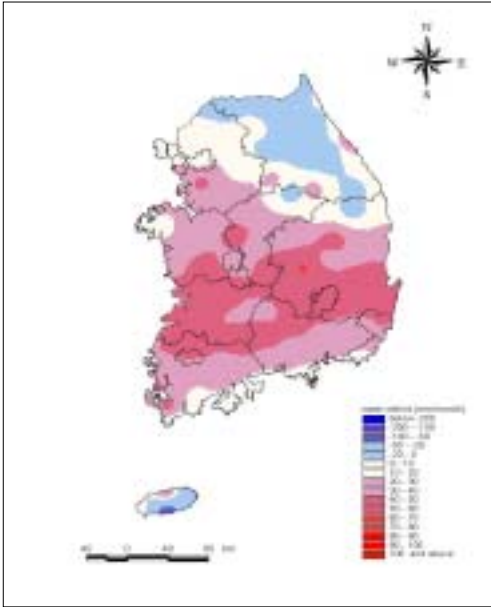
<그림 4-15> 부족수분량 분포(1999년)



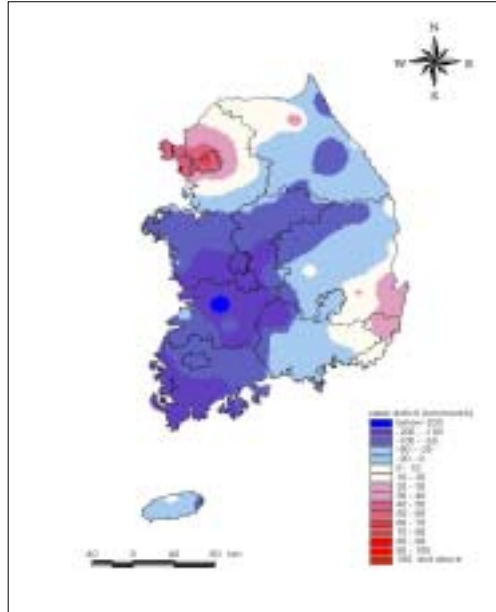
2000년 3월



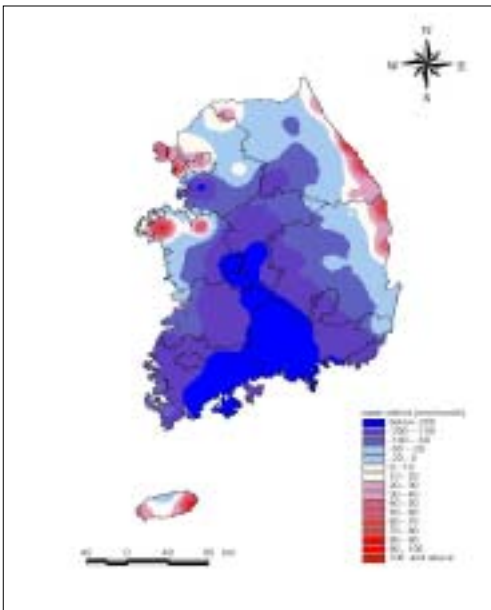
2000년 4월



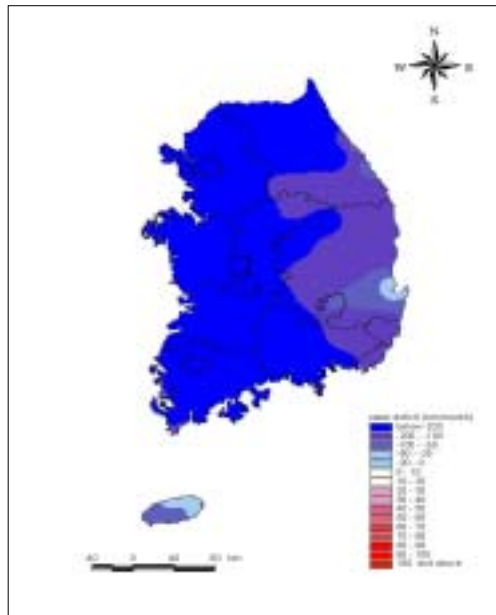
2000년 5월



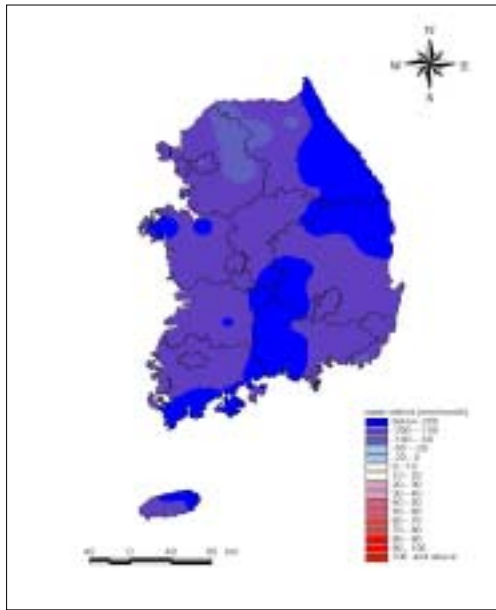
2000년 6월



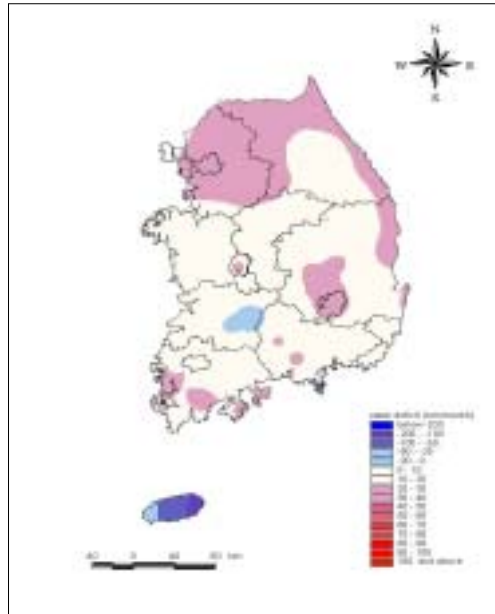
2000년 7월



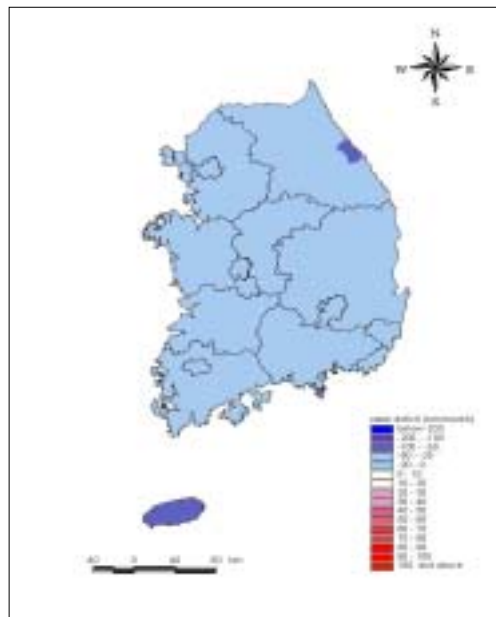
2000년 8월



2000년 9월

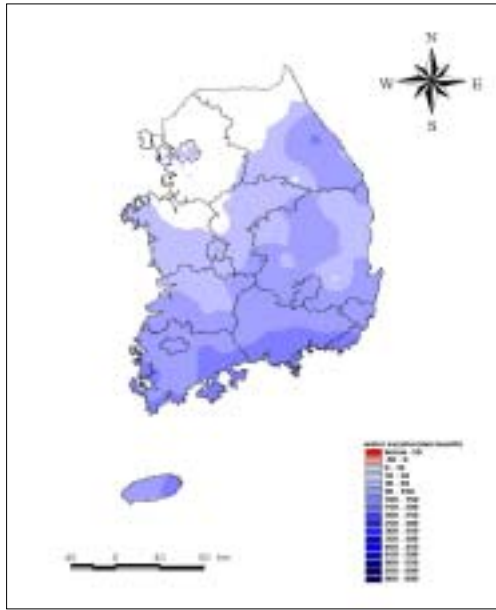


2000년 10월

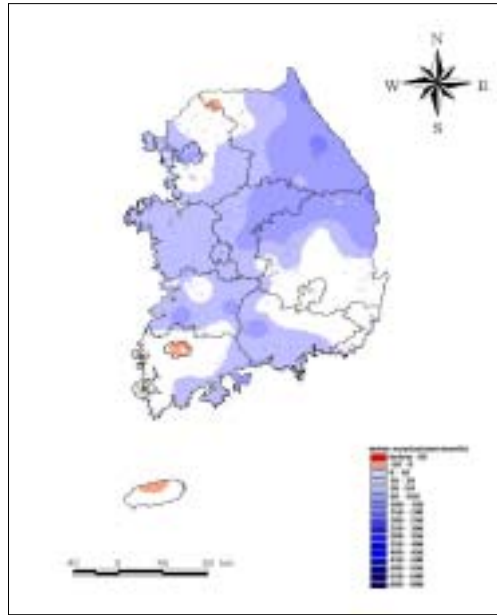


2000년 11월

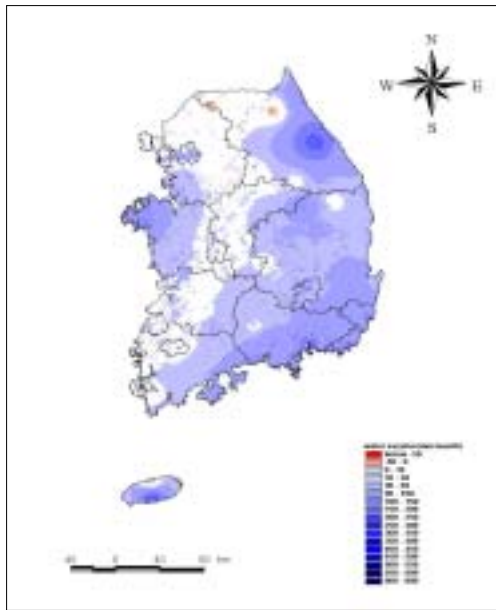
<그림 4-16> 부족수분량 분포(2000년)



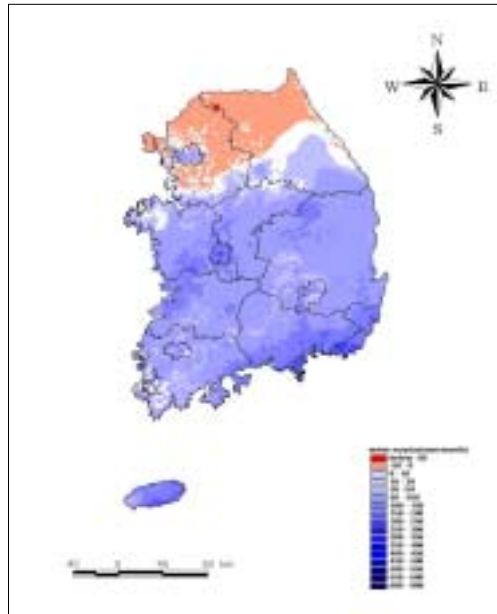
1999년 3월



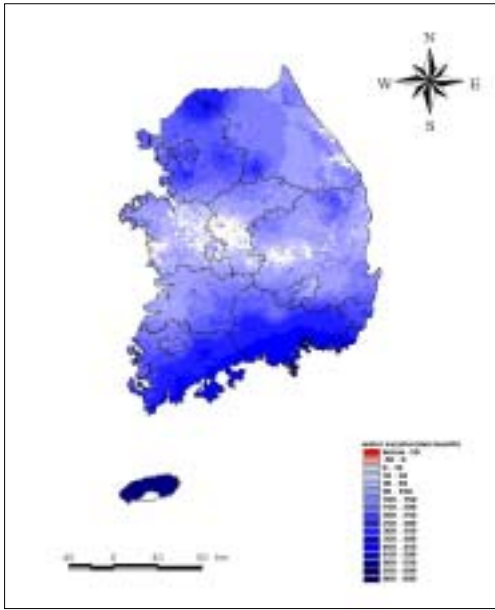
1999년 4월



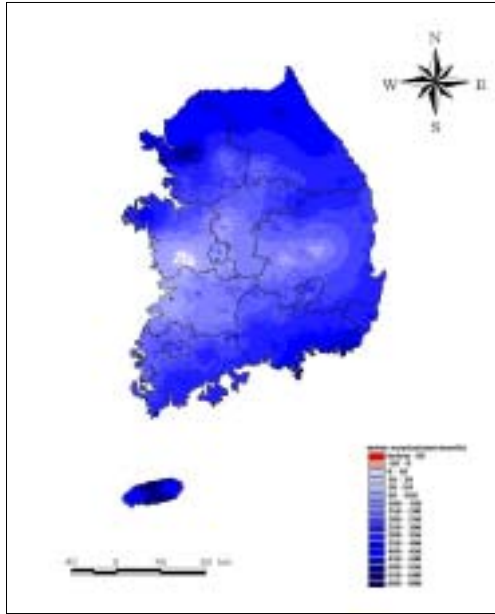
1999년 5월



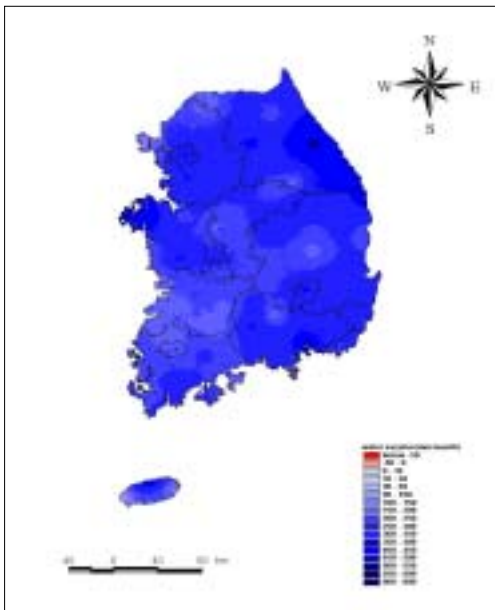
1999년 6월



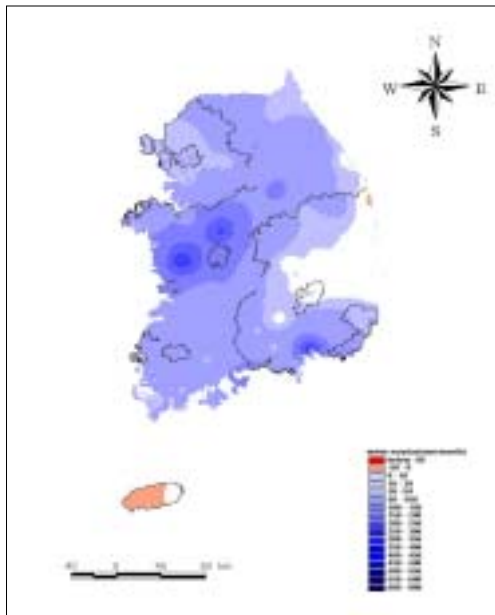
1999년 7월



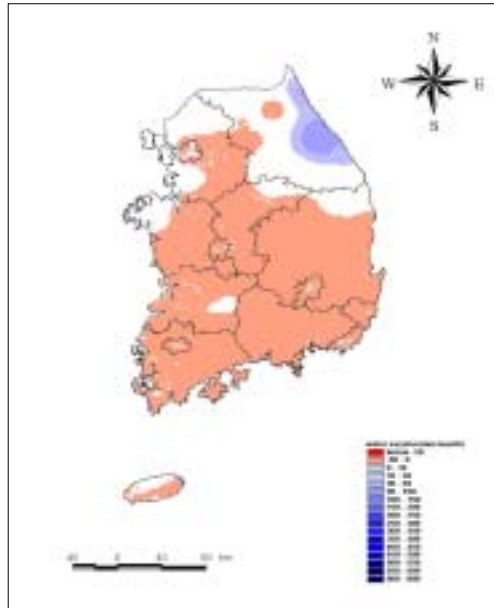
1999년 8월



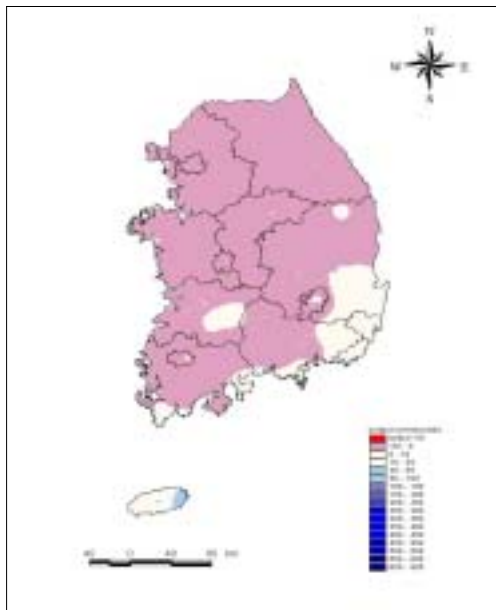
1999년 9월



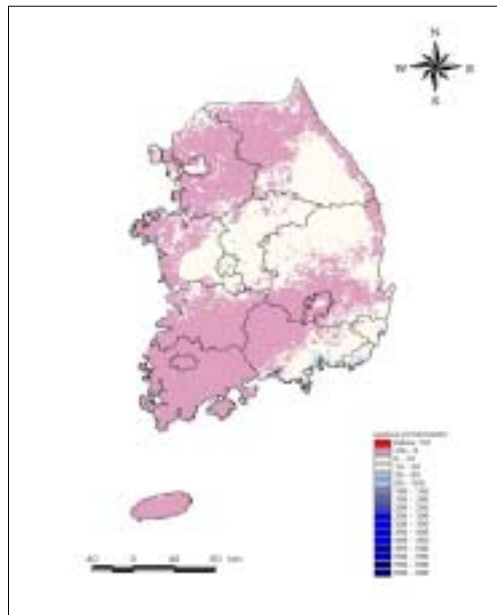
1999년 10월



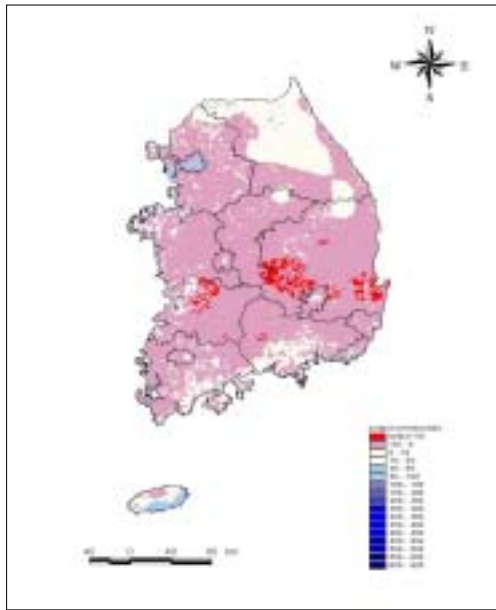
1999년 11월
 <그림4-17> 과잉수분량 분포(1999년)



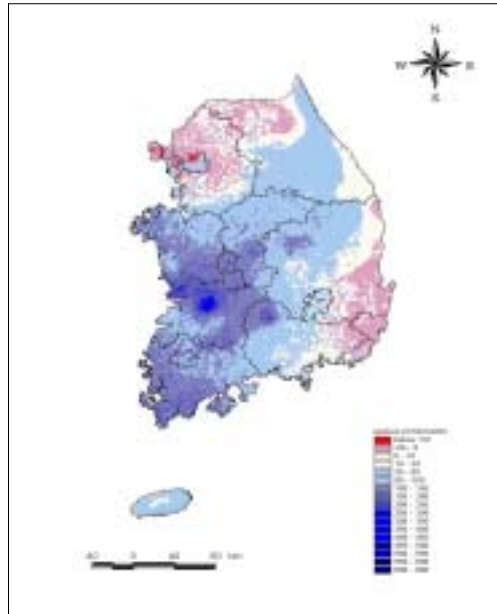
2000년 3월



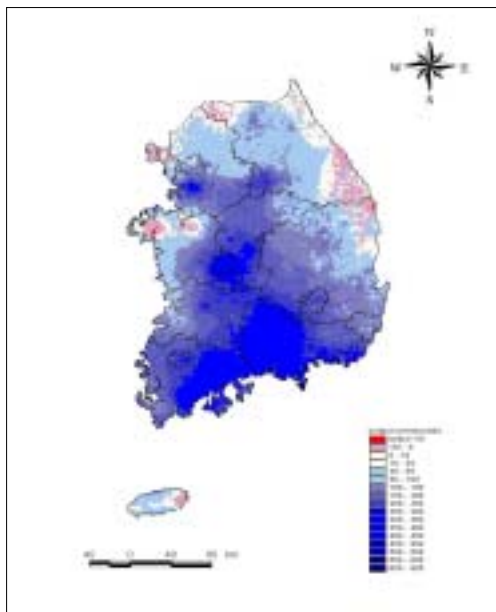
2000년 4월



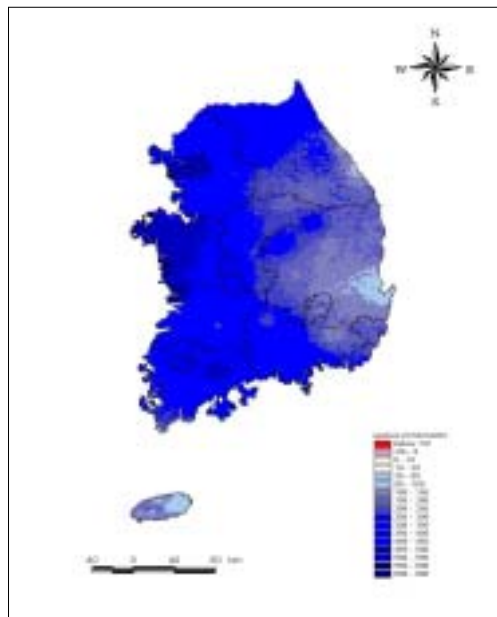
2000년 5월



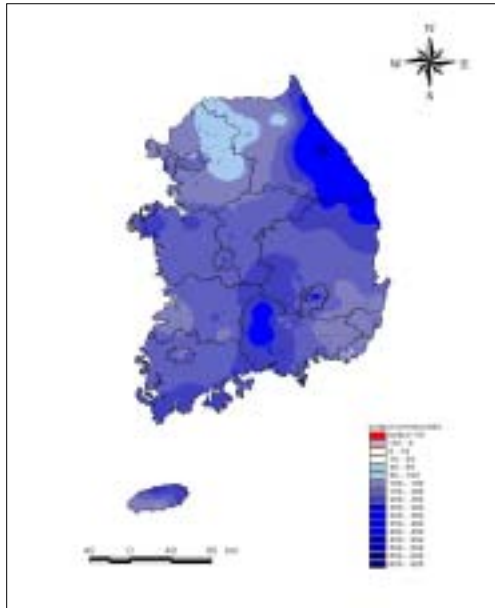
2000년 6월



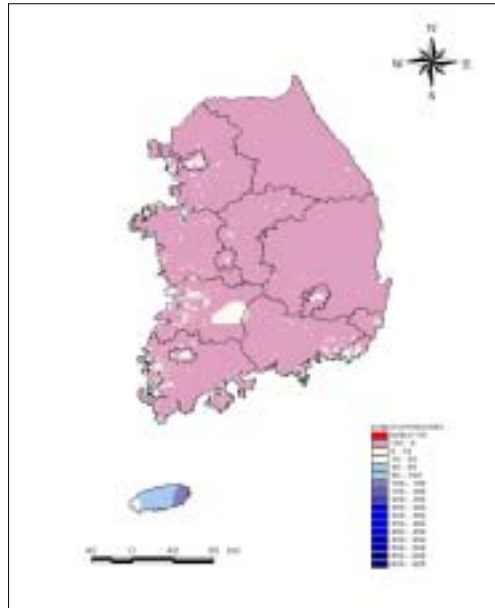
2000년 7월



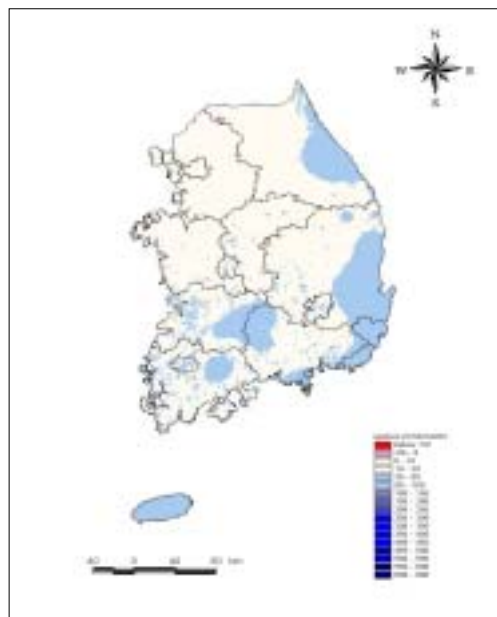
2000년 8월



2000년 9월



2000년 10월



2000년 11월

<그림 4-18> 과잉수분량 분포(2000년)

제 6 절 결론

본 연구는 지상의 관측자료 획득에 어려움이 있는 광역면을 대상으로 수자원정보를 추출하는 방법에 대한 연구를 실시하였다. 넓은 지역을 대상으로 시계열 자료로서의 출력물을 얻고자 할 때 시간적, 공간적으로 특성이 동일한 자료를 이용하여 객관적인 판단에 의한 것이어야 한다. 인공위성 자료를 이용할 경우 시·공간적으로 변화가 많은 지역에 대하여 동일한 정확도로 지상 자료의 획득이 가능하다는 측면에서 객관적 판단을 가능하게 하고 있다. 이러한 측면에서 넓은 지역에 대한 분석을 실시할 경우 위성자료를 이용한 분석은 대단히 효과적이며, 시간에 따른 변화양상을 파악하여야 하는 수자원분야의 측면에서 시계열 자료로서 위성자료의 이용이 가능한 NOAA/AVHRR의 이용은 최선의 선택이 될 수 있을 것이다.

인공위성 자료를 이용하여 어떠한 물리량을 추출하고자 할 때 우리가 가장 원하는 정보는 인공위성으로부터 해당 물리량을 직접 추출할 수 있기를 바랄 것이다. 그러나, 인공위성 원격탐사 자료는 물리, 생물 또는 사회과학을 수행하는데 필요한 모든 정보를 제공할 수 있는 만능은 아니며, 단순히 관심 대상 지역에서 반사 혹은 방출되는 전자기 에너지를 수동적으로 기록하여 공간적, 분광적 및 시간적 정보로 제공해 줄 뿐이다. 따라서, 우리가 관심을 갖고 있는 수자원정보를 인공위성 자료를 이용하여 추출하고자 할 때 인공위성 자료 중 무엇을 이용할 것인가를 결정하여야 한다.

어느 지역의 식생상태는 그 지역의 유출현상 뿐만 아니라 증발산 등의 물 순환 과정에 영향을 주고 있다. 따라서, 본 연구에서는 식생상태를 정량적으로 표현해 주는 NDVI와 증발산량과의 선형관계를 가정하고 있다. 이와 같이 증발산량을 위성자료로부터 직접 구하는 방법을 이용함으로써 지상의 정보가 충분하게 얻어지지 않는 광역면을 대상으로 증발산량의 분포가 용이하게 파악 가능하다. 또한, 증발산량, 강수량 등의 정보를 이용하여 기후학적 물수지를 통하여 지표면의 건습을 결정하고 기후학적인 물수지의 규명을 시도하였다. 본 연구로부터 자세한 기상정보나 수문정보가 얻어지지 않는 조건하에서도 다양한 수문량의 분포가 파악가능하며, 물순환을 구성하고 있는 수문시스템의 입출력의 정량적 평가가 가능하다.

제 5 장

RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원 · 환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발 <고해상도 부문>

제 5 장 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발 <고해상도 부문>

제 1 절 연구배경 및 목적

지난 수십 년 동안 농촌지역에서는 산림(벌채, 개간 등), 토지이용(주거지 조성, 논 경지 정리, 밭개간 등), 물이용(지하수 개발, 논 비닐하우스 재배 등)의 변화 등 꾸준한 변화가 지속되어 왔다. 유역의 상류인 산림지역은 과거와는 달리 조밀한 상태로 그리고 꾸준한 면적의 감소는 수자원 함양량 및 생태계 측면에서 변화가 있음이 틀림없다. 한편 토지이용의 변화는 강우시 유출의 변화와 직결된다. 농촌유역의 주거지 조성은 이전의 지표면이 갖고 있었던 보수 및 유수 기능 등이 건물이나 아스팔트, 콘크리트 포장으로 피복되면서 현격하게 줄어들고, 산림지역의 꾸준한 개발 및 밭 개간으로 인한 토지이용의 변화에 따라 이들 지역에서 하천으로 유입되는 홍수 유출량이 이전보다 증대되고 유역 출구점까지의 도달시간은 단축됨으로써 침투 유량이 증가하게 되었다.

기존의 강우-유출해석을 위한 자료 구축은 해당유역의 지형도나 기타 도면들과 현장에서 관측한 자료들을 토대로 수작업 및 간단한 연산을 통해 이루어졌다. 그러나, 이러한 방법들은 많은 시간과 노력이 필요로 하며, 그 효율성과 결과에 대한 신뢰도 역시 낮다는 문제점을 가지고 있다. 이에 GIS (Geographical Information System)의 응용범위가 확대되면서 수자원분야에 있어서도 GIS를 이용하여 효율적으로 수자원 관리하기 위한 다양한 기술 및 수문모형들이 개발되고 있다. 하드웨어의 그래픽 성능이 모델의 입력과 출력을 쉽게 가시화 할 수 있게 되면서 1990년대부터는 WMS HEC-1, BASINS-SWAT, CASC2D 등과 같이 포괄적인 그래픽 사용자환경을 제공하는 시스템의 개발도 병행되고 있다.

RS (Remote Sensing)는 최근 들어 위성영상의 공간적, 분광적 해상도의 다양화와 더불어 영상처리기술의 획기적인 발전에 의해 현지측량이나 항공측량, 그 밖의 방법 등에 의한 것보다 넓은 지역을 빠른 시간에 효율적으로 처리하여 수문모형의 필수입력자료인 토지이용도를 작성할 수 있게 되었고, 주기적 데이터 획득에 의한 정보갱신과 수치화, 시계열 분석에 용이하다는 장점을 이용함으로써 과거 수십년간의 인공위성 영상자료를 이용한 토지이용의 경년변화 추정이 가능하게 되었다.

본 연구에서는 안성천 평택수위관측소 상류유역을 대상으로 과거로부터 최근까지 20여

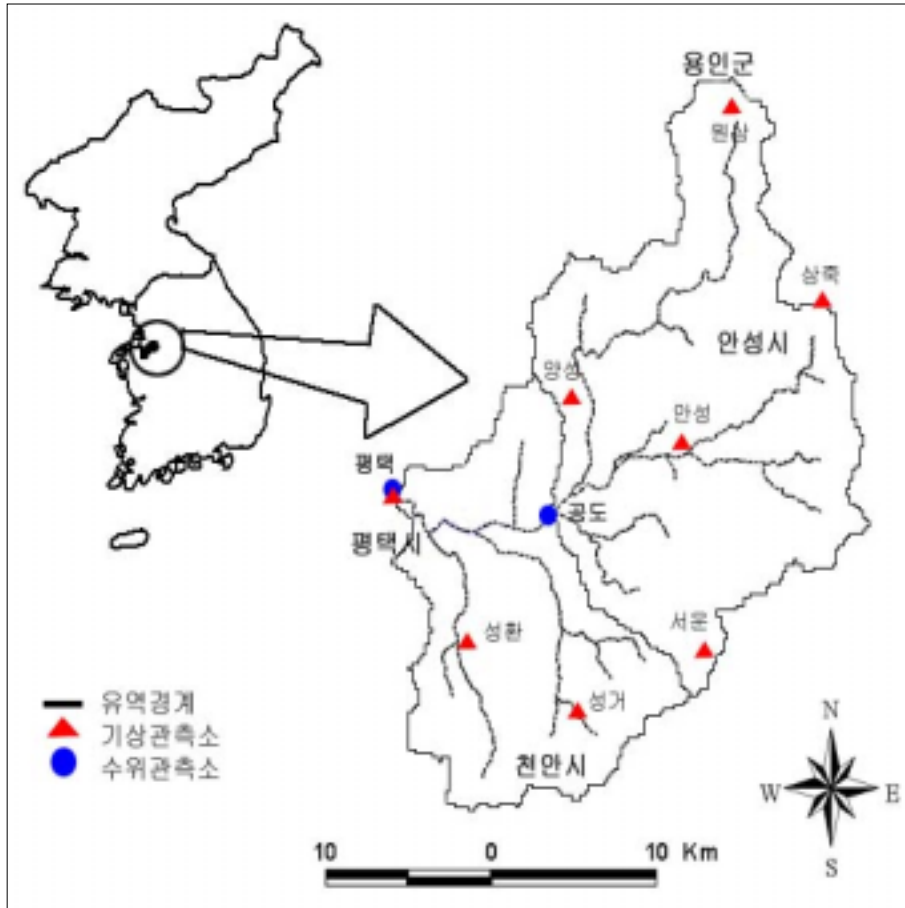
년 간의 Landsat TM 인공위성영상을 이용하여 유역내 토지이용의 변화양상을 분석하고, 수문분석을 위한 GIS자료인 수치고도모델, 하천도, 토양도, 유역경계도, 행정구역도, 지하수 위도, 기상분포도 등을 작성하였다. 또한, 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 개개의 격자마다 지표면 및 지표하의 일단위 물수지를 계산하므로써 유역 전체의 시간적·공간적 수자원 변동량을 파악할 수 있도록 하는 전형적인 분포형 연속 수문모형(distributed continuous hydrologic model)을 개발 및 적용하였다.

제 2 절 연구대상지역 개요

본 연구의 대상 유역으로는 경기도 안성을 중심으로 평택, 충청남도 천안에 걸쳐있다 <그림 5-1>. 이 지역은 과거 20년 동안의 원격탐사 자료가 확보된 지역으로서, 산업발전으로 인한 개발과 함께 상당부분의 개발이 이루어졌고 이러한 개발로 인하여 산림지역이나 농경지 등의 상당부분이 택지로 전환되는 등 토지이용의 변화가 현저하였다. 이에 본 유역에 대한 토지이용변화에 따른 농경지 관련 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 유역은 대권역 안성천 유역에 포함되며 평택수위관측소를 기준으로 한 상류유역을 대상으로 하였으며, 유역의 평균표고는 91.14m, 평균 경사는 8.49°, 유역둘레길이는 52.25km 이고 전체 유역면적은 585.09km² 이다.

본 대상유역의 유역출구점에 해당하는 평택수위관측소는 건설교통부 관할이며, 경기도 평택시 군문동 군문교에 설치, 운영중이다. 본 관측소는 1929년 1월부터 관측을 개시하여 1962년 7월에 보통수위계로 변동되었고, 1983년 3월에 T/M 자기위수계로 변동되었으며, 현재 관측소 영점 표고는 0.178m로 변경되었고, 계획홍수위는 7.98m(EL. 8.158m)이다.



<그림 5-1> 안성천 평택수위관측소 상류유역

제 3 절 RS를 이용한 수자원 관련정보의 평가

1. 원격탐사 자료의 획득 및 구입

고해상도 인공위성 영상자료로서 Landsat MSS(공간해상도 80m×80m) 및 TM(공간해상도 30m×30m), JERS-1 SAR(공간해상도 12.5m×12.5m)는 RESTEC(Remote Sensing Technology Center of Japan)에서 연구용으로 구입하였으며, SPOT XS(공간해상도 20m×20m)는 우리나라 대전에서 자체 수신한 자료를 획득하였고, KOMPSAT-1 EOC(공간해상도 6.6m×6.6m)의 경우는 한국항공우주연구소에서 구입하였다. 2000년 Landsat 영상의 구입당시에는 일본의 RESTEC에서 연구용으로 저렴하게 제공하였으며, 현재는

NASDA(National Space Development Agency of Japan - <http://eus.eoc.nasda.go.jp/>)와 USGS(US Geological Survey - <http://glovis.usgs.gov/>) 등에서 제공하는 인터넷 사이트에서 영상을 검색이 가능하다. 또한, 정보통신부에서 7월중으로 위성영상을 인터넷(<http://www.rs.or.kr/>)에 공개하고, 대학교 및 연구소, 지방자치단체 등 교육과 행정업무 등의 순수 목적인 경우 무료로 제공하고, 상품화를 전제로 한 민간 사업자에게는 유료로 제공할 방침이다.

KOMPSAT 영상의 경우에는 현재 한국항공우주연구소의 온라인 자료검색 시스템(<http://kgs.kari.re.kr/>)에서 검색이 가능하며, 2000년 6월 1일에 공포된 자료배포 정책에 의하여 공공 활용을 목적으로는 한국항공우주연구원이 배포하고, 한국항공우주연구원과의 계약에 의해 한국항공우주산업주식회사에서 영상 자료를 판매한다.

본 연구에서 구입한 영상자료는 다음과 같이 정리된다.

- Landsat MSS - 12 scene
- Landsat TM - 45 scene
- JERS-1 SAR - 49 scene
- KOMPSAT-1 EOC - 13 scene



<그림 5-2> 1994년 4월 5일 Landsat TM 영상

2. 위성영상의 전처리

위성영상의 전처리 과정은 영상의 기하학적 왜곡(Geometric Distortion)을 보정하고 영상의 방사적인 사항을 측정하여 데이터에 존재하는 노이즈를 제거하는 등, 원본 영상에 대한 가장 초기작업으로 새로운 정보를 추출하기 위해 이미지를 조작하고 분석하기 이전에 영상의 보정 및 재등록 과정과 같은 처리 과정이다.

가. 기하보정(Geometric Correction)

원본의 영상자료는 통상적으로 기하학적인 왜곡을 지니고 있기 때문에 영상의 처리에 있어 다른 GIS 공간자료와 중첩하여 사용하기 위해 기하학적인 보정을 반드시 거쳐야 한다. 이러한 기하학적인 왜곡의 원인은 센서 플랫폼의 고도, 자세 및 속도의 변화에서부터 지구의 곡률, 대기의 굴절, 기복변화 등과 같은 요소들까지 다양하다.

이러한 오차를 보정하는 기하학적 보정의 방법에는 크게 시스템 보정과 지상기준점(GCP:Ground Control Point) 보정의 두 가지가 많이 사용되고 있다.

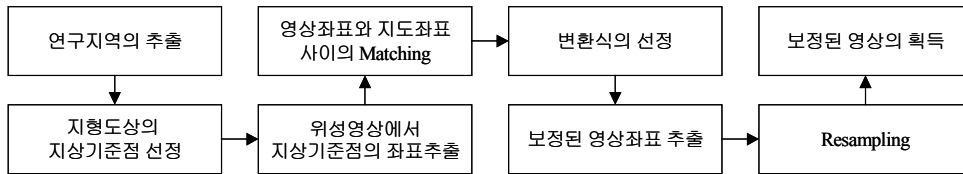
시스템 보정은 위에서 살펴본 기하학적 오차의 모든 원인을 분석한 후, 이를 사용하여 왜곡된 영상을 원래의 상태로 변환시키는 역변환 체계를 구하여 왜곡을 보정하는 방법이다. 반면에 지상기준점 보정은 왜곡의 원인을 고려하지 않고 단지 왜곡의 정도만을 분석한 후, 수집된 영상과 기준 지도간을 연결할 수 있는 보정식을 구하여 영상의 왜곡을 보정해주는 방법이다. 즉, 지상기준점의 지도 상 좌표를 (x, y) , 영상 좌표를 (u, v) 이라고 했을 때, 두 좌표를 연결하여 그들 사이의 관계식을 구하는 것이 그 목적이며, 일반적으로 3차 이상의 식은 사용하지 않는다.

지상기준점을 이용한 보정시 이들 좌표 사이의 변환식은 다음과 같이 표현된다.

$$x = au + bv + c \quad (5-1)$$

$$y = du + ev + f \quad (5-2)$$

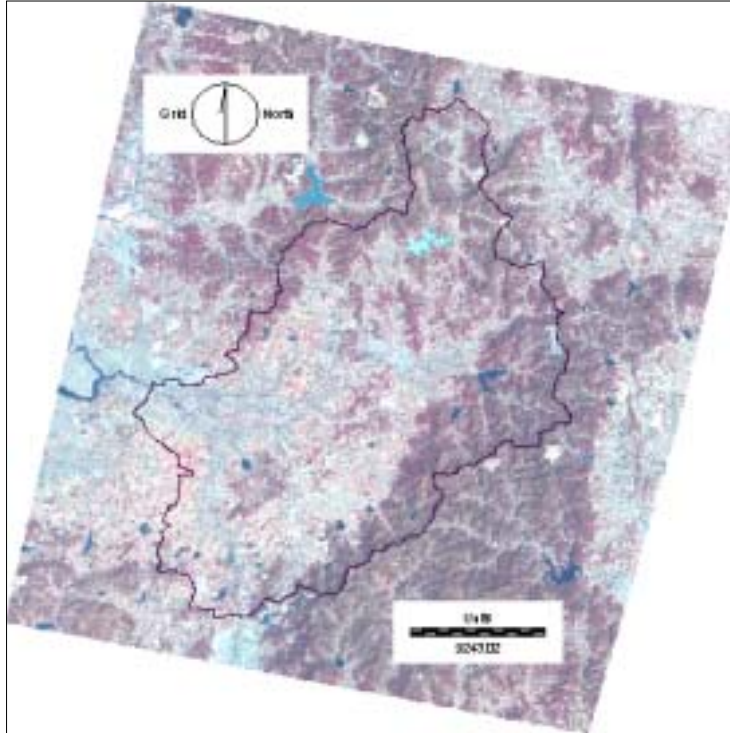
위의 변환식을 결정하여 주기 위해서는 모두 6개의 미지수를 구해주어야 하며, 따라서 최소한 3개 이상의 정확한 지상기준점을 선정하여야만 한다.



<그림 5-3> 영상의 기하보정 과정

지상기준점의 선정에 있어서 가장 중요한 점은 그 점이 기준점으로서의 자격을 갖추어야 한다는 것이다. 지상기준점은 영상 좌표와 지도 좌표 사이의 변환에 있어서 기준이 되는 점이므로 그 위치가 시간에 따라 항상 변함이 없어야만 한다. 이러한 점으로는 도로의 교차점, 제방의 끝, 인공구조물, 대형 건물 등이 주로 사용되어 진다. 선정되어진 지상기준점으로서 보정식을 이용하여 기하보정을 실시한 후, 영상의 각 픽셀에 적절한 DN(Digital Number)을 할당하기 위하여 재배열(Resampling)을 실시한다. 재배열 기법으로는 Nearest Neighbor, Bilinear Interpolation, Cubic Convolution 방법 등이 있다.

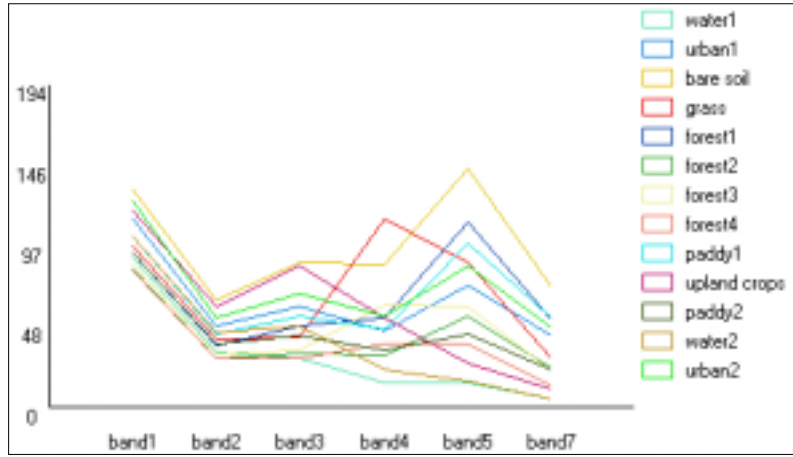
본 연구에서는 2000년 5월 영상에서 안성지역을 cutting한 후, 환경부에서 구축한 지상기준점을 기초로 하여 교량, 댐, 항만, 방조제와 같이 위치변동이 없는 지점으로 8개의 GCP를 획득하여 Spheroid Bessel, Datum Tokyo (Korea), Projection UTM-52N으로 투영하였으며, 나머지 영상은 동일 지점에 같은 좌표체계를 갖도록 Image to image 방법으로 기하보정 처리하였다. 기하보정 후 재배열 방법으로는 최초의 DN을 변화시키지 않기 위해서 원본 영상과 좌표변환을 수행했을 때 가장 가까운 화소의 값을 좌표변환된 영상의 화소값으로 결정하는 Nearest Neighbor 방법을 적용하였으며, 기하보정에 의한 RMSE(Root Mean Square Error) 는 0.28~0.53pixel의 범위를 보였다<그림 5-4>.



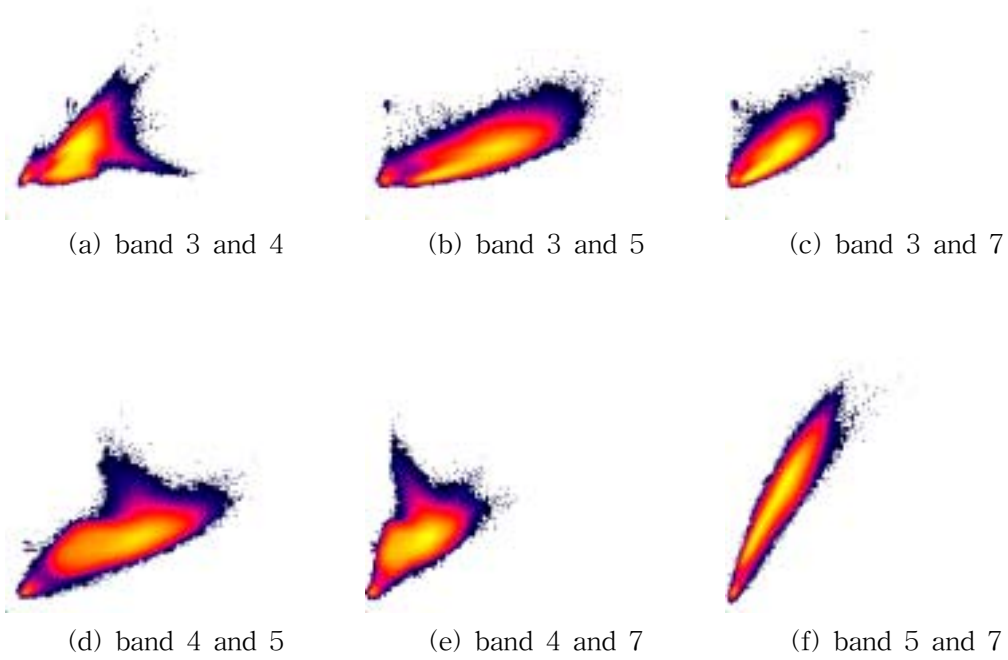
<그림 5-4> 기하보정 영상과 유역경계와의 중첩

나. 밴드 구성

토지피복변화의 모니터링을 위한 최적의 밴드구성을 위해 안성천 유역의 현장답사를 통하여 본 연구대상지역은 산림, 논, 밭의 비율이 높은 지역임을 알 수 있었고, 이와 같은 피복상태를 영상에서 추출하기 위하여 최적의 밴드구성을 실시하였다. 선정된 밴드는 식생 구별에 탁월한 band3, 식생 형태, 생장, 생물자원 함유, 수계의 운곽을 결정하고, 토양의 함수량을 판별하는데 유용한 Band4와 식생의 함수량과 토양의 함수량의 지표가 되고, 구름과 눈을 구분하는데 유용한 Band5로서 구성하였다. 선정된 밴드간의 상관성을 분석하기 위하여 scattergram을 작성한 결과, Band3, 4, 5 사이의 분광 패턴이 넓게 분포되어 있어 각 밴드간의 분광특성이 상이한 것을 확인할 수 있었고, 본 연구지역에서의 토지피복변화 모니터링을 위한 최적의 밴드로 선정되었다.



<그림 5-5> 피복분류 항목별 DN 분포



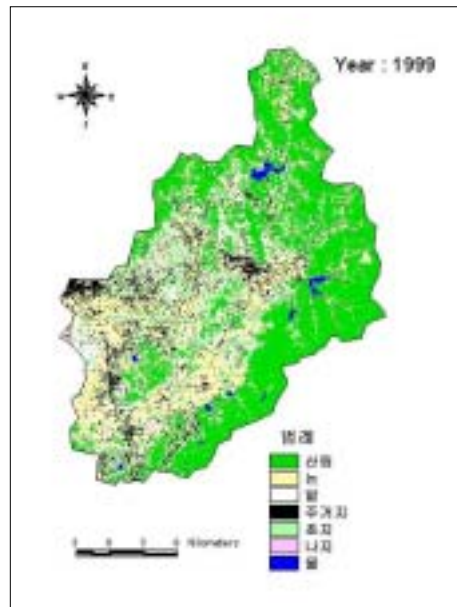
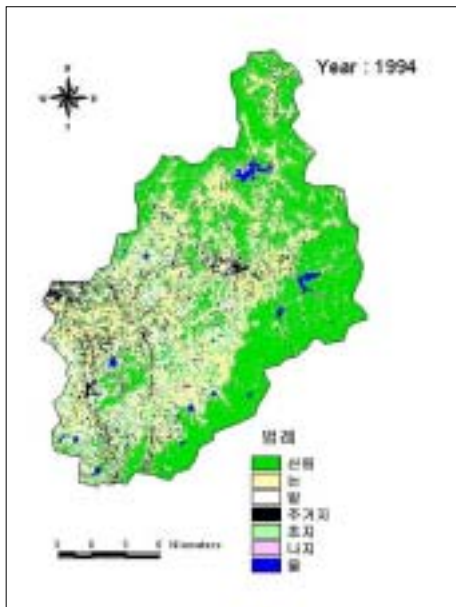
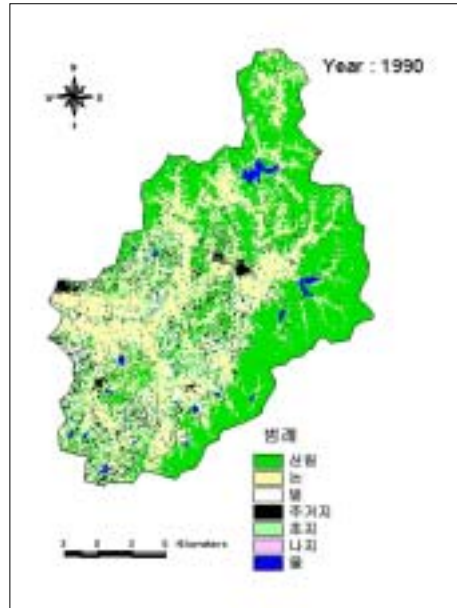
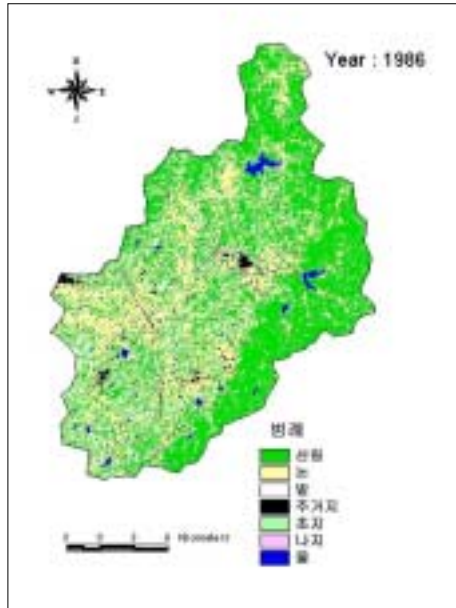
<그림 5-6> 각 밴드간의 scattergram

3. 토지피복분류

영상의 전처리 과정을 거친 후 분류과정에 들어가게 되는데, 이때 서로 다른 물체는 고유한 분광 반사특성과 복사정도에 따라 자신만의 DN을 가지므로 모든 픽셀의 내부에 존재하는 분광패턴은 분류 과정의 수치적인 근거로 사용된다. 토지피복분류 방법으로는 감독분류(Supervised Classification)와 무감독분류(Unsupervised Classification)로 구분할 수 있다. 무감독 분류는 사용자가 항목수를 지정하여 영상의 DN 분포에 따라 영상의 모든 픽셀을 지정한 항목수로 병합하는 방법이다. 감독분류는 훈련지역(Training site) 획득 단계가 먼저 수행된다. 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 할당, 구분된다.

본 연구의 대상지역은 논, 밭, 산림의 혼합지역 산재되어 있어, 토지피복 분류시 정확성이 뛰어난 최대우도(Maximum Likelihood) 감독분류 기법을 이용하여, Landsat TM의 공간 해상도와 SCS-CN의 분류항목을 고려한 총 7개(1.산림, 2.논, 3.밭, 4.주거지, 5.초지, 6.나지, 7.물)개의 분류항목으로서, 1986, 1990, 1994, 1999년에 대하여 토지피복분류를 수행하여, 안성천 유역의 과거로부터의 토지피복변화를 분석하였다.

주요 토지이용의 변화를 보면, 도시 및 주거지역이 1986년 3.3%에서 1999년에 9.3%로 6.0% 증가하였으며, 산림과 논은 1986년에 46.3%, 26.5%에서 1999년에는 41.5%, 22.5%로 각각 4.8%, 4.0%가 감소하였다.



<그림 5-7> 토지피복분류 결과

(표 5-1) 4개 년도에 대한 토지피복 변화

항목	면적 (km ²)				면적비 (%)			
	1986	1990	1994	1999	1986	1990	1994	1999
1. 산림	274.6	255.3	251.0	246.2	46.3	43.1	42.4	41.5
2. 논	157.3	149.1	141.9	133.6	26.5	25.2	23.9	22.5
3. 밭	69.6	78.7	78.9	78.0	11.7	13.3	13.3	13.2
4. 도시지역	19.8	42.6	44.1	55.2	3.3	7.2	7.4	9.3
5. 초지	53.5	55.5	56.2	60.2	9.0	9.4	9.5	10.2
6. 나지	11.0	1.5	13.2	14.1	1.9	0.3	2.2	2.4
7. 물	6.8	9.9	7.3	5.3	1.1	1.7	1.2	0.9
합계	592.6	592.6	592.6	592.6	100.0	100.0	100.0	100.0

4. 분류결과의 정확도 검증

분류정확도의 1차적인 평가로서 위성영상 자료의 분류결과를 객관적이고 정확하게 평가하고자 하는 가장 일반적인 방법 중의 하나인 오차행렬(error matrix)을 이용하였으며, 또한 순수하게 바르게 분류된 화소만을 고려하여 정확도를 평가하고자 하려는 의도에서 도입된 통계량인 Kappa 계수로 정확도를 확인하였다.

(표 5-2) Kappa 계수와 오차행렬을 이용한 정확도 검증

날짜	전체 정확도 (%)	Kappa 계수
April 15, 1986	98.58	0.98
April 10, 1990	89.45	0.87
April 5, 1994	98.78	0.98
April 19, 1999	92.08	0.90
평균	94.72	0.93

분류정확도의 2차 평가로서 안성시 행정구역내의 지적통계자료와의 비교를 실시하였다. 통계자료의 분류체계가 본 연구의 분류체계가 다르므로 적절한 항목끼리 묶을 필요가 있다. 상·대지와 도로를 합쳐 시가화 지역으로 하고, 전과 과수원을 합쳐 밭지역으로 하여

상호 비교한 결과를 (표 5-3)에 나타내었다. 산림지역은 1.9~9.2% 범위의 절대오차를 보였고, 논/밭/과수원, 및 도시/주거지는 5.0% 미만의 절대오차로 분류되었음을 알 수 있다. 주요 오차의 원인으로서, 산림지역은 골프장으로 건설 중인 지역이 분류시에는 나지로 분류되는 반면에 통계자료에서는 산림으로 처리되었으며, Landsat TM의 해상도(30m)로는 산림과 논 사이의 지역에 산재해 있는 밭의 구분이 적절히 이루어지지 못한 것으로 판단된다.

(표 5-3) 안성시 경계에 대한 분류결과와 지적통계 자료와의 비교

항목		면적 (km ²)				면적비 (%)			
		1986	1990	1994	1999	1986	1990	1994	1999
산림	지적통계	301.2	298.7	296.7	294.0	54.5	54.0	53.5	53.1
	분류결과	250.6	289.3	285.2	256.2	45.3	52.3	51.6	46.3
	절대오차	50.6	9.4	11.5	37.8	9.2	1.7	1.9	6.8
논	지적통계	127.6	127.8	125.8	123.0	23.1	23.1	22.7	22.2
	분류결과	137.6	121.3	118.8	99.5	24.9	21.9	21.5	18.0
	절대오차	10.0	6.5	7.0	23.5	1.8	1.2	1.2	4.2
밭	지적통계	64.5	62.9	60.3	58.4	11.7	11.4	10.9	10.5
	분류결과	92.4	63.6	68.9	50.8	16.7	11.5	12.5	9.2
	절대오차	27.9	0.7	8.6	7.6	5.0	0.1	1.6	1.3
도시지역	지적통계	22.7	25.3	29.4	34.0	4.1	4.6	5.3	6.1
	분류결과	24.5	28.8	30.5	44.1	4.4	5.2	5.5	8.0
	절대오차	1.8	3.5	1.1	10.1	0.3	0.6	0.2	1.9
합계	지적통계	552.8	552.9	553.1	554.2	100	100	100	100
	분류결과	553.4	553.4	553.4	553.4	100	100	100	100

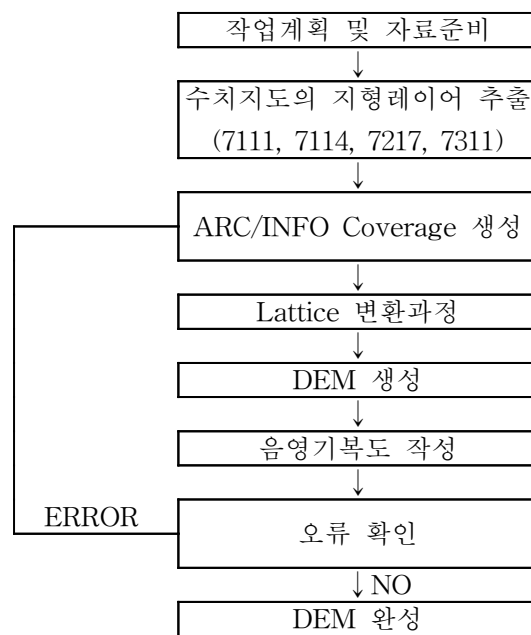
제 4 절 RS, GIS를 이용한 농촌수자원 관련정보의 생성

본 절에서는 RS, GIS 기법을 이용하여 농업 분야에서 사용 가능한 수자원관련 정보들을 정리하고, 관련 정보의 생성기법을 개발하고자 한다.

1. 수치고도정보(DEM)

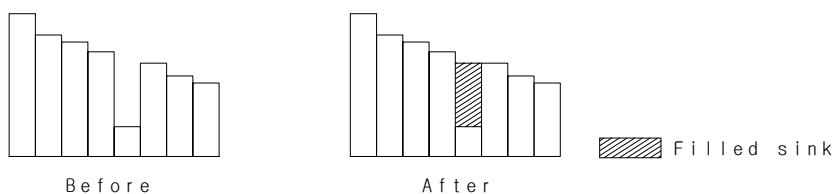
DEM은 수자원분야에서 활용할 수 있는 가장 기본이 되는 정보이다. DEM을 생성하는 방법으로는 수치지형도를 이용하는 방법, 항공사진 및 인공위성 영상을 이용하는 방법, 기존에 구축되어 있는 DEM을 이용하는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 국립지리원에서 발간하는 1:5000 수치지형도로부터 지형관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점)을 추출하고 ARC/INFO를 이용하여 Coverage, TIN(Triangulated irregular network), Lattice변환과정을 거쳐 격자간격 30m의 DEM을 생성하였다.

수치지도상의 오류는 DEM의 음영기복도를 작성하여 시각적 검수를 하였으며, 등고수치 및 표고수치의 오류, 속성 오류, 등고선교차 등의 오류가 발견되었다. 수치지도의 오류 수정 시 등고선의 경우 주변 등고선의 고도값을 이용하여 수정하였고, 표고점의 경우 오류로 판단되거나 정확한 정보를 알 수 없는 부분은 불가피하게 삭제하였다. 일부 등고선의 '3DPolyline' 'PolylineZ' 'Polyface mesh'와 같은 속성은 ARC/INFO에서 인식할 수 있도록 'Polyline'으로 변환하였다. 수정된 지형자료는 ARC/INFO에서 DEM 생성과정을 반복하였다.



<그림 5-8> DEM 생성 과정

DEM의 에러는 대부분 Sink나 Peak로 분류되며 그중 Sink가 대부분을 차지한다. Sink는 주변을 둘러싸고 있는 격자보다 낮은 값을 가지고 있는 영역으로 Pit라고도 하며, Peak는 반대의 개념이다. DEM에 Sink와 같은 에러가 존재하면 흐름방향이 정의되지 않아 정확한 흐름방향도를 작성할 수 없으므로 Sink를 제거하는 전처리가 필요하다. Sink의 제거는 ARC/INFO GRID모듈의 FILL 명령을 이용하면 제거할 수 있다.

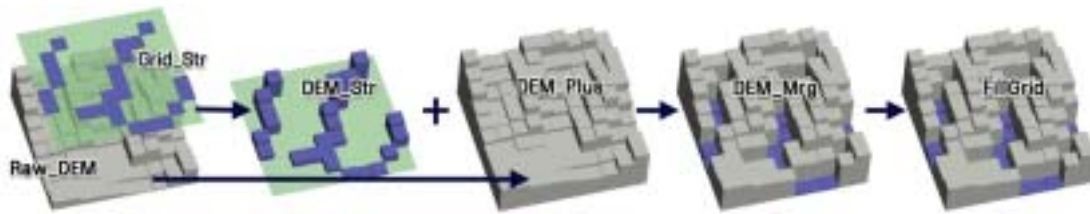


```

Grid: Grid_Str = LINEGRID(Vect_Str, strcode, #, #, 30, #)
Grid: DEM_Str = Raw_DEM * Grid_Str
Grid: DEM_Plus = Raw_DEM + 1000
Grid: DEM_Mrg = MERGE(DEM_Str, DEM_Plus)
Grid: FILL DEM_Mrg FillGrid SINK
  
```

<그림 5-9> Fill DEM 생성과정

DEM을 이용하여 생성된 하천망은 NGIS 수치지도 및 종이지도에서 추출한 하천망과 달리 평야·저수지 부분에서 중복 또는 평행된 형상을 보이게 되므로 이를 보완하고자 Saunders와 Maidment (1996)는 DEM에 USGS DLG 하천망을 적용하는 Stream-burning 방법을 제안하였다. 이 방법은 수치지도나 종이지도를 이용하여 구축한 벡터하천망 자료를 격자형태의 하천망으로 변환하여 격자연산을 통해 고도값을 가지는 하천망을 생성하고, 원본 DEM에 임의의 고도값을 더하여 생성된 두가지 자료를 병합하는 과정에 의해 DEM을 처리한다. ARC/INFO GRID을 이용한 Fillburn DEM의 처리과정은 <그림 5-10>과 같다.



<그림 5-10> Fillburn DEM 생성과정

Agree burn은 1997년 Hellweger에 의해 제안된 알고리즘으로 Fillburn방법에 비해 유클리드거리를 계산하는 지도대수함수를 적용한 복잡한 계산과정에 의해 DEM을 처리하는 Surface Reconditioning System이며, ARC/INFO Macro Language로 개발되었다. ARC/INFO GRID 모듈에서의 Agree.aml의 처리과정을 요약하면 <그림 5-11>과 같다.

Agree.aml을 실행하기 위해서는 벡터하천망자료, DEM이 필요하며, 격자크기, 버퍼셀의 개수, Smooth 거리, Sharp 거리를 입력해야 한다. 입력된 벡터하천자료는 격자하천 자료로 변환되고, 격자하천을 이용하여 Smooth 거리만큼 트렌치를 형성하고, 트렌치의 양 옆으로 버퍼를 형성한다. 버퍼는 다시 양 옆으로 완만한 경사를 가지는 단면을 구성하게 되고, 마지막으로 Sharp 거리만큼 하나의 격자크기로 트렌치를 만든다. 완성된 Elevgrid는 Sink를 제거하는 Fill 명령을 수행하여 FillGrid를 생성한다.

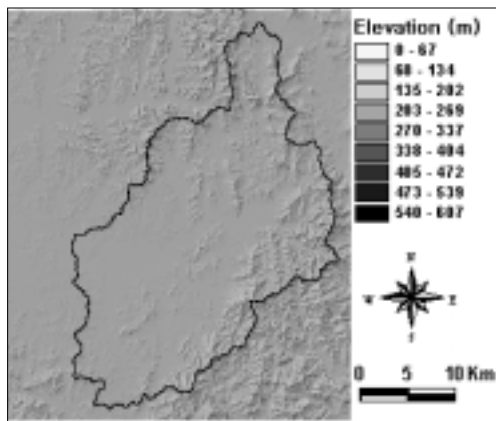
```

/* Agree.aml
&args vect_str raw_dem cell_size buffer_cell smooth_dist sharp_dist
grid_str = linegrid(%vect_str%, strcode, #, #, %cell_size%, #)
raw_dem2 = %raw_dem% + (( %smooth_dist% + %sharp_dist% * 2 ) * -1 )
smogrid = int ( setnull ( isnull ( grid_str), (raw_dem2 + %smooth_dist% )))
vectdist = eucdistance ( smogrid, #, vectallo, #, #)
bufgrid1 = con (( vectdist > ((%buffer_cell% * %cell_size%) - ( %cell_size% / 2 ))),
1, 0)
bufgrid2 = int ( setnull ( bufgrid1 == 0, raw_dem2 ))
bufdist = eucdistance ( bufgrid2, #, bufallo, #, #)
smoelev = vectallo + (( bufallo - vectallo ) / (bufdist + vectdist)) * vectdist
shagrid = int ( setnull ( isnull ( grid_str), (smoelev + %sharp_dist% )))
elevgrid = con ( isnull ( grid_str ), smoelev, shagrid)
fill elevgrid FillGrid sink

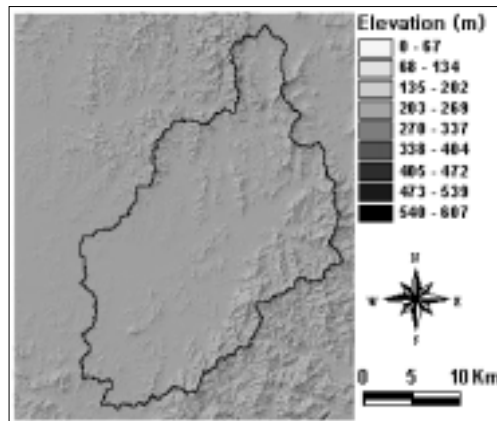
Grid : &r Agree <Vect_Str><Raw DEM><Cell Size><Buffer Cell><Smooth
Dist><Sharp Dist>
Grid : &r Agree ans_str raw_dem 30 3 -8 -5

```

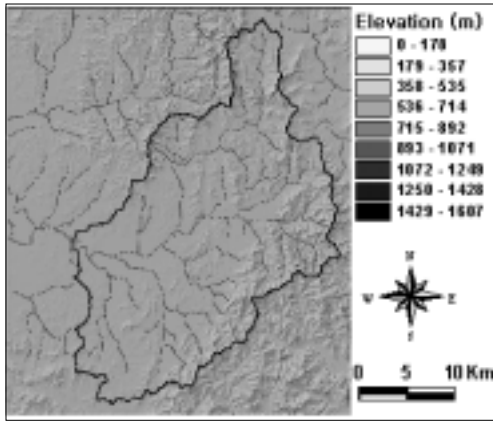
<그림 5-11> Agreeburn DEM의 생성과정



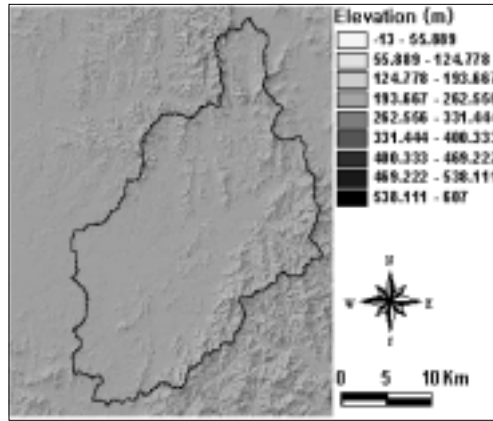
(a) Raw DEM



(b) Fill DEM



(c) Fillburn DEM



(d) Agreeburn DEM

<그림 5-12> 전처리과정 처리 결과

2. 하천정보

하천도는 ① “하천GIS”에서 제작 중인 상세하천도(면; polygon)와 ② DEM에서 추출한 하천망(선; arc)을 작성하여 각각의 목적에 맞게 사용하도록 한다. 상세하천도는 하천코드, 하천명, 하천구간별 제원, 하천구역 평면정보, 제방측량자료, 하천정비 현황, 그리고 하천구간별 수질상태 정보를 입력하여 하천현황자료를 제공하는 목적으로 활용하며, 하천망은 수자원·수질분야에서 모델링에 필요한 정보로 사용하는 것이 바람직하다. 따라서 상세하천도는 정밀하고도 가시적인 효과를 극대화할 수 있는 벡터형태의 자료와 속성을 제공하고, 하천망은 DEM의 해상도에 따른 래스터형태의 자료를 제공하도록 한다.

가. 기존의 하천도를 활용하는 방법

NGIS수치지도에서 구축한 하천레이어를 추출하여 구축하는 방법을 생각할 수 있다. NGIS자료로부터 하천에 해당하는 코드 (표 5-4)를 참조하여 하천레이어를 추출하는 과정은 다음과 같다. <그림 5-13>는 NGIS수치지도를 이용한 하천도 제작과정을 나타낸 것이다.

Usage: DXFARC[dxfile] [cover] {text_width} {attrib_width} {x_shift}
{y_shift} {sml_file}

[ARC] DXFARC EXAMPLE.DXF EXAMCOV

Enter the layer names and options (type END when done):

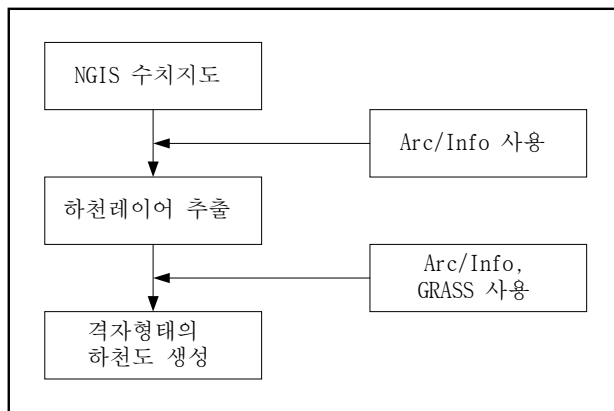
=====

Enter the 1st layer and options: PIPES ARCS POINTS

Enter the 2nd layer and options: CONTRS ARCS POINTS

Enter the 3rd layer and options: \$REST ALL

Do you wish to use the above layers (Y/N)? Y



<그림 5-13> 하천 추출 과정

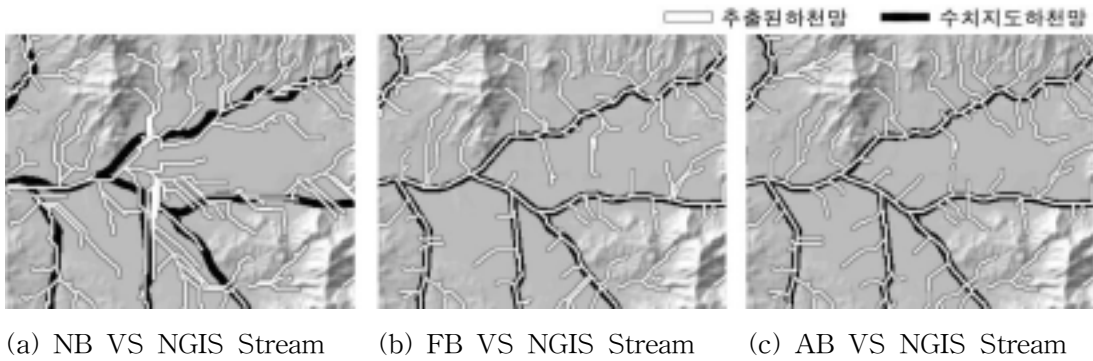
(표 5-4) NGIS 수치지도의 하천 레이어

코드	내용	코드	내용
2	하천	2240	미분류
21	수부	2241	수문
211	하천	2242	배수갑문
2110	미분류	2243	보
2111	실폭하천	225	교통
2112	세류	2250	미분류
2113	건천	2251	잔교(콘크리트)
2114	호수·저수지	2252	잔교(목재)
2115	하천중심선	2253	잔교(떠있는 것)
212	바다	2254	선착장
2120	미분류	2255	나루(사람)
2121	해안선(육지)	2256	나루(차량)
2122	해안선(섬)	2257	나루노선
22	하천시설	2258	이정표
221	제방	226	레저·스포츠
2210	미분류	2260	미분류
2211	콘크리트제방(상단)	2261	해수욕장
2212	콘크리트제방(하단)	2262	수영장
2213	흙제방(상단)	2263	낚시터
2214	흙제방(하단)	227	용수로
2215	기호제방	2270	미분류
2216	댐	2271	공업용수로(지상)
222	방조제	2272	공업용수로(지하)
2220	미분류	2273	농업용수로(지상)
2221	콘크리트방조제(상단)	2274	농업용수로(지하)
2222	콘크리트방조제(하단)	2275	도수터널
2223	흙 방조제(상단)	23	수부지형
2224	흙방조제(하단)	231	경계
2225	기호방조제	2310	미분류
223	방파제	2311	갯벌(진흙)
2231	방파제상단	2312	모래
2232	방파제하단	2313	습지
2233	소파블록	2314	염전
2234	기호방파제	2315	용수구역
224	수문	2316	집수경계(하수)
2317	수역경계(하천)	2323	습지
2318	댐유역계	2324	염전
232	기호	2325	폭포
2320	미분류	2326	유수방향
2321	갯벌	2327	양어장
2322	모래		

나. DEM으로부터 추출하는 방법

DEM으로부터 하천을 추출하기 위하여 ARC/INFO의 GRID 모듈과 ArcView를 사용하였으며, 하천망추출을 위한 임계값은 100을 적용하였고, 유역경계 추출을 위한 임계값은 500을 적용하였다. 생성된 격자구조의 하천망을 벡터라이징할 경우 일반화 과정을 적용하지 않으면 격자형태로 벡터라이징되어 하천연장의 길이가 길어지게 되므로 본 연구에서는 ARC/INFO GRID 모듈의 GRIDSHAPE, STREAM SHAPE 명령을 사용하여 벡터라이징하였다.

DEM의 sink만을 제거한 경우 평지부분의 하천이 평행하게 중복되어 추출되었으나 Fillburn과 Agree burn의 경우 평행하게 중복되어 추출되는 경우가 매우 감소하였다. Stream burning은 종이지도나 수치지도의 하천망을 추출하고 이를 격자화 하여 DEM에 적용하기 때문이다. 본 연구에서는 수치지도의 하천레이어로부터 추출한 국가하천 및 지방1급, 2급하천의 하천망을 적용하여 Fillburn과 Agree burn DEM을 생성하였다. Fillburn과 Agree burn DEM에 의해 추출된 하천망에서 세류인 1차, 2차 하천망의 형태가 차이를 나타내었지만 본류는 수치지도로부터 추출한 하천망과 일치하는 형태를 나타내었다. 따라서 DEM을 이용한 유역분석시 Stream burning에 의한 하천흐름방향 및 흐름누적도를 생성하는 것이 실제의 흐름과 유사한 묘사를 할 수 있을 것으로 사료되며, Stream burning을 하지 않고 추출된 하천망은 하천의 흐름이 왜곡된 부분이 많아 대부분 평지로 이루어져 있는 안성천유역의 지형자료에서는 직각흐름 및 평행중복 등의 오류가 발생하므로 유역분석에는 부적합한 것으로 사료된다.



<그림 5-14> DEM 처리방법에 따른 하천망 추출 결과



(a) Fill DEM으로부터
추출한 하천도



(b) Fillburn DEM으로부터
추출한 하천도



(c) Agreeburn DEM으로부터
추출한 하천도

<그림 5-15> 하천도 추출 결과

3. 토양정보

토양도(soil map)는 농촌진흥청 토양물리과에서 제작한 정밀토양도(1:25,000), 개략토양도(1:50,000, 1:250,000)가 있다. 이들 자료는 모두 ARC/INFO Vector Coverage로 구축되어 있으며, “토양부호”를 기본속성으로 하고 있으므로 해당 분야에서 활용하기 위해서는 “토양총설”의 내용을 참고하여 토양종류, 배수정도, 유효토심, 유기물함량 등의 속성을 수자원·수질분야에 맞게 속성을 재분류하여 추가 입력하여야 한다.

각 토양도는 토양부호가 기본 속성값으로 제작되어 있으므로, 1:25,000 정밀토양도, 1:50,000 및 1:250,000 개략토양도를 대상으로 각각에 대한 토양도별 토양부호에 따라 토양종류와 배수정도 등에 대한 속성을 추가하여야 한다. 정밀토양도는 총 1,285개의 토양부호를 토양종류(12개), 토양배수(4개), 유효토심(4개) 속성을, 1:50,000 개략토양도는 총 45개의 토양부호를 토양종류(7개), 토양배수(4개), 유효토심(4개), pH(9개) 속성을, 1:250,000 개략토양도는 총 21개의 토양부호를 개략 토양종류(7개), 개략토양배수(4개) 속성을 추가하여 사용하도록 한다. 본 연구에서는 1:50,000 개략토양도를 이용하여 토양도를 추출하였다.

(표 5-5) 1:50,000 개략토양도 속성 분류기준

번호	토양명	배수 정도	토양 종류	토심	토지 이용
1	층적토	매우 양호	사토	매우 얇음(0-20)	황무지
2	퇴적토	양호, 약간 양호	양질사토	얇음(20-50)	논
3	적황색토	불량, 약간 불량	사양토	보통(50-100)	밭
4	백색사구	매우 불량	양토	깊음(100이상)	임야
5	암쇄토		미사질양토		
6	갈색사립토		사질식양토		
7	살색산림토		식양토		
8	암석노출지		미사식양토		
9	회색토		사질식토		
10	화산회토		미사질식토		
11	해안사구		식토		
12			암석		
13	유사반층토				

(표 5-6) 1:50,000 개략토양도 토양부호별 속성

번호	토양 부호	토양통	배수 정도	토양 종류	토심	토양명	토지 이용
1	A f a	화봉	2. 약간 양호	3. 사양질	3. 깊음	1. 충적토	3. 밭
2	A f b	신답	2. 약간 불량	3. 사양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
3	A f c	화봉	2. 약간 양호	1. 사질	1. 얇음	1. 충적토	1. 황무지
4	A f d	황룡	2. 약간 양호	1. 사질	1. 얇음	1. 충적토	1. 황무지
5	A n a	용지	2. 약간 양호	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
6	A n b	통천	2. 약간 양호	3. 사양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
7	A n c	월곡	2. 약간 양호	3. 사양질	2. 보통	2. 퇴적토	2. 논
8	A n d	감천	2. 약간 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	3. 밭
9	A p a	극락	3. 약간 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
10	A p b	화동	3. 약간 양호	7. 식양질	3. 깊음	3. 적황색토	2. 논
11	A p c	본량	3. 약간 불량	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
12	A p d	강동	3. 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
13	A p g	호계	2. 양호	7. 식양질	1. 얇음	1. 충적토	3. 밭
14	F b a	-	2. 양호	1. 사질	2. 보통	4. 백색사구	1. 황무지
15	F m a	덕하	3. 약간 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
16	F m b	만경	3. 약간 불량	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
17	F m d	공덕	3. 약간 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
18	F m g	-	3. 약간 불량	3. 사양질	2. 보통	-	2. 논
19	M a a	오산	1. 매우 양호	7. 식양질	3. 깊음	5. 암쇄토	4. 임야
20	M a b	삼각	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
21	M a c	관악	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
22	M l a	-	1. 매우 양호	3. 사양질	2. 보통	-	4. 임야
23	M l b	-	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	-	4. 임야
24	M m a	청산	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야

(표 5-6) 1:50,000 개략토양도 토양부호별 속성(계속)

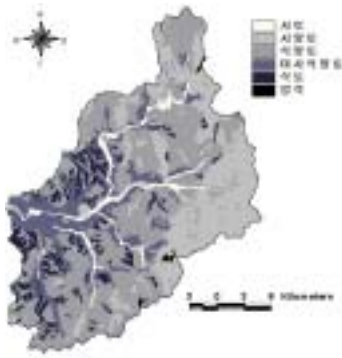
번 호	토양 부호	토양통	배수 정도	토양 종류	토심	토양명	토지 이용
25	M m b	청산	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
26	M s a	채구	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
27	M s b	대구	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
28	M u a	망실	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	6. 갈색사립토	4. 임야
29	M u b	오대	2. 양호	3. 사양질	1. 얇음	7. 살색산립토	4. 임야
30	M v a	무등	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
31	M v b	무등	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
32	R a a	전남	2. 양호	11. 식질	3. 깊음	3. 적황색토	3. 밭
33	R a b	달천	2. 양호	7. 식양질	3. 깊음	3. 적황색토	4. 임야
34	R a c	각화	2. 양호	11. 식질	3. 깊음	3. 적황색토	3. 밭
35	R a d	석토	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	3. 밭
36	R e a	삼각	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
37	R l a	평창	2. 양호	7. 식양질	3. 깊음	3. 적황색토	4. 임야
38	R l b	평안	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	3. 적황색토	3. 밭
39	R O	-	4. 매우 불량	12. 암석	0. 없음	8. 암석노출지	1. 황무지
40	R s a	대구	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	1. 황무지
41	R s b	시례	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	3. 적황색토	3. 밭
42	R s c	반호	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	3. 밭
43	R v a	무등	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	3. 적황색토	4. 임야
44	R v b	천곡	2. 양호	11. 식질	2. 보통	3. 적황색토	3. 밭
45	R v c	석토	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	2. 논
46	R v d	-	2. 양호	11. 식질	3. 깊음	-	3. 밭
47	R x a	용지	3. 불량	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	1. 황무지

토양종류로부터의 기본적인 활용정보로는 토양의 각종 물리적인 특성(공극율, 모관압, 포화투수계수 등)을 추출할 수 있다. 토양종류별 특성값은 Rawls 등(1982)이 미국의 1085개 토양수분 특성자료로부터, (표 5-7)과 같이 총 10가지 종류의 토양에 대하여 각각의 토양에 대한 통계분석을 실시하여 제시한 바 있는데, 이 자료를 그대로 이용해도 무방하다고 판단된다. 배수정도로부터는 수문학적 토양군 A, B, C, D 분포도를 생성시킬 수 있다. 이들은 수문/수질 모델의 입력자료 또는 매개변수자료로 바로 사용이 가능하다.

(표 5-7) 토양종류별 수문학적 토양특성

Texture class	Sample size	Total porosity (Ψ) cm ³ /cm ³	Residual saturation (Sr) cm ³ /cm ³	Effective porosity (Φ -Sr) cm ³ /cm ³	Bubbling pressure (P _b) Arithmetic cm	Pore size distribution index (λ) Arithmetic	Saturated hydraulic conductivity (Ks) cm/hr
Sand	762	0.437	0.020	0.417	15.98	0.694	21.00
Loamy sand	338	0.437	0.035	0.401	20.58	0.553	6.11
Sandy loam	666	0.453	0.041	0.412	30.20	0.378	2.59
Loam	383	0.463	0.027	0.434	40.12	0.252	1.32
Slit loam	1,206	0.501	0.015	0.486	50.87	0.234	0.68
Sandy clay loam	498	0.398	0.068	0.330	59.41	0.319	0.43
Clay loam	366	0.464	0.075	0.390	56.43	0.242	0.23
Slity clay loam	689	0.471	0.040	0.432	70.33	0.177	0.15
Sandy clay	45	0.430	0.109	0.321	79.48	0.223	0.12
Silty clay	127	0.479	0.056	0.423	76.54	0.150	0.09
Clay	291	0.475	0.090	0.385	85.60	0.165	0.06

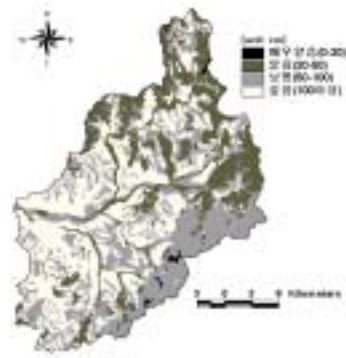
한편 정밀토양도는 원래 산림지역에 대한 토양분류가 제외되어 있어서 이 토양도 만으로는 전체 지역에 대한 토양분포를 파악할 수 없다. 따라서 정밀토양도에서 제외된 부분만을 개략토양도(1:25,000)로 보완하여 사용하거나, 정밀토양도 보다는 정확도면에서 떨어지지만 수자원분야의 사용목적과 규모에 따라 개략토양도를 활용하는 방법을 채택하는 것으로 한다. 래스터 토양자료는 정밀토양도의 경우 12.5m이상, 1:50,000 개략토양도는 25m이상, 1:250,000 개략토양도는 100m 이상의 해상도로 생성시켜야 원래의 토양정보 손실 없이 사용할 수 있다.



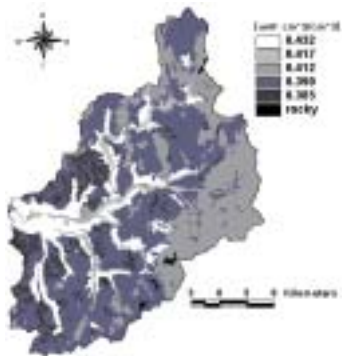
(a) 토양 종류



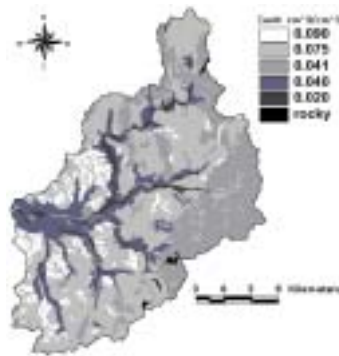
(b) 배수 정도



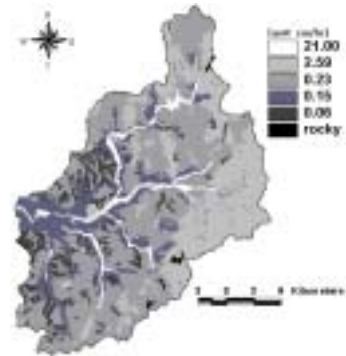
(c) 토심 (cm)



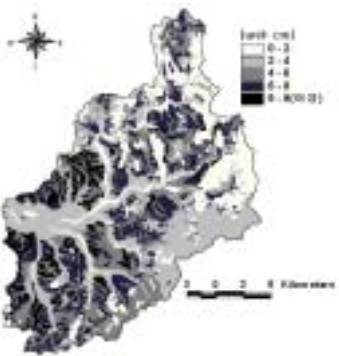
(d) 유효공극율 (cm³/cm³)



(e) 포장용수량 (cm³/cm³)



(f) 포화 투수계수 (cm/h)



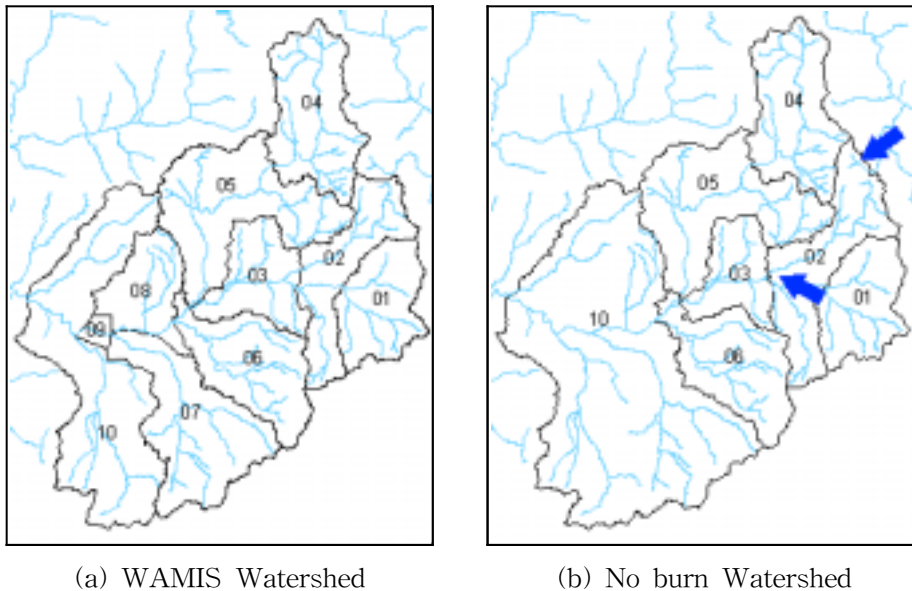
(g): (c) × (e) = 토양 잠재저류능 (cm)

<그림 5-16> 토양도로부터 추출된 토양의 물리적 매개변수

4. 유역경계정보

유역경계도는 종이지도에서 추출한 유역경계를 수치지도로 변환하여 사용하는 방법과 DEM으로부터 추출하는 방법이 있다. 두 가지 방법에서 각각 추출한 유역경계도는 하천도와 마찬가지로 유역 형상이 불일치 하는 경우가 발생한다. 따라서 burning 기법을 이용한 DEM으로부터 추출한 유역경계도를 사용함으로써 이러한 오차를 줄일 수 있다.

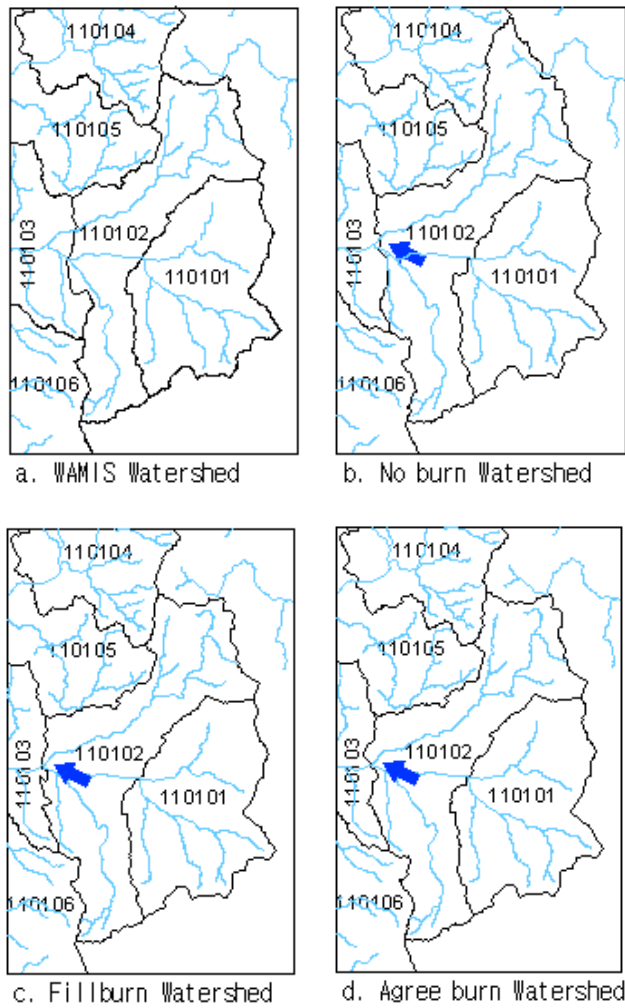
DEM을 이용한 유역경계추출 결과와 수자원단위지도상의 유역경계를 비교한 결과 평지부분의 유역경계 분할에서 각 전처리방법에 따라 차이를 나타내었다. Stream burning을 적용하지 않은 경우 110102 소유역 상단부에 오류가 발생하였으며, 평지가 집중되어 있는 110107~110110 소유역은 유역경계의 분할이 불가능하였다. 이는 Stream burning을 적용하지 않은 DEM에서 평지부분의 흐름방향이 평형으로 계산되는 경우가 많아 유역경계 추출에 부적합한 Stream link가 형성되기 때문으로 판단된다.



<그림 5-17> 소유역경계의 비교

Fill burn과 Agree burn의 경우 수자원단위지도와 비슷하게 유역경계가 추출되었으나 수치적 판단에 의하면 Agree burn이 Fill burn에 비해 상대오차가 작게 나타났다(표 5-8). 수자원 단위지도 상의 유역경계는 주로 행정구역과 일치하는 경향을 나타내고 있으며, 평지

부분의 유역경계분할은 도로 및 제방 등의 인공구조물을 고려하거나 행정경계와 유역분할 경계선과 일치할 경우 행정경계선을 추적하여 분할하므로 지형자료만을 이용하는 자동추출의 경우 그 정확성을 판단하기 어려우나, 전체적인 유역경계의 형상에서는 <그림 5-18>과 같이 Agree burn에 의해 추출된 유역경계가 수자원단위지도와 형상이 비슷한 것을 알 수 있다. 전체적으로 <그림 5-18>과 같이 추출된 110102 유역을 수치지도상의 하천망과 비교하면 수자원 단위지도의 유역경계에 오류가 있는 것으로 판단되며 110102유역의 수정이 필요할 것으로 사료된다.



<그림 5-18> 소유역경계의 비교
(표 5-8) 생성된 유역경계의 비교

유역 코드	WAMIS		No burn				Fillburn				Agree burn			
	면적 (km ²)	주변장 (m)	면적 (km ²)	주변장 (m)	상대오차(%)		면적 (km ²)	주변장 (m)	상대오차(%)		면적 (km ²)	주변장 (m)	상대오차(%)	
					면적	주변장			면적	주변장			면적	주변장
110101	48.14	33.54	47.80	33.32	0.70	0.66	48.04	33.02	0.20	1.55	47.99	33.06	0.30	1.43
110102	54.31	51.70	65.96	57.10	21.46	10.43	62.65	53.51	15.37	3.50	62.67	53.43	15.40	3.35
110103	44.35	36.03	36.20	33.25	18.36	7.70	35.22	34.81	20.57	3.39	35.78	34.39	19.31	4.53
110104	67.47	44.25	67.53	44.75	0.09	1.12	67.28	44.55	0.29	0.68	67.41	44.49	0.09	0.53
110105	90.22	60.76	89.47	60.54	0.83	0.35	90.37	60.39	0.16	0.60	89.88	60.24	0.38	0.85
110106	62.48	43.07	62.46	45.11	0.05	4.73	64.33	43.32	2.95	0.58	64.06	42.77	2.51	0.86
110107	82.57	53.79	268.46	96.38	0.93	5.80	79.48	55.71	3.74	3.57	79.75	53.25	3.41	1.01
110108	38.98	33.05					37.35	28.74	4.20	13.04	38.57	32.52	1.06	1.62
110109	4.52	9.17					7.28	14.52	61.12	58.45	5.52	12.76	22.21	39.23
110110	139.93	86.79					143.71	93.35	2.70	7.56	143.44	90.45	2.51	4.22
1101	632.96	142.24	637.89	142.67	0.78	0.30	635.70	145.95	0.43	2.61	635.07	145.66	0.33	2.40

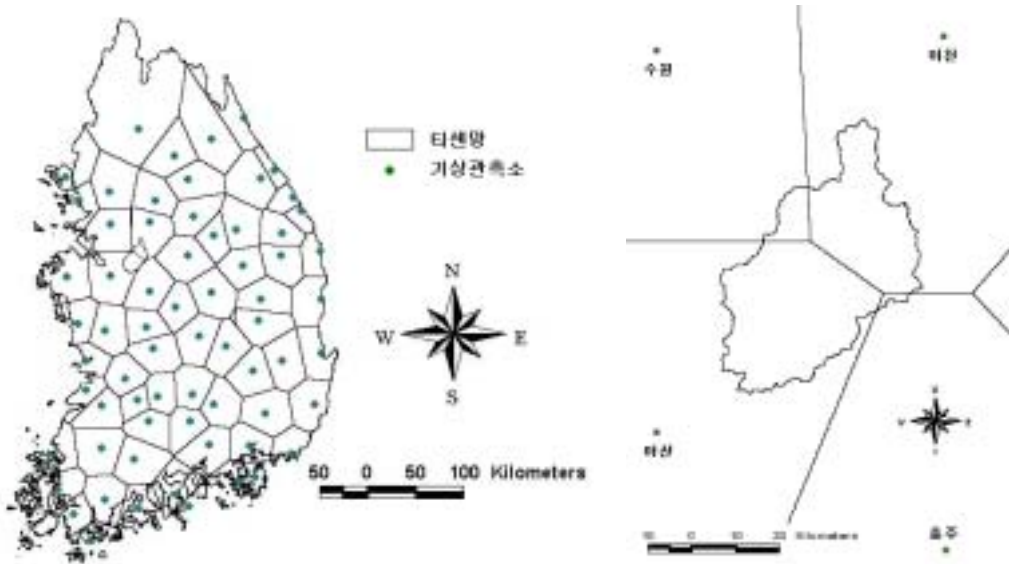
5. 기상정보

기상정보는 기상관측소의 위치도를 점(point) 벡터자료로 표현하며, 이들에 대한 속성정보가 테이블 형태로 제공되도록 한다. 일반적으로 기상정보는 기상관측소의 지배구역인 Thiessen망(평균정보)을 사용하므로, GIS기능을 이용하여 래스터 형태의 Thiessen망을 구축한 후, 관측소별 key code와 연결시켜 기상 D/B정보를 사용하도록 한다. 이 경우 수자원 단위지도 단위유역과의 유역경계 불일치는 면적비율로 배분(속성 가중평균)하여 사용하도록 한다. 이 방법은 계속 update되는 기상정보들을 D/B(타 시스템)에 축적하므로써 GIS시스템의 용량을 최소화시킬 수 있는 장점이 있는 반면에 Thiessen망의 특성상 기상관측소간

의 불연속 정보가 발생되는 문제점을 안고 있다.

한편 GIS 표면내삽(surface interpolation)을 사용하면 다양한 기상정보들을 연속적인 표면정보로 표현이 가능하지만, 이 경우에는 기상정보의 용량이 기하급수적으로 증가하게 되므로 평상시에는 벡터형태의 자료로 관리하면서 필요시에만 래스터형태의 자료로 생성시키는 방법이 효과적일 것으로 판단된다.

현재 기상관측소의 위치는 이미 점자료로 구축이 되어 있는 상태이고, 속성인 기상자료 또한 기존의 데이터베이스로부터 이용하면 원하는 기상관련정보들을 생성시키는데 별다른 어려운 점이 없을 것으로 판단된다. 다만 신규관측소의 추가될 경우에 대한 관측소 위치의 입력과 이에 따른 기존 티센망도의 변경, 그리고 필요시에는 각종 기상자료의 연속 공간분포도를 생성시킬 필요가 있다.



<그림 5-19> 기상관측소 및 티센망

6. 행정구역정보

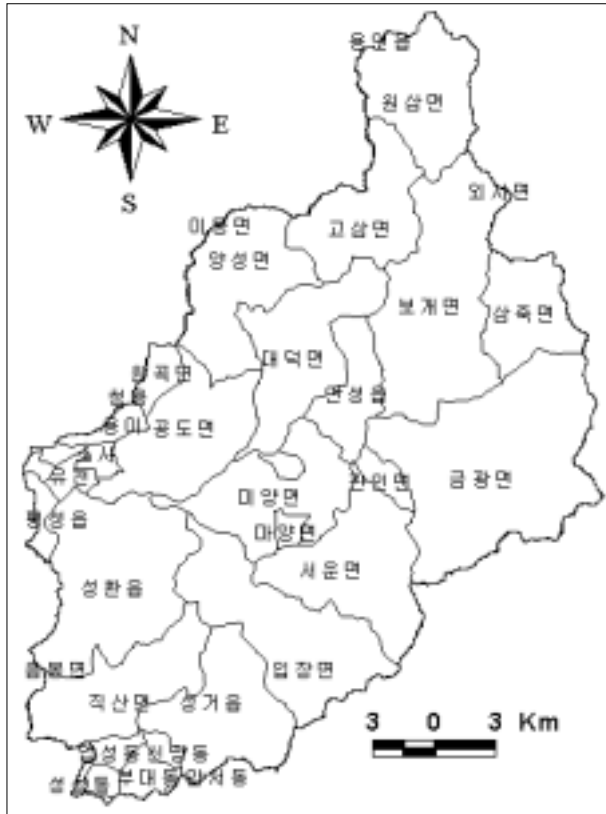
행정구역도는 NGIS 수치지도로부터 최소 리단위 행정구역도를 작성하였다. 행정구역도를 기준으로 리별 통계자료를 수집하여 인문사회 관련정보에 대한 속성을 입력하여, 수자원 및 수질관련 인문사회 정보인 용수별 수요량과 유역 오염부하량 산정에 필요한 정보인 인

구, 공장별 생산량 또는 부지면적, 가축사육두수(한우, 젓소, 돼지, 닭), 그리고 토지이용면적(논, 재배작목별 밭 및 과수원) 분포도를 작성할 수 있다. 한편 이들 자료는 환경부의 환경정보시스템과 농업기반공사의 농어촌지형정보시스템에서 대부분의 관련자료들을 보유하고 있으므로, 이들 자료를 공유하는 방안을 모색하는 것이 바람직하다. 이들 자료 또한 기상정보의 Thiessen망과 마찬가지로 수자원단위지도 단위구역과 구역경계가 일치하지 않으므로 각 속성값을 면적비율로 배분(속성 가중평균)하여 사용하도록 한다.

행정경계 자료는 NGIS수치지도로부터 얻을 수 있는데, 행정경계 레이어코드는 (표 5-9)와 같다.

(표 5-9) 수치지도 레이어 코드(행정경계)

코드	내용	코드	내용
8	행정 및 지역경계	8113	시
81	행정경계	8114	군
811	행정경계선	8115	구
8110	미분류	8116	읍
8111	국경	8117	동
8112	특별시·광역시·도	8118	면
		8119	리

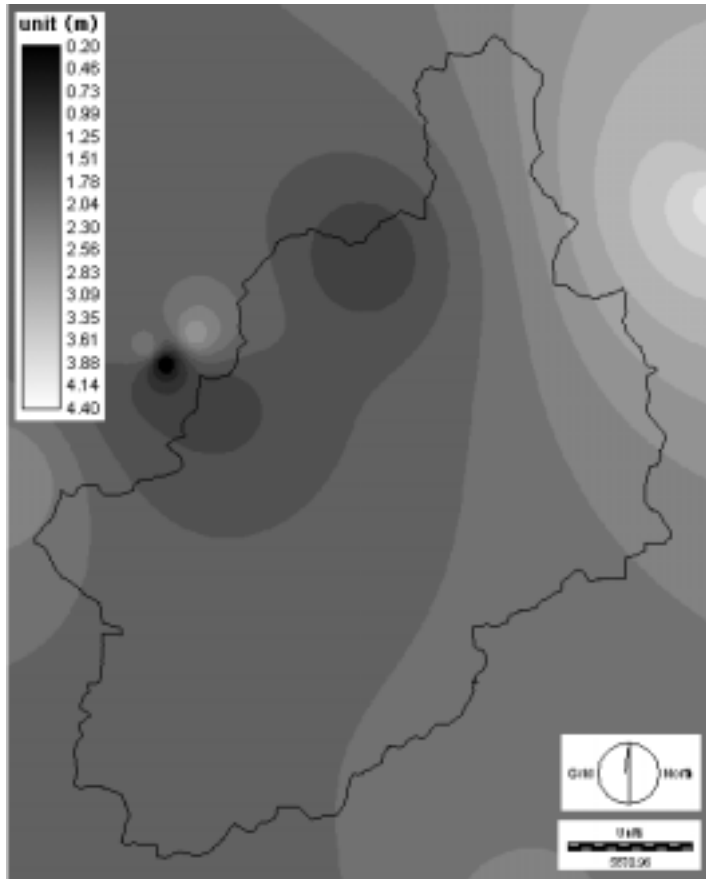


<그림 5-20> 면별 행정구역도

7. 지하수정보

지하수 관정 위치도는 농업기반공사가 1982년부터 현재까지 시행한 “전국 지하수 수맥도 조사사업” 자료에서 관측공의 위경도 좌표를 이용하여 벡터형태의 점자료로서 구축이 가능하다. 지하수 정보와 관련된 속성정보로는 심도, 공경, 자연수위, 양수량, 지질, 대수층 상태 등이 있으며, 이러한 속성 중에서 심도, 자연수위, 양수량은 공간적인 분포도를 작성할 필요가 있다. GIS 기능 중에서 표면내삽(surface interpolation) 기법을 사용하여 래스터 형태의 자료로 구축이 가능하다.

IDRISI32에서 관측공의 위치를 벡터 맵으로 작성한 후, 표면내삽 기법을 사용하여 지하수관련 정보에 대한 value file을 이용하여 분포도를 생성시켰다. 다음은 지하수관련 정보를 이용한 지하자연수위 분포도를 보여주고 있다.



<그림 5-21> 지하자연수위도

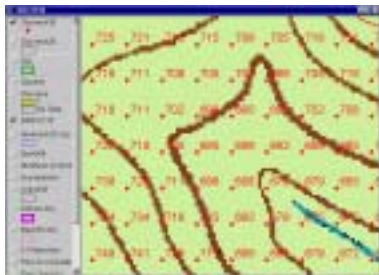
제 5 절 RS, GIS를 이용한 농촌수자원 관련정보 예측기법 개발

본 연구에서 제시하는 농촌수자원 예측기법은 RS로부터 준비한 토지피복자료와 GIS에 의한 DEM, 하천도, 토양도, 지하자연수위 분포도, 강우분포를 위한 티셀망도 등의 래스터 자료를 이용하여, 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 개개의 격자마다 지표면 및 지표하의 일단위 물수지를 계산하므로써 유역 전체의 시간적·공간적 수자원 변동량을 파악할 수 있도록 하는 전형적인 분포형 연속 수문모형(distributed continuous hydrologic model)의 개발 및 적용이라고 할 수 있다.

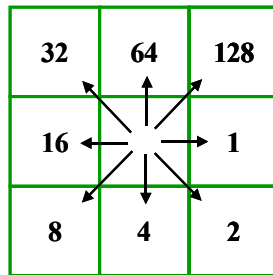
본 연구에서는 C-언어를 이용하여 격자기반의 일단위 물수지 계산모형을 개발하고, 모형의 입력자료의 준비와 출력은 미공병단에서 개발한 GIS 소프트웨어인 GRASS 또는 Arc/Info를 이용하여 모형의 전·후처리과정을 수행하므로써 모형의 유연성을 최대한 확보하도록 구성하였다.

<그림 5-22>(a)와 같이 DEM의 속성인 고도값을 이용하여 격자간의 방향성을 부여한 <그림 5-22>(d)와 같은 흐름방향도(flow direction map)를 작성할 수 있다. 이 흐름방향은 일단위 물수지를 계산할 때 해당 격자로 유입되는 양과 그 격자로부터 유출되는 양을 결정하기 위하여 반드시 필요하다. 해당격자의 흐름방향의 결정은 <그림 5-22>(b)와 같이 3×3 격자의 중심격자로부터 주위의 8격자 중에서 가장 낮은 고도값으로 흐르는 이른바 8방향 흐름점 모델을 적용하면 된다. 예를 들어, <그림 5-22>(c)와 같이 고도값이 67인 중심격자에서 고도값이 가장 낮은 22 격자로 흐름방향이 결정되며, 이 경우에는 중심격자의 값이 <그림 5-22>(b)에 근거하여 2로 부여된다.

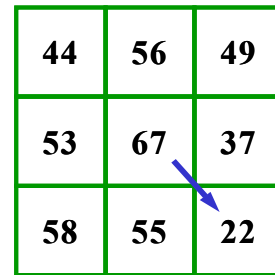
한편 격자의 유출방향은 단방향이지만, 흐름이 유입되는 격자는 하나 이상일 수가 있다. 해당 격자의 물수지 계산시, 중심격자로 유입되는 격자들을 모두 고려하기 위하여 <그림 5-22>(b)의 8방향 흐름점 모델을 180°회전시킨 상태에서의 주변격자들이 가지는 흐름방향값을 이용하면 중심격자로 흘러 들어오는 유입격자들을 모두 계산할 수 있다(김, 1995).



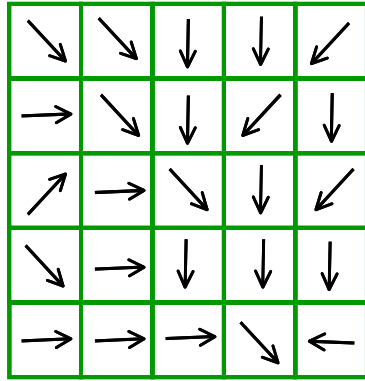
(a)



(b)



(c)



(d)

2	2	4	4	8
1	2	4	8	4
128	1	2	4	8
2	1	4	4	4
1	1	1	2	16

(e)

<그림 5-22> (a) DEM 및 고도값, (b) 8방향 흐름점 모델, (c) 방향도 및 유입유출경로
(d) 방향으로 표현된 흐름방향도, (e) 숫자로 표현된 흐름방향도

1. 격자기반의 물수지(grid-based water balance)

격자 물수지는 유역을 일정한 크기로 분할한 상태에서 각 격자의 유입·유출을 계산하므로써 일별로 유역 전체에 대한 물수지를 파악할 수 있게 된다. <그림 5-23>는 모형이 고려하는 물수지인자를 도시한 것이다. 모형은 각 격자별 지표흐름, 지표하에서 불포화 토양층흐름과 포화토양층 흐름의 세가지 흐름에 대한 물수지를 모의한다. 격자마다 일단위의 토양수분의 변화를 계산하는데, 토양의 포화도에 따라 지표유출이 발생하고 지하수로의 흐름이 발생된다.

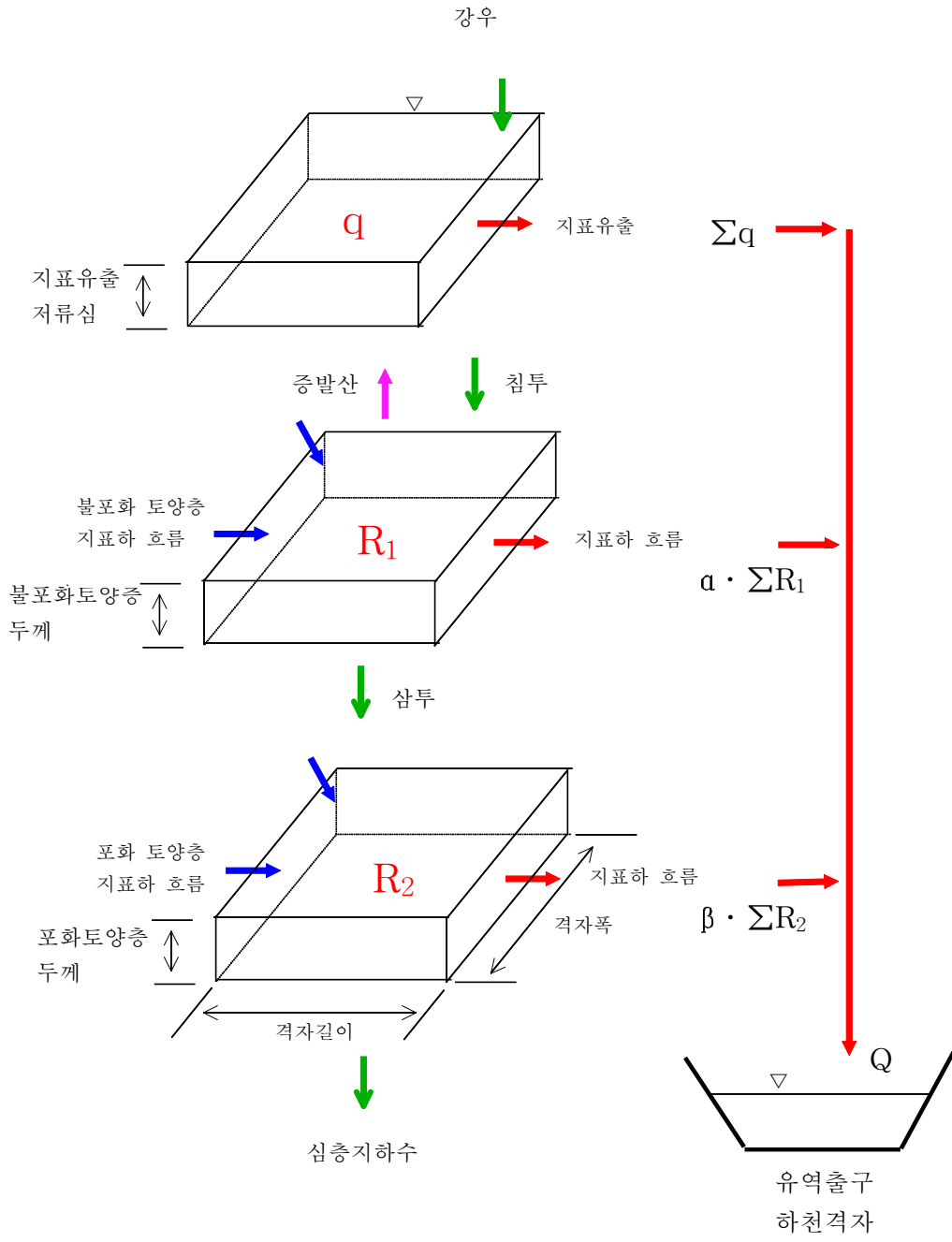
지표흐름의 유입인자는 강우, 유출인자는 지표유출이고, 지표하 불포화 토양층흐름의 유입인자는 강우에 의한 침투, 주변격자로부터의 횡유입, 유출인자는 증발산, 격자의 횡유출, 포화토양층으로의 침투이며, 포화토양층 흐름의 유입인자는 토양층으로부터의 유입, 주변격자로부터의 횡유입, 유출인자는 격자의 횡유출이다. 임의 하천지점에서의 유출은 이론적으로 유역내에서 발생된 격자별 지표유출의 합과 하천을 따라 주변격자에서 하천격자로 유입되는 지표하유출의 합으로 계산할 수 있다. 한편 본 모형은 일단위로 모의되므로 유역에서 발생된 지표유출이 계산 하천지점으로 도달하는 시간이 하루이내이어야 하며, 지표하 흐름 방향은 지표흐름방향과 동일한 것으로 가정하였다.

가. 불포화층 토양수분 추적 (unsaturated soil moisture routing)

토양수분의 상태는 증발산, 침투에 따른 지표유출의 발생, 침투에 의한 지하수위의 변동 등에 영향을 미치므로, 격자별 토양수분의 추적은 유역내에서의 수문거동을 파악할 수 있게 된다. 토양이 포화될 때까지의 강우량은 모두 침투되며, 그 이후 강우량은 모두 지표유출로 처리된다. 다음 식은 격자단위의 토양수분 수지식을 나타낸 것이다.

$$\frac{dSMu_i}{dt} = F(t)_i + \sum Qu_{sub.in,i} - Qu_{sub.out,i} - ET(t)_i - DPu(t)_i \quad (5-3)$$

여기서 FT_i = 침투량(m^3), SMu_i = 토양수분(m^3), $Qu_{sub.in,i}$ = 주위격자로부터의 지표하 유입량(m^3/sec), $Qu_{sub.out,i}$ = 계산격자에서의 지표하유출량(m^3/sec), ET_i = 증발산량(m^3), DPu_i = 포화토양층으로의 유출량(m^3), i = 격자주소, t = 시간간격(일)이다.



<그림 5-23> 격자기반의 일단위 물수지 요소

토양수분은 포화상태(유효공극율)에서 위조점(wilting point)의 범위내에서 변하는데, 포

장용수량(field capacity)이상이 되면 식(5-4)와 같이 유효공극율, 포장용수량, 토양깊이를 사용하여 유출심의 함수로 표현할 수 있으며, 그 이하에서는 증발산량에 의하여 소비된다. 여기서 포장용수량은 토양층의 경계면이 포화되기 시작하는 토양수분을 의미한다. 토양층의 수분이 포장용수량 이상이 되면 일정한 투수계수(유효투수계수)의 비율로 포화토양층으로 유입된다. 유역 경계에 위치하는 격자의 유출심은 항상 0 으로 가정한다.

$$\begin{aligned}
 H_i &= D_c (SMu_i - F_c) / (PO_e - F_c), & F_c < SMu_i < PO_e \\
 &= D_c, & SMu_i \geq PO_e \\
 &= 0, & SMu_i \leq F_c
 \end{aligned} \tag{5-4}$$

여기서 H_i = 유출심(m), D_c = 토양깊이(m), PO_e = 유효공극율(m^3/m^3), F_c = 포장용수량(m^3/m^3)이다.

나. 증발산량

본 연구에서는 Morton법(1978)에 의하여 실제 증발산량을 구하는 방법을 이용하였다. Morton(1978)은 실제 증발산량과 Penman법에 의해 얻을 수 있는 잠재 증발산량은 서로 보완관계가 있으며, 실제 증발산량과 잠재증발산량의 합은 Priestly와 Taylor(1972)에 의해 제안된 잠재 증발산량의 2배와 거의 유사하다는 관계식을 제안했다. 그러나 Morton식에 의해 증발산량을 계산할 경우 경험식에 의해 구하는 인자가 많이 존재하게 되며, 결과적으로 복잡한 계산 과정이 필요하다. Brusaert와 Stricker(1979)식에 의해 얻어진 증발산량은 겨울철에 과소평가되는 것으로 알려지고 있으며, 이 식에 Morton(1983) 식을 이용하여 이류항(advection term)에 대한 고려를 하였다. 이류항은 겨울철을 제외하고는 0 이다. 따라서 토지피복에 의한 지중열 계수(ground heat flux coefficient)를 이용하였으며, 지표면과 토양에서 이루어지는 전도에 대한 열의 교환을 고려하였다.

$$E_a = 2 \cdot E_P - E_{PP} \tag{5-5}$$

$$E_{PP} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + M - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u)(e_s - e_a) \tag{5-6}$$

$$E_P = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n + M - G) \quad (5-7)$$

$$M = 0.66L_n - 0.44R_n \quad (5-8)$$

$$G = C_r \cdot R_n \quad (5-9)$$

여기서 E_a = 실제 증발산량(mm/day), E_{PP} = Penman에 의한 잠재증발산량(mm/day), E_P = Priestly와 Taylor에 의한 잠재 증발산량(mm/day), Δ = 포화수증기압 곡선의 기울기(kPa/°C), γ = 건습구 온도계 정수, R_n = 순복사에너지(mm/day), M = 수면으로부터 이루어지는 에너지(mm/day), G = 지중열 flux(MJ/m²/day), $f(u)$ = 풍속함수(m/sec), e_s = 대기의 포화수증기압(kPa), e_a = 대기의 수증기압(kPa), L_n = 장파복사에너지(MJ/m²/day), C_r = 지중열계수이다.

위 식들에서 사용된 각 계수에 대한 설명은 다음과 같다.

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(237.3 - T)^2} \quad (5-10)$$

$$\gamma = 0.0016286 \frac{P}{\lambda} \quad P = 1013.25 - (0.119861 \times H) + (5.365 \times 10^{-6} \times H^2) \quad (5-11)$$

$$\lambda = 2.501 - 0.002361T \quad (5-12)$$

$$f(u) = 0.26(1 + 0.54u_2) \quad (5-13)$$

$$u_2 = u \times (2/Z)^{0.17} \quad (5-14)$$

$$e_s = 0.611 \times \exp[7.5T/(237.3 + T)] \quad (5-15)$$

여기서 P = 대기압(kPa), λ = 증발에 대한 잠열(MJ/kg), H = 고도(m), T = 대기온도(°C), u_2 = 지상 2m에서의 풍속(m/sec), u = 풍속(m/sec), Z = 풍속관측높이(m)이다.

지표면에 입사되는 태양복사에너지는 지표면의 알베도에 비례하여 일부 반사되며, 지표면에 흡수된 태양에너지는 온도에 비례하여 장파복사에너지를 방출하게 된다. 따라서 지표면에서 순복사에너지 R_n 은 태양복사에너지와 지구복사에너지의 차로 나타낼 수 있다.

$$R_n = S_n - L_n$$

$$= (1 - \alpha)I - \sigma(T + 273.4)^4(0.56 - 0.092\sqrt{e_a})(0.1 + 0.9\frac{n}{N}) \quad (5-16)$$

여기서 S_n = 단파 복사에너지, α = 지표면의 알베도, σ = Stefan-Boltzman 상수(4.903×10^{-9} MJ/m²/K⁴/day), n = 일조시간(hr), N = 가조시간(hr)이다.

다. 불포화토양층 지표하흐름

불포화토양층의 토양수분이 포장용수량 이상이 되면 횡방향으로의 흐름이 발생하게 되며, 이 흐름은 운동과 가정에 의하여 다음의 운동량 방정식을 적용하였다(Beven, 1982; Sloan and Moore, 1984).

$$Q_{u\ sub} = K_s A_{\ sub} \sin \beta \quad (5-17)$$

여기서 $Q_{u\ sub}$ = 지표하유량(m³/sec), K_s = 포화투수계수(m/sec), $A_{\ sub}$ = 흐름단면적(m²)이다.

한편, 토양층에서의 정보가 부족한 경우에는 간단한 선형저수지 개념($Q_{u\ sub} = a \cdot R_1$, 여기서 a = 저수지계수, R_1 = 포장용수량이상 격자의 토양수분 저류량)을 도입하여 유역의 불포화토양층 유출량을 추정할 수 있다. 이는 $\ln(Q)$ (여기서 Q 는 지표유출이 배제된 하천유출량)가 시간에 대하여 선형관계가 성립할 경우 적용할 수 있다. a 는 실측 유출자료의 감소 구간으로부터 구할 수 있다.

라. 포화토양층 지표하흐름

포화토양층에서의 흐름도 불포화토양층에서의 흐름과 동일하게 운동량방정식을 적용하며, 임의 하천지점에서의 포화토양층 유출량을 계산하려면 하천 주변격자에서 하천으로 유입되는 포화토양층 유출량의 합을 계산하면 된다. 포화토양층에 대한 격자단위 수지식은 다음과 같다.

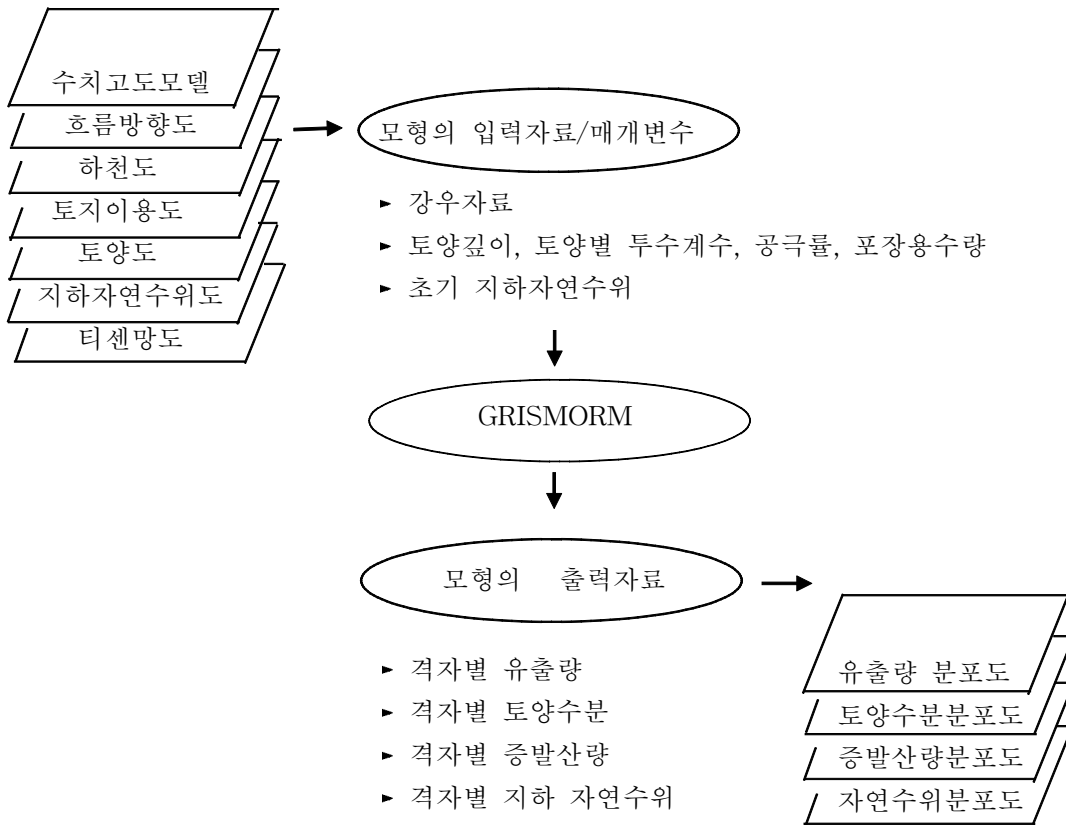
$$\frac{dSMs_i}{dt} = DPu(t)_i + \sum Qs_{\ sub,\ in,\ i} - Qs_{\ sub,\ out,\ i} - GW(t)_i \quad (5-18)$$

여기서 SM_{Si} = 포화토양층 변동량(m^3), DP_u = 불포화 토양층으로부터의 유입량(m^3),
 $Q_{S_{sub.in.i}}$ = 주위격자로부터의 포화수 유입량(m^3/sec), $Q_{S_{sub.out.i}}$ = 계산격자에서의 포
화수유출량(m^3/sec), GW = 심층지하수로의 침투량(m^3)이다.

불포화토양층 흐름과 마찬가지로 포화토양층에 대한 정보가 부족할 경우는 간단한 선형
저수지 개념($Q_{gw} = \beta \cdot R_2$, 여기서 β =저수지계수, R_2 = 포화토양층 함양량)을 이용하여 포화
토양층에서의 유출량을 추정할 수 있다.

2. 모형의 구성

본 분포형 모형의 구조적 흐름도는 <그림5-24>과 같다. 모형의 입력자료로는 지역의
수치고도모델, 흐름방향도, 하천도, 토양도, 토지이용도, 지하 자유수위분포도, 티센망도를
사용한다. 본 모형은 이들 자료를 격자기반(raster-based)의 GIS 소프트웨어(GRASS,
IDRISI)를 이용하여 ASCII 형식의 파일로 불러들인다. 모형은 수행되면서 지역의 시간적·
공간적 유출심, 토양수분 및 지하 자유수위 분포도 등을 주어진 시간간격으로 ASCII 파일
형식의 도면으로 출력하며, 원하는 지점에서의 유출곡선을 텍스트파일로 출력한다. 이들 결
과는 격자기반 GIS 소프트웨어의 형식으로 전환시켜 그래픽으로 표현이 가능하다.



<그림 5-24> 모형의 구조적 흐름도

3. 예측기법의 적용

가. 모형의 보정을 위한 매개변수

본 모형에 적용한 토양 매개변수들을 정리하면 (표 5-10)과 같다. 불포화토양층의 토양 깊이는 (표 5-11)의 토양부호별 토심속성을 참조하여 (표 5-12)와 같이 4 그룹(매우 얇음, 얇음, 보통, 깊음)으로 부여하였다. 한편 비의 생육기간 중의 유효우량(effective rainfall)은 서울대학교 농업개발연구소의 저수지 물관리 연구(1987)에서 수원지역의 30년간 기상자료를 이용하여 제시한 6월~9월의 월별 평균유효우량(표 5-13)를 참조하여 보정하였다.

(표 5-10) 모형의 보정에 적용한 토양관련 매개변수

	사토	양질 사토	사양 토	양토	미사질양 토	사질 식양토	식양 토	미사질 식양토	사질 식토	미사질 식토	식토	암석
유효공극율 (cm ³ /cm ³)	0.417	0.401	0.412	0.434	0.486	0.330	0.390	0.432	0.341	0.423	0.405	0.417
포장용수량 (cm ³ /cm ³)	0.091	0.125	0.207	0.270	0.330	0.255	0.318	0.366	0.339	0.387	0.396	0.091
위조점 (cm ³ /cm ³)	0.033	0.055	0.095	0.117	0.133	0.148	0.197	0.208	0.239	0.250	0.272	0.033
불포화토양층 투수계수 (cm/hr)	420.0	122.2	51.8	26.4	13.6	8.6	4.6	3.0	2.4	1.8	1.2	48.0
포화토양층 투수계수 (cm/hr)	210.0	61.1	25.9	13.2	6.8	4.3	2.3	1.5	1.2	0.9	0.6	24.0

(표 5-11) 1:50,000 개략토양도 속성 분류기준

번호	토양명	배수 정도	토양 종류	토심(cm)	토지 이용
1	층적토	매우 양호	사토	매우 얇음(0-20)	황무지
2	퇴적토	양호, 약간 양호	양질사토	얇음(20-50)	논
3	적황색토	불량, 약간 불량	사양토	보통(50-100)	밭
4	백색사구	매우 불량	양토	깊음(100이상)	임야
5	암쇄토		미사질양토		
6	갈색사립토		사질식양토		
7	살색산립토		식양토		
8	암석노출지		미사식양토		
9	회색토		사질식토		
10	화산회토		미사질식토		
11	해안사구		식토		
12			암석		
13	유사반층토				

(표 5-12) 1:50,000 개략토양도 토양부호별 속성

번호	토양 부호	토양통	배수 정도	토양 종류	토심	토양명	토지 이용
1	A f a	화봉	2. 약간 양호	3. 사양질	3. 깊음	1. 충적토	3. 밭
2	A f b	신답	2. 약간 불량	3. 사양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
3	A f c	화봉	2. 약간 양호	1. 사질	1. 얕음	1. 충적토	1. 황무지
4	A f d	황룡	2. 약간 양호	1. 사질	1. 얕음	1. 충적토	1. 황무지
5	A n a	용지	2. 약간 양호	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
6	A n b	통천	2. 약간 양호	3. 사양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
7	A n c	월곡	2. 약간 양호	3. 사양질	2. 보통	2. 퇴적토	2. 논
8	A n d	감천	2. 약간 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	3. 밭
9	A p a	극락	3. 약간 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
10	A p b	화동	3. 약간 양호	7. 식양질	3. 깊음	3. 적황색토	2. 논
11	A p c	본량	3. 약간 불량	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
12	A p d	강동	3. 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
13	A p g	호계	2. 양호	7. 식양질	1. 얕음	1. 충적토	3. 밭
14	F b a	-	2. 양호	1. 사질	2. 보통	4. 백색사구	1. 황무지
15	F m a	덕하	3. 약간 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
16	F m b	만경	3. 약간 불량	7. 식양질	2. 보통	1. 충적토	2. 논
17	F m d	공덕	3. 약간 불량	8. 미사식양질	3. 깊음	1. 충적토	2. 논
18	F m g	-	3. 약간 불량	3. 사양질	2. 보통	-	2. 논
19	M a a	오산	1. 매우 양호	7. 식양질	3. 깊음	5. 암쇄토	4. 임야
20	M a b	삼각	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얕음	5. 암쇄토	4. 임야
21	M a c	관악	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얕음	5. 암쇄토	4. 임야
22	M l a	-	1. 매우 양호	3. 사양질	2. 보통	-	4. 임야
23	M l b	-	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얕음	-	4. 임야
24	M m a	청산	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얕음	5. 암쇄토	4. 임야

(표 5-12) 1:50,000 개략토양도 토양부호별 속성(계속)

번호	토양 부호	토양통	배수 정도	토양 종류	토심	토양명	토지 이용
25	M m b	청산	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
26	M s a	재구	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
27	M s b	대구	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
28	M u a	망실	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	6. 갈색사립토	4. 임야
29	M u b	오대	2. 양호	3. 사양질	1. 얇음	7. 살색산립토	4. 임야
30	M v a	무등	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
31	M v b	무등	1. 매우 양호	3. 사양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
32	R a a	전남	2. 양호	11. 식질	3. 깊음	3. 적황색토	3. 밭
33	R a b	달천	2. 양호	7. 식양질	3. 깊음	3. 적황색토	4. 임야
34	R a c	각화	2. 양호	11. 식질	3. 깊음	3. 적황색토	3. 밭
35	R a d	석토	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	3. 밭
36	R e a	삼각	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	4. 임야
37	R l a	평창	2. 양호	7. 식양질	3. 깊음	3. 적황색토	4. 임야
38	R l b	평안	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	3. 적황색토	3. 밭
39	R O	-	4. 매우 불량	12. 암석	0. 없음	8. 암석노출지	1. 황무지
40	R s a	대구	1. 매우 양호	7. 식양질	1. 얇음	5. 암쇄토	1. 황무지
41	R s b	시례	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	3. 적황색토	3. 밭
42	R s c	반호	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	3. 밭
43	R v a	무등	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	3. 적황색토	4. 임야
44	R v b	천곡	2. 양호	11. 식질	2. 보통	3. 적황색토	3. 밭
45	R v c	석토	2. 양호	7. 식양질	2. 보통	2. 퇴적토	2. 논
46	R v d	-	2. 양호	11. 식질	3. 깊음	-	3. 밭
47	R x a	용지	3. 불량	7. 식양질	2. 보통	1. 층적토	1. 황무지

(표 5-13) 논에서의 월평균 유효우량 (단위:mm/day)

	6	7	8	9
최대 유효우량	31.0	46.0	30.0	37.0
최소 유효우량	10.0	6.0	6.0	7.0
평균	14.0	16.0	13.0	16.0

나. 모형의 적용결과 및 고찰

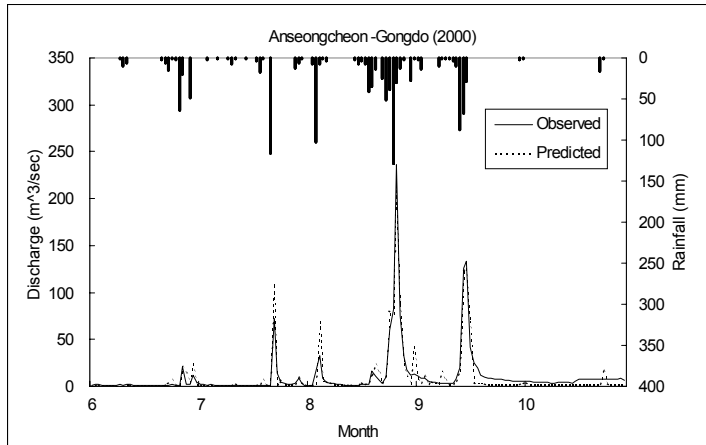
모형의 적용성을 검토하기 위하여 안성천 평택수위관측소의 상류유역(592.6 km²)을 대상으로 본 모형을 적용하였다. 수문자료는 건설교통부가 관리하는 평택과 공도 수위관측소의 3개년(2000-2002)간의 일수위 및 유량자료를 이용하였다. 기상자료는 유역의 티센망 지배하에 있는 8개(원삼, 삼죽, 양성, 안성, 서운, 성거, 성환, 평택)관측소의 일기상자료를 사용하였다.

1) 평택 및 공도 지점에서의 일유출량 비교

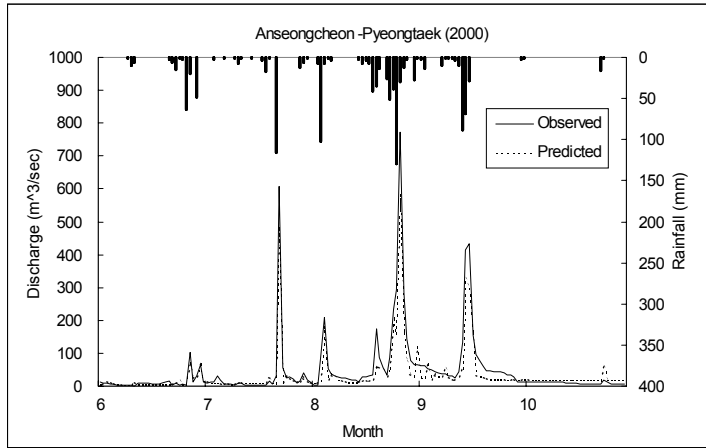
2000년의 공도 및 평택수위관측소 일유출량자료를 이용하여 모형의 보정을 시도하였으며, 2001년과 2002년의 자료를 대상으로 모형을 검증하였다. 보정 및 검증결과를 정리하면 (표 5-14)와 같으며, <그림 5-25>은 년도별 공도 및 평택수위관측소 지점에서의 실측 유출량과 모형에 의한 모의유출량을 비교한 것이다. 공도지점 상류유역은 산림이 큰 비중을 차지하고 있어 3개년 평균 909.4mm의 강우량에 대하여 33.4 %의 낮은 유출율을 보였으며, 평택지점을 대상으로 하는 유역은 평야부의 논지역이 큰 비중을 차지하게 되면서 3개년 평균 957.7mm의 강우량에 대하여 56.7 %의 상대적으로 높은 유출율을 보였다. 공도와 평택 수위관측소 지점의 3개년 평균 모형효율은 각각 0.69, 0.78의 값을 보였다.

(표 5-14) 모형의 보정 및 검증결과

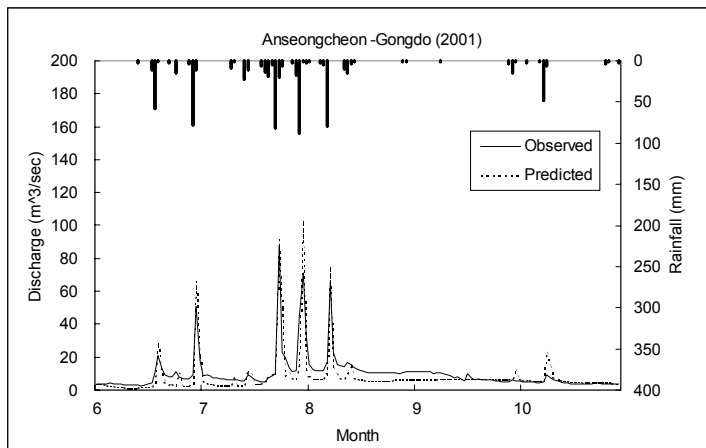
년도	지점	강우량 (mm)	유출량(mm)		유출율(%)		Nash-Sutcliffe 모형효율	비고
			실측	모의	실측	모의		
2000	공도	1154.9	366.1	353.1	31.7	30.6	0.92	유역면적: 공도 (370.2km ²) 평택 (592.6km ²)
	평택	1264.2	1042.7	803.9	82.5	63.6	0.88	
2001	공도	697.5	357.3	298.3	51.2	42.8	0.72	
	평택	706.0	692.7	437.3	98.1	61.9	0.63	
2002	공도	875.7	193.0	233.7	22.0	26.7	0.43	
	평택	902.9	515.0	390.1	58.8	44.5	0.84	
평균	공도	909.4	305.5	295.0	35.0	33.4	0.69	
	평택	957.7	750.1	543.8	79.8	56.7	0.78	



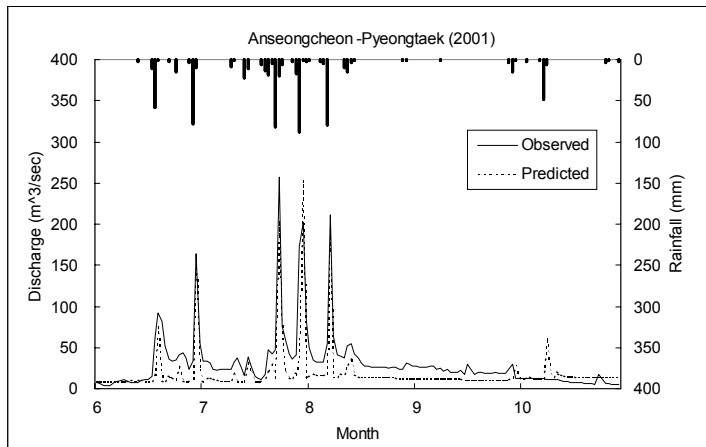
(a)



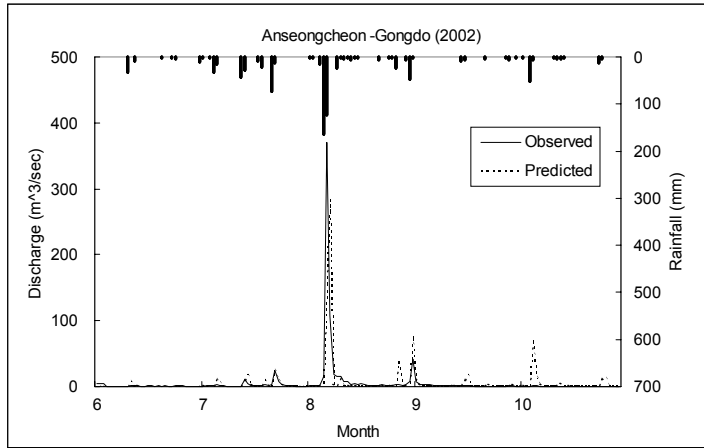
(b)



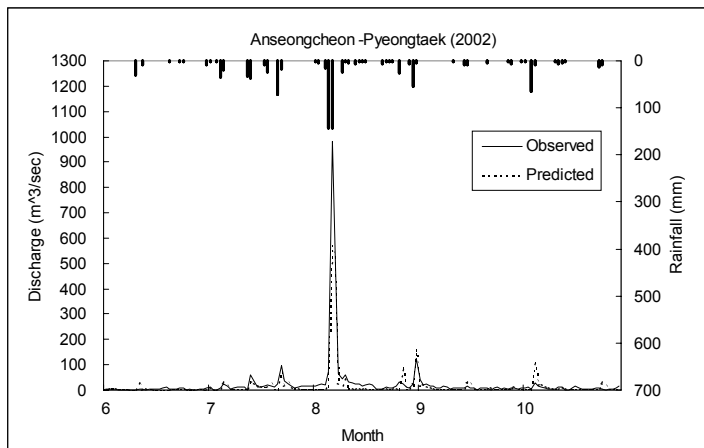
(c)



(d)



(e)



(f)

<그림 5-25> 공도 및 평택수위관측소 지점의 실측유출량과 모의유출량 비교.

(a) 2000년 공도, (b) 2000년 평택, (c) 2001년 공도, (d) 2001년 평택, (e) 2002년 공도, (f) 2002년 평택.

2) 토양수분 측정자료와의 비교

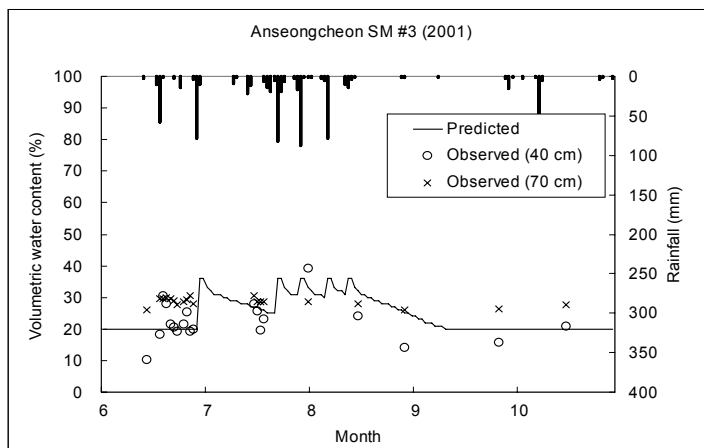
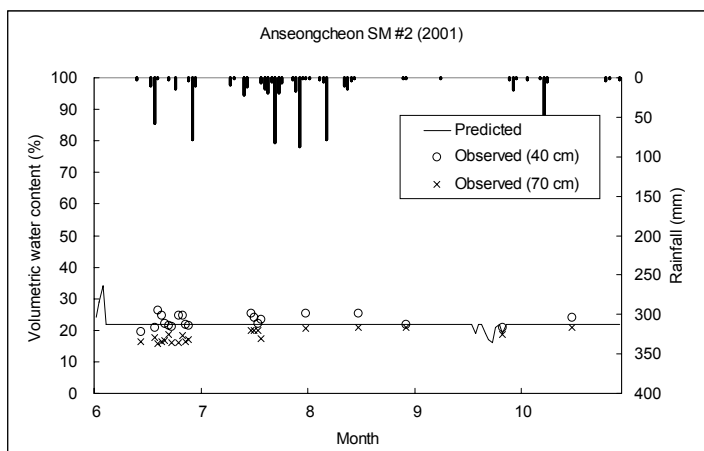
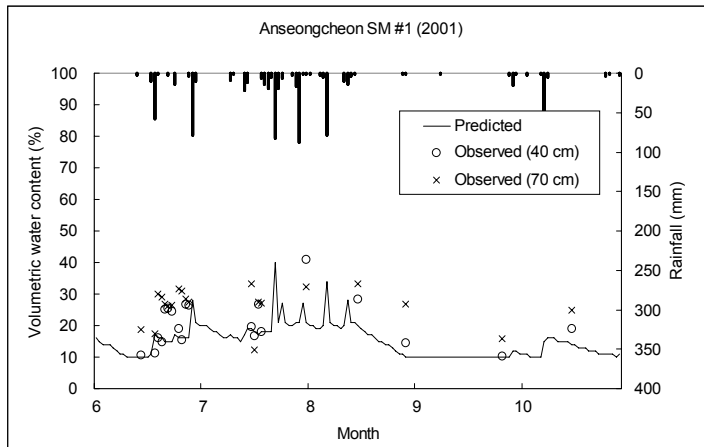
2001년도에 TDR을 이용하여 현장측정한 토양수분자료(측정깊이: 40cm, 70cm)와 모형에 의한 결과를 비교하였다. 총 10개 토양수분 측정지점의 모형정보를 정리하면 (표 5-15)과 같으며, 각 측정지점별 토양수분을 비교한 결과는 <그림 5-26>와 같다. 토양종류에 따른 토양수분의 변화를 살펴보면, 식양토보다는 사양토(SM #1, #5)가 강우후 토양수분의 변화율이 크다는 것을 알 수 있으며, 토양이 식양토이면서 경사가 완만하면, 강우에 따른 토양

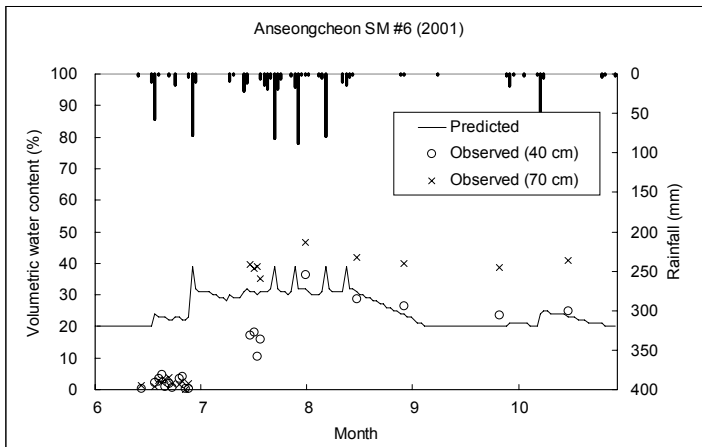
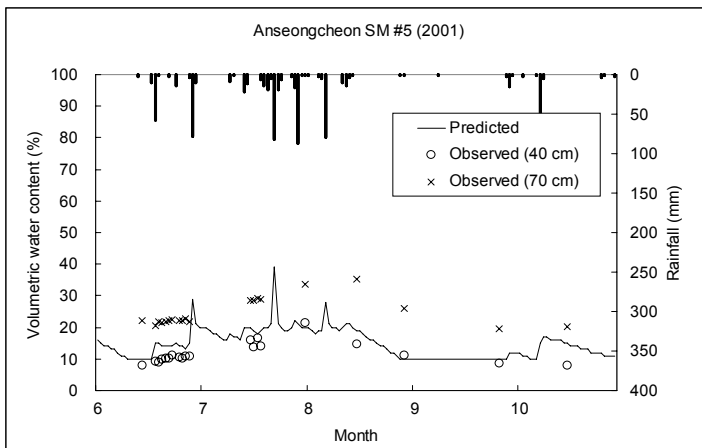
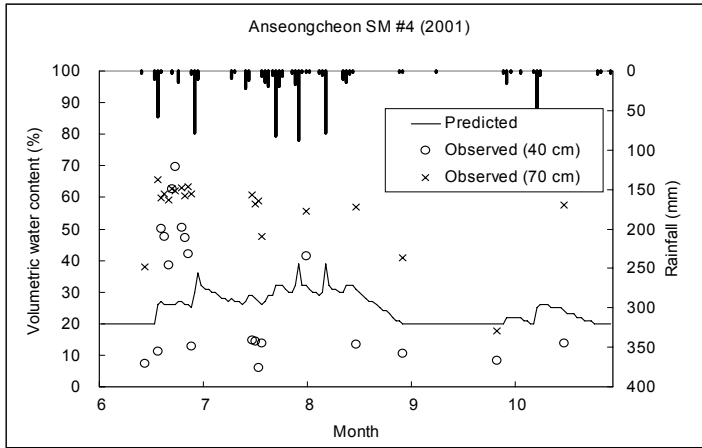
수분의 변화가 적다는 것을 알 수 있었다.

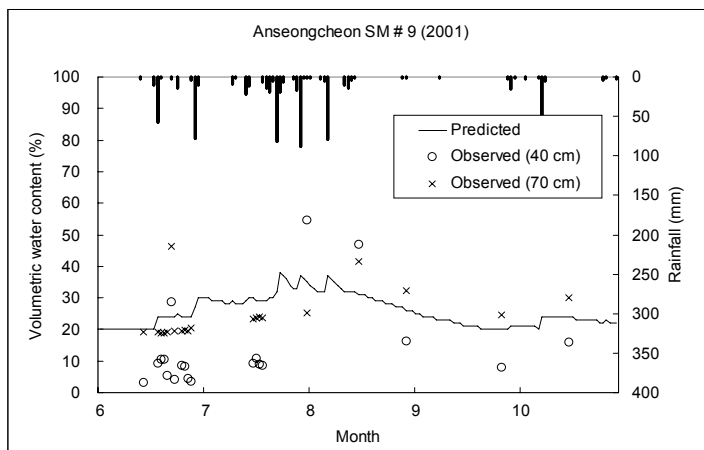
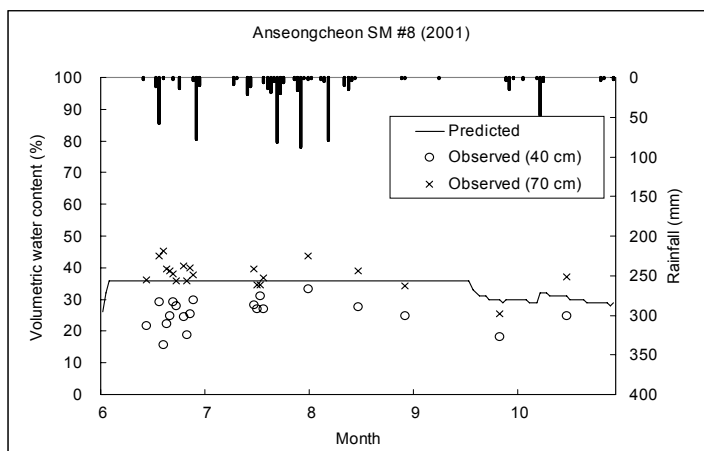
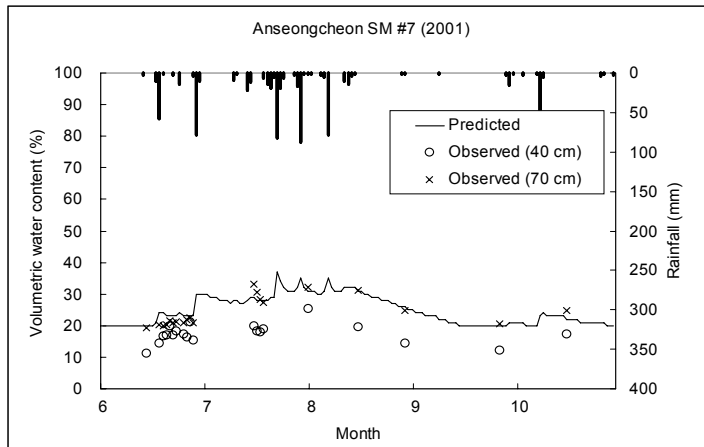
한편, SM #4, #9의 실측토양수분은 강우에 따른 변화의 폭이 큰데 비하여, 모의된 토양수분은 변화를 추적하고는 있지만, 타 측정지점의 모의결과와 비교하여 볼 때, 실측치와 모의치간에 큰 차이를 보이고 있다. 그 원인을 살펴보면, 첫째, 토양의 종류가 식양토로 분류되었는데, 이미 논의한 바와 같이 사질 성분을 함유한 토양이 토양수분의 변화에 민감하므로, 측정지점에 대한 토양종류와 모형에서 셀단위로 분류되는 토양종류가 서로 다를 수 있으며, 둘째, 토지이용형태가 밭(SM #4)과 나지(SM #9)로 분류되었는데, 지표면의 인위적인 처리에 따른 경사의 변경이 토양수분의 변화에 영향을 미쳤을 가능성과 더불어, 지표하의 흐름경사가 지표면의 경사와는 다를 수 있기 때문으로 판단된다. 이 두 측정지점을 제외한 다른 8개 지점의 실측 토양수분과 모의 토양수분은 측정깊이에 따른 토양수분의 변화에 잘 따르고 있다고 생각된다.

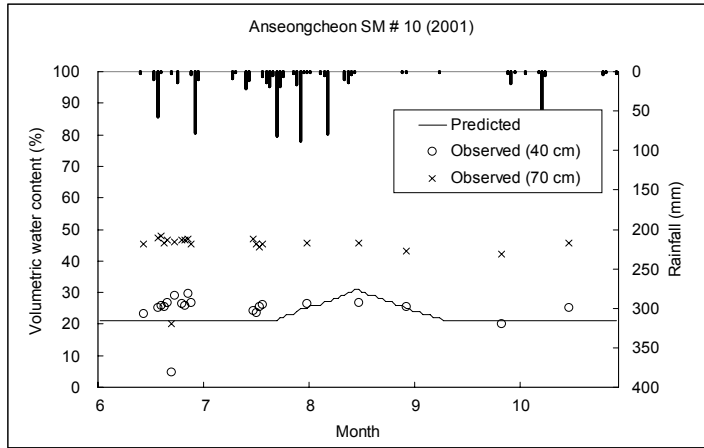
(표 5-15) 토양수분 측정지점별 정보

측점번호	토지이용형태	토양종류	토양깊이(m)	경사도	흐름누적개수
SM #1	4. 산림	3. 사양토	0.85	0.0742	2
SM #2	5. 밭	7. 식양토	0.85	0.0134	5
SM #3	2. 논	7. 식양토	1.25	0.0275	3
SM #4	5. 밭	7. 식양토	0.85	0.0416	1
SM #5	4. 산림	3. 사양토	0.85	0.1505	1
SM #6	5. 밭	7. 식양토	1.25	0.0723	6
SM #7	4. 산림	7. 식양토	1.50	0.0397	1
SM #8	4. 산림	7. 식양토	1.50	0.0295	2
SM #9	1. 나지	7. 식양토	1.50	0.0098	18
SM #10	2. 논	8. 미사질식양토	1.50	0.0087	20









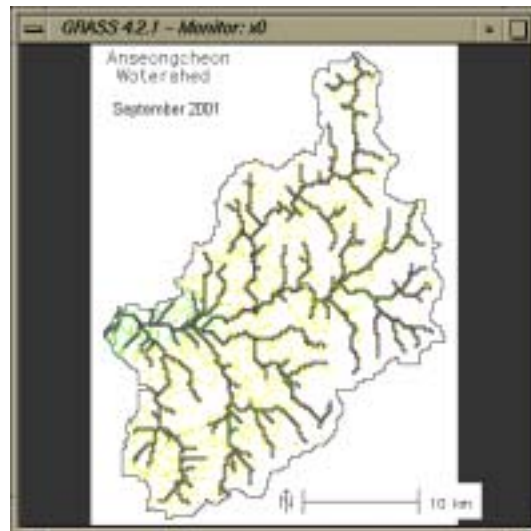
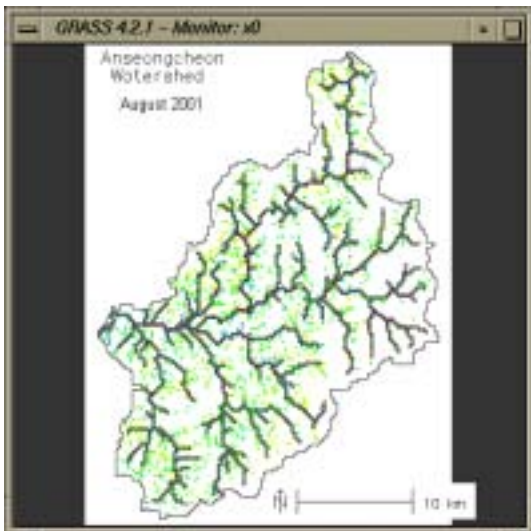
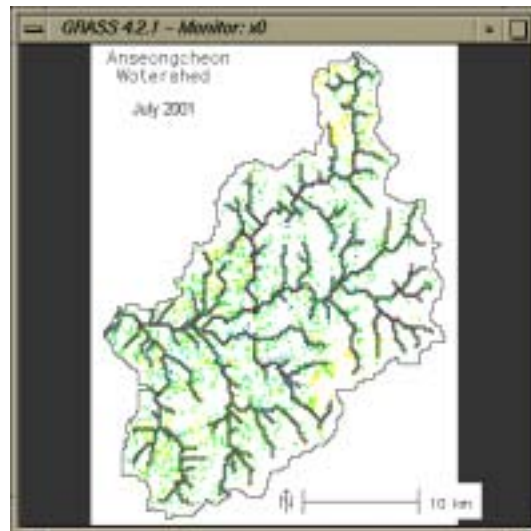
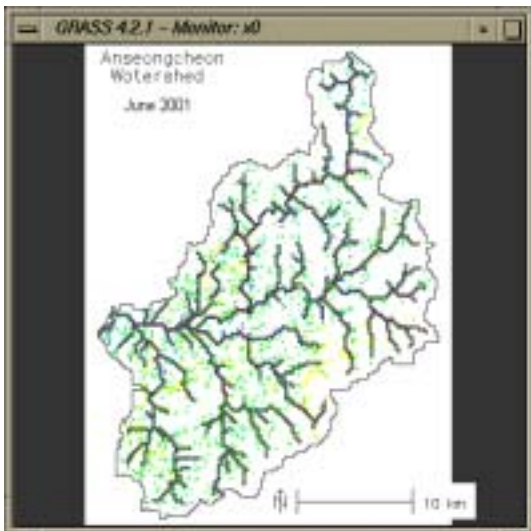
<그림 5-26> 실측 토양수분과 모의 토양수분간의 비교(2001년 6월~10월)

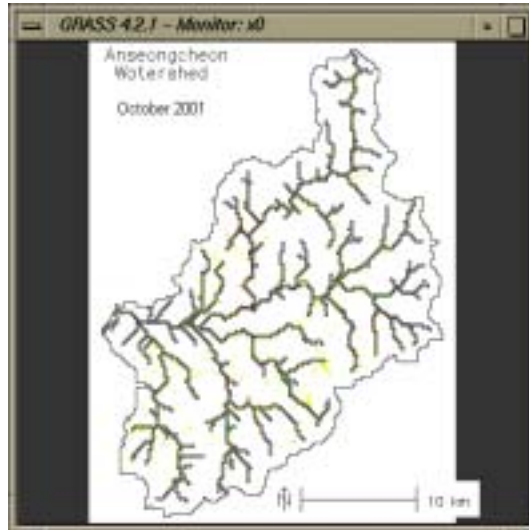
3) 모형의 공간적 출력결과

2001년 6월부터 10월까지의 기간을 대상으로 모형에 의한 공간적 출력결과를 검토하였다. 이 기간중의 월별 기상자료의 특징을 정리하면 (표 5-16)과 같다. <그림 5-27, 그림 5-28, 칼라그림 4>는 모형에 의한 지표유출, 증발산량, 토양수분의 공간적 분포를 각각 월 단위로 표현한 것이다. <그림 5-27>의 지표유출 분포를 보면, 월강우량이 100mm 이상인 6월~8월의 지표유출 지역이 하천주변지역을 대상으로 많이 발생한 것을 알 수 있다. <그림 5-28>의 증발산량 분포를 보면 일조시간이 6월, 7월, 10월에 비하여 상대적으로 많았던 8월과 9월에 유역전반에 걸쳐 증발산이 많이 일어난 것을 파악할 수 있었다. <칼라그림 4>의 토양수분 분포를 살펴보면, 강우량에 크게 영향을 받아 9월에는 강우량이 적어지면서 토양수분이 감소한 지역(하늘색)이 크게 늘어난 것을 알 수 있으며, 10월에는 2회의 강우에 의하여 이 지역들의 토양수분이 증가(청색)한 것을 알 수 있었다.

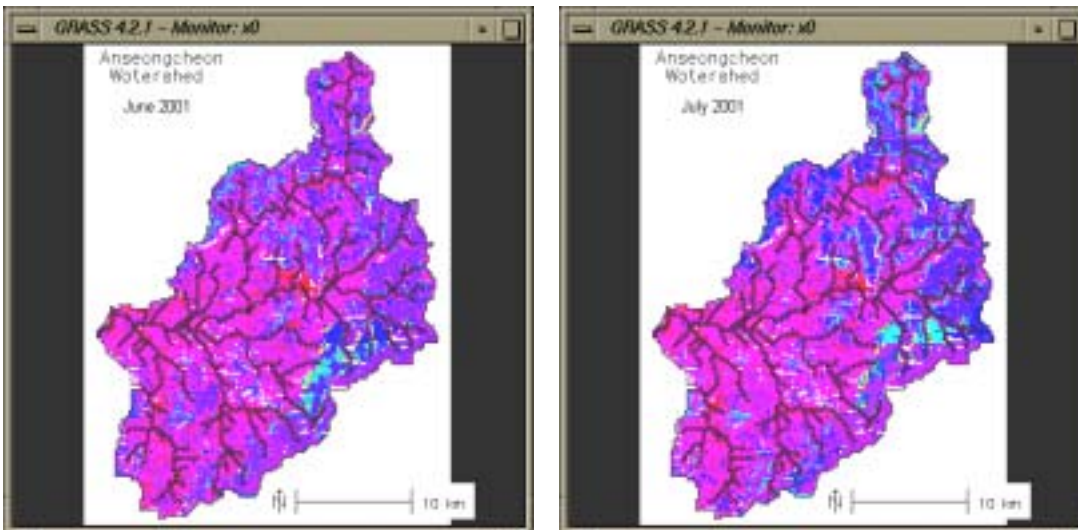
(표 5-16) 모의기간 동안의 월별 기상자료 특징

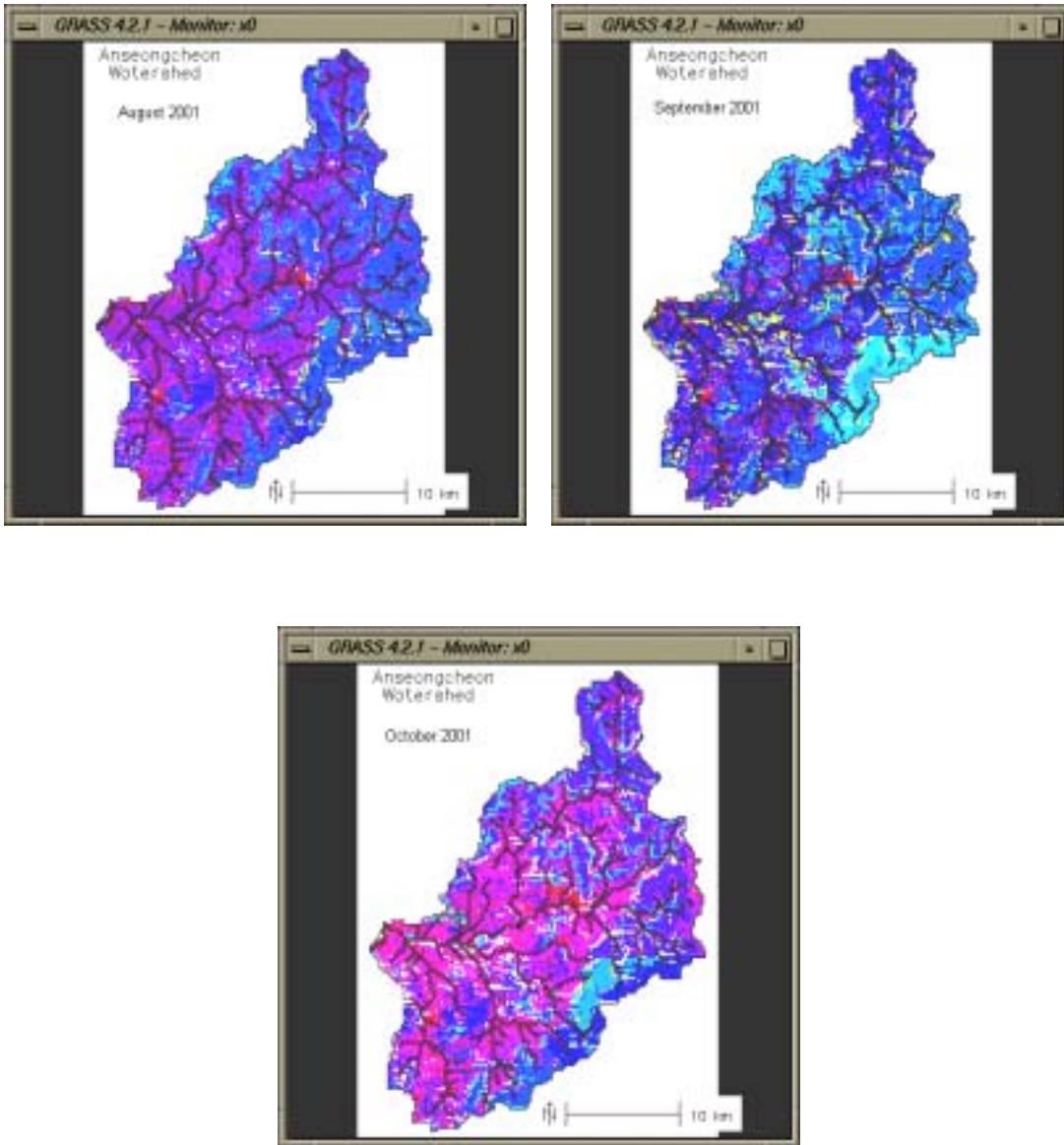
월	6	7	8	9	10	비고
평균기온 (°C)	21.8	24.8	24.5	19.6	13.5	강우회수는 5mm 이상 강우량
평균풍속 (m/sec)	1.4	1.3	1.1	1.4	0.9	
상대습도 (%)	63.2	75.7	70.9	65.2	75.0	
일조시간 (hr)	5.9	5.7	8.2	8.2	5.0	
강우량 (mm)	184.1	305.2	122.0	21.0	65.2	
강우회수	5	11	4	1	2	





<그림 5-27> 유역내 지표유출의 월별 공간적 분포도(2001년 6월-10월)





<그림 5-28> 유역내 증발산량의 월별 공간적 분포도(2001년 6월~10월)

4) 유역 지하수 충전량 추정

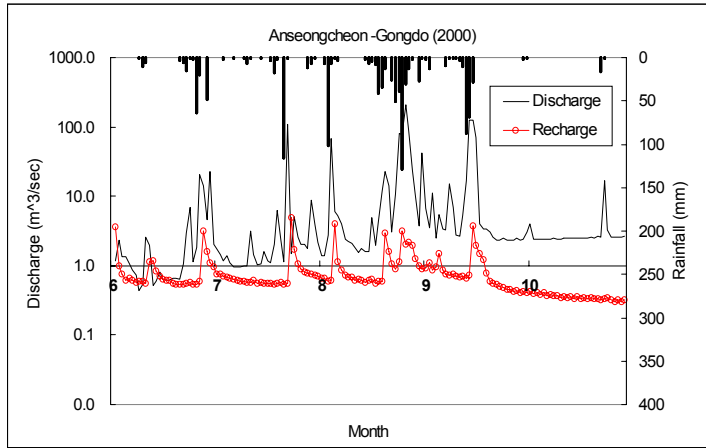
본 연구에서의 지하수 충전량은 포화토양층에서 심층지하수로 침투되는 양으로 정의하며, 이는 하천유출에 기여하지 않는 양을 의미한다. 3개년간의 모의를 통하여 지하수충진량을 추정할 수 있었다. (표 5-17)은 3개년간의 추정된 지하수 충전량을 정리한 것이며, <그림 5-29>은 공도와 평택 수위관측소 상류유역의 년도별 지하수 충전량을 하천유출량과 비

교한 것이다.

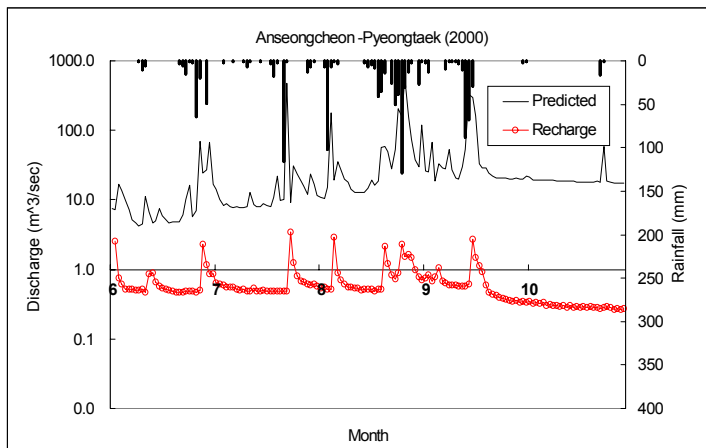
3개년간의 모의결과를 분석하면, ① 강우량의 크기에 따라 지하수 충전량도 비례하여 커지고, ② 공도지점 상류유역은 3개년 평균 909.4mm의 강우량에 대하여 95.4mm(10.4%), 평택지점을 대상으로 하는 유역은 3개년 평균 957.7mm의 강우량에 대하여 78.1mm(8.2%)의 지하수 충전량을 보였는데, 이는 유역상류의 산림지역이 하류부의 논지역보다 지하수 충전에 기여하는 비중이 더 크다는 것을 의미한다. 그 이유를 좀 더 자세히 살펴보면, 유역상류 지역은 경사가 급한데도 불구하고, 강우를 받아들일 수 있는 양호한 지표면 피복조건과 일반적으로 배수가 양호한 토양조건을 가지므로, 침투에 의한 토양수가 중력에 의하여 궁극적으로 지하수로 이동하게 되며, 유역 하류지역의 논지대는 일반적으로 배수가 불량한 토양조건에서 벼 재배기간중에는 담수상태를 유지하게 되는데, 종방향, 즉 지하수로의 삼투보다는 오히려 횡방향, 즉 표고가 낮은 방향으로의 삼투가 더욱 많이 이루어지고 있다는 것으로 해석할 수 있다.

(표 5-17) 분포형 일유출모형에 의한 지하수 충전량 추정

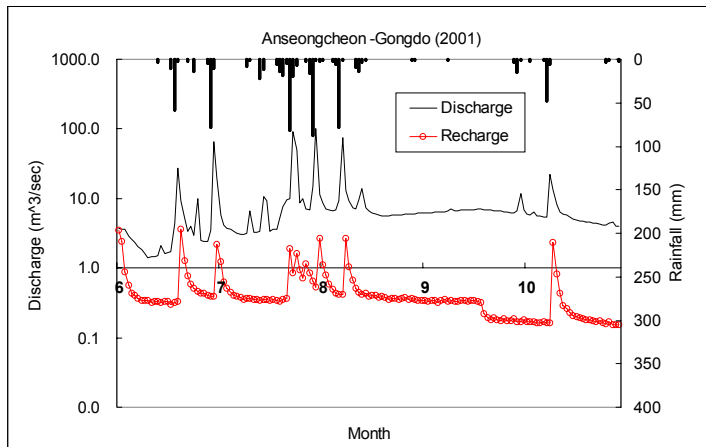
년도	지점	강우량 (mm)	하천 유출		지하수 충전		비고
			양(mm)	비율(%)	양(mm)	비율(%)	
2000	공도	1154.9	353.1	30.6	110.4	9.6	유역면적: 공도 (370.2km ²) 평택 (592.6km ²)
	평택	1264.2	803.9	63.6	99.9	7.9	
2001	공도	697.5	298.3	42.8	78.3	11.2	
	평택	706.0	437.3	61.9	56.4	8.0	
2002	공도	875.7	233.7	26.7	97.5	11.1	
	평택	902.9	390.1	44.5	78.1	8.7	
평균	공도	909.4	295.0	33.4	95.4	10.6	
	평택	957.7	543.8	56.7	78.1	8.2	



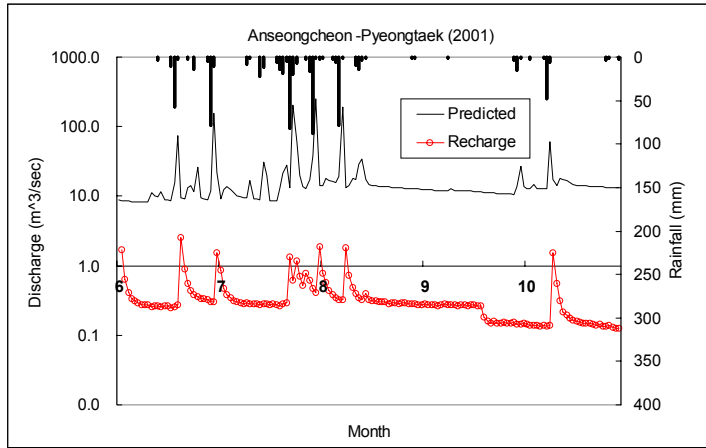
(a)



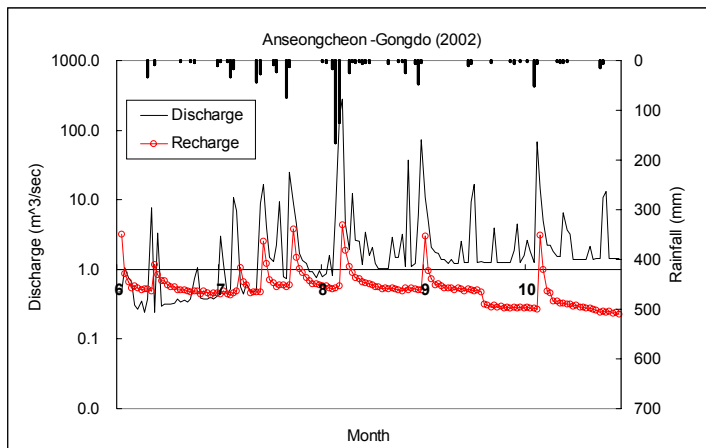
(b)



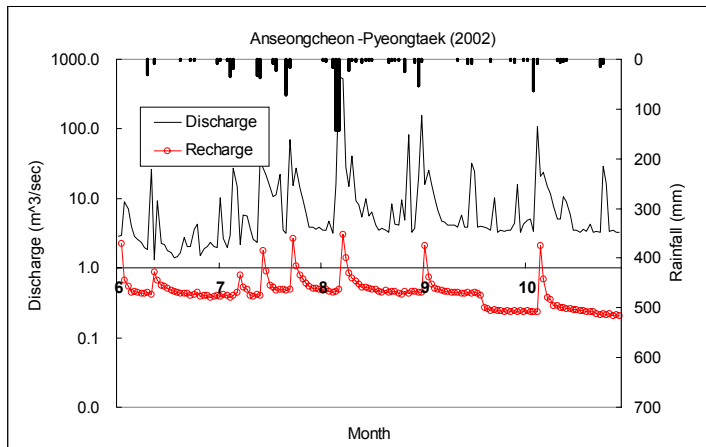
(c)



(d)



(e)



(f)

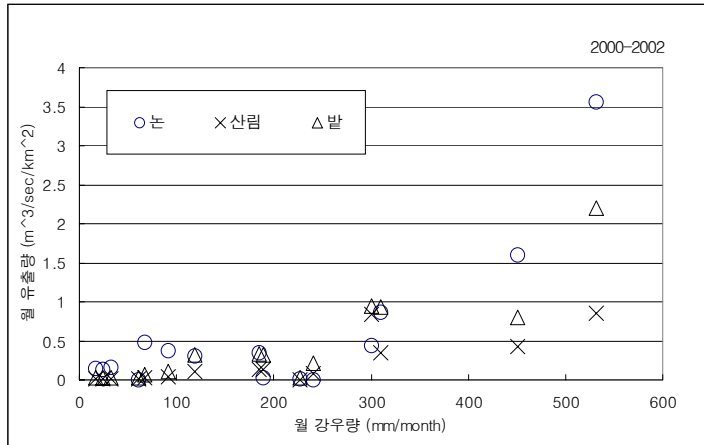
<그림 5-29> 공도 및 평택수위관측소 지점의 유출량과 지하수 충전량 비교.

- (a) 2000년 공도, (b) 2000년 평택, (c) 2001년 공도, (d) 2001년 평택,
- (e) 2002년 공도, (f) 2002년 평택.

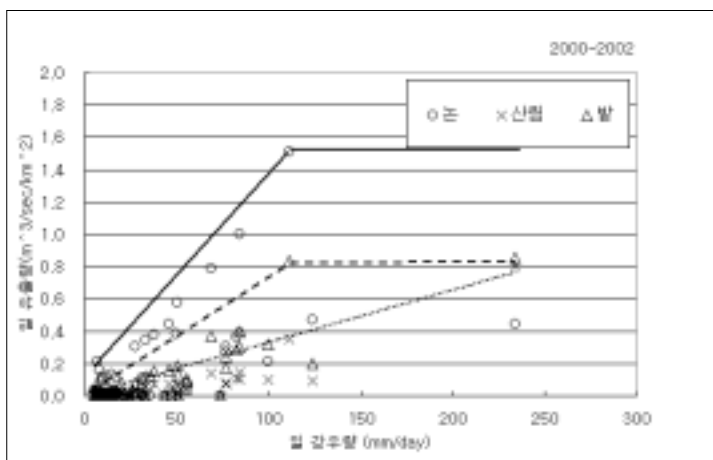
5) 토지이용별 유출량 비교분석

토지이용 항목별 강우에 의한 유출특성을 파악하고자, 3개년의 모의결과를 이용하여 강우량 크기별로 유역내의 논, 산림, 밭의 단위면적당 유출량을 비교하였다. <그림 5-30>(a)를 보면, 월강우량이 약 300mm까지는 토지이용별로 유출량의 크기에 큰 차이를 보이지 않았으나, 그 이상의 강우에 대해서는 유출량이 논, 밭, 산림 순으로 지수함수적 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 월강우량이 300 mm이하의 경우에 대해서는 논의 담수심에서 물꼬 높이까지의 저류능(여유고)이 산림과 밭의 유효 토양층의 저류능(유효공극률-초기토양수분)과 대등한 수준으로 역할을 하지만, 그 이상의 강우량에 대해서는 논에서의 저류능력이 급격하게 떨어지고, 밭의 경우도 상대적으로 공극률이 낮은 고랑을 따라 유출이 크게 증가하기 때문인 것으로 해석된다.

<그림 5-30>(b)는 일강우량에 대한 토지이용별 유출량을 도시한 것이다. 동일한 강우량(예, 100mm)에 대하여 논, 밭, 산림 순으로 유출량의 편차(논; 1.2, 밭; 0.6; 산림; 0.2 m³/sec/km²)가 크게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 이는 강우전 산림과 밭은 토양수분상태, 그리고 논은 담수심에 지배받기 때문이다. 모의결과, 100mm의 일강우에 대하여 산림의 저류능을 기준으로 밭의 잠재저류능은 3배, 논의 잠재저류능은 6배가 될 수 있음을 의미한다.

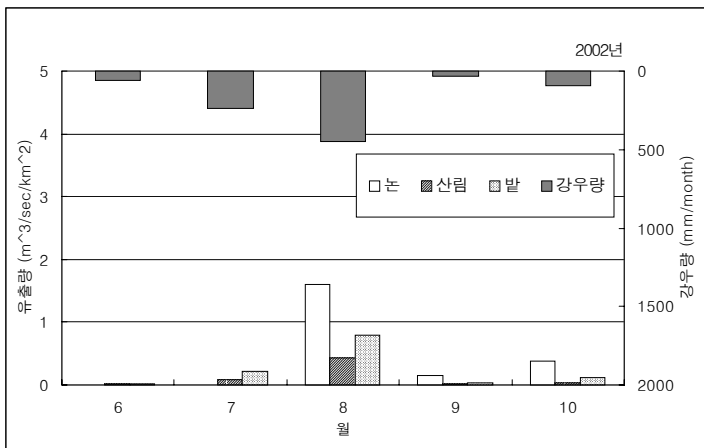
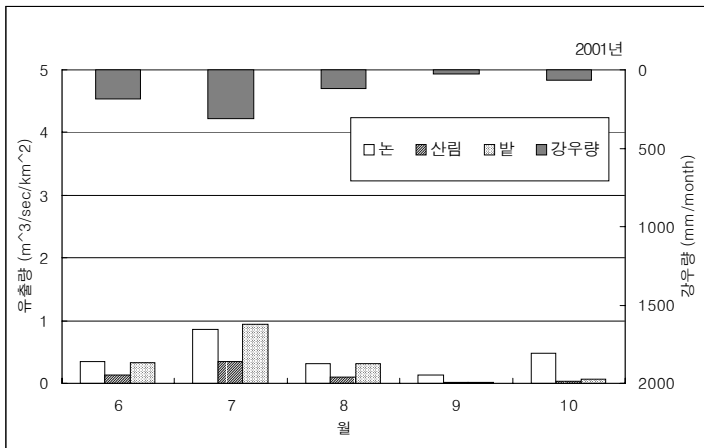
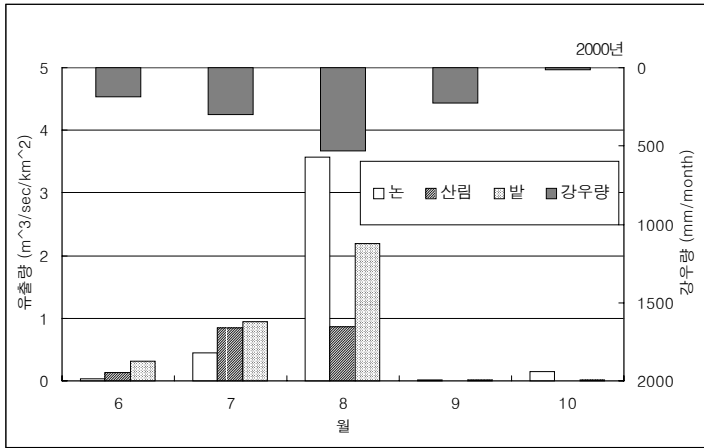


(a) 월단위



(b) 일단위

<그림 5-30> 토지이용별 강우량에 대한 유출량과의 관계



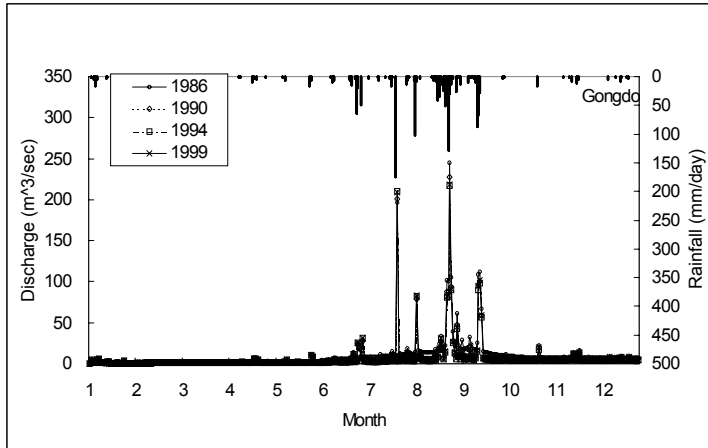
<그림 5-31> 토지이용별 월유출량 추이

6) 토지이용의 변화에 따른 하천유출량 비교분석

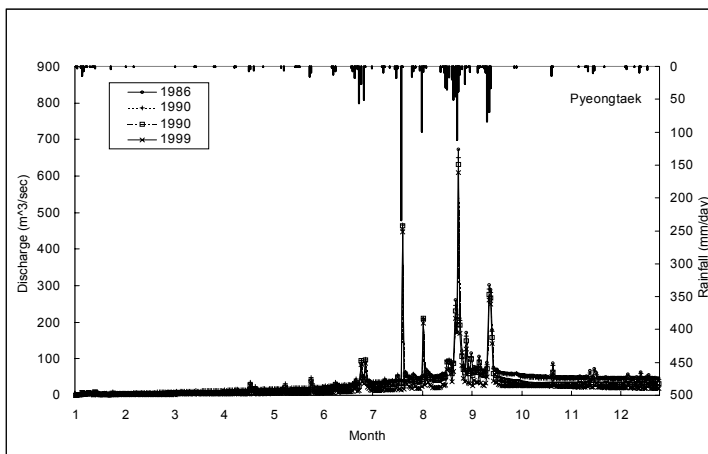
4개년도(1986, 1990, 1994, 1999) 토지피복비율을 이용하여 약 15년 동안의 토지이용 변화가 하천유출량에 미치는 영향을 분석하였다. <그림 5-32>은 토지이용의 변화에 따른 공도와 평택수위관측소 지점의 하천유출량 변화를 각각 비교한 것이며, (표 5-18)는 그 결과를 정리한 것이다. <그림 5-32>의 결과를 보면, 토지이용의 변화에 따라 홍수시의 유출량에 미치는 영향에 비하여 기저유출량이 크게 변화한 것을 알 수 있다. (표 5-18)에서 보는 바와 같이, 전체적으로 도시지역이 증가하고, 산림과 논면적이 감소하면서 년평균 유출량은 지속적으로 감소하는 것으로 추정되었다. 이는 강우가 토양중으로 침투되어 지표하 흐름이 형성되는 면적이 줄어들면서 기저유출에 기여하는 비율이 줄어들었기 때문으로 판단된다.

(표 5-18) 토지이용의 변화에 따른 하천유출량 비교

년도	유역	년평균유출량 (m ³ /sec)	유출고(mm)	유출율(%)	비고
1986	공도	14.00	1010.2	79.3	적용강우량: 공도(1274.1mm) 평택(1324.5mm)
	평택	51.80	1634.7	123.4	
1990	공도	10.02	722.8	56.7	
	평택	53.26	1680.7	126.9	
1994	공도	9.44	681.3	53.5	유역면적: 공도(370.2km ²) 평택(592.6km ²)
	평택	42.52	1342.1	101.3	
1999	공도	9.84	709.8	55.7	
	평택	31.20	984.8	74.4	



(a) 공도



(b) 평택수위관측소 지점

<그림 5-32> 4개년(1986, 1990, 1994, 1999)의 토지피복변화에 따른 하천 유출량의 변화 비교.

제 6 절 결론

본 연구의 목적은 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법을 개발하기 위함이다. 안성천 유역의 평택수위관측소 상류유역을 대상으로 RS 및 GIS를 이용하여 수자원 관련정보의 생성 및 평가기법을 개발하였으며, 생성된 자료들을 이용하여 농촌 수자원 관련정보의 예측기법을 개발하였다. 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 본 연구의 대상지역으로는 경기도 평택, 용인, 안성, 천안에 걸쳐있는 대권역 안성천 유역의 평택수위관측소 상류유역이며, 유역면적은 585.09 km² 이다. 이 지역은 산업발전으로 인한 개발과 함께 상당부분의 개발이 이루어졌고 이러한 개발로 인하여 산림 지역이나 농경지 등의 상당부분이 택지로 전환되는 등 토지이용의 변화가 두드러지게 나타난 지역이다.
2. RS를 이용한 수자원 관련정보의 평가를 위하여, 1986년 4월 15일, 1990년 4월 10일, 1994년 4월 5일, 1999년 4월 19일에 관측된 Landsat TM 영상을 이용하여, 전처리 과정과 피복분류 과정을 통하여 1986년에서부터 1999년에 이르기까지 토지피복 변화를 분석하였다. 분류 결과는 error matrix 작성과 지적통계와의 비교를 통해서 확인하였으며, 도시 및 주거지역이 1986년 3.3%에서 1999년에 9.3%로 6.0% 증가하였고, 산림과 논은 1986년에 46.3%, 26.5%에서 1999년에는 41.5%, 22.5%로 각각 4.8%, 4.0%가 감소하였다.
3. RS, GIS를 이용하여 생성한 농촌수자원 관련정보로서 DEM, 하천정보, 토양정보, 기상정보, 지하수정보 및 유역경계, 행정구역경계도를 생성하였다. DEM은 1:5,000 수치지형도로부터 생성하였고, 생성된 DEM으로부터 하천도를 추출하였으며, 토양도는 1:50,000 개략토양도로부터 추출하였고, 종이지도로부터 유역경계도를 추출하였으며, 강우관측망도는 건설교통부 관할의 관측소의 위치좌표를 이용하여 작성하였고, 행정구역도는 NGIS 수치지도로부터 최소 리단위 행정구역도를 작성하였다.
4. RS, GIS를 이용한 농촌수자원 관련 정보의 예측기법을 개발하기 위하여, 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 개개의 격자마다 지표면 및 지표하의 일단위 물수지를 계산하므로써 유역 전체의 시간적·공간적 수자원 변동량 즉, 유출, 토양수분, 증발산, 지하자연수위량을 파악할 수 있도록 하는 전형적인 분포형 연속 수문모형을 개발 및 적용하였다.
5. 대상유역을 평택 및 공도수위관측소를 유역출구로 하는 2 개의 소유역으로 나누어 일유출을 모의한 결과, 공도지점 상류유역은 산림이 큰 비중을 차지하고 있어 3개년

평균 909.4mm의 강우량에 대하여 33.4 %의 낮은 유출율을 보였으며, 평택지점을 대상으로 하는 유역은 평야부의 논지역이 큰 비중을 차지하게 되면서 3개년 평균 957.7mm의 강우량에 대하여 56.7 %의 상대적으로 높은 유출율을 보였다. 공도와 평택수위관측소 지점의 3개년 평균 모형효율은 각각 0.69, 0.78의 값을 보였다.

6. 토양수분 변화를 분석하기 위하여, 2001년도에 TDR을 이용하여 현장측정된 토양수분 자료(측정깊이: 40cm, 70cm)와 모형에 의한 결과를 비교하였다. 토양종류에 따른 토양수분의 변화를 살펴보면, 식양토보다는 사양토(SM #1, #5)가 강우후 토양수분의 변화율이 크다는 것을 알 수 있으며, 토양이 식양토이면서 경사가 완만하면, 강우에 따른 토양수분의 변화가 적다는 것을 알 수 있었다.
7. 2001년 6월부터 10월까지의 기간을 대상으로 모형에 의한 공간적 출력결과를 검토한 결과, 지표유출 분포를 보면, 월강우량이 100mm 이상인 6월~8월의 지표유출 지역이 하천주변지역을 대상으로 많이 발생하였으며, 증발산량 분포를 보면 일조시간이 6월, 7월, 10월에 비하여 상대적으로 많았던 8월과 9월에 유역전반에 걸쳐 증발산이 많이 일어난 것을 파악할 수 있었으며, 토양수분 분포를 살펴보면, 강우량에 크게 영향을 받아 9월에는 강우량이 적어지면서 토양수분이 감소한 지역이 크게 늘어난 것을 알 수 있으며, 10월에는 2회의 강우에 의하여 이 지역들의 토양수분이 증가한 것을 알 수 있었다.
8. 유역 지하수 충전량 추정을 위하여 모의한 결과, 강우량의 크기에 따라 지하수 충전량도 비례하여 증가하였으며, 공도지점 상류유역은 3개년 평균 909.4mm의 강우량에 대하여 95.4mm(10.4%), 평택지점을 대상으로 하는 유역은 3개년 평균 957.7mm의 강우량에 대하여 78.1mm(8.2%)의 지하수 충전량을 보였다.
9. 토지이용 항목별 강우에 의한 유출특성을 파악하기 위하여 3개년의 모의결과를 이용하여 강우량 크기별로 유역내의 논, 산림, 밭의 단위면적당 유출량을 비교하였다. 월 강우량이 약 300mm까지는 토지이용별로 유출량의 크기에 큰 차이를 보이지 않았으나, 그 이상의 강우에 대해서는 유출량이 논, 밭, 산림 순으로 지수함수적 증가하는 것을 알 수 있었다.

10. 토지이용의 변화에 따른 하천유출량을 모의하기 위하여, 4개년도(1986, 1990, 1994, 1999) 토지피복비율을 이용하여 약 15년 동안의 토지이용 변화가 하천유출량에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 토지이용의 변화에 따라 홍수시의 유출량에 미치는 영향에 비하여 기저유출량이 크게 변화한 것을 알 수 있었으며, 년평균 유출량은 지속적으로 감소하는 것으로 추정되었다.

제 6 장

종합결론

제 6 장 종합결론

본 연구는 RS, GIS를 이용한 광역적 농촌 수자원 평가 및 예측기법 개발에 관한 연구로서 3 개의 세부연구과제 즉, ① 농촌지역의 수자원관련 시설 조사 및 자료수집기법 개발, ② RS, GIS를 이용한 기상관련정보 생성 및 예측기법 개발, ③ RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발로 구성되어 있다. 각 세부연구과제를 다음과 같이 요약·정리할 수 있다.

제 1 절 농촌지역의 수자원관련 시설 조사 및 자료수집기법 개발

본 연구에서는 GPS와 GIS를 이용하여 현장 조사와 조사된 자료를 효율적으로 관리할 수 있는 방안에 대하여 검토하였다. DGPS 과정을 통해서 충분한 정확도로서 공간 정보를 24시간 개방된 어느 곳에서든지 수집할 수 있음을 확인하였고, 농촌지역에 산재해 있는 다양하고 많은 수의 농업기반시설물 조사에 유용하게 활용할 수 있음을 확인하였다. 또한 손쉽게 토양수분 측정점을 파악함으로써 시료 또는 자료 수집 지점을 GIS 내에서 표현하여 효과적으로 자료의 가공이나 분석할 수 있음을 알 수 있었다. 더욱이 국내에 GPS 상시 관측망이 구축되어 손쉽게 자료를 보정할 수 있어서 각종 수자원관련 시설의 유지관리를 위한 현장 조사 작업은 보다 신속하고 효율적으로 추진할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 DGPS 과정을 통해서 보정된 공간자료는 현재 배포되고 있는 수치지도와 문제없이 연계하여 이용이 가능하며, 앞으로 수자원 관련시설의 조사뿐만 아니라 수자원 관련 자연시설 및 생태환경 조사에 있어서도 그 활용성이 높다고 판단된다.

본 연구의 결과를 기초로 하여 먼저 수자원관련 시설 및 측정 자료에 대한 데이터베이스가 공식적으로 완비되고 표준화된 후, 기존에 조성된 정보시스템의 자료와의 연계와 GPS를 이용하여 얻어지는 자료를 추가적으로 계속해서 입력한다면 앞으로 농촌지역의 수자원 관련 시설의 유지관리 뿐만 아니라 수자원의 효율적 이용 및 개발에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제 2 절 RS, GIS를 이용한 기상관련정보 생성 및 예측기법 개발

본 연구는 GIS 주제도 작성, 자동기상관측자료의 활용, 다시기별 Landsat TM 영상의 분석으로 나누어 각각의 연구결과를 정리할 수 있다.

GIS 주제도 작성은 GIS공간분석 기능을 강화함으로써 위성영상분류 결과를 좀 더 정밀하게 분류하고, GIS공간분석 기능을 최대한 활용할 목적으로 종합적인 농촌지역 GIS DB를 구축하였다. 자동기상관측자료의 활용은 기상청이 운영하고 있는 안성천 일대의 7개 지점의 자동기상관측장치의 기상속성을 DB로 가공하고, 1:25,000 지형도를 기반으로 하여 자동기상관측지점의 정확한 좌표를 추출하여 위치도를 작성하였다. 다시기별 Landsat TM영상의 분석은 농촌지역의 기상예측알고리즘 개발을 위한 열섬효과 및 공간특성을 보다 효과적으로 규명하고자 Landsat TM, ETM(1987년 5월 20일, 1993년 5월 20일, 2000년 5월 7일) 영상을 사용하여 다양한 알고리즘을 적용시켜 농촌지역의 공간특성 및 변화탐지를 파악하였다.

제 3 절 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발(저해상도 부문)

본 연구는 지상의 관측자료 획득에 어려움이 있는 광역면을 대상으로 NOAA/AVHRR 인공위성 자료를 이용하여 수자원정보를 추출하는 방법에 대한 연구를 실시하였다. 인공위성 자료를 이용할 경우 시·공간적으로 변화가 많은 지역에 대하여 동일한 정확도로 지상자료의 획득이 가능하다는 측면에서 객관적 판단을 가능하게 하고 있다.

어느 지역의 식생상태는 그 지역의 유출현상 뿐만 아니라 증발산 등의 물 순환 과정에 영향을 주고 있다. 따라서, 본 연구에서는 식생상태를 정량적으로 표현해 주는 NDVI와 증발산량과의 선형관계를 가정하고 있다. 이와 같이 증발산량을 위성자료로부터 직접 구하는 방법을 이용함으로써 지상의 정보가 충분하게 얻어지지 않는 광역면을 대상으로 증발산량의 분포가 용이하게 파악 가능하다. 또한, 증발산량, 강수량 등의 정보를 이용하여 기후학적 물수지를 통하여 지표면의 건습을 결정하고 기후학적인 물수지의 규명을 시도하였다. 본 연구로부터 자세한 기상정보나 수문정보가 얻어지지 않는 조건하에서도 다양한 수문량의

분포가 파악가능하며, 물순환을 구성하고 있는 수문시스템의 입출력의 정량적 평가가 가능하다.

제 4 절 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법 개발(고해상도 부문)

본 연구의 목적은 RS, GIS를 이용한 농촌지역 자원·환경관련 정보 생성 및 예측기법을 개발하기 위함이다. 안성천 유역의 평택수위관측소 상류유역을 대상으로 RS 및 GIS를 이용하여 수자원 관련정보의 생성 및 평가기법을 개발하였으며, 생성된 자료들을 이용하여 농촌 수자원 관련정보의 예측기법을 개발하였다.

RS를 이용한 수자원 관련정보의 평가를 위하여, 1986년 4월 15일, 1990년 4월 10일, 1994년 4월 5일, 1999년 4월 19일에 관측된 Landsat TM 영상을 이용하여, 전처리 과정과 피복분류 과정을 통하여 1986년에서부터 1999년에 이르기까지 토지피복 변화를 분석하였다. RS, GIS를 이용하여 생성한 농촌수자원 관련정보로서 DEM, 하천정보, 토양정보, 기상정보, 지하수정보 및 유역경계, 행정구역경계도를 생성하였다. DEM은 1:5,000 수치지형도로부터 생성하였고, 생성된 DEM으로부터 하천도를 추출하였으며, 토양도는 1:50,000 개략토양도로부터 추출하였고, 종이지도로부터 유역경계도를 추출하였으며, 강우관측망도는 건설교통부 관할의 관측소의 위치좌표를 이용하여 작성하였고, 행정구역도는 NGIS 수치지도로부터 최소 리단위 행정구역도를 작성하였다. RS, GIS를 이용한 농촌수자원 관련 정보의 예측기법을 개발하기 위하여, 대상유역을 일정한 크기의 격자로 구성하고 개개의 격자마다 지표면 및 지표하의 일단위 물수지를 계산하므로서 유역 전체의 시간적·공간적 수자원 변동 즉, 유출, 토양수분, 증발산, 지하자연수위량을 파악할 수 있도록 하는 전형적인 분포형 연속 수문모형을 개발 및 적용하였다.

참고 문헌

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 2002, 국가 GIS 사업의 수자원분야 활용지원 고도화 방안연구, 한국건설기술 연구원.
2. 김기철, 1993, 인공호수생성에 따른 주변지역의 작물기간중의 기온변화: 전남 승주군 주암호 연구사례, 경희대 대학원 석사학위논문, pp109.
3. 김대식, 정하우, 김성준, 최진용, 1995, 소유역 지표유출의 공간적 해석을 위한 지리정보 시스템 응용모형(II): 격자 물수지모형을 위한 GIS응용모형 개발, 한국농공학회지, 37(5), pp35-42.
4. 김대식, 1995, 지표배수량 산정을 위한 지리정보시스템의 응용모형 개발, 서울대학교 석사학위논문.
5. 김성준, 1998, 격자기반의 운동과 강우-유출모형 개발: I 이론 및 모형, 한국수자원학회 논문집, 30(3), pp303-308.
6. 김성준, 채효석, 신사철, 1998, 격자기반의 운동과 강우-유출모형 개발: II 적용 예, 한국수자원학회논문집, 30(3), pp309-316.
7. 김성준, 박노혁, 맹승진, 1998, 임진강 유역의 홍수기 강우-유출모형 적용 및 레이더강우의 활용방안, 한국관개배수학회지, 5(1), pp47-62.
8. 김성준, 1999, 분포형 수문모델에 대한 고찰, 한국수자원학회지, 32(1), pp75-82.
9. 김성준, 채효석, 1999, 격자기반의 토양수분추적모형 개발: 보청천유역 사례연구, 한국GIS학회지, 7(1), pp39-48.
10. 김성준, 채효석, 2000, 격자기반의 토양수분추적에 의한 지하수함양량 추정기법 개발, 한국수자원학회논문집, 33(1), pp61-72.
11. 김성준, 2001, 분포형 수문·수질모델링의 최근동향과 활용방안, 한국수자원학회지, 34(6), pp33-45.
12. 김성준, 2001, 원격탐사와 지리정보시스템에서 규모와 해상도 효과의 이해, 한국수자원학회지, 34(3), pp76-86.
13. 김성준, 2002, 수자원분포의 시공간적 변동, 한국농림기상학회지, 4(3), pp175-196.
14. 김성준, 2002, 분포형 수문모델의 구축, 보정 및 검증, 한국수자원학회지, 35(4), pp55-65
15. 김성준, 2002, 농촌용수의 효율적 관리를 위한 정보시스템 구축방안, 농어촌과 환경, 75,

pp49-57.

16. 김성준, 2002 수자원관리에서 분포형 수문모델링의 역할, 한국수자원학회지, 35(2), pp45-56.
17. 김영섭, 서애숙, 조명희, 1998, 원격탐사개론, 동화기술.
18. 김영한, 2001, 미국 하천의 수문조사 사업(USGS/NWS의 수자원관리 중심) 사례, 한국수자원학회지, 34(4), pp117-135.
19. 김진택, 1995, 농업비점오염모형을 위한 지리정보시스템 호환모형의 개발 및 적용, 서울대학교 박사학위논문.
20. 박필호, 강준묵, 이용창, 한인우, 1992, GPS의 실용화를 위한 좌표변환에 관한 연구, 한국측지학회 1991년도 연구발표회 개요집.
21. 박필호, 한인우, 김천휘, 강준묵, 1991, GPS 측지기준점 설정에 관한 연구, 한국측지학회지, 9(1), pp37-45.
22. 신사철, 권기량, 김성준, 2002, Landsat TM 자료를 이용한 토지피복분류와 유효우량의 작성, 한국수자원학회논문집, 35(4), pp411-424.
23. 신사철, 김성준, 2000, 수자원관리를 위한 GIS와 RS의 통합 적용방안, 국립방재연구소, 2(4), pp11-18.
24. 신사철, 김성준, 채효석, 권기량, 이윤아, 2002, 공간정보를 이용한 유역관리시스템 개발, 한국지리정보학회지, 5(3), pp33-44.
25. 심순보, 김주훈, 1998, GIS를 이용한 수자원시스템 분석, 한국수자원학회지, 31(1), pp36-48.
26. 이병렬, 1999, 환경친화적 지속농업을 위한 농업기상의 역할, 한국농업시스템학회지, 1(1), pp1-5.
27. 이병렬, 2000, 농업기상정보의 활용 전망, 한국농림기상학회지, 2(1), pp24-30.
28. 이종범 · 김용국 · 김태우, 1993, 춘천지역에 대하여 도시열섬의 특성과 대기질에 미치는 영향, 대기보전학회지, 9(4), pp303-309.
29. 이현영, 1989, 원격탐사기법에 의한 도시열섬연구, 지리학, 40, pp1-13.
30. 조명희, 이광재, 김운수, 2001, 위성영상과 GIS를 이용한 도시 열 공간정보 추출기법, 대한지리학회 춘계학술발표논문집, pp199-206.
31. 조명희, 이광재, 김운수, 전병운, 2001, 원격탐사자료를 이용한 도시지역 토지피복과 열 분포 상관성 분석, 2001년도 대한원격탐사학회 춘계 학술대회 논문집, 4, pp42-48.

32. 조명희, 이정협, 이광재, 백승렬, 김민, 정태준, 2001, 다시기 위성영상과 GIS를 이용한 과수재배분포도 작성기법, 한국지리정보학회 2000춘계 학술발표논문집, pp89-96.
33. 윤두현, 2000, 마동지구 농촌용수 개발사업, 한국농공학회지, 42(2), pp13-18.
34. 정형재, 송성호, 김천수, 1997, 지하수관정의 적정관리방안에 관한 사후관리방안 연구, 농어촌진흥공사 농어촌연구원 연구개발사업보고서.
35. 조범호, 2001, 물관리 및 시설물관리의 발전방향, 농어촌과 환경, 70, pp123-131.
36. 채효석, 김성준, 정관수, 1999, 격자기반의 일 증발산량 추정모형 개발, 한국수자원학회 논문집, 32(6), pp721-730.
37. 최진용, 1996, 지리정보시스템을 이용한 장기유출모형에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문.
38. 한국수자원공사, 1997, 경인운하의 안정적 주운을 위한 수리·수문학적 분석연구 보고서.
39. 한국수자원공사, 1998, 임진강유역의 홍수기 강우-유출모형 개발.
40. 한국천문연구원, 2003, 2002 대한민국 GPS 상시관측소.
41. 허남조, 2001, 시설물 유지관리 방안, 농어촌과 환경, 70, pp39-53.
42. Abbott, M. B., J. C. Bathurst, J. A. Cunge, P. E. O'Connell and J. Rasmussen, 1986a, An introduction to the European Hydrologic System - Systeme Hydrologique Europeen, "SHE" 1: history and philosophy of a physically based distributed modelling system, J. of Hydrology, 87, pp45-59.
43. Abbott, M. B., J. C. Bathurst, J. A. Cunge, P. E. O'Connell, 1986b, An introduction to the European Hydrologic System - Systeme Hydrologique Europeen, "SHE" 2: structure of a physically based distributed modelling system, J. of Hydrology, 87, pp61-77.
44. Bathurst, J. C., 1986, Physically-based distributed modelling of an upland catchment using the Systeme Hydrologique Europeen, J. of Hydrology, 87, pp79-102.
45. Beasley, D. B., L. F. Huggins and E. J. Monke, 1980, ANSWERS: A model for watershed planning, Trans. ASAE, 23(4), pp938-944.
46. Beven, K. J. and M. J. Kirkby, 1979, A physically based variable contributing area model of basin hydrology, Hydrol. Sci. Bull., 24(1), pp43-69.
47. Beven, K. J., M. J. Kirkby, N. Schoffield and A. Tagg, 1984, Testing a

- physically-based flood forecasting model(TOPMODEL) for three UK catchments, *J. of Hydrology*, 69, pp119-143.
48. Beven, K. J., A. Calver and E. M. Morris, 1987, *The Institute of Hydrology Distributed Model*, Institute of Hydrology Report 98, Wallingford, UK.
 49. Brigham Young Univ. - Engineering Computer Graphics Lab.(1996), *WMS 4.1 Reference Manual*.
 50. Brutsaert, W. and H. Stricker, 1979, "An advection-aridity approach to estimate actual regional evapotranspiration." *Water Resour. Res.*, 15, pp443-450.
 51. Cabral, M. C., R. L. Bras, D. Tarboton and D. Entekhabi, 1990, A distributed, physically-based rainfall-runoff model incorporating topography for real-time flood forecasting, *Ralph M. Parsons Lab., Peo. No. 332, MIT Dept. of Civil Eng., Cambridge, MA*.
 52. Corvallis Mircotechnology, Inc., 1996, *MARCH I/II Operator's Manual Field 2.5*.
 53. ESRI, 1992, *PC ARC/INFO Ver. 3.4.2*, Redlands, CA.
 54. French, G. T., 1996, *Understanding The GPS*, GeoResearch Inc, pp97-104.
 55. Grayson, R. B., I. D. Moore and T. A. McMahon, 1992a, Physically based hydrologic modelling: I. A terrain based model for investigative purposes, *Water Resour. Res.*, 26(10), pp2639-2658.
 56. Grayson, R. B., I. D. Moore and T. A. McMahon, 1992b, Physically based hydrologic modelling: II. Is the concept realistic?, *Water Resour. Res.*, 26(10), pp2659-2666.
 57. Gupta. R. K., S. Prasad, M. V. R. Sessa Sai and T. S. Viswanadham, 1997, The estimation of surface temperature over an agricultural area in the state of Haryana and Panjab, India, and its relationship with the Normalized Difference Vegetation Index(NDVI) using NOAA-AVHRR data, *Int. J. Remote Sens.*, 18(18), pp3729-3741.
 58. Hafner and Jan, 1999, Urban heat island modeling in conjunction with satellite-derived surface/soil parameters, *Journal of applied meteorology*, 38(4), pp448.
 59. Hydrologic Research Laboratory, 1972, *National Weather Service river forecast system: forecast procedures*, Technical Memorandum NWS-HYDRO-14, National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S.

Department of Commerce, Washington, D.C..

60. Kim, Seong J. and T. S. Steenhuis, 1998, Grid-Based Variable Source Area Storm Runoff Model, *Hydroinformatics* 98, August 24-26, Copenhagen, DK.
61. Kim, Seong J. 1998, Grid-based Soil-Water Erosion and Deposition Model, 3rd Korea-Japan Bilateral Seminar on Water Resources and Environmental Research, August 6-8, Seoul, Korea.
62. Kim, Seong J., 1998, Generation of Drainage Networks and Basic Topographic Parameters Extraction from Digital Elevation Model for Hydrological Applications, *한국농공학회지*, 40, pp7-13.
63. Kim, Seong J., 2001, GIS-Based Water Resources Management Information System (WAMIS) in Korea, *한국육수학회지*, 34(4), pp349-356.
64. Lambin, E. F. and D. Ehrlich, 1996, The surface temperature-vegetation index space for land-cover and land-cover change analysis, *International Journal of Remote Sensing*, 17(3), pp463-487.
65. Legates, D. R. and J. R. Mather, 1992, An evaluation of the average annual global water balance, *Geographical Review*, 82, pp253-267.
66. Lo Seen Chong, D., E. Mougin and J. P. Gastellu-etchegorry, 1993, Relating the global Vegetation Index to net Primary productivity and actual evapotranspiration over Africa, *Int. J. Remote Sens.*, 14, pp1517-1546.
67. Markham, B. L and J. L. Becker, 1986, Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures, *EOSAT Landsat Tech Notes*, 1, pp3-7.
68. Morton, F. I., 1978, Estimating evapotranspiration from potential evaporation practicality of an iconoclastic approach, *J. Hydrol.*, 38, pp1-32.
69. Morton, F. I., 1983, Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology, *J. Hydrol.*, 66, pp1-76.
70. Prakash. A. and R. P. Gupta, 1999, Surface fires in JHARIA coalfield, India-their distribution and estimation of area and temperature from TM data, *Int. J. Remote Sens.*, 20(10), pp1935-1946.
71. Rasmussen, M. S., 1992, Assessment of millet yields and production in northern

- Burkin Faso using integrated NDVI from the AVHRR, *Int. J. Remote Sens.*, 13, pp 3431-3442.
72. Refsgaard, J. C. and B. Storm, 1995, MIKE SHE in *Computer Models of Watershed Hydrology*, edited by V. P. Singh, pp809-846, WRP, Colorado.
 73. Running, S. W., and R. R. Nemani, 1988, Relating seasonal patterns of the AVHRR vegetation index to simulated photosynthesis and transpiration of forests in different climates, *Remote Sens. Environ.*, 24, pp347-367.
 74. Singh V. P., 1996, *Computer Models of Watershed Hydrology*, WRP, Colorado.
 75. Strahler A. N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Transactions of the American Geophysical Union*, 8(6), pp913-920.
 76. U. S. Army CERL, 1993, GRASS 4.1 Users Manual, Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, IL.
 77. http://www.kma.go.kr/kmas/study/vi_ma.htm
 78. <http://weather.affis.or.kr>
 79. <http://www.ksafm.org>
 80. <http://aegis.kyunghee.ac.kr>
 81. http://www.weather.co.kr/welcome/main_11B10101.html
 82. <http://www.kweather.co.kr>
 83. <http://cadland.co.kr>