

GIS를 이용한 농촌용수 자원정보시스템 개발

Development of Rural & Agricultural Water Resource Information System Using GIS

고 보 성*

Koh, Bo Sung

1. 서 론

농촌용수의 공급과 이용에 있어서의 주요 과제는 한정된 수자원의 효율적 개발, 이용 및 관리를 통해 농업생산기반 조성과 농촌의 환경보전을 꾀하는데 있다. 정부에서는 이를 위한 노력으로 1991년에 농촌용수구역을 설정하여 이를 고시하고 농촌용수구역내에 합리적인 용수 개발 및 관리를 위한 용수구역별 농촌용수 자원 기초조사를 실시하였으며, 이 조사를 근거로 하여 1999년에 농업·농촌 용수 종합이용계획을 수립하였다¹⁰⁾.

그러나 지금까지의 농촌용수구역은 물 관련 기초자료 조사 및 관리의 편리함을 이유로 자연수계단위가 아닌 행정구역 위주로 분할·관리함으로써 유역의 물 관리 특성을 고려한 농촌용수 구역별 물 관리 체계를 구축하지 못하였다.

유역특성을 고려한 농촌용수구역별 통합 물 관리 체계를 보다 효율적으로 구현하려면 우선 적정단위의 유역 구분에 의한 용수구역 분할 및 유역단위의 물 관련 기초 자료가 필수적으로 구축되어야 한다. 즉 농촌용수의 개발, 이용, 관리 및 이와 관련된 농지 관리에 적합한 지형적 단위로 유역을 분할하고, 유역내 상·하류 하천과 농업용 수리시설물의 효율적 연계 운영을 도

모하기 위한 하천 및 농업용 수리시설물 정보, 유역의 유출특성을 고려하기 위한 유역특성 정보 등 물 관련 기초 자료의 DB 및 지리정보시스템의 구축이 필요하다.

농촌용수 물관리 정보화 사업은 물관련 기관간의 정보의 공동 활용을 위하여 관련 기관간 협의를 통해 제정한 수자원 공통 유역도를 기본으로 해서 농촌용수의 이용특성을 반영할 수 있는 농촌용수구역을 지리정보시스템 기법을 이용하여 수계단위로 새로이 분할하고, 유역 통합관리를 위한 농촌용수관련 기본정보에 대한 DB 및 지리정보시스템을 구축하는 사업이다.

본 고에서는 농촌용수 물관리 정보화 사업을 통해 개발된 농촌용수 자료관리시스템을 중심으로 시스템의 개발과 활용방안에 관하여 기술하고자 한다.

2. 지리정보시스템을 활용한 유역 단위의 농촌용수구역 설정

가. 농촌용수구역 설정기준

농촌용수에 대한 수자원의 효율적인 개발과 공급을 위해서는 적정한 규모를 갖는 구역의

*농업기반공사 조사설계처(bskoh@karico.co.kr)

설정이 필요하다. 광역화된 용수구역은 수자원 공급에는 효과적인 측면이 있으나, 도수시설의 광역화로 인해 물관리상 불리한 경우가 많고, 과도한 시설비를 소요하는 등의 단점도 있다. 반면에 소규모 용수구역은 구역 내의 수자원 수요가 단일화되어 용수개발과 이용상의 효율성이 낮게 될 우려가 있다. 따라서 농촌용수구역은 개발측면과 관리측면을 동시에 고려하여 설정하여야 한다. 즉, 농촌용수구역은 수자원의 계획, 개발, 관리 및 이와 관련된 토지자원의 계획 수립에 적합한 지형적 단위를 의미한다. 농촌용수구역 설정 기준은 운영관리상 여건과 공급 상의 여건을 고려하여 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 지형특성 및 수자원의 부존량에 따라 용수구역 규모를 설정하고 용수구역 경계는 수문학적인 유역경계를 원칙으로 하며, 관리측면에서 행정구역을 반영한다.

2) 용수구역 구분은 수원공과 해당 수원공으로부터 공급받는 관개용수의 수혜를 받는 지역을 묶어서 하나의 용수구역으로 설정한다.

3) 수자원공통유역을 기본으로 공통유역 내 자연하천의 합류지점을 기본으로 하고 유역의 수문학적 특성을 반영하여 분수계의 경계를 따른다¹⁰⁾.

유역단위 농촌용수구역 분할에 필요한 공간 데이터는 수치지형도, 수자원단위 지도 등이다. 수치지형도는 국립지리정보원의 1/25,000과 1/5,000 축척을 사용하였고, 사용된 주요 레이어는 등고선과 등고수치, 행정구역, 수자원 구조물, 하천망 등이며, 수자원단위 지도는 수자원공사에서 구축한 수자원공통유역(117개 중권역)을 이용하였다.

나. 농촌용수구역 설정결과

농촌용수구역의 설정기준 및 방법에 의하여 그림 1에서 보는 바와 같이 농촌용수구역을 전국 464개소로 설정하였으며, 수계별로는 한강권역 123개소, 낙동강권역 131개소, 금강권역 149개소, 영산·섬진강권역 52개소, 제주도 9개소로 설정하였다.



그림 1. 농촌용수구역도 설정 현황

3. 농촌용수 자원정보 시스템 구축

가. 농촌용수 자원정보 데이터베이스 구축

1) 공간데이터 및 문자데이터 정보화

농촌용수구역의 수치지도(digital map) 제작에 따라 용수구역이 기본적으로 가져야 할 필수적인 속성과, 농촌용수 분야에서 다양한 응용을

위한 제반속성 즉 농촌용수관련 분야에서 각종 응용을 위하여 구축되어야 하는 공간데이터는 지형관련 자료와 통계관련 자료로 대별할 수 있다. 지형관련 자료로는 수리시설물(저수지, 양수장, 취입보, 집수암거, 관정) 위치도, 수해면적도, 하천도, 등고선도, 토지이용도, 토양도, 기상관련정보 등이 있고 통계관련 자료는 국토이용현황, 수리시설물 현황 등이 있다. 위의 자료들은 공간데이터의 특성상 점자료(수리시설물 위치도), 선자료(등고선도), 면자료(수해면적도, 토지이용도, 토양도 등)로 재분류할 수 있으며, 이상의 자료들을 이용하여 도출할 수 있는 정보들을 정리하고, 각 자료들을 정보화하기 위한 생산기법을 정리하면 다음과 같다.

가) 수리시설물 위치도 및 수해 면적도

수리시설물 위치도와 수해 면적도는 2002년 농업기반공사에서 전국을 대상으로 조사하여 구축한 1/25,000 종이지도 기반의 전국 농업용 수리시설물 현황도와 농촌용수 10개년 계획도를 이용하였다. 종이지도상의 수리시설물(저수지, 양수장, 양배수장, 취입보, 집수암거)의 위치를 점 벡터자료로 구축하고, 수해면적은 면 벡터자료로 구축한 후 기존의 농업생산기반 정비사업 통계연보가 가지고 있는 표준코드와 이들 점 및 면자료에 동일 표준코드를 부여하여 연결하면 수리시설물과 관련된 모든 자료들에 대한 분포도를 작성할 수 있고 용수구역별 수리시설물 현황 및 통계처리에 이용할 수 있다.

나) 하천도

하천과 관련된 상세한 정보들은 현재 수자원공사에서 제작하고 있는 하천도를 이용하였다. 용수구역의 하천망은 DEM으로부터 자동추출이 가능한데, 이 자료는 유역상류에 존재하는

소하천들의 형태를 지원하는 역할을 할 수 있다. 하천도를 이용할 경우에 유의할 점은 수작업으로 작성한 하천망은 면자료(대축척)이고, DEM으로부터 자동 추출한 하천망은 선자료(소축척)라는 점이다. 따라서 이 두 자료는 그 활용목적을 각각 설정하여야 한다. 수작업으로 작성한 하천망은 하천구간별 상세한 제원 및 주변 지형정보를 이용하여 용수구역별 현황도 출력, 하천현황 조회, 하천정비현황 등에 이용할 수 있고 DEM 추출 하천망은 용수구역 단위의 수문/수질모형의 개발, 용수구역관리 등에 활용할 수 있다¹⁷⁾.

다) 등고선도

등고선은 용수구역 현황 조회 및 분석을 위해 가장 중요한 자료로 현황 조회를 위해서는 국립지리원에서 제작한 1/25,000 수치지형도에서 등고선을 추출하여 사용하였고, 용수구역 내 표고(elevation), 경사(slope), 방향(aspect) 분포 등의 분석을 위해서는 벡터자료보다 상대적으로 다루기 쉬운 래스터자료(DEM)를 이용하였다. DEM을 이용하면 용수 구역내 하천망 자동생성, 흐름방향도 작성, 하천구간별 길이와 경사값 산정 등에 활용할 수 있다¹⁷⁾.

라) 토지이용도

토지이용도는 2002년 한국건설기술연구원에서 1/37,500 축척의 항공사진 측량으로 제작한 1/25,000 토지이용 현황도와 농업기반공사에서 작성한 1/25,000 농지이용 현황도를 이용하여 논, 밭, 과수, 임야, 나대지, 수계, 기타 지역으로 분류하여 구축하였다. 토지이용도는 용수 구역내 수자원 부존량, 공급량 등 수자원 분석을 위한 기초 자료로 활용할 수 있다.

마) 토양도

토양도(soil map)는 농촌진흥청 토양물리과에서 제작한 정밀토양도(1/25,000)와 개략토양도(1/50,000, 1/250,000)가 있다. 이들 자료는 모두 Arc/Info 벡터 커버리지로 구축되어 있으며, “토양부호”를 기본속성으로 하고 있으므로 수자원·수질분야에서 활용하기 위해서는 “토양총설”의 내용을 참고로 하여 토양종류, 배수정도, 유효토심, 유기물 함량 등의 속성을 추가로 입력하여야 한다. 토양도의 활용정보는 토양의 물리적인 특성을 추출할 수 있고 배수정보로부터는 수문학적 토양군 A, B, C, D 분포도를 생성시킬 수 있다. 이들은 수문모형의 입력자료 또는 매개변수로 활용할 수 있다⁷⁾.

바) 기상정보

기상관측소별 위치도는 중앙기상대에서 관리하는 기상관측소와 건교부에서 관리하는 기상관측소의 위경도 위치자료를 이용하여 점 벡터자료로 구축하면 된다. 이로부터 GIS 기본기능을 이용하면 관측소별 지배구역인 티센망(Thiessen Network)을 자동 생성시킬 수 있으며, 기존의 기상 DB가 가지고 있는 키코드와 이들 점벡터자료에 동일 키코드를 부여하여 연결하면 기상과

관련된 모든 자료들에 대한 정보를 얻을 수 있다.

사) 행정구역도 및 통계관련 자료

행정구역도는 NGIS에서 구축한 군/면/리 단위 행정구역도를 이용하였다. 통계관련 자료는 농업생산기반정비사업 통계연보를 이용하여 수리시설물 현황, 경지면적을 DB로 구축하였으며 공간데이터와 연계를 위하여 행정코드 및 수리시설코드를 입력하였다. 이들 자료를 이용하면 행정구역별 수리시설물 현황 및 통계처리에 활용할 수 있다.

2) 데이터베이스 구성

농촌용수 데이터베이스는 농촌용수관련 각종 모형의 전처리 과정을 고려하여 기상자료, 토지 이용현황, 구역특성인자, 수리시설현황, 기타용수구역 자료로 구별하였다. 데이터베이스는 MS SQL-Server2002와 공간데이터베이스 엔진인 ESRI의 ArcSDE로 구축하였으며, 도형데이터 설계는 최종 데이터 형태인 Shape로 설계하였으며, Shape Layer는 Feature Type과 단순·복합의 구분에 따라 그림 2와 같이 표현하였다.

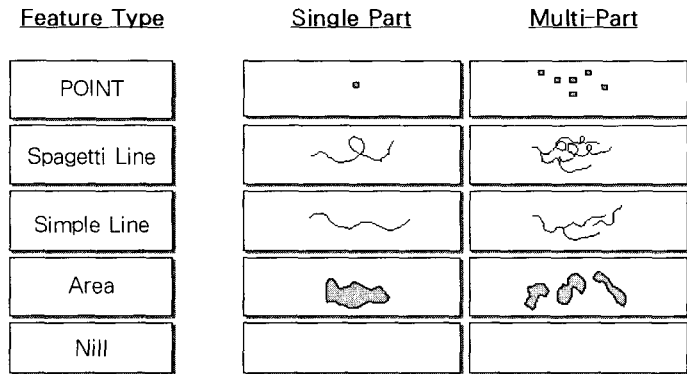


그림 2. Shape 자료의 유형

나. 농촌용수 자원정보 시스템 구축

농촌용수자원정보시스템은 농촌용수관련 기본 정보에 대한 용수구역별 문자 및 공간데이터를 이용하여 농촌용수 구역내 소유역별 물관리 특성을 고려한 농촌용수 수요량, 공급량 분석을 위한 유역단위 물관리 기초자료를 제공하고, 물 관련 자료의 효율적인 관리 및 검색을 위한 전산시스템을 목표로 유역 통합관리를 위한 농촌용수 자원조사를 대신할 수 있도록 구축하였다.

1) 시스템 구성

일반적인 지리정보시스템은 전처리(pre-process), 모형(model), 그리고 후처리(post-process) 라는 3요소로 구성된다. 전처리 과정은 모델링에 필요한 시공간적 계열자료 제공, 자료입력, 분석하는 도구들을 포함하고 있고, 모형은 모듈화된 분석모형을 선택하여 모형

구축 및 적용을 수행한다. 후처리 과정은 모형의 결과를 시각화하고, 통계분석 및 출력도구를 제공하도록 구성된다.

본 시스템은 그림 3에서 보는 바와 같이 전처리 과정과 후처리 과정을 DMI(Data Management Interface)와 GUI(Graphical User Interface)를 포함하여 개발하였다. 본 시스템은 C/S(Client-Server)형태로 개발되므로 3Tier 이상의 시스템 구성 환경으로 개발하였고, DB 서버는 Workstation급을 사용하였다. 서버측 OS는 Windows 2000을 사용하였고, Client 측은 H/W 586PC 이상의 PC를 사용하였고, OS는 Win98을 사용하였다. GIS 개발 Tool은 MapObjects 2.1을 사용하였고, 개발언어는 Visual Basic 6.0을 사용하여 Win98 이상의 환경에서 구동되도록 응용프로그램을 개발하였다.

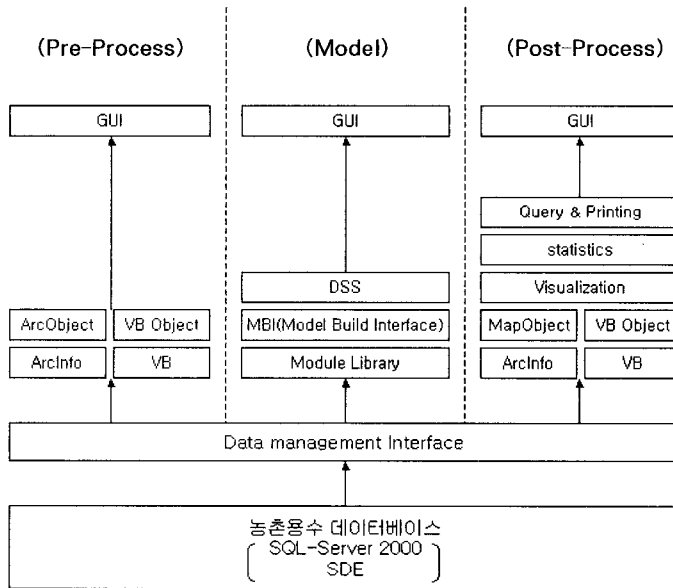


그림 3. 시스템 구성도

2) 시스템 구축

농촌용수 물관리 정보화사업의 메인 시스템인 농촌용수 자원정보시스템은 사용자 편의와 이해를 돕기 위해 전체 시스템을 자료관리 분석, 응용의 틀로 구축하였으며, 각 업무 기능에서 자료관리부분, 분석부분, 응용부분으로 모듈화 되어 메인 시스템 틀에 위치하고, 특히 응용시스템의 구조는 인터넷(웹) 구조를 기본으로 하고, 공간데이터의 편집 및 데이터 입력 등 관리프로그램은 C/S구조로 구축하였다.

가) 자료관리 부문

농촌용수 및 생산기반 관련 각종 기초 자료를 관리하는 기능으로 농촌용수 자원기초조사 자료, 통계연보자료, 타 기관 구축자료 등을 통합 관리할 수 있도록 그림 4와 같이 농촌용수 구역정보, 수리시설물정보, 기상정보, 도형정보, 수위정보, 10개년계획 정보로 구분하여 구축하였다.

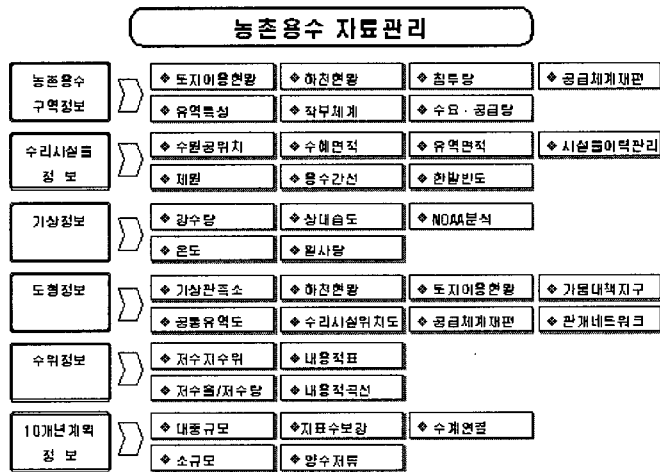


그림 4. 자료관리시스템 구성도



그림 5. 분석시스템 구성도

나) 분석 부문

농촌용수 관련 기초 자료를 이용하여 용수구역 및 행정구역 단위로 그림 5와 같이 농촌용수 부존량, 수요·공급량, 개발계획 등을 분석하고 결과 값을 산정하며, 가뭄대책업무 등을 지원할 수 있도록 구축하였다.

다) 응용 부문

응용부문에는 농촌용수 관련 각종 기초자료 및 분석자료를 질의·검색·출력하고, 인터넷과 C/S시스템을 통해 물관련 기관, 농림부, 지자체, 대 농민들에게 정보를 제공할 수 있도록 구축하였으며, 주요 기능은 그림 6과 같이 문자자료 출력, 도면출력, 용수구역정보 검색, 가뭄대책업무를 지원할 수 있도록 구성하였다.

4. 농촌용수 자원정보시스템의 활용

농촌용수 자원정보시스템은 농촌용수구역별 통합 물 관리 체계를 보다 효율적으로 구현하기 위한 다양한 정보의 제공이 가능하며, 그 활용성을 검토하기 위해 대상 용수구역을 선정하여 자료관리, 분석, 응용시스템을 이용한 농촌용수 구역내 통합분석을 통해 적용성을 검토하여 보았다.

가. 대상지구 선정

본 시스템을 적용하기 위한 대상 용수구역은 안고 용수구역을 선택하였다. 안고 용수구역은 안성천 유역에 해당하고 행정구역은 경기도 용인시의 원삼면, 안성시의 고삼면, 보개면, 양성면, 대덕면, 공덕면이 포함되며 용수구역 경계는 그림 7과 같다.



그림 6. 응용시스템 구성도

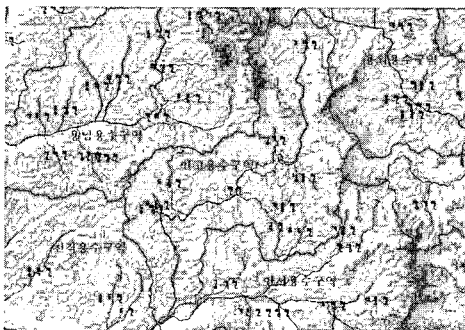


그림 7. 대상지구 현황

나. 기설 수리시설물 현황 분석

농업생산기반정비사업 통계연보의 문자자료와 1:25,000 수리시설물 위치도 및 수해면적도를 연계하여, 안고 용수구역에 대한 수리시설물 현황을 검색하면 그림 8과 같다. 안고 용수구역의 기설 수리시설물 현황은 저수지 31개소 2,425ha, 양수장 22개소 477ha, 취입보 28개소 781ha, 집수암거 11개소 194ha, 관정 50개소 160ha이며, 이중 주수원공에 의해 혜택을 관개되는 면적은 저수지 2,425ha, 양수장 417ha, 취입보 200ha, 집수암거 194ha, 관정 155ha로 총 3,391ha이다¹⁴⁾. 토지이용현황도에서 추출한 안고 용수구역 논면적은 3,800ha 이므로 본 용수구역의 수리달율은 89.2%로, 전국 평균 76.6%(2001, 농업생산기반정비사업통계연보)보다 높으며, 신규로 수리시설물을 설치해야 할 수리불안전답은 409ha이다.

다. 신규 수리시설물 검색

농림부에서 발표한 제3차 농촌용수 10개년 계획에 의하면 안고 용수구역은 저수지 1개소, 양수장 1개소가 신규예정지로 계획되어 있다¹³⁾. 저수지 모의조작을 위해 그림 9와 같이 신규 저수지에 대한 유역면적과, 수해면적을 추출하면 각각 150ha, 50ha로 추출되었다. 자동 티센망에 의한 지배 기상관측소는 이천관측소이며, 유역의 논, 밭, 산림 비율은 각각 12%, 5%, 83%로 추출되었다.

라. 농업생산기반정비 현황

신규 예정지구에 대한 진흥지역 지정여부 및 경지정리 시행여부를 확인하기 위해 진흥지역도 및 경지정리도를 중첩시킨 결과, 본 예정지구는 진흥지역에 100% 포함되어 있고, 경지정리는

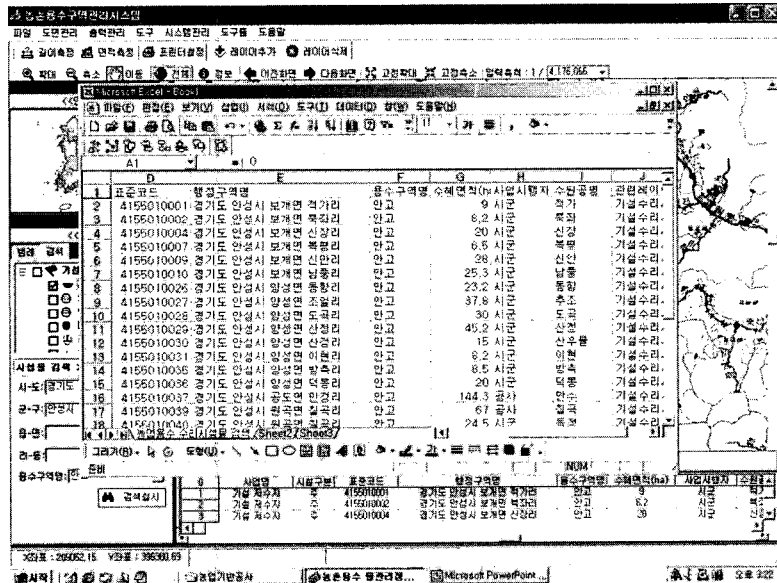


그림 8. 수리시설물 검색화면

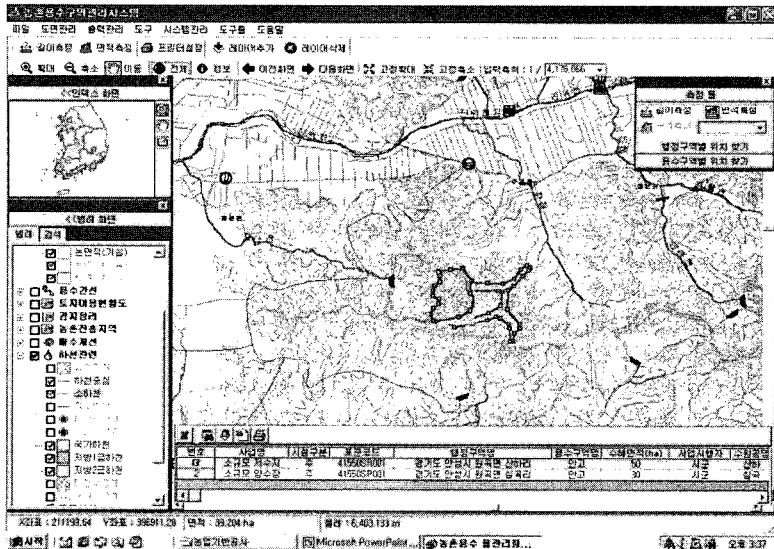


그림 9. 유역면적, 수혜면적 추출

예정지구로 계획되어 있다. 농림부 농림사업 시행지침서(2003)¹⁵⁾에 의하면 농촌용수개발 사업대상지구 선정기준인 수혜면적이 50ha 이상이고, 수혜면적이 농업진흥지역에 100% 포함되어 있으며, 경지정리사업이 시행가능한 지구로 검색되어 사업 우선순위가 높고 농촌용수와 더불어 경지정리를 병행하여 시행되어야 할 지구로 분석되었다.

마. 농촌용수구역 분석결과

농촌용수자원정보시스템을 안고 용수구역에 적용시킨 결과 표고별 면적 분포는 0~100m 범위 내에 61.2%가 분포되어 있어서 안고 용수구역은 비교적 평야지대에 위치함을 알 수 있고, 토지이용현황 추출 및 시설 농업용 수리 시설물 분석을 통하여 용수구역내 총답면적 3,800ha 중 수리답이 3,391ha(89.2%)로 전국 평균 76.6%보다 높고, 수리답 중 2,425ha

(71.5%)가 저수지에 의하여 공급되어 비교적 가뭄에 안전한 용수구역임을 알 수 있었다. 또한 제3차 농촌용수 10개년 계획에 계획된 저수지 1개소에 대해 규모를 결정하기 위하여 농촌용수구역 정보 검색 시스템에서 기상자료, 유역면적 및 개발면적을 추출하여 저수지 물수지 분석을 한 결과 개발면적 50ha를 관개하기 위한 논용수 필요수량은 50천m³, 저수지 규모는 유효저수량 200천m³, 제당 100m, 제고 20m로 결정되었다.

신규 예정지구에 대한 사업시행 가능여부를 판단하기 위하여 진흥지역도와 경지정리도를 중첩시킨 결과 농촌용수 개발면적 50ha이상이고, 진흥지역에 편입되어 있으며, 경지정리 예정지구로 검색되어 2003년도 농림부 농림사업시행지침서에 의해 사업대상 가능지구로 분석되었고, 농업기반공사 조사설계실무요령(2000)에 의하면 예정지 조사 수준의 결과를 얻을 수 있었다.

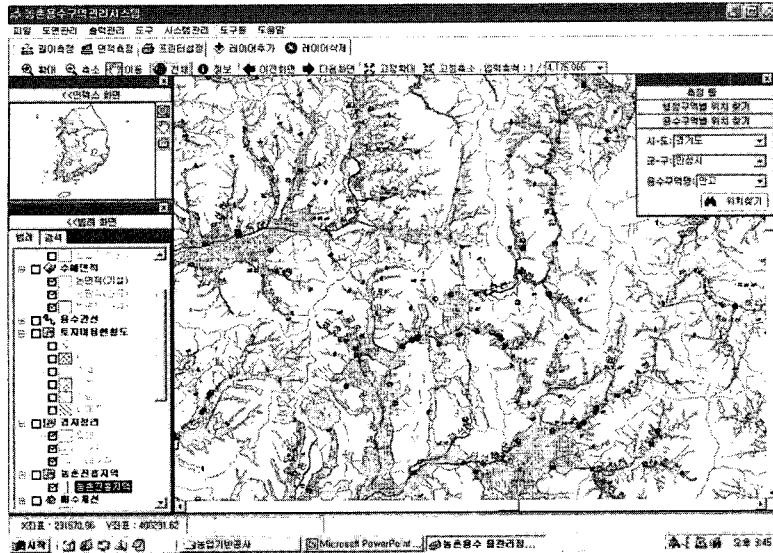


그림 10. 농업생산기반 현황 중첩화면

5. 결 론

농촌용수의 효율적인 개발, 이용 및 보전·관리를 위해서는 적정단위의 유역 구분에 의한 용수구역을 분할하고 농촌용수와 관련된 용수구역별 기초 자료를 데이터베이스로 구축하여 유역단위로 관리하는 것이 타당하다. 농촌용수자원정보 시스템을 이용하면 농림부 및 지자체 등 정책입안자 그룹, 농업기반공사 담당자 등 전문가 그룹, 대 농민 일반사용자 그룹 등 모든 이에게 일관성이 있는 물 관련 정보가 실시간으로 제공되므로 21세기 정보화시대에 발맞추어 농촌자원의 정보화는 물론 이에 따른 경제적 효과와 대 농민 서비스 질의 향상 등 직·간접적인 기대효과는 매우 높다고 할 수 있다. 따라서 주요 기대효과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 농촌용수 및 생산기반분야 종합정보체계망 구축으로 농촌용수의 합리적 이용 및 보전·관리는 물론 정부 정책방향 지원 체계를 구축할 수 있다.

2. 농촌용수에 대한 부족량, 수요량, 공급량 및 물 부족현황이 용수구역 및 행정구역단위로 파악, 공개됨으로써 최적의 농촌용수 개발계획과 가뭄대책수립에 기여할 수 있고, 나아가 농민들의 영농활동 지원(땅, 물정보 등) 및 알권리 충족을 기대할 수 있다.

3. 용수구역단위로 관계 네트워크망을 구축하여 사전에 용수수급 상황을 판단할 수 있고, 물의 재이용이 가능하므로 신규 용수 개발시 사업비 절감이 가능하다.

4. 급진전될 21세기 지식정보화 시대에 물 정보에 대한 욕구와 수요는 폭발적으로 증대될 것으로 예상되며, 종합적인 농촌용수의 정보화를 통하여 이러한 시대적 추세에 능동적으로 대응할 수 있을 것이며, 정보이용의 촉진으로 고도 정보화 사회 진입의 선도적 역할 수행할 수 있다.

5. 최근 빈발하고 있는 환경변화와 기상이변에 따른 물부족 사태로 인한 농촌재해를 사전에 방지할 수 있는 체계가 구축될 것으로 기대 된다.

참고문헌

1. 건설교통부·수자원공사, 2002, 물관리 정보 표준화 기본전략 수립 용역 보고서.
2. 국무총리실 수질개선기획단, 2002, 물관리정책토론회 연구발표보고서.
3. 김계현, 황의호, 2002, GIS 기반의 새만금유역 의사결정지원시스템 개발에 관한 연구, 대한환경공학회 2002년도 춘계학술연구발표회 논문집(1), pp.189-191.
4. 김계현, 1998, GIS 특론, 대영사.
5. 김성준, 1996, 농촌소유역 하천수질관리를 위한 GIS응용, 한국 GIS학회지, 4(2), pp.147-157.
6. 김성준, 2002, 농촌용수의 효율적 관리를 위한 정보시스템 구축방안, 농어촌과 환경 No. 75, pp.49-57.
7. 김필식, 2001, 객체지향기법을 이용한 유역 물관리 프로그램 개발, 건국대학교 석사학위논문.
8. 김해도, 2001, GIS와 WASP5를 이용한 홍보유역의 수질모델링, 건국대학교 석사학위논문.
9. 농림부·농어촌진흥공사, 1991~1993, 농어촌용수이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축연구(I, II, III).
10. 농림부·농어촌진흥공사, 1999, 농업·농촌용수종합이용계획.
11. 농림부·농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수 수요량 조사 종합보고서(I, II, III).
12. 농림부·농업기반공사, 2000, 농촌용수 공급량 조사 보고서.
13. 농림부·농업기반공사, 2002, 농촌용수 10개년계획.
14. 농림부·농업기반공사, 2002, 농업생산기반정비사업통계연보.
15. 농림부, 2003, 2003년도 농림사업시행지침서.
16. 수자원공사, 1998, 수자원단위지도개발(기본계획).
17. 수자원공사, 2000, 수자원단위지도개발(공간정보 콘텐츠 구축 및 활용을 위한 연구).
18. 이광야, 2000, 농업용수 수요량 산정시스템 개발, 건국대학교 박사학위논문.
19. 채효석, 1998, 원격탐사와 GIS를 이용한 지표면 열수지 요소 추출기법에 관한 연구, 전북대학교 박사학위논문.
20. 최진용, 이상무, 1998, GIS를 이용한 농업정책결정지원체계 및 이용, 농촌계획학회지 제4권 2호, pp.103-117.
21. 함창학, 이강원, 1999, GIS용어 해설집, 구미서관.