

GIS를 이용한 상수원 보호를 위한 수변구역 지정에 관한 연구

김계현* · 윤호석* · 권우석**

인하대학교 지리정보공학과 환경GIS연구실*, 쌍용정보통신(주) GIS팀**

The Delineation of Water-Pollutant Buffering Zone for Sustaining Better Drinking Water Quality Using a GIS

Kim, Kye-Hyun* · Yoon, Ho-Seok* · Kwon, Woo-Suk**

Environmental GIS Research Lab., Department of Geoinformatic Engineering, Inha University*,
GIS Team, Ssangyong Information & Communications Corp.**

Abstract

The aggravating water quality from the expansion of industrialization along with increasing population lead to develop more intensive physical measures to secure better drinking water quality. This study was mainly initiated to establish a water-pollutant buffering zone for the upper stream basin of Paldang--the major source area of drinking water for the metropolitan Seoul and suburban areas with a population more than 13 million. Two different criteria were considered in determining the buffering distance from the edge of the streamflow : 1km-width buffer zone for the special protection area which has been strictly controlled by the conventional laws for the protection of drinking water supply, and 500m-width buffer zone for the rest of the area. To delineate the exact boundaries of the water-pollutant buffering zone, GIS database was created integrating topography, hydrography, cadastral, and other related layers. The newly designated water-pollutant buffering zone would contribute to improve the water quality in a long term along with the conservation of the wet land. More study, however, should be made within the water-pollutant buffering zone such as the detailed survey of the pollutants, vegetation, and ecosystem for more effective management of the buffering zone.

Keyword: GIS, Water-pollutant buffering zone, Digital map, Database, Topographic map, Cadastral map, Special protection area

I. 서론

우리나라에서는 산업화사회의 확산과 함께 지역적 산업의 집중과 도시인구의 급증 및 생활의 다변화로 인하여 수자원의 양적인 소비 증가와 함께 도시 및 주변지역에서 배출되는 산업 폐수는 양적으로나 질적으로 더욱 악화되고 있는 실정이다. 특히 우리나라 최대의 상수원이자 공업 및 각종 산업의 기반인 한강은 국가적인 발전의 원동력으로서의 역할을 하여 왔으나 상류지역에 산발적으로 분포하고 있는 오염원과 비계획적인 개발로 인한 한강의 수질은 크게 악화되는 실정이다.

이와 같은 수질의 악화를 개선하기 위하여 정부는 1998년 말에 팔당호 등 한강수계 물관리종합대책을 수립하였으며, 그 중 오염원의 사전 예방 및 비점오염원의 감소를 위하여 한강수계 상수원 수질개선 및 주민 지원 등에 관한 법률을 시행하여 수변구역을 지정하게 되었다. 수변구역이란 하천 주변의 일정 지역에 대하여 완충지역을 설정하여 오염물질의 직접적인 유입의 차단과 함께 하천 주변에 녹지대를 설치하여 자정기능을 통한 강우시 비점오염부하 등의 유입되는 오염원을 최소화 하기 위한 지역이다.

이러한 수변구역의 설정은 기존의 방식을 이용하는 경우에는 실제 측량을 통하여 수작업으로 도면에 직접 구역을 설정하는 만큼 대상지역의 면적이나 지형에 따라 비용과 시간의 소요가 크다. 또한 자료가 단순히 도면으로 관리되므로 훗날 수변구역의 자료에 대한 갱신 및 보완이 어려우며, 수변구역과 관련된 각종 통계자료의 획득 및 오염원과 관련한 다양한 분석이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 한강 유역과 같은 대규모 지역에서는 GIS기술을 이용하여 기존의 방법보다 경제적인 오염원 데이터베이스의 구축과 상수원보호를 위한 수변구역의 설정 및 관리가 필요하다.

본 연구에서는 GIS기술을 이용하여 기존 관리

지역에 대한 도형 및 속성 데이터베이스를 구축하였으며, 구축된 데이터베이스를 기반으로 환경부에서 설정한 일정 기준에 의한 수변구역을 설정하였다. 또한 수변구역 관리를 위한 행정업무의 효율성을 높이기 위하여 도면 출력, 면적 조회 기능의 응용프로그램과 지번관리응용프로그램을 개발하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상지역

본 연구의 대상지역은 경기도, 강원도, 충청북도에 걸쳐 아홉개 시·군을 포함하고 있는 남한강, 북한강, 경안천 유역으로서 세부적으로 경기도에는 가평군, 남양주시, 양평군, 광주군, 용인시, 여주군 등이 있으며 강원도에는 춘천시와 원주시, 충청북도에는 충주시가 포함된다.

세 하천은 팔당호에서 합류하여 서울, 경기, 인천 지역의 최대 상수원으로 1일 2,965만³의 물이 유입되고 있으며, 그 중 548만³가 상수원으로 취수되고 있다. 지역적으로 경안천을 제외한 남한강, 북한강 유역은 하천의 폭이 넓은 반면 경안천은 도시화가 상당히 진행된 용인시 및 광주군의 도심지역을 통과하므로 하천의 폭이 매우 좁고 주변 토지이용이 복잡한 편이다.

수변구역의 지정에 있어서 제외된 지역으로는 기존에 용도가 지정된 농공단지, 상수원보호구역, 개발제한구역, 하수처리구역, 하수처리예정구역, 군사보호구역, 도시지역, 취락지구, 자연부락 지역 등이 포함된다.

위에서 언급된 9개 용도 구역을 제외한 지역에 대하여 수변구역이 지정되었다. 지정 대상 구역 중 기존에 상수원의 보호를 위하여 환경부에서 개발제한구역으로 1990년 7월에 지정한 팔당상류 지역의 수질보전특별대책지역 제1권역과 제2권역

에 대하여는 하천과 호소의 경계로부터 1km 이내의 지역이 수변구역으로 지정되었다. 제1권역은 남양주시, 양평군, 광주군, 여주군 일부 및 가평군 일부 지역을, 제2권역은 충주시, 춘천시, 원주시 일부 지역을 각각 포함한다. 나머지 지역에 대하여는 하천과 호소의 경계로부터 500m이내의 지역이 수변구역으로 지정되었으며, 지정 제외지역을 제외한 수변구역 지정지역의 총면적은 428km²이다(그림 1).

수변구역 지정 제외지역의 설정에 있어 가장 문제시되는 부분은 취락지역이나 자연부락과 같은 소규모 관리지역이다. 이 지역은 규모가 작고 지역적으로 인구밀도가 낮으며, 그 분포가 유동적이므로 실제 야외조사를 통하여 위치를 확인하였다. 지역별 자연 부락의 현황은 여주군이 44개소로 가장 많고, 충주시 12개소, 가평군과 용인시, 원주시가 각각 10개소, 양평군 9개소, 춘천시 4개

소, 광주군 1개소 등이다.

2. 연구방법

가. 데이터베이스 구축

수변구역 포함지역 및 제외지역의 선정에 있어서 수변구역 지정지역의 주민과 행정부서간 민원이 야기될 수 있으며, 또한 보조금의 지원에 있어 대상지역의 지방자치단체와 중앙부서간 마찰이 야기될 수 있는 만큼 가능한 객관성이 높은 방법론이 채택되도록 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 위치정보를 바탕으로 관련 다양한 속성정보의 입력과 저장 및 종합적 분석이 가능한 GIS기술을 활용하였다(그림 2).

우선적으로 이루어진 작업은 필요한 제반 데이터를 구축하는 데이터베이스 구축작업으로서 도형데이터베이스와 속성데이터베이스의 구축으로

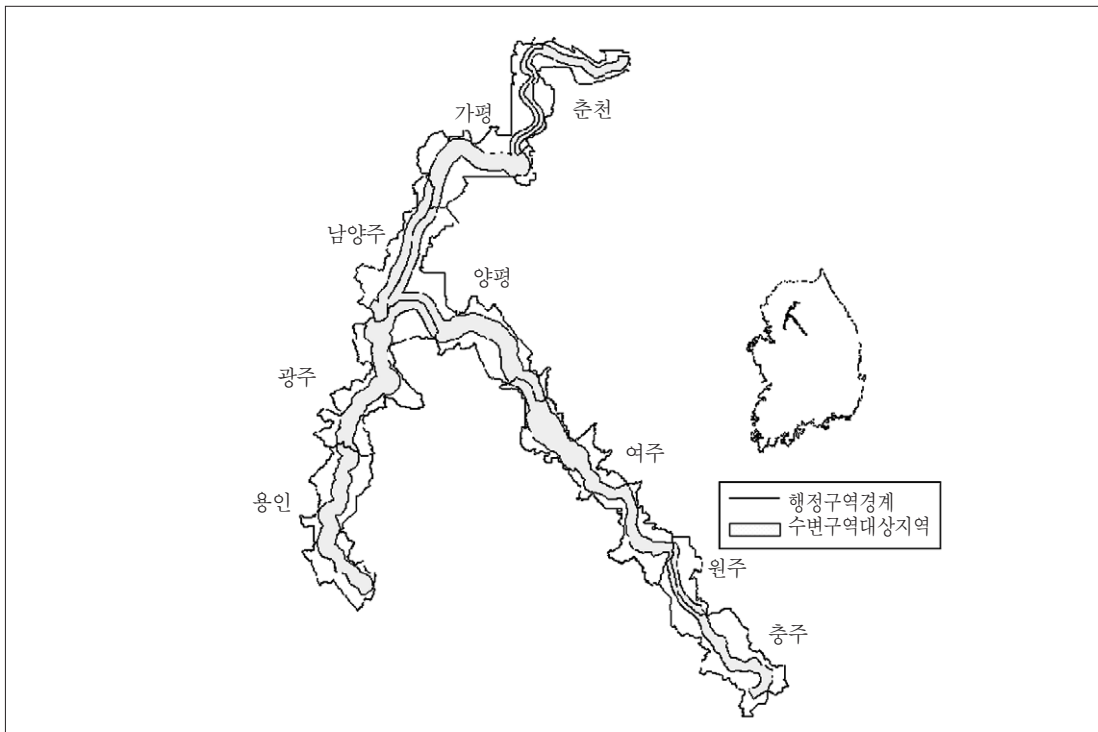


그림 1. 수변구역 대상 지역

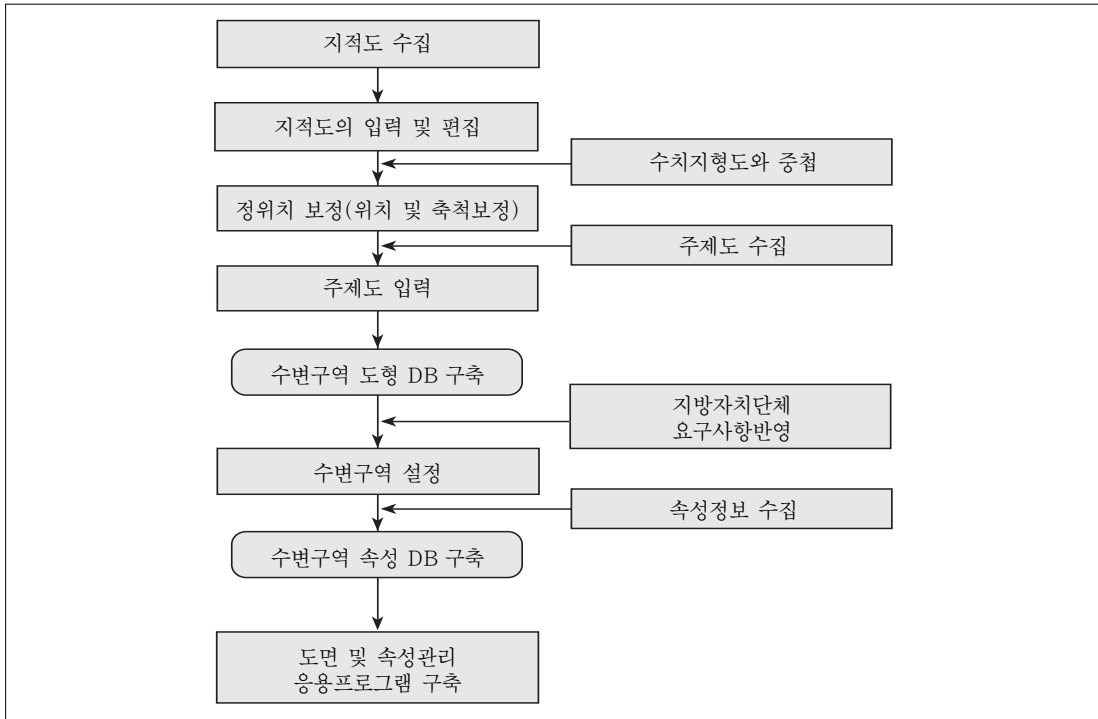


그림 2. 연구 수행 절차

분류된다. 도형데이터베이스의 기본이 되는 지형도, 하천도, 도로망도의 경우 국립지리원의 1:5,000 축척의 수치지형도에서 레이어를 추출하였다. 지형도에서 5m 간격의 등고선을 추출하여 수변구역 설정시 지세를 파악하는데 사용하였다. 토지소유의 기준이 되는 지적도와 임야도의 경우 축척은 1:1,000과 1:1,200, 1:6,000을 활용하였다. 지적도와 임야도는 각 지방자치단체에서 종이지도의 형태로 보유하고 있는 도면을 수집 후 스캐닝하여 벡터형태로 변환하였다. 지적도의 경우 기본적인 도형의 속성이외에 지번, 부번, 지목과 같은 필지별 관리를 위한 속성이 연결되었다 (표 1).

표 1에서 나타난 각 위상의 역할은 크게 세가지로 구분될 수 있다. 선위상은 도면의 출력을 위하여 사용되었고, 면위상은 도면의 출력 및 면적에 관한 연산을 위하여, 점위상은 지적도상의 지번을 기준으로 속성데이터와 연결되어 각종 통계

자료의 처리를 위하여 각각 사용되었다.

도형데이터와 연계된 속성데이터는 대상지역의 지적과일을 기본으로 하여 구축되었다. 속성 데이터의 구성은 행정코드, 소유자 ID, 소유자 성명, 소유자 주소, 공시지가, 면적 등으로 이루어진다. 구축된 속성데이터는 향후 수변구역내의 토지 매수를 통한 녹지대의 설치 등 수질보존을 위한 목적으로 활용될 예정인 바, 이를 위하여 속성데이터는 필지별로 도형데이터와 연결되어 관리되도록 하였다. 구축된 주요 속성데이터베이스의 내역(필드명)으로는 도명(DO), 시·군·구명(SIGUNGU), 읍·면·동명(YMD), 리명(RI), 도코드(DO_CODE), 지번(본번)(AD_CODE), 지번(부번)(SUB_CODE), 지목(LANDUSE), 면적(LAREA), 소유자ID(OWN_IDN), 소유자명(OWN_NAME), 소유자 주소(OWN_ADD), 공시지가(PRICE) 등을 포함한다.

표 1. 구축된 도형 데이터

구분	레이어 및 주제구분	원시 자료 축척 자료 보관 형태	구축방법	위상
수치 지형도	지형	1:5,000, 1:25,000 수치지형도	수치지형도에서 추출	선
	하천	1:5,000 수치지형도		
	도로			
	주기			
	건물			
	시설물			
	철도			
	지류			
행정구역			면	
지적도 입야도	지적도	1:1,000, 1:1,200, 1:6,000 조사도면	스캐닝과 벡터라이징을 통한 좌표변환	선·점
주제도	상수원보호구역도	1:5,000 조사도면	스캐닝과 벡터라이징을 통한 좌표 변환	면
	개발제한구역도			
	군사시설보호구역도	1:25,000 조사도면		
	하수처리구역도	1:5,000 조사도면		
	하수처리예정구역도			
	취락시설도			
	자연부락도			
	도시지역도			
농공단지도				

나. 수변구역 설정

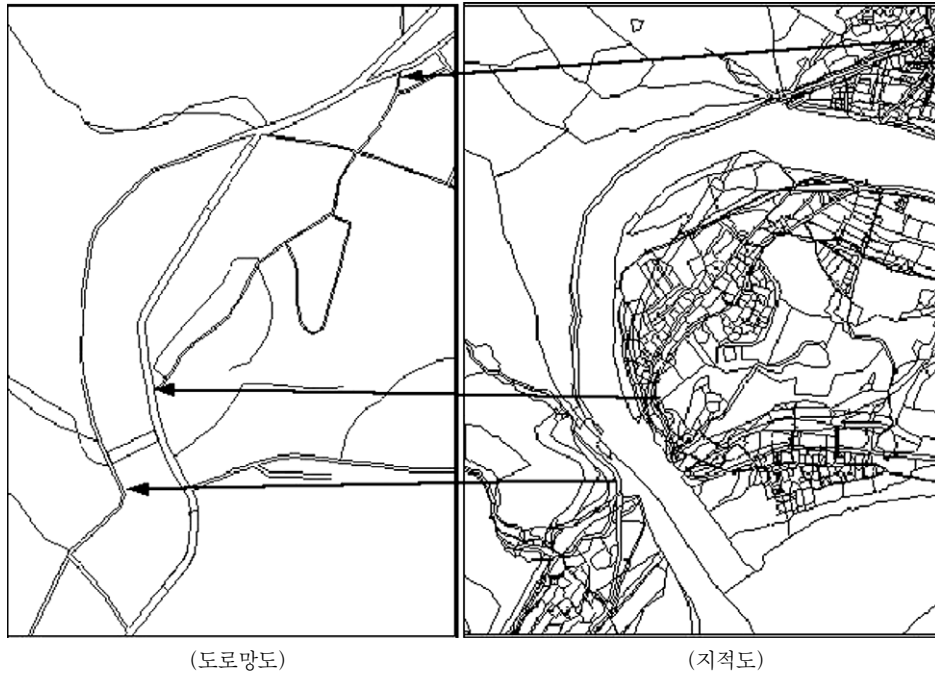
구축된 데이터베이스를 이용하여 보다 객관성 높은 방법을 이용한 수변구역의 설정을 위하여 GIS의 정위치 편집과 근접성 분석, 중첩 분석 등을 통하여 수변구역을 설정하였다. 구축된 수치 지도의 올바른 위치를 확인하기 위한 정위치 편집작업은 기존에 전산화된 지적도의 경우 좌표계 관련 정보가 없으므로 상대좌표 변환방법을 사용하였다. 상대좌표 변환방법은 위치정보를 알 수 없는 도면의 경우 위치정보를 가지고 있는 도로, 건물 등의 다른 수치지도를 이용하여 상대적인 위치를 보정하는 방법이다. 본 연구에서는 수치 지형도에서 추출한 도로망도와 하천도를 기준으로 지적도의 위치를 보정하였다(그림 3).

수변구역의 시작지점에 관한 기준의 설정은 대상지역의 시·군 및 중앙정부와의 협의에 의하여 결정되었다. 수변구역이 시작되는 지점은 지적도

상의 지목이 “천”인 지역으로 하천과 직접 연결이 되어 있는 지역중 지목상 “천”부지를 제외한 지역이다(그림 4). 선형으로 구성된 수변구역의 시작지점을 기준으로 근접성 분석을 통하여 500m~1km의 완충지대를 설정하였다(그림 5).

이어서 제외지역에 관한 주제도와 수변구역지정도, 지적도의 중첩을 통하여 지적도에서 수변구역으로 지정된 지역과 그 외의 지역을 파악하였으며(그림 6) 아울러 중첩 분석을 통하여 수변구역 및 제외지역과 경계에 있는 필지의 현황 파악이 가능하였다.

수변구역의 경계가 설정된 다음, 향후 이루어질 토지 수용에 따른 필지별 보상 및 지역별 관리를 위하여 속성데이터인 지적파일의 지번과 부번, 지목필드를 통합하고, 도형데이터인 지적도에서 지번을 추출하여 지번을 공통필드로 결합한 후 도형과 연계된 속성을 추출하였다.



(도로망도)

(지적도)

그림 3. 상대좌표변환

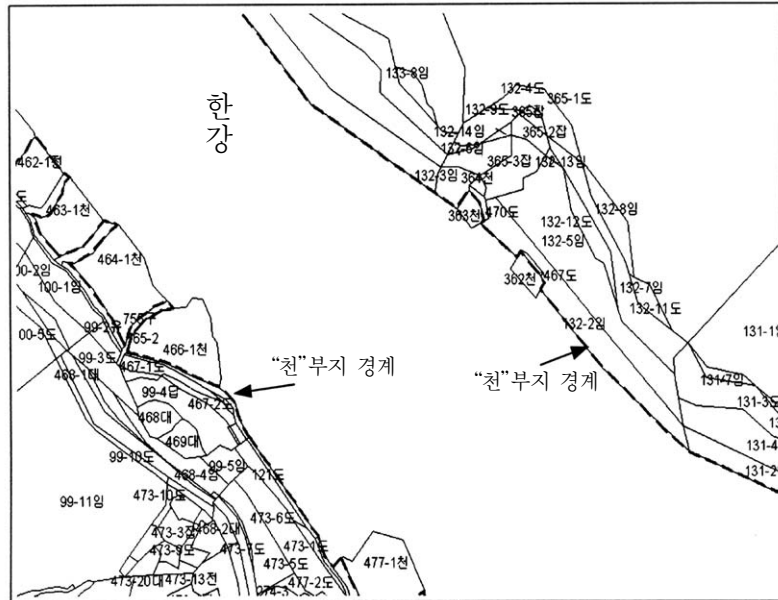


그림 4. 수변구역 시작점 설정

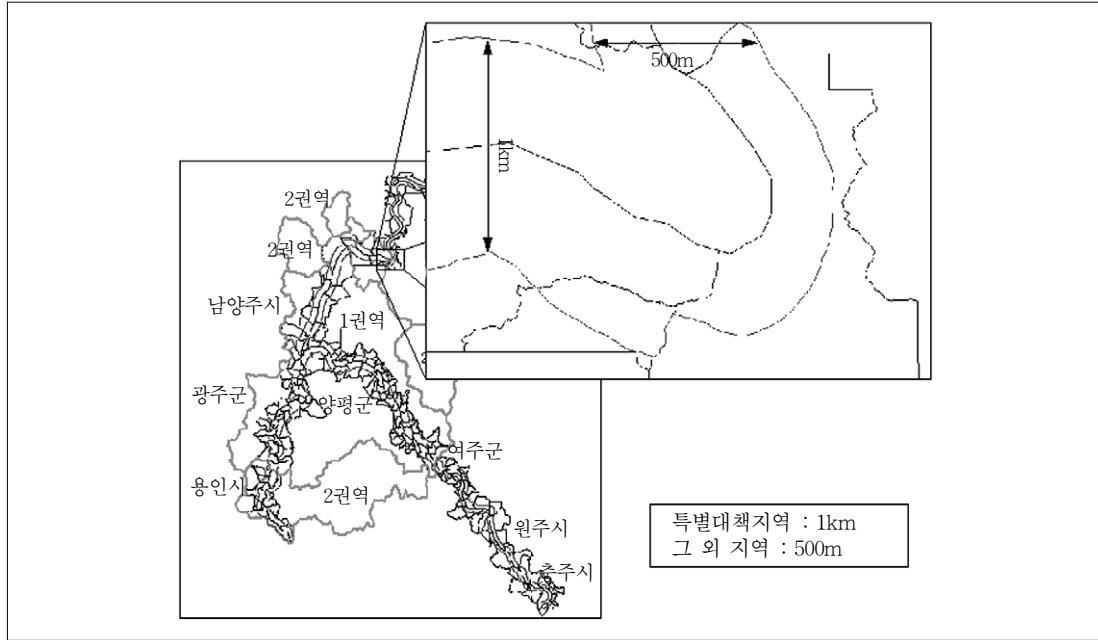


그림 5. 근접성 분석을 통한 수변구역 범위 설정

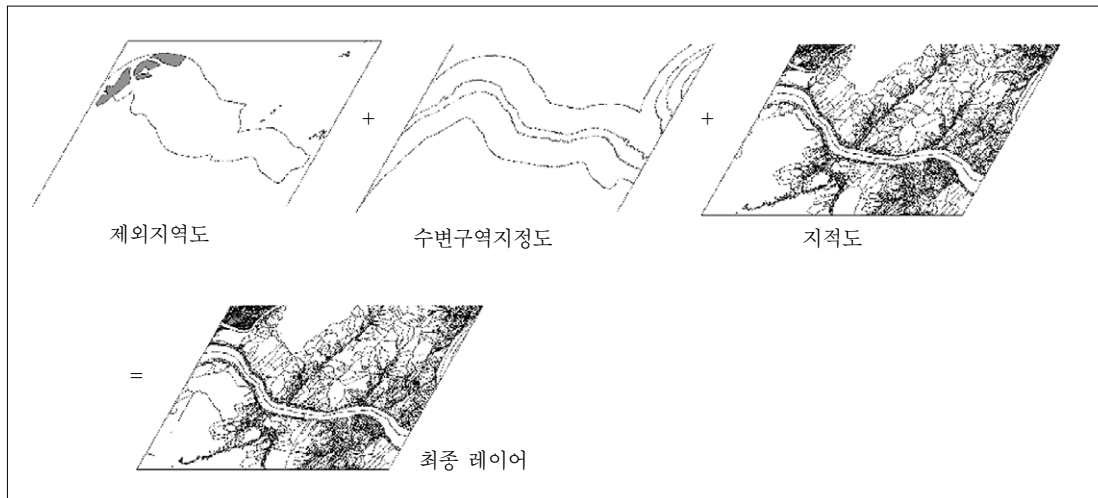


그림 6. 레이어의 중첩을 통한 정보의 합성

다. 응용프로그램 구현

본 연구를 통하여 구축된 데이터베이스를 토대로 Arc/View의 Script언어인 Avenue와 Borland사의 Delphi를 이용하여 도면출력 및 속성의 조회와 관리를 위한 응용프로그램을 구현하였다. 구현에

사용된 소프트웨어는 미국 ESRI사의 GIS 소프트웨어인 Arc/View이며, Avenue를 통해 사용자의 환경에 최적화된 GUI를 구현하였다. 제 4세대 언어인 Delphi를 이용하여 지적 관련 속성데이터베이스 관리프로그램을 구현하였다. 그림 7은 응용

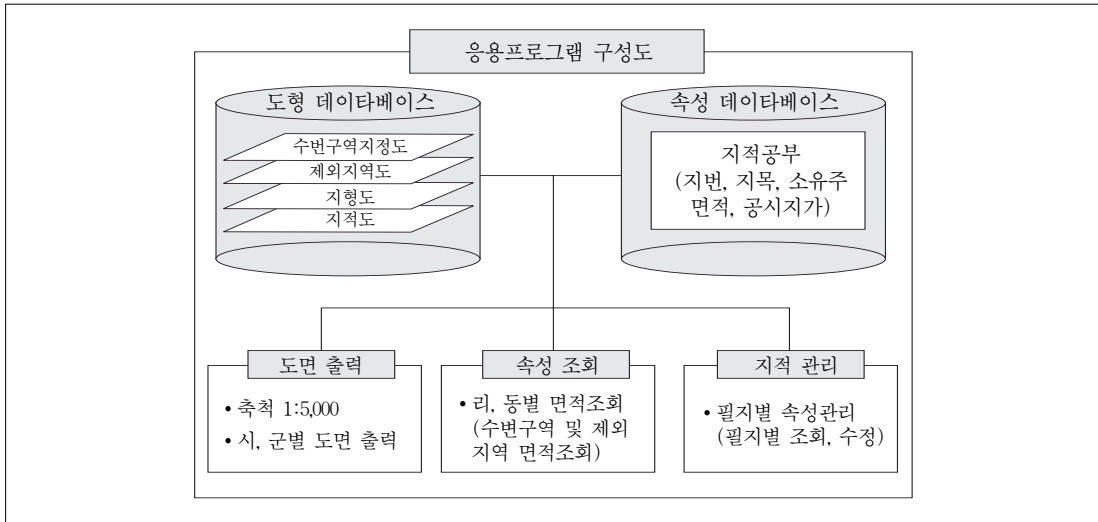


그림 7. 응용프로그램 구성도

프로그램의 개략도를 나타낸다.

개발된 응용프로그램의 주요 기능은 도면출력과 면적조회, 지적관리기능으로 나누어진다. 도면출력기능은 1:5,000의 축척을 기준으로 수변구역 전체지역에 대한 지적도, 주제도 그리고 지형도의 시·군별 출력이 가능하다. 또한, 면적조회기

능을 통하여 최소 리·동단위 지역의 수변구역 지정면적 및 각 제외지역의 면적을 조회할 수 있으며, 읍·면 단위의 종합적인 면적 조회가 가능하다(그림 8). 지적관리기능에 있어서 Delphi를 이용하여 수변구역에 포함되어 있는 필지별 속성을 관리함으로써 필지별 소유주, 주소, 공시지가 등

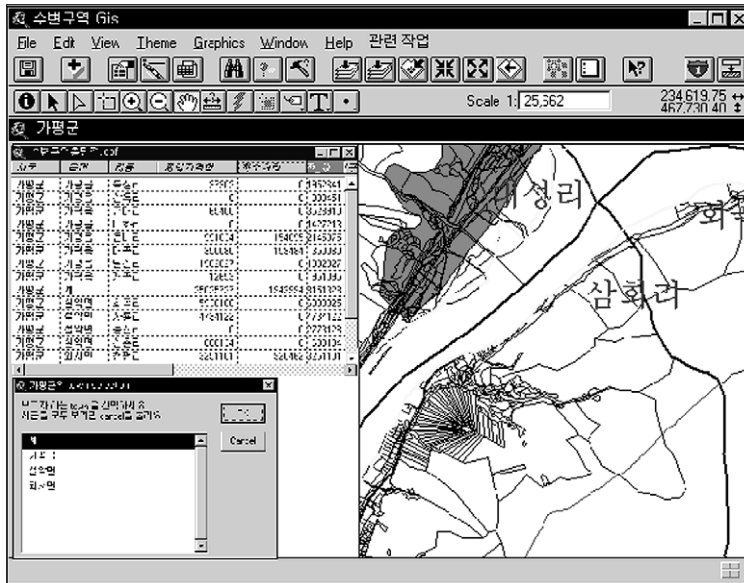


그림 8. 면적 조회 기능



그림 9. 지적 관련 정보 제공 기능

에 관한 정보의 파악이 가능하다(그림 9).

로 넓게 분포하고 있음을 알 수 있다.

III. 결과 및 고찰

본 연구를 통하여 표 2와 같이 행정구역별 수변구역이 지정되었다. 대상지역 9개 시·군의 수변구역 지정면적을 비교하면 여주군, 춘천시, 원주시, 충주시 등은 대상지역의 면적에 비해 수변구역으로 지정된 면적의 비율이 70%이상인 반면 광주군의 경우에는 20%이하로 나타났다. 또한 팔당호와 가장 인접한 지역인 남양주시, 광주군, 양평군은 상수원보호구역이 차지하는 면적이 가장 넓은 편이다. 아울러 도시화의 정도와 가장 밀접한 하수처리구역은 용인시와 광주군에 상대적으로

IV. 결론

본 연구에서는 상수원보호를 위하여 GIS 기술을 활용하여 주어진 기준을 바탕으로 수변구역을 지정하였으며, 관련 시스템을 개발하여 중앙정부 및 지방정부의 효율적인 수질보호를 위한 정책수행을 지원하도록 하였다. 이를 위하여 9개 시·군에 속한 북한강과 남한강, 경안천에 이르는 지적도 및 각종 제외지역 관련 데이터들을 수치화하여 효율적인 관리가 가능하게 하였다. 또한 데이터의 수집 및 구축을 통해 일원화된 데이터의 수정 및 갱신이 가능하도록 하였다.

표 2. 행정구역별 구역지정 현황

(단위 km²)

행정구역	수변 구역 제외 지역										수변구역 지정면적	전체 면적	
	농공단지	상수원 보호구역	개발제한 구역	하수처리 구역	하수처리 예정구역	군사보호 구역	도시 지역	취락 지구	자연 부락	합 계			
시	남양주	0.00	15.71	0.00	0.85	1.57	0.00	0.00	0.09	0.00	18.21	11.00	29.21
	용인	0.00	0.00	0.00	9.47	1.00	2.05	8.35	0.17	0.28	21.33	30.85	52.18
	춘천	0.00	0.00	7.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.08	7.92	21.57	29.49
	원주	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.23	0.39	9.63	10.02
	충주	0.10	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.37	0.29	3.16	28.88	32.04
군	광주	0.00	38.63	0.00	9.65	1.62	0.00	4.25	0.00	0.02	54.17	11.02	65.19
	가평	0.00	0.00	0.00	1.94	1.13	0.00	21.74	0.00	0.22	25.03	33.13	58.16
	양평	0.00	15.57	0.00	5.67	2.12	0.00	6.61	0.00	0.28	30.26	44.10	74.36
	여주	0.00	1.25	0.00	2.36	0.18	0.00	7.76	0.21	1.09	12.86	64.80	77.66
합 계	0.10	72.55	7.71	29.94	7.62	2.05	49.72	1.14	2.49	173.33	254.98	428.31	

본 수변구역의 설정에 있어서 방대한 지역을 가장 효율적으로 관리하기 위한 방법으로 GIS기술을 이용하여 기존의 수작업에 의존한 방식보다 시간과 비용을 단축하였으며, 데이터의 객관성을 최대한 확보하는 동시에 무엇보다 중요한 정확도의 유지가 가능하였다. 또한 도면출력과 면적조회, 지적관리 응용프로그램 등을 활용하여 향후 중앙 및 지방자치단체 실무자들의 업무 효율성 증대 및 민원인들의 이해를 증진시키는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

본 연구에서 도출된 수변구역 경계선은 정확한 현지 측량에 의한 경계선이 아닌 환경부에서 설정된 기준을 만족하는 지역에 대한 경계선을 기준에 구축된 수치지도상에 표현하여 행정구역별 수용 면적 및 관련 통계자료를 추출하였다. 따라서 본 연구에서 제시된 수변구역의 경계선이 현실에 적용되기 위하여는 보다 세부적이고 정밀도 높은 현지 조사와 측량이 이루어져야 한다.

아울러 향후 수변구역 설정의 효과를 더욱 높이기 위하여는 수변구역 및 주변영향지역을 대상으로 기존의 오염원, 식생, 생태자원 등에 대한 세밀한 조사와 분석을 통한 장기적이고 다각적인 연구가 필요하다. 이를 통하여 한강유역의 생태복원과 자연정화 기능의 확보로 한강의 수질보전에 핵심적인 기능을 유지토록 하여야 한다. 또한 수변구역내의 비점오염원 및 생태자원 등의 실질적인 관리를 위한 녹지, 습지, 자연정화시설 등의 설치와 같은 지속적인 노력이 필요하다고 사료된다.

사사

본 연구는 팔당상류 수변구역 지정을 위한 일 단계 사업인 환경관리공단에서 발주한 “팔당호 상류 수변지역 지적GIS구축사업”의 지원을 받아 수행한 것으로, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 이정임, 1998, 팔당상수원 보호를 위한 규제와 지역주민대책, <http://ksdn.or.kr>.
2. 정용, 1998, 한강상수원 보호대책, <http://ksdn.or.kr>.
3. 환경부, 1999, 한강수계상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률 제 5932호.
4. Baltimore County, 1989, Buffer Protection And Management Ordinance, <http://www.epa.gov>.
5. George, H. B., and O'Laughlin, T.M., 1992, Design of Forest Riparian Buffer Strips for the Protection of Water Quality, <http://www.uidaho.edu>.
6. Rhode Island Coastal Resources Management Council, 1994, The Rhode Island Coastal Zone Buffer Program, <http://www.epa.gov>.
7. Welsch, D., 1991, Three Zone Buffer System, <http://www.epa.gov>.