

# 지리정보체계(GIS) 구축과 제주환경

권 상 철\*

## <목 차>

- I. 서 론
- II. 지리정보체계와 제주도
- III. 향후 과제
- IV. 결 론

## I. 서 론

우리에게 다가온 21세기는 정보화사회 그리고 환경의 시대가 될 것이라는 데에는 이론의 여지가 없다. 정보화사회는 산업사회에서 도로, 항만, 공항 등 물리적인 기반시설을 중요시하는 것과 달리 지리정보체계(Geographic Information System)와 같은 컴퓨터 응용체계를 중요시하여 국토와 관련된 모든 정보를 각종 지도와 함께 전산화하여 행정업무, 시설관리, 그리고 국토개발·환경보전 등 각종 정책 수립에 널리 활용할 수 있는 국토정보관리분야의 핵심요소로 부상시키고 있다. 특히 환경문제의 경우 공간적으로 광역화되어가고 시간적으로 누적적인 결과를 만들어 내기에 환경보전에 대한 인식이 높아짐과 동시에 지속되어 온 지역개발에 대한 욕구는 상충적인 가치로 드러나고 있다. 환경친화적 또는 지속가능한 개발이 리우환경회의 이후 강조되며 이를 실천하기 위한 수단으로 정보화사회의 총아로 등장한 지리정보체계의 활용이 중요하게 언급되고 있다. 지리정보체계의 활용에 대한 논의는 환경보전에 대한 관심과 더불어 그 활용분야가 다양해지며 지리정보체계의 환경분야에의 응용은 시기적절한 만남이라 하겠다.

이 글에서는 지리정보체계의 특성에 비추어 환경분야에의 활용의 중요성을 개략적으로 살펴보고, 다음으로 제주도에서 현재까지 구축·활용되고 있는 지리정보체계를 개관하고, 마지막으로 지역지리정보체계의 속성과 선진국의 경험에 비추어 앞으로의 활용 방향

\* 제주대학교 사범대학 사회교육과 교수

을 제안해 보고자 한다. 최근 들어 지리정보체계가 많은 분야에서 기하급수적인 기대와 수요를 일으키면서 전문가가 아닌 일반인들도 관심을 갖기 시작하였고, 앞으로 우리의 생활 속에 깊이 침투될 도구이기에 환경분야에서의 활용과 향후 방안을 제시하여 환경 보존을 위한 도구로서의 중요성을 부각시킬 필요성이 크다.

## II. 지리정보체계와 제주도

### 1. 지리정보체계

지리정보체계는 하드웨어, 소프트웨어, 데이터베이스, 그리고 인적자원의 4가지 요소로 구성되어진 복합체로서 컴퓨터를 활용하는 첨단기술이라 하겠다. 지리정보 체계가 도서정보체계나 경영정보체계 등 다른 정보체계와는 달리 지리적 위치 즉 공간정보를 속성정보와 함께 다룬다는 점에서 구별된다. 여기에 국토 또는 지역단 위로 생겨나는 자료들은 대다수 도면정보, 즉 특정 장소에 기초하고 있는 공간정보이기 에 지리정보체계는 활용도가 매우 광범위하다(김광주, 1998; 김영표 외, 1998; Mcguire, 1991). 또한 기존의 수많은 자료들을 발전된 디지털 기술을 사용하여 컴퓨터에 저장·보관함에 따라 이들 자료의 검토나 분석이 편리하고 빠르게 이루어지며 그리고 객관적으로 다룰 수 있기에 점차 그 활용범위를 넓히고 있다.

지리정보체계는 공간 그리고 비공간 자료를 컴퓨터에 입력·저장하고, 이들 자료를 검토 또는 분석하고, 이에 따른 결과물을 출력하는 하부체계를 가진다. 이러한 지리 정보체계의 하부체계는 두 가지의 활용분야를 내포하게 되는데, 첫째는 저장된 자 료를 불러내어 검토하는 관리차원의 활용과 다양한 분석을 통해 새로운 결과를 도 출해 내는 탐구(exploratory) 그리고 예측하는 분석차원의 활용으로 구분 지어 볼 수 있다. 지리정보체계에서 다루어지는 기본적인 질문들은 일반적으로 5 가지로 구 분되는데 <표 1>과 같다.

<표 1> 지리정보체계에서 다루어지는 기본적인 질문들

1	입지(location)	어디에 무엇이 있나?(what is at...?)
2	상황(condition)	어디에 있나?(where is it...?)
3	경향(trend)	무엇이 바뀌었나?(what has changed...?)
4	패턴(pattern)	패턴이 어떠한가?(what is the pattern...?)
5	모델화(modelling)	만일 ... 이라면?(what if ...?)

자료: Maguire(1991) p. 16에서 수정

입지 질문은 특정의 장소에 무엇이 위치하고 있는 가를 결정하는 것으로 예를 들면 특정 행정구역내 오염물 배출시설이 몇 개가 있는가와 같은 질문이다. 상황 질문은 입지질문과는 역으로 특정의 속성을 가진 대상이 위치하고 있는 장소를 찾아내는 것으로 오염물 배출시설이 위치하고 있는 지역들은 어느 곳인가하는 질문이 예가 된다. 경향 질문은 관심 대상이 시간이 지남에 따라 어떻게 변화하는 가를 모니터링하는 것으로 예를 들면 지난 10년 동안 삼림의 감소가 얼마나 이루어졌는가를 들 수 있다. 이들 질문 중 전자의 둘은 관리차원의 활용에서 기본적으로 다루어지는 질문들이며 경향에 대한 질문은 입지와 상황 질문과 더불어 시간 측면을 동시에 고려하는 보다 복잡하고 전문성을 요하는 관리차원의 질문이라 하겠다. 패턴과 모델화는 보다 복잡한 공간분석을 필요로 하는데, 패턴 질문은 환경학자나 계획가들에게 특정 현상/사물의 분포를 기술·비교하며 이들의 분포를 설명하는 과정을 이해하고자 하는 것으로 유사한 환경아래에 있으면서 왜 특정지역이 오염에 더욱 취약한가를 탐구해 보는 질문이 예가 될 수 있을 것이다. 마지막으로 모델화는 시뮬레이션을 해보는 질문으로 일련의 조건 아래에서 어떠한 변화가 이루어질 것인가를 예측해보며 모형을 정립하고자 하는 질의라 하겠다. 후자 둘의 분석을 포함한 질문은 탐구, 예측을 위한 분석차원의 질의로 보다 전문적인 기술과 공간 분석 능력을 요하게 된다.

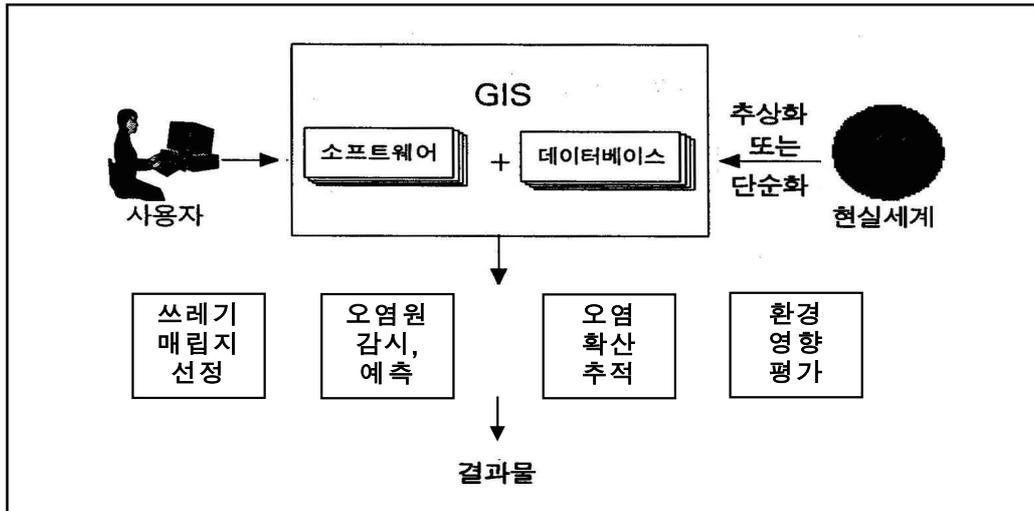
지리정보체계의 활용은 정보화사회로 진입하며 점차 누적적으로 증가하는 정보의 종류와 양 그리고 1980년대 중반이후 컴퓨터와 관련 부품들의 가격 하락과 컴퓨터 처리속도(*processing speed*)의 증가와 더불어 보다 활발하게 진전되었으며, 지리정보체계에서 기초적으로 제기되는 질문들은 정부행정기관, 보험회사, 신문사, 부동산회사, 상품 제조회사, 이동통신, 전기, 전화, 가스, 지도제작회사, 토목, 조경, 교통, 도시 및 지역계획 등 다양한 기관에서 자신들의 목적에 맞는 검토와 분석을 수행하는데 활용된다. 특히 국가차원에서 지리정보체계를 사회간접자본으로 고려하며 이에 대한 관심과 투자가 증가하며 활용 또한 활발히 이루어지고 있다 (참조: Watkins *et al.*, 1997; Meggs, 1995).

우리 나라의 경우도 이러한 기술발전과 사회변화에 부응하여 국가지리정보체계구축 계획을 1995년부터 2010년까지 15년간 단계적으로 수립하여 추진하고 있다. 제1단계는 2000년까지 지리정보체계 기반조성으로 전무한 공간정보를 전산화하여 지리정보의 초기수요를 창출하는데 주력하고 있다. 제2단계는 2005년까지 활용확산단계로 지방자치단체와 민간의 참여를 적극 유도하여 제1단계에서 구축한 공간정보를 활용한 대국민 응용서비스를 개발하고, 구축된 공간정보를 수정보완하고 새로운 주제도를 제작하여 지리정보 활용의 기반을 확충하는 목표를 세우고 있다. 또한 미래

지향적 지리정보체계 교육사업을 추진하여 전문인력양성기반을 넓히도록 하고 있다. 제3단계는 2010년까지의 정착단계로 언제 어디서나 필요한 공간정보를 편리하게 생산·유통·이용할 수 있는 고도의 활용단계를 목표로 하여 정부와 지방자치단체는 공공기관이 보유한 모든 지도와 공간정보의 전산화사업을 완료하고 민간에 적극 공급하는 목표를 세우고 있다 (김영표, 1999).

최근 들어 환경의 중요성에 대한 인식이 높아지며 지속가능한 국토개발은 국제적인 목표로 제기되고 있는 명제라 하겠다. 여기에 지리정보체계의 중요성은 1992년 리우데자네이로 유엔환경회의에서 강조되기에 이르러, 리우선언 제40장에서는 의사결정에 있어 정보의 중요성, 특히 지리정보는 개발에 관한 의사결정에 있어 개발도상국의 경우 충분히 수집되고 분석되어 환경 피해를 최소화하는 방향으로 진행되어야 함을 강조하며 지리정보체계와 환경보전과의 중요한 연계를 보여주고 있다. 지속가능한 개발을 위한 실천 항목으로 제기된 의제 21 제7장 33절에서는 ‘모든 국가 특히 개발도상국가에는 토지자원관리를 위하여 지리정보시스템, 인공위성사진을 활용한 원격탐사기법 등의 신기술을 활용할 수 있는 기회가 주어져야 한다’(http://srilang.ksdn.or.kr/resource/treaty)고 언급하며, 과학적이고 기술적인 실행방법에 관한 언급에서 모든 국가, 특히 개발도상국가들은 독자적으로 또는 (하부)지역단위로 연합하여 토지자원관리를 위한 현대적인 기술 예를 들면 지리정보체계, 인공위성이미지 그리고 다른 원격탐사 기술들을 사용해야 함을 강조하여, 자원관리와 환경보전을 위한 지리정보체계의 중요성을 드러내고 있다. 또한 제10장에서는 환경문제를 효율적으로 다루기 위해서는 관심을 가지고 있는 모든 시민들의 참여가 전제되어야 하기에 국가는 공공부문에서 소유하고 있는 환경관련정보를 국민들에게 공개함으로써 그들이 정책결정과정에서 참여할 수 있는 기회를 증대시켜야 한다는 지리정보의 공개와 접근의 자유를 강조하고 있다.

여기에 더하여 1994년 유엔 소규모 섬지역의 지속가능한 발전을 위한 회의(UN Global Conference on the Sustainable Development of Small Island Developing States)에서 채택한 바바도스선언(Barbados Declaration)은 소규모 섬지역은 취약하고 연약한 환경을 가지고 있으며 음용수 등 한정된 자원만을 가지고 있기에 최근 들어 지역경제활성화를 위해 개발위주의 정책을 펼치고 있기에 제주도의 경우 또한 더욱 지리정보체계의 활용이 중요하게 고려되어야 하는 상황임을 보여준다 하겠다.



<그림 1> 지리정보체계의 구성과 환경분야 활용 사례

환경분야에 있어 지리정보체계의 중요성은 관련 정보의 수집과 분석에 적합한 기술로 그 활용도가 매우 높게 나타난다. 미국을 위시하여 유럽 대부분의 나라들과 호주, 일본, 홍콩, 싱가포르, 대만 등 많은 나라들이 지리정보체계의 응용에 있어서 우리나라를 앞서가고 있으며 국제화시대를 맞고 있는 우리 나라로서는 신속한 지리정보의 활용이 필수적인 것임에 틀림없다. 2000년대에는 현재 지리정보체계 사용의 100배가 넘는 수요가 있을 것으로 예측되고 있으며 보다 많은 일반인들이 사용에 참여하게 될 것이다. 특히 환경분야에 있어서의 지리정보체계 응용의 경우 우리 나라에서는 아직까지 활발한 응용이 이루어지지 않고 있는데, 이의 주된 원인은 값비싼 데이터베이스 구축에 있으며 아직 지리정보체계의 유용성이 환경분야에 잘 알려져 있지 않기 때문일 것으로 보인다. 환경 지리정보체계의 활용을 외국의 사례를 통해 살펴보면 앞으로 다가올 유용성을 간접적으로나마 느끼고 대비할 수 있을 것이다. 여기에는 쓰레기 매립장 선정, 오염원의 감시와 예측, 오염의 확산과정 추적 시뮬레이션, 그리고 환경영향평가에의 활용 등이 활발히 이루어져 왔으며, 국내에서도 이에 대한 연구들이 시범적으로 이루어지고 있다 (김은형, 1994; 김일곤 외, 1992; Maguire, 1991).

최근 우리 나라는 지리정보 데이터베이스의 구축을 사회간접자본의 측면에서 추진 중에 있으며 우리 나라도 가까운 시일내에 지리정보체계의 활성화가 있을 것으로 예측된다. 지리정보체계는 환경분야에서 이미 여러 목적으로 쓰이고 있으며 우리 나라의 환경 관리를 위한 과학적이고 합리적인 도구로서의 활용 가능성을 충분히 시사하고 있다. 환경이란 말 자체가 이차원 이상의 세계를 의미하는 만큼 지리정보체계와의 연결은 불가피한 것이다. 그린라운드(Green Round)를 앞두고 있는 우리 나라가 지역경제개발과 환경보존의 상충적인 과제를 가지고 효과적인 국제경

쟁력은 키우기 위해선 많은 환경정보를 효과적으로 관리할 수 있는 지리정보체계의 기술도입은 필수적인 것으로 보인다. 새로운 도구(tool)의 발명이 과거에 가능치 못했던 새로운 이론과 방법을 창출한다는 상호발전론에 근거하여 볼 때 지리정보체계가 환경개선을 위해 기여할 수 있는 가능성은 두 말할 여지가 없으며 환경보전 노력이 지리정보체계라는 도구를 통해 더욱 활성화될 것으로 보인다.

지리정보체계의 효용성은 앞서도 언급된 바와 같이 두 가지 측면으로 구분 지어볼 수 있는데, 첫째는 기존의 정보들을 위치정보와 속성정보로 구분하여 컴퓨터에 저장함으로써 이들의 검토가 편리한 관리기능과, 둘째는 가상적인 경우에 대한 객관적인 분석을 통한 탐구와 예측을 빠르고 저렴하고 그리고 객관적으로 검토 가능하게 하는 분석차원의 장점을 들 수 있다. 이러한 측면에서 자료의 수집과 구축의 향상, 구축된 자료의 분석과 평가의 향상, 그리고 여기에 더하여 이러한 정보들을 일반시민들이 쉽게 접근하여 사용하고 검토할 수 있도록 하는 정보공유의 단계로 확대된다면 민주적이고 과학적인 의사결정과정을 통한 정보화사회의 신기술로 자리매김 하게 될 것이다.

## 2. 제주도의 지리정보체계

제주도의 지리정보체계 구축은 일찍이 다양한 종류의 행정자료들이 분산되어 있고, 토지와 환경에 관한 기초적인 자료의 수집과 정리가 미흡하여 계획의 수립과 집행에 체계적이고 종합적인 접근을 해야 할 필요성이 높아지며 시작되었다. 이러한 필요성은 특히 개발압력이 높아지고 있는 중산간지역을 대상으로 일찍이 지리정보체계를 구축하고 보전 이용계획을 수립하였다. 여기에는 지하수, 생태계, 경관의 특성에 따라 보전해야 할 지역과 개발이 가능한 지역을 구분하고, 개발이 가능한 지역에 대해서도 난개발이 이루어지지 않도록 등급별 관리를 통해 자연환경의 파괴 및 지하수자원의 오염을 방지하고 환경적합성 사전분석 시스템을 구축하여 활용하기 위해 시작되었다. 지리정보시스템은 축척 1/5,000의 도엽 구축자료를 활용하여 각종 개발사업 계획수립 시부터 환경적합성 사전 분석을 가능하게 할 것으로 기대된다. 여기에는 중산간지역의 자연, 인문, 지하수환경, 경관 등 42가지 항목 조사하여 데이터베이스로 구축하고 중산간지역 보전·이용방안을 마련하기 위하여 지하수, 생태계, 경관보전등급을 설정하고 등급별 관리방안 마련하고자 하였다. 1단계 지리정보체계 구축 현황을 보면 1997년에 해발 200~600m(589km<sup>2</sup>)사이 중산간 지역을 대상으로 이루어졌는데, 이 지역은 강우량이 많고 지하수 함양지역일 뿐만 아니라, 자연경관도 매우 수려한 곳으로 각종 개발사업을 무분별하게 시행할 경우, 지하수의 오염과 환경파괴 등이 우려되는 지역이다. 따라서 중산간지역의 보전과 개발의 원칙을 수립하기 위하여 중산간지역 종합조사를 실시하고 1단계 지리정보체계를

구축하였으며, 보전등급이란 개발지표를 설정하여 이 지역을 대상으로 이루어지는 개발사업을 제어하는 등 등급별 관리를 1997년 9월부터 중산간지역에 적용함으로써 이 지역이 지니고 있는 공익적 기능을 최대한 유지하려고 하고 있다.

2000년부터는 제주도 도시계획구역·한라산국립공원을 제외한 도 전지역을 지하수, 생태계, 경관보전지구로 지정하여 관리할 수 있는 법적 근거 마련하고, 제2단계 해발 200m이하와 600m이상의 지역(1239km<sup>2</sup>)에 지하수와 토지에 대한 합리적 이용과 관리, 생태계 및 경관 보전등급 설정 등 제주도 전지역 지리정보체계 확대구축을 위해 연구용역을 실시하였으며, 그 결과에 대해 도민 공람을 실시하는 등 도 전역에 걸친 지리정보체계 구축을 눈앞에 두고 있다. 이러한 제주도 전역 지리정보체계의 확대 구축은 도 전역의 자연환경과 토지이용현황 등을 통합적으로 고려하여 사업시행의 적정성 판단근거로 활용하여 각종 개발사업의 사전 환경성 평가로 '선계획 후개발' 환경 행정 구현을 가능하게 할 것으로 보인다.

제주도 지리정보체계의 데이터베이스 구축내용을 보면 16가지 분야 42개의 주제도 구축을 기본으로 하는데, 자연환경에는 해발고도, 경사, 향을 포함한 지형, 하천, 수역을 포함한 수계, 임상, 수목연령을 포함한 식물상, 동물 서식지 분포에 기초한 동물상, 지하수 환경에는 관정개발 현황과 지질주상도를 포함한 지하수 관정, 토양성질, 침식량, 농업적 이용 가능성을 포함한 토양, 잠재오염원과 정밀토양도를 포함한 오염취약성, 습곡, 함몰지 등을 포함한 투수성지질구조, 인문환경에는 법정행정구역을 위시로, 국토이용계획, 관광단지 등을 포함한 토지이용과 토지이용제한지역, 인구 및 취락, 문화재, 경관환경에는 경관미, 시각적 흡수능력, 가시지역, 그리고 주요 시설물 등을 전산화하였다(국토개발연구원, 1997). 이들 자료들은 제주도를 자연, 지하수 그리고 경관미 보전등급에 따라 개발계획을 수립하는 기초자료로 선별된 것들로 각각 지하수, 생태계, 그리고 경관보전등급을 도출해 내고 이들은 다시 최종 토지이용계획에 활용되고 있다. 지리정보 자료들을 데이터베이스 구축에서의 표현방법으로 구분해 보면 <표 2>와 같이 점, 선 그리고 면 자료로 지리정보체계에 저장되고 이들이 실제 검토와 분석에 이용된다. 점 자료는 면적을 가지지 않는 지점 또는 장소를 나타내고 단순한 도식기호로 표현되는데, 예를 들면 지하수 관정, 습곡 등이 해당하고, 선 자료는 점들의 연속으로 길이와 방향을 표시하는데 하천, 도로망 등이 그 예가 된다. 면 자료는 점 또는 선들의 집합으로 가장 보편적인 지역 단위의 자료로 기본적으로 행정구역을 위시하여 동·식물 서식지, 지질, 토양 등이 해당 사례들이다.

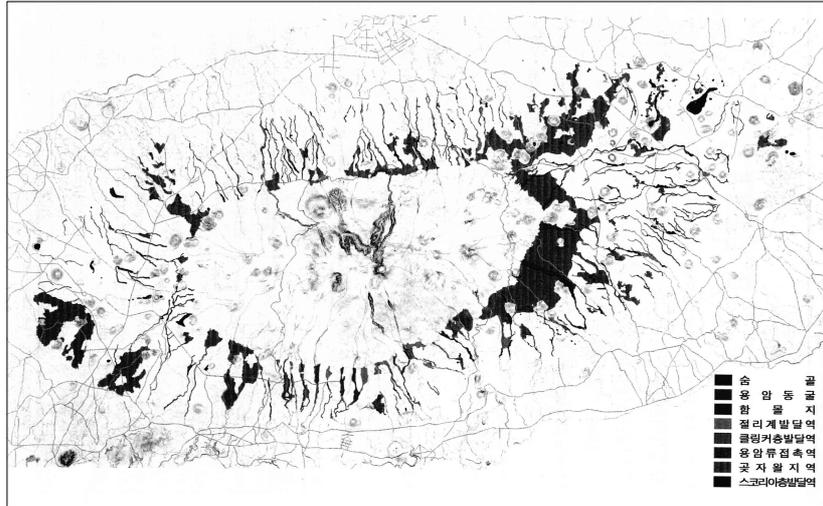
이러한 자료 구분에서 특히 점과 면 자료는 현지 조사로부터 구축되는 경우가 많은데 기초 자료로 구축하는 경우 지리적인 척도 즉 정밀도와 표본수의 선택은 차후 분석에 따른 결과를 해석하는데 중대한 영향을 미치므로 초기 데이터베이스 설계시에 매우 중요하게 다루어지는 문제로 비용과 효율사이에서 흥정이 이루어진다. 또한

<표 2> 제주도 종합조사의 표현방법에 따른 자료 구분

표현방법	표현대상	표현내용
점(point)	지하수 관정, 오염취약성	관정개발현황, 공공/사설 구분, 용도 구분; 오염원 분포, 54개 토양통별 돌출농도
선(line)	표고, 하천, 도로망	해발고도별 현황; 하천, 세류, 건천 구분; 관리주체에 따른 도로
면(area)	수역, 임상, 동물 서식지, 토양침식량, 투수성 지질구조, 토지이용 현황, 보호구역 등	수역, 하천별 유역; 식물의 종류 구분; 서식지별 구분; 토양부호별 분포; 투수성 지질구조의 구분; 토지이용 구분과 분포; 구역지정 또는 분포 현황 등

자료: 국토개발연구원(1997) p. 315에서 재구성

래스터 방식의 격자단위로 구축된 자료들은 종종 분석의 용이함을 위해 자료의 정확성을 희생하며 채택되는 자료방식이다. 제주도 중산간 지역의 경우 소규모 지역을 대상으로 한 지리정보체계의 구축이어서 보다 다수의 표본에 기초한 세밀한 현지지조사와 이에 따른 자료 구축이 효용성을 높일 수 있는 전략이라 할 수 있을 것이다. 특히 제주도의 경우 지리정보체계를 제주도 전역에 대한 토지이용을 지하수 오염 취약성 정도에 따른 지하수보전등급, 생태계 보전대상에 따른 생태계보전등급, 그리고 경관평가결과에 따라 경관보전등급을 매겨 보전등급과 지역을 구분하여 법제화하려 하기에 더욱 세밀한 조사가 필수적이라 하겠다. 예를 들면 각각의 보전등급은 제주도를 하부지역으로 구분하는 등급별 주제도를 결과물로 도출하게 되는데 여기에는 점, 선 그리고 면 자료가 동시에 분석에 사용된다. 결과물은 면자료 형태로 표현되는데 결과를 도출하는데 점 자료가 표본으로 사용되었을 경우 이들 표본들의 중간은 중간값을 가지면 면자료로 변환이 이루어지게 된다. 즉 점과 면 자료의 경우 필연적으로 내삽(interpolation)이 이루어지게 되기에 어느 정도의 오류를 내포하고 있다 하겠다. 이러한 사례는 토양조사와 지질조사에서 나타날 수 있으며, 또한 <그림 2>에서 보여지는 숲골, 함몰지, 그리고 절리계발달역 등은 항공사진과 현지지조사에 의존하여 구축된 자료이지만 지속적으로 보충조사가 이루어져 새로운 장소의 발견에 따른 자료의 추가나 변화를 지속적으로 관찰해야 한다. 또한 자료를 주기적으로 갱신하여 최신 자료가 유지될 수 있도록 수치지도의 갱신 및 유지보수 그리고 시기별 변화를 반영할 수 있는 방안을 마련하여 보다 결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있도록 해야 한다.



자료: 국토개발연구원(1997), p. 163

<그림 2> 제주도 지하수 관련 조사자료 분포지도

실제 지리정보체계는 의사결정 보조수단(decision support system)으로 활용하는 것이 기본적인 접근이다(김영표 외, 1998; Klosterman, 1998). 이는 수량화의 한계, 토지이용관리를 위한 거대 국가에서의 활용에 기초하고 있어 정밀한 처리에 있어서는 아직 현실적으로 해결되지 못한 문제, 예를 들면 기존의 지도나 지리정보들이 컴퓨터의 정밀도에는 못미치는 경우가 종종 있다. 또한 공개행정에 근간을 둔 정보의 공개와 이에 따른 민의를 수렴하여 보다 합리적이고 타당한 결론을 도출하기 위한 과정으로 이해하는 것이 필연적이어서 인터넷을 통해 공개하는 기술개발에 박차를 가하고 있는 실정이다(김영표, 1999; Kirby and Pollitt, 1998; Harris *et al.*, 1995).

제주도 전지역 지리정보체계의 확대 구축 및 지하수, 생태계, 경관보전지구 지정과 관리방안 마련은 제주도개발특별법 시행조례로 2000년말 보전지구별 등급지정기준 및 행위제한을 확정하였다. 추후 지리정보체계 활용 영역을 확대하여 과학행정을 구현하고, 사업시행기간 단축 및 평가비용 절감, 무분별한 개발 지양으로 자연환경의 원형을 보존하는 수단으로 활용가능할 것이며, 도민에게는 기 구축된 지리정보체계를 공개하여 인·허가 과정의 투명성을 확보하고자하는 목표를 또한 제시하고 있다. 제주도의 지리정보체계 구축은 지방자치단체단위로는 가장 먼저 이루어진 정보화 추진의 선두적인 시도로 다른 지역에 비해 친환경적인 개발계획을 수립하는데 유리한 위치를 차지하고 있다 하겠다. 다만 이러한 고가의 체계를 보다 효율적이고 미래지향적으로 활용하기 위한 방향을 모색해 보아야 할 것이다.

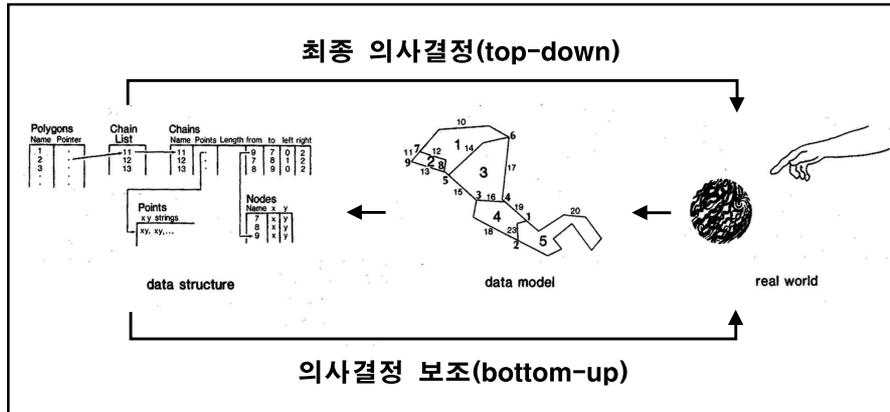
현재까지의 제주도 지리정보체계는 주로 자료의 저장과 검색, 도형화 처리에 치중

하고 있으나, 향후 지리정보체계의 활용범위가 크게 확대될 것으로 전망되며 현재의 상황에서 몇 가지 문제점을 지적해 볼 수 있다. 우선 대다수의 구축된 자료들이 국가 차원의 지리정보체계를 따르고 있어 지역특성을 반영하는 요인들이 배제되어 있다는 것이다. 이는 지방자치단체에서 한정된 예산을 가지고 지리정보체계를 구축하다 보니 국가차원에서 구축된 자료를 도입해 사용하게 되며 생겨난 문제라고 볼 수 있을 것이다. 그러나 추후 지역특성을 반영하는 자료를 추가할 경우 제주도의 경우 해안지역, 오름, 습지 등 지역의 고유한 환경에 대한 수치지도를 구축할 필요성이 크다. 이들은 취약한 자연환경임과 동시에 중요한 관광자원으로 활용되고 있기에 지속적인 모니터링의 대상으로써 더욱 지역 자료로 구축이 필요하다. 여기에 제주도가 관광지라는 점을 고려한다면 기본적인 교통량과 도로별 부하 그리고 관광객 수와 유동은 지역환경에 차별적인 부하를 제공하기에 관광객 관련 자료를 동적으로 다루는 데이터베이스로 구축하여 관광객 유동을 유도·통제하는 방향으로의 확대가 필요하다(참조: Marceau *et al.*, 2001). 마지막으로 제주도는 소규모의 섬으로 지리적 범위가 넓지 않음과 동시에 취약한 자연환경을 가진 도서지역이기에 소축척의 자료로 지속적인 갱신과 세밀화가 계속 이루어져야 할 것이다. 소지역단위의 자료일수록 전산화를 통한 분석이 인간의 주관적인 판단보다 나은 결과를 만들어내기 어려운 현실적인 문제, 예를 들면 비용절감을 위한 표본조사 그리고 분석의 편리함에 따른 격자형 자료 활용 등은 점차 구체적이고 오류를 최소화하는 방향으로 개선함으로써 주민들로부터 신뢰받을 수 있는 방향으로 지속적인 개선을 해야 할 필요가 있다. 기존 구축된 자료의 정확도와 신뢰도를 높이는 것과 더불어 현재까지의 검토차원을 넘어 분석차원의 활용을 확대하고 자료와 결과의 주민 공개를 통해 의견수렴과 활용도를 극대화할 필요가 있다.

### 3. 향후 과제

지리정보체계의 환경보전 측면에서의 활용도는 기 구축된 지리정보체계의 향상과 응용 그리고 공개에서 찾을 수 있다. 첫째, 향상에 대하여는 두 가지 면에서 고려해 볼 수 있는데 한가지는 새로운 자료의 추가로 기존 구축된 자료에 포함되지 않은 환경관련 자료를 추가로 입력하거나 변화한 내용을 반영하여 향상시키는 것이며, 다른 한가지는 기 조사된 자료의 표본수를 늘려 내삽으로 처리한 지역을 실제 자료로 대치하여 신뢰도를 높이는 방향 그리고 식물상이나 동물상 등의 기존 범주를 더욱 세부화하여 보다 소지역단위의 자료로 향상시켜 구체적이고 신뢰도 높은 분석과 결과 도출을 가능하게 하는 방법을 들 수 있다(Atkinson and Tate, 2000). 이는 앞서도 언급된 바와 같이 지리정보체계의 자료는 복잡한 현실세계(real world)를 선별과 표본을 통해 추상화 또는 단순화하여 자료모델(data model)을 제시하고 이에 따른 자료를 전산화하여 자료구조(data structure)로 입력되기에 자료구조에 기초한

의사결정은 복잡한 현실세계의 모든 상황을 반영하는 것이 아닌 보편적인 한 유형을 제시하는 것으로 오류를 포함할 가능성이 크다.

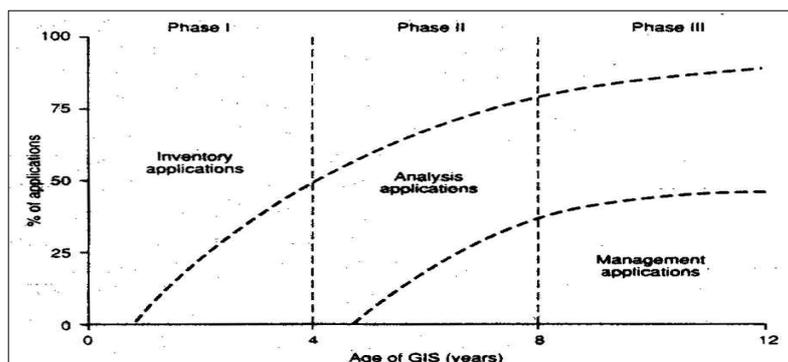


자료: Pequet(1991) p. 254에서 수정

<그림 3> 지리정보체계의 자료 축약과 피드백

따라서 지리정보체계의 자료축약은 기본적으로 기존의 축척에 이미 내포되어 있으며 면[area] 자료의 경우 표본추출을 통해서 일반화를 도출한 것이므로 어느 정도의 오류를 내포하고 있다 (김영표 외, 1998; Pequet, 1991). 따라서 지리정보체계는 자료구축의 정밀도에서 소지역을 다루는 경우 더욱 세밀한 자료구축에 신경을 써야 하며, 또한 최종 의사결정(top-down)의 수단이 아니라 의사결정 보조수단(bottom-up)으로써의 역할이 중시되어야 한다 (윤칠석, 2000; 김재익 외, 1999; 박은관 외, 1998; McFarlane, 1996). 따라서 지리정보체계상의 자료분석의 결과를 기초로 다시 현실세계로 환류하여 검토하는 반복적인 검토 과정이 중요하다.

둘째, 분석차원의 활용을 보다 활성화해야 한다는 점에서 앞에서 제시된 지리정보체계의 기본적인 질문들 중 패턴파악이나 모델화에 보다 노력을 경주할 필요가 있다 (참조: Longley, 2000). 현재까지 제주도의 지리정보체계는 자료의 저장과 지도화에 치중하고 있었다면, 이는 기본적인 기능에 따른 관리차원의 활용에 치우쳐 있다는 것으로 보다 복잡한 공간분석을 시도해 봄으로써 현상 설명을 위한 탐구적인 접근이나 대안적인 미래예측의 분석차원의 활용을 활성화시킬 필요가 크다. 일반적으로 지리정보체계는 관리차원에서 분석차원으로 점차 활용을 확대시키는 추세를 보이게 되는데 이는 관리차원에서 기본 자료의 목록(inventory)을 작성하여 데이터베이스를 구축하고 이들에 기초하여 보다 복잡한 분석을 시도해 보는 과정을 따른다. 마지막 단계에서는 의사지원체계로의 활용으로 발전하는데 더욱 복잡한 공간분석과 모델화를 시도하게 된다.



자료: Maguire(1991), p. 16

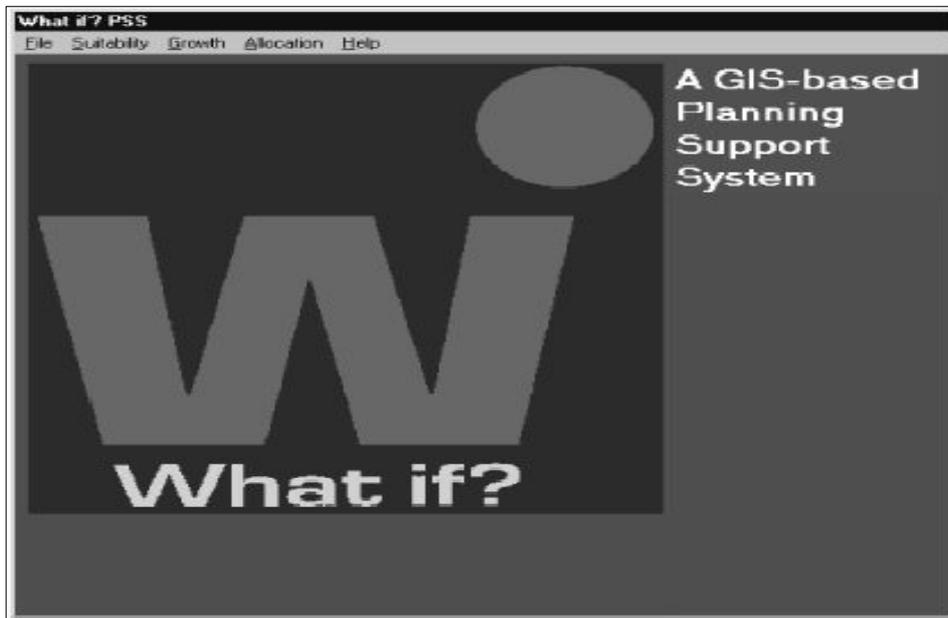
<그림 4> 지리정보체계의 활용 발전 단계

<그림 4>에서의 II와 III단계 지리정보체계의 활용 사례를 환경분야에서 보면, 쓰레기 매립지 선정, 도시폭풍우로 인한 비점원오염(Non-point Source Pollution)방지, 주유소의 지하저장탱크 누출로 인한 지하수 오염방지를 위한 응용, 기름유출관리를 위한 응용, 방사선 재해대책을 위한 모델, 환경영향평가를 위한 지도화, 지하오염방지 및 시설물관리를 위한 시스템, 수질오염 및 시설물 관리 방지를 위한 시스템, 산림자원 고갈방지를 위한 원격탐사 및 지리정보체계의 응용 그리고 해양조류 퇴화방지를 위한 응용 등이 이루어지고 있다 (김은형, 1994). 최근 이러한 지리정보체계의 응용분야의 활성화를 위한 시험적인 연구들이 국내에서 누적되고 있는데, 예를 들면 적지 분석 (이명우, 1997; 오정학, 1997), 자연재해 특징의 분석 (성효현, 1996), 그리고 경관/환경영향평가의 보조수단으로의 활용 (서주환·김상범, 1998; 김귀곤 외, 1992) 등을 들 수 있다.

환경분야에서의 분석차원의 지리정보체계의 활용은 기존 구축된 자료의 활용을 위해 전문적인 기술과 더불어 공간인지·분석능력을 필요로 한다. 지리정보체계의 공간정보는 단순히 절대적 위치만이 아니라 상대적 위치로 대상체간의 인접성(adjacency), 연결성(connectivity), 그리고 근접성(proximity) 등 함축된 관계들이 무수히 존재하고 있으며 이들은 상호작용을 통해 지표공간상에 나타난 특정 산물을 결과지우는데 역할을 하는 요인들이 된다. 이러한 관계를 포함하는 공간분석은 상당한 공간관련 학문의 훈련을 요하는 전문적인 능력을 필요로 하게 된다. 또한 자료구축과 활용측면에서 전문인력 공간분석/인지 능력을 가진 인력에 더하여 실제 분석과정과 결과를 올바르게 해석할 수 있는 지역정보에 밝은 인력의 활용이 매우 중요하다. 지역환경 지리정보시스템 구축과 운영을 추진해 나감에 있어 인적자원의 부족은 지역정보화 담당부서에 정보화기술에 정통하고 지역의 실정에 맞게 지역환경 지리정보시스템을 운영할 인재가 부족하고 이는 많은 지방자치단체에서 인식하고 있다 (김광주,

1998). 지역정보화의 추진에 있어 핵심인물의 육성은 풍부한 업무지식에 더하여 환경관리에 대한 인식과 공간인지능력을 가진 인물을 발굴하거나 아웃소싱 등으로 조직 외의 인재를 유효하게 활용하는 것이 필요하다.

지리정보체계가 의사결정 보조수단이며 분석을 통한 시뮬레이션을 통해 점진적인 접근을 가능하게 함을 강조하는 사례는 계획지원시스템(Planning Support System)에서 보여진다 (Klosterman, 1998). 지리정보체계에 기초한 계획지원시스템은 ‘만일 어떠하다면’(what if?)에 기초한 체계로 토지 입지적합성, 장래 용도별 토지수요를 예측하고 예측된 용도별 토지수요를 적지에 입지, 배분하는 개발 시나리오를 손쉽게 작성할 수 있도록 해주는 프로그램으로 가정에 따른 결과, 즉 미래를 정확하지는 않더라도 사용자가 적합성, 성장 또는 배분 시나리오를 변경함으로써 쉽게 대안적 미래상을 검토해 볼 수 있도록 해주는 기능을 가지고 있다.

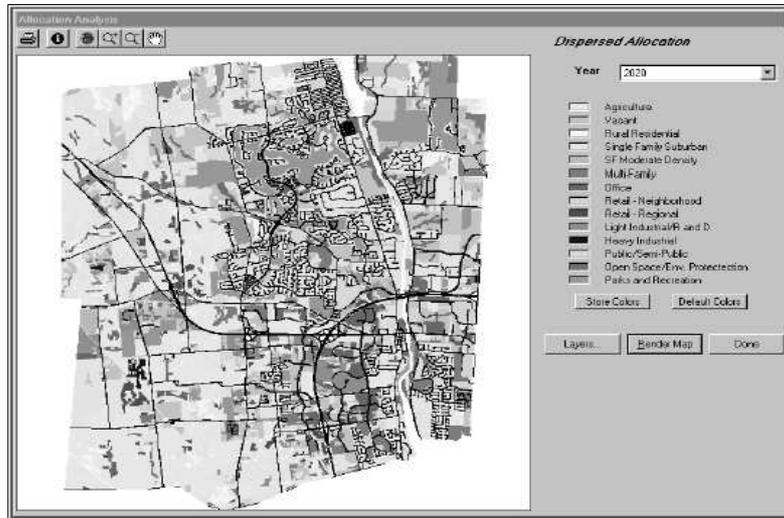


자료: Klosterman(1998)

<그림 5> 지리정보체계에 기초한 계획지원시스템

계획지원시스템의 모델화의 과정은 소단위로부터 시작하는 아래로부터 위로 (bottom-up)의 접근을 취하고 반복적(iterative) 과정을 따름으로써 다양한 결과를 손쉽게 검토할 수 있도록 하며 적합한 입지배분을 상정해 보는 형태를 취하고 있다. 입지적합도의 가정 시나리오에는 관련 요인들을 선택하여 가중치를 부여하는 방식, 그리고 성장관련 시나리오에는 주거, 산업, 보전, 지역특수용도별 토지의 수요

예측을 상정해 보는 형태로 사용자에게 쉬운 인터페이스를 제공하여 결과를 도출한다. 결과의 한 사례로 분산된 배분이 <그림 6>에 제시되어 있다. 이 계획지원시스템은 지리정보체계에 기초하여 다양한 대안적인 미래 결과를 예측하며 의사결정을 지원하는 수단으로 활용되어 계획수립에 다양한 주민들의 입장을 반영한 시나리오를 도출할 수 있는 방법으로 활용될 수 있다.



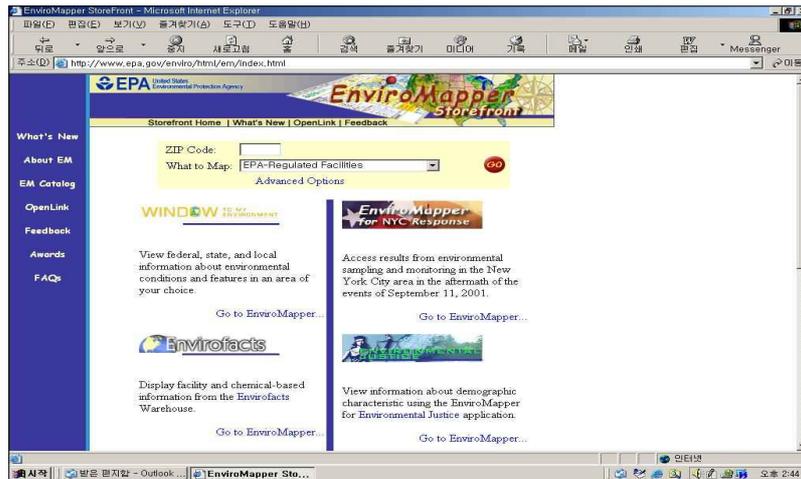
자료: Klosterman(1998)

<그림 6> 입지배분 시나리오에 따른 결과물

마지막으로 지리정보체계는 공개행정과 주민의견 수립의 창구로 역할해야 하며 이는 다시 새로운 자료와 의견을 반영하며 향상되는 과정을 거쳐야 한다는 것이다. 여기에는 훌륭한 선진국 사례가 있는데, 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency)의 환경지도화(EnviroMapper)가 그것이다. 환경지도화는 미국 환경보호청에서 환경보호를 위하여 새로이 제시한 공간환경정보를 공개하는 지도화를 통해 제공하는 수단이다. 이는 웹에 기초한 환경정보 지도화로 누구나 쉽게 해당 지역의 환경상황 검토를 가능하게 한 시도로 환경정보의 지도화와 이를 통한 기초적인 분석을 가능하게 해준다. 제공되는 환경정보에는 공기배출, 음료, 유독물 배출, 위험폐기물, 하수배출인가 등을 포함한 다양한 환경정보들이 선택적으로 이용가능하며 이들은 국가, 주, 그리고 군 단위 등을 선택하여 해당하는 지역에 분포하는 다양한 환경정보들을 선택적으로 포함시켜 지도화하여 검토할 수 있도록 해준다.

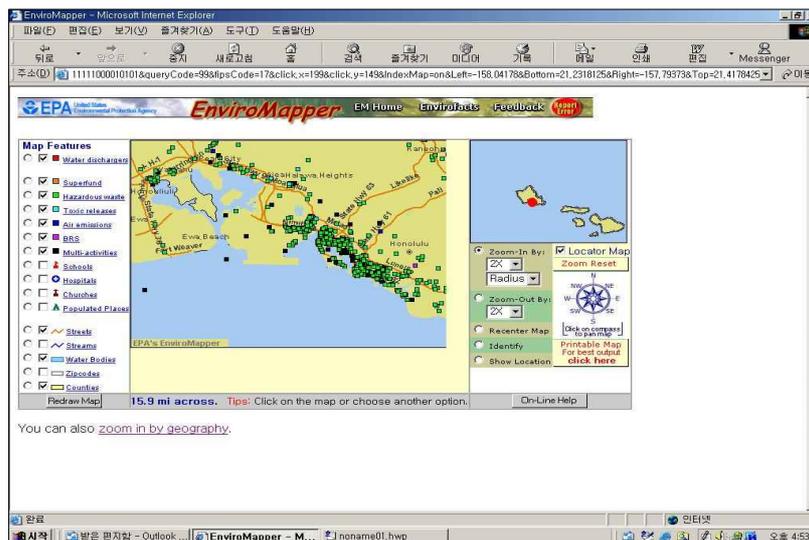
환경지도화의 인터넷사이트(<http://www.epa.gov/enviro/html/em/index.html>)는 여섯 개의 선택링크로 구성되어 있는데, 기본적으로 행정구역단위별 환경상태 정보 지도화, 오염시설관련 정보, 지표수관련 환경정보와 지도, 특정지역의 하계망 관련 정보, 환경정보와 거주인구를 고려한 환경 정의 정보, 개발에 따른 환경오염 가능성

지역 등으로 구분되어 있다 <그림 7>.



<그림 7> 미국 환경보호국 환경지도화 화면

<그림 8>은 사례로 선택된 미국 하와이주 호놀룰루 시의 한 지역에 분포하는 환경관련 시설 정보를 보여주고 있다. 화면의 구성을 보면 왼쪽에는 환경오염관련 항목들이 위치해 특정 항목을 단독 또는 복수로 선택해 이들의 현황을 지도상에서 선별적으로 바로 확인해 볼 수 있도록 하고 있으며, 복수 선택을 통해 두 변수간의 기본적인 공간상의 상호관련성의 추론도 가능하게 해준다.



<그림 8> 미국 하와이 호놀룰루 주변 환경지도

제주도의 경우 청정자연환경과 더불어 관광지라는 지역특성에 비추어 환경관리에 보

다 많은 관심과 노력을 기울여야 할 상황이다. 특히 최근 생태관광에 대한 관심이 높아지며 자연보호구역에 대한 정보를 지리정보체계로 구축하여 관광객들에게 웹서비스를 제공함으로써 이들 지역에 대한 정보를 제공함과 동시에 관광객을 제한하는 방식으로 생태관광을 진행하는 새로운 환경관리와 관광자원화를 동시에 추구하는 사례(Kirby and Pollitt, 1998)는 환경지도화와 유사하게 제주도에 시사하는 바가 크다.

환경지도화는 기본적으로 자료공개와 접근을 누구에게나 가능하게 함으로써 다양한 의견수렴과 교환이 가능하며 환경에 대한 일반인들의 관심과 참여를 높이는 데도 커다란 역할을 수행하고 있다. 이는 리우 유엔환경회의에서 천명한 국가는 공공부문에서 소유하고 있는 환경관련정보를 국민들에게 공개함으로써 그들이 정책결정과정에서 참여할 수 있는 기회를 증대시켜야 한다는 원칙에 부응하는 접근이며 환경분야에의 적용은 상당한 공헌을 가능하게 하기에 이에 대한 활용이 리우회의 실천과제인 아젠다 21에도 명기되어 있다. 제주도는 소규모 섬지역이 가지는 연약한 자연환경을 가지고 있으며, 관광을 통한 지역개발의 필요성이 상층적으로 일고 있어 보다 지리정보체계의 구축과 활용을 통해 환경보전과 지역개발을 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발로 유도할 필요가 크다. 따라서 현재까지의 기초 자료의 입력과 검토에 치중한 지리정보체계 구축이후의 과제, 앞에서 제시한 자료의 보강·향상, 분석차원의 활용 증대, 그리고 인터넷을 통한 정보 공개의 방향으로의 진전을 앞당겨 시행하는 방안을 모색할 필요성이 크다.

### Ⅲ. 결 론

최근 지리정보체계는 환경분야로 활용영역을 넓히며 환경관리를 위한 중요한 도구로 인식되고 있다. 환경분야에서의 지리정보체계의 활용은 다른 분야와 마찬가지로 기본 공간자료의 수치지도화와 이들을 비공간자료와 연동하도록 구축하여 컴퓨터상에서 환경관련자료를 빠르고 손쉽게 검토할 수 있도록 해준다. 제주도 지리정보체계 또한 초기 중산간지역에서 시작하여 현재 도 전체지역에 대한 기초적인 환경자료를 수치지도화하여 검색, 지도화하는 데 활용하고 있다. 이 글에서는 제주도 지리정보체계의 차후 활용을 확대하기 위해 고려해야 할 세 가지 향후과제를 기존 자료의 향상과 지리정보체계의 의사결정 보조수단으로써의 고려, 분석차원의 응용 확대를 통한 환경분야에의 활용 확대와 이를 위한 전문인력의 중요성을 언급하고, 지리정보체계는 의사결정수단이라기 보다는 의사결정 보조수단으로 고려되어야 하며 분석차원의 활용에 편리하게 이용될 수 있음을 외국의 계획지원시스템 사례를 소개하였다. 마지막으로 지리정보체계의 활용은 공개행정과 주민의견 수렴을 통한 반복적인 의사교환과정으로써의 중요성을 강조하며 미국 환경보호청의 웹기반 환경정보지도화를 소개하였다.

현재 제주도의 지리정보체계는 다른 지방자치단체에 비해 앞서 구축되어 보다 친 환경적인 정책수립을 가능하게 하는 기반시설을 갖추고 있으나 지속적인 자료의 갱신과 보충, 분석을 통한 응용부문의 확대, 그리고 주민들에게의 공개를 통해 보다 진일보한 지리정보체계로의 발전을 기대해 본다. 제주도에서 지리정보체계를 보다 활성화시켜야 하는 배경으로는 제4차 국토종합계획에서 제주도는 환경친화적 복합형 국제자유도시 건설로 환경의 중요성을 강조하고 있다. 구체적인 발전방향으로 관광, 비즈니스, 물류, 교역, 금융 등 지식기반산업의 복합적 전략기지로써 친환경적 개발을 통해 다양한 생물자원을 보존, 개발하여 제주도 특화의 유전자원으로 활용하며, 제주의 청정환경과 유전공학을 결합한 농·수·축산물의 종자생산기지를 조성하여 고부가가치를 창출하고자 하는 목표를 제시하고 있다. 제주도의 청정 자연환경의 보전을 위해서는 지리정보체계의 구축과 활용이 절대적이며, 우선적으로 중요한 자원인 지하수를 합리적·체계적으로 개발·보존하기 위하여 지하수 관리제도를 강화하고, 수문지질도 작성 등의 확대를 통해 자원정보종합시스템을 구축하고, 제주도 전역에 구축되고 있는 지리정보체계를 통해 개발사업의 환경적합성을 사전에 평가함으로써 청정한 자연환경을 체계적으로 보전·개발하는 것이 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발을 제주도에 고착화시키는 필수적인 작업이라 하겠다. 제주도의 미래 환경은 유엔환경회의에서 강조한 바와 같이 개발의 압력을 지리정보체계를 통해 과학적, 객관적으로 검토하고 주민의 의견을 수렴하여 도서지역이 가지는 취약한 자연환경의 보전과 관광개발을 통한 지역성장을 동시에 추구할 수 있는 도구로 인식하고 이에 대한 국가와 지방정부 차원의 관심과 활용에 더하여, 전문인력의 확충과 더불어 일반인들에게도 교육을 강화해 지리정보체계를 올바르게 이해하고 활용할 수 있는 기회를 확충해 나갈 수 있도록 해야 할 것이다.

## 참고문헌

- 국토개발연구원(1997), 「제주도 중산간지역 종합조사」, 제주도.
- 김광주(1998), “지방자치단체의 지리정보시스템 집행요인분석,” 「한국지리정보학회지」, 제1권, pp. 71-81.
- 김귀곤·김명진·김익수·서창완(1992), “환경정보체계를 이용한 환경영향평가에 관한 연구(I),” 「환경영향평가」, 제1권, pp. 21-30.
- 김영표(1999), “국가GIS사업의 추진현황과 향후과제,” 「대한부동산학회지」, 제17권, pp. 149-163.
- 김영표·박종택·한선희·조운숙(1998), 「GIS의 基礎와 實際」, 국토개발연구원.
- 김은형(1994), “지속가능한 국토개발과 정보네트워크: 환경보존과 GIS,” 제2차 국제 환경심포지움 (<http://www.ksdn.or.kr/resource/action/action2/at20007.htm>).

- 김재익·이태관·정현욱·진정숙(1999), “환경관리를 위한 GIS(지리정보시스템)활용,” 「環境科學論叢」, 제4권, pp. 1-16.
- 박은관·최병남·김대중(1998), 「土地利用計劃을 위한 GIS 活用方案 研究」, 국토개발연구원.
- 서주환·김상범(1998), “GIS를 활용한 경관영향평가에 관한 연구: 제주도를 중심으로,” 「韓國造景學會誌」, 제26권, pp. 62-72.
- 성호현(1996), “수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석: 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석,” 「한국지리정보학회지」, 제4권, pp. 21-42.
- 오정학(1997), “지리정보시스템(GIS)을 활용한 환경친화적 토지이용방안: 경산시를 사례지역으로,” 경북대학교 조경학 석사학위논문.
- 윤철석(2000), “지역환경관리계획과 GIS의 활용,” 「嶺南地域發展研究」, 제26집, pp. 79-95.
- 이명우(1997), “지리정보체계를 이용한 생태환경분석 및 적지분석: 자연생태계 보전 지역 설정 및 평가 모형을 중심으로,” 「환경영향평가」, 제6권, pp. 61-80.
- Atkinson, Peter and Tate, Nicholas(2000), Spatial Scale Problems and Geostatistical Solutions: A Review, *The Professional Geographer*, vol. 52, pp. 607-623.
- Harris, Trevor, Weiner, Daniel, Warner, Timothy, and Levin, Richard(1995), Pursuing Social Goals through Participatory Geographic Information Systems: redressing South Africa’s Historical Political Ecology, in John Pickles ed., *Ground Truth: the Social Implications of Geographic Information Systems*, pp. 196-222.
- Kirby, S. and Pollitt, S.(1998), Distributing Spatial Information to Geographically Disparate Users: a case study of Ecotourism and Environmental Management, *Australian Geographical Studies*, Vol. 36, pp. 262-272.
- Klosterman, Richard(1998), The What if? Collaborative Planning Support System, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 26, pp. 393-408.
- Longley, Paul(2000), Spatial analysis in the new millennium, *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 90, pp. 157-165.
- Marceau, Danielle, Guindon, Luc, Bruel, Mireille, and Marois, Claude(2001), Building Temporal Topology in a GIS Database to Study the Land-Use Changes in a Rural-Urban Environment, *The Professional Geographer*, vol. 53, pp. 546-558.
- McFarlane, Robert(1996), Land-user intentions and land-use modelling, in David Parker ed., *Innovations in GIS*, Taylor & Francis, pp. 215-225.
- Maguire, D.(1991), An Overview and Definition of GIS, in David J. Maguire, M. Goodchild and David Rhind eds., *Geographical Information Systems: principles*

and applications, pp. 9-20.

Meggs, Martin(1995), Developing a Small Island GIS: the Bermuda Experience, <http://www.esri.com/environment>.

Peuquet, Donna(1995), A conceptual framework and comparison of spatial data models, in Donna Peuquet and Duane Marble eds., Introductory readings in Geographic Information Systems, pp. 250-285.

Watkins, Russell, Cocklin, Chris and Laituri, Melinda(1997), The Use of Geographic Information Systems for Resource Evaluation: a New Zealand Example, Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 40, pp. 37-57.