

제주도 중산간 지역의 환경보전적
토지 이용 계획

Environmentally Sound Land Use Planing
in Cheju Island, Korea

양 하 백

국토개발연구원

◎ 요약

제주도는 독특한 경관과 자연·인문환경을 관광자원으로 하는 우리나라 제1의 관광지이다. 지금까지는 각종 관광시설들이 해안지역을 중심으로 발달되어 왔으나, 근래에 이르러서는 해안지역의 도시가격의 상승, 관광객의 다양한 관광활동 요구 등으로 인하여 표고 200~600m의 중산간지역에 대한 개발압력이 가중되고 있다. 그러나 중산간지역은 토양과 지질구조가 지하수 오염에 매우 취약하며, 제주도의 생태계를 유지시키는 완충지대의 역할을 하고 있고, 제주도의 대표적인 경관지역이기 때문에 환경보전적 토지이용이 절실히 요구되고 있다.

이 연구는 일차적으로 제주도 전역에 대한 각종 조사를 시행하고 그 결과를 GIS로 구축하였다. 여기에는 자연·인문·지하수·경관 등에 걸쳐 15개 항목에 대한 조사가 이루어졌으며, 42개 주제가 구축되었다. 두 번째 단계에서는 구축된 GIS를 이용하여 지하수, 생태계, 경관보전을 위한 토지이용계획을 수립하고 이에 따른 관리방안이 제시되었다. 이러한 환경보전적 토지이용계획은 장래 중산간지역의 난개발을 미연에 방지하고 환경에 부담을 주지 않으면서 개발을 유도할 수 있을 것이다.

◎ Abstract

Cheju Island is the most attractive resort area in Korea for its exotic landscape, natural beauty, and traditional culture which is quite different from that of the mainland. Until now, most of the recreational facilities and accommodations have been constructed along the coastal areas. Recently, mid-mountain area has been under very heavy development pressure because it is suitable for new sites for tourism facilities and the land price in the coastal area is very high.

The mid-mountain area is the land located 200-600m above the sea level. It is a major source of water supply for the island and has exotic scenic beauty, which cannot be found in mainland but it is the area very vulnerable to water pollution. Therefore, it is very important to manage this area based on the concept of environmentally sound and sustainable development in order to meet ever increasing demand for the land development.

The purposes of this project are: 1) to establish Geographic Information System for the whole island, 2) to formulate environmentally sound land use plan. However, There has been accuracy of the original map, defining criteria of analysis, updating of the data were identified for future tasks to be studied.

1. 서론

지난 30년간 우리나라는 눈부신 경제성장으로 국민의 기초적인 의·식·주 문제는 해결되었지만 자원의 고갈 및 환경오염으로 생활환경의 악화를 경험하고 있다. 이러한 자원·환경의 문제는 그 범위가 매우 광범위하고 복잡하기 때문에 효과적인 처방이 매우 어렵다. 그러나 1970년대에 등장한 지리정보시스템(GIS : Geographic Information System)의 공간문제 해결기능과 정보처리기술은 이러한 문제를 효과적으로 대처할 수 있는 여건을 만들어 주고 있다.

지금까지 우리나라에서는 일부 시·도를 중심으로 특정 목적의 GIS 구축이 시도되어 왔으나, 국가 차원에서의 표준화 부재로 인한 시스템간의 호환성 부족 및 중복투자 등의 문제가 제기되었다. 이에 따라 정부는 초고속정보통신망 계획과 더불어 국가경쟁력 강화 및 행정의 생산성을 높이기 위한 사회간접자본으로써 국가지리정보체계(NGIS : National Geographic Information System) 구축사업을 시행하고 있다. 이 사업계획에 따르면 1995년부터 1998년까지는 지형도를, 1997년부터 2000년까지는 공통주제도를 수치지도화하여 공간정보 데이터베이스를 구축하도록 되어 있다.

이 연구는 국가 GIS추진사업과 연계하여 제주도 전역에 대한 GIS 데이터베이스를 구축하고 중산간지역(589km²)에 대한 환경보전적 토지이용계획을 수립하는 것을 목표로 하여 추진되었다.

이 글에서는 제주도 중산간지역에 대한 환경보전적 토지이용계획을 수립하게 된 배경과 목표, GIS DB 구축내용, 환경보전적 토지이용계획 내용을 살펴보고, 마지막으로 본 연구에서 경험한 문제점과 향후 과제를 언급하고자 한다.

2. 배경과 목표

제주도 중산간지역은 표고 200~600m 사이에 있는 지역을 말한다. 중산간지역¹⁾은 대부분 산림지와 초지로 이용되고 있고 경작지는 약 9%를 차지하고 있으며, 제주도의 농업, 축산업, 임산물의 생산기지 역할을 담당하고 있다. 또한 이 지역은 천혜의 자연조건과 독특한 경관을 지닌 지역으로서 녹지공간의 유지, 각종 동식물의 서식처 제공 등 자연생태계를 유지하는 역할을 담당하고 있으며, 한라산 국립공원과 해안지역에 대한 완충기능과 해안지역의 농업생산에 필요한 지력 보급상의 보완기능을 담당하고 있다. 또한 이 지역에는 육지의 다른 지역에서 볼 수 없는

1) 중산간지역의 토지이용은 초지 46%, 산림지 42%, 밭 6%, 과수원 3%임.

독특하고 수려한 경관이 훌륭한 관광자원의 역할을 담당하고 있다. 그러나 이 지역은 토양 및 지질 구조상 지하수 오염에는 매우 취약한 구조를 지니고 있다.

현재 중산간지역에는 각종 개발사업이 활성화²⁾되고 있다. 그러나 중산간지역의 자연환경은 개발에 대한 여러 가지 취약성이 있기 때문에, 과학적이고 합리적인 방법론을 통하여 중산간지역에 대한 환경특성을 규명하고 토지적성도를 평가하여, 환경용량내에서 개발할 수 있는 기준을 제시할 수 있는 개발 및 보전지침이 절실히 요청되고 있다.

일반적으로 토지이용계획이 수립되기 위해서는 먼저 이 지역에 대한 종합적인 정보체계 구축이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 기존의 현황자료를 바탕으로 인문·사회환경, 자연·생태자원, 지하수환경, 경관 등 40여개의 주제에 관한 종합조사를 실시하고, 조사결과를 GIS에서 이용할 수 있도록 공간정보 데이터베이스로 구축하는 것이 일차 목표로 설정되었으며, 구축된 GIS를 이용하여 중산간지역의 환경특성을 파악하고 각종 모델링 기법을 동원하며 중산간지역에 대한 환경보전적 토지이용계획을 수립하는 것을 최종 목표로 하였다.

3. 현황조사 및 GIS DB의 구축

3-1. 현황조사

3-1-1. 조사항목

현황조사는 자연환경, 인문환경, 지하수환경, 경관에 대한 4개의 항목을 15개 소항목으로 구분하여 수행되었다. 자연환경에서는 지형, 수계, 식물상, 동물상에 대한 조사가 수행되었으며, 인문환경에서는 토지이용현황, 각종 법령에 의한 토지이용제한지역, 인구 및 취락지, 산업 및 지역경제, 문화재, 주요시설물 등이 조사되었다. 또한 지하수 환경에서는 기존 지하수에 관한 현황, 토양, 투수성지질, 잠재오염원 등이 조사되었고, 경관에서는 경관미 시각흡수능력, 주요도로 및 지점에서의 가시거리가 조사되었다.

3-1-2. 조사방법

각 항목에 대한 조사는 조사항목별 특성, 기존 자료의 유·무에 따라 적정조사 방법을 선택하

2) 중산간지역은 개발을 억제하여 왔으나 제주도개발특별법, 제주도종합개발계획에 의하여 1994년 이후 관광지구, 골프장 등의 관광시설 개발이 활성화되고 있음.

였다. 지형, 수계, 주요시설물은 국가수치지도를 활용하였으며, 토지이용제한지역, 문화재, 지하수 현황 등은 기존자료와 관련문헌을 이용하였다. 식물상, 동물상, 토양, 투수성지질, 경관 등에 대한 조사는 기존자료를 활용하고 현장조사를 통하여 보완하였으며, 토지이용현황조사는 항공사진과 인공위성 탐사자료를 이용하였다. 또한 토양의 물리·화학적 특성과 오염취약성 조사는 현장에서 시료를 채취하여 실내 실험조사를 실시하였다.

3-1-3. 조사과정

조사는 3단계의 과정을 거쳐 수행되었다. 1차로 사례지역을 선정하여 해당자료의 유·무상태를 파악하고 조사의 방법을 결정하였으며, 2차 조사에서는 각 항목별로 전수 조사를 실시하였다. 또한 전수조사결과 미비한 점은 3차 조사를 통하여 보완되었다.

3-2. GIS DB 구축

3-2-1. 라이브러리의 구축

제주도 전역에 대한 데이터베이스는 용량이 너무 크기 때문에 이를 하나의 커버리지로 만들어 관리·운영하는 것은 비효율적이다. 따라서 데이터를 조직적으로 관리하고 일관성을 유지하기 위하여 격자형 Tile 구조³⁾를 기본구조로 선택하였다. 이 경우 공간인덱스는 모두 주제도가 1/5,000 축적으로 구축되어 있으며, 향후 자료의 조회, 출력 등의 업무도 1/5,000 축적단위를 사용하기 때문에 현재 사용하고 있는 1/5,000 도엽인덱스 체계를 따르도록 설계하였다. 또한 도면 좌표 기준점(Master Tic)은 제주도 전역을 1/50,000 도엽을 기준으로 6개의 대분류 번호체계를 부여하고 1개의 대분류 번호체계에 1/5,000 도엽이 100개가 포함될 수 있도록 소분류 번호체계를 부여하였다.

3-2-2. GIS DB 구축

앞서 조사된 항목을 기본으로 하고 필요한 경우 각 주제도를 재분석 또는 파생시켜 총 42개 항목에 대한 GIS DB를 아래와 같이 구축하였다.

3) 1/5,000도면 1매를 1개 Tile로 구축한 결과 제주도 전역이 350개 Tile로 구성됨.

〈표 1〉 GIS구축 항목 및 내용

항 목	세 부 항 목	내 용
자연환경	1. 지형	· 표고 · 경사 · 향 등고선도 5% 간격 동·서·남·북·북동·남서·남동·북서
	2. 수계	· 하천 · 수역 · 유역 실폭하천, 세천, 건천 16개 수역 하천별 유역
	3. 식물상	· 임상 · 경급 · 영급 · 소밀도 활엽수림, 혼효림, 침엽수림, 희귀식물군 10cm 단위 10년 단위 고밀, 중밀, 소밀
	4. 동물상	· 서식지 서식지별 분포
지하수환경	5. 지하수현황조사	· 관정개발현황 · 관정소유 · 용도 · 지질주상도 3,989개 공 공공, 사설 생활용, 농축산업용, 공업용, 염지하수 598개 공
	6. 토양	· 토양통 · 토양성질 · 토심 · 토양침식량 · 농업적이용가능성 · 오염위험지수 63개 토양통 토양성질별 분포 유효토심별 분포 토양부호별(174개) 7개 등급 54개 토양통별
	7. 오염취약성	· 잠재오염원 · 지점별 돌출농도 · 토양통별 돌출농도 점오염원 분포(274개 시설) 조사지점별 돌출농도 분포 54개 토양통별
	8. 투수성 지질구조	· 투수성 지질구조 숨골, 함몰지, 용암동굴, 절리계발달역, 꽃자왈 등
인문환경	9. 토지이용	· 토지이용현황 도시, 취락지, 밭, 과수원, 초지, 산림, 시설용지 등
	10. 토지이용제한지역	· 국토이용현황 · 보전지역 · 초지조성지구 · 상수원보호구역 · 농업진흥지역 · 농공단지 · 공원구역 · 관광단지· 지구 · 온천지구 5개 용도지역 절대, 상대, 특별관리지구 초지조성지구 상수원보호구역 15개소 농업진흥지역 농공단지(3개소) 국립공원 및 군립공원 3개 단지, 20개 지구 온천지구(2개소)
	11. 인구 및 취락	· 취락분포 취락지분포(32개 취락), 인구, 교육, 직업
	12. 산업·지역경제	-
	13. 문화재	· 지정문화재 · 비지정문화재 보물, 사적, 천연기념물 등 선사유적지, 방어유적지 등
	14. 주요시설물	· 도로망 국도, 지방도, 시군도, 면리간도로
경관	15. 경관	· 경관미 · 시각적흡수능 · 가시거리 4등급(매우높음, 높음, 중간, 낮음) 3등급(높음, 중간, 낮음) 근경, 중경, 원경

4. 환경보전적 토지이용계획

4-1. 계획수립 원칙

제주도 중산간지역에 있어서 개발과 보전은 지하수, 생태계, 경관의 문제로 압축된다. 즉 중산간지역의 토양·지질구조가 지하수오염에 취약하고 중산간지역이 해안지역과 산악지역의 중간에 위치하여 동·식물 등의 생태계에 주요한 역할을 수행하고 있고, 중산간지역의 독특한 경관을 영구히 보전해야하기 때문에 개발을 억제해야 한다는 보전론적 입장과 제주도 지역경제의 활성화를 위하여 적극적인 관광개발을 도모해야 한다는 개발론적 입장이 대립하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 주장들에 대하여 과학적이고 합리적인 준거를 제시하고 적정용량 개발을 유도하기 위하여, 지하수·생태계·경관에 대한 각각의 환경보전적 토지이용계획을 수립하였다.

토지이용계획을 수립하는 데에는 원칙적으로 개발과 보전의 목표를 달성하는데 필요한 모든 요소가 고려되어야 하나, 모든 요소에 대한 조사는 쉽지않고 또한 단기간내에 이루어질수 있는 것도 아니다. 따라서 이번 연구에서는 현황조사에서 파악된 조사결과와 구축된 GIS DB를 이용하여 계획을 수립하였다.

즉 지하수보전을 위한 토지이용계획에서는 투수성지질구조 요소와 토양요소가 사용되었으며, 생태계 보전을 위한 토지이용계획은 식물상요소와 동물상요소가 이용되었다. 경관보전을 위한 토지이용계획에서 경관미, 시각적 흡수능력, 거시거리 분석결과가 사용되었다. 또한 각각의 계획에서는 전 지역을 5개 등급으로 구분하여 I등급지역은 현상태로 보전하고 V등급지역은 개발을 허용하는 등 단계적으로 개발행위의 허용기준을 제시하였다. 각 요소간 상이한 등급이 도출될 때에는 상위등급 우선원칙을 적용하는 등 전반적으로 보전으로 위주리한 보수적인 기준을 채택하였다.

4-2. 토지이용계획 수립

4-2-1. 지하수보전을 위한 토지이용계획

(1) 토양요소 분석

토양요소 분석에서는 2가지 방법이 동원되었다. 먼저 기존 토양도에 나타난 토양통별 물리적·

화학적 특성을 이용하여 주요 항목별로 수치등위 체계를 사용하여 상대적인 민감도를 평가하는 오염 위험지수를 산출하였으며(SEEPAGE 모형)⁴⁾, 또 한가지는 제주도내 321개 지점을 선정하여 현장침투율을 조사하고 토양시료를 채취하여 실내실험으로 물리·화학적 특성을 분석한 후 PESTAN⁵⁾ 모델에 의한 모의실험으로 토양층 하부에 나타나는 오염물질의 돌출농도를 산출하였다.

(A) 토양오염위험지수 분석

토양의 오염지수는 화학적 특성평가와 물리적 특성 평가로 구분하였는데, 화학적 평가는 심토의 토성, 용적밀도, 표면전하량, 토심, 유기물 함량 등을 평가항목으로 선정하였으며, 각 항목별 평점은 토양에 투입되는 오염물질이 지하수에 미치는 영향의 각 등급간 차이는 기하급수적으로 반응되는 점을 고려하여 0~8점까지 가중치를 부여하였다. 또한 물리적 평가에서는 표토의 토성, 배수정도, 투수계수, 토양구조 및 불투수층의 정도를 평가 항목으로 선정하였고 각 항목별 평점 역시 0~8점까지 가중치를 부여하였다.

<표 2> 토양의 오염위험지수 평가기준

특성	평가항목	없음(0)	낮음(1)	중(2)	높음(4)	매우높음(8)
화학적 기준	심토의 토성	C, SiC	CL, SiCL	L, Si	SL, Fine LS	Co-LS, S
	용적밀도(g/cm ³)	>1.6	1.3-1.6	1.0-1.3	0.8-1.0	<0.8
	표면전하량(cmol/Kg)	매우높음(>80)	높음(60-80)	중(50-60)	낮음(50-40)	매우낮음(<40)
	토심(cm)	매우깊음(>100)	깊음(50-100)	중(20-50)	얕음(10-20)	매우얕음(<10)
	유기물함량(%)	매우많음(>10)	많음(5-10)	중(2-5)	적음(1-2)	매우적음(<1)
	계	0	5	10	20	40
물리적 기준	표토의 토성	C, SiC	CL, SiCL	L, SiL	SL, Fine LS	Co-LS, S
	배수정도	매우불량	불량	약간양호	양호	매우양호
	투수계수(cm/h)	매우느림(<0.5)	느림(0.5-2.0)	보통(2.0-6.0)	빠름(6.0-25.0)	매우빠름(<25.0)
	토양구조 및 불투수층	두꺼운 경반층	치밀한 B층	약간 치밀	약간느슨	다공성, 느슨함
	계	0	4	8	16	32

주 : C(식토), SiC(미사질식토), CL(식양토), SiCL(미사질식양토), L(양토), SiL(미사질양토), SL(사양토), Fine LS(자갈이 많은 미사식양토), Co-LS(자갈이 많은 미사사양토), S(사토)

이 결과 중산간지역내 54개 토양통이 대체적으로 5개의 군으로 뚜렷이 구별되었다. 이중 김녕동, 무등동, 미약동, 조천동 등 4개통 21.2km²는 오염위험지수가 매우 높은 것으로 나타났고, 동귀동, 중문동, 하모동 등 3개통 94.1km²는 위험지수가 낮은 것으로 분석되었다.

- 4) SEEPAGE 모형은 토양 및 수문학적 특성을 이용하여 지하수의 오염잠재성을 평가하는 모형이나 중산간지역내 수문학적 특성자료가 미비하여 본 연구에서는 SEEPAGE 모형중 토양오염저감능(Soil Attenuation Potential)을 중심으로 분석함.
- 5) PESTAN 모델은 유기용질이 토양을 통하여 지하수로 전이되는 것을 예측하는 컴퓨터 모의실험 프로그램으로 지하수내 오염물질의 거동식은 Van-Genuchten 식으로 표현됨.

<표 3> 토양의 오염위험지수 분포도

구 분	토양통수	분 포		토 양 통
		면적 (km ²)	비율(%)	
매우 높음 (66-55)	4	21.2	3.6%	김녕동, 무등동, 비악동, 조천동
높 음 (49-36)	9	56.0	9.5%	구암동, 구좌동, 근산동, 금악동, 낙천동, 노로동, 녹산동, 산방동, 직악동
보 통 (34-28)	25	240.4	40.8%	감산동, 강정동, 교래동, 남원동, 논고동, 대홀동, 병악동, 사라동, 송악동, 아라동, 애월동, 영락동, 오라동, 용강동, 우도동, 월평동, 인성동, 제주동, 중엄동, 표선동, 하원동, 한림동, 행원동, 흑악동, 동홍동
낮 음 (27-22)	13	149.5	25.4%	무릉동, 민악동, 송당동, 신엄동, 용수동, 용흥동, 위미동, 이도동, 지산동, 토산동, 토평동, 평대동, 한경동
매우 낮음 (21-20)	3	94.1	16.0%	동귀동, 중문동, 하모동

주 : 암석지, 용암류, 하천범람지, 하해범람지, 저수지는 제외

(B) 토양오염취약성 분석

오염취약성 분석은 토양표층에 오염물질을 살포했을 때 토양자체가 오염물질을 흡착하는 능력과 강수의 침투율을 고려하여 토양속에 잔류하는 오염물질의 농도를 모의실험으로 산출하였다. 이를 위하여 미국의 국제지하수 모델링센터에서 많이 사용하고 있는 PESTAN 모델을 사용하였다. 분석에 사용된 자료는 오염물질의 수용성과 살포량, 대표 표층의 평균 건조단위중량, 평균 공극율, 토심, 지하수의 평균함양율과 농도예측기간, 현장침투율과 분배계수 등이 사용되었다. 사용된 오염물질은 25°C에서 수용성이 242µg/l 인 Alachlor이고, 강수발생 하루전 Alachlor 100 kg을 1ha 지역에 균등 살포했다고 가정할때의 토양의 토심 최하단 지점에서의 시간경과별 농도를 산출하였다. 농도예측기간은 살포후 최대 365일로 하였으며, 표층 하부의 농도변화 예측지점은 토양의 실제 토심을 고려하여 0.2m, 0.6m, 1m의 세가지 유형으로 구분하여 분석하였다.

이결과 321개 조사지점별 돌출농도는 6,167.5µg/l 에서 최소 0.03µg/l 까지 다양하게 분석되었으며, 최대농도 돌출시간은 토심에 따라 0.3일~5.5일의 분포를 보였다. 이결과를 기초로하고 토양통별 평균분배계수와 현장침투율을 고려하여 토양통별 평균 돌출농도를 산출하였다. 토양통별로는 가파동과 조천동이 6156.µg/l 로 가장 높은 농도를 나타내었고, 남원동 등이 7.2µg/l 로 가장 낮은 농도를 나타내는 것으로 분석되었다.

〈표 4〉 토양표층하부 들출농도의 토양통 분포

구 분	토 양 통	토양통수 (개수)
3,000 $\mu\text{g/l}$ 이상	가파통, 조천통, 미악통	3
1,000~3,000 $\mu\text{g/l}$	용흥통, 구좌통, 아라통, 무릉통, 영락통, 김녕통, 노로통, 적악통, 구엄통, 동귀통, 애월통, 월평통, 이도통	13
200~1,000 $\mu\text{g/l}$	사라통, 토산통, 강정통, 동흥통, 병악통, 중엄통, 송악통, 우도통, 감산통, 군산통, 행원통, 녹산통, 중문통, 하원통, 한림통, 민악통, 오라통, 한경통, 흑악통	19
200 $\mu\text{g/l}$ 미만	제주통, 하모통, 송당통, 금악통, 평대통, 대정통, 교래통, 논고통, 위미통, 신엄통, 남원통, 토평통, 표선통	13

주 : 총 63개 토양통중 1개 이상의 조사지점이 포함된 토양통은 48개 통임.

(2) 투수성 지질요소 조사

제주도 중산간지역은 년평균 강우량이 2000~3000mm의 다우지역이며 투수성이 좋은 화산암류가 넓게 분포하고 있어 지하수 함양에 좋은 조건을 갖고 있지만, 반면에 투수성이 좋은 지질구조는 그만큼 지하수를 오염시킬 우려가 많은 지역이다. 지질요소에 의한 지하수의 보전은 수리지질도에 기초한 지하수 함양과정, 지하수의 부존형태 등이 종합적으로 검토되어야 하지만 이러한 제반조사가 미비한 상태로 있어 본 연구에서는 현장조사를 통한 투수성지질 구조만을 조사하였다.

투수성지질구조 조사는 광역수리지질도(수자원공사, 1993, 축적 1/50,000), 항공사진, 토지이용 현황도, 임상도 등을 이용하여 지질분포 상태를 개괄적으로 파악한후, 투수성지질 구조가 분포할 것으로 예상되는 지역을 직접 현장조사를 통하여 파악하였다. 조사결과 중산간지역내에는 970개소 122.5km²(중산간지역 면적의 21%)의 투수성지질 구조가 분포하고 있는 것으로 파악되었으며, 이중 꽃자왈⁶⁾지역이 79.1km²로 가장 넓게 분포하고 절리계 발달역, 용암류 접촉역 등도 상당한 면적이 분포되어 있는 것으로 조사되었다.

6) 꽃자왈 지역은 제주도에만 존재하는 특이한 지질로 토양층이 빈약하고 화구로부터 방출된 화산탄 및 화산자갈이 뒤섞여 쌓인 각력층임.

<표 5> 투수성 지질구조 분포

구 분	개 소	면적(km ²)	비율(%)	비 고
계	970	122.5	100.0	
숨 골	180	6.7	5.5	
용암동굴 및 튜브	7	1.4	1.1	
함몰지	78	2.9	2.4	
절리계발달역	360	34.8	28.4	
(주상절리계발달역)	(45)	(5.1)	(4.2)	
(절리구조발달역)	(193)	(17.0)	(13.9)	
(파쇄대발달역)	(122)	(12.6)	(10.3)	
용암류집적역	186	17.2	14.0	
꽃자왈지역	88	79.1	64.6	
클링커층발달역	67	4.6	3.8	
스코리아층발달역	4	0.4	0.3	

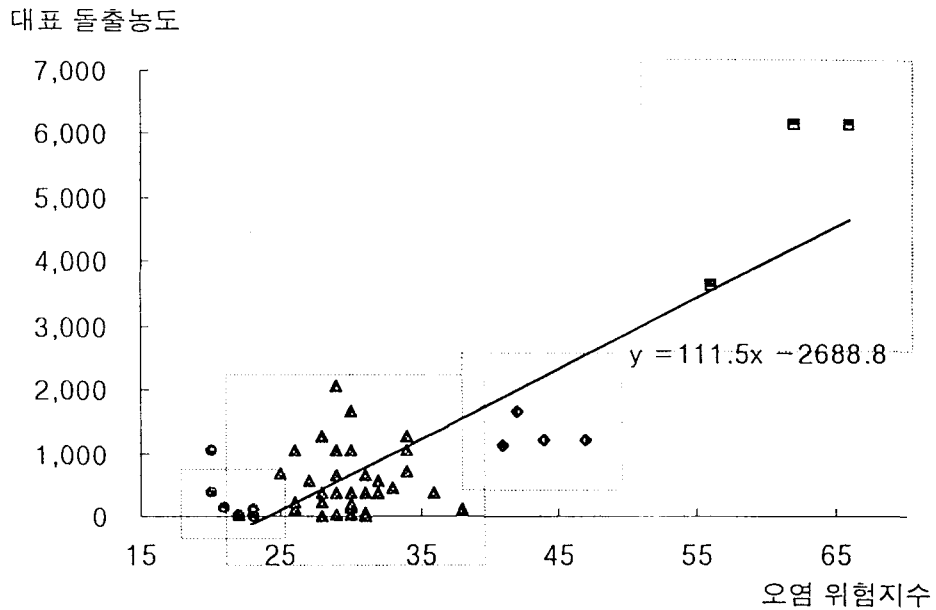
주 : 1) 중복되는 면적을 합하면 총 147.0km²임.
 2) 면적은 영향권을 포함한 면적임.

4-2-3. 토지이용계획

우선 토양요소에서는 토양오염지수와 PESTAN 모형에서 산출된 토양통별 대표돌출농도의 유의성을 검증하였는데, 상관관계분석(Correlation Analysis) 결과 상관계수는 0.82로 나타나고 있어 이들 두 분석결과가 상당한 유의성이 있음이 확인되었다. PESTAN 모형에 의한 모의시험결과 표층하부의 돌출농도가 최저 7.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타나고 있는데 이는 미국환경부에서 제시하고 있는 Alachlor에 대한 Health Advisory 기준 0.4 $\mu\text{g}/\text{l}$ 를 크게 상회하고 있으므로 모든 토지이용 활동이 가능한 V 등급지역은 제외하였다. 오염위험지수와 대표돌출농도를 그래프로 분석한 결과 대체적으로 4개 군으로 나누어 졌다. 즉 대표돌출농도와 오염위험지수 모두 높은 조천통, 미약통 등은 I 등급으로 구분하였으며 중문통, 하모통 등 6개 통 181.0km² IV 등급으로 분류하였다.

투수성지질 구조는 오폐수 등 오염물질을 방류하였을 때 여과과정을 거치지 않고 빠른 시간 내 지하수체까지 도달할 수 있는 특수한 지질구조이기 때문에 투수성 지질구조가 분포하는 지역은 오염물질을 발생시키는 토지이용은 억제되어야 한다. 따라서 투수성 지질구조 분포지역은 토지이용이 제한되는 I·II 등급만 선정하되 숨골, 용암동굴, 함몰지 등 우수가 아무런 방해없이 직접적으로 지하로 유입되는 지질구조는 I 등급으로 선정하고 미약하나마 여과층이 존재하는 꽃자왈 등의 지역은 II 등급으로 설정하였다. 이결과 I 등급지역은 18.1km²가 포함되었으며, II 등급지역은 104.4km²에 이르렀다.

오염위험지수와 오염취약성 분석의 상관관계분석



이러한 토양요소와 투수성지질구조에 의한 각각의 등급을 상위등급 우선원칙을 적용하여 종합한 결과 지하수보전등급별 면적 분포는 I 등급지역이 전체면적의 9.0%, II 등급지역이 23.4%로 나타났으며, III 등급지역이 가장 넓은 41.5%를 차지하였다.

<표 6> 지하수 보전등급 설정기준 및 분포

등급	등급 설정 기준		분포	
	토양요소	투수성지질요소	면적(k㎡)	비율(%)
I	위험지수 55 이상 돌출농도 3,000 $\mu\text{g/l}$ 이상	숨골, 용암동굴, 함몰지, 주상절리개발달역, 클링커층	52.6	9.0
II	위험지수 40~54 돌출농도 1,000~3,000 $\mu\text{g/l}$	질리구조발달역, 파쇄대발달역, 꽃자왈, 스코리아층, 용암류접촉역	138.0	23.4
III	위험지수 25~39 돌출농도 1,000 $\mu\text{g/l}$ 이하	-	244.6	41.5
IV	위험지수 24 이하 돌출농도 200 $\mu\text{g/l}$ 미만	-	153.8	26.1

4-2-2. 생태계보전을 위한 토지이용계획

생태계보전을 위한 토지이용계획은 식물상 요소와 동물상 요소로 구분하였다. 식물상 요소에서는 희귀식물, 멸종위기식물 분포지 등 보호대상 식물군락지를 I 등급으로 설정하였고, 자연림 및 주요식생군락지는 II 등급, 2차림군락지는 III 등급, 조림지, 익새군락, 자연초지 등은 IV 등급으로 설정하였으며, 경작지, 인공초지, 취락지 등은 V 등급지역으로 설정하였다. 동물상 요소에서는 동물의 서식환경을 고려하여 희귀동물, 멸종위기 동물서식지는 I 등급, 활엽수림 고밀지역은 II 등급, 활엽수림 중밀지역과 침엽수림 고밀지역은 III 등급, 활엽수림 저밀지역과 침엽수림 중·저밀지역은 IV 등급으로 하였으며, 경작지, 취락지 등은 V 등급지역으로 설정하였다. 이 결과 I 등급지역은 전체면적의 3.0%, II 등급지역은 5.7%, III 등급지역은 12.8%, IV 등급지역이 가장 넓은 66.1%를 차지하였다.

<표 7> 생태계 보전등급 설정기준

등급	등급설정 기준		분 포	
	식물상 요소	동물상 요소	면적(km ²)	비율(%)
I	희귀, 위기, 특산, 자생식물 군락지	희귀, 멸종위기, 천연기념물 동물서식지	17.4	3.0
II	자연림, 주요식생군락지	서식환경 양호지역 (활엽수림·혼효림 고밀지역 중심)	34.9	5.9
III	2차림 군락지	서식환경 중간지역 (활엽수림·혼효림 중밀지역, 침엽수림 고밀지역 중심)	78.6	13.3
IV	조림지, 익새군락, 잡목지, 초지	서식환경 취약지역 (활엽수림·혼효림 저밀지역, 침엽수림 중·저밀지역, 초지)	385.0	65.4
V	기타지역(경작지, 취락 등)	기타지역(경작지, 취락 등)	73.1	12.4

4-2-3. 경관보전을 위한 토지이용계획

경관보전을 위한 토지이용계획은 경관미, 시각적 흡수능력, 가시지역 분석결과를 이용하여 설정하였다. 먼지 제주도를 대표하는 경관지로 경관미가 매우 높은 지역을 I 등급으로 하였으며, II 등급은 주용조망점에서 근경에 포함되는 지역으로 경관미가 높고 시각적 흡수능이 낮은 지역을 대상으로 하는 등 경관미, 시각적 흡수능력, 가시지역의 조합에 따라 등급을 설정하였다. 이

결과 I 등급지역이 전체면적의 11.0%를 차지하였으며, II 등급지역 9.4%, III 등급지역 58.1%, IV 등급지역 19.9%, V 등급지역 1.6%의 분포비율로 나타났다.

<표 9> 경관 보전등급 설정기준

등급	분포		비고
	면적(k㎡)	비율(%)	
I	53.4	9.1	H+
II	51.0	8.7	H-L-근
III	330.0	56.0	H-H-근, H-M-중, H-L-원, M-M-근, M-L-중, L-L-근
IV	149.0	25.3	H-H중, H-M-원, H-H-근, M-M-중, M-L-원, L-M-근, L-L-중, H-H-원, M-H-중, M-M-원, L-H-근, L-M-중, L-L-원
V	5.6	0.9	M-H-원, L-H-중, L-M-원, L-H-원

주 : 비교난은 각 요소의 조합내용이며, 경관미, 시각적흡수능, 가시거리 순임.

4.3. 계획의 관리

지하수, 생태계, 경관보전을 위한 토지의 관리는 각각의 특성에 따라 등급별로 관리방안을 마련하였다. 지하수 보전을 위해서는 각종 시설물에서 배출되는 방류수의 수질을 규제하는 관리방안을 마련하였으며, 생태계보전 지역에서는 산림, 농지 등의 훼손전용규모를 제한하는 방안을 제안하였다. 또한 경관보전계획에서는 각종 시설물의 길이와 높이를 제한하는 방안을 제시하였다.

5. 결론 및 과제

제주도 중산간지역과 같이 개발과 보전의 필요성이 공존하는 지역의 경우 무엇보다도 중요한 것은 과학적인 분석결과를 바탕으로 한 합리적 계획의 수립이다. 제주도 중산간지역의 환경보전적 토지이용계획은 우리나라에서는 처음으로 GIS를 활용하였다는 점, 과학적·합리적 분석과정을 거쳤다는 점에서 큰 의의가 있으나 향후 해결해야 할 과제도 많이 도출되었다.

우선 자료의 미비를 들 수 있다. 지하수보전을 위한 토지이용계획수립 과정에서는 여타 자료가 마련되어 있지 않아 단순히 토양요소와 투수성지질구조 요소만으로 계획이 수립된 아쉬움이 있으며, 향후 정밀한 수리지질도가 작성되고 지하수의 거동 특성이 조사되어 보다 종합적인 계획이 수립되어야 할 것이다. 또한 생태계나 경관보전을 위한 계획에서도 관련요소에 대한 보다 광범위한 조사와 분석작업이 이루어져야 할 것이다.

또한가지는 입력데이터의 정확성에 관한 문제를 들 수 있다. 환경보전을 위한 개발행위규제는 개인의 토지소유권 행사와 직결되어 있으므로 계획상의 경계선은 정확성이 보장되어야 한다. 그러나 분석과정에 이용되었던 각종 주제도면은 원도면 자체가 종이의 신축 등으로 부정확하며, 수치화하는 과정에서 많은 오차가 발생하게 되고 주제도면별 축적이 상이하기 때문에 개략적인 토지이용계획 수립 목적으로 활용하는 데는 큰 무리가 없으나 사업시행계획의 단계까지 활용하는 데는 상당한 무리가 따른 것으로 예상되어 정확도를 확보할 수 있는 노력이 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 제주도, 1997 「제주도중산간지역 종합조사」
2. 제주도, 1994 「제주도종합개발계획」
3. 내한국토·도시계획학회, 1996, 「토지이용계획론」
4. 한국수자원공사, 1993 「제주도 수자원종합개발계획 수립」
5. Chapin. F.S and E.J.Kaiser, 1979. 「Urban Land Use Planning」
6. Simmons, J.W. 1965. 「Descriptive Models of Urban Land Use」
7. Blaesser, Brianand, Alan Weinstein, eds. 1989 「Land Use and the Constitution : Principles for Planning Practice」