

GSIS와 AHP법을 이용한 쓰레기 매립지 예비 평가 방법 Preliminary Estimation of Waste Landfill Sites Using Geo-Spatial Information System and Analytic Hierarchy Process

양인태* · 김연준** · 최광식***

Yang, In-Tae · Kim, Yeon-Jun · Choi, Kwang-Sik

요 旨

생활 수준의 향상으로 환경의 질에 대한 주민들의 관심이 높아짐에 따라 쓰레기 매립지와 같은 환경 혐오시설의 부지 선정 문제가 사회 문제로 대두되고 있다. 따라서 본 연구에서는 다량의 환경학적 정보를 저장, 관리, 분석, 표시할 수 있는 GSIS와 의사 결정 과정에서 사용될 수 있는 AHP를 이용하여 쓰레기 매립지를 평가하는 방법을 연구하고자 한다. AHP는 관계 집단들의 의견을 적절히 반영시킬 수 있는 유연성을 가지고 있기 때문에 GSIS와 연관시켜 사용하면 환경 혐오시설의 부지 선정 문제에 매우 유용하리라 생각된다.

ABSTRACT

According to grow interest in environmental quality with improvements of a standard of living site selection problems of environmental hatred facilities, such as waste landfill sites caused regional conflicts. This study investigates a waste landfill estimation method that was used to storage, management, analysis and display of environmental information provided by geo-spatial information system(GSIS) analytic hierarchy process(AHP) as a decision-making method. If GSIS is integrated with AHP, site selection problems of environmental hatred facilities shall be able to very useful, because of AHP with flexibility which appropriately reflect opinions of the related group.

1. 서 론

최근 우리나라의 급속한 경제적, 사회적 발전으로 소득수준이 향상됨에 따라 소비의 양과 형태 변화에 따른 폐기물의 관리 문제가 중요한 문제의 하나로 대두되고 있다. 특히, 생활 수준이 향상됨에 따라 환경의 질에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 환경 관련 자료의 양이 방대해지고 종류도 다양해짐에 따라 환경정보들을 저장, 관리, 분석, 표시하고 의사 결정 과정에 사용하기 위한 체계적인 정보관리 체계가 필요하게 되었다. 따라서 환경에 대한 공간 정보를 수집, 저장, 검색, 분석, 표시하기 위해 최근들어 많이 사용되고 있는 Geo-spatial Information System(GSIS)을 사용하여 환경 정보에 대

한 데이터베이스를 구축하여 사용할 필요가 크게 부각되고 있으며, 분석의 과정에서 부딪히게되는 의사결정 문제를 해결하기 위해 여러 가지 방법들이 연구되고 있다. 매립지 선정 문제는 매립지 소용되는 경비를 최소화해야 하고, 이로 인해 발생하는 주변의 환경오염과 주민들의 반발 및 다양한 요구를 충분히 고려할 수 있는 방법이 채택되어야 한다. 매립지 선정 문제는 정부의 규정에 부합되고, 사회적, 경제적, 환경적 비용을 가장 최소화시킬 수 있는 장소가 선택되어야 하기 때문에, 정책관리자들로부터 폭넓은 주목을 받아왔다.

환경학적 계획과 관리를 위한 GIS의 적용에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. John E. Esters(1987) 등은 유해 쓰레기 부지의 모니터링과 관리에서 GIS의 역할을 설명했으며,¹⁾ William G. Campbell(1989) 등은 지표수 산성화의 평가에 GIS를 사용했다.²⁾ Marina Alberti(1991)는 GIS가 어떻게 적합성 분석과 환경학적 영향

*강원대학교 토목공학과 교수

**강원대학교 토목공학과 박사수료

***강원대학교 토목공학과 석사과정

평가 모델링을 보조할 수 있는가를 연구했고,³⁾ Ni-Bin Chang, H. Y. LU, Y. L. Wei(1997) 등은 폐기물 수집네트워크에서 출처와 목적지 사이의 최적 경로를 분석하기 위한 재정된 다중객체 프로그래밍 모델을 적용했다.⁴⁾ 또한 Jacek Malczewski는 복합 표준(multiple criteria)과 그룹 결정 분석을 위한 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution(TOPSIS)과 Borda's choice rule을 GIS 환경내에서 충족시키기 위한 연구를 했다.⁵⁾

AHP(Analytic Hierarchy Process: 분석적 계층법)는 수학자인 Thomas L. Satty에 의해 1970년대에 연구, 개발되었으며, 그 후 많은 사람들의 연구에 의해 논리적이고 수학적인 체계를 갖추게 되었다. AHP는 경쟁 관계에 있는 목표에 관련된 다수의 대안들이 지지될 수 있게 해주는 의사결정의 기술이다. 분석적 계층법을 적용시키기 위해서는 하나의 복합적 목표가 결정 계층 형태로, 보다 구체적인 여러 인자(factor) 또는 대안(alternative)들로 나뉘어야 한다. 분석적 계층법은 법이나 규정에 의해 폐기물 매립지 입지 선정이 금지된 구역은 배제시키고, 남은 지역들을 각각의 속성을 사용하여 평가하며, 전체 목표에 관하여 인자들간의 상대적 적합성을 비교하는데 사용되기도한다.^{6,7)}

이 연구에서는 문헌 연구를 통해 기존의 매립지 선정에서 사용되었던 인자들을 고찰하여 보고, 의사 결정 방법 중 하나인 분석적 계층법과 GIS에 이 인자들을 사용하여 춘천시에 적용시켜 봄으로써 GIS와 AHP가 매립지 예비 평가에서 어떻게 이용될 수 있는지를 살펴보고자 한다.

2. 폐기물 매립지 입지 선정에 관한 연구

2.1 입지 선정 기준 및 인자

폐기물 매립지는 환경오염과 설치, 운영상의 용이성을 극대화시킬 수 있는 장소이어야 한다. 이런 기본 원칙위에서 폐기물 매립지 입지선정은 사회·경제적 사항, 환경적 사항, 지형적 사항, 정책적 사항 등을 종합적으로 검토해야 한다. 사회적 사항은 지역 주민들의 동의가 주된 사항이며 국가적 차원의 정책적 배려 또한 매립지 선정시 고려되어야 할 사항이다. 매립지 입지 선정절차는 관련법규와 문화적, 사회적, 경제적 상황뿐만 아니라 지역적 특징까지도 고려되어야 하기 때문에 정해진 최선의 방법이 있는 것이 아니고 매우 유동적이

어야 한다.

미국 환경처의 매립지 입지 선정기준 항목과 문헌 연구를 통하여 환경과학연구협의회⁸⁾가 제안한 입지 선정

표 1. 미국 환경처의 매립관련 편람에 의한 매립지 입지 선정 기준 항목(U. S. EPA, 1978)

현장 예비조사 단계
배수 등을 고려한 위치(Location-drainage basin)
후보지 및 후보지 인근 토지이용현황 (Land use-on and near site)
수송로(Haul distance and routes)
지형(Topography)
토양의 성격(Soil Characteristics)
후보지 면적(Area of site)
후보지 기술적 평가단계
매립지 수명 및 크기(Site life and size)
지형(Topography)
지표수 관계(Surface water)
토양 및 지질(Soils and geology)
지하수관계(Ground water)
복토 채취가능량 및 복토의 질(Soil quantity and suitability)
수림 상태(Vegetation)
환경학적으로 민감한 지역(Environmentally sensitive areas)
고고학 및 역사학적으로 중요한 지역 (Archaeological and historical significance)
접근로(Site assess)
토지이용현황(Land use)
운반거리(Haul distance)

표 2. 환경과학연구협의회의 안(1992)

대항목	소 항 목
지형	충분한 부지확보 가능성 복토 조달 용이도 토공량 우수배제 용이도
수문지질	최고 지하수위 지하수 용도 바다층 토양특성
위치	시각적 은폐 교통 폐기물 운반거리
생태	수림상태 특정 동식물서식
토지이용	매립지 주변의 주민거주현황 매립후 부지사용 매립지 주변의 토지이용현황 지역계획과의 연관성
기타	접근로 사후관리 용이도 바람방향 침출수 처리를 위한 인근 폐수처리장 유무

표 3. 입지 선정에 관한 인자 정리

사회·경제적 인자	지역 주민의 의사, 인구밀도, 전문가의견 토지이용현황, 토지매입비, 주변지역 지원비 매립후 부지사용가능성 시설건설비, 운영·관리비, 폐기물운반비
환경적 인자	
수문학적 측면	홍수 범람지, 지하수의 분포
기상적 측면	풍향, 풍속, 강우량
토양·지질적 측면	투수성, 기반암까지의 깊이, 단층지역
대기환경적 측면	소음, 분진, 악취
지형적 인자	표고, 경사도, 매립면적, 시각적 은폐 하천, 호수, 습지, 계곡, 저수지, 공공 취수장의 분포
정책적 인자	학교, 공항, 주요도로에서 근접성
기타	각종 법규 및 정부의 정책적 지원 주거밀집지역, 공원, 유원지, 공동묘지 고고학적·문화적 사적, 멸절위기종의 서식지

기준 항목은 표 1, 2와 같다.

위의 입지 선정에 관한 인자들을 중심으로 입지 선정에 관한 인자들을 표 3과 같이 정리할 수 있다.

2.2 입지 배제 기준

입지배제기준은 계획초기 입지 가능 후보지 물색시 검토대상 구역을 제한시킴으로써 시간과 노력을 줄이는데 그 목적이 있다. 환경과학연구협의회에서 검토한 항목과 문헌 조사를 통해 취득한 배제기준 항목은 표 4-7과 같다.

3. 분석적 계층법에 의한 매립지 평가

먼저 배제 항목을 적용시켜 이 영역들을 더 이상의

표 4. 환경과학연구협의회가 제시한 배제 기준 항목

100년 빈도 홍수범람지역	
습지대	
지하수위가 1.5 m 미만인 지역	
단층지역	
고고학적 혹은 역사적으로 중요한 지역	
멸종위기생물 서식지역	
생태학적 보호지역	
아래항목과 주어진 일정거리 이내지역	
하천, 호수	300 m
공원, 공공시설, 주요도로	300 m
음용수 수원	600 m
비행장	3,000 m

표 5. 폐기물매립지 입지배제지침(Dawson and Mercer, 1986)

인 자	배 제 조 건
1. 지질적 항목	
기반암까지 깊이	<10 m
특성	다공질 탄산염 암석
단층	<1.6 km(1 mile)
기타	고고학적으로 중요한 지역
2. 지형적 항목	
입지 장소	습지, 범람원, 모래나 자갈로 구성된 지역
토양	
깊이	25 cm
토성	매우 미세한 점토
침투율	<1.5 cm/hr 혹은 50 cm/hr
유기물함량	>8%
경사	>25%
하층토 투수율	모래와 자갈에서 10 cm/s 혹은 점토에서 10 cm/s
3. 수문학적 항목	
배수	중 점토 혹은 유기물층, 연못 등의 지역
지표수	100년 빈도 홍수 범람지
거리	<지표수로부터 600 m
지하수까지 깊이	<1.5 m
음용수원	<600 m
4. 교통	
공공시설	<300 m
주요 국도로	<600 m
부터의 거리	
5. 기타	
토지이용	공원, 유원지, 경승지
생태	멸종위기종의 서식지

표 6. Davies와 Lein의 매립지선정시 배제기준

문화적 배제	국립공원, 주립공원, 유원지 매립지의 제한: 주거지에서 1,000 ft 소유 경계선에서 300 ft 공항 제한: 체트 서비스가되는 10,000 ft 프로펠러 서비스가되는 5,000 ft
지질적 배제	모래와 자갈, 석회암과 사암으로 구성된 지역 지질적으로 불안정한 지역: 부동 토양 퇴적층 지반 지표 붕괴 완신세 단층 변위로부터 200 ft 광산
수문학적 배제	범람원 하천, 호수, 습지로부터 200 ft 5년 후에 오염이 될 수 있는 공공 우물을 둘러싸고 있는 지표와 지하 주요 대수층 지역 매립지로부터 10,000 ft 이내에서 100 gal/min의 우물을 만들 수 있는 대수층 개발된 우물로부터 1,000 ft 이내 지역

표 7. Muhammad Z. Siddiqui & Jess W. Everett & Baxter E. Vieux의 제시한 배제 기준

공공 상수도 지표수 취수구의 1.6 km 오르막경사 이내
영구적 수역의 0.8 km 이내
공공용수원의 1년 순환기 지하수내
사용중인 거주지로부터 0.4 km 이내
10채 혹은 그 이상의 주택단지로부터 0.4 km 이내
피스톤 항공기를 사용하는 공항 활주로에서 1520 m 이내
터보제트 항공기를 사용하는 공항 활주로에서 3050 m 이내
멸종위기종의 서식지로부터 1.6 km 이내
100년 빈도 홍수 범람원 이내

고려에서 제외시키고, 선정 기준 및 인자를 사용하여 GIS상에서 나머지 영역들을 평가한다.

분석적 계층법은 목표와 대안들을 확인하고, 이것들을 결정 계층으로 조직화시키고, 결정 계층 요소의 상대적 중요성을 평가하여 적합성 지수(suitability index: SI)를 계산하고, 적합성 지수에 따라 영역을 평가하는 순서로 진행된다.

분석적 계층법에서 상대적 중요성을 판단하기 위해서는 쌍 비교(pairwise comparison)를 행해야 한다. 이런 쌍 비교는 “인자 A는 동등하게, 보다 적합하게, 보다 강하게 인자 B보다 중요하다”라는 것과 같이, Satty에 의해 개발된 언어적 척도로 표현될 수 있으며, 이에 사용되는 기준은 표 8과 같다.

3.1 결정 계층의 조직화

매립지 평가라는 전체 목표를 달성하기 위해 앞에서 살펴본 입지 선정 기준을 중심으로 결정 계층(decision hierarchy)을 정리할 수 있다. 결정 계층은 여러 단계(level)로 나뉘지며 최하위 단계는 부지의 속성을 포함한다. 본 연구에 사용된 결정 계층은 그림 1에 표시되어 있다. 1단계는 매립지로서 가장 적합한 지역을 평가하는 것이고, 2단계는 폐기물 매립지 입지 선정 기준의 대항목인 사회·경제적 인자, 환경적 인자, 지형적 인

표 8. 쌍 비교를 위한 언어적 척도

Verbal scale	Numerical values
똑같은 선호	1
저조한 선호	3
강한 선호	5
매우 강한 선호	7
절대적 선호	9
중간 가치들	2, 4, 6, 8

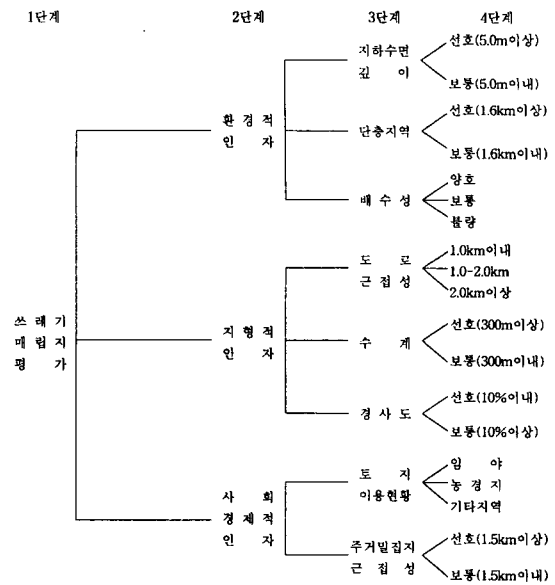


그림 1. 결정 계층

자들로 구성되며, 정책적 인자는 배제 기준에 의해 처리되기 때문에 결정 계층에서는 제외시켰다. 3단계는 대항목에 관련된 하부 인자들로 구성되며, 4단계는 3단계 인자들에 할당될 수 있는 가치들이다.

이 결정 계층은 수집 가능한 자료의 종류와 결정 계층을 조직화하는 사람에 의해 변화될 수 있으므로 매립지 평가에 절대적인 것이라고는 볼 수 없고, 매립지 선정에 이용되기도는 예비 매립지 평가에 적합하다 할 수 있다.

3.2 쌍 비교에 의한 상대적 중요도(Relative Importance Weight: RIW) 평가

관련된 모든 속성 가치들의 쌍비교는 계층 요소들의 상대적 중요성을 입증하기위해 사용된다. 그림 1에 나타난 결정 계층에서 매립지 평가라는 목표에 대해 사회·경제적 인자, 환경적 인자, 지형적 인자는 쌍으로 비교되어야 한다. 또한 이들 각각에 대한 하위의 세부인자들도 서로의 상대적 중요성을 평가하여야 하며, 이 계산 결과는 표 9에서 표 11까지에 나타나 있다. 표 9의 계획안 I에서 셋째번 칸의 숫자 5는 환경적 인자에 비교하여 지형적 인자가 매립지로서, 표 8에 근거하여 강하게 선호된다는 것을 나타내며, 쌍비교에서 같은 인자가 비교될 때는 숫자 1이 기입되는데, 이는 선호가 없음을 나타낸다.

표 9. 2단계 인자들의 계획안별 RIW

계획안 I. 지형적 인자 > 환경적 인자 ≥ 사회·경제적 인자					
	지형적 인자	환경적 인자	사회/경제적 인자	추정고유 요소	RIW
지형적 인자	1	5	6	3.11	0.725
환경적 인자	1/5	1	2	0.74	0.172
사회/경제적 인자	1/5	1/2	1	0.44	0.103
계획안 II. 환경적 인자 > 지형적 인자 ≥ 사회·경제적 인자					
	환경적 인자	지형적 인자	사회/경제적 인자	추정고유 요소	RIW
환경적 인자	1	5	6	3.11	0.725
지형적 인자	1/5	1	2	0.74	0.172
사회/경제적 인자	1/6	1/2	1	0.44	0.103
계획안 III. 사회·경제적 인자 > 지형적 인자 ≥ 환경적 인자					
	사회/경제적 인자	지형적 인자	환경적 인자	추정고유 요소	RIW
사회/경제적 인자	1	3	4	2.29	0.626
지형적 인자	1/3	1	2	0.87	0.238
환경적 인자	1/4	1/2	1	0.50	0.136

표 9에서 RIW는 추정고유요소를 정규화하는 것에 의해 결정된다. 추정고유요소는 행의 모든 값을 곱하여 N 제곱근을 취함으로써 결정될 수 있는데, N은 행 요소의 갯수이다. 예를 들어, 표 9의 계획안 I에서 지형적 인자에 대한 추정고유요소는 $\sqrt[3]{1 \times 5 \times 6} = 3.11$ 이고, RIW는 추정고유요소들을 이들의 합으로 나눔으로써 얻어질 수 있다. 즉 지형적 인자에 대한 RIW는 $3.11 / (3.11 + 0.74 + 0.44) = 0.725$ 이고, 환경적 인자에 대한 RIW는 $0.74 / (3.11 + 0.74 + 0.44) = 0.172$ 이다. 따라서, 환경적 인자의 항목에서보다 지형적 인자의 항목이 쓰레기 매립지로서 더욱 선호되고 있다는 것을 알 수 있다.

3.3 적합성 지수 계산 및 결과 평가

적합성 지수(Suitability Index: SI)는 계층의 각 단계에서 RIW를 합하여 계산된다. 래스터 셀에서의 적합성 지수는 Arc/Info의 지도 대수학을 사용하여 계산될 수 있다. SI는 최하위 인자의 RIW와 이에 관련된 3단계 인자들의 RIW를 곱하여 이 값들을 합하고, 3단계에 관련된 2단계의 RIW 값에 곱하여 구할 수 있다. 4단계 결정 계층을 위한 방정식은 다음과 같으며 만일 결정 계층이 달라진다면 이 방정식도 적절히 변형되어

야 한다.

$$SI = \sum_i^{N2} [RIW_i^2 \cdot \sum_j^{N3} (RIW_{ij}^3 \cdot RIW_{ijk}^4)] \quad (3-1)$$

SI=적합성 지수

N2=2단계 결정 인자의 수

RIW_i²=2단계 결정 인자 i의 RIW

N3=2단계 결정 인자 i에 직접적으로 연결된 3단계 부인자의 수

RIW_{ij}³=2단계 결정 인자 i에서의 3단계 부인자 j의 RIW

RIW_{ijk}⁴=2단계 결정 인자 i와 3단계 부인자 j에서의 4단계 속성 범주 k의 RIW

4단계 결정 계층에서 SI의 계산을 계획안 I을 사용하여 1.1.1, 1.2.1, 1.3.3, 2.1.1, 2.2.1, 2.3.1, 3.1.1, 3.2.1을 가지고 계산했다면 $[(0.833 \times 0.073 + 0.833 \times 0.648 + 0.670 \times 0.279) \times 0.172 + (0.714 \times 0.732 + 0.833 \times 0.080 + 0.833 \times 0.188) \times 0.725 + (0.714 \times 0.833 + 0.833 \times 0.167) \times 0.103] = 0.751814575$ 이고, 1.1.1, 1.2.1, 1.3.2, 2.1.2, 2.2.1, 2.3.2, 3.1.2, 3.2.1을 사용하여 계산했다면 0.334764395이다. 즉 전자가 쓰레기 매립지로서 보다 적합한 경우라는 것을 뜻한다.

Arc/Info 지도 대수학을 이용하여 적합성지수를 구한 후, 이 값들은 임의의 기준에 의해, 등급화 되어야 한다. 다시말해, 계산된 전체 SI값을 10%씩 나눠 10등급으로 평가하는, 1/3씩 계산하여 3등급으로 평가하는 평가 기준을 세워야 한다. 그러나 1등급을 평가받았다 할 지라도, 면적이 폐기물 매립지로 필요로하는 최소한의 면적 이상이 되지 않는다면 배제되어야 한다.

4. 적 용

AHP법에 의한 의사 결정과 GIS에 의한 쓰레기 매립지 적지 선정에 대한 실제 적용을 춘천시를 대상으로 하여 실시하였다. 춘천시의 면적은 1,116.60 km²이고, 인구는 240,883명이다.¹⁰⁾ 제외시킬 면적의 추정은 장래 인구 전망과 쓰레기 발생량의 예측을 기초로하여야 하나 부지확보와 재정적인 어려움에 따라 대단위 매립지 확보가 어렵기 때문에, 사용기간 14년 정도인 혈동리매립지의 면적 121,901 m²을 기준으로 120,000 m² 이하인 면적을 제외시켰다.

4.1 자료구축

자료 구축 현황 및 출처는 다음과 같다.

구축자료	출 처
지하수도	춘천시에서 실측한 자료 입력
지질도	농촌진흥청 식물환경연구소에서 구축한 수치지형 모델 사용
토양도	농촌진흥청 식물환경연구소에서 구축한 수치지형 모델 사용
도로망도	1/50,000 지형도에서 스캐닝하여 벡터화
수계도	1/50,000 지형도에서 스캐닝하여 벡터화
토지이용도	1/25,000 지형도에서 스캐닝하여 벡터화
경사도	USGS 7.5분 수치표고모델 사용
도시계획도	1/25,000 춘천시 도시계획총괄도에서 스캐닝하여 벡터화
행정경계도	1/138,000 춘성군 행정지도에서 스캐닝하여 벡터화

4.2 입지배제 기준의 적용

배제 기준은 구축된 자료를 기반으로 문헌조사에 의해 살펴보았던 자료들을 이용하여 정리했다. 특히 환경의 질에 대한 주민들의 관심이 증대됨에 따라 지하수위 3 m 이하인 지역을 배제시켰고, 산지가 시 면적의 대부분(전체면적의 76.38%)을 차지하고 있는 시의 특성상 도로에서의 배제 지역을 200 m로 축소적용시켰으며, 지진에 의한 큰 피해를 입은 적이 없기 때문에 단층에서 500 m 이내에 위치되는 지역만을 배제시켰다. 또한 모든 하천에서 300 m 이내의 지역을 배제시킨다면 814.43 km²의 면적이 배제되고 이는 시 면적의 72.94%에 해당되는 면적이므로 강과 저수지, 호수 등에서는 600 m 이내의 면적을 배제시키고, 모든 지류에 대해서는 입지 선정기준에 항목을 넣어 평가를 행했다. 적용된 배제 항목과 이로 인한 배제 면적은 다음과 같다.

배 제 내 용	배제면적 (km ²)	면적비 (%)
강, 저수지에서 600 m 이내 지역	294.15	26.34
지하수위 3 m 이하인 지역	174.13	15.59
도로에서 200 m 이내 지역	247.16	22.14
경사도 25% 이상인 지역	488.88	43.78
단층에서 500 m 이내 지역	336.48	30.13
학교에서 300 m 이내 지역	26.84	2.40
도시계획상 배제지역	300.67	26.93
모든 배제 요소를 고려한 총 지역	933.99	83.65

4.3 입지 선정 기준의 적용 및 결과

앞에서 설명된 절차에 따라 결정 계층이 조직화되고, 쌍 비교에 의해 RIW를 계산한다. RIW는 이전에 설명된 방법에 따라 결정되며, 결과는 표 9에서 표 11에 나타나 있다. 표 9에는 세 가지 계획안이 있는데, 이는 입지 선정 인자의 대항목의 RIW에 변화를 주어, 결정 계층이 그림 1과 같이 조직화될 때 폐기물 매립지 입지 선정과 관련된 모든 관계 집단의 의사를 고려해 보기 위해서 계획되었다. 식 (3-1)에 의해 Arc/Info의 지도 대수학을 이용하여 SI를 계산했다. 계산된 SI는 상, 중, 하 3단계로 전체 SI의 1/3씩을 그룹화시켜 폐기물 매립지로서 가장 선호되는지역, 보통인 지역, 취약지역으로 결과를 산출해 냈으며, 이는 각각의 계획안에 대해 행해졌다. 이 각각의 결과를 토대로 하여 입지 선정 인자 중 어떠한 인자가 선호된다 할지라도 가장 적합하다 할 수 있는 지역을 예측했다.

단층에서 500 m 이하인 지역은 배제 표준을 적용하여 배제시켰으며, Dawson 등에 의해 제시된 1.6 km 이내의 영역에 대하여 선호지역과 보통지역으로 분류했다. 토지 이용현황은 토지이용도에서 논, 밭, 과수원 영역을 농경지로, 목초지 및 산림을 임야로, 그밖의 시가지, 공업용지 등을 기타지역으로 구분하였으며, 주거밀집지역에 관한 평가는 토지이용상의 시가지 및 취락 밀

표 10. 3단계 인자들간의 RIW

환경적 인자들간의 RIW					
	단층지역	배수성	지하수면 깊이	추정고유 요소	RIW
단층지역	1	3	7	2.76	0.648
배수성	1/3	1	5	1.19	0.279
지하수면 깊이	1/7	1/5	1	0.31	0.073
지형적 인자들간의 RIW					
	도로 근접성	경사도	수계	추정고유 요소	RIW
도로근접성	1	5	7	3.27	0.732
경사도	1/5	1	3	0.84	0.188
수계	1/7	1/3	1	0.36	0.080
사회·경제적 인자들간의 RIW					
	토지 이용현황	주거밀집지 근접성	-	추정고유 요소	RIW
토지이용 현황	1	5	-	2.24	0.833
주거밀집지 근접성	1/5	1	-	0.45	0.167

표 11. 4단계 인자들간의 RIW

배수성에 대한 RIW					
	불량	보통	양호	추정고유 요소	RIW
불량	1	3	7	2.76	0.670
보통	1/3	1	3	1.00	0.243
양호	1/7	1/3	1	0.36	0.087

도로 근접성에 대한 RIW					
	1.0 km 이내	1.0~ 2.0 km	2.0 km 이상	추정고유 요소	RIW
1.0 km 이내	1	5	7	3.27	0.714
1.0~2.0 km	1/5	1	5	1.00	0.218
2.0 km 이상	1/7	1/5	1	0.31	0.068

토지 이용현황에 대한 RIW					
	임야	농경지	기타지역	추정고유 요소	RIW
임야	1	5	7	3.27	0.714
농경지	1/5	1	5	1.00	0.218
기타지역	1/7	1/5	1	0.31	0.068

선호-보통에 대한 RIW					
	선호	보통	-	추정고유 요소	RIW
선호	1	5	-	2.24	0.833
보통	1/5	1	-	0.45	0.167

집지역을 각 면단위로 2~3개씩 그룹화시켜, 이를 기준으로 1.5 km의 지역을 평가했다. 이는 주거지 근처에 환경 혐오시설이 들어서는 것에 대한 주민들의 반발을 간접적으로나마 평가에 반영하기 위한 것이다.

면적 120,000 m² 이하인 지역을 배제시킨 각각의 계획안에 의한 선호지역, 보통지역, 취약지역별 면적 및 세 가지 계획안 모두에서 선호되는 지역의 면적은 다음과 같다.

	면적(km ²)/(면적비(%))			
	계획안 I	계획안 II	계획안 III	모든 계획안 에서의 선호지역
선호지역	51.28/4.59	48.66/4.36	93.75/8.40	33.46/3.00
보통지역	31.74/2.84	42.31/3.79	34.14/3.06	-
취약지역	44.08/3.95	49.74/4.45	3.84/0.34	-
면적합계	127.10/11.38	140.71/12.60	131.73/11.80	-

그림 2에서 그림 5까지는 계획안 I, II, III에서의 평가 등급 및 모든 계획안에서 선호되는 지역을 나타낸 것이다. 매립지로 선호되는 지역은 주거지가 흩어져 있

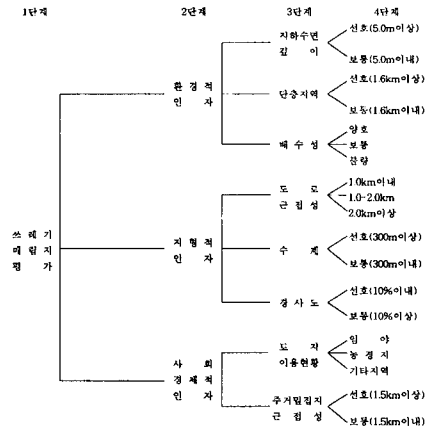


그림 2. 계획안 I에 의한 평가

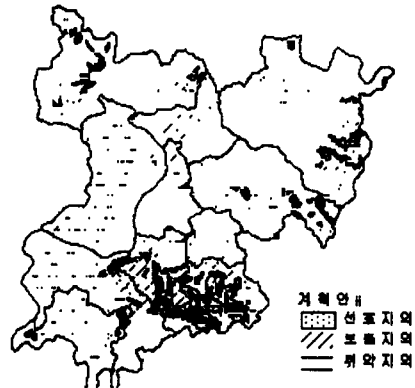


그림 3. 계획안 II에 의한 평가

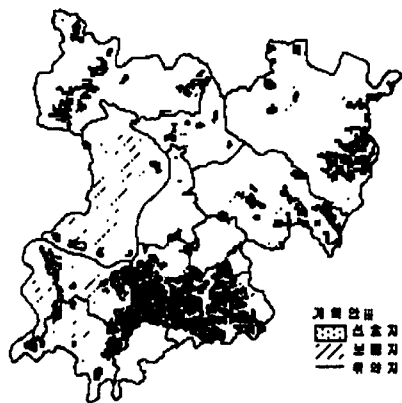


그림 4. 계획안 III에 의한 평가

고, 도로가 잘 발달되어 있는 신동면과 동산면 일대에 집중적으로 나타나고 있으며 읍·면단위별 최적합지 면적과 면적비는 다음과 같다.

면단위 최적합지	신북읍	사북면	북산면	서면	동면	구춘천시	동내면	신동면	남산면	동산면	남면
면적(km ²)	-	4.11	4.46	-	4.83	0.10	0.33	4.25	2.47	17.41	1.98
면적비(%)	-	2.70	2.07	-	3.60	0.19	0.90	8.82	1.99	21.53	2.70

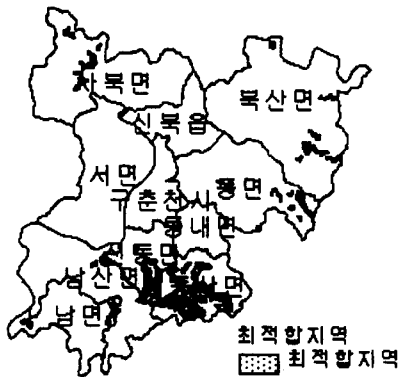


그림 5. 예상 최적합지

5. 결 론

매립지와 같은 환경 혐오시설의 부지 선정 문제는 고려되어야 할 여러 인자들을 포함하고 있다. 이런 여러 인자들을 유연성있게 고려해 줄 수 있는 분석적 계층법과 요구된 자료를 수치적으로 처리해 낼 수 있는 GIS를 사용하여 춘천시의 매립지를 평가해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. AHP에 의한 매립지 평가에서 가장 중요한 것은 결정 계층의 조직화와 인자들간의 상대적 중요성을 평가하는 것이다. 따라서 초기 결정 계층의 조직화와 상대적 중요성 평가에서 보다 많은 전문가와 관계 집단의 의견 수렴이 요구된다.

2. AHP는 관계 집단의 이해 관계를 충분히 반영시킬 수 있는 유연성을 가지고 있으므로, GIS와 결합시켜 사용한 결과, 정해진 방법이나 법규가 없는 매립지 선정 과정에 효과적으로 쓰일 수 있었다.

3. AHP 결정 계층에 포함된 항목들이 수치화될 경우, 인자들의 많고 적음에 관계없이 GIS에서 용이하게 평가될 수 있다.

4. 환경 혐오 시설의 입지 선정 문제에서 최근 들어 중요시 되고 있는 사항은 평가 과정의 미공개로 인한 지역 주민들의 불신이다. 따라서, GIS 평가 결과를 근거로 주민들의 의견을 수렴해간다면 평가 과정의 불신

을 해소시킬 수 있을 것이라 생각된다.

5. 춘천시의 경우 매립지로 적당한 지역은 동산면과 신동면에 걸쳐 광범위하게 분포되고 있으며, 동면, 남면, 사북면 일대에도 적합 지역이 나타나고 있다.

감사의 글

본 연구는 한국측지학회의 연구지원비에 의해 수행되었기에 한국측지학회에 감사드립니다.

참고문헌

- John E. Estes., Kenneth C. McGwire and Gloria A. Fletcher, "Coordinating hazardous waste management activities using geographical information systems", *INT. J. Geographical Information Systems*, 1(4), 1987, 359-377.
- William G. Campbell, M. Robbins Church, Gary D. Bishop, Dorothy C. Mortensor and Suzanne M. Pierson. "The role for a geographical information system in a large environmental project", *INT. J. Geographical Information Systems*, 3(4), 1989, 349-362.
- Marina Alberti. "Suitability Analysis and Environmental Impact Modeling with Geographic Information Systems", *URISA*, 2, 1991, 110-123.
- Ni-Bin Chang, H. Y. Lu and Y. L. Wei, "GIS technology for vehicle routing and scheduling in solid waste collection systems", *Journal of Environmental Engineering/September*, 1997, 901-910.
- Jacek Malczewski, "A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making", *INT. J. Geographical Information System*, 10(8), 1996, 955-971.
- Muhammad Z. Siddiqui, Jess W. Everett and Baxter E. Vieux, "Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration", *Journal of Environmental Engineering/June*, 1996, 515-523.
- "The Analytic Hierarchy Process", <http://www.ahp.net/support/books/dml/dml.htm>.
- 남궁완, "폐기물매립지 입지선정기준", 환경과학연구협의회, 1992.
- 양인태, 김응남 등, "도시계획을 위한 GIS의 응용에 관한 연구", 지구공간정보공학 연구실보, 제1권, 1993.
- "97년 춘천시 통계 연보", 춘천시.