

지리정보체계를 이용한 일반폐기물 매립후보지의 입지선정에 관한 연구

배민기¹ · 장병문²

A Study on Selection of Proposed Waste Facilities Sites
using Geographic Information System

Min-Ki Bae¹ · Byung-Moon Chang²

요 약

본 연구는 일반폐기물 매립지의 입지인자들의 상대적 중요도에 입각하여 매립후보지를 선정함으로써 합리적인 폐기물 매립지의 입지선정의 이론적, 실천적 토대를 제공하는 것을 목적으로 한다. 일반폐기물의 입지인자 및 그 입지 기준의 선정은 기존문헌의 고찰을 통해 이루어졌으며, 입지인자들간의 상대적 중요도 평가는 비율적 층화추출방법으로 선정된 전문가집단을 대상으로 한 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process : AHP)을 적용하였다. 사례지역은 심각한 매립지의 부족과 평탄한 지형적 특성으로 인하여 입지선정에 어려움을 겪고 있는 경상북도 경산시를 대상으로 하였다. IDRISI V2.002를 사용하여 하나의 지리정보체계를 구축하고 경사, 토양, 인구 등 17개의 주제도면을 생성하였으며, 토지적합성분석은 선형조합법과 요소조합법을 동시에 적용하여 두 방법이 가진 방법상의 문제점을 보완하여 합리적인 일반폐기물 매립후보지 선정의 이론적, 실천적 바탕을 제시하였다.

주요어: 일반폐기물 매립지, 토지적합성 평가, 계층분석방법, 지리정보체계, 경산시

ABSTRACT

The purpose of this paper is to select proposed waste facilities sites after consideration of relative importance of siting factors. From the literature review we have established the siting factors affecting selecting waste facilities sites, and constructed hierarchy of siting factors to evaluate the relative importance of the factors using Analytical Hierarchy Process(AHP). After mail surveying of expert group, we have analyzed the relative importance of siting factors affecting waste facilities. We have constructed Geographic Information System(GIS) of raster type, based on seventeen theme maps of siting factors on waste facilities, to select the proposed waste facilities sites after consideration of the relative importance of the siting factors for Gyongsan city, in Korea. After applying linear combination

1998년 12월 19일 접수 Received on December 19, 1998

1. 영남대학교 대학원 조경학과

Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Yeungnam University (maidus@chollian.net)

2. 영남대학교 조경학과

Dept. of Landscape Architecture, Yeungnam University (bmchang@ynucc.yeungnam.ac.kr)

method, and factor combination method to overcome the methodological limitations of land suitability analysis, we have found five proposed sites, where intersected with proposed sites obtained from the two methods. From this research we have found that 1) methodologically, using GIS for selection of proposed waste facilities sites turned out to be highly useful, 2) application of relative importance of siting factors and two methods of land suitability analysis in selection of proposed waste facilities sites are pertinent enough to provide valid and reliable results, and 3) the research methods and approach employed in this research will be highly useful in site selection of other major facilities.

KEYWORDS: Waste Facilities Sites, Land Suitability Analysis, AHP, GIS, Gyongsan

서 론

일반폐기물 매립지의(이하 「폐기물 매립지」라 한다.) 입지선정은 심각한 사회적, 환경적 문제를 야기하고 있다. 기존의 매립후보지의 선정방법은 합리적인 입지선정기준이나 관련된 입지인자들에 대한 고려도 충분하지 못했으며, 입지인자들의 상대적 중요도도 반영되지 않았다. 또한 지방자치단체들은 몇 개의 후보지 중에서 상대적으로 적합한 장소를 후보지로 선정함으로써(Erkut and Moran, 1991) 최적의 후보지가 아닌 장소가 선정되어 왔다.

1998년 7월 현재 전국에서 사용되고 있는 폐기물 매립지 496개소 중에 불과 29%가 침출수 처리시설만을 갖춰(대구매일신문, 1998. 7. 22.) 제 2 오염원으로 변모될 위험에 처해 있으며, 경상북도의 폐기물 매립지 145개소 중에서 시설이 미비하거나 민원이 계속되는 88개소가 폐쇄조치 되어(대구영남일보, 1998. 7. 21.), 합리적이고 타당성 있는 폐기물 입지선정의 방법이 시급히 강구되어야 할 사정이다.

지금까지 폐기물 매립지 입지인자 및 적지선정에 관한 연구(이은미, 1996; 김의명, 1996; 이상유, 1993; Erkut and Moran, 1991; Lober, 1995)에서도 폐기물 매립지의 입지인자들을 충분히 고려하거나 입지인자들의 상대적 중요도를 적용한 연구는 없었으며, 그 결과 폐기물 매립지의 선정과정은 타당성이 결여되고 있다.

따라서 본 연구는 “어떻게 하면 입지인자들

의 상대적 중요도를 고려하여 폐기물 매립후보지를 선정할 수 있을까?”라는 연구의문에 해답을 제공하기 위하여, 폐기물 매립지의 입지인자들의 상대적 중요도를 평가하고 이에 입각하여 폐기물 매립후보지를 선정함으로써 합리적인 폐기물 매립지의 입지선정의 이론적, 실천적 토대를 제공해 주는 데 기여함을 연구 목적으로 한다.

본 연구를 효율적으로 수행하고 타당성 있는 결론을 도출하기 위하여, 연구의 내용상의 범위는 지방자치단체가 지정, 관리하는 폐기물 매립후보지 선정을 그 대상으로 하며, 사례연구를 위한 공간적 범위는 경상북도 경산시를 대상으로 하고, 본 연구에 이용될 각종 자료는 1997년 12월 31일 현재를 기준으로 한다.

본 연구는 폐기물 매립지 입지인자의 구명, 입지인자들의 상대적 중요도 평가, 사례지역에 대한 입지인자들의 상대적 중요도를 고려한 폐기물 매립후보지의 선정의 세 부분으로 구성된다. 폐기물 매립지의 입지인자들은 기존의 문헌연구를 통해 구명되며, 입지인자들간의 상대적 중요도의 평가는 구명된 입지인자들을 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process : AHP)을 통해 평가한다.

앞서 구명된 입지인자의 중요도에 입각한 사례연구는 폐기물 매립지 입지선정에 고려되는 입지인자들을 대상으로 지리정보체계를 구축하고, 17개의 주제도면을 작성하여 선형조합법과 요소결합법을 동시에 적용하여 분석한다.

폐기물 매립후보지의 입지선정에 관한 이론적 고찰

1. 의의

일반적으로 시설물의 입지선정에는 최소의 관리비용으로 대상지역의 사회·경제적, 자연 환경적 조건하에서 최적의 입지를 선정하는 적합성 접근방법(suitability approach)을 택한다(Anderson, 1980).

폐기물 매립후보지를 선정과정은 1) 폐기물 입지인자와 기준의 결정, 2) 입지인자들간의 중요도를 결정, 3) 폐기물 매립후보지의 적합성의 평가와 매립후보지의 선정, 4) 주민참여와 최종 매립지의 선정과정을 거친다.

2. 폐기물 매립지의 입지인자

폐기물 매립지 입지선정에 적용되었던 입지인자들은 크게 1) 사회·경제적 인자, 2) 환경적 인자, 3) 입지적 인자, 4) 제도적 인자, 5) 매립지 관리인자 등 5가지 인자들을 들 수 있다.

- 1) 사회·경제적 인자: (1) 폐기물 수거지역의 인구규모(김의명, 1996; 환경과학연구협회, 1992), (2) 폐기물 매립지 건설비(임정아, 1995), (3) 폐기물 운반비(이상유, 1993; 환경과학연구협회, 1992), (4) 폐기물 매립지 운영 및 관리비(이상유, 1993; 임정아, 1995)를 들 수 있다.
- 2) 환경적 인자: 크게 지형, 토양과 지질, 수문, 기상, 식생과 경관으로 나누어지며 세부적 인자로는 (1) 지형의 경우, 폐기물 매립지의 면적(이은미, 1996; 환경과학연구협회, 1992), 경사도(환경과학연구협회, 1992), 표고(김의명, 1996; Jensen and Chistensen, 1986)가 있으며, (2) 토양과 지질의 경우, 토양(Davies and Lein, 1991), 지질(김의명, 1996; 환경과학연구협회, 1992)이 있으며, (3)

수문의 경우, 지하수위의 높이(환경과학연구협회, 1992), 홍수 가능성(Davies and Lein, 1991)이 있으며, (4) 기상의 경우, 풍속 및 풍향(환경과학연구협회, 1992), 강수량(이은미, 1996)이 있으며, (5) 식생과 경관의 경우, 식생의 상태(김의명, 1996; 환경과학연구협회, 1992), 폐기물 매립지의 은폐(환경과학연구협회, 1992; 환경부, 1992), 경관의 훼손(김의명, 1996)을 들 수 있다.

- 3) 입지적 인자: (1) 단층지역까지의 거리(미국 Resource Conservation and Recovery Act(RCRA), 1978), (2) 하천, 호수, 습지대까지의 거리(도시계획시설기준에 관한 규칙 제 127조(건설교통부령 제 124 호, 개정 1996. 12. 26); Bagchi, 1994; 미국 RCRA, 1978), (3) 댐, 저수지, 계곡까지의 거리(Bagchi, 1994; Davies and Lein, 1991), (4) 고속도로, 국도까지의 거리(김의명, 1996; Jensen and Chistensen, 1986), (5) 공원, 관광지, 학교까지의 거리(Davies and Lein, 1991; 도시계획시설기준에 관한 규칙 제 127조(건설교통부령 제 124 호, 개정 1996. 12. 26)), (6) 취락까지의 거리(Davies and Lein, 1991), (7) 공동묘지까지의 거리(환경부, 1992), (8) 농경지까지의 거리(이상유, 1993)를 들 수 있다.
- 4) 제도적 인자: (1) 토지이용규제(국토이용관리법 제 15조(법률 제 4572 호, 개정 1993. 8. 5); 도시계획시설기준에 관한 규칙 제 127조(건설교통부령 제 124호, 개정 1996. 12. 26); 국토이용관리법 시행령 제 7조(대통령령 제 15480 호, 개정 1997. 9. 11); 국토이용관리법 제 14조, 20조(법률 제 4572 호, 개정 1993. 8. 5)), (2) 매립지 주변의 토지이용 현황(환경과학연구협회, 1992; 도시계획시설기준에 관한 규칙 제 127조(건설교통

부령 제 124호, 개정 1996. 12. 26)), (3) 각종 보호구역(김의명, 1996; 이상유, 1993)을 들 수 있다.

- 5) 폐기물 매립지의 관리인자: (1) 매립 후 토지이용과 관리(김의명, 1996; 도시계획 시설기준에 관한 규칙 제 127조(건설교통부령 제 124 호, 개정 1996. 12. 26); 환경과학연구협의회, 1992), (2) 폐기물 매립지의 환경관리 시설(김의명, 1996; 환경과학연구협의회, 1992)을 들 수 있다.

3. 입지인자의 중요도의 평가방법

합리적인 폐기물 매립지의 입지선정을 위해서는 입지인자들의 상대적 중요도가 반드시 반영되어야한다(William and Massa, 1983). 입지인자들의 상대적 중요도를 평가하는 방법에는 계층분석방법(analytic hierarchical method), 통계적 방법(statistical method)(西岡秀三 외 1인, 1984), 공조분석방법(concordance analysis method)(Nijkamp, 1979), 4) 상쇄방법(trade-off analysis method)(원제무, 1987), 5) 우열법(dominance analysis method)(원제무, 1987), 6) 다속성효용함수법(Multi-Attribute Utility Theory : MAUT), 7) 순위매기기(ranking), 평점매기기(rating), 배점할당법(scores allocation), 쌍대비교법(paired comparison), 일대일 배점할당법(pair-wise scores allocation), 일대일 비율질문법(pair-wise ratio questioning), 무차별 상쇄법(indifference trade-off analysis)과 같은 응답자들에 의한 직접 평가법이 있다.

계층분석방법은 다수의 특성, 목적, 기준, 기능들을 갖는 복잡한 의사결정 문제인 경우에 문제를 계층적으로 나누어 파악하여 각 대안들의 중요도를 선정하는 기법으로 1970년대 Tomas L. Saaty에 의해 개발되었다(Saaty, 1980). 복잡한 문제에 내재하고 있는 각 요소들을 계층적으로 구성하여 공통의 목적 혹은 기준에 따라 대상들을 짝을 지워서 비교함으

로서 우선 순위의 결정, 의사결정, 대안집합의 탐색, 최적대안의 선정, 갈등요인해결 등 여러 분야에 적용할 수 있다(Saaty and Vargas, 1982; Erkut and Moran, 1991).

4. 폐기물 매립후보지의 토지 적합성 평가

폐기물 매립후보지의 토지적합성을 평가하는 방법은 형태분석법(gestalt analysis), 도면중첩법(transparent overlay), 점수부과법(numerical overlays), 컴퓨터 활용기법 (computer-assisted techniques) 등이 있다(Anderson, 1980).

1) 형태분석은 대상지역을 전체로서 파악하는 기법이다. 토지의 분류와 해석이 어렵고, 토지 적합성을 결정하는 인자들을 구명해내기 힘들다(Hopkins, 1977). 2) 도면중첩법은 각각의 입지인자를 범주별로 나타내고 이들을 중첩시켜서 분석하는 방법이다. 3) 점수부과법은 입지인자들의 속성별로 범주화시키고 각 범주에 점수를 매겨서 중첩하여 분석하는 방법이다. 종류로는 (1) 서열조합법(ordinal combination technique), (2) 선형조합법(linear combination technique), (3) 비선형조합법(nonlinear combination technique), (4) 요소조합법(factor combination technique), (5) 조합기법의 규칙(rules-of-combination technique)을 들 수 있다(Hopkins, 1977). 4) 컴퓨터활용기법은 토지의 적합성을 평가하기 위하여 지리정보체계(geographic information system)나 컴퓨터 매핑체계를 활용하여 다양한 공간분석을 수행할 수 있다(Anderson, 1980; Bernhardsen, 1992).

5. 최종폐기물 매립지 선정과 주민참여

토지 적합성 평가방법을 적용하여 도출된 다수의 폐기물 매립후보지에 대하여 최종 폐기물 매립지를 선정하는 과정을 거치게 된다. 이 과정에서는 폐기물 매립후보지의 선정과정에서 고려되지 못했던 입지인자들을 대상으로 현장조사를 통해 입지타당성을 분석하게 되며, 그 결과는 주민참여를 통한 공청회를 거쳐 최종 폐기물 매립지로 결정된다.

폐기물 매립지의 입지선정과정에서 주민은 정책의 수혜자이면서 비용의 부담자인 동시에 대안의 평가자로서 역할을 수행한다. 따라서 폐기물 매립지의 입지선정에 있어서 주민참여는 정치적 실현가능성을 좌우하는 중요한 절차이다. 주민참여의 유형은 공청회, 언론, 자문위원회, 전문가와의 만남 등이 있다.

폐기물 매립후보지 선정 방법론

1. 연구 대상지

사례연구는 경상북도 경산시를 대상으로 한다. 경산시는 총 면적이 410.4Km²이며, 1997년 말 현재 186,310명이 거주하고 있으며(경산 통계연보, 1997) 경사가 15%이하, 표고 150m 이하의 지역이 각각 전체면적의 49.2%, 48.8%를 차지하는 등 완만한 지형적 특성 때문에 폐기물 매립후보지 선정에 상당한 제약을 받고 있다.

표 1. 폐기물 매립지 입지인자들의 중요도 평가 결과

제 1 단계		제 2 단계		제 3 단계	
입지 인자	중요도 (순위)	입 지 인 자	중요도	입 지 인 자	중요도
사회·경제적 인자	0.148(3)	일반폐기물 수거지역의 인구규모	0.308	입지인자간의 중요도 (전체순위)	0.0457(9)
		매립지 건설비	0.247		0.0365(14)
		폐기물 운반비	0.188		0.0278(19)
		폐기물 매립지 운영·관리비	0.257		0.0380(13)
환경적 인자	0.381(1)	지형	0.137	매립지의 면적	0.347
		수문	0.292	경사도	0.398
		토양과 지질	0.262	표고	0.254
		기상	0.118	지하수위의 높이	0.559
		식생 및 경관	0.191	홍수가능성	0.441
				토양	0.610
				기반암의 깊이	0.390
				풍속 및 풍향	0.358
				강수량	0.642
				식생의 상태	0.410
입 지 적 인자	0.366(2)	단층지역까지의 거리	0.083	매립지의 은폐	0.238
		하천, 호수, 습지대까지의 거리	0.123	경관의 훼손	0.352
		댐, 저수지, 계곡까지의 거리	0.173		0.0304(16)
		고속도로, 국도까지의 거리	0.096		0.0451(10)
		공원, 관광지, 학교까지의 거리	0.104		0.0633(1)
		취락(자연부락)까지의 거리	0.155		0.0351(15)
		공동묘지(집단묘지)까지의 거리	0.129		0.0381(12)
		농경지까지의 거리	0.137		0.0567(4)
		토지이용규제	0.135		0.0472(8)
					0.0501(6)
제도적 인자	0.105(4)	매립지주변의 토지이용현황	0.192		0.0142(27)
		보호지역	0.530		0.0202(22)
		매립 후 토지이용과 관리	0.143		0.0557(5)
					0.0151(26)

경산시의 1997년 2월 현재 쓰레기 수거량은 하루 145톤에 이르고 있으며, 현재의 매립지는 남천면 삼풍동, 자인면 북사리, 진량면 문천리 등 8개로 규모가 작고 총 면적은 35,738㎡이며, 총 매립량 130,348㎡중에 잔여 매립량은 21,500㎡에 불과하여(경산시 위생쓰레기매립장 입지선정위원회, 1997. 2.), 이들 매립지는 1-2년 이내에 매립이 완료될 전망이다.

2. 폐기물 매립지 입지인자의 중요도 평가

폐기물 매립지 입지인자들간의 상대적 중요도는 계층분석방법(analytic hierarchy process)을 통해 평가하였다. 중요도를 평가해 줄 전문가 집단은 환경공학, 토목공학, 도시공학, 지리, 지질, 지역개발, 조경학, 및 지방자치단체의 실무 전문가를 대상으로 비례층화추출의 방법(김광웅, 1976)으로 150명을 선정하였다. 예비

조사(pilot study)를 거쳐 작성된 설문지는 우편조사를 통해 발송된 150매의 설문지 가운데 116매가 회수되었으며(회수율 77.33%), 제 1 단계 인자 4개, 제 2 단계 인자 21개, 제 3 단계 인자 12개로 구성되었으며 총 65쌍의 이원비교(pair-wise comparison)를 9점 척도로 평가하고 중요도 평가에서 일치성 비율은 0.10이하를 기준으로 하였다. 이상의 과정을 거쳐 선정된 각 단계별 입지인자들의 중요도는 표 1과 같이 판명되었다.

3. 지리정보체계를 이용한 폐기물 매립후보지의 입지선정 방법

1) 자료수집

본 연구에서 자료수집은 간접조사를 통해 수집하였으며, 지리정보체계의 구축을 위해서 도형자료는 1 : 50,000의 지형도 (국립지리원,

표 2. 주제도면의 속성별 등급

주 제 도 면		등	급
사회·경제적 인자	인구 규모	1: 2000명 이상; 2: 1000-2000; 3: 470-1000; 4: 470명 이하	
	경사	1: 60 % 이상; 2: 40-60 %; 3: 25-40 %; 4: 25 % 이하	
	표고	1: 500m 이상; 2: 250-500m; 3: 125-250m; 4: 125m 이하	
	토양	1: 충적토, 석회암, 모래와 자갈, 암석노출지역 2: 충적토, 석회암, 모래와 자갈, 암석노출지역이 아닌 지역	
환경적 인자	기반암의 깊이	1: 충적층, 자인층 지역 2: 충적층, 자인층 제외 지역	
	홍수가능지	1: 표고가 10m 이하 지역과 하천 범람지, 배수 불량 지역 2: 표고가 10m 이하 지역과 하천 범람지, 배수 불량 지역이 아닌 지역	
	현존 식생	1: 식생의 군락이 있는 지역; 2: 식생의 군락이 없는 지역	
	매립지 은폐	1: 도로에서의 가시권에 포함되는 지역 2: 도로에서의 가시권에 포함되지 않는 지역	
입지적 인자	단층지역	1: 600m 이하; 2: 600-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
	하천, 호수, 습지대	1: 600m 이하; 2: 600-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
	댐, 저수지, 계곡	1: 300m 이하; 2: 300-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
	고속도로, 국도	1: 300m 이하; 2: 300-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
	공원, 관광지, 학교	1: 300m 이하; 2: 300-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
	취락(자연부락)	1: 300m 이하; 2: 300-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
	공동묘지(집단묘지)	1: 300m 이하; 2: 300-1000m; 3: 1000-3000m; 4: 3000m 이상	
제도적 인자	각종 보호구역	1: 개발제한구역과 상수보호구역 등 보호구역 2: 개발제한구역과 상수보호구역 등 보호구역이 아닌 지역	

1995), 개략도양도 (농촌진흥청, 1971), 지질도 (국립지질조사소, 1971), 현존 식생도 (환경부, 1989), 1 : 77,000의 경산시 행정지도 (경산시, 1992)를 이용하였으며, 비도형자료로는 경산통계연보 (경산시, 1997), 공시지가 (한국감정평가원, 1997)를 이용하였다.

2) 주제도면의 속성

폐기물 매립지의 입지선정을 위해 활용될 주제도면과 그 등급은 다음의 표 2와 같이 본 연구의 목적에 맞게 재분류하였다.

3) 컴퓨터 프로그램

사례지역의 분석에 이용될 컴퓨터 프로그램은 IDRISI for Windows Version 2.002 (Clark University, 1997)를 기본으로 한다. IDRISI는 격자방식의 자료처리에 유용한 프로그램이다. 격자방식을 택할 경우 필요한 지역만 분석할 수 있는 이점이 있다(김계현, 1998). 아울러 본 연구에서는 한 개의 격자를 10m×10m의 크기로 나누었다. 이 크기는 폐기물 매립후보지 선정을 위하여 충분한 정확성을 확보할 수 있다.

IDRISI 프로그램을 효율적으로 사용하기 위하여 AutoCAD MAP Version 3.0(Autodesk, Inc., 1998), PC ARC/Info Version 3.5(Environmental Systems Research Institute. INC., 1995), ARC/Info Version 7.0.1 for Unix(Environmental Systems Research Institute. INC., 1997)를 이용하였다.

4) 자료의 입력과 지리정보체계의 구축

수집된 자료는 트레이싱(tracing), 스캐닝(scanning)작업을 거쳐 벡터라이징(vectorizing)하고, 파일의 수정하여 Arc/Info 커버리지(coverage)로 변환시키고 다각형 위상관계(topology)를 정립한 후, 속성자료의 구축과 속성자료와 공간자료의 연결(link)시켜 DLG파일로 변환한다. 그리고, IDRISI의 초기화 작업, 격자형 이미지로 변환시키고, IMG파일 생성의 진행과정을 수행한다. 지리정보가 구축되면 주제도면의 조작을 통하여 폐기물 매립후보지 입지

선정을 위한 토지적합성평가에 사용될 17개의 주제도면을 생성하였다.

4. 폐기물 매립후보지 선정방법

본 연구에 적용되는 토지적합성의 평가방법은 선형조합법(linear combination technique)과 요소조합법(factor combination technique)을 적용한다(Anderson, 1980; Chapin and Kaiser, 1979). 선형조합법은 가장 높은 점수를 받은 지역이 폐기물 매립후보지로 유추되지만, 매립후보지 여부를 결정할 점수기준이 모호하고 비록 한 두 입지인자가 부적합한 장소라 할지라도 여타의 입지인자들이 상대적 중요도가 높을 경우 매립후보지로 선정될 수 있어서 신뢰성에 의문이 생기기 쉽다.

요소조합법은 폐기물 매립후보지로 부적당한 입지인자를 가진 지역은 분석과정에서 제거해 나가는 방법이다. 이 경우 하나의 입지인자라도 입지조건에 충족되지 못하면 매립후보지는 찾을 수 없으며 매립후보지가 도출되어도 면적이 너무 넓을 경우 어느 곳이 더 적합한 곳인지 알 수 없다. 따라서 두 가지 토지적합성을 평가하는 방법을 동시에 적용할 경우, 두 방법에 의해 모두 매립후보지로 선정된 곳은 주어진 조건하에서 가장 적합한 폐기물 매립후보지로 판단할 수 있다.

사례지역의 폐기물 매립후보지 입지선정

1. 폐기물 매립후보지 입지선정을 위한 지리정보체계 구축

- 1) 지형: 20m 간격의 등고선을 기준으로 3차원 지형도와 음영 기복도를 작성하여 지형 주제도면을 조작하여 표고분석도, 경사분석도, 경사향 분석도의 주제도면을 작성하였다.
- 2) 수문: 하천과 저수지, 농경지의 수로 등

을 내용으로 주제도면을 작성하였다. 하천은 직할하천인 금호강을 중심으로 조무천, 남천 등 11개의 준용하천이 있으며 총 연장은 104,151km이다.

- 3) 도로: 2차선 이상의 도로를 대상으로 주제도면을 작성하였다.
- 4) 식생: 신갈나무 군락, 소나무 군락, 아까시나무 군락 등 12개의 범주로 나누어진다. 그 중에 신갈나무 군락이 약 43.57km²로 가장 넓은 면적을 차지하고 있다. 전체 경산시 면적 411.37km² 중 식생이 있는 면적은 37.87%인 155.81km²이다.
- 5) 지질: 충적층이 약 110.62km², 안산암질암이 74.54km²로 전체의 약 45%정도를 차지하고 있다.
- 6) 토양: 암쇄토이며 사양질 내지 식양질이 약 127,92km²으로서 가장 많은 면적을 차지하고 있고 산성갈색 산림토, 암쇄토이며 식양질 내지 사양질인 토양은 불과 약 3.82km²를 차지하며 나머지는 많은 부분 퇴적토, 암쇄토로 이루어져 있다.
- 7) 토지이용: 산림지역이 약 58.0%, 논, 밭, 과수원이 약 25.7%, 나머지 용도가 약 16.3%를 차지하고 있다.
- 8) 인구: 1997년 현재 경산시의 총인구는 186,310명이며 서부동이 40,991명으로 가장 인구가 많고 하양읍 사기리가 65명으로 가장 작다(경산시통계연보, 1997). 경산시의 인구는 연간 5.4%의 높은 증가가 예상되어 2016년에는 인구가 약 50만이 될 것으로 추산된다(경산시 위생 쓰레기 매립장 입지선정위원회, 1996).

2. 폐기물 매립후보지 입지선정을 위한 선형조합법의 적용

1) 표준화 점수로 변환작업

선형조합법(linear combination technique)의 적용을 위한 주제도면은 1) 일반 폐기물 수거지역의 인구규모, 2) 경사도, 3) 표고 등 17개로 구성된다(표 2 참조). 선형조합법을 적용하기 위하여 각 주제도면의 속성별 등급을 공식 1을 통해 표준화 점수로 변환한다.(Chapin and Kaiser, 1979; Hopkins, 1977).

$$r'_{ij} = \frac{r'_{ij}}{r_i^{\max}} \quad r'_{ij} = i \text{ 인자의 } j \text{ 범주가 변환된 등급점수}$$

$$r_{ij} = i \text{ 인자의 } j \text{ 범주에서 원래 할당된 등급}$$

$$r_i^{\max} = i \text{ 인자의 범주 가운데 최대값}$$

공식 1 : 표준화 공식

2) 표준화 점수와 중요도의 적용

이 단계에서는 재분류된 해당 주제도면에 0에서 1까지의 값을 해당범주의 표준화 점수에 해당 입지인자의 중요도를 곱한다.

3) 주제도면의 중첩과정

앞 단계에서 입지인자의 표준화 점수와 중요도가 곱해진 17개의 주제도면을 모두 중첩(overlay)하여 한 장의 주제도면으로 만드는 과정이다.

4) 선형조합법에 의한 폐기물 매립후보지 선정

선형조합법의 적용결과를 통해 도출된 폐기물 매립후보지는 그림 2에서 보는 바와 같이 와촌면 (가)리 일대, 진량면의 (나)리 일대, 자인면의 (다)리 일대, 하양읍 (라)리, 진량면 (마)리, 진량면의 (바)리 일대, 하양읍의 (차)리 일대, 진량면의 (카)리, 용성면의 (타)리 일대, 진량면의 (파)리 일대, 남천면의 (하)리 일대가 있다. 이 경우 중요도는 낮게 평가되었지만 다른 입지인자들의 중요도가 상대적으로 높게 평가되어 경사가 가파르거나 표고가 높은 지역도 포함되어 있다. 선형조합법을 통한 도면중첩의 결과는 그림 1과 같다. 색깔이 진한 곳일 수록 폐기물 매립후보지로서 더 적합한 곳이다. 그림 2는 선형조합법에 의해 가장 적합하다고 평가된 지역

으로 0.7439점 이상의 높은 점수를 얻은 지역이다. 선형조합법을 적용하여 전체 면적 중 1.51%에 해당하는 6.1km²을 잠정적인 폐기물 후보지로 판단하였으나 폐기물 매립후보지 여부를 결정하는 기준에 의문이 있다.

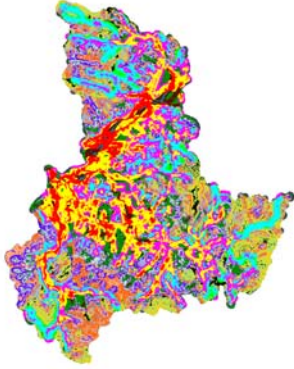
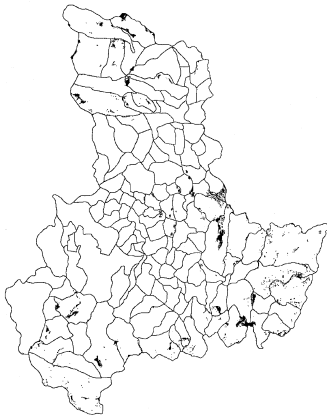


그림 1. 선형조합법 적용결과



■ : 폐기물 매립후보지

그림 2. 선형조합법에 의한 폐기물 매립후보지

3. 폐기물 매립후보지 입지선정을 위한 요소조합법의 적용

요소조합법은 입지인자들의 기준에 따라 폐기물 매립후보지로서 부적합한 지역을 제외시키는 방법이다. 폐기물 매립후보지로 적합한

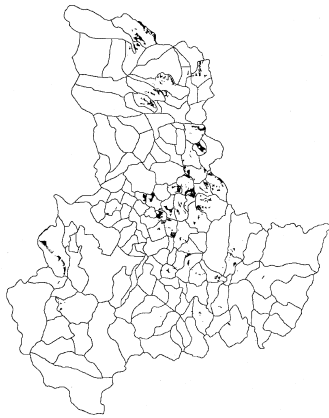
지역과 부적합한 지역의 두 범주로 나눈 입지인자별 주제도면을 중첩시켜 적합한 지역간의 교집합을 이루는 장소를 폐기물 매립후보지로 선정한다.

요소조합법에 적용되는 입지인자와 기준은 1) 인구규모 500 미만의 인구를 가진 리(里), 2) 경사도 25% 이하 지역, 3) 표고 125m 이하 지역, 4) 표고가 10m 이하 지역과 하천 범람지 제외 지역, 5) 배수 불량토양과 충적층, 석회암지역 제외 지역, 6) 기반암의 깊이가 깊은 지역, 7) 식생 군락이 없는 지역, 8) 도로에서의 가시권에서 벗어난 지역, 9) 단층지역에서 600m 이상 벗어난 지역, 10) 하천, 호수, 습지대에서 600m 이상 벗어난 지역, 11) 댐, 저수지, 계곡에서 300m 이상 벗어난 지역, 12) 고속도로, 국도에서 300m 이상 벗어난 지역, 13) 공원, 관광지, 학교에서 300m 이상 벗어난 지역, 14) 취락(자연부락)에서 300m 이상 벗어난 지역, 15) 공동묘지(집단묘지)에서

300m 이상 벗어난 지역, 16) 농경지에서 300m 이상 벗어난 지역, 17) 개발제한 구역, 상수보호구역 제외 지역이다. 요소조합법을 적용한 결과는 그림 3에 나타나 있으며 연한 곳일수록 폐기물 매립후보지로서 더 적합한 곳이다. 요소조합법에 의해 도출된 폐기물 매립후보지는 그림 4와 같다.



그림 3. 요소조합법 적용결과



■ : 폐기물 매립후보지

그림 4. 요소조합법에 의한 폐기물 매립후보지

요소조합법을 적용한 결과로 도출된 경산시 폐기물 매립후보지는 와촌면 (가)리 일대, 진량면의 (나)리 일대, 자인면의 (다)리 일대, 하양읍 (라)리, 진량면 (마)리, 진량면의 (바)리 일대, 진량면의 (사)리 일대, 하양읍의 (아)리, 용성면의 (자)리로 판명되었다.

요소조합법에 의해 도출된 폐기물 매립후

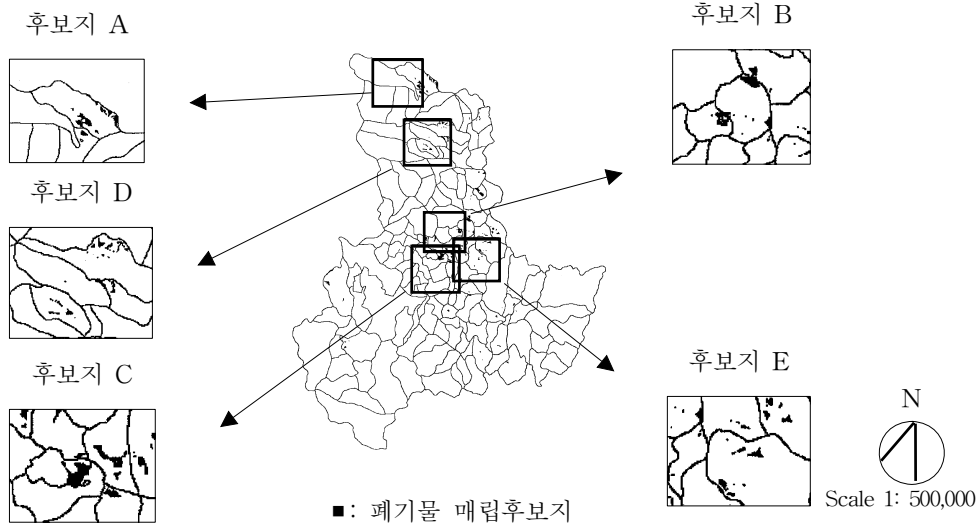
보지는 각 후보지간에 상대적 우선 순위를 매기기가 불가능하여 어느 곳이 더 적합한 곳인지 알 수 없다.

4. 폐기물 매립후보지 선정 결과 고찰

선형조합법의 경우는 매립후보지로 부적합한 곳도 입지인자들의 상대적 중요도에 따라 매립후보지에 포함될 수 있으며, 요소조합법은 입지인자들 중에 하나라도 중첩과정에서 부적합 곳으로 제외될 경우 매립후보지에 대한 대안을 마련할 수 없다. 따라서 하나의 방법에만 의존할 수 없는 방법론상의 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 방법론상의 문제를 해결하기 위하여 선형조합법에 의해 도출된 폐기물 매립후보지(그림 2)와 요소조합법에 의해 도출된 매립후보지(그림 4)를 중첩시켜 공통적으로 적합한 곳으로 평가되는 곳을 폐기물 매립후보지를 선정하였다.

선형조합법을 적용하여 적지를 선정하고 요소조합법을 통해 그 타당성이 검증된 폐기물 매립후보지는 도 1과 같다.



도 1. 폐기물 매립후보지

폐기물 매립지 최소면적 기준 3,000m²를 후보지는 5군데가 선정되었다.(도 1의 A, B, C, D, E 참조) 후보지 A지역은 와촌면 (가)리 일대로서 면적은 265,619m²이다. 후보지 B지역은 진량면의 (나)리 일대로서 면적은 117,394m²이다. 후보지 C지역은 자인면의 (다)리 일대로서 면적은 184,985m²이다. 후보지 D지역은 하양읍 (라)리, 진량면 (마)리, 후보지 E지역은 진량면의 (바)리 일대이다. 후보지 D, E 지역은 주변지역으로 확장 가능성이 높다.

선형조합법과 요소조합법의 비교에서 요소조합법에서는 적합하지만 선형조합법에서는 부적합한 지역은 진량면의 (사)리 일대, 하양읍의 (아)리, 용성면의 (자)리 이다. 요소조합법에서는 부적합하지만 선형조합법에서는 적합한 지역은 하양읍의 (차)리 일대, 진량면의 (카)리, 용성면의 (타)리 일대, 진량면의 (파)리 일대, 남천면의 (하)리 일대의 매립후보지들이다. 이러한 곳들은 5곳의 후보지가 최종후보지로 선정되지 못할 경우, 매립후보지로 고려대상은 될 수 있으나 신중을 기할 필요가 있다.

결 론

본 연구는 “어떻게 하면 입지인자들의 상대적 중요도를 고려하여 폐기물 매립지의 입지를 선정할 수 있을까?”라는 연구의문에 해답을 제공하기 위하여 기존문헌의 고찰을 통해 폐기물 매립지의 입지인자들을 구명하였다. 계층분석방법을 적용하여 구명된 입지인자들간의 상대적 중요도를 평가한 결과를 토대로 경북 경산시를 대상지역으로 하여 IDRISI for Windows Version 2.002(Clark University, 1997)를 이용하여 17가지의 입지인자의 층으로 된 지리정보체계를 구축하였다. 이 지리정보체계를 이용하여 선형조합법과 요소조합법의 두 가지 방법을 적용하여 폐기물 매립후보지를 선정하였다.

연구결과 경산시에서 선형조합법과 요소조

합법에 의해 매립후보지로 적합한 곳으로 평가된 곳은 크게 5군데가 선정되었다 최종 폐기물 매립지는 지리정보체계를 통해 분석할 수 없었던 입지인자에 대한 현지조사와 공청회를 통한 주민여론 수렴절차를 통해 선정될 수 있을 것이다.

본 연구의 결과는 지방자치단체가 폐기물 매립지 선정에 관한 의사결정과 입지 후보지에 관한 대안의 우선 순위를 결정하는데 활용될 수 있으며, 지역 주민들에게 설득력 있는 기준을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 폐기물 매립지의 입지 타당성을 평가하는 준거의 틀로서 활용할 수 있다.

방법론의 측면에서 선형조합법과 요소조합법을 동시에 적용함으로써 두 방법의 방법론적 한계를 상호보완 할 수 있었을 뿐만 아니라 폐기물 매립후보지의 선정에 대단히 유용하였다. 이 연구를 통해 지리정보체계가 다양한 시설물의 입지선정에 효과적으로 적용될 수 있다는 사실을 확인하였다. 본 연구의 과정에서 본 바와 같이 폐기물 매립지에 관한 입지인자의 속성별 기준과 최종 후보지 선정을 위한 등급에 관한 제도적 기준이 시급히 마련되어야 할 것으로 사료된다. **KAGIS**

참고문헌

- 경산시 위생 쓰레기 매립장 입지선정위원회. 1996. 6. 경산시 위생 쓰레기매립장 조성사업 입지 타당성 조사보고서. 13-16쪽.
- 경산시 위생 쓰레기 매립장 입지선정위원회. 1997. 2. 전국 주요 쓰레기매립장, 소각장 실태 및 경산시 위생 쓰레기 매립장 조성방향. 51-61쪽.
- 김계현. 1998. GIS 개론. 대영사. 96쪽.
- 김광웅. 1977. 사회과학연구방법론 : 조사방법과 계량분석. 박영사. 232-234쪽.
- 김의명. 1996. GIS를 이용한 폐기물 매립지 적지선정. 경상대학교 석사학위논문. 24-31쪽.

- 남궁 완, 이동훈 공역. 1997. 폐기물 처리공학. 동화기술.
- 원제무. 1987. 도시교통론. 박영사. 617-619쪽.
- 이상유. 1993. 폐기물 매립장 설치의 저해요인. 경북대학교 행정대학원 석사학위논문. 21-30쪽.
- 이은미. 1996. 일반 폐기물 매립지 입지 인자 특성에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문. 23-27쪽.
- 임정아. 1995. 쓰레기 소각장 입지준거의 도출 -부천시를 사례지역으로. 성신여자대학교 교육대학원. 석사학위논문. 42쪽.
- 환경과학연구협의회. 1992. 폐기물매립지 입지 선정기준. 12-17쪽.
- 西岡秀, 内藤正明. 1984. “환경지표: 기본적 개념과 형성”. 일본국립공해연구소. 87-90쪽.
- Anderson, Paul F. 1979. Regional Landscape Analysis. Iowa, Environmental Design Press. pp.49-91.
- Bagchi, Amalendu. 1994. Design, construction, and monitoring of landfills, John Wiley and Sons, NewYork.
- Bernhardsen, Tor. 1992. Geographic Information Systems. VIAK IT and Norwegian Mapping Authority. pp.8-10.
- Chapin J. F. Stuart and Edward J. Kaiser. 1979. Urban Land Use Planning. 3rd edition. University of Illinois Press, IL, Urbana. pp.304-315.
- Davies, Russell E. and James K. Lein. 1991. Applying on Expert System Methodology for Solid Waste Landfill Site Selection. URISA Proceeding.
- Erkut, Erhan and Stephen R. Moran. 1991. Locating Obnoxious Facilities in the Public Sector: An Application of the Analytic Hierarchy Process to Municipal Landfill Siting Decisions. Socio-Economic Planning Sciences. 25(2):89-102.
- Hopkins, Lewis D. 1977. Methods for Generating Land Suitability Maps: A Comparative Evaluation. Journal of the American Institute of Planners. 43(4):386-400.
- Jensen, J. R. and E. J. Christensen. 1986. Solid and Hazardous Waste Disposal Site Selection Using Digital Geographic Information System Techniques. The Science of Total Environment.
- Lober, Douglas J. 1995. Resolving the Siting Impasse. Journal of the American Planning Association. 61(4):482-495.
- Nijkamp, P. 1979. Multidimensional Spatial Data and Decision Analysis, John Wiley, NewYork.
- Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierachy Process, McGraw-Hill, NewYork.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G. 1982. The Logic of Priorities. London, Kluwer-Nijhoff Publishing. pp.16-17.
- Williams, Edward A. and Alison K. Massa. 1983. Siting of Major Facilities : A Practical Approach. McGraw-Hill Book Company, New York. p.23. **KAGIS**