

## 쓰레기매립장 부지선정을 위한 GIS 활용연구

김윤종\*·김원영\*·유일현\*·백종학\*\*·이현우\*\*·류중희\*\*  
\* 한국동력자원연구소 응용지질연구실, \*\* 캐드랜드 GIS 연구부  
(1990년 9월 1일 받음; 1990년 9월 10일 수리)

### Applying a GIS to Solid and Hazardous Waste Disposal Site Selection

Youn-Jong Kim,\* Won-Young Kim,\* Il-Hyon Yu,\*  
Jong-Hak Baek,\*\* Hyun-Woo Lee\*\* and Joong-Hi Ryu\*\*  
\* Applied Geology Division, Korea Institute of Energy and Resources  
\*\* GIS Division, Cadland  
(Received September 1, 1990 ; Accepted September, 10, 1990)

#### Abstract

Solid and hazardous waste disposal site selection by using GIS(Geographic Information System) is the purpose of this study. The criteria of site selection are usually defined in accordance with geological, cultural and social characteristics. Unadequate adaptation of these criteria in a site selection may cause serious problem of water and soil pollution.

The environmental information for extraction of these criteria consist of a lot of data : geology, geomorphology, hydrogeology, engineering geology, cultural and social information... GIS could be easily applied to construct of this environmental information data base, and carry out cartography simulation using overlay mapping technique(polygon overlay). ARC/INFO(GIS system) was used for these studies, and AML(ARC/INFO Macro Language) in this system provided more variable and effective methods for cartography simulation. TM(Thematic Mapper) images were used for the evaluation of land cover/use in the studied area, by using ERDAS image processing system.

#### 1. 서 언

거주지 주변(신설지 및 기존)의 쓰레기 매립장부지를 선정할 때 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 필수적 환경정보들을 효과적으로 처리, 분석하여 가장 적합한 매립

장부지를 선정하고자 하는 것이 본 연구의 목적이며, 연구대상지역(위도 : 37/21/20~37/22/30, 경도 : 127/06/20~127/09/10)은 그 주변에 대단위 거주지역(인구 약 40만)이 형성될 예정이고 새로운 인구 증가 및 상업권의 팽창은 자체매립장 확보가 필연적으로 요구되고 있다.

쓰레기매립장 부지를 선정하기 위하여는 우선 환경오염을 최소화할 수 있는 환경정보(Environmental and cultural information)들이 산출되어야 한다. 환경영향평가서 작성지침서(환경청, 1989) 내의 폐기물 처리항목은 일반적 조사지침 규정일 뿐, 그에 대한 세부사항은 생략되었다. 실제로 환경요소들은 대상지역에 따라 그 종류 및 중요도가 달라질 수 있으므로 본 연구의 앞부분은 대상지역의 특성을 고려하여 매립장부지를 위한 환경정보들과 그들로부터 추출되는 필수적인 환경영향요소(Environmental criteria)들을 정의하였고, 후반부는 이들 자료들이 GIS 시스템 내에서 분석, 처리된 후 적합한 부지들을 선정하는 실례를 보여주었다. 본 연구에서 사용된 환경지질정보들은 야외지질조사와 기존 시추자료(124공 : 토질조사 주상도, 1990)들에 의한 지하수, 토양특성, 풍화정도, 정밀토양도(농업기술연구소, 1977)에 의한 토양분포 및 토심, 지형도(1 : 25,000)로부터 추출된 DEM(Digital Elevation Model), 경사도 등이 이용되었다.

쓰레기는 공기, 물, 토양, 인간들에게 직접적으로 영향을 끼치기 때문에 이것을 매립하기 위한 부지선정은 환경오염을 최소화하는 범위에서 많은 주의와 연구를 필요로 하며, 매립장 건설을 위한 토목공사를 전후하여 실제상황과 비슷한 환경오염 분석을 위한 모형연구(수리역학 및 지질공학)가 실시되어야 하나 이는 본 연구의 주 목적에서 벗어나므로 연구대상에서 제외하였다.

실제로 환경지질자료들은 방대한 양으로써 그들을 저장, 분석키 위하여는 수치정보 처리시스템(Digital data management)인 GIS의 이용이 필연적이며, 본 연구에서 사용된 GIS 시스템(ARC/INFO)은 여러 자료층(Layer type)들을 Overlay, Buffer, Clipping, Draping 할 수 있는 다양한 기능을 갖추고 있다. 토지이용도(Land cover/use map)는 TM(Thematic Mapper) 영상들을 ERDAS 영상처리 시스템을 사용하여 추출하였으며 이는 환경정보 중 중요한 자료로서 GIS 시스템의 한 자료층을 구성하였다.

## 2. 연구방법

본 연구를 위하여 수행된 연구내용은 다음과 같이 요약된다.

- (가) • 부지선정을 위한 환경영향요소(Environmental criteria)들의 결정.
  - 대상부지들의 우선순위 결정을 위한 환경지질학적 평가요소결정(Geologic ranking sheet method, Long and Schweitzer, 1982).
- (나) 환경영향요소들의 결정인자들을 추출하기 위한 환경정보(Environmental information)

들의 산출과 분석.

- (다) 수치화와 보정(Data digitization and rectification) : 기본도면 위에 수집된 환경정보자료들의 좌표변환.
- (라) GIS를 이용한 환경정보 데이터베이스 구축(Environmental geologic data base)과 지도모형연구(Cartography simulation).
- (마) 부지선정 및 대상부지들의 우선순위평가.

### 3. 환경영향요소

이들은 부지 주변환경에 실제로 영향을 미치는 요소들로서 대상지역의 사회적, 문화적 환경들에 많은 지배를 받으며 일반적으로(산업폐기물) 다음과 같은 것들이 정의되고 있다(U.S. Department of Energy, 1981 and R. C. Lindquist, 1987).

- 습지(Wetland, water), 환경예민지역(Sensitive area : 거주지, 산업시설지, 희귀동물 서식지...)을 제외.
- 100년 홍수위 하부지역 제외.
- 주요 대수층지역 제외.

본 요소들은 개략적인 구분이지만 환경오염에 중요한 의미를 지니고 있다. 금번 연구에서는 연구지역의 환경지질학적 특성을 고려하여 두 가지 형태(면적, 점)로 분류하였으며, 이들은 1차적으로 대상 부지들을 선정키 위한 광역적 요소들이다. Jenson(1986)은 이러한 요소들을 ILCC(Industrial Location Constraint Criteria)로 정의하여 제시한 바 있다.

#### (가) 면형태(Board or surface)

##### ● 환경지질학적 요소

- 지표고도 60미터 상부.
- 지표 하천(Stream)들로부터 150미터 이상.

본 지역의 50년 빈도 최고 홍수위 51.25미터(계획홍수량 : 635m<sup>3</sup>/sec, 환경영향평가서, 1989)를 기준으로 하여 지표고가 60미터 이상으로 설정되었다.

지하수위는 남북방향의 분포보다는 동서방향의 지류(Fig. 1-上)가 약간 높으나 지표로부터의 평균깊이(Depth)는 5-15미터의 분포를 보인다(Fig. 1-下). 본 지역의 쓰레기 일 수거계획량은 약 900톤(환경영향평가서, 1989)으로 이들 중 불가연성분은 50톤으로 추정되며, 매립장 예정지의 면적을 10,000평으로 고려할 때 향후 10년 동안 불가연성 쓰레기매립장의 예정깊이는 약 5미터로 계산된다. 하천으로부터 150미터 이상 지역의 지하수위는 이보다 하부에 위치

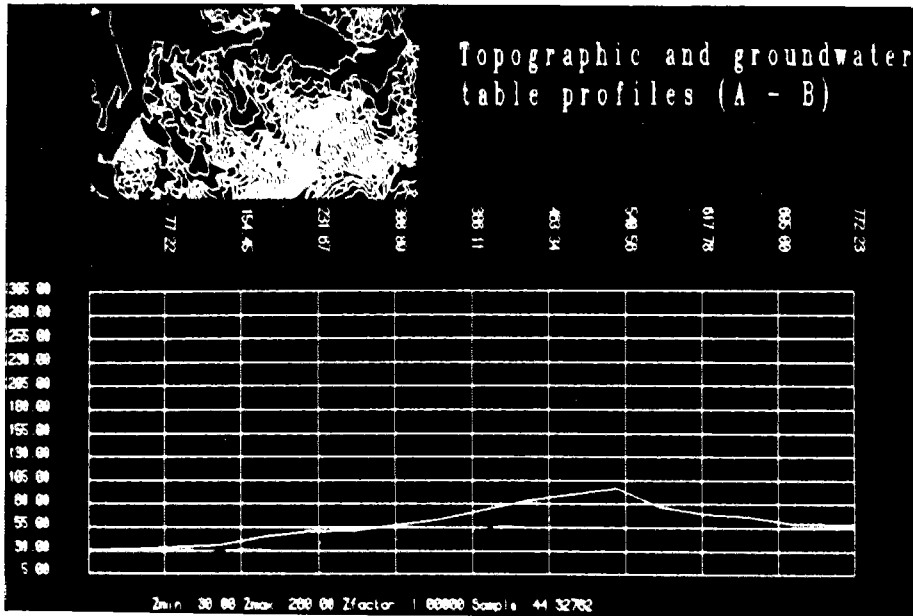


Fig. 1. Topographic and groundwater table profiles.

하며(평균깊이 : 5-15미터), 본 요소는 환경오염(수질)을 최소화할 수 있는 지하수위가 고려된 것이다.

● 문화적, 사회적 요소

- 환경예민지역(거주지)에서부터 300미터 이상.
- 산업생산지역 및 기존 매립장에서 300미터 이상.

● 경제적 요소

- 주요 도로로부터 300미터 이내.

문화적, 사회적 및 경제적 요소들의 결정은 상당히 유동적(Andrew MacLachlan *et al.*, 1990)이며 대상지역들의 실제조건에 따른 행정시행규칙(법규)에 커다란 영향을 받는다. 본 지역은 아직 일반적 시행지침이 정하여지지 않았으며 금번 연구에서는 대상지역과 비슷한 실제 적용의 예(Jenson, 1986)에서 사용된 값들보다 더 넓은 범위(약 2배)를 적용하였다.

(나) 점형태(Point)

학교, 우물(Well), 기념비, 주요 건물 등은 환경정보 추출시 기본도면 위에 점으로 표시되

며 본 지점들로부터 환경영향지역(Buffer, 300미터)을 설정하여 제외시켰다. 실제로 이들은 토지이용도의 거주지(면형태의 환경예민지역) 내에 포함될 가능성도 있으나 시 외각의 독립된 건물, 공공시설물들은 때때로 인지가 불가능함으로(TM 영상 해상도 및 영상처리방법의 한계) 항공사진(1987. 5, 1 : 20,000)과 야외조사를 바탕으로 점형태 자료(Point feature layer)를 재작성하였다.

우물의 영향지역 300미터는 하천으로부터 150미터 이상 지역 지하수위(5미터 이하)를 충분히 만족시키나, 다른 점형태 요소들의 중요성을 감안하여 두 배로 정하였다. Lindquist (1987)은 이 영향권을 1마일로 설정하였으나 본 연구 대상지역의 지역적 특성(적은 면적 : 약 14km<sup>2</sup>)은 이를 허락치 않았다.

#### 4. 부지 평가

'Geologic Ranking Sheet(Long and Schweitzer, 1982)', 'The Site Rating Methodology(Kuf *et al.*, 1980)'가 선정된 부지들의 우선 순위를 정하기 위하여 사용되었다. 매립장에서 하부 대수층으로의 오염물질 영향(Gloria A. Fletcher, 1987)을 인지하기 위한 기본 수리지질학적 요소(Critical Hydrogeologic Factors, Long and Schweitzer, 1982)들은 지하수위, 투수계수(Permeability), 토성(Soil texture) 등이 이용되었고, 이들 지질공학적 자료들은 시추주상도(124공)에서 추출, 평가되었다.

본 연구에서 주로 사용된 Geologic Ranking Sheet(Table 1)의 기본요소와 평가방법은 다음과 같다.

- 지질(Overburden geology) : 구조선(단층...) 발달지역은 금지(Higher hazard).
- 투수계수(Estimated permeability) : 본 지역 토성과 기반암의 개략적인 투수계수는 아래와 같다.
  - SM(Silty sands), SC(Clayey sands) :  $10^{-5} \sim 10^{-6}$  m/s(Intermediate hazard)
  - 중사(Medium sands) :  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  m/s(Higher hazard)
  - 세사(Fine sands) :  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  m/s(Intermediate hazard)
  - 범람지(Gravelly sands) :  $10^{-3}$  m/s(Higher hazard)
  - 기반암(Weathered banded biotite gneiss) : Uncertain(U)
- 지형(Relief, Geomorphology) : 적당한 경사도에 따른 배수, 운반의 용이함, 침식이 적은 지형 등이 적당하며 이들을 고려한 경사구분(토양해설도, 1988)을 3등급하였다.
  - 0~2% : Lower hazard
  - 3~7% : Intermediate hazard
  - 8% 이상 : Higher hazard

Table 1. Factors of geologic ranking sheet(Long and Schweitzer, 1982)

Factors to be evaluated	평가요소 세부내용	Presumed effect		
		A	B	C
Overburden geology	* 지질구조선(단층)	×		
Estimated permeability	* 표토, 잔류토, 풍화대, 기반암	×		
Relief, Geomorphology	* 경사도 * 배수, 침식, 운반		×	
Separation of waste from groundwater	* 매립장 하부 지하수위	×		
Groundwater gradient	* 환경예민지역이 매립장 하부에 위치:Down gradient(오염가능)		×	
Bedrock characteristic	* Fractures(R.Q.D), 강도	×		
Soil Mineralogy, Textures	* 불투수성 물질(Clay, Silt) * 세립토양	×		
Number of entries		5	2	
Multiplier		3	2	1
Entries × Multiplier		15	4	

Subtotal : 19

Additional factors : 2

Total points(Site rank) : 21

\* Additional factor :

- Site의 크기 : 80,000m<sup>2</sup>(약 20에이커)(+1)

- Engineering geology 및 Geology 자료의 유무와 신뢰도(+1, +1).

● 지하수면과 매립장과의 거리(Seperation of waste from groundwater) : 매립지 추정깊이(5미터)와 지하수면과의 거리를 고려하여 상대적으로 평가하였음.

● 지하수 구배(Groundwater gradient) : 환경예민지역(거주지, 학교, 산업시설, 우물...)이 매립장 하부쪽에 위치함으로써 지하수 구배가 하향(Down gradient) 경우에는 상향(Up gradient)할 경우보다 오염 가능성이 높은 것(Higher hazard)으로 평가됨(Gloria A. Fletcher, 1987).

● 기반암 특성(Bedrock characteristic) : Fracture 발달상태와 풍화정도가 중요 인자로 작

용하였다. Fracture는 RQD(Rock Quality Designation, 단위 : %), 풍화 정도는 사면 절취부와 시추자료에 의한 표준관입시험(Standard Penetration Test)의 타격회수(N)에 의하여 상대적으로 추정되었다. 15미터 정도의 시추심도는 본 지역의 특성상 기반암의 상층부(풍화대)에 위치하며 N수치가 평균 5~10회/30cm는 Completely Weathered Zone(CW), 그 이상은 Highly Weathered Zone(HW)으로 평가하였고, RQD는 평균 0~30% 정도로 불량하다.

- RQD : 0~20% (Higher hazard)
- 20~50% (Intermediate hazard)
- 50% 이상 (Lower hazard)

● 토성(Soil texture and mineralogy) : 본 지역 토양은 다음의 4가지가 중요하며, 불투수성 세립물질(Clay, Silt)의 함량(5%~40%)에 따라 다음과 같이 구분되었다.

- SM : Intermediate~Lower hazard
- SC : Intermediate~Lower hazard
- ML (Silts and very fine sands) : Lower hazard
- 범람지(Gravelly sands) : High hazard

● 부수인자(Additional factors)로는 다음 사항이 고려되었다.

- 대상지역의 크기 : 80,000㎡ (약 20에이커) 이상(+1)
- 지질공학(Engineering geology) 자료의 유무(+1)
- 지질학(Geology) 자료의 신뢰도(+1)

● 최종 평가방법(Site rank) : 총점수(Total weight)에 따른 최종 우선순위 구분은 다음과 같다.

- 7~11 : 낮은 오염가능지역(Lowest priority)
- 12~16 : 중간 오염가능지역(Intermediate priority)
- 17~21 : 높은 오염가능지역(Highest priority)

## 5. 환경정보

본 연구를 위한 기본적 환경정보들과 그들을 생성하기 위하여 사용된 기초자료(Source data), 환경영향요소 결정인자들을 Table 2에 표시하였다. 이들은 GIS 시스템 내 각각의 자료층군으로써 본 지역 환경정보 데이터베이스(Environmental information data base)를 구성하고 있다.

● 토지 이용현황(Land cover/Use, Fig. 2-左下)

본 도면은 TM 영상(1985. 4, 1986. 10)들을 ERDAS 영상처리 시스템을 이용하여 처리, 분석된 연구지역의 토지이용도이다. PCA(Principal Component Analysis)와 Training-Set를 이

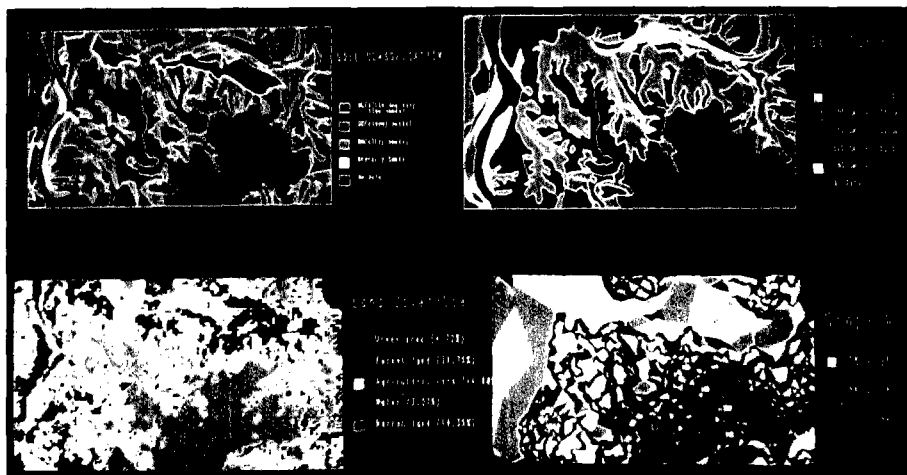


Fig. 2. Data layers :

- Left upper photograph : Soil classification.
- Right upper photograph : Soil depth.
- Left down photography : Land use/cover.
- Right down photography : Slope map.

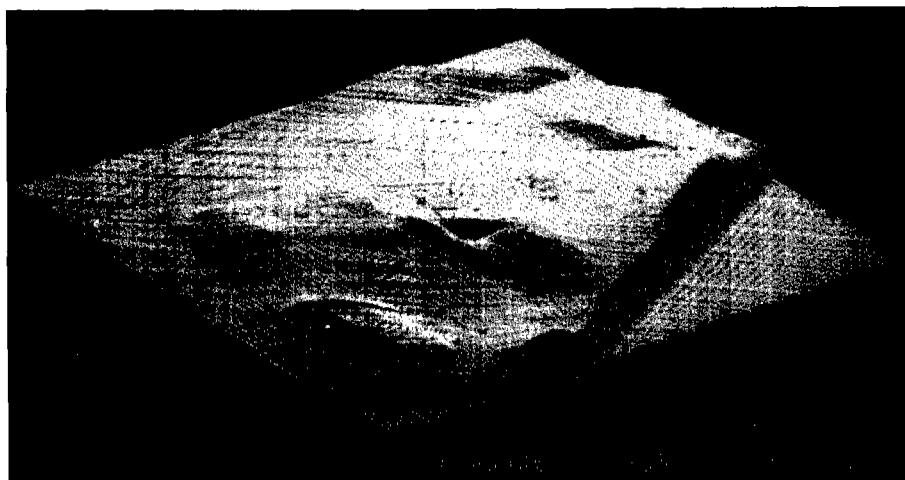


Fig. 3. Groundwater table surface map generated by 124 boring data.



**Table 2.** Environmental information for solid and hazardous waste disposal site selection

환경정보	필수 기본자료(Source data)	환경정보로부터 추출되는 요소 (환경영향요소 결정인자)
1. 토지이용도	TM 영상, 항공사진, 야외조사	-환경예민지역(거주지, 산업지, 농지, 산림, 물)
2. 지질도	지질도, 시추 주상도	-지표지질 -기반암 특성
3. 지형	지형도, DEM	-Relief, Aspect -지형고도 -경사 -운반
4. 토양분류도	현장시료, 정밀토양도	-토성(Soil texture) -토심
5. 지하수위도	시추 주상도, 우물	-지하수 구배(Groundwater gradient) -지하수 유동방향
6. 투수계수	시추시험, 주상도, 토성	-투수계수
7. 수계 분포도	항공사진, TM 영상, 지형도	-수계
8. 운반도로	항공사진, TM 영상, 지형도	-수송거리
9. 점형태 자료	항공사진, TM 영상, 지형도	-학교, 우물, 공장, 기념비...

용한 감독분류기법(Supervised Classification)이 도입되었고, 면형태의 환경예민지역(거주지, 공장지대...)을 추출키 위하여 대단위별로 구분되었으며 토지이용현황은 다음과 같다.

- 거주지(Urban : 4.72%) : 공업지역포함
- 산림지(Forest : 29.79%) : 침엽수, 활엽수림
- 경작지(Agriculture land : 44.08%) : 밭, 논
- 물(Water : 3.07%) : 하천, 저수지
- 땅(나대지, Barren land : 18.35%) : 농작물이 없는 개간지, 모래(자갈)밭...

위의 분류는 U.S.G.S의 구분방법(Land use and cover classification system with remote sensor data, 1976)을 기초로 하였으며, 좀더 세분이 가능하나 환경영향요소를 추출키 위한 구분((3)환경영향요소 참조)을 우선으로 하였다. 본 도면은 GIS 시스템 내의 한 자료층군을 구성하며 거주지지역을 따로 추출, 환경영향지역(Buffer)을 설정하였다. 항공사진 판독자료(1987. 5, 1 : 20,000)와 비교하여 경작지, 산림지, 거주지의 구분은 대체로 양호(75~80%)하나 물, 도로들의 추출은 불량하였다.

#### ● 지형, 지질개요

대부분 지역이 선캠브리아기의 호상 흑운모편마암(Banded biotite gneiss)지역이다. DEM(Digital Elevation Model)에 의한 경사도분석(Fig. 2-右下)는 평탄지 66%, 구릉지 28%, 하천

지역 6%로 기복이 심하지 않은 지형을 이루고 있으며, 수계는 남북(경사도 : 1/370), 동서(경사도 : 1/137) 방향이 중요하고 급류를 이루고 있다. 계획 일강우량(환경영향평가서, 1989)은 320mm/일(80년 빈도), 계획 최고 홍수위는 51.25미터(50년 빈도)로 추정되고 평균 기온은 11°C(최근 10년간 통계)로 전국 평균치 12.4°C보다 낮은 기온분포를 보이고 있다.

#### ● 토양분류 및 토심

- 토양분류(Fig. 2-左上) : 농업진흥청 정밀토양도 1/25,000(1977)와 시료 분석을 통하여 작성되었으며, 정밀토양도의 분류가 통일분류법(Unified Soil Classification System)에 맞추어 재분류되었고 4가지(SM, SC, ML, Gravelly sands : (4)부지평가항목 참조)의 토성이 중요하다. 모암의 영향으로 대부분 양토~사양토(SM-SC)로써 Silt(29%~43%)와 Clay(6%~15%)를 포함한 세립, 중립질의 사질토양이 우세하다.

- 토심(Fig. 2-右上) : 시추자료(124공)와 정밀토양도를 기초로 작성되었으며, 풍화대 상부 지역을 표토와 잔류토(Residual Soil)로 구분하였으며 표토층 깊이는 0.5~1.5미터, 잔류토는 5~10미터, 풍화대는 2~7미터의 두께를 보이며, 기반암(연암)의 심도(Depth)는 대략 10~15미터이다.

#### ● 지하수위(Fig. 3)

하천으로부터의 환경영향범위를 설정키 위한 기본자료로써, 지하수구배(Groundwater gradient)는 북부지역이 서부지역보다 완만하며, 북부는 남→북으로, 서부는 동→서 방향의 하향하는(Down gradient) 경향이 우세하다. 전체적인 지하수 심도는 5~15미터로써 대부분 잔류토 내에 그 분포를 보이고 있다.

## 6. 수치화와 보정

모든 환경 정보들은 Scanning(400DPI), Digitization(1280LPI), Vectorizing(CADCORE s/w)의 과정을 통하여 ARC/INFO의 자료구조(Arc-node structure)로 변환된 후 GIS 시스템(ARC/INFO) 내에 입력되었다.

기본도는 1/25,000 지형도를 사용하였으며 모든 환경정보(토양도, 지질도, 토심도...)들은 기본도 위의 지리좌표계에 일치시킨 후 시스템내에서 TM(Transverse Mercator Projection)도법에 등록, 속성자료값(Attribute data : 면적, 길이, 방향...)들을 계산하였다. TM영상들은 Geometric Correction(ERDAS시스템 사용)과정에서 TM도법에 등록, 처리된 영상(GIS file ; Land cover/use map)을 GIS 시스템으로 전송하여 한 자료층군을 구성시켰다.

● DEM(Digital Elevation Model) : 본 연구에서 사용된 DEM은 지형도(1/25,000)에서 등고선을 직접 추출한 Digital Line Data로써 지형분석(Slope, Relief...)을 위하여서는 TIN(Triangulated Irregular Network) 형태의 자료구조로 변환하여 처리되었다. TIN은 자료구조가 복잡

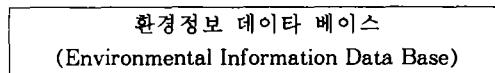
한 단점이 있으나 격자모양(Matrix)의 DEM에서 분석하기 어려운 지형적 특성(계곡, 능선, 산정상)들을 잘 나타낼 수 있으며, Vector 자료를 처리하는 GIS시스템에서는 필수적이다. 실제로 DEM의 정확도를 측정하는 것은 상당히 어려운 문제(U. S. G. S/NMAS : National Map Accuracy Standard, 1987)이며 본 연구를 위하여 제작된 DEM의 기계상(Hardware) 누적된 최대 오차치는 0.0094inch로써 만족할 만한 정확도를 보여주었다.

### 7. 매립장 부지선정

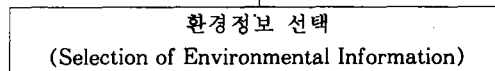
ARC/INFO내에서 실시된 지도모형연구(Cartography simulation)는 Buffer와 Boolean Logic (AND, OR)을 이용한 지도중첩기법(Overlay Mapping : Polygon overlay)으로 GIS에서 Vector 자료들을 처리하는 기본적 기법이며, Polygon overlay는 조합되는 모든 도면들의 속성값(면적, 길이, 방향...)을 계산하게 할 수 있다.

Fig. 4는 AML(ARC/INFO Macro Language)를 이용하여 GIS 시스템 내에서 부지선정과정을 프로그래밍(SWDS : Solid Waste Disposal Site Selection)한 흐름도(Flow chart)이며 SWDS

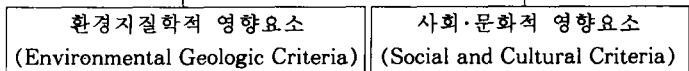
1) Environmental Information Data Base :



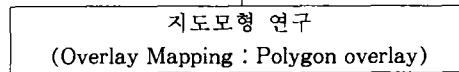
2) Selection of Coverage :



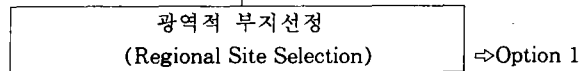
3) Effective Buffer :



4) Boolean Logic :



5) Site Selection : (First Process)



6) Assessment of Selected Sites :

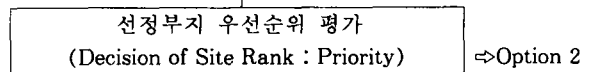


Fig. 4. SWDS(Solid Waste Disposal Site AML1) Flow Chart.

내에는 다음 두 개의 선택사항(Option)이 있다.

- ① 환경영향요소(면, 점)에 의한 1차 부지선정(Option 1).
  - ② Geologic Ranking sheet에 의한 대상부지들의 우선순위평가(Option 2).
- 이들 선택사항은 분석자가 추출된 환경정보들의 질과 양에 따라 결정할 수 있다.

#### (가) 환경영향요소(Environmental criteria)에 의한 부지선정

- 지표고 60미터 이상 지역(DEM coverage, Fig. 5-左上)
- 하천으로부터 150미터 이상(Stream coverage, Fig. 5-右上)
- 거주지에서 300미터 이상(Land cover/use coverage, 생략)
- 주요 도로로부터 300미터 이내(Road coverage, Fig. 5-下)
- 점형태 요소로부터 300미터 이상(Point feature coverage, 생략)

Fig. 6은 위 환경영향요소들의 일반적 사항을 고려하여 선정된 3곳의 매립장 후보지들이다. 각각의 면적은 349,840㎡(Site 1), 20,910㎡(Site 2), 17,930㎡(Site 3)이며, 남북 및 북동부에 적은면적(146,349,232㎡)들의 몇몇 후보지가 나타났으나 대상부지에서 제외되었다.

#### (나) 대상부지들의 우선순위평가

선택된 3 후보지의 순위점수(Geologic Ranking Sheet Method)는 13(Site 1), 14(Site 3), 19(Site 2)점으로, Site 1 지역이 제일 적당한 지역(Fig. 7 : 붉은 사각형)으로 선정(중간오염 가능지역 : Intermediate priority)되었으며 평가내용(Fig. 8) 요약은 다음과 같다.

- 지질, 토성, 투수계수 : 3 후보지가 비슷한 양상으로 (B)급으로 평가됨(Fig. 2 : Soil classification/depth, Geology, Groundwater, Boring data).

- 지형 : Site 2(A)가 약간 가파른 경사(8% 이상)지역이며, Site 1, Site 3는 (C)(0-2%)로 분류되었다(Fig. 2 : Slope map, Geomorphology).

- 지하수위와 매립예정지와의 거리 : Site 1(B)은 평균 깊이가 약 10미터, Site 2, 3(A)는 약 7~8미터의 분포(Fig. 3 참조)를 보이고 있음(Fig. 3 : Groundwater table surface map, Topography).

- 지하수 구배(Fig. 3, 7 : Groundwater, Topography, Land cover/use) :

- Site 1(B) : 거주지 및 하천 쪽으로 하향(Down)하나 매립예정지와의 거리가 상당히 떨어져 있음(약 1킬로미터).

- Site 2, 3(A) : 완만하게 하향하나 환경예민지역과 인접하여 있음(약 500미터).

- 기반암 특성(Boring data, Geology) : RQD 불량(0%~3%)으로 3지역 모두 (A)로 평가됨.

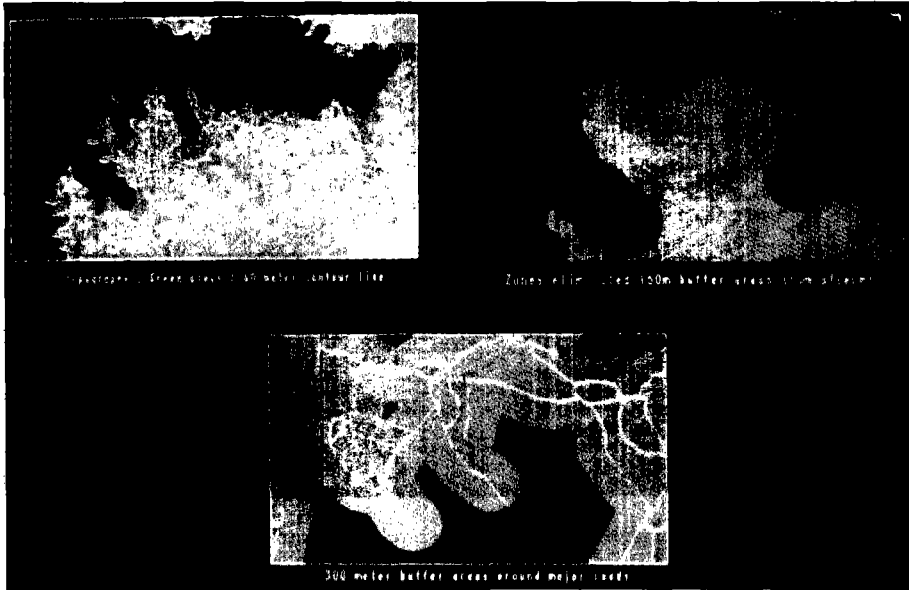


Fig. 5. Buffer areas(green).

- Left upper photography : Topography(areas >60 m contour line).
- Right upper photography : Zones eliminated 150m buffer areas from streams.
- Down photography : 300m buffer areas around major roads.



Fig. 6. Potential areas(Site 1, 2, 3).

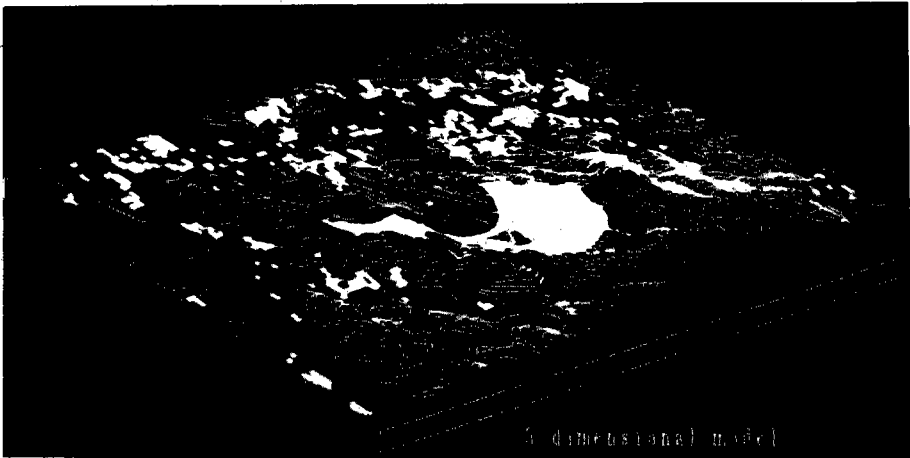


Fig. 7. 3 dimensional model(Best development area : red part).

## 8. 결론 및 토의

쓰레기매립장 부지선정(환경지질조사연구)를 위한 방대한 양의 환경정보들이 GIS 시스템 (ARC/INFO)을 이용하여 경제적으로 처리·분석되었으며, 본 시스템 내의 Macro Language (AML)를 사용하여 작성된 SWDS(Solid Waste Disposal Site Selection)는 이러한 부지선정과정을 단순화하여 효과적으로 지도모형연구(Cartography simulation)를 실시할 수 있게 하였다.

●**환경영향요소** : 본 요소들을 결정하기 위해서는 추출된 환경정보들을 이용한 지형학, 지질공학, 수리역학 모형연구가 선행되어야 한다. 금번 연구에서 이용된 요소 중 지형학적 요소(홍수위에 의한 지표고도 결정) 이외에는 상기와 같은 모형연구가 실시되지 못하였으나 야외조사와 지질공학적 자료(토성, 기반암 특성, 투수계수...)가 이들의 결정에 중요한 역할을 하였다.

●**환경정보의 데이터베이스 구축과 지도모형 연구(Cartography simulation)** : 여러 종류의 환경정보들을 수치화하여 구축된 데이터베이스는 각종 형태의 simulation기법 활용을 가능하게 하였다. 지도중첩기법(Overlay mapping)은 단순, 기본적 기법으로 본 연구에서는 만족할 만한 결과를 얻었으나 좀더 개발된 Numeric Scoring System(예 : EPA, 1988)에 의한 모형연구를 실시하여 부지를 선정함이 바람직하며, 여러 형태의 환경지질조사 연구목적에 맞도록 GIS를 이용한 목적별 전문가 시스템(Expert system)의 개발이 요구된다.

●**부지선정** : 1차 지도모형 연구결과 선정된 부지들의 Geologic Ranking Sheet 방법에 의한

우선순위 결정은 아주 효과적이며 경제적이었다. 지도모형연구시 제외되었던 지질공학요소 (투수계수, 기반암 특성, 토성, 지하수구배...)들의 삽입은 대상부지들의 우선순위를 결정하는데 있어서 환경오염 정도의 예측을 가능하게 함으로 그들을 쉽게 평가할 수 있게 하였다.

**Geologic Ranking Sheet**

Symbols used in Columns  
 X Probable Effect  
 U Uncertain Uikely Effect

Effect of Overriding Significance  
 (Superscripts Refer to Footnotes)

Site Name/No. : Site 1

Site Rank  
 (Check One)

Factors to be Evaluated	Presumed Effect		
	A Hicher Hazard	B Intermediate (Uncertain)	C Lower Hazard
Overburden geology		×	
Estimated permeability		×	
Relief, Geomorphology			×
Separation of waste from groundwater		×	
Groundwater gradient		×	
Bedrock character	×		
Soil Mineralogy; Textures		×	
Number of entries	1	5	1
Multiplier	3	2	1
Entries × Multplier	3	10	1

01 Highest Priority  
(17.21 PTS)

02 Intermediate Priority  
(12.16 PTS)     ×

03 Lowest Priopity  
(7.11 PTS)

\_Tentative\_Final

Note in Cases Where More Than Half the Criticalfactors Must be Rated as Uncertain(U). The Rank Should be Tentative.

Additional Factors  
( ( ) And Add to Chart)

These Points May Increase(+1)  
 Decrease(-1),  
 or Not Affect(0) Score

Very Large Sites(20+ Acres)     (+1)

Engineering Geologic Data On or Near Site     0, (-1), +1

Geology Extrapolated Confidently from Nearby     0, (-1), +1

Subtotal : 14  
 Additional Factors : -1  
 Total Points : Site Rank : 13

Describe Important or Overriding Factors Below if Appropriate(Describe Special Conditions) :

Fig. 8. Geologic Ranking Sheet of Site 1.

## 참고문헌

- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., and Witmer, R.E., 1976. A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data, *U.S.G.S Geological Survey Professional Paper*, 964.
- Burrough, P. A., 1988. *Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment*, Clarendon Press. Oxford, pp. 81~102.
- Carter, J. R., 1988. *ACSM-ASPRS Annual Convention*, Vol. 5, pp. 54~60.
- Fletcher, G. A., 1987. Second Annual International Conference, *Exhibits and Workshops on GIS*, Vol. 1, pp. 176~186.
- Foresman, T. W., 1987. Second Annual International Conference, *Exhibits and Workshops On GIS*. Vol. 2, pp. 468~475.
- Jensen, J. R., and Christensen, E. J., 1986. Solid and Hazardous Waste Disposal Site Selection Using Digital Geographic Information System Techniques, *The Science of the Total Environment*, Vol. 56. pp. 265~276.
- Judd, D. D., and Kim Johnson, 1990. *Proceedings of the Tenth Annual ESRI User Conference*, Vol. 1.
- Kufs, C., et al., 1982. Alternatives to Ground Water Pumping for Controlling Hazardous Waste Leachates : *Proceedings of the National Conference on Management of Hazardous Waste Sites*, Silver Spring, MD.
- Lindquist, R. C., 1987. Second Annual International Conference, *Exhibits and Workshops on GIS*. Vol. 2, pp. 621~627.
- Long, F., and Schweitzer, G, 1982. Risk Assessment at Hazardous Waste Sites : *Monitoring to Support Risk Assessments at Hazardous Waste Sites*, pp. 73~92.
- MacLachlan, A., et al., 1990. *Proceedings of the Tenth Annual ESRI User Conference.*, Vol. 2.
- Tomlin, C. D., and Johnston, K. M., 1988. An Experiment in Land-Use Allocation with a Geographic Information System, *ACSM-ASPRS Annual Convention*, Vol. 5, pp. 23~24.
- U.S. Geological Survey, 1987. Large Scale Mapping Guidelines, USGS Open File Report 86-005, Falls Church, VA : *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing and the American Congress on Surveying and Mapping*.
- U. S. Department of Energy. Energy and Solid/Hazardous Waste, DOE/EV/10154-2, Washington, 1981. Environmental Protection Agency, 1988. Hazardous Ranking System(HRS)



for Uncontrolled Hazardous Substance Releases ; Appendix A of the National Oil and Hazardous Substances Contingency Plan. *Federal Register*, Vol. 53, No. 247, pp. 51962~52081.

Wagner, D. F., 1988. A Method of Evaluation Polygon Overlay Algorithms, *ACSM-ASPRS Annual Convention*, Vol. 5, pp. 173~183.

새도시 개발사업 토질조사 주상도, 1990. 한국토지개발공사.

정밀토양도(성남시 및 광주군), 1977. 농촌진흥청 농업기술연구소.

토양해설도(수원시, 화성군), 1986. 농촌진흥청 농업기술연구소.

한국지질도(둔전도폭), 1982. 한국동력자원연구소

환경영향평가서 작성지침서. 1989, 환경처.