

매립물 특성 조사를 위한 다변량 통계분석 기법의 응용

권병두* · 김차섭**

*서울대학교 지구과학교육과, **육군사관학교 환경학과

Application of Multivariate Statistical Analysis Technique in Landfill Investigation

Byung Doo Kwon* and Chasoup Kim**

*Department of Earth Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

**Department of Environmental Sciences, Korea Military Academy, Seoul 139-799, Korea

Abstract: To investigate the nature of the waste materials in the Nanjido Landfill, we have conducted multivariate statistical analysis of geophysical data set comprised of magnetic, gravity, LandSat TM thermal band and surface depression measurement data. Because these data sets show different responses to the depth, we have transformed the observed total field magnetic data and gravity data to the residual reduced-to-pole (RTP) magnetic anomalies and the three dimensional density anomalies, respectively, and utilized the informations about the upper shallow part of the landfills only in the following process. For the statistical analysis at the points of depression measurement, the magnetic, density and LandSat data values at these points are determined by interpolation process. Since the multivariate statistical analysis technique utilizes a clustering algorithm for classification of data set and we have measured the dissimilarity between objects by using Euclidean distance, standardization was applied prior to distance calculation in order to eliminate any scaling effects due to different measurement unit of each data set. The hierarchial grouping technique was used to construct the dendrogram. The optimum number of statistical groups (clusters), which are classified on the basis of geophysical and geotechnical characteristics, appeared to be six on the resulting dendrogram. The result of this study suggests that the dimension and nature of the multicomponent waste landfills can be identified by application of the multivariate statistical analysis technique to integrated geophysical data sets.

Key words: Nanjido Landfill, multivariate statistical analysis, geophysical data, dendrogram

요약: 난지도 매립장 매립물의 특성을 조사하기 위해서 중력, 자력, LandSat TM 열적외선 밴드 자료, 매립장의 표면에서 측정된 침하량 자료 등을 다변량 통계분석기법을 응용하여 분석하였다. 분석에 이용한 자료들은 각기 상이한 깊이에 관한 정보를 제공하기 때문에 측정된 총 자력자료와 중력자료는 자구화변환된 자력이상과 매립장의 3차원 밀도분포로 각기 전환하였으며, 본 연구에서는 이 중 매립장의 상부층에 관한 정보를 이용하였다. 통계분석은 침하량 측정 지점들을 대상으로 수행하였으며, 이들 지점에서의 자구화변환 자력이상, 매립물의 밀도, LandSat TM 열적외선 밴드 값들은 내삽방법을 이용하여 구하였다. 자료분석에 사용한 다변량 통계분석 기법은 개체간의 기하학적인 거리를 이용하여 군집화하는 집락분석으로, 개체간의 거리 계산시 각 자료간의 상이한 측정단위가 주는 효과를 제거하기 위해서 사전에 표준화를 실시하였다. 군집화는 체계적 군집화 방법을 이용하여 수행하였다. 물리적 특성을 바탕으로 분류된 최적의 군집수는 수상도에서 나타난 결과에 따르면 총 6개의 군집으로 나타났다. 본 연구의 결과는 통합된 지구물리자료에 다변량 통계분석 기법을 적용함으로써 복합적인 쓰레기 매립장의 특성 규명이 가능함을 시사한다.

주요어: 난지도 매립장, 다변량 통계분석, 지구물리 자료, 수상도

서론

난지도 매립지는 서울시 마포구 상암동에 위치하며, 과거 15년(1978. 3.~1993. 3.)동안 서울에서 발생한 생활쓰레기 및 산업폐기물을 이곳에 매립하였다. 현재 난지도 쓰레기 더미는 평지 위에 약 85 m 높이의 두 개의 봉우리 형태로 형성되어 있으며 북서쪽 부분을 제 1 매립장, 남동쪽 부분을 제 2 매립장으로 구분하고 있다. 난지도 매립지는 매립 당시 위생 기

반시설의 구축이나 오염방지 시설을 제대로 설치하지 않은 채 운영되어 오늘날 침출수의 유출, 빗물 방제시설의 미비로 인한 기저 침출수위의 상승 현상 등이 나타나고 있으며, 이에 따른 매립장의 구조적 안정성에 대한 문제점들이 제기되어 왔다. 1992년 12월 서울시에서 “난지도 매립지 환경오염 방지 및 안정화 대책 기본계획”을 발표함으로써 난지도 매립지의 위생적 관리와 환경오염 방지 및 매립지의 재활용에 관한 연구가 활기를 띠기 시작하였으며, 그 일환으로

매립지의 현 상태를 정확하게 규명하고자 다양한 방법의 조사가 진행되고 있다.

난지도 매립지 및 그 주변 지역에 관한 지구물리학적 연구로는 권병두 등(1995)이 중력탐사와 자력탐사를 수행하여 난지도 매립지의 밀도분포를 구하고 중력 및 자력이상대에 대하여 정성적, 정량적 해석을 실시하였으며, Lee and Yoon(1995)은 슬럼프져 전기비저항탐사를 실시하여 매립물의 전기비저항 층서와 침출수 발생지역에 대한 연구를 수행하였다. 또한, 이기화 등(1996)은 매립장 상부에서 슬럼프져 전기비저항 탐사와 함께 동일 송수신기배열 시간영역 전자탐사를 실시하여 매립물의 특성과 지하구조를 연구하였다. 이 연구는 권병두 등(1995)이 측정한 중력 및 자력자료와 1990년도의 LandSat TM 열적외선 밴드 자료, 매립지의 표면에서 측정한 침하량 자료 등을 포함하는 복합자료에 다변량 통계분석 기법을 응용함으로써 난지도 매립물의 특성과 지역적 분포 양상에 대한 해석을 시도하였다.

탐사자료의 다변량 통계분석

자료의 특성과 변환

본 연구에서 이용한 자료는 중력자료, 자력자료, LandSat TM 열적외선 밴드 자료, 침하량 자료로 이중 중력과 자력자료는 권병두 등(1995)에 의해 개별적인 연구가 선행된 바 있다. Fig. 1은 난지도 매립지 일대의 지형도이며 (+), (·)는 각기 중력, 자력 측정점을 나타낸다. 중력자료는 난지도 매립지 상부와 그 주변

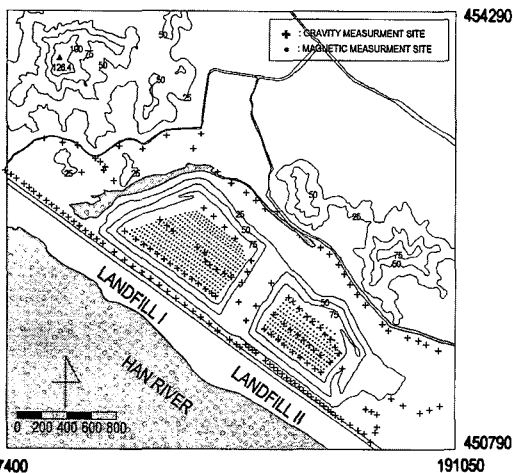


Fig. 1. Topographic map of the study area showing gravity (+) and magnetic (·) measurement points. Contour interval is 25 m. Numerals denote coordinates of TM projection system.

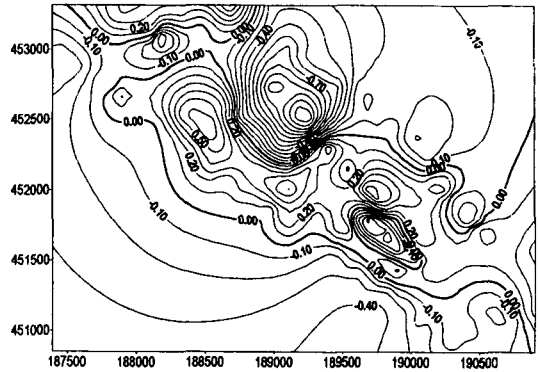


Fig. 2. Residual gravity anomaly map of the Nanjido Landfill and its vicinity. Contour interval is 0.1 mgal.

부에서 LaCoste-Romberg Model G 중력계를 이용하여 1994년에 취득되었다. 중력자료에 각종 보정을 실시한 후 광역중력이상을 제거한 국지중력이상은 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 중력자료는 천부부터 심부까지의 광범위한 심도에서의 밀도분포에 의한 효과를 종합적으로 반영하기 때문에 다변량 통계분석 시 가탐 심도가 비교적 얇은 다른 자료와 함께 사용하는 데에는 문제가 있다. 따라서 먼저 중력이상 자료로부터 3차원 밀도역산을 실시하여 매립지를 형성하

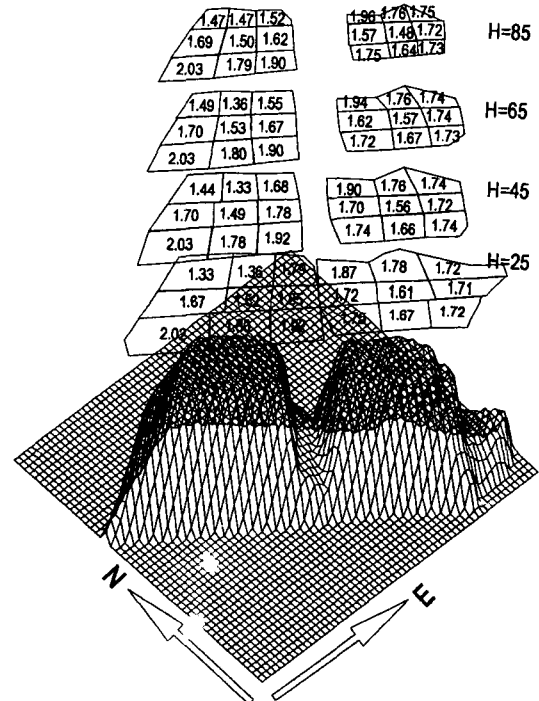


Fig. 3. Densities of each block of waste materials calculated by 3-D gravity inversion. Unit is g/cm³.

고 있는 매립물의 3차원 밀도분포로 전환하고, 표층부의 밀도분포 자료만을 취하여 다변량 통계분석에 이용하였다. 3차원 밀도역산은 난지도 매립지를 20 m의 두께를 갖는 총 72개 블록으로 나누어 수행하였으며, 계산된 매립물의 밀도는 1.33~2.03 g/cm³의 분포를 보인다(Fig. 3).

자력자료는 난지도 매립지 상부에서 Sintrex 사의 MP-2 핵 자력계를 이용하여 총 자기력의 형태로 취득되었으며, IGRF(International Geomagnetic Reference Field) 보정을 실시하여 국지적인 총 자력 이상을 계산하였다. 위치에 따른 매립물의 자력특성을 보다 상세히 분석하기 위하여 자극회환을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다. 자극회환된 매립지의 자력 이상은 4000~3500 nT의 범위를 보이며, 비교적 복잡한 형태의 자력 이상 분포를 보인다.

절대온도 0K 이상인 흑체는 외부로 전자기파의 형태로 에너지를 방출하며, 이렇게 방출되는 총 방사량은 Stefan-Boltzmann 법칙에 따라 다음과 같이 표현된다.

$$M = \int_0^{\infty} M(\lambda)d\lambda = \sigma T^4 \quad (1)$$

M: 총 방사량

M(λ): 분광대에 따른 방사량

σ: Stefan-Boltzmann 상수

T: 흑체의 절대온도

그러나, 실제 지표상의 방사체에서는 흑체에서와 같은 이상적인 방사가 일어나지 않는다. 동일한 온도에서 실제 방사체에서는 흑체 방사량의 일부만이 방사되며, 흑체의 방사량에 대한 방사체의 방사량 비율은 방사체의 방사율(emissivity)로 정의된다.

$$\epsilon = \frac{\text{특정온도에서 어떤 물체의 방사량}}{\text{동일한 온도에서 흑체의 방사량}} \quad (2)$$

따라서 지표 방사체의 총 방사량은 다음과 같이 표현된다.

$$M = \epsilon\sigma T^4 \quad (3)$$

LandSat TM 열 적외선 밴드에는 10.4~12.5 μm 과장 범위의 총 방사량이 기록되므로 열 적외선 밴드를 이용하여 지표의 절대온도에 대한 추정이 가능하다(Kiefer, 1994). 만일 위성자료 기록시간과 동일한 시각에 실제 지표온도를 몇 개의 지점에서 측정한다면 아래와 같은 관계식을 이용하여 기록된 수치(DN; digital number)를 지표온도로 변환할 수 있으므로 지표온도에 대한 정량적인 연구가 가능하다.

$$DN = A + B\epsilon T^4 \quad (4)$$

ε: 지표의 방사특성

A, B: 측정 시스템에 따른 상수

T: 지표의 절대온도

본 연구에서는 지표온도의 실측 자료가 없으므로

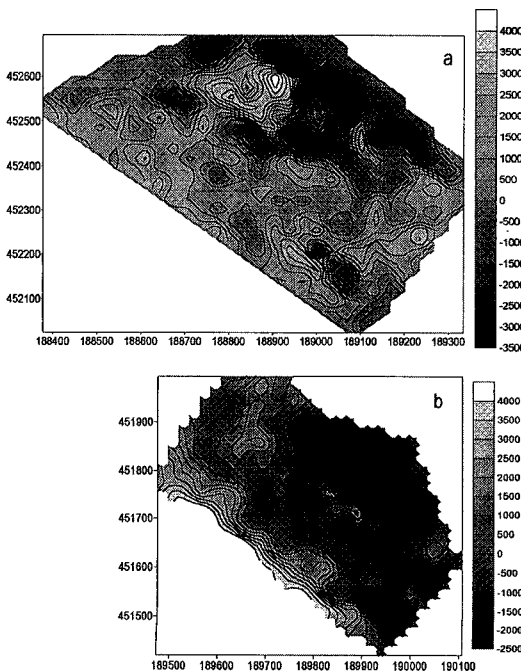


Fig. 4. Reduced-to-pole magnetic anomaly maps. (a) Landfill No.1. (b) Landfill No.2. Contour interval is 500 nT.

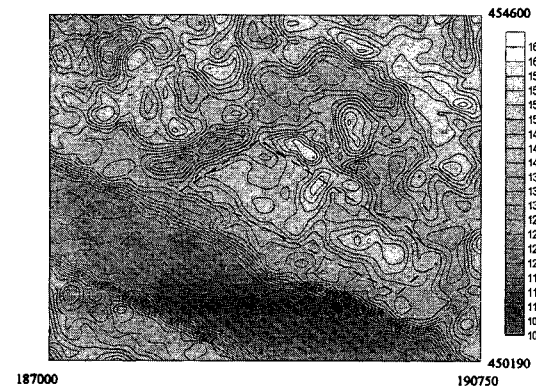


Fig. 5. LandSat TM thermal band (band 6) data of the Nanjido Landfill and its vicinity observed at the time of September, 1990. Contour interval is 3DN (digital number). Dashed line indicates the boundary of the Nanjido Landfill.

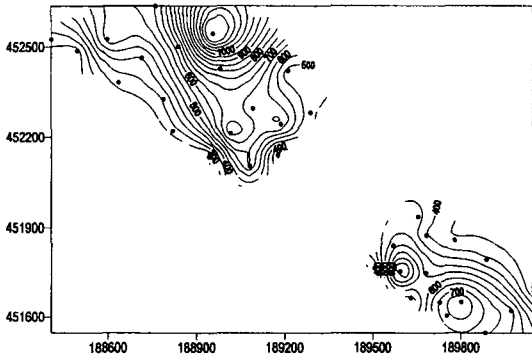


Fig. 6. Contours of depression measured on the Nanjido Landfill during 165 days in 1994.

열 적외선 밴드의 수치자료만을 이용하여 매립지내의 온도패턴을 정성적으로 추정하였다. 매립물의 방사특성이 동일하다고 가정하면 열 적외선 밴드가 나타내는 패턴을 지표의 온도패턴으로 생각할 수 있다. Fig. 5는 1990년 9월에 취득된 난지도 매립지와 그 주변부의 LandSat TM 열적외선 밴드 자료의 등치선도이다. 이 자료는 본 연구에서 이용한 다른 자료와 3년의 시간차가 있어 이용에 다소간의 문제점은 있으나 매립지 내에서 온도상승의 주요인이 매립물의 분해 및 부패과정에서 발생하는 반응열이므로 온도 변화는 3년이라는 기간 사이에 그리 크지 않을 것으로 판단된다.

Fig. 6은 1994년 165일 동안 매립지 상부 38개 지점에서 측정된 침하량 자료이다(서울시 난지도 매립지 안정화사업 기초조사 보고서, 1995). 매립지에서 나타나는 침하(depression)는 매립지 지반의 하강현상으로 매립과정에서 발생하는 다짐(compaction)과 매립지반 자체의 하중에 의한 압축(compression) 등의 기계적과정에 의한 침하와 매립물의 분해 및 부패 등의 물리, 화학적과정에서 발생하는 침하가 있으며, 그 외 산발적으로 발생하는 레벌링(raveling) 등이 있다. 이 중 하중에 의해서 유발되는 침하량은 매립지의 밀도분포와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 관측된 난지도 매립지의 총 침하량은 114~1362 mm의 범위를 보인다.

집락분석

쓰레기 매립장과 같이 매립물의 종류에 따라 다양한 반응을 나타내는 경우, 특정한 단일 탐사자료만으로는 매립물의 지역별 분포나 그 특성을 자세하게 연구하기가 쉽지 않을 뿐만 아니라 연구자에 따른 주관적 판단이나 해석 결과의 불확실성을 최소화하기가 어렵다. 최근 들어 다변량 통계분석(multivariate statistical analysis) 기법을 복합적인 지구물리자료에 적용하여 이러한 주관성과 불확실성을 최소화하려는

시도가 Vulkan and Duval(1993)에 의해 시도된 바 있다. 본 연구에서는 다변량 통계분석 기법 중 집락분석을 이용하여 난지도 매립지를 매립물 특성에 따라 지역적으로 구분하고, 구분된 각 지역의 매립물 특성을 분석에 이용한 자료를 기초로하여 규명하였다.

집락분석(cluster analysis)이란 다변량 분석 문제에서 개체들이 어떤 군집에 속하는지의 여부를 판정하는 방법으로 분류될 집단의 개수나 구성에 대한 사전 가정 없이 수행하는 분석방법이다(Shaw and Wheeler, 1985). 집락분석을 실시하는 방법과 개체간의 유사도(similarity)를 정의하는 방법은 매우 다양하다. 본 연구에서는 최소거리(minimum distance)를 이용하여 유사도를 정의하였다. p개의 자료로 특징지어지는 개체 n, m의 유사도를 최소거리를 이용하여 정의하면, 두 개체 n, m의 유사도는 개체간의 기하학적 거리 $d_{n,m}$ 에 반비례한다.

$$d_{n,m} = \left[\sum_{j=1}^p (x_{nj} - x_{mj})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

x_{nj}, x_{mj} : n, m개체가 갖는 변수 j의 값

$d_{n,m}$: n, m개체 사이의 기하학적 거리

이 연구에서 사용한 자료 중 측정 수가 가장 적은 침하량 자료를 기준으로 측정 지점 일대에 대한 보다 자세한 해석을 위하여 자극화변환 자력이상, 매립지 최 상부층의 밀도, LandSat TM 열적외선 밴드 자료 등은 내삽과정을 통하여 침하량 측정 지점에서의 값을 구하고 집락분석을 실시하였다(Table 1). 그러나 이들 탐사자료는 측정단위가 각기 상이함으로 그대로 사용할 경우 절대값이 큰 변화를 보이는 자료의 영향이 지나치게 반영되어 해석 결과가 왜곡될 수 있으므로, 자료의 표준화(standardization)를 통하여 측정단위가 주는 효과를 제거할 필요가 있다. 표준화는 아래 식(6)을 통해 수행되며 표준화된 자료는 평균이 0, 표준편차가 1인 자료로 변환된다.

$$z = \frac{(x - m)}{s} \quad (6)$$

x, z: 표준화될 변수의 값과 표준화된 변수의 값

m, s: 표준화될 변수의 평균과 표준편차

이렇게 표준화를 실시하면 각 탐사자료 본래의 측정값은 잃게되지만 값의 변화 패턴은 그대로 유지되며, 통계분석에 사용되는 모든 변수가 동일한 스케일(scale)의 통계적 특성을 가지게 되므로 특정 변수에 의해 유사도가 좌우되는 것을 막을 수 있다.

집락분석을 적용하여 군집화하는 방법으로 체계적 군집화 방법(hierarchical grouping method)을 이용하

Table 1. Variables used for cluster analysis

측점 번호	분석 자료			
	침하량 (mm)	밀도 (g/cm ³)	자극화변환 자력이상	열적외선 밴드자료
ss1	178	2.03	2040.05	146.5
ss2	114	1.99	1141.35	147.0
ss3	498	1.94	1852.95	148.5
ss4	533	1.68	-616.70	147.0
ss5	274	1.94	1858.55	147.5
ss6	336	1.81	1112.31	147.0
ss7	623	1.63	866.59	145.7
ss8	299	1.80	677.15	149.8
ss9	1362	1.50	-3095.53	144.9
ss10	273	1.71	1292.68	150.5
ss11	522	1.50	934.06	149.5
ss12	795	1.88	325.80	146.9
ss14	174	1.78	1749.9	148.7
ss15	752	1.63	-326.68	148.1
ss16	607	1.50	568.69	148.0
ss17	460	1.65	89.03	151.0
ss18	681	1.87	1975.30	153.0
ss19	611	1.76	856.01	151.0
ss20	263	1.61	143.90	152.0
ss21	462	1.76	1262.91	158.6
ss24	302	1.68	3130.16	150.7
ss25	533	1.76	389.173	154.5
ss26	481	1.71	616.433	150.2
ss27	827	1.65	2252.73	153.0
ss28	388	1.69	1238.63	154.4
ss29	459	1.62	4219.06	147.5
ss30	522	1.71	285.65	154.0
ss31	346	1.62	-1020.91	153.8
ss32	722	1.65	814.45	149.3
ss33	735	1.58	1955.37	147.5
ss34	813	1.65	182.71	151.0
ss35	407	1.68	-1722.29	152.6
ss36	655	1.69	-184.40	151.8
ss37	624	1.72	-717.57	153.6
ss38	289	1.75	-310.16	153.2

였다. 이 방법을 이용하여 군집화를 수행하면, 최초에 각 개체간의 거리를 계산하고 이 계산결과를 이용하여 가장 유사도가 높은 두 개의 개체를 하나의 군집(cluster)으로 결합한다. 다음으로 군집의 중심점을 계산하고 이를 이용하여 다시 각 개체간의 거리를 계산한 다음 유사도가 가장 높은 개체 혹은 군집을 새로운 하나의 군집으로 결합한다. 이러한 군집화과정은 모든 개체가 하나의 군집으로 결합될 때까지 계속되며, 각 개체가 군집으로 성장해 나가는 과정은 수상도(dendrogram)를 이용하여 분석할 수 있다.

집락분석 결과 및 해석

Fig. 7은 집락분석의 결과로 얻은 수상도이다. 수상도를 이용하여 최적의 군집 수를 판단하는 과정은 분

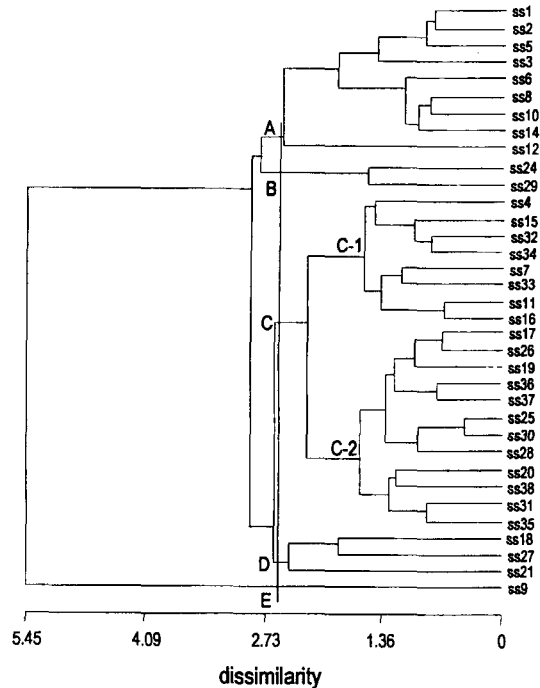


Fig. 7. The dendrogram constructed based on the minimum distance calculated in the cluster analysis. The dissimilarity value of 2.55 is taken as the classification level for main cluster groups.

류수준(classification level)을 어떻게 설정하는가에 따라 변화한다. 분류수준의 설정은 다분히 주관적이며 분류수준을 크게 설정하면 일반적인 트렌드에 가려서 세밀한 패턴이 나타나지 않으며 분류수준을 작게 설정하면 일반적인 트렌드가 작은 군집의 영향으로 나타나지 않는다. 이 연구에서는 2.55를 분류수준으로 설정하여 5개의 군집으로 구분하였는데, C 군집은 군집내에 분리가 비교적 높은 두 개의 군집이 존재하므로 이를 C-1, C-2 군집으로 다시 구분하였다(Fig. 8).

Table 2는 각 군집에서 나타나는 집락분석에 이용한 4개 자료의 최대값, 최소값, 평균값을 나타낸 것이다. 군집별 특성을 살펴보면, A 군집은 1 매립지의 남서쪽 경계부 지역으로 밀도가 높고 침하량이 적게 나타나므로 다른 지역에 비하여 구조적으로 안정된 지역으로 판단된다. 또한 자극화변환 자력이상 값이 다소 높게 나타나므로 자성이 큰 폐기물이 어느 정도 분포하는 것으로 판단된다. B 군집은 2 매립지의 남서쪽 경계부의 서쪽 부분에 해당되는 지역으로 밀도는 비교적 낮으나 적은 침하량을 나타내며, 매우 큰 자극화변환 이상치를 나타내므로 자성이 큰 산업폐기물이나 건축폐자재 등이 이 지역에 집중적으로 매립된

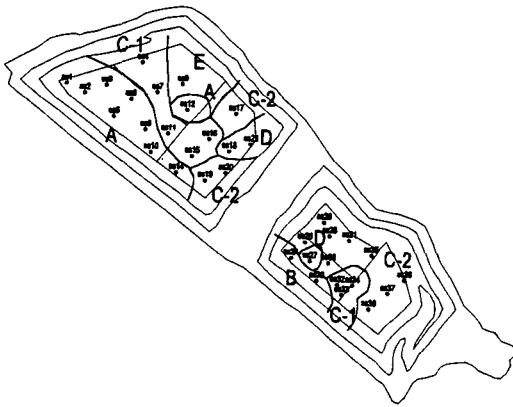


Fig. 8. Subdivision of Nanjido Landfill to classify upper part of waste materials showing different geophysical responses on the basis of the dendrogram in Fig. 7.

것으로 판단된다. C-1 군집은 1 매립지의 중앙부와 2 매립지의 남서 경계부의 동쪽 부분에 해당되는 지역으로 밀도가 낮고 비교적 큰 침하량을 보이므로 구조적으로 다소 불안정한 지역으로 판단되며 매립지의 외부 사면에서의 붕괴나 균열은 이 지역에서 발생할 가능성이 비교적 높은 것으로 판단된다. C-2 군집은 1 매립지의 남동 경계부와 북서 경계부의 일부 지역과 2 매립지의 중앙부와 북동 및 남동 경계부에 해당되는 지역으로 밀도와 침하량은 평균적인 수치를 나타내며, 주변에 비해서 다소 높은 온도를 나타내는 지역으로 매립물의 분해 및 부패가 다른 지역에 비해 활발한 것으로 판단되며, 자연적으로 분해 및 부패가 잘 일어날 수 있는 생활쓰레기는 주로 이 지역에 매립된 것으로 판단된다. D 군집은 1 매립지의 남동 경

계부의 일부 지역과 2 매립지의 서쪽 부분의 일부 지역으로 비교적 높은 밀도를 나타내나 침하량이 크게 나타나며, 다른 지역에 비해서 매우 높은 온도를 나타낸다. 또한 자극화변환 자력이상 값도 비교적 높게 나타나므로, 이 지역에는 다양한 종류의 매립물이 복합적으로 매립된 것으로 판단된다. E 군집은 다른 군집과의 유사도가 현저히 낮은 특이한 지역으로, 1 매립지의 북동부에 해당되며 밀도가 주변에 비하여 매우 낮고 큰 침하량을 나타내므로 구조적으로 가장 불안정한 지역으로 판단된다. 현재 이 지역 중앙부에는 주변에 비해 수 미터 정도 침하한 흔적이 남아 있어 육안으로 보아도 구조적으로 가장 불안정한 지역임을 알 수 있다. 하지만 측정자료의 부족으로 1 매립지 북부사면 일대가 E 군집이 나타내는 구조적 불안정성을 갖고 있는지는 확인할 수 없다.

결론

난지도 쓰레기 매립지 일대의 지질환경 연구의 일환으로 난지도 매립물의 규모와 물리적 특성 및 그 분포 양상을 조사하기 위하여 1994년 난지도 매립지의 상부와 주변 지역에서 취득된 중력자료와 자력자료, 1990년 9월 난지도 매립지 일대에 대한 LandSat TM 열적외선 밴드자료 그리고 1994년 165일간에 걸쳐 매립지 상부에서 측정된 침하량자료 등에 다변량 통계분석 기법인 집락분석을 적용하여 다양한 반응 특성을 보이는 이들 자료에 대한 종합적인 해석을 시도하였다. 분석에 이용된 자료들은 각기 상이한 깊이 에 관한 정보를 제공하기 때문에 비교적 유사한 심도의 특성을 나타내도록 자료를 변환하여 분석의 신빙

Table 2. Statistics of each cluster

분석자료	통계량	군집					E
		A	B	C-1	C-2	D	
	개체 수	9	2	8	12	3	1
침하량 (mm)	최대값	795	459	813	655	827	*
	최소값	114	302	522	263	462	*
	평균값	326.8	380.5	663.4	464.9	656.7	1362.0
밀도 (g/cm ³)	최대값	2.03	1.684	1.676	1.765	1.869	*
	최소값	1.706	1.618	1.501	1.61	1.645	*
	평균값	1.875	1.651	1.602	1.697	1.757	1.5
자극화변환 자력이상 (nT)	최대값	2040.1	4219.1	1955.4	1238.6	2252.7	*
	최소값	325.8	3130.2	-616.7	-1722.3	1262.9	*
	평균값	1339.0	3674.6	547.3	-28.0	1830.3	-3095.5
열적외선 밴드 자료	최대값	150.5	150.7	151	154.5	158.6	*
	최소값	146.5	147.5	145.7	150.2	153	*
	평균값	148.0	149.1	148.3	152.7	154.9	145.0

성을 높이도록 하였다.

매립지에서 얻은 지구물리자료는 각기 상이한 물성에 관한 정보를 제공한다. 중력자료는 밀도에 관한 정보를, 자력자료는 자성에 관한 정보를 그리고 열적 외선 자료는 표면온도에 관한 정보를 각기 제공하는데, 이 자료들을 개별적으로 분석하여 지역적 분포특성을 조사할 경우 일차원적인 해석에 그치게됨으로써 신빙성이 높은 해석 결과를 기대하기 힘들다. 하지만 이 자료들을 복합적으로 이용하여 종합적인 분석을 할 경우 해석 결과에 대한 신뢰성을 높이고, 연구자의 주관적 판단을 최대한 배제할 수 있다는 장점이 있는 것으로 생각한다.

집락분석의 결과로 나타나는 난지도 매립지 매립물의 물성과 지역적 분포특성을 살펴보면, 1 매립지의 남서쪽 경계부는 밀도가 높고 침하량이 적게 나타나므로 다른 지역에 비하여 구조적으로 안정된 지역으로 판단된다. 또한 자극화변환 자력이상 값이 다소 높게 나타나므로 자성이 큰 폐기물이 어느정도 분포하는 것으로 판단된다. 2 매립지의 남서 경계부의 서쪽 부분은 밀도는 비교적 낮으나 적은 침하량을 나타내며, 매우 큰 자극화변환 이상치를 나타내므로 자성이 큰 산업폐기물이나 건축폐자재 등이 이곳에 집중적으로 매립된 것으로 판단된다. 1 매립지의 중앙부와 2 매립지의 남서 경계부의 동쪽 부분은 밀도가 낮고 비교적 큰 침하량을 보이므로 구조적으로 다소 불안정한 지역으로 판단되며 매립지의 외부 사면에서의 붕괴나 균열은 이 지역에서 발생할 가능성이 비교적 높은 것으로 판단된다. 1 매립지의 남동 경계부와 북서 경계부의 일부 지역과 2 매립지의 중앙부와 북동 및 남동 경계부는 밀도와 침하량이 평균적인 수치를 나타내며, 주변에 비해서 다소 높은 온도를 나타내므로 매립물의 분해 및 부패가 다른 지역에 비해 활발한 것으로 판단되며, 자연적으로 분해 및 부패가 잘 일어날 수 있는 생활쓰레기는 주로 이 지역에 매립된 것으로 판단된다. 1 매립지의 남동 경계부의 일부 지역과 2 매립지의 서쪽 부분의 일부 지역은 비교적 높은 밀도를 나타내나 침하량이 크게 나타나며, 다른 지역에 비해서 매우 높은 온도를 나타낸다. 또한 자극화변환 자력이상 값도 비교적 높게 나타나므로, 이 지역에는 다양한 종류의 매립물이 복합적으로 매립된 것으로 판단된다. 1 매립지의 북동부는 밀도가 주변에 비하여 매우 낮고 큰 침하량을 나타내므로 구조적으로 가장 불안정한 지역으로 판단된다.

이상과 같은 해석 결과는 매립 당시 구역별 매립물의 종류나 그 특성에 관한 확실한 기록이 남아 있지

않는 난지도 매립지의 효율적인 관리나 차후 이 지역의 이전 또는 이용계획을 수립하는데 있어 유용하게 이용될 수 있으리라 판단된다.

사 사

이 연구는 대학부설 기초과학연구소 학술연구조성비 지원으로 이루어진 연구과제(과제번호:BSRI-95-5407)의 일부로 연구비를 지원해 주신 관계기관에 감사드립니다.

참고문헌

- 권병두, 김차섭, 정호준, 오석훈, 1995, 난지도 매립지 및 그 주변의 지질환경 연구: 중력 및 자력탐사. 한국자원환경지질학회지, 28(5), 469-480.
- 서울특별시, 1994, 난지도 매립지 안정화사업 기초조사 보고서.
- 서울특별시, 1995, 난지도 매립지 안정화사업 기초조사 보고서.
- 이기화, 권병두, 오석훈, 김차섭, 1996, 난지도에 인접한 한강변에서의 쌍극자-쌍극자 전기탐사. 한국자원환경지질학회지, 29(3), 335-343.
- 이기화, 권병두, 정호준, 1996, 난지도 매립장 전기·전자탐사. 대한지하수환경학회지, 3(2), 95-100.
- Benson, R. C., Glaccum, R. A. and Noel, M. R., 1983, Geophysical techniques for sensing buried waste and waste migration. Technos. Miami, 236 p.
- IAGA Division V, Working Group 8, 1992, International Geomagnetic Reference Field, 1991 Revision, EOS, 73.
- Kaufman, A. A., 1992, Geophysical field theory and method: Part A, Gravitational, Electric, and Magnetic Fields. Academic Press, New York, 581 p.
- Kiefer, L., 1994, Remote sensing and image interpretation. 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 750 p.
- Koch, K. R., 1987, Parameter estimation and hypothesis testing in linear models. Springer Verlag, New York, 378 p.
- Lee, K. and Yoon, J. R., 1995, Electrical explorations in and around the Nanjido waste landfill, J. Korean Society of Ground Water and Environments, 2, 64-71.
- Schowengerdt, R. A., 1983, Techniques for image processing and classification in remote sensing. Academic Press, London, 249 p.
- Shaw, G. and Wheeler, D., 1985, Statistical techniques in geographical analysis. John Wiley & Sons, New York, 364 p.
- Vulkan, U. and Duval, J. S., 1993, Multivariate statistical analysis of geophysical data in Nevada. Geophysics, 58, 749-755.
- Ward, S. H., 1990, Geotechnical and environmental geophysics. Investigation in Geophysics No. 5, Society of Exploration Geophysicists, 343 p.