

우리 나라 토양의 입도특성

The Particle Size Distribution of Korean Soils

우철웅* · 장병욱

Woo, Chull-Woong* · Chang, Pyoung-Wuck

Abstract

In this study, a grouping of particle-size distributions(PSDs) by means of the fuzzy c-means clustering method(FCM) was presented. The classification was performed with the whole and the major soil series representing pedological origin. In case of the major soil series, PSDs were clustered as 2~4 groups and the characteristics of clustering results were quite different between the soil series. It was found that the characteristics of PSDs at center of each class can be explained by formation process of each soil series. In case of whole soil data, PSDs were classified to 8 classes in which 4 classes were single mode and 4 classes were bimode distributions. Through this study, it is concluded that pedogenetic process is a plausible explanation for grain size distribution of soils.

keywords : Fuzzy clustering, Grain size distribution, Pedological origin

I. 서론

관개계획, 유출해석, 농업비점원 오염 등에서 가장 중요한 변수는 토양의 포화 및 불포화 수리전도도(hydraulic conductivity)인데 이는 토양의 입경분포와 매우 밀접한 관련이 있다(Amer and Awad, 1974). 이외에도 토양의 입도분포가 간극률, 밀도 등 여러 물리적 특성과 밀접한 관련이 있다는 사실은 잘 알려져 있다. 또한, 토성에 대한 정보는 농지의 적합성을 평가하거나 정교한 파종 및 시비의 계획에도 이용될 수 있다. 따라서, 토성의 공간적 분포 및 그 불확실성을 어떻게 표현하고 반영할 것인가가 여러 연구에 중요하게 다루어지고 있다(Bechini et al., 2003).

토양의 물리적 특성의 공간적 분포 및 변이는 토성의 공간적 변이와 매우 밀접한 관련이 있다. 여러 연구자들이 토성의 공간적 변이를 krigging 기법으로 표현하였다.(Park 등, 1984) 이러한 접근방법의 가장 큰 문제점은 공간적 분포를 추정할 수는 있으나 이 결과의 불확실성을 고려할 수 없다는 점이다. 비감독 패턴 분류방법인 Fuzzy C-means(FCM) 클러스터링 기법은 자료의 군집화 방법이며 각 데이터를 퍼지 집합의 소속값으로 표현할 수 있어 토성분포의 공간적 변이와 불확실성을 동시에 고려할 수 있다. 따라서, 토성의 공간적 변이의 불확실성과 입도분포의 군집적 특성의 분석에 FCM 기법이 유용하게 적용될 수 있다. 이에 본 연구에서는 FCM 기법을 이용하여 우리나라 토양의 입도분포의 군집화하였다. 이를 통하여 토양의 형성과정에 따른 토성의 차이를 정량화하고 토양 입도의 변이에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 토양 데이터베이스

본 연구에 사용된 토양 데이터베이스는 농촌진흥청(RDA,1992)에 의해 발표된 자료로부터 불완전하거나 잘못된 데이터를 제외하고 351개의 토양통으로부터 구해진 모두 1453개의 토층에 대한 자료이다. 이 입도는 유기물을 제거하기 위한 과산화수소로 처리한 후에 세립분은 피펫법으로 조립분은 체가름으로 얻어진 자료이다. 입자의 크기에 따른 분류는 USDA 표준을 따르고 있으며 미사질 양토(24.2%), 양토(20.2%), 사양토(16.7%) 및 미사질 사양토(15.8%)가 우세하다. 이러한 토성의 분포는 Leij 등(1999)의 UNSODA 데이터베이스, Nemes 등(1999)의 HYPRES 데이터베이스와 유사하다. Table 1은 데이터베이스의 개요이며 Fig. 1은 삼각 토성 분포도에 도시한 결과이다.

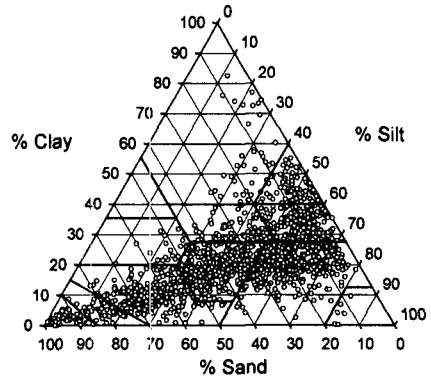


Fig. 2 Textural composition of the soil data set

2. Fuzzy c-means 클러스터링

FCM은 크리슝(crisp) 분류라고도 하는 통상적인 분류에서는 무시되는 군집의 부정확성을 군집 사이의 점진적 천이를 이용하여 퍼지적으로 표현한다. 이러한 퍼지 분류법이 전통적 분류법보다 더 많은 정보를 준다. 보통 퍼지 분류는 덜 정교한 데이터가 새로운 입력자료로 사용되더라도 정보의 내용을 보다 잘 보존하기 때문에 일반적인 분류보다 더 일관성 있는 결과를 보인다.

FCM 알고리즘은 퍼지 클러스터링 알고리즘 중에서 가장 폭넓게 사용되는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 C-means 클러스터링 방법의 확장이다. C-means 클러스터링의 목적함수는 다음과 같이 정의된다.

$$J(M, c) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c m_{ij} d^2(x_{iv}, C_{jv}) \quad (1)$$

여기서, C 는 $c \times p$ 크기의 클래스 중심의 행렬이며 $d^2(x_{iv}, C_{jv})$ 는 x_{iv} 와 C_{jv} 사이의 거리이다. 주어진 거리 척도에 따라서 이 목적함수를 최소화하는 클래스 중심을 찾는 것이다.

III. 결과 및 고찰

우리나라의 토양분류는 지형과 풍화산물의 유형에 따라 8가지의 대토양군으로 나누고 있다. 이들 대토양군은 하성평탄지, 홍적대지, 곡간 및 선상지, 산록경사지, 구릉지, 산악지, 용암지대, 하해혼성 평탄지이다(RDA, 1992). 토양의 형성과정(pedogenetic process)은 지형인자에 의해 직접적으로 영향을 받으며(Moore et al., 1993) 지형의 변화는 토층의 변화에도 영향을 준다(Lark, 1999). 각 클래스간의 심도의 차이에 대한 유의성은 t-test를 이용하여 유의수준 0.05 수준에서 검증하였다.

하성평탄지 토양에 대한 분석결과는 Fig. 2와 같다. 하성평탄지의 토양은 3개의 클래스로 구분되

는 것으로 나타났으며 심도에 따른 입도특성이 뚜렷하게 나타나고 있다. 클래스간의 심도의 차이는 class A와 class C간에 유의성이 인정되었다. 따라서, 지표면에는 세립인 실트질이 우세하며 가장 깊은 층에 조립모래가 우세한 층이 위치하고 있다고 할 수 있다.

홍적대지 토양에 대한 분류결과는 Fig. 3과 같이 크게 둘로 구분되었으며 입도분포는 비대칭적이다. 두 개의 입도 분포에서 가장 큰 차이는 세립분의 함량으로서 낮은 심도의 층에서 세립분의 함량이 크게 나타나고 있다. 두 클래스간의 깊이 차이는 0.05 수준에서는 유의성의 차이가 인정되지 않았다. Rim and Choi(1984)은 홍적층의 표토에서는 점토의 기계적 이동으로 인하여 점토분의 함량이 심도에 비해 적다고 하였는데 이러한 특징을 FCM 결과에서는 찾을 수 없었다. 따라서, 점토의 기계적 이동이 홍적대지 토양의 전체적 특징은 아니라는 것을 알 수 있다.

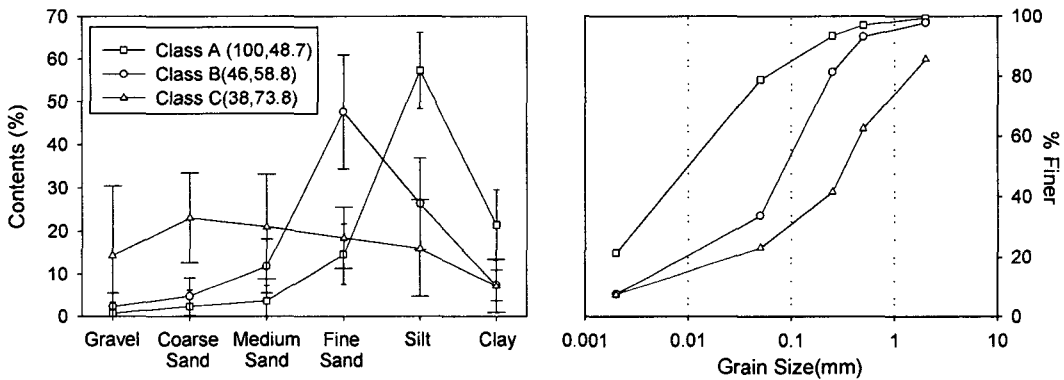


Fig. 2. Representative PSDs of the alluvial deposit

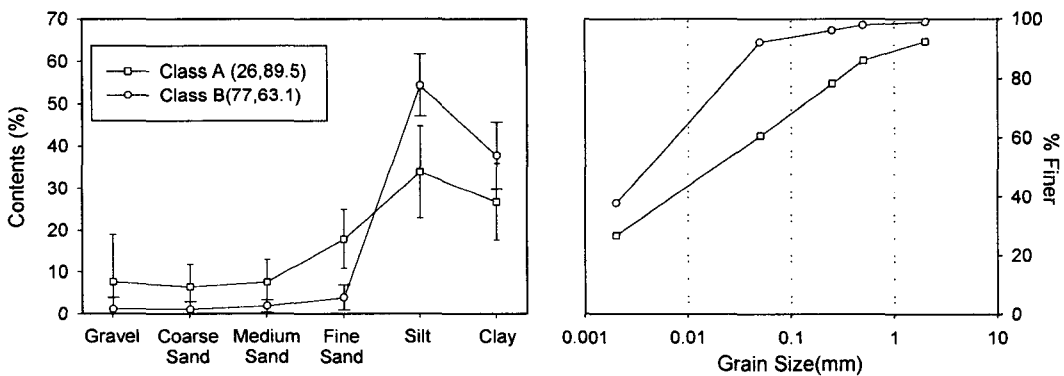


Fig. 3. Representative PSDs of the diluvial terrace

IV. 결론

본 연구에서는 우리나라 토양의 입도 분포특성을 구명하기 위하여 Fuzzy c-means 클러스터링 기법으로 군집화하였다. 연구결과로부터 도출된 성과는 다음과 같다.

- 가. 성인에 따른 대분류별을 기준으로 군집화를 시도한 결과, 성인 별로 2개에서 4개 사이의 입도분포의 군집화가 가능하였다.
- 나. 군집결과는 토양의 성인에 따라 차이가 있으며 이들 입도의 군집은 각 토양의 생성과정과 연관을 갖고 있었다. 결국, 토양의 입도 분포는 토양의 생성과정에 따라 달라진다는 것을 알 수 있었다.
- 다. 하성평탄지 토양에서는 입도가 심도에 따른 등급이 뚜렷하게 나타났으며 이외의 토양에서는 입도분포와 심도간의 유의성은 없었다.

References

1. Amer, A.M. and A.A. Awad, 1974. "Permeability of cohesionless soil," *J. Geotech. Eng. Div., ASCE*, Vol. 100(12), pp.1309-1316.
2. Bechini, Luca, S. Bocchi, and T. Maggiore, 2003. "Spatial interpolation of soil physical properties for irrigation planning. A simulation study in northern Italy," *European J. of Agronomy*, Vol. 19, pp.1-14
3. Bezdek, J. C. 1981, *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*. Plenum Press. New York.
4. Lark, R.M. 1999, Soil Landform relationships at within-field scales:an investigation using continuous classification. *Geoderma*, Vol.92, pp.141-165
5. Leij, F.J., W.J. Alves, M. Th. Van Genuchten, and J.R. Williams. 1999. "The UNSODA unsaturated soil hydraulic database," *Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media*, M. Th. Van Genuchten et al.(ed.), Univ. of California, pp.1269-1281.
6. Moore, I.D., P.E. Gessler, G.A. Nielson, G.A. Peterson. 1993. "Soil attribute prediction using terrain analysis," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 53, pp.443-452.
7. Nemes, A.J., H.M.W. Sten, A. Lilly, and J.H. Oude Voshaar. 1999. "Evaluation of different procedures to interpolate particle-size distributions to achieve compatibility within soil databases," *Geoderma*, 90:187-202.
8. Park Chang-Seo, Jai-Joung Kim, and Seong-Jin Cho. 1984. "Analysis of Spartial Variability for Particle Size Distribution of Field Soils," *J. Korean Soc. Soil. Sci. Fert.*, Vol.17(3), pp.212-217 (in Korean)
9. Rim, S.K., and J. Choi. 1984. "The development and characteristics of diluvial soils on the catena," *Korean J. Soc. Soil. Sci. Fert.*, Vol. 17(3), pp.200-206. (in Korean)
10. Rural Development Administration. 1992. *Official soil series description*. Suwon. Korea. (in Korean)