

Short communication

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2018.51.4.564>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

The Use of Useful Statistics of Soil Texture According to Standardized Depth Between Two Digital Soil Maps

Yeonkyu Sonn*, Woori Go, Sangho Jeon, Byungkeun Hyun, Minsan Im, and Sungang Yun
Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: sonnyk@korea.kr

ABSTRACT

Received: October 8, 2018
Revised: November 18, 2018
Accepted: November 19, 2018

In Korea, a soil survey was conducted at a scale of 1: 5,000, and classification was performed based on USDA's Soil Taxonomy. Now the computerized soil map is in use. DSM work has been performed based on the soil map. Even so far, we have been building DBs in various ways and trying DSM continuously. Since 2002, data can be found on the Internet through the Korean soil information system (heugtoram) and it is also available on mobile system. Based on the 1: 5,000 scale, various detailed thematic maps are produced. The useful information has been provided to farmers, policy makers, and researchers. The basic data of the soil was used around 1970. In 2014, we tried to compare it with the newly upgraded data. R program was used to generalize the texture data (sand, silt & clay content) of soil depth. Conversion of vector data (polygon, shp file) of soil map into raster data (30 m) was performed. Soil texture data for depth were generalized to 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100, 100-200 cm for sand, silt and clay contents and tried to compare the difference of the results. The number of polygons was the same in both sand, silt and clay contents. The total number of polygons was 1,381,126 and the number of polygons contained in the soil series was 1,308,700. As the depth increased, soils with rocks or shallow soils were not shown. Mean, standard deviation and mean deviation were analyzed for comparisons of DSM. The standard deviations were very variable and difficult to compare. The results were different from those obtained when the mean deviation was used. To compare the differences between the two maps, by converting the state in which a negative number exists to an absolute value, the average deviation to be performed is more uniform.

Keywords: Soil map, Soil series, DSM, spline, Mean deviation

Comparison between standard and mean deviation of sand content.

Depth(cm)	Map 1		Map 2		Map2 - Map1	
	SD	MD	SD	MD	SD	MD
	Sand					
0-5	23.85	19.88	22.96	18.94	13.02	9.29
5-15	23.61	19.85	22.89	18.98	12.36	8.87
15-30	24.43	20.31	23.40	19.45	12.40	8.94
30-60	26.07	21.61	25.04	20.80	12.13	8.79
60-100	27.77	23.53	27.28	23.05	13.72	9.60
100-200	28.61	24.59	28.51	24.43	11.99	6.94
	Silt					
0-5	17.39	14.29	16.67	13.58	10.96	7.93
5-15	17.15	14.07	16.47	13.44	10.64	7.72
15-30	17.53	14.57	16.63	13.66	11.07	7.99
30-60	18.06	14.80	17.52	14.47	11.11	8.03
60-100	18.94	15.83	18.39	15.29	11.93	8.12
100-200	19.37	16.50	19.46	16.52	10.81	5.84
	Clay					
0-5	9.79	7.86	8.90	7.16	7.46	5.58
5-15	9.89	7.79	9.08	7.30	6.98	5.12
15-30	11.42	8.76	10.38	8.16	7.48	5.31
30-60	12.98	10.17	12.15	9.71	7.29	5.02
60-100	13.82	10.91	13.20	10.97	7.85	5.37
100-200	14.39	11.39	13.13	10.93	6.94	3.91

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.



Introduction

우리나라는 1:5,000 축척으로 토양조사가 이루어졌으며, USDA의 Soil Taxonomy (ST)에 기초하여 분류를 수행하였다. ST는 1965년부터 미국내에서 시작하여 1975년에 7차 시안 (7th approximation)을 내면서 전세계에 발간·배포되기 시작하였다. 토양분류라 함은 그 토양의 특성을 명확히 하고 토양들 간의 비교를 가능하게 하여 결국에는 인간이 이용 또는 관리하는데 도움을 주는 것을 목적으로 하고 있다 (Jung, 1996).

토양조사는 i) 현장에서 육안관찰에 의해 단면의 특성과 단면 외적인 특성들을 조사하고, ii) 표준화된 분석방법에 따라 육안으로는 판별할 수 없는 물리·화학적 및 점토광물학적 특성 등을 조사하여 육안관찰 특성들과 함께 표준화된 분류방법에 의거하여 토양의 분류를 수행하고, iii) 이러한 결과를 정리하여 토양도를 만들어내고, iv) 이들 토양도와 그 특성들을 모두 활용하여 토양의 변화를 예측하고 이를 토대로 하여 토지이용 등을 평가하거나 예측을 하는데 그 목적이 있다. 최근들어 Soil survey manual (USDA, 2017) 이 개정되면서 v) 정보의 효율적인 저장 및 활용이 추가되었다.

우리나라는 남한 전체에 대하여 (일부 도서지역 및 민통선 해제지역 제외) 모든 토양특성들을 포함하여 토양도를 전산화하여 이제는 활용단계에 이르고 있다. 2002년부터 토양정보시스템을 통해 자료를 인터넷에서 확인할 수 있으며, 지금은 모바일까지 확장되어 있고, 1:5,000 축척에 기초하여 다양한 세부 주제도를 만들어내어 유용한 정보를 농가, 정책입안자, 연구자 등에게 정보를 제공하여 왔다.

또한 세계적인 추세에 발맞추어 토양도에 기초하여 DSM (Digital Soil Mapping) 작업을 수행하여 왔으며 지금까지도 지속적인 활용을 위해 다양한 방법으로 DB를 구축하고 있고 또한 DSM을 시도하고 있다.

공간토양정보를 예측하는데 있어 SCORPAN 모델 (McBratney, 2003)을 사용한다. 이 모델은 다음 Eq. 1과 같다.

$$S_c = f(S, C, O, R, P, A, N) + e \quad (\text{Eq. 1})$$

S_c : Soil classes and soil attributes

S : soil (existing maps, site data)

C : Climate (rainfall, temperature etc. maps)

O : Organisms (vegetation, land use etc. maps)

R : Relief (elevation, terrain derivatives (TWI, curvature etc.), landforms etc.)

P : Parent Material (geology, regolith)

A : Age (radiometrics, weathering indices (GA), etc.)

N : Spatial position, location (coordinates, spatial variability)

e : spatially correlated residuals

Fig. 1은 구축되어 있는 공간정보를 예측하는데 있어 데이터의 유용성에 따라 최선의 접근방법을 나타낸 것이다 (Minasny and McBratney, 2010).

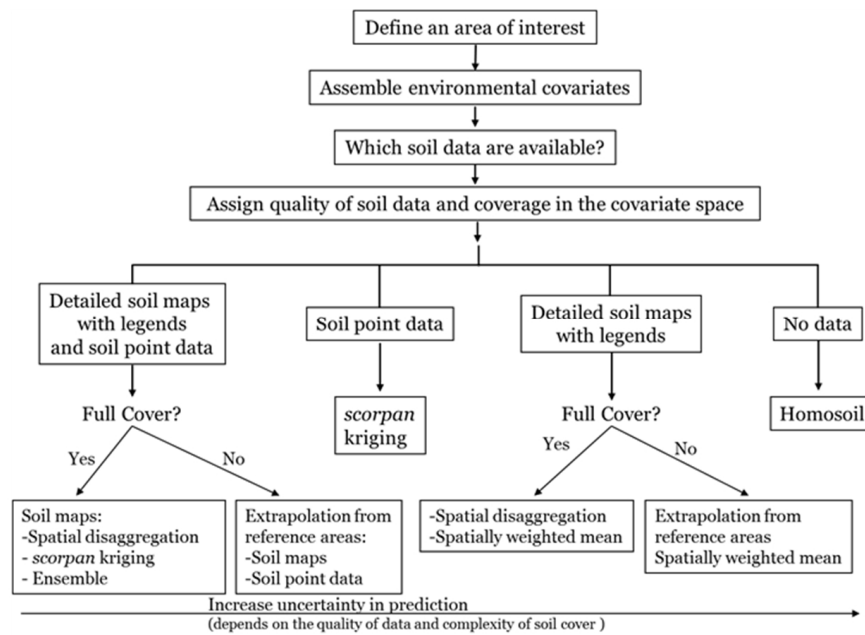


Fig. 1. The best approach depends on data availability.

우리나라의 경우 토양 특성들 중에서 토양유기탄소 및 토성 자료에 대하여 6개의 표준깊이별로 DSM을 작성한 바 있다 (Hong et al., 2008; 2012). DSM작업은 상당한 시간이 소요되는 작업이며 워크스테이션 이상의 컴퓨터로 경우에 따라 며칠씩 소요되기도 하는 방대한 작업이다. 세부정밀토양조사가 끝난 1999년을 기점으로 하여 390개의 토양통으로 구성되어 있었으나, 15년이 지난 2014년을 기점으로 토양통들의 성적이 많이 변경되었으며, 토양통의 개수 또한 405개로 늘어났다.

본 연구에서는 DSM을 세분하여 분석하는 것보다 15년 동안에 개선된 토양도에 대하여 토양 물리적 특성 중 가장 중요한 토성이 어떻게 바뀌었으며 어떻게 비교하는 것이 합리적인가에 초점을 맞추어 비교·검토를 수행하였다.

Materials and Methods

수치토양도에 토양속성 연결 토양의 기본자료는 1:5,000 축척으로 되어 있는 2017년도 수치세부정밀토양도를 이용하였으며, 1999년 전후의 속성자료 (토양통 390개)와 15년 후인 2014년에 새로 업그레이드된 속성자료 (토양통 405개, 일부 토양통 성적 변경, 인위토양 11개, 독도통 등 4개 추가)와의 비교를 시도하였다. 우선 수치 토양도에 390, 405개의 속성자료를 table join (결합)시켰다. 토양통들은 모두 층위가 다르게 되어 있어 R 프로그램을 이용하여 각각의 토양통 별로 층위별 토성 (모래, 미사, 점토함량)에 대한 자료를 quadratic spline 기법을 이용하여 최적화하였다 (Fig. 2). 최적화는 깊이별 토성 자료인 모래, 미사, 점토함량별로 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100, 100-200 cm로 수행하였다. 깊이에 따라 암반이 존재하거나 토심이 얇을 경우는 spline으로 추정시 가장 낮은 깊이까지만 수행하였다. 두 가지의 지도별로 polygon의 개수를 비교하였으며, 두가지 지도 모두 래스터 형태로 변환하여 년차별 자료를 이용할 수 있게끔 하였다.

```

○ Read Data
- korean.data <- read.table("soil2.csv", sep=",", header=TRUE)

○ Read available package
- install.packages("Cubist")
install.packages("ithir", repos = "http://R-Forge.R-project.org")
library(aqp)
library(ithir)
colnames(korean.data)
depths(korean.data) <- series_1 ~ upper + below
str(korean.data)
korean.data@site # List of soil series

○ Data transformation of standard depth
- korean.data.splines <- ea_spline(korean.data, var.name = "sand",
d = t(c(0, 5, 15, 30, 60, 100, 200)), lam = 0.1, vlow = 0)
- str(korean.data.splines)
- plot_ea_spline(korean.data.splines, maxd=100, type = 3, plot.which = 1,
label = "001_Abgog Series: sand")

```

Fig. 2. R Programming for data optimization of standard depth.

벡터의 래스터 변환 이렇게 계산된 수치토양도는 벡터 형태 (polygon, shp파일)의 자료이므로 ArcGIS 프로그램을 이용하여 래스터 (30 m 격자) 형태의 자료로 변환을 수행하였으며 그 결과값의 차이를 비교하였다. 비교를 위하여 래스터값의 개수에 $30 \times 30 = 900 \text{ m}^2$ 면적에 개수를 곱하여 토양통의 면적을 구하였으며, 일반적인 표준편차 (Eq. 2) 및 평균편차 (Eq. 3)를 이용하여 계산하였다.

$$\text{Standard Deviation} = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{n - 1} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Mean Deviation} = \frac{\sum |X_i - \bar{x}|^2}{n} \quad (\text{Eq. 3})$$

Results and Discussion

토양통별 6개의 깊이별로 최적화를 위해서는 spline기법을 이용하였다. Spline 기법은 원래의 값을 거의 변형하지 않고 표준 깊이에 맞추어 추정하는 기법으로 kriging (크리깅)이나 IDW (Inverse Distance Weight; 역거리가중치법) 보다 정확하게 추정하는 방식이다. Fig. 3은 모래함량에 대하여 6개의 깊이별로 추정한 값과 실측값을 비교한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 Spline 예측치와 실측치간의 비교는 1:1 line에 거의 일치하는 경향을 보였다.

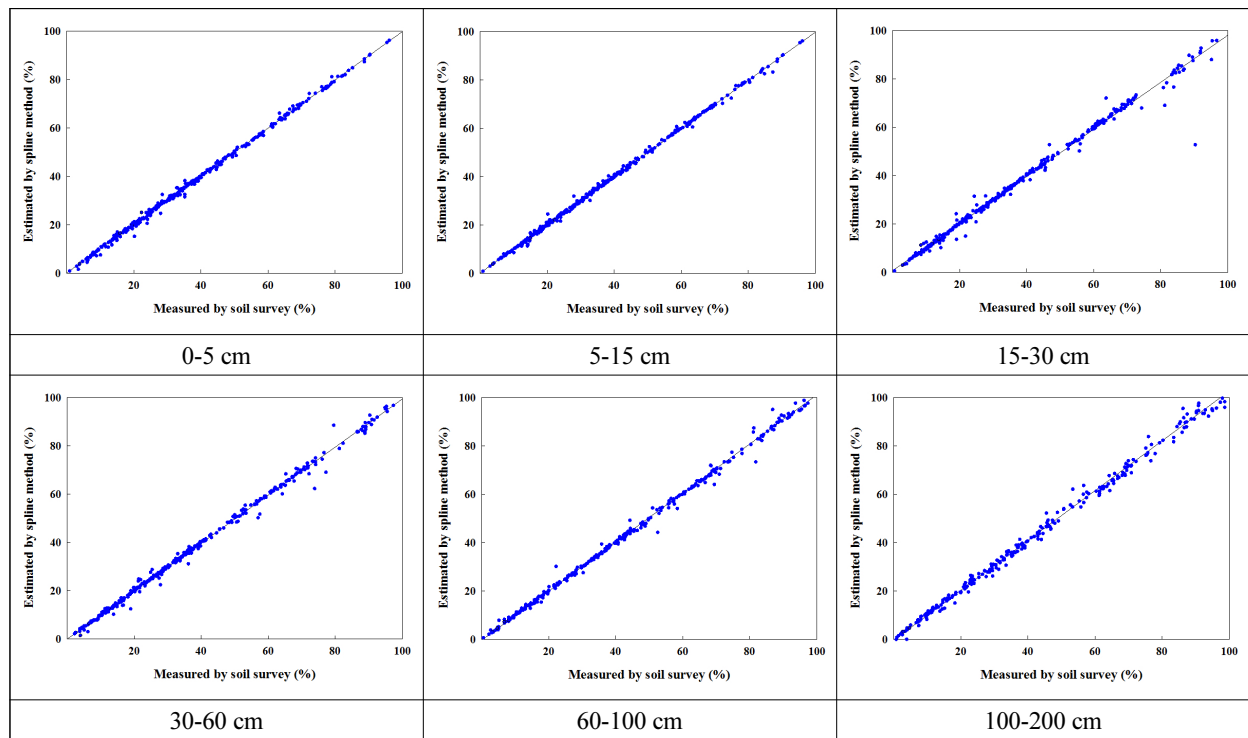


Fig. 3. Scatter plot of recently measured and predicted spline results on sand content from 6 depth.

Table 1은 spline 기법을 이용하여 토양통별로 분석한 결과이다. 모래, 미사, 점토 함량 모두 polygon의 개수는 동일 하였으며 두 지도간의 차이만 존재하였다. 1999년 조사 이후 오래된 지역이나 토지이용이 많이 바뀐 지역에 대한 조사를 수행한 결과가 추가되어 토양통들이 세분되어 조사된 결과이며, 깊이가 깊어질수록 암반이 존재하는 토양이거나 토심이 얇은 토양들이 일부 있어 polygon의 개수가 적어지는 결과를 보였다.

Fig. 4는 a: 모래함량, b: 미사함량, c: 점토함량에 대하여 두가지의 지도와 차이를 나타낸 그림이다. 두 지도의 모래, 미사, 점토함량 모두 범례를 0-100%까지로 두었으며 두 지도의 차이 그림은 범례를 -50-40까지로 두었다.

우리나라에서 조사된 토양 면적은 9,558,755 ha로 나타났다. Table 2는 토성별로 각각의 지도와 그 기술통계량을 비교하였다. Table 3에서는 모래, 미사, 점토함량별 표준깊이에서의 표준편차와 평균편차를 비교하였다. 모래함량의





















Table 1. The number of polygon about two maps.

Soil Texture	depth (cm)	Number of polygon		
		Map 1*	Map 2**	Map 2 - Map 1
	0-5	1,308,700	1,308,730	1,308,700
	5-15	1,308,700	1,308,730	1,308,700
	15-30	1,305,916	1,308,730	1,305,916
	30-60	1,294,173	1,304,754	1,294,173
	60-100	1,235,891	1,292,358	1,235,891
	100-200	696,523	1,246,331	696,278

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

표준편차와 평균편차는 Map1에서 23.61-28.61, 19.85-24.59, Map2에서 22.89-28.51, 18.94-24.43으로 나타났으며, 미사함량의 표준편차와 평균편차는 Map1에서 17.15-19.37, 14.07-16.50, Map2에서 16.47-19.46, 13.44-16.52, 점토함량의 표준편차와 평균편차는 Map1에서 9.79-14.39, 7.79-11.39, Map2에서 8.90-13.20, 7.16-10.97로 나타났다. 6개의 표준 위치에서의 변이를 보면 모든 위치에서 표준편차보다는 평균편차의 값이 작게 나타났다.

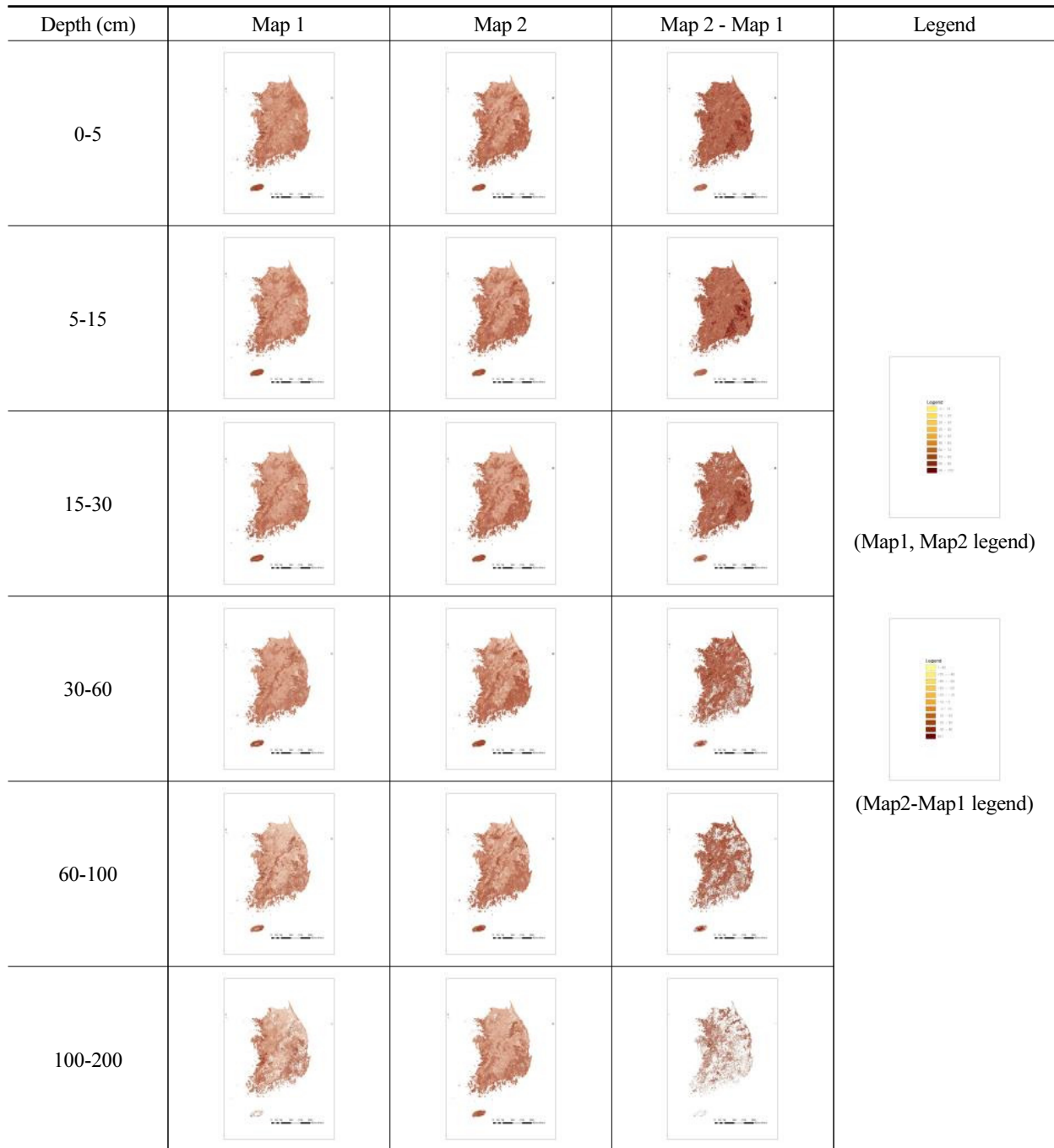
Depth (cm)	Map 1	Map 2	Map 2 - Map 1	Legend	
0-5				 (Map1, Map2 legend)	
5-15					
15-30					
30-60					 (Map2-Map1 legend)
60-100					
100-200					

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

Fig. 4a. Digital soil maps on sand and differences of two maps.

두 맵간의 차이를 보면 표준편차와 평균편차 모두 더 작은 값을 보이고 있었으며 평균값으로부터 얼마나 편차가 나타나는지를 보기 위해서는 편차의 값이 양의 값(+)이나 음의 값(-)을 배제하고 보는 것이 더 정확한 값을 표현하기 때문에 일반적으로 사용하는 표준편차보다는 이를 보정하여 절대값을 취한 다음 계산하는 평균편차를 가지고 데이터를 해석하는 것이 더 합리적인 것으로 판단되었다.

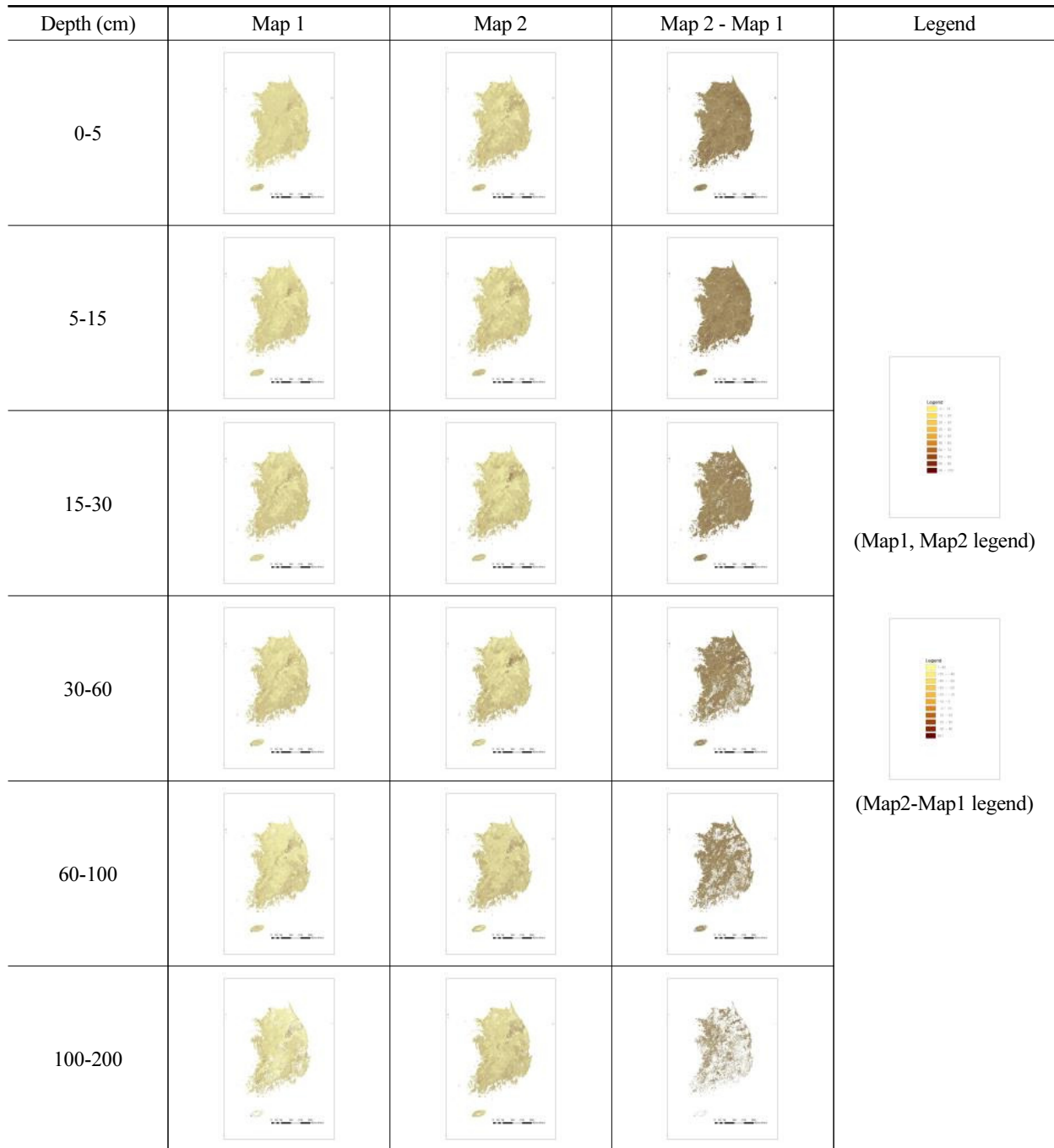


* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

Fig. 4b. Digital soil maps on silt and differences of two maps.

두 가지 지도의 차이에 대한 해석도 중요하지만 벡터 형태의 수치지도는 년차간 비교를 수행할 수가 없다. 그러나 래스터 형태로 변경되어 있는 지도를 활용하여 토성 뿐만 아니라 기타 다른 물리적 및 화학적 특성 지도를 이용한다면 토양특성들간의 연차간 변이추정에 사용할 수 있으며 방대한 자료를 통한 빅데이터 분석에 사용되어질 수 있을 것이다.



* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

Fig. 4c. Digital soil maps on clay and differences of two maps.

Table 2a. Descriptive statistics for estimation of sand content.

Depth (cm)	Min.***	1st Qu.	2nd Qu.	Ave.	3rd Qu.	Max.	Range
0-5	1.41	15.29	32.43	35.64	50.68	95.98	94.57
5-15	1.45	15.73	32.09	35.87	52.20	96.70	95.25
15-30	1.05	14.85	29.34	35.47	50.67	98.08	97.03
30-60	0.12	14.17	29.57	35.55	53.19	98.90	98.78
60-100	0.51	15.11	33.94	39.01	59.27	99.03	98.53
100-200	0.10	16.22	36.15	41.39	62.93	99.61	99.51
0-5	1.60	14.73	28.07	33.40	47.41	96.64	95.04
5-15	1.30	14.93	27.46	33.23	47.39	96.96	95.66
15-30	0.66	14.42	26.91	33.05	48.96	97.80	97.14
30-60	0.40	12.13	27.31	33.30	50.21	99.46	99.06
60-100	0.19	12.92	30.22	36.03	57.04	99.73	99.53
100-200	0.04	15.10	33.20	39.38	60.94	99.39	99.36
0-5	-61.95	-8.36	-0.00	-2.40	3.79	39.07	101.02
5-15	-50.65	-7.91	-0.00	-2.67	2.90	39.15	89.80
15-30	-56.29	-8.62	-0.00	-2.51	2.52	36.24	92.53
30-60	-45.52	-8.34	-0.00	-1.81	3.72	38.29	83.81
60-100	-47.56	-9.16	-0.00	-2.21	3.11	51.10	98.67
100-200	-49.63	-0.53	-	-0.97	0.00	46.82	96.44

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

*** Min.: Minimum value, 1st. Qu.: 1st quartile, 2nd. Qu.: 2nd quartile, Ave.: Average, 3rd. Qu.: 3rd quartile, Max.: Maximum value.

Table 2b. Descriptive statistics for estimation of silt content.

Depth (cm)	Min.	1st Qu.	2nd Qu.	Ave.	3rd Qu.	Max.	Range
0-5	1.61	32.70	47.84	44.93	57.47	83.53	81.92
5-15	2.06	31.57	46.49	44.39	56.68	83.61	81.55
15-30	0.80	31.13	44.95	43.40	56.72	83.92	83.12
30-60	0.05	29.67	43.82	41.99	55.75	84.79	84.74
60-100	0.14	25.28	40.47	39.36	55.03	74.79	74.65
100-200	0.10	23.18	39.09	38.15	54.61	81.07	80.97
0-5	1.67	35.15	48.79	45.59	57.00	82.34	80.67
5-15	1.68	34.92	48.44	45.35	56.76	80.28	78.59
15-30	1.07	33.00	47.13	44.53	56.93	79.21	78.14
30-60	0.25	31.46	45.25	42.92	55.89	78.26	78.02
60-100	0.05	27.52	43.09	40.54	54.48	88.60	88.55
100-200	0.09	22.65	41.02	38.68	55.71	84.66	84.58
0-5	-31.97	-6.07	-	0.70	5.91	38.04	70.01
5-15	-30.88	-5.79	0.00	0.97	5.94	45.00	75.89
15-30	-28.19	-4.81	-	1.09	7.37	53.26	81.44
30-60	-29.05	-5.79	0.00	0.66	6.61	39.43	68.48
60-100	-43.62	-4.23	-	0.73	6.31	46.35	89.97
100-200	-39.88	-0.05	-	0.10	0.00	41.48	81.36

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

*** Min.: Minimum value, 1st. Qu.: 1st quartile, 2nd. Qu.: 2nd quartile, Ave.: Average, 3rd. Qu.: 3rd quartile, Max.: Maximum value.

Table 2c. Descriptive statistics for estimation of clay content.

Depth (cm)	Min.	1st Qu.	2nd Qu.	Ave.	3rd Qu.	Max.	Range
0-5	0.42	12.13	18.83	19.48	26.29	58.54	58.12
5-15	0.40	12.87	19.12	19.74	25.98	65.42	65.02
15-30	0.32	13.41	20.50	21.13	27.52	71.02	70.70
30-60	0.19	12.61	21.58	22.46	30.20	73.86	73.67
60-100	0.05	10.64	20.79	21.63	29.45	76.68	76.62
100-200	0.02	9.15	19.50	20.74	29.13	77.84	77.82
0-5	0.42	15.36	21.56	21.16	27.29	56.01	55.59
5-15	0.40	15.28	21.57	21.42	27.68	57.30	56.90
15-30	0.32	15.52	22.37	22.52	28.77	65.66	65.34
30-60	0.07	15.63	22.44	23.63	31.63	73.18	73.10
60-100	0.11	12.50	22.65	23.41	33.94	72.33	72.22
100-200	0.21	11.11	21.73	22.16	32.05	78.87	78.65
0-5	-34.24	-2.06	0.22	1.71	6.16	25.57	59.81
5-15	-40.39	-1.04	0.19	1.70	6.42	22.18	62.57
15-30	-44.19	-1.89	0.31	1.41	5.56	25.94	70.13
30-60	-41.80	-1.39	0.00	1.17	4.54	30.96	72.76
60-100	-38.90	-1.31	0.00	1.52	5.69	35.67	74.57
100-200	-34.72	-	-	0.90	1.42	31.95	66.67

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

*** Min.: Minimum value, 1st. Qu.: 1st quartile, 2nd. Qu.: 2nd quartile, Ave.: Average, 3rd. Qu.: 3rd quartile, Max.: Maximum value.

Table 3a. Comparison between standard and mean deviation of sand content.

Depth (cm)	Map 1		Map 2		Map2 - Map1	
	SD	MD	SD	MD	SD	MD
0-5	23.85	19.88	22.96	18.94	13.02	9.29
5-15	23.61	19.85	22.89	18.98	12.36	8.87
15-30	24.43	20.31	23.40	19.45	12.40	8.94
30-60	26.07	21.61	25.04	20.80	12.13	8.79
60-100	27.77	23.53	27.28	23.05	13.72	9.60
100-200	28.61	24.59	28.51	24.43	11.99	6.94

Table 3b. Comparison between standard and mean deviation of silt content.

Depth (cm)	Map 1		Map 2		Map2 - Map1	
	SD	MD	SD	MD	SD	MD
0-5	17.39	14.29	16.67	13.58	10.96	7.93
5-15	17.15	14.07	16.47	13.44	10.64	7.72
15-30	17.53	14.57	16.63	13.66	11.07	7.99
30-60	18.06	14.80	17.52	14.47	11.11	8.03
60-100	18.94	15.83	18.39	15.29	11.93	8.12
100-200	19.37	16.50	19.46	16.52	10.81	5.84

Table 3c. Comparison between standard and mean deviation of clay content.

Depth (cm)	Map 1		Map 2		Map2 - Map1	
	SD	MD	SD	MD	SD	MD
0-5	9.79	7.86	8.90	7.16	7.46	5.58
5-15	9.89	7.79	9.08	7.30	6.98	5.12
15-30	11.42	8.76	10.38	8.16	7.48	5.31
30-60	12.98	10.17	12.15	9.71	7.29	5.02
60-100	13.82	10.91	13.20	10.97	7.85	5.37
100-200	14.39	11.39	13.13	10.93	6.94	3.91

* Map 1: 1999 data of soil texture.

** Map 2: 2014 data of soil texture.

Conclusion

우리나라는 1:5,000 축척으로 토양조사가 이루어졌으며, USDA의 Soil Taxonomy에 기초하여 분류를 수행하였으며 만들어진 토양도를 전산화하여 이제는 활용단계에 이르고 있다. 토양도에 기초하여 DSM (Digital Soil Mapping) 작업을 수행하여 왔으며 지금까지도 지속적인 활용을 위해 다양한 방법으로 DB를 구축하고 있으며 또한 DSM을 시도하고 있다. 2002년부터 토양정보시스템을 통해 자료를 인터넷에서 확인할 수 있으며, 지금은 모바일까지 확장되어 있고, 1:5,000 축척에 기초하여 다양한 세부 주제도를 만들어내어 유용한 정보를 농가, 정책입안자, 연구자 등에게 정보를 제공하여 왔다.

토양의 기본자료는 1970년 전후의 자료 (토양통 390개)를 이용하였으며 2014년에 새로 업그레이드된 자료 (토양통 405개, 일부 토양통 성적 변경, 인위토양 11개, 독도통 등 4개 추가)와의 비교를 시도하였다. R프로그램을 이용하여 토양통의 층위별 토성 (모래, 미사, 점토함량)에 대한 자료를 일반화하였으며, 토양도의 벡터형태 (polygon, shp파일)의 자료를 래스터 (30 m 격자) 형태의 자료로 변환을 수행하였다. 깊이별 토성 자료는 모래, 미사, 점토함량별로 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100, 100-200 cm로 일반화하였으며, 그 결과값의 차이 비교를 시도하였다.

모래, 미사, 점토함량 모두에서 깊이별 polygon의 개수는 같았다. 전체 polygon의 개수는 1,381,126개로 나타났으며, 토양통이 들어있는 polygon의 수는 1,308,700개이었다. 깊이가 깊어질수록 암반이 있거나 토심이 얇은 토양통들은 표시되지 않았다. 평균, 표준편차, 평균편차에 대하여 통계분석을 비교한 결과, 표준편차를 보면 변이가 심하여 비교하기가 어려우며, 평균편차를 이용하였을 경우와 다른 결과를 보였다. 두 지도간의 차이를 비교하기 위해서는 음수가 존재하는 상태를 변환하여 표준편차보다는 평균편차가 더 균일하여 비교가 적절할 것으로 판단되었다.

Acknowledgement

This study was conducted by support of NAS research and development project(project number: PJ0127082018).

References

Hong, S.Y., Y.H. Kim, K.H. Han, B.K. Hyun, Y.S. Zhang, K.C. Song, B. Minasny, and A.B. McBratney. 2012. Digital

- Soil mapping of soil properties for Korean soils. Taylor & Fransis Group, London, ISBN 978-0-415-62155-7.
- Hong, S.Y., Y.S. Zhang, Y.H. Kim, K.H. Jung, Y.J. Lee, E.Y. Choi, S.K. Ha, Y.K. Sonn, B.K. Hyun, M.S. Kim, S.O. Hur, K.C. Song, G.B. Jung, G.Y. Kim, and K.Y. Jung. 2008. Development of soil information system and its application in Korea. Food & Fert. Tech. C. Extension Bulletin 612.
- Jung, Y.T. 1996. Application of soil taxonomy: Advantage and disadvantage of American soil taxonomy. Korean J. Soil Sci. Fert. 29(2):207-210.
- McBratney, A.B., M.L.M. Santos, and B. Minasny. 2003. On digital soil mapping. Geoderma. 117:3-52.
- Minasny, B. and A.B. McBratney. 2010. Methodologies for global soil mapping, chapter 34. In: Digital soil mapping: bridging research, environmental application, and operation. Springer, Dordrecht, pp 429-425.
- USDA. 2017. Soil Survey Manual. Soil Science Division Staff. Agriculture Handbook No. 18.