

분류방법에 따른 수문학적 토양유형 비교

Comparison of Hydrologic Soil Groups with Classification Method

정강호*, 허승오**, 손연규***, 박찬원****, 하상건*****, 김남원*****

Kang Ho Jung, Seung Oh Hur, Yeon Kyu Sonn, Chan Won Park, Sang Keun Ha, Namwon Kim

요 지

수문학적 토양유형은 복잡하게 세분되어 있는 토양의 종류를 수문학적인 목적에 따라 단순화하기 위해 만든 것으로 미농무성 토양보전국에서 고안한 개념이다. 우리나라 토양을 이 방법으로 구분하고자 하는 몇 번의 시도가 있으며 그 중 대표적인 것이 정 등(1995)이 분류한 수문학적 토양군이다. 이는 토양의 침투 특수특성에 대한 실측자료가 부족한 우리나라의 실정을 감안하여 토성속(textural family), 배수등급(drainage class), 불투수층(impermeable layer), 투수성(permeability)의 네 가지 토양특성을 분류특성으로 하여 각각에 1~4점 범위로 점수를 매긴 후 합산한 점수를 기준으로 수문학적 토양유형을 분류하는 것이다. 최근에는 토양의 한계침투속도에 따라 수문학적 토양유형을 분류하고자 하는 시도가 있으며 본 논문에서는 새로운 방법으로 분류할 때 기존의 방법과 어떠한 차이가 있는지 비교하고자 하였다. 정 등(1995)의 분류방법은 개념상 몇 가지 문제점을 안고 있다. 먼저 토양의 수리특성은 같은 토성속이라 하여도 토양생성 과정과 토지이용 방법에 따라 그 차이가 매우 큼에도 불구하고 이에 대해 고려하지 못하였으며 다음으로 지표유거가 많아 배수가 양호한 토양의 강우 유출을 과소평가한다. 또한 얇은 토심에 존재하는 불투수층이 존재하는 경우 토양의 수리특성에 관계없이 적은 양의 강우에도 유출이 발생하므로 별도의 제한인자로 간주하여야 한다. 토양의 한계침투속도를 이용한 분류방법은 이러한 문제점을 상당 부분 개선할 수 있다. 토양의 한계침투속도를 산정하기 위해 현장에서 지표 한계침투속도와 투수속도를 측정하였으며 이 자료를 확장하여 해석하기 위해 입자특성을 이용한 Pedo Transfer Function을 개발하였다. 토심 50 cm 포화시 토양 투수성을 한계 침투속도로 가정하였으며 50 cm 이내에 암반층과 지하수위가 존재할 경우 투수성에 관계없이 D유형으로 분류하였다. 새로운 방법으로 분류한 결과 기존의 분류와 몇 가지 차이점이 발견되었다. 가장 큰 차이는 대부분의 논토양이 느린 한계침투속도의 영향으로 D유형에 속한 것이다. 산림토양과 밭토양은 기존 방법과 마찬가지로 A, B유형이 많았으며 암반층을 고려하기 전에는 기존 분류에 비해 강우 유출 가능성이 적은 쪽으로 평가되었다. 그러나 암반층이 존재하는 토양을 고려한 결과 A 또는 B유형에 속하던 상당수의 산림토양이 새로운 분류에서 D유형으로 분류되었다. 지표 유거가 많아 배수등급이 매우 양호로 분류되던 토양은 정 등(1995)의 분류와 비교하여 대부분 강우 유출 가능성이 큰 쪽으로 조정되었다. 새로운 수문학적 토양유형을 이용할 경우 낮은 토심에서 암반층이 발견되는 산림토양이 분포한 유역이나 산림, 밭 등에 식질 토양이 많이 분포하는 유역에서는 기존의 방법을 이용하는 것보다 강우 유출량이 높게 평가될 것으로 판단된다. 앞으로 강우 유출량 실측자료와의 비교를 통해 지속적인 보정을 하여야 할 것이며 특히 불투수층의 존재시 일괄적으로 D유형으로 분류된 토양의 경우 깊이에 따라 C 또는 D유형으로 세분하여 조정할 필요가 있다.

핵심용어 : 수문학적 토양유형, 한계침투속도, 투수속도

1. 수문학적 토양유형의 개요

수문학, 수리학을 하는 사람들은 항상 토양을 염두에 둔다. 이는 토양이 대기, 식생, 지하수계,

* 정회원·농업과학기술원 토양관리과 E-mail : stealea@rda.go.kr
** 정회원·농업과학기술원 토양관리과 E-mail : sohur@rda.go.kr
*** 정회원·농업과학기술원 토양관리과 E-mail : yksonn@rda.go.kr
**** 비회원·농업과학기술원 토양관리과 E-mail : cwpark@rda.go.kr
***** 정회원·농업과학기술원 토양관리과 E-mail : ha0sk@rda.go.kr
***** 정회원·한국건설기술연구원 E-mail : nwkim@kidt.re.kr

지표수계를 잇는 접면으로 물의 이동경로를 이루는 가장 중요한 매질이기 때문이다. 인간의 입장에서 물을 사용하고자 할 때 가장 중요한 물의 이동은 강우에 의한 지표수와 지하수의 함양 그리고 토양 수분의 공급이다. 우수의 운명은 수계로 유입될 때까지 세 가지 기로에 선다. 첫째는 지표에 도달했을 때 지표 유거될 것인가 아닌가의 기로이다. 지표 유거수는 바로 지표수계로 유입될 것이다. 다음으로 유거되지 않고 남은 물의 경우 토양에 저장될 것인가 아니면 지하로 침투될 것인가의 기로에 달린다. 지표 및 캐노피에 저류되거나 토양에 저장된 물은 증발산에 의해 대기로 순환될 것이나 토양의 저장 용량을 넘어서는 물의 경우 지하로 투수될 것이다. 세 번째 기로는 지하로 투수된 물이 지하수계로 이동할 것인가 지표수계로 이동할 것인가의 기로이다. 이 각각의 기로에서 토양의 수리특성은 대단히 중요한 역할을 한다. 첫 번째 기로를 결정하는 주요 인자는 토양수분 함량, 지표 퍼복, 지형(또는 경사), 토양의 침투 및 투수속도이며, 두 번째 기로를 결정하는 주요 인자는 공극분포를 반영하는 토양수분 특성과 투수속도이다. 세 번째 기로를 결정하는 주요 인자 역시 토양의 불투수층, 암반, 지하수의 깊이 등으로 세 가지 기로에 모두 토양의 특성이 관여되어 있다. 이 특성들은 물의 보유에 관계된 특성과 정적인 특성과 동적인 특성으로 구분해 볼 수 있는데 토양수분 특성, 토양수분 보유능 등이 토양수분 보유에 관계된 특성이며 침투속도, 투수속도, 수리전도도와 같은 특성이 토양수분 이동에 관계된 특성이다.

이러한 특성은 모두 토양의 고유한 특성으로 토양의 종류에 따라 달라지고 토양의 관리방법에 따라 달라지며 계절에 따라 달라지기도 한다. 이렇게 토양의 수리특성은 시공간적인 변이가 심하기 때문에 세밀하게 접근하면 한없이 복잡해진다. 그래서 미농무성 토양보전국(USDA SCS)에서 토양의 수리특성을 수문학의 입장에서 보다 간편하게 접근하기 위해서 수문학적 토양유형(hydrologic soil group)이라는 개념을 도입하였다. 수문학적 토양유형은 물이 잘 침투할수록 강우 유출이 적게 발생한다는 단순한 사실에 기반하여 물 유출이 적게 발생하는 조건에서 많이 발생하는 조건까지 4가지 유형으로 분류하였다(표 1).

표 1. 수문학적 토양유형의 내용

토양유형	토 양 의 특 성	한계침투속도 (mm/hr)
TYPE A	완전히 젖었을 때도 침투속도 큼 토양 내 투수속도 큼, 유거 가능성 낮음. 토심이 깊음 양호, 매우 양호하게 배수되는 모래 또는 자갈을 포함	7.62-11.43 (0.3 ~ 0.45 inch/hr)
TYPE B	완전히 젖었을 때 침투속도 보통 토심은 약간 깊거나 깊음 배수는 약간 양호, 양호 토성은 세립질(fine)에서 약간 조립질(coarse) 투수속도는 보통	3.81-7.62 (0.15 ~ 0.30 inch/hr)
TYPE C	완전히 젖었을 때 낮은 침투속도 물흐름을 저해하는 층을 포함 토성은 약간 세립질에서 세립질 투수속도는 느림	1.27-3.81 (0.05 ~ 0.15 inch/hr)
TYPE D	완전히 젖었을 때 매우 느린 침투속도 예) 팽창률이 높음, 지하수위가 높음 지표나 얕은 토심에 점토반층(claypan) 또는 점토층 존재, 얕은 토심에 불투수성 매질 존재 아주 느린 투수속도	0-1.27 (0 ~ 0.05 inch/hr)

수문학적 토양유형을 구분짓는 분류특성들은 포화된 상태의 침투속도(infiltration rate), 투수속도

(percolation rate), 토심(soil depth), 불투수층 깊이(impermeable layer), 지하수위 등이 있다. 배수성은 투수속도와 지하수위와 같은 다른 분류특성에 의해 결정되는 인자이므로 분류특성이라 할 수 없으며 토성은 물리적 특성을 결정하는 기본적인 특성으로서 분류특성이라기 보다 분류된 토양유형의 일반적 토양특성을 나타낸다고 이해하는 것이 합리적이다. 이와 같은 수문학적 토양유형의 분류특성은 정성적인 특성이므로 주관적인 판단에 영향을 받을 가능성이 있다. 따라서 정량적인 특성을 이용하여 수문학적 토양유형을 분류하고자 시도되었으며 그 중 가장 대표적인 것이 한계 침투속도(또는 최소 침투속도, minimum infiltration rate or limited infiltration rate)를 이용한 분류이다. NEH-4는 미국의 4000개 이상의 토양자료를 수록하고 있는 DB로 지표에 피복이 없고 토양이 최대로 팽창한 상태에서(수분으로 포화된 상태에서), 강우강도가 침투속도를 초과할 때에 현장에서 수집된 자료를 이용하여 한계 침투속도를 산정하여 수행한 수문학적 토양유형을 분류하였다. 이 때 사용된 한계 침투속도의 범위는 표 1에 서술된 바와 같다(McCuen, 1982).

2. 기존 수문학적 토양유형 분류의 한계

우리나라에서 물유출 해석을 위해 주로 사용되는 방법은 유출곡선지수법(CN법)으로 미농무성 토양보전국에서 개발한 방법이다. 이 방법을 이용하기 위해서는 선행강우조건, 토지피복 등 다양한 인자가 필요하며 수문학적 토양유형 역시 그 중 하나이다. 따라서 우리나라 토양에 대한 수문학적 토양유형을 분류하고자 하는 여러 가지 시도가 있어 왔으며 대표적인 시도가 정 등(1995)이 분류한 수문학적 토양군이다(선행 연구자가 수문학적 토양군이라는 용어를 사용하였음에도 불구하고 본고에서 굳이 수문학적 토양유형으로 용어를 변경한 것은 토양분류체계 중 대군(great group), 아군(subgreat group)과의 혼동을 피하기 위함임). 이 논문에서는 토양의 침투 투수특성에 대한 실측자료가 부족한 우리나라의 실정을 감안하여 토양의 정성적인 특성을 가지고 수문학적 토양유형 분류를 시도하였다. 이 때 사용된 분류특성은 토성속(textural family), 배수등급(drainage class), 불투수층(impermeable layer), 투수성(permeability)의 네가지로 각각의 분류특성에 점수를 매겨 합산한 점수를 기준으로 수문학적 토양유형을 분류하였다. 이 네가지 특성은 모두 토양의 수리특성과 관련이 있는 특성이다.

토성속은 토양분류체계 중 속(family)단위에서 토양을 분류하기 위한 분류특성으로 일반적으로 알고 있는 토성보다는 분류가 간단하다. 토성과 마찬가지로 토성속 역시 토양의 물리적 특성에 영향을 주는 기본적 특성으로 토양의 입도분포가 공극의 크기분포를 결정하는 중요한 인자이기 때문에 조립질 토양일수록 투수성이 높으며 세립질 토양일수록 투수성이 작아질 가능성이 크다. 배수등급은 토양단면에 나타나는 반분의 양에 따라 결정되며 반분은 토양이 환원상태일 때 생겨난다. 따라서 토양에 수분이 많고 정체되어 있는 기간이 길수록 배수 불량으로 평가된다. 배수등급에 영향을 주는 인자는 지표유거, 침투, 지하수위 등이며 불량, 약간불량, 약간양호, 양호, 매우 양호의 5등급으로 구분된다. 세 번째로 불투수층은 지하수위, 암반, 점토반층 등의 이유로 물이 투수되지 못하는 층위를 뜻하며 네 번째로 투수성은 토양에서 물이 아래로 이동하는 속도로서 물로 포화된 상태를 가정한다. 투수성 등급은 매우느림에서 매우빠름까지 7등급으로 구분된다.

이 네가지 특성을 이용하는 관행의 방법은 몇가지 오류의 위험성이 내재되어 있다. 먼저 토성 속에 의해 발생하는 오류가 있다. 일반적인 과정 즉, 모암(R층)이 풍화되어 모재(C층)가 되고 지표에 식생이 발달하여 표토(A층)가 만들어지고 표토의 물질이 아래로 이동하여 집적되면서 심토(B층)가 형성되는 잔적토양은 토양단면이 균일하며 수직적인 물의 이동 특성을 가지고 있다. 반면 물에 의해 운반되어 온 퇴사가 범람 등에 의해 쌓여서 생긴 충적토양은 퇴적이 발생할 때마다 다

른 특징의 층이 생성되는 셈이기 때문에 수평적인 구조로 인해 토수성이 느리다. 따라서 같은 토성속이라 하더라도 생성양식에 따라 수리특성은 매우 다르게 나타난다. 더구나 우리나라 산토양은 잔적, 밭은 봉적/충적, 논은 충적토양이 주를 이루고 있기 때문에 자연적인 토양생성양식에 인위적인 관리의 차이까지 발생한다. 결국 토성속을 분류특성으로 선정하므로써 논토양의 수리특성이 과대평가되는 오류가 발생하였다.

다음으로 배수등급에 의해 발생하는 오류이다. 배수등급에 의한 오류는 크게 두가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 오류는 토성속과 마찬가지로 배수등급이 토지이용에 따라 다른 범위를 가지기 때문에 나타난다. 논토양의 경우 불량에서 약간양호에 분포하며 밭토양과 산림토양의 경우 약간양호에서 매우양호에 분포한다. 논토양은 논이라는 특성상 토수성이 매우 느리며 토수성이 높은 토양이라도 지하수위가 일정 이상 유지되므로써 일정 정도 담수가 유지되는 특성을 갖는다. 따라서 배수등급이 약간양호보다 불량한 경우는 수문학적 토양유형으로 C내지는 D유형의 특성을 갖는다고 할 수 있다. 두 번째 오류는 지표 유기가 크기 때문에 침투수가 적어 토양이 건조하게 유지되는 경우이다. 이 경우 강우유출이 많음에도 불구하고 배수등급은 양호 또는 매우양호하므로 논리상 높은 배점을 주게 된다. 불투수층에 의한 오류는 앞의 두 경우와는 성격이 다소 다르다. 불투수층이 얇은 토심에 위치하면 불투수층까지의 토양이 물로 포화된 후 빗물을 모두 지표유기 될 수 밖에 없다. 그래서 얕은 토심에 불투수층이 있는 경우 다른 토양특성과 관계없이 D유형으로 분류하는 것이 합당하다. 다시 말해 불투수층은 다른 토양특성과는 구분되는 제한인자로 간주되어야 한다.

선행연구에서 다른 세가지 분류특성에 대해서는 분류논리상 오류가 필연적으로 발생할 수 밖에 없으나 토수성에 따른 오류는 찾기 어렵다. 토수성은 그 자체로도 수문학적 토양유형을 분류할 수 있는 아주 중요한 수리특성이다. 그러나 앞의 세 분류특성과 동일한 배점을 갖고 있기 때문에 토수성의 중요성이 상대적으로 희석되었다는 것이 오류라면 오류일 수 있다. 따라서 불투수층이 존재하는 토양을 D유형으로 제외하고 나머지 토양에 대해 토수성에 따라 수문학적 토양유형을 분류한다면 논리적으로 합당한 분류가 가능할 것이다. 다만 기존의 토양종류별 토수성은 지표에서의 침투를 의미하기 보다는 토양 내의 이동을 의미하며 표토인 A층보다는, 심토인 B층의 특성을 반영하며 토양 종류별로 설정된 토수성이 측정자료에 기반한 것이 아닌 전문가의 직관에 의존한 것이라는데 한계가 있다. 따라서 우리나라 토양에 대해 객관적이고 실질적으로 수문학적인 토양유형 분류를 하고자 한다면 토양의 침투 및 토수속도 측정자료에 기반하여 현재의 토수성을 보완할 필요가 있다.

3. 우리나라 토양의 수리특성

삼각통 등 산림토양 21개통, 사촌통 등 논토양 등 17개통, 상주통 등 밭토양 26개통의 토양층 위별 포화수리전도도를 현장에서 측정하였으며 층위별 입도분포, 유기물 함량 등 물리적 특성을 실험실에서 분석하였다. 표토의 경우 장력 침투속도계(Tension infiltrometer, Eijkelkamp)를 이용하였다(Wooding, R.A., 1968; Reynolds, W.D., 1993). 침투속도 측정 방법은 단일 링 침투속도계, 이중 링 침투속도계, 원판 침투속도계 등 다양하나 최근에 가장 많이 활용되는 것은 원판 장력 침투속도계이다. 이 방법은 포화 수리전도도 뿐만 아니라 낮은 토양수분 장력에서의 불포화 수리전도도를 함께 측정할 수 있다는 장점이 있다. 심토의 토수속도는 구엘프 토수속도계(Guelph permeameter, Soilmoisture)를 이용하였다(Reynolds and Elrick, 1990). 토양의 수리특성은 토양층 위에 따라 상이하기 때문에 이 방법을 이용하기 위해서는 토양층위를 구분할 수 있을 정도의 토양학적 배경지식이 필요하다. 측정자료를 확장하여 해석하기 위해 입자 특성을 이용한 외국의 추

정모형의 적용성을 검토한 결과 농경지 토양, 특히 논토양의 포화수리전도도를 추정하는 데 한계가 있었으며 이러한 문제를 극복하기 위해 토지이용 형태와 층위를 고려하여 추정식을 개발하였다(그림 1).

Saxton et al.(1986)

$$K_s = 2.778 \times 10^{-6} \times e^{(12.012 - 0.0755S + \frac{-3.895 + 0.03671 \times S - 0.1103C + 8.7456 \times 10^{-4}C^2}{\theta_s})}$$

산림토양에 대한 K_s 추정식($r^2 = 0.524$)

$$\log(K_s \times 10^7) = 6.928 \times 10^{-3}S/C - 4.947 \times 10^{-2}C + 1.149 \log(OM + 1) + 4.008$$

밭토양 A, C층에 대한 K_s 추정식($r^2 = 0.385$)

$$\log(K_s \times 10^7) = 1.359 \times 10^{-3}S/C - 2.776 \times 10^{-2}C + 1.265 \log(OM + 1) + 3.549$$

논토양 A층에 대한 K_s 추정식($r^2 = 0.312$)

$$\log(K_s \times 10^7) = -6.636 \times 10^{-2}C - 1.7059 \log(OM + 1) + 4.757$$

논토양 B, C층에 대한 K_s 추정식($r^2 = 0.473$)

$$\log(K_s \times 10^7) = -7.142 \times 10^{-2}C - 1.414 \log(OM + 1) + 2.865$$

여기에서 K_s 는 포화수리전도도(cm sec^{-1}), S는 모래(%), C는 점토(%), OM은 유기물함량(%)이다. 좌변에서 K_s 의 단위를 cm/sec 로 하고 10^7 을 곱한 것은 포화수리전도도 등급이 cm/sec 를 단위로 하여 10의 지수를 구간으로 나뉘기 때문이다(표 2). 따라서 10^7 을 곱할 경우 좌변의 값이 1미만이면 포화수리전도 등급이 매우느림(very slow), 5이상이면 매우빠름(very high)에 해당한다. 이 때 석회암 잔적토와 화산회토는 분석에서 제외하였다. 석회암의 경우 다른 모재에 비해 Ca용탈에 의한 대공극관의 발달로 침투 및 투수속도가 빠르며 화산회토의 경우 유기물함량이 높아 토양의 특성이 다르다. 따라서 석회암 잔적토와 화산회토는 측정자료를 기본으로 하여 별도로 추정하였다. 논토양의 경우 다른 토양과 달리 모래함량과 관계가 없는 것으로 나타났으며 점토와의 상관관계만이 유의하였다. 이는 논토양이 충적에 의해 형성되었을 뿐만 아니라 계곡된 경운과 담수의 효과로 대공극이 파괴되어 모래에 의한 대공극 형성이 극히 미약함을 반영한다. 다만 비담수기 A층의 경우 포화되었던 토양의 건조로 인하여 토괴간 균열이 발생하여 B, C층에 비해 투수속도가 크기 때문에 A층과 B, C층을 나누어 추정식을 개발하였다. 위의 추정식을 이용하여 우리나라 토양의 층위별 포화수리전도도 등급 분포를 그림 2에 나타내었다.

산림토양의 경우 A층은 약간빠름을 중심으로 약간느림에서 매우빠름까지 분포하였고, B층은 빠름에서 매우빠름에 주로 분포하였으며 C층은 A층과 유사하지만 조금 더 고른 분포를 나타내었다. 밭토양의 경우 A층과 C층에 대해서는 산림토양과 비교적 유사하였으나 B층에서는 확연히 구분되어 나타났다. 산림토양은 B층의 포화 수리전도도 등급이 빠르게 나타난 반면 밭토양에서는 다소 느리게 나타났다. B층은 토양의 구조적 특성이 가장 많이 반영되는 층위로서 잔적에 의해 토양이 생성되었으며 자연 조건에서 토양 구조가 계속 발달하는 산림토양과 봉적에 의해 토양이

생성되고 인간의 활동에 의해 교란과 압밀이 많이 일어나는 밭토양에서 투수특성의 차이가 나는 것은 시사하는 바가 크다. 논토양의 경우 A층은 다른 토양과 유사하였으나 B층과 C층에서는 주로 매우느림에 분포하였다.

표 2. 미국과 우리나라의 포화수리전도도 등급과 투수성 등급

Permeability Class	inch/hr	K _s Class	cm/hr	투수성 등급	cm/hr
Impermeable	<0.0015	Very Low	<0.0036	매우 느림	<0.1
Very Slow	0.0015–0.06	Low	0.0036–0.036	느림	0.1–0.5
Slow	0.06–0.2	Mod. Low	0.036–0.36	약간 느림	0.5–2.0
Mod. Slow	0.2–0.6	Mod. High	0.36–3.6	보통	2.0–6.0
Moderate	0.6–2.0	High	3.6–36.0	약간 빠름	6.0–12.0
Mod. Rapid	2.0–6.0	Very High	36.0≤	빠름	12.0–25.0
Rapid	6.0–20			매우 빠름	25.0≤
Very Rapid	20≤				

* 포화수리전도도 등급은 우리나라와 미국이 동일

(Soil Survey Division Staff, 1993; USDA NRCS NSSC, 2002; 농업기술연구소, 1992)

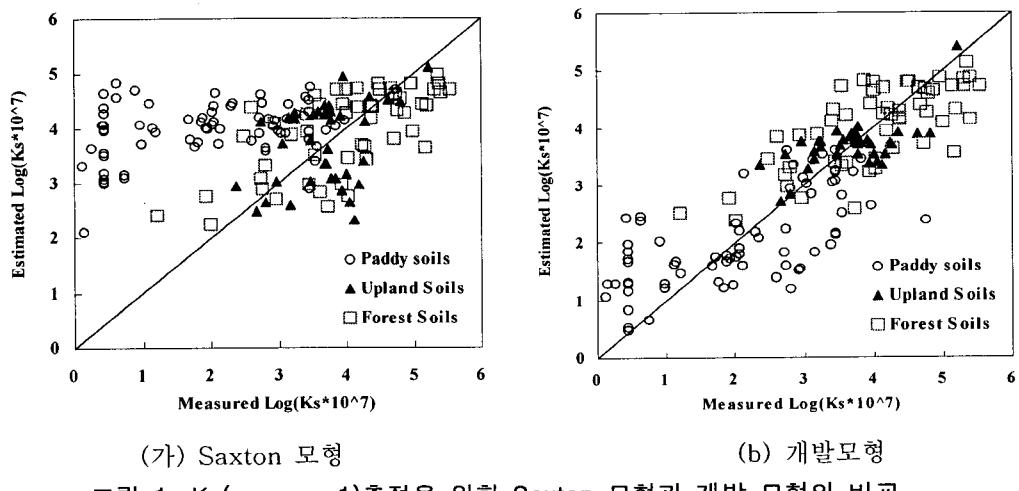


그림 1. K_s(cm sec⁻¹)추정을 위한 Saxton 모형과 개발 모형의 비교

5. 여러 가지 방식에 의한 수문학적 토양유형 분류

한계침투속도는 수문학적 토양유형을 분류하는 데 있어 매우 유용한 정량적 특성이다. 지표에서의 한계침투속도는 포화된 깊이를 어디까지로 가정하느냐에 따라 달라지는데 지표만이 포화되는 조건을 가정한다면 표토의 K_s에 따라 수문학적 토양유형의 분류가 가능할 것이다. 그러나 표토가 완전히 포화된 이후에는 심토의 수리특성이 한계침투속도에 영향을 주기 때문에 어느 깊이까지의 포화를 가정하느냐에 따라서 한계침투속도가 달라질 수 있다.

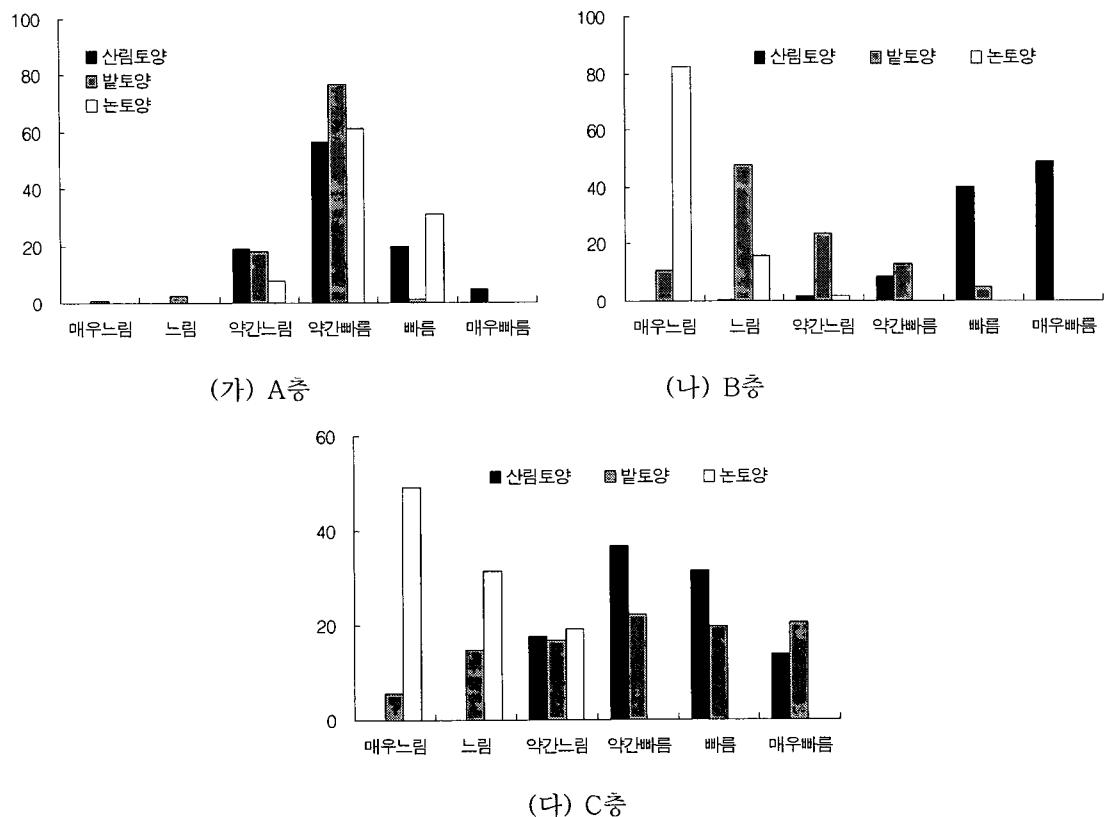


그림 2. 우리나라 토양의 층위별 포화 수리전도도 등급 분포

수문학적 토양유형의 정의를 살펴보면 A, B유형의 경우 토심이 깊음 또는 약간 깊음으로 가정되어 있으며 불투수층의 위치가 얕은 토심에 있을 때 D유형으로 분류한다. 미국에서는 토심이 10 cm 미만을 매우얕음(Very shallow), 10-30 cm를 얕음(Shallow), 30-50 cm를 약간깊음(Moderately deep)이라고 보며 우리나라에서는 20 cm 미만을 매우얕음, 20-50 cm를 얕음으로 본다. 이러한 기준으로 볼 때 50 cm 토심까지 포화된 조건의 한계침투속도를 수문학적 토양유형 분류를 위한 분류특성으로 가정하는 것이 합당하다고 가정하였다. 토양통 설명서의 토양층위별 입도 분포 및 유기물함량을 이용하여 50 cm까지의 투수성을 산정하였다. 같은 토양통내에서도 토양구에 따라 토성, 자갈함량이 달라지므로 같은 토양통 내에서 수문학적 토양유형을 다르게 구분할 필요가 있을 때는 토양구에 따라 세분하였다. 자갈함량에 따른 투수성의 감소는 Brakenski et al.(1986)에서 제안한 식을 적용하였다. 암반층, 지하수위 등 불투수층이 50 cm 이내에 존재하는 경우는 D유형으로 분류하였으나 석회암 암반층을 갖는 토양은 C유형으로 분류하였다.

표 3. 분류방법에 따른 우리나라 대면적 분포 토양의 수문학적 토양유형

토지이용	분류방법	A	B	C	D
논	정정화 등 (1995)	강서, 고천, 남계, 월곡, 배곡, 가천	석천, 사촌, 규암	지산, 만경, 칠곡, 용지, 행곡, 함평, 신흥, 금곡, 임곡, 칠곡, 남평	전북, 평택, 광활, 포승, 옥천, 유가, 예천, 화동, 함창, 가곡, 부용, 호남, 춘포, 양곡, 포리
	농파원 (2007)			매곡, 남계	강서 등
밭	정정화 등 (1995)	삼각, 지곡, 수암, 예산, 중동, 상주, 송산, 덕천, 뇌곡, 횡룡,	아산, 오산, 봉산, 반호, 호계, 도계, 용계, 태화, 안룡, 송정, 석토, 귀산, 백산, 우곡, 대곡	금곡	전남, 장원, 각화, 연곡
	농파원 (2007)	삼각, 지곡, 수암, 예산, 중동, 상주, 송산, 덕천, 뇌곡, 횡룡, 안룡, 우곡, 백산, 대곡	아산, 오산, 봉산, 반호, 호계, 도계, 용계, 대화	송정, 귀산	전남, 장원, 각화, 연곡, 석토, 금곡
임야	정정화 등 (1995)	송산, 삼각, 외산, 수암, 청산, 오대, 행산, 판악	오산, 아산, 고산, 봉산, 마산, 태화, 과림, 덕산, 석토,	무등, 대구, 장성, 대산	
	농파원 (2007)	송산, 삼각, 외산, 수암, 과림	오산, 아산, 고산, 봉산, 마산, 태화, 청산	장성, 대산	오대, 행산, 판악, 덕산, 무등, 대구, 석토

* 전체면적의 75% 이상을 차지하는 토양을 대면적 토양으로 규정하였음

관행의 분류결과(정정화 등, 1995)와 비교하여 보면, 논토양은 대부분 D유형에 포함되어 크게 구별되었다. 밭토양은 A, D유형이 증가하고 B, C 유형이 감소하였으며 산림토양은 B유형이 감소하고 C, D유형이 증가하였다. 논토양에서 대부분 D유형으로 분류된 것은 논토양 B층의 투수성이 고려된 결과이다(표 3).

밭토양과 산림토양의 경우 A유형이 크게 증가할 것으로 기대되었으나 밭토양에서만 증가하였고 산림토양의 경우 A유형의 비율은 별차이가 없었다. 밭토양에서 D유형이 증가한 것은 토성속, 배수등급에 의해 과대평가되었던 오류의 수정과 점토반층의 고려가 반영된 결과이다. 표토 한계침투속도를 이용하여 분류하였다만 산림토양도 밭토양과 마찬가지로 A유형이 크게 증가하였을 것이나 50 cm 이내에 암반층이 나타나는 토양을 D유형으로 분류하면서 A, B유형으로 분류되던 많은 수의 토양이 D유형으로 분류되었다.

6. 결 론

농업과학기술원에서 2007년 분류한 수문학적 토양유형은 정량적으로 평가된 토양의 수리특성에 기반하였다는 점에서 기존의 분류에 비해 실제를 모사하는 데 있어 유용할 것이라는 것은 분

명하다. 그러나 우리나라 조건에서 유출곡선지수법(CN 법)의 적용성, 토양의 수리특성의 변이와 추정식이 가지고 있는 한계 등을 고려하면 농업과학기술원의 수문학적 토양유형도 고정된 것으로 보기보다는 토양분야와 수문분야가 서로 협력 연구를 수행하면서 보완해야 할 것으로 판단된다. 나아가 우리가 사용하고 있는 많은 모형이 우리의 기후, 지형, 토양 등의 조건을 반영하는데 상당한 한계가 있음을 익히 알고 있는바 실측자료를 기반으로 하여 외국모형에 대한 일방적 의존에서 벗어나 우리 현실에 적합한 모형의 개발이 추진되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농업과학기술원 기본과제인 “유출곡선 지수법의 적용을 위한 수문학적 토양유형 분류”와 한국건설기술연구원의 수자원의 지속적 연구개발사업으로부터 지원받은 “지표수의 토양 침투 투수특성 해석” 연구에서 도출된 결과로 집필하였으며 연구비를 지원한 기관에 지면을 빌어 감사의 뜻을 밝힙니다.

참고문헌

1. 농업기술연구소(1992). 한국토양총설, 농업기술연구소
2. 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 허기술, 박호(1995). 유출율 추정을 위한 토양 수문군의 분류, 한국농공학회지. 37권 6호, pp12-33.
3. Brakenski, D. L., W. J. Rawls, and G. R. Stephenson. 1986. Determining the saturated conductivity of a soil containing rock fragments. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:831-835
4. National Soil Survey Center(NSSC)(2002). Field book for describing and sampling soil, USSC
5. Reynolds, W.D. and D.E. Elrick(1990). Ponded infiltration from a single ring : I. Analysis of steady flow. Soil sci. So. Am. J. 54, pp 233-1241
6. Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., Papendick, R.I.(1986). Estimating generalized soilwater characteristics from texture. Soil Sci. Soc. Am. J., 50, pp 1031-1036.
7. S.K. Mishra and V.P. Singh(2003). Soil conservation service curve number methodology, Kluwer Academic Publishers
8. Soil survey division staff(1993), Soil survey manual; Handbook No 18, USDA
9. Wooding, R.A.(1968), steady infiltaraion forom a shallow circular pond, Water, Resour.Res., 4, 1259-1273