



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

碩士學位論文

제주도 지역에 적합한 수문학적 토양군
분류기준 제안



高麗大學校 大學院

建築社會環境工學科

李 映 周

2018年 12月

劉喆相教授指導
碩士學位論文

제주도 지역에 적합한 수문학적 토양군
분류기준 제안

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2018年 12月

高麗大學校 大學院
建築社會環境工學科

李 映 周



李映周의 工學碩士 學位論文
審査를 完了함

2018 年 12月

審査委員長




審査委員




審査委員






Abstract

In this study, hydrological soil group classification suitable for Jeju Island were suggested. Since infiltration characteristic of Jeju Island was composed of porous volcanic rocks and volcanic ash soils and 48% of total rainfall was infiltrated into ground, it had different characteristics from that of land.

First of all, IHP watershed was classified into hydrological soil group using existing soil map data and characteristics of hydrologic soil grouping classification methods being used until now were investigated. However, it was difficult to find a coherent change of CN value calculated according to classification method.

For this reason, new hydrological soil grouping classification method was proposed for Jeju Island. The calculation of CN values for major 3 watersheds located in Jeju Island was conducted to compare the results calculated by using traditional methods. The result showed that traditional previous studies have used were unsuitable for estimating CN value for watershed in Jeju Island.

The result showed that CN value calculated by using the method supposed by this study has relatively lower value compared to traditional methods. This means that the new method supposed by this study reflects the soil characteristics of Jeju Island which is difficulty to ground runoff due to high permeability, well

Also, previous studies related to rainfall-runoff analysis in Jeju

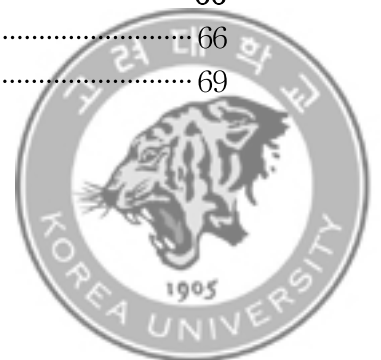


Island were analyzed. The analysis result showed that the watershed in Jeju Island is likely to have 0.2S or bigger value of initial loss. These results can be used as useful information for the analysis of the runoff in Jeju Island in the future.



목 차

1. 서론	1
2. 토양도와 수문학적 토양군 분류	4
2.1 토양도의 정리와 종류	4
2.1.1 개략토양도	4
2.1.2 정밀토양도	8
2.2 토양도의 수문학적 분류	11
2.2.1 개략토양도의 수문학적 분류	11
2.2.2 정밀토양도의 수문학적 분류	13
2.2.3 분류방법에 따른 수문학적 토양군의 변화	22
2.3 IHP 구역의 적용을 통한 비교	30
2.3.1 대상구역	30
2.3.2 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 CN 산정 및 결과	32
3. 제주도의 토양과 수문학적 토양군 분류	38
3.1 제주도의 토양	38
3.1.1 제주도 토양의 분류	38
3.1.2 제주도 토양의 물리적 특성	40
3.2 정밀토양도를 이용하여 분류한 제주도의 수문학적 토양군	43
3.2.1 제주도 토양통	43
3.2.2 기존 방법으로 분류한 제주도의 수문학적 토양군	47
4. 토양통 개정 결과를 반영한 수문학적 토양군 분류방법 제안	51
4.1 제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류 방법 개정	51
4.2 수문학적 토양군 개정 방법	52
4.3 토양 특성별 개정	56
5. 적용결과	66
5.1 제주도 전체 적용 결과	66
5.2 제주도 특정 구역 적용 결과	69



5.3 기존 연구 결과를 이용한 평가	80
6. 결론	88
참고문헌	90



표 목 차

표 2.1	개략토양조사의 방법	5
표 2.2	1:50,000 개략토양도 토양부호(농촌진흥청, 1971)	5
표 2.3	정밀토양조사 방법	9
표 2.4	1:25,000 정밀토양도 토양 특성(농촌진흥청, 1992)	10
표 2.5	개략토양도의 수문학적 토양군 분류 기준	11
표 2.6	개략토양도의 수문학적 토양군 분류 결과	12
표 2.7	허기술과 정정화(1987)가 적용한 수문학적 토양군 분류 기준	14
표 2.8	허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류 결과	15
표 2.9	정정화 등(1995)이 적용한 토양 특성별 점수 배점	16
표 2.10	정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 기준	16
표 2.11	정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 결과	18
표 2.12	농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 기준	19
표 2.13	농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 결과	21
표 2.14	토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(A군)	24
표 2.15	토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(B군)	26
표 2.16	토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(C군)	27
표 2.17	토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(D군)	29
표 2.18	수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 CN 산정 결과	33
표 2.19	수문학적 토양군 분류방법에 따른 보청천 유역의 CN 산정 결과	35
표 2.20	수문학적 토양군 분류방법에 따른 위천 유역의 CN 산정 결과	37
표 3.1	제주도 내 지역별 토양 종류 및 특성	40
표 3.2	토양통에 따른 위치 및 성질	44
표 3.3	토양목에 따른 토양통의 분류	46
표 3.4	수문학적 토양군 방법에 따른 제주도 토양통의 분류 결과 비교	49
표 3.5	수문학적 토양군 분류 방법에 따른 제주도의 수문학적 토양군의 비율(%)	50
표 4.1	정정화 등(1995)의 수문학적 분류 방법으로 정리한 제주도의 토양통	52
표 4.2	제주도 토양통의 설정 년도와 개정 년도(개정년도 기준)	55
표 4.3	개정된 토양통을 적용하여 수정된 토성	57
표 4.4	개정된 토양통을 적용하여 수정된 배수등급	59
표 4.5	개정된 토양통을 적용하여 수정된 투수속도	60
표 4.6	개정된 토양통을 적용하여 수정된 불투수층	62
표 4.7	제주도를 대상으로 기존의 수문학적 분류 방법 보완	63
표 4.8	기존의 수문학적 분류 방법을 보완한 제주도의 토양통과 수문학적 토양군	63



표 4.9	개정된 토양통 정보를 이용하여 수문학적 토양군 재분류 결과	65
표 5.1	수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 제주도 전역 CN	68
표 5.2	수문학적 토양군 분류 방법에 따른 유역별 토양군 비율	72
표 5.3	수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 중문천 유역 CN	75
표 5.4	수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 천미천 유역 CN	77
표 5.5	수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 한천 유역 CN	79
표 5.6	선행연구에서의 CN 산정 결과와 초기손실(서귀포와 성산지역)	82
표 5.7	선행연구에서의 CN 산정 결과와 초기손실(한천과 외도천유역)	86
표 5.8	선행연구(정우열, 2013) 연구와 육지에서의 강우-유출해석 조건 비교	87



그림 목 차

그림 2.1 토양도에 따른 수문학적 토양군 비율	22
그림 2.2 대상유역의 위치	30
그림 2.3 대상유역별 개략토양도와 정밀토양도의 수문학적 토양군 분류	31
그림 3.1 제주도 내 지역별 토양 종류 분포	39
그림 3.2 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 토양군 분류	47
그림 5.1 제주도를 대상으로 새로운 분류 방법을 적용하여 분류한 수문학적 토양군	67
그림 5.2 대상유역	70
그림 5.3 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 유역별 토양군 분류 결과	71



1. 서론

사면이 바다인 제주도는 우리나라로 상륙하는 태풍의 길목에 위치하며, 해양성기후와 한라산에 의한 지형성 강우의 영향을 받는다. 또한 국내에서 가장 비가 많이 내리는 지역 중의 하나로 연 평균 강수량은 약 2,060 mm이다(정우열과 양성기, 2009). 제주도의 하천은 한라산 백록담을 중심으로 남·북사면으로 발달해 있어 경사가 급하고 20km 미만의 짧은 유로 연장으로 인해 강우에 의한 홍수 유출 지속시간이 매우 짧다는 특성을 가진다. 아울러 하천에서의 유출은 일정한 강우가 도달해야만 발생하며, 강우에 의해 점진적으로 유출량이 증가하는 육지부 하천과는 달리 투수성이 양호한 하상의 상태로 인하여 하천표층이 포화된 후 갑작스럽게 유출이 발생하는 특징을 보인다(정일문 등, 2011).

제주도 하천의 유효수량 산정을 위해 선행연구들은 NRCS-CN 방법을 많이 사용하였다. 1972년 미국자연자원보호청(National Resources Conservation Service, NRCS)이 제안한 NRCS-CN 방법은 국내에서 유효수량을 산정하기 위해 가장 많이 사용되는 방법이다. 국내에서는 선우중호 등 (1977)의 연구에서 NRCS-CN 방법이 처음 소개되었다. 또한 유효수량 뿐만 아니라 다양한 분야의 연구에서 사용되고 있다(NRCS, 1972; NRCS, 1985; 김경탁 등, 1999; 김경탁과 최윤석, 2004).

NRCS-CN 방법에서는 토지이용과 토양에 대한 정보가 중요하다. 토지이용에 관한 정보는 토지이용도에서 알 수 있다. 토지이용에 대한 정보는 분류가 뚜렷하기 때문에 CN을 산정하는데 있어 차이점 없다. 토양에 대한 정보는 토양도에서 알 수 있다. 하지만 토양도 자료를 이용하여 CN을 산정하기 위해 토양을 수문학적 토양군으로 분류하는 방



법은 다양하며, 산정되는 CN은 토양군 분류 방법에 따라 차이를 갖게 된다. 수문학적 토양군 분류에 대한 연구는 육지를 중심으로 진행되어져 왔다.

제주도의 침투 특성은 제주도가 투수성이 좋은 화산암류와 화산회토로 이루어져 있기 때문이며 총 강우량의 절반에 해당하는 강우가 지하로 침투하기 때문에 육지부의 침투와 다른 특성을 갖는다(정우열과 양성기, 2009). 또한 용암류의 흐름의 단절에 의해 생긴 절벽이 하상 곳곳에서 볼 수 있고, 대부분의 하상 매질은 투수성이 좋은 조립질의 모래 이상의 분급을 갖는 퇴적물과 암반전석들로 구성된다(김용철 등, 2009).

우리나라 육지와 다른 침투특성을 가진 제주도를 대상으로 한 수문학적 토양군 분류 연구는 찾기 어렵다. 하천정비기본계획(제주특별자치도, 2009)에서 설계홍수량 산정 방법은 육지 지역에서 적용하는 방법과 동일한 방법으로 제주도를 대상으로 적용하고 있다. 또한 제주도를 대상으로 강우-유출 해석을 수행하는 설계회사들도 홍수량을 산정하는 방법이 다르기 때문에 일관성을 찾기가 어렵다.

기존의 수문학적 토양군 분류 방법을 제주도에 그대로 적용하는 것은 제주도의 토양 특성을 고려하는데 한계가 있다. 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류방법은 NRCS의 기준을 그대로 적용했기 때문에 제주도와 육지에 적용하는데 한계가 있다. 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법의 경우에도 제주도 토양에 대한 조사 및 분류를 진행하지 못하였다. 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 방법은 국내 육지의 지형적 특징을 고려하였으며, 그 결과 많은 토양통들의 수문학적 토양군이 C와 D로 분류되었다. 그러나 제주도의 경



우 투수율이 높은 토양 특성을 가지고 있어 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 방법을 적용하는 것은 적절하지 못하다는 평가가 많다. 또한 기존의 수문학적 토양 분류 방법이 1966년부터 1976년에 설정된 토양통을 적용하고 있어 최근의 토양통 개정 결과를 반영하지 못하는 문제점도 있다.

본 연구에서는 최근의 수문학적 토양군 분류인 농촌진흥청(2007) 방법 이후의 토양통 개정 결과를 반영한 제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류 방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 새로이 제시하는 수문학적 토양군 분류 방법과 기존의 수문학적 토양군 분류 방법을 비교하고 그 결과를 평가하고자 한다. 또한 본 연구에서 제시한 수문학적 토양군 분류 방법과 기존의 수문학적 토양군 방법들을 적용하여 제주도 3개 대표유역에 대한 CN 값을 산정하고 그 결과를 비교·평가하고자 한다. 마지막으로 제주도에서의 강우-유출해석과 관련된 선행 연구들에서 어떻게 CN 값이 추정되었는지를 조사하여 최종적으로 제주도에 적절한 수문학적 토양군 분류기준이 무엇인지를 제시해 보고자 한다. 이러한 결과는 향후 제주도를 대상으로 유효우량을 산정 하는데 있어 유용한 정보로 활용 될 수 있으며, 홍수재해로부터 인명피해를 줄이는데 기초적인 연구가 될 것이라 판단한다.



2. 토양도와 수문학적 토양군 분류

2.1 토양도의 정리와 종류

토양도는 토양의 종류별 특성 및 분포상태를 알 수 있는 자료이다. 토양도는 토양조사를 통해 제작되며, 토양도의 종류는 조사의 목적, 기본도의 축척 및 조사의 정밀도에 따라 개략토양조사, 정밀토양조사 및 세부정밀토양조사 등으로 구분 된다(김경탁, 2003). 토양도는 수문학적 토양군 결정에 필요한 기초자료로써 유역 내 수문학적 토양군 A, B, C, D 비율의 결정에 중요한 역할을 한다(김정호 등, 2014).

2.1.1 개략토양도

개략토양조사는 넓은 지역의 토양을 개략적으로 조사할 때 실시한다. 우리나라의 최초 개략토양조사는 1964년에 UN 특별기금사업의 일환으로 한국 토양조사 사업기구가 설립된 후 실시되었다. 한국 토양조사 사업기구가 설립된 다음해부터 개략토양조사를 실시하여 1969년 12월까지 완료하였으며, 조사 결과를 바탕으로 축척 1:50,000의 개략토양도를 발간하였다(농촌진흥청, 1992).

개략토양조사는 실내에서 입체경을 이용하여 항공사진을 관독하고 이에 따라 잠정적인 토양 경계선을 작성한다. 이후 특정지역을 선정하여 현장조사를 실시하고 그 결과와 동일하다고 판단되는 모든 지역에 동일한 결과를 적용한다. 개략토양조사의 장점은 조사기간이 짧다. 반면 항공사진 관독을 위해서 항공사진에 대한 지식, 현지조사 경험과 항공사진관독의 오랜 경험을 필요로 한다는 단점이 있다. 다음 표 2.1은



개략토양조사 방법을 정리 한 표이다.

표 2.1 개략토양조사의 방법

분류	개략토양조사
지도의 축척	1:50,000 ~ 1:250,000
지도상의 최소 작도면적	62,500 m ²
조사지점간의 거리	500 m ~ 1,000 m
토양분류	대토양군, 토양군
조사의 특징	-항공사진 위주 -고차분류 단위인 대토양군 및 토양군 -지역 내 토양의 분포를 개략적으로 파악
결과활용	-전국적인 토양생성 및 토양군별 분포 파악 -중앙 및 도단위 종합개발계획 -농업개발가능지 분포 파악

*출처: 한국토양총설, 농촌진흥청, 1992

개략토양도는 토양군 단위로 분류되며, 토양부호로 표기한다. 1:50,000 개략토양도 토양부호는 토양종류, 배수정도, 유효토심 등의 토양특성을 고려하여 정한다. 다음 표 2.2는 1:50,000 개략토양도 토양부호를 정리한 것이다.

표 2.2 1:50,000 개략토양도 토양부호(농촌진흥청, 1971)

토양위치	토양부호	토양명
해안지에 분포된 토양	Fba	백색사구, 배수양호 내지 매우양호, 사질
	Fbb	흑색사구, 배수양호 내지 매우양호, 사질
	Fta	간석지, 배수매우불량, 미사사양질 내지 미사식양질
해안 평탄지에 분포된 토양	Fma	회색토 및 충적토, 배수약간불량, 미사식양질 내지 식질
	Fmb	회색토 및 충적토, 배수약간불량, 사양질 내지 미사사양질
	Fmc	염류토, 배수약간불량 내지 불량, 미사사양질 내지 식질
	Fmd	회색토 및 충적토, 배수불량 내지 매우불량, 미사식양질 내지 식질
	Fmg	회색토 및 충적토, 배수불량, 사양질 내지 미사사양질
	Fmk	특이산성토, 배수약간불량 내지 불량, 미사식양질 내지 미사사양질
	Fml	이탄토, 배수불량 내지 매우불량, 미사식양질 내지 식질



표 2.2 1:50,000 개략토양도 토양부호(농촌진흥청, 1971) (계속)

토양위치	토양부호	토양명
하천 범람지에 분포된 토양	Afa	충적토, 배수약간양호 내지 양호, 사양질 내지 사질
	Afb	충적토, 배수약간불량 내지 불량, 사양질 내지 사질
	Afc	범람지 및 충적토, 배수약간양호 내지 매우양호, 사질 내지 사양질
	Afd	범람지 및 충적토, 배수약간양호 내지 매우양호, 자갈이 있는 사질 내지 자갈이 있는 사양질
내륙 평탄지에 분포된 토양	Apa	회색토 및 충적토, 배수약간불량, 미사식양질 내지 식질
	Apb	적황색토, 홍적, 배수약간양호 내지 양호, 식양질 내지 식질
	Apc	충적토, 배수약간불량 내지 양호, 자갈이 있는 식양질 내지 자갈이 있는 사양질
	Apd	회색토 및 충적토, 배수불량, 미사식양질 내지 식질
	Apg	충적토, 배수양호, 자갈이 있는 식양질 내지 자갈이 있는 사양질
산악 곡간지에 분포된 토양	Ana	회색토 및 충적토, 배수약간양호 내지 불량, 식양질 내지 미사식양질
	Anb	회색토 및 충적토, 배수약간양호 내지 약간불량, 자갈이 있는 사양질
	Anc	퇴적토, 배수약간양호 내지 양호, 사양질 내지 식질
	And	흑갈색 퇴적토, 배수약간양호 내지 양호, 식양질 내지 사양질
용암류 평원지 및 용암류 대지에 분포된 토양	Lpa	흑색 화산회토, 배수양호, 미사식양질 내지 미사사양질
	Lpb	농암갈색 화산회토, 배수양호, 돌 및 자갈이 있는 미사사양질 내지 돌 및 자갈이 있는 미사식양질
	Lta	흑색 화산회토 및 용암류, 배수양호 내지 매우양호, 돌 및 자갈이 있는 미사식양질 내지 돌 및 자갈이 있는 미사사양질
	Ltb	농암갈색 화산회토 및 용암류, 배수양호 내지 매우양호, 돌 및 자갈이 있는 미사식양질 내지 돌 및 자갈이 있는 미사사양질
	Lf	용암류
저구릉지 및 산록지에 분포된 토양	Raa	적황색토, 저구릉, 홍적 및 산성암, 배수양호, 식질 내지 식양질
	Rab	적황색토 및 암쇄토, 저구릉, 산성암, 배수양호, 식양질 내지 사양질
	Rac	적황색토, 산록, 산성암, 배수양호, 식질 내지 식양질
	Rad	적황색토 및 퇴적토, 산록, 산성암, 배수양호, 돌 및 자갈이 있는 식양질 내지 돌 및 자갈이 있는 사양질
	Rea	암쇄토, 저구릉, 산성암, 배수매우양호, 식양질 내지 사질, 침식
	Rla	적황색토 및 암쇄토, 저구릉, 석회암, 배수양호, 식양질 내지 식질
	Rlb	적황색토 및 퇴적토, 산록, 석회암, 배수양호, 식양질 내지 식질
	Rsa	적황색토 및 암쇄토, 저구릉, 퇴적암, 배수매우양호 내지 양호, 식양질 내지 사양질
	Rsb	적황색토, 산록, 퇴적암, 배수양호, 식양질 내지 사양질
	Rsc	적황색토 및 퇴적토, 산록, 퇴적암, 배수양호, 자갈이 있는 식양질 내지 자갈이 있는 사양질
Rva	적황색토 및 암쇄토, 저구릉, 중성 내지 염기성암, 배수양호, 식양질	



표 2.2 1:50,000 개략토양도 토양부호(농촌진흥청, 1971) (계속)

토양위치	토양부호	토양명
저구릉지 및 산록지에 분포된 토양	Rvb	적황색토, 산록, 중성 내지 염기성암, 배수양호, 식질 내지 식양질
	Rvc	적황색토 및 퇴적토, 산록, 중성 내지 염기성암, 배수양호, 자갈이 있는 식양질 내지 자갈이 있는 사양질
	Rvd	적황색토, 내지, 현무암, 배수양호, 식질 내지 식양질
	Rxa	회색토 및 충적토, 저구릉 곡간, 배수불량 내지 약간양호, 식양질 내지 식질
구릉지 및 상약지에 분포된 토양	Maa	적황색토 및 암쇄토, 구릉, 산성암, 배수양호, 식양질 내지 사양질
	Mab	암쇄토, 구릉, 산성암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질
	Mac	암쇄토, 산악, 산성암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질
	Mja	화산회토, 구릉 및 산악, 화산분석구, 배수매우양호, 돌 및 자갈이 있는 미사식양질 내지 돌 및 자갈이 있는 미사사양질
	Mla	적황색토 및 암쇄토, 구릉, 석회암, 배수매우양호 내지 양호, 사양질 내지 식질
	Mlb	암쇄토, 산악, 석회암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질
	Mma	암쇄토, 구릉, 변성퇴적암 및 편암, 배수매우양호 내지 양호, 식양질 내지 사양질
	Mmb	암쇄토, 산악, 변성퇴적암 및 편암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질
	Msa	암쇄토, 구릉, 퇴적암, 배수매우양호 내지 양호, 식양질 내지 사양질
	Msb	암쇄토, 산악, 퇴적암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질
	Mua	산성갈색 산림토 및 암쇄토, 고원, 산성, 중성, 염기성암 및 퇴적암, 배수양호, 식양질 내지 사양질
	Mub	산성갈색 산림토 및 암쇄토, 산악, 산성, 중성, 염기성암 및 퇴적암, 배수양호 내지 매우양호, 사양질 내지 식양질
	Mva	암쇄토, 구릉, 중성 내지 염기성암, 배수매우양호 내지 양호, 식양질 내지 사양질
	Mvb	암쇄토, 산악, 중성 내지 염기성암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질
Ro	암석 노출지	



2.1.2 정밀토양도

정밀토양도는 정밀 토양조사를 통해 만들어진 지도이다. 정밀토양 조사는 군 단위 정도의 지역내 토양별 분포를 조사할 때 실시한다. 우리나라의 최초 정밀토양조사는 1970년에 실시되었다. 1970년부터 1974년까지 4년동안 25개 시군에 대하여 정밀토양조사를 실시하여, 전국의 토양을 165개로 분류하였다(농촌진흥청, 1992). 그 이후 1975년부터 1979년 사이에는 조기완료 5개년 사업을 통하여 전국의 농경지와 산림 개발 가능지에 대하여 정밀토양조사를 실시하고 조사 결과를 바탕으로 축척 1:25,000 정밀토양도를 발간하였다. 1995년부터 1999년 사이에는 밭토양 환경보전 관리기술사업의 일환으로 세부정밀토양조사를 실시하였다.

정밀토양조사는 토양분포를 세밀히 파악하기 위해 현장조사 위주로 실시된다. 대상지역을 답사하면서 토양의 형태적 특성을 조사하여 토양의 종류를 구분한다. 토양특성이 동일한 토양에 대하여 같은 부호를 붙여 토양종류를 구분한다. 토양조사를 위해 약 1 m 깊이의 토양 상태를 확인하고 토양단면에서의 특성들을 분석한다. 추가로 현장조사가 끝나면 각 토양층의 시료를 실험실로 가져가 토성을 분석한다. 정밀 토양조사는 개략토양조사에 비해 지역 내 토양 분포를 자세하게 파악할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 조사를 하는데 있어 시간과 비용이 많이 소요된다는 단점이 있다. 다음 표 2.3는 정밀토양조사 방법을 정리한 표이다.



표 2.3 정밀토양조사 방법

분류	정밀토양조사
지도의 축척	1:25,000
지도상의 최소 작도면적	15,600 m ²
조사지점간의 거리	100 m이내
토양분류	토양통, 토양구, 토양상
조사의 특징	-현장답사 위주 -저차분류단위인 토양통과 작도 단위는 토양구 및 토양상 -지역 내 토양별 분포를 세밀히 파악
결과활용	-군 및 면단위 영농지도 계획 -지역별 개발계획 -지대별 시비 개선 -토양보존 등 기초자료

*출처: 한국토양총설, 농촌진흥청, 1992

정밀토양도는 토양의 다양한 고유한 성질을 구별하기 위하여 토양통 단위로 분류된다. 토양통은 토양이 처음 발견된 지명, 강 등의 이름으로 나타낸다. 정밀토양도의 토양통은 개략토양도의 토양부호보다 해당 지역을 세분화하여 보다 정밀하게 수문학적 토양군을 분류할 수 있다. 다음 표 2.4는 1:25,000 정밀토양도 토양부호별 토양 특성을 정리한 표이다. 정밀토양도의 경우 토양통의 종류가 매우 많기 때문에 모든 토양통에 대한 정보는 제시하지 못했다. 본 보고서에서는 일부 토양통에 대한 정보를 제시하였다.



표 2.4 1:25,000 정밀토양도 토양 특성(농촌진흥청, 1992)

토양통	배수정도	토양종류	토심	토양명	토지이용
안용	양호	식양질	보통	적황색토	밭
함호	양호	식양질	깊음	퇴적토	밭
봉산	양호	식양질	보통	적황색토	임야
칠곡	약간양호	식양질	깊음	암쇄토	논
대구	매우양호	식양질	없음	암쇄토	임야
덕천	양호	사양질	보통	충적토	임야
은곡	약간양호	식양질	깊음	충적토	논
각화	양호	식질	보통	적황색토	밭
금곡	약간양호	식양질	얕음	퇴적토	임야
고평	양호	식질	보통	적황색토	밭
주천	약간양호	사양질	보통	회색토	논
고천	약간양호	사양질	보통	충적토	논
화동	약간양호	식질	깊음	적황색토	논
회곡	약간불량	사양질	깊음	회색토	논
호계	양호	식질	얕음	충적토	밭
함창	불량	사양질	얕음	회색토	논
화동	약간양호	식질	깊음	적황색토	논
석계	약간양호	사양질	보통	회색토	논
사촌	약간양호	사양질	깊음	회색토	논
송당	양호	사양질	보통	화산회토	초지
삼각	매우양호	사양질	보통	암쇄토	임야
송산	매우양호	사양질	보통	암쇄토	임야
수암	양호	사양질	얕음	퇴적토	논
석토	양호	식양질	얕음	퇴적토	밭
우곡	양호	식양질	깊음	퇴적토	밭
비곡	약간양호	식양질	깊음	적황색토	논
월곡	약간양호	사양질	얕음	충적토	밭
예산	양호	사양질	보통	적황색토	밭
예천	불량	사양질	얕음	회색토	논
용지	약간양호	식양질	깊음	적황색토	논
유가	약간불량	미사식양질	깊음	회색토	논



2.2 토양도의 수문학적 분류

2.2.1 개략토양도의 수문학적 분류

개략토양도의 수문학적 토양군 분류 방법은 미토양보존국(The Natural Resource Conservation Service, NRCS(이전까지 SCS))의 수문학적 토양군 정의를 따른다. 유역의 토양특성은 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미친다. 이에 NRCS에서는 미국 전역의 토양특성을 조사하고, 토양의 투수속도를 기준으로 4개의 토양군(A, B, C, D)으로 분류하였다(NRCS, 1972). 투수속도가 빠른 토양군을 A, 느린 토양군은 D로 분류하였다. D군에 속한 토양의 경우 A군에 속한 토양에 비해 토양 입자가 작기 때문에 투수속도가 느리다. 다음 표 2.5는 개략 토양도의 수문학적 토양군 분류 기준을 정리한 것이다.

표 2.5 개략토양도의 수문학적 토양군 분류 기준

토양군	토양의 성질	투수속도(mm/hr)
A	-사질이거나 역질 -침투율이 높음, 투수율이 높음, 토양배수는 매우양호	7.62 ~ 11.43
B	-약간 세립질이거나 약간 조립질 -침투율이 보통, 투수율이 보통, 토양배수는 양호	3.81 ~ 7.62
C	-약간 세립질이거나 세립질 -침투율이 느림, 투수율이 느림	1.27 ~ 3.81
D	-경반층이거나 점토층을 갖는 토양 -침투율이 매우느림, 투수율이 매우느림	0.00 ~ 1.27

*출처: National Engineering Handbook Section 4, NRCS, 1972

다음 표 2.6는 NRCS의 수문학적 토양군 분류방법을 적용한 개략 토양도의 수문학적 토양군 분류 결과이다. 해안지에 분포한 백색사구(Fba)와 흑색사구(Fbb)의 경우 배수가 양호하여 A군으로 분류되었으며, 간석지(Fta)의 경우 배수가 불량하여 D군으로 분류되었다. 해안 평



탄지에 분포된 토양의 경우 배수가 불량하여 C군과 D군으로 분류되었다. 하천 범람지에 분포된 토양의 경우 배수가 불량한 범람지 및 충적토(Afb)는 C군으로 분류되었으며, 나머지는 B군으로 분류되었다. 내륙 평탄지에 분포된 토양의 경우 배수가 불량한 회색토 및 충적토(Apa, Apd)는 C군으로 분류되었고, 나머지 배수가 양호한 토양의 경우 B군으로 분류되었다. 산악 곡간지에 분포된 토양의 경우 배수가 양호하여 모두 B군으로 분류되었다. 저구릉지 및 산록지에 분포된 토양의 경우 배수가 양호한 암쇄토(Rea)와 적황색토(Rsa)는 A군으로 분류되었으며, 나머지 토양의 경우 C군으로 분류되었다. 마지막으로 구릉지 및 산악지에 분포된 토양의 경우 암석노출지(Ro)는 D군으로 분류되었으며, 나머지 토양의 경우 A군과 B군으로 분류되었다. 용암류 평원지 및 용암류 대지에 분포된 토양인 Lta, Ltb, Lf, Lpa, Lpb는 배수가 양호하여 A군과 B군으로 분류되었다.

표 2.6 개략토양도의 수문학적 토양군 분류 결과

토양군	토양부호
A	Fba, Fbb, Lta, Ltb, Lf, Rea, Rsa, Mab, Mac, Mta, Mla, Mlb, Mma, Mmb, Msa, Msb, Mub, Mva, Mvb
B	Afa, Afc, Afd, Apb, Apc, Apg, Ana, Anb, Anc, And, Lpa, Lpb, Raa, Rab, Rac, Rad, Rla, Rlb, Rsb, Rsc, Rva, Rvb, Rvc, Rvd, Rxa, Maa, Mua
C	Fma, Fmb, Fmc, Fmg, Fmk, Afb, Apa, Apd
D	Fta, Fmd, Fml, Ro



2.2.2 정밀토양도의 수문학적 분류

국내에서 사용되는 정밀토양도의 수문학적 토양군 분류 방법에는 3가지 방법이 있다. 허기술과 정정화(1987)는 농촌진흥청에서 분류한 우리나라 토양통을 NRCS의 수문학적 토양군 분류방법을 적용하여 분류하였다. 그러나 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류방법은 NRCS의 기준을 그대로 적용했기 때문에 우리나라에서 적용하는데 한계가 있다. 정정화 등(1995)은 허기술과 정정화(1987)의 연구를 기초로 우리나라의 토양특성을 다시 구성하였다. 침투 및 투수속도에 대한 실측자료가 부족한 우리나라의 실정을 감안하여 침투수량을 지배하는 토양속(textural family), 배수등급(drainage class), 불투수층(impermeable layer), 투수성(permeability)과 같은 토양의 정상적인 특성을 가지고 우리나라 토양통의 수문학적 토양군을 재분류하였다. 마지막으로 농촌진흥청(2007)은 토양의 침투 및 투수속도에 대한 실측자료를 기반으로 투수특성에 대한 기준을 보완하여 우리나라 토양통의 수문학적 토양군을 재분류하였다. 각각의 방법에 대한 설명은 다음과 같다.

① 허기술과 정정화(1987) 분류 방법

허기술과 정정화(1987)는 미국 NRCS와 한국 농촌진흥청의 수문학적 토양군 분류방법이 미국 농림부의 토양조사매뉴얼에 기초를 두고 있음에 착안하였다. 침투율, 토양배수, 투수율, 토성을 고려하여 농촌진흥청에서 분류한 우리나라 토양통을 NRCS의 수문학적 토양군 분류방법을 적용하여 수문학적 토양군으로 분류하였다. 다음 표 2.7는 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류기준을 정리한 것이다.



표 2.7 허기술과 정정화(1987)가 적용한 수문학적 토양군 분류 기준

수문학적 토양군	침투율	토양배수	투수율	토성
A	높음	매우양호	높음	사질이거나 역질
B	보통	양호	보통	약간 세립질이거나 조립질
C	느림	-	느림	약간 세립질이거나 세립질
D	매우느림	-	매우느림	경반층이거나 점토층을 갖는 토양

*출처: 한국토양의 수문학적 분류 및 그 응용, 1987

다음 표 2.8는 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류기준을 적용하여 우리나라 토양통을 분류한 결과이다. 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용한 경우 B군의 비율은 23.03%, C군의 비율은 38.19%, D군의 비율은 28.86%으로 나타났다. 반면 A군의 비율은 9.91%로 다른 군에 비해 비율이 작게 나타났다.



표 2.8 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류 결과

토양군	토양통
A	가과, 태본, 오지, 백구, 북평, 비천, 사두, 온편, 일평, 하사, 혜리, 가천, 고천, 김천, 낙동, 남계, 덕천, 물금, 본양, 오천, 오펡, 장천, 주천, 중동, 화봉, 황용, 덕계, 상주, 성산, 압곡, 월곡, 입석, 천부, 토계, 풍천, 학곡, 흥문, 흥천, 도산, 미악, 표선
B	가포, 광포, 만경, 속포, 춘포, 학성, 학포, 강서, 규암, 남평, 도천, 석계, 석천, 월령, 유원, 이현, 통천, 학산, 갈곡, 과천, 구곡, 뇌곡, 다인, 단북, 동암, 마곡, 마령, 장지, 매곡, 복내, 산계, 수북, 알봉, 용곡, 은곡, 이목, 임동, 장계, 주곡, 진목, 진천, 창곡, 추계, 행곡, 처계, 김곡, 논진, 대원, 대흘, 덕곡, 도계, 도동, 무이, 사라, 석토, 송당, 수암, 신불, 연태, 운곡, 이원, 체천, 죽암, 지곡, 감산, 공산, 영악, 나리, 낙산, 마산, 망실, 삼각, 성인, 송산, 영일, 예산, 오산, 울릉, 위산, 월산, 월정, 이산, 적악, 청심, 한임, 행원, 흑악
C	광활, 구포, 금진, 금해, 낙천, 다평, 달동, 덕하, 동호, 등구, 문포, 승주, 염포, 전북, 평해, 향호, 금지, 미원, 범평, 만성, 신흥, 심천, 애월, 영산, 월평, 유천, 청원, 칠원, 평택, 함창, 화수, 가곡, 감곡, 감천, 강동, 강진, 경산, 고흥, 금서, 남곡, 대곡, 도곡, 문경, 반호, 방곡, 방기, 백구, 백산, 봉곡, 부곡, 비곡, 사촌, 삼암, 신현, 아곡, 안계, 안덕, 안미, 양곡, 영월, 예곡, 예천, 옥계, 옥동, 용계, 용강, 용당, 용수, 용지, 용흥, 우곡, 원곡, 위미, 유가, 율곡, 이도, 임곡, 장유, 점곡, 제주, 종곡, 죽곡, 지산, 진도, 천평, 춘천, 판곡, 함평, 화순, 송곡, 효천, 교래, 대흥, 도진, 동귀, 미탄, 안용, 운교, 운봉, 원계, 인제, 저동, 칠곡, 흑석, 파립, 괴산, 귀산, 나산, 남양, 남원, 노로, 녹산, 논고, 논산, 단성, 대산, 미산, 민악, 병악, 봉산, 부여, 송악, 송정, 신기, 신정, 아라, 아산, 오라, 완산, 유하, 입산, 장산, 중문, 차항, 추산, 태화, 토산, 토평, 평대, 한경, 향목
D	공덕, 김제, 봉남, 봉림, 부용, 서탄, 여수, 용호, 포두, 포리, 포근, 해척, 북천, 대정, 신담, 이천, 호남, 흥평, 신평, 수계, 강정, 갈전, 고령, 고평, 공성, 광주, 극락, 덕평, 동송, 무릉, 반곡, 반천, 연곡, 연천, 영락, 왕산, 옥천, 우도, 우평, 유계, 이호, 장파, 진곡, 창평, 칠원, 청계, 춘도, 파주, 포곡, 해안, 화동, 반산, 각화, 악양, 장원, 초계, 특곡, 평안, 평전, 고산, 관악, 광산, 군산, 구암, 구좌, 금령, 근산, 낙서, 남산, 달천, 대구, 덕산, 동흥, 매산, 모산, 무등, 봉계, 사동, 산방, 산청, 시례, 신암, 영동, 오테, 외산, 음성, 의성, 인성, 장성, 전남, 정자, 조천, 중암, 천곡, 청산, 청풍, 초봉, 태산, 평창, 하막, 하보, 하원, 하정, 행산, 화산



② 정정화 등(1995) 분류 방법

정정화 등(1995)는 허기술과 정정화(1987)의 연구를 보완하여 우리나라 토양통의 수문학적 토양군을 재분류하였다. 정정화 등(1995)는 사전에 조사되었던 전국의 토양통을 토성, 배수등급, 투수속도, 투수저해 토층의 유무 및 출현깊이 등 침투수량을 지배하는 요인들을 사용하여 수문학적 토양군으로 분류하였다(김정호 등, 2014). 다음 표 2.9 정정화 등(1995)이 적용한 토양 특성별 점수를 정리한 것이며, 표 2.10는 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류기준을 정리한 것이다. 정정화 등(1995)은 토양특성에 따라 1 ~ 4점으로 분류했으며, 총 합산 점수가 13점 이상인 토양통은 A, 12 ~ 11점인 토양통은 B, 10 ~ 8점인 토양통은 C, 7점 이하의 토양통은 D로 분류하였다.

표 2.9 정정화 등(1995)이 적용한 토양 특성별 점수 배점

특성	특성			
토성	모래와 자갈이 많은 거친 토성	적당히 거친 토성(물에 쏠려 와서 쌓이는 가는 모래, 진흙 등)	미사질양토 자갈로 적당히 거친 토성	미사질점토
배수등급	매우양호	양호	약간불량	불량
투수성(cm/hr)	매우빠름(>12.0)	빠름(12.0-6.0)	느림(6.0-0.5)	매우느림(<0.5)
불투수층 깊이(cm)	-	100-50	50-25	25 미만
점수	4	3	2	1

표 2.10 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 기준

	A	B	C	D
합산점수	≥13	12 ~ 11	10 ~ 8	≤7

다음 표 2.11는 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류기준을 적



용하여 우리나라 토양통을 분류한 결과이다. 표 2.11에서 진하게 표시된 토양통은 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류 결과와 비교하여 수문학적 토양군이 재분류된 토양통을 표시한 것이다. 정정화(1987)의 분류 방법을 적용한 경우 A군의 비율은 23.94%, B군의 비율은 25.80%, C군의 비율은 18.88%, D군의 비율은 31.38%로 나타났다. 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용한 경우와 비교해보면 A군의 비율은 증가한 반면 C군의 비율은 감소한 것으로 나타났다.



표 2.11 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 결과

토양군	토양통
A	가천, 가파, 감산, 강서, 고천, 과천, 관악, 구좌, 금악, 금천, 나리, 낙동, 낙산, 남계, 남양, 녹전, 뇌곡, 다인, 단복, 대홀, 덕계, 덕천, 도산, 마지, 매곡, 명지, 무이, 미악, 민악, 백수, 본량, 북평, 비천, 사동, 사두, 산방, 삼각, 상주, 성산, 성인, 송산, 수암, 신엄, 아라, 알봉, 압곡, 영동, 영일, 예산, 오대, 오평, 온평, 외산, 울산, 월곡, 월령, 월정, 유원, 은곡, 의성, 이산, 일평, 입석, 장천, 적악, 주천, 중동, 지곡, 천부, 청산, 청심, 태본, 토계, 풍천, 하사, 학곡, 한림, 해리, 행산, 행원, 흥문, 흥천, 화봉, 황룡, 회곡, 흑악
B	갈곡, 감곡, 감천, 고산, 공산, 과일, 광포, 괴산, 군산, 귀산, 규암, 금녕, 나산, 낙서, 남원, 노로, 녹산, 논고, 논산, 대곡, 대홍, 덕산, 도계, 도동, 도전, 동암, 마곡, 마령, 마산, 망실, 매봉, 물금, 미산, 반호, 백산, 병악, 복내, 복천, 부여, 사라, 사촌, 산계, 석계, 석천, 석토, 송당, 수북, 신기, 신불, 신현, 안릉, 연대, 완산, 용계, 용곡, 용당, 우곡, 운곡, 울릉, 원곡, 월산, 위미, 음성, 이목, 이원, 이현, 입산, 장계, 장산, 저동, 점곡, 정동, 정자, 조천, 주곡, 죽암, 중엄, 진천, 차항, 창곡, 초봉, 추계, 추산, 태화, 통천, 표선, 하모, 하빈, 학포, 한경, 향목, 호계
C	가포, 강진, 교래, 구곡, 구엄, 금곡, 금지, 금진, 낙천, 남곡, 남평, 단성, 대구, 대산, 대원, 덕곡, 도천, 동귀, 동홍, 만경, 만성, 모산, 무등, 미탄, 반산, 범평, 비곡, 송악, 시례, 신담, 신흥, 안계, 안덕, 애월, 염포, 영산, 영월, 오라, 오천, 옥계, 왕산, 용강, 용지, 운봉, 원지, 유천, 유하, 울곡, 울포, 이도, 인성, 인제, 임곡, 장성, 장유, 제주, 제천, 중문, 지산, 진도, 진목, 천평, 청원, 춘도, 칠곡, 칠원, 토산, 토평, 판곡, 평대, 학산, 함평, 행곡, 화수, 화순, 흑석
D	가곡, 각화, 갈전, 강동, 강정, 경산, 고령, 고평, 고흥, 공덕, 공성, 광산, 광주, 광활, 구포, 극락, 근산, 금서, 김계, 남산, 다평, 달동, 달천, 대정, 덕평, 덕하, 도곡, 동송, 동호, 등귀, 매산, 무릉, 문경, 문포, 미원, 반곡, 반천, 방곡, 방기, 백구, 백령, 봉계, 봉곡, 봉남, 봉림, 부곡, 부용, 산청, 삼암, 서탄, 수계, 송주, 신평, 심천, 아곡, 악양, 양곡, 여수, 연곡, 연천, 영락, 예곡, 예천, 옥동, 옥천, 용수, 용호, 용흥, 우도, 우평, 운교, 월평, 유가, 유계, 유곡, 이천, 이호, 장원, 장파, 전남, 전북, 중곡, 죽곡, 진곡, 창평, 천곡, 칠원, 청계, 청풍, 초계, 춘천, 춘포, 태산, 태안, 특곡, 파주, 평안, 평전, 평창, 평택, 평해, 포곡, 포두, 포리, 포승, 하원, 하정, 학성, 함창, 해안, 해척, 향호, 호남, 화동, 화산, 효천, 흥평



③ 농촌진흥청(2007) 분류 방법

농촌진흥청(2007)은 토양의 침투 및 투수속도에 대한 현장 측정 자료를 기반으로 투수특성에 대한 기준을 보완하여 우리나라 토양통의 수문학적 토양군을 재분류하였다. 농촌진흥청(2007)은 토양군의 분류를 위해 우리나라의 산림토양 16지점, 논토양 17지점, 밭토양 25지점에서 침투속도와 투수속도를 측정했다. 침투속도 측정을 위해 현장측정용 장력 침투속도계를 사용했으며, 투수속도 측정을 위해 현장측정용 투수속도계를 이용하였다. 이렇게 측정된 물리적 특성자료를 이용하여 각 토양의 수문학적 토양군을 분류한 후, 분류된 토양과 수리특성이 유사하다고 판단되는 토양에 동일한 수문학적 토양군을 부여했다. 마지막으로 우리나라의 지형적 특징인 얇은 토심과 불투수층을 고려하여 지표면에서부터 불투수층의 깊이가 50 cm 이하인 토양은 D로 석회암 암반층을 갖는 토양은 C로 분류하였다. 다음 표 2.12는 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 기준은 정리한 것이다.

표 2.12 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 기준

수문학적 토양군	한계침투속도 (mm/hr)	토양의 특성	석회암 암반층	불투수층 깊이(cm)
A	7.62 ~ 11.43	-완전히 젖었을 때도 침투속도 큼 -모래 또는 자갈을 포함	무	-
B	3.81 ~ 7.62	-완전히 젖었을 때 침투속도 보통 -세립질에서 약간조립질	무	-
C	1.27 ~ 3.81	-완전히 젖었을 때 낮은 침투속도 -약간 세립질에서 세립질	유	-
D	0.00 ~ 1.27	-완전히 젖었을 때 매우 느린 침투속도 -점토	무	50≥



다음 표 2.13는 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류기준을 적용하여 우리나라 토양통을 분류한 결과이다. 표 2.13에서 진하게 표시된 토양통은 허기술과 정정화(1987)의 수문학적 토양군 분류 결과와 비교하여 수문학적 토양군이 재분류된 토양통을 표시한 것이다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 A군의 비율은 23.08%, B군의 비율은 8.72%, C군의 비율은 10.26%, D군의 비율은 57.95%로 나타났다. 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용한 경우와 비교해보면 A군과 D군의 비율은 증가한 반면 B군과 C군의 비율은 감소한 것으로 나타났다.



표 2.13 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 결과

토양군	토양통
A	가과, 갈곡, 강정, 과림, 과천, 괴산, 구엄, 나리, 낙동, 낙산, 노로, 논고, 뇌곡, 다인, 단복, 대곡, 대홀, 덕계, 덕산, 덕천, 도동, 도산, 동귀, 마지, 명지, 무릉, 무이, 미악, 미탄, 백산, 병악, 본량, 비천, 사라, 삼각, 상주, 성산, 성인, 송산, 수암, 신기, 안릉, 알봉, 애월, 연대, 영락, 영일, 예산, 오라, 온평, 외산, 우곡, 운봉, 울릉, 울산, 원곡, 원지, 월령, 월산, 월정, 의성, 이도, 이산, 이원, 일평, 임동, 임산, 임자, 입석, 적악, 주곡, 주천, 중동, 지곡, 진천, 차항, 창곡, 청심, 추계, 태본, 태화, 토계, 표선, 풍천, 하사, 해리, 향목, 홍문, 홍천, 화봉, 황릉
B	고산, 괴산, 나산, 남곡, 남양, 녹산, 도계, 마산, 망실, 반호, 봉산, 북평, 삼각, 석토, 신정, 아산, 안덕, 오산, 용계, 용당, 용흥, 우도, 운곡, 유원, 유천, 유하, 의귀, 이목, 이현, 장산, 장원, 정방, 죽암, 청릉, 청산, 초정, 한림, 호계, 화순
C	감산, 공산, 귀산, 근산, 금악, 금천, 녹천, 단성, 대산, 동암, 동흥, 모산, 미산, 민악, 백령, 부여, 사두, 산청, 송당, 시례, 신불, 신암, 신현, 아라, 완산, 인성, 장성, 장천, 제주, 제천, 중문, 진곡, 천곡, 청산, 추산, 토산, 평창, 하모, 한경, 행원, 흑석, 흑악
D	가곡, 가천, 가포, 각화, 간석소택지, 간석지, 갈전, 감곡, 감천, 강동, 강릉, 강서, 강진, 경산, 고령, 고천, 고평, 고흥, 공덕, 공성 판악, 광산, 광주, 광포, 광활, 교래, 구곡, 구좌, 구포, 군산, 규암, 극락, 금곡, 금녕, 금서, 금지, 금진, 김계, 김해, 낙서, 낙천, 남계, 남산, 남원, 남평, 논산, 다평, 달동, 달천, 대구, 대원, 대정, 대평, 대흥, 덕곡, 덕산, 덕평, 덕하, 도곡, 도전, 도천, 동송, 동호, 등귀, 마곡, 마령, 만경, 만성, 매곡, 매봉, 매산, 무등, 문경, 문포, 물금, 미원, 반곡, 반산, 방곡, 방기, 백구, 백수, 범평, 복내, 복천, 봉계, 봉곡, 봉남, 봉립, 부곡, 부용, 비곡, 사동, 사촌, 산계, 산방, 삼암, 서탄, 석계, 석천, 송악, 수계, 수북, 송주, 신담, 신불, 신평, 신흥, 심천, 아곡, 악양, 안계, 안미, 암석노출지, 암석지, 압곡, 양곡, 여수, 연곡, 연천, 염포, 영동, 영산, 영월, 예곡, 예천, 오대, 오천, 오평, 옥계, 옥동, 옥천, 왕산, 용강, 용곡, 용수, 용지, 용호, 우지, 우평, 운교, 월곡, 월평, 위미, 유가, 유계, 유곡, 유현, 울곡, 울포, 은곡, 음성, 이천, 이호, 인제, 임곡, 장계, 장유, 장파, 장호, 저동, 저수지, 전남, 전북, 점곡, 정동, 정읍, 정자, 제방, 조천, 종곡, 죽곡, 중엄, 지산, 진도, 진목, 창평, 천부, 천평, 철원, 청계, 청원, 청풍, 초계, 초봉, 춘도, 춘천, 춘포, 칠곡, 칠원, 태산, 태안, 토평, 통천, 특곡, 파주, 판곡, 평대, 평안, 평전, 평택, 평해, 포곡, 포두, 포리, 포승, 하빈, 하원, 하정, 하천범람지, 하해범람지, 학곡, 학산, 학성, 학포, 함창, 함평, 해안, 해척, 행곡, 행산, 향호, 호남, 화동, 화산, 화수, 회곡, 효천, 흥평



2.2.3 분류방법에 따른 수문학적 토양군의 변화

그림 2.1는 분류방법에 따른 수문학적 토양군 비율을 나타낸다. 개략토양도를 적용한 경우 정밀토양도를 적용한 경우와 비교하여 A군과 B군은 높게 나타났으며, C군과 D군은 낮게 나타났다. 또한 허기슬과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용한 경우 C군과 D군의 총 비율이 약 70%로 나타났으며, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 D군의 전체 약 60%로 높게 나타났다. 반면 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용한 경우 정밀토양도의 다른 두 방법에 C군과 D군이 낮게 나타났다. 이러한 결과는 CN 산정에 절대적인 영향을 미친다. 먼저 개략토양도를 사용하게 되면 정밀토양도를 사용하는 경우에 비해 CN값이 크게 산정되고, 정밀토양도를 사용하는 경우에는 개략토양도를 사용하는 경우에 비해 CN값이 작게 산정되는 문제가 발생할 수 있다.

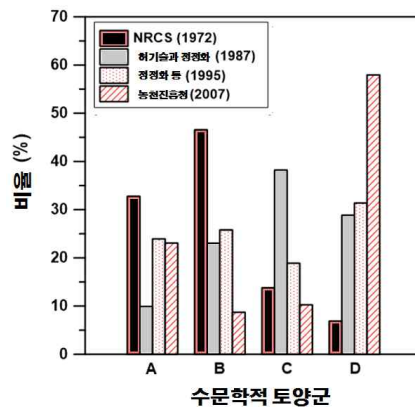


그림 2.1 토양도에 따른 수문학적 토양군 비율

정밀토양도에 따른 토양통의 수문학적 토양군 분류 결과를 비교하



기 위해 분류 방법별 토양군의 변화를 확인하였다. 다음 표에서는 연구자에 따른 수문학적 토양군 변화를 정리한 표이다. 표 2.14 ~ 2.17에서 (a)는 농촌진흥청(2007)의 분류 방법, (b)는 정정화 등(1995)의 분류 방법, (c)는 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용한 수문학적 토양군 변화 결과이다. 표 2.14는 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 A군으로 분류된 토양통을 정리한 것이다. 허기술과 정정화(1987)에서 B, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A군으로 분류된 토양통은 전체의 약 15.13%로 나타났다. 특히 외산통, 의선통 등 26개 토양통의 경우(약 6.67%), 허기술과 정정화(1987)에서 C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A군으로 분류되었으며, 이러한 경우 산정되는 CN 값에 큰 변화가 생기게 된다. 또한 정정화 등(1995)에서 B, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A로 분류된 토양통은 전체의 약 10.00%로 나타났다.



표 2.14 토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(A군)

(a)	(b)	(c)	토양통
A	A	A	가파, 낙동, 덕계, 덕천, 도산, 미악, 비천, 상주, 성산, 일평, 입석, 주천, 중동, 태본, 토계, 풍천, 하사, 홍문, 홍천, 화봉
		B	과천, 나리, 낙산, 뇌곡, 다인, 단북, 대흘, 무이, 삼각, 성인, 송산, 수암, 알봉, 영일, 예산, 월령, 월정, 이산, 적악, 지곡, 청심
		C	-
		D	외산, 의성
		-	마지, 명지, 본량, 온평, 울산, 해리, 황룡
	B	A	표신
		B	갈곡, 도동, 사라, 운곡, 울릉, 월산, 이원, 임동, 주곡, 진천, 창곡, 추계
		C	과림, 괴산, 노로, 논고, 대곡, 백산, 병악, 신기, 우곡, 원곡, 임산, 차항, 태화, 향목
		D	덕산
		-	-
	C	A	-
		B	-
		C	동귀, 미탄, 애월, 오라, 운봉, 이도
		D	-
		-	구엄, 원지
	D	A	-
		B	-
		C	-
		D	강정, 무릉, 영락
		-	-
	-	A	-
		B	-
		C	-
		D	-
-		임자	

(a): 농촌진흥청(2007), (b): 정정화 등(1995), (c): 허기술과 정정화(1987)

다음 표 2.15는 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 B군으로 분류된 토양통을 정리한 것이다. 허기술과 정정화(1987)의 분류 결과와 농촌진흥청(2007)의 분류 결과를 비교한 결과, 허기술과 정정화(1987)에서 A, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥



청(2007)에서 B로 분류된 토양통은 전체의 약 4.62%였다. 정정화 등(1995)의 분류 결과와 농촌진흥청(2007)의 분류 결과를 비교한 결과, 정정화 등(1995)에서 A, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 B로 분류된 토양통은 전체의 약 3.08%로 나타났다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 A군으로 분류된 토양통과 비교하여 B군으로 분류된 토양통의 양은 많지 않은 것으로 나타났다.



표 2.15 토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(B군)

(a)	(b)	(c)	토양통
B	A	A	북평
		B	유원
		C	남양
		D	남곡, 안덕, 유천, 유하, 화순
		-	한림
	B	A	-
		B	도계, 마산, 망실, 오산, 이목, 이현, 죽암
		C	나산, 녹산, 반호, 봉산, 신정, 아산, 용계, 용당, 장산
		D	청산
		-	호계
	C	A	-
		B	-
		C	-
		D	-
		-	-
	D	A	-
		B	-
		C	-
		D	고산
		-	우도, 장원
-	A	-	
	B	-	
	C	-	
	D	-	
	-	의귀, 정방, 청룡, 초정	

(a): 농촌진흥청(2007), (b): 정정화 등(1995), (c): 허가술과 정정화(1987)

다음 표 2.16는 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 C군으로 분류된 토양통을 정리한 것이다. 허가술과 정정화(1987)의 분류 결과와 농촌진흥청(2007)의 분류 결과를 비교한 결과, 허가술과 정정화(1987)에서 A, B, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 C로 분류된 토양통은 전체의 약 4.87%였다. 정정화 등(1995)의 분류 결과와 농촌진흥청(2007)의 분류 결과를 비교한 결과, 정정화 등(1995)에서 A, B, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에



서 C로 분류된 토양통은 전체의 약 7.18%로 나타났다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 A군으로 분류된 토양통과 비교하여 C군으로 분류된 토양통의 양은 B군으로 분류된 토양통과 마찬가지로 많지 않은 것으로 나타났다.

표 2.16 토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(C군)

(a)	(b)	(c)	토양통
C	A	A	사두, 장천
		B	감산, 행원, 흑악
		C	민악, 아라
		D	-
		-	금악, 금천, 녹전, 신업
	B	A	-
		B	공산, 동암, 송당
		C	귀산, 미산, 부여, 신현, 완산, 추산, 한경
		D	-
		-	하모
	C	A	-
		B	제천
		C	단성, 대산, 제주, 증문, 토산, 흑석
		D	동흥, 모산, 시례, 인성, 장성
		-	-
	D	A	-
		B	-
		C	-
		D	근산, 산청, 진곡, 천곡, 평창
		-	백령
-	A	-	
	B	-	
	C	-	
	D	-	
	-	-	

(a): 농촌진흥청(2007), (b): 정정화 등(1995), (c): 허기술과 정정화(1987)

다음 표 2.17는 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 D군으로 분류된 토양통을 정리한 것이다. 허기술과 정



정화(1987)의 분류 결과와 농촌진흥청(2007)의 분류 결과를 비교한 결과, 허기술과 정정화(1987)에서 A, B, C군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 D로 분류된 토양통은 전체의 약 32.56%였다. 정정화 등(1995)의 분류 결과와 농촌진흥청(2007)의 분류 결과를 비교한 결과, 정정화 등(1995)에서 A, B, C군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 D로 분류된 토양통은 전체의 약 28.46%로 나타났다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우 수문학적 토양군이 D군으로 분류된 토양통은 A군, B군, C군으로 분류된 경우와 비교하여 가장 많은 것으로 나타났다.



표 2.17 토양도에 따른 수문학적 토양군 변화(D군)

(a)	(b)	(c)	토양통
D	A	A	가천, 고천, 남계, 압곡, 오평, 월곡, 천부, 학곡
		B	강서, 매곡, 율곡
		C	-
		D	관악, 구좌, 사동, 산방, 영동, 행산
		-	백수, 오대, 회곡
	B	A	물금
		B	광포, 규암, 동귀, 마곡, 마령, 복내, 산계, 석계 석천, 석토, 수북, 신불, 용곡, 장계, 통천, 학포
		C	감곡, 감천, 남운, 논산, 대흥, 도천, 사촌, 안미, 위미, 저동, 점곡
		D	군산, 낙서, 복천, 음성, 정자, 조천, 초봉
		-	금녕, 매봉, 정동, 중업, 하빈
	C	A	오천
		B	가포, 구곡, 남평, 대원, 덕곡, 도천, 만경, 진목, 학산, 행곡
		C	강진, 교래, 금지, 금진, 낙천, 만성, 범평, 비곡, 송악, 신흥, 안계, 염포, 영산, 영월, 옥계, 용강, 용지, 율곡, 인제, 임곡, 장유, 지산, 진도, 청평, 청원, 철곡, 철원, 토평, 판곡, 평대, 함평, 화수
		D	대구, 무등, 반산, 신담, 왕산, 춘도
		-	금곡, 율포
	D	A	-
		B	춘포, 학성
		C	가곡, 강동, 경산, 고흥, 광활, 구포, 금서, 다평, 달동, 덕하, 도곡, 동호, 문경, 문포, 미원, 방곡, 방기, 백구, 봉곡, 부곡, 삼암, 승주, 심천, 아곡, 양곡, 예곡, 예천, 옥동, 용수, 운교, 월평, 유가, 전북, 중곡, 죽곡, 춘천, 평택, 평해, 함창, 향호, 효천
		D	각화, 갈전, 고령, 고평, 공덕, 공성, 광산, 광주, 극락, 금제, 남산, 달천, 대정, 덕평, 동송, 매산, 반곡, 봉계, 봉남, 봉림, 부용, 서탄, 수계, 신평, 악양, 여수, 연곡, 연천, 옥천, 용호, 우평, 유계, 이천, 이호, 장파, 전남, 창평, 철원, 청계, 청풍, 초계, 태산, 특곡, 파주, 평안, 평진, 포곡, 포두, 포리, 하원, 하정, 해안, 해척, 호남, 화동, 회산, 흥평
		-	동귀, 유곡, 태안, 포승
-	A	-	
	B	-	
	C	-	
	D	-	
	-	강릉, 김해, 대평, 덕산, 우지, 유현, 장호, 정읍, 제방	

(a): 농촌진흥청(2007), (b): 정정화 등(1995), (c): 허기슬과 정정화(1987)



2.3 IHP 유역의 적용을 통한 비교

2.3.1 대상유역

토양도에 따른 수문학적 토양군의 분류 차이의 영향을 정량적으로 비교하기 위해 한강의 청미천, 금강의 보청천, 낙동강의 위천을 대상으로 CN값을 산정하였다. 청미천, 보청천, 위천은 IHP(국제수문학프로그램) 사업에 선정된 유역들이다. 청미천 유역의 면적은 399.42 km², 보청천 유역의 면적은 553.38 km², 위천 유역의 면적은 1240.32 km²이다. 다음 그림 2.2는 대상유역의 위치를 나타내며, 그림 2.3는 대상유역별 개략토양도와 정밀토양도를 나타낸다.

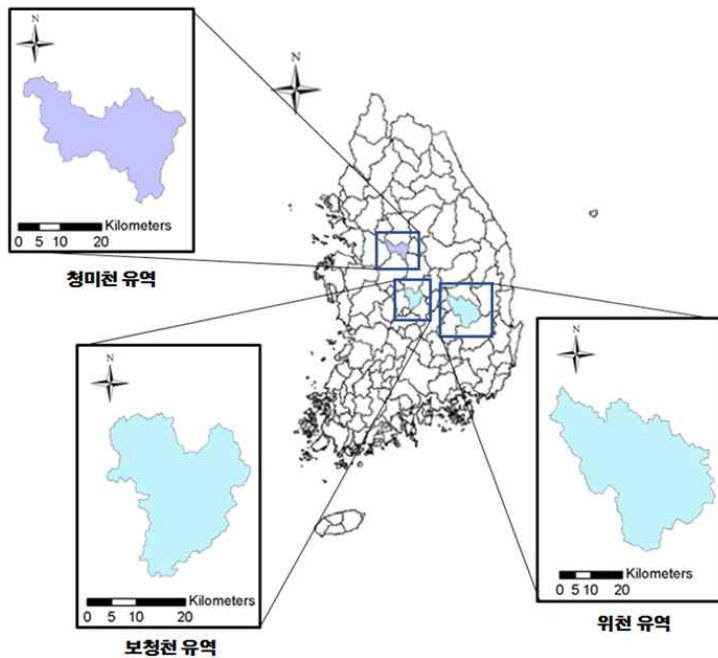


그림 2.2 대상유역의 위치



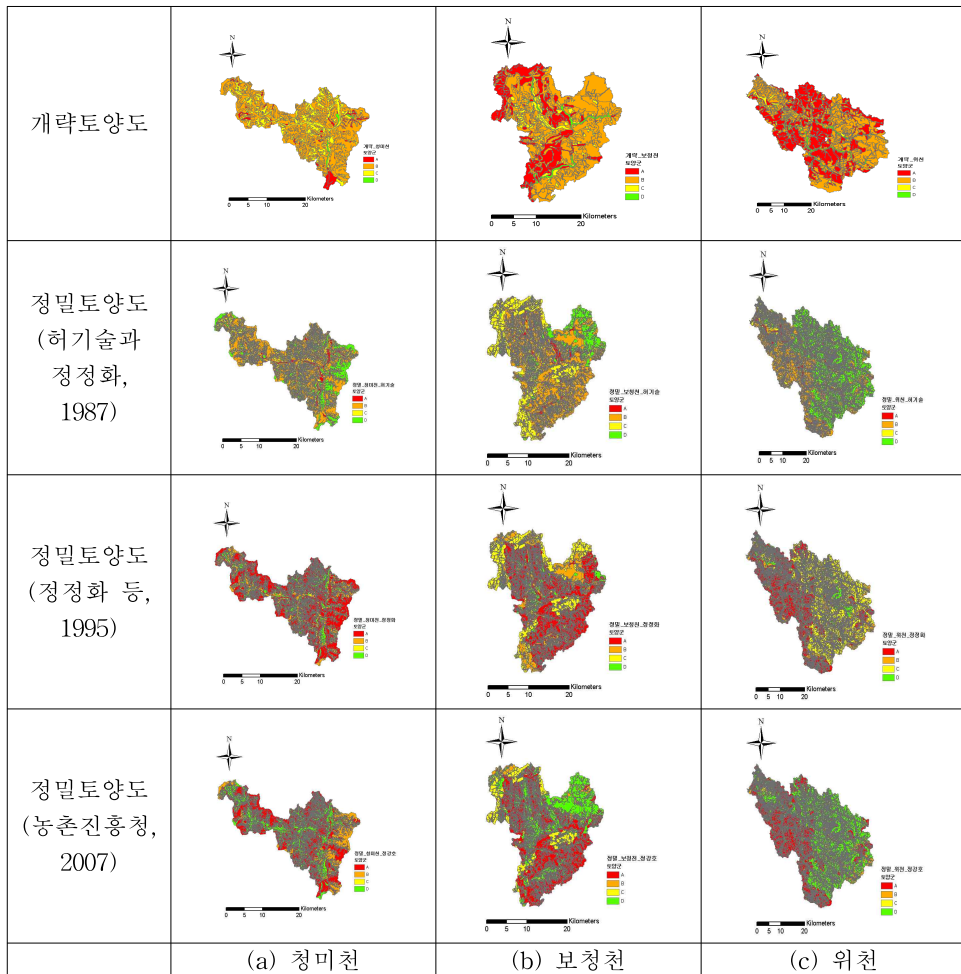


그림 2.3 대상유역별 개략토양도와 정밀토양도의 수문학적 토양군 분류



2.3.2 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 CN 산정 및 결과

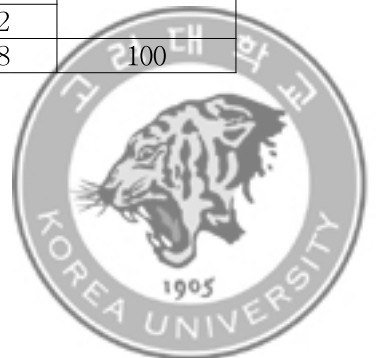
① 청미천 유역

다음 표 2.18는 수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 CN 산정 결과를 정리한 것이다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 CN 산정 결과, 개략토양도를 적용하는 경우에는 74, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 75, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 66, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 68로 나타났다. 이러한 차이는 특히 산림지역에서의 CN값 변화의 영향이 크다. 산림지역 CN의 경우 A군의 경우 47, B군의 경우 68, C군의 경우 79, D군의 경우 86이다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 산림지역 토지이용별 면적을 살펴보면 개략토양도와 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우 A군에 포함되는 면적 비율이 각각 2.95%, 0.94%이며, B군에 포함되는 면적 비율이 각각 31.25%와 27.55%로 나타났다. 그러나 정정화 등(1995)의 분류 방법과 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우 A군에 포함되는 면적 비율이 각각 32.16%와 25.53%, B군에 포함되는 면적 비율이 각각 6.19%와 11.06%로 나타났다. 따라서 수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 CN 산정 결과가 차이가 나타나는 이유는 분류방법에 따른 산림지역 토지이용별 면적의 차이 때문인 것으로 나타난다.



표 2.18 수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 CN 산정 결과

토지 이용	토양군	CN	개략 토양도	허기슬과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	토지이용별 면적비율(%)
수역	A	100	0.10	0.14	0.18	0.07	0.60
	B		0.45	0.05	0.07	0.01	
	C		0.05	0.08	0.01	0.00	
	D		0.010	0.34	0.35	0.53	
	CN	100	100	100	100		
시가화	A	79	0.13	0.36	1.14	1.05	2.11
	B	86	1.38	0.98	0.41	0.10	
	C	90	0.47	0.60	0.31	0.02	
	D	92	0.13	0.16	0.25	0.95	
	CN	87	86	84	85		
나지	A	77	0.05	0.18	1.17	1.09	1.75
	B	86	1.17	1.06	0.20	0.05	
	C	91	0.51	0.42	0.22	0.02	
	D	94	0.02	0.09	0.16	0.59	
	CN	87	87	81	83		
초지	A	50	0.47	0.88	5.63	5.20	8.52
	B	69	5.55	4.97	1.34	0.67	
	C	79	2.43	2.07	0.96	0.12	
	D	84	0.07	0.57	0.60	2.53	
	CN	71	70	59	62		
산림	A	47	2.95	0.94	32.16	25.53	40.18
	B	68	31.25	27.55	6.19	11.06	
	C	79	5.97	2.61	0.76	0.18	
	D	86	0.01	9.03	1.08	3.41	
	CN	68	72	52	56		
논	A	78	1.82	6.13	19.35	16.53	44.13
	B		30.57	17.27	9.55	1.23	
	C		11.06	16.70	6.99	0.34	
	D		0.67	4.01	8.22	26.01	
	CN	78	78	78	78		
밭	A	64	0.18	0.33	1.60	1.57	2.70
	B	75	1.81	1.37	0.54	0.21	
	C	82	0.69	0.81	0.36	0.04	
	D	86	0.02	0.18	0.21	0.89	
	CN	75	76	70	72		
평균 CN			74	75	66	68	100



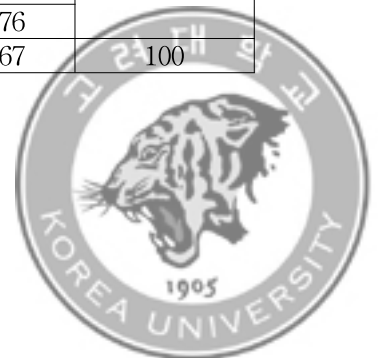
② 보청천 유역

다음 표 2.19는 수문학적 토양군 분류방법에 따른 보청천 유역의 CN 산정 결과를 정리한 것이다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 보청천 유역의 CN 산정 결과, 개략토양도를 적용하는 경우에는 67, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 74, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 64, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 67로 산정되었다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 청미천 유역의 산림지역 토지이용별 면적을 살펴보면 개략토양도와 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우 A군에 포함되는 면적 비율이 각각 20.22%, 1.28%이며, B군에 포함되는 면적 비율이 각각 46.44%와 39.73%로 나타났다. 그러나 정정화 등(1995)의 분류 방법과 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우 A군에 포함되는 면적 비율이 각각 37.42%와 37.60%, B군에 포함되는 면적 비율이 각각 13.61%와 2.41%로 나타났다. 따라서 보청천 유역의 경우 수문학적 토양군 분류방법 따른 CN 산정 결과의 차이는 청미천 유역과 마찬가지로 분류방법 따른 산림지역 토지이용별 면적의 차이 때문인 것으로 나타난다.



표 2.19 수문학적 토양군 분류방법에 따른 보청천 유역의 CN 산정 결과

토지 이용	토양군	CN	개략 토양도	허기슬과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	토지이용별 면적비율(%)
수역	A	100	0.08	0.17	0.26	0.06	0.44
	B		0.23	0.11	0.02	0.00	
	C		0.02	0.02	0.01	0.01	
	D		0.11	0.14	0.14	0.36	
	CN		100	100	100	100	
시가화	A	79	0.14	0.41	0.84	0.47	1.67
	B	86	0.99	0.63	0.33	0.02	
	C	90	0.46	0.47	0.20	0.04	
	D	92	0.08	0.16	0.30	1.14	
	CN	87	87	86	84	88	
나지	A	77	0.06	0.11	0.21	0.10	0.33
	B	86	0.13	0.14	0.07	0.00	
	C	91	0.08	0.06	0.02	0.01	
	D	94	0.05	0.02	0.03	0.21	
	CN	87	87	84	81	89	
초지	A	50	0.40	0.18	1.04	0.93	1.57
	B	69	0.94	0.96	0.33	0.04	
	C	79	0.20	0.35	0.15	0.04	
	D	84	0.02	0.07	0.05	0.54	
	CN	66	66	70	58	63	
산림	A	47	20.22	1.28	37.42	37.60	69.65
	B	68	46.44	39.73	13.61	2.41	
	C	79	2.65	19.80	16.72	9.94	
	D	86	0.33	8.87	1.93	19.73	
	CN	62	62	73	60	63	
논	A	78	2.42	4.44	9.24	5.01	17.76
	B		10.49	6.84	3.78	0.65	
	C		3.24	4.98	2.42	0.68	
	D		1.62	1.45	2.32	11.38	
	CN		78	78	78	78	
밭	A	64	1.72	1.05	4.64	3.87	8.59
	B	75	5.60	4.43	2.01	0.26	
	C	82	0.99	2.64	1.36	0.47	
	D	86	0.28	0.45	0.56	3.96	
	CN	74	74	76	71	76	
평균 CN			67	74	64	67	100



③ 위천 유역

다음 표 2.20는 수문학적 토양군 분류방법에 따른 위천 유역의 CN 산정 결과를 정리한 것이다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 위천 유역의 CN 산정 결과 개략토양도를 적용하는 경우에는 66, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 81, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 70, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 73로 산정되었다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 위천 유역의 산림지역 토지이용별 면적을 살펴보면 개략토양도를 적용하는 경우 A군과 B군에 포함되는 면적 비율이 각각 36.17%, 35.31%이며, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우 B군과 D군에 포함되는 면적비율이 각각 26.16%, 37.39%이다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A군과 C군에 포함되는 면적 비율이 각각 23.38%, 33.00%이며, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우 A군과 D군에 포함되는 면적 비율이 각각 25.38%, 38.87%이다. 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우와 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 다른 두 분류방법과 비교하여 산림 면적 비율에서 D군에 포함되는 면적 비율이 크게 나타났으며, 이러한 결과는 산림 지역에서의 CN값 변화에 영향을 미치게 된다.



표 2.20 수문학적 토양군 분류방법에 따른 위천 유역의 CN 산정 결과

토지 이용	토양군	CN	개략 토양도	허기슬과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	토지이용별 면적비율(%)
			면적 비율(%)				
수역	A	100	0.17	0.29	0.36	0.14	0.90
	B		0.39	0.12	0.14	0.08	
	C		0.13	0.26	0.15	0.03	
	D		0.21	0.23	0.25	0.65	
	CN	100	100	100	100		
시가화	A	79	0.06	0.11	0.16	0.08	0.45
	B	86	0.26	0.05	0.09	0.06	
	C	90	0.08	0.19	0.09	0.03	
	D	92	0.06	0.10	0.12	0.28	
	CN	87	87	86	89		
나지	A	77	0.01	0.08	0.11	0.04	0.21
	B	86	0.11	0.02	0.04	0.01	
	C	91	0.08	0.08	0.02	0.03	
	D	94	0.01	0.02	0.04	0.13	
	CN	88	85	83	90		
산림	A	47	36.17	0.68	23.38	25.38	72.57
	B	68	35.31	26.16	13.16	6.75	
	C	79	0.68	8.30	33.00	1.53	
	D	86	0.34	37.39	2.98	38.87	
	CN	58	78	67	71		
논	A	78	3.94	2.68	4.69	3.43	16.54
	B		9.75	2.95	3.99	2.13	
	C		1.31	7.57	3.79	1.12	
	D		1.47	3.35	4.09	9.88	
	CN	78	78	78	78		
밭	A	64	1.59	1.30	2.49	1.73	9.33
	B	75	6.13	1.88	2.07	0.62	
	C	82	1.06	4.84	1.90	0.86	
	D	86	0.55	1.32	2.88	6.14	
	CN	75	79	77	81		
평균 CN			66	81	70	73	100



3. 제주도의 토양과 수문학적 토양군 분류

3.1 제주도의 토양

제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류를 위해 제주도의 토양에 대하여 알아보고자 한다. 제주도는 한반도의 남서해상 90km 지점에 위치한 화산 활동으로 생성된 섬이다. 섬 중앙에는 1,950m 높이의 한라산을 중심으로 360여개의 기상화산이 산재되어 있다(제주특별자치도, 2013). 제주도의 화산활동은 약 120만 년 전에 시작했으며, 지질학상의 제 3기에 조면암이 분출 되었고 제 4기에 들어 안산암이 분출되었다. 이후 간간히 작은 분출들이 계속되다가 서기 1000년경에 일대화산활동이 있어 균산과 미양도가 생성되었다. 제주도에는 한라산을 중심으로 크고 작은 10여개의 화산이 존재하며 그 분출물로 인한 퇴적층은 전도의 74%를 덮고 있다. 제주도를 구성하고 있는 토양은 크게 화산회토와 비화산회토로 나뉜다. 주요 토양의 형성 과정은 화산재가 알로판(Allophane)과 이모골라이트(Imogolite)같은 비정질이거나 약하게 결정화된 규산염광물로 변화하며 형성된다(Brady et al, 2000).

3.1.1 제주도 토양의 분류

제주도 토양의 분류는 1964년 개략토양조사 사업으로 인하여 토양의 특성에 따라 분류되었다. 1974년 정밀토양조사가 진행 되었으며, 제주도의 토양은 5목 11아목 13대군 63통으로 분류되었다. 토양을 육안으로도 구분하기 위해 토색을 기준으로 분류 하였으며, 그 결과 흑색토, 농암갈색토, 암갈색토, 갈황색토, 회갈색토, 회색 및 청회색토 6개



군으로 분류되었다. 토색은 토양의 가장 명확한 특징이다(Brady et al, 2000). 제주도 정밀토양도(농촌진흥청, 1976)에서는 토색만이 아니라 화학적 특성을 고려하여 갈황색토, 회갈색토, 회색 및 청회색토는 암갈색토와 유사하다고 분류하였다. 해발 700 m 이상 산림지의 토양을 갈색산림토라 명명하였다. 그 결과 제주도의 토양을 흑색토, 농암갈색토, 암갈색토, 갈색산림토 4개군으로 구분하여 제시하였다. 이러한 구분은 현재까지 이용되고 있다(농촌진흥청, 1976; 박창서 등, 1985; 송관철과 유순호, 1991; 유순호와 송관철, 1984). 제주도에 존재하는 토색으로 구분된 4개 토양의 특징을 표 3.1에 정리하였다. 토양의 분포를 알 수 있는 그림은 다음과 같다.



그림 3.1 제주도 내 지역별 토양 종류 분포



표 3.1 제주도 내 지역별 토양 종류 및 특성

구분	암갈색토	농암갈색토	흑색토	갈색산림토
위치	조천, 함덕, 한림, 애월, 한경, 서부 및 북부 해안 저지대	중산간지역, 남부 해안가 등	동부지역에 분포	해발 700 m 이상에 분포
색상	암갈색	연한 검은색 계의 농암갈색	검은색	검은색
특징	-비교적 오래전에 만들어진 토양으로 암석에 풍화가 많이 진행된 토양	-투수속도가 빨라 물을 담아둘 수 없기 때문에 논농사가 불가능 -3,4 단계의 화산재가 혼합된 토양으로 예상	-토양 깊이가 깊으나 인산을 흡착하는 힘이 강하여 양분이 결핍되기 쉽다. -화산재가 혼합된 토양	-투수속도가 빠른 지역으로 영농행위가 거의 이루어지지 않는 지역

3.1.2 제주도 토양의 물리적 특성

토양의 종류에 따라 토양 용적 및 중량 단위에 함유된 물의 양에 차이가 있다. 토양중의 공기함량, 뿌리의 호흡, 미생물의 활성, 양분의 흡수 등 토양의 특성들은 토양의 성질 및 토양수분에 의해 영향을 받는다. 그중 토양중 수분의 상태는 토양의 물리적 특성에 많은 영향을 받는다. 물리적 특성으로는 입자밀도, 용적밀도 및 공극률 등이 있다. 즉, 물리적 특성과 토양수분과의 관계를 잘 알아야 한다(류순호와 김계훈, 2000).

제주도에서 가장 중요한 토양은 화산회토이다. 화산회토는 화산 폭발시 하늘로 날아간 재가 다시 지면에 내려앉아 퇴적층을 이룬 뒤, 토양생성 작용을 받아 형성된 토양이다. 화산회토의 특징은 다공성, 낮은 전용적밀도, 높은 보수력이며, 유기물함량이 높으며 난분해성이다. 또한 다공성이기 때문에 바람에 매우 약하며, 비가 많을 때는 쉽게 쓸러가



버린다(류순호와 김계훈, 2000).

미국 Soil Taxonomy 기준에서는 화산회토를 반숙토(Inceptisols)의 아목인 Andepts로 분류했었다. 1990년 일본을 주축으로 여러 나라의 연구결과를 종합하여 농업상 주요한 토양으로 분류 되었고, 이에 화산회토(Andisols)라는 새로운 목으로 설정함으로 화산회토의 분류체계가 새로이 정리되었다(USDA, 1990). 토양명의 어원은 일본어의 암토에서 유래하였다.

화산회토는 전 세계 0.7%의 면적을 차지한다. 위치는 뉴질랜드, 칠레, 인도네시아, 하와이 등에 많이 분포한다. 우리나라의 화산회토는 주로 제주도, 울릉도에 분포하며, 색깔에 따라 특성이 구분된다. 화산회토는 Allophane과 Imogolite같은 비정질이거나 약하게 결정화된 규산염광물로 변화하며 형성된다(Bardy et al, 2010). Allophane의 성질에서 유래하여 부식이 많이 축적되는 부식 알로펜토, 두꺼운 흑색표토에 대한 흑색토양토 또는 화산성 흑색토 등이 있으며, 미국에서는 두꺼운 토양이라는 뜻으로 안도 소일(Ando soil)이라 불리운다. 표토의 부식 함량이 현저히 많고, 인산흡수 계수가 높다. 반응은 약산성이므로 염포화도는 낮고, 유리산화철이 다량 함유되어 있다. 단립구조가 발달하여 보수성이 높다(류순호와 김계훈, 2000).

Allophane은 비정질점토광물에 속하는 함수알루미늄규산염이다. Allophane은 퇴적된 화산회가 큰 비표면적과 높은 투수성을 지닌 물리적 특성에다 온난하고 습한 기후가 작용하여 화학적으로 풍화되어 생성된 것으로 알려져 있다. 비교적 퇴적 년대가 얕은 화산회층에 알로펜 성분이 많고 년대가 오래된 화산회층은 카오린광물을 많이 포함하고 있다(이무영 등, 1988).



토양학적측면에서 보면 토양의 비정질점토성분에서는 Allophane, Imogolite 등이 있으며 이중 Allophane은 천연적으로 산출되는 광물이다. Allophane은 염농도에 의해 변화하는 특징이 있으며 음이온이 존재하는 용액 속에 침전 시키면 양이온만이 아니라 음이온도 흡착능을 지니고 있다(이무영 등, 1988). 흡착능을 지닌다는 것을 Allophane의 특징 중 가장 중요한 것이며 이러한 특징으로 인해 Allophane에 관하여 많은 연구가 진행되어지고 있다(이무영 등, 1988).

Imogolite는 1962년 일본 Kumamoto현 지방의 화산재 토양에서 발견되었으며, 발견된 토양을 Imogo라고 부른 데서 이름이 유래되었다. Imogolite는 직경이 매우 작으며 중공관상의 형태를 가지고 있으며, 함수 알루미늄규산염이다(김국배, 2008).

Imogolite는 Allophane와 마찬가지로 화산재가 풍화된 토양에서 산출되는 천연 물질이다. Imogolite는 희귀한 소재로서, 토양 내에 영양분과 수분을 이동시키며, 유해 오염물질을 집적하는 효과가 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 최근 나노크기의 특이한 형상과 높은 비표면적을 갖고 있어 물과의 친화성과 흡착능력이 뛰어난 천연 나노 물질로서 주목받고 있다. 또한 수증기를 흡착하는 우수한 특성을 가지고 있어 방지재로 활용함을 보인다(김국배, 2008).



3.2 정밀토양도를 이용하여 분류한 제주도의 수문학적 토양군

3.2.1 제주도 토양통

제주도 토양 특성을 자세히 알아보기 위해서는 제주도의 토양통에 대해 알아야 한다. 토양통은 앞서 기술한 것처럼 가장 기본이 되는 토양분류단위이다. 토양통의 토양명은 토양통 토양이 가장 먼저 발견된 지역의 지명이나 주변에 존재하는 산과 강의 이름 등을 따서 붙인다. 현재 우리나라의 토양은 390개의 토양통으로 분류되고 있으며, 이중 제주도에 존재하는 토양통의 종류는 67가지이다.

제주도에 존재하는 토양통은 다음과 같다. 중앙지역 한라산 고산지대에 존재하는 토양통은 군산통이며, 동쪽으로는 토산, 노로, 평대, 표선, 남원, 송당, 금악, 신엄의 토양통이 존재한다. 서쪽으로는 적악, 토산, 평대, 한경, 남원, 교래, 무릉, 하원, 강정이 존재하며, 남쪽으로는 흑악, 한림, 중문, 의귀, 정방이 존재한다. 북쪽으로는 토산, 한경, 제주, 동홍, 사라가 존재한다. GIS 분석을 통하여 제주도에 존재하는 토양통을 확인하였다. 표 3.2은 제주도에 존재하는 토양통 중 면적 비율이 1%가 넘는 토양통만 선별하여 토양통의 위치와 토양의 성질을 정리하였다. 표 3.3은 한국토양비료학회(2007)에서 구분한 토양통의 분류를 정리한 표이다. 토양목에 따른 면적비율에서 화산회토가 전체 77%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 제주도의 토양이 주로 화산회토로 이루어져 있으며, 이로 인해 토양 내 많은 공극이 존재하여 투수가 발생하기 쉽다는 것을 나타낸다.



표 3.2 토양통에 따른 위치 및 성질

토양통	대표토양의 위치	토양형 및 성질
구좌	제주도 제주시 조천읍 대흘리	농암회갈색 또는 암갈색의 미사질양토, 배수는 매우양호이며, 투수성은 보통, 유거는 약간 빠름
중문	제주도 서귀포시 색달동	농암갈색 또는 농암회갈색의 돌 내지 바위가 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 보통이며, 유거는 보통 내지 빠름
오라	제주도 제주시 연동	암갈색 또는 농암회갈색의 자갈이 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 느리며, 유거는 보통
제주	제주도 제주시 해안동	농암갈색, 농암회갈색 또는 암갈색의 미사질양토 내지 미사질식양토, 밧 및 초지, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 느리며, 유거는 보통
흑악	제주도 서귀포시 중문동	농암갈색의 바위 내지 돌이 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 느리며, 유거는 보통 내지 빠름
평대	제주도 제주시 조천읍 교래리	흑색 또는 농암갈색의 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 느리며, 유거는 보통 내지 빠름
동귀	제주도 제주시 애월읍 관지리	암갈색 또는 농암회갈색의 자갈이 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 느리며, 유거는 보통임
중엄	제주도 제주시 한림읍 정물오름	농암회갈색의 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 빠르며, 유거는 보통임
아라	제주도 서귀포시 하원동	농암갈색 또는 농암회갈색의 자갈이 있는 미사질양토, 배수는 양호하며 투수성은 약간빠름. 유거는 보통
노로	제주도 서귀포시 하원동	암적회색의 돌 또는 바위가 있는 미사질양토 또는 양토, 배수는 양호이며, 투수성은 보통이고, 유거는 보통 내지 빠름
금녕	제주도 제주시 구좌읍 덕천리	흑색 내지 농암갈색의 미사질양토, 배수는 매우양호이며, 투수성은 보통, 유거는 약간 빠름
민악	제주도 서귀포시 표선면 가시리	흑색내지 농암갈색의 돌 내지 바위가 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 빠르며, 유거는 보통 내지 빠름
행원	제주도 제주시 조천읍 선흘리	흑색 내지 농암갈색의 자갈이 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간빠름. 유거는 보통
송당	제주도 제주시 조천읍 선흘리	흑색의 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 느림. 유거는 빠름
남원	제주도 제주시 구좌읍 송당리	흑색의 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 보통이며, 유거는 느림
구엄	제주도 제주시 조천읍 조천리	암갈색의 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 보통, 유거는 보통
용흥	제주도 서귀포시 도순동	암갈색 또는 농암회갈색의 자갈이 있는 미사질양토 내지 미사질식양토, 배수는 양호이며, 투수성은 매우 느리며, 유거는 보통
적악	제주도 서귀포시 대포동	암갈색 또는 암적갈색의 자갈이 있는 양토 또는 미사질양토, 배수는 매우양호이며, 투수성과 유거는 빠름
하원	제주도 서귀포시 애정읍 구덕리	암갈색의 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 느리며, 유거는 보통



표 3.2 토양통에 따른 위치 및 성질 (계속)

토양통	대표토양의 위치	토양형 및 성질
무릉	제주도 제주시 한경면 고산리	표토는 갈색 또는 암황갈색의 미사질양토 내지 미사질식양토, 배수는 양호이며, 투수성은 매우 느리고, 유거는 느림
토산	제주도 서귀포시 중문동	암회갈색, 암회갈색 또는 회갈색의 자갈 내지 잔돌이 있는 미사질양토, 양토 또는 미사질식양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 빠르며, 유거는 보통 내지 빠름
송악	제주도 서귀포시 성산읍 시흥리	암적갈색, 적갈색 또는 황적색의 미사질식양토 내지 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 보통이며 유거는 보통 내지 빠름
논고	제주도 서귀포시 하원동	농암회갈색 또는 암갈색의 자갈 또는 잔돌이 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간 빠르며, 유거는 보통 내지 빠름
녹산	제주도 제주시 구좌읍 선흘리	흑색 내지 농암갈색의 미사질양토 또는 미사질식양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간빠르며, 유거는 보통 내지 빠름
한림	제주도 제주시 아라동 소산봉	농암회색 또는 암갈색의 자갈 또는 잔돌이 있는 미사질양토, 배수는 양호이며, 투수성은 빠르며, 유거는 보통
신업	제주도 제주시 구좌읍 송당리	농암갈색 내지 흑색의 식양토, 배수는 양호이며, 투수성은 빠르며, 유거는 보통
사라	제주도 제주시 애월읍 수산리	암갈색의 자갈이 있는 미사질양토 또는 양토, 배수는 양호이며, 투수성은 약간빠름. 유거는 보통

*면적비율이 1%가 넘는 토양통만 정리



표 3.3 토양목에 따른 토양통의 분류

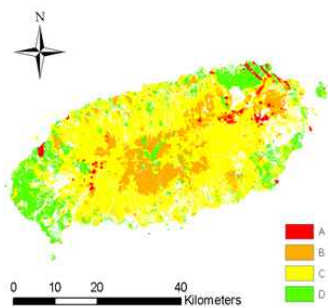
토양종류 (목)	토양의 특징	생성지역	비율 (%)	암갈색	농암갈색토	흑색토	갈색산림토
완속토 (Alfisol)	염기포화도 35%이상, 과속토 보다는 덜 풍화됨	습윤온대 또는 아열대기후	4.2	용흥, 용수, 영락, 무릉, 동흥, 강정	-	-	-
화산회토 (Andisol)	Allophane과 A1-유기복합체가 풍부한 토양, 화산성유리질 함량이 높은 비정질이나 빈약한 결종의 철과 알루미늄 광물의 함량이 높은 특징	용암류지대	77.0	해안, 대정, 제주, 행원, 평대	감산, 한림, 병악, 지산, 송악, 우도, 중업, 구좌, 아라, 정방, 의귀, 인성, 산방, 중문, 병악, 민악, 금악	미악, 녹산, 행원, 한경, 표선, 평대, 토평, 위미, 신업, 송당, 민악, 남원, 김녕, 하모, 녹산	적악, 노로, 논고, 흑악, 토산, 군산
미속토 (Entisol)	토양생성발달이 미약하여 층위의 분화가 없는 새로운 토양	모든 기후조건	3.4	온평, 가화, 가과, 낙천, 사라, 영락, 단성, 조천	-	-	-
히스토솔 (Histosol) 유기토	물이 포화된 지역 습지에서 발달, 단면발달이 매우 미약	담수상태 또는 산성조건	0.1	-	-	이호	-
반속토 (Inceptisol)	토양의 층위가 발달하기 시작한 젊은 토양, 전 세계에 넓게 분포	모든 기후조건	11.3	용당, 용강, 애월, 동귀, 대평, 구업, 월평	교래, 오라	-	-
과속토 (Ultisol)	점토집적층이 있으며, 염기포화도가 35% 이하인 산성토양	온난에서 열대기후의 습한 조건	1.2	하원	-	-	-

*출처: 해발고도 및 인접성에 의한 제주도 토양통 분포특성, 한국토양비료학회지, 2007

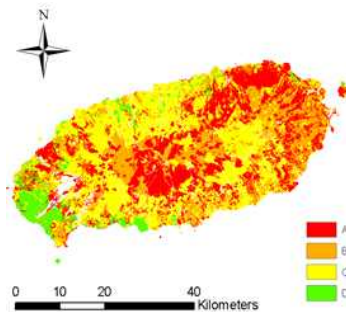


3.2.2 기존 방법으로 분류한 제주도의 수문학적 토양군

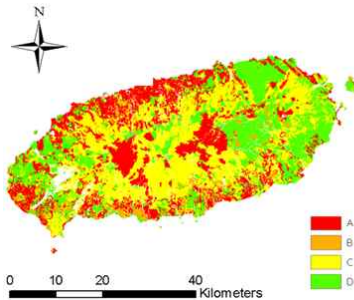
기존에 연구 및 실무에서 사용되고 있는 허기술 등(1987), 정정화 등(1995)과 농촌진흥청(2007)의 수문학적 분류 방법을 이용하여 제주도를 대상으로 토양통을 수문학적 토양군으로 분류하였다. 개략토양도의 경우 결측치가 많기 때문에 수문학적 토양군 분류에서 제외하였다. GIS 분석을 통한 제주도의 수문학적 토양군 분류 결과는 그림 3.2에 도시하였다.



(a) 허기술과 정정화(1987)



(b) 정정화 등(1995)



(c) 농촌진흥청(2007)

그림 3.2 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 토양군 분류

수문학적 토양군 분류 방법에 따른 수문학적 토양군 분류 결과를 비교하기 위해 분류 방법별 토양군의 변화를 살펴보았다. 허기술과 정



정화(1987)에서 B, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A군으로 분류된 토양통은 15개이며, 노로 등 10개의 토양통은 허기술과 정정화 (1987)에서 C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A군으로 분류되었다. 정정화 등(1995)에서 B, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A로 분류된 토양통은 14개이다. 동귀 등 9개 토양통의 경우, 정정화 등(1995)에서 C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 A군으로 분류되었다.

허기술과 정정화(1987)에서 A, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 B군으로 분류된 토양통은 4개이며, 우도의 경우, 허기술과 정정화(1987)에서 D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 B군으로 분류되었다. 정정화 등(1995)에서 A, C, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 B군으로 분류된 토양통은 한림 등 3개이다. 우도, 용흥통의 경우, 정정화 등(1995)에서 D군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 B군으로 분류되었다.

허기술과 정정화 (1987)에서 A, B, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 C군으로 분류된 토양통은 감산 등 6개이며, 정정화 등 (1995)에서 A, B, D군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 C군으로 분류된 토양통은 10개이다. 감산, 민악 등 7개 토양통의 경우, 정정화 등(1995)에서 A군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 C군으로 분류되었다.

허기술과 정정화 (1987)에서 A, B, C군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 D군으로 분류된 토양통은 산계 등 12개이며, 산계의 경우 허기술과 정정화(1987)에서 B군으로 분류되었다가 농촌진흥청(2007)에서 D군으로 분류되었다. 정정화 등(1995)에서 A, B, C군으로



분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 D군으로 분류된 토양통은 산계 등 14개이며, 구좌 등 9개 토양통의 경우, 정정화 등(1995)에서 A, B군으로 분류되었다가 농촌진흥청 (2007)에서 D군으로 분류되었다. 표 3.4에는 대면적 토양의 수문학적 토양군의 분류결과를 정리하였다.

표 3.4 수문학적 토양군 방법에 따른 제주도 토양통의 분류 결과 비교

수문학적 토양군	정밀토양도 1987	정밀토양도 1995	정밀토양도 2007
A	가파, 미악, 표선	가파, 미악, 온평, 적악, 한림, 금악, 신엄, 구좌, 산방, 대흘, 월령, 지곡, 감산, 민악, 아라, 행원, 후악	가파, 미악, 강정, 구업, 노로, 논고, 대흘, 동귀, 무릉, 병악, 사라, 애월, 영락, 오라, 온평, 월령, 이도, 적악, 지곡, 표선
B	감산, 대흘, 사라, 산계, 석토, 송당, 월령, 적악, 지곡, 행원, 후악	병악, 사라, 표선, 녹산, 송당, 하모, 한경, 김녕, 남원, 산계, 조천, 노로, 논고, 석토, 용당, 군산, 위미, 중엄	녹산, 석토, 용홍, 우도, 용당, 의귀, 정방, 한림
C	제주, 중문, 토산, 교래, 낙천, 남원, 노로, 녹산, 논고, 동귀, 민악, 병악, 송악, 아라, 애월, 오라, 용강, 용당, 용수, 월평, 위미, 이도, 지산, 토평, 평대, 한경,	제주, 중문, 토산, 구업, 동귀, 오라, 이도, 교래, 낙천, 송악, 토평, 평대, 동홍, 인성, 애월, 용강, 지산	제주, 중문, 토산, 감산, 금악, 동홍, 민악, 송당, 신엄, 아라, 인성, 하모, 한경, 행원, 후악
D	대정, 무등, 이호, 강정, 하원, 해안, 구좌, 군산, 동홍, 무릉, 산방, 영락, 우도, 월령, 인성, 조천	대정, 무등, 이호, 하원, 해안, 강정, 무릉, 용수, 월평, 영락, 용홍, 우도, 대평	대정, 무등, 이호, 하원, 해안, 교래, 구좌, 군산, 김녕, 낙천, 남원, 대평, 산계, 산방, 송악, 월평, 위미, 용강, 용수, 조천, 중엄, 지산, 토평, 평대

수문학적 토양군 분류 방법에 따라 수문학적 토양군이 변하였다는 것을 표 3.4에서 확인할 수 있다. 다음 표 3.5는 제주도의 수문학적 토



양군별 면적비율을 정리한 표이다. 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우, 제주도의 수문학적 토양군별 면적비율은 A가 5.5%, B는 20.0%, C는 47.2%, D는 27.3%로 나타났다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A가 25.0%, B는 29.6%, C는 26.6%, D는 18.8%로 나타났으며, 농촌진흥청 (2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A가 29.9%, B는 11.9%, C는 22.4%, D는 35.8%로 나타났다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용한 경우, 허기술과 정정화 (1987)의 분류방법을 적용한 경우보다 C군과 D군의 면적 비율은 감소하였으며, A군과 B군의 면적비율은 증가한 것으로 나타났다. 3가지 분류 방법 중 A군과 B군의 면적이 가장 작다. 정정화 등(1995)의 분류방법과 농촌진흥청 (2007)의 분류방법을 적용한 결과를 비교해보면 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우, 정정화 등(1995)의 분류방법을 적용한 경우에 비해 B군, C군의 면적 비율은 감소하였으며, A군, D군의 면적비율은 증가한 것으로 나타났다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용한 경우, 허기술과 정정화(1987)의 분류방법을 적용한 경우보다 B군과 C군의 면적 비율을 감소하였으며, A군과 D군의 면적비율은 증가한 것으로 나타났다. 3가지 분류 방법 중 D군의 면적이 가장 크다.

표 3.5 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 제주도의 수문학적 토양군의 비율(%)

수문학적 토양군	허기술과 정정화 (1987)	정정화 등(1995)	농촌진흥청 (2007)
A	5.5	25.0	29.9
B	20.0	29.6	11.9
C	47.2	26.6	22.4
D	27.3	18.8	35.8



4. 토양통 개정 결과를 반영한 수문학적 토양군 분류방법 제안

4.1 제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류 방법 개정

제주도를 대상으로 적합한 수문학적 토양군 분류 방법을 제시하고자 한다. 선행연구인 허기술 등(1987)의 수문학적 토양군 분류 방법은 NRCS에서 사용하고 있는 분류기준을 그대로 국내 토양에 적용하였다. 정정화 등(1995)는 토양통을 토성, 배수등급, 불투수층, 투수속도 등 침투수량을 지배하는 요인들에 점수로 평가하여 보다 체계적으로 토양통을 평가할 수 있도록 정의하였다. 농촌진흥청(2007)은 정정화 등(1995)의 연구를 기초로 토양의 투수성을 실험 및 보완하였고 우리나라의 지형적 특징을 고려하기위해 얇은 토심과 불투수층이 존재하는 토양통을 C와 D로 분류하였다. 하지만 제주도의 토양특성을 알아본 결과 기존의 수문학적 분류 방법이 제주도에 적합하지 않다는 사실을 확인하였다.

제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류 방법을 찾기가 어렵다. 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법은 제주도의 토양통까지 조사하지 못하였다 기술되어있다. 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 방법은 우리나라 육지의 지형적 특징을 고려하여 많은 토양통의 토양군이 C와 D로 분류되었으나 이는 제주도에 적합하지 못하다.

본 연구에서는 제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류법을 제시하고자 한다. 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법에 기초하여 최근 조사된 토양통의 자료를 토대로 보완하고자 한다. 기존의 수문학



적 토양 분류 방법은 1966년부터 1976년에 설정된 토양통의 자료를 이
용하고 있기 때문에 새로 개정된 토양통을 고려하지 못하는 문제점을
확인하였다. 따라서 본 연구에서는 농촌진흥청에서 제공하는 개정된
토양통 정보를 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법에 적용
하여 수문학적 토양군을 재분류 하였다.

4.2 수문학적 토양군 개정 방법

분류 방법을 설명하기에 앞서 필요 자료인 정정화 등(1995)의 분류
방법으로 분류된 제주도의 토양통을 표 4.1에 정리하였다.

표 4.1 정정화 등(1995)의 수문학적 분류 방법으로 정리한 제주도의 토양통

토양통	토성	토양특성			점수				
		배수등급	불투수층	투수 속도	토성	배수 등급	불투 수층	투수 속도	총점수
가과	S	S.EX	-	VR	4	4	4	4	16
미악	S.SK	S.EX	-	R	4	4	4	4	16
온평	S	S.EX	-	R	4	4	4	4	16
적악	Ash	S.EX	-	R	3	4	4	4	15
구좌	Co.Si	S.EX	-	MR	3	4	4	3	14
금악	Ash	W	-	R	3	3	4	4	14
산방	Co.L	S.EX	-	MR	3	4	4	3	14
신업	Co.Si	W	-	R	3	3	4	4	14
한림	Ash	W	-	R	3	3	4	4	14
감산	Ash	W	-	MR	3	3	4	3	13
대흘	Co.L/	W	-	MR	3	3	4	3	13
민악	Co.Si	W	-	MR	3	3	4	3	13
아라	Ash/	W	-	MR	3	3	4	3	13
월령	Co.L	W	-	MR	3	3	4	3	13
지곡	Co.L	W	-	MR	3	3	4	3	13
행원	Ash	W	-	MR	3	3	4	3	13
흑악	Co.L	W	-	MS	4	3	4	2	13
김녕	F.Si	S.EX	-	MR	1	4	4	3	12
남원	Co.Si	W	-	MS	3	3	4	2	12
녹산	Ash/	W	-	MS	3	3	4	2	12
병악	FL	W	-	MR	2	3	4	3	12
사라	L.Sk	W	-	MR	2	3	4	3	12
산계	Co.L	Mod	-	M	3	3	4	2	12

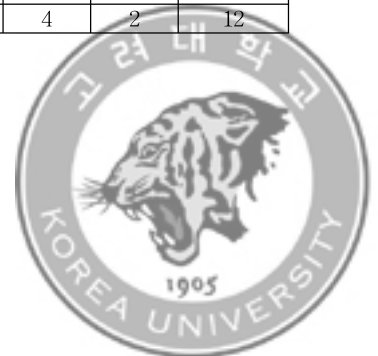
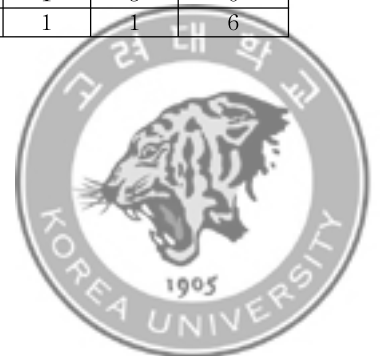


표 4.1 정정화 등(1995)의 수문학적 분류 방법으로 정리한 제주도의 토양통 (계속)

토양통	토성	토양특성			점수				
		배수등급	불투수층	투수 속도	토성	배수 등급	불투 수층	투수 속도	총점수
송당	Ash	W	-	M	3	3	4	2	12
조천	FL	S.EX	-	M	2	4	4	2	12
표선	Ash	W	-	MS	3	3	4	2	12
하모	Ash/	W	-	MS	3	3	4	2	12
한경	Ash	W	-	M	3	3	4	2	12
군산	F.Si	S.EX	-	M	1	4	4	2	11
노로	FL	W	-	MS	2	3	4	2	11
논고	FL	W	-	MS	2	3	4	2	11
석도	L.Sk	W	-	M	2	3	4	2	11
용당	FL	Mod	-	MS	2	3	4	2	11
위미	F.Si/	W	-	MR	1	3	4	3	11
중엄	F.Si	W	-	MR	1	3	4	3	11
교래	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
구엄	F.Si	W	-	M	1	3	4	2	10
낙천	S	P	<25	VR	4	1	1	4	10
동귀	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
무등	FL	S.EX	25-50	M	2	4	2	2	10
송악	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
오라	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
이도	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
제주	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
중문	F.Si/	W	-	MS	1	3	4	2	10
토산	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
토평	F.Si	W	-	M	1	3	4	2	10
평대	F.Si	W	-	MS	1	3	4	2	10
동홍	F.Si	W	50-100	MS	1	3	3	2	9
인성	F.Si/	W	50-100	MS	1	3	3	2	9
애월	F.Si/	Mod	25-50	MS	1	3	2	2	8
용강	F.Si	Mod	25-50	MS	1	3	2	2	8
지산	FL	I	25-50	MS	2	2	2	2	8
강정	F.C	Mod	25-50	VS	1	3	2	1	7
대정	F.C	Mod	25-50	S	1	3	2	1	7
무릉	F.C	W	25-50	VS	1	3	2	1	7
용수	F.C	Mod	25-50	S	1	3	2	1	7
월평	F.Si	I	25-50	MS	1	2	2	2	7
해안	F.C	I	25-50	MS	1	2	2	2	7
대평	FL/	P	<25	MS	2	1	1	2	6
영락	F.C	W	<25	VS	1	3	1	1	6
용홍	F.C	W	<25	VS	1	3	1	1	6
우도	F.C	W	<25	VS	1	3	1	1	6
이호	F.C	P	<25	MR	1	1	1	3	6
하원	F.C	W	<25	S	1	3	1	1	6



정정화 등(1995)의 분류 방법으로 분류된 제주도의 토양통들을 점수로 분류하면 A가 17개, B가 18개, C가 18개, D가 12개이다. 정정화 등(1995)의 연구가 실행될 시기에는 제주도의 토양이 화산회토에 속할 것이라 추정만 했을 뿐 실제 조사가 진행되지 못하였다. 제주도 토양에 대해 체계적인 분류를 실시하지 못하였고 종전분류법에 따라 반숙토(Inceptisol)의 아목인 Andepts에 포함하였다. 제주도의 토양통에 대한 보완이 필요하다 기술하고 있다.

현재 농촌진흥청에서 제공되는 토양통 자료에서 토양통을 검색하면 통에 대해 토양통이 처음으로 설정된 년도와 통이 개정된 년도를 확인할 수 있다. 토양통의 설정 년도와 개정 년도에 대하여 표 4.2에 정리하였다. 농촌진흥청에서 제공되는 정보를 확인한 결과 제주도의 토양통은 대평통을 제외하면 1966년부터 1976년에 걸쳐 설정되었다. 하지만 토양통의 개정된 년도를 확인한 결과 제주도의 토양통은 2005년부터 2014년까지 새로이 개정되었다. 이는 2007년을 마지막으로 존재하는 수문학적 토양군 분류 방법이 최근에 조사된 토양통의 자료가 고려되지 못한 것을 확인 할 수 있다. 본 연구에서는 이 점을 고려하여 제주도에 존재하는 토양통의 개정된 자료를 토대로 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법으로 산정된 결과를 보완하였다. 대흙통, 균산통, 인성통, 월평통, 낙천통의 경우 최초 설정된 토양통을 적용하여 수문학적 토양군 분류를 수행하였다. 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류에서 적용하지 못한 정방통과 의귀통을 추가 적용하여 수문학적 토양군을 재분류 하였다.



표 4.2 제주도 토양통의 설정 년도와 개정 년도(개정년도 기준)

토양통	통의 설정	통의 개정	토양통	통의 설정	통의 개정	토양통	통의 설정	통의 개정
용흥	1975	2005	위미	1975	2010	논고	1975	2011
제주	1969	2005	중엄	1975	2010	오라	1975	2011
동흥	1969	2005	이도	1975	2010	토산	1975	2011
무릉	1975	2006	중문	1975	2010	토평	1975	2011
하원	1975	2006	해안	1975	2010	온평	1974	2011
용당	1974	2006	영락	1975	2010	미악	1969	2011
강정	1975	2007	사라	1974	2010	남원	1969	2011
동귀	1975	2008	가과	1971	2010	녹산	1975	2012
애월	1975	2008	금악	1969	2010	노로	1975	2012
용강	1975	2008	김녕	1969	2010	이호	1969	2012
대평	2009	2009	송악	1969	2010	구좌	1975	2013
민악	1975	2009	석토	1967	2010	용수	1975	2013
교래	1975	2009	무등	1966	2010	우도	1975	2013
구엄	1975	2009	산계	1976	2011	한림	1969	2013
평대	1975	2009	적악	1975	2011	대정	1969	2013
송당	1969	2009	산방	1975	2011	지산	1966	2014
표선	1969	2009	신엄	1975	2011	대흘	1975	-
아라	1975	2010	감산	1975	2011	군산	1975	-
월령	1975	2010	지곡	1975	2011	인성	1975	-
행원	1975	2010	흑악	1975	2011	월평	1975	-
조천	1975	2010	병악	1975	2011	낙천	1974	-
한경	1975	2010	하모	1975	2011			

개정된 토양통 자료로 기존 정정화 등(1995)의 방법으로 분류된 토양통 자료를 보완하고자한다. 제주도의 토양을 반숙토(Inceptisol)에 포함시켰으나 1990년 화산회토(Andisols)라는 새로운 목으로 설정되었다. 이에 토양통에 대한 보완이 필요하며 토양통 개정 년도를 확인 최근 개정된 토양통의 정보로 정정화 등(1995)의 분류 방법을 보완하고자한다.



4.3 토양 특성별 개정

① 토성

토성은 토양입자의 여러 가지 크기의 상대적 비율에 의해 결정되는 토양의 성질이다. 토성은 토양구조처럼 쉽게 변하는 것이 아니다(농촌진흥청, 2003). 정정화 등(1995)이 분류한 토성의 종류를 살펴보면 다음과 같다. S는 사질(sand), S.SK는 사력질(sandy skeletal), Co.L는 사양질(coarse loamy), L.SK는 역양질(loamy skeletal), Co.L/는 사양질 하부 토성(coarse loamy over), Co.Si는 미사사양질(coarse silty), Co.Si/는 미사사양질 하부 토성(coarse silty over), F.Si는 미사식양질(fine silty), F.Si/는 미사식양질 하부 토성(fine silty over), F.L는 식양질(fine loamy), F.C는 식질(fine clayey), C.SK는 역식질(clayey skeletal), VF.C는 중식질(very fine clayey), Ash는 화산재(ash), Ash/는 화산재 하부 토성(ash over)을 나타낸다(정정화 등, 1995).

개정된 토양통의 모재를 확인한 결과 대부분 토양통의 모재는 화산쇄설물이다. 모재는 토양생성 인자 중 토양특성에 미치는 영향이 가장 크다. 즉, 토양이 어떠한 모재로부터 발달되었는가를 아는 것은 매우 중요한 것이다. 화산회토의 영문명은 Volcanic Ash이며, 화산분화에 의해 방출된 물질을 의미하며 이중 크기가 2mm 이하인 물질을 화산재라 정의한다. 이에 모재가 화산쇄설물인 토양통의 토성을 화산재(Ash)로 수정하였다. 표 4.3는 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법에서 이용한 토성과 개정된 토양통의 토성을 정리한 것이다.



표 4.3 개정된 토양통을 적용하여 수정된 토성

토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회
가과	S	S	한경	Ash	Ash	토평	F.Si	Ash
미악	S.SK	Ash	김녕	F.Si	Ash	평대	F.Si	Ash
온평	S	S	남원	Co.Si	Ash	동홍	F.Si	Ash
적악	Ash	Ash	산계	Co.L	Co.L	인성	F.Si/	Ash
한림	Ash	Ash	조천	F.L	Ash	애월	F.Si/	Ash
금악	Ash	Ash	노로	F.L	Ash	용강	F.Si	Ash
신엄	Co.Si	Ash	논고	F.L	Ash	지산	F.L	F.L
구좌	Co.Si	Ash	석토	L.Sk	L.Sk	강정	F.C	Ash
산방	Co.L	Ash	용당	F.L	Ash	무릉	F.C	Ash
대흘	Co.L/	Co.L/	군산	F.Si	Ash	대정	F.C	Ash
월령	Co.L	Co.L	위미	F.Si/	Ash	용수	F.C	Ash
지곡	Co.L	Co.L	중엄	F.Si	Ash	월평	F.Si	Ash
감산	Ash	Ash	구엄	F.Si	Ash	해안	F.C	Ash
민악	Co.Si	Ash	동귀	F.Si	Ash	영락	F.C	Ash
아라	Ash/	Ash/	오라	F.Si	Ash	용흥	F.C	Ash
행원	Ash	Ash	이도	F.Si	Ash	우도	F.C	Ash
흑악	Co.L	Ash	제주	F.Si	Ash	대평	F.L/	Ash
병악	F.L	Ash	중문	F.Si/	Ash	이호	F.C	F.C
사라	L.Sk	Ash	토산	F.Si	Ash	하원	F.C	Ash
표선	Ash	Ash	교래	F.Si	Ash	정방		Ash
녹산	Ash/	Ash/	낙천	S	S	의귀		Ash
송당	Ash	Ash	무등	F.L	F.L			
하모	Ash/	Ash/	송악	F.Si	Ash			

정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법에서 이용한 토성을 개정된 토양통의 토성으로 적용한 결과는 다음과 같다. 43개 토양통의 토성이 화산재로 수정되었다. 토평통 등 29개 토양통의 경우 토성이 미사식양질과 식질에서 화산재로 수정되었다. 또한 병악통 등 7개 토양통의 경우 토성이 식양질과 역양질에서 화산재로 수정되었다. 신엄통 등 6개 토양통의 경우 토성이 사력질과 미사사력질에서 화산재로 수정되었지만 점수 배점에는 변동이 없었다. 가과통 등 22개 토양통의 경우에는 토성의 변화가 없는 것으로 나타났다.



② 배수등급

토양의 배수는 표면유출과 침투로 인해 토양에서 물이 없어지는 속도와 범위를 의미한다. 표에서 P는 배수불량(poorly drained), I는 배수 약간 불량(imperfectly drained), Mod는 배수 약간 양호(moderately well drained), W는 배수 양호(well drained), S.EX는 배수 매우 양호(somewhat excessively drained)를 나타낸다(정정화 등, 1995). 배수등급은 개정된 토양통 자료를 토대로 수정하였으며, 그 결과 대평통만 배수등급이 수정되었다. 대평통의 경우 배수등급이 배수불량에서 배수양호로 수정되어 배수등급에 따른 점수가 1점에서 3점으로 증가하였다. 표 4.4은 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법에서 이용한 토양통의 배수등급과 개정된 토양통의 배수등급을 정리한 것이다.



표 4.4 개정된 토양통을 적용하여 수정된 배수등급

토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회
가과	S.EX	S.EX	한경	W	W	토평	W	W
미악	S.EX	S.EX	김녕	S.EX	S.EX	평대	W	W
온평	S.EX	S.EX	남원	W	W	동홍	W	W
적악	S.EX	S.EX	산계	Mod	Mod	인성	W	W
한림	W	W	조천	S.EX	S.EX	애월	Mod	Mod
금악	W	W	노로	W	W	용강	Mod	Mod
신엄	W	W	논고	W	W	지산	I	I
구좌	S.EX	S.EX	석토	W	W	강정	Mod	Mod
산방	S.EX	S.EX	용당	Mod	Mod	무릉	W	W
대흘	W	W	군산	S.EX	S.EX	대정	Mod	Mod
월령	W	W	위미	W	W	용수	Mod	Mod
지곡	W	W	중엄	W	W	월평	I	I
감산	W	W	구엄	W	W	해안	I	I
민악	W	W	동귀	W	W	영락	W	W
아라	W	W	오라	W	W	용흥	W	W
행원	W	W	이도	W	W	우도	W	W
흑악	W	W	제주	W	W	대평	P	W
병악	W	W	중문	W	W	이호	P	P
사라	W	W	토산	W	W	하원	W	W
표선	W	W	교래	W	W	정방		W
녹산	W	W	낙천	P	P	의귀		W
송당	W	W	무등	S.EX	S.EX			
하모	W	W	송악	W	W			

③ 투수속도

토양의 투수는 물이나 공기를 통과할 수 있는 토양의 특성을 의미한다. 일정한 온도와 수압하에서 단위시간 내에 토양단면을 통과하는 유수량으로 양적으로 측정할 수 있다. 투과 비율은 시간당 cm로 표시한다(농촌진흥청, 2003). 표에서 VS는 매우느림(very slow), S는 느림(slow), MS는 약간느림(moderately slow), M은 보통(moderate), MR는 약간빠름(moderately rapid), R은 빠름(rapid), VR은 매우빠름(very rapid)를 나타낸다(정정화 등, 1995). 표 4.5은 정정화 등(1995)의 수문학적 토양군 분류 방법에서 이용한 토양통의 투수속도와 개정된 토양



통의 투수속도를 정리한 것이다. 투수속도는 개정된 토양통 자료를 토대로 수정하였다. 투수속도에 변화가 있는 토양통은 16개이며, 이 중 11개의 토양통에서 한단계의 변화가 있었고 5개의 토양통에서 두단계의 변화가 있었다.

표 4.5 개정된 토양통을 적용하여 수정된 투수속도

토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회
가과	VR	VR	환경	M	MR	토평	M	M
미악	R	R	김녕	MR	M	평대	MS	MS
온평	R	R	남원	MS	M	동흥	MS	M
적악	R	R	산계	M	M	인성	MS	M
한림	R	R	조천	M	M	애월	MS	MS
금악	R	R	노로	MS	MS	용강	MS	MS
신엄	R	R	논고	MS	MR	지산	MS	MS
구좌	MR	M	석토	M	M	강정	VS	VS
산방	MR	MR	용당	MS	MS	무릉	VS	VS
대흘	MR	MR	군산	M	R	대정	S	S
월령	MR	MR	위미	MR	MR	용수	S	S
지곡	MR	MR	중엄	MR	MR	월평	MS	MS
감산	MR	MR	구엄	M	M	해안	MS	S
민악	MR	MR	동귀	MS	MS	영락	VS	VS
아라	MR	MR	오라	MS	MS	용흥	VS	VS
행원	MR	MR	이도	MS	MS	우도	VS	MS
흑악	MS	MS	제주	MS	MS	대평	MS	M
병악	MR	MR	중문	MS	M	이호	MR	MR
사라	MR	MR	토산	MS	MR	하원	S	S
표선	MS	M	교래	MS	MS	정방	-	MR
녹산	MS	MR	낙천	VR	VR	의귀	-	MS
송당	M	M	무등	M	M			
하모	MS	MS	송악	MS	MS			

④ 불투수층

불투수층은 경반층, 모암층, 점토집적층 및 논토양의 쟁기바닥층, 지하수위 등을 의미한다. 불투수층 또한 개정된 토양통 자료를 토대로 수정하였다. 토성 다음으로 변화가 많았다. 표 4.6은 정정화 등(1995)의



수문학적 토양군 분류 방법에서 이용한 토양통의 배수등급과 개정된 토양통의 배수등급을 정리한 것이다. 정정화 등(1995)의 연구에서 제주도에 존재하는 토양통 중 19개통에 불투수층이 존재한다고 정리되어있다. 본 연구에서 개정된 토양통들의 자료를 확인한 결과 사전 용강통과 하원통은 불투수층의 위치가 수정되었고 나머지 15개통에는 불투수층이 존재하지 않았다. 불투수층이 존재하지 않았던 구좌, 군산, 산방, 조천통에서 25 - 50 cm구간에 불투수층이 존재하였고 구엄, 신엄, 중엄, 하모통에서 50 - 100 cm구간에 불투수층이 존재하였다.

농촌진흥청(2007)는 불투수층의 존재 시 토양군을 D로 분류했으나 이는 제주도에 적합하지 않다. 농촌진흥청(2007)에서는 불투수층이 다른 토양특성과는 구분되는 제한인자로 간주하였다. 하지만 이는 제주도의 토양특성을 고려하지 못한 오류이다. 본 연구에서는 개정된 토양통의 자료를 바탕으로 불투수층의 위치를 정확하게 파악하였고 이를 토대로 정정화 등(1995)에서 적용한 불투수층의 위치에 따른 분류방법을 사용하고자 한다.



표 4.6 개정된 토양통을 적용하여 수정된 불투수층

토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회	토양통	정정화 등 (1995)	금회
가과	x	x	한경	x	x	토평	x	x
미악	x	x	김녕	x	<25	평대	x	x
온평	x	x	남원	x	x	동홍	50-100	x
적악	x	x	산계	x	x	인성	50-100	50-100
한림	x	x	조천	x	25-50	애월	25-50	x
금악	x	x	노로	x	x	용강	25-50	50-100
신엄	x	50-100	논고	x	x	지산	25-50	x
구좌	x	25-50	석토	x	x	강정	25-50	x
산방	x	25-50	용당	x	x	무릉	25-50	x
대흘	x	x	군산	x	25-50	대정	25-50	x
월령	x	x	위미	x	x	용수	25-50	x
지곡	x	x	중엄	x	50-100	월평	25-50	x
감산	x	x	구엄	x	50-100	해안	25-50	x
민악	x	x	동귀	x	x	영락	<25	x
아라	x	x	오라	x	x	용홍	<25	x
행원	x	x	이도	x	x	우도	<25	x
흑악	x	x	제주	x	x	대평	<25	x
병악	x	x	중문	x	x	이호	<25	x
사라	x	x	토산	x	x	하원	<25	x
표선	x	x	교래	x	x	정방		x
녹산	x	x	낙천	<25	x	의귀		x
송당	x	x	무등	25-50	25-50			
하모	x	50-100	송악	x	x			

(단위: cm)

앞서 기술한 제주도에 적합한 수문학적 토양군 분류 기준 내용들을 표 4.7에 정리하였다. GIS분석으로 제주도에 존재하는 모든 토양통을 정정화 등(1995)의 분류 방법으로 분류된 결과를 앞서 표에서 정리하였다. 이후 최신 개정된 토양통의 정보로 보완하였다. 표 4.8는 최신 토양통의 정보로 보완한 제주도 토양통의 분류 결과이다.



표 4.7 제주도를 대상으로 기존의 수문학적 분류 방법 보완

특성목록	토양 특성에 따른 점수			
	토성	배수등급	투수성	불투수층
보완 방법	모재가 화산쇄설물인 토양통의 토성을 확인 및 Ash로 수정	개정된 토양통 자료로 보완		개정된 토양통 자료로 보완 및 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용
결과	43개 토양통의 토성을 Ash로 수정	대평통의 배수 등급을 수정	15개의 토양통의 투수속도가 수정	26개의 토양통에서 불투수층을 확인 및 수정

표 4.8 기존의 수문학적 분류 방법을 보완한 제주도의 토양통과 수문학적 토양군

토양통	토성	토양특성			점수					재분류
		배수 등급	불투수 층	투수 속도	토성	배수 등급	불투 수층	투수 속도	총 점수	
가과	S	S.EX	x	VR	4	4	4	4	16	A
온평	S	S.EX	x	R	4	4	4	4	16	A
미악	Ash	S.EX	x	R	3	4	4	4	15	A
적악	Ash	S.EX	x	R	3	4	4	4	15	A
금악	Ash	W	x	R	3	3	4	4	14	A
한림	Ash	W	x	R	3	3	4	4	14	A
감산	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
군산	Ash	S.EX	25-50	R	3	4	2	4	13	A
녹산	Ash/	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
논고	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
대흘	Co.L/	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
민악	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
병악	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
사라	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
신엄	Ash	W	50-100	R	3	3	3	4	13	A
아라	Ash/	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
월령	Co.L	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
위미	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
지곡	Co.L	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
토산	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
한경	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
행원	Ash	W	x	MR	3	3	4	3	13	A
정방	Ash	W	X	MR	3	3	4	3	13	A
낙천	S	P	X	VR	4	1	4	4	13	A
교래	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
남원	Ash	W	x	M	3	3	4	2	12	B

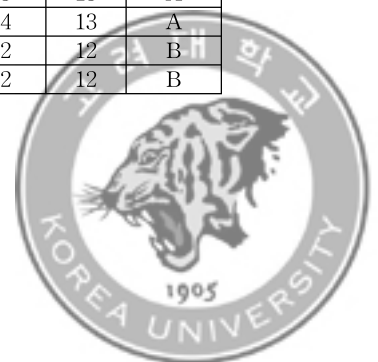


표 48 기존의 수문학적 분류 방법을 보완한 제주도의 토양통과 수문학적 토양군 (계속)

토양통	토성	토양특성			점수					재분류
		배수 등급	불투수 층	투수 속도	토성	배수 등급	불투 수층	투수 속도	총 점수	
노로	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
동귀	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
산방	Ash	S.EX	25-50	MR	3	4	2	3	12	B
송당	Ash	W	x	M	3	3	4	2	12	B
송악	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
오라	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
용당	Ash	Mod	x	MS	3	3	4	2	12	B
이도	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
제주	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
중문	Ash	W	x	M	3	3	4	2	12	B
중엄	Ash	W	50-100	MR	3	3	3	3	12	B
토평	Ash	W	x	M	3	3	4	2	12	B
평대	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
표선	Ash	W	x	M	3	3	4	2	12	B
흑악	Ash	W	x	MS	3	3	4	2	12	B
동홍	Ash	W	X	M	3	3	4	2	12	B
애월	Ash	Mod	X	MS	3	3	4	2	12	B
대평	Ash	W	X	M	3	3	4	2	12	B
우도	Ash	W	X	MS	3	3	4	2	12	B
의귀	Ash	W	X	MS	3	3	4	2	12	B
구엄	Ash	W	50-100	M	3	3	3	2	11	B
구좌	Ash	S.EX	25-50	M	3	4	2	2	11	B
석토	L.Sk	W	x	M	2	3	4	2	11	B
조천	Ash	S.EX	25-50	M	3	4	2	2	11	B
하모	Ash/	W	50-100	MS	3	3	3	2	11	B
인성	Ash	W	50-100	M	3	3	3	2	11	B
강정	Ash	Mod	X	VS	3	3	4	1	11	B
무릉	Ash	W	X	VS	3	3	4	1	11	B
영락	Ash	W	X	VS	3	3	4	1	11	B
용홍	Ash	W	X	VS	3	3	4	1	11	B
하원	Ash	W	X	S	3	3	4	1	11	B
산계	Co.L	Mod	x	M	3	3	4	2	12	B
용강	Ash	Mod	50-100	MS	3	3	3	2	11	B
용수	Ash	Mod	X	S	3	3	4	1	11	B
월평	Ash	I	X	MS	3	2	4	2	11	B
대정	Ash	Mod	X	S	3	3	4	1	11	B
김녕	Ash	S.EX	<25	M	3	4	1	2	10	C
무등	F.L	S.EX	25-50	M	2	4	2	2	10	C
지산	F.L	I	X	MS	2	2	4	2	10	C
해안	Ash	I	X	S	3	2	4	1	10	C
이호	F.C	P	X	MR	1	1	4	3	9	C



개정된 토양통 정보를 이용하여 수문학적 토양군을 재분류한 결과, A군이 24개, B군이 38개, C군이 5개로 분류 되었다. 기존의 수문학적 토양군 분류 방법을 적용한 결과와 비교한 결과, A군과 B군이 증가하였고, C군과 D군이 감소하는 것으로 나타났다.

표 4.9 개정된 토양통 정보를 이용하여 수문학적 토양군 재분류 결과

분류방법	수문학적 토양군			
	A	B	C	D
허기슬과 정정화 (1987)	가과, 미악, 표선	감산, 대흥, 사라, 산계, 석토, 송당, 월평, 적악, 지곡, 행원, 흑악	제주, 증문, 토산, 교래, 낙천, 남원, 노로, 녹산, 논고, 동귀, 민악, 병악, 송악, 아라, 응당, 용수, 월평, 위미, 이도, 지산, 토평, 평대, 한경	대정, 무등, 이호, 강정, 하원, 해안, 동흥, 구좌, 군산, 송악, 무릉, 산방, 영락, 우도, 월평, 인성, 조천
정정화 등 (1995)	가과, 미악, 온평, 적악, 한림, 금악, 신업, 구좌, 산방, 대흥, 월평, 지곡, 감산, 민악, 아라, 행원, 흑악	병악, 사라, 표선, 녹산, 송당, 하모, 한경, 김녕, 남원, 산계, 조천, 노로, 논고, 석토, 용당, 군산, 위미, 중업	제주, 증문, 토산, 구암, 동귀, 오라, 이도, 교래, 낙천, 송악, 토평, 평대, 동흥, 인성, 에월, 용강, 지산	대정, 무등, 이호, 하원, 해안, 강정, 무릉, 용수, 월평, 영락, 동흥, 우도, 대평
농촌진흥청 (2007)	가과, 미악, 강정, 구암, 노로, 논고, 대흥, 동귀, 무릉, 병악, 사라, 에월, 영락, 오라, 온평, 월평, 이도, 적악, 지곡, 표선	녹산, 석토, 용흥, 우도, 용당, 의귀, 정방, 한림	제주, 증문, 토산, 감산, 금악, 동흥, 민악, 송당, 신업, 아라, 인성, 하모, 한경, 행원, 흑악	대정, 무등, 이호, 하원, 해안, 교래, 구좌, 군산, 김녕, 낙천, 남원, 대평, 산계, 산방, 송악, 월평, 위미, 조천, 중업, 지산, 토평, 평대
금희	가과, 온평, 미악, 적악, 금악, 한림, 감산, 군산, 녹산, 논고, 대흥, 민악, 병악, 사라, 신업, 아라, 위미, 지곡, 토산, 한경, 행원, 정방, 낙천	교래, 남원, 노로, 동귀, 산방, 송당, 송악, 오라, 용당, 이도, 제주, 증문, 중업, 토평, 평대, 표선, 흑악, 동흥, 에월, 대평, 우도, 의귀, 구암, 구좌, 석토, 조천, 하모, 인성, 강정, 무릉, 영락, 용흥, 하원, 산계, 대정, 용강, 용수, 월평	김녕, 무등, 지산, 해안, 이호	-



5. 적용결과

5.1 제주도 전체 적용 결과

표 5.1는 기존의 분류 방법과 새로운 분류 방법을 적용하여 재산정한 제주도 전체 지역에 대한 CN 값을 정리한 것이다. 그림 5.1는 새로운 분류 방법을 적용하여 수문학적 토양군을 분류한 그림이다. 제주도 전체 지역에 대하여 CN 값을 산정한 결과, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 80, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 73, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 77로 나타났다. 토양통 개정 결과를 적용하여 정정화 등(1995)의 분류 방법을 통해 재산정한 경우에는 67로 나타났다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하여 CN 값을 산정하는 경우에는 개정 전·후 토양통의 차이로 인해 CN 값 산정 결과가 달라졌다. 이러한 차이는 초지 지역과 산림 지역의 영향이 크게 반영되었다. 개정 전 토양통을 적용한 경우 정정화 등(1995)의 분류 방법에서는 초지 지역에서 A군이 0.98%, B군이 1.48%, C군이 1.98%, D군이 0.29%로 나타났다. 그러나 개정 후 토양통을 적용하는 경우에는 A군이 3.61%, B군이 0.89%로 나타나 CN 값 감소의 원인을 확인하였다. 이러한 변화는 산림 지역에서도 확인할 수 있다. 개정 전 토양통을 적용한 경우 정정화 등(1995)의 분류 방법에서는 산림 지역에서 A군이 14.82%, B군이 10.63%, C군이 18.26%, D군이 0.24%로 나타났다. 그러나 개정 후 토양통을 적용하는 경우에는 A군이 16.79%, B군이 29.79%로 나타나 CN 값이 감소하였다.



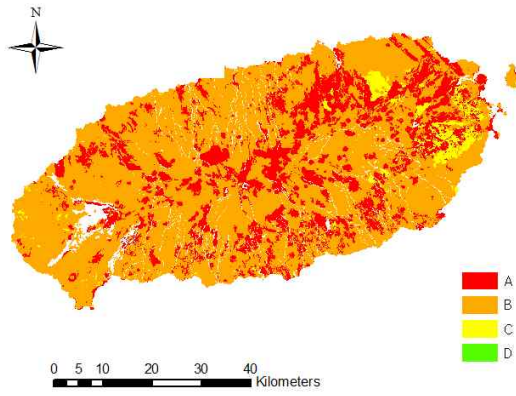


그림 5.1 제주도를 대상으로 새로운 분류 방법을 적용하여 분류한 수문학적 토양군



표 5.1 수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 제주도 전역 CN

토지이용	수문학적 토양군	CN	면적 비율(%)				전체
			허기슬과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	금회	
수역	A	100	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00
	B		0.00	0.01	0.00	0.04	
	C		0.01	0.02	0.01	0.00	
	D		0.02	0.01	0.02	0.00	
	CN	100	100	100	100		
시가화	A	79	0.30	0.77	3.28	1.88	7.44
	B	86	1.13	1.60	0.22	5.50	
	C	90	3.69	4.27	1.57	0.00	
	D	92	2.35	0.83	2.40	0.00	
	CN		90	88	86	84	
나지	A	77	0.24	0.30	0.36	0.33	0.17
	B	86	0.14	0.16	0.02	0.43	
	C	91	0.21	0.28	0.16	0.02	
	D	94	0.20	0.04	0.24	0.00	
	CN		87	85	85	82	
습지	A	98	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	B		0.00	0.01	0.00	0.02	
	C		0.00	0.01	0.00	0.00	
	D		0.02	0.00	0.01	0.00	
	CN	98	98	98	98		
초지	A	50	0.25	0.98	0.92	3.61	19.67
	B	69	0.88	1.48	0.15	0.89	
	C	79	2.13	1.98	1.67	0.00	
	D	84	1.47	0.29	1.98	0.00	
	CN		77	70	75	54	
산림	A	47	1.21	14.82	8.76	16.79	52.79
	B	68	12.33	10.63	1.09	29.79	
	C	79	23.50	18.26	23.08	0.00	
	D	86	6.90	0.24	10.93	0.00	
	CN		76	66	74	60	
논	A	78	0.02	0.18	0.22	0.20	0.31
	B		0.22	0.32	0.01	0.70	
	C		0.44	0.50	0.35	0.13	
	D		0.34	0.04	0.46	0.00	
	CN	78	78	78	78		
밭	A	64	0.76	5.93	12.55	10.49	19.62
	B	75	7.19	8.95	1.12	29.15	
	C	82	19.62	21.64	13.07	0.00	
	D	86	14.38	5.43	15.33	0.00	
	CN		82	78	82	72	
CN			80	73	77	67	100



5.2 제주도 특정 유역 적용 결과

본 연구에서는 수문학적 토양군의 분류 방법별 CN 산정의 차이를 비교하기 위해 중문천 유역, 천미천 유역, 한천 유역을 대표 유역으로 선정하였다. 중문천 유역면적은 17.29 km²이다. 중문천은 남서쪽 녹하지악 인근 발원하는 지방하천이다. 유로연장은 12.89 km 이며, 하상경사는 1/9 - 1/48로 비교적 급경사를 이루고 있다(제주특별자치도, 2009). 중문천이 위치한 서귀포 지역은 인구밀도가 가장 높으며 간헐적으로 표면수를 가장 많이 이용하는 지역이다(양세찬, 2018).

천미천 유역면적은 86.56 km²이다. 천미천은 한라산에서 발원하여 남제주군을 통과하여 바다로 유출되는 지방하천이다(국토해양부, 1991). 천미천은 제주도 내 하천 가운데 가장 큰 하천으로, 유로연장은 25.00 km 이며, 하상경사는 1/60 - 1/120로 완만한 경사를 이루고 있다. 천미천 유역은 목장지의 비율이 높은 지역이다.

한천 유역면적은 34.26 km²이다. 한천은 한라산 고지에서 발원하며, 지류의 유입이 거의 없다. 한천은 평상시 건천인 상태를 유지하고 있다. 한천의 유로연장은 20.18 km이며, 하천유역의 폭은 1.75 km로 유로연장에 비해 매우 작은 특성을 보인다(양성기 등, 2017). 한천유역의 하류부에는 시가지가 발달되어 있고 상류부는 산림으로 구성되어 있다(양석원, 2013). 다음 그림 5.2은 중문천 유역, 천미천 유역, 한천 유역 위치를 나타낸다.



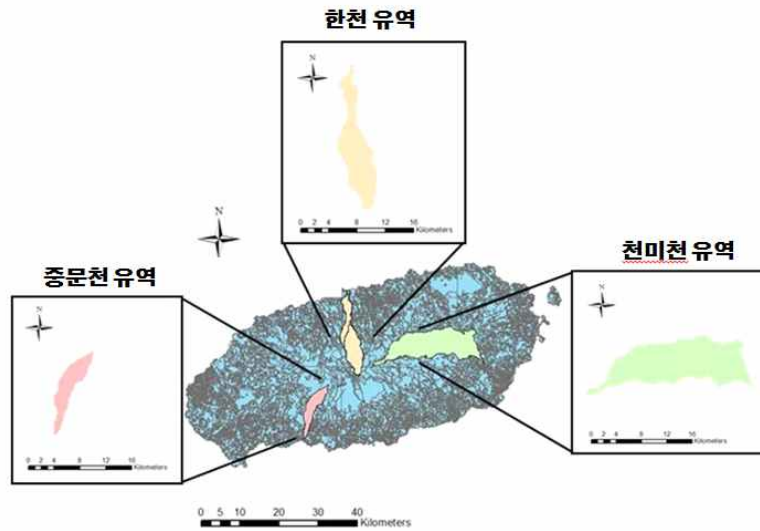


그림 5.2 대상구역

본 연구에서는 과거 제시된 3가지 수문학적 토양군 분류 방법과 본 연구에서 제시한 수문학적 토양군 분류방법을 적용하여 대상 유역에 대한 수문학적 분류결과를 검토하였다. 그 결과는 그림 5.3과 같다.



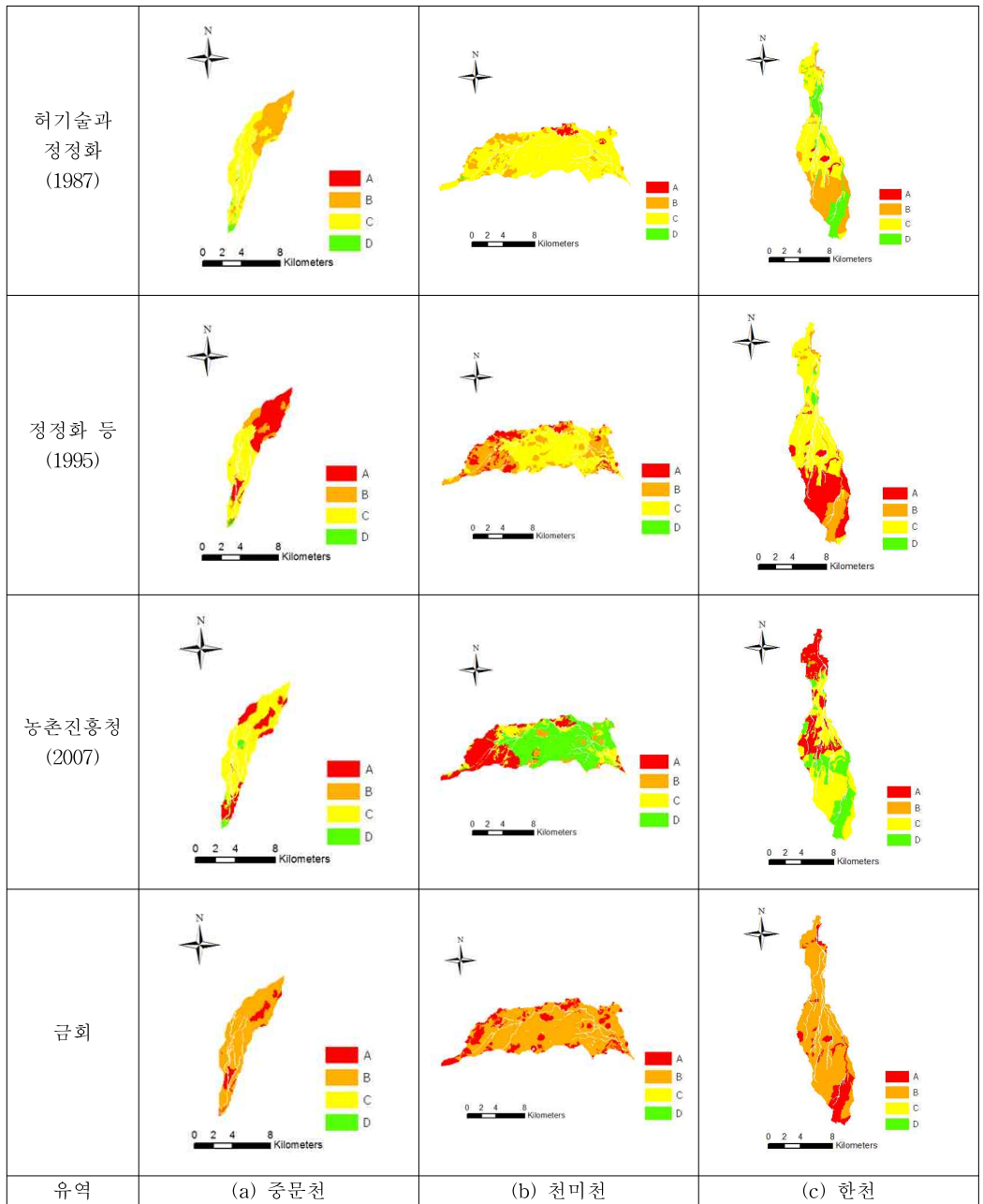


그림 5.3 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 구역별 토양군 분류 결과



표 5.2 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 유역별 토양군 비율

대상유역	수문학적 토양군	허기술과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	급회
중문천	A	0.0	40.7	21.8	12.3
	B	37.6	12.7	0.0	87.7
	C	60.1	45.2	74.1	0.0
	D	2.3	1.4	4.1	0.0
침미천	A	2.6	13.6	25.7	20.0
	B	12.0	34.5	6.1	79.9
	C	85.1	51.9	14.3	0.1
	D	0.3	0.0	53.9	0.0
한천	A	2.0	29.8	25.4	17.8
	B	29.5	15.0	0.8	82.0
	C	48.3	53.4	48.0	0.2
	D	20.2	1.8	25.8	0.0

중문천 유역의 결과는 다음과 같다. 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우는 A가 0.0%, B는 37.6%, C는 60.1%, D는 2.3%로 나타났다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 C가 45.2%로 줄고 A가 40.7%로 증가한다. B는 12.7%로 감소하는 결과를 가져온다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법에서는 C가 74.1%로 크게 증가한다. 본 연구에서 제시한 분류 방법을 적용하는 경우 A가 12.3%, B는 87.7%, C는 0.0%, D는 0.0%로 앞의 3 방법과는 다른 분류 결과를 가져온다. 기존의 방법과 비교하였을 때에는 토양군 B의 비중이 크게 증가한다.

침미천 유역의 경우, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A가 2.6%, B는 12.0%, C는 85.1%, D는 0.3%로 나타난다. 정정화 등(1995)의 분류 방법의 경우에는 A와 B가 증가했으나 C는 51.9%로 감소하였다. 농촌진흥청 (2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 C가 14.3%로 감소하고 A가 25.7%, D가 53.9%로 증가하였다. 앞의 두 방법에 비해 D가 차지하는 비율이 50% 이상이라는 것이 특징이



다. 마지막으로 본 연구에서 제시한 분류 방법을 적용한 경우 A가 20.0%, B는 79.9%, C는 0.1%, D는 0.0%로 B가 많은 비율을 차지하고 있음을 확인 하였다.

한천 유역을 대상으로 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우는 다음과 같다. 수문학적 토양군별 면적비율은 A가 2.0%, B는 29.5%, C는 48.3%, D는 20.2%로 나타났으며, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A가 29.8%, B는 15.0%, C는 53.4%, D는 1.8%로 C와 A의 비중이 크다. 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A가 25.4%, B는 0.8%, C는 48.0%, D는 25.8%로 나타났다. 마지막으로 본 연구에서 제시한 분류 방법을 적용하는 경우에는 A가 17.8%, B는 82.0%, C는 0.2%, D는 0.0%로 청미천 유역과 마찬가지로 B가 가장 많은 비율을 차지했다.

분석된 결과를 비교해 보면 기존의 수문학적 토양군 분류방법의 특성을 알 수 있다. 허기술과 정정화(1987)의 분류방법은 수문학적 토양군 C의 비중이 가장 크다. 정정화 등(1995)에서는 C가 감소하고 A의 비중이 증가하였다. 농촌진흥청(2007)에서는 감소했던 C가 증가 하였고 다른 방법에 비해 D의 비중이 크게 나타난다. 본 연구에서 제시한 분류 방법을 적용한 경우에는 기존의 방법보다 수문학적 토양군 B의 비중이 크게 나타나며 C와 D가 거의 존재하지 않는다.

표 5.3는 수문학적 토양군 분류방법에 따른 중문천 유역의 CN 값 산정 결과를 정리한 것이다. 수문학적 토양군 분류방법에 따른 중문천 유역의 CN 값 산정 결과, 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 76, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 65, 농촌진흥청 (2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 74, 본 연구

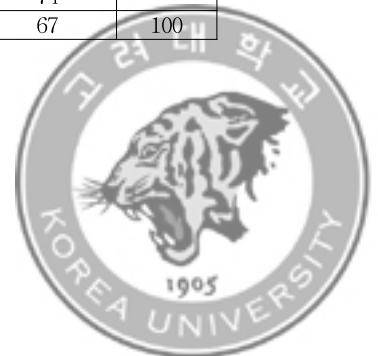


에서 제시한 분류방법을 적용한 경우에는 67로 나타났다. 산정 된 CN 을 비교해 보면 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용한 경우와 본 연구에서 제시한 분류방법을 적용한 경우의 CN 값이 유사하다. 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용한 경우에는 농촌진흥청 (2007)의 분류방법을 적용하는 경우와 유사하다. 이러한 결과의 원인은 산림 지역에서 CN 값 변화의 영향이다. 중문천 유역의 토지이용별 면적을 살펴보면 산림이 80.21%로 많은 면적을 차지하고 있다. 유역의 산림지역의 수문학적 토양군 분류결과를 살펴보면 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 B군(36.02%)과 C군(43.97%)에 대부분이며, 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 C군(63.82%)이 많은 비율을 차지하고 있다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A군(38.76%)이 가장 많은 면적을 차지하며, 본 연구에서 제시한 분류방법을 적용한 경우에는 B군(69.88%)이 가장 많은 면적을 차지한다.



표 5.3 수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 중문천 유역 CN

토지이용	수문학적 토양군	CN	면적 비율(%)				전체
			허기슬과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	금회	
수역	A	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B		0.00	0.00	0.00	0.00	
	C		0.00	0.00	0.00	0.00	
	D		0.00	0.00	0.00	0.00	
	CN		0	0	0	0	
시가화	A	79	0.00	0.08	0.50	0.08	2.00
	B	86	0.17	0.11	0.00	1.93	
	C	90	1.69	1.70	1.35	0.00	
	D	92	0.13	0.12	0.15	0.00	
	CN	90	89	87	86		
나지	A	77	0.00	0.00	0.06	0.00	0.15
	B	86	0.00	0.00	0.00	0.15	
	C	91	0.14	0.15	0.08	0.00	
	D	94	0.01	0.01	0.01	0.00	
	CN	91	91	86	86		
습지	A	98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B		0.00	0.00	0.00	0.00	
	C		0.00	0.00	0.00	0.00	
	D		0.00	0.00	0.00	0.00	
	CN		0	0	0	0	
초지	A	50	0.00	0.35	0.39	0.40	6.39
	B	69	0.24	0.26	0.00	5.99	
	C	79	5.49	5.35	4.70	0.00	
	D	84	0.66	0.44	1.29	0.00	
	CN	79	77	78	68		
산림	A	47	0.00	38.76	15.36	10.33	80.21
	B	68	36.02	11.67	0.00	69.88	
	C	79	43.97	29.74	63.82	0.00	
	D	86	0.22	0.03	1.03	0.00	
	CN	74	62	73	65		
논	A	78	0.00	0.03	0.11	0.03	0.16
	B		0.02	0.00	0.00	0.13	
	C		0.14	0.13	0.05	0.00	
	D		0.00	0.00	0.00	0.00	
	CN		78	78	78	78	
밭	A	64	0.00	1.43	5.36	1.50	11.09
	B	75	1.12	0.63	0.00	9.58	
	C	82	8.64	8.19	4.14	0.00	
	D	86	1.33	0.83	1.58	0.00	
	CN	82	80	74	74		
CN			76	65	74	67	100

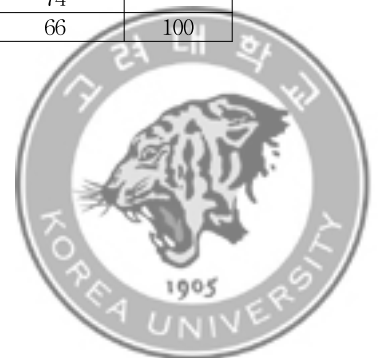


천미천 유역의 경우에도 수문학적 토양군 분류방법 따른 CN 값 산정 결과의 차이는 산림지역의 수문학적 토양군 분류결과 차이인 것으로 나타난다(표 4.3). 천미천 유역의 산림 비율은 75.46%로 유역의 대부분을 차지하고 있다. 산림지역의 수문학적 토양군 분류 결과를 살펴보면, 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 C군(62.25%)이 대부분인 것으로 나타나고, 본 연구에서 제시한 분류방법을 적용한 경우에는 B군(58.13%)에 대부분이 포함되는 것으로 나타난다. 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 B군(28.84%)과 C군(34.44%)이 비슷하게 나타나고, 마지막으로 농촌진흥청 (2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A군(24.65%)과 D군(35.55%)이 유사하게 나타난다. 결과적으로 천미천 유역의 CN 값 산정 결과는, 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 78, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 72, 농촌진흥청 (2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 74, 본 연구에서 제시한 분류방법을 적용한 경우에는 66으로 나타났다. 본 연구에서 제시한 분류방법을 적용한 경우에 CN 값이 가장 작게 나타났으며, 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용한 경우 CN 값이 가장 크게 나타났다.



표 5.4 수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 천미천 유역 CN

토지이용	수문학적 토양군	CN	면적 비율 (%)				전체
			허기술과 정경화 (1987)	정경화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	금회	
수역	A	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	B		0.00	0.00	0.00	0.01	
	C		0.01	0.01	0.00	0.00	
	D		0.00	0.00	0.01	0.00	
	CN		100	100	100	100	
시가화	A	79	0.01	0.05	0.07	0.10	1.65
	B	86	0.06	0.55	0.05	1.55	
	C	90	1.58	1.04	0.31	0.01	
	D	92	0.01	0.00	1.22	0.00	
	CN	90	88	91	86		
나지	A	77	0.00	0.00	0.00	0.03	0.19
	B	86	0.00	0.04	0.03	0.16	
	C	91	0.19	0.15	0.02	0.00	
	D	94	0.00	0.00	0.14	0.00	
	CN	91	90	92	84		
습지	A	98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B		0.00	0.00	0.00	0.00	
	C		0.00	0.00	0.00	0.00	
	D		0.00	0.00	0.00	0.00	
	CN		0	0	0	0	
초지	A	50	0.15	0.53	0.32	0.88	7.38
	B	69	0.41	1.35	0.40	6.49	
	C	79	6.81	5.51	0.83	0.01	
	D	84	0.01	0.00	5.83	0.00	
	CN	78	75	81	67		
산림	A	47	2.20	12.18	24.65	17.27	75.46
	B	68	10.75	28.84	4.85	58.13	
	C	79	62.25	34.44	10.40	0.06	
	D	86	0.26	0.00	35.55	0.00	
	CN	77	70	71	63		
논	A	78	0.00	0.01	0.01	0.01	0.06
	B		0.00	0.01	0.00	0.05	
	C		0.06	0.04	0.02	0.00	
	D		0.00	0.00	0.03	0.00	
	CN		78	78	78	78	
밭	A	64	0.30	0.87	0.63	1.67	15.26
	B	75	0.76	3.70	0.81	13.54	
	C	82	14.15	10.69	2.72	0.05	
	D	86	0.05	0.00	11.10	0.00	
	CN	81	79	84	74		
CN			78	72	74	66	100

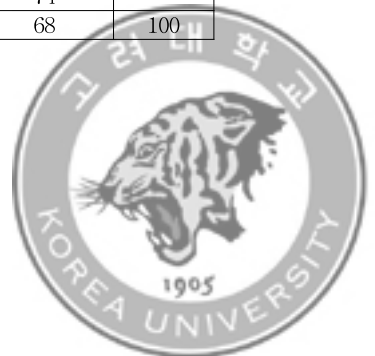


한천 유역의 경우에도 전체적인 경향은 비슷하다(표 4.4). 한천 유역의 CN 값 산정 결과를 보면, 허기술과 정정화 (1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 78, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 70, 농촌진흥청 (2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 77, 본 연구에서 제안한 방법을 적용하여 재분류한 경우에는 68로 나타났다. 한천 유역의 경우 산림의 비율이 52.79%로 다른 유역에 비해 적고, 초지(19.67%), 밭(19.62%)의 비율이 상대적으로 크게 나타나기는 했지만 그 영향은 산림에 비해 크지 않은 것으로 나타났다.



표 5.5 수문학적 토양군 분류 방법에 따라 산정된 한천 유역 CN

토지이용	수문학적 토양군	CN	면적 비율(%)				전체
			허기슬과 정정화 (1987)	정정화 등 (1995)	농촌진흥청 (2007)	금회	
수역	A	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B		0.00	0.00	0.00	0.00	
	C		0.00	0.00	0.00	0.00	
	D		0.00	0.00	0.00	0.00	
	CN		0	0	0	0	
시가화	A	79	0.02	0.09	6.34	1.06	7.44
	B	86	1.05	1.16	0.14	6.37	
	C	90	5.55	5.87	0.79	0.02	
	D	92	0.83	0.33	0.18	0.00	
	CN	90	89	81	85		
나지	A	77	0.00	0.01	0.14	0.06	0.17
	B	86	0.05	0.05	0.00	0.11	
	C	91	0.09	0.09	0.03	0.00	
	D	94	0.03	0.02	0.00	0.00	
	CN	90	89	80	83		
습지	A	98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B		0.00	0.00	0.00	0.00	
	C		0.00	0.00	0.00	0.00	
	D		0.00	0.00	0.00	0.00	
	CN		0	0	0	0	
초지	A	50	1.07	1.82	7.80	2.20	19.67
	B	69	0.98	0.82	0.15	17.40	
	C	79	15.26	16.77	8.67	0.07	
	D	84	2.35	0.26	3.04	0.00	
	CN	78	76	68	67		
산림	A	47	0.74	27.04	2.69	12.87	52.79
	B	68	26.31	11.39	0.04	39.92	
	C	79	13.94	14.26	30.19	0.00	
	D	86	11.80	0.10	19.87	0.00	
	CN	75	60	80	63		
논	A	78	0.00	0.00	0.14	0.01	0.31
	B		0.01	0.01	0.00	0.30	
	C		0.19	0.24	0.16	0.00	
	D		0.11	0.06	0.01	0.00	
	CN		78	78	78	78	
밭	A	64	0.14	0.83	8.27	1.59	19.62
	B	75	1.09	1.59	0.53	17.91	
	C	82	13.33	16.21	8.15	0.12	
	D	86	5.06	0.99	2.67	0.00	
	CN	83	81	75	74		
CN			78	70	77	68	100



5.3 기존 연구 결과를 이용한 평가

제주도의 수자원 정책은 주로 지하수 이용을 목적으로 이수기능에 치중해왔다(정우열과 양성기, 2008). 이러한 이유로 제주도 지역에서의 강우-유출 해석에 대한 선행연구를 찾아보기 어렵다. 제주도 지역에서의 강우-유출 관련 연구는 정우열과 양성기(2008)의 연구를 시작으로 이병철 등(2008), 석동기(2009), 정우열(2013), 박남식 등(2013), 정우열 등(2014), 고광효(2015) 등이 제주도의 다양한 유역을 대상으로 강우-유출 해석을 수행하였다.

본 연구에서는 선행연구에서 다양한 방법으로 산정되고 이용되어진 CN을 비교하였다. 모든 선행 연구에서는 정밀토양도가 사용되었다. 기본적으로 선행 연구에서는 관측 침투유량과와 모의된 침투유량의 차이를 가장 작게 하고자 했으며, 이를 위해서는 CN 값이 적절히 결정되어야 한다. 본 장에서는 제주도의 강우-유출해석에 있어 어떤 방식으로 토양도가 이용되었는지를 검토해 보고자 한다.

① 서귀포와 성산 지역

이병철 등(2008)은 서귀포시 일대를 분석대상 유역으로 선정하여 지하수 함양량을 추정하였다. 연구 대상 유역이 미계측 지역일 경우 정밀토양도와 토지피복도만으로 지하수 함양량을 산정할 수 있는 SCS-CN 방법을 적용하였다. 하지만 육지지역에서 사용하고 있는 토양형의 분류기준은 화산도서지방인 제주지역에 적용하기 어려움이 있다 판단하였으며 기존에 사용되고 있는 토양명칭별 토양형 분류기준과 토양침투율 기준의 토양형 분류방식에 대해 검토하였다.



이병철 등(2008)은 CN을 산정하기 위해 정밀토양도와 토지피복도를 사용했다. 이병철 등(2008)의 연구에서 육지의 수문학적 분류 기준을 제주도에 동일하게 적용하기 어려움이 있다 기술하였다. 이병철 등(2008)의 연구에서 산정된 CN 값을 분석하면 서귀포시 일대의 토양군은 대부분 A군과 B군이며 산정된 CN은 68이다. 제주도가 화산도시 지역으로 침투율이 높으므로 기존의 토양명칭에 따른 토양형분류는 어렵다고 판단하였다. 따라서 이병철 등(2008)은 제주지역의 많은 개발사업 시행시 검토된 침투율과 제주지역 수해방지기본계획 수립시의 평균 침투율을 고려할 때 토양군 A가 적합하다고 판단하였다.

석동기(2009)는 서귀포 지역의 지하수 함양 특성과 특성에 따른 지하수 유동 특성을 분석하였다. 2003년도 강우 조건을 이용하여 최대강우년, 최저치 강우량이 발생한 2005년 강우 조건을 이용하여 최빈강우량, 년 평균 강우량과 가장 가까운 2002년 강우량 조건을 이용하여 평년강우조건으로 가정하였다. 강우 조건에 따른 지하수 함양량 특성과 변화를 알아보기 위해 석동기(2009)는 SCS-CN 방법을 적용하였다.

SCS-CN 방법을 이용하여 침투량을 계산하기 위해서는 CN 값 산정과 초기손실량을 결정하여야한다. 석동기(2009)의 연구에서는 초기손실량은 0.2S로 가정하였으며, 수문학적 토양군 분류 방법으로는 정정화 등(1995)의 방법을 적용하였다. 최신 토양군 분류 방법인 농촌진흥청(2007) 방법이 존재하고 있으나 정정화 등(1995)의 분류방법을 적용한 것은 낮은 CN값으로 산정 되는 방법이기 때문인 것으로 예상된다. 서귀포 지역의 평균 CN 값은 52.4로 산정되었고 초기손실량은 0.2S로 가정되었다.

박남식 등(2013)은 제주도 성산유역을 대상으로 담수와 염수 지하



수 개발이 지하수계의 미치는 영향을 분석하였으며, 경계면 모델을 이용하여 담수와 염수의 흐름을 모의하고 담수와 염수의 개발의 영향을 조사하였다. 박남식 등(2013)의 연구에서 직접적으로 SCS-CN 방법이 사용되진 않았으나 성산 유역을 설명하는데 있어 토양의 형태가 A, B 균이며, 배수가 양호하고 침투율이 우수한 수문학적 특성을 갖고 있다 기술하였으며 산정된 CN은 66.1이다.

다음 표는 서귀포와 성산 유역을 대상으로 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 CN 산정 결과와 초기손실을 정리한 것이다.

표 5.6 선행연구에서의 CN 산정 결과와 초기손실(서귀포와 성산지역)

선행연구 및 대상유역	정밀토양도 (허기술과 정정화, 1987)		정밀토양도 (정정화 등, 1995)		정밀토양도 (농촌진흥청, 2007)		초기손실
	면적비율(%)	CN	면적비율(%)	CN	면적비율(%)	CN	
이병철 (2008) 서귀포 지역	A	-	A	-	A	-	-
	B	-	B	-	B	-	
	C	-	C	-	C	-	
	D	-	D	-	D	-	
석동기 (2009) 서귀포 지역	A	-	A	-	A	-	0.2S
	B	-	B	-	B	-	
	C	-	C	-	C	-	
	D	-	D	-	D	-	
박남식 (2013) 성산 지역	A	-	A	-	A	-	-
	B	-	B	-	B	-	
	C	-	C	-	C	-	
	D	-	D	-	D	-	

② 한천과 외도천 유역

정우열(2013)은 제주도 북부에 위치한 한천 유역과 외도천 유역을 대상으로 직접 유량관측을 실시하여 유출량을 측정하였다. 관측 자료에 기반하여 유출해석에 필요한 매개변수들을 제주도의 수문특성에 적합하게 조절하여 홍수유출량을 산정하였다. 마지막으로 기존 제주도



한천정비기본계획의 산정방법과 비교를 통하여 제주도에 적합한 산정 방법을 제시하였다.

정우열(2013)이 수문학적 토양군을 분류한 결과는 다음과 같다. 한천유역의 경우, 토양군 C군(50.81%)이 가장 많은 면적을 차지 하였으며, A군이 32.88%, B군이 14.75%, D군이 1.56%로 나타났다. 산정된 CN은 69.65이다. 외도천 유역의 경우, A군(39.47%)이 가장 크게 나타났으며, B군이 23.10%, C군이 31.80%, D군이 5.63%로 나타났다. 산정된 CN은 66.73이다. 두 개의 유역 모두 D군이 1 ~ 5%로 가장 작은 면적을 차지하는 것을 나타냈다. 정우열(2013)은 경사가 급한 제주도의 지형적 특성을 고려하기 위해 한천유역을 소유역으로 구분하고 5% 이상의 경사지역에 대하여 CN 값을 보정하여 다시 산정하였다.

정우열(2013)의 연구에서는 초기손실량을 추정하기 위해 2008년부터 2012년까지 제주도의 관측 자료를 이용하여 초기손실량 산정 방법을 조절하여 산정한 유효우량의 총합을 관측자료와 비교하였다. 그 결과 한천 유역의 경우는 초기손실 규모가 0.40S~0.45S로 나타났으며, 외도천 유역의 경우는 0.35S~0.40S로 나타났다. 설계홍수량 산정요령(국토해양부, 2012)에서도 제주도와 같은 특수한 지형에서는 초기손실을 기존 0.2S에서 대폭 상향조정(0.4S 이상)하는 방법을 추천하고 있다.

낮은 CN 산정과 초기손실량은 0.4S로 조절한 정우열(2013)은 유역 평균 강우량과 AMC 조건 또한 조절하였다. 일반적으로 유역평균 강우량은 티센다각형법이 주로 사용한다. 하지만 정우열(2013)은 티센다각형법과 등우선법의 상관 관계를 분석하고 티센다각형법의 면적평균 강우량을 등우선법으로 변환하는 변환식을 개발하여 강우량을 산정하였



다. 그 결과 등우선변환식을 통하여 티센다각형법의 강우량보다 감소한 강우량 자료를 얻을 수 있다. AMC 조건은 선행5일강우로 그에 알맞은 AMC 조건을 선택한다. 정우열(2013)은 AMC 조건을 AMC-II로 산정한 CNII, AMC-III조건으로 산정한 CNIII, AMC-II와 AMC-III의 비중을 3:7, 5:5로 주어 산정한 CN37, CN55 4가지 CN을 사용하여 모의를 진행하였다. 그 결과 무강우 이후 사상에서는 AMC-II 조건의 CN이 적합했으며, 선행강우 이후 사상에서는 AMC-II와 AMC-III의 비중을 5:5로 산정한 CN이 적합하였다. 이처럼 제주도를 대상으로 강우-유출해석을 진행함에 있어 매개변수를 산정함에 있어 육지와는 다른 기준을 적용한 것을 확인하였다.

정우열 등(2014)은 HEC-HMS 모형을 이용하여 홍수유출량을 산정하였다. 이에 필요한 집중시간과 저류상수에 대한 민감도분석을 수행하였다. 민감도 분석을 수행하여 제주도 하천에 적절한 매개변수의 경험식을 도출하였다. 이 연구에서는 유역의 초기손실 및 CN 값을 산정하기 위해 기존 연구(정우열, 2013) 결과를 이용하였다. 즉, 한천유역에서 사용된 CN은 69.65이다. 정우열 등(2014)은 장기간의 무강우 상태에 대해서도 CN-II를 적용하였으며, AMC-III 조건 이상의 선행강우가 발생한 경우에는 CN-II와 CN-III의 평균인 CN-55를 적용하였다. 또한 강우량 산정방법, 낮은 CN을 산정하기 위한 수문학적 토양군 분류방법, 높은 초기손실량으로 적용하여 강우-유출해석을 진행하였다.

고광호(2015)는 토지이용변화가 홍수유출량에 미치는 영향을 분석하였다. 사용된 단위도법은 Clark 단위도법이다. 토지이용변화를 확인하기 위해 1980년부터 2005년까지 5년 단위로 토지이용자료를 GIS를 통하여 분석하였다. 그 결과 1980년부터 2005년동안 한천 유역의 시가



화 면적은 약 5.3배, 농경 면적은 약 3.3배 증가한 것으로 나타났다. 반면에 토지 개발로 인하여 산림지역의 경우 약 28% 감소하는 것으로 나타났다. CN 값을 산정하기 위해 분류된 수문학적 토양군 비율을 다음과 같다. C군이 51.25%로 전체 토양군 중 가장 많은 면적을 차지하며, A군이 32.47%, B군이 14.74%, D군이 1.54%로 나타났다. 고광호(2015)의 연구에서도 D군이 가장 낮은 비율을 나타내었다. 결과적으로 1980년부터 2005년까지 5년 단위로 CN 값을 산정한 결과는 60.62, 62.18, 63.19, 63.98, 65.96, 67.66이며, 5년간 조금씩 CN값이 증가하는 것으로 나타났다. 유효우량 산정을 위해 초기손실을 0.4S로 가정하였으며, 티센-등우선 변환식을 사용하여 강우량을 산정하였다. 이는 정우열(2013)의 연구결과에 따른 것이다.

다음 표는 한천과 외도천 유역을 대상으로 수문학적 토양군 분류 방법에 따른 CN 산정 결과와 초기손실을 정리한 것이다.



표 5.7 선행연구에서의 CN 산정 결과와 초기손실(한천과 외도천유역)

선행연구 및 대상유역	정밀토양도 (허기술과 정정화, 1987)		정밀토양도 (정정화 등, 1995)		정밀토양도 (농촌진흥청, 2007)		급회		초기 손실		
	면적비율(%)	CN	면적비율(%)	CN	면적비율(%)	CN	면적비율(%)	CN			
재산정 한천 유역	A	-	A	-	A	-	A	17.8	68	-	
	B	-	B	-	B	-	B	82.0			
	C	-	C	-	C	-	C	0.2			
	D	-	D	-	D	-	D	0.0			
정우열 (2013) 한천 유역	A	-	A	32.88	A	-	A	-	69	-	0.4S
	B	-	B	14.75	B	-	B	-			
	C	-	C	50.81	C	-	C	-			
	D	-	D	1.56	D	-	D	-			
정우열 (2013) 외도천 유역	A	-	A	39.47	A	-	A	-	66	-	0.4S
	B	-	B	23.10	B	-	B	-			
	C	-	C	31.80	C	-	C	-			
	D	-	D	5.63	D	-	D	-			
정우열 등 (2014) 한천 유역	A	-	A	32.88	A	-	A	-	69	-	0.4S
	B	-	B	14.75	B	-	B	-			
	C	-	C	50.81	C	-	C	-			
	D	-	D	1.56	D	-	D	-			
고광효 (2015) 한천 유역	A	-	A	32.47	A	-	A	-	67	-	0.4S
	B	-	B	14.74	B	-	B	-			
	C	-	C	51.25	C	-	C	-			
	D	-	D	1.54	D	-	D	-			

제주도를 대상유역으로 진행된 선행연구에 대해 검토해보았다. 그 결과 석동기(2009)의 연구에서는 정정화 등(1995)의 방법을 사용하여 수문학적 토양군을 분류하였다. 박남식 등(2013)은 성산 일대 토양군을 A와 B라 설명하였다. 이병철 등(2008)의 서귀포 일대 토양군 분류 결과 또한 A군이 많았으며, D군이 가장 적었다. 이는 산정되는 CN이 가장 작은 값으로 산정되기 때문인 것으로 추측된다. 정우열(2013), 정우열 등(2014)과 고광효(2015)의 연구에서도 토양군 D가 가장 낮은 수문학적 토양군 분류 방법을 사용하였다. 또한 변환식을 사용하여 면적평균 강우량을 산정하였고 AMC 조건 또한 육지와는 다른 조건으로 강우-유출해석을 진행하였다. 초기손실은 석동기(2009), 이병철 등(2008)



연구 이외의 연구에서 0.4S를 사용하였다. 제주도를 대상으로 초기손실 값을 산정하는데 있어 0.2S보다 상향조정하여 산정해야할 증거이다. 또한 매개변수 산정에 있어 많은 조건들이 육지와는 다른 조건에서 산정된 매개변수로 강우-유출해석이 진행됨을 확인하였다. 표 5.8는 선행연구에서 적용된 제주도 강우 유출해석 모의 조건과 육지에서의 모의 조건을 비교한 것이다.

표 5.8 선행연구(정우열, 2013) 연구와 육지에서의 강우-유출해석 조건 비교

	선행연구(정우열, 2013)	설계홍수량 산정 요령(2012)
유역평균 강우량 산정 방법	티센-등우선 변환식	Thiessen 방법
수문학적 토양군 분류 방법	정정화 등(1995)	농촌진흥청(2007)
AMC 조건	무강우시: CNⅡ 선행호우시: CN55	선행5일강우량 고려 (설계시 AMC-Ⅲ 조건)
초기손실	0.4S	0.2S

*CNⅡ는 AMC-Ⅱ조건에서 산정한 CN, CN55는 AMC-Ⅱ와 AMC-Ⅲ의 비중을 5:5로 하여 산정한 CN



6. 결론

본 연구에서는 최근의 토양통 개정 결과를 반영하여 제주도를 대상으로 새로운 수문학적 토양군 분류 방법을 제시하였다. 더하여 본 연구에서 제시한 수문학적 토양군 분류방법을 기존의 수문학적 토양군 분류 방법과 비교하였다. 이를 위해 본 연구에서 제시한 수문학적 토양군 분류 방법과 기존의 수문학적 토양군 방법들을 적용하여 제주도 전체 유역과 제주도의 대표 유역인 중문천, 천미천, 한천을 대상으로 CN값을 산정하였으며 그 결과를 비교하였다. 마지막으로 제주도의 유역을 대상으로한 선행연구들을 검토하여 수문학적 토양군 분류결과가 어떻게 적용되고 있으며 산정된 CN값들을 비교 정리 하였다.

2007년 이후 개정된 토양통을 기존 토양통 자료로 수정한 결과는 다음과 같다. 토성은 43개의 토양통에서, 배수등급은 1개의 토양통에서, 투수속도는 15개의 토양통에서, 불투수층 깊이는 26개의 토양통에서 변경된 것으로 확인되었다.

수문학적 토양군 분류방법에 따른 제주도 대표유역의 수문학적 토양군별 면적비율을 비교한 결과, 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 본 연구에서 제시한 분류 방법을 적용하는 경우에 비해 C군과 D군이 다른 방법들에 비해 크게 나타났으며, 정정화 등(1995)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 A군과 C군이 다른 방법에 비해 크게 나타났다. 마지막으로 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우에는 D군이 크게 나타나는 특성을 띄고있다. 따라서 본 연구에서 제시한 분류방법을 적용하는 경우에는 기존에 존재하는 분류방법을 적용하는 경우에 비해 CN 값이 기존 방법들 보다 작게 산정될 수



있다.

새로운 수문학적 토양군 분류 방법과 기존의 수문학적 토양군 방법들을 적용하여 제주도의 중문천, 천미천, 한천을 대상으로 CN 값을 산정한 결과, 3개 대상 유역 모두 허기술과 정정화(1987)의 분류 방법과 농촌진흥청(2007)의 분류 방법을 적용하는 경우의 CN 값이 크게 나타났다. 반면 본 연구에서 제시한 수문학적 토양군 분류 방법을 적용하는 경우에는 CN 값이 가장 작게 나타났다. 이러한 결과는 기존의 수문학적 토양군 분류결과와 비교하여 본 연구에서 제시한 수문학적 토양군 분류 결과가 높은 투수율로 지표유출이 어려운 제주도의 토양 특성을 잘 반영하고 있음을 보여준다.

제주도의 강우유출 관련 연구를 통해 제주도에서의 강우유출해석 조건이 육지에서의 조건과 다름을 확인하였다. 제주도 유역의 초기 손실은 육지와는 다른 토양의 특성으로 인하여 0.2S 이상의 큰 값을 가질 가능성이 큰 것으로 확인되었다. 또한 농촌진흥청(2007)의 수문학적 토양군 분류 방법을 적용하는 경우 육지에서는 적합하나 제주도를 대상으로 산정한 CN 값은 과대 추정되는 것으로 확인되었다. 제주도의 유역을 대상으로 한 기존 연구에서 이러한 문제가 있음을 확인할 수 있다. 또한 AMC 조건을 정하는데 있어 명확한 정의를 내리기가 어려웠으며 면적평균 강우량을 산정하는 방법 또한 육지와는 다른 방법이 필요함을 확인하였다. 이러한 문제들은 물론 목적에 충실한 관측계획과 정밀한 관측을 통해 해결될 수 있다. 추후 관측계획 및 정밀한 관측 자료를 기반으로 강우-유출 연구가 수행된다면 적절한 CN 값의 결정, AMC 조건 및 초기손실의 규모 판단이 가능할 것으로 기대된다.



참고문헌

- 건설교통부 (2011). **청미천 하천기본계획보고서**.
- 건설교통부 (2005). **홍수량산정 지침서**.
- 건설교통부 (2006). **국제수문개발계획(IHP) : 연구보고서**.
- 경기도 (2008). **청미천수계 하천기본계획**.
- 고광효 (2015). **토지이용변화에 따른 제주도 도심하천의 홍수유출 변동 분석**. 석사학위논문, 제주대학교.
- 국토해양부 (2009). **남강하천기본계획(변경) 보고서**. 부산지방국토관리청.
- 국토해양부 (1991). **천미천 하천기본계획**.
- 국토해양부 (2011). **금강수계 하천기본계획 보고서**.
- 국토해양부 (2012). **설계홍수량 산정요령(안)**.
- 곽재원, 김수전, 윤선화, 김형수 (2010). “유출곡선지수 회귀식을 이용한 보청천 유역의 직접유출 모의연구” **한국물환경학회지**, 제2권, 제4호, pp. 590-597.
- 강승구 (2003). **GIS를 활용한 미계측 유역의 강우-유출 모델링 분석연구**. 석사학위논문, 인천대학교.
- 김경탁, 심명필, 선우중호 (1999). “미계측 유역의 유출모의를 위한 지리정보시스템의 응용 (i): 토양도 및 토지이용도의 선정” **한국수자원학회논문집**, 제32권, 제2호, pp. 163-176.
- 김경탁 (2003). “정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안” **한국수자원학회지**, 한국수자원학회, 제36권, 제4호, pp. 45-53.
- 김경탁, 최윤석 (2004). “정밀토양도를 이용한 유효강우량 산정에 관한 연구” **한국지리정보학회지**, 제7권, 제2호, pp. 1-15.
- 김국배 (2008). “이모고라이트의 가능성” **한국과학기술정보연구원**.
- 김상호, 안소라, 장철희, 김성준 (2013). “영국의 설계홍수량 산정모형인 FEH-ReFH 의 국내 남천유역 적용성 평가” **한국지리정보학회지**, 제16권, 제3호, pp. 68-80.
- 김용철, 문덕철, Barry, J., 김용제 (2009). “지하수 인공함양활용 수자원 확보 (제주도지역 중심으로)” **국가지하수정보센터**, pp. 201-215.



- 김정식 (2003). **호우특성을 고려한 개정 곡선번호 산정기법의 개발**. 박사학위논문, 울산대학교.
- 김정호, 유철상, 박무중, 주진걸 (2014). "SCS 유출곡선지수 방법 적용시 토양도의 변경이 미치는 영향 검토" **한국방재학회 논문집**, 제14권, 제5호, pp. 283-291.
- 김주훈, 김경탁, 변인경 (2008). "토지피복변화와 CN 값 관계 분석" **대한토목학회 학술대회**, pp. 2754-2757.
- 농촌진흥청 (1971). **개략토양도**. 농촌진흥청 식물환경연구소.
- 농촌진흥청 (1976). **정밀토양도**. 농촌진흥청 농업기술연구소. 제주도.
- 농촌진흥청 (1992). **한국토양총설[중보]**.
- 농촌진흥청 (2000). **발토양환경보전관리기술 종합보고서 : 1995-1999**.
- 농촌진흥청 (2003). **토양조사 이론과 실무기술**. 호남농업시험장.
- 류순호, 김계훈 (2000). **토양사전**. 서울대학교출판부.
- 문경환, 임한철, 현해남 (2007). "해발고도 및 인접성에 의한 제주도 토양통분포 특성" **한국토양비료학회지**, 제40권, 제3호, pp. 221-228.
- 박남식, 고병련, 임영덕 (2013). "제주도 성산유역의 담수와 염수 지하수 개발의 영향" **한국수자원학회 논문집**, 제46권, 제7호, pp. 783-794.
- 박창서, 김리열, 조성진 (1985). "화산회토 분류 및 CEC 에 대한 유기물과 점토의 기여도" **한국토양비료학회지**, 제18권, 제2호, pp. 161-168.
- 백종진, 정용, 최민하 (2012). "중소규모 (WRF-ARW) 기후모델을 이용한 지역유출 모의 평가" **대한토목학회논문집 B**, 제32권, 제1B호, pp. 29-39.
- 석동기 (2009). **도서유역의 지표수와 지하수의 유동시스템 연구**. 박사학위논문, 경일대학교.
- 선우중호, 윤용남, 심순보, 이순탁 (1977). "정밀계측된 소유역의 강우 및 유출 특성" **한국수문학회지**, 물의과학, 제10권, 제1호, pp. 53-70.
- 송관철, 유순호 (1991). "제주도 대표토양의 Andic 특성에 관한 연구: 1. 선택적 추출방법에 의한 화산회토 특성 구명" **한국토양비료학회지**, 제24권, 제2호, pp. 8-86.
- 송관철, 유순호 (1994). "제주도 대표토양의 Andic 특성에 관한 연구 III .



- Allophane 생성조건” **한국토양비료학회지**, 제27권, 제3호.
- 안상진, 김영호 (2003). “WMS를 이용한 강우-유출 해석” **대한토목학회논문집 B**, 제23권, 제4B호, pp. 261-270.
- 안승섭, 박노삼, 고수현, 송인렬 (2006). “수문학적 토양군의 분류기준에 따른 SCS CN 및 유출변화특성에 관한 연구” **한국환경과학회지**, 제15권, 제8호, pp. 775-784.
- 양석원 (2013). **제주도 한천의 홍수유출 흐름 해석**. 석사학위논문, 제주대학교.
- 양성기, 김동수, 김남원, 송성호 (2015). “제주형 물순환 해석 및 수자원 관리 기반구축 연구 소개” **한국수자원학회지 물과미래**, 제48권, 제3호, pp. 8-15.
- 양성기, 김민철, 강보성, 김용석, 강명수 (2017). “한천유역의 수문학적 특성을 고려한 관측자료 기반 홍수량 산정” **한국환경과학회지**, 제26권, 제12호, pp. 1321-1331.
- 양세찬 (2018). **ADCP를 활용한 제주도 자연하천의 평균유속분포 추정과 유량산정**. 박사학위논문, 제주대학교.
- 유순호, 송관철 (1984). “제주도 토양의 화학적 특성 조사연구 I. 지대별 화학적 특성 변화” **한국토양비료학회지**, 제17권, 제1호, pp. 1-7.
- 윤용남 (1998). **공업수문학**, 청문각.
- 윤용남 (2007). **수문학**, 청문각.
- 윤현찬 (2010). **수문학적 토양군의 분류기준에 따른 유출특성**. 석사학위논문, 경상대학교.
- 이무영, 남효덕, 이무강 (1988). “제주도지역의 Allophane 점토의 공업적 이용 연구” **과학기술처**.
- 이병주, 배덕효, 정참삼 (2003). “위성영상 피복분류에 대한 CN값 산정(II): - 적용 및 검증-” **한국수자원학회 논문집**, 제36권, 제6호, pp. 999-1012.
- 이병철, 정도준, 이남훈, 안승섭 (2008). **도서지역에서 토양피복상태를 고려한 지하수 함양량 추정**. 대한토목학회 학술대회, pp. 2842-2845.
- 이승현, 배상근 (2003). “SCS-CN 방법을 이용한 위천유역의 지하수함양량 산



- 정” **환경과학논집**, 제8권, pp. 177-183.
- 이승현 (2005). **SCS-CN방법을 이용한 소유역의 지하수 함양량 산정**. 석사학위논문, 계명대학교.
- 정강호, 정석재, 손연규, 홍석영 (2007). “유출곡선 지수법의 활용을 위한 수문학적 토양군 분류” **농촌진흥청**.
- 정우열, 양성기 (2009). “SWAT 모형을 이용한 제주도 하천의 유출량 모의” **한국환경과학회지**, 제18권, 제9호, pp. 1045-1055.
- 정우열, 양성기 (2008). “제주도 하천에 대한 SWAT 모형의 적용” **한국환경과학회지**, 제7권, 제9호, pp. 1039-1052.
- 정우열 (2013). **제주도 하천 관측자료 기반 유출특성 매개변수 도출 및 홍수유출량 산정**. 박사학위논문, 제주대학교.
- 정우열, 양성기, 김동수 (2014). “한천유역의 홍수량 산정을 위한 HEC-HMS 모형의 민감도 분석” **한국환경과학회지**, 제23권, 제4호, pp. 533-541.
- 정일문, 이정우, 김지태, 나한나, 김남원 (2011). “제주도 유출분석을 위한 한계 유출 모의기법 개발” **한국환경과학회지**, 제20권, 제10호, pp. 1347-1355.
- 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 허기술, 박호 (1995). “유출율 추정을 위한 토양 수문군의 분류” **한국농공학회지**, 제37권, 제6호, pp. 12-32.
- 정중호 (2006). **홍수량산정을 위한 실무적 방법의 개발**. 박사학위논문, 고려대학교.
- 조홍제, 김광섭, 이충희 (2001). “LANDSAT 영상을 이용한 CN값 산정에 관한 연구” **한국수자원학회논문집**, 제34권, 제6호, pp. 735-743.
- 제주특별자치도 (2009). **하천정비기본계획**.
- 제주특별자치도 (2013). **한라산국립공원자연자원조사**.
- 하규철, 박원배, 문덕철. (2009). “제주도 토지이용변화에 따른 직접유출량 변화 추정” **대한자원환경지질학회지**, 제42권, 제4호, pp. 343-356.
- 한국건설기술연구원 (2002). **국가 GIS 사업의 수자원분야 활용지원 고도화 방안 연구**. 한국건설기술연구원.
- 허기술, 정정화 (1987). “한국토양의 수문학적 분류 및 그 응용” **농공기술**, 제4권, 제4호, pp. 48-61.



- 홍석영, 정강호, 최철웅, 장민원, 김이현, 손연규, 하상건 (2010). “SCS-CN 산정을 위한 수치세부정밀토양도 활용과괴산군 소수면 소유역의 물 유출량 평가” **한국토양비료학회지**. 제 43권, 제3호, pp. 363-373.
- 황종훈 (2005). **GIUH 적용을 위한 Threshold Area와 특성속도의 산정**. 석사학위논문, 계명대학교.
- Brady, N. C., and Weil, R. R. (2000). Elements of the nature and properties of soils. Prentice Hall, New Jersey.
- National Resources Conservation Service(NRCS, 1972) *National engineering handbook, Section 4*, Hydrology, Chap.10, Washington, D.C.
- National Resources Conservation Service(NRCS, 1985). *National engineering handbook, Section 4*, Hydrology, Chap.10, Washington, D.C.
- Sharpley, A. N., and Williams, J. R. (1990). EPIC-erosion/productivity impact calculator: 1. Model documentation. USDA, Washington, D.C.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1990). *Keys to Soil Taxonomy*. SMSS Technical Monograph No. 19, 4th ed. USDA-SMSS, Blacksburg, Virginia.

