

석사학위논문

제주도 하천의 하계망 분석

지도교수 김 태 호



제주대학교 교육대학원

지리교육전공

김 미 령

2003년 8월 일

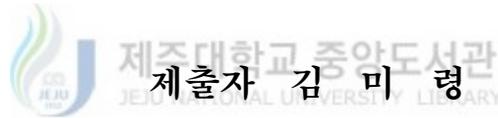
제주도 하천의 하계망 분석

지도교수 김 태 호

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

2003년 5월 일

제주대학교 교육대학원 지리교육전공



김미령의 교육학 석사학위논문을 인준함

2003년 7월 일

심사위원장 _____ 인

심 사 위 원 _____ 인

심 사 위 원 _____ 인

<국문초록>

제주도 하천의 하계망 분석

김 미 령

제주대학교 교육대학원 지리교육전공

지도교수 김태호

제주도의 하천 특성을 밝혀 하천관리를 위한 기초자료로 사용하기 위하여, 축척 1:5000 지형도를 이용하여 지방2급 하천 18개를 대상으로 하계망을 분석하였다.

제주도 하천의 전체적인 하계모양은 한라산을 중심으로 방사상 패턴을 보이며, 국지적으로는 본류와 지류가 평행하게 흐르는 평행상 패턴을 보이고 있다. 또한 하천의 평면형도 직선에 가까운 직류하천을 이루는 경우가 많아 평행상 패턴이 더욱 현저하게 나타나고 있다.

하천차수에 따른 하천수의 변화는 조사대상 18개의 하천 중 5차수 하천이 3개, 4차수 하천이 7개, 3차수 하천이 8개로 나타나 제주도 하천에는 3~4차수 하천이 많은 것을 알 수 있다. 18개 하천의 평균 하천수는 40개이며, 가장 규모가 큰 하천은 5차수 하천이면서 하천수가 91개인 천미천으로 나타났다.

조사하천의 평균분기율은 2.33~5.57로 나타나고 있으나, 주요하천의 평균분기율은 대체로 낮은 편으로서 하천의 침식이 활발하지 않음을 알 수 있다. 그러나 하천의 두부침식을 가장 예민하게 나타내는 1·2차수가 형성하는 분기율의 평균치가 3.95로 나타나고 있어 하천의 침식이 활발하지는 않지만 상류지역에서는 침식이 진행되고 있음을 알 수 있다.

하천의 길이법칙에 의하면 하류로 갈수록 평균길이가 길어지는 것이 일반적이지만 제주도 하천에서는 차수별 하천의 길이 변화에 분명한 규칙성을 나타내지 않고 있다.

하천의 차수가 높아질수록 모든 조사하천에서 평균값은 작아지고 있으나 경사의 변화에는 분명한 규칙성을 보이지 않는다.

*본 논문은 2003년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

목 차

I. 서론	1
1. 연구목적	1
2. 연구동향	3
3. 연구방법	7
II. 연구지역 개관	10
1. 제주도의 지형·지질 특성	10
1) 지형	10
2) 지질	11
3) 화산활동	12
2. 제주도 기후	13
3. 제주도 하천의 개관	15
III. 하계망 분석	20
1. 하계망의 분류	20
2. 하계모양	23
3. 하천수의 법칙	35
4. 하천길이의 법칙	46
5. 하천경사의 법칙	59
IV. 결론	63
참 고 문 헌	64
Abstract	67

표 차례

<표 1> 제주도의 하천 일람	17
<표 2> 제주도 하천의 차수별 하천수	35
<표 3> 제주도 하천의 차수별 하천수와 분기율	44
<표 4> 한반도 주요 하천의 평균 분기율	45
<표 5> 제주도 하천의 차수별 길이 및 길이비율	47
<표 6> 한반도 주요 하천의 평균 길이비율	51
<표 7> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계	52
<표 8> 제주도 하천의 차수별 길이와 하천경사	60



그림 차례

<그림 1> 제주도 하천의 수계	16
<그림 2> 하계망 분류법	20
<그림 3> 효돈천·한천 하계망	25
<그림 4> 천미천 하계망	26
<그림 5> 가시천 하계망	27
<그림 6> 화북천·도근천 하계망	28
<그림 7> 금성천·광령천 하계망	29
<그림 8> 도순천·중문천 하계망	30
<그림 9> 신예천·서중천 하계망	31
<그림 10> 송천·의귀천 하계망	32
<그림 11> 병문천·산지천 하계망	33
<그림 12> 창고천·약근천 하계망	34
<그림 13> 제주도 하천의 차수별 하천수	37
<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계	53

I. 서 론

1. 연구목적

2003년은 UN이 정한 국제 담수의 해이다. “미래를 위한 물”을 주제로 선정하여 다음 세대를 위해 풍부하고 깨끗한 물을 지키고 보존하는 활동을 강조하고 있다. 또한 UN은 이미 1992년 총회에서 매년 3월 22일을 물의 날로 정하여 수자원 보존, 개발 등과 관련하여 활동하도록 하고 있다. 이처럼 유엔 환경계획(UNEP)은 21세기에 지구촌의 중요한 문제로 물 문제를 다루고 있으며, 이는 21세기는 인류 역사상 가장 심각한 국제적 갈등이 물에서 초래된다는 경고에서 비롯된 것이다.

UN 국제인구행동연구소(Population Action International: PAI)에서는 물 부족을 개인별 물 사용량이 공급 가능한 양을 초과하여 발생하는 현상으로 정의하고 있다. 또한 PAI는 물 부족에 대한 경각심과 중요성을 알리기 위하여 물 부족에 대한 기준을 설정하고 있다.¹⁾ 이 기준에 따르면 한국은 물압박 국가로 분류되어 있다. 따라서 한국 역시 물에 대한 관심을 가져야 할 시기가

1) 물 부족의 분류 기준으로 국민 1인당 연간 이용 가능한 수자원량을 이용하여 물기근 국가, 물압박 국가, 물풍요 국가로 구분하였다. 물기근 국가는 만성적인 물부족을 경험하며, 국민 1인당 활용 가능한 물의 양이 매년 1,000m³ 미만인 국가로 사우디아라비아, 쿠웨이트, 이스라엘, 케냐, 알제리, 예멘 등 중동과 아프리카 지역이 이에 속한다. 물압박 국가는 주기적인 물압박을 경험하는 국가로서 국민 1인당 활용 가능량이 매년 1,700m³ 미만일 경우에 해당되며, 리비아, 모로코, 이집트, 폴란드, 한국 등이 해당된다. 물풍요 국가는 지역적 물 문제만을 경험하는 국가로서 국민 1인당 활용 가능량이 매년 1,700m³ 이상인 국가로 벨기에 등 120개국에 여기에 속한다. PAI는 우리나라를 활용 가능한 수자원량이 연간 국민 1인당 기준으로, 1955년에는 2,941m³의 수자원을 보유하고 있던 물풍부 국가에서 1993년에는 1,470m³으로 수자원량이 절반 이하로 떨어져 물압박 국가로 분류하고 있다.

다.

이러한 상황에서 제주지역의 수자원 개발과 이용에 대한 관심이 높아지고 있다. 제주도는 지하수를 자원으로 이용하고 있는 섬으로서, 지하수는 제주 발전을 위한 중요한 자산이라고 할 수 있다. 따라서 제주도는 지하수 자원 환경에 관한 연구와 관리에 필요한 법적·제도적 장치를 1990년대 중반부터 꾸준히 마련해 오고 있다. 또한 환경단체에서는 선거 입후보자들에게 선거공약으로 약속 받기 위해 제주의 장기적 지하수 계획(가칭 JEJU 2050 Water Plan)을 수립하여 지하수 관리와 이용에 지혜를 모으고 있다.²⁾ 이러한 시점에서 유역분지 내 강우 유출현상의 결과라고도 할 수 있는 하천에 대하여 관심을 갖는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

하천의 발달 정도와 특성을 파악하기 위한 한 방법으로서 하계망에 대한 연구가 이루어지고 있다. 하계망(drainage network)이란 일정한 유역분지 내에서 본류와 수많은 지류들이 함께 구성하는 하천의 망을 가리킨다. 하계망은 하천의 특성 뿐만 아니라 유역분지의 지질, 기후, 식생 등의 영향을 반영하기 때문에 지형학의 주요 연구 대상이다.

그러나 제주도 하천에 대해서는 하계망의 분석이나 연구가 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다. 이는 제주도 하천이 한반도의 하천과는 달리 평상 시 유수가 없어 하상이 드러나는 건천을 이루고 있기 때문이다. 그러나 건천이라는 사실 자체도 지질, 지형 및 기후 등 제주도 특유의 자연환경이 반영된 결과이므로 제주도의 지역성을 설명할 수 있는 좋은 자연환경 요소라고 할 수 있다.

본 논문에서는 화산섬인 제주지역 하천의 하계망을 정량적으로 분석하여 그 특성을 규명하고 제주도 하천의 관리 및 체계화를 위한 기초자료로 사용하는데 목적을 두고 있다.

2) 제주환경운동연합(2003), 「2002 제주 환경문제를 말한다」, p.30.

2. 연구동향

하계망의 특성은 J. Playfair에 의해서 일반화되기 시작했다. 그는 하곡은 하천에 의해 형성된 것이라고 주장한 영국의 지질학자 J. Hutton의 이론을 쉽게 풀이하여 설명하고 있다. Playfair는 “각 하천은 하나의 본류와 많은 지류로 구성되어 있다. 지류는 그 크기에 비례하는 하곡을 흐르며, 하곡은 모두 연결되어 있어 하나의 하계망을 형성한다. 하곡의 경사는 조화가 잘 이루어져 지류곡과 본류곡은 거의 동일한 수준에서 만난다. 이러한 현상은 하곡을 흐르는 각각의 하천에 의해 파여서 형성된 것이다”라고 하였는데, 이것은 하천의 크기, 경사, 유량과 유역면적 사이에 어떤 수학적 관계가 성립할 것이라는 암시를 담고 있는 것이다. 3)

하계망에 대한 계량적 분석을 처음으로 시도한 사람은 미국의 지질학자 E. Horton이다. Horton은 상이한 여러 유역분지의 속성과 한 유역분지에서 나타나는 여러 현상들 간의 관계를 계량적으로 분석하고 그 내용을 수치로 표현하여 수류의 제법칙(Laws of drainage net composition)으로 정리하였다. Horton의 법칙 가운데 한 유역분지에서 가장 높은 차수에서 시작하여 차수가 낮아질수록 각 차수의 하천수가 대략 일정한 비율로 급격히 증가하는 것을 “하천차수의 법칙”이라고 하며, 이 때 일정한 차수의 하천수와 이보다 한 계급 높은 차수의 하천수의 비율을 분기율이라 한다. 하천차수의 길이도 길이비율로 살펴보면 한 유역분지에서 일정하게 유지되어 하천의 차수가 높아질수록 평균길이가 일정한 비율에 따라 증가하는데 이를 “하천길이의 법칙”이라 한다. 그리고 유역분지가 하천의 길이와 마찬가지로 차수가 높아질수록 일정한 비율로 넓어지는 것을 “유역분지의 법칙”이라고 한다. 반면에 하천의 평균 경사는 차수가 높아질수록 완만해진다. 이와 같은 차수하천의 수, 길이, 유역면적, 경사 등에 관한 법칙은 Playfair의 법칙을 계량적으로 표현한 것이라 할

3) 권혁재(2002), 「지형학」, 제4판, 법문사. pp.95-96.

수 있다.

Horton에 의한 계량적 분석을 계기로 A.N. Strahler, A.E.Scheidgger, R.L. Shreve, M.J. Woldenburg 등 많은 지형학자들의 하계망 분석을 실시하여 새로운 지형변화에 관한 변수와 개념등을 정립하면서 하천지형의 정량적인 연구가 본격화 되었다. 그 중 Strahler의 방법은 간단 명료하고 계량적이며, 회귀분석에서 벗어난 정도를 통하여 연구지역의 지형적 특성을 파악할 수 있는 장점을 지니고 있어 오늘날까지 널리 사용되고 있는 방법이다.

국내에서는 하천유역을 구성하는 요소 가운데 하나인 하계망에 대한 연구가 다양한 방법으로 이루어지고 있다. 하천차수를 비롯하여 분기율, 하계밀도, 하천빈도, 하천길이, 하천경사 등에 대한 정량적 분석을 시도한 김성애⁴⁾는 하계망에 나타나는 일반적 법칙성을 검증하고 유역간 상호비교를 통해 달천의 특성을 연구하였으며, 김우관·윤인혁⁵⁾은 하계망과 지형과의 관계를 파악하여 남한강 유역의 특성을 체계화하였다. 김창환⁶⁾은 내린천 유역의 하계밀도와 하계빈도에 관여하는 요소를 하계망을 통해 분석함으로써 하천유역의 종합적 자료를 제시하고 있다. 또한 이형석⁷⁾은 압록강의 분류와 지류의 명칭을 먼저 조사 정리한 뒤 하천의 조사 방법에 따라 압록강의 유역면적, 유로연장, 고도, 하중도 및 하천의 폭 등 하계망을 분석, 정리하였다. 김우관⁸⁾은 영산강 유역의 하계망을 지형도의 축척에 따라 조사하고 하계망의 일반적 특성을 대비하여 하천지형 연구의 일반적 자료를 제시하고 축척에 따른 특성 및 상호관계를 밝히고 있다.

4) 김성애(1986), “달천의 하계망 분석”, 충북지리, 제4호, pp.34-48.

5) 김우관·윤인혁(1982), “남한강 유역의 하계망 분석”, 경북대학교 논문집, 제33집, pp.117-124.

6) 김창환(2002), “내린천 유역 하계망 발달의 일반적 특성에 관한 연구”, 강원지리, 제19호, pp.381-392.

7) 이형석(1990), “압록강의 명칭과 하계망분석 : 문헌을 중심으로”, 동국대학교 교육 대학원 석사학위논문.

8) 김우관(1986), “영산강 유역의 하계망 분석”, 경북대학교 논문집, 제42집, pp.19-33.

하계망 특성에 영향을 주는 지형과 지질 등 자연환경 요소와 관련된 연구를 한 김주환⁹⁾은 형산강, 태화강, 양산천 유역에 대한 지형변화의 특색을 알아보기 위해 지형 횡단면도와 종단면도를 작성하고 하계망 발달 상태를 분석하여 양산단층과의 관계를 밝히고 있다. 김정욱¹⁰⁾은 형산강 유역의 하계망 특성을 규명하고 형산강 유역을 이루는 소 유역간 하계망 구성에 작용하는 암석 분포와 지질구조선을 하계망과 관련지어 고찰하고 있다. 홍성조¹¹⁾는 유역을 구성하는 여러 가지 지형요소 중 하계망 특성을 나타내는 변수를 가지고 지형면의 공간적 변화와 지질 상태에 따른 하계망의 특성과의 관계를 규명하고 있다. 김주환·권동희¹²⁾는 형산강 유역의 경사와 절봉면 분석을 통하여 양산단층의 지질구조와 형산강 유역 지형발달과의 관계를 밝히고 있으며, 김종욱¹³⁾은 기능적 하천지형학의 입장에서 하천지형 발달에 관여하는 유역분지의 지질 및 지형, 하계망, 하곡, 하상지형, 하상물질 간의 상관관계를 밝히고 동해로 유입하는 하천들의 기능적 특성을 규명하고 있다. 김만규¹⁴⁾는 지형과 지질구조를 통해 하계망을 예견할 수 있다는 전제 하에 미호천 유역 하계망에 지형과 지질구조가 미친 영향을 밝히고 있다.

지역간 비교 연구를 통한 분석적 고찰을 한 엄재용¹⁵⁾은 우리 나라 중부지방 동·서지역에 분포한 소하천들의 하계망을 분석하여 동·서지역 차이를

9) 김주환(1984), “형산강, 태화강, 양산천 유역 하계망 발달의 정량적 분석”, 동국대학교 논문집, 제23집, pp.173-209.

10) 김정욱(1985), “형산강 유역의 하계망분석”, 효성여자대학교 대학원 석사학위논문.

11) 홍성조(1987), “지형면과 하계망 특성과의 관계에 대한 연구 : 남한강 유역을 중심으로”, 경희대학교 대학원 석사학위논문.

12) 김주환·권동희(1990), “형산강 유역의 경사와 절봉면 분석”, 지리학연구, 제16집, pp.103-123.

13) 김종욱(1991), “하천 지형발달에 관여하는 주요 변수들간의 기능적인 관계에 관한 연구”, 지리학, 제26권 제1호, pp.1-29.

14) 김만규(1990), “미호천 유역의 하계망에 미친 지형과 지질구조의 영향”, 고려대학교 대학원 석사학위논문.

15) 엄재용(1996), “한반도 중부지방 동서사면 하천의 하계망 차이 연구”, 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.

경사도와 기반암과의 관계로 설명하고, 하계망 특성과 지질·지형의 상관성을 밝히고 있으며, 정장호¹⁶⁾는 북한강 유역의 하계망을 정량적으로 분석하면서 남한강, 섬진강을 외국 여러 하천과 비교하고 유역시스템의 특성을 파악하여 한국의 지형발달을 규명하고 있다.

GIS를 이용하여 지형 및 하계 분석을 연구한 김우관·임용호¹⁷⁾는 거제도 지역의 지형도와 지질도 및 DETD를 대상으로 ARC/INFO를 이용하여 지형, 지질, 하계분석을 실시하고 구축된 지형정보가 토지이용을 비롯한, 재해예측, 지역개발에 활용될 수 있는지의 가능성을 언급하고 있다.

한편, 제주도의 하천에 대한 연구 조사는 매우 미흡한 편이다. 제주시¹⁸⁾는 도시 공간을 흐르면서 시민 생활과 밀접한 관계를 맺고 있는 한천, 병문천, 산지천에 대한 생태계 조사를 실시하여 하천 개발시 생기는 생태계 변화를 최소화 하는 방안과 더불어 하천 환경 보호 및 보존 관리 방안을 모색하였다. 한라일보사¹⁹⁾는 한라산이 간직한 자연 자원의 가치와 선인들이 살아온 역사·문화적 가치를 발굴하여 새천년에 아름답고 풍요로운 삶의 지혜를 얻기 위한 목적으로 “제주생명의 원류 : 하천과 계곡”이라는 주제로 천미천과 효돈천에 대한 생태학술조사를 실시하였으며, 현재도 하천에 대한 학술조사는 계속 이루어지고 있다. 또한 1990년 중반부터 제주도의 지하수 환경 보전 및 관리에 관한 제도적 장치가 체계화되면서 본격적인 지하수 연구가 추진되고 있는데, 이러한 연구 과정에서 부분적으로 하천에 대한 조사도 이루어지고 있다. 즉 농어촌진흥공사²⁰⁾는 제주지역 지하수 연구를 통해 천미천과 가지천 유역의 하계망을 분석하였고, 제주도²¹⁾는 제주지역의 수문 지질 및 지하수 조사

16) 정장호(1974), “북한강 유역 하계망 발달의 정량적 분석”, 수도여사대 논문집, 제6권, pp.241-264.

17) 김우관·임용호(1997), “GIS를 이용한 거제도 지형 및 하계분석”, 한국지역지리 학회지, 제2권 제2호, pp.19-35.

18) 제주시(1989), 「제주시 3대하천의 생태계 학술조사 보고서」, 제주시.

19) 한라일보사(2000), 「천미천: 제주생명의 원류 하천과 계곡, 1」, 한라일보사.
; 한라일보사(2001), 「효돈천: 제주생명의 원류 하천과 계곡, 2」, 한라일보사.

20) 농림부(1996), 「제주지역 지하수 인공함양에 관한 연구」, 농어촌진흥공사.

에서 천미천과 호례천 유역의 하계망을 분석하였다. 이외에 강상배²²⁾는 제주도 남·북사면의 지형 비교를 통하여 지질분포, 하천침식 등의 차이를 밝히고 있으며, 연구자 몇 사람은 제주도 하천의 일반적 성격에 대하여 언급하고 있다.²³⁾

3. 연구방법

야외조사를 실시하면 지형도에 표시 되지 않은 자연 유로가 나타날 수 있으나 연구지역이 광범위하여 작업의 편의상 지형도에 표시된 수계만을 대상으로 분석하였다. 따라서 기존의 연구가 1:25,000이나 1:50,000 축척의 지형도를 이용한 것과는 달리 본 연구에서는 최대한의 수계를 대상으로 하기 위하여 현재까지 발간된 것 중에서 가장 대축척 지도인 1:5,000 축척의 지형도를 이용하였다. 현재 제주도에 는 지류 하천을 포함하여 60개의 지방2급 하천이 분포되어 있다. 본 연구에서는 지방2급 하천 중에서 지류를 갖고 있거나, 비교적 규모가 큰 18개 하천을 선정하여 하계망을 분석하였다. 총 조사된 하천 수는 33개이며 지류로 분류되는 하천은 본류에 포함시켜 조사하였다. 대상하천 중 서중천과 의귀천의 경우 한국하천일람²⁴⁾에는 서중천이 의귀천의 지류로 분류되어 있으나 두 하천이 하구를 지니고 있어 별개의 하천으로 취급하였다. 또한 광령천은 도근천의 지류로 분류되어 있으나 두 하천이 거의 하구

21) 제주도(2002), 「제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사」, 제주도.

22) 강상배(1979), “제주도 남·북 사면 지형의 비교 연구”, 건국대학교 대학원 석사학위논문.

23) 강순석(2002), “제주도 하천의 특성과 보전방향” 환경의 날 하천토론회 자료, 제주환경운동연합. ; 김지수(1998), “제주도의 하천 특성”, 탐라지리교육연구, 창간호, 탐라지리교육연구회, pp.42-49. ; 김태호(2002), “한라산의 지형경관”, 기초과학연구, 15권 1호, 제주대 기초과학연구소, pp.15-18.

24) 건설교통부(2002), 「한국하천일람」, pp. 268~269.

부근에서 합류하므로 별개의 하천으로 취급하였다. 하천명은 건설교통부의 하천일람²⁵⁾을 기준으로 하였다.

구체적인 조사방법은 다음과 같다.

첫째, 1:5,000 축척의 지형도에서 각 하천의 하계망을 작성하였다. 한반도 하천의 하계망 분석에는 주로 1:50,000 축척의 지형도를 사용한다. 그러나 제주도의 하천은 규모가 크지 않으므로 1:5,000 축척의 지형도 사용이 가능하며, 최대한의 수계를 대상으로 할 때 하천의 하계망을 효과적으로 조사할 수 있다고 판단되었기 때문이다.

둘째, 각 하천의 차수를 정하고 하천 수를 조사하였다. 하천의 차수는 하계망 분석에 가장 많이 이용되고 있는, Horton이 고안하고 Strahler가 수정 보완한 방법을 사용하였다. 이 방법에 의하면 발원지에서부터 하나의 지류도 갖지 않는 세류는 모두 1차수 하천이 되며, 1차수 하천이 다른 1차수 하천과 만나 합류점이 생기면 2차수 하천이 된다. 2차수 하천은 다시 많은 지류들과 만날 수 있으나 반드시 2차수 하천과 만났을 경우에만 3차수 하천이 된다. 이처럼 같은 차수의 하천끼리 만나야 상위 차수의 하천이 된다. 따라서 분류는 항상 최고 차수를 이루게 된다.

Strahler 방법으로 하천차수를 구한 다음에 차수별로 하천수를 조사하고 하천수에 따르는 분기율과 하천수에 관한 법칙을 확인하여 타지역의 사례와 비교하였다. 본 연구에서는 차수의 혼선을 막기 위해 인공적으로 수로를 조성하거나 서로 연결시킨 수로는 조사 대상에서 제외하였다.

셋째, 하천의 길이는 주로 곡선계(curvimeter)를 사용하여 측정하였으며 길이가 짧거나 하천의 굴곡이 심하여 곡선계를 이용하는 것이 불편한 경우에는 폭을 3~4mm로 고정시킨 콤파스로 분할 계측하여 근사화 하였다. 하천길이를 측정할 때 유로가 단순하지 않거나 비정상적일 때는 다음과 같은 점을 고려하여 계측하였다. 우선 하폭이 넓은 경우에는 하천의 중앙선을 따라 계측하

25) 상계서, pp. 268~271.

였다. 제주도의 중산간 지역에서는 하천이 종종 분류하였다가 다시 합류하는데, 이러한 경우에는 양쪽 유로를 모두 측정하여 평균값으로서 그 구간의 길이를 정하였다. 차수별로 하천길이를 집계하여 하천길이의 법칙을 검증하고 타 지역의 사례와 비교하였다.

넷째, 하천의 경사는 지형도에서 하천구간 별로 최고점과 최저점의 해발고도를 읽어 고도차를 계산한 다음에 하천길이를 나누어 구하였다. 차수별 하천경사를 집계하여 하천경사의 법칙을 검증하고 타 지역의 사례와 비교하였다.

제주도의 하천유역은 수많은 용암류로 이루어져 미기복이 잘 발달하고 있으므로 한반도 하천유역과 달리 분수계가 명료하지 않다. 따라서 본 연구에서는 하천별 유역 구분은 실시하지 않았으며, Horton의 제3법칙인 유역면적의 법칙도 검증하지 않았다. 또한 유역면적을 토대로 한 하계밀도와 하계빈도에 관한 내용도 본 연구에서는 취급하지 않았다.



II. 연구지역 개관

1. 제주도의 지형·지질 특성

1) 지형

화산섬인 제주도에는 화산지형의 특색이 잘 나타나는데, 특히 하식윤회로 보아 유년기 지형에 속하므로 화산의 원지형이 비교적 많이 보존되어 있다. 제주도의 평면형태는 장축의 길이 73km, 단축의 길이 31km인 타원형을 이루고 있다. 장축의 방향은 N70°E로서 이는 한반도의 남해안선과 평행하며 라오퐁 방향과도 일치하고 있다. 제주도 해안선의 길이는 253km이며 하천의 길이는 821.17km이다. 총면적은 1,825km²로서 전 국토 면적의 1.8%를 차지하고 있다.

제주도의 해안지대는 매우 평탄한 용암대지를 이루고 있으나, 중산간 지대와 산악지대를 차지하고 있는 한라산은 완만한 사면이 특징인 하와이형 순상 화산이다. 한라산 정상부를 정점으로 하여 주로 현무암으로 구성된 동서사면은 3~5°의 매우 완만한 경사지를 이루고 있는데 비하여, 조면암이 많이 분포하고 있는 남북사면은 5~7°로 다소 급한 경사지를 이루고 있다. 제주도의 경사지별 분포율을 보면 경사가 0~5°인 지역은 24.07%, 경사가 6~10°인 지역은 44.43%, 경사가 11~15°인 지역은 24.10%, 경사가 16~20°인 지역은 4.4%, 경사가 21°이상인 지역은 2.9% 이다.²⁶⁾ 따라서 제주도 전역의 평균 경사는 8°로 제주도 대부분의 지역이 완만한 지형으로 구성되어 있다. 이는 한라산이 제주도 중앙부에 위치하고 있으며 한라산을 정점으로 등고선이 동심원적으로 분포하기 때문이다. 또한 제주도에 한라산의 산록지대를 비롯하여 해안지대까지 전역에 걸쳐 360여개에 달하는, 오름으로 불리는 소형화산

26) 제주도(1993), 「제주도지」, 제1권, pp.42~43.

체가 분포하고 있다.

2) 지질

제주도의 지질은 신생대 제4기 화산쇄설물이 퇴적되어 형성된 성산층, 화순층, 신양리층 등의 퇴적암층과 현무암, 조면암질 안산암, 조면암 등의 화산암류, 그리고 후화산작용에 의한 기생화산 활동에 따르는 각종 화산쇄설물 등으로 구성되어 있다²⁷⁾. 제주도는 지질학적으로 최신의 시대에 형성되어 화산본래의 지질구조를 잘 나타내고 있다. 그러나 약 230만년에 걸쳐 이루어진 화산활동으로 인해 지역적으로 매우 복잡한 지질 층서를 가지고 있다. 제주도의 기반암과 미고결 퇴적층은 대부분 화산암류에 피복되어 지표에 노출되지 않고 지하에만 분포하고 있다. 또한 기반암 위의 서귀포층과 용암류들은 대체로 한라산체를 중심으로 바다 쪽을 향해 방사상으로 약간 경사진 형태를 나타내고 있다.

제주도의 기반암은 지표상에 노두가 나타나고 있지 않으나, 우도의 동쪽 해식에 단애면의 응회암 내에 백악기 응회암과 제주시 사라봉과 별도봉 북쪽 해안에 분포하는 응회암 내에 화강암력이 기반암으로 나타나고 있다.

미고결 퇴적층은 서귀포층 하부에 분포하는 암층으로서 지상에는 나타나지 않고 지하 심부의 시추조사 결과에 의해서만 확인된다. 이 층은 대부분 저투수층으로 미고결 미사질 모래층으로 구성되어 지하수의 부존과 유동이 불리한 지층이지만 모래층이 피압대수층의 역할을 한다.

서귀포층은 미고결 화산쇄설물의 퇴적과 일부 지역의 침식작용이 끝난 후에 현무암질 화산활동을 수반하여 광범위하게 퇴적되었다. 서귀포층은 서귀포시 천지연 서쪽 해안 절벽에 노출되어 있다. 서귀포층은 천해성 퇴적층으로 암질은 역질 사암, 사암, 이암, 세일 등으로 고결, 미고결 내지 준고결 상태이다.

화산암류는 서귀포층을 덮는 대부분 지역의 지표지질로서 조면암질 및 현

27) 상계서, p.58.

무암질 용암류와 용암의 유동에 의해 형성된 크링커, 스코리아, 화산쇄설층, 수성 화산쇄설층, 화산활동 휴식기에 형성된 미고결 표생쇄설층으로 구성되어 있다. 또한 이들 대부분은 투수성이 매우 양호하여 특히 숨골, 꽃자왈 등의 투수성 지질구조를 따라 강수의 40% 이상을 지하로 침투시키는 지질이다.

3) 화산활동

제주도는 신생대 제4기의 화산활동으로 형성된 섬이다. 제주도를 구성하는 지질구조를 통해 학자에 따라 4단계 또는 5단계로 나누어 제주도의 화산 활동 과정을 설명하고 있다.

제1분출기는 해수면 아래의 기저부가 형성된 시기이다. 제주도의 지하에는 해수면 아래 100m까지 감람석회석 현무암이 분포한다. 기저현무암의 연대 측정은 94만년~120만년으므로 전기 플라이스토세부터 제주도는 화산활동을 시작했다고 볼 수 있다.

제2분출기는 한라산체를 제외한 제주도의 모습이 대부분 결정된 용암대지의 형성기이다. 37만~60만년 전에 틈분화로 분출한 침상장석감람석 현무암은 남부해안 지역을 제외한 제주도 전역에 분포되어 있다.

제3분출기에는 분화양식이 광역적인 틈분화를 일으키다가 제주도 중앙부에서 중심분화로 변화하였다. 따라서 중앙화구를 중심으로 화산체의 고도가 높아지면서 비고 1,700m의 한라산 순상화산체가 형성되었다. 제3분출기의 말기인 16만년 전에는 조면암질 용암이 분출하여 한라산 정상에 용암원정구가 형성되었다.

제4분출기는 12만년 전부터 시작한 후화산 활동기로 제주도 전역에서 스코리아콘이 형성되었다. 2만5천년 전에는 백록담 용암원정구에서 다시 현무암이 분출하면서 백록담 분화구가 형성되었다. 28)

한편, 5단계 화산활동은 제1단계 기저현무암 분출기(120만년 전), 제2단계

28) 한국자연지리연구회(2000), 「자연환경과 인간」, 한울아카데미, pp.462~463.

서귀포층 퇴적기(120만~70만년 전), 제3단계 용암대지 형성기(70만~30만년 전), 제4단계 한라산체 형성기(30만~10만년 전), 제5단계 측화산 활동기(10만~2만5천년 전)로 설명하고 있다.

역사시대에 들어와서도 제주도에서의 화산활동은 계속되어 「고려사(高麗史)」에 1002년과 1007년 제주도에서 일어났던 용암류의 분출과 화산체 생성에 관한 기록이 있다.

2. 제주도 기후

제주도는 아시아 대륙 동쪽에 위치하여 몬순의 영향이 큰 대륙 동안 기후의 특징을 보일 뿐만 아니라, 사면이 바다로 둘러싸여 있어 해양성 기후의 요소도 많이 나타난다. 또한 섬의 중앙부에 위치한 해발 1,950m의 한라산과 근해를 흐르는 해류가 중요한 기후인자로 작용하여 기상의 변화가 심하고 국지적 특성이 많으며 한반도와는 다소 다른 유형의 기후를 형성하고 있다.²⁹⁾

제주도의 연평균 기온은 제주, 대정, 성산지역이 15.3℃로 비슷하나, 서귀포지역은 연평균 기온이 15.9℃로 다른지역에 비해 0.6℃~0.7℃ 정도 높다. 계절별 기온 분포를 보면 최난월 8월은 26.6℃, 최한월 1월은 5.3℃의 월평균 기온을 보인다. 제주도는 최난월 평균기온의 지역적 차이는 거의 없으나 최한월 평균기온은 서귀포지역이 0.6℃~0.7℃ 가량 높다. 월평균 기온의 특성을 살펴보면 6~7월에는 한라산에 의한 뿜현상의 영향을 받아 17℃ 이상을 보이다가 8월에는 약 30℃로 가장 무더운 날씨를 보인다. 9월부터 4℃~5℃씩 하강하여 11월에는 10℃ 이하로 떨어지고, 1월에 1℃~3℃까지 내려가 최저기온

29) 김태호(2001), “제주도의 경관생태”, 「경관생태학」, 한국경관생태연구회, p.267.

을 보이다가 2월부터 0.4℃~0.8℃씩 상승하기 시작하여, 3월에 가서는 2℃~3℃씩 상승한다. 겨울철에는 북부지역이 남부지역보다 해양성 기후의 영향으로 월별 기온의 변화가 완만한 편이다.³⁰⁾

제주도의 연평균 강수량은 1,558mm이며, 강수량이 가장 많은 달의 평균 강수량은 7월로 251mm, 가장 적은 달은 47mm이다. 월 강수량이 200mm 이상인 달은 서귀포지역은 5~8월, 성산지역은 6~9월, 제주지역은 7~8월, 대정지역은 6~7월로 나타난다. 특히 제주지역의 1~5월은 월 100mm 이하로 비교적 적은 편이며, 계절에 관계없이 강수량은 북서부에서 남동부지역으로 증가하는 경향을 보인다. 지대별로 강수량을 살펴보면 중산간지대는 1,779.5mm, 산악지대는 2,765.5mm인데, 실제 강수량은 이보다 훨씬 많은 것으로 추정되고 있어 국내 최다우지역임을 알 수 있다. 지역별로는 서귀포지역 1,746.8mm, 성산지역 1,609.3mm, 제주지역 1,413.9mm, 대정지역 1,251.2mm로 지역적 차이가 크다. 강수량의 지역적 차이는 기압 배치보다 풍향이 더 크게 작용한다. 제주도의 강수는 주로 온대성 저기압, 장마전선 및 태풍에 의해 발생하는데, 온대성 저기압과 장마전선에 인한 강수는 동·남부 지역에 많고 태풍으로 인한 강수는 상대적으로 북부지역에서 많이 나타난다. 특히 겨울철에는 북서계절풍이 한라산 북사면에 가로막혀 비가 내리는 경우도 많다.

제주도의 연평균 증발량은 1,226mm이다. 월별 변화를 보면 7~10월에 120~170mm로 많고 11월~2월에는 60~90mm로 적어진다. 여름철의 증발량은 제주지역이 다른 지역에 비하여 20~50mm 높지만 다른 계절에는 차이를 보이지 않는다.³¹⁾

제주도는 바람이 많은 곳으로 유명한데 연평균 풍속이 3.7m/sec로 한반도에 비하여 1~2m/sec 더 강한 바람이 분다. 겨울철 풍속은 10m/sec가 보통이나 심한 경우 20m/sec에 달하는 경우도 있다. 제주도의 겨울철 탁월풍은 서

30) 제주지방기상청(1999), 「제주기후통계자료」, 제1호, p.28.

31) 김태호(2001), 전계서, p.268.

고동저형 기압배치로 출현하는 북서풍이다. 제주시 지역에서는 북서풍이 연중 최다풍이지만 한라산의 영향을 받는 서귀포지역에서는 북동풍이 최다풍이 된다. 반면에 봄과 가을의 탁월풍은 북고남저형 기압배치에 의한 동풍계열이다.³²⁾ 특히 봄에는 장마전선이 제주도로 올라오기 전까지 겨울 계절풍의 영향을 계속 받기 때문에 북서풍의 강한 바람이 분다. 아열대 고기압으로 장마전선이 형성되면 저기압의 영향으로 간헐적으로 돌풍이 불기도 한다. 그리고 여름에는 남서~남동풍계열이 탁월풍을 이룬다. 여름에는 태풍이 있어 강풍이 불기도 하지만 태풍의 영향을 받는 기간이 짧아 계절 중 가장 바람이 적은 계절이기도 하다.

3. 제주도 하천의 개관

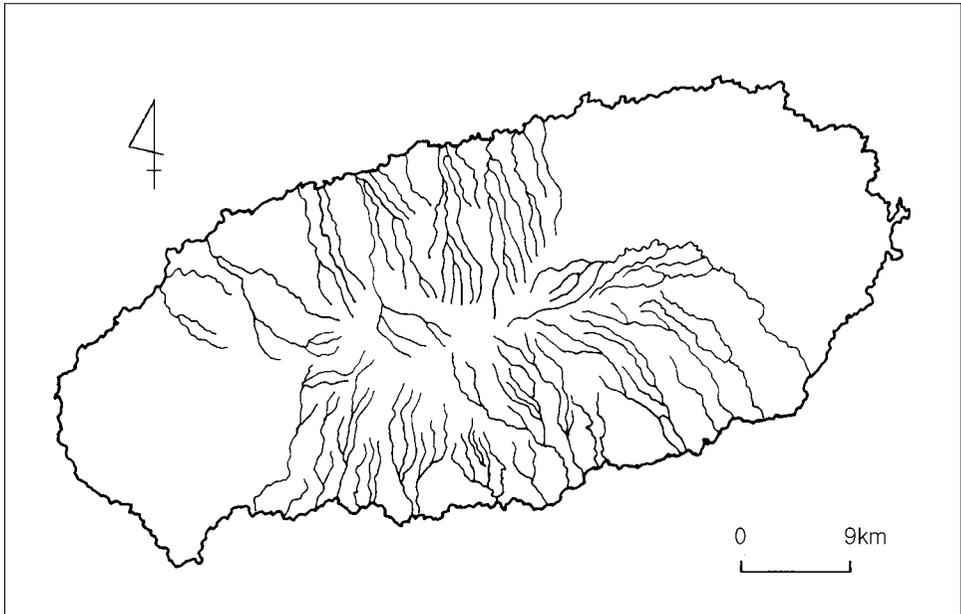
제주도의 하천은 한라산 정상부를 중심으로 발산하고 있으나, <그림 1>에서 보는 것 처럼 동·서부지역은 한라산 능선의 말단부에 위치하여 사면경사가 완만할 뿐만 아니라 비교적 평탄한 용암대지로 이루어져 있어 상대적으로 하천의 발달이 미약한 편이다. 따라서 제주도의 하천은 제주와 서귀포를 중심으로 한 남·북부지역에 집중적으로 분포하고 있다.

제주도에는 총연장 821.19km³³⁾에 이르는 60개의 지방2급 하천<표 1>과 83개의 소 하천이 흐르고 있다. 지역별로 살펴보면 남으로 흐르는 하천은 효돈천, 신예천, 서중천, 송천, 가마천, 천미천, 악근천, 도순천, 창고천 등이 있으며 북쪽으로 흐르는 하천은 화북천, 산지천, 병문천, 한천, 광령천 등이 있다.

제주도 하천의 분수령은 한라산을 중심으로 동쪽으로 제주시의 흙붉은 오름(1,338m), 조천읍 어후악(1,016m), 그리고 서쪽으로는 애월읍 한대오름(913m), 중문면 불레오름(1,392m)을 연결하는 산릉으로 이루어져 있다. 동쪽

32) 상계서, pp.268~269.

33) 제주도(2002), 「환경백서」, p.148.



<그림 1> 제주도 하천의 수계도

JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

의 분수령이 북동쪽으로 치우친 것은 이 지역에서 발원하는 천미천이 경우 상류에서 북동류 내지 동류하다가 남동류하는 현상을 보이기 때문이다.³⁴⁾

남쪽으로 흐르는 하천은 하류구간에서 깊이 30~40m의 하곡을 형성하는 경우가 많은데 비하여, 북쪽으로 흐르는 하천은 20~30m의 하곡을 보임에도 불구하고 깊이는 3~5m에 불과하여 지역간 하천 형태에 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 제주도 남부지역이 조면암질 용암이 분포하고 있어 융기가 크고, 강수량도 많아 활발한 하각작용이 일어나기 때문으로 생각된다. 그러나 전반적으로 하곡은 V자형을 이루고 해안지대에 이르기까지 하각작용이 매우 활발하여 유년기 하곡지형의 특색을 잘 보여주고 있다.

34) 강상배, 전계논문, p.18.

<표 1> 제주도의 하천 일람

하천명	수 계			하천 길이(km)	시작점 위치	종점 위치
	분류	제1지류	제2지류			
연외천	연외천			9.0	서귀포 서홍	서귀포 천지
생수천	연외천	생수천		5.0	서귀포 서홍	서귀포 서홍
서홍천	연외천	서홍천		5.7	서귀포 서홍	서귀포 서홍
호근천	연외천	호근천		5.5	서귀포 호근	서귀포 서홍
원제천	연외천	호근천	원제천	5.0	서귀포 호근	서귀포 호근
동홍천	동홍천			11.9	서귀포 동홍	서귀포 서귀
보목천	보목천			8.0	서귀포 토평	서귀포 보목
상효천	보목천	상효천		4.0	서귀포 상효	서귀포 토평
효돈천	효돈천			13.0	서귀포 상효	서귀포 하효
영 천	효돈천	영 천		9.0	서귀포 상효	서귀포 상효
신례천	신례천			12.0	남제주 신례	남제주 신례
종남천	종남천			9.5	남제주 신례	남제주 신례
전포천	전포천			7.0	남제주 위미	남제주 위미
서중천	서중천			12.0	남제주 한남	남제주 태홍
의귀천	서중천	의귀천		12.0	남제주 수망	남제주 남원
신흥천	신흥천			9.0	남제주 신흥	남제주 신흥
송 천	송 천			15.0	남제주 가시	남제주 토산
가시천	가시천			14.0	남제주 가시	남제주 세화
안좌천	가시천	안좌천		10.0	남제주 가시	남제주 가시
천미천	천미천			25.0	남제주 교래	남제주 표선
진평천	천미천	진평천		8.0	남제주 가시	남제주 표선
삼수천	삼수천			13.0	제주 용강	제주 삼양
대룡소천	삼수천	대룡소천		7.5	제주 용강	제주 태계
화북천	화북천			7.0	제주 월평	제주 화북
방 천	화북천	방 천		12.5	제주 영평	제주 화북
조 천	화북천	방 천	조 천	7.0	제주 아라	제주 아라
부록천	화북천	부록천		13.8	제주 월평	제주 화북
산지천	산지천			10.6	제주 아라	제주 건입
병문천	병문천			12.0	제주 오라	제주 용담
독사천	병문천	독사천		8.0	제주 오라	제주 삼도
한 천	한 천			11.5	제주 오라	제주 용담
토 천	한 천	토 천		7.5	제주 오라	제주 오라
흘 천	흘 천			7.3	제주 오라	제주 도두

<표 1> 제주도의 하천일람 (계속)

하천명	수 계			하천 길이(km)	시작점 위치	종점 위치
	본류	제1지류	제2지류			
이호천	이호천			6.0	제주 노형	제주 이호
원장천	원장천			7.0	제주 노형	제주 이호
도근천	도근천			12.0	제주 해안	제주 외도
어시천	도근천	어시천		10.0	제주 해안	제주 외도
광령천	도근천	광령천		18.3	북제주 애월	제주 외도
고성천	고성천			12.0	북제주 애월	북제주 애월
소왕천	송왕천			12.0	북제주 애월	북제주 애월
수산천	수산천			13.0	북제주 고성	북제주 애월
금성천	금성천			16.5	북제주 봉성	북제주 애월
어음천	금성천	어음천		15.0	북제주 남읍	북제주 금성
한림천	한림천			6.4	북제주 상대	북제주 한림
귀덕천	한림천	귀덕천		1.4	북제주 귀덕	북제주 한림
옹포천	옹포천			6.4	북제주 명월	북제주 옹포
문수천	옹포천	문수천		3.2	북제주 동명	북제주 옹포
창고천	창고천			16.5	남제주 상천	남제주 화순
예래천	예래천			13.0	서귀포 색달	서귀포 상예
중문천	중문천			12.0	서귀포 색달	서귀포 중문
색달천	중문천	색달천		13.5	서귀포 중문	서귀포 중문
대포천	대포천			7.6	서귀포 중문	서귀포 대포
회수천	회수천			9.5	서귀포 대포	서귀포 대포
동회수천	회수천	동회수천		8.6	서귀포 대포	서귀포 월평
도순천	도순천			13.0	서귀포 하원	서귀포 강정
고지천	도순천	고지천		11.5	서귀포 강정	서귀포 도순
궁산천	도순천	궁산천		10.0	서귀포 도순	서귀포 강정
악근천	악근천			9.0	서귀포 강정	서귀포 강정
세조천	악근천	세조천		8.0	서귀포 영남	서귀포 강정
영남천	악근천	영남천		5.5	서귀포 영남	서귀포 강정

제주도의 주요 하천은 대부분 한라산 국립공원구역의 산악지대에서 발원하고 있다. 발원지가 1,800m 이상 되는 한라산 정상부에 위치하는 하천도 있으나, 대부분 최상류구역에서 진행되고 있는 두부침식의 최선단은 1,600m 정

도로서 하천의 수원은 1,400~1,600m 지점에서 발원하는 경우가 많다. 제주도 하천의 곡률도(sinuosity)는 1.5 이하로서 직류하천을 이루고 있는데 남쪽으로 흐르는 하천의 곡률도가 1.22인데 비하여 북쪽으로 흐르는 하천의 경우는 1.17로 거의 직선상을 보이고 있다.³⁵⁾

제주도 하천의 가장 큰 특징으로는 비가 내린 직후에만 유수가 나타나는 건천을 들 수 있다. 한라산 유역은 층리나 절리, 동굴이 잘 발달한 현무암질 용암이나 조면현무암질 용암으로 구성되어 있으므로 빗물이 지하로 쉽게 침투할 수 있다. 토층이나 풍화층의 발달이 미약하여 중간류의 형태로도 유출이 일어나기 어렵다. 그러나 침투율을 초과하는 큰 규모의 강수가 발생하면 급격하게 유량이 증가하는 전형적인 플래쉬성 유출을 보인다. 지하수면이 해수면 부근의 고도에 위치하므로 비가 내리지 않는 시기에 기저유출에 의해 함양되는 유수는 해안 주변의 하류구간에만 나타난다. 따라서 하천의 상류지역에 위치하는 한라산 국립공원 구역에서는 대부분 건천의 양상을 띠며, 극히 제한된 구간에 한해서 국지적으로 유수가 출현하고 있다. 그 결과 국내 최다우지에 위치하는 제주도의 하천은 많은 강수량에도 불구하고 대부분의 하도에 유수가 출현하지 않고 있다.³⁶⁾

제주도의 해안지대에 분포하는 짧은 하천은 수리지질 특성을 반영한 하상 용천의 결과이며, 특히 한라산 남북사면에 출현하는 상류하천은 이 지역의 중산간지대와 해안지대에 분포하고 있는 조면암질 용암과 관련이 크다. 조면암질 용암은 현무암질 용암보다 대체로 치밀하여 지표수가 지하로 침투하기 어렵다. 또한 조면암질 용암은 침식을 받을 경우 암괴상으로 붕괴가 용이하여 V자형 하곡을 형성시킬 수 있는 반면에 현무암질 용암 분포지역에서는 얇은 용암류 단위와 파쇄대에 발달되어 있어 구열과 공동에 의하여 지표수가 하부로 쉽게 유입되기 때문에 하곡이 형성되기 어렵다.³⁷⁾

35) 제주도(1993), 전계서, p.51.

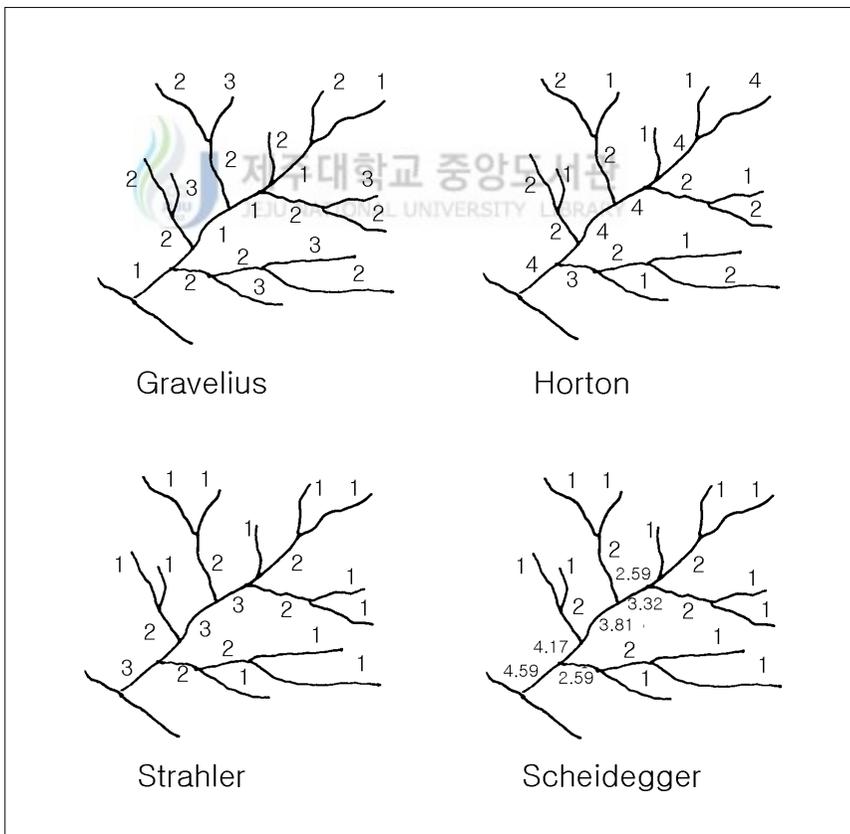
36) 김태호(2002), 전계논문, pp.18~19.

37) 강순석(2002), “제주도 하천의 특성과 보전방향”, 환경의 날 하천토론회 자료.

III. 하계망 분석

1. 하계망의 분류

다수의 지류와 본류로 구성되어 있는 하계망의 계층구조에 주목하여 하천의 등급을 결정하려는 시도는 일찍부터 있었다. 최초의 시도는 Gravelius에 의해 이루어 졌는데 Gravelius는 본류를 1등급, 본류에 직접 유입하는 지류를 2등급, 2등급 지류에 유입하는 지류를 3등급으로, 즉 상류로 올라가면서 순차적으로 분기함에 따라 등급이 올라가는 방법을 사용하였다.



<그림 2> 하계망 분류법

그러나 Horton³⁸⁾은 Gravelius와는 반대로 지류를 갖고 있지 않은 세류를 1차수 하천, 1차수 하천만을 지류로 하는 하천을 2차수로 정하였다. 단 분류는 최고 차수로서 발원지까지 같은 차수로 표현하였다. 따라서 1차수 하천 가운데 하나는 2차수 하천으로 다시 분류되고, 2차수 하천끼리 합류하면 그 가운데 하나는 3차수 하천으로서 발원지까지 올라가게 된다.

Horton의 방법에서는 같은 차수의 하천이 합류하는 경우에만 차수가 올라가나, 그때마다 합류하는 하천 가운데 하나는 차수를 다시 고쳐주어야 하는 번거로움이 따르게 되는데, 이러한 단점을 개선한 것이 Strahler의 방법이다. Strahler³⁹⁾는 우선 분류의 차수가 발원지까지 거슬러 올라가는 개념을 없애고, 하천을 합류점으로부터 합류점, 최 상류 구역에서는 발원지로부터 최초의 합류점, 최 하류 구역에서는 합류점으로부터 하구까지와 같이 하천구간으로 분할하였다. 발원지에서 시작하는 세류는 모두 1차수 하천이며, 1차수 하천끼리 합류하면 2차수 하천은 이루게된다. Strahler 방법에서는 같은 차수의 하천이 합류하는 경우에만 차수가 올라가며, 낮은 차수의 하천과 합류하는 경우에는 차수의 변화는 일어나지 않는다.

반면에 Scheidegger⁴⁰⁾는 낮은 차수의 하천이 아무리 많이 합류하더라도 차수의 변화가 없는 Horton과 Strahler 방법에 대한 비판과 함께 모든 지류의 합류를 고려한 차수구분을 제안하였다. 즉 임의의 하천차수는 그보다 낮은 하천차수의 누적으로 표현할 수 있다고 보고 합류후 하천의 차수를 구하는 일반식⁴¹⁾을 고안하였다. 그러나 Scheidegger의 방법에서는 대수값으로 차수가

38) Horton, R.E.(1945), "Erosional development of streams and their drainage basin", 「Bull. Geol. Soc. Ame」, v.525, pp.187-189.

39) Strahler, A.N.(1952), "Hypsometric analysis of erosional topography", 「Bull. Geol.Soc. Ame., v63, pp.1117-1142.

40) Scheidegger, A.E.(1965), "The algebra of stream order numbers", 「U.S.G.S. Prof. Paper」, v. 525B, pp.187~189.

41)
$$x = \frac{\log_{10} (2^w + 2^p)}{\log_{10} 2} = \log_2 (2^w + 2^p) = \log_2 I$$
 x : 합류후 하천의 차수, w, p : w 및 p차수 하천

구해지므로 계산이 번거로운 단점이 따르며 결과적으로 차수는 정수의 형태를 취하지 않을 수도 있다.

Shreve⁴²⁾는 하천구간을 위상수학의 링크(link)로 대체하여 하계망 분석을 시도하였다. 즉 하천구간 가운데 발원지로 부터 최초의 합류점 까지의 구간을 외측링크(exterior link)로, 합류점 사이의 구간을 내측링크(interior link)로 구분하고 링크의 수를 발원지의 총수로서 표현하였다.⁴³⁾ Shreve는 링크등급(link magnitude)에 의하여 링크를 구분하였는데, 외측링크는 모두 1로 하였으며 두 개의 링크가 합류하면 그 하류의 링크등급은 두 링크의 등급을 더하여 구하였다. 따라서 이 방법은 지류의 합류를 모두 고려하고 있기 때문에 최하류의 링크등급은 외측링크의 수와 같아진다. 또한 Shreve의 유로등급은 Scheidgger의 차수와 상관관계를 지니고 있다.⁴⁴⁾

이외에 Woldenburg⁴⁵⁾는 Scheidgger의 공식을 개선하여 절대차수⁴⁶⁾를 제안하고 있으나 이 방법은 Scheidgger의 방법보다 더욱 번거롭기 때문에 실질적으로는 거의 활용되고 있지 않다.

이상의 방법을 비교하면 Shreve와 Scheidgger의 방법이 수학적인 근거를 지니고 있어 합리적이지만 계산이 번거롭고 차수가 정수의 형태를 취하지 않는 등의 단점을 보인다. Shreve의 방법에서는 차수를 간단하게 구할 수 있지

42) Shreve, R.L.(1966), "Statistical law of stream numbers", 「Journal Geol.」, v.74, pp.17-37.

43) $l = 2n - 1$
 l : 링크수, n : 발원지의 총수

44) $x = \log_2 2\mu$
 x : Scheidgger의 하천차수, μ : Shreve의 링크등급

45) Woldenburg, M.J.(1966), "Horton's laws justified in terms of allometric growth and steady states in open systems", 「Bull. Geol. Soc. Am. e.」, v.77, pp.431-444.

46) $w = \frac{\log_{10} \mu}{\log_{10} R_b} - 1$
 w : 절대차수, μ : 링크등급, R_b : 분기율

만 링크등급이 Scheidegger의 차수와 마찬가지로 불연속량이 되기 쉬운 결점을 지니고 있다. 이에 비하여 Horton이나 Strahler의 방법은 수학적 엄밀성을 갖고 있지는 않으나, 비교적 간단하게 차수구분이 가능하고 차수가 절대로 불연속량이 되지 않는다. 따라서 작업을 기계적으로 진행할 수 있으며, 구분한 결과를 기존의 자료와 비교하기 쉽고 차수의 값에 연속성이 유지되고 있는 Strahler의 방법이 가장 우수한 것으로 생각되고 있다.⁴⁷⁾

본 연구에서도 기존의 연구 결과와 비교가 가능할 뿐 아니라 기계적인 작업 진행이 가능한 Strahler방법을 사용하였으며, 차수구분한 결과는 하천별로 <그림 3>부터 <그림 12>까지 하계망에 표시하였다. 조사대상 18개의 하천 가운데 5차수 하천은 효돈천, 천미천, 한천 3개이고, 4차수 하천은 가시천, 화북천, 도근천, 광령천, 금성천, 중문천, 도순천 7개이며, 3차수 하천은 신예천, 서중천, 의귀천, 송천, 산지천 병문천, 창고천, 악근천 8개이다.



2. 하계모양

하계모양(drainage pattern)은 일련의 하천이 모여서 구성하는 공간구조를 가르키는 것으로 기반암의 특성, 지층의 배열, 지질구조 등을 반영한다. 따라서 하계밀도와 함께 하계모양에 관한 정보는 어떤 지역의 지형과 지질을 표시하는 경우에 편리하게 사용할 수 있다.⁴⁸⁾

하계모양으로는 암석이 균일하고 특정한 지질구조가 발달하지 못한 지역에 나타나는 가장 보편적인 수지상 패턴을 비롯하여, 습곡구조가 개석되어 경암층과 연암층이 교대로 나타나는 지역에 평행하게 달리는 유로가 직각으로

47) 高山茂美(1976), 河川地形, 共立出版.

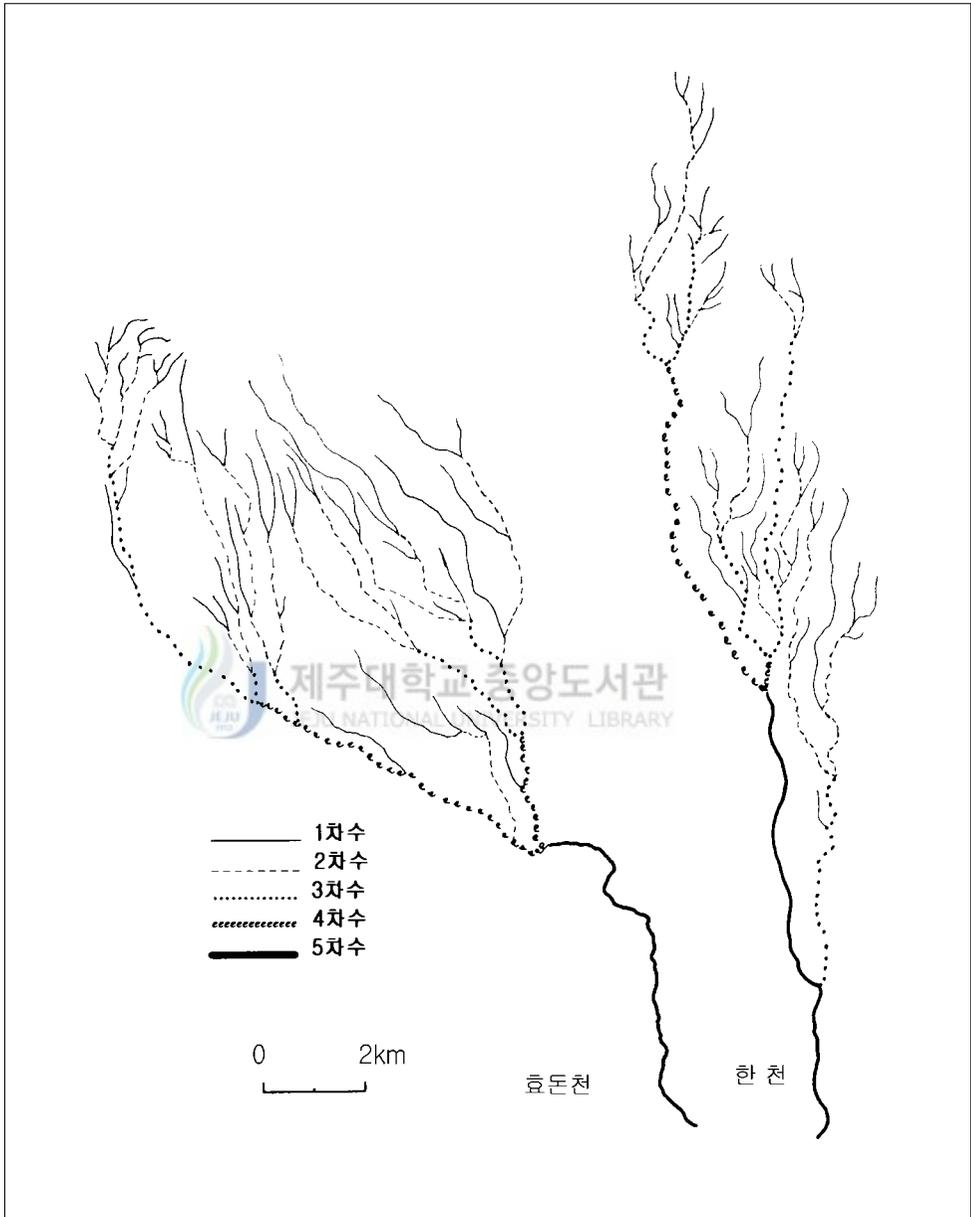
48) 권혁재(1999), 지형학(제4판), 법문사, p.101.

능선을 잘라 격자모양을 만드는 격자상 패턴, 분지에서와 같이 여러 지류가 한 곳으로 모여드는 구심상 패턴, 하나의 중심고지에서 여러 하천이 사방으로 흘러가는 방사상 패턴 등 다양하다.⁴⁹⁾

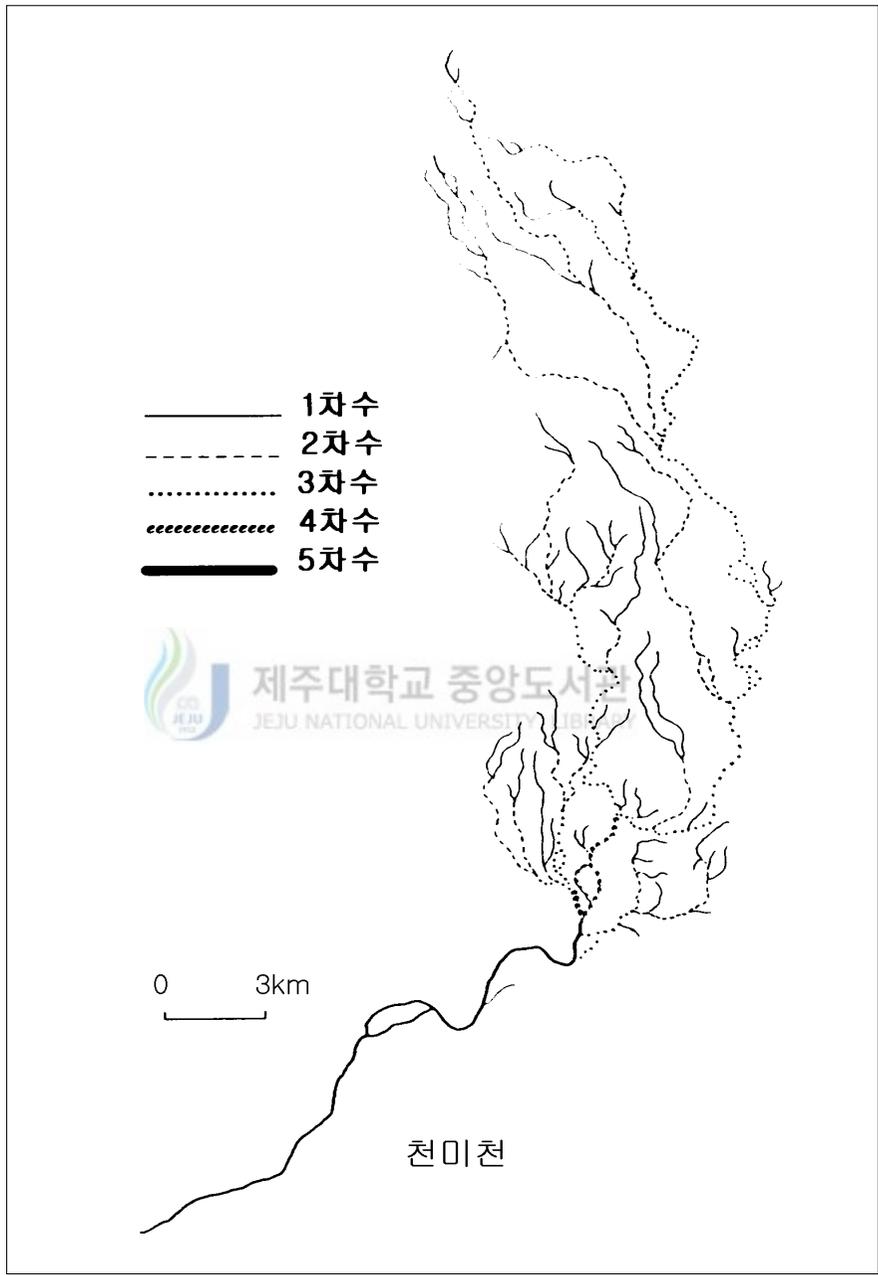
제주도의 하천은 <그림 1>과 같이 섬 중앙에 위치한 한라산 정상부로부터 사방으로 퍼져나가는 형태를 이루고 있으므로 전체적으로는 전형적인 방사상 패턴을 보이고 있다. 그러나 하천별로 살펴보면 동부 중산간 지대의 완사면을 흐르는 천미천<그림 4>과 같은 경우를 제외하면 대부분의 하천이 평행상 패턴을 이루고 있다.

특히 제주시 쪽으로 비교적 급사면을 흐르는 한천<그림 3>과 화북천<그림 6>, 병문천<그림 11>은 전형적인 평행상을 보이는데, 이는 본류뿐 아니라 본류에 합류하는 지류도 사면경사에 지배되어 최단거리의 유로를 유지하면서 본류와 동일한 방향으로 흘러내린 결과이다. 더욱이 하천의 평면형태도 직선에 가까운 직류하천을 이루는 경우가 많으므로 평행상 패턴이 더욱 현저하게 나타나고 있다. 그러나 동·서부지역의 완사면을 흐르는 천미천<그림 4>과, 금성천<그림 7>은 유로 방향이 사면경사에 크게 지배받지 않아 평행상보다는 수지상 패턴의 경향을 보이거나, 이 경우도 유역의 형태가 새장형을 이루므로 한반도 하천에서 흔히 볼 수 있는 수지상 패턴과는 다소 양상을 달리한다.

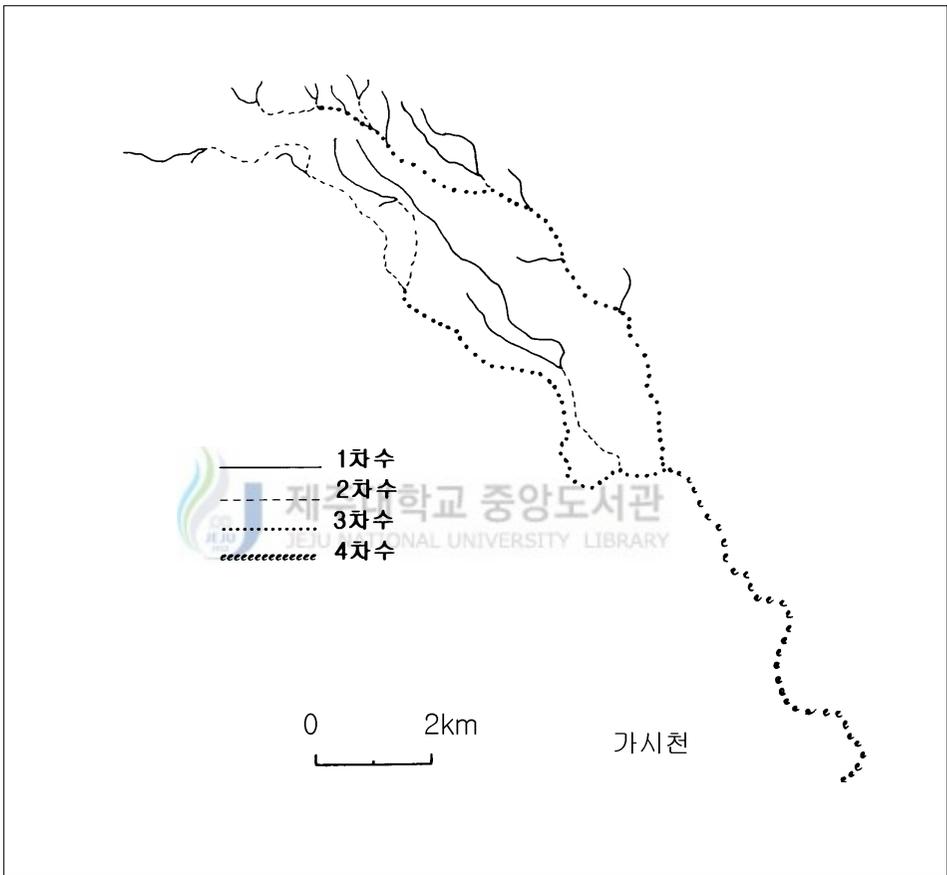
49) 상계서, pp.101~103.



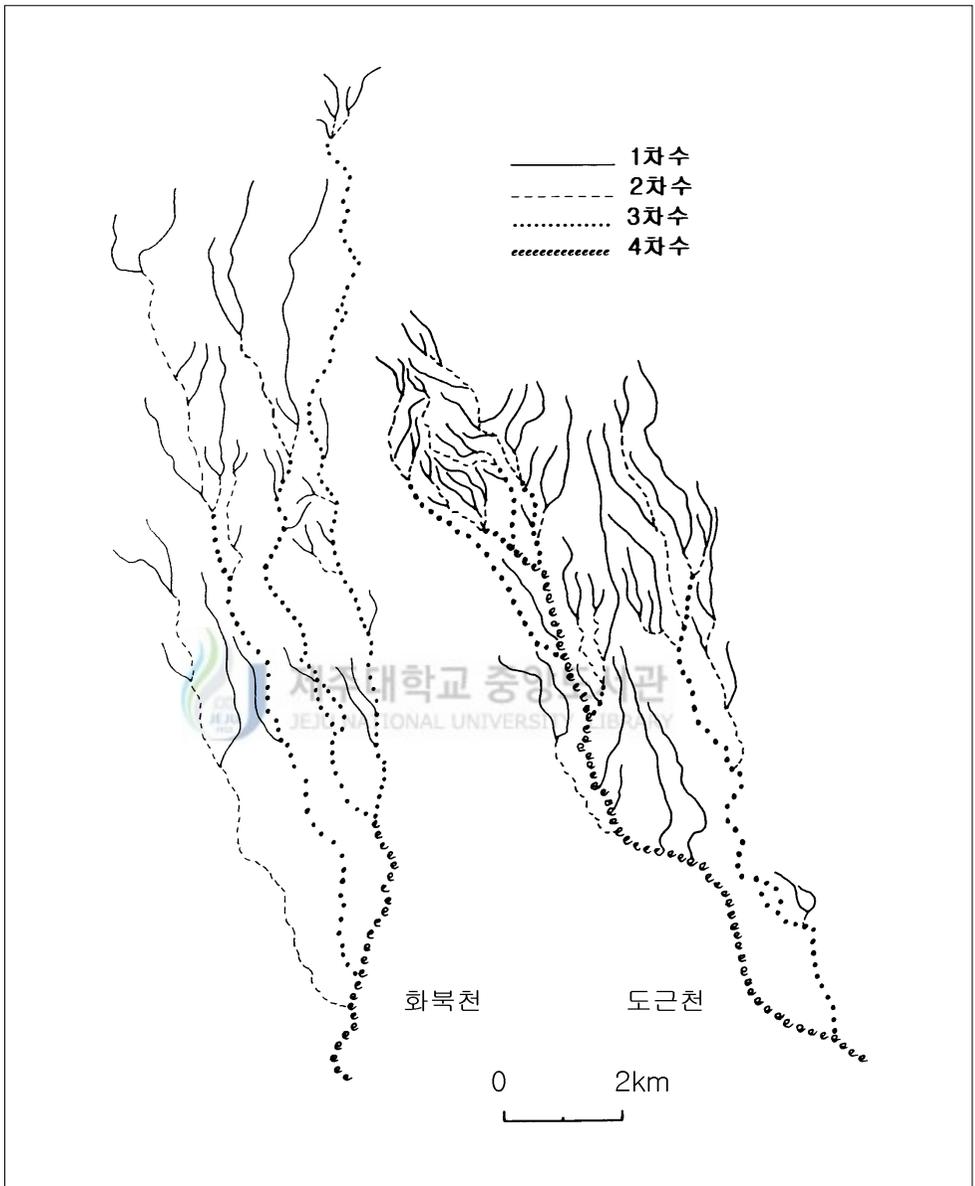
<그림 3> 효돈천·한천 하계망



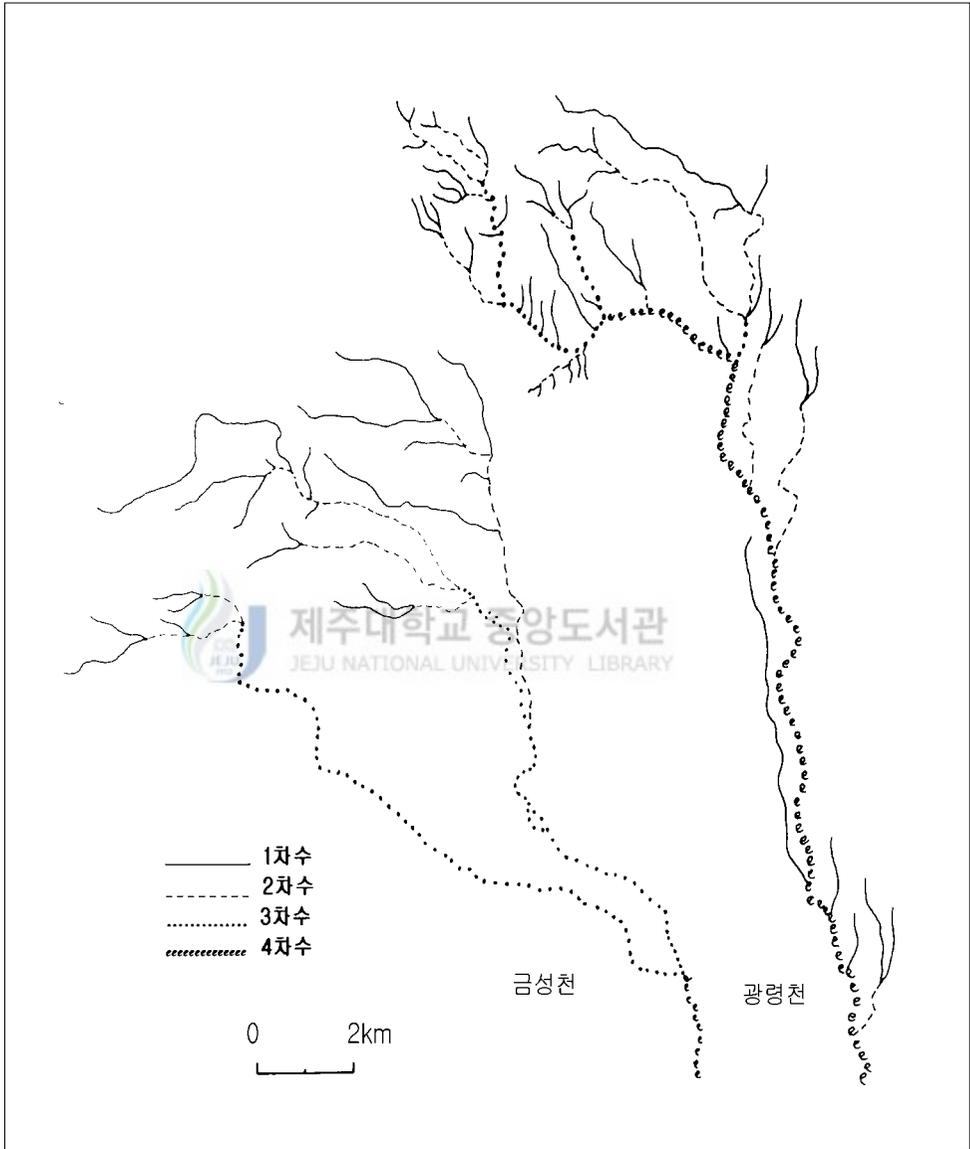
<그림 4> 천미천 하계망



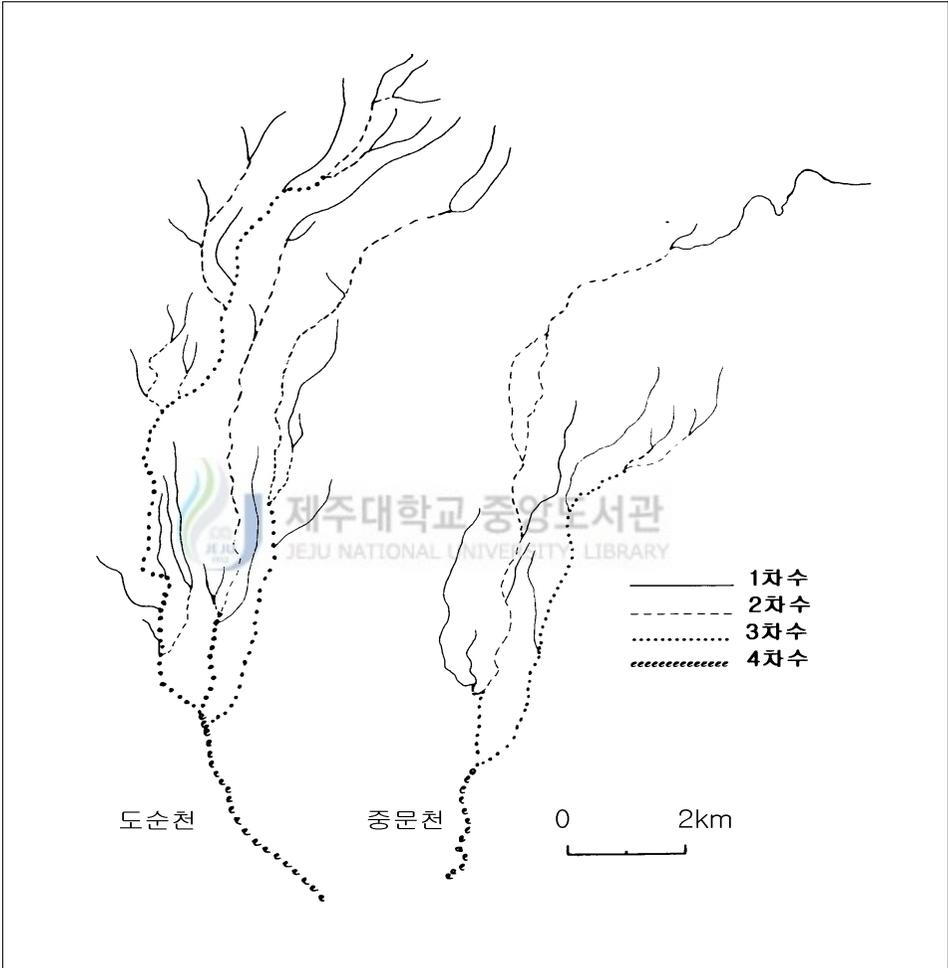
<그림 5> 가시천 하계망



<그림 6> 화북천·도근천 하계망



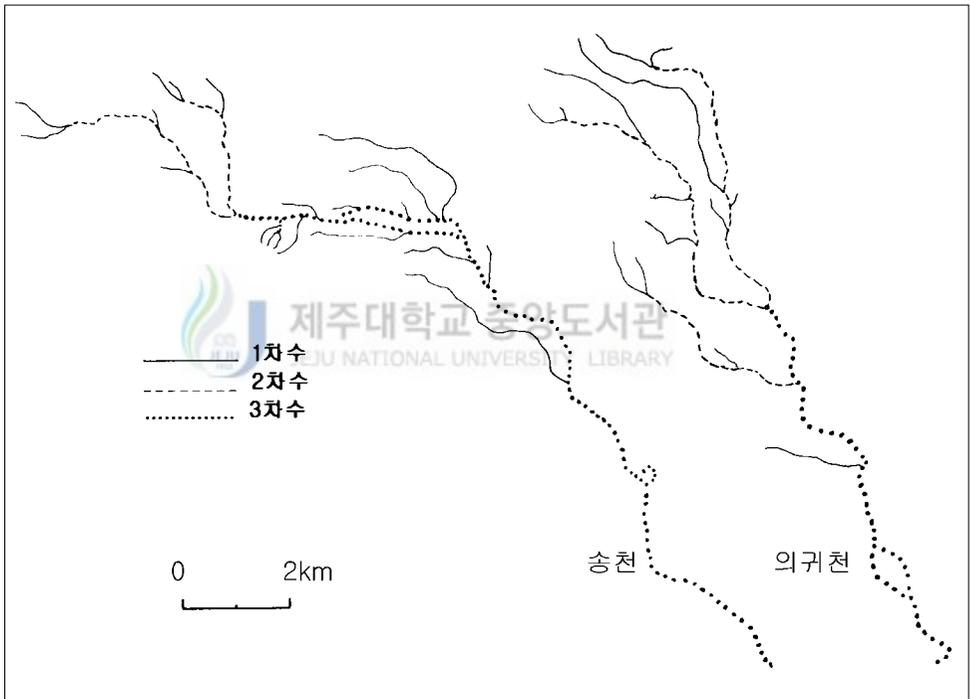
<그림 7> 금성천·광령천 하계망



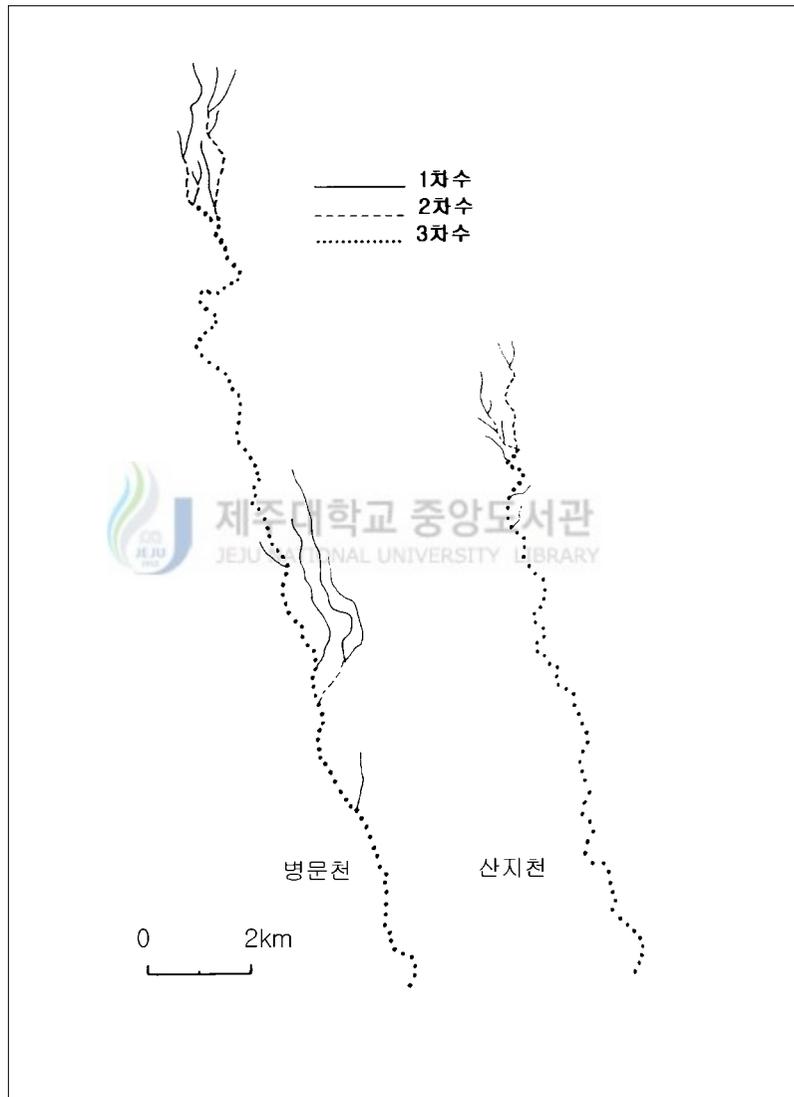
<그림 8> 도순천· 중문천 하계망



<그림 9> 신예천·서중천 하계망



<그림 10> 송천·의귀천 하계망



<그림 11> 병문천·산지천 하계망



<그림 12> 창고천·악근천 하계망

3. 하천수의 범칙

Horton의 하천수 범칙에 의하면 자연적인 하계망의 경우 하천차수가 낮아짐에 따라 하천수는 일정한 비율로 급격하게 증가하는 것으로 알려져 있다. 제주도 하천의 차수별 하천수는 <표 2>와 같다.

<표 2> 제주도 하천의 차수별 하천수

하천명 \ 차수	1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	총하천수
효돈천	48	12	5	2	1	68
천미천	65	19	4	2	1	91
한천	46	13	5	2	1	67
가시천	20	7	2	1		30
화북천	37	9	3	1		50
도근천	58	18	5	1		82
광령천	50	13	3	1		67
금성천	21	6	2	1		30
중문천	12	4	2	1		19
도순천	33	10	3	1		47
신예천	14	3	1			18
서중천	29	7	1			37
의귀천	14	3	1			18
송천	20	3	1			24
산지천	10	2	1			13
병문천	13	4	1			18
창고천	21	5	1			27
악근천	10	3	1			14

<표 2>에서 알수 있듯이 제주도 하천은 대부분 3~4차수 하천이며, 조사 하천의 평균 하천수는 40개이다. 하천별로 살펴보면 5차수 하천인 천미천은 하천수가 91개, 효돈천은 68개, 한천은 67개로 평균 하천수가 75개이다. 또한 4차수 하천 중에서 도근천은 하천수가 82개로 나타나는 반면, 중문천은 19개로 나타나 같은 차수에서도 하천수에서 많은 차이를 보이고 있으며, 4차수 하천의 평균 하천수는 42개이다. 3차수 하천의 평균 하천수는 21개이며, 이 가운데 서중천은 하천수가 37개로 차수에 비해 많은 수가 나타나고, 산지천은 13개로 가장 적은 하천수가 나타나고 있다.

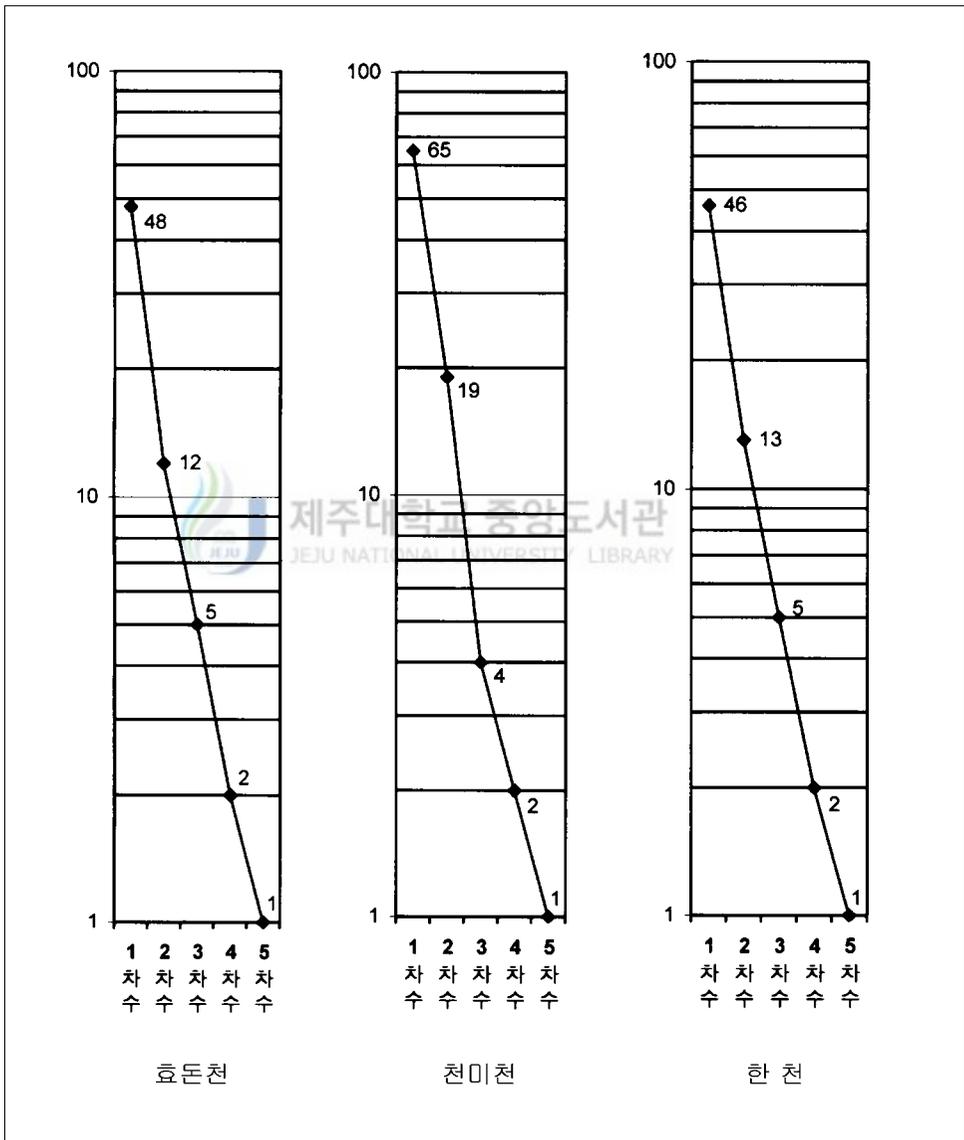
차수별로 하천 수를 비교하면 4차수 하천인 가시천은 1차수에서 20개인 하천이 2차수에서 7개로 가장 완만하게 감소하고 있고, 3차수 하천인 서중천의 경우는 2차수에서 7개이던 하천수가 3차수에서 1개로 감소하며, 송천인 경우도 1차수에서 20개이던 하천수가 2차수에서 3개로 급격히 감소하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 차수에 따른 하천수의 변화는 하천이 흐르는 지역의 지형이나 지질적 요소들과 관계가 있다.⁵⁰⁾

천미천이 5차수이면서 하천수도 91개로 조사하천 중 가장 많게 나타나고 있으며 중문천의 경우 4차수인데 하천수는 19개로 나타나고 있어 차수에 비해 하천수가 빈약하며, 서중천의 경우 3차수인데 하천수가 37로 나타내고 있다. 따라서 차수와 하천수와의 관계는 하천의 발달 정도를 나타내는 요소들에 의해 결정되고 있음을 확인 할 수 있다.

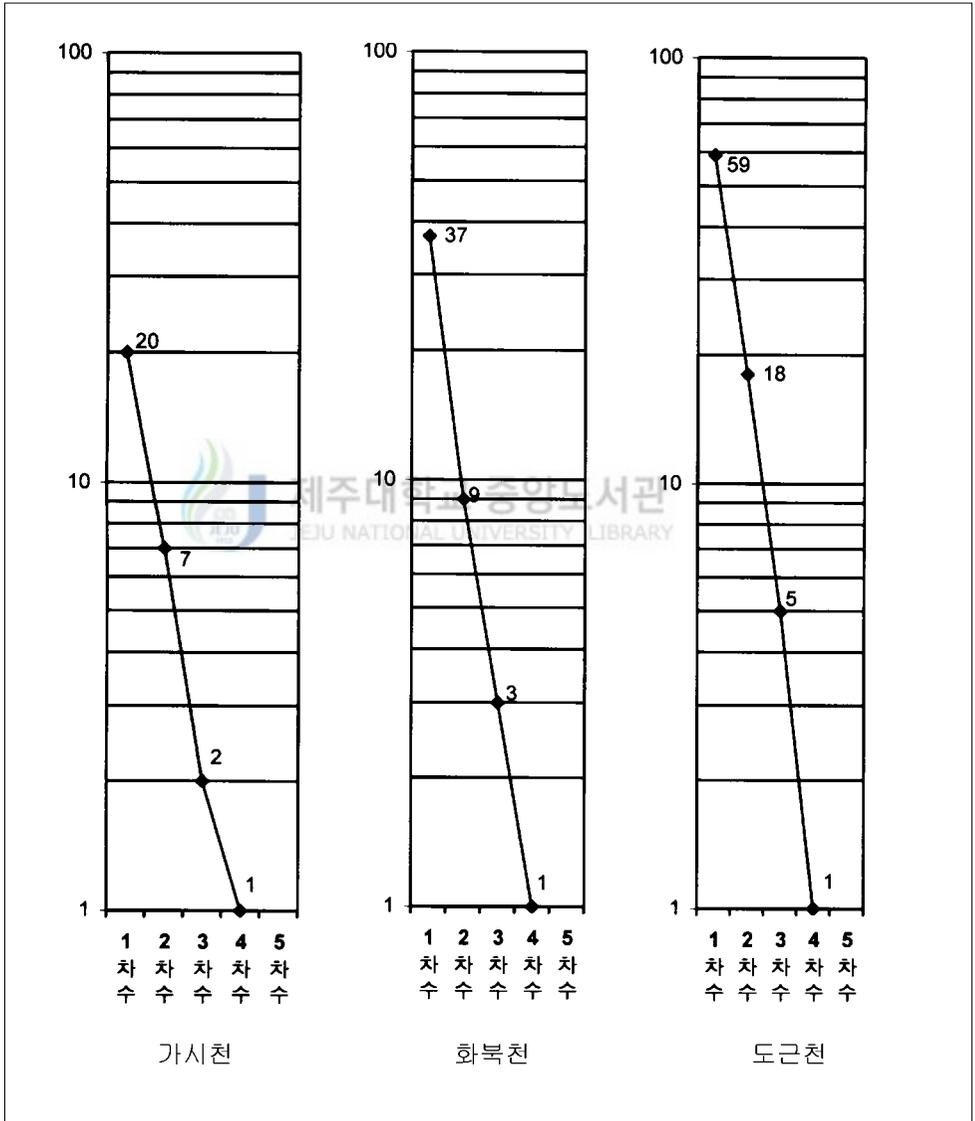
대상하천의 차수별 하천수의 변화를 고찰하기 위하여 반대수(semi-log) 그래프에 도표화하였다 <그림 13>. 그림에서는 각 차수의 하천수와의 관계가 단일직선을 이루지는 않지만 직선으로부터 이탈 정도는 매우 낮은 편으로 negative exponential form으로 직선회귀를 이루고 있다. 이것은 Horton의 법칙 중 하천의 차수가 낮을수록 하천의 수는 일정한 비율로 증가한다는 하천수의 법칙이 제주도 하천에서도 적용되고 있음을 시사한다. 따라서 제주도 하

50) 홍성조(1987), 전계논문, p.33.

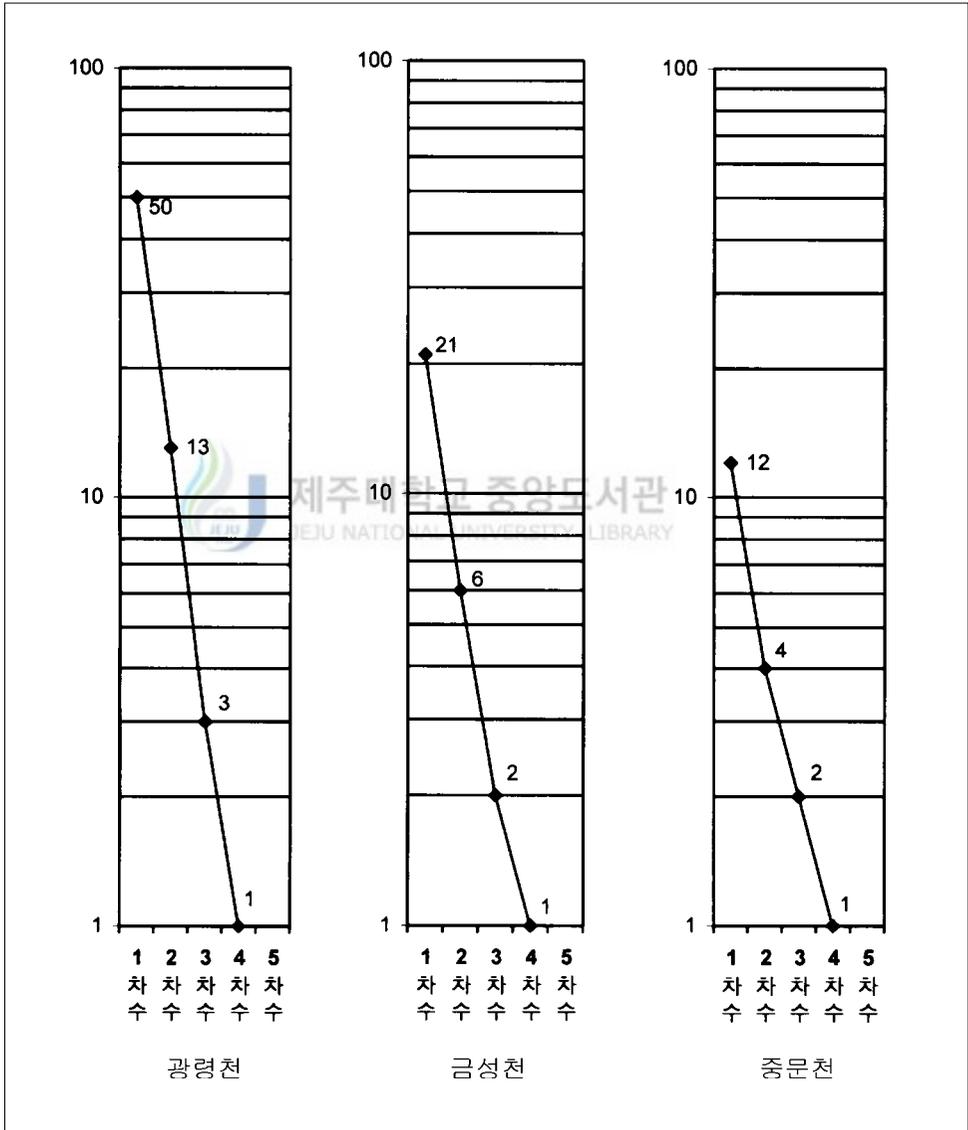
천이 자연적인 하계망을 형성하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 차수에 따른 하천수의 구성을 볼 때 하천의 발달 정도는 아주 미약함을 알 수 있다.



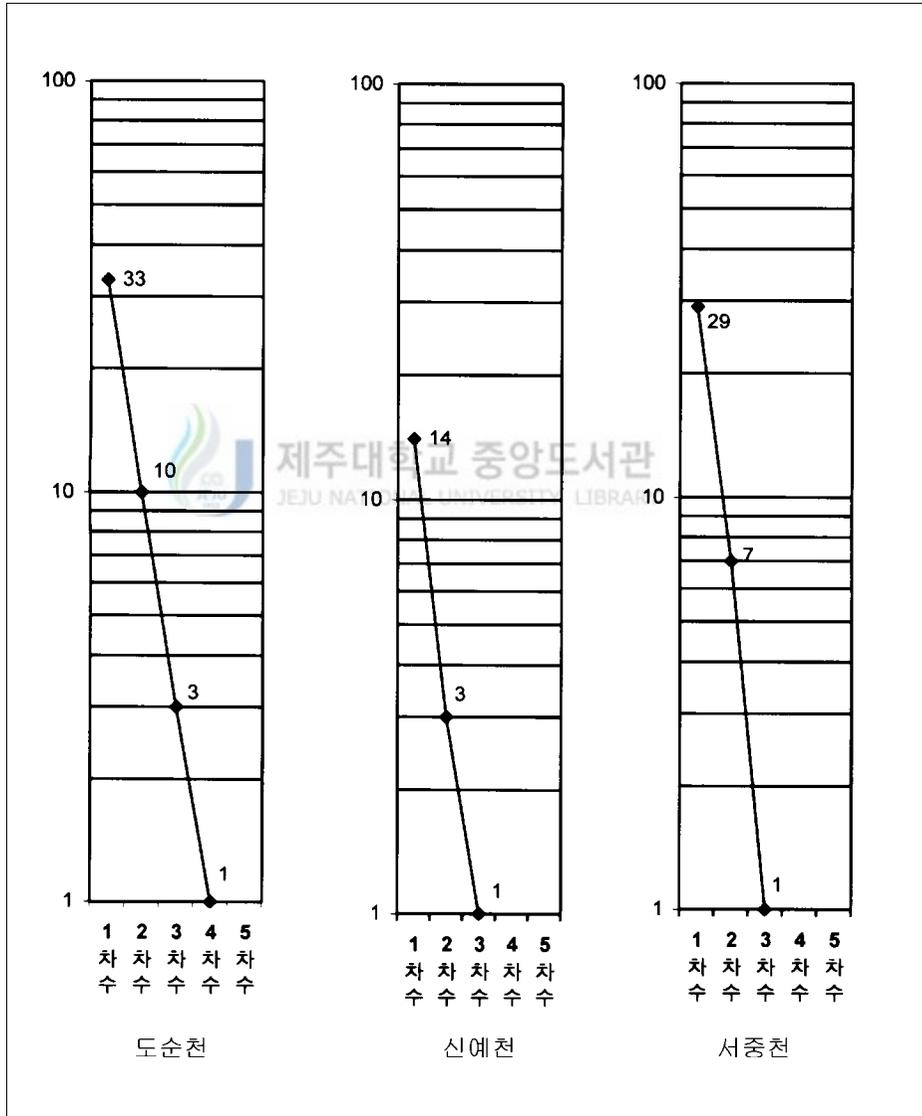
<그림 13> 제주도 하천의 차수별 하천수



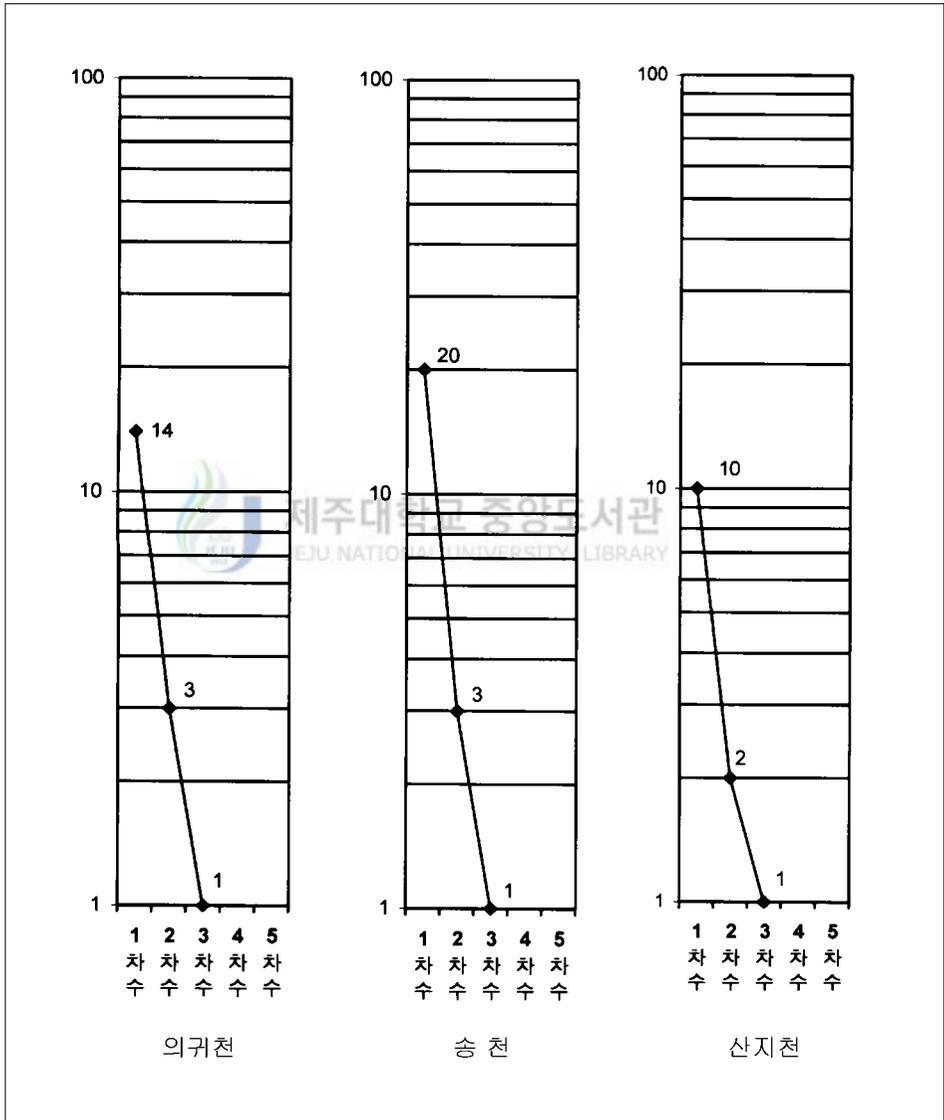
<그림 13> 제주도 하천의 차수별 하천수(계속)



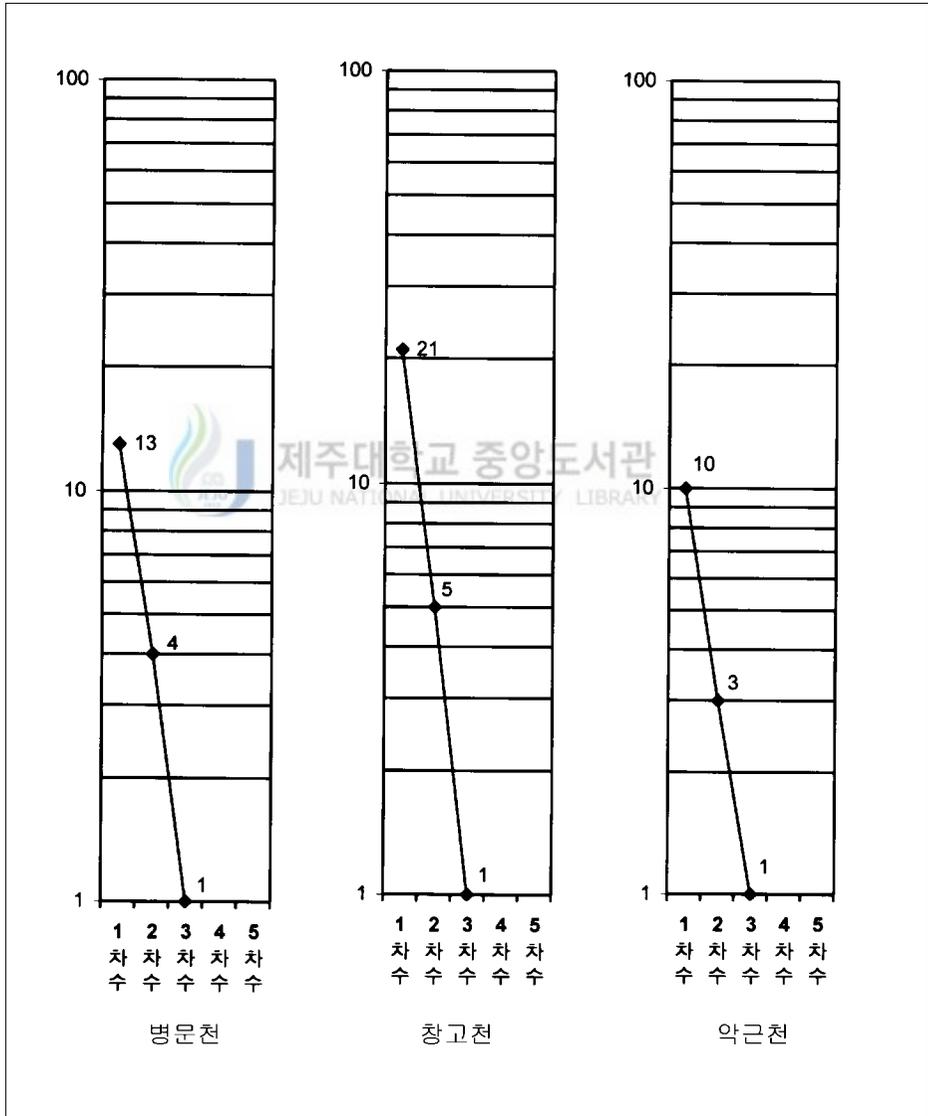
<그림 13> 제주도 하천의 차수별 하천수(계속)



<그림 13> 제주도 하천의 차수별 하천수(계속)



<그림 13> 제주도 하천의 하수별 하천수(계속)



<그림 13> 제주도 하천의 차수별 하천수

일정한 차수의 하천수와 그 보다 한단계 높은 차수의 하천수 비율을 분기율(bifurcation ratio ; R_b)⁵¹⁾이라 한다. 분기율은 지질이나 기후, 식생 등의 자연환경의 영향에 따라 그 차이가 나타나므로 분기율을 통해 하천의 발달 정도를 살펴볼 수 있다. 하천의 평균 분기율은 Horton의 제1법칙에 의해 산출하였는데, 하천의 분기율은 차수가 증가함에 따라 낮은 값을 나타내는 것이 일반적이다.

하천의 분기율이 낮다는 것은 하천침식의 정도가 크지 않음을 의미하며, 반대로 분기율이 높다는 것은 침식이 활발히 진행되고 있음을 의미한다. 제주도 하천의 평균 분기율은 <표 3>에서 알 수 있듯이 2.33~5.57까지 나타나고 있다. 평균분기율이 3 이하인 하천은 5차수의 효돈천과 한천, 4차수의 가시천, 금성천, 중문천으로 나타나고 있으며, 평균분기율을 3~4 이하로 나타나는 하천은 5차수의 천미천, 4차수의 화북천, 도근천, 광령천, 도순천, 3차수의 신예천, 의귀천, 산지천, 병문천 악근천으로 나타나고 있다. 또한, 평균분기율이 4 이상 나타나는 경우는 모두 3차수 하천으로 서중천, 송천, 창고천이다. 그 중 서중천은 3차수이면서 평균 분기율이 5.57로 가장 높고 송천 역시 3차수이면서 4.83으로 높게 나타나고 있다. 따라서 3차수 하천에서 평균분기율이 높게 나타나고 있어서 3차수 하천에서 침식의 정도가 높음을 알 수 있다. 또한 중문천의 경우 4차수이면서 평균분기율이 2.33으로 가장 낮은 분기율을 나타내고, 한천은 5차수이면서 평균분기율 2.66, 효돈천 역시 5차수이면서 평균분기율은 2.73으로 낮아 하천의 침식정도가 크지 않음을 알 수 있다.

1차수와 2차수 하천이 형성하는 분기율은 하천 최상류부에서 일어나는 두부침식의 정도를 나타내는 값이라 볼 수 있다⁵²⁾. <표 3>에서 1차수와 2차수가 형성하고 있는 분기율이 송천 6.67, 산지천 5.00으로 높게 나타나고 있어

51) $R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$ N_u : u 차수의 하천수

52) 김우관(1986), 전계논문, pp. 25~28.

<표 3> 제주도 하천의 차수별 하천수와 분기율

차수 하천명		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	총하천수
		평균분기율					
효돈천	하천수	48	12	5	2	1	68
	분기율	4.00	2.40	2.50	2.00		2.73
천미천	하천수	65	19	4	2	1	91
	분기율	3.42	4.75	2.00	2.00		3.04
한천	하천수	46	13	5	2	1	67
	분기율	3.54	2.60	2.50	2.00		2.66
가시천	하천수	20	7	2	1		30
	분기율	2.86	3.50	2.00			2.79
화북천	하천수	37	9	3	1		50
	분기율	4.11	3.00	3.00			3.37
도근천	하천수	58	18	5	1		82
	분기율	3.22	3.60	5.00			3.94
광령천	하천수	50	13	3	1		67
	분기율	3.85	4.33	3.00			3.94
금성천	하천수	21	6	2	1		30
	분기율	3.50	3.00	2.00			2.83
중문천	하천수	12	4	2	1		19
	분기율	3.00	2.00	2.00			2.33
도순천	하천수	33	10	3	1		47
	분기율	3.30	3.33	3.00			3.21
신예천	하천수	14	3	1			18
	분기율	4.67	3.00				3.83
서중천	하천수	29	7	1			37
	분기율	4.14	7.00				5.57
의귀천	하천수	14	3	1			18
	분기율	4.67	3.00				3.83
송천	하천수	20	3	1			24
	분기율	6.67	3.00				4.83
산지천	하천수	10	2	1			13
	분기율	5.00	2.00				3.50
병문천	하천수	13	4	1			18
	분기율	3.25	4.00				3.63
창고천	하천수	21	5	1			27
	분기율	4.20	5.00				4.60
약근천	하천수	10	3	1			14
	분기율	3.33	3.00				3.17
차수별평균분기율		3.92	3.47	2.70	2.00		3.56

하천 침식이 활발히 진행되고 있으며, 가시천인 경우 2.86으로 가장 낮은 분기율을 나타내어 하천의 침식이 느리게 진행되고 있음을 알 수 있다. 그리고 조사하천 1차수와 2차수가 형성하는 분기율의 평균은 3.95로 나타나 한반도 하천의 평균 분기율 보다 대체로 낮아 하천침식의 정도가 느림을 알 수 있다.

하천의 분기율은 차수가 증가함에 따라 낮은 값을 나타내는 것이 일반적이지만 <표 3>에서 보면 차수가 증가하지만 분기율이 높아지는 하천도 있다. 도근천의 경우 1·2차수의 분기율이 3.22에서 점차 증가하여 3·4차수의 분기율이 5.00으로 증가하고 있다. 서중천의 경우 1·2차수의 분기율이 4.14에서 2·3차수의 분기율이 7.00으로 급격히 증가하고 있으며, 병문천과 창고천도 분기율이 완만하게 증가하고 있다. 천미천, 가시천, 병문천, 광령천 창고천은 1·2차수의 분기율보다 2·3차수의 분기율이 높아졌다가 다시 낮아지고 있다. 이처럼 제주도 하천은 일반적 범칙에서 벗어나고 있음을 알 수 있다.

우리나라 주요하천의 평균분기율을 <표 4>에서 살펴보면 남한강의 4.95를 비롯하여 섬진강, 영산강이 모두 4를 넘고 있으며 비교적 낮은 값을 보이는 북한강도 3.62에 이르고 있다.

<표 4> 한반도 주요 하천의 평균 분기율⁵³⁾

하 천 명	북한강	남한강	금강	섬진강	영산강	형산강
평균분기율	3.62	4.95	3.63	4.61	4.46	3.80

그러나 제주도에서는 4차수 이상 하천 가운데 도근천과 광령천을 제외하

53) 북한강 : 정장호(1974), 전계논문, p.255 p. ; 남한강 : 김우관, 윤인혁(1982), 전계논문, p.122 ; 금 강 : 윤인혁(1980), 전계논문, p.33. ; 섬진강 : 이영희(1971), “섬진강 유역 하계망 발달의 정량적 분석”, 「녹우회보」, 제13호, pp.25. ; 영산강 : 정장호(1979), 전계논문, p.185 ; 형산강 : 김주환(1984), 전계논문, p.207.

면 모두 3.4 이하를 보이고 있어 한반도 주요 하천과 비교할 때 평균분기율이 전반적으로 낮음을 알 수 있다. 특히 5차수 하천에서 비교적 규모가 큰 천미천만 평균분기율이 3을 약간 상회하고 있을 뿐이며, 효돈천은 2.73, 한천은 2.66으로 매우 낮은 분기율을 보이고 있다. 일부 4 이상의 평균분기율을 보이는 하천도 나타나고 있으나, 이들 하천은 모두 3차수의 비교적 소규모 하천이므로 분기율에 큰 의미를 부여하기 어려워 제주도 하천은 한반도 주요 하천에 비하여 하천침식의 정도가 낮다고 판단된다. 그러나 Strahler에 따르면 소유역의 자연적 하계는 3~5의 분기율을 보이므로 제주도의 하천이 한반도의 주요 하천에 비하여 낮은 분기율을 보인다고 할지라도 역시 자연적 하계의 분기율 내에 있다고 할 수 있다.

4. 하천길이의 법칙

하천길이의 법칙에 의하면 한 유역 내에서 하천길이 비율은 일정한 값을 유지하며 하천차수가 높아질수록 길이도 일정한 비율로 증가한다. 즉 하천 하류로 갈수록 평균길이가 길어지는 것이다. 하천길이의 비율은 어떤 차수의 하천 평균길이가 그 보다 한 단계 낮은 차수의 하천 평균길이의와의 비율을 말한다. 하천의 길이비율은 하계망 발달이 충분하지 못한 경우와 하천의 상류 지역에서는 대체로 낮은 값을 나타내며, 평형상태에 달한 하천의 하류 지역에서는 비교적 높은 값을 나타낸다. 그리고 하천의 평균 길이비율 역시 하천유역의 특성을 잘 반영한다. 즉 상위차수 하천의 평균길이가 길다는 것은 하위차수 하천과의 합류가 상류지역에서 일어나고 있음을 의미한다. 본 연구에서 하천의 평균길이 비율⁵⁴⁾은 Horton의 제2법칙에 의해 산출했다.

제주도 하천의 차수별 하천의 길이 및 길이비율은 <표 5>와 같다. 제주도

하천의 차수별 평균길이를 <표 5>에서 비교하면 5차수 하천인 천미천의 경우 3차수까지는 평균길이가 증가하 다가 4차수에서 급격하게 감소한 후 5차

<표 5> 제주도 하천의 차수별 길이 및 길이비율 (단위:km)

하천명 \ 차수		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	계
							평균
효돈천	측정길이	43.58	28.98	12.63	9.20	5.95	100.33
	평균길이	0.91	2.41	2.53	4.60	5.95	16.40
	길이비율	2.66	1.05	1.82	1.29		1.84
천미천	측정길이	58.30	49.73	24.28	3.31	12.60	148.03
	평균길이	0.90	2.62	6.07	1.56	12.60	23.75
	길이비율	2.92	2.32	0.26	8.06		3.39
한천	측정길이	31.15	21.13	16.00	7.50	8.13	83.90
	평균길이	0.68	1.63	3.20	3.75	8.13	17.83
	길이비율	2.40	1.97	1.17	2.17		1.85
가시천	측정길이	20.45	8.63	15.65	6.88		51.60
	평균길이	1.02	1.23	7.83	6.88		16.95
	길이비율	1.21	6.35	0.88			2.81
화북천	측정길이	38.85	16.78	29.08	7.55		92.25
	평균길이	1.05	1.86	9.69	7.55		20.16
	길이비율	1.78	5.20	0.78			2.58
도근천	측정길이	55.53	29.35	16.08	9.78		110.73
	평균길이	0.94	1.63	3.22	9.78		15.56
	길이비율	1.73	1.97	3.04			2.82
광령천	측정길이	37.00	17.85	6.73	15.40		76.98
	평균길이	0.74	1.37	2.24	15.40		19.75
	길이비율	1.86	1.63	6.87			2.82
금성천	측정길이	27.08	18.53	21.55	1.40		68.55
	평균길이	1.29	3.09	10.78	1.40		16.55
	길이비율	2.39	3.49	0.13			2.00

$$54) \quad R_L = \frac{\overline{L_{u+1}}}{L_u} \quad \begin{array}{l} R_L: \text{길이비율} \\ L_u: u \text{ 차수의 평균길이} \end{array}$$

$$\overline{L_u} = \frac{\sum L_u}{N_u} \quad \begin{array}{l} \sum L_u: u \text{ 차수 하천길이} \\ N_u = u \text{ 차수의 수} \end{array}$$

<표 5> 제주도 하천의 차수별 길이 및 길이 비율(계속) (단위:km)

하천명 \ 차수		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	계
							평균
서중천	측정길이	20.53	14.38	20.30			55.20
	평균길이	0.71	2.05	20.30			23.06
	길이비율	2.90		9.89			6.39
의귀천	측정길이	13.55	14.23	7.53			35.30
	평균길이	0.97	4.74	7.53			13.23
	길이비율	4.90		1.59			3.24
송천	측정길이	18.65	6.25	15.90			40.80
	평균길이	0.93	2.08	15.90			18.92
	길이비율	2.23		7.63			4.93
산지천	측정길이	3.23	1.77	11.15			16.14
	평균길이	0.32	0.88	11.15			12.36
	길이비율	2.74		12.63			7.69
병문천	측정길이	13.83	4.83	17.58			36.23
	평균길이	1.06	1.21	17.58			19.84
	길이비율	1.13		14.57			7.85
창고천	측정길이	17.80	5.30	16.75			39.85
	평균길이	0.85	1.06	16.75			18.66
	길이비율	1.25		15.80			8.53
악근천	측정길이	16.53	8.33	7.75			32.43
	평균길이	1.64	2.78	7.75			12.16
	길이비율	1.70		2.79			2.25
중문천	측정길이	21.23	11.53	7.53	3.15		43.43
	평균길이	1.77	2.88	3.76	3.15		11.56
	길이비율	1.63		1.31		0.84	
도순천	측정길이	33.90	23.30	17.80	4.63		79.63
	평균길이	1.03	2.33	5.93	4.63		13.92
	길이비율	2.27		2.55		0.78	
신예천	측정길이	22.08	12.70	12.40			47.18
	평균길이	1.58	4.23	12.40			18.21
	길이비율	2.68		2.93			2.81

수에서 다시 길어지고 있는데 이는 5차수 하천이 상류지역에서 4차수와 합류하여, 4차수 하천은 짧고 5차수 하천은 길어졌기 때문으로, <그림 4>의 천미천 하계망에서 4차수의 길이가 매우 짧게 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 4차수 하천인 화북천은 3차수에서 급격하게 평균길이가 길어졌다가 4차수에서

다시 짧아지고 있는데, <그림 6>의 하계망에서 확인할 수 있듯이 화북천의 주요 지류인 방천, 부록천이 하류지역에서 합류함으로써 4차수의 평균길이가 짧아진 것이다. 4차수 하천인 금성천도 주요 지류인 어음천이 하류지역에서 합류하므로 최고차수인 4차수의 평균길이가 3차수에 비하여 오히려 짧아지고 있다. 반면에 4차수 하천인 광령천과 도근천은 4차수의 평균길이가 하위차수에 비하여 현저하게 길게 나타나는데, 이는 <그림 6>과 <그림 7>의 하계망에서 확인할 수 있듯이 3차수 하천들의 합류가 상류지역에서 이루어지고 있기 때문이다. 3차수 하천의 경우에는 의귀천과 악근천을 제외한 6개 하천에서 3차수의 평균길이가 급격하게 길어지고 있는데, 역시 2차수의 합류가 비교적 상류지역에서 이루어지고 있기 때문이다.

하천의 길이비율은 하계망이 충분히 발달하지 못한 경우 하천의 상류지역에서 대체로 높은 값을 나타낸다. <표 5>에서 1차수와 2차수의 길이비율을 살펴보면 대체로 3 미만의 길이비율을 나타내고 있으나, 의귀천의 경우 4.90으로 높은 값을 나타내고 있어 1차수와 2차수의 합류가 상류지역에서 이루어져 2차수의 길이가 길어졌음을 의미하며, <그림 10>에서 확인할 수 있다. 병문천의 경우 1·2차수의 길이비율은 1.13으로 낮은 값을 보이나, 2·3차수의 길이비율은 14.57로 높게 나타나고 있다. 창고천의 2·3차수의 길이비율은 15.80으로 높게 나타나고 있는데, <그림 12>에서 확인할 수 있듯이 상류 지역에서 3차수가 출현하여 3차수의 평균길이가 길어진 결과이다. 그리고 대부분의 3차수 하천은 2·3차수의 길이 비율이 매우 높게 나타나고 있으며 차수가 증가할수록 높은 값을 나타내고 있다.

제주도 하천의 길이비율을 정리하면, 효돈천은 차수가 증가할수록 길이비율이 줄어들고 있으며, 천미천과 한천은 감소하다가 다시 증가하고, 화북천, 금성천, 중문천, 의귀천 및 도순천의 경우는 증가하다가 감소하고 있다. 하천의 길이비율은 일정한 비율로 값을 유지하며 하천차수가 높아질수록 일정한 비율로 증가하는 것이 일반적이지만 제주도 하천은 명료한 규칙성을 보여주

고 있지 않다.

하천의 분기율과 평균길이의 비율은 대체로 비례하는 경향이 있다. 일반적으로 분기율이 높은 하천에서 평균길이 비율은 높지만, 소유역에서는 그 관련성을 찾기가 어렵다.⁵⁵⁾ <표 3>과 <표 5>을 비교하여 보면 5차수 하천인 효돈천은 분기율과 길이비율이 모두 감소하고 있으며, 천미천과 한천은 분기율은 감소하고 있지만 길이비율은 일정하지 않다. 4차수 하천인 가시천, 화북천, 도근천, 금성천, 중문천, 도순천은 분기율과 길이비율이 비례관계에 있으며, 광령천의 경우 분기율은 낮아지고 있지만 길이비율은 높아지고 있다. 3차수 하천 중 서중천, 의귀천, 송천, 산지천, 병문천, 창고천은 분기율과 길이비율이 비례관계에 있으며, 신예천과 악근천은 분기율이 감소하고 있지만 길이비율이 증가하고 있다.

제주도 하천의 평균 분기율은 2.33~5.57까지 나타나고 있으며 길이비율의 평균은 1.26~8.53로 나타나고 있다. 평균분기율이 가장 높은 서중천은 분기율이 5.57이고 길이비율은 6.39로 나타나고 있으며, 평균분기율이 2.33으로 가장 낮은 중문천의 길이비율은 1.26으로 나타나고 있다. 그리고 8.53으로 평균 길이비율이 가장 높은 창고천은 평균분기율이 4.60으로 나타나고 있다. 이처럼 제주도 하천은 분기율과 길이비율 사이에 일반적인 법칙성을 발견하기 어려운데, 이것은 제주도 하천이 종래의 연구에서 다루어진 한반도 하천에 비하여 규모가 작기 때문으로 생각된다.

Horton이 산출한 길이비율 평균값은 2.32이다. 그러나 제주도 하천은 전체적으로 길이비율 평균값이 <표 5>에서 처럼 5차수 하천에서는 천미천이 3.39로 높게 나타나고 있는 반면 효돈천은 1.84, 한천은 1.85로 낮게 나타나고 있다. 그리고 4차수 하천은 1.26~2.82로 낮게 나타나고 있지만, 3차수 하천은 창고천 8.53, 병문천 7.85, 산지천 7.69로 나타나고 있어 Horton의 평균값보다 대체적으로 높게 나타나고 있다. <표 6>의 한반도 주요하천의 평균 길이비율

55) 김우관·윤익혁(1982), 전계논문, p.122

과 비교해 볼 때 제주도의 하천 중 3차수 하천을 제외하면 길이비율의 평균 값은 유사하게 나타나고 있다.

<표 6> 한반도 주요 하천의 평균 길이비율

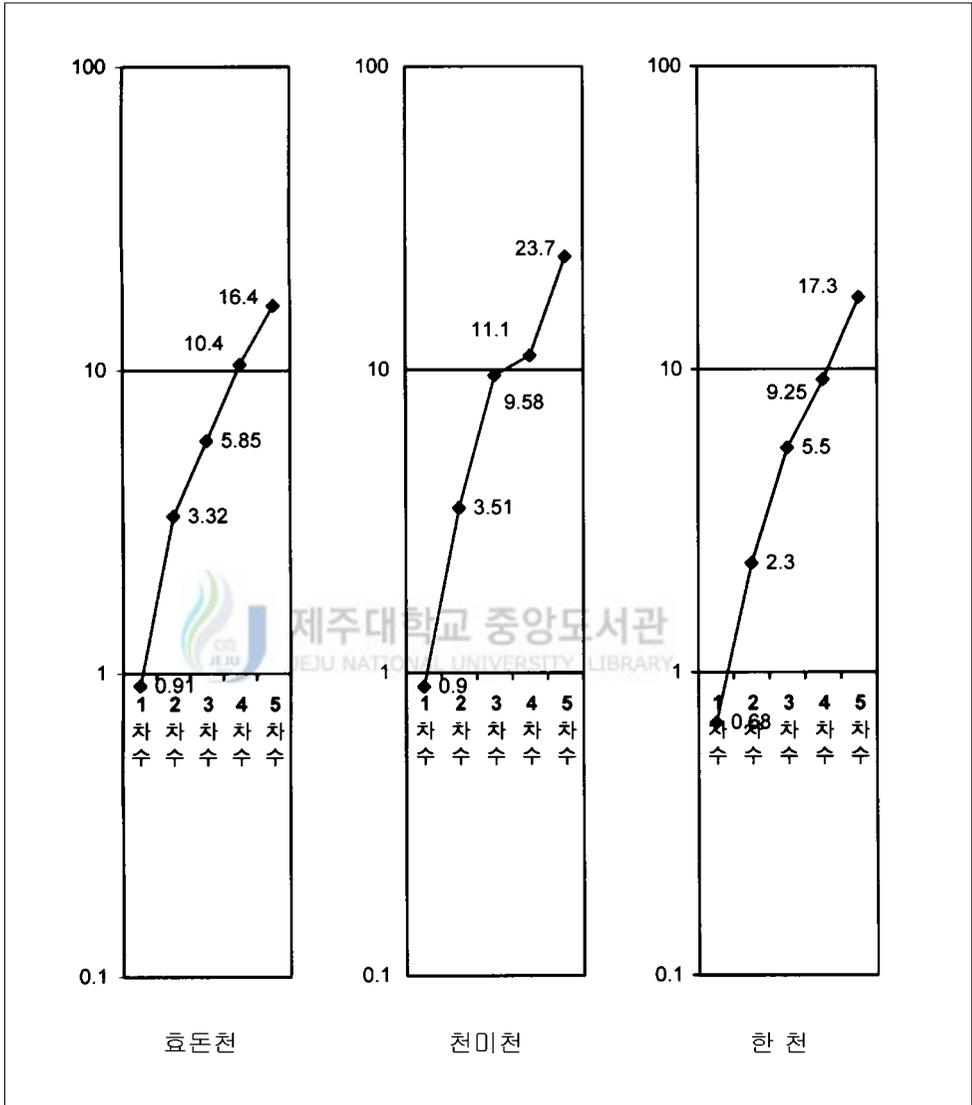
하 천	북한강	남한강	금강	낙동강
평균길이비율	1.89	3.78	2.23	2.83

하천의 차수가 높아질수록 평균길이 비율이 길어져 하류 지역으로 갈수록 평균길이가 길어지는 것이 일반적이지만, 제주도의 하천은 표에서 보는 것처럼 차수별 하천길이의 변화에 분명한 규칙성을 나타내지 않고 있다.

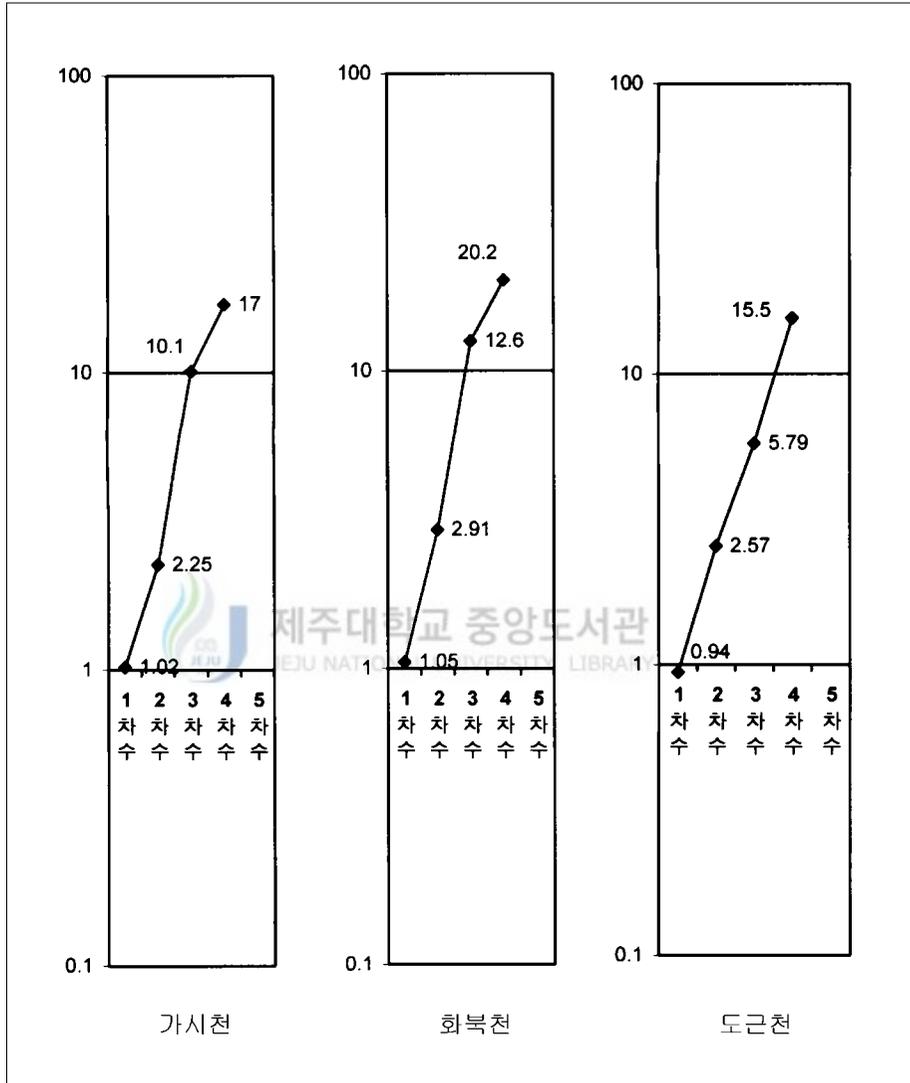
조사하천의 길이비율 관계를 고찰하기 위해 반대수 그래프에 <그림 14> 처럼 도표화하였다. 차수가 증가할수록 평균길이 누계는 증가세를 보인다. 따라서 조사하천의 평균길이 누계는 하천차수가 높아질수록 대체로 일정한 비율로 증가하여 positive exponential form을 이루며 직선회귀를 나타내고 있다. 평균길이 누계가 직선을 유지하다가 천미천, 금성천, 중문천처럼 부의 방향으로 급격한 변화를 보이는 것은 상위차수의 합류점의 발원지가 하류 쪽으로 치우쳐져 있음을 의미하는 것으로서, 합류의 위치관계는 각각의 하계망에서도 확인할 수 있다.

<표 7> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계 (단위 km)

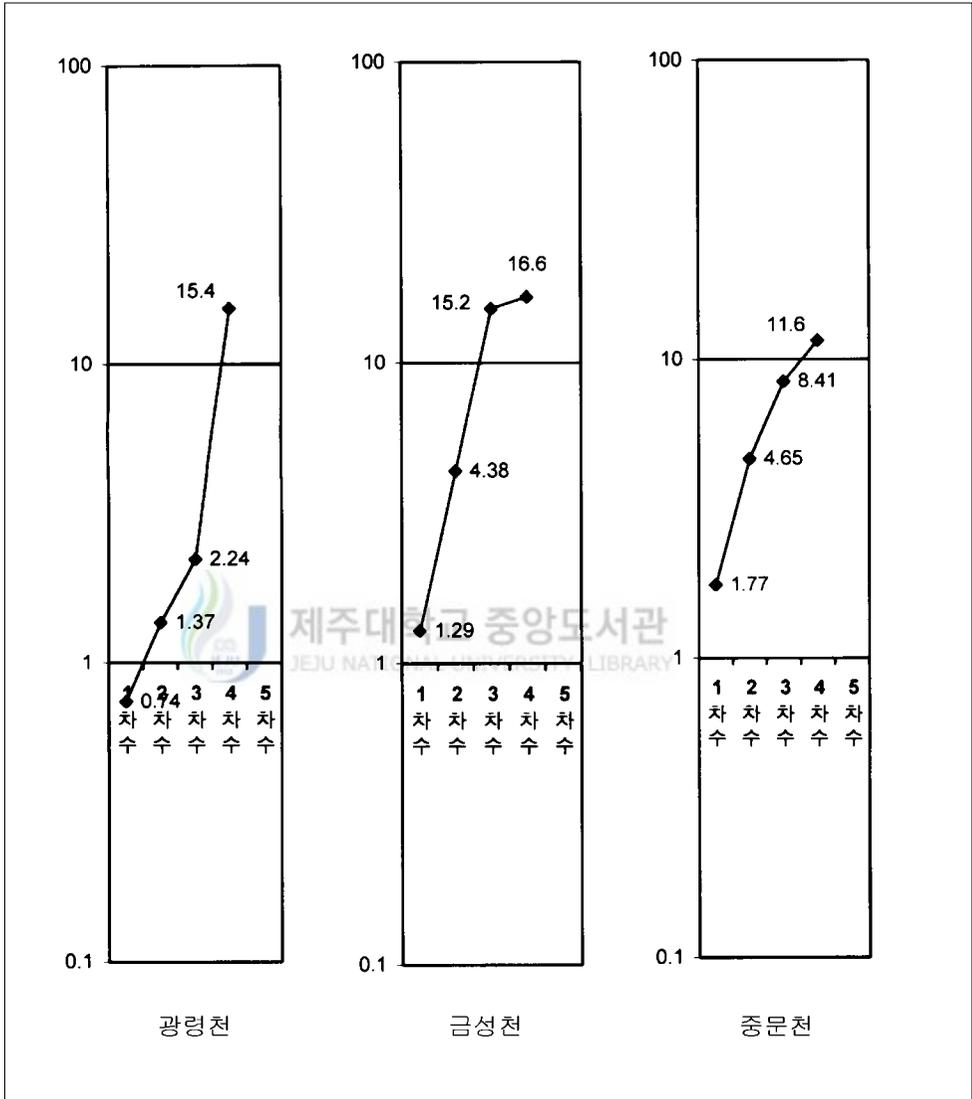
차수 하천명		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	계
효돈천	평균길이	0.91	2.41	2.53	4.60	5.95	16.40
	누계	0.91	3.32	5.85	10.45	16.40	
천미천	평균길이	0.90	2.62	6.07	1.56	12.60	23.75
	누계	0.90	3.51	9.58	11.15	23.75	
한천	평균길이	0.68	1.63	3.20	3.75	8.13	17.83
	누계	0.68	2.30	5.50	9.25	17.38	
가시천	평균길이	1.02	1.23	7.83	6.88		16.95
	누계	1.02	2.25	10.08	16.95		
화북천	평균길이	1.05	1.86	9.69	7.55		20.16
	누계	1.05	2.91	12.61	20.16		
도근천	평균길이	0.94	1.63	3.22	9.78		15.56
	누계	0.94	2.57	5.79	15.56		
광령천	평균길이	0.74	1.37	2.24	15.40		19.75
	누계	0.74	2.11	4.35	19.75		
금성천	평균길이	1.29	3.09	10.78	1.40		16.55
	누계	1.29	4.38	15.15	16.55		
중문천	평균길이	1.77	2.88	3.76	3.15		11.56
	누계	1.77	4.65	8.41	11.56		
도순천	평균길이	1.03	2.33	5.93	4.63		13.92
	누계	1.03	3.36	9.29	13.92		
신예천	평균길이	1.58	4.23	12.40			18.21
	누계	1.58	5.81	18.21			
서중천	평균길이	0.71	2.05	20.30			23.06
	누계	0.71	2.76	23.06			
의귀천	평균길이	0.97	4.74	7.53			13.23
	누계	0.97	5.71	13.23			
송천	평균길이	0.93	2.08	15.90			18.92
	누계	0.93	3.02	18.92			
산지천	평균길이	0.32	0.88	11.15			12.36
	누계	0.32	1.21	12.36			
병문천	평균길이	1.06	1.21	17.58			19.84
	누계	1.06	2.27	19.84			
창고천	평균길이	0.85	1.06	16.75			18.66
	누계	0.85	1.19	18.66			
악근천	평균길이	1.64	2.78	7.75			12.16
	누계	1.64	4.41	12.16			



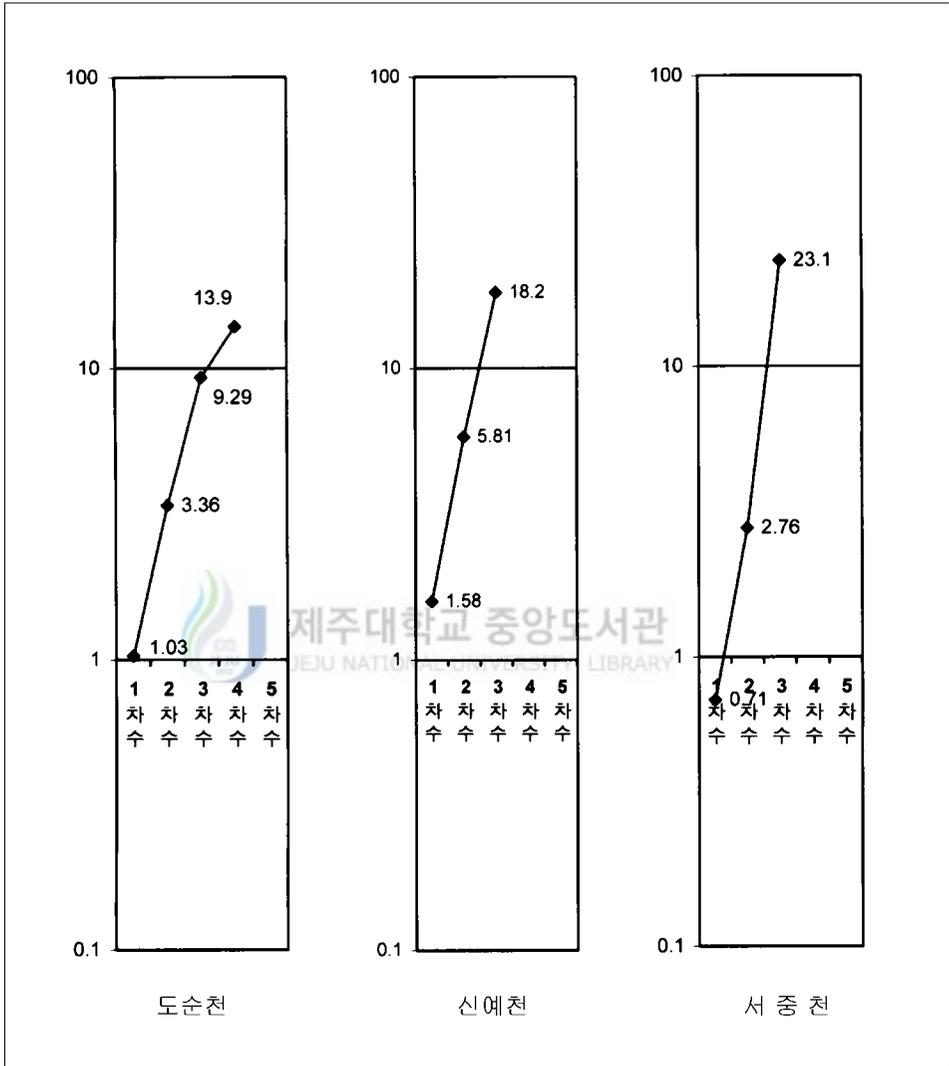
<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계(계속)



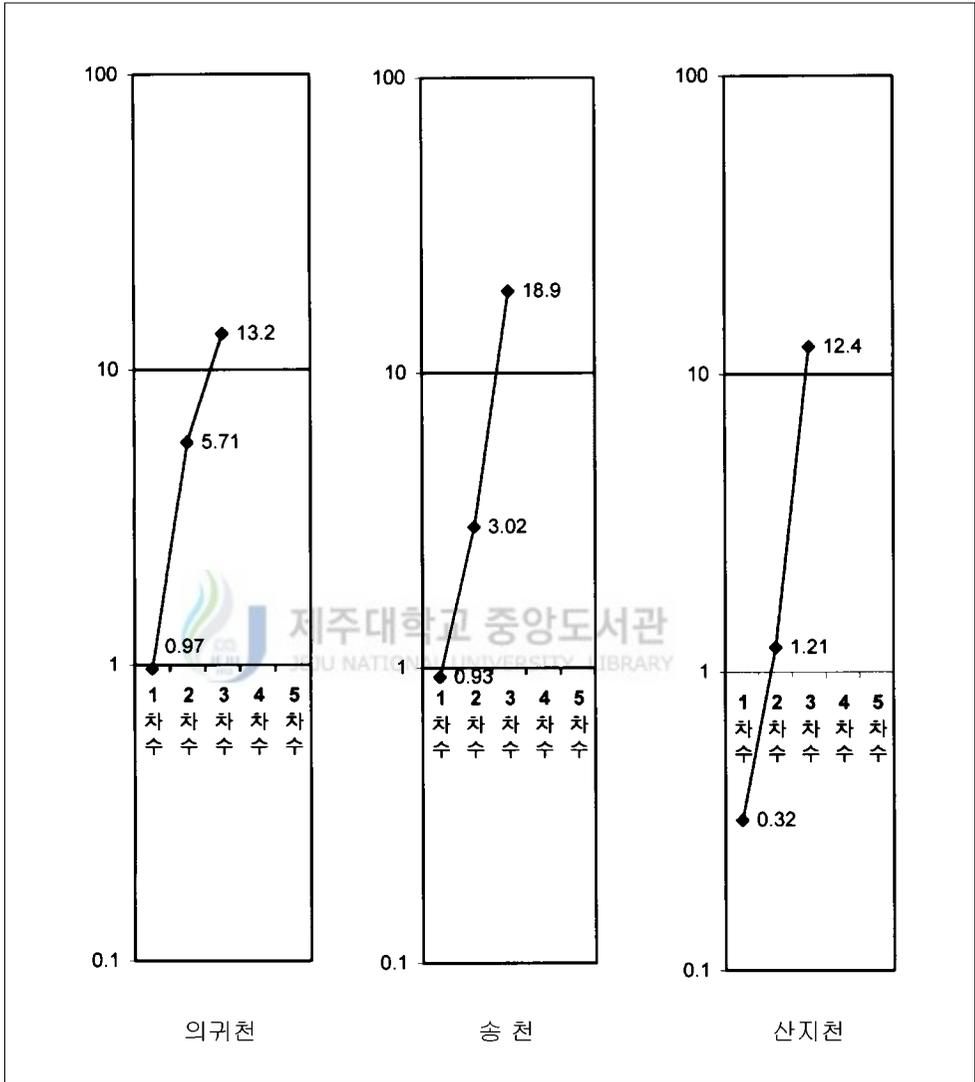
<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계(계속)



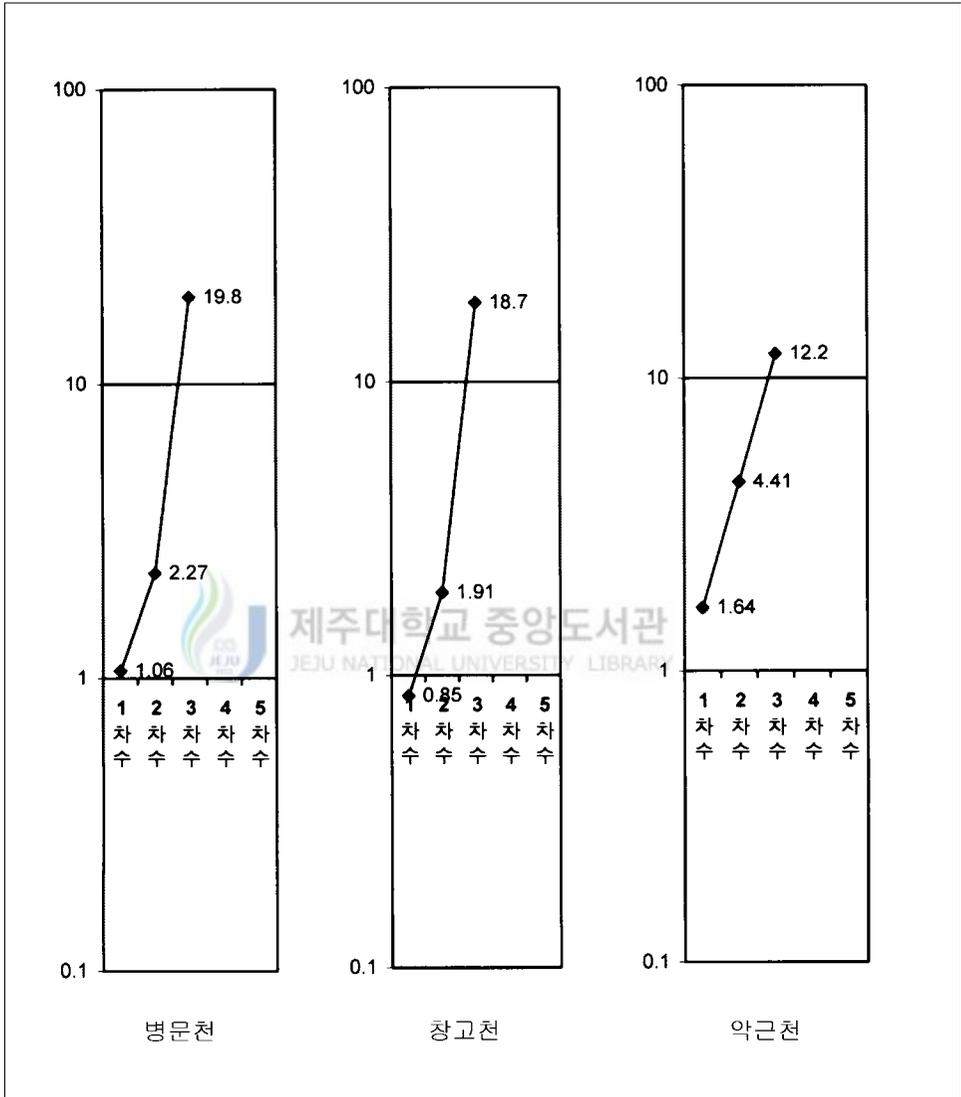
<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계(계속)



<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계(계속)



<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계(계속)



<그림 14> 제주도 하천의 차수별 평균길이 누계

5. 하천경사의 법칙

하천의 경사분석이란 하천 종단면상에서 차수별 하천구간에 대한 하천경사의 분석을 의미하며, 하천의 특성을 밝히는 한 방법이다. 자연하천에는 무수한 수계가 발달되어 있어 하천경사를 구하기가 쉽지는 않다. 그러나 하천의 경사는 차수가 높을수록 완만해진다는 일반적 법칙성을 갖는다. 본 연구에서 하천경사는 수계의 차수별 하천구간의 평균고도차를 계산한 후 각 차수별 평균수평거리를 이용하여 평균경사를 구하였다. 이 방법은 이론적으로는 합리적이거나 일종의 가상하천의 경사가 되기 때문에 실제 작업에 연결시키기 어려운 단점이 있다.⁵⁶⁾

<표 8>의 제주도 하천의 차수별 평균경사를 비교하면 한라산 정상 일대에서 발원하는 효돈천, 한천, 광령천의 경우 1차수 경사가 0.16~0.19로 가장 높게 나타났으며, 중산간 지대에서 발원하는 1차수 하천을 많이 지니고 있는 천미천, 가시천, 금성천, 의귀천, 송천의 경우 1차수 경사가 0.04~0.06으로 가장 낮게 나타나 발원지역의 지표경사를 반영하고 있다. 하천의 경사도와 하천의 폭은 반비례 관계가 있다. 그리고 경사비율이 높은 하천일수록 하천길이의 비율이 높게 나타나는 경향을 보여준다. 하천의 경사는 하천발달과도 깊은 관계를 가지고 있어 경사가 급한 구간은 일반적으로 최상류 지역에 나타나고 가장 작은 경사는 하류 지역에 나타난다. 일반적으로 차수별 하천의 경사 또는 평균경사는 차수가 높아질수록 현저하게 완만해지는데, 제주도의 하천에서도 이러한 경향은 잘 나타나 모든 하천에서 차수의 증가와 더불어 평균경사가 감소하고 있다.

길이비율과 같은 방법으로 어떤 차수의 하천 평균경사와 그보다 한 단계 낮은 차수의 평균경사와의 비율로서 경사비율을 구하였다. 따라서 경사비율의 값이 클수록 경사 변화는 작고 반대로 값이 작을수록 경사는 완만해짐을 의

56) 한국자연지리연구회(2000), 전계서, 525 p.

미한다. <표 8>에서 제주도 하천의 경사비율은 보면 효돈천과 같이 차수가 높아짐에 따라 경사비율 값이 작아지는 경우도 보이나, 대부분 차수별 경사비율의 변화에 뚜렷한 경향을 보이고 있지 않아 경사비율과 관련된 법칙성을 찾아내기는 어렵다.

<표 8> 제주도 하천의 차수별 길이와 하천경사

단위 : 평균길이 km, 평균고도 m

차수 하천명		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	총하천 평균경사
		효돈천	평균길이	0.91	2.41	2.53	4.60
	평균고도	171.00	443.50	304.00	274.50	134.00	
	하천경사	0.19	0.18	0.12	0.06	0.02	0.11
	경사비율	0.98	0.66	0.50	0.38		
천미천	평균길이	0.90	2.62	6.07	1.56	12.60	23.75
	평균고도	40.12	95.00	141.75	23.00	169	
	하천경사	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	0.03
	경사비율	0.81	0.64	0.63	0.91		
한천	평균길이	0.68	1.63	3.20	3.75	8.13	17.83
	평균고도	120.65	200.08	330.60	287.50	255.00	
	하천경사	0.18	0.12	0.10	0.08	0.03	0.10
	경사비율	0.69	0.84	0.74	0.41		
가시천	평균길이	1.02	1.23	7.83	6.88		16.95
	평균고도	35.80	47.14	171.50	137.50		
	하천경사	0.04	0.04	0.02	0.02		0.03
	경사비율	1.09	0.57	0.91			
화북천	평균길이	1.05	1.86	9.69	7.55		20.16
	평균고도	106.27	138.89	610.67	183		
	하천경사	0.10	0.07	0.06	0.02		0.07
	경사비율	0.74	0.85	0.38			
도근천	평균길이	0.94	1.63	3.22	9.78		15.56
	평균고도	117.91	133.31	170.80	497.00		
	하천경사	0.13	0.08	0.05	0.05		0.08
	경사비율	0.65	0.65	0.96			

<표 8> 제주도 하천의 차수별 길이와 하천경사(계속)

단위 : 평균길이 km, 평균고도m

차수 하천명		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	총하천
							평균경사
광령천	평균길이	0.74	1.37	2.24	15.40		19.75
	평균고도	118.01	169.56	293.80	910.00		
	하천경사	0.16	0.12	0.13	0.06		0.12
	경사비율	0.77		1.06	0.45		
금성천	평균길이	1.29	3.09	10.78	1.40		16.55
	평균고도	74.24	145.17	49.00	30		
	하천경사	0.06	0.05	0.04	0.02		0.04
	경사비율	0.82		0.81	0.56		
중문천	평균길이	1.77	2.88	3.76	3.15		11.56
	평균고도	136.67	226.50	325.50	150		
	하천경사	0.08	0.07	0.07	0.05		0.07
	경사비율	0.95		1.06	0.62		
도순천	평균길이	1.03	2.33	5.93	4.63		13.92
	평균고도	163.67	262.00	474.67	115		
	하천경사	0.16	0.11	0.08	0.02		0.09
	경사비율	0.71		0.71	0.31		
신예천	평균길이	1.58	4.23	12.40			18.21
	평균고도	187.93	451.67	639.00			
	하천경사	0.12	0.11	0.05			0.09
	경사비율	0.90		0.48			
서중천	평균길이	0.71	2.05	20.30			23.06
	평균고도	71.76	140.00	962.00			
	하천경사	0.10	0.07	0.05			0.07
	경사비율	0.67		0.70			
의귀천	평균길이	0.97	4.74	7.53			13.23
	평균고도	42.36	185.00	167.00			
	하천경사	0.04	0.04	0.02			0.03
	경사비율	0.89		0.57			
송천	평균길이	0.93	2.08	15.90			18.92
	평균고도	45.65	58.00	397.00			
	하천경사	0.05	0.03	0.02			0.03
	경사비율	0.57		0.90			

<표 8> 제주도 하천의 차수별 길이와 하천경사(계속)

단위 : 평균길이 km, 평균고도 m

차수 하천명		1차수	2차수	3차수	4차수	5차수	총하천 평균경사
		산지천	평균길이	0.32	0.88	11.15	
평균고도	22.30		44.00	480.00			
하천경사	0.07		0.05	0.04			0.05
경사비율	0.72		0.86				
병문천	평균길이	1.06	1.21	17.58			19.84
	평균고도	104.77	147.25	1084			
	하천경사	0.10	0.12	0.06			0.09
	경사비율	1.24		0.51			
창고천	평균길이	0.85	1.06	16.75			18.66
	평균고도	66.24	44.20	534			
	하천경사	0.08	0.04	0.03			0.05
	경사비율	0.53		0.76			
악근천	평균길이	1.64	2.78	7.75			12.16
	평균고도	211.70	210.67	275			
	하천경사	0.13	0.08	0.04			0.08
	경사비율	0.59		0.47			

IV. 결론

축척 1:5,000 지형도를 이용하여 제주도의 지방2급 하천 18개를 대상으로 하계망을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 제주도 하천의 전체적인 하계모양은 한라산을 중심으로 방사상 패턴을 보이며, 국지적으로는 분류와 지류가 평행하게 흐르는 평행상 패턴을 보이고 있다. 또한 하천의 평면형도 직선에 가까운 직류하천을 이루는 경우가 많아 평행상 패턴이 더욱 현저하게 나타나고 있다.

2. 하천차수에 따른 하천수의 변화는 조사대상 18개의 하천 중 5차수 하천이 3개, 4차수 하천이 7개, 3차수 하천이 8개로 나타나 제주도에 소재하는 지방2급 하천에는 3~4차수 하천의 분포가 많다. 18개 하천의 평균 하천수는 40개이며, 가장 규모가 큰 하천은 5차수 하천이면서 하천수가 91개인 천미천으로 나타나고 있다. 그러나 하천의 두부침식의 정도를 예민하게 반영하는 1·2차수가 형성하는 분기율의 평균치는 3.95로 나타나고 있어 상류지역에서는 비교적 완만하게 침식이 진행되고 있음을 알 수 있다.

3. 조사 하천의 평균분기율은 2.33~5.57로 나타나고 있으나, 주요하천의 평균분기율은 대체로 낮은 편으로서 하천의 침식이 활발하지 않음을 알 수 있다. 그러나 하천의 침식을 가장 예민하게 나타내는 1·2차수가 형성하는 분기율의 평균치도 3.95로 나타나고 있어 하천의 침식이 활발하지는 않지만 상류지역에서는 침식이 진행되고 있음을 알 수 있다.

4. 하천의 길이법칙에 의하면 하류로 갈수록 평균길이가 길어지는 것이 일반적이지만 제주도 하천에서는 차수별 하천의 길이 변화에 분명한 규칙성을 나타내고 있지 않다.

5. 하천의 차수가 높아질수록 모든 조사하천에서 평균값은 작아지고 있으나 경사의 변화에는 분명한 규칙성을 보이고 있지 않다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

<단행본>

- 건설교통부(2000), 「한국하천일람」, 서울, 건설교통부.
- 권혁재(2002), 「지형학」 4판, 서울, 범문사.
- 농림부(1996), 「제주지역 지하수 인공함양에 관한 연구」, 농림부.
- 자연지리학회사전편찬위원회(1996), 「자연지리학 사전」, 한울.
- 제주도(1993), 「제주도지」 제1권, 제주도.
- _____ (2000), 「제주도 지하수 보전·관리 계획 보고서」, 제주도.
- _____ (2002), 「제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(II)」, 제주도.
- _____ (2002), 「환경백서, 2002」, 제주도.
- 제주시 (1989), 「제주시 3대 하천의 생태계 학술조사 보고서」, 제주시.
- 제주지방기상청(1999), 「제주기후통계자료」, 제1호, 제주지방기상청.
- 제주환경운동연합(2003), 「2002 제주 환경문제를 말한다」, 제주환경운동연합.
- 한국수자원공사(2000), 「수문자료집 2000」, 한국수자원공사.
- 한라일보사(2000), 「천미천:제주생명의 원류 하천과 계곡, 1」, 한라일보사.
- _____ (2001), 「효돈천:제주생명의 원류 하천과 계곡, 2」, 한라일보사.
- 한국경관생태연구회(2001), 「경관생태학」, 동화기술.

<논 문>

- 장순석(2002), “제주도 하천의 특성과 보전방향” 환경의 날 하천토론회 자료, 제주환경운동연합.
- 김만규(1990), “미호천 유역의 하계망에 미친 지형과 지질구조의 영향”, 고려대학교 대학원 석사학위논문.

- 김성애(1986), “달천의 하계망 분석”, 충북지리, 제4호, 충북대학교 사범대 지
리교육과.
- 김우관·윤인혁(1982), “남한강 유역의 하계망 분석”, 「논문집」, 제33집, 경북
대학교.
- 김우관(1984), “낙동강 유역의 사면경사분석”, 「논문집」, 제3집, 한국방송통
신대학.
- 김우관(1986), “영산강 유역의 하계망 분석”, 「논문집」, 제42집, 경북대학교.
- 김우관·임용호(1997), “GIS를 이용한 거제도 지형 및 하계분석”, 「한국지
역지리학회지」, 제2권 제2호, 한국지역지리학회.
- 김정욱(1985), “형산강 유역의 하계망분석”, 효성여자대학교 대학원 석사학위
논문.
- 김종욱(1991), “하천 지형발달에 관여하는 주요 변수들간의 기능적인 관계
에 관한 연구”, 「지리학」, 제26권 제1호, 대한지리학회.
- 김주환(1984), “형산강, 태화강, 양산천 유역 하계망 발달의 정량적 분석”,
「논문집」, 제23집, 동국대학교.
- 김주환·권동희(1990), “형산강 유역의 경사와 절봉면 분석”, 「지리학연구」,
제16집, 한국지리교육학회.
- 김지수(1998), “제주도의 하천 특성”, 「탐라지리교육연구」, 창간호, 탐라지리
교육연구회.
- 김창환(2002), “내린천 유역 하계망 발달의 일반적 특성에 관한 연구”, 「강
원지리」, 제19호, 강원대학교 사범대학 지리교육과.
- 김태호(2002), “한라산의 지형경관”, 「기초과학연구」, 15권 1호, 제주대 기초
과학연구소.
- 엄재용(1996), “한반도 중부지방 동서사면 하천의 하계망 차이 연구”, 공주대
학교 교육대학원 석사학위논문.
- 엄재용, 최성길(1997), “하계망과 지질, 지형과의 상관도”, 「한국지형학회지」,
제4권 제1·2통합호, 한국지형학회.

- 윤인혁(1980), “금강유역의 하계망 및 경사 분석”, 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- 이영희(1971), “섬진강 유역 하계망 발달의 정량적 분석”, 「녹우회보」, 제13호, 이화여자대학교 사범대학 사회생활과.
- 이형석(1990), “압록강의 명칭과 하계망분석 : 문헌을 중심으로”, 동국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 정장호(1974), “북한강 유역 하계망 발달의 정량적 분석”, 「논문집」, 제6권, 수도여자사범대학.
- 정장호(1978), “금강 유역 하계망 발달의 정량적 분석”, 「논문집」, 제7권, 수도여자사범대학.
- 홍성조(1987), “지형면과 하계망 특성과의 관계에 대한 연구 : 남한강 유역을 중심으로”, 경희대학교 대학원 석사학위논문.

2. 외국문헌



- 高山茂美(1976), 河川地形, 東京, 共立出版.
- Horton, R.E.(1945), "Erosional development of streams and their drainage basin", 「Bull. Geol. Soc. Ame」, v.525.
- Strahler, A.N.(1952), "Hypsometric analysis of erosional topography", 「Bull. Geol. Soc. Ame.」 v.63.
- Scheidegger, A.E.(1965), "The algebra of stream order numbers", 「U.S.G.S. Prof. Paper」, v. 525B.
- Shreve, R.L.(1966), "Statistical law of stream numbers", 「Jou. Geol.」, v.74.
- Woldenburg, M.J.(1966), "Horton's laws justified in terms of allometric growth and steady states in open systems", 「Bull. Geol. Soc. Ame.」, v.77.

<Abstract>

The Analysis of Draingae Networks in Jeju Island

Kim Mee-Ryeong

Geography Education Major
Graduate School of Education, Cheju National University
Jeju, Korea

Supervised by Kim Tae-Ho

This study analyzes the drainage networks in JeJu Island in order to find stream characteristics and to provide basic data for stream management. The scale topographical map of 1:5,000 is utilized for 18 streams.

In general, the drainages of streams in JeJu forms radial pattern around Halla Mountain. However, drainages in particular area display parallel pattern in that branch streams ran down with the main stream. Also, the plane figure shows the streams much the same as straight lines. It is clear evidence of the parallel pattern found in the drainage network.

Most of streams in JeJu Island are classified into third or fourth stream order. Among 18 streams studied, 3 are fifth stream order, 7 are fourth stream order, and 8 are third stream order. Each of 18 main streams has average 40 branches and the largest stream, Chun-mi chun, with fifth stream order has 91 branches.

The average bifurcation ratio of the streams studied is 2.33-5.57. The ratio illustrates relatively low level of erosion. However, the average ratios of the first and second order streams are 3.95 which indicates the state of headward erosion taken place in active way. In other words, overall erosions have under way slowly, but the areas of upper streams have experienced in more rapid way. According to the law of stream length, the average length is getting longer as approaching the lower reaches of streams. However, it has been found that the streams in JeJu Island do not fit according to the law.

Average slope of the streams studied became lower as the order was getting higher. There was also no clear regularity to explain changes in the slope.

*A Thesis submitted to the Committee of Graduate School Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 2003.