

기반암에 따른 하천 하계밀도 차이 분석

정희락 · 황해원

< 목차 >

- | | |
|---------------|-----------------------|
| I. 서론 | 2. 하천 하계밀도 분석 |
| 1. 연구배경 및 목적 | 1) 화강암 지대의 하계밀도 분석 |
| 2. 연구 방법 | 2) 석회암 지대의 하계밀도 분석 |
| II. 본론 | 3) 퇴적암 지대의 하계밀도 분석 |
| 1. 연구대상 하천 선정 | 3. 기반암에 따른 하천 하계밀도 분석 |
| | III. 결론 |

요약: 하천의 형상에 영향을 미치는 요인은 기후, 생태, 지질학적 특성 및 유량 등으로 매우 다양하다. 본 연구는 이러한 요인 중에서도, 기반암의 특성에 초점을 두어 우리나라에서 분포 비율이 높은 화강암, 석회암, 퇴적암층이 뚜렷하게 나타나는 곳에 형성된 하천을 각각 세 곳을 지정하여 분석하였다. 하천의 여러 가지 형태적 특성 중 하계밀도를 대상으로 하며 이는 유역분지의 면적당 하도의 길이로 지표에서 하천이 얼마나 자주 나타나는가를 측정하는 것이다. 하천 길이의 측정에 있어서는 1:50000 지형도에서 곡선자를 이용해 영구하천의 길이를 측정하였으며, 유역면적은 국토지리정보원의 온 맵(ON-MAP)을 활용하여 측정하였다. 측정 결과 기반암의 특성과 하천 하계밀도가 유의미한 관계를 지니고 있음을 증명하였다.

주요어: 기반암의 특성, 하계밀도, 유역면적, 하천길이

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

하천 발달에 영향을 주는 요소들은 다양하지만 그중에서도 가장 중요한 것은 지질이라고 할 수 있다. 암석은 성인에 따라 크게 화강암, 퇴적암, 변성암으로 구분된다. 이는 각기 특징적인 물리, 화학적 성질을 지니고 있어, 외부에서 주어지는 풍화나 침식에 대해서 반응하는 정도가 다르다. 따라서 기반암을 통과하면서 유로를 형성해가는 하천은 암석의 특성에 따라 그 형태와 경사, 하계밀도 및 하도의 패턴 등에 변화가 발생한다(권혁재, 2006). 예를 들어 동일한 환경 조건이라면 미세한 점토가 굳어져서 생긴 세일 보다는 변성작용을 받은 암석이 풍화나 침식에 더 강하다. 그러나 실제로는 풍화와 침식에 관여하는 요소는 기후적인 특성이나, 절리 발달의 정도 등 매우 다양하므로, 암석의 특성이 그대로 지형의 특징을 결정짓는 것은 아니다. 하지만, 암석의 특성이 지형에 미치는 영향력이 우세하므로, 암석의 분포에 따른 하천의 형태적 특성을 이해 할 필요성이 있다(이광률, 2007).

우리나라의 화강암은 중생대 및 고생대의 것이 대부분이고, 중부 및 남부 지방에 널리 나타나는 것은 주로 중생대 쥐라기 화강암이며, 남부의 영남 지방에 집중 분포하는 것은 중생대 백악기 화강암이다. 퇴적암은 해성층과 육성층으로 나뉜다. 우리나라의 퇴적암은 해성층보다 육성층이 많으며, 고생대에는 석회암으로 이루어진 해성층이 주를 이루며, 고생대 이후에는 역암, 사암, 세일 등으로 이루어진 육성층이 많다(김종욱, 2008). 본 연구에서는 석회암

과 퇴적암을 구분하고 있는데, 본 연구에서의 퇴적암은 역암, 사암, 셰일 등으로 이루어진 육성층판을 의미하는 것으로 지칭하도록 한다. 우리나라의 석회암 지대는 주로 강원 남부 및 충북 동부 지역에 분포하며 퇴적층은 주로 충남 중서부와 강원 남부, 충북 동부, 경상분지에 분포한다.

하천의 형태적 특성 중 하계밀도(Drainage density)는 유역분지의 면적 당 하도의 평균 길이로 지표에서 하천이 얼마나 자주 나타나는 가를 측정하는 것이다(Huggett, 2013). 하계밀도는 침식력과 지표의 저항력 사이에 균형을 반영하며, 기후, 암석, 식생과 밀접한 관련이 있으나 기반암의 특성이 가장 큰 요인으로 작용한다. 암석이 투수성을 가지는 경우 강수량의 상당 부분이 지하로 스며들게 되어 저밀도의 하계가 나타나며, 불투수성의 암석은 강수 대부분이 지표수로 유출되므로 하계밀도가 높게 나타난다. 또한 암석의 경연에 따라 다르게 나타나는데, 일반적으로 기반암이 경암인 경우 하도를 형성하기 어려워 하계밀도가 낮으며, 연암인 경우 하계밀도가 높게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 그 분포가 두드러지는 화강암, 석회암, 퇴적암 지대의 하천을 선정하여, 각 암석의 특성에 따라 하계밀도가 어떻게 변화하는지의 유의미한 관계를 나타내고자 한다.

2. 연구방법

우선, 유역분지의 기반암이 뚜렷하게 나타나는 하천을 선정하기 위해, 1:50000 지질도를 이용하여, 연구목적에 적합한 화강암, 석회암, 퇴적암 분포가 뚜렷하게 구별되어 나타나는 하천 지역을 각각 세 곳씩 선정하였다. 그 다음 각 하천 지역을 1:50000 지형도에 표기하여 유역면적을 그리고, 이를 지형도에 옮겨 해당 유역 면적이 포함하는 암석의 종류를 파악하였다.

하계밀도 Dd 는 단위 면적당 하천 하도의 평균 길이로, 호튼(R. E. Horton, 1932)에 의해 식 $Dd = \sum Ls / A$ 로 정의 된다. 여기서 $\sum Ls$ 는 본류와 하천 길이의 총 합이고, A 는 유역 면적이다. 따라서 모든 하천차수의 적산된 하천 길이의 합계를 유역면적 A 로 나눈 수 치이다(한국지리정보연구회, 2004).

$$Dd = \sum Ls / A$$

Dd = 하계밀도

$\sum Ls$ = 본류와 하천 길이의 총 합

A = 유역면적

유역면적의 계산은 국토지리정보원의 온맵(ON-MAP)프로그램을 이용하였으며, 하천 총 길이는 곡선자를 이용해 직접 지형도에서 측정하였다. 여기서 측정 대상 하천은 영구하천으로, 일부기간에만 물이 흐르는 간헐하천이나 강우가 발생할 당시에만 흐르는 일시하천을 제외한 1년 내내 물이 흐르는 하천만을 측정하였다.

II. 본론

1 연구 대상 하천 선정

연구 대상 하천은 유역분지의 기반암이 화강암, 석회암, 퇴적암으로 뚜렷하게 나타나는 하천을 선정하기 위해 1:50000 지질도를 이용하여 연구 목적에 적합한 하천으로 선별하였다. 또한 하천 유역분지가 지나치게 넓은 경우, 하천 지류를 선정하여 유역면적을 측정하였다. 그 결과 연구 대상 하천은 하천 유역 기반암이 화강암으로 이루어진 현동천, 남조천, 옥계천, 석회암으로 이루어진 오십천, 어천, 매폐천, 퇴적암으로 이루어진 위천, 남천, 양천강이다. 위의 하천을 1:3000000 지도 위에 나타낸 대략적 위치는 다음과 같다(그림 1). 석회암 지대의 하천인 어천과 매폐천, 오십천은 캄브로-오오도비스누계로 고생대 지층에 해당하며, 소위 조선누층군이라고 부르는 곳에 분포한다. 이 지층은 주로 두꺼운 석회암층으로 구성된 대석회암층군과 그 하부의 양덕층군으로 구분된다(전희영, 2005). 현동천, 옥계천, 남조천은 화강암지대에 분포하는 하천이다. 퇴적암 지대의 하천은 중생대 경상누층군이 퇴적된 경상분지에 속한 하천으로, 위천과 남천은 낙동층군, 양천강은 신라층군에 속한다. 이는 주로 역암, 사암, 셰일로 구성되어 있다.



그림 1. 연구대상 하천 위치

옥계천은 경상북도 영주시 보문면을 흐르는 하천으로, 독양리와 옥천리를 지나 내성천에 합류한다. 이 지역은 흑운모화강암, 복운모화강암, 편마상화강암등의 화강암류가 분포한다. 남조천은 충청북도 단양군 대강면에 위치한 하천으로, 풍천군 작성산에서 발원하여 죽령천과 합류하며, 반상변성화강암, 흑운모 화강암이 주를 이룬다. 현동천은 경상북도 봉화군 소천면에 위치하고, 홍제사 화강암으로 구성되어 있다.

오십천은 강원도 삼척시 도계읍 백병산에서 발원하여 동해로 유입되며, 막골석회암, 백운석질석회암, 돌로마이트 등의 석회암류로 구성되어 있다. 어천은 강원도 정선군 화암면을 흐르는 하천으로, 기반암은 막동석회암, 백회색석회암, 풍촌석회암, 돌로마이트등이 주를 이룬다. 매포천은 충청북도 단양군 매포읍을 흐르는 하천으로, 기반암은 삼태산층석회석, 막골석회암으로 구성되어 있다.

양천강은 경상남도 합천군 삼가면을 흐르는 하천으로 기반암은 신라층군에 속해 세일, 역암, 사질 세일, 사암으로 구성되어 있다. 남천은 경상북도 군위군 효령면을 흐르는 하천으로, 팔공산 북쪽 사면에서 발원하였다. 기반암은 중생대 백악기 낙동층군에 속하며 세일, 실트스톤, 장석질사암, 역암, 역질 사암으로 구성되어 있다. 위천은 경상북도 군위군 군위읍을 흐르는 하천으로, 기반암은 낙동층군에 속하며 역암, 사암, 세일로 구성되어 있다(표 1).

표 1. 연구대상 하천의 위치와 기반암 구성

기반암	대상 하천	위치	기반암 구성
화강암	옥계천	경상북도 영주시 보문면	흑운모화강암, 복운모화강암, 편마상화강암
	남조천	충청북도 단양군 대강면	반상변성화강암, 흑운모화강암
	현동천	경상북도 봉화군 소천면	홍제사화강암
석회암	오십천	강원도 삼척시 노곡면	막골석회암, 돌로마이트, 백운석질석회암
	어천	강원도 정선군 화암면	막동석회암, 백회색석회암, 풍촌석회암, 돌로마이트
	매포천	충청북도 단양군 매포읍	삼태산층석회암, 막골석회암
퇴적암	양천강	경상남도 합천군 삼가면	세일, 역암, 사질 세일, 사암
	남천	경상북도 군위군 효령면	세일, 실트스톤, 장석질사암, 역암, 역질사암
	위천	경상북도 군위군 군위읍	사암, 역암, 세일

2. 하천 하계망(Drainage network) 분석

암석이 화강암, 석회암, 퇴적암으로 구성된 9개 하천에 대한 하천 길이와 유역면적을 구하고 이를 토대로 하계밀도를 구하였다. 9개의 하천의 하계 총 길이(km), 유역면적(km²), 하계밀도를 다음 표를 통해 나타내었다(표2). 본 연구에서는 하계밀도는 소수점 셋째자리에서 반올림 하였고, 여기서 하계밀도의 높고 낮음의 정도는 상대적인 수치로써, 1.00보다 큰 수치를 하계밀도가 높은 것으로 보았고, 1.00 보다 낮은 수치는 하계밀도가 낮은 것으로 보았다.

표 2.연구대상 하천의 하계망 특성

기반암	대상 하천	하계 총 길이(km)	유역면적(km ²)	하계밀도
화강암	옥계천	111.5km	89.301km ²	1.25
	남조천	108.5km	97.978km ²	1.11
	현동천	122.5km	111.433km ²	1.10
석회암	오십천	56km	55.948km ²	1.00
	어천	193km	234.982km ²	0.82
	매포천	105km	106.318km ²	0.99
퇴적암	양천강	252.5km	154.274km ²	1.64
	남천	106.5km	87.291km ²	1.22
	위천	33km	37.396km ²	0.88

1)화강암 지대의 하계망 분석

화강암 지대의 하천인 옥계천은 유역면적이 약 89.301km²이고, 하계 총 길이는 약 111.5km로 하계밀도는 1.25로 도출된다. 옥계천의 지질을 살펴보면 반상편마상화강암과 세립질복운모화강암으로 구성되어 있다(그림 3). 남조천은 유역면적이 약 97.978km², 하계 총 길이가 약 108.5km로 하계밀도는 1.11으로 도출된다. 남조천의 지질은 대부분 불국사통 흑운모화강암으로 이루어져 있으나 약간의 반정화강암질 편마암과 흑운모화강암질편마암이 혼재되어 나타난다(그림 4). 현동천은 유역면적이 약 111.433km², 하계 총 길이가 122.5km로 하계밀도는 1.10으로 나타난다. 현동천의 지질은 대부분이 홍제사 화강암으로 구성되어 있다(그림 5).

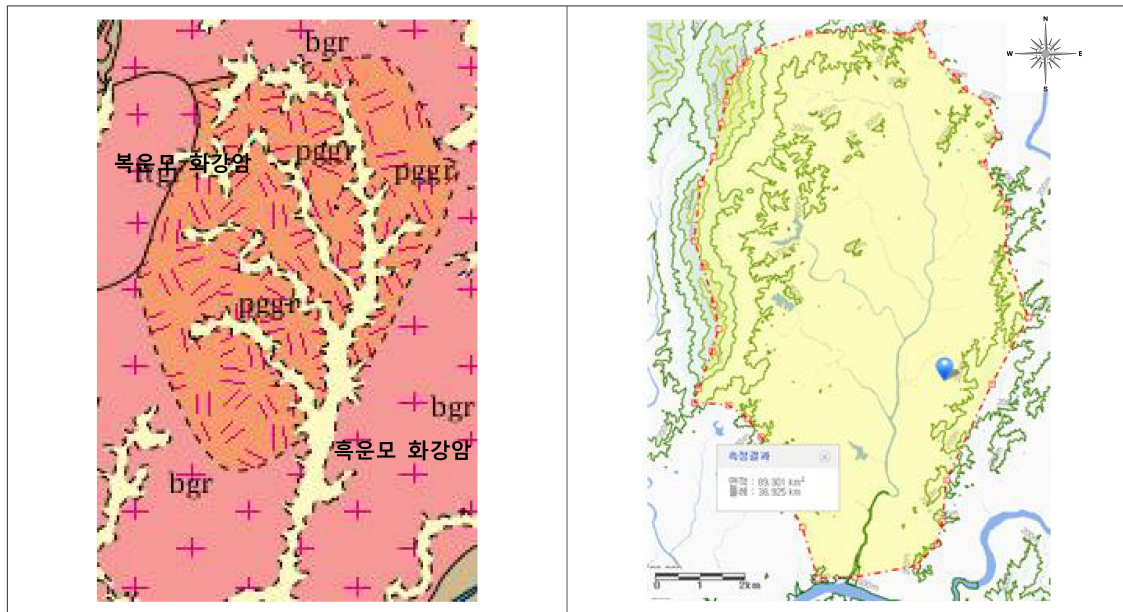


그림 3. 옥계천의 지질과 유역면적

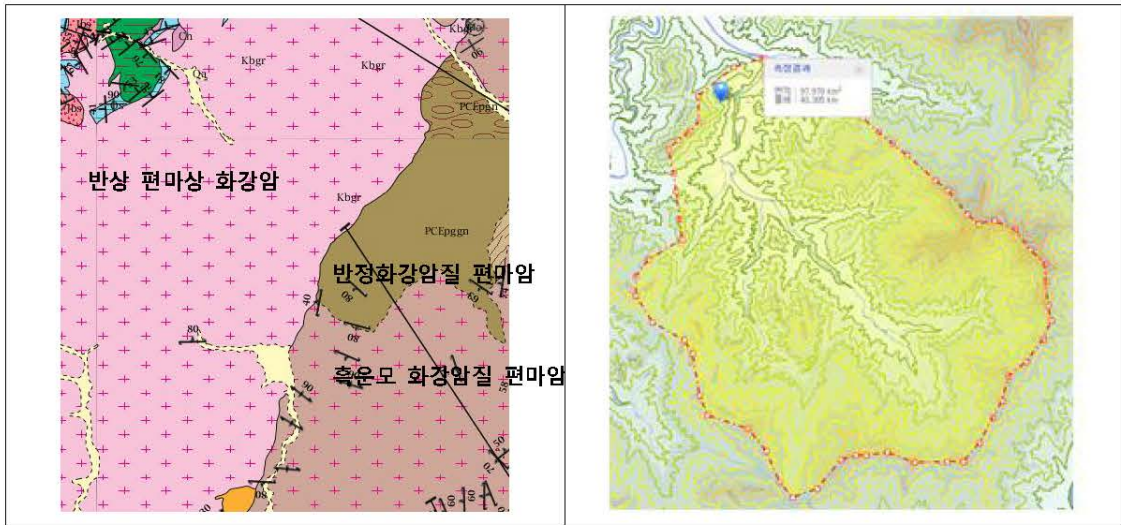


그림 4. 남조천의 지질과 유역면적

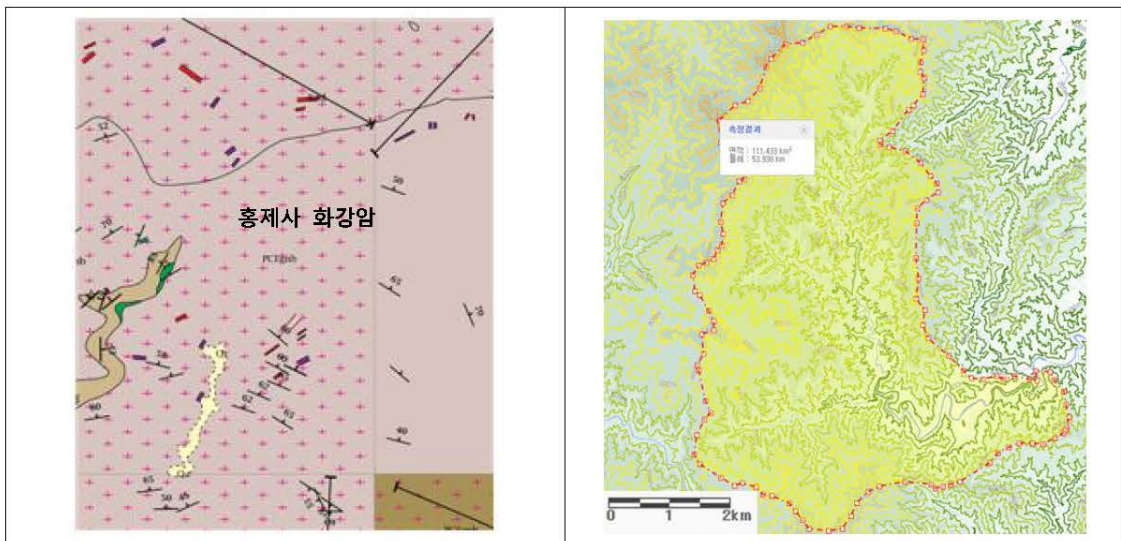


그림 5. 현동천의 지질과 유역면적

2) 석회암 지대의 하계망 분석

석회암 지대의 하천인 오십천은 하천 전체의 유역면적이 넓은 관계로 노곡면 지역의 하나의 지류를 택하여 측정하였다. 오십천의 유역면적은 약 55.948km², 하계 총 길이는 56km로 하계밀도는 1.00으로 도출된다. 오십천의 지질은 회색 층식석회암, 풍촌석회암층의 백색, 회색 석회암과 돌로마이트로 구성되어 있다(그림 6). 어천은 유역면적이 약 234.982km² 하계 총 길이가 약 193km로 하계밀도가 0.82로 도출된다. 어천의 지질은 암회색석회암과 돌로마이트, 이질석회암, 풍촌 회색 백색 석회암 등으로 구성되어 있다(그림 7). 매포천의 유역면적은 106.318km², 하계 총 길이는 105km로 하계밀도는 0.99로 도출된다. 매포천의 지질은 삼태산층 회색석회암이 대부분을 차지하고, 약간의 돌로마이트로 구성되어 있다(그림 8).

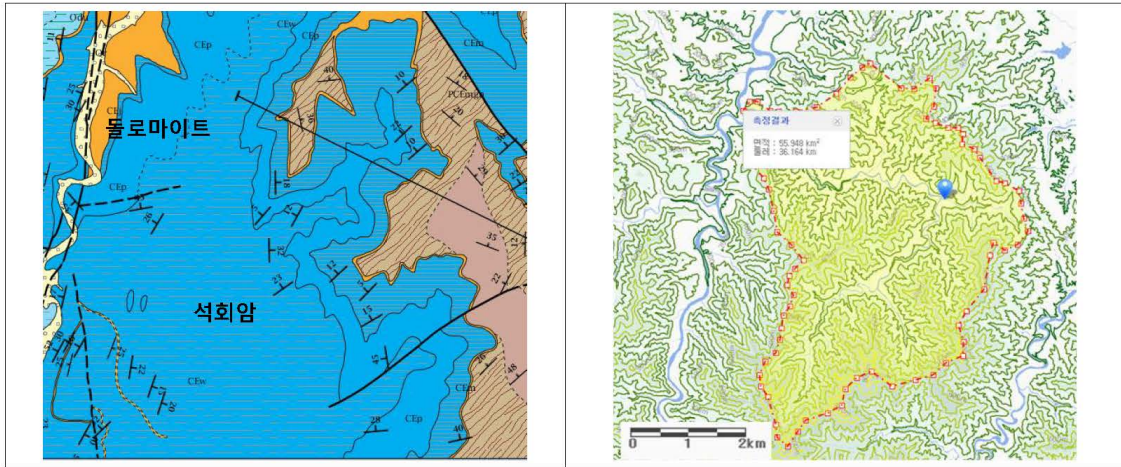


그림 6. 오십천의 지질과 유역면적

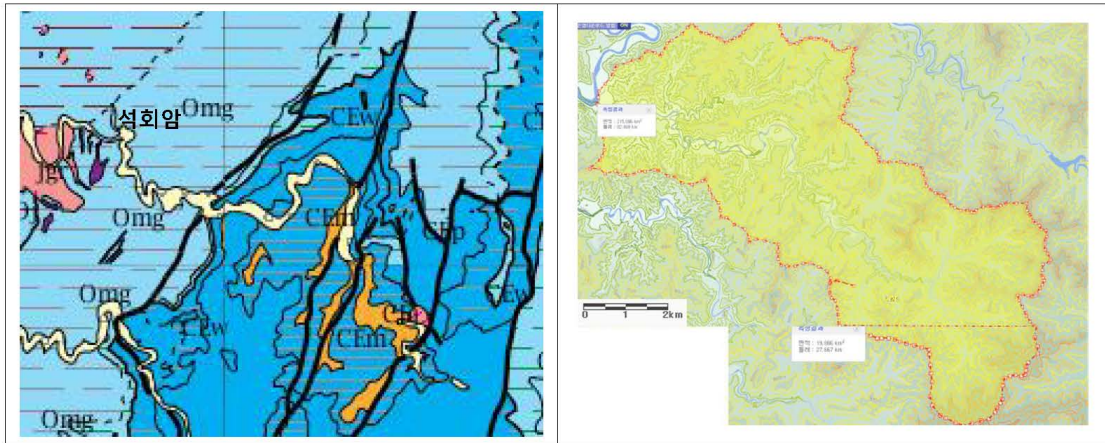


그림 7. 어천의 지질과 유역면적

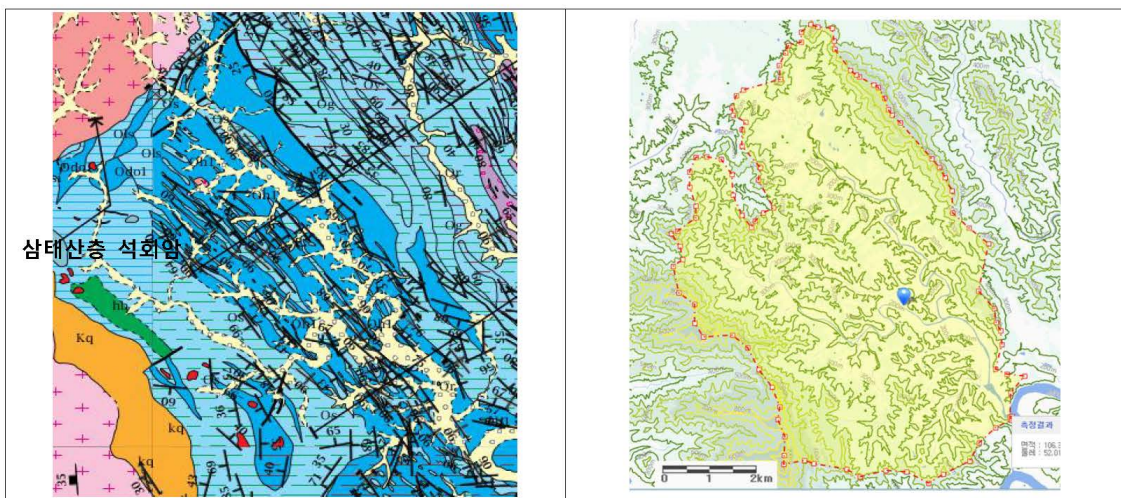


그림 8. 매폐천의 지질과 유역면적

3) 퇴적암 지대의 하계망 분석

퇴적암 지대의 하천인 양천강은 유역면적이 약 154.274km², 하계 총 길이가 252.5km로 하계밀도는 1.64로 산출된다. 양천강의 지질은 낙동층군의 사암, 사질 세일, 세일이 대부분이며 약간의 세립~중립질 사암, 역질 사암으로 구성되어 있다(그림 9). 남천은 유역면적이 약 87.291km², 하계 총 길이가 약 106.5km으로 하계밀도는 1.22이다. 남천의 지질은 역암, 역질 사암, 장석질 사암, 세일, 실트스톤으로 구성된다(그림 10). 위천은 유역면적이 약 37.396km², 하계 총 길이가 33km로 하계밀도는 0.88이다. 위천의 지질은 사암, 역암, 세일, 이회암으로 구성되어 있다(그림 11).

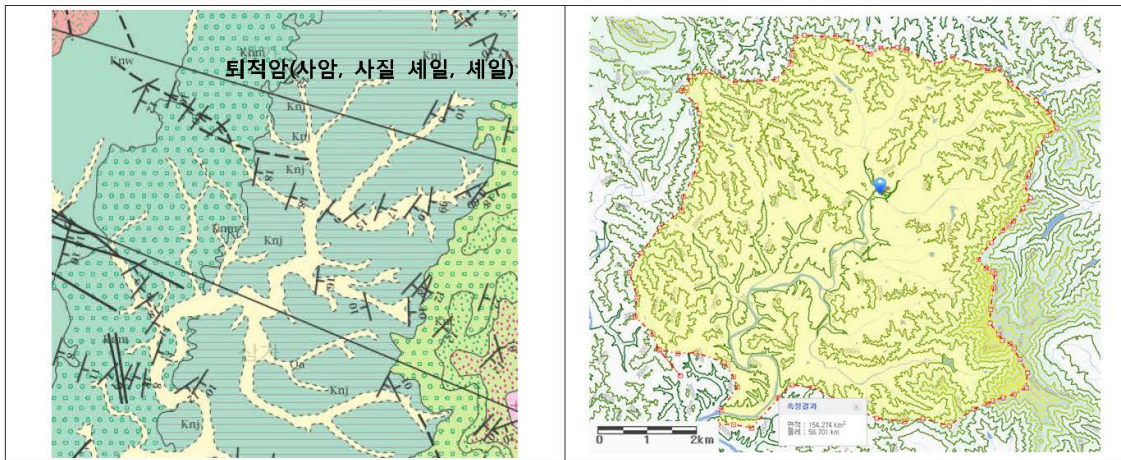


그림 9. 양천강의 지질과 유역면적

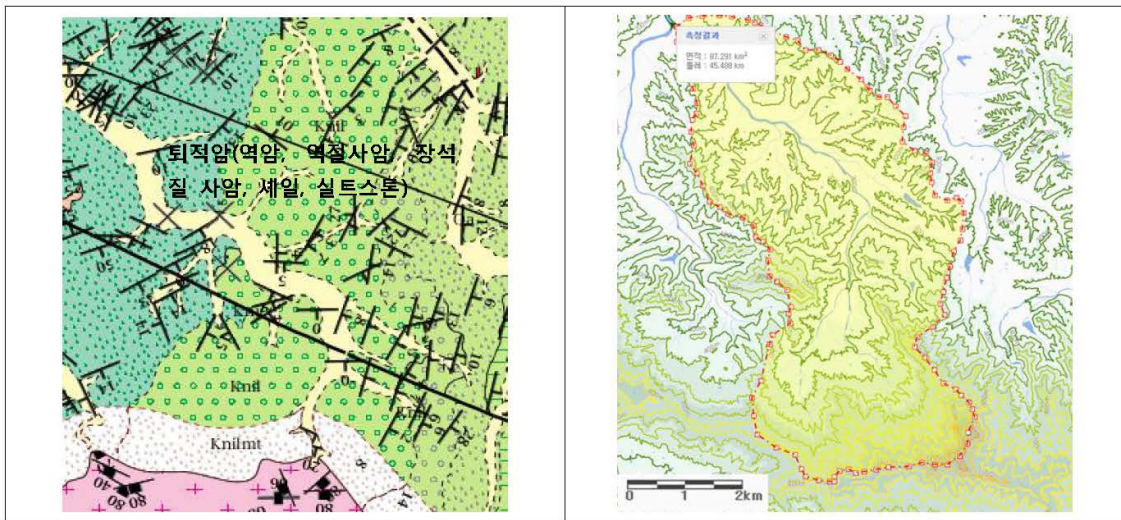


그림 10. 남천의 지질과 유역면적

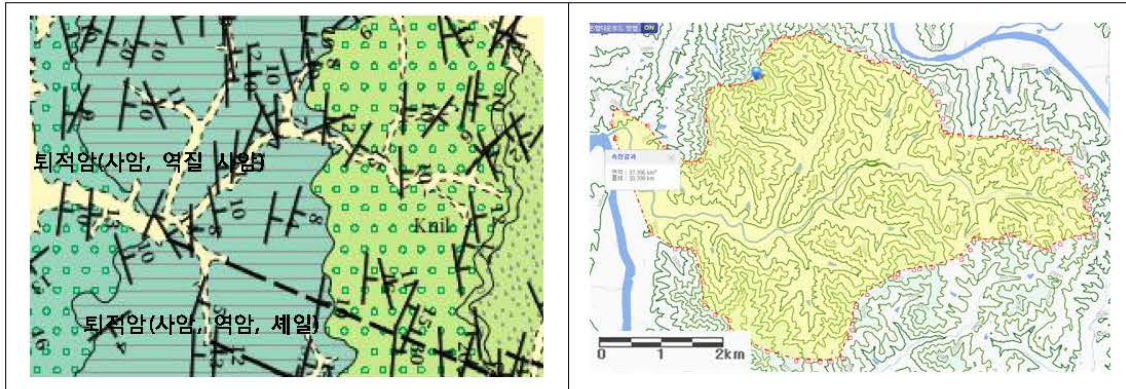


그림 11. 위천의 지질과 유역면적

3. 기반암에 따른 하천 하계밀도 분석

하계밀도는 지표에서 하천이 얼마나 자주 나타나느냐를 측정한 것으로 이는 하천의 침식력과 지표의 저항력 사이의 균형을 반영한다(Huggett, 2013). 따라서 기후, 특히 강수량과 식생, 암석과 밀접한 관련성이 존재한다. 하계밀도는 암석의 투수성이 높을수록 낮게 나타나며, 투수성이 낮은 불투수성 암석에서는 높게 나타난다. 또한 암석의 경연 차에 따라 차이가 나타나는데, 경암의 경우 하계밀도가 낮게 나타나며, 연암의 경우 하계밀도가 높게 나타나는 경향이 있다.

일반적으로 하계밀도가 최대치가 나오는 곳은 반 건조 기후지역이며 이 지역에서는 강수량이 지표면으로 즉각적으로 유출되기 때문에 습한 지역 보다 하계밀도가 높게 나타난다. 반면 하계밀도의 감소는 더 건조하거나 더 습한 지역에서 나타나는데, 더 건조한 지역에서는 강수량이 적어 지표수의 유출이 적기 때문에 하계밀도가 낮고, 더 습한 지역에서는 식생이 방해 요인으로 작용하기 때문에 하계밀도가 낮다. 또한 퇴적물이 많이 쌓인 지역은 투수성이 낮아 하도의 발달을 증가시켜 효율적인 수송체계를 만들어 하계밀도가 높다. 계절적 변동도 또 다른 하계밀도에 영향을 주는 요인이 될 수 있다. 특히, 높은 강우량의 강도는 높은 하계밀도 값을 갖는 경향이 있다(Knighton, 1998). 본 연구는 이러한 하계밀도에 영향을 주는 요인들을 기반암의 특징과 관련지어 결론을 도출 하였다.

종합해 보자면, 화강암의 하천은 하계밀도가 각각 1.25, 1.11, 1.10으로 상대적으로 하계밀도가 높았고, 석회암의 하천은 하계밀도가 1.00, 0.82, 0.99로 비교적 하계밀도가 낮은 것으로 나타났다. 한편, 퇴적암의 하천은 하계밀도가 1.64, 1.22, 0.88으로 그 편차가 심하다.

화강암은 그 암석의 경도가 단단한 편이지만, 우리나라의 화강암지대 하천유역은 풍화가 진행되어 하계망이 잘 발달하므로 하계밀도가 비교적 큰 값을 가지는데 영향을 미친다는 것으로 알려져 있다. 이는 화강암으로 구성된 하천의 하계밀도가 높은 것으로 분석된 본 연구 결과와 부합된다. 석회암은 불투수성인 암석이지만 기반암이 석회암으로 이루어져 있는 하천에서는 용해작용이 활발하게 이루어지므로 질리가 많이 발달되어있고 용식지형이 많아 빗물이 지하로 흐르게 되므로 하계밀도가 작아지는데 영향을 미치는 것으로 판단된다. 퇴적암으로 이루어져있는 하천은 하계밀도의 편차가 크게 나타났는데, 이것은 퇴적암의 구성 암석의 종류에 따라 투수성의 정도가 다르므로 하계밀도에도 차이를 보이는 것으로 추정된다.

위천의 경우 투수성이 좋은 역암, 사암이 주로 기반암으로 구성되어 있어 강수량의 상당부분이 지하로 스며들게 되어 하계밀도가 낮게 나타나며, 양천강의 경우는 투수성이 낮은 암석인 셰일, 사질 셰일 등의 분포가 커 강수 대부분이 지표수로 유출되므로 하계밀도가 높게 나타난다.

III. 결론

본 연구는 암석의 특성이 지형에 미치는 영향력이 우세하므로, 암석의 분포에 따른 하천의 형태적 특성을 이해 할 필요성이 있어, 기반암에 따른 하천 하계밀도의 차이를 분석하기 위해 하천의 형상에 영향을 미치는 여러 요인 중 가장 큰 요인으로 작용하는 기반암의 특성에 초점을 두어 우리나라에서 분포 비율이 높은 화강암, 석회암, 퇴적암층이 뚜렷하게 나타나는 곳에 형성된 하천을 각각 세 곳을 지정하여 분석하였다.

그 결과, 기반암이 화강암인 경우는 하천의 하계밀도가 각각 옥계천 1.25, 남조천 1.11, 현동천 1.10 으로 나타났으며 이것은 풍화가 일어나기 쉬운 화강암이 하계를 잘 발달하므로 하계밀도가 높게 산출되었다. 석회암의 경우는 하천의 하계밀도가 각각 오십천 1.00, 어천 0.82, 매포천 0.99로 나타났으며 절리가 발달되어있는 용식지형이 석회암 지대에 많이 분포하므로 하계밀도가 낮게 나타나는데 영향을 미친다는 것을 증명하였다. 퇴적암의 경우는 하계밀도가 각각 양천강 1.64, 남천 1.22, 위천 0.88 으로, 이는 퇴적층을 구성하는 암석종류에 따라 투수성의 정도가 달라 하계밀도의 편차가 비교적 큰 것으로 나타났다. 퇴적암의 입자가 조립질에 가까운 역암, 사암으로 구성된 경우 투수성이 크게 나타나 하계밀도가 낮게 나타났고, 입자가 세립질에 가까운 경우 하계밀도가 높게 나타났다.

기반암에 따른 하천 하계밀도를 종합적으로 요약하면, 화강암으로 이루어진 하천은 하계밀도가 높고, 석회암으로 이루어진 하천은 하계밀도가 낮으며, 퇴적암으로 이루어진 하천은 하계밀도의 편차가 크게 나타났다. 결과에 따르면 하계밀도는 하천유역을 구성하는 기반암의 투수성과 경연차이의 영향을 받으며, 이로 인해 하계밀도가 암석에 따라 다르게 나타나는 것으로 판단된다.

본 연구 결과는 유역의 지질적 특성에 중심을 두어, 하계밀도에 영향을 미치는 기후, 생태, 유량 등과 같은 다양한 요인에 대해서 언급하지 않은 한계가 존재한다. 따라서 추후에는 하천 유역분지의 기후, 생태, 유량에 대한 특성과 종합적인 상관성을 밝히는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 권혁재, 2010, 지형학, 법문사.
- 김종욱, 2008, 한국의 자연지리, 서울대학교출판부.
- 이광률, 2007, “상·하류의 기반암 차이에 따른 형태와 암석의 저항력 분석”, 「대한지리학회지」, 제 42권 (제1호): 27-40.
- 오진아·주진걸·백경록·김중훈, 2009, “국내 자연 하천유역의 형상과 기후, 생태, 지질학적 요소들 간의 상관관계”, 「대한토목학회 정기학술대회」, 3495-3498.
- 전희영, 2005, 동해안의 자연환경과 지질, 한국지질자원연구원.
- 한국지리정보연구회, 2004, 자연지리학사전, 한울아카데미.
- David Knighton, 1998, FLUVIAL FORMS AND PROCESSES A New Perspective, ARNOLD
- Richard John Huggett, 2013, 지형학 원리, 시그마프레스.