

서울 남산의 지질과 지형

김 주 환

동국대학교 사범대학 지리교육과

A Study on Geology and Landform Development in Mt. Namsan, Seoul

KIM, Joo Hwan

Department of Geography Education, College of Education, Dongguk University, Korea

ABSTRACT

The rock distribution of Mt. Namsan-Area consist of two rock types, one is pre-cambrian gneiss and the other is cretaceous biotite-granite. The texture of the biotite-granite is coarse and medium. The weathering zone of the Mt. Namsan-Area is about 1m depth and very simple. The distinguished phenomena are faults and joints. The drainage system of the Mt. Namsan-Area is not good development. The joints are well developed in Mt. Namsan-Area and confirmed three or four sets. And there are lots of landforms such as tors, tafonis, mass movement and weathering phenomena.

Key words : drainage system, fault, gneiss, granite, joint, mass movement, tafoni, tor

서 론

남산의 옛 이름은 목멱산(木覓山)이었으며, 도성의 남쪽에 위치하고 있다고 하여 남산으로 불리워 왔다. 북악산(北岳山)·낙산(駱山)·인왕산(仁王山) 등과 함께 서울 분지를 둘러싸고 있는 산중의 하나로 남산은 예로부터 그 경치가 아름다워 선인들이 골짜기마다 정자를 짓고 자연의 순리에 순응하며 풍류생활을 하던 곳이다. 조선시대만 해도 맑은 물 흐르는 산골과 놀이터로 이름 있던 곳이며, 청학이 사는 선향이라 하여 청학동으로도 불리던 곳이기도 하다.

본 조사에서는 문헌과 현지자료 등을 중심으로 남산의 지질과 지형을 살펴보고 한다.

서울 부근의 지질

1. 개 관

여기에서 서울 부근이란, 북한강과 남한강이 합류하는 양수리에서 고양군 중면 산염에 이르는 한강 하류이며 이 주변 지형은 한강 하류 연안 일대에 인접되는 구릉성 산지이다. 다시 말하면 북쪽은

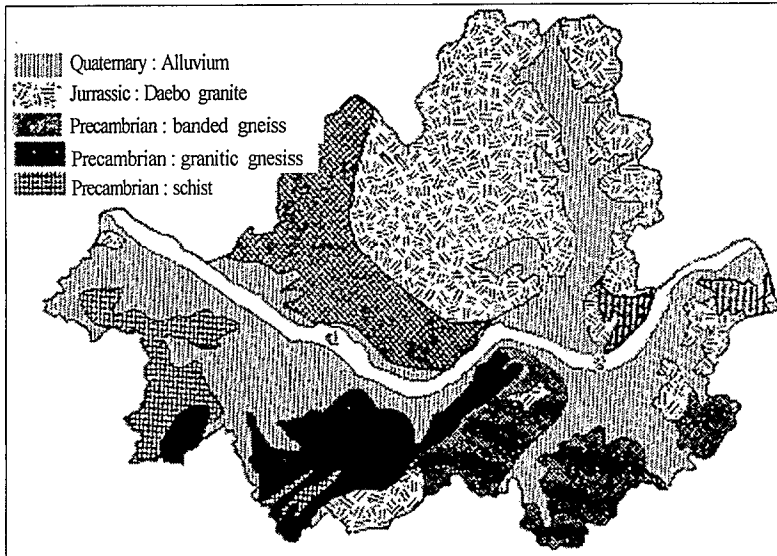


Fig. 1. Geology of Seoul.

광주산맥 중의 삼각산·도봉산, 남쪽은 관악산·남한산성, 동쪽은 예봉산, 서쪽은 계양산 등이다. 또 한강의 지류인 경안천·왕숙천·양재천·회천·한천·청계천·안양천·창릉천·굴포 유역의 일부도 포함된다¹⁾.

본 지역의 지질은 대부분 선캄브리아기의 연천계의 편암류와 준편마암류에다 중생대말기의 불국사통에 속하는 화강암으로 구성되어 있다. 암층의 분포를 한강을 중심으로 하여 구분하면 한강 이남 지역과 한강 이북 지역으로 양분되는데 한강 이남 지역은 다시 동남부와 서남부로 나눌 수 있다.

2. 한강 이남 지역

1) 동남부

이 지역의 암석은 연천계의 편암류와 준편마암이 주를 이루며, 전자는 결정편암류로서 이에는 흑운모편암을 주로 하여 석회암·활석편암·녹니석편마암이 협재하고 있다. 본암층은 한강 지류인 양재천 서부와 남한산성 동측에 있는 단층 동쪽에 넓게 분포되어 있으며, 이 지역의 서부에서는 흑운모편암이 주이고 관악산 부근에서는 화강암이 관입되어 있다.

2) 서남부

이 지역의 편암류는 탄평리편암, 안양 규암층으로 준편마암은 흑운모편마암으로 구분되며, 동남지구와 비교하면 편암류는 결정편암류이며 흑운모편마암은 편마암류에 대비된다.

3. 한강 이북 지역

1) 박노식, 1967. 남한의 층적층의 통계학적 지질연구. 광산지질 제8권 3호 p. 125.



Fig. 2. Rock distribution of Seoul.

본 지역에 있어서도 연천계는 암상에 따라 편암류와 준편마암류로 구분된다. 이들은 한강이남지역에까지 동북방향으로 연장된 지층들이다. 본 지역 중앙부에는 편마암이 넓게 분포하고 연천계는 이로 인하여 서부와 남부로 분리되어 분포하고 있다.

편암류는 서부에서는 문산-금촌 부근, 문산군 광탄면, 양주군 백석면 또 양수리 상류 북한강 연안에, 기타 지역에서는 준편마암이 분포되어 있다. 화강암은 한강이남에 있어서는 광주산맥의 잔구인 관악산을, 한강이북에서는 북한산을 중심으로 북북동-남남서 방향으로 사교하며 광범위하게 분포되어 있고 기타 서남지역에서는 분산적으로 분포되어 있다. 이와 같은 연천계의 편마암류와 준편마암류의 변성암류와 또는 중생대의 화강암류 사이를 판류하고 있는 한강은 양수리를 지나서 팔당 이하의 유역 또는 그 지류의 충적층에는 gravel, fine sand 또는 coarse sand, clay, silt 등의 호층으로 된 범람원이 지역에 따라 다소 차이는 있으나 약 10 m의 두께로 침식된 기반암을 피복하고 있고, 이 퇴적층에는 주위 산지의 화강암·편암·편마암 등에서 공급된 원력 또는 아원력과 사력이 퇴적되어 있다²⁾.

전체적으로 서울 부근의 암석 분포를 보면 Fig. 2에서와 같다. 즉 서울은 근처에 북한산 저반(B)이 자리잡고 있으며 남산(N)은 북한산 저반의 일부이고 한강 남쪽의 관악산(S)은 암주에 해당한다고 본다. 남산과 관악산 사이는 편마암(Gn)의 분포가 두드러진다³⁾.

남산의 지질

1. 개 관

남산 일대의 지질은 주로 선캠브리아기의 편마암과 이를 관입한 중생대 흑운모 화강암으로 구성되어 있다(Fig. 1). 편마암은 주로 호상 흑운모 편마암으로 구성되어 있으며 남산 정상부(262 m) 및 남동쪽의 261.5 m 고지를 포함하여 남산의 남서부 일대에 분포하고 있다. 이 편마암에는 호상 구조가 잘 발달하여 있으며 엽상 구조의 주향은 NNW 방향이고 경사는 NE이며, 경사각은 곳에 따라 크게

2) 상계서. p. 10.

3) 정창희. 1987. 신지질학개론. 박영사, p. 68.

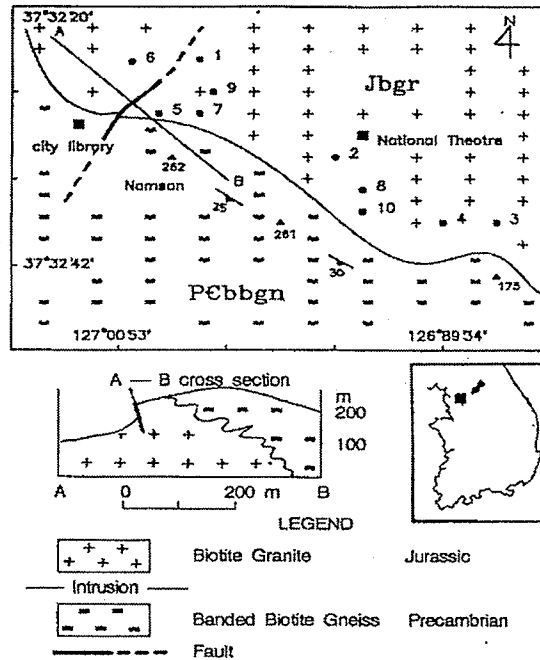


Fig. 3. Geologic map of the Mt. Namsan area and sampling sites.

변한다⁴⁾.

흑운모 화강암은 남산의 북동사면 중간 지점부터 그 북쪽에 분포하며 북악산, 인왕산, 북한산을 거쳐 의정부, 동두천으로 연결되어 대상분포를 하고 있어서 남산에 분포하는 흑운모 화강암은 이 큰 화강암체의 남서 끝부분에 해당한다. Rb/Sr 전암법에 의하여 측정된 서울 화강암의 암석 연대는 160 ± 10 Ma(Park, 1972)인 것으로 보아 서울 화강암의 관입 시기는 중생대 쥐라기인 것으로 보인다. 서울 화강암 내에는 극히 소규모의 아플라이트(aplite)맥이 관찰된다.

2. 암석의 분포

1) 호상 흑운모 편마암

경기 변성암 복합체의 일부로서 연구지역의 남반구를 차지하고 있는 본 암석은 대체로 조립등립 변정질(granoblastic) 조직을 보이며, 주로 석영 및 장석으로 구성된 우백질인 부분과 흑운모로 이루어진 유색 광물 부분이 서로 교호하고 있는 특징을 지니고 있다.

2) 흑운모 화강암⁵⁾

본 암석은 중립 내지 조립의 등립질 암석으로 주구성 광물로는 석영, 사장석, K-장석, 흑운모 등이

4) 김수진, 이민성, 김원사, 이수재. 1994. 서울 지역의 자연환경 변화에 관한 연구 : 남산 화강암의 풍화에 관한 환경 광물학적 연구. 대한지질학회지, 제30권, 제3호, p. 286.

5) 상계서, p. 287.

며, 부구성 광물로는 인회석, 저어콘 불투명 광물 등이 있고, 이차적으로 생성된 백운모, 녹니석 견운모 등이 관찰된다.

석영(모드 평균 37.4%)은 타형으로 결정이 큰 편이며(평균 6.4 mm), 파동 소광을 보이고 일부는 직소광을 보인다. 강한 파동소광을 보이는 일부 석영 입자는 봉합상 구조를 보이기도 한다. 석영 입자의 내부에는 작은 결정의 백운모나 자형의 사장석이 포함되어 산출되기도 한다.

K-장석(모드 평균 34.9%)은 주로 미사장석으로 산출되고 대부분이 퍼사이트화 된 큰 입자(~13 mm, 평균 7.6 mm)로 나타난다. 퍼사이트의 일부는 견운모화 되어 있다.

사장석(모드 평균 25.6%)은 자형 내지 반자형의 큰 결정으로(평균 2.8 mm) 성장한 것과, 퍼사이트나 석영의 내부에 작은 결정으로 포획된 두 종류가 나타난다. 사장석의 화학 조성은 EPMA에 의하면 $Ab_{85} \sim Ab_{100}$ (223 부분 분석 결과)까지의 변화를 보인다.

흑운모(모드 평균 1.4%)는 자형 내지 반자형으로(평균 1.1 mm), 대부분이 변형에 의해 벽개가 휘어져 보인다. 특히 석영이나 사장석, 미사장석의 입자들 사이에서 관찰되는 것은 심한 변형을 보인다. 또한 흑운모는 내보에 저어콘과 불투명 광물을 포함하고 있는 경우가 많으며, 일부 흑운모는 점토 광물로 변했다. 백운모는 대체로 흑운모보다는 함량이 적고 사장석과 미사장석의 변질에 의해 2차적으로 형성된 것과 일부 흑운모와 공존하며 자형 내지 반자형 형태로 성장한 것이 관찰된다.

3) 남산 화강암의 암석학적 광물학적 특성⁶⁾

남산 화강암은 한반도 중부에 널리 분포되어 있는 소위 서울 화강암(Seoul granite)의 일부이다. K-Ar 연대측정(박, 1972)에 의하면 서울 화강암은 쥐라기(Jurassic age)에 선캄브리아 변성암 복합체에 관입되었다. 이 화강암체는 일반적으로 중심에서 조립질의 입자를 보이며 4개의 절리계(joint system)를 갖고 있다. 즉 $N12^{\circ}W/10^{\circ}NE$, $N35^{\circ}E/68^{\circ}SE$, $N76^{\circ}E/74^{\circ}SE$, 그리고 $N60^{\circ}E/80^{\circ}NW$ (Lee, 1993)이다. 남산 화강암은 주로 석영, 사장석, 정장석, microcline, 흑운모 등으로 구성되어 있다.

4) 남산 화강암의 풍화에 관한 환경 광물학적 특성⁷⁾

남산 화강암의 풍화대에 대해 광물 및 암석의 수직적 변화를 보면 풍화대는 약 1 m 깊이까지 형성된 것으로 나타나며, 점토 광물은 변질이 진행되나, 심부에서는 광물의 화학 조성의 변화가 있는 경우에 광물 입자의 내부가 변질이 매우 심하게 진행된다.

3. 지질 구조

화강암 지대에서 관찰되는 지질 구조로는 단층과 절리가 있다. 단층과 절리는 이 지역 암석들의 풍화에 직접 영향을 주고 있다. 그것은 이들이 화학적 풍화를 일으키는 빗물과 지하수의 통로 역할을 하고 있기 때문이다.

6) Kwon, S. T., D. L. Cho, C. Y. Lan, K. B. Shin, T. Lee and S. A. Mertzman. 1994. Petrology and geochemistry of the Seoul granitic batholith. Jour. Petrol. Soc. Korea. Vol. 3, No. 2, p. 42.

7) 김수진 외, p. 284.

Table 1. Joint groups of the Mt. Namsan granite

Directions	Spacings (m)	Extention (m)	Frequency (no.,m)	Termination type	No. of date
N12W/10NE	1.11	2.56	0.97	X, H, T	30
N35W/68SE	1.12	2.58	0.88	H, X, T	19
N76W/74SE	1.03	2.82	0.80	X, H, L, T	17
N60E/80NW	1.08	2.97	0.29	H, X	7

지금까지는 남산에 단층이 보고되어 있지 않았으나 본 연구에서 남산에 상당히 큰 단층이 존재한다는 것이 밝혀졌다. 이 단층(남산 단층)은 남산 주봉(262 m) 북서 방향에 있는 절벽의 아래쪽에 약 N30°E의 주향과 70°SE의 경사를 가지고 있는 역단층으로서 단층 면의 상반인 남산 주봉쪽 암석이 하반인 식물 왼쪽 암석의 위 방향으로 이동한 모양을 하고 있다. 단층면이 경사를 이루고 있으며 따라서 단층 상반이 바로 절벽을 이루고 있다. 단층면에는 단층이 생성될 때 생긴 단층점토가 잘 발달(최고 30 cm 두께)되어 있다.

단층 상반과 하반의 풍화 현상에는 현격한 차이가 관찰된다. 즉, 상반 암석은 비교적 신선하고 풍화를 덜 받고 있으나 하반 암석은 거의 신선한 암석을 관찰할 수 없을 정도로 심하게 풍화되어 있다. 본 남산 단층은 확인된 부분만도 그 연장이 300 m이다. 그러나 남쪽 및 북쪽으로 더 연장될 것으로 예상된다.

4. 서울 화강암

1) 서울 화강암

서울 화강암은 조사지역의 대부분을 점유하고 있으며, 선캠브리아기의 호상흑운모편마암을 관입하고 있고 주변의 호상흑운모편마암에 비해 풍화에 저항이 강해 고지대를 형성하고 있다. 이 화강암은 우리나라 중부에 긴 대상으로 분포하며 저반을 이루는 대보 화강암이라 명명된 암체의 일부로 중생대 쥐라기에 기반암을 광범위하게 관입한 것으로 알려져 있다.

조사지역에 나타나는 서울 화강암은 서울-의정부-동두천-포천-기산으로 이어지는 북북동-남남서 방향의 긴 대상분포를 하며 나타나는 화강암질 저반의 남부에 해당된다. 방사성 동위원소에 대한 암석의 절대연령 측정 결과 대부분 1억 6천만 년에서 2억 년 전으로 보고되었다. 대부분의 구성광물은 육안상 구분할 수 있는 조립질로서 석영, 사장석, 정장석, 흑운모가 주성분 광물이며 부성분 광물로는 인회석과 적철석 등 불투성 광물이 존재하나 그 양은 매우 적다.

서울 화강암은 대부분의 노두에서 대체로 세 방향의 절리를 포함하고 있으나, 지역에 따라 네 방향의 절리를 포함하는 곳도 다수 관찰된다. 세 방향의 절리 중 두 방향은 수직 정방절리이고 나머지는 판상절리이다. 이러한 판상절리는 대체로 경사가 급한 고지대에서는 저지대에서 보다 높은 각도로 경사지며, 수직 정방절리와 함께 발달하고 있는 판상절리는 산사태의 주요 발생원인이 될 수 있다.

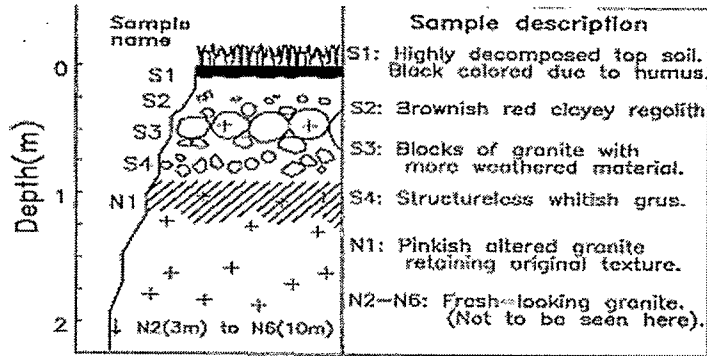


Fig. 4. Weathering profile of Mt. Namsan granite and sampling sites.

2) 서울 화강암질 저반의 암석학 및 지구화학⁸⁾

서울 저반은 주로 흑운모 화강암(BG)과 석류석 흑운모 화강암(GBG)으로 구성되며, 토날라이트-석영섬록암과 흑운모 화강암(south-BG)과 같이 고려했을 때, 모든 자료는 대부분의 GBG와 south-BG가 우백질에 속함을 지시한다.

3) 화강암의 풍화단면

남산 화강암의 풍화단면은 매우 단순하다. 그 이유는 몇몇 군데의 단층이나 절리의 발달 층과 관련된 곳을 제외하고는 대부분이 의미 있는 정도의 중요한 구조 현상이나 광물학적인 변화를 보이고 있기 때문이다. 망간, 이산화철, 수소 등이 지표나 또는 약간의 지역의 fissure를 따라서 침전되어 있다.

서울 및 안양 화강암의 암석지화학적 연구(홍영국, 1984)에 의하면 서울 화강암과 안양 화강암은 "S-type"으로서 알칼라인 서브솔브스(Subsolvus) 몬조화강암에 속하며, 이들은 지화학적 연구 결과 앰피볼라이트상 편마암류의 30% 및 10%가 각각 부분 용해되어 생성된 것으로 나타났다. 이들 두 화강암체가 특히 회토류 원소에서 현저한 차이를 보임은 부수광물이나 분별결정 작용의 정도에 기인된 것으로 사료된다. 즉, 안양 화강암은 서울 화강암에 비해 장석의 분별결정 정도가 높다.

5. 화강암의 풍화

1) 풍화 현상⁹⁾

남산의 북쪽 사면을 이루고 있는 남산 화강암은 남산 단층을 경계로 하여 동쪽 부분(단층의 상반)과 서쪽 부분(단층의 하반)의 풍화 상태가 현저하게 다르다. 남산 단층 동쪽 부분의 화강암은 서쪽 부분에 비하여 비교적 풍화 정도가 낮아서 신선한 노두를 자주 관찰할 수 있지만, 남산 단층 서쪽 부분의 화강암은 신선한 노두를 찾아보기 힘들 정도로 깊은 곳까지 심하게 풍화되어 있다.

화강암에 있어서 풍화가 가장 쉽게 일어나는 부분은 빗물이 쉽게 스며들어가 암석이 빗물과 자주

8) Kwon, S. T., D. L. Cho, C. Y. Lan, K. B. Shin, T. Lee and S. A. Mertzman. 1994. Petrology and geochemistry of the Seoul granitic batholith. Jour. Petol. Soc. Korea. Vol. 3, No. 2, p. 109.

9) 김수진 외, 1994, 전개서, p. 289.

접하는 단층면과 절리와 같은 부분이다. 신선한 암석의 표면에서도 구성광물들 간의 틈이나 또는 광물 자체의 벽개면에 따라 물이 침투하여 상당한 변질을 초래하고 있다.

2) 풍화의 근본¹⁰⁾

풍화의 근본 원인은 물이며, 이 물은 암석과 반응하여 풍화 잔류물을 남기고, 물의 화학 성분은 달라진다. 물은 유동성이 있고 인간 생활에 여러 가지 영향을 미치므로 수리학적 모델링을 할 수 있는 컴퓨터 소프트웨어가 많이 개발되어 있다(Kharaka *et al.*, 1988).

3) 화강암의 풍화¹¹⁾

화강암의 풍화는 풍화속도가 비교적 느리지만 구성광물의 단순성으로 인하여 풍화 현상을 연구하는 데 매우 좋은 정보를 제공해 준다. 풍화에 대한 지질학적 현상은 Clayton(1969)이 포괄적으로 논의하였으며, Chesworth(1971)는 화강암 풍화의 화학적 및 광물학적 연구 추세를 개괄하였다. 화강암 내의 광물 변질에 대한 실험적 연구(Berner and Holdren, 1977)와 이론적 고찰(Helgeson *et al.*, 1969)은 지표상의 화강암 변질에 대해 중요한 자료를 제시하였다.

4) 남산 화강암 풍화 요약¹²⁾

남산 화강암의 풍화를 물과 광물의 흡착작용의 관점에서 연구한 결과를 인용하면 순수한 증류수만으로도 광물-물의 흡착반응이 일어나며, 그 반응속도는 암석/물의 비율에 따라 수 초~수 시간 이내로 매우 빠르다. 광물과 물이 반응할 때 가장 영향을 미치는 것은 광물 표면의 결합상태와 물의 수산이온농도이며, 암석/물의 비율은 용액의 수산이온농도를 좌우한다.

5) 토의 및 결론¹³⁾

남산 정상 북서쪽 약 200 m 지점(암벽 아래쪽)에는 약 N30°E/80°SE 방향의 역단층(남산 단층)이 존재한다. 이 남산 단층은 약 300 m 정도 지표에서 추적이 되지만 북동·남서 방향으로 더욱 연장될 것으로 추정된다. 이 단층은 남산의 지형 형성에 큰 영향을 미쳤을 뿐만 아니라 현재의 자연 환경 변화에도 큰 영향을 주고 있다.

남산 단층을 경계로 하여 그 동쪽(단층의 상반)지역과 서쪽(단층의 하반)의 화강암의 풍화 양상이 현저하게 다르다. 단층의 서쪽에 있는 화강암은 신선한 노두를 찾아보기 힘들 정도로 심하게 풍화되어 있지만 단층의 동쪽에 있는 화강암은 거의 풍화되어 있지 않았다. 남산 단층의 상반은 비교적 풍화 정도가 약하지만 하반은 상대적으로 심하여 차별적 침식에 의하여 여러 곳에서 절벽을 이루고 있다.

10) 김수진 외, 1994, 상계서, p. 285.

11) 김수진 외, 1994, 상계서, p. 285.

12) 이수재, 김수진. 1994. 남산 화강암의 풍화 및 광물 - 물 반응에 관한 연구. 한국광물학회지 제7권 제1호, p. 40.

13) 김수진 외, 1994, 전계서, p. 289.

화강암의 풍화는 이를 구성하고 있는 장석과 흑운모의 변질에 의하여 이루어지고 있다. 장석은 벽개면, 쌍정명, 누대 구조, 퍼어사이트 등과 같은 부분이 지하수와의 반응에 의하여 용해되면서 주위 환경에 따라 스멕타이트, 카올리나이트, 일라이트 등의 점토광물로 변하고 흑운모는 14Å 점토 광물로 변질되며 또한 이때 생성된 철분에 의해 갈철석이 만들어지면서 화강암은 풍화가 진행된다.

서울 부근의 지형

1. 하천 지형

한강의 유로는 강원도 금강산에서 화천군으로 흐르는 북한강과 강원도 설악산, 한계령 방면에서 인제를 거쳐 춘천으로 흐르는 소양강과 춘천에서 합류되고, 이것은 강원도 정선·영월·단양을 거쳐 충주·여주로 흐르는 남한강과 경기도 양수리에서 합류되어 서울 쪽으로 흘러 황해로 들어간다¹⁴⁾.

한강의 하계망은 비교적 단순한 수지상(dendritic pattern)을 이루고 있는 것이 보통이지만 청평·가평·춘천 등지의 경춘가도를 따라서는 규모가 큰 단층에 의한 절리나 소규모 단층을 따라 발달하는 직각상(rectangular pattern)의 하계망이 발달되어 있다.

한강유역의 지형은 범람원과 구릉 및 산악지대로 구분이 되며 경작 가능한 지역은 낮은 범람원과 구릉지대이다. 지형의 고도는 서에서 동으로 가면서 점점 높아지고 1,700 m 이상에 달하는 곳도 있다. 특히 남한강과 북한강이 합류되는 양수리 부근에서부터 하류 쪽으로는 여러 곳에 넓은 하곡지대가 발달하고 있으며 남한강쪽 상류로 충주까지에도 넓은 하곡평야가 발달되어 있다. 유역의 지질구조는 동 지역 내의 지하수 활동에 많은 영향을 주고 있으며 단층이 지하수 활동을 억제하고 있는 반면, 단층·절리 또는 파쇄대가 지하수 활동의 통로역할을 하고 있는 곳도 있다¹⁵⁾.

한강과 임진강이 합류되는 한강 하류는 바로 중국계의 추가령지구대의 입구로 임진강은 저지대를 흐르고 있다. 이 저지대에 병행하여 태백산맥의 기점인 철령(685 m)에서 분기되어 달리고 있는 광주산맥은 역시 중국계산맥으로 그 방향이 북북동에서 남남서의 주향을 유지하고 있으며 주로 연천계의 변성암과 화강암으로 구성되었고 남측에는 단층애를 보이고 있다. 이러한 단층애는 특히 연천계의 편마암과 준편마암의 지질경계선에 잘 나타나 있고, 북한산·청평 부근과 경안천 연안에 있는 단층애는 바로 이러한 것이다. 연천계의 변성암이나 중생대의 화강암도 한국의 지질구조의 주방향인 중국계방향에 따라서 절리의 발달이나 주향이 결정된 것이 특색이다¹⁶⁾.

2. 산지 지형

광주산맥은 오랜 기간 동안의 침식으로 삭박되어 구릉화 되었다. 한강 북부에는 100~500 m의 구릉이 대부분이고 북한강 상류에서는 일부 1,000 m의 산지를 이루기도 하며 한강 이남에 있어서는 100 m 이하의 구릉이 대부분이고 500 m 정도의 산지도 존재한다.

한강 이북의 북한산(836 m), 도봉산(716 m), 수락산(637 m), 불암산 (567 m), 인왕산(338 m), 안산(295 m), 한강 이남의 관악산(629 m)은 광주산맥 중의 화강암잔구로 암석의 절리에 의해 돔(dome)형

14) 소칠섭, 이기형. 1974. 한강하류의 현재퇴적물에 관한 연구. 광산지질 3권 p. 88.

15) 건설부 산업기지개발공사. 1978. 한강유역조사보고서, p. 20.

16) 박노식. 전제서 p. 10.

의 봉우리가 형성되어 있다¹⁷⁾.

한강 연안에 인접하고 있는 지형을 보면, 양수리 부근의 능내리까지는 연천계의 변성암의 편암류 지대이며 연안에는 다소의 충적지가 있으나 양수리에서 팔당 부근은 같은 계통의 편마암으로 된 산지가 연안까지 임박하여 하도의 협공지대를 형성하고 있고, 창우리에서 광장동 아차산까지는 편암의 구릉지대이며 그 지역은 하천의 곡류가 심한 지역으로 하중도·하적호·자연제방이 교차된 넓은 범람원의 충적평야가 전개되어 있다. 아차산에서 서강까지의 지역은 화강암, 편암이 주이고 편마암은 암사동대안의 위커힐과 똑섬 부근이며, 서빙고대안의 동작동과 서강에는 편암의 독립구릉이 공격사면을 형성하고 있다.

난지도 이하는 편마암의 구릉지대로 한강 이북은 편암, 행주산성의 고립구릉 이남은 철산(화강암), 고촌(편암)의 고립구릉이 역시 공격사면을 형성하고 있다. 이와 같이 본 지역은 창우리에서 행주신평리까지는 하도의 변천이 가장 심한 완류지역으로 고립구릉의 공격사면과 저평한 평지의 활주사면의 위치관계로 하천의 사행에 따라서 당정·미사리·잠실·여의도의 하중도는 강남쪽에, 석도·난지도는 강북쪽에 위치하고 있다.

남산의 지형

남산에는 다양한 지형이 나타난다. 그러나 하계망의 발달은 미약하다. 가장 흔한 지형은 절리현상, 토어현상, 타포니현상, mass movement, 풍화현상, 단층, 급경사 등을 들 수 있다.

1. 절리 현상

절리현상은 서울지역 산지에서 가장 대표적인 지형 특색의 하나이다. 지표상의 암석 구조 중에서 가장 흔하게 눈에 띄는 것이 절리이며, 이런 현상은 다각적으로 연구되고 있기는 하지만 구조현상에서 가장 분석하기 힘든 면을 가지고 있다. 절리는 암석의 물리적인 연속성을 끊는 단열 또는 분할선을 말하며, 분할면과 평행해서는 두드러진 움직임이 없고 표면에 굽은 면이 존재하기도 한다.

일반적으로 암석이 탄성 한계를 넘는 힘을 받으면 절리와 단층과 같은 단열이 형성되는데, 성층암과 화성암에 발달한 절리는 지각변동에 의한 것이라고 볼 수 있고, 화강암의 절리는 냉각·수축으로부터 형성되기도 한다. 절리는 지하 깊은 곳보다는 지표 부근에 많이 나타나는 것이 보통이고, 지각의 어떤 단열상태를 가장 잘 나타내는 지표가 되며 따라서 이의 해석은 지형 발달에 중요한 의미를 가진다. 지형 형성에 작용하는 절리의 직접적인 역할은 그리 크지 않으나 절리는 침식의 모든 영역을 덮고 있어 지형에 대한 간접적인 영향이 크다고 볼 수 있다. 또한 절리는 지하수의 순환 작용을 원활하게 하여 평형작용이 진전되도록 돕기도 한다¹⁸⁾.

Fig. 5는 절리현상을 정리한 것이다. 남산을 포함한 서울 화강암에 발달된 절리의 특징은 다음과 같다.

즉, 서울 화강암의 최대압축강도는 $1,100 \sim 1,440 \text{ kg/cm}^2$ 로서 강북점에 이르기까지는 탄성을 갖는다.

17) 상계서. pp. 10-11.

18) 김주환, 성춘자. 1994. 불암산 지역의 지형정보에 관한 연구. 지리학 연구 제23집, pp. 13-14.

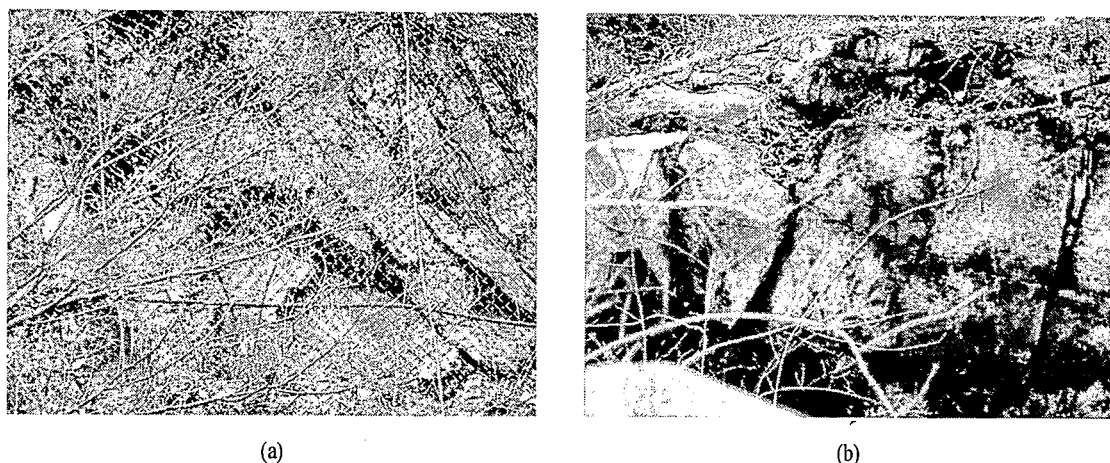


Fig. 5. Joint.

최대압축강도에서 보이는 전단각(압력과 전단면의 수직선이 이루는 각)은 $59^{\circ} \sim 66^{\circ}$ 이고 압력과 전단면이 이루는 각은 $24^{\circ} \sim 31^{\circ}$ 에 달한다.

야외에서 측정된 모든 절리의 방향을 통계내어 Stereonet 상에서 전단각을 구하면 66° 로서 실험에 의한 전단각과 거의 일치한다. 따라서 서울화강암 내에 발달한 절리는 후대보조산운동에 따른 횡압력(compressive stress)에 의한 것이다.

본 서울 화강암 내에 발달한 절리를 생성시킨 힘은 두 방향에서 작용하였다. 즉 55°E 의 방향으로 수평면과는 동측으로 경사진 압력과, 38°E 방향으로 동측으로 18° 경사진 압력이 그 원인이 된다. 서울화강암의 단층과 절리를 생성시킨 압력은 평균 $1,200 \text{ kg/cm}^2$ 의 크기이며 약 $1,200 \text{ kg/cm}^2$ 이상의 압력이 가해질 때는 단층이고 그 이하에서는 절리가 생성된 것으로 판단된다.

2. 토어 현상

토어라는 말은 ‘뚝바로 서 있는 석탑’이라는 켈트어에서 유래되었다. 원래는 남서잉글랜드의 다투어 고원에 발달한 화강암의 암괴 지형을 가리키는 지방어였다.

초기엔 성인적인 입장에서 정의하려고 하였으나 다양한 성인에 의해 형성된다는 연구로 근래에는 형태적인 의미로 정의하는 경향이 있다. 토어는 주변보다 우뚝 솟은 독립성이 강한 돌더미나 작은 구름 형태로 5~20 m의 규모를 갖는 미지형을 말한다.

토어의 성인은 다양한 가능성에 대해 고려해야 한다. 특히 암석의 구조, 지형적 위치와 이에 따른 지역적 미기후의 다양성 등으로 설명해야 하며, 토어의 위치와 형태를 결정짓는 기본적인 요소는 암석의 구조이다. 특히 절리의 밀도는 암석의 풍화 정도에 영향을 주어 토어의 지역적 분포와 형태에 결정적인 영향을 준다.

차별 풍화에 의해 형성된 독립성이 강한 암괴미지형으로 정의되는 토어의 성인은 1단계 발달이론과 2단계 발달이론으로 크게 분류된다.

1단계 발달이론과 관련된 인자로는 주빙하작용, 페디플레네이션, 솔루션 팬에 의한 수직 붕괴 작용



Fig. 6. Tor.

을 들 수 있다. 1단계 발달이론이 지상풍화(대기 중 풍화)를 강조한 것이라면 2단계 발달이론은 심층 풍화를 강조한 것이다. 지하수의 침투로 지중의 기반암이 풍화를 받게 되는데 이때 절리가 조밀한 부분은 쉽게 풍화되고, 암석 부분만이 저항성이 강하여 핵석으로 남게 된다. 이는 현재의 기후 하에서 용기에 따른 회춘, 단층운동, 식생파괴 등에 의한 침식작용의 활발한 부활로 노출되었다고 보는 것이다. 그렇기 때문에 빙하지역을 제외한 거의 모든 지역에서 이 요인으로 인한 토어가 발달된다¹⁹⁾.

Fig. 6의 토어현상은 남산에 나타나는 토어의 일부이다. 전체적으로 mass movement의 영향이 커서 토어현상이 잘 나타나지 않는다.

3. 타포니 현상

타포니라는 말은 코르시카섬에서 암석에 나타나는 풍화현상을 "구멍 투성"이라는 뜻으로 부르는 데서 취해진 지형형태를 말하는 용어이며, 1894년 펄크(A. Penck)에 의해서 사용되기 시작하였고, 현재는 지형학의 일반적인 용어가 되었다. 타포니는 천축상의 돌출부를 갖는 동굴모양의 풍화침식 지형이며, 수직면에 발달하는 풍화혈로서 암괴의 측면이나 하단부와 층상구조의 하부 또는 풍화산물의 경사면 등에 발달하는 구멍 혹은 동굴을 말한다.

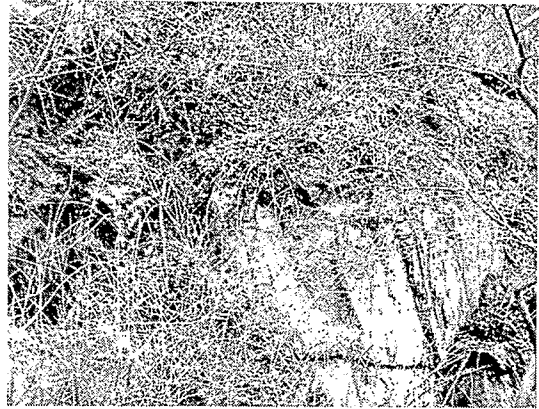
타포니의 성인은 다양하나 화강암의 주된 풍화과정이 대체로 입상붕괴와 flaking에 의한다고 볼 때, 타포니의 형성도 이 양자에 의한 것이라 볼 수 있다. 그러나 동일 암석에서도 차별적으로 입상붕괴와 flaking 작용이 유도되고, 그 결과 타포니의 지역적 편재를 가져오는 메카니즘은 다음 3가지 측면에서 생각해 볼 수 있다.

첫째는, 기후적인 측면에서 생각할 수 있다. 기온이나 수분상태의 변화에 의해서 조암광물간의 결합력이 약화되면 소규모의 불규칙한 균열이 생기고, 이 균열을 따라 침투된 수분은 빠른 기온변화에 의하여 수축과 팽창을 반복해서 입상붕괴를 촉진시킨다. 이와 같이 타포니는 기온의 변화가 수분과 결합될 때 특히 잘 발달한다고 보며 수분이 오랫동안 유지될 수 있는 지표 가까이의 암석하단부나

19) 권동희. 1987. 한국산지에 발달한 Tor에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위 논문, pp. 18-27.



(a)



(b)

Fig. 7. Tafoni.

절리면을 따라 잘 발달한다.

둘째는, 염풍화 작용(salt weathering)으로 이 현상이 발견되는 곳에서는 rock meal로 알려진 미세한 입자들이 발견되는데, 염풍화가 일어나기 위한 필수적인 조건으로는 염류의 공급이 계속 이루어져야 하고, 염류가 집적될 수 있도록 바람이나 비로부터 그늘진 곳이라야 한다. 그리고 염류가 주기적으로 공급되면서 염류의 결정작용이 이루어질 수 있도록 습도와 온도 변화가 있어야 한다. 이러한 현상이 잘 나타나는 지역은 화강암으로 된 암석해안으로 해수의 공급을 주기적으로 받을 수 있는 어느 정도의 고도가 있는 지역이다.

셋째는, 심층풍화와의 관계이다. 타포니 현상도 일종의 풍화현상으로서 지표에서의 노출풍화인지 혹은 심층의 피복풍화인지의 검토가 필요한데, 그 이유는 화강암이 심층에서 수분과 접촉하면 기수 분해가 가장 보편적으로 일어나기 때문에 화강암의 조암광물인 장석류가 풍화되어 제거되면 석영입자가 붕괴되는 입상붕괴의 메카니즘이 되는 것이다²⁰⁾.

Fig. 7은 남산 지역에서 나타나는 타포니의 일부를 정리한 것이다. 좀더 세밀한 조사가 진행되어야겠지만 남산 지역에서는 타포니의 발달이 미약하다.

4. Mass Movement²¹⁾

매스 무브먼트(mass movement)란 유수·바람·빙하 등과 같은 운반 매개체의 개입없이 중력에만 의하여 사면에 쌓여 있는 암설(岩屑)이 아래쪽으로 이동하는 일련의 과정을 총칭해서 말하며 매스 워스팅(mass wasting)이라고도 한다. 그러나 수분과 얼음은 매스 무브먼트의 중요한 촉매 역할을 한다.

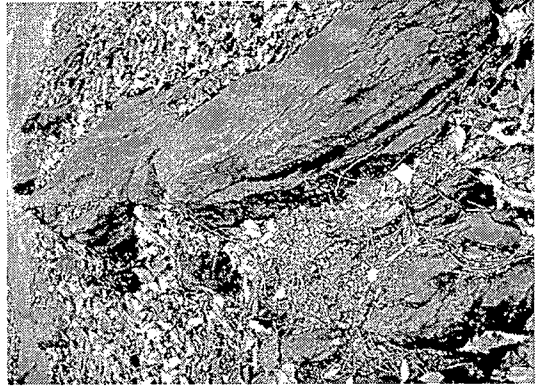
매스 무브먼트는 삭평형 작용(削平衡作用: degradation)으로 사면의 발달과 유지에 큰 영향을 미친다. 사면의 경사가 급할수록 활발하고 마찰은 사면에 대한 수직항력에 비례한다. 암설이 미끄러지는 중력은 사면 경사의 사인(sine)에 비례하고 제자리에 머물러는 항력은 코사인(cosine)에 비례한다.

20) 金周煥, 成春子. 1994. 전계서, pp. 15-16.

21) 김주환. 2002. 地形學. 동국대학교 출판부, p. 37.



(a)



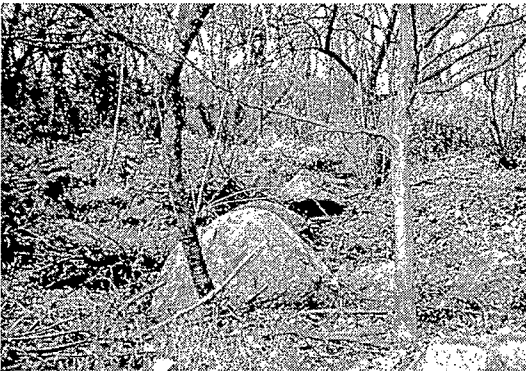
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 8. Mass movement.

경사(傾斜)가 급해짐에 따라 중력 성분이 처음엔 급격히 증가하였다가 점차 감소한다. 40° 이상인 절벽은 암설이 제자리에 있지 못하고 굴러 떨어진다. 따라서 절벽에는 암설이 머무르지 못한다. 또한 지표상에서 가장 많은 비율의 사면은 5° 이하인 사면으로 매스 무브먼트가 활발하지 못하다. 퇴적물들이 사면에 쌓일 수 있는 사면의 최대 경사는 35° 내외이고 경사가 이보다 급해지면 암설이 굴러 떨어지면서 원래의 경사를 유지한다.

남산 사면 전체를 통해서 가장 흔한 현상이 mass movement이다. 그 규모나 종류를 볼 때 풍화층 상부쪽으로는 모두 중력에 의한 사면의 이동이 이루어지고 있다고 볼 수 있다.

5. 풍 화²²⁾

암석에서 진행되는 풍화작용은 기계적 풍화와 화학적 풍화가 동시에 작용함으로써 풍화의 진행을 더욱 촉진시킨다. 기후조건 또는 지형조건에 따라서 기계적인 풍화가 우세한 지역도 있고, 반대로 화학적 풍화가 우세한 지역도 있다. 암석에서는 기계적 풍화가 진행됨에 따라 쪼개지는 면(面)이 증가하고, 수분과 접하는 면이 증가하게 된다. 한 면이 1 m인 육면체의 암괴가 화학적인 풍화를 받는 면은 6 m²이나 이 암괴가 모든 면의 2등분되는 균열에 따라 쪼개지면 8개의 작은 암괴로 되고 이때는 12 m²의 표면이 화학적 풍화를 받게 되므로 2배의 풍화진행속도(風化進行速度)를 갖게 된다. 또한 미세한 균열에 스며든 수분은 화학적 풍화를 일으킴으로써 틈 사이의 결합력(結合力)을 약화시키고 쉽게 부스러지게 한다. 특히 나무뿌리에 의한 물리적인 풍화현상이 두드러진다.

6. 단 층²³⁾

암석이나 지층이 변형될 때 그 연속성이 파괴되어 지괴가 분리되고, 이들 지괴가 서로 수평 또는 수직 방향으로 어긋나 있는 구조를 단층이라고 한다. 이러한 지괴의 분리면을 단층면이라고 하며 단층은 단층면을 사이에 두고 양쪽 지괴가 서로 어긋나기 때문에 생기는 현상이다. 점토질 퇴적층에서는 길이가 십여 센티미터, 지괴간의 변위가 수 밀리미터에 불과한 단층도 있으나 규모가 큰 것은 길이가 수백 킬로미터, 변위량이 수십 미터에 달하기도 한다.

단층에서 알 수 있는 주향과 경사의 측정은 퇴적암에서와 같은 방법이다. 단층면 위쪽 지괴는 상반, 아래쪽 지괴는 하반이라고 부른다. 단층면이 선명하게 나타나며, 지괴간의 마찰에 의하여 단층면이 연마를 받는다. 연마를 받은 면은 거울처럼 광택이 난다고 하여 단층경면이라고 부른다. 단층면을 따라서 암석이 미세하게 분쇄되면 빙하 밑에서 생성되는 암분과 유사한 단층점토가 형성된다. 사진에서는 단층의 일부이거나 또는 단층이 형성될 때 받은 힘의 방향과 동일한 방향의 절리면을 갖는 노두들을 많이 발견할 수 있다.

7. 급경사²⁴⁾

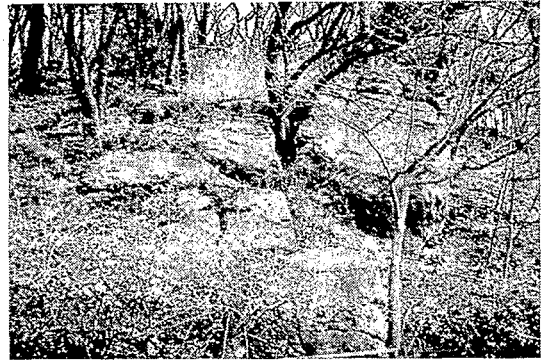
22) 김주환. 2002. 地形學. 동국대학교 출판부, p. 572.

23) 김주환. 2002. 地形學. 동국대학교 출판부, p. 351.

24) 김주환. 2002. 地形學. 동국대학교 출판부, p. 646.



(a)



(b)



(c)



(d)

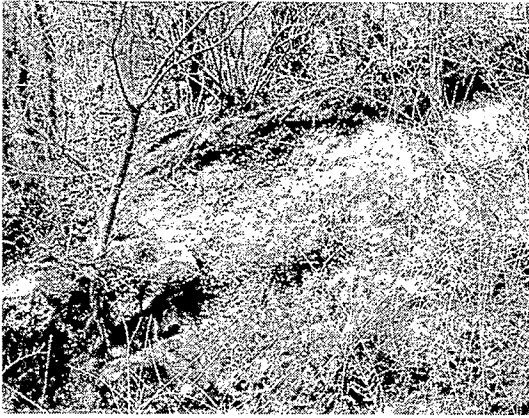


(e)



(f)

Fig. 9. Weathering.



(g)



(h)



(i)



(j)

Fig. 9. Continued.

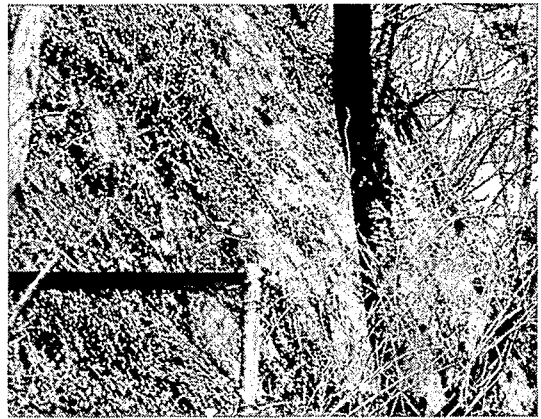
급경사의 사면이 퇴적암의 성층면과 일치하는 경우에는 암괴가 미끄러지기 쉽다. 빨리 활강하는 암괴는 암설로 부서지고, 공기의 압축으로 유동성 운동도 할 수 있으므로 암석에별런치와 구별이 어렵다. 이러한 급사면은 암벽이 불안정하여 거대한 암괴가 기반암으로부터 분리·활강할 가능성이 높다.

8. 남산의 하계망

본 연구 지역의 수계 분석을 하계망도를 작성하여 알아보았다. 연구지역의 '하계망도 분석 내용에서 하천의 차수, 하천의 수, 하천의 분기율 등의 자료를 산출하였다. 23개의 1차 수류, 3개의 2차 수류, 2개의 3차 수류를 갖고 있고, 분기율은 각각 7.66, 1.5이다. 이를 미루어 보아 저차수 하천의 수는



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 10. Fault.



(a)

Fig. 11. Steep slope.



(b)

Fig. 11. Continued.

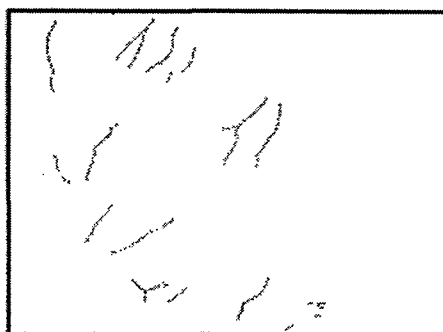


Fig. 12. Drainage network.

Table 2. Stream order, bifurcation ratio and stream length

Order	Number	Bifurcation ratio	Length of stream(km)	Mean length of tributary(km)
1st	23	7.66	12.9	0.56
2nd	3	1.5	1.45	0.48
3rd	2		0.65	0.32

따라서 고차수 하천의 수가 적어 하천의 하계망 발달이 제대로 이루어지지 않았음을 알 수 있다.

결 론

1. 남산 일대의 지질은 주로 선캠브리아기의 편마암과 이를 관입한 중생대 흑운모 화강암으로 구성되어 있다.
2. 호상흑운모 편마암은 조립, 등립, 변정질 조직을 보인다.

3. 흑운모 화강암은 중립 내지는 조립의 등립질 암석이다.
4. 남산 화강암의 풍화대는 약 1 m 정도이다.
5. 남산 화강암지대의 지질구조에서는 단층과 절리가 중요하다.
6. 남산 화강암의 풍화단면은 매우 단순하다.
7. 남산 화강암은 남산 단층을 경계로 동쪽 부분과 서쪽 부분의 풍화 상태가 다르다.
8. 남산 화강암은 대체로 조립질 입상 조직을 보이며 소량의 흑운모가 포함되어 있다.
9. 남산에는 하계망의 발달이 현저하지 못하다.
10. 남산에는 절리현상이 다양하게 나타나며 이는 서울 화강암의 일부이며 3~4개의 절리 세트가 확인된다.
11. 남산에는 토어나 타포니 현상이 나타나지만 흔하지는 않다.
12. 남산에는 mass movement나 풍화가 잘 진전된 노두가 많이 나타난다.

이번 조사를 통하여 부족한 점들은 추후에 더욱 세밀한 조사가 필요하리라고 생각된다.

인용문헌

- 김수진, 이민성, 김원사, 이수재. 1994. 서울지역의 자연환경 변화에 관한 연구 : 남산 화강암의 풍화에 관한 환경 광물학적 연구, 대한지질학회지 30(3):284-296.
- 김주환. 1995. 서울의 地形. 韓國地理教育學會. pp. 57-72.
- 김주환. 2002. 地形學. 동국대학교 출판부. 1089pp.
- 이수재, 김수진. 1994. 남산 화강암의 풍화 및 광물 - 물 반응에 관한 연구. 한국광물학회지 7(1):40.
- 장동수, 김남규. 1996. GIS를 활용한 도시공원 시공 후 평가에 관한 연구 - 서울 중구 남산골공원을 중심으로 -, 한국 GIS 협회지 4(1):93-105.
- 정상원, 정상용. 2002. 서울시 북동부의 서울화강암에 대한 불연속면의 특성. 토목지질학회지 12(2): 167-178.
- 홍영국, March. 1984. 주라기 서울 및 안양화강암의 암석지화학적 연구. 대한지질학회지 20(1):51-71.
- Kwon, S. T., D. L. Cho, C. Y. Lan, K. B. Shin, T. Lee and S. A. Mertzman. 1994. Petrology and geochemistry of the Seoul granitic batholith, Jour. Petrol. Soc. Korea. 3(2):109-127.

요 약

남산 일대의 지질은 주로 선캠브리아기의 편마암과 중생대 흑운모 화강암으로 구성되어 있으며 흑운모 편마암은 조립, 등립의 조직을 보인다. 남산 화강암의 풍화대는 약 1 m이며 매우 단순하다. 지역의 지질구조 중 특이한 것은 단층과 절리의 발달이다. 남산에는 하계망의 발달이 현저하지 못하다. 남산에는 절리현상이 다양하며 3~4개의 세트가 확인된다. 기타 남산에는 토어나 타포니 현상이 나타나 흔하지는 않다. Mass movement의 현상은 매우 일반적이며 풍화가 매우 잘 진전되었다.

검색어: 단층, 매스 무브먼트, 절리, 타포니, 토어, 편마암, 하계망, 화강암