

남한의 수계 발달과 지질구조와의 관계에 관한 연구

김규한* · 김완숙*

A Study on the Relationship between Stream Patterns and Geologic Structures in South Korea

Kim, Kyu Han* and Kim, Wan Sook*

ABSTRACT: Drainage patterns were investigated to interpret the unknown geologic structure and geomorphic history in South Korea. Dendritic and rectangular patterns are most prominent ones developed in the granitic and sedimentary terrain. Drainage density ranges from 0.47 in the Nakdong river basin to 0.31 in the South Han river basin. Fine drainage texture is appeared in the Nakdong basin characterized by sedimentary beds of Mesozoic age, and coarse one are in the South Han river basin where Precambrian metamorphic rocks are dominated. Geological structures interpreted by stream pattern analysis are reasonably good agreement with the result by lineaments analysis and geological mapping.

서 언

수계패턴은 구조선의 특성과 밀접한 관계가 있다 (Howard, 1967, Ritter, 1984). 그러나 우리나라와 같이 오랜 지질시대 동안 침식을 받은 지역에서는 지질조사만으로 지질구조 확인이 어려운 경우가 많다. 그래서 위성 사진을 이용한 선구조 분석 연구가 이루어진 바 있다 (김성균 1979, 강필중 1979, 김옥준 1980). 본 연구에서는 일반적으로 오래된 지형이 지질구조와 구조선의 관계를 받아 수계가 발달되었다는 가정하에 수계패턴 분석에 의해 해석된 구조선과 지질조사에서 확인된 단층을 비교 분석하여 지질조사에서 미확인된 단층을 추정하고자 한다. 또한 수계 분지의 수계밀도, 수계패턴의 특성 분석으로 지형과 지질과의 관계를 해석하고자 한다. 이를 위하여 1:250,000 지형도의 수계를 도해하고 수계에서 해석된 구조선과 위성사진에서 얻은 선구조, 지질조사에서 얻어진 단층구조와를 수계 분지 (낙동강, 섬진강, 영산강, 금강, 북한강, 남한강)별로 서로 비교하였다. 그리고 지구구조별 수계패턴의 특징을 검토하였다.

수계분지별 수계패턴의 분석

수계패턴의 종류

남한의 수계패턴은 주로 수지형 (dendritic pattern), 직교형

(rectangular pattern), deranged 형, trellis 형, 방사형, 등으로 구성되어 있으며 그 중 수지형과 직교형이 가장 현저하다 (Fig. 1b). 수지상 수계패턴은 대보 화강암류와 불국사 화강암 저반 지역과 경상계 퇴적층 지역에 주로 발달하고 있다. 직교상 수계는 NNE-SSW, ESE-SSW 방향이 지배적이며 경기도 포천지역 및 경북 상주-김천 지역에 잘 발달하고 있다. 일반적으로 호수와 늪지역을 연결하여 발달하는 deranged pattern이 전남지역과 충청남도 서해의 평야지역에 드물게 발달하고 있다. 화산지형인 제주도에는 타원형의 방사상 수계가 발달하고 있다. 수계 분지를 북한강 분지, 남한강 분지, 금강 분지, 영산강 분지, 섬진강 분지, 낙동강 분지, 기타 분지로 크게 구분하였다. (Fig. 1a).

북한강 수계 분지

북한강 수계 분지 내에는 수지형과 직교형의 수계가 가장 우세하게 발달하고 있다. Shreve (1967)의 하천의 차수 구분에 의하면 3차 하천이 우세하다. 이 지역은 선크브리아기의 변성암류와 화강암질 암석이 주로 분포하고 있다. 수계 주방향은 NNE-SSW와 NE-SW 방향이 우세하다. 1차 또는 2차 하천은 이 방향에 직교하는 방향으로 발달하고 있다.

남한강 수계 분지

수계 유형은 주로 수지상과 trellis pattern, 직교형 이다. 하천의 차수는 2차 하천이 우세하며, 남한강 하류지역에서는 4차 하

*이화여자대학교 과학교육과 (Dept. Science Education, Ewha Womans Univ., Seoul 120-750, Korea)

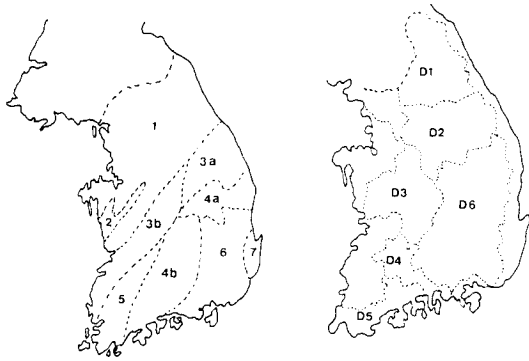


Fig. 1.a. Drainage basin (right) and tectonic zone (left, after Kim, 1980) maps in South Korea. 1. Gyeonggi massifs, 2. Gongju trough, 3a. Okcheon miogeosyncline, 3b. Okcheon paleogeosyncline, 4a. Youngnam (Taebagsan) massif, 4b. Youngnam (Jirisan) massif, 5. Youngdong-Kwangju trough, 6. Gyeongsang basin, 7. Yeounil basin, D1. North Han river basin, D2. South Han river basin, D3. Kum river basin, D4. Somjin river basin, D5. Younsan river basin, D6. Nakdong river basin.

Table 1. Drainage density of some drainage basin in South Korea.

Basins	Total length of Stream ($\sum L$:km)	Basin area (A : km ²)	Basin density (L/A)
Nakdong river basin	10,819.5	23,000	0.47
Somjin river basin	1,258.75	3,450	0.36
Younsan river basin	1,165.25	3,300	0.35
Kum river basin	4,100.5	10,500	0.39
S.Han river basin	4,380.75	14,000	0.31
N.Han river basin	4,085	11,200	0.36
Average			0.37

천도 소수 발달하고 있다. 수지형은 주로 화강암 지역에 발달하고 직교형은 단층지역 그리고 trellis 형은 고생대 습곡 퇴적암 지역에 발달하고 있다. 수계의 주류의 방향은 북한강 수계 분지에서와는 달리 NW-SE 방향이고 이 방향에 수직으로 1차 하천이 다수 발달하고 있다.

금강 수계 분지

수지형 및 직교형이 발달하고 있다. 4차 하천이 다수 발달하고 있으며 기타 수계 분지에서보다 대다수의 하천이 차수가 높다. 4차 하천의 방향은 NNE-SSW 이나 3차 하천은 NNE-SSW 방향이 우세하다. 하천의 규칙적인 방향성이 기타 수계 분지에서보다 약하다. 본 지역은 육천 지향사 퇴적층으로 복잡한 지질구조가 수계발달 및 지형형성에 영향을 주었기 때문으로 보인다.

섬진강 수계 분지

소규모 수계 분지로서 수지형 또는 직교형이 발달하고 있다. 수계의 특정 방향성은 나타나지 않는다. 2차 또는 3차 하천이 형성되어 있다. 본 지역은 퇴적암류와 화산암류의 분포가 많다.

낙동강 수계 분지

남한에서 가장 넓은 수계 분지로서 면적 23,000 km²이며 직교형 수계패턴과 고차수의 수지형 수계패턴이 발달하고 있다. 직교형 수계의 주류의 방향은 NNE-SSW 와 NE-SW 방향이 복합되어 있다. 5차 및 4차의 하천의 발달 등 고차의 하천이 우세하다. 수계의 조직이 세립화 되어 있으며, 수계밀도가 남한에서 가장 높다. 본 지역은 중생대의 퇴적암류와 화산암류가 주로 분포하고 있다.

수계밀도

수계 분지별 수계밀도

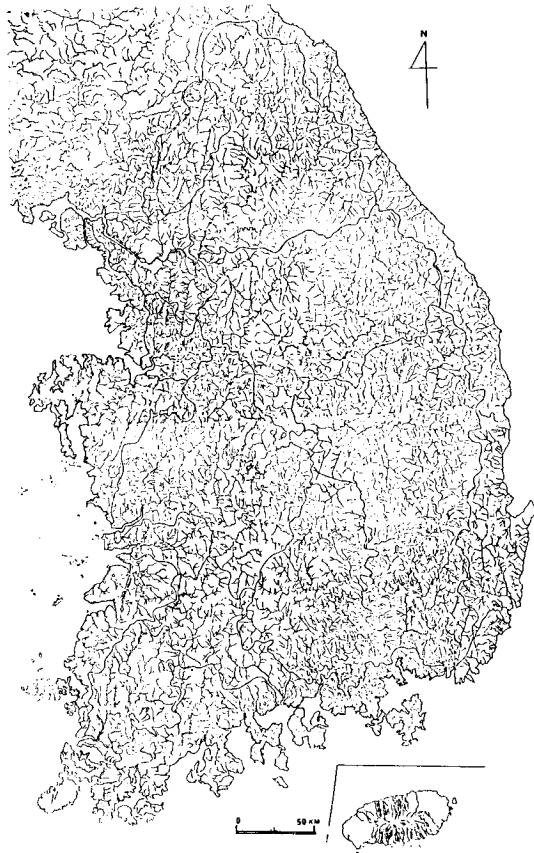


Fig. 1.b. Drainage texture of South Korea

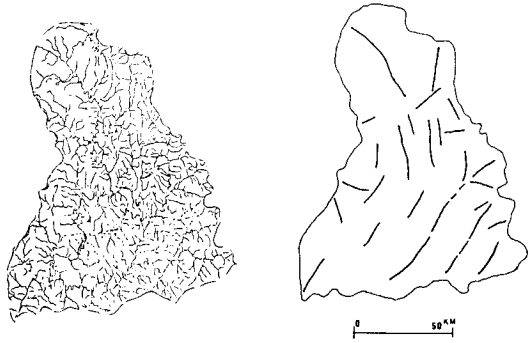


Fig. 2. Drainage textures (left) and geological structure (right) interpreted by stream pattern in the North Han river basin.

주요 수계 분지의 수계 분지 면적, 하천의 길이를 측정하고 수계 밀도를 계산한 결과는 표 1과 같다. 1:250,000 지형도상의 수계의 길이는 curvimeter를 사용하여 측정하였으며 면적측정은 Polar planimeter를 사용하였다. 가장 높은 수계 밀도를 보이는 수계 분지는 낙동강 분지(0.47)이고 금강 분지(0.39), 섬진강 분지(0.36), 북한강 분지(0.36), 영산강 분지(0.35)가 중간 값을 보이며 남한강 분지(0.31)가 가장 저밀도 수계를 나타내고 있다. 그리고 남한 전체의 평균 수계 밀도는 0.37이다. 수계분지별 수계 조직(drainage texture)은 그림 1-b에서와 같이 낙동강 수계 분지 지역이 가장 조밀하며 분지내에서도 남쪽으로 갈수록 수계 조직이 세밀화(fine) 된다. 따라서 수계 밀도도 남쪽이 북쪽보다 높다. 영산강과 섬진강은 낙동강에 비해 저밀도 수계이지만 수계 조직은 균일하게 발달되어 있다. 그리고 남한강은 남부지역이 세립수계조직을 나타내고 낙동강은 중부 지역이 조밀한 수계 조직을 보이고 있다. 이러한 수계 조직과 밀도는 각 수계 분지 지역의 지질의 영향을 크게 받는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 일반적으로 선펠캠브리아 변성암 지대와 경상계 퇴적암지역에서 고밀도의 수계가 발달하고 있다. 저밀도 수계발달지역은 주로 옥천대의 고생대 퇴적암 지역, 대동계 중생대 퇴적암 지역, 화강암질 암석지역에 발달하고 있다.

지구조구별 수계밀도

김 옥준 (1980)에 의해 구분된 지구조구별로 구분하여 계산된 각 구조구의 수계밀도는 표 2와 같다. 연일 분지 지역이 0.45로 가장 높은 수계밀도를 보이고 있는데 이는 이 지역의 구성 암석이 이암, 셰일, 사암 등이 호층으로 주로 이암이 우세하게 분포되어 있기 때문이다. 이들 암석은 풍화, 침식에 약하기 때문에 지류가 발달하여 세립수계조직 (fine drainage texture)를 형성하여 수계의 밀도가 높게 나타나고 있는 것으로 해석된다. 그리고 경기 육괴 (0.40), 영남육괴 (태백산지역, 0.39, 지리산지역, 0.38)등 선

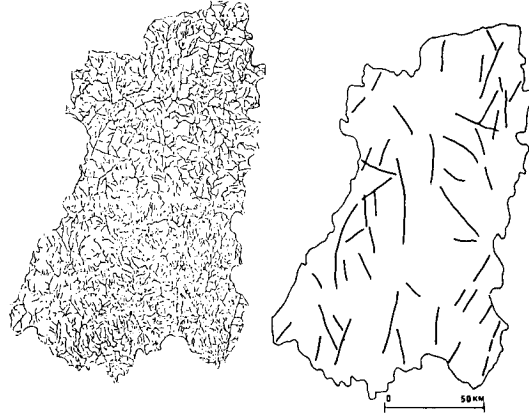


Fig. 3. Stream patterns (left) and geological structure (right) deduced by stream pattern analysis in the Nakdong river basin.

Table 2. Drainage density of eight geological provinces, South Korea.

Tectonic provinces (Kim, 1980)	Total length of stream ($\sum L$: km)	Area of tectonic provinces (A: km ²)	Drainage density of tectonic province
Gyeonggi massif	14,020.25	35,000	0.40
Ogcheon paleogeosyncline	2,721.75	9,000	0.30
Ogcheon neogeosyncline	2,269.75	6,500	0.35
Yongdong-Kwangju trough	2,927.75	5,500	0.39
Yongnam (Taebaegsan) massif	2,144.75	5,500	0.39
Yongnam (Jirisan) massif	4,360	11,500	0.38
Gyeongsang basin	9,089.50	29,900	0.30
Yeonil basin	808	1,800	0.45
Average			0.37

캠브리아 변성암 지대에서도 비교적 높은 수계밀도를 나타내고 있으며 세립수계조직이 발달하고 있다. 그리고 고생대 퇴적암으로 구성된 옥천 신지향사대는 0.35로 선펠캠브리아에 비해 약간 낮은 값을 보이며, 옥천 고지향사대 (0.30)는 경상퇴적분지 (0.30)와 함께 가장 낮은 값을 보인다. 경상분지는 낙동강 유역에서 가장 큰 수계밀도를 보이고 있으나 남해안을 따라 발달한 여천 화산암지대에서 아주 낮은 수계밀도를 가져 경상분지 전체의 수계밀도 값이 낮게 나타나고 있다. 수계의 밀도 차이를 가져오는 여러 원인중 중요한 요인은 기반암의 특성이다. 기반암이 화강암질암과같은 경암인 경우나 투수율이 높을 때에는 일차적으로 저밀도의 수계가 형성되고, 기반암이 셰일과 같은 연암이거나 투수율이 낮으면 고밀도의 수계가 발달한다. 그리고 밀도는 지형의 고도가 고지에서는 저지에서 보다 낮고, 경사지에서는 특히 작으므로 심한 습곡지역인 옥천 고지향사대 지역이 옥천 신지향사대 지역보다 수계밀도가 낮게 나타나고 있는 것으로 생각된다. 한편 지질시대가 오래된 지역인 경기 영남육괴가 비교적

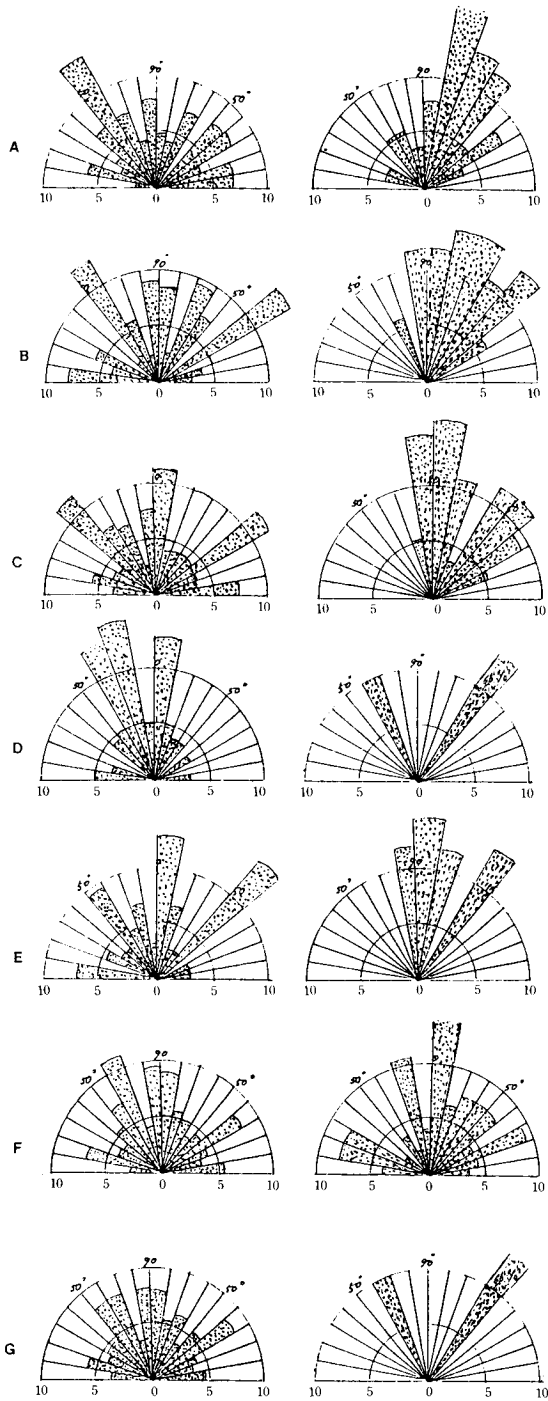


Fig. 4. Directions of geological structure deduced from the stream pattern analysis (left figure) and those detected by geologic mapping (right figure) for some drainage basin in South Korea. A; South Han river basin, B; North Han river basin, C; Kumkang river basin, D; Youngsan river basin, E; Somjin river basin, F; Nakdong river basin, G; entire stream basin.

수계밀도가 높게 나타나는 경향이 있는데 이것은 지형의 발달 과정이 지질시대의 시간과도 밀접한 관계가 있는 것으로 해석된다.

수계유형에서 해석된 단층과 지질구조에서 밝혀진 단층선 방향

한강 수계분지

1:250,000 지질도 상에 표현된 단층선과 수계패턴 해석에서 추정된 단층선의 방향을 남한강과 북한강 지역으로 구분하여 검토하였다. 남한강 지역의 구조선은 NNE-SSW 에서 NE-SW 까지의 방향과 NW-ES 방향이 발달하고 있다. 그러나 수계패턴 해석에서 얻어진 구조선의 방향은 NNE-SSW 방향보다 약하게 발달한 NE-SW, NW-SE 방향의 직각상 수계의 높은 빈도가 나타나고 있다.

그리고 북한강 지역은 Fig. 2에서처럼 남한강 지역과 유사하게 NNE-SSW 에서 NE-SW 방향으로 구조선이 발달하고 있으며, 구조선의 영향을 받아 발달한 수계는 NE-SW 방향과 이 방향에 수직인 NW-SE 방향이 우세하다.

금강 수계분지

이 지역에는 NNE-SSW, NNW-SSE, NE-SW 방향을 갖는 구조선이 발달하고 있으며, 직교상 수계의 빈도는 NNE-SSW, EN-SW 그리고 NE-SW 방향에 수직인 NW-ES 에서 강하게 나타나고 있다.

영산강 수계분지

이 지역에서는 NE-SW 방향은 강하게 NNW-EES 방향은 약하게 발달한 구조선을 갖고 있다. 직각상 형태를 보이는 수계의 방향은 Fig. 1에서 처럼 NE-SW 의 구조선의 방향을 가로지르는 NW-ES에서 NNW-EES 까지 우세한데 이것은 NW-SE 방향을 갖는 소규모 구조선을 상상할 수 있게 한다.

섬진강 수계분지

Fig. 1에서 처럼 구조선은 NNE-SSW, NE-SW 그리고 NNW-SSE 방향으로 발달하고 있고 구조선의 영향을 받아 발달한 수계의 방향도 NNE-SSW, NE-SW 가 강하므로 비교적 상관 관계가 높게 나타난 지역이다.

낙동강 수계분지

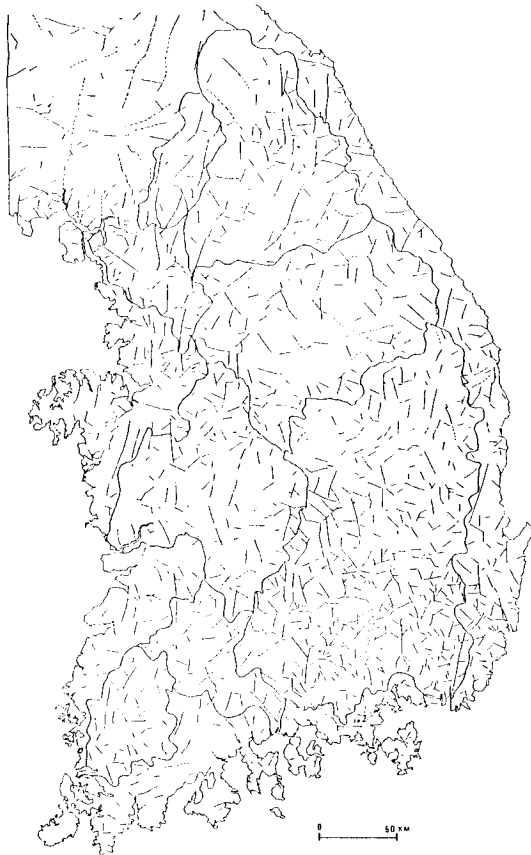


Fig. 5. Geological structure deduced from drainage pattern analysis.

수계분지 내에 발달하고 있는 구조선의 방향은 NNE-SSW, NNW-SSE, NE-SW, WNW-ESE 의 순이다. 한편 구조선의 영

향을 받아 형성되었을 가능성이 있는 직각상 수계의 방향은 NNE-SSW, NNW-SSE, NE-SW 방향이 우세하게 나타나고 있다. 즉 본 지역에서는 구조선이 하천의 유로 결정에 중요한 역할을 하였음을 알 수 있으며 특히 NE-SW의 주향을 갖는 수계는 양산 단층과 동래 단층에서처럼 연속되는 단층선 곡을 따라서 발달하고 있다 (Fig. 3). 상기의 각 유역별로 수계유형분석에서 얻어진 구조선의 방향과 지질조사에서 얻어진 구조선의 방향은 Rose diagram으로 도시하면 Fig. 4 A-F와 같다. 그리고 상기 유역별로 발달되어 있는 구조선의 방향을 모두 총합하여 전 수계분지의 자료를 하나의 Rose diagram으로 도시하면 Fig. 4G에서 처럼 지질조사에서 얻어진 구조선의 방향은 NNE-EES에서 NE-SW 까지가 가장 강하게 나타나고 NNW-EES 방향이 그 다음으로 우세한 방향성을 보이고 있다. 수계패턴에서 해석된 구조선의 방향은 NNE-SSW, NNW-SSE, NE-SW 그리고 NE-SW 의 직각 방향인 NW-ES 방향에서 강하게 나타나고 있다. 수계패턴 분석에서 얻어진 예상 구조선을 종합하면 Fig. 5와 같다.

각 수계분지별 및 지구구조별로 얻어진 구조선의 방향과 수계패턴 해석에서 추정된 구조선의 방향을 Table 3, 4 에 요약하였다. Table 3, 4와 Fig. 4에서와 같이 지질구조에서 밝혀진 단층과 수계에서 측정된 구조선의 방향의 일치율이 높지 않다. 한편 지질구조에서 밝혀진 구조선에 직교 방향으로 직각상 수계의 발달이 현저하게 나타나고 있는데 이것은 NNE-SSW 방향의 주단층선에 직교하게 발달한 조사되지 못한 많은 소규모구조선의 존재를 예상하거나 구조선에 직각으로 발달하는 저차수 지류의 영향 때문인 것으로 해석할 수 있다.

선구조 단층 수계와의 관계

일차적으로 선구조선이라 함은 단층, 층리, 열극, 파쇄대, 암맥

Table 3. Characteristic of some drainage basins in South Korea.

Name of basin	Lithology	Fault trend	Geologic structure trend deduced from drainage pattern	Drainage density
Nakdong river basin	Gyeongsang supergroup Jurassic and Cretaceous granites	NNE-SSW	NNE-SSW	0.47
		NNW-SSE	NNE-SSW	
Somjin river basin	Precambrian metamorphic rocks	NNE-SSW	NNE-SSW NE-SW	0.36
Youngsan river basin	Tertiary groups, Gyeongsang group (igneous rock)	NE-SW	NW-SW	0.35
Kum river basin	Precambrian metamorphic rocks Ogcheon group		NNE-SSW, NE-SW	0.39
S.Han river basin	Precambrian metamorphic rocks Ogcheon group	NNE-SSW	NW-ES	0.31
N.Han river basin	Precambrian rocks, Jurassic and Cretaceous granites	NNE-SSW	NE-SW	0.36
		NE-SW	NW-SE	

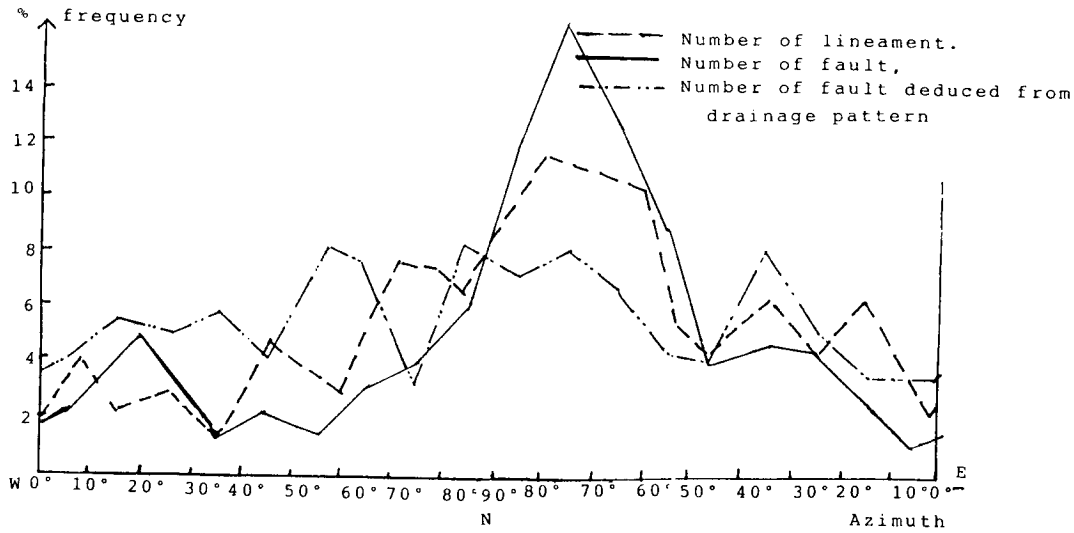


Fig. 6. Cartesian histogram of lineament and fault (Kang, 1979) and geological structure deduced from the drainage pattern in South Korea.

Table 4. Characteristics of some geotectonic zones in South Korea.

Name of basin	Lithology	Fault trend	Geologic structure trend deduced from drainage pattern	Drainage density
Gyeonggi massif	Precambrian rocks Jurassic and Cretaceous granites	NNE-SSW	NNE-SSW	0.40
Ogcheon paleogeosyncline	Low metamorphic rocks	NNE-SSW NNE-EES	NNE-SSW	0.30
Ogcheon neogeosyncline	Paleozoic sedimentary rock	NNE-SSW	NW-ES	0.35
Yongnam massif (Taebaegson block)	Precambrian rocks Jurassic granites	NNE-SSW WNW-ESE	NNE-SSW WAW-ENE	0.39
Youngnam massif (Jirisan block)	Precambrian rock Jurassic and Cretaceous granites	NNE-SSW WNW-ESE	NW-ES	0.38
Gyeongsang basin	Gyeongsang Supergroup Cretaceous granites Tertiary group	NNE-SSW NW-ES	NW-ES	0.30
Yeonil basin	Tertiary group and Gyeongsang supergroup	NNE-SSE NE-SW		0.45
Youngdong-Kwangju trough	Gyeongsang Supergroup Cretaceous granites Tertiary groups	NNE-SSW NNW-SSE	NNW-EES	0.37

등의 지질학적인 현상이 항공사진 및 인공위성에 선상(線狀)으로 나타나는 것을 말하며 지형의 요철면, 영상 Tone의 급격한 변화 및 좁은 Tone의 연속, 조직의 변화, 하천의 유로 발달 형태를 반영한다. 그러나 그 중에서도 부(negative)의 선구조선을 반영하는 가장 중요한 요소는 수계의 발달이다. 강필중(1979)의 선구조선, 단층선의 자료와 구조선의 영향을 받아 발달한 직각상 형태를 갖는 수계의 방향성을 비교해 보면 선구조선은 NNE-SSW 방향이 가장 우세하게 나타나고, NNW-EES, NE-SW, NW-SW,

그리고 WNW-ESE 방향이 강하게 발달되어 있다. 이에 비해 구조선은 NNE-SSW 방향이 아주 강한 빈도를 보이며, NNW-EES, WNW-ESE, NE-SW 방향도 비교적 우세하다. 구조선의 영향을 받아 발달한 직각상 수계의 방향은 그 빈도에 있어서 단층만큼 뚜렷한 경향을 보이지 않지만 NNE-SSW, NNW-SSE, NE-SW 방향이 현저하며 특히 선구조선이나 단층방향의 직각방향도 우세하게 나타나고 있다. 일반적으로 선구조선의 방향, 단층선의 방향, 수계패턴 분석에서 추정된 구조선의 방향들이 일치

하고 있다 (Fig. 6).

결 론

남한에 발달하는 수계 패턴은 수지형과 직교형이 가장 우세하다. 수계 유형 분석에서 해석된 단층선과 지질조사에서 얻어진 단층선의 방향을 수계 분지별, 지구구조별로 비교 검토한 결과 단층의 방향과 수계 패턴 분석에서 추정된 구조선의 방향이 비교적 일치하고 있다. 즉, 남한에 발달한 단층선의 방향이 수계의 방향을 규제하고 있는 경우가 많다.

남한의 평균 수계 밀도는 0.37이며 수계 분지별 수계 밀도는 낙동강(0.47)이 가장 높고, 금강(0.39), 북한강(0.36), 섬진강(0.36), 영산강(0.36) 순이며 가장 낮은 지역은 남한강(0.1) 수계 분지이다. 지구구조별 수계 밀도는 연일분지 (0.45), 경기육괴(0.40), 영남육괴(0.39), 영동-광주 함몰대(0.37), 옥천 신지향사대(0.35) 순이며, 가장 낮은 값을 보이는 지역은 옥천 고지향사대(0.30), 경상분지(0.30)로 나타나고 있다. 경상분지는 주변지에서 고밀도의 수계 밀도를 보이나 남해안을 따라 발달한 여천 화산암류 때문에 전체값이 낮아진 것으로 해석할 수 있다. 따라서 수계 밀도는 기반암의 특성을 잘 반영하고 있다. 선캠브리아 변성암지대와 경상계 퇴적 지층인 경상분지 그리고 이암, 셰일, 사암의 호층지역인 연일분지에서 높은 밀도의 수계가 발달되고 있다. 선구조선과 단층 및 수계와의 관계에서 지질구조에 의해 나타난 구조선과 수계에서 추정해낸 구조선의 방향성은 밀접한 관련성이 있다. 특히 NNE-SSW, NNW-SSE, NE-SW 방향으로 직각상 수계가 잘 발달하고 있으며 이러한 수계가 구조선을 직각으로 자르는 방향으로 강한 빈도를 보이는 것은 미조사된 많은 소규모의 구조선을 추정할 수 있게하며, 또한 구조선에 직교하게 발달하는 저차수 수계의 영향 때문인 것으로 해석할 수도 있다.

사 사

본 연구는 1993년도 이화여자대학교 교내 연구비의 지원과 전략광물자원연구센터의 부분지원으로 이루어졌다. 자료정리에 협력하여준 대학원생 하우영양에게 감사한다.

참고문헌

강필중 (1979) 남한 인공위성 영상의 지질학적 분석 (1). 지질학회지,

제 15권, p. 109-126.
 강필중 (1979) 남한 인공위성 영상의 지질학적 분석 (2). 지질학회지, 제 15권, p. 181-191.
 강필중, 임정웅, 김의웅 (1977) Landsat-I 영상에 의한 태백산지역 지질 구조와 암석분 포상태에 관한 연구 (I). 지질학회지, 제 13권, p. 53-70.
 국립지리원 (1982) 1/25만 지형도 (서울, 안동, 강릉, 속초, 남천점, 대전, 광주, 목 포, 여수, 제주)
 김옥준 (1980) 한반도의 지진 지체구조 분석에 관한 연구 과학 기술처, p. 159 (미 발표)
 김주환, 강필중, 임정웅 (1976) Landsat-I 영상에 의한 영남지역 지질구조와 광상과의 관계 연구. 지질학회지, 제 12권, p. 79-89.
 연세대학교 지질학과 동문회 (1982) 한국의 지질과 광물자원, 김옥준 교수 정년퇴임 기념지.
 Dale F. Ritter (1978) Process geomorphology. America, Wm. C. Brown Company Publishers.
 Doornkamp, J.C. and C.A.M. King (1971) Numerical analysis in geomorphology. London, Edward Arnold.
 Gregory, K.J and D.E. Walling (1973) Drainage basin form and process. London, Edward Annold.
 Haworth R.J. and C.D.Ollier (1992) Continental rifting and drainage reversal : The Dearence river of eastern Australia. Earth Surface Processes and Landforms, v. 17, p. 387-397.
 Howard, A.D. (1967) Drainage analysis in geologic interpretation : summation. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 51, p. 2246-2259.
 Korea Institute of Energy and Resources (1984) Tectonic map of Korea (1:2,000,000) Seoul, Korea of Energy and Resources.
 Kim, O.J. (1968) Stratigraphy and tectonics of Okcheon system in the area between Chungju and Munkyeong. Jour Korea Inst. Mining Geol., v. 1, p.35-46.
 Kim, O.J. (1969) Geology and tectonics of the midcentral region of south Korea. Jour Korea Inst. Mining Geol., v. 2, p. 73-90.
 Kim, O.J. (1972) Precambrian geology and structure of the central region of south Korea. Jour Korea Inst. Mining Geol., v. 5, p. 231-240.
 Kim, O.J. (1979) Mineral resources of Korea. Circum Pacific Energy and Mineral Resources, Memoir, no. 25.
 Kim, S.K. (1979) Analysis of the lineaments extracted from LAND-SAT images of the Korean peninsula. Journal of Earth Sciences, v. 26/27, Nagoya University, p. 49-74.
 Kim, K.H., O.J., Kim, K.D. Min and Y.S. Lee (1984) Structural paleomagnetic and petrological studies of Chugaryeong Rift Valley. Jour Korea Inst. Mining Geol., v. 17, p. 215-230.
 Ritter, D.F. (1984) Process Geomorphology. W.M.C.Brown Co. Pub. 603p.

1994년 10월 6일 원고접수