

## 위성 영상 선구조의 지질학적 응용 - 의성소분지의 경우

김원균\*\*\* · 김상완\*\* · 원중선\*\* · 민경덕\*\*, 김정우\*

세종대학교 지구과학과 지구정보 연구소\*, 연세대학교 지구시스템학과\*\*

### Geological Application of Lineaments from Satellite Images - A Case Study of Euseong Sub-basin

Won-Kyun Kim\*\*\*, Sang-Wan Kim\*\*, Joong-Sun Won\*\*,  
Kyung-Duck Min\*\*, and Jeong-Woo Kim\*

Dept. of Earth Sciences and Research Inst. of Geoinformatics & Geophysics, Sejong University\*

Dept. of Earth System Sciences, Yonsei University\*\*

**Abstract :** To evaluate the feasibility of using lineaments for the interpretation of regional geological structures, the extracted lineaments from satellite image and surveyed surface geological features mapped in the field were analyzed for the Euseong Sub-basin. The lineaments extracted from Landsat-5 TM images show primary directions of N20°~30°E, N60°~70°E, and N60°~70°W, which represent the trends of faults, strikes, and joints. In the sedimentary formation in the northern part of Palgongsan Uplift Zone, primary directions of the lineaments are NNE and NWW, and NEE in southern parts. The analysis of satellite lineaments is proved to be very useful to study the large-scale structures and surface geology of the Euseong Sub-basin, whereas the previous research using brittle tectonics approach was advantaged in the outcrop scale in interpretation.

**Key Words :** lineament, Landsat-5 TM, Palgongsan Uplift Zone, Euseong Sub-basin, brittle tectonics

**요 약 :** 위성영상으로부터 추출된 선구조가 지질 및 지질구조와 연관되어 해석이 가능한 지 알 아보기 위하여 의성소분지에서 추출된 선구조와 지표지질 조사 결과를 비교하였다. 위성영상으로부 터 추출된 선구조는 N20°~30°E, N60°~70°E, N60°~70°W의 주방향을 보이며, 이는 단층, 주향 및 절 리의 방향을 대표한다. 한편, 퇴적층내의 선구조들은 밀양소분지와 의성소분지의 경계인 팔공산용기 대를 경계로 이북에서는 북북동, 서북서 방향이, 이남에서는 동북동 방향의 선구조가 우세하게 나타 나, 퇴적상을 기준으로 결정된 기존의 경계와 잘 일치한다. 따라서 위성영상을 이용한 선구조는 광역 지질구조 및 지표지질 연구에 매우 효과적으로 사용될 수 있다.

## 1. 서론

지질학에서의 원격탐사 자료의 활용은 점차 증가되고 있으며, GIS(Geographic Information System)를 이용한 선구조와 지구물리, 지화학 자료와 같은 지질 자료의 통합 분석 방법은 지질구조 연구 및 광물탐사 연구 등에 널리 사용된다(Casting and Debeglia, 1992). 기복에 의한 지형의 변화 및 화소값의 차이에 의해 구분되는 선구조는 차별침식, 단층, 또는 습곡과 같은 구조에 의해 형성되는 연약대, 층의 경계 등의 지형 및 지질요소를 나타내어 그 특성은 일반지질 연구, 광물탐사, 지하수 탐사, 자연재해 분석 및 지질구조 해석과 관련된 자료의 분석에 중요한 역할을 한다(Sabins, 1997; Masuoka et al., 1988, Lee and Chi, 1995).

한반도 남동부에는 중생대 쥐라기 후기 대보조산운동에 뒤이어 육성 기원의 퇴적분지인 경상분지가 형성되었으며, 백악기 후기에는 산성 내지 염기성 화산암류의 분출과 불국사 화강암류의 관입이 뒤따랐다. 경상분지는 세 개의 소분지로 나누어지며, 본 연구 지역인 의성소분지는 영남육괴

의 선캠브리아기 변성암류를 기반암으로 하여 Fig. 1에서와 같이 북으로는 청송령을 경계로 영양소분지와, 남으로는 팔공산용기대를 경계로 밀양소분지와 경계를 이룬다(원종관 외, 1978).

팔공산용기대는 퇴적상의 차이에 의해 설정되었으며, 그 형성과정에 대해 Chang(1987)은 가상적인 팔공산 단층을 제안하였다. 팔공산단층은 하양층군의 퇴적이 진행되는 동안 활성화된 수직단층으로 암상의 급격한 횡적 변화, 두께의 변화를 초래한 퇴적동시성지괴로서, 팔공산화강암의 관입에 의해 소실된 단층으로 가정하였다(Chang, 1987). 또한, 장기홍과 박순옥(1997)은 팔공산화강암체의 장축을 통과하는 팔공산단층의 발달 단계를 퇴적기간동안의 성장단층형의 정단층 단계와 좌수향 주향이동단층 단계로 구분하였다. 최현일(1985)은 신라역암의 퇴적시기에 동-서 방향의 팔공산단층이 형성되기 시작하여 학봉화산암류와 채약산화산암류의 시기까지 진행되었으며, 팔공산단층을 정점으로 북부보다 남부가 더 많이 침강한 것으로 해석하였다. 한편, 원종관 외(1978)는 경상분지 형성기 이전에 이미 형성된 청송령에 의해

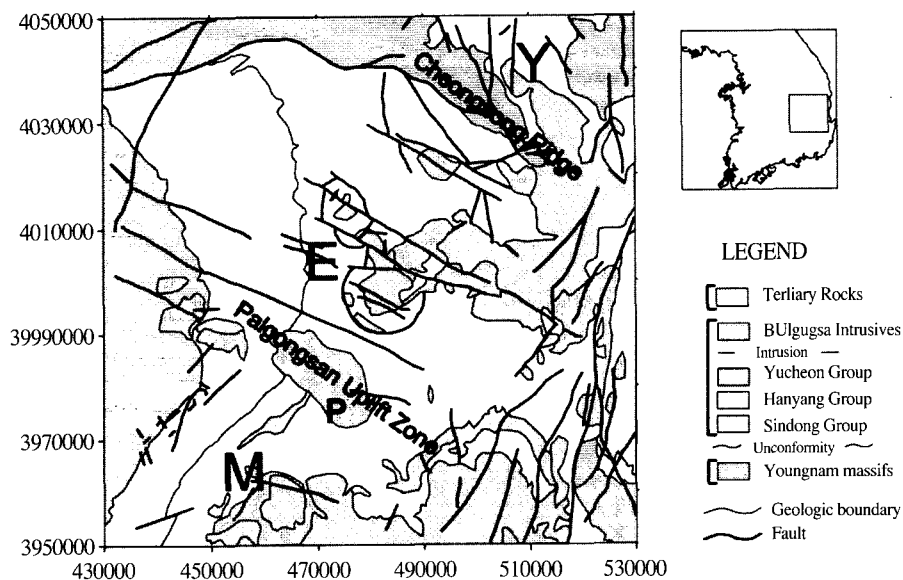


Fig. 1. Geologic map of the study area(Chwae et al., 1995). Kyungsang Basin is divided by Youngyang(Y), Euseong(E), and Milyang(M) Sub-basin. The UTM coordinate system is used in this study. P represent the Palgongsan Granite.

영양소분지와 의성소분지는 퇴적환경 및 화성활동의 차이가 있으며, 의성소분지와 밀양소분지의 경계인 팔공산용기대는 N60°W 방향으로 팔공산 화강암체의 장축방향과 일치하며, 이를 기준으로 북측이 서쪽으로, 남측이 동쪽으로 이동한 수평이동단층으로 해석하였다. 또한, 팔공산화강암의 관입 후에도 단층운동은 계속되었으며, 주향이동 단층작용에 의해 함몰대와 용기부가 발달하였으며, 이러한 함몰대는 용기부와 분리되며, 함몰지의 발달과 퇴적은 동시에 이루어졌다고 하였다.

위와 같이 지금까지의 연구는 주로 소규모 지역들에 대해 이루어져 의성소분지 전체의 광역적인 선구조 분포는 파악되지 않았다. 본 연구에서는 자동화된 기법을 통해 구한 선구조를 이용하여 의성소분지 전체의 광역적인 선구조 특성을 규명하고, 이를 지표 지질 연구결과와 비교하여 적용 가능성을 고찰하였다. 또한 기존의 경계에 따른 각 분지별로 퇴적층의 선구조만을 비교하여 각 소분지별 선구조의 방향성을 고찰하였다.

의성소분지에 대한 선구조 연구로는 육안 분석에 의한 김종환 외(1976), 원종관 외(1978), Kang(1984), 이봉주 외(1997) 등이 있으며, 자동화된 기법에 의해서는 김원균 외(1996), 김상완 외(1999) 등이 있다.

## 2. 지 질

의성소분지의 백악기 퇴적암류의 기반을 이루는 영남육괴는 선캄브리아기 화강편마암과 이를 관입한 쥬라기 화강암류로 구성된다. 편마암류는 주로 석영, 정장석, 사장석, 미사장석 및 흑운모로 구성되며, 화강암류는 중립질로 석영, 정장석, 사장석 및 흑운모로 구성되어 있다. 신장된 분포를 보이는 기반암류들은 북북동-남남서 방향의 분포 상태를 보이고, 기반암류에 발달한 주요 단층들은 북북동-남남서 방향으로 발달하고 있다(최현일 외, 1982). Fig. 1은 연구지역의 지질도이다.

기반암 위에 부정합으로 놓여 있는 신동층군은

사암, 셰일 및 역암 등으로 구성 되어 있으며, 암색의 변화에 따라 하부로부터 낙동층, 하산동층 및 진주층으로 분대된다.

퇴적과정에 대하여 장기홍(1988)은 낙동층 하부는 공급지와 퇴적 분지의 침강을, 하산동층은 공급지 상승의 부활을, 진주층은 공급지의 저평화와 퇴적분지의 가속적 침강을 기록하여 신동층군은 2개의 퇴적유회로 이루어진다고 하였으며, 손진담 외(1989)는 진주층이 퇴적분지가 확대되면서 퇴적분지의 가속적 침강에 의해 형성되었다고 해석하였다.

하양층군은 신동층군과는 정합관계로, 일부지역에서는 기반암과 부정합 관계를 보이며, 밀양이나 영양소분지와는 퇴적상의 차이를 보여 독자적인 층서를 이루고 있다. 의성소분지의 하양층군은 암색과 구성암류에 따라 하부로부터 일직층, 후평동층, 점곡층, 사곡층, 춘산층 및 신양동층으로 구분되어 통용된다(장기홍, 1982; 최현일 외, 1982).

하양층군의 퇴적시기에는 팔공산단층, 안동단층과 같은 서북서 방향의 성장단층에 의해 분지 내에서 소규모의 지각 블록을 형성하였고, 각각의 블록은 서로 다른 침강이 일어났다. 따라서, 하양층군의 퇴적시기에 블록의 서로 다른 움직임에 의해 분지 내에서는 다소 복잡한 층서를 보인다. 고수류자료와 퇴적상분포에 의해 하양층군 퇴적물의 기원지는 경상분지의 서쪽에 해당하고, 반면에 경상분지의 동부는 지금의 동해(울산근처)에 기원을 두고 있다. 서북서 기원은 지금의 옥천대로 추정된다(장기홍, 1988).

유천층군은 염기성, 중성 및 산성화산암류들로 구성되며, 하양층군을 경사부정합으로 덮고 있다. 주 구성암석은 안산암, 유문암질 석영 안산암, 유문암, 용암, 응회암 및 용결응회암 등이며, 백악기 후기의 화강암질 불국사 관입암류에 의해 관입당하고 있다.

경상분지에서 퇴적암류와 화산쇄설물의 퇴적이 완료된 후, 중성 내지 산성 심성암류로 이루어지는 불국사 관입암류의 관입이 뒤따랐다. 불국사 화강암류는 흑운모 각섬석화강암, 화강섬록암, 심

록암 및 화강반암으로 구성되어 있다. 동해안을 따라 제3기 퇴적분지 내에 분포하고 있는 제 3기 암류는 퇴적암류와 화산암류로 구분된다. 구성암석은 사암, 셰일, 역암, 응회질 사암, 응회질 역암, 다양한 성분의 응회암 및 응회암과 관련된 화산암류들이다.

### 3. 연구방법

본 연구에서는 김상완(1998)에 의해 개발된 자동 선구조 추출 알고리즘을 이용하였으며, 알고리즘은 크게 두 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 원래의 영상자료에서 선구조 요소로 인정되는 화소와 비선구조 요소인 화소로만 구분되는 이진영상을 만드는 과정이고, 두 번째 단계는 앞에서 생성된 이진영상에서 선구조의 시작점과 끝점을 갖는 벡터화된 선구조를 구하는 과정이다.

이진영상은 Koike *et al.*(1995)이 제안한 STA (Segment Tracing Algorithm)에 층적층의 선구조를 처리하는 알고리즘이 추가된 DSTA (Dynamic Segment Tracing Algorithm)를 이용하여 생성하였다. STA의 큰 특징은 수치고도자료를 이용한 모의실험을 통해 태양의 방위각에 따른 음영효과 및 센서의 관측방향에 따른 선택적 증감효과를 보정하기 위한 가중함수의 설정과 화소들의 분산값을 구해 변화량이 가장 작은 방향을 선구조로 인지하는 것이다.

선구조의 시작점과 끝점을 연결하기 위하여 일변화된 Hough 변환을 기초로 한 Kang *et al.*(1991)의 알고리즘을 사용하였으며, 또한 지질학적인 선구조는 연속된 하나의 선이 아닌 다른 선구조에 의한 단절이 빈번하게 일어나며, 짧은 선구조들의 연속으로도 표현되므로, 이러한 조건들을 조건으로 주어 지질학적 의미에 맞는 선구조들을 구하였다.

의성소분지의 선구조 분석을 위하여 의성소분지를 포함하는 100×100km의 지역에 대해 1km 이상의 길이를 갖는 선구조를 추출하였으며, 사용

한 위성영상자료는 1995년 11월 4일 획득된 Landsat-5 TM 영상으로, 측정당시의 태양의 방위각은 N144°E, 고도는 31°이다.

## 4. 선구조 방향성 분석

Fig. 2는 Landsat-5 TM 밴드 7번 영상으로부터 1km 이상의 길이를 갖는 선구조를 표현한 것이다. 의성소분지의 선구조를 분석하기 위하여 전체 지역을 등면적의 25개 소지역으로 나누어 선구조의 방향성을 분석하였으며, 또한 각 층군 별로 선구조의 방향성을 분석하였다.

### 1) 소지역별 방향성 분석

추출한 선구조 방향의 특성을 고찰하기 위하여 Fig. 2와 같이 연구지역을 20km×20km 크기의 25개의 소지역으로 나누어 선구조와 야외조사를 통한 지표지질조사 자료와 비교 분석하였으며, 각 지역별 선구조의 방향을 로즈도표(rose diagram)로 표현하면 Fig. 3과 같다. Fig. 3의 각 소지역은 연구지역의 서북쪽 지역을 (1,1)로 하여 동쪽으로 (1,2), (1,3)의 순서로, 남쪽으로 (2,1), (3,1)의 순서로 할당하였다. 상단부의 반원은 추출된 선구조에 선구조의 길이를 반영한 결과이며, 하단부의 반원은 선구조의 빈도수를 표현하였으며, 각 소지역별 분석 결과는 Table. 1과 같다.

25개 소지역의 분석에 의하면, 본 연구지역의 선구조는 단층, 퇴적암의 주향, 화성암의 절리 방향을 대표하는 것으로 해석된다. 가장 현저하게 나타나는 선구조인 단층들을 따라 선구조들이 분포하고 있으며, 퇴적암 지역에서는 퇴적암들의 주향 및 절리가, 화성암 분포지역에서는 절리들이 선구조의 주방향을 형성한다.

Fig. 4는 전체 연구지역에 대해 자동 추출한 선구조의 방향을 10°간격으로 로즈도표에 표현한 것으로서, 선구조들은 N20°~30°E, N60°~70°E, N60°~70°W 의 우세한 방향성을 보인다. N10°~40°E 방향으로 대표되는 NNE 방향의 선구조들

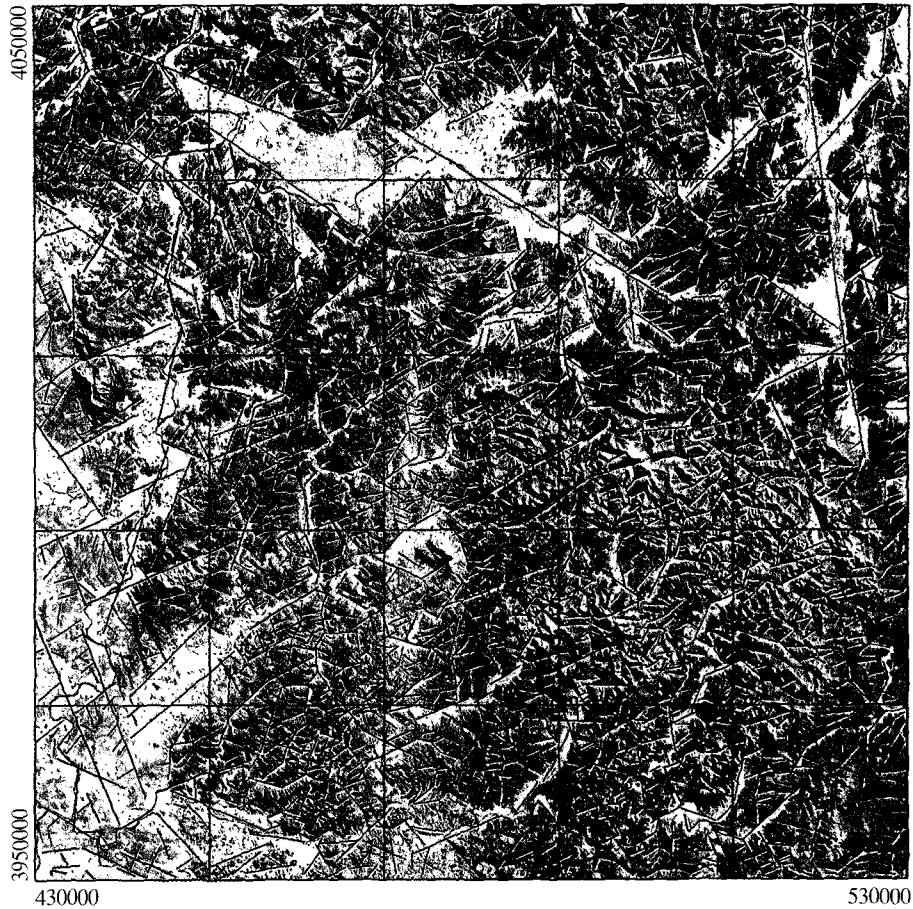


Fig. 2. Lineament map over the Landsat-5 TM 7 band image. Red lines indicate the lineaments of which lengths are longer than 1 km. The blue grids represent sub areas.

은 연구지역의 북서부의 낙동단층, 남서부의 자인, 밀양, 모량단층, 중서부의 기계단층의 방향성과 일치하며, 분지내의 하양층군 퇴적암들이 보이는 주향방향과도 일치한다.  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ} E$ 의 NEE 방향의 선구조는 안동단층, 하양단층 등과 같은 단층과 동일한 방향성을 가지는 일부 퇴적암류들이 보이는 주향 및 여기에 발달하는 절리에 의한 것으로 해석되며, 고령-대구, 경산-안강에 걸쳐 동일한 방향성을 가지는 규모가 큰 선구조가 존재한다. 또한,  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ} W$ 을 포함하는 NWW 방향의 선구조들은 동일한 방향성을 가지는 주향이동단층들과 이에 평행하게 나타나는 절리들의 방향으로 해석된다.

## 2) 층군별 방향성 분석

본 연구에서는 신동층군은 북부, 중부, 남부의 3개 지역으로, 하양층군은 북부, 중부, 남부 및 동부의 4개 지역으로 구분하여 선구조의 방향 변화를 고찰하였으며, Fig. 5는 신동층군과 하양층군 퇴적암의 전체 방향을, Fig. 6은 소지역별 방향을 표현한 것이다.

### (1) 신동층군

Fig. 5(a)는 신동층군 내에 분포하는 선구조의 방향성을 표현한 것으로 선구조는  $N20^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ ,  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ} W$ ,  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ} E$ ,  $N10^{\circ} \sim 20^{\circ} W$ 의 주방향을 보인다. 북부, 중부, 남부로 구분하여 표현한

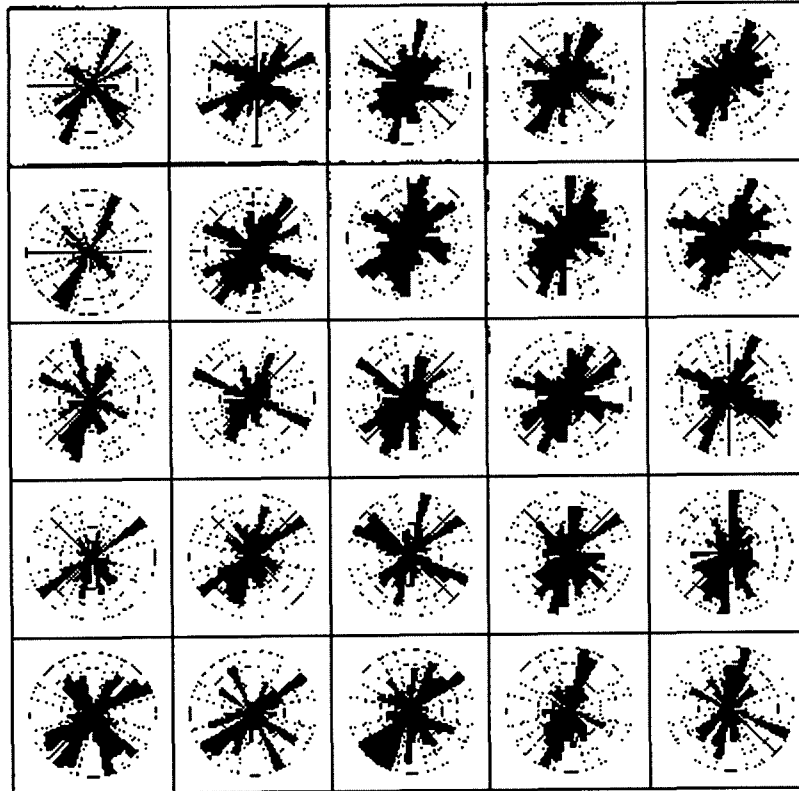


Fig. 3. Rose diagram of lineaments within each grid shown in Fig. 2. Upper semicircle represents length analysis, and lower one frequency analysis.

Fig. 6의 (a), (b), (c)에 의하면, 북부에서는  $N20^{\circ} \sim 40^{\circ}E$ ,  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}W$ 가, 중부에서는  $N20^{\circ} \sim 30^{\circ}E$ ,

$N60^{\circ} \sim 70^{\circ}W$ 가, 남부에서는  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E$ ,  $N10^{\circ} \sim 20^{\circ}W$ 가 주방향을 보인다.

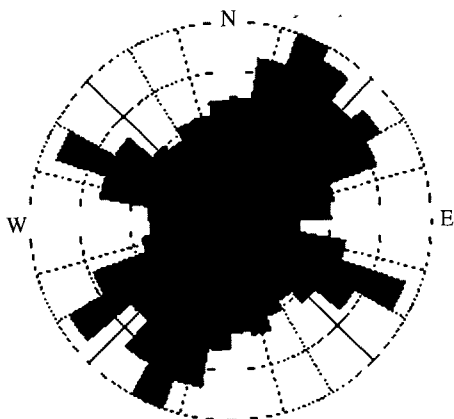


Fig. 4. Rose diagram of the lineaments longer than 1 km in the whole study area.

$N20^{\circ} \sim 40^{\circ}E$ 를 포함하는 NNE 방향은 신동층군 전체에서 가장 우세한 선구조의 방향으로, 신동층군의 가장 우세한 주향방향인 것으로 해석되며, 북부 및 중부에서 우세하게 나타나는  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}W$ 로 대표되는 NWW 방향(Fig. 6. (a), (b))은 주향이동단층들 및 이의 연장선상에 있는 구조로 해석된다. 반면에  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E$ ,  $N10^{\circ} \sim 20^{\circ}W$ 의 주방향을 보이는 NEE, NNW 방향의 선구조(Fig. 6. (c))는 남부에서 가장 우세하게 나타나며, 이들은 주향방향인 것으로 해석된다. 특히  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E$  방향의 선구조는 연구지역의 남서부를 대표하는 방향으로, 김기완과 여상철(1970)에 의해 단층으로 해석된 바 있다.

Table 1. Analysis of lineaments for 25 sub-areas.

No.	Major directions of lineaments	Major features and Structures representing lineaments	Remarks
(1,1)	N20°~30°E, N60°~70°E, N30°~60°W	FolMe, Nakdong F. Andong F., Gonduckdong F. StrSe	
(2,1)	N20°~40°E N45°W N60°~70°W	Nakdong F., Faults parallel to Nakdong. F. StrSe StrSe, Ubo F.	Vertical F.(Kim <i>et al.</i> , 1977)
(3,1)	N5°~15°W N60°~70°W N20°~40°E	StrSe Strike-slip faults FolMe	NWW-SEE
(4,1)	N50°~60°E N15°~30°W	FolMe, StrSe FolMe	
(5,1)	N60°~75°E N15°~45°W N25°~35°E	Fault StrSe	Kim and Yeo(1970) Parallel to boundary
(1,2)	N60°~70°E N60°~70°W N40°~45°E	FolMe, Andong F., StrSe StrSe	Hayang Group Sindong Group
(2,2)	N30°~40°E N60°~70°W N60°~70°E, NS, N15°W	StrSe Kumcheon F., Gaum F. StrSe	Kim <i>et al.</i> (1999)
(3,2)	N60°~70°W N20°~30°E N15°W	Ubo F., Sinryung F. StrSe StrSe	Sindong Group Sindong Group
(4,2)	N50°~60°E N15°E, N30°W N50°~60°W	StrSe StrSe southwestern boundary of Palgongsan Gr.	Hayang Group Sindong Group
(5,2)	N60°~70°E N20°~30°E N50°~60°W	Fault Joig Gachang F., Joig	Kim and Yeo(1970) Bulkusa Granite and Yucheon Group
(1,3)	N10°~20°E N60°~70°W N50°~60°E	JoSe Andong F. StrSe	Chang <i>et al.</i> (1978)
(2,3)	NS ~ N15°E N50°~60°E N60°~70°W	JoSe JoSe Parallel to strike-slip fault, JoSe Chang <i>et al.</i> (1977)	Chang <i>et al.</i> (1978) Hayang Group Hayang Group
(3,3)	N50°~70°W N15°~30°E N50°~60°E	Strike-slip fault StrSe StrSe	Hayang Group Hayang Group
(4,3)	N45°~60°W N10°~20°E N50°~60°E	Sinryung F. StrSe Hayang F.	Tateiwa(1929), Chang and Park(1997)

No.	Major directions of lineaments	Major features and Structures representing lineaments	Remarks
(5,3)	N50°~60°E N20° ~ 30°E, NS N30°~40°W	Hayang F. Goeun F., JoIg Joig, JoSe Jeogje F.	
(1,4)	N20°~40°E N60°~70°W NS	StrSe Andong F. Faults	Lee and Hong(1973)
(2,4)	NS~N10°E, N20°~EW N20°E, N60°~70°W, EW, N20°~30°W	StrSe Faults Faults	
(3,4)	NS ~ N30°E, N50°~70°E N50°~80°W	StrSe Joig Strike-slip faults, Joig	Chang <i>et al.</i> (1977) Chang and Park(1997)
(4,4)	N50°~60°E NS~N20°E N45°W	Hayang F. StrSe StrSe	Chang and Park.(1997)
(5,4)	N15°~45°E	Jain F., Milyang F.	
(1,5)	N20°~30°E N60°E ~ EW	StrSe JoIg	
(2,5)	N20° ~ 30°E N50°~60°E N60°~80°W	Faults JoIg Joig	Kwon and Lee(1973) Andesite Andesite
(3,5)	N20°~30°E N60°~70°W	Sampo F., Gigy F., Yangsan F. Faults, JoIg	Acidic volcanic rocks
(4,5)	NS ~ N10°E, N20°~30°W N10°~60°E	Yangsan F. StrSe Hyungsangang F.	Hayang Group
(5,5)	N15°W ~ N20°E N30°~40°W N60°~70°W	Eonyang F., Yangsan F. StrSe Joig, JoSe	

FolMe : Foliation of metamorphic rocks, StrSe : Strike of sedimentary rocks  
JoIg : Joint of igneous rocks, JoSe : Joint of sedimentary rocks

(2) 하양층군

Fig. 5(b)는 하양층군 전체에 대한 선구조의 방향성을 나타낸 것으로 N50°~60°E, N40°~60°W의 방향과 N30°W~N60°E의 방향을 보인다. Fig. 6의 (d), (e), (f), (g)는 하양층군의 북부, 중부, 남부 및 동부에 속하는 북동부의 선구조의 방향을 표시한 것이다.

Fig. 6(d)와 같이 북부 지역에서는 N30°W~N60°E, N40°~60°W의 방향을 보인다. 각 방

향들은 퇴적암의 주향과 절리의 방향으로 해석되며, N40°~60°W 방향은 주향이동단층들을 대표하는 것으로 해석된다. Fig. 6(e)에 표현된 중부에서는 N50°~60°E, N70°~60°W, N10°~20°E의 주방향을 보이며, N50°~60°E, N10°~20°E은 퇴적암의 주향 및 절리의 방향을, N70°~60°W의 선구조는 주향이동단층의 방향인 것으로 해석된다. 반면에 Fig. 6(f)의 남부에서는 N50°~60°E의 방향이 가장 우세하며, 이는 충적층에 의해 피복된 하양단



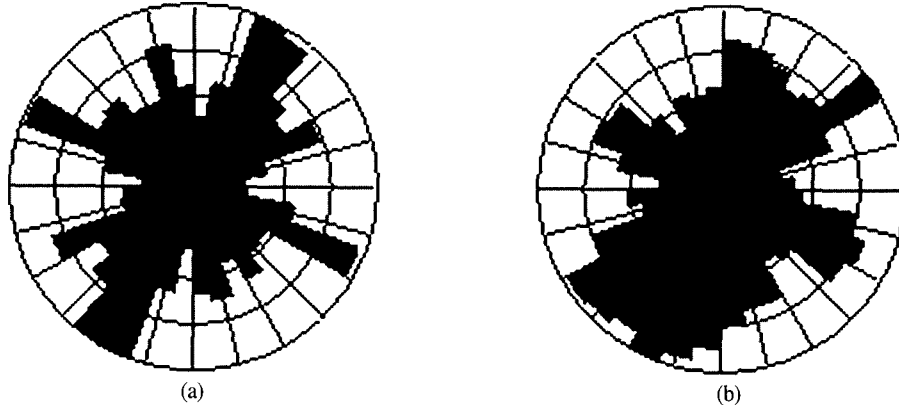


Fig. 5. Rose diagram of the lineaments in (a) Sindong and (b) Hayang Group.

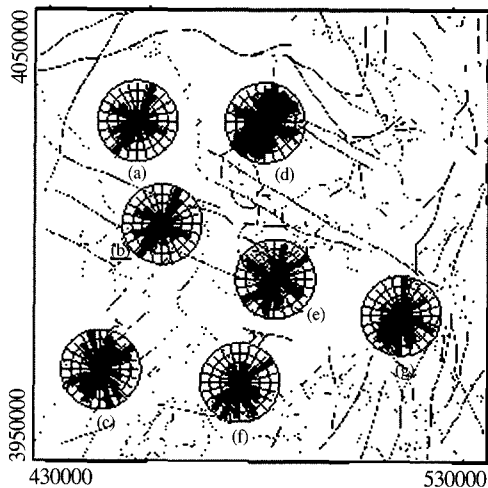


Fig. 6. Rose diagram of the lineaments in sedimentary rocks. (a), (b), and (c) represent the directions of lineament in northern, middle, and southern part of Sindong Group respectively. (e), (f), (g), and (h) are northern, middle, southern and middle eastern part of Hayang Group respectively.

층(Tateiwa, 1929; 장기홍과 박순옥, 1997)과 그 위치가 유사하다. 반면에 Fig. 6(g)인 동부지역에서는 NS~N10°E의 방향을 보이며, 이 방향은 양산 단층을 나타내는 것으로 해석된다. 북부의 NNE~NE 방향의 선구조는 중부에까지 계속되나 남부에서는 NEE 방향의 선구조들이 우세하게 나타나며, 북부 및 중부의 주 선구조의 방향은 아주 미약하다.

신동층군과 하양층군 모두 팔공산용기대를 경계로 이북에서는 주 선구조가 NNE, NNW 방향인 반면, 이남에서는 NEE 방향을 나타내 큰 차이를 보인다. 이는 팔공산용기대가 퇴적상의 차이에 의해 경계로 설정된 점을 감안하면 위성영상을 이용하여 구한 선구조가 지질구조를 잘 반영하는 것으로 해석된다.

## 5. 토 의

본 연구지역에서는 단층들과 퇴적암 지역에서는 퇴적암들의 주향 및 절리, 화성암 분포지역에서는 절리들을 따라 선구조가 분포한다. 기존의 지질구조 연구는 노두의 관찰을 통한 단층, 절리 등과 같은 취성변형요소들의 해석을 통해 국지적인 규모로 이루어진 반면, 위성영상을 이용한 선구조 분석은 광역적인 규모이다. 일반적으로 지형변화를 나타내는 선구조를 생성시킨 구조운동을 포함하는 여러 요인은 노두에도 불연속면을 생성시키므로 위성영상의 선구조와 노두에 표현되는 주향, 절리 및 단열망 등은 밀접한 관계를 보이며, 많은 분야에서 비교 분석되고, 상호보완적으로 사용되어 왔다(Mah *et al.*, 1995; Mabee *et al.*, 1994). 따라서, 광역적인 지질구조 분석 시에 위성영상 또는 항공사진을 이용한 선구조 분석은 매우 유용

하게 사용될 수 있다. 이러한 선구조 분석은 취성 변형요소의 형성시기와 관계없이 모든 요소를 해석하는 것이므로, 형성시기에 따른 응력장 해석에는 직접적으로 사용하기 힘들다. 그러나, 응력 해석을 위한 연구지역의 선정, 광범위한 지역의 기초적인 응력장 해석 등에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

분지내의 NWW 방향의 주향이동단층들은 작은 선구조의 연속적인 분포로 나타나는 반면, 남부의 NEE 방향과 동부의 NNE 방향으로 표현되는 단층들은 대규모의 선구조로 표현된다. 특히, 장기홍과 박순옥(1997)에 의한 하양단층의 위치에 나타나는 NEE 방향의 선구조는 의성소분지의 남부에서 연속성이 좋은 큰 규모로 나타나며, 구성본 외 (1997)에 의한 자력이상에서도 뚜렷한 차이를 보인다. 또한, 전명순 외(1993)에 의한 지진자료와 비교하여도 진앙지가 이 선구조를 따라 분포하고 있어 분지의 큰 구조로 해석되며, 분지의 구조를 밝히기 위하여 더 많은 지질학적 및 지구물리학적 조사가 필요한 것으로 예상된다. 또한 금천, 가음단층은 서쪽으로도 연장성을 보이고 있으며, 이는 김상완(1999)의 연구결과와도 일치한다. 팔공산화강암의 서남부 경계와 적제단층을 잇는 선구조도 지표상으로는 하양단층에 의해 절단되지만(장기홍과 박순옥, 1997) 좋은 연속성을 보여 더 많은 조사가 요구된다.

퇴적상의 차이에 의해 밀양소분지와 의 경계로 설정된 팔공산용기대를 기준으로 이북과 이남의 선구조가 신동층군과 하양층군 모두에서 큰 차이를 보이는 것은 위성영상을 이용하여 구한 선구조가 지질구조를 잘 반영하는 것으로 해석되며, 광역적인 지표지질 연구에 매우 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 6. 결 론

의성소분지에서 위성영상으로부터 추출된 선구조는 N20°~30°E, N60°~70°E, N60°~70°W의 주

방향을 보이며, 지표 지질 조사 자료와 비교하면 이들 선구조들은 단층, 퇴적암류의 주향방향 및 절리, 화성암류에 발달하는 절리에 의해 형성되었음이 밝혀졌다. 따라서 이는 위성영상 및 항공사진을 이용한 선구조 연구는 광역적인 지질구조 및 지표지질 연구에 매우 효과적으로 사용될 수 있음을 지시한다.

신동층군 및 하양층군 퇴적암류의 선구조는 팔공산용기대를 경계로 방향성의 차이를 보이며, 이북에서는 NNE, NWW 방향이, 이남에서는 NEE 방향이 우세하다.

## 사 사

본 연구는 한국과학재단 지원의 의성분지의 지질 및 지구구조 연구(과제번호 97-07-03-02-01-3) 및 1999년 과학기술부 정책연구용역사업의 지원으로 이루어졌음을 밝히며 이에 감사한다.

## 참고문헌

- 구성본, 이태섭, 김광은, 최중호, 박수영, 성낙훈, 1997, 예천, 안동, 예안지역 항공방사능/자력탐사와 해남 및 경상분지 자료종합, 한국자원연구소 연구보고서, KR-97-(C)-13:84.
- 김상완, 1998, 자동화된 선구조 추출 알고리즘 개발과 이의 경북 의성지역에의 적용 연구, 연세대학교 석사학위 논문:41.
- 김상완, 원중선, 김원균, 민경덕, 1999, 자동선구조 추출 알고리즘을 이용한 경북 의성지역의 선구조 연구, 자원환경지질, 32(1):19-31.
- 김원균, 원중선, 김상완, 1996, 원격탐사자료와 수치표고모형을 이용한 지질학적 선분석기술: 경상분지 의성지역을 중심으로, 원격탐사학회지, 12(2):139-154.
- 김종환, 강필중, 임정웅, 1976, Landsat-1영상에 의

- 한 영남지역 지질구조와 광상과의 관계 연구, 지질학회지, 12(2):78-89.
- 손진담, 김중열, 구성본, 손병국, 권석기, 1989, 경상누층군의 퇴적상과 속성작용 및 암석물성의 관련성 연구, 한국동력자원연구소 연구보고서, KR-89-(B)-37:110.
- 원종관, 강필중, 이상훈, 1978, 경상분지의 구조해석과 Igneous Pluton에 관한 연구, 지질학회지, 14(3):79-92.
- 이봉주, 최위찬, 강필중, 1997, 한반도 동남부지역의 선구조선, 지질학회지, 33(1):18-26.
- 장기홍, 1982, 상부중생대층(백악기-경상누층군). 한국의 지질과 광물자원, 연세대학교 지질학과 동문회:113-131.
- 장기홍, 1988, 경상분지 백악기 층서와 고수류 해석, 지질학회지, 24(3):194-205.
- 장기홍, 박순옥, 1997, 경상분지 중앙부의 구조발달사와 화산활동사, 자원환경지질 30(2):143-151.
- 전명순, 지현철, 전정수, 정승환, 1993, 지진연구, 한국자원연구소, KR-93-1G-4:41.
- 최현일, 1985, 백악기 경상분지의 퇴적과 그의 층서분류와의 연관성, 지질학회지, 21(1):26-37.
- 최현일, 손진담, 오재호, 최영진, 윤현수, 신성천, 양문열, 김상길, 조동행, 오재호, 문창배, 민성식, 박영수, 1982, 의성지역 경상누층군에 대한 연구, 연구특보-28호, 한국동력자원연구소:1-50.
- Casting C., and N. Debeglia, 1992, A new method for combining gravimetric and geological data, Tectonophysics, 204:151-162.
- Chang, Ki-Hong, 1987, Cretaceous Strata, *Geology of Korea*(editor, Lee, Dai-Sung):175-194.
- Chang, G. H., I. S. Ko, J. Y. Lee, and S. W. Kim, 1977, *Explanatory text of the Geological map of Gusandong sheet*, Korea Research Institute of Geoscience and Mineral resources, pp. 28.
- Chang, K. H., I. S. Koh, H. I. Park, J. M. Chi, and H. M. Kim, 1978, *Explanatory text of the Geological map of Cheonji sheet*, Korea Research Institute of Geoscience and Mineral resources, pp. 25.
- Chawe, U. C., K. B. Kim, S. H. Hong, B. J. Lee, k. H. Park, S. K. Hwang, P. Y. Choi, K. Y. Song, and M. S. Jin, 1995, *Geological map of Korea 1:100,000*, Korea Institute of Geology, Mining and materials.
- Kang, C. W., Park, R. H, and Lee, K. H., 1991, Extraction of straight line segments using Rotation Transformation: Generalized Hough Transformation, *Pattern Recognition*, 24(7):633-641.
- Kang, P. C., 1984, *A study on remote sensing application for the tectonic-framework of the Korea Peninsula*, Ph D., Korea.
- Kim, B. K., H. Y. Lee, S. J. Kim, and and G. J. Cheong, 1988, *Geological report of the Andong sheet*, Korea Institute of Energy and resources, pp. 20.
- Kim, K. W., and S. C. Yeo, 1970, *Explanatory text of the Geological map of Hyeonpung sheet*, Geological Survey of Korea, pp. 18.
- Kim, Y. G., M. S. Cha, and I. S. Ko, 1977, *Explanatory text of the Geological map of Nak Dong sheet*, Korea Institute of Energy and resources, pp. 30.
- Koike, K., Nagano, S. and Ohmi, M., 1995, Lineament Analysis of Satellite Images using a Segment Tracing Algorithm(STA), *Computer & Geosciences*, 21:1091-1104.
- Kwon, Y. I., I. K. Lee, 1973, *Geological map of Do Pyeong sheet*, Geological and Mineral Institute of Korea, pp. 9.
- Lee, H. G., and S. H. Hong, 1973, *Explanatory text of the Geological map of Cheong Song sheet*, Geological and Mineral Institute of

- Korea, pp. 27.
- Mabee, S. B., K. C. Hardcastle and D. U. Wise, 1994, A method of collecting and analyzing lineaments for regional-scale fractured-bedrock aquifer studies, *Groundwater*, 32:884-894.
- Mah, A., G. R. Taylor, P. Lennox, and L. Ballia, 1995, Lineament analysis of Landsat Thematic Mapper images, Northern Territory, Australia, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61:761-773.
- Masuoka, P. M., J. Harris, P. D. Lowman, Jr., and H. W. Blodget, 1987, Digital Processing of Orbital Rader Data to Enhance Geological Structure : Examples from the Canadian Shield, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(5):621-632.
- Lee, K. W. and Chi, K. H., 1995, Spatial integration of multiple data sets regarding geological lineaments using fuzzy set operation, *J. Korean Soc. Remote Sensing*, 11(3):49-60.
- Sabins, Floyd F., Jr., 1977, *Remote Sensing-Principles and Interpretation*, W. H. Freeman and Company, USA.
- Tateiwa, 1929, 1:50,000 *Elsen(Youngcheon) sheet*, Geological Survey of Chosun.