

포항분지내 지각변형 해석

이병주* · 송교영*

Interpretation of geologic structure in Tertiary Pohang basin, Korea

Byung-Joo Lee* and Kyo-Young Song*

ABSTRACT: Tertiary Pohang basin distributed in south western part of the Korean peninsula, is composed of Chunbuk formation as the basal conglomerate, Hakjon formation, Duho formation and intrusive basalt having 15 Ma by absolute age data. The basement of the basin is represented to Cretaceous sedimentary rocks, Hakjon welded tuff and Chilpo welded tuff and rhyolite. The fault systems in the basement of Tertiary Pohang basin are consist of $N20^{\circ}E$ fault, $N60^{\circ}W$ and E-W trend. NNE fault is not only strike-slip but also normal dip-slip. WNW fault has sinistral strike-slip sense and the geometry of E-W fault is strike-slip and normal faults. In the basin, the fault system is represented to $N20^{\circ}E$ strike-slip, E-W normal and NNE thrust faults. By these fault relationship and geometry, it is interpreted that NNE sinistral strike-slip fault and N-S normal faults have acted at the Cretaceous basement. After Miocene NNE dextral strike-slip fault has acted and created E-W normal fault. Progressively Tertiary basin was influenced by the transpression to make thrust and fold, namely inversion tectonics.

서 언

한반도에는 황해도에 위치한 안주분지 및 봉산분지를 제외하고는 제 3기의 퇴적분지들이 동해안을 따라 단속적으로 분포한다. 이들 중에서 포항분지 및 양남분지는 한반도의 주요 구조선인 양산단층 동측에 분포하는 분지이다. 본연구의 대상지역은 한반도에 분포하는 제3기의 퇴적분지 중에서 포항분지의 대부분을 대상으로 하였다(Fig. 1). 이지역에 대한 연구는 1:5만 포항도폭(엄상호 외, 1964) 및 청하도폭(김옥준 외, 1968)이 조사 발간된 이후 윤선(1982, 1988, 1991), 김종환 외(1976), 김인수(1985, 1992), 한중환 외(1986, 1987, 1988), 김종렬(1988), Yun, H.S. etc., (1991), Chough, S.K., etc.,(1990) Hwang, I.G. (1993), 최동립 외(1993) 등에 의하여 연구가 수행된 바 있다.

본연구는 지질시대대로 보아 가장 젊은 지층인 제3기 지층내 변형운동의 특성을 밝히기 위한 것이 주된 연구 목적이다. 이를 위해 포항분지내 제3기 지층 및 주위 기저암에 대한 절리 및 단층계의 특성을 조사 분석하여 마이오세 이후 한반도에 작용한 조구조운동의 성격을 고찰 하였다.

*한국자원연구소, 지질연구부 (Dept. of Geology, KIGAM, Taejon, 305-350, Korea)

지 질

본연구 지역은 경상누층군의 최상부층에 해당되는 퇴적암 및 화산암을 기반암으로 하여 제 3기의 연일층군이 부정합으로 피복하고 있다. 연일층군의 층서는 Tateiwa(1925)에 의해 천북역암과 연일세일로 대분한 이후 엄상호 외(1964)에 의해 6개의 층으로 구분하였으며 Kim, B.K.(1965)은 이지역에서 산출되는 유공층을 이용하여 생층서로 6개의 층으로 구분하였다. Yoon, S.(1975)은 기저층인 천북역암을 2개의 층과 2개의 층원으로 구분하여 세분하였으며, Yun, H.S.(1986)가 다시 3개의 층으로, Chough, S.K. etc., (1989)는 4개의 층으로 구분하여 매우 다양한 층 구분을 시도 한 바 있다. 그러나 실지로 야외조사시 이러한 층의 구분은 암상으로는 특징이 뚜렷하지 않아 구분이 불가능하며 또한 고생물학적 자료가 뚜렷한 층의 구분을 지시하는 것도 아니다. 본연구에서는 생층서와 암층서의 상호 보완을 통해 이지역의 층 구분을 시도한 Yun, H.S.(1986)의 분류기준에 따라 하부로부터 주로 역암, 조립질 사암 및 소규모의 이암이 호층을 이루는 천북층, 이암, 이질사암, 사암 등으로 구성된 학전층, 주로 이암으로 구성되고 사암이 협재되는 두호층으로 구분하였다.

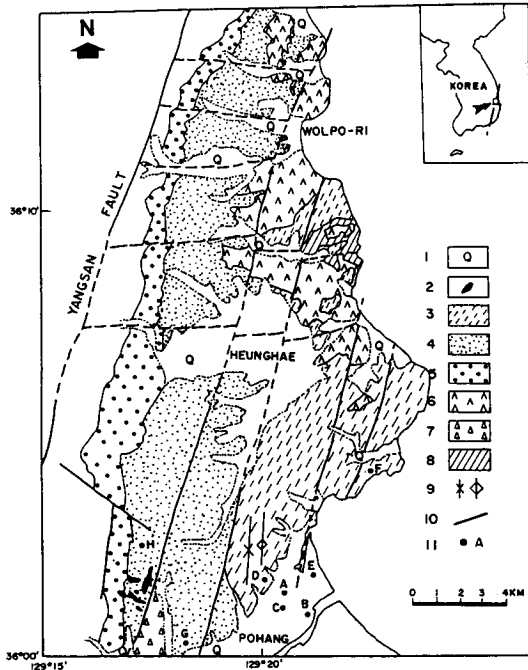


Fig. 1. Geologic map of the study area.
 1: Alluvium; 2: Basalt; 3: Duho formation; 4: Hakjon formation; 5: Chunbuk formation; 6: Chilpo welded tuff and rhyolite; 7: Hakjon welded tuff; 8: Kyungsang sedimentary rocks; 9: syncline & anticline; 10: Fault; 11: Drilling site.

경상누층군 퇴적암류

본역에서 경상누층군의 퇴적암류는 포항분지의 동측 청하면 청진리 일대에 분포한다 (Fig. 1). 이들은 주로 화산암의 역을 가지는 역암, 자색세일, 회색사암, 역질사암, 응회암질세일, 알코즈사암 등으로 구성되어있다. 이층을 Yoon, S. (1989)은 왕산층에 해당하며 경상누층군 및 불국사 화성암류를 부정합으로 덮으면서 초기 및 중기 예오신시기에 퇴적된 지층으로 양남분지와 포항분지의 최하위 기저층으로 기재하였다.

학전 용결응회암

본암은 본역 서남부에 소규모로 분포되며 그 남측 연장부로는 비교적 광범위하게 분포를 보이는 용결 응회암이다 (Fig. 1). 층위상 천북역암의 기저에 해당될 것으로 생각되나 상호관계는 야외에서 관찰할 수 없었다. 이 암석의 대표적인 암상은 달전 저수지 부근에서 관찰되며 두께가 100 m에 해당되고 담청색의 바탕에 녹니석화된 fiamme를 특징적으로 함유하며 소량의 안산암 및 현무암의 암편을 갖고 광물은

2 mm 크기의 사장석과 석영으로 전체의 약 10%를 점한다. 특히 포항에서 경주에 이르는 국도변에 위치한 이 암석의 노출지에서는 거대한 암편을 함유하고 있다. 이들 암편들 암편의 외곽부를 따라 welding 구조가 발달된다. 암편들 중 큰것은 1 m 정도의 안산암, 용결응회암 및 퇴적암들로 구성되어 있고 각력 내지 아각력이다. 석기는 사장석, 석영, 정장석류이며 자형내지 심하게 파쇄된 양상이다. 대부분은 녹니석화 내지 방해석화 되어있다. 이러한 일련의 양상으로 보아 본 용결응회암은 암설류(debris flow)의 proximal facies 위에 ash flow의 퇴적이 일어난 것으로 해석된다.

칠포 용결응회암 및 유문암

포항분지의 동북부 칠포-월포 간에 분포하는 본화산암은 지경동 화산암류(김옥준 외, 1968) 와 곡강동 유문암(장기홍, 1985)으로 기재된 바 있고, 윤성효(1988)는 이들 암석의 암석학적 특징에 대한 연구를 통해 대부분의 암석이 응회암에 해당되는 것으로 밝히고 칠포 응회암으로 기재 하였다. 이 화산암류는 유문암과 응회암으로 구성되어 있는데 유문암은 포항-송라간 국도변인 벌래재에 잘 노출이 되어 있으며 담홍색으로 미약한 유동구조를 보인다. 유동구조는 주로 미정질의 석영으로 주로 구성된 석기에서 발달하며 2~5 mm 크기의 석영입자와 1 mm 크기의 장석이 약 10%에 이른다. 이들 중에서 석영 반정은 심하게 resorbed 되어 있다. 본 용결응회암은 칠포해수욕장의 곤륜산 도로변에 잘 노출이 되어 있으며 이곳에서 본암의 암색은 암흑색이다. 장단축 비가 약 1:5인 fiamme가 자주 관찰되며 소량으로 1 cm 크기의 암편이 함유되어 있다. 육안으로는 석영 및 장석이 약 5%정도 함유되어 있음이 관찰된다. 현미경하에서도 용결조직이 잘 관찰되며 사장석이 소량 함유되어 있다. 오봉산 북측에서는 청회색의 암색을 띠는 본 암체가 산사면에 소규모 분포하는데 다량의 각력, 아각력을 함유하며 녹니석화된 녹색 실모양의 암편이 다량 함유되어 있다. 암편은 홍색의 안산암내지 현무암으로 간혹 원마도가 잘 발달된 경우도 관찰된다. 현미경하에서 불규칙한 모양의 pumice가 다량 산출을 보이고 불규칙한 배열을 보인다. 따라서 이 암석은 화산암에서 이차적으로 집적된 epiclastic deposits로 해석된다. 천마산 부근의 천마저수지에는 본 용결응회암에 인접하여 회녹색의 암석이 분포한다. 이 암석은 용결 상태가 불량하며 약 5 cm 크기의 암편을 다수 함유한다. 또한 pseudo fiamme가 관찰되는데 fiamme의 장축 방향은 불규칙하다. 또한 부분적으로는 암편이 농집되어 층리를 형성 하기도 하고 원마도가 다소 양호 하기도 하다. 암편은 안산암, 이암 및 용결응회암으로 구성된다. 현미경 하의 관찰에 의하면 심하게 파쇄된 응회암의 암편으로

구성되고 함유된 shard들의 배열 상태가 불규칙 하며, 암편과 암편사이에는 공동으로 남아있는 특징을 보인다. 따라서 이 암석은 epiclastic deposits로 생각되고 화산작용 후에 풍화, 침식의 과정을 거친 이 암석의 산출로 보아 본암은 제3기 포항분지의 기저에 해당 되는 암석으로 해석된다.

천북층

이층은 Tateiwa(1925)의 천북역암, 엄상호 외(1964)의 천북역암과 학립층 일부, Kim. B.K.(1965)의 사암역암과 송학동층 일부, Yoon, S.(1975)의 단구리역암, 천곡사층에 해당하며, 연일층군의 최하부지층으로 경상누층군과 부정합으로 접하고 북으로는 남정면 안리말에서 시작하여 경주 보문호까지 북동 내지 북북동 방향으로 약 50 km의 연장을 보이며 층후는 약 150~400 m 이다. 본층의 퇴적상에 대하여 Chough, S.K. etc.(1989), Hwang, I.G.(1993)은 연일층군이 퇴적상으로 보아 층적선상지 또는 삼각주선상지에서 퇴적되었다고 하였다. 본층 최하위인 소위 단구리 역암(Yoon, S. 1975)에 해당하는 곳에서는 주위 모암과 같은 성분을 갖는 각력이 대부분이고 입자지지 역암(clast supported conglomerate)인데 이는 단층에 의한 파쇄대가 근거리를 이동하여 퇴적된 것으로 해석되며, 바로 상부에는 대부분 암설류(debris flow)에 의해 퇴적된 기질지지 역암(matrix supported conglomerate)으로 구성되어 있는데 역은 대체로 원마되어 있으며 그 성분도 회색 내지 회백색 사암, 자색셰일, 흑색 셰일, 규암 및 규장암등 다양하다. 최하위 층준에는 약 10 cm~20 cm 크기의 각력질 역암이 우세하고 그위에 직경 10 cm 미만의 원마도가 비교적 좋은 역암이 분포하며 지역에 따라 역암이 조립질 사암 내지 알코식 사암과 호층을 이루고 있으나 측방 연속성은 불량하다.

학전층

천북층의 상부에 정합적으로 놓이는 지층으로 천북층의 연장과 방향이 같으며 층의 두께는 약 280~400 m 정도이다. 천북층에서 점이적으로 변하며 주로 이암, 이질사암, 사암 등으로 구성되고 역암이 협재하며 지층의 변화도 천북층에 비하여 안정되어 거의 일정하게 10°내외의 지층 경사를 가진다. 본층의 하부는 백갈색 내지 회백색의 두꺼운 이질사암과 사암이 주를 이루며 1 m 내외의 두께를 갖는 역암과 이암이 협재한다. 이곳에서는 식물과 패류화석, 유공충 등의 화석이 많이 산출된다. 사암은 주로 상향 세립하고 괴상이거나 이암과 호층을 이루며 엽층으로 발달되고 탄질물이 4~5 cm 정도로 협재하기도 하나 연속성은 없다. 간간히 slide

block 이나 mud ball이 관찰되기도 한다. 이층의 상부는 회갈색 내지 백갈색의 괴상의 이암이 주를 이루며 엽층의 사암과 역질암(pebbly stone)이 협재하며 호층을 이룬다. 때로 slumping structure를 보이기도 하고 이암내에 돌로마이트 단구 또는 방해석질 단구가 많이 관찰된다.

두호층

이층은 1:5만 포항도폭(엄상호 외, 1964)의 이동층 일부와 두호층, 여남층에 해당하며 포항과 월포사이의 지역에서만 분포하고 형산강 이남지역에서는 분포하지 않으며 층의 두께는 약 150~200 m 정도이다. 본층은 주로 갈색 내지 백갈색 또는 담록색을 띠는 이암으로 이루어지고 세립질 사암이 협재하고 층의 중간에 직경 수 cm의 역을 갖는 역암층이 1m 이내로 협재한다. 학전층을 거치면서 지층경사가 10°이내로 매우 완만하여 slope apron 이나 basin plain에서 퇴적된 것으로 보인다(Chough, S.K. etc. 1988). 학전층에 비하여 이회암의 단구 발달이 현저하여 층면에 평행하게 렌즈상을 이루고 있다. 특히 이층에서 주목할만한 것은 철포 용결응회암 지역인 청하면 신흥리 마을 부근과 흥해읍 천마산 아래에 응회암질 성분을 갖는 10~20 cm 크기의 각력과 1~5 cm 크기의 원마된 역을 갖는 역암과 응회암질 사암으로 이루어진 역암층이 N30°W 내지 EW의 주향과 10°~30°NE의 경사를 보이며 분포하는데 이는 이지역을 통과하는 단층에 의해 파쇄된 단층각력이 두호층과 동시에 퇴적된 것으로 보인다.

현무암

본암은 포항시 서쪽 달전부근 당수마을 일대와 광방리 북쪽 일원에 소규모로 분포하고 있다. 특히 달전지 부근의 현무암은 주상절리가 매우 잘 발달되어 있는데 이 주상절리의 경사는 하부에서 약 70°~80° 내외이고 상부는 약 20°~30° 정도이다. 달전지 남서쪽과 칠전마을 부근에서는 주변 퇴적암류의 지층경사와 거의 평행하게 퇴적암류 하부에 분포하며 관상절리와 양과구조(onion structure)가 발달한다. 암색은 암흑색 내지 흑색을 띠며 미정질이고 매우 치밀하다. 사장석, 휘석 등을 주성분으로 하고 감람석, 자철석, 방해석 등을 부성분으로 가진다. 이 현무암에 대한 산상과 지질시대가 연구자에 따라 견해를 달리하여 크게 세가지로 보고있다. 하나는 연일층군의 형성이 어느정도 이루어진 후(마이오세 말기) 학전층에 관입하였다는 견해와 학전층의 형성(중기-말기 마이오세)과 때를 같이하여 분출하였다는 주장 및 연일층군의 형성 이전에 이미 관입하여 그 시기가 올리고세 초기 내지 마이오세라고 하는 견해가 있다. 최근의 암석연령측정에 의

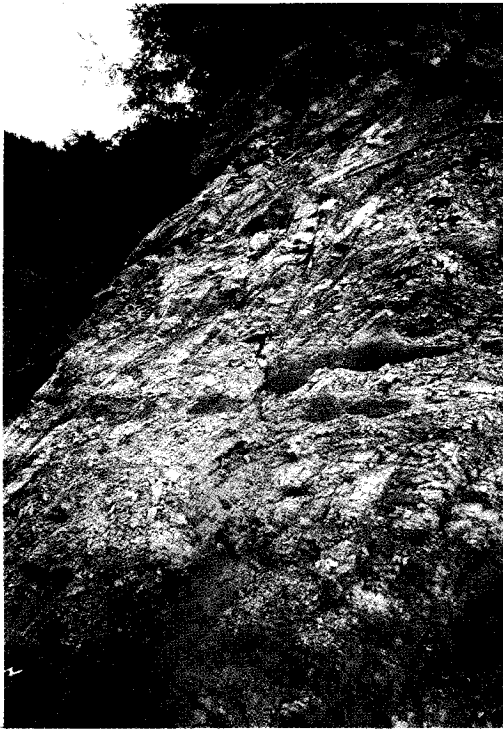


Fig. 2. Crushed shear zone which has N20°E strike and 80° NW dip in Duho formation near Yonhwa-jae.

하면 본현무암의 생성년대가 약 15 Ma로 (이현구 외, 1992) 보고되고 금번 야외조사시 학전층의 일부가 현무암의 관입에 의해 접촉부에 열변성작용을 받은 흔적이 관찰되었으며 현무암의 분포양상이 전체적으로 타원형을 이루고 있는 점을 볼때 마이오세 중기 또는 말기에 학전층을 관입한 것으로 사료된다.

단 층 계

포항분지내 연일층군에 대한 구조적 기제는 기반암인 백악기 경상누층군의 퇴적암류 및 응회암류와 제3기의 연일층군에서 각기 발달되는 단층 및 절리의 자료를 조사 분석하여 상호간의 특성과 상관 관계를 규명하는데 중점을 두었다. 일반적으로 야외에서 관찰되는 단층의 발달 정도는 포항분지의 기반암에서는 파쇄 정도가 매우 심하나, 연일층군 내에서는 단층 및 절리의 발달이 기반암에 비해 매우 약하며 단층이 발달하는 곳에서도 암석의 고결상태가 불량하므로 말미암아 Fig. 2와 같이 단지 암석이 파쇄되어 있으나 단층면에서 조선(striation)의 식별이 안되어 단층의 기하학적 특성을 인지하기는 매우 어렵다. Fig. 3은 연구지역 내 단층

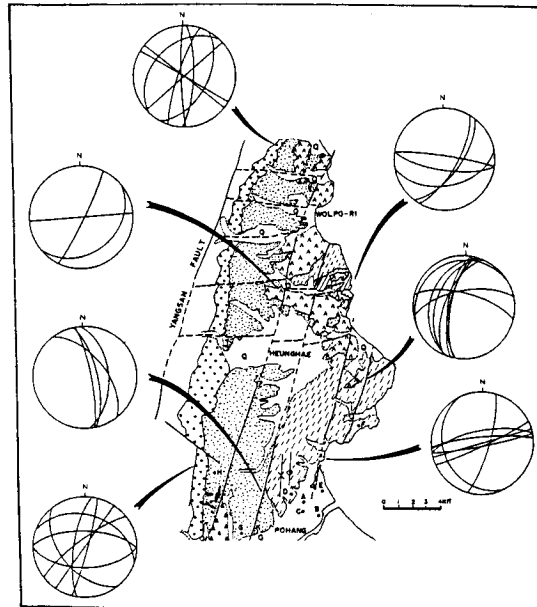


Fig. 3. Fault distribution map and fault and joint planes at each point.

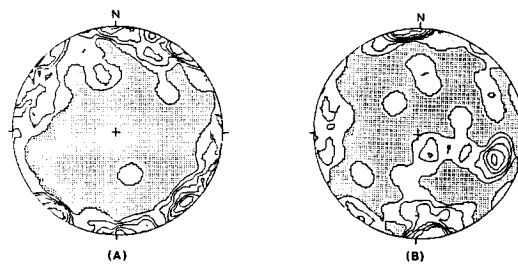


Fig. 4. Contour diagrams of the poles of faults and joints in basement (A) and in Tertiary basin (B). (Equal area net, lower hemisphere)

분포도 및 특정지역 노두에서 관찰된 단층면과 절리들을 정리한 것이다.

본연구지역의 야외조사시 관찰된 단층의 방향과 성격은 매우 복잡하며 특히 기반암에서는 북북동 방향의 단층을 주 단층으로 하여 서북서 방향과 동서방향의 단층이 발달하며 (Fig. 4 (A)) 그 변위 감각도 같은 방향의 단층면 상에서 2가지 방향의 주향이동 단층과 정단층 등이 나타나 몇차례의 단층작용이 있었음을 지시하고 있다. 연일층군 내에서는 북북동 방향의 단층과 거의 동서방향의 단층 및 절리가 발달 하고 한다 (Fig. 4 (B)). 기반암과 연일층군 내 단층의 방향과 성격을 정리하면 다음 Table 1과 같다.

기반암내 단층계



Fig. 5. Strike-slip fault showing NNE striation in Chilpo welded tuff.



Fig. 6. Dextral strike-slip fault which is NNE direction at the basement of Tertiary basin.

Table 1. Fault system and mechanism in study area

Fault system in basement		Fault system in Youn-il group	
NNE faults	Dextral strike-slip fault Sinistral strike-slip fault Normal fault	NNE faults	Dextral strike-slip fault
WNW faults	Sinistral strike-slip fault		
EW faults	Strike-slip fault Normal fault	EW faults	Normal fault
Thrust			

기반암내 단층계의 주된 방향은 대체로 북북동 방향, 서북서 방향 및 동서 방향의 것들이 발달한다. 북북동 방향으로 발달하는 양산단층을 경계로 서쪽에는 서북서 방향이, 동쪽에는 동서 방향의 단층들이 자주 발달하며 양쪽지역에 모두 북북동 방향의 단층이 발달된다.

북북동방향 단층계

이방향은 좌수향 및 우수향의 주향이동 단층과 정단층이 공히 발달하고 있다. 이들 중 우수향 주향이동 단층은 양산 단층과 단층의 주향 및 운동감각이 같은 것으로 달전지 부근의 학전응회암류와 기계면 한티고개 및 칠포, 월포 부근의 응회암류 등지에서 관찰된다(Fig. 5, Fig. 6). 이방향의 좌수향 주향이동 단층 역시 기계부근의 한티고개에서와 칠포부근의 응회암류에서 관찰되는데, 같은 단층면 상에서 운동감각이 서로 다른 좌수향과 우수향 공히 존재하고 있다. 이는 2회 이상의 서로 다른 단층운동이 있었던 것을 의미한다. 양산 단층에 인접하는 말골 등지의 경상계 기반암에서는 N20°E 주향에 경사각이 40°~50° 정도로 남서경하는 단층면들이 발달한다. 이방향으로 정단층도 관찰되는데 본역 동측인 칠포, 월포 등지의 동해안을 따라 주향은 거의 남북 방향에

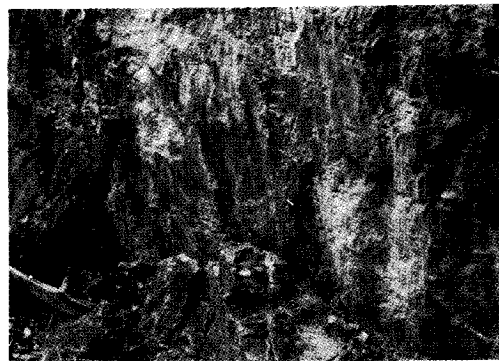


Fig. 7. High angle normal fault of NNE direction in welded tuff at Wolpo-ri.

가깝고 경사각이 70°~80° 정도의 고각인 정단층이 발달하고 있다 (Fig. 7)

서북서방향 단층계

좌수향의 주향이동 단층으로 기계면 한티고개와 죽장면 평구재 등지에서 관찰된다. 한티고개에서는 이 서북서 방향의 단층이 북북동방향의 우수향 주향이동 단층과 결합되어 약 200 m 폭의 파쇄대를 형성하고 있다. 동서 방향의 단층은 양산단층을 중심으로 서쪽에서는 나타나지 않고 동측 응회암류에서 관찰된다. 포항분지내에 노출되어 있는 기반암에서는 뚜렷한 성격이나 연장성을 찾기는 어려우며 동해안에 분포되어 있는 포항분지의 기반암인 응회암류에서는 뚜렷하게 나타난다.

동서방향 단층계

이방향의 단층들은 주향이동성 단층과 정단층이 공히 발



Fig. 5. Strike-slip fault showing NNE striation in Chilpo welded tuff.



Fig. 6. Dextral strike-slip fault which is NNE direction at the basement of Tertiary basin.

Table 1. Fault system and mechanism in study area

Fault system in basement		Fault system in Youn-il group	
NNE faults	Dextral strike-slip fault	NNE faults	Dextral strike-slip fault
	Sinistral strike-slip fault		
	Normal fault		
WNW faults	Sinistral strike-slip fault		
EW faults	Strike-slip fault	EW faults	Normal fault
	Normal fault		
Thrust			

기반암내 단층계의 주된 방향은 대체로 북북동 방향, 서북서 방향 및 동서 방향의 것들이 발달한다. 북북동 방향으로 발달하는 양산단층을 경계로 서쪽에는 서북서 방향이, 동쪽에는 동서 방향의 단층들이 자주 발달하며 양쪽지역에 모두



Fig. 7. High angle normal fault of NNE direction in welded tuff at Wolpo-ri.



Fig. 8 Nearly E-W direction strike-slip fault in rhyolitic tuff at Chilpo-ri.

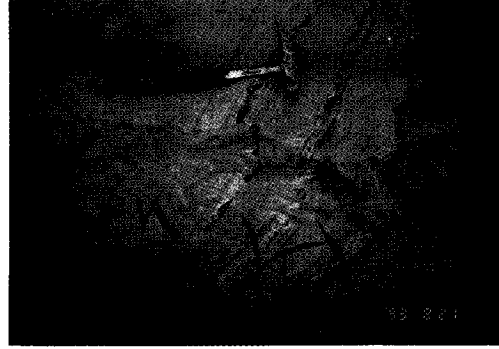


Fig. 10. Sinistral strike-slip fault having N50°E direction in Tertiary Duho formation.



Fig. 9. Nearly E-W direction normal fault in the same place of Fig. 8.

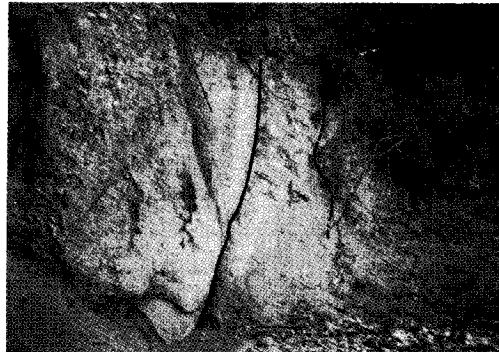


Fig. 11. N30°E strike-slip fault in the conglomerate of Chunbuk formation in the vicinity of Malgol.

달하는데, 주향이동 단층은 칠포 해수욕장 부근 안흥교 맞은편 칠포용결응회암과 오도리 조봉산 기슭 해안도로에서 잘 발달된다(Fig. 3, Fig. 8). 동서방향의 정단층은 주향이동 단층과 같은 단층면에서 단층조선(striation)이 거의 평행한 것과 동시에 조선의 경사가 70°~80° 정도의 것이 함께 존재한다. 주향이동 단층에 비해 발달이 미약하며 오도리 조봉산 부근의 노두에서는 남북방향의 단층등과 겹부되어 파쇄를 가중시키고 있다. Fig. 9는 칠포리 안흥교 부근의 칠포용결응회암 내에 뚜렷이 발달하는 정단층이다.

연일층군내 단층계

연일층군내의 단층계는 기반암에 비해 대체로 일정한 방향성을 가지며, 전체적인 파쇄정도는 기반암 보다 매우 미약하다. 연일층군 내에서 측정한 전단면과 절리들을 접기한 Contour diagram(Fig. 4 (B))에서 보듯이 이곳에는 북북동 방향과 거의 동서 방향의 것들이 우세하게 발달한다. 이방

향들은 앞에서 언급하였듯이 연일층군의 기반암내 단층계들 중에서도 나타나고 있는 것이다.

북북동방향 단층계

이방향의 단층들은 Fig. 3에서 보듯이 포항분지 내에 가장 뚜렷한 주단층이며 양산단층 방향과 거의 평행한 N15°~20°E 방향이다. 포항시 경계인 연화재 서측 대흥동 부근에서는 북북동방향의 단층이 우수향의 주향이동성 단층 임이 관찰된다. Fig. 10은 이곳 두호층에서 관찰된 주향이 N50°E의 좌수향 주향이동단층으로 북북동방향의 우수향 주향이동단층과는 공액단층(Conjugate fault)으로 해석된다. 이들은 기반암에 나타나는 북북동 방향의 단층계와 같은 방향을 유지하고 있으며 단층의 폭은 곳에 따라 약 10~20 m의 파쇄대를 보이기도 한다 (Fig. 11, Fig. 12). 이방향의 단층은 앞에서 언급한 바와 같이 단층의 운동감각을 결정하는 정확한 지시자가 야외 노두에서는 관찰되기 어려우며 정확히 주향



Fig. 8 Nearly E-W direction strike-slip fault in rhyolitic tuff at Chilpo-ri.



Fig. 10. Sinistral strike-slip fault having N50°E direction in Tertiary Duho formation.



Fig. 9. Nearly E-W direction normal fault in the same place of Fig. 8.



Fig. 11. N30°E strike-slip fault in the conglomerate of Chumbuk formation in the vicinity of Malgol.



Fig. 12. Crushed zone by faulting in Duho formation near Gokgang-ri.



Fig. 14. Thrust transporting from WNW to ESE near Songhak-dong.

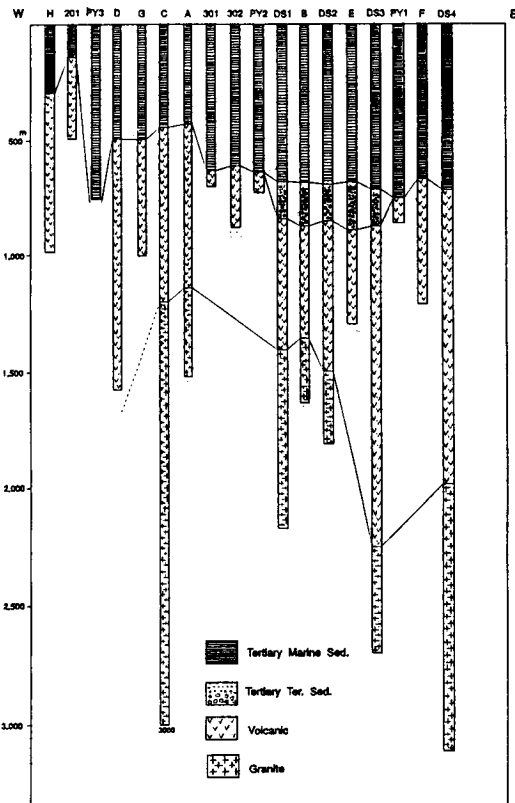


Fig. 13. Simplified logging data from drilling holes at Pohang area.

이동성이라기 보다는 사교이동(oblique slip)성 단층이다. 이는 포항지역 시추공의 간략한 주상도(Fig. 13)에서도 보여주는 바와 같이 지질도(Fig. 1)상에 표시한 G와 D시추공 사이, A와 B시추공 사이 및 E와 F시추공 사이에서 상하 낙차를 인지할 수 있다. 기반암 중에 발달하는 북북동 방향의 우수향단

층들도 조선(striation)의 경사가 심한것은 약 30°에 이른다. 그러나 이방향의 단층계는 한반도 동남부에 위치하는 소위 양산단층과 방향이나 운동감각이 일치한다.

동서방향 단층계

연일층군 내의 동서방향 단층은 본역에서는 넓은 층적층에 의해 덮혀 실제 야외 노두에서는 관찰되지 않았으나 이 방향의 절리는 잘 발달되고 있다 (Fig. 4 (B)). Yun, H.S. etc. (1991)는 고생물 자료와 물리탐사에 의해 이방향의 3개의 단층을 인정하였다. 이들을 북에서 남으로 칠포단층, 홍해단층 및 형산단층으로 명명하였고 이들 단층은 홍해단층과 형산단층 사이의 지괴가 지구형태(graben type)로 내려앉은 정단층으로 해석하였다. 민경덕 외(1992)는 중력탐사에 의해 홍해단층과 형산강단층의 존재를 확인 하였다. 연일층군내에 북북동방향으로 우수향의 주향이동운동이 있었다면 거의 동서방향의 정단층 즉 남북방향의 인장력과 동서방향의 압축력이 작용하였음은 사실일 것이다.

드러스트 단층

본역에는 드러스트 단층들이 소규모로 주로 북북동 방향의 trend를 가지나 곳에 따라서는 북서 및 동북동 방향으로 불규칙하게 발달 하고 있다. 그들 중 대표적인 것은 송학동 부근의 드러스트와 (Fig. 14) 포산고개 부근에서 소규모 습곡 및 인편 드러스트(imbricate thrust)가(Fig. 15 (a), (b)) 야외에서 관찰되고 있다. 송학동 부근의 드러스트는 이미 보고 되었으며 Hwang, I.G.(1993)는 단층작용에 의해 지괴회전(Block rotation)이 일어나면서 형성된 국부적인 압축작용의 산물로 해석하였다. 포산고개의 습곡 및 인편 드러스트(imbricate



Fig. 12. Crushed zone by faulting in Duho formation near Gokgang-ri.

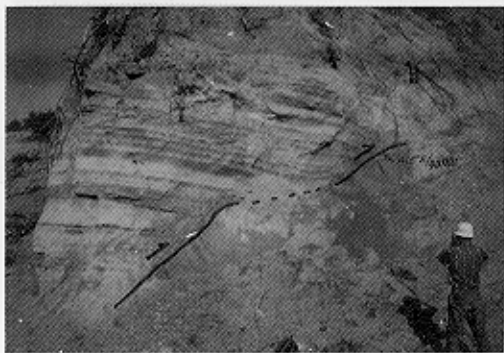


Fig. 14. Thrust transporting from WNW to ESE near Songhak-dong.

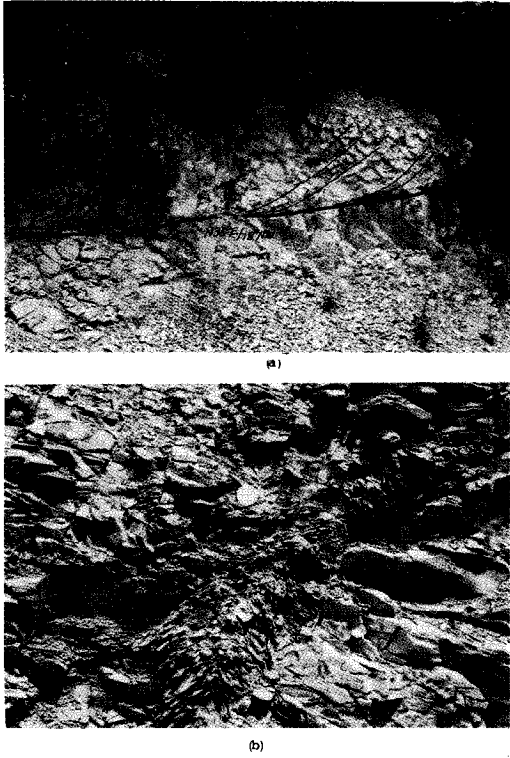


Fig. 15. Thrust and imbricate fan (a) and minor fold (b) at Posan-gogae.

thrust)는 본연구에서 처음 보고되는 것으로 이러한 양상은 북북동 방향의 우수향 주향이동운동에 수반된 유형으로 보기 어려우며 대개 동서방향의 횡압이 후기에 작용하였던 것으로 여겨진다. 최동림 외 (1993)는 포항분지를 포함한 영일만 퇴적층은 후기 마이오세 초까지 주로 동서 방향 내지 북서-남동방향으로 압축력이 있었음을 시사하였다.

단층작용 고찰

앞장에서 제삼기 지층인 포항분지 내의 퇴적암류들과 기반암 내에 발달하는 단층의 특성을 상호 비교하였다. 이들을 근거로 연구지역 내의 단층의 발달 상태와 단층운동의 순차적 발달상태를 알아보기위해 먼저, 기반암 중에 발달하는 단층들을 제외한, 제 3기층 내 발달하는 단층을 중심으로 고찰해보고자 한다. Table 1에서도 보여 주듯이 제삼기 퇴적층에는 북북동 방향의 우수향 주향이동단층, 동서 방향의 정단층 및 드러스트 단층 만이 발달한다. 반면 기반암에는 이들 단층 외에 북북동방향의 좌수향 주향이동단층, 정단층과 서북서 방향의 좌수향 주향이동단층 및 동서방향의 주향이동 단층이

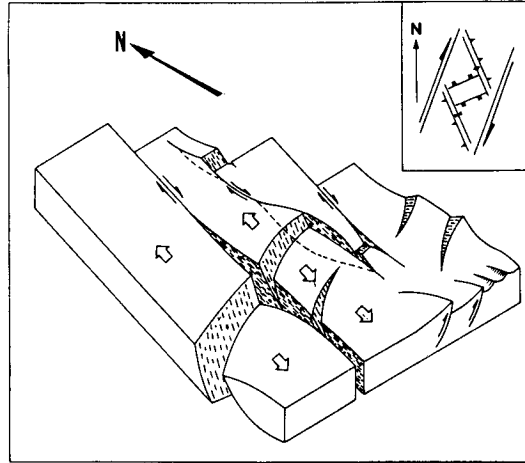


Fig. 16. Schematic block diagram showing the structure in the Tertiary basin.

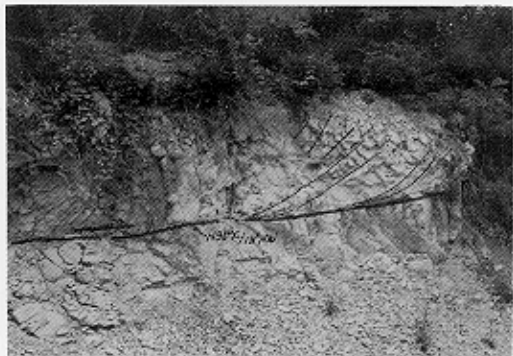
발달한다. 이들 기반암에만 발달하는 단층은 포항분지 내 퇴적암을 형성시킨 제삼기 마이오세 이전에 형성된 단층이며, 제삼기 퇴적층에 발달하는 단층들은 마이오세 이후에 형성된 단층임을 쉽게 판단 할 수 있다.

이들로부터 본연구 지역내 백악기 및 초기 제 3기의 기반암내 지각에만 발달하는 북북동 방향의 좌수향 주향 이동운동과 관련되어 남북 방향의 정단층 작용이 있었다. 그후 제 3기 마이오세 이후에는 포항분지 내에 북북동 방향의 우수향 주향이동 단층을 형성시킨 주형압력(σ_1)이 동북동-서남서 내지 거의 동서방향으로 작용하였다. 이러한 조구조운동에 수반되어 거의 동서방향의 정단층이 이분지내에 발달하였으며, 연이어 transpression에 의한 횡압력이 작용하여 드러스트 및 습곡을 형성한 inversion tectonics를 형성시켰다. Fig. 16은 제 3기 포항 분지 내의 단층 및 지질구조의 모식도이다.

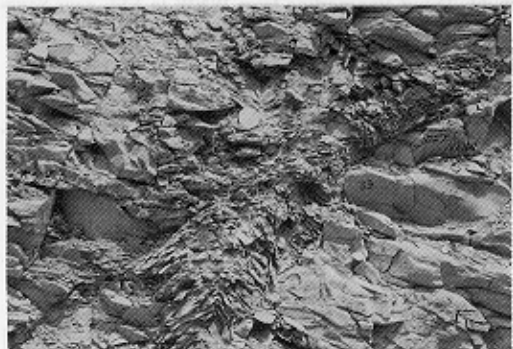
결론

한반도에 분포하는 제삼기 분지중에서 포항을 중심으로 발달하는 포항분지는 백악기의 퇴적암류(경상누층군), 초기 제 3기의 학전 용결 응회암 및 칠포 용결 응회암을 기저암으로 하여 주로 역암으로 구성된 천복층, 사질암이 주구성 암인 학전층과 이질암으로 구성된 두호층이 분포하고 있다. 이들 제삼기 지층을 관입하면서 소규모로 분포하고 있는 현무암은 절대 연령 측정 결과 15 Ma로 알려진 제삼기 화산암이다.

포항 분지 및 그 기저부에 발달하는 단층 및 절리계는 다음과 같다. (1) 포항 분지 기저암에 발달하는 단층계는 북북동



(a)



(b)

Fig. 15. Thrust and imbricate fan (a) and minor fold (b) at Posan-gogae.

방향의 우수향 주향 이동 단층, 좌수향 주향 이동 단층 및 정단층으로 구성되며, 서북서 방향은 좌수향 주향이동 단층이며 동서 방향은 주향 이동 단층 및 정단층들이다. (2) 제 3기 지층내에 발달하는 단층계는 북북동 방향의 우수향 주향 이동 단층, 동서 방향의 정단층 및 스트러스트들이 발달하고 있다. 이들 단층 발달 순서 및 단층의 특성을 고려할때 연구 지역내 지각 운동은 크게 백악기의 기저암을 포함하여 다음과 같은 변형사로 해석된다. 첫단계는 백악기 지각에만 발달하는 북북동 방향의 좌수향 주향 이동 운동과 관련되어 남북 방향의 정단층 작용이 있었다. 제 3기 마이오세 이후 작용한 북북동 방향의 우수향의 주향 이동 운동은 제 3기 분지내 주향 이동 단층 및 동서방향의 정단층을 형성시켰으며 연이어 이운동은 제 3기 지층내에 transpression을 작용시켜 부분적으로 스트러스트를 발달시킨 inversion tectonics를 형성 하였다.

참고문헌

김옥준, 윤 선, 김영준 (1968) 한국지질도 청하도폭(1:50,000) 및 설명서. 국립지질조사소.
 김인수 (1985) 한반도 및 동아시아의 지질구조 발달과 판구조이론 (II): 한반도의 지체 구조 발달과 동해의 형성, 부산대학교 자연과학 논문집, 40집, p. 311-325.
 김인수 (1992) 새로운 동해의 성인 모델과 양산단층계의 주향이동운동. 지질학회지, v. 28, p. 84-109.
 김종열 (1988) 양산단층의 산상 및 운동사에 관한 연구, 박사학위논문, 부산대학교.
 김종환, 강필중, 김정웅 (1976) Landsat-1 영상에 의한 영남지역 지질구조와 광상과의 관계연구. 지질학회지, v. 12, p. 79-89.
 민경덕, 방성수, 현용호 (1992) 한반도 동남부에 분포하는 제 3기 퇴적분지에 대한 중력 탐사. 광산지질, v. 25, p. 167-177.
 엄상호, 이동우, 박봉순 (1964) 한국지질도 포항도폭(1:50,000) 및 설명서. 국립지질조사소.
 윤 선 (1982) 한국 어일본지의 제3기층서. 대한지질학회지, v. 18, 제 4호 p. 173-180.
 윤 선 (1988) 한반도 남부의 제3기 층서, 한국과학재단 연구 보고서, 25p.
 윤 선, 장기홍, 유환수, 이영길 (1991) 한반도 남부의 제3기 분지 발달사. 광산지질, v. 24 제 3호, p. 301-308.
 윤성효 (1988) 포항분지 북부 (칠포-월포 일원)에 분포하는 화산암류에 대한 암석학적 층서적 연구. 광산지질, v. 21, p. 117-129.

이현구, 문희수, 민경덕, 김인수, 윤혜수, 板谷徹丸 (1992) 포항 및 장기분지에 대한 고 지자기, 층서 및 구조연구: 화산암류의 K-Ar년대. 광산지질, v. 25, p. 337-349.
 장기홍 (1985) 한국지질론. 민음사, 215p.
 최동림, 김성렬, 석봉출, 오재경 (1993) 한국 남동부 영일만의 천부 지질구조, 한국석유 지질학회, v. 1, 1호, p. 53-62.
 한중환, 광영훈, 손진담 (1986) 한국동남부지역 제 3기 퇴적분지내의 지체구조발달 및 퇴적환경연구. 한국동력자원연구소, 연구보고서 KR-86-(B)-8. 76p.
 한중환, 광영훈, 손진담, 손병국 (1987) 한국동남부지역 제 3기 퇴적분지내의 지체구조 발달 및 퇴적환경연구(II). 한국동력자원연구소, 연구보고서 KR-86-2-(B)-4. 109p.
 한중환, 광영훈, 손진담, 정태진, 손병국 (1988) 한국동남부지역 제 3기 퇴적분지내의 지 체구조 발달 및 퇴적환경연구(III). 한국동력자원연구소, 연구보고서, KR-87-(B)-4. 75p.
 Chough, S.K., Hwang, I.G. and Choe, M.Y. (1989) The Doumsan fan-delta system, Miocene Pohang Basin (SE Korea). Field Excursion Guide-book, Woosung Pub. Co., 95p.
 Chough, S.K., Hwang, I.G. and Choe, M.Y. (1990) The Miocene Doumsan fan-delta, southeast Korea: a composite fan-delta system in back-arc margin. Jour. Sed. Petrol., v.60, p. 445-455.
 Hwang, I.G. (1993) Fan-delta system in the Pohang basin (Miocene), SE Korea. Unpubl. Ph.D. Thesis, Seoul Nat'l Univ., 923p.
 Kim, B.K. (1965) The Stratigraphic and Paleontologic Studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang Areas, Korea. Jour. Seoul. Univ. Science and Tech- nology Ser., v. 15, p. 32-121.
 Tateiwa, I. (1924) Ennichi-Kyuryuho and Choyo sheet. Geol. Atlas Chosen, No.2, Geol. Sur. Chosen.
 Yoon, S., (1975) Geology and paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang district, Korea, Part 1. Geology. Jl. Geol. Soc. Korea, v. 11, p. 187-214.
 Yoon, S., (1989) Tertiary stratigraphy of the southern Korean Peninsula. In Liu, G., Tsuchi, R. and Lin, Q. (eds.), Proc. Internat. Sym. Pacific Neogene Continental and Marine Events, IGCP 246, Nanjing Univ. Press. p. 195-207
 Yun, H.S. (1986) Emended stratigraphy of the Miocene formation in the Pohang Basin, Part 1. Jl. Paleont. Soc. Korea, v.2, p. 54-69.
 Yun, H.S., Min, K.D., Moon, H.S. and Yi, S.S. (1991) Biostratigraphic, Chemostrati- graphic, Paleomagnetostratigraphic and Tephro-chronological Study for the Correla- tion of Tertiary Formations in Southern part of Korea: Regional Tectonics and it's Strati-graphical Implication in the Tertiary Basin, Korea., Jour.Paleont.Soc. Korea, v. 7, p. 1-13.
 (1995년 2월 2일 원고접수)