

## 포항 및 장기분지에 대한 고지자기, 층서 및 구조 연구; 중력탐사에 의한 흥해 및 형산강지역의 지질구조\*

민경덕\*\* · 윤혜수\*\*\* · 문희수\*\* · 이현구\*\*\* · 김인수\*\*\*\*

### Paleomagnetism, Stratigraphy and Geologic Structure of the Tertiary Pohang and Janggi Basins ; Geologic Structure in the Areas of Heunghae and Hyungsan River by Gravity Prospecting Method\*

Kyung Duck Min\*\*, Hyesu Yun\*\*\*, Hi-Soo Moon\*\*,  
Hyun Koo Lee\*\*\* and In-Soo Kim\*\*\*\*

**ABSTRACT:** The gravity measurement has been conducted at 327 station with an interval of 25 m along the survey lines of 1.6 km and 1.7 km traversing Hyungsan river and of 2.35 km and 2.42 km running N-S direction near Heunghae-eup in Pohang basin. Bouguer gravity anomalies were obtained, and geologic structure along four survey lines were interpreted by applying Fourier series and Talwani methods for two dimensional body.

A fault is in existence along the Hyungsan river, and northern block of it is displaced down by 150 m to 200 m relative to southern one. The thicknesses of Yeonil Group vary from 250 m to 550 m and from 150 m to 300 m in the northern and southern blocks of the fault, respectively. Another fault is in existence running E-W direction near Heunghae-eup, and its southern block is displaced down by about 250 m relative to its northern block. The thicknesses of Yeonil Group vary from 200 m to 400 m and from 500 m to 700 m in the southern and northern blocks of the fault, respectively.

Above two faults are normal faults and make a graben structure, which results the age of rocks in the central region between the faults is younger than those of outside regions. This result coincides with that of paleontological study.

## 서 언

한반도 동남부에 분포하는 제 3 기 퇴적분지 중의 하나인 포항분지에 대한 이제까지의 연구들은 주로 층서학적, 고생물학적 연구로서, 분지내 여러 지층의 분대와 각 지층의 시대 그리고 고환경 규명에 주력하였다 (Kim, 1965; Yoon, 1975; Lee, 1986; Yun, 1986; You et al., 1986). 이들의 연구결과에 의하면 분지는 남북으로 긴 타원형으로 되어 있으며, 지층들은 남북 주향과 동쪽 경사를 보여주고 있다. 따라서, 서쪽이 분지언변을 이루는 동시에 오래된 지층이

노출되어 있으며, 여기에서 동쪽으로 가면 분지중심 가까운 부분과 상부층이 나타나게 된다.

그러나, 최근 Yun et al. (1991)는 외편모충류를 비롯한 미화석자료에 근거하여 서에서 동으로 가면서 나타나는 층서적인 지질시대 차이보다는 오히려 남에서 북으로 가면서 지역적으로 나타나는 차이가 더 크다고 주장하였다. 이러한 사실은 원래 남북 주향방향으로 발달되어 있던 같은 암상과 화석상이 정단층들로 추정된 동서방향의 구조선으로 인해 지역에 따라 같은 암상의 심부지층이 노출되어 나타나는 현상으로 해석하였다. 아울러 이들은 동서방향으로의 암석 특징이나 종류의 변화는 비교적 짧은 시간 내에서 퇴적된 퇴적물의 상변화에 기인되는 것이라고 하였다.

위의 연구에서 지적된 구조선으로서는 형산강과 흥해 지역에서 동서로 가로 지르는 평야 및 계곡인데, 야외 지질조사에서도 이 구조선을 경계로하여 남북으로 지질

\* 본 연구는 한국학술진흥재단의 '91 자유공모과제 연구비에 의해 이루어진 것임.

\*\* 연세대학교 지질학과(Dep't. of Geol., Yonsei Univ., Seoul 120-749, Korea)

\*\*\* 충남대학교 지질학과(Dep't. of Geol., Chungnam Nat'l Univ., Daejeon 301-764, Korea)

\*\*\*\* 부산대학교 지질학과(Dep't. of Geol., Pusan Nat'l Univ., Pusan 609-735, Korea)

학적 특징 즉, 습곡의 양상이 변하고 그 축이 끊어지며 지질경계선이 어긋나는 것 등이 쉽게 관찰된다. 이에 본 연구에서는 Yun et al. (1991)의 연구결과에서 단층으로 추정된 구조선들을 중심으로 야외 지질학적 조사와 병행하여 지구물리탐사를 실시하여 구조선의 정확한 위치, 운동방향, 이동량 및 운동시기에 대한 정량적인 자료를 얻으며, 아울러 이를 통하여 포항분지 형성 해석에 일조를 하고자 한다.

## 지 질

본 연구지역 및 그 일대에는 중생대 백악기의 퇴적암류와 화성암류 및 이를 부정합으로 덮고 있는 신생대 제 3기의 퇴적암류와 제 4기의 현무암과 층적층이 분포되어 있다. 중생대 암류는 본역의 기저를 이루고 있는데, 이는 주로 경상누층군의 신라아층군에 속하는 대구층과 이를 관입한 불국사화강암류로서, 본 연구지역의 서쪽에 넓게 분포하고 있다. 제 3기 퇴적암류는 팔레오세말에서 에오세초기에 생성된 응회암류와 마이오세의 연일층군으로 구분되는데, 응회암류는 과거에는 백악기 화산암 (Tateiwa, 1924; Yoon, 1975) 및 마이오세 이후에 관입한 석영장석반암 (김봉균 외, 1975)으로 알려졌으나, 진명식 외 (1987)에 의한 K/Ar 및 Fission track 법과 한중환 외 (1988)에 의한 K/Ar 법 절대연령 측정으로 팔레오세에서 에오세 사이에 생성된 암석임이 밝혀졌으며, 연일층군은 초기와 중기 마이오세의 해성퇴적물인 역암, 사암 및 셰일로 구성되어 있다. 또한, 제 4기의 층적층이 본 층들을 포함하여 형산강 일대와 흥해읍 일대에 넓게 분포한다.

본 연구지역 및 그 주변의 지질은 Tateiwa (1924)와 Yun (1986)의 연구결과를 참고로 하였으며, Fig. 1은 지질과 중력탐사 축선 및 측정점 도시한 것이고, Table 1.은 층서분류표이다. 연구지역 일대의 지질각론은 민경덕 외 (1992)에 기술되어 있으며, 여기서는 연구지역 내 (Fig. 1의 사각형 내)의 지질에 대해서만 각론하고자 한다.

### 경상누층군

**불국사 화강암류** : 주로 화강암과 화강섬록암이며, 부분적으로 섬록암질을 나타낸다. 본 연구지역 내에서는 연일층군을 관입상으로 분포하고 있다.

### 응회암

Table 1. Stratigraphic sequence in and near the study area (modified from Tateiwa, 1924 and Yun, 1986).

Quaternary	Alluvium ~Unconf.~
Tertiary	Yeonil Group Janggi Group Tuff ~Unconf.~
Cretaceous	Bulguga Granite -Intrusion- Silla Subgroup

본역에 나타나는 제 3기 지층중 최하위 지층으로서, Yoon (1975)은 본 지층을 백악기 화산암으로, 김봉균 외 (1975)는 마이오세 이후에 관입한 석영장석반암으로 기재한 바 있다. 그러나 진명식 외 (1987)에 의한 K/Ar 및 Fission track법과 한중환 외 (1988)에 의한 K/Ar법 절대연령 측정으로 팔레오세-에오세 사이에 생성된 암석임이 밝혀졌다.

### 연일층군

본 층군을 Tateiwa (1924)는 천북역암과 연일셰일로 구분하였고, 엄상호 외 (1964)는 이중 연일셰일을 학전층, 흥해층, 이동층, 두호층 및 여남층으로 세분하였으나, Yun (1986)은 이들 층을 구조적, 암상학적 및 미고생물학적으로 연구하여 학전층과 두호층만이 존재하고 나머지 층들은 이들 두개 층이 습곡으로 인해 반복 노출된 것으로 해석하였다. 본 연구에서는 그의 층서를 따랐다.

**천북역암** : 본 층에 함유된 역은 주로 백악기의 화산암, 화강암 및 셰일 등이며, 또한 본 층에는 사암과 이암이 협재되기도 한다. 이중 사암에는 연체동물의 화석이 다량 포함되어 있는데, 이는 천해환경을 지시해 준다 (Yoon, 1975).

**학전층** : 본 층은 주로 안회색 이암으로 구성되어 있으며, 역을 함유한 사암이 얇게 협재되기도 한다. 본 층에 포함된 사암을 Chough et al. (1990)은 흥해층으로 분류하기도 하였다. 본 층은 연구 대상 지역에서 천북역암층 동부에 천북역암층과 평행하게 대상으로 분포하고 있다.

**두호층** : 본 층은 연구지역 중 포항시 주변에 잘 노출되어 있으며, 갈회색을 띠는 두점고 균질한 이암으로 구성되거나 사암이 얇게 끼기도 한다. 풍화면에서는 색이 밝게 변화하는데, 이는 주로 풍화면 가까이에서 산화와 leaching으로 유기탄소의 함량이 적어지기 때문에 나타난다

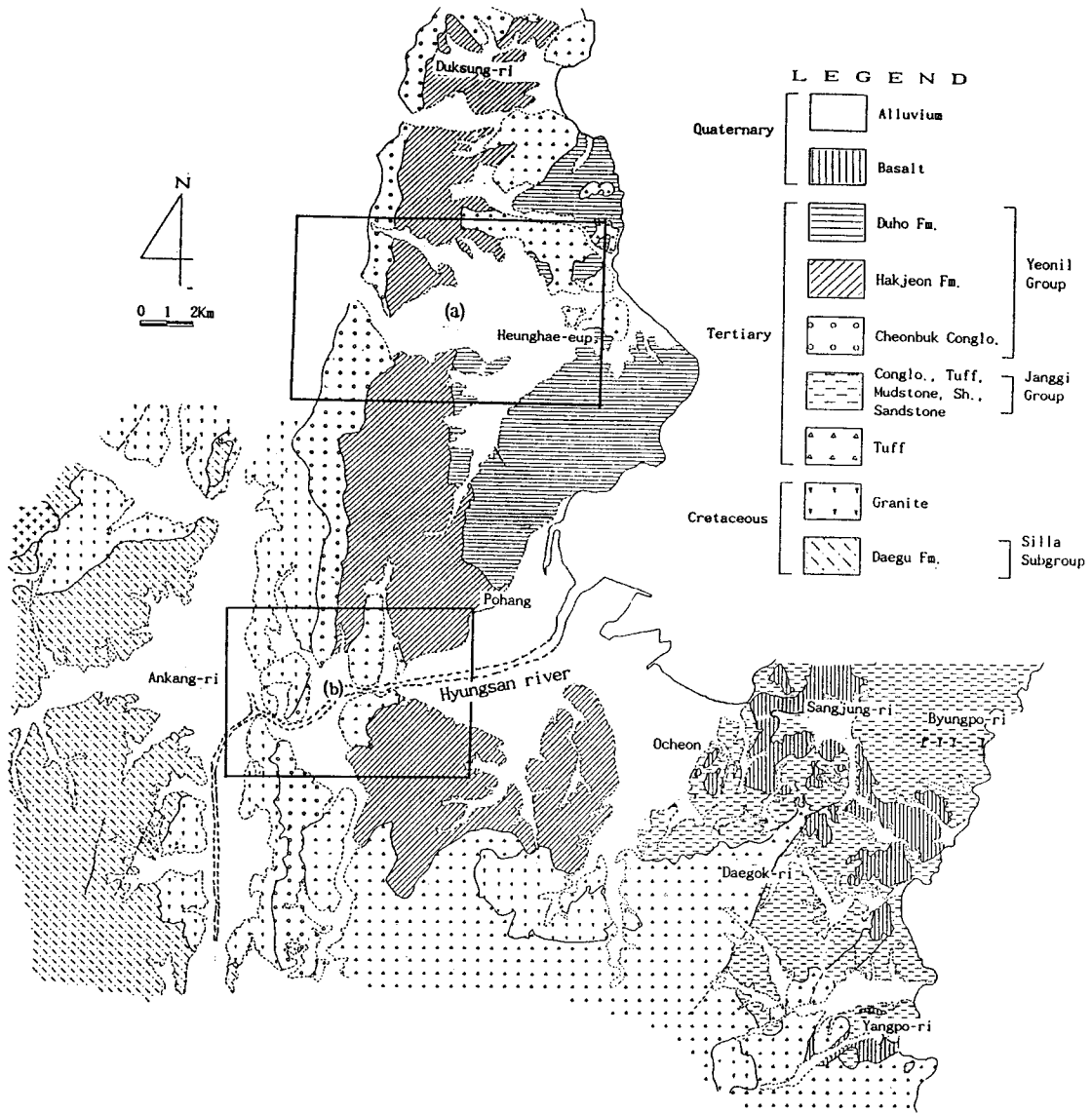


Fig. 1. Geologic map in and near the study area (from Tateiwa, 1924 and Yun, 1986).

(문희수 외, 1990).

### 화석상 변화

포항분지의 화석상은 지역적으로나 수직적으로나 그렇게 큰 변화는 보이지않으나 몇몇 지시화석에 의해 미세한 차이가 나타난다. 즉, 미화석상의 수직적인 변화는 포항의 시추코아에서 잘 나타나며, 지역적인 변화는 형산강을 기준으로 남북변화 및 홍해-칠포 선을 기준으로 한 남북변

화이다 (Yun, et al., 1991).

형산강 이남에서는 와편모 화석종 *Diphyes colligerum*, *Distatodinium colligerum*이 다량 산출되며, 이 화석종의 Last Appearance Level (LAD)를 근거로 했을때 이 지역은 16.2 Ma 보다 젊을 수는 없다 (Yun et al., 1991). 반면, 형산강 북쪽 포항에서 산출되는 유공충과 인편모충류종 *Sphenolithus heteromorphus*의 LAD를 기준으로 했을때 12 Ma의 나이가 나오며 (Yi, 1992; Kim, 1990), 형산강 이북 및 이남의 양 block 사이의 나이차는 4.2 Ma가 된다. 나

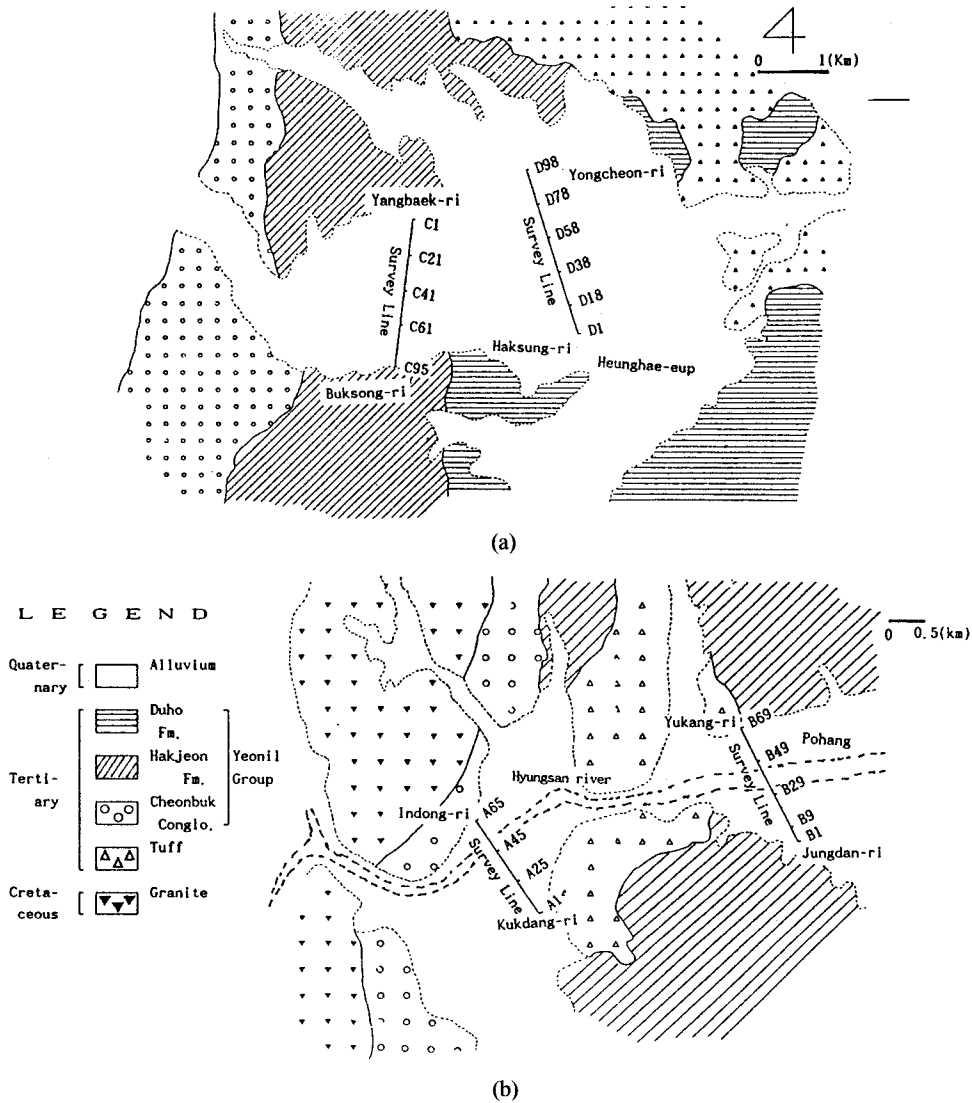


Fig. 2. Survey lines and detailed geologic maps of the study areas. (a) Heunghae area and (b) Hyungsan river area.

이가 16.2 Ma인 퇴적암은 포항의 시추코아에서는 코아에 따라 약 340~440 m 심부에서 관찰되며, 따라서 이 수치는 형산강 남북 block간의 수직적인 낙차로 볼 수 있겠다.

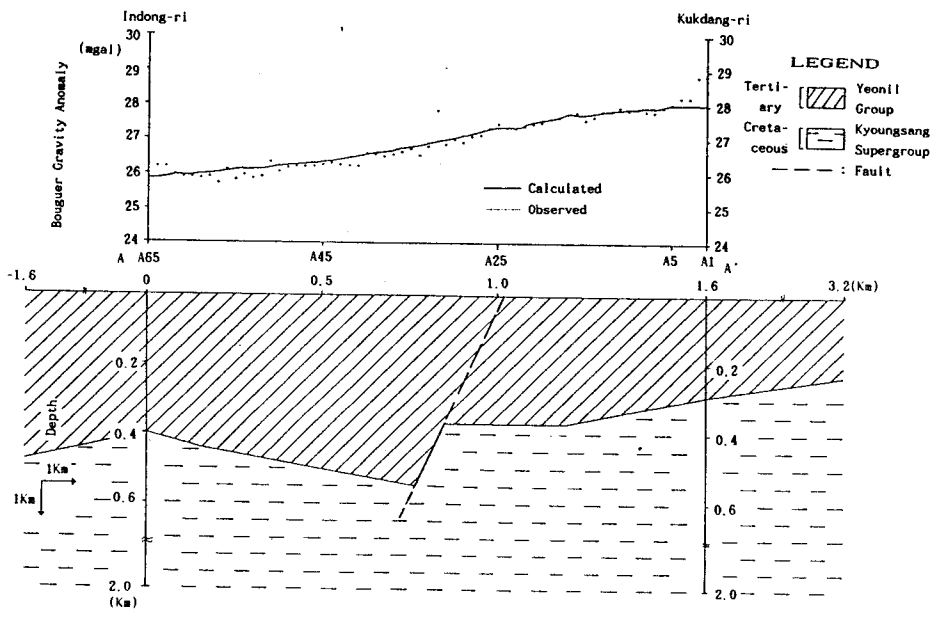
역시 화석을 근거로 한 비슷한 계산이 홍해 남북 block사이에서도 적용되는데, 단지 홍해북쪽에서의 석산 출과 보존이 좋지 않아 낙차의 양에 대해서는 확실하게 언급하기 어렵다 (Yun et al., 1991).

**중력탐사**

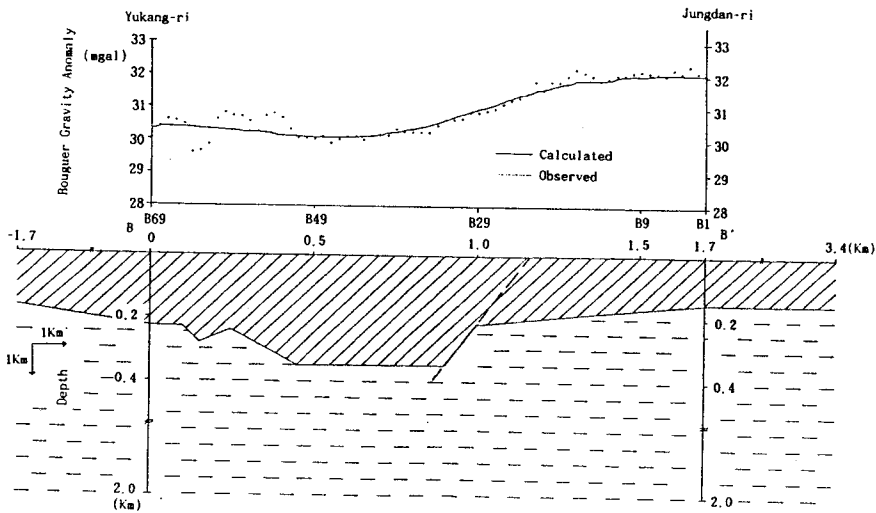
**중력측정 및 보정**

본 연구에서는 형산강과 홍해지역 일대에서의 지질 구조선 규명을 위하여 형산강을 가로지르는 길이가 각각 1.6 km, 1.7 km인 측선 A, B와 홍해를 일대에 남북방향으로 길이가 각각 2.35 km, 2.42 km인 측선 C, D를 설정하고, 25 m 등간격으로 총 327개의 측정점에서 중력을 측정하였다 (Fig. 2).

중력측정기는 RaCoste & Romberg Landgravimeter



(a)



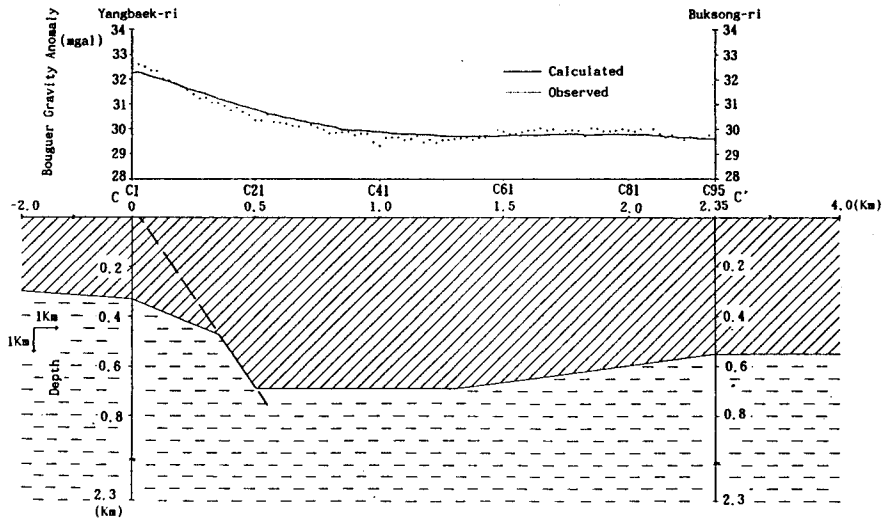
(b)

Fig. 3. Profiles of Bouguer gravity anomalies and their geological interpretations along the survey lines A-A' (a) and B-B' (b).

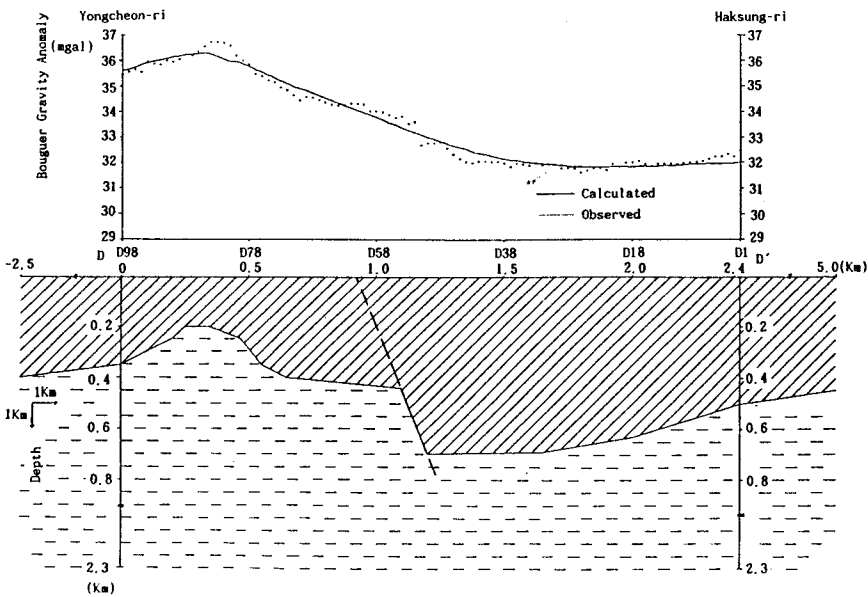
Model G 이며, 측정된 중력치는 경북대학교에 위치한 중력기점의 표준중력치 ( $g=979.81595 \text{ gal}$ )를 이용하여 절대 중력치로 환산하였으며, 중력의 일변화 및 중력계의 시간에 따른 변화를 보정해 주기 위하여 중력기점을 왕복 측정하였다. 또한, 각 측정점간의 고도차에 따른 영향을 보정하기 위하여 수준점을 이용한 폐합방법으로 측정점의 고

도를 수준 측량하였다.

각 측정점에서의 측정 중력치에 대해 일변화와 계기보정, 고도보정, 부계보정, 대기보정, 지형보정을 실시하였으며, 지형보정은 1/25000의 지형도를 이용하여 Hammer's Chart Zone (Hammer, 1939)의 D-J zone까지 평균고도를 산출하여 실시하였다.



(a)



(b)

Fig. 4. Profiles of Bouguer gravity anomalies and their geological interpretations along the survey lines C-C' (a) D-D' (b).

이상의 각종 보정을 실시하여 부계중력이상을 구하였으며, 이에 사용된 표준중력식은 GRS 67 (Geodetic Reference System 1967)이다.

자료해석 및 결과

부계중력이상곡선에 의한 자료해석 및 결과 : 축선 A와

B의 부계중력이상곡선 (Fig. 3)을 고찰하여 보면, 축선을 따라 남쪽으로 가면서 부계중력이상치가 증가하는 경향을 보이는데 이는 제 3기 퇴적층의 두께가 남쪽으로 가면서 감소하기 때문인 것으로 해석되며, 축점 A32-A36, B33-B35 사이에서 부계중력이상치가 변하는 양상을 관찰할 수가 있다. 또한 축선 C와 D의 부계중력이상곡선 (Fig. 4)을 고찰하여 볼때 북쪽으로 가면서 부계중력이상치가 증가

하는 경향을 보이는 것은 북쪽으로 가면서 제 3기 퇴적층의 두께가 얇아지는 것으로 해석되며, 측점 C21-C23, D51-D70에서 부계중력이상치가 변하는 양상을 관찰할 수가 있다.

**Talwani 방법에 의한 자료해석 및 결과:** 주위 물질과 밀도차가 있는 이차원 질량체에 의한 지표상의 임의의 점에서의 부계중력이상치는 질량체의 단면을 여러 개의 변을 갖는 다각형으로 근접시키고 이 다각형의 변을 따라 선적분하면 구할 수 있다. 이렇게 계산된 중력이상치와 측정부계이상치를 비교해 가면서 이들 이상치가 서로 일치하는 모델을 찾는 해석방법을 Talwani방법 (Talwani et al., 1969)이라 한다.

본 연구에서는 경상누층군과 연일층군 퇴적암의 평균 밀도인  $2.60 \text{ g/cm}^3$ 과  $2.03 \text{ g/cm}^3$  (이천훈 외, 1972)의 차인  $0.53 \text{ g/cm}^3$ 에 의해 지질구조를 해석하였다. Fig. 3과 4는 각 측선들에 대하여 Talwani방법에 의하여 구한 지질구조해석 결과도이다.

Fig. 3(a)에서 연일층군의 층후는 인동리에서 약 400 m이며 남쪽으로 가면서 서서히 증가하여 인동리 남쪽 760 m 지점에서 550 m에 이르며, 단층에 의해 그 남쪽이 약 200 m 정도 상승하여 370 m가 되고, 그 이후 서서히 감소하여 국당리에서 약 290 m에 이른다. Fig. 3(b)에서 연일층군의 층후는 본 측선 북단부근에서 약 240~280 m이고, 유강리 남쪽 450 m 지점에서부터 약 350 m이며, 900 m 지점에서 단층에 의해 그 남쪽이 약 150 m 정도 상승하여 200 m가 되고, 이 후 서서히 감소하여 중당리에서 150 m에 이른다.

Fig. 4(a)에서 연일층군의 층후는 양백리에서 약 330 m이며, 단층에 의해 그 남쪽이 약 250 m 정도 하강하여 양백리 남쪽 500 m 지점에서 700 m에 이르고, 남쪽으로 가면서 서서히 감소하여 북송리에서 약 550 m에 이른다. Fig. 4(b)에서 연일층군의 층후는 본 측선 북단부근인 용천리에서 350~200 m로 변화가 심하고, 용천리 남쪽 1100 m 지점에서 단층에 의해 그 남쪽이 약 250 m 정도 하강하여 700 m가 되며, 이 후 남쪽으로 가면서 서서히 감소하여 학성리에서 500 m에 이른다.

Fig. 5는 연구지역에서의 단층운동을 모식적으로 나타낸 남북방향의 단면도이다.

그림에서와 같이 graben 구조에 의해 홍해읍과 형산강 사이지역은 하강하고 그 이북과 이남지역은 상대적으로 상승함으로써, 상승된 지역의 상부가 풍화되고 심부지층이 노출되어 이 지역에 분포하는 지표암석의 시대가 오래된

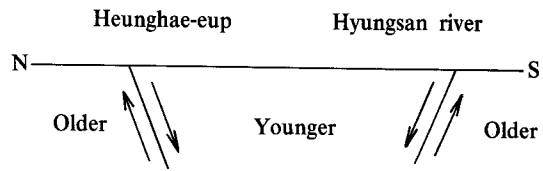


Fig. 5. Schematic diagram of fault movement along a N-S cross section.

것으로 해석된다.

## 결론

한반도 동남부에 분포하는 제 3기 퇴적분지인 포항분지에 대한 외편모층류를 비롯한 미화석자료 연구 및 야외지질조사 결과를 토대로 구조선이 발달하고 있는 것으로 사료되는 형산강 및 홍해읍 일대에 각각 2개의 중력측선을 남북방향으로 설정하여 25 m 중간격으로 총 327개의 측점에서 중력을 측정하고 해석한 결과는 다음과 같다.

형산강 일대에서는 형산강 지류를 따라 단층이 발달하고 있으며, 이 단층에 의해 그 북쪽이 약 150 m~200 m 정도 하강하여, 연일층군의 층후는 단층의 북쪽지역에서 약 250 m~550 m이고, 남쪽지역에서는 약 150 m~300 m이다.

홍해읍 일대에서는 양백리와 용천리를 잇는 동서방향의 단층이 발달하고 있으며, 이 단층에 의해 그 남쪽이 약 250 m 정도 하강하여, 연일층군의 층후는 단층의 북쪽지역에서 약 200 m~400 m이고, 남쪽지역에서는 약 500 m~700 m이다.

각 단층들은 상반이 하강한 정단층들로서 graben 구조를 이루며, 이에 의해 홍해읍 양백리와 용천리를 잇는 단층의 북쪽지역 및 형산강을 따라 발달하고 있는 단층의 남쪽지역이 상승함으로써 같은 암상의 심부지층이 노출되어 남북방향으로의 지질시대에 차이가 나는 것으로 해석되며, 이는 화석상 변화 연구 결과와도 일치한다.

## 참고문헌

- 김봉균, 정창희, 김수진 (1975) 경북 영일지역에 발달하는 갈 단층의 층서적 연구. *대학지질학회지*, 11권, p. 240-242.  
 문희수, 윤혜수, 민정덕, 이현구, 이종천 (1990) 포항지역 제 3기층의 퇴적암 중 화학적 풍화작용이 점토광물조성, 화학조성, 암색 및 미화석 산출빈도에 미치는 영향. *광산지질*, 23권, p. 201-213.  
 민경덕, 방성수, 현용호 (1992) 한반도 동남부에 분포하는 제 3기 퇴적분지에 대한 중력탐사. *광산지질*, 25권, p. 167-177.

- 엄상호, 이동우, 박봉순 (1964) 한국지질도 (1:50,000), 포항도폭. 국립지질조사소.
- 이천훈, 이도영 (1972) 경산분지 중력탐사보고서. 지구물리화학탐사 연구보고, 6권, p. 71-102.
- 진명식, 김성재, 신성찬 (1987) K/Ar 및 핏선트랙법에 의한 포항-김포일대 화산암류의 암석연령 측정연구. 동위원소지질 연구보고서, 한국동력자원 연구소, p. 167-215.
- 한중환, 광영훈, 손진담 (1988) 한국 동남부지역 제 3기 퇴적분지의 지체구조 발달 및 퇴적환경 연구(IV). 한국동력자원 연구소 연구보고서, p. 5-38.
- 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. *J.Sed. Pet.*, v. 60, p. 445-455.
- Hammer, S. (1939) Terrain correction for gravimeters stations. *Geop.*, v. 4, p. 184-194.
- Kim, B.K. (1965) The stratigraphic and paleontologic studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang area, Korea. Seoul National Univ. J. Sci. and Tech. Series, v. 15, p. 32-121.
- Kim, Won-Hyung (1990) Significance of Early to Middle Miocene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the E-core in the Pohang basin, Korea. *J. Paleontol. Soc. Kor.*, v. 6, p.
- Lee, Y.G. (1986) Micropaleontological study of Neogene strata of southern Korea and adjacent sea floor. *J. Paleontol. Soc. Korea*, v. 2, p. 83-113.
- Lee, Y.G. (1990) Neogene paleoenvironments of the Pohang basin in Korea and adjacent sea floor. *J. Paleontol. Soc. Kor.*, v. 6, p. 64-90.
- Min, Kyung Duck, Hyesu Yun, Hi-Soo Moon, Hyun Koo Lee and Dae-Ha Lee (1990) Investigation of boundary between Pohang and Janggi Basins by electrical resistivity survey. *J. Kor. Inst. of Mining Geol.*, v. 23, p. 215-219.
- Talwani, M., Worzel, J.L. and Landisman, M. (1969) Gravity computation for two-dimensional bodies. *Geophy. Res.*, v. 64, p. 49-59.
- Tateiwa, I. (1924) Geological atlas of Chosen, no. 2, Ennichi, Kyuryuho and Choyo sheets. 6p., 3 maps, Geol. Surv. Gov. Chosen.
- Yi, Songsuk (1992) Miocene calcareous nannoplankton from the Pohang basin, Korea. Ph.D. thesis. Chungnam National University, 153p.
- Yoon, S. (1975) Geology and Paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang district, Korea, part 1. *Geology. J. Geol. Soc. Kor.*, v. 11, p. 187-214.
- You, H.S., Koh, Y.K. and Kim, J.Y. (1986) A study on the Nannoplankton from the Neogene formation, Pohang, Korea. *J. Paleontol. Soc. Kor.*, v. 2, p. 137-154.
- Yun, H. (1986) Emended stratigraphy of the Miocene formation in the Pohang basin, part 1. *J. Paleontol. Soc. Kor.*, v. 2, p. 54-69.
- Yun, H., Min, K.D., Moon, H.S., Lee, H.K. and Yi, S.S. (1991) Biostratigraphic, chemostratigraphic, paleomagnetostratigraphic and tephrochronological studies for the correlation of Tertiary formations in southern part of Korea, Regional tectonics and its stratigraphical implication in the Pohang basin, Korea. *J. Paleontol. Soc. Kor.*, v. 7, p. 1-12.