Jour. Korean Inst. Mining Geol.
Vol. 22, No. 2, p. 91-102, 1989

堤川 西南部 沃川帶 地域에 對한 重力探査研究*

閔庚德**·朴惠心**

Gravity Survey on the Southwestern Area of Jechŏn in the Okchŏn Zone

Kyung Duck Min and Hye Sim Park

Abstract: The gravity measurement has been conducted at 61 stations with an interval of about 500 to 1,000 m along two survey lines of about 47 Km between Chungju-Jechŏn and Salmi-Dŏcksanmyŏn in order to study on the subsurface geologic structure and structural relation between Okchŏn Group and Great Limestone Group of Chosŏn Supergroup.

The Bouger gravity anomalies were obtained from the reduction of the field observations, and the distribution patterns of the basement and subsurface geologic structure were interpreted by means of the Fourier-Series and Talwani method for two-dimensional body.

The depth of Conrad discontinuity varies from 12.7 Km to 15.7 Km, and vertical displacements along the Osanri and Bonghwajae faults are 1.0 Km and 1.5 Km, respectively between Chungju and Jechŏn. The depth of Conrad discontinuity varies from 13.8 Km to 15.4 Km, and vertical displacement along the Bonghwajae fault is 0.5 Km between Salmi and Dŏcksanmyon.

The basement is widely exposed at several places between Chungju and Jechŏn. In the unexposed area between Osanri and Wŏlgulri, its depth is from 1.5 Km to 2.1 Km. It is displaced downward along the Osanri and Bonghwajae faults by 0.8 Km and 0.6 Km, respectively, and is displaced upward along the Dangdusan fault by 1.6 Km. On the other hand, the depth of the basement varies abruptly by the Sindangri, Jungwon, Kounri, and Bonghwajae faults between Salmi and Dŏcksanmyŏn, and it is from 2.8 Km to 3.2 Km around Salmi-myŏn. from 1.6 Km to 2.5 Km between the Sindangri and Bonghwajae faults, 3.0 Km near Koburangjae, and 2.5 Km at Dojŏnri.

The high Bouguer gravity anomalies are due to the accumulation of Okchŏn Group and Jangsŏnri Metamorphic Complex whose density is higher than the basement exposed between Sondong and Osanri, and imply the existance of Bonghwajae Metabasite or hornblende gabbro of high density distributed along the Bonghwajae fault in the vicinity of Koburangjae.

The low Bouguer gravity anomalies resulted form the fracture zone associated with fault or rock of low density imply the existance of the Osanri, Bonghwajae, Dangdusan faults and Daedŏcksan thrust between Chungju and Jechŏn, the uplift of the basement by the Sindangri, Jungwon, Kounri, and Bonghwajae faults, and extensive distribution of Cretaceous biotite granites between Salmi and Docksanmyŏn.

The thickness of Okchŏn metasediments varies from 1.5 Km to 3.2 Km, and that of Great Limestone Group

*本 論文은 韓國科學財團 86年度 前半期 次官 研究의 一環으로 遂行된 것임.
**延世大學校 地質學科(Dept. of Geology, Yonsei University, Seoul,120-749, Korea)

of Chosŏn Supergroup from 200 m to 700 m.

It is interpreted that Okchŏn Group is in contact with Great Limestone Group of Chosŏn Supergroup by the fault zones of the Bonghwajae and Daedŏcksan faults, and the Bongwhajae fault is a thrust of high angle, by which the east of the basement is displaced downward 0.5 Km between Chungju and Jechon, and 1.0 Km between Salmi and Dŏcksanmyŏn.

序 言

沃川帶의 地質과 地質構造 및 地質時代에 關해서는 日人 中村新太郎(Nakamura Sintaro, 1923)에 依해 沃川系라는 名稱이 命名된 以來 忠州圖幅(1965), 黃江里圖幅(1965)의 發刊을 비롯하여 많은 硏究가 이루어져 왔으며, 重力探査에 依한 地球物理學的인 硏究도 이천훈외(1973), 김인빈외(1975), Lee(1986), 朴鍾五(1988) 等에 依해 遂行된 바가 있으나, 아직도 沃川帶 東北部에 分布하는 朝鮮累層群의 大石灰岩層群과 그 西南部에 分布하는 沃川層群과의 關係解釋, 이들 各 層群間의 層序와 地質時代 및 地構造的 解釋 等에 對해서는 硏究者들 間에 意見이 달라서 論亂이 되고 있다. 따라서 이에 對한 보다 具體的인 地質學的, 地球物理學的 및 地構造的 證據와 資料들에 依한 定量的인 硏究의 遂行이 必要하다.

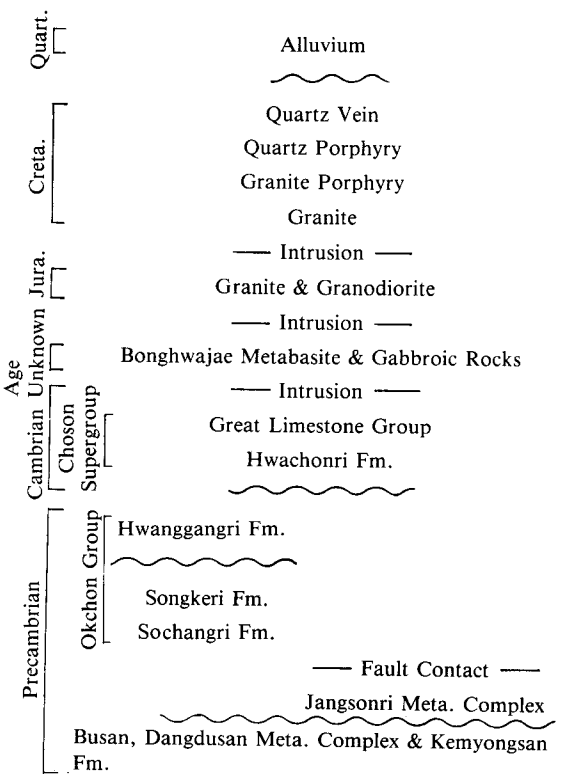
最近에 이 地域의 地下地質 및 地質構造에 對한 定量的인 硏究의 一環으로 閔庚德外(1987a, 1988a)에 依한 野外地表地質調査, 閔庚德外(1988b)의 雙極子 排列法을 利用한 電氣比抵抗探査, 그리고 閔庚德外(1988c)에 依한 ELF-MT 探査가 施行된 바 있다.

本 硏究에서는 特히 沃川層群과 朝鮮累層群의 大石灰岩層群과의 境界部로 豫想되는 堤川 西南部 地域을 中心으로 精密野外地質調査와 重力探査를 實施하여 두 層群間의 關係를 糾明하고, 地下地質 및 地質構造를 定量的으로 밝혀내고자 한다.

地 質

本 硏究地域은 南韓의 中部에 支那方向으로 發達된 沃川層群의 東北部 地域인 中原郡 淸風面-堤原郡 德山面 一圓으로서, 朝鮮累層群의 大石灰岩層群과 沃川層群이 봉화재斷層에 依해 서로 接하고 있으며, 斷層 및 大小褶曲의 發達로 因하여 構造的으로 매우 複雜하다.

Table 1. Stratigraphic sequences in study area (Modified from Min *et al.*, 1987, 1988)



本 域은 先캠브리아紀의 朴達嶺, 婦山, 그리고 堂頭山 變成岩複合體와 鷄鳴山層을 基盤岩類로 하여 長善里 變成岩複合體가 不整合 내지 斷層接觸으로 彼覆되고, 沃川層群의 變成堆積岩類 및 이들과 不整合 내지 斷層接觸인 朝鮮累層群의 大石灰岩層群이 地域 東部에 넓게 分布한다. 또한 이들을 貫入한 變成火山岩인 Metabasite나 거의 變成받지 않은 角閃石斑糲岩이 봉화재斷層을 따라 帶狀으로, 그리고 後期 貫入岩인 쥬라紀의 大寶花崗岩과 白堊紀末 佛國寺統의 火成岩類들이 地域 곳곳에 散在되어 넓게, 혹은 小規模로 分布한다.

本 硏究에서 地質 및 層序分類는 堤川圖幅

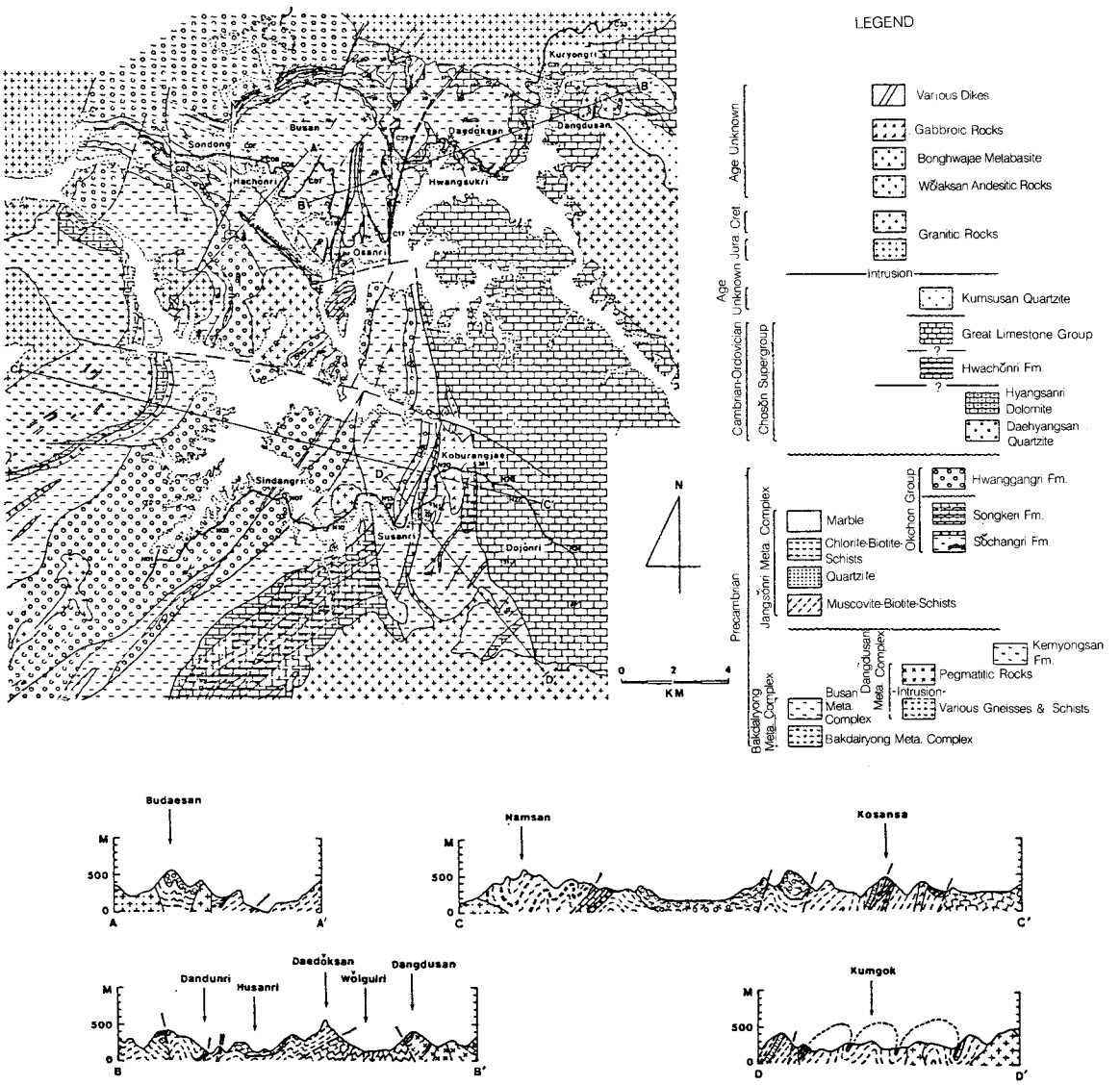


Fig. 1. Geologic map of study area including gravity survey lines and stations (from Min *et al.*, 1987, 1988).

(1967), 黃江里圖幅(1965), 金玉準外(1986), 그리고 閔庚德外(1987a, 1988a)를 參照하였으며, Fig. 1은 本 硏究地域의 地質圖이고, Table 1은 層序分類表이다.

基盤岩類

婦山 變成岩複合體

本 岩體는 本 域의 西北端에서 遜洞斷層을 사이에 두고 朴達嶺 變成岩複合體와 接하고 있으며, 北部에서는 長善里 變成岩複合體를 衝上하고 있고, 그 西南部에서는 비교적 低角度인 東良斷層에 依해 西倉里層과 接하고 있다(Fig. 1의 A-A′ 斷面圖).

主로 花崗岩質片麻岩, 縞狀片麻岩과 雲母片岩等으로 構成되어 있다.

堂頭山 變成岩複合體

堂頭山斷層에 의해 北側이 上昇한 것으로 보이며(Fig. 1의 B-B′ 斷面圖), 堂頭山(497 m) 北쪽 周邊에서는 朝鮮累層群의 大石灰岩層群이 이를 不整合으로 彼覆하고 있고, 九龍里 南쪽에서는 이와 斷層接觸을 하고 있다.

主로 花崗岩質片麻岩, 黑雲母片麻岩과 片岩, 그리고 이를 挾在한 大理岩 및 이들을 貫入하고 있는 페그마타이트質 岩石으로 構成되어 있다.

鷄鳴山層

忠州 東部 鷄鳴山을 中心으로 北東-南西方向으로 發達하고 있는 本 層은 低角度의 鷄鳴山 Thrust에 依해 香山里 돌로마이트層을 衝上하게 되었으며, 本 域에서는 主로 西端에 分布한다(Fig. 1의 C-C′ 端面圖).

本 層은 黑雲母片麻岩, 角閃石片岩, 黑雲母-角閃石片岩, 黑雲母-磁鐵石-石英片岩, 角閃岩 等으로 主構成되어 있으며, 2-50 m 內外의 石灰岩이 數枚 挾在되어 있다.

沃川層群

長善里 變成岩複合體

本 岩體는 北쪽에서 朴達嶺 變成岩複合體와 不整合 혹은 斷層接觸을 하고, 長善里斷層에 依해 다소 變位되면서 그 東北部로 延長되나 婦山里斷層에 依해 切斷되며, 北端部에서는 堤川花崗岩의 貫入을 받았고 그 西南쪽에서는 婦山 變成岩複合體에 依하여 衝上되고 있다. 또한 婦山 變成岩複合體의 東南部에도 分布하며 東쪽에서 거의 南北方向으로 連續 發達하는 伍山里斷層에 의해 石灰岩層을 斷續하게 되고 東側의 西倉里層과 接하고 있다(Fig. 1의 B-B′ 斷面圖).

本 岩體는 下部로부터 白雲母片岩 및 白雲母-黑雲母片岩層, 珪岩層, 綠泥石-黑雲母片岩層, 그리고 石灰岩層으로 構成되어 있다.

西倉里層

本 域 西北部에서는 東良斷層에 依해, 中北部에서는 伍山里斷層에 依해 婦山 變成岩複合體와 接하고, 그 北部에서는 婦山里斷層에 依해 長善里 變成岩複合體와 接하고 있다. 또한 本 域 中部에서는 北으로 plunge 하는 褶曲을 이루면서 넓게 分布하다가, 갈미봉을 中心으로 北東-南西 및 南北方向으로 길게 帶狀 分布하며, 壽山里 南쪽 附近에서는 黑雲母花崗岩에 依해 貫入 당하였다. 한편, 本 域 東北部의 黃石里와 월굴리와의 面境界 位置에서는 N8°E, NW30°의 大德山 Overthrust에 의해 本 層이 大石灰岩層群 위에 分布하게 되었다(Fig. 1의 B-B′ 斷面圖).

構成岩石은 主로 雲母片岩, 綠泥石片岩, 黑色點板岩, 그리고 暗灰色 千枚岩 等이고, 곳곳에 얇은 石灰岩과 石英片岩이 挾在되며(Fig. 1의 D-D′ 斷面圖), 地域 西北部의 遜洞 附近에서는 炭質物이 挾在되어 採掘된 바 있다.

松界里層

花泉里層과 不整合關係로 그 下位에 놓이며 等斜褶曲에 依해 北東-南西方向으로 斷續的으로 數回 反復되어 本 域 南端에 分布하고, 南東端의 月岳山花崗岩과 接하고 있다.

主로 石灰珪酸鹽岩으로 構成되어 있다.

黃江里層

本 域 西北部로부터 그 南部에 걸쳐 西倉里層向斜部에 좁게 分布하나, 荷川里斷層의 東南部에서는 넓게 分布하며, 地域 中北部 伍山里를 中心으로 南北方向으로 좁게 分布한다. 또한 黃江里 附近 一帶에서는 褶曲에 의해 數次 反復 露出되고(Fig. 1의 C-C′ 斷面圖), 本 域 南部에서는 北東-南西方向으로 넓게 延長되고 있다.

主로 含礫千枚岩質岩, 含礫石灰質千枚岩, 含礫炭質-石灰質千枚岩, 含礫雲母片岩 等으로 構成되어 있으며, 여기에 包含된 礫은 長徑이 0.5-15 cm인 片麻岩, 花崗岩, 珪岩, 點板岩, 石灰岩礫 等으로서, 地域에 따라 含量이 다르고 크기와 圓磨度도 多樣하다.

朝鮮累層群

花泉里層

本 層은 松界里層 上位에 不整合으로 놓이며 本 域 南端에서 松界里層과 等斜褶曲을 이루고 있다.

主로 石灰岩이며 部分的으로 石灰岩과 點板岩이 互層을 이루는 곳도 있다.

大石灰岩層群

本 域 東部에 넓게 分布하며 봉화재斷層을 境界

로 沃川層群과 接하고 있다. 東北部에서는 堂頭山 變成岩複合體를 不整合으로 덮고 있으며, 黃石里 東쪽에서는 大德山 Thrust에 依해 西倉里層으로 덮혀 있고, 後山里 地域에서는 西倉里層을 不整合으로 彼覆하고 있다(Fig. 1의 A-A′ 斷面圖).

本 域 北部 壽凜山 北쪽과 壽凜山-大德山 사이에는 石灰岩層이 西倉里層 分布地域中에 孤立 分布하고 있으나, 이는 構造的 影響과 差別浸蝕으로 인한 殘留體로 解釋된다. 또한 本 域의 東部와 南端部에서는 本 層群이 各各 務岩寺 花崗岩體와 月岳山 花崗岩體의 貫入을 받았다.

本 層은 石灰岩, 돌로마이트質石灰岩, 돌로마이트 等으로 主構成되어 있고 세일이 挾在되기도 한다.

火成岩類

鹽基性火成岩類

이는 安山岩質玄武岩으로부터 變成된 變成火山岩인 Metabasite와 거의 變成되지 않은 角閃石斑糲岩으로 構成되어 있다.

Metabasite는 中部의 好雲里斷層 以南에서 봉화재斷層을 따라 거의 南北方向으로 貫入하여 寒水面 德谷里를 거쳐 德山面 新峴里까지 分布한다.

角閃石斑糲岩은 好雲里 附近에는 좁게 分布하나 꼬부랑재 附近에 發達하고 있는 봉화재斷層 周邊에는 Metabasite를 貫入하면서 이와 隨伴되어 넓게 分布한다.

花崗岩類

쥬라紀의 大寶花崗岩인 忠州花崗閃綠岩과 堤川花崗岩은 各基 本 域 北西端部와 北端部에 分布하고, 白堊紀의 佛國寺 花崗岩에 속하는 黑雲母 花崗岩類인 月岳山花崗岩과 務岩寺花崗岩은 底盤狀의 貫入形態를 보이며 地域 南端部와 東北部에 各各 分布하고 있다.

本 域 中部 瑞雲里를 中心으로 白雲母花崗岩이 岩柱狀으로 分布하며, 月岳山 北西쪽에 散在되어 分布하는 黑雲母花崗岩은 岩柱狀 내지 岩脈狀의 貫入形態로 分布한다.

酸性脈岩類

花崗斑岩은 동막골과 大眉山 附近에 岩脈狀으로 거의 南北 및 北東方向으로 길게 帶狀 分布하고 있으며, 石英斑岩은 西倉里層 分布地域 여러곳에 小規模의 脈狀으로 主로 貫入 分布하고, 北北東 내지 南北方向의 貫入走向을 갖는다.

第四系

沖積層

各 河川의 流域을 따라 넓게 덮혀 있거나 河川邊 谷底에 分布하며, 主로 礫, 砂, 粘土 等으로 構成되어 있다.

重力探査

重力測定 및 補正

本 研究에서는 沃川帶內의 堤川 西南部 一帶에서 沃川層群과 朝鮮累層群의 大石灰岩層群과의 關係糾明과 地下地質 및 地質構造研究를 爲하여 忠州-堤川間을 잇는 약 27 Km의 國道를 따라 測線 C를, 그리고 그 南部에 있는 沈味-德山面間을 잇는 약 20 Km의 道路를 따라 測線 N을 選定한 後, 測點 間隔을 500-1000 m로 하여 總 61개의 測點에서 重力測定을 實施하였다.

重力測定器는 日本 京都大學 地質鑛物學敎室 所有의 RaCoste-Romberg Land-gravimeter Model G-576이다. 測定된 相對重力値는 忠南 大德研究團地內 韓國標準研究所에 位置한 重力基點값(979832.434 mgal)을 利用하여 絶對重力値로 換算하였으며, 重力의 日變化 및 計器의 時間에 따른 變化를 補正하기 위하여 重力基點을 往復 測定하였다. 또한 測點間의 高度差에 따른 影響을 補正하기 爲하여 高度計를 利用하여 高度測量을 實施하였으며, 測線이 忠州湖와 隣接해 있기 때문에 忠州湖의 水位를 利用하여 高度計의 測定값을 수시로 確認하였다.

各 測點에서의 測定重力値에 對해 日變化와 計器補正, 高度補正, 부게補正, 大氣補正, 地形補正을 實施하였다. 地形補正은 1/50000의 嚴政, 堤川, 寧越, 丹陽, 德山, 그리고 忠州 地形圖를 利用하였으며, Hammer's Zone Chart(Hammer, 1939)의 D-K Zone까지 總 90個의 區劃에 對한 平均高度를 算出하여 實施하였다.

以上의 過程을 거쳐 부게重力異常을 求하였으며, 이에 利用된 標準重力式은 GRS(Geodetic

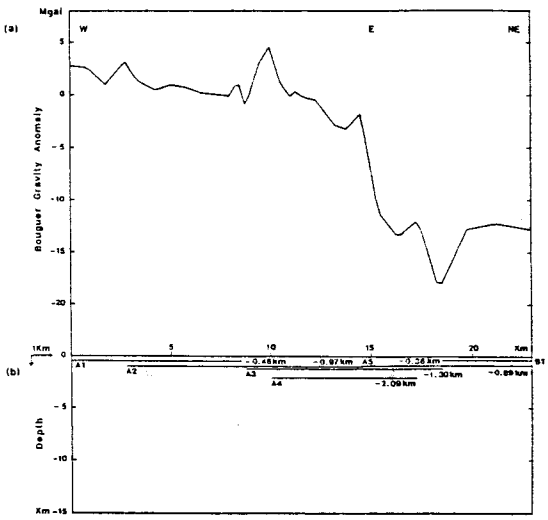


Fig. 2. Profile of Bouguer gravity anomaly (a) and mean depth calculated by Fourier-Series method along the intervals of A1-A5 and B1 (b) on survey line C. The length and location of each line indicate the interval and mean depth, respectively.

Reference System) 1967이다.

資料解釋

重力測定 資料解釋은 精密 野外地質調査 結果를 土臺로 하여 單純부게重力異常曲線 및 부게重力異常曲線에 對한 定性的 考察, 그리고 부게重力異常曲線에 對한 Fourier 級數方法(Davis, 1973; Tsuboi, 1983) 및 Talwani 方法(Talwani *et al.*, 1969; Jin, 1974)에 依한 定量的 考察에 依해 實施되었다.

重力測線中 測線 C의 測點 C17에서 C22-1까지는 봉화재斷層과 단둔리斷層을 따라 反復되어 位置하고 있어 測點 C18과 C21까지의 測定値는 버렸으며, 그 사이는 岩相이 同一하며 測定된 부게重力異常値가 비슷하기 때문에 C17과 C22-1 測點을 直接 連結하여 解釋을 實施하였다.

解釋結果를 解釋方法別로 記述하면 아래와 같다.

부게重力異常曲線에 依한 解釋結果

Fig. 2(a)와 4(a)는 Fourier 級數方法에 依한 解釋을 爲하여 各 測點에 對한 부게重力異常으로부터 左右 測點값에 對해 線形補間法을 利用하여 測點間隔을 250 m의 等間隔으로 할 때의 부게重力異常値들을 計算하고, 이들을 連結하여 圖示한 測線 C(忠州-堤川間)와 測線 N(沙味-德山面間)의 부게重力異常曲線들이다.

測線 C의 부게重力異常曲線을 考察해 보면 全般的으로 不規則하게 大, 小規模의 低異常帶 및 高異常帶가 많이 存在하나 廣域的으로 볼 때 이들 異常値들은 西쪽에서 東쪽으로 가면서 서서히 減少하는 傾向을 보이고, 西쪽에 비해 東쪽이 顯著하게 낮다. 이러한 傾向性으로부터 本 地域에 對한 廣域的인 地下構造 卽, 地下 深部에 密度差가 큰 두 層이 境界하고 있음을 알 수 있다.

測線 N의 부게重力異常曲線 역시 局部的으로는 小規模의 低異常帶와 큰 高異常帶를 보이나 西쪽에서 東쪽으로 가면서 異常値가 減少하는 傾向을 보이는데, 이것 亦是 地下 深部에 密度差가 있는 두 層이 境界하고 있음을 나타내며, 中央의 低異常帶는 密度가 작은 層이 淺部에 存在함을 暗示해 준다.

以上의 두 測線에서 보인 부게重力異常의 廣域的인 變化는 地下 深部에 存在하는 Conrad 不連續面 上部의 密度가 낮은 花崗岩質岩層(2.58 g/cm)이 東쪽으로 가면서 두꺼워지고 이에 따라 그 下部의 密度가 훨씬 높은 玄武岩質岩層(3.00 g/cm)이 相對的으로 깊어지기 때문인 것으로 解釋된다.

또한 局部的으로 나타나는 低異常帶는 斷層과 그 周圍에 分布하는 破碎帶, 沖積層, 그리고 周邊岩에 비해 密度가 顯著히 낮은 岩體의 存在 때문이며, 高異常帶는 그 下部에 周邊岩보다 密度가 큰 岩體에 基因된 것으로 思料된다.

Fourier 級數方法에 依한 解釋結果

Fourier 級數方法이란 부게重力異常曲線 中 一部 또는 全部를 Sine과 Cosine 函數에 依한 Fourier 級數로 展開하여 이로부터 密度變化가 있는 境界面 卽, 地下密度變化層의 平均深度를 求하는 方法이다.

本 硏究에서는 Fourier 級數方法을 適用하기 위하여 부게重力異常曲線 中 Fourier 級數 展開가 可能하다고 생각되는 區間을 選定하여 各 區間別로 地下密度變化層의 平均深度를 算出하였으며,

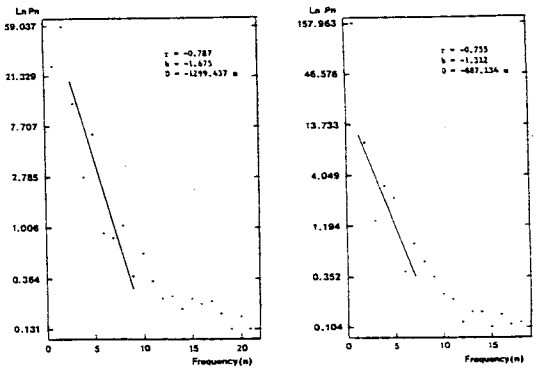


Fig. 3. Logarithmic power spectrum: (a) Line A3, (b) Line A5.

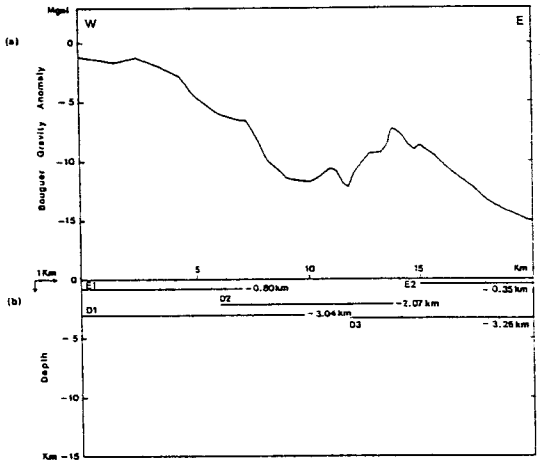


Fig. 4. Profile of Bouguer gravity anomaly (a) and mean depth calculated by Fourier-Series method along the intervals of D1-D3 and E1-E2 (b) on survey line N. The length and location of each line indicate the interval and mean depth, respectively.

그 結果는 各各 Fig. 2(b) 및 4(b)와 같다.

Fig. 3과 5는 Fourier 級數方法에 依하여 얻은 Logarithmic Power Spectrum 中 A3과 A5 區間, 그리고 D1과 D2 區間의 結果를 圖示한 것으로서, 이로부터 最小自乘法에 依해 相關係數 r이 −0.75 以上인 直線의 기울기 b를 求하고, 이를 利用하여 平均深度 D를 算出하였다.

測線 C에 對한 解釋結果

Fig. 2(b)에서 區間 A1-A5의 平均深度는 各各 基盤岩의 平均深度를 나타낸다. 이 중 區間 A2에

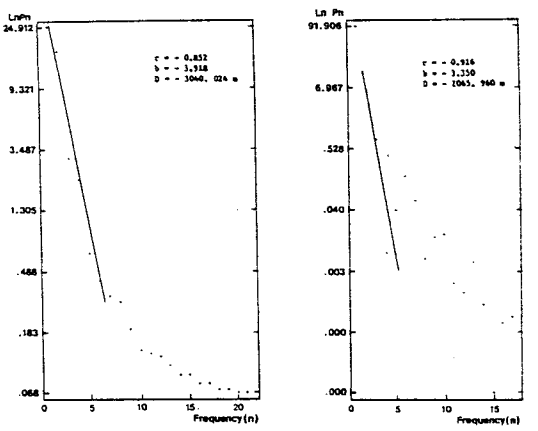


Fig. 5. Logarithmic Power Spectrum: (a) Line D1, (b) Line D2.

서는 深度가 0.97 Km이고 이보다 짧은 區間 A3에서는 1.30 Km로서, A2 區間이 西쪽으로 더 延長되었음에도 불구하고 A3 區間에서보다 平均深度가 얕은 理由는 이 地域의 基盤岩이 西쪽으로 가면서 上昇한 때문인 것으로 解釋된다. 이와 같은 傾向은 區間 A3과 A4를 比較해 볼 때에도 同一한 結果를 보임으로써 解釋의 信賴度를 높여주며, 특히 區間 A3과 A4의 平均深度 差異가 큰 것은 이 區間에서 基盤岩의 깊이變化가 甚하다는 것을 暗示해 준다. 또한 區間 A4, A3, A5를 比較해 보면 平均深度가 各各 2.09, 1.30, 0.89 Km로서, 北東쪽으로 가면서 基盤岩의 平均深度가 점점 減少하는데, 이는 測線의 北東쪽에서도 基盤岩이 上昇했음을 나타낸다.

區間 B1의 平均深度는 0.36 Km로서 이는 堤川花崗岩의 平均深度를 나타낸다.

測線 N에 對한 解釋結果

Fig. 4(b)에서 區間 D1, D2, D3의 平均深度는 各各 3.04, 2.07, 3.26 Km로서, 基盤岩의 平均深度를 나타내는 것으로 解釋되며, 여기서 D2 區間에서는 基盤岩이 上昇하였음을 알 수 있는데, 이는 부게重力異常曲線의 考察結果와도 一致한다. 卽, 測線의 中央部分에서 密度가 낮은 基盤岩層이 兩끝 部分에 比해 크게 上昇하여 부게重力異常値가 顯著하게 減少한 것으로 解釋된다. 또한 區間 D1과 D2, D2와 D3에서 平均深度의 差異는 基盤岩의 깊이가 顯著하게 變化함을 나타낸다.

Table 2. Density of rocks

Rock Name	Density (g/cm³)	Average Density (g/cm³)	Reference
Facture Zone and Alluvium	1.50 – 2.50		(2)
Biotite Granite (Cretaceous)	2.52 – 2.62	2.56	(1),(5)
Granite and Granodiorite (Jurassic)	2.62 – 2.80	2.72	(1),(5) (6)
Bongwhajae Metabasite and Gabbroic Rocks	2.85 – 3.12	2.92	(2),(6)
Great Limestone Group	2.56 – 2.80	2.67	(1),(3)
Okchon Metasediments	2.69 – 2.93	2.75	(1)
Muscovite-Biotite Schists	2.71 – 2.86	2.80	(4),(6)
Precambrian Gneisses and Schists	2.58 – 2.61		(1),(4) (5),(6)
Basaltic Layers		3.00	Assumed

(1) Lee *et al.*, 1973 (2) Min *et al.*, 1986 (3) Kim *et al.*, 1980
(4) An *et al.*, 1971 (5) Kim *et al.*, 1975 (6) Dobrin,1976

區間 E1의 平均深度는 0.80 Km로서 이는 黃江里層의 平均深度이고, 區間 E2의 平均深度는 0.30 Km로서 이는 大石灰岩層群의 平均深度로 解釋된다.

Talwani 方法에 依한 解釋結果

周圍 物質과 密度差가 있는 二次元 質量體에 의한 地表上의 임의의 點에서의 부게重力異常値는 質量體의 斷面을 여러 個의 邊을 갖는 多角形으로 近接시키고 이 多角形의 邊을 따라 線積分하면 求할 수 있다. 이렇게 計算된 重力異常値와 測定 부게重力異常値를 比較해 가면서 이들 異常値가 서로 一致하는 모델을 찾는 解釋方法을 Talwani 方法이라 한다.

本 硏究에서는 地表地質調査, 부게重力異常曲線의 考察 및 Fourier 級數方法에 의해 얻은 基盤岩 또는 各種 岩體의 平均深度와 이의 變化樣相을 綜合하여 沃川層群의 變成堆積岩類와 朝鮮累層群의 大石灰岩層群의 分布, 그리고 이들의 相互關係에 對한 地下地質 및 構造모델을 設定한 後, 이 모델에 의한 重力異常値를 Talwani 方法에 의해 計算하고 이를 實測 부게重力異常値와 比較하면서 이들 사이의 最大誤差가 1 mgal 以內가 될 때까지 모델을 反復 修正하여 最終的으로 本 地域에 對한 定量的인 地下地質 및 構造를 解釋하였다.

Talwani 方法에 依한 重力異常値 計算時 必要한 岩石 및 地殼의 平均密度는 動力資源硏究所에서 沃川帶를 이루고 있는 層이나 岩石들에 對해 測定한 密度資料(이천훈외, 1973) 및 기타 資料(金鍾煥外, 1980 ; 안은식외, 1971 ; 閔庚德外, 1986 ; 김인빈외, 1975)를 利用하였다(Table 2). 境遇에 따라서는 密度를 變化시키면서 計算한 값이 實測値와 잘 一致하는 값을 平均密度로 취하였으며, 地殼의 平均密度는 2.67 g/cm³(Nettleton, 1976)으로 하였다.

그리고 重力異常値의 廣域的인 變化를 일으키는 Conrad 不連續面의 平均深度는 硏究測線의 길이가 짧은 關係로 Fourier 級數方法에 依해서는 얻지 못하였으나 地震波에 依한 韓半島에서의 Conrad 不連續面의 平均深度 15 Km(金尙照外, 1983)와 慶尙盆地에서의 重力探査硏究에 依한 深度 13.3-15.0 Km(閔庚德外, 1985, 1987b)의 結果를 參考로 하였다.

Fig. 6과 7은 各各 測線 C와 N에 對해 Talwani 方法에 依하여 얻은 解釋結果를 圖示한 것으로서, 이들은 本 硏究測線에 對한 最終的인 地下地質 및 構造解釋圖이다.

測線 C에 對한 解釋結果(Fig. 6)

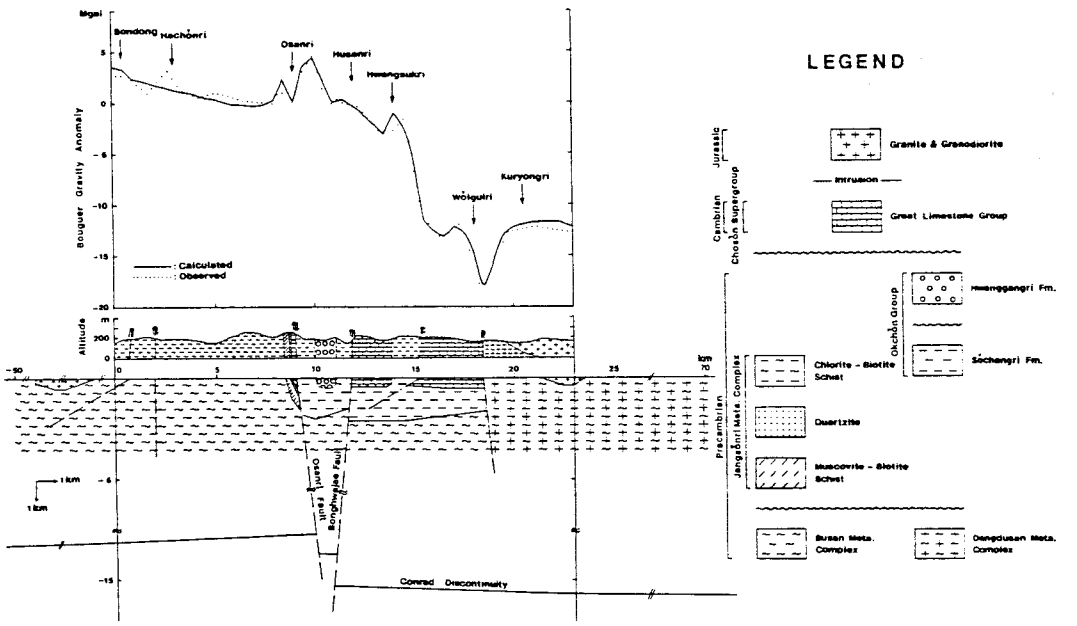


Fig. 6. Profile of observed and calculated Bouguer gravity anomaly by Talwani method, and cross-sectional subsurface geologic model along survey line C.

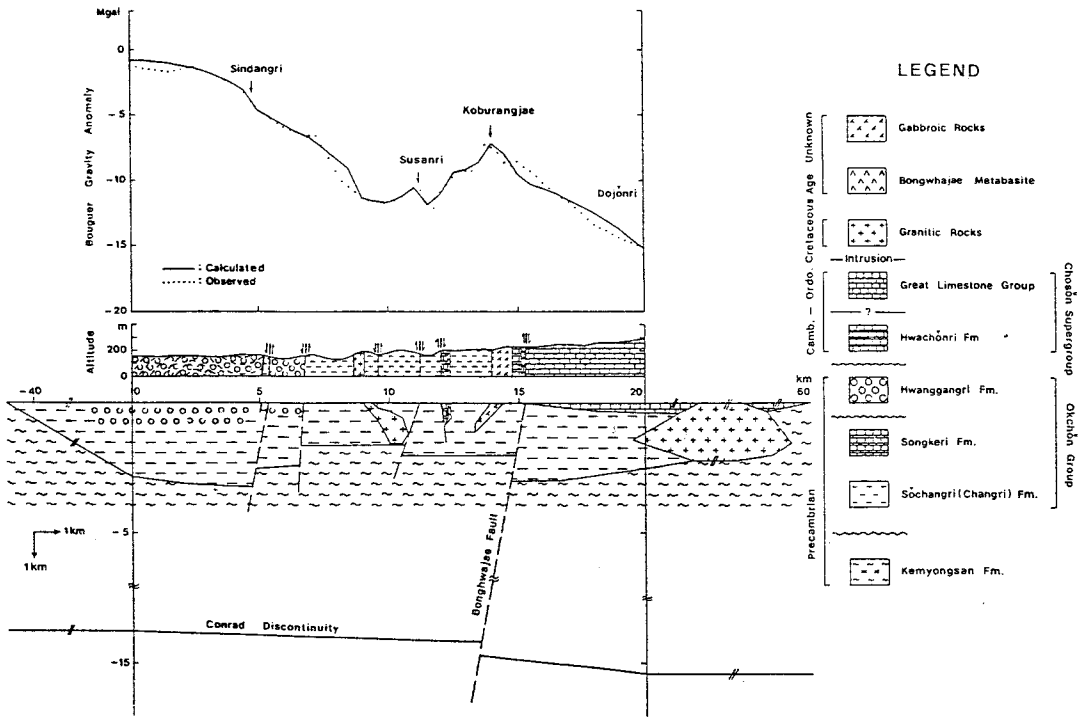


Fig. 7. Profiles of observed and calculated Bouguer gravity anomaly by Talwani method, and cross-sectional subsurface geologic model along survey line N.

本 域에서 Conrad 不連續面의 深度는 大規模의 斷層들에 이해 深度變化가 크다. 卽, 測線의 西端部 遯洞 附近에서는 그 深度가 13.1 Km이나 東쪽으로 가면서 서서히 上昇하여 伍山里 附近에서는 12.7 Km이며, 여기서 伍山里斷層에 依해 약 1 Km 變位되어 13.7 Km까지 下降하고, 다시 봉화재斷層에 의해 東側이 약 1.5 Km 더 下降하여 15.3 Km가 된다. 여기서부터 東側으로 가면서 Conrad 不連續面은 점점 더 下降하며 測線의 北東端인 九龍里 附近에서는 15.7 Km까지 깊어진다.

遯洞에서 伍山里 西쪽까지 地表上에 露出되어 있는 本 域의 基盤岩類에 속하는 婦山 變成岩複合體는 伍山里 附近에서부터 그 深度가 점점 낮아지다가 伍山里斷層에 의해 東側이 下降하여 1.8-2.0 Km의 深度를 보이다가 東側으로 가면서 점차 上昇하고, 後山里 西側에서는 봉화재斷層에 의해 약 0.6 Km 變位되어 2.1 Km가 되며 그 東側으로 가면서 계속 上昇하여 월굴리에서는 基盤岩類인 堂頭山 變成岩複合體가 地表에 다시 露出되는데 이는 堂頭山斷層에 의해 測線의 北東端이 上昇한 때문인 것으로 思料된다.

遯洞 附近에 나타나는 低異常帶는 小規模의 破碎帶를 隨伴한 東良斷層과 荷川里斷層에 依한 影響 때문이며, 伍山里斷層 附近의 小規模 高異常帶와 低異常帶는 各各 좁게 帶狀 分布하는 高密度의 長善里 變成岩複合體(密度 2.80 g/cm³)와 伍山里斷層에 隨伴된 小規模 破碎帶에 起因된 것이다. 또한 그 東側에 나타나는 비교적 큰 高異常帶는 周圍의 基盤岩인 婦山 變成岩複合體(密度 2.61 g/cm³)보다 密度가 높고 두께가 最大 2.0 Km되는 沃川層群의 變成堆積岩類(密度 2.75 g/cm³)의 影響 때문이다.

後山里 西쪽의 低異常帶는 봉화재斷層에 의한 基盤岩의 上昇과 破碎帶에 依한 것이고, 黃石里 西쪽의 低異常帶는 忠州湖 附近에 넓게 分布하는 密度가 낮은 冲積層과 봉화재斷層에 依해 周圍의 沃川層群의 變成堆積岩類보다 密度가 다소 낮은 大石灰岩層群(密度 2.67 g/cm³)이 이 地域을 덮고 있기 때문이며, 그 東쪽에 나타나는 小規模 高異常帶는 大德山 Thrust에 의해 沃川層群의 變成堆積岩類들이 大石灰岩層群 위를 덮고 있기 때문으로 解釋된다. 또한 월굴리 南쪽에 나타나는 大規模 低異常帶는 大德山 Thrust에 依해 沃川層群의 變成堆積岩類를 덮고 있는 密度가 낮은 大石灰岩層群과 이에 隨伴된 破碎帶 및 測線 周邊의 冲積層에 依한 것이다.

한편, 九龍里 西쪽 석동골에 나타나는 큰 低異常帶는 堂頭山斷層에 隨伴된 破碎帶와 周圍의 沃川層群보다 密度가 낮은 基盤岩인 堂頭山 變成岩複合體(密度 2.61 g/cm³)의 上昇 때문이며, 東北端에서 부게重力異常値가 갑자기 높아지는 理由는 基盤岩보다 다소 密度가 높은 쥬라紀의 堤川花崗岩(밀도 2.72 g/cm³ ; 年齡 169-179 m.y., Park, 1982)이 이 地域에 貫入 分布하고 있기 때문이다.

本 測線의 延長部인 本 域의 北東端에서는 基盤岩類인 堂頭山 變成岩複合體가 大石灰岩層群에 依해 덮혀 있는 것으로 解釋되는데, 이는 九龍里 南쪽 地域에서의 試錐結果(吳敏秀外, 1982)와도 一致한다.

本 測線의 西端部와 北東端에서는 測定부게重力異常値가 計算値보다 낮게 나타나는데, 이는 西端部에서 忠州花崗閃綠岩 바깥쪽에 基盤岩이 地表에 露出되어 있기 때문이고, 北東端에서는 堤川花崗岩과 隣接하여 大石灰岩層群이 分布하고 있기 때문으로 思料된다.

測線 N에 對한 解釋結果(Fig. 7)

本 測線에서 求한 Conrad 不連續面의 深度는 測線 C에 비해 變化가 甚하지 않다. 卽, 測線의 西側端에서는 13.8 Km이고, 꼬부랑재 附近에서는 봉화재斷層에 의해 약 0.2 Km 變位되어 14.7 Km이며, 東側으로 가면서 계속 下降하여 東側端에서는 15.4 Km로서 東側이 西側에 비해 깊은 것으로 解釋된다.

基盤岩의 深度는 測線의 西쪽 沁味面 一帶가 2.8-3.2 Km이나 그 東側으로 가면서 新堂里斷層에 依해 약 2.5 Km, 中原斷層에 依해 1.6 Km까지 上昇되며, 古云里斷層에 依해 下降하여 2.0 Km가 되고 봉화재斷層에 依해 약 1.0 Km 變位되어 3.0 Km까지 깊어지며, 그 後 서서히 上昇하여 道田里 附近에서는 2.5 Km에 이른다. 本 測線의 中央部分에서 그 兩端에 比해 매우 낮은 부게重力異常値가 나타나는 것은 新堂里斷層, 中原斷層, 小規模의 斷層들과 봉화재斷層에 依한 基盤岩(密度 2.58 g/cm³)의 上昇과 地表에는 散在되어 分布하나 地下에서는 넓게 分布하는 白堊紀 黑雲母花崗岩類인 月岳山花崗岩(密度 2.56 g/cm³)에 起因된 것이며, 壽山里 附近의 小規模 低異常帶는 高山寺斷層

에 隨伴된 破碎帶와 測線 周邊에 分布하는 冲積層의 影響으로 思料된다.

한편, 本 測線의 東側에 나타나는 高異常帶는 봉화재斷層을 따라 貫入한 高密度의 Metabasite 내지 角閃石斑糲岩類(密度 2.92 g/cm³)의 影響으로서, 이들 중 Metabasite는 平均 500 m 두께로 最大 1.1 Km 깊이까지 꼬부랑재 附近에 存在하는 것으로 解釋된다.

여기서부터 東側으로 가면서 부게重力異常値가 점점 낮아지는 것은 基盤岩이 점차 上昇하고 朝鮮累層群의 大石灰岩層群(密度 2.67 g/cm³)이 測線 밖에까지 넓게 分布하며, 그 바깥쪽에는 密度가 낮은 白堊紀 黑雲母花崗岩類인 務岩寺花崗岩이 分布하기 때문이다.

結 論

沃川帶內의 堤川 西南部 地域에서 沃川層群과 朝鮮累層群의 大石灰岩層群과의 關係糾明과 地下地質 및 地質構造 研究를 爲하여 精密野外地質調査를 實施하였으며, 봉화재斷層이 發達하고 있는 忠州-堤川間과 沁味-德山面間을 連結하는 道路를 重力測線으로 選定하여 總 61個의 測點에서 重力을 測定하고 이로부터 부게重力異常을 求한 後, Fourier 級數方法과 Talwani 方法을 利用하여 解釋한 結果는 다음과 같다.

1. 本 研究地域에서 Conrad 不連續面의 深度는 여러 斷層들에 의한 影響으로 그 變化가 甚하여 忠州-堤川間에서는 12.7-15.7 Km로서, 伍山里斷層에 의해 1 Km, 봉화재斷層에 의해 1.5 Km 東側이 下降하였고, 沁味-德山面間에서는 13.8-15.4 Km로서, 봉화재斷層에 의해 0.5 Km 東側이 下降하였다.

2. 忠州-堤川間에서는 基盤岩이 地表上에 露出되어 分布하나, 伍山里斷層에 依해 東側이 下降하여 그 深度는 1.8 Km이고 後山里 西쪽에서는 봉화재斷層에 依해 最大 2.1 Km까지 下降하며, 그 東側으로 가면서 계속 上昇하다가 월굴리 一帶에서 堂頭山斷層에 의해 크게 上昇하여 基盤岩이 다시 地表上에 露出된다.

한편 沁味-德山面間에서는 沁味面 一帶의 基盤岩의 深度가 2.8-3.2 Km이나, 新堂里斷層, 中原斷層, 古云里斷層에 의한 大規模 上昇과 小規模 下降으로 1.6-2.5 Km까지 上昇되었으며, 봉화재斷層가 높은 沃川層群의 變成堆積岩類와 長善里 變層에 의해 다시 3.0 Km까지 깊어지며 道田里 附近에서는 2.5 Km로 얕아진다.

3. 부게重力異常의 高異常帶는 高密度의 岩體에 의한 것으로서, 伍山里 西쪽에서는 基盤岩보다 變成岩複合體의 영향 때문이며, 꼬부랑재 附近에서는 봉화재斷層을 따라 貫入한 高密度의 Metabasite나 角閃石斑糲岩類의 分布에 起因한다.

4. 本 域 곳곳에 나타나는 부게重力異常의 大, 小規模 低異上帶는 破碎帶를 隨伴한 斷層과 密度가 낮은 岩體에 의한 것으로서, 忠州-堤川間에서는 伍山里斷層, 봉화재斷層, 大德山 Thrust 및 堂頭山斷層에 의한 것이며, 沁味-德山面間에서는 新堂里斷層, 中原斷層, 古云里斷層 等에 의한 基盤岩의 上昇과, 地表에는 곳곳에 散在되어 分布하나 地下에서는 底盤狀으로 貫入된 白堊紀 黑雲母花崗岩에 의한 것으로 解釋된다.

5. 本 研究地域 全域에 걸쳐 沃川層群의 變成堆積岩類의 두께는 地域에 따라 多樣하여 1.5-3.2 Km이며, 朝鮮累層群의 大石灰岩層群도 그 두께가 最小 200 m로부터 最大 700 m에 이른다.

6. 本 研究地域에 分布하는 沃川層群과 朝鮮累層群의 大石灰岩層群은 봉화재斷層 및 大德山 Thrust의 斷層帶로 接하고 있다. 特히 봉화재斷層은 東側이 下降한 高角度의 逆斷層이며, 이로 인해 基盤岩이 忠州-堤川間에서는 0.6 Km, 沁味-德山面間에서는 1.0 Km 變位되었다.

参考文獻

金基晥, 朴奉淳, 李弘圭(1967) 韓國地質圖(1：50000) 堤川圖幅 및 說明書, 國立地質調査所, 46p.

金基晥, 李弘圭(1965) 韓國地質圖(1：50000) 忠州圖幅 및 說明書, 國立地質調査所, 35p.

金尙照, 金昭九(1983) 地震波를 利用한 南韓의 地殼構造研究, 鑛山地質, 제 16권 제 1호, p.51-61.

金玉準, 閔庚德, 金奎漢(1986) 沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究-堤川南部의 沃川系와 朝鮮系의 境界 및 附近의 地質, 鑛山地質, 제 19권 제 3호, p.225-230.

김인빈, 강병무, 구성본(1975) 소백산지역 중력탐사 보고, 지질광물조사 연구보고서, 제 3호 Part I, 지질광상조사연구편, p.233-246.

金鍾煥, 文熙壽, 柳長漢, 金容旭(1980) 堤川, 寧越, 文谷, 舍北 및 馬次地域 石灰石鑛床調査研究, 地質鑛物調査研究報告, 제 9호, p. 113-160.

閔庚德, 金玉準, 金奎漢(1987a) 沃川帶의 地質과 地構造研究 - 忠州 - 堤川 中間地域의 地質과 地構造, 韓國科學財團研究報告書, 38p.

閔庚德, 金玉準, 金奎漢(1988a) 沃川帶의 地質과 地構造研究 - 黃江里 - 槐山地域의 地質과 地構造, 韓國科學財團研究報告書, 56p.

閔庚德, 金楨雨(1987b) 重力探査에 依한 馬山 - 釜山間의 地下構造研究, 鑛山地質, 제 20권 제 3호, p. 203-209.

閔庚德, 金昌烈, 尹春成, 鄭承桓(1988b) 沃川帶의 地質 및 鑛物資源에 關한 研究 - 봉화재地域에 對한 電氣比抵抗探査, 鑛山地質, 제 21권 제 2호, p. 131-137.

閔庚德, 徐延熙, 權炳杜(1986) 應用地球物理學, 祐成文化社, p. 21-134.

閔庚德, 田正秀, 鄭承桓(1988c) 沃川帶內 新堂 - 道田里 地域에 對한 ELF-MT 探査研究, 鑛山地質, 제 21권 제 3호, p. 277-285.

閔庚德, 鄭鍾大(1985) 重力探査에 依한 慶尙層群內 倭館 - 浦項間의 地下構造研究, 鑛山地質, 제 18권 제 4호, p. 321-329.

朴鍾五(1988) 忠州湖 周邊의 重力探査研究, 忠南大學校 地質學科 碩士學位論文, 67p.

안은식, 유공렬, 문인언, 김원식(1971) 한반도 동남부 암석의 물리적 성질 측정결과보고서, 지질광상, 제 12호, p. 43-78.

吳敏秀, 金善億, 朴魯榮(1982) 堤川 東南部 輝水鉛鑛化帶의 地質 및 鑛床研究, 地質鑛物調査研究報告, 제 14호, p. 25-84.

李昅成, 朴奉淳(1965) 韓國地質圖(1 : 50000) 黃江里圖幅 및 說明書, 國立地質調査所, 43p.

이천훈, 이도영(1973) 옥천계지역 중력탐사보고, 지질광물조사연구보고서 Part II, 광상조사연구편 제 1호, p. 286-296.

中村新太郎(1923) 忠淸北道 鑛床調査報告, 朝鮮鑛床調査報告, 제 8권.

Davis, J.C. (1973) Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley & Sons, Inc., p.192-231, p. 256-272.

Dobrin, M.B. (1971) Introduction to Geophysical Prospecting, McGraw-Hill Book Co., p.357-475.

Hammer, S. (1939) Terrain Correction for Gravimeters Stations, Geophysics, Vol.4, p. 184-194.

Jin, D.J. (1974) Two-Dimensional Mass Distribution from Gravity Anomalies : A Computer Method, Geophysical Prospecting, Vol.22, p.761-764.

Lee, Sang Yon (1986) Gravity Study in Boeun--Hoinam Area, M.S. Thesis, Chungnam Univ., 61p.

Nettleton, L.L. (1976) Gravity and Magnetics in Oil Prospecting, Part I. Gravitational Methods, McGraw-Hill Book Co., p. 9-304.

Park, No Young (1982) Molybdenum mineralization, exploration and exploitation of the ore deposites at the Keumseong mine, Republic of Korea, Ph. D. Thesis, Waseda Univ., 189p.

Talwani, M., Worzel, J.L., and Landisman, M. (1969) Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies, Journal of Geophysical Research, Vol.64, No.1, p.49-59.

Tsuboi, C. (1983) Gravity, George Allen & Unwin Ltd., 254p.