

# 沃川帶의 地質 및 鑛物資原에 關한 研究\* — 봉화재 地域에 對한 電氣比抵抗探查 —

閔庚德\*\* · 金昌烈\*\* · 尹春成\*\* · 鄭承桓\*\*\*

## Electrical Resistivity Survey on the Geological Structure of the Bonghwajae Area in the Okchon Zone

Kyung Duck Min, Chang Ryol Kim, Chun Sung Yun, and Seung Hwan Chung

**Abstract :** Geological and electrical resistivity surveys were carried out to investigate subsurface geology and geologic structure of the Bonghwajae area in the Okchon zone. Pseudosections of the apparent electrical resistivity distribution along the three survey lines were obtained by using dipole-dipole electrode array method, and models of subsurface geology and geologic structure by using two dimensional finite difference method. N-S

The Bonghwajae fault zone exists around Bonghwajae area in the north-south direction, and is a boundary between Okchon Group and Choson Supper Group. Metabasite and hornblende gabbro intruded along the Bonghwajae fault zone remaining two fracture zones with low resistivity value of 20 ohm-m and widths of about 100m and 70-300m. They strike nearly N-S and dip westward with a high angle of 60-70°. Sochangri fault with a width of about 160m exists between Jisogori and Bonghwajae, by which Bonghwajae fault zone is displaced about 1km in the east-west direction. E-W

Hornblende gabbro whose electrical resistivity value is in the range of 5000-8000 ohm-m intruded the metabasite of 2000-4500 ohm-m after the Sochangri fault had formed.

Great Limestone Group is widely distributed in the east of Bonghwajae fault zone, and interbeds so called Yongam formation of graphitic black slate with an extremely low electrical resistivity value of 2 ohm-m.

### 序言

沃川帶는 南韓의 南西海岸에서 北東海岸까지 거의 東北方向으로 約 80 km의 幅으로 帶狀 分布하며, 크게 沃川層群과 朝鮮累層群으로 兩分된다. 沃川層群은 比較的 變成度가 높은 岩石들로 構成되며 沃川帶

의 西南部에, 그리고 朝鮮累層群은 石灰岩과 比較的 變成을 받지 않은 岩石들로 構成되며 沃川帶의 東北部에 分布한다.

이와같이 區分된 沃川層群과 朝鮮累層群과의 關係 및 層序에 對해서는 많은 학자들(Kobayashi, 1953 ; 金玉準, 1968, 1970 ; Reedman외, 1975 등)에 의해 研究가 이루어졌으나 研究者들間에 異見이 많으며, 아직도 論亂의 對象이 되고 있다. 이와같은 論亂은 研究方法이 主로 地表地質調査에 局限된 定性的인 解析의 結果 때문인 것으로 思料된다.

最近에는 이러한 問題點을 解決하기 爲하여 地表

\* 本 論文은 1987년도 延世大學校 文敎部 特性化 研究에 의한 第4次年度 研究費로 이루어졌음.

\*\* 延世大學校 地質學科

\*\*\* 韓國動力資原研究所

地質調査뿐만 아니라 定量的인 地下 地質 및 地質構造의 解析이 可能한 MT 探查(田正秀, 1987)와 重力探查(朴惠心, 1987)에 의한 地球物理學的 研究가 施行된 바 있다. 그러나 上記 探查方法들은 넓은 地域에 걸친 概括的인 深部 地質構造 解析에는 有利하지만, 地下 淺部 地質構造의 詳細한 解析이 어렵다.

本 研究에서는 上記한 重力探查와 MT探查 結果에 의해 沃川層群과 朝鮮累層群의 境界로 밝혀진 봉화재 斷層帶가 位置하는 忠北 堤原郡 德山面 봉화재 地域에서 雙極子排列法을 利用한 電氣比抵抗探查를 實施하고, 探查資料에 對한 定量的인 解析을 實施하여 本 地域의 淺部 地質 및 地質構造를 詳細히 밝혀 斷層帶의 分布樣相, 火成岩類와 斷層帶 및 周邊 岩石들과의 關係, 그리고 大石灰岩層과 용암층과의 關係 등을 淸明하고저 한다.

地質

本 研究地域에는 거의 南北 方向으로 發達된 봉화재 斷層帶와 이를 境界로 沃川層群과 朝鮮累層群이

分布하고 있으며, 봉화재 斷層帶는 지소거리와 봉화재를 지나는 西倉里 斷層에 의해 變位되었다(閔庚德外, 1987). 봉화재 斷層帶와 이에 隨伴된 破碎帶를 境界로 하여 그 西部에는 沃川層群의 西倉里層과 黃江里層이, 그 東部에는 朝鮮累層群의 大石灰岩層群에 屬하는 石灰岩層과 朶로마이트層이 分布하고 있다. 또한 斷層帶를 따라 塩基性 火成岩類인 metabasite와 거의 變成반지 않은 角閃石斑靄岩이 帶狀으로 貫入 分布하고 있으며, 斷層帶內에는 西倉里層이 部分的으로 남아 있다.

本 研究에서 地質 및 層序分類는 金玉準과 金奎漢(1974), 黃江里圖幅(1965), 그리고 閔庚德外(1987)를 參照하였으며, Fig.1은 地質圖이고, Table 1은 層序分類表이다.

西倉里層: 本 層은 本 域의 西部에 主로 分布하며, 봉화재 斷層帶內에도 部分的으로 남아 있다. 主構成 岩石은 雲母片岩, 綠泥石片岩, 黑色粘板岩 等이며, 走向은 N20-50°E, 傾斜는 45-75°NW가 優勢하게 나타난다.

黃江里層: 本 層은 西側에 西倉里層을 不整合으로

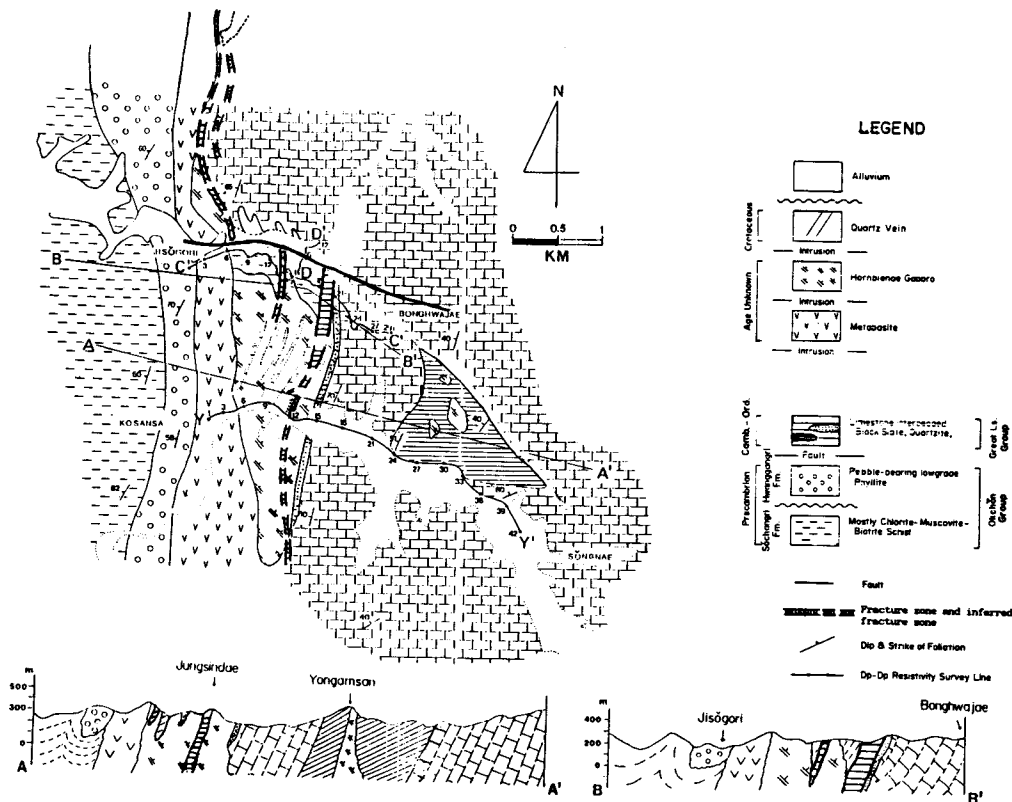


Fig. 1 Geological map and dipole-dipole resistivity survey lines

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

Quaternary	[ Alluvium ~Unconf. ~
Cretaceous	[ Quartz Vein -Intrusion-
Age Unknown	[ Hornblende Gabbro -Intrusion- Metabasite -Intrusion-
Camb.-Ord.	[ Great Limestone Group -Fault-
Precamb. (?)	[ Okchon Group [ Hwanggangri Fm. ~Unconf. ~ [ Sochangri Fm.

被覆하면서 봉화재 斷層帶를 따라 貫入 分布하는 metabasite의 帶狀으로 分布한다. 主된 岩相은 含礫 千枚岩으로 기질은 硅質 乃至 石灰硅質이며, 礫의 成分은 硅岩, 石灰岩, 花崗岩, 片麻岩 等이고 礫의 크기는 約 2mm에서 30cm 정도까지 多樣하다. 走向은 N40-50°E가 優勢하게 나타나나 傾斜는 多樣하다.

朝鮮累層群: 朝鮮累層群의 大石灰岩層群에 屬하는 石灰岩層과 돌로마이트層이 봉화재 斷層帶의 東部에 넓게 分布하고 있다. 主로 結晶質 石灰岩, 돌로미틱石灰岩, 돌로마이트 等으로 構成되어 있다. 本域 中心部의 봉화재 斷層帶의 東쪽에는 硅岩層이 얇게 挾在되어 있고, 黑色粘板岩質 셰일 및 砂質 셰일도 少量 分布하고 있다. 走向은 N10-70°E, 傾斜는 30-75°NW가 支配的이다.

塩基性 火成岩類: 德谷里에서 新峴里에 걸쳐 玄武岩이 變成된 metabasite와 이보다 後期이고 거의 變成받지 않은 角閃石斑靨岩이 봉화재 斷層帶를 따라 帶狀으로 貫入 分布하고 있으며, 角閃石斑靨岩이 大石灰岩層群의 黑色粘板岩類를 小規模로 貫入하고 있다.

脈岩類: 本地域에는 小規模의 石英脈들이 脈狀으로 少量 分布한다.

沖積層: 第 4系의 沖積層은 河川 地域이나 低地 地型에 分布하며 主로 礫, 砂, 粘土 等으로 構成되어 있다.

電氣比抵抗探查

研究地域에 發達된 斷層과 破碎帶, 層序構造와 岩

石分布樣相 等を 定量的으로 밝히기 爲하여 雙極子 排列法을 利用한 電氣比抵抗探查와 岩石試料에 對한 眞電氣比抵抗 測定 및 野外精密地質調査를 實施하고, 이들 結果를 綜合하여 有限差分法을 利用한 二次元 地下 地質 및 地質構造 解析을 實施하였다.

電氣比抵抗探查 및 岩石의 眞電氣比抵抗 測定

本 研究에서 利用한 電氣比抵抗 探查器機는 Sweden Atlas社의 Abem Terrameter SAS Series이고, 電氣比抵抗探查는 雙極子排列法에서 두 雙의 電極間隔을 各 電極間隔의 8倍까지 增加시키면서 水平 및 垂直探查를 實施하였다. 探查測線 및 測點은 Fig.1에 圖示한 바와 같이 層의 走向이나 地質構造線의 方向을 가로 지르는 測線을 設定하기 爲하여 高山寺와 成岩里를 잇는 延長4.1km의 國道上에서 42個의 測點을 갖는 測線 Y-Y'와, 지소거리에서 봉화재 사이의 길이 2.8km이고 29個의 測點을 갖는 測線 C-C', 그리고 봉화재 斷層帶를 變位시킨 西倉里 斷層의 探查를 爲하여 이를 가로 지르는 길이 440m이고 12個의 測點을 갖는 測線 D-D'를 選擇하였다. 電極間隔은 40-100m로서 最大 探查深度는 約 400m 정도이다.

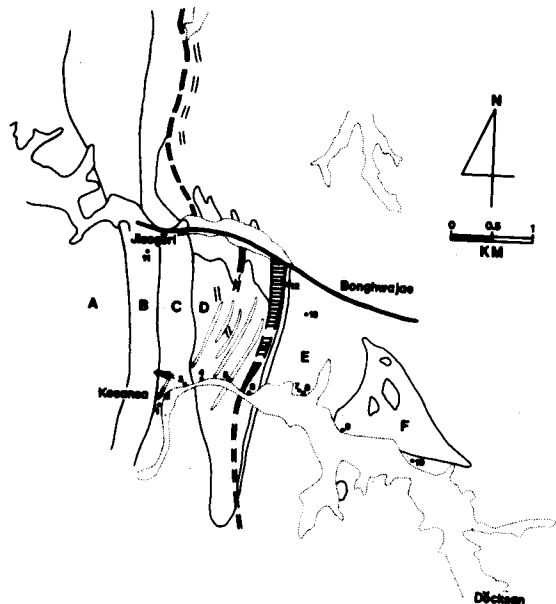


Fig. 2 Sampling Site Map

A: Sochangri Fm. B: Hwanggangri Fm. C: Metabasite D: Hornblende Gabbro E: Great Limestone Group F: Graphitic black Slate

그리고 二次元 地質 및 地質構造의 모델 設定과, 이의 解析에 必要한 資料를 얻기 爲하여 研究地域內의 構成岩石으로부터 總 13個의 岩石試料를 採取하

고(Fig. 2) 이로부터 標品試料를 製作, 各 岩石의 眞電氣比抵抗値를 測定하였으며, 이들 값은 Table 2와 같다.

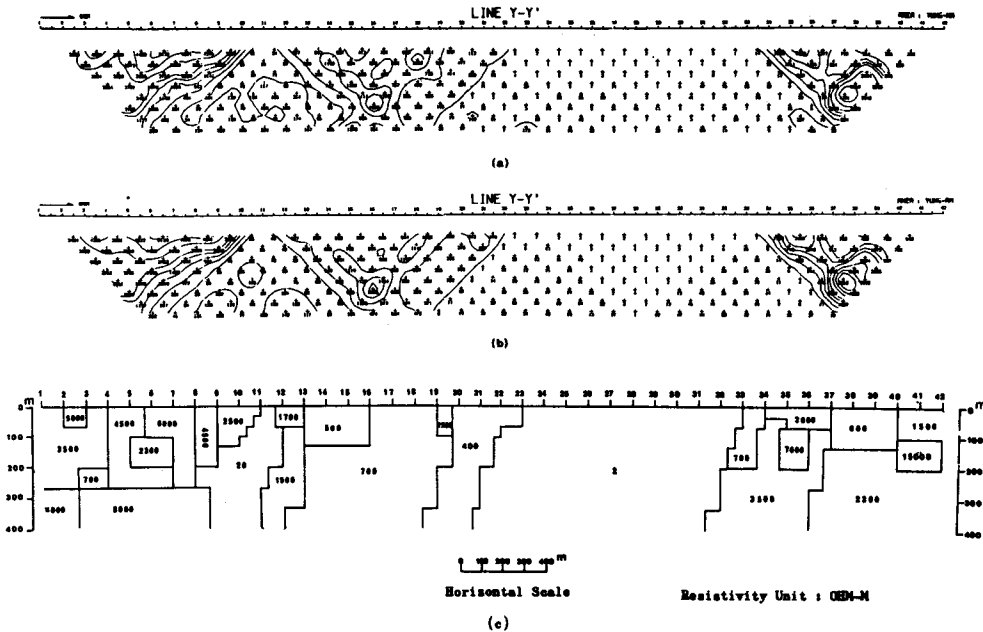
**Table 2** . Measured resistivity values of rocks sampled in the study area.

ROCK	SAMPLE NO.	RESISTIVITY ( $\Omega m$ )
Hornblende Gabbro	4	37361
	6	10524
Schist	2	20086
	5	9941
Metabasite	1	4386
	3	3349
	8	2747
Limestone	13	2110
	10	4332
Limesilicate	7	34567
Graphitic black slate	9	$8.54 \times 10^{-4}$
Quartzite	12	13097
		9376
Phyllite	11	12556
		9004

**資料處理 및 解析**

電氣比抵抗探查로부터 測定된 外見電氣比抵抗値를 Fig. 3(a), 4(a), 및 5(a)에서의 같이 探查測線別로 斷面에 標示하고 contouring하여 等外見電氣比抵抗 疑似斷面圖(pseudosection of apparent electrical resistivity)를 作成한 後, 野外精密地質調査結果(Fig. 1) 및 實驗實에서 測定한 岩石試料別 眞電氣比抵抗値와 綜合하여 定性的인 解析을 實施하였다. 또한 定性的인 解析結果에 의해 各 測線 下部의 地質 및 地質構造에 對한 初期 모델을 設定하고, 有限差分法을 利用한 二次元 電氣比抵抗分布에 對한 모델링方法(Dey and Morrison, 1976; 鄭承桓, 金植浩, 1987)에 의해 最終 모델을 求하는 定量的인 解析을 實施하였다. 測線別 解析結果를 記述하면 다음과 같다.

測線 Y-Y' : Fig. 3(a)는 測定資料로부터 求한 等電氣比抵抗 疑似斷面圖이고, Fig. 3(c)는 定量的 解析을 實施하여 얻은 二次元 地質 및 地質構造 解析



**Fig. 3** Dipole-dipole resistivity pseudosections of (a) field data, (b) calculated data, and (c) interpreted model along the survey line of Y-Y'.

Contour level: 100, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000  $\Omega m$

結果圖이며, 이에 대하여 論理的으로 計算하여 얻은 等電氣比抵抗 疑似斷面圖가 Fig. 3(b)로서 Fig. 3(a)와 比較하여 볼 때 異常帶의 分布樣相 및 位置가 一致한다.

Fig. 3(a)와 3(c) 및 地表地質調查結果를 比較 綜合하여 볼 때 Fig. 3(c)의 測點 11-12下部에 나타나는 周圍보다 電氣比抵抗値가 훨씬 낮은 20 ohm-m의 低比抵抗帶는 斷層(봉화재 斷層)과 이에 隨伴된 破碎帶의 存在 때문인 것으로 解析되며, 이 破碎帶는 地表에서의 幅이 約 70m 程度이고 下部로 가면서 넓어지고 60-70°의 高角度로 西쪽으로 傾斜하고 있다.

測點 1-11 下部의 高比抵抗帶는 電氣比抵抗値가 높은 塩基性 火成岩類가 貫入하였기 때문이며, 그

中 測點 1-5 下部에는 3500-5000 ohm-m의 電氣比抵抗値를 갖는 metabasite가, 測點 6-11 과 12-14의 下部에는 2500-8000 ohm-m와 1500-1700 ohm-m의 電氣比抵抗値를 갖는 角閃石斑靄岩이 各各 存在한다. 變成度의 차이와 地質構造 解析結果 角閃石斑靄岩이 metabasite를 貫入한 것으로 解析된다. 角閃石斑靄岩의 外見電氣比抵抗値가 眞電氣比抵抗値( Table 2 參照) 보다 낮게 나타나는 理由는 그 周圍에 存在하는 電氣比抵抗値가 낮은 破碎帶와 石灰岩의 影響 때문이다.

測點 15 以後에는 朝鮮累層群의 大石灰岩層群이 分布하며, 全般的으로 50-70°정도 西쪽으로 傾斜하고 多樣한 電氣比抵抗値를 보이고 있다. 특히 測點 23-33 下部에서 2 ohm-m의 매우 낮은 電氣比抵抗値

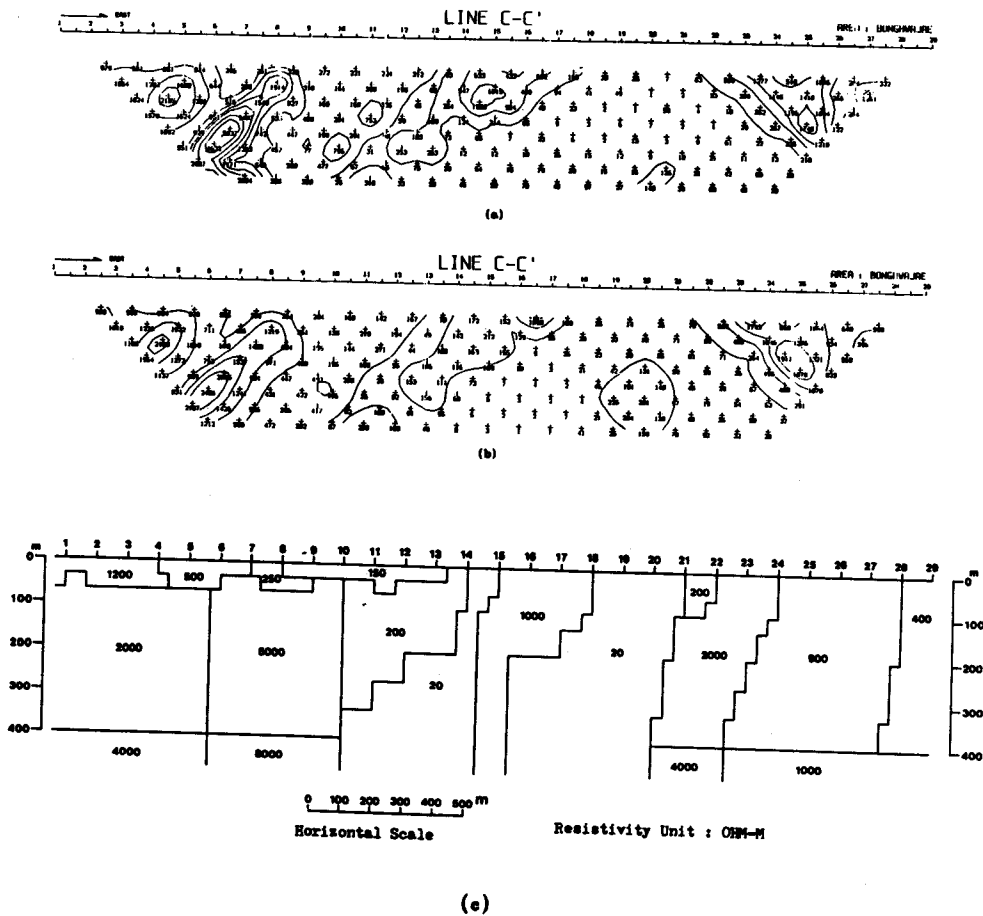


Fig. 4 Dipole-dipole resistivity pseudosections of (a) field data, (b) calculated data, and (c) interpreted model along the survey line of C-C'. Contour level: 100, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000  $\Omega$ m

를 갖는 部分은 黃鐵石과 같은 鑛物을 많이 含有하는 黑鉛質黑色粘板岩類가 存在하기 때문이며, 이는 大石灰岩層群內에 挾在하고 있는 것으로 解析된다.

測線 C-C' : Fig. 4(a)는 測定外見電氣比抵抗値의 等電氣比抵抗 疑似斷面圖이고, Fig. 4(c)는 二次元 解析結果圖이며, 이에 대하여 理論的으로 計算하여 얻은 等電氣比抵抗 疑似斷面圖가 Fig. 4(b)로서 異常帶의 形態와 位置가 Fig. 4(a)와 全般的으로 잘 一致한다.

Fig. 4(a)와 4(c) 및 地表地質調查結果를 比較 綜合하여 볼 때 Fig. 4(c)의 測點 14-15 와 18-21 下部에서 電氣比抵抗値가 周圍보다 훨씬 낮은 20 ohm-m의 低比抵抗帶가 上部에서 下部로 발달하고 있는데 이는 斷層(봉화재 斷層)과 이에 隨伴된 破碎帶로 解析되며, 이 破碎帶는 幅이 各各 100m, 300m 정도이고 60-70°의 高角度로 西쪽으로 傾斜하고 있다.

이 두 破碎帶 사이 즉, 測點 15-18 下部의 比較的 높은 1000 ohm-m의 電氣比抵抗値를 갖는 部分은 斷層帶의 軟弱部를 따라 貫入한 角閃石斑靄岩이 存在하기 때문이며, 電氣比抵抗値가 眞電氣比抵抗値 (Table 2 參照) 보다 훨씬 낮은 값을 나타내는 理由는 周圍에 20 ohm-m의 낮은 電氣比抵抗値를 갖는 破碎帶의 影響 때문으로 解析된다. 또한 破碎帶 西側의 測點 1-10 下部의 높은 電氣比抵抗値의 分布도 斷層帶의 軟弱部를 貫入한 塩基性 火成岩類가 存在하기 때문인 것으로 解析되며, 그 中 測點 1-15 下部의 2000-4000 ohm-m는 metabasite로, 測點 7-10 과 10-14 下部의 150-250 ohm-m의 낮은 電氣比抵抗値를 나타내는 部分은 西倉里層의 片岩層으로 解析된다. 이와같이 電氣比抵抗値가 眞電氣比抵抗値 (Table 2 參照) 보다 매우 낮은 값을 나타내는 理由는 周圍의 電氣比抵抗値가 낮은 破碎帶의 影響과 野外露頭에서 잘 觀察되는 西倉里層 自體內에 發達된 龜裂의 影響 때문인 것으로 思料된다. 測點 21以後 부터는 400-1000 ohm-m의 電氣比抵抗値를 갖는 朝鮮累層群이 分布하나, 測點 22-24 下部에서 周圍보다 높은 2000-4000 ohm-m의 電氣比抵抗値를 보이는 部分은 大石灰岩層群內에 挾在하는 硅岩層이 分布하고 있기 때문이다. 이들 層은 60-70°의 高角度로 西쪽으로 傾斜하고 있다.

測線 D-D' : Fig. 5(a)는 測定外見電氣比抵抗値의 等電氣比抵抗 疑似斷面圖이고, Fig. 5(c)는 二次元 解析結果圖이며, 이에 對하여 理論的으로 計算하여 얻은 等電氣比抵抗 疑似斷面圖가 Fig. 5(b)로서 Fig. 5(a)와 比較하여 볼 때 電氣比抵抗의 分布樣相이 잘 一致한다.

Fig. 5(a)와 5(c) 및 地表地質調查 結果를 比較 綜合하여 볼 때 Fig. 5(c)에서 中心部の 周圍보다 훨씬 낮은 10 ohm-m의 電氣比抵抗値를 갖는 低比抵抗帶는 斷層(西倉里 斷層)과 이에 隨伴된 破碎帶로 解析되며, 이 低比抵抗帶의 上部가 넓은 理由는 電氣比抵抗値가 낮은 沖積層에 의한 影響으로 思料된다. 沖積層 下部에서의 斷層의 幅은 約 160m 정도이다.

測點 1-4 下部의 200-300 ohm-m의 電氣比抵抗値를 보이는 部分은 봉화재 斷層帶에 部分的으로 存在하는 西倉里層의 片岩層으로, 測點 8-12 下部의 200-400 ohm-m의 電氣比抵抗値를 보이는 部分은 朝鮮累層群의 大石灰岩層群으로 解析된다. 이 大石灰岩層群은 測線 C-C' 東部의 朝鮮累層群의 大石灰岩層群과 同一한 것으로서 봉화재 斷層帶는 地所거리와 봉화재를 지나는 西倉里 斷層에 의해 東西로 約

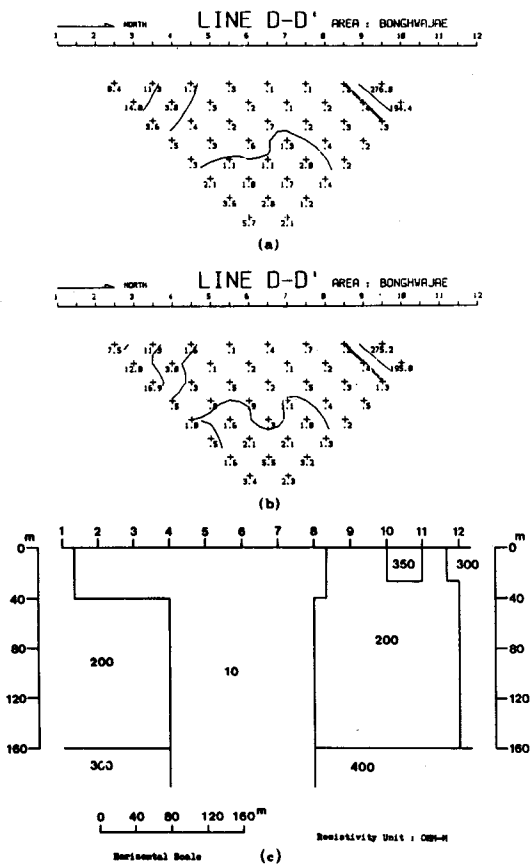


Fig. 5 Dipole-dipole resistivity pseudosections of (a) field data, (b) calculated data, and (c) interpreted model along the survey line of D-D'

1km 정도 變位 되었다.

### 結 論

沃川帶內의 봉화재 斷層帶와 그 隣接地域의 地質 및 地質構造 研究를 爲하여 野外精密地質調査 및 봉화재 一帶에 3個의 測線을 設定하여 電氣比抵抗探查를 實施하고 이들 結果를 綜合하여 얻은 結論은 다음과 같다.

(1) 本 研究地域에는 沃川層群의 西倉里層과 黃江里層 그리고 朝鮮累層群의 大石灰岩層群이 分布하며, 沃川層群과 大石灰岩層群은 거의 南北方向으로 發達된 봉화재 斷層帶에 의해 接하고 있다.

(2) 봉화재 斷層帶에는 斷層帶의 軟弱部를 聳고 metabasite, 角閃石斑禰岩 등의 塩基性 火成岩類가 帶狀으로 貫入 分布하고 있으며, 角閃石斑禰岩이 metabasite를 貫入하였다. 또한 斷層帶內에는 約 20 ohm-m의 매우 낮은 電氣比抵抗値를 갖는 幅이 約 100m와 70-300m 정도되는 2個의 破碎帶가 60-70°의 高角度로 西쪽으로 傾斜하고 있다.

(3) 지소거리와 봉화재 사이에서 幅 160m 정도의 西倉里 斷層의 存在가 確認 되었으며, 이에 의해 봉화재 斷層帶는 東西 方向으로 約 1km 정도 變位 되었다.

(4) 봉화재 斷層帶 東部의 大石灰岩層群內에 分布하는 黑鉛質黑色粘板岩類는 走向과 傾斜 및 그 分布 樣相으로 보아 大石灰岩層群內에 挾在되어 있다.

### 參 考 文 獻

- 金玉準(1968) 忠州-聞慶간의 沃川系의 層序와 構造, 광산지질 제1권1호, p.36-46.  
 — (1970) 南韓 中部地域의 地質과 地構造, 광산

지질 제2권4호, p.73-90.

—, 金奎漢(1974) 水山里-黃江里 地域의 地質構造와 岩石學的 研究, 광산지질 제7권3호, p.101-122.

閔庚德, 金玉準, 金奎漢(1987) 沃川帶의 地質과 地構造 研究-忠州-提川 中間地域의 地質과 地構造-, 한국과학재단 연구 보고서, 38p.

朴惠心(1987) 提川 西南部 沃川帶 地域에 對한 重力探查 研究, 延世大學校 大學院 地質學科 碩士學位論文, 106p.

李旼成, 朴奉淳(1965) 韓國 地質圖 黃江里 圖幅, 국립지질 조사소.

田正秀(1987) 沃川帶內 信堂-道田里 地域에 對한 ELF-MT探查 研究, 延世大學校 大學院 地質學科 碩士學位論文, 67p.

鄭承恒, 金楨浩(1987) Dipole-dipole 比抵抗 探查資料의 對話式2次元 解析 研究, 광역탐사연구, KR-86-2-4, 한국 동력 자원 연구소, p.89-106.

Dey, A., and Morrison, H.F. (1976) Resistivity modelling for arbitrary shaped two-dimensional structures, part 1: Theoretical formulation, Lawrence Berkeley Lab. LBL-5223.

Kobayasi, T. (1953) Geology of South Korea, Tokyo Univ. Press, Tokyo

Reedman, A.J., Flesher C.J.N., Evans, R.B., and Workman D.R. (1975) Geological, geophysical and geochemical investigation in the Hwanggangri area, Geol. Mineral Inst. Korea, Report of mineral exploration, part II, p.11-118.