

Three-point 電極 配列法을 利用한 電氣 比抵抗探查 模型研究

閔庚德*, 金宗美*

A Model Study for Electrical Resistivity Method Using Three-Point Electrode Array

Kyung Duck Min, Chong Mi Kim

Abstract: This study is a model analysis for an effective application of the geophysical prospecting to the investigation of geological structures or useful resources, and the purpose of it is to research a property of the electrical resistivity prospecting, especially by using a Three-Point electrode array method.

In using the Three-Point electrode array method, it is theoretically assumed to choose the infinite for a distance between the two current electrodes, however it is impossible in applying to the practical field prospecting. Therefore this study was conducted for determination and presentation of a minimum appropriate distance between the two current electrodes by making a study on prospecting effect in the variation of distance between both the electrodes. In case that the ratios of the distance between the two current electrodes to that between the two potential electrodes are respectively chosen for 40, 400, 5,000, the experimental data of this study showed that the minimum appropriate distance between the two current electrodes is forty times as much as that between two potential electrodes. In order to make clear a problem about prospecting depth which is essential to the data processing, it had been chosen equally to the distance between two potential electrodes. As a result of it, it was shown that the anomaly is appeared along the position of an assumed ore body. Consequently it was found out that the prospecting depth of the Three-Point electrode array method is the same as the distance between the two potential electrodes.

From the model experiment on the sheeting ore body (or linear structure) of horizontal, dipping of 30°, 60° and vertical on the basis of above experimental condition, it was found out that the position and dip of assumed ore body could be inferred from the aspects of the equiresistivity curve. In consequence of performing out the simultaneous Normal and Reversal electrode movement, it was shown that the electrode movement of the Reversal forms the anomaly more clearly than that of Normal when the sheeting ore body is situated obliquely, therefore it could be ascertained that the electrode movement have to be performed simultaneously in the manner of Normal and Reversal. It was also exhibited that the aspect of the equiresistivity curve forms symmetrically when an assumed orebody (or linear structure) is situated horizontally or vertically, that is, symmetrically, and moreover that the aspect of the equiresistivity curve forms unsymmetrically when an assumed ore body (or linear structure) is situated obliquely. On the basis of these experimental analysis it is thought that it can be inferred from the aspect of equiresistivity curve whether an assumed ore body is obliquely situated or not.

1. 序 論

오늘날 地球物理探查는 資源探查에 만 국한되는 것이 아니고 토목공사, 건축분야, 터널의 위치

*正會員, 延世大學校 地質學科

선정, 지하수 개발을 위한 여러가지 정보를 얻기 위해서 그 중요성은 고조되고 있으며, 보다 많은 연구와 발전을 필요로 하고 있다.

이러한 地球物理探查法의 일종인 氣電比抵抗探查는 각종 鑛物의 집합체인 암석과 각종 전해질

을 용해시키고 있는 물과의 不均質 혼합체를 이루는 지각의 전기 전도도의 물리적인 성질을 이용하여 有用鑛物, 地下水 및 地下地質構造를 探查하는 방법이다.

Three-Point 電極配列法이란 電氣比抵抗探查에서 사용하는 電極配列의 한 방법으로서 探查결과 해석상의 어려움 때문에 이제까지 별로 이용되지 않았으며, 더우기 탐사결과 해석의 지침이 될 모형연구도 실시되어 있지 않는 것으로 안다. 따라서 본 논문은 Three-Point 電極配列法에 의한 探查資料의 분석 및 해석에 필요로 하는 제반특성을 연구하고자, 야외조건을 수조통에 모형화시킨 실내 실험을 실시하였다.

지금까지의 電氣比抵抗探查法을 이용한 三次元模型研究는 Colorado School of Mines (1929—1930)에서 최초로 행하여진 이래 현재까지 국내 외에서 계속되어 오고 있으며 특히 최근 국내에서의 電氣比抵抗法을 이용한 模型研究로는 민경덕, 전명순 (1980)의 모암의 電氣比抵抗 변화에 따른 外見比抵抗의 변화 양상에 관한 模型研究가 있다. 그러나 이제까지의 電氣比抵抗法을 이용한 모형연구는 그 電極配列法에서 Schlumberger 電極配列法, Wenner 電極配列法 혹은 dipole-dipole 電極配列法을 이용하여 왔을뿐 three-point 電極配列法에 의한 模型研究는 없는 것으로 안다.

이에 본 연구는 Three-Point 電極配列法의 제반특성을 연구하고자 電流電極 間隔, 電極 租動方向 및 模型板狀鑛體(또는 선구조)의 傾斜를 변화시켜 가면서 수직 및 수평 探查를 병행하여 실시하고 이로부터 얻은 측정치에 의해 等比抵抗曲線도와 特性曲線을 작성 고찰함으로써 電位 電極 間隔에 대한 電流電極 間隔에 최소적정거리, 電極 租動 方向에 따른 영향, 測定深度 및 賦存板狀鑛體(또는 선구조)의 위치와 傾斜에 따른 결과 양상을 규명하는 데 그 목적을 두었다.

2. 理論的 考察

2.1. 電氣比抵抗法의 基本原理

電氣比抵抗法은 人爲的으로 地下에 電流를 보내어 이에 의해 나타나는 電位를 測定하여 地下構造 및 鑛體를 탐사하는 것으로서, 예를 들어

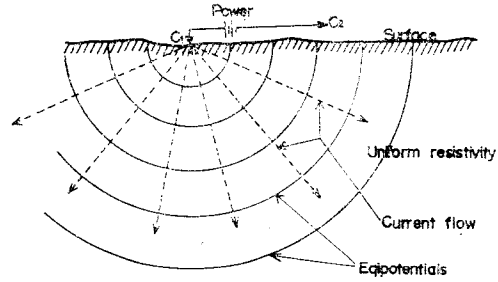


Fig. 1 균질한 매질에서의 點電流源에 의한 等電位 분포

金屬鑛物, 金屬硫化鑛物, 기타 특종 광물은 電氣傳渡도가 일반 광물, 암석 등의 電氣傳渡도보다 매우 높은 성질을 이용하여 지하의 電氣比抵抗의 변화를 조사함으로써 이들을 탐사할 수 있다. 이러한 電氣比抵抗法의 측정원리를 살펴보면 다음과 같다.

均質 等方性의 매질 표면에 點電流源 C1을 통해 電流 I를 흘려 보내면 공기의 電氣傳渡도는 zero 이므로 모든 電流는 Fig. 1에서와 같이 半球像의 양상으로 地下로 흐른다.

이때 C1에서 임의의 거리 r되는 점에서의 電位 V는 ohm의 法則에 의해

$$V = IR = I\rho_a L / A = I\rho_a r / 2\pi r^2 = I\rho_a / 2\pi r \dots \dots \dots (1)$$

여기서 R : C1과 r사이에서의 電氣抵抗

A : 半球의 표면적

L : C1과 r사이의 거리

ρ_a : 외견 전기비저항(外見電氣比抵抗)

또한 均質 等方性의 媒質 표면에 한쌍의 電流電極을 일정한 거리로 유지시켜 놓으면 Fig. 2에서와 같은 양상으로 電流線과 等電位線을 형성시킨다. 이때 C1과 C2로 부터 각각 거리 R1 및 R2 되는 점에서의 電位 V는

$$V = V_1 + V_2 = I\rho_a / 2\pi (1/R_1 - 1/R_2) \dots \dots \dots (2)$$

가 되고 Fig. 2에서의 관계로 부터

$$1/R_1 - 1/R_2 = \text{constant}, R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos O = 4L^2 \dots \dots \dots (3)$$

이 만족되도록 等電位線을 형성하게 된다.

이와같은 원리를 이용하여 대지의 外見電氣比抵抗은 Fig. 3에서와 같이 한쌍의 電流電極을 통해 지하에 전류를 흘려 보내고 다른 한쌍의 電

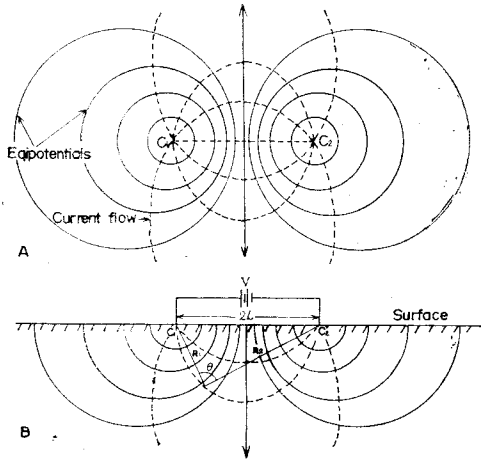


Fig. 2 均質한 媒質에서의 두 點電流源에 의한 等電位 분포
A. 평면도, B. 단면도

位電極에서 電位를 측정하여 구한다. 즉

$$V_{P1} = V_{11} + V_{21} = \rho_a I (1/r_1 - 1/r_2) \dots (4)$$

$$V_{P2} = V_{12} + V_{22} = \rho_a I / 2\pi (1/r_3 - 1/r_4) \dots (5)$$

따라서 전위차 ΔV 는

$$\Delta V = V_{P1} - V_{P2} = \rho_a I / 2\pi (1/r_1 - 1/r_2 - 1/r_3 + 1/r_4) \dots (6)$$

가 되고 外見電氣比抵抗 ρ_a 는

$$\rho_a = 2\pi \Delta V / I (1/r_1 - 1/r_2 - 1/r_3 + 1/r_4) \dots (7)$$

여기서 V_{P1} : P_1 點에서의 電位

V_{P2} : P_2 點에서의 電位

V_{11} : C_1 電流에 의한 P_1 에서의 電位

V_{21} : C_2 電流에 의한 P_1 에서의 電位

V_{12} : C_1 電流에 의한 P_2 에서의 電位

V_{22} : C_2 電流에 의한 P_2 에서의 電位

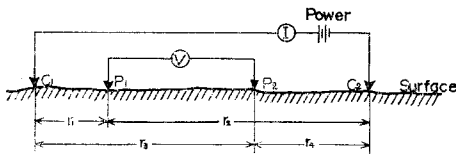


Fig. 3 台地의 外見電氣比抵抗 측정

2. 2. Three-Point 電極 配列法

Three-Point 전극 배열법은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 한쌍의 電流電極 중 하나를 무한대에 위치시키고 나머지 하나의 電流電極 근처에서 다른 한쌍의 전위전극을 이용하여 電位差를 측정하여 外見電氣比抵抗을 산출하는 방법으로 C_1 電流電極과 P_1 電位電極 사이의 간격과 C_1 電流

電極과 P_2 電位電極 사이의 간격에 따라 몇가지 電極 配列로 나뉜다.

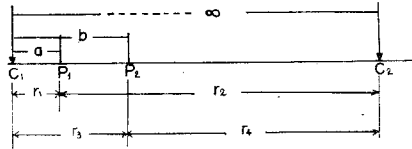


Fig. 4 Three-Point 電極 配列法에 의한 대지의 外見電氣比抵抗 측정

즉, 식 (7)과 Fig. 4에서 Three-Point 電極 配列法에 의한 外見電氣比抵抗 ρ_a 는

$$\begin{aligned} \rho_a &= 2\pi \Delta V / I \cdot (1/r_1 - 1/r_2 - 1/r_3 + 1/r_4) \\ &= 2\pi \Delta V / I \cdot (1/a - 1/(\infty - a) \\ &\quad - 1/a + 1/(\infty - b)) \\ &= 2\pi ab \Delta V / (ba) \cdot I \dots (8) \end{aligned}$$

가 되는데 여기서 $b = 2a$ 이면

$$\rho_a = 4\pi a \Delta V / I \dots (9)$$

가 되고 이를 等間隔 3 極法이라고 한다.

또한 전위전극 간격이 C_1 으로부터 P_1 에 이르는 거리에 비해 매우 작을 때는 $r_1 = a - \delta a / 2$, $r_3 = a + \delta a / 2$ 가 되어 外見電氣比抵抗 ρ_a 는

$$\rho_a = (2\pi a^2 / I) \cdot (\partial V / \partial a) \dots (10)$$

가 되고 이를 half-Schlumberger 配列法이라 한다. P_2 를 C_1 으로부터 매우 멀리 떨어뜨리면 $r_3 = b = \infty$ 가 되고

$$\rho_a = 2\pi a \Delta V / I \dots (11)$$

가 되므로 Wenner 電極配列法과 同一하게 되는데 이를 half-Wenner 電極配列法이라 한다.

그런데 실제 야외탐사시 무한대로 電極을 위치시킬 수는 없기 때문에 나머지 세 전극으로부터의 영향이 아주 적도록 떨어뜨리면 된다. 예로써 half-Wenner 電極配列法을 사용할 경우에는 無限點이 電極이 적어도 C_1 과 P_1 사이의 거리의 10배 이상이 되어야 그 영향을 10% 이내로 줄일 수 있게 되고 반면에 Schlumberger 전극 배열법의 경우는 電位電極間의 거리가 가깝기 때문에 電流電極 間隔은 이의 약 3배 정도가 된다 (Telford, et al, 1976).

이러한 Three-Point 電極 配列法은 Well-logging 에서도 사용되는데 다른 전극 배열법을 사용할 경우에 비해 두꺼운 층의 上下 境界部가 明確하게 나타난다는 것이 特徵的이다. 그런데

Well-logging 에서의 Three-Point 전극배열법의
測定深度는 P₁ 과 P₂ 사이의 間隔과 거의 일치한
다 (Telford, et al, 1976).

3. 實 驗

Three-Point 電極配列法을 利用한 電氣比抵抗
探査 研究를 위하여 3次元 模型水槽 實驗裝置
를 하고 이곳에 50cm×10cm×2cm 의 흑연판을
모형으로 하는 板狀의 水坪, 傾斜 및 垂直鑛體
에 (또는 선구조)에 대하여 外見電氣比抵抗을 측
정하였다.

3.1. 實驗裝置

본 실험에서 사용된 3 차원 模型水槽桶은 Fig.
5에서 보는 바와 같이 가로 190cm, 세로 120
cm, 높이 100cm 의 木製桶이다(민경덕, 이영훈,
1978). 수조에는 상수도물을 전해질로 사용하여
母岩 模型으로 하였다. 전극으로는 가로 93cm,
세로 15.5cm, 두께 2.5cm 의 絶緣體인 bakelite
판에 일렬로 2cm 간격으로 41개의 구멍을 뚫어
여기에 직경 4mm, 길이 4mm 의 炭素棒을 고정
시킨 電極板을 수면에 위치시켜 사용하였다(민
경덕, 이영훈, 1978). 이 電極板은 上下 및 水
平租動이 가능하여 수조통내의 水溶液의 水深과
測線의 위치를 변화시킬 수 있다. 또한 각 電極
은 配電板上的 端子에 연결되어 있어서 電極을
직접 이동하지 않고 필요한 위치에 있는 電極을
配電板에서 직접 선택 사용할 수 있게 하였다.

電氣比抵抗 測定機로는 底周波數 電氣比抵抗
探査基 Yokogawa type 3244 (Japan)을 사용하였

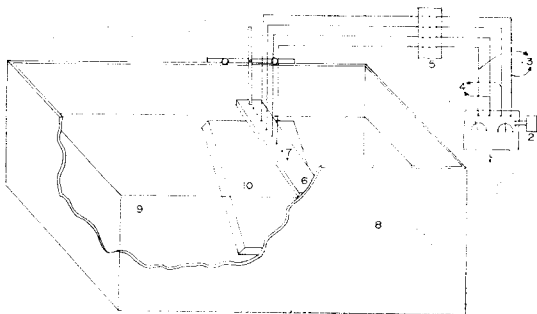


Fig. 5 실험장치
1. 比抵抗 探査機, 2. 交換子, 3. 電流電極, 4. 電
位電極, 5. 配電板, 6. 베이크라이트板, 7. 炭素電
極, 8. 水槽桶, 9. 물, 10. 模型鑛體

으며 測定原理는 交流 電位차이며 transistor
low-frequency 電源 方式을 취하고 사용전원은
D.C. 12V 이며 전압전류계는 15(D.C.)/500MA
(A.C)을 사용하였는데 그 측정범위는 0-300Ω
이다.

模型板上鑛體는 크기가 50cm×10cm×2cm 이
고 순도가 98%인 흑연판을 사용하였으며 이의
固有 電氣 比抵抗은 $4.9 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ 이다(Clark,
1966).

3.2. 實驗 方法

Three-Point 電極 配列法을 利用한 모형실험
을 위한 실험장치의 성능을 검토하기 위하여 본
실험에 앞서 Three-Point 電極配列法の 일종인
等間隔 3極法을 이용하여 blank test 를 실시
하였으며 본 실험 또한 동일한 電極配列法을 이
용하였다.

Three-Point 電極 配列法을 사용할때 두 電流
電極 사이의 간격은 이론적으로 무한대이나 이
는 실제 야외탐사시 불가능한 일이므로 따라서
전류전극간의 최소적정 거리를 유도해 보고자 電
氣抵抗 0Ω, 10만Ω, 150만Ω 을 각각 연결하여
실험함으로써 두 電位 電極에 대한 전류 전극
간의 거리를 각각 40배, 400배, 5,000배가 되도
록 하였다. 이는 電氣抵抗 $R = \rho L / A$ (여기서 ρ :
媒質의 固有電氣比抵抗, L : 두 電流源 사이의
거리, A : 媒質의 斷面積)로 부터 電氣抵抗은
거리에 비례한다는 사실을 이용한 것이며 이때
電位電極 간격에 대한 電流電極 간격의 비는 측
정심도와 위치에 따라 변화되므로 그 비가 가장
큰 測定位置를 기준으로 한 것이다.

수조통 내의 水深은 항상 약 70cm 로 유지시
켰으며 본 실험을 위한 흑연판 水平 模型鑛體는
水面으로부터 10cm 되는 깊이에, 傾斜模型鑛體
는 경사각을 30°, 60° 및 수직으로하고 광체의
한쪽끝이 수면으로부터 3.5cm 되는 깊이에 위
치되도록 하였다.

等比抵抗曲線圖의 작성을 위한 실험에서는 水
平鑛體, 30°, 60°인 傾斜鑛體 및 수직광체에 대
하여 수직과 수평탐사를 병행하여 실험하였으며,
特性曲線을 위한 실험시에는 配電板의 중심인
21번전극으로부터 模型鑛體의 거리를 16cm 로

일정하게 유지시켜 수평광채 및 30°, 60°의 경사광채에 대하여 垂直探查를 실시하였다.

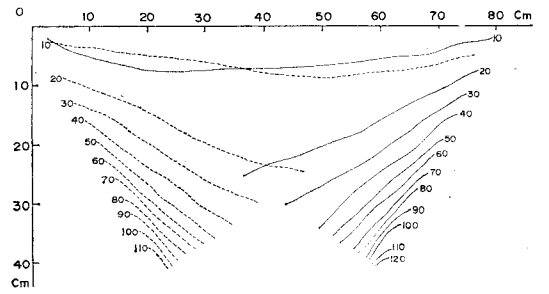
전술한 모든 실험시의 측선은 모형광채의 走向方向과 직각이 되도록 하였고 수조통 경계면의 영향을 최소한으로 줄이기 위해 水槽桶의 中央에 측선을 위치시켰으며 무한대에 위치하는 電流電源은 配電板과 일직선상인 수조통의 가장 자리에 필요한 電氣抵抗을 부착하여 위치시켰다. 또한 Three-Point 電極 配列法의 측정가능 범위와, 부존광채의 傾斜 方向과 電極租動 方向과의 관계에 따른 이상대 형성의 영향을 고려하여 모든 경우에 대해 模型鑛體의 傾斜方向과 일치되는 방향으로 전극을 이동하는 Reversal과 이와는 반대되는 Normal의 두가지 電極 移動 方法으로 실험을 행하였다.

4. 實驗結果 및 考察

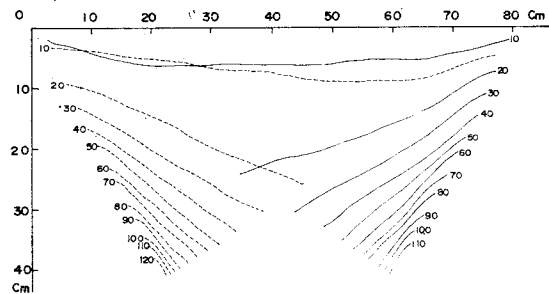
실험장치의 성능과 電位電極 間隔에 대한 電流電極 間격의 比의 變化에 따른 영향을 살펴보고자 無限거리에 위치해야 할 電流電極에 抵抗을 0Ω, 10만Ω, 150만Ω으로 연결하여 blank-test의 結果를 검토 도시하였다. 또한 흑연판의 模型鑛體를 넣고 Three-Point 電極配列法을 이용하여 電氣比抵抗 模型實驗을 한 결과는 等比抵抗 曲線圖와 特性曲線圖로 作成, 考察하였다.

등비저항곡선도는 垂直과 水平探查 結果 얻은 外見電氣比抵抗을 橫軸이 測定位置, 縱軸이 수면으로부터의 深度를 나타내는 평면에 plot한 뒤 동일 外見電氣比抵抗 끼리를 연결한 선들을 도시한 것이며, 이로부터 測定深度, 부존광채의 傾斜 變化에 따른 이상대의 양상변화, 전위전극 間격에 대한 전류전극 間격의 比의 變化에 따른 이상대 형성의 양상을 考察하고자 하였다. 또한 特性曲線圖는 수직탐사 결과 얻은 外見電氣比抵抗을 측정할 후 橫軸이 電位電極 間隔, 縱軸이 모형광채의 固有電氣比抵抗에 대한 外見電氣比抵抗의 比를 나타내는 평면에 도시한 것이며 이로부터 광채까지의 심도의 결정여부를 고찰하고자 하였다.

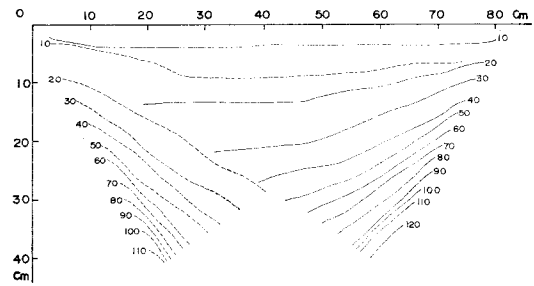
각 실험 조건에 대한 이상의 等比抵抗曲線圖와 特性曲線圖는 Normal과 Reversal의 電極 移動 方法에 따라 구분, 도시하였으며 이로부터



A. 電流電極間隔 / 電位電極間隔 = 40



B. 電流電極間隔 / 電位電極間隔 = 400



C. 電流電極間隔 / 電位電極間隔 = 5,000

Fig. 6 Blank test에 의한 等比抵抗 曲線圖
— Normal, ; Reversal, 단위 ; 10³ Ω-m

電極租動 方向에 따른 영향을 考察하였다.

4.1. Blank-Test

Fig. 6은 모형광채 없이 水槽桶에 水溶液만을 넣고 실시한 blank test에 의해 얻어진 외견전기 비저항을 횡축이 측선, 종축이 수면으로부터의 심도를 나타내는 평면상에 plot한 뒤 동일 外見電氣比抵抗 끼리를 等比抵抗曲線 間격 10×10³ Ω-m으로 연결한 것이다. 심도가 같은 선상에서 外見電氣比抵抗의 變化 양상을 보면 무한대

에 위치하는 전류전극으로 가까워질수록 그 값이 커지는 경향을 보이고 있는데 즉 등비저항곡선은 약 40°-50°의 일정한 傾斜를 나타내는데 이는 무한대에 위치하는 電極이 水槽桶의 가장자리에 위치해 있어 edge effect 를 일으키기 때문인 것으로 사료된다. 또한 Normal 과 Reversal의 전극이동 방법에 따른 등비저항곡선은 축선의 중심을 중심으로 대칭적 양상을 보이고 있다.

Fig. 6 A, B, C에서 보면 전위전극 간격에 대한 電流電極 간격의 比의 변화에 관계없이 등비저항곡선의 양상은 모두 동일하게 나타났는데 이는 Three-Point 電極 配列法을 이용한 탐사의 경우 電位電極 간격에 대한 電流電極 간격의 比는 40이상에서 동일한 探查結果를 나타낸다는 것을 의미한다.

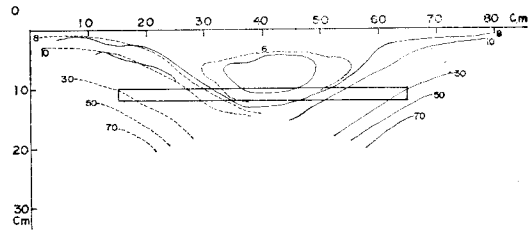
4.2. 測定深度 (Fig. 7)

Three-Point 電極 配列法에 의한 電氣比抵抗 探查시 전극간격에 따른 測定深度를 규명해 보고자 수평광체이고, 전위전극 간격에 대한 전류전극 간격의 比가 40일 경우에 대하여 실험한 결과를 가지고 측정심도를 전위전극 간격의 0.5배, 1배, 1.5배로 취하여 등비저항곡선圖를 작성하였다.

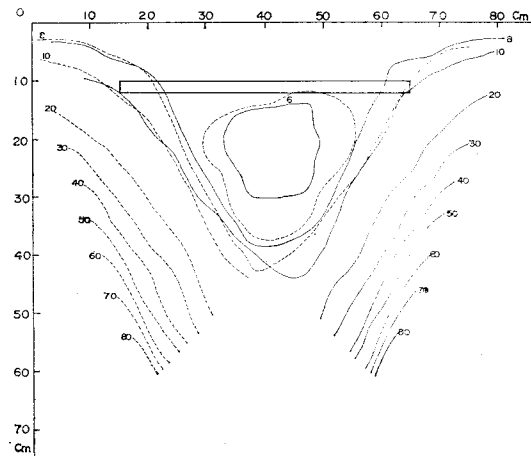
이들을 비교해 보면 측정심도를 전위전극 간격과 동일하게 취했을 경우에 저비저항대의 중심부와 부존광체의 위치가 가장 잘 일치한다. 따라서 본 논문에서는 등비저항곡선圖 작성시 측정심도는 전위전극간격과 동일하게 취하였다.

4.3. 等比抵抗曲線度

模型水平板狀鑛體, 30°, 60° 傾斜板狀鑛體 및 垂直板狀鑛體에 대해서 무한대에 위치하는 전류전극에 0Ω, 10만Ω, 150만Ω의 抵抗을 연결시켜 실험한 結果는 Fig. 8 A, B, C, Fig. 9 A, B, C, Fig.



B. 測定深度 / 電位電極 間隔 = 0.5



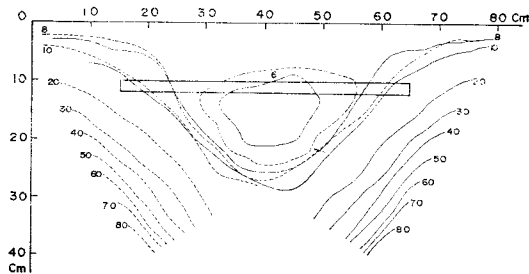
C. 測定深度 / 電位電極 間隔 = 1.5

Fig. 7 電位電極間隔에 대한 測定深度의 比에 따른 等比抵抗曲線圖 전류전극간격 / 전위전류간격 = 4CC: 水平板狀鑛體, □: 模型鑛體, —; Normal,; Reversal,

10 A, B, C와 같으며 이때 등비저항곡선 간격은 10⁴Ω-m 이하에서는 2×10³Ω-m로 하고, 그 이상에서는 10⁴Ω-m로 일정하게 유지하였다.

1) 水平板狀鑛體 (Fig. 8): 等比抵抗曲線圖에서 低比抵抗帶는 模型鑛體의 부존 위치와 거의 일치하며 模型鑛體의 영향을 거의 받지 않는 범위에서는 blank test에서의 양상과 거의 同一하게 약 40-50°의 일정한 傾斜를 유지하며 等比抵抗曲線을 나타내고 外見電氣比抵抗의 절대치가 증가할수록 等比抵抗曲線의 간격이 좁아지는 경향을 나타낸다.

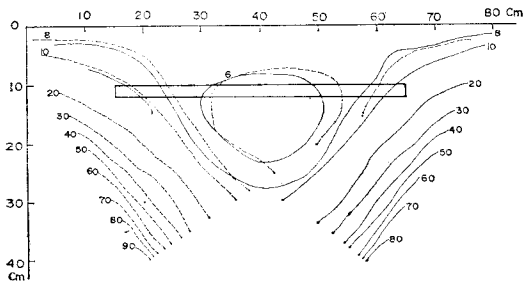
또한 무한대에 위치하는 電流電極에 연결된 抵抗의 변화에는 무관하게 等比抵抗曲線의 양상이 거의 同一하게 나타났으며 이로써 Three-Point 電極 配列法의 電位電極間隔에 대한 電流電極 間隔의 最少適正距離는 약 40배인 것으로 사료된다. Normal 과 Reversal의 전극이동 방



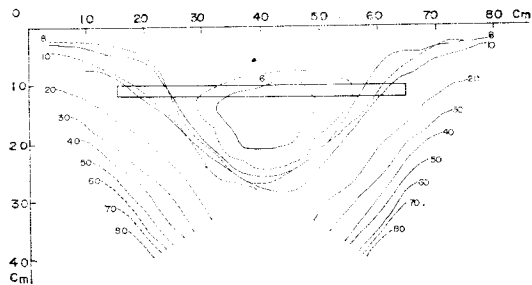
A. 測定深度 / 電位電極 間隔 = 1, 단 위 : 10³ Ω-m

법에 따른 등비저항곡선의 양상은 模型鑛體의 부존위치를 중심으로 대칭을 이루며 同一하게 나타난다.

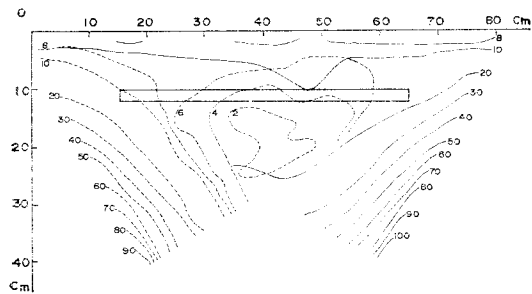
2) 傾斜板狀鑛體 (Fig. 9, Fig. 10) : 電位電極 간격에 대한 電流電極 간격의 비에 따른 等比抵抗曲線의 양상은 水平板狀鑛體의 결과와 마찬가지로 同一한 양상을 보인다. 또한 저비저항대를 형성하는 이상대의 위치는 模型鑛體의 부존위치와 일치되며 저비저항대의 축을 연결한 선의 경사와 模型鑛體의 경사가 거의 일치되는 점으로 미루어 Three-Point 電極配列法에 의한 電氣比抵抗探査 結果로써 부존광체의 位置와 傾斜가 類推 可能할 것으로 사료된다.



A. 電流電極間隔/電位電極間隔=40

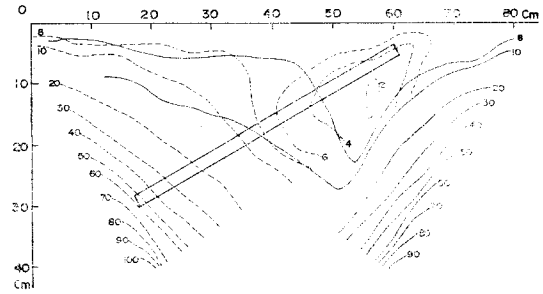


B. 電流電極間隔/電位電極間隔=400

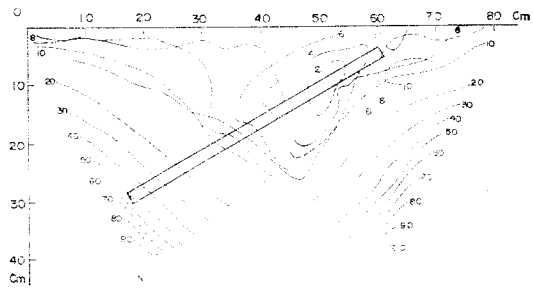


C. 電流電極間隔/電位電極間隔=5,000

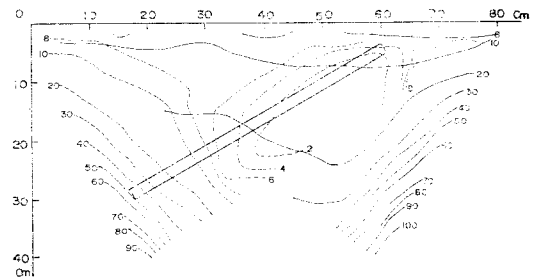
Fig. 8 水平板狀鑛體에 대한 等比抵抗曲線圖



A. 電流電極間隔/電位電極間隔=40

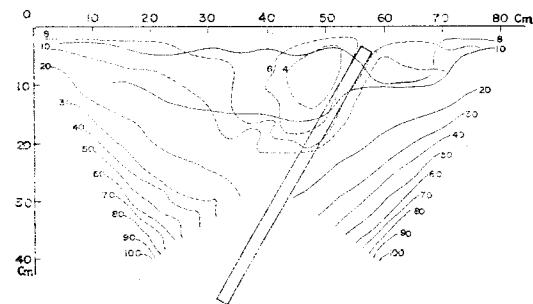


B. 電流電極間隔/電位電極間隔=400

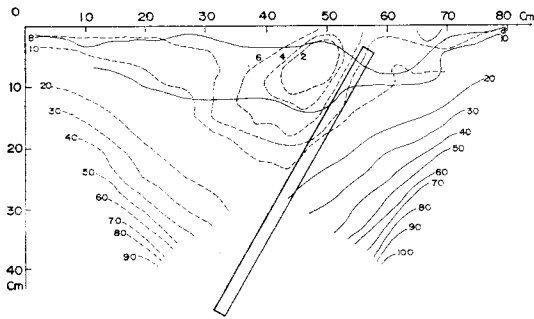


C. 電流電極間隔/電位電極間隔=5,000

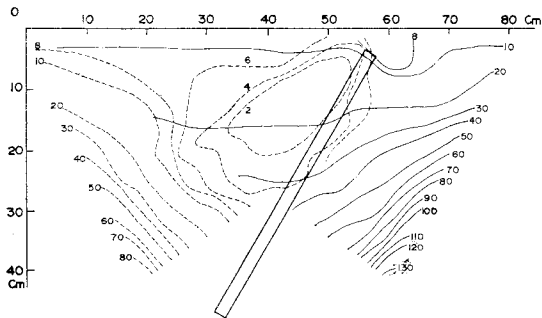
Fig. 9 30°傾斜板狀鑛體에 대한 等比抵抗曲線圖



A. 電流電極間隔/電位電極間隔=40



B. 電流電極間隔/電位電極間隔=400

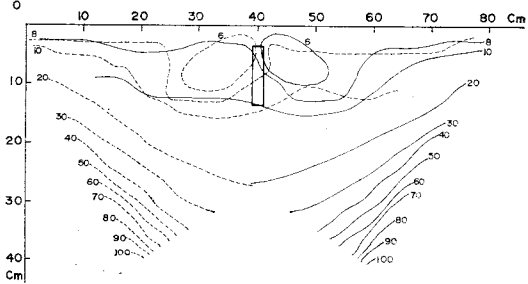


C. 電流電極間隔/電位電極間隔=5,000

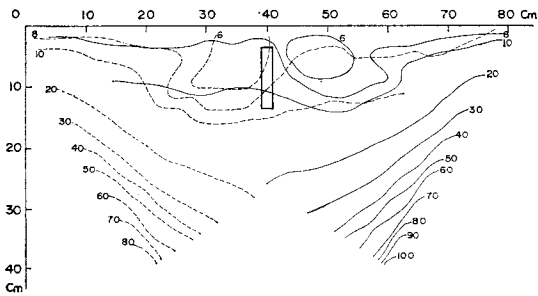
Fig. 10 60°傾斜板狀鑛體에 대한 等比抵抗曲線圖

Normal 과 Reversal 의 電極移動 方法에 對한 等比抵抗曲線의 樣狀의 差이 明確하여 Reversal 의 경우에 저비저항대가 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있으며 이는 傾斜의 방향에 일치시켜 電極의 移動을 할 때, Normal 의 경우에 비해 模型鑛體의 낮은 電氣比抵抗의 影響을 크게 받기 때문인 것으로 여겨진다. 따라서 傾斜鑛體의 경우, 야외탐사로 부터 얻어지는 등비저항곡선 도에서의 Normal 과 Reversal 의 非對稱的 樣狀 즉 저비저항대의 형성의 明確도의 차이로써 부존광체의 傾斜 방향을 유추할 수 있을 것으로 사료된다.

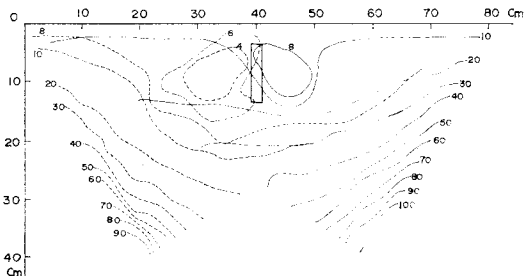
3) 垂直板狀鑛體(Fig. 11) : 水平板狀鑛體와 傾斜板狀鑛體의 경우와 마찬가지로 電位電極 間隔에 對한 電流電極 間隔의 比의 變化에 關係없이 等比抵抗曲線의 樣狀이 同一하게 나타난다. 또한 模型鑛體의 부존위치를 중심으로 Normal 과 Reversal 에 對한 等比抵抗曲線의 저비저항대가 대칭적으로 形成되었는데 이는 垂直板狀鑛體에 對한 等比抵抗曲線도 樣狀의 特徵으로 특히, 두 개의 傾斜板狀鑛體의 경우가 아님에 주의할



A. 電流電極間隔/電位電極間隔=40



B. 電流電極間隔/電位電極間隔=400



C. 電流電極間隔/電位電極間隔=5,000

Fig. 11 垂直板狀鑛體에 대한 等比抵抗曲線圖

필요가 있을 것으로 환기되어진다.

4.4. 特性曲線圖 (Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14)

Three-Point 電極配列에 의한 測定深度를 淸명하고 아울러 지표로부터 부존광체까지의 深度를 밝히는 方法을 제시하고자 縱軸을 模型鑛體의 固有電氣比抵抗(ρ_1)에 對한 外見電氣比抵抗(ρ_a)의 比, 橫軸을 電位電極間隔(a)로 도시하여 特性曲線을 作成한 結果 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) 水平板狀鑛體(Fig. 12) : Reversal 의 電極移動 方法에 따른 曲線 樣狀에서 살펴보면 수면으로부터 模型鑛體가 위치하는 상부지점까지의 거리인 16cm 와 거의 일치하는 지점인 電極間隔이

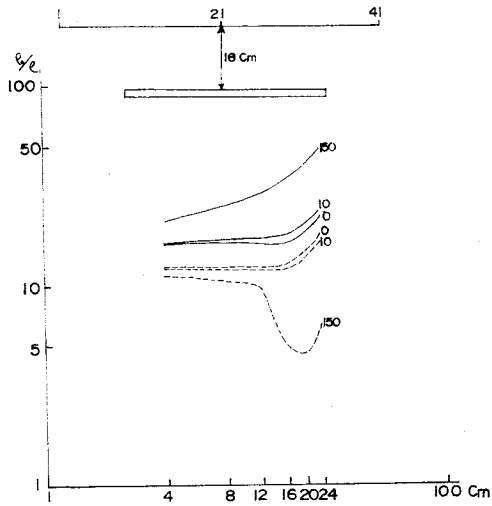


Fig. 12 水平板狀鑛體에 대한 垂直探査 結果에 의한 特性曲線圖. □: 模型鑛體, — Normal, Reversal, 단위: $10^4 \Omega\text{-m}$

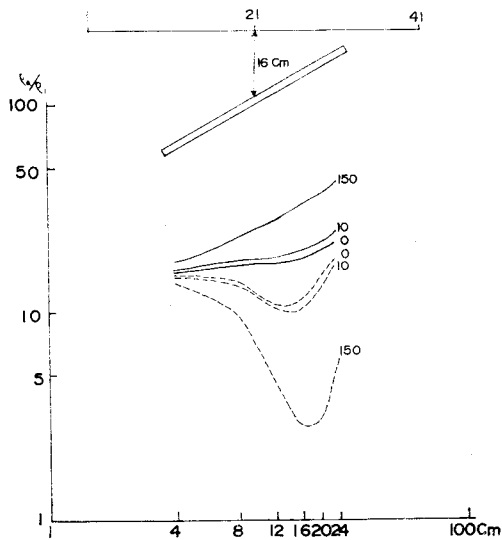


Fig. 13 30°傾斜板狀鑛體에 대한 垂直探査 結果에 의한 特性曲線圖

16cm 되는 곳에서 模型鑛體의 固有電氣比抵抗에 대한 外見 電氣比抵抗의 比가 가장 낮은 값을 나타내는데 이는 전류가 부존광체를 통과할 때에 模型母岩에 대해 낮은 固有電氣比抵抗을 갖는 模型鑛體의 영향으로 인한 것으로 여겨지며 따라서 Three-Point 電極配列에 의한 測定深度는 電位電極間隔과 같은 測定深度로 탐사결과 해석을 하는 경우 가장 적절한 자료 분석이 이

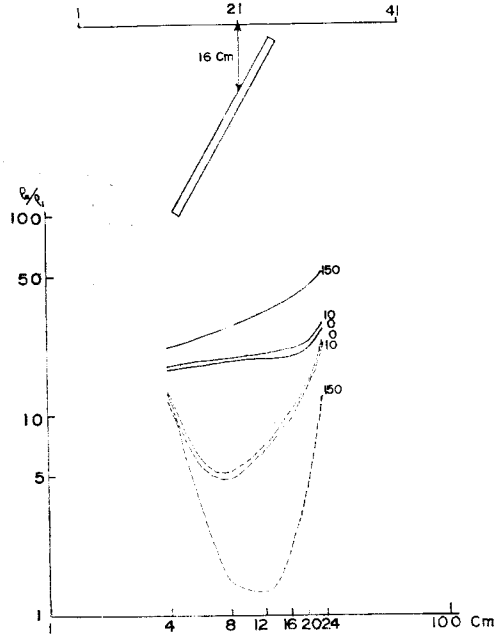


Fig. 14 60°傾斜板狀鑛體에 대한 垂直探査 結果에 의한 特性曲線圖

루어 질수 있음을 알수 있다. 또한 Normal의 電極移動 方法에 따른 곡선양상을 살펴보면 전류가 부존광체를 지나는 부근에서 곡선의 기울기가 변화하는 것을 알수 있으며 Reversal에 대한 곡선의 양상과 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 이의 원인에 대해서는 좀더 상세한 연구가 뒤따라져야 할 것으로 사료된다.

抵抗의 變化에 따른 곡선의 양상은 그 기울기가 저항이 증가함에 따라 커지고 있을뿐 같은 양상을 나타내며 測點으로 부터 부존광체까지의 深度를 결정하는 문제에 있어서는 같은 결과를 얻을수 있음을 제시하고 있다.

2) 傾斜板狀鑛體 (Fig. 13, Fig. 14) : Reversal에 대한 電極移動 方法에 대한 曲線의 양상을 고찰하면, 30°의 傾斜板狀鑛體의 경우, 최저의 健健기비저항을 나타내는 電位電極 間격이 水平鑛體의 경우에 비해 다소 적은 12-16cm임을 알수 있는데 이는 부존광체가 傾斜를 갖고 위치하기 때문이다. 또한 傾斜가 커질수록 적은 測定深度에서 傾斜板狀鑛體의 영향을 받게 되므로 60°의 傾斜板狀鑛體에서는 8-12cm에서 최저의 健健기비저항을 나타낸다.

그밖의 다른 양상은 水平板狀鑛體에서와 同一한 結果를 나타내고 있다.

5. 野外調査

模型實驗 結果를 실제 野外探査 자료 해석에 적용할 수 있는지의 여부를 규명하기 위하여 1980년 11월-1981년 1월, 동서 엔지니어링(주)에 의해서 경상남도 거제군 일운면 지세포리 지역에서 실시된 Three-Point 電極 配列法 中等間隔 3 極法을 利用한 電氣比抵抗探査 자료와 대비시켰다.

야외탐사시, 電流電極 間隔은 電位電極 間隔의 약 40배로 취한 뒤 電位電極 間隔을 10m에서 140m까지 점차 증가시켜 가면서 Normal 과 Reversal의 電極 移動 方法에 의해 外見電氣比抵抗을 測定하였다. 測定深度는 電位電極 間隔의 1.5배로 하였다. 측정기기는 ABEM, D.C. -Terrameter이다. 총 30개 測線에 대한 測定 結果 중 1개 측선(21 line)에 대한 探査結果에 관해서만 본 실험결과와 비교 검토하였다.

5.1. 地質 概要

본역의 기반암은 白堊紀末에 있었던 火成活動으로 관입한 佛國寺 花崗岩類에 속하는 지세포 花崗岩으로 되어 있고 그 위를 第4紀 沖積層이 不正合으로 피복하고 있다. 본 調査 地域에 분포하는 지세포 花崗岩은 角閃石-黑雲母 花崗岩, 石英-몬조나이트岩, 花崗 閃綠岩 및 閃綠岩이며 기원이 같은 마그마의 분화상에 속한다. 광물조성과 입자의 대소에 따라 담회색-조립질-각閃石-黑雲母花崗岩, 담회색-담갈색-중립질-화강암, 담회색-중립-세립질-화강 섬록암 및 암회색-세립질-화강섬록암등으로 구분하였다. 맥암류에는 반화강암 및 규장반암등의 산성 암맥과 중성-염기성 암맥이 대소폭으로 관입된다.

본 지역의 주요 지질학적 특징은 다음과 같다.

첫째, 기원이 같은 마그마의 화강암 및 화강 섬록암으로 분포되어 있다.

둘째, 지질구조의 주방향은 N25°-30°W, N 80°-85°W의 방향을 나타내며 본 지역을 횡단하는 구조대로 사료된다.

셋째, 주절리의 방향은 N20°-30°E, N70°-80°

W이며 3개의 절리대가 분포된다.

넷째, N20°-30°W 방향의 암록색의 암맥이 지배적이며, 특히 해안선을 따라 weathering에 의한 節理가 발달하는 것이 특징적이다.

이에 관한 지질도는 Fig. 15과 같다.

5.2. 野外調査에 의한 等比抵抗曲線圖

야외조사 결과 측선 21(Fig. 15참조)에서 얻은 등비저항곡선도는 그림 Fig. 16에서와 같다. 여기서 횡축은 측선을, 종축은 심도를 나타낸다.

Fig. 16에서 보면 외견전기비저항은 표토 및 풍화대에서 400-800Ω-m, 암반에서 1,000-2,000 Ω-m의 분포를 보이며 Normal 과 Reversal의 전극이동 방법에 의해 나타나는 400-800 Ω-m의 저비저항대는 측선상에서 약 270m 되는 측정하부에서 대칭적으로 나타나며 저비저항대의 축을 연결하면 그 교점은 270m 측정부근에 위치하게 된다. 이는 본 연구의 실험 결과인 Fig. 11의 수직관상광체에 대한 등비저항곡선도의 양상과 매우 잘 일치하여 수직층의 광체나, 수직의 선구조의 부존으로 해석된다. 탄성파탐사, 자력탐사 및 C-21 시추공에서의 시추 결과로 확인된

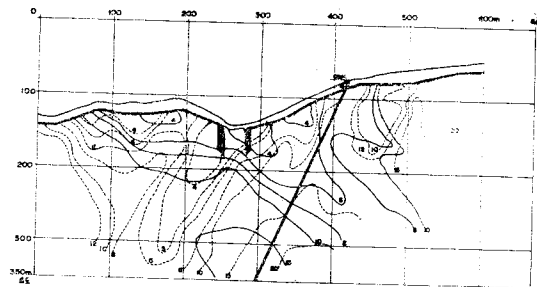


Fig. 16 측선 21에서의 탐사 결과에 의한 等比抵抗曲線圖.
— : Normal, : Reversal, 단위 : 10² Ω-m

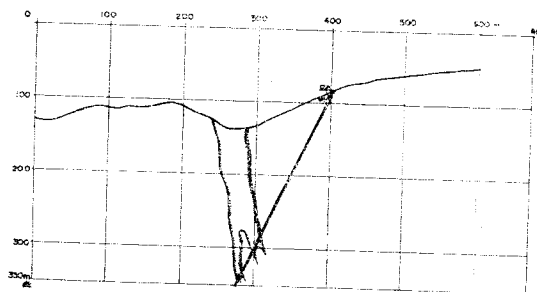


Fig. 17 탐사와 시추 결과에 의한 지질구조선

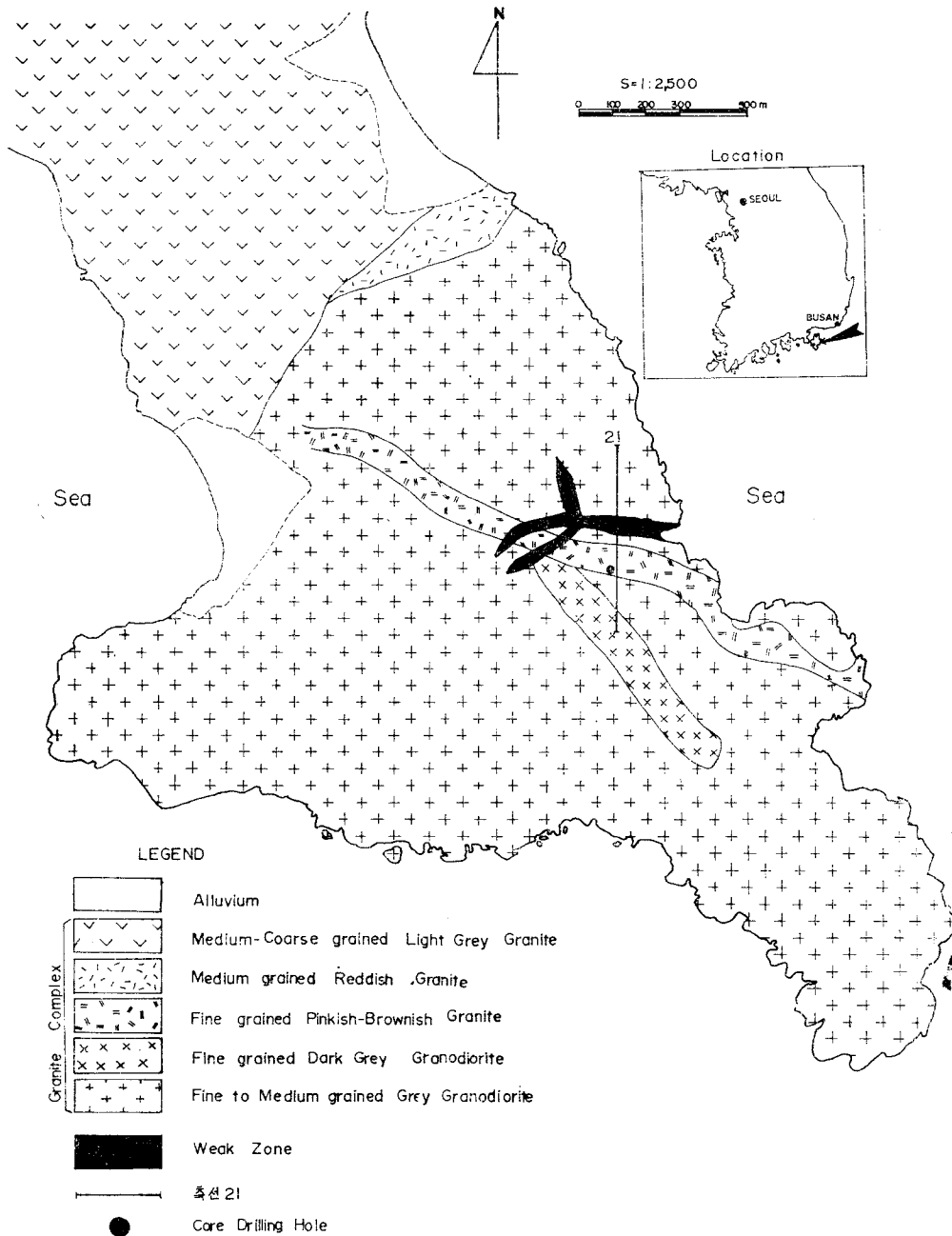


Fig. 15 경상남도 거제군 일운면 지세포리 지역의 지질도

바에 의하면 Fig. 17에서 보는 바와 같이 파쇄 대가 거의 수직을 이루며 나타나고 있다. 이로

써 연구 결과는 실제 야의 탐사 자료 해석을 위한 유용한 지침이 될 수 있음을 규명하였다.

6. 結 論

Three-Point 電極配列法에 의한 電氣比抵抗 模型實驗을 통하여 等比抵抗曲線圖와 特性曲線圖를 작성하고 이를 분석 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1) 等比抵抗曲線圖에서의 이상대와 부존광체 위치의 일치와 特性曲線으로부터 전위전극 간격의 변화에 대한 최저비저항대를 고찰함에 따라 Three-Point 전극배열법의 측정심도는 전위전극 간격과 동일함이 규명되었다.

2) 電位電極間隔에 대한 電流電極 간격이 각각 40배, 400배, 5,000배인 경우에 대해 모두 동일한 탐사결과를 나타냄에 따라 Three-Point 전극 배열법에서의 그 최소 적정거리는 약 40배인 것으로 밝혀졌다.

3) 等比抵抗曲線圖에서 이상대의 위치와 모형광체의 부존 위치가 일치되며 저비저항대의 곡선의 축을 연결한 선의 경사와 모형광체의 경사가 거의 일치되는 것으로 보아 Three-Point 전극배열법에 의한 전기비저항 탐사결과로써 부존광체의 위치와 傾斜가 유추 가능할 것으로 사료된다.

4) 경사층의 경우 等比抵抗曲線圖에서의 Normal 과 Reversal 의 비대칭적인 저비저항대의 양상, 즉 그 경사 방향으로 전극을 이동시키는 탐사방법 (Reversal)의 이상대가 그와 반대되는 방향으로 전극을 이동시키는 탐사결과의 이상대보다 더욱 명확히 나타나는 것으로 보아 Three-Point 전극배열법을 이용한 전기비저항탐사의 경우, Normal 과 Reversal 의 전극 이동 방법이 병행되어야 하는 필요성을 규명할 수 있었다.

5) Three-Point 電極配列法の 경우 電位電極에 대한 電流電極 간격은 이론적으로 무한대로 취하게 되어 있으나 본 연구결과 그 비가 40 이상에서는 모두 동일한 탐사결과를 나타내는 것으로 보아 전류전극 간격이 전위 전극간격에 대해 40배인 거리 이상에서는 무한대의 의미를 갖는 것으로 사료된다.

6) 본 연구 결과의 실제 야외탐사에의 적용성을 규명하기 위하여 기존 야외탐사자료와 대비시킨 바 상기의 모든 결과와 잘 일치됨을 보였는데 이로써 본 연구 결과는 야외 탐사의 결과 해석 과정에서 유용한 지침이 될 수 있음을 규명할 수 있었다.

References

- 민 경덕, 전 명순 (1980) 모암의 외견 전기비저항 변화에 따른 외견 전기비저항의 변화 양상에 관한 연구, 광산지질 제13권, p.159-166.
- 서 정희 (1977) 전기탐사 방법을 이용한 지하 부존탄층의 연속성 탐지를 위한 모형연구 광산지질 제14권, p.87-95.
- Clark, S.P. (1966) Handbook of Physical Constants, Geol. Soc. Am.
- Dobrin, M.B. (1976) Introduction to Geophysical Prospecting, 3rd ed. McGraw-Hill, New York
- Grand, F.S. and G.F. West, (1965) Interpretation Theory in Applied Geophysics, McGraw-Hill
- Hong, C.K. and Kim, C.M. (1965) A Model study on resistivity method in electrical exploration, Jour. Kor. Inst. Mining Geol., v.2, p.1-10.
- Hyun, B.K. (1971) A resistivity model study on topographical effects in dipole-dipole method Jour. Kor. Inst. Mining Geol., v.8, p.1-9.
- Keller, George V. and F.C. Frischknecht, (1966) Electrical methods in Geophysical Prospecting, Pergamon
- Min, K.D., Lee, Y.H. (1979) An electrical resistivity model study for the interpretation of simple geology structures, Jour. Kor. Inst. Mining Geol., v.12, p.1-10.
- Parasnis, D.S. Mining Geophysics, Elsevier
- Parasnis, D.S. (1972) Principles of Applied Geophysics, Champan & Hill
- Telford, W.M., Geldart, L.D., Sheriff, R.E. and D.A. Keys, (1976) Applied Geophysics, Cambridge Univ.