

제 1 차 년 도
중 간 보 고 서

수평착정 공법을 이용한 무동력 지하수 활용기술

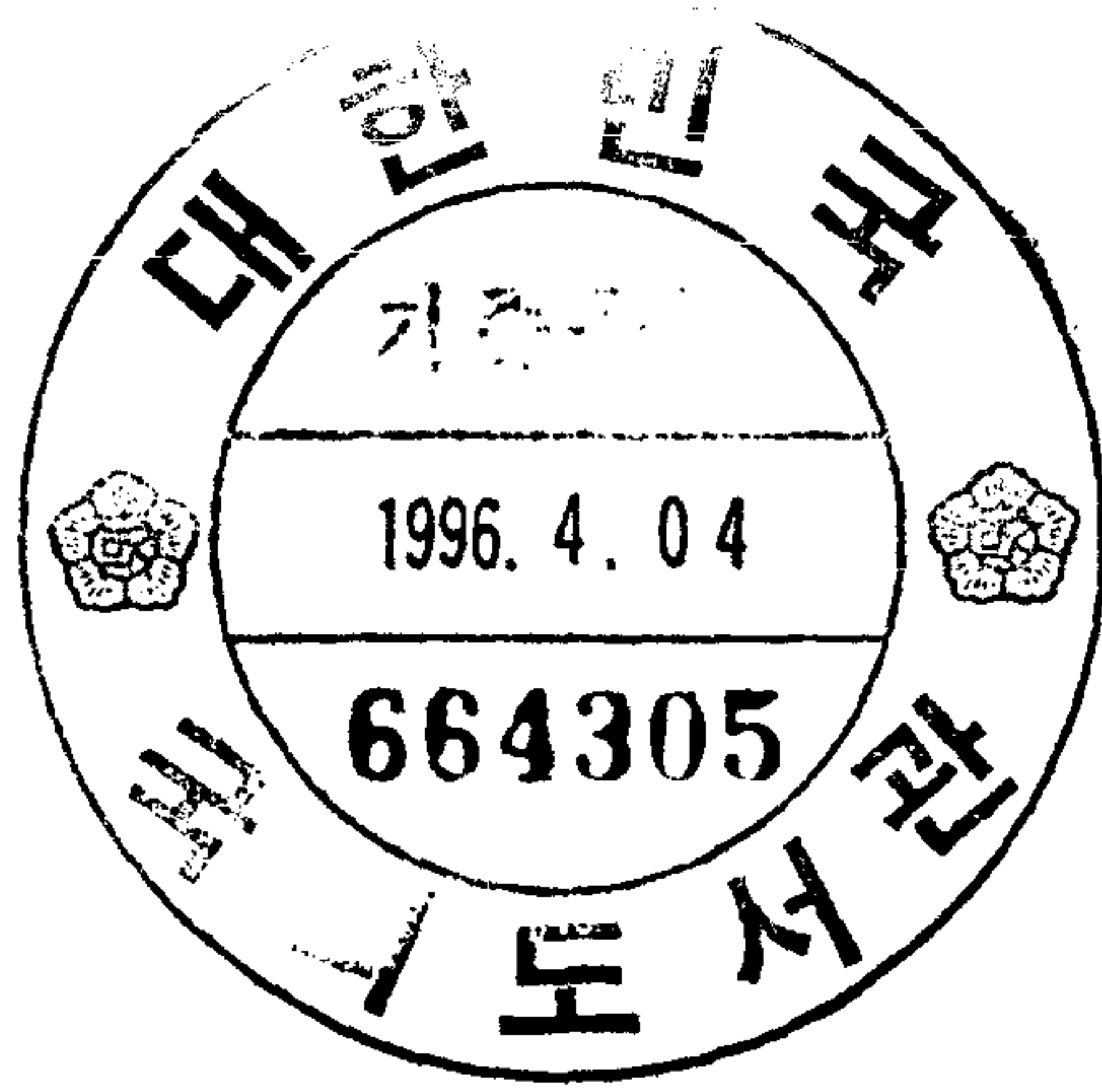
Utilization Technics of the Groundwater

Developed by Horizontal Drilling, Without Power Supply

연구기관

농어촌진흥공사

농림수산부



提 出 文

農林水産部長官 貴下

本 報告書를 “水平鑿井工法을 利用한 無動力 地下水 活用
技術” 課題의 中間報告書로 提出합니다.

1995. 12.

주관연구기관명 : 농어촌진흥공사
총괄연구책임자 : 김 문 하
연 구 원 : 오 방 일
연 구 원 : 김 주 인
연 구 원 : 이 형 순
연 구 원 : 김 진 성
연 구 원 : 정 영 교
협동연구기관명 : 강원대학교
협동연구책임자 : 유 재 영

要 約 文

I. 題 目

水平鑿井 工法을 利用한 無動力 活用技術

II. 研究開發의 目的

- 가. 奧地 農漁家에 無動力 農漁村 用水를 供給
- 나. 無動力 地下水를 農水畜産 冷煖房施設에 利用 에너지 節減.
- 다. 觀光用水등을 開發하여 農外所得 增大
- 라. 韓國의 山岳 地形에 맞는 構造地質學的 資料, 物理探查 解釋技法, 用水施設 設計方案 및 農業 經濟學的 分析을 綜合하여 農業構造政策에 反影하고자 함.

III. 研究의 必要性

- 農業 生産基盤 施設支援이 不可한 農家에 用水問題 解決 必要.
- 地下水 位置에너지 利用 管理費用 節減 必要.
- 汚染이 深刻하고 海岸地帶에서 鹽水 侵入등의 環境問題가 擡頭 되어 環境 汚染 減少 必要.
- 汚染原이 隣接한 地域에서 取水 利用方法 必要.

IV. 研究內容 範圍

- 1次年度 研究는 水平鑿井 位置 設定을 爲한 技法 研究.
- 無動力 地下水 活用方案 收集 分析.

- 水平 鑿井 모델 開發 資料 分析.
- 水質調查 技法研究 및 地化學的 相關 關係 研究.

V. 研究結果

- 山岳地形에서 水平鑿井 調查 位置 選定을 爲한 地質調查 및 物理探查 技法을 提示하여 2次年度 Simulation을 알 수 있도록 研究.
- 研究地域 水質과 化學組成 分散要因을 Log 活動度 Diagram 상의 水質 活動度를 測定하는 技法과 파이퍼 다이어그램상 組成法 研究로 地化學的 相關關係 糾明에 매우 重要的 解釋 方法이다.
- 水平鑿井 工法 改良으로 掘進深度 增大 方案 構築.
- 地下水 汚染 및 海岸部 鹽水 侵入 防止 方法의 基礎研究.
- 水平鑿井 調查를 통한 2次年度 比較·研究를 爲한 基礎資料 取得.
上記의 研究內容은 基礎研究에 不過하여 2次年度에 繼續的인 試驗, 檢證 및 補完을 하여 適用性을 立證 實用化 豫定.

ABSTRACT

I. Title

Utilization techniques of the groundwater developed with horizontal drilling method, without power supply.

II. Purposes of the study

- 1) Water supply without power supply to the remote farming and fishing area.
- 2) Utilization of the groundwater to save the expenses for the temperature, fisheries, and livestock products.
- 3) Extra income for the farm land people by utilizing the developed ground water as a touring source.
- 4) Reflections of the cumulated structural geological data, geophysical exploration analysis techniques, planning the waterways and peripheral facilities, which are uniquely proper to the Korean geographical conditions, to the agricultural structural policy.

III. Necessities of the study

- 1) Urgent needs to solve the water supply problems to the farm land where a basic facility support for the agricultural activity is impossible.
- 2) Saving the management expenses of the groundwater, due to its no need of power supply.
- 3) To reduce the pollution of the groundwater, the horizontal drilling may be recommendable.

- 4) Development of the water management method around the area near which pollution sources are present.

IV. Scope of the study

- 1) Study on the techniques of the site selection for the horizontal drilling (the first year).
- 2) Collection and analysis of the utilization methods of the groundwater developed by the horizontal drilling method.
- 3) Analysis of the models and development data for the horizontal drilling.
- 4) Study of the water quality assessment techniques and geochemical corrections.

V. Results of the study

- 1) Presentation of the geological survey and geophysical exploration results to simulate the consequences of the second year development in mountainous regions.
- 2) Significance of the log activity and Piper diagram in interpreting the chemical variance of the groundwater and its geochemical correction to the bedrock geology.
- 3) Improvements of the horizontal drilling method and penetrating depth (an attempt).
- 4) Introductory investigation of the protection plan against groundwater pollution and salt water intrusion.
- 5) Elementary data acquisition for the horizontal drilling of the second year.

The above results of this study is still on the basic stage for the practical applications. Combining the above results and those of the next year will help achieve the goals of this study.

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 序 論 | 1 |
| 第1節 研究背景 및 必要性 | 1 |
| 第2節 研究目的 | 3 |
| 第3節 研究方法 | 4 |
| 第 2 章 水平鑿井工法을 利用한 地下水 開發 概要 | 8 |
| 第 3 章 水平鑿井 位置選定 調査技法 研究 | 20 |
| 第1節 머리말 | 20 |
| 第2節 研究方法 | 21 |
| 第3節 研究地域의 位置 및 地形 | 24 |
| 1. 대관령地域 | 24 |
| 2. 거두리地域 | 25 |
| 3. 용수골地域 | 25 |
| 4. 왕산리地域 | 26 |
| 第4節 研究地域의 地質 | 28 |
| 1. 대관령地域 | 28 |
| 2. 거두리地域 | 29 |
| 3. 왕산리地域 | 31 |
| 4. 용수골地域 | 32 |
| 第5節 研究地域의 地質構造 | 41 |

| | |
|---------------------|-----|
| 1. 地質構造資料測定 | 41 |
| 2. 地質構造資料의電算化 | 43 |
| 3. 地域別 地質構造 | 44 |
| 第6節 一般探查 | 59 |
| 1. 遠隔探查 | 59 |
| 2. 航空寫眞探查 | 60 |
| 第7節 物理探查 | 65 |
| 1. 序論 | 65 |
| 2. 極低周波 | 67 |
| 3. 雙極子探查 | 70 |
| 4. 垂直探查 | 78 |
| 5. 探查分析 | 125 |
| 第8節 地下水文學的 提言 | 129 |
| 1. 대관령 地區 | 129 |
| 2. 거두리 地域 | 130 |
| 第9節 水質資料의 測定 및 結果 | 134 |
| 1. 水質資料 測定 | 134 |
| 2. 물시료 採取 | 137 |
| 3. 資料 解析 | 139 |
| 4. 水質分析 結果 | 140 |
| 第10節 맺음말 | 151 |
| 第 4 章 水平鑿井 調査 | 158 |
| 第 5 章 地下水 汚染 可能性 評價 | 164 |

| | |
|----------------------|-----|
| 第 6 章 水平鑿井의 活用 | 175 |
| 第1節 用水供給 資料分析 | 175 |
| 第2節 地下水를 利用한 熱 利用 調査 | 176 |
| 第 7 章 맺음말 | 190 |
| 第1節 期待成果 | 190 |
| 第2節 活用方案 | 191 |

第 1 章 序 論

第 1 節 研究背景과 必要性

1. 研究背景

우루과이라운드 妥結로 因해 營農施設의 科學化와 高附加價値의 農産物 生産이 切實히 要求되어 農業構造政策의 受惠 農漁家가 擴大 趨勢에 있으나 奧地 農漁民의 相對的 貧困感은 增大하고 있다. 本 研究는 農業構造政策의 注力事業인 農業基盤 造成事業, 地下水開發事業 等を 隨行하면서 疎外된 農漁家 問題 等이 浮刻되어 基盤施設을 할 수 없고 小量의 觀光用水(淸淨飲料水) 解決에 莫大한 人件費 및 時間을 消費하고 있는 實情을 勘案하여 研究의 目的을 農漁民의 農漁村用水를 無動力으로 解決함으로써 施設農業 및 農漁民 住居環境 改善을 통한 所得向上과 福祉 厚生에 寄與하는 데 두었다. 또한 山岳地帶 및 海岸地帶에 觀光用 淸淨飲料水を 적은 費用으로 開發하여 提供하고 海岸地帶의 鹽水侵入 等에 의한 環境汚染 問題를 解決코자 하였다.

2. 研究의 必要性

本 研究는 技術的 側面에 있어서 農漁家에 無動力을 利用한 農漁村用水 供給 可能性과 特히 山間地域에서의 位置에너지를 利用하여 無動力 地下水를 利用한 農水畜産 施設의 活用技術 向上에 寄與할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 海岸地域에서는 淡水層의 水位 降下를 防止하여 水理學的 汚染 對象地區(鹽水侵入 防止)를 줄일 수 있으며 鹽水侵入 等에

의한 環境汚染을 防止할 수 있을 것이다. 이러한 水平鑿井工法을 通하여 얻은 技術은 밭基盤整備 農漁村用水 및 農漁村綜合開發 事業 等に 反映하여 技術向上을 圖謀할 수 있을 것이다. 經濟的인 側面에서는 農業生産 基盤 施設支援(用水問題 未解決)이 不可能한 農漁家에 用水問題를 解決하므로써 施設支援이 可能하며, 位置에너지를 利用하여 無動力으로 地下水를 採水, 供給하므로써 利用施設에 對한 投資費를 一部 節減하고 農家の 維持 管理費가 節減되므로 技術開發에 成功時 工法 및 位置選定 基準 등을 提示함으로써 農漁民을 위한 研究事業으로써 必要性이 있다.

社會的인 側面을 考慮해 볼 때 山間奧地 및 海岸地方에 農漁村用水를 解決함으로써 構造政策의 受惠 惠澤擴大가 可能하며, 無動力을 利用한 農水, 畜産 冷煖房施設의 補給으로 에너지를 節減할 수 있다. 한편, 地下水를 淸淨飲料水로 使用하려는 社會的 慾求가 점차 增加되는 趨勢이므로 本 施設 利用時 採取場所에서 人員 및 時間浪費 要素를 除去할 수 있으며 이를 利用하여 融雪 및 觀光用水 等の 附加價値를 增大시킬 수 있는 方案을 講究하고자 한다.

水平鑿井工法을 利用한 無動力地下水의 活用技術에 있어서 國內의 技術 現況은 微弱하다고 볼 수 있다. 國內에서 水平鑿井은 平野部の 大型 放射狀 集水井 및 農業用水開發에 多少 利用되어 왔으며 小形에 關한 具體的인 研究開發이 全無하여 農業構造政策에의 反映이 어려운 實情이며 에너지의 利用에 대한 技術의 研究는 別個로 進行되며 代替 에너지를 農業施設에 利用하고자 研究方向을 提示하고자 한다. 한편, 國內에 있어서는 海水侵入 및 山間奧地 用水問題 解決 및 環境汚染 防止 趨勢와 더불어 美國 하와이 등에서 水平施工을 通한 構造地質學的 與件과 地下水 資源의 管理係數 創出 및 農業經濟的 分析으로 定量的인 事業으로 實施

되고 있다. 또한 美國, 프랑스 等の 一部 先進國에서는 地下水를 冷煖房 施設의 主 또는 補助用으로 農漁家에 利用하고 있다.

특히, 먹는샘물 部分에서는 汚染과 聯關性이 적으므로 脚光을 받아 農漁 家에서 利用時 附加價値가 매우 클 것이다.

第 2 節 研究目的

1. 水平鑿井을 利用한 地下水 確保方法 및 海外의 無動力 및 少動力 地下水 活用計劃, 先進國水平施工 地下水利用 計劃의 資料를 收集, 分析하여 先進國 水平鑿井工法 및 地質學的 特殊條件을 精密地質調查, 人工衛星을 통한 遠隔探查, 航空寫眞判讀, 極低周波 및 比抵抗探查 等 汚染評價方法 等を 통해 精密한 科學的 探查 方法을 利用 基礎調查를 施行 하여 特殊條件을 計量化, 水文學的 條件과 連繫性을 가진 水平鑿井 調查를 施行하여 2次年度 諸資料와 比較 檢討 할 수 있도록 한다.

2. 無動力 地下水의 活用方案을 極大化 하기 爲하여 部分的 用水 供給 施設의 類型別 Model을 調查하고 2次年度 研究時 水源의 溫度, 量, 質 및 諸條件을 用度別로 分類, 施設의 方向이나 Pattern을 設定할 수 있도록 하여 觀光用水, 生活用水, 農漁業用水 等으로 活用 할 수 있도록 하고 次年度 諸方向 設定을 하기 爲하여 目的別로 地下水 資源의 效率性을 높일 수 있는 資料를 可視化하여 2次年度 事業 隨行의 基礎資料를 얻고자 한다.

第 3 節 研究方法

1. 現況調查·分析

山間 僻地 農漁民 隘路事項을 解決하기 爲하여 水平鑿井 工法을 利用한 地下水 活用技術을 모델화 하기 爲하여 地質調查, 遠隔探查, 航空寫眞判讀, 物理探查 및 汚染 可能性評價 資料를 廣域的 調查方法과 精密調查 4個所를 調查 施行하였으며 農業 基盤造成 事業의 一環인 '94, '95 밭基盤整備 및 農漁村生活用水 地下水開發 事業 및 利用施設 設計部門, 먹는물環境影響調查 報告書 및 國內와 海外資料에 의한 融雪系統에 關한 事項을 調查, 分析 하였다.(흐름도 參照)

2. 模型設定

水平鑿井 位置는 水文學的, 地質學的 資料 및 物理探查 結果가 매우 不良한 條件을 數箇하여 江原道 江陵市 大關嶺 반정쉼터 附近 및 왕산면 대기리 附近에 鑿井 調査를 實施하며 利用施設 用度, 用水量 增大方案을 對備한 集水工法 및 生活用水, 農漁業用水 및 觀光用水 및 에너지用水 等の 活用 模型을 選定하여 性能 測定에 對備.

3. 性能測定

構造地質學的 特殊條件, 遠隔探查, 航空寫眞判讀, 水質調查 等を 江原大學校 教授팀과 地化學 分析等を 基礎科學研究支援 研究센터의 誘導雙, 플라즈마, 分光分析機, 이온 크로마토그래프 및 水質測定機 (PH meter, Eh, 傳導度) X-ray

螢光分析機 등을 利用 測定하였다.

遠隔探查 및 航空寫眞 判讀은 人工衛星 LAND SAT5의 資料와 航空寫眞을 使用 判讀하였으며 韓國資源研究所 等 研究機關의 資料 分析 等과 比較檢討, 物理探查는 WADI VLF, ABEM SAS 300, BOOSTER SAS 2000를 使用하여 測定하였으며 水平鑿井 調査는 農進公 保有裝備 TOP - MB 및 Compressor를 使用 調査하여 資料를 測定.

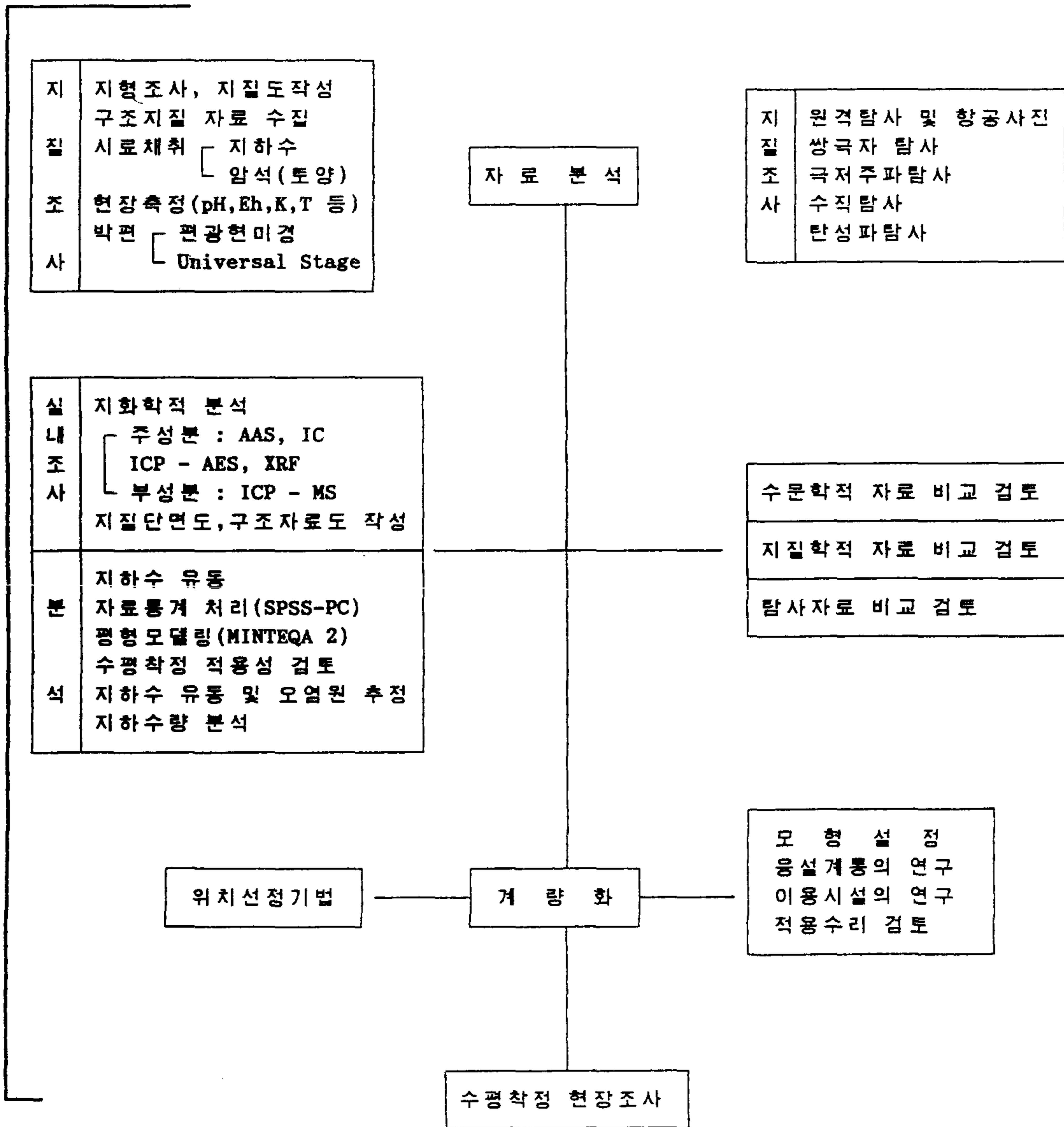
4. 分 析

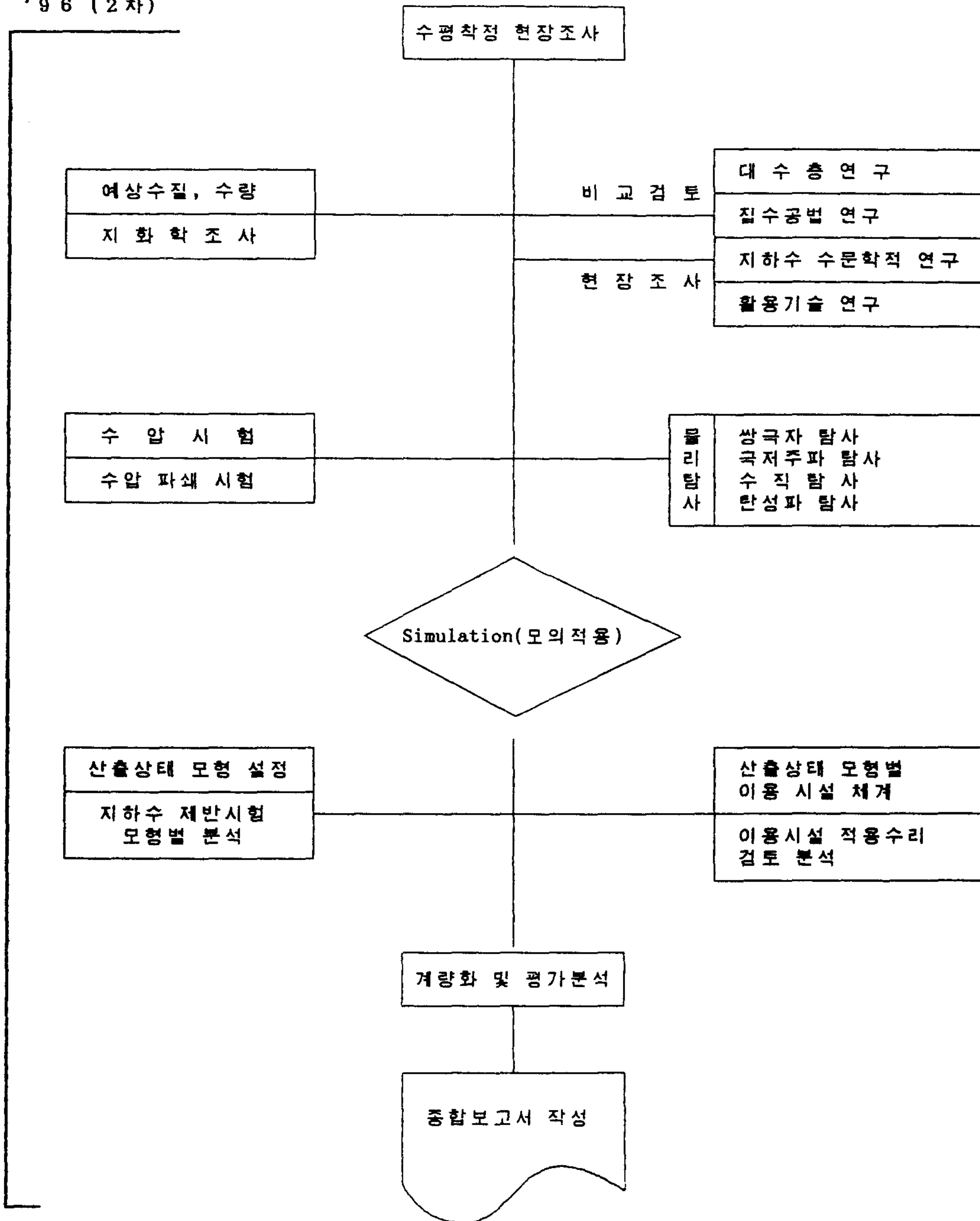
上記資料를 引用 精密地質調査, 水質調査, 地質圖, 斷面圖, SPSS-PC를 利用한 統計分析 Surfer Program을 利用한 圖面分析, 水試料의 平衡解析은 MINTEQA 2 Program 을 利用하여 分析하였다.

物理探查는 FDM 方法에 의한 雙極子配列法 및 슬럼버져垂直法에 의한 解析을 하였다. 水平鑿井에서 重要な 要因인 汚染可能性 評價를 DRASTIC에 의하여 潛在 汚染 可能性을 評價하였다. 水平鑿井孔에 대한 調査는 渴水期인 冬節期의 DATA가 重要하므로 年次 計劃에 關係없이 繼續 調査될 것이다(흐름도 參照).

이 름 목

95년 시행





第 2 章 水平鑿井 工法을 利用한 地下水 開發 概要

水平 鑿井工法을 利用한 地下水 開發은 地下水가 流動하는 帶水層內에 掘鑿 裝備를 使用하여 水平으로 掘進 地下水를 流出시키는 우물 鑿井工法이다. 즉, 水平 鑿井機를 利用하여 人爲的으로 샘물이나 瀑布形態를 만들어 地下水를 確保하는 方法이다. 水理的인 流出이란 飽和帶內의 地下水가 液體 狀態로서 地表로 直接 流出되는 것으로, 이들은 주로 Spring 이나 集水 暗渠, 터널 및 水平 鑿井孔을 通하여 流出되는 것을 意味한다. 岩石이나 土壤으로부터 地下水가 自然的으로 地表나 地表水 形態로 流出되는 地點을 Spring 이라 한다. (그림-1 參照) 즉, 本 水平 鑿井工法을 利用한 地下水 開發은 Spring 과 地質構造 및 水理 水文學的으로 類似하나 人爲的인 流出이다.

Spring(湧泉)은 여러 가지 特性에 따라 다음과 같이 分類할 수 있다. 즉

- ① 물이 湧出되어 나오는 空間의 크기
- ② 地表로 地下水를 湧出케 하는 地質構造 및 外力
- ③ 帶水層의 岩石的 性質
- ④ 帶水層의 地質構造
- ⑤ 地下水가 流出되는 空間
- ⑥ 湧出量
- ⑦ 湧出量의 均一性
- ⑧ 湧出의 持續性
- ⑨ 湧泉의 水質
- ⑩ 水溫

① 湧泉으로부터 생긴 現狀 等이다.

① 의 境遇에 이를 漏水 및 浸透湧泉, 龜熱湧泉 및 空洞湧泉으로 區分하며, 漏水 및 浸透湧泉(Seepage & Infiltration Spring)이란 透水層에 發達된 數個의 구멍으로부터 地下水가 湧出되는 湧泉으로 그 湧泉量이 比較的 小規模的이므로 이를 漏水湧泉이라고도 하며 이러한 少量의 물이 漏水되는 全地域을 漏水地域(Seepage Area)이라 부른다. 이에 비해 龜熱 및 空洞湧泉은 前者보다 比較的 큰 岩石內의 節理 및 破碎帶를 따라 地下水가 流出되는 湧泉으로서 큰 破碎帶를 통해서 地下水가 流出될 때는 破碎帶湧泉이라 하고, 節理를 통해서 流出될 때는 節理湧泉이라 한다. 特히 熔岩이나 石灰岩 地域에서와 같이 熔岩 터널이나 溶解空洞과 같이 原形 模樣의 比較的 큰 空間을 통해 地下水가 流出되면 이를 空洞湧泉이라 한다.

② 의 境遇는 重力에 의한 壓力으로 말미암아 地表로 地下水가 流出되는 湧泉과 地下內部에서 作用하는 다른 壓力에 의해 流出되는 湧泉으로 分離할 수 있는데, 前者인 地球重力에 의한 流出湧泉은 重力湧泉과 被壓湧泉으로 다시 細分할 수 있다. 重力湧泉이란 岩石의 截取로 因하여 地下水面이 地表로 露出됨으로써 形成된 것이 그 代表的인 것이다. 地球重力에 의해 地層의 空間을 統해 마치 河道에서 地表水가 흐르듯, 帶水層으로부터 地下水가 地表로 흘러 내릴 때 이를 重力湧泉이라 하고, 이에 備해 帶水層 위에 被服되어 있는 拘束層에 생긴 空間이나 틈을 따라서 壓力을 받고 있던 地下水가 地表로 湧出되어 나오는 湧泉을 被壓湧泉이라 하며, 被壓水面(地下水面)이 地表보다 높은 境遇에 이러한 被壓湧泉이 생긴다.

重力湧泉은 다시 盆地湧泉, 接觸湧泉, 被壓湧泉, 破碎 및 空洞重力湧泉으로 細分한다. 盆地湧泉이란 地表面이 地下水面 下部까지 露出되어 있어 透水層으

로부터 地下水가 流出할 때 생긴 湧泉이고, 接觸湧泉은 透水層과 不透水層 上部 透水層에 包含된 地下水가 下部 不透水層으로 浸透되지 못하고 그 境界面の 傾斜를 따라 흘러 내려와 地表로 湧出되는 湧泉이다.

接觸湧泉도 地表로 地下水를 流出하는 破碎帶(Fracture)의 性質에 따라 細分할 수 있다. 즉, 地球內部에서 일어나고 있는 未知의 作用에 의한 壓力으로 地表로 流出되는 地下水로 이루어진 熱水溫泉과 같은 것이 있는데, 이들의 流出量과 溫度는 거의 一定하므로 季節的인 變化는 거의 없다. 이들은 그 大部分이 地下深部로부터 뜨거운 地下水가 湧出될 수 있는 斷層이나 其他 地質構造를 따라 發生한다. 地下水가 充分한 深度에서 地表로 湧出될 수 있는 地質構造가 發達되어 있지 않을 때는 이를 被壓湧泉이라 하지 않고 熱水湧泉이라 한다. 이러한 溫泉은 火山活動이나 其他 火山活動의 影響을 받지 않는 地下深部に 連結된 地質構造에 의한 것으로 思料된다. 그러므로 어떤 外力이나 地質構造에 따라서 分類되는 湧泉은 다음과 같이 要約할 수 있다.

1. 重力에 의한 湧泉

① 重力湧泉

盆地湧泉

接觸湧泉

破碎 및 空洞 重力湧泉

② 被壓湧泉

2. 地球深部에서 原因이 밝혀지지 않은 壓力에 의한 湧泉

① 火山活動과 關聯된 湧泉

② 地下深部に 連結된 地質構造(Fracture 와 같은 構造)를 통해 流出하는

湧泉 帶水層을 構成岩石의 性質에 따라 分類할 때는 그 湧泉이 發達되어 있는 母岩의 岩石名을 따라서 부른다. 즉, 沙岩에 發達된 湧泉은 沙岩湧泉이라 부를 수 있으나(例, 石灰岩湧泉, 硅岩湧泉), 이와 같은 用語는 湧泉 成因에 대한 意味를 지니지 않으므로 거의 使用하지 않는다. 帶水層의 地層名에 의한 分類도 例를 들어 紅點統內에 發達된 湧泉은 紅點統湧泉이라 부를 수 있으나, 同一地域의 紅點統에서도 數百의 大小湧泉이 發達되어 있으므로 이러한 命名은 別로 큰 意味를 지니지 못한다.

湧泉은 이로부터 湧出되는 地下水量에 따라 다음과 같이 區分한다.

表.

| 程 度 | 流 出 量 |
|-------|-----------------------------|
| 第 1 級 | + 10 m ³ /sec |
| 第 2 級 | 1 ~ 10 m ³ /sec |
| 第 3 級 | 0.1 ~ 1 m ³ /sec |
| 第 4 級 | 10 ~ 100 l/sec |
| 第 5 級 | 1 ~ 10 l/sec |
| 第 6 級 | 0.1 ~ 1 l/sec |
| 第 7 級 | 10 ~ cm ³ /sec |
| 第 8 級 | 10 cm ³ /sec 이하 |

이 중 우리나라 平昌地區의 大石灰岩通에 發達된 湧泉 중에는 그 流出量이 50m³/sec 이상되는 것이 여러 個 있어 이들을 第 3-1表에 의해 보면 第 1級 流出湧泉으로 分類되며, 一般的으로 亂帶水層이라고 알려진 火山岩內에 發達된 湧泉들은 第 8級에 該當하는 湧泉이 많이 發達되어 있다.

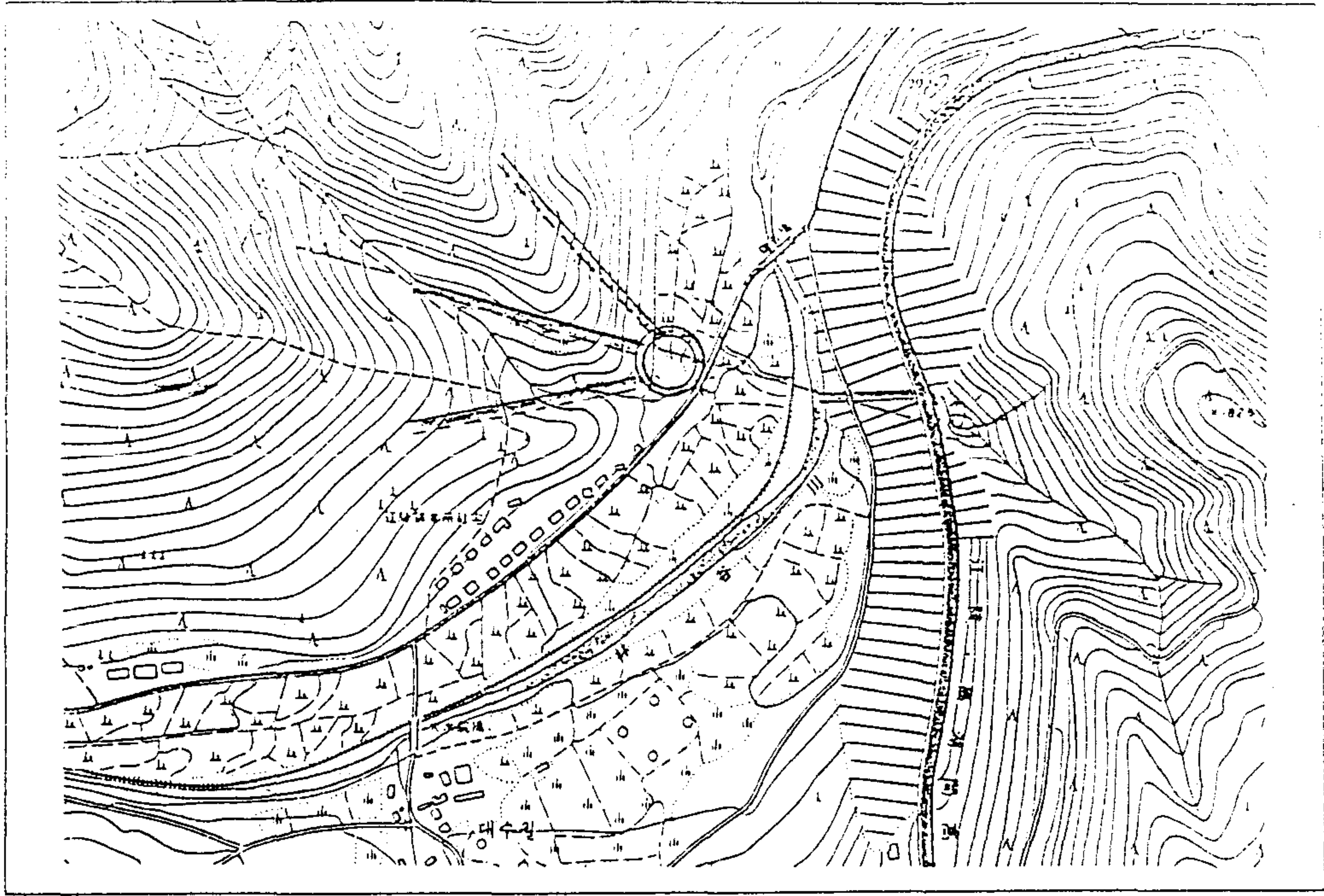


그림. 수평착정 위치 모식도

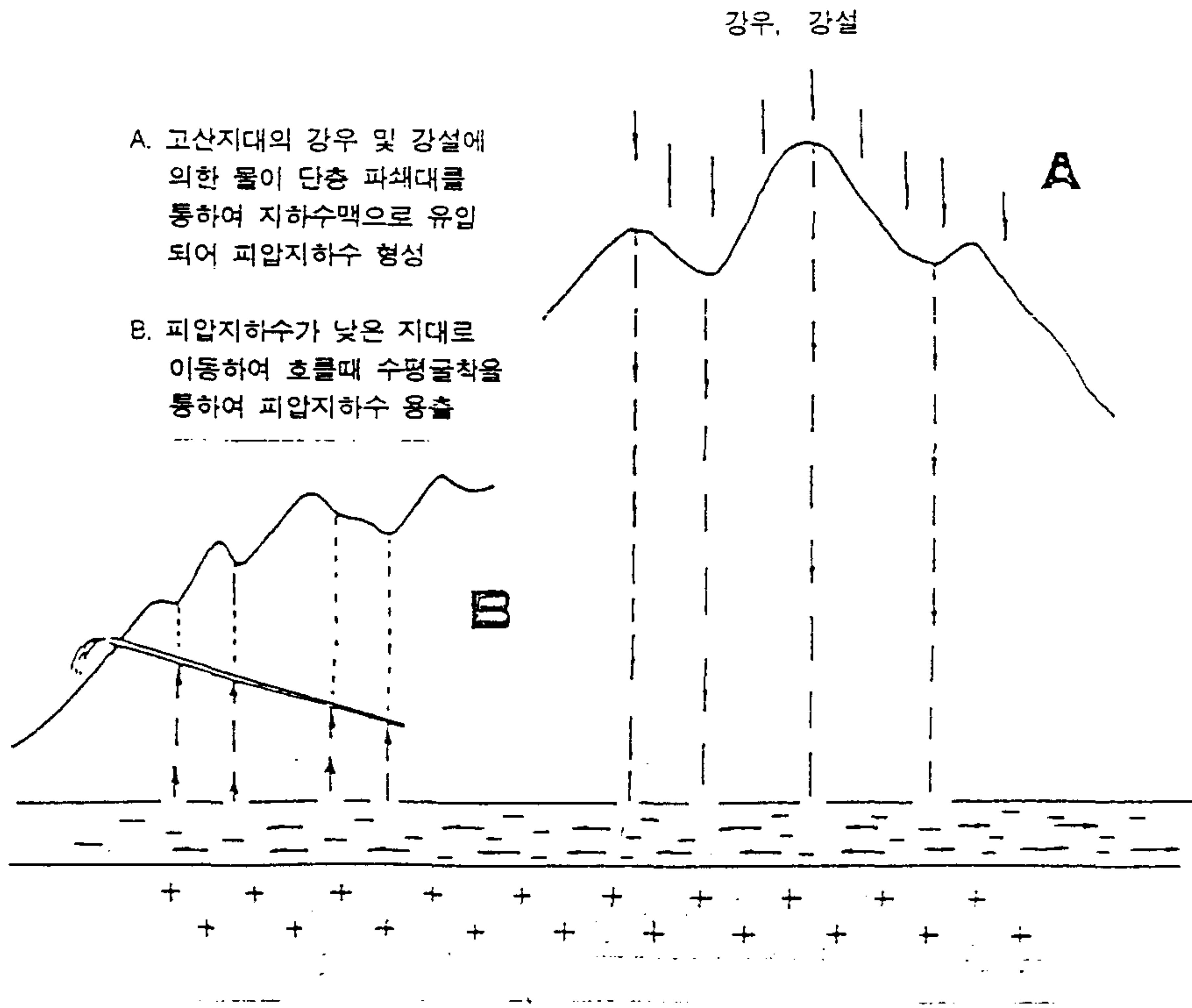
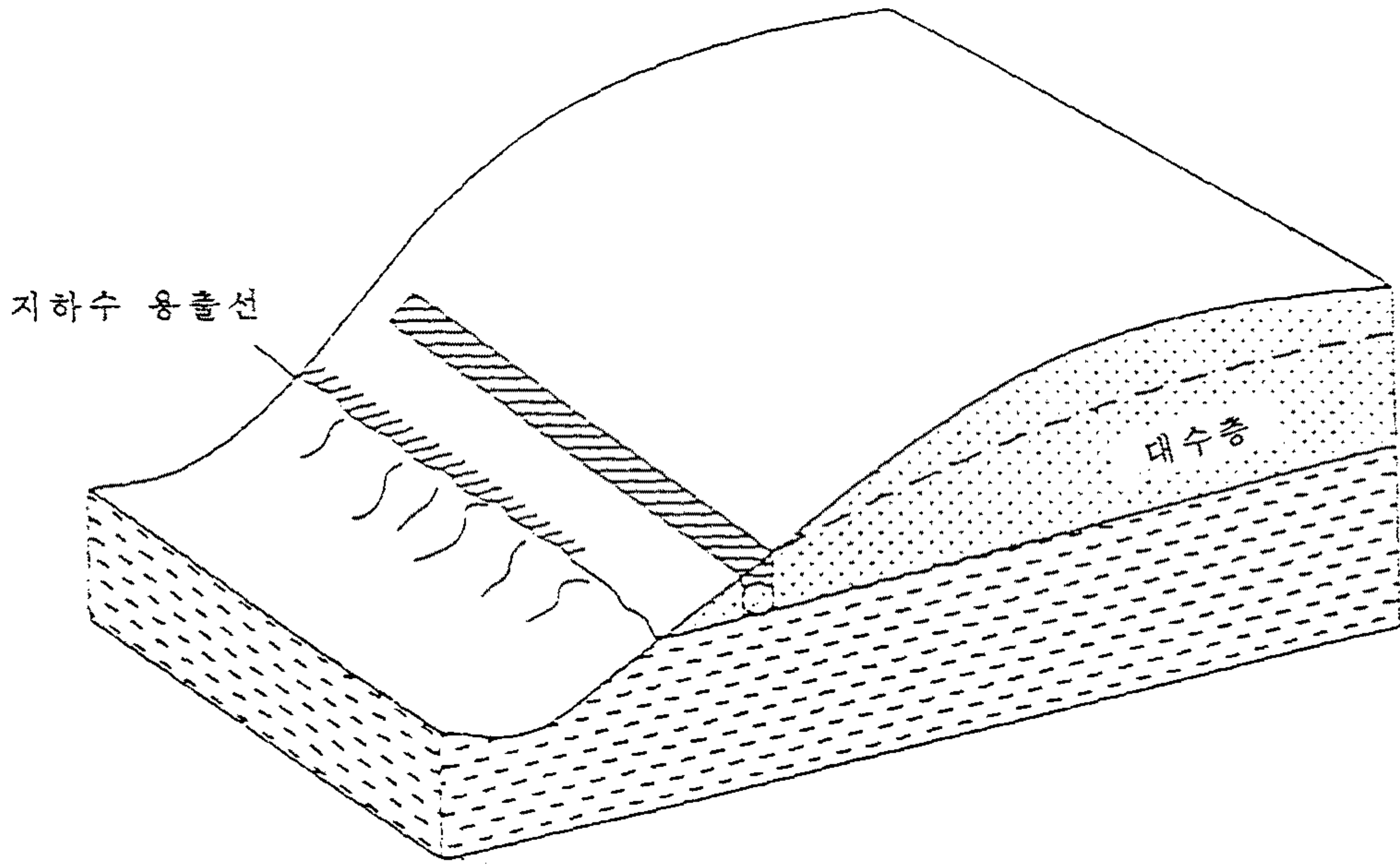
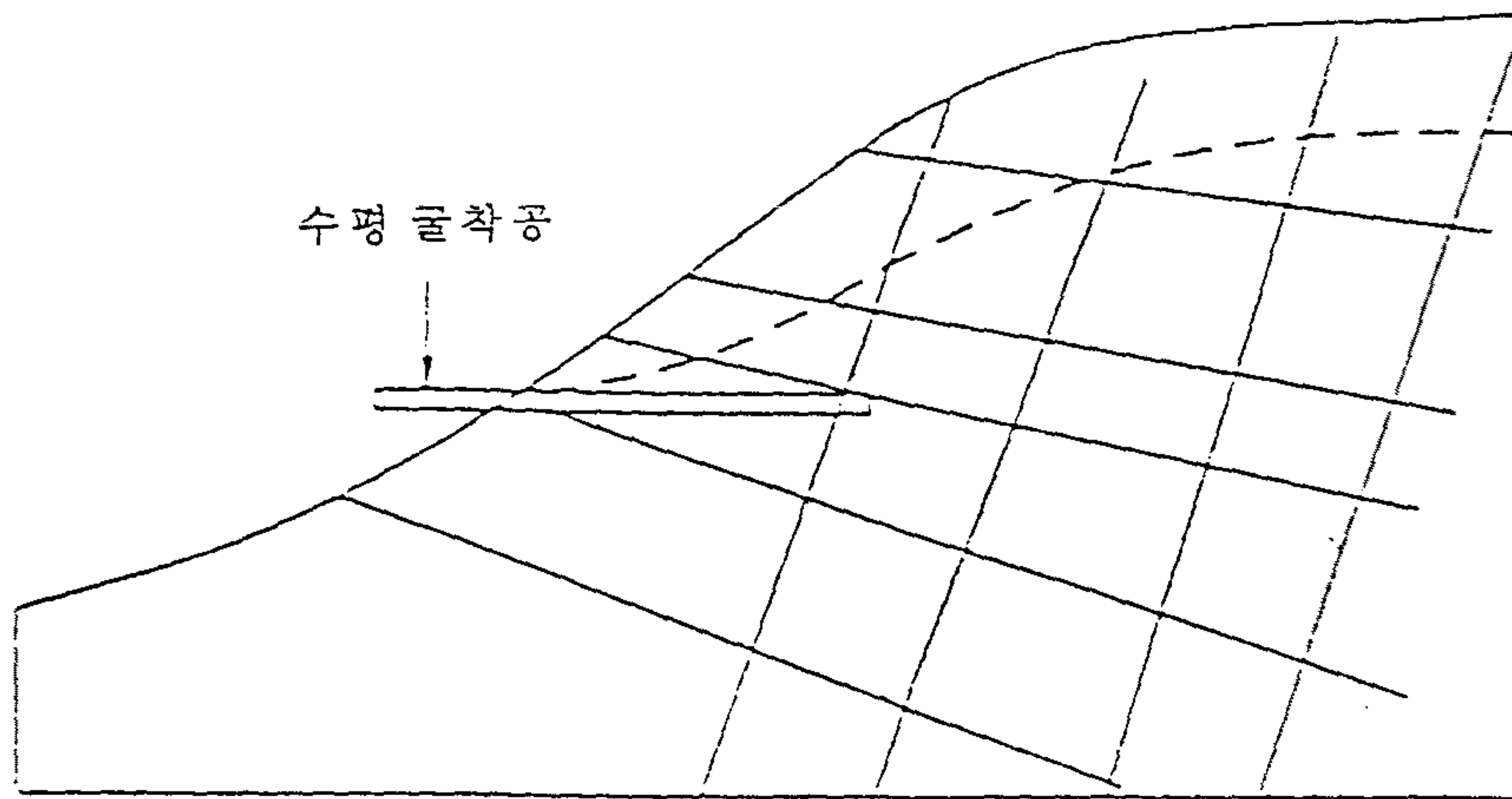


그림. 고산지대의 수평굴착에 의한 지하수 이용 모식도



a. 지하수 용출선 전방에 수평 경로를 굴착하여 지하수 집수파이프 설치



b. 암반내의 열극 또는 파쇄대 부분을 수평 굴착하여 지하수 집수파이프 설치

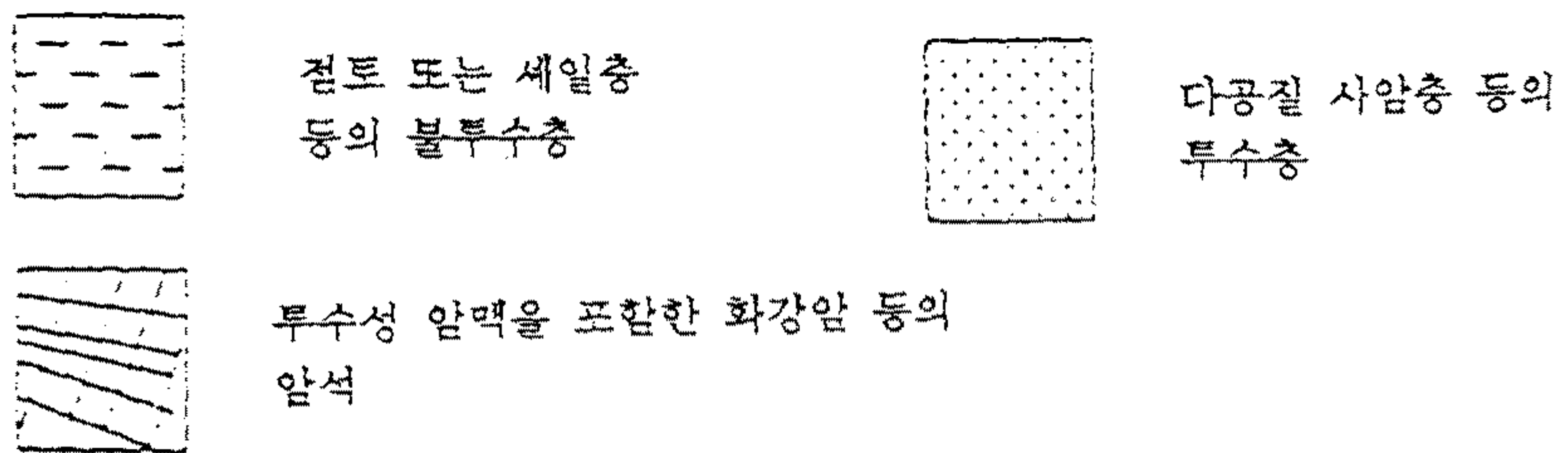
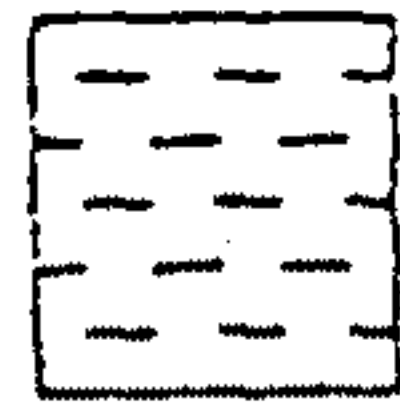
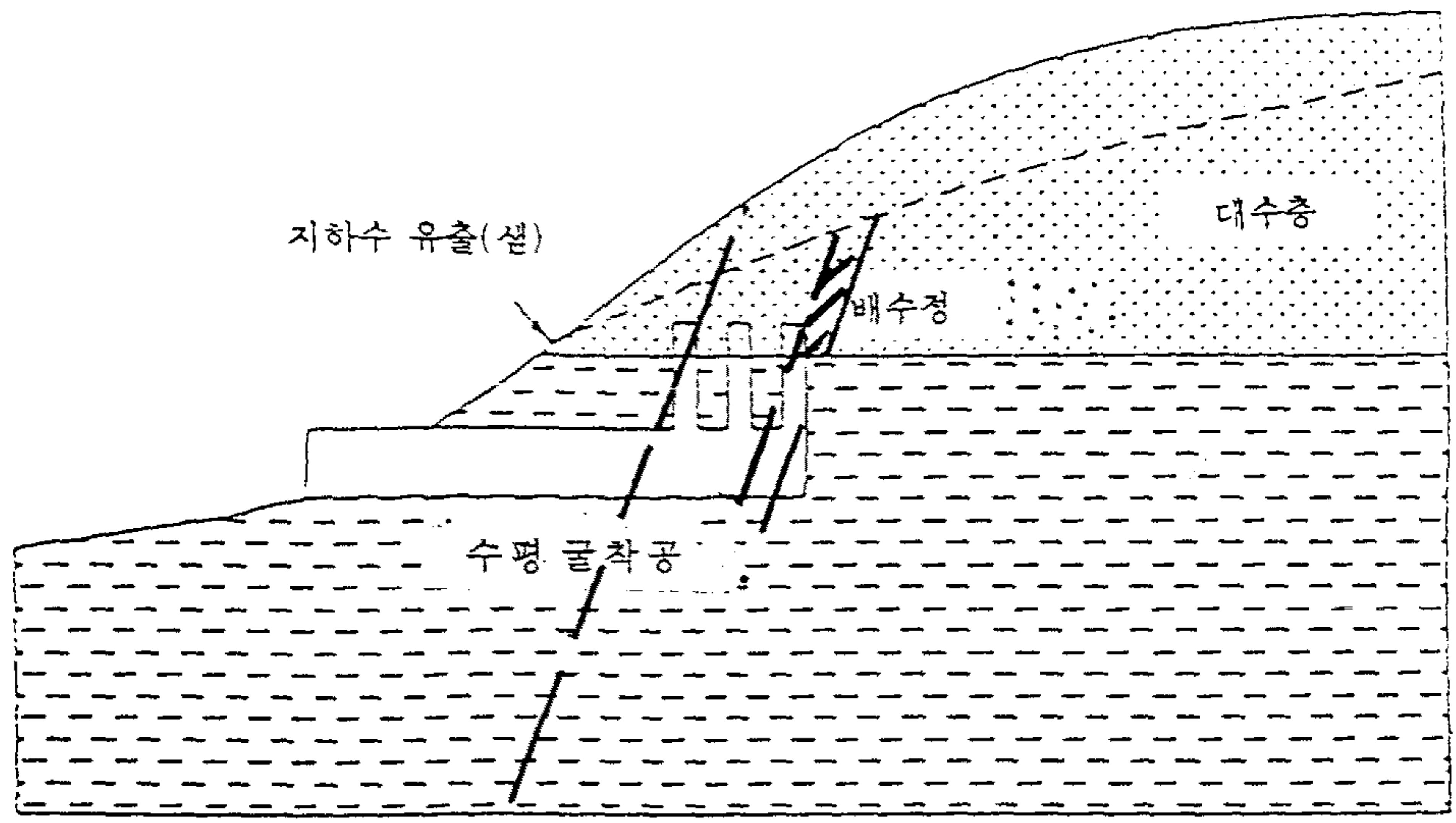
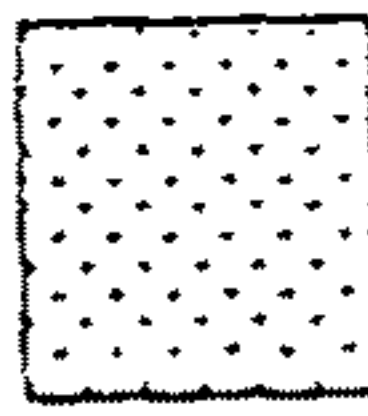


그림 1. 수평 굴착을 이용한 지하수 집수 모식도



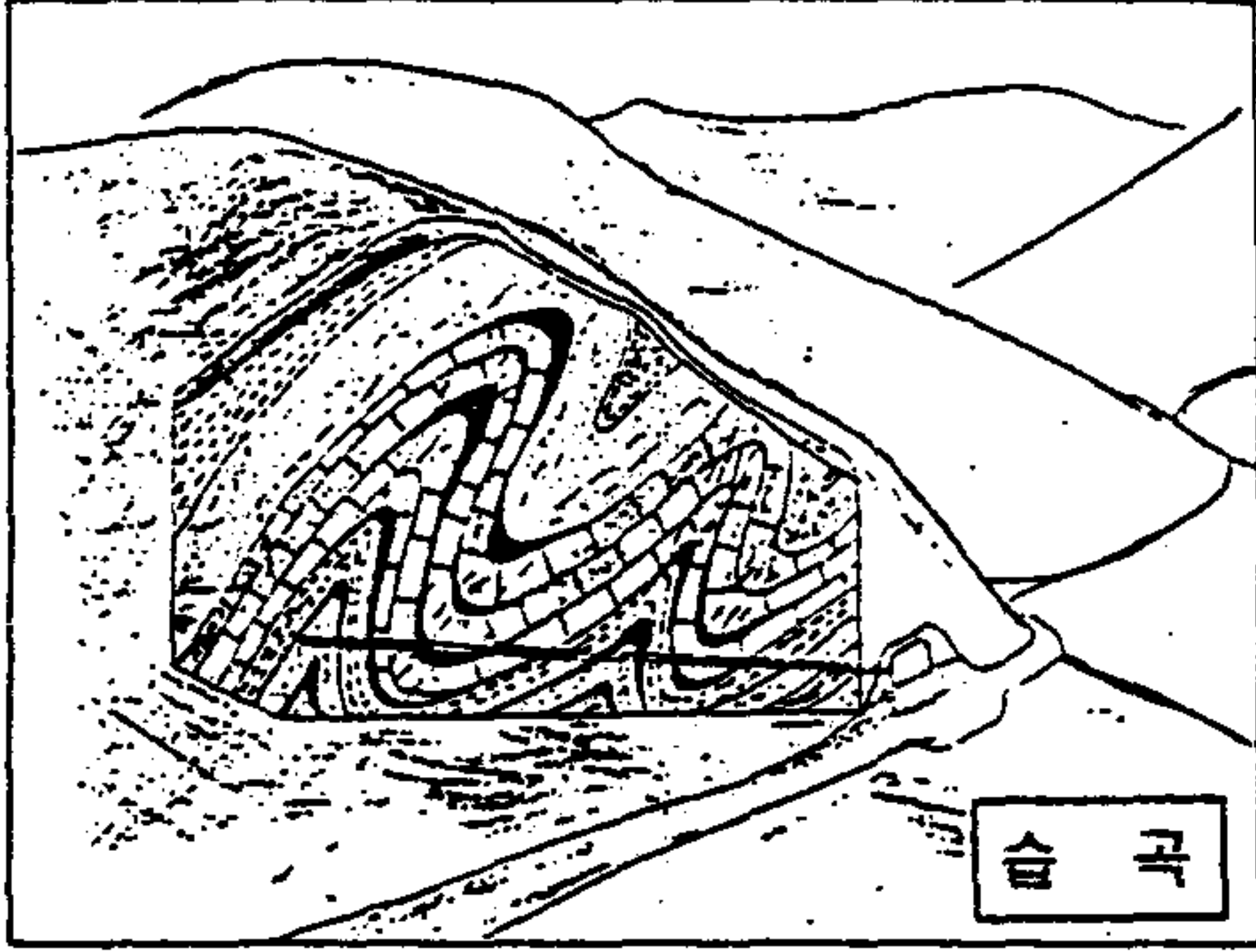
점토 또는 셰일층
등의 불투수층



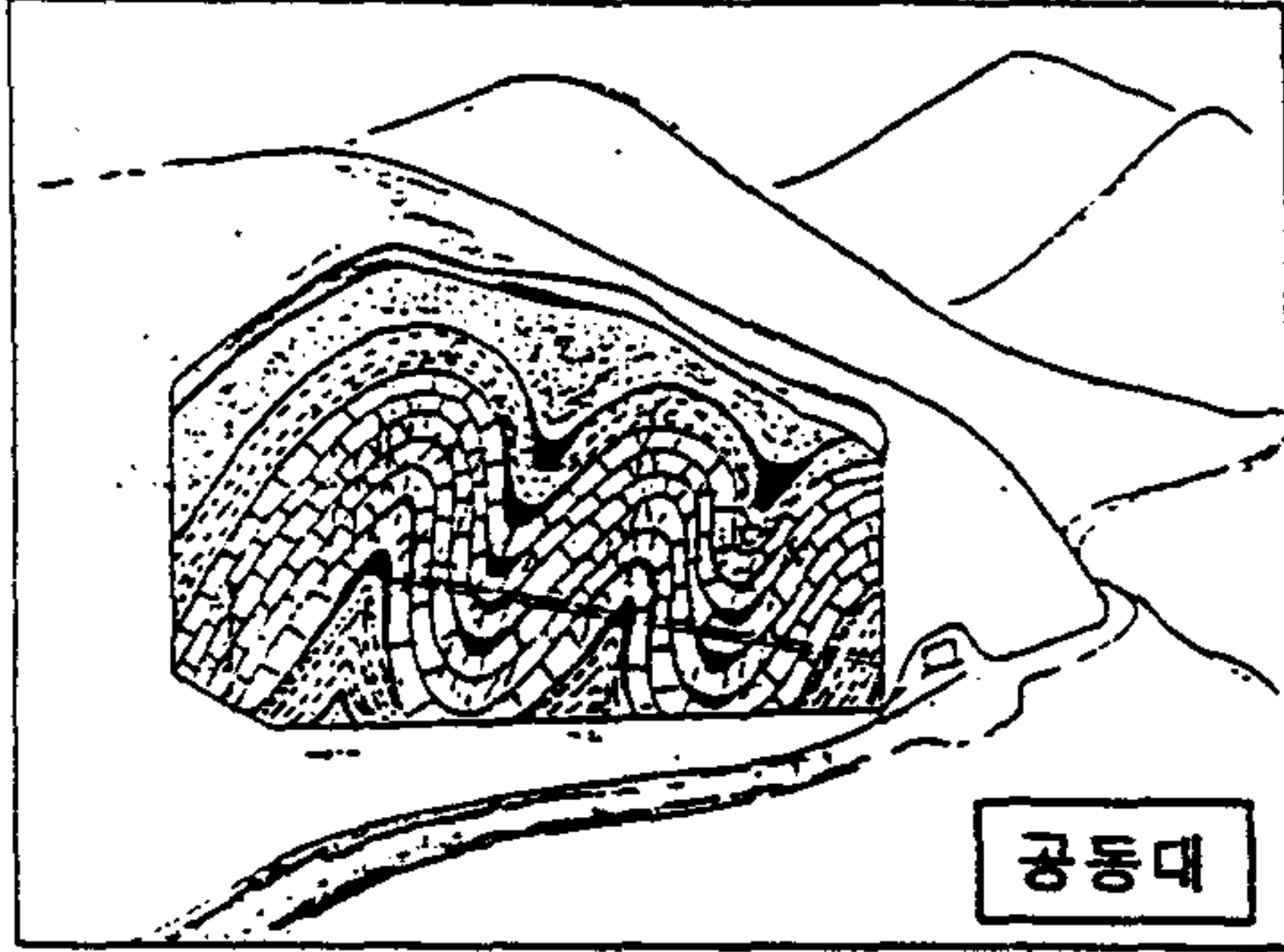
다공질 사암층 등의
투수층

그림. 대수층 하부의 불투수성층 수평 굴착을 이용한 지하수 집수 모식도

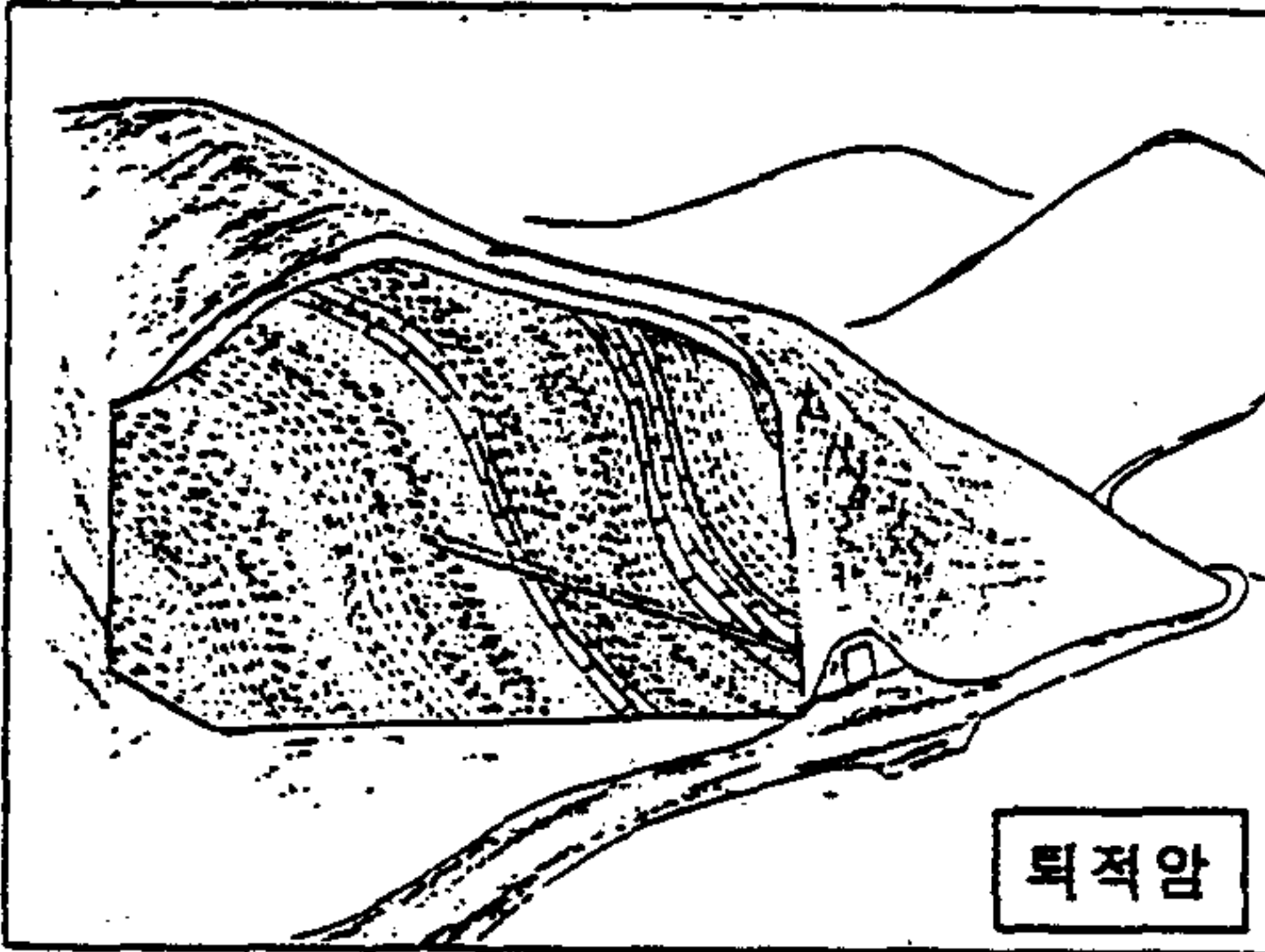
활용유형 지질구조



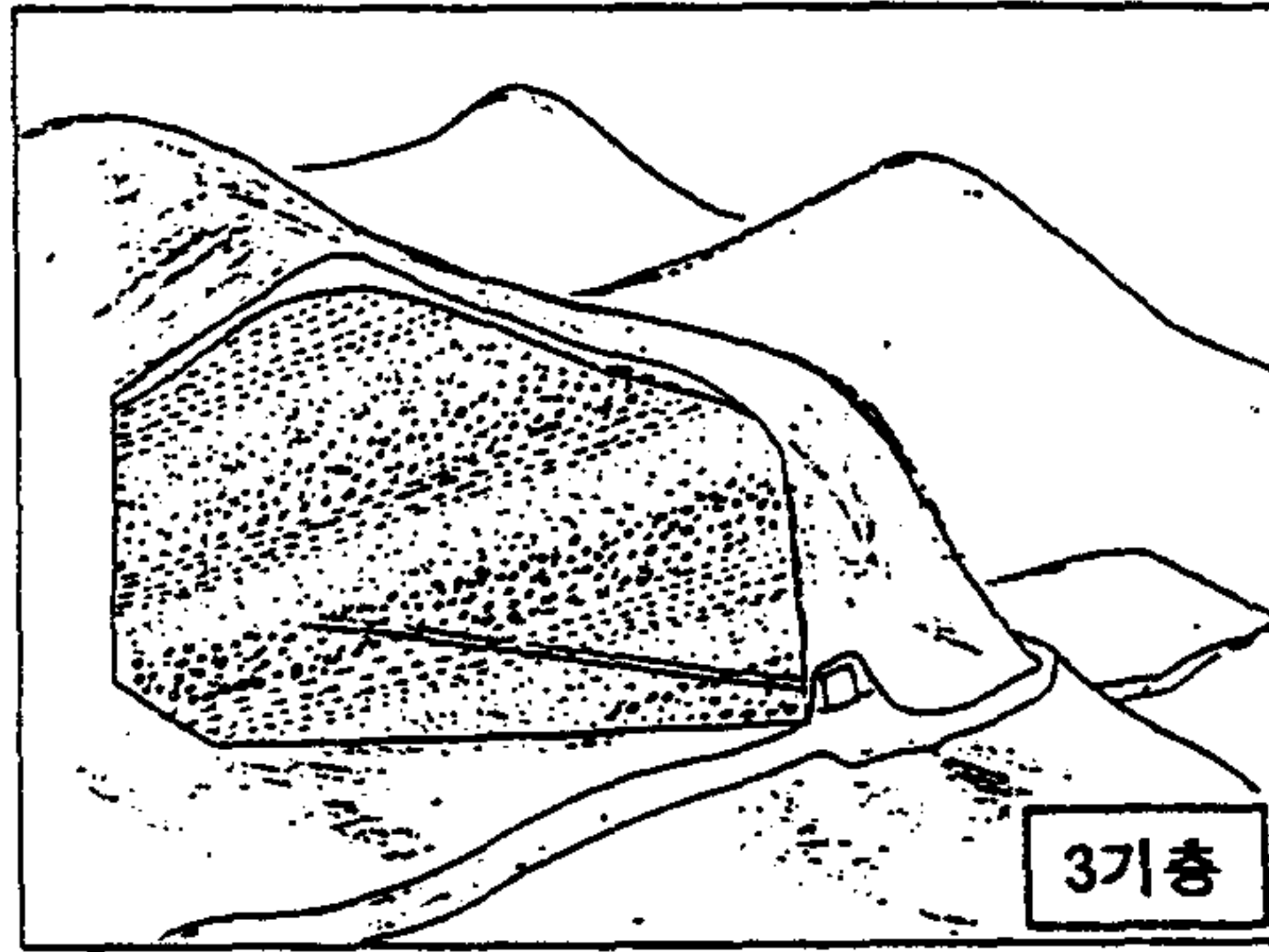
습 곡



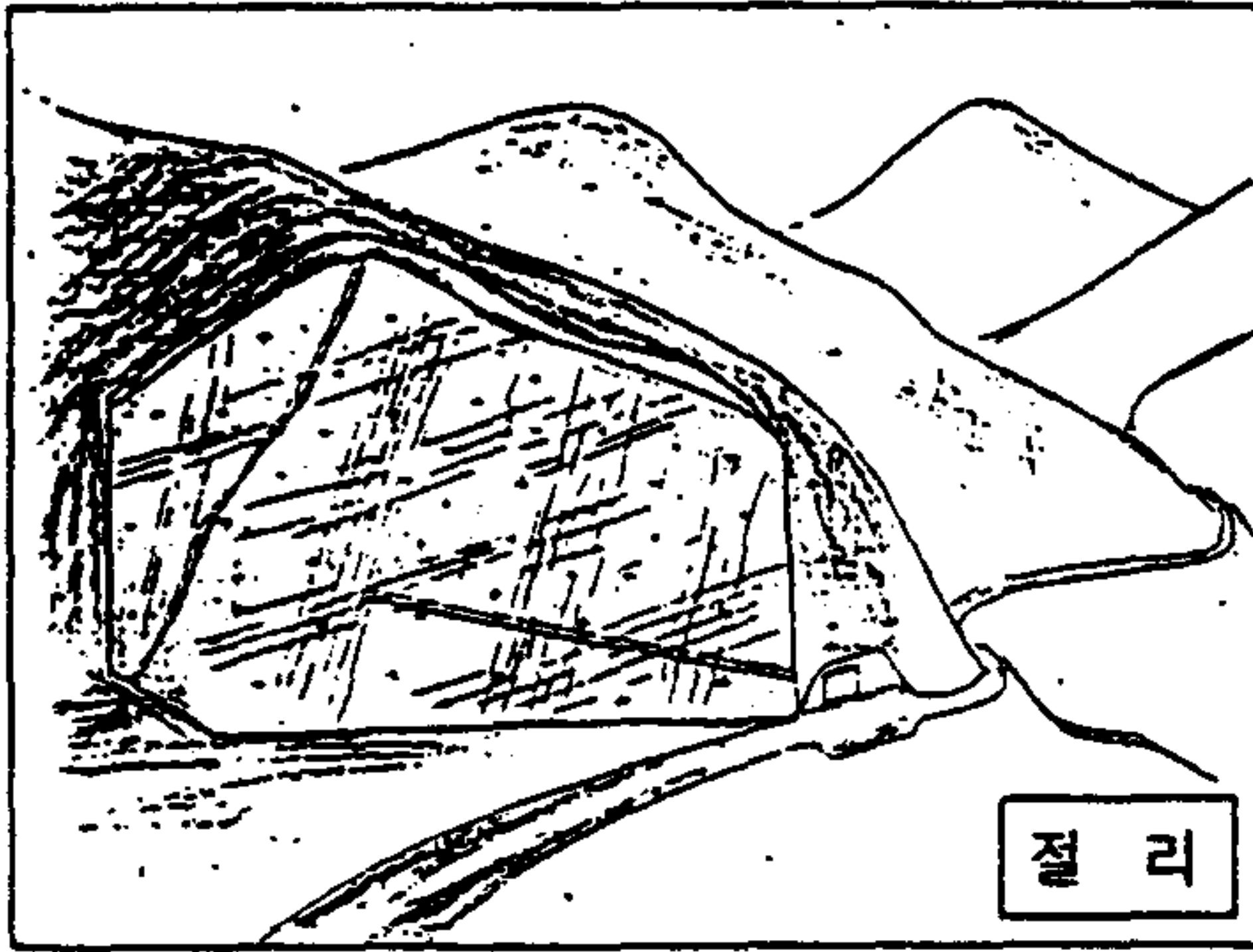
공동대



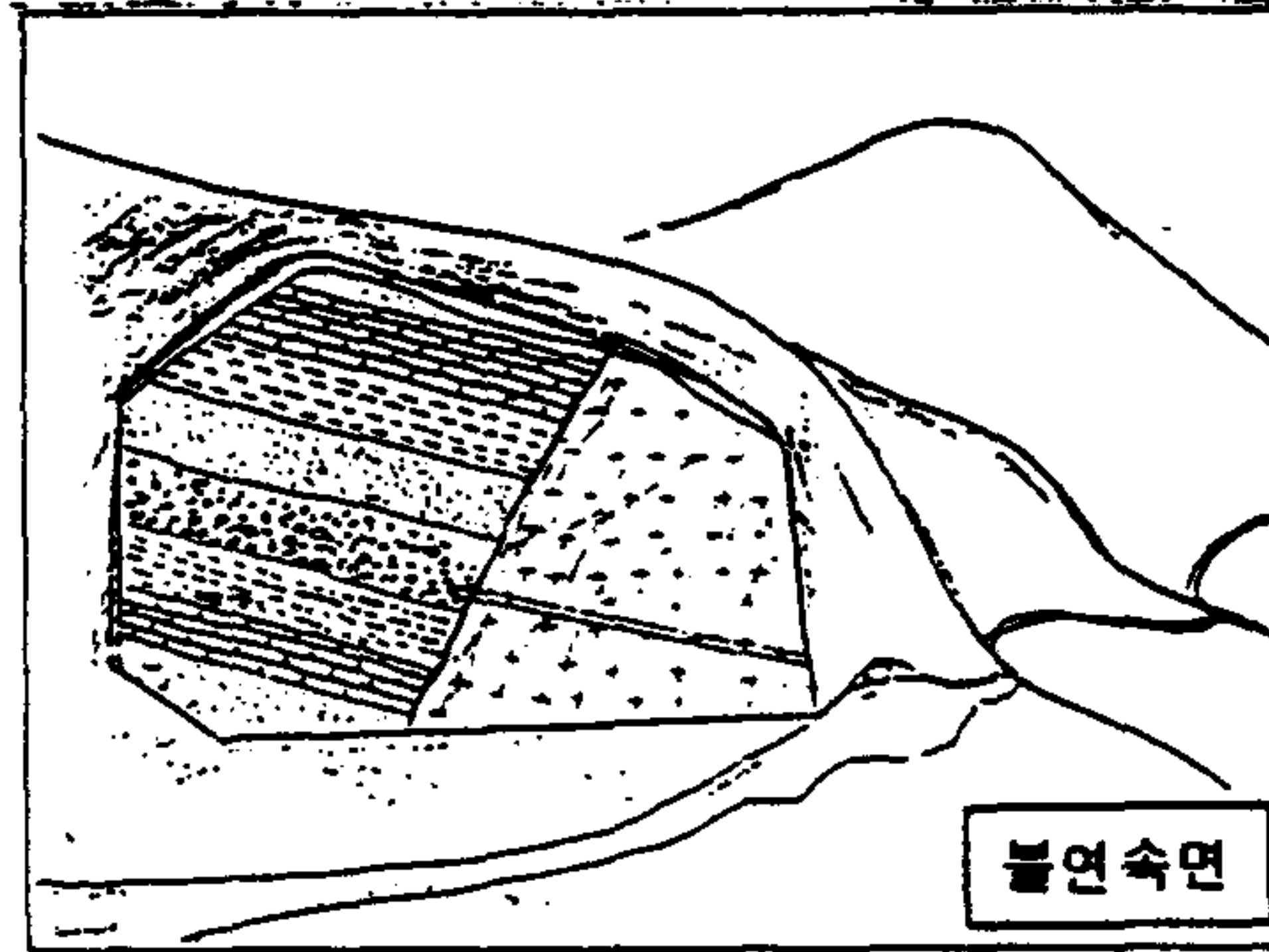
퇴적암



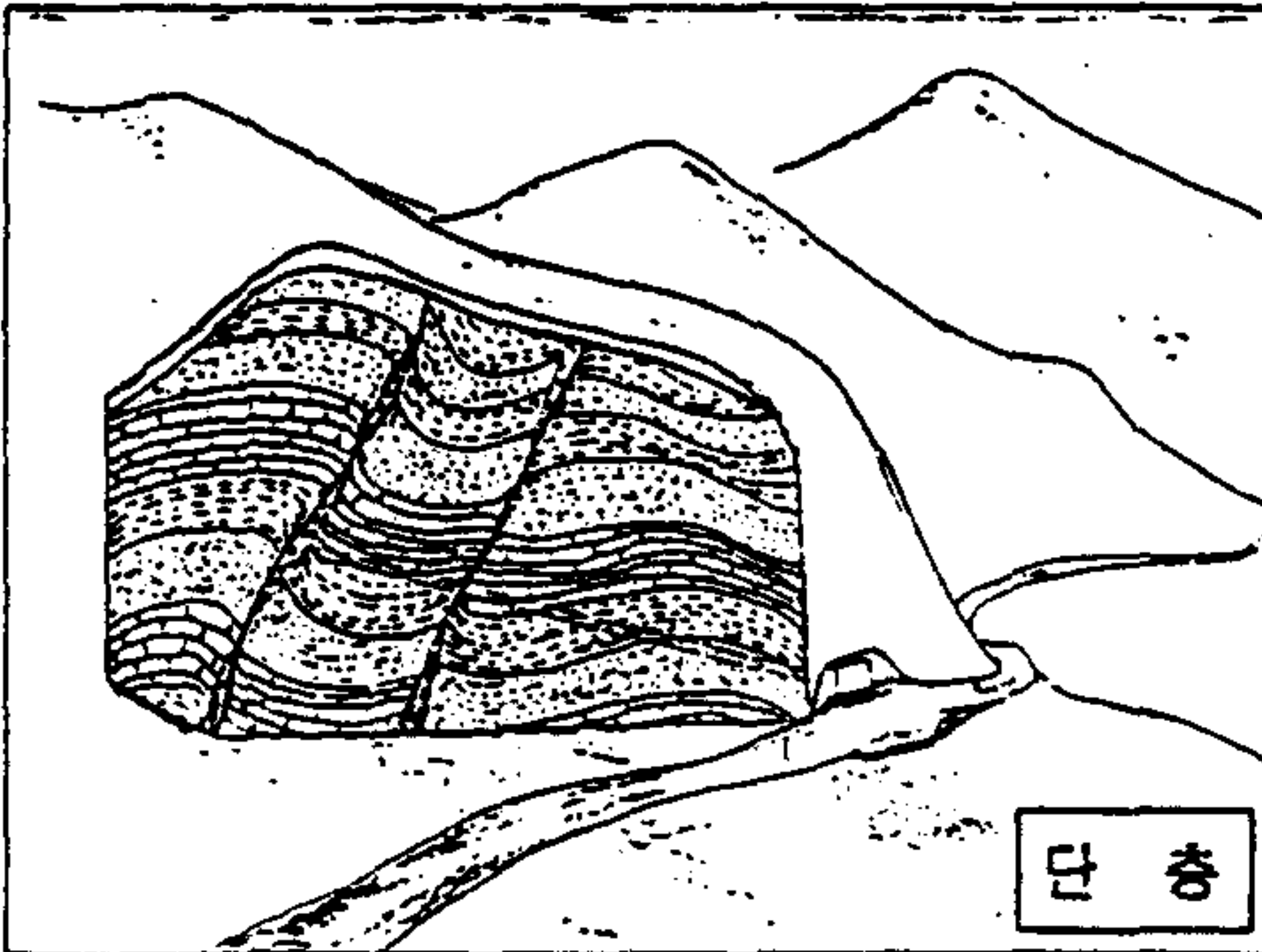
3기층



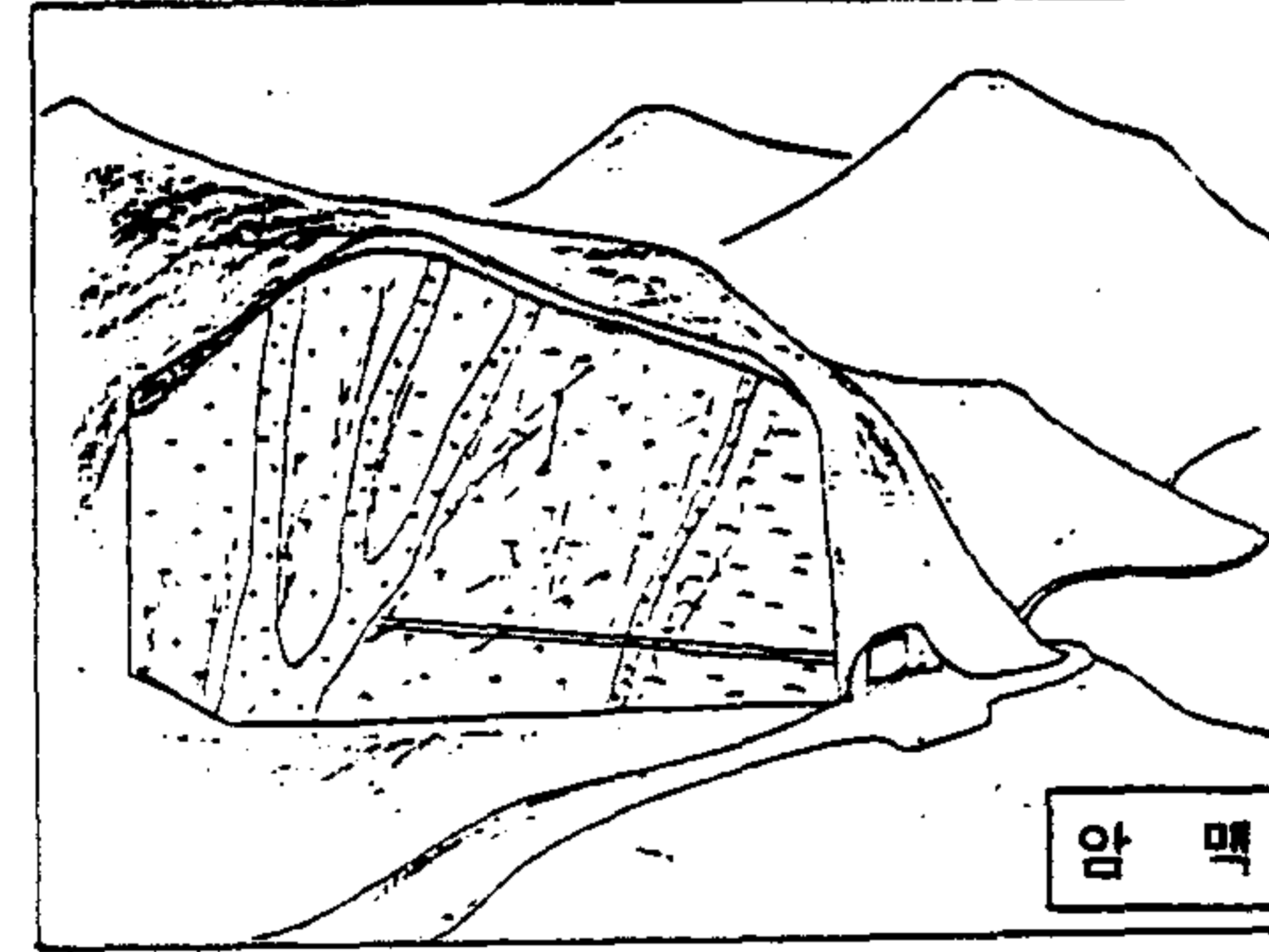
절 리



불연속면



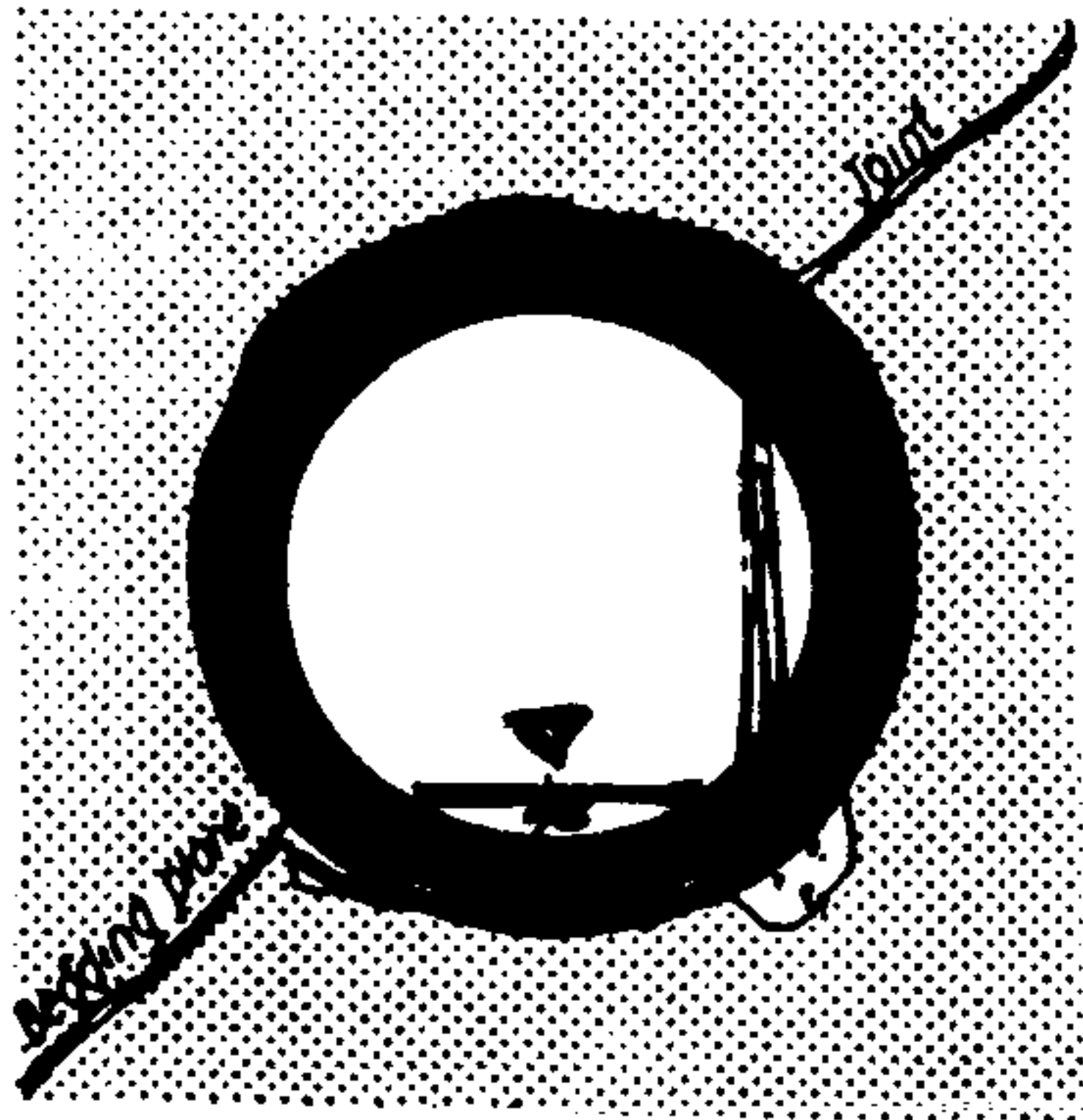
단 층



암 맥

지하수 산출상태

- 토양 : 공극
- 암석 :
 - 급작스런 용출
 - 단층선에 의한 용출
 - 용해동굴에서 용출
 - 일차투수성(암석내 공극)과 이차투수성에 의한 유입(균열)
 - 지반 침하에 의한 균열같이 인공에 의한 유입

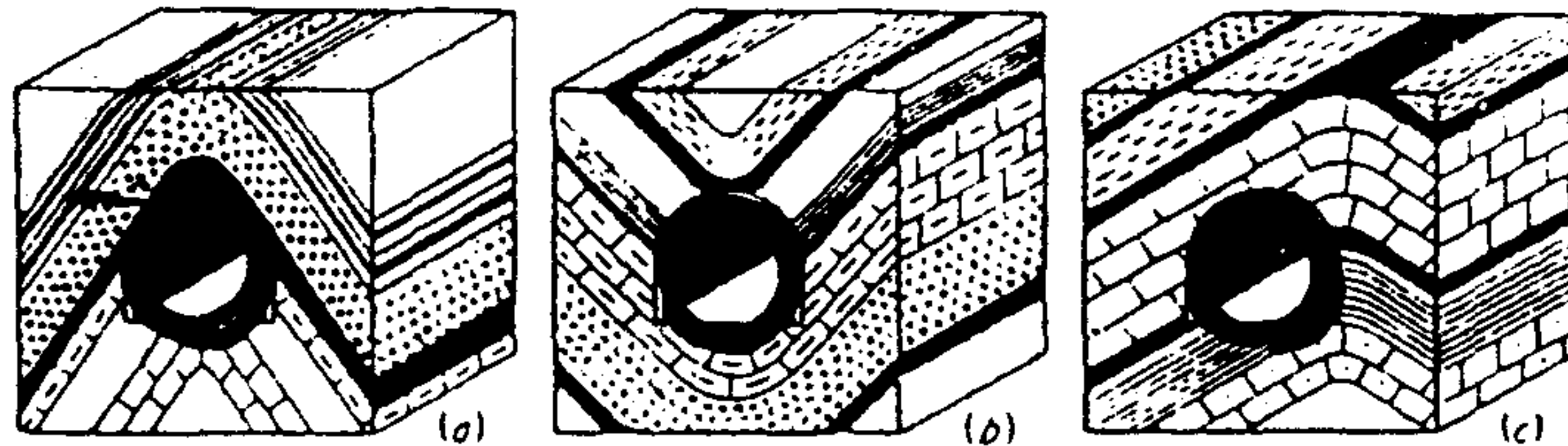


Curtain-like water infiltration from a joint



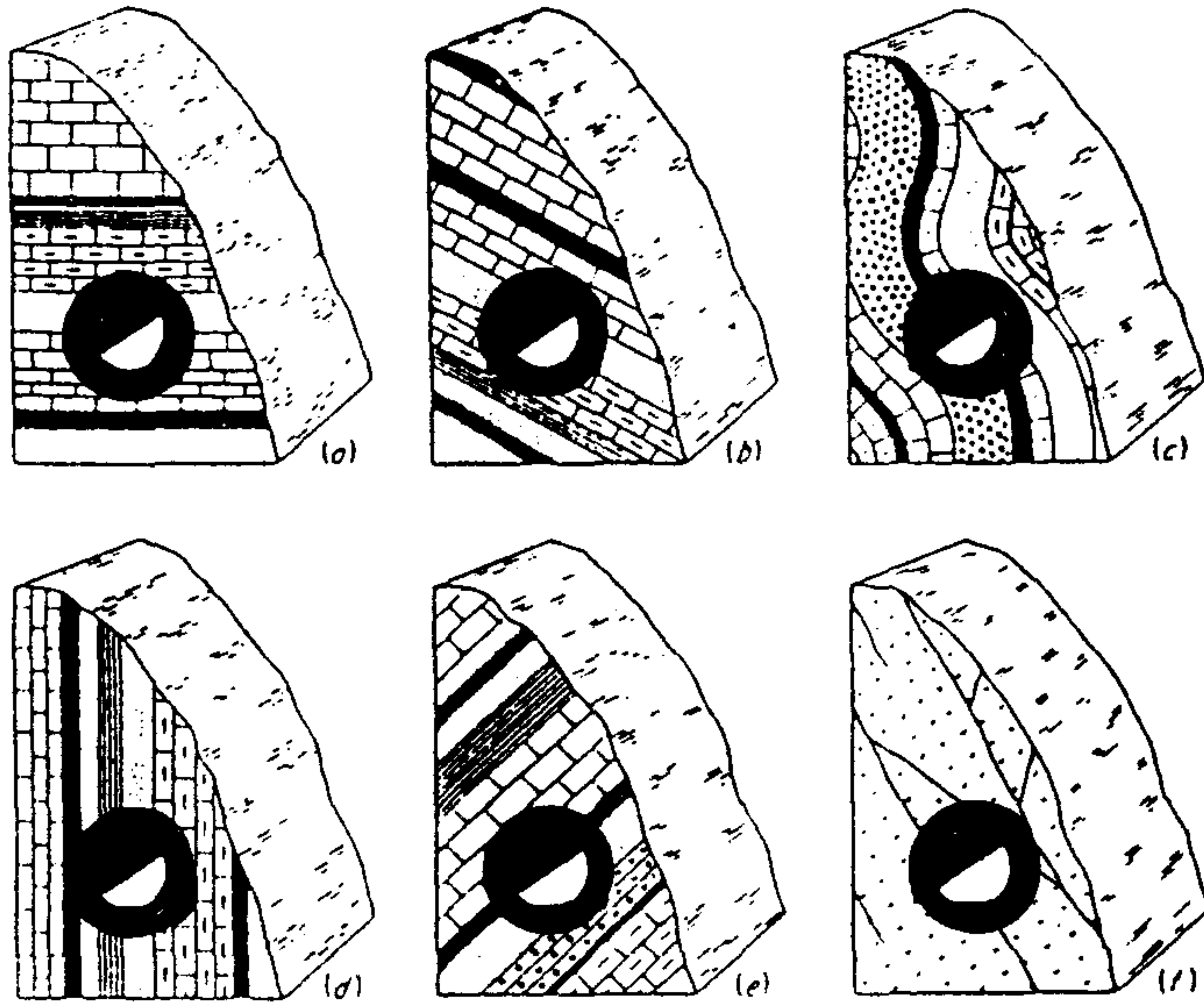
Natural underground reservoir tapped by Mont d'Or tunnel

○ 지하수와 지질구조(습곡)



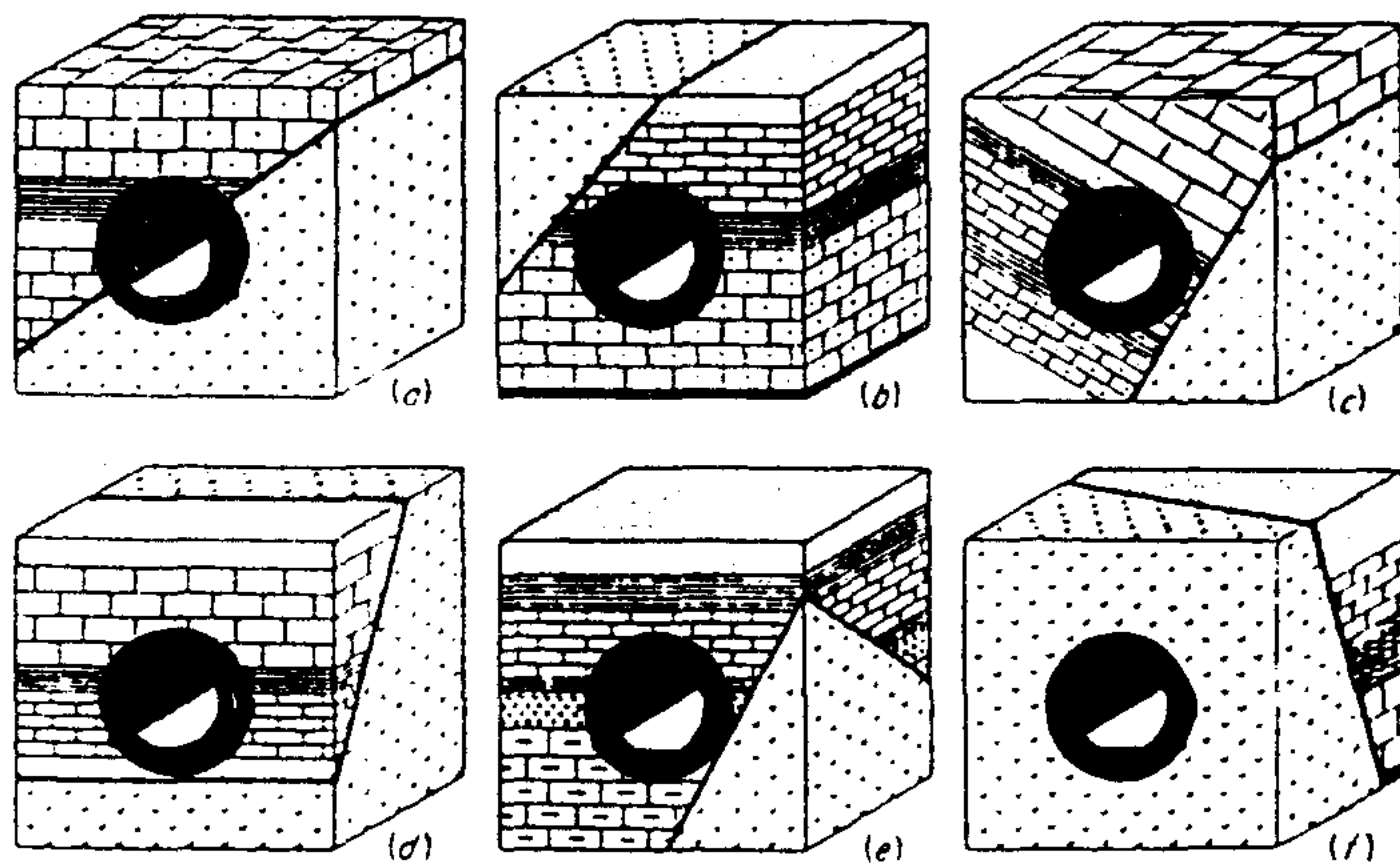
Tunnel located in anticline and syncline. (After Prof. A. Desio, "Geologia applicata all'ingegneria," Hoepli, Milan, Italy.)

○ . 지하수와 지질구조(경사)

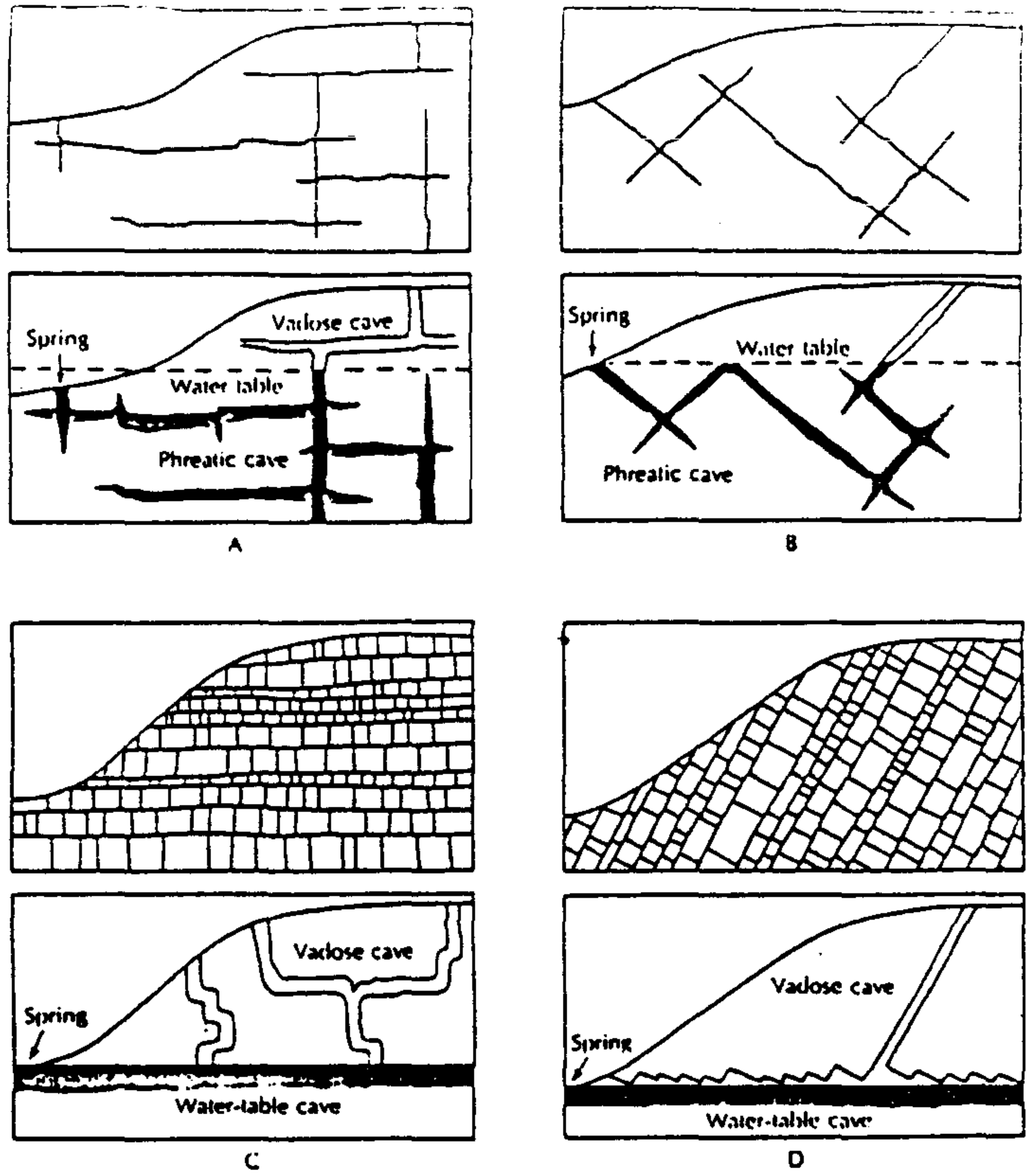


- Tunnels close to a steep slope. (After Prof. A. Desio, "Geologia applicata all' ingegneria," Hoepli, Milan, Italy.)

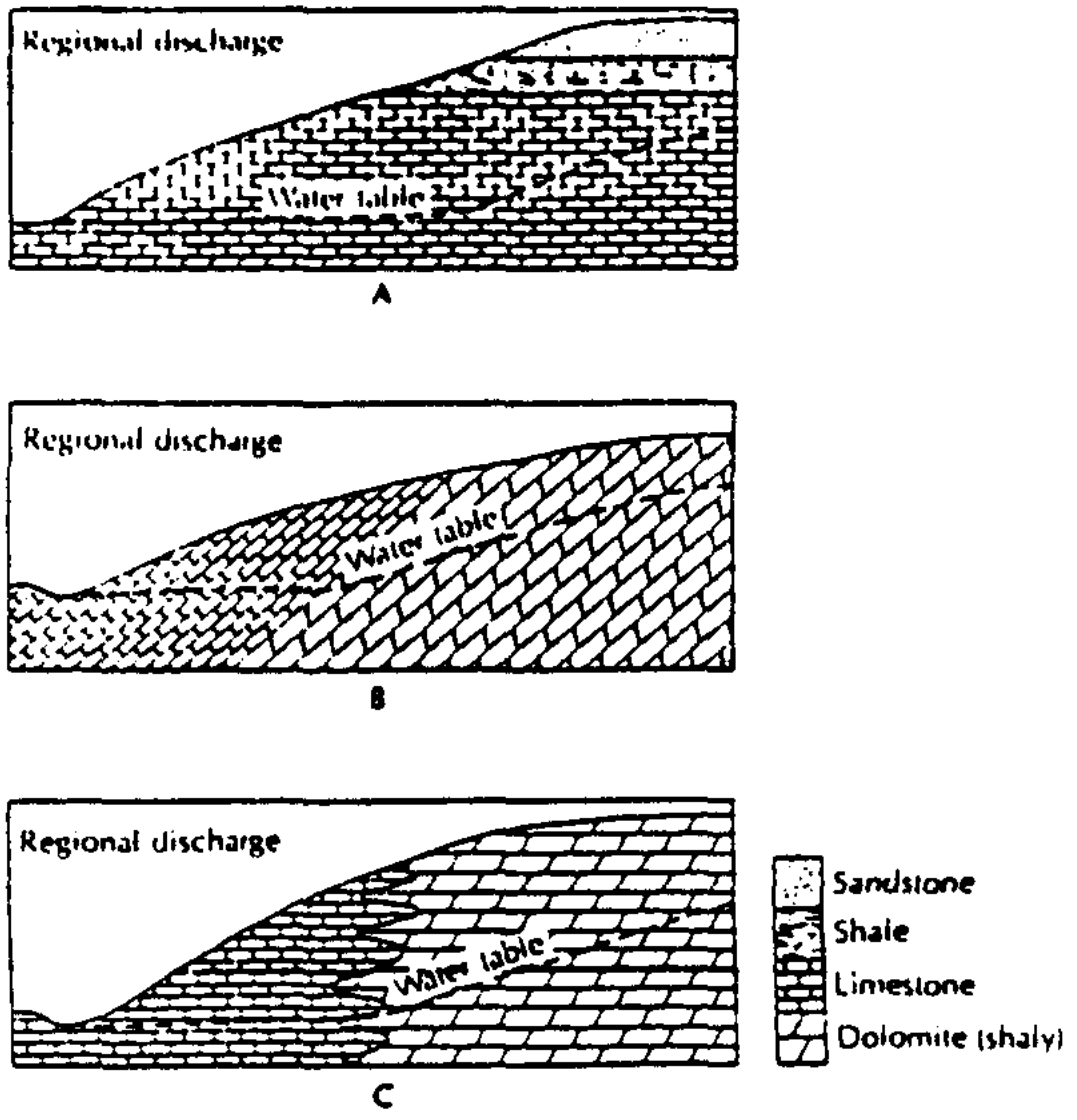
○ . 지하수와 지질구조(단층)



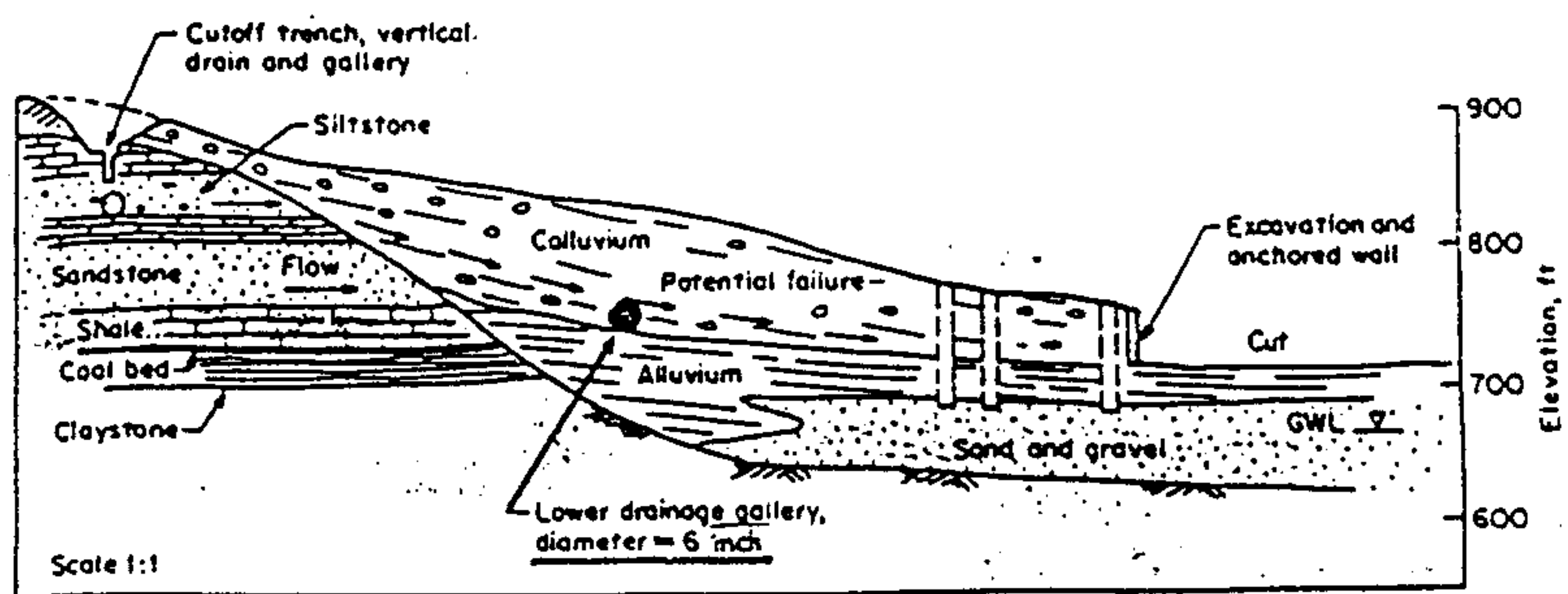
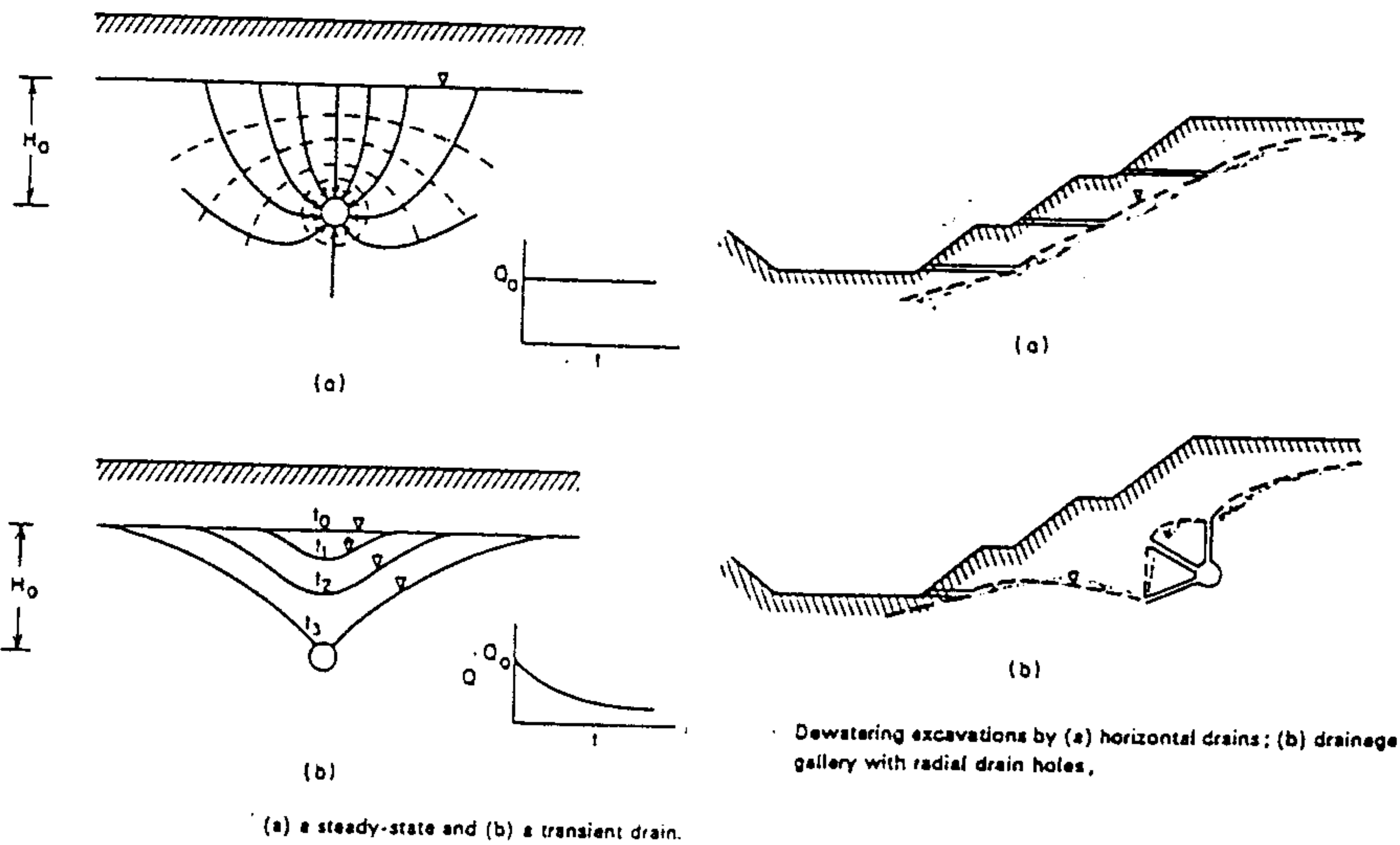
- Different positions of a tunnel with respect to a fault. (After Prof. A. Desio, "Geologia applicata all' ingegneria," Hoepli, Milan, Italy.)



2-8 석회암 공동에서 열극 밀도와 방향의 영향



수리전도도가 다른 지질학적 조건



第 3 章 水平鑿井 位置 選定 調査 技法 研究

第1節 머리말

이 研究는 “水平 鑿井 工法을 利用한 無動力 地下水 活用 技術” 研究의 一環으로, 水平 鑿井 位置의 周邊 地質 構造 및 水質에 대한 精密 分析한 것이다. 그러므로, 이 研究의 目的은 水平 鑿井 位置 周邊의 精密한 地質 調査 및 構造 調査를 통해 가장 適合한 鑿井 位置를 選定하도록 도움을 주는 것이며 또한 周邊의 水質을 分析 및 解析함으로써 次後 開發될 地下水의 化學的 性質을 豫測하고 그 活用 方案을 알아보는데 있다. 이 研究의 結果는 앞으로 다른 地下水 開發 事業에 必要한 地質, 構造 및 水質 調査에 標本이 될 수 있을 것이다. 向後 水平鑿井調査가 施行된 以後에 모든 資料를 比較 檢討하여 模擬 適用을 通한 研究가 必要하다.

이 研究에서 包含된 內容을 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

- ① 研究 地域에 대한 精密한 地表 地質調査 및 構造 地質學的 調査
- ② 調査 地域 構造線에 대한 資料 收集 및 電算化
- ③ 地質圖, 地質構造圖 및 地質 斷面圖 作成
- ④ 遠隔 探查, 物理 探查 및 水平 鑿井 調査 資料에 따른 技術的 檢討
- ⑤ 構造線 資料에 대한 統計 處理
- ⑥ 水質 分析
- ⑦ 水質에 影響을 미치는 要因에 대한 分析 및 評價
- ⑧ 地質 構造 및 地形에 따른 地下水와의 相關 關係, 地質學的 特殊 條件과 地下水文學的 相關 關係
- ⑨ 江原道 內 다른 地域에 대한 適用性 檢討

⑩ 實用化를 위한 數值 모델 開發

이 報告書에서는 컴퓨터 出力 資料, 實務 指針書, 컴퓨터 디스켓, 및 地形圖 위에 그린 地質圖 및 構造圖를 附錄으로 添附하여 研究 內容을 보다 쉽게 理解하고, 實際로 適用하는데 도움을 주고자 하였다.

第 2 節 研究 方法

1. 研究 地域 選定

研究 地域은 江原道 內 4個所를 選定하였다. 研究 地域의 選定 基準은 交通의 便利性, 標本 研究可能하도록 單純한 地質, 地下水의 풍부한 賦存 可能性 및 次後 地下水가 開發되었을 때 活用이 容易한 점 등이다. 이러한 基準에 의해 選定된 곳이 江原道 江陵市 성산면 어홀리, 왕산면 왕산리, 江原道 春川市 동내면 거두리, 인제군 인제읍 가아리 地域이다. 이 報告書에서는 이들 4個 地域을 각각 “大關嶺 地域”, “왕산리 地域”, “거두리 地域”, “용수골 地域”으로 命名하며, 이들 地域에 대한 位置 및 地質은 後에 仔細히 記述할 것이다. 特히 水平 鑿井 調査가 施行된 位置는 地下水 賦存과 密接한 關係가 있는 地表水 流入 要素가 不良(流域面積 不足)하고 地下水 含量이 不良한 條件인 風化帶가 發達되지 않고 傾斜도가 急한 地域을 選定하여 水平鑿井 後, 構造線에 의한 地下水 流入이 可能的한 地域을 選定하였다.

2. 地表 地質 및 構造 調査

選定된 研究 地域에 대해 地表 地質調査를 實施하였다. 地表 地質調査 期間

동안, 岩狀의 分類와 그들 間의 境界, 構造 資料의 收集, 岩石 및 물 試料의 採集, 現場 水質 測定 等を 實施하였다. 이 때 收集된 地質 및 構造 資料는 後에 地質圖, 地質 構造圖, 및 斷面圖를 作成하는데 利用하였으며, 採取된 試料는 顯微鏡 觀察 및 化學 分析 等に 利用하였다. 構造 資料의 測定 方法과 體系的인 定理 方法에 대해서는 後記한 細部事項 說明을 參考하기 바란다.

3. 薄片製作 및 偏光 顯微鏡 觀察

研究 地域의 地表 地質調查 期間 중 採取된 岩石 試料를 江原大學校 地質學科 薄片製作洞에 依賴해 薄片을 製作하였다. 이렇게 製作된 薄片은 顯微鏡 觀察을 통해 岩石의 種類, 構成 鑛物 및 그 大略的인 含量을 알아내는데 使用되었다.

4. 現場 水質測定

研究 地域의 河川水 水質을 野外調查 期間 중 現場에서 直接 測定하였다. 現場 水質 測定 項目은 溫度, pH, Eh, 및 傳導度이다. 이들 項目은 電極을 利用하여 測定하였으며, 仔細한 測定 方法은 細部事項 說明時 記述하였다.

5. 化學分析

野外 調查 期間 중 採取된 岩石 및 물 試料에 대한 化學 分析을 實施하였다. 大部分의 化學 分析은 基礎科學研究支援센터 서울 分所에 依賴하였으며, 一部는 江原大學校 化學科에서 實施하였다. 化學 分析을 爲해 使用된 器機는 다음과 같다.

- ① 岩石의 化學 分析: X-線 螢光 分析機 (X-ray fluorescence spectrometer)
- ② 물의 陽이온 分析: 誘導雙 플라즈마 原子 放出 分光 分析機(Inductively

coupled plasma atomic emission spectrometer), 誘導雙 플라즈마 質量分析機(Inductively coupled plasma mass spectrometer)

③ 물의 陰이온 分析: 이온 크로마토그래프 (Ion chromatograph).

6. 資料의 統計 分析

野外 調査 期間 중 收集된 構造 資料와 現場 測定 및 化學 分析을 통해 얻은 水質 및 물의 化學 造成 資料를 電算化한 後, 이를 컴퓨터 프로그램 SPSS-PC를 利用하여 統計 分析하였다. 電算화된 資料는 附錄 III의 컴퓨터 디스켓에 貯藏하여 添附하였다. 統計 分析 項目은 平均, 範圍, 標準偏差, 相關係數, 回歸 分析, 그리고 要因 分析 等이다. SPSS-PC를 利用한 統計 處理 出力 資料는 附錄 I에 整理하였다.

7. 水質 資料 및 물의 化學 造成 資料의 平衡 解析

물試料에 대한 水質 資料 및 化學 造成 資料로부터 平衡 解析 (equilibrium analysis)를 實施하였다. 平衡 解析은 美國 Environmental Protection Agency의 Center for Exposure Assessment and Modeling에서 供給한 컴퓨터 프로그램 MINTEQA2 (Allison et al., 1991)을 利用하였다. 이 때, 活動圖는 Davies의 式을 利用하여 計算하였으며 (Davies, 1962), 어떠한 고상도 沈澱하지 못하도록 規制하였다. MINTEQA2를 利用한 平衡 解析의 出力 資料는 附錄 I에 統計 分析 出力 資料와 함께 添附하였다.

8. 結果 解析

野外 調査 結果 收集된 構造 資料, 地質圖, 地形圖 및 構造 資料의 統計 分析 結果를 利用하여 地下水의 流動과 地質 및 構造 間의 關係를 밝히고자 하였다.

또한, 水質 및 물의 化學 造成 資料에 대한 統計 分析 結果와 平衡 解析 結果로부터 研究 地域의 水質에 미치는 影響에 대한 分析 및 評價를 實施하였다.

第 3 節. 研究地域의 位置 및 地形

이번 研究를 위해 對象으로 選擇한 4個 地域의 位置는 그림1에 表示하였다. 이들 두 地域에 대한 位置 및 地形을 따로 나누어서 아래에 좀 더 자세히 記述하고자 한다.

1. 大關嶺 地域

大關嶺 地域은 行政 區域上 江原道 江陵市 성산면 어흘리에 屬하며, 北緯 37 41'45" - 37 42'5" 및 東京 128 45'21" - 128 45'42"를 차지하는 大略 390,000 m²의 넓이를 갖는 地域이다. 이 地域은 嶺東 高速道路 狀의 大關嶺 休憩所에 江陵쪽으로 바로 隣接한 곳으로, 이 곳으로부터 횡계읍까지는 車로 大略 20分, 江陵까지는 大略 30分 所要된다.

大關嶺 地域은 새봉(海拔 1071 m)에서 南東 方向으로 뻗은 山稜이 對角線 方向으로 길게 누어 있으며, 이 山稜을 中心으로 東쪽으로는 急斜面을 이루고 西쪽으로는 緩斜面을 이룬다. 이들 斜面들 중, 東斜面이 주 研究 對象 地域이다. 이 山稜은 또한 江陵市와 平昌郡의 境界가 되며, 그 南쪽 끝에 大關嶺이 자리하고 있다.

研究 地域의 水系는 뚜렷한 것이 없이 다만, 하나 내지 두 개의 河川이 暫定 鑿井 位置 周邊으로 지나갈 뿐이다. 研究 地域의 周邊을 包含해서 살펴볼 때 이 地域의 河川은 樹枝狀 패턴을 이루고 있다. 河川을 이루지는 않으나 自然的으로 地下水가 湧出되는 곳은 몇 군데 있다. 이렇게 地下水가 湧出되는 곳

은 그 량이 많지 않아 渴水期가되면 湧出을 멈출 것으로 判斷된다. 그림2는 大關嶺 地域의 河川의 位置를 表示한 것이다.

2. 거두리 地域

거두리 地域은 行政 區域上 江原道 春川市 동내면 거두리에 屬하며, 北緯 37°51'05" - 37°51'50" 및 東京 127°47'52" - 127°48'11"를 차지하는 大略 92,500 m² 넓이의 地域이다. 이 地域은 春川-洪川을 잇는 5번 國道와 春川-구성포를 잇는 56번 國道 사이의 幹線道路와 바로 隣接하여 있으며, 春川-洪川間 一部 開通된 中央高速道路 始作 地點에서 車로 10分 距離에 있다.

거두리 地域은 大룡산(높이: 899.4m)과 구봉산(높이: 441.3m)의 南北 方向 山稜이 만나는 곳에 位置하며, 이 地域의 東쪽 끝에 이 山稜이 南北으로 길게 자리하고 있다. 이 山稜은 春川市 東面과 동내면의 行政 區域 境界가 되며, 이로부터 西쪽으로 急斜面을 이루며 낮아지다가 서서히 地形의 傾斜가 緩慢해진다. 거두리 地域의 河川 또한 樹枝狀 패턴을 보이며 이 地域의 地形에 따라 대개 東쪽에서 西쪽으로 흐른다. 이 地域은 뚜렷한 샘이 發見되지 않는 대신, 流量이 比較的 豊富한 河川이 몇 개 存在한다. 그림3은 거두리 地域의 河系網을 나타낸 것이다.

3. 용수골 地域

本 調査地區는 인제군 인제읍 가아리에 配屬하며 臨塘圖幅(1:25,000) 右岸下段에 位置한다. 本 地區의 山系는 地區의 東北쪽에 位置한 海拔 △1,304 m의 대암산을 主峰으로 南으로 뺨어 내려 오면서 두솔산(△ 1,147.9 m) 및 海拔 △1,000 m 内外의 無名山으로 이어져 오면서 本 地區의 바로 뒤쪽에 位置한 광치령(△ 800.2 m)에 이르며 광치령은 다시 本 地區를 西北으로 하고 南東 方向으

로 개골령(△ 915.2 m)으로 이어져 인제읍에 이른다. 本地區 水系는 海拔 △ 1,000 m 内外의 無名山 및 광치령(△ 800.2 m)에서 發源하는 樹枝狀의 小支流가 本地區 下部에서 合流되어 가아천을 形成하여 東流하다가 소양강과 北川의 合流 地點인 北面 원통리에서 소양강에 流入되고 있으며 林像은 比較적 良好한 편이다.

4. 왕산리 地域

調査地區는 江原道 江陵市 왕산면 대기리 北部의 당목골에 位置하고 있으며, 大關嶺 南部에서 直線距離 約 5 km 附近에 位置한다.

本 地域의 地形은 侵蝕輪廻狀 長年期 地形에 該當되며, 地形의 發達은 地質 構造와 構成岩質에 따라 差別 侵蝕에 의해 溪谷이 形成되었으며 堅固한 地層들은 險峻한 山稜을 이루고 있다.

調査地域의 山系는 西쪽으로 서득봉(△ 1,052.6 m)과 東쪽으로 화란봉(△ 1,069.1 m)을 中心으로 海拔 1,000 m 内外의 無名山이 周圍에 分布하고 있으며, 花崗岩 分布地域은 山勢가 險하고 急傾斜의 溪谷을 形成하고 있다.

水系는 地層의 走向 또는 節理를 따라 南北方向으로 形成된 水系와 이에 直交하는 方向의 水系로 區分된다. 이중 調査地域은 수지상 水系形態를 나타내며, 調査地域의 南측은 一部 節理를 따라 形成된 格子狀의 水系를 나타낸다. 本 調査 地域에 發達된 小支流는 北東方向으로 흘러 江陵 貯水池에 淡水되어 남대천으로 流入된다.

本 調査地域중 試錐 位置 附近에는 花崗岩의 影響으로 國道를 따라 N18E 80NW 의 Fault가 發達되고 있다. 本 Fault 周圍는 Fault Clay가 狹在되고 Fault 西側으로는 熱變質에 의한 風化가 깊게 進行되고 있으며 Fault 東측에는 破碎帶가 發達되고 있다.(그림)

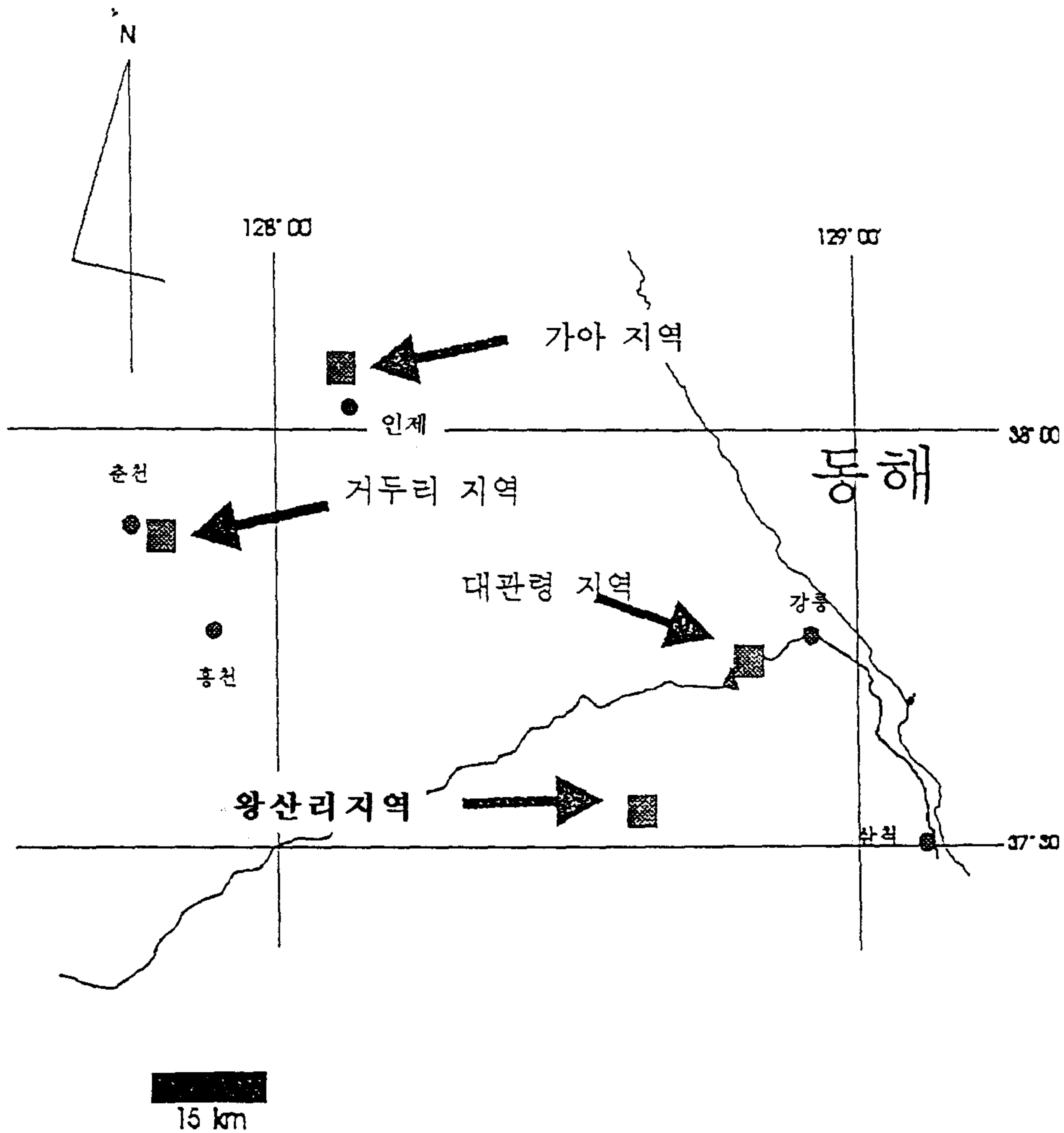


그림 1. 연구 지역의 위치

第 4 節 研究 地域의 地質

1. 大關嶺 地域

그림.4는 大關嶺 地域의 地質圖와 地質 斷面圖이다. 大關嶺 地域은 거의 大部分이 花崗岩으로 構成되어 있다. 이 花崗岩은 中生代 侏羅기의 所謂 大보화岡岩과 같은 時期의 것으로 생각되며, 國立地質鑛物研究所의 支援 아래 정창희等 (1975)이 發刊한 “오대산” 圖幅의 中生代 侏羅기 黑雲母 花崗岩과 같은 岩體일 것으로 생각된다. 研究 地域에서는 이 花崗岩 이외에 다른 뚜렷한 암상이 發見되지 않으나, 研究 地域의 中央部에 北東쪽에서 南西쪽으로 길게 가로 지르며 分布하는 鹽基性 (안산岩質) 岩脈 만이 이 花崗岩을 貫入하고 있는 것은 注目할 만하다.

研究 地域의 花崗岩을 仔細히 觀察하면, 이 花崗岩은 直徑 10cm가 넘는 長石 斑晶을 갖고 있는 반상 花崗岩 (porphyritic granite)임을 알 수 있다 (그림 5). 이들 花崗岩의 斑晶은 주로 사장석으로 되어 있으며, 드물게 미사장석의 반정도 觀察된다. 반상 花崗岩의 顯微鏡 觀察에 의하면, 반상 花崗岩은 주로 石英, 사장석, K-長石, 및 黑雲母로 構成되어 있으며 (그림 6), 이밖에 녹니석, 견운모, 백운모, 녹염석 및 각섬석도 一部 觀察된다. 이들 構成 鑛物의 含量을 大略 測定한 바에 의하면, 石英 30-40%, 사장석 25-30%, K-장석 5%, 흑운모 10-20% 程度의 造成을 가지는 것으로 나타났다. 이들 構成 鑛物 中, 사장석 및 K-장석 모두는 全體的으로 상당히 견운모화 作用을 받았으며, 흑운모는 部分的으로 녹니석화 作用을 받았다. 반상 花崗岩의 石英과 장석은 서로 交互 成長하여 미르메카이트 組織을 흔히 보인다.

地質圖에 表示하지는 않았지만, 研究 地域에서는 반상 花崗岩을 貫入하고 있

는 中粒質 花崗岩이 觀察된다 (그림 7). 이는 研究 地域에서의 花崗岩 貫入 活動이 적어도 2 次에 걸쳐 일어났음을 나타내는 것이다. 中粒質 花崗岩은 全體的으로 반상 花崗岩과 비슷한 化學 造成을 보이나, 백운모의 含量이 相對적으로 약간 높다 (그림 8).

鹽基性 岩脈은 2-3m 두께를 갖는 細粒質 岩石으로 이 地域 最後期에 반상 花崗岩 및 中粒質 花崗岩을 貫入하였다 (그림 7). 鹽基性 岩脈의 貫入時期는 中生代 侏羅기 後期일 것으로 생각된다. 顯微鏡을 통한 鹽基性 岩脈의 觀察結果, 鹽基性 岩脈은 주로 사장석, 양기석 및 각섬석으로 構成되어 있고 여기에 약간의 석영 등이 같이 産出된다 (그림 9). 이들 鑛物의 含量은 사장석 45 %, 각섬석 30%, 양기석 20%, 석영 5% 이다. 이러한 鑛物 造成으로 보아 이 地域의 鹽基性 岩脈은 안산암일 것으로 推定된다.

반상 花崗岩 內에는 直徑 수 십 m에서 수십 cm에 이르는 變成岩의 포획암이 觀察된다 (그림 10). 이들 포획암은 진부 地域의 基底를 이루고 있는 선캠브리아기의 片麻岩일 것으로 생각된다. 이 포획암의 鑛物 造成은 大略 흑운모 42%, 사장석 35%, 석영 10%, K-장석 5%, 녹니석 5%, 백운모 5% 程度로 되어 있으나, 포획암의 同和 作用 및 殘存 部分의 特徵에 따라 鑛物 造成은 많이 變化할 것으로 생각된다 (그림 11).

2. 거두리 地域

그림.12는 거두리 地域의 地質圖와 地質 斷面圖이다. 거두리 地域을 構成하고 있는 岩石은 선캠브리아기의 것으로 생각되는 變成岩類와 中生代の 春川 花崗岩이다. 研究 地域에서 産出되는 變成岩類는 所謂 “의암 層君”에 屬하는 것으로 下部로부터 의암 珪岩層, 變成 炭酸鹽岩層, 및 창촌리 層으로 構成되어 있으며, 研究 地域의 東部 山稜 頂上 部分으로부터 西쪽으로 傾斜가 急한 斜面

에 分布한다. 春川 花崗岩은 선캠브리아기의 變成岩類와 貫入 接觸 關係를 보이며 研究 地域 西쪽의 比較的 傾斜가 緩慢한 낮은 地帶를 차지한다. 박희인 등 (1974)에 의한 “내평” 地質圖幅에서는 研究 地域의 北東部에 의암 層君보다 下位의 용두리 片麻岩 複合體가 産出되는 것으로 報告하였으나, 이번 地質 調査를 통해 이를 確認할 수는 없었다. 다만, 용두리 片麻岩 複合體에 狹在된 各 섬암으로 보이는 전석들을 低地帶에서 觀察되나, 各섬암의 露頭는 發見되지 않는다. 研究 地域에는 이밖에 春川 花崗岩의 貫入 後 貫入한 것으로 생각되는 鹽基性 岩脈 및 酸性 岩脈이 小規模로 分布한다. 研究 地域은 風化가 매우 심해 신선한 露頭가 적어 正確한 地質 調査 및 構造 調査가 現實적으로 어려우나, 몇몇 露頭와 風化 斷面으로부터 觀察한 바에 따라 各 地層들을 좀 더 仔細히 記述하면 다음과 같다.

의암 硅岩層은 研究 地域의 南東部 山稜에 小規模로 나타나며, 그 上位의 것으로 생각되는 變成 炭酸鹽岩 및 창촌리 片麻岩과의 境界를 한 눈에 觀察할 수 있다.(그림13) 의암 硅岩層의 두께는 確認할 수 없다. 의암 硅岩層은 상당한 龜裂을 보여 주는데, 이는 쇄설성인 硅岩이 심한 습곡 作用을 받은 結果인 것으로 생각된다. 硅岩은 거의 100% 石英으로 構成되어 있다.(그림14)

變成 炭酸鹽岩은 그 두께가 2-3m로 의암 硅岩層의 바로 上位에 存在한다. 이 炭酸鹽岩은 방해석이나 돌로마이트 같은 炭酸鹽 鑛物로 構成되어 있을 뿐만 아니라, 투각섬석 및 투휘석 같은 石灰硅酸鹽 鑛物을 많이 包含하고 있는 것이 特徵이다.(그림15) 變成 炭酸鹽岩의 鑛物 造成은 방해석 및 돌로마이트 60% 이상, 투휘석 및 투각섬석 30%, 그리고 其他 石英 및 不透明 鑛物이 그 나머지를 차지한다.

창촌리 層은 주로 호상 흑운모 片麻岩으로 構成되어 있다. 이 片麻岩의 鑛物 造成은 石英 45%, 흑운모 25%, 백운모 8%, 사장석 10%, 그리고 약간의 녹니

석, 인회석 및 K-장석으로 되어 있다.(그림16)

春川 花崗岩은 大部分 심하게 風化를 받아 露頭를 보기 어려우나(그림17), 農水路 開設을 위한 터널 안으로 들어가면 比較的 신선한 試料를 求할 수 있다. 이 花崗岩은 細粒의 黃철석 結晶이 있는 것이 特徵이며, 주로 石英, 사장석, K-장석, 흑운모 및 백운모로 構成되어 있다.(그림18) 이들 鑛物의 含量은 석영 30%, 사장석 30%, 백운모 15%, 흑운모 5%, K-장석 3%, 그리고 其他(不透明 鑛物 等) 5%로 되어 있다. 研究 地域의 花崗岩 內的 흑운모는 大部分 녹니석으로 變質되어 있는 것이 또한 特徵이다.

酸性 岩脈은 細粒質이며 그 鑛物 造成은 花崗岩과 비슷하다. 鹽基性 岩脈 또한 細粒質이나, 심한 變質로 鑛物의 種類를 鑑別하기는 매우 困難하다. 다만, 顯微鏡下에서 鹽基性 岩脈이 석영, 사장석 및 其他 다른 有色 鑛物로 構成되어 있음을 알 수 있을 뿐이다.(그림19)

지금까지 記述된 大關嶺 地域 및 거두리 地域의 特徵적인 岩石들에 대한 代表的인 化學造成은 表1에 定理하였다.

3. 왕산리 地域

本 地區의 地質은 임계花崗岩으로 반상 흑운모 花崗岩(Pophyritic biotite granite)이 주로 分布되어 있다. 임계花崗岩은 조선누층군 및 평안 누층군의 堆積岩類를 後期에 貫入하면서 形成된 中生代 花崗岩類로 推定되고 있다. 本 調査地區 임계花崗岩의 南쪽은 오르도비스기의 정선石灰岩, 주로 녹회색 셰일과 사암 및 수 매의 렌즈상 담회색 石灰岩으로 構成된 紅點統, 黑色 내지 암회색 셰일, 암회색 사암, 탄질셰일 및 무연탄층으로 構成된 사동통과 유백색 사암, 암회색 및 무연탄층으로 構成된 사동통과 유백색 사암, 암회색 셰일, 회색 中粒 내지 粗粒質의 사암으로 構成된 고방산통과 境界를 이루고 있다.

임계花崗岩은 中生代 백악기에 形成된 것으로 推定되며 巨晶質(최대 10cm程度)

표 1. 大關嶺 地域 및 거두리 地域에서 産出되는 特徵적인 岩石들의 代表的인 化學 造成.

| 岩石 成分 | 大關嶺 地域 | | | | 거두리 地域 | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | PG* | BD | XL | MG | CG | QZ | LS | GN | BD |
| SiO ₂ | 68.23 | 59.95 | 61.69 | 65.28 | 69.48 | 98.51 | 11.63 | 71.75 | 55.78 |
| Al ₂ O ₃ | 16.74 | 15.21 | 17.44 | 20.04 | 16.25 | 1.01 | 2.11 | 13.56 | 17.26 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.23 | 6.00 | 5.90 | 0.64 | 2.39 | 0.10 | 1.31 | 3.09 | 8.38 |
| TiO ₂ | 0.41 | 0.73 | 1.08 | 0.09 | 0.25 | 0.01 | 0.07 | 0.45 | 1.14 |
| MnO | 0.03 | 0.07 | 0.08 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.28 | 0.04 | 0.09 |
| CaO | 2.01 | 2.06 | 4.57 | 2.51 | 0.32 | 0.04 | 48.08 | 2.25 | 4.30 |
| MgO | 0.61 | 4.85 | 1.79 | 0.19 | 0.62 | 0.03 | 2.12 | 1.60 | 2.34 |
| K ₂ O | 5.38 | 3.07 | 1.65 | 4.62 | 4.19 | 0.13 | 0.77 | 1.85 | 2.37 |
| Na ₂ O | 3.03 | 4.49 | 3.00 | 5.14 | 4.45 | 0.00 | 0.22 | 3.42 | 3.91 |
| P ₂ O ₅ | 0.11 | 0.23 | 0.30 | 0.07 | 0.10 | 0.00 | 0.24 | 0.37 | 0.33 |
| L.O.I.** | 0.55 | 2.54 | 1.73 | 0.58 | 1.13 | 0.14 | 32.45 | 0.98 | 3.21 |
| Total | 99.31 | 99.20 | 99.21 | 99.17 | 99.23 | 99.97 | 99.27 | 99.36 | 99.11 |

- * PG: 斑狀 花崗岩, BD: 鹽基性 岩脈, XL: 포획암, MD: 中粒質 花崗岩,
CG: 春川 花崗岩, QZ: 硅岩, LS: 變成 炭酸鹽岩, GN: 片麻岩.
- * L.O.I. = Loss of Ignition,

의 장석반정을 갖는 반상 흑운모 花崗岩(Pophyritic biotite granite)으로 構成되어 있으며 部分的으로 각섬석 花崗岩 및 片麻岩의 암상을 나타낸다.

4. 용수골 地域

本 地區 地質은 경기 片麻岩 콤플렉스(Gneiss Complex)의 호상 片麻岩 (Banded Gneiss)이 主分布 되어 있으며 本岩은 主成分 鑛物중 長石이 優勢한

편으로 風化를 심하게 받아 周邊에 신선한 露頭의 觀察은 어렵고 風化帶가 깊게 發達되어 있다. 本地區 광치령 고개 道路邊에 나타난 露頭に 觀察된 主節理의 走向 傾斜는 N 40 - 45 E, 30 - 40 SE 이며 간혹 小幅의 石英脈 및 酸性岩脈이 貫入되어 있다.

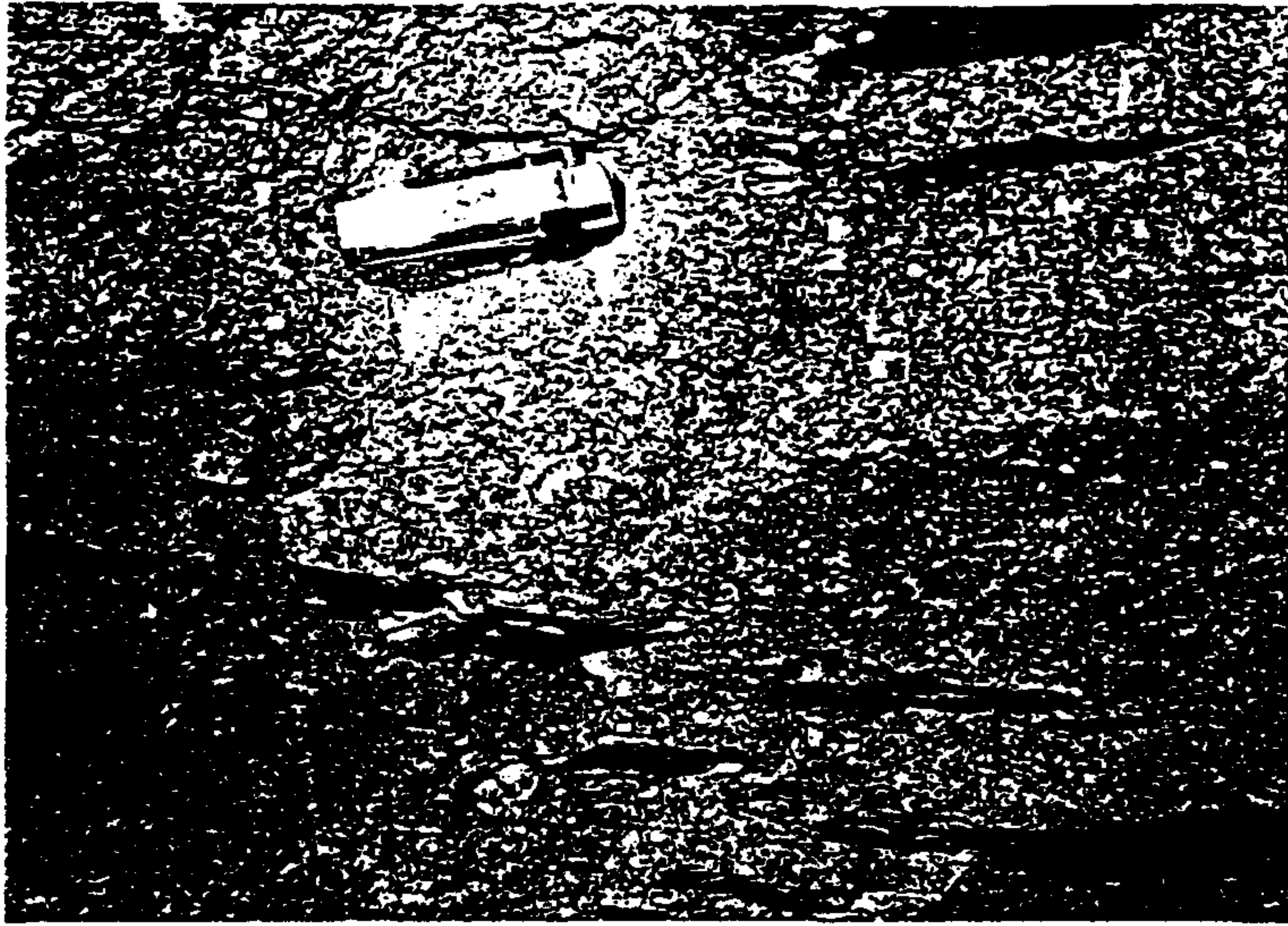


그림 5. 대관령 지역의 반상 화강암의 노두 사진.



그림 6. 대관령 지역 반상 화강암의 현미경 사진 (직교 니콜, 4X).
Qtz=석영, Bt=흑운모, Pl=사장석, K-f=K-장석.



그림 7. 대관령 지역의 반상 화강암 (PG), 중립질 화강암 (MG), 및 염기성 암맥 (BD) 간의 경계를 보여주는 노두 사진.



그림 8. 대관령 지역 중립질 화강암의 현미경 사진 (직교 니콜, 4X).



그림 9. 대관령 지역의 열기성 암맥의 현미경 사진 (직교 니콜, 10X).
Hb=각섬석, At=양기석, Pl=사장석, Qtz=석영.

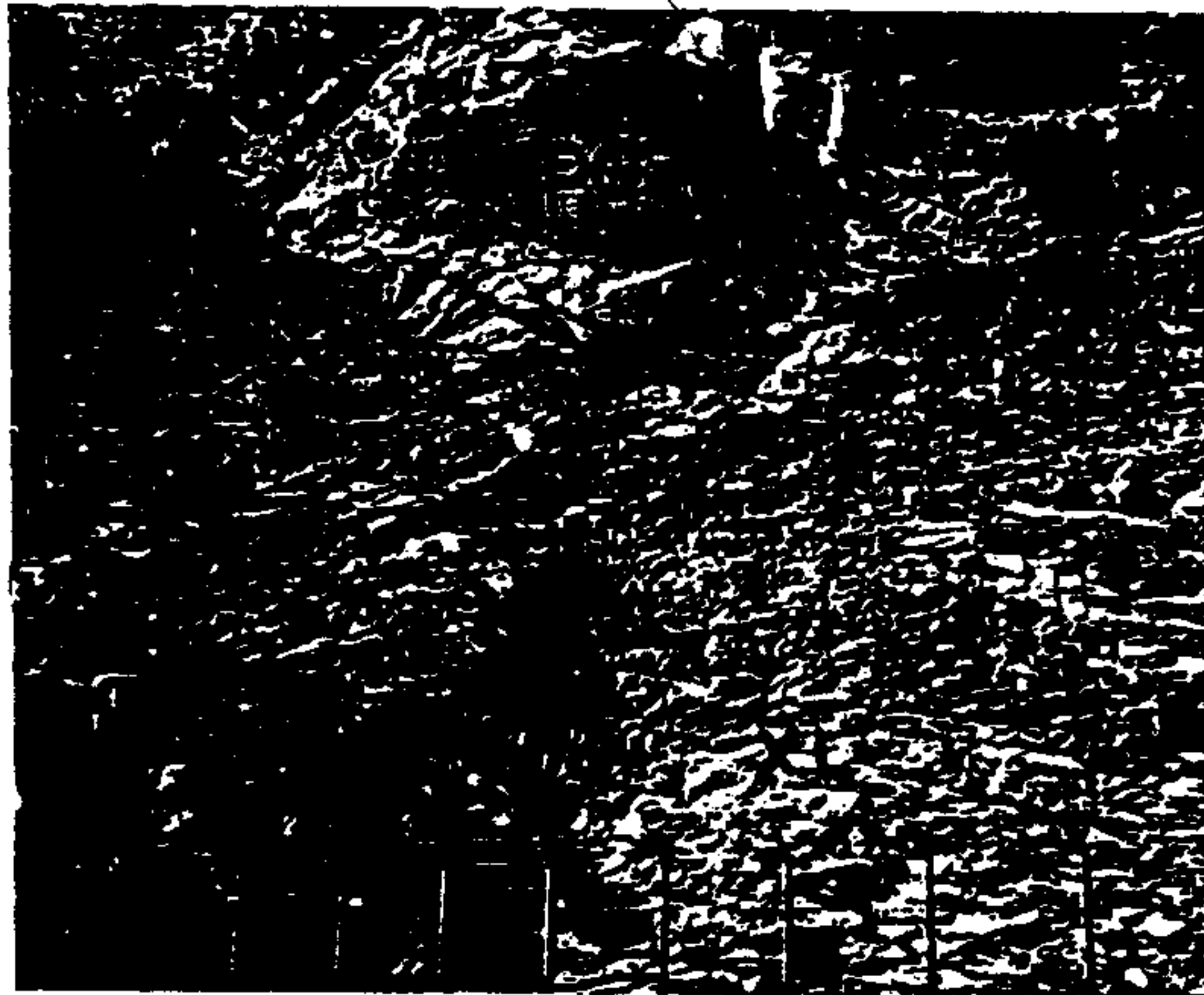


그림 10. 대관령 지역의 반상 화강암 (PG)에 포획된 변성암질 포획암 (XL)의 노두 사진



그림 11. 대관령 지역 편마암질 포획암의 현미경 사진 (직교 니콜, 4X).
Qtz=석영, Bt=흑운모, Pl=사장석, K-f=K-장석.



그림 13. 거두리 지역의 의암 규암 (QZ), 변성 탄산염암 (LS), 및 창촌리 편마암 (GN) 간의 경계를 보여주는 노두 사진.

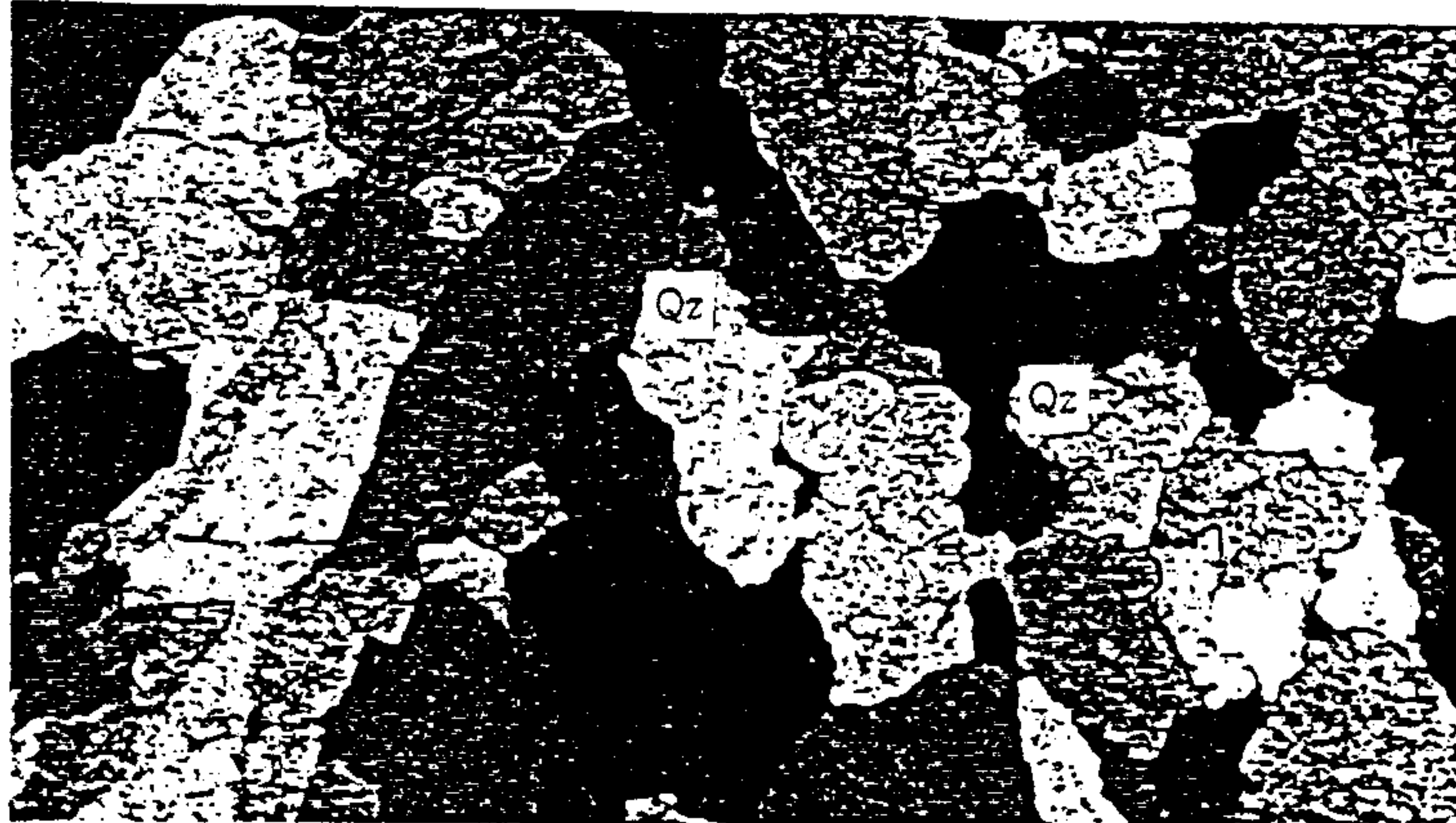


그림 14. 거두리 지역 의암 규암의 현미경 사진 (직교 니콜, 4X).



그림 15. 거두리 지역 변성 탄산염암의 현미경 사진 (작교 니콜, 4X).
CaDoi=방해석 또는 돌로마이트, Di=루회석, Qtz=석영.

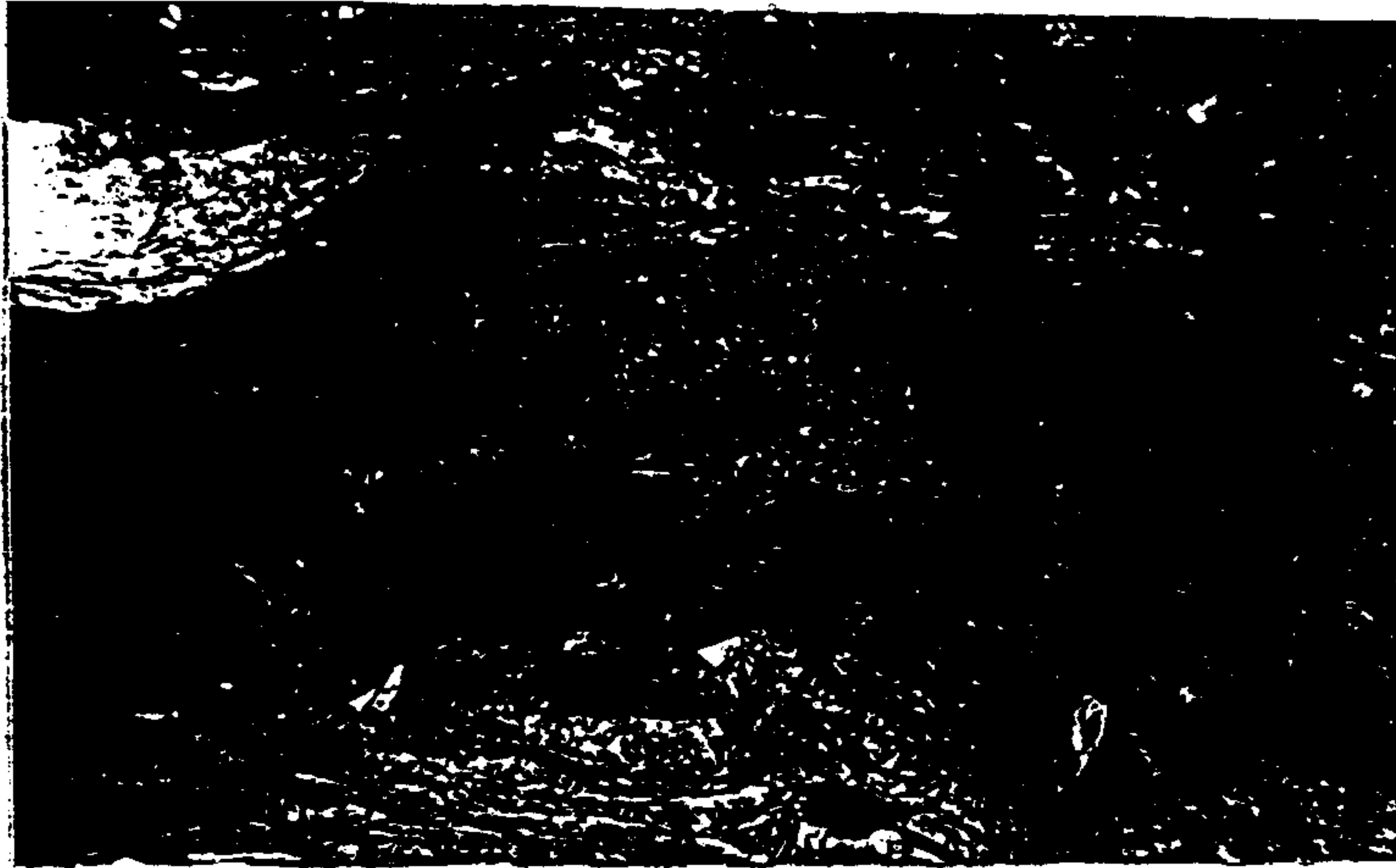


그림 13. 거두리 지역의 외암 규암 (QZ), 변성 탄산염암 (LS), 및 창촌리 편마암 (GN) 간의 경계를 보여주는 노두 사진.

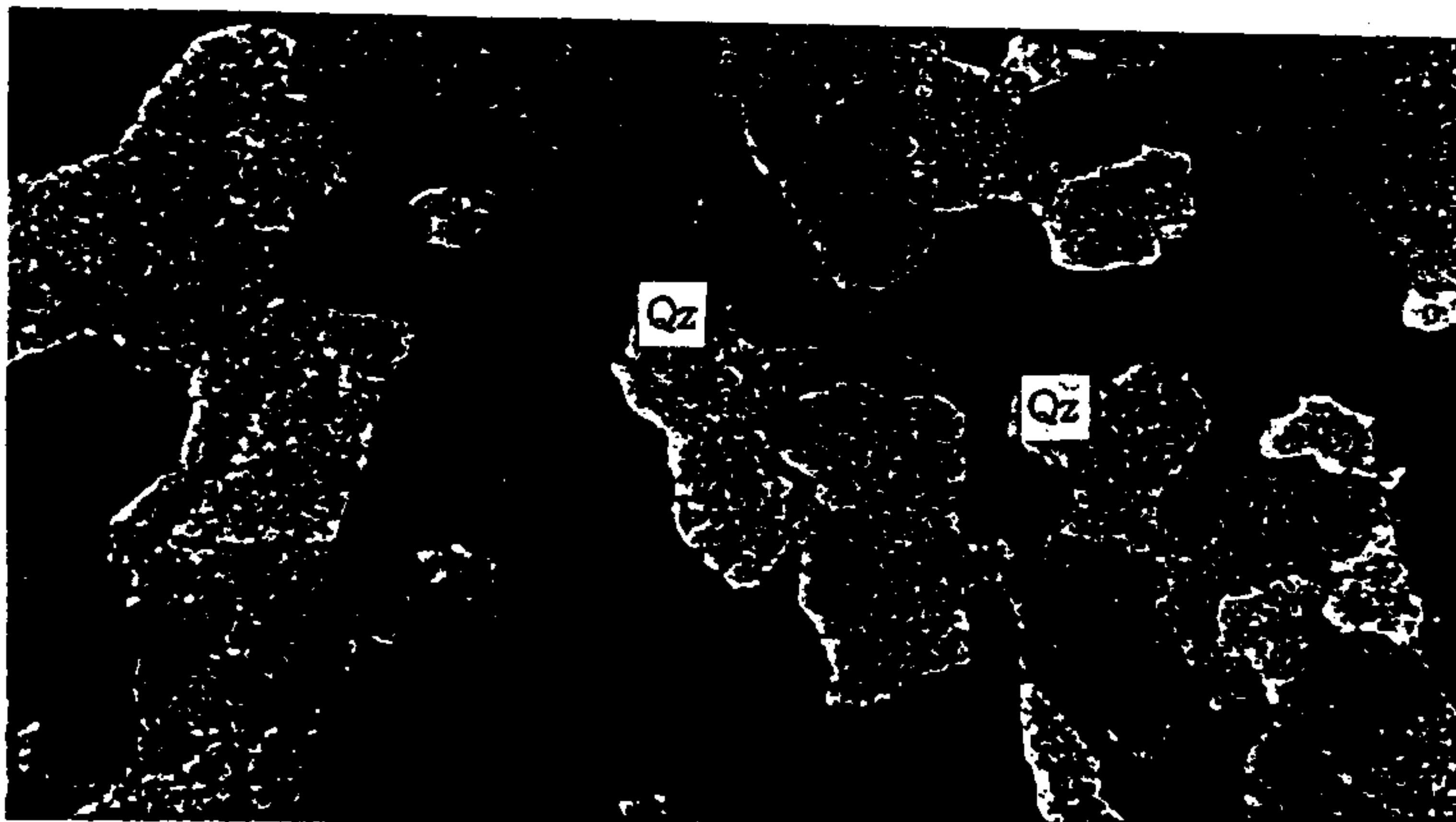


그림 14. 거두리 지역 외암 규암의 현미경 사진 (직교 니콜, 4X).



그림 15. 거두리 지역 변성 탄산염암의 현미경 사진 (작교 니콜, 4X).
CaDol=방해석 또는 돌로마이트, Di=루회석, Qtz=석영.

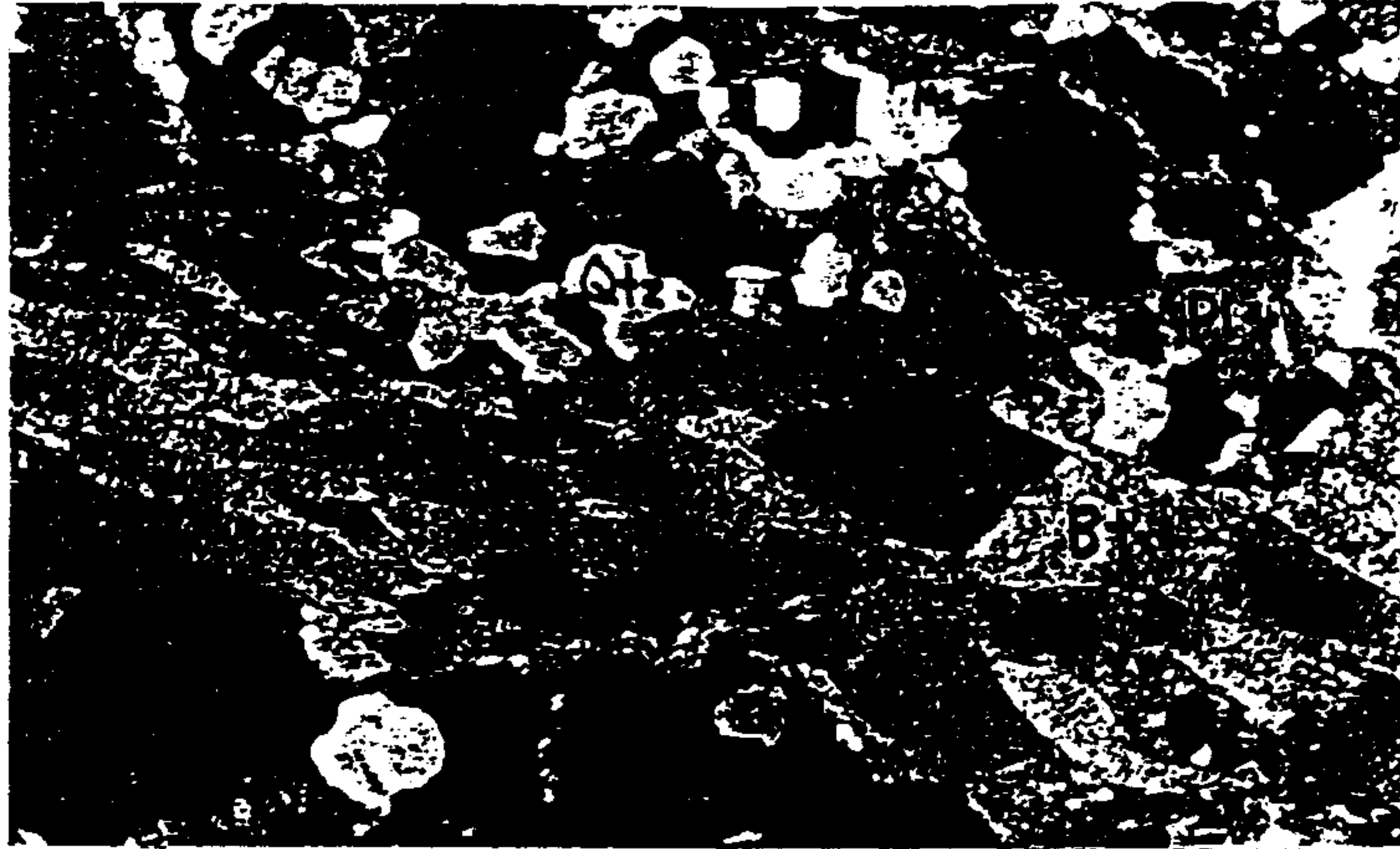


그림 16. 거두리 지역의 장촌리 현마암의 현미경 사진 (직교 니콜, 4X).
Qtz=석영, Bt=흑운모, Pl=사장석, Ms=백운모

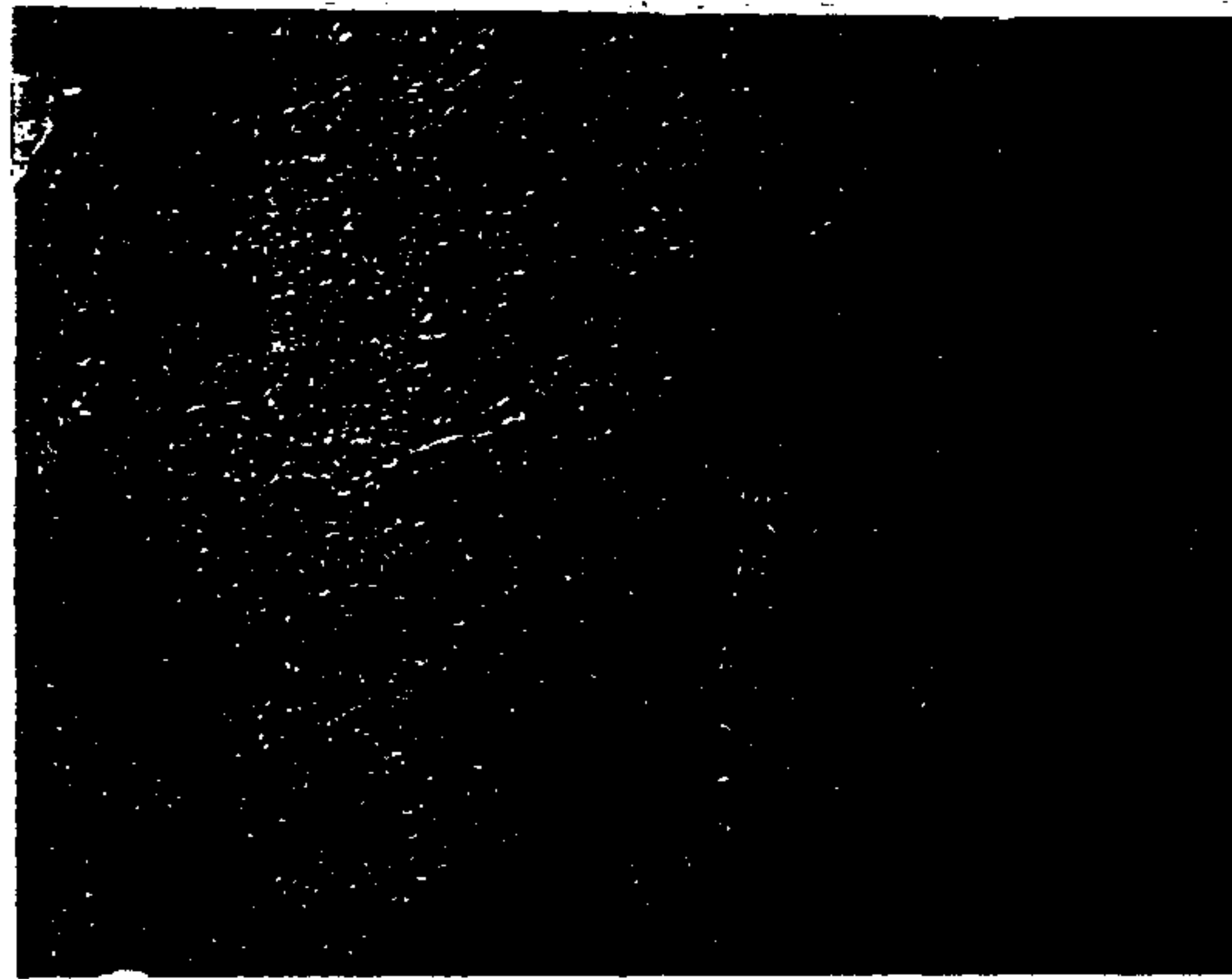


그림 17. 거두리 지역의 심한 풍화를 받은 화강암.

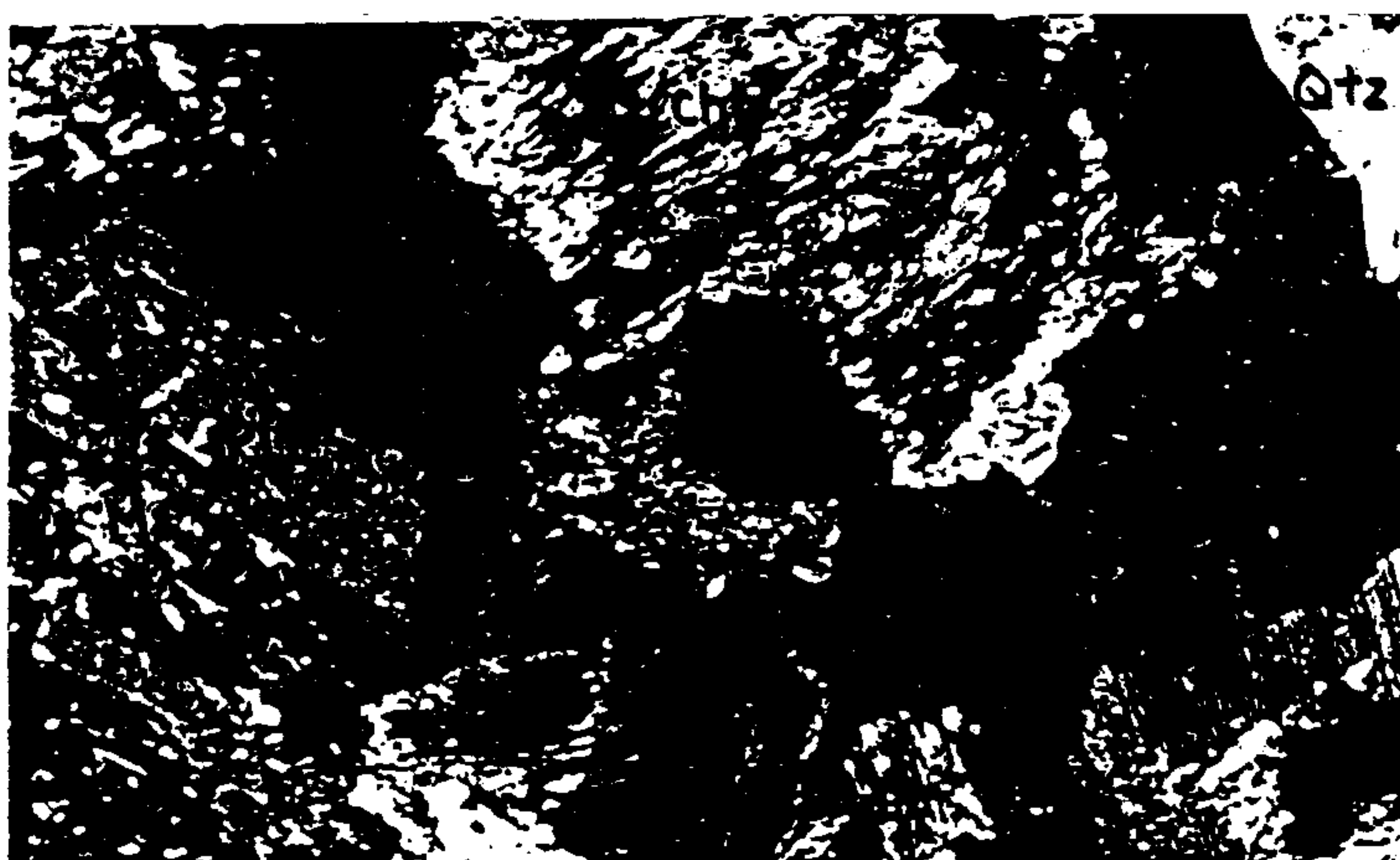


그림 18. 거두리 지역 춘천 화강암의 현미경 사진 (작교 니콜, 4X).
Qtz=석영, Bt(Chl)=녹니석화된 흑운모, Pl=사장석, Ms=백운모.

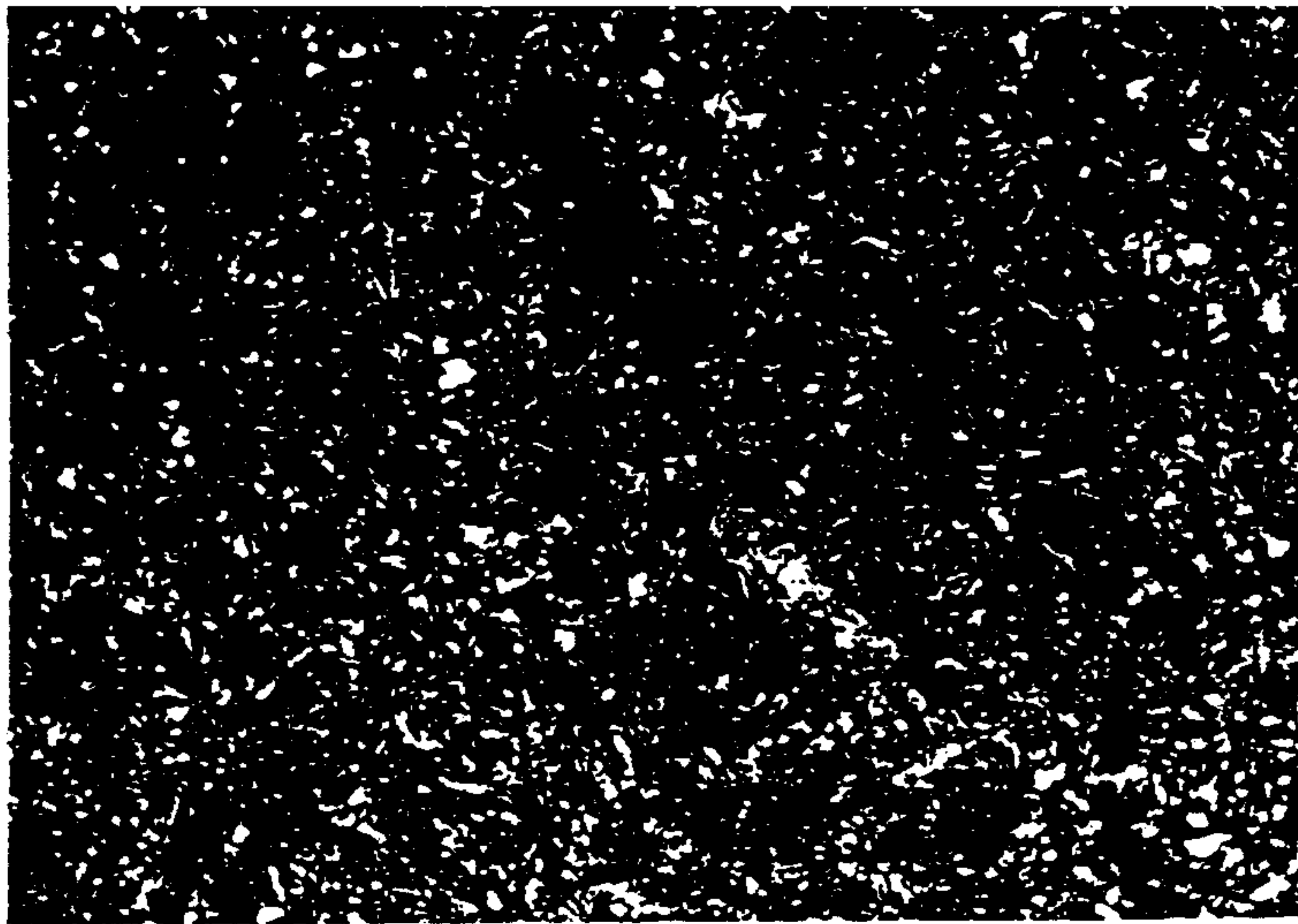
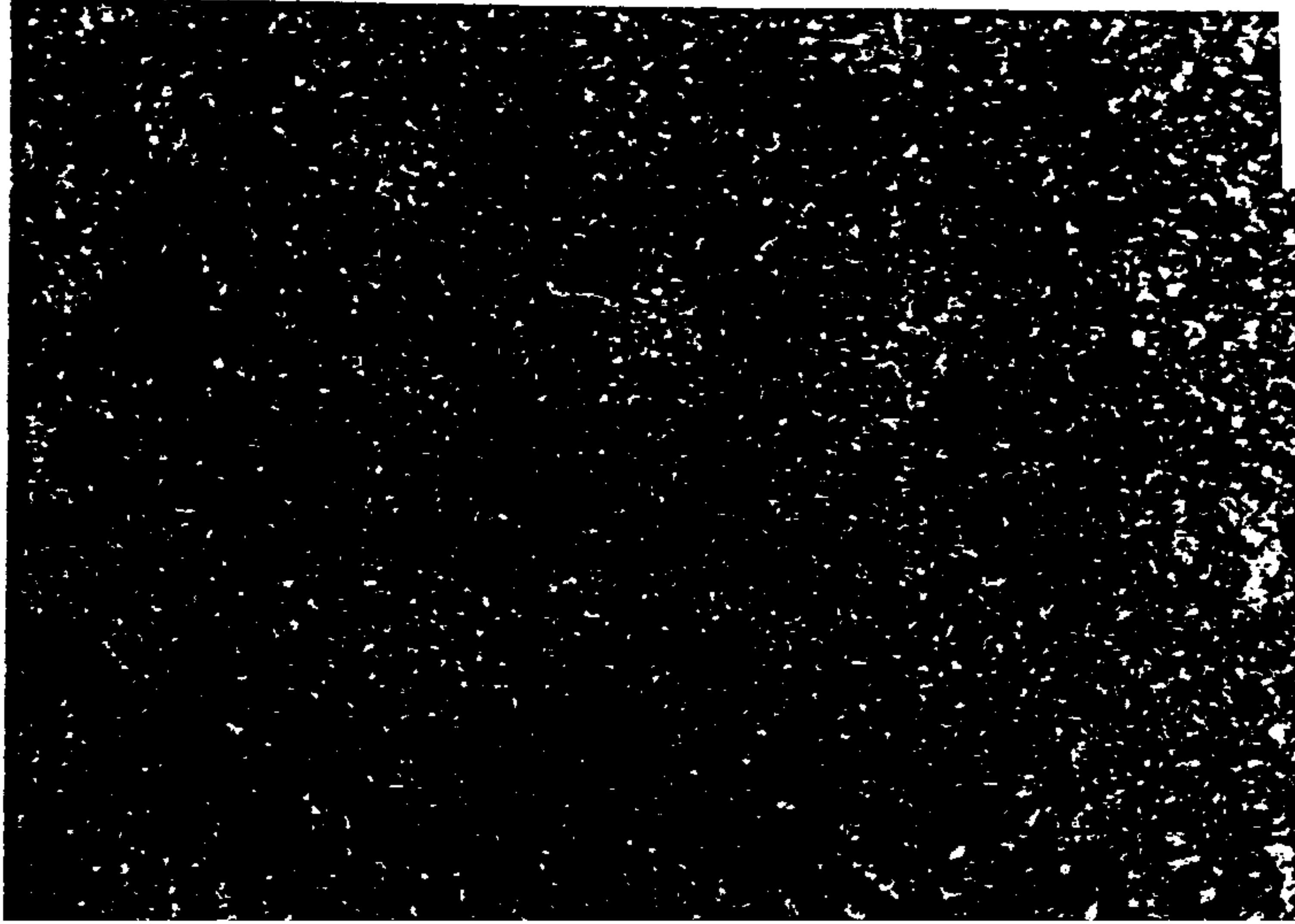


그림 19. 거두리 지역의 염기성 암맥의 현미경 사진 (오픈 및 직교 니콜, 4X).

第 5 節 研究地域의 地質構造

1. 地質 構造 資料 測定

여기서 構造 資料라 함은 研究 地域의 地質 構造, 특히 地下水의 流動에 影響을 주는 地質 構造를 把握하기 위한 基本 資料를 意味한다. 地下水의 流動에 影響을 줄만한 地質 構造로는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 節理
- ② 斷層
- ③ 岩脈
- ④ 層理
- ⑤ 葉理
- ⑥ 褶谷軸 및 褶谷軸面
- ⑦ 不正合面
- ⑧ 地下 洞窟
- ⑨ 其他 岩石 境界.

이와 같은 여러 地質 構造들에 대한 資料의 種類를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 方向 (走向, 傾斜)
- ② 頻度 (또는 密度)
- ③ 連續性
- ④ 부피
- ⑤ 有形 等

이러한 資料들은 모든 地質 構造에 대해 測定할 수 있는 것은 아니나 (例를

들면, 地下 洞窟은 走向과 傾斜 같은 方向性이 없으며, 節理와 같은 것은 부피를 알아내기가 힘들다), 모든 構造에 대해 細密하고 正確할 뿐만 아니라 가능한 많은 資料를 收集하도록 努力하여야 한다. 특히, 限定된 地域에서의 地下水의 流動 方向 및 產出量을 알아내기 위해서는 매우 精密한 調査가 必要함은 누구나 다 알고있는 事實이며, 이러한 精密 調査를 위해서는 恒常 Clinocompass, 줄자, 寫眞機, 및 平板과 같은 道具를 準備하여야 한다.

層像 地質 構造의 方向性 測定時에는 몇 가지 注意할 점이 있다. 優先, 몇몇 層理나 葉理 같은 것을 除外하고는 大部分의 層像 構造의 測定面이 平片하지 못하다는 것이다. 이러한 境遇 같은 層像 構造에 대해 여러 部分에서 方向을 반복 測定한 후, 그 平均 값을 採擇하는 것이 좋다. 때로 層像 構造의 凹凸이 三面 以上 露出되는 境遇가 있는데, 이러한 境遇 層像 構造의 눈높이 地點을 여러 方向에서 바라보다 層像 構造의 境界線이 一直線으로 보일 때 自身과 그 層像 構造의 方向을 資料로써 採擇하는 것이 直接 層像面위에 測定하는 것보다 正確한 資料를 얻을 때가 많다. 또 하나 構造 資料를 收集할 때 주의하여야 할 점은 資料가 偏重되는 것이다. 複雜한 地質 構造를 갖는 地域을 野外 調査할 境遇, 特定한 岩石이 反復적으로 좋은 露頭를 보이는 境遇가 많다. 이 때, 그러한 露頭に 대해서만 위와 같은 자세한 構造 資料를 收集할 수 있을 境遇, 그렇게 收集된 資料는 한 岩石의 構造的 特性만 을 反影할 憂慮가 있으며, 이는 흔치 않게 全體 地質 構造의 解析에 있어서 誤謬를 誘發할 수 있다.

基本的으로 構造 資料의 測定은 地下水의 流動이 어떠한 地質 構造에 의해 주로 支配될 수 있을 것인가 判斷하기 위한 것이나, 이의 지나친 解析은 禁物이다. 무엇보다도 構造 資料의 測定 및 그 收集에 있어서 地域의 全體的인 構造와 地史를 恒常 念頭に 두어야 한다.

2. 地質 構造 資料 分析

測定된 構造 資料를 電算化하기 위해서는 그들에게 一定한 數值 값들을 附與하여야 한다. 走向이나 傾斜와 같은 값들은 一定한 數值로 나타내므로 별 어려움이 없겠지만, 連續性이나 類型과 같은 資料는 數值化 하기가 쉽지 않다. 이렇게 數值化 하기 어려운 정성적인 資料는 統計學에서 取扱하는 "ranking" 이나 "class"와 같은 概念을 利用하여 數值化하는 方法도 생각해볼 수 있겠다 (基本的으로 이러한 資料를 어떻게 數值化할 것인가는 全적으로 研究者의 觀點과 主觀에 달린 것이다). 예를 들면, 斷層의 種類를 어떻게 電算化할 수 있을까 생각해보자. 簡單히 斷層의 種類를 考慮한다면, 正斷層, 逆斷層, 및 走向이동 斷層으로 나눌 수 있을 것이다 (물론, 實際의 境遇는 이보다 훨씬 複雜하지만). 研究 地域에서 이러한 斷層의 種類에 따른 頻度を 調査한 後, 가장 많이 나타나는 種類를 1, 그 다음이 2, 그리고 가장 적게 나타나는 것을 3이라 하고 이 값들을 該當 斷層의 種類 값에 入力한다. 이것이 "ranking"인데, 이러한 "ranking"을 包含하는 統計 分析은 여러 가지 "Nonparametric statistical analyses"같은 것을 통해 可能하다.

위와 같은 方法을 통해 각 構造 資料 項目들을 數值化 하면, 이를 效果的으로 管理할 수 있는 資料 파일을 만들어야 한다. 이 資料 파일은 알아보기 쉬울 뿐만 아니라, 後에 여러 種類의 分析에 쉽게 利用될 수 있어야 할 것이다. 認識 및 管理의 容易性으로 볼 때 資料 파일을 Data Base 管理 프로그램을 利用하여 作成하는 것이 좋을 것이나, 自然 科學에서 흔히 隨行하는 分析, 計算, 및 解析을 위해서는 흔히 使用되는 spread sheet 프로그램을 利用하여 資料 파일을 만들도록 推薦하고 싶다. 가장 代表的인 spread sheet 프로그램 중의 하나가 MS-EXCEL인데, 이 프로그램으로 資料 파일을 作成하면 後에 LOTUS-123, QUATRO, GRAPHER, SURFER, SPSS-PC 등과 같은 많은 應用 프로그램에 直接 入力 資料로써 利用할 수 있는 長點이 있다. 어떻든, 資料 파일을 生成할 때는 어떠한 프로그램을 利用하건, 管理의 便利性 뿐만 아니라 資料의

互換性도 반드시 考慮해야 할 것이다.

3. 地域別 地質構造

가. 大關嶺 地域

大關嶺 地域은 嶺東 高速道路 邊에 신선한 露頭가 많이 露出되어 斷層 및 節理의 方向, 그들의 密度 및 延長性을 充分히 測定할 수가 있었다. 표 2는 이와 같이 測定된 斷層 構造 資料들을 표3은 節理 構造 資料들을 電算化하여 데이터 파일화 한 것이다.

表2의 資料들 중, 斷層의 走向과 傾斜만을 逆投影한 것이 그림20이다. 이로부터, 大關嶺 地域의 斷層은 뚜렷한 方向性 없이 散布함을 알 수 있다. 그러나 野外 調査時 暫定 鑿井 位置 약간 北쪽에 두 개의 比較的 큰 斷層이 지나가는 것으로 觀察되었다. 이 斷層의 走向은 대략 N21E이며 傾斜는 87SE인 것으로 測定되었다. 이 斷層을 除外하고 이 地域의 大部分의 斷層들은 그 變位가 수십 cm 內외의 것으로, 大部分 引張力에 의한 正斷層일 것으로 생각된다.

表3의 資料들 중, 節理의 走向과 傾斜만을 逆投影한 것이 그림21이다. 그림 21을 보면, 研究 地域의 節理도 斷層과 마찬가지로 뚜렷한 方向性이 없는 것으로 나타난다. 그러나 野外 觀察에 의하면, 鹽基性 岩脈의 약간 北쪽에 심한 風化帶 또는 龜裂帶 (fracture zone)가 鹽基性 岩脈 및 그 北쪽의 斷層과 거의 平行하게 發達하였으며, 그보다 南쪽에도 이 地域 主 斷層 方向에 平行한 또 하나의 龜裂帶가 存在하는 것이 觀察되었다. 以上の 大關嶺 地域에 대한 構造 資料를 모아 地質 構造圖를 作成 한것을 그림22에 나타내었다.

大關嶺 地域의 斷層 및 節理가 走向, 傾斜, 密度 및 그 延長性에 어떠한 傾向性이 있는지 더욱 자세히 알아보기 위해 컴퓨터 프로그램 SPSS-PC를 利用한 統計 分析을 實施하였다. 表4는 이와 같은 統計 分析 結果 얻어진 斷層과 節理

의 走向, 傾斜, 密度 및 延長性에 대한 相關 係數이다. 이로부터, 이들은 서로 어떠한 傾向性도 보이지 않는 無作爲의 關係를 가짐을 알 수 있다. 이 結果로 因해, 構造 資料에 대한 要因 分析 및 回歸 分析과 같은 統計 分析은 더 以上 實施하지 않았다. 그림23은 統計 分析 結果를 圖示한 것으로 한 눈에 構造 資料의 각 項目들은 서로 아무런 傾向性, 즉 相關 關係가 없음을 알 수 있다.

나. 거두리 地域

앞서 이미 言及하였듯이 거두리 地域은 風化가 심해 신선한 露頭를 거의 찾아볼 수 없어 構造 資料의 測定이 困難하였다. 表5 및 6은 거두리 地域의 斷層 및 節理의 方向에 대한 資料의 電算化 結果이다. 表5 및 6에서 密度와 延長性은 測定하기 困難하여 모두 0과 5로 入力하였다. 그림 24와 25는 이들 資料를 바탕으로 스테레오 逆投影한 結果이다. 이로부터, 거두리 地域의 斷層과 節理 또한 特定한 方向性이 없음을 알 수 있다. 斷層과 節理 資料의 傾向性을 좀 더 자세히 알아보기 위해 컴퓨터 프로그램 SPSS-PC를 利用하여 統計 分析하였으나, 資料 間의 相關 關係는 大關嶺의 構造 資料 境遇와 마찬가지로 매우 낮았다 (表7). 그림26은 거두리 地域의 斷層 및 節理의 構造 資料間의 聯關性을 좀 더 알아보기 위해 走向과 傾斜를 軸으로 圖示한 것이다. 그 結果는 統計處理의 結果가 指示하듯, 走向과 傾斜가 아무런 聯關性이 없음을 나타낸다.

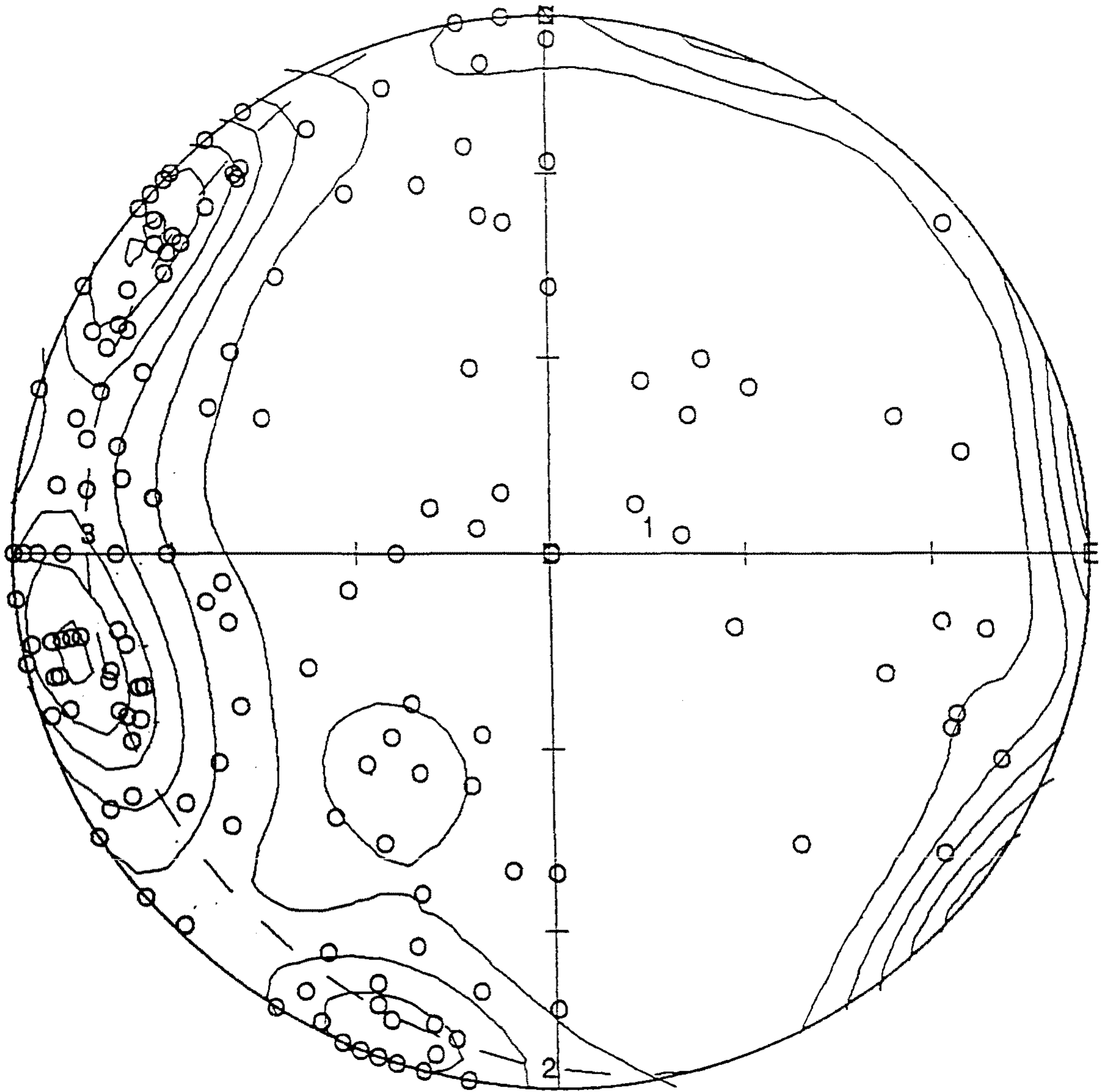
표 2. 대관령 지역 단층들에 대한 주향, 경사, 밀도, 연속성 (자료의 일부).

| 주향* | 경사 | 밀도 | 연속성 | 주향* | 경사 | 밀도 | 연속성 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| -6 | 7 | 0 | 5 | 44 | 9 | 0 | 1 |
| 32 | 9 | 0 | 1 | 75 | 9 | 0 | 5 |
| 9 | 9 | 20 | 5 | -82 | 0 | 0 | 5 |
| 43 | 10 | 0 | 1 | -83 | 4 | 0 | 5 |
| -29 | -32 | 0 | 2 | -33 | 35 | 0 | 5 |
| 21 | 12 | 0 | 1 | 11 | 0 | 0 | 5 |
| -53 | 58 | 0 | 2 | 18 | 10 | 0 | 5 |
| 83 | 49 | 0 | 1 | -7 | 10 | 0 | 5 |
| 25 | 8 | 0 | 1 | 63 | 28 | 0 | 2 |
| 17 | 18 | 1.5 | 1 | -19 | 0 | 0 | 1 |
| 59 | 59 | 0 | 2 | 43 | 78 | 0 | 1 |
| 25 | 30 | 0 | 2 | 38 | 28 | 0 | 5 |
| 7 | 18 | 0 | 1 | -75 | 10 | 15.2 | 5 |
| 11 | 0 | 0 | 2 | -25 | 12 | 0 | 5 |
| 31 | -10 | 0 | 5 | 45 | -30 | 0 | 5 |
| 17 | -21 | 0 | 1 | 21 | 10 | 0 | 5 |
| -47 | 22 | 0 | 5 | 18 | -10 | 3 | 5 |
| -17 | 19 | 0 | 1 | 75 | 38 | 0 | 5 |
| -33 | 29 | 0 | 5 | -65 | 50 | 0 | 5 |
| 33 | 11 | 0 | 5 | 73 | -20 | 0 | 5 |
| -66 | 37 | 0 | 5 | -17 | 8 | 0 | 5 |
| -83 | 2 | 0 | 3 | -77 | 52 | 0 | 5 |
| 33 | 9 | 0 | 1 | -21 | -5 | 0 | 5 |
| -17 | 12 | 0 | 1 | -79 | 0 | 0 | 5 |
| -39 | 27 | 0 | 3 | 71 | 46 | 0 | 5 |
| -41 | 18 | 0 | 1 | -53 | -60 | 0 | 5 |
| -37 | 5 | 0 | 5 | -57 | 46 | 0 | 5 |
| 13 | 12 | 0 | 5 | 15 | -21 | 0 | 5 |
| -41 | 18 | 0 | 5 | -7 | 66 | 0 | 5 |
| -28 | 16 | 0 | 4 | -12 | 0 | 0 | 5 |
| 11 | 78 | 0 | 4 | 23 | 0 | 14.2 | 5 |
| 35 | 0 | 0 | 5 | -87 | 18 | 0 | 5 |
| 34 | 12 | 7 | 1 | -17 | 8 | 0 | 5 |
| -47 | -50 | 0 | 3 | -17 | 10 | 1 | 5 |
| 33 | 0 | 0 | 2 | -74 | 14 | 0 | 5 |
| 19 | 6 | 0 | 2 | -15 | 35 | 0 | 5 |
| 37 | 0 | 0 | 2 | -31 | 15 | 7.5 | 5 |
| 29 | 12 | 0 | 3 | 18 | 40 | 7.5 | 5 |
| 43 | 0 | 0 | 5 | -19 | 38 | 0 | 5 |
| 33 | 0 | 0 | 5 | -59 | -52 | 0 | 1 |
| -15 | -70 | 0 | 5 | -7 | 0 | 0 | 5 |
| 33 | 4 | 0.1 | 1 | 78 | 0 | 0 | 3 |
| 35 | 0 | 0 | 1 | -32 | 48 | 0 | 3 |
| 71 | 24 | 0 | 5 | 1 | 26 | 0 | 3 |
| -13 | 12 | 0 | 5 | -23 | 15 | 1 | 5 |
| -2 | 18 | 0 | 5 | 38 | 0 | 0 | 5 |
| -85 | 8 | 3 | 3 | -7 | 0 | 0 | 5 |
| -17 | 6 | 0 | 1 | -19 | 20 | 0 | 1 |
| -17 | 2 | 0 | 1 | -75 | 60 | 0 | 1 |
| -21 | 6 | 0 | 1 | 53 | 24 | 0 | 5 |

주향: NE=+, NW=-, 경사: 90-실제경사, 밀도: 단위=개/m,
 연속성: 1=가장 좋음, -, 5=가장 나쁨.

표 3. 대관령 지역 절리들에 대한 주향, 경사, 밀도 및 연속성 (자료의 일부).

| 주향 | 경사 | 밀도 | 연속성 | 주향 | 경사 | 밀도 | 연속성 |
|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|
| -31 | -6 | 0 | 2 | 11 | 0 | 0 | 2 |
| 47 | -6 | 0 | 2 | 39 | 80 | 0 | 2 |
| -27 | 2 | 0 | 2 | -25 | 0 | 0 | 2 |
| -57 | -5 | 0 | 2 | 45 | 0 | 0 | 2 |
| 43 | -40 | 0 | 5 | -17 | -60 | 0 | 5 |
| 23 | 88 | 0 | 5 | -71 | 6 | 0 | 2 |
| 1 | 20 | 0 | 1 | -87 | -55 | 0 | 5 |
| 23 | -8 | 0 | 5 | -87 | 0 | 0 | 5 |
| 49 | 0 | 0 | 3 | 33 | 11 | 0 | 5 |
| -27 | 2 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 3 |
| 25 | -46 | 18 | 5 | -15 | 80 | 0 | 2 |
| -63 | 0 | 15 | 5 | 51 | -60 | 0 | 3 |
| 43 | -58 | 0 | 2 | -69 | 8 | 0 | 3 |
| -47 | 9 | 0 | 1 | -7 | 0 | 0 | 2 |
| 33 | -40 | 0 | 3 | 58 | -55 | 0 | 2 |
| 35 | 1 | 0 | 2 | 33 | -10 | 0 | 2 |
| 1 | 10 | 7 | 2 | -89 | 0 | 0 | 2 |
| -55 | 38 | 0 | 4 | -63 | 8 | 0 | 5 |
| -37 | -46 | 2 | 5 | 83 | 0 | 0 | 5 |
| 33 | -40 | 0 | 5 | -87 | 0 | 2 | 5 |
| 83 | 0 | 0 | 2 | -82 | -55 | 0 | 5 |
| -19 | 30 | 0 | 4 | 13 | 25 | 0 | 5 |
| -31 | -14 | 0 | 2 | -7 | 6 | 0 | 5 |
| 63 | -8 | 0 | 2 | 83 | 7 | 0 | 5 |
| -39 | 45 | 0 | 2 | 75 | 7 | 0 | 4 |
| 71 | 8 | 0 | 2 | -57 | -6 | 0 | 5 |
| 41 | 82 | 0 | 3 | 83 | 25 | 0 | 5 |
| -45 | 9 | 0 | 2 | -67 | 42 | 0 | 5 |
| 31 | 44 | 0 | 3 | 69 | -50 | 0 | 5 |
| -41 | 1 | 0 | 3 | 71 | 68 | 0 | 5 |
| -35 | 16 | 0 | 5 | -77 | -45 | 0 | 5 |
| -90 | -38 | 0 | 5 | -59 | -35 | 27 | 5 |
| -41 | 24 | 0 | 5 | 8 | -30 | 0 | 5 |
| -19 | 10 | 0 | 5 | -75 | 40 | 0 | 5 |
| -81 | 0 | 0 | 5 | -79 | 22 | 0 | 5 |
| 41 | -52 | 0 | 5 | -87 | -23 | 0 | 3 |
| -36 | -70 | 0 | 5 | 21 | 25 | 0 | 3 |
| -42 | -23 | 0 | 5 | -31 | 36 | 0 | 4 |
| 33 | 23 | 0 | 2 | -37 | 40 | 0 | 4 |
| 19 | 0 | 0 | 2 | 13 | 0 | 0 | 4 |
| 37 | 6 | 0 | 2 | -67 | 12 | 0 | 4 |
| -67 | 0 | 0 | 2 | -79 | 28 | 0 | 4 |
| -15 | -14 | 0 | 2 | 57 | 23 | 0 | 5 |
| -67 | 8 | 0 | 5 | 51 | 12 | 0 | 5 |
| 77 | 0 | 16 | 3 | 33 | 22 | 0 | 4 |
| 77 | -58 | 0 | 5 | 69 | 0 | 0 | 4 |
| 43 | -20 | 0 | 5 | 63 | 11 | 0 | 4 |
| -49 | 10 | 12 | 2 | 71 | 6 | 0 | 4 |
| -61 | 18 | 0 | 2 | -73 | 10 | 0 | 4 |
| 53 | -14 | 25 | 5 | -77 | -2 | 0 | 4 |
| -15 | 13 | 0 | 5 | 55 | -32 | 0 | 5 |
| -45 | 0 | 0 | 5 | 25 | -28 | 0 | 4 |
| -49 | 8 | 16 | 3 | 31 | 8 | 0 | 4 |



$N = 157$

$E = 4.26$

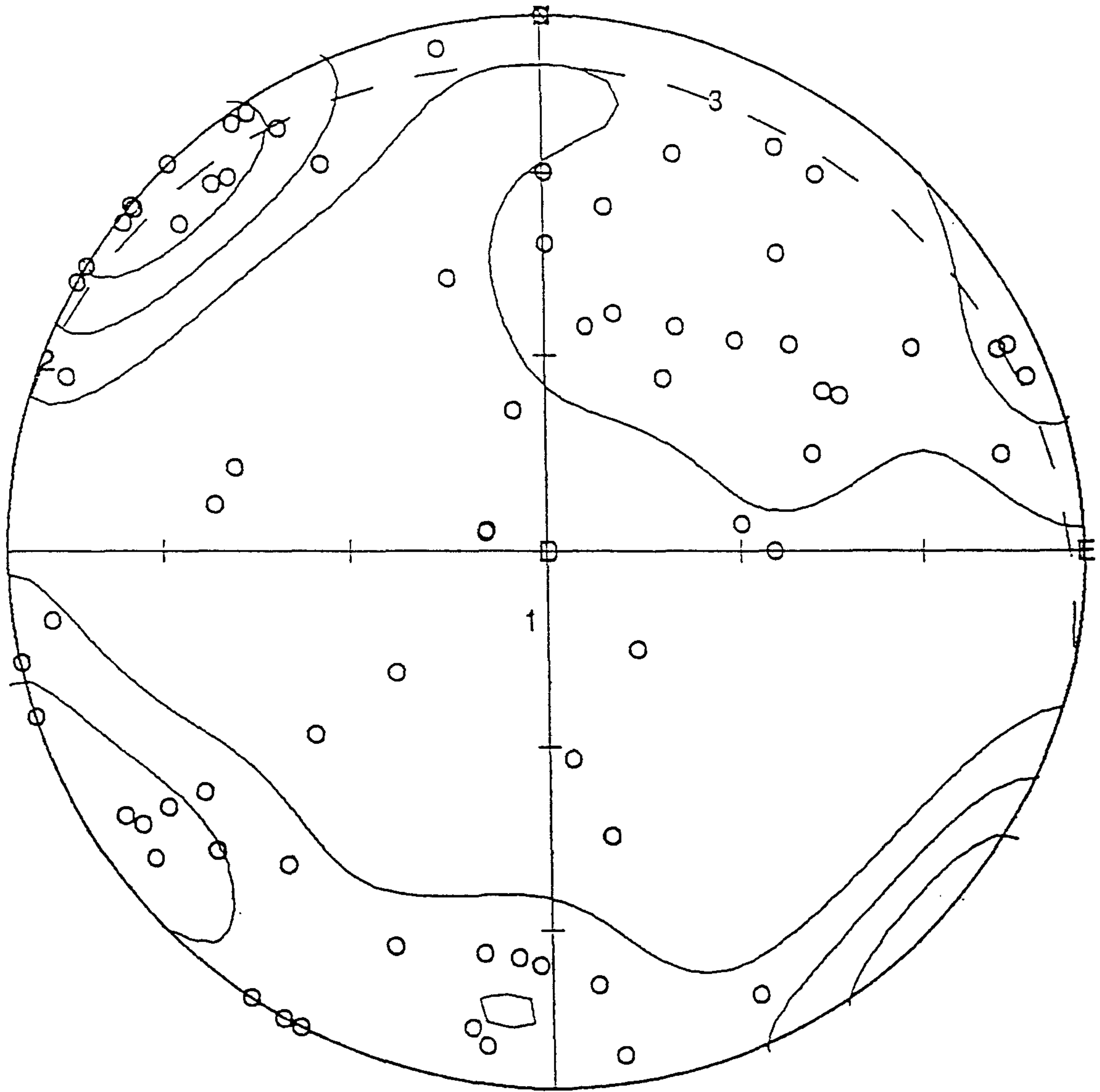
$k = 36.89$

$\text{Sigma} = 1.42$

$(\text{Peak} - E) / \text{Sigma} = 10.6$

Peak position : $259.4^\circ / 10.5^\circ$

그림 20. 대관령 지역 단층의 주향 및 경사에 대한 역투영.



$N = 74$

$E = 4.01$

$k = 18.44$

$\text{Sigma} = 1.34$

$(\text{Peak} - E) / \text{Sigma} = 6.0$

Peak position : $313.3^\circ / 3.1^\circ$

그림 21. 대관령 지역 절리의 주향 및 경사에 대한 역투영.

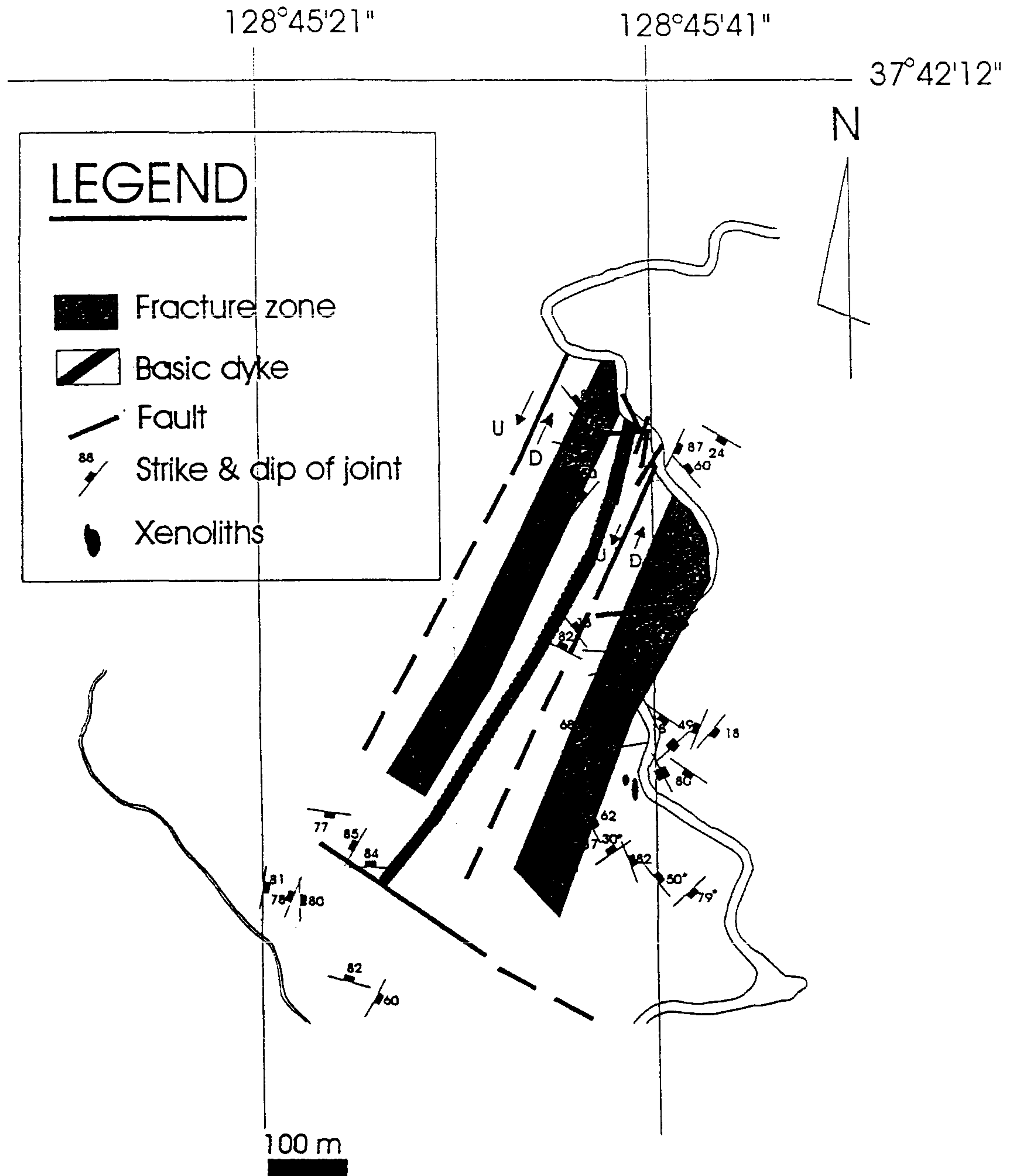
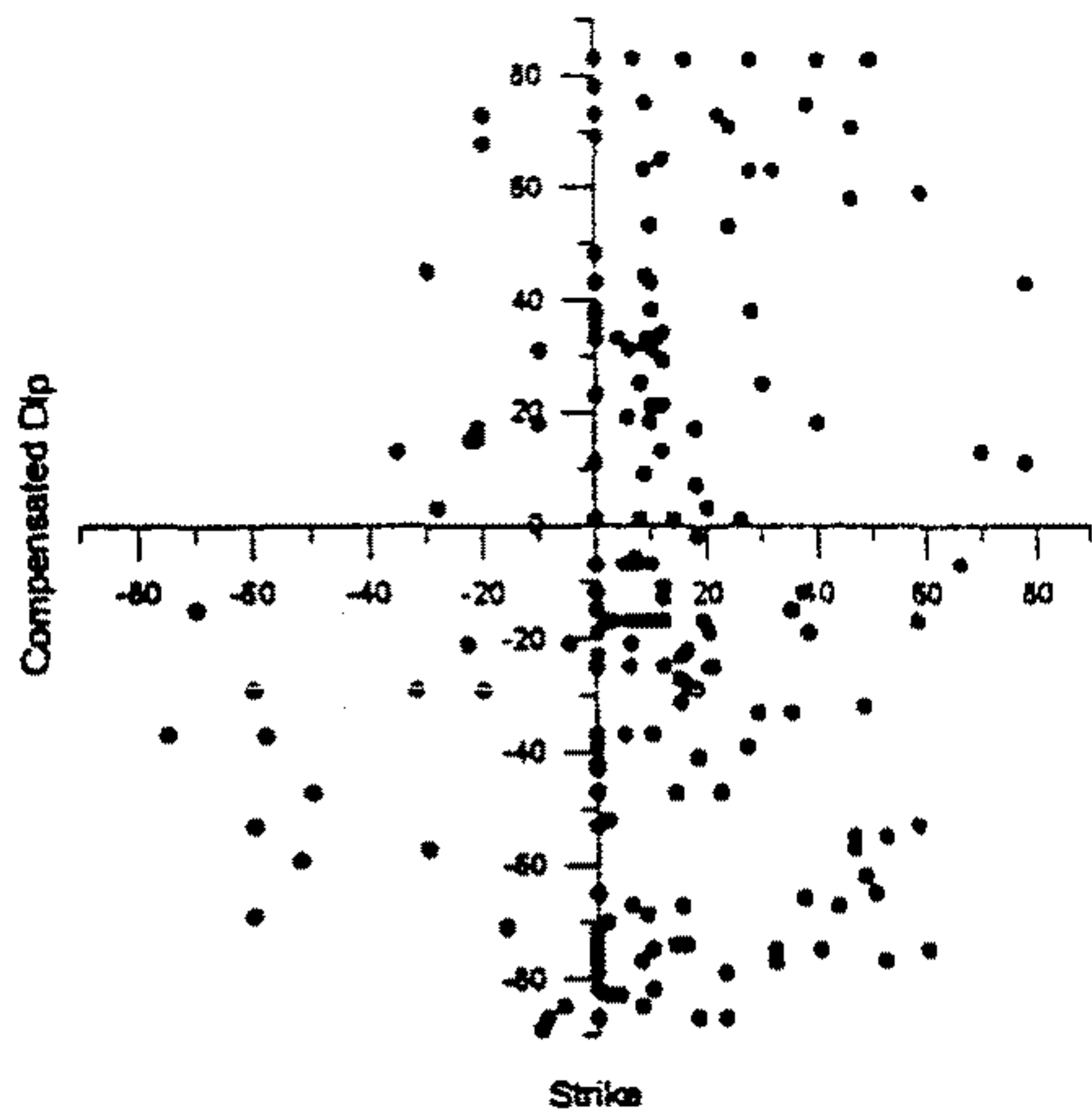


그림 22. 대판령 지역의 지질 구조도.

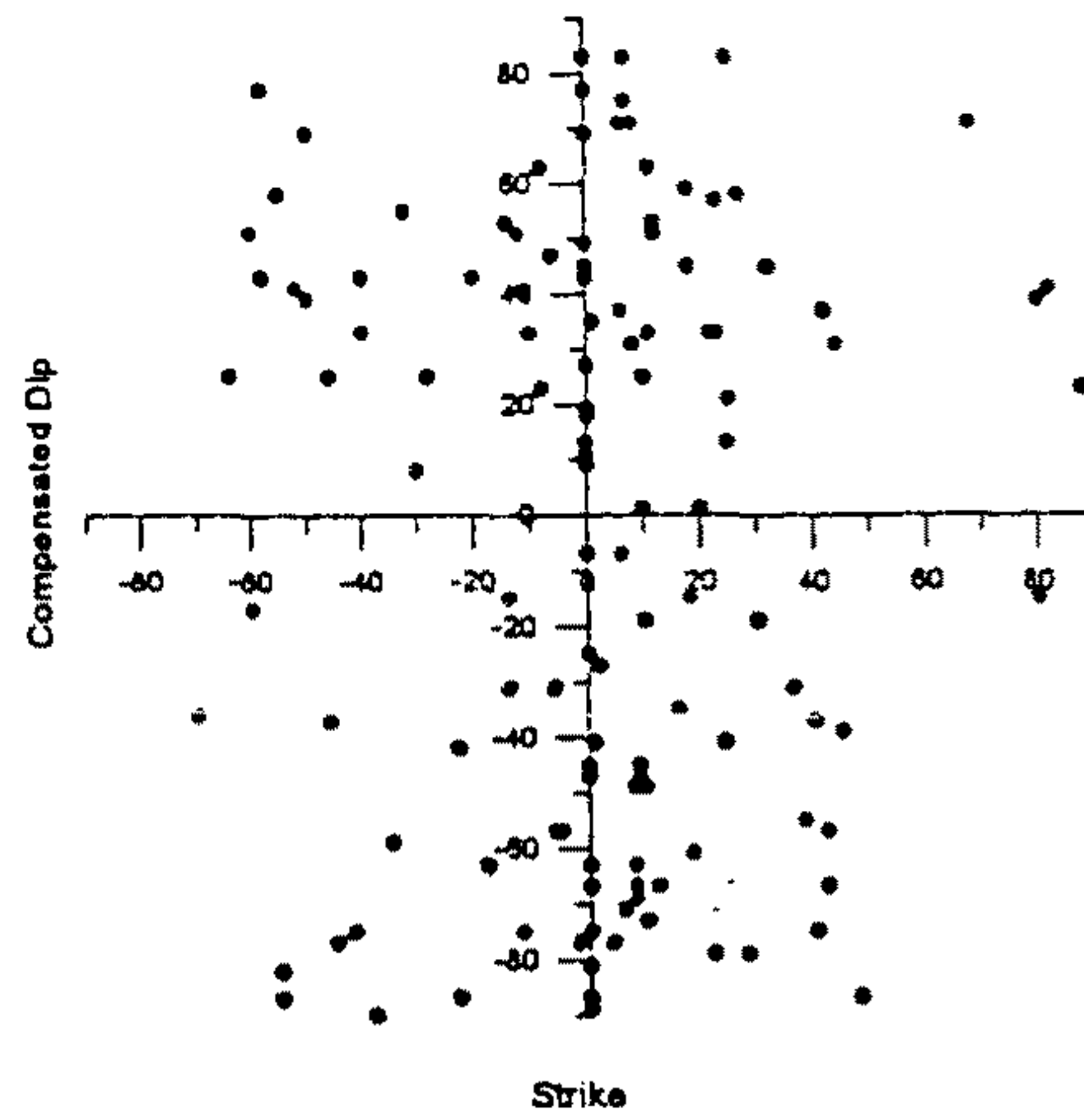
표 4. 대관령 지역 단층과 절리의 주향, 경사, 밀도 및 연장성 간의 상관 관계.

| | 주향 | 경사 | 밀도 | 연속성 |
|--------------------------------|---------|---------|--------|-------|
| 대관령 지역 단층 | | | | |
| 주향 | 1.000 | | | |
| 경사 | 0.0968 | 1.000 | | |
| 밀도 | -0.0095 | 0.0061 | 1.000 | |
| 연속성 | -0.1342 | -0.1296 | 0.0897 | 1.000 |
| 대관령 지역 절리 | | | | |
| 주향 | 1.000 | | | |
| 경사 | -0.104 | 1.000 | | |
| 밀도 | -0.0019 | -0.0988 | 1.000 | |
| 연속성 | -0.0174 | -0.1471 | 0.0754 | 1.000 |
| +1 또는 -1: 상관 관계 완전, 0: 상관관계 없음 | | | | |

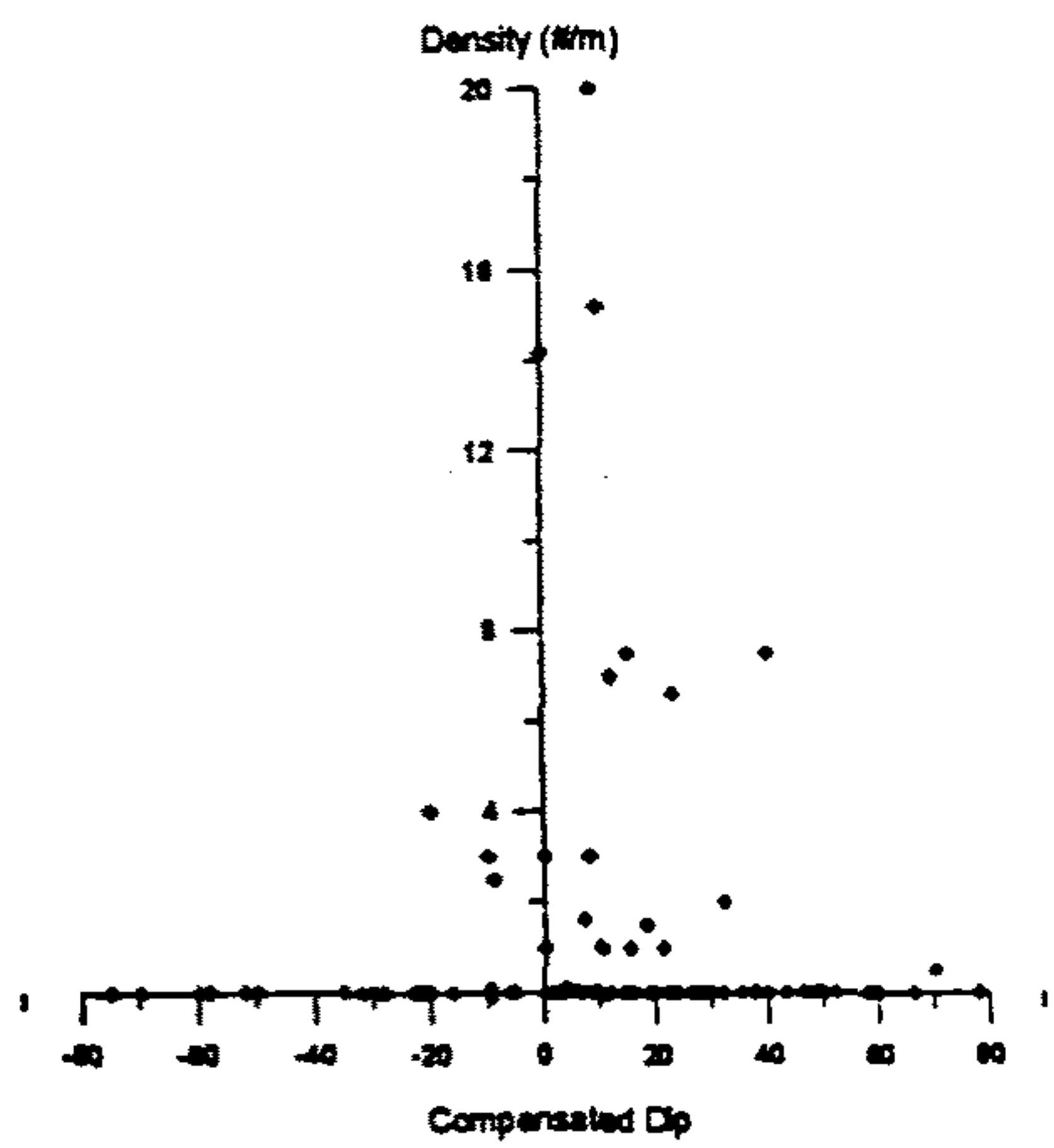
Strikes vs. dips of the faults in the Daekwanryung area.



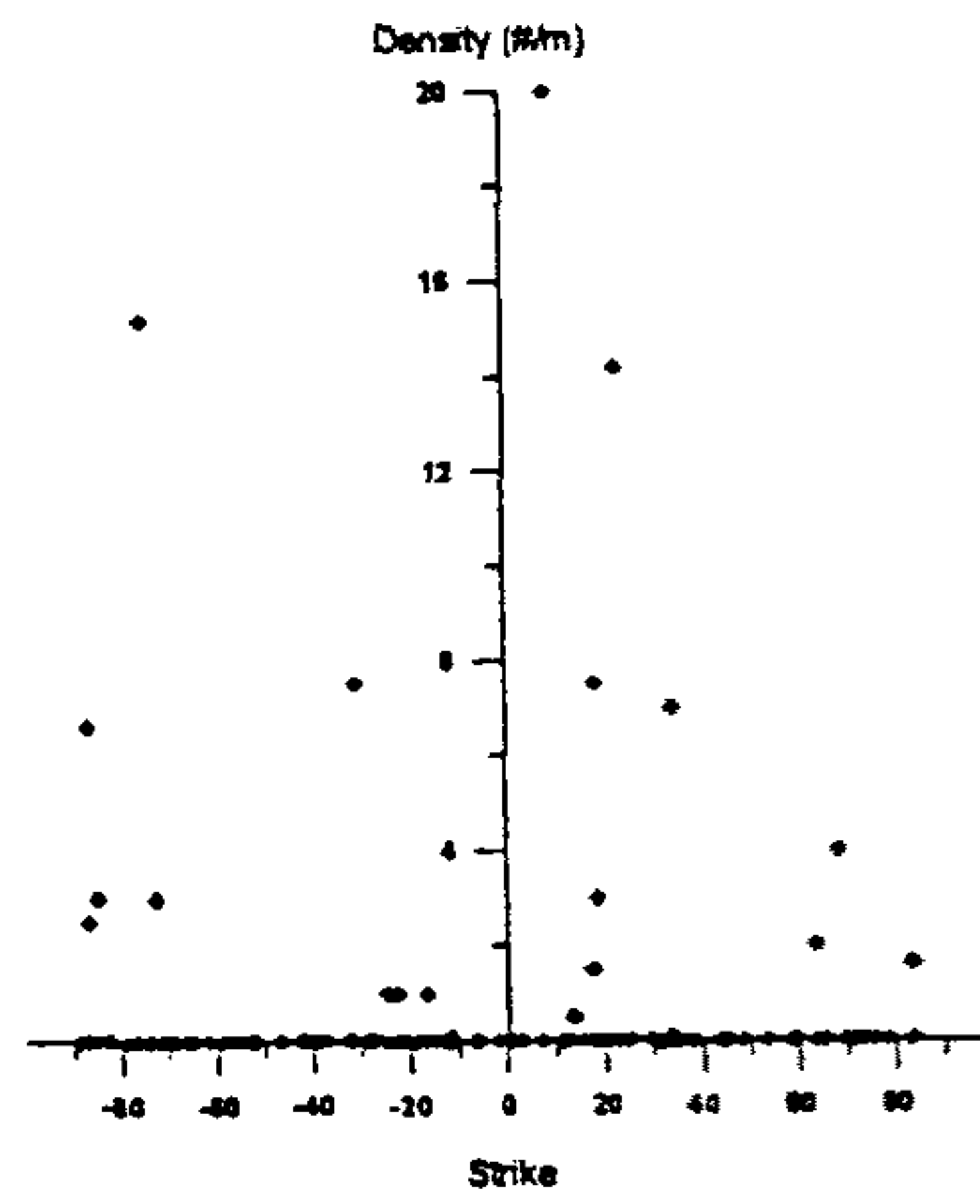
Strikes vs. dips of the joints in the Daekwanryung area



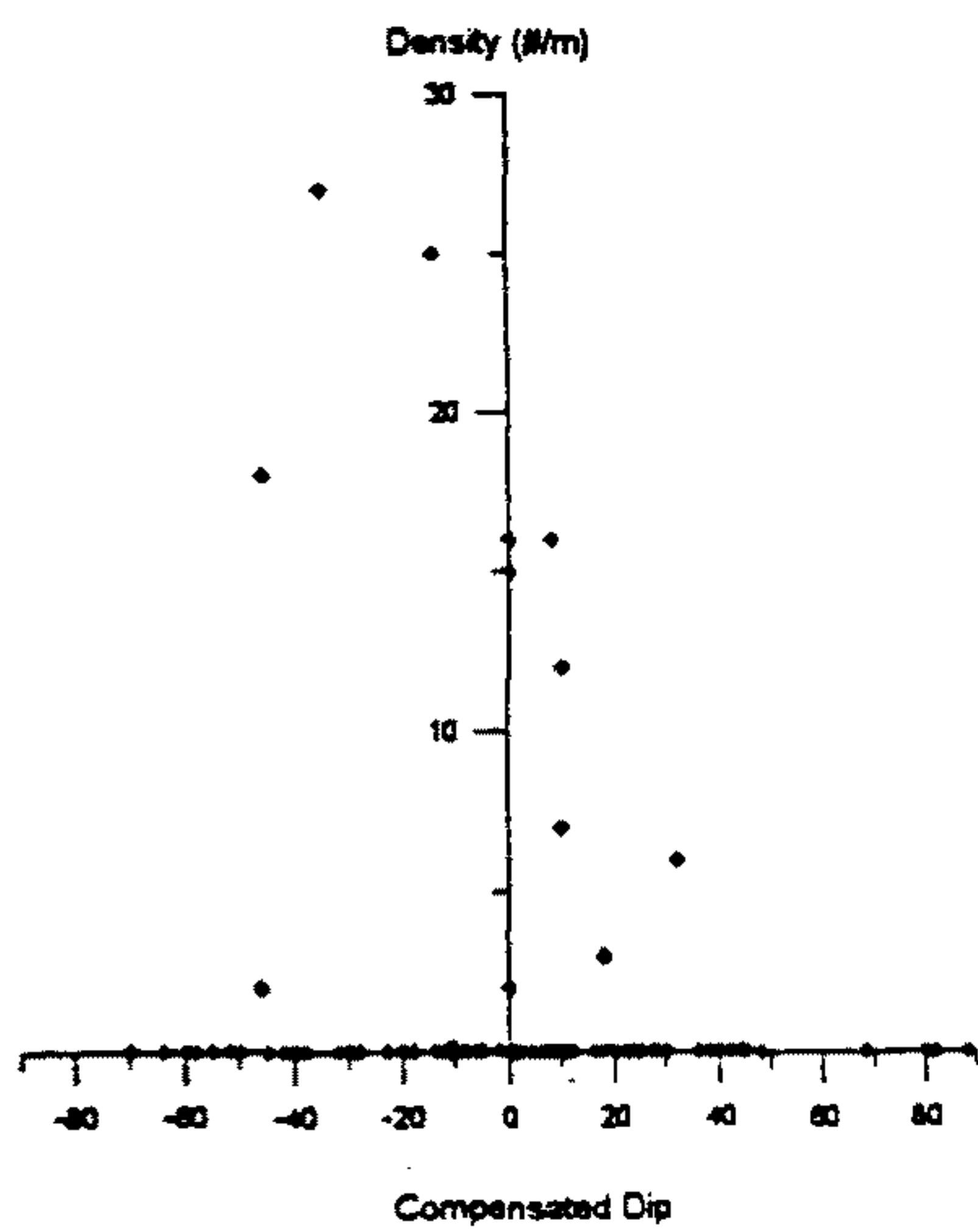
dips vs. densities of the faults in the Daekwanryung area.



Strikes vs. density of the faults in the Daekwanryung area.



Dips vs. densities of the joints in the Daekwanryung area



Strikes vs. densities of the joints in the Daekwanryung area

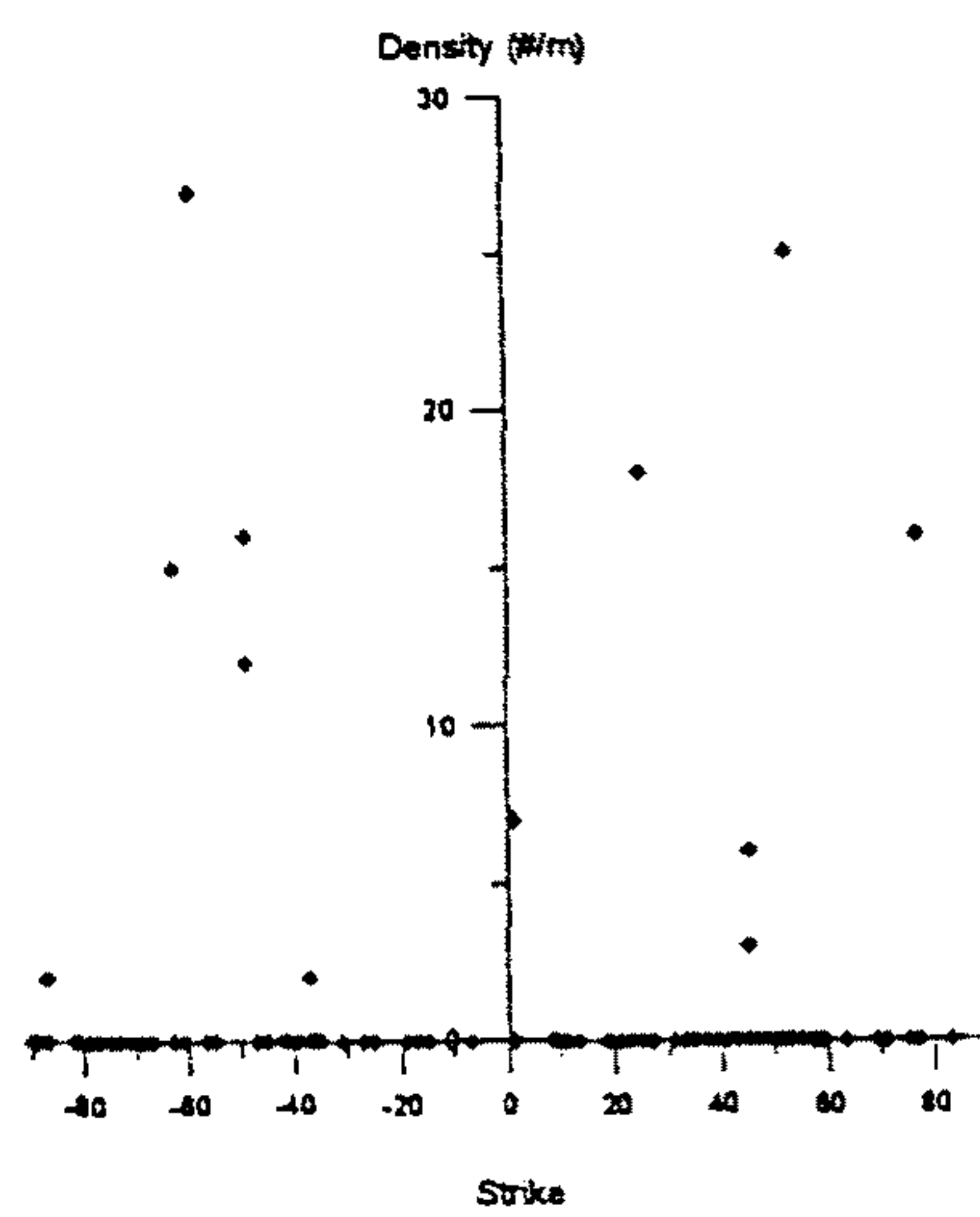


그림 23. 대관령 지역 구조 자료 각 항목 간의 상관 관계.

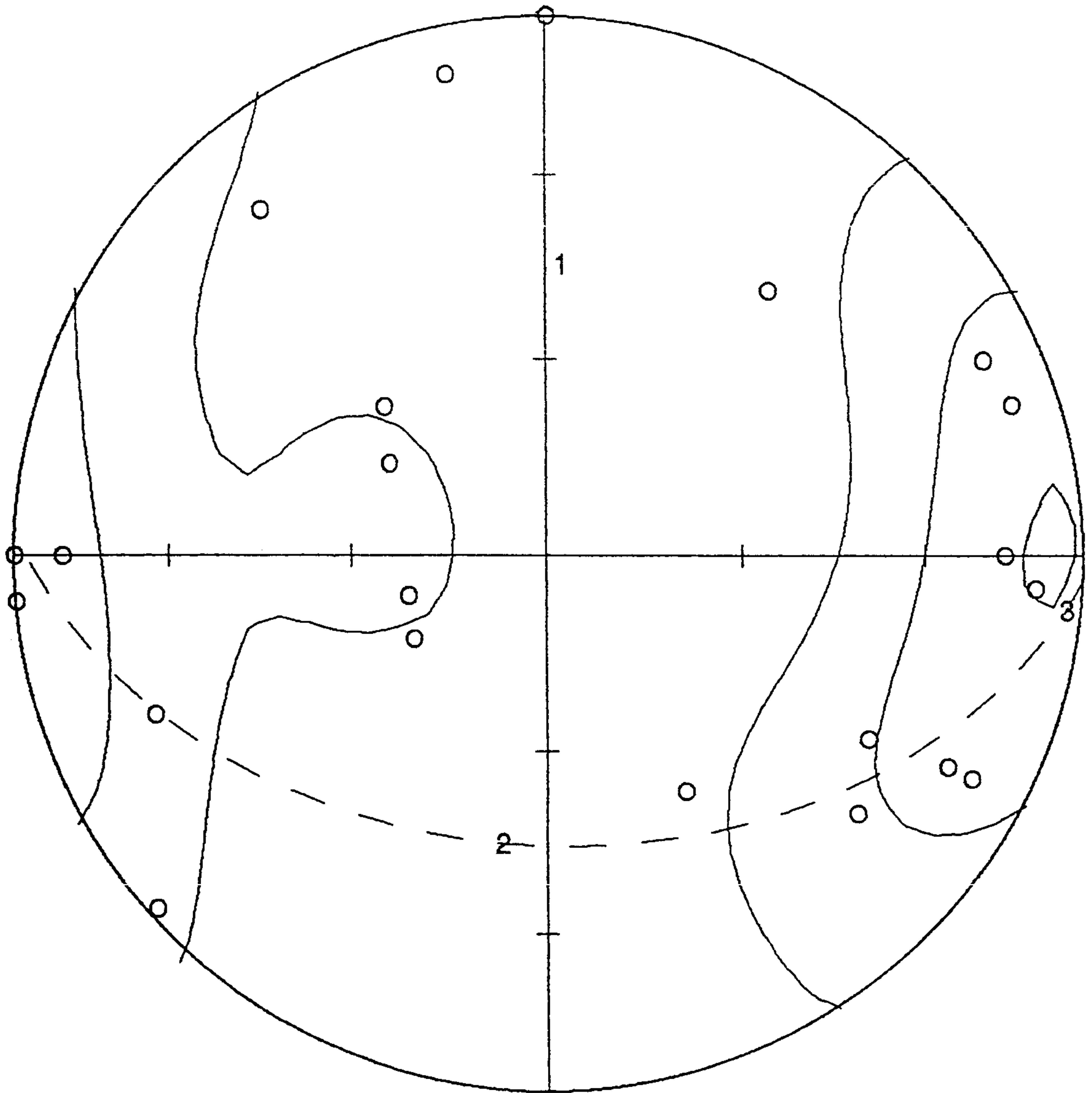
표 5. 거두리 지역 단층의 주향, 경사, 밀도 및 연장성.

| 주향* | 경사 | 밀도 | 연장성 |
|-----|-----|----|-----|
| 67 | 8 | 0 | 5 |
| 51 | 72 | 0 | 5 |
| 73 | 12 | 0 | 5 |
| 35 | 22 | 0 | 4 |
| 83 | 7 | 0 | 5 |
| 53 | 36 | 0 | 5 |
| -89 | -78 | 0 | 5 |
| 71 | -10 | 0 | 5 |
| 73 | -16 | 0 | 5 |
| -12 | 0 | 0 | 5 |
| -67 | -8 | 0 | 5 |

주향, 경사, 밀도 및 연장성의 표현은 표 2와 같음.

표 6. 거두리 지역 절리의 주향, 경사, 밀도 및 연장성

| 주향 | 경사 | 밀도 | 연장성 |
|-----|-----|----|-----|
| 71 | 10 | 0 | 5 |
| -33 | -16 | 0 | 5 |
| 23 | 62 | 0 | 5 |
| 43 | 18 | 0 | 5 |
| -12 | 0 | 0 | 5 |
| 35 | 56 | 0 | 5 |
| 21 | -12 | 0 | 5 |
| 23 | -32 | 0 | 5 |
| 21 | -17 | 0 | 5 |
| -23 | 68 | 0 | 5 |
| -3 | 17 | 0 | 5 |
| 33 | -26 | 0 | 5 |
| -57 | -36 | 12 | 5 |
| -29 | 22 | 0 | 5 |
| -49 | 2 | 25 | 5 |
| 83 | 7 | 0 | 5 |
| -25 | -10 | 0 | 5 |
| -31 | -12 | 0 | 5 |
| -7 | 7 | 0 | 5 |
| -39 | 66 | 0 | 5 |
| -7 | 17 | 0 | 5 |
| 53 | -48 | 0 | 5 |



$N = 22$

$E = 3.19$

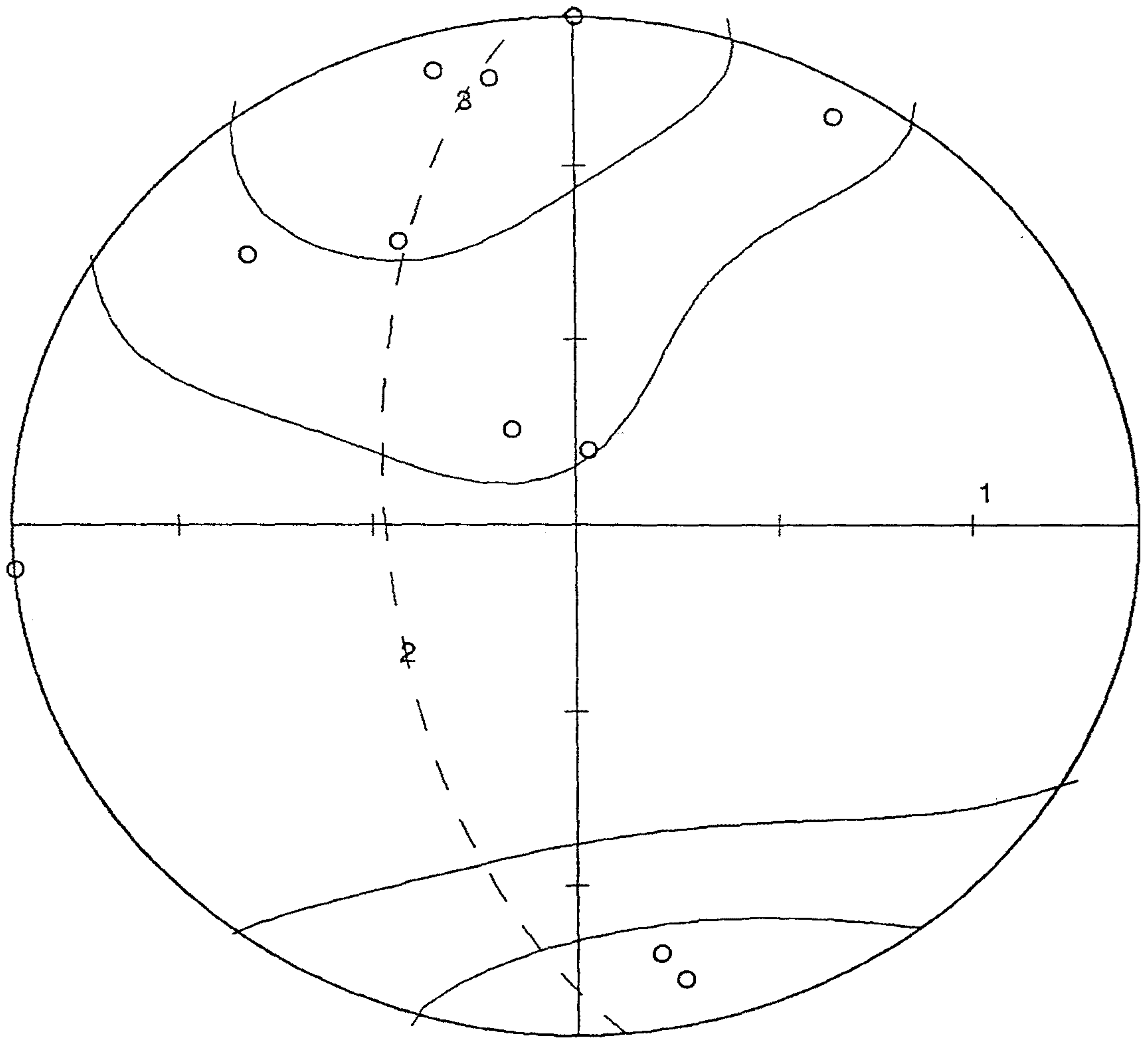
$k = 6.89$

$\text{Sigma} = 1.06$

$(\text{Peak} - E) / \text{Sigma} = 4.1$

Peak position : $90.0^\circ / 6.2^\circ$

그림 25. 거두리 지역 절리의 주향과 경사에 대한 역투영.



$N = 11$

$E = 2.47$

$k = 4.44$

$\text{Sigma} = 0.83$

$(\text{Peak} - E) / \text{Sigma} = 3.9$

Peak position: $350.0^\circ / 4.6^\circ$

그림 24. 거두리 지역 단층의 주향과 경사에 대한 역투영.

표 7. 거두리 지역 단층과 절리의 주향, 경사, 밀도 및 연장성 간의 상관 관계.

| | 주향 | 경사 | 밀도 | 연속성 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| 거두리 지역 단층 | | | | |
| 주향 | 1.000 | | | |
| 경사 | 0.5698 | 1.000 | | |
| 밀도 | 0.0000 | 0.0000 | 1.000 | |
| 연속성 | -.0237 | -.1614 | 0.0000 | 1.000 |
| 거두리 지역 절리 | | | | |
| 주향 | 1.000 | | | |
| 경사 | -.0658 | 1.000 | | |
| 밀도 | -.0000 | -.0000 | 1.000 | |
| 연속성 | -.4341 | -.1549 | 0.0000 | 1.000 |
| +1 또는 -1: 상관 관계 완전, 0: 상관 관계 없음 | | | | |

Strikes vs. dips of the faults in the Keodoori area

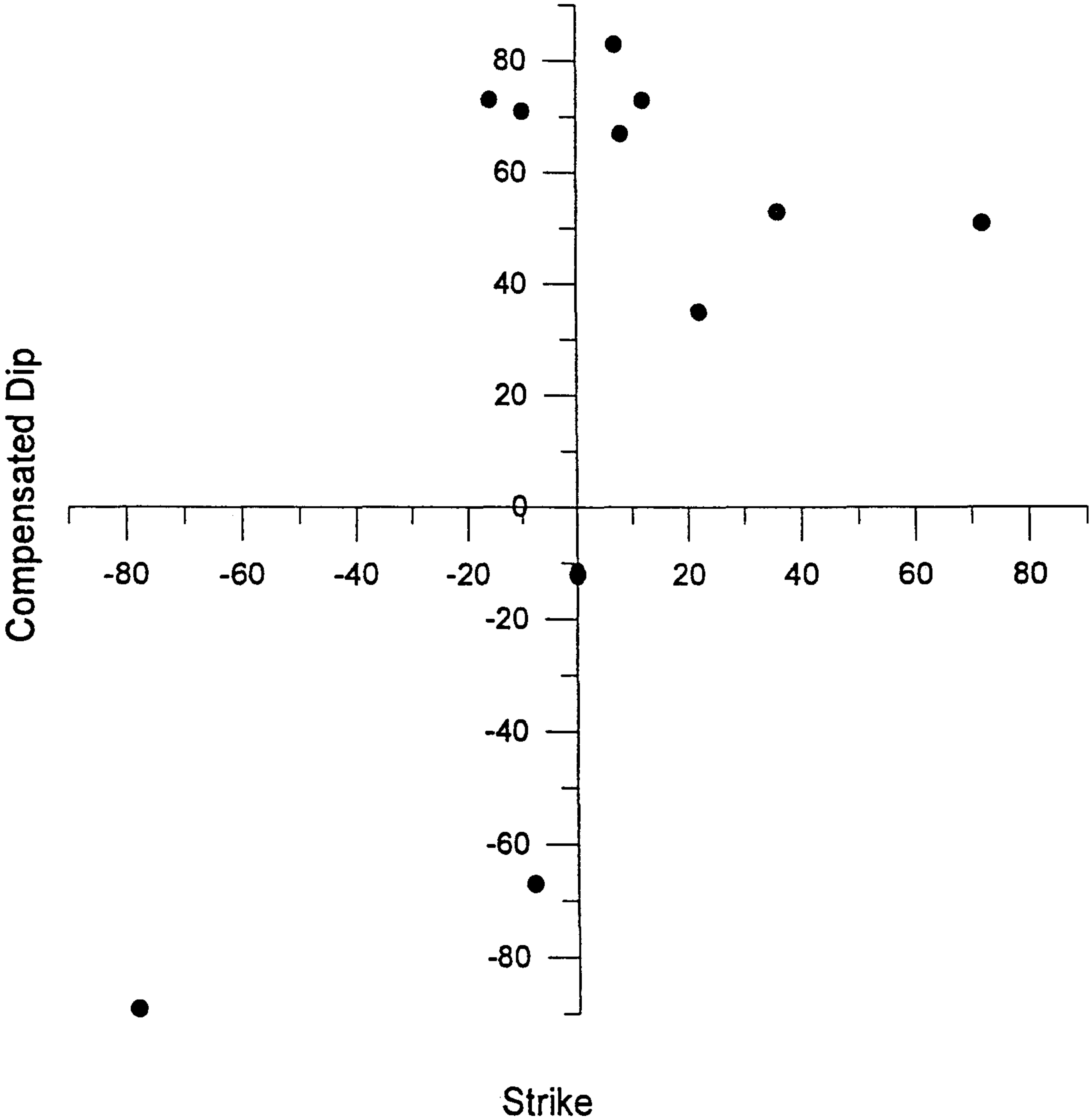


그림 26-a. 거두리 지역 단층의 주향과 경사 간 상관 관계.

Strikes vs. dips of the joints in the Keodoori area

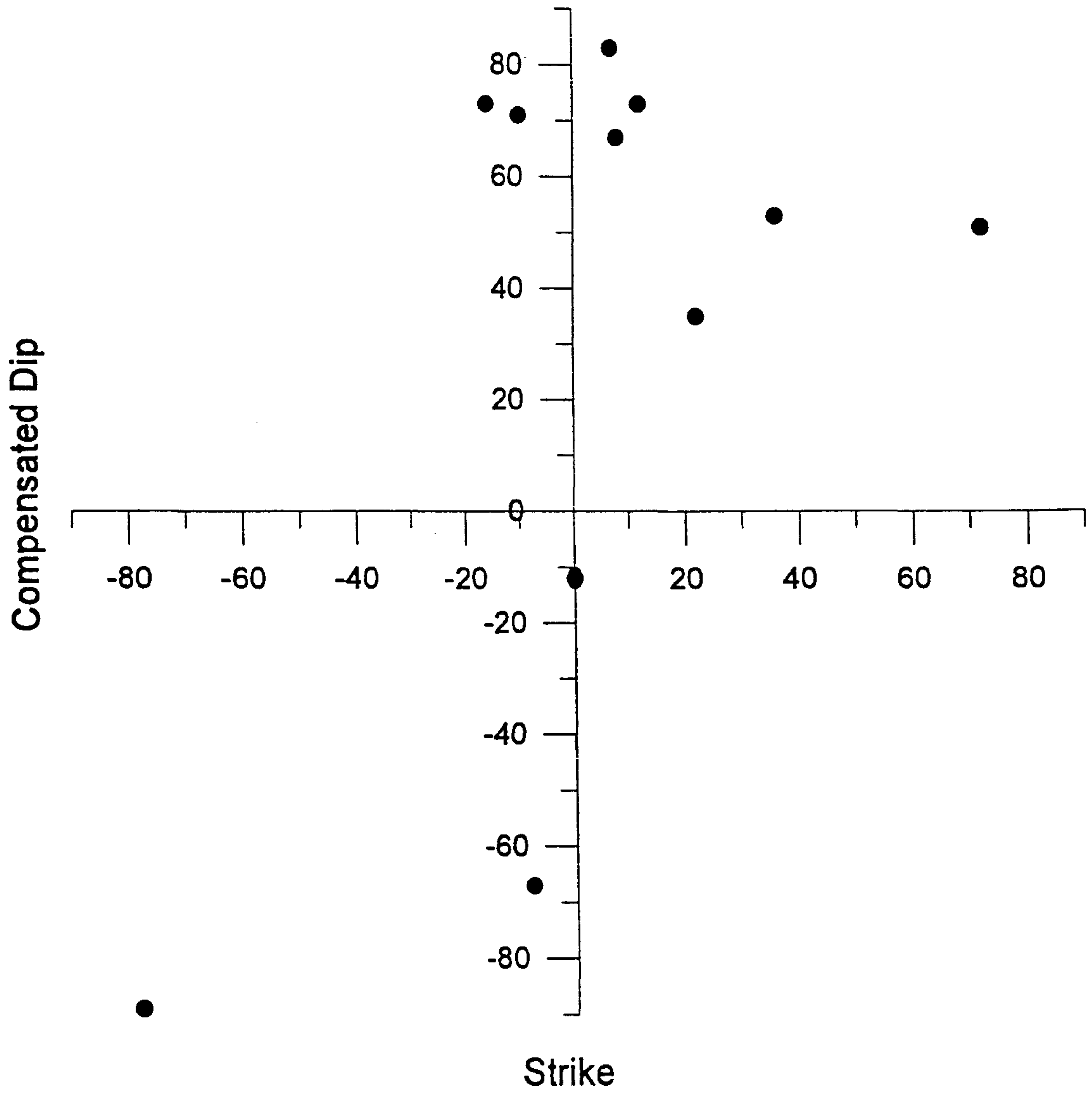


그림 26-b. 거두리 지역 절리의 주향과 경사 간 상관 관계.

第 6 節. 一般探查

1. 遠隔探查

對象體로부터 放射 혹은 反射되는 電磁氣波 Energy를 物理的인 接觸없이 測定하여 對象體의 物理的 性質이나 狀態 및 空間的 形態에 대한 情報을 얻고자 하는 探查方法이다. 本 研究 人工衛星(LAND SAT5)를 利用하여 資料를 얻고 通常軌道는 地上 705km 로써 스캐닝 幅은 185km이다. 江原道 江陵 附近의 地表面의 對象物이나 現狀에 關한 磁氣波 情報를 Thematic Mapper라는 多分光 Scanner가 作動하여 收集, 이를 ERDAS(ERDAS Version 7.5 HOST:PC-DOS) 裝備를 利用, 分類, 判讀 및 分析을 幸하였으며 ERDAS는 Image Processing이고 Raster Geo-graphic Information System 의 Collecting Viewing altering 및 analyzing을 包含하고 있다.

抽出時의 映像은 1:50,000 蓄積 程度이며 圖面은 1:25,000을 使用하고 있다. TM에는 農業分野에 詳細한 情報를 얻기 爲하여 7個의 채널로 作動波長帶가 分類되며 特性은 다음과 같다.

[밴드 1] (0.45 ~ 0.52 μ m) - 水表面의 浸透效果를 높이고, 土地 利用調査, 土壤, 植物의 特性 把握을 위한 것이다.

[밴드 2] (0.52 ~ 0.60 μ m) - 一次的으로 可視光線중에서도 綠色波長帶에서만 反射效果가 높은 植物의 葉綠素에 따른 營養狀態 및 種別의 區分에 중점을 둔 것이다.

[밴드 3] (0.63 ~ 0.69 μ m) - 植物을 區分시키는데 있어서 가장 重要한 밴드이다. 이 밴드는 葉綠素를 吸收하는 可視光線 波長帶중의 한 部分에 位置하기 때문에 植物과 植物이 아닌 物體와를 쉽게 區分시킬 수 있으며 植物등에서도 種子區別에도

利用된다.

[밴드 4] (0.76 ~ 0.90 μ m) - 對象區域에 分布한 植物帶의 範圍를 알 수 있으므로 農作物의 識別을 容易하게 하고, 陸地와 물과의 境界面에 強한 對照를 이룬다.

[밴드 5] (1.55 ~ 1.75 μ m) - 農作物의 種類와 農作物의 水分含量, 土壤의 水分 含有 狀態를 把握하는데 重要하다.

[밴드 6] (10.40 ~ 12.50 μ m) - 熱赤外線 채널이므로 植物의 分流, 植物의 生長狀態 分析, 土壤의 水分含量 區別 等 熱赤外線과 關係되는 情報 探知에 利用된다.

[밴드 7] (2.08 ~ 2.35 μ m) - 岩石의 형상을 區分해 내는데 重要하다.

주로 밴드 4, 5, 7을 使用하고 있으며 TM이 갖고있는 지상분해 能力은 MSS의 2.6 배로 瞬間 視野(1 FOV)가 30×30m의 Pixel이고 0 ~ 255 radiometric resolution 이다. 記錄方法은 TM-BSQ이고 地形補正을 하여 資料를 抽出하였다.

2. 航空寫眞 判讀

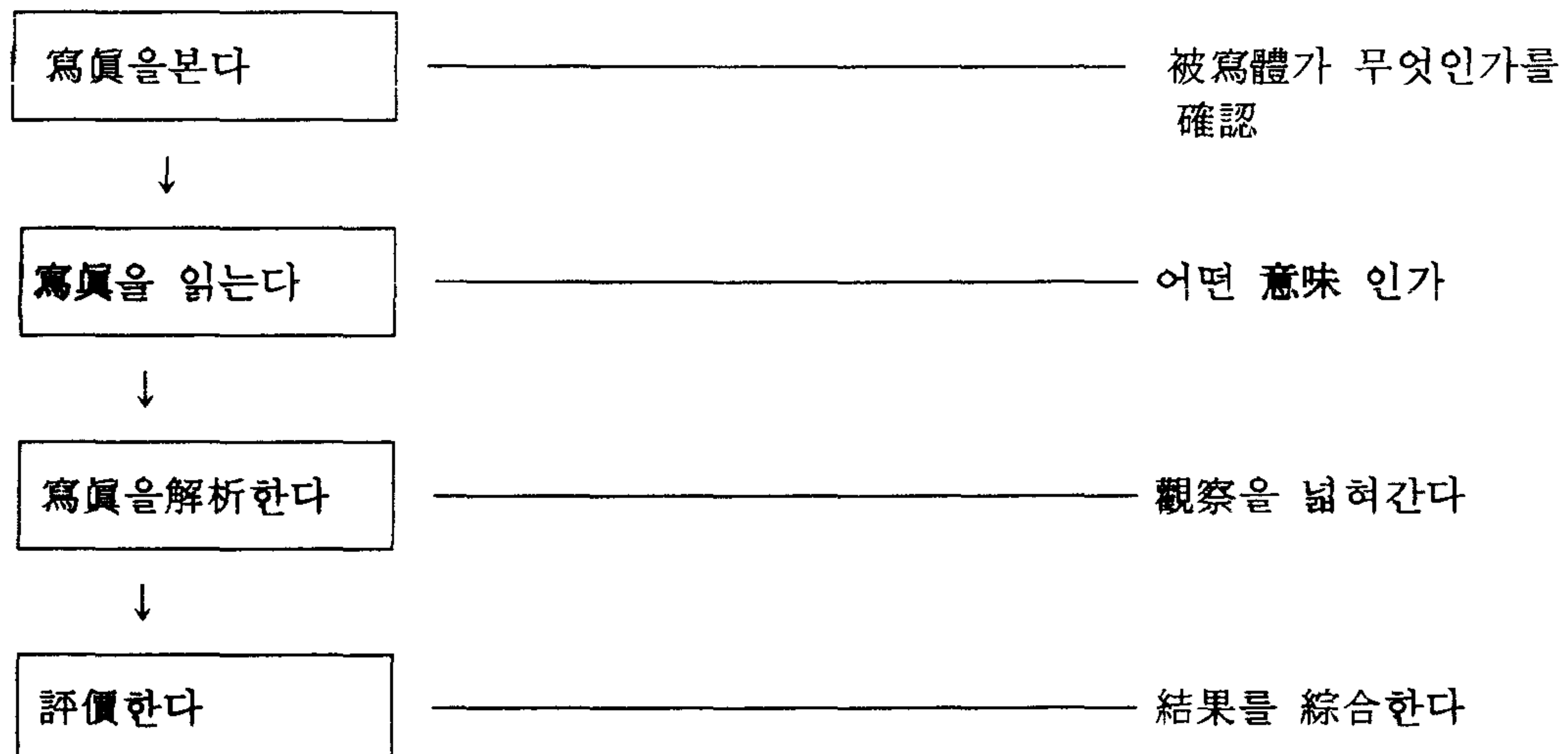
가. 概要

航空寫眞 地質判讀은 地形을 잘 觀察하여 地質의 構成과 構造를 判讀하는 方法으로 써 아래와 같은 FLOW CHART에 의하여 實施하였으며 野外 地表地質調査에 參考資料를 提示하였다.

| ① | 項 目 | 方 法 | 機 資 材 |
|---|---|-------------------------------|--|
| | 地域 研究 | 判讀準備, 調査 | 適正地形圖, 地質圖, 空中寫眞(黑白 1:20000, 1:30000, 23cm x 23cm) 準備, Index Map 作成 |
| | ↓ | | |
| | 1次 判讀 | 立體鏡 觀察 | 立體鏡 (Mirror Ste- reoscope) 色鉛筆 (Omnichrom/ Glasochrom) |
| | ↓ | | |
| | 豫察圖 作成 Preliminary Photogeologic Map | 水系, 線構造, 色調(TONE), 其他判讀 | |
| | ↓ | | |
| | 現場 調査 Field Work | 標本採取, 測定 | Altimeter, Clinometer Hammer, 其他 |
| | ↓ | | |
| | 最終 判讀 調合 | 입체경 觀察 | |
| | ↓ | | |
| | 地質圖 作成 | 線構造圖, 水系圖, 其他 斷面圖 | |
| | ↓ | | |
| | 報告書 作成 | 判讀, 觀察意見收錄 | |

나. 寫眞判讀의 方法

判讀 方法은 寫眞像의 認定(Photoreading), 寫眞像의 解析(Photoanalysis), 寫眞判讀(Photointerpretation)의 3 段階로 區分하여 아래와 같이 施行하였다.



다. 判讀의 要素

判讀의 要素로서는 明暗度(Tone), 色(Color), 寫眞의 Texture, 規模(Pattern), 形態(Sha-pe), 크기(Size) 등을 地質學的 特性인 岩像에 따른 形態的인 外樣(Morphologic Expression), 構造的인 特性(層理, 傾斜, 褶谷構造, 斷層構造 및 不正合等), 岩石의 産像에 의한 地形의 特徵(화성심성암의 貫入, 병반, 압주, 岩脈, 하상층적층, 봉적층, 화산 분출지의 特徵, 海岸地形, 風化에 의한 現狀) 등과 結付시켜 判讀을 하였으며 本 課業에서는 線構造와 水系圖를 重點的으로 하였다.

이와 같이 線構造중 斷層을 意味하는 寫眞上의 證據를 判讀하여 既存資料와 結付하여 分析하고 野外調査에서 確認토록 하였다.



대관령지구 원격탐사 자료



용수골지구 원격탐사 자료

第 7 節 物理探查

1. 序 論

우리나라의 地下水는 大部分 結晶質 岩盤 중에 發達하는 破碎帶 및 斷層 等の 龜裂帶를 따라 賦存하는 間隙水인 境遇가 많으므로 破碎帶의 探知는 國內 地下水 調査에 重要な 指針이다.

本 研究에서의 物理探查는 淺部の 破碎帶를 迅速하고 效果的으로 探知할 目的으로 V.L.F 電子 探查와 淺部 및 中·淺部の 破碎帶 探知 및 地下 地質構造의 糾明을 目的으로 電氣 比抵抗 探查(雙極子 配列 및 Schlumberger 配列)를 實施하였다. 雙極子 配列 電氣 比抵抗 探查와 V.L.F 電子 探查는 測線을 設定하였고 垂直 探查와 같이 한 測點에서 實施하는 探查는 위의 두 探查 結果를 參照하여 主要 目標地點에 대하여 實施하였으며, 이들 探查 資料를 綜合的, 有機的으로 解析하였다. 電氣 比抵抗 探查의 資料 解析은 모델링을 통한 逆算法을 利用하였으며 휴대용 컴퓨터를 利用하여 現場에서 資料處理를 實施하였다. 現場 資料의 精密度 제고를 위하여 Booster 機能이 있는 裝備를 利用하였으며 50 cm 의 電極棒을 30 cm 以上 地下에 設置하여 資料의 信賴度を 높였다. 雙極子 配列 電氣 比抵抗 探查의 境遇 雙極子 間隔 a 는 50 m, 가탐 深度를 左右하는 電極 間隔 全 個數 n 은 10 이며 雙極子 探查의 測定 資料 및 逆算 結果는 각 測線에 대하여 現場 測定 資料의 겉보기 比抵抗 가단면도, 計算된 理論 資料의 겉보기 比抵抗 加단면도, 逆算 結果 解析된 2次元 眞比抵抗 分布圖順으로 나타내었다.

垂直 探查는 雙極子 探查 結果 地下水 賦存 可能性이 높다고 판단되는 地域과 雙極子 探查가 어려운 地域 等に 대하여 實施하였다. 探查 資料의 解析은 雙極子 探查 資料를 參考하여 解析하였으며 測定 間隔은 現地 探查 與件 等を 考慮하여 最大의 探查 效果를 낼 수 있도록 하였다. 또한 逆算 結果 計算된 각 測點별 比抵抗值, 층후, 深度 等

을 附錄으로 첨부하였다.

V.L.F 電子 探查는 가탐 深度가 約 50 m 로 淺部 地質構造 把握에 있어 매우 簡便하고 效率的인 方法이다. 本 地區에 대한 探查는 雙極子 探查 測線을 따라 동상 成分과 이상 成分을 25 m 의 測點 間隔으로 測定하였다.

調査地域의 地形도 및 雙極子 配列 電氣 比抵抗 探查 測線 및 電氣 比抵抗 垂直 探查 測點, V.L.F 電子 探查 測線 등을 그림에 圖示하였다.

本 探查에 使用된 裝備 및 解析器機는 다음과 같다.

가. 探查 裝備

(1) V.L.F 電子探查 :

- * V.L.F EM - 16
- * WWDI(極低周波探查)

(2) 電氣 比抵抗 探查 :

- * ABEM Terrameter SAS 300B
- * ABEM Terrameter SAS 300C
- * Booster SAS 2000
- * Reels, cables
- * Electrode pole (> 50 cm)
- * Battery etc

나. 解析器機

(1) 現場 資料處理用

- * 486 DX 2, color Notebook computer
- * HP 505 K color printer

(2) 室內 資料處理用

* 486 DX 2, Desktop computer

* HP Paintjet XL printer

* Laser printer

2. 極低周波 探查

極低周波(V.L.F) 電子波探查는 長距離 送信用으로 利用되는 V.L.F(Very Low Frequency, 15 ~ 30 kHz)를 利用하는 方法으로 V.L.F 送信機로부터 나온 電磁場이 傳導性 物體(地質構造帶)를 지날때에는 그 物體에 2次 電流가 形成된다. 이러한 2次 電流는 2次 電磁場을 形成하게 될 것이며, 이때 1次 磁場과 2次 磁場의 힘에 의해 타원 分極을 形成한다. 여기서 타원分極의 傾斜角과 이심율(이상成分) 測定하면 電導性 光體나 地質 構造線의 직상부에서 두 測定成分의 測定値가 0이 되는 점이 形成되며, 探查 測線을 따라 이 반전점(Cross - Over Point)들을 連結하면 地質 構造線과 같은 電導體의 分布 狀態를 알아낼수 있다.

本 探查에 利用된 送信所는 호주에 位置하고 있는 NHC(North Cape Australia)이며 周波數는 15.5 kHz 이다.

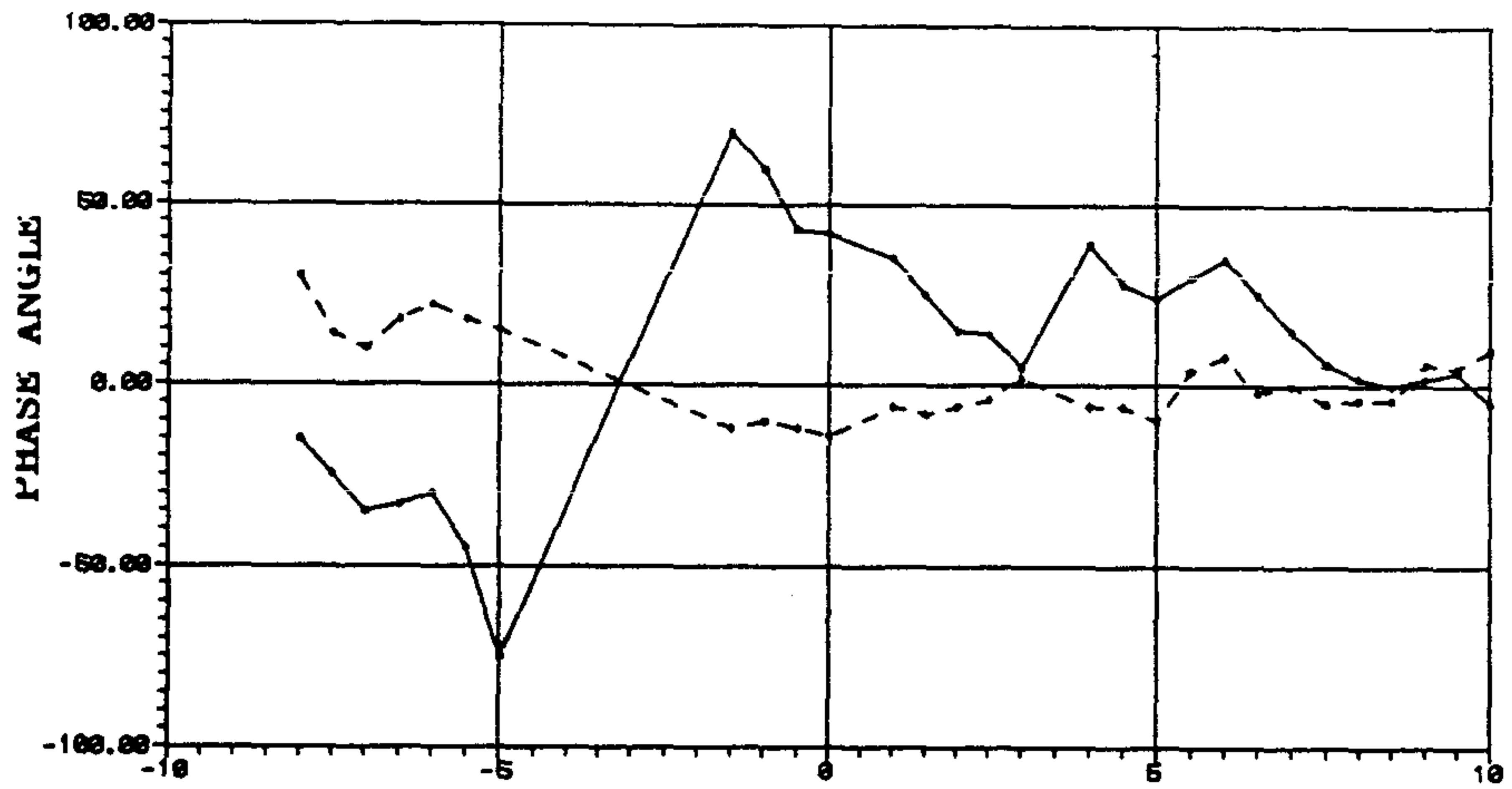
V.L.F 電子 探查는 淺部 破碎帶 探知를 目的으로 實施하였으며 호주파를 送信原으로 하여 동상 및 이상 成分을 測定하였다. 또한 電線 等の 影響으로 測定이 不可能한 測點은 除外하였으나 調査 地域에 電磁氣的 雜音原(전신주 等)이 分布하므로 주로 正성적인 側面에서 解析하였다.

가. 大關嶺 地域

大關嶺地區의 極低周波 探查는 서울과 강릉을 잇는 嶺東高速道路 邊으로 自動車 通行의 影響과 本 地區 위를 貫通하는 高壓線의 影響으로 探查 資料 獲得이 不可能하였다.

나. 용수골 地域

(A) IJ-V1



(B) IJ-V2

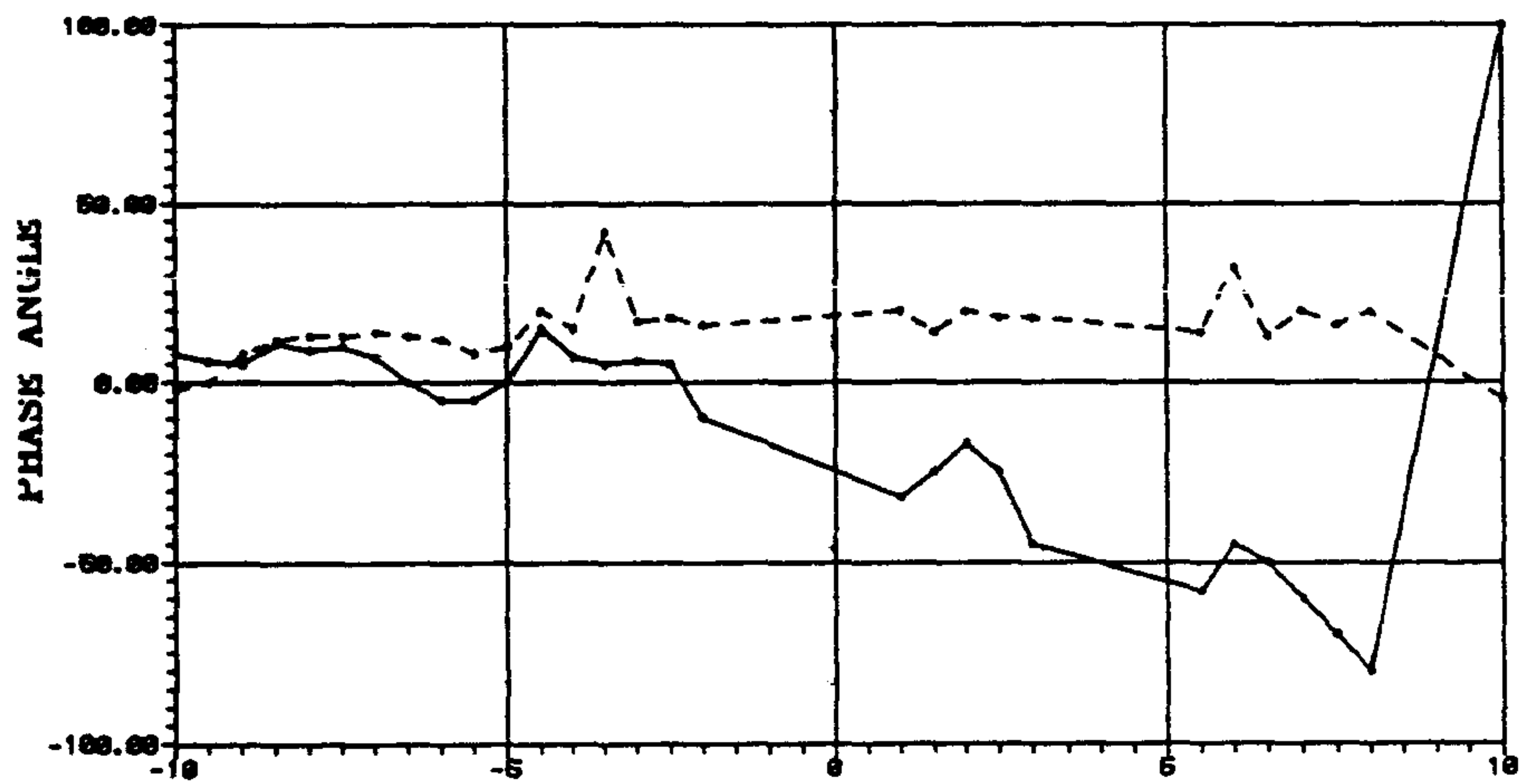
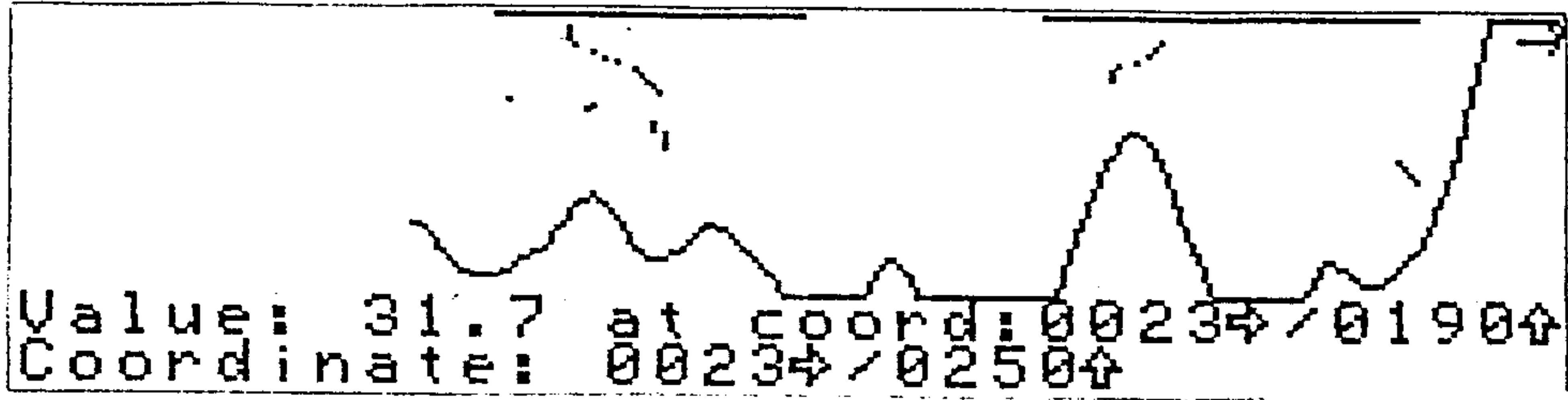


그림 7. VLF 전자 탐사 결과 (單位 : %).

(—*—*— : 동상 성분, --*--*-- : 이상 성분)

(A) 측선 IJ-V1 (B) 측선 IJ-V2

GA-V₃



GA-V₄

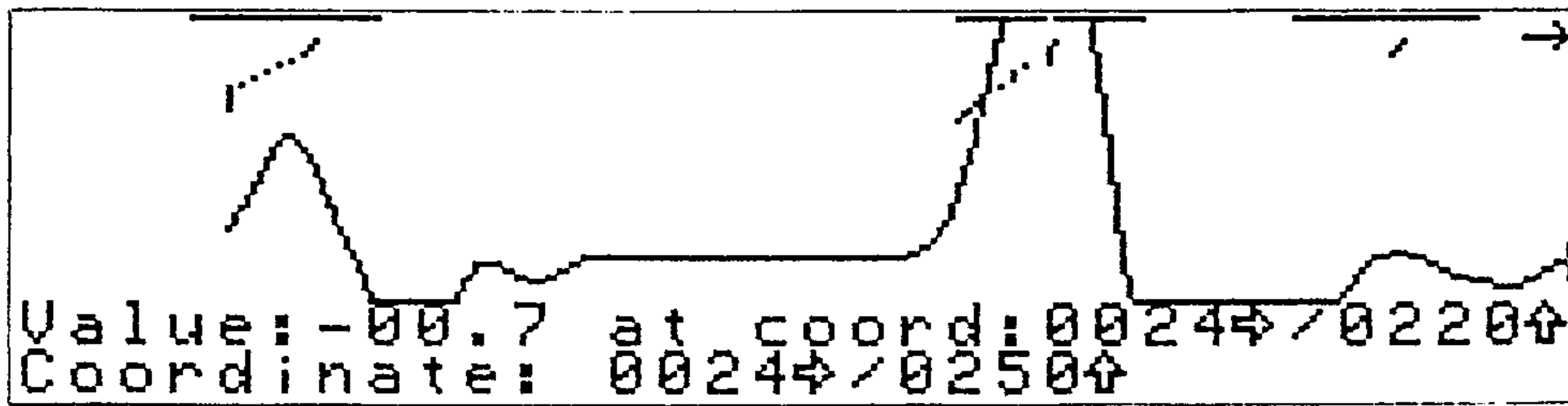


그림7은 본 지역의 V.L.F 電子 探查 結果이다.

測線 IJ-VI은 測定이 不可能한 地點들로 因하여 資料의 信賴度는 크지 않으나 -3번과 測點 附近에서 나타난 반전점은 淺部 線構造가 發達하는 곳으로 豫想된다. IJ-V2測線 또한 9번 測點 附近에서 餘他 地點들보다 값의 구배가 크고 反轉점을 보이는 것으로 보아 線構造가 發達하는 곳으로 推定되며, 이는 雙極子 探查 結果와도 不합한다. 더불어 測線 좌측부에서 두 成分의 값 및 구배가 작은 것으로 보아 雙極子 探查로 風化帶의 發達이 豫想된 곳인 本 測線 좌측부의 地質 構造를 잘 反影하는 結果로 생각된다. 測線 GA-V3 測線의 250m 地點에 破碎 含水層이 少量 觀察된다.

3. 雙極子 探查

電氣 比抵抗 探查는 電流 電極에서 人工的으로 電流를 大地에 供給하여 이때 大地에 供給된 電流의 크기와 이에 의해 發生된 電位의 크기를 測定함으로써 電氣 比抵抗值의 變化 樣相을 探知 이를 解析하여 地下 下部의 地質構造(破碎帶, 斷層), 地下水의 賦存 樣相을 探查하는 것이 電氣 比抵抗探查로 雙極子 電氣比抵抗 探查는 垂直 探查와 水平 探查를 同時에 隨行하는 配列法으로 2次元的인 地下의 比抵抗 分布를 밝혀낼 수 있다.

이 方法은 電位 電極과 電流 電極을 同一한 間隔으로 分離 固定 시키고 그 둘 사이의 間隔을 同時에 原來 距離 a의 排水距離로 段階的으로 擴張시키는 方法으로 探查 測線의 配列 方法은 아래 그림과 같다.

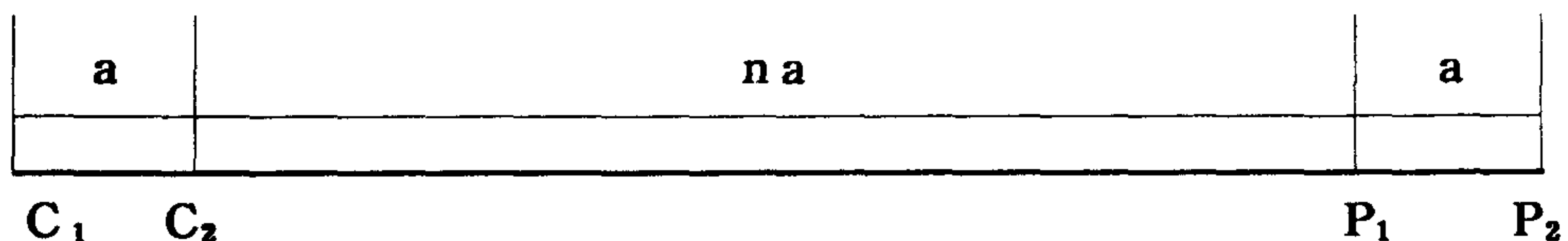


그림. 雙極子 配列 (Dipole - Dipole array)

雙極子 探查 配列法은 2次元的인 地下比抵抗分布를 밝혀낼수 있는 探查法으로 여러 測線을 選定하면 3次元的인 地下構造의 類推가 可能하다. 따라서 斷層, 岩脈, 破碎帶 및 比抵抗帶의 方向을 推定할 수 있으므로 鑿井位置를 選定하는데 매우 效果的이다. 探查結果 獲得된 각 測線別 現場 資料를 入力하여 有限 次分法(FDM)을 利用하여 平滑한 制限(Smoothness Construction)을 가한 2次元 自動逆算을 隨行한 結果로써 地下의 眞比抵抗 分布를 각 測線별로 斷面上에 칼라 映像化하여 都市하며 高比低抗帶는 신선한 岩盤을 나타내고 破碎帶나 帶水層으로 認知할수 있는 地質 異狀帶는 高比抵抗 低比抵抗帶가 교차되는 地點이다.

가. 大關嶺 地域

本 地區에서의 測線 方向은 溪谷方向(EW)에 垂直이되는 方向(N5° E)으로 2測線을 選定하여 測線 간의 間隔 20m 길이 100m의 電氣 比抵抗 雙極子(Dipole - Dipole Method) 探查를 實施하였으며, 그림 1-1에 圖示하였다.

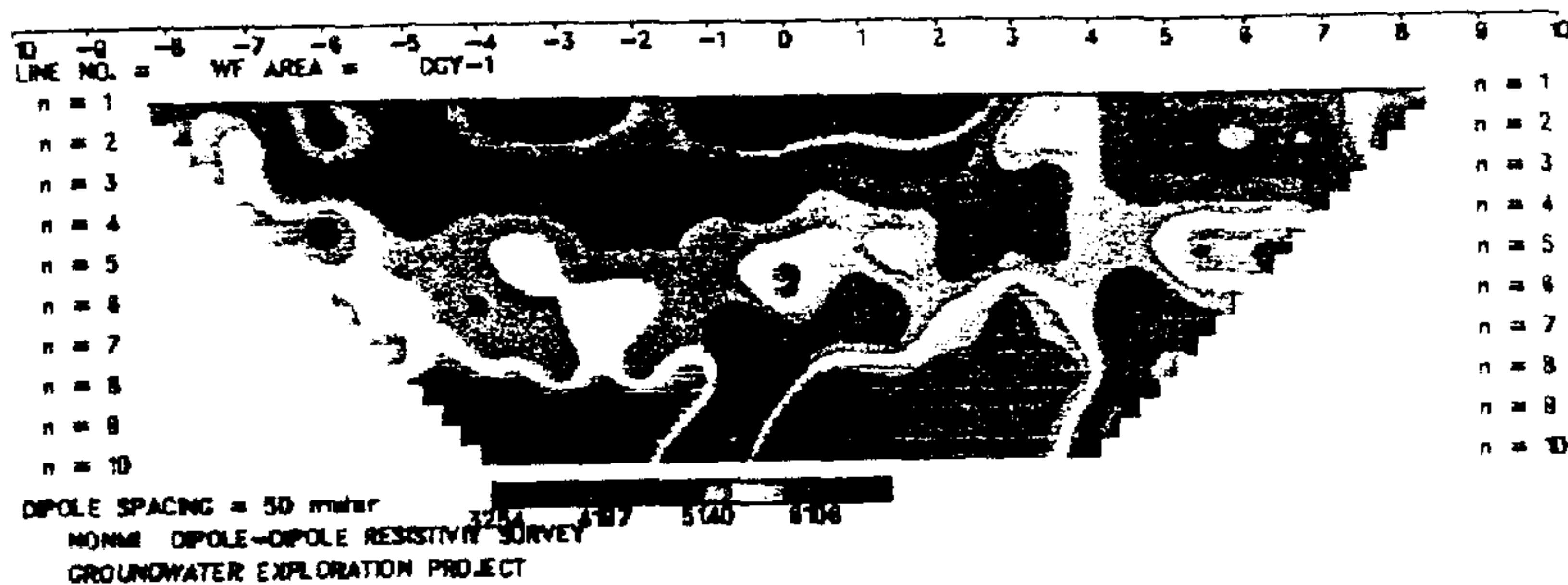
大關嶺地區 測線D-1의 探查 結果 現場 資料의 가단면도 상에서 低比抵抗값의 分布는 測線의 中央部 1번 測點 附近으로 地質構造狀 軟弱帶로 생각되며, 小規模의 含水 破碎帶의 發達이 豫想된다.

나. 용수골 地域

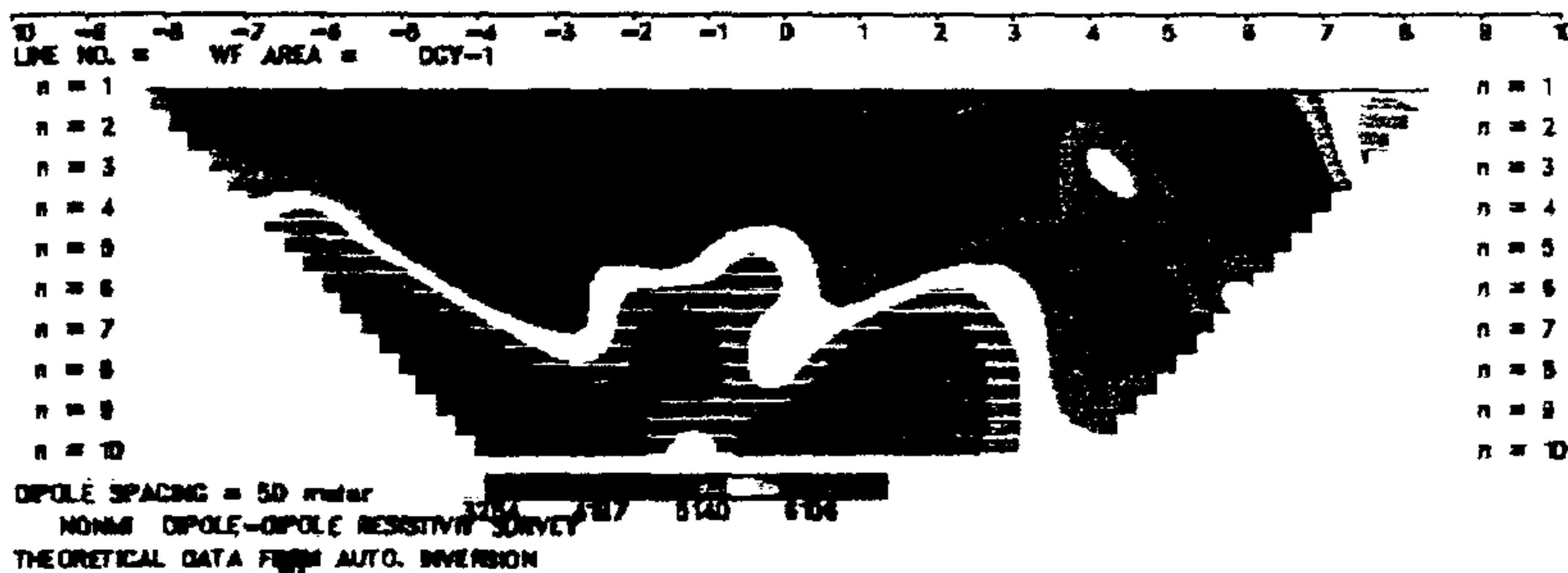
本 地區에서 實施한 雙極子 配列 電氣 比抵抗 探查의 測線 길이는 各各 1000m이며 測線의 配列 方向은 그림 1-2에 나타내었다.

그림 2는 IJ-D1의 探查 結果이다. 現場 資料의 加단면도상에서 高比抵抗값의 分布는 測線의 좌측 下段 및 5번 測點 附近에서 左傾하면서 큰 幅으로 深部로 發達한다. 逆算結果, 本 測線상의 中央部는 高比低抗帶가 폭넓게 分布하며 表土 및 風化帶의 發達이 良好할 것으로 推定된다. -5번 및 7번 測點 附近을 境界로 比抵抗값의 境界를 나

(A)



(B)



(C)

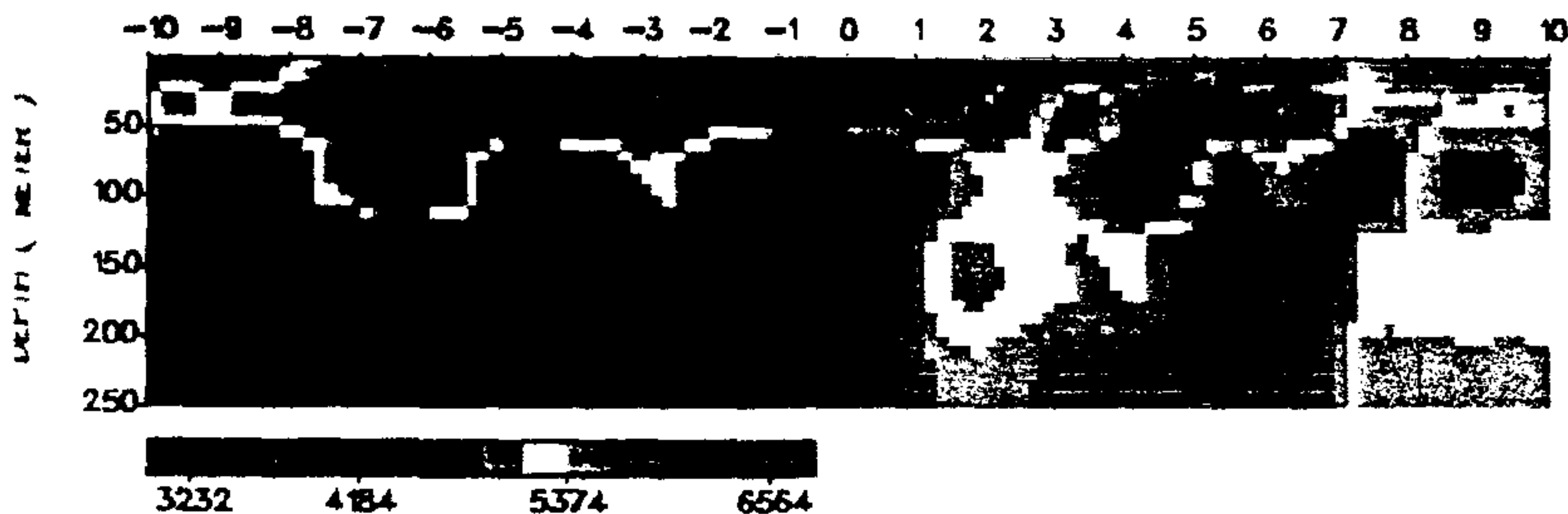


그림. 대관령지구의 쌍극자 배열 전기비저항탐사 결과
(측선명 D-1, $a=5m$, $n=10$)

- (A) 현장 측정자료의 겹보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겹보기 비저항 가단면도
- (C) 역산 결과 해석된 2차원 진비저항 분포도

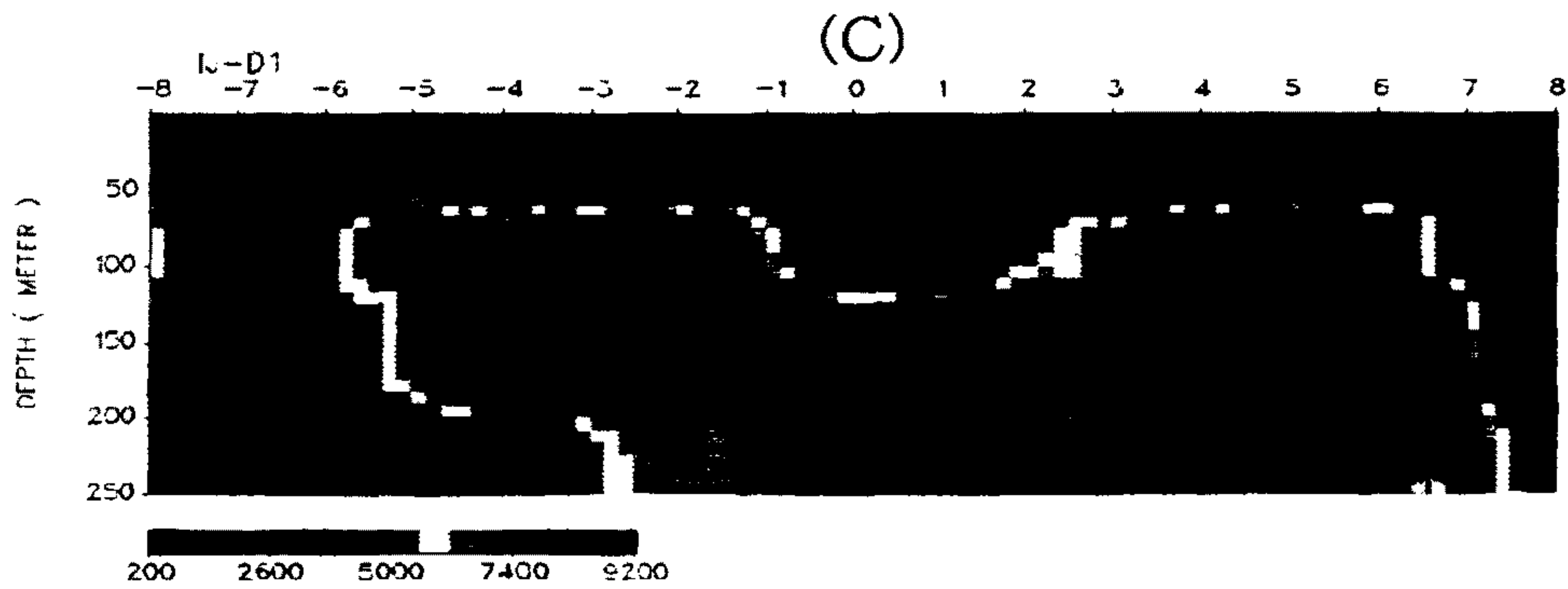
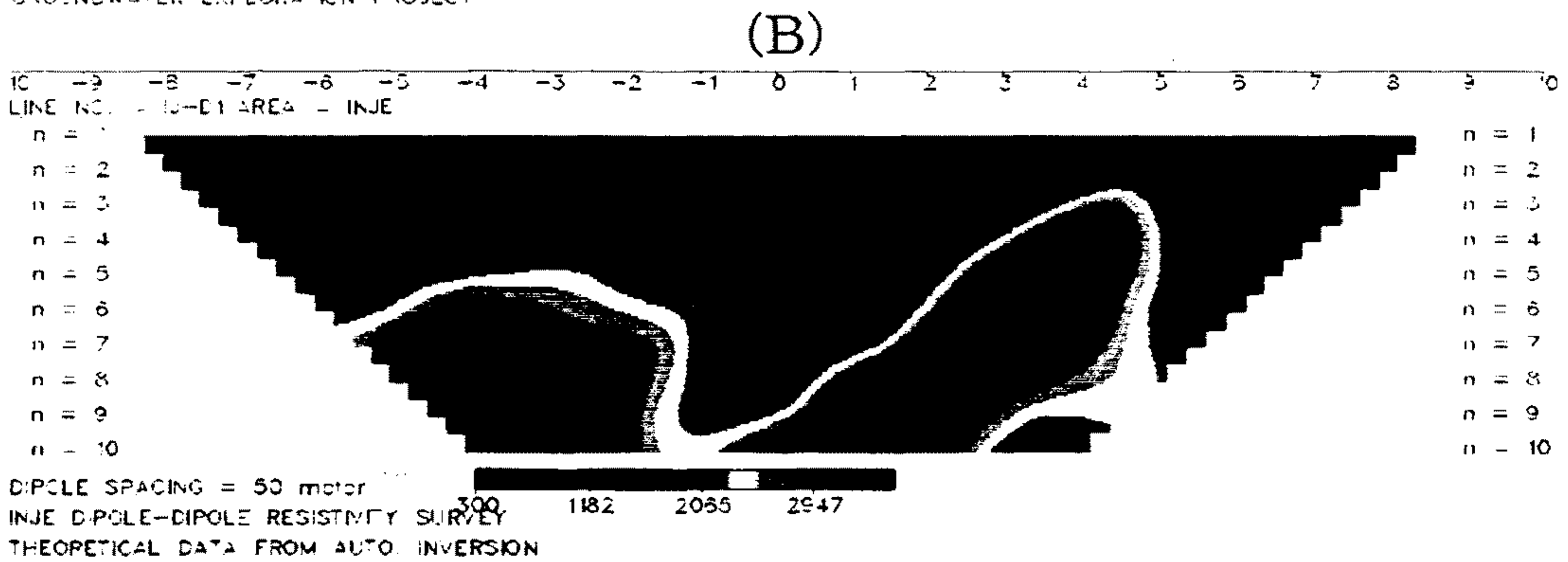
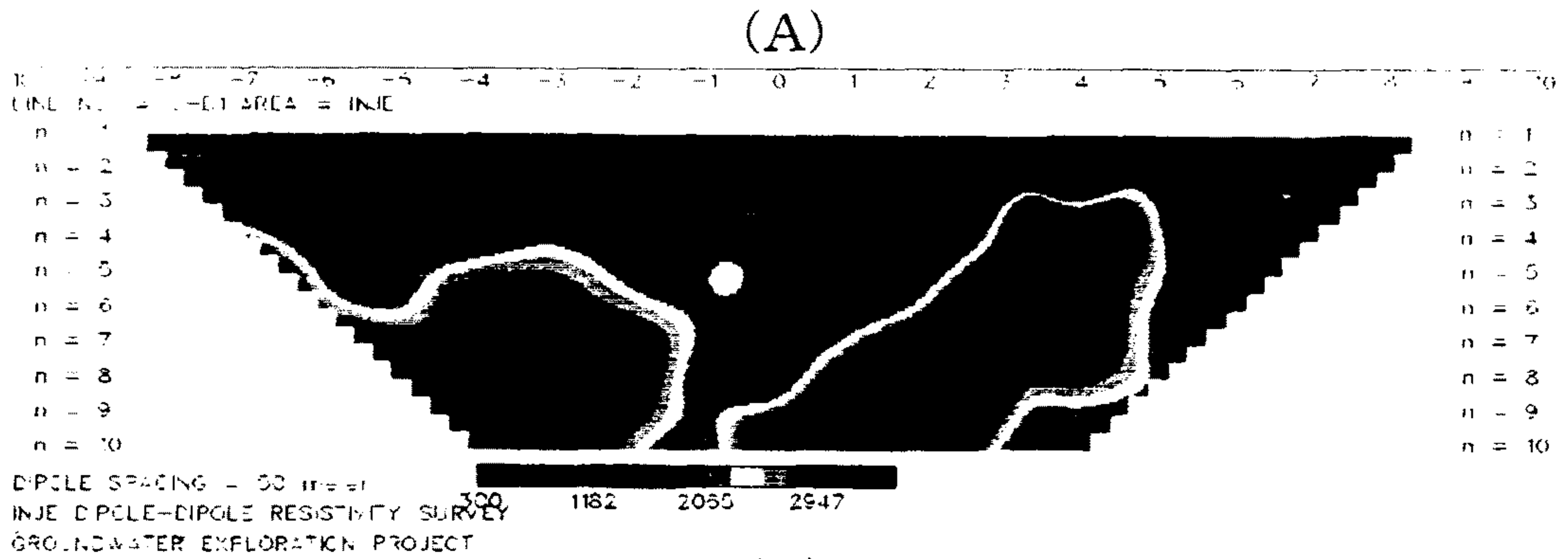


그림 2. 용수골 지구의 쌍극자 배열 전기 비저항 탐사 결과.
 (측선명 IJ-D1, a=50m, n=10)
 (A) 현장 측정 자료의 겹보기 비저항 가단면도.
 (B) 계산된 이론 자료의 겹보기 비저항 가단면도.
 (C) 역산 결과 해석된 2차원 진비저항 분포도.

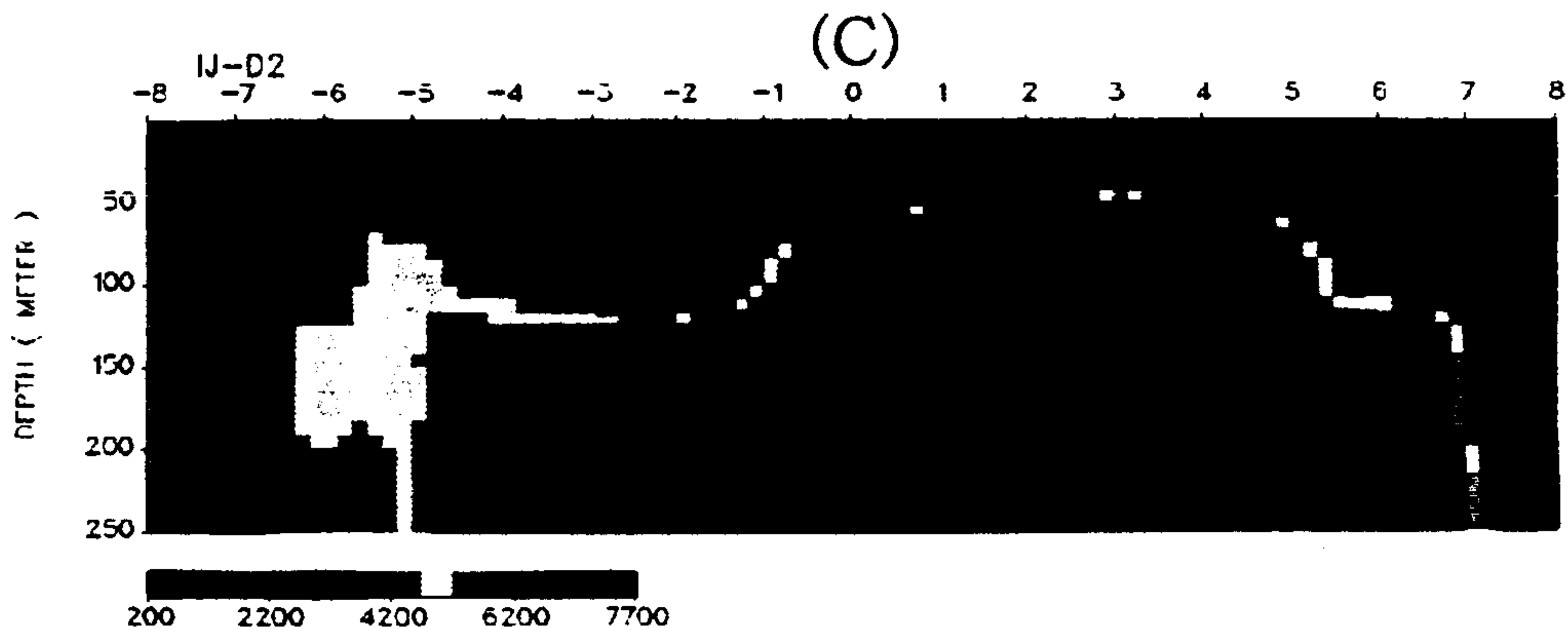
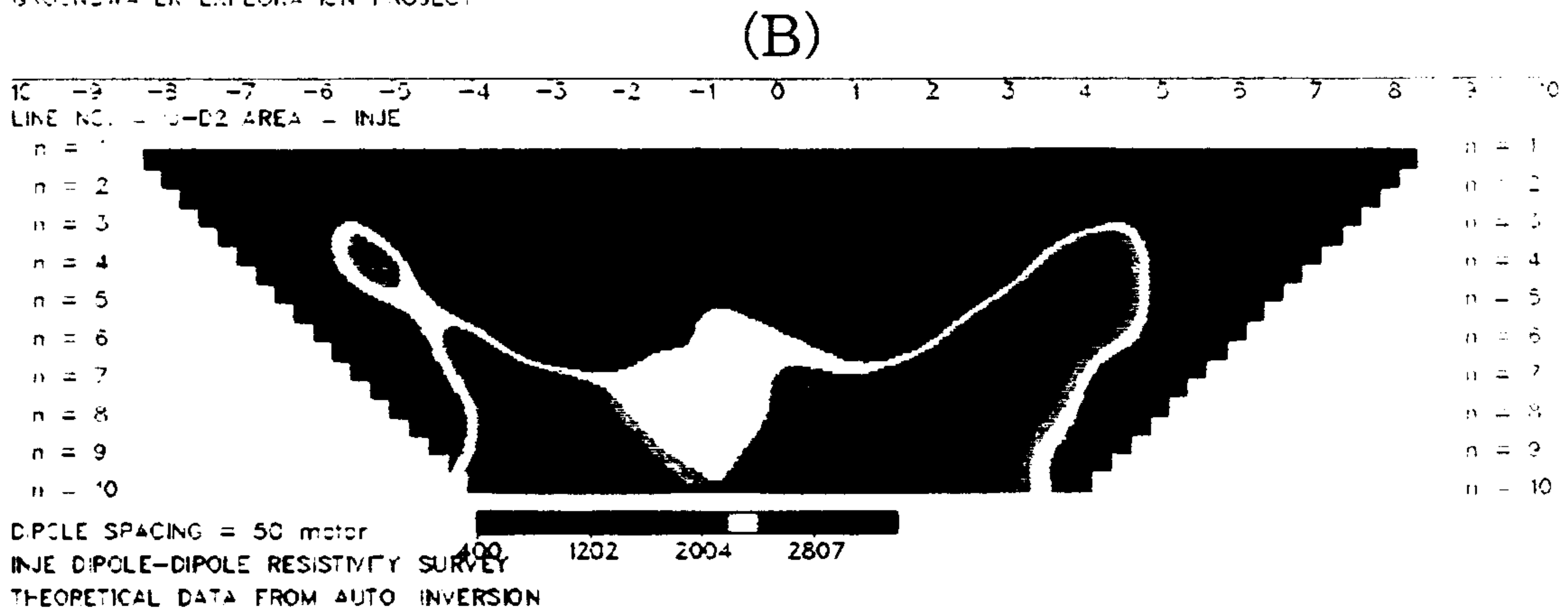
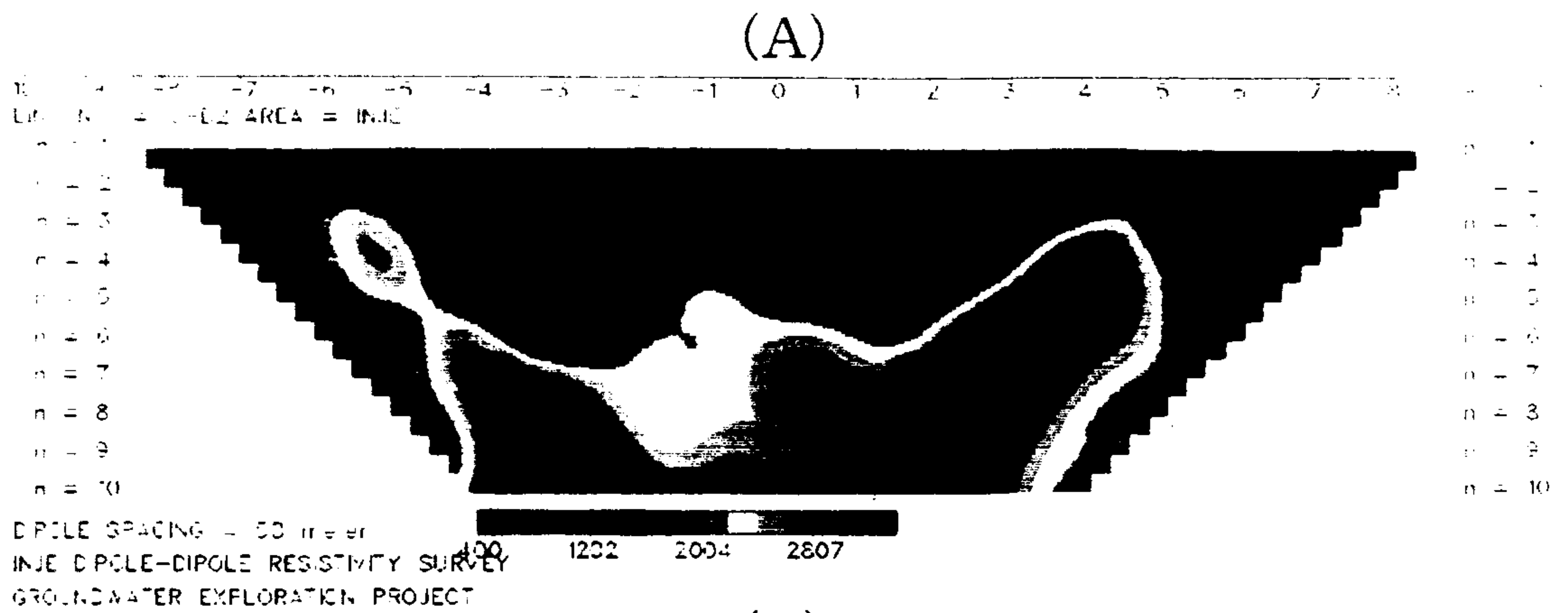


그림 3. 용수골 지구의 쌍극자 배열 전기 비저항 탐사 결과.
 (측선명 IJ-D2, a=50m, n=10)
 (A) 현장 측정 자료의 걸보기 비저항 가단면도.
 (B) 계산된 이론 자료의 걸보기 비저항 가단면도.
 (C) 역산 결과 해석된 2차원 진비저항 분포도.

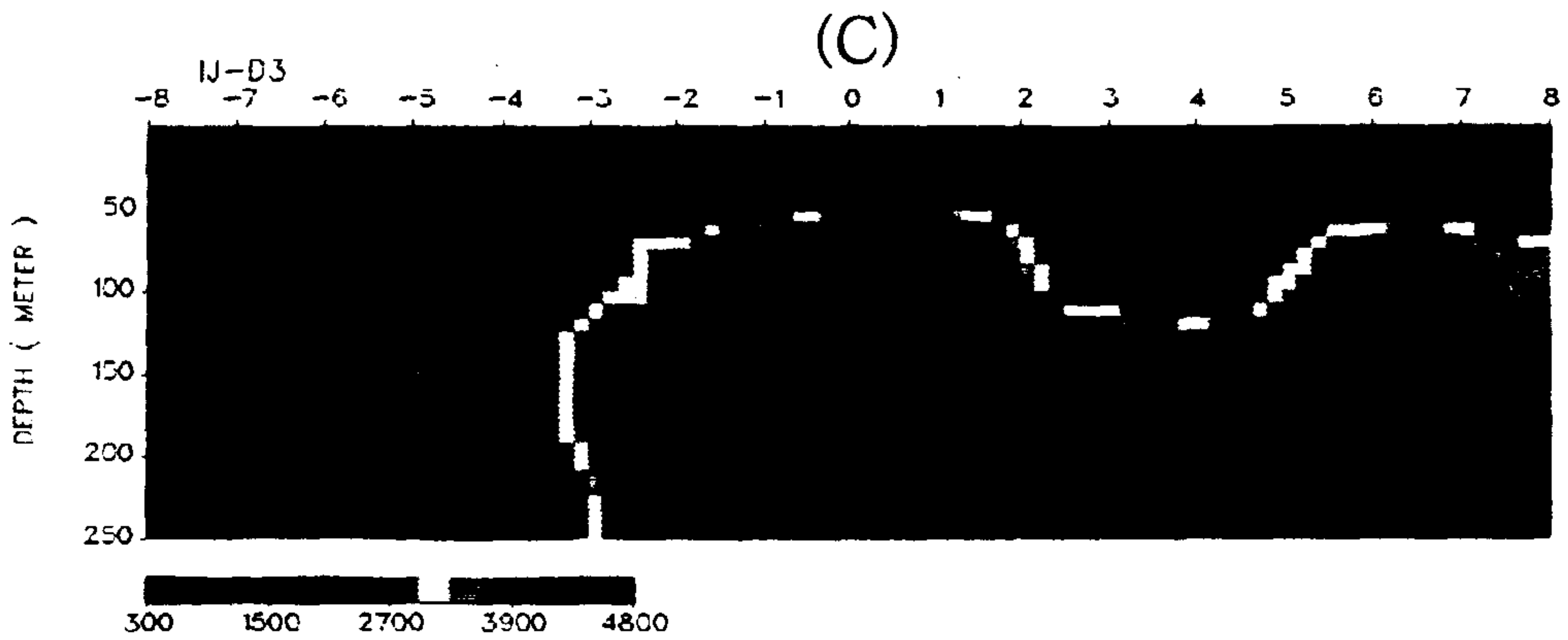
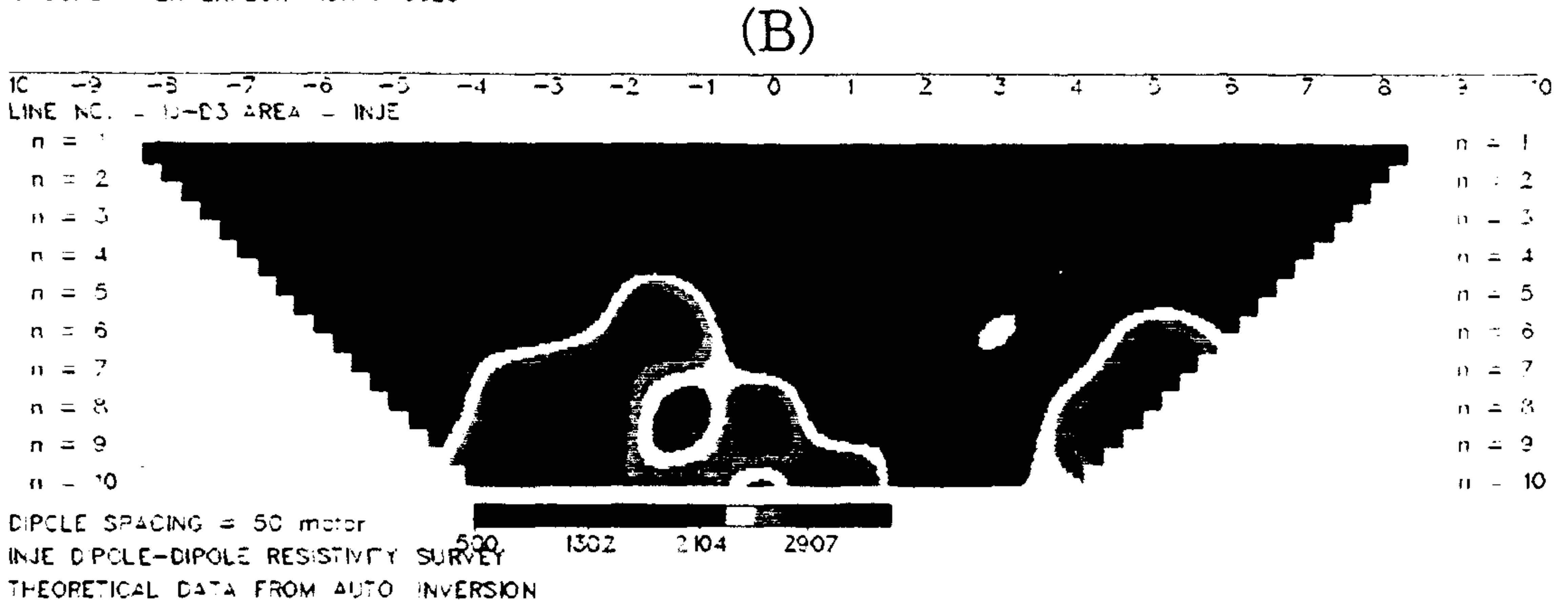
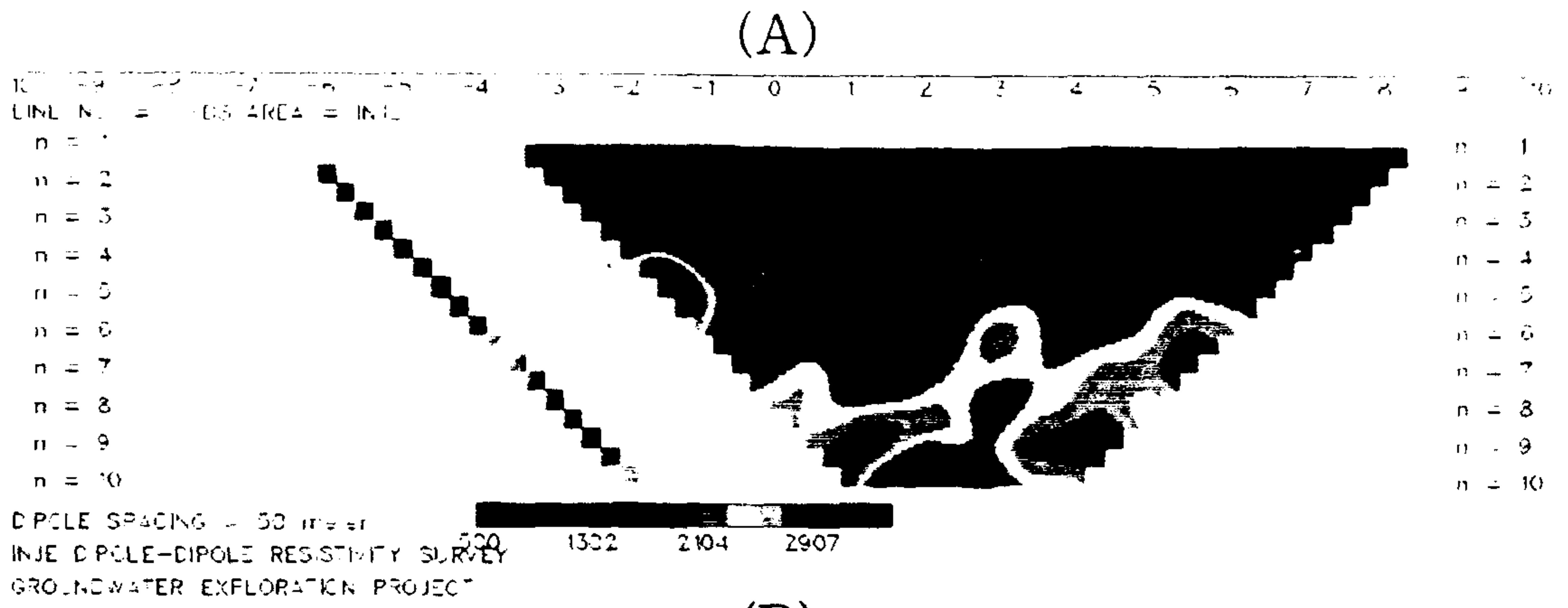


그림 4. 용수골 지구의 쌍극자 배열 전기 비저항 탐사 결과.
 (측선명 IJ-D3, a=50m, n=10)
 (A) 현장 측정 자료의 겉보기 비저항 가단면도.
 (B) 계산된 이론 자료의 겉보기 비저항 가단면도.
 (C) 역산 결과 해석된 2차원 진비저항 분포도.

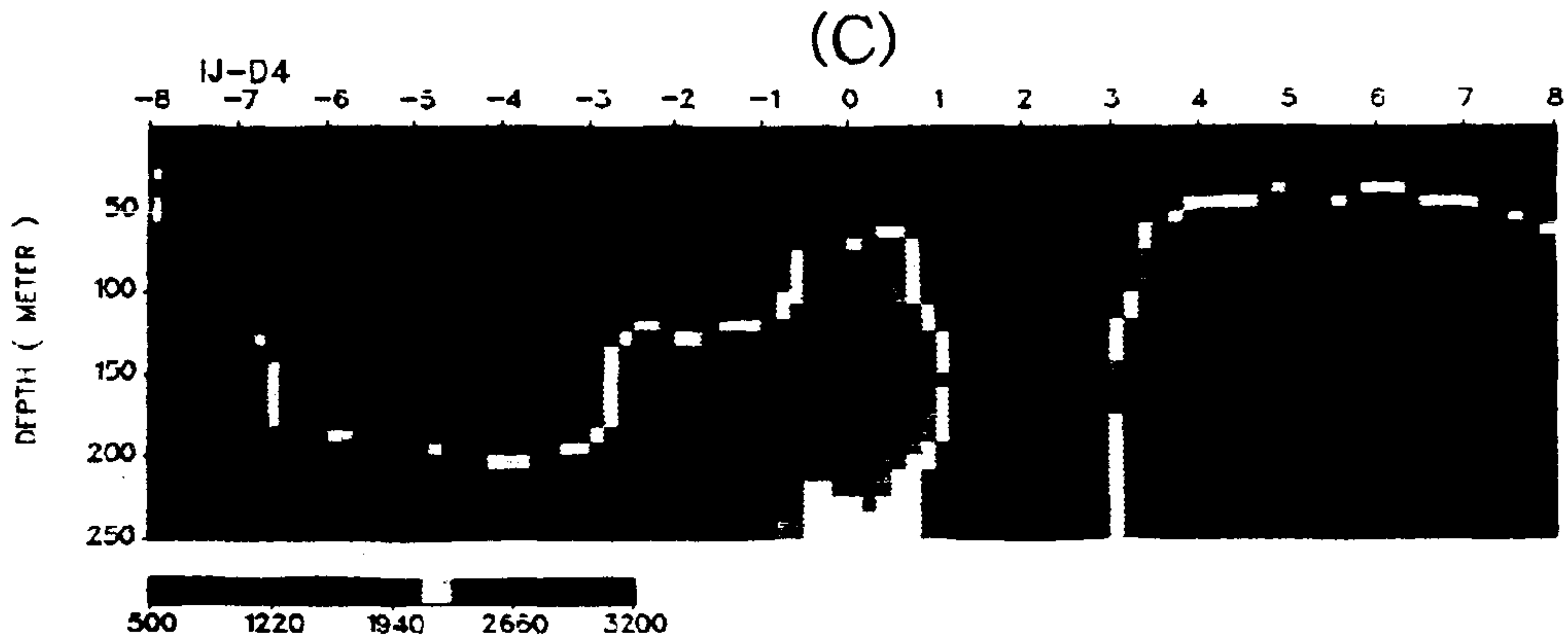
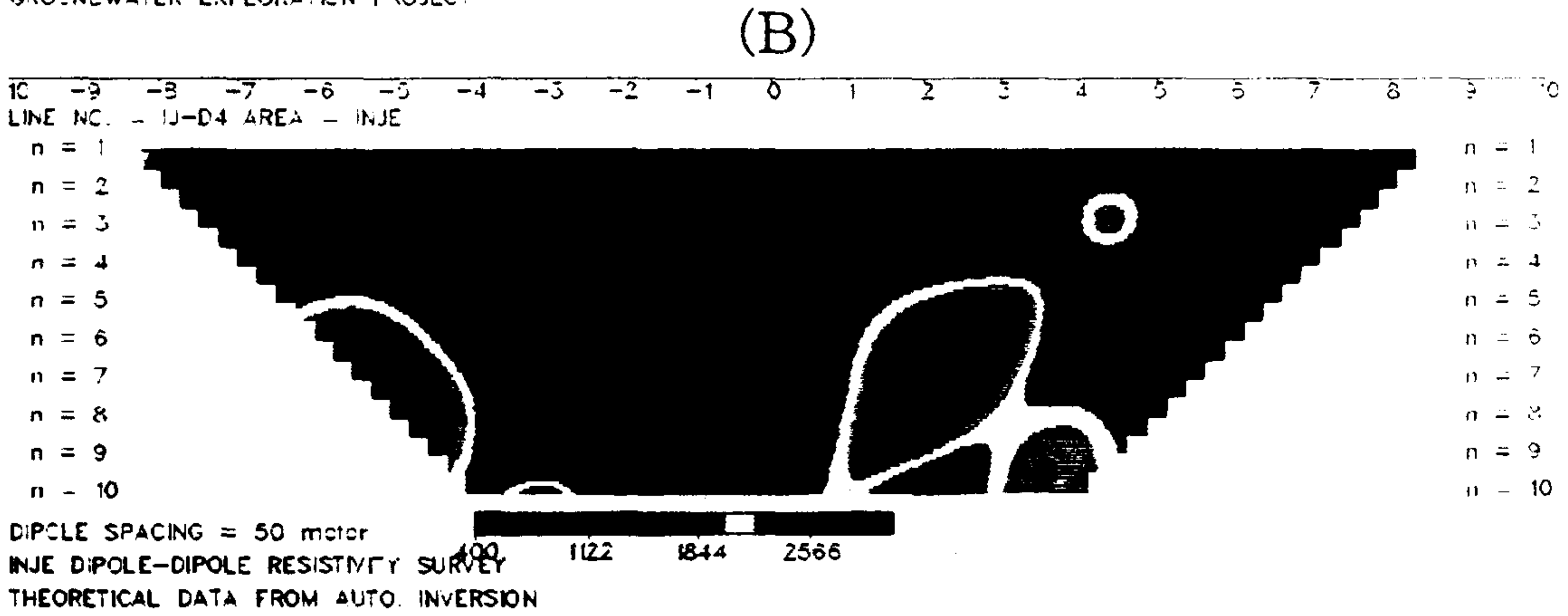
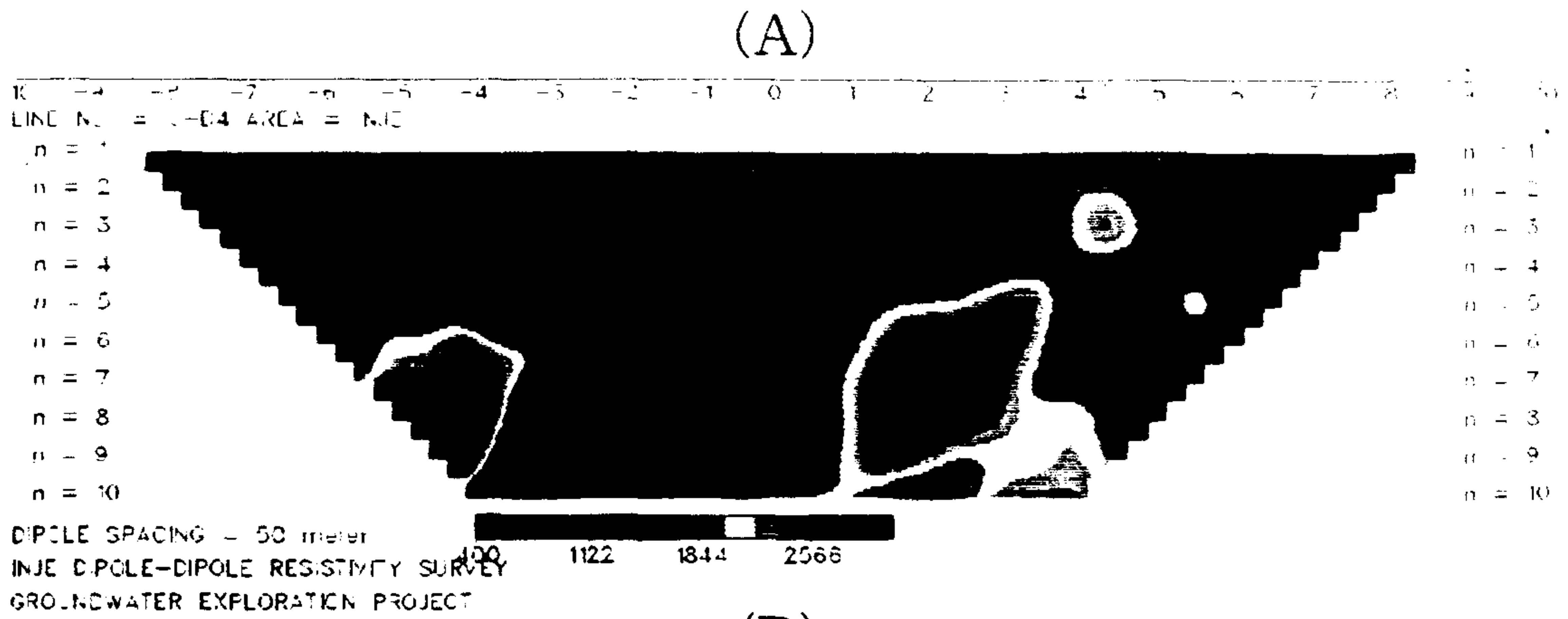
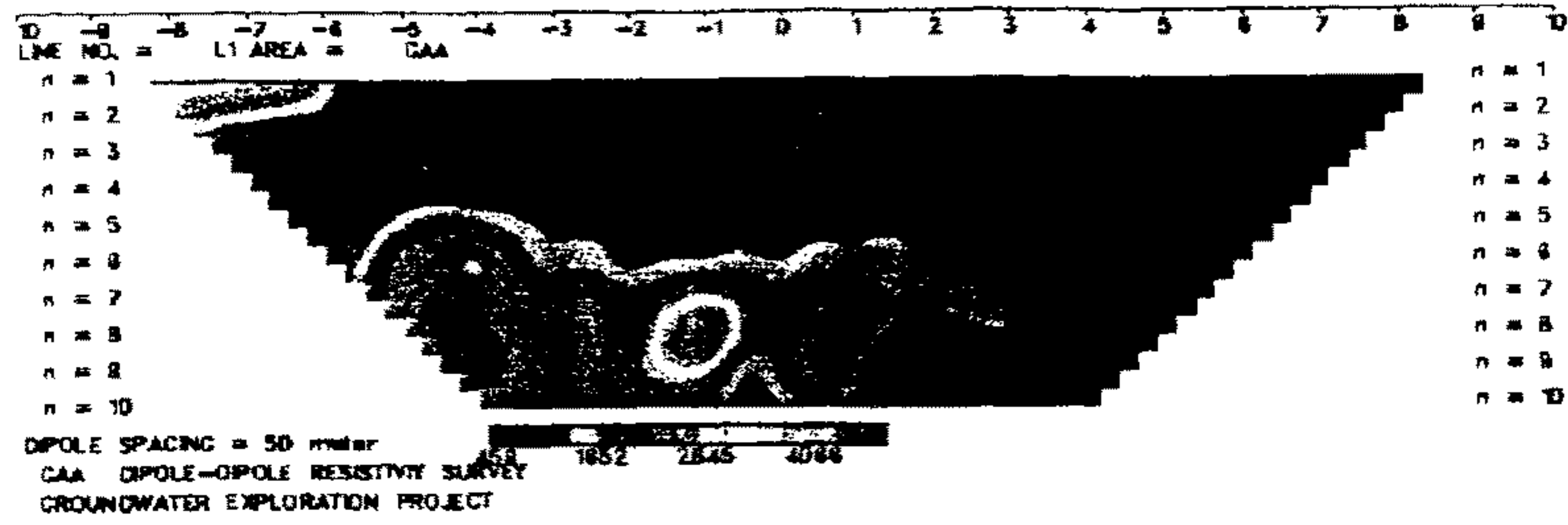
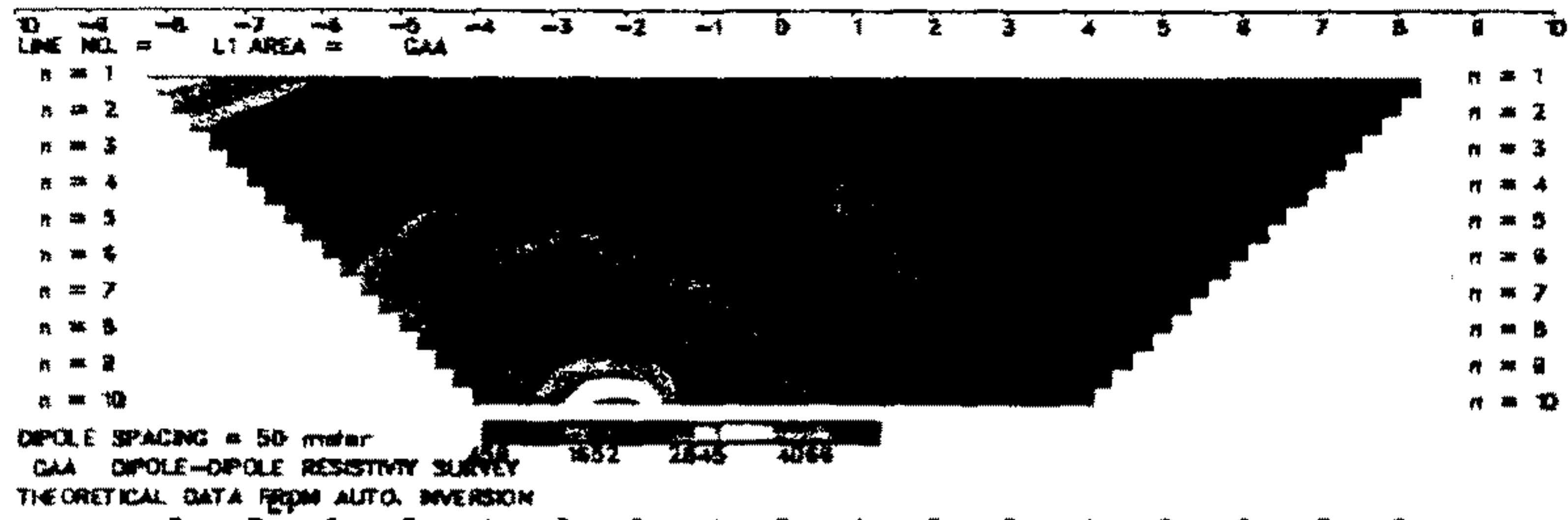


그림 5. 용수골 지구의 쌍극자 배열 전기 비저항 탐사 결과.
 (축선명 IJ-D4, a=50m, n=10)
 (A) 현장 측정 자료의 겹보기 비저항 가단면도.
 (B) 계산된 이론 자료의 겹보기 비저항 가단면도.
 (C) 역산 결과 해석된 2차원 진비저항 분포도.

(A)



(B)



(C)

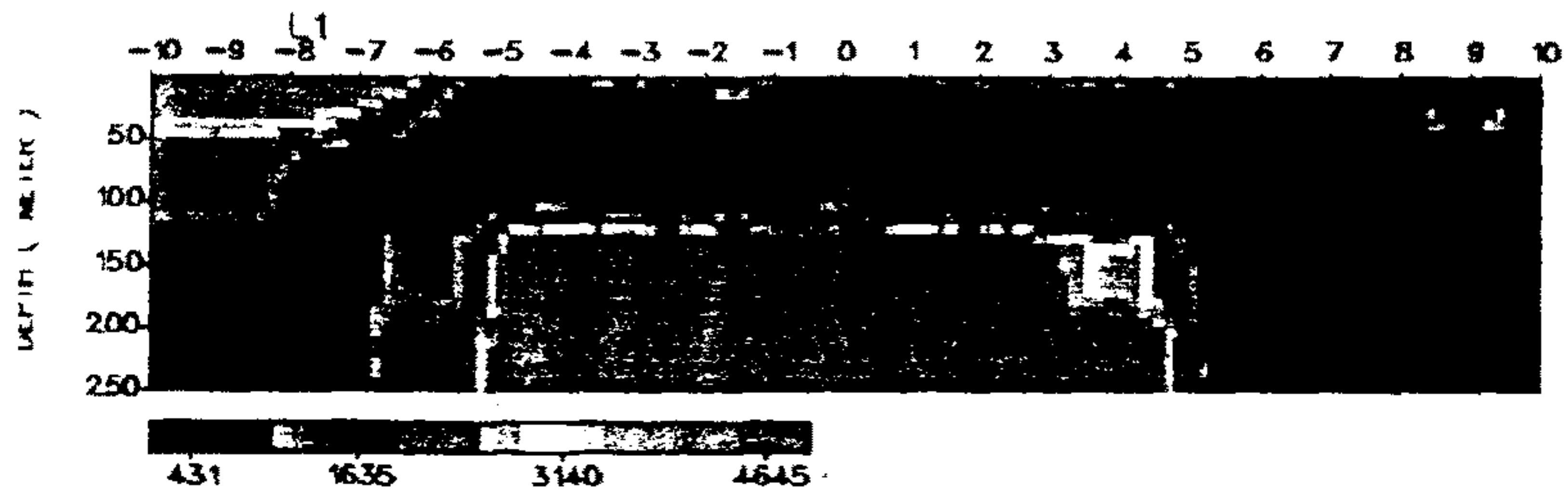


그림. 용수골지구의 쌍극자 배열 전기비저항탐사 결과
(측선명 GA-D5, a=5m, n=10)

- (A) 현장 측정자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (B) 계산된 이론자료의 겉보기 비저항 가단면도
- (C) 역산 결과 해석된 2차원 전비저항 분포도

타냈고 이 測點 附近에서 深部 地下水의 賦存과 聯關된 破碎帶의 發達이 豫想된다.

그림 3 은 IJ - D2 의 探查 結果이다. 이 測線은 IJ - D1 과 約 20 ° 程度의 角度로 測線을 配列한 것으로 IJ - D1 測線의 探查 結果와 類似한 結果를 얻었다. 따라서 -5 번 및 7 번 測點 附近을 地質 構造狀 軟弱帶로 생각되며 含水 破碎構造를 띠는 것으로 推定된다.

그림 4 는 IJ - D3 의 探查 結果이다. 現場 資料의 가단면도상에서 좌측부에 나타난 空白 部分은 값의 分散이 커서 資料處理時 除外한 部分이다. 逆算 結果, -3 번 測點 附近에서 比抵抗값의 對比가 나타났으나 信賴性은 多少 떨어진다. 그러나 이 測點 附近에서 IJ - D1 및 IJ - D2 測線의 探查 結果 나타난 豫想 地質 線構造와 連結되는 곳이다. 따라서 그림 1 에서 보는 바와 같이 中央部에서 南北으로 發達하고 있는 低地帶를 따른 含水 破碎帶의 發達이 豫想된다.

그림 5 는 IJ - D4 의 探查 結果이다. 現場 資料의 加단면도상에서 -3 ~ 0 번 測點 사이의 淺部에서 深部로 길게 發達하는 低比抵抗帶가 있으며, 이 周邊에 中間 및 高比 低抗帶가 分布하고 있다. 逆算 結果, 測線의 좌측부 地域은 風化의 進展이 100 m 또는 그 以上の 深部 地域까지 發達한 것으로 豫想된다. 그리고 1 ~ 3 번 測點 사이는 淺部에서 深部까지 相對的인 低比抵抗帶가 分布하며 以外の 區間은 深部에서 高比低抗帶가 나타났다.

測線 GA-D5는 現場 測定資料의 겉보기 比抵抗 加단면도와 이론자료의 겉보기比抵抗 加단면도를 比較해 볼 때 全體적으로 低比抵抗帶를 이루며, 中央 下段에 약간의 高比低抗帶를 나타낸다. 逆算 結果 解析된 2次元 眞比抵抗 分布圖에서 測點4와 測點 -5 사이의 深度 100m ~ 250m에 高比低抗帶를 이루며 나머지 區間에서는 대체로 低比抵抗帶를 이루고 있어 地下水 賦存이 良好할 것으로 豫想된다.

4. 垂直 探查

슬림버저 配列法은 中心點 0 에 대하여 P_1 P_2 電位 電極을 固定시키고 電流 電極을

C_1 C_2 를 中心點에 대하여 對稱 關係를 維持 하면서 漸次 擴大하여 겉보기 比抵抗을 測定하는 方法으로 이 垂直探查는 電氣 比抵抗의 地表로부터 垂直的 變化 狀態를 탐지 하여 對象體의 深度를 確認하는 探查 方法으로 測線 配列方法은 아래 그림과 같다.

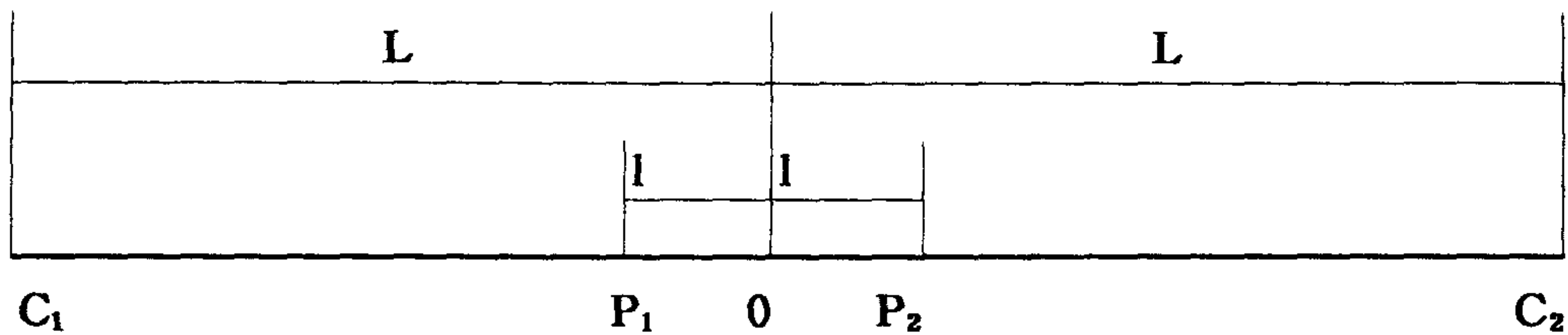


그림. Schlumberger 配列

Schlumberger 配列에 의한 垂直探查는 電氣 比抵抗 雙極子(Dipole -Dipole method) 探查 結果 低比抵抗 異狀帶가 나타나는 地點을 選定하여 電氣 比抵抗의 地下 下部의 垂直的인 變化 樣相을 確認하였다.

電氣 比抵抗 垂直 探查에 獲得된 各 測線別 現場 資料를 入力하여 數值 逆算法을 利用하여 2次元 自動 逆算을 隨行한 結果로써 地下의 眞比抵抗 分布를 測點別 深度別로 斷面狀에 圖示한 것이다. 이 資料를 水平 試錐調査 資料와 比較 分析한다.

本 調査 地域은 山의 傾斜가 急하고 道路가 隣接하고 國道邊으로서 車輛 通行이 繼續됨으로 Half - Schlumberger(Pole - Dipole) 法 配列에 의한 調査가 竝行되었으며 좁은 溪谷內의 隣接 道路 部分에서는 地下의 比抵抗 探查에 도움이 되었다.

垂直 探查는 雙極子 配列 電氣 比抵抗 探查 資料로부터 地下水 賦存 可能性이 높은 地點을 그 對象으로 하였다.

가. 大關嶺地域

大關嶺地域 測點 S-1, S-2, S-5, S-6, S-7, S-11, S-12의 겉보기 比抵抗 값은 深

도에 따라 漸進적으로 增加하는 傾向을 나타내는 것으로 보아 신선한 岩盤層이 存在하며, 地下水 賦存과 聯關된 破碎帶의 發達은 不良한 것으로 생각된다.

測點 S-3, S-8, S-9, S-10은 각각 50m, 100m 深度에서 低比抵抗 分布를 나타내는 것으로 보아 小規模 節理나 含水破碎帶의 發達이 豫想된다. 測點 S-4는 20m, 120m 深度에서 低比抵抗 分布를 나타내는 것으로 보아 小規模 節理나 含水破碎帶의 發達이 豫想된다.

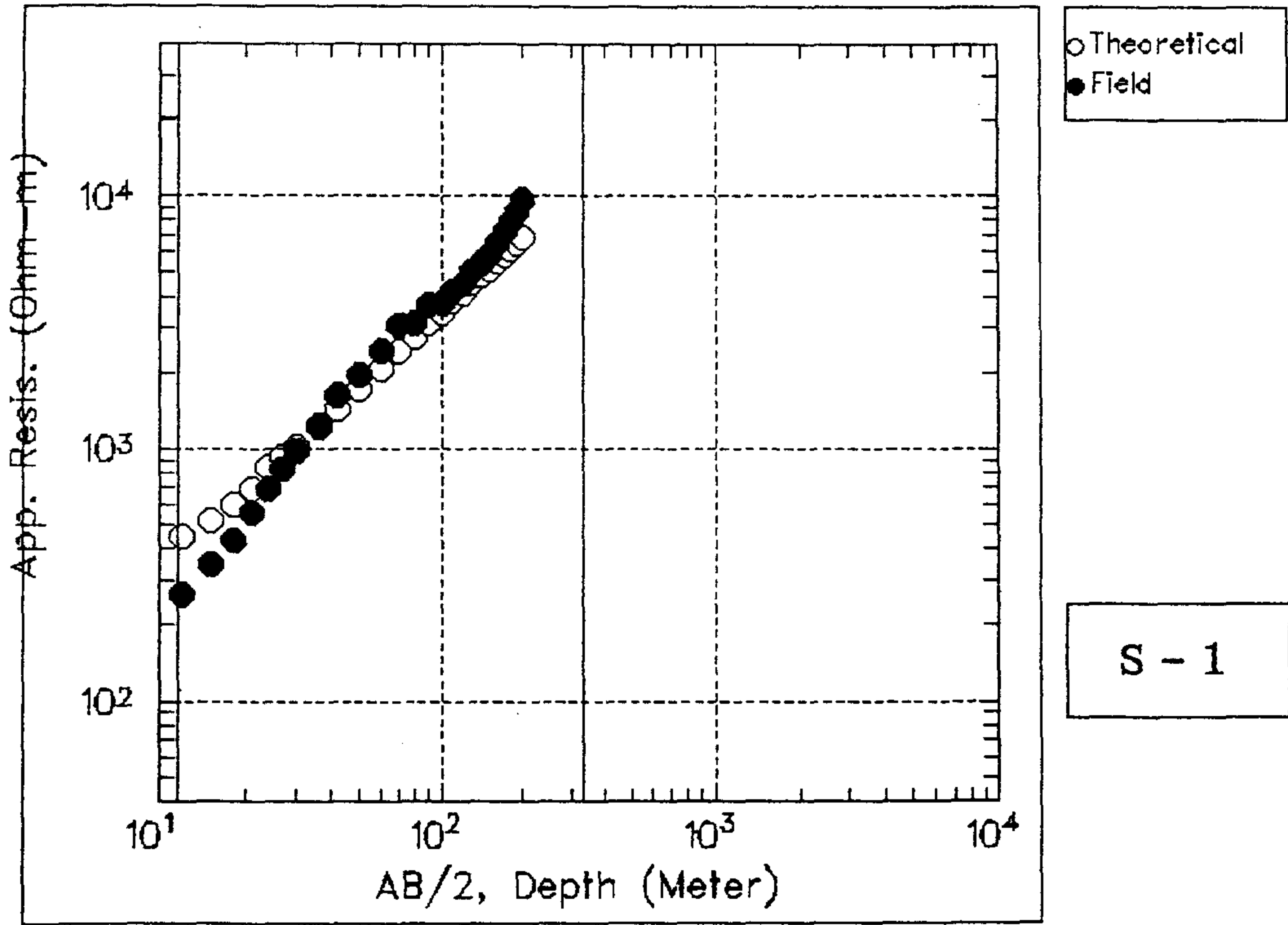
나. 용수골地域

용수골 地區 測點 IJ-S1 및 IJ-S2의 겉보기 比抵抗값은 深度에 따라 漸進적으로 增加하는 傾向을 나타냈다. 逆算 結果, 층후에 따른 比抵抗값은 小幅 增加 後 岩盤層의 比抵抗값을 나타내고 最下部層에서 低比抵抗값을 보였다. 이는 深部에서 含水 地質構造와 聯關된 값으로 생각되나 雙極子 探查 結果와는 잘 不합하지 않는다.

測點 IJ-S3의 겉보기 比抵抗값은 單純 增加하는 樣相을 나타냈다. 逆算 結果, 風化帶의 發達 深度는 約 5m 程度로 IJ-S1 및 IJ-S2보다 良好한데 이는 本 測點이 地形的으로 낮은 곳에 位置한 緣由로 생각된다. 그리고 本 測點 또한 最下部層에서 低比抵抗값을 띠나 發達 深度 및 값의 對比 等에서 IJ-S1 및 IJ-S2보다 地下水 賦存과 聯關된 破碎帶의 發達은 不良할 것으로 생각된다.

測點 IJ-S4 ~ S6은 本 地區의 西部에 位置하며 雙極子 探查 結果 深部 地域까지 風化가 進展된 것으로 豫想되는 곳이다. 1次元 逆算 結果, 部分的으로 差異는 있으나 豫想한 바와 같이 3個 測點 모두 藥 100 m 內외의 廣範圍한 風化帶가 發達하는 것으로 나타났다. 따라서 上記 測點이 位置하는 곳은 중, 淺部 地下水의 賦存이 良好할 것으로 豫想된다.

測點 IJ-S7 및 IJ-S8은 地區 西측의 南쪽에 發達하는 溪谷部 近處에 位置한다. 겉보기 比抵抗값 및 逆算 結果, 深部에서 比抵抗값이 增加하는 것으로 보아 신선한 岩盤層이 存在할 것으로 생각된다.

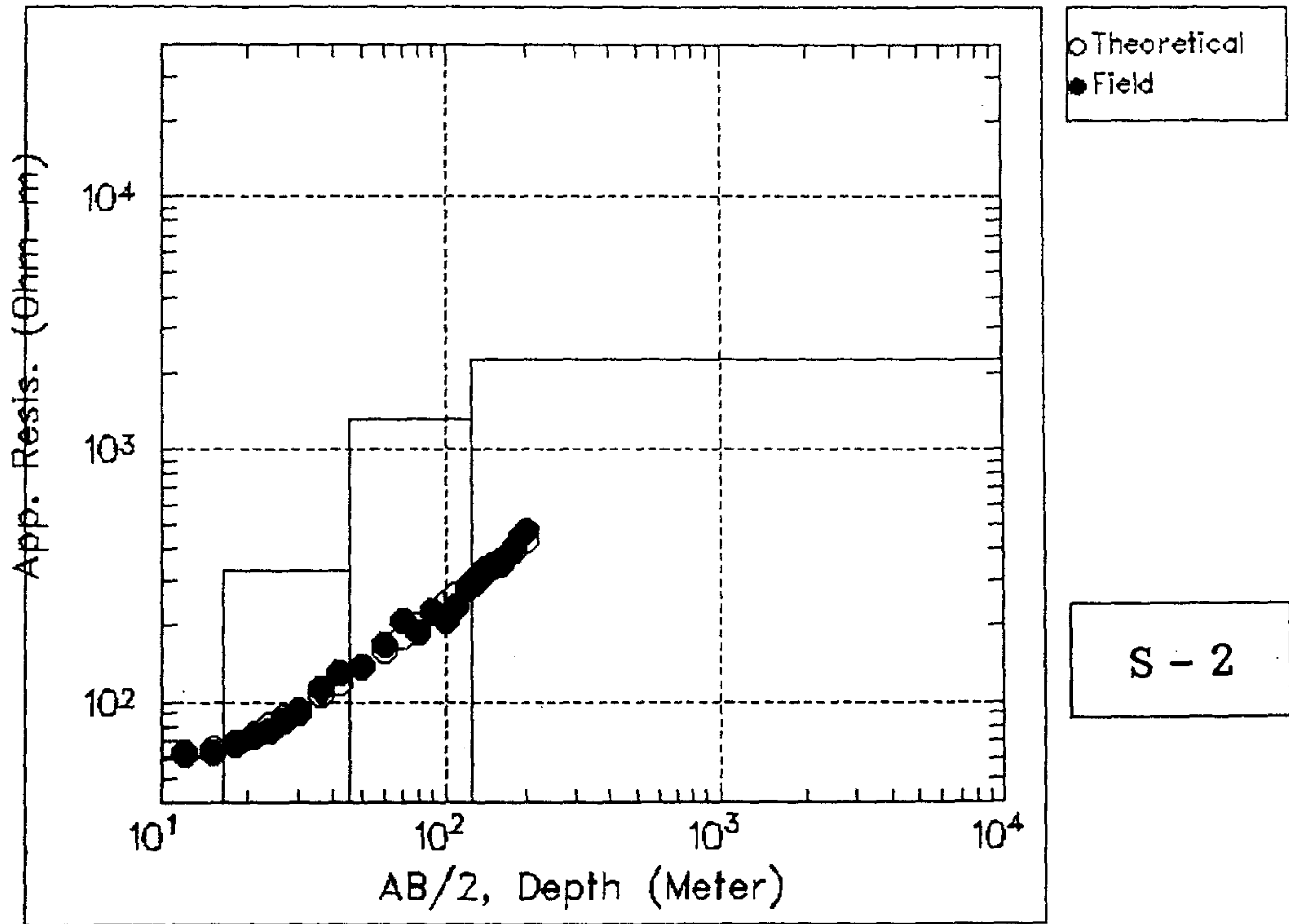


○ Theoretical
 ● Field

S - 1

Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 345 | 0.9 | 0.0 – | 0.9 |
| 2 | 606 | 1.4 | 0.9 – | 2.2 |
| 3 | 110 | 2.5 | 2.2 – | 4.7 |
| 4 | 1582 | 2.0 | 4.7 – | 6.7 |
| 5 | 20222 | 4.8 | 6.7 – | 11.6 |
| 6 | 978133 | 319.1 | 11.6 – | 330.7 |
| 7 | 40187 | | 330.7 – | |

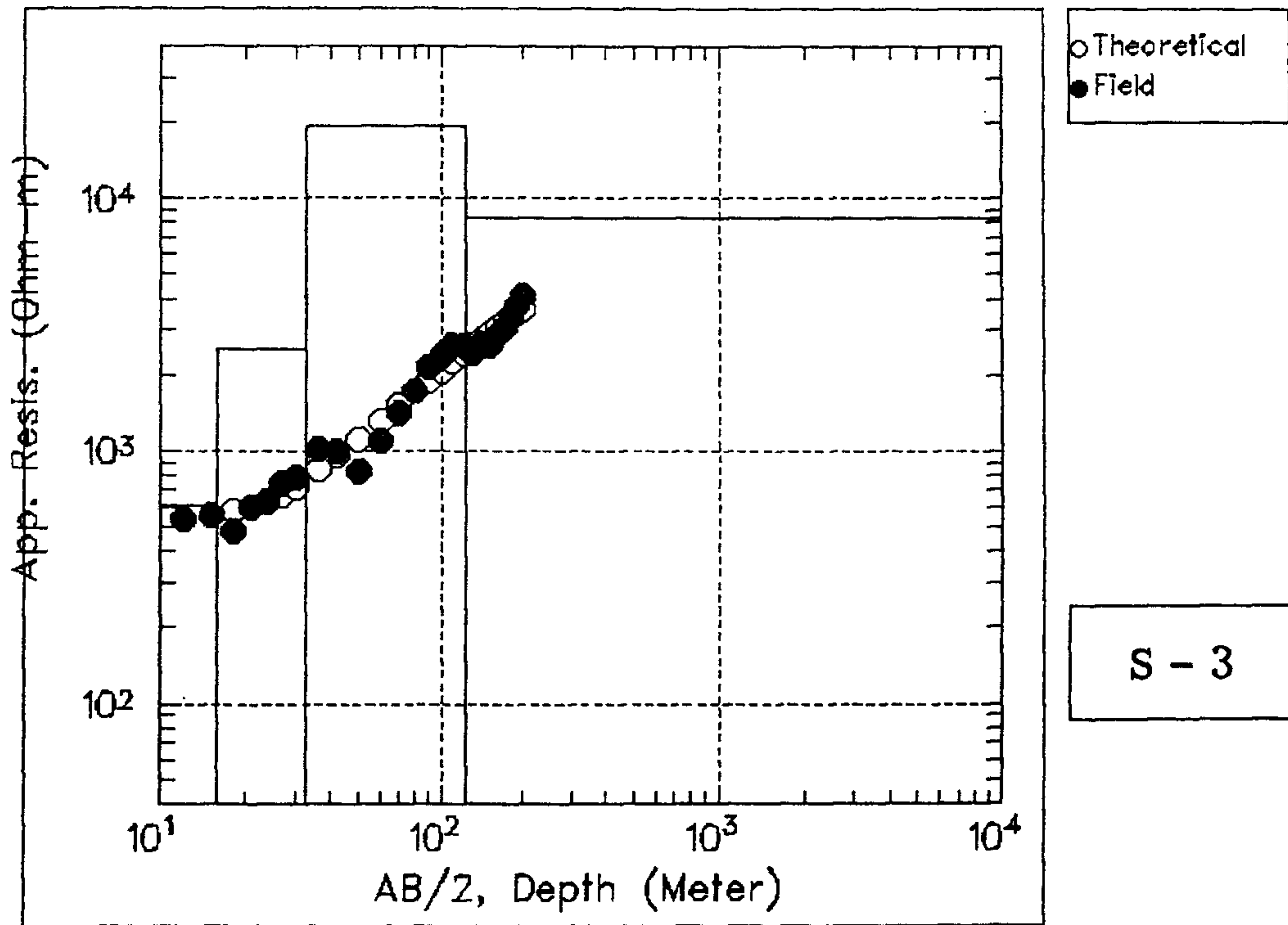


○ Theoretical
● Field

S - 2

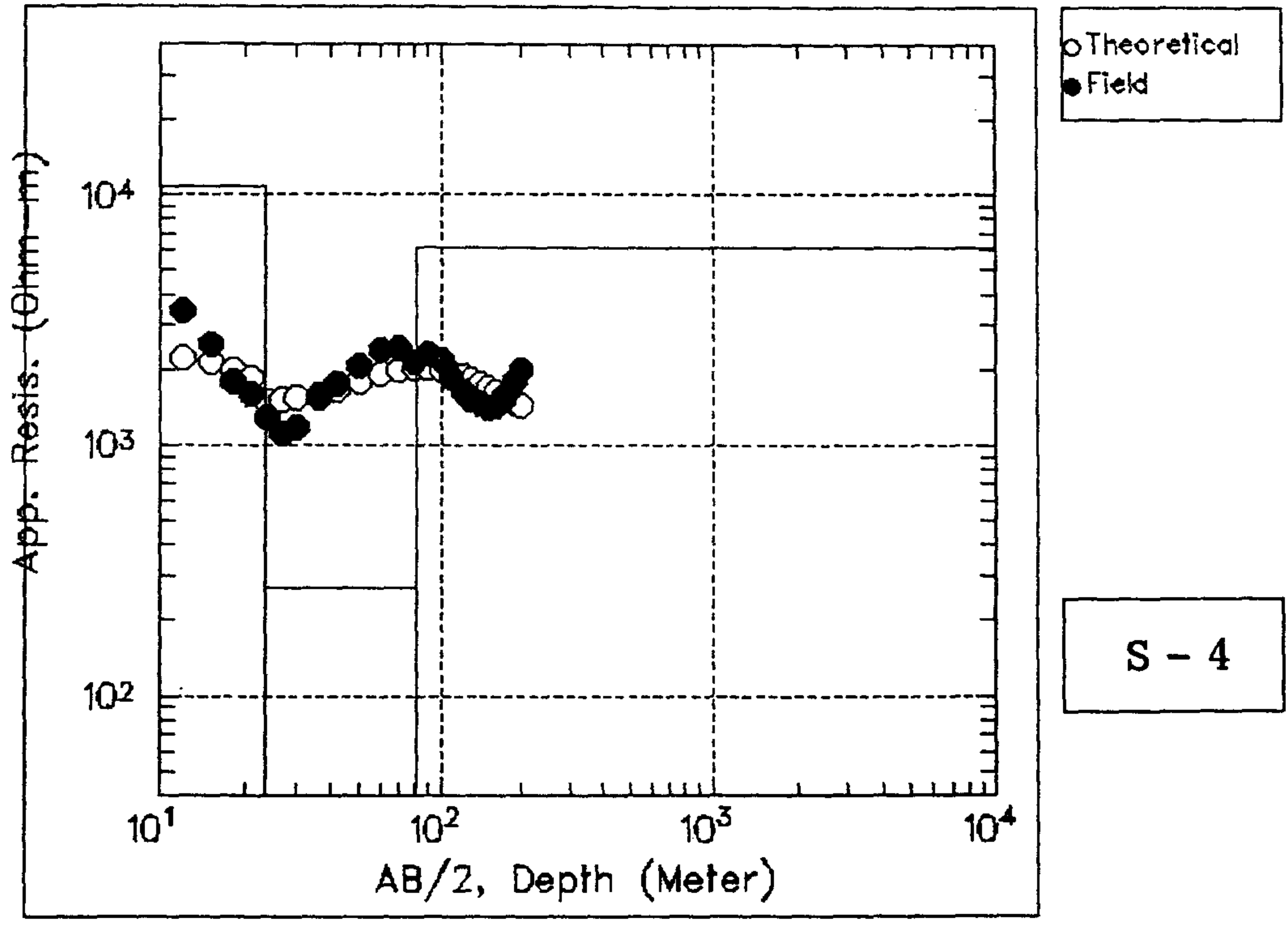
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 114 | 1.1 | 0.0 — | 1.1 |
| 2 | 49 | 2.0 | 1.1 — | 3.1 |
| 3 | 58 | 5.4 | 3.1 — | 8.5 |
| 4 | 61 | 7.8 | 8.5 — | 16.3 |
| 5 | 332 | 28.9 | 16.3 — | 45.2 |
| 6 | 1300 | 80.7 | 45.2 — | 125.9 |
| 7 | 2269 | | 125.9 — | |



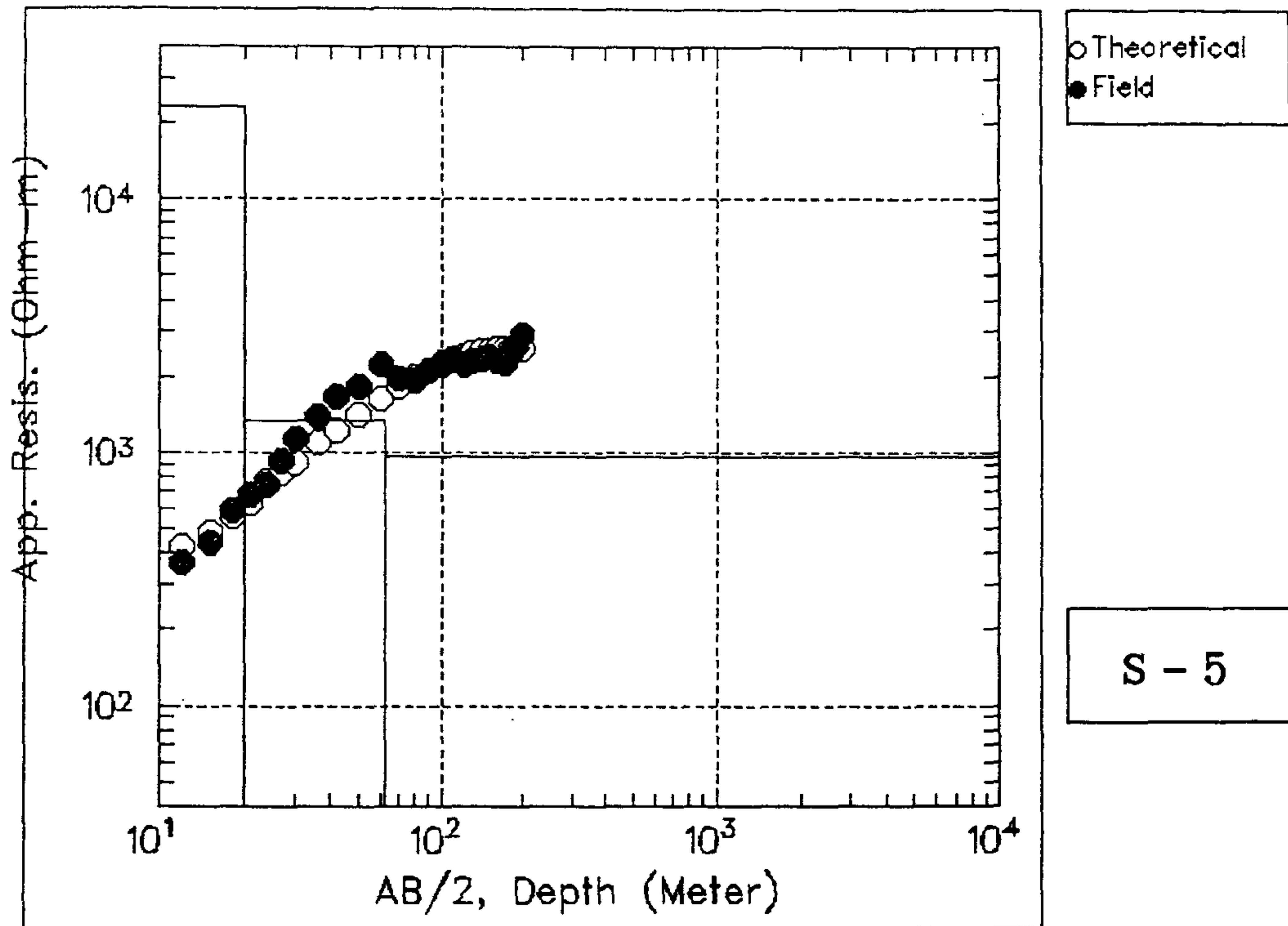
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 376 | 1.1 | 0.0 – | 1.1 |
| 2 | 1492 | 1.9 | 1.1 – | 3.0 |
| 3 | 247 | 4.6 | 3.0 – | 7.6 |
| 4 | 610 | 8.1 | 7.6 – | 15.7 |
| 5 | 2508 | 17.0 | 15.7 – | 32.7 |
| 6 | 19103 | 90.7 | 32.7 – | 123.4 |
| 7 | 8379 | | 123.4 – | |



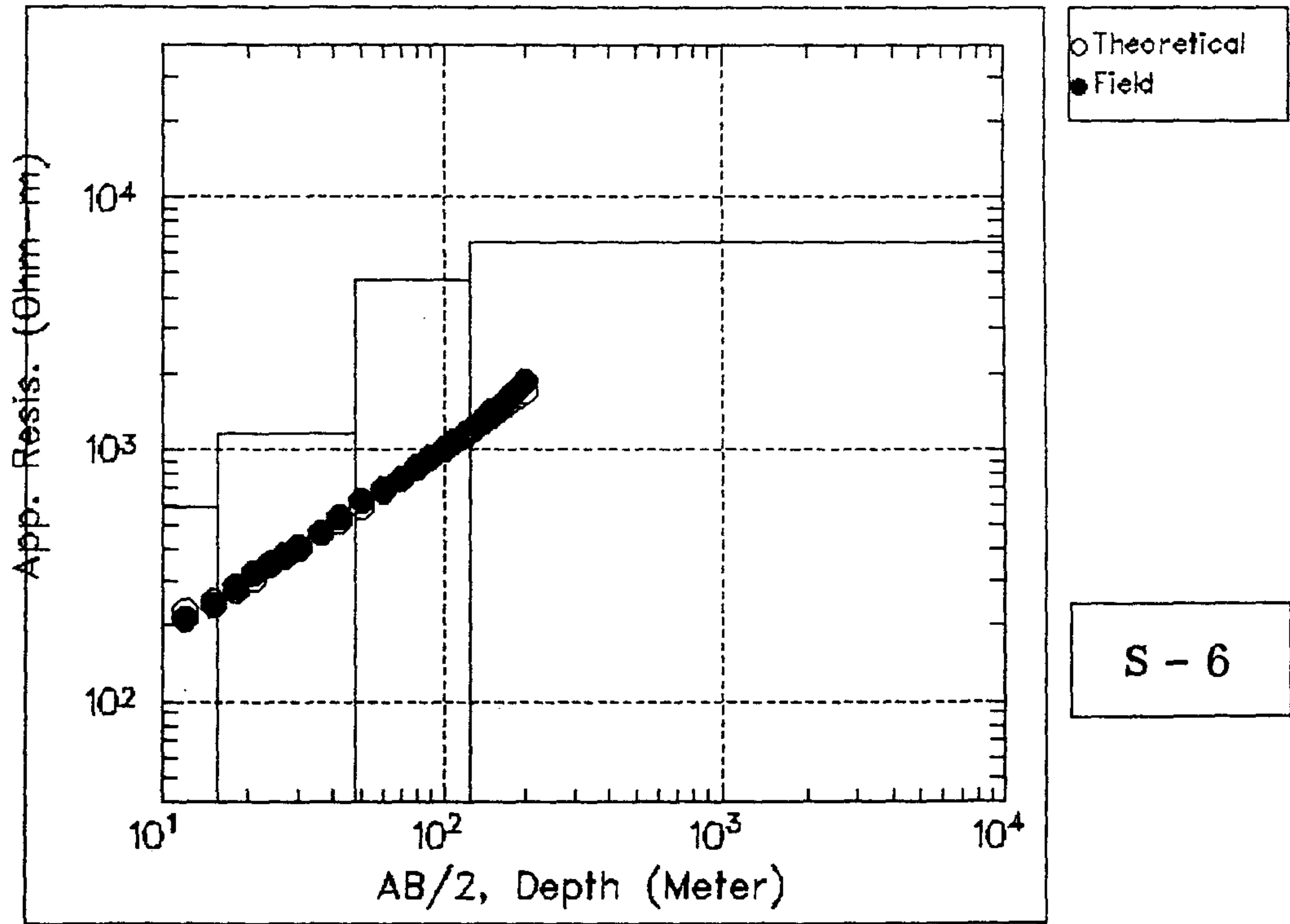
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 828 | 0.9 | 0.0 – | 0.9 |
| 2 | 11305 | 1.5 | 0.9 – | 2.4 |
| 3 | 3138 | 1.2 | 2.4 – | 3.6 |
| 4 | 297 | 5.0 | 3.6 – | 8.6 |
| 5 | 10756 | 15.1 | 8.6 – | 23.7 |
| 6 | 272 | 58.2 | 23.7 – | 81.8 |
| 7 | 6080 | | 81.8 – | |



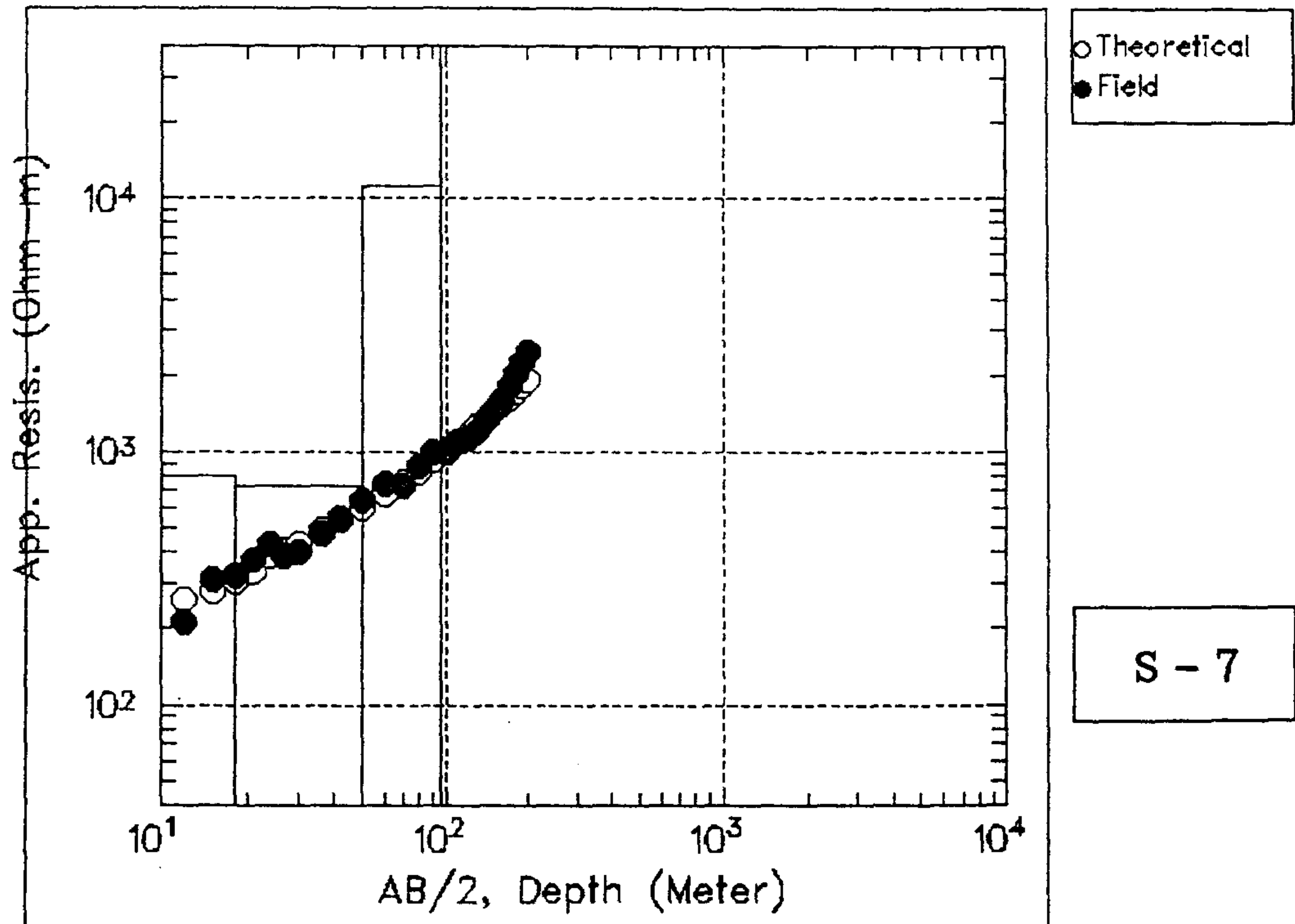
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 38 | 0.9 | 0.0 – | 0.9 |
| 2 | 136 | 0.6 | 0.9 – | 1.5 |
| 3 | 963 | 1.0 | 1.5 – | 2.5 |
| 4 | 9073 | 2.9 | 2.5 – | 5.4 |
| 5 | 23085 | 14.5 | 5.4 – | 19.9 |
| 6 | 1343 | 42.4 | 19.9 – | 62.4 |
| 7 | 959 | | 62.4 – | |



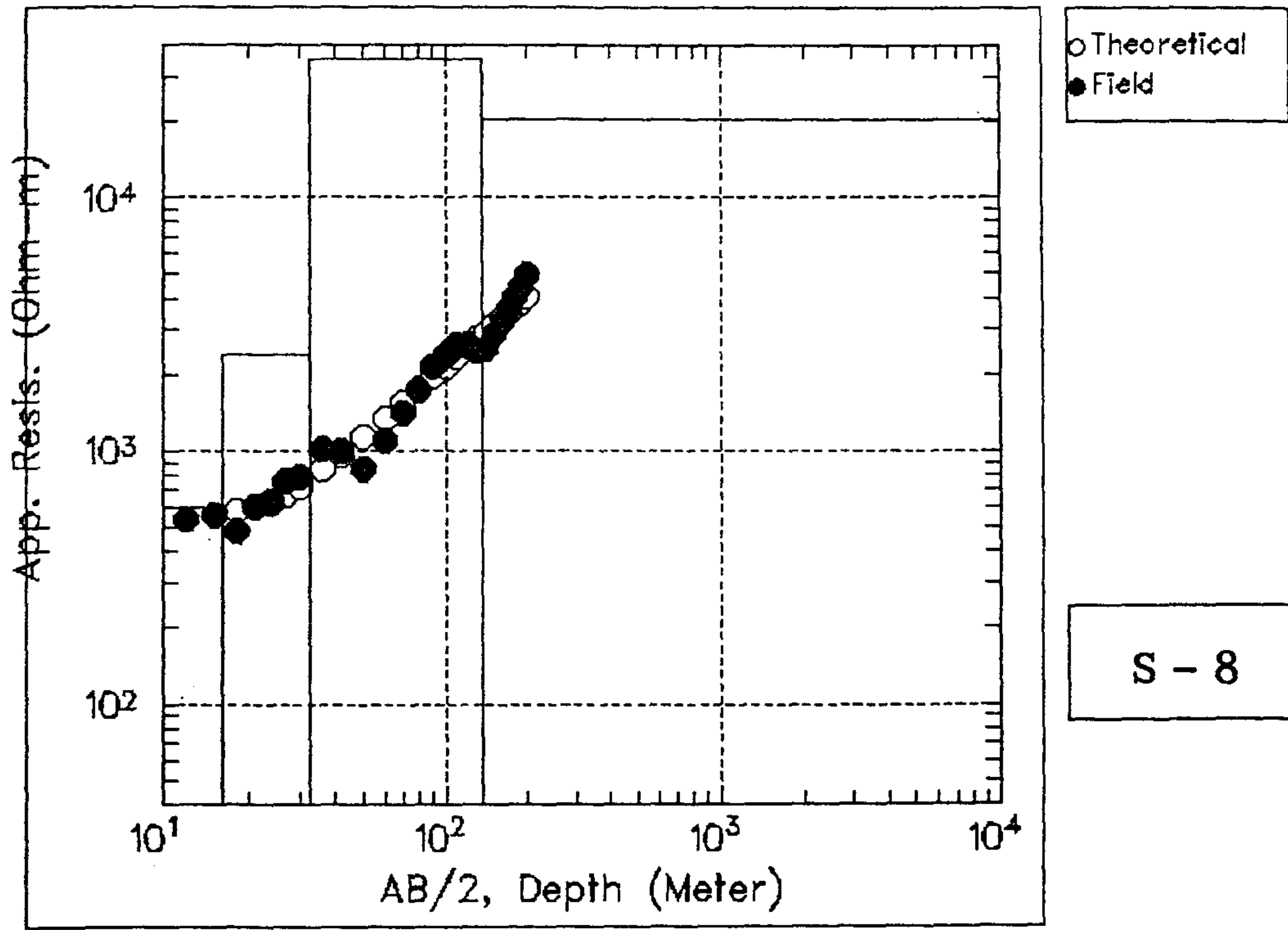
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 825 | 1.4 | 0.0 – | 1.4 |
| 2 | 162 | 1.6 | 1.4 – | 3.1 |
| 3 | 132 | 4.3 | 3.1 – | 7.4 |
| 4 | 589 | 8.1 | 7.4 – | 15.5 |
| 5 | 1151 | 32.6 | 15.5 – | 48.1 |
| 6 | 4629 | 77.4 | 48.1 – | 125.5 |
| 7 | 6560 | | 125.5 – | |



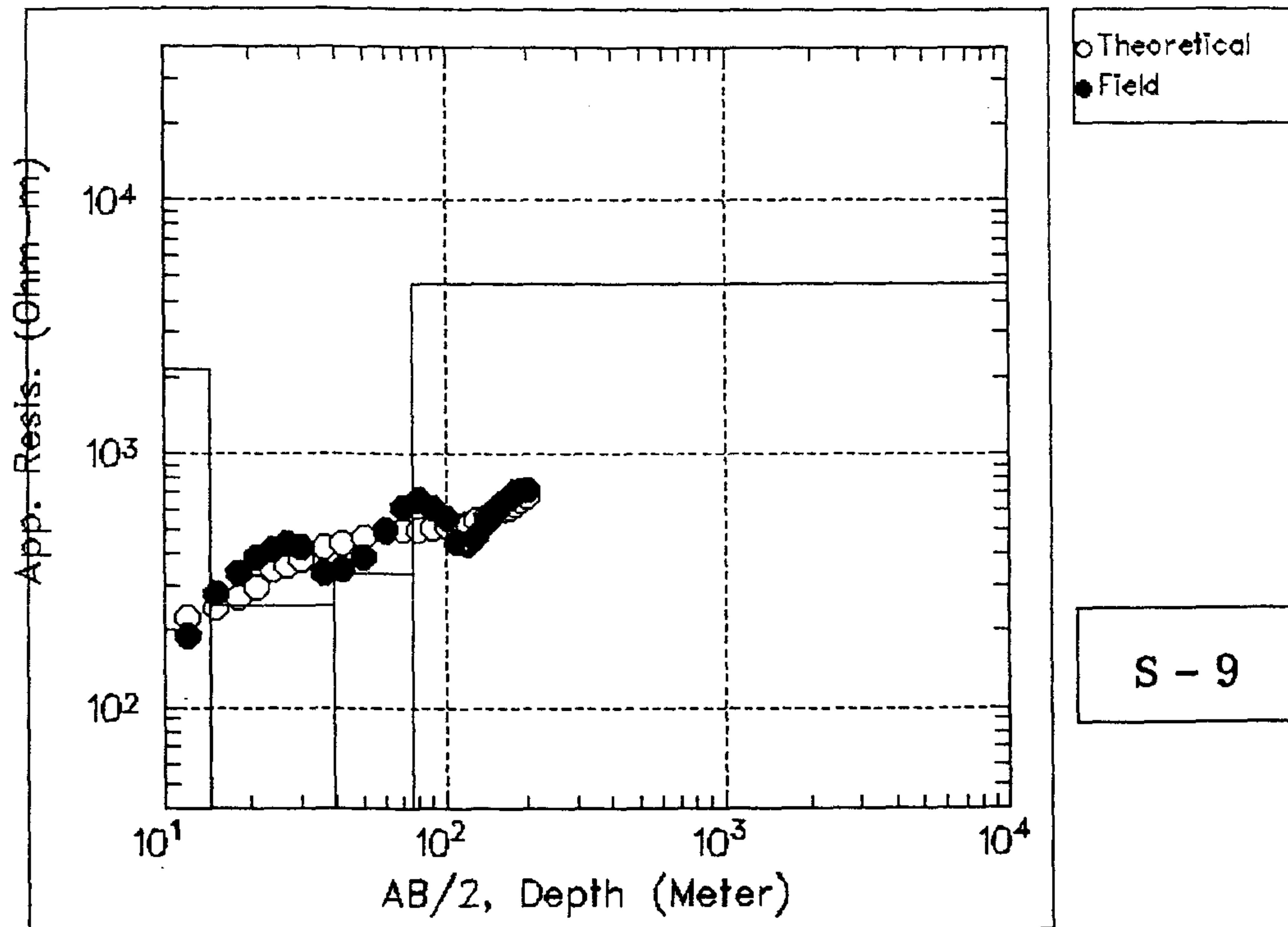
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 828 | 1.5 | 0.0 – | 1.5 |
| 2 | 129 | 1.7 | 1.5 – | 3.2 |
| 3 | 165 | 4.0 | 3.2 – | 7.2 |
| 4 | 800 | 10.9 | 7.2 – | 18.1 |
| 5 | 734 | 32.2 | 18.1 – | 50.3 |
| 6 | 11122 | 46.3 | 50.3 – | 96.6 |
| 7 | 40201 | | 96.6 – | |



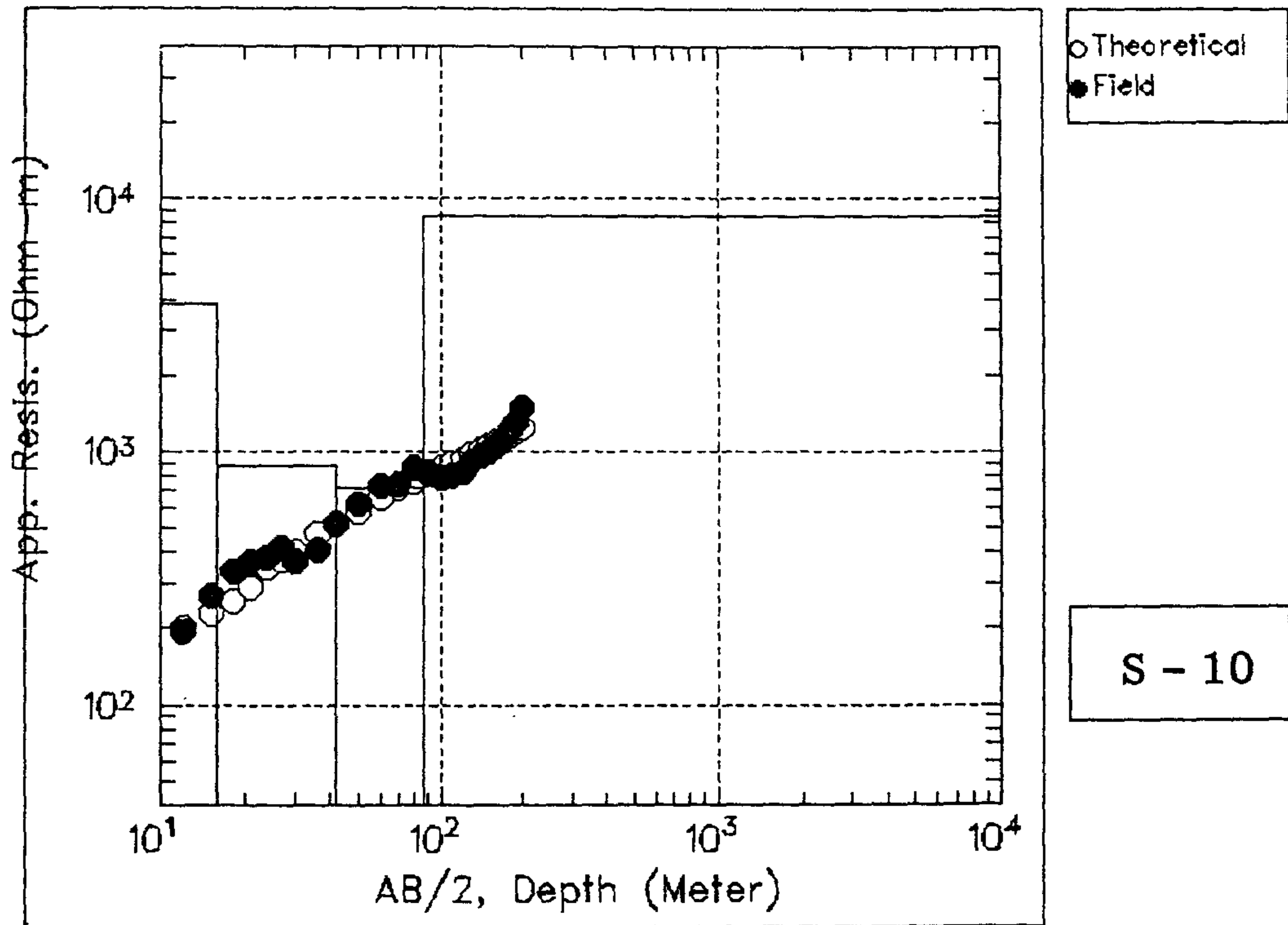
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 381 | 1.1 | 0.0 – | 1.1 |
| 2 | 1467 | 1.9 | 1.1 – | 3.0 |
| 3 | 254 | 4.7 | 3.0 – | 7.7 |
| 4 | 600 | 8.5 | 7.7 – | 16.1 |
| 5 | 2380 | 16.5 | 16.1 – | 32.7 |
| 6 | 35131 | 102.8 | 32.7 – | 135.5 |
| 7 | 20345 | | 135.5 – | |



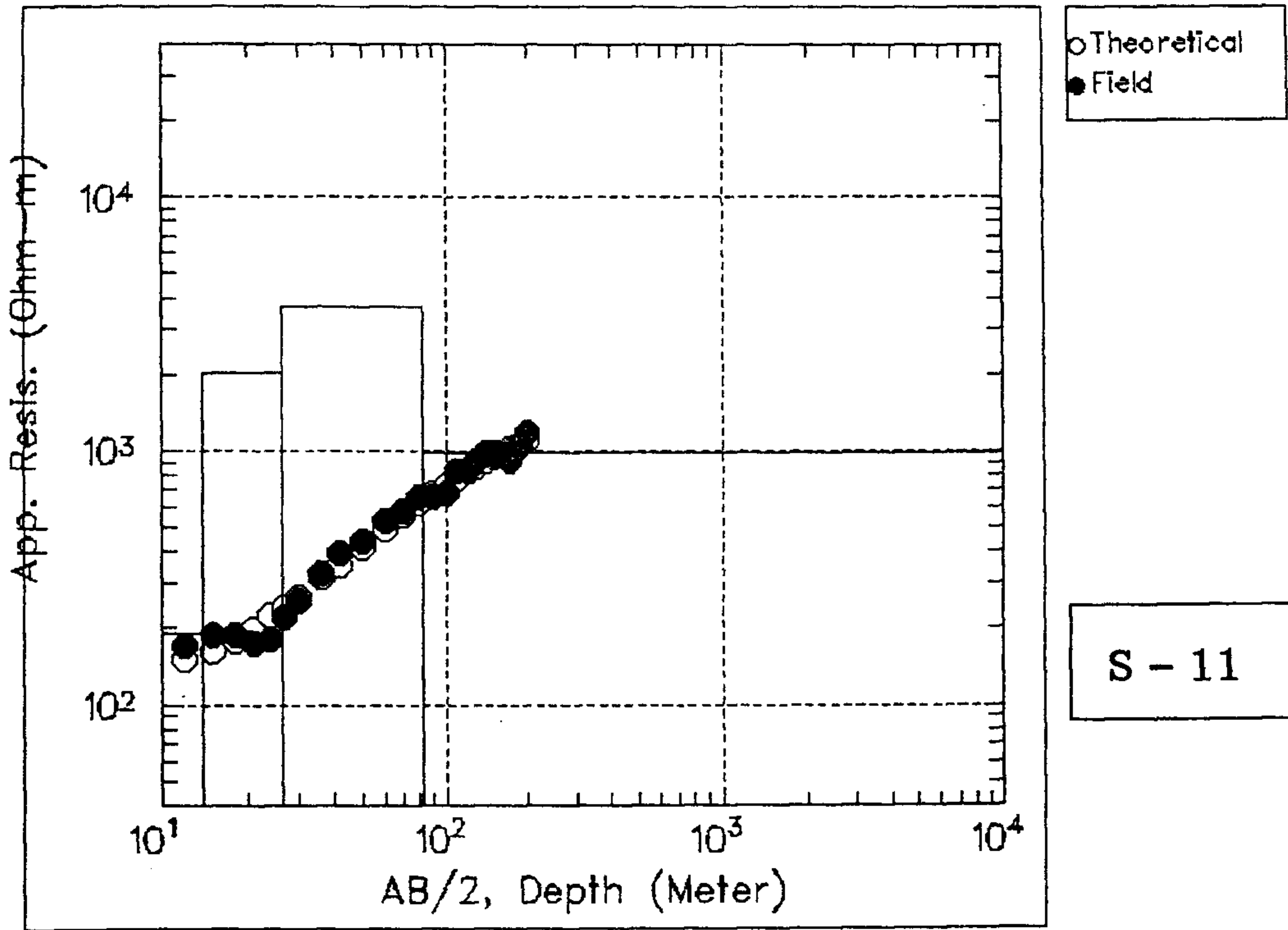
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 249 | 3.2 | 0.0 – | 3.2 |
| 2 | 47 | 1.3 | 3.2 – | 4.5 |
| 3 | 104 | 1.2 | 4.5 – | 5.7 |
| 4 | 2143 | 8.6 | 5.7 – | 14.3 |
| 5 | 251 | 25.0 | 14.3 – | 39.4 |
| 6 | 333 | 37.3 | 39.4 – | 76.7 |
| 7 | 4708 | | 76.7 – | |



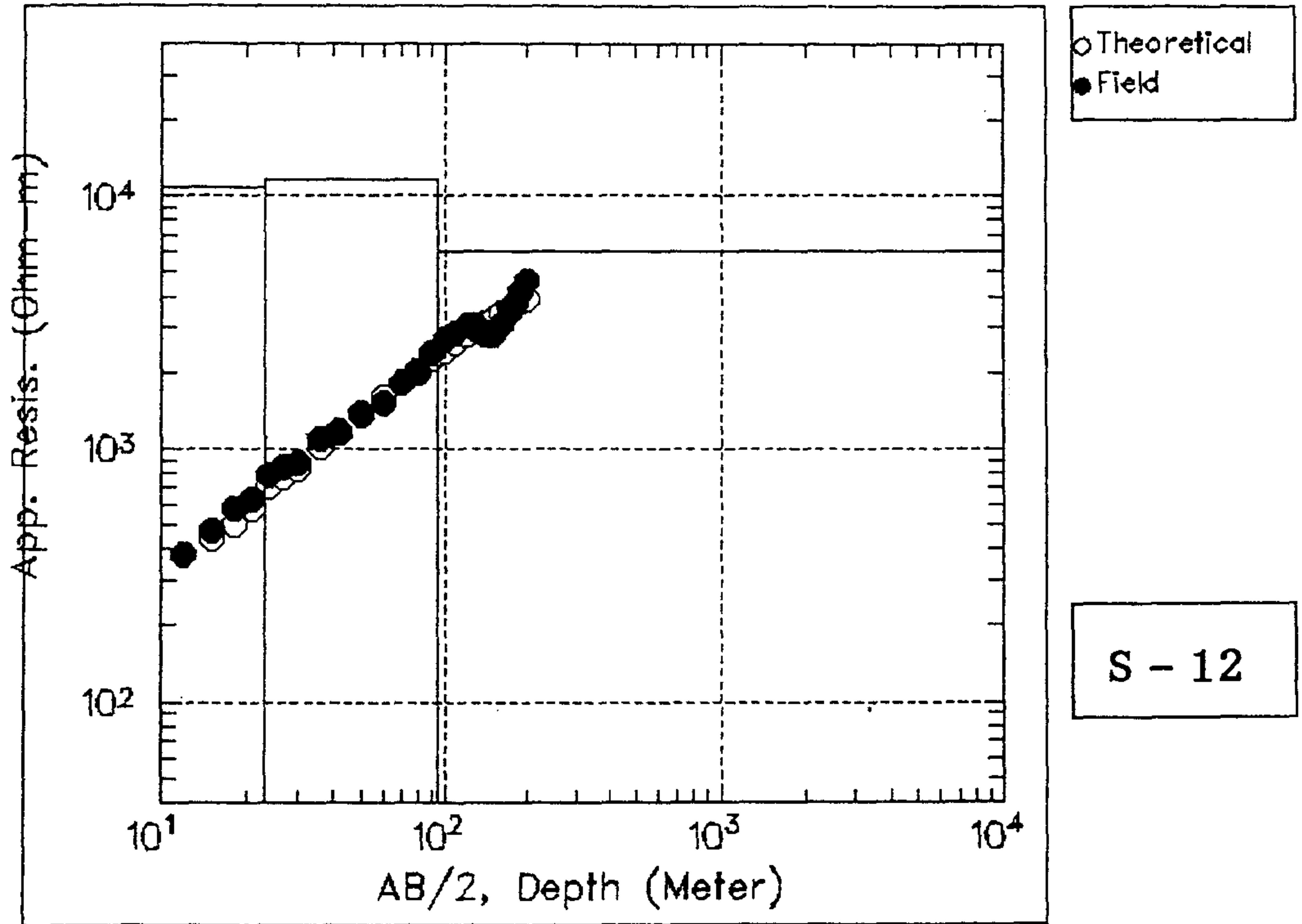
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 151 | 3.4 | 0.0 – | 3.4 |
| 2 | 57 | 1.7 | 3.4 – | 5.2 |
| 3 | 158 | 1.2 | 5.2 – | 6.4 |
| 4 | 3839 | 9.4 | 6.4 – | 15.7 |
| 5 | 885 | 26.4 | 15.7 – | 42.2 |
| 6 | 724 | 44.7 | 42.2 – | 86.8 |
| 7 | 8523 | | 86.8 – | |



Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 719 | 2.2 | 0.0 – | 2.2 |
| 2 | 519 | 0.8 | 2.2 – | 3.0 |
| 3 | 66 | 4.1 | 3.0 – | 7.1 |
| 4 | 192 | 6.7 | 7.1 – | 13.9 |
| 5 | 2039 | 12.7 | 13.9 – | 26.5 |
| 6 | 3668 | 56.2 | 26.5 – | 82.8 |
| 7 | 977 | | 82.8 – | |



Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 35 | 1.0 | 0.0 — | 1.0 |
| 2 | 188 | 0.7 | 1.0 — | 1.6 |
| 3 | 1124 | 1.2 | 1.6 — | 2.8 |
| 4 | 4954 | 3.6 | 2.8 — | 6.5 |
| 5 | 10824 | 16.6 | 6.5 — | 23.1 |
| 6 | 11624 | 71.5 | 23.1 — | 94.6 |
| 7 | 5974 | | 94.6 — | |

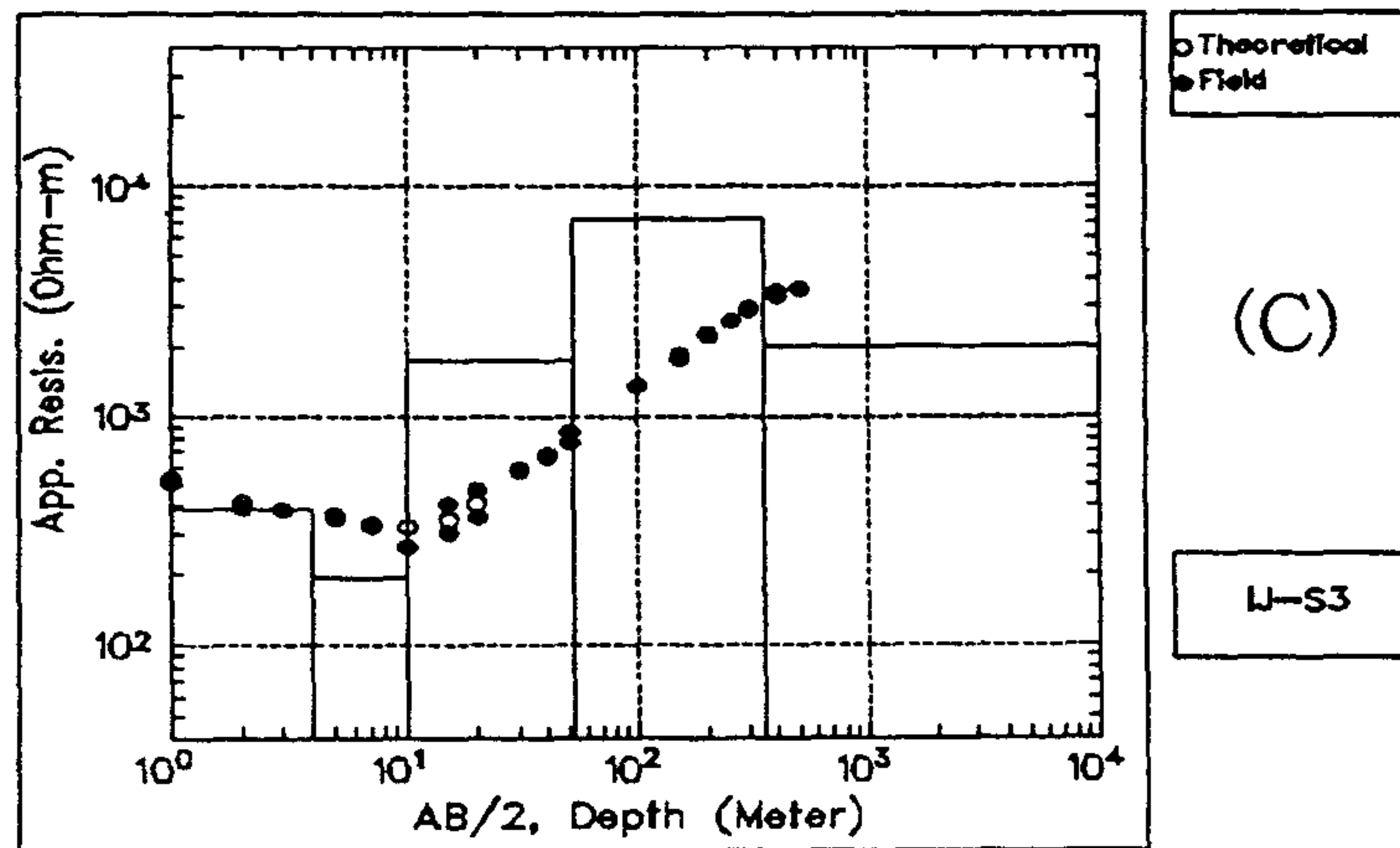
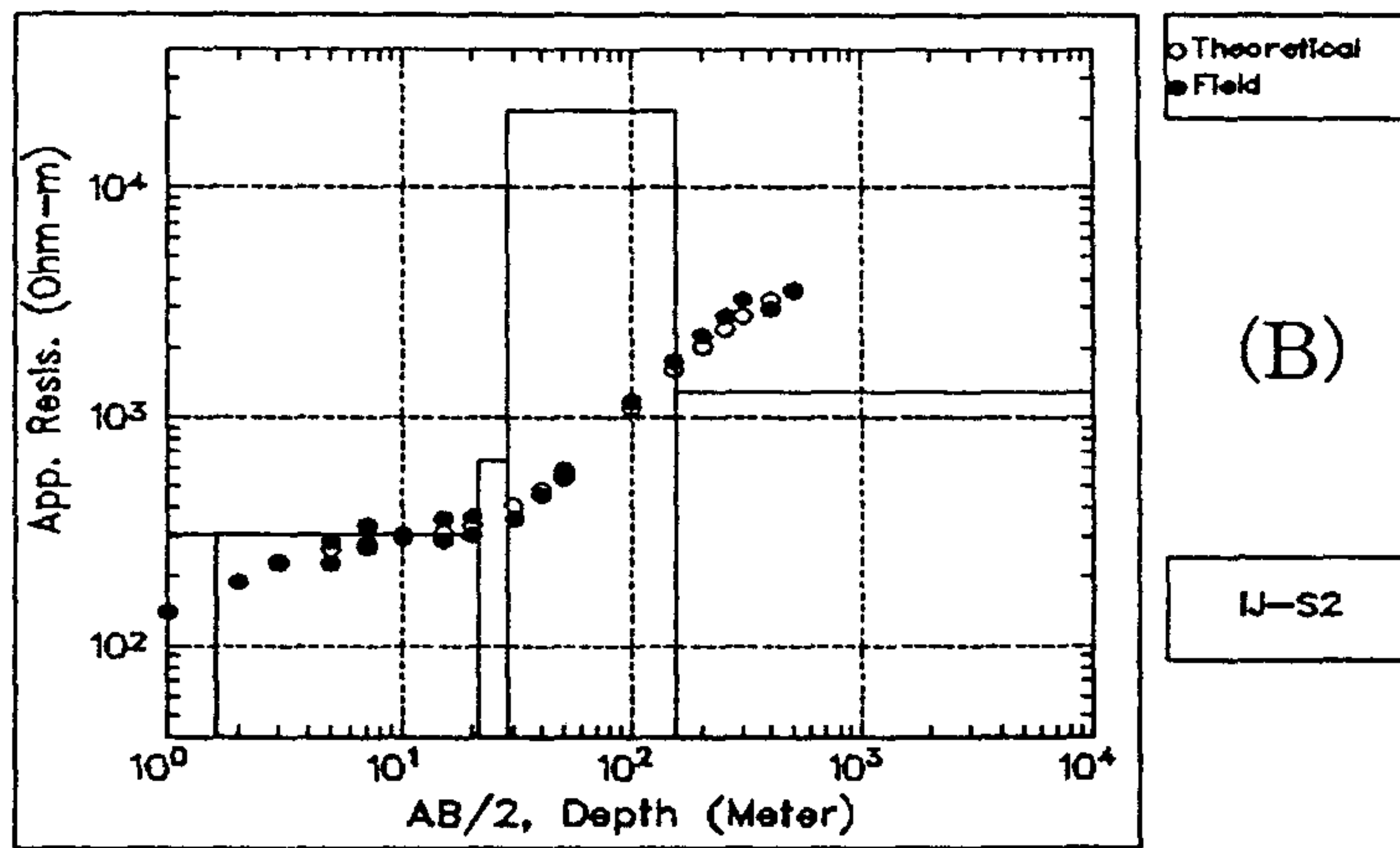
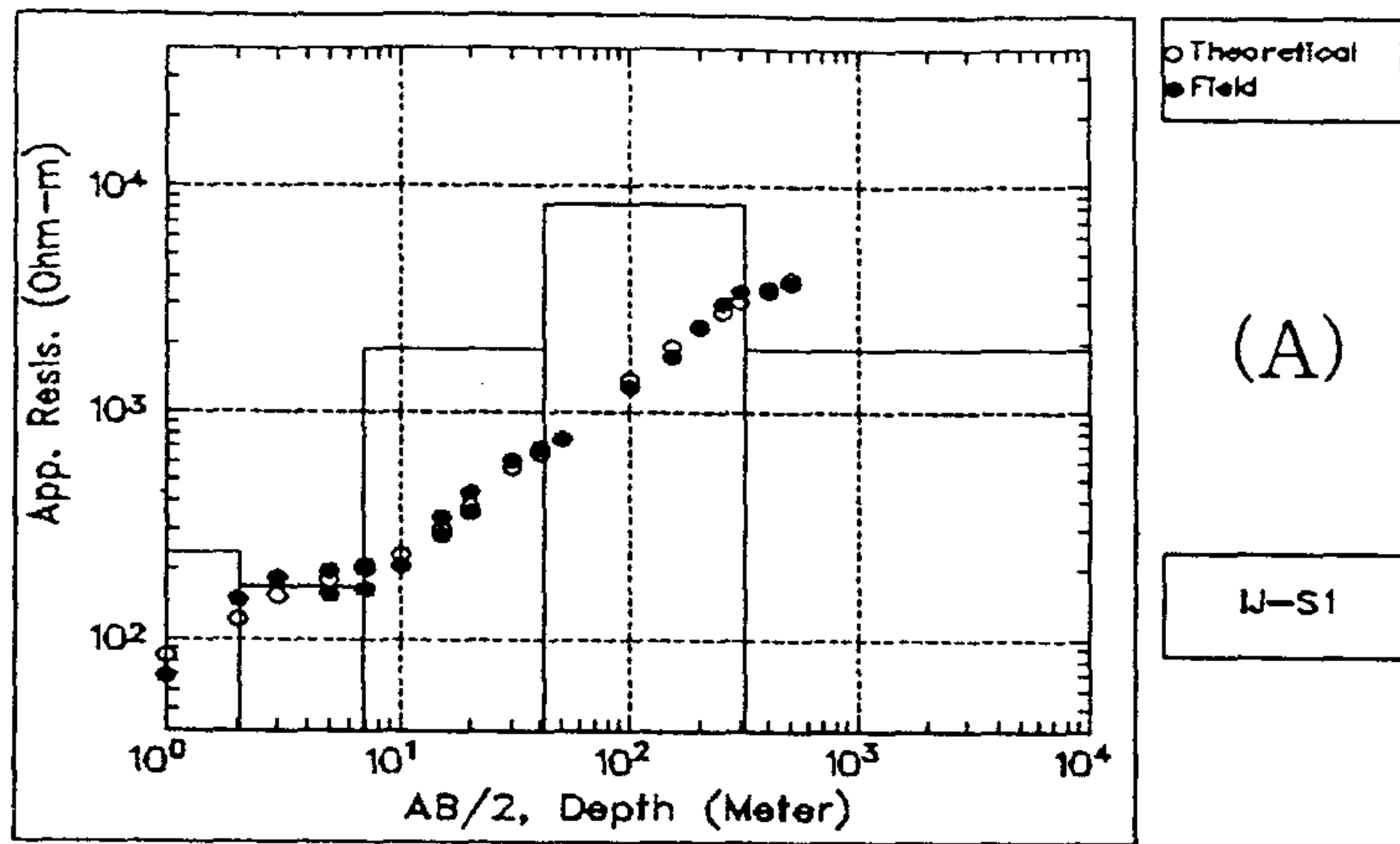


그림 6. Schlumberger 배열에 의한 전기 비저항 수직 탐사 자료 및 1차원 역산 결과 해석된 심도별 전기 비저항 분포도.
 (A)측점 IJ-S1 (B)측점 IJ-S2 (C)측점 IJ-S3 (D)측점 IJ-S4
 (E)측점 IJ-S5 (F)측점 IJ-S6 (G)측점 IJ-S7 (H)측점 IJ-S8
 (I)측점 IJ-S9 (J)측점 IJ-S10 (K)측점 IJ-S11 (L)측점 IJ-S12

그림 6. 계속

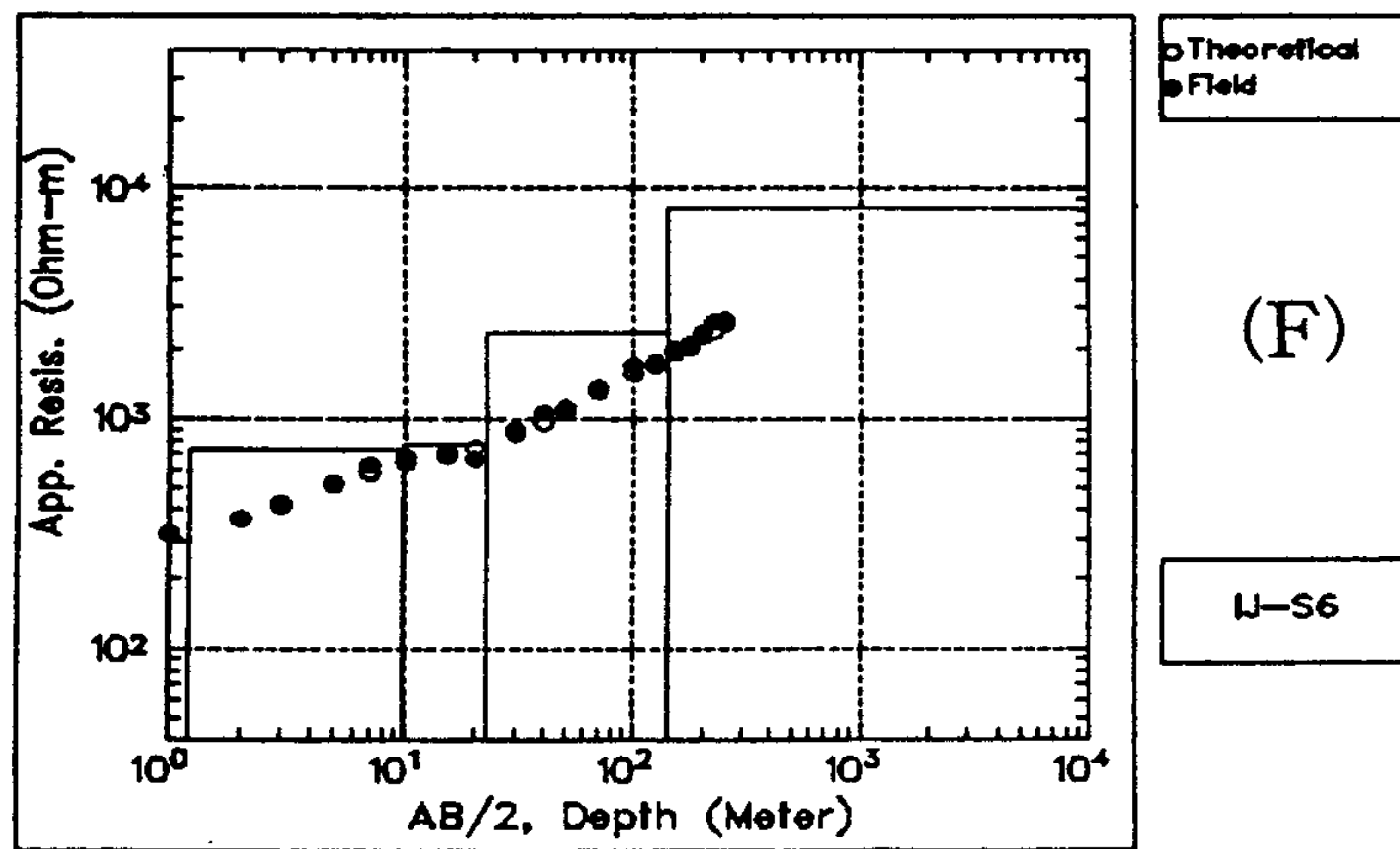
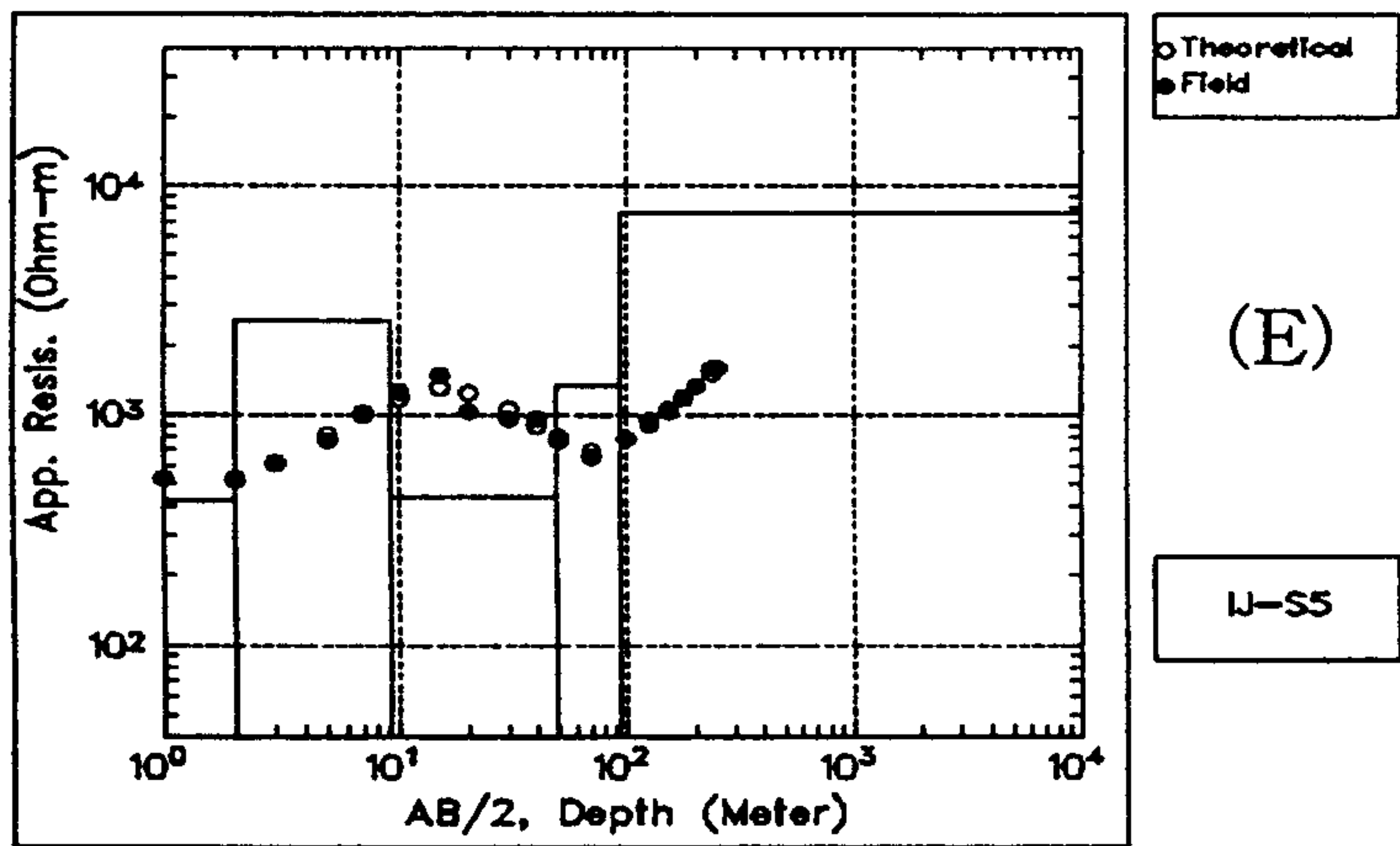
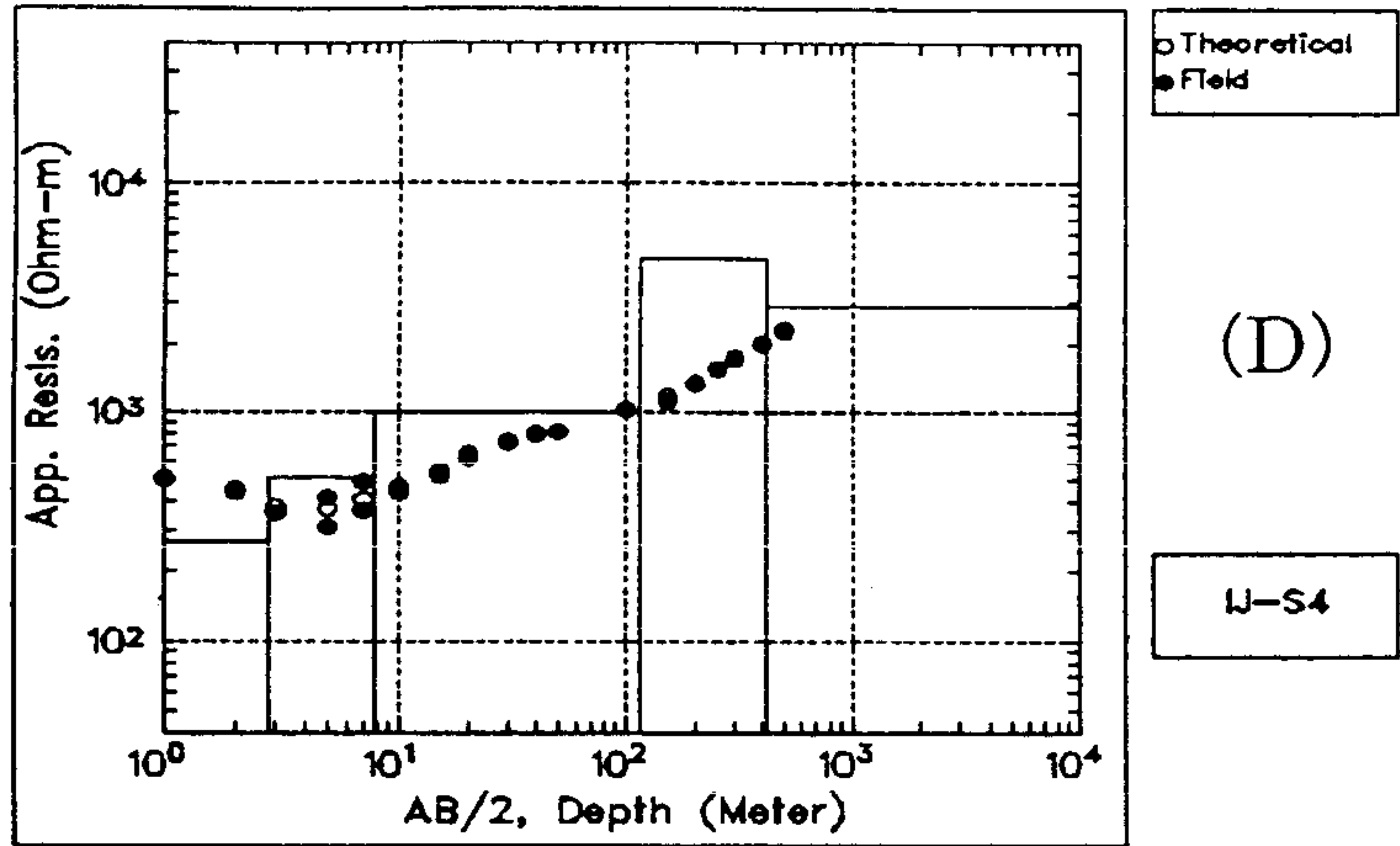


그림 6. 계속

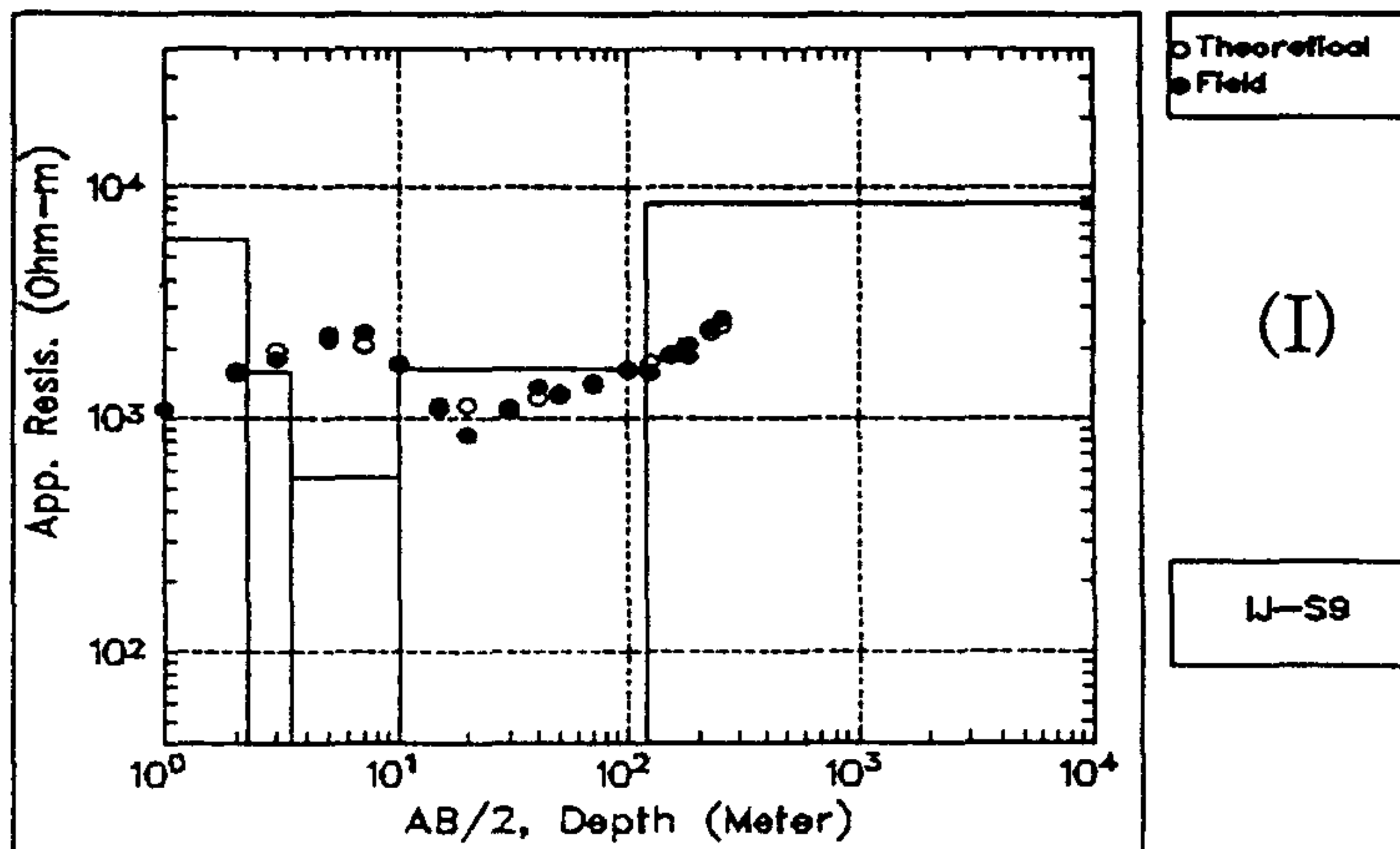
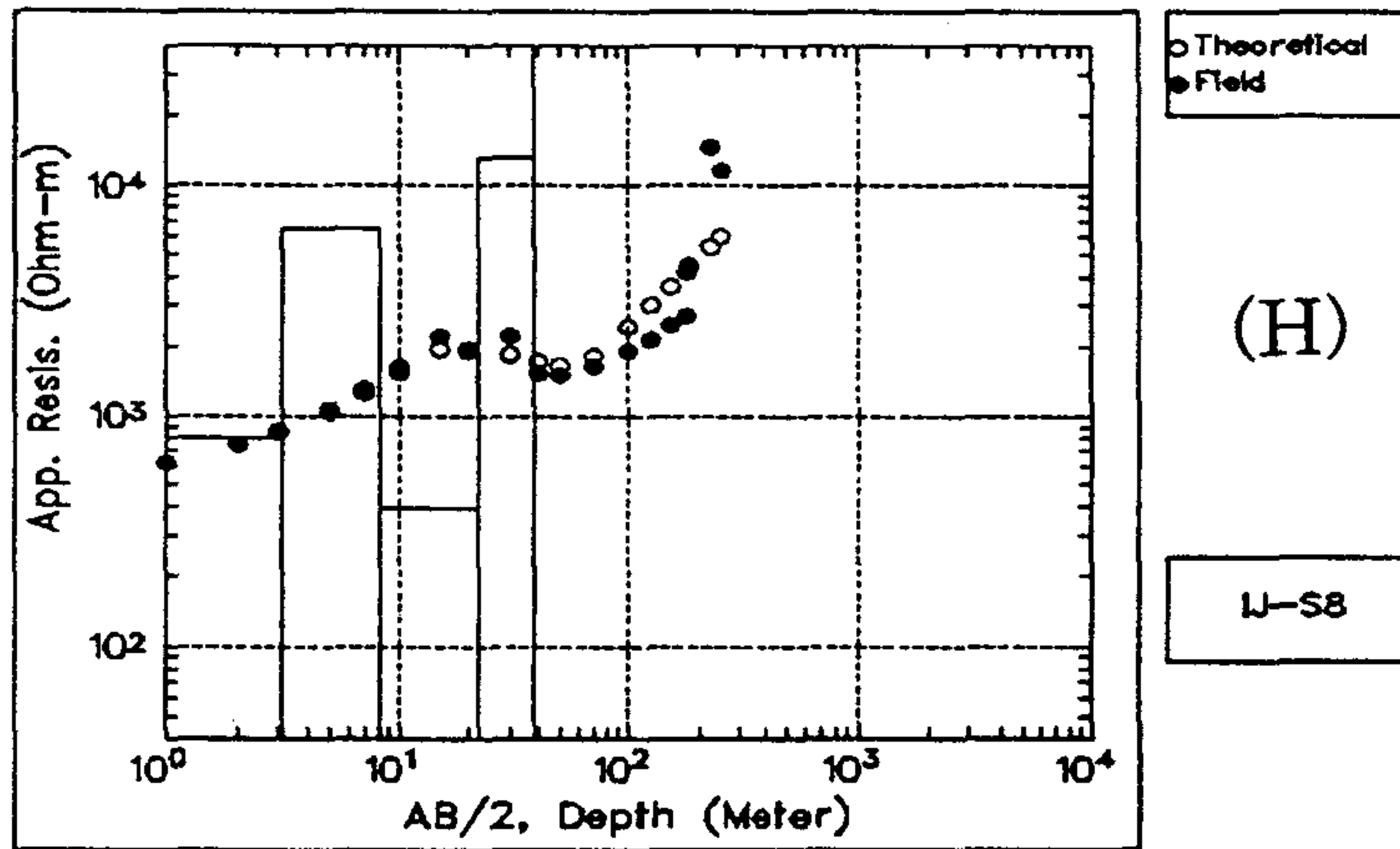
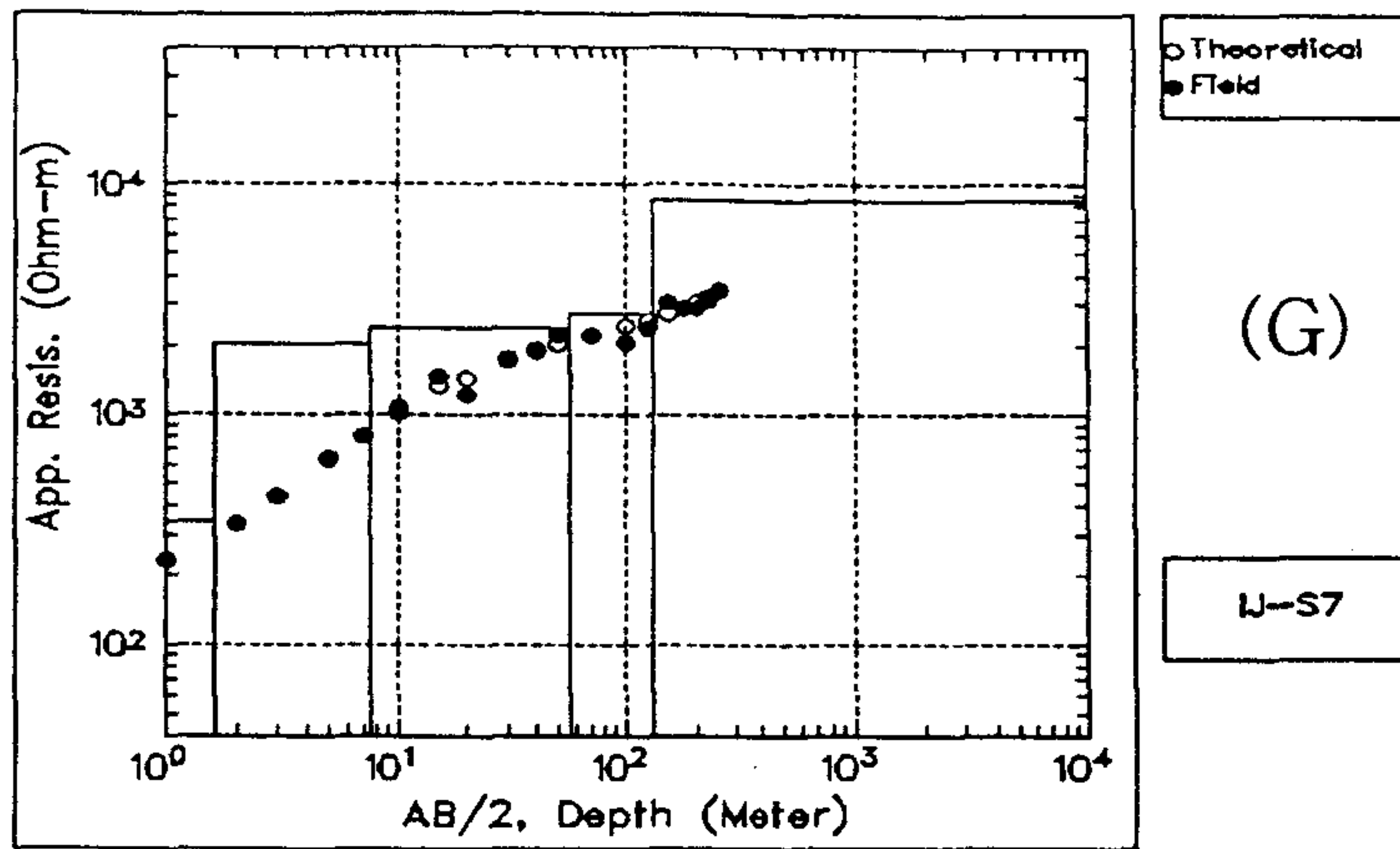
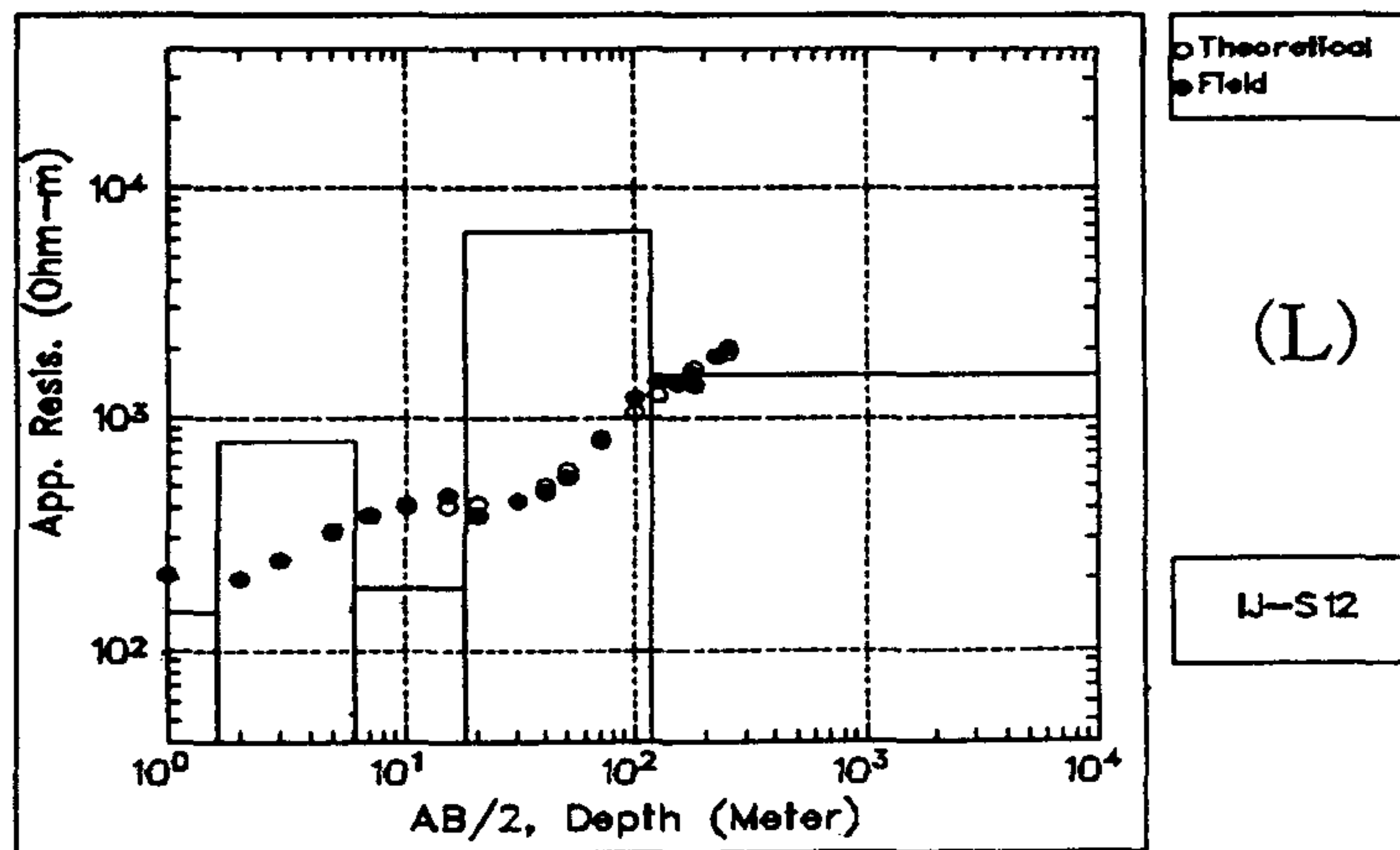
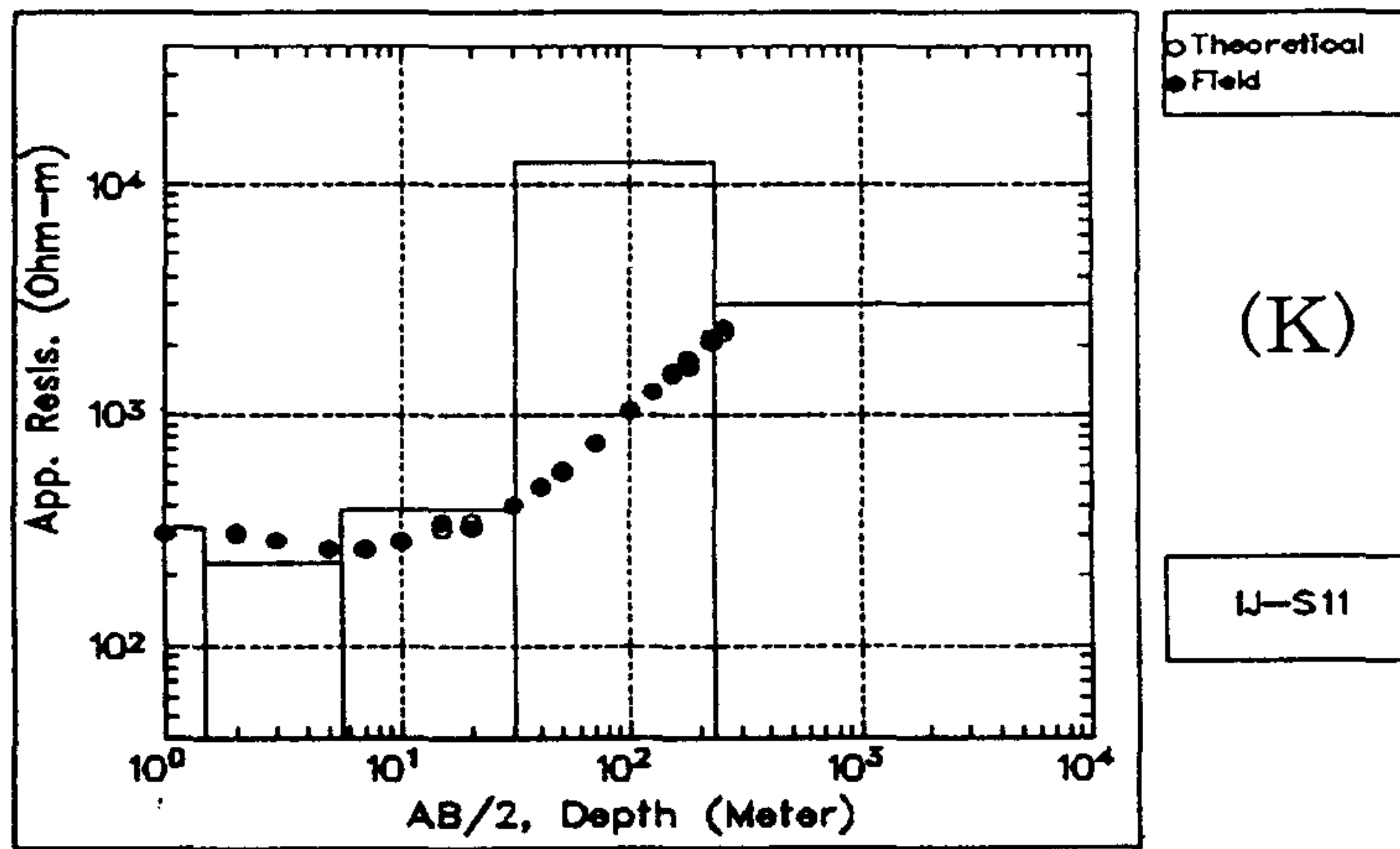
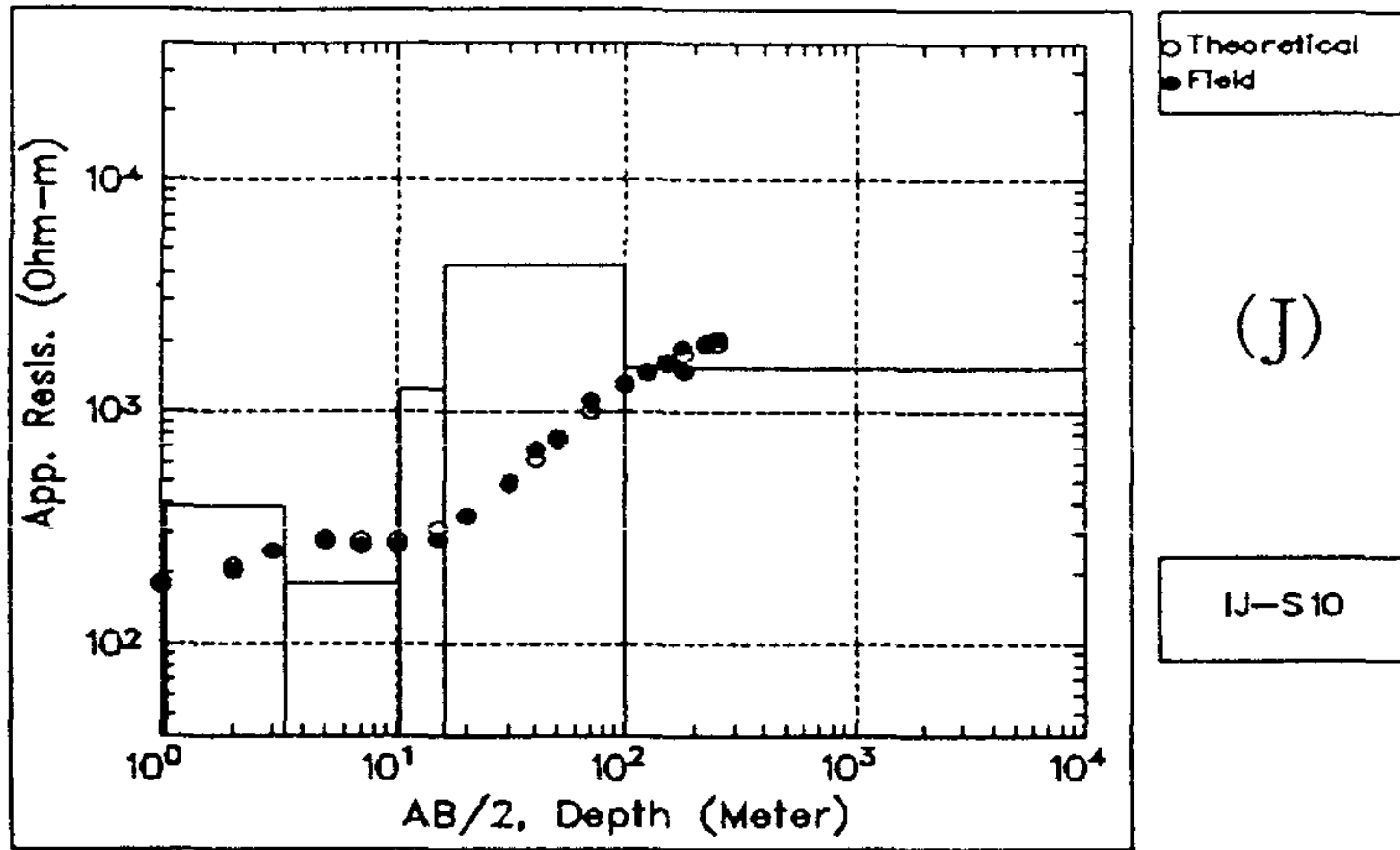


그림 6. 계속



부록 (가) 전기비저항 수직 탐사자료 역산 결과

Final inverted model (IJ-S1)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 43 | 0.4 | 0.0 - | 0.4 |
| 2 | 237 | 1.7 | 0.4 - | 2.1 |
| 3 | 169 | 4.9 | 2.1 - | 6.9 |
| 4 | 1897 | 35.4 | 6.9 - | 42.3 |
| 5 | 8408 | 272.7 | 42.3 - | 314.9 |
| 6 | 1879 | | 314.9 - | |

Final inverted model (IJ-S2)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 89 | 0.4 | 0.0 - | 0.4 |
| 2 | 306 | 1.2 | 0.4 - | 1.6 |
| 3 | 305 | 19.8 | 1.6 - | 21.4 |
| 4 | 640 | 6.9 | 21.4 - | 28.3 |
| 5 | 21562 | 125.3 | 28.3 - | 153.6 |
| 6 | 1286 | | 153.6 - | |

Final inverted model (IJ-S3)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 885 | 0.3 | 0.0 - | 0.3 |
| 2 | 386 | 3.7 | 0.3 - | 4.0 |
| 3 | 194 | 5.9 | 4.0 - | 10.0 |
| 4 | 1741 | 43.0 | 10.0 - | 53.0 |
| 5 | 7170 | 299.5 | 53.0 - | 352.5 |
| 6 | 2023 | | 352.5 - | |

부록 (가) 계속

Final inverted model (IJ-S4)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 542 | 0.9 | 0.0 - | 0.9 |
| 2 | 272 | 1.9 | 0.9 - | 2.8 |
| 3 | 513 | 5.1 | 2.8 - | 8.0 |
| 4 | 995 | 106.7 | 8.0 - | 114.7 |
| 5 | 4669 | 302.6 | 114.7 - | 417.3 |
| 6 | 2899 | | 417.3 - | |

Final inverted model (IJ-S5)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 575 | 0.5 | 0.0 - | 0.5 |
| 2 | 421 | 1.5 | 0.5 - | 2.0 |
| 3 | 2557 | 7.2 | 2.0 - | 9.2 |
| 4 | 442 | 40.0 | 9.2 - | 49.1 |
| 5 | 1326 | 43.6 | 49.1 - | 92.8 |
| 6 | 7629 | | 92.8 - | |

Final inverted model (IJ-S6)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 310 | 0.4 | 0.0 - | 0.4 |
| 2 | 289 | 0.8 | 0.4 - | 1.2 |
| 3 | 736 | 8.6 | 1.2 - | 9.8 |
| 4 | 771 | 12.9 | 9.8 - | 22.7 |
| 5 | 2348 | 117.5 | 22.7 - | 140.3 |
| 6 | 8222 | | 140.3 - | |

부록 (가) 계속

Final inverted model (IJ-S7)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth |
|-----|-------------|-----------|--------------|
| 1 | 174 | 0.4 | 0.0 - 0.4 |
| 2 | 344 | 1.2 | 0.4 - 1.6 |
| 3 | 2022 | 5.9 | 1.6 - 7.5 |
| 4 | 2374 | 48.5 | 7.5 - 56.0 |
| 5 | 2764 | 74.2 | 56.0 - 130.2 |
| 6 | 8566 | | 130.2 - |

Final inverted model (IJ-S8)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth |
|-----|-------------|-----------|-------------|
| 1 | 549 | 0.5 | 0.0 - 0.5 |
| 2 | 799 | 2.7 | 0.5 - 3.1 |
| 3 | 6479 | 5.2 | 3.1 - 8.3 |
| 4 | 396 | 14.0 | 8.3 - 22.3 |
| 5 | 13059 | 16.0 | 22.3 - 38.4 |
| 6 | 993122 | | 38.4 - |

Final inverted model (IJ-S9)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth |
|-----|-------------|-----------|--------------|
| 1 | 883 | 0.8 | 0.0 - 0.8 |
| 2 | 5882 | 1.4 | 0.8 - 2.2 |
| 3 | 1559 | 1.2 | 2.2 - 3.4 |
| 4 | 553 | 6.7 | 3.4 - 10.1 |
| 5 | 1625 | 107.9 | 10.1 - 118.0 |
| 6 | 8463 | | 118.0 - |

부록 (가) 계속

Final inverted model (IJ-S10)

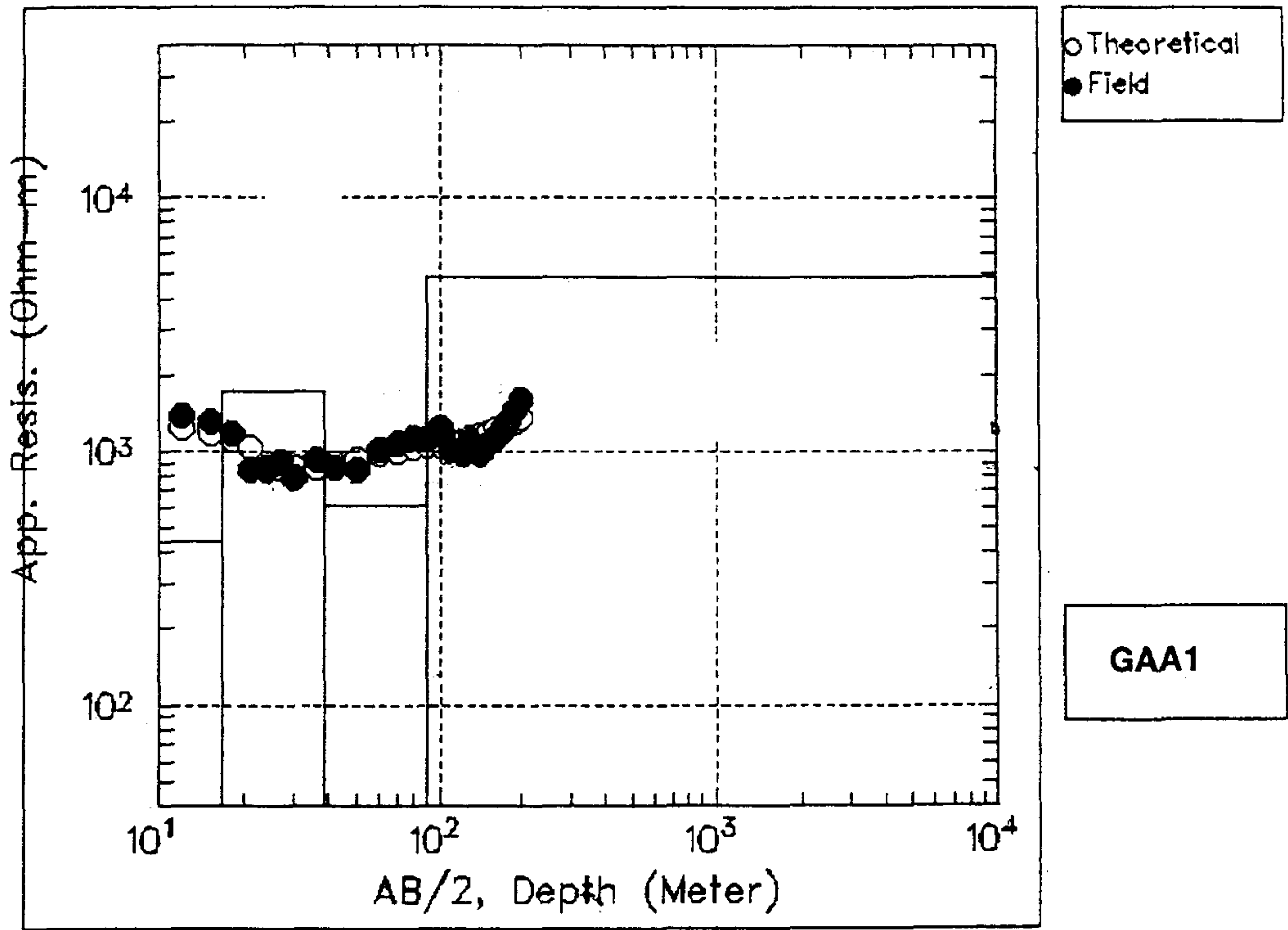
| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 171 | 1.0 | 0.0 - | 1.0 |
| 2 | 391 | 2.3 | 1.0 - | 3.4 |
| 3 | 180 | 7.0 | 3.4 - | 10.4 |
| 4 | 1234 | 5.6 | 10.4 - | 16.0 |
| 5 | 4258 | 84.1 | 16.0 - | 100.1 |
| 6 | 1544 | | 100.1 - | |

Final inverted model (IJ-S11)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 305 | 0.4 | 0.0 - | 0.4 |
| 2 | 321 | 1.1 | 0.4 - | 1.5 |
| 3 | 229 | 4.2 | 1.5 - | 5.7 |
| 4 | 387 | 25.6 | 5.7 - | 31.3 |
| 5 | 12431 | 199.0 | 31.3 - | 230.2 |
| 6 | 3000 | | 230.2 - | |

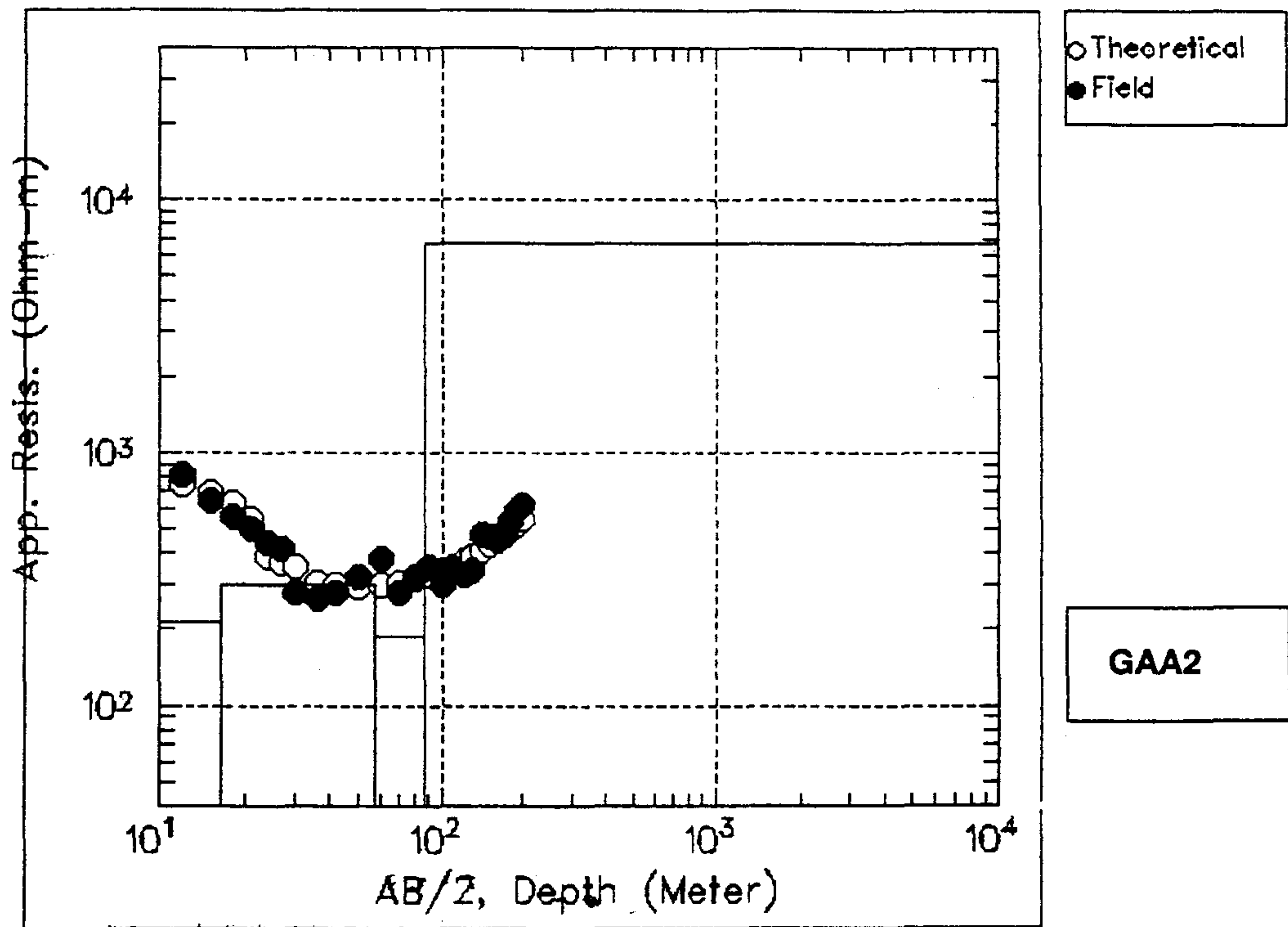
Final inverted model (IJ-S12)

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 258 | 0.4 | 0.0 - | 0.4 |
| 2 | 147 | 1.2 | 0.4 - | 1.6 |
| 3 | 787 | 4.6 | 1.6 - | 6.2 |
| 4 | 185 | 11.6 | 6.2 - | 17.8 |
| 5 | 6511 | 99.1 | 17.8 - | 116.9 |
| 6 | 1540 | | 116.9 - | |



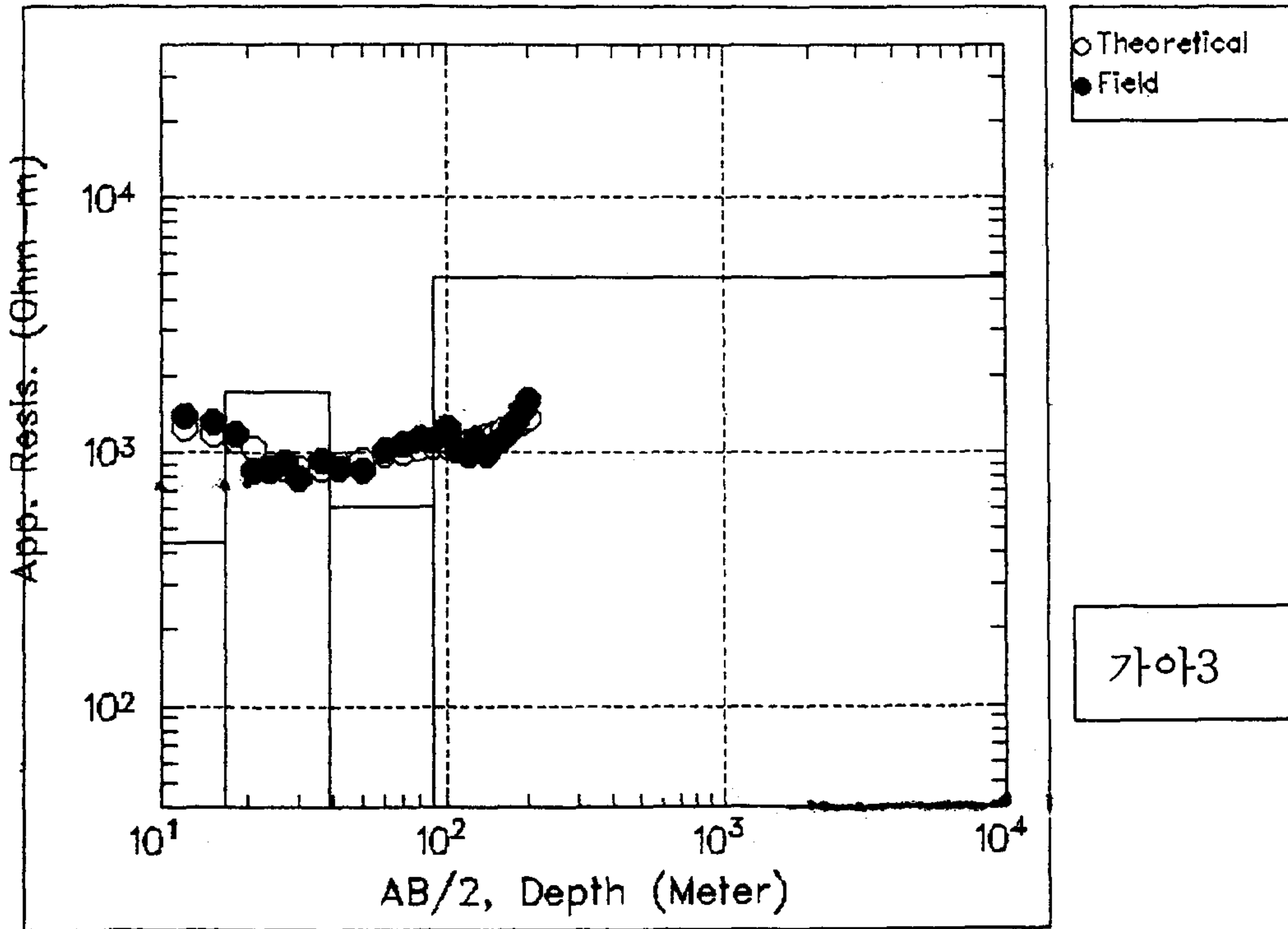
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth |
|-----|-------------|-----------|-------------|
| 1 | 1011 | 1.1 | 0.0 – 1.1 |
| 2 | 9172 | 1.7 | 1.1 – 2.8 |
| 3 | 2155 | 1.4 | 2.8 – 4.2 |
| 4 | 340 | 5.6 | 4.2 – 9.8 |
| 5 | 5536 | 15.0 | 9.8 – 24.8 |
| 6 | 346 | 40.5 | 24.8 – 65.3 |
| 7 | 11992 | | 65.3 – |



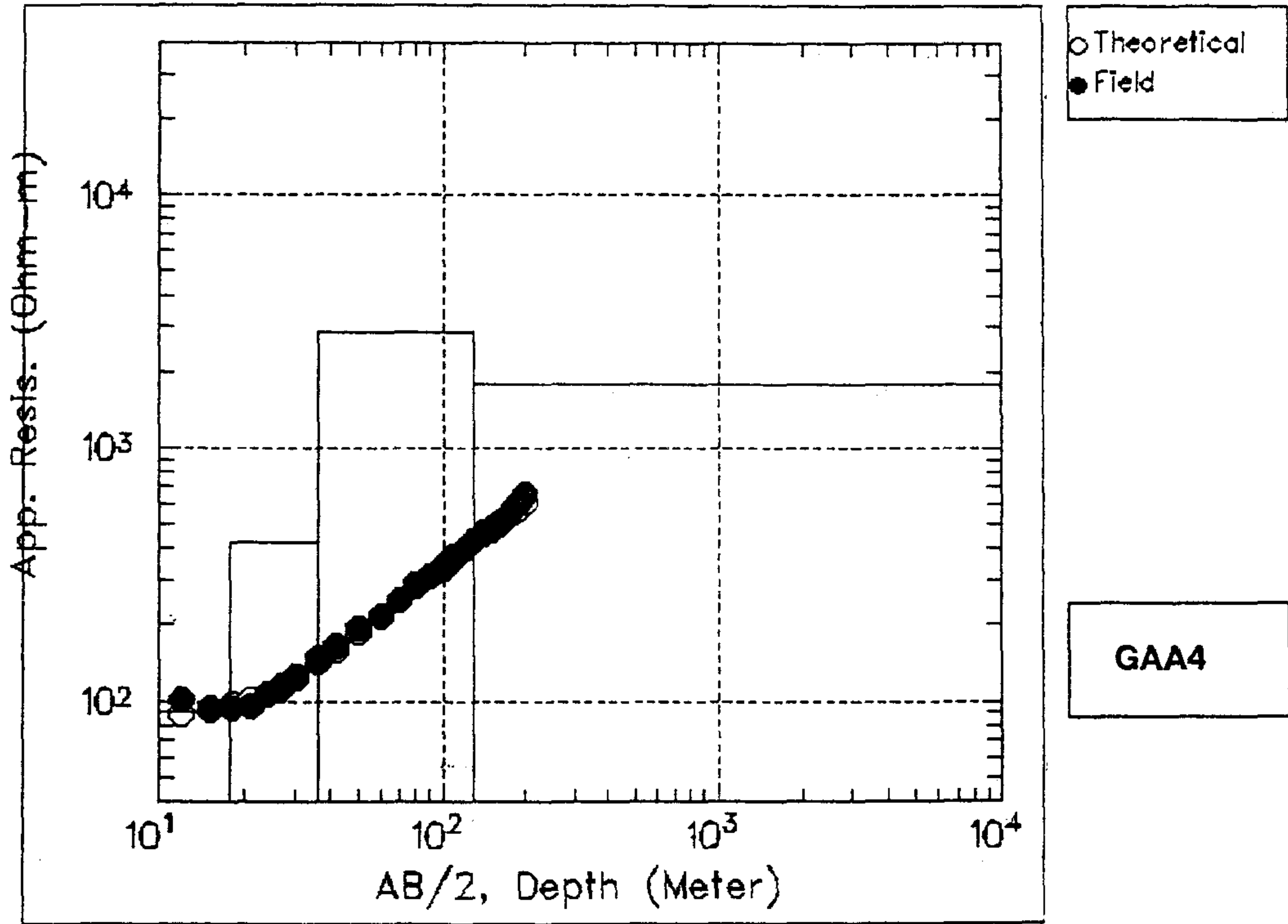
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth |
|-----|-------------|-----------|-------------|
| 1 | 1181 | 1.3 | 0.0 – 1.3 |
| 2 | 2820 | 2.0 | 1.3 – 3.2 |
| 3 | 1334 | 4.0 | 3.2 – 7.2 |
| 4 | 442 | 9.5 | 7.2 – 16.7 |
| 5 | 1736 | 21.9 | 16.7 – 38.6 |
| 6 | 615 | 50.8 | 38.6 – 89.4 |
| 7 | 4823 | | 89.4 – |



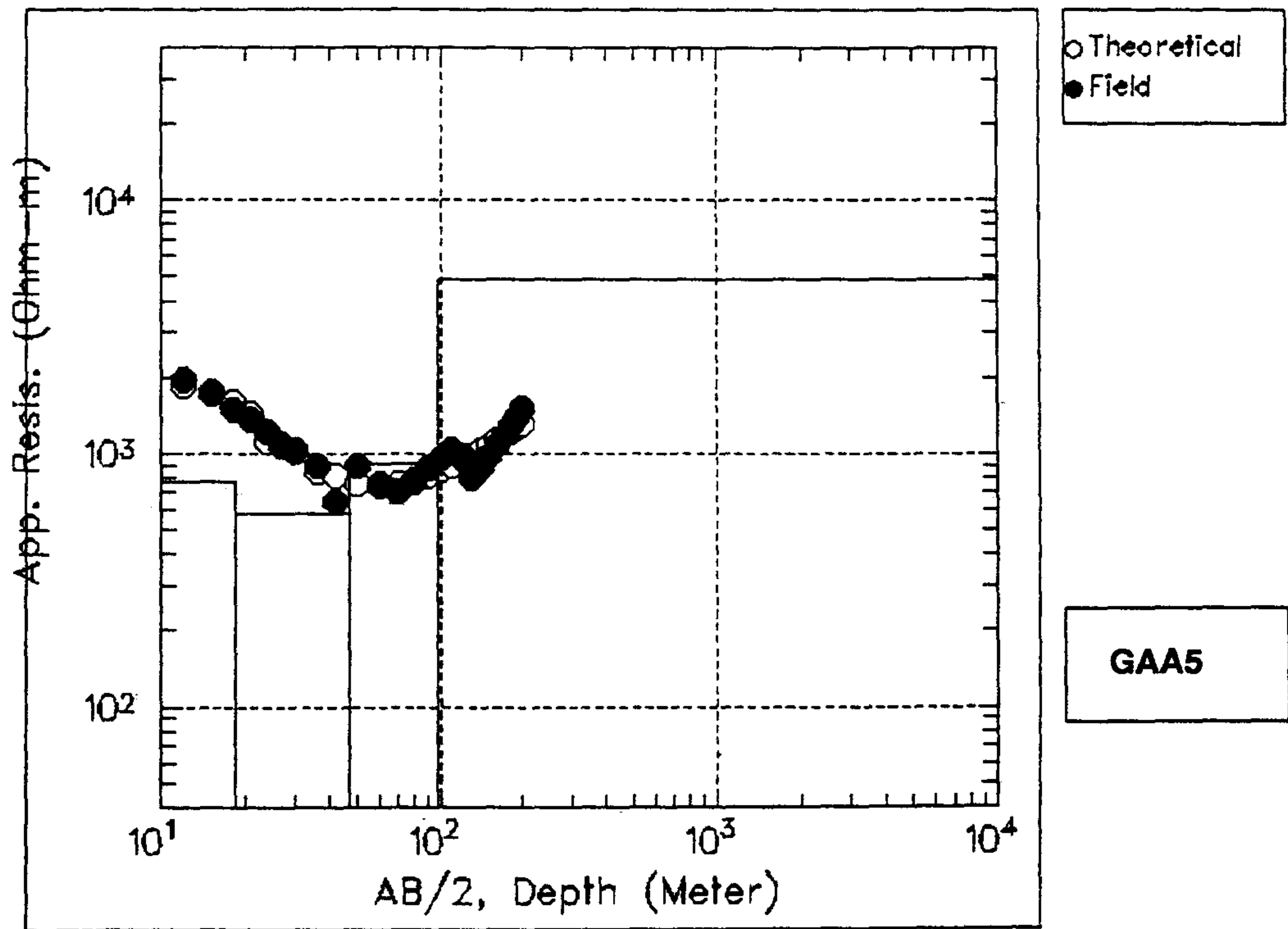
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 898 | 2.0 | 0.0 – | 2.0 |
| 2 | 1882 | 2.2 | 2.0 – | 4.2 |
| 3 | 813 | 2.7 | 4.2 – | 6.9 |
| 4 | 213 | 9.6 | 6.9 – | 16.4 |
| 5 | 299 | 40.7 | 16.4 – | 57.1 |
| 6 | 188 | 29.6 | 57.1 – | 86.8 |
| 7 | 6696 | | 86.8 – | |



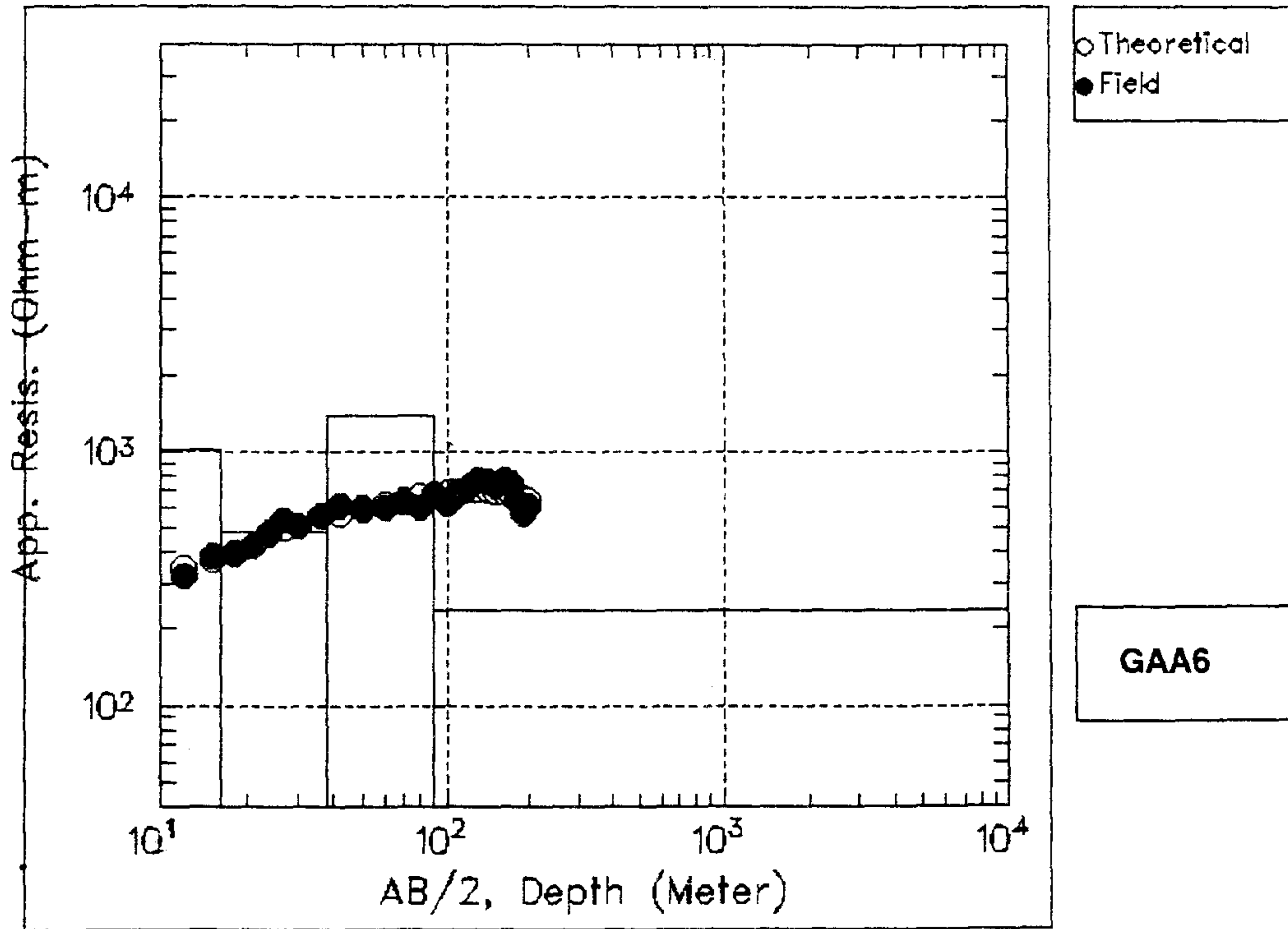
Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|
| 1 | 91 | 0.9 | 0.0 – | 0.9 |
| 2 | 241 | 1.5 | 0.9 – | 2.4 |
| 3 | 59 | 4.7 | 2.4 – | 7.2 |
| 4 | 90 | 10.7 | 7.2 – | 17.9 |
| 5 | 427 | 18.5 | 17.9 – | 36.3 |
| 6 | 2841 | 92.0 | 36.3 – | 128.3 |
| 7 | 1796 | | 128.3 – | |



Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth |
|-----|-------------|-----------|-------------|
| 1 | 1562 | 1.3 | 0.0 – 1.3 |
| 2 | 3956 | 2.1 | 1.3 – 3.4 |
| 3 | 1853 | 4.5 | 3.4 – 7.9 |
| 4 | 779 | 10.6 | 7.9 – 18.4 |
| 5 | 584 | 28.3 | 18.4 – 46.8 |
| 6 | 907 | 51.5 | 46.8 – 98.3 |
| 7 | 4845 | | 98.3 – |



Final inverted model

| No. | Resistivity | Thickness | Depth | |
|-----|-------------|-----------|--------|------|
| 1 | 124 | 1.4 | 0.0 – | 1.4 |
| 2 | 219 | 2.0 | 1.4 – | 3.4 |
| 3 | 407 | 3.4 | 3.4 – | 6.8 |
| 4 | 1013 | 9.4 | 6.8 – | 16.2 |
| 5 | 485 | 21.9 | 16.2 – | 38.0 |
| 6 | 1389 | 52.1 | 38.0 – | 90.2 |
| 7 | 239 | | 90.2 – | |

測點 IJ-S9는 雙極子 探查 結果, 淺部 線構造가 發達할 것으로 豫想되는 地點이다. 1次元 逆算 結果, 低比抵抗값이 地表下 約 120 m 程度까지 分布하는 것으로 보아 本 測點 附近은 風化帶의 發達이 顯著할 것으로 推定된다.

測點 IJ-S10 ~ IJ-S12는 雙極子 探查 測線 IJ-D2의 -6, -2, 4번 測點에 各各 位置한다. 逆算 結果, 測點 IJ-S10 및 IJ-S12는 各各 100 m, 120 m 深度에서 最下部 層의 比抵抗값이 1540 ohm-m로 深部 地下水의 賦存과 聯關된 含水 破碎構造가 發達할 것으로 豫想된다. 測點 IJ-S12는 雙極子 探查 結果와는 잘 不합하지 않는다. 測點 IJ-S11 또한 約 230 m 深度에서 上部層 比抵抗값의 $\frac{1}{3}$ 程度의 低比抵抗값을 가진다. 따라서 本 測點 또한 高深度에서 含水 破碎帶의 發達이 豫想된다.

測點 GAS-1,3,5는 高比抵抗値를 나타내며, 30m~40m, 150m 地點에 破碎帶가 存在 하나 比抵抗値가 높아 含水層의 可能性이 稀薄한 것으로 判斷된다. 測點 GAS-2는 겉보기比抵抗値가 減少, 增加하는 現狀을 보이며 30m 地點과 70m 地點에 破碎帶가 存在 하며 比抵抗値가 낮은 含水層일 可能性이 큰 것으로 判斷된다. 測點 GAS-4는 겉보기 比抵抗値가 緩慢한 增加現狀을 보이며 比抵抗値는 대체로 낮게 나타났으며 破碎帶가 存在하지 않아 試錐位置로는 부적합한 것으로 判斷된다. 測點 GAS-6은 겉보기 比抵抗 値가 增加現狀을 보이고 破碎帶가 存在하지 않으며, 比抵抗値는 점차 增加하는 것으로 보아 地下水 賦存可能性이 稀薄할 것으로 判斷된다.

5. 探查結果 分析

本 地區에 대한 物理探查 結果를 綜合 考察하면 다음과 같다.

가. 大關嶺地域

物理探查 結果 VLF 探查는 noise의 影響으로 資料 獲得이 어려웠으며, 雙極子探查 結果 測線 D-1의 1번 附近에 小規模 破碎帶가 豫想되며, 垂直探查 測點 S-4, S-9번 地點에서 小規模 含水破碎帶가 豫想된다.

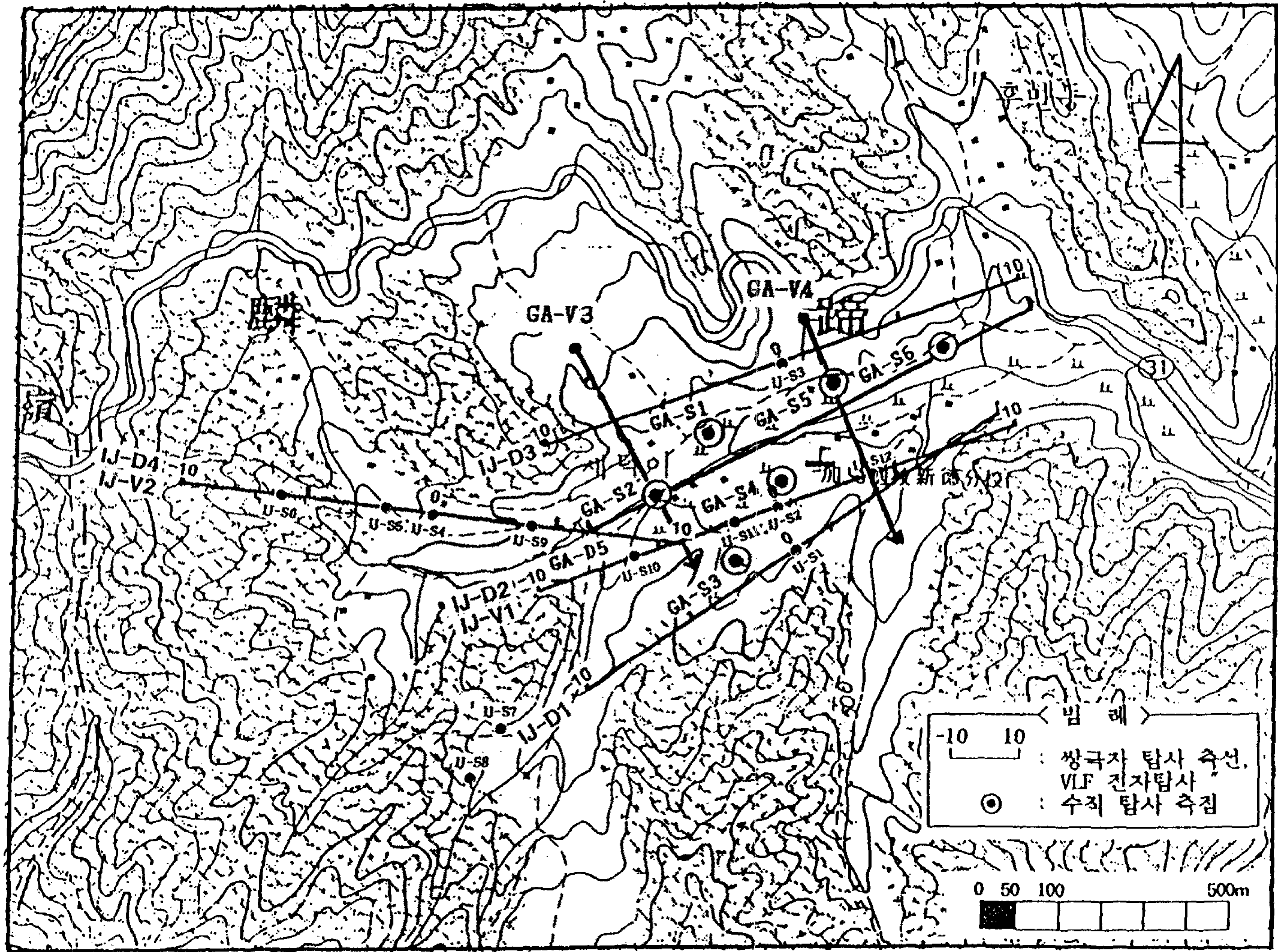


그림 1. 용수골 지구(강원도 인제군 인제읍 가아2리) 일원의 지형 및 물리탐사 축선도.

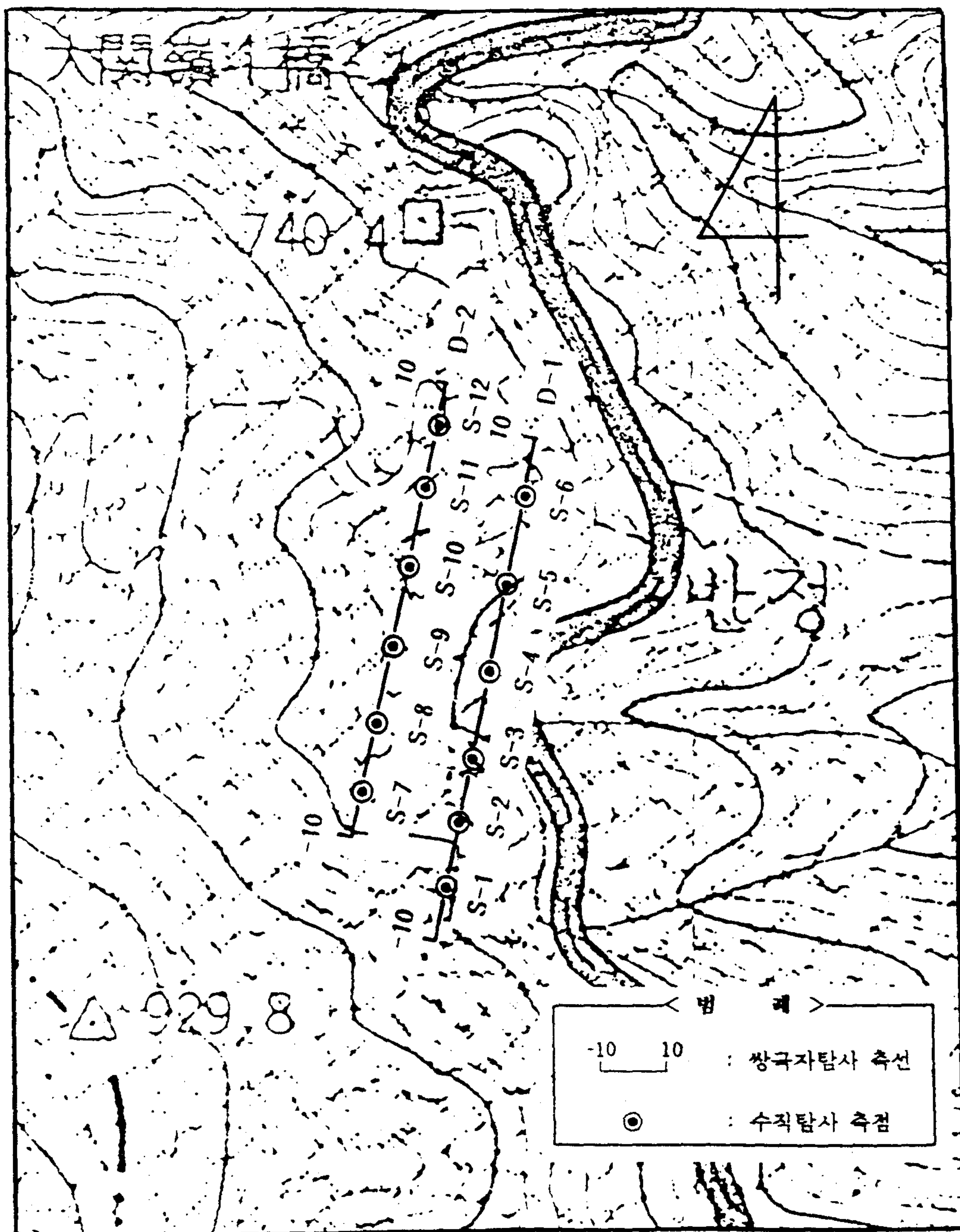


그림. 대관령지구(강원도 명주군 성산면 어홀리) 일원의 지형 및 물리탐사 축선도

나. 용수골地域

3種의 物理 探查 結果 중 V.L.F 電子 探查는 雜音의 介入이 있었을 것으로 생각되나 一連의 意味있는 結果를 나타냈다. IJ-V1의 -3번과 IJ-V2의 9번 測點 附近은 淺部 線構造가 發達하는 位置로 생각된다.

雙極子 및 垂直 探查 結果는 比較的 良好하며 서로 잘 不합하였다. 雙極子 探查 結果 IJ-D1 測線의 -6번과 IJ-D2 測線의 -5번 그리고 IJ-D3 測線의 -3번을 連結하는 地點은 破碎構造가 發達하는 곳으로 推定되며 深部 地下水의 賦存 可能性이 큰 地域으로 생각된다. 그리고 IJ-D4 測線의 좌측부는 風化帶의 發達이 顯著하여 이 區域에서 中, 淺部 地下水의 賦存 可能性이 있다. 垂直 探查 結果는 一部 測點에서 雙極子 探查 結果와 잘 不합하지 않는데, 이는 高深度로 資料의 信賴度가 작은 緣由로 생각된다. 特히 IJ-S2 測點은 資料處理 結果, 約 150 m 深度에서 上部層과 확연히 對比되는 低比抵抗값을 가지는데, 雙極子 探查에서는 이와 다른 結果를 나타냈다. 그러나 大部分의 測點에서는 두 探查 結果가 比較的 잘 不합한다.

第 8 節 地下水文學的 提言

1. 大關嶺 地域

大關嶺 地域은, 앞서 言及하였듯이, 全體的으로 節理 나 斷層이 뚜렷한 方向性을 보이지 않을 뿐만 아니라, 이들의 走向 및 傾斜가 密度나 延長成果 뚜렷한 相關性을 보이지 않으므로 地下水의 흐름이 어떠한 特別한 方向의 節理나 斷層에 의해 支配된다고 보기는 어렵다. 이러한 觀點에서 보면, 地下水의 흐름은 地下水 面의 水位에 의해 決定될 것이며, 地下水面의 水位는 一般的으로 研究 地域의 地形에 의해 決定될 것으로 생각된다. 그림27은 大關嶺 地域의 地表面을 該當 地域에 格子網을 構成한 後, 그 格子網 各 點에서의 高度를 電算化하여 이 資料를 컴퓨터 프로그램 SURFER를 통해 3次元的으로 表示한 것이다. 이렇게 表現된 3次元的 地表面의 屈曲을 좀 더 確然히 드러나도록 하기 위해 그림27에 等高線圖를 같이 添附하였다. 만일, 地下水의 흐름이 地形에 대략 比例하는 地下水位에 의해 決定된다면, 地下水의 流動 方向은 그림27에 表示된 바와 같이 될 것이며, 이를 바탕으로 볼 때 現在의 暫定的인 鑿井位置는 地下水가 모이는 곳으로 水平 鑿井을 하기에 바람직한 곳으로 評價된다.

비록, 大關嶺 地域에서의 斷層 및 節理가 그 方向性, 密度 그리고 延長性에 있어서 相關 關係가 매우 不良해서 地下水의 大略的인 流動이 그림27에 表示한 것과 같다고 해서, 이 地域의 地下水 流動을 完全한 均質 媒質에서의 地下水 流動과 같이 생각할 수는 없을 것이다. 그 이유는 앞 章의 大關嶺 地域의 構造에서 言及한 대로 比較的 큰 規模의 斷層, 破碎帶, 및 鹽基性 岩脈이 모두 서로 어느程度 平行한 配列을 하기 때문이다. 이러한 뚜렷한 構造는 地下水의 流動에 分明히 部分的이나 影響을 줄 것이 確實하다. 例로써, 斷層 및 破碎帶는 主 地下水 通路가 될 것이며, 반대로 鹽基性 岩脈은 不透水層과 같은 役割을 할 可能性이 있다. 그림28은 그림4의 大關嶺 地域 地質圖上의 A-A' 斷面을 따른 構造 斷面圖이며, 여기에 위에서 言及한 斷層, 破碎帶 및 鹽基性

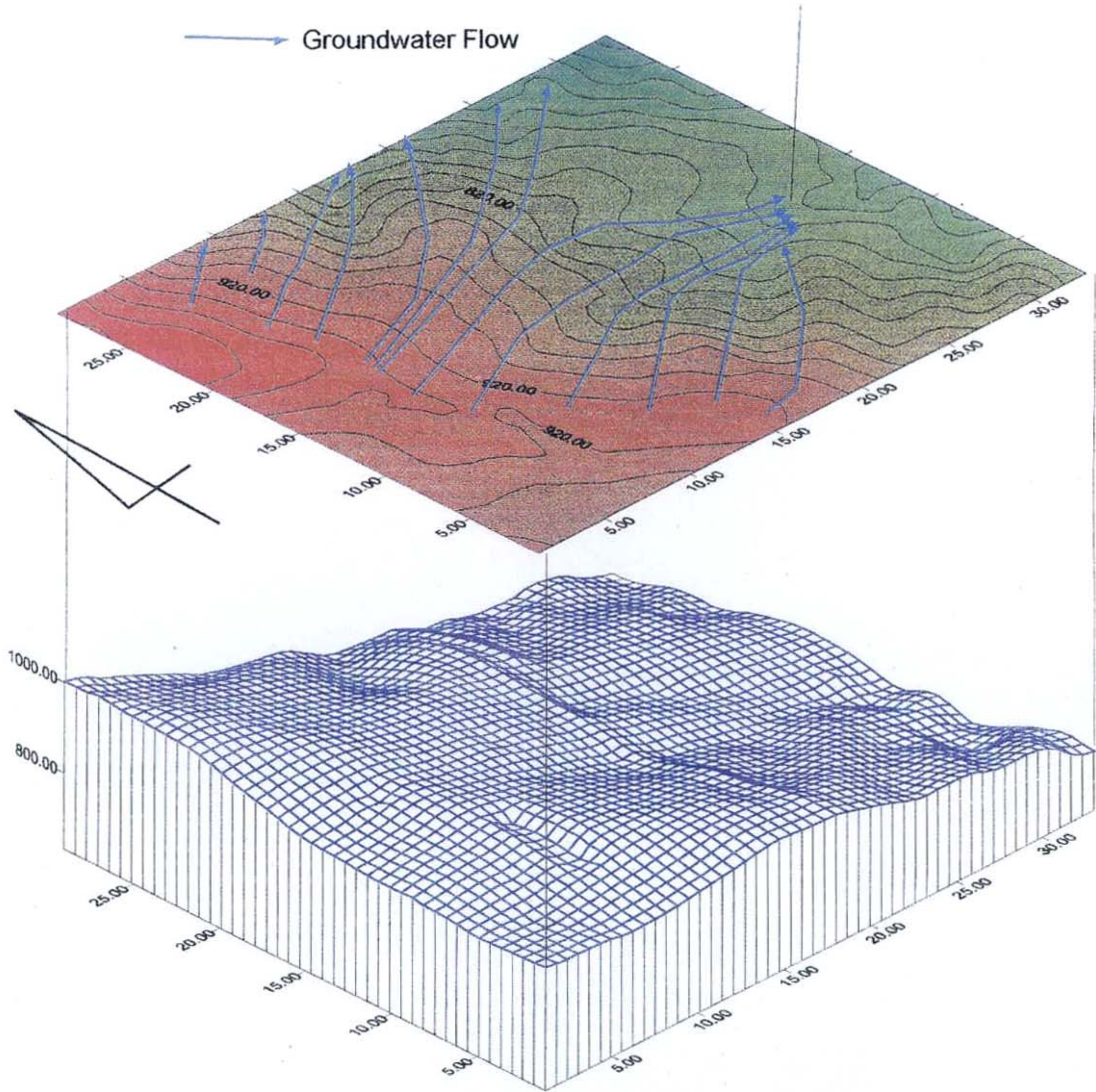
岩脈의 存在를 考慮하여 地下水의 流動을 推測하여 表示하였다. 이 그림으로부터, 水平 鑿井을 통해 豐富한 量의 地下水를 얻기 위해서는 鹽基性 岩脈을 지나 破碎帶에 이르기까지 鑿井을 하여야 함을 알 수 있다. 이는 大略 150m 程度 깊이의 水平 鑿井이 必要함을 나타낸다.

水平 鑿井 後 얻을 수 있는 地下水의 比較的 正確한 流量이나 地下水의 流動에 관한 3 次元의인 精密한 解析은 地下水 모델링을 통해 可能할 것이다. 그러나 正確하고 意味있는 數值的 地下水 모델링을 위해서는 먼저 概念的 모델을 定立하여야 한다. 이러한 概念的 모델의 定立을 위해서는 위에서 討論한 地下水의 大略的인 流動 方向이나 主要 斷層, 破碎帶 및 鹽基性 岩脈의 方向이 地下水 流動에 미치는 影響 등을 慎重하게 考慮 하여야 할 것이다.

2. 거두리 地域

거두리 地域의 심한 風化로 인한 不良한 露頭 露出은 構造 資料의 缺乏을 야기하였고 이는 다시 이 地域에서의 地下水 流動에 대한 地質 構造의 影響 解析을 不可能하게 하였다. 그러므로, 거두리 地域에 대해서는 地質 構造 側面에서의 뚜렷한 地下水文學的 인 提議를 하기가 困難하다. 다만, 大關嶺 地域에서와 마찬가지로, 地形的인 特性을 바탕으로 SURFER를 利用하여 地下水의 流動을 大略 類推해 볼 수 있는데, 이러한 地下水 흐름의 豫測을 그림29에 表示하였다. 이 그림으로부터 現在 鑿井位置는 나름대로 適當하나, 좀 더 東쪽으로 깊이 鑿井할 必要가 있는 것으로 생각된다.

잠 정 착 정 위 치



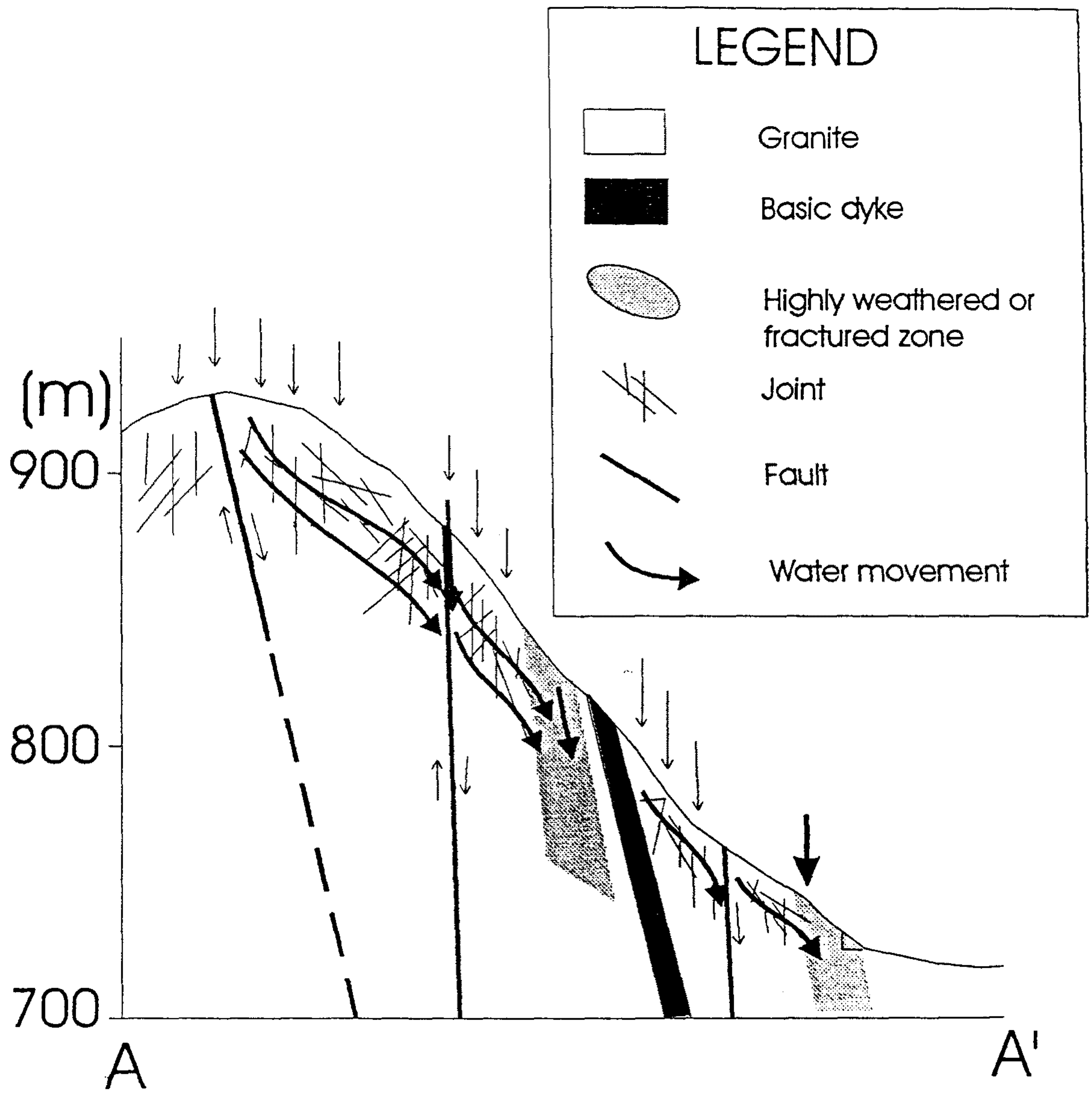
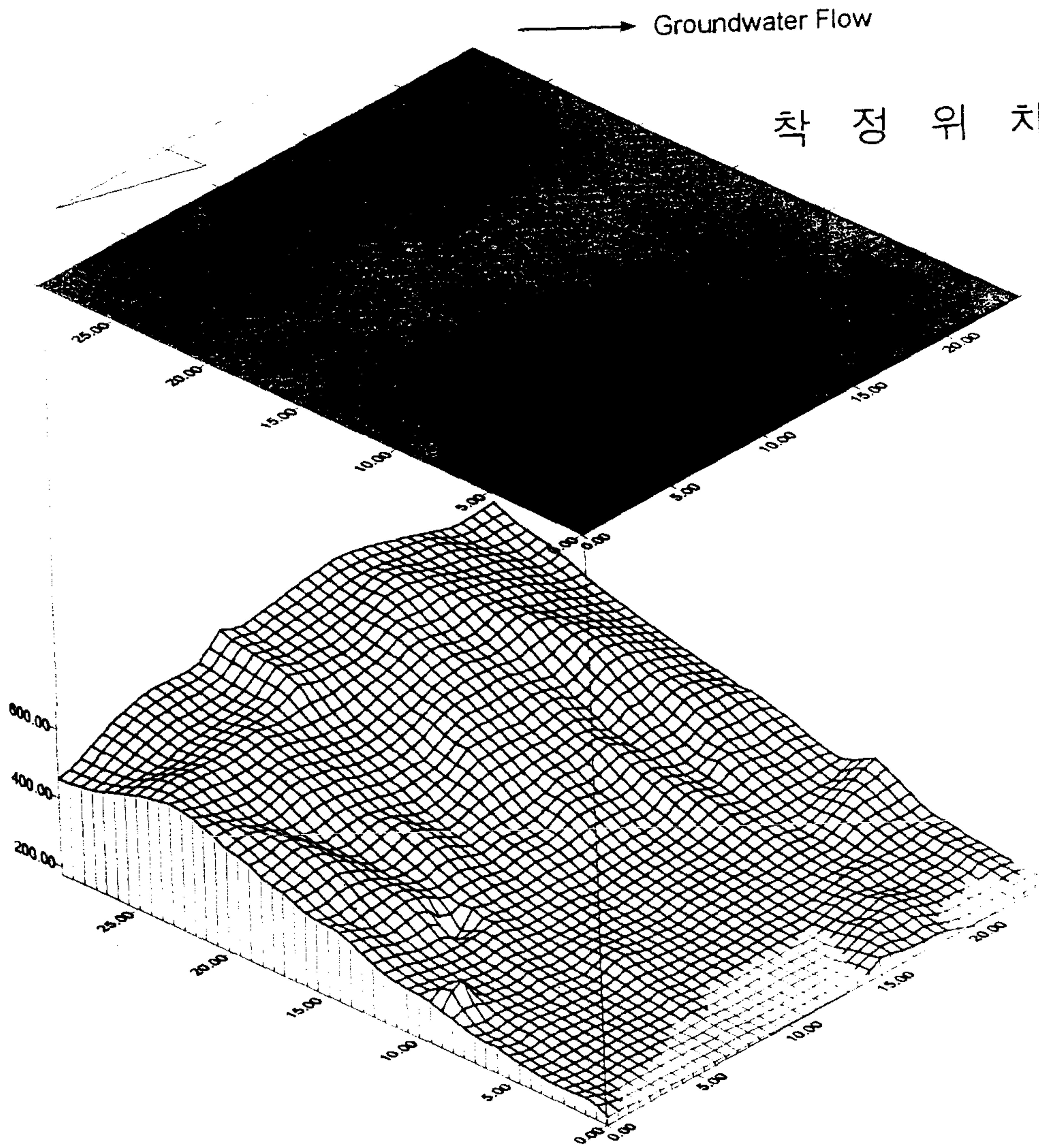


그림 28. 대관령 지역 지질도 (그림 4)의 A-A' 단면을 따른 구조 단면도.



第 9 節 水質資料의 測定 및 結果

1. 水質 資料의 測定

水質이란 물의 物理 化學적 性質을 意味하는 말로, 물의 使用 目的에 대한 適合性과 結付시켜 使用하는 用語이다. 이러한 水質을 나타낼 때 흔히 水質 指示者 (water quality indicator)를 利用하는데, 여기에는 綜合的 水質 指示者와 個別的 水質 指示者가 있다. 綜合的 水質 指示者란, 여러개의 要因에 의한 물의 性質을 나타내는 것으로 예를 들면 鹽度, 硬度, 總溶存 固形物質量 등이 있다. 個別的 水質 指示者란 하나의 要因 (成分)에 의한 물의 性質을 나타내는 것으로 예를 들면 pH, Eh, 무기 이온, 및 有機物의 含量 등이 있다. 여기서, 이와 같은 여러 水質 指示者 중 몇몇 代表的인 것의 測定 方法에 대해 아래에 簡略히 記述하고자 한다.

가. pH, Eh, 傳導度, 鹽度, DO (溶存 酸素) 測定

대개 이들의 測定은 電極을 利用하는데, pH의 境遇는 유리 電極, DO는 純金 電極, 그리고 Eh, 傳導度, 鹽度は 白金 電極을 使用한다. 이와 같은 電極을 利用하여 水質을 測定하고자 할 때는, 試料의 測定에 앞서 이미 그 값을 알고 있는 標準 溶液에 電極을 補正하여야 한다. 흔히 쓰이는 標準 溶液은 pH의 境遇 緩衝 溶液 (buffer solution), Eh의 境遇 Zobell 溶液, 傳導度나 鹽度の 境遇 鹽化칼륨 溶液, 그리고 DO의 境遇는 아황산나트륨 溶液 등이다. 이러한 標準 溶液은 商業적으로 販賣되고 있으므로 適當한 곳을 통해 주문하면 쉽게 求할 수 있다.

電極을 使用하여 위 水質들을 測定할 때는 무엇보다도 製造者로부터 提供되는 使用指針書를 仔細히 읽어 熟知하여야 한다. 이는 대개의 電極이 그 特性狀 使用法 및 管理法에 있어서 비슷한 점이 많더라도, 製造 會社마다 電極의 才質 및 感度が 약간씩 다르기 때문이다. 使用指針書를 익힐 때는 特히 주의 事項을 눈여겨 보아두어야 한다. 그

렇지 않으면, 電極의 狀態가 極히 不良해지거나 심한 境遇 더 以上 使用할 수 없게 된다.

흔히 눈에 띄는 주의 事項들 몇 個를 例로 들어보자. 유리 電極은 恒常 깨끗한 蒸溜水나 緩衝 溶液에 적셔두어야 한다. 電極이 完全 乾燥하면 水溶液 內의 수소 이온 濃度에 適切히 反應하지 못하기 때문이다. 유리 電極은 또한 pH가 너무 높거나 낮은 溶液에 담그는 것을 피해야 하는데, 그 이유는 이러한 溶液이 유리 電極을 相當히 녹여 버리기 때문이다. 무엇보다도 유리 電極을 使用할 때는 破損되거나 굽히는 일이 없도록 하여야 한다. 損傷을 입은 유리 電極은 正確하게 pH를 나타낼 수 없다. 白金 電極은 그 위에 沈澱物이 被服 되거나 白金과 特定 有機物 및 가스와 反應하는 것을 주의하여야 한다. 純金 電極은 점극막의 破裂에 주의하여야 하며, 强酸性 溶液에 담그지 말아야 한다. 이러한 일들은 모두 電極에 致命的인 傷處를 줄 수 있다. 其他 電極에 대한 仔細한 주의 事項은 앞서도 指摘하였듯이 製品에 딸린 使用 說明書を 參考하기 바란다.

나. 硬度的 測定

물의 硬度란 비누를 엉기게 하는 性質을 나타낸다. 이러한 性質은, 現在까지 알려진 바로는, 물에 녹아 있는 알칼리토金屬의 量에 의해 決定된다. 古典的인 化學 分析 方法을 보면, Ca나 Mg와 같은 알칼리토金屬은 EDTA (Ethylendiamine tetrasacetic acid)로 쉽게 分析될 수 있는 것으로 되어 있다. 그러므로 實驗的으로는 硬度를 EDTA로 分析하는 것이 가장 一般的인 方法이다. 그러나 요즈음에 와서는 물의 化學 分析值, 特히 Ca와 Mg의 濃度로부터 硬度를 理論的으로 計算하기도 한다. 이와 같은 硬度的 理論的인 計算式은 다음과 같다.

$$\text{硬度 (CaCO}_3\text{mg/L)} = 2.497[\text{Ca, mg/L}] + 4.118[\text{Mg, mg/L}]$$

다. 용存 SiO₂ 量 測定

飲用水 水質 基準에는 없는 項目이나, 地下水의 水質 分析을 爲해서는 꼭 必要한 項目이다. 용存 SiO₂의 量은 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer)나 Colorimeter와 같은 分析 器機를 利用하여 測定한다.

라. 無機 陽이온의 測定

대개 물 內의 陽이온의 量에 따라 AAS (Atomic Absorption Spectrometer), ICP-AES, 또는 ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer) 등의 分析 器機를 利用한다. AAS나 ICP-AES는 比較的 濃度가 높은 것을 (1 mg/L 以上) 그리고 ICP-MS는 比較的 濃度가 낮은 것을 (1 mg/L 以下) 分析하는데 주로 利用된다. 이들 分析 器機의 分析 原理나 使用 方法은 여기서 紹介하기에는 그 量이 너무 龐大하므로 簡單히 紹介하는데 그칠까하며, 자세한 것은 器機分析에 關聯된 어느 專門書籍이나 參考하면 된다.

마. 無機 陰이온의 測定

무기 陰이온의 測定은 대개 IC (Ion Chromatograph)로 한다. IC로 分析되는 陰이온은 CO₃ 를 除外한 大部分인데 (SO₄ , NO₃ , PO₄ , F, NO₂ , Cl, Br, I 等), 陰이온의 種類에 따라 다르지만 아주 낮은 濃度の 것에서부터 매우 높은 濃度の 것에 이르기까지 比較的 正確하게 分析할 수 있다. CO₃ 는 適正法에 의해 分析하는 것이 一般的이며, 좀 더 正確한 分析을 爲해서는 一般 適正法이 아닌 Gran 法이라는 것을 利用한다. IC를 利用한 分析 一般 및 機機 裝置에 대해서도 專門 書籍을 參考하기 바란다.

바. 有機物의 測定

有機物은 주로 GC(Gas Chromatograph)나 GC-MS (Gas Chromatograph-Mass

Spectrometer)를 利用하여 測定한다. 물 內의 有機物을 이와 같은 器機를 利用하여 測定하기 爲해서는 많은 境遇 全處理 (濃縮等과 같은)를 할 必要가 있으며, 이와 같은 戰處理는 正確한 分析을 爲해서는 熟練을 必要로 한다.

2. 물試料의 採取

위에서 概略적으로 살펴본 水質 測定 方法에 따라 測定을 한다면, 比較的 能熟한 研究者의 境遇 充分히 훌륭한 測定值를 얻을 수 있을 것이다. 그러나, 水質 測定에 있어서 測定 方法도 重要하지만 그보다 먼저 어떻게 試料를 採取하느냐 하는 것이 測定 結果의 妥當性을 決定한다고 하겠다. 옳지 않은 方法으로 採取된 試料에 대해 아무리 正確한 測定을 한다고 해도 그 結果는 이미 아무런 意味 없이 단지 숫자에 羅列에 불과한 境遇가 많다. 그러므로, 水質 測定 方法에 대해 仔細히 알기 前에, 먼저 適切한 試料 採取 方法에 대해 熟知하여야 한다.

물試料의 採取는 根本적으로 물의 成分이 時間이 지나도 採取 當時의 것과 달라지지 않도록 하는 것을 目標로 한다. 이를 위해 물 採取時 몇 가지 處理 科程을 거치는데, 이러한 處理중 가장 代表的인 것이 濾過 處理, 酸處理, 殺菌 處理 및 冷臧 處理이다. 이들 處理 方法에 대해 아래에 좀 더 仔細히 記述하였다.

가. 濾過 處理

濾過 處理는 물 試料의 採取시 같이 包含된 固形 浮游物을 除去하기 위한 것이다. 普通 濾過 處理를 爲해서는 0.45 μm 의 空隙을 갖는 濾過紙를 使用하는데, 境遇에 따라 아주 正確한 稀貴 元素의 量을 分析하기 爲해서는 0.1 μm 의 空隙을 갖는 濾過紙를 利用하기도 한다. 濾過紙의 空隙 크기가 0.45 μm 이든 0.1 μm 이든, 이들 濾過紙를 統해 濾過를 하기 爲해서는 반드시 強制 濾過 裝置가 있어야 한다 (예를 들면, 眞空 펌프 같은 것). 重力을 利用한 自然 濾過로는 물이 이들 濾過紙를 通過하지 못하기 때문이다.

陰이온 分析을 爲해서는 濾過處理 만을 한 試料를 使用한다.

나. 酸 處理

酸 處理는 물 試料 採取 後 있을지도 모르는 物理化學적 條件 變化에 따라 溶液으로부터 고상이 沈澱되는 것을 防止하기 위한 것이다. 酸 處理는 普通 진한 窒酸 또는 1N 窒酸으로 하며, 採取된 試料의 pH가 大略 1-2 以下가 될 때까지 窒酸을 添加하는 것이 原則이다. 그러나, 지금까지의 經驗에 비추어보면, 1 L 試料 當 窒酸 2-3 mL가 適當한 듯 하다.

다. 殺菌 處理

殺菌 處理는 試料 內의 微生物을 죽이기 위한 目的으로 한다. 이와 같은 殺菌 處理는 微生物의 活動이 水質 測定에 重大한 影響을 미칠 境遇에만 하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 물 試料 內의 有機物의 量을 測定하려 한다면 當然히 殺菌處理를 하는 것이 좋다. 왜냐하면, 微生物들이 물에 녹아 있는 有機物을 먹이로 攝取하면서 原來보다 그 量이 減少할 수 있기 때문이다. 殺菌 處理는 여러 가지 方法이 있으며, 그 중 代表的인 것 중의 하나가 1L 試料에 鹽化 수은 10 mL를 添加하는 것이다.

라. 冷藏 處理

冷藏 處理는 殺菌 處理보다 微生物의 效果를 防止하는데 效果的이지는 못하지만, 無機 이온의 量을 測定하기 위한 微生物의 影響 抑制에는 充分해서 흔히 쓰이는 方法이다. 冷藏 處理는 말 그대로 試料를 約 4°C를 維持하는 冷藏庫에 保管하면 된다.

3. 資料 解析

컴퓨터를 利用하여 資料를 解析하면 더 빠른 時間에 더 많은 資料를 더 正確하게 解析할 수 있다. 資料 解析을 위한 컴퓨터 프로그램은 셀 수 없을 程度로 많을 것이다. 여기서, 그 중 資料의 統計 分析, 平衡 分析, 그리고 地下水 모델링에 대한 프로그램에 대해 簡略히 記述하고자 한다.

가. 統計 分析

統計 分析을 위한 컴퓨터 프로그램은 참으로 많다. 크기는 Main Frame용 IMSL Library Program에서부터 작게는 MS-EXCEL과 같은 PC용 spread sheet 프로그램의 utility function까지 그 種類도 多樣하다. 統計 分析을 위해 이 중 어떤 프로그램이 特別히 뛰어나다 하는 것은 없으며, 다만 自身 周邊에서 便利하게 求할 수 있는 것이면 어느 것이나 좋다. 責任 研究者는 SPSS-PC 라는 統計 package를 갖고 있는데, 이 프로그램은 個人 使用者의 境遇 約 40-80만원이면 購入이 可能하다. 이 프로그램은 價格에 비해 多樣한 種類의 統計 分析을 比較的 쉽게 할 수 있도록 考案되어 있다. SPSS-PC를 통해 可能한 統計 分析은 平均, 標準 偏差 等과 같은 簡單한 것에서부터 時系列 分析, 要因 分析, 判別 分析, 回歸 分析, 週期 分析 等과 같은 比較的 複雜한 것까지 自由自在로 할 수 있다.

나. 平衡 分析

溶存 成分의 平衡에 대한 分析을 위한 프로그램 중, 많이 알려진 것은 PHREEQ, WATEQ, MINTEQA2, EQ3/6等과 같은 것이 있다. 이 중, 가장 性能이 뛰어난 것은 EQ3/6이나 價格이 약간 비싸다 (正確한 價格은 잘 모르나, 대략 100만원 內外임). 그 외 위 프로그램들은 모두 無料로 供給하고 있다. PC 利用者에게 가장 좋은 性能을 보이는 無料 프로그램은 MINTEQA2인 것으로 생각된다. MINTEQA2는 美國 EPA CEAM에서 供給하고 있는데, 다음 住所로 디스켓과 함께 申請하면 바로 보내 준다.

Model Distribution Coordinator
Center for Exposure Assessment Modeling
US Environmental Protection Agency
Office of Research and Development
Environmental Research Laboratory
960 College Station Road
Athens, Georgia 30605-2720.

MINTEQA2는 또한 Internet을 통해 FTP로 바로 받을 수 있는데, 해당住所는 다음과 같다.

erath1.epa.gov.

다. 地下水 모델링

위 두 種類의 프로그램과 마찬가지로, 많은 種類의 地下水 모델링 프로그램이 있다. 責任 研究者는 이 方面에 專門家가 아니기 때문에 仔細한 情報를 提供할 수는 없으나, Internet을 통해 地下水 모델링 프로그램을 無料로 配布하는 곳이 있는 것은 알고 있다. 이러한 無料 프로그램을 받기 위해서는 먼저 웹사이트로 들어가서 Yahoo directory의 hydrology section으로 航海하면된다. 여기에 프로그램 MODFLOW/MODPATH에 대한 適用 研究가 檢討된다.

4. 水質分析 結果

研究 地域에서 採取한 河川水 試料의 水質 및 化學 造成을 表8에 定理하였으며, 이들 試料의 採取 位置는 그림30에 表示하였다. 이들 水質 및 化學 造成 分析 結果를 보면, 모두 陰用水 水質 基準에 適合하나, 一部 試料에서는 窒酸性 窒素 및 黃酸 이온의 含量이 比較的 높아 汚染 要因이 存在하고 있음을 나타낸다.

研究 地域에는 뚜렷한 汚染原은 觀察할 수 없다. 다만, 大關嶺 地域은 嶺東 高速道

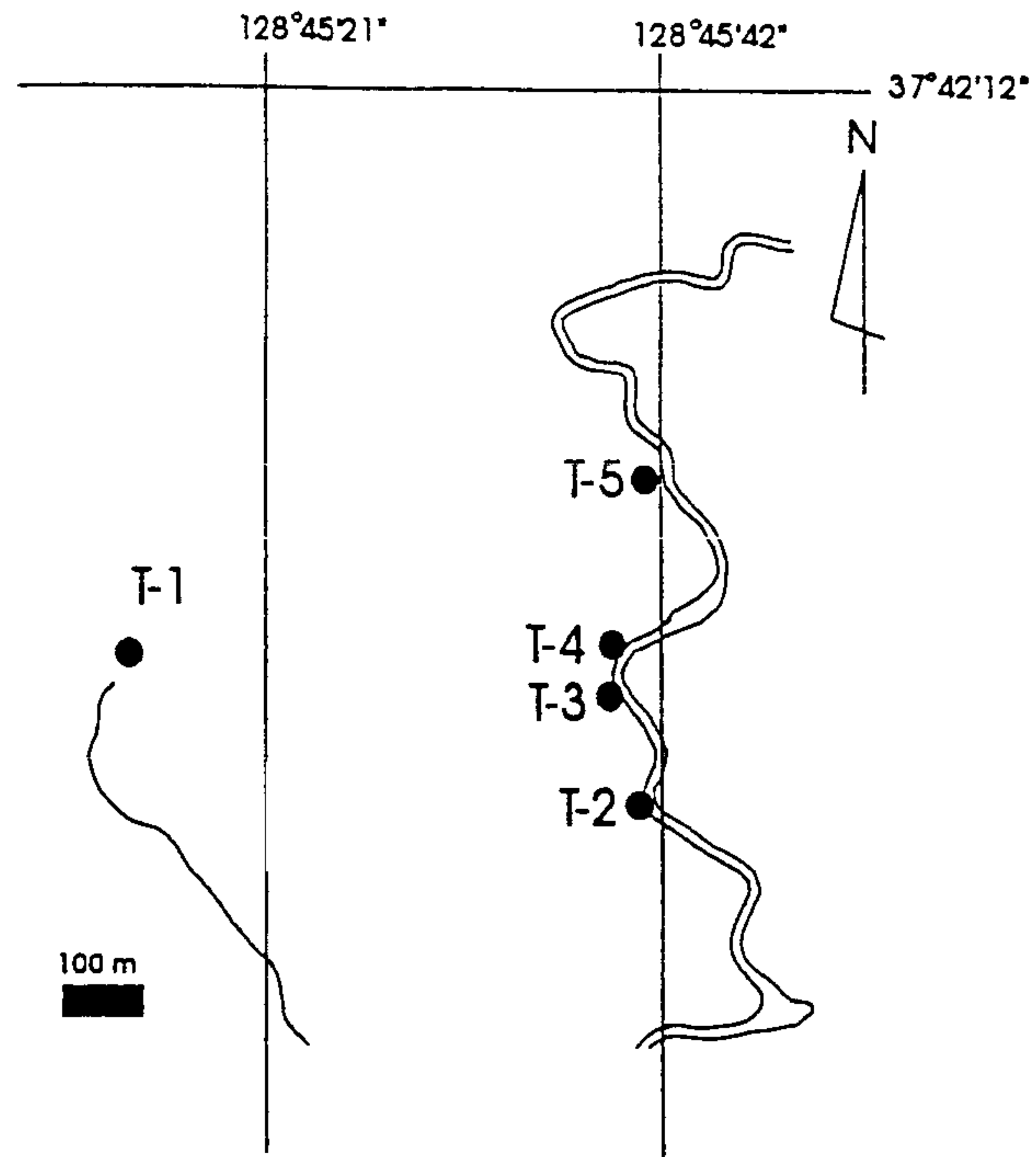
路和 바로 隣接해 있어서 自動車로부터 放出되는 多量の 排氣가스가 汚染原의 役割을 할 憂慮街 있으며, 거두리 地域에서는 周邊의 果樹園 및 논으로부터의 生活 하수 그리고 散布된 農藥 및 肥料가 汚染原이 될 수 있을 것이나, 現在 그 影響은 深刻하지 않은 것으로 생각된다. 만일, 農藥 및 肥料의 散布가 主要 汚染原이 된다면, 採取된 試料에 대해 有機物 分析도 實施하여야 하나, 原來的 研究 計劃에서는 이러한 점을 採取된 地下水 試料에 대해 確認하기로 豫定되어 있어서 이번 研究에서는 省略하였다. 採取된 河川水의 重金屬 含量은 매우 미미하다. 重金屬 중 亞鉛 (Zn)과 바륨 (Ba)의 含量은 數 $\mu\text{g/L}$ 程度이나, 그 나머지는 대개 $1 \mu\text{g/L}$ 以下이다.

研究 地域에서의 河川水의 大略的인 地區化學적 特徵을 알아보기 위해 Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{++}\text{K}^{+}$ 의 當量比 그리고 HCO_3^{2-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} 의 當量比를 相互 比較하였다. 이러한 比較를 위해 가장 흔히 쓰이는 道具가 “파이퍼 다이어그램 (Piper diagram)이다 (Piper, 1944) 그림31은 研究 地域에서 採取된 河川水의 造成을 世界 平均 淡水 (World average freshwater) (Livingston, 1963)와 함께 파이퍼 다이어그램에 表示한 것이다. 이로부터 研究 地域의 河川水는 世界 平均 淡水보다 알칼리 金屬 이온 (Na, K)의 含量과 炭酸 이온의 含量이 약간 더 높음을 알 수 있다. 단, 거두리 地域의 두 試料는 周邊 果樹園으로부터의 汚染으로 世界 平均 淡水보다 黃酸 이온의 量이 더 많은 것으로 나타났다.

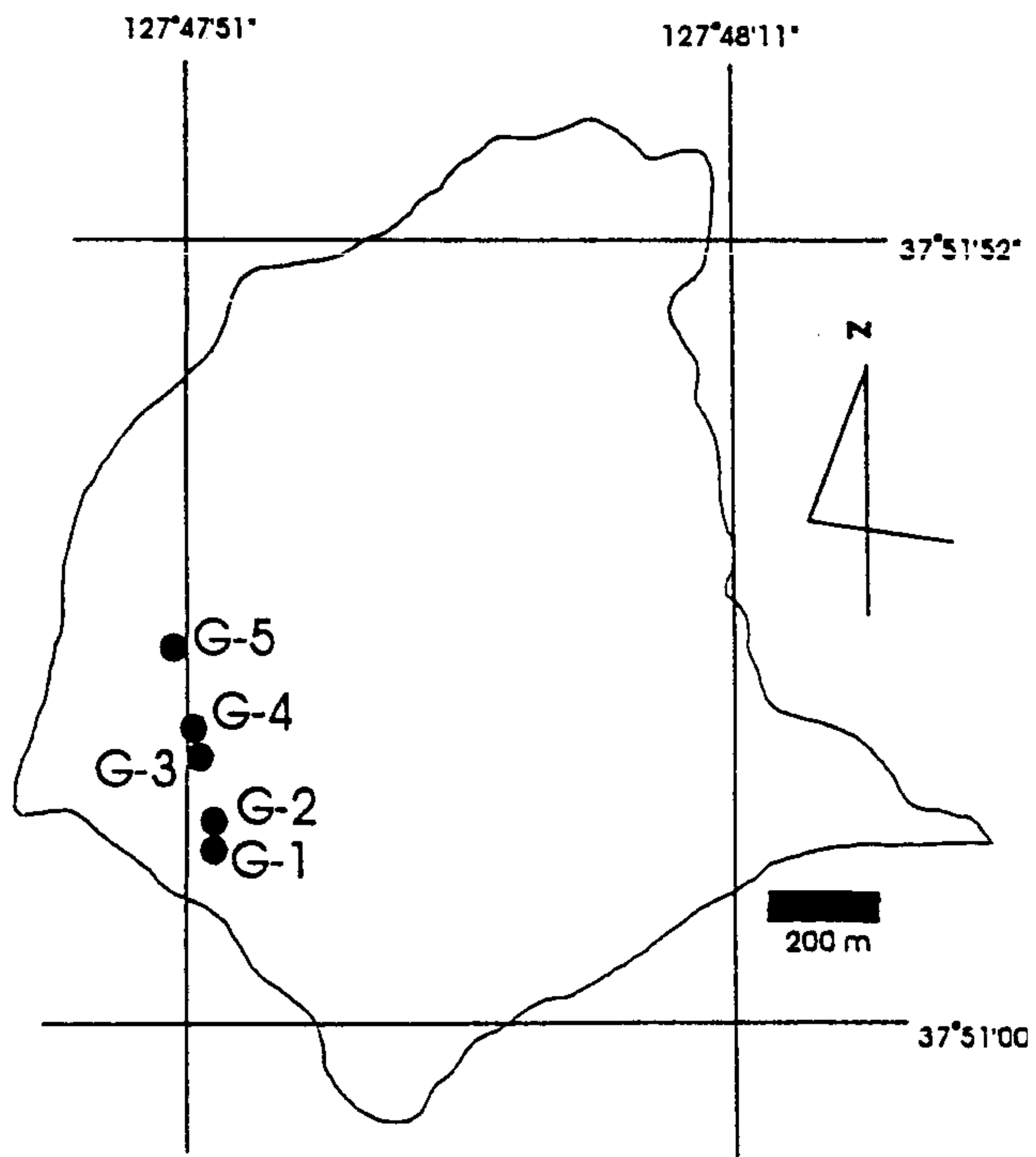
研究 地域의 河川水는 結局 이 地域의 地下水 化學 造成을 反影한다고 생각할 수 있다. 그러므로, 河川水의 化學 造成을 잘 살피면 地下水가 그 流動 經路를 따라 어떠한 岩石, 좀더 嚴密하게는 어떠한 岩石 內的 鑛物과의 反應을 통해 自身の 化學 造成을 決定할지 推測할 수 있다. 이와 같은 岩石-물 間의 反應을 豫測하기 위해 表8의 水質 및 化學 造成 資料로부터 統計 및 平衡 分析을 實施하였다. 河川水의 水質 및 化學 造成 資料의 統計 分析은 構造 資料에 대한 것과 마찬가지로 컴퓨터 프로그램 SPSS-PC를 利用하였으며 平衡 分析은 컴퓨터 프로그램 MINTEQA2를 利用하였다

표 8 . 대관령 지역 및 거두리 지역 물시료의 수질 및 화학 조성.

| 시료 # 항목 | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 | G-1 | G-2 | G-3 | G-4 | G-5 |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 온도 (°C) | 13.7 | 16.2 | 14.4 | 13.8 | 15.2 | 16.3 | 16.2 | 17.4 | 17.6 | 17.7 |
| pH | 6.19 | 6.14 | 6.23 | 6.71 | 6.92 | 6.92 | 6.27 | 6.74 | 7.12 | 7.12 |
| Eh (mV) | 406 | 432 | 418 | 432 | 425 | 455 | 483 | 461 | 427 | 440 |
| 전도도 (μ S/cm) | 55 | 88 | 56 | 53 | 68 | 71 | 99 | 111 | 62 | 53 |
| 알칼리도 (mg CaCO ₃ /L) | 25.30 | 9.743 | 10.996 | 14.66 | 14.78 | 32.93 | 8.522 | 15.91 | 22.32 | 18.86 |
| 경도 (mg CaCO ₃ /L) | 13.04 | 9.02 | 11.09 | 10.89 | 13.66 | 24.68 | 32.93 | 38.49 | 19.33 | 14.55 |
| H ₄ SiO ₄ [*] (mg/L) | 17.80 | 10.92 | 11.71 | 17.49 | 20.30 | 16.05 | 18.69 | 19.65 | 16.67 | 18.25 |
| Al | 0.012 | 0.055 | 0.028 | 0.024 | 0.021 | 0.199 | 0.043 | 0.030 | 0.049 | 0.355 |
| Fe | 0.010 | 0.020 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.070 | 0.030 | 0.030 | 0.060 | 0.260 |
| Mg | 0.62 | 0.53 | 0.60 | 0.59 | 0.77 | 1.30 | 1.69 | 2.13 | 1.14 | 0.75 |
| Ca | 4.20 | 2.74 | 3.45 | 3.39 | 4.20 | 7.74 | 10.4 | 11.9 | 5.86 | 4.59 |
| Na | 3.2 | 2.8 | 2.7 | 3.7 | 4.6 | 2.4 | 3.0 | 4.2 | 2.7 | 3.2 |
| K | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0.4 | <0.1 | 1.4 | 2.2 | 2.1 | 0.80 | 0.60 |
| F | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Cl | 1.70 | 2.04 | 2.07 | 2.57 | 2.39 | 2.19 | 3.19 | 4.16 | 1.94 | 2.29 |
| NO ₃ | 7.12 | 4.39 | 5.69 | 5.13 | 3.70 | 4.85 | 17.16 | 20.85 | 4.56 | 2.66 |
| PO ₄ | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| SO ₄ | 4.64 | 4.35 | 4.98 | 4.48 | 4.11 | 5.48 | 15.63 | 13.51 | 5.39 | 4.83 |
| CO ₃ | 30.36 | 11.69 | 13.20 | 17.59 | 17.74 | 39.52 | 10.23 | 19.09 | 26.78 | 22.63 |
| Cr ^{VI} (μ g/L) | 0.3 | 0.3 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | 0.3 | 0.4 | <0.2 | 0.3 | 0.2 |
| Mn | 1.33 | 1.37 | 0.7 | 1.18 | 0.8 | 2.6 | 3.9 | 3.7 | 8.8 | 3.7 |
| Co | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Ni | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 1.0 | 1.1 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| Cu | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 4.4 | 2.5 | 1.6 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 2.6 |
| Zn | 3.1 | 9.4 | 3.0 | 5.5 | 3.3 | 9.4 | 3.9 | 3.9 | 6.5 | 8.5 |
| Ge | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.09 |
| Cd | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 |
| Ba | 2.53 | 3.90 | 3.80 | 4.0 | 3.38 | 6.30 | 11.4 | 15.0 | 5.10 | 4.10 |
| Hg | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Pb | 0.60 | 0.70 | 0.60 | 0.70 | 0.50 | 1.8 | 1.6 | 0.70 | 0.50 | 1.2 |
| U | 2.6 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| As | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |



[대관령 지역]



[거두리 지역]

그림 30. 대관령 및 거두리 지역의 하천수 시료 채취 위치.

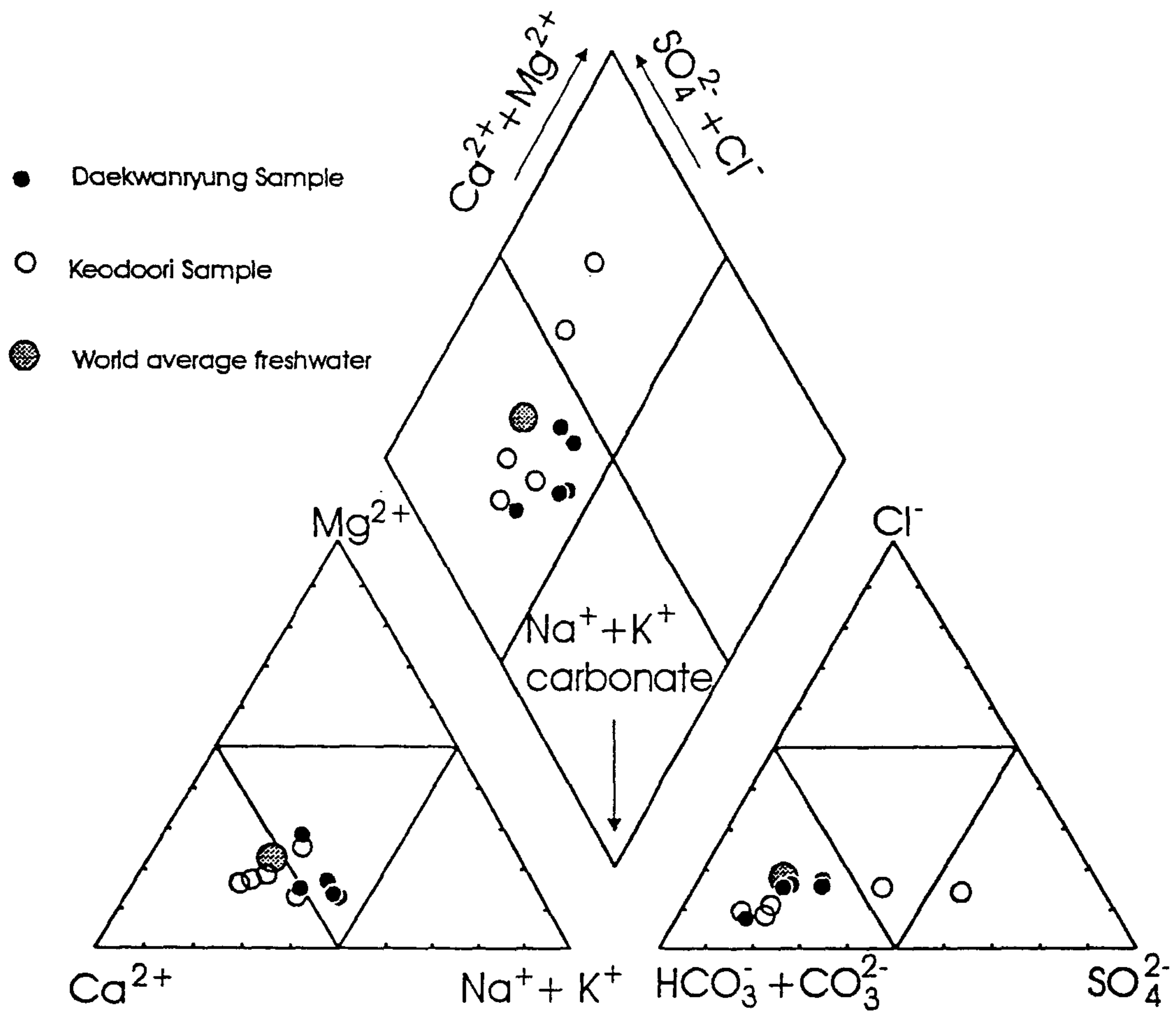


그림 31. 파이퍼 다이어그램 상의 대관령 및 거두리 지역의 하천수 조성.

(統計 및 平衡 分析의 컴퓨터 出力 資料는 附錄 I에 添附하였다).

河川水의 水質 및 化學 造成에 대한 統計 分析 結果 얻어진 각 項目의 平均, 標準 偏差, 最小값 및 最大값은 表9에, 相關係數는 表10에 그리고 要因값 및 그 寄與率은 表11에 定理하였다. 이와 같은 統計 分析의 結果 중, 눈여겨 보아야 할 것은 相關係數와 要因 값들이다. 이는 相關係數는 成分間의 相互 수반되는 傾向性을 보여줌으로써 鑛物-물 間의 反應을 미루어 짐작할 수 있게 하기 때문이며, 要因 값은 河川水의 分散이 주로 어떠한 要因에 의해 얼마나 決定되는지 指示하기 때문이다. 表10에 定理된 相關係數 값을 살펴보면, 大關嶺 地域의 境遇 Al, Ca, H_4SiO_4 및 Na 間에 比較的 相關關係가 높으며, NO_3 는 SO_4 와 相關關係가 比較的 높음을 알 수 있다. 이는 이 地域 河川水의 化學 造成이 주로 사장석 ($(Na,Ca)AlSi_3O_8$)과 물의 相互 反應에 의해 決定되며 여기에 NO_3 와 SO_4 의 汚染이 附加적으로 影響을 미침을 意味한다. 이 地域 地下水도 또한 이와 비슷한 反應 및 汚染 影響에 의해 그 造成이 決定될 것으로 생각된다. 이에 반해, 거두리 地域에서는 H_4SiO_4 가 오직 Na와 높은 相關關係를 보일 뿐, Ca나 Al과는 별 相關關係가 없는 것으로 分析된다. 이는 거두리 地域의 사장석이 알바이트 造成에 가까워서 사장석과 물과의 相互 反應에 의해서는 주로 硅酸 成分과 Na만이 湧出되기 때문이라 생각된다. 이 地域에서 Ca는 오히려 Mg나 K과 높은 相關關係를 보이는데, 이는 義安층군에 속하는 變成 炭酸鹽岩 內의 石灰 硅酸鹽 鑛物 및 炭酸鹽 鑛物의 影響이라 생각된다. 거두리에서의 河川水 內의 NO_3 含量은 大關嶺 地域에서와 마찬가지로 SO_4 와 높은 相關關係를 보이는데, 이 또한 汚染에 의한 影響도 이 地域 水質을 決定하는데 하나의 役割을 함을 意味한다. 表11의 要因 分析 結果는 表10의 相關關係 分析 結果와 一致한다. 表11의 大關嶺 地域 河川水의 水質 및 化學 造成 分散 要因들을 살펴보면, 대략 岩石 (鑛物)-물 間의 反應에 의한 分散이 44% (要因 I), 汚染에 의한 分散이 35% (要因 II) 程度됨을 알 수 있다. 거두리 地域에서는 分析된 要因들을 精密히 分析하기 困難하지만, 岩石-물 間의 反應에 의한 要因이 72%

표 9. 대관령 및 거두리 지역 하천수 시료에 대한 수질 항목 및 화학 조성의 평균, 표준편차, 최소값 및 최대값.

(각 항목의 단위는 표 8과 같음)

| | 대관령 지역 | | | | 거두리 지역 | | | |
|---------------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | 평균 | 표준편차 | 최소 | 최대 | 평균 | 표준편차 | 최소 | 최대 |
| 온도 | 14.66 | 1.05 | 13.7 | 16.2 | 17.04 | 0.73 | 16.20 | 17.70 |
| pH | 6.44 | 0.35 | 6.14 | 6.92 | 6.83 | 0.35 | 6.27 | 7.12 |
| Eh | 422.6 | 10.95 | 406.0 | 432.0 | 453.2 | 21.29 | 427.0 | 483.0 |
| 전도도 | 64.0 | 14.65 | 53.0 | 88.0 | 79.20 | 24.76 | 53.0 | 111.0 |
| 알칼리도 | 15.1 | 6.12 | 9.74 | 25.3 | 19.71 | 8.97 | 8.52 | 32.93 |
| 경도 | 11.54 | 1.85 | 9.02 | 13.66 | 26.00 | 9.76 | 14.55 | 38.49 |
| H ₄ SiO ₄ | 15.64 | 4.11 | 10.92 | 20.30 | 17.86 | 1.48 | 16.05 | 19.65 |
| Al | 0.03 | 0.02 | 0.012 | 0.055 | 0.14 | 0.14 | 0.03 | 0.26 |
| Fe | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.09 | 0.1 | 0.03 | 0.355 |
| Mg | 0.62 | 0.09 | 0.53 | 0.77 | 1.40 | 0.53 | 0.75 | 2.13 |
| Ca | 3.60 | 0.62 | 2.74 | 4.20 | 8.10 | 3.05 | 4.59 | 11.90 |
| Na | 3.40 | 0.78 | 2.70 | 4.60 | 3.10 | 0.69 | 2.40 | 4.20 |
| K | 0.09 | 0.17 | 0.01 | 0.40 | 1.42 | 0.73 | 0.60 | 2.20 |
| Cl | 2.15 | 0.34 | 1.70 | 2.57 | 2.75 | 0.92 | 1.94 | 4.16 |
| NO ₃ | 5.21 | 1.31 | 3.70 | 7.12 | 10.02 | 8.35 | 2.66 | 20.85 |
| SO ₄ | 4.51 | 0.33 | 4.11 | 4.98 | 8.97 | 5.17 | 4.83 | 15.63 |
| CO ₃ | 18.12 | 7.34 | 11.69 | 30.36 | 23.65 | 10.77 | 10.23 | 39.52 |

표 10. 연구 지역 하천수의 수질 항목 및 화학 조성간의 상관관계.

| | Al | Ca | Cl | CO ₃ | 전도도 | Eh | Fe | H ₄ SiO ₄ | K | Mg | Na | NO ₃ | pH | SO ₄ |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| 대관령 지역 | | | | | | | | | | | | | | |
| Al | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| Ca | -.904 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| Cl | .035 | -.129 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| CO ₃ | -.766 | .744 | -.477 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 전도도 | .851 | -.556 | -.082 | -.513 | 1.00 | | | | | | | | | |
| Eh | .656 | -.662 | .767 | -.768 | .496 | 1.00 | | | | | | | | |
| Fe | .932 | -.775 | -.189 | -.489 | .916 | .480 | 1.00 | | | | | | | |
| H ₄ SiO ₄ | -.759 | .823 | .317 | .608 | -.428 | -.180 | -.643 | 1.00 | | | | | | |
| K | -.138 | -.186 | .690 | -.040 | -.420 | .480 | -.250 | .251 | 1.00 | | | | | |
| Mg | -.581 | .801 | .290 | .243 | -.205 | -.170 | -.576 | .782 | -.200 | 1.00 | | | | |
| Na | -.448 | .603 | .597 | .765 | -.121 | .190 | -.431 | .884 | .216 | .861 | 1.00 | | | |
| NO ₃ | -.493 | .276 | -.683 | .701 | -.599 | -.800 | -.349 | -.050 | -.033 | -.342 | -.507 | 1.00 | | |
| pH | -.373 | .425 | .820 | -.041 | -.209 | .380 | -.472 | .764 | .430 | .754 | .940 | -.580 | 1.00 | |
| SO ₄ | -.165 | -.110 | -.426 | .049 | -.526 | .490 | -.278 | -.512 | -.055 | -.465 | -.738 | .710 | -.615 | 1.00 |
| 거두리 지역 | | | | | | | | | | | | | | |
| Al | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| Ca | -.706 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| Cl | -.495 | .894 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| CO ₃ | .368 | -.436 | -.589 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 전도도 | -.714 | .992 | .926 | -.532 | 1.00 | | | | | | | | | |
| Eh | -.341 | .780 | .645 | -.518 | .768 | 1.00 | | | | | | | | |
| Fe | .927 | -.753 | -.433 | .118 | -.717 | -.450 | 1.00 | | | | | | | |
| H ₄ SiO ₄ | -.230 | .591 | .864 | -.819 | .672 | .480 | -.033 | 1.00 | | | | | | |
| K | -.660 | .972 | .819 | -.477 | .960 | .890 | -.737 | .537 | 1.00 | | | | | |
| Mg | -.773 | .983 | .888 | -.393 | .979 | .650 | -.792 | .571 | .920 | 1.00 | | | | |
| Na | -.245 | .567 | .866 | -.546 | .633 | .230 | -.064 | .905 | .425 | .609 | 1.00 | | | |
| NO ₃ | -.695 | .957 | .950 | -.358 | .985 | .740 | -.638 | .775 | .921 | .945 | .710 | 1.00 | | |
| pH | .531 | -.773 | -.612 | .655 | -.780 | -.950 | .570 | -.489 | -.891 | -.671 | -.199 | -.770 | 1.00 | |
| SO ₄ | -.657 | .893 | .848 | -.773 | .926 | .850 | -.599 | .739 | .925 | .842 | .548 | .950 | -.916 | 1.00 |

표 11. 연구 지역 하천수의 수질 및 화학 조성 분산에 대한 요인.

| 항목 | 대관령 지역 | | | 항목 | 거두리 지역 | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------------------------------|----------|---------|---------|
| | 요인 I | 요인 II | 요인 III | | 요인 I | 요인 II | 요인 III |
| Al | -.94116 | .31697 | -.11544 | Fe | -.96113 | .10394 | -.21214 |
| Ca | .93320 | -.18557 | -.30034 | Al | -.87611 | -.11343 | -.16024 |
| H ₄ SiO ₄ | .91884 | .27692 | -.11306 | Mg | .82273 | .46382 | .30897 |
| Fe | .87826 | .19197 | -.33188 | Ca | .75529 | .43192 | .45969 |
| Mg | .78131 | .36457 | -.39454 | 전도도 | .71230 | .51168 | .47043 |
| Na | .72339 | .66365 | -.18153 | K | .68371 | .30247 | .64162 |
| 전도도 | -.69410 | .40465 | -.58225 | NO ₃ | .62214 | .61347 | .48635 |
| CO ₃ | .66571 | -.53813 | -.18298 | Na | .18400 | .98115 | -.01172 |
| NO ₃ | .18966 | -.93513 | .20011 | H ₄ SiO ₄ | .04140 | .92306 | .37661 |
| Eh | -.44425 | .84711 | .28224 | Cl | .48439 | .78587 | .34610 |
| Cl | .18016 | .84600 | .49044 | pH | -.40324 | -.14077 | -.90337 |
| SO ₄ | -.15402 | -.78537 | .45922 | Eh | .33331 | .16876 | .89166 |
| pH | .63659 | .75957 | .11163 | SO ₄ | .50158 | .48047 | .71070 |
| K | .16639 | .34025 | .84149 | CO ₃ | .02402 | -.59877 | -.62187 |
| 고유벡터 | 6.15338 | 4.89239 | 2.07926 | 고유벡터 | 10.13826 | 2.02603 | 1.16897 |
| 분산 % | 44.0 | 34.9 | 14.9 | 분산 % | 72.4 | 14.5 | 8.3 |
| 총분산 % | 44.0 | 78.9 | 93.8 | 총분산 % | 72.4 | 86.9 | 95.2 |

(要因 I), 汚染에 의한 要因이 23% (要因 II, 要因 III) 全體 河川水의 水質과 化學 造成 分散을 說明하고 있음을 알 수 있다.

河川水의 平衡 解析 結果로부터 河川水와 共生하는 鑛物의 種類를 나타낸 것이 그림 32이다. 그림 32를 보면, 大關嶺 및 거두리 地域 모두에서 河川水는 카올리나이트 (kaolinite; $Al_2Si_2O_5(OH)_4$)와 共生하여야 함을 나타내는데, 이 結果와 앞의 統計 分析 結果를 綜合하여 보면 다음과 같은 反應式이 研究 地域 모두에서 水質을 決定하는데 重要함을 알 수 있다:



사장석

카올리나이트

以上에서 研究 地域의 水質 特性, 化學 造成, 그리고 水質에 影響을 미치는 岩石-물 反應의 程度 및 汚染에 의한 影響 등에 대해 記述하였다. 지금까지의 內容을 綜合하면 研究 地域에서 水平 鑿井하여 地下水를 開發한다면 그 地下水는 어떠한 用途 (陰用, 農業用水用, 觀光用水用 等)에 使用해도 크게 무리는 없을 것으로 생각된다. 다만, 앞에서도 言及하였듯이, 地下水 開發 後에도 周邊 汚染原으로부터의 汚染에 各별히 신경을 기울일 必要는 있으며, 이를 위해 定期的으로 (特히, 渴水期 때에는 더욱 자주) 꾸준히 水質 檢査를 할 必要가 있을 것이다.

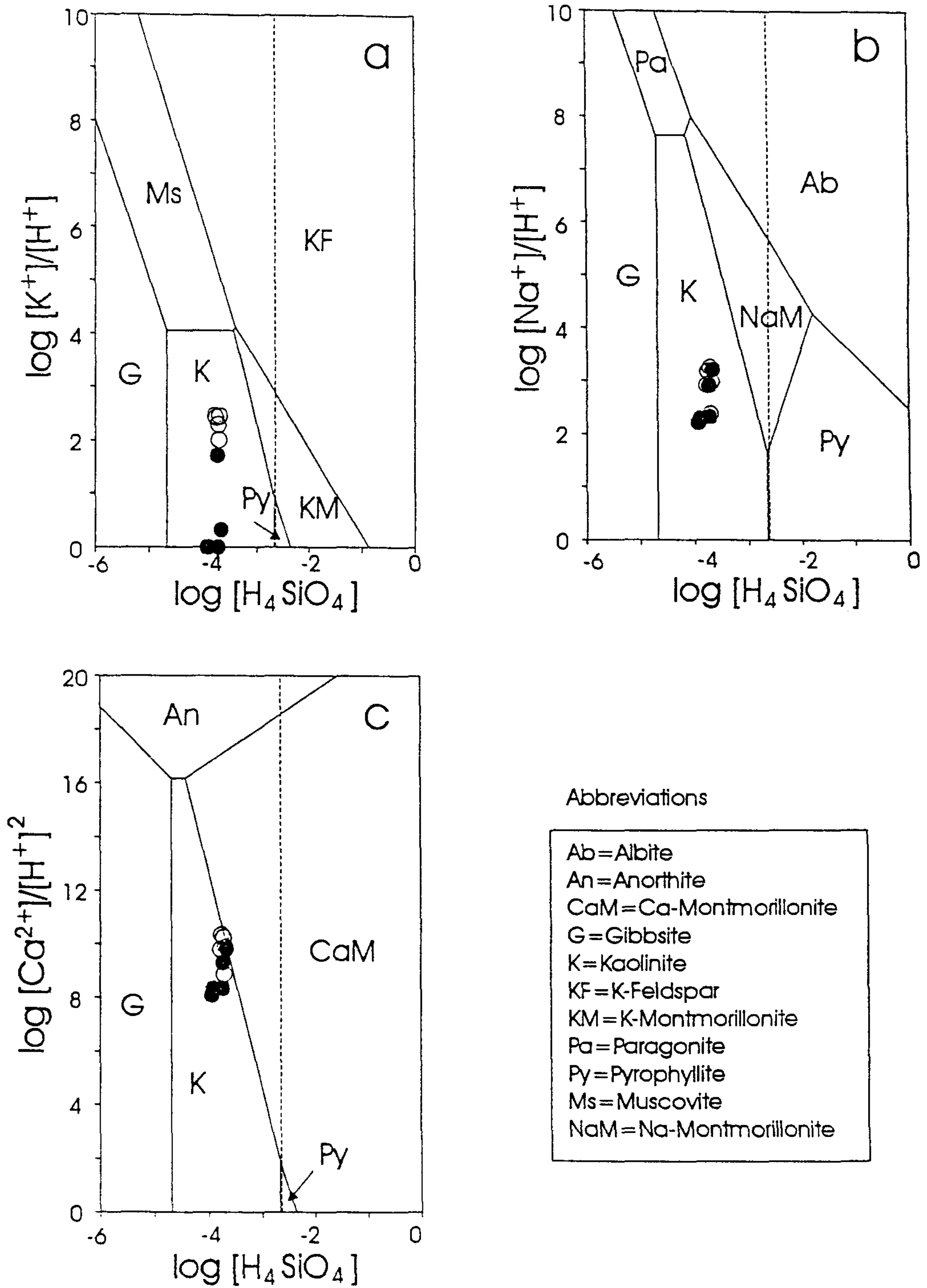


그림 32. 여러 광물상의 안정 영역을 표시하는 log 활동도 다이어그램 상의 대관령 및 거두리 지역의 하천수 활동도.

第 10 節 맺 음 말

지금까지, 大關嶺 地域과 거두리 地域, 가아리 地域 및 왕산리 地域에 대한 야외 調査, 構造선의 方向 및 水質의 現場 測定, 岩石의 顯微鏡 觀察, 岩石 및 河川水 試料의 化學 分析, 構造 資料 및 水質 資料의 統計 分析, 그리고 河川水의 化學 造成에 대한 平衡 分析 등을 통해 研究 地域에서의 地下水의 流動과 地形 및 地質 構造와의 關係 그리고 水質 特性 및 水質에 影響을 미치는 要因에 대해 簡略히 考察하였다. 이를 簡略히 要約하면 다음과 같다. 研究 地域의 수많은 斷層 및 節理는 特定한 方向성을 보여주지 않으므로, 地下水의 流動이 이들 構造에 의해 特別히 調節되지는 않을 것이며, 이보다는 一般的으로 地下水位를 決定하는 地形에 의해 주로 지배될 것이다. 다만, 研究 地域에 比較的 큰 規模로 發達하는 特定한 斷層 및 岩脈은 周邊 破碎帶의 存在 및 그들 자신의 透水性에 따른 獨特한 性格에 따라 地下水 流動에 部分的인 (그러나, 重要的) 影響을 미칠 것이므로, 水平 鑿井 혹은 地下水 모델링을 시도하는 境遇 이와 같은 地質 構造를 반드시 考慮해야 할 것이다. 研究 地域의 水質은 주로 岩石-물 反應, 그 중에서도 특히 사장석과 물 간의 反應에 의해 決定될 것이며, 여기에 附加적으로 周邊 道路나 農土로부터의 汚染도 影響을 미칠 것이다. 研究 地域의 化學 造成을 볼 때, 全體的으로는 世界 平均 淡水와 비슷하긴 하지만, 世界 平均 淡水보다 알칼리 金屬 이온 및 炭酸 이온의 양이 약간 많은 편이다. 이러한 化學 造成을 갖는 研究 地域의 물은 모두 陰用水 基準에 適合하므로 어떠한 用途로도 使用할 수 있을 것이다. 다만, 地下水 開發 後 이를 持續적으로 活用하는 境遇, 이미 言及한 汚染원들로부터의 汚染을 境界하기 위해 꾸준하고 定期的인 水質 點檢이 要望된다.

이번의 研究를 통해 蓄積된 知識은 他 地域의 地下水 開發에 있어서도 매우

有用하게 利用될 수 있을 것이다. 이와 같은 他地域에 대한 適用을 위하여 研究 調査에 實務的으로 必要하다고 생각되는 事項에 대해 定理하여 添附하였다. 他 地域의 地下水 開發의 適用성을 考慮할 때, 地質 構造와 地下水의 流動 및 그 양의 關係를 어느 程度 定量的으로 計量化한 數値모델을 開發하지 못했다는 것이다. 그 理由는 앞서 言及한대로 構造 資料의 方向性 및 相關性 缺乏과 地下水量 測定 資料가 絶對的으로 不足하기 때문이다. 2次年度 以後에 他 地域의 地下水 開發이 더욱 많이 시도되고, 그로부터 地下水 流動 및 量과 構造 資料가 充分히 蓄積된다면 滿足할 만한 計量化가 實現될 수 있을 것이며, 그로부터 適切한 數値모델을 開發할 수 있을 것으로 期待한다.

이번 研究 結果를 具體的으로 江原道 內 어떠한 地域에 適用시킬 수 있을 것인가 하는 問題는 어떠한 地域에서 水平 鑿井을 利用한 地下水 開發이 꼭 必要할 것인가의 問題일 것이다. 水平 鑿井은 鑿井을 위한 地形의 屈曲이 있어야 하므로 山間 地帶에서 特히 有利한 工法이라 할 수 있을 것이다. 이러한 점에서 보면, 江原道 內 거의 大部分의 地域에서 水平 鑿井을 위한 地下水 開發이 可能할 것이다. 水平 鑿井 工法을 適用시키기 위해서는 開發 地域에 대한 單純한 地下水 供給이외에 무엇인가 附加的인 이득이 있어야 할 것이다.

水平 鑿井을 利用한 地下水 開發로 因한 用水 供給 이외의 附加的인 이득은, 各自의 見解에 따라 다르겠으나, 研究者의 생각으로는 特別한 管理가 必要없이 地下水의 流動 通路 中間에서 地下水를 뽑아 使用함으로써 用水 問題를 解決함과 同時에 地下水가 汚染될 만한 곳으로 流入되는 것을 豫防하는 것이다. 江原道에는 많은 탄전이 存在하고 있으며, 이들 탄전 地域의 住民 중 많은 수가 炭鑛 排水로 인한 汚染 때문에 심한 用水 不足으로 苦痛 받고 있다. 炭鑛이 開發되기 전에 이들 住民이 주로 使用하던 물은 周邊 河川水였으나, 炭鑛이 들어선 後 河川의 물이 坑道로 모두 빠져나감으로써 더 이상 河川이 存在하지 않

게되거나 설혹 存在하더라도 炭鑛 排水에 의해 심각하게 汚染되어 使用할 수 없게 되었기 때문에 用水 不足이 심각하게 된 것이다. 더군다나, 탄전 地域의 汚染된 河川水를 處理하기 위하여 政府는 每年 엄청난 豫算을 消費하고 있어 炭鑛의 存在로 인해 二重的인 피해가 發生한다. 만일, 2이러한 地域에 여러 개의 水平 鑿井孔을 設置하여 地下水를 開發한다면 住民들의 用水 問題를 解決하는 일이 될 뿐만 아니라, 坑道 및 炭層으로 流入되는 물의 양을 줄여 汚染된 물의 發生을 줄이게 될 것이며, 이로 인해 汚染 河川水 處理 費用도 훨씬 節減하게 될 것이다. 現在, 汚染 河川水의 양이 너무 많고 이들의 流入 地點이 모두 正確하게 把握되지 못한 理由로 汚染水의 處理가 完璧하지 못한 實情에서, 위와 같이 水平 鑿井을 통해 汚染水 處理 및 그 發生 抑制에 기여한다면 江原道의 많은 황폐화한 炭鑛 地域을 다시 살리는데 日照할 수 있을 것이다. 그러므로, 研究者는 水平 鑿井 工法을 適用할 만한 地域으로 탄전 地域, 특히 廢炭鑛이 많은 삼척 및 강릉 탄전 地域을 追加로 推薦한다. 그림 33은 이들 地域의 位置圖이다.

水平鑿井을 利用한 無動力 地下水를 實用化하기 위하여 基礎 모델을 設定 構想중에 있다.

① 山岳地形에서의 急傾斜 下部 岩截取面에 대한 水平 鑿井을 實施하여 岩盤內를 流動하고 있는 地下水를 確保할 수 있는 附近(먹는샘물 등에 使用).

② 山岳地形에서 一部 沖積層이나 風化帶가 깊게 發達되고 帶水層內의 地下水의 有效 空隙率이 크고(比產出率 大), 包裝量 및 流動量이 많은 地域으로서 水平 鑿井時 地下水가 自然 流河될 수 있는 峽谷部.

③ 直接流域 外에 間接流域 등에서 人爲的인 水壓을 發生(貯水池, 地下流路 變更) 되어 水位 上昇을 시켜 水平 鑿井시 多量의 地下水가 自然 流河 될 수 있는 地域.

④ 急傾斜部로서 垂直的 찬공 方法으로는 地下水가 多量 흐르는 破碎帶를 貫通할 수 없는 地域(片麻岩 地域을 花崗岩이 貫入함으로서 緩慢한 花崗岩 에서는 垂直으로 破碎帶를 만날 수 없는 地域).

⑤ 汚染原 및 鹽水 等 찬공 豫定位置 下位에 存在하고 있어 下向式 찬공으로 地下水 確保時 汚染의 憂慮가 있는 地域은 水平 鑿井으로 汚染 및 鹽水 浸透를 防止할 수 있는 地域.

⑥ 江原道 탄전 等 炭鑛廢水가 많은 地域중 廢坑內로 使用하던 河川水가 流入되거나 引入되는 地下水를 水平鑿井孔으로 intercept 하여 活動하므로써 汚染된 河川水를 處理하기 위한 努力을 節減 시킬수 있다.

⑦ 높은 地域에서 試錐한 試錐孔 中 揚水量 不足(基準未達: 100Ton/day)으로 廢孔하는 것을 水平鑿井工法을 竝行하여 活用할 수 있는 地域.

⑧ 小溪谷 地下댐 및 보(weir)를 設置하여 地表水를 地下水로 流動 通路 變換하여 水溫의 加溫 效果, 水量增大 및 水質의 淨化效果를 나타낼수 있는 地域.

上記의 與件을 2次年度에 分析하여 model化 시키고자 한다.

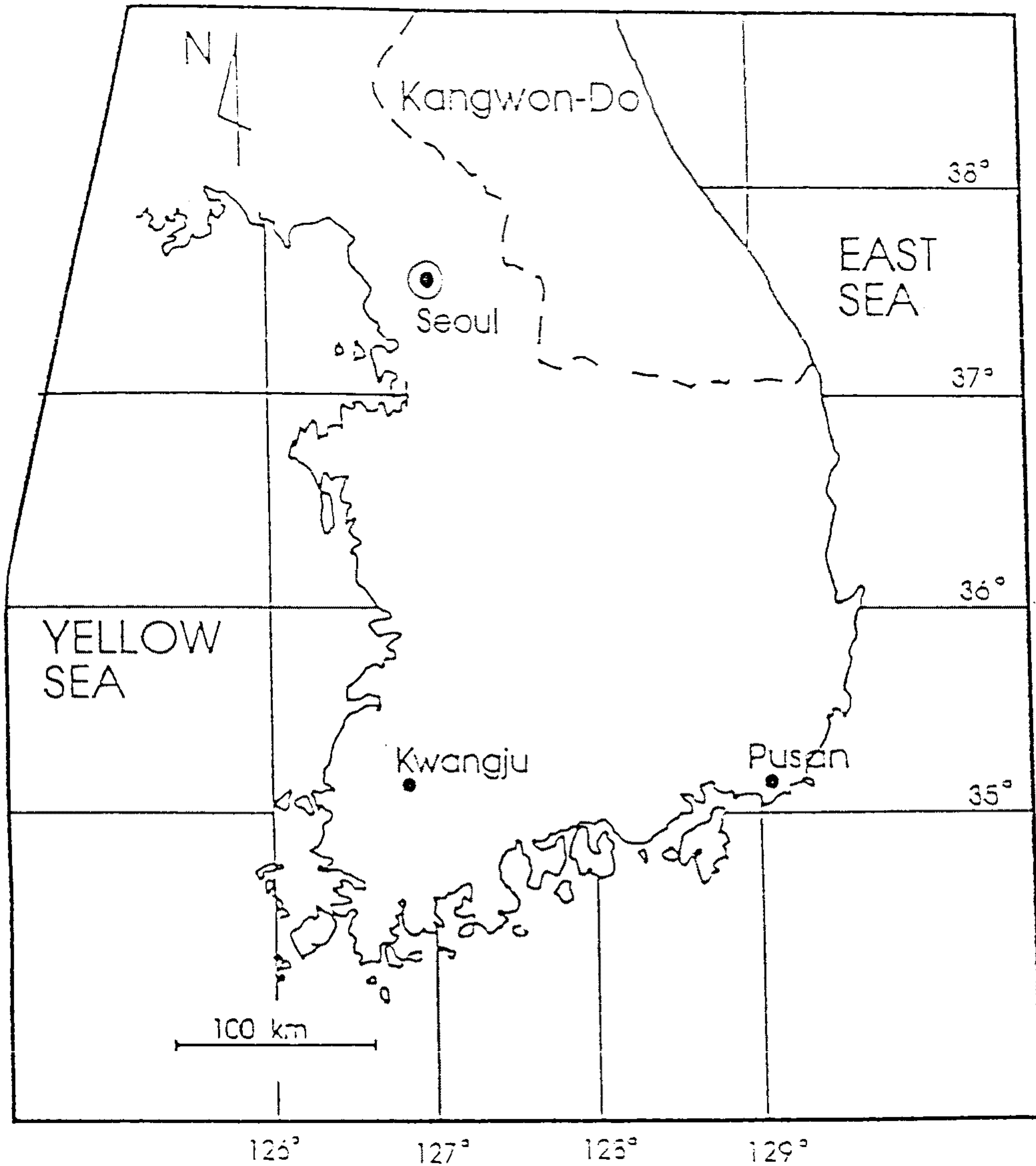


그림 33. 강원도 내 수평 착정 공법을 이용한 지하수 개발 가능 지역 (흑색 부분): 석회암

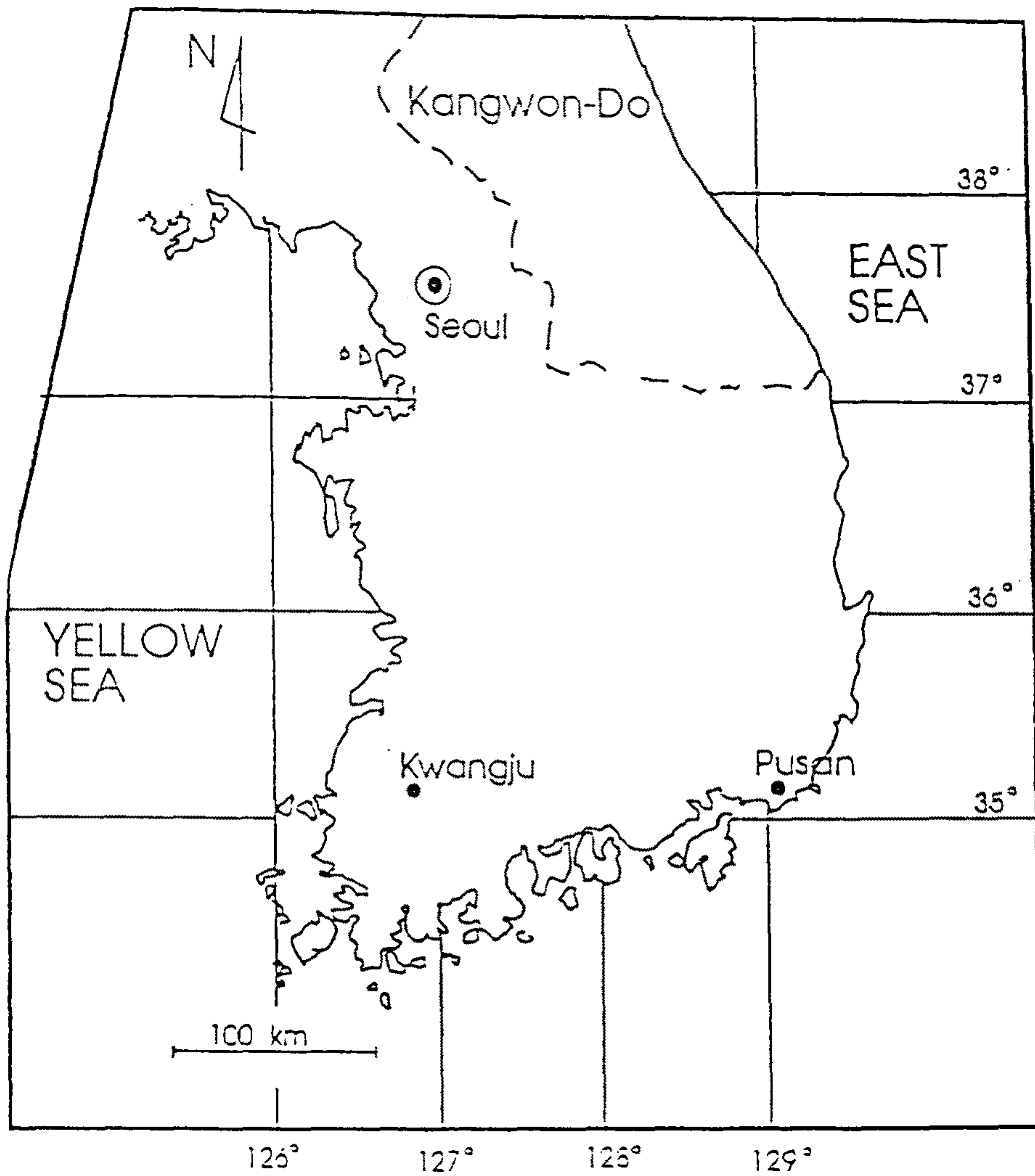


그림 33. 강원도 내 수질 측정 방법을 이용한 지하수 개발 가능 지역 (후색 부분): 고지대

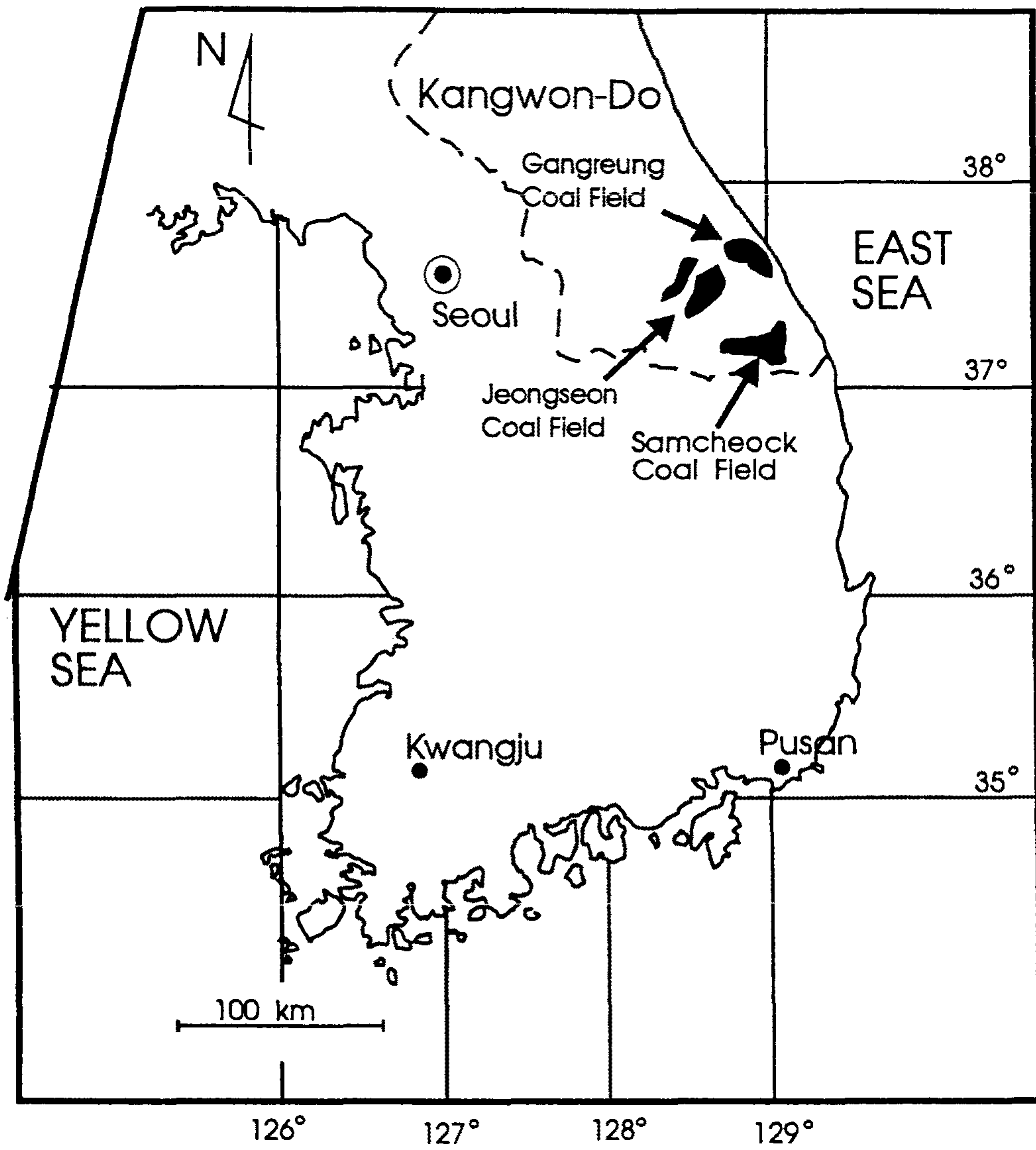


그림 33. 강원도 내 수평 착정 공법을 이용한 지하수 개발 가능 지역 (흑색 부분): 환경개선

第 4 章 水平鑿井 調査

第 1 節. 머리 말

水平鑿井 調査는 沖積層 및 風化帶를 比較的 水量이 豊富な 調査와 岩盤層 調査로 區分하였으며 1 次年度 施行은 水理學的으로 여러 Factor가 存在하는 岩盤孔 調査를 施行하였다.

1 次年度 施行地區는 大關嶺地區로 節理 마치 岩脈을 주로 유도하는 地下水로 測點 位置를 選擇하였고 왕산리地區는 斷層 破碎帶를 鑿取 資料를 얻기 위해 調査되었다.

1 次年度 試驗鑿井 調査후 2 次年度에는 水量, 水質 및 水溫 등을 連續적으로 調査 研究할 수 있도록 하였으며 2 次年度에는 水壓試驗, 水溫 採取 등의 技法을 研究하고 水平 鑿井孔에서의 出水量 減少의 水壓 變化 및 推定 水位 變動 등을 研究하고자 試驗하였다.

水平 鑿井 工法을 利用한 斷層 破碎帶의 地下水 利用 水平 및 中下向 鑿井 工法을 利用하여 斷層 破碎帶가 存在하는 被壓 地下水를 掘鑿하면 重力에 의한 自噴 現狀이 일어나며, 本 工法은 集水 面積이 매우 적은 산 頂上部에서 開發하여 連續적으로 이러한 現狀을 地下水의 根源인 빗물이 높은 山岳地帶에 斷層 破碎帶를 통하여 浸透되어 岩盤 內部的 土壤, 岩石 및 破碎帶를 통하여 여러곳으로 噴出되기도 한다.

이러한 噴出은 石灰岩을 除外하고는 水量이 比較的 적으므로 水平 掘鑿을 통한 自然的 地下水 流動으로부터 人爲的인 通道를 만들어 採取하는 것이 水平 鑿井 方法이다.

本工法의 特徵은,

a) 산 꼭대기 附近에서 水原을 確保할 수 있으며 自然 流河로 물을 供給할 수 있어 施設이 必要없고 動力費가 減少된다.

b) 岩盤 龜裂帶의 地下水는 溶存 酸素가 거의 없기 때문에 無菌이다. 岩石에 由來하는 鐵, 망간, 불소 등을 含有하는 것도 있다. 工事 着手로 用水의 水質 調査를 통하여 事前에 被壓 地下水의 水質을 豫想할 수 있다. 一般的으로 水質은 良好하고 飲用水

c) 水質이 좋은 것은 水操內에 沈澱物이 없고 動力을 使用하지 않으므로 電氣 施設費, 機械設置費 및 維持 管理가 쉽다.

d) 堆積層內의 帶水層內에 設置된 經路는 鐵, 망간 등에 의하여 노후화 現狀이 생길수 있으나 水平 鑿井에 의한 孔은 이러한 現狀이 없다.

e) 平地의 地下水는 平面的으로 分布하고 있으며 取水時 地下水位 低下의 影響이 크므로 특히 人爲的인 汚染(農藥, 污水) 등의 可能性이 크다.

f) 山岳部에서는 汚染과 떨어져 있는 境遇가 많고 取水時 影響이 매우 적으므로 水原의 汚染이 생각되어지지 않는다. 水平 鑿井工法은 低價의 물을 確保할 수 있다.

第 2 節 鑿井調査

物理探查 및 여러技法을 使用하여 基礎 調査를 施行한 後 본 調査는 沖積層 調査와 異質性을 갖는 신선한 岩盤을 對象으로 鑿井 調査를 施行하였으며 調査 位置는 강릉시 大關嶺 附近과 강릉시 왕산면 왕산리 國道邊에서 施行하였다. 본 試驗의 基本 研究는 掘鑿時 問題點 및 鑿井 調査後 水量, 水質, 水溫 및 水

歴等の資料를 抽出하고자 施行되었다.

水平 鑿井調査 裝備는 TOP-MB, 公압기, 發電氣 및 附帶品을 使用하여 그 地域에 鑿井調査를 하였다.

表. 수평착정 조사공의 구조대 방향

| 調査孔 | 走向 | 傾斜 | 深度 | 構造帶 方向 | 備考 |
|------------|--------|----------|------|-----------------------|----|
| 대관령 1호공 | N 68 W | (+8° 경사) | 60 m | N 21 E 87 SE | |
| 2호공 | N 82 W | (+6° 경사) | 80 m | | |
| 3호공 | N 80 E | (+5° 경사) | 80 m | | |
| 4호공 | N 75 E | (+8° 경사) | 80 m | | |
| 왕산 1호공 | N 72 E | (+8° 경사) | 63 m | N 18 E NW 80 Fault | |

水平 鑿井調査는 沖積層에서는 既存의 85 m/m 口徑의 掘鑿을 施行하고 있으나 새로이 岩盤 掘鑿深度를 增加시키기 위하여 114 m/m (4.5 inch) hammer bit 를 使用 掘進하여 1次로 60 ~ 80 m 를 掘鑿 調査하여 100 m 以上을 施工할 수 있는 方法을 提示하였다. 掘進 方向은 $\tan \theta = \sin \alpha \times \tan \theta'$ 로 위 傾斜를 구하면 圍傾斜각 $86^\circ \sim 87^\circ$ 로서 거의 眞傾斜와 비슷하게 交叉되므로 2次年度 施行時 渴水期の 수량 및 水質을 觀測하고 水壓試驗 및 Hydro - Fracturing 을 施行하여 水量 및 水質을 比較 檢討하여 向後 水平 鑿井工法을 利用한 水量 增大 方案 等を 提示하고자 調査 施行하고 있다.

水量 및 水質의 測定은 水平 鑿井調査를 11 월부터 施行하여 12 월 중순 鑿井調査 完了 되었으며 現在 出水量은 7.5 Ton/Day 로서 完了後 最小 15 일 以後부터 資料가 蓄積되어 物理探查 資料와 比較 檢討됨이 妥當한 것으로 思料되므로 渴水機의 水量을 定量的으로 測定하고 水質을 地表水와 岩石 成分과의 地下水學的인 分析을 2次年度에 實施하고자 하며, 現在 黜水되는 地下水는 節理, 小斷層帶를 통하여 流通되는 것으로서 時間이 經過할수록 水量의 變動이 豫想된다.

왕산地區의 水平 鑿井調査는 追後 掘鑿 深度를 增加시키기 위하여 114 m/m(4.5 inch) Hammer - bit 를 使用하여 掘進하여 63 m 를 調査하였으며 掘進 方向은 $\tan \theta = \sin \alpha \cdot \tan \theta'$ 斷層面이 도로 方向과 거의 一致하므로 上流側 直接 流域에 影響을 增大시키기 위하여 α 를 54° 로 鑿井하여 傾斜가 78° 인 값을 갖는다.

水平 鑿井位置에서 N 20 E ~ N 20 E 方向에서 斷層內를 통해 흐르는 重力水를 抽出하기 위한 것이다.

本 斷層은 上下로 매우 發達되어 있는 것으로 나타나 精密 調査를 2次年度에 實施하여 現 位置에서 下部로 浸透 流出되는 狀態의 水文學的 研究가 必要

하다.

調査時 Fault clay 는 飽和되어 극히 一部 流出되고 있으며 掘鑿 調査後 出水量은 7 Ton/Day 内外를 보여준다.

향후 孔內 調査를 위하여 PACKER를 設置, 區間別 水量, 水質 및 水溫등을 調査하고자 設置하였으며, 孔內 水壓變化를 測定하고자 壓力 게이지를 設置하였다.

向後 水平鑿井 影響이 減少하는 2次年度부터 精密調査가 施行될 豫定이다.

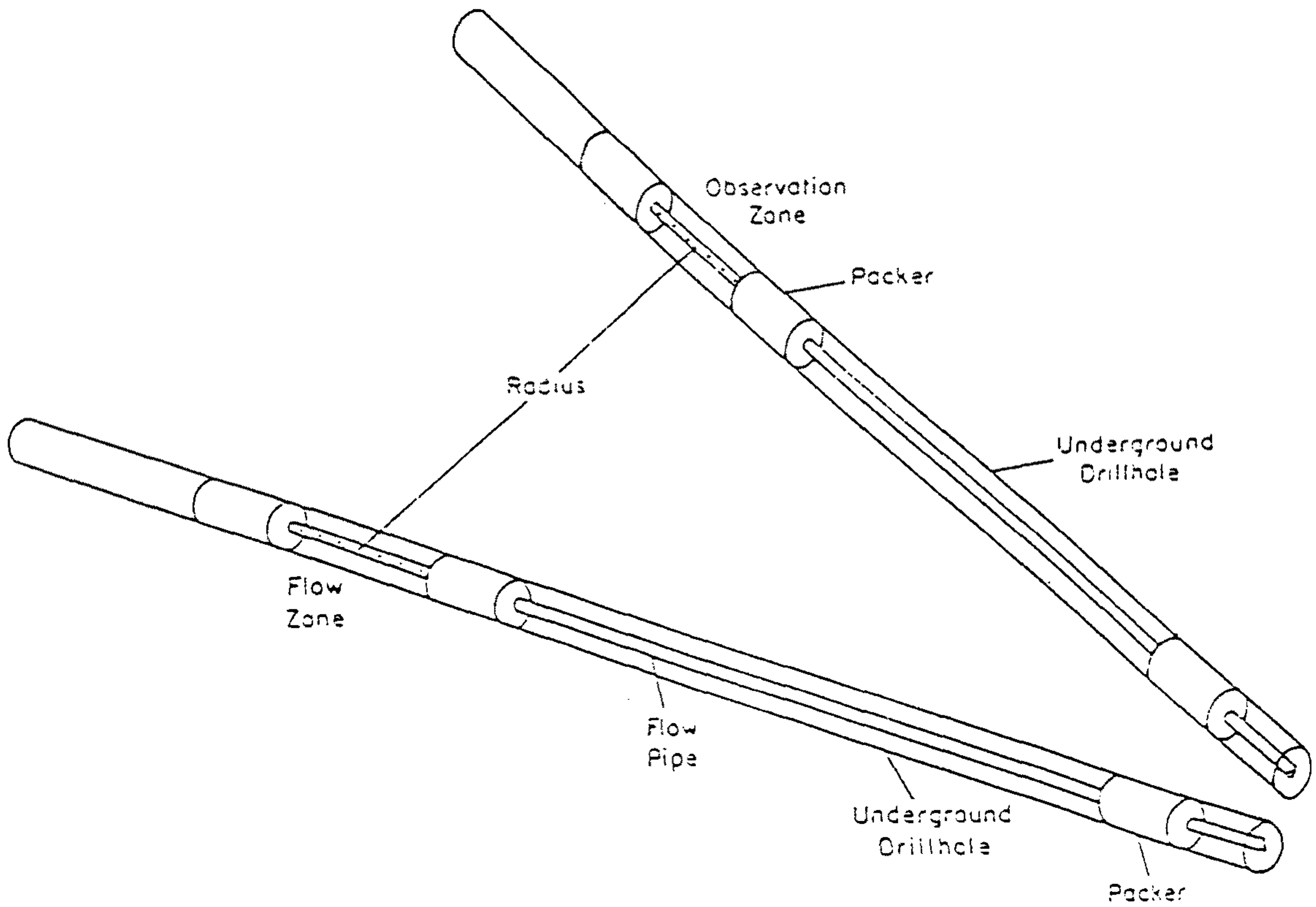
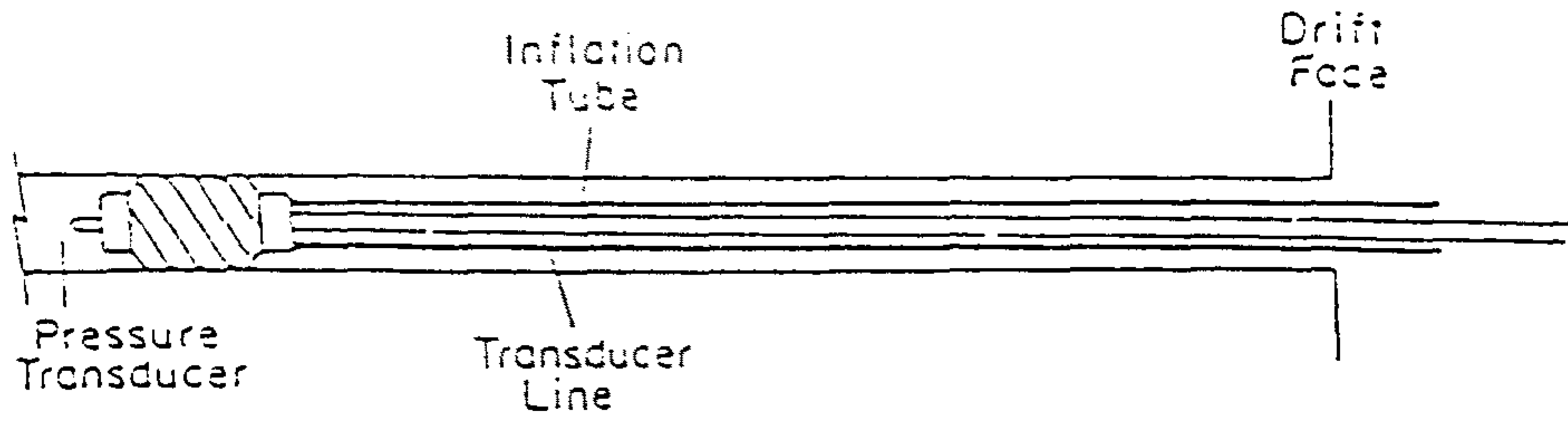
수 평 착 정 기

무동력 지하수 활용기술개발 연구사업



착 정 광 경





수압시험 및 수리조사용 팩카 설치 모식도

第 5 章 地下水 汚染可能性 評價

水平 鑿井 位置 選定에 있어서 重要な 要因은 地表 汚染原에 의한 地表水質의 惡化와 土壤의 汚染은 맑은물 概念의 地下水도 汚染으로 부터 完全히 保護된 狀態가 아니라는 것이다. 時間的, 空間的 形態의 環境 汚染原은 時間的 差異는 있으나 서서히 地表水나 土壤및 地下水를 汚染시키는 要因이 된다. 그러므로 이러한 모든 汚染 誘發可能性은 그 地域의 水理 地質學的인 條件을 優先的으로 評價하여 그 地域의 地下水 環境에 어느程度 汚染을 誘發할 可能性이 있는지 評價 되어야 한다.

本 調査에서는 美國에서 널리 使用하고 있는 DRASTIC技法에 의한 地下水 汚染可能性 評價와 Legrand의 Point-Count System에 의한 潛在 汚染 可能性을 評價하고자 한다

제 1 절 DRASTIC에 의한 地下水 汚染 可能性 評價

DRASTIC(A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting)이란 一定한 地域에서의 地下水 汚染可能性(Ground Water Pollution Potential)을 이에 關係되는 要因들의 影響을 數值的으로 評價하고, 全體 因子들의 影響을 綜合하여 評價하는 方法으로 1987년 美國 井戶협회(NWWA)에 의하여 開發되었다(EPA-600/2-87-035). 이 方法의 開發초기에는 地下水 汚染에 影響을 미칠 可能性이 있는 많은 要素들이 考慮되었으며, 이 중에는 帶水層의 化學成分, 溫度, 透水量係數(Transmissivity),

Tortuosity, 氣體狀態의 移動 等까지도 包含 되었다.

그러나 이들 要素 中에서 地下水의 移動에 影響을 미치며 地圖狀에서 追跡이 可能한 水理地質學的인 因子들(Hydrogeologic Factors)만을 選擇하였으며, 다음 7가지가 決定 되었다.

D - 地下水面의 깊이(Depth to Water)

R - 純粹 충전량(Net Recharge)

A - 帶水層의 地質成分(Aquifer Media)

S - 土壤의 構成成分(Soil Media)

T - 地形(Topography)

I - 非飽和帶 매질의 影響(Impact of the Vadose Zone Media)

C - 帶水層의 水理 傳導度(Hydraulic Conductivity of Aquifer)

이들 각 因子들의 地下水 汚染에 대한 相對的인 影響을 評價하기 위하여 각 因子에 대하여 Weights와 Ranges 그리고 Rating으로 數值를 부과하여 一定한 地域에서의 DRASTIC指數를 産出하고, 이 指數를 比較하여 他地域에 대한 相對的인 地下水 汚染의 可能性을 評價한다.

이 方法은 現在까지 收集된 그地域의 水理地質學的인 資料들을 汚染可能性에 대하여 最大로 活用할 수 있는 利點이 있으며 地下水 資源의 開發및 保全 地域의 設定, 地下水 水質 監視體系의 設置 및 이미 汚染된 地下水의 淨化方案, 資源 및 土地利用計劃의 수립에 重要한 基礎資料를 提供한다. 또한 먹는 샘물의 原水가 環境汚染으로 부터 얼마만큼 安全한가를 評價하는 基本 技法으로 使用된다.

第 2 節 DRASTIC의 假定

DRASTIC은 다음의 4가지를 基本 假定으로 하였다.

- ① 汚染原은 地表에 位置한다.
- ② 汚染物質의 地下流入은 降水의 충전에 의하여 發生한다.
- ③ 汚染物質은 물과 같은 流動性을 갖는다.
- ④ DRASTIC으로 評價하는 地域은 0.4km² 以上이다.

위의 4가지 假定을 充足 시킬 때 地下水 汚染可能性을 正確히 指示할 수 있으며 評價地域 面積을 0.4km²以上으로 한 것은 局地的인 地下水 흐름보다는 廣域的인 地下水의 流動方向을 考慮한 것이다.

열극 岩體內에서의 地下水 流動方向은 破碎帶의 發達方向 (Fracture Orientation)에 의해 直接的인 影響을 받을 것이므로 汚染物質의 移動 方向 역시 破碎帶의 發達方向과 일치하는 方向으로 流動이 급히 일어날 것이다. 따라서 地下水 汚染環境의 分析은 이러한 破碎帶 探知에서부터 出發되어야 한다.

本 大關嶺 地區 및 왕산리 地區의 環境오염原인 1群, 2群, 5群 및 6群은 直接的인 影響을 주지 않으며, 4群은 27項目中 大氣汚染物質만이 地下浸透의 項目에 該當되므로 地下水 汚染 脆弱性이 거의 없다. 向後 精密 水質分析, Tracer 試驗 및 連續的인 測定에 의해 再評價 될 것이다.

용수골 地區 및 거두리 地區는 環境汚染原中 4群, 5群 및 6群이 重要 汚染原에 該當 될 憂慮가 있어 地下水 汚染 脆弱地區로 精密調査가 要求된다.

표. 지하수 환경의 오염원

| 종 류 | 공간적 형태 | 시간적 형태 | 중요 오염원 |
|--|--|--|-----------|
| 1군. 배출, 방류 목적으로 설치된 오염 물질 1. 지하침투식(정화조, 구성물 웅덩이) 2. 주입정(유해폐기물, 염수와 같은 비유해폐기물) 3. 지상 살포(관계용 살포, 슬러지와 축산 폐수의 농업용 지상 살포, 유해 및 비유해 폐기물 살포) | Ph P D.P | Y T, S S | |
| 2군. 오염물질의 처리 및 저장 또는 처분 설비로부터 누출된 오염물질 4. 매립지(특정폐기물, 생활폐기물)의 침출수 5. 폐기물의 불법 투기 6. 주거지에서 폐기물의 무단 폐기 7. 지표 저류 시설 8. 폐광석의 보관장 9. 폐기물의 야적장 10. 비폐기물의 야적장 11. 공동묘지 12. 죽은 가축의 매장지 13. 지상 탱크(유류, 유해화학물질) 14. 지하 탱크(유류, 유해화학물질) 15. 저장 용기(컨테이너) 16. 야외 소각장 및 폭발 현장 17. 방사능 폐기물 처분장 | Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph | S S S S S S S S S R R R S Y.S.R | |
| 3군. 운송, 배관 시설로부터 누출된 오염물질 18. 배관(유해 폐기물, 비유해 폐기물, 송유관, 하수관)에서 누출 19. 운송 과정에서 누출 | Ph " | R " | |
| 4군. 기타 활동으로 배출 및 살포된 오염물질 20. 관개용수의 재순환 21. 농약살포 22. 비료 살포 23. 가축 사육장의 가축 분뇨 및 폐수 24. 제설, 제빙제 살포 25. 도시지역이 강수 유출 26. 광산 개발에 따른 광산 폐수 27. 대기 오염물질의 지하 침투 | D D D Ph F P.D.F " D | S S S Y S S S S | ○ |

표. 지하수 환경의 오염원

| 종 류 | 공간적 형태 | 시간적 형태 | 중요 오염원 |
|--|--|---|--------|
| 1군. 배출, 방류 목적으로 설치된 오염 물질 1. 지하침투식(정화조, 구성물 웅덩이) 2. 주입정(유해폐기물, 염수와 같은 비유해폐기물) 3. 지상 살포(관계용 살포, 슬러지와 축산 폐수의 농업용 지상 살포, 유해 및 비유해 폐기물 살포) | Ph P D.P | Y T, S S | |
| 2군. 오염물질의 처리 및 저장 또는 처분 설비로부터 누출된 오염물질 4. 매립지(특정폐기물, 생활폐기물)의 침출수 5. 폐기물의 불법 투기 6. 주거지에서 폐기물의 무단 폐기 7. 지표 저류 시설 8. 폐광석의 보관장 9. 폐기물의 야적장 10. 비폐기물의 야적장 11. 공동묘지 12. 죽은 가축의 매장지 13. 지상 탱크(유류, 유해화학물질) 14. 지하 탱크(유류, 유해화학물질) 15. 저장 용기(컨테이너) 16. 야외 소각장 및 폭파 현장 17. 방사능 폐기물 처분장 | Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph | S S S S S S S S S S R R R S Y.S.R | |
| 3군. 운송, 배관 시설로부터 누출된 오염물질 18. 배관(유해 폐기물, 비유해 폐기물, 송유관, 하수관)에서 누출 19. 운송 과정에서 누출 | Ph " | R " | |
| 4군. 기타 활동으로 배출 및 살포된 오염물질 20. 관개용수의 재순환 21. 농약살포 22. 비료 살포 23. 가축 사육장의 가축 분뇨 및 폐수 24. 제설, 제빙제 살포 25. 도시지역이 강수 유출 26. 광산 개발에 따른 광산 폐수 27. 대기 오염물질의 지하 침투 | D D D Ph F P.D.F " D | S S S Y S S S S | ○ |

표. 지하수 환경의 오염원

| 종 류 | 공간적 형태 | 시간적 형태 | 중요 오염원 |
|--|--|---|-----------------------|
| 1군. 배출, 방류 목적으로 설치된 오염 물질 1. 지하침투식(정화조, 구성물 웅덩이) 2. 주입정(유해폐기물, 염수와 같은 비유해폐기물) 3. 지상 살포(관계용 살포, 슬러지와 축산 폐수의 농업용 지상 살포, 유해 및 비유해 폐기물 살포) | Ph P D.P | Y T, S S | ○ |
| 2군. 오염물질의 처리 및 저장 또는 처분 설비로부터 누출된 오염물질 4. 매립지(특정폐기물, 생활폐기물)의 침출수 5. 폐기물의 불법 투기 6. 주거지에서 폐기물의 무단 폐기 7. 지표 저류 시설 8. 폐광석의 보관장 9. 폐기물의 야적장 10. 비폐기물의 야적장 11. 공동묘지 12. 죽은 가축의 매장지 13. 지상 탱크(유류, 유해화학물질) 14. 지하 탱크(유류, 유해화학물질) 15. 저장 용기(컨테이너) 16. 야외 소각장 및 폭파 현장 17. 방사능 폐기물 처분장 | Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph | S S S S S S S S S S R R R S Y.S.R | ○ |
| 3군. 운송, 보관 시설로부터 누출된 오염물질 18. 배관(유해 폐기물, 비유해 폐기물, 송유관, 하수관)에서 누출 19. 운송 과정에서 누출 | Ph " | R " | |
| 4군. 기타 활동으로 배출 및 살포된 오염물질 20. 관개용수의 재순환 21. 농약살포 22. 비료 살포 23. 가축 사육장의 가축 분뇨 및 폐수 24. 제설, 제빙제 살포 25. 도시지역이 강수 유출 26. 광산 개발에 따른 광산 폐수 27. 대기 오염물질의 지하 침투 | D D D Ph F P.D.F " D | S S S Y S S S S | ○ ○ ○ ○ ○ |

표. 지하수 환경의 오염원

| 종 류 | 공간적 형태 | 시간적 형태 | 중요 오염원 |
|--|--|--|-------------|
| 1군. 배출, 방류 목적으로 설치된 오염 물질 1. 지하침투식(정화조, 구성물 웅덩이) 2. 주입정(유해폐기물, 염수와 같은 비유해폐기물) 3. 지상 살포(관계용 살포, 슬러지와 축산 폐수의 농업용 지상 살포, 유해 및 비유해 폐기물 살포) | Ph P D.P | Y T, S S | ○ |
| 2군. 오염물질의 처리 및 저장 또는 처분 설비로부터 누출된 오염물질 4. 매립지(특정폐기물, 생활폐기물)의 침출수 5. 폐기물의 불법 투기 6. 주거지에서 폐기물의 무단 폐기 7. 지표 저류 시설 8. 폐광석의 보관장 9. 폐기물의 야적장 10. 비폐기물의 야적장 11. 공동묘지 12. 죽은 가축의 매장지 13. 지상 탱크(유류, 유해화학물질) 14. 지하 탱크(유류, 유해화학물질) 15. 저장 용기(컨테이너) 16. 야외 소각장 및 폭파 현장 17. 방사능 폐기물 처분장 | Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph Ph | S S S S S S S S S R R R S Y.S.R | ○ |
| 3군. 운송, 배관 시설로부터 누출된 오염물질 18. 배관(유해 폐기물, 비유해 폐기물, 송유관, 하수관)에서 누출 19. 운송 과정에서 누출 | Ph " | R " | |
| 4군. 기타 활동으로 배출 및 살포된 오염물질 20. 관개용수의 재순환 21. 농약살포 22. 비료 살포 23. 가축 사육장의 가축 분뇨 및 폐수 24. 제설, 제빙제 살포 25. 도시지역이 강수 유출 26. 광산 개발에 따른 광산 폐수 27. 대기 오염물질의 지하 침투 | D D D Ph F P.D.F " D | S S S Y S S S S | ○ ○ ○ |

| 종 류 | 공간적 형태 | 시간적 형태 | 중요 오염원 |
|---|-----------------|---------------|-----------|
| 5군. 지하수 흐름 경로 변경에 따른 오염물질 28. 채취정(유정, 가스정, 지열, 취수정) 29. 기타 목적의 관정(관측정, 시험정) 30. 공사용 지하굴착 | P " P.D.F | Y " S | |
| 6군. 인간 활동에 의해 자연적으로 발생된 오염물질 31. 지표수와 지하수의 상호작용 32. 자연적인 검출 33. 대수층내 오염수 침입과 염수의 역상승 현상 | F D.F " | " Y.S S | |
| P : 점 오염원 D : 비점 오염원 F : 전면 오염원 h : 국지 오염원 Y : 연간 S : 계절 R : 불규칙적 | | | |

표. 조사지역 주변의 잠재오염 형태

| 소 재 지 | 형 태 | 비 고 |
|---------|-----|-------|
| 인제군 용두물 | 농 지 | 상류 구배 |

第 6 章 地下水 利用施設 調査

第 1 節 用水供給 資料 分析

用水供給 施設의 實用化 部門을 分析하기 위하여 農業 基盤造成 事業으로 施行되고 있는 '94 및 '95 반기반 정비와 農漁村生活用水 利用施設 設計 地區(7地區)를 分析하였으며 發表된 論文 等を 調査하였다.

江原道는 반기반용수사업 部門이 많은 農漁家에 惠澤을 주고 있으나 相當히 높은 位置에 밭이 存在하고 있고 一部 地表水는 相當 期間 낮은 溫度를 갖고 있으므로 一部 用水供給 部門은 動力이 必要하게 된다. 本 動力은 電氣를 利用함으로써 管理費가 發生하므로 農民에 負擔이 된다. 近代의 農業技術은 勞動生産性 및 土地生産性を 增大시키기 위하여 노동력 절약과 다수확 안정效果를 크게 발휘하는데 있다.

이로 인하여 機械와 施設 等の 各種 生産資材의 急增으로 農業構造가 一部 에너지 消費過多型으로 變形되어 있기도 하다. 江原道の 農業은 特히 에너지 有效 利用과 積極的인 대체 에너지 生産 利用技術의 開發이 要請된다.

이러한 與件에서 볼 때 位置에너지를 利用한 體系를 檢討함이 妥當하여 利用事例 및 沮害要因을 檢討 改善하도록 調査 分析하고 있다.

最近 施設農業의 發展으로 대체 에너지의 導入 例가 壓倒적으로 많은 補助 熱源은 地下水이고 無動力 地下水 利用에 의한 補助 動力源으로서 淸淨하고, 管理가 簡便하고 施設費 및 管理費가 적은 長點이 있으나 短點으로는 無動力 地下水 確保條件인 높은 곳에서 많은 水量은 期待하기 어렵기 때문에 正確한 調査가 必要하다.

10 ~15℃ 内外의 低溫 淺層 領域으로 水量 確保시 保溫 및 溫度를 下降시키기에 優秀할 것으로 思料된다. 特히 水平鑿井 工法을 利用한 無動力 地下水가 施設園藝 等の

補助 加穩 技能을 發揮하기 위하여는 施設보다 높은 位置의 에너지, 보다 높은 熱源 및 水量이 必要하므로 氣溫 規模에 따라 位置 選定이 매우 重要하다. 位置에너지를 얻기 위해서는 急傾斜와 model이 必要하고 보다 높은 熱源은 地域的인 問題이고, 水量은 石灰岩 地域의 多量의 湧出水(溫度는 7.5 ~ 13℃ 이고 湧出量은 12,940 ~ 259,200톤/日) <表-10> 또는 水原을 供給할 수 있는 少流域댐, 貯水池, 垂直地下水孔, 터널 및 岩盤 低溫貯藏庫 等の 連繫되는 model이 必要하다.

이러한 活用技術을 調査, 分析하여 model을 設定 熱力學 專門家の 分析을 통한 實證을 거친 設計가 必要하다. 一般的으로 農家に 도움이 될 수 있는 資料는 位置에너지가 H=10以上이면 $V = a \sqrt{2gh}$ 공식에 의해 11.2m/sec이므로 관유속은 相當히 크고 充分하므로 地下水量이 重要的 要因이 된다.

第 2 節 地下水量 利用한 熱利用調査

地下水를 利用한 無動力 活用技術 중 總量 에너지 自體는 매우 크지 않으나 位置 에너지는 크고 溫度는 거의 차이 없는 12-13℃內外일 것으로 나타나 있어 揚水量이 에너지에 매우 重要하다. 奧地 農漁民에게 惠澤을 주기 위해서는 큰 揚水量이 必要치 않을 것으로 思料되어 國內外的 資料를 調査 分析하여 農漁家に 近接된 파이프를 利用한 簡便한 地中熱 交換方式을 모델로 提示하고자 調査 중이다. 今後 겨울철에 데이터를 假想하여 人爲的인 Input data와 有限 要素法 解析 등을 實施하여 位置 에너지를 利用한 無動力에 의한 溫室 및 構造물에 利用하여 겨울에는 加溫效果 여름에는 冷房效果의 資料를 取하고자 資料收集分析 중에 있다.

1. 地下水의 農業 利用技術

가. 農業에 利用되는 熱源은 構造地質學 및 水理學的 分類에 의하면 마그마 貫入과

關係되는 火山性 地熱과 非火山性 深層 熱水가 주이다. 日本의 境遇에는 火山性 地熱은 山岳地域이나 눈이 많이 오는 地域에 大部分 分布하나 國內의 地質은 前者는 一部 局限된 곳에 分布하고 있으며, 非火山性 熱水의 相當 部分은 여러 곳에 分布되어 있으므로 利用하기가 便利하나 水溫이 重要な 要素이다.

나. 化學的 性質과 利用性

地熱水 利用時 주의할 점은 熱水에 包含된 酸, 알칼리 및 人體 健康保護의 環境基準에 規制를 주는 As 등이 있다. 酸이나 알칼리는 中和方式을 取하여 利用하고, As 등은 淨水와 熱交換方式을 利用하여 使用토록 하고 熱交驩用 清水原을 確保해 두는 것이 必要하다. 熱交換 能率은 利用할 熱源의 種類와 熱交換機의 種類에 따라 相異하다. 高溫 熱水를 利用할 때에는 金屬版式 熱交換機에서 볼 수 있는 대교류 시키는 方式이 相當히 높은 熱交換率을 나타낸다. 그러나 低溫 熱水에서는 熱交換 能率이 低下된다. 그러므로 動力이 必要없는 熱交換 方法이 必要하다.

다. 地熱 賦存 地域의 農業構造

農業에서의 地熱利用은 大部分 施設園藝이지만 園藝의 大部分은 平坦地에 있으므로 火山性 地熱은 극히 一部 分布되므로 에너지 輸送에 問題가 있었다. 一般的인 深層 熱水는 약하기 때문에 利用設備에 過大한 投資가 必要하므로 施設費를 減少할 수 있는 水平鑿井 工法이 有利하다.

라. 産業 利用에서의 地熱에너지 生産費

에너지 生産費는 熱利用 範圍와 熱利用 期間에 따라 달라지기 때문에 利用하는 熱源이 갖는 엔트로피와 地熱의 氣象條件, 栽培 作物의 種類, 세 條件의 最適의 方法을 구하고 最小限의 에너지 供給으로 長期間 利用할 수 있는가가 매우 重要的 要因이다.

우리 나라와 같은 低溫領域 熱水가 많은 나라에서는 放熱器의 放熱面積이 많이 必要하며, 바깥 氣溫이 上昇할 境遇 放熱性이 적다. 日本 資料에 의한 熱水의 質的 比重係數 60 ~ 35℃를 利用시 100이면,

60 ~ 45℃ → 50 ~ 60

45 ~ 35℃ → 30 ~ 25

35 ~ 25℃ → 20 ~ 15

표. 溫도와 比重係數

| 區 分 | 質的 比重係數 | 使用하는 熱量의 比重係數 | 價格的 比重 (ex1) | 價格比重 (ex2) |
|----------|---------|---------------|--------------|------------|
| 60 ~ 45℃ | 50 ~ 60 | 15℃ | 60% | 69% |
| 45 ~ 35℃ | 30 ~ 25 | 10℃ | 24% | 19% |
| 35 ~ 25℃ | 20 ~ 15 | 10℃ | 16% | 12% |

地熱水を 農業에 利用할 境遇 生産費 計算은 熱水原價에 대한 施設運營 年間經費를 年間 使用 熱水量에서 除한 것으로 나타낸다. 年刊經費는 固定費와 變動費로 나눌수 있고 固定費는 人件費, 電氣料金, 維持費, 修理費 등으로 多樣하며, 一般的으로 建設 投資액의 10 ~ 15% 程度(日本)가 豫想되고 變動費는 3~5% 程度로 豫想되고 있다.

重油價格 A원/l, 熱效率 70%, 發熱量 9.430 kcal/l 로 하고 運轉 維持費를 燃料費의 10%로 이 境遇, 에너지 生産은 $1.1 \times A \times 1000/9430 \times 0.7 = 0.08165A/1000\text{kcal}$ 이다.

마. 地熱利用과 環境保存

地熱 開發時 開發, 에너지 移送과 함께 유의할 必要는 있으며, 火山性地熱 利用시 注意해야 할 것은

- (1) 樹木伐採에 의한 動植物 影響
- (2) 構築物에 의한 景觀 變化
- (3) 熱水중에 包含된 As 등의 影響

(4) 河川 廢棄物의 河川影響

(5) 配管 等の 放熱에 의한 動植物 影響 等이다.

非火山性은 큰 問題가 없다.

2. 農業에서의 利用分野

農業에서 地熱의 利用分野는 加溫, 冷房, 蒸氣消毒, 使用하는 더운물 等이다. 加溫 利用은 가장 進歩된 分野로 熱利用 폭도 100 ~ 35℃程度까지 包含하고 있으며, 低溫 熱水用의 放熱器 開發에 의해 더욱 熱利用 幅이 擴大될 것이다.

低溫역 熱水는 주로 加溫 效率이 높은 地中 加穩으로 利用되고 여름에는 冷房 利用에 利用되고, 官水用으로 使用되고 積雪地帶에서는 加溫 利用後의 熱水를 除雪에 利用 可能함으로 農産 加工을 행하는 地域에서는 加溫, 冷房 以外에 洗劑用水로서 利用이 많다.

國外에서는 日本, 헝가리, 이탈리아, 蘇聯, 아이슬란드 等に 利用事例가 있고 地熱의 利用 狀況은 施設園藝 利用이 가장 많고, 유리溫室, 비닐하우스 等に 의한 野菜, 花卉 等이 주이다.

3. 地熱 熱水의 放熱成果 有效 利用技術

가. 熱水의 放熱性을 支配하는 要因

熱水溫度와 加溫대상(溫室과 室溫)과의 溫度差

(1) 熱水溫度 : 實際 利用時 低溫熱水는 加溫 目標溫度와 외기 온도差가 큰 境遇, 加溫 熱源으로 使用된다.

(2) 熱水流量 : 放熱機의 放熱面積과 對比되고 設計 放熱量을 確保 하도록 流量의 算定도 重要하다.

(3) 放熱面積 : 加溫에 必要한 放熱機의 放熱面積의 決定에는 一般的으로 다음식

을 利用하여 計算하면,

$$A = H/K (t_p - t_r)$$

단, A : 放熱파이프의 表面積

H : 加溫 必要熱量 kcal/hr

K : $h_c + h_r$

h_c : 파이프에서 熱傳導로 전해지는 熱

h_r : 파이프에서 放射되어 전해지는 熱

t_p : 熱水溫度

t_r : 室內 設定溫度

이며, 熱水에 의한 加溫일 境遇 放熱機 放熱面積 m^2 當 $400kcal/m^2 \cdot hr$ 를 "1"로 정하여 放熱 面積의 目標로 삼는다.

(4) 放熱資材

放熱機에는 熱傳導率이 높은 알루미늄, 동 등의 파이프가 一般的으로 利用되고 放熱效率을 높이기 위하여 Foam등을 包裝 使用하고 있다. 低溫 熱水에서는 여러 種類의 放熱官을 利用한다. 放熱資材의 熱傳導 속도는 다음과 같다.

$$g = -\lambda A \cdot dt/dL$$

단, λ : 熱傳導率 kcal/m · hr · °C

A : 熱이 흐르는 面積 m^2

dt : 熱의 흐름을 일으키는 溫度差 °C

dL: 熱이 흐르는 物質의 흐름 方向에 대한 길이 m

熱水の 放熱性を 높이기 위하여 考慮할 것은 熱傳導率과 資材 두께이다.

나. 熱水利用의 諸員과 實驗值

施設園藝에 대한 加溫 必要 熱量の 計算;

煖房 디그리아워(dgree hour)라는 必要 煖房期間에 目標 室內溫度를 確保하기

위하여 暖房 負荷 時間과 그 試驗의 溫度差의 上昇力을 말하는 것이다

$$DH = 0.5 (T_c - T_{min}) \cdot (24-s) \quad (1962)$$

$$DH = 5.9 (T_c - T_{min})^{1.22} \quad (1968)$$

$$DH = 2.18 (T_c - T_{min})^{1.66} \quad (1976)$$

T_c : 暖房 設定置 (°C)

T_{min} : 最低外 氣溫 (°C)

S : 可照 時間 (hr)

中川氏의 方法;

$$DH = 0.33 [(Q_i - Q_{min}) (M-S)]^{1.13}$$

Q_i : 暖房에 의해 維持하는 하우스내 氣溫

Q_{min} : 室外 最低溫度

M : 그 달의 總時間數

S : 그 달의 可照時間 (hr)

(計算例) 1월의 條件 $Q_i = 15^\circ\text{C}$, $Q_{min} = -5.3^\circ\text{C}$

M : $24\text{hr} \times 31\text{日} = 744\text{hr}$,

S : 44hr , 間隔 : 7.2m

상면적 : 168.5m^2 , 表面積 317.7m^2

$$DH = 0.33 [(15 - (-5.3))(744 - 44)]^{1.13}$$

$$= 16.253^\circ\text{C H} \quad \text{1월분}$$

이 方法 외에도 三原氏의 方法 등이 있다.

$$Q_n = A_{gu}(1-f_r)DH_n$$

$$DH_n = \sum_{i=1}^n \int_{t_1}^{t_2} (Q_{in} - Q_{out}) dt$$

Qn : 期間煖房負荷 (kcal)

u : 平均煖房負荷係數 (kcal.hr⁻¹.°C⁻¹)

DHn : 煖房時 溫度 (°C.hr)

n : 積算期間의 日數

Qin : 設定室內溫度 (°C)

Qout : 設定外機溫度 (°C)

(1-fr) : 保溫被服에 同伴되는 補正項

fr : 溫室表面積

DH의 産出, Qin ≥ Q의 境遇

$$DH = 24 (QH-QM)(Qin-QL/QH-QL)^2 - S(Qin-QM)^2/2(QH-QM)$$

여기서,

QM : 室外의 月平均氣溫

QL : 室外 日日 最低氣溫의 平均値

S : 1日 日照時間의 月平均値

QH : 日最低氣溫의 月平均値

(産出例) 條件은 中川씨의 例와 같다. 이 條件에서는

Qin>QH의 式을 利用한다.

$$DH=24\{15.0-(-2.0)\}-1.4[15-\{1.2+(-2.0)/2\}] = 386.4(°Chr/day)$$

1月中의 數値, 386.4×31=11,978.4°C

$$Qn=318m^2 \times 5.5 \times (1-0) \times 11,978.4=20,950,222kcal$$

(期間中 總時間數에 대한 加溫 負荷 時間率 : 79.9%)

1月の 加溫中에서 hr/m²當의 熱量 : 167.1kcal/m²hr⁻¹

다. 施設園藝에 對한 冷房의 諸員과 試驗值

유리室의 冷房 負荷 計算은,

$$Q_c = q_t + q_a + q_g$$

Q_c : 總 冷房 負荷

q_t : 熱貫流에 의한 負荷

q_a : 地中에서의 放熱量

q_g : 틈새 바람에 의한 負荷

第 3 節 워터커틀 하우스 保溫 技術의 體系化 및 評價

국내에 발표된 論文을 조사하여 기초자료로 활용하고 내용은 다음과 같다

가. 地下水 에너지 利用 可能熱量 : Q_u (kJ/yr)

$$Q_u = \text{用水量(L/min.)} \times \text{물의 比熱(kJ/kg} \cdot \text{K)} \times (\text{地下水溫} - 4^\circ\text{C}) \times \text{利用可能率(0.5)}$$

----- (1)

나. 最大保溫 負荷量 : Q_m (kJ/hr)

하우스 保溫 設備用量을 決定하는데 所要되는 最大保溫 負荷良의 算定은 다음 式에 根據 하였다.

$$Q_m = A_w \times (h_t + h_{ven}) \times (T_0 - T_{min.}) + A_f \times B_0$$

----- (2)

여기서, A_w : 溫室壁面積 (m^2)

A_f : 溫室마루綿積(m^2)

T_0 : 保溫 設定溫度 ($^\circ\text{C}$)

$T_{min.}$: 室外 最低溫度 ($^\circ\text{C}$)

h_t : 溫室의 熱貫流率 ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

h_{ven} : 換氣 傳熱係數 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

B_0 : 地中 傳熱量 (W/m^2)

다. 期間保溫 負荷量 : $Q_t(kJ)$

保溫用 總 에너지 算定과 石油代替率 評價를 위한 期間保溫 負荷量 算定은 다음 식에 根據하였다.

$$Q_t = A_w \times (h_t + h_{ven}) \sum (T_o - T_{ou}) + A_f \sum \dots\dots (3)$$

여기서, T_{ou} : 視覺別 室外氣溫 ($^\circ C$)

$(T_o - T_{ou})$: 보온 디그리아워($^\circ C-hr$)이다.

라. 期間中(1월)의 重油消費量 : $V(L)$

$$V = Q_t / H \times E_f \times a \times b \dots\dots\dots (4)$$

여기서, H : 重油 1리터당의 發熱量 (36,427kJ)

E_f : 煖房機의 列效率(0.856)

a : 安全係數(1.1)

b : 덕트 補正係數로 덕트 방식에 따라 地上덕트(0.95) 및 덕트 없는 上位 취출(1.05)로 區分함.

마. 保溫費用 = 減價償却費 + 運轉經費

$$\text{여기서, 減價償却費} = \text{取得原價} - \text{殘存價格} / \text{內容年數} \dots\dots\dots (5)$$

단, 殘存價格은 取得原價의 10%임

5. 地下水를 利用한 除雪 및 解氷

地溫이 높은 地域의 地下水를 利用한 除雪 및 解氷施設은 日本의 추운지방 및 북유럽에서 많이 施行되고 있으며, 특히 交通安全과 密接하기 때문에 相當히 研究가 進行되

고 있다.

融雪 및 除氷에 대한 理論은 構造物(道路 等) 下部에 埋設官式 heating system(一般的으로 파이프 配管)을 設置 加溫하는 方法이고, 構造物 下部에 撒水裝置를 設置 地下水를 분사하여 그 熱을 利用하여 除雪 및 除氷車를 시키는 方法이다.

日本の 境遇에는 방설계획에 反影, 60年代 以後로 繼續적으로 事業을 連繫하여 施行하였으며, 직할 國道로부터 一般道路 및 幹線道路까지 눈에 問題가 있는 道路를 事業 推進하였다. 試驗構造物은 一般道路, 鐵道 및 空港 等に 設置하여 施行하고 諸般 試驗이 進行되고 있다.

埋設方式은 道路下部 concrete나 asphalt에 直接 埋設하여 除雪 및 除氷施設로 利用하고 있으며, heating temperature가 높은 地方에서는 道路下部에 있는 아스팔트 下層에 자갈, 모래를 타설하고 그 안에 heating pipe를 埋設하여 熱傳導로 하여금 除雪 및 除氷施設로 利用하고 있다.

國內에서는 構造物에 대한 除雪 및 除氷施設이 電氣에 의한 heating system이 補給되고 있다. 이 system은 道路 等에는 道路 下部에 埋設方式인 電氣에 의한 heating cable을 埋設 加溫하는 埋設 加溫하는 方式이다.

本 研究의 基礎는 江原道等 높은 地域에서 水平鑿井으로 地下水가 確保될 때, 이를 管理가 必要없는 上記의 埋設方法을 통하여 asphalt에 管을 埋設 할 수 있는 方法等を 研究하고자 基礎資料를 1次年度에 調査하고자 하였다.

가. 地下水를 利用한 消雪 技術

最近 물의 利用은 쉽게 얻을 수 있는 地下水에 依存하는 率이 높아지고 있으며 해마다 水位低下에 의한 揚水不能의 井戶가 살아나는 等, 過剩給水에 의한 被害도 줄어들고 있다. 특히 消雪을 위해 일제히 揚水를 함으로써 降雪市에는, 地上의 잔여 눈이 있어도 地下水의 고갈로 技能을 발휘할 수 없고 地下水에 依存하는 일에도 限界가 있다.

地下水位는 이것을 反影하고, 最大 使用時에는 低下되며 적게 使用할 때 回復된다. 建物等 包裝道路에 의해 地表가 덮여지고 地表로부터의 供給이 저해 되고 있다. 이에 따라 回復이 일어나고 水位는 年中 低下되고 있다.

겨울의 地下水位는 消雪用水의 급격한 上昇의 影響을 받고 있으며 이 그림 에서 상세하게 보여지고 있다. 그림에서 1월 10일 以後의 低下가 緩慢한 것은, 진공펌프에 의한 井戶들이 水位低下에 의해 揚水 不能狀態의 것이 많아지고 있기 때문이다. 그림은 여름과 겨울의 地下水面圖를 이용하여 겨울에는 市内 中央 底部 아래에 地下水盆地의 形態가 明瞭하게 나타난다.

나. 設計 例(日本)

(1) 設計時 留意事項

消雪파이프의 基本的인 原理는, 埋設한 配管으로부터 물을 噴出시켜, 물의 熱에너지를 利用한 降雪 等 얼음을 녹이는 方法이며, 여기서 利用하는 물은 주로 地下水가 使用된다. 一部에서 河川水, 海水, 加熱溫水, 溫泉水, 工場의 溫排水等이 利用된다. 一般的으로 地下水를 利用하는 消雪파이프를 設計하는데 必要한 條件은 다음과 같다.

(가) 地下水가 豊富하고, 또한 水溫이 높아야 한다. 地下水量이 豊富한 곳은 펌프에서의 나쁜 影響을 考慮한 것뿐이며, 이 施設의 信賴性은 적다.

(나) 겨울의 氣溫이 극히 낮은 地域은 施設後의 남은 물이 凍結되는 수도 있다. 또한 地下水 溫度가 낮아지고 地表에서의 凍結現狀이 나타나는 등 管理狀 주의가 必要하다.

(다) 流末處理 施設費가 重要하며, 充分한 排水容量이 必要하다. 排水가 不良한 場所인 民家에서의 浸水 等, 包裝의 破損原因 等과, 舍水의 帶留에서는 地下水溫度의 有效한 活用이 減少한다.

(라) 除雪할 道路面이 평탄하지 않으면 困難하다. 道路面에서 凹凸部分이 있고 평탄하게 흐르지 않으면 降雪이 殘留하게 된다.

(마) 道路에 附設時는 恒常 路面이 露出되어 있어, 타이어 체인 및 스파이크타이어에 기인하는 包裝面의 磨耗, 破損 등이 일어나므로 주의가 必要하다.

(바) 比較的 많은 눈이 내리는 地帶에서는 펌프가 必要하며, 降雪量이 많은 場所의 施設費는 펌프 運轉比가 높게 든다.

(2) 消雪施設의 長短點

(가) 長 點

- 除雪作業에 의한 交通障礙를 일으키는 곳
- 連續 撒水を 하는 곳의 路面凍結防止, 深夜의 除雪에 의한 壓雪의 發生을 防止할 수 있다.
- 降雪強度에 따라 完全한 消雪이 可能하다.

(나) 短 點

- 水量不足 또는 停電時 使用이 不可能하며, 이러한 곳에서는 多様な 施設체가 必要하다.
- 降雪量이 많고 氣溫이 低下될 때에는 撒水時期, 停止時期를 誤判하여 積雪에 의한 路面 被服等 路面의 凍結을 일으킨다.
- 地下水位의 急上昇과 같은 既設官井의 水位降下와 枯渴을 일으킬 수 있다.
- 施設의 境界附近에서 물의 膨脹으로 凍結現狀이 일어나기 쉽다.

(3) 消雪 파이프의 構造.

(가) 井戶

消雪을 위한 井戶에는 타입식 및 掘鑿井戶 등이 있다. 타입정井戶는 얇은 대수층으로부터 採水할수 있는 場所에서 管徑75m/m程度의 鋼管에 스트레너를 設置하여 地下에 타입하는 간단한 것으로서 工事費가 低廉하다. 掘鑿井戶는 100~250m/m 程度의

鋼管을 利用하여 깊은 帶水層에 適當하다. 이러한 井戶 形式을 選擇하여 이미 設置된 井戶의 地質주상도를 參考한다. 이러한 資料를 利用할 수 있는 場所에서는 電氣探查法에 의해 帶水層을 推定한다.

(나) 펌프

얕은 井湖에서는 自吸式 펌프 및 터빈펌프가 使用되며, 揚井을 充分히 考慮하여 餘裕있는 設計가 必要하다. 깊은 井湖는 水中펌프 11kwh ~ 19kwh 程度에서 1,000 l/min ~ 1,200 l/min의 揚水量을 確保할 수 있는 것이 一般的이다.

(다) 펌프室

펌프를 設置할 펌프室은 地上式과 地下式이 있다. 地上式은, 路端의 빈空間等에서 콘크리트 블럭을 利用한 박스形式이 一般的이다. 한편, 地下式은 漏水와 地下水의 浸透로 펌프실이 浸水되는 境遇가 있으므로 排水口를 設置할 必要가 있다..

(라) 排水管, 送水管

消雪 파이프의 開發當時는 送水管의 上段을 路面과 一致하게 埋設하며, 파이프等 包藏의 損傷이 일어나는 것을 考慮하여 강한 콘크리트基礎에서 一體化하는 構造가 一般的이다.

(4) 設 計

消雪파이프는 노즐로부터 噴出된 물의 熱에너지에 의해 눈을 녹이는 것으로 地下水의 溫度, 降雪量, 道路幅의 諸員 등이 設計의 要素가 된다. 따라서 實施場所의 條件을 把握하는 것이 必要하다.

(가) 撤水量은 다음式에 의해 求해진다.

$$Q = V.L.W \text{ ----- (1)}$$

$$V = q.P\{(t.Cs+Ic)+(T2*1,000)\}/\{(T1-T2)n*1,440\} \text{ ----- (2)}$$

Q : 所要水量, L : 道路延長

W : 道路幅, V : 분당 所要水量

q : 消雪 對象 降雪 깊이 - 平均值를 0.38M로 하고 있다.

P : 내린 눈의 密度 - 새로 내린 눈의 密度는 一般的으로 0.1톤 程度이다.

t : 새로 내린 눈의 溫度 - 바깥 氣溫의 影響을 받는 것이 普通이다(-1℃程度)

Ic : 물의 融解 潛熱 (8*104kcal/溫度)

Cs : 물의 比熱

T1 : 噴水의 溫度 - 地下水가 路面에서 떨어질 때의 水溫低下 考慮

T2 : 含水時의 水溫 - 一般的으로 噴水溫度로부터 10도 輕減溫度가 良好.

η : 水溫의 融解 效率 - 一般的으로 0.5 ~ 0.8程度

(나) 送水量은 다음式에서 구할수 있다.

$$qc = 1/4\phi \times d^2 \times v \times 60 \times 1,000$$

qc : 送水量(l/min), d : 管徑(m)

v : 유속(m/sec) - 一般的으로 2m/sec 程度이다.

(다) 送水管 延長은 다음式에 의해 구함

$$L = qc/W \times V$$

V : 매분 所要水量, W : 道路幅(m)

qc : 送水量(ℓ/min)

(라) 計算量

$$V=0.38 \times 0.1 \{ (1 \times 500 \times 80,000) + (2 \times 1,000) \} / (12.5-1) \times 0.8 \times 1,440 = 0.4 \text{ l/min/m}^2$$

$$Q=0.4 \times 500 \times 8 = 1.6\text{m}^3/\text{min}$$

第 7 章 맺 음 말

第 1 節 期待成果

1. 水平鑿井 工法을 利用하기 위하여는 調査位置 選定이 매우 重要하며 地質調査 技法 및 物理探查 技法等을 새로이 傾斜地,急傾斜,峽谷 등에서 調査하는 方法과 水平鑿井 資料를 比較 檢討할 수 있도록하여 simulation을 통한 새로운 技法을 提案하고자 한다. 특히 構造地質學的 調査時 節理,斷層等 構造線의 走向및 傾斜에 대한 密度및 延長性間의 相關關係를 糾明하기 위하여 逆投影法을 圖示化 하므로서 向後 地質調査時 適用하면 相當한 效果가 推定된다.

2. 研究地域에서 水質과 化學造成 分散에 대한 要因을 log 活動도 diagram 像의 水質 活動圖를 測定하는 技法과 파이퍼 다이어그램상의 造成法은 向後 水質調査를 통한 地化學的 相關關係 糾明에 매우 重要한 解析方法이다.

3. 特히 水平鑿井 工法을 急傾斜 (40° 以上)지에서 Fresh rock 에서 施行하므로서 發展的인 工法으로 80m 以上을 掘進調査 하므로서 水平鑿井 工法에 새로운 契機가 마련되었다. 特히 向後 調査될 水質, 水溫, 水量, 水壓試驗 및 孔內水壓 破碎工法을 竝行하여 調査後의 水量을 增大 시키는 方法을 可視化 하므로서 向後 事業計劃時 매우 重要한 工法으로 提示하였다.

4. 特히 地下水 汚染可能性 評價法에 의한 類推解析을 根據로 江原道 海岸地域에서의

鹽水 被害를 줄이고 生活用水를 確保하는 方案과 汚染源이 隣接地域에 位置하고 있을 때 汚染이 되지 않도록 取水 利用하는 方法을 提示 하였다.

5. 水平鑿井 工法을 利用한 無動力 地下水 活用 技術에 重要な 要因은 位置에너지, 地下水 水溫, 地下水 水質및水理 水文學的 關係가 매우 重要하여 앞으로 매우 條件이 複雜한 곳에서의 資料를 計量化하여 水質과의 關係等を 糾明하기 위한 基礎 研究이다. 現在 弗素等の 問題로 地下水 開發時 問題점이 發生하고 있어 向後 水質 問題를 줄여 것으로 期待한다.

6. 無動力 地下水를 利用한 熱利用 1次 調査를 施行하여 向後 2次 調査시 廣範圍한 檢證을 土臺로 奧地 農漁民에게 無動力 地下水를 利用한 利用한 用水供給 및 冷煖房 效果 可能하다. 特히 江原道の 境遇에는 位置에너지가 클수 있으므로 自然 流河에 의한 여름철에는 冷房效果가 있고 겨울철에는 氣溫의 差異가 $\Delta T = \text{AVG Temp} - \text{AVG Ground wa-ter Temp}$ 에서 ΔT 가 20°C 可能하므로 流量確保時 加溫 效果가 매우 크다. 보다 效果的인 揚水量을 確保하기 위하여 少流域댐, 垂直地下水孔, 터널 및 地下貯藏庫 등과 連繫되는 모델을 提示하였으므로 向後 農業基盤造成事業에 反影하여 事業擴大를 期待한다.

第 2 節 活用方案

1次年圖 研究課題는 2年中 基礎研究에 不過하다. 2次年圖에 繼續적인 試驗, 檢證 및 補完을 하여 汎用性を 立證하면 實用化 할수 있는 事項은

1. 山岳 地形에서의 水平鑿井을 위한 調査 技法提示
2. 水平鑿井孔에서 工法을 補強 揚水量 增大 方案 提示

3. 水平鑿井의 地下水를 利用한 無動力 活用 方案을 提示하여 觀光用水, 施設園藝, 高冷地 菜蔬, 農漁村生活用水 및 밭基盤整備 事業 部門 等に 計劃 可能.
4. 無動力 水源孔의 環境 保護 次元에서의 必要性和 對替 에너지 技術開發 方向을 提示.
5. 無動力 水源孔의 開發이 多樣化되어 他事業 遂行時 農漁民이 도움이 될수 있도록 大規模 Tunnel, 地下 岩盤貯藏庫 등에서 地下水 流出을 廢水로서 處理하지 않고 有用資源으로 活用할 수 있는 設計 方案 提示.
6. 海岸 地域에서의 鹽水 侵入問題를 줄일수있고 淡水 確保 方案을 提示할수있고,
7. 汚染源이 隣接한 地域에서 汚染이 되지않고 取水, 利用方法을 提示 하였으므로 向後 事業開拓이 豫想된다.

참 고 문 헌

1. 박희인, 장기홍, 비정만, 고인석 (1974) 지질도폭 설명서 “내 평” 국립지질광물연구소
2. 정창희, 원종관, 차문성, 강기우, 이윤종 (1975) 지질도폭 설명서 “오대산”. 국립지질광물연구소
3. 한정상 (1983) 지하수학개론. 박영사
4. 우리나라 농업의 대체 에너지 활용 실태에 관한 연구, 한국 농공 학회지 제35호 (1993. 9)
5. 湯原浩三 (1981) 지열개발종합핸드북 九州大學校 (日)
6. 권순익, 김도태, 정운철, 이영호 (1995) 알기쉬운 열역학 원창출판사
7. Davies, C. W. (1962) Ion Association. Butterworths Pub. , Washington, D. C. 190p.
8. Livingstone, D.A. (1963) Chemical compositions of rivers and lakes. USGS Prof. Paper 440-G
9. Piper, A.M. (1994) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Transactions of American Geophysical Union, 25, 914-923.
10. Edward A. Keller (1988) Environmental Geology. MERRILL
11. Fletcher G. Driscoll, Ph. D. (1986) Groundwater and wells Johnson Division
12. C.W. FETTER (1988) Applied Hydrogeology. MERRILL
13. György Kovács (1981) Seepage Hydraulics. Elsevier Scientific Pub. Com.
14. R. Allan Freeze / John. A. Cherry (1979) Groundwater. Prentice Hall
15. A. Sahuquillo J. Andreu & T. Odonnell Groundwater Management ; Quality and Quantity IAHS Publication No. 188
16. 지하수 Hand Book, 건설산업 조사회 (日)