

電氣比抵抗法에 의한

岩盤地下水調査

姜 長 信 ※

<韓國建業株式會社 資源開發部 次長>

目 次

1. 序 論
2. 地質學的 地球物理學的 條件
3. 電氣比抵抗法의 基本原理
4. 岩石과 土壤의 比抵抗
5. 우리나라 分布 岩石과 土壤의 比抵抗值
6. 電探 ρ -a 曲線과 鑿井 結果와의 對比
7. 結 論

1. 序 論

汚染되지 않은 新鮮한 地下水 開發의 必要性은 날로 增加 추세에 있으며 이러한 時代的 要求를 充足시킬 수 있는 地下水 探査 및 開發의 施行過程에서 技術的인 問題點은 時急히 解決되어야 할 과제이며, 技術者의 使命이라 아니할 수 없다.

60年代 부터 現在에 이르는 동안 用水 需要量은 모든 分野에 있어 急增하고 있으며 이의 解決은 國家經濟發展의 重要한 要素가 되고 있다. 그러나 工業의 發達과 더불어 地表水의 汚染度는 時間과 比例하여 增加하고 있으며 이러한 오염된 用水에서의 解放은 地下水의 開發로 可能하리라 믿는다.

그러나 1967年~1968年度, 旱魃時 地下水位線은 호남지역에서 平均 5~6m, 영남지방에서 4~5m 下降하였던 사실은 우리나라의 沖積層 深度가 10m 以內인 點을 감안할 때 沖積層內의

※ 産業應用技術士(地球物理)

地下水 開發은 深度面에서 再考되어야 할 것이며 따라서 深度가 깊은 岩盤內의 地下水開發의 要求가 증대되었고 또한 이의 探査方法이 要求되고 있는 것이다.

2. 地球物理學的 條件

우리나라 岩石의 成因에 의하여 區分되는 火成岩, 推積岩, 變成岩의 分布 面積 比率은 變成岩이 36.2%로 가장 많이 分布하며 火成岩은 34.6% 推積岩이 29.2%를 차지하고 있다. 이들 岩石을 細分하여 볼때 花崗岩類가 火成岩 中 75%, 花崗片麻岩類는 變成岩 中 78%를 차지하며 이들 두 岩石類가 차지하는 우리나라 全岩石別 比는 53.9%를 차지하고 있다. 따라서 이들 二種의 岩盤에서 地下水 探査方法의 개선은 우리나라 岩盤地下水 開發의 關鍵이라 하겠다.

地下水는 固化된 地層이건 非固化 地層이건, 그것이 多孔質이거나 透水性이 좋다면 岩種에 關係없이 어떠한 形態의 岩石이라도 帶水層이 될 수 있다. 帶水層은 貯水機能과 水路機能의 두가지 重要한 役割을 한다. 岩盤內의 地下水의 貯水形態는 岩石의 破碎帶內에 發達된 節理 龜裂의 빈틈이거나 石灰岩內의 溶解水路나 空洞, Lava內의 Gas 放出이나 Lava수축으로 인한 空洞에 貯流되며 不透水 岩層 上部의 風化帶와의 接觸부 그리고 岩盤 上部의 風化帶의 粒子들 間의 빈틈에 貯留되어 있다.

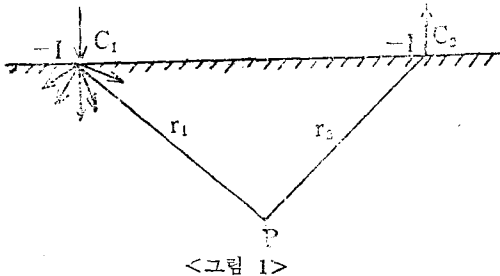
上記한 地質 構造帶를 찾아내는 것이 곧 地下水의 賦存部를 探査하는 것이다. 그러나 어떠한

物理探査도 地下水 그 自體를 포착하는 것은 不可能하므로 간접적인 方法으로 層序나 地質構造를 探査하게 되는 것이다.

地層의 厚는 電氣比抵抗法中 Electrical drilling Method에 依해서 探査가 可能하고 帶水層 두께의 精確한 판단은 地下水의 賦存量을 추정케 한다.

帶水層이나 地層의 境界面 사이에서는 物理的性質에 현저한 차이를 나타낸다. 예컨대 電氣傳導度나 彈性波速度의 差異를 측정 기록하여 地層의 境界조건을 찾아내므로 地下水 開發의 位置選定에 좋은 指針을 주게되며 斷層, 節理, 破碎帶 등의 地質 構造의 精確한 조사는 地下水 賦存帶를 찾는 것과 같다. 이렇게 하여 얻은 자료들르 地下水 開發 地域의 正確한 水理地質圖와 地質構造圖를 作成한다면 團地內에서 最適의 鑿井位置를 選定할 수 있을 것이며 이것이 地下水 探査의 結果 처리에 기본적인 要件이며 특히 電氣比抵抗法은 여러 種類의 物理探査方法 中 地下水 賦存帶인 構造帶의 探査에 적합한 方法 이라 하겠다.

3. 電氣比抗法의 基本原理



<그림 1>

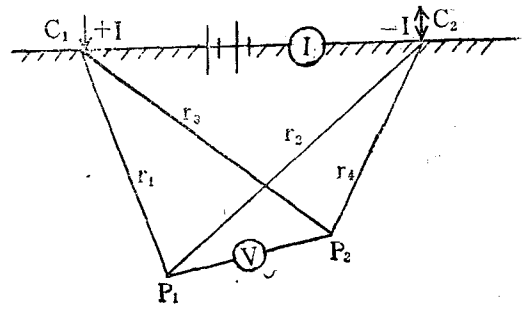
그림 1. 에서와 같이 地表面의 一點 C1에 强한 +I의 點電流를 보낼 때 C1點에서 보는 外와같이 電流는 地中에서 半球狀, 放射狀으로 흐른다.

P點에서의 電流密度는 $C_1P=r_1$ 으로 볼 때 $\frac{I}{2\pi r_1^2}$ (amp/m²)로 表示되며 電位 V_P 는 $\frac{\rho I}{2\pi r_1}$ (volt)로 表示된다.

그림 1 에서와 같이 正·負의 對點電流 C1(+I), C2(-I)를 가정해 볼 때 C1, C2에 의한 P點의 電位는

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

로 表示된다.



<그림 2>

그림 2. 에서와 같이 地中의 二點 P1, P2 에서의 電位 V_{P1} 과 V_{P2} 는 各各 아래와 같이 表示된다.

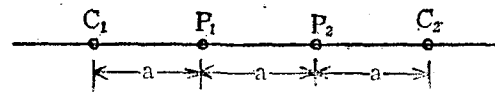
$$V_{P1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{P2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \dots\dots\dots (2)$$

上記 (1), (2)式에서 P1, P2의 電位差

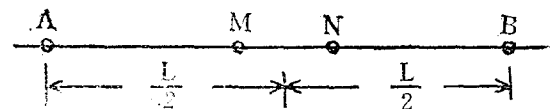
$V = V_{P1} - V_{P2}$ 이므로 다음과 같이 계산된다.

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \dots\dots\dots (3)$$



<그림 3>

그림 (3)과 같이 Wenner의 電極配列인 경우 $\rho = 2\pi a \cdot R$ (Ω -m) = KR.....(4)



<그림 4>

그림 4와 같이 Schlumberger 電極配列인 경우

$$\rho = \frac{\pi}{2} \cdot MN \left[\left(\frac{L}{MN} \right)^2 - 1 \right] \cdot R \text{ (Ω -m)}$$

$$= KR \dots\dots\dots (5)$$

가 된다.

上記 (4), (5)式에서 K를 Geometric Factor라 하며 어떠한 電極配置에서도 地表面에서 外見比抵抗을 구할 수 있는 式은 (3)式으로 가능할 것이다.

4. 岩石과 土壤의 比抵抗

土壤과 岩石의 比抵抗値는 造岩鑛物인 Quartz, Feldsparr, Mica, Calcite, Aragonite 등의 含有量과 電導性 鑛物質의 含有量 및 空隙이나 빈틈에 포화되어 있는 地下水의 性質에 따라 左右되며 그 分布範圍도 상당히 넓게 分布한다. 特別히 岩石이나 土壤의 比抵抗値가 變化하는 가장 중요한 요인은 含有된 地下水의 性質 즉 水量과 電氣傳導性에 따라 크게 左右된다. 여러 種類의 물 自體의 比抵抗値를 살펴보면 다음과 같다.

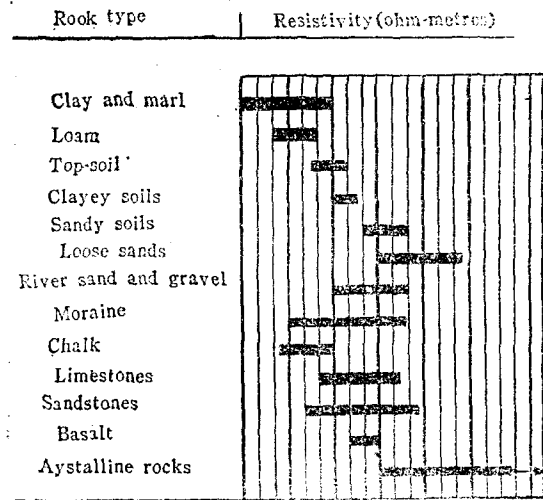
물의 종류	분포된 위치	比抵抗値 (Ω-m)
증류수		30~1000
地表面水	火成岩의 分布地	30~500
地表面水	堆積岩의 分布地	10~100
地下水	火成岩속에 포화	30~150
地下水	堆積岩속에 포화	1내외
음료수	0.25% NaCl 함유	1.8
농업용수	0.7% NaCl 함유	0.65
海水		0.2

예컨대 空隙率 40%의 모래가 NaCl 0.25% 함유된 음료수로 포화되었을 경우 含水모래의 比抵抗値가 13.5 Ω-m였다면 농업용수 (0.7% NaCl 함유)로 포화된 含水모래층의 比抵抗値는 5 Ω-m를 나타낸다.

岩石이나 土壤의 比抵抗値는 一般적으로 건조한 상태에서는 높은 比抵抗値를 또한 空隙이 적은 경우는 不導體로서 높은 比抵抗値를 나타낸다.

또한 空隙이 큰 岩石이 地下水로서 포화되었다면 比抵抗値가 적어진다. 따라서 岩石의 比抵抗値가 岩石의 性質을 左右하는 Factor는 아니다. 그러나 火水成岩보다는 堆積岩이 比抵抗値가 낮고 알칼리성 岩石이 산성 岩石보다 比抵抗値가 낮다.

電氣比抵抗 探査는 上記와 같은 기본적인 岩石의 物理的 性質인 電氣傳導度의 差異를 利用하여 地下 地質構造를 探査하게 되는 것이다. 一般적으로 岩石과 土壤의 比抵抗値의 分布를 圖式化하면 그림 5와 같다.



<그림 5>

5. 우리나라 分布 岩石과 土壤의 比抵抗値

1966년부터 1967年 사이에 토지개량조합 연합회에서 시행한 전국 11개 지역의 115개 測點에 대해 電氣比抵抗 曲線과 실제 측점위치에서 시행한 試錐柱狀圖를 對比 解析하여 土壤의 地層固有 比抵抗値 分布를 求하였다.

下記 資料들은 平野部에서는 Wenner法에 의한 수직탐사로, 谷間地帶 및 風化岩 地帶에서는 Schlumberger法에 의한 수직탐사를 실시하여 얻은 資料를 分析한 것이다.

表 1. 地域別對比解析총괄표

순위	위 치			주요 分布 岩石	대비석 접수	비고
	도	군	면			
1	충남	진천	추평중평	화강암, 편마암	10	
2	경남	함양	안의	화강암	9	
3	경남	함양	유림	화강암, 편마암	3	
4	경남	산청	월성	편마암	5	
5	충북	증원	장원	화강반암, 세일	7	
6	"	"	산척	화강암, 화강편마암	14	
7	경남	진양	문산	사암, 세일	3	
8	경북	상주	상주	화강편마암	12	
9	경기	용인	포곡	화강암, 편마암	24	
10	경북	영주	풍기	" "	18	
11	"	상주	청리	" "	10	
계					115	

表 2. 土壤地層別固有比抵抗分布度

Type of soil	度數	平均值	分 布 度	비고
Dry Clay	37	310Ω-m	96~1240.Ω-m	
Wet Clay	25	126.5	15~227	
Dry Clay & Sand	30	380.5	105~1500	
Wet Sand	66	423.8	58~1460	
Dry Sand	6	1,750	920~3400	
Sand & Pebble	76	766.6	110~2240	
Pebble & Cobble	70	1,405.8	273~5500	
계	310			

上記 圖表 2에서의 平均值는 地層別 Grade別로 分類하여 4분편차에 의해서 그 平均值를 求하였다.

적용공식

$$\text{平均值} = \frac{Q_1 + Q_3}{2}$$

Q₁; 度數로 본 1/4에 해당하는 계급

Q₃; 度數로 본 3/4에 해당하는 계급

表 3. 地域別·岩石別 地層 固有比抵抗 分布

순위	위 치			主 要 分 布 岩 石	電 探 測 點 數	比 抵 抗 值(Ω-m)		비 고
	도	군	면			풍 화 대	기 반 암	
1	경기	이 천	이천읍호법면	화강암	63점	300~700	500~1500	
2	"	"	백사면	"	44	230~1000	900~3000	
3	"	여 주	능서	"	41	120~2000	500~3000	
4	"	이 천	신둔	화강편마암	48	100~500	300~1500	
5	"	고 양	신도	"	35	150~550	400~1100	
6	"	의 정 부		"	23		110~1200	
7	"	양 주	백석	"	61		95~1500	
8	강원	원 성	문막	화강암	18		1130~2800	
9	"	"	지정	"	5		1500~3300	
10	"	속 초 시	속초	화강편마암	19		150~1100	
11	"	양 양	강현	안산암	35		430	
12	충북	진 천	증평	화강암·편마암	48	84~2500	130~6000	
13	"	청 원	강서	" 섬투암	26	160~1300	640~4150	
14	"	청 원	강내	화강암	24	184~2300	775~2900	
15	"	괴 산	상모	"	21	185~740	375~9250	
16	충남	대 전	삼천	"	75	35~2350	120~9600	
17	"	청 양	정산	세일·역암	26	35~1200	69~3200	
18	"	공 주	정안	편마암	33	19~730	375~8250	
19	"	천 원	광덕	"	31	108~960	430~9500	
20	"	천 안	신방	"	14	64~2360	232~3000	
21	전북	진 주	호성동	화강암	24	300~520	380~2000	
22	"	완 주	공진	화강암, 침매암	18	340~1000	330~1480	
23	"	익 산	춘포	화강암	16	80~190	140~700	

上記 圖表에서 볼 수 있는 것과 같이 粘土層이라도 그 構成成分 및 포화된 地下水의 性質에 따라 상이하며 構成物質도 推積過程의 全流域을 감안하여 볼 때 流域內의 分布 岩石을 고려하여 解析에 임하여야 할 것이다.

또한 表 3은 韓國建業株式會社 資源開發部에서 그동안 地下水 調査로서 시행한 電氣比抵抗 探査에서 얻은 資料와 1966年~1967年度 土地改良組合聯合會에서 시행한 전기탐사자료를 종합한 것으로 86개 지역 총 2637點의 電氣比抵抗曲線을 解析 分析한 資料로서 下記 主要分布 岩石을 살펴보더라도 단연 화강암 및 편마암의 分布地가 70개 지역으로 전 조사지역의 81%에 해당되며 下記資料를 檢討할 때 화강암 및 편마암 地域中 比抵抗의 수직적 分布가 比較的 낮은 地域은 Weak Zone이거나 破碎帶의 발달이 예측되는 地域이라 하겠다.

순위	위 치			주 요 분 부 岩 石	電 探 測 點 數	比 抵 抗 值(Ω -m)		비 고
	도	군	면			용 화 대	기 반 암	
24	전북	진안	마령	세일·역암	38	700~1400	1000~2100	
25	"	남원	대산	화강암	16	380~ 520	300~ 620	
26	"	"	송동	"	50	170~ 600	520~ 600	
27	전남	구례	마산	화강편마암	33	110~ 560	110~1000	
28	"	담양	고서	반암	12	140~ 540	230~ 540	
29	"	"	대전	편마암	126	150~ 340	300~2800	
30	경북	성주	월향	"	62	150~ 200	300~ 400	
31	"	"	벽진	"	32	50~ 821	165~ 190	
32	"	"	성주	"	75	57	930	
33	"	"	성남	"	25	193		
34	"	금능	감천	"	50	94~ 590	160~ 237	
35	"	"	농소	"	48	75~1070	103~2970	
36	경남	거창	거창	화강암	53	178~ 570	110~ 370	
37	"	"	마리	"	31	190~ 390	350~ 360	
38	"	울주	삼남	"	32	144~ 155	199~ 213	
39	경기	시흥	서면	화강편마암	52		566	
40	"	양주	동두천	화강암, 편마암	50	440	2400	
41	"	용인	포곡	화강편마암	94	845	907	
42	"	화성	오산	화강편마암 편암	26	240	450	
43	"	"	향남	" "	37	195	2400	
44	"	수원	천치	화강편마암	2	195	800	
45	강원	홍천	홍천	"	40	1290	1720	
46	충북	충원	산척	화강암, 화강반암	79	400	1200	
47	"	"	연풍	화강반암, 규암	39	274	1538	
48	충남	청양	정산	화강편마암, 화강암	31	276	3140	
49	충남	천원	병원	화강편마암	36	468	2390	
50	전북	임실	둔남	"	31	441	2270	
51	전남	장성	북일	세일, 사암	19	442	1167	
52	"	강진	군동	화강암	28	136	825	
53	경북	영주	풍기	화강암, 화강편마암	138	200	1000	
54	"	상주	상주	"	62	378	1730	
55	"	"	청리	"	62	384	1000	
56	경남	합양	무안	안산암	35	300	1500	
57	"	진양	문산	사암, 혈암	28	154	665	
58	"	하동	옥종	편마암	45	117		
59	"	함양	지곡	화강암	46	417		
60	"	"	유림	"	21	646		
61	경기	성남	시흥	상대원동	10	225~ 240	380~7200	
62	경남	마산	시외	외동	7	90~ 258	489~ 684	
63	서울	서대문	의주	로법	6	72~ 420	149~1800	
64	경기	이천	호법	"	9	232~ 930	245~4900	
65	"	시흥	의왕	편마암	11	21~ 960	279~2600	
66	"	부천	삼정	"	8	114	1800~7000	
67	"	화성	반월	"	10	170~ 780	590~3500	
68	서울	도봉	구이	화강암	8	106~2400	220~7650	
69	"	영등포	구이	편마암	6	23~ 840	133~1800	

순위	위 치			主 要 分 布 岩 石	電 探 點 數	比 抵 抗 值(Ω -m)		비 고
	도	군	면			풍 화 대	기 반 암	
70	경기	용인	남리	편마암	6	28~540	360~4750	
71	충북	괴산	칠성	천매암	7	24~262	40~4500	
72	"	청주시	북문로	화강암	2	24~2079	2870	
73	부산	영도구	영선동	안산암	1	12~27	198	
74	경북	신산군	구미읍	화강섬층암	21	27~200	100~650	
75	경기	인천	학익동	화강암	8	10~210	11~300	
76	전남	광주시	임동	"	8	18~40	96	
77	경기	고양	원당	편마암	14	40~4370	116~9500	
78	서울	용산구	한남동	"	10	11~256	20~2262	
79	"	관악구	방배동	"	5	50~208	50~9900	
80	"	영등포	득산동	"	4	47~270	123~165	
81	"	관악구	신대방동	"	5	11~120	280	
82	경남	진주시	상평동	세일사암	8	37~450	35~3990	
83	경기	인천시	북구	편암	8	41~1817	40~1050	
84	"	시흥	수암	편마암	10	22~520	98~2755	
85	경북	대구시	용천동	세일사암·역암	7	12~2565	123~3705	
86	부산	부산진구	우암동	안산암	6	92	45~66	
		계			2,637			

上記 各地域에 설치된 우물에서의 揚水量을 파악하고 地形的 水理地質學的인 고찰이 이루어진다면 地下水 探查의 좋은 資料가 되리라 믿는다.

岩石의 比抵抗値는 岩石의 物理的 性質을 나타내는 것이지 地質學的인 岩相을 나타내지는 못한다. 上述한 바와 같이 岩石의 比抵抗은 構成粒子的 物理的 性質, 鑛物學的 組織中에 含有된 地下水의 量과 質, 產地가 比抵抗의 差異를 나타내게 되므로 地質學的 地球物理學的 判斷없이 岩相을 判定하기는 困難한 問題이다. 그러나 水理地質學的인 見地에서 볼 때 透水層, 不透水層의 區別은 可能하리라 본다.

예컨대 진조한 砂層이 920 Ω -m 이상을 나타내는데 비해 含水砂層인 경우 58~1,460 Ω -m를 나타내는 것은 아주 좋은 예라 하겠다.

6. 電探 p-a 曲線과 鑿井 結果와의 對比

경기도 고양군 원당리에 위치한 한양 관광주식회사의 착정공 3개 공과 화성군 오산읍 병점

리 소재 대한중외제약주식회사의 4개 공에 대한 電探 p-a 曲線과 실제 鑿井을 實施한 地層 및 採水量을 비교하여 설명하면 다음과 같다.

고양군 원당면 한양관광 지역은 연천계 화강편마암이 分布하는 지역으로 H-1공은 계곡의 중간부에 위치한 공으로 電探 p-a 曲線의 解析圖에서 보여 주는 30~40m 區間의 낮은 比抵抗部位가 實際 鑿井에서 確認한 바 破碎帶로서, 本孔의 地下水 賦存帶였으며 이 地域에서 行한 放射能 探查 結果 他 地域에 비해 1.4N 이상의 強度를 나타내는 異常 放射能 地帶였다.

T-4 고성능착정기로 Hammer Drilling한 結果 구경 8" ϕ 20m 深度에서 120m³/day 50m 深度에서 810m³/day, 108m 深度에서 980m³/day의 水量을 確保 하였으며 H-2공은 계곡의 中上部에 위치한 공으로 地表面에서 Quartz 子 Vein의 風化帶를 發見할 수 있었으나 H-1공과 同一한 工法으로 鑿井한 結果 24m부터 34m 部位에 Quartz Vein과 比抵抗値 380 Ω -m의 破碎帶가 나타나나 그 破碎度가 낮은 地層이었다.

鑿井 結果 110m에서 138m³/day의 採水量을 얻었으며 H-3공은 계곡의 上部로서 p-a 曲線에

서도 별다른 構造帶가 없었으며 鑿井時에도 별 다른 構造帶가 없어 150m 深度에서 68m³/day 의 地下水에 採水할 수 없었다.

本域의 母岩의 硬한 部分은 比抵抗値가 4,000 ~12,800Ω-m였다.

화성군 오산읍 병점리에 位置한 대한중의제 약 부지 일대에 分布한 母岩은 花崗片麻岩으로서 심한 풍화를 받은 地域이다. B-1孔의 位置는 능선 左側 中間 地點으로 破碎帶가 12m~19 m, 23m~26m區間에서 나타나고 있으며 그 比抵抗値는 180Ω-m로 地下水 賦存帶였다. 本孔에서 口徑 6¹/₂"로 150m굴착시 248m³/day의 地下水를 얻었다.

B-2孔은 上部 능선의 左側에 位置한 孔으로 특기할 만한 構造帶는 없었으나 風化岩 深度가 36m까지 發達되어 있었으며 50m부터는 硬岩에 속해 深度 58m까지 6¹/₂"口徑으로 굴착하여 158 m³/day의 地下水를 採水할 수 있었다. 本孔의 風化帶의 比抵抗値는 206~405Ω-m였다. B-3孔은 계곡의 下流部에 속하는 지점으로 230Ω-m를 가진 風化帶 深度가 28m이며 70~120m區間에는 222Ω-m의 破碎帶가 發達되어 있어 178m 深度에서 370m³/day의 地下水를 얻을 수 있었다. 本域의 母岩의 比抵抗値는 硬한 部位가 1,890~3,040Ω-m였다.

上記 6개의 ρ-a曲線에서 볼 때 各 測點 하나 하나를 重要時하여야 하며 特히 地表의 人爲的

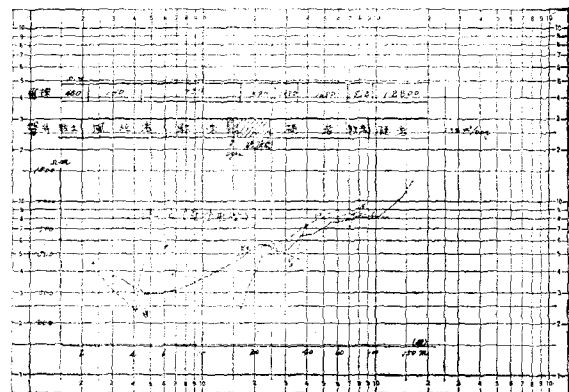
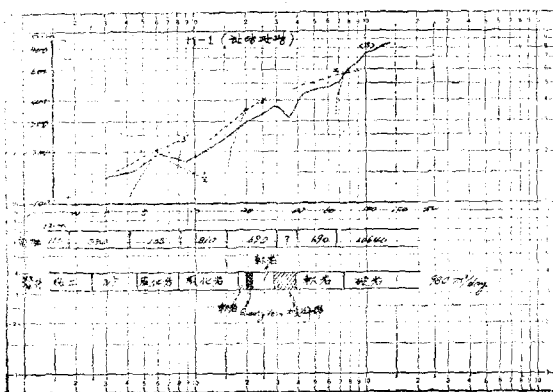


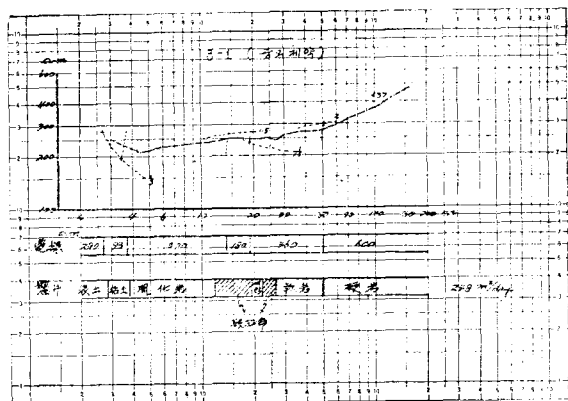
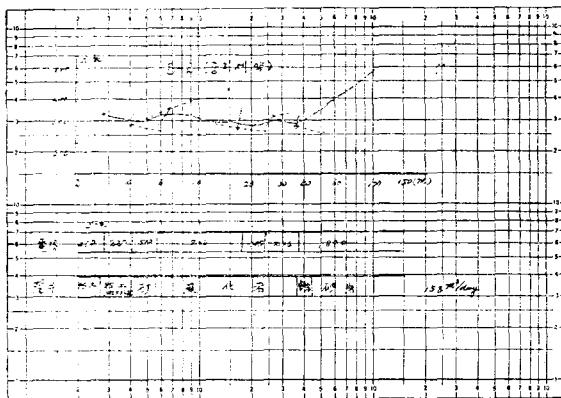
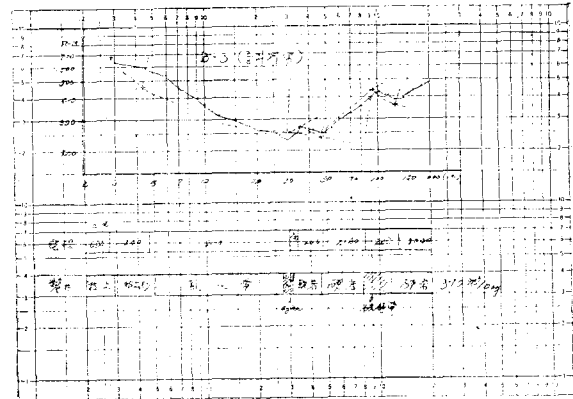
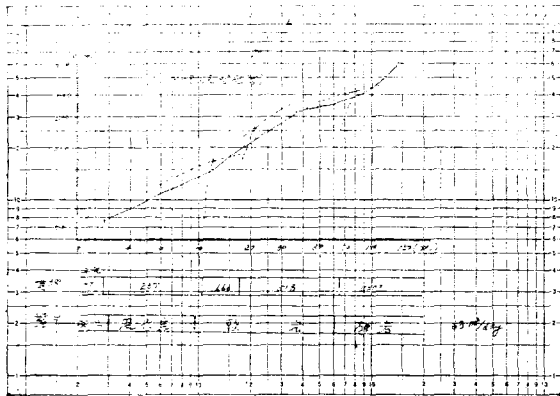
<그림 6. 電氣採査 광경>
機種(ABEM DC TERRA METER)

장에 條件을 고려하고 또 大地의 人爲的, 自然的인 電流를 제거(보정)할 수 있는 최선의 電氣採査器를 利用하여 細密한 採査를 實施한 후 電探 ρ-a曲線과 其他 地質學的 地球物理學的 水理地質學的 근거를 바탕으로 解析의 精度를 높인다면 地下水의 可採水量까지 추정할 수 있으리라 본다.

그러나 한가지의 採査보다는 2~3가지의 物理採査方法을 綜合的으로 實施하고 綜合 分析한다면 地下水 自體를 採査하는데 精度를 높일 것으로 確信하는 바이다. 그림 7은 H-1, H-2, H-3, B-1, B-2, B-3, 6개의 ρ-a曲線과 實際 鑿井한 柱狀圖를 對比한 것이다.

<그림 7. 電氣採査 ρ-a曲線 解析圖>





7. 結 論

오래전부터 우리나라의 岩盤 地下水의 開發에 對해서는 勿 사람들이 회의적인 反應을 보여왔으나 最近 몇 年間의 실적으로 보아 岩盤 地下水의 開發은 <成功단계에 이르렀다고 보아도 과언이 아니며 특히 제주도 전역, 대구 지방의 경상계 지층에서는 多量의 岩盤 地下水를 開發하여 利用中에 있다.

그러나 우리나라 全岩石의 54%를 占有하는 花崗암, 花崗편마암의 分布地에서 의 地下水 開發은 아직도 問題點이 많다고 보겠으나 高感度

의 電氣探査器, 放射能探査器 그리고 彈性波探査器 等の 物探器材를 利用한 探査와 解析의 精度를 기한다면 이들 岩中에 賦存된 地下水를 採水하여 國家産業用水로서 使用할 수 있을 것이 며 특히 과거의 문제로는 이들 地下水 資源의 開發 方法이 問題時 되었으나 時間當 口徑 8 $\frac{1}{2}$ " 로 硬質의 花崗岩을 18m/hr씩 掘鑿할 수 있는 장비가 利用되고 있으므로 短時日內에 저렴한 가격으로 地下水를 利用할 수 있으리라고 思料 된다.

앞으로 地域別 岩盤水의 採水量과 物理探査資料를 對比하여 岩盤地下水 開發의 指針이 세워 진다면 더욱더 바람직한 일이라 하겠다.