

第 4 章 物理探查

第4章 物理探査

物理探査の目的は基盤の地下構造、基盤の岩盤状況、未固結堆積物（主にワジ堆積物、廃さい等）の分布および性状、地下水の状況および地下水質について把握することにある。本目的を達成するために、現地の地形・地質状況、岩質、堆積物の性状、地下水状況、汚染状況等から、物理探査手法としてNano-TEM（ナノ時間領域電磁）法および精密重力法の併用が効果的であると考えられる。さらに、物理探査の結果についてはボーリング調査結果および地盤構成岩石および堆積物の物性（密度、比抵抗値等）により補完する。

物理探査の目的は基盤の地下構造、基盤の岩盤状況、未固堆積物（ワジ堆積物、廃さい物）の分布および性状、地下水の状況について把握することにある。

Nano-TEM 探査法および精密重力探査法ならびに物性測定の内容および数量は表 4.1 のとおりである。

表 4.1 物理探査の内容および数量

Measurement Line No.	Length (m)	Gravitysurvey No.	Nano-TEM survey No.
L-1	1,000	51	51
L-2	1,000	51	51
L-3	300	32	26
L-4	300	23	16
L-5	200	19	11
L-6	1,500	114	76
L - 7	3,200	255	161
L - 8	2,000	126	99
L-9	300	31	-
L-10-11	500	62	-
L-12	200	21	-
L-13	160	17	160
No. of measurement points		802	651
Total length (m)		10,660	9,660
Physical measurement		Density (g/cm ³)	Resistivity
		52 pieces	47 pieces

4.1 Nano-TEM 探査

4.1.1 測定および解析

Nano-TEM 探査の測線はワジ・スーク（スーク川）の上流、中流、下流域において 10 測線であり、各測線の位置を図 4.1 に示す。

各測線に対し、測定間隔は 20m に設定し、簡易測量により位置出しを行った。

現地測定にはゾング（USA）社製の GDP-16/3ch 受信機および送信機を使用し、各測定点を中心

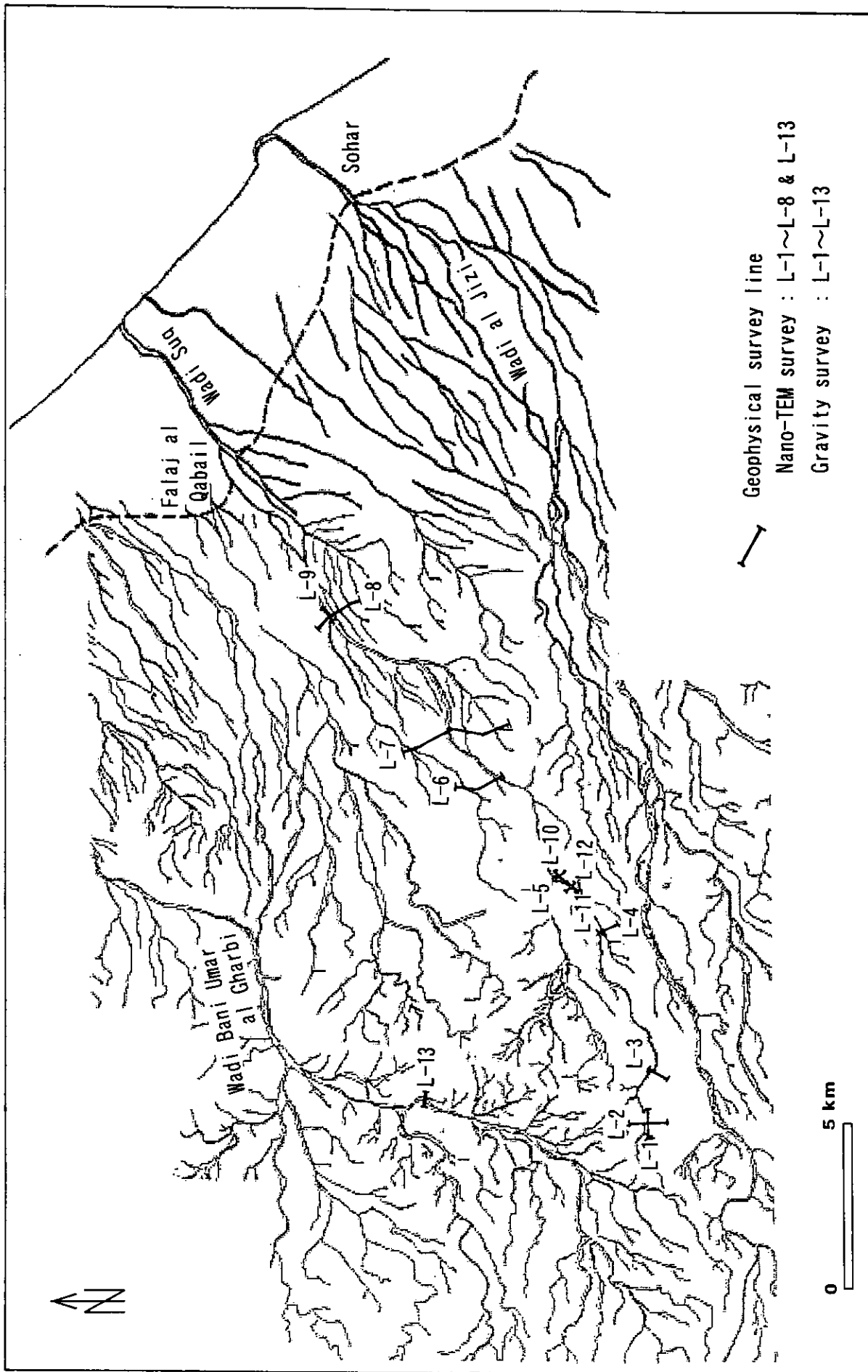


图 4.1 物理探查測線位置图

とする 20m の正方形のループを送信源、内側に 5m の正方形のループを受信側として設定した。送信には周波数 32Hz の休止波形を信号源とし、3 回あるいはそれ以上の測定を行いノイズの影響を少なくした。

測定データ処理および解析には、GDP-16/3ch 受信機を使用し処理を行った。さらに、同一地点で取得された複数データの平均を行い、TEM 解析ソフトである TEMIXX により二次元解析を行った。

4.1.2 解析結果

各測線の比抵抗解析断面図を図 4.2(1)～(4) (添付資料 - 2) に示す。

ワジ・スーク川の上流部に位置する堆積場を通る測線 L-1、L-2 では地表下約 30m 前後に比抵抗基盤がほぼ水平に推定され、基盤上面には低比抵抗の層が水平に広がる。

測線 L-3 は測線 L-1 および L-2 の下流側に位置するが、測線 L-1 および 2 に見られた低比抵抗層が認められないが、ワジの地表下約 10m までの低比抵抗帯がほぼ水平方向にテラスの深部まで分布している。低比抵抗帯の下部に高比抵抗基盤が推定される。

ワジ・スーク川の中流域に位置する測線 L-4 および 5 における高比抵抗基盤は、地表下 50～100m であり、上流部の結果と比較して深い。

ワジ・スーク川の中～下流域の測線 L-6、7 および 8 は、高比抵抗基盤の深度が地表下 50～100m と中流域とほぼ一致して深く、ほぼ水平である。また、測線 L-8 の高比抵抗基盤の比抵抗値は測線 L-6 および 7 の高比抵抗基盤の値と比較すると低く、約半分程度の比抵抗値である。同様に、高比抵抗基盤の上部の低比抵抗帯の比抵抗値も相対的に低く、約 30m の層厚を有する。

4.2 重力探査

重力探査はワジ・スーク川の上流～下流域に 12 測線およびワジ・バニ・ウマール・アル・ガルビ川のベイダ部落付近に 1 測線の合計 13 測線を実施した。各測線の位置を図 4.1 に示す。

重力測定には、 $2\mu\text{gal}$ 以下の測定精度を有するラコステ D 型 (Lacoste & Romberg 社、米国) の精密重力計を使用した。

測定は、1 日 2 回以上各測線上の測点および Magan 地内に設けた仮基点 (M1000) に閉塞する閉塞測定とし、頻繁に閉塞することによりドリフトの低減に努めた。

重力データの処理方法および解析結果は以下のとおりである。

4.2.1 データ処理

重力測定値に対して潮汐補正、ドリフト補正等を施して相対重力値を求め、さらに周辺地形補正、ブーゲー補正等を施し、重力異常 (相対的ブーゲー異常) を求めた。

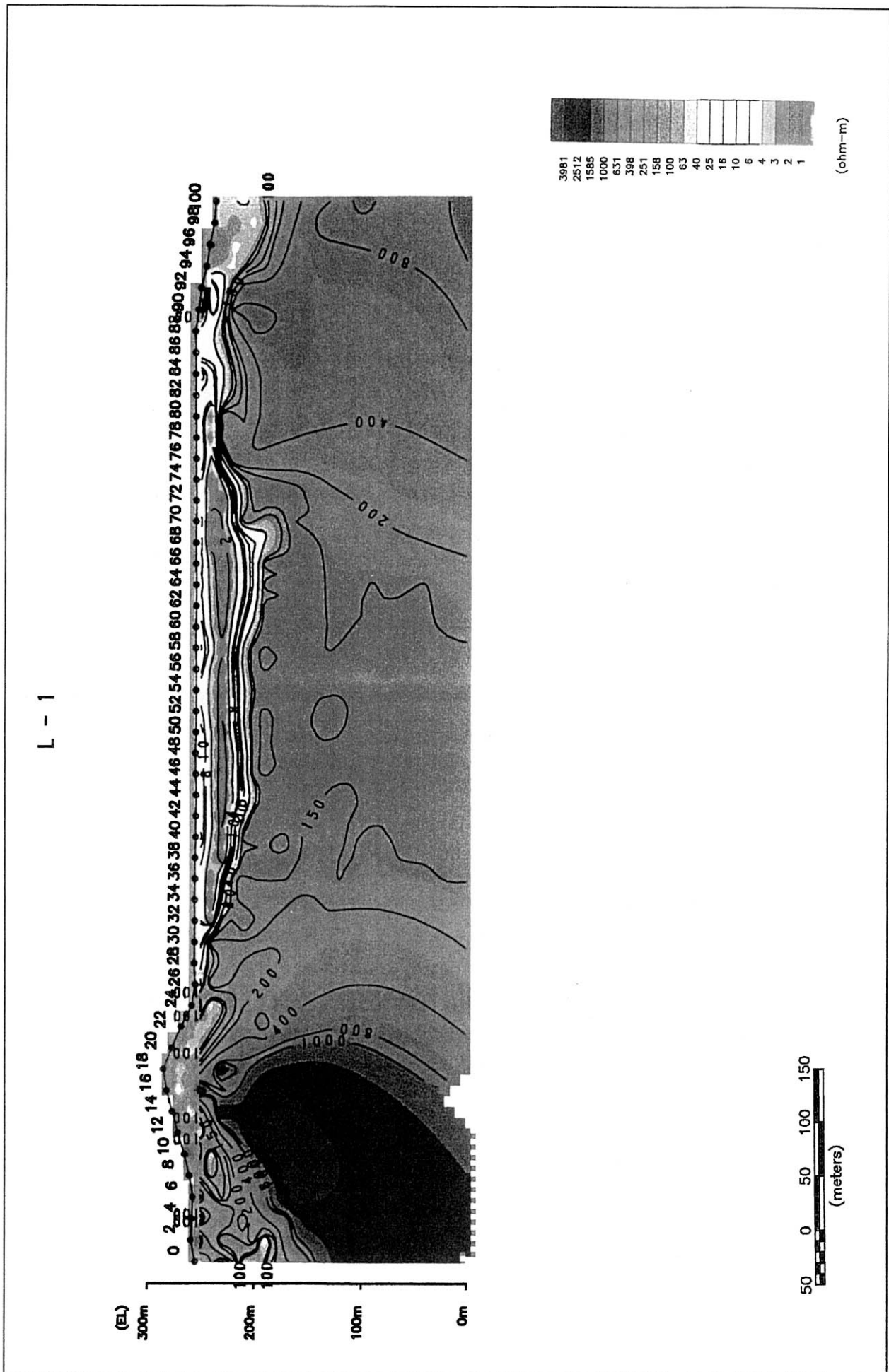


图 4.2 比抵抗解析断面图 (1)

L - 3

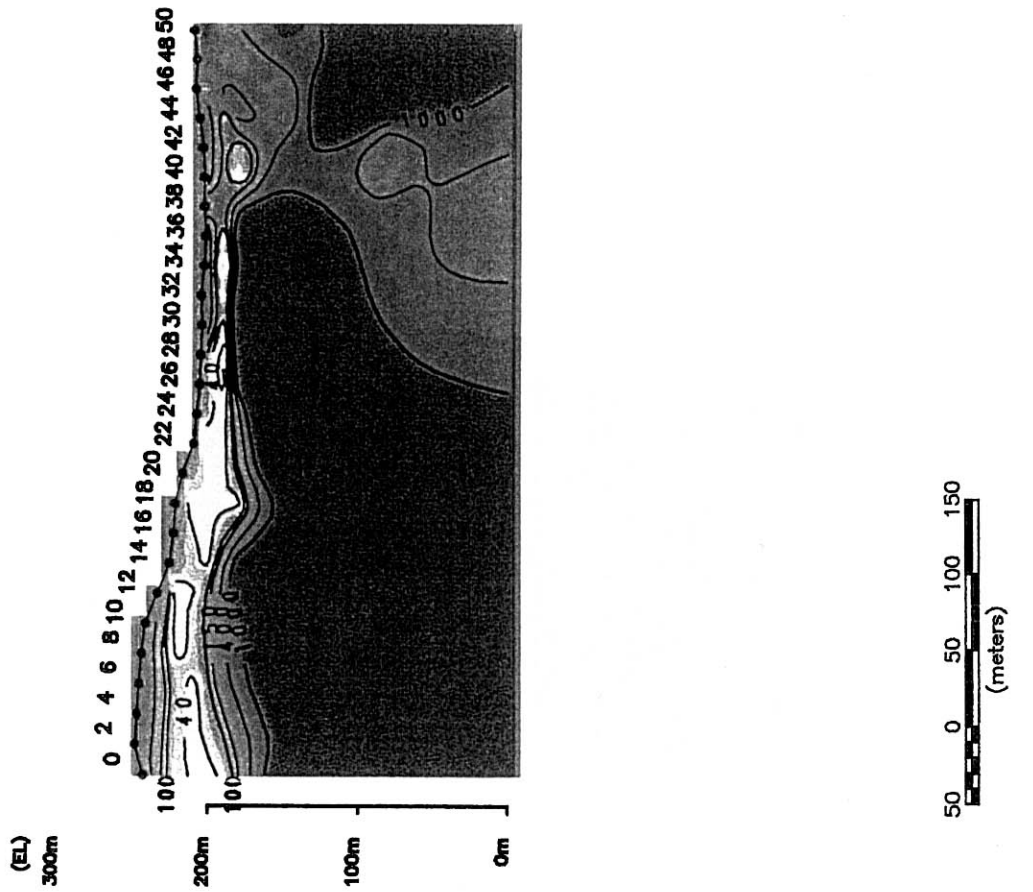


图 4.2 比抵抗解析断面图 (2)

L - 4

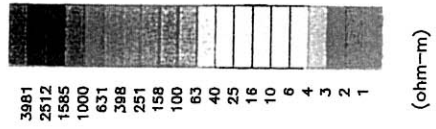
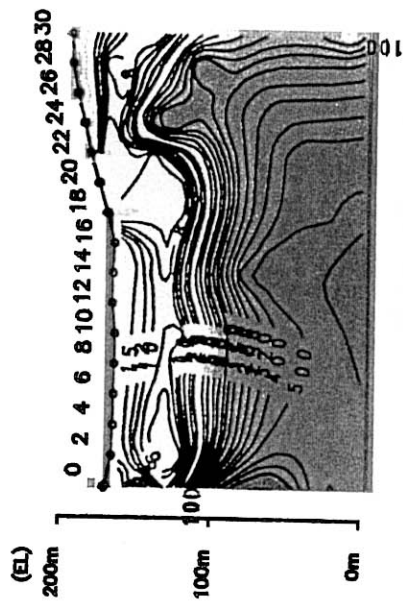


图 4.2 比抵抗解析断面图 (3)

L - 6

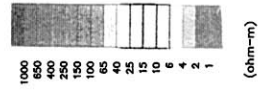
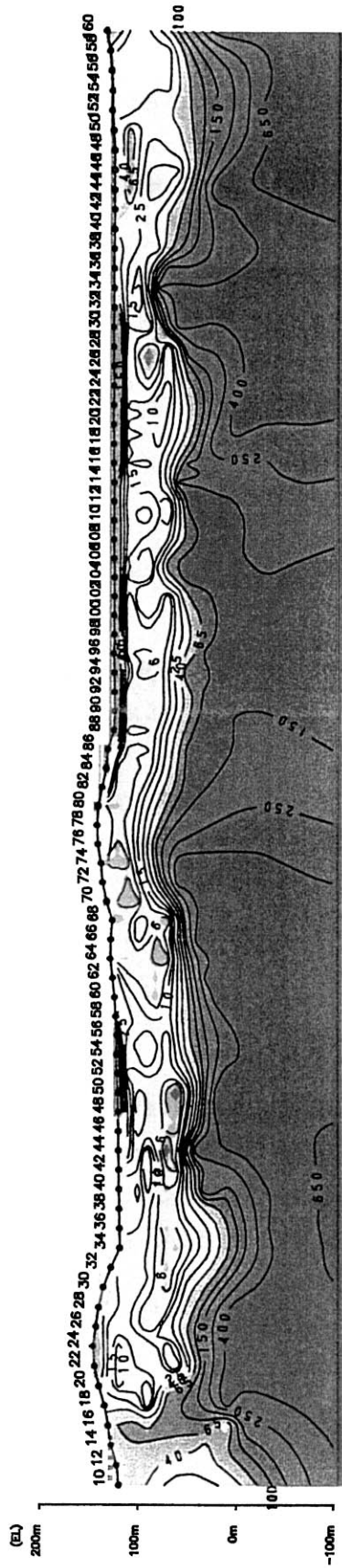


图 4.2 比抵抗解析断面图 (4)

得られた重力異常（相対的ブーゲー異常）より広域的地質構造による重力異常を除去し、主として浅部重力異常（残差異常）を抽出した。検出された重力異常（残差異常）に対し、モデル構造解析等を実施し、基盤の状況を把握した。本解析では密度差を $0.5\sim 1.0\text{g/cm}^3$ に設定した。

4.2.2 解析結果

本地域の重力異常は概ね 5mgal の範囲にあり、重力変化が比較的小さい地域である。重力断面解析結果を図 4.3 (1) ～ (4) (添付資料 - 3) に示す。

ワジ・スーク川の最上流部の測線 L-1 および L-2 において、廃さい堆積場では地表下約 30m 深に基盤が推定され、その形状は基盤にやや起伏が認められる。

測線 L-1 の下流部である測線 L-3 ではやや起伏の大きい谷地形が認められる。

上～中流域である測線 L-4 および L-5 では、基盤深度が地表下 5～10m と比較的浅く、その形状はほぼ平坦である。

中～下流域である測線 L-6、L-7 および L-8 では、基盤深度が地表下約 20m とやや深くなる傾向が認められるが、その形状は全体としてほぼ平坦である。

今後、岩石の比重測定等の結果を加えた再解析を行う予定である。

4.3 物性測定

Nano-TEM 探査および重力探査の解析用に、基盤の岩石の物性値を必要とする。したがって、各測線沿いに分布する岩石について、重力データ用として密度測定および Nano-TEM データ用として比抵抗測定を行った。

測定用岩石試料は各測線沿いの露頭およびボーリング・コアサンプルから採取し、測定試料の数量は 52 個である。測定のため、岩石試料を円柱あるいは四角形に整形した後、湿潤状態として測定した。

測定結果を表 4.2 に示す。

4.3.1 密度

岩石試料の密度は $1.8\text{g/cm}^3\sim 2.9\text{g/cm}^3$ であり、平均密度は 2.56g/cm^3 である。卓越密度は $2.6\sim 2.7\text{g/cm}^3$ である。沖積層および D-2 (ボーリング・コア) の密度はそれぞれ 2.40g/cm^3 および 1.88g/cm^3 と密度が比較的低い。D-2 は玄武岩であるが風化・変質により脆弱化されている。

その他の岩石の密度は $2.48\sim 2.75\text{g/cm}^3$ のやや狭い範囲に収まるが、特に測線 L-7 では主に頁岩、石灰質頁岩等からなり 2.71g/cm^3 と高密度である。

LINE-1

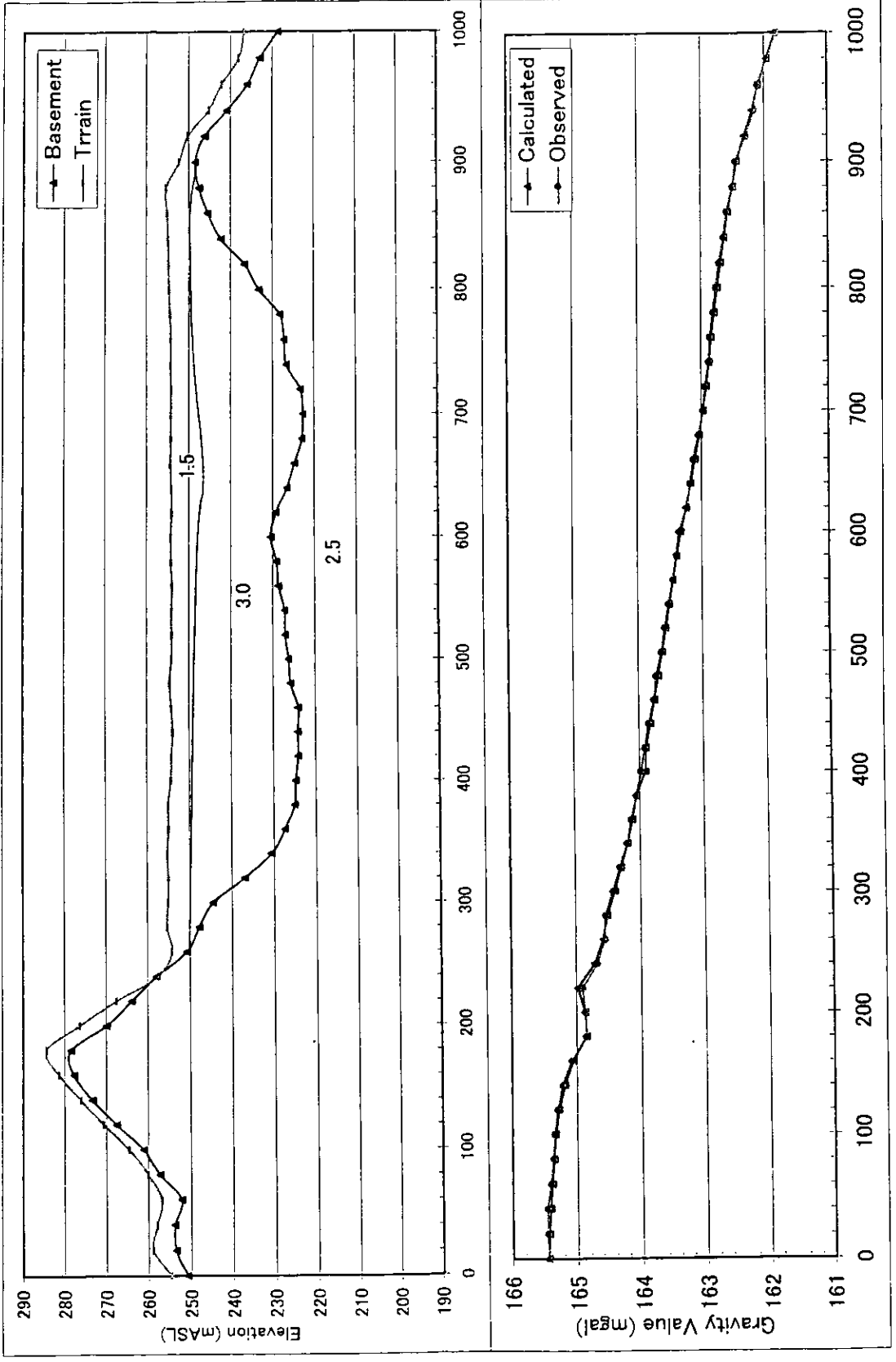


图 4.3 重力断面解析图 (1)

LINE-3

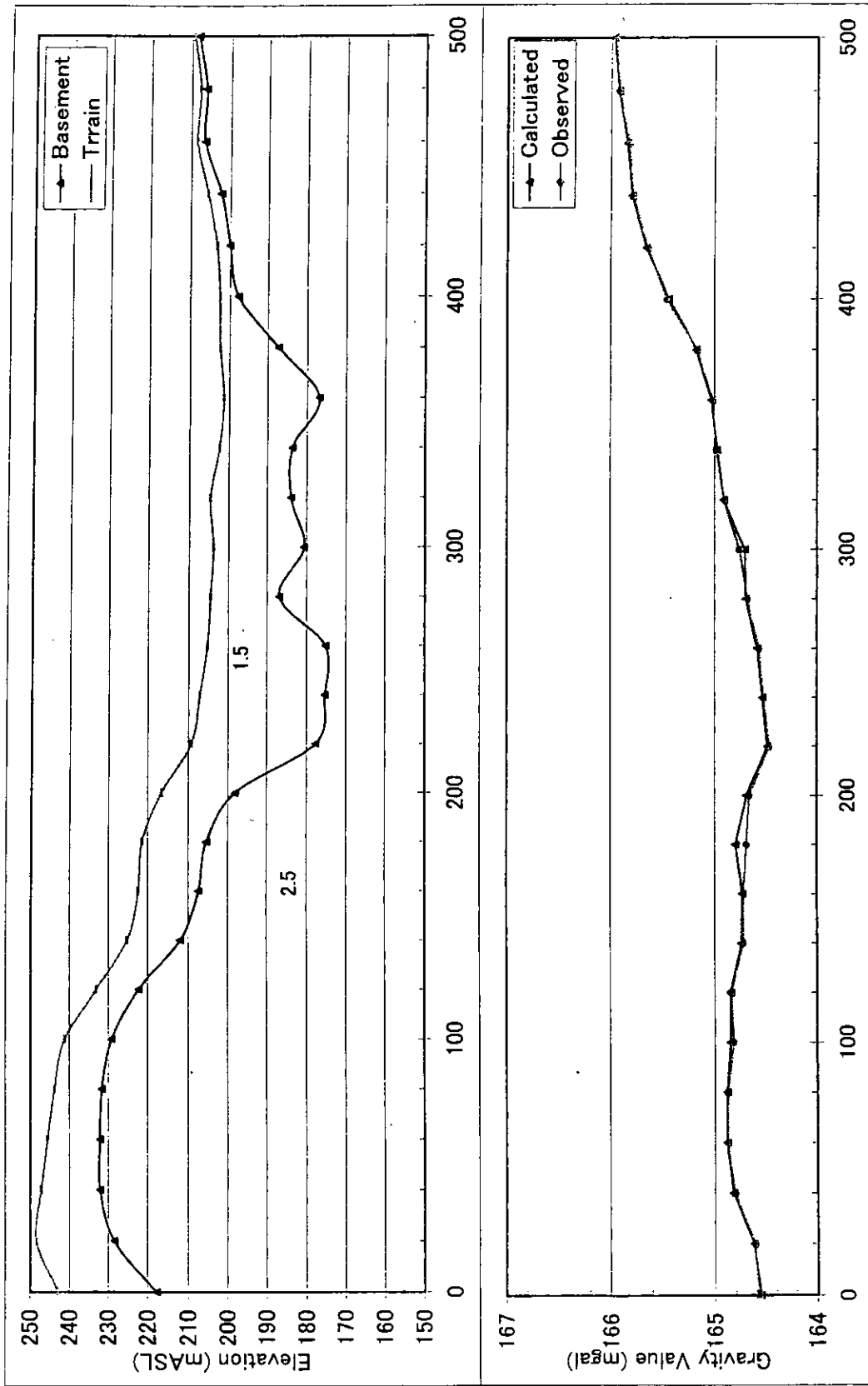


图 4.3 重力断面解析图 (2)

LINE-4

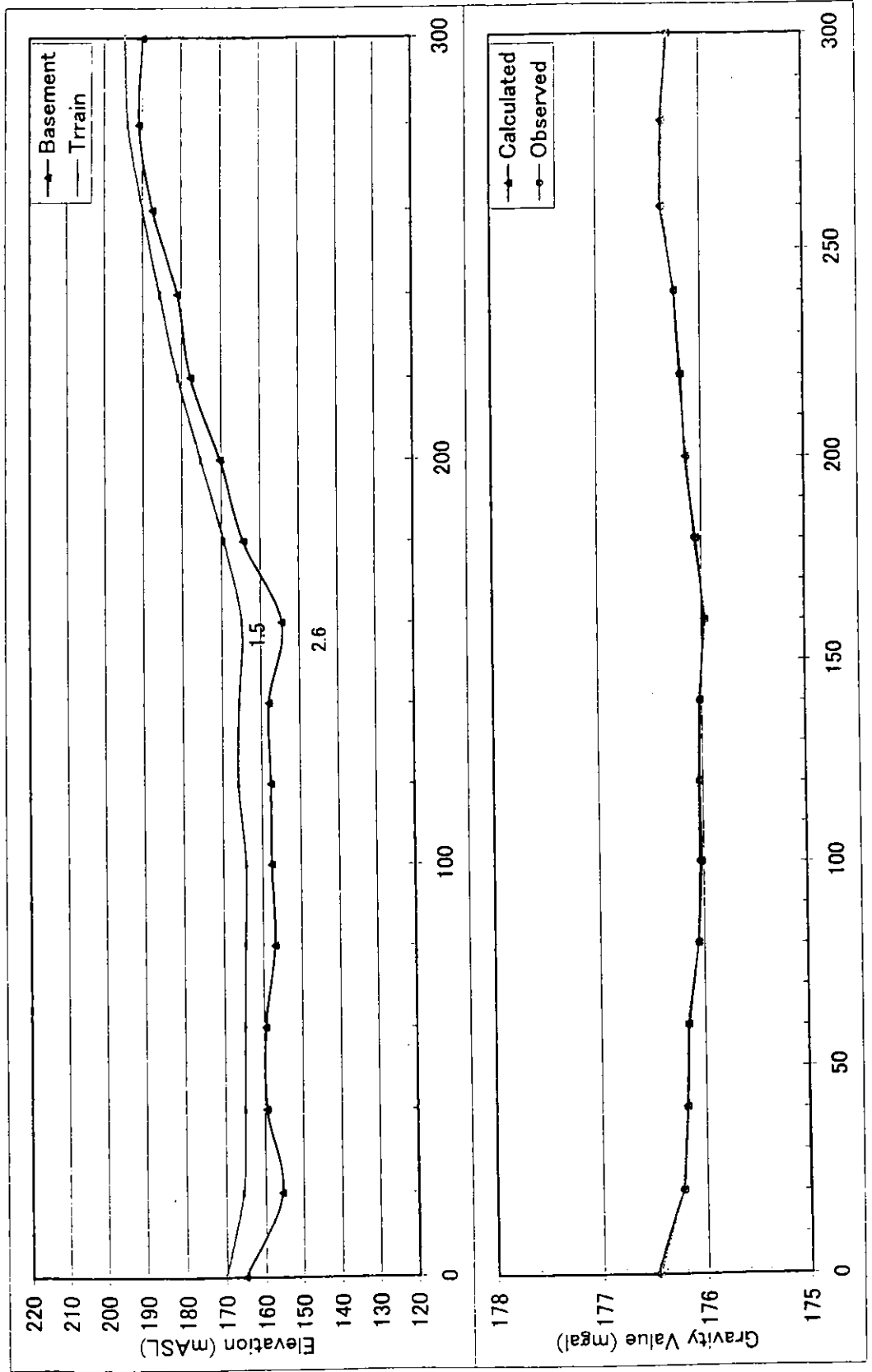


图 4.3 重力断面解析图 (3)

LINE-6

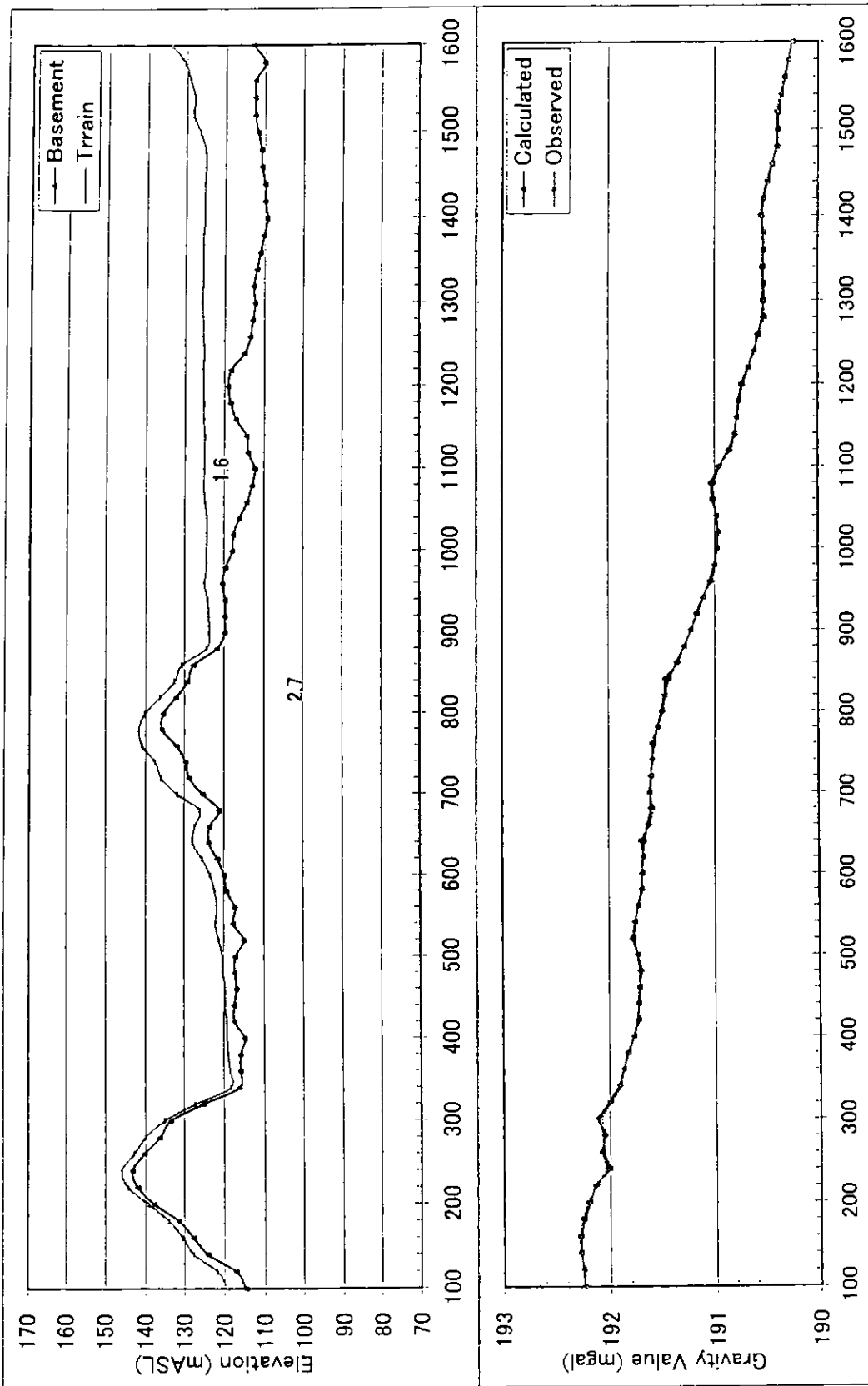


图 4.3 重力断面解析图 (4)

表 4.2 物性測定結果

Sample point		Density	Average	Resistivity (ohm·m)	Average	Remarks
1	Alluvium (Drilling core)	2.38	2.40	2513	2824	Sandy Coarse sand Gravel
2		2.41		2749		
3		2.42		3254		
4	(1)-1 basalt	2.68	2.66	4051	3265	
5		2.66		3440		
6		2.64		2505		
7	(1)-2 basalt	2.60	2.59	4452	4787	
8		2.58		5181		
9	(1)-3	2.70	2.66	2557	2559	Cracky Broken
10		2.63				
11	L-3-1	2.59	2.62	2152	3784	Cracky
12		2.65		6291		
13		2.65		5210		
14		2.61		2901		
15	L-3-2	2.61	2.60	3024	2958	
16		2.55		1981		
17		2.64		4321		
18	L-4-1	2.56	2.57		3334	Broken
19		2.58		3220		
20		2.56		3270		
21		2.58		3526		
22	L-4-2	2.70	2.69	44905	11298	Cracky
23		2.68		2848		
24	L-5 basalt	2.66	2.68	5071	3971	
25		2.70		3115		
26	L-5 massive	2.60	2.48	10850	5598	
27		2.47		3468		
28		2.37		4670		
29	L-6	2.69	2.65	6433	5984	
30		2.56		2548		
31		2.70		13050		
32	L-6-1 chert	2.82	2.66	4756	6237	
33		2.54		7200		
34		2.60		7073		
35	L-6-2	2.71	2.70		4405	Broken Cracky Cracky
36		2.71		3280		
37		2.68		5930		
38	L-7-1	2.67	2.68	31100	11455	
39		2.69		4215		
40	L-7-2 silica	2.64	2.71	4094	19634	
41		2.70		53300		
42		2.77		34710		
43	L-7-3	2.73	2.75	23010	12359	Cracky
44		2.81		9075		
45		2.71		9040		
46	L-8 (D-2)	1.98	1.88		1409	Broken Dry-base Dry-base Broken
47		1.80		1705		
48		1.85		1163		
49		1.90				
50	L-8	2.43	2.42	7243	6324	
51		2.41		7132		
52		2.41		4913		
		Ave.	2.56	Ave.	5152	

4.3.2 比抵抗

比抵抗測定には合計 47 個の試料を使用した。全ての試料は $1,000 \Omega \cdot m$ 以上であるが、D-2 のボーリング・コア（測線 L-8）の石灰質泥岩は湿潤状態での測定が困難であったため乾燥状態での比抵抗値である。

各測線毎の比抵抗値は $1,409 \Omega \cdot m \sim 12,359 \Omega \cdot m$ であり、平均比抵抗値は $5152 \Omega \cdot m$ であり、頻度分布図では $103.4 \sim 103.7 \Omega \cdot m$ に卓越している。

比抵抗の岩石サンプルは沖積層、石灰質泥岩の基盤岩で低く、それぞれ $2,824 \Omega \cdot m \sim 2,559 \Omega \cdot m$ および $1,409 \Omega \cdot m$ となる。高比抵抗値では測線 L-7 において全て $10,000 \Omega \cdot m$ となる。

したがって、本地域での低密度・低比抵抗物は測線 L-8 の基盤岩および沖積層が相当し、高密度・高比抵抗物質は測線 L-7 周辺の頁岩類が相当する。また、比抵抗値では同種の岩石においても亀裂の頻度により変化が大きいことが判明した。