KOWA

株式会社興和

高密度電気探査システム

High Density Electric Resistivity Survey System

NEXT-400RSシリーズ

さらに詳しく、より正確に。

**高密度電気探査は、従来の電気探査やボーリングだけの調査に比べ
地下構造をより全体的かつ確実にとらえ、調査労力も削減します。**

従来の地下調査はコストがネック

目では見ることのできない地下内部の状況や地下水の挙動。地下を直接掘るボーリング調査は正確ですが、得られるのは、掘った地点のポイント情報のみでした。したがって、全体の構造を知るには、できるだけ多くのボーリングが必要で経費も増大するため、その数はどうしても限られます。また物理探査にしてもある程度広い範囲を精密に調査する手法は限られます。そこで、興和では少ない労力でより精密なデータの取得を目指し探査深度200メートル級の「高密度電気探査システム」を開発しました。これは地表面から電流を流し、その結果生ずる電圧変化を測定することによって地下の様子を画像化し、縦、横、深さの三次元で立体的にとらえるものです。

地下構造を電気抵抗で解析

物理探査で一般に多く用いられているものは、電気探査と弾性波探査です。それぞれ一長一短ありますが、興和では現場の作業性を重視し、電気探査に着目しました。電気抵抗だけでは、地盤のN値や弾性波速度に相当するような地盤の強度情報は直接得られません。しかし、一般に地盤が弱いほど水分を多く含んでおり電流が流れやすい、つまり電気抵抗が低いという性質を利用し、地下の電気抵抗の分布から地盤の強弱を判断できます。さらに地質踏査やボーリングデータと組み合わせて総合的に判断することで、断層位置や地下水の水みちなどの存在を推定することができます。これらは複雑な岩盤・地盤条件のもとで施工されるダムやトンネルはもちろん各種構造物の施工時における安全性を確保し、完成後の安定を保つことにつながります。

車載した探査装置

■外から中を推定するトモグラフィー技術

物を見る光は地面の中を通りません。そこで光に代わり地盤を透過する電磁気や振動を利用し、データをさまざまな方向から取得して、それらを地盤内部の物性値分布として再構成し画像化する技術です。主な項目は、

- ●電気:直流電場、比抵抗、誘電率
- ●電磁気:電波、磁気
- ●振動:弾性波、超音波
- ●その他:重力、宇宙線、磁場など

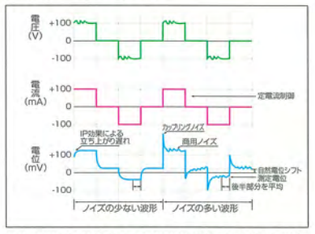
例えば、スイカを選ぶのに表面を叩くように、地表を多くの方向から調査し、内部の様子を外部から予測するような技術です。

自動計測で動的な変化も追跡

高密度電気探査の用途には、断層探査や空洞探査、遺跡調査までさまざまなものがありますが、当社の探査システムは岩盤相手の静的な構造探査より、断層や地すべり地における地下水を中心とした、地下の動的な現象の解明に威力を発揮します。時間をおいた2回の測定データの差をとることによって地下水の浸透経路を抽出することはもとより、自動計測機能を使えば数年にわたる地下環境モニタリングも可能です。

ノイズ除去により正確な測定

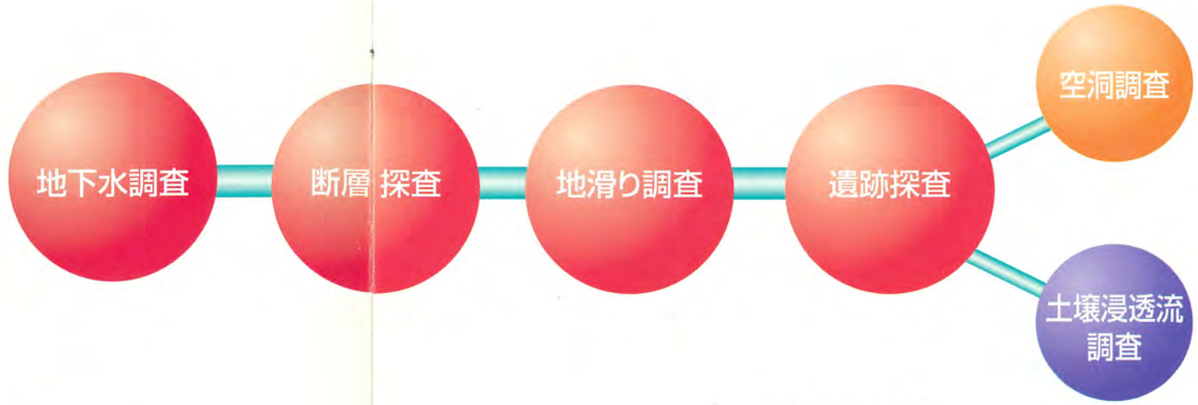
高密度計測を行う場合問題になるのが、ノイズの増加。当システムでは、定電流制御により安定した矩型交流を大地に流すとともに、測定される電位は波形データとして取り込み、波形の安定した後半4分の1のデータを平均することによって、電線相互に回り込むカップリングノイズや、50～60Hzの商用電源ノイズ、電極の分極電位や、大地のSP成分を効率的に除去し精度の高いデータを提供します。

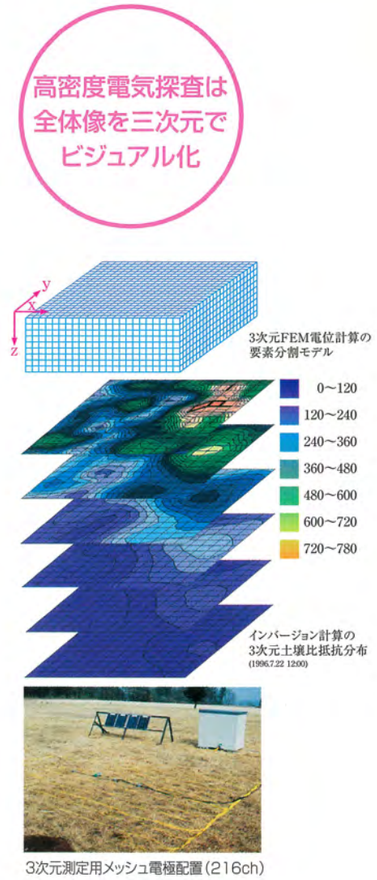


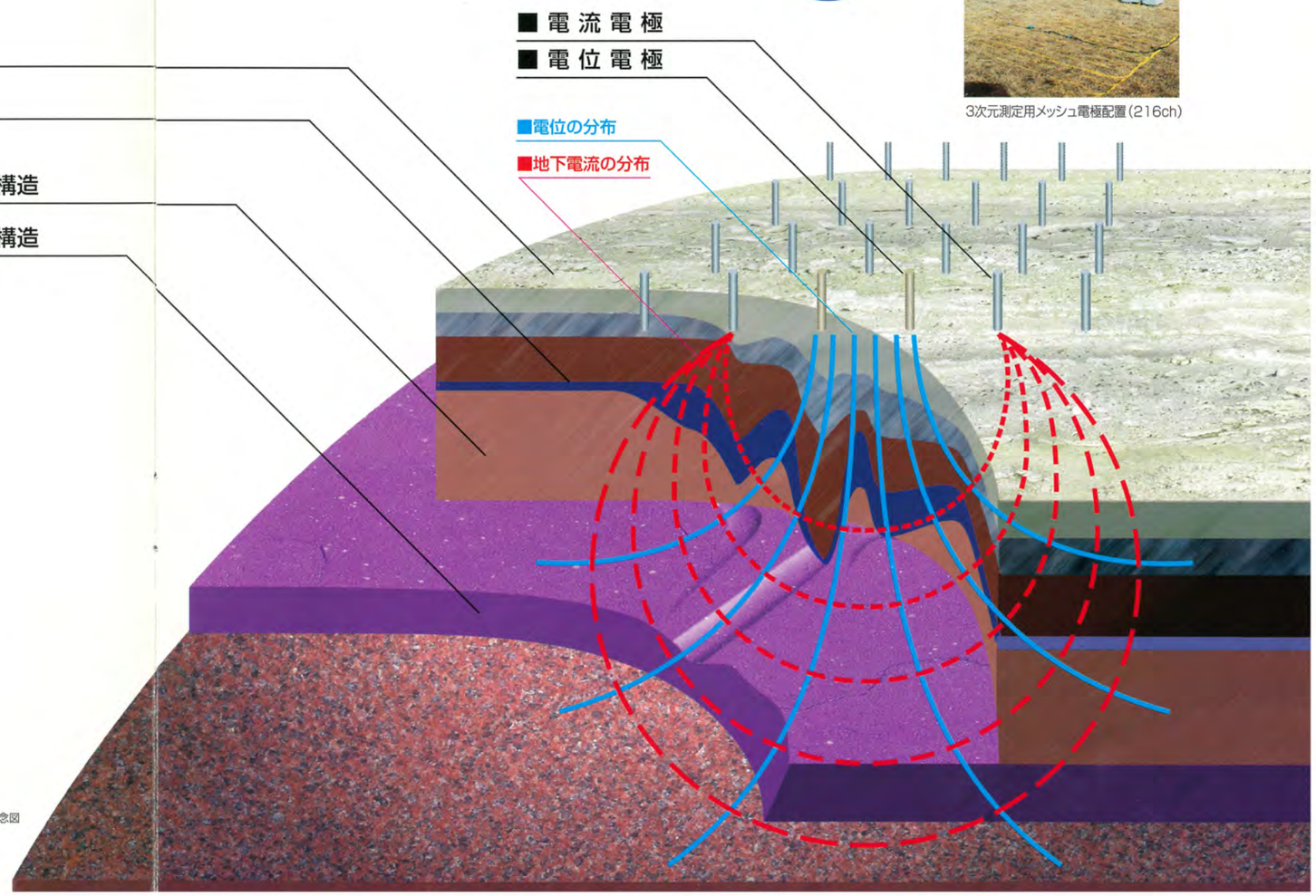
※カップリングノイズを低減するためには、電極の接地抵抗を下げるのが効果的です。電極を複数設置する方法もありますが、電極の周囲に少量の塩水をまくのが最も効果的です。

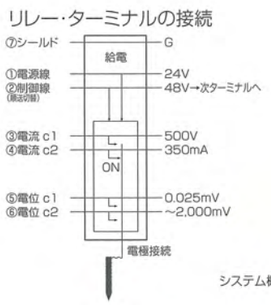
標準120ch最大400chの高密度化

密度の高いデータを得るために電極の数を増やすと配線作業の労力が大幅に増加します。当システムは、接点信号を機械式リレーで隣に伝達する「歩進リレー」という昔ながらの制御技術を応用し、6芯シールド線1本で100個の電極の中から4個を選択し電流（C1,C2）・電位（P1,P2）電極に割り当てる方式を開発しました。単純なメカニズムなため、現場での信頼性も高く、面倒なアドレス設定もなく、電極配置に合わせて連結や切りはなしが自由にできるため、4極法に限らず2極、3極の任意の電極組み合わせが可能です。









システム概念図

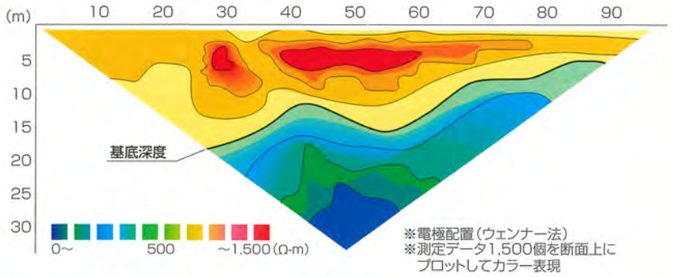
迅速に、地下構造を把握。

**山岳部や平野部など、さまざまな地域の着実な解析技術と調査実績が
構造物の安定性や環境への影響を正しく判断し、適切な設計・施工へと導きます。**

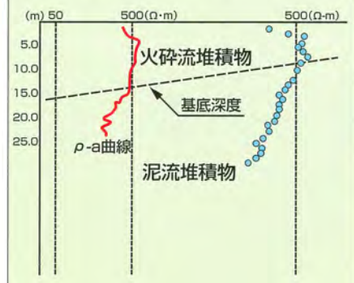
調査の実績① 地下水調査

電極設置状況（カーボン電極ピッチ1m）

高密度電気探査の比抵抗マッピング結果



従来の垂直電気探査結果



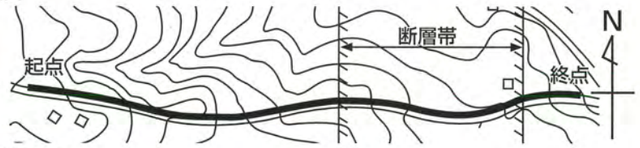
水質環境も含めた地下水流動解析

地下水の挙動を知ることは、各種構造物の施工時における安全性を確保し、完成後の安定を保つことはもちろん、周辺環境への影響を把握するためにも大変重要です。そこでまず必要となるのが地下水探査です。
この地点は、火山地域の泥流堆積物（低比抵抗帯）を火砕流堆積物（高比抵抗帯）が覆っている地質状況にあり、地下水は火砕流堆積物の基底を流動していることから、その基底深度を把握する必要がありました。右は従来の垂直電気探査結果、左が高密度電気探査結果です。従来の探査も高密度電気探査と同じ測線長を必要としますが、得られるデータは50個ほどで、高密度電気探査の1,500個にくらべわずかです。高密度化の結果では基底の起伏まで把握することができます。

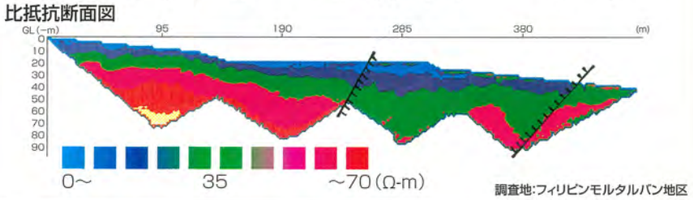
調査の実績② 断層探査

海外における断層調査

平面図

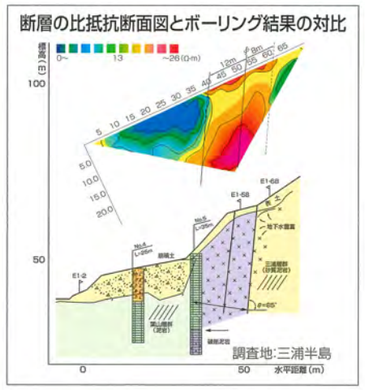


比抵抗断面図



調査地：フィリピンモルタルバン地区

断層の比抵抗断面図とボーリング結果の対比



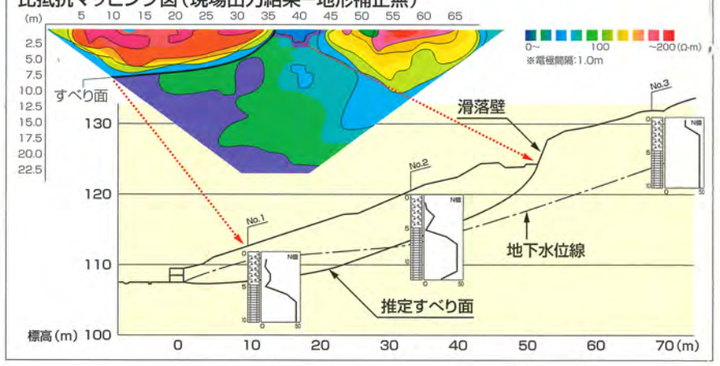
断層解析で適切なモデル化

岩盤内には、断層、破砕帯、節理など多くの不連続面が含まれています。これらの不連続面は、粘土化したり、水分をより多く含んだりして低比抵抗帯となる場合と、逆に破砕され空隙が多くなったり、地下水を遮断して高比抵抗帯となる例もあります。
例えば右のケースでは断層の存在が知られており、その断層位置の特定のためにこれまで多くの地質ボーリング調査や従来の垂直電気探査が実施されていました。しかし、これらの調査は点の調査で、断層位置も推定の域をでることができませんでした。そこで、これまでの調査結果に加えて高密度電気探査を実施したところ、断層位置を特定することができ、そのデータが地域防災に活かされています。

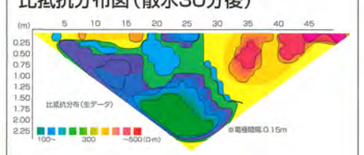
調査の実績③ 地滑り調査

地滑り地における計測（カーボン電極ピッチ2m）

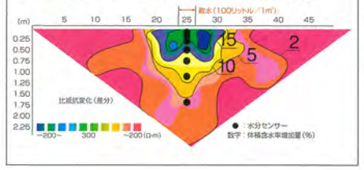
比抵抗マッピング図（現場出力結果ー地形補正無）



比抵抗分布図（散水30分後）



比抵抗変化図（散水前後の差分表示）



地滑りを解明する調査・分析

高密度電気探査は、主に地下構造の把握を目的に行なわれますが、特に地すべり地では次のような応用が可能です。

①地山と崩積土の電気抵抗の違いを利用してすべり面深度を特定するなどし、地すべりの立体的な形態把握が望める。
②地下水の分布調査。同じ地下水でも、対流時間の長い古い地下水は電気抵抗が低く、新しい地下水は電気抵抗が高いため区別できる。
③降雨の前後2回測定して、比抵抗分布の差を取ることによって、地下水の浸透、流動経路の追跡可能。
④同様に、水抜きボーリングや暗渠工の施行前後の比抵抗分布の差により、対策工の効果の及ぶ範囲を示せる。

高密度電気探査の 原理

高密度電気探査と従来の電気探査

高密度電気探査とは、従来の垂直電気探査や水平電気探査と原理的には変わりませんが、計測・解析作業を大幅に自動化することによって、同一作業時間で従来の電気探査の10倍以上の高密度で地盤の比抵抗値を得ることができます。また、データの密度が高いため結果も2次元、3次元の断面図として表現でき、別名「高密度比抵抗探査」とも呼ばれています。

電気探査の基本的な原理

電気探査の原理は、地面の2点に300V以上の高電圧をかけて、地下に強制的に電流を流し、電気の通り具合から地盤の電気抵抗を求めるものです。基本的な電極配置は図-1に示すように、電流を流す電流電極2本と、電圧を測定する電位電極2本の合計4本からなります。
比抵抗探査において、地表から地下深部の電気抵抗が測定できるのは、図-2に示すように地面に配置した電流電極の間隔を広くするほど、電流は地下深部を流れるということを利用しているためです。

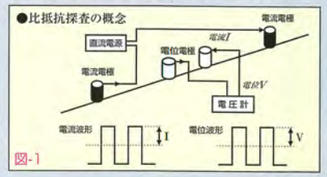


図-1

高密度化による地下構造の可視化

従来の電気探査では図-1のように4本の電極を地面に設置し、その電極間隔を人力により順次変化させていくことで探査深度を変化させていく方式がとられています。この方法で得られる地下の比抵抗情報は、一点の垂直データのみであり、比抵抗構造の2次元的つながりについては推定することしかできません。そこで、高密度比抵抗探査システムでは地表に数百本の電極をあらかじめ設置し、パソコンとターミナルコントローラーにより電流電極と電位電極の切り替えと、電極間隔の拡張を自動制御で行いながら電流を流し、連続的にデータを収集します。収集されたデータはその場でプロットされ現地で2次元比抵抗断面を見ることができます。なお、電極を3次元的に配置すれば、地盤の3次元構造を測定することも可能です。

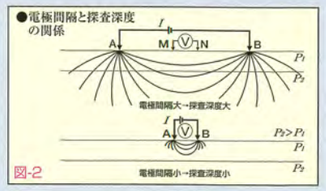


図-2

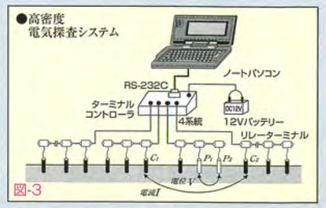


図-3

高密度電気探査システム

NEXT-400RSシリーズ

太陽電池駆動の自動計測システム

カーボンの接続電極（連結切換器使用）

前方後円墳の石室調査（集合切換器使用）

遺跡調査のミニ電極設置（ピッチ10cm×96本）

調査労力の大幅削減を実現する、
先進のフィールド技術をお確かめください。

1 簡単

従来の電気探査を高速高密度化、
操作方法を簡素化。
（高密度の性能を発揮する電極間隔は1～2m以下が望ましい）

2 速攻性

比抵抗マッピング結果をその場で表示し
A4版用紙にカラー断面として出力。
（現場ではマッピング図で概略判定。地形補正等は室内で行います。）

3 拡張性

制御は市販のノートパソコンでOK。
標準120ch,最大で400chの測定が可能。
現場で騒音や振動を発生しないシンプル設計。

4 汎用性

電源は12Vバッテリー。
車のシガレットライターや太陽電池の使用も可能。
外部500V電源装置（AC100V）を接続し深部探査も可能。

5 軽量化

電極材料にカーボンを使用。
大幅な軽量化を実現。
（当社比100本当たりステンレス電極63kg、カーボン電極15kg）

6 耐久性

装置はすべて防滴構造で小雨もOK。
−5°Cから40°Cでの使用実績あり。
（電極切換器は12 or 24chでユニット化されているため現場トラブル時には交換も容易）

高密度電気探査装置

電極数	最大4系統×100個=400個
測線延長	1系統5mケーブル×100個=500m以内
動作電源	乗用車用12Vバッテリーで3～5時間作動
電極間隔	0.05～5m（探査目的により任意）
探査深度	最大100～200m（地質条件により異なる）
電極配置	2・3・4極法（ウェンナー、ダイポール等） 8種類自動測定可能 ※テキストファイルで任意の電極配置指定可能
測定時間	1点当り平均電極切替平均2秒＋測定平均1秒=3秒 100点のウェンナー配置=1,500組で1.5時間
出力電圧	30～300V（外部電源使用時500V）
出力電流	1～350mA（外部電源使用時500mA）
入力電位	0.075～2,000mV（0.01～2,000Ω）
周波数	短形交・直流0.1～50Hz（標準1～2Hz）
制御	パソコンRS-232C回線接続（9,600bps）

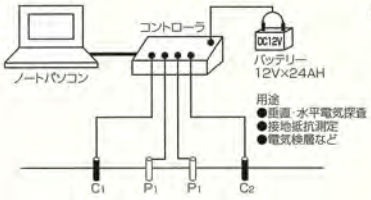
ハードウェア一覧

製品名		仕様	価格	備考
測定器	①ターミナルコントローラ/RS-400	400ch制御,500×370×145,11Kg…	2,100,000円	※アルミ防滴ケース入
連結切換器	②ターミナルケーブル/RS-TB12-P1	12ch×P=1m,L=12m,4.8Kg……	590,000円	12ch分連結
	③ターミナルケーブル/RS-TB12-P2	12ch×P=2m,L=24m,6.0Kg……	630,000円	12ch分連結
集合切換器	④ターミナルボックス/RS-TB24	24ch切換,360×300×110,5Kg……	760,000円	※アルミ防滴ケース入
	⑤引出ケーブル/RS-TB-24-P1	12ch×P=2m,L=25m,2.5Kg……	158,000円	0.2mm²×12芯×φ8mm左右指定
	⑥引出ケーブル/RS-TB-24-P2	12ch×P=4m,L=50m,4.5Kg……	196,000円	0.2mm²×12芯×φ8mm左右指定
延長ケーブル	⑦1mケーブル/RS-TC1	0.3mm²×6芯×φ7.5mm,L=1m,0.3Kg…	14,000円	防水コネクター付
	⑧5mケーブル/RS-TC5	0.5mm²×6芯×φ11.0mm,L=5m,0.8Kg	19,000円	防水コネクター付
	⑨50mケーブル/RS-TC50	0.5mm²×6芯×φ11.0mm,L=50m,5Kg…	68,000円	防水コネクター付
	⑩100mケーブル/RS-TC100	0.5mm²×6芯×φ11.0mm,L=100m,10Kg	98,000円	防水コネクター付
	⑪ケーブルジョイント/RS-TC-J	85×35×35,0.1Kg……	16,000円	連結切換器延長接続用
電極	⑫カーボンセラミックロッド/RS-EL-CC	φ17mm,L=400mm,190g,リード線付……	18,000円	耐熱、耐蝕、高強度
	⑬カーボンプラスチックロッド/RS-EL-CFRP	φ17mm,L=400mm,150g,リード線付……	6,500円	軽量(抵抗10Ω)
	⑭ステンレスロッド/RS-EL-SUS	φ17mm,L=400mm,630g,リード線付……	5,500円	※クリップケーブル付属
	⑮鉛電極/RS-EL-Pb	φ25mm,L=40mm,300g,リード線15m付…	4,800円	長期観測用、SP測定用
	⑯鉛電極接続コネクター/RS-EL-J12	1組12ch,リード線1m,500g……	13,000円	集合切換器接続用
オプション	㉑シルドバッテリーPE/12V24	12V×24AH,8.9Kg……	25,000円	1日の探査に2個以上必要
	㉒バッテリー充電器/BC-802-12V	12V×8A,1.7Kg……	52,000円	過充電防止機能付
	㉓太陽電池/GL-234	12V×2A×24W,510×430×35,3Kg……	63,000円	1日2回の計測で4枚以上必要
	㉔ソーラー充電コントローラー/C30A	12V×30A,0.9Kg……	43,000円	自動車バッテリー(12V×36AH)4個程度
	㉕外部電源装置/TMP-550D	最大500V×500mA×150W,3.3Kg……	90,000円	AC100V×3A使用

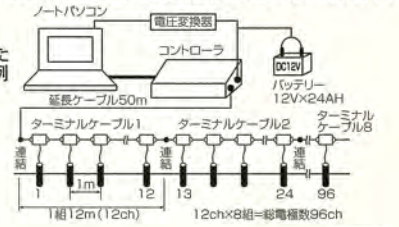
※ターミナルケーブル(RS-TB12-P)及び引出ケーブル(RS-TB24-P)のピッチ変更等は別途御見積と致します。

主な組み合わせ例

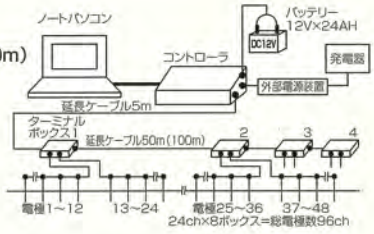
①ターミナルコントローラのみを使用した比抵抗測定例



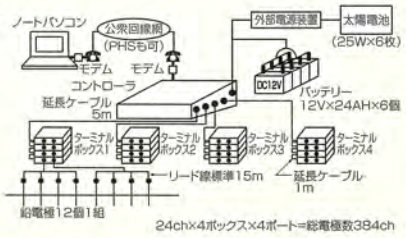
②ターミナルケーブルを使用した浅層(30m)探査例



③集合切換器を使用した深部(60~120m)探査例



④3次元電極配置の遠隔多点計測例



ソフトウェア一覧

製品名	プログラム仕様	価格	備考
計測ソフト/RS-Log	比抵抗自動計測プログラム……	250,000円	※定時自動計測機能付
出力ソフト/RS-Graf	比抵抗断面図出力プログラム……	250,000円	※CSVテキストで出力可能
解析ソフト/RS-3D	比抵抗3次元解析プログラム……	1,300,000円	※1998年7月発売予定

■ 動作環境

CPU	/NEC/PC9801、DOS-V機	メモリ	/8MB以上
O S	/MS-DOS(Ver5.00以上)または、Windows95	プリンタ	/A4以上カラー対応
ハードディスク	/40MB以上		

実際の調査はこんな内容です。

調査例

<1測線当りの概略作業工数>

計画・準備 ●測線設定他…1人・日

現地測定 ●人件費(技術者)…4人・日
●車両損料(ワゴン車クラス)…1日
●機械器具損料…1日(¥30,000前後)

解析 ●人件費…3人・日
●報告書作成…1式

調査条件

(目的) 地質及び地下水分布の概要把握
(場所) 郊外の丘陵地の道路沿
(規模) 水平距離200m×最大深度70m級×3測線
(方法) 電極数100ch,電極ピッチ2m
ウエンナー4極法による2次元断面探査

※地質踏査を含む詳細地質調査は別途作業となります。
※山間地などでは、測線設定に際し、伐採や測量が必要な場合があります。

※高密度電気探査は汎用性の高い計測方法ですが、運用に際しては以下の点に御注意願います。
①電気を流すための電極を打つため、舗装道路上やコンクリート上では計測困難です。
②電極近傍にガードレールや線路、鋼矢板などの電気伝導路があると測定誤差を生じやすい場合があります。
③同様に、高圧送電線の直下は、測定誤差が大きくなる場合があります。
④得られる比抵抗値は地盤の強度に直接比例しません。地盤強度特性は間接的な推定になります。
⑤分解能は電極の間隔に比例。小さな構造の探査にはピッチを狭くする必要があります。
※仕様及び規格はお断りなしに変更することがあります。
(1998.4.1現在)