

### 3. 2. 2 大深度ボーリング掘削，検層および孔井内速度構造調査

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 大深度ボーリング掘削，検層および孔井内速度構造調査

#### (b) 担当者

| 所 属             | 役 職     | 氏 名   |
|-----------------|---------|-------|
| 独立行政法人防災科学技術研究所 |         |       |
| 固体地球研究部門        | 総括主任研究員 | 笠原敬司  |
| 固体地球研究部門        | 主任研究員   | 関口渉次  |
| 固体地球研究部門        | 主任研究員   | 小原一成  |
| 防災基盤研究部門        | 主任研究員   | 藤原広行  |
| 固体地球研究部門        | 主任研究員   | 山水史生  |
| 固体地球研究部門        | 研究員     | 青井 真  |
| 固体地球研究部門        | 研究員     | 山田隆二  |
| 固体地球研究部門        | 研究員     | 木村尚紀  |
| 固体地球研究部門        | 研究員     | 汐見勝彦  |
| 固体地球研究部門        | 特別研究員   | 関根秀太郎 |
| 固体地球研究部門        | 特別研究員   | 松原 誠  |
| 固体地球研究部門        | 特別研究員   | 林 広樹  |

#### (c) 業務の目的

強震動予測においては特にS波速度構造が重要な問題となる。S波速度構造については、地震基盤まで到達するボーリング調査によって、坑内計測などによる直接計測を行うことが最も有効である。首都圏・近畿圏でも既にいくつかの地点でこうした調査が実施されているが、測定点は大変少ない。本調査では、大規模ボーリングを掘削し、検層・VSP法によって弾性波速度構造を明らかにする。ボーリング調査によって得られる速度構造や地質構造は、現在、地震調査研究推進本部の主導によって進められている平野部の地下構造調査や、本研究で予定されている地殻構造探査の成果と合わせ、総合的な首都圏・近畿圏の速度構造モデルの構築に資する。また、調査井を利用して、地震調査研究推進本部のもとに進められているHi-netの整備を推進する。

今年度は神奈川県足柄平野において深度2000m級のボーリングを行い、地震基盤から地表までのP波・S波速度構造を、検層・VSPなどの手法によって明らかにする。また、調査井を利用して、地震調査研究推進本部のもとに進められているHi-netの整備を推進する。

#### (d) 5ヵ年の年次実施計画

1年目：

房総半島鴨川市西部で、深さ2000m級の調査観測ボーリングを実施し、関東盆地南部の基盤を構成する第三紀下部層のP波・S波速度構造を計測（地震動予測の明確化）し、基盤地質構造を解明する。ボーリング孔を利用し、Hi-netを整備する。関東平野について、既存地質資料などを取りまとめた総合的研究を推進する。

2年目：

神奈川県西部（足柄平野）で深さ2000m級のボーリングを実施し、足柄平野下に伏在する可能性の高い伊豆-小笠原弧の地殻と本州弧の地殻の接合部を観察し、伏在活断層を実証する。国府津-松田断層系全体の平均すべり速度の推定を行い、震源断層モデルの構築に貢献する。足柄平野の堆積層の速度構造や地層の微細な構造の調査のため、ボーリングはオールコアで採取し、詳細な年代決定な

どの地質学的分析を行う。地温勾配の高い地域であるため、高感度地震計の地中観測装置の高温試験を実施する。関東平野について、既存地質資料などを取りまとめた総合的研究を推進する。

3年目：

関西地区2箇所において、深さ1000m級の調査ボーリングを2箇所実施し、VSP検層などによって、堆積層の物理特性を明らかにすると共にHi-netを整備する。また、神奈川県西部のボーリング孔に高温試験済みの地震計を設置し、Hi-net観測を開始する。関東平野について、既存地質資料などを取りまとめた総合的研究を推進する。

4年目：

観測点密度の低い北関東地域に深さ1500mのボーリングを掘削し、関東盆地成初期に形成されたと考えられるP波速度4km/s層の実態をコア調査、VSP検層により調査する。関東平野について、既存地質資料などを取りまとめた総合的研究を推進する。ボーリング孔を利用し、Hi-netを整備する。

5年目：

千葉県北西部において、深さ1500mのボーリングを掘削する。関東平野については、既存地質資料などを取りまとめた総合的研究のまとめを行う。ボーリング孔を利用し、Hi-netを整備する。

(ボーリング地点および深さは概ね上記の地点とするが、事由が発生した場合は変更することができる。)

#### (e) 平成15年度業務目的

東京大学地震研究所が担当する大深度弾性波探査の神奈川測線上の1点(神奈川県西部:足柄平野)において、深さ1800mのオールコアボーリングを実施し、足柄平野下に伏在する可能性の高い伊豆-小笠原弧の地殻と本州弧の地殻の接合部をコア、ボーリング検層図を解析観察し、伏在活断層についての実証的研究を行う。また、国府津-松田断層系全体の平均すべり速度の推定に寄与できるデータを抽出し、震源断層モデルの構築に貢献する。また、ボーリングから得られた試料(コア・スライム)を微化石分析して地層の地質年代を明らかにし、地表地質の情報や大深度弾性波探査の結果と合わせて解析することにより、地下の地質構造を明らかにする。

調査後のボーリング孔を活用して高感度地震計・強震計を地震基盤に設置し、防災科学技術研究所の高感度地震観測網(Hi-net)等と一体的な運営のもと、自然地震の観測等を行う。ただし、地温勾配の高い地域であるため、高感度地震計の地中観測装置の高温試験を実施し、次年度実施する定常的観測に備える。

## (2) 平成15年度の成果

### (a) 業務の要約

神奈川県足柄平野において深さ2,000m級のボーリングを行い、コア、ボーリング検層などの手法を用いて、地震基盤から地表までのP波・S波速度構造を明らかにした。

### (b) 業務の実施方法

強震動予測においては、特にS波速度構造を把握することが重要な課題となる。首都圏・近畿圏でも、測定点数こそまだ不十分であるものの、ボーリング調査による坑内計測がS波速度を把握するのに重要な役割を担っている。本調査では、大深度ボーリングを掘削し、直接測定（検層・VSP法）によって弾性波速度構造を明らかにする。ボーリング調査によって得られる速度構造や地質構造は、現在、地震調査研究推進本部によって進められている平野部の地下構造調査や、本研究で実施している地殻構造探査の成果と合わせ、総合的な首都圏・近畿圏の速度構造モデルの構築に資する。また、ボーリングで得られたコア試料を解析し、地震防災に密接に関連する首都圏の堆積層の構造やその成立過程を明らかにする。

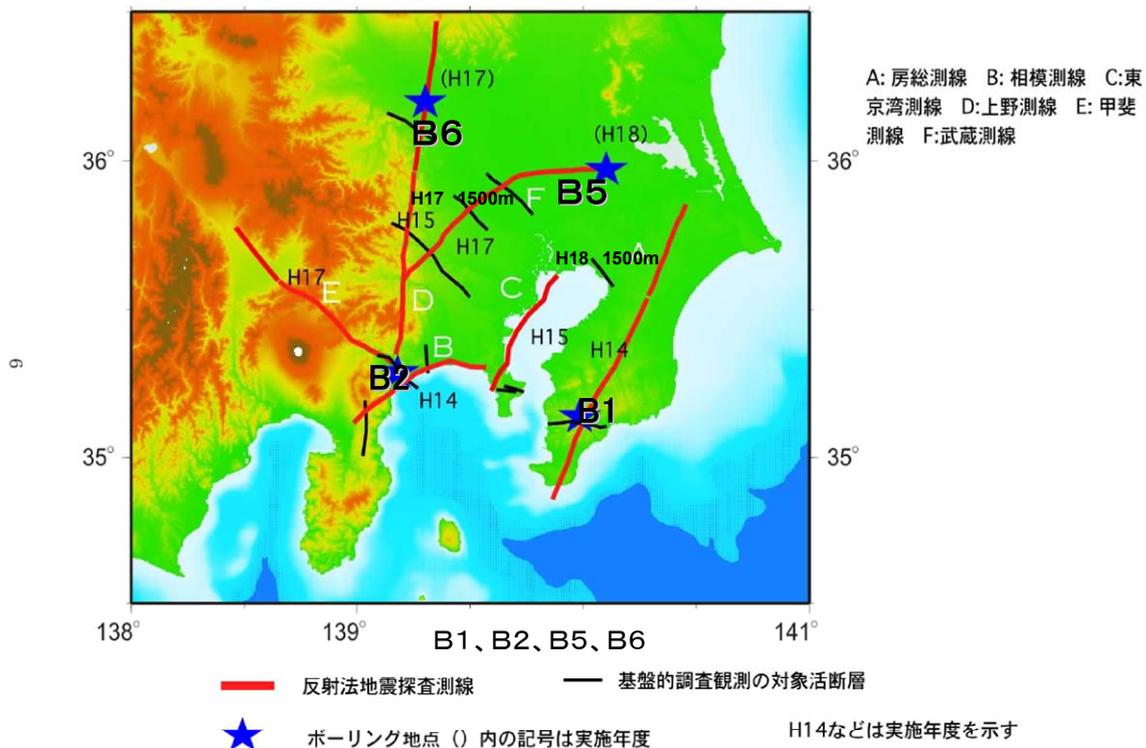


図1 首都圏地殻構造探査測線

本計画では、大学などを中心として実施する2つの地下構造探査測線（関東山地東縁、および相模測線）に隣接する神奈川県足柄平野地域で、ボーリングを行い精度の高い速度構造を求めることとした。調査地点を決めるにあたっては、その後の地震観測を行うことを考慮して、深度2,000m未満でP波速度構造が4～5 Km/secの岩盤に到達する可能性のある地点について、既存の地球物理・地質データから検討した。平成15年度は図1で示す、神奈川県足柄平野北縁部（B2）を選定し、掘削を行った。

既存資料を総合的に検討した結果、本掘削地点は伊豆-小笠原弧と本州弧という2つの島弧-海溝系の衝突境界近傍に位置し、この境界は東西の海域で相模トラフおよび駿河トラフというフィリピン海プレートの沈み込み境界へと連続する。このフィリピン海スラブの上面では、1923年関東地震および東海地震という巨大なプレート境界型地震の震源断層が想定されている。

陸上におけるプレートの運動境界は、国府津-松田断層から日向断層、平山断層に至る一連の活断層群であるとする説が提示されており（徐、1995）、本掘削地点はこのうち日向断層の上盤側に位置するものと想定された。したがって、可能な場合にはこれら断層系の形状やそこから分岐した伏在断層の存在についても明らかにし、この地域全体のテクトニクスを把握することも、本掘削地点における重要な課題のひとつである（図2）。掘削地点周辺に分布する地層は、上部鮮新統-更新統の足柄層群である。足柄層群のP波速度は、東方約3.5kmに位置するHi-net松田観測点(KNGH20)における測定では1.5-3.8km/sであった。この足柄層群の下位には、伊豆-小笠原弧または本州弧の基盤岩が、断層または不整合で接しているものと予想される。たとえば本州弧側の基盤岩である中新統の丹沢層群は、本掘削地点北西約7.5kmの山北中観測点ではP波速度4.0kmである。したがって、本掘削地点でも2,000m近く掘削することにより、P波速度4 Km/secの岩盤に到達すると予想された。

### 平成15年度掘削：神奈川県足柄平野

足柄平野で深さ2000mのボーリングを実施し、国府津-松田断層系の伏在活断層を実証する。  
 岩石はオールコアで採取し、堆積層の速度構造や変形構造の解析を行う。

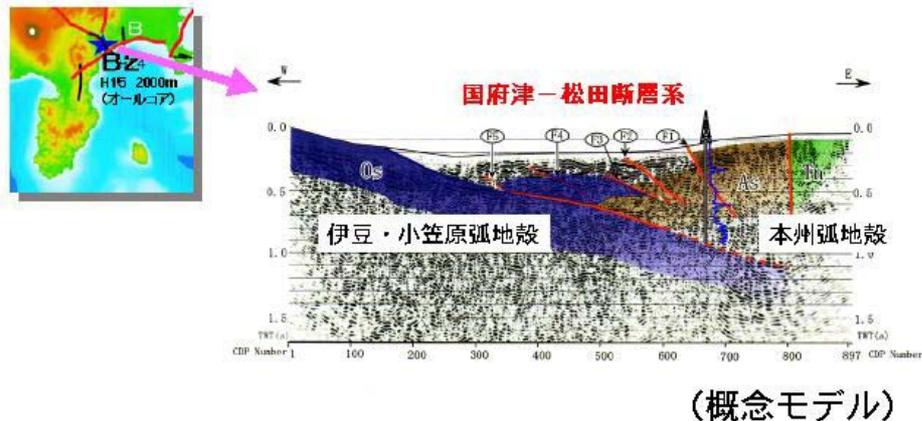


図2 本掘削地点の概念図（この概念図には笠原ほか(2002)の反射法地下構造断面を利用した）

この地点は、別の視点でも重要性が指摘される。

上記で示す掘削予定地点を、1923年関東地震の地殻上下変動、木造建築物全壊率の分布図上に合わせ図3に示す。これらの地点で観測井の掘削を行うことは、地殻変動・被害とも甚大な地域をターゲットにして、精緻な速度構造計測や、その後の高感度および強震地震観測を行うことを可能とする。すなわち、本計画の推進によって、当地の防災についての知見を高め、被害軽減に資する第一歩となることを示している。言い換えれば、関東地震型の地震断層モデルを精緻に把握することが本計画の大きな課題であるので、本年度は関東地震の断層域直上に掘削点を選定したことになる。この考え方は、計画1年目（昨年度）の千葉県鴨川市における掘削計画から継承されている。



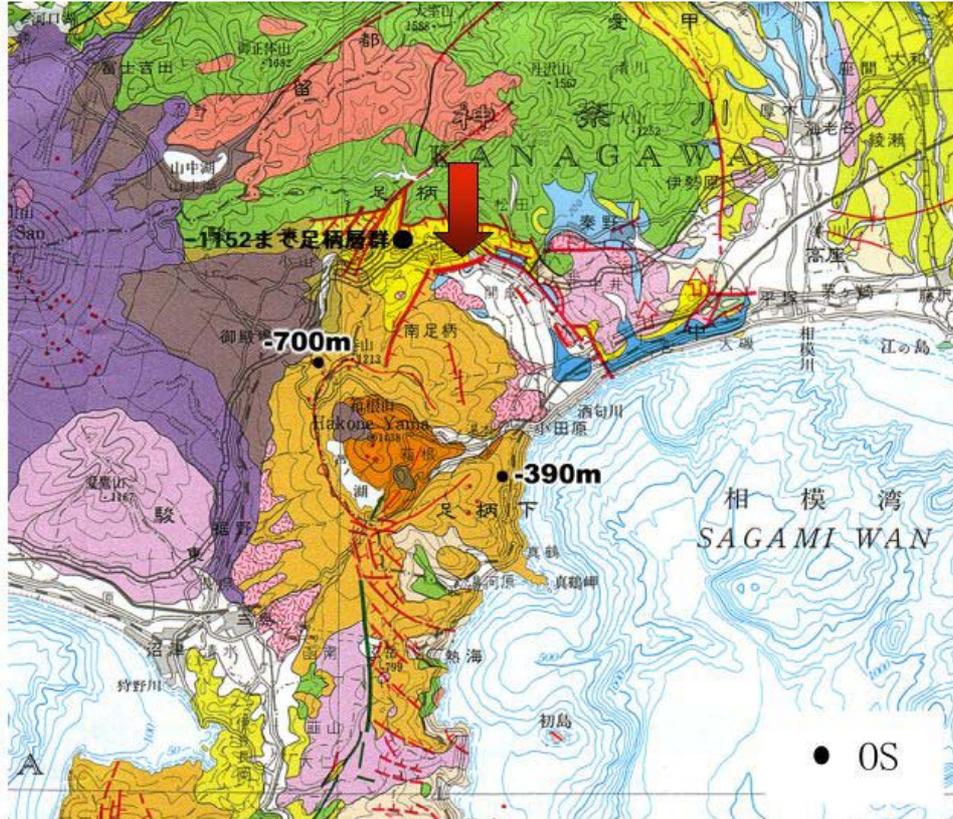


図4 足柄平野周辺の地質図。赤矢印がボーリング掘削地点を示す。



国土地理院数値地図50mメッシュ (標高) より

図5 足柄平野周辺の鳥瞰図 (国土地理院数値地図を利用し千葉大の田中氏が作成)

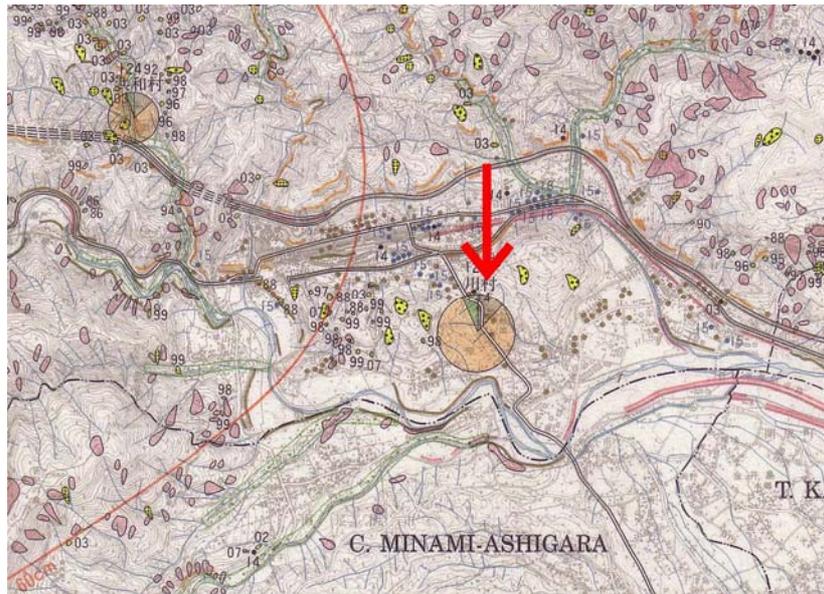


図6 掘削地点(赤矢印)周辺の自然災害分布図(神奈川県, 1987)。ピンク色の領域は1923年関東地震による斜面崩壊地点を示している。左上から左下に続くピンク色の弧状線は、1707年富士山噴火(宝永噴火)による降下火山灰の等厚線(60cm)である。この地域は、1703年元禄関東地震、1707年宝永噴火、1923年関東地震によって甚大な被害を受けた。

### (c) 業務の成果

#### 1) 鴨川観測井における追加成果

前年度(平成14年度)に掘削された千葉県鴨川市の鴨川観測井について、前年度報告書の作成後に追加された地質学的知見の概要を報告する。なお、VSP法等による坑内検層、および微化石の追加分析による成果については後述する。これら成果の詳細は、防災科学技術研究所の研究報告として公表されている(林ほか、2004)。

鴨川観測井の位置、および最終的な観測井の構造を図7、図8に示す。

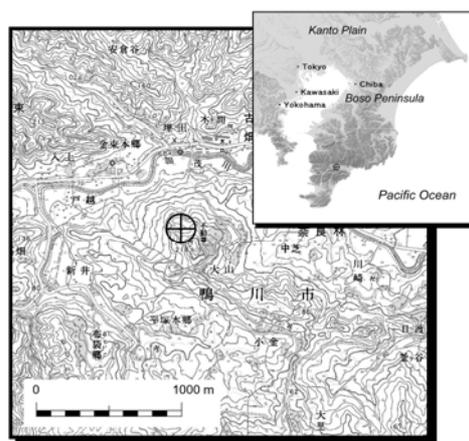


図7 鴨川観測井の位置(国土地理院発行1:25,000地形図「金束」を利用)。北緯35度8分6.2秒、東経139度58分5.3秒に位置する。

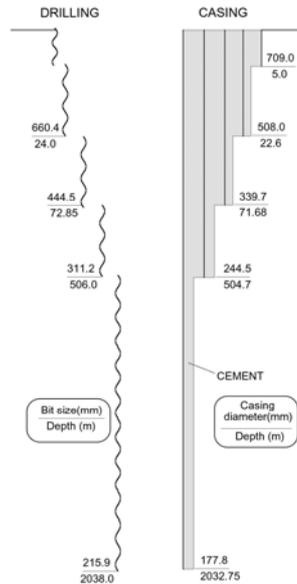


図8 鴨川観測井の構造

観測孔はオールケーシング・オールセメンチングで仕上げられた。採集されたスポットコアの一覧を表1に示す。

表1 鴨川観測井のコア採取一覧

| No. | スポットコア区間 |         | 掘削長<br>(m) | コア長<br>(m) | 採取率<br>(%) | 岩相     |
|-----|----------|---------|------------|------------|------------|--------|
|     | 自 (m)    | 至 (m)   |            |            |            |        |
| 1   | 55.27    | 58.27   | 3.00       | 0.00       | 0.00       | 粘土     |
| 2   | 69.00    | 72.00   | 3.00       | 0.00       | 0.00       | 粘土     |
| 3   | 102.30   | 105.30  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 4   | 148.67   | 151.67  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 5   | 202.66   | 205.56  | 2.90       | 2.90       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 6   | 256.65   | 259.65  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 7   | 301.60   | 304.60  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 8   | 400.60   | 403.60  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 9   | 499.90   | 502.90  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂質シルト岩 |
| 10  | 583.62   | 586.62  | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 泥岩     |
| 11  | 800.50   | 803.50  | 3.00       | 2.50       | 83.33      | 泥岩     |
| 12  | 999.33   | 1001.80 | 2.47       | 2.30       | 93.12      | 砂岩泥岩互層 |
| 13  | 1200.04  | 1202.24 | 2.20       | 2.20       | 100.00     | 砂岩泥岩互層 |
| 14  | 1403.40  | 1406.50 | 3.10       | 3.00       | 96.77      | 礫混じり泥岩 |
| 15  | 1596.93  | 1599.93 | 3.00       | 3.00       | 100.00     | 砂岩泥岩互層 |
| 16  | 1800.30  | 1803.30 | 3.00       | 0.00       | 0.00       | 砂岩泥岩互層 |
| 17  | 2027.00  | 2030.00 | 3.00       | 0.00       | 0.00       | 砂岩泥岩互層 |

カッティングスやコア試料の観察、掘削時の技術者からの情報、物理検層やVSP法地震波速度探査等の結果を総合的に解釈し、地質柱状図を作成した(図9)。

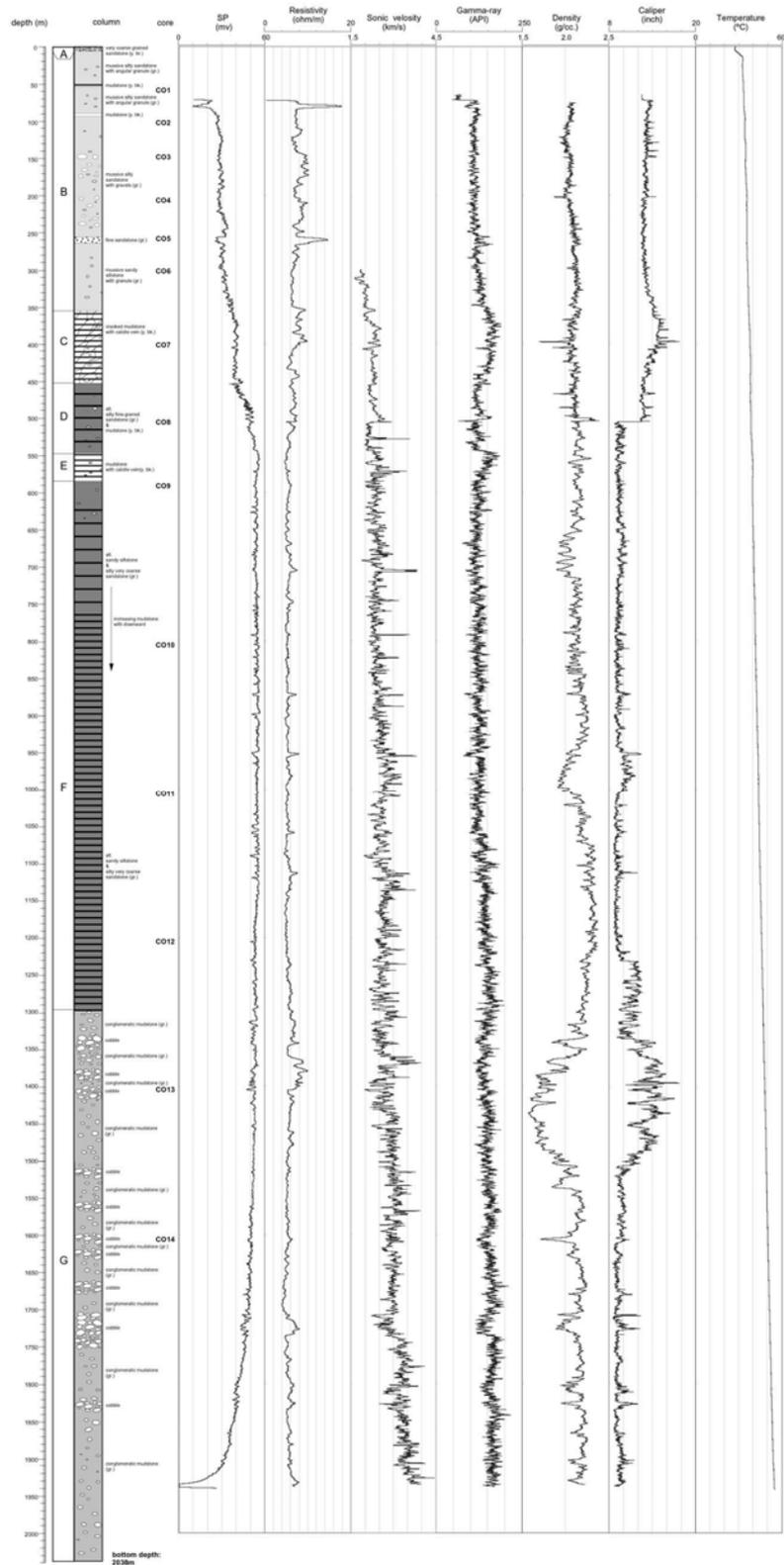


図9 総合地質柱状図。A-Gは地層区分を示す。

スポットコアやカッティングスで実際に観察された岩相は、主に砂岩、泥岩、含礫砂岩の3種類であった。検層の結果、比抵抗値は10Ω/m程度、密度値は2.0～2.3g/cm<sup>3</sup>とやや小さい値を示す。また、音波検層やVSP探査によるP波速度およびS波速度はそれぞれ3.4km/sec、1.7km/sec以下であり、硬岩の値とは言い難い(図9)。これらの結果から総合的に判断すると、本掘削孔では孔底においても先新第三系基盤に到達せず、比較的軟質な新第三系以上の堆積物が全体を通じて分布しているものと考えられる。なお、コアにおいて見られた地層傾斜は一般に約45度であった。

温度検層の結果、検層ツールの入った最深部1940.0mでの温度は54.9℃であり、地温勾配は深度17.0-556.7mで1.3℃/100m、556.7-663.3mで0.4℃/100m、663.3-1940.0mで1.2℃/100m、平均1.2℃/100mとなった。スポットコア5試料について80mm×200mmの面をフラットに整形し、室温下で熱線法によって熱伝導度を測定した結果(表2)、平均約2.1W/mKの値が得られた。この値を基に地殻熱流量を計算すると約2.5W/m<sup>2</sup>となる。

表2 熱伝導度測定結果。熱伝導度の単位はW/mK、温度勾配の単位はK/m、地殻熱流量の単位はW/m<sup>2</sup>。

|       | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 平均   | 温度勾配 | 地殻熱流量 |
|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 500m  | 2.44 | 2.48 | 2.60 | 2.51 | 1.30 | 3.26  |
| 1000m | 1.82 | 1.80 | 1.78 | 1.80 | 1.20 | 2.16  |
| 1200m | 1.72 | 1.73 | 1.69 | 1.71 | 1.20 | 2.05  |
| 1400m | 2.33 | 2.28 | 2.26 | 2.29 | 1.20 | 2.75  |
| 1600m | 2.00 | 2.19 | 2.03 | 2.07 | 1.20 | 2.48  |

坑井地質はA-Gの7層に区分された。

A層(0-5.0m)：黄褐色の礫混じり極粗粒砂からなり、崖錐堆積物と考えられる。

B層(5.0-350.5m)：灰色の塊状シルト質砂岩～砂質シルト岩からなり、砂岩または泥岩の細～中礫サイズの角礫を含んでいる。50mおよび90mの2カ所に厚さ数m程度の黒色泥岩、260mには厚さ10m未満の石灰質灰色細粒砂岩をそれぞれ挟んでいる。深度220mと320mでは膠着質底生有孔虫が僅かに産出した。まれに顆粒状黄鉄鉱(フランボイダルパイライト)を産出する。

C層(350.5-448.2m)：黒オリーブ色の泥岩からなる。破碎が著しく進行し、角礫岩状の外観を呈する。石灰分が相対的に濃集したやや白味を帯びた部分が破碎から取り残され、コアロック状になっている。方解石の幅1mm以下の細脈が発達する。孔径検層によると、この区間では孔壁が広がっており、孔壁崩壊が示唆される。また、自然ガンマ線値が高い値を示し、ガンマ線源として泥岩中の粘土鉱物が考えられる。まれに顆粒状黄鉄鉱を産出する。

D層(448.2-545m)：砂岩卓越の砂岩泥岩互層からなり、細礫サイズの砂岩角礫を含んでいる。顆粒状黄鉄鉱を産出する。

E層(545-585m)：黒オリーブ色の泥岩からなる。方解石の幅1mm以下の細脈が発達する。自然ガンマ線値が高い値を示し、ガンマ線源として泥岩中の粘土鉱物の寄与が考えられる。顆粒状黄鉄鉱を産出する。

F層(585-1,295m)：泥岩卓越の砂岩泥岩互層からなり、下方に向かって泥岩が卓越していく傾向が見られる。細礫サイズの砂岩礫がしばしば見られる。深度605mから下位では、底生有孔虫化石が極少量ではあるが連続的に産出する。顆粒状黄鉄鉱を普遍的に産出する。

G層(1,295-掘止2,038m)：基質に泥質分を含んだ礫岩からなる。礫岩は礫質支持礫岩と基質支持礫

岩が 20-100m 単位で互層し、基質卓越部では自然ガンマ線値が相対的に高い値を示す。上部の 1,300-1,500m では孔壁拡大が著しいが、深度 1,400m でのコア観察では顕著なクラックが見られなかった事から、コア採取時の泥水条件による孔壁破壊である可能性がある。基質部からは F 層と同様の底生有孔虫化石を産出する。顆粒状黄鉄鉱を産出する。

周辺地質調査、および微化石分析の結果を総合すると、本観測井の地層は下部中新統上部～中部中新統下部の神川（かのがわ）層に対比される（14 年度報告書参照）。本ボーリング調査によって、複雑な地質構造を示す加茂川低地帯の層序が整理されたことが重要な成果である（図 10）。

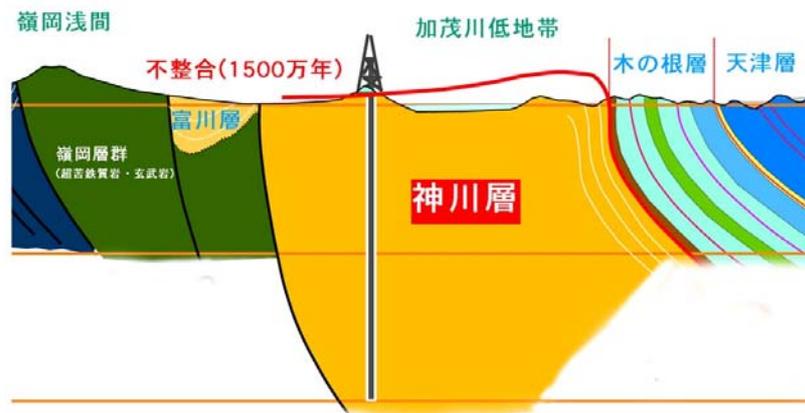


図 10 今回のボーリング調査、および周辺の地表地質調査によって明らかにされた加茂川低地の南北模式断面（左側が南）  
神川層は木の根層に不整合で覆われる。

2) 山北南観測井における成果

a) 掘削工事の概要

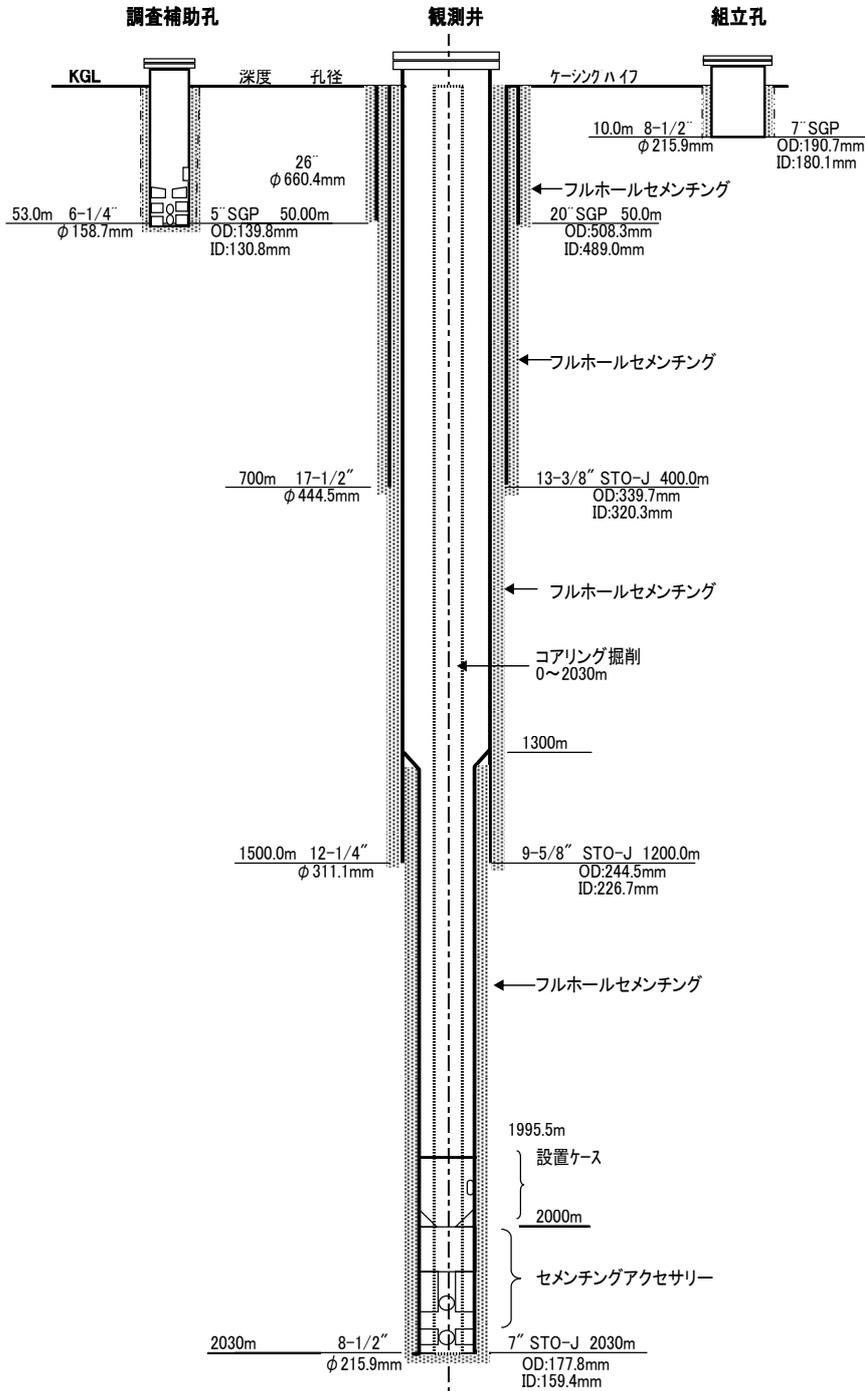


図 11 山北南観測井の概念図

図 11 の観測井概念図に示す調査観測井の掘削を計画した。そのケーシングプログラム（観測井ケーシングパイプの諸元長さ）は次の通りである。

表3 ケーシングパイプ諸元 (暫定)

| 段   | 深度<br>(m)   | 管種          |                            | 重量<br>(kg/m) | 外径<br>(mm) | 内径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) |
|-----|-------------|-------------|----------------------------|--------------|------------|------------|------------|
|     |             | (サイズ)       | (グレード)                     |              |            |            |            |
| 第1段 | 0～50        | 20"         | JIS-G3452 SGP<br>Sch20     | 117.0        | 508.0      | 489.0      | 9.5        |
| 第2段 | 0～700       | 13-3/8<br>" | JIS-G3439,STO-J            | 81.1         | 339.7      | 320.5      | 9.6        |
| 第3段 | 0～1500      | 9-5/8"      | JIS-G3439,STO-J            | 53.6         | 244.5      | 226.7      | 8.9        |
| 第4段 | 1300～1995.5 | 7"          | JIS-G3439,STO-J            | 38.7         | 177.8      | 159.4      | 9.2        |
|     | 1995.5～2000 | 7"          | 方位設定機構付非磁<br>性ケーシング L=4.5m | 47.6         | 177.8      | 154.8      | 11.5       |
|     | 2000～2010   | 7"          | JIS-G3439,STO-J            | 38.7         | 177.8      | 159.4      | 9.2        |
|     | 2010～2030   | 7"          | フロートシュ・カラー付菅<br>STO-J      | 38.7         | 177.8      | 159.4      | 9.2        |

調査観測井の工事には、ロータリー式掘削機が使用された。一般に、ロータリー式掘削機（ロータリーテーブル型ドリル）は、ロータリーテーブル（ターンテーブル）と呼ばれる回転装置とドローワークスと呼ばれる巻上げ装置が主要な機能であり、送水ポンプ、櫓、サブストラクチャー及びこれらを駆動する為の原動機等の装置から構成される（図 12）。大まかには、ロータリーテーブルドリルの巻上げ装置であるドローワークスは、掘削具（ロッド、ビット）の巻上げ、降下やロータリーテーブルに回転を伝達する機能を有する。また、ロータリーテーブルはロッドを回転させ、最下部のビットを回転し岩盤を粉砕し、掘り進むものである。

ロータリーテーブルの回転は、一般にドローワークスの主軸からローラチェーン伝動され、ベベルギヤにより伝えられる。テーブルの回転部は、ボーリングロッドやビット、ケーシングなどを通過させるため四角状ないし六角状の穴が貫通している。テーブルにはマスターブッシング（テーブルブッシング）とケリードライブブッシングと呼ばれるケリーロッド（ケリーバー）に回転を伝える装置が挿入される。ロータリーテーブルでは、接続したボーリングロッドの最上部に正方形断面または正六角形断面のケリーロッドを1本接続して、マスターブッシング、ケリードライブブッシングの角部を利用して回転をロッドに伝える。ケリーロッドは、ドローワークスによりワイヤロープでつり下げられ、巻上・降下が行われる。ロッドの継ぎ足しは、ケリーロッドの長さ分を掘削すると、いったんその長さ分だけ巻き上げ、ケリーロッドをはずして追加するロッドを順次繋ぐ。クラウンブロックなどは、ボーリングの櫓の頂点につけ掘削器具の昇降に使用する滑車装置である。ウォータスイベルは、送水ポンプからの泥水などの流体を回転しているボーリングロッド内に送る装置である。回転しているビットによって粉砕された岩石（スライム）は、泥水の循環によって、地上に運び出される。

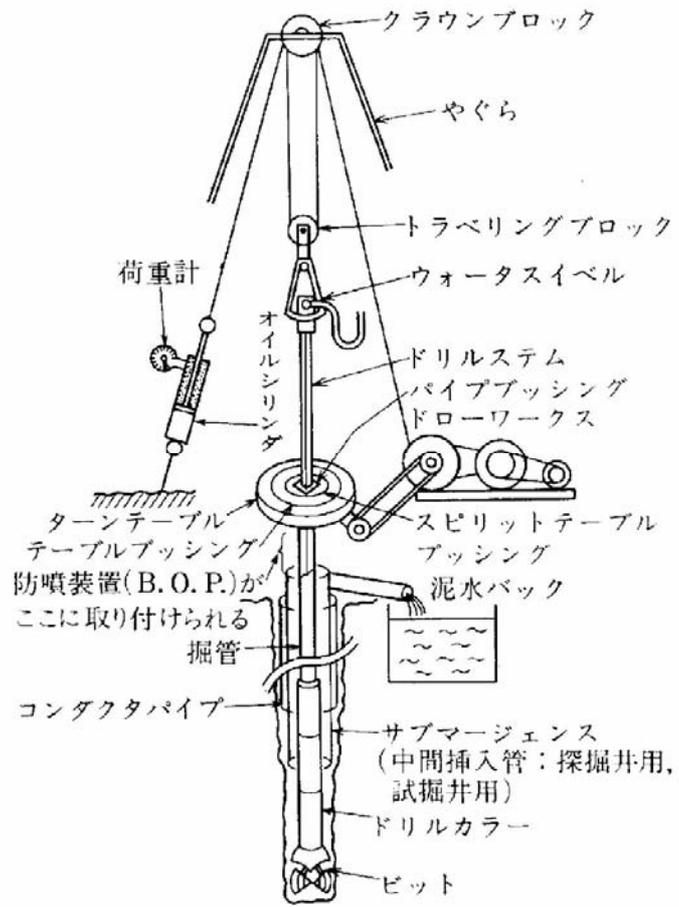
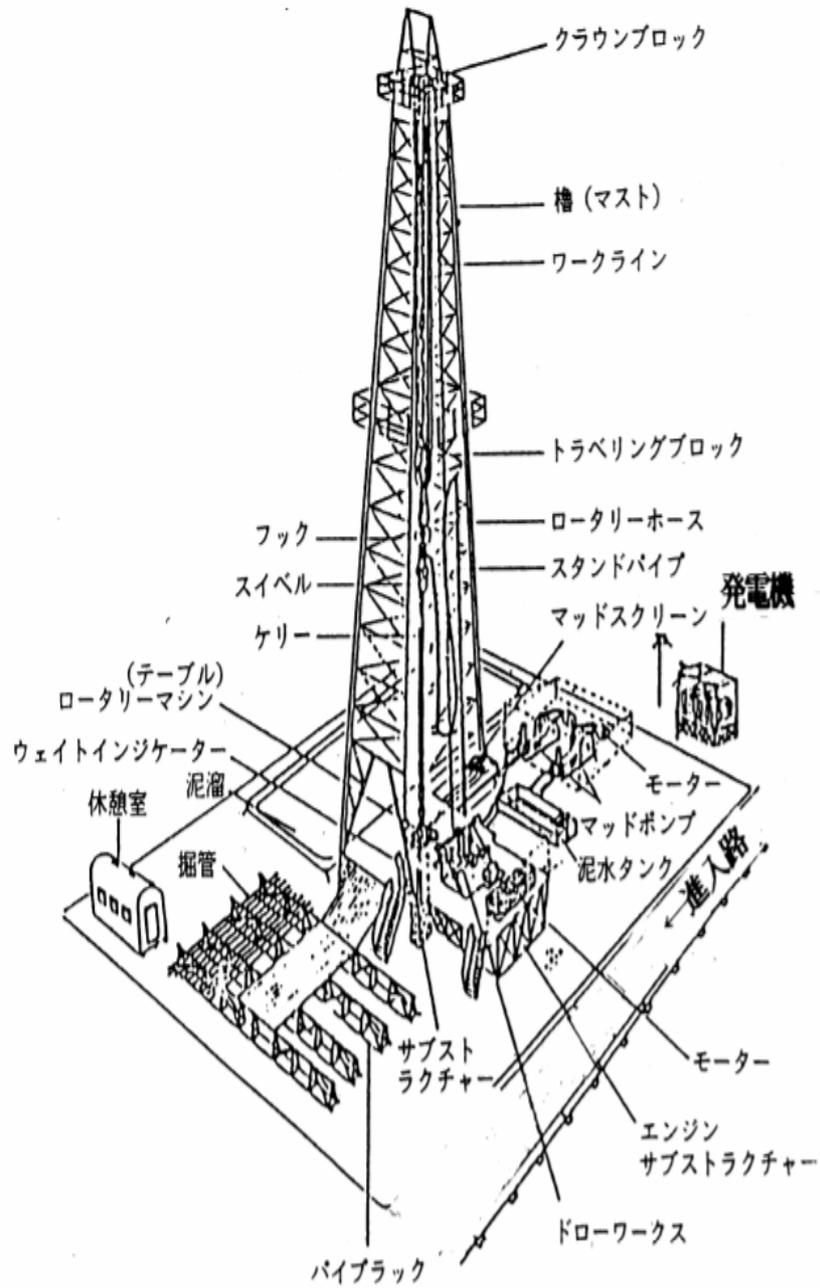


図 12(a) ロータリー式掘削機の模式図 (ボーリングポケットブック : 1993による)



ロータリー式掘削機 配置図

図 12(b) ロータリー式掘削機の作業配置図

山北南観測井の掘削における櫓の組み立ての様子の写真、現場の全景を図 13, 14 に示す。



図13 槽設営風景（左図 サブストラクチャーの組み立て、右図 槽の組み立て）



図14 掘削装置遠景（東方より望む）

#### b) コア試料の解析結果

コアの採取はHQ(97.5mm)サーフェスダイヤモンドビットを用いて、計画深度約2,000mのうち50%までを回収する事を目標にオールコアで行った。さらに、孔底においてスポットコアリングを行った。また、掘進5.0m毎にカッティングスを採取し、500ml瓶に入れ保管した。採取されたコア試料については、詳細な地質学的検討が進行中であり、ここでは暫定的な記載が終了した深度300mまでの区間について報告する。深度150mまでのコアを図15に示す。

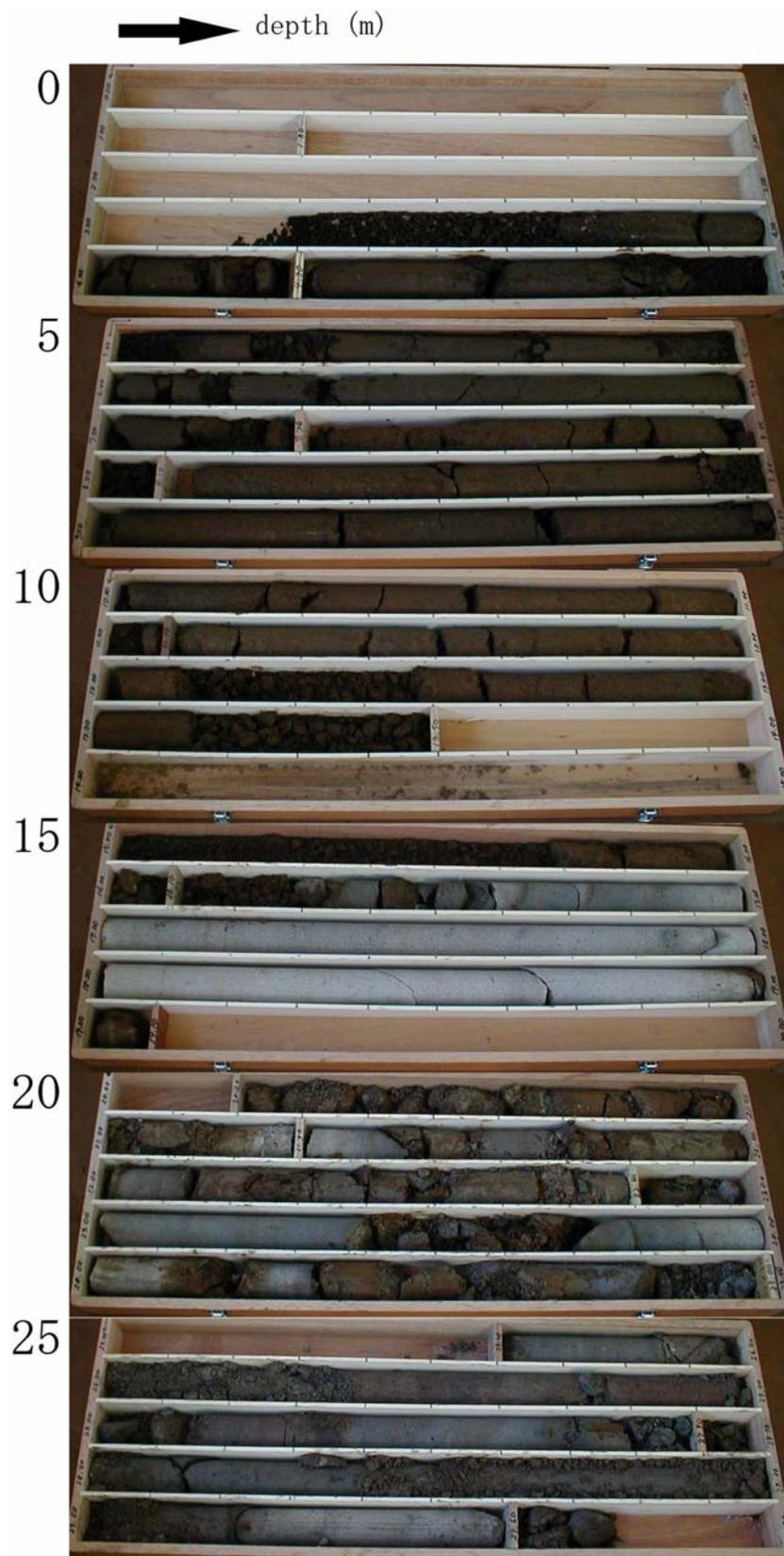


図1 5(a) 山北南観測井で得られたコア写真 (0~30m)

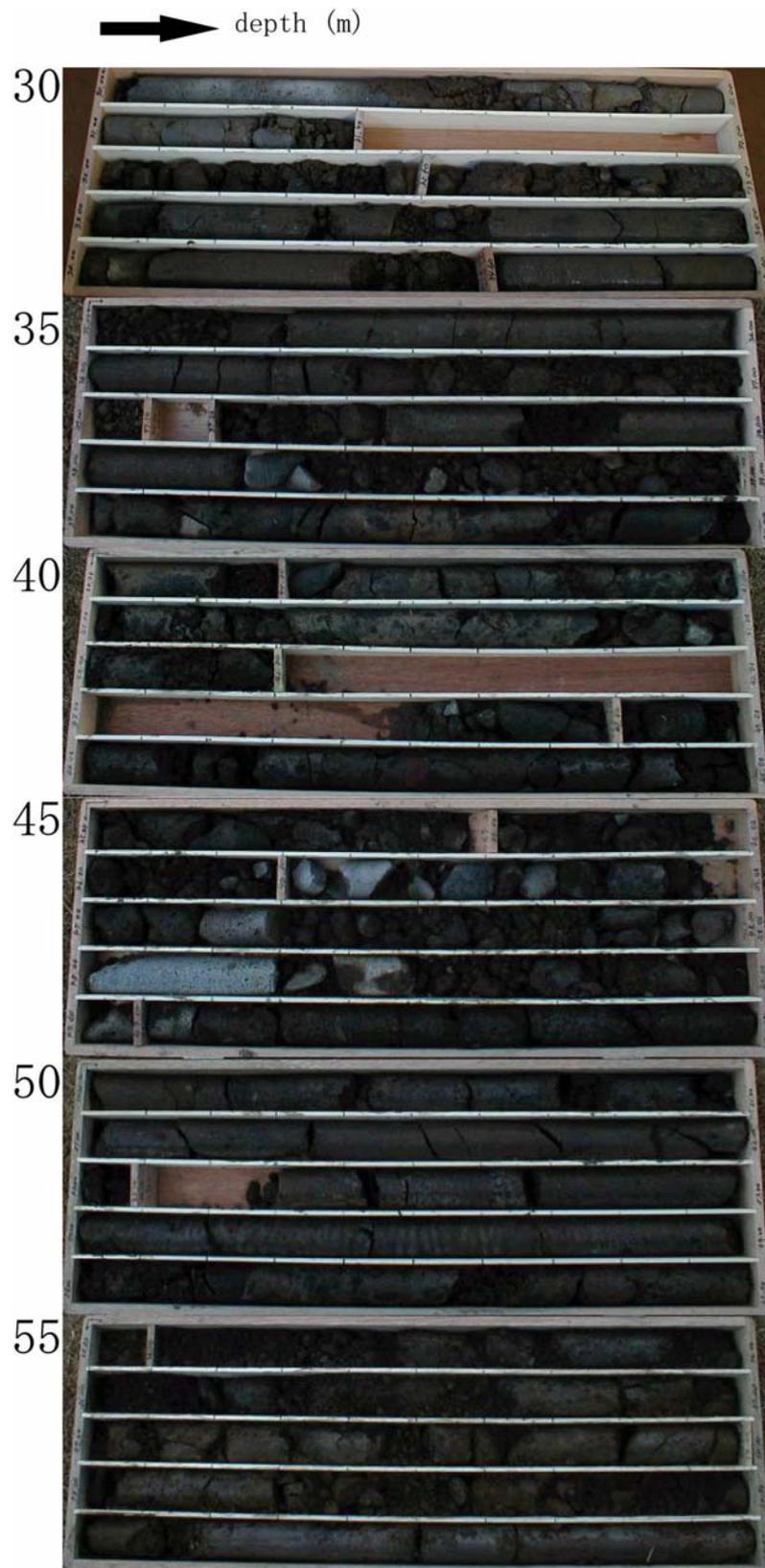


図15(b) 山北南観測井で得られたコア写真 (30~60m)

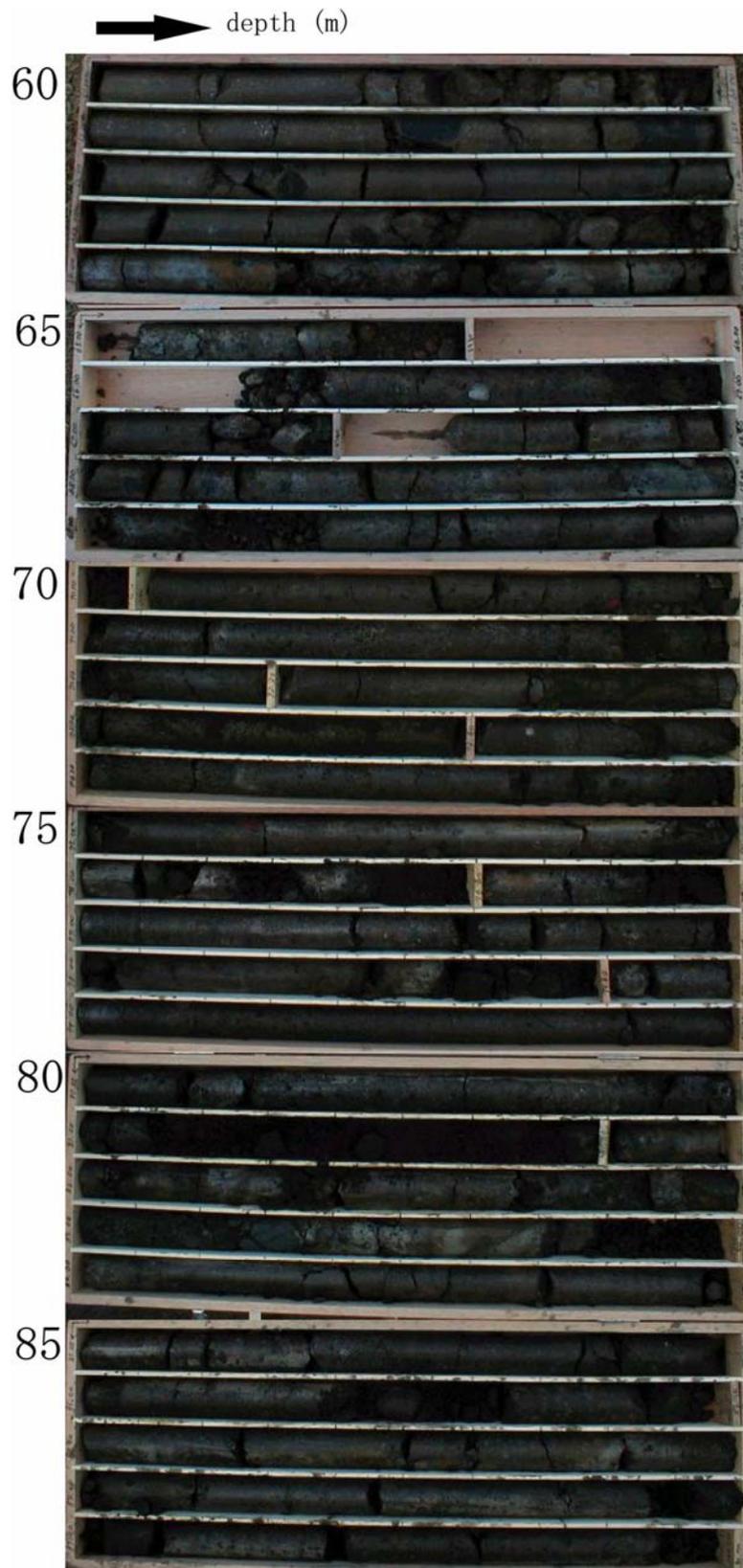


図1 5(c) 山北南観測井で得られたコア写真 (60~90m)

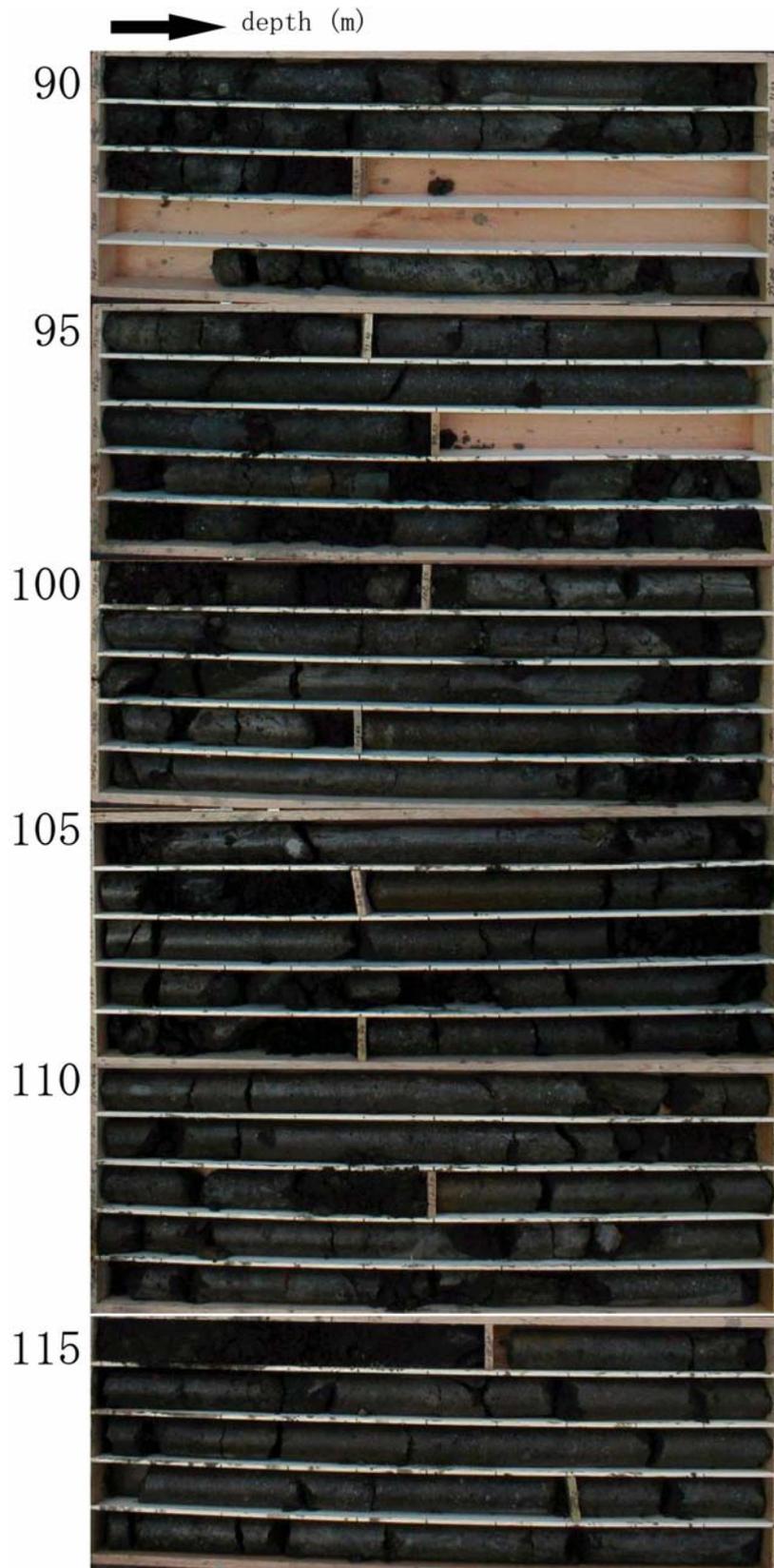


図1 5(d) 山北南観測井で得られたコア写真 (90~120m)

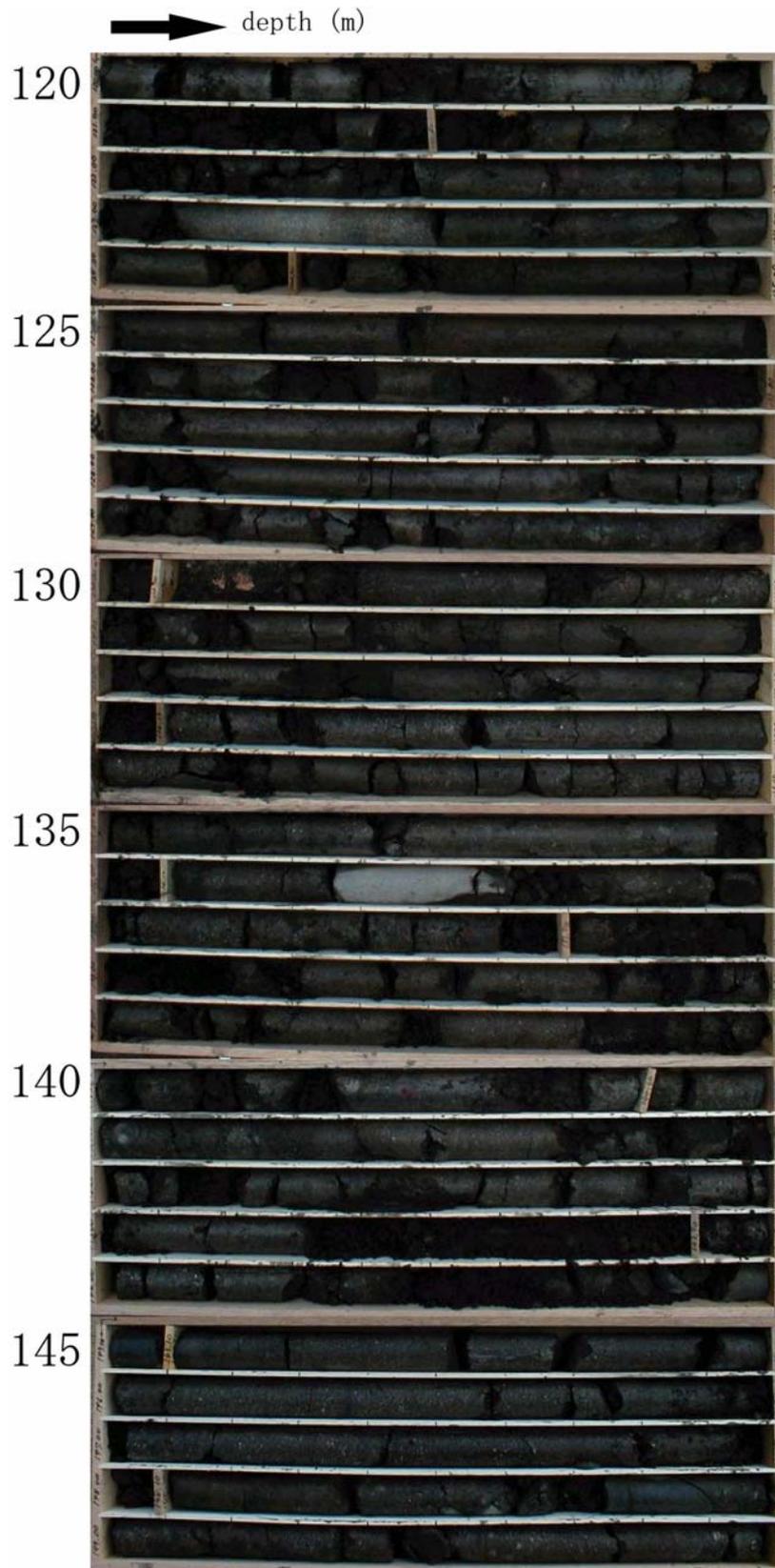


図1 5(e) 山北南観測井で得られたコア写真 (120~150m)

コアの観察により、暫定的な柱状図を作成した（図 16）。コア回収率は、深度 300m までの区間で約 94%である。コアで得られた地質は、岩相上 2層に区分される。最上部 13.5m までは、スコリアを多く含むローム化した火山碎屑物層から構成される。深度 15m よりも下位には、輝石安山岩、および同質の凝灰角礫岩が、コア記載を行った深度 300m まで続いている。地層の傾斜は不明瞭であるが、水平、もしくは非常に緩やかであると考えられる。コアで見られる亀裂には明瞭な条線を伴うものがあり、またごく僅かではあるが粘土を挟む。この粘土は掘削泥水による可能性もあるが、ここでは条線を伴う亀裂を小断層として扱った。これらの条線はほぼ鉛直方向である。コア回収されなかった区間に小断層が存在する可能性もあるが、コアで見られる亀裂等の発達と比較的軽微であり、全体としてはあまり構造的変形を被っていないものと考えられる。

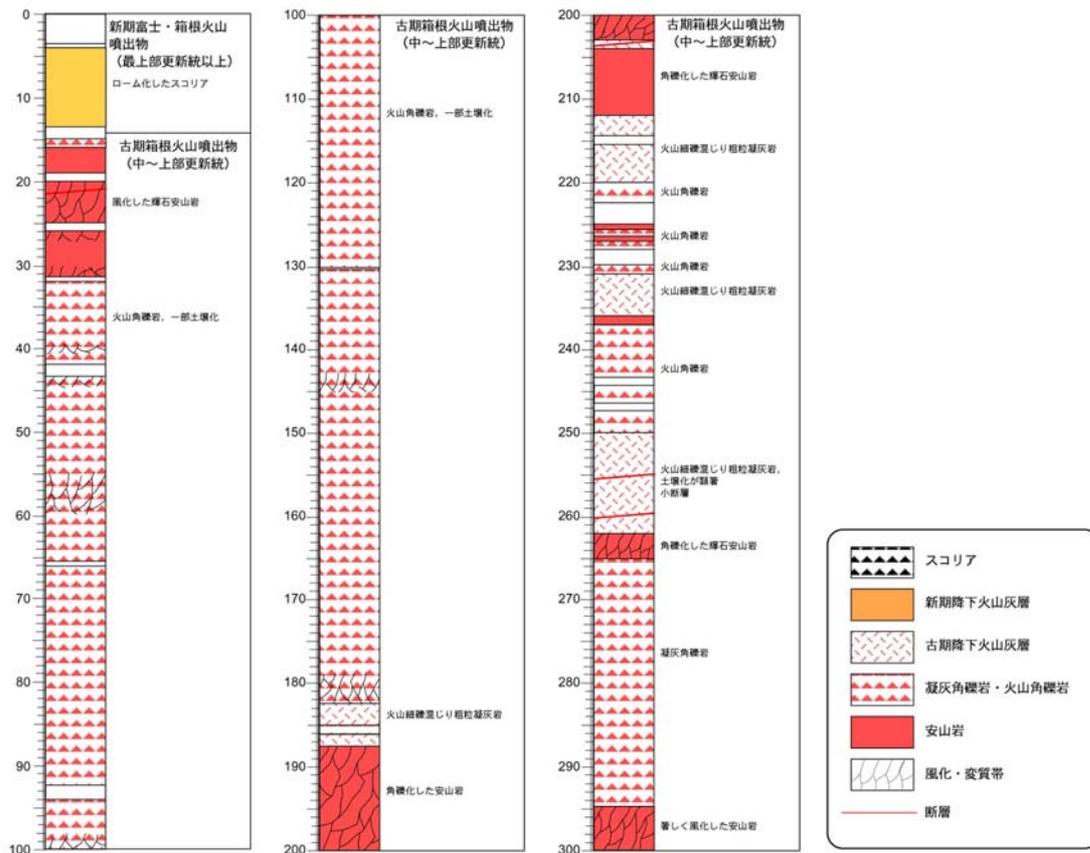


図 16 山北南観測井における、深度 0～300m までの地質柱状図（暫定版）

最上部の深度 13.5m までの地層は非常に軟弱であり、黄土色をしたスコリア質のテフラである（図 17）。スコリアは黒色または赤色を呈し、亜角礫状で細礫～中礫サイズである。基質は粘土質のスコリアで、風化により著しくローム化している。これらは最上部更新統以上の富士山または箱根火山噴出物と考えられる。

深度 15m～300m までの地層は、斜長石の斑晶を多く含む輝石安山岩、および同質の凝灰角礫岩から主に構成される。輝石安山岩は新鮮な箇所では灰色であるが（図 18）、しばしばクラックが発達して著しく風化し、土壌化して暗褐色を呈する。コアにおける安山岩の厚さは 10～20m に達することもあるが、いわゆるクリンカー等の構造は不明瞭であり、溶岩なのか凝灰角礫岩に含まれる巨礫なのかは判断しがたい。凝灰角礫岩は、非常に淘汰の悪い安山岩質の角礫およびスコリアからなる（図 19）。基質は粘土質の暗褐色粗粒凝灰岩であり、軟弱で乾燥すると崩れやすくなる。安山岩角礫は数 cm～数 m 大

のものが多く含まれる。これらの岩相は更新統の“箱根古期外輪山”噴出物に対比されるものと考えられる。したがって、これらのコアの解析により、箱根火山の形成史を明らかにするうえで重要なデータが得られるものと期待される。

以上の地層対比の根拠および詳細な年代層序学的検討については、この報告書の「大深度ボーリング試料による地質年代調査」を参照されたい。



図17 コア最上部（深度4m）付近のローム化したスコリア層。コア箱の目盛り間隔は10cm。最上部は40cmは基質をほとんど含まず、多孔質で細礫大のスコリアのみが回収された。



図 18 深度 20～24m 付近の輝石安山岩。クラックに沿って著しく風化変質し、一部は土壌化している。



図 19 深度 49m 付近のスコリア質凝灰角礫岩。非常に淘汰が悪く、基質支持。

### c) 観測井周辺地域の地質調査

山北南観測井で得られた坑井地質を理解するため、周辺地域の地表地質調査を行った。これまで、観測井周辺では多くの地質学的研究が行われ、地質図が作成されてきた。このうち、観測井の掘削された山北町丸山の南斜面前面に活断層（日向断層）の存在を予測した徐(1995)の地質図に基づく、本ボーリング掘削地点には海成鮮新統の足柄層群日向層（根石層）が分布し、深度 500～1000m で日向断層を貫く事が予想された（図 20）。

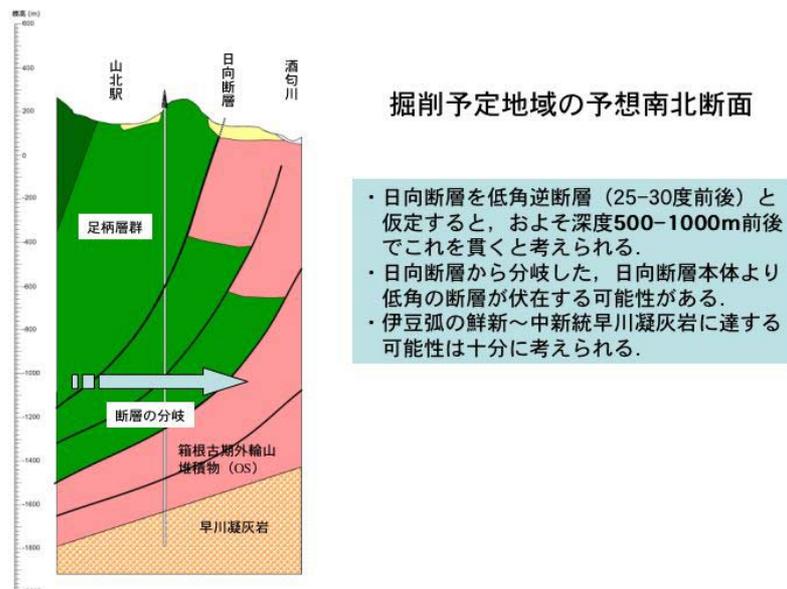


図 20 掘削前に想定された山北南観測井の予想南北断面。

しかし、これまでに述べてきたように、本掘削地点では掘削開始早々に“箱根古期外輪山”噴出物が認められたことから、改めて詳細な地質調査を行う必要に迫られた。

本地区は、北西-南東走向の右ずれ成分を持つスラストである松田北断層と、北東-南西走向の左ずれ成分を持つスラストの平山断層の交わる地域であり、非常に地質構造が複雑である事が予想された。特に、本掘削地点の丸山、およびその西に連なる浅間山・城山は、足柄丘陵本体から孤立した分離丘陵であり、またこれらの頂部には平坦面が見られ段丘の可能性が指摘される事から、その成因はこの地域のアクティブテクトニクスと密接に関連している可能性がある。

表層地質の踏査にあたっては、こうした地質構造の複雑さとその持つ意義を勘案し、分離丘陵部分については特別に詳細かつ網羅的な調査を行う事とした。現在までに延べ日数で2週間余り調査し、また航空写真実体視による地形判読を行ったが、まだ未解決な課題も多く、地質図の完成およびそれによる坑井地質の意味づけには至っていない。現時点までの暫定的な地質図を図 21 に示す。

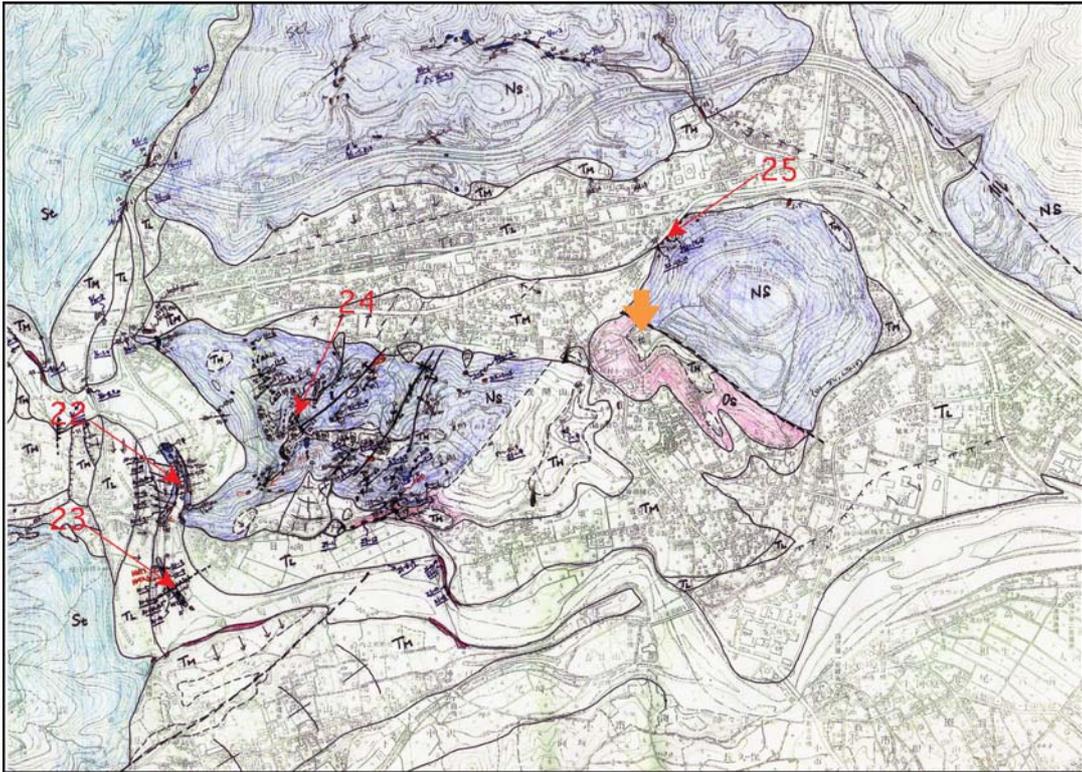


図 21 山北南観測井周辺の地質図（暫定）。浅間山南東斜面については、網羅的に踏査したものの露頭が無く、地質区分を保留している。橙色の矢印が観測井掘削地点を示す。Ns: 足柄層群根石層、St: 足柄層群瀬戸層、Os: “箱根古期外輪山”噴出物。段丘面は多数識別されたが、ここでは大きく上位(TH)、中位(TM)、下位(TL)の3つに区分した。段丘面上の矢印は段丘面が傾いている方向を示す。これらの傾きは構造的な要因によるもの他に、浸食作用によるものも含まれると考えられる。段丘面の輪郭が波線であるものは、古い段丘面で開析が進んでいる事を示す。扇状地、崖錐、現河床堆積物については、凡例を示していない。図 22～25 の写真撮影位置を赤い番号で示した。

本調査によると、城山や浅間山の足柄層群根石層は北東-南西の褶曲軸をもつ背斜と向斜を繰り返している事が判明した。断層は松田北断層と平行な北西-南東走向をもつ断層、日向断層と平行な東西走向をもつ北落ちの逆断層、平山断層と平行な北東-南西走向をもつ断層の3方向が卓越する。

ボーリングコアの解析と合わせ、さらなる表層地質の解析を行うことにより、この地域のテクトニクスを明らかにしていく事が今後の重要な課題となる。



図 22 高瀬橋上流の酒匂川河床に露出する足柄層群根石層のタービダイト砂岩を挟む泥岩。地層の上下判定を行った結果、この露頭では地層が逆転している事が判明した。



図 23 高瀬橋下流の酒匂川河床における日向断層の露頭。鮮新統の足柄層群根石層（右側の青灰色の地層）が、約 8 万年前の小原台軽石層（左側の橙色の地層）に衝上している。



図 24 城山山頂部に分布する巨礫層。中央のスケールが 1m。巨礫は円礫で、丹沢山地起源の緑色岩および閃緑岩の礫から主に構成される。



図 25 丸山北斜面に露出する足柄層群根石層の火山礫を多く含む礫岩。固結度や変質度によって、“箱根古期外輪山”の噴出物と区別される。

### 3) 物理検層および垂直地震波探査(VSP)の測定結果

#### a) 概要

##### i) 物理検層

物理検層は、ボーリング孔を利用し、ソースとセンサを備えた検層ゾンデにより孔壁極近傍の地層の物理的性質を原位置で詳細に計測するものである。物理検層の概念図を図 26 に示す。検層項目として、音波検層（音波領域における P 波弾性波速度）、電気検層（比抵抗検層、自然電位検層）、密度検層、ガンマ線検層等を実施した。物理検層は裸孔内で行う必要があり、第 1 次検層は口径 17-1/2" で深度 310.0 m まで掘削後、9-5/8" ケーシングパイプ挿入前、また第 2 次検層は口径 8-1/2" で 2000.0m まで掘削、7" ケーシングパイプ挿入前に実施された。

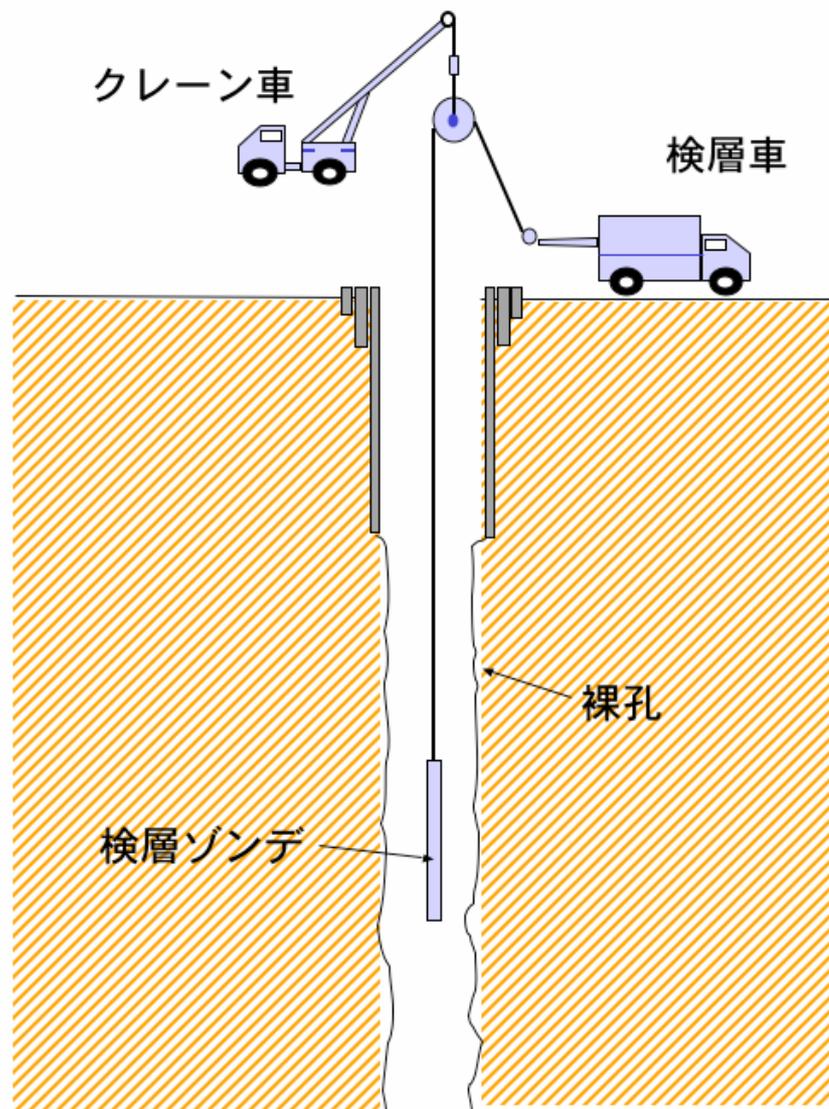


図 26 物理検層概念図

ii) 垂直地震波探査 (VSP)

図 27 に垂直地震波探査 (VSP) 法調査の概念図を示す。垂直地震波探査 (VSP) は反射法地震探査の一種であり、地表の震源 (Vibrator) から下方に伝搬する直達波 (Direct Waves)、および地層境界で反射し上方に伝搬する反射波 (Reflected Waves) を観測井内の地震計 (Well Seismometer) で深さを密に変えながら繰り返し記録する。地震計の深度が既知であることから直達波を利用すれば速度構造を精度良く求めることができ、物理検層データや孔井地質データと詳細に対比することができる。垂直地震波探査 (VSP) は、ケーシングやセメンチングの影響を受けにくいことから、観測井完成後に実施された。Hinet 観測点として整備する関係上、7"非磁性台座を深度 2000.0m の位置にセットしている。これらの構造を避け、測定は 1990.0m までとした。

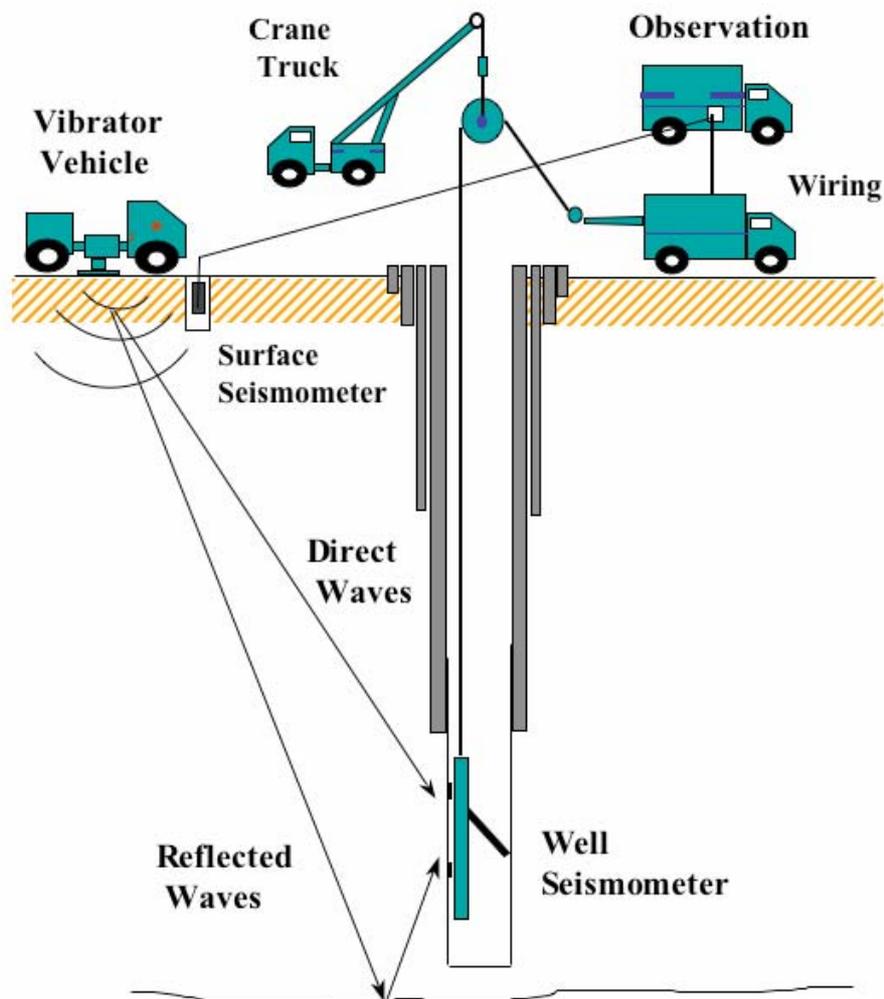


図 27 垂直地震波探査 (VSP) 法調査概念図

b) 物理検層

i) 比抵抗検層

比抵抗検層にはデュアルラテロログ(DLL)ツールを用いた。デュアルラテロ比抵抗検層は、孔内ゾンデの中央に位置する電流(主)電極から、地層方向へ平板的に集束された電流を流して地層の比抵抗を連続的に測定する方法である。電流をコントロールし、地層の奥深くまで侵入させて

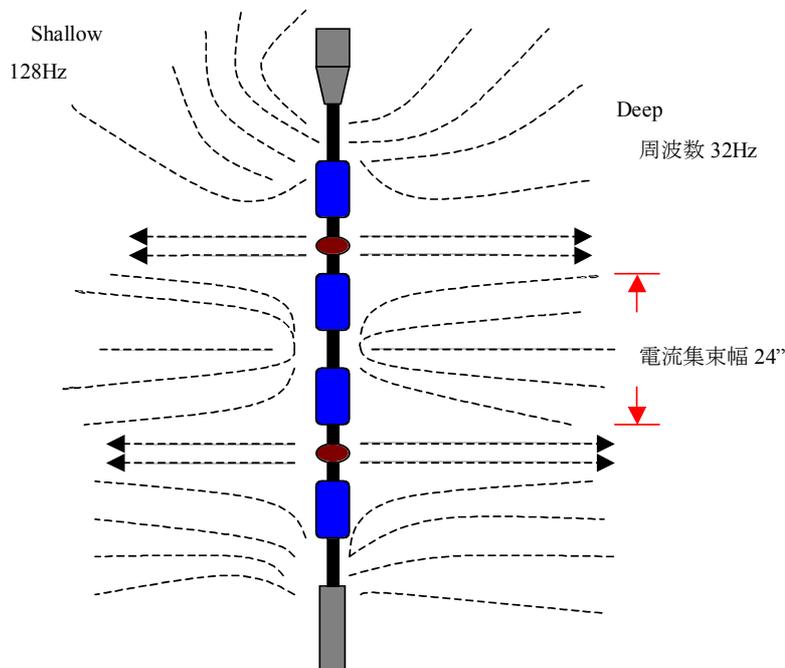


図 28 デュアルラテロ検層の電流パターン

地層深部の比抵抗を検出するものを **Deep Laterolog** という。一方、電流が孔壁近傍の地層で拡散するようにしたものが **Shallow Laterolog** であり、この両者を組み合わせて同時に測定するシステムをデュアルラテロ検層と称している。収束された電流は、地層中の影響を非常に小さくすることとなり、層厚の薄い地層の検出に対しても非常に優れている。また、対象層と隣接層の比抵抗に大きなコントラストがある場合もシャープに境界を求めることができる。

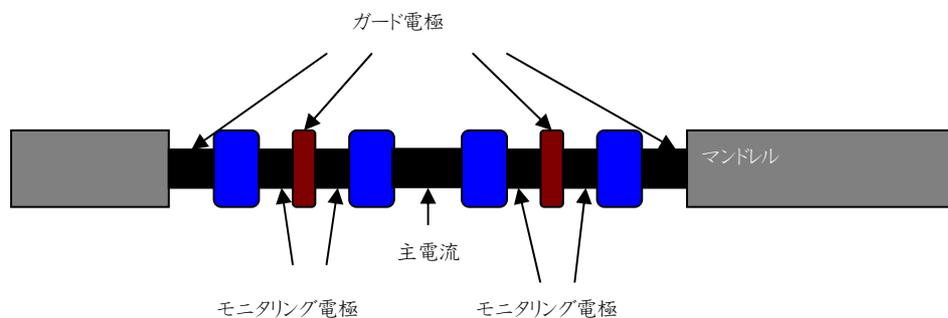


図 29 デュアルラテロ検層ゾンデの電極配置

デュアルラテロログでは同時に自然電位(SP)も測定することができる。自然電位検層は、掘削泥水と

地層水とが接触したときに、両者のイオン濃度の差によって発生する電気化学的な電位が主なものであり、地質の判定や対比に有効である。

ii) 音波検層（低周波ダイポールソニック）

音波検層には低周波ダイポールソニック(以下 LFDL)ツールを用いた。LFDL は従来型音波検層器の MONOPOLE 部と低周波発振音波検層器の DIPOLE 部の異なる2つの測定系より構成される。MONOPOLE 部では従来のフルウェーブ・ソニックと同様に発振された音波エネルギーは地層または孔壁を伝播し受信器に到達する。これらの受信波形を測定することにより地層の各種弾性波速度を算出する。DIPOLE 部では、低い発振周波数の音波エネルギーを平面よりなる発振子（二極

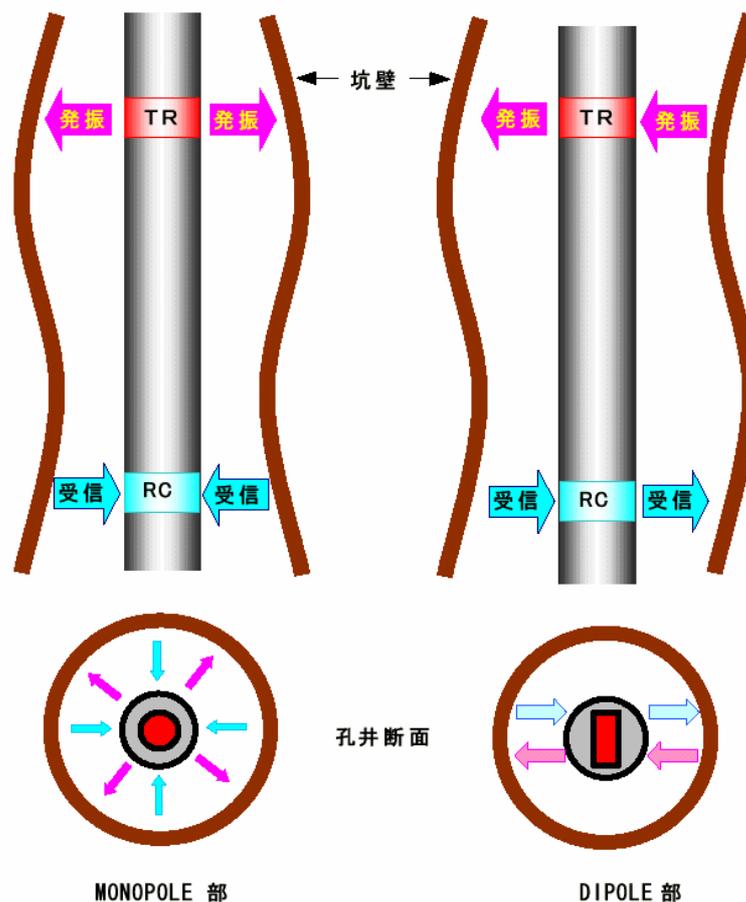


図 30 低周波ダイポールソニック検層概念図

発振) より孔軸（ツール軸）に垂直な2方向に非対称位相に発生し、同様に対面した2平面よりなる受信子により孔軸に垂直な2方向の音波エネルギーを受信測定する。DIPOLE 部の Magnetostrictive 発振子より発生した Flexural 波は低周波数領域において分散せず、Shear 波（S波）とほぼ等しい弾性波速度を示す。このため軟弱地層においてS波が測定できない場合でも間接的にS波速度を推定することができる。

この低周波ダイポールソニック検層により得られた弾性波速度は、通常の深度 - 速度プロットとともに、受信波形を輝度変調し連続的に出力した Variabl Density Log (VDL)としてログ上に表示される。VDLは全受信時間について波形情報が表示されるため、弾性波速度値では把握できない波形の反射や

位相ずれ等, 多くの孔内情報を知ることができる(図30参照)。

### iii) 密度検層

ゾンデ内のガンマー線源から地層にガンマー線を放射すると、地層の電子との衝突によってエネルギーの減衰と進路の変更が生じ、その一部が検出器に到達する。この度合いは地層の電子密度に比例し、電子密度と見かけ密度との間には一定の関係があるので、もどってくるガンマー線を測定することにより、地層の見かけ密度を測定することができる(図 31)。密度検層では孔内機器の孔壁密着度低下がデータに大きな影響を及ぼす。これは孔内機器の孔壁密着度が低下すると、孔壁と測定器の間に泥水などが介在されるためである。これらの区間は総て孔径拡大箇所に対応し、岩質の物性値によるものではないと考えたほうがよい。

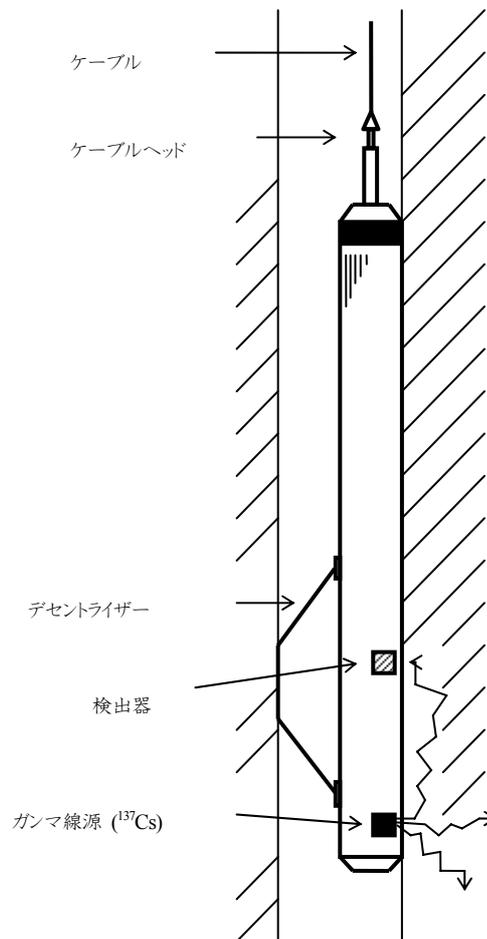


図 31 密度検層概念図

### iv) 検層結果

上記各種物理検層を行ったが、その結果を図 32 に示す。第 2 次以降に実施した検層についてはまだ整理の途中であるため、第 1 次 310m までの結果のみを柱状図として示す。検層項目は左から、SP/自然ガンマー、ラテログディープ/シャロー、密度、音波速度、バリアブルデンシティログ、および孔径である。

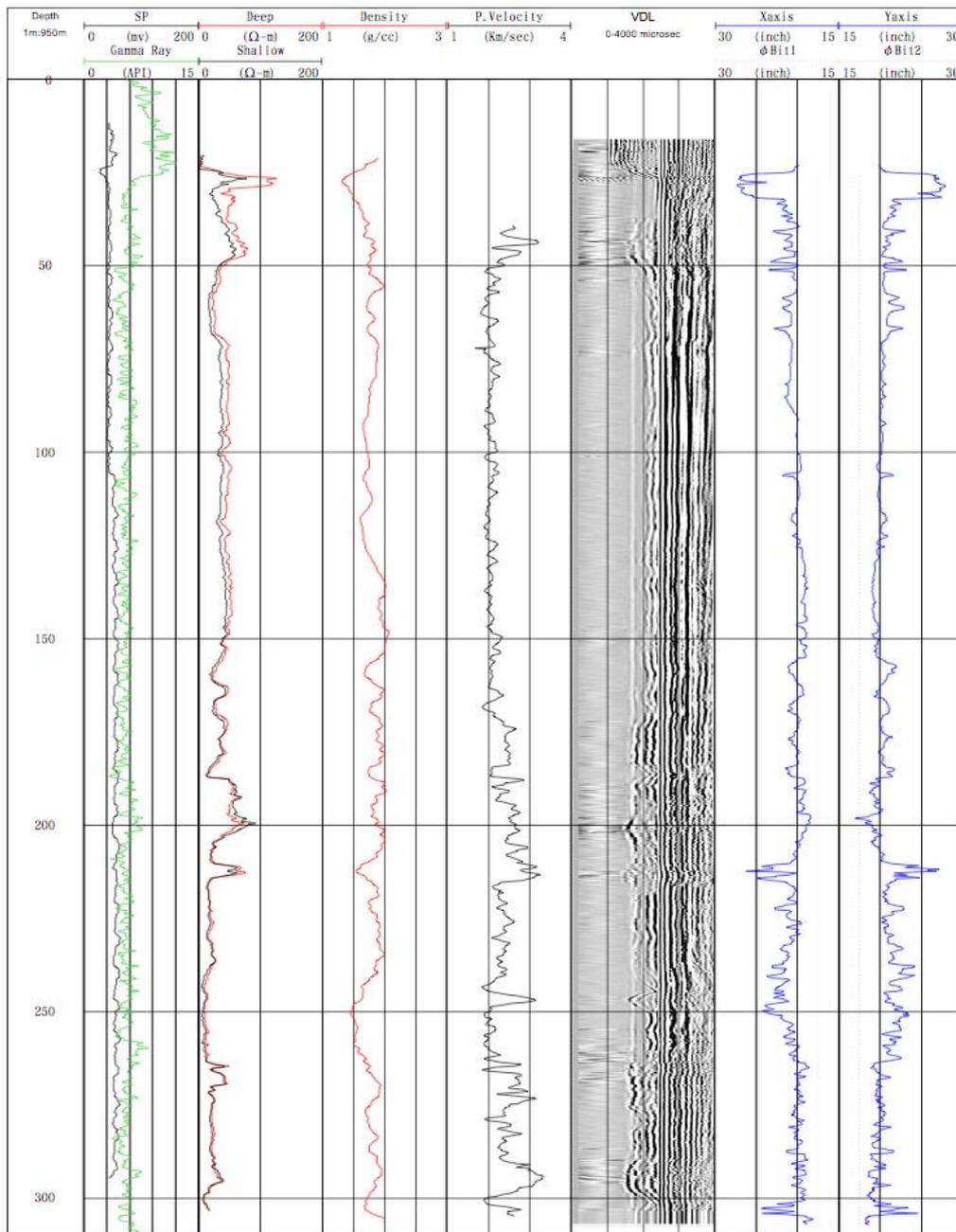


図 32 山北観測井（仮称）における物理検層結果（第1次310mまで）

図33に、未整理だった平成14年度の鴨川観測井における物理検層結果を示す。同様に、検層項目は左から、孔井地質、音波速度、密度、温度、SP、電気比抵抗、トータルガンマ、孔径である。

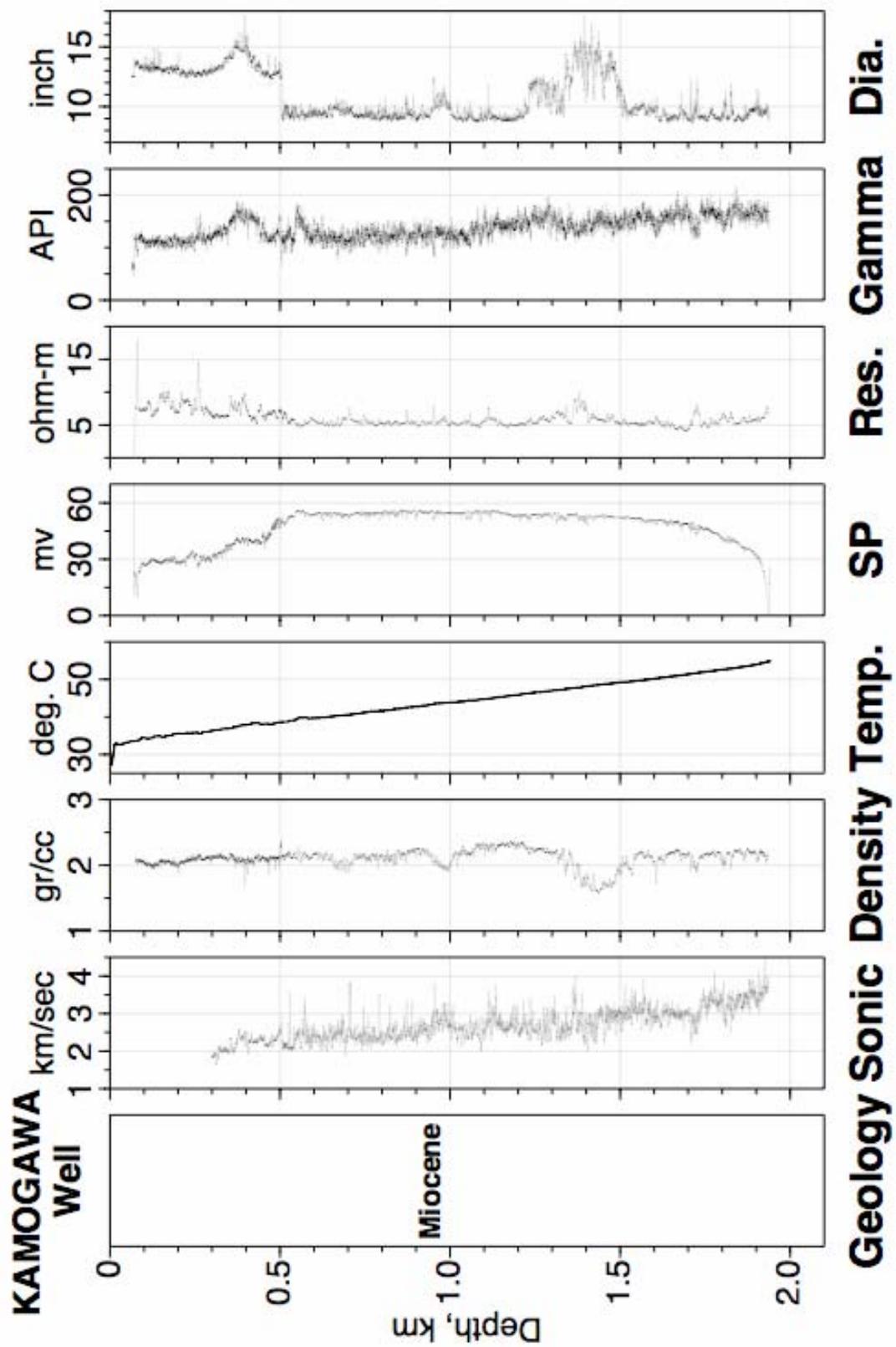


図33 鴨川観測井における物理検層柱状図

### c) 垂直地震波探査 (VSP)

VSPデータの処理・解析や地質的解釈等が未整理なので、平成14年度に実施した鴨川観測井(深さ2,000m)での測定結果を示す。

#### i) データ取得

本データ取得作業では、震源としてP波およびS波専用の2台を用意した。P波震源として大型バイブロサイスバイブレータ、S波用として小型のバイブレータである。S波バイブレータは、ウェイトを通常縦方向に振動させるものを、横方向にも振動可能なようにしたもので、S波を効率よく発生させることができる。これらの震源を敷地内あるいは近傍に配置し、観測井内3成分地震計を検層用の7芯アーマードケーブルに接続して井内に懸下し、測定深度に固定してP波記録及びS波記録を取得した。井内地震計の信号はケーブルを介して地上の記録器に送られ、増幅、AD変換等を行い、磁気テープ等に収録される。また、震源波形のモニターのために観測井孔口近傍に地震計を設置し、この記録を井内3成分データとともにテープ収録した。

#### ii) データ取得仕様

##### 観測井

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 深度     | : 1938.8m (地震計台座深度)             |
| 孔内状況   | : 4段ケーシング (フルホールセメンチング、最終段内径8") |
| 測定深度   | : 25-1925m                      |
| 測定間隔   | : 25m                           |
| 測定レベル数 | : 77                            |

##### 震源

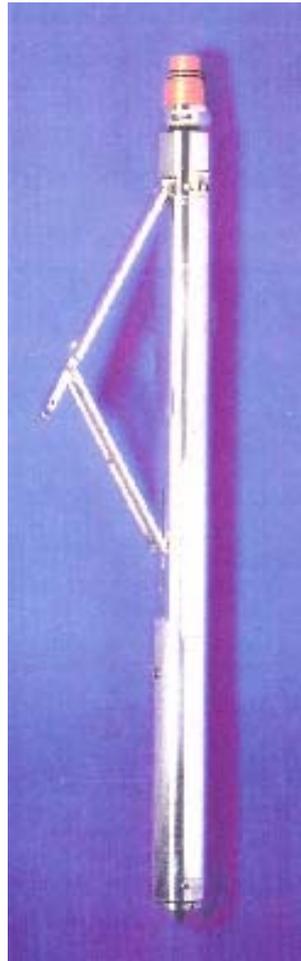
|      |                   |
|------|-------------------|
| P波震源 | : Y2400 バイブレータ 1台 |
| S波震源 | : ミニバイブレータ 1台     |

##### 測定条件

|         |                        |
|---------|------------------------|
| オフセット距離 | : 36m/140m (P波用バイブレータ) |
|         | : 36m/133m (S波)        |
| スイープ周波数 | : 10-80Hz (P波)         |
|         | : 10-60Hz (S波)、        |
| スイープ長   | : 20sec                |
| スイープ回数  | : 1-10                 |
| サンプル間隔  | : 2ms                  |
| 記録長     | : 8sec                 |
| フィルター   | : 4-180Hz              |
| 増幅器     | : 36db                 |

#### iii) 主要機器

|            |  |
|------------|--|
| 観測井内地震計    | : LRS-1300 (Western Atlas International 社製、図 34) |
| P波バイブレータ   | : IVI/Y2400 1台 (図 35)                            |
| S波ミニバイブレータ | : IVI/FAILING 1台 (図 35)                          |
| 記録器        | : GDAPS-4A (地球科学総合研究所製) 1式                       |
| その他車両等     | : 観測車1台、ワイヤーライン1式、クレーン車1台                        |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Seismometer</b>    |                               |
| Frequency             | : 10 Hz                       |
| Spurious Frequency    | : over 204 Hz                 |
| Preamplifier          | : 60db (max.)                 |
| <b>Capsule</b>        |                               |
| Length                | : 130cm                       |
| Diameter              | : 10.2cm (4 inch)             |
| Weight                | : 54.5 kg                     |
| Max. Pressure         | : 20,000 psi                  |
| Max Temperature       | : 177°C                       |
| <b>Clamp</b>          |                               |
| Applicable Diameter   | : 4 5/8 ~ 20 inch             |
| Clamping force/weight | : 7.3~2.9                     |
| Safety Mechanism      | : release arm (power failure) |

図 34 観測井内 3 成分地震計



| Vibrator                      | Vehicle         |
|-------------------------------|-----------------|
| Frequency Range : 5 – 250 Hz  | Length : 8 m    |
| Maximum Load : 13.6 ton       | Width : 2.45 m  |
| Weight of Moving Mass : 3 ton | Height : 3.35 m |
| Weight of Plate : 1.7 ton     | Weight : 18 ton |



| Vibrator                             | Vehicle           |
|--------------------------------------|-------------------|
| Frequency Range : 10 – 500 Hz        | Length : 6.05 m   |
| Maximum Load : 2.722 ton             | Width : 1.83 m    |
| Weight of Mass : 0.141 ton           | Height : 2.40 m   |
| Weight of Plate : 0.174 ton          | Weight : 4.17 ton |
| Area of Plate : 0.657 m <sup>2</sup> |                   |

図 35 P 波(上)および S 波用(下)パイプレート概観および仕様

図 36 に V S P 作業状況のスナップショットを示す。



図 36 V S P 作業風景、左から検層車、観測車、およびクレーン車  
バイブレータ震源は敷地外のため写っていない。

iv) データ解析

得られた記録を図 37 に示す。上下動記録は P 波バイブレータ震源によるもの、水平 2 成分は S 波震源によるものである。S 波震源による水平動記録は、先行する P 波の影響が見られず、ほぼピュアな S 波のみを記録している。このことは、S 波探査等における S 波バイブレータ震源の有効性を明瞭に示している。

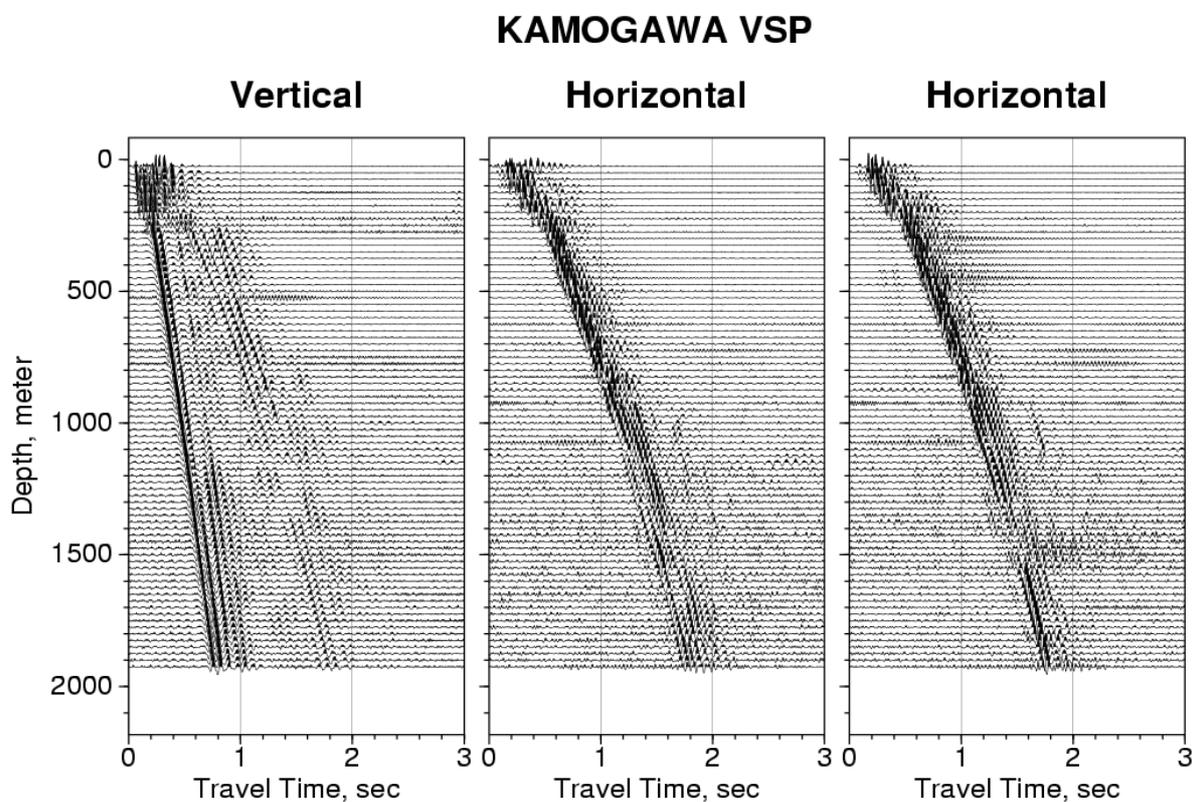


図 37 鴨川観測井 V S P で得られた 3 成分記録

P波およびS波速度構造については、以下の手順で解析を行った。

- ① 各深度間の初動付近の相互相関による初動走時の決定 (精度 0.1ms)
- ② 震源—井内地震計間の標高補正と直線波線を仮定した垂直走時補正
- ③ キュービックスプライン関数による測定間隔 (25m) の補正と欠測部分の補完
- ④ 走時曲線の数値微分による詳細速度構造の推定
- ⑤ 走時曲線、詳細構造、および孔井地質にもとづく平均的な層構造の推定

P波についてはP波震源による上下動記録を、S波についてはS波震源による水平動記録を使用した。さらにS波については、前処理として、原記録の水平動2成分に対して、各測定深度毎の地震計方位の違い(地震計の上昇降下などの移動にともなう回転による)を補正するために、各深度における水平成分の方位をそろえるスピローテーション処理を行った。すなわち、各深度におけるS波初動付近の主成分解析によりS波の到来方向を決定し、この方向に水平動2成分記録の回転変換を行い、S波が最も卓越するように再合成を行った。速度解析にはこの記録を使用している。以上の測定記録および前処理を行った記録を使用し、P波、S波の速度構造を上記に示した手続きに従って推定した。

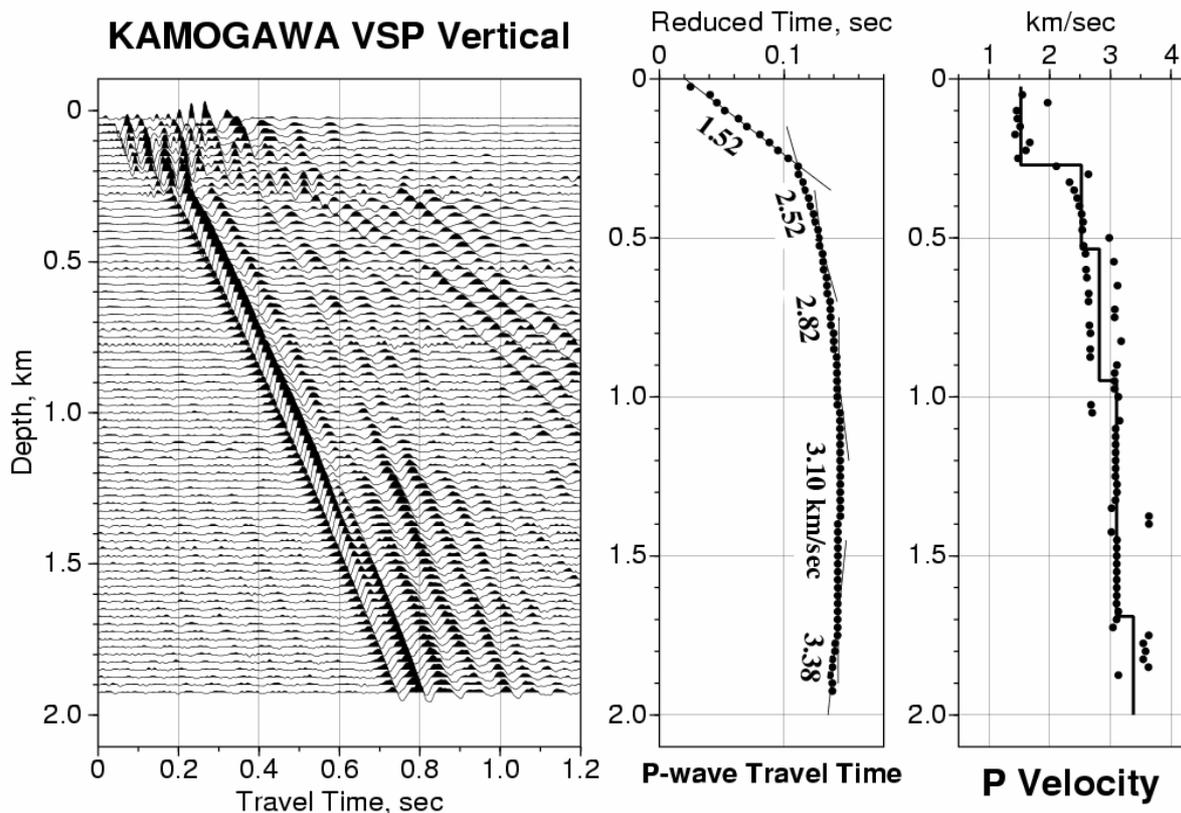


図 38 P波記録ペーストアップ (左)、走時曲線 (中央)、および速度構造 (右)

図 38 にP波震源による上下動記録 (左)、走時曲線 (中央、3.1km/sec で reduce)、および詳細速度構造 (黒丸) と平均的な層構造 (右) を示す。地表~300m を除き明瞭なP波初動が記録されている。求められた速度構造は、地表より、1.5、2.5、2.8、3.1、3.4km/sec としだいに増加する傾向を示している。

300m付近での速度コントラストがやや大きいのが特徴的である。300m以浅では、左側の記録に見られるように、孔内水を伝播するチューブ波などのP波に先行する波群が卓越しており、P波の読取り精度はやや低い、このためこの部分の推定された速度の精度もやや低い。従って、約300m付近に見られる境界は見かけのものである可能性が高い。地質柱状図においても、特に明瞭な境界は認められない。

図39にS波にかんする解析結果を示した。前図同様にS波震源による水平動記録(左)、走時曲線(中央、1.4km/secでreduce)、および詳細速度構造と平均的層構造(右)である。P波の記録同様孔底までピュアなS波を追跡することができる。推定されたS波速度は、地表から、0.65、1.0、1.2、1.4、1.7km/secとほぼ直線的に増加する。約300mまでは、増加の割合がやや大きいように見える。そのため平均的な層構造では、P波の場合と同様に300m付近にやや大きなコントラストが現れている。300m以浅は、P波、S波、チューブ波などが十分に分離する距離ではなく、チューブ波が優勢だった今回の測定では、その影響が取り切れていないものと思われる。このことによる精度の低下を考慮しても、浅部で速度増加の割合が大きくなる傾向が認められる。

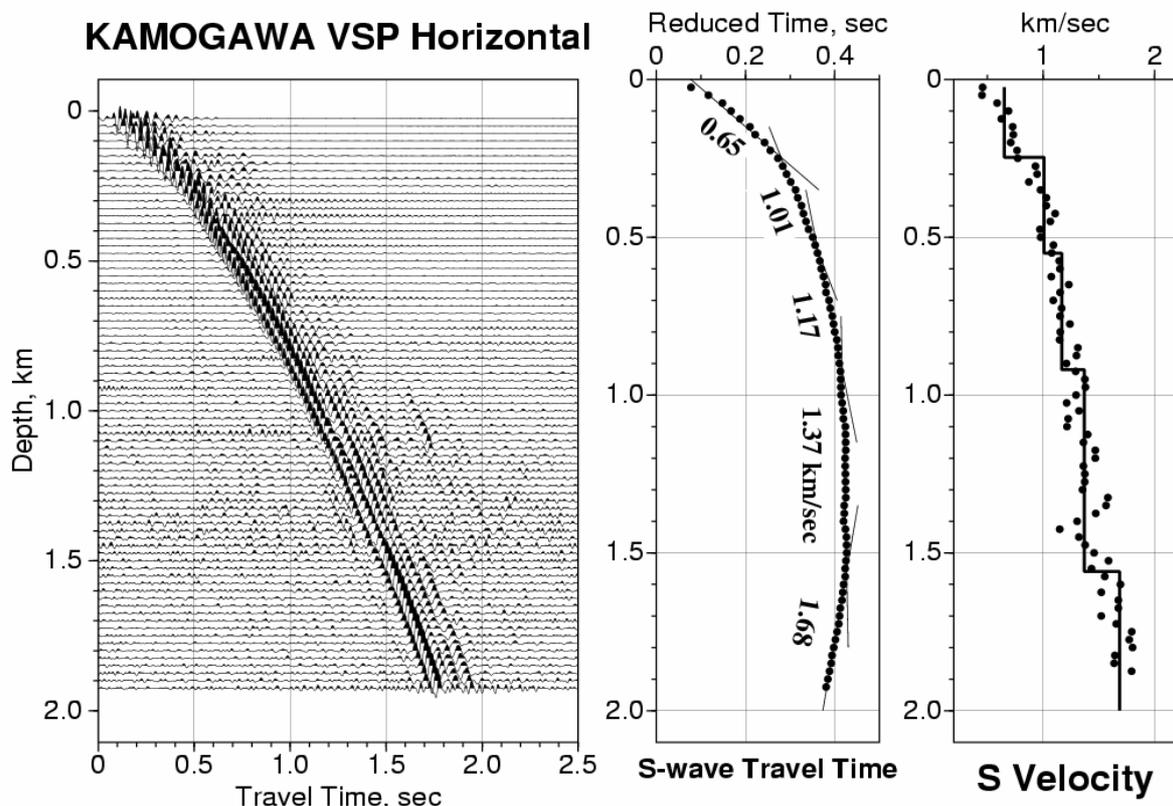


図39 S波記録ペーストアップ(左)、走時曲線(中央)、および速度構造(右)

#### v) VSPによる速度構造

前節で得られたようなP波S波速度構造は、浅部地殻の物性に関する基礎データであり、高感度地震観測網などによる観測結果を精密に処理解析し、得られた結果を正しく理解する上で不可欠のものである。また、物理検層データなどとともに、テクトニクスを解明するための基礎資料としても重要である。地震工学的には、特にS波を含む速度構造は、実際の地震動の周波数帯域でのものであり極めて有用なものである。

図 40 に、孔井地質/岩相柱状図、VSPによるP波S波速度構造、および物理検層結果の比較を示した。孔井地質は単純で、全層中新統である。岩相区分は地表より、B：シルト質砂岩～砂質シルト岩、C：泥岩、D：砂岩・泥岩互層、E：泥岩、F：砂岩・泥岩互層、およびG：泥質礫岩となっている。P波S波速度は前節で論じたように、ほぼ深さとともに増加する構造となっている。物理検層項目として、地層の弾性に関する音波速度及び密度検層結果のみを挙げた。

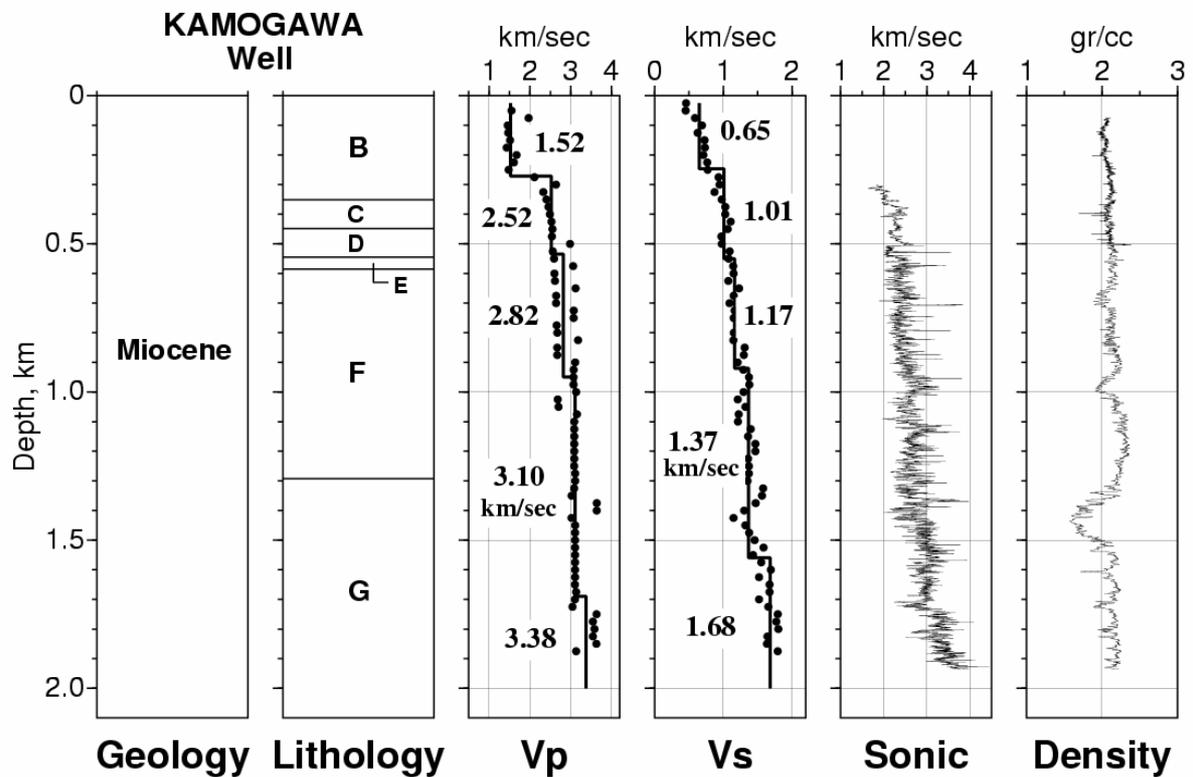


図 40 孔井地質・岩相柱状図、VSPによるP波及びS波速度構造、および音波・密度検層データの比較

#### 4) Hi-net 整備

掘削されたボーリング孔を利用してHi-netを整備し、強震動予測の研究を推進するための基礎データを得ることとなっている。本年度掘削された神奈川県山北町のボーリング孔には、高温試験を行った中深層地殻活動観測装置を次年度に設置する予定である。ここでは前年度に掘削された千葉県鴨川市のボーリング孔における例をもとに概要を説明する。

中深層地殻活動観測装置は、長期間安定した調査研究が持続することを目的として、メンテナンスが可能な引上げ方式をとっている。孔底部の観測装置から得られた信号は、外装された多芯ケーブルにより地表に直送している。高感度地震観測データは、公衆回線ないしはF R回線によって常時テレメータによって防災科学技術研究所のHi-net 観測システムに取り込まれ、強震動のデータ等は定期的に公衆回線で取得される。

##### a) 構成

孔底装置、多芯外装ケーブル、孔底装置と多芯外装ケーブルをつなぐモールド、地上固定装置、地上装置から構成される。

##### b) 観測装置 (孔底装置)

中深層観測装置の観測井の孔底に設置し高感度観測・強震観測を行う装置を孔底装置といい、以下で示すユニットで構成されている。観測装置孔底装置の断面図を図 41 に示す。

- ① 速度地震計ユニット      1 Hz 速度型地震計      X, Y, Z    3成分
- ② 高感度加速度計ユニット    力平衡型振子式高感度加速時計    X, Y, Z    3成分
- ③ 強震計ユニット            力平衡型強震計    X, Y, Z    3成分
- ④ 耐圧容器ユニット          観測井孔底に設置する各種検出器・制御器を収納して、孔内水圧から保護し、孔底に固定することを目的としたステンレス製円筒容器
- ⑤ スクリュー式方位設定器    観測井孔底の方位設定機構のキー部を自らのキー溝に合致させることにより、観測装置を所定の方向に設定する
- ⑥ 着底検出器                耐圧容器の自重を利用して、着底部の可動部分の押し込み量を抵抗値変化により検知し、確実な着底を確認
- ⑦ 水もれ検知器               耐圧容器の水密異常があった時、抵抗値の変化により速やかに検知
- ⑧ 耐圧容器固定器            耐圧容器を観測井底の設置用非磁性ケーシングに固定する
- ⑨ 地中計測制御部ユニット    孔底に設置する各種検出器の制御・検定や、設置のための測定操作を実施するための電子回路部
- ⑩ ケーシングカラーロケータ   本孔底装置を信号ケーブル、捲上装置を用いて観測井内に降下または引上げるとき、ケーシングカップリングにより位置を検出
- ⑪ 信号ケーブル・信号ケーブル接続部

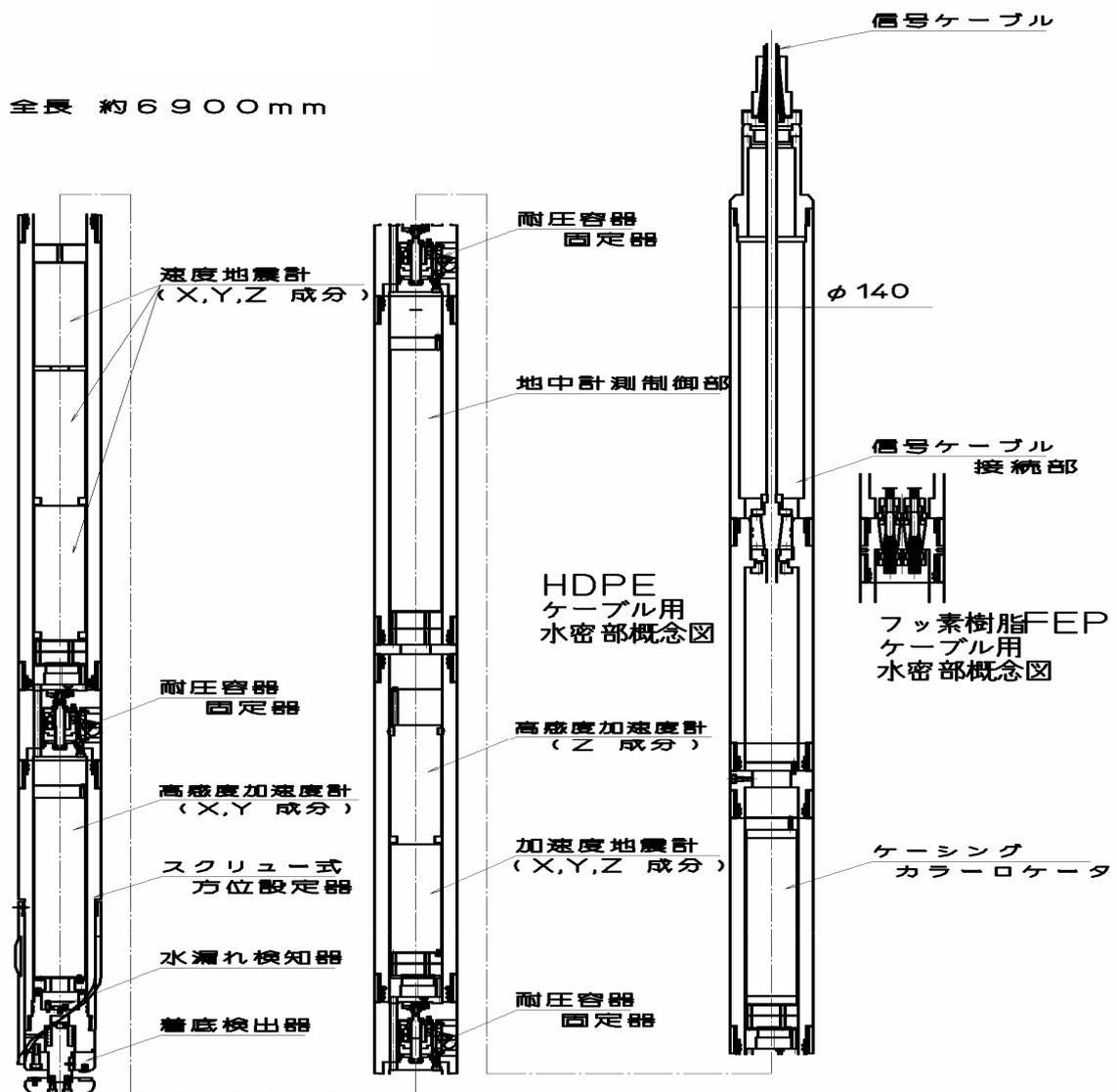


図 41 観測装置の断面図

c) 地上装置

以上の孔底装置からアーマードケーブル経由で信号線を受けたのち、データは、地震観測装置地上装置、及びデータ変換、転送を行うための各処理装置によって、Hi-net 方式のデータ流通が行われている。地上部に設置される機器は以下のユニットから構成される。

① 高感度地震観測装置地上装置

- ア) 地上用強震計 力平衡型サーボ加速度計 X, Y, Z 3成分
- イ) 速度地震計制御装置 速度地震計の姿勢制御を行う
- ウ) 高感度加速度計制御装置及びフィルタ回路 高感度加速度計の姿勢制御を行う
- エ) 現地データ収録装置 地表・地中強震計及び高感度加速度計の現地記録を行う
- オ) 無停電電源

- ② 高精度AD変換装置 アナログ出力をデジタル化する装置。 $\Delta-\Sigma$  のオーバーサンプリングAD変換方式を採用し、24ビット分解能で1000Hzデータにデジタル化した packets をとして出力する。
- ③ 観測データ観測点内処理装置 AD変換から出力された packets に対しデシメーション処理を行い、100Hz サンプリング 27ビットの秒 packets を生成し、サブセンターに向けて packets 送信を行う。タイムスタンプとしてGPS信号を取得し、絶対時刻を packets に付与する。サブセンターやデータセンター側で packets 欠測を認識した場合には、再送要求に応じて packets 再送を行う。
- ④ ハブ・ルータ 観測データ観測点内処理装置からの packets をサブセンター側に送出するためのデータ転送装置。
- ⑤ GPSアンテナ GPS信号を取得し packets に絶対時刻を付与するための機器。
- ⑥ 無停電電源 上記②から④の機器に対して停電時、安定的にシャットダウンさせるための電源供給ユニット。

地上装置の構成機器のうち、地上用強震計力平衡型サーボ加速度計及び高精度AD変換装置は、それぞれ観測施設内の別々の地下ピット内に設置されている。現場設置例を図42に示す。



図42 観測施設内地下ピット

その他の地上装置のうち、GPSアンテナを除くすべての機器は同一ラック内に収納されている。収納例を図43に示す。



図 43 地上装置機器収納ラック

地上部におけるデータの流れを図 44 に示す。

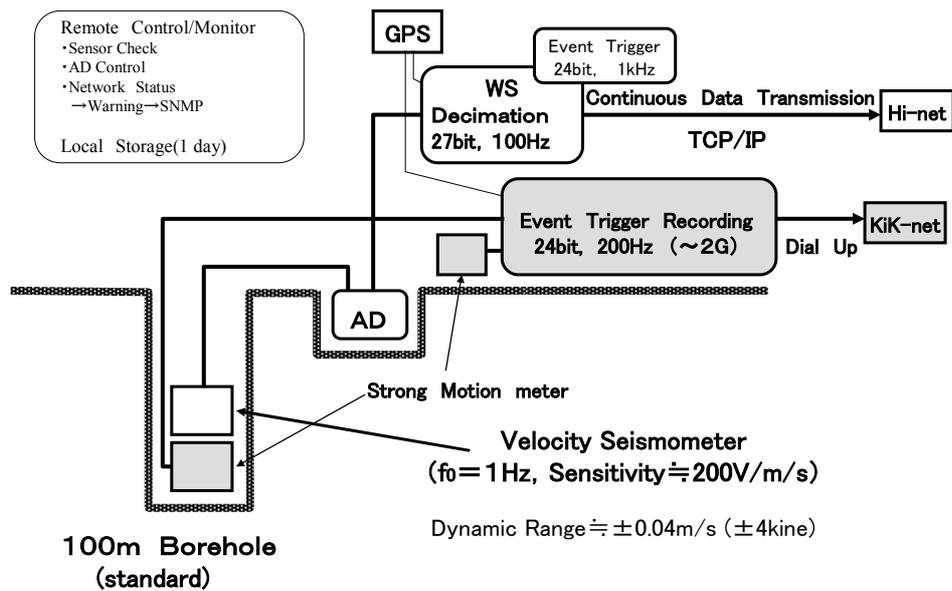


図 44 観測施設におけるデータフロー

#### d) データ処理及び流通

観測点より送信されたデータはフレームリレー網を経由してサブセンタにいったん集約された後にデータセンタに送信される。サブセンタでは、データセンタのほかに気象庁や大学に対してリアルタイムでデータを流通させており、それぞれ地震活動の監視業務、あるいは学術研究のために利用されている。つくばの防災科研データセンタで受信されたデータは他の観測点からのデータと同様にデータ処理される。すなわち、準リアルタイムで地震発生の検知及び震源決定処理が行われ、その結果はホームページを通じて一般に公開される。また、すべてのデータは連続的に蓄積され、その連続波形データについて

もホームページからダウンロードできると共に、連続波形画像として当該観測点における地震観測状況が一目でわかるような形で閲覧可能である。以下に、鴨川における連続波形画像の例を図 45 に示す。

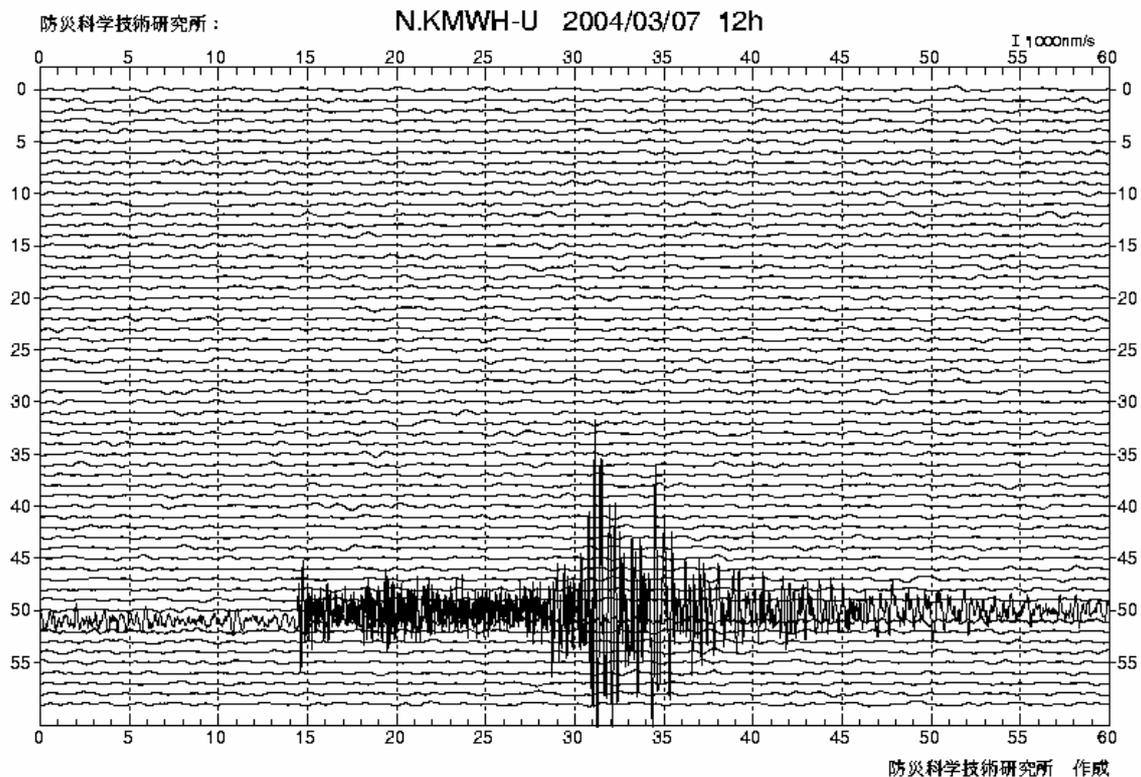


図 45 鴨川観測施設で収録された地震波形例

(d) 結論ならびに今後の課題

神奈川県足柄平野北縁、山北町丸山において、深さ 2,000m 級の調査観測ボーリングを実施し、関東盆地南部の基盤を構成する堆積層の P 波・S 波速度構造を計測した。これらのデータは地震動予測の明確化に活用されるものである。

このボーリング孔には平成 16 年度に Hi-net 地震計を設置し、山北南観測点として整備される事となっている。

(e) 引用文献

- 1) 徐 垣：足柄層群南縁の衝上断層（日向断層）とその地震テクトニクス上の意義. *地質学雑誌*, **101**, 295-303, 1995.
- 2) 笠原敬司・田中 環・井川 猛・太田陽一・川崎慎治・伊藤谷生：足柄・丹沢地域における防災科学技術研究所反射法地震探査 90-AS, 91-TAN データの再解析. *地震研究所彙報*, **77**, 267-275, 2002.
- 3) 神奈川県：5 万分の 1「秦野・山中湖」. *土地分類基本調査*, 79p, 1987.
- 4) 林 広樹・高橋雅紀・柳沢幸夫・山水史生・渡辺真人・堀内誠示・長谷川四郎・笠原敬司：千葉県南部鴨川中深層観測井の坑井地質と地質年代. *防災科学研究報告*, no.65, 印刷中, 2004.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 論文発表

| 著者         | 題名                      | 発表先             | 発表年月日            |
|------------|-------------------------|-----------------|------------------|
| 林 広樹,<br>他 | 千葉県南部鴨川中深層観測井の坑井地質と地質年代 | 防災科研研究報告, no.65 | 平成 16 年<br>(印刷中) |

2) 口頭発表、その他

| 著者                              | 題名                                     | 発表先、主催、発表場所                                    | 発表年月日             |
|---------------------------------|--|--|-------------------|
| 林 広樹,<br>笠原敬司                   | 大深度ボーリング掘削から見た関東平野の地下地質—特に堆積層の分布形態について | 日本地質学会第 110 年学術大会、日本地質学会、静岡市                   | 平成 15 年 9 月 19 日  |
| 山水史生,<br>笠原敬司,<br>須田重幸,<br>川中 卓 | 鴨川観測井を利用した VSP 法速度構造調査                 | 日本地震学会 2003 年度秋季大会、日本地震学会、京都市                  | 平成 15 年 10 月 7 日  |
| 林 広樹,<br>笠原敬司                   | 関東平野の深層観測井における堆積層の深度—年代モデル             | 日本地震学会 2003 年度秋季大会、日本地震学会、京都市                  | 平成 15 年 10 月 7 日  |
| 山田隆二,<br>林 広樹,<br>笠原敬司          | 大谷石の FT 年代測定—栃木県中央低地の構造発達史の解明に向けて      | 第 28 回日本フィッシュントラック研究会、日本フィッシュン・トラック研究会、石川県吉野谷村 | 平成 15 年 12 月 12 日 |
| 林 広樹,<br>笠原敬司                   | 微化石でみた関東平野の基盤構造                        | 第 2 回有孔虫研究会、有孔虫研究会、秋田県田沢湖町                     | 平成 16 年 3 月 4 日   |

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェアの開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 16 年度業務計画案

近畿地区2箇所において、深さ 1000m 級の調査ボーリングを 2 箇所実施し、VSP 検層などによって、堆積層の物理特性を明らかにすると共に Hi-net を整備する。また、神奈川県西部のボーリング孔に高温試験済みの地震計を設置し、Hi-net 観測を開始する。関東平野について、既存地質資料などを取りまとめた総合的研究を推進する。