

GSJ コア須崎大谷観測点資料

板場智史¹⁾，梅田康弘¹⁾，小泉尚嗣¹⁾，渡辺寛²⁾，中山伸朗²⁾，酒井誠志²⁾

1) 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター

2) 株式会社日さく

須崎大谷観測点の所在地：

高知県須崎市大谷字法院山

観測井戸の緯度・経度（世界測地系）および標高

	緯度（北緯）	経度（東経）	標高 孔口装置フラン ジ上面	標高 掘削時の GL
孔 1	33° 23′ 22.4894″	133° 19′ 22.4161″	16.776m	16.496m
孔 2	33° 23′ 22.6936″	133° 19′ 21.8064″	16.833m	16.553m
孔 3	33° 23′ 22.7524″	133° 19′ 22.0406″	16.878m	16.598m

1. 総合検討

1-1. 地形概要

観測井掘削地点は、高知県土佐市から南東に約 15km の距離の須崎市大谷字法院山地内に位置する。

周辺の地形は、東北東-西南西方向に帯びる尾根構造と谷地形が顕著である。掘削地点の東北東側には、横浪半島と呼ばれる尾根地形が西南西-東北東方向に連続している。この横浪半島の標高は約 200m 程度であり、定高性を有している。掘削地点の西側に須崎市街地が分布する。須崎市街地は桜川により形成された沖積低地に立地している。

掘削地点の北側には標高 200～250m 程度の山地があり、法院山(標高 200m)、八坂峰(標高 244m)が存在する。

掘削地点は、土地基本分類図(1/50,000「須崎」)によると、起伏量 200m 以下の小起伏山地から土石流・崖錐地形などの山麓緩斜面に分類される。

掘削地点から南には野見岬半島が土佐湾に突き出している。野見岬半島は、周辺の地形が東北東-西南西方向に伸びるのに対し調和していない。この要因としては、野見岬半島に分布する地質が異なることが推察される。



図 1-1 掘削地周辺の地図(国土地理院 電子国土 WEB より引用・加筆)

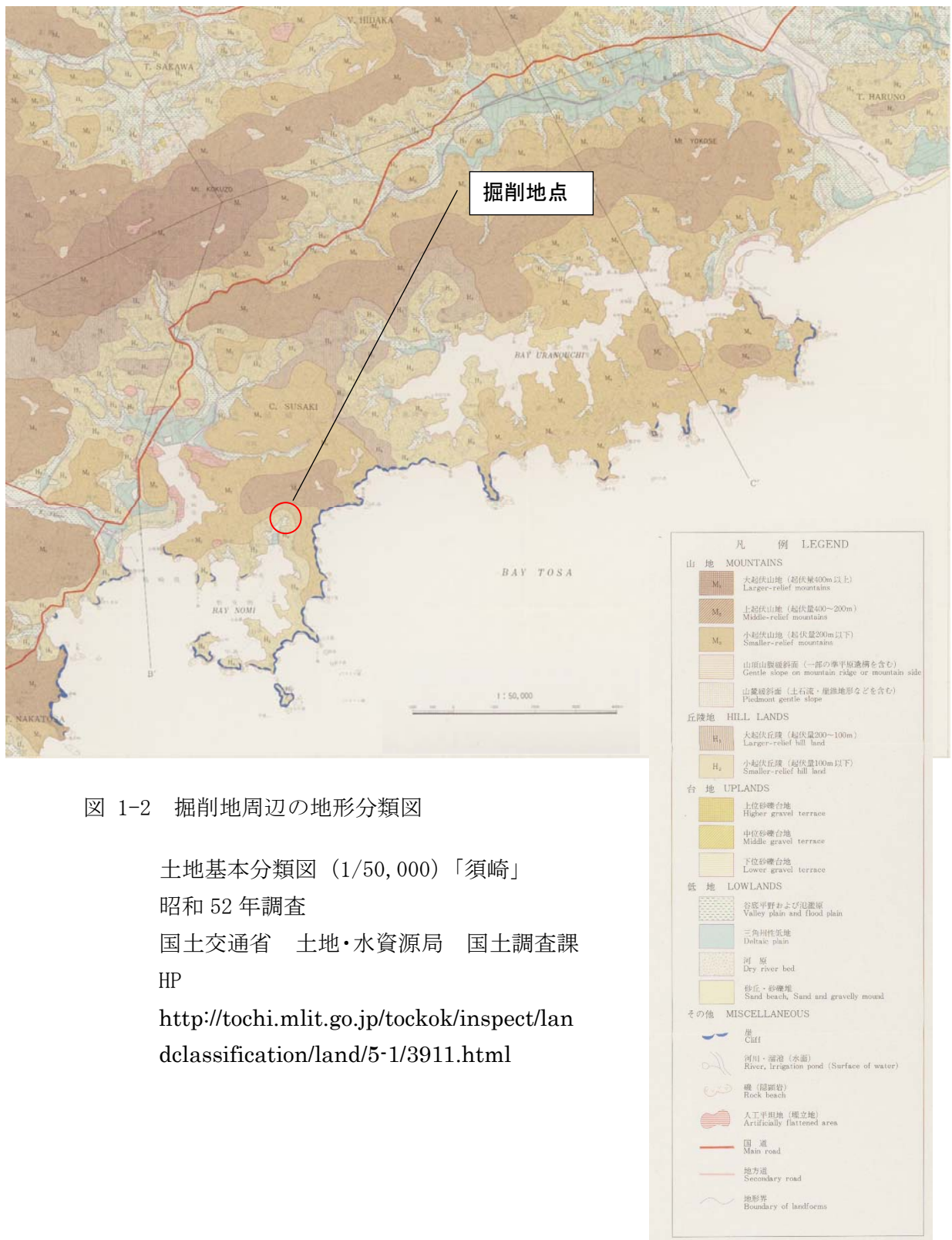


図 1-2 掘削地周辺の地形分類図

土地基本分類図 (1/50,000)「須崎」

昭和 52 年調査

国土交通省 土地・水資源局 国土調査課

HP

<http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/land/5-1/3911.html>

1-2. 地質概要

(1) 概説

掘削地点は、高知県のほぼ中央部に位置し四万十帯北帯に属する。

四万十帯に分布する岩石の大部分は砂岩・泥岩からなるタービダイトからなり、一部に緑色岩類・層状チャートなどを伴っている。

四国の四万十帯は、四国西縁部の宇和海沿岸をのぞき、大きく北側の四万十帯北帯・南側の四万十帯南帯に区分される。北帯と南帯の境界は、四国西部の高知県幡多地域では、宿毛ー中村間の中筋構造線、四国東部の室戸半島地域では安芸構造線である。

北帯にはおもに白亜系が、南帯には第三系が分布している。宇和海沿岸はほかの地域とことなり、おもに陸棚相の上部白亜系からなる。

(2) 四国西部の四万十帯北帯

四万十帯北帯は、北側の新荘川亜帯と南側の大正亜帯に区分される。新荘川亜帯に分布する地層群を新荘川層群、大正亜帯に分布する地層群を大正層群と呼ばれている。掘削地点は、新荘川層群と大正層群の境界部の大正層群側に位置する。

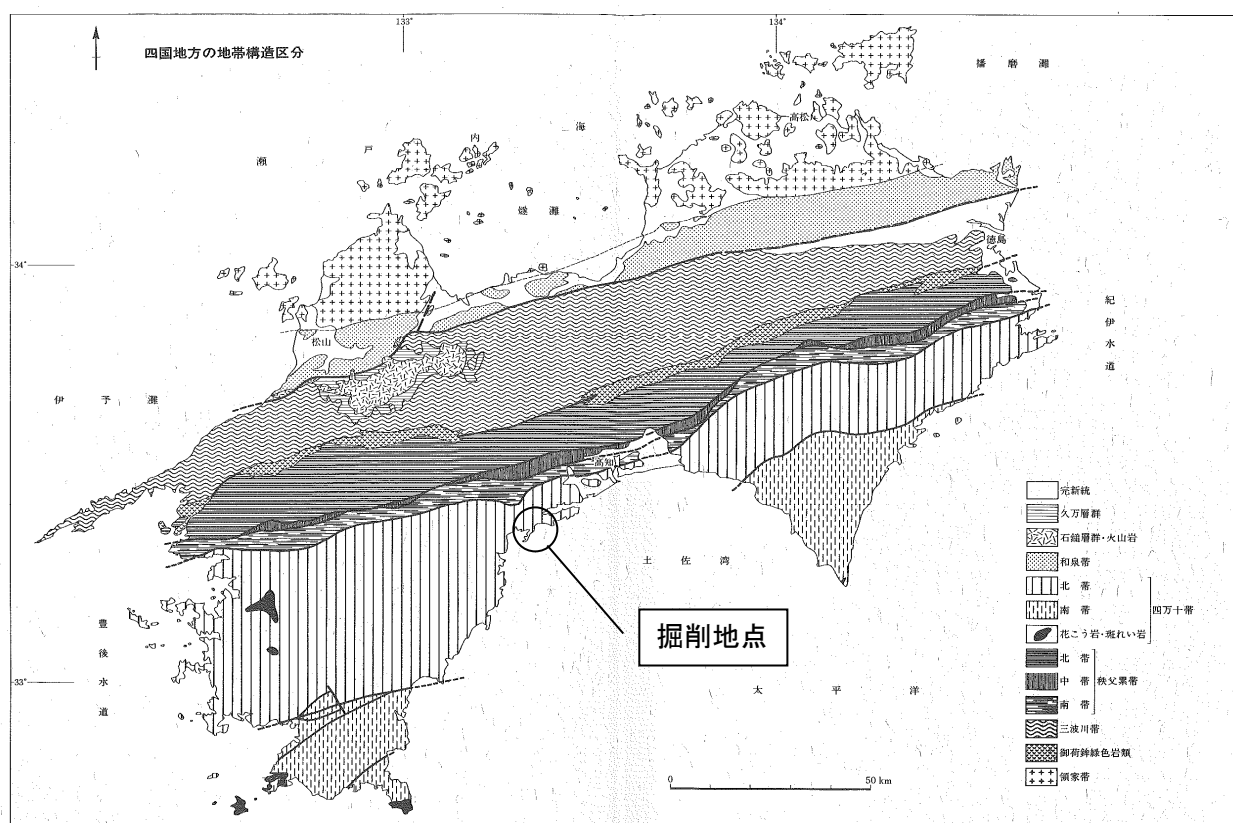


図 1-3 四国地方の地帯構造区分（「日本の地質 8 四国地方」より引用）

1) 新莊川層群

模式地は、高知県高岡郡葉山村の北西部を源流とし、須崎湾に注ぐ新莊川の流域である。模式地付近の新莊川層群は4層にわけられ、北から南へ、堂ヶ奈路層・新土居層・半山層・須崎層に区分される。

掘削地点は、上記地層のうち須崎層の分布域の南縁に位置する。このため、以下に須崎層の特長について記述する。

a. 須崎層

模式地は須崎市付近である。須崎市南部を中心にほぼ東西に広く分布する。暗灰色の泥岩がちの地層で、半山層から整合・漸移する。分布域の北半部・南半部でいくぶん岩相に違いがあり、北半部はA部層、南半部はB部層と呼ばれる。全体的には、A部層は南方上位、B部層は北方上位の地質構造で、両者の境界付近を軸とする向斜構造が推定されている。A部層とB部層は同時異相の関係にある。

須崎層 A 部層

おもに暗灰色の泥岩からなるが、数枚の赤色泥岩を挟む。土佐市東部や葉山など、泥岩がちの砂岩と泥岩のタービダイト性互層が多くなりはじめの付近には、海底チャンネル堆積物と考えられる礫岩層があり、この礫岩層をA部層の基底としている。半山層に整合に重なる。層厚約1,000mと推定される。

須崎層 B 部層

おもに暗灰色の泥岩からなり、赤色泥岩・緑灰色の珪質岩・優白色の珪質岩を頻繁に挟む。これらの泥岩・珪質岩が細かく互層する部分がある。層厚約1,000mと推定される。

2) 大正層群

大正層群は、須崎市安和付近ー中村市付近まで、広範囲に分布するタービダイト相である。東西性の走向で、数帯のメランジ相をはさんでいる。これらの地層は北から横浪メランジ・下津井層・久礼メランジ・野々川層・大用メランジ・中村層・有岡層に区分した。

掘削地点は横浪メランジュ分布域に相当し、横浪メランジュは、横浪半島に分布する狭義の横浪メランジュと須崎市安和の海岸に分布する安和メランジュに区分される。

a. 横浪メランジ

模式地は横浪半島であり、横浪半島の西端から南へ枝状に突き出した野見岬半島を除く部分に、横波半島から安和にかけて膨縮しながら分布している。

せん断された暗灰色の泥岩のマトリックスのなかに、チャート・ハイアロクラスタイト・玄武岩・石灰岩・珪質泥岩・暗灰色の泥岩・砂岩などが岩塊状・レンズ状に混在し

ている。これらの岩塊・岩体の大きさは数 cm～数 km におよぶ。

北側では、せん断された暗灰色の泥岩のマトリックス中に、半山層・須崎層 A 部層に似た砂岩の岩塊が挟まり、南に向かってしだいに須崎層 B 部層にみられるような赤紫・緑灰色の珪質泥岩（多色泥岩）の岩塊が多くなり、酸性凝灰岩もわずかに挟まれる。さらに南では、多色泥岩のほか緑色・赤色チャートの岩塊が混在し、ところどころに玄武岩の枕状溶岩が挟まれ、そのなかには直径数十 cm の石灰岩の岩塊が含まれる。最も南側では、緑・赤色チャートと薄い多色泥岩の互層からなる層状チャートの巨大な岩塊が挟まれている。

このメランジは、北側を須崎層 B 部層、南側を下津井層にはさまれ、それぞれ断層関係と考えられる。

b. 安和メランジ

横波半島の西、須崎市安和の海岸に分布する。横浪メランジの西方延長と考えられている。岩相・化石は横浪メランジとおなじである。



図2.53 高知県須崎市周辺の地質図(平ほか, 1980 b)

放散虫群集・深海底有孔虫がとまれている (図録)

図 1-4 掘削地点周辺の地質図（「日本の地質 8 四国地方」より引用）



20万分の1日本シームレス地質図詳細版全国統一凡例

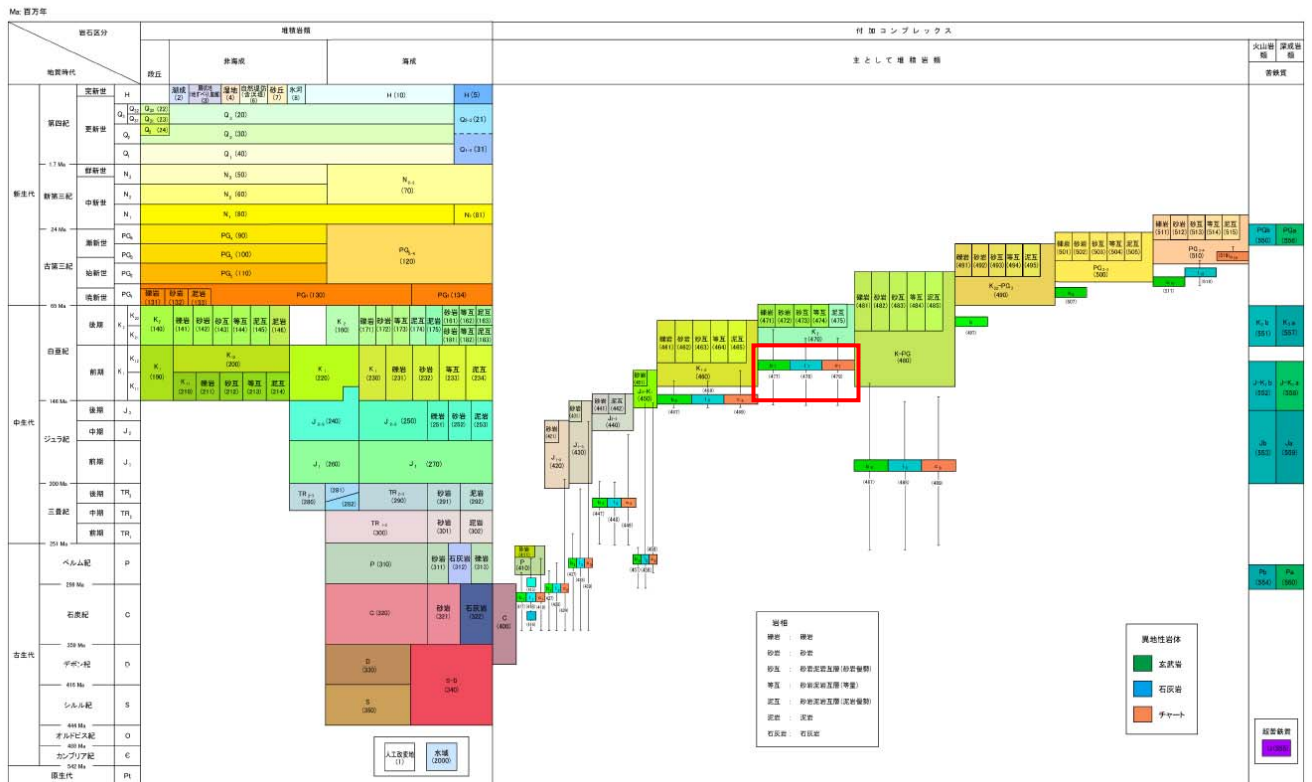


図 1-5 掘削地点周辺の地質図（「シームレス地質図詳細版」HP より引用）

1-3. 孔井地質

表 1-1 に主に比抵抗値を用いた各孔の地層区分をまとめた。この表にあわせて P 波速度・ γ 線強度も合わせて示した。また、図 1-6 には、地質柱状図とともに地層区分・電気検層ログ（10cm ごとの値）・P 波速度（区間平均値）を示した。

（1）概要

掘削孔に出現する地層は、3 孔とも頁岩が主体として出現し、砂岩が部分的に出現する。この岩相は、既存文献に記載されている横浪メランジュの岩相と一致している。

深度 600m までの頁岩の出現延長は 459m であり、全長の 76.5%に相当する。一方、砂岩の出現延長は 136m であり、22.7%である。残り 5m は砂岩頁岩互層の 5m であり、0.8%になる。特に、砂岩は孔 1 の深度 267.5～334.2m の区間で連続して出現している。

表 1-1 主な地層区分と物性値

孔名	地 層 区 分	ショート ノルマル 平均値 (Ω -m)	ロング ノルマル 平均値 (Ω -m)	P波速度値 平均値 (Km/sec)	γ 線強度値 平均値 (API)	地層
孔3	0.0 ～ 40.0m	280.9	252.6	-	-	頁岩・砂岩
孔2	A層 30.0 ～ 84.3m	481.6	611.2	4.8	115.8	頁岩
	B層 84.3 ～ 93.1m	937.9	1,341.1	4.9	83.6	砂岩
	C層 93.1 ～ 107.4m	386.5	451.2	4.5	119.9	頁岩・砂岩
	D層 107.4 ～ 113.0m	903.7	1,212.5	5.0	97.6	砂岩
	E層 113.0 ～ 194.9m	471.7	570.0	5.0	122.6	頁岩
	F層 194.9 ～ 197.5m	344.5	410.1	4.1	85.5	頁岩・砂岩
	G層 197.5 ～ 210.0m	581.5	742.3	4.8	111.2	頁岩・砂岩
孔1	A層 200.0 ～ 240.4m	467.8	740.7	4.9	113.9	頁岩
	B層 240.4 ～ 247.7m	1,115.4	2,378.9	5.2	72.5	砂岩
	C層 247.7 ～ 267.5m	656.8	1,206.6	5.1	117.4	頁岩
	D層 267.5 ～ 334.8m	834.1	1,711.6	5.0	92.7	砂岩
	E層 334.8 ～ 375.9m	505.2	861.4	4.8	114.3	頁岩
	F層 375.9 ～ 381.0m	1,126.8	2,481.4	5.2	88.7	砂岩
	G層 381.0 ～ 534.1m	640.8	1,202.7	5.0	109.7	頁岩
	H層 534.1 ～ 541.8m	425.8	743.3	4.8	95.6	砂岩
	I層 541.8 ～ 570.0m	809.5	1,701.7	5.0	95.5	砂岩・頁岩
	J層 570.0 ～ 600.0m	746.5	1,532.4	5.0	-	砂岩・頁岩

赤数字：低比抵抗層・青数字：高比抵抗層
黄色塗りつぶし：砂岩層

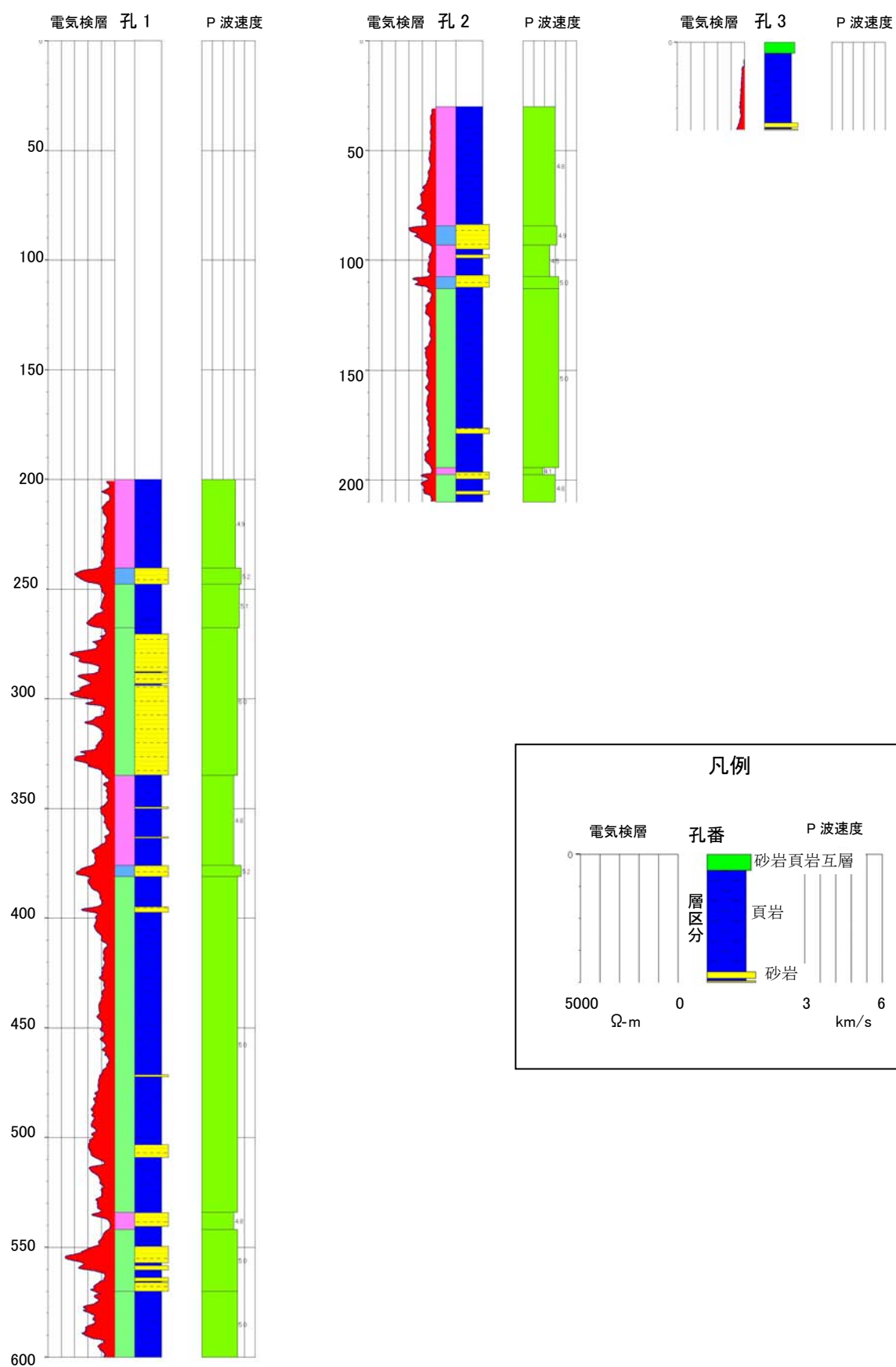


图 1-6 孔井柱状图

(2) 孔3による深度40mまでの状況

深度40mまでには、頁岩を主体とし砂岩層が1m程度で挟在する砂岩頁岩互層である。

電気検層のロングノルマル値は、深度の増加に伴い200～600Ω-mに増加する。この深度では、地表面からの風化の影響を受け、粘土鉱物が増加しているものと思われる。また、P速度も深度の増加とともに3.5～5.2km/sまで増大する傾向がある。深度40m以深のP波速度が概ね5km/sであることと対比すると、深度40mまでの区間は風化や応力開放の影響を受け、地山が緩んでいる可能性がある。

電気伝導度検層の結果から、深度31～33m付近で浅部方向への電気伝導度の上昇が見られ最も良好は透水ゾーンが存在すると思われる。

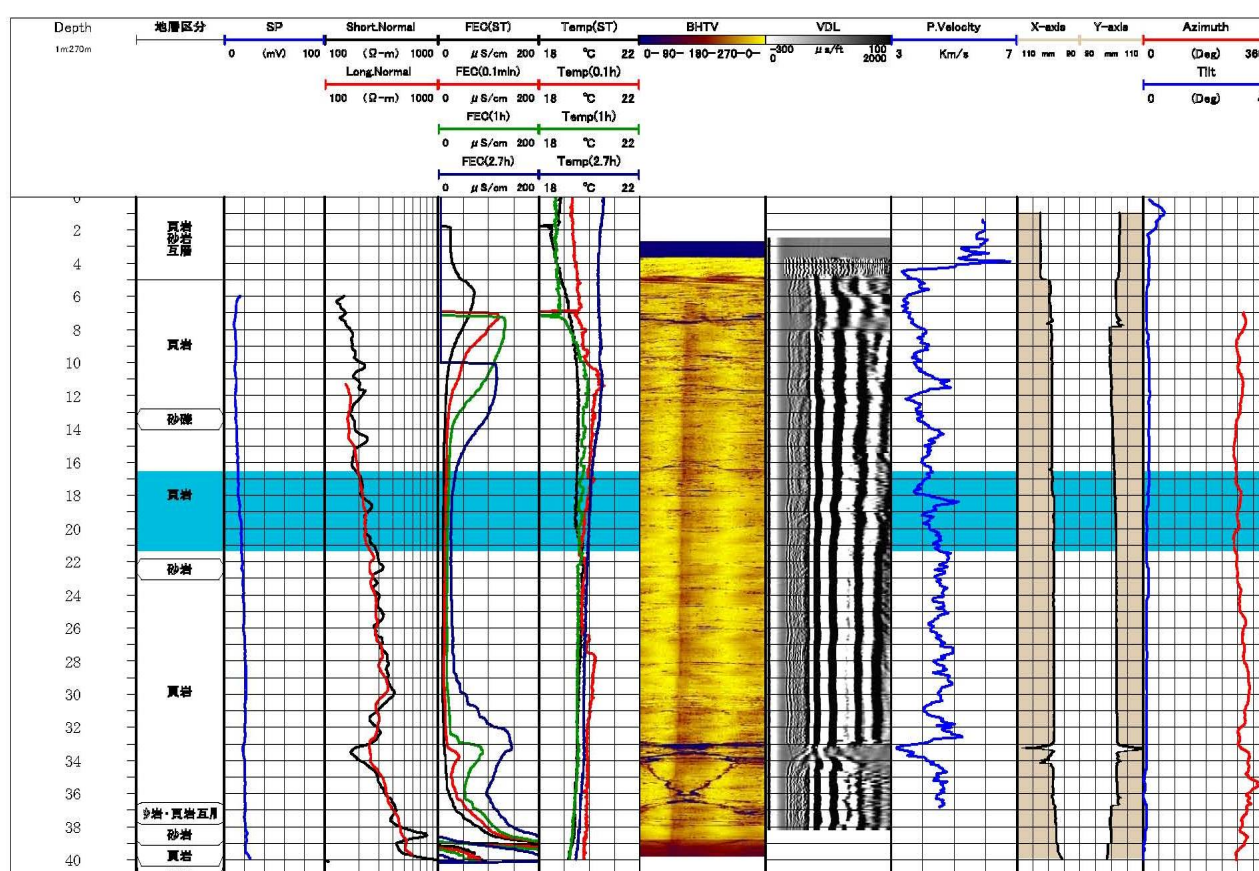


図 1-7 孔3 検層総合柱状図 (HQ コアリング時) (水色はスクリーン区間)

(3) 孔2による深度30～210mまでの状況

深度30～210m間は頁岩を主体とし、80～110間と175m～205m間で砂岩層が挟在される。

電気検層のロングノルマル値は頁岩部では400～800Ω-mを示すのに対し、硬質な砂岩部では2,000Ω-mを示す。一方、同じ砂岩部であっても250Ω-mの箇所もあり、この深度では砂岩は風化変質しているものと思われる。P波速度は全般に3.5～5.7km/sで

あり、比抵抗値と同様に砂岩部で高い速度値が得られている。C 層では頁岩が出現し、比抵抗値ならびに P 波速度ともに上下区間と比較して小さな値を示す。

電気伝導度検層では、深度 93m をピークに電気伝導率の変化が確認された。この深度を含む深度 83.75～94.90m 間には砂岩層が出現する。特に深度 90.35～91.00m、92.50～94.90m 間は亀裂が密集しコアが単棒状～ブロック状を呈することから、透水ゾーンを形成している可能性が高い。この状況は BHTV の画像でも確認することができる。



図 1-8 孔 2 電気伝導率回復区間のコアの状況

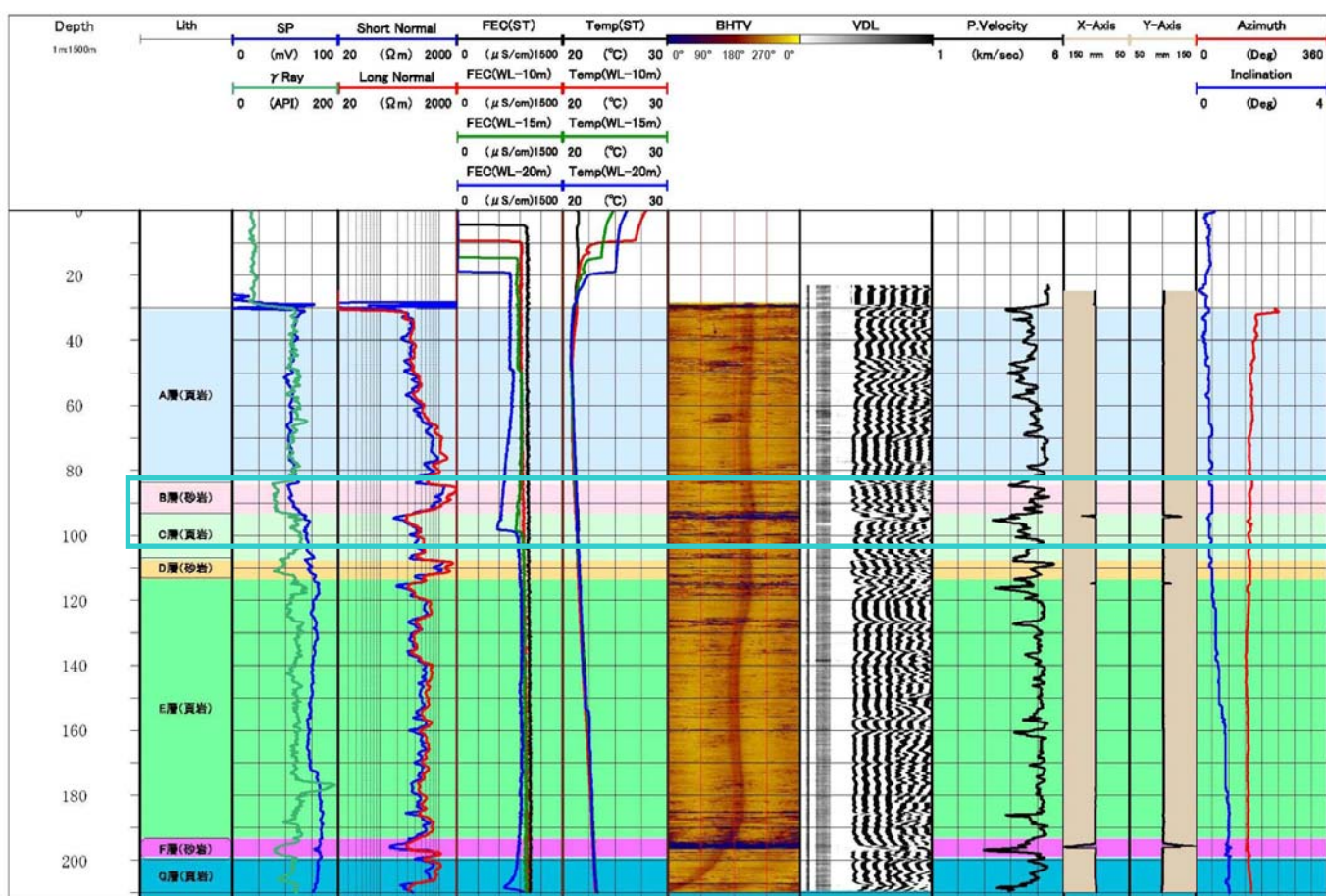


図 1-9 孔 2 検層総合柱状図 (HQ コアリング時) (水色はスクリーン区間)

(4) 孔 1 による深度 200～600m の状況

深度 200～600m 間は、頁岩を主体としているが、深度 267.5～334.2m の 66.7m 区間で砂岩が連続して出現している。

電気検層のロングノルマル値は砂岩の硬質部では $1,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 以上を示し、頁岩部では $1,000\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下となる。P 速度は全般に 5km/s 前後であり、高速度部は砂岩層に対比される。

電気伝導度検層では、深度 365m 以深で電気伝導度の変化が認められる。この区間は頁岩が主体であるが、深度 362.82～363.46m 間に砂岩が挟在され、その下位の頁岩は亀裂が多く礫状～岩片状のコアとして採取されている。このため、この区間が透水ゾーンになっているものと思われる。



図 1-10 孔 1 電気伝導率回復区間のコアの状況

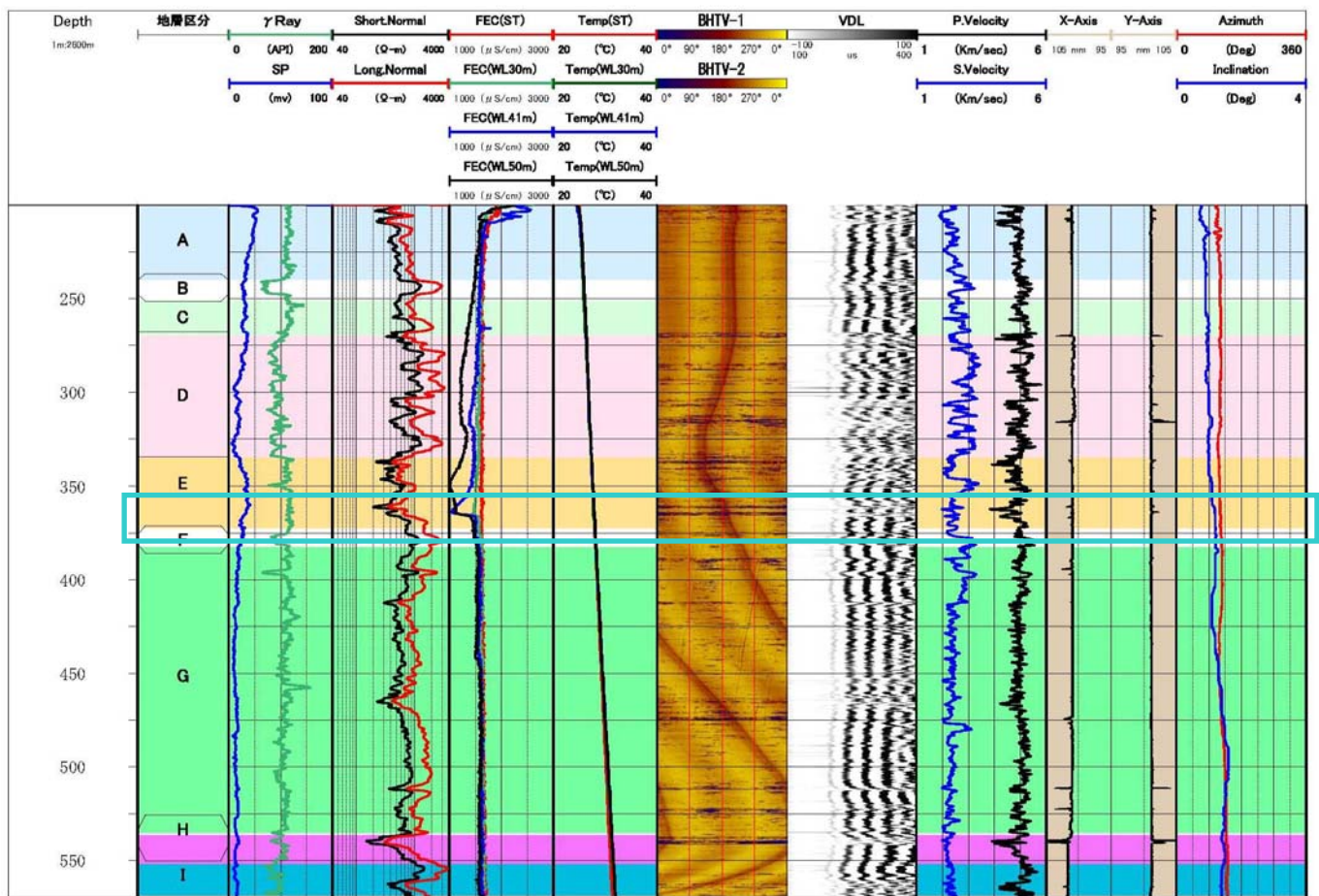


図 1-11 孔1 検層総合柱状図 (HQ コアリング時) (水色はスクリーン区間)

1-4. 総合検討

(1) 概要

本節では、別途業務で実施されたハイドロフォン VSP (Vertical Seismic Profiling) 探査の結果と地層状況を考慮し、観測孔周辺の水文地質構造を明らかにする。

引用した報告書は以下の通りである。

件名：東南海・南海地震予知のための地下水等総合観測施設整備地区における構造調査(高知県須崎市地区)

(2) ハイドロフォン VSP 探査の概要

①実施内容

- ・ハイドロフォン VSP 探査(観測孔 1 孔, 深度 570m)
- ・探査対象深度：深度200m (ケーシング端) から深度570m (孔底) までの裸孔部

②測定仕様

- ・震源：P 波インパクト型 EWG-II、産総研所有の重錘震源
- ・震源位置：孔井から 20～50m 離れたオフセット VSP を実施。
- ・発震方式：産総研の VSP 探査に用いる高速トリガ及び接点式トリガの両方を用いた。
- ・測定間隔：50cm
- ・ハイドロフォン：24ch、0.5m 間隔
- ・記録装置：A/D 変換器 24 ビット
- ・サンプリング間隔：250 μ 秒
- ・記録長：1.0 秒

③測定作業

ア ハイドロフォンを観測孔に投入後、最上部のハイドロフォンを基準とした深度セットを行う。

イ ハイドロフォン下部の重錘が検定孔の孔底に着底する直前までケーブルをゆっくりと繰り出す。

ウ ハイドロフォンは検定孔の孔底にできる限り近い深度から、ケーシング端付近までの産総研監督員の指示された裸孔区間を連続的に測定する。ハイドロフォンを所定深度にセットし、発震、探鉱機のモニターで波形を確認してから、データを収録する。

エ ケーブルをゆっくりと巻き上げて(1)の状態に戻し、深度のずれの有無を確認する。

オ 測定深度とデータ収録のファイル番号を確認し、ハイドロフォンを次の測定深度へ移動させる。

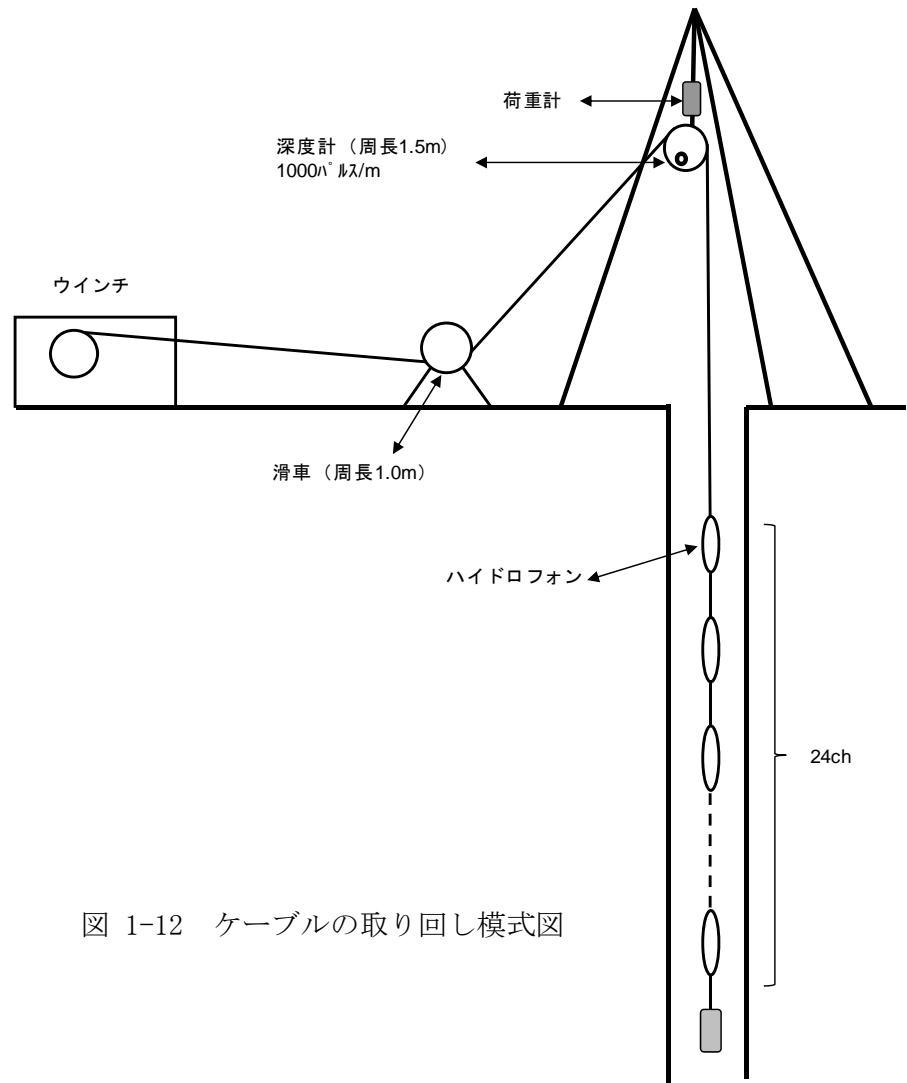


図 1-12 ケーブルの取り回し模式図

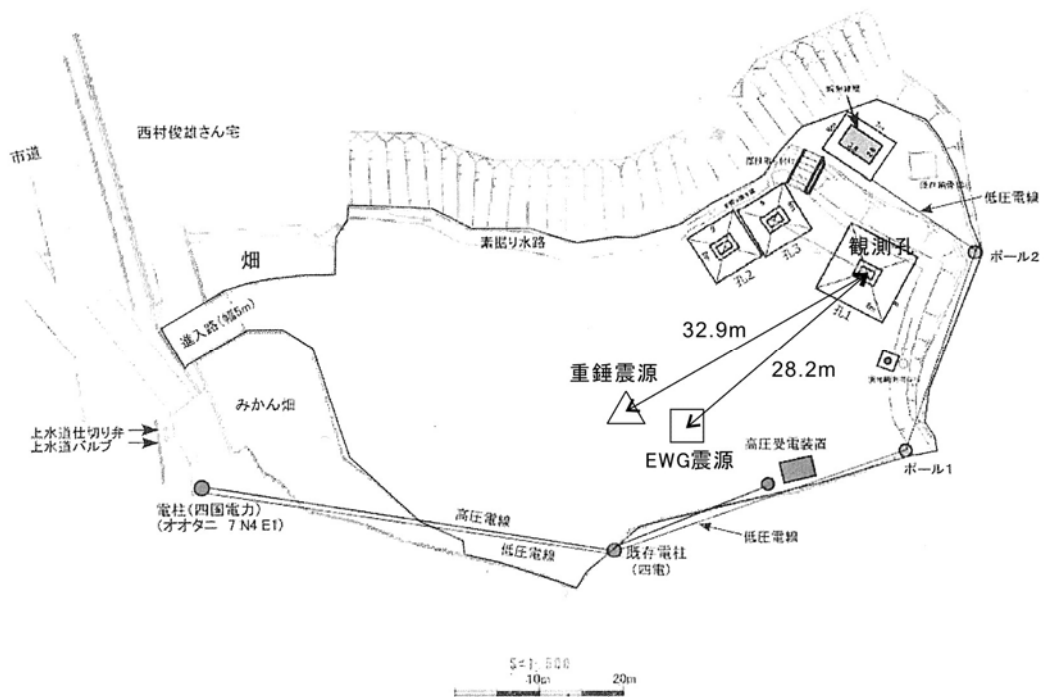


図 1-13 ハイドロフォン VSP 震源配置図

(3) 探査結果

ハイドロフォン VSP 探査の結果、水みちの可能性のあるチューブウェーブ発生深度は、多数認められた。これらのうち特に開口亀裂からと想定される振幅が強く亀裂からの後続波が顕著な波群を抽出し、その発生深度を読み取った。

本観測孔では、以下の深度でチューブウェーブの発生が認められた。特に、446.0～468.5m の区間では複数の顕著なチューブウェーブが重なった様子が認められた。

深度 (m) :

208.0

240.0

259.0

280.0

314.0

335.0

358.5

410.0

427.5

446.0～468.5

509.0

537.5

558.5

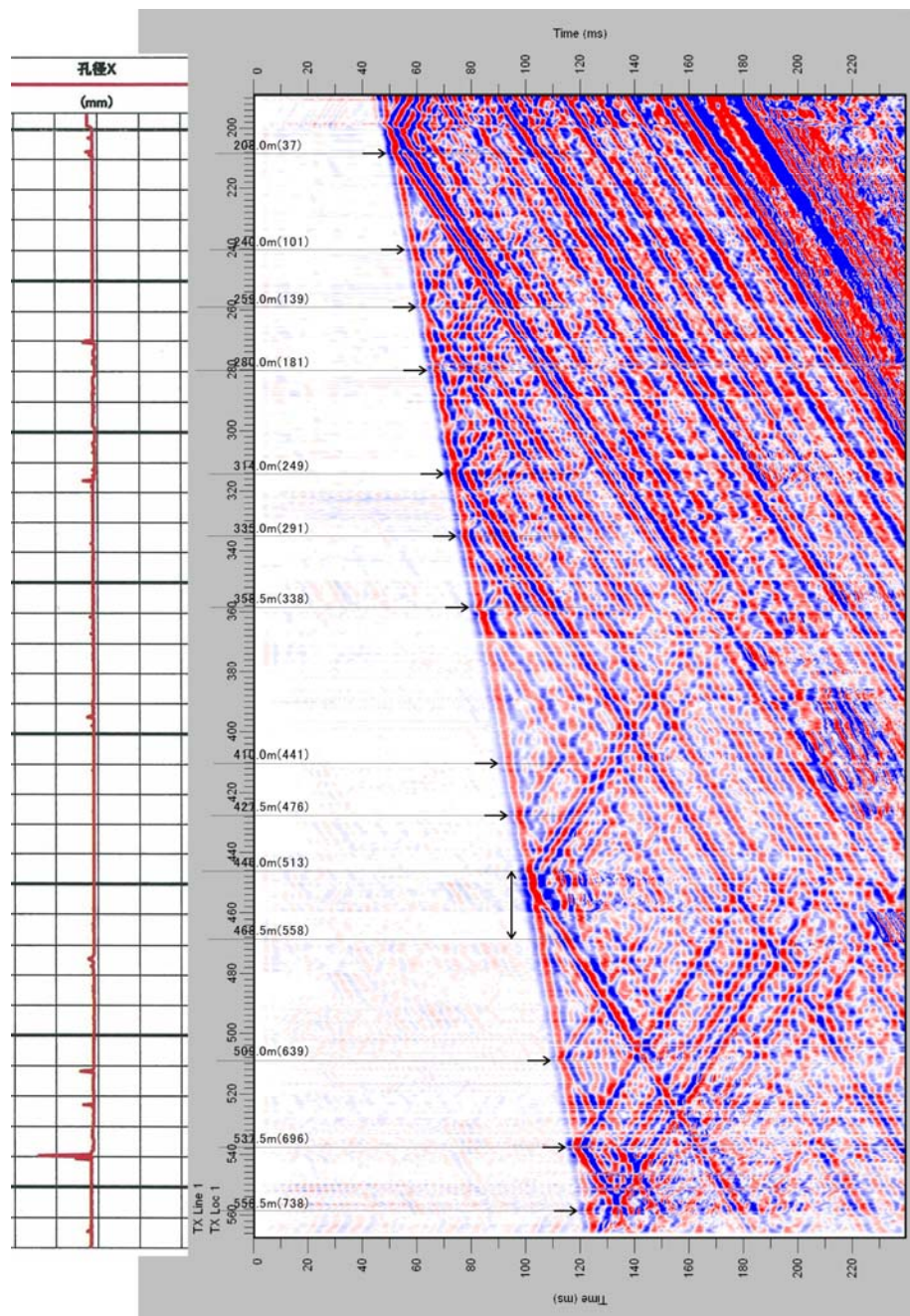


図 1-14 チューブウェーブ発生深度

（４）地層状況との対比

図 1-15 にハイドロフォン VSP 探査と地質柱状図・電気検層・P 波速度・温度検層・電気伝導率検層・コア写真を対比した図を示す。

①地層との対比

ハイドロフォン VSP 探査において、水みちとなりうる構造（開口割れ目など）が検出された深度（チューブウェーブ発生深度）は、砂岩・頁岩いずれの地層でも検出され、特定の地層に偏っていることはない。ただし、深度 500m 以深では砂岩部において、チューブウェーブ発生深度が集中している。

②比抵抗値との対比

チューブウェーブ発生深度は、電気検層結果の低比抵抗部に対比することが可能である。低比抵抗部では、亀裂等が周辺と比較して多くなっていることが予想される。

③P 波速度との対比

深度 358.5m で把握したチューブウェーブ発生箇所では、頁岩が分布する区間の P 波速度が 4.8km/s に低下している。亀裂等の影響を受け、P 波速度が低下している可能性がある。

④孔内温度との対比

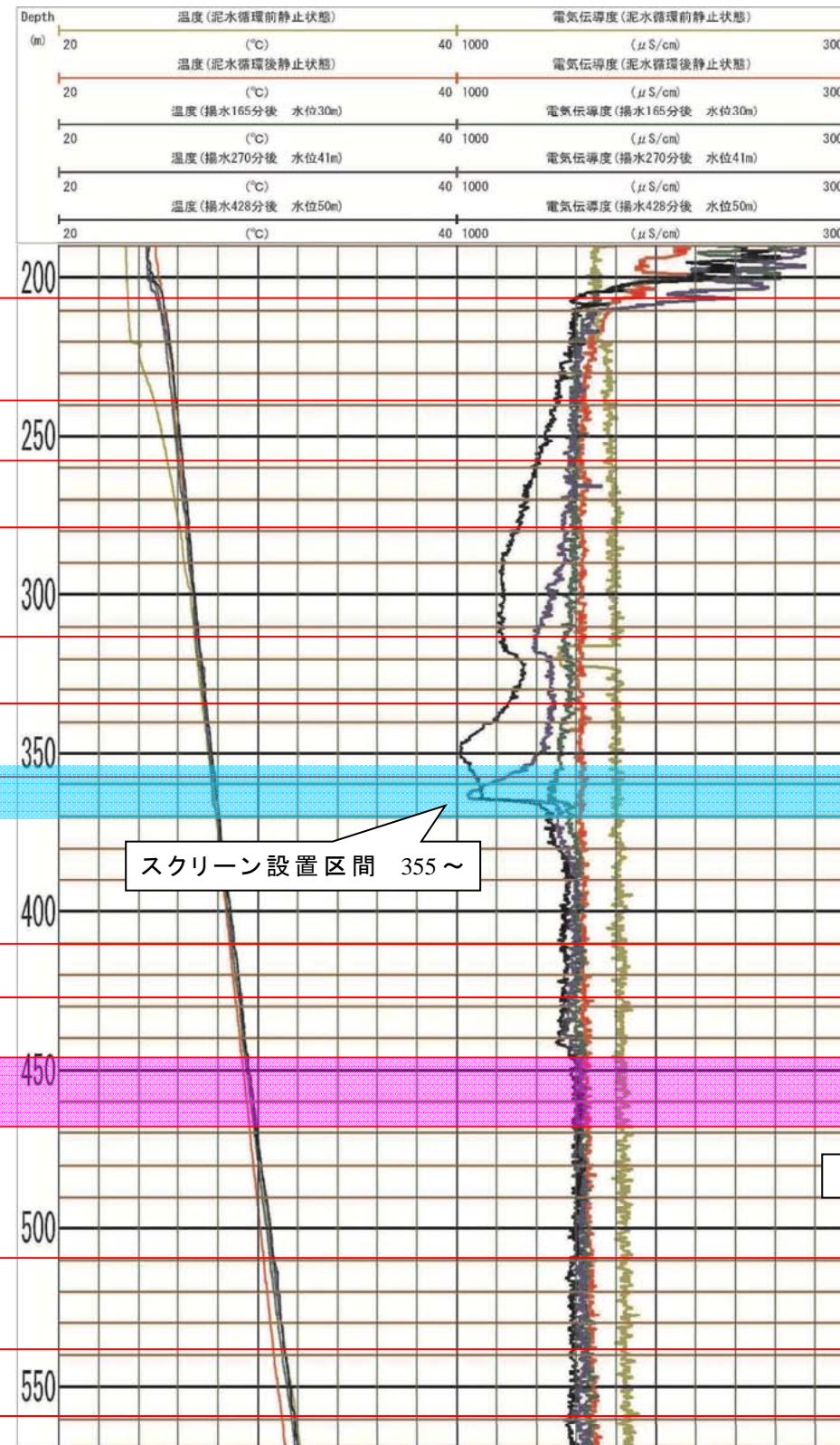
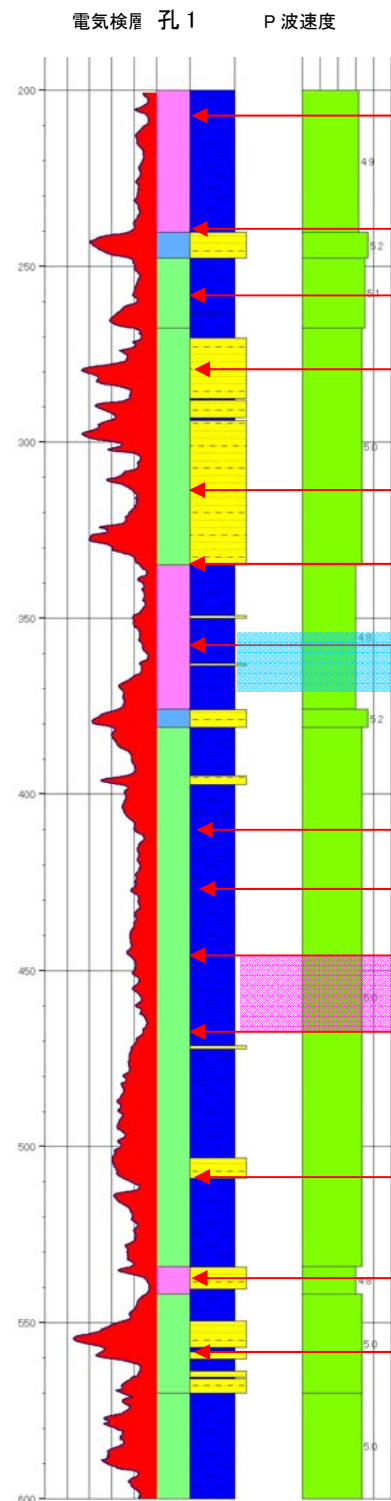
深度 358.5m で把握したチューブウェーブ発生箇所で、わずかではあるが孔内温度の変化が認められる。亀裂中を地下水が流動している可能性が示唆される。

⑤電気伝導率との対比

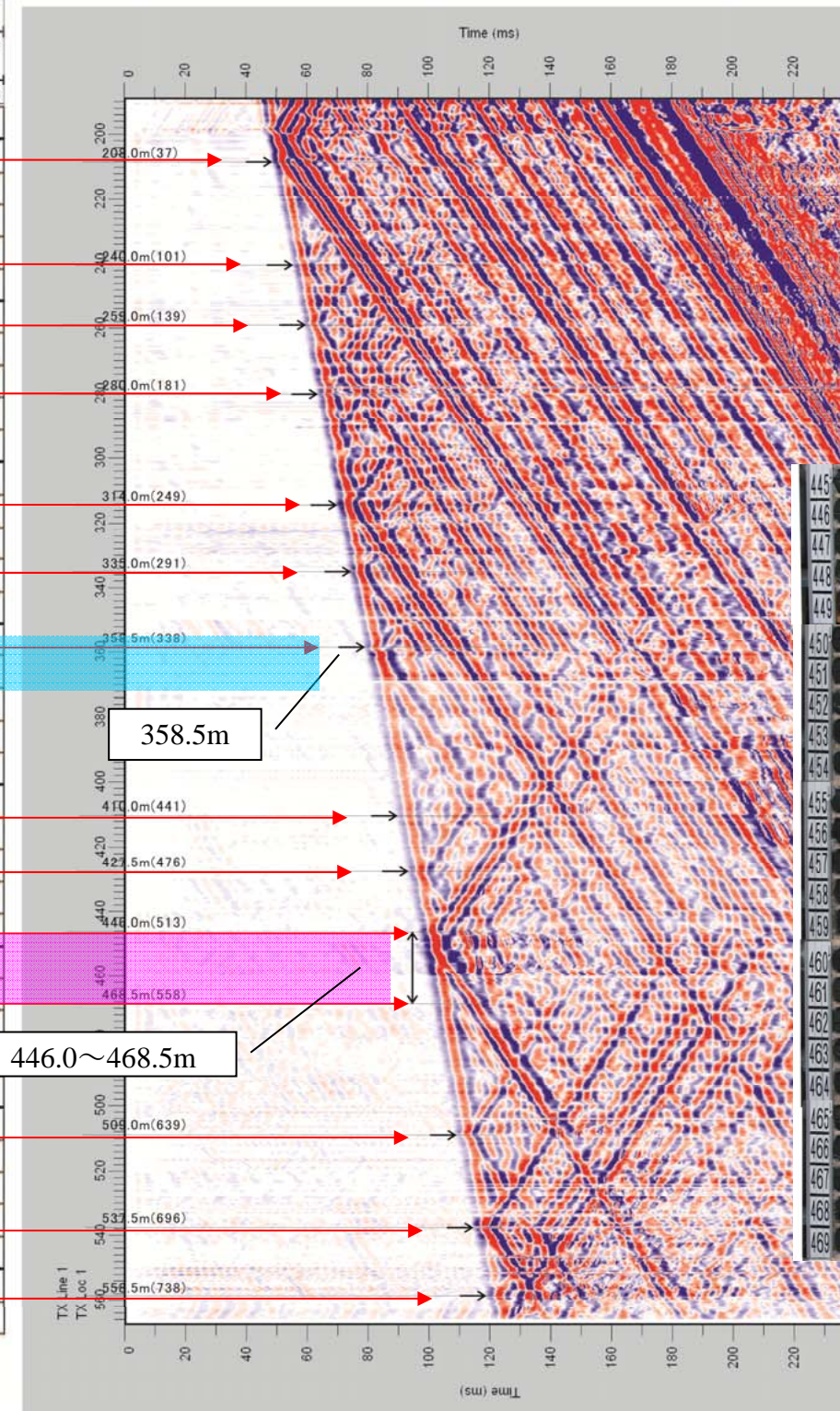
揚水による電気伝導率の変化を見ると、深度 358.5m で把握したチューブウェーブ発生箇所において、値の顕著な変化が認められ、地下水の流動が示唆される。これに対し、深度 446.0～468.0m のチューブウェーブが集中する区間では、電気伝導率の変化はほとんど認められない。このことは、深度 446.0～468.0m では亀裂が存在するものの、地下水はほとんど流動していないと予想される。

温度検層・電気伝導率検層

地質柱状図



ハイドロフォン VSP 探査



コア写真

(孔 1 深度 445~470m)



図 1-15 ハイドロフォン VSP 探査を用いた総合解析図