

1 総合検討

1.1. 地形概要

四国は北部を瀬戸内海、東部を紀伊水道で本州と隔てられて、西部を豊後水道で九州と隔てられており、一方、南部は室戸半島と足摺岬に囲まれた土佐湾を介して太平洋に面している。四国の中央部に位置する四国山地からやや北よりには、明瞭な断層地形を示す中央構造線が、吉野川に沿って佐多岬半島へと東西方向に走っており、この中央構造線から南の地形は地質構造を反映して東西に山地および谷が連なっている。工事は東西方向に連なる地形が途切れる高知平野で実施した。四国のランドサット画像を図1-1に示す。



図1-1 四国のランドサット画像

出典：RESTEC、1983

工事を実施した高知平野は、三角州性低地主体の西部と扇状地性低地主体の東部の二つに大きく区分される。その西部は高知市を流下する鏡川・久万川・国分川の流域に広がった氾濫原と三角州低地を主体とし、山地と平野の境界部の一部に小規模な扇状地が発達している。他方、東部は物部川が形成した土佐山田町神母ノ木付近を扇頂とする扇状地を主体とし、一部の河川流域に氾濫原と三角州低地が発達している。両地域の沿岸地域には、幅 500m程度の浜堤および砂丘が発達している。

工事位置近傍は、高知平野西部の高知市を流下する国分川、下田川の流域に広がった氾濫原および三角州低地に位置する。高知平野および仁淀川流域の地形陰影図と地形区分図を図1-2に示す。

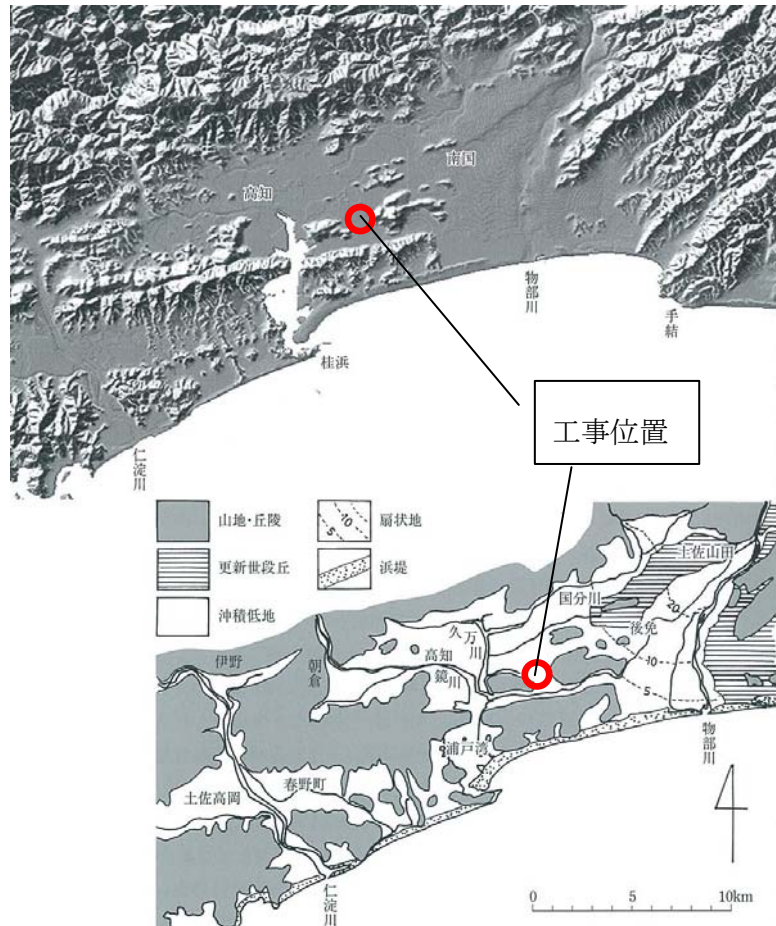


図1-2 高知平野および仁淀川低地の地形

出典：太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正（2004）日本の地形

6 近畿・中国・四国、東京大学出版会、

工事位置は、高知駅から南西方向約 5 k m 地点の高知市東部総合運動場内の北端に位置する。工事位置から西方約 1 k m には標高約 140m の五台山が位置し、東方約 1 k m には標高約 200m の鉢伏山が位置し、南方約 1 k m にはなだらかな標高約 150m の十市山地が連なっており、一方、北方は平野が数 k m にわたって開けている。こられの山地は東西方向に連なり、それらの間を同様に東から西へ下田川と舟入川が流下している。

工事位置周辺は、標高約 1m の三角州性低地であり、水田に利用されているが、高知市東部総合運動場は標高約 5 m と周辺より地表が高くなっている。これは標高約 3 m から上位が、昔の干拓や約 30 年前の洪水災害時に発生した塵芥（古布、木材、プラスチックなど）で 8 m ほど盛られた箇所であるためである。工事位置周辺の地形図を図 1 - 3 に示す。

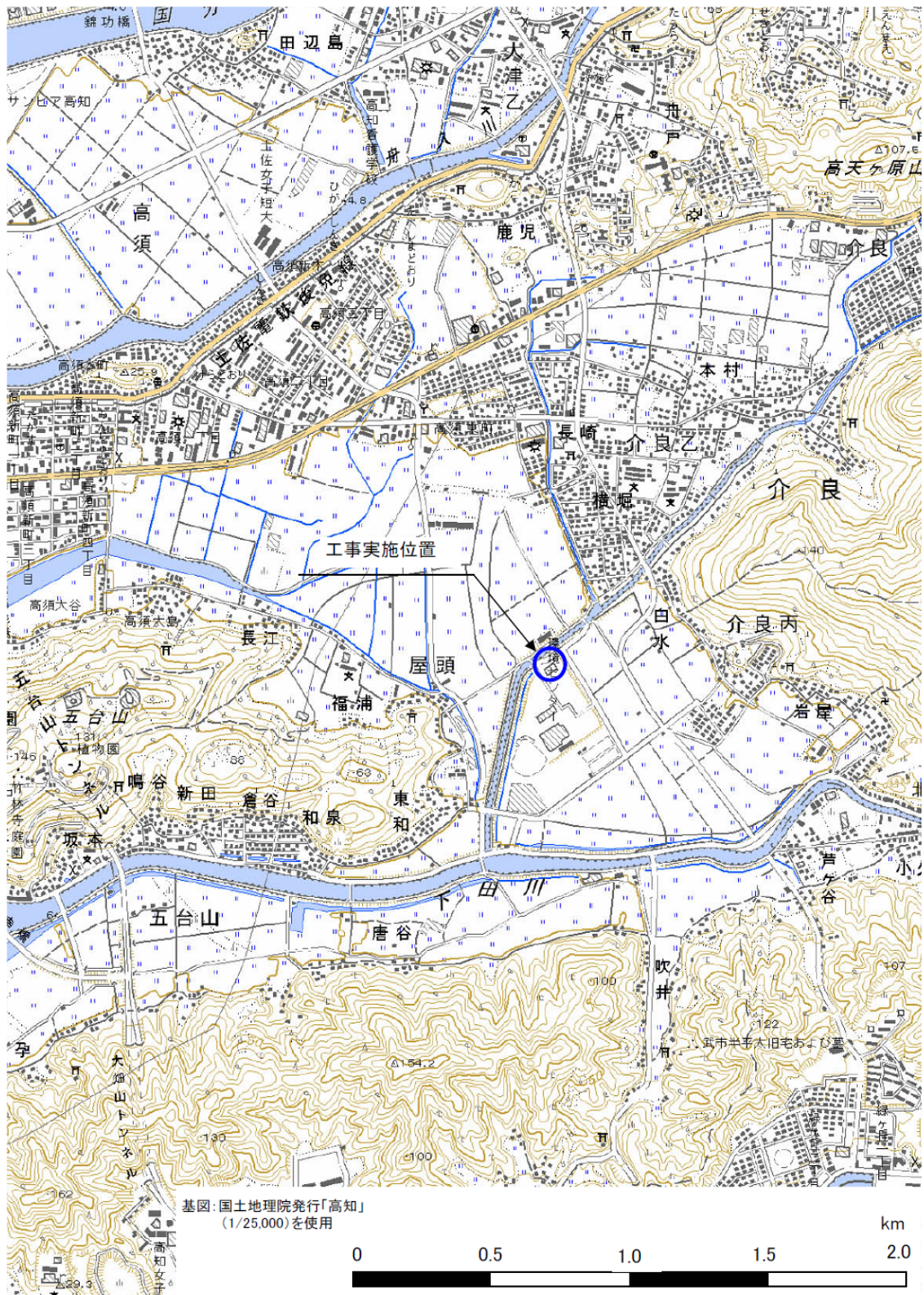


図1-3 工事位置周辺の地形図

1.2. 地質概要

1.2.1. 四国地方の地帯区分

四国の地質は東北東-西南西にほぼ平行に連続する帯状の地質帯に特徴づけられ、先述した中央構造線を境にして北側は西南日本内帯と総称され、一方、南側は西南日本外帯と総称されている。西南日本内帯には、北から南へ、変成岩類と花崗岩類ならびにこれらを不整合で覆う和泉層群からなる領家帯が分布している。西南日本外帯には、北から南へ、変成岩からなる三波川帯、砂岩・泥岩やメラングジュを主体とする秩父帯、砂岩泥岩互層からなる混濁流堆積物を主体とした四万十帯が分布している。四国の地質区分図を図1-4に示し、四国における西南日本外帯の地殻形成過程を示すモデル図を図1-5に示した。



図1-4 四国の地質区分

出典：鈴木堯史（1998）四国はどのようにしてできたか、南の風社

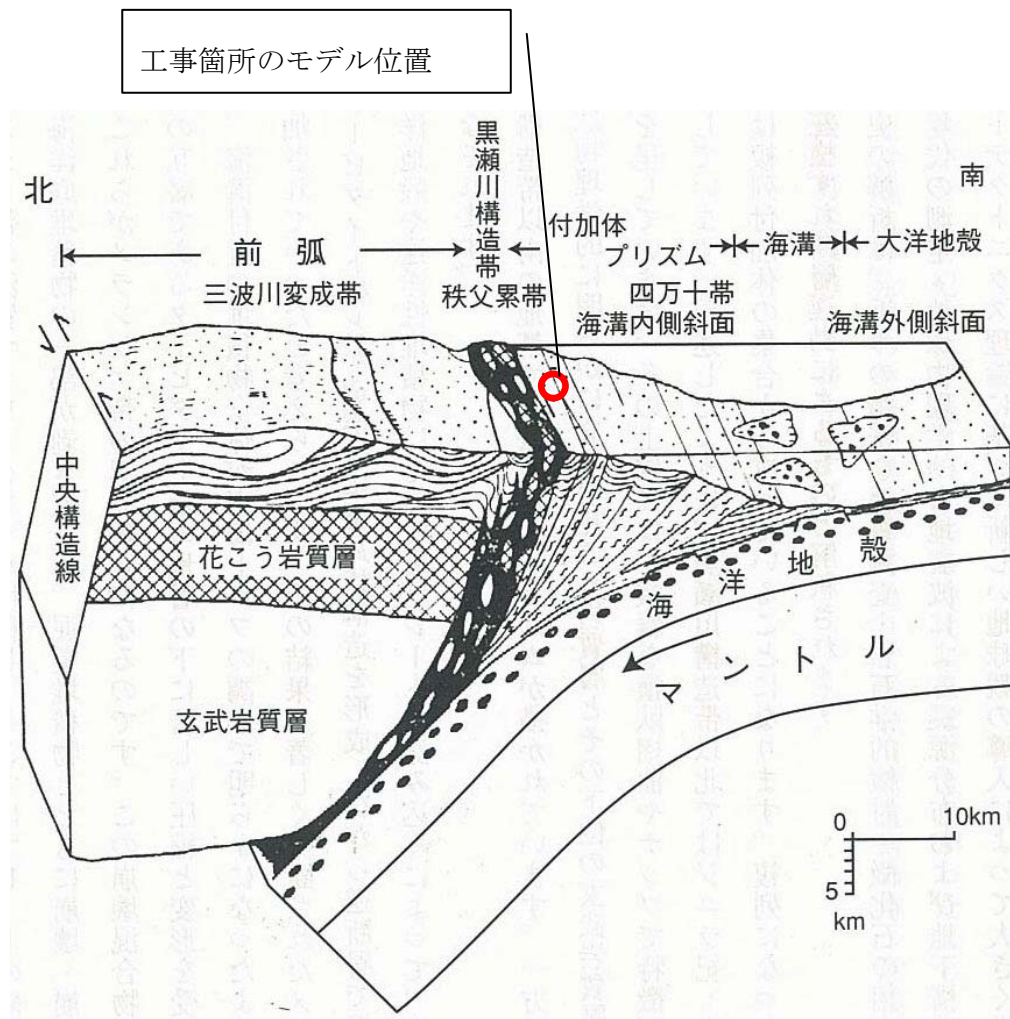


図1-5 四国における西南日本外帯の地殻形成過程（新生代）を示すモデル
 出典：鈴木堯史（1998）四国はどのようにしてできたか、南の風社（波田重熙の図に基づき一部改変）

1.2.2. 秩父累帯

工事位置は秩父累帯に位置しており、秩父累帯は、様々な岩種が出現しているゆえに過去の研究において様々な名称が用いられ区分されているが、ここでは、工事位置が位置する「高知」圏幅の西隣りの1/5万地質図「伊野」図幅（脇田・ほか、2007）で用いられている区分の北西側から秩父累帯北帯、黒瀬川構造帯、秩父累帯南帯の3区分の分け方に準じた。これらの地帯は東北東-西南西方向にはほぼ平行に配列してそれぞれ断層で接しており、秩父累帯南帯の南縁では、仏像構造線を境にして四万十帯が分布し、その構造は北へ傾斜している。仏像構造線を写真1-1に示す。

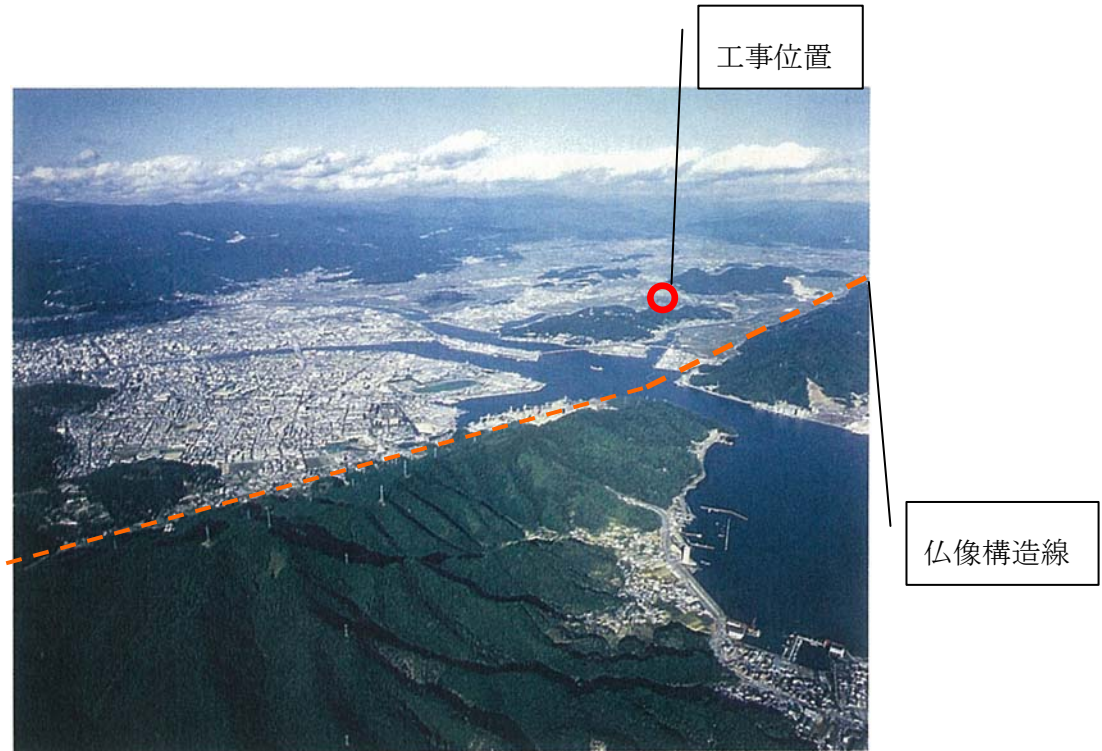


写真 1 - 1 高知平野と仏像構造線

出典：四国地方土地質図編集委員会（1998）四国地方土地質図 解説書
 仏像構造線位置を加筆

以下に、1/5万地質図「伊野」図幅（脇田・ほか、2007）に示される秩父累帯の特徴をまとめて示す。

（1）秩父累帯北帯

秩父累帯北帯のジュラ紀付加コンプレックスは、日本の他の地域と同様に、主に海洋プレート層序上部を構成する岩石から形成されている。ペルム紀－三畳紀境界付近の砥石型粘土岩、三畳紀のチャート、ジュラ紀の珪質泥岩・砂岩・泥岩などが主な構成岩石である。まれに石炭紀－ペルム紀の石灰岩や玄武岩が含まれる。これらの岩石が単独ないし複数の組み合わせからなるスラブや岩塊が構造的に接したり、泥質混在岩の基質に含まれたりするメランジェ相を構成している。

（2）黒瀬川構造体

黒瀬川構造帯には、古生代前期から中生代後期までの様々な岩石・地層が含まれている。それらはオルドビス紀の角閃岩・黒雲母片麻岩・花崗閃緑岩・トー

ナル岩・花崗岩、石炭紀からジュラ紀の高圧型変成岩の苦鉄質片岩・泥質片岩、シルルーデボン紀の堆積岩類、ペルム紀の付加コンプレックス、中生代の正常層及び時代未詳の超苦鉄質岩などである。

(3) 秩父累帯南帯

秩父累帯南帯のジュラ紀－前期白亜紀付加コンプレックスは、松岡ほか(1998)により大平山ユニット・斗賀野ユニット・三宝山ユニットに区分されており、これらは断層で接して構造的低位に向かって若くなる。

大平山ユニットは、砂岩・チャート・石灰岩の岩塊を含むメランジェである。斗賀野ユニットは、海洋プレート層序のうち、厚いチャートと碎屑岩類からなる三疊紀－ジュラ紀の部分が断層で繰り返す特徴的な岩相を示す。三宝山ユニットは、玄武岩・石灰岩・チャートからなるメランジェで、後期ジュラ紀から前期白亜紀の放射虫化石を泥岩から産出する秩父累帯では最も若いユニットである。

1.2.3. 四紀層

第四系は、鮮新世－前期更新世（－中期更新世？）の厚さ 100m 以上に及ぶ礫層と、中部－下部更新統の河成段丘堆積物の層厚 5～10m 程度のシルト層を含む礫層ならびに、完新統の扇状地堆積物、谷底平野堆積物、自然堤防堆積物及び旧河床堆積物、後背湿地堆積物、現河床堆積物に区分される。高知平野西部地域の地下地質を図 1 - 6 に示す。

工事位置付近

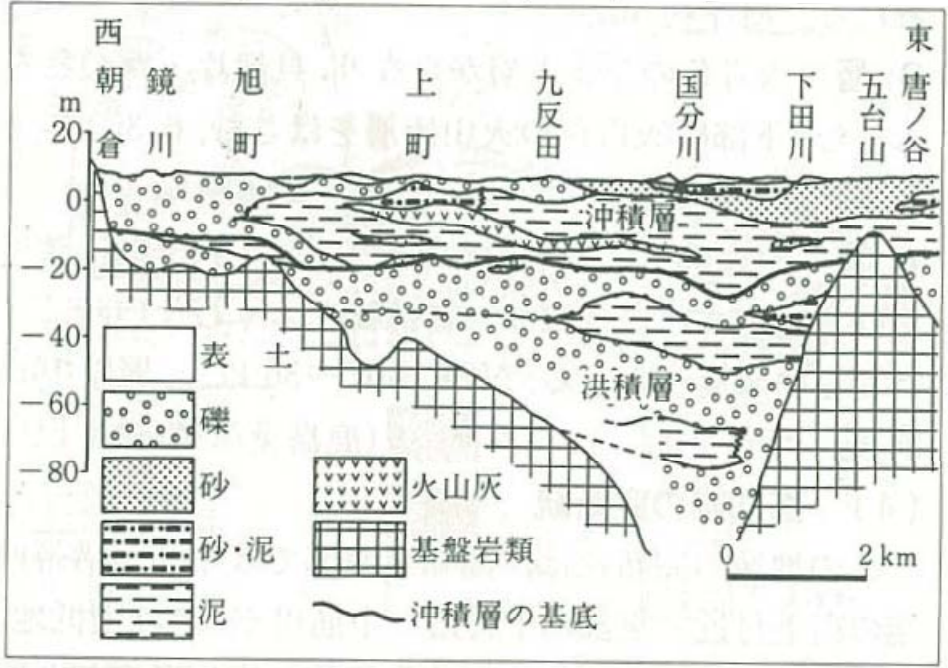


図 1 - 6 高知平野西部地域の地下地質 (甲藤・西、1972)
出典：日本の地質「四国地方」編集委員会編 (1991) 日本の地質8、四国地方 (共立出版)

1.2.4. 工事位置付近の地質

工事位置付近では、第四系の下位には、秩父累帯南帯に属する斗賀野ユニットが分布し、工事位置から約 500m 以南には、同じく秩父累帯南帯に属する三宝山ユニットが分布する。さらには、工事位置の南方約 1000m をほぼ東西に走る仏像構造線をはさんでその南側には、四万十帯が分布する。

工事位置周辺に分布する斗賀野ユニットと三宝山ユニットの地質は、1/5 万地質図「伊野」図幅 (脇田・ほか、2007) に、詳細に記載されている。以下に、それらの特徴をまとめて示す。併せて高知市周辺の地質図を図 1 - 7 に示し、斗賀野ユニットの岩相を写真 1 - 2 に示す。

(1) 斗賀野ユニット

斗賀野ユニットは、ジュラ紀付加コンプレックスであり、砂岩及び砂岩泥岩互層及びチャート、珪質泥岩などからなる。特に、塊状砂岩、砂岩泥岩互層からなる碎屑岩類と厚いチャートが特徴的に繰り返して分布している。これらは、海洋プレート層序と呼ばれる砥石型粘土岩→チャート→珪質泥岩→砂岩泥岩互層・塊状砂岩という一連の地層堆積物であり、付加コンプレックスの形成の基本構成要素である。

砥石型粘土岩は、優黒色の有機質粘土岩と灰白色の珪質粘土岩からなり、しばしば断層で構造的に破碎されている。チャートは灰色、灰白色、暗灰色、淡緑色、赤褐色などを呈し、単層 1-15cm の珪質部と数 mm 以下の泥質部からなる層状チャートである。珪質泥岩は、灰色、暗灰色ないし暗緑色を呈し 2-10cm の珪質部と薄い泥質部からなる層状珪質泥岩であるが、より泥質な実質珪質泥岩を伴うこともある。砂岩泥岩互層には、一般に整然とした地層であるが、泥岩優勢な場合には砂岩層が膨析レンズ化し、破断砂岩泥岩互層になっている場合もある。粗粒碎屑岩としては、塊状砂岩層が最も卓越しており、砂岩泥岩互層と密接に伴って産出している。塊状砂岩は、灰色ないし暗灰色を呈し、中一粗粒であり、淘汰が悪く、垂角ないし角ばった石英・長石などの鉱物片と珪長質火山碎屑岩・チャート・泥岩などの岩片を含んでいる。また、極粗粒砂岩ではチャートの角礫や岩片をたくさん含むチャート角礫岩も認められる。

東北東一西南西方向の北フェルゲンツの逆断層に区切られて分布し、北側を主として大平山ユニットと、南側を三宝山ユニットと接している。南縁の断層は、地層の走向と斜交している。地層の走向は、東一西から東北東一西南西で、北ないし南に急傾斜している。地層の連続性はよく、チャートや砂岩優勢な互層などは側方によく連続する。

(2) 三宝山ユニット

三宝山ユニットはジュラ紀一前期白亜紀の付加コンプレックスであり、泥岩、砂岩、チャート、玄武岩、石灰岩などからなる。泥質基質に、大小様々な石灰岩、チャート、玄武岩、砂岩などの岩塊を含むメランジュである。石灰岩を特徴的に含み、チャートや玄武岩の岩塊は、石灰岩よりやや小さく量も少ない。基質の泥岩は、弱い剥離性が認められるが、一般に変形は弱い。

石灰岩は、灰色ないし灰白色、灰褐色などを呈し、径数 m から長径 700-800m の巨大なものまで様々な大きさの石灰岩塊が分布する。巨大な石灰岩は採掘されている。玄武岩は暗緑色ないし暗褐色を呈する玄武岩溶岩あるいは苦鉄質火山碎屑岩である。チャートは赤褐色、灰白色、淡緑色、赤褐色、黒色などを呈し、単層の厚さが 1~10cm の層状チャートである。泥質混在岩中に岩塊として含まれたり、玄武岩と密接に伴って出てくるほか、厚い砂岩層や砂岩泥岩互層と断層で接している場合がある。また灰色ないし灰緑色の層状珪質泥岩もまれに挟在する。砂岩は灰色ないし暗灰色を呈し、中粒・粗粒である。また粗粒砂岩の基質にチャート角礫や岩片をたくさん含むチャート角礫岩ないしチャートアレナイトを特徴的に含む。砂岩もチャート角礫岩も他の岩相と同様にメランジュ中の岩塊の一部と考えられる。

東北東一西南西方向の北フェルゲンツの逆断層に区切られて分布し、北側を斗賀野ユニットと、南側を半山ユニットと接している。半山ユニットとの境界は

仏像構造線と呼ばれている。地層の走向は、東-西から東北東-西南西で、北ないし南に急傾斜している場合が多いが、走向が西北西-東南東に振れている場合も若干ある。

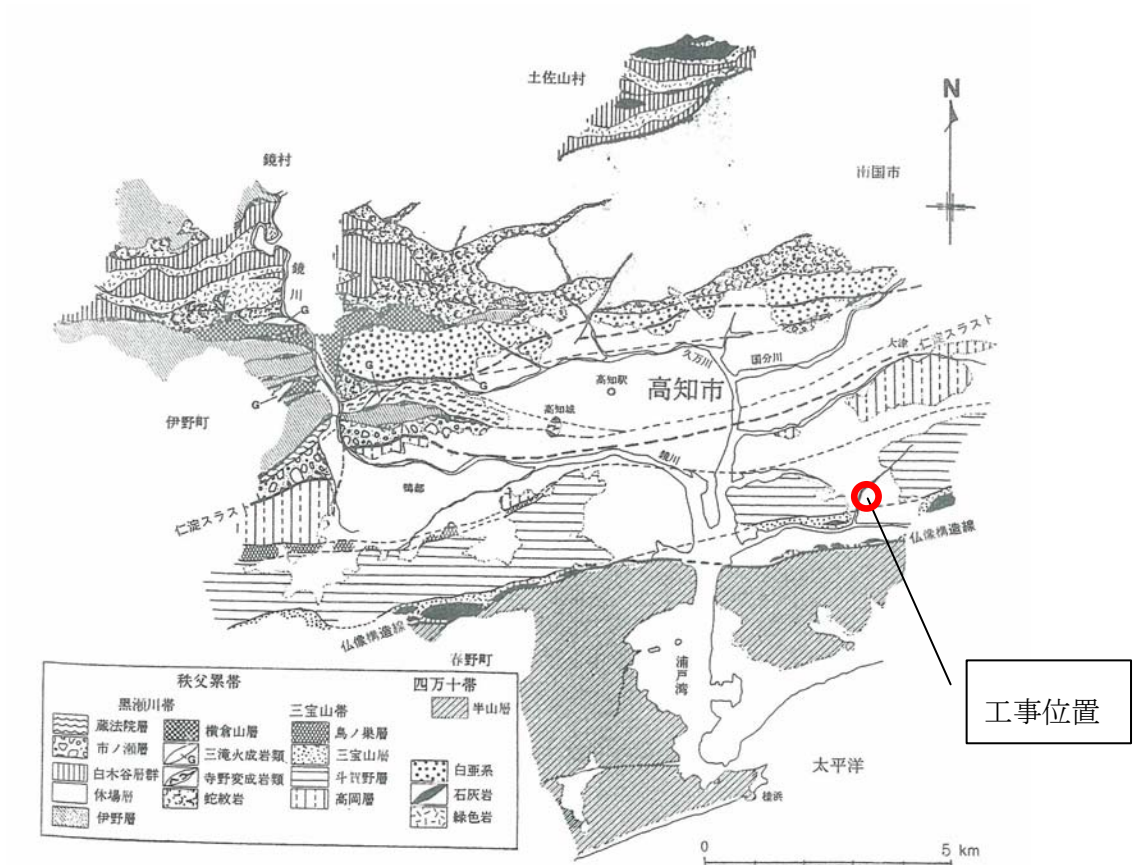


図 1-7 高知市周辺の地質図

出典：四国地方土木地質図編集委員会（1998）四国地方土木地質図 解説書
（波田、1993）

本資料では、秩父累帯南帯（大平山ユニット・斗賀野ユニット・三宝山ユニット）を三宝山帯（高岡層・



写真 1 - 2 斗賀野ユニット

出典：四国地方土木地質図編集委員会（1998）四国地方土木地質図 解説書

高知県高岡郡越知町小日浦、写真左の砂岩層と写真右のチャート層および黒色粘土層が断層関係で接し
文献

太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正（2004）日本の地形6 近畿・中国・四国．東京大学
出版会， p. 323-325.

鈴木堯史（1998）四国はどのようにしてできたか．南の風社， p. 26-28， p. 154-157.

脇田浩二・宮崎一博・利光誠一（2007）伊野地域の地質，第2章 地質概要，地域地質研究報告
（5万分の1地質図幅）．産業技術総合研究所地質調査総合センター， p. 3-6.

松岡 篤・山北 聡・榊原正幸・久田健一郎（1998）付加体地質の観点に立った秩父累帯のユニ
ット区分と四国西部の地質．地質学雑誌， vol. 104， p. 634-653.

満塩大洗・阿子島功（1991）日本の地質8 四国地方，第3章 新生界 3.7 完新統（4）高知県
の完新統．共立出版， p. 147-149

波田重熙（1993）高知市の地質とその起源．高知市文化財調査報告書第13集 高知市の地質と植
生，高知市教育委員会， p. 3-27.

四国地方土木地質図編集委員会（1998）四国地方土木地質図 解説書．財団法人 国土開発技術
研究センター，（1）p，（5）p，（17）p， 121p.

1.3. 孔井地質

今回は孔1、孔2、孔3ならびに別孔1の計4孔のボーリングを行った。これらの内で、コアボーリングを行ったのは孔1、孔2および別孔1であり、その区間は孔1では深度120mから601m、孔2では深度150mから204.87m、別孔1では深度0mから140mである。それらの関係を図1-8に示す。

孔1			孔2			別孔1			
掘削深度	推定地層	掘削方法	掘削深度	推定地層	掘削方法	掘削深度	推定地層	掘削方法	
0m			0m			0m			
47m	盛土・第四系	エア-ハンマー (ノンコア)	82m	盛土・第四系	エア-ハンマー (ノンコア)	11.9m	盛土・第四系	普通工法 (コア)	
120m		トリコン (コア)				57.12m			
126.75m		HQ・WL (コア)				95.65m			
150m	秩父累帯 泥岩・砂岩 ・チャート	HQ・WL (コア)	120m?	秩父累帯 泥岩・砂岩 ・チャート	トリコン (ノンコア)	137.5m	秩父累帯 泥岩・砂岩 ・チャート	HQ・WL (コア)	
601m			150m			トリコン (ノンコア)			118.07m
			180m			HQ・WL (コア)			140m
			180m			HQ・WL (定方位コア) (204.87m)			
			207m						

図1-8 孔ごとのコア採取区間

今回の工事結果から、工事位置付近では、地表から深度 7.5m の間が埋土および塵芥を、それ以深の深度 120m 付近までが砂、シルト、砂礫からなる第四系を、それ以深の深度 600m 付近までがチャートを挟在する砕屑岩類を主とする斗賀野ユニットが分布したと確認された。

孔 1 と別孔 1 の掘削結果から工事位置での地質分布を以下に示し、簡易柱状図を図 1-9 にまとめた。また、孔 1 でのコア形状と RQD の深度分布図を図 1-10、11 に示す。

0.00～13.76m

- ・細粒～粗粒砂主体であり、シルトや礫を含む。
- ・礫は主に $\phi 3\sim 15\text{mm}$ のチャート礫からなる。

13.76～19.62m

- ・砂質シルトであり、所々細粒砂の薄層を挟む。

19.62～40.70m

- ・砂礫主体である。
- ・礫は主に $\phi 2\sim 100\text{mm}$ のチャート・砂岩の歪円～歪角礫である。
- ・基質はシルト質の中粒～粗粒砂である。
- ・一部に粘土～砂の薄層を挟む。

40.70～49.01m

- ・シルト主体であり、多くは腐植質である。
- ・一部に砂の薄層を挟む。

49.01～78.90m

- ・砂礫とシルトの互層である。
- ・礫は主に $\phi 2\sim 80\text{mm}$ のチャート・砂岩の歪角礫である。
- ・基質はシルト質の中粒～粗粒砂である。
- ・シルトは砂質な所や礫を含む所がある。
- ・シルトの多くは腐植質である。

76.85～76.88m

- ・白色で細粒な火山灰である。

78.90～107.67m

- ・砂礫主体である。

- ・礫は主にチャート・砂岩・頁岩の亜円～亜角礫である。
- ・基質は粗粒砂である。
- ・稀にシルトや砂の薄層を挟む。

107.67～120.00m

- ・礫混り中粒～粗粒砂である。
- ・礫は主にφ5～50mmのチャート・砂岩の亜円～亜角礫である。

120.00～126.75m

- ・砂礫である。
- ・礫は主にφ2～50mmのチャート・泥岩・砂岩の亜角礫からなる。
- ・基質は粘土～砂である。

126.75～194.17m

- ・粗粒砂岩主体である。
- ・126.75～145.80mは褐灰色汚染されている。
- ・厚さ5～20cm程度の泥岩を所々に挟む。
- ・割れ目沿いに厚さ0.5～2mm程度の白色細脈が見られる。
- ・上位から約12mは、風化程度が高く軟質となっている。
- ・コアは5～50cmの棒状～片状コアとして採取され、下位程15～50cmの棒状コアとして採取されている。
- ・泥岩との境界の多くは破碎されており、粘土～小角礫状化している。
- ・所々に含礫泥岩の薄層を挟み、含礫泥岩は破碎されており、粘土～小角礫状化している。更に、厚さ1～2mmの暗緑～黒色断層粘土や厚さ2～10mmの断層角礫が見られる。
- ・泥岩や含礫泥岩の割れ目面の多くは鏡肌が見られる。
- ・泥岩や含礫泥岩の傾斜は、低角度（20°前後）～高角度（80°前後）と様々である。

194.17～231.61m

- ・中粒砂岩主体である。
- ・全体的に硬質であり、棒状コアとして採取されるが、一部区間は角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～15cmと15～50cmが混在し、割れ目にはフィルム状に細粒物

質が付着する。

- ・全体にわたり1～5mm厚の白色細脈が見られる。
- ・所々に厚さ10mm程度の破碎部が見られ、黒灰色の断層粘土や断層角礫からなる。
- ・破碎部の傾斜は75° 前後である。
- ・所々に泥岩の薄層を傾斜65° 前後で挟む。

231. 61～314. 29m

- ・凝灰質泥岩主体である。
- ・全体的に硬質であり、棒状コアとして採取されるが、一部角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、割れ目の多くはフィルム状に細粒物質が付着する。
- ・一部の割れ目面には鏡肌が見られる。
- ・全体にわたり厚さ1～5mm程度の白色細脈が見られ、一部密集している。
- ・脈の一部は肌色粘土化している。
- ・所々に厚さ20mm以下の緑色凝灰岩が傾斜45° 前後で見られる。
- ・含礫泥岩や中粒砂岩やチャートおよび泥岩の薄層を挟む。
- ・含礫泥岩は全体に破碎されており、粘土～角礫状化している。
- ・中粒砂岩は厚さ5mm以下の白色細脈が多く見られる。
- ・チャートは暗緑灰色や緑灰色であり、厚さ5mm以下の白色細脈が多く見られる。

279. 45～282. 50m

292. 40～295. 55m

297. 30～298. 33m

- ・赤色泥岩である。
- ・全体に硬質であり棒状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、割れ目の一部には細粒物質が付着している。
- ・一部の割れ目面には鏡肌が見られる。
- ・厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。
- ・所々凝灰質泥岩を挟む。

305. 43～313. 70m

- ・中粒砂岩である。
- ・全体に硬質であり棒状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、所々厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。
- ・全体にわたり厚さ5mm以下の泥岩が細脈状に入り込んでいる。

314. 29～343. 30m

- ・チャート主体である。
- ・全体に硬質であり棒状コアとして採取されるが、一部角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、所々5cm以下又は50cm以上である。
- ・所々凝灰岩が薄層もしくはブロック状で見られる。
- ・一部に凝灰質泥岩を厚さ10cm程度で挟む。
- ・全体にわたり厚さ5mm以下の白色細脈や黒色細脈が見られ、一部密集している。

343. 30～358. 22m

- ・赤色泥岩主体である。
- ・全体に珪質であり硬く棒状コアとして採取され、一部角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、一部5cm以下又は50cm以上である。
- ・所々厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。
- ・厚さ10mm以下、傾斜20～80° の凝灰岩が不規則に入り込んでいる。
- ・チャートの薄層を挟む。

358. 22～372. 27m

- ・珪質砂岩主体である。
- ・主に棒状コアとして採取されるが、一部角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は、5cm以下～15cm主体であり、一部角礫状である。
- ・一部の割れ目には細粒物質が付着している。
- ・チャート、中粒砂岩、粗粒砂岩の薄層を挟む。
- ・所々チャートをブロック状に取り込んでいる。

372. 27～387. 10m

- ・チャート主体である。
- ・色調は様々であり、全体に棒状コアとして採取される。

- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、約半数は50cm以上である。
- ・全体にわたり厚さ5mm以下の白色細脈や黒色細脈が不規則に見られる。
- ・一部に珪質砂岩の薄層を挟む。

387. 10～421. 18m

- ・凝灰質泥岩主体である。
- ・全体に硬質であり棒状コアとして採取されるが、所々角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmであり、一部角礫状化している。
- ・一部の割れ目には細粒物質が付着している。
- ・全体に厚さ1～10mm程度の泥岩が脈状に不規則に入り込んでいる。
- ・所々に含礫泥岩や珪質砂岩や赤色泥岩およびチャートを挟む。
- ・含礫泥岩は、一部に健岩部を残すが全体として破碎されており、粘土～角礫状化している。未固結なものから固結しているものまで見られる。
- ・赤色泥岩は、硬質であるが5cm以下の棒状～岩片状コアとして採取される。割れ目には細粒物質が付着し、鏡肌が見られる。一部は破碎されており砂～小角礫状化している。

421. 18～433. 10m

- ・泥岩主体である。
- ・全体に硬質であり棒状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmと50cm以上が混在し、一部5cm以下の棒状～岩片状である。
- ・細粒～粗粒砂岩をブロック状または薄層として挟む。

433. 10～495. 19m

- ・細粒～粗粒砂岩主体である。
- ・硬質であり棒状コアとして採取されるが、一部角礫状である。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、一部5cm以下の棒状又は岩片状である。
- ・全体にわたり厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。
- ・一部の割れ目には細粒物質が付着し、割れ目面には鏡肌が見られる。
- ・泥岩がブロック状や脈状に多く見られる。
- ・一部は破碎されており、粘土～角礫状化している。
- ・チャートや泥岩および含礫泥岩を挟む。

- ・泥岩の一部は破碎されており、粘土～角礫状化している。
- ・含礫泥岩は、全体に激しく破碎されており粘土～角礫状を呈し、固結～未固結状である。粘土は厚さ2～3mm程度の黒灰色であり、角礫はφ2～20mm程度の泥岩・珪質砂岩・チャートの亜角礫である。礫の定方向配列や流理構造が見られる。

495.19～517.00m

- ・チャート主体である。
- ・色調は様々であり、棒状コアとして採取され、所々角礫状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5cm以下と5～15cmが混在し、所々15～50cmである。
- ・全体に厚さ1～5mm程度の白色細脈や厚さ1～2mm程度の黒色細脈が多く見られる。
- ・珪質砂岩や含礫泥岩を挟む。
- ・含礫泥岩は、健岩部を残すが全体に激しく破碎されており、粘土～角礫状化している。大部分は固結しているが、一部未固結である。粘土は厚さ1～2mm程度の黒灰色であり、角礫はφ2～10mm程度の泥岩や凝灰質泥岩や砂岩およびチャートの亜角礫である。礫の定方向配列や流理構造が見られる。
- ・凝灰質泥岩がブロック状又は脈状で見られる。

517.00～526.90m

- ・赤色泥岩である。
- ・硬質で棒状コアとして採取される。
- ・割れ目間隔は5～50cmが混在する。
- ・厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。
- ・割れ目の多くは細粒物質が付着し鏡肌が見られる。

526.90～601.00m

- ・細粒砂岩と泥岩の互層主体である。
- ・細粒砂岩は、硬質で棒状コアとして採取され、一部角礫状コアとして採取される。割れ目間隔は15～50cmと50cm以上が混在し、一部5～15cmである。一部破碎されており、粘土～角礫状化している。厚さ10mm以下の白色細脈が見られ、一部密集している。泥岩がブロック状又は細脈状に多く見られる。
- ・泥岩は、硬質で棒状コアとして採取され、一部角礫状コアとして採取される。割れ目間隔は5～15cmと15～50cmが混在している。一部の割れ目には細粒物質が

付着し鏡肌が見られる。厚さ10mm以下の白色細脈が見られる。一部白色細脈沿いに幅5～10mmにわたり破碎されている所が見られるが、固結している。細粒砂岩がブロック状又は細脈状に見られる。

- ・含礫泥岩やチャートを挟む。
- ・含礫泥岩は、一部健岩部を残すが、全体に破碎されており粘土～角礫状化している。粘土は厚さ1～2mmの黒灰色で、角礫はφ2～20mm程度の泥岩主体の垂角礫からなるが、一部固結している。礫の定方向配列や流理構造が見られる。割れ目面には鏡肌が見られる。所々に厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。一部緑色凝灰岩が脈状に入り込んでいる。
- ・チャートは、棒状コアとして採取される。割れ目間隔は15～50cmと50cm以上が混在している。厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。泥岩がブロック状又は細脈状に見られる。

標高(ELm)	深度(GL-m)	地質名	記 事
-9.49	13.76	砂	0.00～13.76m <ul style="list-style-type: none"> ・細粒～粗粒砂主体であり、シルトや礫を含む。 ・礫は主にφ3～15mmのチャート礫からなる。
-15.35	19.62	シルト 砂質	13.76～19.62m <ul style="list-style-type: none"> ・砂質シルトであり、所々細粒砂の薄層を挟む。
-36.84	40.70	砂礫	19.62～40.70m <ul style="list-style-type: none"> ・砂礫主体である。 ・礫は主にφ2～100mmのチャート・砂岩の垂円～垂角礫である。 ・基質はシルト質の中粒～粗粒砂である。 ・一部に粘土～砂の薄層を挟む。
-45.15	49.01	シルト	40.70～49.01m <ul style="list-style-type: none"> ・シルト主体であり、多くは腐植質である。 ・一部に砂の薄層を挟む。
-75.04	78.90	砂礫とシルトの互層	49.01～78.90m <ul style="list-style-type: none"> ・砂礫とシルトの互層である。 ・礫は主にφ2～80mmのチャート・砂岩の垂角礫である。 ・基質はシルト質の中粒～粗粒砂である。 ・シルトは砂質な所や礫を含む所がある。 ・シルトの多くは腐植質である。 76.85～76.88m <ul style="list-style-type: none"> ・白色で細粒な火山灰である。
-95.76	100.00	砂礫	78.90～107.67m <ul style="list-style-type: none"> ・砂礫主体である。 ・礫は主にチャート・砂岩・頁岩の垂円～垂角礫である。 ・基質は粗粒砂である。 ・稀にシルトや砂の薄層を挟む。

図 1 - 9 (1) 簡易柱状図

標高(EL.m)	深度(GL.m)	地質名	記 事
-103.81	107.67	砂礫	
-115.34	120.00	礫混り砂	107.67～120.00m <ul style="list-style-type: none"> ・礫混り中粒～粗粒砂である。 ・礫は主にφ5～50mmのチャート・砂岩の亜円～亜角礫である。
-122.09	126.75	砂礫	120.00～126.75m <ul style="list-style-type: none"> ・砂礫である。 ・礫は主にφ2～50mmのチャート・泥岩・砂岩の亜角礫からなる。 ・基質は粘土～砂である。
-189.51	194.17	粗粒砂岩	126.75～194.17m <ul style="list-style-type: none"> ・粗粒砂岩主体である。 ・126.75～145.80mは褐灰色汚染されている。 ・厚さ5～20cm程度の泥岩を所々に挟む。 ・割れ目沿いに厚さ0.5～2mm程度の白色細脈が見られる。 ・上位から約12mは、風化程度が高く軟質となっている。 ・コアは5～50cmの棒状～片状コアとして採取され、下位程15～50cmの棒状コアとして採取されている。 ・泥岩との境界の多くは破碎されており、粘土～小角礫状化している。 ・所々に含礫泥岩の薄層を挟み、含礫泥岩は破碎されており、粘土～小角礫状化している。 ・更に、厚さ1～2mmの暗緑～黒色断層粘土や厚さ2～10mmの断層角礫が見られる。 ・泥岩や含礫泥岩の割れ目面の多くは鏡肌が見られる。 ・泥岩や含礫泥岩の傾斜は、低角度(20°前後)～高角度(80°前後)と様々である。
-195.34	200.00	中粒砂岩	194.17～231.61m <ul style="list-style-type: none"> ・中粒砂岩主体である。 ・全体的に硬質であり、棒状コアとして採取されるが、一部区間は角礫状コアとし

図 1 - 9 (2) 簡易柱状図

標高 ()	深度 ()	地質名	記 事
-226.95	231.61	中粒砂岩	<p>て採取される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・割れ目間隔は5～15cmと15～50cmが混在し、割れ目にはフィルム状に細粒物質が付着する。 ・全体にわたり1～5mm厚の白色細脈が見られる。 ・所々に厚さ10mm程度の破碎部が見られ、黒灰色の断層粘土や断層角礫からなる。 ・破碎部の傾斜は75° 前後である。 ・所々に泥岩の薄層を傾斜65° 前後で挟む。
-295.34	300.00	凝灰質泥岩	<p>231.61～314.29m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・凝灰質泥岩主体である。 ・全体的に硬質であり、棒状コアとして採取されるが、一部角礫状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、割れ目の多くはフィルム状に細粒物質が付着する。 ・一部の割れ目面には鏡肌が見られる。 ・全体にわたり厚さ1～5mm程度の白色細脈が見られ、一部密集している。 ・脈の一部は肌色粘土化している。 ・所々に厚さ20mm以下の緑色凝灰岩が傾斜45° 前後で見られる。 ・含礫泥岩や中粒砂岩やチャートおよび泥岩の薄層を挟む。 ・含礫泥岩は全体に破碎されており、粘土～角礫状化している。 ・中粒砂岩は厚さ5mm以下の白色細脈が多く見られる。 ・チャートは暗緑灰色や緑灰色であり、厚さ5mm以下の白色細脈が多く見られる。 <p>279.45～282.50m 292.40～295.55m 297.30～298.33m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・赤色泥岩である。 ・全体に硬質であり棒状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、割れ目の一部には細粒物質が付着している。 ・一部の割れ目面には鏡肌が見られる。 ・厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。 ・所々凝灰質泥岩を挟む。

図 1 - 9 (3) 簡易柱状図

標高(EL.m)	深度(GL.m)	地質名	記 事
-309.63	314.29	凝灰質泥岩	305.43～313.70m <ul style="list-style-type: none"> ・中粒砂岩である。 ・全体に硬質であり棒状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、所々厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。 ・全体にわたり厚さ5mm以下の泥岩が細脈状に入り込んでいる。
-338.64	343.30	チャート	314.29～343.30m <ul style="list-style-type: none"> ・チャート主体である。 ・全体に硬質であり棒状コアとして採取されるが、一部角礫状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、所々5cm以下又は50cm以上である。 ・所々凝灰岩が薄層もしくはブロック状で見られる。 ・一部に凝灰質泥岩を厚さ10cm程度で挟む。 ・全体にわたり厚さ5mm以下の白色細脈や黒色細脈が見られ、一部密集している。
-353.56	358.22	赤色泥岩	343.30～358.22m <ul style="list-style-type: none"> ・赤色泥岩主体である。 ・全体に珪質であり硬く棒状コアとして採取され、一部角礫状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、一部5cm以下又は50cm以上である。 ・所々厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。 ・厚さ10mm以下、傾斜20～80°の凝灰岩が不規則に入り込んでいる。 ・チャートの薄層を挟む。
-367.61	372.27	珪質砂岩	358.22～372.27m <ul style="list-style-type: none"> ・珪質砂岩主体である。 ・主に棒状コアとして採取されるが、一部角礫状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は、5cm以下～15cm主体であり、一部角礫状である。 ・一部の割れ目には細粒物質が付着している。 ・チャート、中粒砂岩、粗粒砂岩の薄層を挟む。 ・所々チャートをブロック状に取り込んでいる。
-382.44	387.10	チャート	372.27～387.10m <ul style="list-style-type: none"> ・チャート主体である。 ・色調は様々であり、全体に棒状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、約半数は50cm以上である。 ・全体にわたり厚さ5mm以下の白色細脈や黒色細脈が不規則に見られる。 ・一部に珪質砂岩の薄層を挟む。
-395.34	400.00	凝灰質泥岩	387.10～421.18m <ul style="list-style-type: none"> ・凝灰質泥岩主体である。 ・全体に硬質であり棒状コアとして採取されるが、所々角礫状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmであり、一部角礫状化している。 ・一部の割れ目には細粒物質が付着している。 ・全体に厚さ1～10mm程度の泥岩が脈状に不規則に入り込んでいる。

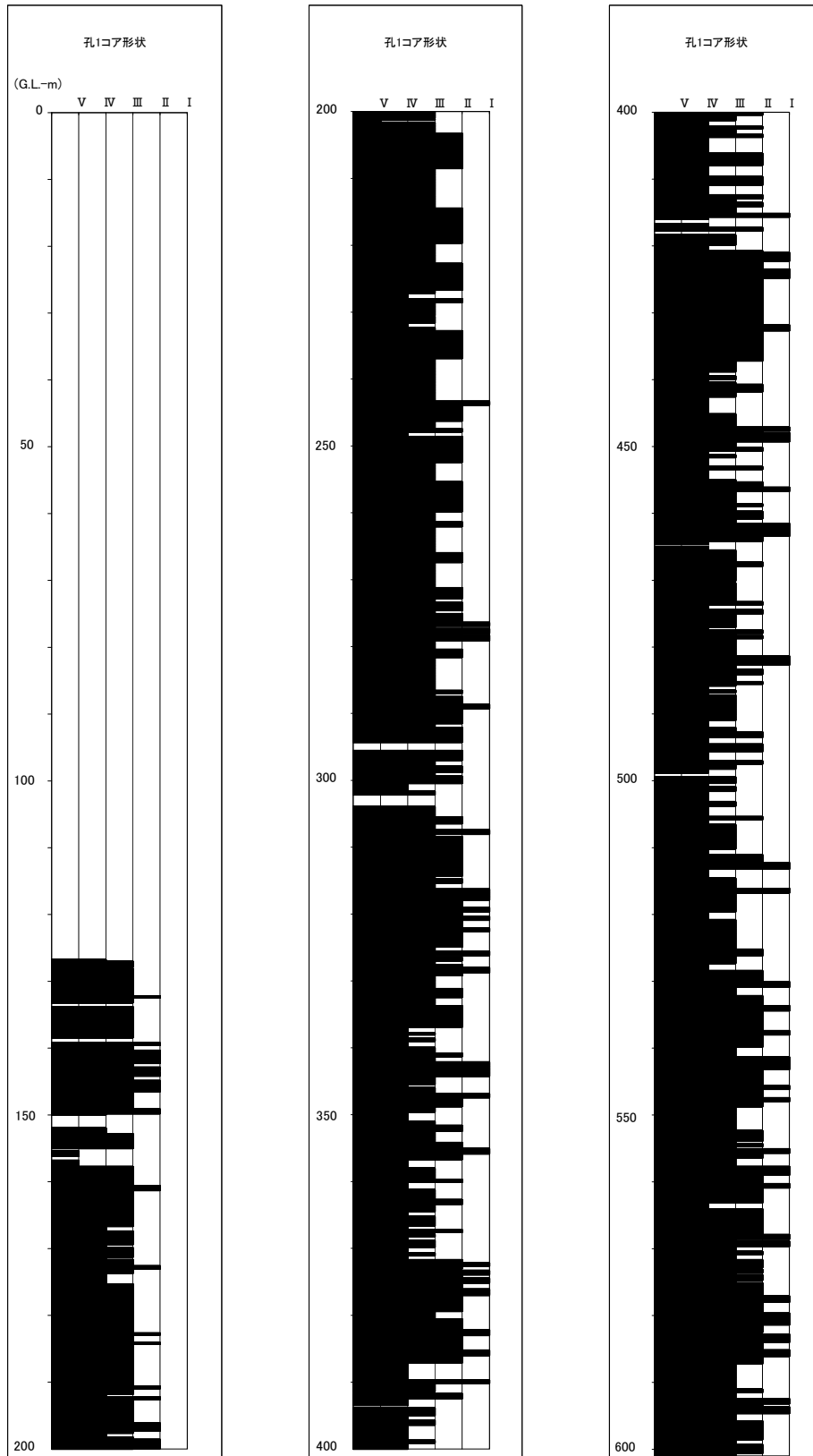
図 1 - 9 (4) 簡易柱状図

標高(EL.m)	深度(GL.m)	地質名	記 事
-416.52	421.18	凝灰質泥岩	<ul style="list-style-type: none"> ・所々に含礫泥岩や珪質砂岩や赤色泥岩およびチャートを挟む。 ・含礫泥岩は、一部に健岩部を残すが全体として破碎されており、粘土～角礫状化している。 ・未固結なものから固結しているものまで見られる。 ・赤色泥岩は、硬質であるが5cm以下の棒状～岩片状コアとして採取される。 ・割れ目には細粒物質が付着し、鏡肌が見られる。 ・一部は破碎されており砂～小角礫状化している。
-428.44	433.10	泥岩	<p>421.18～433.10m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泥岩主体である。 ・全体に硬質であり棒状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmと50cm以上が混在し、一部5cm以下の棒状～岩片状である。 ・細粒～粗粒砂岩をブロック状または薄層として挟む。
-490.53	495.19	細粒～粗粒砂岩	<p>433.10～495.19m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・細粒～粗粒砂岩主体である。 ・硬質であり棒状コアとして採取されるが、一部角礫状である。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在し、一部5cm以下の棒状又は岩片状である。 ・全体にわたり厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。 ・一部の割れ目には細粒物質が付着し、割れ目面には鏡肌が見られる。 ・泥岩がブロック状や脈状に多く見られる。 ・一部は破碎されており、粘土～角礫状化している。 ・チャートや泥岩および含礫泥岩を挟む。 ・泥岩の一部は破碎されており、粘土～角礫状化している。 ・含礫泥岩は、全体に激しく破碎されており粘土～角礫状を呈し、固結～未固結状である。 ・粘土は厚さ2～3mm程度の黒灰色であり、角礫はφ2～20mm程度の泥岩・珪質砂岩・チャートの歪角礫である。 ・礫の定方向配列や流理構造が見られる。
-495.34	500.00	チャート	<p>495.19～517.00m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チャート主体である。

図 1 - 9 (5) 簡易柱状図

標高(EL.m)	深度(GL.m)	地質名	記 事
-512.34	517.00	チャート	<ul style="list-style-type: none"> ・色調は様々であり、棒状コアとして採取され、所々角礫状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5cm以下と5～15cmが混在し、所々15～50cmである。 ・全体に厚さ1～5mm程度の白色細脈や厚さ1～2mm程度の黒色細脈が多く見られる。 ・珪質砂岩や含礫泥岩を挟む。 ・含礫泥岩は、健岩部を残すが全体に激しく破碎されており、粘土～角礫状化している。大部分は固結しているが、一部未固結である。粘土は厚さ1～2mm程度の黒灰色であり、角礫はφ2～10mm程度の泥岩や凝灰質泥岩や砂岩およびチャートの垂角礫である。礫の定方向配列や流理構造が見られる。 ・凝灰質泥岩がブロック状又は脈状で見られる。
-522.24	526.90	赤色泥岩	<p>517.00～526.90m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・赤色泥岩である。 ・硬質で棒状コアとして採取される。 ・割れ目間隔は5～50cmが混在する。 ・厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。 ・割れ目の多くは細粒物質が付着し鏡肌が見られる。
-596.34	601.00	砂岩泥岩互層	<p>526.90～601.00m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・細粒砂岩と泥岩の互層主体である。 ・細粒砂岩は、硬質で棒状コアとして採取され、一部角礫状コアとして採取される。割れ目間隔は15～50cmと50cm以上が混在し、一部5～15cmである。一部破碎されており、粘土～角礫状化している。厚さ10mm以下の白色細脈が見られ、一部密集している。泥岩がブロック状又は細脈状に多く見られる。 ・泥岩は、硬質で棒状コアとして採取され、一部角礫状コアとして採取される。割れ目間隔は5～15cmと15～50cmが混在している。一部の割れ目には細粒物質が付着し鏡肌が見られる。厚さ10mm以下の白色細脈が見られる。一部白色細脈沿いに幅5～10mmにわたり破碎されている所が見られるが、固結している。細粒砂岩がブロック状又は細脈状に見られる。 ・含礫泥岩やチャートを挟む。 ・含礫泥岩は、一部健岩部を残すが、全体に破碎されており粘土～角礫状化している。粘土は厚さ1～2mmの黒灰色で、角礫はφ2～20mm程度の泥岩主体の垂角礫からなるが、一部固結している。礫の定方向配列や流理構造が見られる。割れ目面には鏡肌が見られる。所々に厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。一部緑色凝灰岩が脈状に入り込んでいる。 ・チャートは、棒状コアとして採取される。割れ目間隔は15～50cmと50cm以上が混在している。厚さ5mm以下の白色細脈が見られる。泥岩がブロック状又は細脈状に見られる。

図 1 - 9 (6) 簡易柱状図



I	長さが50cm以上の棒状コア
II	長さが50～15cmの棒状コア
III	長さが15～5cmの棒状～片状コア
IV	長さが5cm以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの
V	主として角礫状のもの

図 1 - 10 コア形状深度分布図

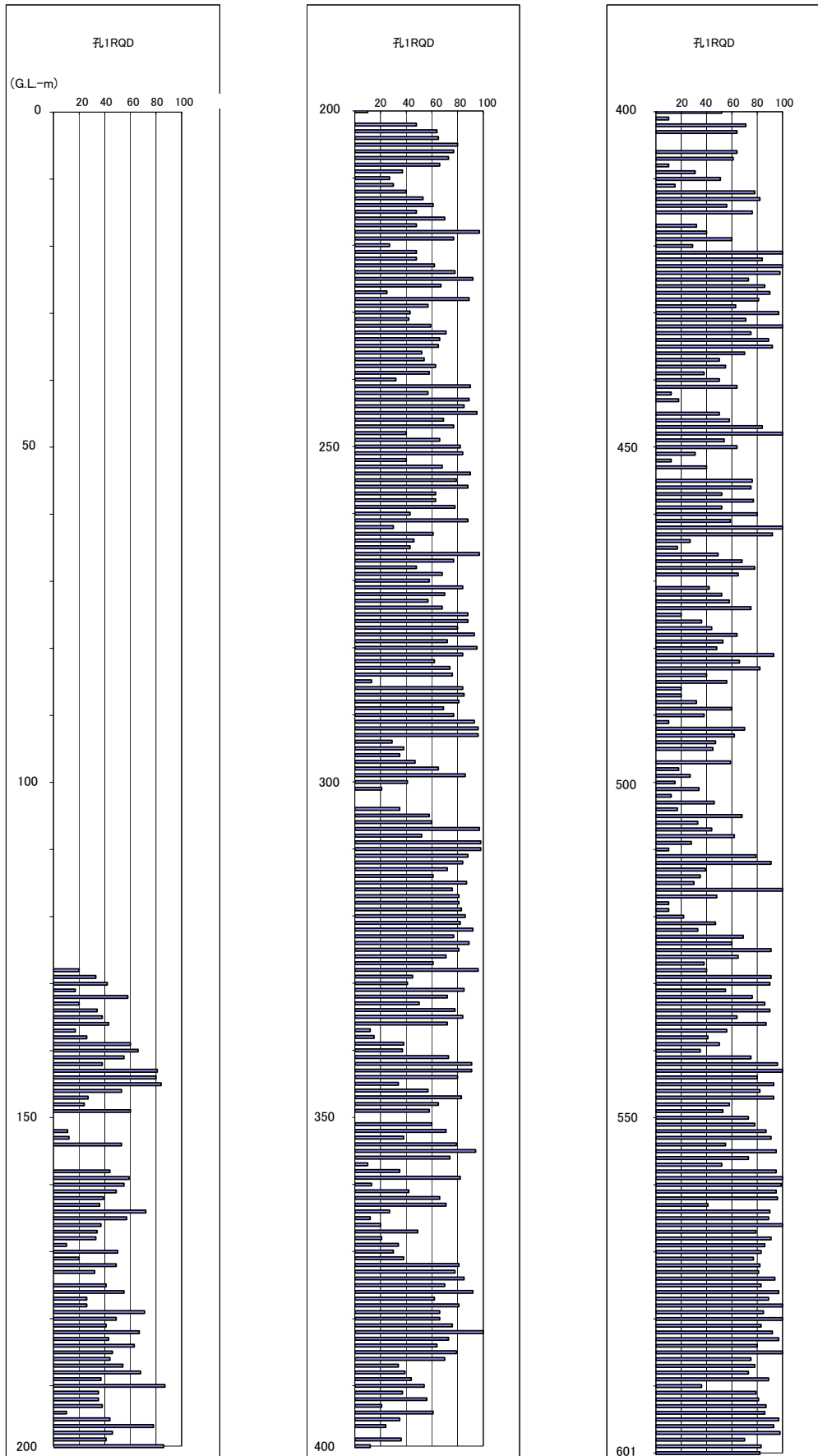


图 1-11 RQD深度分布图

1.4. 総合検討

1.4.1. 検層結果

BHTV観察結果によると、卓越する割れ目はE-W走向で、N高角度傾斜である。これに相対して同じくE-W走向で、S中角度傾斜の割れ目もやや少なめであるが、存在する。

岩相区分による分類ではチャートが高比抵抗、高速度（P波速度）を示し、次いで泥岩がこれよりもやや低比抵抗、低速度を示す。砂岩は比抵抗および速度ともに幅広い値を示すが、チャートおよび泥岩よりも低比抵抗、低速度を示すデータが認められる。

一方、岩級区分による分類では、C_H級が高比抵抗、高速度を示し、D級は全体の中では比抵抗値が200Ωmと低比抵抗を示すものの、速度が4km/sec程度とあまり遅い速度を示していない。なお、C_L級に区分されているデータには、20Ωmで3km/sec程度の低比抵抗、低速度を示すものと、400Ωm～500Ωmで5km/sec程度を示すデータが存在する。

1.4.2. 揚水試験結果

観測孔仕上げを行ったストレーナー区間での透水係数は、孔1では 4.5×10^{-7} m/s、孔2では 1.2×10^{-7} m/s、孔3では 2.9×10^{-4} m/sである。

1.4.3. 水質試験結果

孔1と孔2の地下水は、トリリニアダイアグラムでほぼ同じ箇所に位置し温泉水、鉱泉水および化石水に特徴づけられる非炭酸カルシウム型を示し、一方、孔3の地下水はトリリニアダイアグラムでほぼ中央に位置し表流水に特徴づけられる炭酸ナトリウム型を示している。また、シュティフダイアグラムでは、孔1はNa-Cl型を示し、孔2はCa-Cl型を示し、孔3はNa-HCO₃型を示す。孔1と孔2のイオン量は、孔3に比べて非常に大きい。

孔1の地下水は、マグネシウムイオン、ナトリウムイオンおよび塩化物イオンを多く含むことから古海水による化石水である可能性が高い。さらに、硫酸イオンを多く含むが、この硫酸イオンは、揚水後の地下水に褐色の浮遊物が発生した後に沈殿したことから、硫化鉄が揚水後の地上で酸化して硫酸イオンと水酸化鉄に変化した二次的生成物の可能性がある。

孔2の地下水はトリリニアダイアグラムでは孔1とほぼ同じ位置に位置するが、シュティフダイアグラムでは孔1と異なり、陽イオンではカルシウムイオンが多く、マグネシウムイオンおよび硫酸イオンが少なく、一方、陰イオンでは成分的に孔1とほぼ同じである。他の孔に比べてpHが高いことの理由とし

て、掘削泥水の影響が出ていることが考えられるが、一般的な泥水は Na—HCO₃ 型を示すことから、その理由は定かではない。

孔3の地下水は、上位に粘土層が位置していることから、炭酸カルシウム型の地下水が軟化現象（Ca²⁺, Mg²⁺に置き換わって Na⁺が増加～Na⁺/全陽イオンが増加する現象）で炭酸ナトリウム型に変化した可能性がある。

1.4.4. 初期応力測定結果

DSCA 法に用いた試料は、採取深度が約 50cm だけ離れた 2 本の定方位コアから作成したが、得られた圧力-差ひずみ曲線およびクラックパラメータは、これらのコアに含まれるマイクロクラックのアスペクト比の分布が異なることを示していた。

5 個の試料の固有線圧縮率の異方性の大きさは最小 6.8%、最大 18.8%で、全試料の平均値は 13.3%であった。ただし、異方性の大きさとは、固有線圧縮率の最大値と最小値の差の全平均値に対する比である。

$(\Delta\beta/\beta^l)_1$ から最小主値を基準として求めた初期主応力比は、 σ_1/σ_3 は 1.4～

2.5、また σ_2/σ_3 は 1.1～1.6 の範囲に分布した。

クラックパラメータ $\Delta\beta_1$ および $(\Delta\beta/\beta^l)_1$ の最大主値は、鉛直方向の近傍に分布することから、定方位コアを採取した深度の初期応力環境は正断層型であると評価された。ただし、水平面内の最大応力の方位は採取したコアによって異なる結果が得られた。

1.4.5. 岩石試験結果

自然状態での見掛け比重は、孔1の中粒砂岩、チャートおよび孔2の粗粒砂岩では 2.61g/cm³ 前後の値を示すが、孔2の中粒砂岩はそれらと比べて弱冠低く 2.55g/cm³ 程度を示す。一方、固化セメントは 1.88g/cm³ と岩石に比べて低い値を示す。

有効間隙率は、孔1の中粒砂岩、チャートおよび孔2の粗粒砂岩では 0.9～2.0%の値を示すが、孔2の中粒砂岩はそれらと比べて高く 3.8～4.8%示す。一方、固化セメントは 41%と岩石に比べて高い値を示す。

吸水率も有効間隙率と同様な関係が見られ、孔1の中粒砂岩、チャートおよび孔2の粗粒砂岩では 0.35～0.77%の値を示すが、孔2の中粒砂岩はそれらと比べて高く 1.50～1.91%示す。一方、固化セメントは 28%と岩石に比べて高い値を示す。

これらの関係において、孔2の中粒砂岩の自然状態での見掛け比重が他の岩石より低い値を示すことは、孔2の中粒砂岩の有効間隙率と吸水率がともに他に

比べて高い値を示すことと調和的である。従って、孔2の中粒砂岩の見掛け比重が他の岩石より低い理由は、有効間隙率と吸水率が他よりも高いことから、空隙が多いことによると推察される。

一軸圧縮強さは、孔1の中粒砂岩および孔2の中粒砂岩では 230,000~290,000 k N/m²の値を示すが、孔1のチャートおよび孔2の粗粒砂岩はそれらと比べて低く 47,000~110,000 k N/m²を示す。一方、固化セメントは 46,000~51,000 k N/m²と岩石に比べてやや低い値を示す。また、孔2の地殻活動総合観測装置（歪計）設置付近の中粒砂岩では、圧縮方向を垂直と水平の二方向で実施し、その差を比較したが、230,000~260,000 k N/m²に収まり有意な差は無かった。なお、一軸圧縮試験での変形係数および破壊ひずみに着目してみると、孔1のチャートは孔1と孔2の中粒砂岩よりも一軸圧縮強さが低いが、変形係数は他と同等あるいは高く、破壊ひずみは他よりも低い値を示している。このことからチャートは孔2の中粒砂岩に比べて、脆性的挙動を示しているといえる。これらのことから、チャートは脆性的挙動を示すことと、孔2の粗粒砂岩は固結度が低いことがいえる。

圧裂引張り強さは、孔2の中粒砂岩では 13,000~15,000 k N/m²の値を示し、固化セメントは 2,500~2,600 k N/m²と岩石に比べて低い値を示す。圧裂引張り強さを一軸圧縮強さと比べると、圧裂引張り強さは一軸圧縮強さの約 1/20 程度である。

P波速度は、概ね 4,500~5,000 m/s の値を示しているが、孔2の粗粒砂岩の1供試体でやや低めの 3,600 m/s の値を示している。この供試体が低い理由は、潜在亀裂の数が多いためと推測される。一方、固化セメントは 3,500 m/s と岩石に比べて低い値を示す。

S波速度は、概ね 2,600~2,900 m/s の値を示しているが、孔2の中粒砂岩や孔2の粗粒砂岩の1供試体でやや低めの 2,200~2,400 m/s の値を示している。この供試体が低い理由は、潜在亀裂の数が多いためと推測される。一方、固化セメントは 1,600~1,700 m/s と岩石に比べて低い値を示す。

最大吸水膨張応力は、孔2の中粒砂岩で 2.9~3.3 k N/m²の値を示し、一方、固化セメントは 4.7~4.9 k N/m²の値を示す。

最大吸水膨張率は、孔2の中粒砂岩で 0.04%の値を示し、一方、固化セメントは 0.05~0.06%の値を示す。

透水係数は、孔1では 9.4×10^{-14} ~ 1.8×10^{-12} m/s の値を示し、孔2では 1.1×10^{-11} ~ 1.6×10^{-10} m/s の値を示し、孔1より孔2の方が透水性が良い。

1.4.6. 孔内水位結果

ストレーナー管を配したケーシング管設置後の最終孔内水位は、孔1では約7

m、孔2では約5 m、孔3では約5 mであった。
これらをまとめて図1-12に示す。

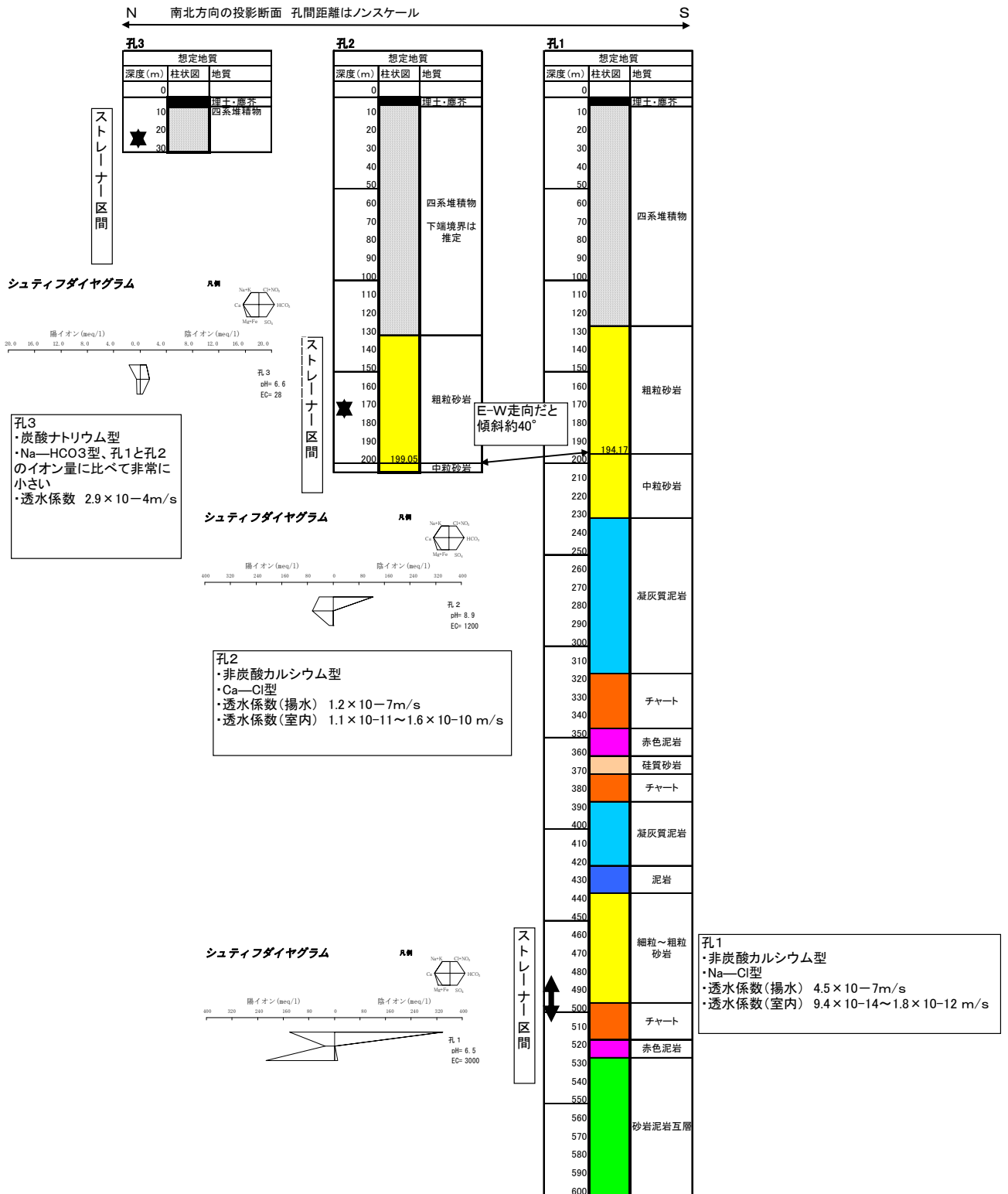


図1-12 地質と水質の概要図