

産総研地下水等総合観測点の孔井における孔壁画像資料

Borehole wall images obtained at AIST integrated groundwater
observation stations

木口 努^{*1}・松本則夫^{*1}・北川有一^{*1}・重松紀生^{*1}・板場智史^{*1}・塚本 齊^{*1}
・佐藤 努^{*1}

Tsutomu Kiguchi^{*1}, Norio Matsumoto^{*1}, Yuichi Kitagawa^{*1}, Norio
Shigematsu^{*1}, Satoshi Itaba^{*1}, Hitoshi Tsukamoto^{*1} and Tsutomu Sato^{*1}

^{*1} 産業技術総合研究所地質調査総合センター 活断層・火山研究部門

^{*1}Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, GSJ, AIST

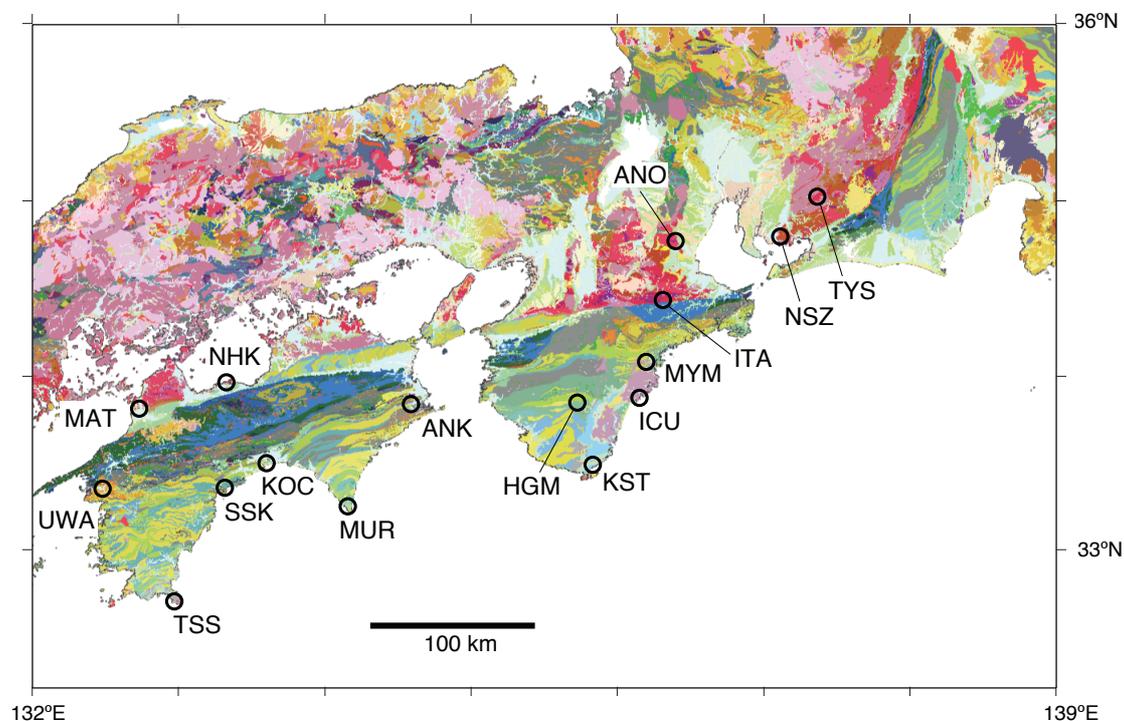
1. はじめに

南海トラフ沿いの高度な地殻活動のモニタリングを実現するため、産業技術総合研究所（産総研）では2006年から2013年にかけて、愛知県から紀伊半島及び四国において多機能の地下水等総合観測点を16か所整備した（小泉ほか, 2009；小泉, 2013）。各観測点では深さの異なる3つの鉛直孔井が掘削され、それらの深度はおおよそ、600m, 200m, 30mである。ただし、観測点によってこれらの深度が異なる場合がある。各孔井の掘削には、コアボーリング、拡孔ボーリングなどが含まれる。各観測点の各孔井のそれぞれの掘削段階において各種の物理検層が実施された。本原稿では、観測点整備の過程で得られた貴重な物理検層データをより広く今後の様々な研究の参考にできるよう、孔壁イメージング検層により取得された16観測点の孔井における孔壁画像を取りまと

めた。なお、16の観測点で実施した全ての物理検層の測定項目、測定深度などの測定仕様の詳細及び結果の例は、木口ほか（2014）が取りまとめている。

2. 産総研地下水等総合観測点の概要

16の地下水等総合観測点の位置と名称を、第1図の20万分の1日本シームレス地質図（産業技術総合研究所, 2020）上に示す。また、第1表に各観測点の位置、座標、整備完了年、孔井掘削と物理検層を実施した会社名などをまとめた。



第1図 産総研地下水等総合観測点16か所の位置図。20万分の1日本シームレス地質図V2（産業技術総合研究所, 2020）上に示す。

第1表 産総研地下水等総合観測点の名称, 所在地, 座標, 標高, 整備完了年, 孔井掘削会社, 物理検層実施会社.

観測点		所在地	緯度 (°N)	経度 (°E)	標高 (m)	整備 完了年	孔井掘削会社	物理検層実施 会社
TYS	豊田神殿	愛知	35.0405	137.3578	480	2008	(株) 日さく	(株) 物理計測 コンサルタント
NSZ	西尾善明	愛知	34.8442	137.1057	39	2013	(株) 日さく	(株) 物理計測 コンサルタント
ANO	津安濃	三重	34.7870	136.4019	163	2010	(株) 日さく	(株) 物理計測 コンサルタント
ITA	松坂飯高	三重	34.4534	136.3129	301	2008	(株) 日さく	(株) 物理計測 コンサルタント
MYM	紀北海山	三重	34.1123	136.1815	29	2008	住鉱コンサル タント (株)	(株) 物理計測 コンサルタント
ICU	熊野磯崎	三重	33.9001	136.1379	28	2007	住鉱コンサル タント (株)	(株) 物理計測 コンサルタント
KST	串本津荷	和歌山	33.5201	135.8363	25	2008	地熱エンジニア リング (株)	(株) 物理計測 コンサルタント
HGM	田辺本宮	和歌山	33.8675	135.7318	120	2007	住鉱コンサル タント (株)	(株) 物理計測 コンサルタント
ANK	阿南桑野	徳島	33.8661	134.6045	36	2008	(株) エオネッ クス	応用地質 (株)
MUR	室戸岬	高知	33.2856	134.1563	62	2008	サンコーコンサル タント (株)	応用地質 (株)
KOC	高知五台山	高知	33.5505	133.5990	5	2008	応用地質 (株)	応用地質 (株)
NHK	新居浜黒島	愛媛	33.9904	133.3423	9	2013	(株) 日さく	(株) 物理計測 コンサルタント
SSK	須崎大谷	高知	33.3896	133.3229	17	2010	(株) 日さく	(株) 物理計測 コンサルタント
TSS	土佐清水松尾	高知	32.7357	132.9757	125	2008	サンコーコンサル タント (株)	応用地質 (株)
MAT	松山南江戸	愛媛	33.8422	132.7393	44	2008	日鉱探開 (株)	(株) 物理計測 コンサルタント
UWA	西予宇和	愛媛	33.3859	132.4823	214	2009	地熱エンジニア リング (株)	(株) 物理計測 コンサルタント

3. 孔壁画像の説明

本原稿に掲載した孔壁画像は、孔壁イメージング検層のボアホールテレビュア (BHTV) またはボアホールカメラ (ボアホールテレビ, BTV) によって取得された。

BHTV は孔内装置内から MHz オーダーの超音波を発射して、孔内装置を 360 度回転しながら深度を移動して孔壁からの反射波のデータを取得することにより、孔壁全周の画像を深度方向に得る。反射波の走時と振幅の 2 種類の画像を得ることができ、孔壁を横切る亀裂が存在すると周囲の孔壁面と物性が異なるため反射波の振幅は変化し、また、開口性の亀裂の場合には開口部における反射点は孔壁面よりも奥にあるため走時遅れの異常が生じる。孔井を横切る傾斜した亀裂は、画像中にはサインカーブとして現れるので、そのカーブの形状から亀裂の傾斜方位と傾斜角を求めることができる。

BTV は孔内装置の CCD カメラにより孔壁の全周を光学的に撮影する原理であり、孔壁の状態を視覚的に把握することができる。掘削泥水を使用した孔井内では撮影が可能となるように実施前に孔内水を清水に置換する必要がある。亀裂形状の確認や向きの決定などは、基本的に BHTV と同様である。16 観測点のうち、BTV で取得されたのは TYS と TSS の 2 観測点であり、そのほかの 14 観測点は BHTV により取得された。

観測点の各孔井では、掘削孔径をある深度で変えたり、小孔径で掘削した後に大孔径で再度掘削することがあり、各掘削段階で孔壁画像を取得した場合には、1つの孔井で深度区間や孔径の異なる複数の孔壁画像が存在する。なお、ここでは各観測点の3つの孔井を、掘削深度の深い順に、孔1、孔2、孔3と称す。

第2表に、16の観測点の各孔井で取得された孔壁画像の掘削孔径、測定区間、本原稿中のファイル名などをまとめる。孔径を表中では数字や記号などで表記しているが、各記号などの孔径値は、それぞれ、

HQ	約 98mm
116	約 116mm
PQ	約 123mm
5-5/8	約 143mm
5-7/8	約 149mm
8-1/2	約 216mm
10-5/8	約 270mm

である。

今回の上記の掘削孔径の中で、掘削に使用するビットの形状の違いなどのために、掘削後の孔壁面の状態が異なることがある。HQ、116 と PQ はコアボーリングであり、孔壁面が比較的滑らかであり亀裂形状の認定が容易となる傾向である。それ以外の掘削ではコアを取得せず、孔壁面が比較的粗くなる傾向となり亀裂の認定が難しくなる場合がある。また、孔径が大きくなると超音波が孔内水を伝播する距離が長くなりエネルギーが減衰するために、BHTV による孔壁画像の品質が低下する場合がある。例えば、ANK 孔 2 の 10-5/8、MUR 孔 3 と 2 の 10-5/8、KOC 孔 2 の 10-5/8 では、孔壁画像の品質低下が著しく、亀裂の形状を含めて孔壁面に関する情報が得られず、亀裂を認定することができなかった。

同一孔井の同一深度区間で掘削孔径が異なる2種類の孔壁画像を取得した場合に、2種類の画像を並列して掘削孔径の違いによる孔壁画像の相違を比較できるように表示した孔井がある（ANO 孔3, 2, 1, KST 孔1, UWA 孔1）。

孔壁画像には、画像から求めた亀裂の形状をサインカーブとして記入している。BHTVの画像ではサインカーブの形状から求めた傾斜方位と傾斜角をアロープロットにより示している。アロープロットの丸印の位置で亀裂の傾斜角の値を示し、線分の方角で傾斜方位を示す。またBHTV画像では、亀裂形状の明瞭性と開口性を基準として目視により、形状及び開口性が明瞭な場合は赤、全体的に明瞭な形状を示すが開口性が部分的な場合は緑、形状は判別できるが開口性を示さない場合は青に区分して表示している。ただし、ANK, MUR, KOCの観測点では、上記の亀裂分類の色が異なり、それぞれ、青、緑、赤で表示している。TYSのBTV画像では、開口幅を求めた開口性亀裂（赤）、部分的に開口し形状が明瞭な亀裂（青）、形状がやや不明瞭な亀裂（水色）に分類し、その他に破砕帯境界（黄）なども示している。TSSのBTV画像では、開口幅を求めた開口性亀裂とそれ以外の亀裂の2種類に分類している。

16の観測点の孔壁画像は、それぞれ16個のPDFファイルに分けている。各ファイルには、孔3, 2, 1の順に画像があり、また各孔井で複数の孔径の画像がある場合は、第2表に記載している順に画像がある。

第2表 各観測点における孔壁画像の孔井, 孔径, 測定区間, 孔壁イメージング検層の種類, ファイル名.

観測点	孔井	孔径	測定区間 (m)		BHTV / BTV	ファイル名
TYS	孔 3	PQ	0	30	BTV	01-TYS-images-hole321.pdf
		HQ	30	50		
	孔 2	HQ	139	200		
		孔 1	HQ	20		
	PQ		550	600		
NSZ	孔 3	116	15	41	BHTV	02-NSZ-images-hole321.pdf
		HQ	30	210		
	孔 2	HQ	200	570		
		PQ	570	600		
ANO	孔 3	PQ	7	29	BHTV	03-ANO-images-hole321.pdf
		HQ	29	50		
		10-5/8	11	45		
	孔 2	HQ	40	210		
		10-5/8	40	239		
	孔 1	HQ	200	600		
10-5/8		200	569			
ITA	孔 3	HQ	10	30	BHTV	04-ITA-images-hole321.pdf
		10-5/8	5	179		
	孔 2	5-7/8	180	208		
		HQ	7	505		
孔 1	10-5/8	505	599			
MYM	孔 3	PQ	15	37	BHTV	05-MYM-images-hole321.pdf
		10-5/8	30	199		
	孔 2	HQ	8	578		
		PQ	578	597		
ICU	孔 2	10-5/8	5	114	BHTV	06-ICU-images-hole21.pdf
		HQ	16	579		
	孔 1	5-5/8	578	600		
KST	孔 3	HQ	20	41	BHTV	07-KST-images-hole321.pdf
		10-5/8	13	200		
	孔 2	HQ	13	597		
		10-5/8	13	578		
HGM	孔 1	HQ	20	203	BHTV	08-HGM-images-hole1.pdf
		10-5/8	203	348		
		PQ	349	376		

第2表（続き） 各観測点における孔壁画像の孔井，孔径，測定区間，孔壁イメージング検層の種類，ファイル名.

観測点	孔井	孔径	測定区間 (m)		BHTV / BTV	ファイル名
ANK	孔3	PQ	10	30	BHTV	09-ANK-images-hole321.pdf
	孔2	10-5/8	12	160		
		PQ	160	200		
	孔1	HQ	11	600		
		10-5/8	485	620		
MUR	孔3	10-5/8	6	40	BHTV	10-MUR-images-hole321.pdf
	孔2	10-5/8	124	150		
	孔1	HQ	65	580		
		10-5/8	360	460		
		PQ	580	601		
KOC	孔2	10-5/8	130	180	BHTV	11-KOC-images-hole21.pdf
		PQ	180	207		
	孔1	HQ	150	600		
		10-5/8	450	553		
NHK	孔3	PQ	1	27	BHTV	12-NHK-images-hole321.pdf
		HQ	27	50		
	孔2	HQ	40	212		
	孔1	HQ	200	569		
		PQ	465	485		
SSK	孔3	HQ	5	40	BHTV	13-SSK-images-hole321.pdf
	孔2	HQ	29	210		
	孔1	HQ	200	570		
		PQ	570	600		
TSS	孔3	HQ	45	150	BTV	14-TSS-images-hole321.pdf
	孔2	HQ	80	250		
	孔1	HQ	14	580		
		PQ	577	599		
MAT	孔3	HQ	12	30	BHTV	15-MAT-images-hole321.pdf
	孔2	HQ	150	204		
	孔1	HQ	200	600		
UWA	孔3	HQ	10	30	BHTV	16-UWA-images-hole321.pdf
	孔2	10-5/8	50	150		
	孔1	HQ	10	580		
		PQ	580	600		
		8-1/2	400	580		

参考文献

- 木口 努・桑原保人・小泉尚嗣・塚本 齊・板場智史・佐藤 努・佐藤隆司・関 陽児・梅田康弘・北川有一・重松紀生・高橋 誠（2014）南海トラフ巨大地震予測のための地下水等総合観測点の孔井における物理検層資料．地質調査総合センター研究資料集，598，産業技術総合研究所地質調査総合センター．
- 小泉尚嗣（2013）地下水観測による地震予知研究．シンセシオロジー，6，24-33．
- 小泉尚嗣，高橋 誠，松本則夫，佐藤 努，大谷 竜，北川有一，板場智史，梅田康弘，武田直人，重松紀生，桑原保人，佐藤隆司，今西和俊，木口 努，関 陽児，塚本 齊，干野 真（2009）紀伊半島～四国周辺における地下水等総合観測施設による短期的ゆっくり滑りと東南海・南海地震のモニタリング．日本地球惑星科学連合 2009 年大会予稿集，S-156-004．
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）（2020）20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2 2020 年 4 月 6 日版．産業技術総合研究所地質調査総合センター．