

アンケート調査に基づく1944年東南海地震による静岡県太田川低地の 噴水・噴砂発生地点とその地形・地盤条件

静岡県立磐田南高等学校* 青島 晃

浜松市在住 土屋 光永・中野幸子・野嶋宏二

磐田市在住 松井孝友

The boiling sand and boiling water by the 1944 Tonankai Earthquake based on questionnaire survey
in the Otagawa Lowland, Shizuoka Prefecture

- Geomorphological and geological conditions of liquefied sites -

Akira AOSHIMA

Iwata Minami High School, 3084 Mitsuke, Iwata City, Shizuoka Prefecture, 438-8686 Japan

Mitsuhisa TSUCHIYA, Sachiko NAKANO, Koji NOJIMA

Hamamatsu City, Shizuoka Prefecture, Japan

Takatomo MATSUI

Iwata City, Shizuoka Prefecture, Japan

The boiling sand and boiling water in the Otagawa Lowland by the 1944 Tonankai earthquake were studied by questionnaire survey. The number of boiling sand and boiling water was 796. The boiling sand and boiling water are mainly generated in the southern part of the Otagawa lowland, and are concentrated in the old river channel, low natural levee and relatively low sand dunes along the Enshu-nada coast, which are considered to be prone to liquefaction. Liquefaction of a muddy ground is often caused by the presence of a buried sand layer underneath.

Keywords: boiling sand, boiling water, 1944 Tonankai earthquake, liquefaction, Otagawa Lowland.

§1. はじめに

1944年東南海地震(M7.9)は、12月7日13時36分に南海トラフで発生した最新の巨大地震である。しかし、当時は戦時下であったために報道管制が敷かれており、被害について十分に調査されなかった。戦後、飯田(1985)や武村・虎谷(2015)などにより、残された資料が整理され、全国で1000人を超える死者があったことや、大庭(1957)や著者ら[鈴木・他(1981), 鈴木・他(1982), 青島・他(1994)]により、静岡県西部の詳細な被害が明らかにされた。この震災の特徴として、愛知県下では軍需工場を中心とした被害が大変大きく、死者も多数あったことが指摘されている[武村・虎谷(2015)]。一方、静岡県西部地域については、大庭(1957)により家屋被害の統計と地盤との関係についてまとめられているが、液状化現象については述べていない。1983年、静岡県立磐田北高校科学部とそ

の顧問であった筆者らは、被害の多かった静岡県袋井市・磐田市でアンケート調査を実施し、地震動や家屋被害、液状化などをまとめた報告書[静岡県立磐田北高等学校科学部(1987)]を作成したが、学会や研究会で未発表であった。また、林(2010)は、太田川低地の限られた範囲の液状化発生地点の地形的要因について考察したが、低地全体については言及しなかった。

そこで、本論文ではこの地震の液状化現象に着目して、1983年に行ったアンケート調査をもとに再調査を実施し、太田川低地全域の液状化現象の発生地点と地形や地盤との関係を明らかにした。

§2. 方法

調査方法は、1983年7月に行ったアンケート調査

* 〒438-8686 静岡県磐田市見付3084
電子メール: aoshima.akira@gmail.com

に記載された内容の解析である。調査地域は図 1 で示した太田川低地で、現在の静岡県袋井市全域と磐田市東南部に当たる。アンケート票の配布枚数は約 27,000 枚、回収枚数は 9,600 枚、回収率は約 36%

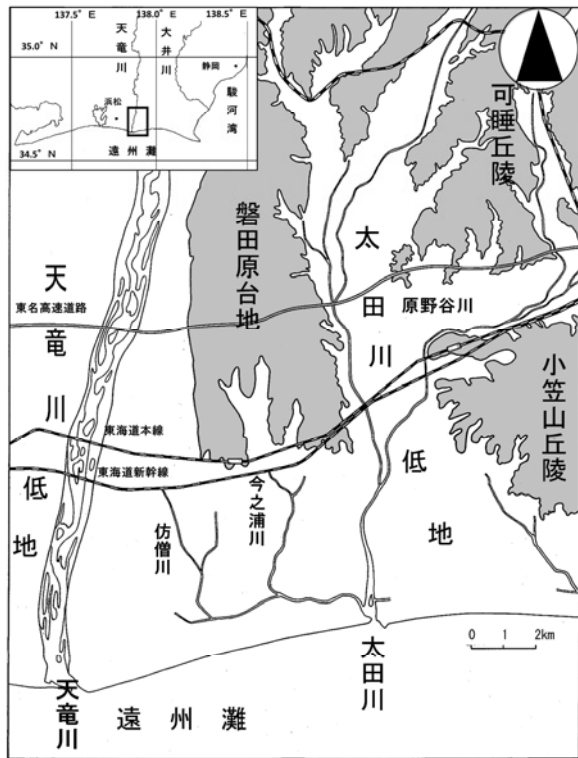


図 1 調査地域図
 国土地理院発行 1/50,000 地形図「磐田・掛塚」より作成
 Fig.1. Study area map. Compiled from the 1:50,000 “Iwata, Kaketsuka” topographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan.

である。このアンケート調査の液状化に関する質問項目は、

- ① 田や畑から、水や泥が噴き出したのを見たか。
- ② 見た場所はどこか。
- ③ 液状化はどのような様子であったか。

である。②と③については、手書きの見取り図やそれを説明する記入欄を設けた。また、液状化に関連して、地割れや噴水・噴砂地点の地盤の様子、地下水位の変化に関する質問項目も設けた。なお、アンケート調査の回答者が液状化現象を認識し易いようにするために、液状化現象という用語を「噴水・噴砂」とした。噴水・噴砂の回答がある場合、アンケート票に記載されている見取り図や住所をもとに、噴水・噴砂の発生地点を 1977 年版のゼンリン住宅地図「袋井市」、アイゼン住宅地図「磐田市・豊田町・竜洋町・福田町」から特定し、国土地理院発行の 25,000 分の 1 地形図にプロットする。ただし、確実な噴水・噴砂の場所が特定できる記載があるものだけを選択抽出し、これらに基づき現地調査も実施した。次に噴水・噴砂と微地形との関係を調べるために、国土地理院発行の 25,000 分の 1 土地条件図「磐田」(1982)や同治水地形分類図「山梨」(2012), 「袋井・向岡」(2012), 国土交通省発行の 50,000 分の 1 土地分類基本調査地形分類図「磐田・掛塚」(1965) [高橋・門村(1965)], 同表層地質図「磐田・掛塚」(1965) [加藤・広川(1965)], Fujiwara et al(2020)と比較した。さらに表層

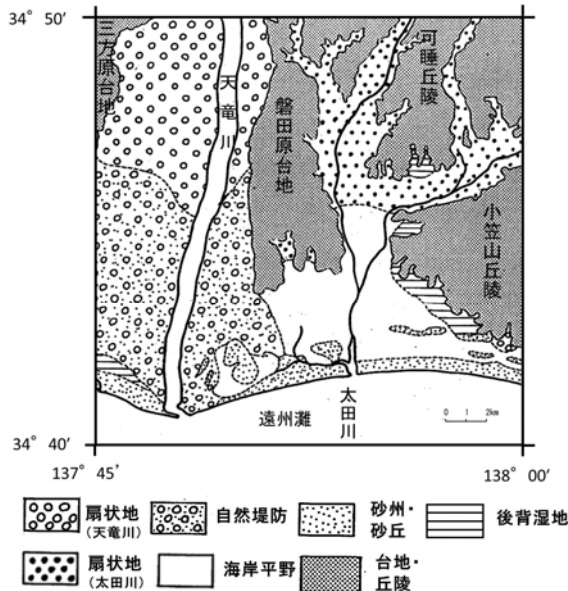


図 2 地形分類図
 国土交通省 1/50,000 土地分類基本調査地形分類図「磐田・掛塚」を基に作成
 Fig.2. Topographical land classification map. Compiled from the 1:50,000 “Iwata, Kaketsuka” geomorphological land classification map published by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan.

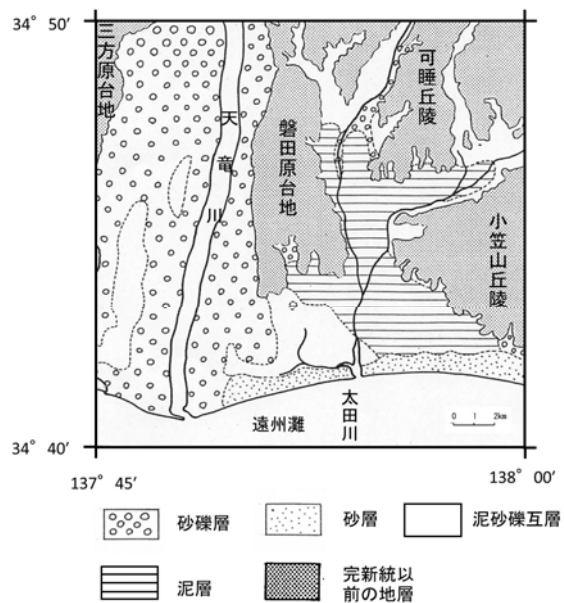


図 3 地盤分類図
 国土交通省 1/50,000 土地分類基本調査表層地質図「磐田・掛塚」を基に作成
 Fig.3. Ground classification map. Compiled from the 1:50,000 “Iwata, Kaketsuka” subsurface geological map published by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan.

地質や地盤地質との関係を調べるために、静岡県危機管理部が公表しているボーリング柱状図[静岡県危機管理部(1982)]をもとに地質断面図を作成して考察した。

§3. 地形・地盤地質

図2に調査地域の地形分類図、図3に地盤分類図を示す。太田川低地は、北東部を新第三系からなる可睡丘陵、南東部を第四系前期～中期更新統か

表1 袋井・磐田地域の各地区における噴水・噴砂報告件数とアンケート票回収数に対する割合

各地区の代表的な表層地質は、国土交通省1/50,000土地分類基本調査表層地質図「磐田・掛塚」を参考に最も広い面積を占める表層地質を用いた。

Table 1. Number of the boiling sand and boiling water and their percentages to the number of questionnaires in Iwata and Fukuroi areas. The representative surficial geology of each district was used as the surficial geology occupying the largest area, referring to the geological map. Base geological map is from the 1:50,000 "Iwata, Kaketsuka" geomorphological land classification map published by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan.

現市町村名	旧市町村名	地区名(旧地区名)	噴水・噴砂報告件数	アンケート票回収数	(噴水・噴砂報告件数/アンケート票回収数)×100(%)	地質年代	代表的な表層地質(地盤)	
磐田市	旧磐田市	見付	1	574	0.2	更新世	礫・砂礫質	
		中泉	8	408	2.0	更新世	礫質	
		向笠	22	181	12.2	完新世	泥質	
		大藤	0	59	0.0	更新世	礫質	
		田原	5	119	4.2	完新世	泥質	
		岩田	15	102	14.7	完新世	砂礫質	
		西貝	4	117	3.4	完新世	泥質	
		天竜	18	207	8.7	完新世	砂礫質	
		長野	20	186	10.8	完新世	砂礫質・砂質	
		於保	3	88	3.4	完新世	泥質・砂質	
		御厨	5	124	4.0	完新世	泥質	
	南御厨	11	61	18.0	完新世	泥質		
	小計	112	2226					
	旧竜洋町	十束	88	185	47.6	完新世	砂礫質	
		掛塚	94	433	21.7	完新世	砂礫質	
		袖浦	47	236	19.9	完新世	砂礫質	
		小計	229	854				
	旧豊岡村	北(野部)	3	199	1.5	完新世	砂礫質	
		東(敷地)	0	67	0.0	第三紀	砂質・礫質	
		南(広瀬)	65	234	27.8	完新世	砂礫質	
		小計	68	500				
	旧豊田町	北(富岡)	23	178	12.9	完新世	砂礫質	
		西(池田)	8	64	12.5	完新世	砂礫質	
		南(井通)	38	281	13.5	完新世	砂礫質	
		小計	69	523				
	旧福田町	東部(豊浜)	40	296	13.5	完新世	砂質	
		本町(福田)	66	616	10.7	完新世	砂質・泥質	
		西部(於保)	9	103	8.7	完新世	砂質・泥質	
		北部(南御厨)	6	68	8.8	完新世	泥質	
		小計	121	1083				
	袋井市	旧袋井市	三川	20	331	6.0	完新世	泥質
			今井	15	239	6.3	完新世	泥質・砂礫質
			山梨	13	489	2.7	完新世	泥質・砂礫質
			東(久努)	12	317	3.8	完新世	泥質
			西(袋井)	18	436	4.1	完新世	泥質
			南(袋井)	8	473	1.7	完新世	泥質・砂礫質
			北(久努西)	1	222	0.5	完新世	泥質
			笠原	4	183	2.2	更新世	礫質
		小計	91	2690				
		旧浅羽町	北(上浅羽)	10	412	2.4	完新世	泥質
			西(西浅羽)	19	210	9.0	完新世	泥質
			東(東浅羽)	4	146	2.7	完新世	砂礫質
			南(幸浦)	50	278	18.0	完新世	砂質
小計			83	1046				
森	7		268	2.6	完新世	砂礫質		
森町	旧森町	一宮	2	74	2.7	完新世	泥質	
		園田	1	134	0.7	完新世	泥質	
		飯田	13	202	6.4	完新世	砂礫質	
		小計	23	678				
		総計		796	9600	8.3		

らなる小笠山丘陵，西部を第四系後期更新統からなる磐田原台地によって囲まれた低地である。太田川は低地を北から南へ流れ，低地中央部で東から流入する原野谷川と合流して，遠州灘に流入する。

太田川低地内の地形は，林(2010)によると太田川

河口から約 8km 付近を境に北側の谷底低地状の氾濫原と南側の三角州に分けることができる。北側の氾濫原には，明瞭な旧河道と自然堤防が連続して分布し，その背後には後背湿地がみられる。南側の三角州にも明瞭な旧河道が存在し，これは現原野谷川の

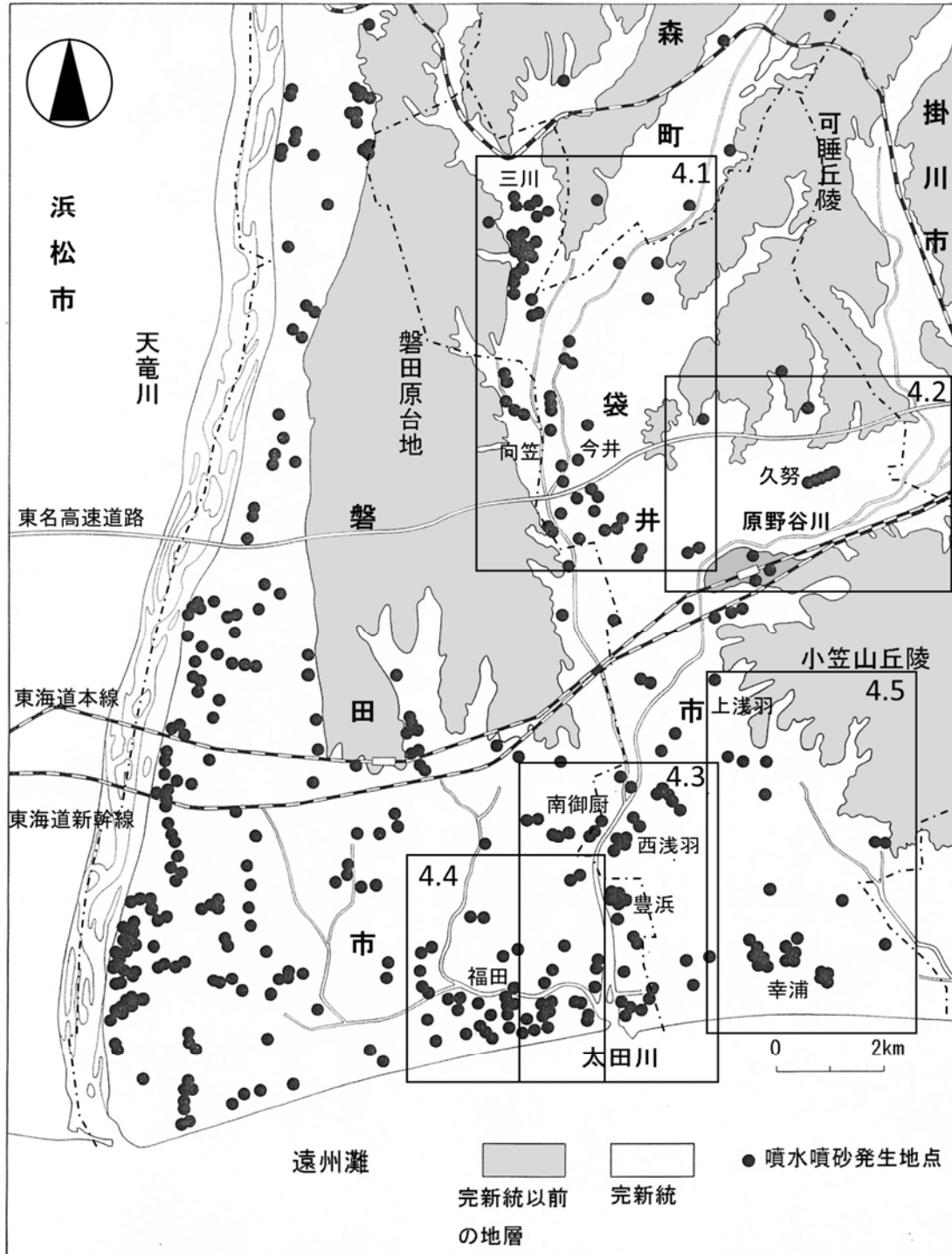


図4 1944年東南海地震による太田川低地と天竜川低地左岸の噴水・噴砂発生地点

4.1 袋井市今井・袋井市三川・磐田市向笠地区 4.2 袋井市久努地区 4.3 磐田市南御厨・磐田市福田町豊浜・袋井市浅羽町西浅羽地区 4.4 磐田市福田町福田地区 4.5 袋井市浅羽町上浅羽・幸浦地区

Fig.4. Occurrence sites of the boiling sand and boiling water caused by the 1944 Tonankai earthquake in the Otagawa lowland and the left bank of the Tenryugawa lowland. 4.1 Imai area, Fukuroi City, Mitsukawa area, Fukuroi City, Mukasa area, Iwata City. 4.2 Kudo area, Fukuroi City. 4.3 Minamimikuriya area, Iwata City, Toyohama area, Fukude Town, Iwata City, Nisiasaba area, Asaba Town, Fukuroi City. 4.4 Fukude area, Fukude Town, Iwata City. 4.5 Kamiasaba area, Asaba Town, Fukuroi City, Sachiura area, Asaba Town, Fukuroi City.

東側に南北方向にみられるもの、現原野谷川河道に沿うもの、太田川の西側にみられ今之浦川に合流するものの3つに分けることができる。また、これらの旧河道の両岸には自然堤防が分布する。海岸沿いには砂州・砂丘が海岸線と平行に配列している。太田川低地の沿岸部には3列の砂州とその間に堤間湿地が分布しており、後背湿地との比高は2~3m程度である[林(2010)]. 青島・他(2011)は、これらの砂州の堆積物の鉱物組成が石英や長石、黒雲母に富み、若干のざくろ石を含むことから、天竜川から沿岸流によって運ばれてきたことを示した。太田川低地の沖積層は、渡辺(1995)によると下位から沖積基底砂礫層(BG)、下部シルト・粘土層(LC)、中部砂層(MS)、中部シルト・粘土層(MC)、上部砂層(US)、上部シルト・粘土層(UC)に分けることができる。

§4. 噴水・噴砂の状況

噴水・噴砂の発生報告件数は、天竜川左岸も含めた調査地域全体で796件、太田川低地に限ると352件である。複数人が同一の噴水・噴砂を報告していた場合は、1件として扱ったので、アンケート票回答者が噴水・噴砂を報告した件数は、この値より多い。表1に各地区の噴水・噴砂の報告件数と回収されたアンケート票に対する割合を示す。図4に、調査地域における噴水・噴砂の発生地点の分布を示す。噴水・噴砂の発生地点は、太田川低地と天竜川低地南部の左岸、遠州灘に沿う海岸部で多発している。しかし、可睡丘陵や小笠山丘陵、磐田原台地などの新第三系や第四系更新統では噴水・噴砂は見られない。

次に太田川低地で噴水・噴砂に特徴のある5地区について、その状況をアンケート票の記載から抜き出して示す。各地区の略名とその範囲を図4示した。なお、地区名と年齢は、アンケート調査が行われた1983年当時の地区名と年齢を示している。

4.1 袋井市今井地区の噴水・噴砂

- ・小山字下の家、太田川の東側の堤防がくずれおちました。また、下の家の畑も20mも割れて、砂が吹き出ていました。(袋井市小山, 70才, 男)
- ・田んぼのところで見ました。高さ3~4cm, 直径20~30cm。(袋井市太田, 58才, 男)
- ・家が太田川の堤防沿いにあり、屋敷の前は田んぼでした。常に泉が湧いていましたが、地震の時は関係のない庭先から噴水があったそうです。それは、一時的だったそうですが、手が洗える程噴水したそうです。(袋井市深見, 56才, 女)

4.2 袋井市久努地区の噴水・噴砂

- ・東地区の田の水が噴水により濁った。(袋井市国本, 71才, 男)
- ・久津部で家が倒れたので、噴砂が10m位止まったのを菅ヶ谷から見ました。(袋井市国本, 68才, 男)
- ・愛野にある能光寺前の国鉄の線路は、アメ棒のようにグネグネに曲がって上下波を打ったようになった。線路の北側の道路は水浸しになり、歩いて渡れない程だった(図5(a)参照)。(袋井市広岡, 58才, 男)
- ・地盤の底より噴砂・噴水あり(図5(b)参照)。(袋井市広岡, 64才, 男)
- ・井戸水が噴き出した。(袋井市広岡, 62才, 男)
- ・油山川の水は地震により流れなくなってしまい、噴砂があったことを目撃した人から聞いた。(袋井市村松, 83才, 男)
- ・水田の地下より噴水。(袋井市村松, 56才, 女)
- ・水枯れの川に水が吹いた。(袋井市村松, 68才, 男)

4.3 磐田市南御厨地区、磐田市福田町豊浜地区、袋井市浅羽町西浅羽地区の噴水・噴砂

- ・昔、川が流れた所で泥水が噴き出した。地震当時は

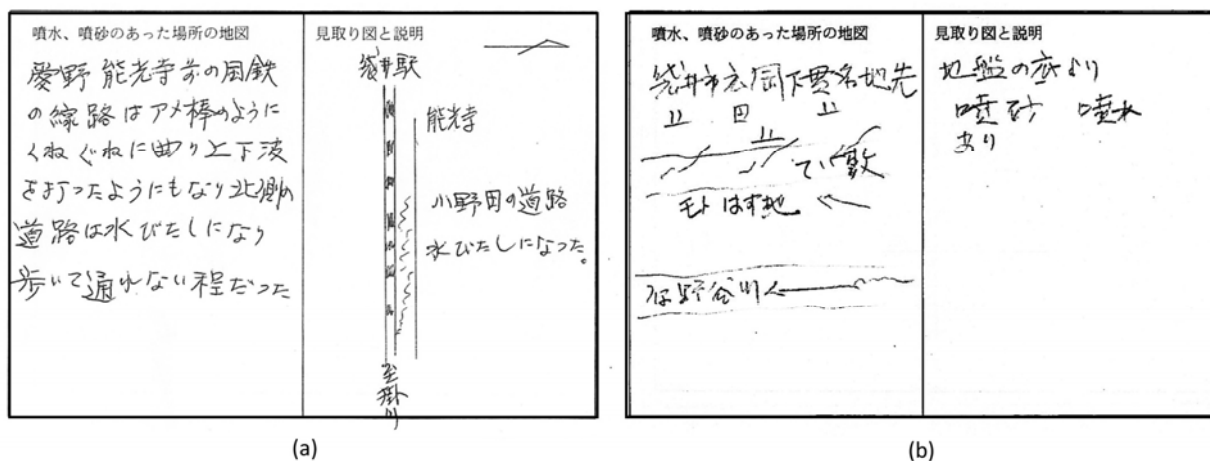


図5 袋井市久努地区の噴水・噴砂を描いたアンケート票
 Fig.5. Questionnaires depicting the boiling sand and boiling water in the Kudo area of Fukuroi City.

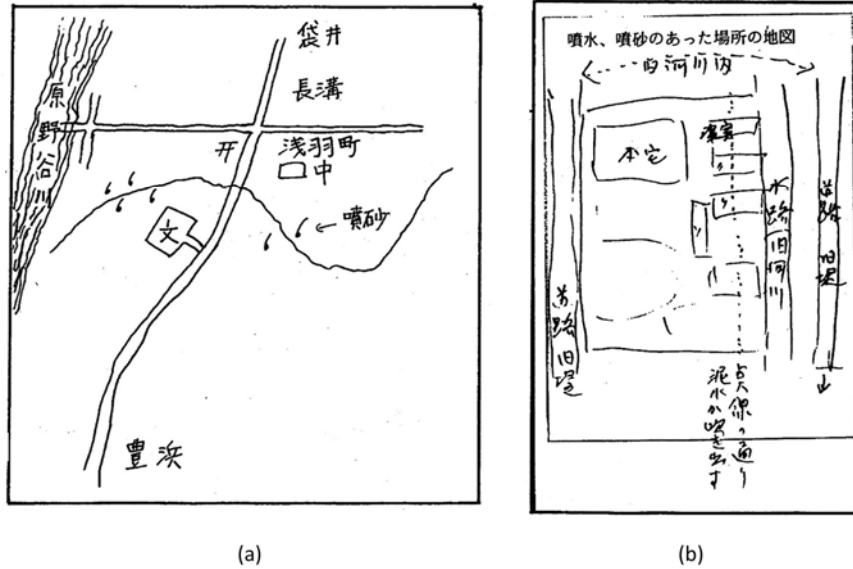


図6 袋井市浅羽町西浅羽地区中(a)と磐田市福田町豊浜(b)の噴水・噴砂を描いたアンケート票
 Fig.6. Questionnaires depicting the boiling sand and boiling water in the Nishiasaba area of Asaba Town, Fukuroi City(a) and Toyohama area of Fukude Town, Iwata City (b).

- 畑になっていた。(磐田市東脇, 54 才, 男)
- 青い砂と赤い砂が噴きあがる。地震直後から夕方まで、きれいな水が出た。(磐田市東新屋)
- 下富里集落の東側の南北にのびた小路に、点々と噴泥が出た。(浅羽町富里, 71 才, 男)
- 直径 2cm 位に噴砂した。(磐田市蛭池, 67 才, 女)
- 直径 40cm, 高さ 20cm の砂。(磐田市東新屋)
- 太田川と原野谷川の合流点東側(現在は埋め立てられている), 昔の川敷(小字二の池)の水路の両側の田のあちこちに噴砂がある(図 6(a)参照)。(浅羽町中, 51 才, 男)
- 中野の田んぼから冷砂(ひえずな)が吹き出た。粘土に近いネバネバした砂が吹き出した。(福田町中野, 58 才, 女)
- 小学校(豊浜小学校)が立つ前は、この場所は池だったのです。亀裂のあったところから噴砂が吹き出し、広い校舎は黒い水でいっぱいだった。(福田町豊浜, 48 才, 男)
- 豊浜小学校の運動場が割れて、青い砂が吹き出し、水も出た。元の川に近いところが特にひどい。地震後、30 分以上たっても吹いていた(図 6(b)参照)。(福田町豊浜, 年齢不明, 男)
- 砂は少し深いところからの砂らしく、黒っぽい砂のように思った。(福田町豊浜)
- 直径 20cm 高さ 15cm 位の小さなものがところどころにあった。(福田町豊浜)

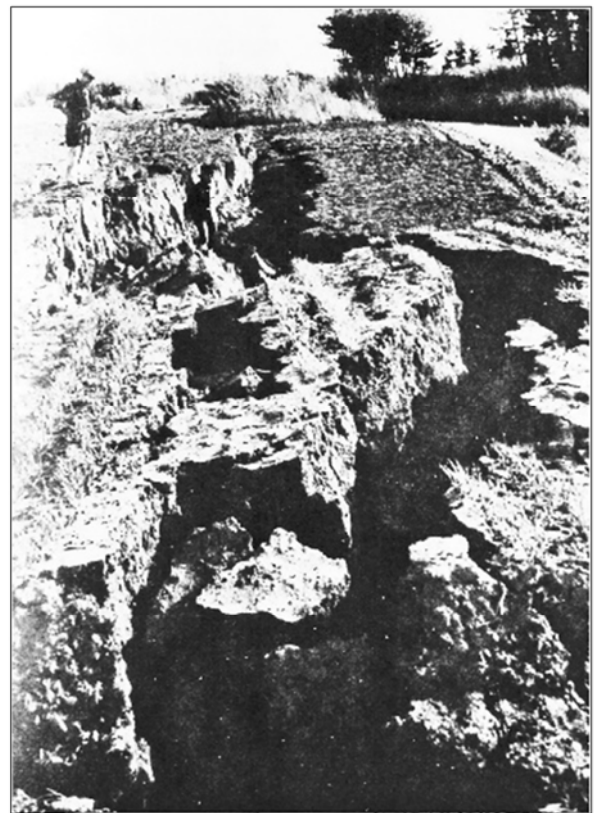


図7 磐田市南御厨地区の噴水・噴砂と地割れの写真
 故宮内良太郎氏撮影
 Fig.7. Photograph of crack, boiling sand and boiling water in the Minamimikuriya area, Iwata City. Photo by the late Mr. Ryotaro Miyauchi.

図 7 は故宮内良太郎氏が撮影した噴水・噴砂と地割れの写真で、撮影場所は磐田市南御厨地区の太田川右岸(図 14 の星印の位置)から南側に向けて撮影したものである。その当時の様子を次のように述べ

ている。「この写真を写した場所は、太田川の堤防の内側のところで、写真の右の上の部分、昔、古川と言っていた池ですね。地割れは古川のそばでかなり大きいものでしたね。深さは、人の背だけ以上あって、

泥水もふき出ました。このあたりは堤防の外側でもかなり「えみ」(地割れの小規模のもの)がいていましたね。」と語っている。

4.4 磐田市福田町福田地区の噴水・噴砂

- 地震後、見舞いに行ってみますと、家の前が白い花が咲いたように真っ白い砂が噴き上がってまん中に穴があいて、一面そうなっていました。(母の話ですと、地震の最中外にはいだして海の方をみますと、潮がひいて、ガタガタしている最中に、くじらが潮吹きしたようになって、海もざわざわして高くなったそうです。)(福田町中島, 58 才, 女)
- 仿僧川堤防の南側水田のほとんど全部に噴砂があった。(福田町福田, 73 才, 男)
- 仿僧川の南一帯の畑地と芝地にかけて、砂がドロドロで盛り上がり、畑の地ならしで大変でした。(福田町福田, 68 才, 女)
- 海岸近くで塩水が吹き出していました。(福田町福田, 48 才, 男)
- 田のくぼんだところから水が湧いていた。(福田町南田, 50 才, 女)
- 太田川と坊僧川の合流するはさまれたところの田んぼで、ゆれ上がった直後より水や砂が吹き出し、まもなく清水になった。(福田町福田, 51 才, 男)
- 東橋の南、畑地のいたるところで直径 3~5cm 位の穴があき、地下水と共にきれいな砂が吹き出して、月のクレーターの様な感じでした。(福田町福田, 55 才, 男)
- 向岡では、黒い泥水が、大人の腰の高さ位までぼこぼこ噴き上がりました。(福田町向岡, 年齢, 性別不明)
- 地震が止まってから運動場に集まったのですが、運動場の南の方は、川のような水が流れていました。(集落名, 年齢, 性別不明)
- 砂が所々で盛り上がり、畑の地ならしで大変でした。(福田町福田)
- 水が吹き上げて、低い畑は 10cm 以上盛り上がった。(福田町蛭池)
- 噴水・噴砂を見た。2m くらい吹き上げた。(福田町福田)

4.5 袋井市浅羽町上浅羽, 幸浦地区の噴水・噴砂

- 松原では、なにもない田んぼで亀裂から水が出て来て、それぞれがだんだん揺れている間に泥水になってきたように思われた。(浅羽町松原, 年齢不明, 女)
- 突然、ダバダバと下から波うつように水が噴き出しあふれ、水が近くの土手からもあふれた。(浅羽町湊, 80 才, 女)
- 川に近い方が全体的に下がり、道路側が上がった。

(浅羽町東同笠, 76 才, 男)

- 小さい穴がいくつもあいて、泥が吹き出した。(浅羽町西同笠, 70 才, 女)
- 浅羽北小の北側、となりの家の池で 5m 位の噴水があった。(浅羽町浅羽, 年齢, 性別不明)

4.6 噴水・噴砂の形態

前述の証言から、噴水・噴砂の状況をまとめる。

発生した時間は地面が揺れ出すと同時に噴出し、揺れている間中噴出していたものが多いが、中には揺れがおさまった後、30 分~1 時間、さらに夕方まで噴出したものもある。噴出した物質は、砂や泥であるが、必ず水を伴い、水だけの噴出も多い。形や大きさ、数は富士山のような円すい形をしているものが多い。直径は数 cm から 1m 位まで、高さは数 cm から 40cm 位である。福田町向岡では、小さいが数は非常に多く、噴出した高さは 30cm~2m が多い。



図8 太田川低地北部の噴水・噴砂発生地点
 国土地理院 1/25,000 地形図「山梨」(昭和 55 年発行)、「袋井」(昭和 61 年発行)を使用
 Fig.8. Location of the boiling sand and boiling water in the Northern Otogawa Lowland. Base maps are from the 1:25,000 "Yamanashi"(1980) and "Fukuroi"(1986) topographical map published by the Geospatial Information Authority of Japan.

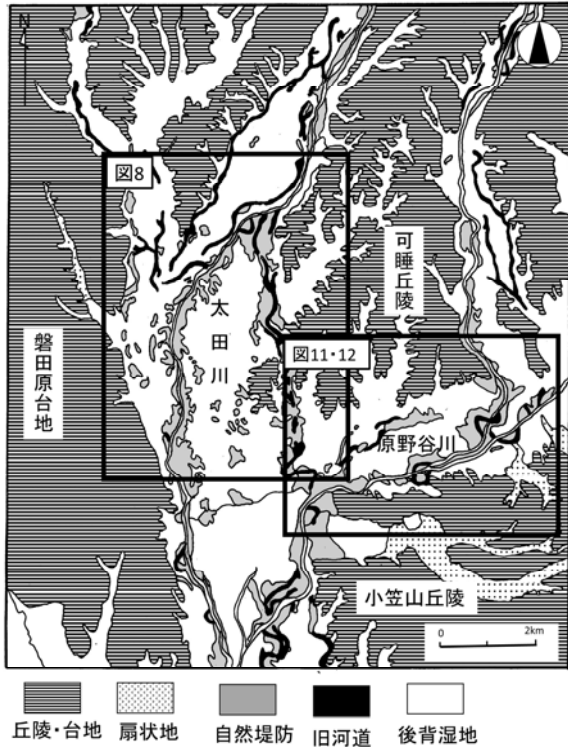


図9 太田川低地北部の地形分類図
 国土交通省 1/50,000 土地分類基本調査地形分類図「磐田・掛塚」、
 国土地理院 1/25,000 治水地形分類図「山梨」「袋井・向岡」を基に
 作成、左上の枠は図8、右下の枠は図11、12の範囲。
 Fig.9. Topographical classification map of the Northern Otogawa
 Lowland. Compiled from the 1:50,000 “Iwata, Kaketsuka”
 geomorphological land classification map published by the Ministry
 of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan and
 1:25,000 “Yamanashi”, “Fukuroi, Mukai” topographical map of water
 management published by the Geospatial Information Authority of
 Japan.

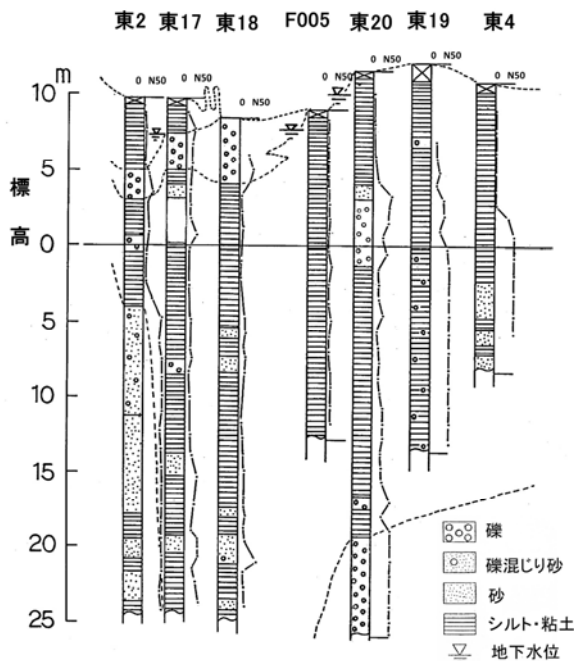


図10 袋井市今井地区の地質断面図
 静岡県危機管理部(1982)より作成
 Fig.10. Geological section of Imai area, Fukuroi City. Compiled from
 the Crisis Management Department in Shizuoka prefecture (1982).

§5. 噴水・噴砂発地点と地形・地盤との関係

各地区のアンケート票に記載されていた噴水・噴砂の地点と、地形や表層地質、地盤との関係を地形分類図、地質断面図と比較して述べる。

5.1 袋井市今井, 向笠, 三川地区(図8, 9, 10)

太田川低地の中央に位置する袋井市今井地区は、軟弱なシルト・粘土層が厚く堆積しており、地震による家屋全半壊率は90%以上で、家屋倒壊が最も激しかった地区である[大庭(1957)]. しかし、噴水・噴砂は15件で、この地区のアンケート票回収数の6.3%に



図11 袋井市久努地区の噴水・噴砂発地点
 国土地理院 1/25,000 地形図「山梨」(昭和55年発行), 「袋井」(昭和61年発行)を使用
 Fig.11. Location of the boiling water and boiling sand in the Kudo
 area, Fukuroi City. Base maps are from the 1:25,000
 “Yamanashi” (1980) and “Fukuroi” (1986) topographical map
 published by the Geospatial Information Authority of Japan.



図12 袋井市久努地区の井戸水の変化と地形分類図
 井戸水の変化はアンケート票の回答より作成、地形分類は国土交通省 1/50,000 土地分類基本調査地形分類図「磐田・掛塚」、国土地理院 1/25,000 治水地形分類図「山梨」「袋井・向岡」を基に作成
 Fig.12. Changes in well water and topographical classification map of the Kudo area, Fukuroi City. Changes in well water are based on responses to the questionnaire. Topographical classification compiled from the 1:50,000 “Iwata, Kaketsuka” geomorphological land classification map published by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan and 1:25,000 “Yamanashi” and “Fukuroi, Mukai” topographical map of water management published by the Geospatial Information Authority of Japan.

あたり、家屋全半壊率の割には噴水・噴砂件数は少ない。

太田川低地北部の噴水・噴砂地点を図 8 に示す。噴水・噴砂発生地点は、太田川に近接した地域に集中しており、袋井市今井地区で噴水・噴砂のあった地形は、図 9 の地形分類図から太田川の自然堤防にあたる。図 10 の地質断面図からシルト・粘土層が厚いが、太田川の自然堤防付近では地下水が高く、表層には砂礫層も堆積している。また、この地区の西側の磐田市向笠地区竹之内でも 22 件の噴水・噴砂があったが、この場所は太田川の支流である敷地川の自然堤防にあたる。一方、向笠地区北方の袋井市三川地区川会、友永では、後背湿地でも 20 件の噴水・噴砂が発生した。

5.2 袋井市久努地区(図 9, 11, 12, 13)

太田川低地の東部に位置する袋井市久努地区では、12 件の噴水・噴砂があり、この地区のアンケート票回収数の 3.8%にあたる。図 11 に噴水・噴砂の発生地点を示す。これらの噴水・噴砂の発生地点は図 12 の地形分類図から、現原野谷川や旧原野谷川の自然堤防に沿っている。特に袋井市小野田では、線路の北側が水浸しになり、歩いて渡れない程広範囲に噴水が発生したという証言がある。図 11 中の星印は、発掘調査により 7 世紀後半と推定される歴史地震による噴水・噴砂の痕跡が見つかった坂尻遺跡[寒川

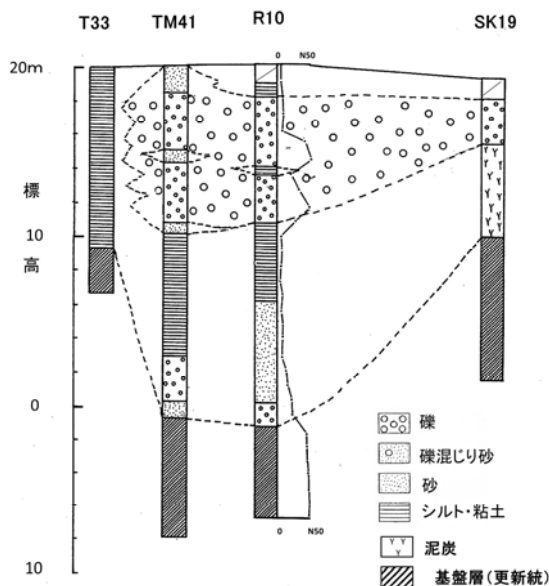


図 13 袋井市久努地区の地質断面図
静岡県危機管理部(1982)より作成
Fig.13. Geological section of Kudo area, Fukuroi City.
Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka Prefecture (1982).

(1992)]の位置で、歴史地震でもこの地域は繰り返し液状化が発生したことを示している。また、図 12 中にはアンケート票から分かった、この地区の地震前後の井戸水の変化を示した。地震後に水が濁ったり、水位が変動したりした井戸は、旧原野谷川や現原野谷川の自然堤防地帯に多く、噴水・噴砂発生地域と重なる。図 13 の地質断面図から、この地域は原野谷川の深さ 20mの谷底低地下部にはシルト・粘土層や泥炭層が堆積しているが、表層付近には砂層や礫層があり、これらが液状化を起こしたことが推定される。

5.3 磐田市南御厨地区、磐田市福田町豊浜地区、袋井市浅羽町西浅羽地区(図 14, 15, 16)

太田川低地の南部に位置する磐田市南御厨地区、福田町豊浜地区、浅羽町西浅羽地区では、それぞれ、11 件、40 件、19 件の噴水・噴砂があり、これはこ



図 14 磐田市南御厨地区、福田町豊浜地区、磐田市浅羽町西浅羽地区の噴水・噴砂発生地点
国土地理院 1/25,000 地形図「袋井」(昭和 55 年発行)、「向岡」(昭和 55 年発行)を使用
Fig.14. Location of the boiling sand and boiling water in the Minamikuri area of Iwata City, Toyohama area of Fukude Town, Iwata City and Nishiasaba area of Asaba Town, Fukuroi City. Base maps are from the 1:25,000 "Fukuroi"(1980) and "Mukai"(1980) topographical map published by the Geospatial Information Authority of Japan.

の地区のアンケート票回収数の 18.0%, 13.5%, 9.0%にあたり高い値である。この地区の噴水・噴砂の発生日点を図 14 に示す。この両地区での噴水・噴砂は、図 15 の地形分類図から、かつての今之浦川から太田川に流れていた旧河道、原野谷川の旧河道に沿って起こっていることが特徴である。図 6(a)は浅羽町西浅羽地区中の噴水・噴砂を描いたアンケート票で、東西に蛇行する旧河道に沿って噴水・噴砂が発生したこと

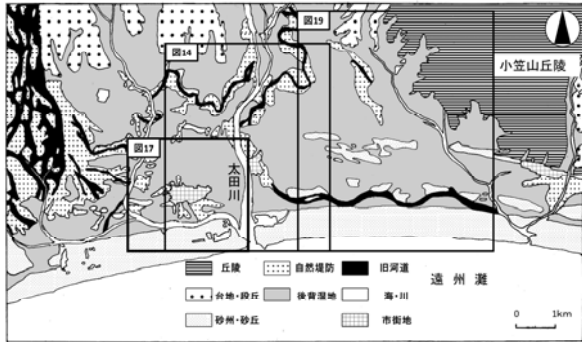


図 15 太田川低地南部の地形分類図
国土交通省 1/50,000 土地分類基本調査地形分類図「磐田・掛塚」, 国土地理院 1/25,000 治水地形分類図「袋井・向岡」「磐田」「掛塚」, Fujiwara et al.(2020)を基に作成, 左枠は図 17, 中央枠は図 14, 右枠は図 19 の範囲。

Fig.15 Topographical classification map of the southern Otagawa Lowland. Compiled from the 1:50,000 "Iwata,Kaketsuka" geomorphological land classification map published by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan, 1:25,000 "Fukuroi,Mukai", "Iwata", "Kaketsuka" topographical map of water management published by the Geospatial Information Authority of Japan and Fujiwara et al.(2020). The left frame shows the range in Figure 17, the middle frame in Figure 14 and the right frame in Figure 19.

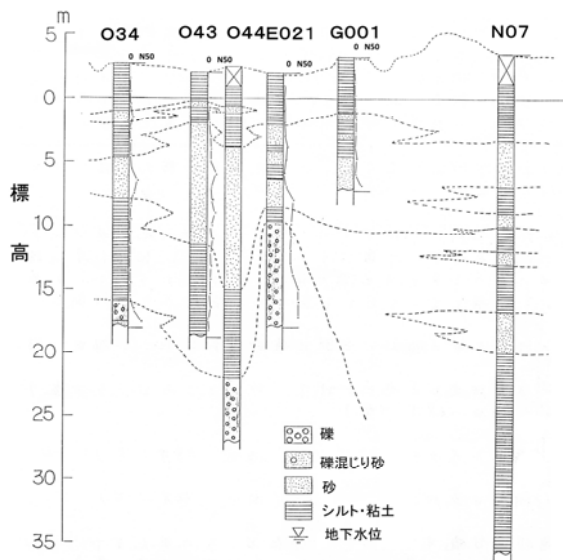


図 16 磐田市南御厨地区, 浅羽町西浅羽地区の地質断面図
静岡県危機管理部(1982)より作成

Fig.16. Geological section of the Minamimikuriya area of Iwata City and Nishiasaba area of Asaba Town, Fukuroi City. Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka Prefecture (1982).

が分かる。福田町豊浜地区は、かつて太田川の旧河道上に位置しており、図 6(b)のアンケート票のとおり、南北方向の旧河道に沿って噴水・噴砂が多く報告されている。また、集落の一部は、かつて池であった場所を埋め立てて建てられている。この地区の地盤は、図 16 の地質断面図から表層は 5~10m の泥質堆積物であるが、その下位には数~10m の砂層が堆積している。この砂層は渡辺(1995)の上部砂層(US)に該当し、この砂層には貝化石を多量に含むことから海成砂層と考えられている。また、太田川低地を閉塞す

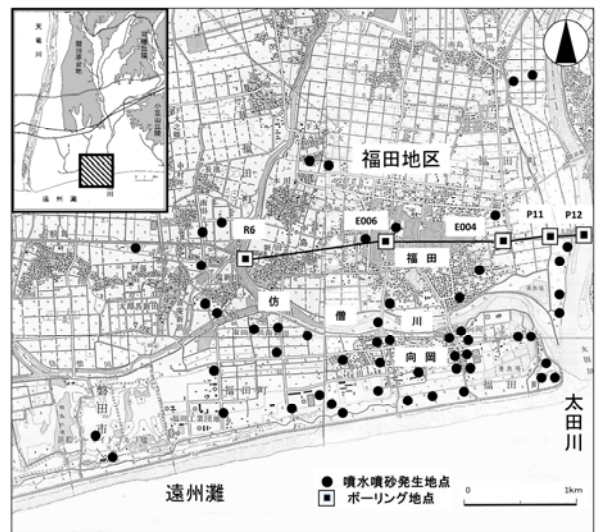


図 17 磐田市福田町福田地区の噴水・噴砂発生日点
国土地理院 1/25,000 地形図「袋井」(昭和 55 年発行), 「向岡」(昭和 55 年発行), 「磐田」(昭和 51 年発行), 「掛塚」(昭和 62 年発行)を使用

Fig.17. Location of the boiling sand and boiling water in the Fukude area of Fukude Town, Iwata City. Base maps are from the 1:25,000 "Fukuroi" (1980), "Mukai" (1980), "Iwata" (1976) and

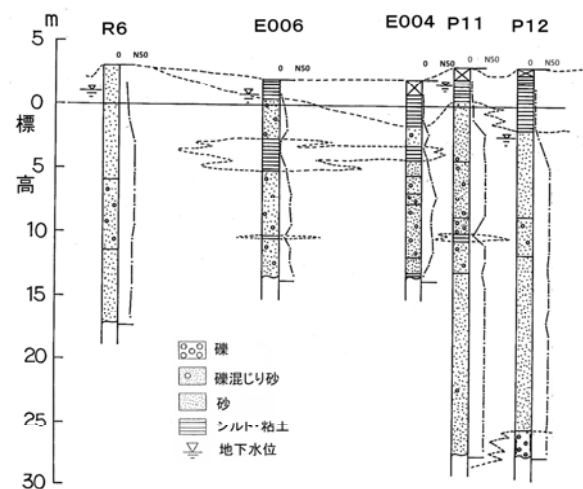


図 18 磐田市福田町福田地区の地質断面図
静岡県危機管理部(1982)より作成

Fig.18. Geological section of the Fukude area of Fukude Town, Iwata City. Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka Prefecture (1982).

るように砂州状に分布し、砂層中には天竜川起源の黒雲母、磁鉄鉱が混入していることから、埋没した砂州の可能性がある[渡辺(1995)]. このように旧河道に沿う自然堤防や埋め立て地を構成する砂層だけでなく、より深部の埋没した砂州の砂層が液状化を起こした可能性が高い。

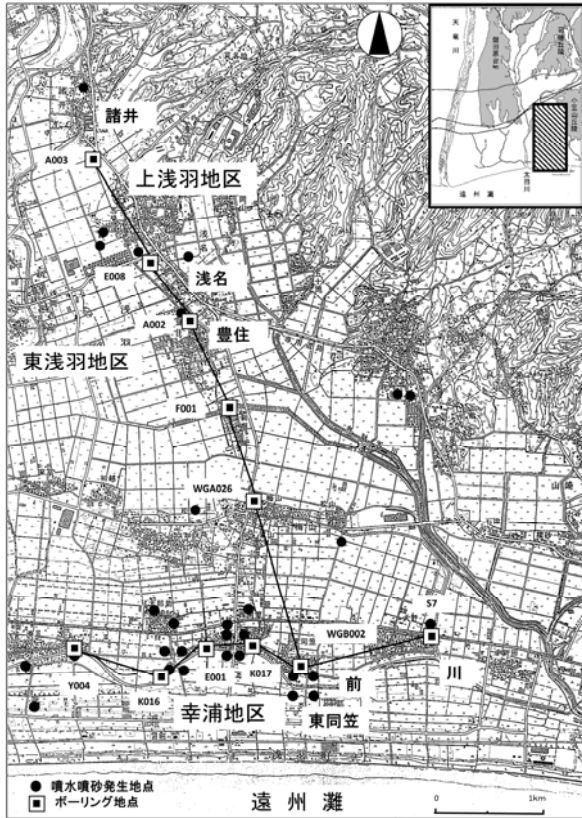


図19 袋井市浅羽町上浅羽、幸浦地区の噴水・噴砂発生地点
国土地理院 1/25,000 地形図「袋井」(昭和 55 年発行), 「向岡」(昭和 55 年発行)を使用

Fig.19. Location of the boiling sand and boiling water in the Kamiasaba and Sachiura area, Asaba Town, Fukuroi City. Base maps are from the 1:25,000 “Fukuroi” (1980) and “Mukai” (1980) topographical map published by the Geospatial Information Authority of Japan.

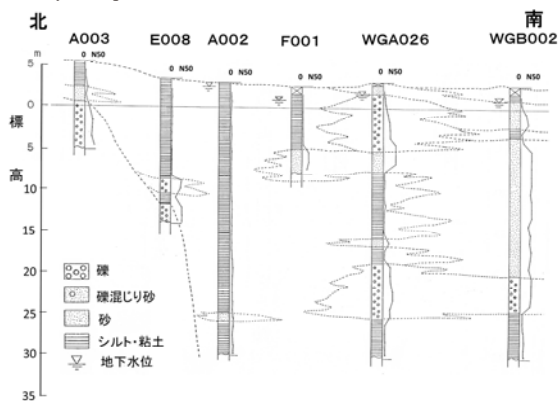


図20 袋井市浅羽町上浅羽、幸浦地区の地質断面図(南北側線)
静岡県危機管理部(1982)より作成
Fig.20. Geological section of Kamiasaba and Sachiura area, Asaba Town, Fukuroi City (north-south sideline). Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka Prefecture (1982).

5.4 磐田市福田町福田地区(図 17, 18)

遠州灘に沿う福田町福田地区は噴水・噴砂が多かった地区である。図 17 にこの地区の噴水・噴砂の発生地点を示す。この地区のアンケート票回収数が多いため、アンケート票数に対する割合は 10.7%で少ないが、噴水・噴砂の報告件数では 66 件で最も多い。噴水・噴砂の発生地点のほとんどが仿僧川と遠州灘の海岸線に挟まれた向岡に集中している。図 15 の地形分類図から、この地域は遠州灘に沿う砂丘や砂州で、図 18 の地質断面図から表層には泥層が見られるが、その下位には砂～礫まじり砂層が厚く堆積しており地下水位も高く、これらの砂層が液状化を起こしたと考えられる。

5.5 袋井市浅羽町上浅羽、幸浦地区(図 19, 20, 21)

図 19 にこの地域の噴水・噴砂の発生地点を示す。浅羽町上浅羽地区と東浅羽地区の噴水・噴砂は、それぞれ 10 件、4 件で少ないが、南部の浅羽町幸浦地区では 50 件で、この地区のアンケート票回収数に対する割合は 18.0%と高い値を示している。図 20 の南北側線の地質断面図から、北側の上浅羽地区の諸井、浅名、豊住の集落は、泥質地盤であるが、表層の泥質層は南側ほど薄くなり、南側の幸浦地区東同笠では逆に砂層が厚く堆積している。南側の幸浦地区の噴水・噴砂は、砂州の緩やかな斜面上で発生している。図 21 の幸浦地区の東西側線の地質断面図

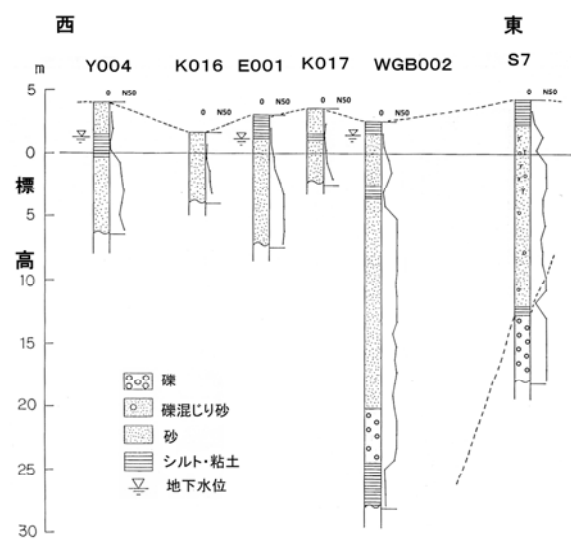


図21 袋井市浅羽町幸浦地区の地質断面図(東西側線)
静岡県危機管理部(1982)より作成
Fig.21. Geological section of Sachiura area, Asaba Town, Fukuroi City (east-west sideline). Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka Prefecture (1982).

から表層に 2~3mの泥質層をはさむが、その下位には 20m 以上の淘汰のよい海浜砂が堆積している。この海浜砂が液状化を起こしたと考えられる。また、幸浦地区を流れる前川の南部は、ほとんど噴水・噴砂の報告はないが、当時ここには住家がなく、人の目が届かなかったためと思われる。この地域の地盤は、前述した噴水・噴砂の多かった福田町福田地区と同じ砂質地盤であることから、実際には 多数の噴水・噴砂があったことが推定される。

§6. 考察

アンケート調査地域のなかで太田川低地の噴水・噴砂の発生件数は 352 件である。図 22 にこの低地の地盤別の噴水・噴砂の割合を示す。地盤別の噴水・噴砂の発生件数は、泥質地盤が 172 件で最も多く、その割合は 48.9%である。続いて砂質地盤 156 件、44.3%，砂礫質地盤 24 件、6.8%である。報告件数の多い地区を地盤別に示すと、泥質地盤では磐田市向笠地区 22 件・袋井市三川地区 20 件・袋井市浅羽町西浅羽地区 19 件、砂質地盤では磐田市福田町福田地区 66 件・袋井市浅羽町南浅羽地区 50 件・磐田市福田町豊浜地区 40 件である。

図 23 に地盤別の噴出物の種類を示す。砂礫質地盤では水 > 砂 > 泥、砂質地盤では砂 > 水 > 泥、泥質地盤では水 > 砂 > 泥が多い。一般に泥質地盤においては、液状化は起こりにくいとされるが、太田川低地では比較的多くの噴水・噴砂が報告されている。いずれの地盤でも砂と水が噴出し、その地盤を構成している表層の堆積物とは必ずしも対応していない。

このことは下層にある地下水位の高い水を含む砂層が液状化を起こし、間隙水圧が高まって表層の堆積物を突き破って噴出したことにより、泥質地盤でも下層の水と砂の噴出物が多くなったと考えられる。太田川低地の泥質地盤では、埋没した自然堤防や砂州の存在が示唆されており、下層に砂層を挟んだり地下水位が高かったりすることが多い。

例えば磐田市南御厨地区の東新屋では、図 16 の地質断面図に示したように、表層は 5~10m の泥質堆積物で、その下位には埋没した砂州と考えられる数~10m の砂層[渡辺(1995)]が堆積している。この地区のアンケート票には「青い砂と赤い砂が吹き上がる」「直径 40cm、高さ 20cm の砂」という記述があり、液状化を起こしたのは、表層の泥質堆積物ではなく、下位の砂層であることを示している。また、磐田市福田町福田地区でも、図 17 の地質断面図に示したように表層は 2~5m の泥質堆積物で、その下位には礫まじり砂層や砂層が厚く堆積し、地下水位も高い。この地区のアンケート票には「白い花が咲いたように真っ白い砂が吹き上がった」「地下水と共に白い砂が噴き出

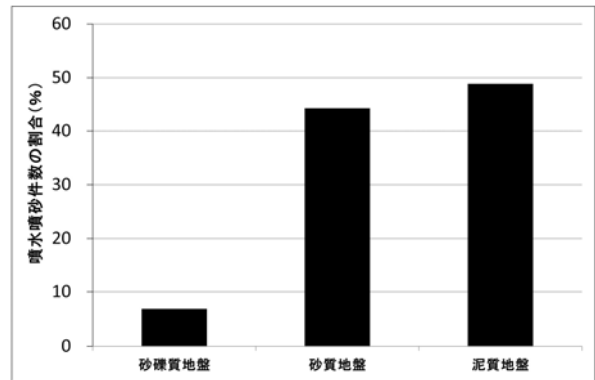


図 22 太田川低地における地盤別の噴水・噴砂件数の割合
Fig.22. Percentage of boiling sands and boiling waters by ground type in the Otatagawa lowland.

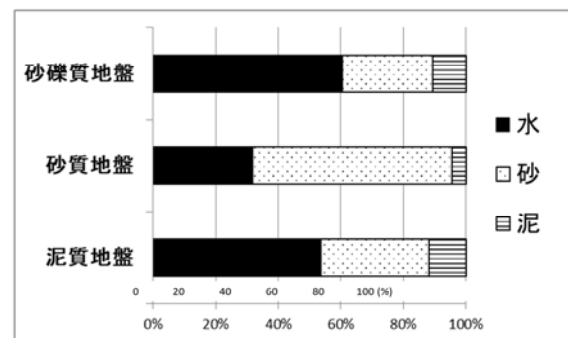


図 23 地盤別の噴出物の種類の割合
Fig.23. Percentage of eruption types by ground.
Black square: water, dots square: sand, horizontal stripes square: mud.

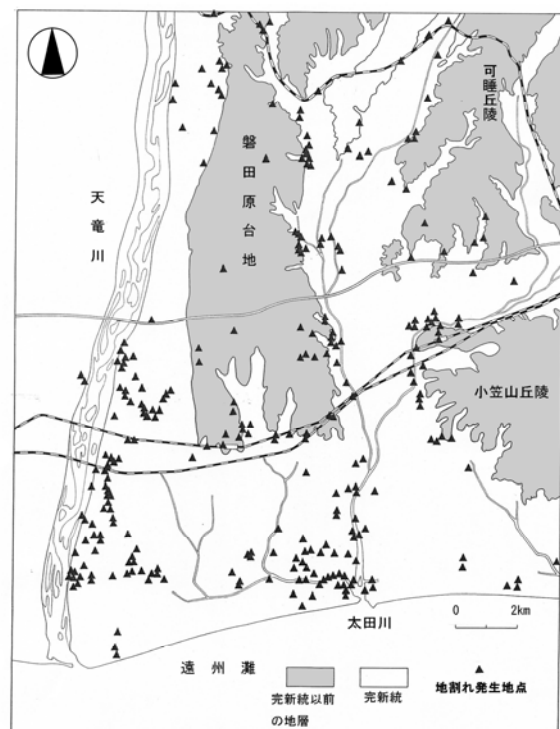


図 24 1944 年東南海地震による太田川低地と天竜川低地左岸の地割れ発生地点
Fig.24. Location of ground cracks in the Otatagawa lowland and the left bank of the Tenryugawa lowland caused by the 1944 Tonankai earthquake.

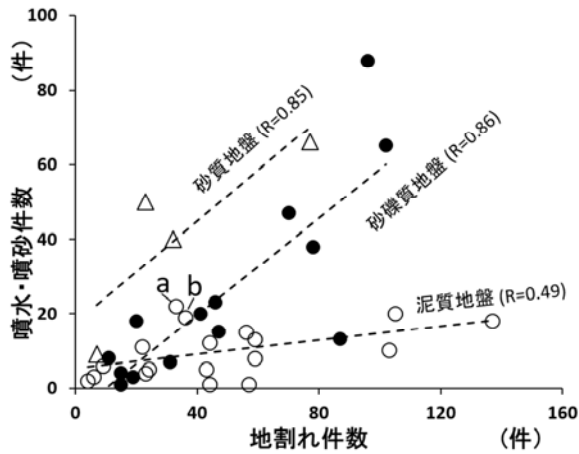


図 25 噴水・噴砂と地割れの相関
 ●砂礫質地盤 △砂質地盤 ○泥質地盤
 a:磐田市向笠地区 b:袋井市浅羽町西浅羽地区
 Fig.25. Correlation between boiling sands, boiling waters and ground cracks.
 ● gravel and sand sites △ sand sites ○ mud sites
 a: Mukasa area, Iwata City b: Nishiasaba area, Asaba Town, Fukuroi City

した」という記述があることから、液状化を起こしたのは、表層の泥質堆積物ではなく、下位の砂層であることを示している。林(2010)は、袋井市三川地区川会・友永の後背湿地で発生した噴水・噴砂について、その原因を埋没自然堤防構成砂層が液状化を起こした可能性があることを指摘している。

液状化の継続時間に関しては、磐田市南御厨地区の東新屋で「地震直後から夕方まで、きれいな水が出た」という報告がある。これも下層に、液状化しやすい砂層が厚く堆積している地域であり、表層が亀裂で開きにくい泥質堆積物で覆われていたために、上昇した砂層中の間隙水圧を開放するまでに時間がかかり、長時間噴出していたことが考えられる。

アンケート票に記載された体験談の中に、故宮内良太郎氏も述べているように、地割れから噴水・噴砂があったという報告がいくつかあった。そこで、地割れと噴水・噴砂の関係を検討した。図 24 は、アンケート調査から分かったこの地震による地割れの発生地点を示している。地割れは磐田原台地や可睡丘陵などの完新統以前の地層にも見られるが、完新統に限ってみると、図 4 の噴水・噴砂発生地点とほぼ重なっている。

図 25 に、太田川低地と天竜川低地左岸を合わせた地区毎の「地割れ」と「噴水・噴砂」の発生件数の関係を地盤別に示した。砂礫質地盤が相関係数 $R=0.86$ 、砂質地盤が $R=0.85$ と高い相関を示す。図 4 の噴水・噴砂地点と図 24 の地割れ地点を比較すると、砂質や砂礫質地盤が卓越する天竜川低地左岸側では噴水・噴砂地点と地割れ地点が天竜川の旧河道や自然堤防に沿ってほぼ南北の線条に重なって多発している。これは自然堤防をつくる表層の砂層が液

状化や地割れを起こしたことにより、地震動の大きさに比例して両者の発生件数も増え、相関も高くなったと考えられる。

一方、泥質地盤では相関係数 $R=0.49$ と相関が低い。相関を低くしている要因のひとつとして、地割れ件数に対して噴水・噴砂の件数の多い磐田市向笠地区(図 25 中の a)と袋井市浅羽町西浅羽地区(図 25 中の b)に着目した。磐田市向笠地区の噴水・噴砂は、図 10 に示したように地表から 2~7m のところに厚さ 2~7m の砂層、砂礫層が堆積しており、自然堤防で発生した噴水・噴砂だけでなく、地下に狭在する砂層、砂礫層が液状化を起こして噴出したと考えられる。また、袋井市浅羽町西浅羽地区の噴水・噴砂も、前述したとおり西側の南御厨地区にかけて、地表から 5~10m の泥質堆積物の下層に埋没した砂州と推定される[渡辺(1995)]厚さ数~10m の砂層が堆積しており、この砂層の液状化が発生件数の増加を引き起こしたと考えられる。

泥質地盤では、強い地震動により下層に狭在する砂層、砂礫層が液状化している可能性が高いが、液状化を起こした砂が、地表付近に堆積している泥質堆積物を突き破って噴出するか否かは、液状化によって上昇した間隙水圧の大きさと、表層の泥質堆積物の強度や層厚、地下水位などの条件によって決まると考えられる。今後は下層からの水や砂の噴出が、どのような地盤条件で発生するのか、についての分析が求められる。

§ 7. まとめ

噴水・噴砂の報告件数は、天竜川左岸も含めた調査地域全体で 796 件、太田川低地のみでは 352 件である。

太田川低地の噴水・噴砂の発生地点は、ほぼ全域で発生しており、特に磐田市福田町豊浜地区、袋井市浅羽町西浅羽地区では太田川とその支流の旧河道や自然堤防に並行して多発している。また、遠州灘に沿った比較的低い砂州・砂丘にも集中している。特に浅羽町幸浦地区では砂州の緩やかな斜面上で発生している。噴水・噴砂の発生地点を詳細に検討すると、自然堤防の縁、及び砂丘と砂丘間低地との境などの微地形の変換点に液状化が多く発生している傾向がある。

地盤別の発生件数は、太田川低地では泥質地盤が 172 件で最も多く、続いて砂質地盤 156 件、砂礫質地盤 24 件である。噴水・噴砂による噴出物の種類は、泥質地盤では水、砂質地盤では砂、砂礫質地盤では水の噴出が最も多く、噴出物の種類はその地盤の表層の構成物質と必ずしも対応していない。噴水・噴砂の起こった時間は地震動の最中が最も多いが、

地震動がおさまった 30 分から1時間後まで、さらに夕方まで噴出していたという報告がある。

太田川低地の泥質地盤の噴水・噴砂は、表層が粘性土でも、下層には埋没した砂州や自然堤防が伏在することが多く、これらを構成する砂層～礫混じり砂層が強い地震動で液状化を起し、表層の粘性土を突き破って噴出したためと考えられる。

各地区の噴水・噴砂の件数と地割れ件数の相関は高く、特に砂礫質地盤では相関が極めて高い。

謝辞

アンケート票の集計には、静岡県立磐田北高等学校科学部の部員の方々に大変な労力をかけて行って頂きました。アンケート票の配布と回収には、静岡県教育委員会西部教育事務所及び小中学校の教職員の方々、論文作成に当たっては静岡県立浜松南高等学校主任実習助手の本間美子氏に大変お世話になりました。査読者の佐藤善輝氏と匿名の査読者、編集者の小松原琢氏には本論文の改善について、丁寧で適切なコメントを頂きました。改めて感謝致します。

対象地震：1944年東南海地震

文献

- 愛善図書出版, 1976, アイゼンの住宅地図「磐田市・豊田町・竜洋町・福田町'77」, 269pp.
- 青島 晃・大場英司・土屋光永・松井孝友, 1994, 写真でみる東南海地震, 静岡県中遠行政センター, 84pp.
- 青島 晃・佐藤友哉・鈴木竜成・下谷豪史, 2011, 遠州灘の砂に含まれるざくろ石の性質と起源の推定, 伊那谷自然史論集, **12**, 19-24.
- Fujiwara, O., A. Aoshima, T. Irizuki, E. Ono, S. Obrochta, zY. Sampei, Y. Sato, and A. Takahashi, 2020, Tsunami deposits refine great earthquake rupture extent and recurrence over the past 1300 years along the Nankai and Tokai fault segments of the Nankai Trough, Japan, *Quaternary Science Reviews*, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105999>.
- 林奈津子, 2010, 静岡県太田川下流低地における液状化発生地点の地形条件に関する検討, 地理学評論, **83**, 418-427.
- 飯田汲事, 1985, 昭和19年12月7日東南海地震の震害と震度分布, 飯田汲事教授論文選集 東海地方地震・津波災害誌, 449-570.
- 加藤芳朗・広川 治, 1965, 土地分類基本調査, 5万分の1表層地質図「磐田・掛塚」, 同説明書, 22pp, 経済企画庁.
- 国土地理院, 1982, 1/25,000土地条件図「磐田」
- 国土地理院, 2012, 1/25,000治水地形分類図「袋井・向岡」
- 国土地理院, 2012, 1/25,000治水地形分類図「山梨」
- 日本住宅地図出版, 1976, ゼンリンの住宅地図「袋井市'77」, 210pp.
- 大庭正八, 1957, 1944年12月7日東南海地震に見られた遠江地方の家屋被害分布と地盤との関係, 地震研究所彙報, **35**, 201-295.
- 寒川 旭, 1992, 坂尻遺跡の地震跡について, 坂尻遺跡：袋井バイパス(袋井地区)埋蔵文化財発掘調査報告書, 245-249.
- 静岡県立磐田北高等学校科学部, 1987, アンケート調査による昭和19年東南海地震における静岡県西部地域の被害と地盤に関する研究, 静岡県立磐田北高等学校科学部(未刊行), 338 pp.
- 静岡県危機管理部, 1982, 静岡県総合管内図, 地質断面線図, ボーリング地点図 1:100,000 (地震対策資料(ボーリング)No.18, 改訂版)
- 鈴木勝良・大久保晃・大庭正八・佐伯泰広・清水肇・清水睦美・種茂 勉・寺田幸宏・土屋光永・野嶋宏二・松井孝友・森 伸一・島津申之, 1981, 昭和19年東南海地震に学ぶ, 静岡県中遠振興センター, 50pp.
- 鈴木勝良・大久保晃・大庭正八・佐伯泰広・清水肇・清水睦美・種茂 勉・寺田幸宏・土屋光永・野嶋宏二・松井孝友・森 伸一・島津申之, 1982, 昭和19年東南海地震の記録, 静岡県中遠振興センター, 364pp.
- 高橋正義・門村 浩, 1965, 土地分類基本調査, 5万分の1地形分類図「磐田・掛塚」, 同説明書, 22pp, 経済企画庁.
- 武村雅之・虎谷健司, 2015, 1944年東南海地震の広域震度分布の再評価と被害の特徴, 日本地震工学会論文集, **15**, 7, 2-21.
- 渡辺二三彦, 1995, 静岡県袋井市南部, 太田川低地の地形発達史, 季刊地理学, **47**, 103-118.