

アンケート調査に基づく1944年東南海地震による 静岡県天竜川低地左岸の噴水・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

The boiling sand and boiling water by the 1944 Tonankai Earthquake
based on questionnaire survey in the left bank of the Tenryugawa lowland, Shizuoka Prefecture
- Geomorphological and geological conditions of liquefied sites -

Akira AOSHIMA

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

Mitsuhsa TUCHIYA, Sachiko NAKANO Akira AOSHIMA

Hamamatsu City, Shizuoka Prefecture, 430 Japan

The boiling sand and boiling water in the left bank of the Tenryugawa lowland by the 1944 Tonankai earthquake were studied by questionnaire survey. The number of boiling sands and boiling waters were 431. The boiling sand and boiling water are concentrated in the old river channel, low natural levee which are considered to be prone to liquefaction. The number of liquefaction events by ground type was highest in the sandy and gravelly ground (419 events), while the sandy and muddy ground had very few events (9 and 3 events). The positive correlation between the number of boiling sands and boiling waters and the number of ground cracks is very high.

Keywords: boiling sand, boiling water, 1944 Tonankai earthquake, liquefaction, Tenryugawa 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、被害については十分な調査がなされなかった。戦後、静岡県西部地域については、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。しかし、大庭(1957)は、家屋被害の統計と地盤との関係について詳細にまとめたが、液状化現象については詳しく述べていなかった。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、被害が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、液状化現象などをまとめた報告書[静岡県立磐田北高校科学部(1987)]を作成したが、学会や研究会では未発表であった。その後、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、

青島・他(2021)は太田川低地全体の液状化発生地点とその地形、地盤条件について考察したが、アンケート調査地域の西側に位置する天竜川低地左岸については言及しなかった。

そこで、本論文ではこの地震による天竜川低地左岸の液状化現象について、1983年に行ったアンケート調査をもとに再調査を実施し、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で示した天竜川低地左岸で、現在の静岡県磐田市西南部に当たる。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%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。

* 〒438-0807 静岡県磐田市富里3番地
電子メール: aoshima.akira@gmail.com

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地形図にプロットした。ただし、確実に噴水・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「磐田」(2012),「掛塚」(2012), 経済企画庁発行の50,000分の1土地分類基本調査地形分類図「磐田・掛塚」[高橋・門村(1965)], 同表層地質図「磐田・掛塚」[加藤・広川(1965)]と比較した。さらに表層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。

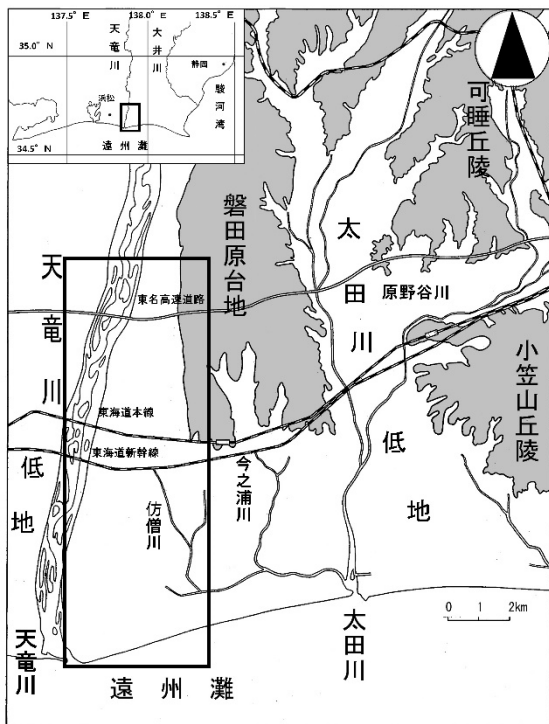


図1 調査地域図
国土地理院発行 1/50,000 地形図「磐田・掛塚」より作成
Fig.1. Study area map. Compiled from the 1:50,000 “Iwata,Kaketsuka” topographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan.

§3. 地形・地盤地質

図2に調査地域の地形分類図を示す。

天竜川低地は東側を第四系上部更新統の磐田原台地、西側を三方原台地によって囲まれた扇状地状三角州で、天竜川は低地東部を北から南に流れている。天竜川低地の沖積層基底礫層は、天竜川の河口部で標高-60m以深にあり、その層厚は40mにも及ぶ(池田,1964)。天竜川下流の低地では沖積層基底礫層の上に礫や砂の互層が堆積しており、層相の側方変化が激しい。天竜川低地下流の地形は、天竜川の氾濫平野と旧河道、自然堤防、旧中州群などの微地形によって構成される。最も明瞭な旧河道は、東海道新幹線の天竜川鉄橋付近から南南東方向に向かった後、磐田市竜洋支所付近で南南西方向へと蛇行して現天竜川河口へと向かうもので、東派川(旧東天竜川)と呼ばれている(小野,2009)。海岸沿いには砂州・砂丘が海岸線と平行に配列している。天竜川低地左岸の沿岸部には砂州とその間に湿地が分布しており、砂州と湿地との比高は2~3m程度である。青島・他



図2 地形分類図
国土地理院 1/25,000 治水地形分類図「磐田」,「掛塚」(2012)を基に作成
Fig.2. Geomorphological land classification map. Compiled from the 1:25,000 “Iwata”, “Kaketsuka” (2012) topographical map of water management published by the Geospatial Information Authority of Japan..

表 1 磐田市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、大庭(1957)に基づく。

Table 1. Number of the boiling sand and boiling water and their percentages to the number of questionnaires in Iwata city. The representative surficial geology of each district is based on Ohba (1957).

現市町村名	旧市町村名	地区名()は旧地区名	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(%)	地割れ報告件数	代表的な表層地質(地盤)	天竜川低地左岸に該当する地区	
磐田市	旧磐田市	見付	1	574	0.2	15	更新統礫・砂礫質		
		中泉	8	408	2.0	19	更新統礫		
		向笠	22	181	12.2	33	泥質		
		大藤	0	59	0.0	6	更新統礫		
		田原	5	119	4.2	43	泥質		
		岩田	15	102	14.7	47	砂礫質	○	
		西貝	4	117	3.4	23	泥質		
		天竜	18	207	8.7	20	砂礫質	○	
		長野	20	186	10.8	41	砂礫質・砂質	○	
		於保	3	88	3.4	6	泥質・砂質	○	
		御厨	5	124	4.0	24	泥質		
		南御厨	11	61	18.0	22	泥質		
		小計	112	2,226		299			
	旧竜洋町	十束	88	185	47.6	96	砂礫質	○	
		掛塚	94	433	21.7	131	砂礫質	○	
		袖浦	47	236	19.9	70	砂礫質	○	
		小計	229	854		297			
	旧豊岡村	北(野部)	3	199	1.5	19	砂礫質	○	
		東(敷地)	0	67	0.0	10	第三系		
		南(広瀬)	65	234	27.8	102	砂礫質	○	
		小計	68	500		131			
	旧豊田町	北(富岡)	23	178	12.9	46	砂礫質	○	
		西(池田)	8	64	12.5	11	砂礫質	○	
		南(井通)	38	281	13.5	78	砂礫質	○	
		小計	69	523		132			
	旧福田町	東部(豊浜)	40	296	13.5	32	砂質		
		本町(福田)	66	616	10.7	77	砂質・泥質		
		西部(於保)	9	103	8.7	7	砂質・泥質	○	
		北部(南御厨)	6	68	8.8	9	泥質		
		小計	121	1,083		125			
	総計			599	5,186		984		

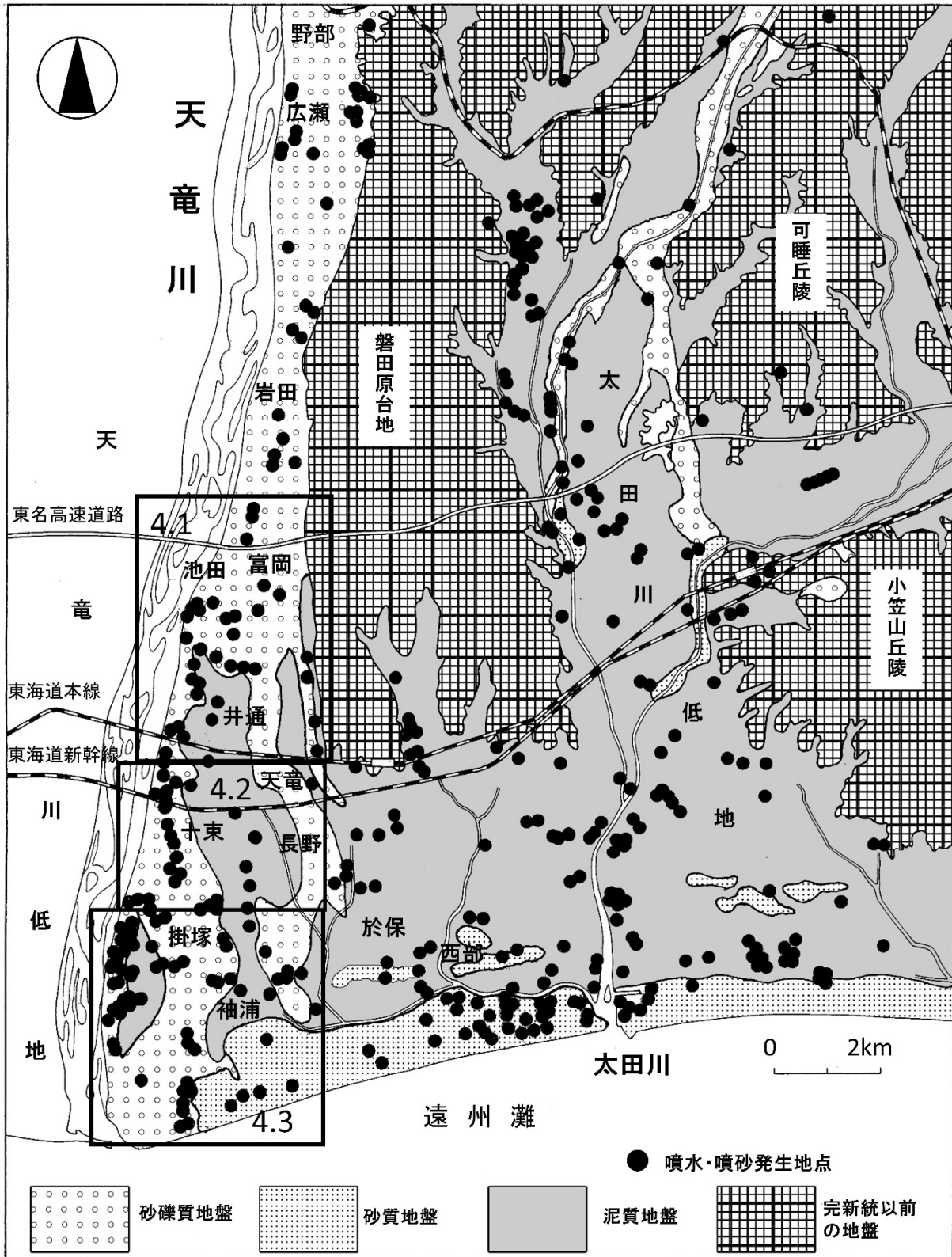


図3 1944年東南海地震による太田川低地と天竜川低地左岸の噴水・噴砂発生地点

地盤は経済企画庁発行 1/50,000 土地分類基本調査表層地質図「磐田・掛塚」(1965)を基に作成

4.1 磐田市池田・井通地区 4.2 磐田市十束・長野地区 4.3 磐田市掛塚・袖浦地区

Fig.3. Occurrence sites of the boiling sand and boiling water caused by the 1944 Tonankai earthquake in the Ottagawa lowland and the left bank of the Tenryugawa lowland. The ground is based on the 1:50,000 surface geological map of Iwata and Kaketsuka (1965) from the Basic Survey of Land Classification published by the Economic Planning Agency of Japan. 4.1 Ikeda, Idori areas, Iwata City. 4.2 Totsuka, Nagano areas, Iwata City. 4.3 Kaketsuka, Sodeura areas, Iwata City.

(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。

§ 4. 噴水・噴砂の状況

噴水・噴砂の発生報告件数は、現磐田市では 599 件、このうち天竜川左岸に限ると 431 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 に現磐田市の各地区の噴水・噴砂の件数と回収されたアンケート票に対する割合を示す。図 3 に、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の南部、遠州灘に沿う海岸部で多発している。しかし、可睡(かすい)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。

次に天竜川低地の「磐田市池田、井通(いどおり)地区」と「磐田市十束(とつか)、長野地区」、「磐田市掛塚、袖浦地区」の 3 地域について、特に噴水・噴砂の大きさや噴出物、時間などが詳細に記述されているアンケート票を抜き出して示す。各地区の略名とその範囲を図 3 に示した。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 磐田市池田、井通地区の噴水・噴砂

- ・立野や森下の畑では、野良道が割れ、水が 2m 噴き上げ、地震がおさまると共に、水もすぐ引いた。(豊田町西之島, 68 才, 男)
- ・亀裂部分より噴き出していた。そして、見る間に全体が水で地面が見えなくなった。(豊田町池田, 47 才, 男)
- ・家の屋敷が水に浸った。丁度、取り入れた時だったので、糶が干してあったが、この糶が水浸しになったことを覚えています。(豊田町池田, 70 才, 男)
- ・天白神社、鳥居にそって、天竜川の土手の東側神社の境内、幅 7cm 位、広いところで 10cm 位、揺れるたびに地下水が噴き上がりました。(豊田町, 集落名, 年齢, 性別不明)
- ・一言や天神川原では、水が噴き出したあとは、砂利が飛び出していた。(豊田町一言, 年齢, 性別不明)
- ・地震と同時に多量の噴水があり一略一。(豊田町赤池, 年齢, 性別不明)
- ・道が 2 つに割れて、水が出た。(豊田町森本, 年齢,

性別不明)

- ・亀裂があった場合と同じ個所で、きれいな水でした。(磐田市北島, 年齢, 性別不明)
- ・亀裂になった場所から泥水が涌きだした。(豊田町一言, 年齢, 性別不明)
- ・2メートル平方で 2~3 箇所、高さ 30~40cm で、最初に噴水、次に噴砂。(豊田町小立野, 年齢, 性別不明)
- ・直径 30~40cm、高さ 10cm の砂の山。(豊田町弥藤太島, 年齢, 性別不明)
- ・10~20cm おきに地虫の穴位の穴があり、白い砂がふき出していた。(豊田町, 集落名, 年齢, 性別不明)
- ・地震と同時に多量の噴水があり、一時は屋敷中膝頭位までの深さに達し、とうとうと屋敷外へ流れ出していた。(豊田町赤池, 58 才, 男)
- ・赤池付近は特定の場所などではなく、いたるところで、噴水が始まり、宅地、畑、田など水で真白くなった。豪雨の時の様だった。(豊田町赤池, 66 才, 男)

4.2 磐田市十束、長野地区の噴水・噴砂

- ・十束小学校(現竜洋北小学校)の周囲の水田(乾田)の各所、学校の運動場の各所へ噴水ができて、運動場は周囲の水田より 40cm 位高いけれども、運動場全部が 10cm 位の深さの水で覆われた。(竜洋町十束, 年齢, 性別不明)
- ・中島の田は、にごみ水が田一面にあふれた。田は田植時のように水が流れる。家屋敷内も同様。(竜洋町中島, 48 才, 男)
- ・30~50cm 位、泥水と砂がふあと吹き出る。(竜洋町宮本, 年齢, 性別不明)
- ・畑から、青ネバが噴出した。(竜洋町豊岡, 年齢, 性別不明)
- ・地割れがして、噴水と同時に砂が噴き出して一略一。(竜洋町, 集落名, 年齢, 性別不明)
- ・直径 50~80cm くらいの噴砂、中央より噴水。(竜洋町, 集落名, 年齢, 性別不明)

4.3 磐田市掛塚、袖浦地区の噴水・噴砂

- ・地震発生後、1時間位後においても地下水がぶつぶつ吹いていた。(竜洋町掛塚, 年齢, 性別不明)
- ・地震が起きた瞬間、本町の江塚歯科医の前に出来た亀裂から水が噴き出した。(竜洋町掛塚砂町, 77 才, 男)

- ・駒場海岸の田んぼ，茶碗，井を伏せたような砂山の形で，地震発生1時間位後においても地下水がブツブツ吹いていた。(竜洋町掛塚，65才，男)
- ・畑から丸太が何本も出て来たり，砂が出て来たりしました。(竜洋町掛塚，53才，男)
- ・地割れがして，噴水と同時に砂を噴出し，砂だけが富士山のような形に残った。小学校(竜洋西小学校)だけでも20位はあったと思う。(竜洋町白羽，49才，男)
- ・屋敷の中に当時は防空壕が掘ってありましたが，地震の後見たら，水がいっぱいでした。そして，前の道路もどこからわいたのか，大雨が降ったようにガワガワ流れていました。地震が終わってすぐ家のことが心配でしたので，帰ってみましたら，道路が大水でガワガワでした。ひとりでいたおばあさんは，あまり水が出るので，津波だと思い，西の堤防へ逃げていったそうです。(竜洋町川袋，55才，女)
- ・田んぼから泥が噴き出した。(竜洋町白羽，年齢，性別不明)
- ・水田の中に噴水と砂と木のくずの様なものを出した。(竜洋町掛塚，年齢，性別不明)

4.4 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，河口に近い掛塚地区では揺れがおさまった1時間後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。調査地域の北部では噴水，南部では噴砂の報告が多くなる。形は富士山のような円すい形をしているものが多く，直径は数cmから1m位まで，高さは数cmから40cm位である。これらの特徴は，青島・他(2021)の太田川低地の噴水・噴砂の形態と近似している。

§5. 噴水・噴砂発生地点と地形・地盤との関係

各地域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 磐田市池田，井通地区(図4，5)

磐田市池田，井通地区の噴水・噴砂の発生地点を図4に示す。池田地区で8件，井通地区で38件であり，アンケート票回収枚数に対する噴水・噴砂の報告件数の割合は，それぞれ12.5%，13.5%と比較的高

い。噴水・噴砂のあった場所は，図4より天竜川に近接した旧河道や自然堤防地域に多く，氾濫平野で少ないことが特徴である。図5の柱状図より，この地区は砂礫質地盤で，表層に砂及びシルト，粘土質の堆積物が2m程見られるが，その下には，10～15mの礫層が堆積しており，地下水位が深度2m程度であることが特徴である。

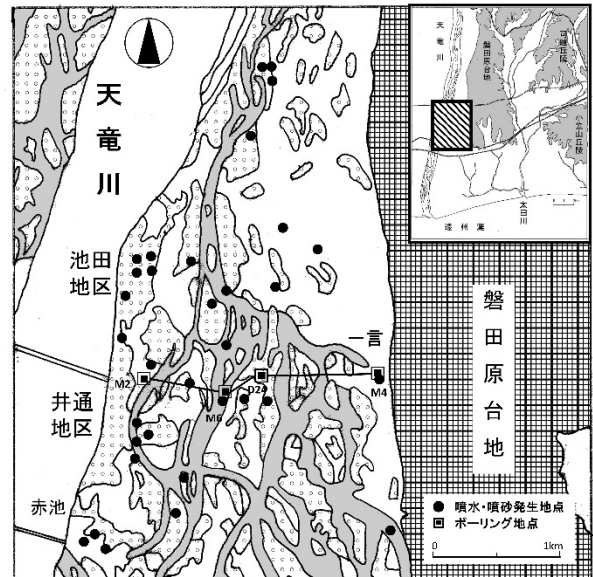


図4 磐田市池田・井通地区の噴水・噴砂発生地点
地形は経済企画庁発行 1/50,000 土地分類基本調査表層地質図「磐田・掛塚」(1965)を基に作成
Fig.4. Location of the boiling sand and boiling water in the Ikeda and Idori areas, Iwata City. The topography is based on the 1:50,000 geomorphological land classification map of Iwata and Kaketsuka (1965) from the Basic Survey of Land Classification published by the Economic Planning Agency of Japan.

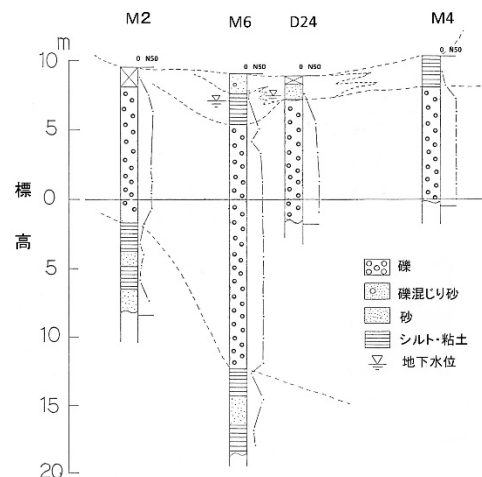


図5 磐田市池田，井通地区の地質断面図
静岡県危機管理部(1982)より作成
Fig.5. Geological section of the Ikeda and Idori areas of Iwata City. Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka, Prefecture(1982).

5.2 磐田市十束, 長野地区(図 6, 7)

磐田市十束地区と長野地区の噴水・噴砂地点を図6に示す。磐田市十束地区は、本研究の調査地域の中で、2番目に噴水・噴砂の多かった地区で、88件の報告があり、これはアンケート票回収枚数の47.6%にあたる。この地域の噴水・噴砂は、十束地区中島、宮本、高木、松本に集中し、これらの地域は、図6よりほとんどが自然堤防に位置している。特に高木、松本での噴水・噴砂は、旧東天竜川(東派川)の自然堤防の東側に沿って南北に線条に多発しており、大量に水を噴き出したことが、この地区の特徴である。図7は、東海道新幹線に沿う柱状図で、表層に最大6mの泥質堆積物が堆積しているが、その下位には砂層や礫まじり砂層をはさみながら、6~15mの砂礫層が堆積し、さらにその下位には砂質~泥質堆積物がみられる。この砂層や礫まじり砂層が自然堤防を構成しており、この層が液状化を起こしたものと考えられる。

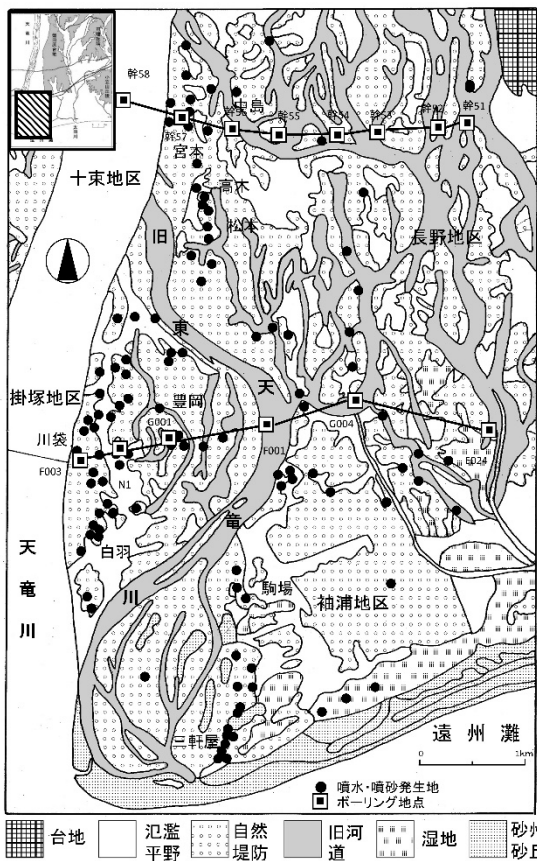


図6 磐田市十束・長野・掛塚・袖浦地区の噴水・噴砂発生地点

地形は経済企画庁発行 1/50,000 土地分類基本調査表層地質図「磐田・掛塚」(1965)を基に作成
 Fig.6. Location of the boiling sand and boiling water in the Totsuka, Nagano, Kaketsuka and Sodeura areas, Iwata City. The topography is based on the 1:50,000 geomorphological land classification map of Iwata and Kaketsuka (1965) from the Basic Survey of Land Classification published by the Economic Planning Agency of Japan.

5.3 磐田市掛塚, 袖浦地区(図 6, 8)

磐田市掛塚, 袖浦地区の噴水・噴砂地点を図6に示す。

特に磐田市掛塚地区は、噴水・噴砂の件数が最も多かった地区で94件の報告があり、これはアンケート票回収枚数の21.7%にあたる。また、袖浦地区は47件19.9%である。掛塚地区の噴水・噴砂は、図6より現天竜川の自然堤防に沿った広い範囲に分布している。一方、南部の袖浦地区では駒場、三軒屋の旧東天竜川(東派川)の旧河道や自然堤防の東側に沿って南北に線条に連なっている。この地域の地盤は、図8の柱状図より北側の十束地区に比べ、表層の泥

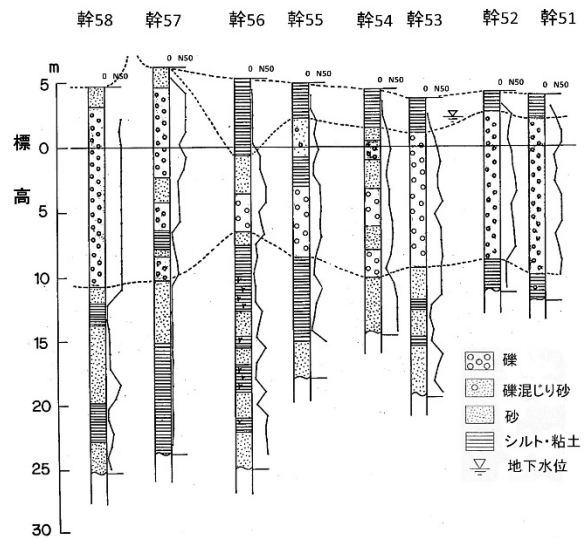


図7 磐田市十束, 長野地区の地質断面図
 静岡県危機管理部(1982)より作成
 Fig.7. Geological section of the Totsuka and Nagano areas of Iwata City. Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka, Prefecture(1982).

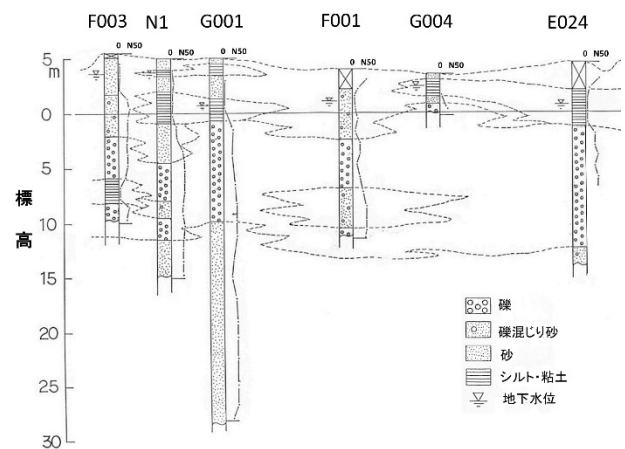


図8 磐田市掛塚, 袖浦地区の地質断面図
 静岡県危機管理部(1982)より作成
 Fig.8. Geological section of the Kaketsuka and Sodeura areas of Iwata City. Compiled from the Crisis Management Department in Shizuoka, Prefecture(1982).

質堆積物が少なく、砂層～礫まじり砂層が厚く堆積しており、地下水位は深度 2～4m 程度である。また、海岸に近づくにつれて砂質堆積物が卓越するようになる。これらの現天竜川や旧東天竜川の自然堤防に沿った地下水面下の砂層～礫まじり砂層や砂州を構成する砂層が液状化を起こしたことが推察される。

§6. 考察

1983 年に行ったアンケート調査は、天竜川低地左岸と太田川低地を中心に行ったが、天竜川低地左岸の噴水・噴砂の発生件数は 431 件、太田川低地は 352 件であった。

図 10 に青島・他(2021)によるアンケート調査全域の地盤別の噴出物の種類を示す。前述のとおり天竜川低地左岸では噴水・噴砂はほとんどが砂礫質地盤で発生していることから、砂礫質地盤に着目すると噴出物は水>砂>泥の順である。一方、砂質地盤では砂>水>泥、泥質地盤では水>砂>泥の順であるが、いずれの地盤でも砂と水が噴出し、泥は少ない。また、磐田市井通地区一言では「水が噴き出した跡は、砂利が飛び出していた。」というアンケート票の証言がある。この地域は図5より表層には泥質層があることから、激しい地震動により間隙水圧が高まり、強い水圧により噴砂と共に礫も噴き出した可能性が高い。

これを地盤別に比較すると、両地域には大きな違いがあった。図 9 に天竜川低地左岸と太田川低地の地盤別の噴水・噴砂の報告件数を示す。天竜川低地左岸では、砂礫質地盤が 419 件で最も多く、その割合は 97.2%に達する。しかし、砂質地盤 9 件、2.1%、泥質地盤 3 件、0.7%と極めて少ない。特に報告件数の多い地区は表1より磐田市掛塚地区 94 件・磐田市十束地区 88 件・磐田市広瀬地区 65 件・磐田市袖浦地区 47 件、磐田市井通地区 38 件でいずれも砂礫質地盤である。また、図3よりいずれの地区も噴水・噴砂は、現天竜川や旧天竜川の河道に沿う砂礫質地盤からなる自然堤防地帯で発生している。噴水・噴砂の発生地点を詳細に検討すると、旧河道や自然堤防の縁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見られる。

一方、太田川低地では泥質地盤が 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。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[若松(2011), 若松(2018)]が、太田川低地では泥質地盤で多くの噴水・噴砂が報告されている。この理由について

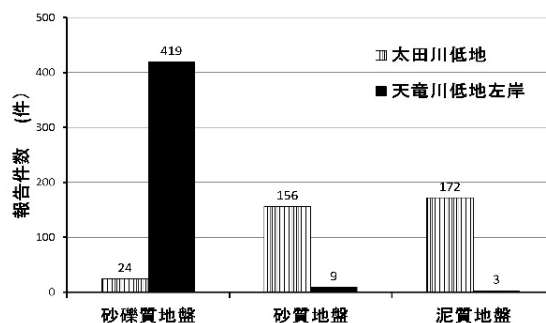


図 9 地盤別の噴水・噴砂件数
Fig.9. Number of the boiling sands and boiling waters by ground type.

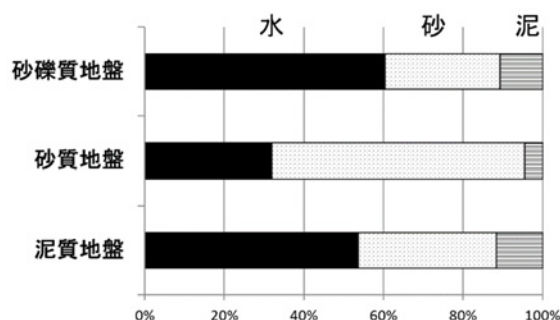


図 10 地盤別の噴出物の種類の割合 青島・他(2021)より引用
Fig.10. Proportion of eruption types by ground. Quoted from Aoshima et al (2021).
Black square: water, dots square: sand, horizontal stripes square: mud.

て、青島・他(2021)は、泥質地盤の下層にある深度 5 m 程度の地下水面下に分布する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、泥質地盤でも噴水・噴砂が発生することを指

摘した。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[渡辺(1995), 林(2010)], 下層に地下水面下の砂層を挟んでいることが多い。

天竜川低地と太田川低地のどちらも砂層、砂礫層が液状化を起こした。天竜川低地では液状化した流体状物質がすぐ地表に現れたが、太田川低地では泥質地盤の下層にある砂層、砂礫層が液状化を起こしたため、表層の泥質地盤を突き破ることができた場所だけが噴水・噴砂となって発見された。

図 10 に青島・他(2021)によるアンケート調査全域の地盤別の噴出物の種類を示す。前述のとおり天竜川低地左岸では噴水・噴砂はほとんどが砂礫質地盤で発生していることから、砂礫質地盤に着目すると噴出物は水>砂>泥の順である。一方、砂質地盤では砂>水>泥、泥質地盤では水>砂>泥の順であるが、いずれの地盤でも砂と水が噴出し、泥は少ない。また、磐田市井通地区一言では「水が噴き出した跡

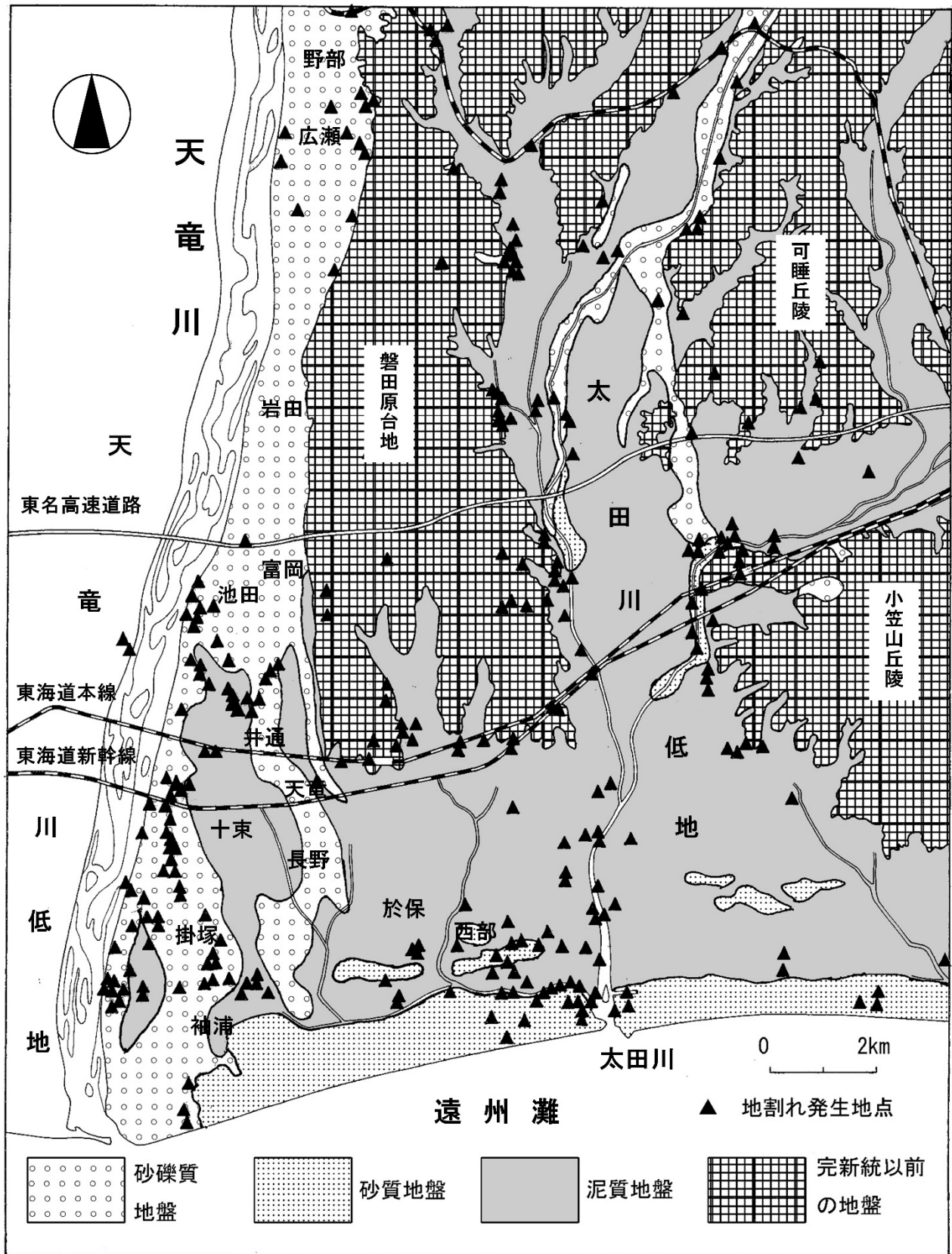


図 11 1944 年東南海地震による太田川低地と天竜川低地左岸の地割れ発生地点 静岡県立磐田北高校科学部(1987)より引用
 地盤は経済企画庁発行 1/50,000 土地分類基本調査表層地質図「磐田・掛塚」(1965)を基に作成
 Fig.11. Location of ground cracks in the Otawagawa lowland and the left bank of the Tenryugawa lowland caused by the 1944 Tonankai earthquake.
 Quoted from Science Club, Shizuoka Prefectural Iwata Kita High School (1987). The ground is based on the 1:50,000 surface geological map of Iwata and Kaketsuka (1965) from the Basic Survey of Land Classification published by the Economic Planning Agency of Japan.

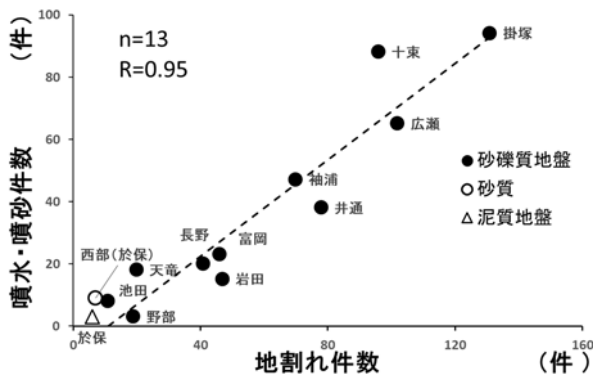


図 12 噴水・噴砂と地割れの相関 青島・他 (2021)より引用, 加筆

● 砂礫質地盤 ○ 砂質地盤 △ 泥質地盤

Fig.12. Correlation between boiling sands, boiling waters and ground cracks. Quoted and added from Aoshima et al (2021).

は、砂利が飛び出していた。」というアンケート票の証言がある。この地域は図5より表層には泥質層があることから、激しい地震動により間隙水圧が高まり、強い水圧により噴砂と共に礫も噴き出した可能性が高い。

アンケート票に記載された体験談の中に、地割れから噴水・噴砂が発生した報告が複数あった。そこで、地割れと噴水・噴砂の関係を検討した。図 11 は、静岡県立磐田北高校科学部(1987)による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盤にも見られるが、完新統に限ってみると、図 3 の噴水・噴砂発生地点とほぼ重なっている。図 12 に、天竜川低地左岸の地区毎の「地割れ」と「噴水・噴砂」の発生件数の関係を地盤別に示した。泥質、砂質地盤では噴水・噴砂も地割れも少ないが、これらを含めた全地盤での関係は相関係数 0.95 と高い正の相関を示す。これは、自然堤防を作る表層やその下位の砂層の液化化による間隙水圧の高まりを、地割れ箇所から砂や水が噴き出すことによって解放しているとする、地震動の大きさに比例して両者の発生件数も増えて、相関も高くなったと考えられる。図 3 の噴水・噴砂地点と図 11 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、自然堤防と氾濫平野とでは地震動の特性が異なるために、両者の境界付近で液化化も地割れも発生した可能性も考えられる。その原因については、地下構造や地震波の伝搬について詳細に検討をする必要がある。

§ 7. まとめ

天竜川低地左岸の噴水・噴砂の報告件数は、431 件である。天竜川低地左岸の噴水・噴砂は、ほぼ全域で発生しており、特に天竜川の旧河道や自然堤防に並行して多発している。地盤別の発生件数は、砂礫質地盤が 419 件で最も多く、これに対して砂質地盤は 9 件、泥質地盤は 3 件と非常に少ない。噴水・噴砂による噴出物の種類は、砂と水が多く泥は少ないが、礫が噴出した地点もある。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1時間後まで噴出していたという報告もある。各地区の噴水・噴砂の件数と地割れ件数の正の相関は極めて高い。

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元静岡県立中央図書館長の野嶋宏二氏、元静岡県立磐田南高等学校教諭の松井孝友氏、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。匿名の査読者と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。改めて感謝を致します。

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.
- 青島 晃・土屋光永・中野幸子・野嶋宏二・松井孝友, 2021, 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・噴砂の発生地点とその地形・地盤条件, 歴史地震, 36, 19-32.

- 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, 4, 418-427.
- 池田俊雄, 1964, 東海道における沖積層の研究, 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, 60, 1-85.
- 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「磐田」
- 国土地理院, 2012, 1/25,000 治水地形分類図「掛塚」
- 小野映介, 2009, 気象と地形・地質, 竜洋町史通史編別編(自然編), 1-17.
- 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.
- 静岡県立磐田北高等学校科学部島崎幸子他41名, 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.
- 若松加寿江, 2011, 日本の液状化履歴マップ 745-2008, 東京大学出版会, 71pp.
- 若松加寿江, 2018, そこで液状化が起きる理由, 東京大学出版会, 252pp.
- 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.