

熊本地震現地調査結果(速報)

報 告 書

平成 28 年 4 月 27 日

中 央 開 発 株 式 会 社

目次

I. 熊本地震の概要.....	1
I-1 地震の概要.....	1
I-2 熊本県周辺の地質構造.....	6
I-3 別府-島原地溝.....	7
I-4 布田川-日奈久断層帯.....	8
II. 液状化被害調査結果.....	12
II-1 はじめに.....	12
II-2 河川堤防沿いの構造物および液状化被害.....	12
II-3 市街地の液状化被害.....	15
II-4 干拓地・埋立地の液状化被害.....	17
II-5 噴砂の粒度特性.....	18
II-6 まとめ.....	18
III. 地震断層調査結果.....	19
III-1 地震断層の概要.....	19
III-2 地表地震断層の記載.....	23
III-3 まとめ.....	30
IV. 斜面災害調査結果.....	31
IV-1 調査方法.....	31
IV-2 西原村から南阿蘇村にかけての斜面崩壊.....	32
IV-3 まとめ.....	37
V. 建築物・構造物等の調査結果.....	38
V-1 建築物等の被害状況.....	38
V-2 構造物の被害状況.....	41
V-3 まとめ.....	46

I. 熊本地震の概要

I-1 地震の概要

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分頃、熊本県熊本地方を震源とするマグニチュード 6.5(暫定値)の地震が発生した。震源の深さは 11km であり、日奈久断層帯の高野―白旗区間が動いたことによる内陸直下型地震であるとされる。熊本県益城町で震度 7、玉名市、西原村、宇城市、熊本市で震度 6 弱を観測した他、中部地方の一部から九州地方にかけて震度 5 強～1 を観測した。益城町における地震動波形を図 1-1-1 に、速度・加速度応答スペクトルを図 1-1-2 に示す。最大加速度は益城町の観測点の 1580gal (三成分合成値) であり、加速度応答スペクトルは 0.5 秒前後の周期が卓越している。また、構造物の揺れと相関が高い速度応答スペクトルは 0.5 秒前後および 1.5 秒前後が卓越し、キラーパルスが発生していたと考えられる。熊本県熊本地域では長周期地震動階級 3 が観測されている。15 日 24 時までには最大震度 5 弱～6 強を 4 回含む最大震度 1 以上の地震が 152 回観測された。

その後、16 日 1 時 25 分頃に熊本県熊本地方を震源とし、14 日 21 時 26 分の地震の規模を上回るマグニチュード 7.3 (暫定値) の地震が発生した。震源の深さは 12km であり、布田川断層帯が動いたと考えられている。熊本県益城町、西原村で震度 7、熊本県阿蘇地方、熊本地方で震度 6 強、熊本県天草・芦北地方、大分県中部地方で震度 6 弱を観測した他、中部地方の一部から九州地方にかけて震度 5 強～1 を観測した。益城町における地震動波形を図 1-1-3 に、速度・加速度応答スペクトルを図 1-1-4 に示す。最大加速度は益城町の観測点の 1362gal (三成分合成値) であり、加速度応答スペクトルは 0.4 秒前後および 0.9 秒前後の周期が卓越している。また、構造物の揺れと相関が高い速度応答スペクトルは 1 秒前後が卓越し、キラーパルスが発生していたと考えられる。熊本県熊本地域では長周期地震動階級 4 が観測されている。

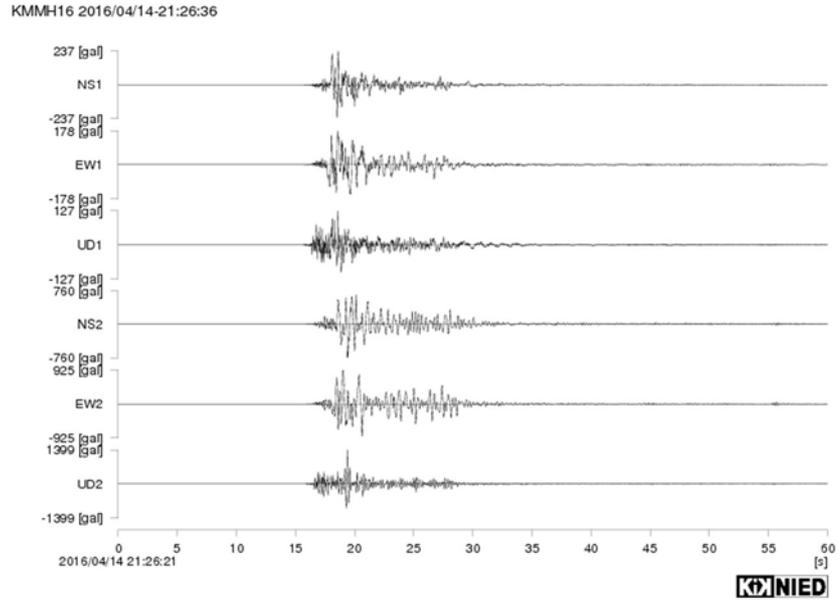


図 1-1-1 益城町における 4 月 14 日 21 時 26 分頃の地震動波形
(防災科学技術研究所ホームページより引用、以下同)

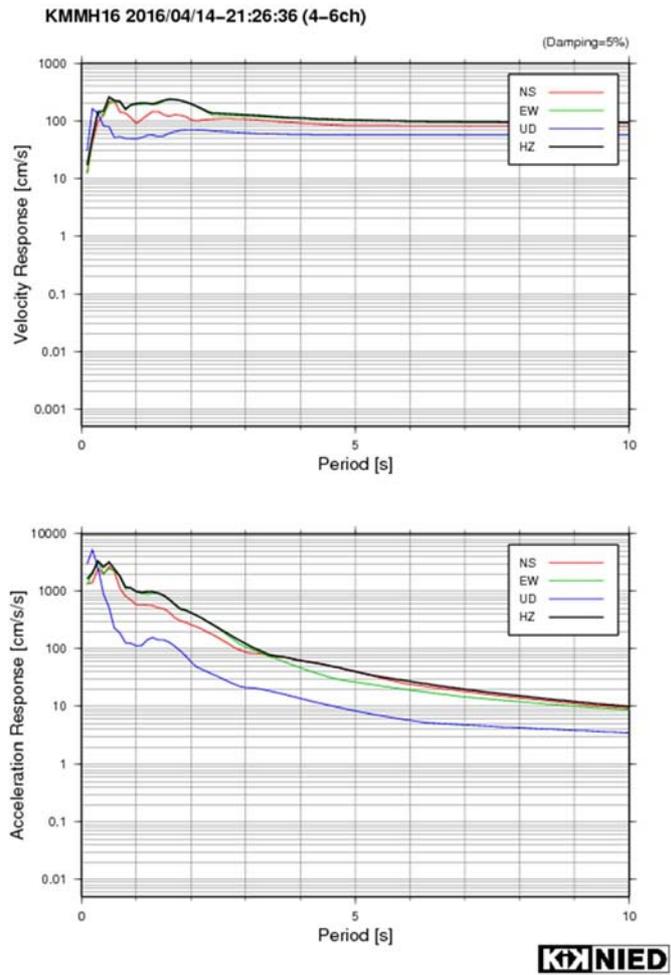


図 1-1-2 益城町における 4 月 14 日 21 時 26 分頃の地震の
速度応答スペクトル（上）および加速度応答スペクトル（下）

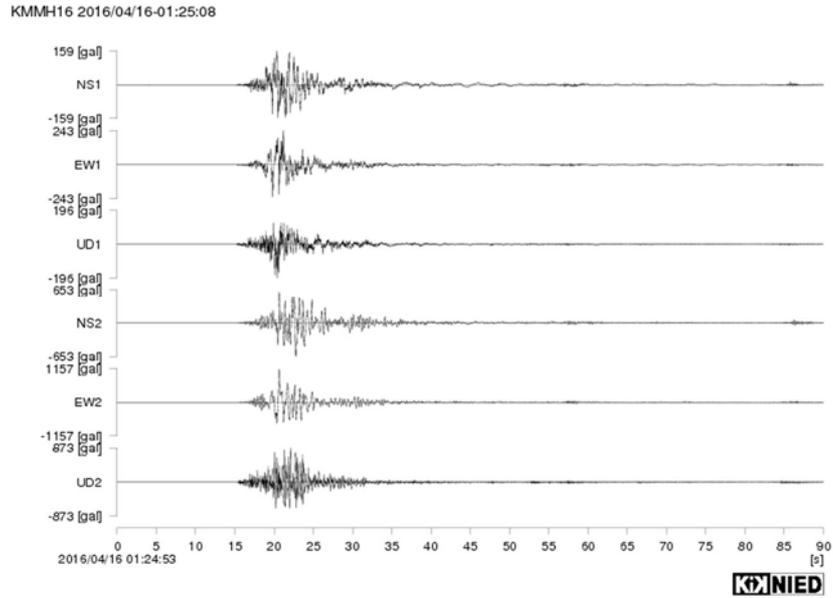


図 1-1-3 益城町における 4 月 16 日 1 時 25 分頃の地震動波形

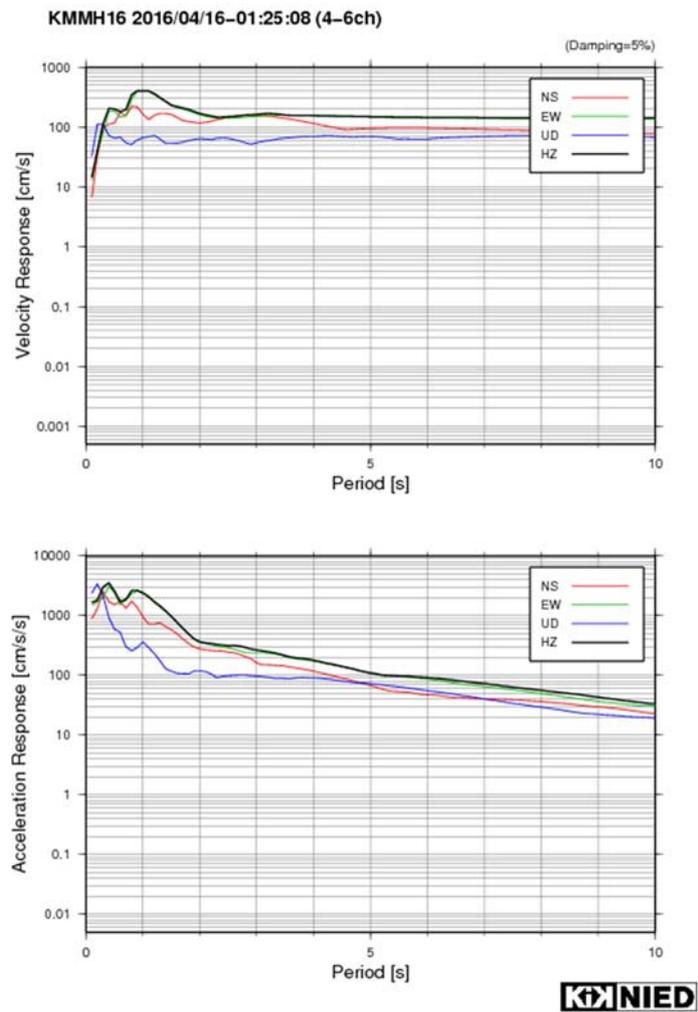


図 1-1-4 益城町における 4 月 16 日 1 時 25 分頃の地震の速度応答スペクトル（上）および加速度応答スペクトル（下）

当初は14日21時26分頃の地震が本震であるとされていたが、気象庁は16日の記者会見で、16日1時25分頃の地震を本震、14日21時26分頃の地震を前震と判断した。16日1時25分頃の地震以降、熊本地方（布田川―日奈久断層帯付近）だけでなく、北東側の阿蘇および大分地方（別府―万年山断層帯付近）を震源とする地震が多発している（図1-1-5）。また、図1-1-6に4月14日15時15分～4月21日15時15分に発生した地震の震央分布図を示す。一連の地震の震央の深さはほとんどが20km以下であり、別府―島原地溝内の3地域で集中している。

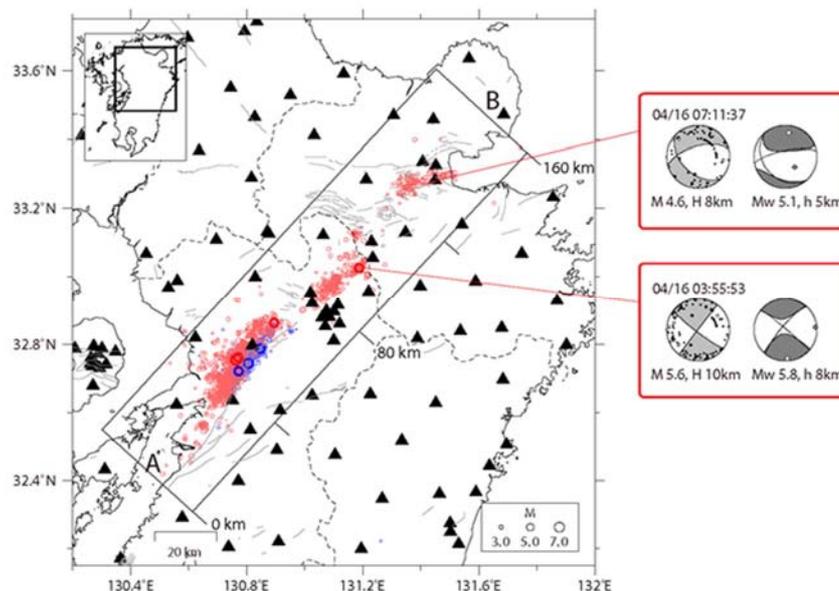


図1-1-5 熊本地方付近の震央分布（2016年4月14日21時～17日5時）
赤色：本震以降、青色：本震以前、太線による丸印：M5.5以上

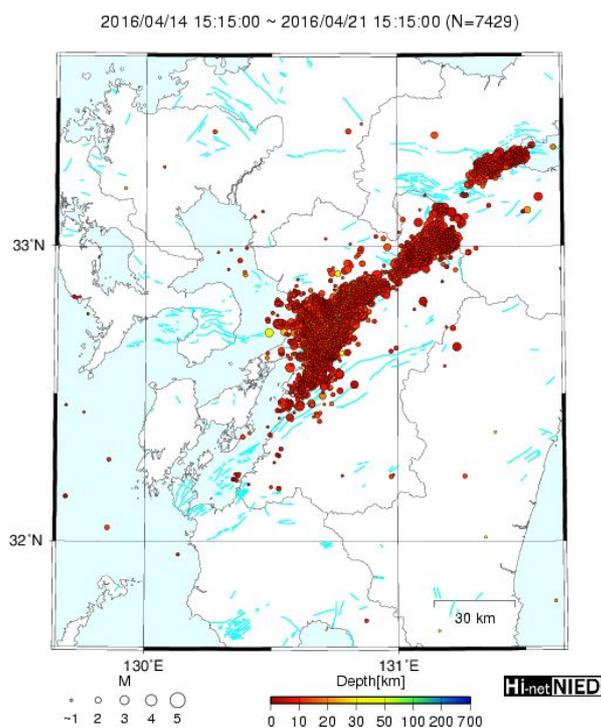


図1-1-6 4月14日15時15分～4月21日15時15分に発生した地震の震央分布図

表 1-1-1 に最大震度 5 以上を観測した地震の概要を、表 1-1-2 に震度 1 以上の最大震度別地震回数を示す (14 日 21 時～20 日 24 時)。震源が浅いために有感地震が非常に多く、14 日 21 時以降から 20 日 24 時まで最大震度 5 弱以上の地震が 17 回、震度 1 以上の地震が 726 回発生している。

表 1-1-1 最大震度 5 弱以上を観測した地震 (14 日 21 時～20 日 24 時：気象庁発表)

地震発生時刻	震央地名	震源の深さ	マグニチュード	最大震度
4 月 14 日 21 時 26 分	熊本県熊本地方	11km	6.5	7 (益城町)
4 月 14 日 22 時 07 分	熊本県熊本地方	8km	5.8	6 弱 (益城町)
4 月 14 日 22 時 38 分	熊本県熊本地方	10km	5.0	5 弱 (宇城市)
4 月 15 日 00 時 03 分	熊本県熊本地方	7km	6.4	6 強 (宇城市)
4 月 15 日 01 時 53 分	熊本県熊本地方	10km	4.8	5 弱 (山都町)
4 月 16 日 01 時 25 分	熊本県熊本地方	12km	7.3	7 (益城町他)
4 月 16 日 01 時 44 分	熊本県熊本地方	10km	5.3	5 弱 (玉名市他)
4 月 16 日 01 時 46 分	熊本県熊本地方	20km	6.0	6 弱 (菊陽町他)
4 月 16 日 03 時 03 分	熊本県阿蘇地方	20km	5.8	5 強 (阿蘇市他)
4 月 16 日 03 時 55 分	熊本県阿蘇地方	10km	5.8	6 強 (産山村)
4 月 16 日 09 時 48 分	熊本県熊本地方	10km	5.4	6 弱 (菊池市)
4 月 16 日 07 時 14 分	大分県中部地方	10km	5.3	5 弱 (由布市)
4 月 16 日 07 時 23 分	熊本県熊本地方	10km	4.8	5 弱 (熊本東区)
4 月 16 日 16 時 02 分	熊本県熊本地方	ごく浅い	5.3	5 弱 (嘉島町他)
4 月 18 日 20 時 42 分	熊本県阿蘇地方	10km	5.8	5 強 (産山村)
4 月 19 日 17 時 52 分	熊本県熊本地方	10km	5.5	5 強 (八代市)
4 月 19 日 20 時 50 分	熊本県熊本地方	10km	4.9	5 弱 (八代市他)

表 1-1-2 震度 1 以上の最大震度別地震回数 (14 日 21 時～20 日 24 時：気象庁発表)

日時	最大震度別回数										震度1以上を観測した回数	
	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	回数	累計	
4/14 21時-24時	12	10	6	9	1	0	1	0	1	40	40	
4/15 00時-24時	30	51	19	10	1	0	0	1	0	112	152	
4/16 00時-24時	20	70	67	36	4	1	2	1	1	202	354	
4/17 00時-24時	29	70	28	11	0	0	0	0	0	138	492	
4/18 00時-24時	19	33	22	4	0	1	0	0	0	79	571	
4/19 00時-24時	24	33	20	2	1	1	0	0	0	81	652	
4/20 00時-24時	18	40	15	1	0	0	0	0	0	74	726	

I-2 熊本県周辺の地質構造

図1-2-1に九州の地質構造図を示す。九州地方中部には東北東-西南西方向の構造線が発達し、北から大分-熊本構造線、臼杵-八代構造線、仏像構造線などが分布している。臼杵-八代構造線は中央構造線の九州への延長部であると考えられている。大分-熊本構造線の北側から松山-伊万里構造線の間には沈降帯が分布し、南北性の伸長を示す。特に、別府から島原にかけては別府-島原地溝と呼ばれる。

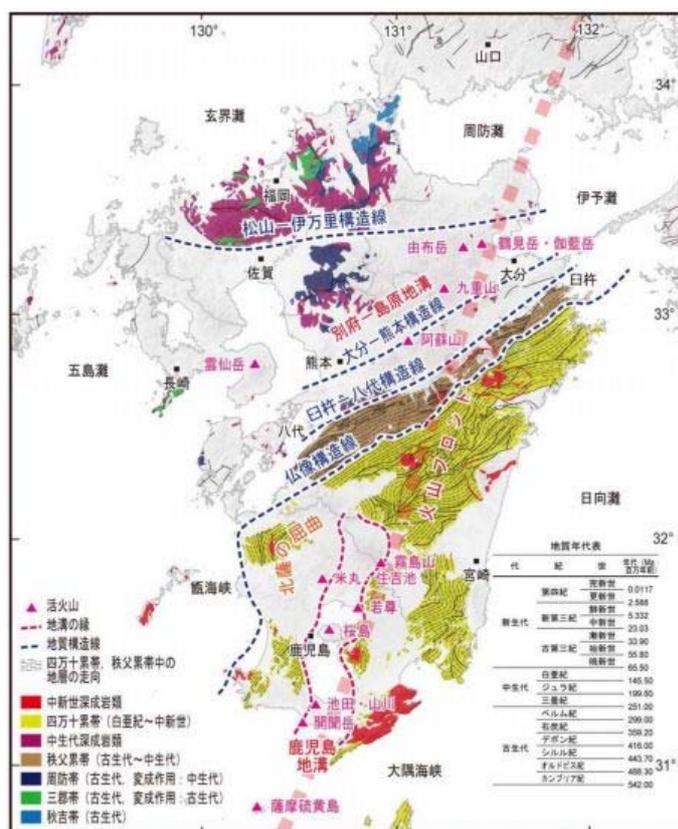


図1-2-1 九州の地質構造図 (地震調査研究推進本部, 2013 より引用)

図1-2-2に熊本県周辺の詳細な地質図を示す。本地域には、基盤岩類(花崗岩類・変成岩類・秩父帯・四万十北帯構成層)、上部白亜系、古第三系、ロノ津層群および相当層、先阿蘇火山岩類(阿蘇火砕流1より古い火山岩類:阿蘇の外輪山、熊本市北方の金峰山、南西の宇土半島などを構成)、完新統~上部・中部更新統(阿蘇火砕流1以降を含む)が分布する。

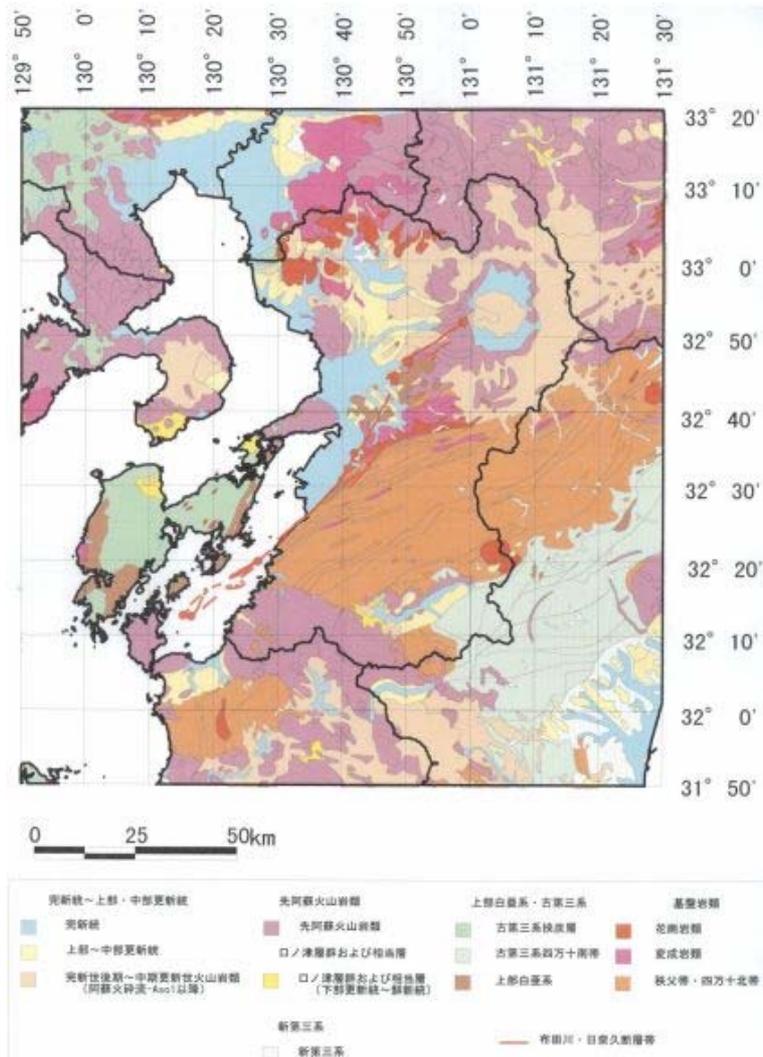


図 1-2-2 熊本県周辺の地質図 (防災科学技術研究所, 2004 より引用)

I-3 別府-島原地溝

図 1-3-1 に九州中部の重力異常図を示す。別府から島原にかけては、東北東-西南西方向にマイナスの重力異常を示す地域が帯状に分布する。また、地帯一帯には中新世以降の火山岩類が厚く分布することや、基盤岩類の深度・地殻の変形などに基づいて、この地域は地溝性陥没構造地域であるとされ、別府-島原地溝と呼ばれている。ただし、この地溝内には 3 つの不連続点があり、それらを境に九重-別府地溝、阿蘇-九重地溝、島原-熊本地溝に細分される。

図 1-3-2 に別府-島原地溝内の断層と基盤震度を示す。九重-別府地域では、別府北断層、日出生断層、入美断層などの東西性で、南落ちの活断層が多く分布し、これらが別府-島原地溝の北限付近であると考えられているが、島原-熊本-阿蘇地域での北限ははっきりとはわかっていない。南限は、九重-別府地域では東西性で北落ちの断層であり、島原-熊本-阿蘇地域では、北向山断層、布田川断層、北甘木断層など北落ちの活断層であるとされる。

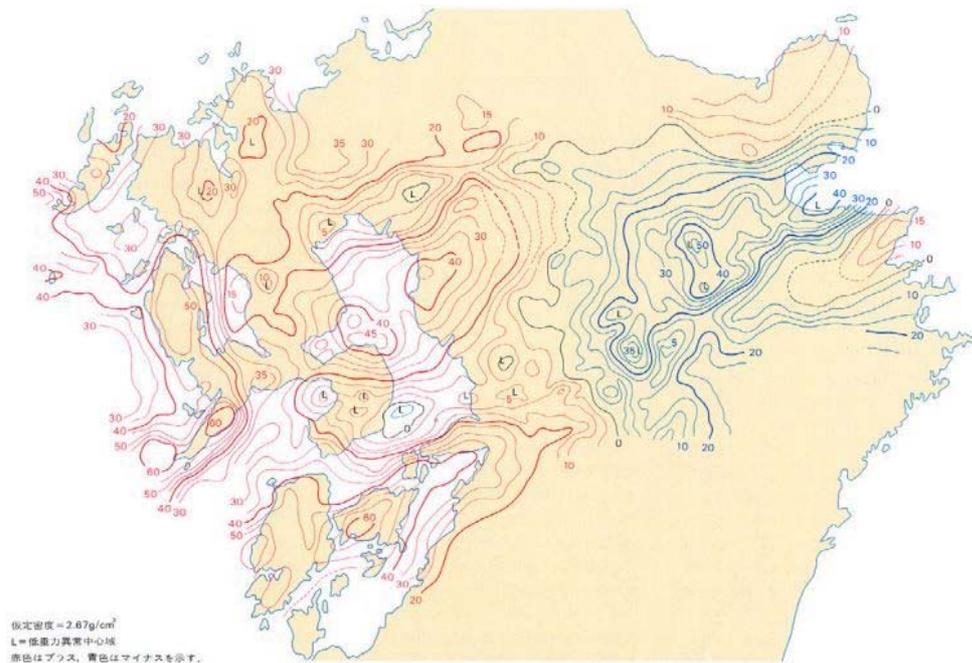


図 1-3-1 九州中部の重力異常図（アーバンクボタ，1984 より引用）

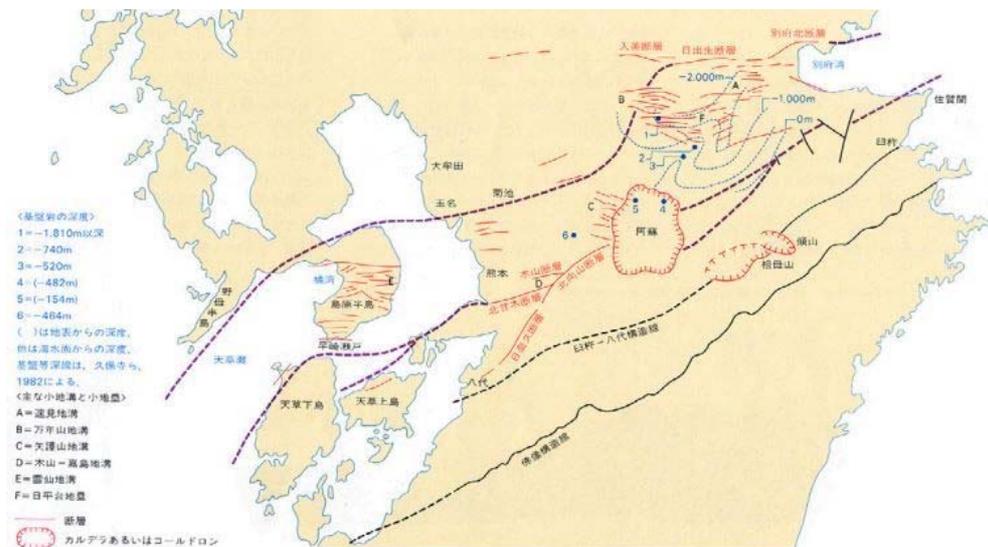


図 1-3-2 別府－島原地溝内の断層と基盤深度（アーバンクボタ，1984 より引用）

I-4 布田川－日奈久断層帯

布田川－日奈久断層帯は、阿蘇外輪山の西側斜面から宇土半島の先端に至る東北東－西南西方向の活断層帯である布田川断層帯と、その北端において布田川断層帯と接し、八代海南部に至る北北東－南南西方向の活断層帯である日奈久断層帯から構成される。布田川断層帯は、阿蘇山より西側で大分－熊本構造線とほぼ一致し、日奈久断層帯は、八代平野南部で臼杵－八代構造線と一致する。布田川－日奈久断層帯の位置図を図 1-4-1 に、特性を表 1-4-1 に示す。

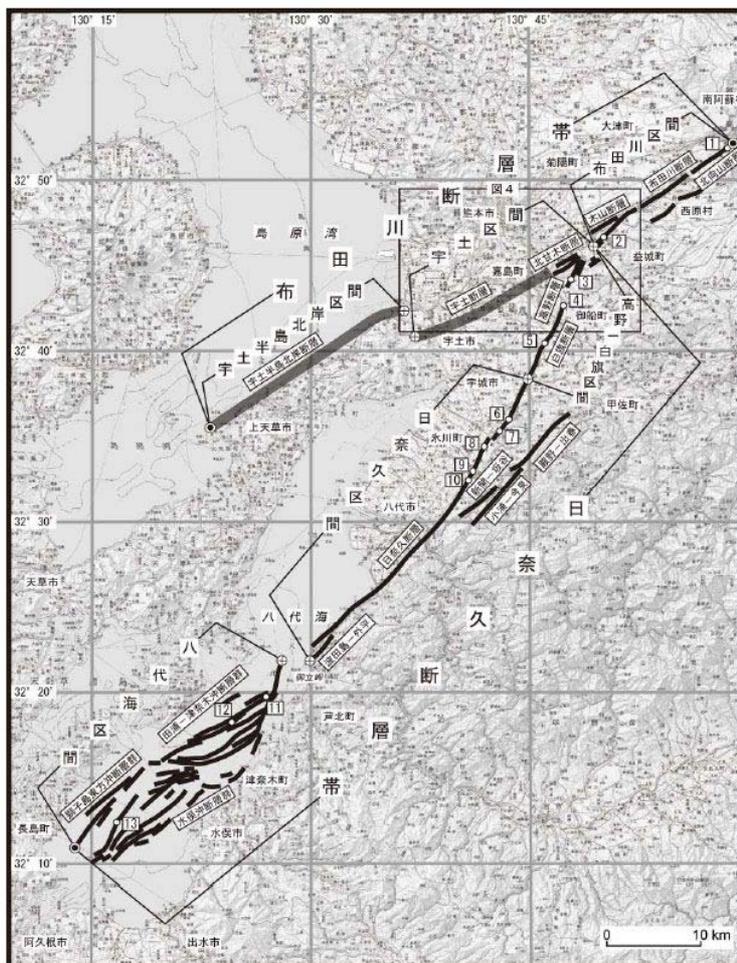


図 1-4-1 布田川－日奈久断層帯の位置図
地震調査研究推進本部（2002）より引用

表 1-4-1 布田川－日奈久断層帯の特性

項目	特性
一般的な走向	全体 : N40° E
	北東部 : N50° E
	中部 : N40° E
	南西部 : N50° E
傾斜	地表近傍では高角
断層の幅	不明
断層のずれの向きと種類	南東側隆起の上下成分を伴う右横ずれ断層 北東部の一部及び南西部では小規模な地溝帯を形成
平均的なずれの速度	北東部 : 0.2m/千年程度 (右横ずれ成分) 1.0m/千年以下 (上下成分)
	中部 : 0.7m/千年程度 (右横ずれ成分) 0.2-0.5m/千年程度 (上下成分)
	南西部 : 不明

過去の活動時期	北東部：最新活動：約 1500 年前以後、約 1200 年前以前 1 つ前の活動：約 28000 年前以後、約 23000 年前以前
	中部： <u>ケース 1</u> 最新活動：約 7500 年前以後、約 2200 年前以前 1 つ前の活動：約 13000 年前以後、約 11000 年前以前 <u>ケース 2</u> 最新活動：約 8000 年前以後、約 7500 年前以前 1 つ前の活動：約 35000 年前以後、約 30000 年前以前
	南西部： <u>ケース 1</u> 最新活動：約 7500 年前以後、約 2200 年前以前 <u>ケース 2</u> 最新活動：約 7500 年前以後、約 1300 年前以前
過去の活動区間	①北東部（白旗断層付近より北東側） ②中部（白旗断層付近一日奈久断層南端） ③南西部（八代海海底断層群全域）
1 回のずれの量	北東部：2m 程度（右横ずれ成分主体）
	中部： <u>ケース 1</u> ・ <u>ケース 2</u> 3m 程度（上下成分）及び 3m 以上の右横ずれ
	南西部：不明
平均活動間隔	北東部：約 11000～27000 年
	中部： <u>ケース 1</u> 約 3500～11000 年 <u>ケース 2</u> 約 7000～14000 年
	南西部：不明
将来の活動規模	活動区間：3 区間 中部と南西部は同時に活動する可能性もある 地震の規模 北東部：M7.2 程度 中部：M7.6 程度 南西部：M7.2 程度 中部及び南西部が同時に活動する場合：M7.9 程度 ずれの量 北東部：2m 程度（右横ずれ成分主体） 中部：3m 程度（上下成分）及び 3m 以上の右横ずれ 南西部：不明
将来の地震発生確率	北東部：今後 30 年以内：ほぼ 0% 今後 50 年以内：ほぼ 0% 今後 100 年以内：ほぼ 0%
	中部： <u>ケース 1</u> 今後 30 年以内：ほぼ 0～6%

	今後 50 年以内：ほぼ 0～10% 今後 100 年以内：ほぼ 0～20% <u>ケース 2</u> 今後 30 年以内：0.03～2% 今後 50 年以内：0.05～3% 今後 100 年以内：0.1～7%
--	--

II. 液状化被害調査結果

II-1 はじめに

2016年4月14日の前震と16日の本震による液状化等の被害を調査するため、河川堤防沿いの沖積地盤、および干拓地・埋立地において現地踏査を行い、地表部の噴砂跡や道路・構造物等の被害に着目した液状化発生個所と被害状況を確認した結果を報告する。本調査地域を図2-1-1に示す。



図 2-1-1 液状化被害調査地域

II-2 河川堤防沿いの構造物および液状化被害

(1) 秋津川・木山川流域

熊本地震で甚大な被害が発生した益城町地内を東から西へ流下する緑川の支川である秋津川・木山川の堤体や背後地盤では、随所にマンホールの浮き上がりや地盤沈下、堤防道路の亀裂、護岸の崩壊、橋脚の座屈等の被害が確認された（いずれも噴砂は確認されず）。これらの被害発生箇所は、図2-2-1に示す「旧河道」に位置する。



図 2-2-1 治水地形分類図と撮影位置



写真 2-2-1 マンホールの浮き上がり



写真 2-2-2 鉄塔周辺の地盤沈下



写真 2-2-3 橋台背面の沈下



写真 2-2-4 橋脚の座屈

(2) 緑川流域

緑川は多数の支流（御船川、浜戸川、加勢川等）と合流しながら熊本平野を西流し、有明海へと注ぐ一級河川である。

緑川、及び緑川支流周辺で認められた噴砂跡は、図 2-2-2 に示すようにいずれも「旧河道」に位置し、河川水位との比高の小さい堤内地盤で確認された。それら噴砂孔は、小規模なものが大半を占める。また、下流域では地割れに沿った噴砂跡もみられた。

液状化と考えられる構造物等被害については、堤防や周辺道路の亀裂（一部、噴砂あり）の他、側方流動による県道 226 号の地割れ損傷(写真 2-2-6)などがみられた（噴砂は確認されず）。また、一部で緑川堤防のすべり破壊（調査時は応急復旧中）が発生していた（噴砂は確認されず）。



図 2-2-2 緑川流域の治水地形分類図と確認された液状化位置



写真 2-2-5 御船 IC 付近の噴砂跡



写真 2-2-6 県道 226 号線



写真 2-2-7 浜戸川左岸 4.9K 付近



写真 2-2-8 緑川左岸 4.1K 付近

II-3 市街地の液状化被害

熊本市南区上近見地区から南高江地区に分布する市街地では、液状化による甚大な被害が発生している。

液状化範囲は、図 2-3-1 に示すように白川 8.5km 付近に架かる蓮台寺橋から南方の南高江地区に至る延長約 2.0km、国道 3 号線と鹿児島本線（九州新幹線）に挟まれた幅約 100m～400m の帯状の範囲で確認された。

当該地区では、地盤の液状化による噴砂跡が随所で確認され、地割れや地盤沈下によって建物が傾き、上下水道の破損、道路の陥没や舗装の亀裂が発生する等、甚大な被害が発生している（写真 2-3-1、写真 2-3-2）。

確認される多くの噴砂孔は、写真 2-3-3 に示すようなφ10～20cm 程度の明瞭なものが多く、最大φ30cm 程度のものも確認された。



写真 2-3-1 液状化により通行不能となった道路



出典：国土地理院 治水地形分類図「熊本」

図 2-3-1 熊本市南区上近見地区～南高江地区の液状化範囲



写真 2-3-2 液状化により傾いた家屋



写真 2-3-3 明瞭な噴砂跡

当該地域の一面にある病院の敷地では、写真 2-3-4 に示すように約 60cm の地盤沈下が発生し、病院の建物が浮き上がった形で確認された。また、地盤沈下した病院敷地と周辺道路に大きな不陸が確認されないことから、液状化によって当該地区全域で地盤が一様に沈下したものと推察される（写真 2-3-5）。



写真 2-3-4 病院の基礎と敷地の不同沈下



写真 2-3-5 病院の敷地(ロータリー)の沈下

蓮台寺橋（白川左岸 8.5k）下の堤防法尻付近には、噴砂跡と約 10～20cm 程度の地盤沈下が確認された（写真 2-3-6、写真 2-3-7）。



写真 2-3-6 蓮台寺橋下の噴砂跡



写真 2-3-7 側方流動による地割れと沈下

JR 鹿児島本線の高架橋と盛土の取付部において、地盤の液状化によって盛土部の沈下が発生し、約 10cm 程度の不同沈下が生じており、踏査当時（4/20）急ピッチで軌道補修が行われていた。



写真 2-3-8 鹿児島本線沿いの液状化被害

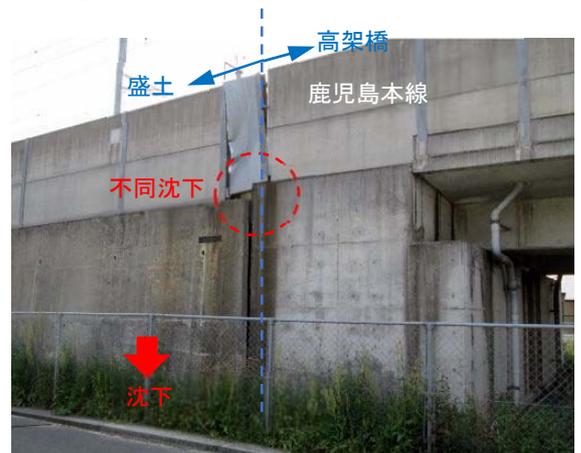


写真 2-3-9 高架橋と取付盛土の不同沈下

II-4 干拓地・埋立地の液状化被害

(1) 干拓地

白川と緑川に挟まれた干拓地（熊飽海岸：熊本市西区沖新町、畠口町、海路口町）では、所々で屋根瓦が落ちてブルーシートを張った家屋が数棟確認されるものの、建物の多くと海岸堤防をはじめとする、漁港施設には大きな被害は発生していない状況であった。

液状化被害としては、沖新町と畠口町の境を流れる除川の河口部に位置する四番漁港に隣接した海浜公園において小規模な側方流動と地盤沈下が確認された。

また、除川河口部の右岸の田圃の中、および緑川右岸 0.2km 付近から北方へ約 500m 程度、幅約 50m 程度の細長く、極限られた狭い範囲の田圃の中に数ヶ所の液状化とみられる噴砂跡と道路の損傷が確認された。

(2) 埋立地（新港）

熊本港は、熊本市西区新港に位置する重要港湾であり、100 万人の人口を有する熊本広域都市圏の物流拠点となっている。

新港内の臨港道路は、随所で地震被害による通行規制が引かれていたため十分な調査が行えない状況であったが、熊本港大橋を渡って直ぐの臨港道路とその周辺地盤では $\phi 50\sim 60\text{cm}$ 大の噴砂孔を有する噴砂跡と側方流動による地割れが随所で確認され、臨港道路沿いに 30~40cm 程度の地盤沈下が発生していた（写真 2-4-1）。

また、確認できたフェリーバースや岸壁の変形は認められず、背後地盤との境界部に不同沈下（10~20cm 程度）が発生している状況であった（写真 2-4-2）。



図 2-4-1 干拓地・埋立地盤の液状化範囲



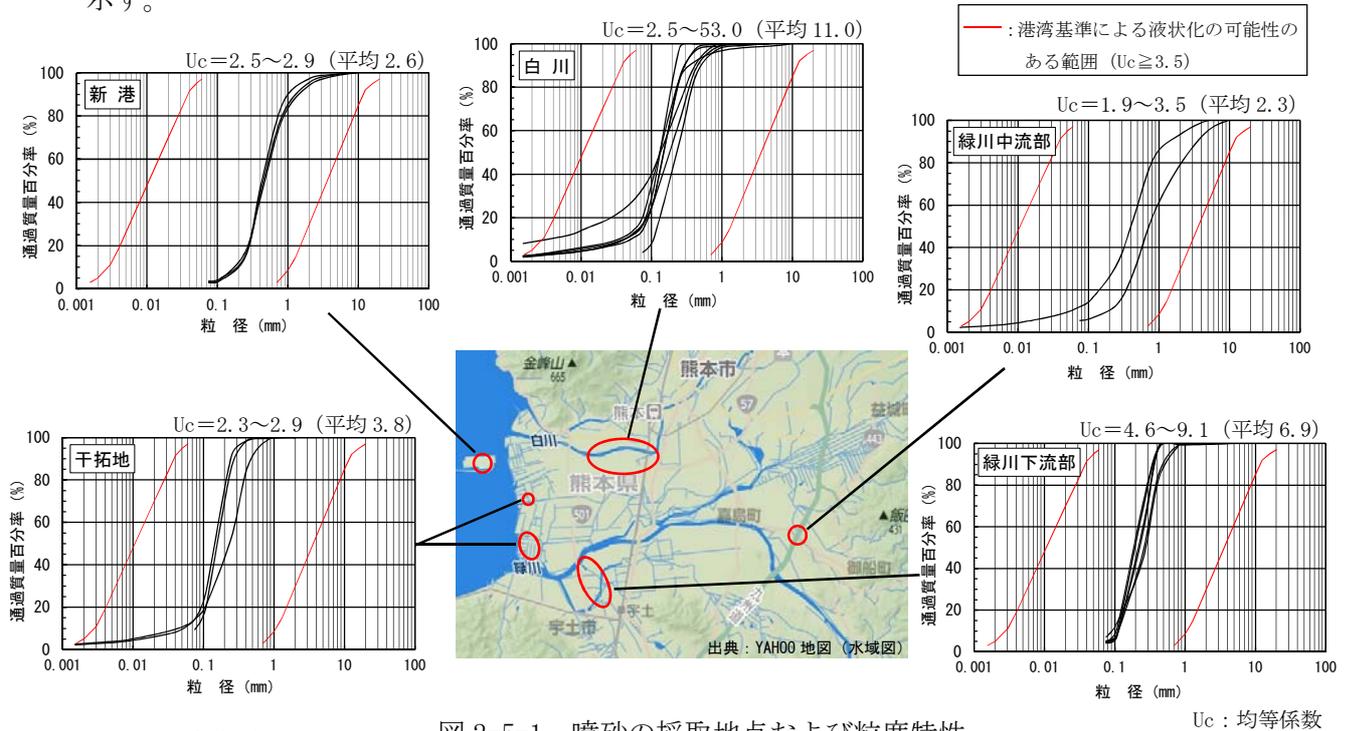
写真 2-4-1 新港内の液状化状況



写真 2-4-2 熊本港(新港)の岸壁背後の不同沈下

II-5 噴砂の粒度特性

今回の調査で確認した液状化による噴砂の採取地点および粒度特性（計 21 箇所）を図 2-5-1 に示す。



II-6 まとめ

図 2-5-1 噴砂の採取地点および粒度特性

熊本地震による河川流域、市街地、干拓地・埋立地の液状化現象および被害の特徴を以下に列記する。

- (1) 緑川・白川流域の液状化による被害は、河口より 5~10km の下中流域に集中しており、大半は「旧河道」および旧河道に沿った「自然堤防」で発生している。特に、白川左岸 8.5km 付近では、幅 100~400m 長さ約 2km の北東~南西方向の液状化被害の集中部(帯)が確認され、JR 鹿児島本線他、道路・住宅等に甚大な被害が発生している。
- (2) 島原湾に面した熊本市西部干拓地の液状化による被害は、小規模の噴砂およびその周辺の道路の損傷のみであり、海岸堤防・漁港施設に大きな被害は発生していない状況であった。
- (3) 一方で熊本港のある新港地区（埋立地）では、随所で液状化による噴砂が発生しており、沈下・側方流動による臨港道路や周辺施設の被害が確認された。ただし、確認できたフェリーバスや岸壁の変形は認められず、背後地盤との境界部に不同沈下(10~20cm 程度)が発生している状況であった。
- (4) 噴砂の粒度特性は、いずれも均等粒度の細砂~中砂が多く、港湾基準による液状化の可能性のある粒度範囲に該当する。均等係数(U_c)は、平均 6 程度と小さい。地域毎の粒度特性をみると、緑川中流部と新港の噴砂試料が他地区と比較してやや粗粒である特徴がみられた。

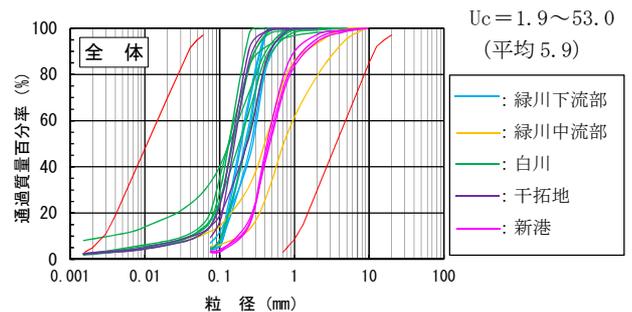


図 2-6-1 噴砂の粒度特性 (全体)

Ⅲ. 地震断層調査結果

Ⅲ-1 地震断層の概要

地表地震断層は、日奈久・布田川断層帯に沿って出現した。今回現地で確認した地震断層は、西原村大切畑ダム周辺から、御船町平成音楽大学付近までの約 18km である。断層の特徴は基本的に右横ずれ断層で、最大変位は 2m 程度である（写真 3-1-1）。但し、分岐断層の一部には左横ずれ断層が認められた（写真 3-1-2）。

以下では、図 3-1-1 に示した①~④の範囲ごとに出現した地震断層の説明を行う。



写真 3-1-1 堂園地区における右ずれ断層（右横ずれ 2m）



写真 3-1-2 分岐断層の一部では左横ずれ断層が認められた

Ⅲ-2 地表地震断層の記載

①大切畑ダム周辺（西原村）（図 3-2-1）

図 3-2-1 に大切畑ダム周辺のストリップマップを示す。俵山西側の俵山バイパス旧道沿いには断層と関係していると考えられる道路亀裂が多数認められる。大切畑ダム東側には、東南東-西南西 600m 程度の範囲に渡って地表地震断層が認められる（写真 3-2-1、写真 3-2-2）。また、大峯山北西側においても同様の走向に亀裂が連続して認められることから大切畑ダム東方から連続する地表地震断層と考えられる。



写真 3-2-1 ダム東側に認められる
地表地震断層



写真 3-2-2 大切畑ダム周辺の変状

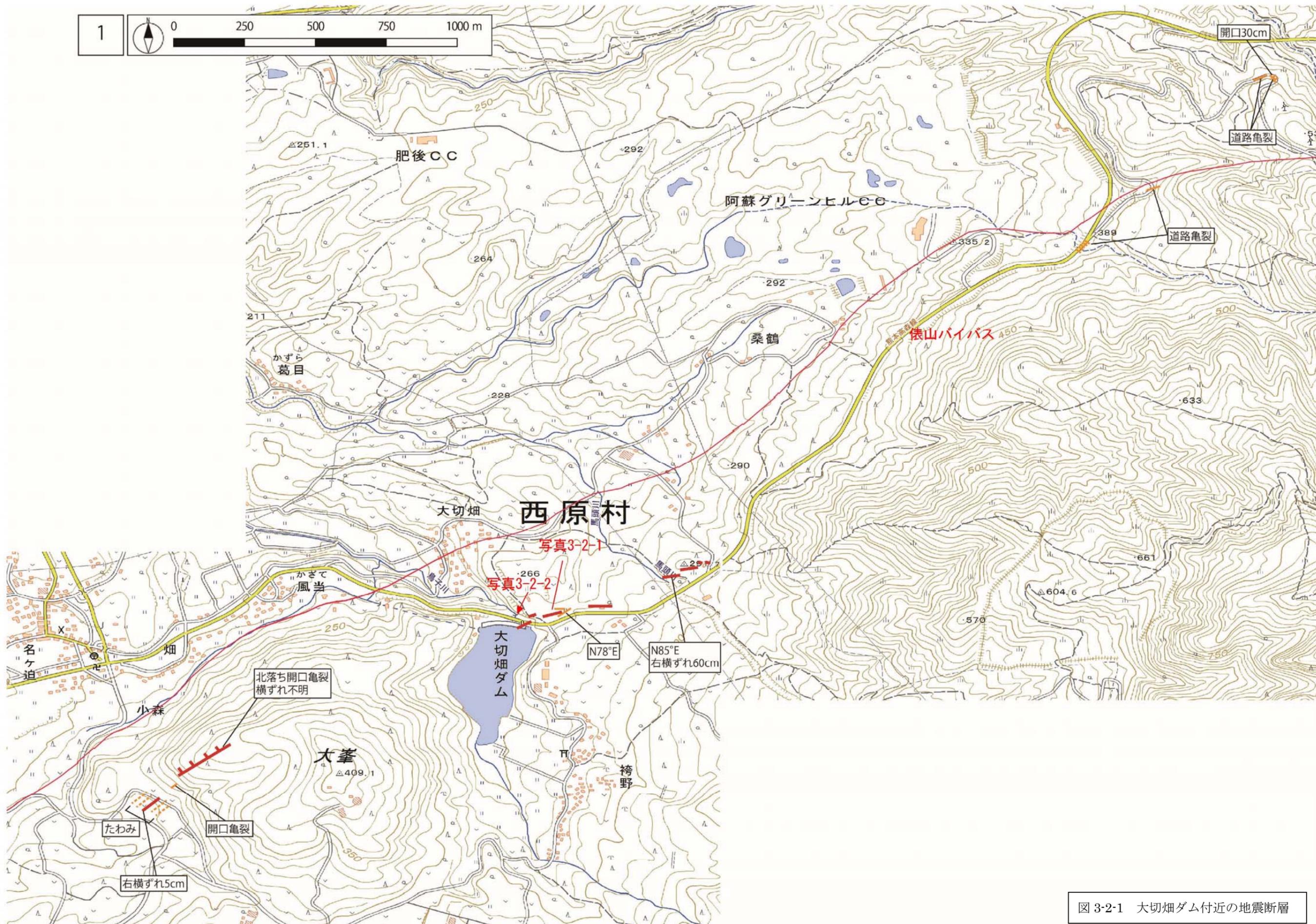


図 3-2-1 大切畑ダム付近の地震断層

②益城町堂園～益城町福原付近（図 3-2-2）

本地区は、最も明瞭な地震断層が認められた地区である。基本的には、既存の日奈久・布田川断層沿いに認められたが（写真 3-2-3、写真 3-2-6）、この断層から分岐する形で、木山川の北側の水田中に新たな断層が認められた（写真 3-2-4、写真 3-2-5）。この地区の大きな特徴は、左横ずれ断層が 3 地点で認められたこと、畑中川右岸の民家庭先には明瞭な断層が鋭角に折れ曲がり「Z 字」型に連続している様子が確認できたことである（写真 3-2-7）。



写真 3-2-3 堂園では 2m の右横ずれ断層が認められた



写真 3-2-4 分岐断層は水田中を横断して連続する。



写真 3-2-5 分岐断層はややうねりながら東西方向に連続する



写真 3-2-6 グラウンドで分岐する断層



写真 3-2-7 民家軒先で鋭角に曲がる断層

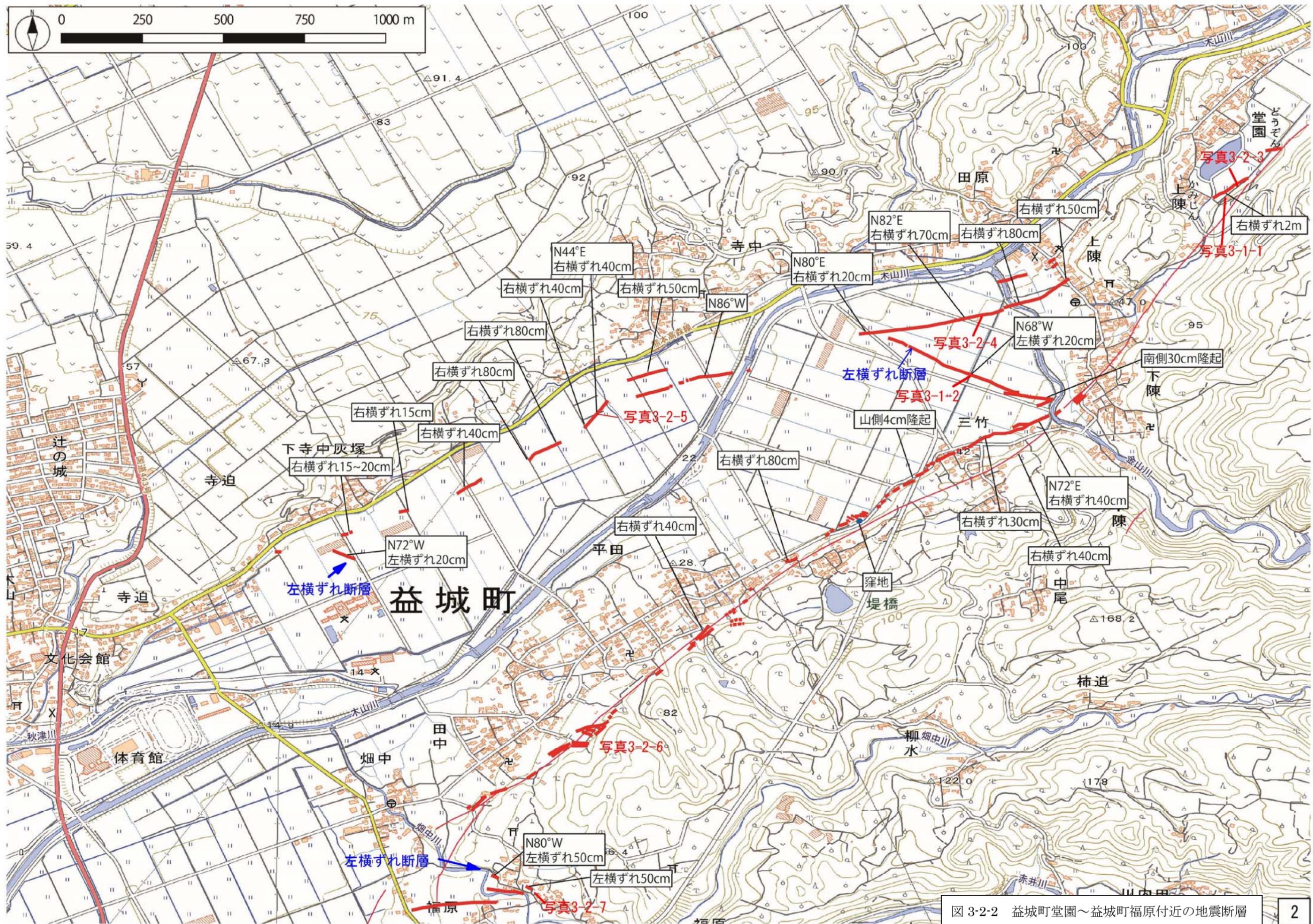
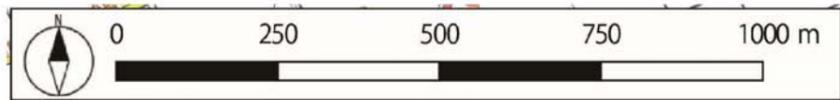


図 3-2-2 益城町堂園～益城町福原付近の地震断層 2

③福原～砥川地区付近（図 3-2-3）

本地区では、福原地区と、砥川地区の両端部では既存の日奈久・布田川断層沿いに地震断層が認められたが、その間の既存リニアメント沿いには地震断層が認められなかった。

この地区の特徴は、認められた地震断層の走向が東西方向であり、既存の北東-南西の走向と大きく斜交することである。



写真 3-2-8 福原から赤井集落の丘陵前面方向に連続する地震断層



写真 3-2-9 国道 443 を横断する地震断層（砥川地区）

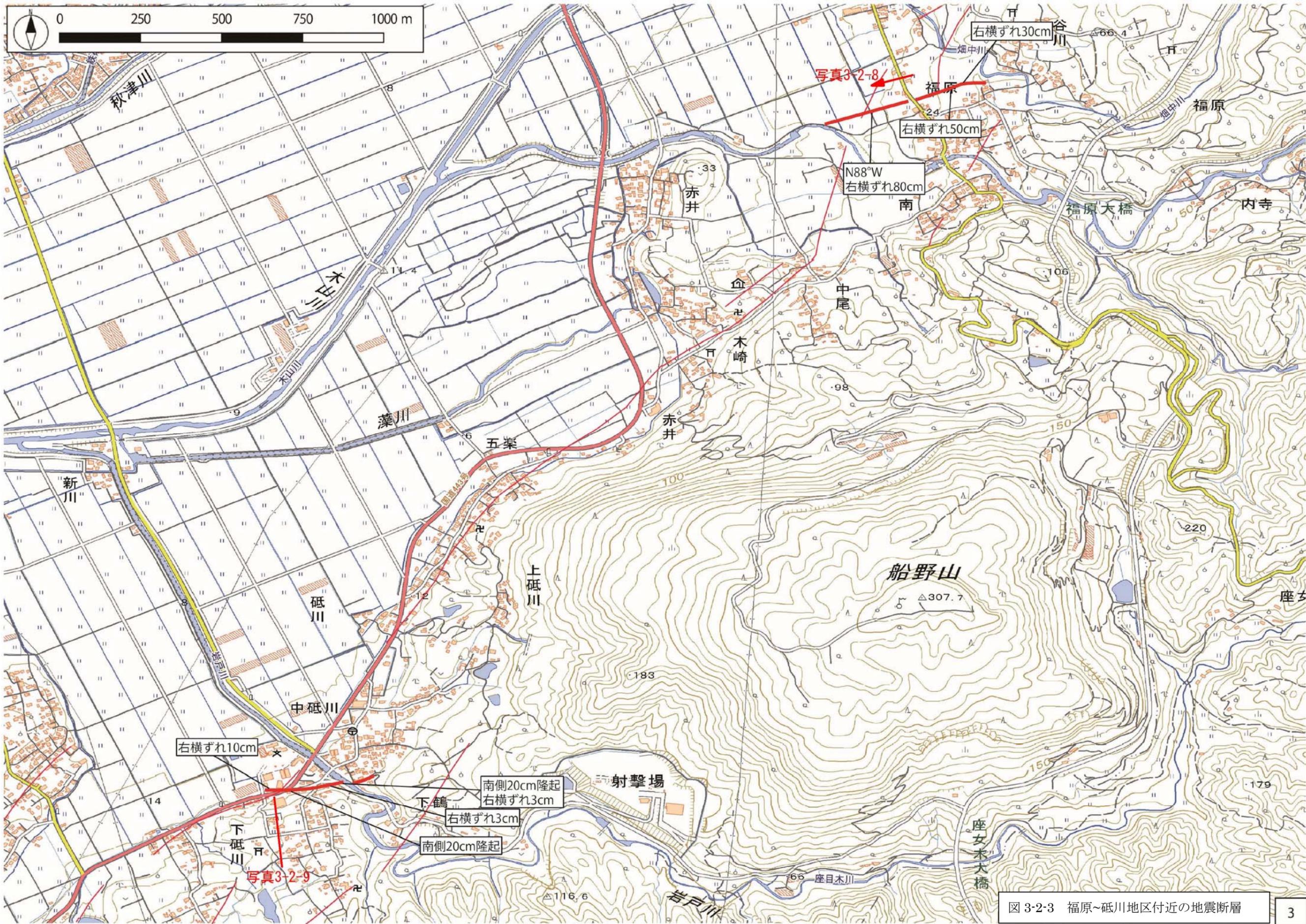


図 3-2-3 福原~砥川地区付近の地震断層

④白旗山周辺（図 3-2-4）

本地区では、白幡山北側の既存の日奈久・布田川断層沿いの 700m 程度の範囲において地震断層が認められたが、白幡山西側の山麓部では地震断層は認められなかった。御船川右岸沿いの地震断層の写真を写真 3-2-10 に示す。



写真 3-2-10 御船川右岸沿いに認められた地震断層



写真 3-2-11 地震断層沿いに認められた道路上のクラック

Ⅲ-3 まとめ

熊本地震で出現した地震断層は、既存の文献によって知られていた布田川・日奈久断層帯にほぼ沿って出現した。出現した断層の特徴を以下に示す。

- ・ 出現した地震断層は西原村大切畑ダム付近から、御船町白旗山北方までの約 18 km である。
- ・ 出現した地震断層は、益城町堂園～同福原の区間が最も明瞭で連続的に認められる。
- ・ 益城町では、既存の断層の上陳付近から分岐し、益城町役場方面に向かう新たな断層が認められた。
- ・ 出現した地震断層は右横ずれ成分を主体とし、最大の変位量は約 2m 程度である。一方、3箇所（3条）において左横ずれ成分を持つ断層を確認した。
- ・ 左横ずれ断層が認められた断層の走向は、それぞれ、N68W、N72W、N80W であり、今回認められた他の地震断層と斜交する関係にある。

IV. 斜面災害調査結果

IV-1 調査方法

現地調査は、平成 28 年 4 月 19 日～20 日にかけて実施した。現地調査は主に崩壊斜面下部からの遠望観察により行った。この他に 25,000 分の 1 地形図¹⁾ や崩壊前後に撮影された Google 画像²⁾ 及び産業技術総合研究所 地質図 Navi³⁾ を用いて、崩壊状況や特徴を整理した。

IV-2 西原村から南阿蘇村にかけての斜面崩壊

崩壊斜面 1～4 の位置●を図 4-2-1、図 4-2-2 に示す。青丸●はそれ以外に確認した崩壊斜面。

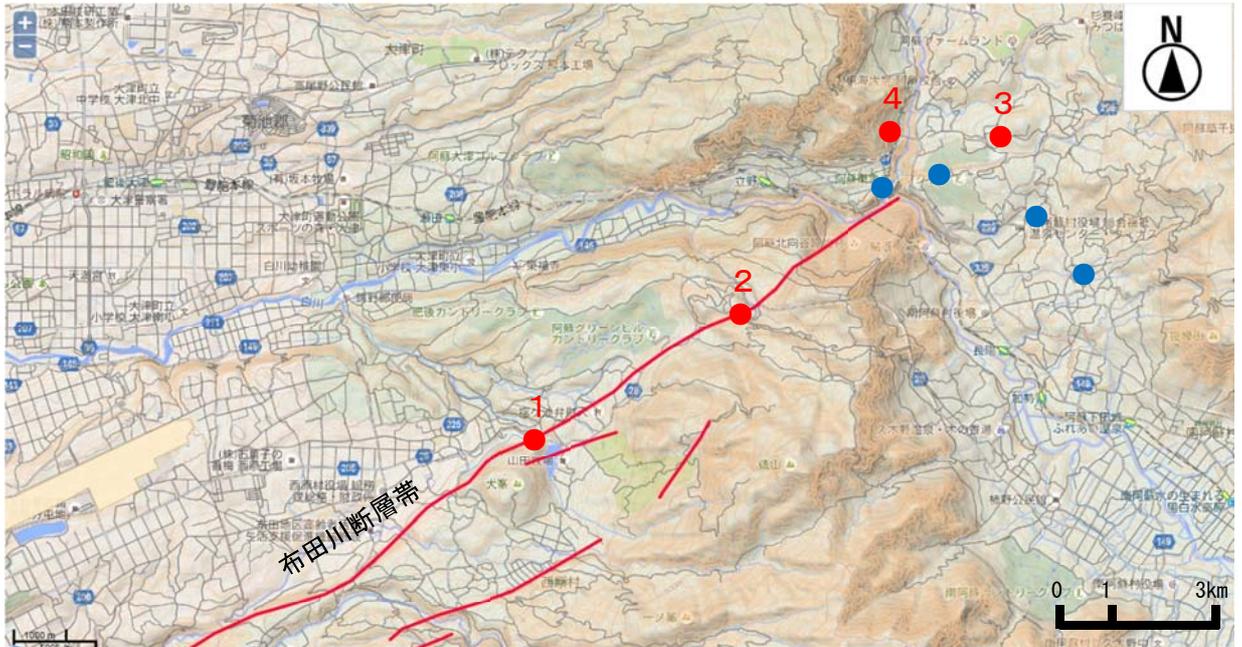


図 4-2-1 崩壊斜面の位置（産業技術総合研究所 地質図 Navi を引用、加筆）

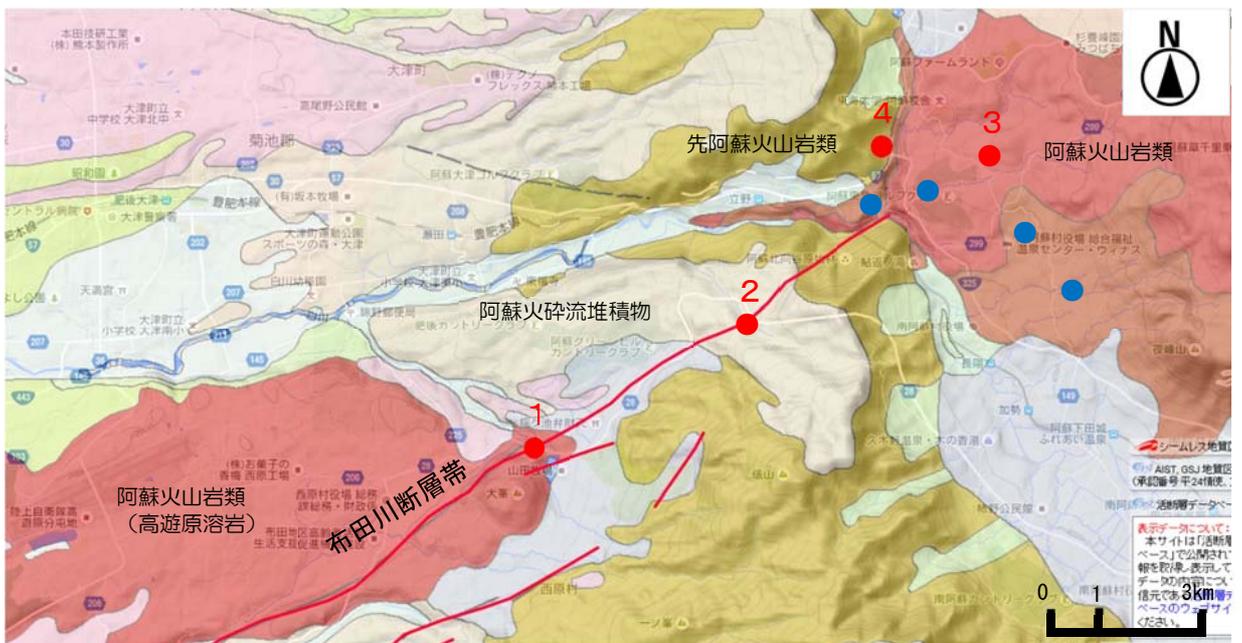


図 4-2-2 崩壊斜面周辺の地質分布（産業技術総合研究所 地質図 Navi を引用、加筆）

1) 斜面崩壊地点 1 (大切畑ダム西側斜面)

(1) 規模と斜面変動の状況

図 4-2-3 に崩壊地形を示す。崩壊斜面は西原村大切畑地内の大峰山の北東に延びる尾根の先端部にあたる。崩壊前の斜面傾斜は約 40° の北東向き斜面である。崩壊は標高 290m の尾根部から生じており、崩壊末端までの比高差は 80m である。崩壊幅は約 200m、崩壊深は 3m 程度と推測される。斜面中腹は県道熊本高森線の旧道法面にあたり、勾配 1 : 0.5 程度のモルタル吹付で保護されていた。

(2) 崩壊斜面の地質

崩壊斜面の地質は約 10 万年前に大峰山から噴出した安山岩(高遊原溶岩)が分布する。風化しており土砂状に見受けられる。

(3) 布田川断層帯との関連

図 4-1-1 の位置図に示すよう崩壊斜面には布田川断層帯が通過している。現地を確認しても馬頭山西駐車場から大切畑ダムに連続する地表地震断層と見られる「地割れ」の延長上にあたる。



図 4-2-3 崩壊地周辺の地形



図 4-2-4 Google 画像



図 4-2-5 崩壊斜面の状況



図 4-2-6 俵山交流館前の斜面の「地割れ」
右ずれ 10cm、北側が隆起、東西走向。



図 4-2-7 馬頭山西駐車場の「地割れ」
右ずれ 60cm、北側（写真右）が隆起、東西走向。

1) 斜面崩壊地点 2（熊本高森線俵山の旧道）

(1) 規模と斜面変動の状況

図 4-2-3 に崩壊地形を示す。崩壊斜面は、熊本高森線扇の坂の北西に延びる尾根の頂部付近の斜面にあたる。崩壊前の斜面傾斜は約 25～30° の北東向き斜面である。崩壊は標高 565m の尾根部から生じており、崩壊末端までの比高差は 50m である。崩壊幅は約 40m、崩壊深は 3m 程度の表層崩壊と推測される。



図 4-2-8 崩壊地周辺の地形



図 4-2-9 崩壊地周辺 Google 画像

(2) 崩壊斜面の地質

崩壊斜面の地質は約 15 万年前に噴出した ASO 2 溶結凝灰岩（火砕流や降下軽石）が分布しており、緩やかな台地状地形をなし小沢の形成も少ない。崩壊地は表層のローム層で発生しているように見受けられる。

(3) 布田川断層帯との関連

図 4-2-1 の位置図に示すよう崩壊斜面には布田川断層帯が通過している。崩壊地から布田川断層帯の北東延長上に位置する俵山バイパスの盛土法面が崩壊する。現地では地表地震断層と見られる「地割れ」が俵山バイパス北西約 350m の道路や地山上で確認された（図 4-2-13）。



図 4-2-10 崩壊地の状況



図 4-2-11 断層延長上の俵山バypass盛土の崩壊



図 4-2-12 俵山バypassと旧道分岐点の「地割れ」



図 4-2-13 崩壊地近郊の「地割れ」

1) 斜面崩壊地点3（南阿蘇村京大火山研究所の南西斜面）

(1) 規模と斜面変動の状況

図 4-2-13 に崩壊地形を示す。崩壊斜面は南阿蘇村河陽地内の円錐形の溶岩丘の西側斜面にあたる。崩壊前の斜面傾斜は約 10° の南西向き斜面である。崩壊は標高 550m の頂部緩斜面部から生じており、流末までの比高差は 80m である。崩壊幅は約 110m、土砂の流下は 400m 以上にもおよぶ。崩壊深は 5m 程度と推測される。斜面下部には被災し自衛隊や警察が救助活動に当たっていた高野台団地がある。

(2) 崩壊斜面の地質

崩壊斜面の地質は約 4~8 万年前に噴出した阿蘇研究所溶岩が分布する。崩積した土砂は褐色や黒色のローム層が主体である。

(3) 布田川断層帯との関連

崩壊斜面では布田川断層帯は確認できていない。現地では南に 600m 程の位置に Google 画像などで東西 800m 以上の連続する地割れが確認できる。現地でもずれを伴う地表地震断層らしい地割れを 4 条ほど確認した。



図 4-2-14 崩壊地周辺の地形



図 4-2-15 崩壊地周辺 Google 画像

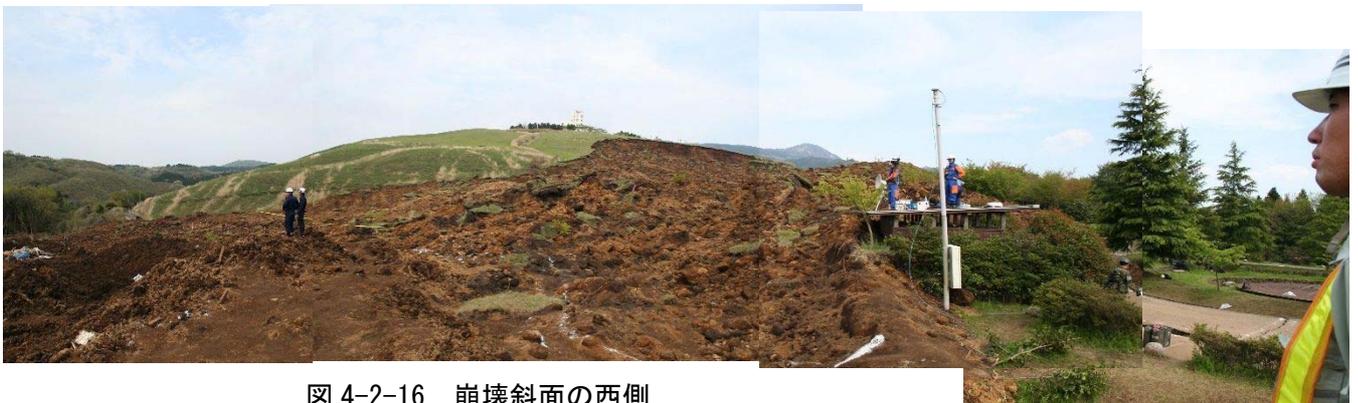


図 4-2-16 崩壊斜面の西側



図 4-2-17 崩壊斜面の南西側末端部



図 4-2-18 崩壊土砂（褐色や黒色ローム）



図 4-2-19 崩壊地から約 600m南の左ずれ地割れ



図 4-2-20 連続した地割れを 4 条ほど確認

1) 斜面崩壊地点 4 (南阿蘇村阿蘇大橋西側斜面)

(1) 規模と斜面変動の状況

図-IV. 20 に崩壊地形を示す。崩壊斜面は北東に伸びる尾根の南東側斜面にあたる。崩壊前の斜面傾斜は斜面上部で約 40° 、斜面裾部で 20° の南東向き斜面である。崩壊は標高 700m の頂部付近の 40° 急斜面から生じており、流末までの比高差は 350m である。崩壊幅は約 170m、国道 57 号付近の堆積末端部は約 380m、土砂の流下は 600m 以上にもおよぶ。崩壊深は 10m 以上と推測される。斜面下部には被災した阿蘇大橋が存在した。

(2) 崩壊斜面の地質

崩壊斜面の地質は約 70~15 万年前に噴出した輝石安山岩類からなる先阿蘇研究所溶岩が分布する。崩積した土砂には径 1m 以上の岩塊が混在する。

(3) 布田川断層帯との関連

崩壊斜面では布田川断層帯は確認できていない。阿蘇大橋東側橋台付近からの東海大学構内にかけて、Google 画像などで北東方向に 700m 以上の連続する地割れが確認できる(図 4-2-22)。



図 4-2-21 崩壊地周辺の地形



図 4-2-22 崩壊地周辺 Google 画像



図 4-2-23 阿蘇大橋西側の崩壊



図 4-2-24 阿蘇大橋東側アバットの落橋



図 4-2-25 阿蘇大橋西側の崩壊（東側橋台から） 図 4-2-26 白川河岸の斜面崩壊（溶岩が分布）

IV-3 まとめ

1) まとめ

熊本県阿蘇郡西原村から南阿蘇村にかけて平成 28 年 4 月 14 日から 16 日にかけて発生した 4 箇所斜面崩壊地を現地調査した。特徴は以下のようにまとめられる。

- ①発生した斜面崩壊は布田川断層帯上、あるいは数百m北側に位置している。
- ②斜面の地質は火山性の堆積物や溶岩類より構成される。
- ③崩壊深は数m以下の表層崩壊が多い。

2) 今後の課題

4 月 25 日時点で空中写真情報の公開が進み、Google 画像などから地表地震断層がトレースできるようになった。公開されている崩壊地分布と布田川断層帯の関連を詳細に整理する必要がある。また南阿蘇村京大火山研究所の南西斜面のように崩積土砂が流動しているように見受けられる崩壊地もあった。豪雨をトリガーとしない地震動による斜面の流動化メカニズムも解明する必要がある。

（文責：宇都秀幸、伊藤 太久、青木 拓）

引用サイト

- 1) 国土交通省国土地理院：電子地図 HP
- 2) Google earth
- 3) 産業技術総合研究所 地質調査総合センターHP「平成 28 年（2016 年）4 月 14 日に発生した熊本地方の地震の関連情報

V. 建築物・構造物等の調査結果

V-1 建築物等の被害状況

被災地を連絡する県道熊本高森線沿いの地区を中心に、益城町から南阿蘇村までの建築物や構造物の被害状況を4月18～19日の時点で主に踏査により調査し、まとめた。

地震動による建築物の損傷倒壊は、益城市街地、西原村～南阿蘇村まで確認される。

(1) 益城市街地

震源地に最も近く、被害家屋が多い地区である。地形的には起伏の小さい台地の南向き緩斜面である。古い木造家屋や簡易モルタル2階建屋の倒壊が多いが、鉄筋コンクリート建屋でも倒壊しているものもある。2階建屋では、1階部分の柱が傾き、それに伴って2階部分がそのまま移動する形状で倒壊している。建築物は、概ね西向きに倒れており、地震断層の右横ずれの動きと関係があると考えられる。

また、市街地の中心を東西に通過する県道熊本高森線を境にその南側で倒壊や損傷の程度が高い。県道を境に北側がAso-4火砕流堆積物、南側が保田窪砂礫層と地質が異なっており、地質による地盤性状の相違が建築物に表れていると考えられる。さらに、同じ地質ブロックであっても、隣同士で損傷の程度が異なる場合もあり、造成によって切土した箇所と盛土した箇所(台地の沢を埋めた箇所)の違いと考えられる。

市街地の南側を西へ流下する秋津川付近の低地部を中心に県道よりも南側では、マンホールや下水溝の浮上りが認められ、沖積層や保田窪砂礫層の液状化が原因と考えられる。県道よりも北側では同様の浮上りは確認されていない。



写真 5-1-1 県道沿いの家屋の倒壊状況



写真 5-1-2 道路を塞いだ倒壊家屋



写真 5-1-3 県道沿いの簡易モルタル家屋の倒壊



写真 5-1-4 県道沿いの3階建コンクリート店舗の倒壊



写真 5-1-5 県道北側マンホールの浮上りなし



写真 5-1-6 秋津川近傍のマンホール浮上り



写真 5-1-7 県道南側下水溝の浮上り

(2)益城町下陳地区

当該地区は、木山川の南側の低地から丘陵地に掛かる地区である。古い木造家屋を中心に数10件の倒壊損傷が認められる。当該地区の被害の特徴は、地震動による倒壊損傷もあるが、それよりも地震断層の変位による家屋の損傷である。茶色壁の家屋は地震断層をぎりぎりですばし、損傷は少ないが、隣家の白壁家屋は地震断層が真下を通過しており、右横ずれ変位により、家屋自体に同様の変形が生じ、駐車場のコンクリートに著しいクラックが生じている。また、送電線や電話線が垂れているのは、地震断層を挟む両側の電柱が断層の右横ずれにより位置が近づいたためである。地元の方の聞き込みによると、「ゴオーという音がした後に、ドーンと動いた」ということである。



写真 5-1-8 里道に現れた地震断層は右の家屋をわずかにかわしている。電線が垂れているのは横ずれにより電柱の距離が短くなったためである。



写真 5-1-9 地震断層は左の家屋をわずかにかわして、白壁の家屋の直下に伸びる。



写真 5-1-10 地震断層の変位により、矢印先で壁が割れ、右横ずれの屈曲変位を示す。



写真 5-1-11 白壁家屋の駐車場を横切り、家屋直下に伸びる地震断層。コンクリート板及び排水溝に右横ずれ変位が確認される里道に現れた地震断層は右の家屋をわずかにかわしている。電線が垂れているのは横ずれにより電柱の距離が短くなったためである。

(3)益城町堂園地区

当該地区は、地震断層に沿って、下陳地区の北東延長にあたる集落で、家屋は地震断層の通過する低地の北西側の丘陵地に分布している。集落と地震断層との距離は、ほぼ100mである。古い木造家屋が多く、ほとんどのに損傷が認められ、20～30%程度は倒壊している。石垣擁壁の倒壊も目立つ。



写真 5-1-12 右横ずれ変位を示す地震断層の向こうに堂園地区の集落がある。



写真 5-1-13 堂園地区石垣擁壁の崩壊



写真 5-1-14 堂園地区木造家屋の倒壊状況



写真 5-1-15 堂園地区木造家屋の倒壊状況

(4)西原村大切畑地区

当該地区は、大切畑ダムの直下流右岸の緩斜面に位置する集落であり、布田川断層の北東延長とされる北向山断層が近接して分布する地区である。古い木造家屋が数件倒壊している状況である。

(4)南阿蘇村

地震動により、家屋の倒壊・損傷のみならず斜面崩壊や土石流災害が発生している。

地震動による家屋の倒壊は、杵島岳の西麓に位置し東海大学阿蘇キャンパスのある下野地区で著しいが、この他烏帽子岳の西麓に位置する長野地区、外輪山俵山東麓の河陰地区において古い木造家屋の倒壊・損傷が確認される。



写真 5-1-16 大切畑地区木造家屋の倒壊状況

V-2 構造物の被害状況

震源地の益城町及びそこと南阿蘇村を結ぶ県道熊本高森線並びに南阿蘇村の国道 325 号を中心に、構造物の被害状況をまとめた。なお、西原村及び南阿蘇村の一部区間では通行止の区間があり、全ての構造物の状況を確認できてはいない。

(1) 益城町内の橋梁

益城町内の木山川及び秋津川等に掛かっている橋梁は、橋桁と取付道路に段差が生じたため、地震発生当初は通行止となったが、段差部分に盛土を行い応急的に通行可能となっている。

段差の原因は、盛土部分の沈下または盛土基礎地盤の沖積層の液状化と考えられる。橋梁の上部工及び下部工の損傷の程度は小さいようである。

【宮園橋】



写真 5-2-1 宮園橋遠景 1 径間桁橋



写真 5-2-2 橋台周囲の地盤に沈下があるものの、橋台の沈下や損傷はない。



写真 5-2-3 橋梁の取付け道路に段差が生じている。



写真 5-2-4 盛土の沈下やパラペット(橋壁)の傾動が認められる。

【木山橋】



写真 5-2-5 木山橋遠景 2 径間桁橋



写真 5-2-6 盛土の沈下やパラペット(橋壁)の傾動が認められる。橋梁にガス管を取り付けてあり、盛土の沈下でガス管が屈曲している。



写真 5-2-7 橋桁とパラペット(橋壁)の間に水平変位が発生している。



写真 5-2-8 段差部分に盛土を追加して、応急的に通行可能状態にしている。

【県道 235 号木山川橋梁】

(2) 外輪山周辺の橋梁

① 大切畑橋

県道熊本高森線の俵山トンネルへ通じる鋼連続ハコ桁橋(曲線橋、長さ約 200m 高さは写真参照)である。4月16日未明の2回目の地震で損傷したものである。橋桁は、起点側接続部で北側へ水平変位約 1m、終点側接続部では南へ水平変位約 1m、鉛直変位約 60cm が生じており、落橋はないものの、橋桁に回転が生じている。現在、通行止となっている。



写真 5-2-9 益城町木山川橋梁 段差部分に盛土を追加して、応急的に通行可能状態にしている



写真 5-2-10 大切畑橋の終点側からの遠景



写真 5-2-11 大切畑集落からの大切畑橋遠景



写真 5-2-12 大切畑橋基点側の接続部 橋桁は北へ 1m 変位



写真 5-2-13 大切畑橋終点側接続部 橋桁は 60cm の鉛直変位と 1m の南向き水平変位



写真 5-2-14 終点側落橋防止装置 橋桁のズレを認め



写真 5-2-15 大切畑橋終点側からの支承盤のズレ

② 阿蘇大橋

白川支川の黒川に掛かるアーチ橋で、国道 57 号から分岐して 325 号を結んでいる。1970 年完成の長さ 205.9m、高さ 76m、幅 8.8m、上路式トラス逆ランガー桁橋である。4 月 16 日未明の 2 回目の地震の後に落橋したと思われる。また、阿蘇大橋の西岸側の山肌が崩壊し、土石流となって国道 57 号を閉塞し、さらに大橋右岸橋台に達している。



写真 5-2-16 落橋する前の阿蘇大橋 (Wikipedia)



写真 5-2-17 西岸側(立野)から見た落下した橋桁



写真 5-2-18 空中からの落橋現場(時事通信報道)
黒川の峡谷の至るところで岩盤崩壊が生じている。



写真 5-2-19 阿蘇大橋河陰側接続部 橋桁が約 20m 落下している。この背面にも数条の亀裂が発生している。



南阿蘇大橋

写真 5-2-20
落橋現場下流峡谷斜面に発生する岩盤崩壊



写真 5-2-21 阿蘇大橋右岸(西)側で発生した崩壊と土石流、国道 57 号を閉塞し、阿蘇大橋橋台まで達している。

⇒ 阿蘇大橋

③ 南阿蘇大橋

阿蘇大橋から国道 325 号を約 1km 進んだ箇所にあり、黒川の支流に掛かるアーチ橋である。落橋は免れたものの、落橋防止装置が損傷を受けており、4 月 19 日現在通行止措置がなされている。



写真 5-2-22 南阿蘇大橋終点側接続部 若干の圧縮が生じているが、橋桁の水平変位はほとんど生じていない。



写真 5-2-23 南阿蘇大橋終点側の落橋防止装置の損傷 圧縮力により、橋台に取りつくコンクリートがせん断を受けている。

(3) その他の構造物

① 大切畑ダム

当ダムは、安政 2 年に築造、1970 年に改修された高さ 23m、堤頂長 125m のかんがい用アースダムである。堤体に数条の平行な亀裂(写真-37)が確認されている。1996 年に布田川断層の延長が堤体をかすめることが指摘されていたが、今回発見した亀裂が断層の可能性もある。一時は、堤体からの漏水による決壊が懸念され、下流住民に避難勧告が出ていた。その後の調査で、分水施設の破損により大量の漏水が発生していることが判明し、ダムの水を抜き、水を安定して流下させる措置が取られている。



写真 5-2-24 大切畑ダム堤体に認められる北東～南西方向に延びる亀裂 布田川断層の延長の可能性が有る。



写真 5-2-25 洪水吐を横断する橋梁の接続部に段差が生じ、堤体の沈下が予想される。



写真 5-2-26 洪水吐脇の損傷
コンクリート擁壁が倒壊、水漏れは認められない。



写真 5-2-27 大切畑ダム貯水池の 写真-37 の亀裂の延長
に当たる矢印先の保護枠に乱れが認められる。

② 盛土

盛土は被災地の至るところで沈下や表面の崩壊等が認められるが、被害の大きい箇所は、県道熊本高森線の大切畑橋の起点側の盛土であり、そこでは亀裂・陥没・法面崩壊等を生じている。

これは、大切畑ダムの分水施設が破損したため、導水管が敷設されている盛土内部に水が廻り、盛土材を浸食して空洞等を発生させ、路面の亀裂・陥没並びに法面の崩壊につながっていると考えられる。



写真 5-2-28 大切畑大橋から見た盛土の被災箇所



写真 5-2-29 路面の陥没と亀裂 盛土内部に水が湧いている。



写真 5-2-30 浸食された盛土と被圧して湧き出す漏水



写真 5-2-31 盛土法面に湧出した水 法面を崩壊浸食している。

V-3 まとめ

① 建築物

- ・古い木造家屋や簡易モルタル2階建屋の倒壊が多い。鉄筋コンクリート建屋でも倒壊しているものもある。2階建屋では1階部分の柱が傾き、2階部分がそのまま移動する形状で倒壊している。
- ・建築物は、概ね西向きに倒れており、地震断層の右横ずれの動きと関係があると考えられる。
- ・益城市街地の中心を東西に通過する県道熊本高森線を境に建築物の倒壊損傷の程度が異なっており、地質による地盤性状の相違が建築物に表れていると考えられる。さらに、同じ地質であっても、隣同士で損傷の程度が異なる場合もあり、造成によって切土した箇所と盛土した箇所(台地の沢を埋めた箇所)の違いと考えられる。
- ・益城町下陳地区では、地震断層の変位による家屋の損傷が認められた。

② 構造物

平地部の益城町周辺では、橋梁や盛土等の被害は軽微であり、被災後数日して応急的に復旧がなされている。一方、西原村から南阿蘇村にかけては、高さの大きい橋梁や高盛土で被害が発生している。特に国道325号阿蘇大橋は落橋している。また、大切畑ダムでは堤体に活断層の可能性のある亀裂が確認されている。さらに、大切畑ダムの分水施設の破損により漏水が発生し、盛土材を浸食して路面の亀裂・陥没並びに法面の崩壊につながっている。

阿蘇大橋の落橋の原因については、下記のような様々な要因の複合が考えられる。

- i)地震動によるアーチ基礎部の崩壊 写真5-2-18や写真5-2-19に示すように峡谷の壁面の岩盤崩壊が多発しており、アーチ基礎部の岩盤崩落が推察される。
- ii)黒川右岸の土石流による橋桁の落橋、流失
- iii)北向山断層の活動に伴う変位により、橋桁がズレ、落橋に至った。布田川断層の北東延長にあたる北向山断層の今回の地震による活動状況は、Ⅲ章の地震断層の項目に記載している。