

平成 28 年(2016 年)熊本地震

調査報告書

(社内技術資料)



Kisojiban

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

地震被害調査

調査期間：平成 28 年 4 月 15 日～6 月 24 日

調査員：

本社

森本 巖（地震防災室）、米岡 威（企画営業室）、野村英雄、白井康夫（技術推進部）

関東支社

高橋克典

九州支社

（熊 本 支 店）伊東周作、花本康生、田中慎吾

（九 州 支 社）田上 裕、八百山孝、田村和嗣、山下浩二、東風平宏、山口剛史、澤田量平、
佐藤静流、栃尾 健、田中 淳、金丸功己、遠藤正悟、武石将和、大元康温、
高本博昭

（長 崎 支 店）夏目隆弘

（宮 崎 事 務 所）中川智博

（鹿 児 島 事 務 所）米森義弘

報告書執筆並びに執筆協力

本社 森本 巖、米岡威、積田清之、野村英雄、若林真由美、齋藤晶子

九州支社 田上 裕、森本嘉幸、夏目隆弘、栃尾 健

関東支社 亀井祐聡

文中の被害位置を示す地形図や航空写真、治水地形分類図、土地条件図等は、国土地理院の電子国土 web システム (<http://maps.gsi.go.jp/#5/35.362222/138.731389/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0l0u0f0>) を使用した。

表紙の写真は阿蘇大橋背後斜面の崩壊

はじめに

平成28年（2016年）4月14日午後9時26分頃、熊本県熊本地方を震源とするM6.5の地震が起こり、震源に近い熊本県益城町では震度7の大きな地震動に見舞われました。さらに4月16日午前1時25分頃、同地方を震源とするM7.3の地震によって、益城町と西原村で震度7の地震動に見舞われ、4月16日までに熊本県から大分県にかけての地域で、震度6弱以上の地震に7回見舞われるという事態になりました。

この一連の地震により、死者120人、負傷者2,337人、住宅全壊8,204棟（9月30日現在、消防庁）等の大きな被害が発生し、最大18万余の住民が一時、避難を余儀なくされました。また、熊本市、益城町、南阿蘇村を中心として家屋の倒壊や水道・ガスの供給停止、斜面崩壊等による道路・鉄道の途絶等の各種の被害が発生しました。

本報告書は、現地における被害調査に基づいて、その結果をまとめたものです。既存資料と写真を主体とした内容となっており、被害の実態を皆様に理解していただくことを心がけました。説明の中には被害原因の推定に関する記述もありますが、詳細な調査結果に基づいたものではなく、結果として事実と異なっている場合にはご容赦いただきたいと思います。

報告書の執筆に際しましては、各章の引用・参考文献に記した種々の機関や研究者の調査研究成果を引用させていただきました。ここに御礼申し上げます。

最後になりましたが、今回の地震で亡くなられた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々のご健康および被災地域の速やかな復興をお祈りいたします。

平成28年9月

代表取締役社長 岩崎 公俊

益城町寺迫地区における家屋の崩壊（県道 28 号北）



益城町辻の城地区における家屋盛土の崩壊



液状化による建物のめり込み沈下（熊本市南区刈草）



液状化による建物の傾斜（熊本市南区刈草）



阿蘇大橋背後斜面の崩壊（南阿蘇村立野）



溶岩ドーム斜面の地すべり性崩壊（京都大学火山研究センター）



九州自動車道府領第一跨道橋の崩壊（県道 32 号、甲佐町府領）



大切畑大橋の橋桁の沈下と水平移動（西原村小森）



目次

	頁
1. 地震の概要	
1.1 地震の諸元	1
1.2 観測された地震動	12
1.3 過去の被害地震	25
1.4 地震断層	27
2. 被害の概要	
2.1 概要	37
2.2 人的被害・避難	38
2.3 施設の被害	40
3. 地形・地質	
3.1 九州地方の地形・地質	59
3.2 熊本県の地形・地質	68
4. 地震被害	
4.1 道路	77
4.2 港湾	97
4.3 河川	105
4.4 宅地・建物	119
4.5 土砂災害	139
4.6 ため池	161
4.7 液状化	171
5. まとめ	191
あとがき	193

1. 地震の概要

1.1 地震の諸元

(1) 4月14日の地震(M6.5)

4月14日午後9時26分頃、熊本県熊本地方の深さ約11km を震源とするマグニチュード6.5の地震が発生した。この地震により、熊本県益城町で震度7を観測したのをはじめ、玉名市、宇城市、熊本市で震度6弱を観測したほか、九州と中国・四国にかけての広い地域（最遠地は長野県）で震度5強～震度1を観測した。この地震の震度分布を図1.1.1～図1.1.2に、本震を含む震度6弱以上を記録した余震の諸元と観測地点を表1.1.1に示す。この地震の最大余震は、4月15日0時3分の地震（M6.4、最大震度6強）である。

表1.1.1 4月14日の地震(M6.5)と主要な余震の諸元¹⁾

発生日	時刻	北緯	東経	深さ(km)	地震規模M	震度
4/14	21:26	32度44.5分	130度48.5分	11	6.5	震度7：益城町宮園 震度6弱：玉名市天水町，西原村小森，宇城市松橋町，宇城市不知火町，宇城市小川町，宇城市豊野町，熊本東区佐土原，熊本西区春日，熊本南区城南町，熊本南区富合町
4/14	22:07	32度46.5分	130度50.9分	8	5.8	震度6弱：益城町宮園
4/15	00:03	32度42.0分	130度46.6分	7	6.4	震度6強：宇城市豊野町 震度6弱：宇城市松橋町，宇城市小川町，氷川町島地，熊本南区城南町

図1.1.3に4月14日の地震（M6.5）の余震分布（4月15日14時まで）、図1.1.4に余震の深度分布（4月15日11時まで）を示す。この地震の発震機構は北北西－南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、地殻内の浅い地震である。この地震の余震分布と発震機構から推定される震源断層は北北東－南南西に延びる右横ずれ断層で正断層成分を含むものであった³⁾。

図1.1.5および図1.1.6に防災科学技術研究所による近地強震記録を用いた震源インバージョン解析結果⁴⁾を示す。図1.1.5の△印は震源地近傍の16地震観測点で、破線の長方形はF-netのモーメントテンソル逆解析から設定された走向212度、傾斜89度の断層面（長さ22km×幅12km）である。破壊開始点はDD法で再決定された震源位置（北緯32.7417度、東経130.7994度、深さ12.49km）とされている。この解析にはマルチタイムウィンドウ線型波形インバージョン法が用いられている。

図1.1.6に断層の最終すべり量分布を示す。最大すべり量は0.7m、断層面全体での地震モーメントは $1.8 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$ （モーメントマグニチュード M_w 6.1）である。破壊開始点付近とその北北東の浅い領域に大きなすべりが推定されている。

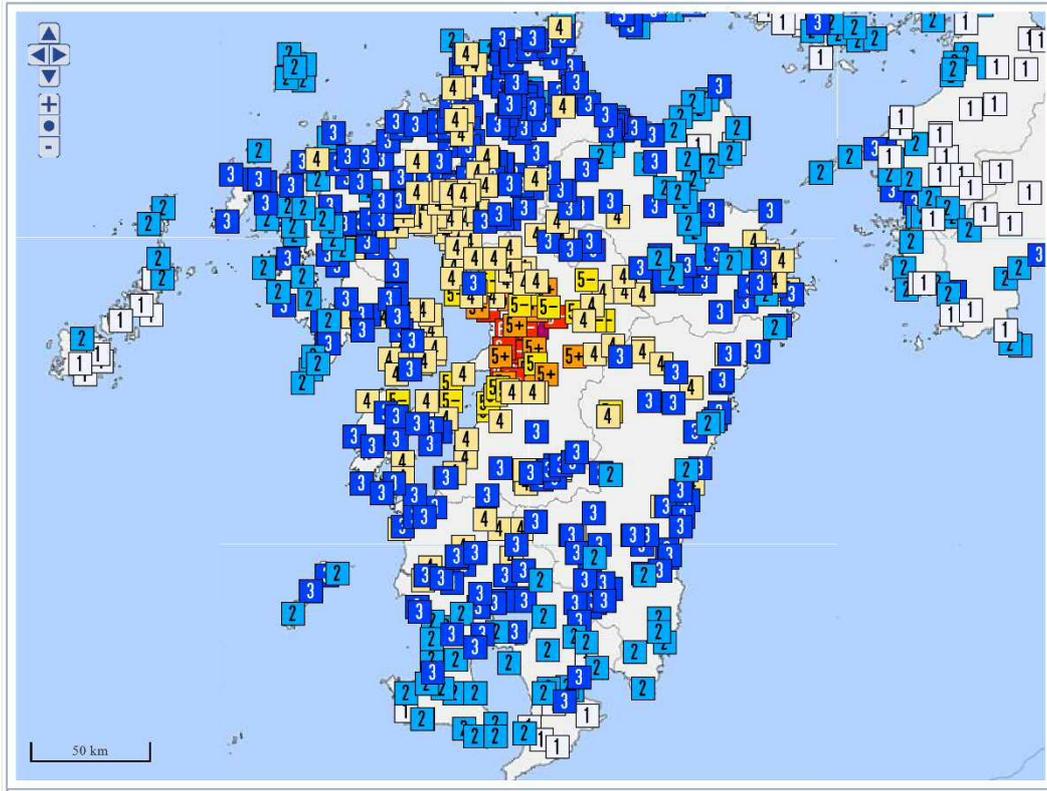


図 1.1.1 4月14日の地震 (M6.5) による九州地域の震度分布¹⁾

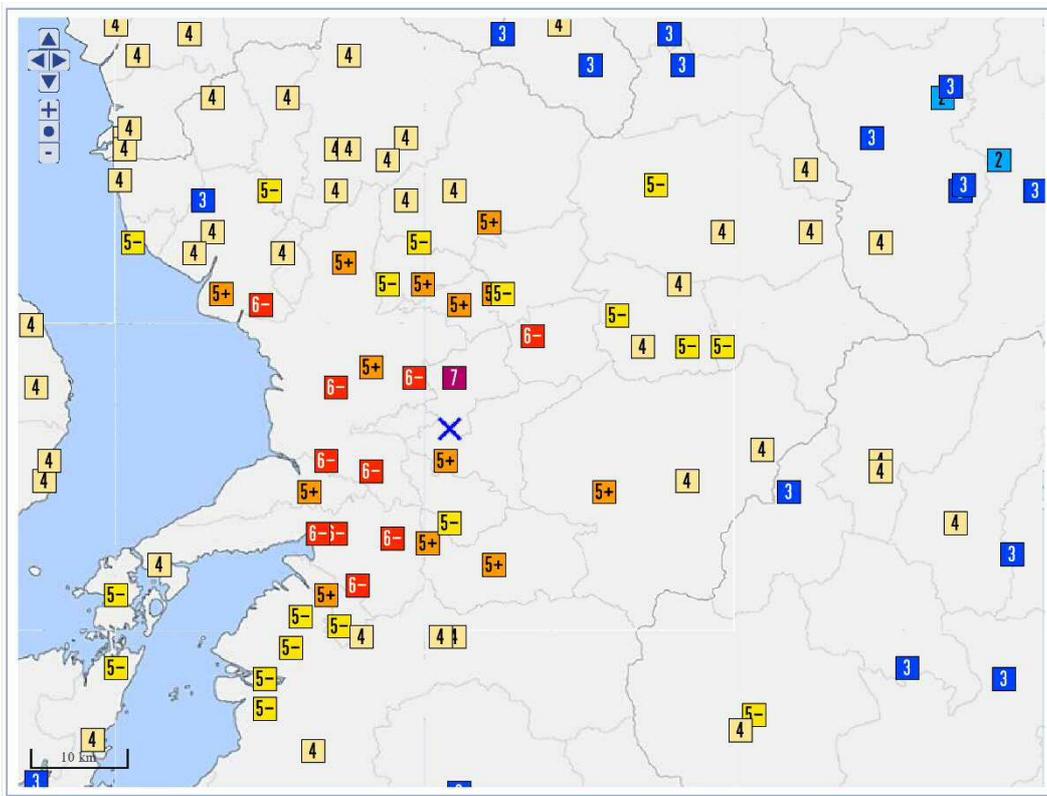


図 1.1.2 4月14日の地震 (M6.5) による熊本県周辺の震度分布¹⁾

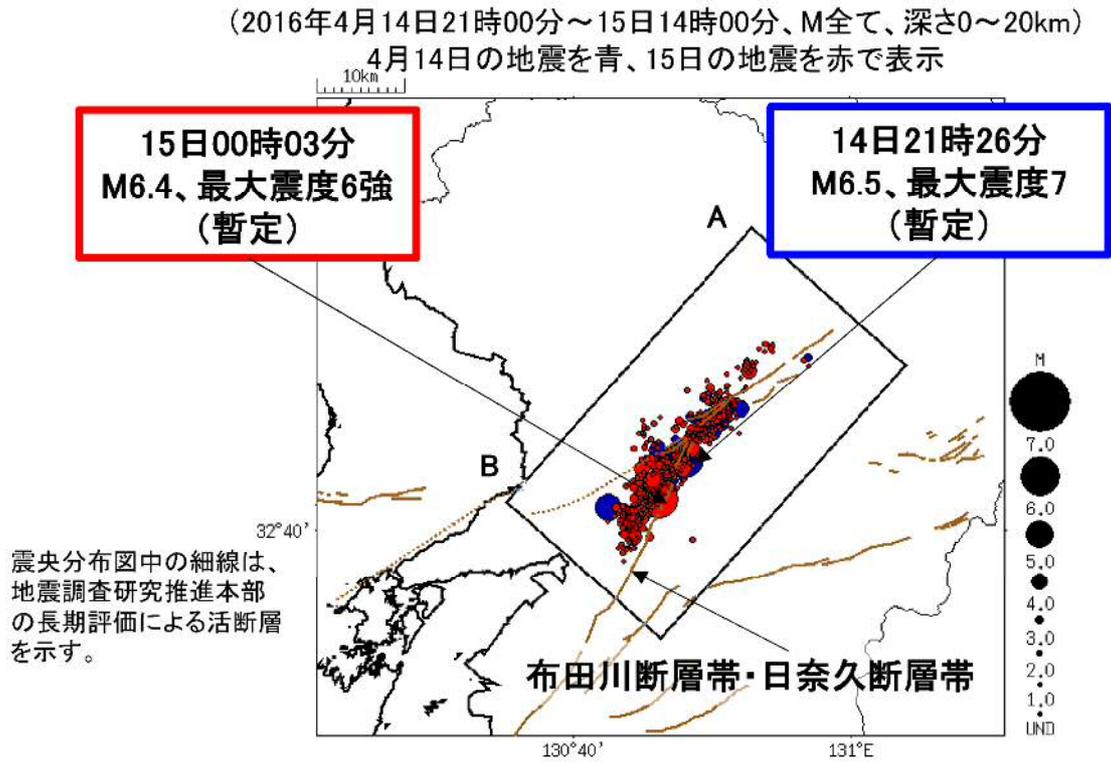


図 1.1.3 4月14日の地震 (M6.5) による余震活動の状況²⁾

(2016年4月14日21時00分～15日11時00分、M \geq 2.0、深さ0～20km)
4月14日の地震を青、15日の地震を赤で表示

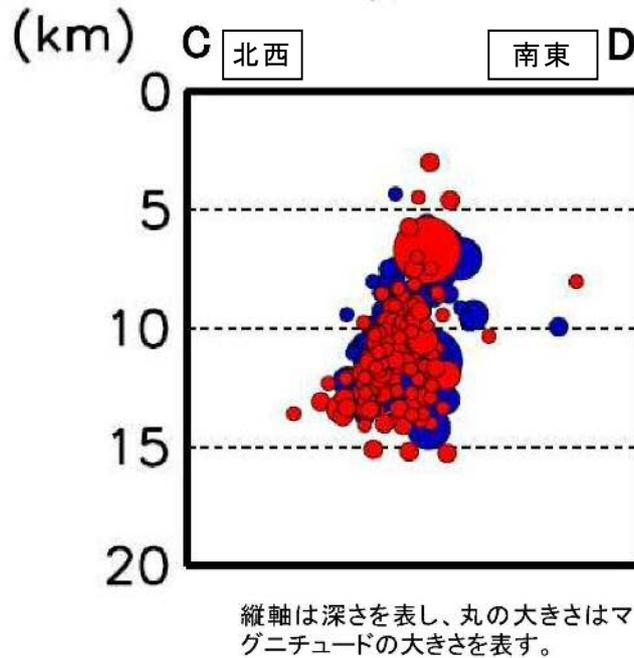


図 1.1.4 4月14日の地震 (M6.5) の余震の深度分布²⁾

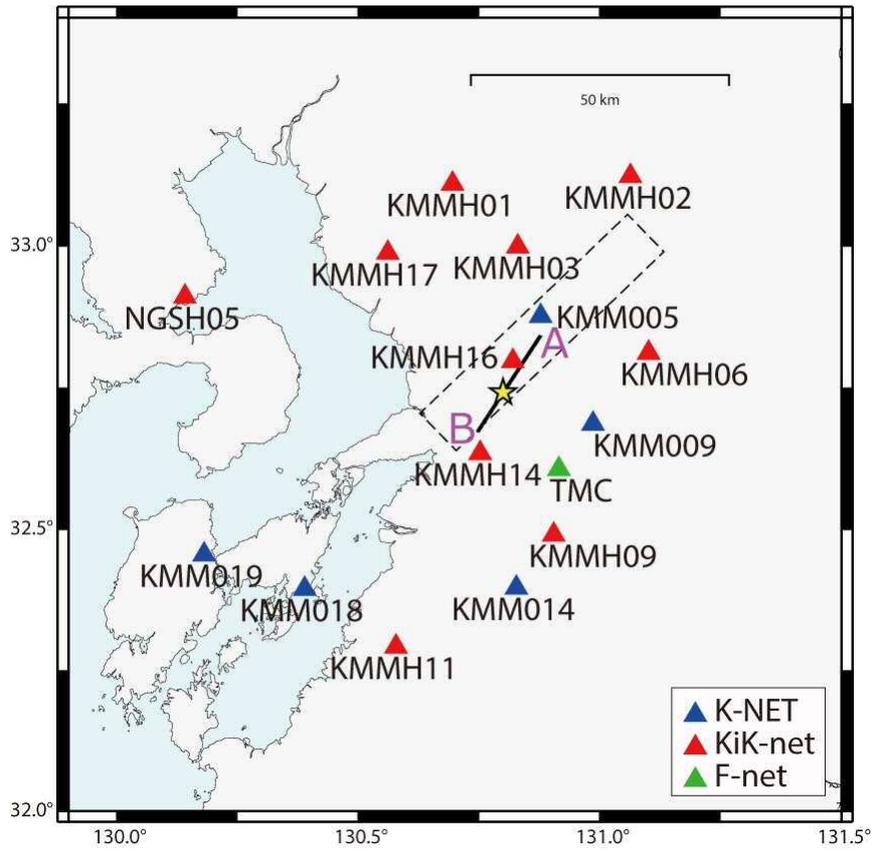


図 1.1.5 観測点の分布及び 4 月 14 日の地震 (M6.5) の断層面の地表投影⁴⁾

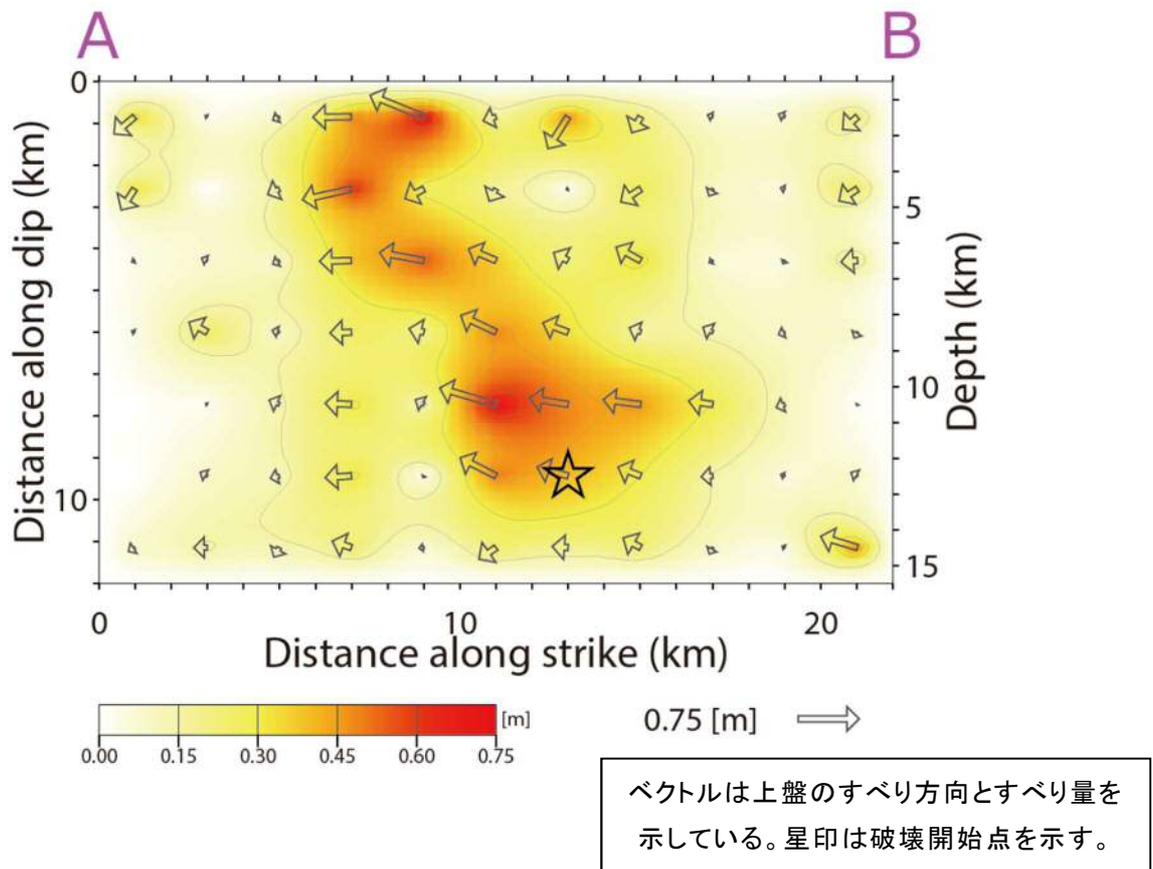


図 1.1.6 断層面上の最終すべり分布⁴⁾

(2)4月16日の地震(M7.3)

4月16日午前1時25分頃、熊本県熊本地方の深さ約12km を震源とするマグニチュード7.3の地震が発生した。この地震により、熊本県益城町で再び震度7の地震動に襲われたほか、東隣の西原村でも震度7を観測した。また、南阿蘇村、菊池市、宇土市、大津町、宇城市、合志市、熊本市で震度6強を観測したほか、九州と中国・四国・近畿・中部・関東・北陸にかけての広い地域（最遠地は山形県）で震度6弱～震度1を観測した。この地震の震度分布を図1.1.7～図1.1.8に示す。また、本震と震度6弱以上を記録した3つの余震の諸元と観測地点を表1.1.2に示す。

図1.1.9に示す余震分布は4月14日に発生した地震(M6.5)とその余震も含まれている。この地震の最大余震は、4月16日1時45分の地震(M5.9、最大震度6弱)である。

表1.1.2 4月16日の地震(M7.3)と主要な余震の諸元¹⁾

発生日	時刻	北緯	東経	深さ(km)	地震規模M	震度
4/16	01:25	32度45.2分	130度45.7分	12	7.3	震度7：益城町宮園，西原村小森 震度6強：南阿蘇村河陽，菊池市旭志，宇土市浦田町，大津町大津，嘉島町上島，宇城市松橋町，宇城市小川町，宇城市豊野町，合志市竹迫，熊本中央区大江，熊本東区佐土原，熊本西区大江 震度6弱：阿蘇市一の宮町，阿蘇市内牧，南阿蘇村中松，南阿蘇村河陰，八代市鏡町，玉名市横島町，玉名市天水町，菊池市隈府，菊池市泗水町，大津市引水，菊陽町久保田，御船町御船，美里町永富，美里町馬場，宇城市不知火町，山都町下馬尾，氷川町島地，合志市御代志，和水町江田，熊本南区城南町，熊本南区富合町，熊本北区植木町，上天草市大矢野町，天草市五和町
4/16	01:45	32度51.7分	130度53.9分	11	5.9	震度6弱：菊陽町久保田，合志市竹迫，熊本東区佐土原
4/16	03:55	33度01.5分	131度11.4分	11	5.8	震度6強：産山村山鹿
4/16	09:48	32度50.8分	130度50.1分	16	5.4	震度6弱：菊池市旭志

4月16日のM7.3の地震の発震機構は、南北方向に張力軸をもつ横ずれ断層型で、地殻内の浅い地震である。この地震の余震分布と発震機構から推定される震源断層は北東－南西方向に延びる右横ずれ断層で正断層成分を含むものであった。

図1.1.9に4月14日の地震(M6.5)を含む5月15日までに発生した地震の分布を示す。同図には既往の活断層が示されているが、今回の一連の地震はこれらの活断層沿いに分布しており、これらの断層の活動により引き起こされたと考えることができる。既往の活断層については§1.4に後述する。

図1.1.10～図1.1.12に防災科学技術研究所による近地強震記録を用いた震源インバージョン

解析結果⁶⁾を示す。図1.1.10の△印は震源地近傍の27地震観測点で、破線の長方形はF-netのモーメントテンソル逆解析から走向226度、傾斜65度の断層面（長さ56km×幅24km）が設定されている。破壊開始点はDD法で再決定された震源位置（北緯32.7557度、東経130.7616度、深さ13.58km）である。この解析ではマルチタイムウィンドウ線型波形インバージョン法が用いられている。

図1.1.11～図1.1.12に断層の最終すべり量分布を示す。同図の方向A、Bは図1.1.10の断層モデルの方向を示している。最大すべり量は4.6m、断層面全体での地震モーメントは $5.3 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$ (M_w 7.1) である。すべりの大きい領域は震央の北東10 kmから30 km程度の領域に広がり、阿蘇山付近にまで及ぶ。浅い領域のすべりは、地表踏査で確認された地表地震断層と整合するといわれている。主たる破壊は地震発生から5～15秒後に生じており、全体の破壊時間は約20秒である。

図1.1.13は地震調査研究推進本部地震調査委員会³⁾によって公表された地盤変位量と推定震源断層である（データは国土地理院）。SAR（だいち2号）とGNSS(全地球航法衛星システム)で観測された地殻変動から、既往の布田川断層帯および日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定されている。断層A1（長さ20km×幅12.5km、傾斜60度）はすべり量4.1m (M_w 6.96)、断層A2（長さ5.1km×幅6.6km、傾斜62度）はすべり量3.8m (M_w 6.36)、断層B（長さ10.2km×幅13.0km、傾斜72度）はすべり量2.7m (M_w 6.65) と推定されている。

一方、図1.1.14は東京大学地震研究所による強震・遠地・測地データを用いたジョイント・インバージョン解析結果である。大きなすべりは破壊開始点（★印）から阿蘇カルデラ入口までの範囲で生じ、特に大きなすべりは西原村附近の浅い部分に生じている。また、震源断層は横ずれ成分だけではなく、かなりの正断層成分をもつ。そのため、断層直交方向ではなく、斜交する方向の東西成分が大きな揺れとなった³⁾。

2016年熊本地震では、4月14日のM6.5の地震発生以降、地震が頻発し、熊本県熊本地方、熊本県阿蘇地方、大分県西部、大分県中部で震度1以上を観測した地震の数は1,431回に達する（5月14日午前9時現在）。図1.1.15にはM3.5以上の地震の発生から約1ヶ月間の累積頻度分布を既往の主要地震と比較した結果を示す。これによると4月14日のM6.5の地震が発生して以降、余震の発生回数は、兵庫県南部地震（M7.3）をやや上回る回数で推移していたが、4月16日のM7.3の地震から発生回数は再び増加し、地震発生後約1ヶ月の段階では過去最多の2004年新潟県中越地震（M6.8）を上回る状況となっている。

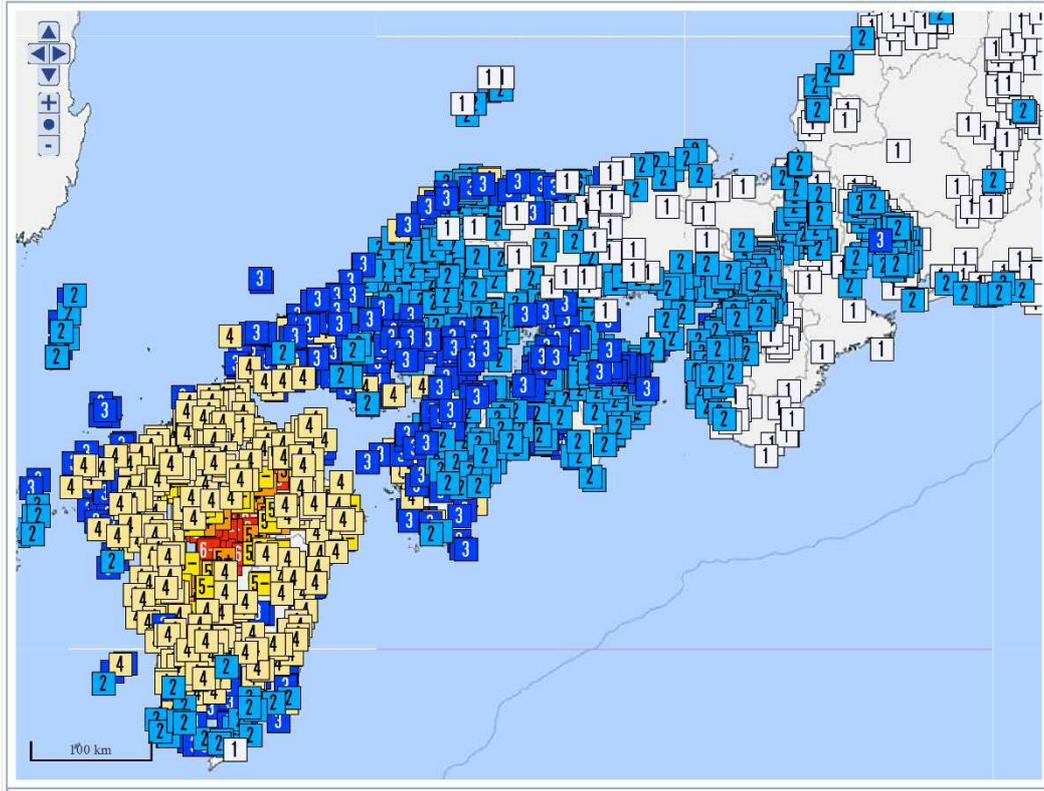


図 1.1.7 4月16日の地震 (M7.3) による九州地域の震度分布¹⁾

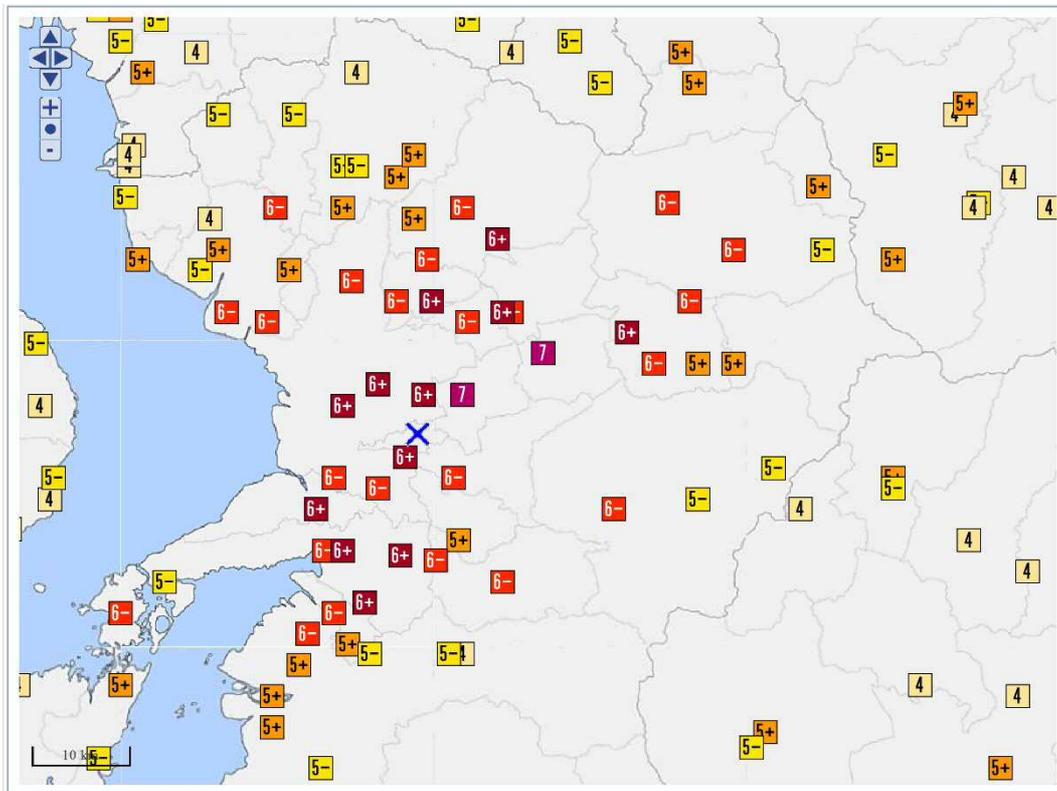


図 1.1.8 4月16日の地震 (M7.3) による熊本県周辺の震度分布¹⁾

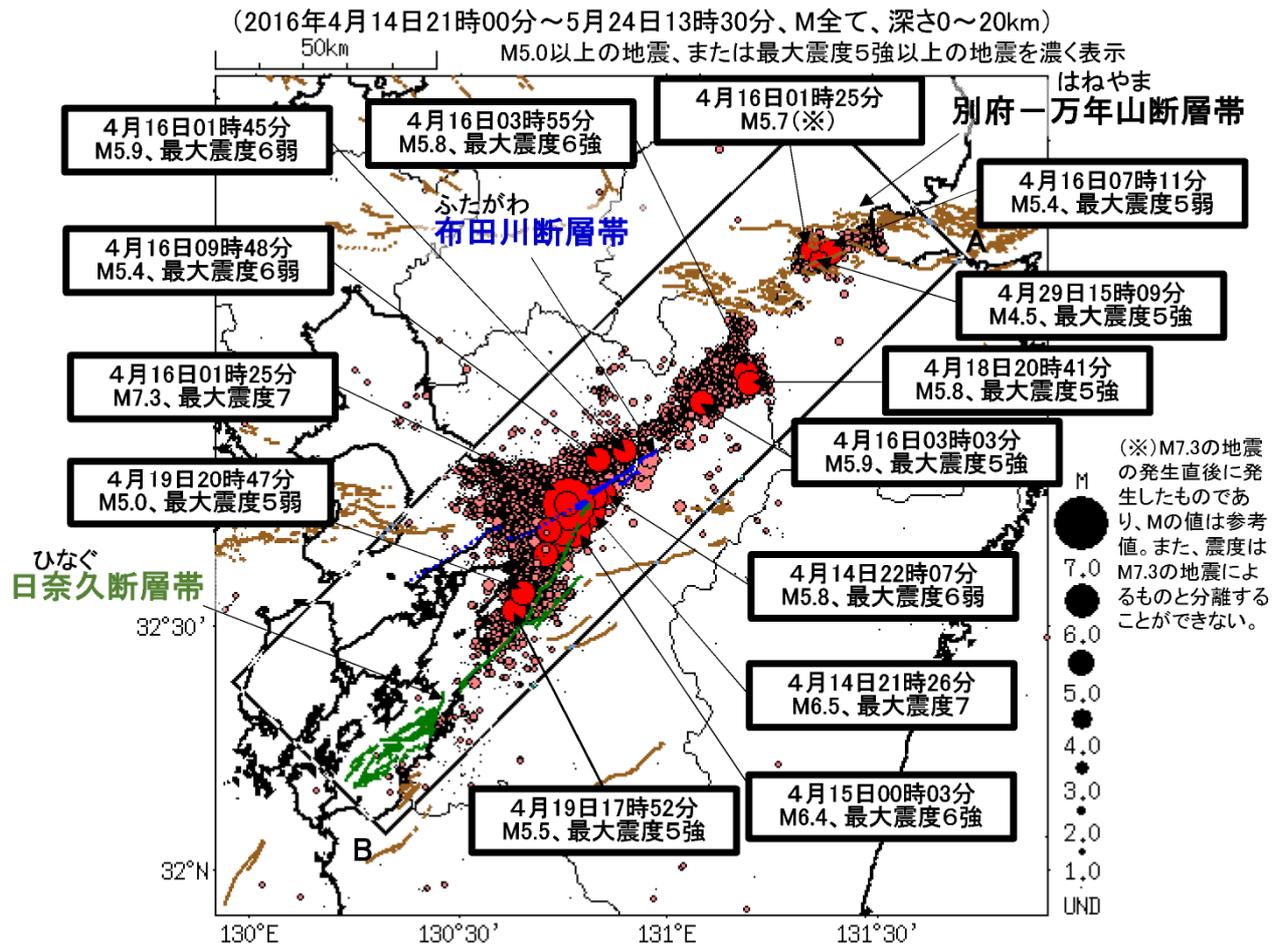


図 1.1.9 4月14日から始まる一連の地震活動の状況²⁾

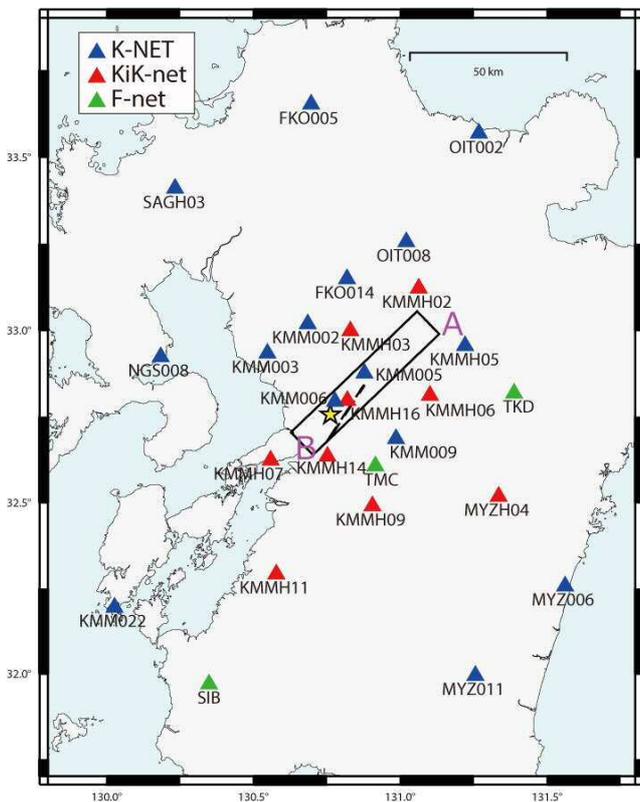
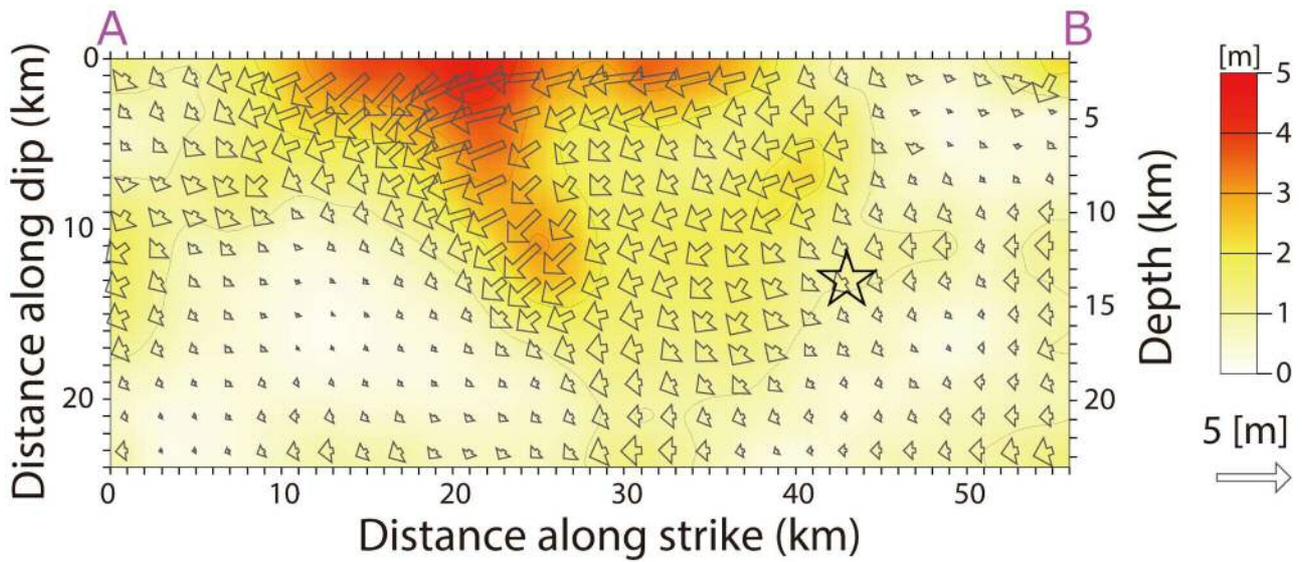
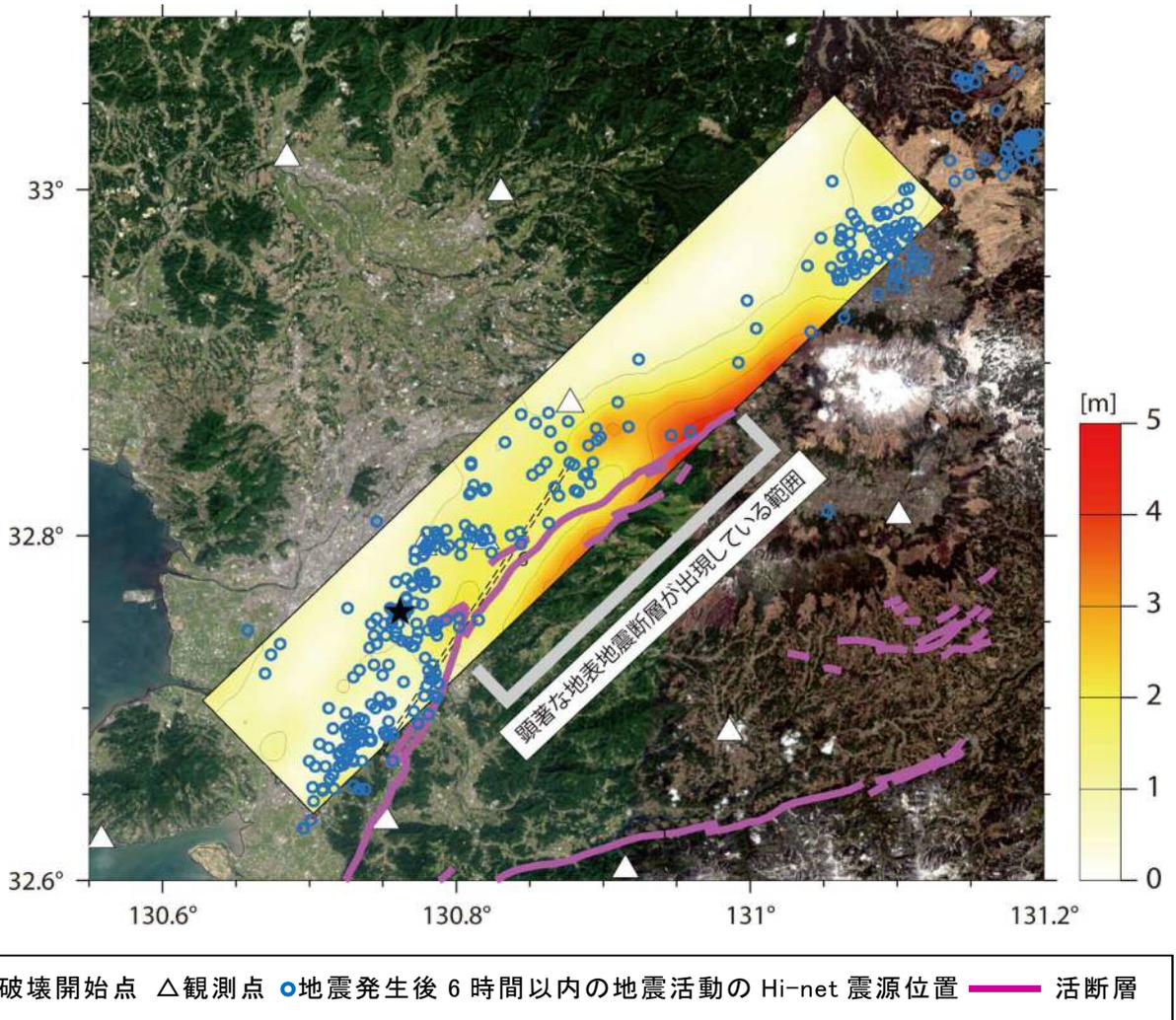


図 1.1.10 観測点の分布及び4月16日の地震(M7.3)の断層面の地表投影⁴⁾



ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を示している。星印は破壊開始点を示す。

図 1.1.11 断層面上の最終すべり分布 ⁶⁾



★破壊開始点 △観測点 ●地震発生後 6 時間以内の地震活動の Hi-net 震源位置 — 活断層

図 1.1.12 すべり分布の地表投影 ⁶⁾

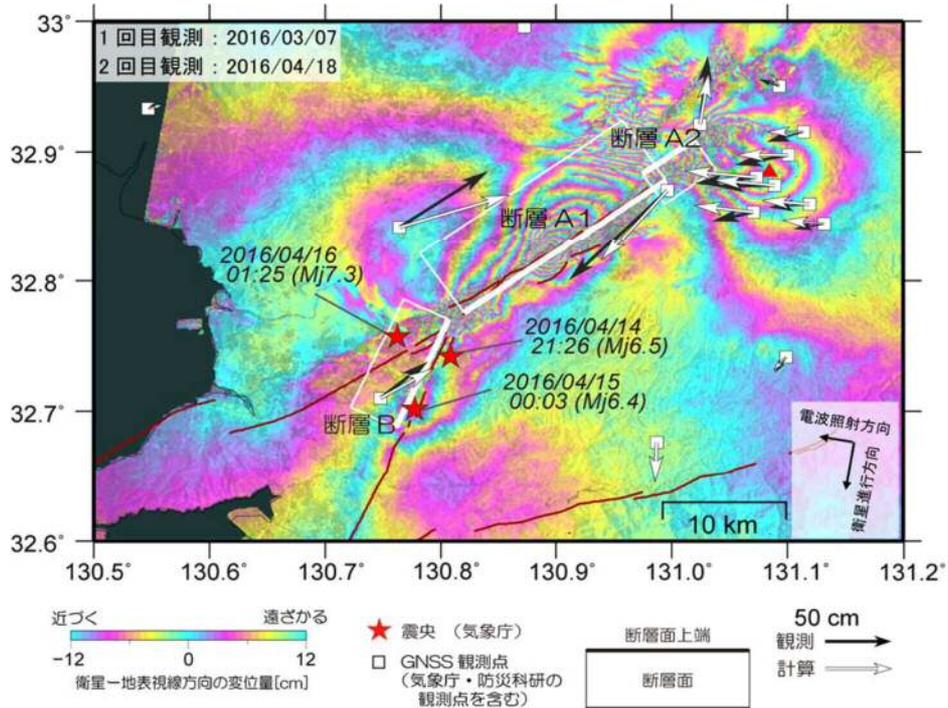


図 1.1.13 干渉 SAR の観測値と GNSS の観測値・計算値(文献 3, 元データは国土地理院)

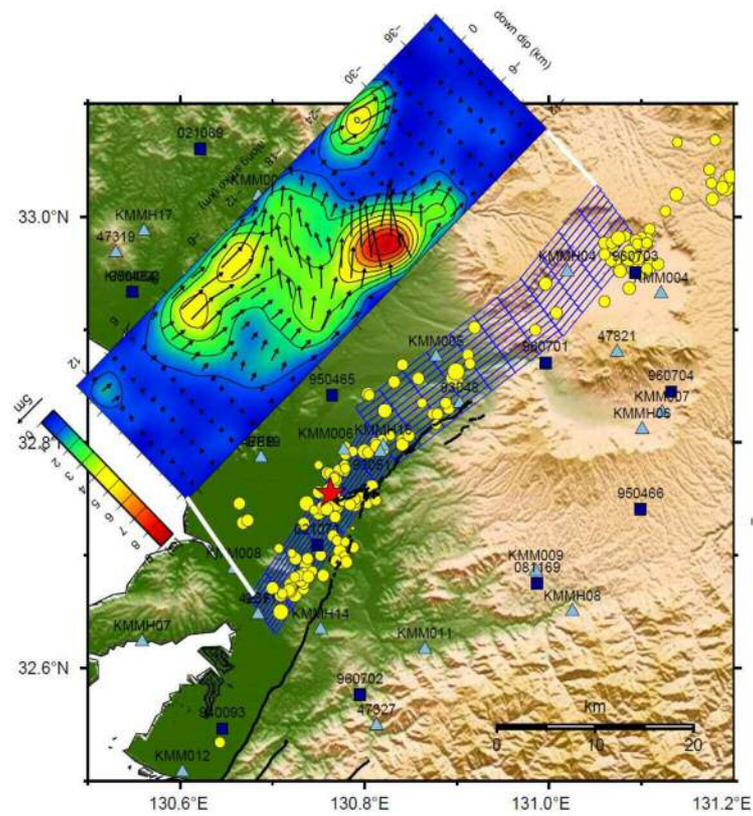


図 1.1.14 最終すべり量とベクトルの分布 (文献 3, 元データは東京大学地震研究所)

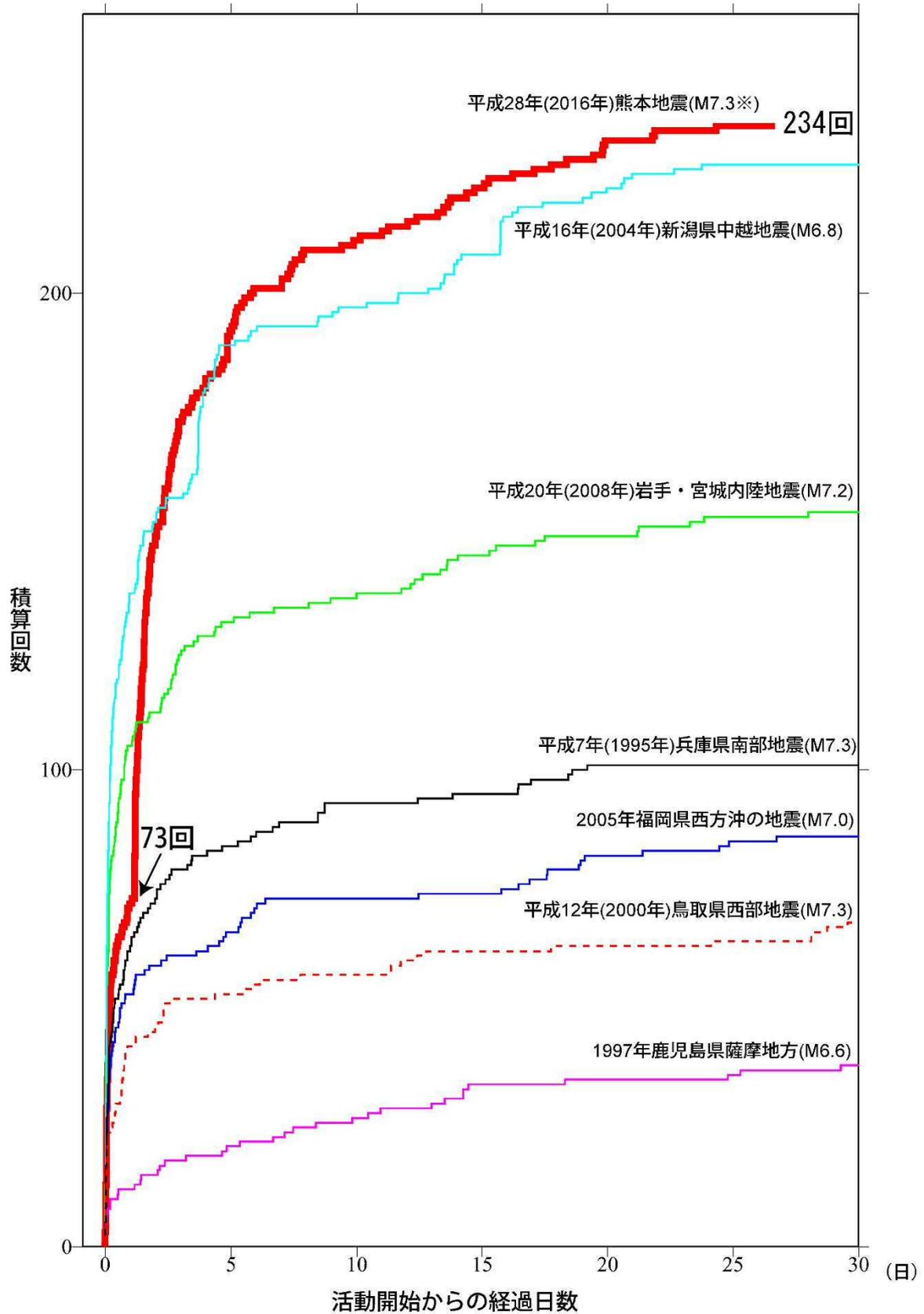


図 1.1.15 内陸及び沿岸で発生した主な地震の余震発生回数の比較³⁾

1.2 観測された地震動

(1)地震動の最大値

表1.2.1および表1.2.2に4月14日の地震（M6.5）と4月16日の地震（M7.3）において各地で観測された地震動のうち、震度6弱以上の地点の最大加速度、計測震度などを示す。これらのデータは文献3)および9)によるものである。同表には、両文献で同一地点と考えられるもの（表中のNo.の*印）があるが、最大加速度が異なっていたため併記した。

4月14日の地震（M6.5）では震度6弱以上の地点は7地点あり、このうちKiK-NET益城で三成分合成の最大加速度が1,580galを記録したが、計測震度は6.4（震度6強）であった。一方、益城町宮園（益城町役場）では合成最大加速度は817galであったが、計測震度は6.6（震度7）であった。

表 1.2.1 4月14日の地震（M6.5）の計測震度および最大加速度（震度6弱以上）
（文献3),9)に基づいて編集）

No.	都道府県	市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度				震央距離
						合成	南北成分	東西成分	鉛直成分	
1	熊本県	益城町	益城町宮園	7	6.6	817	632	732	338	5.2
2	熊本県	西原村	西原村小森	6弱	5.7	544	532	341	180	13.4
3	熊本県	熊本市	熊本西区春日	6弱	5.9	737	659	433	262	12.0
4	熊本県	宇城市	宇城市松橋町	6弱	5.7	365	327	281	221	15.8
5	熊本県	益城町	KiK-net益城(KMMH16)	6強	6.4	1580	760	925	1399	6
6	熊本県	熊本市	K-NET熊本(KMM006)	6弱	5.9	604	574	381	326	6
7	熊本県	宇土市	K-NET宇土(KMM008)	6弱	5.5	339	264	304	199	15

表 1.2.2 4月16日の地震（M7.3）の計測震度および最大加速度（震度6弱以上）
（文献3),9)に基づいて編集）

No.	都道府県	市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度 (gal)				震央距離 (km)
						合成	南北成分	東西成分	鉛直成分	
1	熊本県	益城町	益城町宮園	7	6.7	899.1	775.5	825.4	668.5	6.4
2	熊本県	西原村	西原村小森	7	6.6	904.0	742.1	770.0	531.3	15.8
3	熊本県	菊池市	菊池市旭志	6強	6.4	977.4	799.2	857.4	535.8	22.7
4	熊本県	南阿蘇村	南阿蘇村河陽	6強	6.2	1316.3	1111.8	954.6	654.4	25.1
5 *	熊本県	宇土市	宇土市浦田町	6強	6.2	802.0	572.0	792.4	466.2	12.3
6	熊本県	嘉島町	嘉島町上島	6強	6.2	622.3	564.8	597.1	474.1	2.0
7	熊本県	合志市	合志市竹迫	6強	6.2	705.3	398.8	690.8	306.6	14.5
8	熊本県	大津町	大津町大津	6強	6.1	1791.3	1376.6	1740.1	594.7	16.8
9 *	熊本県	宇城市	宇城市豊野町	6強	6.1	751.7	573.4	575.1	724.7	13.2
10	熊本県	宇城市	宇城市松橋町	6強	6.0	564.1	492.8	342.6	313.9	14.2

表 1.2.2 4月16日の地震(M7.3)の計測震度および最大加速度(震度6弱以上) 続き
(文献3,9)に基づいて編集)

No.	都道府県	市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度 (gal)				震央距離 (km)
						合成	南北成分	東西成分	鉛直成分	
11	熊本県	宇城市	宇城市小川町	6強	6.0	474.9	389.8	369.4	233.4	19.1
12	熊本県	熊本市中央区	熊本市中央区大江	6強	6.0	656.9	626.8	478.2	403.4	6.3
13	熊本県	熊本市西区	熊本市西区春日	6強	6.0	677.5	606.0	551.6	405.3	7.5
14	熊本県	南阿蘇村	南阿蘇村中松	6弱	5.9	855.0	794.5	606.8	653.1	32.3
15	熊本県	美里町	熊本美里町馬場	6弱	5.9	538.7	402.4	526.6	355.3	13.4
16	熊本県	宇城市	宇城市不知火町	6弱	5.9	629.4	539.0	441.9	516.6	15.1
17	熊本県	熊本市南区	熊本市南城区南町	6弱	5.9	850.8	681.2	521.5	803.1	6.2
18	熊本県	熊本市南区	熊本市南区富合町	6弱	5.9	594.5	427.1	411.9	591.4	9.0
19	大分県	由布市	由布市湯布院町川上	6弱	5.9	540.0	478.0	368.9	465.9	79.2
20	熊本県	阿蘇市	阿蘇市内牧	6弱	5.8	517.2	511.8	165.1	318.1	35.5
21	熊本県	菊陽町	菊陽町久保田	6弱	5.8	825.3	824.2	497.7	566.4	13.3
22	熊本県	熊本市北区	熊本市北区植木町	6弱	5.8	1026.9	672.3	877.9	530.0	17.4
23	熊本県	南阿蘇村	南阿蘇村河陰	6弱	5.7	927.4	920.3	557.5	361.2	26.3
24	熊本県	玉名市	玉名市天水町	6弱	5.7	328.7	308.4	202.0	137.1	19.7
25	熊本県	菊池市	菊池市隈府	6弱	5.7	462.2	415.1	293.5	302.1	25.1
26	熊本県	御船町	御船町御船	6弱	5.7	499.0	465.7	441.3	354.0	6.2
27	熊本県	氷川町	氷川町島地	6弱	5.7	346.7	300.5	312.9	206.3	21.2
28	熊本県	和水町	和水町江田	6弱	5.7	517.6	264.2	509.2	135.9	28.4
29	熊本県	玉名市	玉名市横島町	6弱	5.6	240.0	230.5	197.1	103.8	23.3
30	熊本県	菊池市	菊池市泗水町	6弱	5.6	564.6	485.0	339.3	182.2	18.3
31	熊本県	合志市	合志市御代志	6弱	5.6	715.1	401.4	571.6	467.8	14.7
32	熊本県	八代市	八代市鏡町	6弱	5.5	419.5	353.5	285.1	354.0	24.1
33	熊本県	上天草市	上天草市大矢野町	6弱	5.5	353.6	262.1	334.4	122.3	36.3
34	熊本県	天草市	天草市五和町	6弱	5.5	303.9	281.6	218.8	62.4	60.2
35	大分県	別府市	別府市鶴見	6弱	5.5	1155.0	831.5	805.9	860.8	90.1
36	熊本県	益城町	KiK-net益城(KMMH16)	6強	6.5	1362.1	653.0	1156.9	873.4	7
37 *	熊本県	宇土市	K-net宇土(KMM008)	6強	6.2	882.1	651.5	771.1	421.7	12
38	熊本県	菊池市	KiK-net菊池(KMMH03)	6強	6.1	800.5	786.6	227.6	403.0	28
39	熊本県	熊本市	K-net熊本(KMM006)	6強	6.0	843.3	827.2	616.3	534.3	5
40	大分県	由布市	K-net湯布院(OIT009)	6強	6.0	722.7	527.8	716.8	475.2	78
41 *	熊本県	宇城市	KiK-net豊野(KMMH14)	6弱	5.8	612.3	457.3	402.2	538.6	13
42	熊本県	大津町	K-net大津(KMM005)	6弱	5.7	669.3	525.6	482.3	396.9	17
43	熊本県	山都町	K-net矢部(KMM009)	6弱	5.7	831.4	776.5	639.5	186.6	22
44	熊本県	美里町	K-net砥用(KMM011)	6弱	5.6	778.2	597.5	602.4	254.8	18
45	熊本県	小国町	KiK-net小国(KMMH02)	6弱	5.5	687.0	302.7	660.4	285.5	50
46	大分県	九重町	KiK-net九重(OITH11)	6弱	5.5	597.9	559.4	518.8	271.7	72
47	熊本県	阿蘇市	K-net一の宮(KMM004)	6弱	5.5	403.3	261.5	346.7	268.5	39

4月16日の地震（M7.3）では、震度6弱以上を観測した地点は47地点（このうち2地点は重複の可能性あり）に達した。最大加速度では、大津町大津における1,791gal（計測震度6.1）が最大であり、計測震度では、益城町宮園における6.7（震度7、最大加速度899gal）が最大であったが、西原村小森でも計測震度6.6（震度7、最大加速度は904gal）が観測された。

図1.2.1に月16日の地震（M7.3）による地表最大加速度と地表最大速度の平面分布を示す。また、図1.2.2に最大加速度と最大速度の距離減衰を示す。

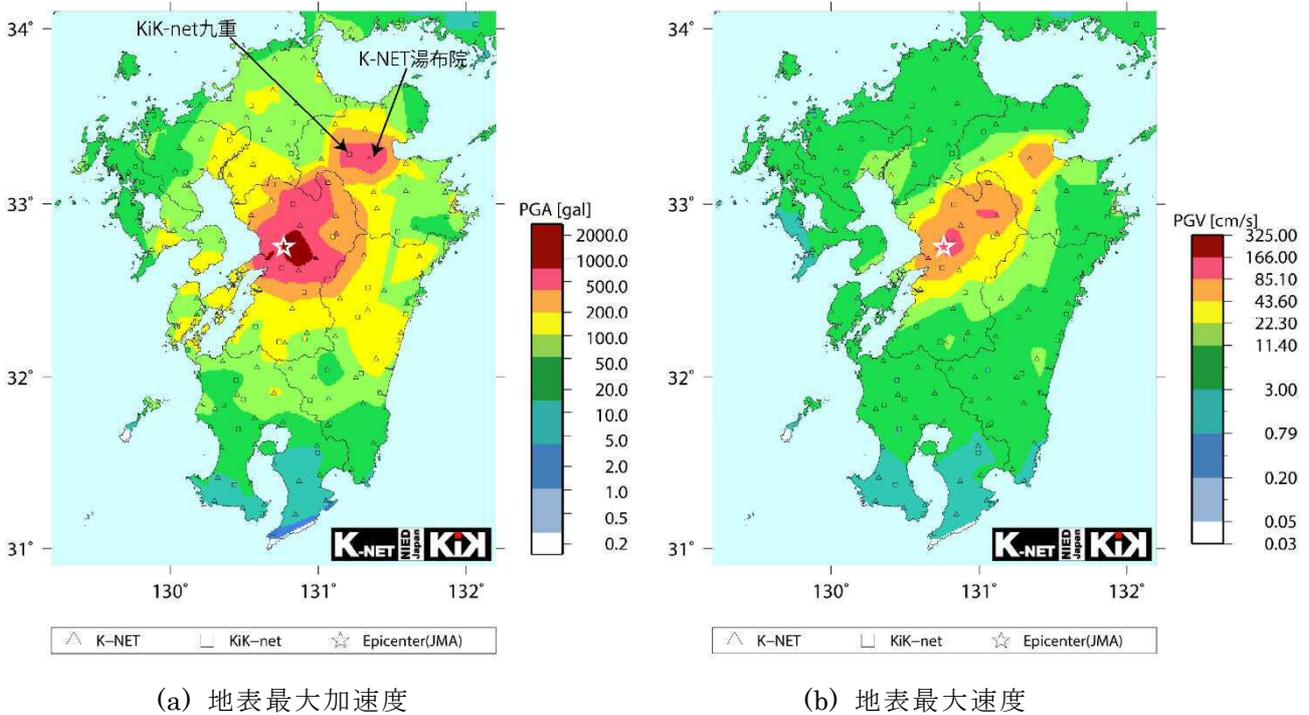


図 1.2.1 熊本地震（M7.3）で観測された地表最大加速度および地表最大速度の分布³⁾

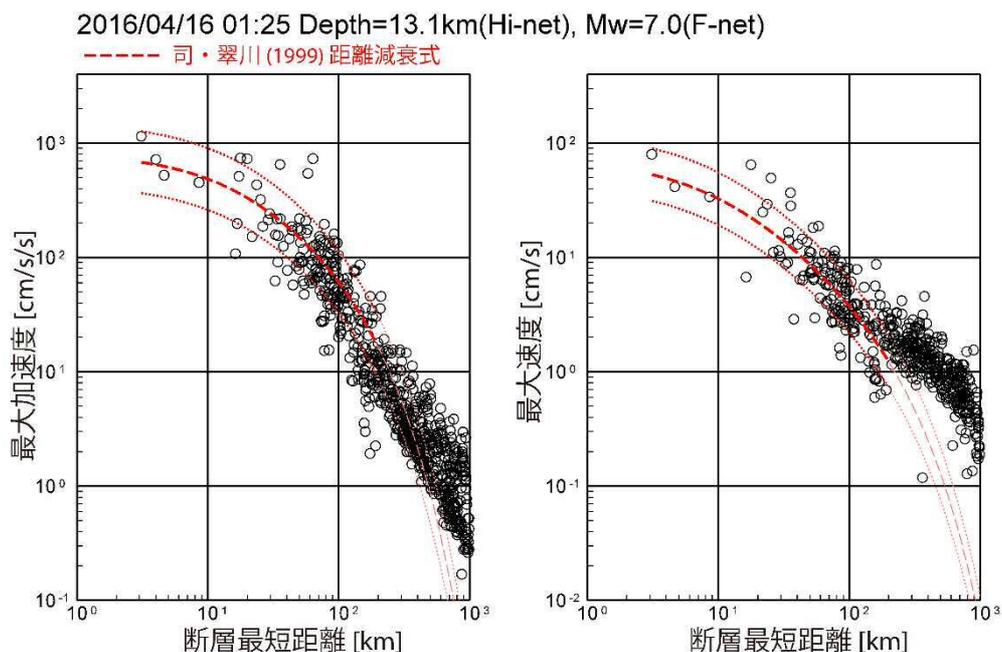


図 1.2.2 距離減衰式と観測された最大加速度、最大速度の比較⁷⁾

KiK-net益城では地表とG.L-252mで観測が行われている。同地点の地層構成は後述の図1.2.3に示すように、G.L-15mまではS波速度が300m/s以下の非線形性が発揮されるような土質である。それ以深は岩盤で、G.L-252mの地震計設置深度ではS波速度が2,700m/sの硬質の安山岩となっている。4月14日（M6.5）と4月16日（M7.3）の地震の地表及び地中の最大加速度を表1.2.3に示す。

最大加速度の絶対値はEW成分が大きく、東西方向の横ずれ断層運動の影響を受けたものになっている。また、4月14日の地震の地表地震動の鉛直成分が極めて大きいことが目立つ。

地下-252mにおける地震動は、EW成分がNS成分に比べて最大加速度比で1.53倍（=EW 243gal/NS159gal）とEW成分が大きい。これは断層の運動方向（東北東－西南西）と関係があると思われる。また、地表と地下の増幅比を水平最大加速度でみると、NS成分が4.11倍（=地表 653gal/地下 159gal）、EW成分が4.76倍（=地表 1157gal/地下 243gal）となっており、厚さ252mの地層を伝播する間に両成分共に4倍を超える増幅を示している。

表 1.2.3 KiK-net 益城における地表・地中の最大加速度と加速度比

発生日	地震規模 M	NS 成分			EW 成分			UD 成分		
		地表	地下	加速度比	地表	地下	加速度比	地表	地下	加速度比
4月14日	6.5	760	237	3.21	925	178	5.20	1399	127	11.02
4月16日	7.3	653	159	4.11	1157	243	4.76	873	196	4.45

加速度単位は gal

(2)地震動波形および加速度応答スペクトル

K-NET、KiK-net観測点のうち、震源に近い4地点（KiK-net益城、益城町宮園、K-NET熊本、K-NET宇土）を選定し、地震波形と応答スペクトルを示す。図1.2.3に益城町宮園を除く観測地点の土質柱状図およびP波・S波速度⁹⁾を示す。

KiK-net益城地点は、約15万年前から現在までに阿蘇山の噴火による火砕流堆積物によって形成された段丘（標高55m）に立地しており、S波速度はGL-15m以深で400～500m/s以上の硬質層となっている。同地点では、前述したように地表とGL-252m（標高-197m、安山岩、 $V_s=2.7\text{km/s}$ ）の2箇所地震計が設置されている。同地点の震央距離は約7.0kmである。

益城町宮園地点（益城町役場）はKiK-net益城地点よりも約680m南南西に位置しており、標高は約30mと推定される。同地点は町役場内に設置されているということであるが、詳細は不明である。地盤情報は明らかになっていないが、近隣のKiK-net益城と同様に火砕流堆積物が堆積していると考えられる。同地点の震央距離は約6.4kmである。

K-NET熊本地点は、九州自動車道の益城熊本空港I.Cの北西約1kmに位置し、地盤は約15万年前から7万年前に形成された後期更新世の中位段丘堆積物からなる。GL-11m附近まではN値が0～2程度の軟弱な粘土を主体とした地層で、その下部にはN値10～20の砂質土層とN値10前後の粘性土層が堆積する。S波速度も160～260m/sと小さい。同地点の震央距離は約5.0kmである。

K-NET宇土地点は宇土市役所構内にある観測点で沖積地盤上に立地する。上部2mほどは緩い砂質土であるが、その下部はGL-9m附近までN値が0～2程度の軟弱な粘性土が堆積する。その下部は岩盤という表示となっているが、N値は10～20で、S波速度も260m/sと岩盤としてはかなり小さい。同地点の震央距離は約12.0kmである。

図1.2.4～図1.2.13に上記の各地点の地震動波形と応答スペクトルを示す。加速度波形は観測

値であり、速度及び変位波形は加速度波形をフーリエ変換して積分して求めたものである。この際、長周期成分による波形の発散を防ぐため、周期20～30秒の間は直線的に変化するフィルターをかけ、周期30秒より大きい成分は除去している。また、応答スペクトルは加速度応答スペクトルと擬似速度応答スペクトルの2種類を掲載している。減衰定数はいずれも5%である。

地震動の継続時間は、いずれの地点も15～20秒前後であり、同規模の1995年兵庫県南部地震(M7.3)の硬質地盤の波形と同じような長さとなっている。

KiK-net益城における地表と地下-252mの応答スペクトルを比較してみると、地下-252mの加速度応答は周期1秒付近までほぼ一定の応答値となっているが、周期0.8秒付近にピークが見られる。これに対して地表における水平動は0.8～1.0秒付近がピークとなっており、この周期帯で増幅していることが分かる。特にEW成分は0.9秒付近で大きな加速度応答となっており、この周期帯が木造住宅の被害に大きな影響を及ぼした可能性がある。

一方、図 1.2.9 に示す益城町役場の応答スペクトルは KiK-net 益城と類似の形状であるが、1秒付近のピークがより大きなものとなっており、KiK-net 益城よりも構造物に影響が大きかったと考えられる。KiK-net 益城観測点がある益城町辻の城は益城町役場に比べて 25m ほど標高が高く、比較的新しい住宅地であったため、住宅被害も小さかったように思われる。

図 1.2.10～図 1.2.11 に示す K-NET 熊本は KiK-net 益城より約 4km 西に位置し、地表から 10m 程度は軟弱層が堆積する地盤であるが、加速度応答の最大ピークは 0.3～0.4 秒程度にあり、軟弱層の挙動を反映していると思われる。KiK-net 益城と同様のピークが 1.0～1.5 秒付近に見られるが、応答値は小さい。

図 1.2.13 に示す K-NET 宇土は、K-NET 熊本と同様に表層の 10m 程度が軟弱層となっている地盤であるが、その加速度応答スペクトルは EW 成分の周期 0.7 秒にピークが見られる。NS 成分は顕著なピークは見られない。また、周期 0.3～0.5 秒付近でやや大きい応答が見られるが、この周期帯は表層の軟弱層の挙動を反映していると考えられる。

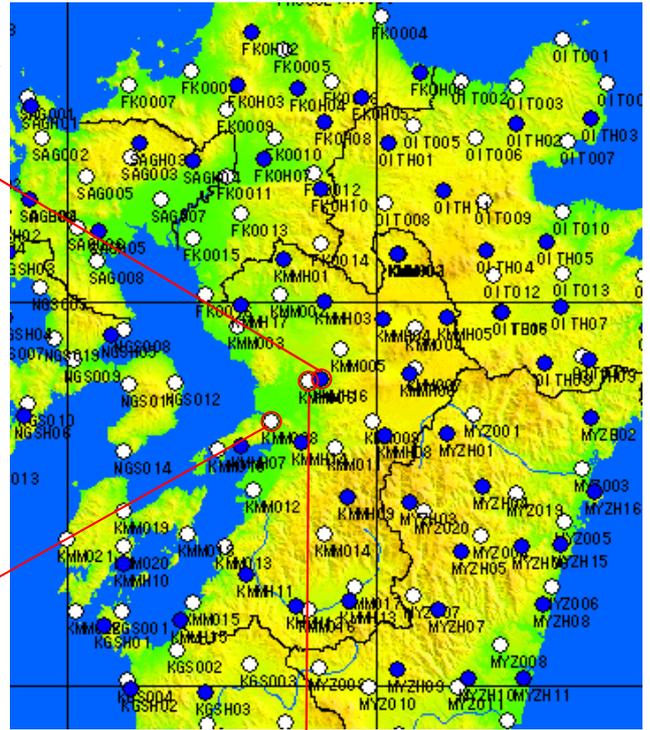
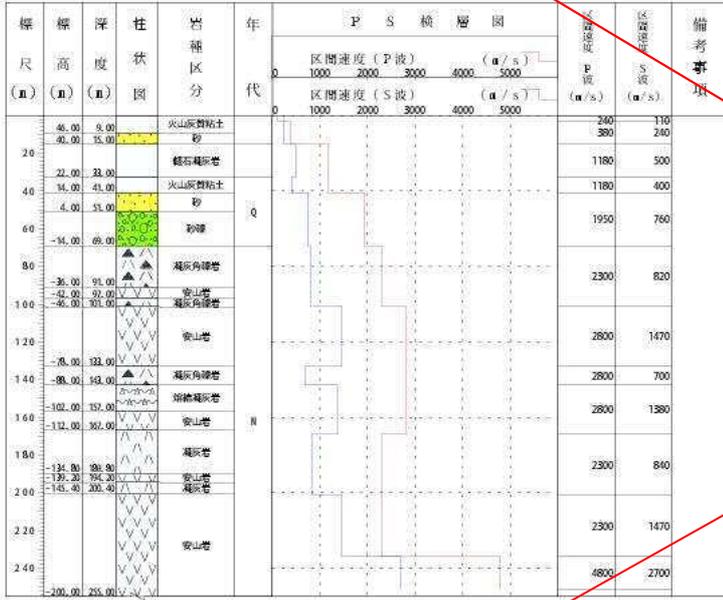
(3) KiK-net 益城地点における地震動の挙動

KiK-net 益城における GL-252m で観測された加速度波形から計算した速度波形(図 1.2.6)が片振れの形状を呈していた。この原因を探るため、主要動部分の加速度波形から改めて速度および変位波形を求めた。前述の速度及び変位は波形のドリフトを防止するため、周期 20 秒以上の成分が徐々に減衰するような形でフィルターをかけているが、ここで求める速度、変位はフィルターをかけず、加速度の面積から速度を求め、さらに速度の面積から変位を算定した。その結果を図 1.2.14 に示す。これによると地震動波形には、NS 成分で約 50cm、EW 成分で約 100cm の静的変位成分が含まれていることが分かる。

図 1.2.15 は水平成分の軌跡を描いたもので、加速度の軌跡にはそれほど特徴的なものは認められないが、速度は東方向に片寄った挙動を示し、変位の軌跡では東北東方向に静的変位が生じていることが明確に分かる。地震加速度より計算された静的変位量は東北東に約 1.1m であり、この地震で観測された周辺の地震断層の横ずれ成分が 1.5m 程度(後述図 1.4.4)であることから両者は概ね対応する。このことから、加速度波形から計算される地震動の静的変位成分は断層の動きを表しているのではないかと考えられる。

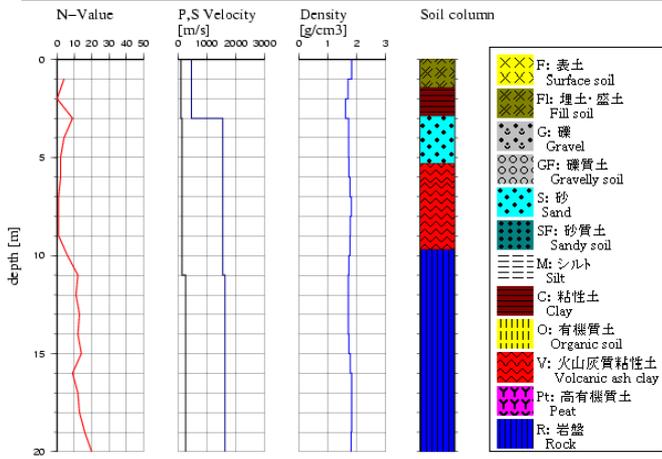
KiK-net 益城 (KMMH16)

所在地: 熊本県 上益城郡 益城町 辻の城 148 番地
 緯度: 32.7933N 経度: 130.8222E 標高: 55m



K-NET 宇土 (KMM008)

所在地: 熊本県 宇土市 浦田町 51
 緯度: 32.6878N 経度: 130.6582E 標高: 4.00m



K-NET 熊本 (KMM006)

所在地: 熊本県 熊本市 東区佐土原 3 丁目 3503-1
 緯度: 32.7934N 経度: 130.7772E 標高: 34m

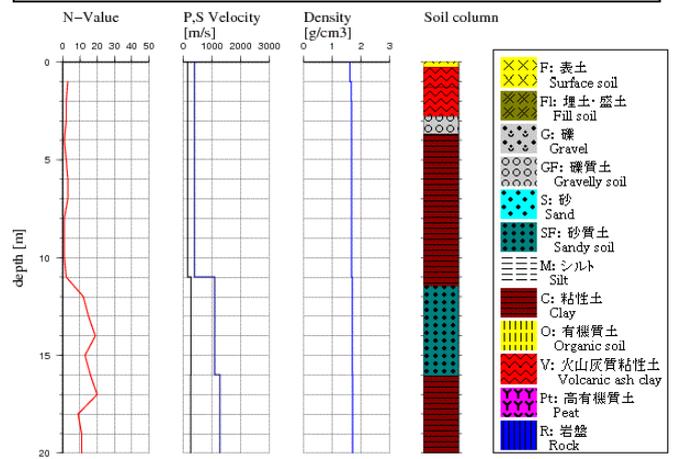


図 1.2.3 地震観測地点の地盤特性⁹⁾

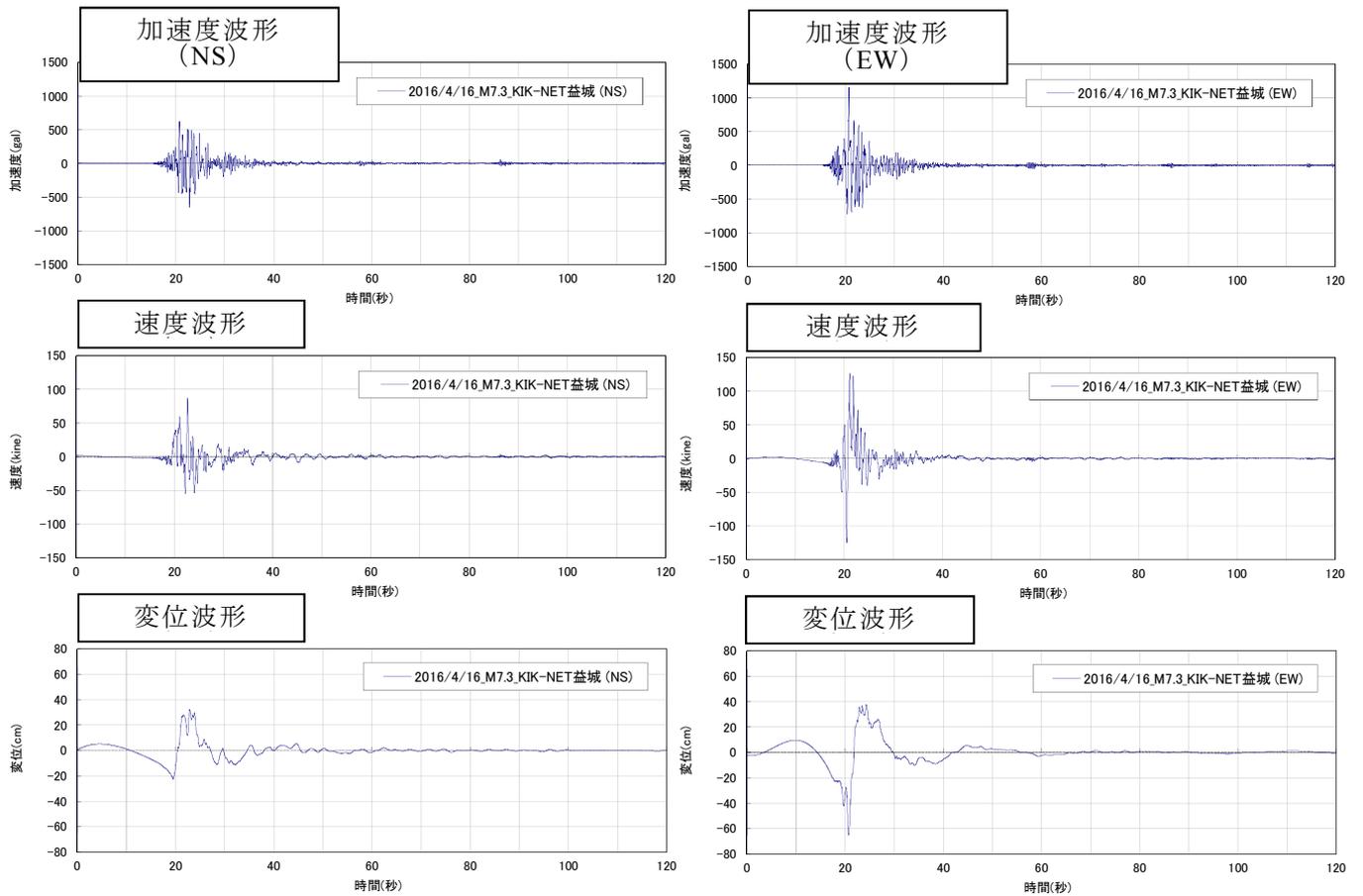


図 1.2.4 加速度・速度・変位波形 (KiK-net 益城 地表)

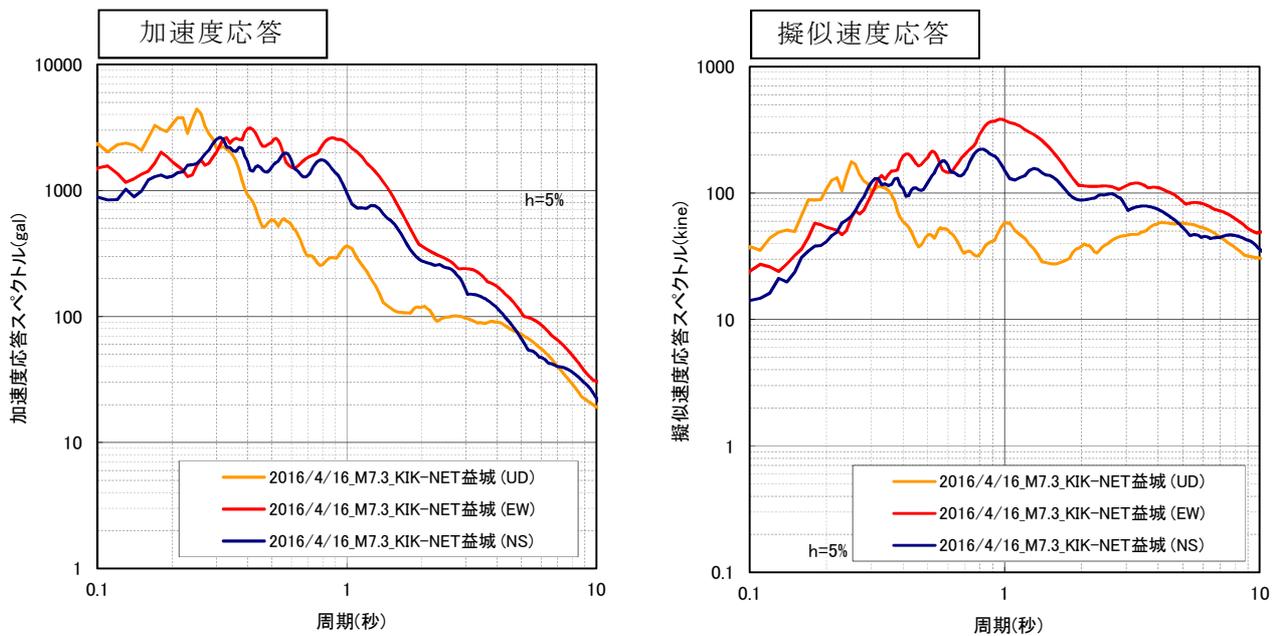


図 1.2.5 応答スペクトル (KiK-net 益城 地表 5%減衰)

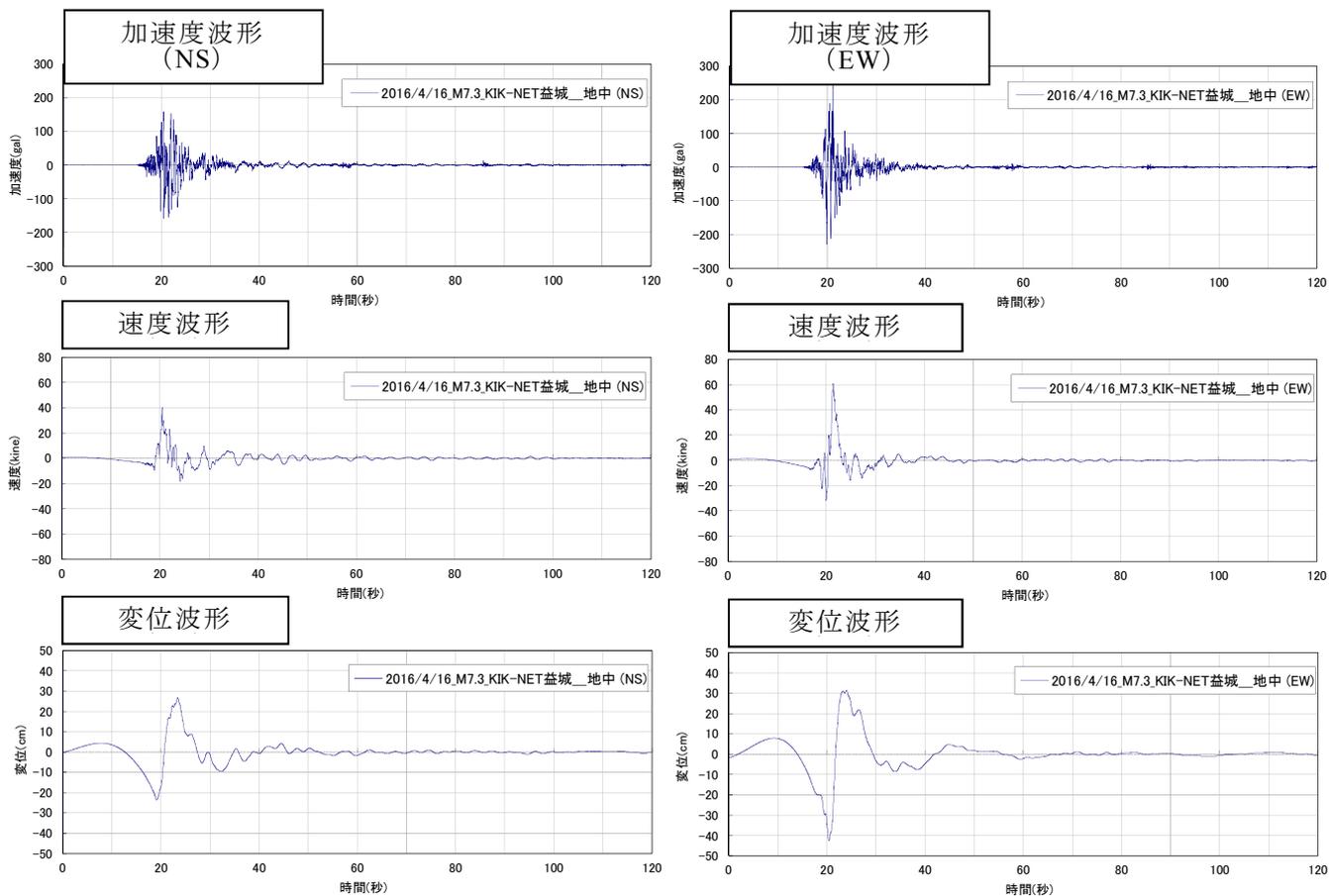


図 1.2.6 加速度・速度・変位波形 (KiK-net 益城 地中)

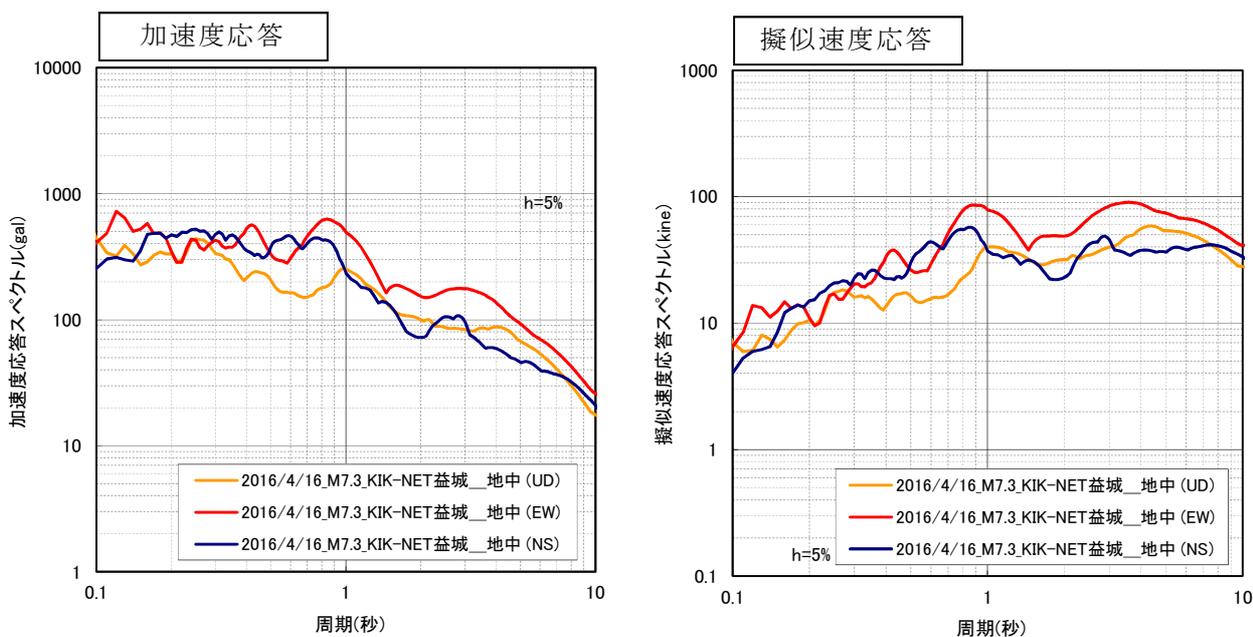


図 1.2.7 応答スペクトル (KiK-net 益城 地中 5%減衰)

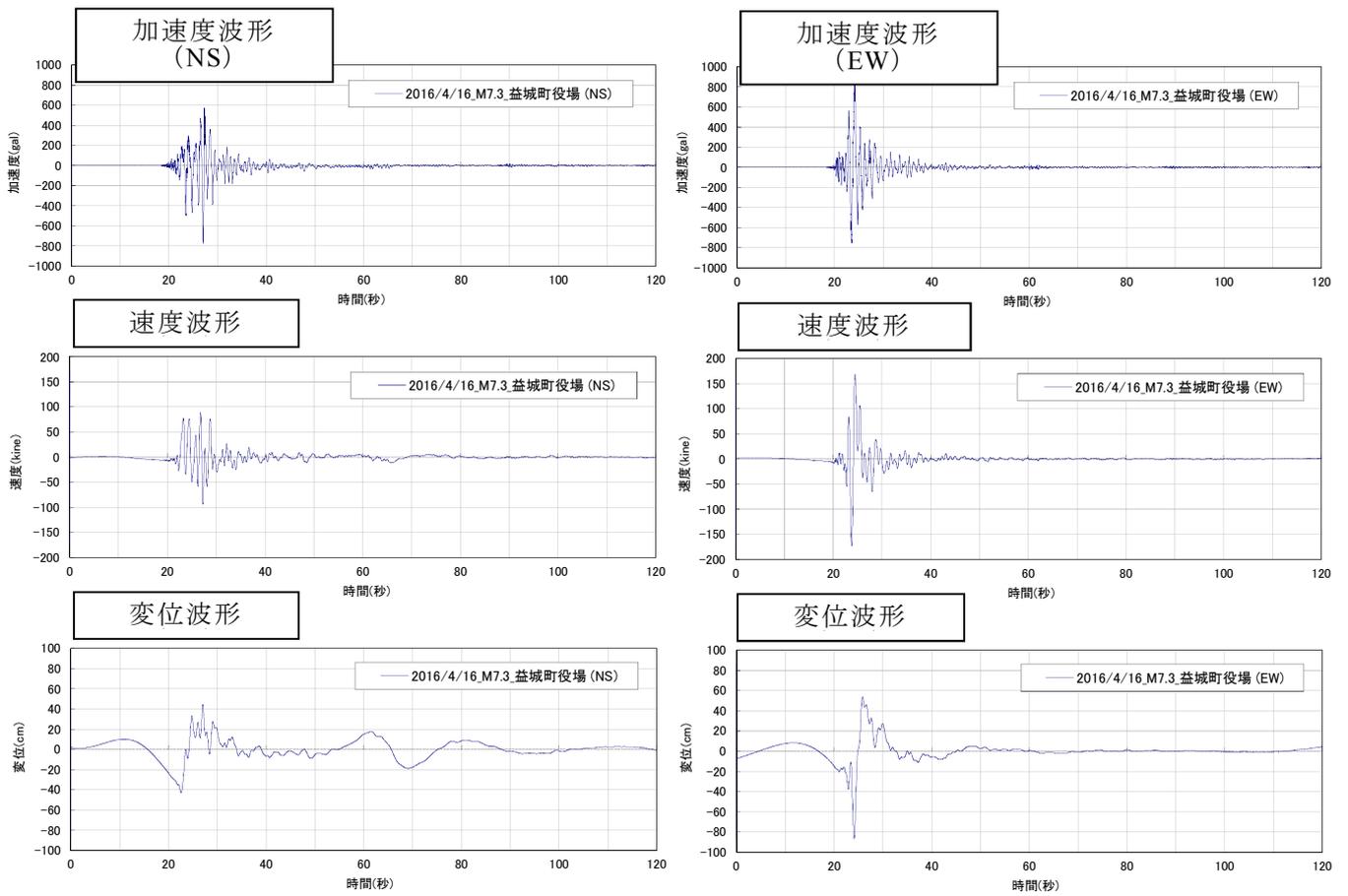


図 1.2.8 加速度・速度・変位波形（益城町役場）

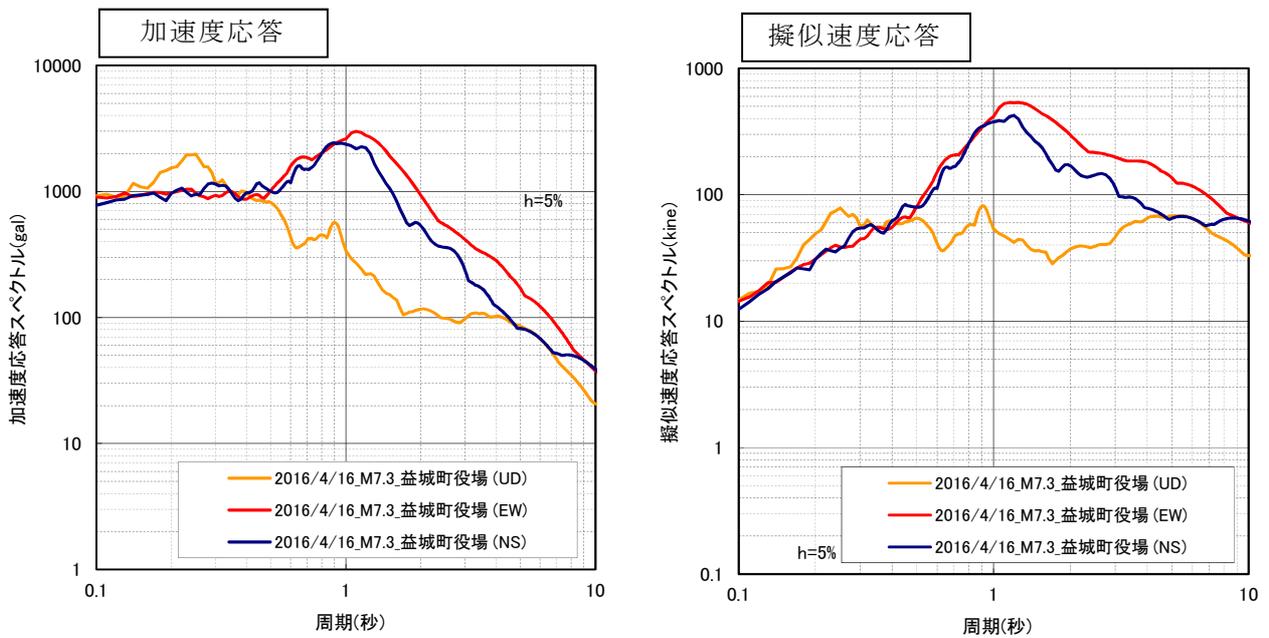


図 1.2.9 応答スペクトル（益城町役場 5%減衰）

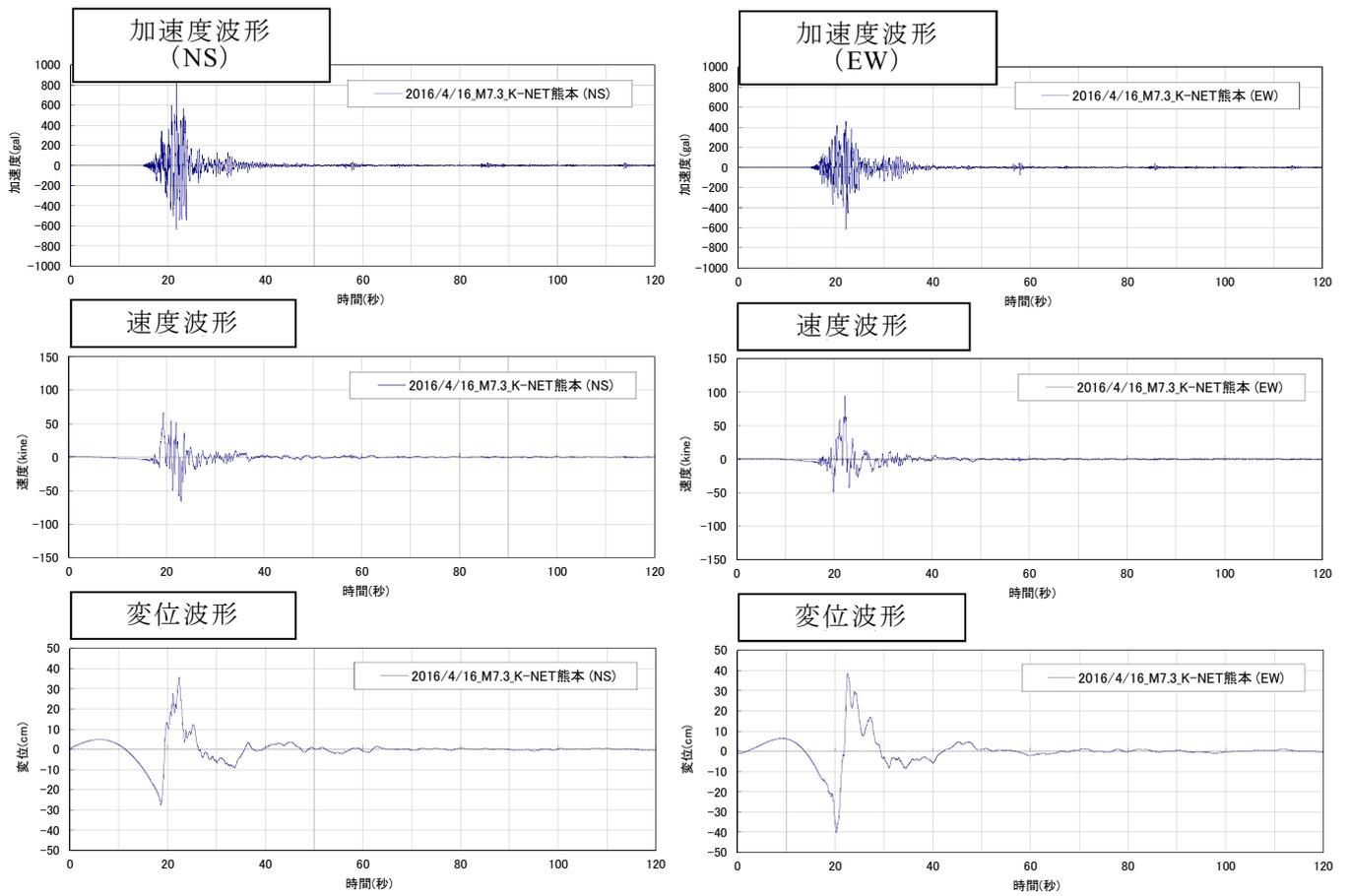


図 1.2.10 加速度・速度・変位波形 (K-NET 熊本)

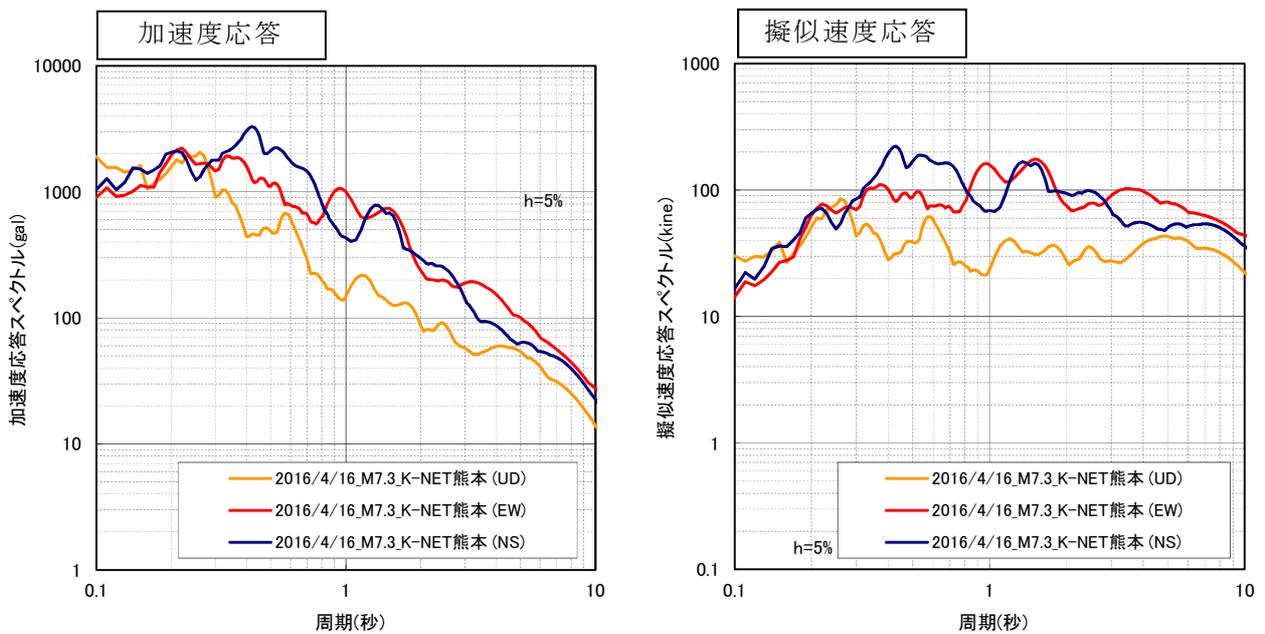


図 1.2.11 応答スペクトル (K-NET 熊本 5%減衰)

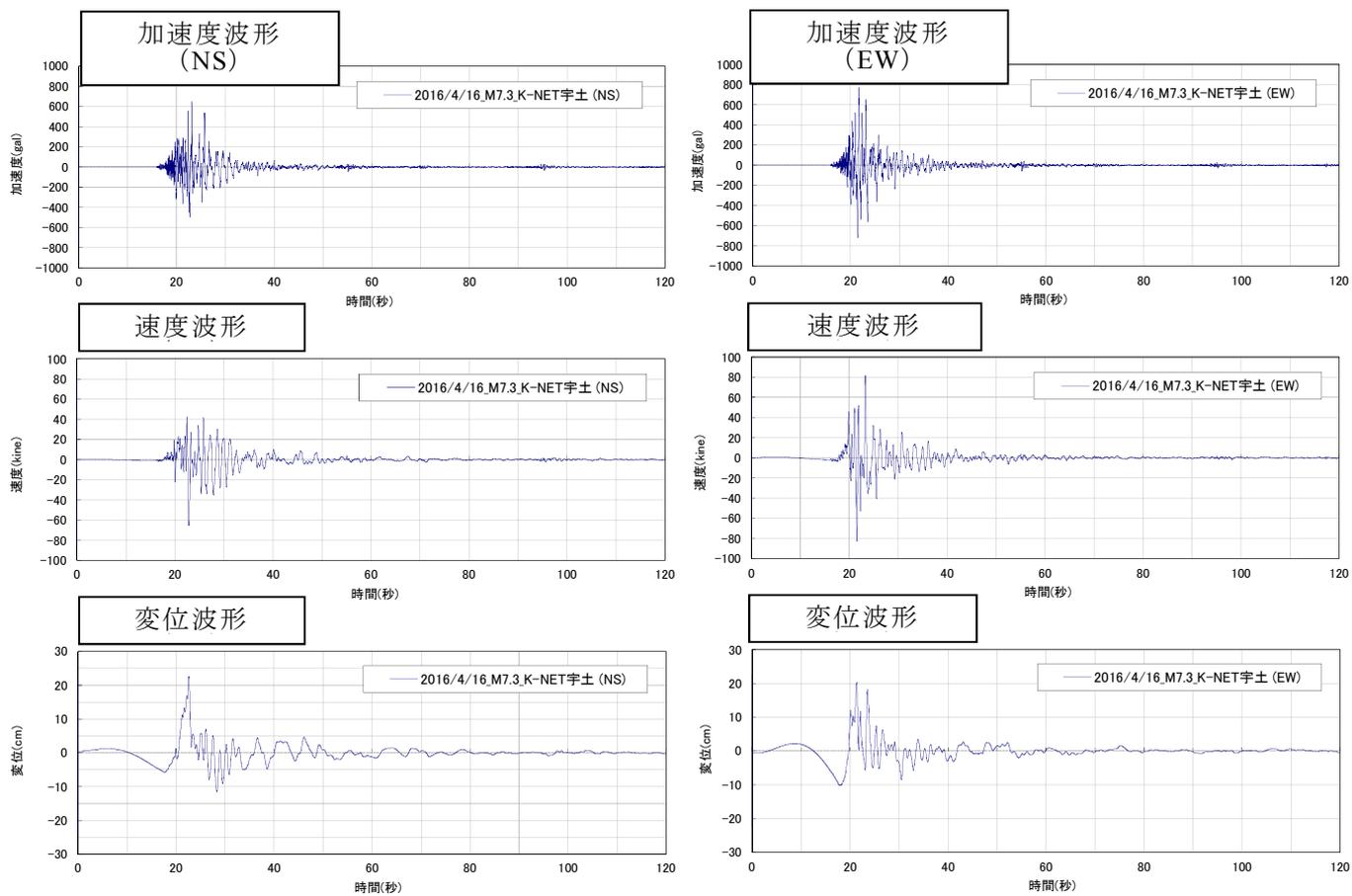


図 1.2.12 加速度・速度・変位波形 (K-NET 宇土)

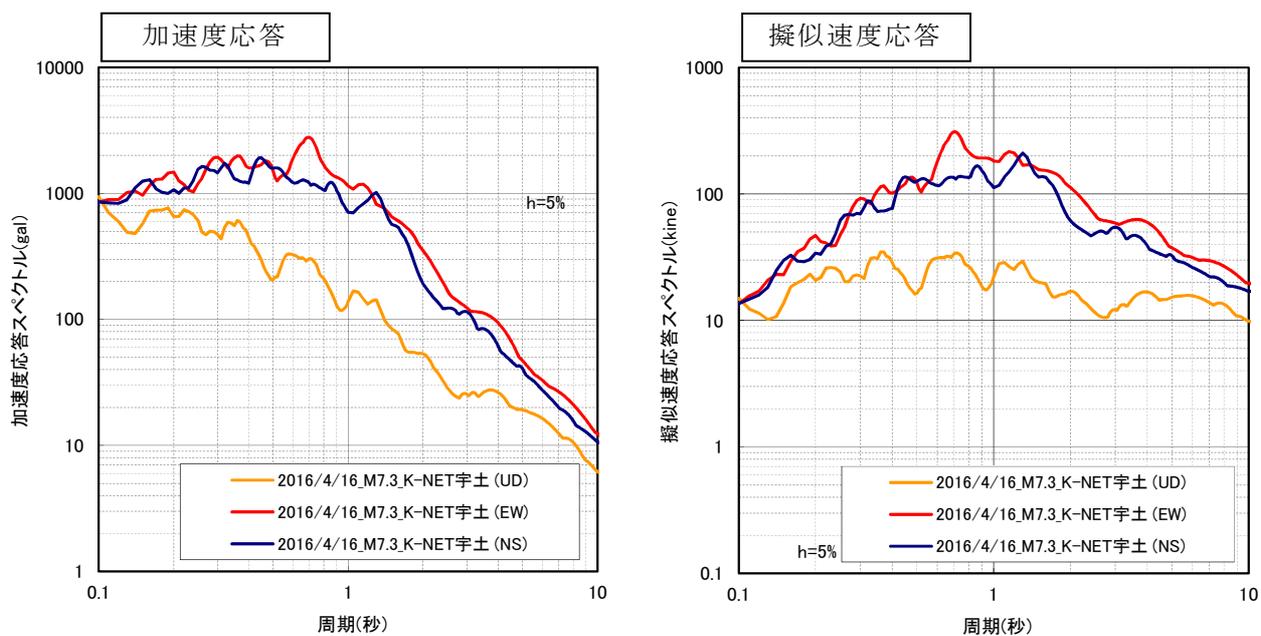


図 1.2.13 応答スペクトル (K-NET 宇土 5%減衰)

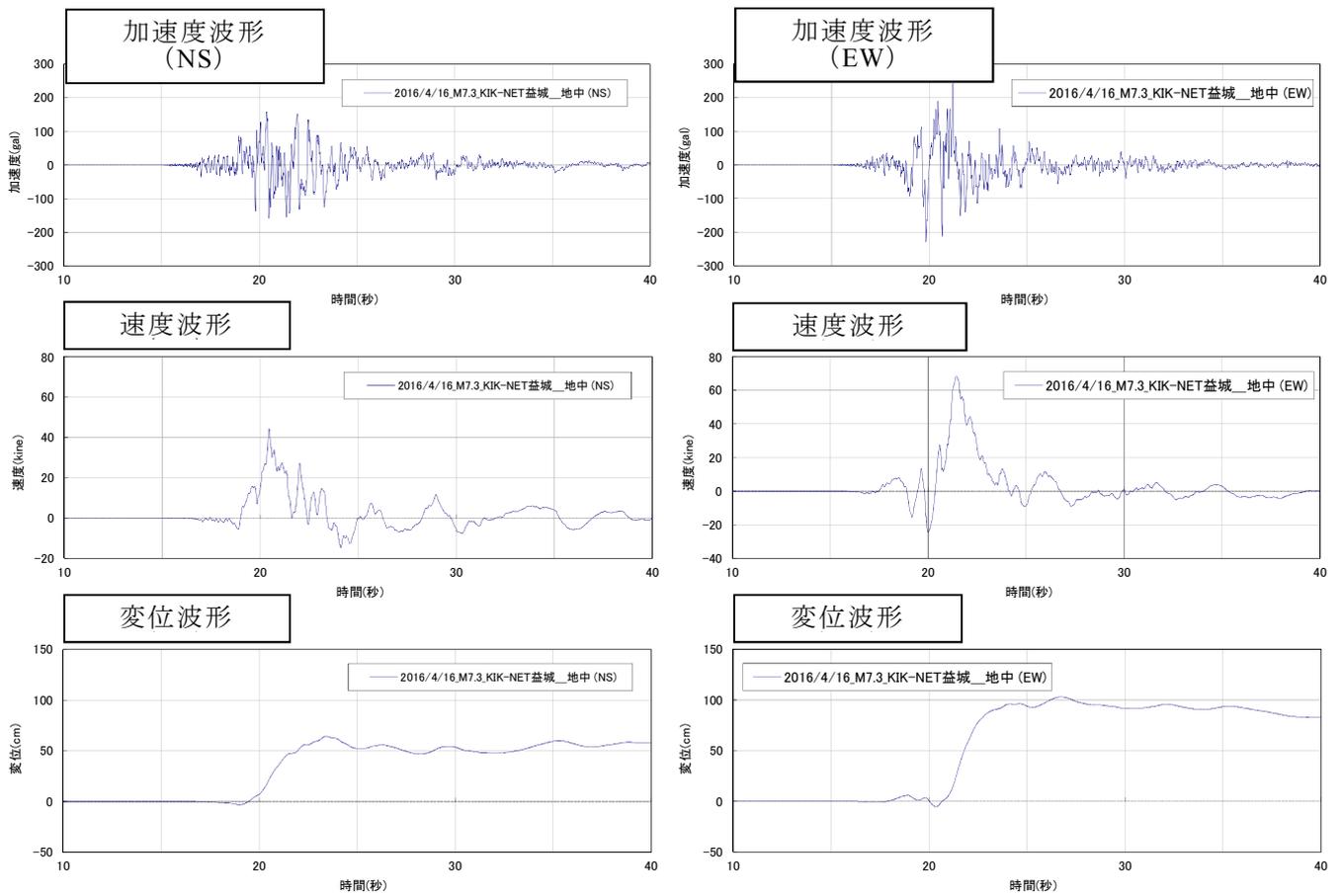


図 1.2.14 主要動部分の加速度・速度・変位波形 (KiK-net 益城 地中)

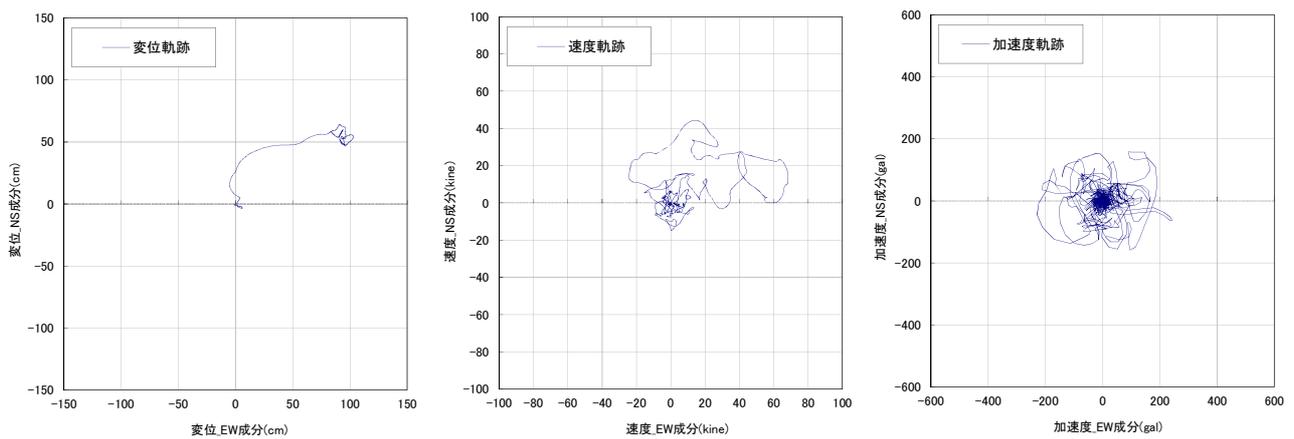


図 1.2.15 主要動部分の水平動の軌跡 (KiK-net 益城 地中)

(4) 既往観測記録との比較

今回観測された地震動（KiK-net益城および益城町役場）と過去の代表的な被害地震の地震動から計算した5%減衰の応答スペクトル（縦軸は擬似速度応答 pSv ）を図1.2.16に示す。益城町役場（EW成分）は周期1.2秒で500kine（cm/s）を超えており、加速度応答は3,000galに達する。速度応答は過去の被害地震を上回る地震動レベルとなっている。

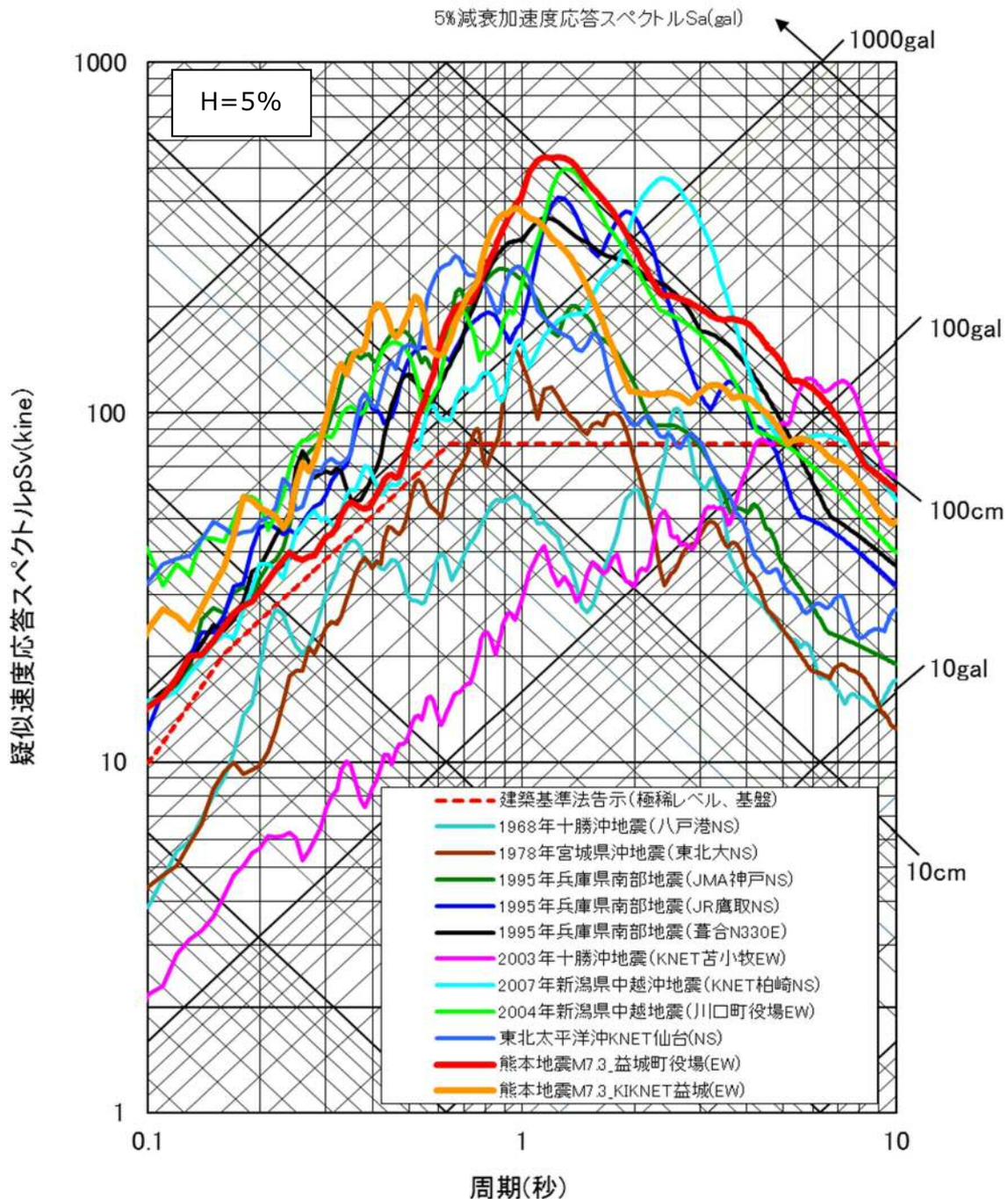


図1.2.16 熊本地震および過去の被害地震の地震動から計算した応答スペクトルの比較

1.3 過去の被害地震

表1.3.1および図1.3.1に示すように、熊本県にこれまで被害を及ぼしてきた地震は、主に陸域の浅い地震であるが、日向灘などの東方の海域で発生する地震で被害を受けることがある。

阿蘇山の西側の九州山地北西縁には布田川－日奈久断層帯が北東－南西方向に延び、この断層帯の活動度はB～C級とされている。県内の活断層（主に正断層）は、阿蘇山西縁から熊本市附近の別府－島原地溝帯に沿った地域に分布しており、布田川－日奈久断層帯では、右横ずれの活断層が分布する。

陸域の浅い被害地震は別府－島原地溝帯に沿った地域とその周辺（布田川－日奈久断層帯に沿う地域など）で発生している。別府－島原地溝帯に沿った地域で発生する地震は、阿蘇山周辺と熊本市周辺に多い。1975年に阿蘇カルデラ北部で発生した地震活動（最大M6.1）では、震源域に最も近い阿蘇市一の宮町三野地区で家屋や道路の被害が発生した。熊本市附近では、1889年に市街地のほぼ直下でM6.3の地震が発生し、死者20名、家屋の全半壊400棟以上という大きな被害が生じた。布田川－日奈久断層帯周辺では、断層帯の北東端である阿蘇山の南外輪山附近で1894年と1895年にいずれもM6.3の地震が起こり、南西側の八代～水俣附近で1619年にM6.0も地震が発生し、家屋等に被害が生じた。

このように過去の県内の浅い地震の規模はいずれも M6 程度以下であり、地震に起因した明瞭な地表のずれが確認された活断層はこれまで見つかっていなかった。

表1.3.1 熊本県内に被害を及ぼした主な地震⁸⁾

西暦（和暦）	地域（名称）	M	主な被害
1619. 5. 1 （元和 5）	肥後・八代	6.0	麦島城はじめ公私の家屋が破壊した。
1625. 7. 21 （寛永 2）	熊本	5～6	熊本城の火薬庫爆発。天守付近の石壁、城中の石垣に被害。死者約50。
1707. 10. 28 （宝永 4）	（宝永地震）	8.4	（死者20,000、家屋全壊60,000、同流失20,000。）
1723. 12. 19 （享保 8）	肥後・豊後・筑後	6.5	肥後で死者2、負傷者25、家屋倒壊396。
1769. 8. 29 （明和 6）	日向・豊後・肥後	7 3/4	延岡城・大分城で被害大。熊本領内でも、死者1、家屋倒壊115。
1792. 5. 21 （寛政 4）	雲仙岳	6.4	前山が崩れ、津波が生じた。津波による被害。肥後3郡計：死者4,653、負傷者811、家屋流失2,252。天草18ヵ村：死者343、家屋流失725。
1854. 12. 24 （安政 1）	（安政南海地震）	8.4	安政東海地震、伊予西部の地震被害と重なり区別が難しい。死者6、家屋全壊907。
1889. 7. 28 （明治22）	熊本	6.3	熊本市付近で被害大。死者20、負傷者54、住家全壊239。
1941. 11. 19 （昭和16）	日向灘	7.2	死者2、負傷者7、住家・非住家全壊19。
1946. 12. 21 （昭和21）	（南海地震）	8.0	死者2、負傷者1、住家全壊6。
1975. 1. 23 （昭和50）	阿蘇山北縁	6.1	一の宮町三野地区に被害集中。負傷者10、住家全壊16。

※主な被害は県内の被害。県内の被害が特定できない場合は（ ）内に全体の被害を記述。

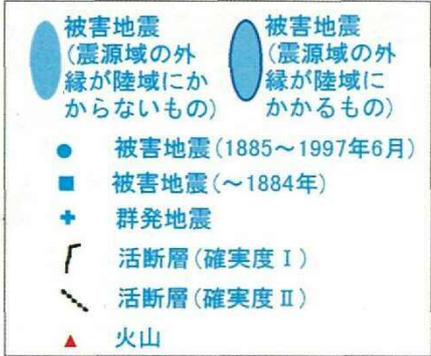
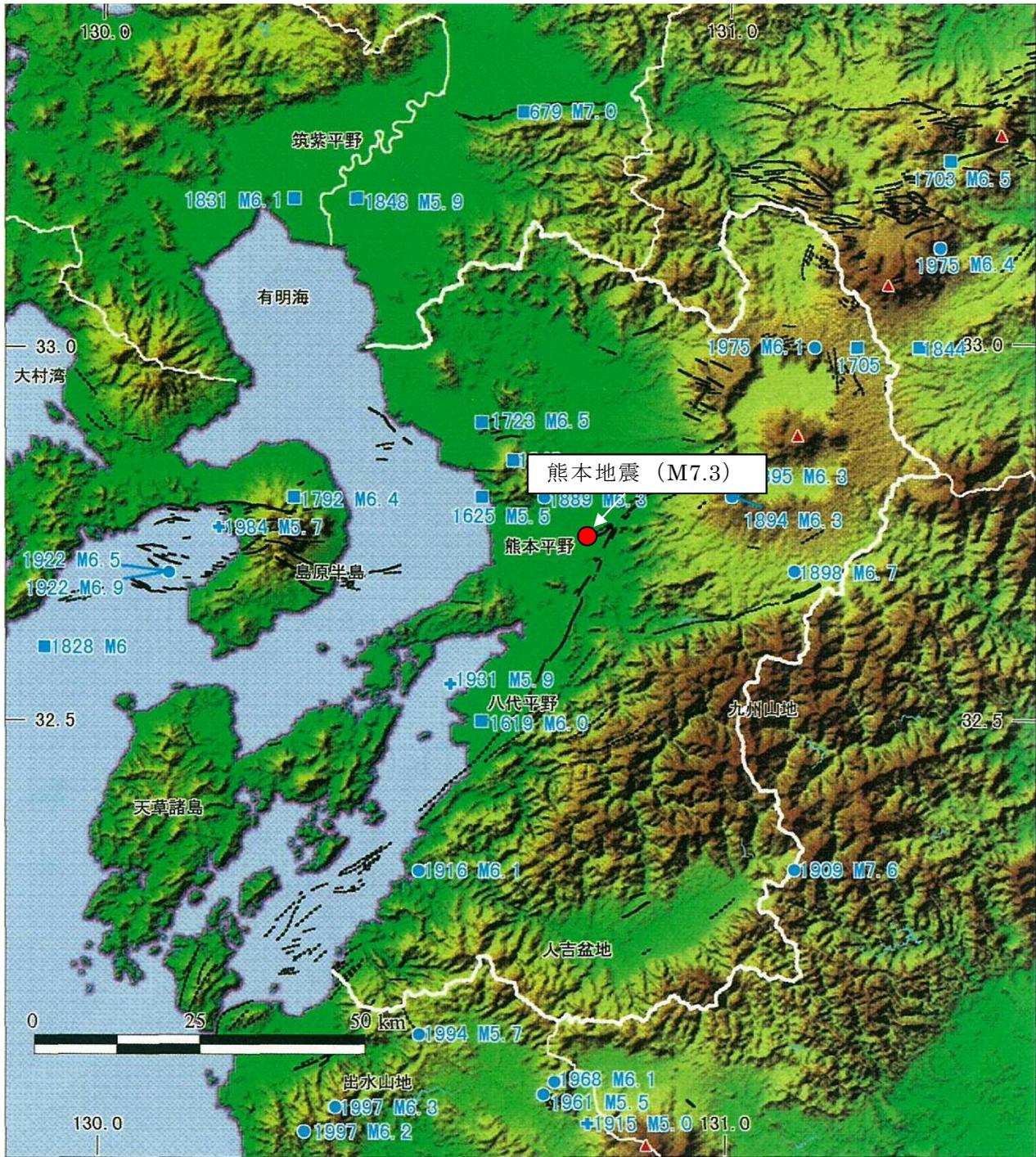


図 1.3.1 過去の被害地震の分布 ⁸⁾

1.4 地震断層

熊本地震の被害地域には図 1.4.1 に示すように布田川・日奈久断層帯が存在することが従来から知られており、2016 年熊本地震では、この断層帯で地震が発生した。ここでは、まず地震調査研究推進本部の地震調査委員会で布田川・日奈久断層帯がどのように評価されていたのかを概説し、次に地震によってどのような断層変位が現れたのかを示す。

1.4.1 布田川・日奈久断層帯の評価¹²⁾

(1)断層帯の概要

布田川断層帯は、阿蘇外輪山の西斜面の熊本県阿蘇郡南阿蘇村から上益城郡益城町木山付近を経て、宇土半島の先端に至る断層帯である。阿蘇外輪山の西側斜面から宇土半島の先端に至る活断層帯である。この断層帯は、概ね東北東-西南西方向に延び、布田川断層帯は表1.4.1に示す3つの区間に分かれ、全体の長さは約64 km 以上の可能性がある。このうち、宇土区間の一部と宇土半島北岸区間は、従来認定されておらず、重力異常の急変帯の分布などから布田川区間及び宇土区間東部の西方延長部において地下に伏在する活断層として新たに推定されたものである。

布田川区間は、南東側が相対的に隆起する上下成分を伴う右横ずれ断層であり、一部では複数の断層が並走して小規模な地溝帯を形成している。宇土区間および宇土半島北岸区間は、南東側が相対的に隆起する上下成分を伴う可能性がある。

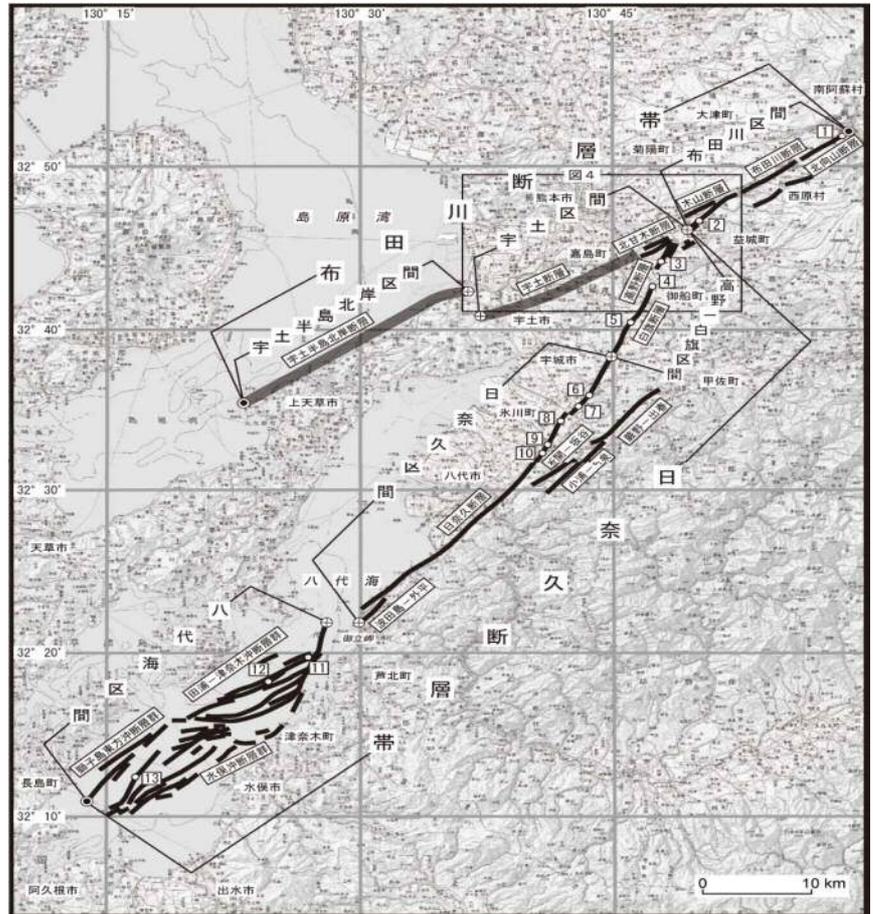


図 1.4.1 布田川断層帯・日奈久断層帯の活断層位置¹²⁾

表 1.4.1 布田川断層帯の概要

区 間	長さ	範 囲
布田川区間	約19km	南阿蘇村～益城町木山
宇土区間	約20km	益城町木山～宇土市中心部
宇土半島北岸区間	約27km	宇土市住吉町～宇土半島先端（北岸沿い）

日奈久断層帯は、益城町木山附近から芦北町を経て八代海南部に至る北東－南西方向に延びる全体の長さが約81kmに及ぶ活断層帯である。同断層帯は過去の活動時期から、表1.4.2に示す3つの区間に区分される。この断層帯は断層南東側が相対的に隆起する上下成分を伴う右横ずれ断層であり、一部では断層が並走して小規模な地溝帯を形成している。

表 1.4.2 日奈久断層帯の概要

区 間	長さ	範 囲
高野－白旗区間	約16km	益城町木山付近～宇城市豊野町山崎附近
日奈久区間	約40km	宇城市豊野町山崎～芦北町の御立岬付近
八代海区間	約30km	御立岬付近から八代海南部

(2)断層帯の過去の活動

(i)布田川断層帯

布田川断層帯は8,100～26,000年程度の平均間隔で活動した可能性がある。最新活動時期は約6,900年前から約2,200年の間と推定され、活動時のずれの量は右横ずれを主体として2m程度であった可能性がある。宇土区間及び宇土半島北岸区間は、平均活動間隔、最新活動時期や活動時のずれの量に関する資料は得られていない。

(ii)日奈久断層帯

日奈久断層帯の高野－白旗区間の平均活動間隔は不明であるが、最新活動時期は約1,600年前から約1,200年前の間と推定される。活動時のずれの量は、右横ずれを主体として2m程度であった可能性がある。

日奈久区間は、平均活動間隔が3,600年～11,000年程度である可能性がある。最新活動時期は約8,400年から約2,000年前の間と推定され、活動時には断層南東側の3m程度の相対的隆起とそれ以上の右横ずれがあったと推定される。

八代海区間は、平均して1,100年～6,400年程度の間隔で活動した可能性がある。最新活動時期は約1,700年前から約900年前の間と推定され、西暦744年（天平16年）の肥後地震の可能性がある。活動時には3m程度ずれがあったと推定されるが、ずれの向きは不明である。

(3)断層帯の将来の活動

(i)布田川断層帯

布田川・日奈久断層帯の将来予想される活動（2013年2月1日時点）を表1.4.3にまとめた。布田川断層帯の布田川区間と宇土区間では、それぞれマグニチュードが7.0程度の地震が発生すると推定されている。布田川区間では右横ずれを主体として2m程度のずれ、宇土区間では断層の南側が北側に対して相対的に高まる段差を伴い、全体として2m程度のずれを生じる可能性があるとされている。宇土半島北側区間では、M7.2程度以上の地震が発生すると推定され、断層の南側が北側に対して相対的に高まる段差を伴い、全体として3m程度以上のずれを生じる可能性があるとされている。

布田川断層帯の3つの区間は別々に活動すると推定されるが、全体が同時に活動する可能性も否定できない。その場合には、M7.5～7.8 程度以上の地震が発生すると推定される。

地震の発生確率には幅があるが、その最大値をとると、布田川区間は、今後30 年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属する。宇土区間と宇土半島北側区間では過去の活動が明らかでないため、将来このような地震が発生する確率を求めることはできない。

(ii) 日奈久断層帯

高野－白旗区間では、M6.8 程度の地震が発生すると推定され、右横ずれを主体として2m 程度のずれを生じる可能性がある。同区間では、平均活動間隔が明らかでないため、将来このような地震が発生する確率を求めることはできない。

日奈久区間では、M7.5 程度の地震が発生すると推定され、断層南東側の3m 程度の相対的隆起とそれ以上の右横ずれを伴う可能性がある。同区間において、今後30年間に地震が発生する確率はほぼ0～6%で、我が国の主な活断層の中では高いグループに属する。

八代海区間では、M7.3 程度の地震が発生すると推定され、その際には3m 程度のずれを生ずる可能性があるが、ずれの向きは不明である。同区間において、今後30年間に地震が発生する確率はほぼ0～16%で、我が国の主な活断層の中では高いグループに属する。

日奈久断層帯の3つの区間は別々に活動すると推定されるが、全体が同時に活動する可能性も否定できない。その場合には、M7.7～8.0 程度の地震が発生する可能性がある。さらに、日奈久断層帯の全体及び布田川断層帯の布田川区間が同時に活動する可能性もある。この場合には7.8～8.2 程度の地震が発生する可能性がある。

表 1.4.3 将来発生する可能性のある地震の規模と発生確率

断層帯	区 間	予想される地震規模	今後 30 年以内の地震発生確率
布田川断層帯	布田川区間	M7.0 程度	ほぼ 0～0.9%
	宇土区間	M7.0 程度	不明
	宇土半島北岸区間	M7.2 程度	不明
	布田川断層帯全体が活動する場合	M7.5～7.8	—
布田川区間と日奈久断層帯全体が活動する場合		M7.8～8.2	—
日奈久断層帯	高野－白旗区間	M6.8 程度	不明
	日奈久区間	M7.5 程度	ほぼ 0～6%
	八代海区間	M7.3 程度	ほぼ 0～16%
	日奈久断層帯全体が活動する場合	M7.7～8.0	—

文献 12 をもとに作成

1. 4. 2 活断層と2016年熊本地震の地表地震断層の関係

4月14日21時26分に発生したM6.5および4月15日0時3分に発生したM6.4の地震の震源域附近には日奈久断層帯が存在している。同断層帯では、図1.4.2に示すように、高野―白旗区間の北部の長さ約6kmにわたって地表地震断層が確認された。変位量は高木地区で最大約75cmに達し、そこから北側と南側に向かって減少する(図1.4.3)。これらの地震は同断層帯の高野―白旗区間の活動によると考えられ、地震断層は、今までに報告されていた活断層とほぼ一致する場所に出現した。

4月16日のM7.3の地震の震源附近には布田川断層帯が存在する。この地震は主に布田川断層帯の布田川区間の活動によると考えられる。地表変位は日奈久断層帯との接合点より約3km西側を西端とし、東側は従来認められていた活断層の端点より約4km東側の阿蘇カルデラ内まで長さ28kmにわたって認められた(図1.4.2)。布田川断層帯の右ずれ変位量は益城町堂園附近で最大2.2mに達するが、多くの場所では断層が分散・分岐するため、正確な変位量の困難な場所が多いが、堂園附近から西原村の大切畑ダムに至る約10kmの範囲では、全体として2m前後の右横ずれ変位量を持つと推定される(図1.4.3、図1.4.4)。

図1.4.5には国土地理院で作成された航空写真から判読された地表の亀裂分布を示す。布田川断層帯に沿った部分に断続的な亀裂が認められ、同断層帯が活動したことがうかがえる。

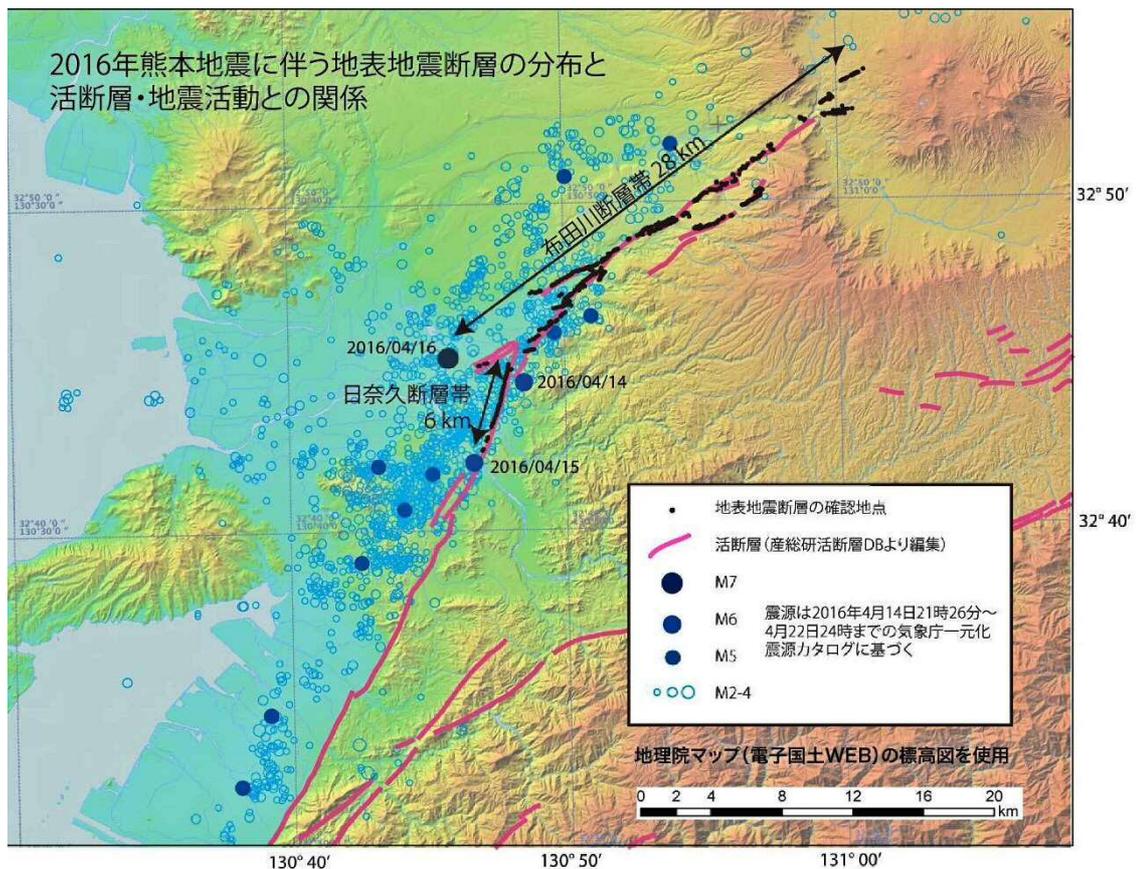


図 1.4.2 2016年熊本地震に伴う地表地震断層の分布と活断層・地震活動との関係³⁾

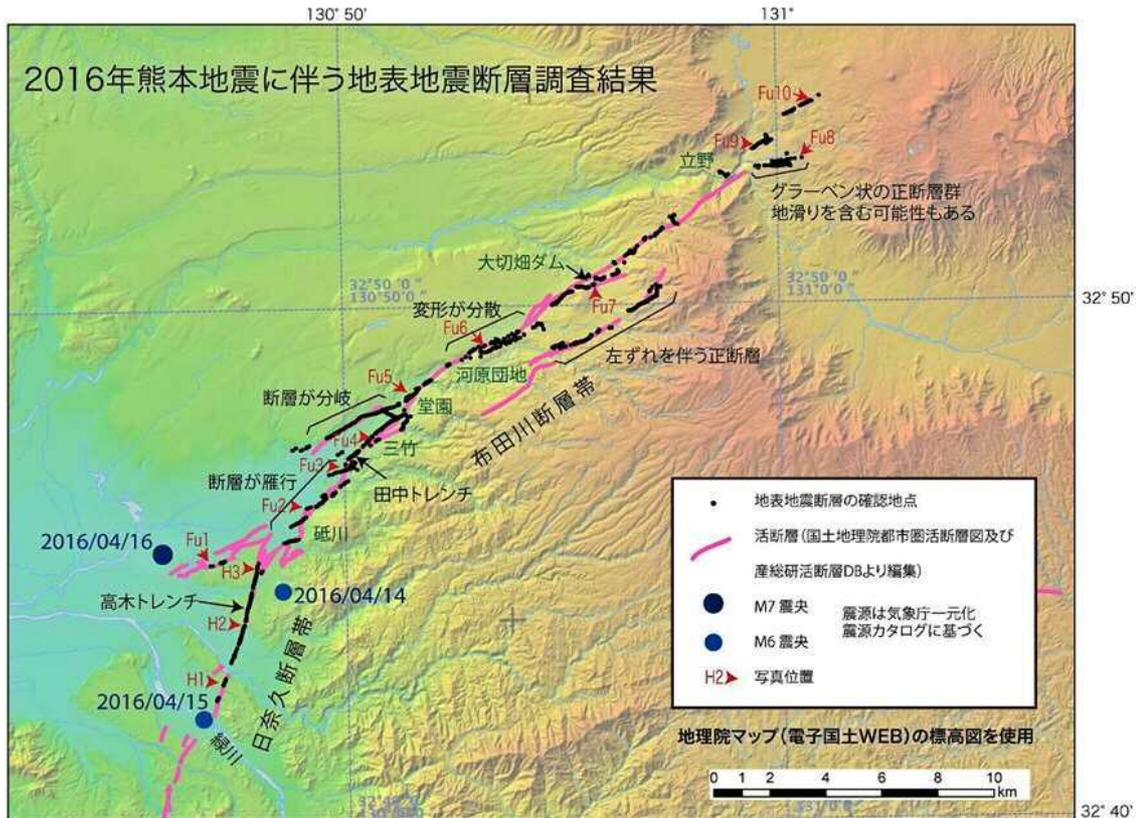


図 1.4.3 2016 年熊本地震に伴う地表地震断層調査結果 ³⁾

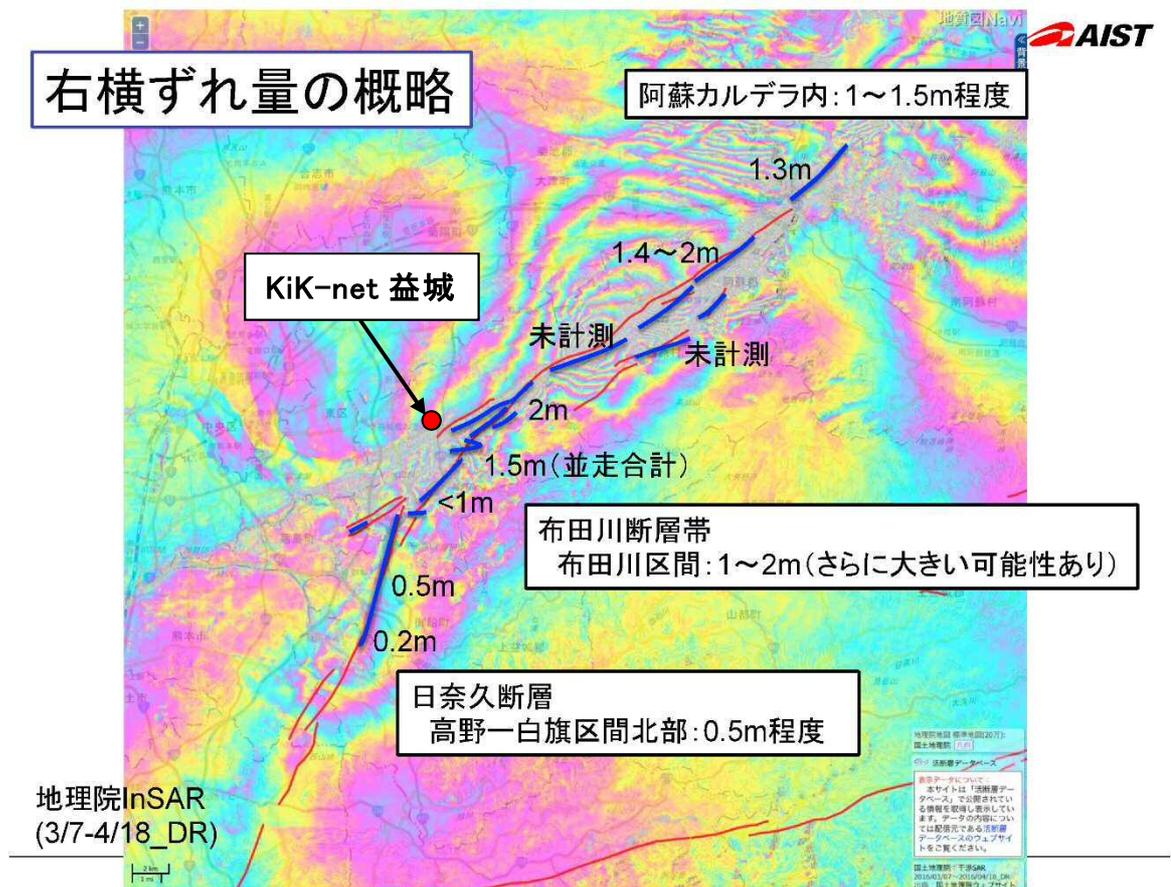


図 1.4.4 2016 年熊本地震における地表地震断層の概略の横ずれ量 (文献 11 に加筆)

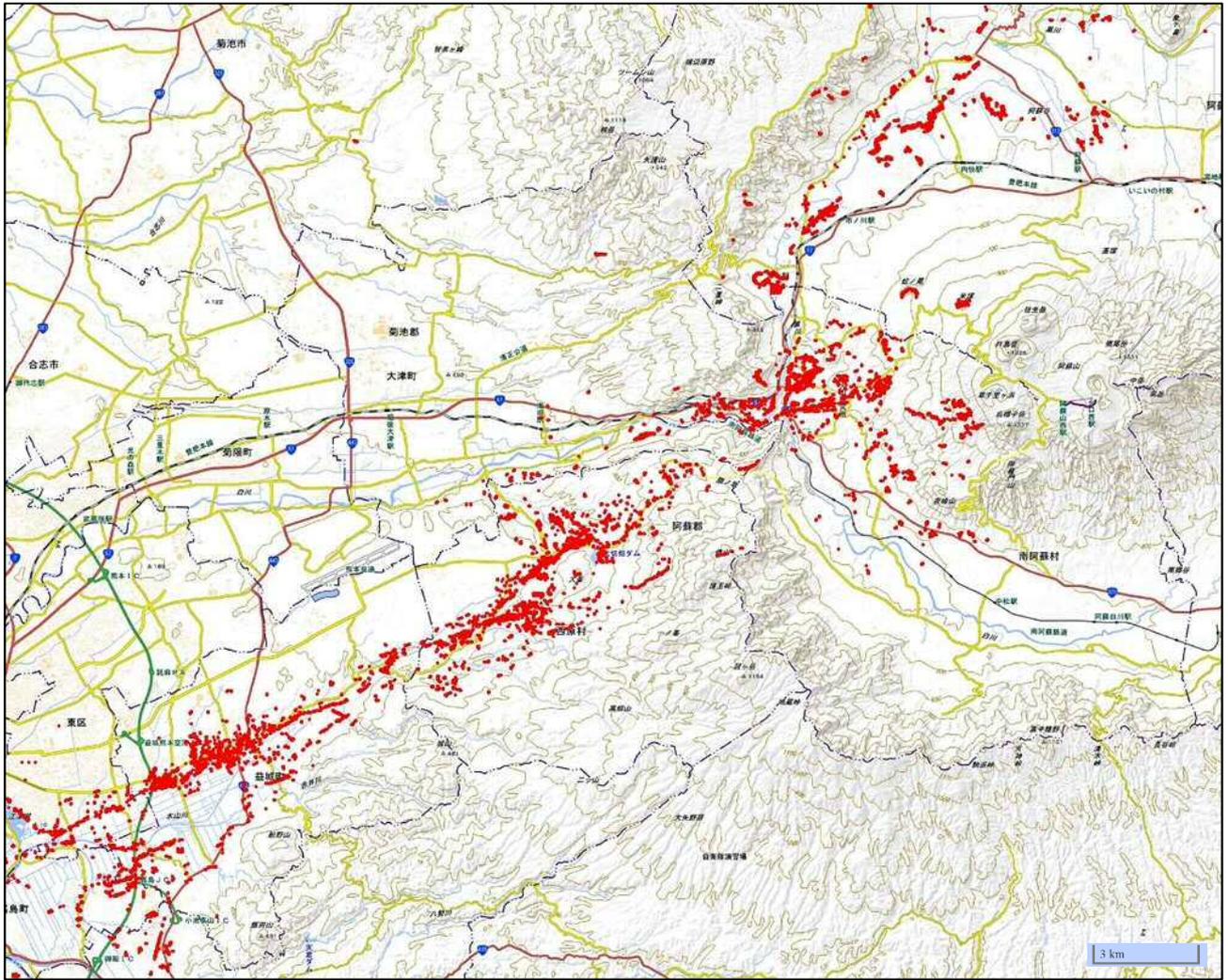


図 1.4.5 布田川断層帯周辺の地表の亀裂分布¹³⁾

1. 4. 3 地表に現れた地震断層

2016年熊本地震において地表に現れた地震断層は前述のように数多く報告されている。ここでは、現地で確認された布田川断層帯の布田川区間の益城町における地震断層について示す。

写真 1.4.1～写真 1.4.5 は益城町下陳地区の木山川南岸沿いに東北東－西南西に延びる地震断層である。写真 1.4.1 は国土地理院の空中写真¹³⁾から判読した地盤亀裂をトレースしたものである（後述の写真 1.4.6 も同様）。写真 1.4.3 に示した畦道では 40～50cm 程度の水平の食い違いがみられる。写真 1.4.5 に示すようにビニールハウスの直下を斜めに横断した断層によりビニールハウス本体にわずかな変形が生じていた。

写真 1.4.6～写真 1.4.10 は益城町下陳地区から約 500m 東北東の益城町堂園地区の地震断層である。益城町下陳地区から続く一連の地震断層と考えられる。写真 1.4.7～写真 1.4.8 は麦畑を断層が横断したため、麦畑の畦が最大 2.2m ずれた様子である（写真 1.4.6 地点 A）。

地盤変状は水平変位のみで、鉛直方向の変動は認められない。写真 1.4.9～写真 1.4.10 は 2.2m の水平ずれが認められた地点から約 750m 北東の木山川近傍の地点（写真 1.4.6 地点 B）の断層変位の様子である。雁行状の地割れが続いているが、一部では 15～20cm 程度の鉛直方向の段差が見られる箇所も認められた。

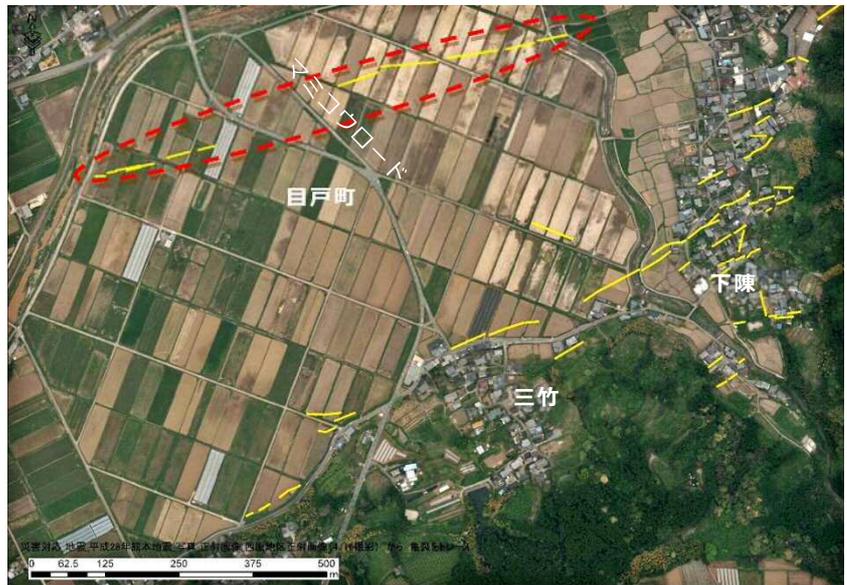


写真 1.4.1 益城町下陳附近の地割れ（航空写真¹⁴⁾を判読）

写真 1.4.11 は断層の影響で壊れたと思われる県道 28 号

の軽量盛土の擁壁である。写真 1.4.12 は同年 6 月後半に撮影したものであるが、その後の余震によって被害地点上部の斜面が崩壊していることが分かる。写真 1.4.13 は B 地点近傍の斜面崩壊の様子、写真 1.4.14 は A 地点の 2.2m の水平変位があった場所の近傍の墓石の水平移動と回転の様子を示している。



写真 1.4.2 田面に現れた断層の亀裂（益城町下陳）



写真 1.4.3 田んぼの畦道のずれ（益城町下陳）



写真 1.4.4 道路を斜めに横切る断層(益城町下陳)



写真 1.4.5 直下を通った断層のため変形したビニールハウス(益城町下陳)

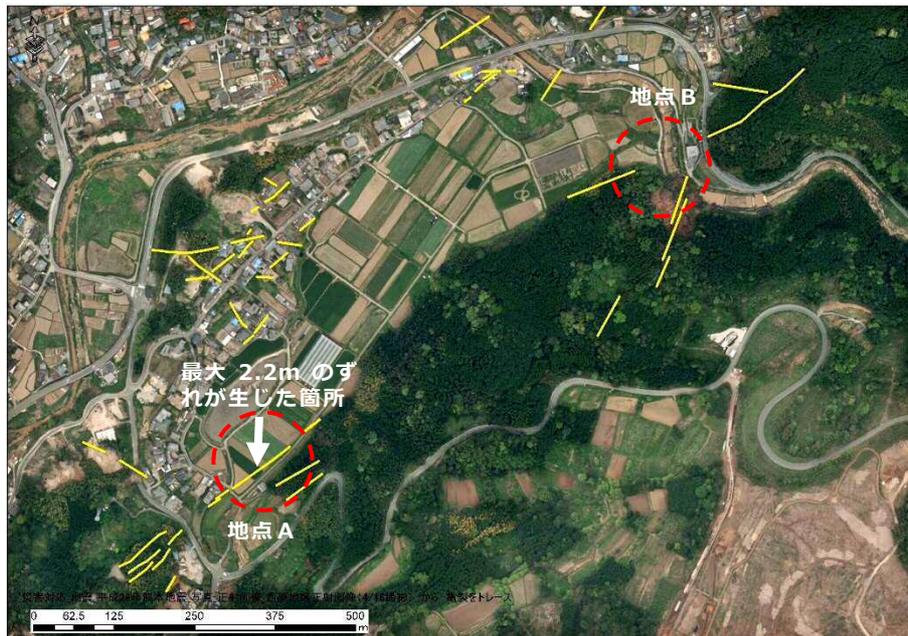


写真 1.4.6 益城町堂園附近の地割れ(航空写真¹⁴⁾を判読)



写真 1.4.7 断層によってずれた麦畑の畦(地点A)



写真 1.4.8 同左 近景 2.2m の横ずれ変位(地点A)



写真 1.4.9 断層による地割れ (地点 B)



写真 1.4.10 一部の区間では鉛直変位も認められた (地点 B)

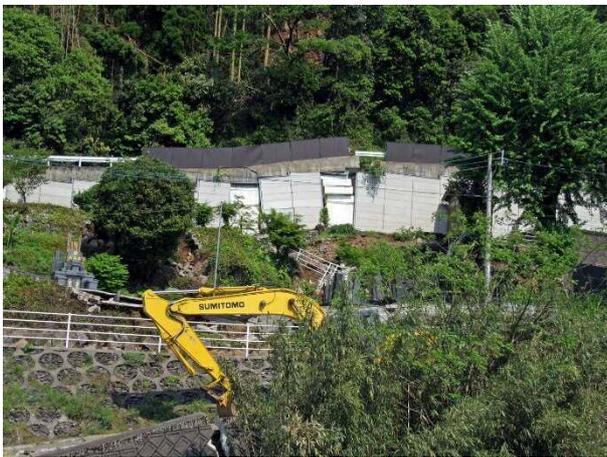


写真 1.4.11 断層によって被害を受けた軽量盛土擁壁 (地点 B) 4月29日撮影



写真 1.4.12 同左 余震によって被害地点上部で斜面崩壊が発生している (地点 B) 6月21日撮影



写真 1.4.13 断層近傍の斜面崩壊 (地点 B)



写真 1.4.14 断層近傍の墓石の移動・回転 (地点 A)

【第1章の引用・参考文献】

- 1) 気象庁：震度データベース検索，<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 2) 気象庁：「平成28年（2016年）熊本地震」について（第6報）」，報道発表資料，平成28年4月15日15時30分
- 3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：平成28年（2016年）熊本地震の評価，2016年5月13日
- 4) 防災科学技術研究所：近地強震記録を用いた平成28年（2016年）熊本地震（4月14日21時26分、M 6.5）の震源インバージョン解析（2016/5/12改訂版）
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto_20160414/inversion/
- 5) 気象庁：平成28年（2016年）熊本地震の関連情報－震央分布図及び時空間分布図（毎日16時頃更新）http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/kouiki.pdf
- 6) 防災科学技術研究所：近地強震記録を用いた平成28年（2016年）熊本地震（4月16日1時25分、M 7.3）の震源インバージョン解析（2016/5/12改訂版）
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto_20160416/inversion/
- 7) 防災科学技術研究所：2016年4月16日熊本県熊本地方の地震による強震動
http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto_20160416/kumamoto201604160125.pdf
- 8) 地震調査研究推進本部：地震調査委員会編，日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－（追補版），熊本県，P.330-333，1999.
- 9) 防災科学技術研究所：強震観測網（K-NET、KiK-net）、
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/quake/>
- 10) 気象庁：地方公共団体震度計の波形データ
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/160416_kumamoto/index2.html
- 11) 吉見雅行：平成28年熊本地震で出現した（地表）地震断層 調査概報、土木学会 平成28年熊本地震 地震被害調査結果速報会、2016.
- 12) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：布田川断層帯・日奈久断層帯の評価（一部改訂）、2013.
- 13) 国土地理院：電子国土 Web、<http://maps.gsi.go.jp/#16/32.791820/130.822062/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j010u0f0>
- 14) 国土地理院：平成28年熊本地震に関する情報_地理院地図（空中写真等）
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html#1>

一口メモ

熊本地震では最大 1500gal（3 成分合成）を超える地震動が観測された。右の写真も地震動（鉛直）が大きかったことをよく表している。同写真は南阿蘇村の京大火山研究センターの麓にある「西南の役戦跡公園」内の石碑前の石が地震で跳んだ状況で、元々、右の穴の位置にあった石が、地震で跳び上がり、1m 程離れた位置に落下したと考えられる。

石が跳び上がるということは、重力加速度（=980gal）を超える上向きの地震動が作用したことを示すものである。



2. 被害の概要

2.1 概要

2016年熊本地震による被害の範囲は熊本県を中心として近隣の大分県、宮崎県、福岡県に及んでいるが、大半が熊本県の震源域付近の地域に集中している。震源近傍では最大震度7の強烈な地震動に見舞われ、全壊家屋8,204棟、倒壊家屋の下敷きや土砂災害等による死者120名（災害関連死70名を含む）を出した（9月30日現在、消防庁¹⁰⁾。震度7は4月16日の地震（M7.3）だけではなく、4月14日の地震（M6.5）でも観測された。震度7を観測した地点は、4月14日の地震（M6.5）では熊本市の東隣の益城町、4月16日の地震（M7.3）では益城町、西山村である。

前述したように、既往の活断層の存在が知られている地域で地震が発生し、地震断層が各所で地表に現れた。地震断層の影響については、まだ明確にはなっていないが、断層の近傍では大規模な斜面崩壊や地すべり、家屋の集中的な倒壊等の被害が見られた。なかでも南阿蘇村立野では黒川沿岸の斜面が大きく崩壊し、山裾の国道57号とJR豊肥線を埋没するとともに、国道57号に合流する国道325号に架かる阿蘇大橋（橋長206m）が落橋した。熊本市や周辺地域には白川、緑川等の河川が多くあるが、そこに架かる橋梁や堤防でも被害が見られた。また、福岡県と鹿児島県を結ぶ九州自動車道や佐賀県と大分県を結ぶ大分自動車道では、路面の段差や土砂崩落、橋梁の損傷等が発生し、延長507kmの区間が通行止めとなった。また、九州新幹線では回送中の車両が脱線した。

今回の地震の被害の大きさを把握するために、人的被害、住宅被害、被害額等について比較を行った。対象は、近年発生した内陸型の被害地震でM7前後の1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震並びに今回の熊本地震である。これらの地震ではいずれも最大震度が7である。

熊本地震による死者は120名、負傷者は2,337名（9月30日現在）で、新潟県中越地震に比べて死者数は4割ほど多いが、負傷者は中越地震の方が2倍強程度多くなっている。神戸という大都市の直下で起こった兵庫県南部地震との比較では、地震規模は同じであったが、死傷者数や住宅被害などははるかに兵庫県南部地震の方が多。これは被害地域が抱える人口の密集度（暴露人口）の差が現れていると考えられる。また概算の被害額は新潟県中越地震と同程度となっている。

表2.1.1 過去の地震との被害規模の比較

地震名	兵庫県南部地震 ¹⁾	新潟県中越地震 ³⁾	熊本地震 ¹⁰⁾
発生年	1995年1月17日	2004年10月23日	2016年4月16日
マグニチュード	7.3	6.8	7.3
深さ	16km	13km	12km
最大震度	7	7	7
被害額	約9兆9千億円 ²⁾	約3兆円 ⁴⁾	約2.4～4.6兆円 ⁸⁾
人的被害	死者	6,434人	68人
	行方不明	3人	0人
	負傷者	43,792人	4,805人
住家被害	全壊	104,906棟	3,175棟
	半壊	144,274棟	13,810棟
	一部破損	390,506棟	105,682棟
避難関連	避難者	316,678人 ⁵⁾	約103,178人 ⁶⁾
	避難所数	1,153箇所 ⁵⁾	603箇所 ⁶⁾
			855箇所 ⁷⁾

2.2 人的被害・避難

(1) 死傷者¹⁰⁾

表2.2.1に示すように、消防庁¹⁰⁾によれば、震災による直接の死者は120人、負傷者は2,337人（重傷849人、軽傷1,488人）となっている（9月30日現在）。死者120人のうち50人は震災による直接の犠牲者（警察の検視により確認）であり、残りの70人は震災後の災害における負傷の悪化または身体的負担による疾病による死亡者（いわゆる震災関連死）である。表2.2.2は熊本県による市町村別の死者数である。総数が消防庁と違うのは、震災関連死者数が異なるためである。

死亡者はすべて熊本県で発生しており、その内訳を表2.2.2に示す（熊本県資料⁹⁾）。同表の①の震災による直接の死者数50人のうち、4月14日の地震（M6.5）で9人（益城町7人、熊本市東区2人）、4月16日の地震（M7.3）で41人（益城町13人、南阿蘇村16人他）が犠牲になっている。家屋倒壊による死者は益城町を中心に37人に及び、また南阿蘇村では3箇所の土砂崩れによって10人が死亡している。

表 2.2.1 人的被害（4月14日からの累計）¹⁰⁾

場所	死亡 ^{*1}	重傷	軽傷
福岡県	0	1	17
佐賀県	0	4	9
熊本県	120	837	1,433
大分県	0	4	24
宮崎県	0	3	5
合計	120	849	1,488

※1 この中には震災後における災害による負傷の悪化又は身体的負担による疾病により死亡したと思われる死者数70人が含まれる。

表 2.2.2 熊本県における死者数の内訳（熊本県資料⁹⁾をもとに作成）

市町村名	死者数				計
	①	②	③	④	
熊本市	4	39	35	2	45
宇土市	0	2	0	2	4
菊池市	0	1	1	0	1
合志市	0	3	3	0	3
大津町	0	3	3	0	3
阿蘇市	0	2	0	0	2
高森町	0	1	0	0	1
南阿蘇村	16	1	0	0	17
西原村	5	0	0	0	5
御船町	1	1	0	0	2
嘉島町	3	1	1	0	4
益城町	20	3	3	0	23
八代市	1	1	1	0	2
氷川町	0	1	0	0	1
上天草市	0	0	0	1	1
合計	50	59	47	5	114

① 警察が検視により確認している死者数(50人)

② 災害による負傷の悪化又は身体的負担による疾病により死亡したと思われる死亡者数(33人)

③ ②のうち市町村において災害が原因で死亡した認められた死者数(18人)

④6月19日から6月25日に発生した被害のうち熊本地震との関連が認められた死者数(5人)

(2) 避難所・避難者数

図2.2.1と図2.2.2に熊本県の避難者数および避難所数の推移を示す。避難者数が最大であったのはM7.3の地震が発生した翌日の4月17日の午前であり、避難者数183,882人、避難所数855箇所

に達した。
M6.5の地震が起こった翌日の4月15日の午前の時点での避難者数は44,449人、避難所数は505箇所であり、その後、多くの人々が自宅に戻ったのか、同日午後の時点では避難者数が7,262人まで減少した。しかし、M7.3の地震後に急速に避難者数が増加し、前述の18万人を超える住民が避難することとなった。

地震から1ヶ月後には避難者数は約1万人に減少したが、7月10日現在でも5千人弱の人々が避難生活を強いられている。

このように未だに5千人弱の人々が避難生活をしているのは、家屋が大きな被害を受けたことが大きな理由であると考えられるが、この他に、余震が続いていることに対する不安もあるのではないかと考えられる。

図2.2.3には余震回数の推移を示すが、7月12日現在で余震回数(震度1以上)は1,881回に達しており、6月にも震度5弱が1回、震度4が4回起きている。

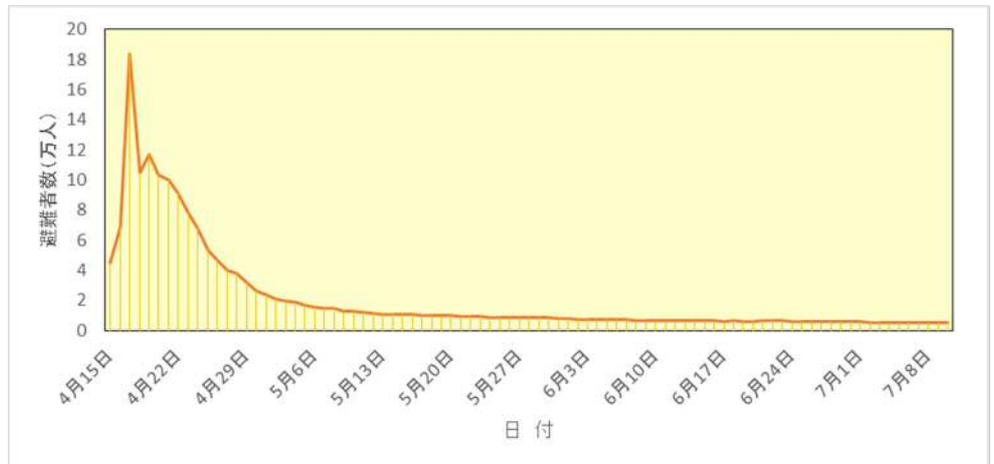


図 2.2.1 避難者数の推移 (文献 9 のデータに基づいて作成)

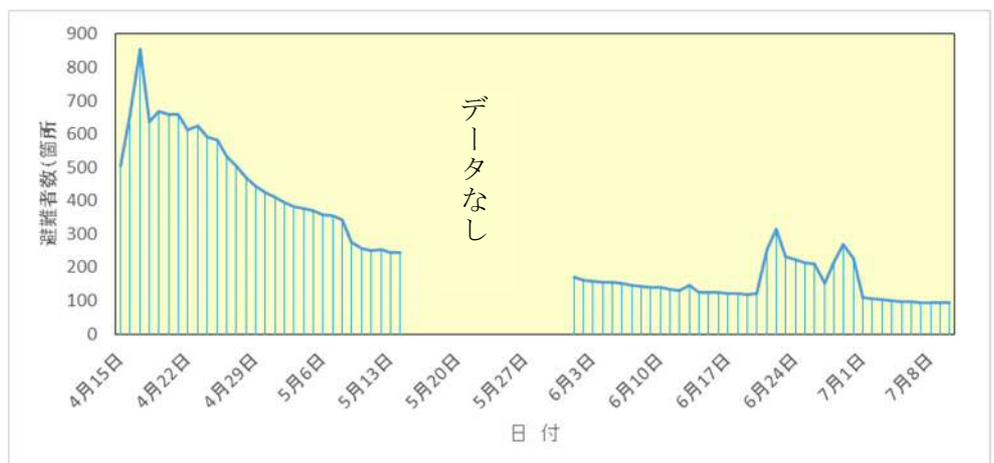


図 2.2.2 避難所数の推移 (文献 9 のデータに基づいて作成)

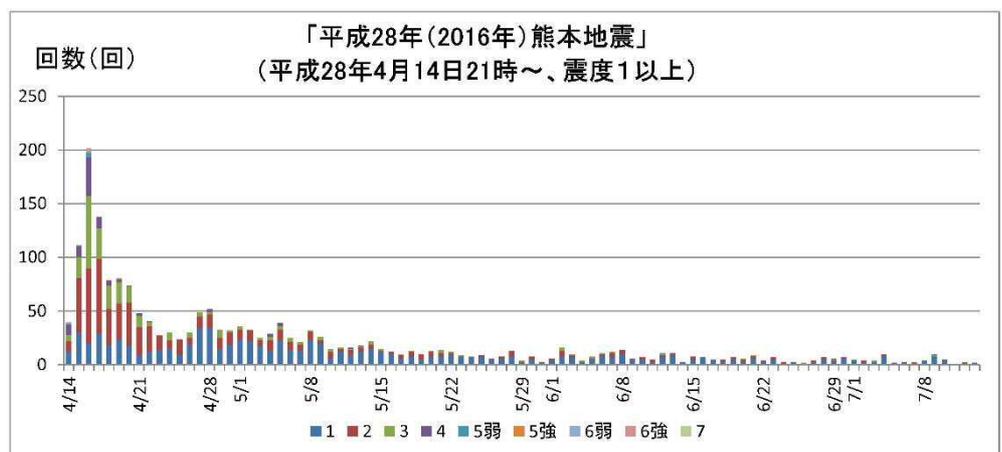


図 2.2.3 余震回数の推移¹¹⁾

2.3 施設の被害

(1) 建築物・宅地

建物被害は、全壊8,204棟、半壊30,390棟、一部破損139,320棟に上る（9月30日15時30分現在）¹⁰⁾。また火災が16件報告されている。

表2.3.1は熊本県で実施された建物（約55,000棟）の被災度判定結果である。これによると、調査総数の27.7%にあたる15,413棟が危険（赤）と判定されている。

表 2.3.1 被災建築物の応急危険度判定実施結果 ¹²⁾

単位（件）（5月23日現在）

都道府県名	市町村名	危険(赤)	要注意(黄)	調査済(緑)	計
熊本県	熊本市	5,552	9,611	13,394	28,557
	その他の市町村	9,861	8,479	8,646	26,986
計		15,413	18,090	22,040	55,543
割合		27.7%	32.6%	39.7%	

その他の市町村：益城町、西原村、御船町、菊陽町、宇土市、南阿蘇村、高森町、甲佐町、山都町、宇城市、美里町、嘉島町、氷川町、菊池市、大津町、阿蘇市、南小国町

一方、宅地の危険度判定も約19,000箇所で行われている（5月23日現在）。危険度判定結果を表2.3.2に示す。なお、被害程度の大きくない箇所（緑判定、黄判定）については、記入様式の一部を省略した「簡易調査」が行われている。したがって、黄判定や緑判定には簡易調査の棟数が含まれてくる。これによると、危険（赤）と判定された宅地は全体の13.2%になる。

熊本地震で危険と判定された宅地の割合は、地盤被害が多発した新潟県中越地震の16.7%（=627棟/3,759棟）に比べて小さくはなく、建物被害と共に宅地の被害も顕著であった。

表 2.3.2 被災宅地の危険度判定実施結果 ¹²⁾

単位（件）（5月23日現在）

都道府県名	市町村名	危険(赤)	要注意(黄)	調査済(緑)	簡易調査	判定不能等	計
熊本県	熊本市	430	624	268	3,646	12	4,980
	その他の市町村	2,063	1,166	434	10,041	211	13,915
計		2,493	1,790	702	13,687	223	18,895
割合		13.2%	9.5%	3.7%			

(2) 河川・ダム

河川の被害は表2.3.3に示すように、国管理河川が3水系、6河川の172箇所であり、緑川と白川水系が大部分を占める（7月14日現在）。都道府県管理河川の被害は表2.3.4に示すように、48河川、322箇所である¹⁵⁾。緑川、白川水系の変状は、堤体のクラックが約120箇所、堤体の沈下が約20箇所、護岸等の被害が約20箇所などであった¹⁶⁾。堤体の変状が比較的大きい11箇所について、緊急的な復旧工事が行われている。図2.3.1に緑川・白川水系の変状箇所と緊急復旧箇所を示す。ダムについては5ダム（国交省4ダム、利水者1ダム）で小規模な被災が確認されたが、管理上支障となるものではなく、応急対策が完了している。

表 2.3.3 国管理河川の被害及び対策状況¹⁵⁾

整備局等	水系	点検河川数	被害発生状況		対策状況
			河川数	箇所数	
九州	緑川	4	4	127	・緊急的な復旧工事(11箇所)完了 ・その他の箇所は応急対策済み
九州	白川	1	1	44	・応急対策済み
九州	菊池川	7	1	1	・応急対策済み
合計			6	172	

表 2.3.4 都道府県・政令市管理河川の被害及び対策状況¹⁵⁾

都道府県 政令市	河川数	点検状況	被害発生状況		対策状況
			河川数	箇所数	
大分県	60	完了	1	1	・応急対策済み
熊本県	451	完了	44	318	・応急対策済み
熊本市	7	完了	3	3	・1箇所は復旧工事完了 ・2箇所は応急対策済み
合計			48	322	

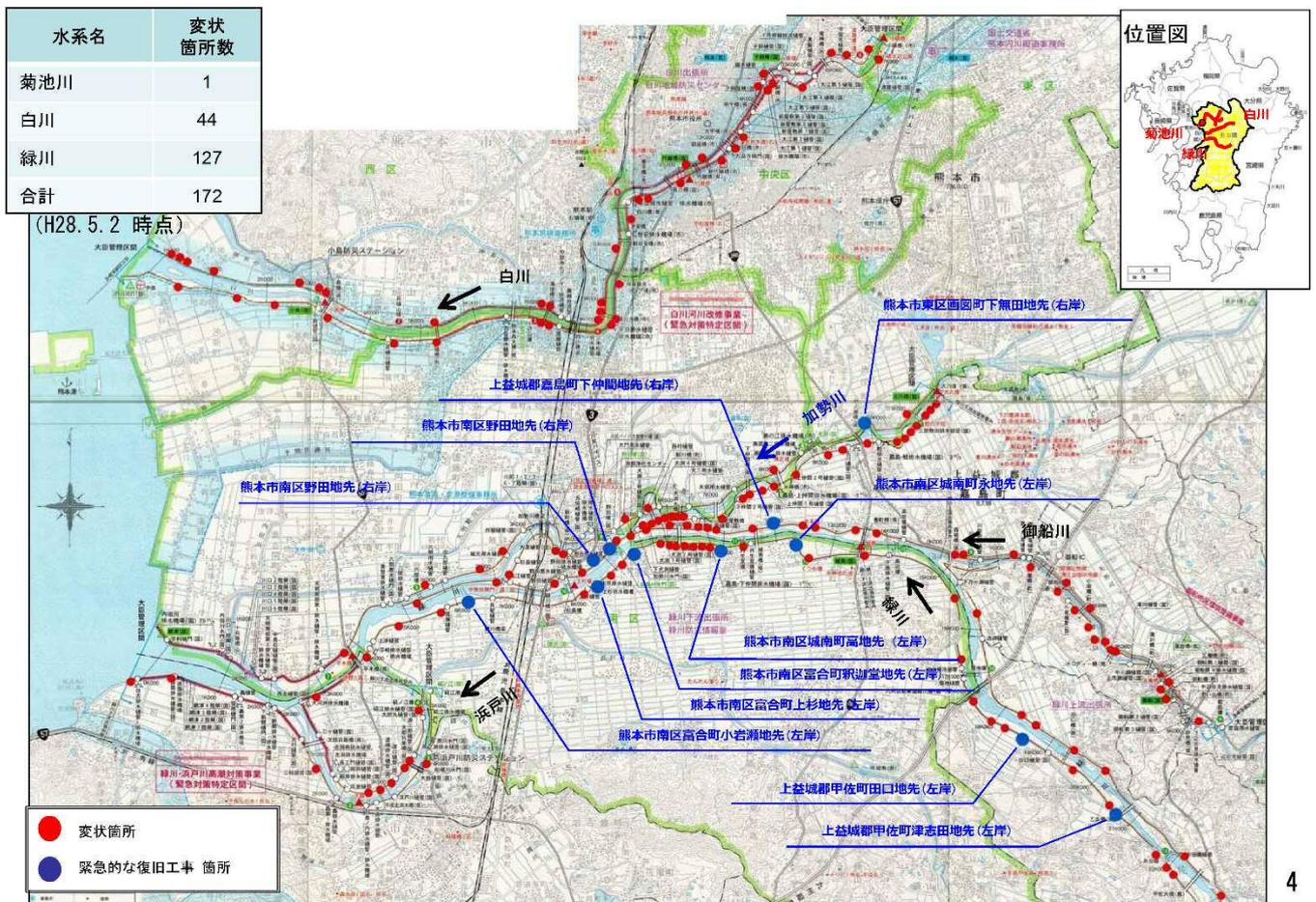


図 2.3.1 緑川・白川水系の変状箇所と緊急復旧箇所¹⁴⁾

(3) 海岸保全施設

4月14日の地震（M6.5）では、直轄海岸、都道府県管理海岸ともに被害がないことが確認されている。4月16日の地震（M7.3）では、直轄海岸については宮崎海岸（宮崎県）、皆生海岸（鳥取県）で点検を実施し、異常がないことが報告されている。一方、都道府県管理海岸については12県228海岸の点検を実施し、表2.3.5に示す熊本県の2箇所の海岸で被害が確認された。

表 2.3.5 海岸保全施設の被害¹⁵⁾

整備局	都道府県	海岸名	被害箇所	被害状況等	応急・緊急対策状況等
九州	熊本県	不知火海岸	護岸天端部	クラック、開き	砕石充填により応急対策済
九州	熊本県	豊川海岸	堤防裏法肩部	開き、天端変形	シート養生等対応済

(4) 港湾・空港

表2.3.6に港湾施設の被害状況を示す。震源直近の熊本港では震度6強を記録した。しかしながら、震源が比較的内陸であったため、港湾についてはクラックの発生等の軽微な被害は多数あるものの、岸壁倒壊・落橋等の顕著な被害は確認されていない。

表2.3.6 港湾の被害状況¹⁵⁾

都道府県	管理者	港格	港湾名	被害状況
熊本県	熊本県	重要港湾	熊本港	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁両端ジョイント部にズレ(応急復旧済、規制解除)。 ・フェリーへの車乗降用可動橋に不具合があるため使用不可(応急復旧済)。 ・岸壁背後の道路に亀裂(応急復旧済)。 ・コンテナターミナルのガントリークレーンに不具合あり(復旧済)。 ・官公庁船・漁船船溜まり浮棧橋のジョイント部破壊(使用可能)。
	熊本県	重要港湾	八代港	<ul style="list-style-type: none"> ・エプロンの一部に沈下、クラック(利用上の支障なし)。 ・緑地歩道部・路肩の陥没(復旧済)。
	熊本県	重要港湾	三角港	<ul style="list-style-type: none"> ・エプロンの一部に目地開き、クラック(利用上の支障なし)。 ・緑地歩道部のインターロッキング破損(安全対策済)。
大分県	大分県	重要港湾	別府港	<p>【石垣地区】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岸壁の沈下、背後液状化、水道管破裂による水吹き出し(応急復旧済)。 <p>岸壁背後に小規模な陥没(立ち入り禁止措置を実施中)。</p> <p>【別府港海岸】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2地区に陥没(直径10cm、深さ30cm程度)(立ち入り禁止措置を実施中)。

空港では熊本空港が被害を受けた。レーダー、飛行情報放送業務、灯火が使用不可となった。滑走路の一部で剥離が生じたが、運用には支障がなかった。ターミナルビルは、ビル天井部分崩落、水漏れ発生、保安区域の柱にクラック、停電等のため、終日閉鎖され、全便欠航となった。ターミナルビルは4月19日から部分再開され、一部の旅客便が再開された。

(5) 鉄道

鉄道では表 2.3.7 に示すように九州新幹線、JR 在来線（鹿児島本線、豊肥本線）、熊本市電、熊本電気鉄道、南阿蘇鉄道等で被害が発生した。

九州新幹線は14日夜の地震発生後、熊本駅から熊本総合車両所へ向かう途中の回送列車1編成(6両編成)が本線上で全軸脱線した。その他、熊本～新八代間のスラブ軌道損傷と締結ボルト折損、新玉名～熊本間の防音壁落下と固定ボルト浮き上がり、熊本駅の施設の一部損傷、熊

本総合車両所構内の路盤損傷などの施設被害が報告されている。JRの被害は新幹線、在来線合わせて1,190箇所已经达到している（5月20日発表）。

九州新幹線は4月14日の地震発生に伴い全線で運転を休止していたが、4月20日に新水俣駅～鹿児島中央駅間、4月23日には博多駅～熊本駅間、4月27日には熊本駅～新水俣駅間で運転を再開し、全線が開通した。また、JR鹿児島本線は地震から1週間後の4月21日に全線の運転を再開した。7月14日時点で運転を休止しているのは、JR豊肥本線の肥後大津～阿蘇間、南阿蘇鉄道高森線の全線である。

表2.3.7 鉄道の被害状況（文献20、21に基づいて作成）

事業社名	路線	運転休止区間	被害区間	主な被害状況
JR九州	新幹線	全線	熊本駅南	回送列車1編成脱線
			新玉名～熊本	固定ボルト浮き上がり、高架橋の柱のヒビ、調整桁ズレ、沿線の煙突倒壊
			熊本駅	暴風スクリーン、可動式ホーム柵、エスカレーターの一部損傷
			熊本～新八代	スラブ軌道損傷、締結ボルト折損、防音壁落下、調整桁ズレ、高架橋の柱のヒビ
			本線から車庫への回送線	軌道変状
			熊本総合車両所構内	路盤損傷
			熊本保守基地	天井クレーン落下
			新八代駅	ホーム桁損傷
	鹿児島線	熊本～八代	小川～有佐	軌道沈下、電柱下部露出、
			植木～西里	軌道沈下
	豊肥線	熊本～肥後大津	熊本～平成	軌道沈下
			肥後大津～豊後竹田	赤水～立野 赤水駅構内回送列車脱線 軌道への土砂流入、落石
		豊後萩～玉来	落石	
熊本市	健軍線	神水・市民病院前～健軍町	動植物園入口～健軍交番前	軌道陥没
			上熊本駅前停留場	ホーム損傷
			動植物園入口停留場	レール損傷
熊本電気鉄道	菊池線	上熊本～北熊本	坪井川公園～打越	軌道ズレ
			黒髪町～藤崎宮前	軌道ズレ
			池田駅	ホームの石積みの一部倒壊
			北熊本駅	ホーム一部損壊
			亀井駅	ホームに地割れ
			御代志駅 須屋駅	ホーム地割れ
			多数箇所	架線吊り外れ
南阿蘇鉄道	高森線	全線	立野～長陽	トンネル内壁クラック、橋梁に変状等

（4月20日05時00分現在）

(6) 道路

【高速道路】

4月14日21時26分のM6.5の地震（最大震度7）と、その約2時間30分後の4月15日0時3分に発生したM6.4の地震（最大震度6強）により、3路線152km（九州自動車道 南関IC～えびのIC、南九州自動車道 八代JCT～日奈久IC、九州中央自動車道 嘉島JCT～益城本線料金所）が通行止めとなった。その後、点検および損傷状況を確認して通行が再開され、2路線20kmまで通行止め区間が縮小されたが、4月16日1時25分のM7.3の地震（最大震度7）の発生により、九州自動車道をはじめとした9路線、延長507kmで通行止めとなった。

地震による高速道路の通行止めは最大7区間²²⁾（4月16日8:30時点）であるが、被害の記述があるのは2路線（2区間）で、表2.3.8に示すとおりである。

表2.3.8 高速道路の被害状況（文献22に基づいて作成）

路線名	区間名	被害状況
九州自動車道	植木JCT～栗野IC	益城熊本IC～松橋IC ・路面の陥没、段差、隆起、クラック等多数発生 ・橋梁ジョイント部段差 4橋 ・路面損傷による車両被害 3件 ・御船IC～松橋IC間の緑川PA付近で、府領跨道橋（県道）が落下
大分自動車道 東九州自動車道	日田IC～佐伯IC	・湯布院IC～日出JCT下り（93.4kp）において土砂崩落

（文献22の被災による通行止め7区間のうち被害状況の記述がある2区間）

西日本高速道路㈱によれば、九州自動車道・南九州自動車道および大分自動車道の被害は表2.3.9および図2.3.2に示すとおりである。

表 2.3.9 高速道路の被害状況（西日本高速道路㈱）²⁵⁾

路線名	被害内容	数量
九州自動車道 南九州自動車道	盛土崩壊 路面損傷（段差・ひび割れ・陥没等） 橋梁損傷	1箇所（益城バスストップ付近） 約350箇所 本線橋13橋（木山川橋ほか） 跨道橋5橋（府領跨道橋ほか）
大分自動車道	切土法面崩落 路面損傷（段差・ひび割れ等） 橋梁損傷	1箇所（由布岳PA付近） 約40箇所 本線橋 6橋（並柳橋ほか）

図2.3.2に基づいて作成

【国道】

直轄国道の被災による通行止めは5区間（4月16日時点）で、被災状況は表2.3.10に示すとおりである。南阿蘇村立野では大規模斜面崩壊によって、国道57号（81k00付近）が埋没した。

補助国道では4月16日時点で表2.3.11に示すように、24区間が通行止めになっていた。被害地点は熊本県だけではなく、大分県、福岡県、宮崎県にまで及んでいる。国道325号の南阿蘇村河

陽では前述の大規模斜面崩壊によって橋梁（阿蘇大橋、橋長206m）が落橋した。

表2.3.12は都道府県・政令市道の被害（4月17日7:00時点）をまとめたものである。被害区間は、熊本県道が82区間、熊本市道が23区間、大分県道が20区間、宮崎県道が6区間、福岡県道が1区間の合計132区間となっている。

被災直後から復旧が行われ、7月14日9:00時点での通行止め区間は、直轄国道が1区間（南阿蘇村 81k100付近）、補助国道が4区間、都道府県道・政令市道が18区間となっている。



図 2.3.2 高速道路の被害と復旧状況²⁵⁾

表 2.3.10 道路被災状況（直轄国道）²³⁾

路線名	地点名	被災状況	備考
国道3号	松崎跨線橋(184k360)	29cm段差	全面通行止め
国道57号	南阿蘇村(81k100付近)	土砂崩落等	全面通行止め
国道 57 号	立野跨線橋(83k700)	50cm段差	全面通行止め
国道 57 号	阿蘇市永草(74k900)	路面亀裂	片側交互通行
国道 57 号	宇土跨線橋(125k300)	30cm段差	全面通行止め
国道 57 号	江津斉藤橋(111k360)	7cm段差	全面通行止め
国道210号	72k800	民家の瓦落下	撤去完了、片側交互通行規制解除

表 2.3.11 道路被災状況（補助国道）²³⁾

路線名	所在地	被災状況	路線名	所在地	被災状況
国道445号	熊本県御船町	法面崩壊	国道 387 号	大分県日田市上津江町	落石
国道 443 号	熊本県益城町	路面陥没	国道 265 号	宮崎県東臼杵郡椎葉村	事前通行規制
国道 442 号	大分県大分市木上	落石	国道 325 号	熊本県南阿蘇村川陽	法面崩壊
国道 212 号	大分県日田市大山町	落石	国道 218 号	熊本県宇城市豊野寺村	崩土
国道 212 号	大分県日田市天瀬町	落石	国道 218 号	熊本県宇城市豊野町	橋梁亀裂
国道 442 号	大分県日田市中津江町	落石	国道 445 号	熊本県御船町下鶴	落石
国道 212 号	大分県日田市天瀬町	落石	国道 443 号	熊本県益城町赤井	ボックス段差
国道 442 号	福岡県八女市	落石	国道 265 号	熊本県山都町二瀬本	壁面崩壊
国道 325 号	熊本県南阿蘇村川陽	落橋	国道 387 号	熊本県菊池市原	落石
国道 387 号	大分県日田市中津江町	落石	国道 325 号	熊本県大津町室	落石
国道 212 号	大分県日田市天瀬町	落石	国道 212 号	熊本県小国町杖立	坑口部異常
国道 387 号	大分県日田市中津江町	落石	国道 212 号	熊本県小国町杖立	陥没

備考欄は省略

表 2.3.12 道路被災状況（都道府県道・政令市道）²⁴⁾

都道府県・政令市	被害区間	被害状況
熊本県	82	落石 22、橋梁段差 6、路面段差 10、民家崩壊 5、橋梁ひび割れ 1、背面盛土沈下 1、法面崩落 11、路肩亀裂 2、トンネル崩落1、落橋 1、路面隆起 1、橋台ずれ 1、火災 1、家屋崩壊 1、JR脱線 1、土砂崩れ 1、土砂流出 1
熊本市	23	橋梁段差 9、法面崩壊 2、路面陥没 5、路面段差 1、高欄転倒 1、橋梁ずれ 1、落石 1、路面冠水 1、路面隆起 1、路面亀裂 1
大分県	20	落石 13、法面崩落 1、路面亀裂 2、路面陥没 1、電柱倒壊 1、家屋崩壊 2
宮崎県	6	落石 6
福岡県	1	落石 1

(7)土砂災害

表2.3.13に示すように、6県（熊本県、佐賀県、大分県、長崎県、宮崎県、鹿児島県）の14市13町4村で合計190件の土砂災害が発生した。土砂災害の発生件数の内訳は、土石流等が57件、地すべりが10件、がけ崩れが123件である。これらの土砂災害によって、死者10人（南阿蘇村）、家屋被害29戸が発生している。

表2.3.13 土砂災害の発生状況（文献15に基づいて作成）

都道府県	発生場所	被害内容			計
		土石流等	地すべり	がけ崩れ	
佐賀県	武雄市	-	-	1	1
長崎県	佐世保市	-	-	1	1
熊本県	熊本市	2	-	8	10
	宇土市	1	-	4	5
	阿蘇市	17	-	-	17
	八代市	-	-	2	2
	菊池市	-	-	1	1
	宇城市	-	-	1	1
	大津町	4	-	4	8
	御船町	1	2	18	21
	益城町	1	1	8	10
	美里町	-	-	4	4
	和水町	-	-	1	1
	小国町	-	-	1	1
	高森町	-	-	1	1
	甲佐町	-	-	4	4
	山都町	-	-	22	22
	錦町	-	-	1	1
	西原村	4	3	9	16
	南阿蘇村	24	3	4	31
産山村	-	1	1	2	
大分県	別府市	3	-	6	9
	中津市	-	-	1	1
	日田市	-	-	2	2
	竹田市	-	-	4	4
	九重町	-	-	2	2
宮崎県	延岡市	-	-	1	1
	日之影町	-	-	2	2
	五ヶ瀬町	-	-	3	3
	椎葉村	-	-	5	5
鹿児島県	霧島市	-	-	1	1
計		57	10	123	190

(7月14日10時00分現在)

(8)ライフライン

①電力

4月14日の地震（M6.5）では最大16,700戸の停電が発生したが、翌日4月15日の23時に高圧配電線への送電が完了した。4月16日の地震（M7.3）では最大476,600戸の停電が発生したが、4月20日には、がけ崩れや道路の損壊等により復旧の困難な場所を除いて、高圧配電線への送電が完了した。即時の復旧が困難な一の宮・高森地区については高圧発電機車148台で供給を継続した。

4月27日には66kV黒川・一の宮線の仮復旧工事を終了し、4月28日に全ての高圧発電機車の切り離しを完了した。図2.3.3には4月14日から4月20日までの停電戸数の推移を示す。表2.3.14には主な電力設備の被害状況を示す。

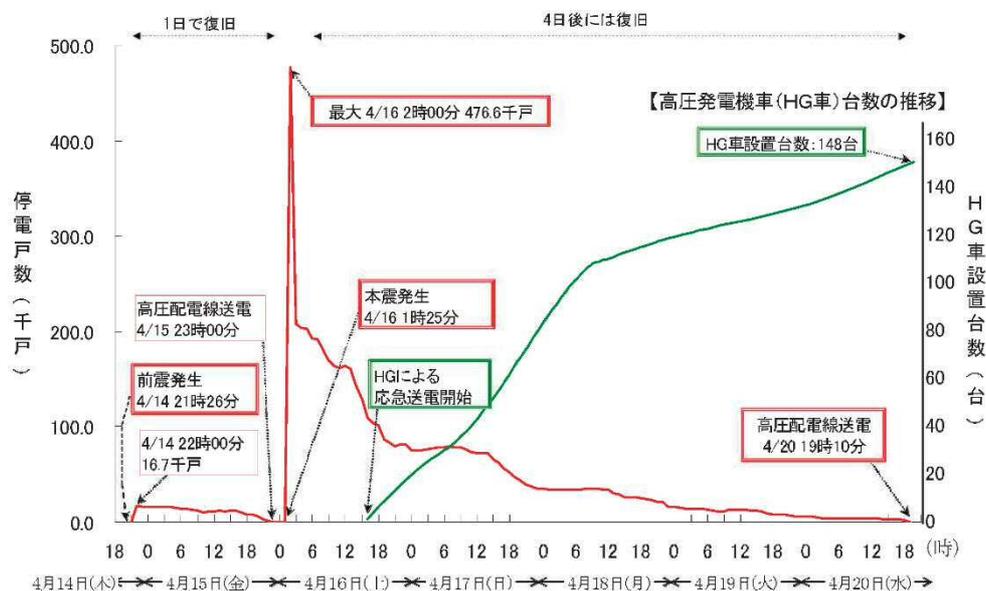


図 2.3.3 停電戸数の推移 26)

表 2.3.14 主な設備の被害 26)27)

設備		被害状況	備考
送電設備	27線路	支持物 16基 がいし 3基 電線 1径間	・鉄塔周辺の大規模な土砂崩れ 等
変電設備	10変電所	変圧器 5台 断路器 19台	・碍子破損、変圧器の漏油 等
水力設備	9発電所	ヘッドタンク 1箇所 導水路 6箇所 水圧管路 4箇所 ダム 1箇所	・導水路破損 等
配電設備	最大259回線停止	支持物 3,151本 電線 864径間 変圧器 1,435台	・電柱折損、店頭、傾斜 等 ・電線断線 等
火力・地熱設備		なし	発電支障に至る設備被害なし

②通信関係

固定電話では、NTT西日本の熊本エリアで交換機収容ビル1棟（約300回線）が土砂崩れによるケーブル故障のため不通になった。携帯電話は表2.3.15に示すように各通信事業者で停波が発生した。図2.3.4に主要通信事業者の停波局数の推移を示す。携帯電話等の主な停波原因は、伝送路断、および停電によるバッテリー枯渇である。

復旧の進捗によって停波局数は順次減少し、4月27日のソフトバンク(株)のPHSの復旧完了を最後に通信状況は地震前の状態に復した。

表 2.3.15 通信設備の被害状況

	事業者	被害状況等
固定	NTT東日本	被害なし
	NTT西日本	熊本エリア: 交換機収容ビル1棟(約300回線)の収容回線不通 (土砂崩れによるケーブル故障の様相) 九州エリア: 44交換機収容ビルで予備電源運用中
	NTTコミュニケーションズ	被害なし
	KDDI	被害なし
	ソフトバンク	専用回線: 16回線 ADSL: 1225回線
携帯電話等	NTTドコモ	82局 ^{※1} (熊本県: 78局、大分県: 4局)が停波 〈主な原因〉 伝送路断およびバッテリー枯渇 ※1 NTTドコモHPでは最大停波局数は84としている。
	KDDI(au)	69局(熊本県: 66局、大分県: 4局)が停波
	ソフトバンク	【携帯】 199局(熊本県: 185局、大分県: 14局)が停波 【PHS】 204局(熊本県)が停波

文献28、29に基づいて作成

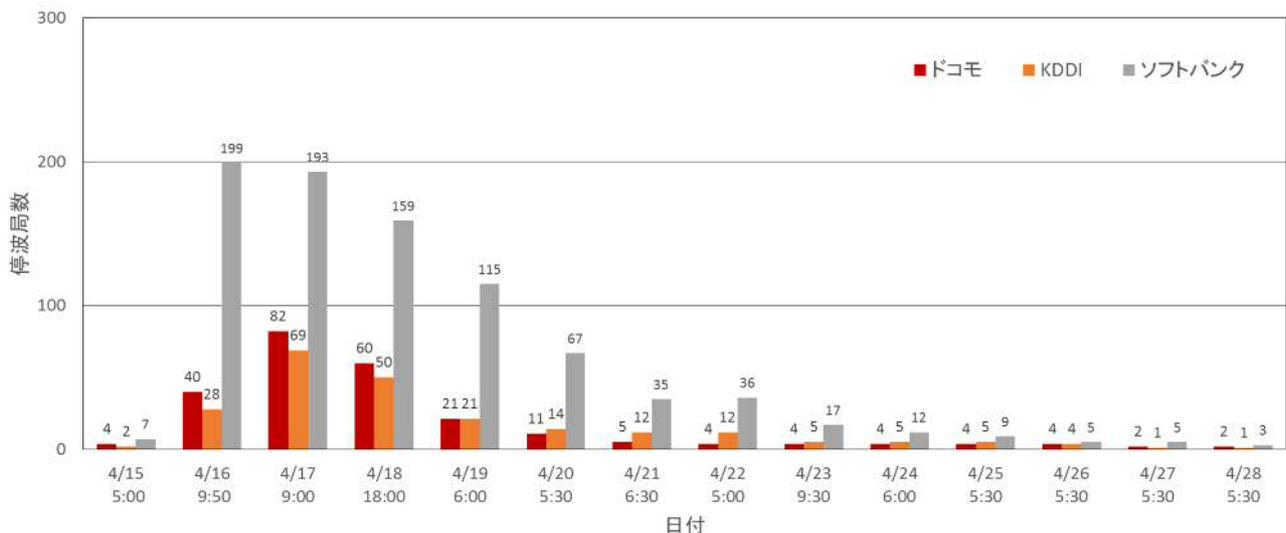


図 2.3.4 携帯電話の停波局数の推移（内閣府資料に基づいて作成）

③上水道

上水道については、表2.3.16に示すように、九州の全県で合計44万余戸の断水が発生した。断水戸数は家屋等損壊地域（約 650 戸）を除いている。断水は南阿蘇村の2戸を除き復旧している（7月14日現在）。

表2.3.16 水道施設の断水被害¹⁹⁾

都道府県	市町村	最大断水戸数	現在の断水戸数	断水期間	被害状況
熊本県	宇城市	11,215	0	4/14 ~ 4/26	漏水のため断水(復旧済み)。
	益城町	約 11,000	0	4/14 ~ 5/12	漏水により断水継続中。
	御船町	6,590	0	4/14 ~ 5/23	配水管が漏水。
	熊本市	326,873	0	4/21 ~ 4/30	基幹送水管が破損(復旧済み)。
	西原村	2,652	0	4/16 ~ 5/25	配水池、管路の損傷等により断水中。(家屋等損壊地域約 30戸)
	大津町、菊陽町 【大津菊陽水道企業団】	約 31,000	0		配水管で多数の漏水(復旧済み)。
	玉名市	122	0	4/15 ~ 4/21	原水濁度上昇により断水(復旧済み)。
	菊池市	3,000	0	4/17 ~ 4/22	原水濁度上昇により断水(復旧済み)。
	山都町	2,760	0	4/14 ~ 4/25	配水池水位低下等のため断水(復旧済み)。
	甲佐町	697	0	4/15 ~ 4/26	配水管が数カ所漏水。(復旧済み)
	美里町	600	0	4/15 ~ 4/16	原タンク破損(復旧済み)。
	宇土市	約 9,200	0	4/16 ~ 4/18	管路等漏水(復旧済み)。
	小国町	177	0	4/16 ~ 4/20	漏水修理(復旧済み)。
	南阿蘇村	3,503	2	4/16 ~	施設の損壊等により断水。(家屋等損壊地域約 520戸)
	産山村	200	0	4/16 ~ 4/20	管路から漏水(復旧済み)。
	玉東町	0	0		濁水発生(解消済み)。
	合志市	約 3,000	0	4/16	漏水等による断水(復旧済み)。
	人吉市	約 7,000	0	4/16 ~ 4/18	配水池の濁水で断水発生(復旧済み)。
	阿蘇市	約 10,000	0	4/16 ~ 5/8	水道管破損のため断水(復旧済み)。
	南小国町	2	0	4/16 ~ 4/17	水道管破損(復旧済み)。
高森町	2,866	0	4/17 ~ 4/21	停電による全戸断水(復旧済み)。	
小計	432,457	2			
大分県	日田市	267	0	4/14 ~ 4/18	停電による断水(復旧済み)。
	中津市	23	0	4/16 ~	水源、配水池に濁り(解消済み)。
	由布市	3,442	0	4/16 ~ 4/23	漏水による断水(復旧済み)。
	別府市	5,740	0	4/16	配水管の漏水による断水。
	九重町	791	0	4/16 ~ 4/26	水源からの取水が可能となったため通水を開始(復旧済み)
	竹田市	0	0		濁水発生(解消済み)。
	豊後大野市	0	0		濁水発生(解消済み)。
	宇佐市	0	0		濁水発生による飲用不可(解消済み)
小計	10,263	0			
宮崎県	五ヶ瀬町	0	0		濁水発生のため飲用不可(解消済み)。
	延岡市	30	0	4/16	(復旧済み)
	高千穂町	2,700	0	4/16 ~ 5/4	原水濁度上昇により断水。
	美郷町	28	0	4/16	配水管破損のため断水(復旧済み)。
小計	2,758	0			
福岡県	久留米市	70	0	4/16	配水管破損(1箇所)
	小計	70	0		
長崎県	南島原市	35	0	4/16	配水管破損のため断水(復旧済み)。
	雲仙市	15	0	4/16	濁水発生に伴う配水池清掃のための系統切り替えによる断水。
	小計	50	0		
佐賀県	神埼市	10	0	4/16	(復旧済み)。
	小計	10	0		
鹿児島県	出水市	249	0	4/16	配水管亀裂により漏水。
	小計	249	0		
合計		445,857	2		

(7月14日9時現在)

④下水道

下水道施設では、益城町、水俣市など13の処理場で被害が発生した（表2.3.17、図2.3.5）。しかし、4月中には被害のあった処理場を含めてすべての処理場で必要な処理機能は確保されている。表2.3.18に下水管の被災率を示す。管路被害は緑川右岸に位置する嘉島町で10.7%と最も高く、多くの家屋が倒壊した益城町が9.5%、八代市北部流域が7.4%と大きな被災率を示している。

阿蘇市、益城町で下水管の破断や閉塞により下水の流下機能が失われた箇所が10箇所あったが、仮配管によるバイパスで機能は確保されている。

表 2.3.17 下水処理場の被害状況²⁰⁾

都道府県	市町村・流域名等	下水処理場	被害状況	対応状況等	
熊本県	水俣市	水俣市浄化センター	エアレーションタンク全2系列のうち1系は漏水により機能停止	・漏水タンクを空にし、正常なタンクにより、継続運転中	
	菊池市	菊池浄水センター	・搔寄せ機能停止（初沈池1）地下管廊エキスパンションジョイントの床部にズレ、クラック ・エアレーションタンクの覆蓋の一部が槽内に落下（1池）	・通常運転中	
	阿蘇市	阿蘇市浄化センター	・停電、エアレーションタンクからの管廊への漏水	・自家発電にて運転中 ・蠟推量少なく管廊の排水ポンプ汲み上げにより適正な処理が可能のため、継続運転中	
	大津町	大津町浄化センター	・搔寄機1基損傷 ・ガスホルダ出口の配管継手破損 ・機械濃縮棟周辺沈下	・通常運転中	
	御船町	御船浄化センター	初沈搔き寄せ機に変形	・通常運転中	
	嘉島町	嘉島浄化センター	・電気ハンドホールから漏水 ・地盤沈下 ・終沈スカムスキマーの軸変形	・通常運転中	
	益城町	益城町浄化センター	・エアレーションタンク全3系列のうち、1,2系は漏水により機能停止	・漏水タンクを空にし、正常なタンクにより通常運転中	
	熊本市		東部浄化センター	・搔寄機故障により搔寄せ機能停止（初沈8池、終沈9池）（駆動装置が槽内に脱落、チェーン脱落、チェーンギア部湖沼） ・重力濃縮機搔き寄せ機故障により搔寄せ機能停止（1池）（駆動装置電力過負荷により停止、覆蓋が槽内に落下）	・通常運転中
			西部浄化センター	・搔寄機湖沼により搔寄せ機機能停止（駆動装置の電力が過負荷）（初沈1池） ・反応タンク覆蓋の一部が槽内に落下（1池）	・搔寄機については仮復旧完了 ・通常運転中
			南部浄化センター	搔寄機湖沼により搔寄せ機機能停止（軌道装置が槽内に脱落、駆動装置の電力が過負荷）（初沈2池、終沈1池） ・反応タンク覆蓋の一部が槽内に落下（1池）	・搔寄機については仮復旧完了 ・通常運転中
			中部浄化センター	搔寄機湖沼により搔寄せ機機能停止（初沈1池、終沈2池）（チェーン脱落）	・通常運転中
			城南町浄化センター	搔寄機湖沼により搔寄せ機機能停止	・通常運転中
	大分県	別府市	別府市中央浄化センター	・塩素混和池横の処理場内作業道に最大で深さ10cmのクラックを確認	・通常運転中

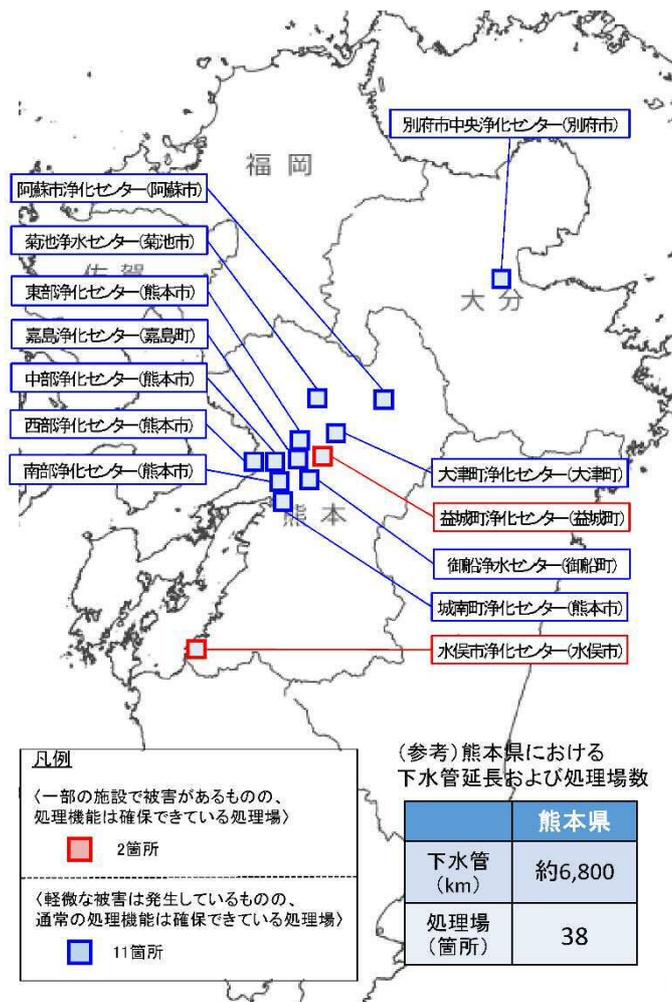


図 2.3.5 被害の発生した下水処理場¹⁶⁾

表 2.3.18 下水管の被害延長¹⁶⁾

種別	都道府県名	市町村・流域等名	総延長 (km)	被災延長 (km)	被災率 (%)
合流管・ 污水管	熊本県	八代北部流域下水道	14.9	1.1	7.4
	熊本県	熊本市	2491	52.3	2.1
	熊本県	宇土市	144.5	3	2.1
	熊本県	宇城市	186.9	2	1.1
	熊本県	阿蘇市	68.4	2.4	3.5
	熊本県	御船町	72.4	1.3	1.8
	熊本県	嘉島町	51.4	5.5	10.7
	熊本県	益城町	166.4	15.8	9.5
		小計		3195.9	83.4	2.6
雨水渠	熊本県	熊本市	52.8	0.3	0.6
	熊本県	益城町	3.1	0.1	3.2
		小計		55.9	0.4	0.7
	合計		3251.8	83.8	2.6

(6月14日現在)

⑤都市ガス

4月16日の地震（M7.3）で、都市ガスは熊本市のほぼ全域、菊陽町、合志市、益城町、大津町、嘉島町、御船町の一部、計100,884戸で供給を停止した（図2.3.6）。なお、家屋住宅被害の多かった益城町は殆どが都市ガスの供給範囲外であり、LPガスが供給されていた。

ガス導管の被害が少なかったことから、ガスの供給再開は全国のガス事業者の応援を得て順調に進み、当初5月8日の完了予定が4月30日に完了した（図2.3.7）。なお、4月14日の地震（M6.5）では1,123戸の供給が停止した。

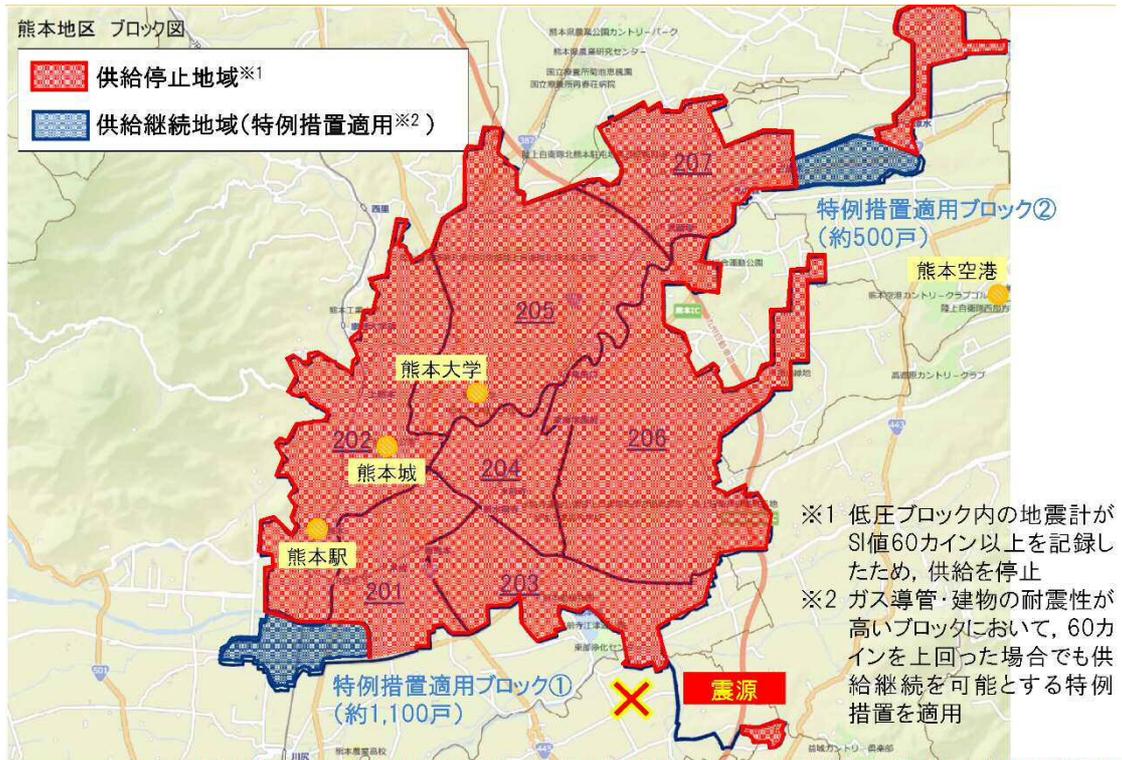


図 2.3.6 都市ガスの供給停止区域（文献 30 より抜粋）

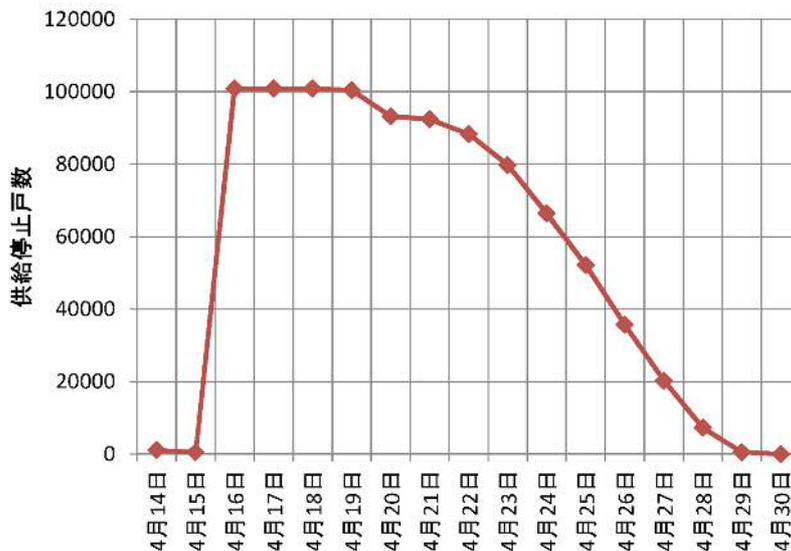


図 2.3.7 都市ガス供給停止戸数の推移³¹⁾

(9) 文教施設

文教施設の被害状況をまとめたものを表2.3.19に示す。公立学校では687校の施設が被害を受けた。学校施設本体が崩壊するといった被害はなく、ブレースの破断や天井・ガラス・配管等の破損、外壁等のひび割れ等が発生した。なお、熊本県の公立小中学校耐震化率は98.5%で、対策が未実施の吊り天井を有する屋内運動場等は136棟（平成27年4月1日現在）である。

私立学校では241校の施設が被害を受けた。耐震化が完了している学校施設では柱や壁等の軽微な損傷にとどまったが、耐震化が未完了の建物では構造体に甚大な被害が生じたものもあった。天井材・照明器具・ガラス・外装材・設備器具の破損等、非構造部材にも多数の被害が発生した。熊本県の私立学校（幼稚園～高校）の耐震化率は74.1%（全国平均：83.5%）で全国第39位である。

国立学校施設では国立大学11校（9法人）、国立高等専門学校4校が被害を受けた。教育研究施設では、施設本体が崩壊するといった被害はなく、これまでの耐震化の成果と考えられる（熊本大学の耐震化率：96.4%（全国平均：96.4%））。一方、天井の落下、内壁の倒壊、ガラス・配管等の破損、外壁等のひび割れ等が発生した。

表 2.3.19 文教施設の被害 ㉗

都道府県	国立学校施設(校)	公立学校施設(校)	私立学校施設(校)	社会教育・体育・文化施設等(施設)	文化財等(件)	独立行政法人等(施設)	計
福岡県	3	88	49	38	16		194
佐賀県	1	21	5	13	8		48
長崎県	2	29	2	3	5		41
熊本県	4	444	158	292	111	1	1,010
大分県	4	79	27	47	18		175
宮崎県	1	26		3	3		33
計	15	687	241	396	161		1,501
6県	大学 11 高専 4	幼 23 小 324 中 168 高 102 中等 1 特別 35 大学 1 専各 1 その他 32	幼 70 中 15 高 38 大学 18 短大 6 専各 67 その他 9	社教 141 青少年 10 社体 197 文化 37 教研 2 その他 9	重文(建) 39 登録(建) 68 重文(美) 4 特史 1 史跡 30 天然 2 伝達 3 その他 2		

(10) 農林水産関係

表2.3.20に農林水産業関係の被害数と被害額を示す。損害額は農林水産業関係全体で1,500億円弱となっている（6月21日18時現在）。

農業関係では、園芸作物等の一部の施設に被害があり、作物についても一部落果等の被害が発生した。畜産関係では、当初生乳の廃棄が発生したものの、4月21日以降は道路事情により

集乳できない地域はなくなってきている。土地利用型作物では、大きな被害は報告されていないが一部の施設で被害があった。土地改良施設では、熊本県内で1,940箇所の水田が損壊した。

林野関係では、山腹崩壊等の林地被害が406箇所が発生し、このうち371箇所は熊本県で起きている。水産関係では、18漁港（熊本県17、大分県1）で防波堤等の被害が発生したが、水産物の水揚げや流通は概ね順調に推移している。

表 2.3.20 農林水産業関係被害概要 ¹⁷⁾

区分	主な被害	被害数	被害額 (億円)	被害地域
農作物等	農作物の損傷	350 ha他	2.6	熊本県、大分県
	家畜の斃死等	541,330 頭羽他	9.9	熊本県、大分県
	共同利用施設の損壊等	225 箇所	196.6	熊本県、大分県、宮崎県
	農業用ハウスの損傷	169 件	11.1	熊本県、大分県、宮崎県
	畜舎等の損壊	1,182 件	128.8	熊本県、大分県、宮崎県
小計			349	
農地農業用施設関係	農地の損壊	11,696 箇所	278.3	福岡県、佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県
	農業用施設等の損壊	5,260 箇所	434.9	福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県
	(農業用施設:ため池、水路、道路等)	5,187 箇所	397.1	
	(農地海岸保全施設)	70 箇所	35	
(農村生活環境施設:集落排水施設)	3 箇所	2.8		
小計			713.2	
林野関係	林地の荒廃	433 箇所	347.8	福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県
	治山施設	36	26.6	熊本県、大分県
	林道施設等	1,685 箇所	11.7	佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県
	木材加工流通施設及び特用林産物施設等	27 箇所	7.9	福岡県、熊本県、大分県、宮崎県
小計			394.1	
水産関係	養殖施設	121 件	2.7	熊本県
	水産物	14 件	1.6	熊本県、大分県
	漁場	1 件	1.1	熊本県
	漁港施設等	18 漁港	19.2	熊本県、大分県
	共同利用施設	17 件	8.2	熊本県
小計			32.8	
合計			1,489.10	

(6月21日18時00分現在)

(11)原子力発電所

九州・四国の原子力発電所は、表2.3.21に示すように、いずれも震源から離れていたせいもあり、被害は報告されていない。なお、唯一運転されている川内原発（1，2号機）では、M7.3の地震では岩盤上で観測された地震動の最大加速度は8.6galであり、自動停止加速度160galに達していなかったため、運転が継続されている。

表 2.3.21 原子力発電所の状況⁷⁾

発電所名 (電力会社)	立地市町村	状況	立地市町村最大震度 (日時)
玄海（九州）	佐賀県玄海町	異常なし	3（4月16日1:26）
川内（九州）	鹿児島県薩摩川内市	異常なし	4（4月16日1:26）
伊方（四国）	愛媛県伊方町	異常なし	4（4月16日1:26）
島根（中国）	島根県松江市	異常なし	3（4月16日1:26）

(12)コンビナート

コンビナートは以下に示すように、被害は軽微であった¹⁰⁾。

- ・八代地区コンビナート（熊本県）：道路に若干の液状化あるも被害なし
- ・大分地区コンビナート（大分県）内のJXエネルギー㈱大分製油所の原油タンク（5基）の浮き屋根に油のにじみあり → 措置完了（4月16日日18時時15分）
- ・その他のコンビナートは被害なし

【第2章の引用・参考文献】

- 1) 消防庁：阪神・淡路大震災について（確定報）、2006.
- 2) 兵庫県土木部：阪神・淡路大震災誌 『平成7年（1995年）兵庫県南部地震』 -土木施設の地震災害記録一、1997.
- 3) 消防庁：平成16年(2004年)新潟県中越地震（確定報）、2006.
- 4) 新潟県中越大震災記録誌編集委員会編集：『中越大震災 前編 -雪が降る前に-』、2006.
- 5) 兵庫県：阪神・淡路大震災一兵庫県1年の記録、1996.
- 6) 亀本和彦：新潟県中越地震の被災とそれからの復興、国立国会図書館 ISSUE BRIEF No.467、2005. <http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/issue/0467.pdf>
- 7) 内閣府：平成28年（2016年）熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について（平成28年6月16日17時15分現在）、2016.
http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_31.pdf2016.
- 8) 内閣府：平成28年熊本地震の影響試算について、2016.
- 9) 熊本県災害対策本部：熊本地震に係る被害状況について（第178報）（平成28年9月27日16時30分発表）、2016.
- 10) 消防庁：熊本県熊本地方を震源とする地震（第79報）（平成28年9月30日15時30分）、2016.
- 11) 気象庁：平成28年(2016年)熊本地震の関連情報－最大震度別地震回数表（随時更新）、2016.
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/yoshin.pdf
- 12) 政府・熊本県：平成28年（2016年）熊本地震 第32回政府現地対策本部会議・第35回熊本県災害対策本部会議 合同会議資料－土木部における被害状況及び復旧・復興に向けた動き（5月24日）、2016.
- 13) 橋本・宮島：2004年新潟県中越地震における宅地被害分析と今後の宅地対策、土木学会地震工学論文集 vol.28、2005. <http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00578/2005/28-0133.pdf>
- 14) 国土交通省九州地方整備局：緑川・白川等の復旧状況について【第3報】
http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kisyahappyou/h28/data_file/1463547818.pdf
- 15) 国土交通省：熊本県熊本地方を震源とする地震について（第46報）（平成28年7月14日10:00作成）
<http://www.mlit.go.jp/common/001135201.pdf>
- 16) 国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所：第1回緑川・白川堤防調査委員会（平成28年5月6日）、2016. <http://www.qsr.mlit.go.jp/n-topics/h28/160512/data/siry03.pdf>
- 17) 農林水産省：平成28年（2016年）熊本地震の農林水産業関係被害の状況(平成28年6月21日18時00分現在) <http://www.maff.go.jp/j/saigai/zisin/160414/kumamoto/taiou.html>
- 18) 国土交通省：下水道施設の被害状況と対応について（平成28年6月14日時点）,2016.
<http://www.mlit.go.jp/common/001136237.pdf>
- 19) 厚生労働省：平成28年熊本県地震関連情報－水道の被害状況（7月14日9時現在）、2016. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000122323.html>
- 20) 国土交通省：熊本県熊本地方を震源とする地震について(第11報)（平成28年4月19日12:00作成）、2016. <http://www.mlit.go.jp/common/001128394.pdf>
- 21) 国土交通省：熊本県熊本地方を震源とする地震について(第12報)（平成28年4月20日5:00作成）、2016. <http://www.mlit.go.jp/common/001128664.pdf>
- 22) 国土交通省：熊本県熊本地方を震源とする地震について(第3報)（平成28年4月16日8:30作成）、2016. <http://www.mlit.go.jp/common/001127911.pdf>
- 23) 国土交通省：熊本県熊本地方を震源とする地震について(第5報)（平成28年4月16日15:40作成）、2016. <http://www.mlit.go.jp/common/001127920.pdf>
- 24) 国土交通省：熊本県熊本地方を震源とする地震について(第7報)（平成28年4月17日13:00作成）、2016. <http://www.mlit.go.jp/common/001127940.pdf>
- 25) 西日本高速道路(株)：平成28年熊本地震による高速道路の被災箇所と復旧状況（その2）（平成

28年5月25日) - 【別紙2】 高速道路の被害と復旧状況、2016.

<http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h28/0525c/pdfs/02.pdf>

26) 九州電力(株): 「平成28年熊本地震」における電力設備被害状況について、土木学会西部支部「2016年熊本地震」 地震被害調査報告会～緊急災害調査と応急復旧の取組み～、2016.

<http://committees.jsce.or.jp/report/system/files/11%EF%BC%8E%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E6%96%BD%E8%A8%AD%E3%81%AE%E8%A2%AB%E5%AE%B3.pdf>

27) 経済産業省商務流通保安グループ電力安全課: 平成二十八年熊本地震における 設備被害と停電復旧対応について、産業構造審議会 保安分科会 電力安全小委員会 (第13回) 資料4

http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/denryoku_anzen/pdf/013_04_00.pdf

28) 内閣府: 平成28年 (2016年) 熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について (平成28年4月16日12時00分現在)、2016.

http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_03.pdf

29) 内閣府: 平成28年 (2016年) 熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について (平成28年4月17日12時00分現在)、2016.

http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_04.pdf

30) 日本ガス協会: 平成28年熊本地震における都市ガス事業者の初動・復旧対応状況、経済産業省 産業構造審議会 保安分科会 ガス安全小委員会 ガスシステム改革保安対策ワーキンググループ (第6回) 参考資料1、2016.5.31

http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/gas_anzen/hoan_taisaku_wg/pdf/006_s01_00.pdf

31) 能島暢呂: 平成28年(2016年)熊本地震におけるライフライン復旧概況 (時系列編)

(Ver.1: 2016年5月2日まで)、土木学会地震工学委員会「ライフラインに係わる都市減災対策技術の高度化に関する研究小委員会」、2016.5.3

<http://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/LLEQreport/160414-16-KumamotoEQ-LL-GUNN-ver.1.pdf>

32) 文部科学省: 熊本地震に係る学校施設の被害状況等について、熊本地震の被害を踏まえた学校施設の整備に関する検討会 (第1回) 資料3、2016.6.13

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/043/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2016/06/20/1372530_1.pdf

3. 地形・地質

3.1 九州地方の地形・地質

3.1.1 九州周辺の地形

九州周辺の大地形は図 3.1.1 に示すように、①四国海盆と西フィリピン海盆、②九州・パラオ海嶺などの海嶺群、③南海トラフと琉球海溝、④西南日本弧と琉球弧、⑤日本海、の海盆および沖縄トラフ、⑥大陸、に分けられる。

九州は④の西南日本弧と琉球弧の接合部に立地する。西南日本弧は南海トラフに平行で、中国・四国地方から続くほぼ東西方向の島弧である。九州南東の沖でプレートの沈み込み帯が方向を変えるのに対応して、西南日本弧の地形・地質の方向は、琉球弧の方向に向きを変える。

九州各地の地形を区分し、特徴付けるのは、火山フロントと横ずれ断層である。西日本の火山フロントは、南のトカラ列島から鹿児島湾、霧島火山群、阿蘇カルデラを経て九重、由布火山群、国東半島の両子火山、姫島から中国地方西部に至る。

九州中部の阿蘇火山の南には、非火山性の大きな山地（九州山地）が存在し、火山を含む台地・丘陵をなす地域との境界に明瞭な境界線が走っている。この境界線は四国の中央構造線の延長とみられる臼杵―八代構造線である。これらの構造線によって、九州は北部と南部に区分される。そのすぐ北方には大分―熊本構造線が平行に走っている。

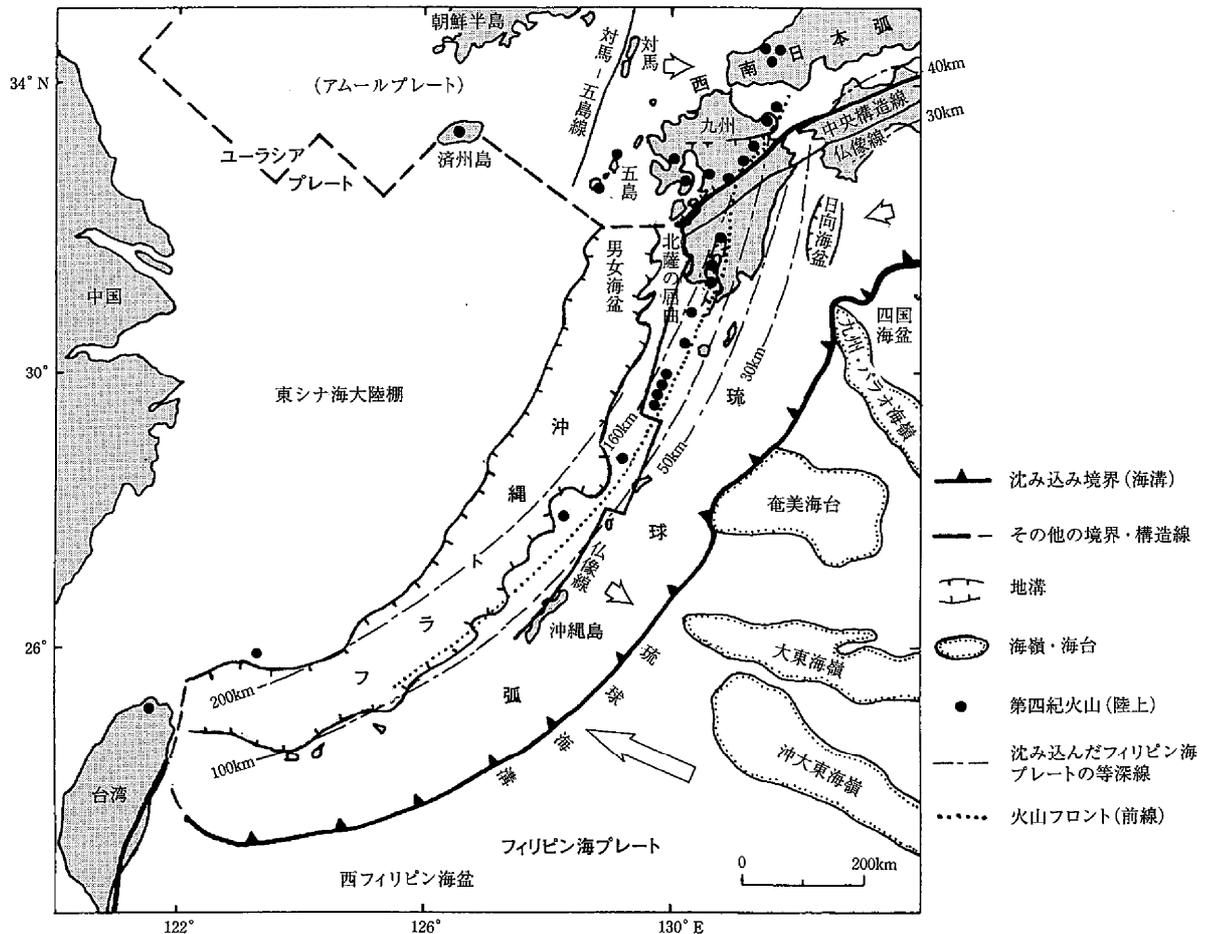


図 3.1.1 九州および南西諸島周辺のプレート境界とテクトニクス・火山¹⁾

九州は地理的には、図 3.1.2 に示すように、北部九州、中部九州、南部九州に分けられる。これらの区分は前述の構造線に基づいて区分されたものである。このうち、熊本地震の舞台となった中部九州の主な地形について説明する。

(1) 別府－島原地溝帯(B2)

別府－島原地溝帯は、由布岳・鶴見岳、九重火山（豊肥火山地域）、阿蘇火山、雲仙岳など新しい活動的な火山群からなる（図3.1.3）。豊肥火山地域では新しい火山は地溝帯の中軸にある。この地溝帯には多数の東西方向の正断層が発達し、南北に伸張して階段状に陥没しており、南側の九州山地との境界断層側で陥没量大きい。この地域は大きな沈降にもかかわらず多量の火山噴出物に埋められた地域でもあるため、中新世以降に瀬戸内海のように海が入り込んだことはない。

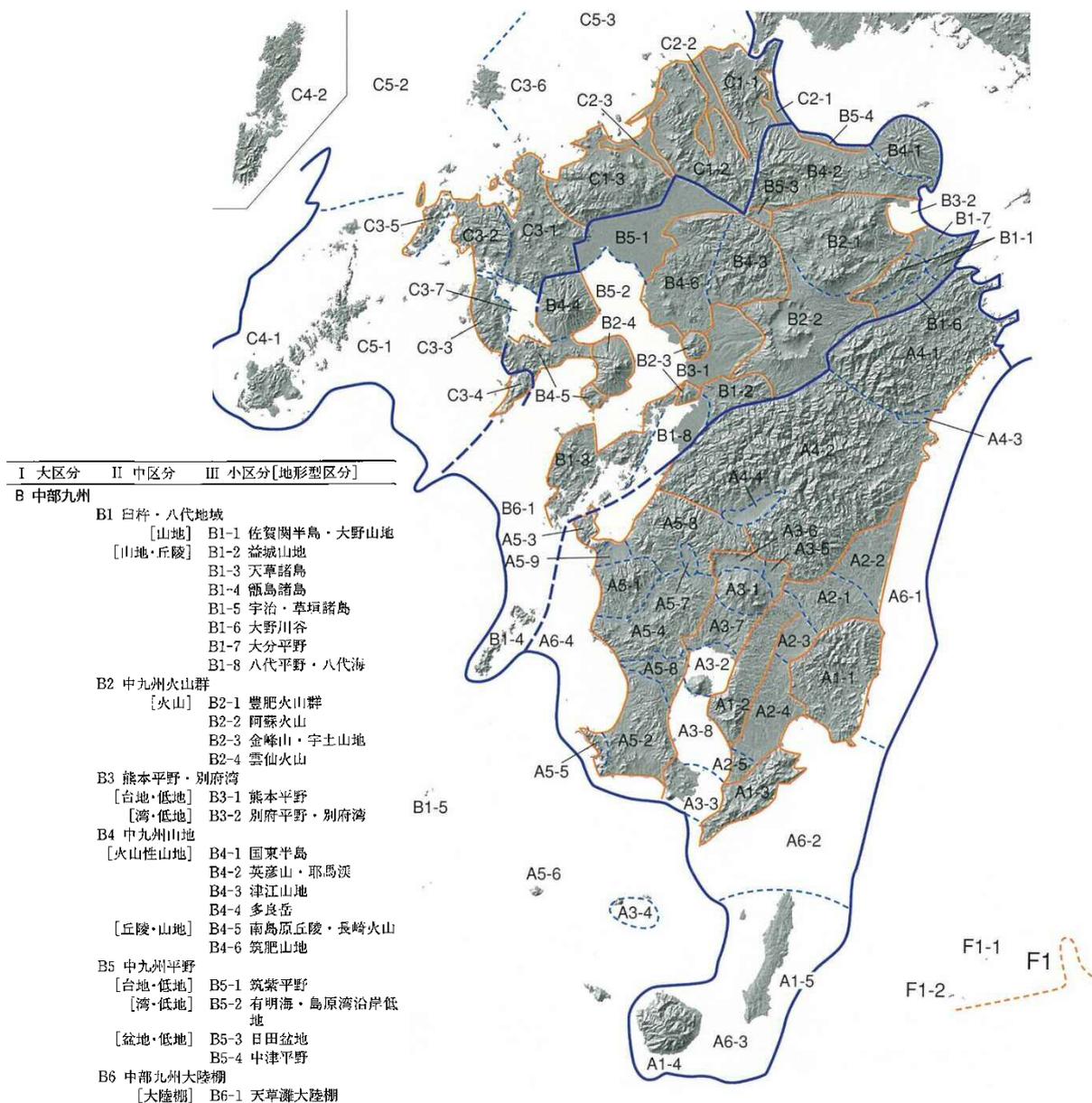


図 3.1.2 九州・南西諸島の地形区分¹⁾

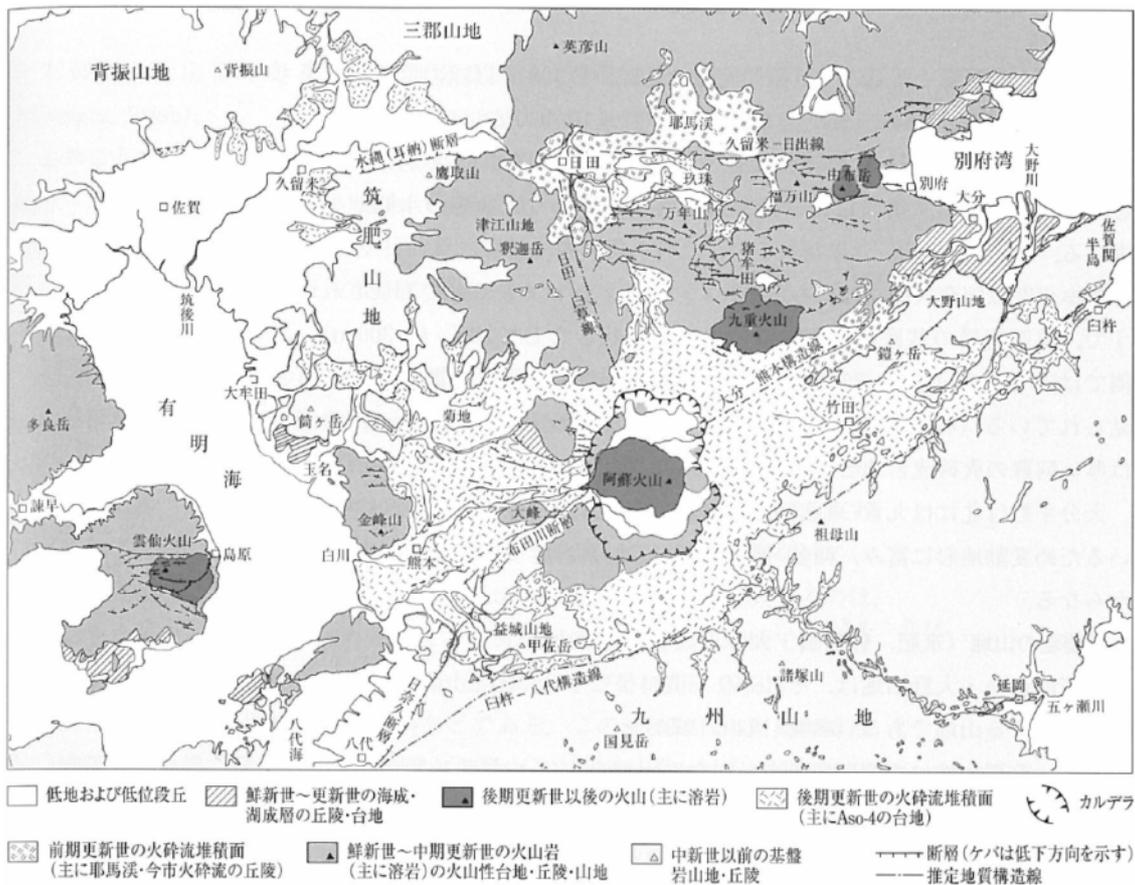


図 3.1.3 中部九州の地形分類図¹⁾

別府一島原地溝帯は、火山、地溝、正断層で特徴付けられ、火山岩が厚く堆積し、基盤岩が深く陥没していること、負のブーゲー重力異常の地域であることから名づけられた。この地溝帯の成因には、a)沖繩トラフが九州の南西から上陸し、南北に裂けて広がるために地溝と火山群が生じたという説と、b)フィリピン海プレートが図 3.1.4 に示すように、西南日本弧の下に沈み込むため、大分ー熊本構造線（断層）が右横ずれを起して、北側の地域が基盤から東方に移動して陥没し、さらに火山フロントが南から北東に横切っているため、火山活動が同時に起こったという説がある。正断層が発達するのは、そこに火山帯が形成されたためとされている。

a)の論拠は地震、断層と観測資料である。この地域は日本列島には珍しい伸張の応力場で浅い地震が多発する。1975年大分県中部地震(M6.4)は、震源が浅く、正断層型の発震機構を示す地震として注目された。このタイプの地震は、この地溝帯に沿って、別府湾・九重山から天草灘にかけて密集して発生している。

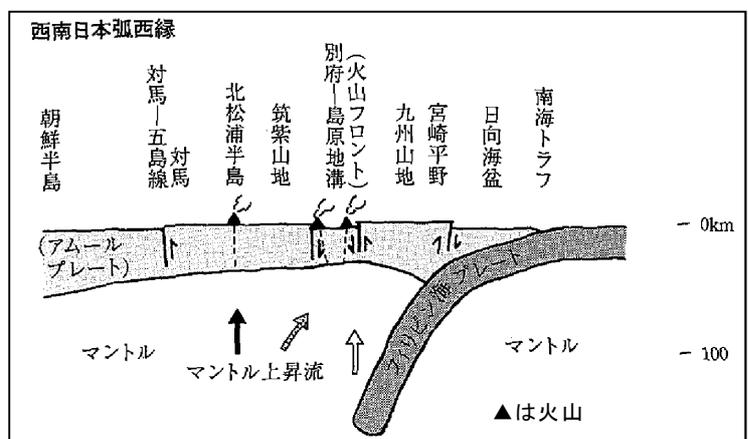
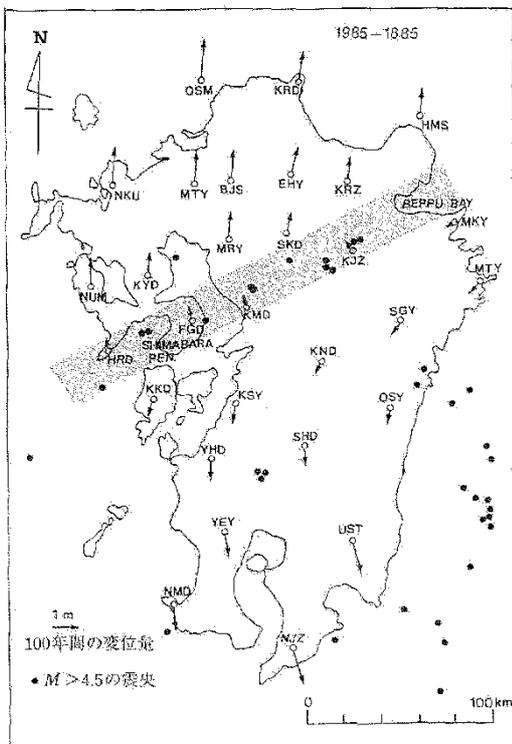


図 3.1.4 西南日本弧西縁の地殻・マンタルの断面 (文献 1 より抜粋)

こうした正断層群は、東では別府湾を形成したのち、豊予海峡以東で消滅するが、西方では雁行配列をして阿蘇外輪山の北西部（鞍岳）、立野から熊本平野、また島原半島の雲仙火山に続くように見える。雲仙火山では、橘湾に面した千々石断層をはじめ、東西に走る正断層が見られる。こうした正断層によって落ち込み、火山で埋められた別府湾から島原半島に続く別府－島原地溝帯は、過去約 100 年間の測地によって、南北方向に 1～2cm/年の速度で開き、地溝軸は 2～3 mm/年で沈降してきたことが知られている（図 3.1.5）。

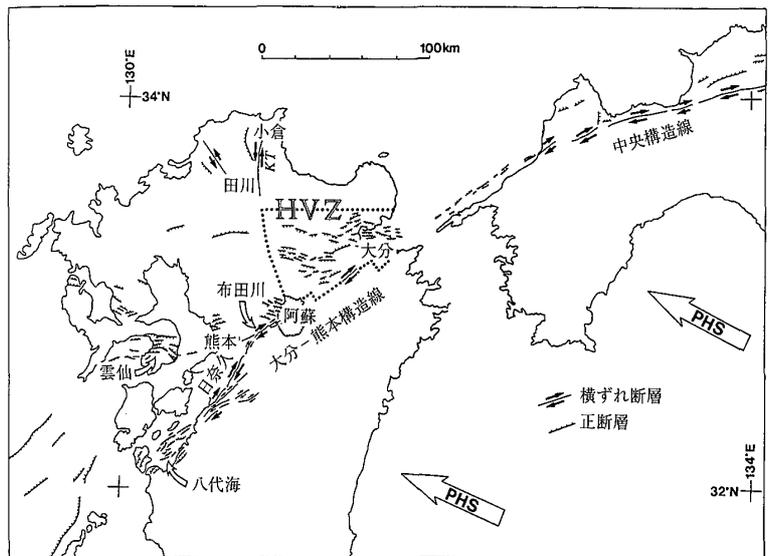
一方、b)の説では別府－島原地溝帯を後期中新世以降の火山構造的陥没地とみなし、火山地質や地球物理の多くの情報に基づいて、テクトニックな発達モデルによって形成されたと考えた。まず、この地域の構造発達史は単純ではなく、中央構造線（大分－熊本構造線）の右横ずれ運動に伴うプリアパート現象（基盤からの引き離し）に伴って生じたと説明でき、a)の説の沖縄トラフが上陸したのとは考えにくいこと、次に、約 500 万年前頃から火山活動が活発化して大規模な地溝が形成されたと同時に大分－熊本構造線が右横ずれ運動を開始したことを、約 600 万年前のフィリピン海プレートの沈み込み再開、あるいはアムールプレートの東進によって説明する。さらに、150～200 万年前に現在の火山フロントで島弧火山活動が活発化し、中央構造線の右横ずれ運動が活発化したことなどは、フィリピン海プレートの沈み込み方向が西北西に変化したためと解釈できるとした。最近の別府－島原地溝帯における南北の伸張は、中・北部九州が中央構造線と平行（東北東－西南西）に右ずれ変位を起している現象と解釈された（図 3.1.6）。そして中央構造線に対して左斜めに沈み込むフィリピン海プレートによって雁行する地溝群が生じた。ここでは、一方的な南北方向の伸張ではなく、右ずれせん断帯での東西

圧縮と南北伸張といった局地的な歪を解消する現象と考えられた。このせん断帯－沈降帯は東では瀬戸内低地帯に続くが、中部九州では火山フロントがこのせん断帯を横切るため、活発な火山活動により地溝が火山岩で埋め立てられたと説明する。



網をかけた地帯は別府－島原地溝帯

図 3.1.5 測地測量から求められた九州地方の地殻水平変動⁵⁾



点線で囲った地域が豊肥火山地域 HVZ、断層の横ずれ方向は矢印で表される、PHS を付けた矢印はおおよそ 150 万年前以後のフィリピン海プレートの沈み込み方向

図 3.1.6 九州と四国周辺の構造線と断層⁶⁾

(2) 古い火山群(B4)

鮮新世から前期更新世の火山は地表では地溝の軸から離れて分布するが、地溝帯では地下に埋没している。両子山、英彦山、多良岳などは水系や裾野の地形から見て、かつては大型火山として成長したと思われる。この時期の火山岩の分布は広大で、体積も大きいので、豊肥火山地域では鮮新世の噴出率は大きかったが、その後次第に減少し、活動中心も地溝中軸部に限定されるようになったと解釈されている。火山の形成時代に応じて開析程度が異なり、安心院、英彦山、釈迦ヶ岳などの鮮新世火山は火山岩山地というべき侵食地形をなすが、前期～中期更新世火山では原形が裾野などにまだ残っている。また中期更新世にもごく断続的ながら活動があり、両子山、金峰山、多良岳等の比較的新しい火山地形も形成された。

(3) 平野・低地

筑紫平野と熊本平野は、いずれも沈降性の堆積平野で、次のような特色がある。筑紫平野は、久留米付近を境に平野の基盤構造が異なり、北東部は南縁を東西に走る水縄断層で落込んで、第四紀層の基底が-300m以浅の盆地構造となっている。また、南東部では平野堆積物の底は-100～-200mと浅いが、有明海西部に向かって深くなる(-500m以上)。久留米以南は低平な三角州からなり、独特の水郷地帯を形成する。

熊本平野は、阿蘇火山立野から西南西にのびる断層に支配されて形成されており、第四紀層の基底は南側の緑川沿いで谷状となって深く(-300m)、北側では浅くなる。活発な沈降は後期更新世にも継続していると見られている。平野は扇状地・三角州のほか、北側には厚い阿蘇の火砕流台地と活断層のために段丘化した扇状地が広く分布する。

大分平野は、北は九重－別府地溝の南縁、南は大分－熊本構造線に挟まれているため、変動地形に富み、傾動・隆起した丘陵・台地、そして扇状地・三角州からなる。

(4) 基盤岩の山地

佐賀関半島・大野山地は、それぞれ三波川帯とそれに衝上した白亜紀大野川層群からなる山地である。水縄・筑肥山地は西側の変成岩からなる山地を主体とする。これは標高800mの尾根をもつが、大部分500～200mの緩傾斜の侵食小起伏面をもつ低い山地である。なお、筑肥山地は東側で海拔1,000mを超す比高の大きな山地(津江山地)に移行するが、これは基盤岩山地の上に噴出した後期中新世から前期更新世の火山岩からなる山地である。また、筑肥山地の南部(菊池川中流域)は領家花崗岩が分布し、侵食されて低平な丘陵となっている。

熊本平野の南の益城山地は大分－熊本構造線と臼杵－八代構造線に挟まれた低い山地・丘陵で、古い変成岩・花崗岩・秩父累帯の岩石からなり、日奈久断層に続く活断層によって切断されている。天草諸島の山地は北部九州と共通性の高い地質からなる海拔500m以下の低い山地で、地層の軸は北北東－南南西の琉球弧の方向に向いている。

3. 1. 2 九州地方の地質

(1) 基盤構造

九州の土台をなす第三紀より前の基盤岩類の構造は、基本的には西南日本弧の帯状構造の続きである(図3.1.7)。中国・四国地方とほぼ同様に九州では主に古生代・中生代の秋吉帯、三郡帯、領家帯、秩父累帯、四万十累帯(第三紀層を含む)の堆積岩・変成岩および白亜紀の花崗岩などが基盤を構成している。基盤岩類はいくつかの構造線(断層)によって切断され、帯状構造は乱れ、屈曲して琉球弧に続く。図3.1.8に九州の主な地層の分布を示す。基盤岩類の種類と主な断層を図3.1.9に示す。

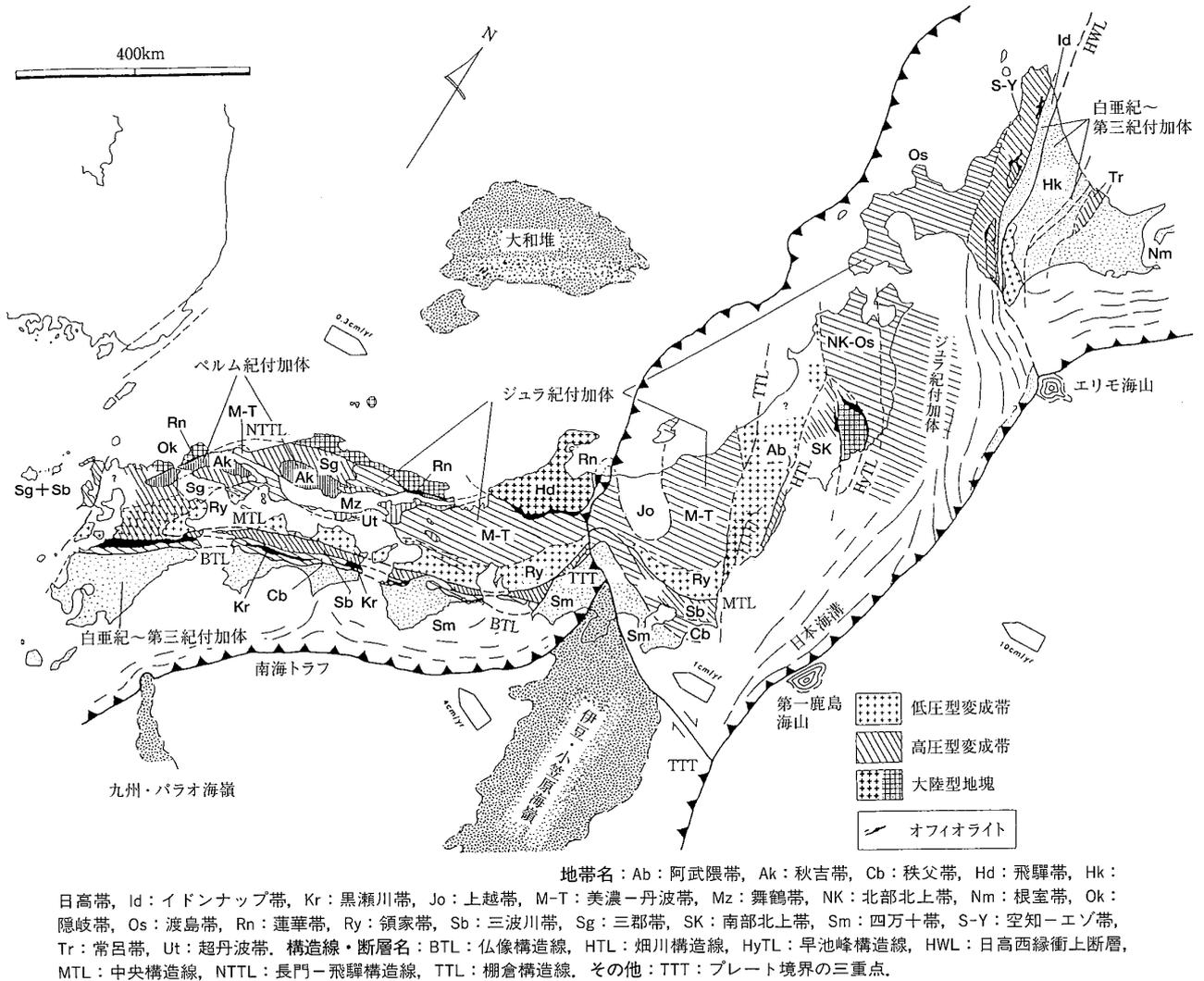


図 3.1.7 日本の基盤岩類の地質構造³⁾

九州は、ほぼ九州中部を斜めに横断する臼杵-八代構造線によって二分されている。その北側が西南日本弧の内帯であり、南側(南部九州)が西南日本弧の外帯に相当する。なお、北側地域の南部は火山や断層で特徴づけられる特異な地帯であり、中部九州と呼ばれる。

主な断層の方向は、活断層も含めて北部九州で南北ないし北北西であり、西南日本弧の帯状構造を分断し、あるいは転位させている。なお、長崎地域(西彼杵半島-長崎半島-天草の一部)では、基盤岩類(長崎帯)の構造そのものが南北ないし北北東-南南西であり、それ以東

の北部九州の地質構造と調和していない。北部九州の南北に近い構造方向は、地形的にも遠賀川の谷や福智・三郡・背振などの各山地の東縁あるいは西縁の方向に現れている。北部九州で最も顕著な地質および地形境界をなしている背振山地・東松浦半島間の断層（畑島－有明海断層）もこの方向である。

中部九州での基盤岩類や第三紀以降の火山岩類を切る断層（水縄断層や別府－万年山断層帯など）の走向は概して東西であり、北部九州沿岸地域とは明瞭に方向が異なる。中部九州は新生代後期の東西に並んだ多くの火山、顕著な地震、正断層性活断層で特徴づけられており、いわば「中部九州横断帯」を形成している。とくに、その内部の幾つもの活火山とそれに伴う低重力地域で特徴づけられる幅30km程度の地溝状の陥没地帯は、地形の項で述べたように、別府－島原地溝と呼ばれている。

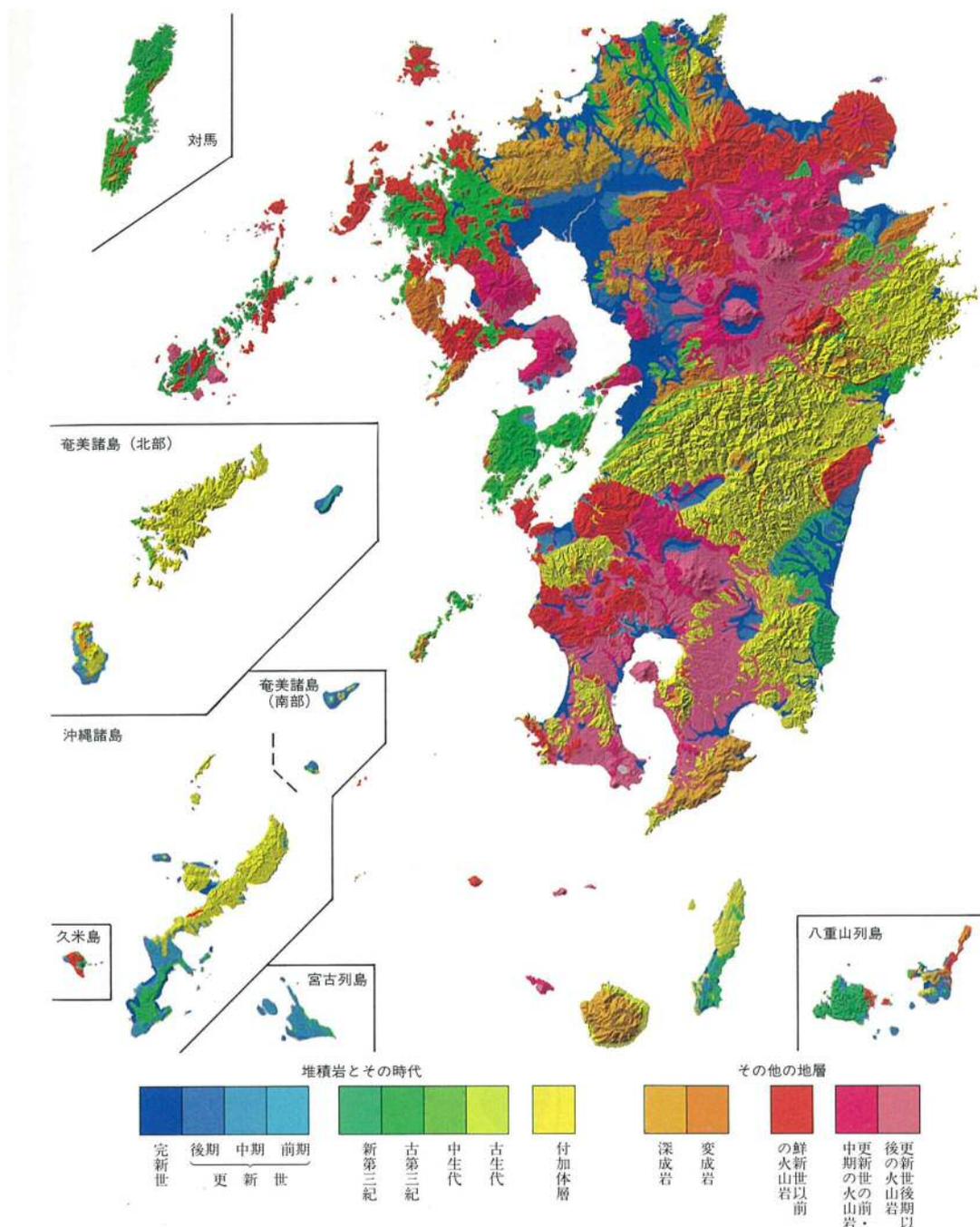


図 3.1.8 九州・南西諸島の地質図¹⁾

鹿児島湾の地溝の地形も、いずれもほぼ南北方向であり、琉球弧の方向になる。

上記の基盤岩類は、古生代後期以降の海のプレートの沈み込みに伴って当時の大陸の縁辺部に生じた付加体の構成物である。つまり、当時はまだ九州は陸地ではなかった。沈み込み帯での深い海底における基盤岩類の形成（堆積作用や変成作用）は、内帯ではジュラ紀末頃までに、外帯ではほぼ前期中新世までに終わった。内帯では白亜紀に火成岩類の送入があり、隆起して陸化し侵食の場となった。以後、新生代を通じて九州は概して陸上での侵食と火山活動の場となった。北部九州の白亜紀の関門層群や古第三紀～中新世の挟炭層、九州中部の白亜紀層に見られるように、局部的に湖が生じ、一時的に海が入り込んだこともあった。対馬や北部の炭田地域では、海成層のほかに古第三紀の火山噴出物も知られている。

九州の火山岩類の大部分は新第三紀、主に鮮新世以降の噴出岩である。現在の九州の面積の1/3は新第三紀・第四紀の火山岩の分布地であり、それらが現在の地形の主要構成要素となっている。図3.1.10は九州の主な第三紀層の時代と分布域を模式的に示したものである。

新第三紀と第四紀の火山岩類はほとんどすべて陸上の噴出物である。局地的に河川～湖水性の堆積層を伴うが、海成層はほとんどない（四万十累帯の地層と宮崎層群が主な海成層）。この時代の非火山性の堆積層は玖珠盆地、久留米・黒木地域、人吉盆地などに局地的に分布する陸成層と島原半島南部（口之津層群）や大分市付近（碩南層群）などの沿岸にわずかに露出する海成～陸成層だけである。つまり新第三紀以降の九州は、陸上での火山の噴出の時代であり、同時に広い侵食地域でもあった。

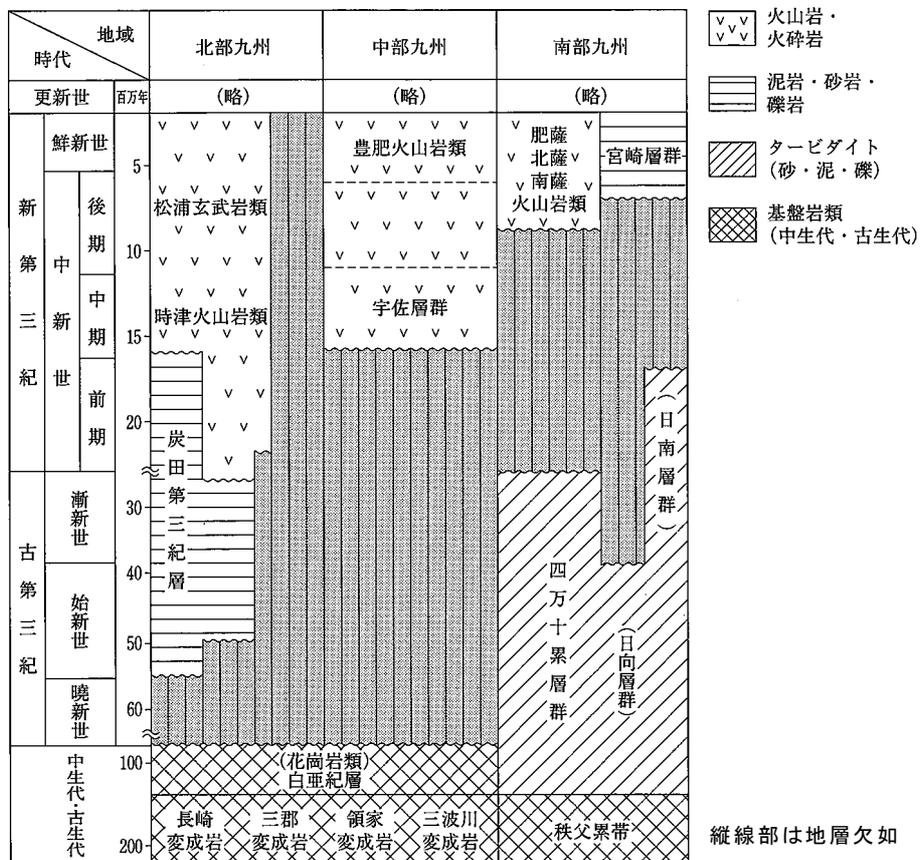


図 3.1.10 九州の主な地層と火山岩類の時代的分布（概略図）¹⁾

3.2 熊本県の地形・地質

3.2.1 概要

(1) 地形

熊本県は北部、東部および南部の三方を数 100～1,700m の山地に囲まれており、宮崎県との県境には九州の脊梁をなす九州山地が走り、最高峰の国見岳（1,739m）、市房山（1,722m）を主峰に十数座の山岳が連座している。県の北部には、八方ヶ岳（1,052m）があり、また、福岡、大分および熊本県との境には国見山（1,018m）が聳え、県南部は一带に急峻かつ広大な山地からなり、九州山地に連なる山岳が相重なっている。

西側の海岸部では、熊本平野の西方に宇土半島が突き出て有明海と不知火海とに分け、宇土半島の南西には大小 20 余りの島からなる天草諸島が散在している。

県中央部には菊池川、白川、緑川流域に熊本平野が開け、日本三大急流の 1 つである球磨川とその他の中小河川の流域に開ける八代平野とともに平坦地を形成している。

地質に起因する地形に着目すれば、複式火山として世界的に有名な阿蘇山がある。阿蘇山は、県の北東部に位置し、陥没によってできた南北約 25km、東西約 18km の巨大カルデラの中央部にいわゆる阿蘇五岳がある。熊本県とその周辺部の地形分類図は前述図 3.1.3 に示したとおりである。

(2) 地質

熊本県には様々な年代の地質・岩体が分布する。また、県全体を北東から南西に斜めに横切る構造線に規制された複雑な地質分布をもっている。県中央部は、中央構造線の西方延長と考えられる臼杵―八代構造線が北東―南西方向に横断する。熊本県の地質構造は、この構造線を境に南北で大きく異なり、様々な時代の付加体が帯状に配列している。

北側の西南日本内帯は、阿蘇火砕流堆積物によって不明瞭であるが大分―熊本構造線で三郡帯と肥後帯に区分される。三郡帯は、変成岩や深成岩類・火山岩類で構成される。肥後帯は変成岩類とペルム紀・白亜紀等の堆積岩で新規火山岩類に覆われる。変成岩類は花崗岩類の貫入を受ける。さらに熊本平野や八代平野といった沖積平野も広がっている。

構造線の南側の西日本外帯は、仏像構造線で秩父累帯と四万十累帯に区分される。秩父累帯は大分県の臼杵南部から熊本県南部の球磨川流域にかけて、東北東―西南西方向の帯状の地域で、臼杵―八代構造線とほぼ平行して分布し、北部の黒瀬川構造線と南部の三宝山帯とに 2 分される。両帯とも海成堆積物で構成され低度広域変成作用を受ける。一番南側に配列する四万十累帯は、仏像構造線の南に位置し、主に白亜紀～古第三紀、一部に新第三紀の堆積岩類が分布する。これより南の鹿児島県境付近には新生代の安山岩類が分布する。

一方、天草諸島の基盤地質は、肥後変成岩類、領家花崗岩類および西端の高浜変成岩類で、これを白亜紀から第三紀の堆積岩類が覆う。これらの堆積岩類は、御船層群（恐竜の化石出土）も含めて、正常堆積物である。

3.2.2 阿蘇山

九州中央に位置する阿蘇火山は、巨大な陥没カルデラと活動的な中央火口丘をもった日本列島最大のカルデラ火山の一つである（図3.2.1）。また、カルデラの外側に広がる火砕流の広大な台地も阿蘇火山を特色づける地形である。火砕流堆積物は九州の大部分から中国地方西部までに分布し、同時に噴出した降下火山灰は日本列島全域と北西太平洋に広がったことが認められている。

カルデラをつくった巨大噴火の噴出物は、4ユニットの大規模な火砕流堆積物を主体とするもので、古いものから順にAso-1,2,3,4と呼ばれてきた。

Aso-4以外の噴火では、降下軽石・スコリアも同時に噴出した。火砕流は、雲仙普賢岳の噴火でよく知られているように、噴火で発生した巨大な噴煙柱が崩れ、周囲に多量の

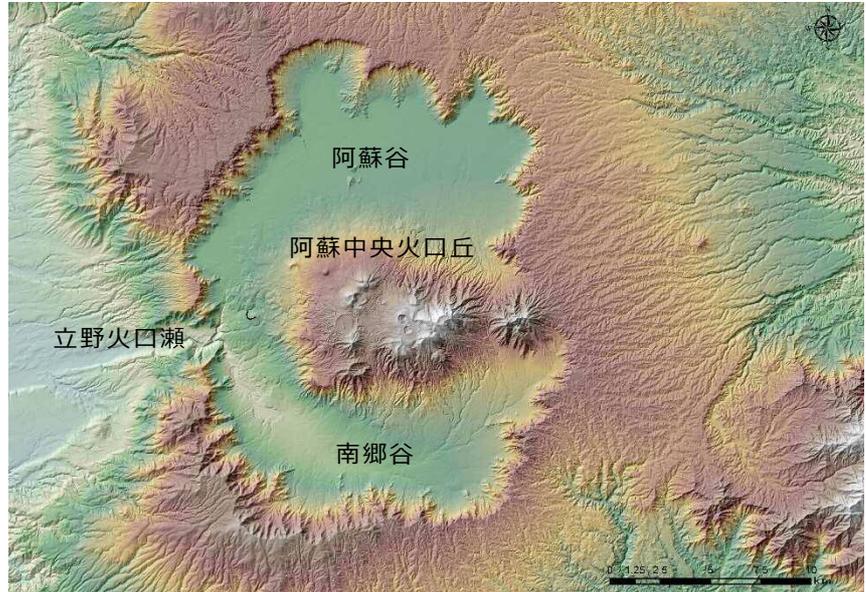


図 3.2.1 阿蘇火山陰影図（10mDEMにて作成）

ガスとともに流れたものである。Aso-2を除く3回の噴火では、火砕流と同時に高層に噴出した火山灰が風によって日本列島から周辺の海域各地に降り注いだ。

これらの4層の火山砕屑物（テフラ）の噴出年代は、次のように推定されている。したがって阿蘇カルデラが活動をはじめたのは、およそ27万年前ということになる（図3.2.2）。

Aso-1:ステージ8,	約25.5～27万年前
Aso-2:ステージ6,	約15万年前
Aso-3:ステージ5e,	12～13万年前
Aso-4:ステージ5b,	8.5～8.9万年前

4つのテフラ層とも噴出物の体積はそれぞれ100km³のオーダーであり、1991～92年の雲仙普賢岳噴火による噴出物の100倍以上にのぼり、日本のテフラのうちでも最大級のものであった。このため、噴出中心の地盤は、各大噴火のたびに破壊・陥没して、カルデラ地形が生じたと考えられる。すなわち、現在の大きなカルデラ地形は、いくつかのカルデラが合成されたものといえる。ただし、最後のAso-4噴火は4回のうちで最大であったので、このときに現在のカルデラの大部分が形成されたものと考えられている。

カルデラの外輪山は標高600～1,200mで、カルデラ内には標高300～600mの広大な火口原が広がる。火口原は中央火口丘群によって二分され、北側は「阿蘇谷」、南側は「南郷谷」と呼ばれている。阿蘇谷を流れる黒川と南郷谷を流れる白川は、カルデラ西端の南阿蘇村戸下で

合流して新たに白川となる。合流した白川は、カルデラ壁唯一の切れ目である立野火口瀬を通り、熊本平野を流れて有明海（島原湾）に注いでいる。

陥没したカルデラには、一時、湖が形成された。現在カルデラ底で見られる湖の堆積物には少なくとも新旧2層があるが、Aso-4噴火直後の湖の堆積物ではない。立野火口瀬からの白川の排水によって湖が消滅したり、中央火口丘から流れ出した溶岩により再び堰止められたりという変遷が何回か繰り返された。古い湖の堆積物は、およそ8~5万年前までの時代にできたもので、新しいものは3万数千年前頃に堰止められた湖の堆積物であることが知られている。

立野火口瀬には阿蘇地方に伝わる次のような『立野蹴破り伝説』がある。阿蘇の大明神 健磐龍命が阿蘇谷を眺めたところ、そこに広大な湖があったので、人々のために田を開きたいと思い、立野を蹴破ったという話である。

阿蘇カルデラから立野火口瀬を経て西の熊本平野に流れ出る白川は、阿蘇カルデラの湖の形成と消滅の影響を強く受けたと考えられる。湖が形成されていた時期には流送砂礫が少ないため河道は下刻し、また湖が消滅するとカルデラ内から多量の砂礫が流出して、白川下流に氾濫・堆積したと考えられる。なお、立野火口瀬の位置は北落ちの布田川断層によって決まったと考えられる。この断層は熊本平野の東南縁を通り、日奈久断層に続く大分-熊本構造線の一部で、その延長が立野火口瀬の南側を通過している。

3.2.3 阿蘇周辺の火砕流台地

Aso-1~4の火砕流堆積物は大分平野や熊本平野に広く分布している（図3.2.4）。とくにAso-4火砕流堆積物は約150km遠方にまで堆積している。これが中国地方西部の秋吉台や天草諸島に分布することは、周防灘や有明海（当時これらは陸地であったらしい）を越えたことを示し、南部の人吉盆地に厚く堆積していることは、高温、高速で高密度の流れが海拔1,000mを超す九州山地を乗り越えていったことを示す。これが平野に出て厚く堆積した地形面は一般

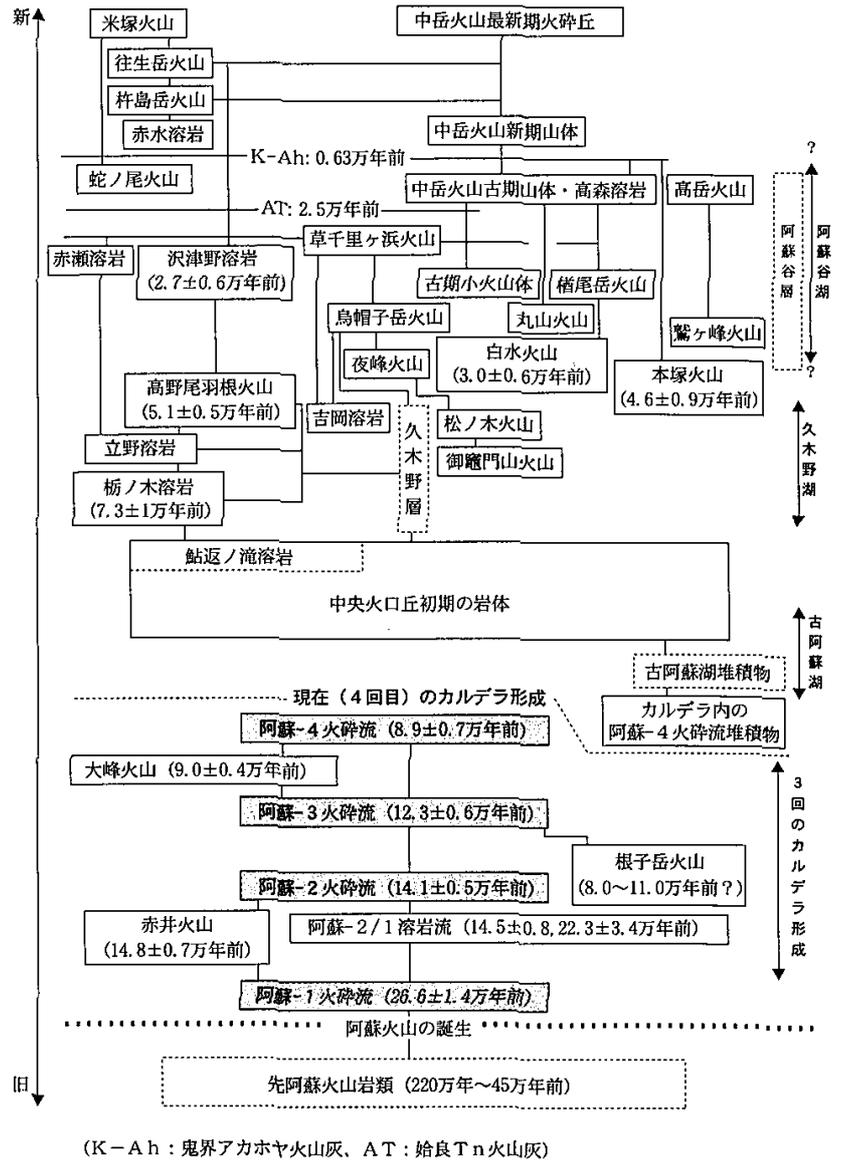


図 3.2.2 阿蘇火山の発達史⁸⁾

に河成段丘に似た地形となる。それは元来、平坦な氾濫原や段丘面上に堆積したためであるが、よく観察すると高さに不連続があり、段丘崖が連続して切り立っている（とくに溶結凝灰岩になっているところで顕著である）ことなど、普通の河成段丘とは区別できる特色をもつ。



図 3.2.3 立野火口瀬と布田川断層帯（文献 11 に加筆）

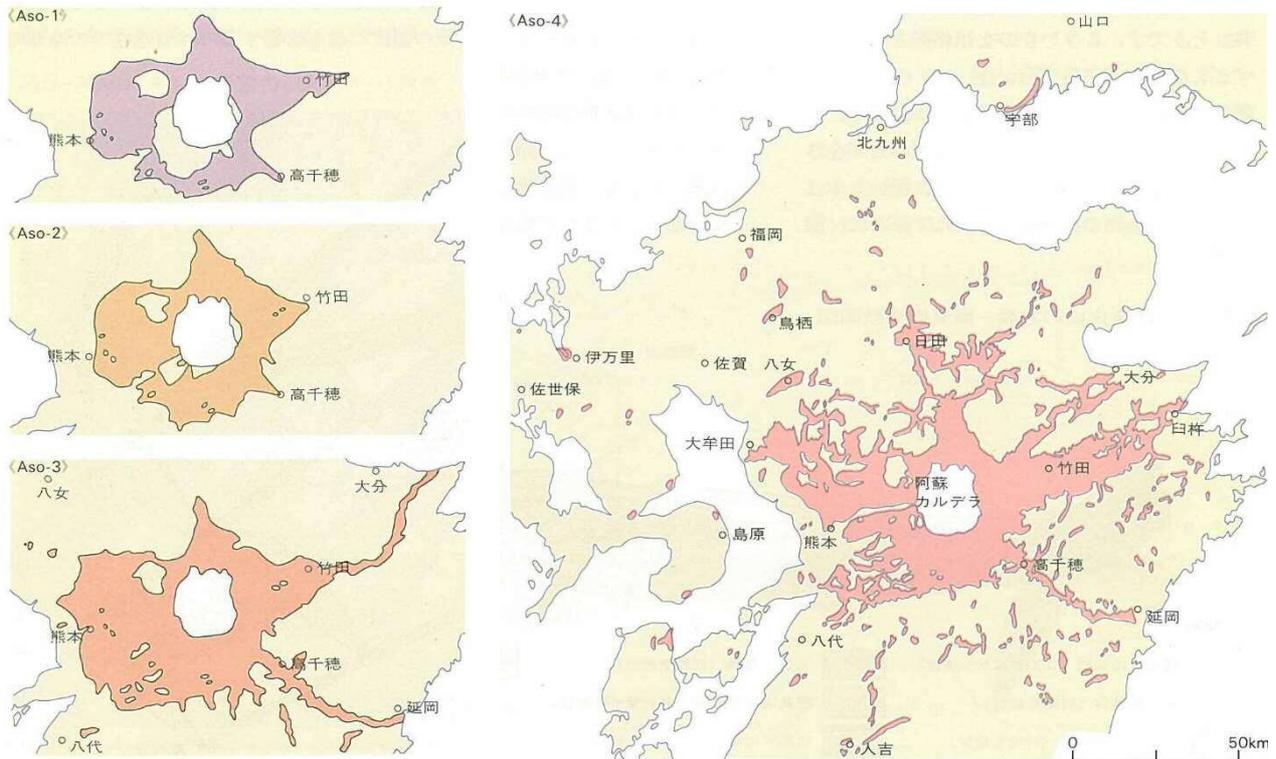


図 3.2.4 阿蘇火砕流の分布⁹⁾

図3.2.4に熊本市周辺の地質図を示す。熊本市の中心部は後背低地や自然堤防上にあるが、熊本市東部から益城町にかけての地域は、阿蘇の火砕流堆積物が段丘地形となって分布する。家屋被害が数多く発生した益城町の市街地は段丘の末端部で、沖積低地との境界領域である。

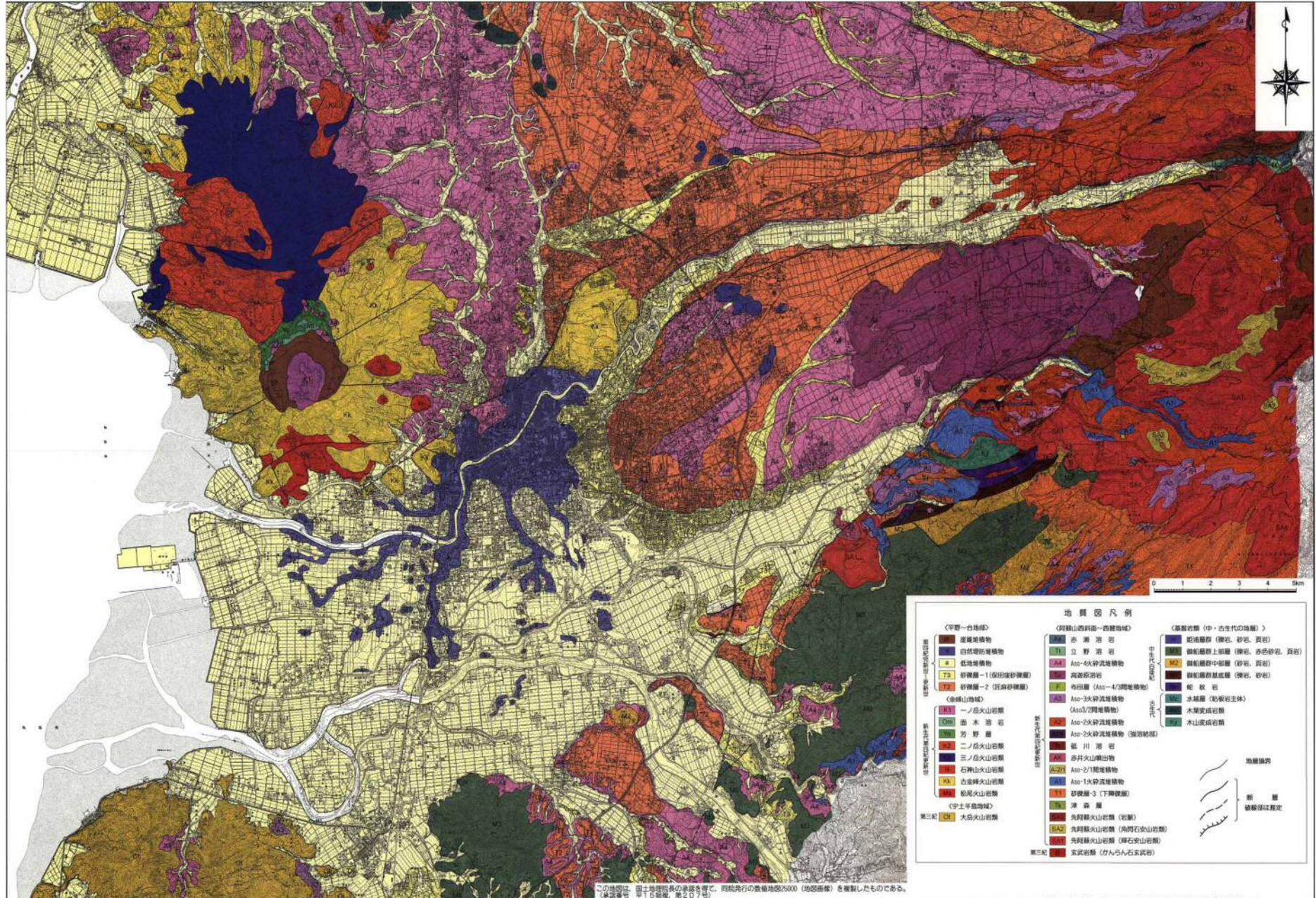


図 3.2.5 熊本市の地質平面図¹⁰⁾

3. 2. 4 沖積平野

(1) 玉名平野

玉名平野は、有明海南部に面し、菊池川下流に発達する河成段丘と沖積低地およびAso-4火砕流の台地からなる。河成段丘は菊池川の右岸から北東へ海岸に沿って12~13kmにわたって海拔60m以下に分布する。

沖積低地は自然堤防帯と砂州を伴う三角州からなる。これらを構成する沖積層は、更新世のAso-3,4火砕流、天水層などを基盤として、基底礫層、下部砂層、中部粘土層、上部砂層からなる。基底礫層は最終氷期の河成層らしいが、詳細は不明である。下部砂層は最終氷期末から約9,000年前までに堆積した三角州前置層、中部粘土層は9,000~4,900年前の三角州底置層や内湾性堆積物である。上部砂層は最高海面期以降から現在までの海退期の河川や海浜の堆積物である。

(2) 熊本平野

熊本平野は、熊本県中北部に位置する広さ775km²の沖積平野で、阿蘇カルデラの水を集める白川と阿蘇カルデラ南側外輪山に発する緑川の下流部に形成されている(図3.2.6)。平野の東側は阿蘇山の外輪山に、西側は有明海の島原湾に、南側は宇土半島・雁回山に面している。同平野は、別府-島原地溝内に位置し、断層の影響を受けている。

阿蘇外輪山の山麓や南部の九州山地沿い、益城山地にはAso-4火砕流の堆積面を侵食した標高100~20mの扇状地性の河成段丘がひろがり、西部の島原海湾側には海拔20m以下の三角州や自然堤防帯からなる沖積低地が発達する。

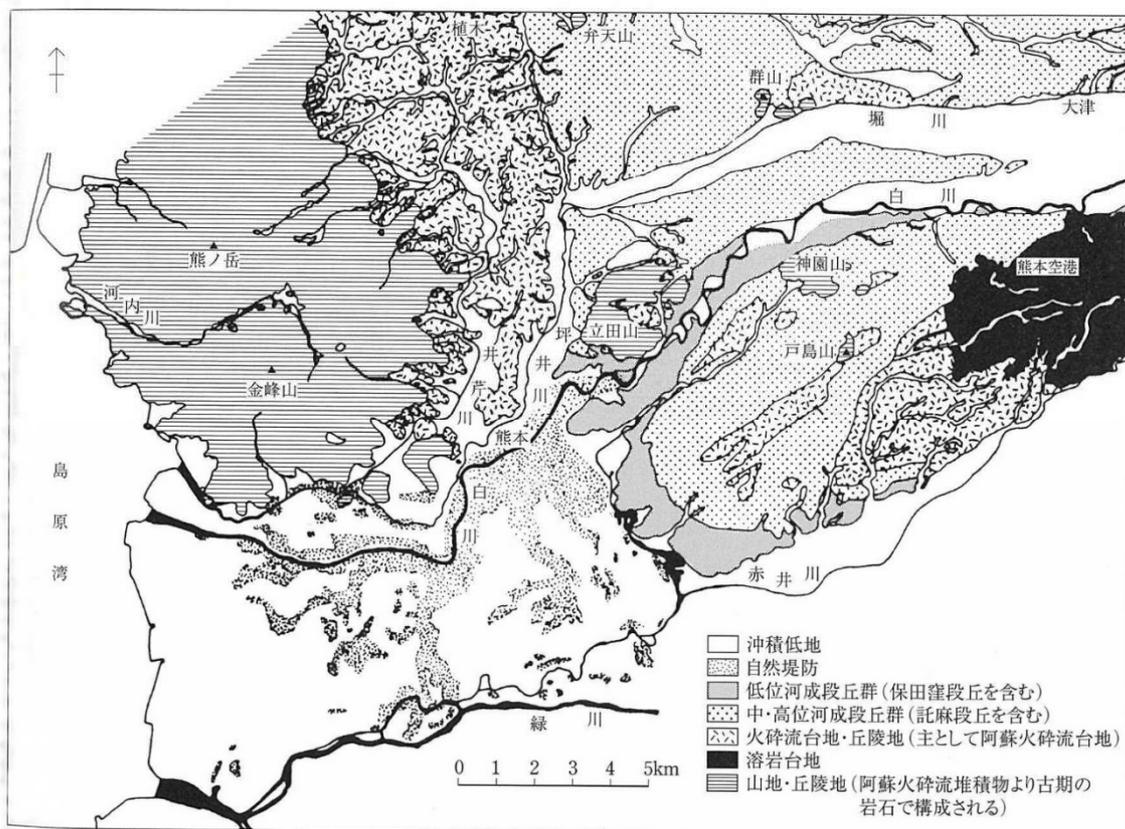


図 3.2.6 熊本平野の地形分類図 (横山⁷⁾に基づく)

平野の原形となる地溝性の凹地は、Aso-1火砕流より前、すなわち約26万年前以前にはすでに存在し、そこに合志層・津森層・下陣層などの河成礫層や湖成層が堆積した。また、これらの陸成層との関係は不明であるが、やはりAso-1の下位に水前寺層と呼ばれる海成シルト・砂層が認められている。この海成層は、中期更新世に、はじめて熊本平野に海が侵入したことを示している。その後、阿蘇火山からのAso-1,2,3,4の各火砕流に厚く埋積された。Aso-4火砕流の堆積後、火砕流台地が開析される過程で、数段の河成段丘が形成された。それらは大きく2つに区分され、託麻段丘と保田窪段丘と呼ばれている。託麻段丘はAso-4火砕流より新しく始良火山灰(AT)に覆われることから約8万年前から3万年前までの間に、保田窪段丘は鬼界アカホヤ(K-Ah)テフラを含む土壌に覆われていることから2万年前から1万年前の間に形成されたと推定されている。保田窪段丘はさらに2~3の段丘に細分される。この段丘は、図3.2.7に示すように、立田山断層や布田川断層などの北東-南西方向の活断層により変位している。これら活断層は別府-島原地溝・南緑の大分-熊本構造線に沿う右ずれ断層群で、立田山断層は1889年の熊本地震(M6.3)を起こした断層である可能性が指摘されている。

沖積低地には、自然堤防と後背湿地が発達しており、熊本市を中心とする市街地が立地しているが、人工改変が著しい。沖積低地のボーリングによると、地下には完新世の沖積層のほか、合志層・津森層・下陣層などの中期更新世層、Aso-1,2,3,4火砕流、溶岩などが認められる。Aso-3とAso-4の間には河成の花房層・布田層のほか、御幸層と呼ばれる海成層が海拔110~70mの深さに認められる(表3.2.1および図3.2.8)。

Aso-4を覆って、島原海湾層と有明粘土層が発達する。1.5万~2.7万年前に堆積した島原海湾層はシルト・砂・礫からなり、その一部は有明粘土層と同時期の陸成層と考えられている。完新世の海成層である有明粘土層は三角州を構成する。その分布から縄文海進時には、現海岸線から15km以上内陸まで海が侵入したことが判明している。御幸層や有明粘土層の分布高度から、熊本平野は0.45~0.90mm/年の速度で沈降し、とくに西部ほど沈降速度が速いと推定されている。このような著しい沈降は、別府-島原地溝帯の形成に由来しているが、速い沈降速度にもかかわらず別府湾のように海域とならないのは、阿蘇火山や九州山地からの多量の物質が白川や緑川により供給されているためと考えられる。

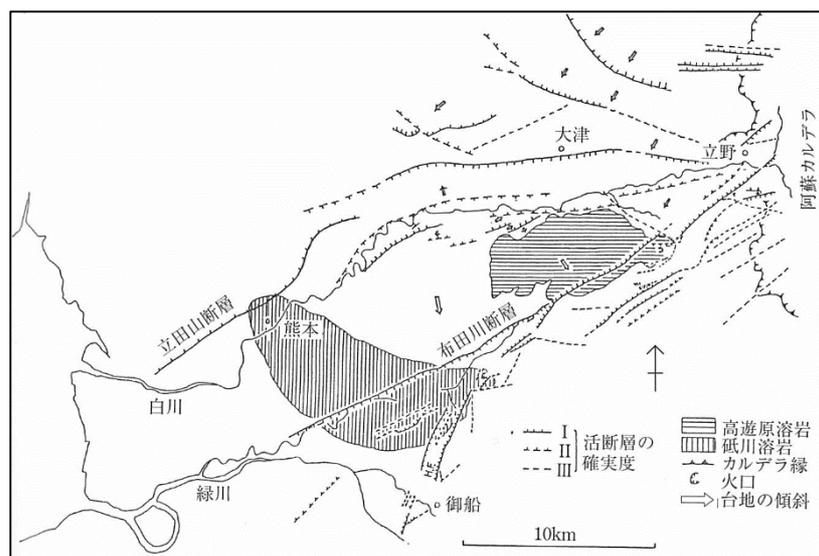


図 3.2.7 阿蘇外輪山西麓の活断層群 (文献 13 に加筆)

表 3.2.1 熊本平野の地質層序表¹⁾

沖積層		
鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah)	.....	6300 年前
保田窪段丘堆積物		
始良 Tn 火山灰 (AT)	.....	2.5-2.8 万年前
託麻段丘堆積物		
Aso-4 火砕流堆積物	.....	8.5-8.9 万年前
大峰火砕丘・高遊原溶岩		
花房層・布田層・御幸層		
Aso-3 火砕流堆積物	.....	11.5-13 万年前
Aso-3, -2 間堆積物		
Aso-2 火砕流堆積物	.....	約 15 万年前
赤井火砕丘・砥川溶岩		
Aso-2, -1 間堆積物		
Aso-1 火砕流堆積物	.....	25.5-27 万年前
下陣礫層		
合志層・津森層・水前寺層		
金峰火山外輪山の火山岩類および先阿蘇火山岩類		
基盤岩類 (先第四紀層)		

↑ (阿蘇中央火口丘) 火山灰

AT, K-Ah の年代は未較正.

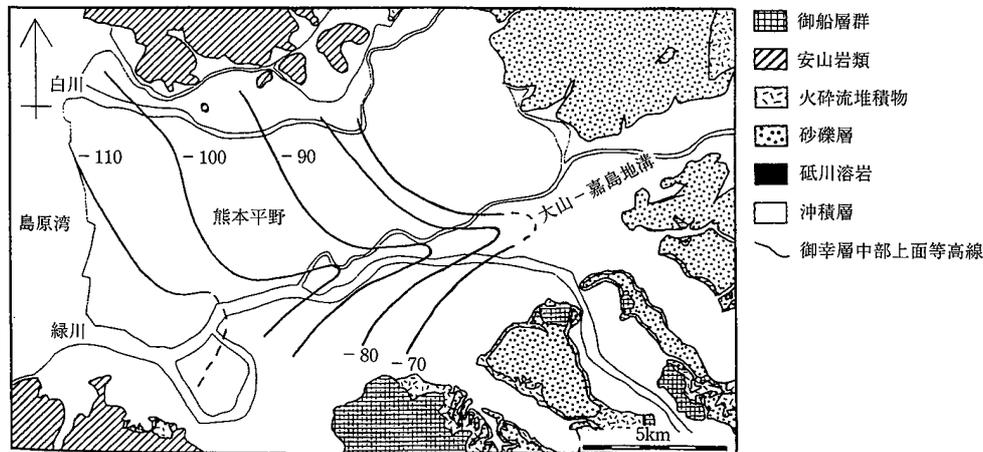


図 3.2.8 御幸層中部上限の分布高度¹²⁾

(3) 菊池盆地

熊本平野の北に接する菊池盆地は、北と西を筑肥山地、東を阿蘇カルデラ外輪山に囲まれた海拔20~200mの盆地で、Aso-4火砕流の台地を刻む河成段丘や沖積低地からなる。この盆地は現在菊池川水系に属しているが、南縁の分水界は、標高80~200mのAso-4火砕流や託麻段丘の低平な地形で、これを隔てて白川水系の熊本平野と接しており、Aso-4火砕流などの阿蘇火山噴出物などを取り除くと熊本平野と地形的に連続的である。Aso-4火砕流以前には、菊池盆地から熊本平野に流れ込む河川が存在していたと考えられる。盆地の原形は中期更新世にすでに存在し、茂藤里層に代表される扇状地が形成されていた。その後Aso-1,2,3,4火砕流が盆地を厚さ200m以上埋積した。Aso-4堆積後は河川の下刻作用が卓越したが、その過程で託麻・保田窪段丘や戸城・堂原・鍋倉・築地段丘などの侵食性の河成段丘群が形成された。

(4) 八代平野

八代平野は、八代海北東岸に位置し、日奈久断層の断層崖を九州山地との境として、球磨川や氷川などによる海拔10m以下の低平な三角州と17世紀以降の干拓地からなる。平野の地下には、熊本平野と同様に厚さ50m以下の有明（不知火）粘土層と島原海湾層があり、さらにその下位に新港町層と呼ばれる海成層が分布している。

【第3章の引用・参考文献】

- 1) 町田・太田・河名・森脇・長岡編：九州・南西諸島－日本の地形7、東京大学出版会、2001.
- 2) 米倉・貝塚・野上・鎮西：総説－日本の地形1、東京大学出版会(独)防災科学技術研究所：中越
- 3) Isozaki,Y：Anatomy and genesis of a subduction-Related orogen:a new view of geotectonic subdivision and evolution of the Japanese Island、The Island Arc. 5、pp.289-320、1996.
- 4) 日本の地質『九州地方』編集委員会編：九州地方－日本の地質9、共立出版(株)、1992.
- 5) 多田：九州中部地方の地殻変動とテクトニクス－別府－島原地溝の分裂拡大－、地質学論集 41、pp.1-12、1993.
- 6) 鎌田・小玉：火山構造的陥没地としての豊肥火山地域とその形成テクトニクス－西南日本弧・琉球弧会合部におけるフィリピン海プレートの斜め沈み込み開始が引き起こした3現象－、地質学論集 41、pp.129～148、1993.
- 7) 横山：熊本市の地形、新熊本市史1 自然・原始・古代、pp.46～74、1998.
- 8) 渡辺：阿蘇火山の生い立ち－地質が語る台地の鼓動、自然と文化 阿蘇選書7、2001.
- 9) 小野：阿蘇火山1 火砕流堆積物とカルデラ、URBAN KUBOTA No.22、pp.42～45、1984.
- 10) 熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編：熊本市周辺地盤図、2003.
- 11) 産業技術総合研究所：活断層データベース<Google Map版>
https://gbank.gsj.jp/activefault/index__gmap.html
- 12) 石坂・岩瀬・長谷・渡辺・岩内・田尻：熊本平野地下に分布する最終間氷期の堆積物と平野の沈降速度、第四紀研究 34、pp.335～34、1995.
- 13) 渡辺・靱倉・鶴田：阿蘇カルデラ西麓の活断層群と側火口の位置、第四紀研究、No.18、pp.89～101、1979.

4. 地震被害

4.1 道路

地震被災地を通る道路のうち、高速道路では、九州自動車道、大分自動車道、東九州自動車道で被害が発生した。被害は、盛土・切土法面の崩壊や、路面損傷（段差、ひび割れ、陥没等）、橋梁の損傷など多岐に及び、また、高速道路に架かる跨道橋が倒壊するという被害も発生した。

直轄国道では、北九州市と鹿児島市を結ぶ国道3号、大分市と長崎市を結ぶ国道57号の他、久留米市と大分市を結ぶ国道210号で被害が発生した。また、熊本県、大分県、福岡県、宮崎県の各補助国道でも被害が発生した。南阿蘇村立野では阿蘇カルデラの外輪山を構成する丘陵の東側斜面が崩壊し、国道57号および平行して走るJR豊肥線の線路を埋没した。さらに、同地で国道57号に合流する国道325号の阿蘇大橋が落橋した。

県道や政令市道でも合計132区間で被害が発生した。被害は、落石や橋梁取り付け部の段差、路面段差・陥没、法面崩壊等が多く、また熊本市西区と阿蘇郡高森町を結ぶ県道28号では、熊本県阿蘇郡西原村の「俵山トンネル」において、トンネル壁が崩落するという被害が発生した。

4.1.1 道路盛土

(1)九州自動車道の法面崩壊(熊本県上益城郡益城町福富 177.8KP付近)

九州自動車道の益城熊本空港 IC と嘉島 JCT の間の県道 28 号と秋津川間 (図 4.1.1) で高速道路の路面が滑り崩壊する被害が発生した。写真 4.1.1～写真 4.1.2 には法面の崩壊状況を示す。被害地点は秋津川の支流が高速道路と平行に流れる区間で、法尻部が河川護岸と隣接する形となっている。写真で分かるように、ブロック積の護岸が崩壊しており、このために背後の道路法面が崩れた可能性もある。



図4.1.1 九州自動車道の法面崩壊箇所 (文献11に加筆)

図 4.1.2 に同地点の治水地形分類図(微地形分類)を示す。益城町の市街地は阿蘇の火砕流堆積物から構成される段丘上に立地しており、その南端は秋津川を境として沖積低地に接している。道路法面崩壊部は、秋津川の支流の氾濫源と

微高地(自然堤防)の境界付近に位置している。高速道路と平行に流れる秋津川支流(妙見川)は、元々、該当区間を斜めに横断していたが、道路に併設するように切り替えられた³⁵⁾。したがって、被害区間は旧河道上に盛土した形になっている。

写真 4.1.3 に示すように、道路の法面の崩壊は秋津川を渡る橋梁の橋台背後まで及んでいることが分かる。秋津川の支流はここで高速道路下を横断しており、その場所のブロック積護岸に破壊が見られる。写真 4.1.4 は盛土の崩壊・ずり落ちによって残った橋台部側面の盛土の痕跡である。橋桁と橋台パラペットの衝突のためか、パラペットのコンクリートの剥落が見られる。写真 4.1.5 は盛土の崩壊土砂によって、非常に狭くなった妙見川の河道の様子である。



写真 4.1.1 高速道路法面の崩壊



写真 4.1.2 法面崩壊部の近景



写真 4.1.3 道路法面崩壊部に続く橋台前面のブロック積護岸の被害



図 4.1.2 法面崩壊地点周辺の治水地形分類図 (文献 11 に加筆)



写真 4.1.4 秋津川の橋台に残る盛土の跡



写真 4.1.5 盛土の崩壊・はらみ出しによって狭くなった河道

(2) 県道298号、県道299号他

県道 298 号（阿蘇公園下野線）は阿蘇市から南阿蘇村に至る阿蘇登山道路の一つである。また、県道 299 号（千里浜栃木線）は県道 298 号から別れ、栃木で国道 325 号に合流する県道である。県道 298 号の国道 57 号の下野から県道 299 号の分岐点までの標高は 471～650m、県道 299 号の県道 298 号の分岐点から国道 325 号の合流点までの標高は 400m～640m であり、阿蘇カルデラ内のなだらかな丘陵地帯を縫う道路である。

図 4.1.3 に調査の過程で認められた県道 298 号と県道 299 号の被害位置を示す。図中の番号は後述の写真番号を示している。

写真 4.1.6 及び写真 4.1.7 は、道路の片側がすべり崩壊をした様子である。写真 4.1.8 に示す航空写真を見ると、道路を崩壊の源頭部として南西方向に崩壊していることが分かる。図 4.1.4 に示す同地点の地形図からは、崩壊箇所では小さな沢が道路から南西方向に延びていることが分かる。このことから、道路の一部が小さな沢を盛土で渡っており、その盛土部分が崩壊したものと考えられる。

写真 4.1.9～写真 4.1.10 は南阿蘇村沢津野付近の県道 299 号の道路被害の様子である。写真 4.1.9 は道路中央が大きく開口したもの、写真 4.1.10 は道路の法肩が崩壊したものである。この道路は丘陵地を縫うように走っているため、切土・盛土の造成部が多くあると考えられ、このような盛土部分がすべり崩壊を起した被害が多いと思われる。

写真 4.1.11 は前述写真 4.1.10 の近傍のブロック積擁壁の上部が折れて背後に転倒した状況である。転倒した擁壁上部の背後の土がないように見えるが、地震前の擁壁の様子（Google Map）では、擁壁の背後には土が詰まっているように見える。また、擁壁下部のブロックもやや前にはらみ出して直立に近い傾斜になっているようである。擁壁背後の土が地震動の作用で擁壁を前方に押し出しながら沈下したため、上部の背後土砂が空いて、擁壁上部が折れて背後に倒れ込んだような形態を示している。

写真 4.1.13 及び写真 4.1.14 は、京大火山研究センターの東にある道路の被害である。同地点では、道路は西側の丘陵地と東側の盆地の境界部を通っており、丘陵斜面を刻むように道路が付けられている。道路の位置関係から見て、切盛りか腹付けで道路が造成されていたようである。地震で盛土部分が下に滑落したと思われる。

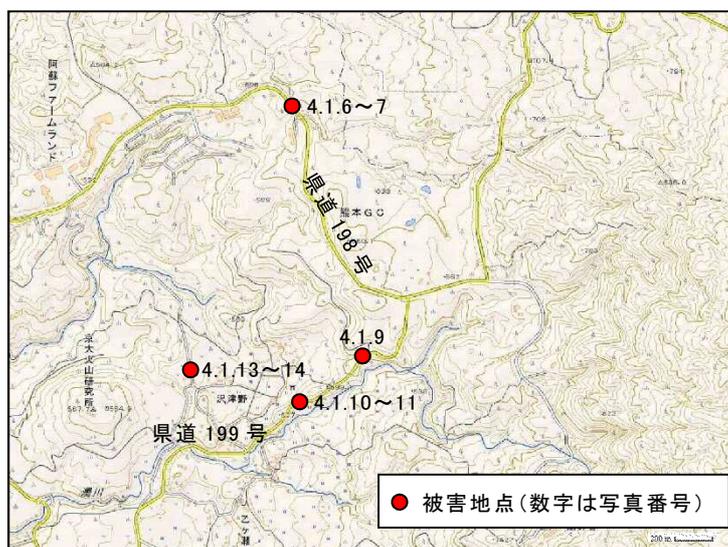


図 4.1.3 調査した道路被害地点位置（文献 11 に加筆）



写真 4.1.6 沢部の盛土の崩壊（県道 298 号
南阿蘇村下野）



写真 4.1.7 同左



写真 4.1.8 道路被害箇所（南阿蘇村下野）の
航空写真（文献 11 に加筆）



図 4.1.4 左の写真の被害箇所の地図（文献
11 に加筆）



写真 4.1.9 道路センターラインの亀裂・開口
（県道 299 号 南阿蘇村沢津野）



写真 4.1.10 道路路肩の崩壊（県道 299 号南
阿蘇村津野）



写真 4.1.11 ブロック積擁壁の上部の倒壊
(県道 299 号 南阿蘇村河陽)



写真 4.1.12 同左



写真 4.1.13 腹付盛土道路の崩壊 (南阿蘇村
河陽 5689)



写真 4.1.14 同左

(3) 国道443号寺迫交差点

福岡県大川市と熊本県八代郡宮原町を結ぶ国道 443 号のうち、家屋被害が大きかった熊本県益城町寺迫の県道 28 号との交差点の南側で、上り車線の路肩が約 100m にわたって崩れた(図 4.1.5)。写真 4.1.15 に示す 4 月 15 日撮影の国道地理院の航空写真³⁾によると、明確には分からないが、該当箇所が変状しているように見える。他の資料からも当該箇所の崩壊が、4 月 14 日の地震 (M6.5) で発生していることが判明しており、4 月 16 日の地震 (M7.3) で被害がさらに拡大したのではないと思われる。したがって、写真 4.1.16 及び写真 4.1.17 は、いずれも 4 月 16 日の地震で新たに生じたか、それ以前の被害が拡大された状況ということになる。同写真によると、道路の擁壁が倒壊し、歩道部が崩れている。

図 4.1.6 及び図 4.1.7 に示すように、被害箇所は南側の氾濫平野から北側の段丘(火砕流堆積物)に上がる境界部にあり、南から北に向かって緩やかな上り勾配となっている。このような地形から、被害箇所は盛土造成されており、擁壁で保護されていたと考えられる。



図 4.1.5 国道 443 号路肩崩壊箇所 (文献 11 に加筆)

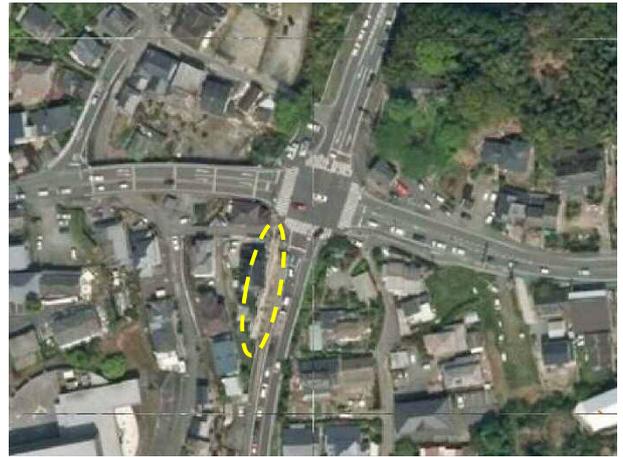


写真 4.1.15 益城町寺迫交差点の航空写真 (4 月 15 日撮影、文献 3 に加筆)



写真 4.1.16 益城町寺迫交差点より見た国道 443 号路肩の崩壊 (4 月 19 日撮影)



写真 4.1.17 寺迫交差点南側の国道 443 号路肩の崩壊 (6 月 20 日撮影)



図 4.1.6 益城町寺迫交差点付近の段彩図 (文献 11 に加筆)



図 4.1.7 寺迫交差点付近の治水地形分類図 (文献 11 に加筆)

4. 1. 2 橋梁

(1) 阿蘇大橋(国道325号)

福岡県久留米市から宮崎県西臼杵郡高千穂町に至る国道 325 号が、国道 57 号に合流する南阿蘇村立野（図 4.1.8）において黒川に架かる阿蘇大橋が地震で落橋した。図 4.1.9 に示すように、阿蘇大橋の諸元は、橋長 206m、幅員 8m、黒川の谷底からの高さは 76m である。橋梁の形式は 3 径間連続桁＋トラス逆ランガー＋単純合成桁で、1971 年に開通した。



図 4.1.8 落橋した阿蘇大橋の位置図（文献 11 に斜面崩壊範囲を加筆）

4 月 16 日（M7.3）の地震で、阿蘇カルデラの外輪山を構成する山（標高 755.8m）の東側斜面が山頂直下から幅約 200m、延長約 700m にわたって崩壊し、崩壊土砂はこの山の裾野を通過していた国道 57 号と JR 豊肥本線の線路を埋没した。このときに阿蘇大橋も落橋した。

写真 4.1.18 は国土地理院で公開されている地震後の斜面崩壊状況の航空写真である。国道 57 号の埋没や国道 325 号の寸断の様子がよく分かる。

写真 4.1.19 は阿蘇大橋東側から見た崩壊斜面下部と落橋によって寸断された国道 325 号の様子である。写真 4.1.20 は阿蘇大橋の東側から撮影した斜面崩壊の全景であるが、写真の左側（黄色の破線）に阿蘇大橋の対岸の橋脚の跡が見える。写真 4.1.21 は対岸の橋脚の近景である。写真 4.1.22 は東側橋台の下で見られた落下した橋桁である。

復旧によって架けられる新しい橋は、現在位置から約 600m 下流に架設され、形式は最も早く施工ができ、安全性の高い PC3 径間連続ラーメン箱桁橋に決定された。近くには同形式の阿蘇長陽大橋がある。

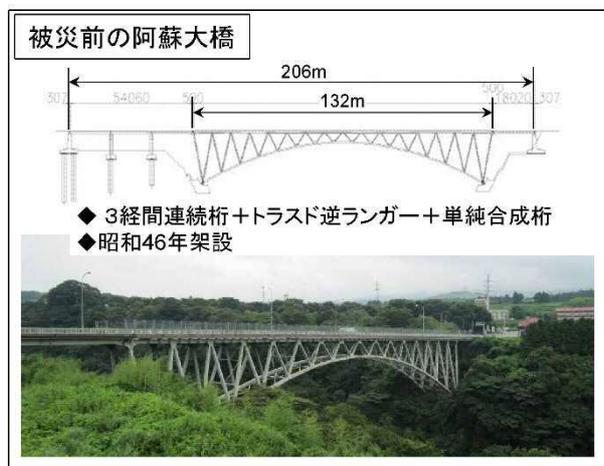


図 4.1.9 被災前の阿蘇大橋 1)



写真 4.1.18 阿蘇大橋付近の航空写真（文献 3 に加筆）



写真 4.1.19 阿蘇大橋の落橋によって寸断された国道 325 号



写真 4.1.20 阿蘇大橋東側からみた崩壊斜面。左側に橋脚跡が見える



写真 4.1.21 対岸の橋脚跡（西側）の近景



写真 4.1.22 落橋した東側の橋桁

(2) 阿蘇長陽大橋、南阿蘇橋

阿蘇長陽大橋は図 4.1.10 に示すように、落橋した阿蘇大橋の下流約 1km の黒川に架かる長さ約 305m の PC ラーメン橋である。同橋の周辺は写真 4.1.23 に示すように、黒川沿いの谷間の斜面が軒並み崩れ落ちており、写真 4.1.25 に示すように、黒川沿いの斜面も崩壊して西側橋台が一緒にすべり落ち、橋桁と橋台の間に約 1.7m の段差が生じた²⁾。同橋梁は高次不静定構造物であるため、橋台がなくとも自立できる。

写真 4.1.26 に示す阿蘇長陽大橋のやや上流の黒川支流の濁川に架かる国道 325 号の南阿蘇橋は、橋長

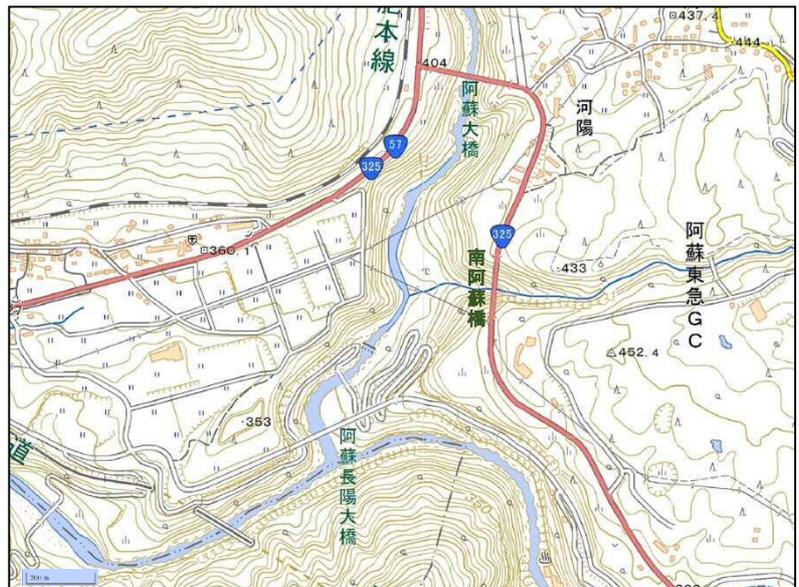


図 4.1.10 阿蘇長陽大橋および南阿蘇橋の位置（文献 11 に加筆）

110m、総幅員 9m、上路式 2 ヒンジ鋼アーチ橋である。同橋は 1992 年に完成し、2009 年度に耐震補強を実施している。同橋はアーチ支持部、橋の構造部材、橋台などには被害がなかったようであるが、落橋防止システムが損傷したことが確認されている²⁾。なお、現地調査では、阿蘇長陽大橋及び南阿蘇橋ともに通行途絶のため、近づくことができなかった。被害状況は文献 2) を参照したことをお断りしておきたい。



写真 4.1.23 阿蘇長陽大橋が架かる黒川沿いの谷間の崩壊(文献 3 に加筆)

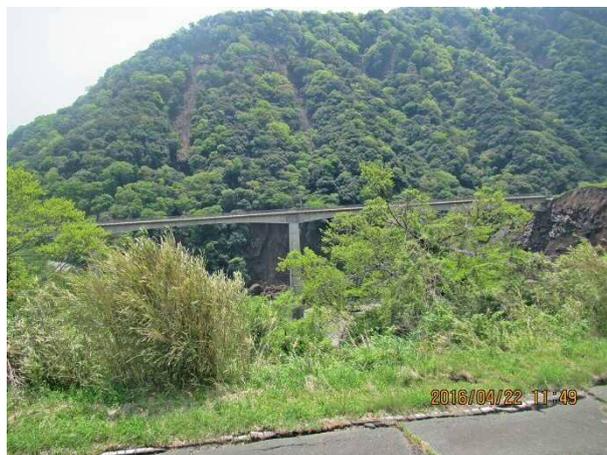


写真 4.1.24 北側からみた阿蘇長陽大橋



写真 4.1.25 阿蘇長陽大橋西側橋台部の沈下状況



写真 4.1.26 黒川支流の濁川に架かる南阿蘇橋(国道 325 号)

(3) 大切畑大橋(県道 28 号)

大切畑大橋は県道 28 号の鳥子川に架かる全長 265m の 5 径間連続橋梁で、積層ゴム支承の免震橋である(2001 年竣工、図 4.1.11)。同橋梁の東隣は大切畑ダム(ため池)となっている。

写真 4.1.27 に示すように同橋の線形は緩くカーブを描く形となっており、橋台部には変状が明瞭に確認される。また、南側の斜面では崩壊が発生している。写真 4.1.28 は下から見た大切畑大橋の状況であり、写真 4.1.29 は緩やかなカーブを描く橋の様子である。

大切畑大橋の被害は、積層ゴム支承が破損して橋桁が支承から脱落したために、橋桁の沈下、水平移動が発生したものである。また、中間橋脚にはひび割れが発生し、落橋防止ケーブルの一部が破断したと報告されている⁴⁾。

写真 4.1.30～写真 4.1.33 は橋台部における橋桁の沈下と水平移動の様子である。橋桁の沈下

量は約 40cm、水平移動量は約 110cm とされている⁵⁾。写真 4.1.34 は破損した積層ゴムの支承の状況である。

写真 4.1.35～写真 4.1.36 は、同橋の南側斜面で発生した崩壊の様子である。この崩壊が橋脚に直接の影響を及ぼしたことはなさそうである。写真 4.1.37 は近隣の集落の住宅被害の様子である。このような状況から、地震動が局地的に大きかったことが予測され、この大きな地震動がゴム支承の被害等につながった可能性も指摘されている⁴⁾。



図 4.1.11 大切畑大橋の位置(文献 11 に加筆)



写真 4.1.27 上空より見た大切畑大橋 (文献 3 に加筆)



写真 4.1.28 下から見た大切畑大橋



写真 4.1.29 カーブする大切畑大橋の線形

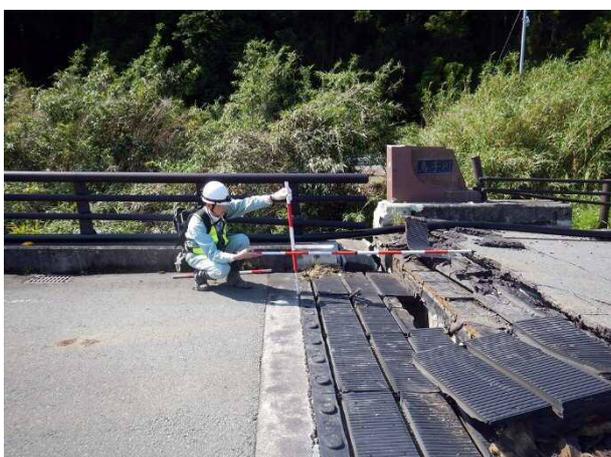


写真 4.1.30 橋桁の沈下 (東側橋台部)



写真 4.1.31 橋桁は北 (右) 方向に移動している (東側橋台部)



写真 4.1.32 橋桁の沈下（西側橋台部）



写真 4.1.33 橋桁の水平移動（西側橋台部）



写真 4.1.34 積層ゴム支承の破壊（西側橋台部）

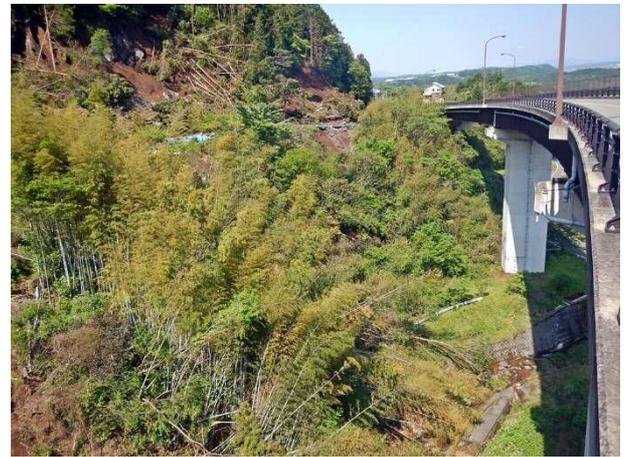


写真 4.1.35 橋の南側斜面の崩壊



写真 4.1.36 橋の南側斜面の崩壊



写真 4.1.37 橋の近傍の家屋の被害

(4) 乙女橋(県道38号)

熊本県宇土市と上益城郡甲佐町をむすぶ県道 38 号(宇土甲佐線)の緑川に架かる乙女橋(1965 年竣工、図 4.1.12)では、橋桁の水平移動および沈下の被害が発生した。

写真 4.1.38 は上空から見た乙女橋、写真 4.1.39 は緑川左岸からみた乙女橋の全景である。写真 4.1.40 に示すように、橋桁が下流方向にずれるとともに、沈下が生じていた。橋脚部は、橋支承が破損し(写真 4.1.41)、桁が移動していた(写真 4.1.42)。



図 4.1.12 乙女橋、田口橋の位置図(文献 11 に加筆)



写真 4.1.38 上空からみた乙女橋(文献 3 に加筆)



写真 4.1.39 緑川左岸側よりみた乙女橋



写真 4.1.40 乙女橋路面のずれ



写真 4.1.41 支承の破損



写真 4.1.42 橋桁の水平移動

(5) 田口橋(県道239号)

田口橋は前述の乙女橋の約 1.4km 下流にある PC 橋梁 (1968 年竣工) である。上空からみた田口橋を写真 4.1.43 に、緑川左岸側よりみた田口橋の全景を写真 4.1.44 に示す。

左岸側の橋台部では、写真 4.1.45 に示すように、伸縮装置が押されるような形で盛り上がっていた。伸縮装置の盛り上がりは橋台部だけではなく、写真 4.1.46 に示すように橋脚上の橋桁間でも見られた。写真 4.1.47 は右岸側の橋台部の様子であるが、背後の地盤にわずかな沈下は見られたものの、伸縮装置に異常は見られなかった。



写真 4.1.43 上空からみた田口橋 (文献 3 に加筆)



写真 4.1.44 緑川左岸側よりみた田口橋の全景



写真 4.1.45 押されるような形で盛り上がった左岸橋台の伸縮装置

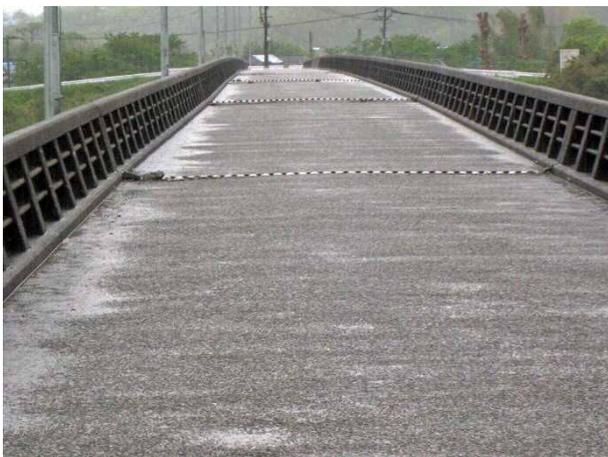


写真 4.1.46 橋脚部にも見られる伸縮装置の盛り上がり



写真 4.1.47 右岸側の橋台背後地盤の沈下

(6)横江大橋(県道338号)

横江大橋は、図 4.1.13 に示すように、熊本県八代市の鏡川と鮫鱒川^{あんこう}を跨ぐ県道 338 号（八代不知火線）の橋梁で、長さ 200m、幅員 8.8m の 2 連のトラスを連結した構造となっている。

地震で中央の中洲に設置された橋脚が約 2m 沈下したため、通行止めとなった。写真 4.1.48 は上空から見た横江大橋の全景で、写真 4.1.49 は中洲から東側の橋梁の状況である。

写真 4.1.50 は路面の沈下の様子であり、その位置は中洲に設置された橋脚上に当たる。地震前の横江大橋は、中洲上に設置された橋脚を頂点とする勾配がついており、どちらからもやや上り勾配となっている。これが沈下部分では逆勾配になっていることがはっきり分かるほど、大きな沈下が生じたということである。

写真 4.1.51 は中洲上の橋脚の沈下の様子である。写真 4.1.52 の地震前の橋脚の状況と比較すると、橋脚の柱部は完全に地中に潜り込み、梁部のみが地上にある状態であることが分かる。写真 4.1.53 は沈下した橋脚の近景であるが、やや傾斜しながら沈下したような形状を呈している。写真 4.1.54 は、橋に上がる歩道橋が橋桁の沈下のため、橋との間に大きな段差が生じている状況である。

以上のように、橋桁の沈下は橋脚の沈下によるものであるが、橋脚の沈下原因については判明していない。原因の解明が待たれるところである。

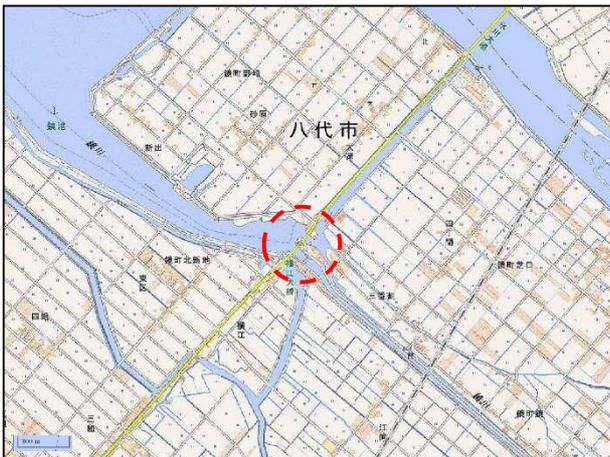


図 4.1.13 横江大橋の位置図(文献 11 に加筆)



写真 4.1.48 上空から見た横江大橋(文献 11 に加筆)

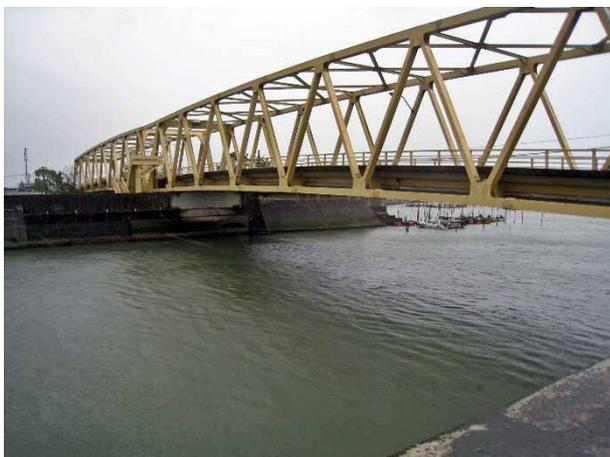


写真 4.1.49 中洲川からみた横江大橋の状況



写真 4.1.50 中洲の橋脚上で見られた橋桁の沈下



写真 4.1.51 中洲の橋脚の沈下



写真 4.1.52 地震前の中洲の橋脚の状況。橋脚の柱部が見えている⁶⁾



写真 4.1.53 同左の近景。橋脚はやや傾いて沈下しているように見える



写真 4.1.54 橋桁の沈下のために橋に上がる歩道橋の間に生じた大きな段差

(7) 府領第一跨道橋(県道32号)

熊本県宇城市と益城郡嘉島町を結ぶ県道 38 号(小川嘉島線)が九州自動車道を跨ぐ府領第一跨道橋が倒壊した。同跨道橋の位置は図 4.1.14 に示すように、緑川パーキングエリア (PA) のすぐ南である。同跨道橋は、橋長約 61m の 3 径間 PC 連続中空床板橋で、橋台と 2 基の多柱式ロッキング橋脚で橋桁を支える構造となっている。また、本線と緑川 PA への出入路を跨ぐため、普通より長くなっている(写真 4.1.55)。ロッキング橋脚は、上下端にピボット支承(上沓を凹に、下沓を凸に球面仕上げして組み合わせ、全方向に回転できるようにした支承)を有する 3 本の支柱で桁を受ける構造となっており、軸力だけを負担して、支柱の断面積を小さくすることができるので、中央分離帯のような狭い場所でも設置できるという利点をもつ。

地震によって橋桁を支えている支柱が外れ、橋桁が福岡側に倒れるように崩壊した。写真 4.1.56 および写真 4.1.57 は、上り線側から見た橋桁の倒壊の状況である。支柱が散乱し、橋桁が支柱部で折れ曲がるようにして福岡側に倒壊している。写真 4.1.58 に示すように、橋桁は下り線側の橋台から外れて落下しているが、上り線側では橋台上に留まっている。下り線側の橋台には橋桁の両側に変位拘束のコンクリートブロックが設置されていたが、写真 4.1.59 に示すように、福岡側の拘束ブロックが破壊して無くなっていることが分かる。



図 4.1.14 倒壊した府領第一跨道橋の位置図（文献 11 に加筆）



写真 4.1.55 地震前の府領第一跨道橋。上方は緑川 PA（文献 11 に加筆）



写真 4.1.56 跨道橋の倒壊の状況。支柱が散乱している



写真 4.1.57 同左 近景



写真 4.1.58 上り線側より見た橋桁落下の様子



写真 4.1.59 下り線側の橋台の状況。左側の変位拘束ブロックが欠損している

(8) 宇土市の跨線橋

図 4.1.15 および写真 4.1.60 に示す宇土市旭町の JR 鹿兒島本線を跨ぐ跨線橋の橋脚に亀裂が生じ、路面にわずかであるが、段差が生じていた。写真 4.1.61 は跨線橋の西側の橋脚の様子である。写真 4.1.62 は跨線橋の路面の状況で、橋桁の継目と思われる場所でわずかな段差が生じ

ていた。写真 4.1.63～写真 4.1.64 は橋脚に生じた斜めクラックの様子である。橋脚の一部には被りコンクリートが剥落し、鉄筋が露出するという被害もあったようであるが、本調査では確認していない。



図 4.1.15 宇土市旭町の跨線橋の位置図(文献 11 に加筆)



写真 4.1.60 上空から見た宇土市旭町の跨線橋(文献 11 に加筆)



写真 4.1.61 クラックが生じた橋脚



写真 4.1.62 路面に生じた微小な段差。上方は九州新幹線の高架橋

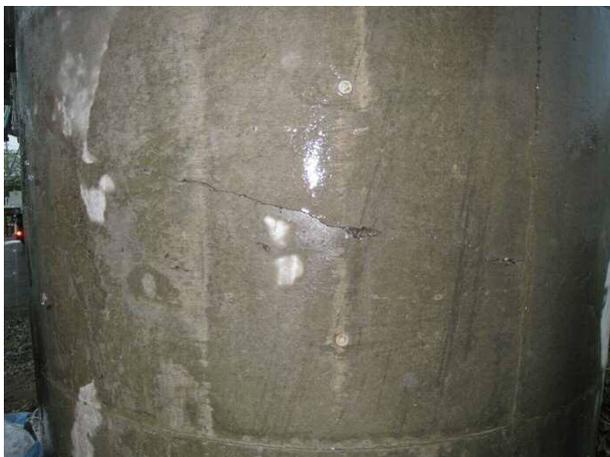


写真 4.1.63 橋脚に生じた斜めクラック



写真 4.1.64 橋脚に生じた斜めクラック

(9) 桑鶴大橋

桑鶴大橋は県道 28 号の大切畑ダムから約 2km 北東側にある橋長 160m、2 径間連続鋼斜張橋（1997 年建設）である（図 4.1.16）。架橋地点付近には大切畑ダムから続く布田川断層帯が通っていると考えられる。

被害は、支承が損傷し、橋桁が逸脱したもので、熊本県の調査⁵⁾によれば、被害は以下のとおりである。

- ・ 東側では、橋台が谷側に移動し、橋桁が押されて上昇した可能性がある。支承が破壊した。
- ・ 西側では、橋桁が谷側に回転し、支承部等に損傷があった。
- ・ 谷側の最外縁等のケーブルにたるみ、抜けの痕跡があった。

写真 4.1.64 および写真 4.1.65 は、西側の橋台付近の状況であるが、橋台裏の地盤がやや沈下していることがうかがわれる。写真 4.1.67 および写真 4.1.68 は、東側橋台における大きな段差（熊本県の調査⁵⁾によれば 45cm）と橋桁の移動状況である。これは手前の橋台が沈下したのではなく、橋桁が浮き上がったために生じたものである。写真 4.1.69 は東側橋台の損傷状況である。橋桁と衝突したように見えるが、原因は不明である。また、右側のケーブルが若干、弛んでいるようである。



図 4.1.16 桑鶴大橋の位置図。赤線は布田川断層帯付近の地表の亀裂（文献 11 に加筆）



写真 4.1.65 桑鶴大橋西側橋台付近



写真 4.1.66 西側橋台背後の小規模な段差



写真 4.1.67 東側橋台付近の状況。道路との段差とセンターラインのずれ



写真 4.1.68 橋梁東端部の水平移動並びに段差



写真 4.1.69 橋梁東端部の橋台に生じた亀裂

(10)九州自動車道(木山川南側)

九州自動車道は第 2 章の被害の概要に述べたように、熊本 IC から緑川 PA の間で本線橋 13 橋、跨道橋 5 橋が被害を受けた¹⁴⁾。ここでは、図 4.1.17 に示す被害の大きかった中の一つである木山川南側の約 200m 区間の被害状況について述べる。同図から分かるように、この区間のすぐ南側では布田川断層帯の地震活動によって地盤変状が自動車道を横切る形で現れており、このため、地震動はかなり大きかったと推定される。

写真 4.1.70 は木山川の南岸の橋脚背後の状況であるが、橋脚の側面に設置されていた U 字溝が破損している。橋脚に押されて圧壊したような形状を示している。写真 4.1.71～写真 4.1.74 は支承の損傷と橋桁の移動状況を示している。写真 4.1.74 の支承台座コンクリートの破壊は、支承が破壊せずに強く抵抗したため、台座のコンクリートが破壊したことを示していると思われる。

写真 4.1.75 は落橋防止構造の連結板の状況である。ボルト周りの錆の状態から推定すると、地震で左側の可動部が右に移動したような状態となっている。これより、橋軸直角方向の橋桁の移動ばかりではなく、橋軸方向の移動も起こったと推定される。写真 4.1.76 は連結板の変状の様子である。左右の橋桁の鉛直方向の食い違い変位が、このような連結板の変形をもたらしたのではないかと考えられる。



図 4.1.17 木山川南側の調査地点(文献 11 に加筆。赤印は文献 3 の地表亀裂分布図)



写真 4.1.70 木山川橋梁南側橋脚背後の U 字溝の破損



写真 4.1.71 排水管の損傷とずれ



写真 4.1.72 損傷した支承と横に移動した橋桁



写真 4.1.73 支承の損傷と橋桁のずれ



写真 4.1.74 同左 損傷した支承部の近景



写真 4.1.75 落橋防止連結板に見られる橋桁の軸方向の移動



写真 4.1.76 落橋防止連結板の変状

4.2 港湾

港湾・漁港施設については、港湾では熊本港をはじめとする4港湾、漁港では18漁港で被害が報告されている。ここでは、調査を行った熊本港の被害概況について述べる。

4.2.1 熊本港の概況

熊本港は、熊本県の中央部を貫いて有明海に流れこむ白川と緑川に挟まれた熊飽海岸^{ゆうぼうかいがん}の地先に、人工島形式により築かれた面積約1,933haの重要港湾である。熊本市とは約14km離れており、長さ870mの熊本港大橋で本土と結ばれている（図4.2.1）。

熊本港の建設は、1880年（明治13年）に熊本県が坪井川河口の百貫石に港湾の建設を計画し、内務省に請願したが、百貫石の南には干潟が形成されており、当時の土木技術では大きな船が出入りできる港湾の建設地としては不適當であると判断された。代わりに天然の良港である三角港が適地として選定され、1884年に着工し、1887年に竣工している。しかし、三角港は背後地が狭いうえに、熊本都市圏から40kmも離れていることから、1966年から熊本港の建設が計画された。

熊本港の港湾計画は、1974年1月に運輸大臣に承認され、同年4月には重要港湾に指定されている。当初の計画に基づいて、1979年に連絡橋工事の着手に始まり、-3m物揚場、埋立護岸等の工事が進み、1993年にフェリー岸壁（-5m）の供用が開始され、熊本-島原のフェリーが就航した。その後、-4.5m及び-5.5m岸壁の供用開始に伴い、中国からの貨物船が入港し、-7.5m岸壁の供用に伴い、1999年からは韓国（釜山港）とのコンテナ定期航路が開設されるなど物流拠点として着実に歩みをはじめている。図4.2.2には熊本港の主な港湾施設を、図4.2.3には港湾計画図を示す。



図4.2.1 熊本港の位置図（文献11に加筆）



文献7より抜粋

- ◆-7.5m岸壁：1バース（5,000t級）、◆-5.5m岸壁：3バース（2,000t級）、◆-4.5m岸壁：2バース（700t級）、◆フェリー施設：-5.0m岸壁：2バース、可動橋：2基、人道橋：2基、旅客待合所：2棟、◆旅客船施設：-3.0m浮棧橋（40m×2）、◆荷捌地：74,940m²、◆公共上屋：2棟4,245m²（くん蒸270m²を含む）
- ◆コンテナ施設 ガントリークレーン、ジブクレーン、ストラドルキャリア

図4.2.2 熊本港の主な施設

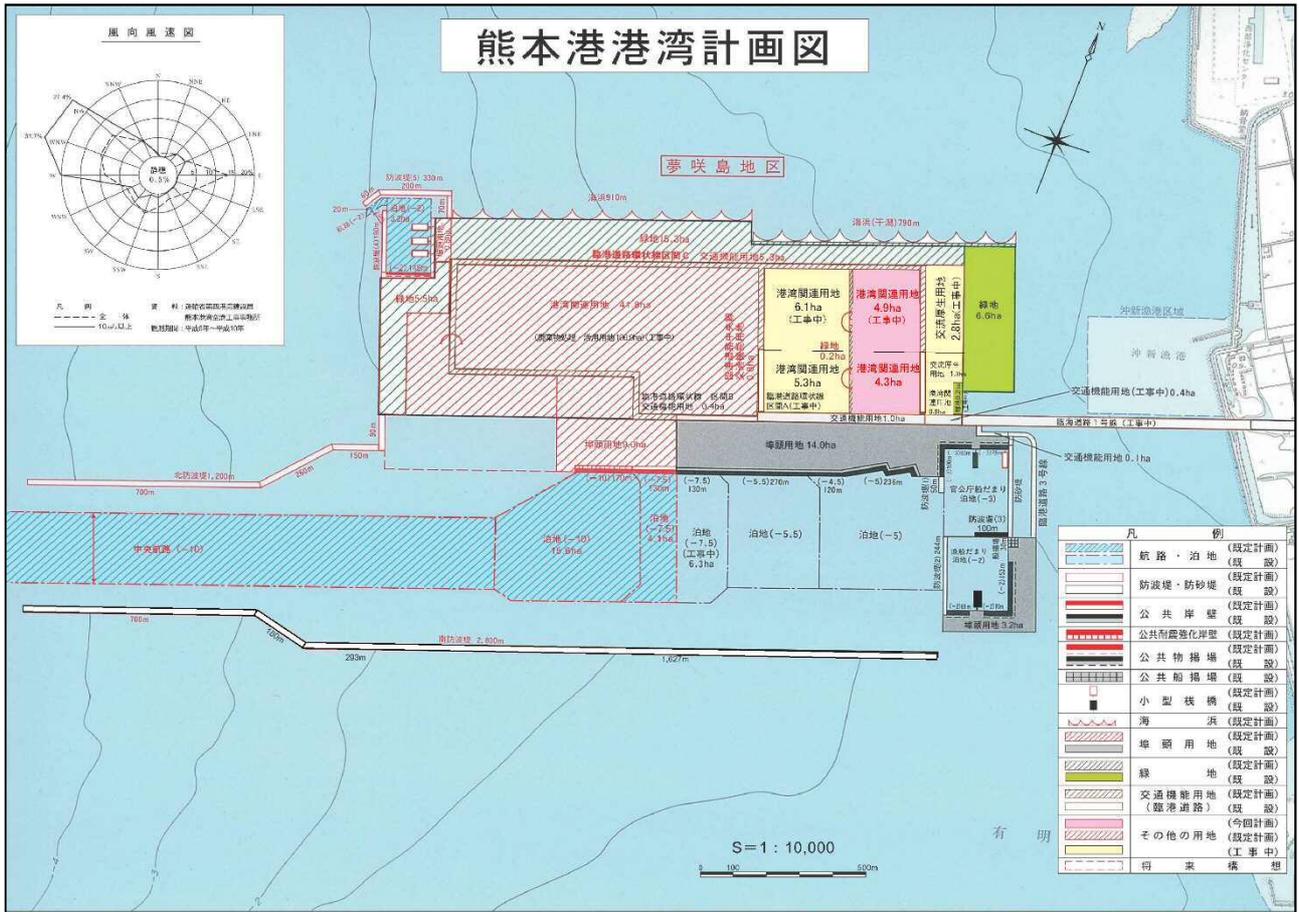


図 4.2.3 熊本港港湾計画図⁸⁾

4.2.2 熊本港の自然条件

熊本港が建設されている有明海は、島原半島、宇土半島および天草の島々に囲まれた内湾であるという地形条件から、外海からのうねりの進入も少なく、比較的穏やかな海域である。

しかし、干満に伴う潮位差が約 4.5m もあることに加えて、沖合約 1km の地盤高が±0m で海底の勾配 1/1,000~1/2,000 と極めて緩やかであるという自然条件は、船舶にとって干潮時の安全な航行・停泊の大きな妨げとなる。

もう一つは、表 4.2.1 に示すように、「有明粘土」と呼ばれる超軟弱粘土層が層厚 40m にわたって堆積する軟弱な海底地盤が存在することである。図 4.2.4 に熊本港の土質柱状図の一例を示す。標高-11.82~-41.52m には N 値がほぼ 0 の軟弱なシルト、シルト質粘土が堆積している。

熊本港における浚渫・埋立にあたっては、建設海域が海苔漁場であるため、浚渫地や埋立地からの余水の濁りに対する配慮や浚渫計画土量に対して処分場の受入容量に余裕が少ない、埋立地の早期供用、工事全体の経済性などの要求を満たす必要があった。

このため、地盤改良を必要としない軟弱地盤着底式防波堤の開発・実用化やシルト及び粘土質の軟弱な底質が波や流れによって運ばれて堆積する（シルテーション）ことを防止するための対策（航路潜堤）を行ってきている。なお、人工島の地盤は軟弱粘性土層の沈下対策としてサンドドレーンによる地盤改良を行っている。

No.2

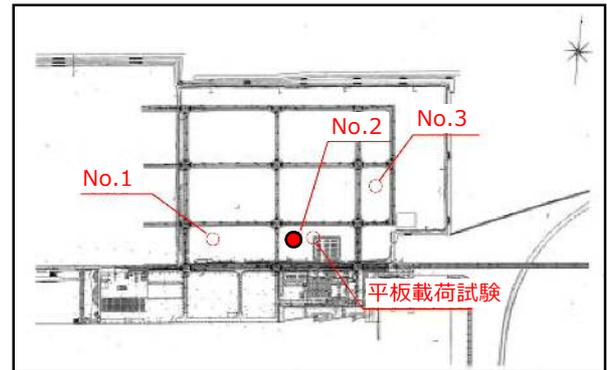
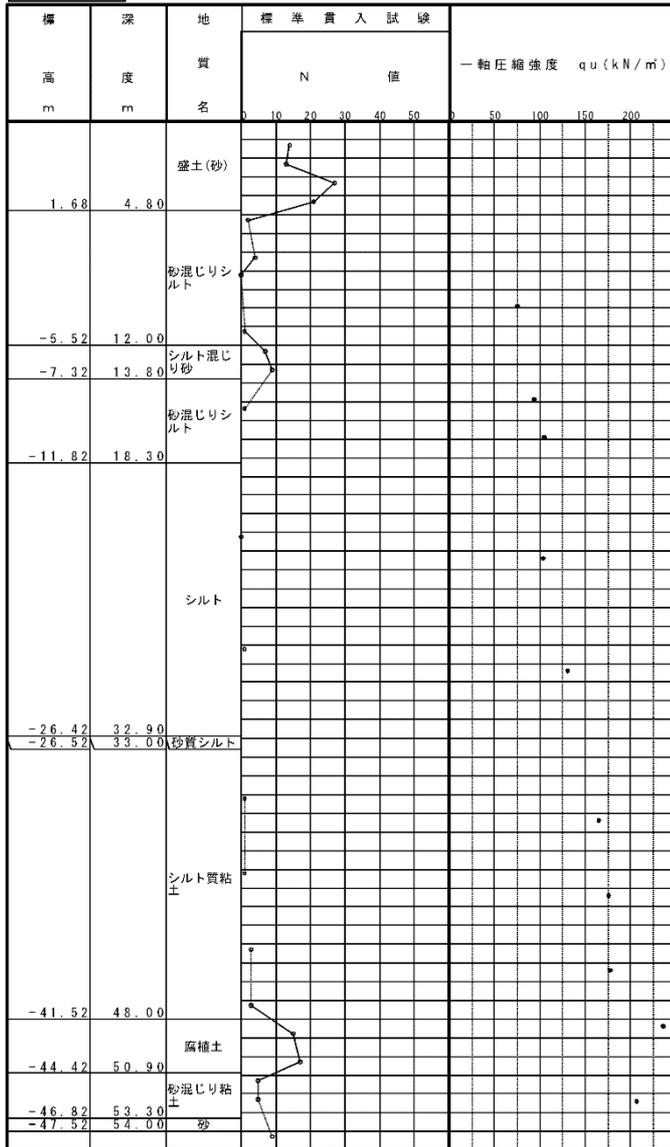


図 4.2.4 港湾地区における土質柱状図の一例¹⁰⁾

表 4.2.1 熊本港の地層の概要⁹⁾

地層名	土質名	記号	層厚(m)	N 値の範囲						層相
				10	20	30	40	50	60	
沖積層	上部 シルト質砂	.....	0.05~1.50							海底面に薄く砂質シルトと互層状に堆積、沖に行くにともない消滅する。全体に貝殻片混入。
	有明粘土	.....	37.10~39.20							貝殻片腐食片を混入した軟弱粘土層で、上層は砂分が多く下層になるにともない少なくなる。
上部 洪積層	腐食土	.....	0.30~1.20							黒色を呈する硬い粘性土で、有機物含有量が多く比重の小さい土。全体に硬質。
	微細砂 ~ 細砂	.....	0.20~2.20							火山灰質土でシルト分混入多し(硬粘土層と互層をなす)1~3層を形成する中位の締まりの層。
	硬粘土	.....	0.50~5.80							一部固結土状を呈す。微細砂~細砂との互層を成し1~3層より成る。
	シルト質砂	.....	0.35~1.40							全体にシルト分を多く混入し全域にわたって堆積。中位の締まりの層。
	砂礫	.....	(4.80)							託麻礫層で密な締まりを示しわずかながら沖方向へ傾斜している。地下水を多く含む層。
中部 洪積層	軽石混砂	.....	5.5m以上							N値>40と密な締まりの層で軽石の混入の少ない火山灰質土。

4.2.3 熊本港の地震被害

熊本地震では、最大震度7が2回観測されて注目されているが、熊本港では地震計が設置されておらず、どの程度の地震動が生じたのかは明らかではない。表4.2.2に熊本港近傍の強震観測地点であるK-NET

表 4.2.2 熊本港近隣の強震観測地点の最大加速度

観測地点	熊本港からの水 平距離 (km)	最大加速度(gal)			
		三成分合成	N-S	E-W	U-D
K-NET 熊本	17.7	843.3	827.2	616.3	534.3
K-NET 宇土	10.6	651.5	771.1	771.1	421.7

熊本とK-NET宇土における4月16日の地震(M7.3)の最大加速度を示す。熊本港は両観測地点よりも震源からは離れているが、500gal前後の地震動は発生していたのではないかとと思われる。

写真4.2.1は熊本港における調査で確認した被害地点とその概要を写真で示したものである。以下にその詳細を説明する。

(1)地盤沈下

写真4.2.2～写真4.2.3は、熊本港大橋に通じる道路の状況である。写真4.2.2は熊本港大橋方向を見たもので、局所的な沈下が起きた箇所は舗装し直されており、沈下の状況は分からない。なお、熊本港大橋に損傷はなかったといわれている。写真4.2.3は熊本港大橋からの道路の西側を見たものである。歩道は局所的に沈下し、陥没箇所も認められる。なお、道路は再舗装されている。

写真4.2.4～写真4.2.7は、フェリーターミナル東側の護岸上の道路とフェリーターミナル敷地地盤の間に生じた大きな段差の状況である。写真4.2.5は、護岸上の道路とそれに直交するフェリーターミナルからのアプローチ道路の状況である。両者の道路には目測で40～50cm程度の段差が生じているように見える。これは、護岸上の道路は護岸構造物(ケーソンか?)上にあるので沈下せず、これに直交するフェリーターミナルからの道路は、主として地盤の液状化によって沈下し、このような大きな段差が生じたのではないかとと思われる。

写真4.2.8～写真4.2.9は、フェリーターミナル建屋周辺の地盤の沈下および陥没状況である。建屋周辺は盛土ではないかと考えられる。この被害の原因も地盤の液状化並びに盛土の締固め不足ではないかと考えられる。

写真4.2.10～写真4.2.11は、フェリーターミナル建屋から乗船デッキに通じる専用通路の床の一部が落下した状況である。写真4.2.10では通路の天井部分は落下していないので、床だけが脚柱から外れた形になっている。写真4.2.11は通路の脚柱と床の横梁の近接写真である。これを見ると、横梁と柱を連結していたボルトが横梁のウェッブ材を引きちぎった形で落下したことが分かる。柱と横梁の間に大きな力が働いて、横梁のウェッブ材が引きちぎられたと考えられる。

写真4.2.12は-4.5m岸壁の背後に生じた亀裂であり、写真4.3.13は-7.5m岸壁のクレーンの近傍に発生した亀裂と段差の状況である。亀裂はいずれも岸壁の法線と平行に生じていることから、岸壁が海側に移動したことも考えられる。ガントリークレーンのある-7.5m岸壁が隣接する施設と比べて海側にはらみ出しており、全体変位量は40cm程度にのぼる可能性があることが指摘されている¹²⁾。

写真4.2.14～写真4.2.19は陸上部で見られた噴砂、地盤沈下、亀裂・段差、陥没の状況を示したものである。いずれも地盤の液状化が原因と考えられる。写真4.2.16は道路脇の敷地に1m程度の盛土をしてその上をコンクリートで舗装して駐車場にしていたものであるが、盛土の端部が大きく沈下したため、コンクリートスラブが変形したものである。



写真 4.2.1 熊本港の被害概要（航空写真は文献 11 を使用）



写真 4.2.2 熊本港大橋の背後地盤の沈下



写真 4.2.3 歩道の沈下と案内板の傾斜



写真 4.2.4 護岸上の道路と背後のフェリーターミナル地盤の境で生じた段差



写真 4.2.5 護岸上の道路と直交する道路の境界で生じた大きな段差



写真 4.2.6 護岸上の道路と背後のフェリーターミナル敷地地盤との段差



写真 4.2.7 護岸上の道路と背後のフェリーターミナル敷地地盤の間の段差



写真 4.2.8 フェリー待合所周辺地盤の沈下



写真 4.2.9 フェリー待合室裏手の盛土の陥没



写真 4.2.10 フェリー専用通路の損傷



写真 4.2.11 同左近景。ボルトが横梁のウェッジ材を引きちぎっている



写真 4.2.12 岸壁背後のクラック (-4.5m 岸壁)



写真 4.2.13 クレーン近傍の路面のクラック (-7.5m 岸壁)



写真 4.2.14 交差点付近で生じた噴砂と亀裂・段差



写真 4.2.15 公園内の亀裂と噴砂



写真 4.2.16 駐車場床スラブの沈下・傾斜



写真 4.2.17 道路脇の空地の噴砂孔



写真 4.2.18 歩道部の陥没



写真 4.2.19 歩道部の陥没

4.3 河川

本節では、主に河川堤防（堤防上の道路も含む）・護岸等の被害について述べる。橋梁については「§4.1 道路」で説明する。

4.3.1 白川・緑川水系

(1) 白川

白川では液状化に起因するとみられる堤防の変状が確認された。図 4.3.1 に示す白川河口付近の右岸では写真 4.3.1～写真 4.3.2 に示すように特殊堤に段差や沈下が生じており、堤内地側では噴砂・亀裂等の変状が見られた。図 4.3.2 の微地形分類図では当地区は埋立地に該当しており、緩い砂質土で埋め立てられたため、液状化が生じたとみられる。

図 4.3.3 に示す白川右岸 3km 付近では、高水敷から堤防を横切り、堤内地側に至る半月形の形状でクラックと噴砂が連続して確認された。堤内地側は公園となっているが、グラウンドや公園内に多量の黒色の微細砂を主体とする砂質土が噴出しており、トイレや遊具施設の一部に沈下・変状が見られた。図 4.3.4 の微地形分類図には現況の小さな水路に沿って旧堤防があったことが示されており、噴砂と亀裂の分布形状から見ると、当該箇所は旧河道であったと考えられる。



図 4.3.1 白川河口被災箇所（文献 11 に加筆）



図 4.3.2 白川河口被災箇所周辺の微地形（文献 11 に加筆）



写真 4.3.1 コンクリート護岸に生じた段差



写真 4.3.2 沈下が生じたとみられる階段の補修状況



写真 4.3.3 堤内地に生じた大きな噴砂孔



写真 4.3.4 河川側（写真左）への流動変位により生じたと思われる亀裂

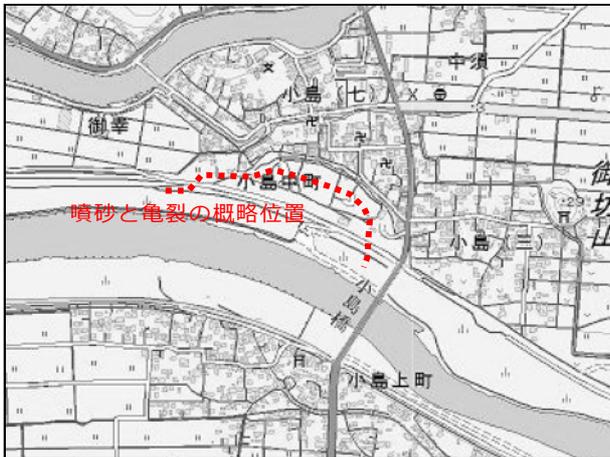


図 4.3.3 白川被災箇所(右岸 3km 付近) (文献 11 に加筆)

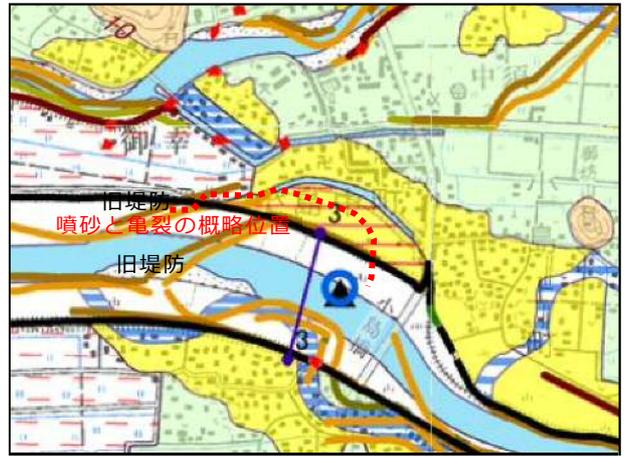


図 4.3.4 白川被災箇所(右岸 3km 付近)周辺の微地形 (文献 11 に加筆)



写真 4.3.5 堤防天端に生じた横断亀裂



写真 4.3.6 高水敷に生じた亀裂



写真 4.3.7 河川近傍の流動亀裂と噴砂



写真 4.3.8 堤内側の公園の亀裂と噴砂

白川 8k~9k の近見・蓮台寺付近では液状化に起因すると見られる被害が生じた。被災箇所①の平田排水涵管では液状化後の沈下により涵管の抜け上がりが生じ、地表面には亀裂を伴った段差が確認された。被災箇所②では堤防の沈下と亀裂が確認された。堤内地側の畑には噴砂が生じていた。被災箇所③では高水敷に数 100m 連続して亀裂が確認された。亀裂は一部噴砂を伴い、中には 30cm の大きな開口を伴った亀裂もあることから、河川側への流動が生じたと見られる。

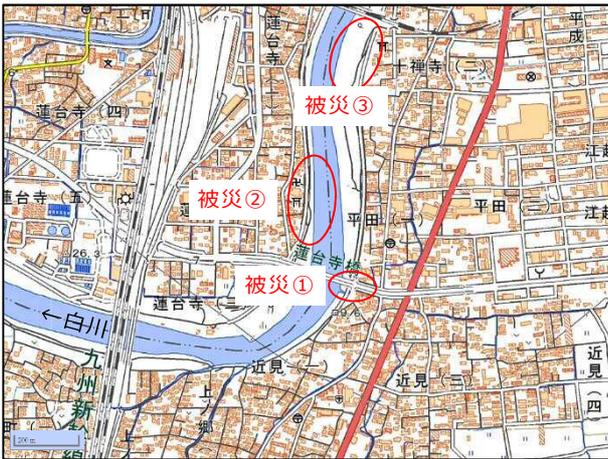


図 4.3.5 白川被災箇所（近見・蓮台寺付近）（文献 11 に加筆）



図 4.3.6 白川被災箇所（近見・蓮台寺付近）周辺の微地形（文献 11 に加筆）



写真 4.3.9 被災①涵管の抜け上がりによる段差と噴砂



写真 4.3.10 被災①涵管の抜け上がりによる亀裂・段差



写真 4.3.11 被災②天端に生じた沈下



写真 4.3.12 被災②川表に生じた亀裂



写真 4.3.13 被災③河川近傍の流動亀裂



写真 4.3.14 被災③高水敷の亀裂と噴砂

(2) 緑川

緑川の代表的な被災箇所を図 4.3.7 に、図 4.3.8 に被災箇所周辺の微地形分類図を示す。写真 4.3.15～写真 4.3.34 には河川堤防とその周辺の被害状況を示す。

緑川では、堤防天端の亀裂や段差、法尻の変位などが生じていた。写真 4.3.17 の被災②の緑川左岸 8k400～600 付近では最大 90cm 程度の川表側へのすべりによる段差が生じていた。同地区では写真 4.3.18 に示すように、堤内地側の法尻に噴砂が生じており、液状化との関連が考えられる。また、被災箇所③の右岸 8k～9k は断続的にすべりによる天端の亀裂が生じていた。同地区でも高水敷や堤内地法尻で噴砂を確認した。緑川周辺には図 4.3.8 に示すように旧河道がいくつも確認される。旧河道は液状化が生じやすいため河川堤防の弱部になりやすく、今回の地震による被害の一つの要因になったと考えられる。

また被災箇所⑧では、4/14 の前震 (M6.5) 後の写真 (写真 4.3.33) と 4/16 の本震 (M7.3) 後の写真 (写真 4.3.34) を並べて示した。前震での被害は軽微であったが、本震により被害が大きく拡大したことが認められる。

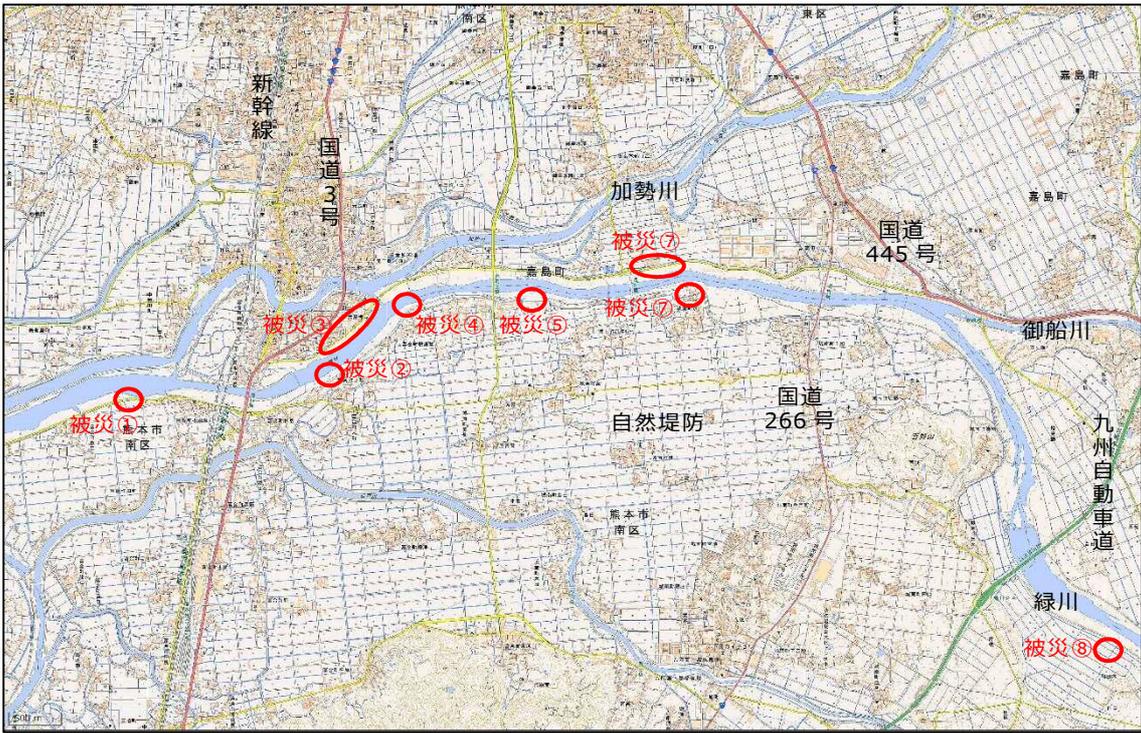


図 4.3.7 緑川の代表的な被災箇所位置図（文献 11 に加筆）

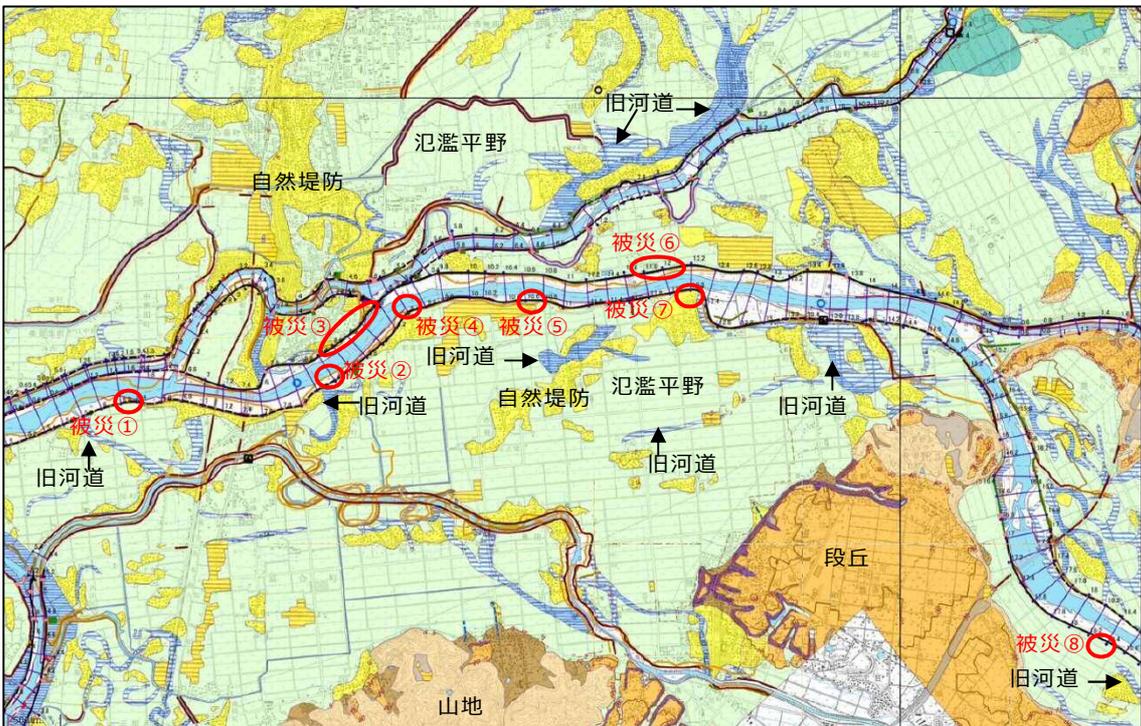


図 4.3.8 緑川被災箇所周辺の微地形（文献 11 に加筆）



写真 4.3.15 被災①天端に生じた亀裂



写真 4.3.16 被災①天端に生じた亀裂と段差



写真 4.3.17 被災②天端の崩壊



写真 4.3.18 被災②川裏法尻擁壁の傾斜



写真 4.3.19 被災②天端に生じた段差



写真 4.3.20 被災②川裏法尻に生じた噴砂



写真 4.3.21 被災③天端に生じた段差(東京電機大学石川先生提供)



写真 4.3.22 被災③天端に生じた亀裂(東京電機大学石川先生提供)



写真 4.3.23 被災③堤内地法尻のはらみ出し



写真 4.3.24 被災③高水敷に生じた噴砂(東京電機大学石川先生提供)



写真 4.3.25 被災④川表側法肩に生じた亀裂



写真 4.3.26 被災④高水敷に生じた噴砂



写真 4.3.27 被災⑤天端の沈下



写真 4.3.28 被災⑤川表側に生じた亀裂



写真 4.3.29 被災⑥川裏側天端の沈下



写真 4.3.30 被災④天端に生じた段差



写真 4.3.31 被災⑦天端に生じた沈下



写真 4.3.32 被災⑦堤内側法尻の隆起



写真 4.3.33 被災⑧前震後の被災状況(天端のクラック)



写真 4.3.34 被災⑧本震後の被災状況(クラックが進展)

図 4.3.9 および図 4.3.10 は前震により被災した乙女橋付近の緑川左岸の被災箇所と微地形分類図を示す。写真 4.3.35～写真 4.3.36 に示すように、川裏側に小さな水路があり、水路に向かって法肩が崩壊したようである。同地区は前震の震源地に近かったため地震動が比較的大きかったことが影響したのではないかと考えられる。



図 4.3.9 緑川被災箇所⑧ (文献 11 に加筆)

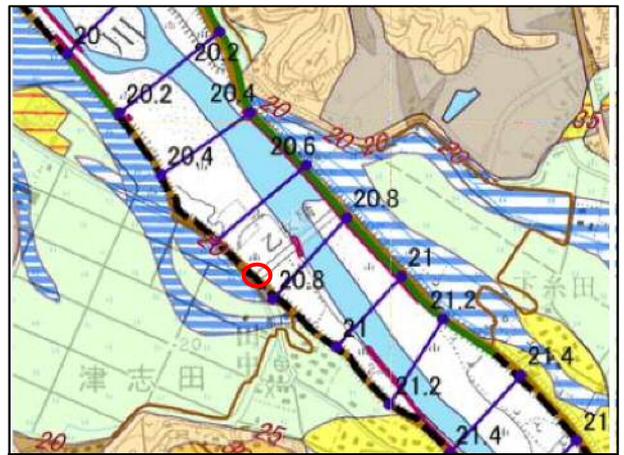


図 4.3.10 緑川被災箇所⑧周辺の微地形 (文献 11 に加筆)



写真 4.3.35 被災⑨前震後の被災状況



写真 4.3.36 被災⑨前震後の被災状況

(3)加勢川

図 4.3.11 に示す加勢川右岸 9k 800 地点では前震と本震で被害の拡大が見られた。同地点の微地形は、図 4.3.12 に示すように氾濫平野に分類されている。

前震による被害を写真 4.3.37～写真 4.3.38 に示す。天端にすべりによる亀裂と段差が発生した。写真 4.3.39～写真 4.3.42 に示すように、その後本震により、すべりの範囲が拡大した。

同地区は天端幅が広く、駐車場や消防団施設などが設置されている。図 4.3.12 に示した微地形分類図では旧堤防（昭和 20 年代）が湾曲した形状となっており、現堤防との間を埋めて天端を広げ、このため現堤防の下に旧河道が入り込んでいた可能性が考えられる。参考として、同地点の堤防の変遷を図 4.3.13 に示す。



図 4.3.11 加勢川被災箇所（文献 11 に加筆）



図 4.3.12 加勢川被災箇所周辺の微地形（文献 11 に加筆）



写真 4.3.37 前震後の被災状況



写真 4.3.38 前震後の被災状況（川表へのすべり）



写真 4.3.39 本震後の被災状況



写真 4.3.40 本震後の被災状況(川表側へのすべりが進展)



写真 4.3.41 本震後の被災状況。堤防横断方向の亀裂



写真 4.3.42 本震後の被災状況。川裏側天端法肩ますべりの影響が及ぶ



図 4.3.13 被災箇所の堤防の変遷(文献 28 に加筆)

4.3.2 その他の河川

(1) 妙見川(益城町福富)

秋津川の支流である妙見川では、図 4.3.14 に示すように、県道 28 号と交差する地点（福富橋）の北側 260m にわたって主に右岸の護岸が断続的に崩壊した。被害地点は図 4.3.15 に示すように、妙見川が段丘を下刻した谷間で、微地形は左岸が自然堤防（■）、右岸が氾濫平野（■）となっている。

写真 4.3.43 は地震後の 7/5～24 に撮影した航空写真（国土地理院）¹¹⁾ である。調査を行った範囲は、県道 28 号との交差点（福富橋）から上流の人道橋付近までであり、それより上流の護岸の被害の有無については確認していない。

写真 4.3.44～写真 4.3.46 は護岸の右岸側の崩壊の状況である。左岸は目立った損傷はない。倒壊した護岸ブロックには鉄筋は見られないことから、無筋のコンクリート護岸であったと推定される。写真 4.3.47～写真 4.3.48 は唯一見られた左岸側の護岸ブロックの崩壊箇所である。壁は倒れているが、背後の地盤は崩壊していない。

写真 4.3.49～写真 4.3.50 は、調査範囲の最奥部における右岸側護岸の被害状況である。



図 4.3.14 妙見川護岸の被害位置（文献 11 に加筆）



図 4.3.15 妙見川護岸周辺の微地形分類図（文献 11 に加筆）



写真 4.3.43 妙見川の航空写真（文献 11 に加筆、7/5～24 撮影）



写真 4.3.44 妙見川右岸護岸の崩壊

妙見川の福富橋から北 260m の範囲を調査した限りでは、被害を受けた護岸は大部分が右岸側の護岸であり、左岸側の護岸の崩壊は 1 箇所のみであった。この原因として、右岸側の微地形は氾濫平野、左岸側は自然堤防であり、左岸の自然堤防の地盤がやや締まっている可能性もある。



写真 4.3.45 妙見川右岸護岸の崩壊



写真 4.3.46 妙見川右岸護岸の崩壊



写真 4.3.47 妙見川左岸護岸の崩壊



写真 4.3.48 同左 下流側からみた状況



写真 4.3.49 妙見川右岸護岸（調査最奥部）の崩壊



写真 4.3.50 妙見川の調査箇所最奥部からみた右岸護岸の被害状況

(2) 秋津川・木山川

秋津川では益城町付近で多数の変状が確認された。九州自動車道被災箇所付近ではすべり破壊に起因するとみられる河床の隆起が発生し、また、橋台取付部では堤防の沈下による段差が生じていた(写真 4.3.51～写真 4.3.52)。木山川は、矢形川・秋津川との合流地点付近で護岸の流動変位がみられた。同地点は多くの液状化被害を受けた間島団地の北側である。前震時に、護岸は流動変位が生じていたが、本震後に更に流動変位が拡大していた(写真 4.3.53～写真 4.3.54)。



図 4.3.16 秋津川被災箇所 (文献 11 に加筆)

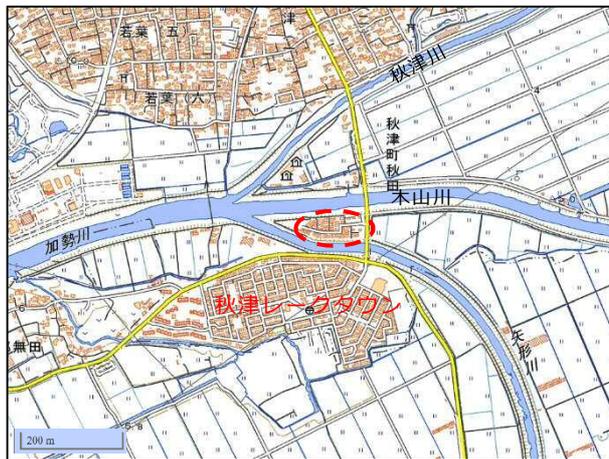


図 4.3.17 間島団地の位置図 (文献 11 に加筆)



写真 4.3.51 秋津川で見られた河床の隆起



写真 4.3.52 橋台取付部の沈下(秋津川 上沼山津橋)

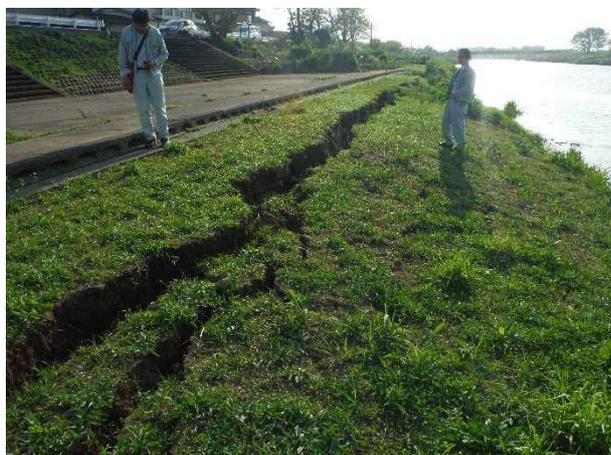


写真 4.3.53 木山川護岸の流動 (4/15 前震)

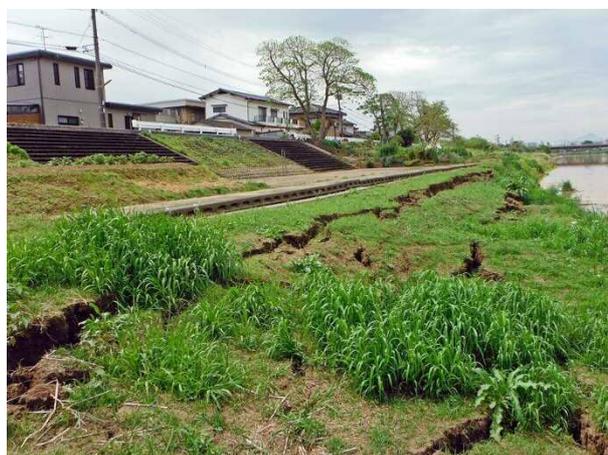


写真 4.3.54 木山川左岸の高水敷の地割れ。背後が住宅地

4.4 宅地・建物

4.4.1 被害の概況

(1) 概況

熊本地震では震度7の地震に2回襲われ、震度6弱以上の地震を含めると7回の大きな地震に見舞われている。これらの地震による建物被害は、第2章に述べたように、全壊8,204棟、半壊30,390棟、一部破損139,320棟（9月30日15時30分現在）¹⁰⁾にのぼり、大部分が熊本県内で発生している。

表4.4.1に示すように、全壊数が多い自治体は、益城町、熊本市、南阿蘇村、西原村の順であるが、世帯数に対する全壊数の割合は益城町が圧倒的に高いことが分かる。

表 4.4.1 被害の大きかった自治体の全壊住家数の世帯数に対する割合

市町村名	全壊住家数(棟)	世帯数 ^{*1}	全壊住家数/世帯数
益城町	2,711	13,006	20.8%
熊本市	2,435	317,145	0.8%
南阿蘇村	621	4,744	13.1%
西原村	508	13,887	3.7%

※1 世帯数はH26.2～H28.7の数値である。

日本建築学会（以下、建築学会）では、被害が大きかった益城町の建物の悉皆調査を行っており、その結果が公表されている¹³⁾。被害の大きかった益城町大字安永、大字宮園、大字木山、大字辻の城の概ね全ての建築物2,652棟で調査が行われており、用途が倉庫、神社などを除いた2,328棟について集計・分析が行われている。

これによると、木造全壊率の15.7%（=305/1,940棟）が最も高く、鉄骨造の3.7%（=8/210棟）、鉄筋コンクリート造の3.9%（=2/51棟）は小さい。木造の被害率は図4.4.1に示すよう

に、新耐震設計法（1981）以前に建設されたものが最も全壊率が高く、32.1%（=225/702棟）に上っている。また、建築年代が新しくなるほど、全壊率は低くなっている。

建築学会の調査とは別に、国土技術政策総合研究所（以下、国総研）、建築研究所（以下、建研）の手で13回（6/10まで）現地調査が行われている。

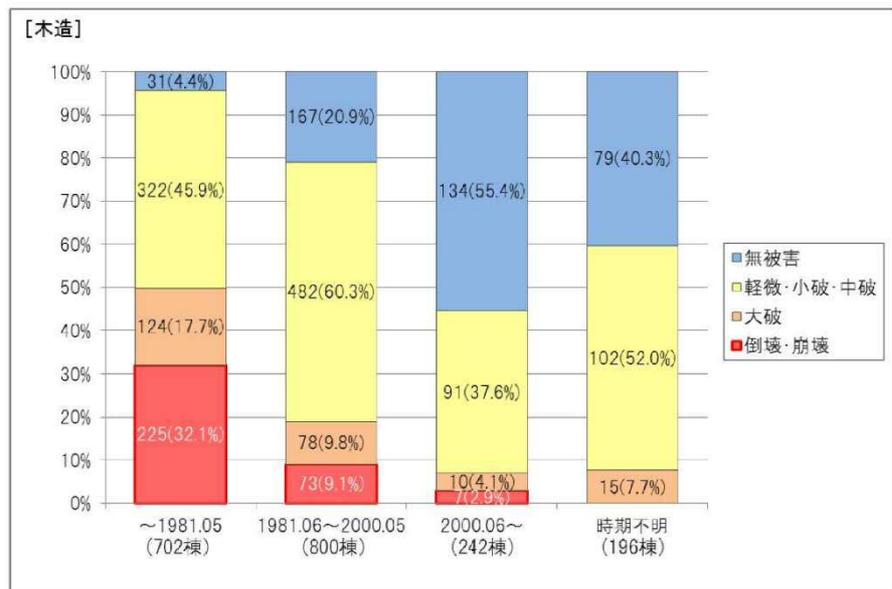


図 4.4.1 益城町における木造住宅の建築年度別被害率（日本建築学会）¹³⁾

(2)木造被害¹³⁾

国総研・建研では、木造建築物約 240 棟の調査を行い、被害の特徴について分析を行った。既述のように建築学会では益城町において悉皆調査が行われているが、国総研・建研の調査と重なるものは 170 棟程度であった。

同調査では、益城町中心部の木造建物被害の特徴として次のようなことが述べられている。

- ①益城町役場周辺、県道 28 号沿い、県道から南側に木造住宅の被害が多かった。
- ②前震 (M6.5) で被害が軽微であった木造住宅で本震 (M7.3) で倒壊した例が多数確認された。
- ③新耐震以前の建築確認の木造住宅、店舗併用の 2 階建て木造住宅の倒壊が多く確認された (全壊率 32.1%、図 4.4.1 参照)。
- ④新耐震以降の建築確認の木造の倒壊が 99 棟確認された。筋かい端部が釘打ち程度の軽微な接合方法であったものが多く確認された。
- ⑤2000 年の建築基準法改正以降の建築確認の木造の倒壊が 7 棟 (2.9%) 確認された。

また、益城町の東隣の西原村では、築年数が 40 年超と推定される木造住宅の倒壊や傾斜地において敷地の被害や擁壁の崩壊が多く確認された。

南阿蘇村の被害の特徴は以下のとおりである。

- ①河陽黒川地区に木造住宅の被害が集中していた。
- ②黒川地区では、2 階建ての木造アパートが多く存在し、そのうち 7 棟の倒壊を確認した。
- ③これらの木造アパートのうち、柱脚・柱頭、筋かい端部が確認できたものの多くは接合方法が釘打ち程度の比較的軽微な接合方法であった。
- ④木造アパートの他、築年数が概ね 40 年超と推定される木造住宅の倒壊が多く確認された。
- ⑤年代ごとの航空写真の分析により、新耐震以降の建築確認と推測される木造住宅の倒壊が数棟確認された。木造アパートと同様に柱脚・柱頭、筋かい端部の接合方法が比較的軽微な建物が多かったが、中には金物により緊結されている建物も多く確認された。

新耐震以降の建築確認で倒壊した木造住宅について、構造的特徴の把握、被害要因の分析 (対象は 99 棟) を行った結果は以下のようにまとめられている。

- ①筋かい端部の接合仕様を確認した 70 棟のうち、接合が不十分であったものが 51 棟 (72.9%) であった。
- ②柱脚柱頭の接合仕様を確認した 94 棟のうち、接合金物が施工されていることを確認したものが 24 棟 (25.5%) で、現行基準通りの接合仕様と推定されるものが 4 棟 (4.3%) であった。残り 90 棟 (95.7%) は現行基準を満たしていない可能性が考えられる。
- ③接合部仕様が不十分であったために、地震動により接合部が先行破壊し、耐力壁が有効に機能しなかったことが被害を大きくした主な要因の一つと推測される。
- ④接合部仕様以外の被害を大きくした要因 (隣棟の衝突、立面・平面不整形等) に該当するものは 31 棟 (31.3%) であった。
- ⑤前震で倒壊した木造建築物は、悉皆調査エリア内で 33 棟を確認した。そのうち 5 棟は新耐震以降の建築確認の木造建築物であった。5 棟すべてにおいて、接合仕様が不十分、隣接した新耐震以前の建物の衝突等が主な倒壊要因の一つであると推定される。

(3)鉄骨(S)造被害¹³⁾

鉄骨造建築物の被害調査については、おおまかに小規模鉄骨建築物、学校体育館、その他に区分して調査が行われている。鉄骨造建物の調査対象は、建築学会の調査では益城町の 218 棟であり、国総研・建研の調査では益城町の小規模鉄骨造建物 105 棟となっている。建築学会と国総研・建研と重複する建物は 75 棟である。

建築学会の悉皆調査地域における鉄骨造建物の大破以上と分類された被害率は、表 4.4.2 に示すように、1980 年以前が約 16%、1981～2000 年が約 14%、2000 年以降は約 7%である。また、1980 年以前の倒壊・崩壊棟数は 6 棟である。

表 4.4.2 鉄骨造建物の年代別倒壊・大破棟数及び被害率（建築学会）¹³⁾

	鉄骨造			建築確認等 不明	計
	旧耐震	新耐震			
	～1980	1981～2000.5	2000.6～		
総棟数	37	101	42	38	218
倒壊・大破棟数	6	14	3	2	25
倒壊・大破率	16.2%	13.9%	7.1%	5.3%	11.5%

表 4.4.3 に国総研・建研で実施した 105 棟の建物の建設年代別の倒壊、大破棟数と被害率を示す。これによると、倒壊または大破レベルの鉄骨構造建築物の総数は 16 棟（倒壊 1 棟、大破 15 棟）であった。全体では 15%程度の被害率であるが、年代別に見ると、1980 年以前が約 25%、1981～2000 年が約 20%、2000 年以降が約 7%である。この傾向は建築学会の調査結果とほぼ同様のものとなっている。

表 4.4.3 鉄骨造建物の年代別倒壊・大破棟数及び被害率（国総研・建研）¹³⁾

	鉄骨造			木造 RC 造	建築確認等 不明	計
	旧耐震	新耐震				
	～1980	1981～2000.5	2000.6～			
総棟数	12	45	29	9	10	105
倒壊・大破棟数	3	9	2	0	2	16
倒壊・大破率	25.0%	20.0%	6.9%	0.0%	20.0%	15.2%

調査した鉄骨造建物のうち、唯一倒壊した 1 棟は、一般的には完全溶け込み溶接で施工される柱とダイアフラムの溶接で隅肉溶接が行われており、その溶接部で破断が生じて倒壊した可能性がある。一方、大破した 15 棟の建物のうち、新耐震以降は 10 棟である。この 10 棟のうち、2 棟は、日の字柱が用いられている建物であり、現在一般的に用いられている角形鋼管柱と H 形鋼梁の接合に比べれば、塑性変形性能が劣っていると考えられる。また、4 棟は地盤崩壊の影響、6 棟は必ずしも適切でないと思われる溶接方法や接合方法が原因で大破に至ったと考えられる。

学校体育館の被害では、調査が行われた 15 棟のうち、新耐震は 5 棟、耐震改修済みが 8 棟、耐震診断の結果、補強不要と判断されたものが 2 棟であった。被害部位ごとの特徴は以下のようによまとめられる。

- ①鉛直ブレースの被害：耐震改修により取り替えられた平鋼ブレースで、軸部の明瞭な降伏が観察されない状態で、ボルト欠損部での破断の被害が見られた。一方で、新耐震の建物の丸鋼ターンバックル付きブレースで、ブレースの大きなたわみ、変形、伸びが観察されたが、接合部等で破断していなかった。
- ②屋根面水平ブレースの被害：ボルト等の破断の被害が数棟で観察されたが、これらの中には 20 箇所以上でボルト破断が観察されたものもあった。これらのブレースは、耐震改修以前のブレースがそのまま残されていたものであった。
- ③屋根トラスの被害：RC 架構に立体トラスの屋根が接続された 2 棟の体育館で、立体トラスを構成する部材のたわみ、破断、座屈、落下等の被害が見られた。このようなトラス部材の落下は、2011 年東北地方太平洋沖地震では見られなかったものである。
- ④屋根定着部の被害：RC 架構とトラスの屋根の接続部（定着部）で、コンクリートの側方破壊とコンクリート片の落下、ひび割れが見られた。これらの被害は 2011 年東北地方太平洋沖地震で見られたものである。

その他、国総研・建研の調査や建築学会の調査では、熊本市内の数棟程度の構造的な被害が報告されており、被害は以下のようなものである。

- ①比較的規模の大きい立体駐車場のブレースの座屈
- ②事務所ビルの梁端部の破断
- ③工場の引張ブレースの破断

(4)鉄筋コンクリート(RC)造被害¹³⁾

国総研・建研では、熊本市、宇土市、益城町、西原村、南阿蘇村の地域で、建築物の倒壊や構造部材、非構造部材の被害を受けた建築物 70 棟の調査を行っている。これによれば、以下の被害パターンに分類される。

【1981 年以降に設計された建築物】

- ・ピロティ 01ー曲げ・引張応力による柱の破壊：1995 年以降に設計されたピロティ柱に主筋の座屈や破断といった大きな損傷によって大破に至る事例が確認された。
- ・ピロティ 02ーせん断・付着割裂による破壊：1995 年以前の建物の柱にせん断破壊や付着割裂破壊といった脆性的な破壊が確認された。
- ・梁端部損傷に基づく梁のたわみ：梁端部曲げ破壊に基づく梁およびスラブのたわみが確認された。
- ・RC 造非耐力壁の破壊：共同住宅における RC 造非耐力壁やエキスパンション・ジョイントおよびその周辺部の大きな損傷によって、地震後の継続使用を難しくした事例が確認された。

【1981 年以前に設計された建築物】

- ・耐震補強済みで構造部材の損傷度が大きい建築物：耐震補強された RC 造構造部材の被害は、

耐震補強された耐震壁の側柱のせん断破壊や補強された庁舎における耐震壁の顕著なせん断ひび割れが挙げられる。この被害事例は、2011年東北地方太平洋沖地震でも確認されている。

- ・倒壊および崩壊した建築物：柱や柱梁接合部の大きな損傷による局部破壊した庁舎や1層崩壊した診療所の事例が挙げられる。後者は1995年兵庫県南部地震や2011年東北地方太平洋沖地震でも確認されている。

(5) 非構造部材被害¹³⁾

【吊り天井の被害】

吊り天井の顕著な被害が確認された9棟10室の調査結果をまとめると以下のようなになる。特定天井に該当するものは10室中の6室であり、天井の種類で分類すると、2室を除くとすべて在来工法による天井である。

- ・一様な勾配の天井の建築物（1棟）では、全面的な脱落を生じており、捨て張りの天井板が金属板であったことが影響していると考えられる。
- ・概ね水平な天井が大部分である建築物（3棟）では、被害は比較的小さいものに留まっている。
- ・音楽用ホール等で天井面が一方向に複雑な断面をもつもの（3棟）や立ち上がり壁を有するもの（1棟）では、野縁と天井板が一体的に落ちるなど比較的大きな被害が生じている。
- ・1棟の建築物では、長さ0.4mの吊り材が脱落しているが、勾配屋根に水平な天井を設けるための吊り材であり、その他の吊り材が1.9m、2.4mである中で最も短いものである。

【外壁の被害】

- ・ラスシートモルタル外壁やラスモルタル外壁は、これまでの地震でも被害報告が少なからず見られるものであり、比較的古い鉄骨構造での被害が多く見られる。
- ・タイル張り外壁の被害は、過去の地震と同様、今回の地震でも少なからず見られる被害である。下地の鉄筋コンクリート壁の被害が確認されるものも少なくない。
- ・ALC縦壁挿入筋構法の被害は以前の地震でも被害報告が見られるものである。ALCパネルを用いた外壁を縦壁に用いる場合にはロッキング構法が用いられることがほとんどである。
- ・ALC横壁構法による外壁の被害は、天井面のレベルで脱落を生じる被害は今回の地震でも複数見られるだけではなく過去の地震でも生じている。
- ・PCパネル外壁の被害は、過去の地震では比較的古い建築物で見られる。

(6) 免震建築物の被害

国総研・建研では熊本県内の12棟の免震建築物について、免震層内および周辺を目視確認、建物管理者および使用者へのヒアリングを中心とした現地調査を行っている。これによると、以下に示す4つのタイプの被害が見られた。このうち①及び②は、過去の震災調査で報告されたことのないタイプのものである。

- ①ダンパー取付け基部の被害
- ②外付け階段の被害
- ③免震材料の被害（変状）
- ④クリアランス部の被害

4.4.2 建築物の被害

ここでは、今回の調査で見られた建築物の被害を紹介する。

(1) 益城町寺迫・木山・宮園地区

益城町は震度 7 の地震に 2 回襲われ、住家の被害が甚だしく大きかった。特に市街地東側の寺迫・木山・宮園地区では家屋等の倒壊が集中した。図 4.4.2 及び写真 4.4.1 は同地区の地図と航空写真を示したものである。同地区は、図 4.4.3 及び図 4.4.4 に示すように、市街地が立地している段丘が局部的に河川で浸食された区域であり、南北に走る国道 443 号はこの谷沿いに段丘が上がっていく地形となっている。家屋被害が多かった図 4.4.2 の範囲 A, B は谷の段丘から東の低地に下りる斜面となっている。

図 4.4.2 に示すゾーン A, B, C は、この地区を調査した中で家屋の被害が集中した範囲を示している。A ゾーンは段丘斜面の末端の河川沿いの低地部であり、B ゾーンは段丘の東斜面、C ゾーンは同様に段丘末端部の南斜面の宅地である。

以下に被害の状況をこのゾーン別に以下に示す。

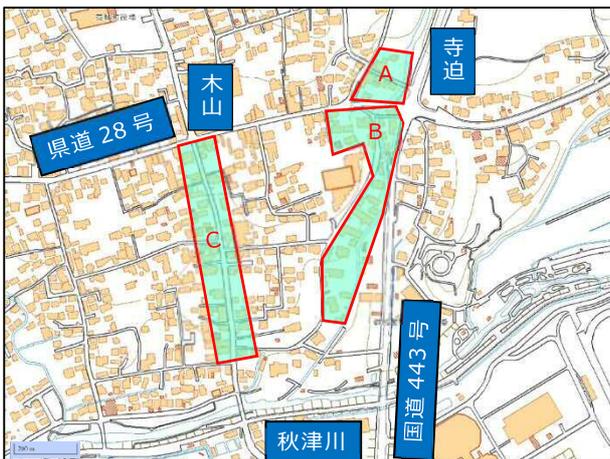


図 4.4.2 益城町寺迫・木山・宮園地区の被害調査ゾーン（文献 11 に加筆）

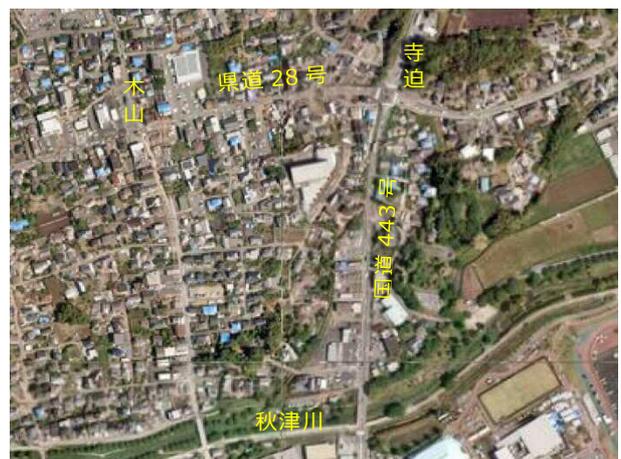


写真 4.4.1 益城町寺迫・木山・宮園地区の航空写真（文献 11 に加筆）

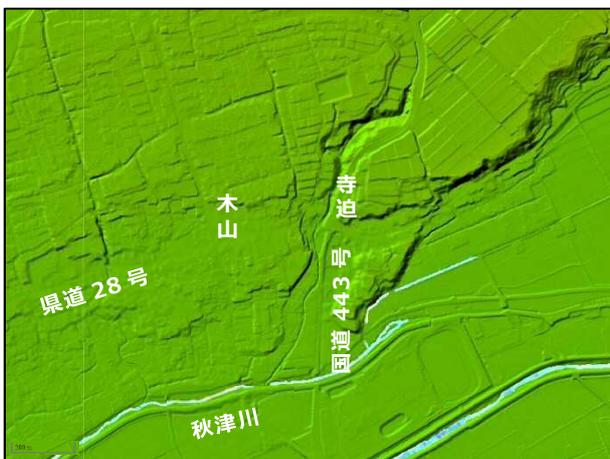


図 4.4.3 益城町寺迫・木山・宮園地区周辺の段彩図（文献 11 に加筆）



図 4.4.4 益城町寺迫・木山・宮園地区周辺の治水地形分類図（文献 11 に加筆）

【Aゾーン】

この地区は寺迫交差点の北西側の一角で、段丘斜面の末端の河川沿いの低地となっており、このゾーンの南側を通る県道 28 号は橋梁（寺迫橋）区間となっている。

写真 4.4.2 は東側から見た A ゾーンの南側で、ほとんどの家屋が全壊状態の被害を受けている。奥の転倒している家屋は A ゾーンの北端にある。背後は段丘斜面上の家屋であるが、大きな被害はなさそうに見える。また、写真 4.4.3 は南側から見た A ゾーン北側の状況で、左側に見える転倒した家屋は、A ゾーンの北端に位置する。右側の家屋は転倒こそ免れてはいるが、瓦や壁が剥がれ落ち、大破の状態である。

写真 4.4.4～写真 4.4.5 は、A ゾーンの北西の転倒した家屋の状況である。この家屋は瓦屋根の平屋に 2 階建ての建物を増築したものであるが、平屋部が倒壊し、増築部は基礎から抜けるような形で南側に転倒するという被害を受けた。写真 4.4.5 は隣接する建物であるが、1 階部分が倒壊し、2 階だけが残った状況である。写真 4.4.6～写真 4.4.7 はいずれも 2 階建ての瓦屋根、土壁の古い木造家屋の被害であり、1 階部分が倒壊し、2 階部分のみが残った状態になっていた。

写真 4.4.8 は比較的新しそうな 2 階建て（一部平屋）家屋であるが、同様に 1 階部分が倒壊し、2 階のみが残った状態になっていた。写真 4.4.9 は、1 階部分がピロティ形式になっている 2 階建て建物であるが、ピロティの柱が大きく変形しており、倒壊寸前の状態であった。



写真 4.4.2 東側から見た A ゾーンの南部。背後は段丘斜面



写真 4.4.3 南側から見た A ゾーン北部



写真 4.4.4 北側より見た倒壊家屋。手前の瓦屋根の平屋も倒壊した



写真 4.4.5 同左 奥の平屋の家屋に増築する形で建てられた 2 階建て家屋が南側に転倒



写真 4.4.6 1階が倒壊し2階だけが残った瓦屋根、土壁の古い家屋



写真 4.4.7 Aゾーンの北角の2階建て家屋で1階部分が倒壊



写真 4.4.8 2階部分だけが残った木造家屋。手前は2階建てに連なる平屋部分



写真 4.4.9 一階のピロティ部分の柱が大きく変形し、倒壊寸前の建物

益城町では、震度7という地震動を2回経験しており、これらの家屋の被害原因は、主に度重なる強烈な地震動によるものと考えられる。また、Aゾーンは段丘を刻む河川の低地にあり、西側の段丘斜面との境界部に当たっている。地盤条件はよく分からないが、このような地形境界という要素も被害の大きさに影響を与えている可能性もある。

写真 4.4.10～写真 4.4.15 は、被害原因が地震動というよりは地盤被害と考えられる家屋の被害である。写真 4.4.10～写真 4.4.11 は、この家屋の正面及び東側側面の状況である。この家屋は1mほど盛土造成して建築されている新しい2階建てである。建物の壁には亀裂等の被害は見当たらないが、写真 4.4.12 に示すように、基礎の盛土に大きな地割れが生じ、塀が転倒・傾斜している。このため建物が若干傾斜しているようである。

写真 4.4.13 に示すように、敷地の東側には段差を伴う地盤の亀裂が生じていた。同地点は建物から約10m離れて河川が流れており、写真 4.4.14～写真 4.4.15 に示すように、護岸が崩壊していた。おそらく護岸の崩壊によって、背後地盤が河川側に移動し、そのために河川と平行に走る地割れが発生したと考えられる。これが、当該家屋の盛土に影響を与えたのではないかとと思われる。



写真 4.4.10 建物は一見、被害がなさそうであるが、危険と判定された家屋



写真 4.4.11 同左 建物の側面



写真 4.4.12 建物周辺の盛土地盤に生じた大きな亀裂



写真 4.4.13 護岸が崩壊した河川と平行に入った建物の傍の地割れ



写真 4.4.14 被害建物の 10m ほど東側の河川護岸の崩壊



写真 4.4.15 同左

【Bゾーン】

Bゾーンは県道 28 号の南側の国道 443 号西側の段丘斜面と河川沿いの低地からなる。このゾーンの被害は、河川沿いの低地と段丘斜面上の家屋被害に分けられる。

写真 4.4.16～写真 4.4.17 は、国道 443 号に並行する河川沿岸の被害状況である。この地域は比較的新しい家屋が多いが、Aゾーンと同様に、1階部分が倒壊し、2階だけが残っている被害パターンが多い。

写真 4.4.18～写真 4.4.19 は河川の西側から段丘斜面にかけての地域の被害を示したものである。段丘斜面上の宅地は雛壇造成されているようである。倒壊している家屋は斜面下手方向に倒れているが、これが地震動の方向性によるものか、単に家屋の短軸が斜面方向に向いていたためなのか分からない。写真 4.4.19 は大きな被害が見られない平屋家屋である。基礎盛土の法面が崩れているが、地盤に大きな亀裂や段差が生じている訳ではない。この地域の被害も Aゾーンと同様に地震動の影響が卓越していたのではないかと考えられる。

写真 4.4.20～写真 4.4.21 は段丘の端に立地する益城町文化会館の周囲のブロック積擁壁の被害である。ブルーシートがかけられているので、被害の詳細は分からないが、写真 4.4.21 を見ると、上段のブロックが崩れていることが分かる。また、写真 4.4.22～写真 4.4.23 は段丘末端部の南側の平地での瓦屋根の住宅の被害である。



写真 4.4.16 河川西側から段丘斜面にかけての家屋被害



写真 4.4.17 国道 443 号沿いの地域の家屋被害



写真 4.4.18 河川西側の家屋の倒壊



写真 4.4.19 段丘斜面上の平屋家屋基礎盛土の被害



写真 4.4.20 段丘上にある益城町文化会館の擁壁の被害



写真 4.4.21 同左近景 上段の擁壁が崩れているのが分かる



写真 4.4.22 瓦屋根・土壁の古い家屋の倒壊



写真 4.4.23 瓦屋根 2 階建て家屋の倒壊

【Cゾーン】

Cゾーンは秋津川に下る緩やかな段丘斜面上に位置する住宅地である。県道 235 号と県道 28 号の交差点から南側道路沿いの寺院・神社、古い家屋に被害が目立った。

写真 4.4.24～写真 4.4.25 は、寺社建築の被害の様子である。写真 4.4.24 が神社の鳥居及び本殿（奥に見える）の倒壊、写真 4.4.25 は寺院の本堂の倒壊の状況である。このような屋根が重いトップヘビーな構造物は地震慣性力の影響を受けやすく、地震動が大きい場合には倒壊に至ることも多い。写真 4.4.26～写真 4.4.28 は、この道路沿いの古い家屋の被害である。写真 4.4.26 及び写真 4.4.27 は、古い 2 階建ての建物が大きく変形している状況で、倒壊寸前で留まったという形である。この道路の東側は比較的新しい建物が多いが、写真 4.4.29 に一例を示すように、外見上被害がなさそうな建物も見られる。また、路面にも亀裂や段差などの破壊は見られない。

Cゾーン全体の状況を調査したわけではないが、一般的な被害の特徴としては、古い建物に被害が多く、新しい建物は外見上、健全に見えるものが多い。また、地盤が大きく滑り、流動するといった地盤の破壊現象も見られないようである。

なお、益城町の市街地の南側には秋津川が西流しているが、この川の沿岸には液状化に起因すると思われる地盤破壊現象およびそれによる家屋の被害が見られた。



写真 4.4.24 神社鳥居および奥の本殿の倒壊



写真 4.4.25 寺院の本堂の倒壊



写真 4.4.26 2階建て建物の2階部分の変形



写真 4.4.27 2階建て建物の1階部分のせん断変形



写真 4.4.28 県道 28 号木山交差点南側の 2 階建て建物の倒壊



写真 4.4.29 一見被害がなさそうな新しい建物

(2) 益城町古閑・福富地区周辺

図 4.4.5 に示す県道 28 号と九州自動車道が交差する地点の東側の益城町古閑・福富地区周辺では地盤被害や建物の被害が見られた。同地点は、図 4.4.6 に示すように、秋津川の支流である妙見川が阿蘇火砕流で構成される段丘を下刻して形成された低地（自然堤防）に位置する。

写真 4.4.30～写真 4.4.31 は九州自動車道と妙見川の間にある 3 階建ての病院のピロティ形式の玄関柱が大きく損傷した状況を示している。写真 4.4.32～写真 4.4.33 は付近の古い家屋の倒壊状況である。写真 4.4.34 に示すように、県道 28 号付近の妙見川護岸は大きく崩壊しており、このため護岸背後の地盤には写真 4.4.35 に示すように、河川に平行に大きな亀裂が生じている。この亀裂は護岸のはらみ出しに伴うものと考えられる。

写真 4.4.36～写真 4.4.37 は、妙見川の沿岸の住宅地で見られた塀の倒壊の様子である。住宅は新しいものが多く、大きな被害は見あたらなかったが、塀の倒壊は各所で見られた。

妙見川と秋津川の合流点付近では、九州自動車道の盛土崩壊も発生しており、建物被害だけではなく地盤被害も顕著であった。この地区では局地的に地震動が大きかった可能性もある。

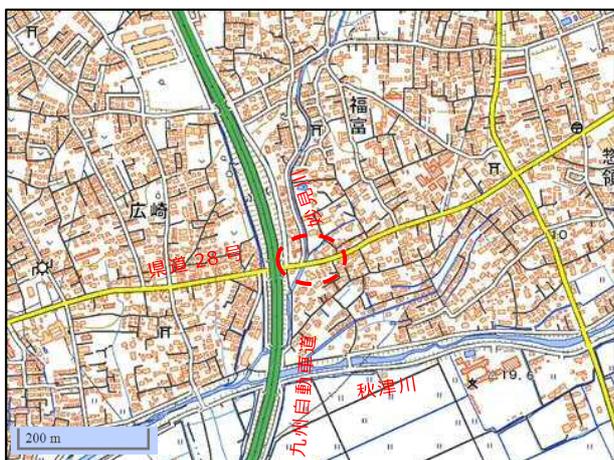


図 4.4.5 古閑・福富地区の被害位置（文献 11 に加筆）



図 4.4.6 古閑・福富地区周辺の治水地形分類図（文献 11 に加筆）



写真 4.4.30 病院のピロティ柱の損傷



写真 4.4.31 同左 近景



写真 4.4.32 倒壊した古い家屋



写真 4.4.33 倒壊した古い家屋



写真 4.4.34 妙見川護岸背後の地盤に現れた亀裂



写真 4.4.35 妙見川左岸護岸のはらみ出し



写真 4.4.36 ブロック塀の倒壊



写真 4.4.37 塀の倒壊

(3)宇土市役所

熊本市の南隣に位置する宇土市の5階建てRC造の市庁舎(図4.4.7)が大破するという被害を受けた。図4.4.8に宇土市役所周辺の微地形分類を示す。市街地は自然堤防(黄色)とその周辺の海岸平野・三角州上の盛土地に広がっている。旧版地形図を見ると、昭和20年代頃までは自然堤防上に市街地があって、市役所(当時は町役場)も現在の本町付近にあったようである。旧版地形図から、現市庁舎は水田を造成した地盤に建設されたのではないかと考えられる。現在の市庁舎は1965年に建設された¹⁵⁾もので、五角形の平面形状をもつ庁舎棟と長方形のコア棟から構成されている。写真4.4.38~写真4.4.40に示すように、地震によって4階及び5階が内柱及び十字形柱梁接合部の大破により局部破壊している。



図 4.4.7 宇土市庁舎の位置(文献 11 に加筆)



配色	分類項目	
緑	山地斜面等	谷底平野・氾濫平野
紫	崖	海岸平野・三角州
紫	地すべり(滑落崖)	後背低地
紫	地すべり	旧河道
オレンジ	更新世段丘	高水敷・低水敷・浜
オレンジ	完新世段丘	湿地
赤	台地・段丘	河川・水滯録及び水面
黄緑	山麓堆積地形	旧水部
黄	扇状地	農耕平坦化地
黄	自然堤防	切土地
黄	砂州・砂堆・砂丘	高い盛土地
黄	天井川・天井川沿いの微高地	盛土地・埋立地
黄	凹地・浅い谷	干拓地

図 4.4.8 宇土市周辺の微地形分類図(文献 11 を編集)



写真 4.4.38 宇土市庁舎南西側の被害状況



写真 4.4.40 上の写真の5階部分の拡大



写真 4.4.39 宇土市庁舎南東側の外観

(4)熊本市内

写真 4.4.41～写真 4.4.43 は、益城町の西隣の熊本市東区西原における 5 階建て RC 建築物の 1 階部分が層崩壊した状況である。



写真 4.4.41 1階が層崩壊した 5階建 RC 建築物（熊本市東区西原）



写真 4.4.42 同左 近景



写真 4.4.43 同上層崩壊建築物の状況（左方、正面、右方から撮影）

写真 4.4.44～写真 4.4.45 は、熊本市東区錦ヶ丘にある 4 階建て RC 建築物で、1 階南東部の 2 本の柱の柱頭部がいずれもせん断破壊し、大破した。この部分が被害を受けた原因として、当該部分が下階壁掛け構造となっていたこと、及び北側に耐震壁が設置されていたことにより、ねじれにより大きく変形したためとされている¹⁵⁾。



写真 4.4.44 南東側柱が大破した 4 階建て RC 建築物（熊本市東区錦ヶ丘）



写真 4.4.45 同左

(5)熊本城

熊本城は南に延びる台地の先端に築かれた平山城で、広さ 98 万 m²、周囲 5.3km である。1591～1606 年にかけて加藤清正によって、それまであった城郭を取り込んで建設された。

熊本市の中心部にある熊本城は地震で大きな被害を受けた。全長 242 メートルの長堀は、約 100m が倒壊、東十八間櫓は石垣ごと崩落した。往事の姿を残す 5 階建ての宇土櫓も一部損壊した。1877 年の西南戦争で焼失し、1960 年に再建された大天守は屋根瓦が剥がれ落ち、しゃちほこも落下した。2005 年に再建された飯田丸五階櫓の石垣が大きく崩壊し、櫓がいつ落下してもおかしくない状態となっている。北十八間櫓、東十八間櫓、五間櫓、不開門など計 13 の国の重要文化財も瓦が落ちるなどの被害が出た。4 月 14 日の地震 (M6.5) で 6 箇所 of 石垣が崩れ、4 月 16 日 (M7.3) の地震で被害が拡大した。

写真 4.4.46～写真 4.4.49 は立ち入り禁止区域外から見られる被害の様子で、写真 4.4.46～写真 4.4.47 は不開門付近の石垣と北十八間櫓の被害の様子であり、写真 4.4.48～写真 4.4.49 は戌亥櫓付近の石垣の崩壊の様子である。



写真 4.4.46 不開門付近の石垣と北十八間櫓の崩壊

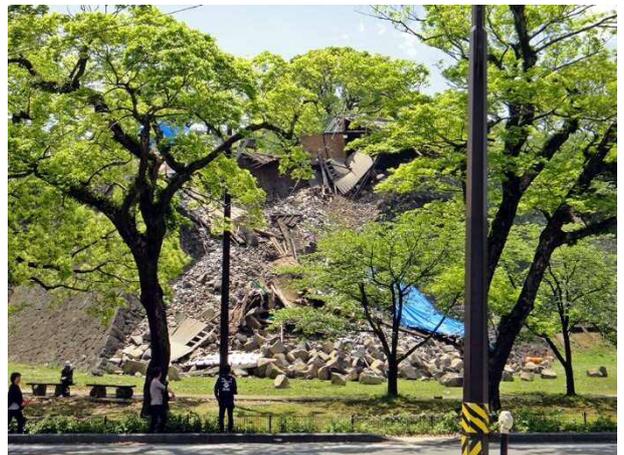


写真 4.4.47 同左 近景



写真 4.4.48 戌亥櫓東側の石垣の崩壊



写真 4.4.49 戌亥櫓南側の石垣の崩壊

(6)その他

熊本市中央区神水にある当社熊本支店では、建物には被害はなかったが、室内（2階）は写真 4.4.50～写真 4.4.53 に示すように、ロッカーや本棚が倒れ、足の踏み場もない状況であった。



写真 4.4.50 窓際の本棚等は転倒し、書籍・報告書は飛び出し、パソコンは転倒していた。



写真 4.4.51 同左



写真 4.4.52 本棚は大きく転倒し、書籍や報告書などが散乱した。



写真 4.4.53 ロッカーや棚等は大きく移動し、一部は破損し、使用できなくなった。

4.4.3 宅地盛土

(1) 益城町辻の城

益城町辻の城地区は、図 4.4.9 に示すように、建物の被害が甚大であった木山・寺迫・宮園地区の北側の段丘斜面上にあり、標高は前述の寺迫交差点付近よりも 20m 程度は高い。

同地区は緩やかな南下がりの斜面上に位置することから、住宅地は雛壇状に造成されているものが多い。

地震によって盛土部分が崩壊し、家屋に被害を与えた事例もある。写真 4.4.54～写真 4.4.55 はその一例であり、図 4.4.9 の赤丸印の位置で見られた家屋被害である。

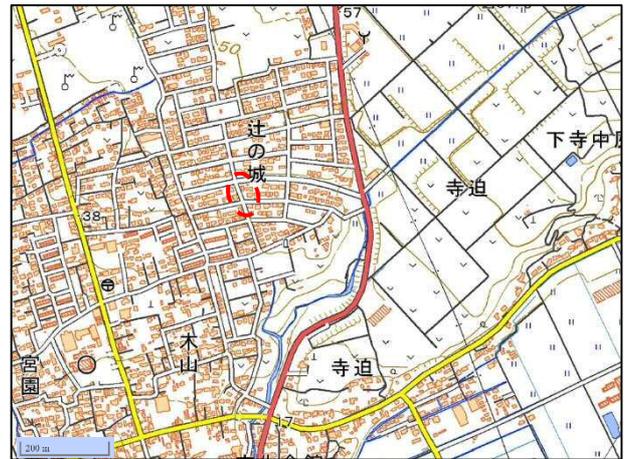


図 4.4.9 益城町辻の城地区の位置（文献 11 に加筆）



写真 4.4.54 雛壇状の盛土の崩壊（1）



写真 4.4.55 雛壇状の盛土の崩壊（2）

(2) 南阿蘇村立野

図 4.4.10 および写真 4.4.56 は、南阿蘇村立野地区の斜面上の宅地盛土であり、盛土を保護している石積擁壁の一角が崩壊した状況である。擁壁の崩壊が一部に留まったため、家屋には被害が及んでいないようである。



図 4.4.10 南阿蘇村立野地区の位置（文献 11 に加筆）



写真 4.4.56 石積擁壁の崩壊（南阿蘇村立野）

(3) 緑川左岸田口橋近傍(甲佐町)

写真 4.4.57 は、上益城郡甲佐町上田口の緑川左岸田口橋付近（図 4.4.11）の工場敷地の擁壁の変状を示したものである。同地点の盛土は、緑川の左岸堤防の法尻に設けられているもので、高さ 2m 程度の直立擁壁で保護されている。この擁壁の一部が堤防側に傾斜したものである。背後の生垣の変形から、擁壁のはらみ出し部分の地盤は沈下しているようであるが、詳細は不明である。



図 4.4.11 緑川左岸田口橋付近の被害位置
(文献 11 に加筆)



写真 4.4.57 緑川左岸田口橋付近の擁壁の変状

(4) 甲佐町上田口

写真 4.4.58 は甲佐町における宅地盛土の崩壊の状況である。位置は前述の図 4.4.11 に示したように、前述の写真 4.4.57 の近傍である。この盛土は、地震前には擁壁で保護されていたことは、写真右端の擁壁の残骸や地震前の写真（Google Map）で確認することができる。

盛土上の平屋の建物には大きな被害は発生していないようである。盛土の法尻には小河川が流れており、擁壁・盛土の被害に何らかの影響を与えた可能性がある。



写真 4.4.58 擁壁・盛土の崩壊（甲佐町）

4.5 土砂災害

4.5.1 斜面災害

(1) 阿蘇大橋背後斜面

4月16日の地震(M7.3)で、南阿蘇村立野の阿蘇カルデラ外輪山を構成する山(標高755.8m)の東側斜面が頂上付近から崩れ、裾野を平行して通っていた国道57号とJR豊肥本線を埋没し、黒川に流れ込んだ。また、同地点で国道57号に合流する国道325号に架かる阿蘇大橋が落橋した(§4.1.2(1)参照)。ただし、落橋と斜面崩壊の関係については不明である。

写真4.5.1は国土地理院による崩壊斜面の航空写真で、図4.5.1は斜面崩壊の概略の範囲を示したものである。また、写真4.5.2は阿蘇大橋東側から見た崩壊斜面の様子である。

斜面崩壊の規模は、長さ約700m、幅約200m、崩壊土砂量は約50万m³とされている¹⁶⁾。崩壊斜面の平均勾配は約30度であるが、上部はより急峻で、下部は15度程度の緩やかな斜面となっている。

崩壊規模は過去の災害と比べるとそれほど大きいものではない。表4.5.1には、これまで世界で起こった大規模崩壊事例¹⁸⁾を示した。また、最近の地震時大規模崩壊事例としては、資料作成時期の関係でこの表には掲載されていないが、2008年岩手・宮城内陸地震において、宮城県荒砥沢ダムの背後の斜面が長さ約1,300m、幅約900mにわたって崩壊し、崩壊土量7,000万m³の土砂が流出した事例がある³⁶⁾。

図4.5.2は崩壊地点付近の微地形分類図(火山土地条件図¹¹⁾)である。これによると当該地点は基盤岩よりなるカルデラ壁と崖錐・麓斜面から構成される地形であることが分かる。また、黒川が流れる谷の斜面には立野溶岩が堆積している。

この災害を受けて、阿蘇大橋地区斜面崩壊箇所の斜面安定化と国道57号、国道325号並びにJR豊肥本線の早期復旧に向けた対策を専門的な学識経験等に基づき検討・助言することを目的として、国土交通省に「阿蘇大橋地区復旧技術



写真 4.5.1 阿蘇大橋付近の航空写真(文献3に加筆)

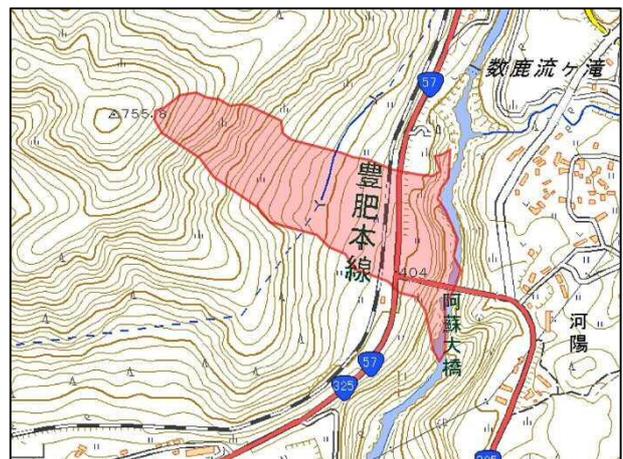


図 4.5.1 落橋した阿蘇大橋の西側斜面の崩壊範囲(文献11に加筆)



写真 4.5.2 阿蘇大橋東側からみた崩壊斜面の全景。

検討会」が設置され、調査検討が進んでいる。図4.5.3はこの検討会の中間報告（第3回検討会、9月15日開催）²⁶⁾として公表されている地質調査状況である。これによると、地質構造は水平～受盤構造であるが、若干、北側に傾斜していると推定されること、斜面上部には腐植物が集積した火山灰土である黒ボクの下に安山岩の大小種々の礫が混在する岩屑堆積物が広範囲に分布すること、崩壊部は先阿蘇火山岩類の硬質な安山岩溶岩とやや軟らかい火砕岩（凝灰角礫岩と火山角礫岩）との互層からなっていること、硬質な安山岩も割れ目が発達している部分を確認されること等が判明している。

写真4.5.3は北側より見た崩壊斜面の状況であり、崩壊斜面の傾斜の様子がよく分かる。なお、手前の白い建物は東海大学阿蘇キャンパスの校舎である。写真4.5.4～写真4.5.6は阿蘇大橋周辺の黒川左岸および右岸の崩壊の状況である。写真4.5.4及び写真4.5.5は、それぞれ阿蘇大橋東側および国道57号方面から見た黒川左岸の崩壊の状況であり、同様に写真4.5.6は阿蘇大橋東側より見た黒川の沿岸斜面の崩壊状況である。どちらの写真にも暗茶色の火山灰の下に白っぽ

表 4.5.1 世界における巨大崩壊事例¹⁸⁾

発生場所	発生年	崩壊量 ×10 ⁷ m ³	崩壊の主要因	流動形態	移動量 (km)				
					最大移動 高低差	最大移動 距離			
日本	磐梯山	福島	1888	150	火山活動（水蒸気爆発）	岩石すべり → 岩屑流	1.2	11.0	
	眉山	長崎	1792	48	諸説（地震？、火山？）	岩石すべり → 岩屑流	0.7	6.0	
	大月川	長野	888 ?	35	不明	岩石すべり → 岩屑流	1.4	12.5	
	立山鳶	富山	1858	41~27	地震（M6.8）、震央距離30km	岩石すべり → 岩屑・泥流	1.7	13.0	
	稗田山	長野	1911	15	不明（豪雨？）	岩石すべり → 岩屑流	1.0	7.0	
	大谷	静岡	1702	12	不明（地震？、豪雨？）	岩石すべり → 土石流	1.5	10.0	
	御岳	長野	1984	3.4	地震（M6.8）、震央距離10km	岩石すべり → 土石流	1.6	10.0	
	加奈木	高知	1746 ?	3	不明	岩石すべり → 土石流	0.83	3.5	
	帰雲	岐阜	1586	1	地震（M8.1）、震央距離25km	岩石すべり → 岩屑流	0.9	3.0	
外国	草嶺	台湾	1942	20	豪雨	岩石すべり	0.7	3.2	
	草嶺	台湾	1941	15	地震（強震）				
	St.Helens	米国	1980	280	火山性地震（M5.1）	岩石すべり → 岩屑流	2.6	28.0	
	Mayunmarca	ペルー	1974	100	不明	岩石すべり → 岩屑流	1.9	8.3	
	Huascarán	ペルー	1970	5~10	地震（M7.7）、震央距離130km	岩石すべり → 岩屑流	3.85	15.6	
	Hope	カナダ	1965	4.7	不明（地震 M3.2 ?）	岩石すべり	1.2	3.0	
	L.G.Ventre	米国	1925	4	豪雨、融雪、地震（M3.5）	岩石すべり → 土石流	0.64	2.8	
	Frank	カナダ	1903	3.7	不明（炭坑掘削？）	岩石すべり → 岩屑流	0.87	4.0	
	Madison	米国	1959	2	地震（M7.1）、震央距離25km	岩石すべり → 岩屑流	0.4	1.6	
	Huascarán	ペルー	1962	1.6	不明	岩石落下	3.85	1.5	
	L.Tahoma	米国	1963	1.1	不明（水蒸気爆発？）	岩石すべり → 岩屑流	1.9	6.9	
	Sherman	米国	1964	1	地震（M8.4）	岩崩れ（すべり） → 岩屑流	0.6	5.0	
	Granier	フランス	1248	50	不明	岩石すべり → 岩屑流	1.6	6.0	
	Vaiont	イタリア	1963	26	ダム水位昇降、地下水位	岩石すべり	0.43	2.0	
	Rossherg	スイス	1806	4	諸説（豪雨？、地下水？）	岩石すべり → 岩屑流	0.55	2.0	
	TJelle	スカンジナビア	1756	1.5	地すべり？、豪雨	岩石すべり			
	Elm	スイス	1881	1.3	雨？	岩石すべり → 岩屑流	0.61	2.0	
	Saidmarreh	イラン	先史時代	2000	?		岩石すべり → 岩屑流	1.3	2.0
	Flims	スイス		1200	?		岩石すべり → 岩屑流	2.0	16.1
	Blackhawk	米国		30	?		岩石すべり → 岩屑流	1.2	8.0

い立野溶岩が堆積していることが分かる。

写真 4.5.7～写真 4.5.9 は、崩壊した黒川沿岸斜面の背後の地割れの様子である。写真 4.5.7 は阿蘇大橋東側橋台近傍の地割れで、河川流域の崩壊した谷部と平行に何条か大きな地割れが生じている。写真 4.5.8～写真 4.5.9 は写真 4.5.7 から 100m 程下流にあるコンビニの駐車場と隣接地の地割れの状況である。これらの写真より判断すると、崩壊面の約 30m 奥まで地割れが生じているようである。

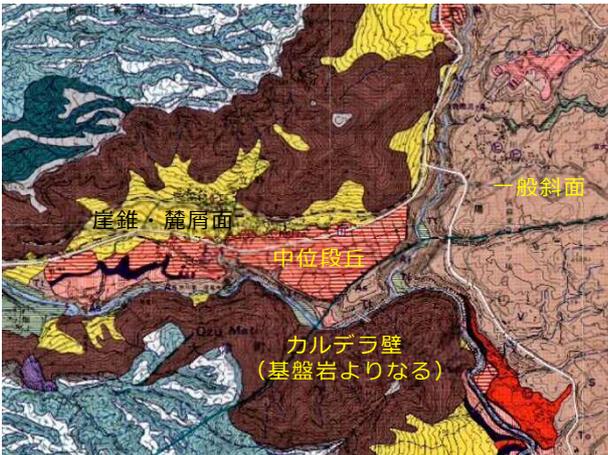


図 4.5.2 調査地点（立野）周辺の微地形（火山土地条件図¹¹⁾に加筆）

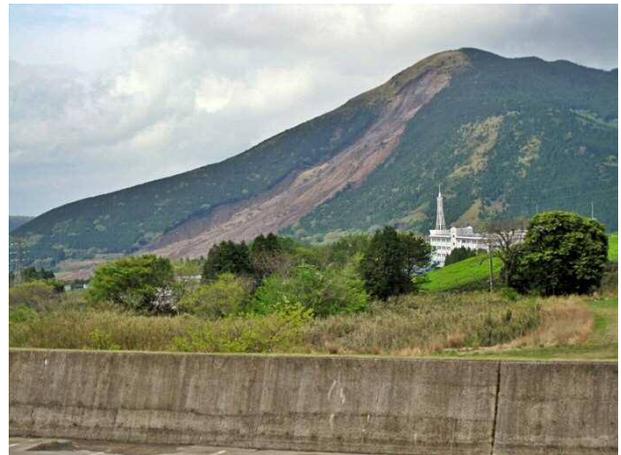


写真 4.5.3 北側より見た崩壊斜面

《調査結果のまとめと考察》

～ 崩壊に関する考察～

- ▶ 崩壊前の斜面中腹部には、遷急線と遷緩線で囲まれた、凸型地形を有する急斜面が帯状に認められる。【地形解析より】
- ▶ 弾性波探査の結果、地山弾性波速度 $V_p \approx 1\text{km/s}$ 以下の低速度層が、崩壊層厚とほぼ一致することから、ボーリング調査結果等も加味すると、 $V_p \approx 1\text{km/s}$ が浅が今回の地震で崩壊したと推定される。【弾性波探査より】
- ▶ 凸型斜面に分布する安山岩(An4-5-1・2層)は、特に亀裂が多く、亀裂沿いの風化やゆるみが認められる。【地形解析、地質解析より】
- ▶ 土木学会等による阿蘇大橋地区の現地調査結果によれば、今回の崩壊に関しては、崩壊前の凸型斜面を有する急斜面と火山性の地質が素因となったことが報告されている。今回の地形解析結果からは、同様の地形的特徴が確認されており、ボーリング調査の結果からは、凸型斜面で亀裂の発達した安山岩が見られるなど地質的に脆い状態であったことが確認された。

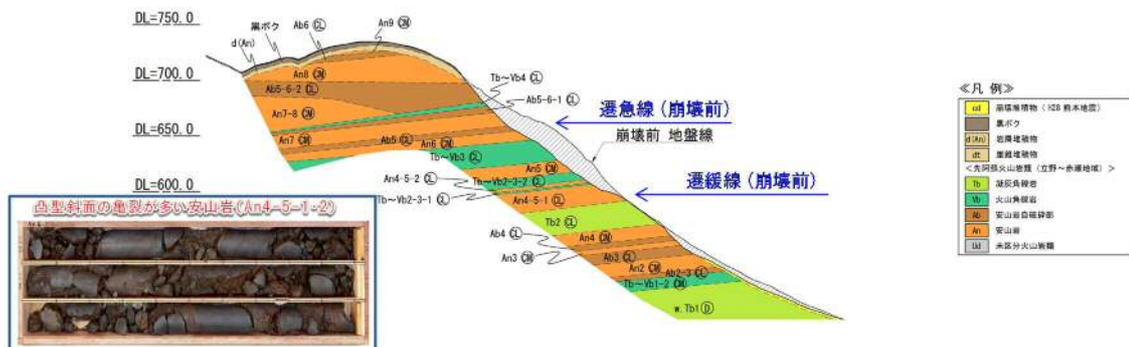


図 4.5.3 調査結果のまとめと考察²⁶⁾



写真 4.5.4 阿蘇大橋近傍の黒川左岸の崩壊



写真 4.5.5 黒川左岸（阿蘇大橋付近）の崩壊状況



写真 4.5.6 崩壊地付近の黒川右岸の崩壊状況



写真 4.5.7 黒川左岸（阿蘇大橋）付近の地割れ



写真 4.5.8 崩壊斜面（黒川左岸）背後の地割れ



写真 4.5.9 同左 地割れ背後の駐車場の開口・段差

(2)黒川・白川合流部周辺

黒川は、大きな斜面崩壊が発生した阿蘇大橋のやや北側から白川の合流部（阿蘇長陽大橋の南）の区間で河川流域の河谷両岸で土砂崩壊が顕著であった。また、黒川と合流後の白川では、図4.5.4に示す地点で、大きな地すべり様の崩壊が起きている。ここでは、黒川右岸の河谷の崩壊（図4.5.4の地点A）と白川右岸の崩壊（図4.5.4の地点B）について被害の概要と構造物への影響について示す。

図4.5.5には調査地点（南阿蘇村立野）周辺の微地形分類図（火山土地条件図¹¹⁾）を示す。立野の市街地は中位段丘から崖錐・麓斜面にかけて広がり、黒川および白川の流域斜面は立野溶岩（ T_t ）から構成されている。

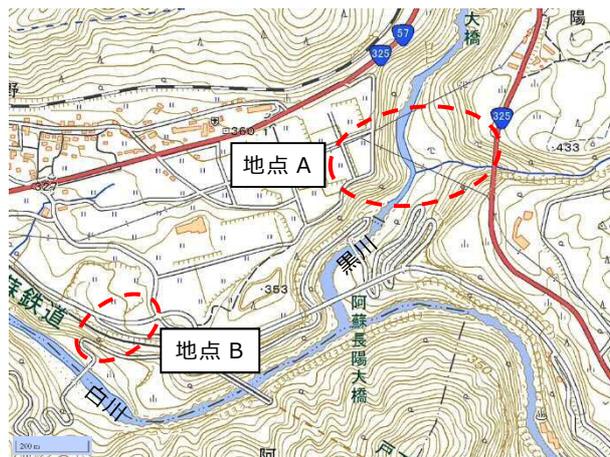


図 4.5.4 黒川・白川合流部付近の土砂災害調査位置（文献 11 に加筆）



写真 4.5.10 黒川・白川合流部付近の土砂災害調査位置の航空写真(文献 11 に加筆)

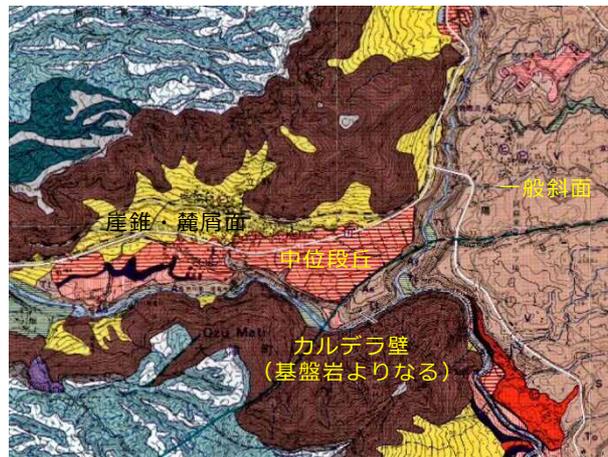


図 4.5.5 調査地点（立野）周辺の微地形（火山土地条件図¹¹⁾ に加筆）

(i) 地点A

地点 A は白川の合流点から約 700m 上流の黒川沿岸部である。その付近の航空写真（撮影日 2016 年 7 月 5 日、国土地理院¹¹⁾）を写真 4.5.11 に示す。主として黒川右岸が大きく崩壊している。地形図によると、右岸の川底から崖上部までの標高差は 70m 程度で、平均勾配は 55 度程度と急崖となっている。写真 4.5.12 に示す地震前の航空写真と地震後の航空写真(写真 4.5.11)を比べると、地震前は黒川を跨ぐ送電線の鉄塔（No.7）の 40m 程先にもう 1 本の道路が川と平行に台地平坦部の端を通っているが、地震後には、この鉄塔のほぼ足元まで崩れていることが分かる。したがって、同地点では、段丘の平坦面を約 40m 削って崩壊が発生していることになる。

写真 4.5.13 は北側の国道 57 号方向から黒川右岸の崩壊状況を見たものである。写真右上に直下の斜面の崩壊でやや傾いた鉄塔が見える。写真 4.5.14～写真 4.5.15 は、斜面の崩壊に巻き込まれそうになった送電鉄塔（66kV）の状況である。鉄塔は倒壊を免れたが、足元の地盤が大きく変状しているため、鉄塔は川の方向にやや傾斜していることがうかがわれる。写真 4.5.16～写真 4.5.17 も同様に鉄塔近傍の地盤被害の状況で、崩壊面と平行に地割れや道路の開口・段差が

生じている。写真 4.5.19 は黒川の支流である濁川が合流する地点の谷の斜面崩壊の状況である。川の両側の斜面が崩壊しているが、橋梁（国道 325 号 南阿蘇橋）の落橋に至るような大きな被害はなかった。



写真 4.5.11 南阿蘇村立野付近の黒川流域の斜面崩壊（文献 11（2016 年 7 月 5 日撮影）に加筆）



写真 4.5.12 地震前の崩壊地点（撮影年 2004 年～、文献 11 に加筆）



写真 4.5.13 立野付近の黒川右岸の崩壊の状況



写真 4.5.14 崩壊した崖の突端部にある送電鉄塔



写真 4.5.15 同左近景。鉄塔の根元に地割れが見える



写真 4.5.16 鉄塔背後で崩壊斜面に平行に入った地割れ



写真 4.5.17 鉄塔近傍の崩壊斜面方向に向かう道路の開口および段差



写真 4.5.18 黒川方向に向かう道路の崩壊



写真 4.5.19 国道 325 号南阿蘇橋兩岸の崩壊（濁川と黒川の合流部）

(ii)地点B

地点Bでは写真4.5.20に示すように、白川（黒川合流後）右岸斜面において地すべり的な崩壊が起こっている。同地点の崩壊頂部から河床にいたる平均勾配は約20度であるが、流域の谷部はやや勾配が急である。崩壊の規模は、長さ約250m、幅約140mで、崩壊土砂は白川の流路にまで達している。

写真4.5.21は崩壊地の頭頂部を通っている道路の被害で、崩壊によって道路が削り取られるような状態になっている。写真4.5.22は崩壊頂部の様子であるが、表層を構成する火山灰の地層が形を保ったまま滑落したような形状を示している。

写真4.5.23～写真4.5.24は前述の道路崩壊地点の手前からの道路被害の状況で、路側のU字溝がすべり落ちた格好となっている。



写真 4.5.20 白川右岸の崩壊（文献 11 より抜粋）



写真 4.5.21 地すべりによる道路の崩壊



写真 4.5.22 地すべりの崩壊面と崩れた道路



写真 4.5.23 法肩が崩壊した道路



写真 4.5.24 同左 近景

(3)高野台団地

阿蘇大橋の崩壊地点の約 1.6km 東の標高 567m の丘の山頂に京大火山研究所（現火山研究センター）がある。その西麓に戸数 15 戸程度の住宅地（高野台団地、標高 490m）がある（図 4.5.6）。

地震で、この丘の南西側の斜面が崩壊し、崩壊した土砂は丘の西側を回りこむようにして北西の裾野まで流れ出した。その際に、流出した土砂が高野台団地の一部の家屋を呑み込み、5 名の方々が亡くなった（図 4.5.7）。なお、この丘は底面径が約 700m で、黒雲母流紋岩から構成される溶岩ドームである。

写真 4.5.25 には地震前の西側斜面と高野台団地を示すが、崩壊・流出範囲には樹木はなく、草地となっていたようである。崩壊は標高 545m 付近から起きているが、京大火山研究センターの南西斜面直下から北西に向かう崩壊の軸に沿った側線の地形断面を描くと図 4.5.8 になる。崩壊の滑落崖付近から高野台団地までの勾配は約 10.6 度で、非常に緩やかな斜面である。

図 4.5.9 には山頂付近の土質柱状図（深さ 14m まで）を示す。これによると、深さ 12.5m までは火山灰層が主体で、それ以深は風化岩となっている。深さ 8.6～9.8m には浮石（軽石）が分布しており、この地層が滑り面になったのではないかという説もある。崩壊土砂がどの程度流動したかは明らかではないが、崩壊土の分布から、かなり流動したのではないかと考えられる。



図 4.5.6 崩壊範囲と高野台団地の位置図
(文献 11 に加筆)

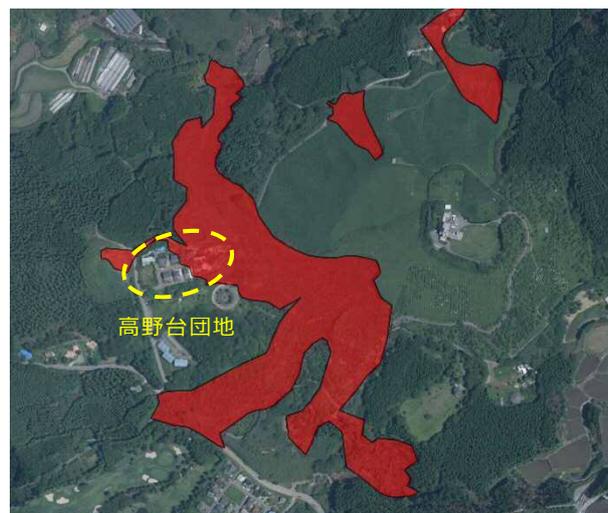


図 4.5.7 崩壊範囲と航空写真を重ね合わせたもの（文献 11 に加筆）



写真 4.5.25 地震前の京大火山研究センター西側斜面と高野台団地（撮影 2004 年～）¹¹⁾

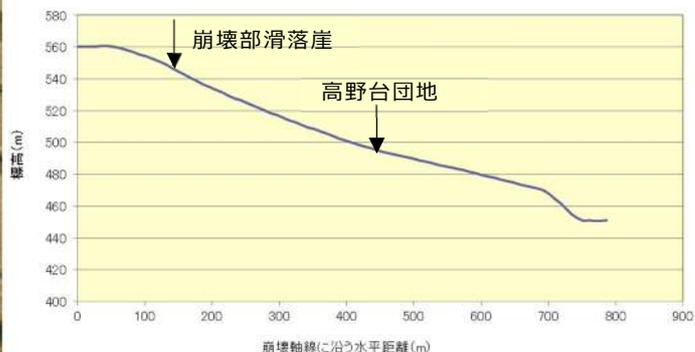


図 4.5.8 京大火山研究センターの丘の頂上から崩壊の軸に沿った側線の地形断面

写真 4.5.26～写真 4.5.27 は、南西側斜面の崩壊状況である。滑落崖の高さは約 8m である。崩壊土は完全にはバラバラにはならず、細分化されながらも、ある部分では原形を保っているように見える。写真 4.5.28～写真 4.5.29 は、崩壊土砂の直撃を受けた高野台団地の東側の建物状況である。崩壊土砂の中には水溜りも見え、土砂がかなり水分を含んでいたことをうかがわせる。



写真 4.5.26 南西斜面の崩壊。山頂の建物は京大火山研究センター



写真 4.5.27 同左 滑落崖の近景



写真 4.5.28 崩壊土砂に襲われた高野台団地の家屋



写真 4.5.29 同上

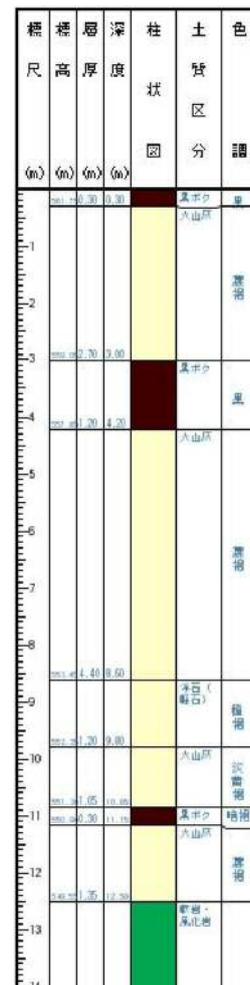


図 4.5.9 山頂部の土質柱状図 (GL-14m までを抜粋) ¹⁹⁾

(4)南阿蘇村立野新所地区

南阿蘇村立野の阿蘇外輪山の南斜面に位置する新所地区では、斜面が標高 460m 付近から崩壊し、崩壊土は尾根を回り込むように流下し、裾野の家屋の一部を破壊した。この災害で 9 世帯が被災し、2 名が亡くなっている。

崩壊の源頭部には黒川第一発電所(42,200kW)の貯水槽があり、地震で貯水槽の外壁が壊れ、約 10,000m³の水が流出した。斜面崩壊と貯留水流出の因果関係については、有識者チームを作って調査が行われている(8月末現在)。

写真 4.5.30 は崩壊末端部から見た崩壊土砂の様子である。崩壊の源頭部は右奥にあって見えない。写真 4.5.31～写真 4.5.32 は、崩壊土砂によって埋没あるいは倒壊した家屋の様子である。崩壊した土砂は JR 豊肥本線にまで達したが、写真 4.5.33 は末端部における家屋の外壁に残った泥跳ねの痕跡である。これより末端部に達した土砂は水を多量に含んでいたと推定される。

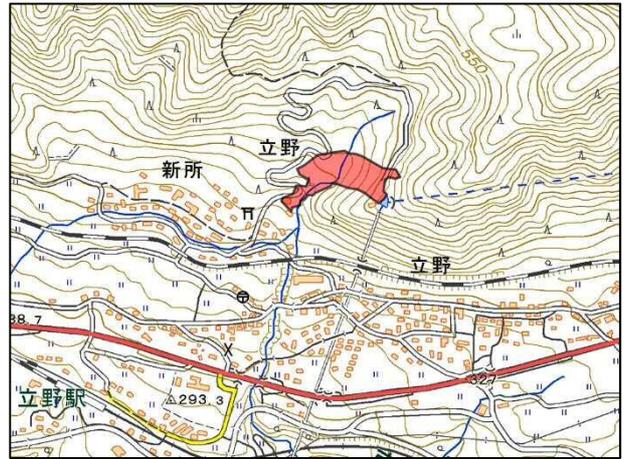


図 4.5.10 南阿蘇村立野新所地区の斜面崩壊位置図(文献 11 に作図)



写真 4.5.30 家屋に達した崩壊末端部



写真 4.5.31 崩壊土砂に埋まった末端部の家屋



写真 4.5.32 崩壊土に破壊された家屋



写真 4.5.33 末端部の家屋の壁に残った泥はね

(5) 県道299号沿線斜面

図 4.5.11 に示す南阿蘇村河陽沢津野地区の県道 299 号の南東の斜面において長さ約 400m、幅 100m にわたって斜面崩壊が発生した。崩壊地域は棚田のような田園地帯であったため、人的被害はなかった。

写真 4.5.34 は県道 299 号より見た崩壊斜面の全景である。また、写真 4.5.35 はこの崩壊地に隣り合う斜面の小規模な表層崩壊の様子である。

崩壊範囲の平均勾配は約 13 度であるが、崩壊の源頭部付近の勾配は約 21 度とやや急になっている。

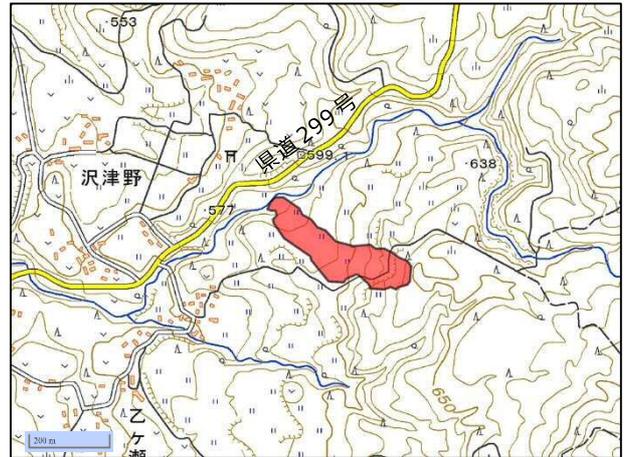


図 4.5.11 県道 299 号沢津野地区における斜面崩壊位置図（文献 11 に加筆）



写真 4.5.34 沢津野地区の斜面崩壊の全景



写真 4.5.35 同左崩壊地に隣接する小規模表層崩壊

(6) かぶと岩展望所

県道 339 号北外輪山大津線（ミルクロード）のかぶと岩展望所は、阿蘇カルデラの北西側外輪山からカルデラ内を展望する位置にある（図 4.5.12 および写真 4.5.36）。



写真 4.5.36 阿蘇カルデラ北部を見下ろすかぶと岩展望所の地割れ

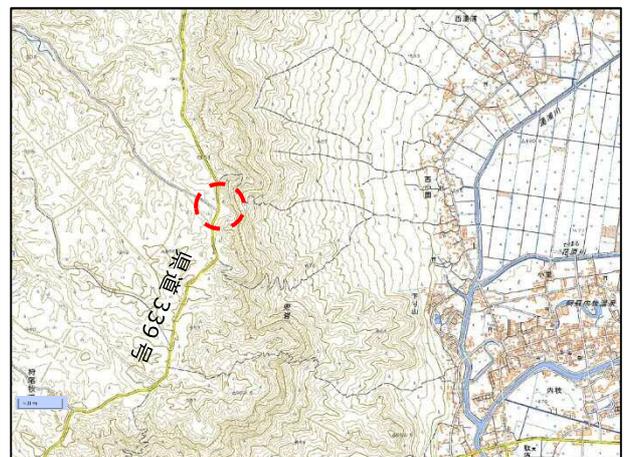


図 4.5.12 かぶと岩展望所の位置図（文献 11 に加筆）

同展望所は県道 339 号の道路面から 6~7m 程度小高い丘が外輪山の斜面に張り出したような形になっている場所に立地している。地震で展望所直下の山腹の一部が崩壊すると共に、展望所の敷地に大きな地割れが生じた。

写真 4.5.37 は展望所周辺の地割れの状況である。やや山腹上に突き出した部分が落下するような形で地割れが生じている。写真 4.5.38 は地割れのクローズアップである。また、写真 4.5.39 は展望所がやや突き出した部分の直下の斜面崩壊である。写真 4.5.40~写真 4.5.41 は展望所周辺の地割れと木柵と変状である。



写真 4.5.37 かぶと岩展望所背後の地割れ



写真 4.5.38 展望所敷地内の地割れの近景



写真 4.5.39 展望所直下の斜面の崩壊



写真 4.5.40 展望所周辺の地割れ



写真 4.5.41 展望所周辺の地割れと段差

(6)火の鳥温泉

火の鳥温泉は、前述の京大火山研究センターから約1.3km南東の斜面の裾野にある宿泊施設である(図4.5.13)。地震によって勾配が30度程度の背後の急斜面が崩壊し、崩壊土砂によって宿泊施設の建物が倒壊し、1名が犠牲になった。同地は図4.5.13から分かるように沢状の地形となっており、基盤岩は約15万年前～現在に噴火した火山の岩石(デイサイト・流紋岩類)である。基盤岩の上に堆積した表土・崖錐が崩壊したと思われる。

写真4.5.42～写真4.5.43は地震前後の航空写真(国土地理院)であり、斜面の崩壊土砂によって谷の基部に位置していた宿泊施設の建物が巻き込まれた。写真4.5.44～写真4.5.45は、それぞれ崩壊した斜面の全景と崩壊土砂に巻き込まれた建物の残骸である。



図4.5.13 火の鳥温泉斜面崩壊位置図(文献11に加筆)

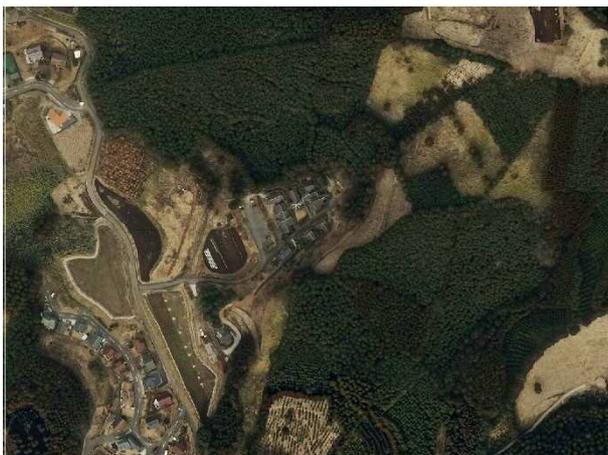


写真4.5.42 地震前の火の鳥温泉付近の航空写真¹¹⁾



写真4.5.43 地震後の火の鳥温泉背後斜面の崩壊状況¹¹⁾



写真4.5.44 火の鳥温泉背後の斜面の崩壊状況



写真4.5.45 背後斜面の崩壊によって破壊した建物の残骸

4.5.2 阿蘇カルデラ北部に現れた陥没地形

第1章の地盤亀裂の図（図1.4.5）に示したように、今回の地震で地表に現れた地盤亀裂等の変状は、既存の布田川断層帯近傍だけではなく、従来、断層の存在が確認されていなかった阿蘇カルデラ北部にも現れた。布田川断層帯では右横ずれによる水平変位が顕著であったが、阿蘇カルデラ北部では、図4.5.14に示すように、東西方向に延びる2条あるいはそれ以上の鉛直方向の段差が生じ、その間が陥没するという地溝帯が形成されている。地溝帯の幅は場所によって異なるが、20～50m程度であり、鉛直方向の段差は0.5～2.5m程度で、ほぼ垂直である。

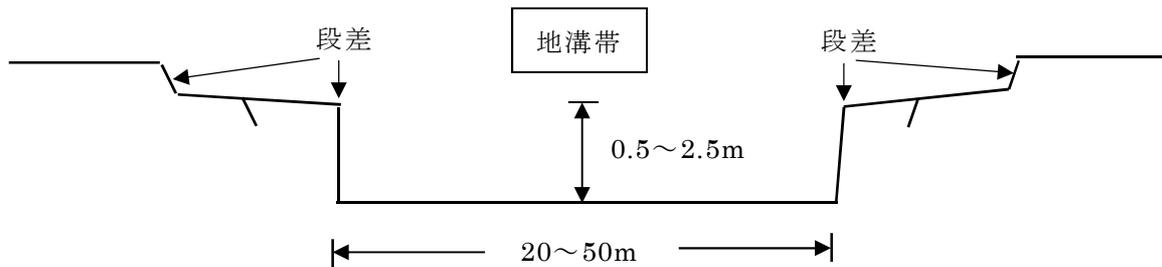


図 4.5.14 地溝帯のイメージ図

阿蘇カルデラ北部に現れた地溝帯は阿蘇谷と呼ばれる平野部を東北東－西南西方向に延びているが、東部と西部ではやや形状が異なる。東部はほぼ直線的な分布を示すのに対して、西部は写真4.5.46に示すように現河道あるいは旧河道などの微地形に沿うような形状を呈している。西側の地域にも陥没地形は見られるが、東部地域に比べると鉛直変位量は小さいようである。



写真 4.5.46 阿蘇カルデラ北西部（JR赤水駅西方）の地盤亀裂（文献11に加筆）

(1) 阿蘇市狩尾地区(1)

写真4.5.47は阿蘇カルデラ北部の阿蘇市狩尾地区の県道175号附近における地盤変状である。同地点では、約40mの間隔で東北東－西南西に延びる2条の断差が生じていた。北西側の断差は南落ちで（落差1.2～1.5m）、南東側の断差は北落ち（落差は北側とほぼ同じ）であるため、その間が陥没した地形となっている。

北西側の段差の直近には墓地があったが、墓石の倒壊は認められなかった。また、断差がビニールハウスの下を通過したため、ハウスは大きく変形した。以下に同地区における個別の地盤変状および近傍構造物の被害状況を示す。写真4.5.48～写真4.5.49は、ほぼ南北に走る県道175号を東西に切断した2条の段差のうち北側のもので、鉛直変位量は約1.5mに達する。写真4.5.50～写真4.5.51は県道175号の南側を切断した段差の状況で、写真4.5.52は段差上に立地していた平屋家屋の玄関部分が大きく変形した様子である。同地区では2条の段差に挟まれた陥没が顕著であったが、写真4.5.53に示すように横ずれの水平変位も見られた。

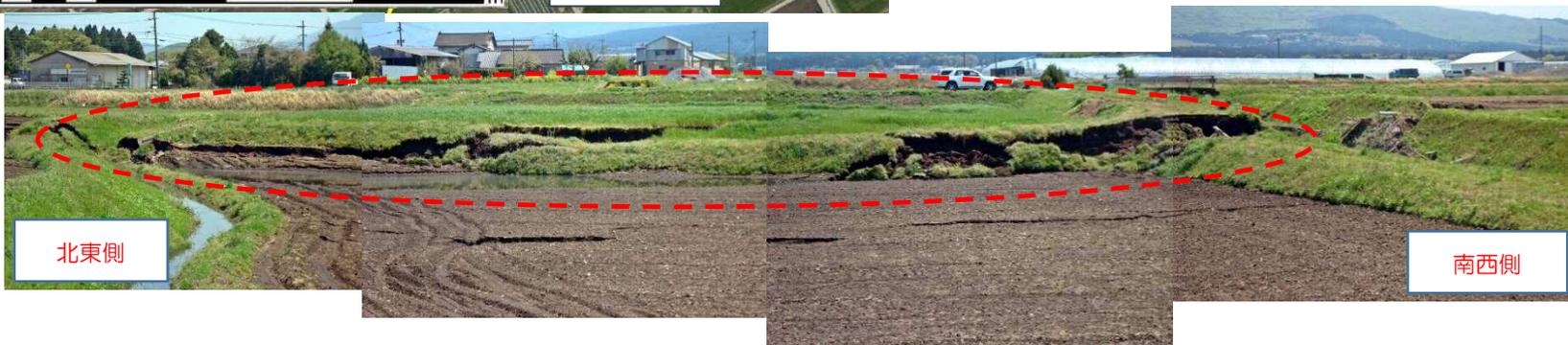
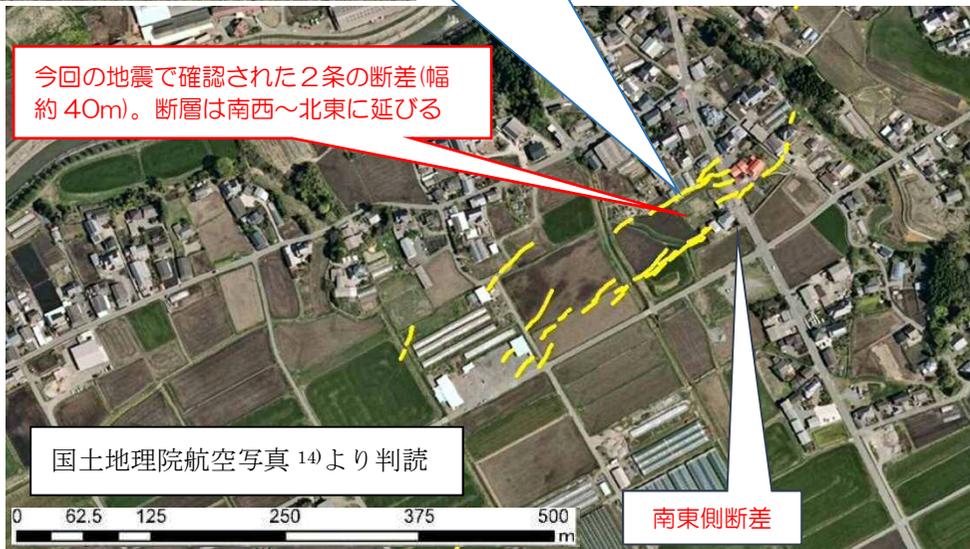


写真 4.5.47 南北2条の段差 (阿蘇市狩尾)



写真 4.5.48 県道 175 号を東西方向に切断した段差（北側）



写真 4.5.49 同左 県道近景。鉛直変位量は約 1.5m



写真 4.5.50 県道 175 号を東西方向に切断した段差（南側）



写真 4.5.51 同左 鉛直変位量は北側の段差とほぼ同じ。



写真 4.5.52 南側の段差によって変形した家屋の玄関



写真 4.5.53 近傍で見られた道路の横ずれ変位。白線が若干ずれている

(2)阿蘇市狩尾地区(2)

写真 4.5.54 に示すように、前述の阿蘇市狩尾地区(1)から西南西方向に地盤の段差に伴う地溝帯が断続的に伸び、約 1km の地点で南北方向に流れる乙姫川にぶつかる。ここでは、田畑の陥没だけではなく、乙姫川の河川堤防を切断している。写真 4.5.55～写真 4.5.58 は同地区における地盤変状の様子である。

写真 4.5.55 は堤防近傍の段差であり、鉛直変位量は 1m 以上ありそうである。写真 4.5.56 は堤防の法面に生じた段差の様子である。写真 4.5.57 は田畑に生じた 2 条の段差による地溝帯の様子である。亀裂は 5 条程度認められるが、大きな亀裂の間隔は 40～50m 程度である。写真 4.5.58 は地盤の段差により、堤防への取付道路の擁壁に生じた段差である。擁壁には鉛直方向だけではなく、水平方向にもずれが認められるが、これが地盤の段差と同じものかどうかは分からない。

(3)阿蘇市的石地区

前述の狩尾地区(2)から約 3.6km 西南西の阿蘇市立西小学校の北側の農地でも顕著な段差の発生が見られた(写真 4.5.59)。

写真 4.5.60～写真 4.5.63 は同地区(阿蘇市的石地区)における地盤変状である。この地点も前述の狩尾地区と同様に約 20～30m の間隔で 2 条の東北東－西南西方向の段差が生じ、その間が地溝帯となり、水が堪った状態となっている。写真 4.5.60～写真 4.5.61 は南北方向に走る農道に生じた南側段差の様子である。鉛直変位量は 2m を超えるものとなっている。写真 4.5.62 は 2 条の段差によって生じた地溝帯に水が堪っている様子である。また、写真 4.5.63 に示すように、地溝帯の近傍には複数の亀裂が並行して生じていた。周辺の地盤が地溝帯の方に移動したために生じた亀裂ではないかと思われる。

(4)陥没帯の成因

阿蘇山は、カルデラ形成後の度重なる火山活動によって火山噴出物がカルデラ内に堆積し、また、カルデラ湖が形成された時期に堆積した湖成堆積物もあるため、近年まで活断層の存在が認められていなかった。しかし、2,000 年に黒川の治水事業に伴った遊水地(写真 4.5.54 参照)の工事が行われた際、掘削現場から落差 1m 程度の 2 つの断層が見つかった(写真 4.5.64)³⁴⁾。この 2 つの断層の間隔は 60～70m 程度であり、北側の断層が南落ち、南側の断層が北落ちとなっている(図 4.5.15)。断層の鉛直変位量は約 1m、傾斜角は約 60 度である。この断層は約 1000 年前に堆積した火山灰層を切っていることから、同断層はごく最近に生じたものと考えられている。

断層が発見された阿蘇カルデラの北部は図 4.5.16 に示すように、微小地震の活動が活発な地域であり、1997 年と 1999 年に M4.1～M4.5 の群発地震が、南側では 1983 年、1985 年、1988 年、1990 年、1991 年に M2～3 の群発小地震が発生している。

以上のように、近傍に活断層が発見されていることから、これらの地溝帯は地震断層が地表に現れたものと見ることもできる。一方、同地域が図 4.5.17 に示すように、軟弱粘性土層がかなり厚く堆積していることから、旧河道や現河道等の河川流域の砂層の液状化や粘性土層の地震時沈下によって生じたのではないかという説もある。しかし、原因を究明するためには地盤データが不足しており、今後の調査が待たれるところである。

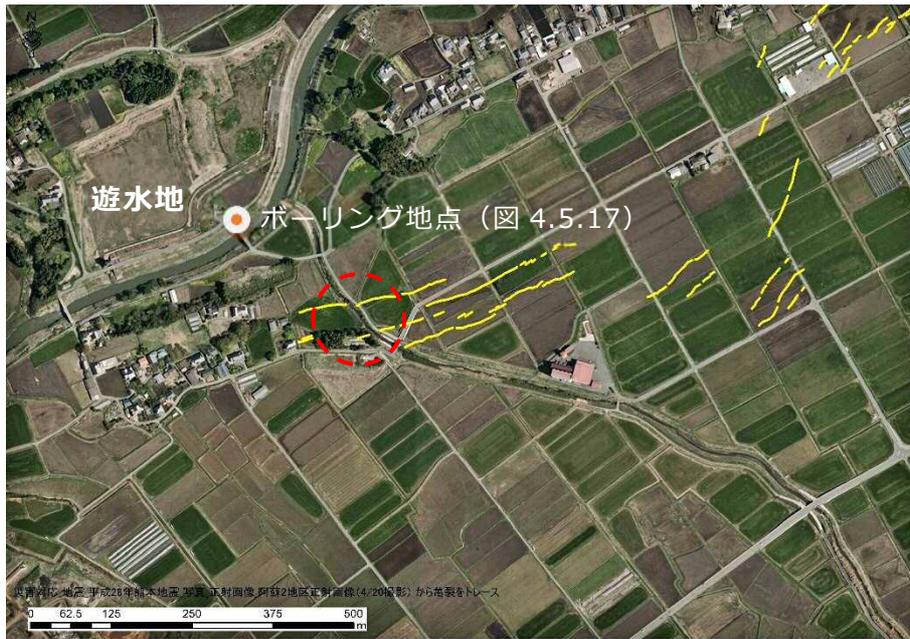


写真 4.5.54 阿蘇市狩尾地区における乙姫川付近の地割れ分布
(国土地理院航空写真¹¹⁾より判読)



写真 4.5.55 道路と田面の段差



写真 4.5.56 乙姫川堤防を横切る段差



写真 4.5.57 東西方向の2条の段差。その間が地溝帯となっている。



写真 4.5.58 河川堤防取付道路の擁壁と地盤のずれ

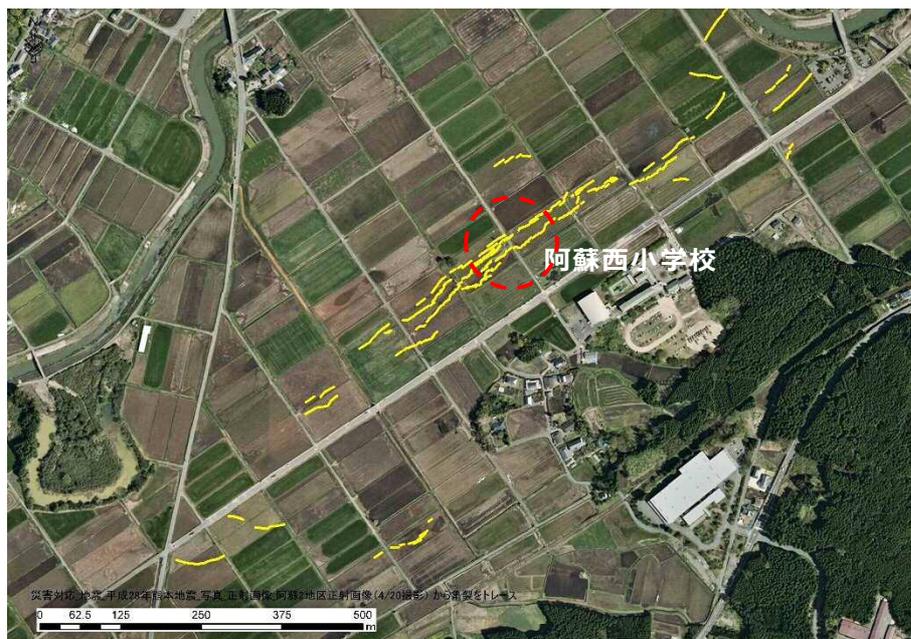


写真 4.5.59 阿蘇市的石附近の地割れ分布（国土地理院航空写真¹¹⁾より判読）



写真 4.5.60 道路の段差（北落ち）



写真 4.5.61 同左 段差の近景



写真 4.5.62 2条の段差による陥没地形



写真 4.5.63 地溝帯周辺の地盤の亀裂

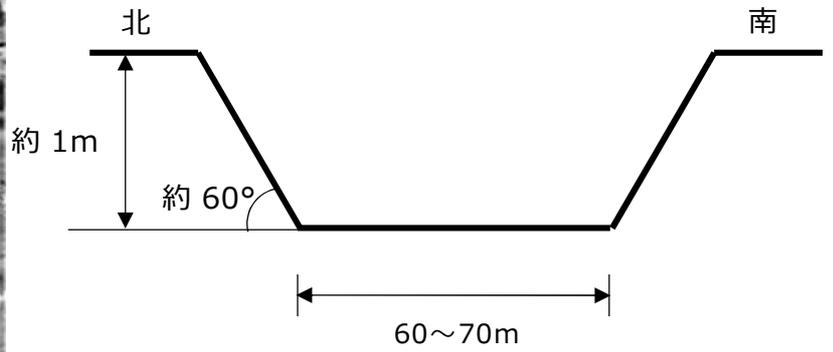
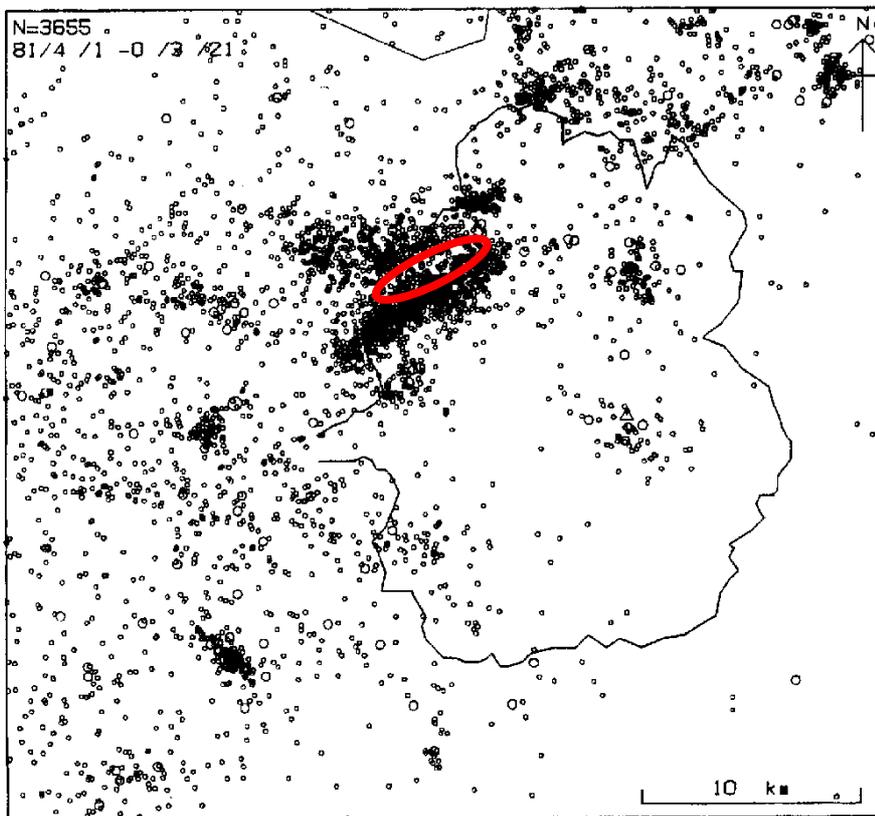


図 4.5.15 発見された断層の模式図

写真 4.5.64 発見された断層の断面（熊本日日新聞 2001.11.28 付）



図中の赤字の範囲は陥没発生地域

図 4.5.16 阿蘇周辺の近年の微小地震活動（1981～2000年）³⁴⁾

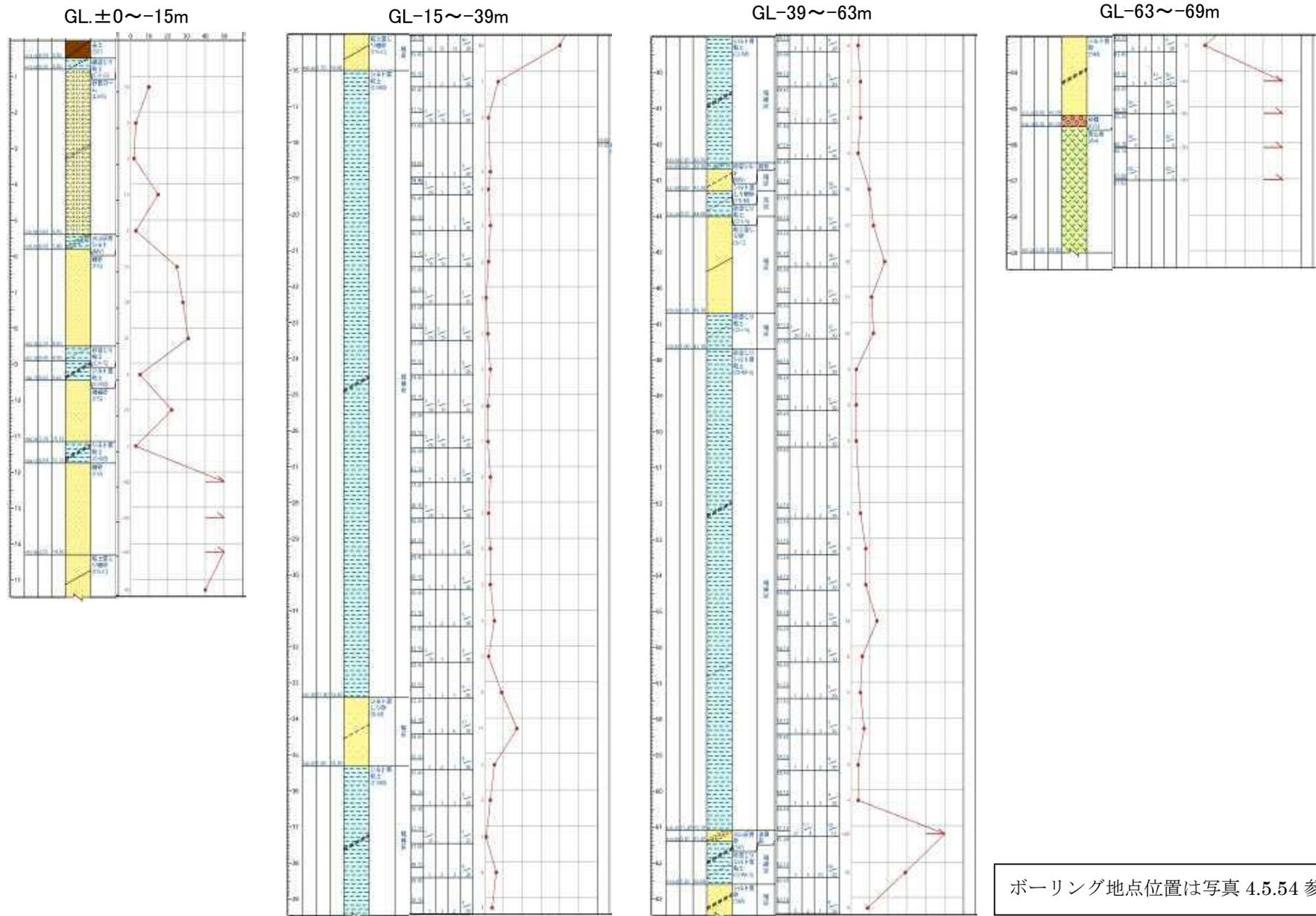


図 4.5.17 阿蘇カルデラ北部の土質柱状図の例¹⁹⁾

4.6 ため池

4.6.1 ため池被害と断層の位置関係

ため池は、地震後、熊本県内で122箇所の点検を行い、このうち13箇所で変状が確認された。変状が発生したため池については、安全上の観点から一定の水位まで低下させるとともに、ブルーシートによる保護等を実施している。

ため池の被害は、宇城市や西原村において多く見られた。図4.6.1に示すように、被害が大きいため池は断層近傍に位置しているものが多い。特に震源に近い西原村のため池では破堤などの大きな被害が発生している。

ため池に発生した代表的な変状パターンは、堤体の天端に発生する縦断亀裂である。縦断亀裂は長さが10数m、開口幅が0.5～1mに達するような大きなものから、天端舗装に発生する微細なクラックまで様々であるが、その大小に関わらず、被害を受けた大半のため池で発生している。また、縦断亀裂に較べて数は少ないが、天端における横断亀裂の発生も見られる。横断亀裂の発生場所は堤体と袖部の境界や、横断水路の直上、堤体法線の変曲点等である。亀裂の開口幅は1cm以下のものがほとんどである。

亀裂以外の変状としては、法面のはらみ出しや陥没、擁壁の変位等がある。

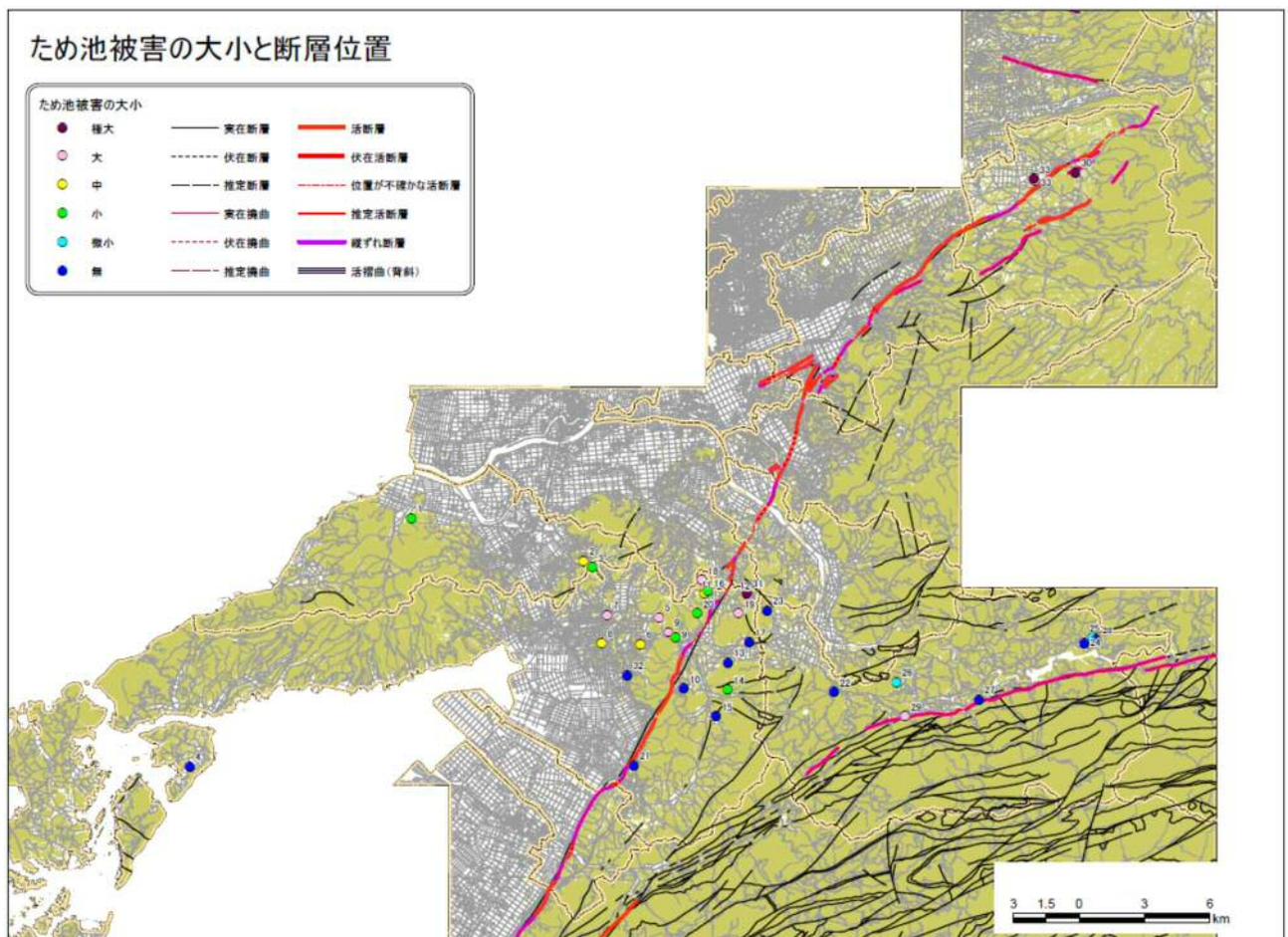


図 4.6.1 ため池被害箇所と断層位置の関係

4.6.2 西原村のため池被害

ここでは西原村に位置する大切畑ダムと下小森ため池の被害について示す。これらのため池は図 4.6.2 に示すように、地震で活動した布田川断層帯による地表断層の直近に位置する。

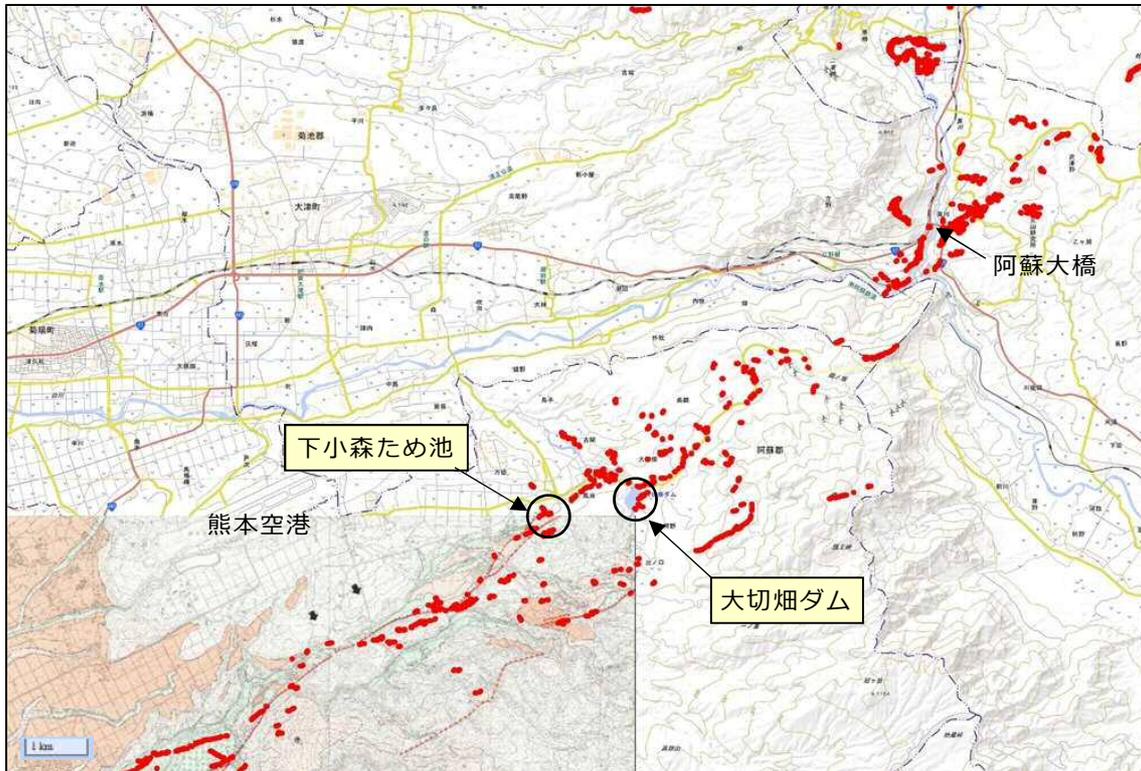


図 4.6.2 熊本県西原村（大切畑ダム、下小森ため池）の位置図

（文献 11 に加筆、標準地形図に「布田川断層周辺の地表の亀裂分布図」と「都市圏活断層図」（左下の領域のみ）を重ね合わせ）

(1) 大切畑ダム

大切畑ダムは堤高 23m、堤長 125m、有効貯水量 72 万 m³ の農業用アースダムである。同ダムは 1855 年に築造され、1975 年に改修されている。下流には 1,170 戸の人家を控えている。

大切畑ダムは図 4.6.3 に示すように、北側を堤防で締切って造成されているが、堤体の上を県道 28 号が通る形となっている。

地震によって堤体を横切る形で地震断層が生じ、この断層変位による被害を受けた。写真 4.6.2 は堤体上の県道 28 号を東北-南西方向に形で横断する地震断層の状況である。

被害の内容は洪水吐の破損、堤体天端の縦断・横断亀裂、堤体の沈下、湖内の法枠護岸の崩壊、袖部斜面の崩壊、貯水池周辺の法面の変位、取水設備の損傷と多岐にわたる（写真 4.6.3～写真 4.6.11）。

特に取水設備においては、取水管が損傷して湖内に開口したため、貯留水が直接流入し、導水管を通じて下流水路に貯留水が大量に排出された。このため堤体からの漏水が疑われ、一時は下流の集落に避難指示が出される事態となった。なお、この出水原因が判明した後に避難指示は解除された。また地震発生直後から、大切畑ダムは連続して水位を低下（写真 4.6.1）させたため、堤体からの漏水は発生していない。



図 4.6.3 大切畑ダムの位置図（文献 11 に加筆）



写真 4.6.1 水位が低下した大切畑ダムの状況



写真 4.6.2 大切畑ダム堤体の断層（右横ずれ）通過部



写真4.6.3 堤体天端の縦断クラックと沈下



写真4.6.4 洪水吐壁の破損



写真 4.6.5 同左 近景



写真4.6.6 左岸法面の変位と操作小屋の傾斜



写真4.6.7 取水管が破損し、貯水が直接流入している



写真 4.6.8 側道に生じた大きな段差



写真 4.6.9 断層通過による道路柵の折れ曲がり



写真 4.6.10 大切畑ダム橋の橋台裏の段差



写真 4.6.11 堤体内法の敷石及び法枠の変状

(2) 下小森ため池

大切畑ダムと同じ西原村に位置する下小森ため池は、堤高 6m、堤長 447m、貯水量 19,000m³の農業用ため池である。下小森ため池は、緩傾斜した山麓の地盤上に親子池として築造された皿池である。築造年次は不明であるが、傾斜遮水ゾーン（前）の構造（写真 4.6.15）が見られることから、近年に改修されたと推測される。

下小森ため池は、写真 4.6.12 に示すように、親子池の内、下流側の池が地震時に高さ 3m、幅 1m にわたって決壊し、ほとんどの貯留水が流出した。しかし破堤箇所近傍に人家が無かったため、浸水範囲は畑地の範囲で収まり、人的な被害は発生しなかった。

下小森ため池堤体に発生した変状は、天端部の縦断亀裂、法面のはらみだし、腰止め擁壁の変位と目開き等が見られるが、中でも堤体の池側に横断亀裂と縦断亀裂が無数に走っていることが特徴的である（写真 4.6.13～写真 4.6.21）。

図 4.6.5 に下小森ため池堤体土の粒度分布を示す。堤体材料は、細粒分含有率 62～77%程度、塑性指数 57～62 程度の火山灰質粘性土を主体としている。



図 4.6.4 下小森ため池の位置図（文献 11 に加筆）

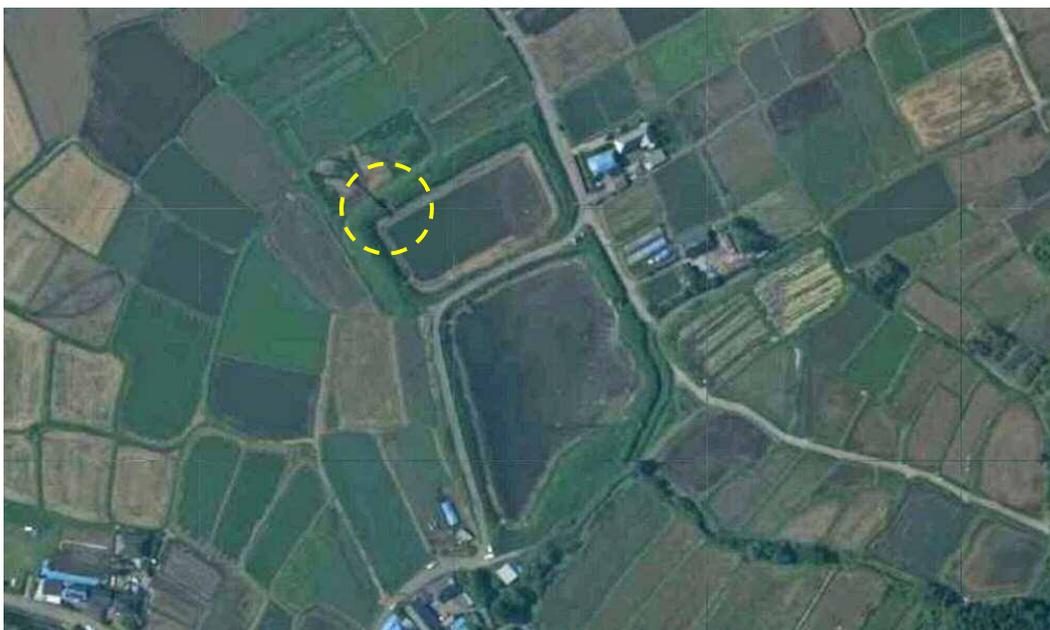


写真 4.6.12 下小森ため池の被害箇所（文献 3 に加筆）



写真4.6.13 北側から見た下小森ため池の全景



写真 4.6.14 下小森ため池の破堤箇所



写真 4.6.15 破堤箇所の断面



写真 4.6.16 破堤箇所の断面（前刃金構造）



写真 4.6.17 同左



写真 4.6.18 破堤部近傍の横断亀裂



写真 4.6.19 破堤部底の横断亀裂



写真 4.6.20 破堤部近傍の縦断亀裂



写真 4.6.21 破堤部池底の縦断亀裂

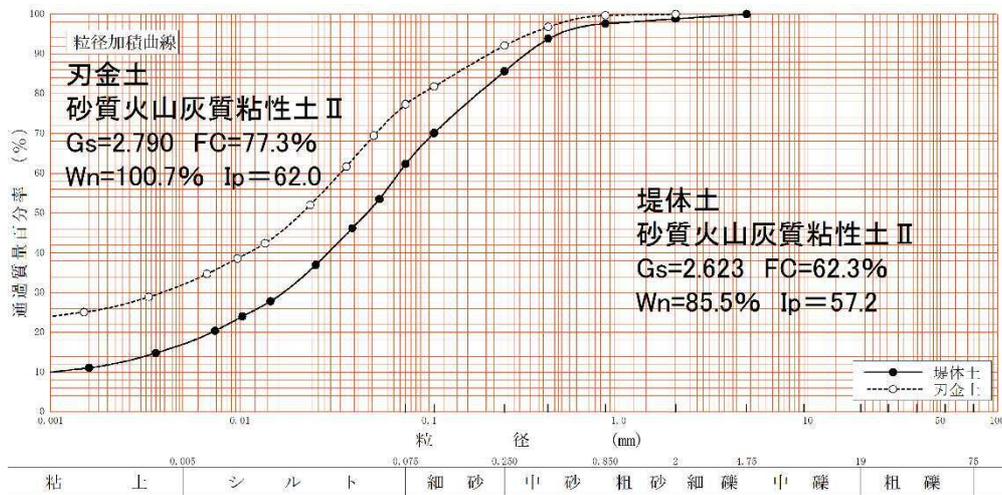


図 4.6.5 下小森ため池堤体土の粒度分布

4.6.3 宇城市周辺のため池被害

熊本県宇城地域振興局の所管地域である宇城市周辺部には、破堤した際の下流域被害が大きい防災重点ため池が約30箇所存在する。その内で、微細な亀裂以外の、比較的大きい堤体被害が見られたため池は10箇所程度であった。被害の内容は、堤体天端に縦断亀裂が発生するパターンが多く見られた。亀裂の開口幅や延長はため池によって様々であるが、小さな縦断亀裂は半数以上のため池で見られた。また横断亀裂は縦断亀裂ほど多くは見られなかった。横断亀裂の発生箇所は地山（袖部）との接合部や、堤体法線の変曲点等が多い。

(1) 鎧ヶ鼻下池

堤体部の縦断亀裂の代表的な事例である鎧ヶ鼻下池（図4.6.6、宇城市豊野町山崎）の状況を写真4.6.22～写真4.6.23に示す。鎧ヶ鼻下池では天端部に開口幅の広い縦断亀裂が数条にわたって発生し、上流側法面のはらみ出しや下流側法尻の漏水と泥濁化も見られた。鎧ヶ鼻下池では被害が大きいため貯水不可能と判断され、緊急放流を行って貯水位を下げる措置がなされた。



図 4.6.6 鎧ヶ鼻下池に位置図（文献 11 に加筆）



写真 4.6.22 鎧ヶ鼻下池の縦断亀裂



写真 4.6.23 鎧ヶ鼻下池の縦断亀裂

(2)尾村ため池

ため池特有の特徴的な地震被害として、法面の陥没が見られた。これは長年にわたる漏水によって堤体土が流出して堤体内に空洞が発生し、空洞部が地震の衝撃によって陥没したものである。図 4.6.7 および写真 4.6.24～写真 4.6.25 に、このような被害の代表的な事例である尾村ため池(宇城市豊野町安見)の状況を示す。尾村ため池では法尻部に大量の漏水が発生しているが、この漏水の流下経路は底石が洗われた水路状を呈しており、この漏水が古くから存在していたことが推測される。陥没孔はこの漏水箇所とため池の貯水を結んだ法面上に発生している。



図 4.6.7 尾村ため池及び外野第一ため池の位置図 (文献 11 に加筆)



写真 4.6.24 法面の陥没 (尾村ため池)



写真 4.6.25 法面の陥没 (尾村ため池)



写真 4.6.26 法尻部の漏水（尾村ため池）



写真 4.6.27 法尻部の漏水（尾村ため池）

(3) 外野第一ため池

写真4.6.28～4.6.29に陥没被害の中で最も危険な状態と考えられた外野第一ため池（宇城市豊野町安見、位置は前述の図4.6.7参照）の被害状況を示す。外野第一ため池は陥没孔位置が下流側法面の高い位置にあり、陥没孔の底では漏水が流下し、天端部では横断亀裂や亀甲状亀裂が発生する等、天端の陥没・滑落や越水破堤の発生が懸念される状態であった。このような場合、緊急放流を行って速やかに貯水位を低下させることが必要であるが、外野第一ため池は放流設備が貧弱なため、貯水位が低下し難く、危険な状態が長期間にわたって継続した。



写真 4.6.28 外野第一ため池の陥没孔



写真 4.6.29 外野第一ため池陥没孔底の漏水

4.7 液状化

4.7.1 概要

防災科学技術研究所の調査²⁰⁾²¹⁾によれば、熊本地震における地盤の液状化は、図 4.7.1 に示す熊本平野とその周辺部の玉名、八代の両平野および阿蘇カルデラ内の平地で発生している。震度 6 以上が観測された熊本県玉名市、熊本市中央区・西区・東区・南区、宇土市、宇城市、八代市、嘉島町、御船町、甲佐町、益城町の 9 市町で液状化（噴砂）が確認されている。図 4.7.2 は防災科学技術研究所の調査による熊本平野における液状化発生地点である²⁰⁾。また、文献 24 によると、大分県の別府港でも液状化発生しているようである。

防災科学技術研究所²⁰⁾によると、熊本地方では、また、図 4.7.3 に示す微地形と液状化の関係では、玉名市、熊本市、宇土市、八代市の島原湾に面した干拓地や熊本市南部を流れる白川や緑川およびその支流沿いの三角州、後背湿地、自然堤防、旧河道で液状化が発生しており、特に河川の蛇行部や旧河道部に液状化地点が集中している。

現在の河川から離れた内陸部で、帯状に連続して液状化が発生した地域が見られた。液状化地域は細い水路に沿う領域で、微地形的な特徴から明治以前の古い旧河道である可能性が高い²⁰⁾。

熊本市東区秋津および八代市昭和同仁町の液状化発生地点では、それぞれ 1889 年熊本地震と 1968 年日向灘地震で液状化が発生した記録があり、今回の地震で再液状化した可能性がある²⁰⁾。



図 4.7.2 熊本平野における液状化地点（防災科学技術研究所）²⁰⁾

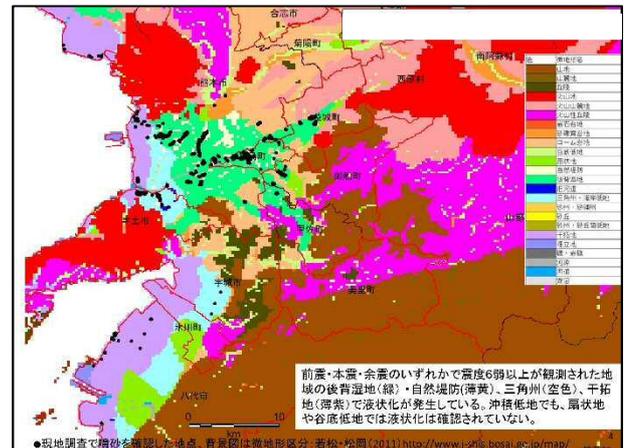
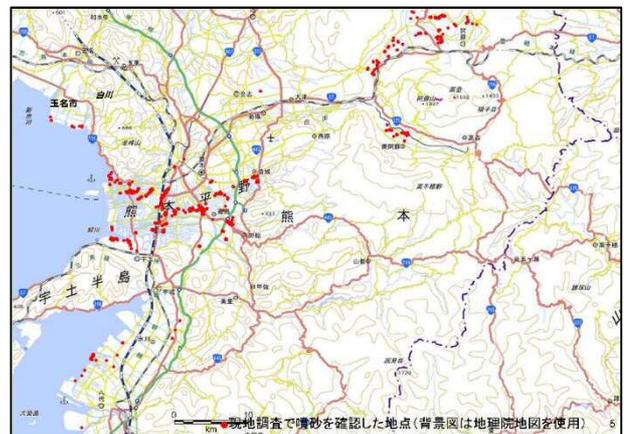


図 4.7.3 熊本平野における液状化地点と微地形区分の関係（文献 20 を編集）

地盤工学会の調査²⁵⁾による液状化発生地点の特徴と被害は次のとおりである。まず白川流域では、液状化地点が白川から枝分かれするように伸びているのが特徴とされている。これらの 3 つの枝は自然堤防および旧河道上に位置する。自然堤防の一部では帯状に液状化地点が分布しており、この帯では、建物の沈下・傾斜、建物周辺の地盤沈下や段差、地中構造物（マンホール）の浮き上がり、用水路底部の破損や壁体構造物の変位など、大きな被害が限定的に発生

している。一方、緑川とその支流にあたる加勢川、木山川、秋津川では旧河道や氾濫原、自然堤防での被害が顕著である。坪井川（熊本市内を流れ島原湾に注ぐ二級河川）の旧河道では大量の噴砂は確認できないが、建物沈下・傾斜、建物周りの沈下が生じている。

島原湾沿岸部の干拓地は緑川および白川の河口部付近で液状化による噴砂が確認できるものの、建築物被害はそれほど顕著ではない。理由は表層地盤が軟弱であるため、杭基礎や柱状改良などを施工しているためではないかと考えられる。埋立地では多数の噴砂が確認され、白川河口部では長径 280cm、短径 170cm の噴砂孔も確認されている。また、旧水田の埋立造成地と思われる下江津湖の熊本市動物園、熊本市東区沼山津から益城町にかけての秋津川と県道 28 号間の低地でも液状化による被害が確認された。

図 4.7.4 は防災科学技術研究所の調査²¹⁾による阿蘇カルデラ内の液状化（噴砂）地点の分布である。阿蘇山の火山活動でできたカルデラの北側の阿蘇市には黒川が、南麓の南阿蘇村には白川がそれぞれ東から西に流れている。液状化は両河川の近隣地区で発生しているが、液状化の発生は北側の黒川流域が南側の白川流域に比べてかなり多い。この理由は図 4.7.5 に示すように、黒川が流れるカルデラ北側の平地（阿蘇谷）の液状化は後背湿地や扇状地で発生しているが、白川が流れる南側の平地（南郷谷）には後背湿地や扇状地はなく、低地は白川沿いの狭い谷底低地のみである。噴砂は谷底低地だけでなく、その周囲の砂礫台地（段丘）にも少数認められている。

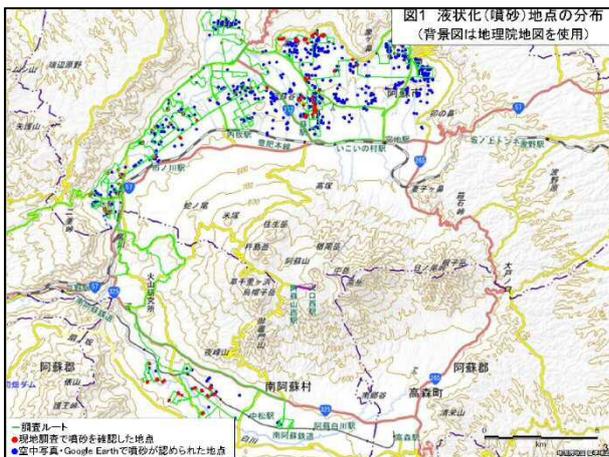


図 4.7.4 防災科学技術研究所による阿蘇地域の液状化地点（文献 21 を編集）

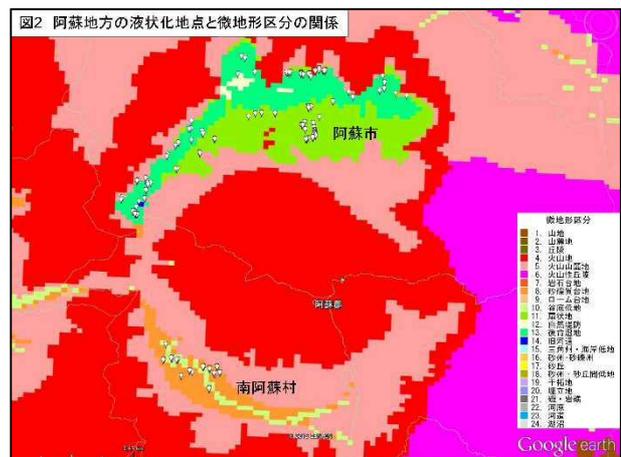


図 4.7.5 阿蘇カルデラ内の液状化地点と微地形区分（文献 21 を編集）

当社の調査で確認した液状化による被害は、河川堤防などの土構造物の崩壊や変状、地盤の沈下・亀裂、建物のめり込み沈下・傾斜、電柱の沈下、下水道マンホールの浮上などである。マンホールの浮上は、調査した範囲では、マンホール本体がかなり突出するような顕著な被害は見られなかった。調査によって確認された個別被害については § 4.7.2 に示す。なお、河川および港湾の液状化被害については、それぞれの施設の被害の節で述べる。

4.7.2 個別被害

(1) 熊本市南区刈草・近見

同地域は熊本平野の南西部に当たり、北部は白川の下流域、南部は緑川とその支流の加勢川・浜戸川等の蛇行河川がつくる沖積低地からなっている。同地域は図 4.7.7 に示すように、河川の土砂運搬によって形成された氾濫平野、自然堤防および旧河道等の微地形よりなっている。

現地調査で確認された被害地点は図 4.7.6 に示す A 地点（南区刈草）と B 地点（南区近見）であるが、防災科学技術研究所の調査²⁰⁾によれば、図 4.7.8 に示すように白川から加勢川にかけての帯状の地域に航空写真判読によって液状化（噴砂）が確認された。また地盤工学会の調査²³⁾においても、図 4.7.9 に示すように、同様の地域で帯状の液状化が確認されている。この地域の微地形は図 4.7.7 より判断すると、自然堤防であるが、明治以前に形成された旧河道ではないかという説²⁰⁾もある。図 4.7.10 には明治 34 年測量の旧版地形図²⁶⁾を示す。液状化の帯は鹿児島街道に沿った形で分布しているので、もし旧河道であるならば、この街道成立以前に形成されたものと考えられる。

写真 4.7.1～写真 4.7.9 は鹿児島街道沿いの刈草および近見地区の建物被害や地盤の噴砂・亀裂の状況である。写真 4.7.1～写真 4.7.2 および写真 4.7.4 は刈草地区における 3 階建て建物のめり込み沈下とすぐ近傍の 3 階建て建物の傾斜の状況である。写真 4.7.3 及び写真 4.7.5 に示す



図 4.7.6 熊本市南区刈草・近見の液状化地点（文献 11 に加筆）



図 4.7.7 熊本市南区刈草・近見の微地形分類図（文献 11 に加筆）

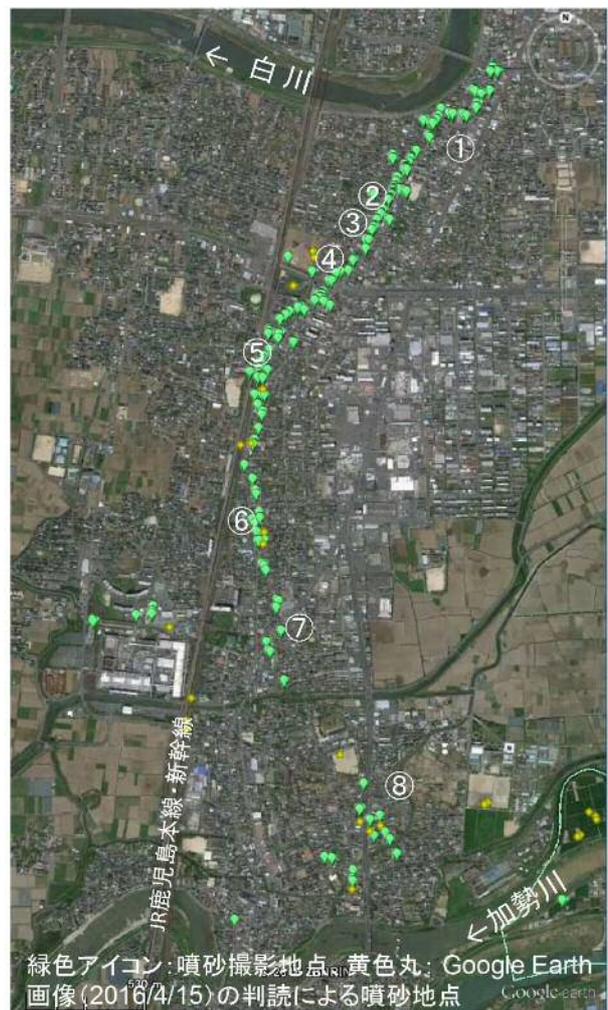


図 4.7.8 熊本市南区川尻・刈草・近見の液状化地点（防災科学技術研究所）²⁰⁾

ように、各建物の床または建物の脇から砂が噴出しており、これらが液状化による被害であることを示している。また、写真 4.7.6 は近傍の駐車場の噴砂の状況である。

写真 4.7.7～写真 4.7.10 は刈草地区の北側に当たる近見地区の建物被害並びに地盤変状（噴砂、地盤亀裂・段差）の様子である。写真 4.7.7～写真 4.7.8 は 2 階建て家屋の傾斜の様子である。傾斜した建物は隣家にもたれかかるようにして止まっていることが分かる。写真 4.7.9～写真 4.7.10 は 5 階建て建物の周辺地盤の沈下の状況である。同建物は周辺が 1m 弱の擁壁で仕切られた盛土と、外側（駐車場）の地盤がともに大きく沈下しているが、噴砂は確認できなかった。

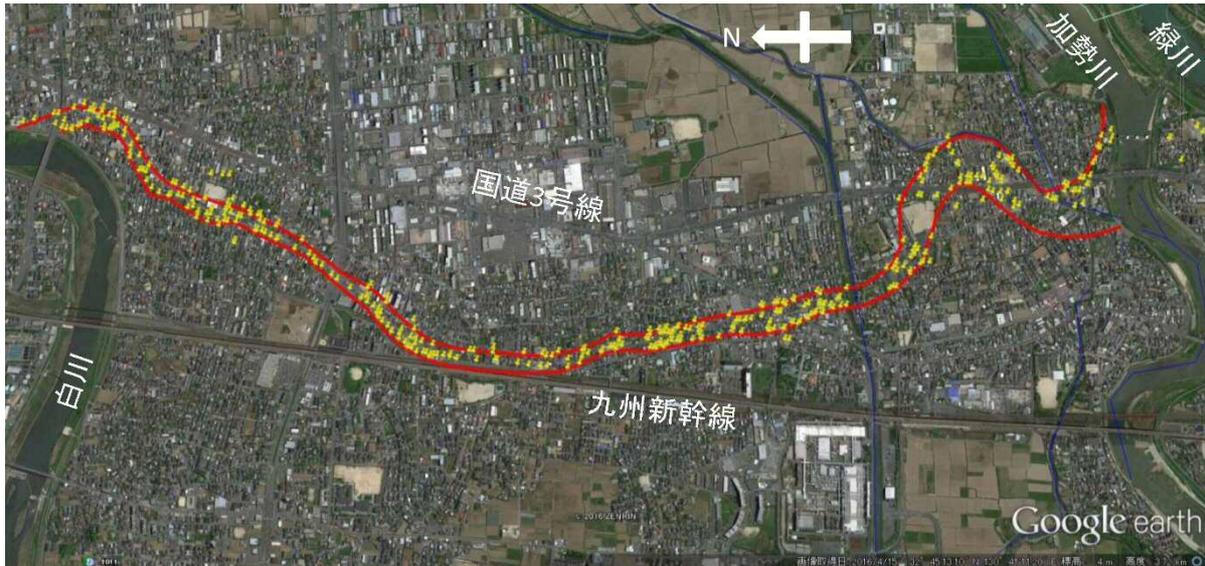


図 4.7.9 液状化による噴砂・沈下・変状から見える液状化の帯（地盤工学会）²³⁾



図 4.7.10 白川と加勢川に挟まれた地域の旧版地形図（明治 34 年測量）²⁷⁾



写真 4.7.1 建物のめり込み沈下（熊本市南区刈草）



写真 4.7.2 同左



写真 4.7.3 めり込み沈下した建物の1階床の亀裂と噴砂（刈草）



写真 4.7.4 建物の傾斜（刈草）



写真 4.7.6 駐車場の噴砂（刈草）



写真 4.7.5 傾斜した建物の脇からの噴砂（刈草）



写真 4.7.7 左側に傾斜した建物(熊本市南区近見)



写真 4.7.8 同左 近景



写真 4.7.9 周辺地盤および盛土が大きく沈下した建物(熊本市南区近見)



写真 4.7.10 同左近景 盛土と周辺地盤が大きく沈下している

(2)熊本市南区川尻

図 4.7.11～図 4.7.12 および写真 4.7.11 は、それぞれ液状化による地盤変状が確認された熊本市南区川尻の地形図並びに微地形分類図(治水地形分類図)、航空写真である。同地区は加勢川と緑川に挟まれた中洲のような地形で、被害地点近傍には旧河道である水路が南北方向に流れている。

写真 4.7.12 は水路の東側護岸の背後の亀裂と沈下を示している。護岸は石積の形式になっているが、構造の詳細は分からない。写真 4.7.13～写真 4.7.14 は護岸背後にある駐車場に生じた亀裂・段差の状況である。駐車場脇のブロック塀が開口していることから、地盤が水路方向に移動したことが分かる。ただし、駐車場は高さ 1m 弱の盛土上に造成されていることから、地盤の移動が水路護岸の変状のためではなく、盛土のみの変状による可能性もある。



図 4.7.11 熊本市南区川尻の被害位置 (文献 11 に加筆)



図 4.7.12 川尻の微地形 (文献 11 に加筆)



写真 4.7.11 川尻の航空写真 (地震後、文献 11 に加筆)



写真 4.7.12 水路東側護岸背後の亀裂・段差



写真 4.7.13 水路と平行に生じた駐車場の地割れ・段差



写真 4.7.14 同左 ブロック塀が開いている

(3)熊本市南区飽田東小・飽田中

調査を行った飽田東小学校と飽田中学校は図 4.7.13 に示すように、白川の 2.5～3.0km 南の熊本市南区の県道 227 号沿いに位置する。同地域には図 4.7.14 に示すように、北側を流れる白川によって形成されたが氾濫平野、自然堤防、旧河道等の微地形が分布する。同図によれば、飽田東小学校、飽田中学校ともに北東から南西に延びる旧河道上に位置するようである。

写真 4.7.15～写真 4.7.16 は飽田東小学校の校庭における噴砂の様子である。また、写真 4.7.17 に示すように、校庭端の側溝の脇でも噴砂が見られた。

写真 4.7.18～写真 4.7.22 は飽田東小学校の西南西約 850m に位置する飽田中学校の噴砂の様子である。校舎の北側には県道 227 号との間にテニスコートと畑が隣接するが、そこに列状に噴砂が生じているのが、この地点の液状化の特徴である。写真 4.7.18 は畑とテニスコートに列状に噴砂列が生じている様子を示したものである。写真 4.7.19～写真 4.7.20 および写真 4.7.21～写真 4.7.22 は、それぞれ畑とテニスコートにおける噴砂列の状況を示したものである。

噴砂列は、ほぼ東西方向に延びており、この特徴は旧河道に沿って液状化したことを示していると思われる。

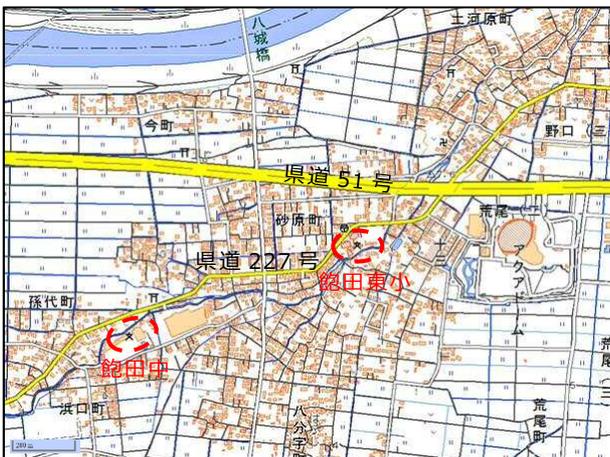


図 4.7.13 飽田東小、飽田中の位置図（文献 11 に加筆）



図 4.7.14 飽田東小、飽田中周辺の微地形分類図（文献 11 に加筆）



写真 4.7.15 校庭の噴砂（飽田東小学校）



写真 4.7.16 同左



写真 4.7.17 側溝脇からの噴砂
(飽田東小学校)



写真 4.7.18 テニスコートと隣接する畑に
筋状に伸びる噴砂(飽田中学校)



写真 4.7.19 テニスコート内の噴砂列(飽田
中学校)



写真 4.7.20 同左 テニスコートの噴砂近景



写真 4.7.21 テニスコートに隣接する畑の
噴砂列(飽田中学校)



写真 4.7.22 同左 噴砂列の近景

(3) 秋津団地と周辺部

秋津団地は、図 4.7.15 および写真 4.7.23 に示すように、秋津川、木山川、矢形川の三川が合流して加勢川となる地点の南に位置しており、11 棟の 3～4 階建ての集合住宅からなっている。秋津団地の北側で歩道に噴砂が見られたが、建物には被害はなかったようである。東隣には戸建ての秋津レークタウンがあり、ここでも道路の噴砂は確認されているが、特に被害は報告されていない。

秋津レークタウンの北側の木山川と矢形川の合流点には 50 戸ほどの戸建て住宅地である間島団地があるが、ここでは、液状化により、住宅の傾斜や周辺地盤の沈下、護岸の被害が見られた。

同地域は図 4.7.16 に示すように、河川によって作られた氾濫平野、自然堤防、後背湿地、旧河道からなる低地に盛土して造成されたと推定される。図 4.7.17 は同地域の旧版地形図（明治 34 年測量）であるが、当時は木山川（現在の秋津川）、赤井川（現在の木山川）、矢形川が流れていたが、矢形川は同地で大きな蛇行を繰り返しており、これが微地形分類図でも認められる。

秋津団地の液状化箇所は、旧河道が南側に張り出した地点に当たるようである。一方、木山川と矢形川の合流部の住宅地である間島団地は、自然堤防に盛土して造成されたと推定される。

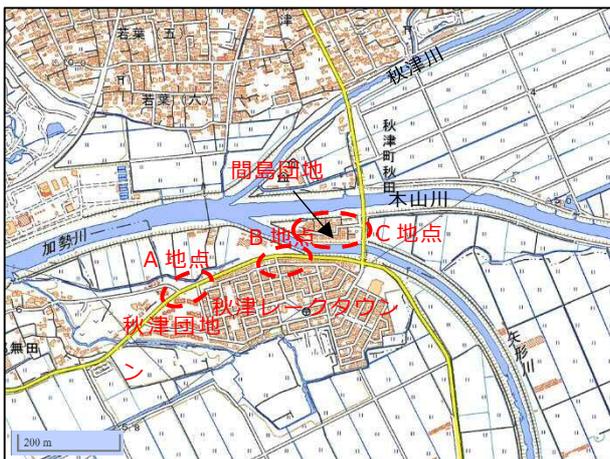


図 4.7.15 秋津団地・秋津レークタウン、間島団地の位置図（文献 11 に加筆）

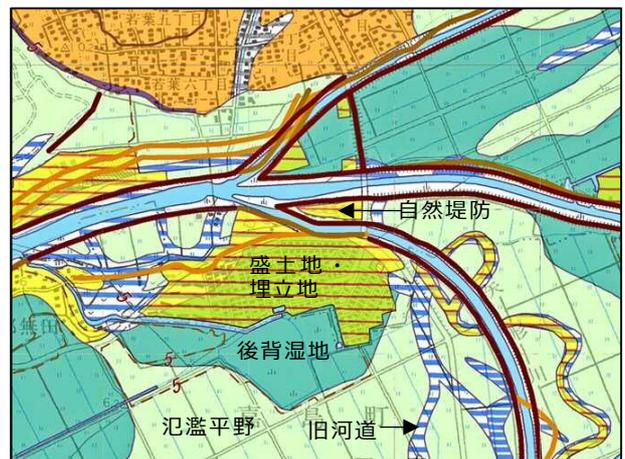


図 4.7.16 秋津団地・秋津レークタウン周辺の微地形分類図（文献 11 に加筆）



図 4.7.17 秋津団地・秋津レークタウン周辺の旧版地形図（明治 34 年測量）²⁷⁾



写真 4.7.23 秋津団地・秋津レークタウン周辺の航空写真（文献 11 に加筆）

写真 4.7.24～写真 4.7.26 は秋津団地北側の道路（位置は図 4.7.15 の A 地点）で見られた噴砂である。写真 4.7.27 は秋津レークタウン北側道路の（位置は図 4.7.15 の B 地点）の噴砂の状況である。秋津団地の噴砂地点とは 300m 程度離れている。砂が噴出している歩道のインターロッキングの変状（開口や沈下、持ち上がり）や道路際の排水溝と舗装の開きなどが見られるが、路面には大きな被害は見られない。

液状化の原因としては、前述したように、この地点は矢形川の旧河道が南に張り出している地点に当たっているため、旧河道が液状化したと推定される。



写真 4.7.24 歩道の噴砂（秋津団地 A 地点）



写真 4.7.25 同左 交差点付近の噴砂



写真 4.7.26 歩道の噴砂（秋津団地 A 地点）



写真 4.7.27 歩道の噴砂（秋津レークタウン B 地点）

写真 4.7.28～写真 4.7.38 は間島団地の被害状況である（位置は図 4.7.15 の C 地点）。写真 4.7.28 はこの住宅地の入口で見られた噴砂である。他に道路の亀裂でも見られたが、噴砂の規模は小さい。写真 4.7.29～写真 4.7.30 は、間島団地の北側を流れる木山川の左岸護岸背後の住宅が川の方向に傾斜した状況である。家屋は傾斜しているが、躯体にひび割れ等の変状は見られない。写真 4.7.31～写真 4.7.34 は、前述の傾斜した家屋の両側の家屋が周辺地盤の沈下のため、

基礎が抜け上がった状態になっている状況である。抜け上がった基礎にはφ10cm程度の鉄パイプが見られるが、これは基礎の支持杭または液状化による沈下対策として用いられているのではないと思われる。鉄パイプのおかげで家屋は沈下してはいないようである。

写真 4.7.35～写真 4.7.36 は道路の横断亀裂および路線方向の沈下の状況である。路線方向の沈下は下水道管路の埋戻土の沈下によるものではないと思われる。

写真 4.7.37 および写真 4.7.38 は、木山川左岸の高水敷の地割れおよび護岸背後の道路に生じた地割れである。このような地割れが背後の住宅の傾斜や周辺地盤の沈下に影響を及ぼした可能性がある。



写真 4.7.28 木山川護岸背後の家屋前の噴砂



写真 4.7.29 木山川の護岸方向に傾斜した家屋



写真 4.7.30 同左



写真 4.7.31 地盤沈下によって基礎が空いた住宅



写真 4.7.32 同左近景。基礎となっている鉄管が見えている。



写真 4.7.33 周辺地盤が沈下して基礎が空いた家屋



写真 4.7.34 同左近景



写真 4.7.35 道路に入った横断亀裂と段差



写真 4.7.36 道路の陥没。下水道管路埋戻土の沈下と思われる

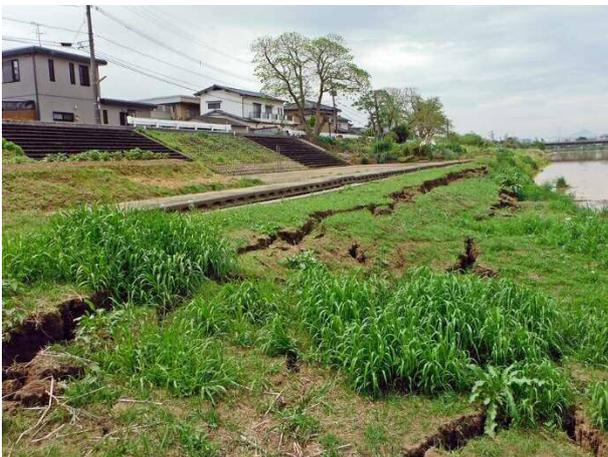


写真 4.7.37 木山川左岸の高水敷の地割れ。背後が間島団地の家屋



写真 4.7.38 木山川護岸背後に生じた地割れ

(4)その他の被害

写真 4.7.39～写真 4.7.40 および写真 4.7.43～写真 4.7.44 は各地で見られた下水道マンホールの浮き上がり状況である。調査した範囲では、マンホール躯体の多くが浮き上がるような大規模な被害は見られなかった。写真 4.7.41 は嘉島町におけるポンプ場の周辺地盤の沈下状況であるが、沈下量はわずかなものであった。写真 4.7.42 は熊本市東区島町における電柱の沈下の状況である。周辺から噴出しているのは埋戻砂ではないかと思われる。



写真 4.7.39 下水道マンホールの浮き上がり
(嘉島町)



写真 4.7.40 下水道マンホールの浮き上がり
(嘉島町)



写真 4.7.41 下水道ポンプ場周辺地盤の沈下
(嘉島町)



写真 4.7.42 電柱の沈下 (熊本市東区島町)



写真 4.7.43 下水道マンホールの浮き上がり
(益城町寺迫)



写真 4.7.44 下水道マンホールの浮き上がり
(益城町古閑)

4.7.3 前震と本震の液状化規模の差異

4月14日午後9時26分に発生した前震（M6.5）と4月16日午前1時25分に発生した本震（M7.3）の噴砂の規模を比較したものを熊本市東区の秋津レークタウン（図4.7.18）の事例で示す。写真4.7.45は前震による噴砂の状況で、写真4.7.46は本震による噴砂の状況である。本震の方が明らかに噴砂規模が大きいことが分かる。図4.7.19および図4.7.20は、防災科学技術研究所による前震および本震の推定震度分布図を示したものである。秋津レークタウンはいずれも震度6強であるが、本震の方が震度7の領域に近いことから、前震よりも大きな地震動が生じた可能性はある。

以上より、秋津レークタウンにおける噴砂規模の差異は、本震の地震動が前震よりも大きかった可能性が高いこと、また、前震によって生じた舗装の亀裂等によって、噴砂が地表に出やすくなっていたという理由によるのではないかとと思われる。

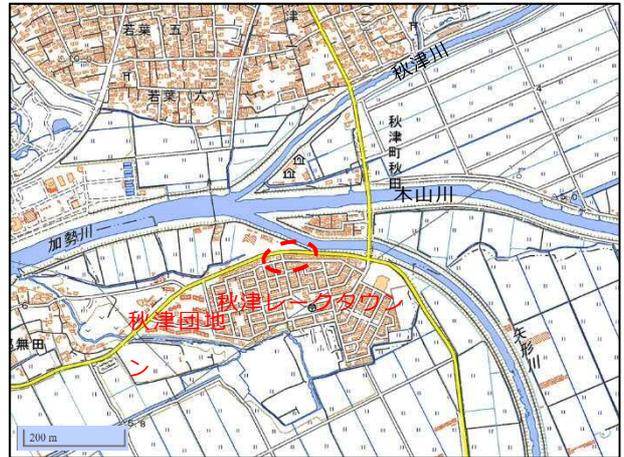


図 4.7.18 秋津レークタウンの噴砂位置図
(文献 11 に加筆)



写真 4.7.45 前震（4/14 M6.5）による噴砂
(秋津レークタウン)



写真 4.7.46 本震（4/16 M7.3）による噴砂
(同左)

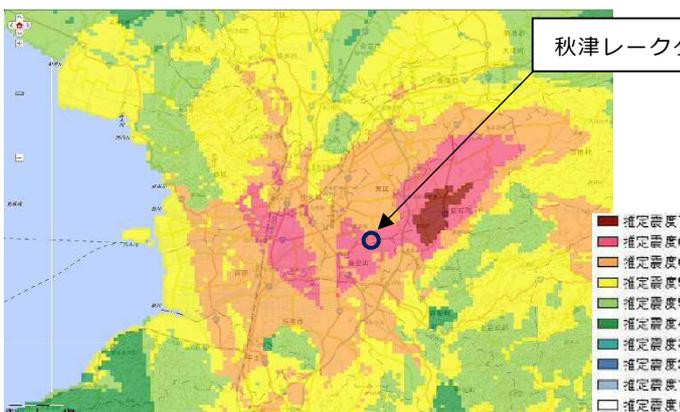


図 4.7.19 前震（M6.5）の震度分布（文献 29 に加筆）

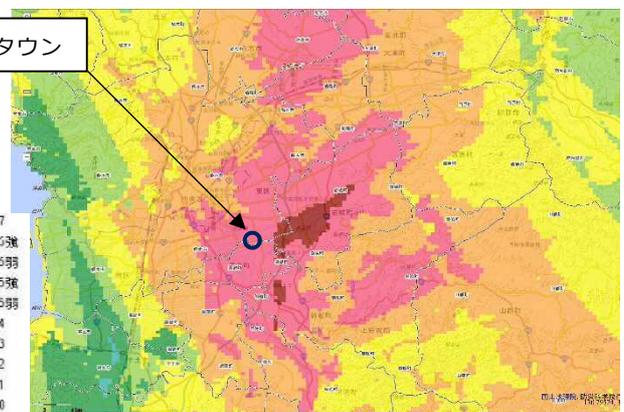


図 4.7.20 本震（M7.3）の震度分布（文献 29 に加筆）

4.7.4 噴砂の粒度特性

表 4.7.1 に各地で採取した噴砂の物理特性を示す。このうち⑩～⑬は前震後の 4 月 15 日に採取した試料であり、残りは本震後に採取した試料である。これらの噴砂試料の粒度分布をプロットした結果を図 4.7.21～図 4.7.23 に示す。

噴砂の土粒子密度は 2.648～2.828g/cm³ (平均 2.737g/cm³) で、通常の沖積砂質土の範囲であり、火山灰起源のような軽い土質は少ないようである。また、均等係数は 2.7～61.6 (平均 11.4) であり、18 試料中 13 試料は均等係数の小さい粒径の揃った材料である。平均粒径は 0.053～0.965 mm (平均 0.216 mm) で大部分が細砂を主体とするものであるが、シルト質の土質や礫まじりの土質も若干存在する。細粒分含有率は 1.7～74.2% (平均 23.2%) で、大部分は細粒分が少ないきれいな砂である。

各地の噴砂の粒度特性の特徴は次のとおりである。緑川左岸の噴砂は細砂主体で、細粒分含有率は 13～18% である。緑川右岸の噴砂は R8.5k ではシルト主体で、細粒分含有率は 60～74% の砂質シルトである。また、緑川右岸 R13.2k は細粒分含有率が 19% の細～中砂主体である。

熊本市南区の噴砂は細砂主体で、細粒分を 10～25% 程度であった。川尻 6 丁目は、その 1 とその 2 で 10m 程度しか離れていないが噴砂の物理特性は全く異なるものであった。秋津レークタウンの歩道の噴砂は南区の噴砂と同じような物理特性である。

表 4.7.1 噴砂試料の物理特性

試料番号	採取地点	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 wn (%)	粒度							分類 土質名
				礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	均等係数	平均粒径 (mm)	細粒分含有率 (%)	
①	緑川左岸8.7k高水敷	2.701	29.5	0	77.3	16.1	6.6	11.4	0.1377	22.7	細粒分質砂
②	熊本市南区草刈1丁目	2.740	26.8	0	76.3	17.4	6.3	10.5	0.1510	23.7	細粒分質砂
③	熊本市南区八幡5丁目	2.738	15.5	0	88.9	6.9	4.2	3.7	0.1900	11.1	
④	熊本市南区島町2丁目	2.762	34.2	0.8	73.8	20.6	4.8	5.0	0.1350	25.4	細粒分質砂
⑤	緑川右岸13.2k高水敷	2.754	19.8	1.1	79.7	11.5	7.7	19.6	0.2080	19.2	細粒分質砂
⑥	緑川右岸8.5k堤内法尻	2.648	40.8	0	25.8	70.4	3.8	2.7	0.0530	74.2	砂質粘性土
⑦	緑川左岸7.7k高水敷	2.712	32.9	0	82.2	11.7	6.1	6.8	0.1640	17.8	細粒分質砂
⑧	緑川左岸5.8k保育園	2.686	14.3	0.6	86.2	8.2	5.0	6.0	0.2298	13.2	細粒分まじり砂
⑨	緑川左岸8.5k川裏 ポンプ場	2.798	16.3	0	86.8	9.0	4.2	4.5	0.1996	13.2	細粒分まじり砂
⑩	緑川左岸8.5k堤外地	2.652	44.6	0	41.0	55.8	3.2	3.0	0.0658	59.0	砂質粘性土
⑪	熊本市南区川尻6丁目 噴砂①	2.828	7.5	0	88.0	8.5	3.5	5.3	0.2313	12.0	細粒分まじり砂
⑫	熊本市南区川尻6丁目 噴砂②	2.729	4.6	11.3	87.0	1.7	-	2.8	0.9650	1.7	礫まじり砂
⑬	秋津レークタウン	2.747	34.7	0	74.1	16.0	9.9	31.2	0.1391	25.9	細粒分質砂
⑭	白川左岸 沖新町	2.819	27.5	0	88.1	9.2	2.7	3.2	0.1665	11.9	細粒分まじり砂
⑮	秋津レークタウン①	2.684	40.7	1.3	63.1	21.7	13.9	61.6	0.1420	35.6	細粒分質砂
⑯	秋津レークタウン②	2.669	11.0	3.7	79.2	12.2	4.9	18.2	0.3462	17.1	細粒分質砂
⑰	飽田東小グラウンド	2.792	24.3	0.5	82.2	13.5	3.8	4.9	0.1794	17.3	細粒分質砂
⑱	飽田中横の畑	2.810	25.6	0	84.3	12.4	3.3	5.7	0.1780	15.7	細粒分質砂

 前震 (4 月 14 日 M6.5) による噴砂

これまでの主な地震の噴砂の粒度特性を図 4.7.24 に示す。今回の地震の粒度特性と過去の地震を比較すると、今回の地震による噴砂の特性は、1964 年新潟地震や 1983 年日本海中部地震のように、砂丘間低地や河川流域の液状化により生じた噴砂の粒度特性と類似しており、細粒分

が少ない粒径の揃った土質であることが特徴である。写真 4.7.47～写真 4.7.50 は噴砂写真の一例である。

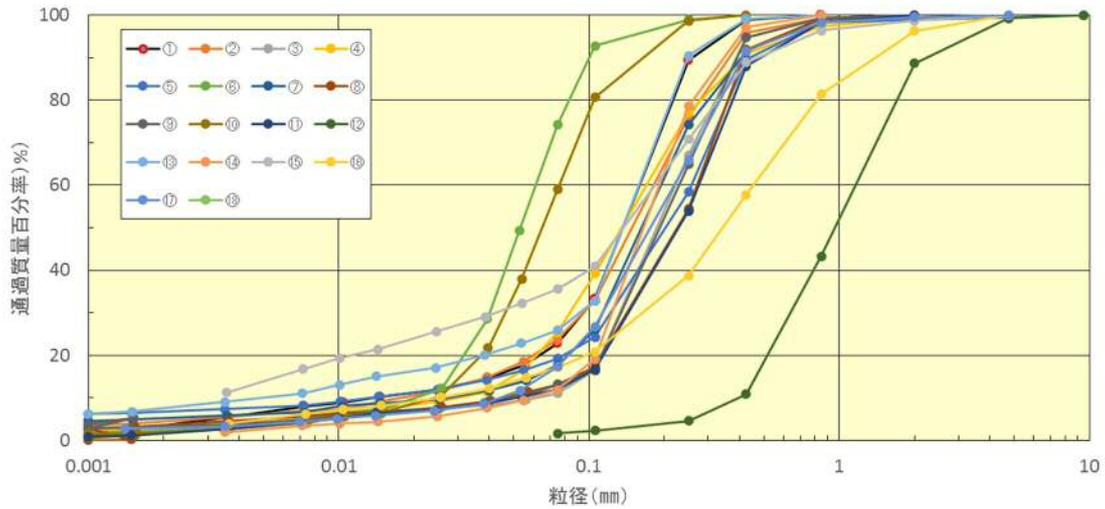


図 4.7.21 噴砂の粒度特性（全試料）

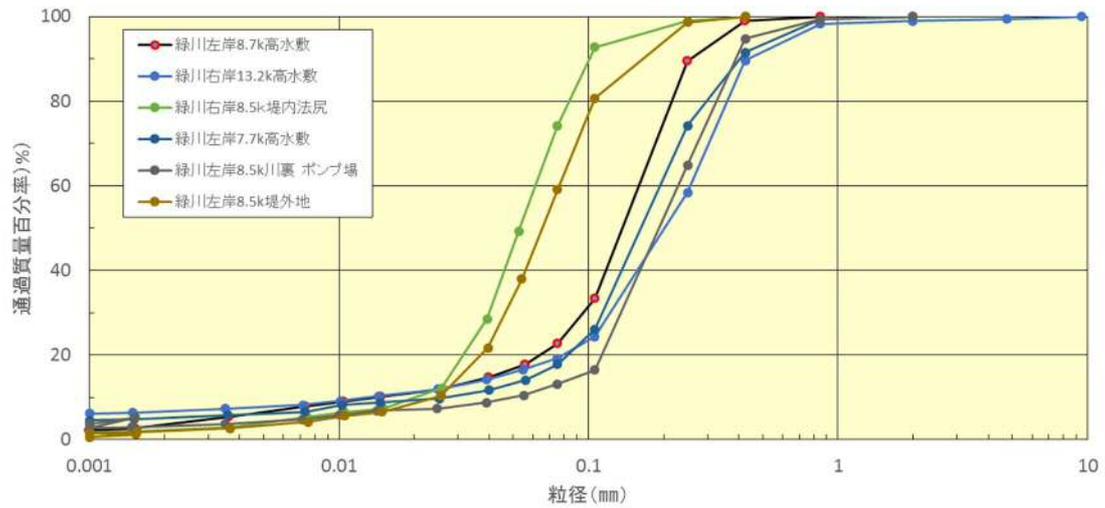


図 4.7.22 噴砂の粒度特性（緑川）

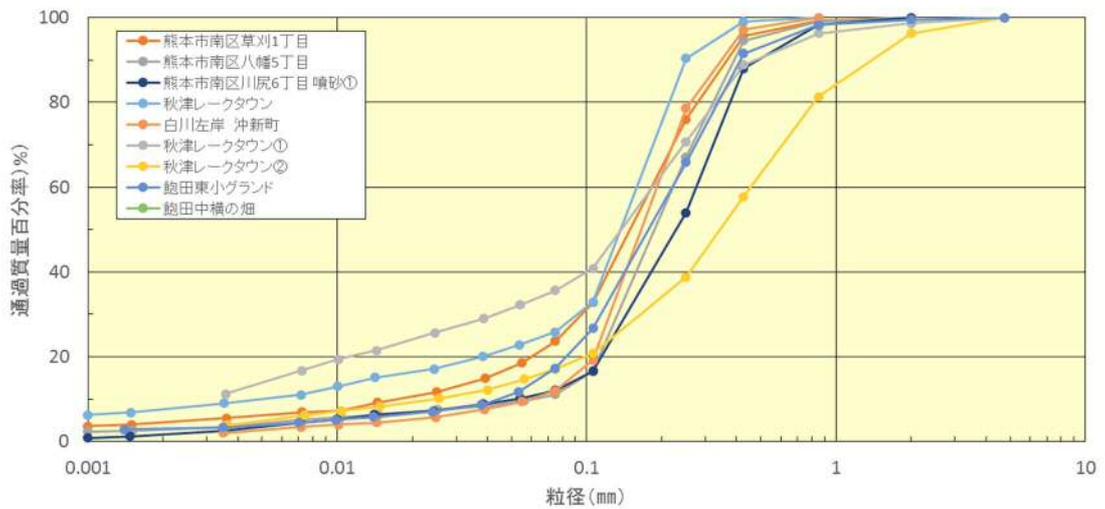


図 4.7.23 噴砂の粒度特性（熊本市内）

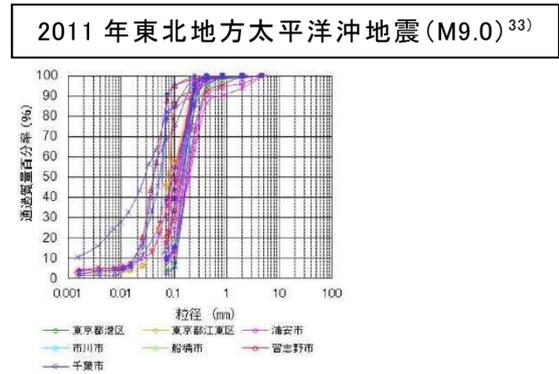
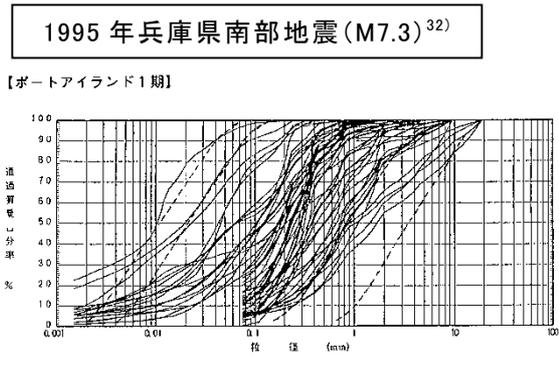
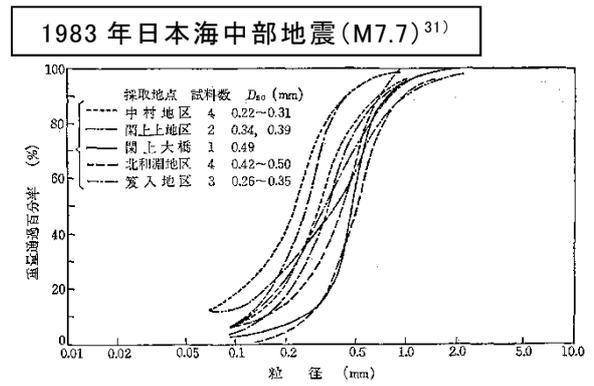
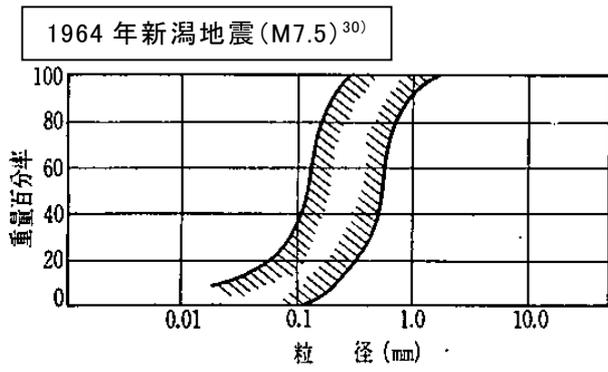


図 4.7.24 既往地震における噴砂の粒度分布



写真 4.7.47 飽田中学校横の畑の噴砂



写真 4.7.48 川尻地区の噴砂



写真 4.7.49 秋津レークタウンの噴砂



写真 4.7.50 緑川左岸 7.7k 高水敷の噴砂

【第4章の引用・参考文献】

- 1) 国土交通省ホームページ、記者発表資料（平成 28 年 5 月 9 日）、
<http://www.mlit.go.jp/common/001130604.pdf>
- 2) 梶田幸秀：7.道路構造物の被害その2、土木学会西部支部「2016年熊本地震」地震被害調査報告会～緊急災害調査と応急復旧の取組み～、2016.
- 3) 国土地理院：地理院地図（空中写真等）、平成 28 年熊本地震関連資料（地理院地図）、
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html#1>
- 4) 松永・高橋・葛西：構造物の調査報告（3）大切畑大橋の被害状況、土木学会 平成28年熊本地震被害調査速報会（2016/4/27）、2016.
- 5) 熊本県：熊本高森線（俵山ルート）の被災状況、
https://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=15619&sub_id=4&flid=68219
- 6) 金子やすし：八代市「熊本地震 被災現地 視察① 横江大橋（県道・八代不知火線）、市道・鏡川堤防線（2016年4月29日）、金子やすしオフィシャルサイト <http://www.kaneko-yasushi.com/archives/23115>
- 7) 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所：港湾・空港紹介－熊本港、
<http://www.pa.qsr.mlit.go.jp/kumamoto/kowansyokai/kumamoto/>
- 8) 熊本県港湾協会：くまもとの港__熊本港__平成 25 年 熊本港港湾計画図、
<http://kumamoto-kouwan.org/wp-content/uploads/2015/03/856b51108a6e13c22249104eda50a95.pdf>
- 9) 渡邊・小笹・吉永・岩崎：軟弱な干潟における港湾の建設、土木学会論文集 No.480／VI-21、pp.13～22、1993.
- 10) 熊本県：熊本港臨海用地造成（地質調査）委託__、
http://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=1974&sub_id=1&flid=14&dan_id=1
- 11) 国土地理院：電子国土 Web、<http://maps.gsi.go.jp/#16/32.791820/130.822062/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j010u0f0>
- 12) 内藤・竹垣・野津：平成 28 年熊本地震（M7.3）による熊本港・熊本空港における被害に関する調査速報、土木学会平成 28 年（2016 年）熊本地震 地震被害調査結果 速報会、2016.
- 13) 国土交通省国土技術政策総合研究所：熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会（第 2 回）配布資料、2016.
http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinniinnkai/20160526kumamotozisinniinnkai_handouts.htm
- 14) 西日本高速道路(株)：平成28年熊本地震による高速道路の被災箇所と復旧状況（その2）（平成 28 年 5 月 25 日）－【別紙2】 高速道路の被害と復旧状況、2016.
<http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h28/0525c/pdfs/02.pdf>
- 15) 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人 建築研究所：平成 28 年(2016 年)熊本地震による建築物等被害第二次調査報告（速報）（木造住宅及び鉄筋コンクリート造等建築物を中心とした調査）、熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会（第 1 回）配布資料、2016.
http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinniinnkai/20160526pdf/02kumamoto_tyousahoukoku02.pdf
- 16) 国土交通省九州地方整備局：阿蘇大橋地区復旧技術検討会（第 1 回）資料（概要版）、平成 28 年 5 月 10 日、<http://www.qsr.mlit.go.jp/n-topics/h28/160520/data/shiryous3>
- 17) 国土交通省九州地方整備局：阿蘇大橋地区復旧技術検討会（第 2 回）資料、平成 28 年 7 月 12 日、<http://www.qsr.mlit.go.jp/n-topics/h28/160715/data/shiryous3.pdf>
- 18) 信州大学自然災害研究会：昭和 59 年長野県西部地震による災害、1985.
- 19) 全国地質調査業協会連合会：平成 28 年(2016 年)熊本地震 復興支援 ポーリング柱状図 緊急公開サイト、<http://geonews.zenchiren.or.jp/2016KumamotoEQ/index.html>

- 20) 防災科学技術研究所：平成28年（2016年）熊本地震 液状化調査報告（第1報）、2016.
http://www.bosai.go.jp/saigai/2016/pdf/20160428-0501_0511-0512.pdf
- 21) 防災科学技術研究所：平成28年（2016年）熊本地震 液状化調査報告（第2報）阿蘇市・南阿蘇村、<http://www.bosai.go.jp/saigai/2016/pdf/20160521-0522.pdf>
- 22) 地盤工学会：平成28年熊本地震 災害調査報告 液状化班（液状化マップ（熊本平野））、
<http://www.tec.fukuoka-u.ac.jp/tc/labo/drr/gis/H28KumamotoEQ/KumamotoLique.html>
- 23) 村上・永瀬：平成28年熊本地震による熊本平野で生じた液状化とその被害について（速報）、
地盤工学会平成28年熊本地震地盤災害調査団 液状化班報告（平成28年5月11日）
https://www.jiban.or.jp/images/saigai/H28Kumamoto_jisinsaigai_0511ekijoka.pdf
- 24) 飛鳥建設(株)：2016年熊本地震における液状化の調査速報、https://www.tobi-tech.com/lab/Bousai/20160520/201605_kumamoto.pdf
- 25) 村上・永瀬・大里：液状化に関する報告、平成28年熊本地震地盤災害調査報告会、第51回地盤工学研究発表会（岡山）、2016.
- 26) 国土交通省九州地方整備局：阿蘇大橋地区復旧技術検討会（第3回）資料、平成28年9月15日、http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kisyahappyou/h28/data_file/0926/data/shiryou4.pdf
- 27) 山口恵一郎編：日本図誌体系－九州Ⅱ（熊本県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県）、朝倉書店、1977.
- 28) 国土地理院「地図・空中写真閲覧サービス」、<http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>
- 29) 防災科学技術研究所：2016/04/16 01:25頃発生 震度分布（J-RISQ）、<http://map03.ecom-plat.jp/map/map/?cid=20&gid=587&mid=2892>
- 30) 土木学会新潟震災調査委員会編：昭和39年 新潟地震震害調査報告書、土木学会、1966.
- 31) 岩崎・常田：1978年宮城県沖地震による地盤震害に関する調査、第15回地震工学研究発表会、1979.
- 32) 神戸市開発局：兵庫県南部地震による埋立地地盤変状調査（ポートアイランド、六甲アイランド）報告書、1995.
- 33) 若松：2011年東北地方太平洋沖地震による東北地方の液状化地点の地形・地盤特性、第47回地盤工学研究発表会、pp.1505-1506、2012.
- 34) 須藤・池辺：阿蘇カルデラ内で見出された落差1mの新鮮な活断層と最近の地震活動、京都大学防災研究所年報、第44号B-1、pp.345～362、2001.
- 35) 常田賢一：平成28年熊本地震の現地調査による被害の特徴と今後の対応に関する考察、（一財）災害科学研究所 平成28年度災害等緊急調査報告書－平成28年4月熊本地震による被害調査－、2016.
- 36) 地盤工学会 2008年岩手・宮城内陸地震災害調査委員会：平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震災害調査報告書、2010.

5. まとめ

平成28年（2016年）4月14日午後9時26分頃、熊本地方を震源とするM6.5の地震が発生し、震源に近い熊本県益城町で震度7を記録した。その後に発生した余震は順調に減衰するかに見えたが、約28時間後の4月16日午前1時25分頃にM7.3の地震が発生し、その後も熊本、大分両県にわたって地震が頻発し、4月16日までに震度6弱以上の地震は7回に及んだ。

これらの一連の地震によって、熊本県を中心として、死者95名、建物の全壊8,204戸（9月30日現在）という大きな被害が発生した。気象庁は、この地震を「平成28年(2016年)熊本地震」と命名した。

基礎地盤コンサルタンツ㈱では、地震後、何回かにわたり現地調査を行い、地盤災害を中心とした地震被害の実態把握に努めた。とは言っても、地形・地盤条件や被害の詳細がまだ把握されていない段階では、現状を正確に把握し、被害原因を推定することはきわめて難しい。したがって、報告書の内容は現地踏査や写真から判断される定性的な判断に留まっており、今後、原因究明のための調査結果の如何によっては、見当はずれの推定を行っているということもあるかと思われる。被害の定量的な把握や被害原因の解明については、今後の各種調査・研究を待ちたい。

ここでは本報告書のまとめとして、今回の地震の地震動、地震被害の特徴と今後望まれる研究の方向性についてまとめた。

(1) 一連の地震の最大マグニチュードは7.3と内陸型地震としては1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）と同じ規模であった。震源が政令指定都市である熊本市（人口 約73万人）や東隣の益城町に近かったことから、同地域を中心として大きな被害を被った。震度7が観測された兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震（M6.8）と比べると、死者数や被害家屋数は新潟県中越地震を上回っている。また、神戸市という大都市近郊で起こった兵庫県南部地震と比べると、死者数や全壊家屋数はオーダー的に少ないが、避難者数については、兵庫県南部地震の6割弱であり、背景人口の違いを考慮すると、多くの人々が避難所に殺到したことがうかがわれる。震度6弱以上の大きな地震が短期間に連続して発生したためであろう。

(2) 今回の地震の特徴は、大分ー熊本構造線と呼ばれる構造線において、すでに国で調査されていた布田川断層帯、日奈久断層帯と呼ばれる断層帯で地震が起こったことである。発生時期は別としても、内陸地震を起す断層帯の存在が事前に予測されていた地震といえよう。

発生した地震の発震機構は、M6.5の地震が北北西ー南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型の浅い地殻内地震であり、M7.3の地震は南北方向に張力軸を持つ横ずれ断層型の浅い地殻内地震である。

(3) 今回の地震のもう一つの特徴は、M6.5とM7.3の両地震で最大震度である7が観測されたことである。特に震源に近かった益城町では、震度7の地震に2回襲われることになった。

益城町役場に設置された地震計で観測された地震動の最大加速度（三成分合成）はM6.5の地震で817gal、M7.3の地震で899galであり、両方とも震度は7であった。また、益城町役場から北に約0.7km離れた地点にある防災科学技術研究所のKiK-net 益城では、M6.5の地震で1,580gal、M7.3の地震で1,362galで、いずれも震度6強であった。益城町役場の地震計は建物の1階床に、KiK-net 益城では地盤上に設置されており、設置条件の違いはあるが、両地点の最大加速度が大きく異なる原因については、地盤・地形条件の影響を含めて、今後、

十分に検討していく必要がある。

また、KiK-net 益城では、G.L-252m の岩盤内にも地震計が設置されており、4月16日の地震(M7.3)では、地表と地中の最大加速度の比が約4倍であった。地震動のレベルを考えると、この増幅率はかなり大きなもので、今後、強震動下の地盤の増幅特性を解明する上でも貴重なデータが得られたものといえる。

(4) 木造建物の倒壊が顕著であり、益城町を中心として全壊家屋が8,000棟を超えた。全壊家屋は、瓦屋根で土壁の古い家屋が多かったが、新耐震設計法(1981年)以降の新しい建物にも少なからず被害が見られた。新しい建物の全壊被害は、基礎と柱の結合が脆弱なものが多かったようである。

被害が集中した益城町では、市街地が阿蘇山の火砕流堆積物から構成される段丘斜面上に位置しており、その末端部の南側は秋津川・木山川の堆積物で構成される軟弱な氾濫平野となっている。同地域で家屋の全壊が集中した原因として、震源断層が近く、大きな地震動が生じたことが主原因と考えられるが、地形や地盤の影響も大きかったのではないかと推測される。

このような地形に市街地が立地することは決して珍しくないところから、震源近傍における地形と地盤の影響について定量的な分析を進めることが重要であると思われる。

(5) 熊本県の西部に位置する阿蘇地方の阿蘇カルデラ内を中心として斜面崩壊や地すべり、落石などの斜面災害が多く発生した。特にカルデラ出口に当たる立野火口瀬では、黒川・白川沿いの狭い低地に東西を結ぶ動脈である国道57号やJR豊肥本線が通っているが、その背後斜面が崩壊し、国道や鉄道の線路を埋没すると共に、黒川に架かる阿蘇大橋(国道325号)が落橋する等の大きな被害が発生した。斜面崩壊や落橋の原因については、まだ、明らかにはされていないが、落橋した阿蘇大橋については断層の影響を避けた位置に再建される予定である。

(6) 阿蘇カルデラの北部の平地である阿蘇谷では、延長数kmにわたって、地盤の陥没が発生した。陥没の規模は幅30~40m、段差0.5~2.5mで、阿蘇谷の北部の田園地帯を東北東-南南西方向に貫いている。この陥没帯の生成原因については地盤工学会などで調査・検討されており、断層説と旧河道や軟弱地盤に伴う地盤沈下説が提唱されている。しかし、同地の地盤資料も少ないため、仮説を検証する材料がない状態である。各種調査・検討によって、原因の究明が待たれるところである。

(7) 今回の地震では地震断層が各地で地表に現れた。産業総合研究所の現地調査によると、最大2mを超える断層のずれが確認されている。これらの地表地震断層による直接被害も報告されている。大切畑ダムは県道28号が通る堤体を断層が斜めに横断し、洪水吐等の構造物が大きな被害を受けた。また同ダムに隣接する大切畑大橋は積層ゴム支承が壊れて、橋桁が沈下するとともに橋軸直角方向にずれる被害が発生した。

(8) 地盤の液状化は熊本市を中心として広い範囲で発生した。熊本市南区では、白川と加勢川の間地域で帯状の液状化ゾーンが確認された。このゾーンは、微地形では自然堤防上に位置するが、明治以前の旧河道ではないかという説もある。液状化の被害としては、建物のめり込み沈下や傾斜、マンホールの浮き上がり、電柱の沈下など、既往の地震でも見られたタイプのものであった。熊本市では、液状化マップが公表されているが、液状化マップと今回の地震での液状化地点を比較・検証することによって、液状化予測手法を高精度化することが望まれる。

あとがき

まず私的な話で恐縮ですが、私、家内ともに生まれも育ちも熊本です。とても他人事とは思えません。今回の地震で亡くなられた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々のご健康および被災地域の速やかな復興をお祈りいたします。

私も講習会などで地震の話をすることもあり、日本列島いつどこで地震が起きるか判らないので注意が必要、などの説明をしているが、まさか熊本で地震が起きるとはさらさら思わなかった（私の知り合い殆どがそう思っていたようである）。認識不足、勉強不足である。いつのまにか正常性バイアスが自分自身を含む熊本県人に働いていたのかも知れない。

最初に 4 月 14 日午後 9 時 26 分頃にマグニチュード 6.5 の地震が発生し、益城町では震度 7 の地震動が観測された。後で聞いたところ、九州支社（福岡）の技術者は当日の午後 10 時過ぎには数人で支社に集合して、明日からの調査計画を打合せしたようである。当然 15 日は早朝から熊本へ調査に出発した。その後、著名な東京の大学の先生より連絡があり、熊本に調査に入るとのこと。ただしホテルが取り難いようなので、熊本の我が家（家内が住んでます）に 2 人の先生に泊まってもらった。夕食時に家内が先生に、余震はどうでしょう、と尋ねたところ、余震は大分方面に行っているようだし、熊本はしばらくしたら落ち着くでしょう、という答が返ってきたとのこと。ところが、その日の夜中 1 時 25 分頃にマグニチュード 7.3 の地震が起こり、またもや益城町で震度 7、熊本市で震度 6 強の地震動に見舞われた。その日のニュースで、この地震が本震と発表された。

以上のことからわかるように、震度 7 の地震が 2 回、それも本震が後からやってくるなど誰も想像できなかったと思われる。本報告書の中の写真からもわかるが、前震で生じたダメージが本震でさらに大きくなり、破壊に至ったという構造物や斜面が殆どであろう。

熊本県人としては、熊本城の無残な崩壊、水前寺公園の池の干上がり、阿蘇大橋の崩落、阿蘇神社の桜門の倒壊、というように熊本を象徴する構造物が大きなダメージを被ったことに、かなりショックを受けた。また、立野から阿蘇盆地にかけて斜面崩壊や流動、地盤の帯状沈下、などの被害が数多く生じた。熊本の民話では、大昔、阿蘇は火口湖であり、健甞龍命（たけいわたつのみこと）が立野付近を足で蹴飛ばして、水を流し阿蘇盆地に農地を切り開いた、そして黒川をふさいでいた大鯰を退治した、などの言い伝えがある。このことをよく考えてみると、大昔から地震が繰り返し生じて、現在の立野が形成されたのでは、と想像されるのだが、どうであろうか？

最後になりますが、今回の地震を契機として、熊本城、阿蘇大橋、阿蘇神社等々が、より価値が高く、美しく、便利で、強く、耐久性があるように生まれ変わることを祈念いたします。

謝辞：東京電機大学副学長の安田進教授、同大学の石川敬祐助教には、調査方針の時点から実際の調査、結果の解釈に至るまで、常に的確なご指示を種々頂きました。ここに改めて感謝の意を表します。

取締役九州支社長 田上 裕

営業所一覽表

営業所	所在地	T E L	F A X
本社	〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7 (錦糸町プライムタワー12F)	03-6861-8800	03-6861-8894
技術本部	〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7 (錦糸町プライムタワー12F)	03-6861-8870	03-6861-8896
G I S 事業部	〒581-0033 八尾市志紀町南2丁目125-2	072-920-1332	072-920-1331
設計本部	〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7 (錦糸町プライムタワー12F)	03-6861-8865	03-6861-8896
インフラ保全センター	〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7 (錦糸町プライムタワー12F)	03-6861-8867	03-6861-8896
環境事業部	〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7 (錦糸町プライムタワー12F)	03-6861-8843	03-6861-8894
関東試験室	〒263-0001 千葉市稲毛区長沼原町51	043-298-5231	043-250-4542
関西試験室	〒581-0033 八尾市志紀町南2丁目125-2	072-920-1330	072-920-1331
中国試験室	〒731-0135 広島市安佐南区長束4-13-25	082-238-7227	082-238-7949
北海道支社	〒003-0807 札幌市白石区菊水7条2-7-1 (S-Eビル)	011-822-4171	011-822-4727
苫小牧事務所	〒059-1304 苫小牧市北栄町1-22-66 (H,Gビル)	0144-57-5956	0144-57-5960
函館事務所	〒041-0806 函館市美原4丁目23番28号	0138-84-5917	0138-84-5918
道東事務所	〒085-0805 釧路市桜ヶ岡7-40-2	0154-92-3636	0154-92-3637
東北支社	〒983-0842 仙台市宮城野区五輪2-9-23	022-291-4191	022-291-4195
山形支店	〒990-2481 山形市あかねヶ丘1-16-1	023-645-4411	023-645-4553
青森事務所	〒030-0803 青森市安方2-17-19 (アソルティ青森)	017-722-5861	017-722-5876
盛岡事務所	〒020-0866 盛岡市本宮1-5-23	019-636-0920	019-636-0930
秋田事務所	〒011-0904 秋田市寺内蛭根1-13-13	018-864-4770	018-864-4259
福島事務所	〒960-8043 福島市中町4-20みんゆうビル701	024-525-8232	024-525-8263
関東支社	〒135-0016 東京都江東区東陽3-22-6 (東陽町AXISビル)	03-5632-6800	03-5632-6845
水戸支店	〒310-0022 水戸市梅香2-2-45 (朝日ビル)	029-227-3423	029-227-3422
北関東支店	〒331-0811 さいたま市北区吉野町1-399-20 (桜田ビル)	048-653-7293	048-653-7293
千葉支店	〒263-0001 千葉市稲毛区長沼原町51	043-298-5230	043-250-4542
横浜支店	〒231-0033 横浜市中区長者町5-85 (三共横浜ビル5F)	045-260-6751	045-260-6752
栃木事務所	〒323-0025 小山市城山町2-2-3	0285-20-3123	0285-20-3124
群馬事務所	〒374-0041 館林市富士原町1133-45	0276-76-7055	0276-76-7056
大田事務所	〒145-0064 大田区上池台1-6-8	03-5754-5866	03-5754-5867
足立事務所	〒120-0014 足立区西綾瀬4-3-11	03-5681-7430	03-5681-7431
川崎事務所	〒212-0012 川崎市幸区中幸町3-16-4-1004	044-542-2235	044-542-2236
藤沢事務所	〒252-0807 藤沢市下土棚468 (ペルーガ湘南310)	0466-77-5171	0466-51-2059
藤梨事務所	〒409-0115 上野原市松留293-3 (スカイパーク上野原207)	0554-30-2037	0554-30-2038
長野事務所	〒399-0036 松本市村井町南1-19-21	0263-41-3014	0263-41-3452
北陸支店	〒950-0925 新潟市中央区弁天橋通1-2-34 (尾山ビル)	025-257-1888	025-257-1880
上越事務所	〒943-0895 上越市御殿山町19-48	025-527-2461	025-527-2460
中部支社	〒451-0044 名古屋市中区菊井2-14-24	052-589-1051	052-589-1275
静岡支店	〒422-8062 静岡市駿河区稲川1-7-15	054-284-2010	054-284-2091
金沢事務所	〒921-8054 金沢市西金沢5-273	076-249-4492	076-249-4495
岐阜事務所	〒500-8463 岐阜市加納新本町2-27	058-276-7012	058-276-7015
三重事務所	〒514-0042 津市新町1-5-22	059-291-6850	059-291-6852
浜松事務所	〒430-0853 浜松市南区三島町1743	053-441-0004	053-441-0022
富山事務所	〒930-1301 富山市馬瀬口1	076-483-8710	076-483-8708
富信事務所	〒395-0806 飯田市鼎上山3526-1-3	0265-56-9510	0265-56-9511
関西支社	〒550-0011 大阪市西区阿波座1-11-14	06-6536-1591	06-6536-1503
兵庫支店	〒650-0013 神戸市中央区花隈町33-15 (合和ビル)	078-382-3450	078-382-3451
福井事務所	〒918-8231 福井市問屋町1-10 (ユニックスビル3F)	0776-28-1020	0776-28-1021
福井事務所	〒919-2111 大飯郡おおい町143-18-2	0770-77-3175	0770-77-3176
滋賀事務所	〒520-0037 大津市御陵町5-6	077-526-0755	077-526-3507
京都事務所	〒607-8085 京都市山科区竹鼻堂ノ前町46-4 (オフィスセゾン3FB)	075-582-8348	075-595-4122
奈良事務所	〒630-8114 奈良市芝辻町4-7-6 (新大宮扇ビル2F-B)	0742-32-2015	0742-36-7160
歌山事務所	〒640-8303 和歌山市鳴神551	073-472-8919	073-472-8929
中国支社	〒731-0135 広島市安佐南区長束4-13-25	082-238-7227	082-238-7949
岡山支店	〒700-0975 岡山市北区今3-19-10	086-244-8161	086-244-6165
山口支店	〒753-0831 山口市平井795-8	083-925-2080	083-925-2081
岩国事務所	〒742-0337 岩国市玖珂町5261	0827-81-0810	0827-81-0812
鳥取事務所	〒680-0945 鳥取市湖山町南2-516-10	0857-28-8503	0857-28-8503
島根事務所	〒690-0862 松江市比津が丘1-10-24	0852-60-7305	0852-60-7306
山陽小野田事務所	〒756-0862 山陽小野田市大字小野田4005番地	0836-89-0087	0836-89-0088
四国支店	〒791-8015 松山市中央1-11-20	089-927-5808	089-927-5812
高知事務所	〒780-0071 高知市高埴21-17 (ルミエール高埴1F211)	088-883-0088	088-883-0261
香川事務所	〒761-0303 高松市六条町799-5	087-815-4605	087-815-4633
徳島事務所	〒770-0813 徳島市中常三島町3-8-1 (CITYビル2F)	088-657-0550	088-657-0505
九州支社	〒814-0022 福岡市早良区原2-16-7	092-831-2511	092-822-2393
長崎支店	〒850-0034 長崎市樺島町6-15 (大信ビル)	095-821-7150	095-821-7180
熊本支店	〒862-0954 熊本市中央区神水1-25-11 (北窪ビル)	096-386-1400	096-386-1403
北九州事務所	〒800-0017 北九州門司区永黒1-4-43	093-391-2906	093-391-2914
対馬事務所	〒817-1202 対馬市豊玉町和板307-2	0920-58-2021	0920-58-2021
大分事務所	〒870-0033 大分市千代町1-2-35 (鈴木IIビル)	097-538-9033	097-538-9035
佐賀事務所	〒840-0851 佐賀市天祐2-3-11	0952-25-0261	0952-25-0262
宮崎事務所	〒880-0856 宮崎市日ノ出町142-3 (タイコービル)	0985-25-3267	0985-25-3024
鹿児島事務所	〒890-0011 鹿児島市玉里団地1-61-3	099-808-2671	099-808-2673
沖縄事務所	〒900-0014 那覇市松尾2-5-32-601	098-860-9113	098-860-9114
海外事業本部	〒136-8577 東京都江東区亀戸1-5-7 (錦糸町プライムタワー12F)	03-6861-8885	03-6861-8897
シンガポール支社	60,Kallang Pudding Road #02-00 Tan Jin Chwee Ind.Bldg. Singapore 349320	65-67473233~6	65-67474411
クアラルンプール支社 (現地法人)	No.3 Jalan Kenari 17/D, Bandar Puchong Jaya, 47100 Puchong, Selangor Darul Ehsan Malaysia	60-3-80761377	60-3-80761376
ハノイ連絡事務所	6 Floor TID Building, 4 Lieu Giai Street, Ba Dinh Dist Hanoi, Vietnam	84-4-3232-1034	84-4-3232-1641

Kis●jiban