

報告

～熊本地震の被災状況と雲仙普賢岳・火山災害を振り返って～
平成28年度 防災研修会報告(1)

宮川 隆雄

1. はじめに

防災委員会都市部会は、現地研修により得られた情報から北海道で大規模災害が発生した際の防災・減災に向けての資料とすることを目的とし、毎年防災研修会を実施しています。

平成28年度の日程は、11月22日～24日までの2泊3日、研修地は熊本県(熊本市・益城町・南阿蘇村・阿蘇市)と長崎県(島原市・南島原市)です。参加者は都市部会員10名 水工部会員2名の合計12名が集い、熊本地震の被災状況と雲仙普賢岳の噴火から25年を経過した現状について見学研修してきました。見学研修の報告は、二回に渡り行う予定としており、ここでは一回目として熊本地震について紹介するものです。

2. 熊本地震

(1)地震の概要

①発生日時

- ・前震：2016年(平成28年)4月14日午後9時26分
- ・本震：2016年(平成28年)4月16日午前1時25分

②地震の規模

- ・前震：最大震度7 マグニチュード(M)6.5
- ・本震：最大震度7 マグニチュード(M)7.3

③震源

- ・前震：日奈久断層帯の北東の熊本地方を震源とし、震源の深さは11Km
- ・本震：布田川断層帯が日奈久断層帯と交わる付近、熊本地方を震源とし、震源の深さは12Km

④地震発生メカニズム

- ・都市直下型の横ずれ断層(活断層)

⑤人的被害(2016年5月31日現在)

- ・死者 69名(震災関連死20名含む)
- ・重軽傷者 1,663名

⑥住宅被害(2016年5月31日現在)

- ・全壊、半壊、一部損壊の合計、11万棟超え



図-1 震源の活断層(出典：地震調査委員会)

3. 熊本県・益城町

益城町は、熊本地震の震源となった日奈久断層帯と布田川断層帯のほぼ交差点に位置しています。

震度7を超える前震と本震、そして繰り返す余震(M3.5以上の地震の累計が223回)のため住宅街では、全壊・半壊など多くの住宅被害が発生し、かろうじて損壊を免れた住宅も「危険宅地」との判定に住むことができず、復旧・復興の兆しが、みえない状況でした。

2016年7月28日の熊本日日新聞は、益城町の住宅被害について以下のように伝えております。

“熊本地震で震度7が2度襲う観測史上例のない災害に見舞われた熊本県益城町では、町内の住宅計1万312棟のうち9割以上の1万155棟が被害

を受け、損壊がなかったのはわずか 157 棟にとどまることが 27 日、分かった。町域の広範囲で 1メートル以上の地盤沈下も起きており、復興の大きな課題となりそうだ。

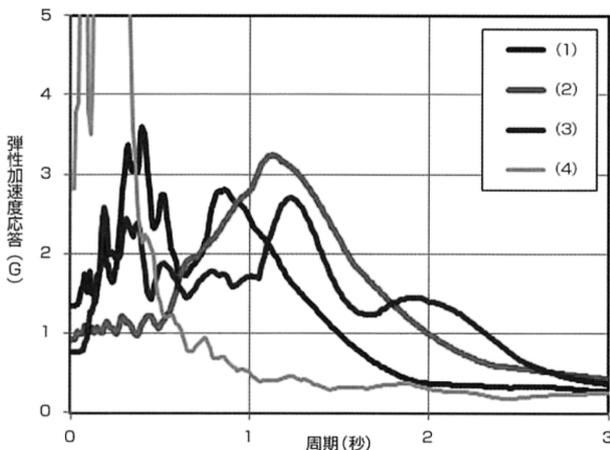
一方、県の被災宅地危険度判定によると、益城町内の宅地 1 万 408 カ所のうち、地盤の液状化や崩壊、亀裂などで「危険宅地」と判定されたのは、14 日現在で 1233 カ所。県全体で判定されたのは 2713 カ所で、半数近くが益城町に集中している。これらの宅地では地盤強化など対策が不可欠。特に活断層付近では、住民は住み続けるかどうかの判断も迫られる”と報じ、被害の甚大さや復旧・復興への課題などに言及しています。



写真-1 活断層の横ずれ状況(益城町郊外)

(1) 益城町の住宅被害が集中したのは

一つの要因として阪神・淡路大震災を上回る破壊力が働いたことが指摘されています。



熊本地震の kik-net 益城 (1)・益城町宮園震度計 (2)
 兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災) の JR 鷹取 (3)
 東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) の k-NET 築館 (4)
 図-2 地震動の弾性加速度応答 (出典：筑波大学・システム情報工学研究科 地震防災・構造動力学研究室)

益城町宮園震度計 (2) では、戸建て木造住宅が最も倒壊し易いと言われている周期が 1 ～ 2 秒の間で弾性加速度応答が 3G を超えており、兵庫県南部地震の JR 鷹取 (3) よりも大きく破壊力のある地震動だったことを示しています (図-2)。

他にも旧耐震基準 (1981 年以前) で築造された住宅の耐震強化が進んでいなかった事や「2000 年基準」で建てられた住宅においても施工ミスなどによる倒壊事例が報告されています。また益城町の宅地は盛土により造成されている地域が多くあり、住宅被



写真-2 1 階部分が全壊した家屋



写真-3 布基礎の変状と筋違い



写真-4 秋津川沿い家屋の全壊と擁壁の変状

害が多発したと考えられています。

益城町は2つの活断層上に位置していることから今後も同様の被災が想定されています。他にも現行建築基準法の見直しや、危険宅地の解消、地盤の変状対策など、復旧・復興に当たって多くの難しい課題が示されています。仮設生活を余儀なく強いられている益城町の住民の方達が、安全で安心な暮らしを取り戻すには、示された課題の一日も早い解決が重要だと感じました。

4. 熊本市・熊本城

熊本城に残る重要文化財(重文)は、安土桃山時代から江戸時代にかけて築かれた11棟の櫓、1棟の櫓門、1ヶ所の堀からなっています。城内で重文に指定されている13件の建造物の全てが何らかの被害を受け、半数近くが倒壊しました。

城内は立ち入り禁止となっており、遊歩道から城や櫓、石垣などを概観するに止まり、重文の被災状況は見学することが出来ませんでした。

(1) 熊本城天守の被害

熊本県を代表する観光地の熊本城は、1960年に鉄筋コンクリート(RC)造で復元されたものです。復元当時の建築基準法の耐震基準は、現行の基準に比べると強度が低いため、熊本市は天守の耐震改修を検討していましたが、未着手の状態で行った地震に遭遇しました。大小天守の被害は本震で拡大し、大天守は天守台の石垣の一部が崩壊した影響で、小天守側に傾斜している疑いがあるとされています。大天守の屋根瓦が崩れ落ち、鯨が消失していることに、地震動の激しさを実感させられました(写真-5)。



写真-5 大天守の屋根瓦の被害



写真-6 熊本城入口・倒壊した石垣



写真-7 左 小天守・中央 宇土櫓・右 大天守

(2) 飯田丸五階櫓の倒壊防止

熊本城の大天守同様に、熊本市中心街からも見ることのできる飯田丸五階櫓は、現行の建築基準法に準じ、2005年に木造で復元されました。

本震により石垣が大きく崩れ、倒壊はまぬがれたものの一部が、たわんだ状態となっしまい二次被害を防ぐために、倒壊防止緊急対策工事が行われ、現在は安定を保っています。

写真-8は熊本市内「辛島公園」から撮影したのですが、右端には熊本城大天守が見えています。

飯田丸の倒壊防止緊急対策工事に関しては、「橋桁を転用し“落城”阻止」と題して日経コンストラクション2016.9.26号に詳細な内容が掲載されています。

(3) 戌亥櫓の被害

西出丸の北西隅にある戌亥櫓は、平成15年に木造で復元された櫓です。加藤神社に向う遊歩道からは、被災状況を最も良く観察することができました。櫓に続く石垣の状況が地震動の激しかったことを物語っています(写真-10・写真-11)。



写真-8 熊本市街からの飯田丸五階櫓



写真-11 戌亥櫓 石垣の抜け落ち



写真-9 城彩苑付近からの飯田丸五階櫓



写真-12 未申櫓の石垣被害



写真-10 戌亥櫓石垣被害



写真-13 城彩苑「桜の小路」

(4) 未申櫓の被害

西出丸南西隅にある未申櫓は、戌亥櫓と同時期の平成 15 年に復元された櫓です。この櫓に続く石垣にも顕著な被害が見られました。

(5) 桜馬場・城彩苑

桜馬場・城彩苑は、熊本のシンボルである熊本城から、地域の文化や歴史、伝統を発信し、お城と城下町の魅力を高めることをコンセプトにして、誕生

した施設です。「桜の小路」での食事、総合観光案内所なども設けられており、城内見学に当たっては是非立ち寄ることをお勧め致します。

熊本城の復旧復興費は、日本文化庁の試算では石垣の撤去や積み直しなどの総修復費用に約 354 億円を要するとした試算を明らかにしています。

熊本市では、石垣の修復費に天守など櫓の修復費を加えると約 600 億円の費用がかかると推算して

います。完全修復には20年の歳月を要すると推測されていますが、この歴史的建造物を後世に残すために修復期間に捉われず、よりよいものに還元したいとの考えを示しています。

5. 南阿蘇村・阿蘇大橋

阿蘇大橋は、国道57号から国道325号側に分岐後間もない黒川に架かる橋梁でした。

橋梁の諸元は、橋長205.9m・主径間132.2m、総幅員は8.8m、形式は上路式トラス逆ランガー桁橋で、1970年(昭和45年)に竣工されたものです。

4月16日に起きた本震で、西側の山が大崩壊し(長さ約700m、幅約200m、崩壊土砂量500,000m³)豊肥本線・国道57号もろとも阿蘇大橋は橋台と桁の一部を残して崩落しました。

阿蘇大橋の被災現場に集っているのは、研修会の一行です。斜面の大崩壊と、200mを超える橋梁が消失している状況を目の当たりにし、各自の思いや意見交換をしているところです(写真-14)。

左隅に見えているのが、右岸側A1橋台です。橋

台を残して他の部材は、土砂で押し流され崩壊土砂の下に埋もれてしまっています。

手前右には「あそおほし」と記されている親柱が、無傷のままに残されていたのが印象的でした(写真-15)。

左岸A2橋台から落橋防止装置が引きちぎられ、無残にも落下している橋桁の一部がみられます(写真-16)。阿蘇大橋は、地震前にトラス部材の一部をダンパーブレースに替え耐震化を施していたにもかかわらず、崩落してしまいました。

(1)大規模斜面崩壊の想定メカニズム

出尾根の緩み岩盤が崩壊、湖底堆積物上ですべり出し二次崩壊を招きました。崩壊した土砂量約50万m³のうち、10万m³ほどが、崩壊地の中腹や緩勾配の地形に堆積し、多くは黒川に流出しました。

崩壊地の滑落崖直下には、大小無数の岩塊や転石がみられ降雨や振動などにより、滑落する危険性がまだ残されています(写真-19)。

阿蘇大橋崩落の現時点での推定要因は、①地震動



写真-14 阿蘇大橋 崩落箇所



写真-16 左岸A2橋台 落下した橋桁



写真-15 A2橋台からA1橋台を望む



写真-17 A2橋台の桁座



写真-18 崩落現場全景



写真-20 東海大学へ至る並木道



写真-19 崩壊地滑落崖

間近にある東海大学に至る並木道を散策しました。今も地震前と何も変わっていない並木道、それに比べて阿蘇大橋の崩落現場があまりにも無残に映り、地震災害の凄まじさを物語っていました。

崩落現場では熊本市内の大学生が、行方不明となり、平成 28 年 8 月に残念ながら遺体で収容されています。このような悲惨な事態を招くことの無い「新阿蘇大橋」の復旧が一日も早く成ることを願わずにはられませんでした。

6. 阿蘇市・陥没性断裂

日本応用地質学会 熊本・大分地震災害調査団は、阿蘇カルデラ内に出現した陥没性断裂とその周辺の地形変位について現地調査による確認を行っています(内牧地区・的石地区・狩尾地区)。

調査後の調査報告速報版その 1(速報版)では熊本地震に伴い阿蘇カルデラ内北西部の低地には、陥没を伴う断裂群が約 10Km に渡り断続的に出現し、水平変位が 3 ~ 5m 生じた事などについて報告されています。

当研修会においては、見学してきた的石地区と狩尾地区について報告します。

(1) 阿蘇市・的石地区 大正橋

黒川左岸の橋台コンクリートが破断され、速報版に示す水平変位と同様の 3m 程度が堤防盛土の内側に、ずれ込んでいました(写真-21・写真-22)。

黒川沿いには圧縮性の変状が多数発生し、大正橋付近では地震後河床に中州が出来たという情報があり、水位が 2m 程度上昇したため、緊急対策として約 100m の区間にわたって、およそ 7,000m³ の

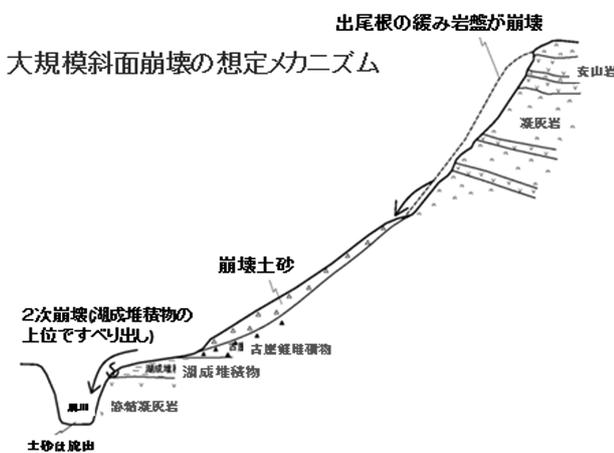


図-3 阿蘇大橋付近大規模 斜面崩壊の想定メカニズム (出典：土木学会地盤工学委員会)

の揺れ②崩壊土砂の衝撃③基礎もろとも支持地盤が谷川へ滑動などの可能性について指摘されています。真相の究明に当たっては、土砂に埋まった基礎や杭、谷底に流された橋梁部材の破壊形態などの調査結果を待つこととなりますが、早期の崩落メカニズムの解明が望まれているところです。

(2) 再び阿蘇大橋を訪れて

過去に阿蘇大橋を初めて訪れた際に、期せずとも



写真-21 左岸 橋台コンクリートの破断



写真-24 左岸橋台の落橋防止装置



写真-22 左岸 橋台コンクリートの破断



写真-25 大正橋左岸下流側



写真-23 桁下に残された流木



写真-26 道路の復旧状況

土砂を浚渫した事が、報告されています。

桁下には、水位上昇時の痕跡として流木が残されていました(写真-23)。

大正橋は、左岸橋台コンクリートの破断が見られたものの、落橋防止装置には大きな変状は無く、橋桁も安定な状態を保っていました(写真-24)。

(2)阿蘇市・狩尾地区 陥没性断裂(地溝)

阿蘇市・狩尾地区では陥没が発生し、人家の庭先や道路を寸断していたのですが、道路はアスファルト舗装により復旧され、片側交互通行規制により、

供用されていました(写真-26)。

陥没帯は落差 1.0 ～ 1.5m 程度、幅は数十メートルに及び、人家裏や水田には陥没した状態が残されたままになっています。陥没後の水たまりは、温泉が湧き出たことが報告されています(写真-28)。

なお速報版には、“本報告は、地形データの解析および地表踏査で得られた情報を取りまとめたものである。今後、地盤を構成する地質や地質構造に関するより詳細な情報、阿蘇カルデラ地域全体を含む広域における変位情報も加え、陥没性断裂の発生原因



写真-27 陥没箇所を法面で修復



写真-29 人家裏の陥没



写真-28 陥没帯と水たまり



写真-30 水田の陥没

や側方移動した地層の分布範囲・深度などを検討していく必要がある。更に被害箇所については、周辺の広範囲の地盤の「変動」を念頭に置いて復旧に当たる必要がある”と結ばれており、今後の詳報が待たれるところです。

7. 熊本地震からの問いかけ

(1) 本震・余震・前震

東京大学地震研究所の平田直教授は、地震活動について、「NHK そなえる防災」のコラムで以下のように述べています。

“熊本地震では、顕著な前震活動がありました。一般に地震は群れを成して発生する傾向があり、マグニチュード(M)が最大のものを「本震」、それより前に発生したものを「前震」、後で発生した地震を「余震」と言います。今回は、14日夜の地震(M6.5)の後、中小の地震が多発し、この段階では、本震—余震型の地震活動と考えられていました。ところが、16日未明に、M7.3の地震が発生し、最初に発生

した地震が前震で、後から起きた地震が本震であると分かりました。(中略)

今回のようなケースで最初の地震が前震だと判断できれば、防災上有益な情報になります。しかし、前震かどうかを判断することは、現在の地震学では大変難しく、事実上、できません。確実に言えるのは、大きな地震が発生すれば、必ず余震が発生するということです。M7.3の地震があれば、M5～6程度の余震があるのは普通です。注意しなくてはならないのは、余震は、地震の規模が本震より小さくても、発生する場所が自分のいる場所に近く、震源が浅ければ、本震の時の揺れより大きくなる可能性もあるということです。”

私は、地震(本震)が発生したその後に起きる地震の全てを余震と称し、地震規模が最初より大きくなることは無いという認識を持っていました。しかし熊本地震では2度目の揺れが本震となり、家屋の倒壊や人的被害の拡大が伝えられ、地震活動に関する

認識を新たにすることとなりました。

これらを踏まえ、余震が続く間の行動は、今まで以上に慎重でなければならないことを、改めて肝に銘じました。震度7を超える前震と本震、そして数多く繰り返された余震など、観測史上例を見ない熊本地震の貴重な教訓として、後に受け継いでいきたいものです。

(2)耐震化の重要性

熊本県宇土市の本庁舎や熊本市民病院など耐震化以前の公共施設が著しい損傷を受けました。また益城町役場は、耐震化しているにも拘わらず損傷するなど、防災拠点となる公共施設が使用不能に陥り市民の避難や支援に影響を及ぼしました。

住宅などの家屋は、基礎部分がコンクリートでは無く石に木の柱を立てた簡易な構造だったり、現行基準より重い屋根瓦が使われるなど、旧耐震基準での全壊が目立ち人的被害に繋がりました。国の調査では全国の住宅約5,200万戸のうち新耐震基準を満たす住宅は全国で約82%、熊本は76%にとどまり耐震化の遅れが報告されています。

熊本城の天守も耐震改修前に被災する等、耐震化の遅れが市民の避難や支援、人的被害、復元・復興などに影響を及ぼしています。耐震化に当たっては、予算の確保をはじめ、耐震基準の見直しや地震防災に対する市民の意識向上など、多岐にわたる課題が提示されており、国や自治体、専門家、国民が一体となって推し進めていかなければならない重要な事だと捉えられていました。

(3)北海道にも直下型・活断層地震

熊本県では活断層を震源とする地震の発生確率は小さいものとされていましたが、現実には最大マグニチュード7.3 最大震度7の大規模な地震が起こっています(表-1)。

北海道には①～⑨の9つの活断層が分布しており、それぞれの将来引き起こす可能性のある地震のマグニチュード【1】や地震発生確率【2】などの特徴をまとめたものを図-4に示しました。

これら9つの活断層はいずれも過去のデータが乏しく予測に限界があるとしています。熊本地震の震源となった活断層も、地震発生確率は、ほぼ0～

「平成28年熊本地震」過去の予測されていた発生確率と現実

熊本地震の震源になった布田川・日奈久断層で過去に予測されていた地震発生確率とマグニチュード			
震源断層	マグニチュード	予測されていた地震発生確率(2015年1月1日～30年以内)	
布田川断層帯	布田川区間	7.0程度	ほぼ0～0.9%
	宇土区間	7.0程度	不明
	宇土半島北岸区間	7.2程度以上	不明
日奈久断層帯	高野-白旗区間	6.8程度	不明
	日奈久区間	7.5程度	ほぼ0～6%
	八代海区間	7.3程度	ほぼ0～16%

※地震調査研究推進本部参考

現実 平成28年熊本地震本震(4月17日) 最大マグニチュード7.3 最大震度7(益城町)

表-1 活断層における地震発生確率 (出典：財界さっぽろ 2016・6月号)

北海道の活断層と予測される地震発生確率 ※【1】予想されるマグニチュード 【2】予測される地震発生確率

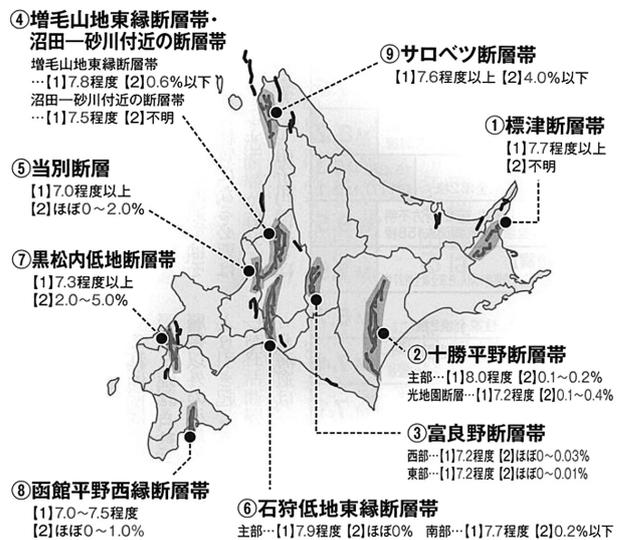


図-4 北海道の活断層の特徴 (出典：財界さっぽろ 2016・6月号)

16%と予測されていました。「九州と北海道の活断層には大きな違いがあります」と語る北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究センターの勝俣准教授は以下のように解説しています。

“熊本に限らず、九州は全体的に断層の動きが活発です。2005年には最大震度6弱の福岡西方沖の地震が起きました。これも内陸型地震です。道内の9活断層帯に限れば、九州のように活発なものではないことはわかっています。地震の頻度も2,000年～3,000年に1回、もしくは1万年に1回あるかないかと考えられています。9活断層帯、北海道ではそれほど神経質になる必要は無いでしょう。一方で、弟子屈付近では過去において今回の熊本地震のように、断層のズレが地表でも見られ

る地震が発生しています。これははっきりと活断層だと確認されている9断層帯以外の小規模な断層により引き起こされた地震でした。

北海道は、開拓以前の資料が少ないため、予測や調査には限界があります。地震本部が示している地震発生確率も、少ないデータをもとにかなり強引に算出した数字になっています。確認されていない活断層も存在すると考えるのが妥当でしょう”

(4) 札幌直下型地震を引き起こす“月寒断層”

札幌市にも震源となる活断層があると推測されています。万が一、厳冬期に熊本のような地震が起きた場合、8,000人を超える死者が出ると想定されています。

札幌市は将来、震源となるだろう活断層を推定し、実際に発生した場合の被害の全体像を「地震被害想定」として発表しています。

震源と想定したのは「西札幌背斜に関連する断層(西札幌断層)」「月寒背斜に関連する断層(月寒断層)」「野幌丘陵断層帯」の3つです。

いずれも地表では、はっきり確認されていないため、「伏在活断層」と呼ばれています。このうち最大級の被害をもたらすと考えられているのが「月寒活断層」です。伏在活断層を図-5に示していますが、想定される地震の最大規模はマグニチュード7.3

震度7の巨大なものとされています。被害も甚大で建物被害、火災、崖崩により、夏1,789人、冬2,050人が死亡し、冬は地震発生時から24時間以内に救出されない場合の凍死者が587人増え2,637人に、厳冬期の凍死者は6,184人増え死者は8,234人にのぼると想定されています。

2010年には清田区真栄付近を震源とする直下型地震が発生しています。地盤が弱い北広島市大曲地区や震源のすぐそばでは、震度4～5弱と推定されています。大曲中学校は天井の吸音板が剥がれ、清田区のゴルフ場で大きな地滑りが発生する被害も出ています。

札幌直下型地震がいつ起きるかは、活断層が推定段階のため予測はできておらず、地震学者の中でも札幌の真下に活断層が本当にあるのかどうか、意見が分かれているのが実態のようです。

地震の発生確率が小さいと言われていた九州・熊本県での地震を契機として私達の住む北海道と札幌市の直下型地震の起こる可能性について資料を参考に問いかけてみたものです。

いつ、どこで、どのような規模で起こるか分からない自然の驚異「地震」に備えていこうではありませんか「備えあれば憂いなし」です。

8. おわりに

研修中の11月23日、熊本市街の花畑広場において偶然にも「城下町熊本復興祭」が開催されていました。復興ボランティア活動として行われていた会場では、「くまモンバルーン」のもとに屋台の出店や、



写真-31 「くまモンバルーン」

緊急特集 再考 北海道の地震

■札幌の伏在活断層(札幌市の推定)



図-5 札幌の伏在活断層
(出典：財界さっぽろ 2016・6月号)

音楽などのステージイベントが開催され、多くの市民が集っていました。

イベントの収益全ては、熊本城の復興支援として寄付されることに、熊本市民の「熊本城」復旧・復元への強い思いが伝わって来ました。

このような復興ボランティア活動などが、被災地熊本を支え、復旧・復興へと繋がって行くことを願って、イベント会場を後にしました(復興祭 PIC イベント案内 HP)。

(1)熊本城の「復興城主」制度

熊本市は平成 28 年 11 月 1 日、熊本地震で被災した熊本城の復旧・復元に向け「復興城主」制度を開始しています。支援金を 1 口 1 万円以上寄付した人は復興城主として「城主証」「城主手形」の発行、「デジタル芳名板」へ名前が掲載されるなど、多くの特典が設けられています。

私は細やかですが寄付をし、「復興城主」になっています。皆様も熊本市を訪れた際には、「熊本城の復旧・復元」支援として「復興城主」になってみては如何でしょうか。詳しくは「熊本城公式ホームページ」をご覧ください。

結びとしますが、日本の国土は、4 つのプレートが、せめぎ合い、数多くの火山や活断層が分布し、マグニチュード 7.0 級の地震がどこで起きてもおかしくない環境下に置かれています。

兵庫県・阪神淡路大震災や先に述べている熊本県・熊本地震などは、地震の発生確率が極めて小さいものとされておりました。北海道も決して他山の石ではあり得ません。このような国土の特徴を真摯に受け止め、想定されている地震に備え、防災・減災の知識の蓄積、研鑽に努め、北海道に於ける大規模災害時の資料提供の一助になりたいと考えているものです。

見学研修の後は、一日の疲れを癒す夕食会。被災地の話題や、次年度の見学研修候補地は、等々意見交換で大いに盛り上がりました。

【焼酎を酌み交わしながら一首】

こめ気品 夏の想いで むぎ香り

いも 華やかな 肥後の宵酒

柴田技術士の「感性あふれる発想」、渡辺技術士の「お酒をこよなく愛する心」、これらの談笑をもとに一首、詠んでみたものです。



写真-32 雲仙岳を背景に研修会・参加一同

引用文献

- 1) 土木学会 地盤工学委員会
- 2) 2016 年 7 月 28 日の熊本日日新聞コラム
- 3) 日本応用地質学会 熊本・大分地震災害調査団調査報告速報版その 1
- 4) 熊本城公式 HP
- 5) 「阿蘇大橋」ウィキペディア
- 6) 復興祭 PIC イベント案内 HP
- 7) 「熊本地震を検証する」(視点・論点)NHK 解説委員室 2016 年 04 月 29 日(金)
- 8) 毎日新聞 論点「どう見る 熊本地震」
- 9) 「財界さっぽろ」2016.6 月号(緊急特集 再考北海道の地震から)
参考：産業技術総合研究所「地震調査研究推進本部」
- 10) 産業技術総合研究所
「地震調査研究推進本部・地震調査委員会」
- 11) 札幌市「第 3 次地震被害想定」
- 12) 筑波大学システム情報工学研究科
地震防災・構造動力学研究室 HP
- 13) 「NHK そなえる防災」コラム 第 15 回熊本地震

宮川 隆 雄 (みやかわ たかお)

技術士(建設部門)

防災委員会都市部会
株式会社イズム・グリーン

