

季刊

消防防災の科学

秋
2016

特集

平成28年熊本地震(1)

126

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



平成28年 台風第10号豪雨災害



岩手県久慈市川崎町：アンダーパスで浸水した乗用車
2016年8月31日撮影（写真提供：久慈市）



岩手県久慈市山根木売内被災の様子
2016年9月4日撮影（写真提供：久慈市）

平成28年 台風第10号豪雨災害



岩手県岩泉町乙茂地区：高齢者グループホームで9人が犠牲になるなど甚大な被害
2016年9月1日撮影（写真提供：岩手県岩泉町）



岩手県岩泉町 国道455号（岩泉橋前）被災の様子
2016年8月31日撮影（写真提供：岩手県岩泉町）

消防防災の科学

No.126 2016. 秋

巻頭随想

減災時代の洪水対策

NHK解説委員

阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター 上級研究員 山崎 登 4

特集 平成28年熊本地震 (I)

- 1 熊本地震～内陸の浅い地震の脅威～
東京大学地震研究所教授 平田 直 7
- 2 熊本地震による建築物被害と今後の課題
国立研究開発法人 建築研究所 研究専門役 向井 昭義 12
- 3 平成28年熊本地震による地盤、土砂災害と創造的復旧・復興に向けて
(公社)地盤工学会 平成28年熊本地震地盤災害調査団 副団長 (九州大学) 安福 規之 19
- 4 熊本地震後に発生した火災事例調査報告
神戸大学都市安全研究センター教授 北後 明彦 25
- 5 平成28年熊本地震～被害から学ぶもの
熊本大学大学院自然科学研究科教授 松田 泰治 33
- 6 熊本地震から考える震度と情報
日本大学文理学部社会学科教授 中森 広道 40

■コラム

防災を分解するー米国風解体新書ー

消防庁消防研究センター 研究統括官 長尾 一郎 45

■災害レポート

川崎市日進町簡易宿泊所火災原因調査結果について

川崎市消防局 47

■防災レポート

市区町村における携帯電話やスマートフォンを活用した情報収集・伝達の仕組みの整備状況に関する調査報告 (概要)

一般財団法人 消防防災科学センター 56

■連載講座

連載 (第32回)

江戸の木戸は放火防止柵 作家 童門 冬二 60

地域防災実戦ノウハウ (89) ー熊本地震災害の教訓と課題 その1 ー 日野 宗門 62

火災原因調査シリーズ (82)

ガス給湯器からの出火事例 さいたま市消防局 67

編集後記 73

カラーグラビア

平成28年台風第10号豪雨災害

岩手県久慈市川崎町：アンダーパスで浸水した乗用車

岩手県久慈市山根木売内被災の様子

岩手県岩泉町乙茂地区：高齢者グループホームで9人が犠牲になるなど甚大な被害

岩手県岩泉町国道455号 (岩泉橋前) 被災の様子

減災時代の洪水対策

NHK解説委員 山 崎 登

阪神・淡路大震災記念

人と防災未来センター 上級研究員

《みえてきた治水対策の限界》

2015（平成27）年9月、茨城県常総市を流れる鬼怒川の堤防が決壊し、流れ出た濁流が住宅地を押し流し、取り残された人たちが住宅の屋根やベランダで救助を求めている映像は、大きな河川の堤防が決壊した時の洪水の怖さを強く印象づけた。また2016年8月には台風10号の影響で、岩手県岩泉町の小本川が氾濫し、近くにあった高齢者のグループホームの入居者9人が亡くなった。観測史上初めて東北地方の太平洋側に上陸した台風10号は北日本に記録的な大雨をもたらし、北海道と岩手県、青森県で17の河川が氾濫し、このうち北海道の札内川と空知川の堤防が決壊した。こうして最近の大雨は西日本ばかりでなく、東日本や北日本でも河川の氾濫に備えておく必要があることを教えている。

河川の洪水対策は、河の中で水を安全に流す「河道内制御」という考え方に基づいている。この取り組みを進めるために、全国でダムを建設し下水道や堤防を整備し、時には蛇行している河川を直線化する工事を進め、降った雨を河川に集めやすくし、河の中から出さないようにして海に流すことを目指してきた。これによって雨が降っても革靴で歩ける便利な町ができ、川沿いの低い土地が住宅地や工場用地に変わった。

しかし最近、各地で想定を超える雨が降るようになったことに加えて、厳しい財政状況などの影

響で堤防などの整備が追いつかず、大きな洪水被害が目立つようになった。こうして最近の洪水の被害状況からは、治水思想を転換する時期がきていることがみえてくる。

そこで本稿では、今後「どう治水するか」というハード対策と、「どう避難を進めるか」というソフト対策の両面から洪水対策を考える。

《治水対策を歴史に学ぶ》

大雨による河川の氾濫が目立ち始めた2000（平成12）年の河川審議会の答申は、昔の人の知恵を保存、継承し、現代社会の中で活用することを提言した。

たとえば甲斐の国、現在の山梨県の領主だった武田信玄は、現代にも通じる治水思想をもっていたことで知られている。甲府盆地は御勅使川、釜無川、それに笛吹川が運んでくる土砂によって作られた扇状地で、対策をしないと住める土地が少ない。そこで武田信玄は南アルプスの山あいから甲府盆地に向かって流れる御勅使川を盆地の付け根のあたりで「将棋頭」と呼ばれる将棋の角の形をした石積みにぶつけて川の流れを変え、さらに「高岩」と呼ばれる大きな岩にぶつけて勢いを弱めた。

その後、釜無川となって流れる川に「信玄堤」と呼ばれる堤防を築き市街地を守った。この堤防には「霞堤」と呼ばれる不連続な堤防が造られた。

「霞堤」は大雨が降った際に堤防と堤防の間から水を溢れさせ、水を一気に下流に流さないように工夫した堤防だ。

こうした信玄の治水から学ぶべき点は流域全体を使って対策を考えたこと、降った雨を分散させて勢いを弱めたこと、さらに川は時には溢れるものだというを前提にしたことだ。



信玄堤（山梨県甲府市）

《今後のハード対策の視点》

現在でも一部の地域では、流域全体を使って対策を進めようとしている。その一つが「田んぼダム」だ。これは大雨の時に田んぼに一時的に水を貯め、河川の負担を減らし、住宅地や商業地などの被害を減らそうというものだ。2004（平成16）年の豪雨で大きな被害を受けた新潟県では、長岡市や見附市など11の市と町の1万近く近い田んぼをダムとして活用している。田んぼダムの活用は兵庫県や福井県でも始まっている。

周辺に田んぼや畑が少ない都市部でも流域に目を向け始めた。東京や横浜を流れる鶴見川周辺では、一定規模以上の開発を行う場合、雨を貯める施設を作ることが条例などで求められている。このため私鉄の車両基地の建物の下や住宅地の中に雨の貯留施設が次々に作られた。施設の数約3300基で、約270万トンの雨水を貯めることができる。これは小さなダム一つ分の貯水量である。

こうした取り組みは愛知県の新川や大阪府の寝屋川などでも行われている。

次に考えるべきは、守るべき土地の優先順位だ。現在は上流も下流も、住宅地も商業地も工業用地も農地も、すべてを均等に守ることを目的としている。今後は地域の合意形成を進め、いざという時には周辺の空き地や田んぼなどに水を溢れさせ、市街地の被害を少なくしていくことを視野に入れる必要があると思う。

つまり現在の洪水対策に欠けているのは河川の流域全体をどう管理し、防災に結びつけるかという総合的な政策だ。現在の洪水対策は国土交通省の水管理・国土保全局など河川管理者が中心になっているが、今後は都市計画や建築の部局、農地を担当する農林水産省、自治体の防災対策に関わる消防庁などが縦割り行政の弊害を廃して連携を強める必要がある。

《これからのソフト対策》

ハードと並んで重要なのがソフト対策だ。危険が迫ったら早めに避難することが防災の基本だからだ。しかし住民の避難は容易に進まない。多くの住民が自分だけは大丈夫だと思い込んでいることや、自治体の避難勧告が出なかったり、遅れたりするなど行政の対応に不備があるからだ。

ソフト対策を進めるうえで最も重要なことは、住民一人一人が危険を察知し、自らの判断で避難できるようにすることだ。そのためには住民が住んでいる場所の正確な情報を持つことが必要で、自治体が住民に周知している洪水のハザードマップの役割が大きい。

ところが去年の鬼怒川の災害では、ハザードマップが防災に生かされていない実態が明らかになった。災害後に中央大学が常総市の住民500人余りに調査したところ、61%の人が「ハザードマップを知らない、見たことがない」と答えた。「家族でハザードマップの内容を確認していた」

は7%、「ハザードマップを見て、自分の家がどの程度浸水する可能性があるかわかっていた」は6.4%しかなかった。

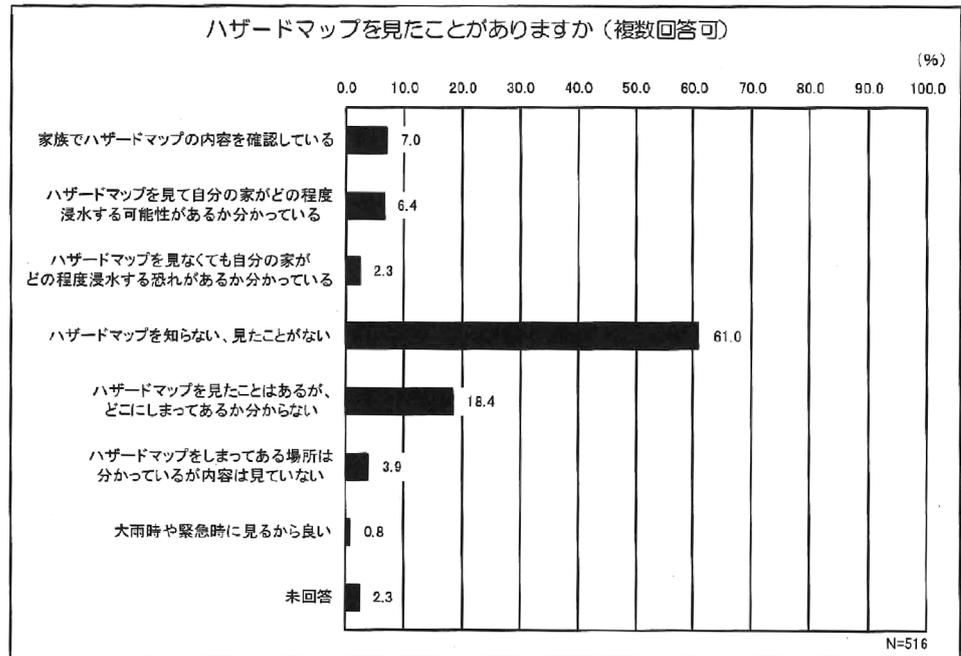
できたハザードマップを配って、そのままという自治体が多いのが現状だが、それでは見なかったり、どこかにしまったままになっている住民が多くなってしまふ。そこで住民の集まりに市の防災担当者が出かけていっ

て、ハザードマップの内容や見方を説明する「出前講座」を実施している自治体や防災訓練の前にハザードマップを確認してもらっている自治体もある。

このほか町全体をハザードマップのようにしてしまう取り組みを行っているところもある。たとえば東京の江戸川区役所の前に立てられている荒川の水位の表示塔は過去の洪水での浸水の深さを示すと共に、荒川の水位と連動して現在の水位が動くように工夫されている。また町の中の電柱や建物の壁などにどこに避難場所があるかなどのステッカーを貼って、日頃、町を歩くだけで、ハザードマップの内容がわかるようにしようとしているところもある。こうした取り組みを全国で進め、危険が迫ったら自分で避難できるように住民を支援して欲しい。

東日本大震災の後、地震や津波対策では「減災」という考え方をするようになった。「減災」は災害を抑え込むのではなく、自然と折り合いをつけ被害を少なくする対策を進めていこうというものだ。鬼怒川の決壊など最近の洪水は、雨の降

ハザードマップを見たことがありますか？（複数回答可）



(中央大学調査)

り方が変わり、被害の様相が変わってきていることを教えている。洪水対策も「減災」の考え方で進める時代になったということだと思う。



荒川の河川水位をリアルタイムに表示 / 過去の洪水時の荒川の水位を表示（東京都江戸川区役所前）

□熊本地震 ～内陸の浅い地震の脅威～

東京大学地震研究所教授 平田 直

はじめに

2016年（平成28年）熊本地震は、我が国の内陸で起きる典型的な地震で、都市と中山間地の地震として大きな災害をもたらした。震度7という強い揺れが、28時間を経て2度熊本県益城町を襲い、死者126人、重傷者約920人、軽症者約150人、全壊住家8千余棟、半壊3万余棟、一部損壊約14万棟の被害をもたらされた（10月20日現在、消防庁¹⁾）。ピーク時には18万人が避難した。100人以上の犠牲者が出た震災は、2011年東北地方太平洋沖地震による東日本大震災以来であった。この地震から得られる教訓をまとめる。

1. 熊本地震の特徴

1.1 熊本地震

2016年4月に熊本地方を襲った熊本地震²⁾は、日本が地震列島であることを改めて認識させた。熊本県上益城（ましき）郡益城町では、4月14日午後9時26分のマグニチュード（M）6.5の地震と、4月16日午前1時25分のM7.3の地震で、震度7の揺れが2度観測された（図1）。震度7が観測されたのは2011年東北地方太平洋沖地震以来のことで、28時間を経て同じ場所で震度7が観測されたのは、気象庁の観測史上初めてである。日本では周辺の海域も含めれば、M7程度の地震は毎

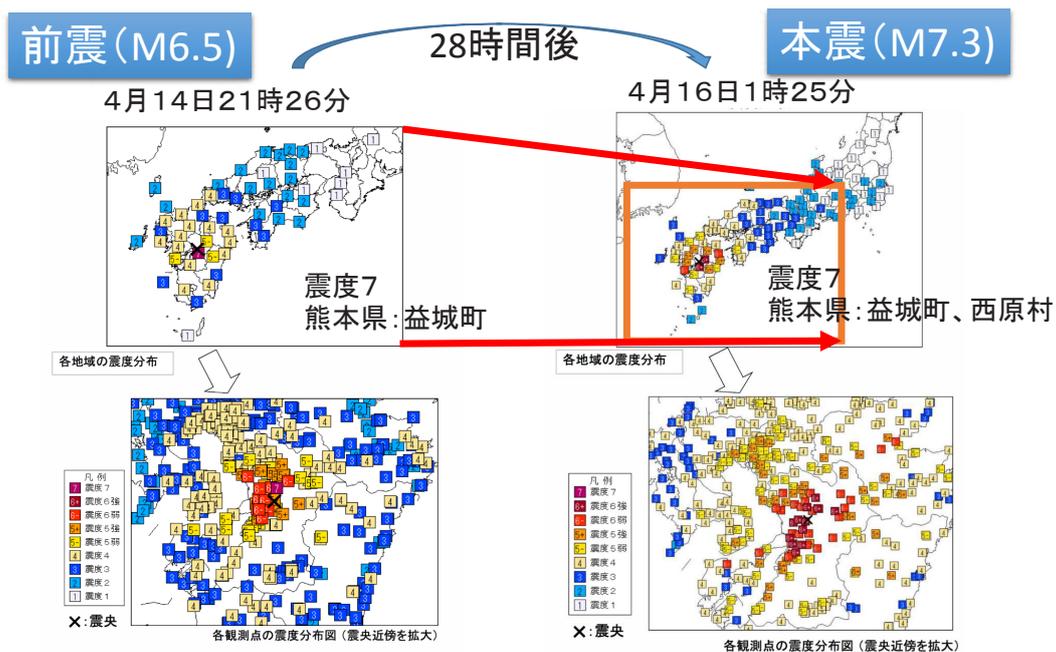


図1. 震度7を記録した熊本地方の二つの地震 © 気象庁

年1～2回発生しているが、それでもM7.3の内陸の浅い地震は、近年では1995年兵庫県南部地震、2000年鳥取県西部地震以来である。内陸の浅い地震が都市のそばで発生すると大きな被害をもたらすことをあらためて知らしめた。

1.2 事前に予測されていた地震と強い揺れ

九州中部には多くの活断層があり、中小の地震活動も活発な地域である。日本には約2000の活断層があり、政府の地震調査委員会はこのうち約100の主要活断層の活動を評価している。本震が起きた布田川断層帯の布田川区間では、平均のずれの速さが0.2m/千年で、1回のずれは約2mと考えられ、30年以内に地震が発生する確率は「ほぼ0%から0.9%」とされていた⁽³⁾。熊本地震では、布田川断層帯に沿って、地表に地震断層が出現した(図2)。この活断層は、地震調査委員会が評価した全国の主要活断層のなかでは、「やや高い」と分類されている。しかし、「0.9%」と言われても実感が湧かないかもしれない。

そこで、地震調査委員会は、活断層を個別に評価するだけでなく、地域の危険度を総合的に評価する方法を導入した。「活断層の地域評価」と呼ばれるもので、九州地域で最初の地域評価がおこなわれた。続いて関東地域と中国地域の評価が公表された。九州中部でM6.8以上の地震が30年以内に起きる確率は「18～27%」、九州全体では「30～42%」とされている⁽³⁾(図3)。この確率は、



図2. 熊本県益城町に堂園出現した地表地震断層 (2016年5月14日撮影 © 平田直)

日本の他地域と比較しても高い値である。

しかし、防災上本当に重要なことは地震の発生する確率の大小ではなく、各地点で強い揺れに見舞われる可能性の大小である。2016年版の全国地震動予測地図によれば、益城町で30年以内に震度6弱以上に見舞われる確率は10～28%程度である⁽⁴⁾。

この値も大変高い。つまり、熊本地方では、地震が発生する確率も、強い揺れに見舞われる可能性も高かったのである。ただし、この情報が必ずしも正しく理解されず、防災に活かされなかった面があることは、今後課題を残した。

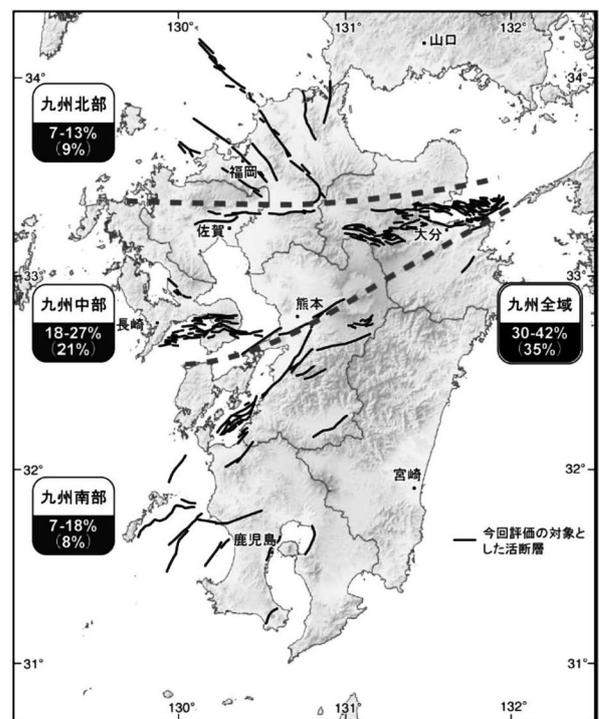


図3. M ≥ 6.8の地震が30年以内に発生する確率 © 地震調査研究推進本部地震調査委員会

2. 我が国の地震災害

政府の地震調査研究推進本部(地震本部)は、2005年からほぼ毎年、全国の地震動予測地図を発行している。2016年版の確率的地震動予測地図の「今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」を見ると、基本的には日本で地震による

揺れないところはない⁵⁾。特に、首都圏をはじめとする都市部では強い揺れに見舞われる確率が高い。これは、大きな地震の発生する確率が高いことと、都市の地盤が軟弱で揺れやすいからである。都市は主として堆積層の上に広がる平野に立地しているため、宿命的に地震による揺れの大きいところである。熊本地震と同じような強い揺れに見舞われる可能性は全国どこでもあるのだ。

首都圏は地震の多い日本の中でも、特に地震活動の活発なところである。首都圏の下には、東から太平洋プレート、南からフィリピン海プレートが沈み込んでいる。地震は、プレートの相互作用によって発生するので、二つの海洋プレートが陸側のプレートの下に沈み込むことで地震が多い。地震本部の地震調査委員会は、「相模トラフからフィリピン海プレートが沈み込むことによって起きる M 7 程度の地震」が、今後30年以内に70%の確率で発生すると評価している⁶⁾。南関東で M 7 の地震の起きる確率が極めて高いことを示しているのだ。

関東地方でも、熊本地震のような活断層で起きる地震が発生する可能性もある。地震本部の関東地域の活断層の評価（地域評価）では、関東地域のどこかで M6.8以上の地震が、今後30年以内に発生する確率は50%程度とされている⁷⁾。これは、関東平野周辺にある活断層で起きる地震の発生確率が高いからである。特に、糸魚川－静岡構造線断層帯を含む区域では、30年以内に M6.8以上の地震が発生する確率が30－40%と高い。それでも、「フィリピン海プレートが沈み込むことによって起きる M 7 程度の地震」の発生確率の方が高い。一方、内閣府は2013年に首都直下地震に関する揺れと被害の想定を公表した。もし、都心南部直下で M7.3の地震が発生すると、1都3県の約3割にあたる約 4,500 km²が震度 6 弱以上の強い揺れに見舞われる。ここには、1000万人以上が暮らしているため、最大で61万棟の家屋が全壊・全焼失し、23,000人が犠牲になる⁸⁾。ただし、注意しな

ければならないのは、内閣府が想定した都心南部直下の地震（M7.3）の確率が70%（30年以内に発生する確率）なのではない。内閣府は、確率を評価していない。

3. 震災を軽減化するための耐震化

震災対策で最も重要なことは建物の耐震化である。日本では、大きな震災のたびに建築基準法の耐震基準が強化されてきた。最も大きな改正が、1978年宮城県沖地震の被害を受けて1981年6月に行われた。それ以前の基準は旧耐震基準、以後は新耐震基準と言われている。全国の住宅の1981年耐震基準以上の割合（耐震化率）は、住宅が約82%、多数の者が利用する建築物が約85%となっている（2013年時点）。さらに、1995年阪神・淡路大震災で新耐震の建物が被害を受けたことを教訓に2000年に改定が行われた（2000年新耐震基準）。

「旧耐震基準」では、震度 5 弱程度の地震動でほとんど損傷しない基準であったが、「新耐震基準」では建物の倒壊を回避するだけでなく、建物内にいる人の命を守ることに主眼がおかれ、比較的良好に起きる中程度の地震動（震度 5 弱程度）では軽度なひび割れ程度、まれに起きる震度 6 強程度の地震では崩壊・倒壊しない耐震性を求めている。さらに、2000年新耐震基準では、木造住宅でも、家を建てる前の地盤調査の事実上の義務化、地盤がどの程度の荷重に耐えられるかの基準の明確化、壁配置の簡易計算などの導入などが定められ、耐震基準が強化された。

日本建築学会や国土技術政策総合研究所が行った熊本地震の被害調査によれば、旧耐震基準の木造住宅は5割弱の住宅が倒壊または大破しているが、1981年新耐震基準では2割弱に減っている。2000年新耐震では倒壊したものは6%程度であり、倒壊した7棟のうち4棟は、施工不良や基礎の傾斜等が認められた（図4）⁹⁾。適切に耐震化すれば被害を減らせることが熊本地震災害でも確認さ

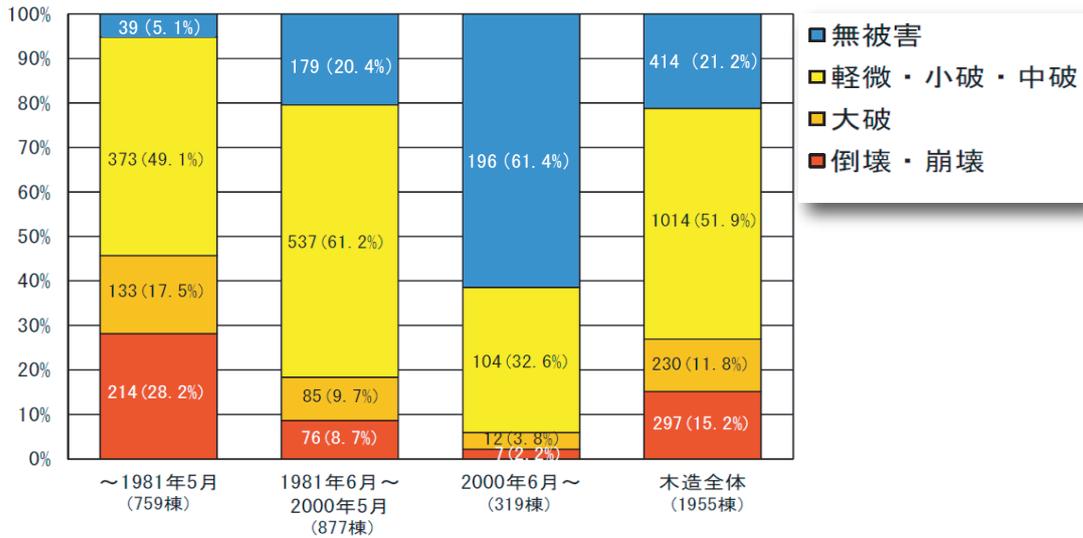


図4. 日本建築学会悉皆調査による益城町中心部における木造建築物の建築時期別の被害状況⁹⁾

れた。同時に、2000年基準の建物の3割強で被害が出ている。建築基準法の耐震基準は、命を守る最低限の基準であることも忘れてはならない。

首都圏の地震災害を減らすためにも耐震化は重要である。2008年の調べでは、東京都の耐震化率は約87%である。約94%にすれば、想定死者数は約半分にできる。100%にすれば、現在の想定1割にできる⁸⁾。内閣府の想定では、都心南部直下地震の犠牲者の7割は火災によるとされている。出火は、家屋の倒壊によってもたらされる。その多くは電気関係の出火である。電気関係の出火を防止できれば犠牲者数を半減させることができる。さらに、初期消火に成功すれば、死者は約1割にできる。

4. 課題

4.1 引き続き地震による被害

熊本地震では、益城町が震度7の強い揺れが28時間を経て二度襲ってきた。地震調査研究推進本部地震調査委員会は、「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」¹⁰⁾を2016年8月にまとめ、気象庁はそれに基づいた情報発表を行うようになった。従来は、地震発生直後から1週間程

度、の間は「最初の大きな地震より一回り小さい余震に注意する」ように呼びかけ、概ね1日後に、地震活動が「本震-余震型」であることを判断して、「3日間以内にM6以上の発生する確率は20%」というような情報を発表していた。この情報は、「引き続き地震が最初の地震より小さい」という誤った安全情報に誤解される危険がある。そこで、今後は地震発生直後には、過去事例や地域特性に基づいた見通しを述べ、最初の大地震と同程度の地震への注意を呼びかけることを基本とした。さらに、1週間程度以後に、注意喚起に加え、余震確率に基づいた数値的見通しを付加する。この時、確率の値ではなく、最大震度6強以上となる地震の発生確率は、「当初の1/5程度」であるが、「平常時の約100倍」等などということにした。新しい防災情報の発信は、2016年9月26日の沖縄本島近海の地震で初めておこなわれた。地震発生約1時間後に「過去の事例では、大地震発生後に同程度の地震が発生した割合は1～2割あることから、揺れの強かった地域では、地震発生から1週間程度、最大震度5弱程度の地震に注意してください。特に今後2～3日程度は、規模の大きな地震が発生することが多くあります」と、呼びかけられた。この改定によって、一度強い揺れを感じたら、再

び強い揺れが生じると考えて適切な避難が行われることが期待される。

4.2 耐震化の促進

最新の東京都の資料によれば、2015年3月時点の都内の住宅の耐震化率は84%、消防署や学校など防災上重要な公共建物の耐震化率は97%である。これを、2020年度までに住宅は90%、学校等は100%にする計画を都は立てている。2025年までには耐震化が不十分な住宅は概ね解消されるとされている。着実な実施が求められる。

4.3 レジリエンスの強化

初期消火のためには、市民一人ひとりが消火できることが必要である。そのためには、最初の強い揺れで身の安全が確保されて怪我をしないことが重要である。さらに、日ごろから防火訓練などを行って、一人ひとりが消火できる必要がある。地域の絆を深めて、防災力を高めることが必要である。首都直下地震で出火による犠牲者が多いのは、同時に火災が多発して、消防力を上回る延焼が広がるからである。地域の消防力を高めることが基本的に重要である。そのための消防団の活動や、自主防災組織の強化が必要だが、構成員の減少や高齢化などの問題がある。社会の災害に対する回復力（レジリエンス）を強化する必要がある。

まとめ

2016年熊本地震は日本の内陸で起きる大地震としてははげして例外的に大きな地震ではない。強い揺れに連続して見舞われたことで、あらためて強い地震が続発することが教訓となった。熊本地震のような地震は全国どこでも発生すると考えて備えなければならない。まずやるべきことは、建物の耐震化である。日本は世界でも最も優れた耐震技術と、厳格な建築基準を持っているが、耐震化されていない建物はまだ多数ある。しかし、建物

を強靱にしてもすべての被害は防げない。とりわけ、災害からの復旧と復興には多くの時間と労力がかかる。社会の災害に対するレジリエンスを高める必要がある。

文献

- (1) 消防庁 (2016) 熊本県熊本地方を震源とする地震 (第81報) 平成28年10月20日 (木) 16時00分
- (2) 「平成28年 (2016年) 熊本地震」(気象庁による命名) は、4月14日21時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を指す。
- (3) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2013年)、九州地域の活断層の長期評価 (第一版)、http://jishin.go.jp/main/chousa/13feb_chi_kyushu/k_honbun.pdf
- (4) 地震調査研究本部地震調査委員会 (2016)、全国地震動予測地図2016年版、http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2016/
- (5) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2016)、「全国地震動予測地図2016年版」の公表にあたって (地震調査委員長見解)、http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16_yosokuchizu/160610yosokuchizu.pdf
- (6) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2016) 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価 (第二版) について
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/sagami_2.pdf
- (7) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2015)、関東地域の活断層の長期評価 (第一版)
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/15apr_chi_kanto/ka_honbun.pdf
- (8) 内閣府・中央防災会議・首都直下地震対策検討ワーキンググループ (2013)、首都直下地震の被害想定と対策について (最終報告)
http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/pdf/syuto_wg_report.pdf
- (9) 平成28年 (2016年) 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会報告書
国土技術政策総合研究所
<http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/0930/text.pdf>
- (10) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会 (2016)、大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方
http://www.jishin.go.jp/main/yosoku_info/honpen.pdf

□熊本地震による建築物被害と今後の課題

国立研究開発法人 建築研究所 研究専門役 向 井 昭 義

1. 近年の震災の特徴

1) 平成7年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、建築物の被害の大きさから「建築震災調査委員会」が設置された。その中間報告書では被害の特徴として以下の報告がなされている。

- ・昭和56年に改正された耐震基準（新耐震基準）以前の建築物に被害が大きい。
- ・構造種別と構造体被害状況の関係としては、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造では、1階層崩壊、中間階崩壊、一部の柱の座屈が見られ、鉄骨造では溶接部破断、ブレース破断、柱脚破断が見られた。

平成7年3月28日には以下の「応急的対応に対する提言」がなされた。

- ・古い建築物についての被害程度が大きいことにかんがみ、既存建築物の耐震診断、及びその結果耐震性が著しく劣ると判断された建築物の耐震補強を全国的な課題として推進するべきである。
- ・新しい建築物の被害状況からは、新耐震設計法はおおむね妥当と思われるが、今回の被害にかんがみ、建築物の特定の階や平面計画において弱点が生じないようにバランスを考慮し、かつ余裕のある設計を心がけると同時に、丁寧な施工及び綿密な検査を励行すべきである。

平成7年12月27日の最終報告では以下の提言がなされた。

「検討を急ぐべき措置」

- ・既存建築物の耐震改修の促進
- ・余裕のある設計、丁寧な施工、綿密な検査の徹底
- ・鉄骨造の溶接部の品質管理の徹底

「中長期的に検討すべき課題」

- ・略

これらの提言等を受けて以下の措置が講じられた。

- ・建築物の耐震改修の促進に関する法律等の施行
- ・鉄骨造建築物の脚部の破壊防止にかかる措置、鉄筋コンクリート造等建築物の特定階における崩壊防止にかかる措置（建築基準法告示改正）

2) 平成23年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震における建築物等の被害に関しては、以下の調査報告にまとめられている。

- ・国土技術政策総合研究所資料第636号、建築研究資料第132号「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）」平成23年5月
- ・国土技術政策総合研究所資料第674号、建築研究資料第136号「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査報告」平成24年3月

被害を踏まえて講じられた措置（技術基準の作成等）として特に次の4点が挙げられる。

- a) 津波避難ビル等の構造上の要件に関する技術基準
- b) 特定天井の構造耐力上安全な構造方法
- c) 地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造方法
- d) 超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策

2. 平成28年（2016年）熊本地震における建築物等の被害

平成28年4月14日に熊本地方で、マグニチュード6.5、最大震度7の地震（前震）が、4月16日に同じく熊本地方で、マグニチュード7.3、最大震度7の地震（本震）が発生した。建築研究所は、国土交通省住宅局の派遣要請を受け、国土技術政策総合研究所と連携を図りつつ4月15日より被災地の建築物の被害状況の調査に入った。

9月30日現在、第1次調査隊から第14次調査隊まで国総研と合同で延べ44人の研究員を現地に派遣した。その他、合同の自主調査を実施している。

また、建築研究所ホームページに「熊本地震関係特設ページ」を開設し、9月30日現在10編の被害調査結果（速報）を公開している。

さらに、「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会」を設置し、5月26日、6月30日、

9月12日の3回開催した。この委員会資料も上記特設ページで公開されている。

そして、国土技術政策総合研究所資料 No.929 建築研究資料 No.173 「平成28年熊本地震建築物被害調査報告（速報）」を作成し、9月26日にホームページで公開している。

1) 被災建築物応急危険度判定（第1回被害調査検討委員会資料より）

熊本県内の18市町村において、延べ6,541人の対応人数で、54,381件（危険：15,189件、要注意：17,529件、調査済み：21,663件）について応急危険度判定を実施した。

2) 構造種類別の被害

公開済み速報のうち、木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、免震、非構造部材及び基礎・地盤に関する被害を抜粋して紹介する。

a) 木造建築物の被害（第1次調査、第2次調査より）

第1次調査

- ・本震前（4/15調査）に確認できた被害は、益城町の限られた範囲で、地盤が軟弱と推測される地域や建築年代が古い木造家屋に集中していた。
- ・本震後（4/16調査）は、益城町のほぼ全域で大きな被害が発生していた。また、西原村や南阿蘇村などでも相当の被害が見られ、特に



(a) 複数の家屋倒壊



(b) 最近の建築と思われる住宅で被害が大きい例

写真1 木造建築物の被害（第1次調査速報より）

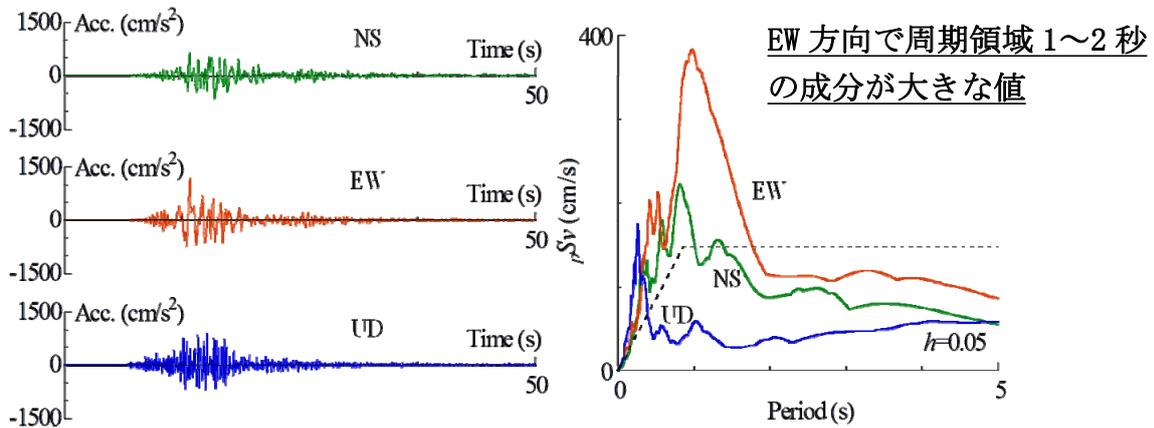


(a) 柱梁接合部の溶接部の破断



(b) 体育館鉄骨支承部のコンクリートの破壊

写真2 鉄骨造建築物の被害 (第3次、第13次調査速報より)



KiK-net益城で観測された加速度時刻歴波形と擬似速度応答スペクトル
(4月16日1時25分発生の地震)

* 点線は建築基準法の第2種地盤の極稀地震 (Z=0.9) に対応する応答スペクトル (参考)

図1 地震動の特徴 (第1次調査速報より)

敷地地盤の変状を伴う地域では極めて多くの家屋が倒壊に至っていた。

- ・ 比較的最近の建築と思われる木造建築物において、同様の地震動を受けたにもかかわらず被害の大小の差が生じていた。

第2次調査

第2次の益城町、西原村、南阿蘇村による調査地域では、築年数が概ね40年超と推定される木造住宅や店舗併用住宅の倒壊が多数確認されたことに加え、2階建ての木造アパートや築年数が概ね20~40年と推測される軸組構法による

2階建て木造住宅の倒壊が多く確認された。

前震で著しい被害を受けていた建物が本震で被害を拡大し倒壊したものが多くあっただけでなく、前震で著しい被害までは受けていなかった建物が本震により被害を著しく拡大し、倒壊したのもあると考えられる。

b) 鉄骨造建築物の被害 (第3次調査、第8次調査、第13次調査より)

第3次調査

熊本市内の立体駐車場に構造的な被害、溝形鋼ブレースの端部とブレース交差部のガセット

部分で座屈の被害や塔屋のブレースが破断、益城町では、角形鋼管柱とH形鋼梁のラーメン構造の建築物で、層崩壊等の大きな被害が見られた。

第8次調査

震度7を観測した益城町宮園観測点近傍の安永・宮園・木山・辻の城・寺迫地区における鉄骨造建築物の調査、総数は105棟である。倒壊又は大破した鉄骨造建築物の総数は16棟（倒壊1棟、大破15棟）で、その割合は15%である。

倒壊又は大破した鉄骨造建築物の特徴

- ・特徴 ① 建設年が1980年以前と推定されるもの又は古いタイプの部材を用いたもの
- ・特徴 ② 隣の倒壊した建築物による力の作用、宅地擁壁部分の壊等の当該建築物以外の周辺状況による何らかの影響があったと推定されるもの
- ・特徴 ③ 溶接部等で破断が生じていたもの

第13次調査

15棟の体育館の調査を行った。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

まとめられる。

- ・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、ボルト孔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。
- ・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か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。
- ・屋根トラスの被害：鉄筋コンクリート造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。
- ・屋根定着部の被害：鉄筋コンクリート造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、



(a) 層崩壊した共同住宅



(b) 1階柱の損傷

写真3 鉄筋コンクリート造建築物の被害（第2次調査速報より）

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も見られたものである。

c) 鉄筋コンクリート造等建築物の被害 (第2次調査より)

第2次調査で熊本市内(中央区、東区、西区、南区)、宇土市、宇城市及び益城町の一部の鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造建築物全24棟について調査を行った。

特徴的な被害を分類

- ・被害分類Ⅰ：振動が主たる原因と考えられる層崩壊または局部崩壊が見られるもの(7棟)
- ・被害分類Ⅱ：被害分類Ⅰ以外で、振動が主たる原因と考えられる構造部材の損傷が見られるもの(6棟)
- ・被害分類Ⅲ：被害分類Ⅰ及びⅡ以外で、振動が主たる原因と考えられる非構造部材の破壊が見られるもの(7棟)
- ・被害分類Ⅳ：地盤変状が主たる原因と考えられる被害が見られるもの(4

棟)

d) 免震建築物の被害 (第9次調査より)

- ・構造的な被害として、ダンパーの取付け基部と鉄筋コンクリート造の床スラブとの間で破壊を生じていたものがあった。
- ・別の構造的な被害として、外付け階段の損傷を生じていたものがあった。中間階免震の上部構造に対し外付け階段を張り出して立ち下げ、階段部分を個別に積層ゴム支承で支える形式としたもの。
- ・設計時に想定した変位を超える応答を生じた免震材料があった。
- ・エキスパンション部分及びクリアランス内において、柵やカバー等の変状が見られた。免震建築物の周囲には、免震効果を発揮するためにクリアランスを設ける必要があり、通行のためや立ち入り防止のためにカバー等が設置されることが多い。このカバー等は建築物の応答に合わせて可動するように設計されるが、実際には想定したとおりの挙動をせず損傷してしまったもの、損傷する前提で設計されているがその後の継続使用にあたって支障



(a) 鉛ダンパー取付け基部の被害
(床スラブの破損)



(b) 外付け階段の被害

写真4 免震建築物の被害(第9次調査速報より)

となる大きな損傷に至ったものなどがあつた。

e) 非構造部材の被害 (第3次調査より)

3棟の建築物の内部調査で吊り天井、内壁等の様々な内装材、中には外装材について、被害が出ているのを確認した。これらの被害によって被災箇所について使用禁止の措置をとっていた建築物があつた。

その他外観調査で乾式工法あるいは湿式工法による外装材、外壁タイル、大判ガラス、窓サッシ、吊り天井等において、過去の地震と同様の被害が生じており、こうした被害は比較的新しいと思われる建築物においても確認された。

f) 基礎・敷地地盤の被害 (第4次調査より)

益城町の通り目視調査

- ・宮園地区の県道28号の北側では、地形の関係上、盛土擁壁で宅地を造成している物件が多いが、県道28号に近づくにつれて、建物被害および盛土擁壁の被害が大きくなる傾向がある。
- ・安永地区、宮園地区共に、県道28号の南側では北側よりも建築物の被害が数多く見られる。
- ・県道28号の南側で見られた大破・倒壊の建築物において、地盤変状と基礎の損傷が共に認められる事例、及び地盤変状が認められるものの基礎の損傷が小さい事例が見られた。



(a) 吊り天井脱落



(b) 乾式工法による外壁材の脱落

写真5 非構造部材の被害 (第3次調査速報より)



(a) 地盤変状、基礎損傷が見られる



(b) 地盤の液状化により沈下、傾斜が見られる

写真6 基礎・敷地地盤の被害 (第4次調査速報より)

熊本市南区の液状化被害調査

- ・液状化被害は南区で広く見られるが、液状化による地盤沈下量には地域差が見られた。
- ・現時点で液状化による地盤沈下の大小の原因は不明。
- ・液状化により倒壊・崩壊に至った事例は確認されなかった。

3. 建築物の被災後の機能継続について

建築物の倒壊・崩壊の防止が必要なことはもちろんであるが、建築物の被災後の機能継続に関する観点からの調査も行われた。今後、継続して検討が行われるものとみられる。

参考として、第3回熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会の報告書（案）概要より関連部分を抜粋して以下に示す。

「建築物の被災後の機能継続について

- ・倒壊・崩壊防止など構造上の安全性は適切に確保されたが、構造部材や非構造部材等の部分的

な損傷により、庁舎、体育館などの避難所、病院、共同住宅等で地震後に継続的に使用できなかった事例が確認された。例えば益城町によれば、避難所として指定されていた建築物のうち使用が検討された14棟中6棟が、発災当初は損傷等により使用できなかった。こうした状況を踏まえ、今回の熊本地震を含む最近の地震被害において建築物の機能が損なわれ、継続的に使用できなかった事例について、その原因を明らかにする必要がある。

- ・建築基準法令は、建築物の構造等に関する最低の基準を定めたものであり、構造部材や非構造部材等において全く損傷が生じないことや、被災後に継続して使用できることまでを要求しているものではない。一方で、災害時に機能を継続すべき庁舎や、防災・避難・救助等の拠点となることがあらかじめ想定されている施設等については、被害を少しでも軽減し、期待される機能が被災後に維持できるようにするための検討を行うことが必要である。」

□平成28年熊本地震による地盤、土砂災害 と創造的復旧・復興に向けて

(公社)地盤工学会

平成28年熊本地震地盤災害調査団

副団長 安福規之

(九州大学)

はじめに

2016年4月14日、および4月16日において、震度7を越える地震が熊本県益城町を中心にわずか28時間という短時間に相次いで発生しました。震源は、いずれも布田川断層帯と日奈久断層帯の会合部付近の深さ11-12kmにプロットされます。余震域も、北東-南西方向の両断層帯に沿うように分布することなどから、熊本地震は、この断層の運動にともない発生したと考えられています。この熊本地震では、益城町から南阿蘇村にかけて、右横ずれの地表地震断層が連続的に出現し、益城町堂園付近において、最大180 cmの変位が確認され、また、鉛直変位量は、布田川断層帯の北向山断層で60cmが計測されています。この地表に到達した断層運動は、熊本城をはじめ多数の構造物や宅地地盤に被害をもたらしたと同時に、傾斜地や阿蘇カルデラ内で多くの地表亀裂を発生させ、斜面崩壊や陥没による被害を引き起こしています。

本文では、(公社)地盤工学会の「平成28年度熊本地震地盤災害調査団(団長:北園芳人熊本大学名誉教授)」として今年の7月までに調査・分析した結果¹⁾に基づいて、特徴的な地盤、土砂災害の状況を紹介するとともに、熊本の創造的な復旧・復興に向けて学術的視点、地盤工学的観点か

ら考えるところを述べたいと思います。

山岳部での特徴的な斜面災害と複合災害への備え

熊本地震では、本震によって山岳部の南阿蘇村や阿蘇市で斜面災害が多発しました。特に南阿蘇村河陽では震央から25kmも離れているにも係らず、益城町室園(震央からの距離6 km)の最大加速度(654.2gal)を大きく上回る1316.3 galを記録しています。そうした強い地震動が、南阿蘇村立野(阿蘇大橋地区)の大崩壊や河陽高野台(京都大学火山研究所地区)の緩傾斜斜面の崩壊をはじめ、この山岳部での多くの斜面崩壊に繋がった大きな誘因であったと考えられます。

写真-1に示すように阿蘇大橋地区で発生した深層崩壊の規模は、崩壊長:約700m、崩壊幅:約200m、崩壊土砂量:50万 m^3 、最大崩壊深約20mと推定されています。地層構成としては表層が火山灰質粘性土(黒ぼく、赤ぼく)で岩盤は先阿蘇火山岩類に属する安山岩と火砕岩が互層をなしています。崩壊斜面上端部は35°前後の急勾配で斜面下部は崖錐堆積物が堆積する15°程度の緩勾配で畑として利用されていました。崩壊前との地形の比較から上部の尾根筋に形成されていた多亀裂

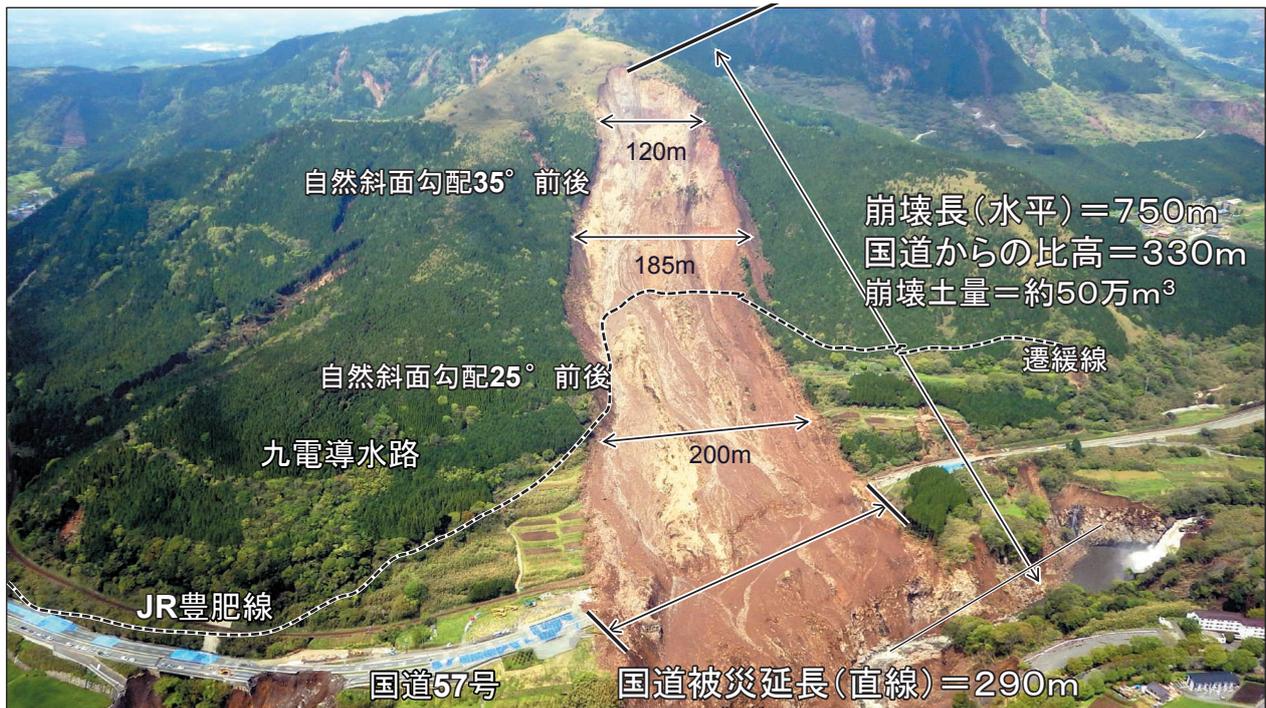


写真-1 阿蘇大橋を飲み込んだ斜面崩壊の全貌

性の安山岩からなる風化帯が強震動によってボトルネック的な崩壊を発生させたと推察されています。この斜面崩壊によって、国道57号、JR豊肥線、九州電力導水路が寸断され、また阿蘇大橋が落橋するなど、この地区での斜面崩壊は基幹となる社会インフラに大きなダメージを与えています。こうした中、熊本の創造的復旧に資する早急な対策が求められますが、滑落崖周辺部には今回の地震で形成された開口亀裂や段差が多数あり、不安定化した状態に今もあるのが現状です。このため、安全性を十分に確保した上での一日でも早い対応が必要となります。現在、応急復旧対策として、この不安定土砂を取り除く作業がわが国の最先端の技術を導入した遠隔操作による無人化施工によって鋭意行われており、安全性が十分に確保できた段階で有人での対策が施される計画となっています。

写真-2に示す高野台地区で発生した地すべり性崩壊は、斜面勾配が15°前後と降雨による土砂災害警戒区域の指定には該当しない地域で発生しています。崩壊土砂は写真中に示すように3方向に

ブロック状化して原形をある程度維持しながら移動・堆積しています。表層は火山灰質粘性土が厚く堆積しており、深さ7～8mのところ約10-20cmの厚さで草千里ヶ浜軽石層と呼ばれる粘土化した火山灰質層が分布していることが調べられています。地震力による滑動力が大きかったことに加え、高含水比のこの層が地震動により繰返しせん断力を受けることで、層内部で間隙水圧が過剰に上昇し、結果として、層全体での抵抗力を低下させたことが、すべりを引き起こした大きな要因のひとつとして考えられています。似たような地質層序でのすべりは、例えば、東北地方太平洋沖地震の際に福島県白河市葉ノ木平でも発生しています。効果的な対策に資するためには、過去の調査結果も踏まえ、なぜこのような緩斜面ですべりが発生したのか、今後の地盤工学的な更なる分析が待たれます。

多くのクラックが顕在化していたり、また、表層には表れていないものの潜在的なダメージを受けている斜面は数多く存在します。今後の余震や降雨などによる被害の拡大、いわゆる複合災害へ

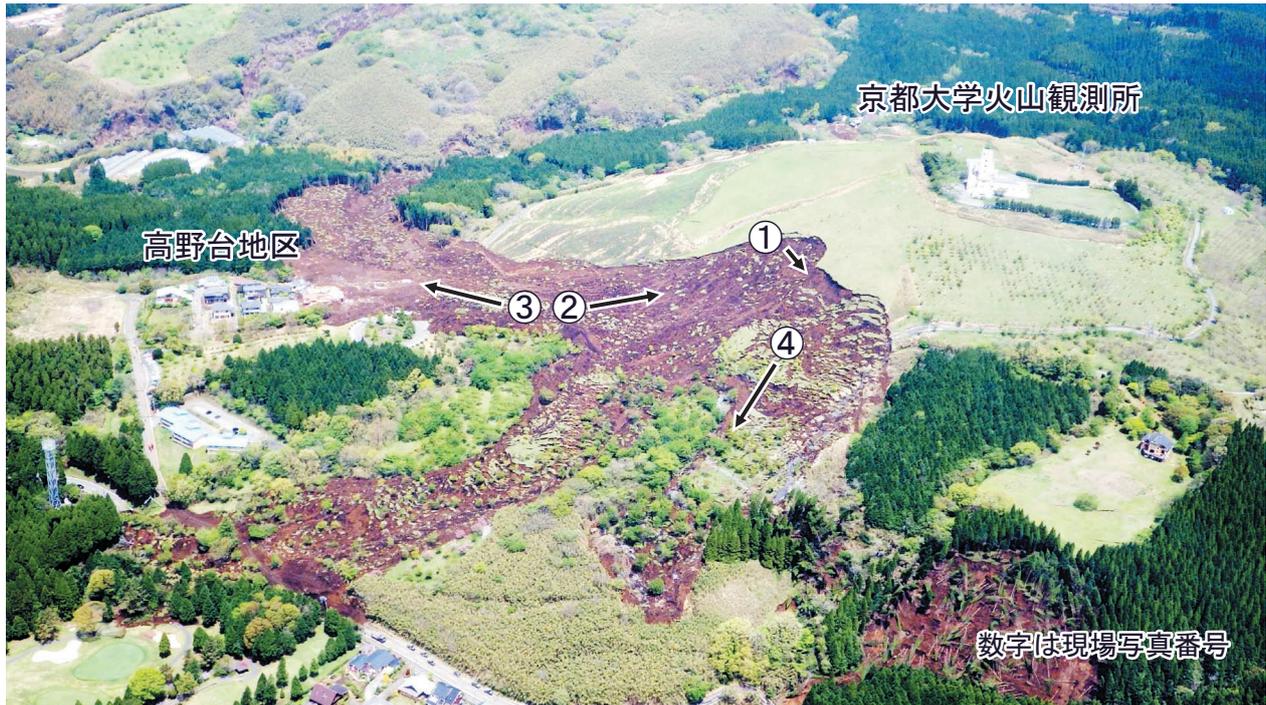


写真-2 高野台地区の緩斜面での地すべり性すべり



写真-3(a) 阿蘇外輪のラピュタへの道における斜面崩壊
(先阿蘇の亀裂を多く含む溶岩類の崩壊が卓越)



写真-3(b) 左の写真で崩壊した土砂が豪雨によって
土石流化した状況(複合災害)

の事前の備えが必要であり(写真-3参照)、崩壊形態と堆積環境を十分に調査・分析した上で、複合災害のことを念頭におき、地域性を適切に反映した耐震性と耐降雨性に留意した対策工の検討が早急に求められるところです。

平野部での地盤災害とその対応

液状化の特徴と防止・軽減：平野部の特徴的な

被害として、熊本県内11市町村で液状化が確認され、とりわけ、熊本平野においては広範囲で液状化が生じています。図-1は、熊本平野における液状化地点を図上に示したものです¹⁾。5年前の東北地方太平洋沖地震で生じた面的な広がりをもつ埋立て地盤における液状化だけでなく、今回の液状化現象は、図中に示すように旧河道部や自然堤防部の一部で液状化の帯として限定的に現れたことが特徴として挙げられています。これには、液

懸念される場合には、まずこれまでに調べられている地盤情報などを参照し地歴を調べ、必要であれば地盤の調査・分析を丁寧に実施し、そして状況にあった対策を講じることが必要です。現状の液状化対策で被害ゼロは保証されていませんが、少なくとも被害を大きく低減することはできる状況にあります。

宅地地盤の被害とスクリーニングの薦め：震度7を2回経験することになった益城町では家屋の倒壊被害が顕著に表れている一方で、液状化や擁壁の倒壊による宅地地盤の被害（写真-5のような陥没、不等沈下、地割れなど）も多く生じています。7月23日の熊本県の被災宅地応急危険度判定によると、5000件ほどの宅地地盤について、何らかの対策が必要であるとの判断が示されています。

戸建ての宅地地盤では、標準的な調査・対策で事足りて、設計上、地盤への特別な配慮が敬遠される場合が多くあります。一方で、平成26年8月の広島土砂災害、今回の熊本地震での地盤災害に見られるように、地盤は命を脅かす危険性をはらんでいます。現時点で、すべての宅地地盤で地盤調査を実施することは現実的ではありませんが、宅地地盤内にどのような課題が内蔵しているかを、専門の地盤技術者と協働しながらスクリーニング検査によって明らかにし、調査の絞込みを進めることが効果的です。スクリーニング検査を通して、



写真-5 内牧地区の陥没（段差は約1m）
アパートが向かって左側へ傾いている



写真-6 益城町で擁壁から溢れ出す地下水

甚大な被害のリスクが高いと判断されるのであれば、その土地を回避する選択をしたり、十分な地盤調査と対策でリスクを回避した宅地地盤を構築する選択ができることとなります。また、逆に特別な問題がないと分かれば、標準的で低コストの調査・対策で十分に安心ということになります。こうした役割を担える地盤技術者として、地盤品質判定士の存在があります。この判定士は地盤をキーワードにして社会と市民を結ぶ担い手になり得るものであり、今後の創造的な復旧・復興に向けて、適切に活用できる仕組みを早急に創っていく必要があります。

加えて、被圧地下水を利用している地域では、地震によるパイプの破損により常時水が湧き出す状況となり、これが不圧地下水へ流入するとともに周囲の地下水位を押し上げている状況にあります（写真-6参照）。このパイプの破損が前震で起こり、地下水浸入により脆弱化した宅地が本震でさらなる被害をもたらしたとの指摘がなされています。一般に、戸建ての宅地地盤では、このように、耐震性の低い、あるいは、脆弱な宅地が存在することを考えれば、地域性を反映した宅地耐震性の評価と簡易な保守・補強技術の開発を急がなければなりません。

おわりに - 創造的な復旧・復興に向けて -

この6月、「熊本地震からの創造的な復興にむ

けて」とする緊急提言がくまもと復旧・復興有識者会議（座長：五百旗頭 真）からなされました。そこで謳われている理念は、二つです。ひとつは、災害は日本中のどこでも起こりうるという観点に立って、「防災・減災の主流化」を図ること、他のひとつは、「旧に戻すだけではなく、より良いものを創る」ということです。こうした考え方に基づき、地震を含む自然災害に立ち向かって行かねばならないとしています。そして具体的な創造的復興に資する事項として、1. 住民に寄り添い、住民との協働による復興、2. 短期的・局所的視点にとらわれない将来を見据えた復興、3. 次の地震に備える、さらには次世代に継承する復興など大きく4項目を掲げています。

先の二つの理念を念頭に置いたとき、地盤技術者である個人として、あるいは地盤工学会調査団のメンバーとして、どういった学術的あるいは社会的な貢献ができるのか、産・官・学・民の協働

で深くまた、継続的に考え、取り組んで行かなければなりません。

（公社）地盤工学会「平成28年熊本地震地盤災害調査団」では現在、創造的な復旧・復興に資する災害調査・分析を継続中であり、その成果は4月15日（土）に熊本にて市民を対象とした報告会で報告する予定にしています。

謝辞：本寄稿文の主たる部分は、（公社）地盤工学会の「平成28年度熊本地震地盤災害調査団」の調査結果に基づいています。また、調査・分析を進めるに当たり、国土交通省九州地方整備局はじめ熊本県には多くのご支援をいただきました。ここに、深くお礼申し上げます。

参考文献：第51回地盤工学会全国大会 特別セッション（一般開放セッション）「平成28年熊本地震地盤災害調査報告会」配布資料、（公社）地盤工学会、2016年9月。

□熊本地震後に発生した火災事例調査報告

神戸大学都市安全研究センター教授 北後明彦

はじめに

熊本地震は、2016年4月14日（木）21時26分頃に、マグニチュード6.5、最大震度7を観測した地震から連続して発生した一連の地震活動のことで、最初の地震から72時間内で最大震度1以上が観測された地震は247回¹⁾、最大震度6弱以上が観測された地震は7回発生している（表1参照）。これらの地震のうち、最大震度7を観測した上記の地震を前震、4月16日（土）1時25分頃に発生し同じく最大震度7を観測した地震のことを本震と呼ぶ。ここでは、これらの地震の後に発生した火災について、情報収集・現地調査した結果を報告する。

今回、火災による被害は大きくは広がっていないが、各事例の発生経過や対応状況について明らかとしておくことにより、今後の被害発生に備えるための参考となれば幸いである。

表1 震度6弱以上を観測した地震（熊本地震）

発生日時	規模	最大震度	備考
4月14日21時26分	M6.5	7	（前震）
4月14日22時7分	M5.8	6弱	
4月15日0時3分	M6.4	6強	
4月16日1時25分	M7.3	7	（本震）
4月16日1時45分	M5.9	6弱	
4月16日3時55分	M5.8	6強	
4月16日9時48分	M5.4	6弱	

（いずれも震央は熊本県熊本地方） 気象庁HPより¹⁾

地震後に発生した火災の発生箇所の把握と震度の状況

地元消防本部等から各県を通じて消防庁に集められる被害状況の中で火災件数が16件と報告された²⁾。各消防本部ごとの件数もその中で示されるので、地震発生から約2週間後、火災が発生した2つの消防本部に電話で火災発生場所等について問い合わせ回答を得た。また、5月上旬の現地調査の際、3つの消防本部を直接訪問し情報収集を行った。その中の1つの消防本部では、上記16件以外の1件の地震後に発生した火災について情報を得た。また、この間、日本火災学会地震火災専門委員会のメンバー間で情報交換を行うとともに、各報道機関から発信されるウェブ情報に掲載された火災関連記事を参照し、合計17か所のおよその発生箇所を把握した。その後、5月下旬、及び、8月下旬に追加の現地調査を行い、火災の発生経過等について聞き取りを行った。

17件の火災のうち、前震後に発生した火災は5件（4月14日出火2件、4月15日出火3件）、本震後に発生した火災は12件（4月16日出火9件、4月17日出火2件、4月20日出火1件）である。

これらの火災の発生箇所を、気象庁の推定震度図に示したものが図1、図2である。1ヶ所の推定震度5強以外は推定震度6弱以上で発生している。

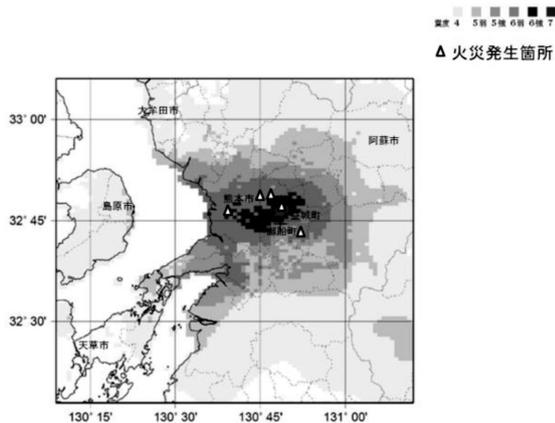


図1 前震後の火災発生箇所（5件）
（気象庁推計震度分布図³⁾に示す）

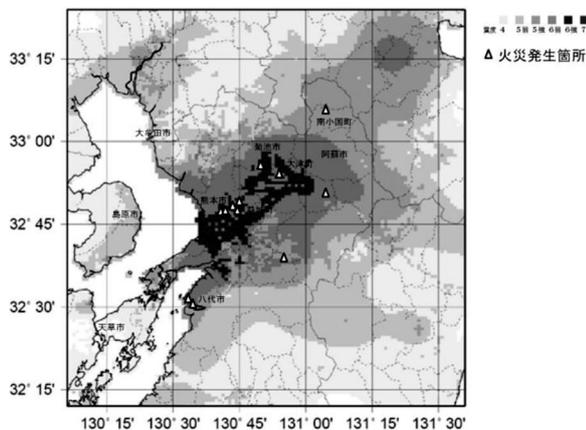


図2 本震後の火災発生箇所（12件）
（気象庁推計震度分布図³⁾に示す）

図3に示すように、震度6強以上の地点で約半数の火災が発生している。4月14日の前震からの3日間で一度でも震度7が観測されたのは益城町、西原村に限られ、これらの町村の人口は4万人程度であった。震度6強が一度でも観測された熊本市東区などの市町村の人口は72万人程度、震度6弱は60万人程度であった。

各震度別の出火率（人口1万人当たりの出火件数）を計算してみると、震度7では0.25件/万人、震度6強では0.11件/万人、震度6弱では0.12件/万人となる。

阪神・淡路大震災での出火件数は、1995年1月17日から19日までの3日間で、震度7とされたエリアのある市区町（人口約164万人）では158件、

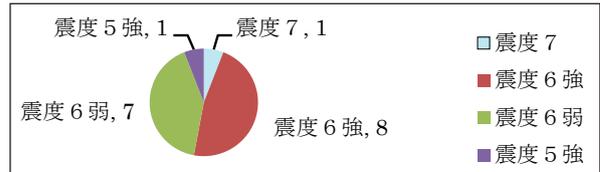


図3 震度別火災発生件数（3日間、合計17件）

震度6以下が最大震度であった市区では25件、合計183件であった⁴⁾。震度7の市区町での出火率は0.96件/万人と計算される。ただし、阪神・淡路大震災の震度7のエリアは各市区町の中でも限定的であったので、熊本地震の震度7の地域の出火率とは単純には比較できない。

以上のことから、熊本地震では震度7の地域の広がり限定的でかつその地域の人口が少なかったことにより出火件数が少なかったことがわかる。

地震後に発生した火災の焼損・延焼状況

調査した17件の焼損程度は、図4に示すとおりである。隣接する敷地の建物まで延焼した事例は1件であり、市街地火災とはなっていない。17件中、6件の火災発生箇所はDID（人口集中地区）外にあり延焼の危険性が低く、実際にも隣棟延焼は見られなかったが、11件の火災発生箇所はDID内（熊本市、八代市、益城町）にあり、一定の延焼危険性がある環境であった。DID内で出火した11件の6件は部分焼以上となったが、隣棟延焼まで拡大した火災は上記の1件にとどまっている。

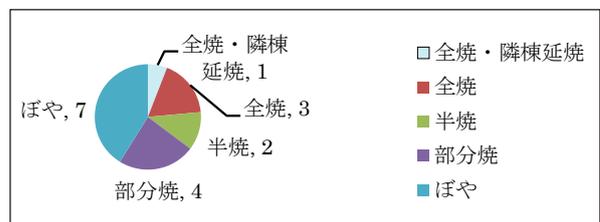


図4 焼損程度別火災発生件数（3日間、合計17件）

一定の延焼危険性のある市街地で6件の部分焼以上の火災が発生し、これらの火災から市街地火災となる可能性もあったが、気象条件及び消防力

の確保により幸いにも市街地火災まで進展せずに済んだ。

気象条件としては、気象庁のデータ⁵⁾によると、熊本、八代、益城の4月14日～16日の日平均風速は1.1～3.1m/秒であり、延焼促進要因とはなっていない。消防力については、後述するように消防隊の到着や水利の使用について地震発生による影響がみられた事例もあったが、通常の消火活動ができないほどの影響はなかったと考えられる。現在、日本火災学会地震火災専門委員会では、関係する消防本部を対象として、地震発生後、消防活動に支障があったかについて、各火災の出火箇所・出火経過等とあわせて調査中である。

地震後に発生した火災の出火建物用途と出火状況

17件の火災事例はすべて建物内からの出火であった。そのうち2件は、炭焼きの小屋（農家）やボイラーを設置している半屋外の建屋（工場）であった。火災が発生した建物の用途は、図5に示す。これらのうち、DID内の11件は、共同住宅4件、戸建住宅4件、ホテル・雑居ビル2件、工場1件であり、DID外の6件は、工場3件、併用住宅・農家2件、戸建住宅1件であった。都市的な地域では住宅系が多く、周辺部では産業系の用途からの出火が多かったことがわかる。

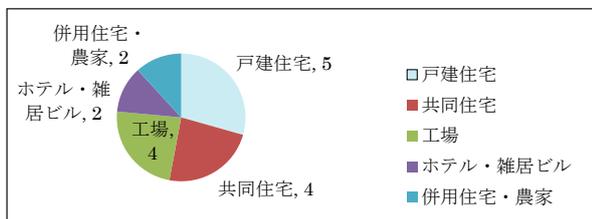


図5 建物用途別火災発生件数（3日間、合計17件）

図6は、出火状況別の火災件数を示す。今回の調査では、地震の影響によりどのように出火したかについて、火災現場訪問時に出火箇所を確認し、関係者に火災の発生経過について質問をして出火

状況を把握した。17件中、16件の現場を訪問し、出火箇所について現場確認あるいは出火経過を詳しく聞き取った事例は9件であり、残りの7件は大まかな出火箇所を確認しつつ、消防本部等から得られた情報に基づき図6を作成した。

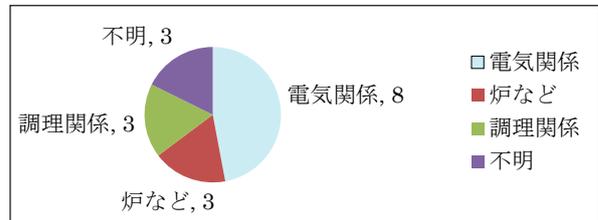


図6 出火状況別火災発生件数（3日間、合計17件）

出火状況として最も多いのは、電気関係の8件であり約半数をしめている。このうち、修理後のキュービクルから出火1件（工場、ぼや）、復電時に熱帯魚のヒーターから出火1件（戸建住宅、部分焼）、非常電源の起動後の発電機から出火1件（ホテル、部分焼）、補助電源の起動後に漏電により出火1件（工場、半焼）の計4件については、通電火災と考えられる1件の他、復旧措置や非常電源などが関係している。その他、コンセントから火花1件（共同住宅）、蛍光灯への室内配線から出火1件（戸建住宅）は、ぼやにとどまっている。残りの2件（全焼・戸建住宅1件、部分焼・共同住宅1件）は、他の火災原因が考えにくく、出火箇所から電気屋内配線からの出火と考えられている。これらの2件については、火災現場周辺での停電状況と、出火時刻の関係で通電火災となっていたかどうか、今後、確認が必要である。

炉等からの出火は、地震による影響は明確であり、炭焼き機（窯）の倒壊で出火1件（農家の納屋等に延焼、全焼）、電気保持炉から高温アルミの揺れ出しで出火1件（鑄造工場、部分焼）、ハイブリッドボイラーから燃焼中の灰の揺れ出しで出火1件（木材工場、ぼや）の合計3件である。

調理場からの出火は、地震直後に出火1件（雑居ビル、ぼや）、都市ガス供給停止時にカセットコンロの操作ミスによる出火1件（戸建住宅、ぼや）、

避難所への差し入れ用調理後に出火1件（併用住宅、半焼）の合計3件である。地震による影響とは明確に言えない出火経過が含まれている。

以上の他、出火経過が不明の出火は、共同住宅のベランダのプランターから出火1件（マンション、ぼや）、2階建て木造共同住宅から出火1件（全焼、隣棟延焼）、戸建住宅から出火1件（4月20日出火、全焼）の合計3件である。

個別火災事例の紹介

出火経過や消火活動の状況について、出火当時現場に居合わせた関係者等から事情を聞くことができた火災事例11件について以下に紹介する。

(1) 農家での前震直後の火災事例

4月14日21時26分の地震（前震）直後（DID地区外、当地では震度6弱）、納屋のそばに置いてあった炭焼き機（かま）が倒壊して出火した。地震直後、この農家の住民は、集落の避難場所へ避難していた。

集落の誰かが自宅で火災が発生したと知らせがあると、すぐに避難していた消防団員を含む住民たち（消防団員）は、出火した農家の直近の消火栓から消防ホースをつなぎ、放水を開始した。その後、公設の消防隊が到着し、集落内の防火水槽から取水して消火活動に加わり、納屋が全焼したものの、母屋は部分焼にとどまった。

(2) 地震で消防隊到着や水利に支障があった事例

4月14日の前震後、戸建住宅の2階の部屋の電気配線から出火し、全焼した（DID地区内、当地では震度7）。

地震発生からしばらくして、近年オール電化した住宅の2階の部屋から出火した。他の出火源が考えられないため電気配線から出火したと考えられる。

消防本部は21時58分に覚知している。消防車は



写真1 隣棟への延焼が阻止された戸建住宅火災跡（益城町安永、2016年4月18日、柴田祐氏撮影・提供）

2台出場したが、すぐに1台は他の事案のために転戦している。途中の経路障害で消防車の到着に支障があった。

消防隊が現場到着時、「水が出ない」と消防隊員は言っていた。その後しばらくしてから消火用の水は、火災現場から約50mの位置にある防火水槽から確保し、消火活動を展開し、隣棟への延焼は阻止している。

(3) 地震後に修理した電気設備から出火

4月14日の前震（DID地区内、当地では震度6弱）から夜が明けた15日の朝、建材工場の隅にあるキュービクル高電圧変電設備の部品を取り替えてもらって作業を開始したところ、しばらくして工作機が止まり、ブレーカーが落ちたことがわかった。変電設備から少しの煙がでており、蓋を開けると設備内部の配線が少し燃焼していた。従業員が消火器で消火したところすぐに火は消えた。午前9時15分に出火、9時22分に消防署に通報している。

(4) 雑居ビルでの火災事例の避難状況

4月16日1時25分の本震後（DID地区内、当地では震度6弱）、調理用の火の不始末から1階の入口付近のバーから出火、従業員が消し止めた。隣接する店舗にいた客は、その店舗の従業員が避難を呼び掛けても、なかなか動かなかった。

(5) 送電設備の関与の疑いのある火災事例

4月16日1時25分の本震直後、付近（DID地区内、当地では震度6強）では停電した。その後、約20分後、電気がついた。地震後の約30分後に駐車場で焦げ臭く、出火した共同住宅（木造コーポ2階建、4戸）の出火住戸の2階の窓（南側）から小さな炎が見えた（出火箇所は1階天井裏の屋内配線とされた）。その後、火はみるみる大きくなり5～6分後には大きな炎となった。

出火したコーポの住民は、地震直後に（火災が発生するより前に）、近くの中学校に避難していた。近くの住民は消防署に通報したがつながらず、110番通報した。また別の住民は消防署に通報し、火事を伝えた。消防署が火災を覚知したのは、2時58分であった。

最初に消防団の隊員が来て、ホースで水をかけたが水圧が低く、近くの防火水槽から水を取って消火した。

しばらくして、消防車が3台到着した。消防隊は到着してから消火栓の場所を5～10分程度探した。住民は、消防隊から「消火栓の場所知りませんか？」と問われた。住民のだれかが消火栓の位置を教えて、消防隊はホースをつなぎ放水したが水圧が低かった。その後、別の消火栓の場所がわかり、通常の放水がされ消し止められ、出火した木造コーポは部分焼で焼け止まった。

なお、出火した木造コーポからやや離れた位置に中層の共同住宅があり、その間にあった電柱に関して、次のような体験談が複数の住民から語られた。すなわち、地震から20分後くらい後に、ボンという音がして、出火した木造コーポと共同住宅の間にある電柱の上に設置された変圧器から垂れ下がった電線に火がついて燃え上がった。4月18日に、木造コーポと市営住宅の間にある電柱の上の変圧器がブラブラしていたので、九州電力に連絡し直してもらった。以上のことから、停電中、地震による電柱からの垂れ下がり電線が短絡回路を作っていたところに、復電時、短絡により電柱

上の変圧器爆発し、続いて垂れ下がり電線が火災となったと考えられる。これが木造コーポ火災の出火経過と関係するかどうかは不明であるが、時間経過からは可能性はある。

(6) 非常電源の発電機が作動中に燃えた火災事例

4月16日1時25分の本震後、ビジネスホテル（DID地区内、部分焼、当地では震度6強）の電気室で非常電源の発電機が作動中に燃え、自火報が鳴動した。従業員2名は、屋内消火栓を使って消火に当たった。その他の従業員1名は、宿泊客の避難誘導を行っている。消防署の覚知時刻は3時26分であった。

(7) 熱帯魚水槽転倒・ヒーターから復電時に出火

4月16日1時25分の本震後すぐに、出火した戸建住宅の周辺（DID地区内、当地では震度6強）では停電した。近くの避難所へ避難する際にブレーカーを落としたと思ったが、動力線のブレーカーだけを落としていて電灯線のブレーカーを落としていなかった。避難先から一時戻った際に、火災となっていることに気づいたが、部分焼となった。火災は、熱帯魚水槽が転倒して、ヒーターから出火し、部分焼となったとのことである。消防署は、午前3時26分にこの火災を覚知している。

同市内では、「地震から約40分後、停電が解消され、街が一気に明るくなった。」（福島民友新聞社報道部・折笠善昭氏による新聞記事）と報告されており、地震後に通電があったことがわかる。以上のことより、ブレーカーを落としていなかった電灯線に接続していたヒーターから出火していることから、この火災事例は典型的な通電火災であったといえる。

(8) 鋳造工場電気保持炉の揺れ出しで出火

4月14日の前震（DID地区外、当地では震度5弱）では、被害が限定的であったが稼働を止め、

4月15日に片づけて4月16日午前7時からの稼働を目指していた。この時は本震が来るとはわからず、早朝からの稼働にむけて、電気保持炉にはアルミをいっぱいにしていた。

稼働直前の4月16日1時25分に本震（当地では震度6強）が発生し、アルミの鑄造工程（22台のうちの1台）の電気保持炉が振動し、その内部にあった660℃のアルミが、ふたを押し上げて床にこぼれた高温のアルミが発火源となり、床面に広がっていた潤滑油などに着火し炎上し、床面約30～50㎡焼損（部分焼）した。

警備を担当していた警備会社の警備員1名（当時、工場内にはこの警備員1名のみであった）が対応に当たり、延焼を懸念して消防に通報し、消防署及び消防団が出動した。消防署が火災を覚知したのは4時40分であった。

警備員は消火器を使って消火を試みたが消しきれなかった。稼働中であれば社員が対応し、砂をまいてその上から消火器で粉末消火剤を噴霧するが、この時は、この警備員1人のみで、消火方法を知らなかった。

(9) 消防団の迅速な対応で消火した工場火災

4月14日の前震（DID 地区外、当地では震度5弱）の後、製材所内の主な建物に隣接した壁のない建屋内に設置した木材乾燥用のボイラー（燃料は、木材の端材と灯油のハイブリッド）を止めた。しかしボイラー内の火は、出火時まで残っていたと推測される。

4月16日1時25分の本震（当地では震度5強）で、ボイラーが15～30cm程度ずれ動いた。本震やその後の余震（当地で最大のものは3時55分、震度5弱）でボイラーが揺らされて、ボイラーの焚口から、残り火を含んだ灰が飛び出た。飛び出た灰の熱により、ボイラーの近くに置いていた木っ端入れのプラスチックコンテナが融けて燃え上がったと推測される。火炎は、ボイラーを覆っている建屋の天井まで達し、片側2本の柱が燃え



写真2 燃焼中の灰が飛び出したボイラー（建屋修理済）
（南小国町赤馬場、2016年8月26日、筆者撮影）

上がった。

6時15分頃、この製材所に隣接する地区の集会所に避難していた住民が、製材所から黒煙が上がっていることに気づいて、すぐに消防団に連絡した。近くにいた消防団OBが消火栓の開栓準備を直ちに行い、消防団員3人がホースを消火栓につないで、3分後には放水開始し、6時25分～30分頃には火が消えた。この地区の消防団員は、地震の警戒態勢で詰め所に集まっていたので、放水の5分後には消防団の消防車3台が現場に到着した。放水の10分後には、隣町にある広域消防本部の分署から消防車1台が現場に到着しているが、その時はすでに放水の必要はなく放水していない。消防本部が火災を覚知したのは6時21分であった。

(10) 停電後に漏電で出火した精密工場火災

4月14日21時26分の前震（DID 地区外、当地では震度5弱）を受けて、4月15日から工場の操業を停止していた。4月16日1時25分の本震（当地では震度6強）で液晶パネル生産に必要なガラス部品（回路基板）の工場のある町では停電が発生し、その約2時間後、この工場で補助電源が自動的に作動し、非常灯からの漏電により出火（報道等による）・半焼となり、煙などによりクリーンルームなどの生産設備が大きく損傷した。

工場内の火災現場には製造過程に使う酸類が

あったので異臭が周辺へ漂い、周辺住民から消防本部へ通報した。消防隊が駆けつけたがすぐには放水できなかった。消防本部が火災を覚知したのは10時43分であった。

(11) 地震後の混乱の中で誤った操作で出火した事例

4月16日の本震（DID 地区内、当地では震度6強）の後、戸建住宅に孫が来ていたので、台所でてんぷらをしようとした。都市ガスが止まっていたので、ガスコンロの上にカセットコンロを置いて調理した。カセットコンロのガスを止めたと思ったら、ガスコンロのスイッチを操作していた。てんぷら鍋から出火し、そのあたりにあった衣服で消火し、ぼやで収まった。万一のことを考え消防署に通報した。その後、消防車2台が到着した。消防本部が覚知したのは、4月16日11時14分であった。

おわりに

熊本地震では、震度7の地域の広がりや限定的でかつその地域の人口が少なかったことにより出火件数が少なかった。一定の延焼危険性のある市街地で火災が複数発生しこれらの火災から市街地火災となる可能性もあったが、全体として出火件数が少なかったことで通常の消火活動を確保できる条件となりやすかったことや弱い風という気象条件により、市街地火災まで進展せずに済んでいる。

本報告では、個別の火災事例を調べることで、地震後の火災発生経過の傾向や消火体制等の問題を把握した。以下にそのまとめと課題を示す。

(1) 火災への人的対応

17件の火災事例のうち、約2割が全焼（うち1件が隣棟延焼）、半焼・部分焼は約4割、ぼやが約4割であった。ぼやの7件では、住民や近くに

いた消防団員による初期消火が多数行われている（7件中5件、2件は不明）。

全焼・半焼・部分焼の10件では、「すでに避難していた」等により出火場所に「人がいなかった」場合が多い（10件中7件は「人がいなかった」、そのうち3件は「すでに避難していた」、3件は工場や電気室で夜間無人、1件は調理中に外出。残り3件は人がいたかどうか不明。）。

地震後の他の場所への避難中や無人の箇所からの出火・拡大が多いことから、火災への警戒態勢をすべての場所で行い、出火に備えておくことは重要であることがわかる。

全焼・半焼・部分焼となった場合、農村部では、住民による消火が行われた地区があるが、都市部では、従業員による消火は行われているが、住民による消火が行われていないケースが目立つ（全焼・半焼・部分焼となった都市部での5件の火災のうち、2件で「住民による消火が行われていない」、1件は「従業員による消火」、残り2件は不明）。ただし、都市部であっても消防団による消火活動が行われている地域があったことも特徴的である（全焼・半焼・部分焼となった都市部での5件中2件）。

延焼危険の高い都市部における住民による消火体制は、大都市では必要性についてこれまで言われてきているが、今回のような地方都市であっても、消防機関による通常の消火活動ができない場合や強い風の場合に対応するために、消防団による消火体制を維持しておくとともに、住民による消火体制を備えておくことが必要と考えられる。

(2) 消防機関による消火活動

消防機関は、今回、出火件数が少なかったことで、全体としては通常の消火活動を確保できる条件となりやすかったといえるが、個々の火災事例をみると、途中の経路障害で消防隊の到着に遅れを生じたり、到着後の消火栓の発見に困難な場合があった。消火栓の位置は、通常の火災時に

は、日常的な確認作業によりその付近に精通した消防隊によって支障なく使用されると考えられるが、地震により普段とは違った出動態勢、たとえば、他の消防本部から来援した緊急消防援助隊が消防活動に従事した場合などで困難となったと考えられることから、現場で、直接的に消火栓を発見しやすくするような表示や、目立ちやすい消火栓の形態とするなどの工夫等、慣れていない場合に対応できるようにしておくことが望まれる。

(3) 出火に関連する要因について

今回、地震後に出火した建物の地震そのものによる構造的被害は大きくなかった。これは、震度7の地域にあった建物数が限定的であり、そこからの出火数が少なかったことと関係している。なお、前震、本震、震度6強2回、6弱3回を含む数多くの余震が継続的に発生したことによる出火への影響に留意しておく必要がある。地震動を継続的に受けることにより出火する状況が作り出されやすくなるとともに、余震の続く建物からの避難で火災への初期対応ができなくなる側面と、前震で都市ガス等のライフライン供給停止となり本震まで供給停止状態が継続した場合、出火しにくくなる可能性がある。

都市ガスは、低圧ブロック内の地震計がSI値60カイン以上を記録した場合に供給停止となった⁶⁾とされている。火災発生の原因として、今回は都市ガスによるものが見られなかったが、供給停止が都市ガスによる火災発生を防止することにどのように効果があったのか検証を行うておくことは、今後の対策を進めていく上で有効と考えられる。

電気の供給については、停電が広範囲に発生し、火災事例の調査でも示されたように比較的早い段階で通電が再開された地域があり、通電火災と考えられる事例も見られた。通電の状況と出火過程

との関係を検証するとともに、ブレーカーを下ろしたり、感震遮断装置等の対策がどの程度行われ、機能したかについても検証しておくことが望まれる。

また、停電に起因して、非常用の設備が原因で出火に至った例も今回複数見られた。このような火災のメカニズムの解明とともに、非常用の設備の維持管理体制の確立が課題である。

今回、戸建住宅・共同住宅からの出火とともに、工場、ホテル、雑居ビル等の産業系の用途からの出火も見られた。住宅系では電気関係とともに、地震後の生活に起因する出火もみられた。また、産業系では、電気関係とともに生産設備からの出火もみられた。これらの中には従来から地震時の火災として多くみられてきたものも多いが、それぞれの状況に対応する出火防止の検討が必要である。

参考文献・データベース

- 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) 消防庁災害対策本部、熊本県熊本地方を震源とする地震（第45報）、平成28年4月30日（土）8時00分
- 3) 気象庁、過去の推計震度分布図
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/suikei/eventlist.html>
- 4) 日本火災学会、1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書、1996年11月
- 5) 気象庁、過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 6) 一般社団法人日本ガス協会、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、平成28年5月31日
http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/gas_anzen/hoan_taisaku_wg/pdf/006_s01_00.pdf

□平成28年熊本地震～被害から学ぶもの

熊本大学大学院自然科学研究科教授 松田 泰治

1. はじめに

平成28年4月14日に日奈久断層の北部を震源とするマグニチュード6.5の地震が発生し、益城町では震度7の揺れを記録した。二日後の平成28年4月16日には布田川断層を震源とするマグニチュード7.3の地震が発生し、益城町と西原村で再び震度7を記録した。筆者は土木学会西部支部の熊本地震災害緊急調査団を組織して発災直後から被害調査を行った。長い間、大地震の洗礼を受けていなかった熊本地方では、家屋やビルの倒壊をはじめ、道路や鉄道やライフラインの寸断など、甚大な被害が発生した。ここでは被害の概要と今後の課題について述べる。

2. 地震の概要¹⁾

今回の地震では兵庫県南部地震以降に整備された強震観測網により膨大な量の観測記録が得られている。ここではその中でKiK-netの益城で得られた地震動に基づきその強さに関して考察する。まず、14日の地震では益城町の地表面の東西方向で925galの加速度が記録された。またこの時の速度は90kineを超えていた。16日の地震では東西方向で1157galの加速度と120kineを超える速度を記録した。これらの地震動の加速度や速度のレベルは阪神・淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震で観測された地震動に匹敵する強さである。益城で観測された地震動の加速度と加速度の積分結

果より得られた速度を図-1から図-4に示す。16日の地震で観測された加速度の大きさは日々我々が感じている重力加速度の約980galを上回っている。つまり地震の際には体重60kgの人には横向きに自分自身の体重を上回る水平力が作用し、構造物には自重を上回る水平力が作用したことになる。私の研究室でも14日の地震では一部の書籍が落下する程度であったが、16日の地震では机上のコンピュータが床に落下していた。研究室の地震後の状況を図-5と図-6に示す。また、今回の地震の特徴として数多くの余震の発生が挙げられる、余震はすでに4000回を超えており、震度5弱以上の地震を記録したものだけを取り上げても22回を数えている。余震の発生回数がこれだけ多く長期間にわたって強い揺れを記録した地震は近年では例がない。

3. 建築構造物の被害^{2)、3)、4)}

地震により大きな力が構造物に作用したため一般の住宅やビルにも数多くの被害が生じた。特に二度の震度7の揺れを経験した益城町では、14日の地震による強い揺れにより旧耐震設計により設計された老朽化した住宅が数多く被害を受けた。古いブロック塀なども数多く倒壊し、屋根瓦も飛散した。この時点では新耐震設計により設計された住宅は何とか強い揺れに耐えたものが多かったようである。しかし、16日の地震では新耐震設計により設計された住宅も激しい揺れに耐えきれず

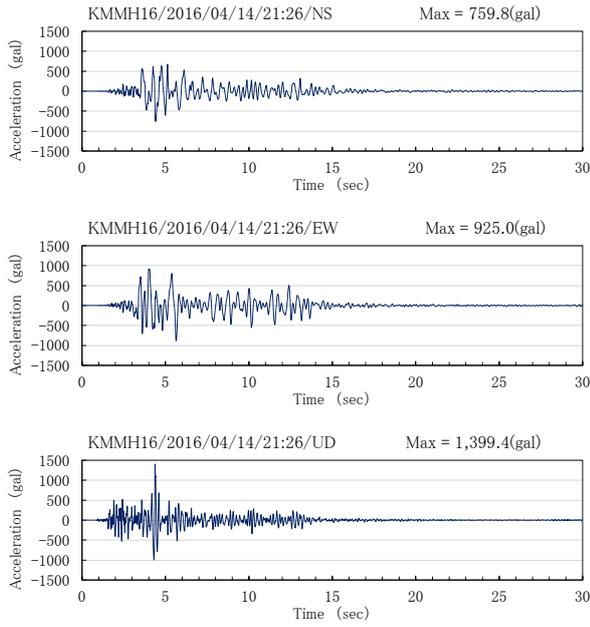


図-1 4月14日の地震で益城町で観測された加速度 (KiK-net 益城)

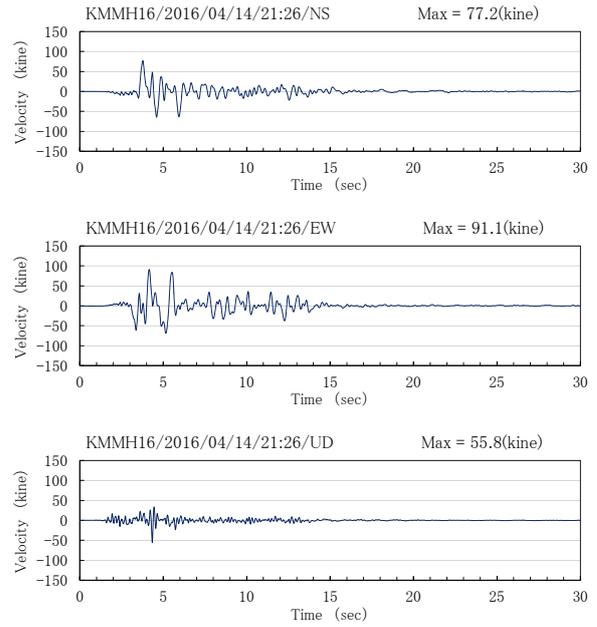


図-2 4月14日の地震の加速度より得られた速度 (KiK-net 益城) (High Pass Filter 0.05Hz)

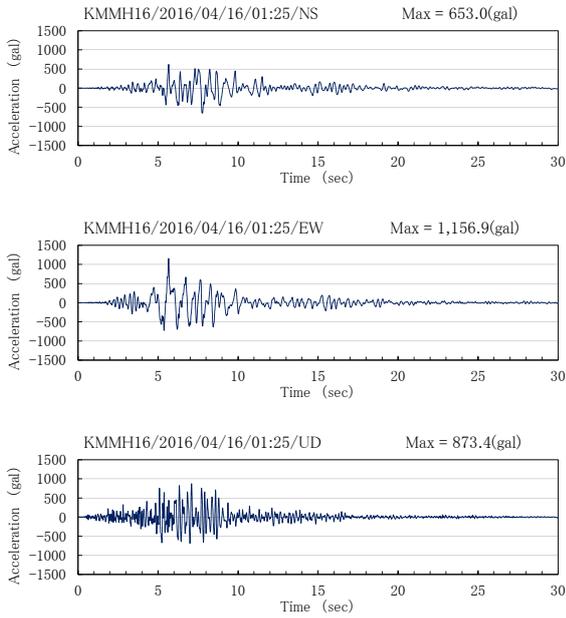


図-3 4月16日の地震で益城町で観測された加速度 (KiK-net 益城)

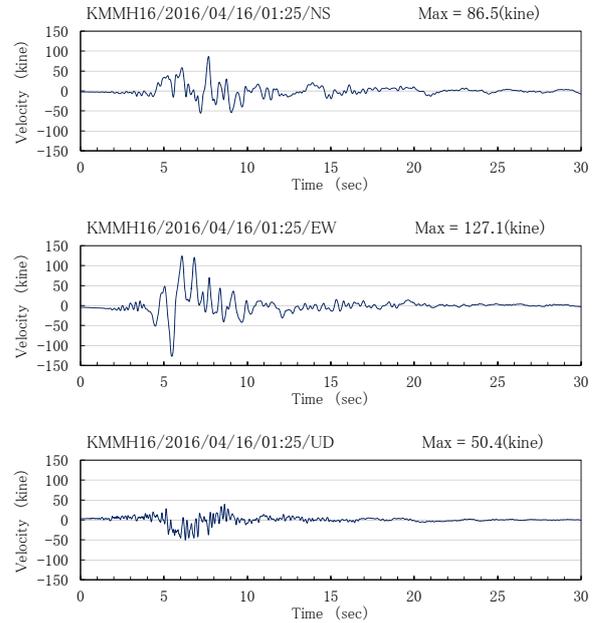


図-4 4月16日の地震の加速度より得られた速度 (KiK-net 益城) (High Pass Filter 0.05Hz)



図-5 4月14日の地震後の研究室の様子
(○印の中はコンピュータ)



図-6 4月16日の地震後の研究室の様子
(コンピュータは机から落下)

倒壊した例が多く見られた。また、被災した住宅の中には基礎地盤の部分が大きく変形している事例もあり、単純に地震動の加速度に基づく慣性力の影響だけで損壊したとは考えにくい。益城町の被害の状況を図-7と図-8に示す。16日の地震では南阿蘇村でも大きな被害が発生した。ここでも地表に現れた断層がアパートの直下を横切っているものなどが確認でき、建物そのものが大きくゆがんでいた。基礎地盤から強制的に変形させられたような印象であった。熊本市内でも旧耐震設計で設計され耐震補強が施されていない集合住宅が数多く被災した、特に1階部分を柱主体の構造としたピロティ構造と呼ばれるものが層崩壊を起こした例が複数見られた。このような構造形式は兵庫県南部地震においても数多く被災しており耐震性が劣ることは指摘されていたが耐震補強などの対策は取られていなかった。旧耐震設計であった宇土市役所は16日の地震により壊滅的な被害を受け機能不全に陥った。建て替え計画はあったが、学校施設を優先して後回しになっていたとのことである。宇土市役所の被害の状況を図-9に示す。一方で山鹿市役所のように免震構造を採用しており地震後も速やかに機能が回復した施設もある。熊本県内にも多数の免震構造の病院や集合住宅あったが地震に対して十分な免震効果を発揮したことが報告されている。このほかに新耐震設計の集合

住宅や体育館では渡り廊下や天井などの非構造部材の損傷が数多く報告されている。避難所や救援物資の集配場所に指定されていた体育館などで



図-7 4月14日の地震後の益城町の被害



図-8 4月16日の地震後の益城町の被害
(新耐震の住宅も被災)



図-9 4月16日の地震後の宇土市役所の被害

は機能不全に陥ったものもあった。建築構造物の中には旧耐震設計基準で設計された既存不適格と呼ばれる構造物が数多く存在する。そのような構造物の中には本来、防災拠点としての機能を期待されていたにも拘らず被災した庁舎や病院も含まれていた。このような構造物は防災拠点であることを考えれば免震構造を採用するなど、一般構造物より更に耐震性を高めるとともに、電力や水道を多重化して災害時でも機能維持できることが望まれる。

4. 高速道路の被害⁵⁾

高速道路ではまず、震源に近い九州自動車道の益城熊本空港 IC 付近で被害が発生した。14日の地震により路面陥没や橋梁ジョイント部での段差などが確認され通行止めとなった。続く16日の地震では同様の区間が更に激しい揺れに見舞われ被災した。被害の大きかった木山川橋は旧耐震設計のため橋脚は RC 巻き立て、河川部は横変位拘束構造や落橋防止装置などの耐震補強対策が施されていた。橋脚は耐震補強の効果により倒壊などの被害を免れたが、大きな慣性力は支承にも作用したため鋼製支承および取り付け部の多くで、コンクリートのはく離やサイドブロックの破損、取り付け部の桁の変形やピンローラーの脱落、桁

連結版のボルトの破損など甚大な被害が発生した。脱落寸前の外桁は RC 巻き立ての効果で中桁の桁かかり長が長く、落橋を免れたケースもあった。ここから少し北に位置する秋津川橋でも被害が報告されている。秋津川橋では桁が橋台部に衝突しており橋台部には鉛直方向のひび割れが生じている。加えて支承部や主桁にも損傷が確認されている。この付近では高速道路を跨ぐ跨道橋である府領第一橋の落橋も発生した。縁端幅横と横変位拘束構造の耐震補強が施されていたが、16日の地震の際に橋軸直角方向に大きな慣性力を受け横変位拘束構造を破壊して落橋に至ったと考えられる。また、大分自動車道の湯布院 IC 付近も甚大な被害を被った。被害の大きかった並柳橋は1980年の道路橋示方書に基づく設計で特に耐震補強は施されていない。この付近では熊本地震の本震により誘発された活断層が動き大きな加速度を記録している。鈑桁橋ではピン・ローラー支承の損傷や支承の損傷に伴う桁の変形が確認されている。トラス橋では二次部材の変形や支承の損傷およびラーメン橋台部のコンクリートのひび割れなどの被害が発生している。高速道路の被害の状況を図-10から図-12に示す。落橋した府領第一橋は既に撤去され、同様のロッキングピアを有する東原橋ではラーメン構造化を図るなどの耐震補強工事が完了している。九州自動車道と大分自動車道では上りまたは下り線のみを利用した対面通行で運用しながら、本復旧に向けて急ピッチで工事が進め



図-10 4月16日の地震後の九州自動車道木山川橋の被害



図-11 4月16日の地震後の九州自動車道を跨ぐ府領第一橋の被害



図-12 4月16日の地震後の大分自動車道並柳橋の被害

られている。被害の大きかったエリアは旧耐震設計により設計されていたが、兵庫県南部地震の被災経験を踏まえ橋脚に対しては断面を大きくするなどの耐震補強の工事が行なわれていた。そのため、阪神・淡路大震災のような橋脚の倒壊という最悪の事態は免がれた。ただし、高速道路の上を跨いで架けられていた跨道橋が落橋した。今回は幸い、人命に関わる事故は起こっていないが、今後の維持管理体制をしっかりと確立していくことが重要と考えられる。

5. 一般道の被害^{6)、7)}

一般道の被害としてまず挙げられるのが阿蘇大橋である。阿蘇大橋は熊本と大分を結ぶ国道57号

と南阿蘇につながる国道325号の結節点に架かる橋である。国道57号線側の橋台部で、大規模な斜面崩壊（地すべり）が発生し、推定50万立米もの土塊が落下した。これにより橋梁は跡形もなく崩壊した。現在は橋台部や桁の一部が確認できるのみである。阿蘇大橋跡の状況を図-13に示す。国道325号線では阿蘇大橋に続く南阿蘇橋でも被害が報告されている。南阿蘇橋は部材補強、落橋防止装置やダンパーの設置など耐震補強済みの橋梁であったが、16日の地震によりダンパー取り付け部の一部が損壊した。また、基礎部分も周辺斜面の崩壊に伴い移動した可能性がある」と報告されている。このほか県道28号熊本高森線の俵山トンネルおよび橋梁群の被害が顕著であった。トンネルはこれまで耐震性は相対的に高い構造物と考えられていたが、今回の地震では活断層の変形に起因すると思われる力が作用して一部が崩落したり、ひび割れが生じたりした。俵山トンネルの被害の状況を図-14に示す。県道28号の俵山ルートにある橋梁群は全て新耐震設計で設計されたものである。しかし、布田川断層近傍であることも影響し、今回の地震の大きな揺れ、活断層に基づく地盤の変形や崩壊により、俵山トンネルに続く俵山大橋、すすきの原橋、扇の坂橋、桑鶴大橋、大切畑大橋の5橋に甚大な被害が生じている。直線的な構造物と活断層が鋭角で交差すると仮定すると、活断層が右横ずれを起こし断層を境に動くと、構



図-13 4月16日の地震後の阿蘇大橋跡と大規模斜面崩壊



図-14 4月16日の地震後の俵山トンネルの被害



図-16 4月16日の地震後の屈曲した俵山大橋

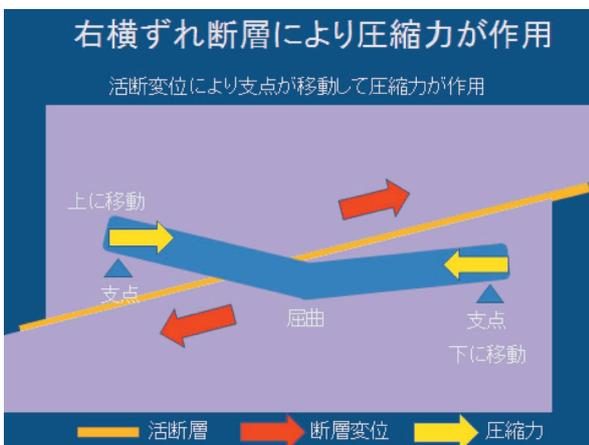


図-15 右横ずれ断層により構造物に圧縮力が作用

造物の支点はそれに伴いお互い近づこうとするため、図-15に示すように構造物には大きな圧縮力が作用することになる。調査した橋梁の一部では両側から大きな圧縮力を受けたと思われる被災例があった。屈曲した俵山大橋の状況を図-16に示す。現行の道路橋の耐震設計基準ではこのような活断層に起因すると考えられる地盤の相対的な変形により作用する力は考慮されていない。活断層近傍での構造物の設計に一石を投じる事例と考えられる。道路に関しては緊急輸送道路などのネットワークとしての機能が重要である。特に発災直後の救援ルートを確認するため、道路を通行可能な状態に戻す作業は最優先事項である。ネットワーク機能を早期に回復させることが容易になるよう、合理的に耐震補強を進めていくことが重要と考えられる。

6. 住民の減災意識

熊本県では平成25年に策定した地域防災計画において、布田川断層と日奈久断層が連動して動きマグニチュード7.9の地震が発生した際の被害を予測し、市町村に対して地域防災計画の見直しを要請していた。被害想定の結果は当時、地元紙に7回にわたって掲載されたが、十分な注意喚起につながったのか。平成17年に九州地方で起きた福岡県西方沖地震は震源が海底であり津波注意報が出ていた。しかし、埋め立て地のイベントは継続されるなど九州における津波に対する認識の甘さが明らかになった。今回の地震では有明海沿岸部の多くの住民が高台避難を実行したと報道されている。津波に対する減災の意識は着実に根付いていると言えるのではないかと。今回避難を経験した子供たちは再度同じような事態に遭遇した際に速やかに正しい行動がとれるものと考えられる。まさに減災行動が生活の一部となった瞬間ではないか。各地方自治体では策定した地域防災計画がどこまで機能し、どこが機能しなかったのか、しっかりと検証作業を行い、それに基づき改善提案を行うことが減災型社会システムの構築へ向けての責務と考える。

7. おわりに

兵庫県南部地震以降、わが国では地震観測網の整備が進み、今回の地震でも膨大な観測データが取得できた。また、衛星測位システムの活用や航空機を利用したレーザー測量技術の進歩により、地震後の地形の変化などを瞬時に知ることが可能になった。これらのデータを有効に活用することにより構造物の被災メカニズムの分析などは飛躍的に進むと考えられる。また、防災教育の充実は災害先進国である我が国の重要な課題である。低学年時より継続的に防災教育を行い自助や共助の重要性を十分に理解した子供たちは、公助とうまく補い合える減災型の社会を実現することが可能ではないではないか。熊本はまだ復旧・復興への道のりを歩み始めたばかりである。これから安全・安心な熊本の再生へ向けて、被災経験をうまく活かしながら、進んでいくことが必要と考えられる。

本文中で使用した地震動は防災科学技術研究所のKiK-netにより観測されたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 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/>
- 2) 平成28年熊本地震緊急災害報告 (第1報～第10報)、<http://www.jsce.or.jp/branch/seibu/>
- 3) 減災センター被災地調査報告 (第1報～第13報)、<http://iresc.kumamoto-u.ac.jp>
- 4) 日本建築学会「2016年熊本地震」地震被害調査速報会資料、2016年5月14日
- 5) 4月14日及び16日 九州地方地震による通行止め・災害状況等について (第1報～第8報)、<http://corp.w-nexco.co.jp/newly/>
- 6) 熊本地震による被災及び復旧状況 - 国土交通省、<http://www.mlit.go.jp/common/001135910.pdf>
- 7) 俵山ルート (県道熊本高森線) の被災状況について、http://www.pref.kumamoto.jp/kiji_15619.html
- 8) 平成28年 (2016年) 熊本地震 地震被害調査結果 速報会資料、<http://committees.jsce.or.jp/eec2/node/76>
- 9) 2016年熊本地震 土木学会西部支部緊急調査団報告資料、http://www.0985211930.com/client/jsce-w/cgi-bin/upload/tokubetsukoen2016_2.pdf

□熊本地震から考える震度と情報

日本大学文理学部社会学科教授 中 森 広 道

1. 熊本地震と震度

今年4月に発生した「平成28年熊本地震」では、熊本県熊本地方で震度7が2回記録された。

まず、4月14日21時24分に発生した前震（マグニチュード6.5）では、熊本県上益城郡益城町で震度7が記録され、16日1時25分に発生した本震（マグニチュード7.3）では、益城町と阿蘇郡西原村で震度7が記録された。気象庁震度階級に震度7が設けられてから、同じ地域の地震活動で震度7が続けて2回記録されたことは、今回が初めてであった。

この震度7が続けて2回記録されたことは、この「熊本地震」の大きな特徴として注目され、報道なども大きく扱っている。一方、本震で震度7を記録した益城町と西原村のデータが停電により伝わらなかった。この「震度7の情報の遅れ」が一部で問題視されていた。震度の遅れが、行政などの初動体制や一般に向けて情報を伝える役割を担っている報道機関の対応に影響したのではないかと、という指摘である。

日本のように、震度が一般の人々にメディアなどによって速報され、自治体や公共機関が、その対応における判断の基準の拠りどころにしているような国は他にはほとんどない。その一方で、これだけ震度が重要視されると別の問題も生じる。それは、震度を重視し、大きく依存するようになってくるため、震度に言わば振り回されてしまうような傾向も見られるということである。人々

は、震度の大きい地域に注目して救援や報道の取材がこのような地域に集中し、その結果、他の地域で生じた様々な問題が見落とされ、地震の全体像がわかりにくくなってしまっている。ここでは、今回の「熊本地震」を通して、震度情報について、あらためて考えてみたいと思う。

2. 震度と震度7の歴史と展開

震度とは、「ある地点の地震動の強弱の程度を段階的に示す数字、または呼称」（勝又1993）である。つまり、震度は「点」の観測結果であって、「面」の結果ではない。現在、震度は、一般には市区町村名で発表されることが多い。しかし、発表された震度は、その市区町村全体の揺れの強さではなく、市区町村内に設置されている観測震度計のある地点の揺れの強さであり、同じ市区町村内でも揺れの強さに違いがあることもある。

現在の日本では、震度は計測震度計によって観測されたものが10階級の気象庁震度階級で一般に発表される。震度が果たしている最も大きな役割は、地震災害時の「初動情報」の役割であろう。「初動情報」とは、災害の状況を推察するための情報、災害発生直後に災害対策のための意思決定・判断に必要な情報、状況を定義する情報などを意味する。

震度の歴史を見ていくと、概ね次のようになる（表1）。

江戸時代、幕末において地震の揺れを測る試み

表1 日本における震度ならび「震度7」についての略史

年・時期	できごと
江戸時代(幕末)	1854(嘉永7年=安政元年)年の「伊賀上野地震」「安政東海地震」「安政南海地震」などで、地震の揺れを測る試みが見られた。
1884(明治17)年	内務省地理局(当時)が、「微・弱・強・烈」の4階級による震度観測を始める(体感による観測)。
1908(明治41)年頃	震度階級が「微震(感覚なし)・微震・弱震の弱き方・弱震・強震の弱き方・強震・烈震」(震度0から震度6に該当)の7階級に細分化。
1936(昭和11)年	震度階級における震度の呼称のうち、「微震(感覚なし)」を「無感」に、「弱震の弱き方」を「軽震」に、「強震の弱き方」を「中震」にそれぞれ改める。震度階級は「無感・微震・軽震・弱震・中震・強震・烈震」となる(現在の震度0から6)。
1939(昭和14)年	全国の気象台測候所(のちの気象官署)を国が管理することになる。
1949(昭和24)年	前年の「福井地震」による甚大な被害を踏まえ、震度階級に「激震(=震度7)」が設けられる(震度階級の中の最大の階級)。震度は8階級に。後年、震度の呼称は、「震度0から震度7」の数値も併記されるようになる。 ※震度0から6は体感で観測した「揺れの強さ」。震度7は、後日、現地調査による建物被害(倒壊率)から判定する「被害の大きさ」となっていた。
1952(昭和27)年	「気象業務法」施行
1956(昭和31)年	「気象庁」発足
1991(平成3)年～	全国の気象官署(約150)に計測震度計を導入し、震度は「体感」から「機械計測」に変わる。
1993(平成5)年頃	ただし、「震度7」は、現地調査による「被害の大きさ」であることに変更はなかった。
1994(平成6)年	前年の「北海道南西沖地震」による津波被害により、気象庁は、津波警報の迅速化などを目的とした「津波地震早期検知網」が設けられ、新たな震度観測点(無人の計測震度計による観測点)が約150増え、全国の気象庁の観測点は約300になる。
1995(平成7)年	「阪神・淡路大震災」を引き起こした「兵庫県南部地震」により、震度階級に「震度7」が設けられて以来、初めて震度7が認定される(神戸市、阪神間地域、淡路島など)。
1996(平成8)年	前年の「兵庫県南部地震」を踏まえ、気象庁の震度観測ならびに震度階級が次のように改められる。 ① 「震度7」を速報するため、「震度7」を現地調査ではなく計測震度計による観測に改める。 ② 「震度6」が相次いで記録されていたため、「震度6」を軽視する傾向(「震度6慣れの心理」)が指摘されたことなどから、比較的大きな被害が生じる可能性のある「震度5」「震度6」を「強・弱」に区分。震度は「0・1・2・3・4・5弱・5強・6弱・6強・7」の10階級となる。これにより、長く使用されていた「無感」から「激震」の呼称は使用されなくなる ③ 「兵庫県南部地震」で神戸の震度が、回線のトラブルで、気象庁本庁で届かず初動体制に影響することなどが指摘されたこともあり、強い揺れを観測されたと考えられる地域の震度観測点の中で、震度情報が伝わってこなかった地点については、「震度5弱以上と考えられるが現在震度が入手されていない観測点」として発表する。
1997(平成9)年	「兵庫県南部地震」により全国の震度観測点が300と少ないことにより初動体制に影響することへの指摘などから、この地震の直後(1995年)に、気象庁は、さらに300の震度観測点を増やし、震度観測点は600となっていた。そして、この年、気象庁の震度観測点以外の自治体や研究機関設置した計測震度計のデータも気象庁で集約・発表することになった。 ※現在、一般に震度が発表される震度観測点は4300以上。
2004(平成16)年	「新潟県中越地震」において新潟県北魚沼郡川口町(現在は長岡市に編入)で、計測震度計の導入以降、初めて震度7を記録。
2011(平成23)年	「東日本大震災」を引き起こした「東北地方太平洋沖地震」において、宮城県栗原市で震度7を記録。
2016(平成28)年	「熊本地震」。前震(4月14日)において熊本県上益城郡益城町で震度7を記録。そして、本震(4月16日)において、益城町ならびに阿蘇郡西原村で震度7を記録される。連続して震度7が2回記録されたことは、この地震が初めて。

(気象庁資料、拙稿「災害情報の再考—震度と情報—」『研究紀要』[日本大学文理学部人文科学研究科1998]ならびに、拙稿「地震情報の展開と受け手」『災害情報論入門』(弘文堂2008)などをもとに作成)

があったようであるが、本格的に震度の観測が始まったのは明治時代に入ってからである。1884（明治17）年、当時の内務省地理局によって体感による震度の観測が始まった。観測の方法は、「微、弱、強、烈」の4つの震度階級を設けて地震の揺れが、どの震度階級に該当するのかを報告するものであった。この震度階級は、1908（明治41）年頃までには「微震（感覚ナシ）、微震、弱震の弱き方、弱震、強震の弱き方、強震、烈震」の7階級に細分化され、1936（昭和11）年には、「無感、微震、軽震、弱震、中震、強震、烈震」と改められた。さらに、1948（昭和23）年の「福井地震」では、福井市における家屋の倒壊率が平均して80%となるなどの甚大な建造物被害が生じたことなどにより（宇佐美 1987）、翌1949（昭和24）年に「激震」（震度7）が加えられ、震度は無感から激震までの8階級となった。また、後年、「無感」を「震度0」、「激震」を「震度7」というように震度を数値で示すことが多くなっていった。

1991（平成3）年から1993（平成5）年にかけて計測震度計が導入され、震度観測が体感から器械計測へ移行していった。しかし、計測震度計による観測は震度0から6までであり、最も階級の高い震度7は、現地調査による建物の倒壊率によって認定することになっていた。つまり、他の震度が「揺れの強さ」であるのに対し、震度7は「被害の大きさ」から判断されるという違いがあった。また、このような事情から、震度7は、地震発生直後には速報できなかつたのである。

1995（平成7）年の「阪神・淡路大震災」を引き起こした「兵庫県南部地震」で、震度7が初めて適用された。1993年の「釧路沖地震」以降、1994（平成6）年の「北海道東方沖地震」「三陸はるか沖地震」と震度6を記録する地震が相次いで起きており、これらの地震の被害と、同じ震度6（神戸海洋気象台の計測震度計）を記録した「兵庫県南部地震」の被害に大きな差が見られ、「兵庫県南部地震」で発表された震度6を過小評

価したのではないかという「震度6慣れの心理」（廣井脩による）が指摘されたことや、同じ震度でも計測震度の幅が大きいことなどから、震度階級をさらなる細分化する必要性が検討され、1996（平成8）年に震度階級の中で人命に関わるような顕著な被害が生じる可能性がある、震度5と6を、それぞれ「強」「弱」に分割して「0、1、2、3、4、5弱、5強、6弱、6強、7」の10階級に改め、それまで使われてきた「無感」から「激震」の呼称は使われなくなった。また、震度階級の改定にあわせて震度7も、速報できるように計測震度計で観測するように変更された。さらに、「兵庫県南部地震」において神戸で記録された震度6が回線トラブルにより伝わらなかったことから、震度情報が入ってこない観測点を「震度5弱以上と考えられるが現在震度が入手されていない観測点」として発表するようになった。

さて、震度の観測は、長い間、全国の約150の気象官署（气象台や測候所）で行われていた。しかし、1993年の「北海道南西沖地震」による津波被害により、翌1994年に津波観測の迅速化を目的とした津波地震早期検知網が整備され、ここに新たに設けられた約150の計測震度計（無人観測点）の震度も発表されるようになり、震度観測点が300となった。そして、「阪神・淡路大震災」の後には気象庁がさらに計測震度計を増やして震度観測点が600となり、1997（平成9）年からは地方自治体や一部の研究機関が設置した計測震度計のデータも気象庁で集約して発表するようになった。現在、発表される震度観測点は約4300である。

3. 熊本地震の震度7と震度情報の遅れ

「熊本地震」の前震（4月14日）は、震度7を記録した4番目の地震だった（「熊本地震」以前に震度7を記録したのは、1995年の「兵庫県南部地震」、2004〔平成16〕年の「新潟県中越地震」、2011〔平成23〕年の「東北地方太平洋沖地震」の

3回である)。そして、この地震の本震（4月16日）で、また震度7を記録した（震度7を記録した5番目の地震）。「熊本地震」は、1つの地震活動で震度7が2回続けて記録された初めての地震であり、また本震は、1つの地震において2か所の観測点で震度7が記録された初めての地震となった。

「熊本地震」で震度7を記録した益城町と西原村の計測震度計は、どちらも気象庁ではなく熊本県が設置したものである。特に前震では、県が設置した計測震度計の記録が初動情報として大きな役割を果たしたといえる。気象庁だけで震度観測が行われていた時代にこの地震が発生していれば、益城町の震度はすぐにはわからず、また、夜間という情報把握が難しい時間帯であり、状況の把握にかなりの時間がかかっていただろう。

しかし、本震において、県が設置した益城町と西原村の計測震度計が停電のためデータが送られなかったため気象庁で集約することができず、この2つの町村の震度が速報されなかった。気象庁が現地調査で収集したデータを解析して、この2つの町村が震度7を記録していたことがわかり、それが公表されたのは本震の発生から4日後の4月20日だった。それまでの本震の最大震度として発表されていたのは熊本市や南阿蘇村で記録された震度6強だった。

同様のことが「新潟県中越地震」でも起きていた。この地震では新潟県北魚沼郡川口町（当時）の新潟県が設置した計測震度計で震度7を記録していた。しかし、停電のため震度のデータが送られず、川口町で震度7が記録されたのは地震から約1週間後だった。

観測された震度の情報が遅れることは、かなり前からあったが、「兵庫県南部地震」における神戸と洲本からの震度情報が遅れて以来、問題視される傾向が出てきたように思える。この地震で、神戸海洋気象台の計測震度計は震度6を記録した。しかし、回線にトラブルが生じて気象庁本庁

には届かなかった。また、淡路島の洲本測候所では、計測震度計自体が故障して、地震発生から約1時間50分後に職員が状況から震度6と判断した。この地震による「阪神・淡路大震災」があまりにも甚大な被害であったこともあり、「震度の遅れが初動体制に影響した」という評価があった（この場合の初動体制とは、震度が発表されていない地域・被災地の体制というよりも、被災地の状況把握や救援を行う被災地以外の行政や公共機関の体制のことが主となる。被災地では震度がわからなくても、被害が大きいことが自ずとわかるからである）。それ以降、一般的にはそれほど注目されていなかった「震度の遅れ」が問題視されるようになったようである。その後の地震でも、「新潟県中越地震」の住民アンケート（東京大学廣井研究室ほか、回答数913）で「震度の遅れや間違いはあってはならない」と回答した人は41.5%、2005（平成17）年の「千葉県北西部の地震」の住民アンケート（東京大学廣井研究室ほか、回答数601）では、51.1%を占めていた。

ただし、震度情報の遅れが初動体制に影響するとはいえ、計測震度計も、またデータを送る回線も絶対にトラブルが起これないとは限らない。したがって震度情報が遅れることをできるだけ防ぐような対策を進める一方で、震度情報が遅れることを前提とした対策を進めることが必要であろう。

しかしながら、この課題については過去の教訓が生かされていないように思われる。前述した「兵庫県南部地震」では、神戸などの震度発表が遅れたことについて問題視する一方で、「震度が発表される観測点からの情報が届いていないということは、そこで何かが起こっている」と考えることも大事ではないか、という指摘もあった。つまり「情報がなくとも情報」という視点が必要ということである。また、この地震では、「震源は淡路島、地震の規模がマグニチュード7.2（再計算されて現在は7.3）」ということは発生直後にわかっていたので、特に震源の周辺で大きな被害

が起きていることを察することもできたのである。また、現在、震度が入っていない観測点を発表したり、推定震度も発表されるようになっている。震度がわからない場合でも、このような情報が初動体制を整える参考になるのではないだろうか。

もっとも、「熊本地震」の本震における震度7の遅れを大きく問題視したのは、被災地の自治体というよりも、取材対象を明確にする体制を速やかに整えなかった報道機関などのものである。益城町をはじめ前震で強い揺れが襲った地域では、すでに被害が生じ、地震に対する対応が行われていた。さらに、本震までに震度5弱以上の地震が何度も起きており、本震で再び震度7が記録されたのは前震とほぼ同じ地域であった。ちなみに、筆者の研究室で行った熊本地震の住民アンケート調査（回答数50）では、「震度の遅れを問題視している」という回答は10%であった。むしろ、ここでの問題は、震度7の地域が注目される一方で、被害や影響がありながら注目されないという、「震度による地域の過集中」であったと思われる。

4. 震度情報とその課題

日本の震度の問題とその社会的背景をまとめると、①震度情報が観測点のある自治体名・地名で発表されていたため、点の観測結果である震度情

報が、面の情報のように受けとめられている、②震度が速報されるので、住民の間に「地震を感じたら、まず震度」という意識が浸透している、③わずかな観測点の時代から、行政・自治体が「震度」を判断基準としている、ということであろう。

ところで、特に地方自治体の中には、この震度情報が自治体の運営に影響することを懸念している向きもある。それは、震度情報が大切ということとはわかっている、計測震度計や回線の維持費などが大きな負担となっている、ということである。震度情報の精度を保つためにも、このような問題の解決策を自治体だけではなく政府も考えていかなければならないだろう。

そして、①震度は限られた点の情報で必ずしも頑強と言えないシステムによって運営されていること、②本来「参考情報」である震度が「絶対情報」のように扱われていること、③日本の震度は「被害度」とは違うものの同様に扱われること、という現状を理解し、震度情報を有効に活用し、適切に役立てていく工夫をしなければならないだろう。

参考文献：

勝又護編（1993）『地震・火山の事典』東京堂出版
気象庁監修（1996）『震度を知る』ぎょうせい



防災を分解する－米国風解体新書－

消防庁消防研究センター 研究統括官 長尾一郎

防災。私たちが日頃から何気なく使っている言葉です。人それぞれで個々の業務についての解釈が異なっています。それは当然であり、その時々が発生した事故や災害によってその定義が変遷してくものであるからです。

さて、では防災について、米国ではどのような内容として捉まえているか、その概要を紹介します。

1 カテゴリー

(1) 米国における4つのカテゴリー

米国では防災対策を時間的な流れで大きく4つのカテゴリー（施策項目）に分けています。

① Mitigation - 減災 -

減災とは、防災対策の基本であり、特に既存不適格建造物の耐震性向上や、洪水、津波等の水災害から市街地や住宅等を守るための下駄上げ・移転、河川改修事業など、地震や大雨の発生に際しても被害そのものを抑えることを目的とした施策の実施が中心となります。

すなわち、「何らかの異常現象が発生しても、その影響（被害）を最小限にすること」が目的となります。

減災策については、地震など災害の発生予測が困難な場合が多く、そこで、地域のすべての施設に対して改修を行わなくてはならないことから、中長期的な改修計画と平準化された予算確保が課題となっています。この辺の事情は日本と同じでしょう。

② Preparedness - 準備 -

減災策には予算上の制約もあることから、これで被害の発生を完全に排除することは不可能です。すなわち、異常現象が発生したら、必ず何らかの被害が発生することが前提となります。

準備とは、このように被害が発生することを前提に、平常時において各種の防災訓練の実施、防災施設・設備の整備、資機材の備蓄、応急対応計画の策定・検証・改訂を進めることであり、「実際に災害が発生しても、最も迅速かつ効果的な対応を実施し、被害の拡大防止・軽減が図れるように事前に準備しておくこと」です。

準備策の中で、米国が最も重要視しているのが、応急対応計画の立案、見直しです。

この応急対応計画については、Department of Homeland Security-FEMA-（国土安全保障省内の旧 FEMA）の音頭取りで、その標準化が進められています。

Incident Command System-ICS- と呼ばれるもので、別途、機会があったらご紹介したいと思います。

③ Response - 応急対応 -

応急対応とは、準備段階で策定された応急対応計画（ICS）に基づいて災害対応を実施することですが、対応能力が地域（市町村等）の能力を超えた場合には近隣自治体を始め、州や連邦政府の支援が実施されることとなります。この対応スキームは日本ももちろん

と同じです。

米国では「応急対応」を迅速かつ的確に実施するためには、「地域内に現に今ある Resource - 防災資源 (人・物) -」でどのような措置が図れるかを常に検証しておくことを重視しています。

そのためには、まず、「準備」段階において、各機関の有する防災資源のデータを常に共通情報として公開しメンテナンスしていることが特徴です。

また、特に、定期的な Table Top Exercise - 図上訓練 - の実施により、応急対応の疑似体験 (手順の確認)、連邦政府、州政府、市等の各機関の意志疎通の確保 (指揮命令系統の確認等)、情報伝達ルートの確認等を行うなど、応急対応計画の問題点の洗い出しを行うことが頻繁に行われています。

④ Recovery - 応急復旧 -

応急復旧とは、応急対応が終了して仮措置が行われる過程ですが、その多くは被災者のための財政支援となります。復旧施策の中には、各種の公的保険制度も入ります。米国では西海岸では地震被害が顕著ですが、実はこの災害は全米的に見てレアで、もっぱら中部や東部、南部で発生するハリケーンや寒波などの被害が多く、また、大きいものとなっています。そこで、特に洪水被害に対しては、連邦政府において Flood Insurance - 洪水保険 - が制度化されています。

(2) 異なる範疇、ルールへの注意

上述した米国でのカテゴリーは、日本の防災の範疇と異なる点が多くあります。例え

ば、日本では Mitigation - 減災 - については Preparedness - 準備 - も含む広い概念で解釈されている場合もあります。一方、米国での Mitigation - 減災 - は、もっぱらハード的な措置が中心となります。

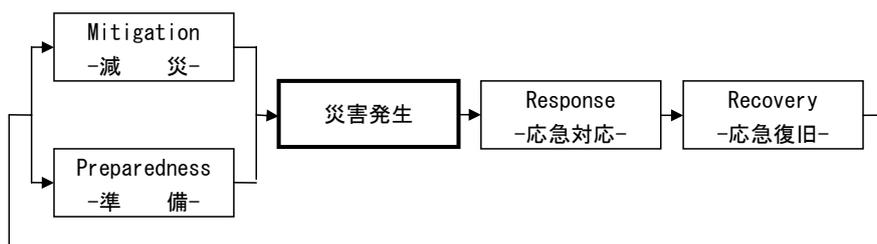
また、米国では地震・ハリケーンなどの自然災害、化学プラントや航空機事故等のテクニカルハザード、テロ等の事案で発生する人的、物的被害の軽減に当たっては、常に ICS を基本として、異なる事案であっても出来るだけ同一のルールで対処することとしています。

なお、日本も米国と同じ解釈や範疇とすることはまったく必要ではなく、独自の解釈や対応ルールを持つことは当然のことですが、米国防災機関の方々は、このカテゴリーや ICS を常に意識しており、彼らと議論するに際しては、日本と異なる防災概念を対象にしていることに注意が必要となります。

2 サイクリック的な考え方

米国では、これらのカテゴリー (施策) をサイクリックに展開し、常に地域の安全性の向上を目指しています。

災害が発生し、応急復旧を経た後は、災害に強い減災措置、ハードの整備を行いつつ、それでも被害は必ず発生することに備えた準備を行っているものです。日本においても基本的には同じ考え方に基づいていますが、米国においては、常にこのサイクルを意識しています。特に、減災制度には限度があることから、それを可能な限り「準備」でフォローして行こうとする考えが強くあります。



川崎区日進町簡易宿泊所火災原因調査結果について

川崎市消防局

1 はじめに

平成27年5月17日（日）、川崎区日進町26番地3簡易宿泊所から発生した火災は、宿泊客11名が死亡するとともに付近住民を含め17名が負傷したものである。

当市として、これほどまでの人的被害が出た火災は、昭和41年1月川崎区で発生した「金井ビル」での火災以来、49年ぶりのことである。

当局は、消防法第31条の規定に基づき火災原因調査を実施するため、捜査機関及び総務省消防庁（以下「消防庁消防研究センター」という。）と合同で実況見分を実施し、その後様々な調査を経て火災原因判定に至ったので、その結果について紹介する。

2 消防庁長官調査について

本火災は、多数の死者が発生するなど社会的影響が大きいとして、消防法第35条の3の2の規定に基づき、消防庁長官の火災原因調査が実施された。

このことから、火災発生当初から消防庁消防研究センターと連携を密にし、調査を進めてきたものである。

3 火災の概要

- (1) 出火日時
平成27年5月17日（日）2時8分頃
- (2) 出火場所
川崎区日進町26番地3簡易宿泊所
- (3) 被害状況
人的被害：死者11名（うち2名は搬送後死亡）、負傷者17名
物的被害：焼損棟数6棟（全焼2棟、部分焼3棟、ぼや1棟）、車両20台等焼損

4 消防隊の活動状況

- (1) 消防職員：46隊170名
ポンプ車隊17隊、特別救助隊3隊、指揮隊1隊、救急隊21隊、その他4隊
- (2) 消防団：4隊42名
- (3) 川崎DMAT



写真1 消防隊現場到着時の状況
(近隣住民撮影映像より抜粋)



写真2 建物の焼損状況（高所から）



写真3 建物の焼損状況（東側路上から）

(4) 燃焼予備実験（10月29日、30日）

消防庁消防研究センターと合同で、あらゆる火源の否定等小規模な燃焼実験を実施

(5) 燃焼本実験（12月3日）

消防庁消防研究センターと合同で、火元簡易宿泊所1階の必要区画を実大規模で再現し、大規模な燃焼実験を実施

(6) 火災シミュレーション（5月18日～12月18日）

消防庁消防研究センターと合同で、火災発生当時、火元建物内で起きていた火災現象を視覚的に捉えるため、コンピュータを使用しての火災シミュレーションを実施



写真4 上空から見た現場周辺の状況

5 調査実施状況

本火災は、死傷者の発生状況等から、本市規程に基づく大規模火災調査体制に移行した。これにより、本部調査員（消防局予防課）が指揮をとり、所轄川崎消防署と協力して調査を実施したもので、主な調査実施項目は以下のとおりである。

(1) 実況見分（5月18日～5月25日）

捜査機関、消防庁消防研究センターと合同で実施

(2) 宿泊客等各関係者からの聴取（火災発生当初から随時）

計40名の質問調書を作成

(3) 油分鑑定（5月18日～平成28年1月22日）

火災現場から収去した残渣物について、本市消防局保有機器「ガスクロマトグラフ質量分析計」にて油分鑑定を実施



写真5 上空から見た現場周辺の状況

6 実況見分

本火災は、木造の簡易宿泊所2棟が全焼して焼け崩れるなど、焼損範囲は広範囲に及んだ。火災の鎮火後、捜査機関と合同で実況見分を実施する

にあたり、行方不明者の捜索も急務であり、火災原因調査と合わせて徹底した現場調査が求められた。

このことから、火元簡易宿泊所敷地内に大量に堆積する全ての瓦礫、残渣物を除去する必要があり、実況見分は第1回から第8回まで8日間連続で行われ、現場調査は過酷で困難を極めた。ここ

で当局は組織一丸となって現場調査へ臨むため、管轄署のみならず全署から、調査員及び応援部隊を派遣する体制をとった。8日間で調査人員の累計は358名（川崎市消防局）となり、徹底した現場調査を行った。



写真6 発掘状況



写真9 ガス系統調査状況



写真7 発掘状況



写真10 区画の復元状況



写真8 写真撮影状況



写真11 区画の復元状況（ホール周辺）

実況見分ではさらに、消防用設備等の状況についても徹底した調査を実施した。実況見分時には「消防用設備等発掘状況記録担当」を指定し、火災現場に消防用設備等に係わる台帳・設置位置図等を用意して見分に臨み、発掘位置の記録・復元まで行った。

その結果、現行法令に基づき、火元簡易宿泊所に設置が義務付けられている消防用設備等について、全ての種類が設置されていたことを、現場での実況見分において確認した。



写真12 消防用設備等の発掘（感知器）



写真13 避難ロープ（カラビナ）の発掘

7 宿泊客等各関係者からの聴取

火元簡易宿泊所の宿泊客等は45名で、このうち火災発生当日、5名が仕事等で外出しており、40名が建物内で火災発生に遭遇することとなった。

火災により建物内宿泊客の11名が死亡し、生き残った29名のうち14名が負傷して病院へ搬送され

たものであるが、火災現場での実況見分を進めるにあたって、火災発生当時、各宿泊客がどのような火災様相を視認したのか、早急に知る必要があった。

このことから、所轄の川崎消防署は実況見分と並行して、「各関係者からの聴取担当」を指定し、相手方や医師の承諾を得て、昼夜問わず必要な情報の聴取にあたり、これらの病院での調査等により、様々な情報が実況見分を実施している最前線の調査員に伝達され、効率的な見分を実施することができた。

川崎消防署の調査員は、深夜2時からの火災防ぎょから休む間もなく火災原因調査に入り、原因究明のためあらゆる努力を惜しまなかった。その姿にあらためて敬意を表したい。

また、これらの情報及び製造業者の協力を得て、建物に設置されていた自動火災報知設備と同型を用いての機能試験などを実施し、本火災の出火時は2時8分頃、自動火災報知設備発報時は2時9分頃と推定するに至った。

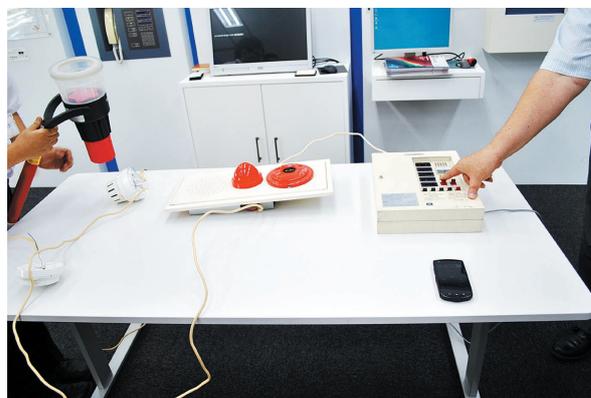


写真14 自動火災報知設備機能試験

8 油分鑑定

鎮火後、発掘前である現場の焼損状況を見分したところ、火元簡易宿泊所は東側（玄関側）から西側に向け延焼した様相を呈していると判断し、さらに各関係者の聴取担当から「1階の各宿泊客がホール方向に火炎を見た。」旨の情報が入って

きた。

また、建物内の自動火災報知設備が発報し、各宿泊客が火災に気付いた時点で既に、建物内の大部分が延焼している状態であり、通常考えられない延焼速度であったことが判明した。

このことから、実況見分初日において、玄関及びホール部分から残渣物を収去する方針を決定し、この箇所から収去した残渣物11点をすぐに持ち帰って溶媒抽出し、ガスクロマトグラフ質量分析計にて複数回にわたる分析及び徹底したデータ精査を実施したところ、ガソリン成分を検出したものである。



写真15 残渣物収去状況（玄関）



写真16 分析状況

9 燃焼予備実験

本火災は、実況見分状況及び各宿泊客が視認した火災の様相から火災の初期において、ホールや

廊下の床面に使用されているビニル系床材床シート上が燃焼している可能性があった。このことから、火災現場において残存する建材等から可能な限り建物の仕様等の調査を実施し、各関係者から聴取した情報を合わせて、火元簡易宿泊所の床面及び壁面の仕様等を再現し、考えられる火源に対して、消防庁消防研究センターと合同で燃焼状況の観察を実施した。

「たばこ」、「電気配線」、「有炎火」、「引火性液体の燃焼」のほか、ホールに唯一存在していた電気製品である「Wi-Fi ルータ」についても型式等を特定し、燃焼状況の観察を行った。2日間にわたる予備実験の結果から「出火から急激に燃焼し、床上から炎が立ち上がる」状況を作るには、可燃物のある場所に引火性液体をまいて火をつけた場合のみ実現することができ、他の火源については、否定するに至った。



写真17 実験の状況（たばこ）



写真18 実験の状況（電気配線）

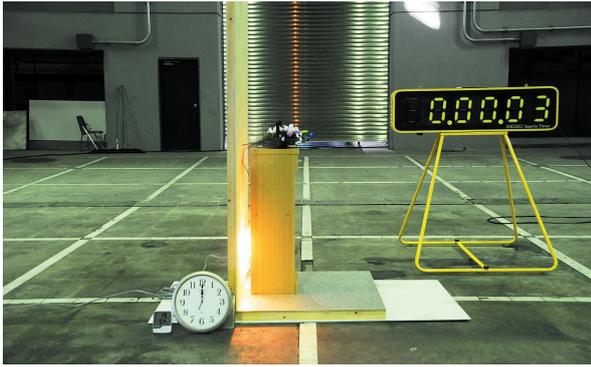


写真19 実験の状況（トラッキング）



写真20 実験の状況（ガソリン燃焼）

いても同型を設置した。また、建屋内の温度測定を実施するため、熱電対を15箇所設置するとともに、火災状況の推移を記録するため、建物内外に動画カメラ13台、静止画カメラ3台を設置した。

試験体建屋は長手方向で最長13.645メートル、短手方向で最長5.0メートルの大きさである。

実験の主眼を「出火から自動火災報知設備発報までの時間経過及び燃焼状況の観察」とし、①自動火災報知設備発報前にホール付近が炎上中とな



写真21 試験体建屋の状況

10 燃焼本実験

これまで「実況見分」、「各関係者からの聴取」、「油分鑑定」、「火災シミュレーション」及び「燃焼予備実験」等を実施し、燃焼本実験では、これらの各種調査の結果得られた情報を基に、想定火災原因を決定し、火元簡易宿泊所1階の必要区画を再現して、消防庁消防研究センターと合同で実大規模の燃焼実験を行った。

事前に実施していた、消防庁消防研究センターと合同での火災シミュレーションの結果、本火災において最初に火災を感知した感知器については、1階廊下天井面煙感知器と推定したことから、本実験では、焼けが強かった建物東側（玄関、ホール、帳場、階段）から1階廊下煙感知器の位置までを含む廊下を再現し実施したものである。予備実験同様、建物の仕様等について、可能な限り情報を集め実寸大で再現し、自動火災報知設備につ

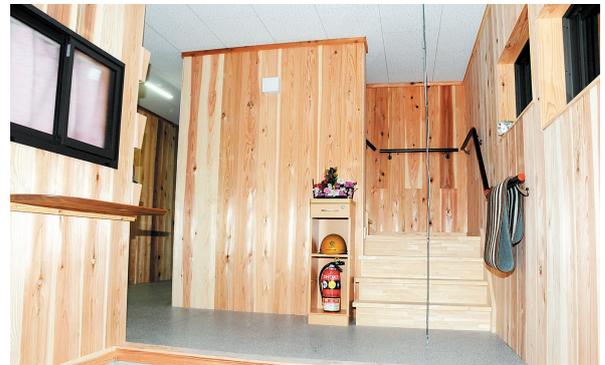


写真22 ホールの状況



写真23 着火の瞬間

るか、②出火後、何分で発報するか、③延焼状況は各関係者が視認した火災の様相と一致するか、等を検証した。

想定火災原因は、「ホール周辺にガソリンをまき、有炎火で放火」とした。

実験の結果、出火から自動火災報知設備発報までは36秒であり、事前に実施していた自動火災報知設備の機能試験（前記7）と同じ時間であった。さらに、出火後すぐにホール全体が炎上する様相



写真24 着火の瞬間（廊下端から撮影）

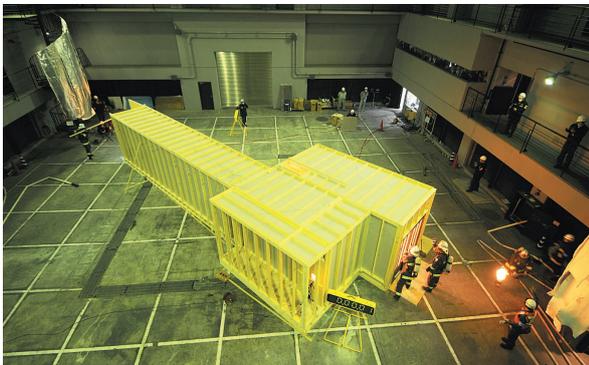


写真25 実施状況



写真26 建屋の燃焼状況

や自動火災報知設備発報時に、水平・垂直方向へ急激に延焼拡大する様相等、これまでの各調査の結果知り得た火災発生時の状況及び各検証項目に合致することを確認し、火災原因判定についての有力な判断材料となった。

11 火災原因

各調査の結果得られた事実を総合的に検討し、「たばこ」、「電気関係」、「ガス」に起因する出火の可能性を否定し、原因については次のように判定した。

本火災は、深夜、何者かが簡易宿泊所1階ホール付近にガソリンをまき、有炎火を用いて放火したものと判定する。

12 多数の死傷者発生要因

人的被害を多く出した要因について、火災原因調査と並行して詳細な調査を行った結果、以下の3点が挙げられる。

(1) 自動火災報知設備ベル鳴動の早期停止

複数の宿泊客が「1分ほどでベルが停止した。」と述べている。これは、急激な火災の進展により建物内が早期に停電し、さらに出火箇所のすぐ隣である帳場に受信機が設置されていたことから、焼損して予備電源を失い1分程度で停止したと考えられる。

しかしながら、もし、本火災において自動火災報知設備が発報しなかったなら、被害はさらに深刻なものになっていたと考えられ、消防用設備等の維持管理についての教訓となる火災であったと言える。

(2) 避難器具（避難ロープ）の未使用

各宿泊客に避難の方法等を聴取した結果、本火災において避難器具を使用して避難したものはなかった。実況見分時には、設置位置（2階東側階段脇）の真下において当該設備で唯一

焼け残ったカラビナを認めている。1階ホールから出火し、東側階段を介して急激に延焼拡大したことから、各宿泊客が避難行動を開始しようとした時点で既に、設置位置は火炎に包まれていたため使用することができなかったものと考えられる。

(3) 延焼拡大の早さ

次図のとおり、ホールにおいて引火性液体が燃焼したと仮定し、火災シミュレーションを実施した結果、出火からわずか1分の時点で煙の濃度、建物内温度ともに人間が避難できる数値を超えた「避難限界」に達していることが分かった。これは、出火箇所、火災原因が大きく影響している。

各宿泊客はベルが鳴って廊下に出ようとした瞬間、猛烈な熱気等により「やばい」、「耐えられない」、「廊下に出られないような熱気」、「炎が波のように来た」等、本シミュレーション結

果を裏付けるような供述をしている。従って、自動火災報知設備が早期発報したとしても、廊下及び階段からの避難は不可能であり、宿泊客には窓から飛び降りる選択肢しか残されていなかったものである。

火災シミュレーションとは、コンピューターを使用し火災現象によって生じる「燃焼」、「伝熱」、「煙の流れ」などを予測、再現するもので、この火災シミュレーションを実施するにあたり、消防庁消防研究センターの研究官に各数値計算、シミュレーションを依頼し、計算に必要な建物仕様、寸法等の各情報については、川崎市消防局が調査した結果を提供している。

図1、2は火災シミュレーションを実施する建物モデルとしてコンピュータ上に火元簡易宿泊所を再現したものである。図2のとおり、赤く示した箇所が出火箇所と判定したホールで、このホールにおいて引火性液体が燃焼したとい

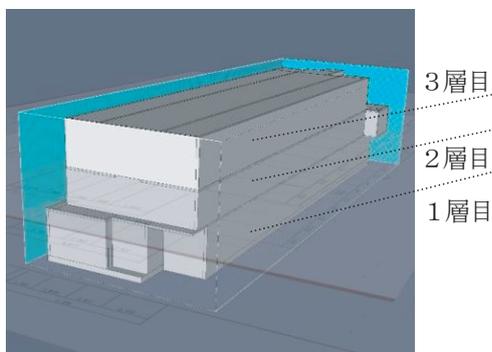


図1 簡易宿泊所建物モデル

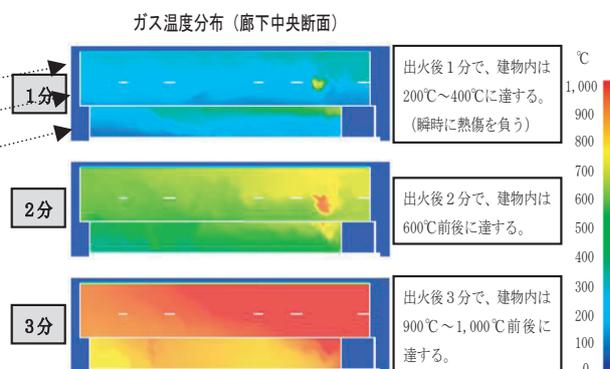


図3 ガス温度分布

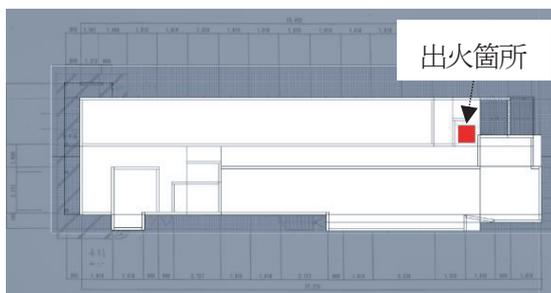


図2 1階平面図(赤い箇所が出火箇所であるホール)

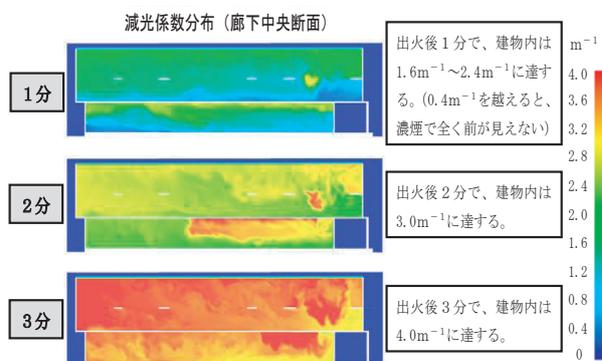


図4 減光係数分布

う条件をコンピュータに与え火災シミュレーションを実施した。

その結果の概要が図3「ガス温度分布」及び図4「減光係数分布（煙の濃度）」である。図3、4は簡易宿泊所の断面図となっており、一番下が1層目、順次2層目、3層目となっている。図3で示すとおり出火後1分で建物内は200℃から400℃に達する状況である。図4についても、出火後1分で建物内は濃煙で全く前が見えない数値に達する状況であることを確認した。

13 おわりに

冒頭でも述べたとおり、本火災は多数の死者が発生し、当市として49年ぶりの大火災であり、ま

た、初めて消防庁長官調査が実施された。当然ながら、現在の職員でこのような事態に遭遇した者は1人もいない。

当局は、組織の全力をあげて、徹底した火災現場での実況見分、各関係者からの聴取、油分鑑定、その後の各種試験及び燃焼実験など緻密な調査を積み上げ、原因の判定に至ったものである。これも、各調査を合同で実施した消防庁消防研究センターの協力無くしては、成しえなかったもので、この紙面をお借りして感謝を申し上げる。

最後に、この火災により亡くなられた11名の方々のご冥福を心よりお祈りするとともに、負傷された方々の1日も早い回復を祈念する。また、今後も放火火災絶滅に向けて、各種広報等、地域一丸となった取り組みを進めていく。

（文責 川崎市消防局 秋田勇紀）

市区町村における携帯電話やスマートフォンを 活用した情報収集・伝達の仕組みの整備 状況に関する調査報告（概要）

一般財団法人 消防防災科学センター

1. はじめに

近年、携帯電話やスマートフォンの普及に伴い、これらを災害情報の収集・伝達手段として活用している市区町村は増えつつあると推察される。本調査は、その現状を把握し、初動体制のあり方等を検討する際の一助とするために実施した。活用形態はさまざま考えられるが、本調査では、防災主管部局が所在する本庁と職員との関係に着目し、本庁から各職員への情報伝達（以下「下りの情報伝達」と言う。）と各職員から本庁への情報伝達（以下「上りの情報伝達」と言う。）に分け、それぞれにおける情報収集・伝達の仕組みの整備状況を調査した。なお、この場を借りて、本調査にご協力頂いた980市区町村のご担当者の方々には厚く御礼申し上げます。

2. 調査方法等

- ① 調査対象：全国1,741市区町村
- ② 調査方法：郵送アンケート方式
- ③ 調査時期：平成28年3月
- ④ 回収結果：980市区町村（56.3%）

3. 調査結果の概要

(1) 下りの情報伝達

ア 参集指示の一斉伝達

約7割の団体が、関係する職員に対し、緊急時に携帯電話やスマートフォンを活用して、参集指示を一斉に伝達する仕組みを整備している。特に職員数が多い団体や人口規模が大きい団体ほど、この仕組みを整備している（図1）。

具体的には、整備している団体の8割以上が「一斉メール配信」の仕組みを整備している。職員数別にみると、50人以上の職員がいる団体、人口別にみると、10,000人以上の団

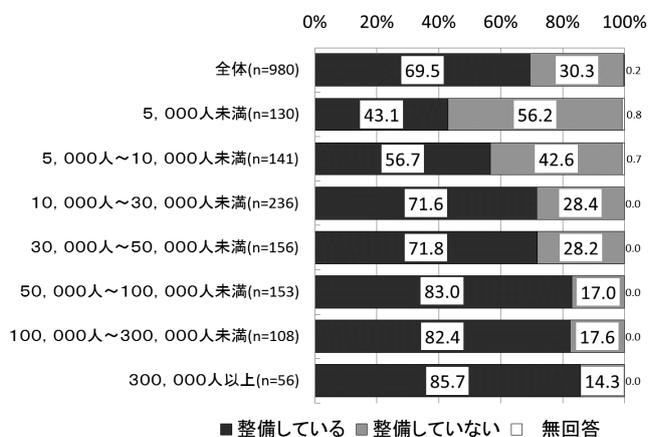


図1 人口規模別参集指示の一斉伝達手段の整備状況

体で、8割以上の団体が「一斉メール配信」の仕組みを整備している。なお、既存のSNS（LINEなど）を使った手段を整備しているのは、1.9%とごくわずかだった。

整備していない団体に必要性について尋ねたところ、「強く必要性を感じている」21.9%、「やや必要性を感じている」53.9%という結果だった。特に職員数が多い団体や人口規模が大きい団体ほど必要性を感じている傾向にあった。

イ 避難情報や気象情報などの一斉伝達

約6割の団体が、関係する職員に対し、緊急時に携帯電話やスマートフォンを活用して、避難情報や気象情報などの災害情報を一斉に伝達する仕組みを整備している。参集指示と同様、職員数が多い団体や人口規模が大きい団体ほど、この仕組みを整備している団体が多い。

具体的には、整備している団体の8割以上が「一斉メール配信」での仕組みを整備している。職員数別にみると、職員数に関係なく8割以上の団体が「一斉メール配信」での仕組みを整備している。人口別にみても、5,000人以上の団体で「一斉メール配信」の仕組み

を整備しているところが8割を超えてくる。なお、既存のSNS（LINEなど）を使った手段を整備しているのは、1.4%とごくわずかだった。

整備していない団体に必要性について尋ねたところ、「強く必要性を感じている」16.1%、「やや必要性を感じている」51.8%という結果だった。

(2) 上りの情報伝達

携帯電話やスマートフォンを活用して、緊急時に関係職員から被害情報等を収集する仕組みを整備している団体は2割に満たない。特に職員数が少ない団体や人口規模が小さい団体ほど整備されていない（図2）。整備している団体の状況をみると、5割が、「メール（文字）による情報収集（地図上に自動表示不可）」の仕組み、次いで4割の団体が「写真伝送による情報収集（地図上に自動表示不可）」の仕組みを整備している。文字・写真・動画情報を地図上に自動表示することができる団体は少なく、メール（文字情報）を地図上に自動表示できる団体は13.7%、写真情報を地図上に自動表示できる団体は20.9%、動画情報を地図上に自動表示できる団体は1.3%であった（図3）。

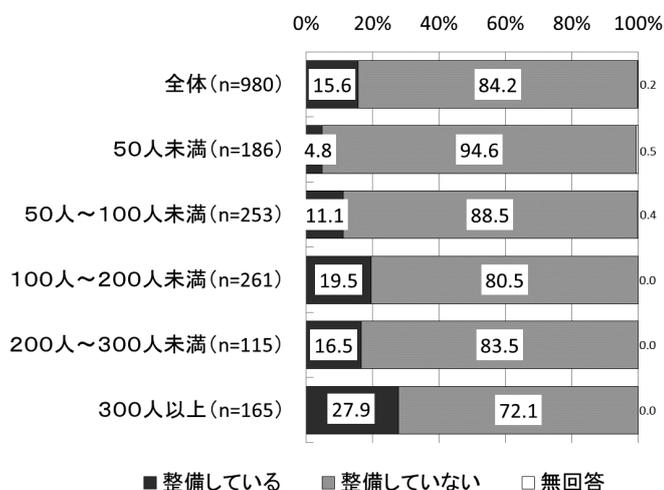


図2 職員数別被害情報等の収集手段の整備状況

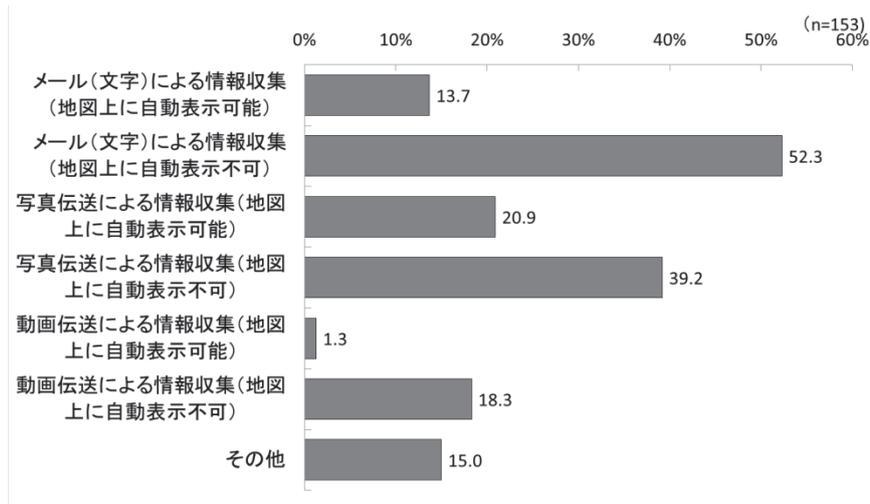


図3 被害情報等の収集の方法

また、整備していない団体に必要性について尋ねたところ、「強く必要性を感じている」17.0%、「やや必要性を感じている」59.6%という結果だった。特に職員数が多い団体や人口規模が大きい団体ほど、その必要性を感じている。

4. 考察

本調査から、次の3つの点が指摘できる。

① 今後、上りの情報伝達手段の整備が促進されるべきであること。

約7割の団体が参集指示の一斉伝達手段を、約6割の団体が避難情報や気象情報などの一斉伝達手段を整備している一方で、緊急時に携帯電話やスマートフォンを活用して被害情報等を収集する仕組みを整備している団体は2割に満たなかった。災害時には、少しでも早く状況を把握し、避難勧告・指示や応援要請などを行うことが、被害軽減の鍵となる。多くの人が保有する携帯電話やスマートフォンは、管内全体の状況をいち早く把握するための手段として有効なツールであり、今後、整備の促進が望まれる分野だと言える。

② 上りの情報伝達手段の整備に当たっては、収集した情報を地図上に自動で表示できる機能を考慮すべきであること。

上りの情報伝達手段を整備していても、収集した情報を地図上に自動で表示できる団体は少なかった。近年のGIS技術の進化を踏まえ、災害対策基本法第51条第2項では、市町村長等に対し、「災害に関する情報の収集及び伝達に当たっては、地理空間情報の活用を努めなければならない」と規定している。現場の位置関係や被害の分布などを迅速にわかりやすく表示することは、適切な意思決定を促す。今後の整備に当たっては地図上への自動表示という機能を考慮すべきだと考えられる。

③ 小さな規模の市町村に対して、ノウハウの提供や費用負担能力等を考慮した支援が必要であること。

人口規模が小さくなるほど、また、職員数が少なくなるほど上りも下りも情報伝達の仕組みを整備している団体の割合は少なかった。一方で、例えば人口規模5,000人未満の団体であっても、整備の必要性を感じている団体は多い(参集指示の一斉伝達手段の整備について「強く感じている」11.0%、「やや感じている」

54.8%。被害情報等の収集手段の整備について「強く感じている」11.5%、「やや感じている」56.6%）。

小さな規模の市町村では、必要性は認識しているものの、ノウハウや費用の不足などのために、整備が進みにくい状況にあることが考えられる。わが国全体の災害対応力を向上させるためには、小さな規模の市町村に対して、ノウハウの提供や費用負担能力を考慮した支援を行っていくことが望まれる。

5. おわりに

市区町村が、災害時の情報収集・伝達に携帯電話やスマートフォンを活用することについては、停電やネットワークの途絶も十分想定される中で、

それに全てを委ねることはできない。一方で、電気やネットワークが使える状況であれば、既に多くの人の日常の持ち物となっている携帯電話やスマートフォンを活用する方が、他の手段に比べて格段に効率が上がると考えられる。今後の整備は、この両面を考慮しながら進めていく必要がある。

また、単に仕組みを整備するだけでは、災害時には使えないことも言うまでもない。職員にどんな情報をどのようなタイミングで伝達していくか、大量に入ってくる情報をいかに整理し、活動に役立てていくかなどについて、研究や訓練を積み重ねていく必要がある。

※アンケート結果の詳細については、消防防災博物館のホームページ「災害レポート」で公開しています (http://www.bousaihaku.com/cgi-bin/hp/index2.cgi?ac1=B230&Page=hpd2_tmp)。

連載講座

第32回

江戸の木戸は放火防止柵

作家 童門冬二

元禄時代の俳聖と言われた松尾芭蕉の句に、「面白うてやがて悲しき鶉飼哉」というのがある。長良川あたりで、たいまつにあかあかと照らされて鶉匠が鶉を使って、鮎をとる行事が鶉飼だが、芭蕉にとってはこれが夜が更けるに従ってにぎやかなものよりもかえって寂しく悲しい思いをかき立てる詩魂があったのだろう。わたしはこの句を、「面白うてやがて悲しき神輿哉」

と読みかえている。祭が好きだ。特に東京浅草の三社祭には若いころからかなり魅かれる。後年には、顔のきく浅草の酒亭のおやじに頼んで、三社様（浅草神社）の神輿の宮出しから宮入りまで、お宮の隅で見物できる特別券を警察署からもらってもらったことがある。では神輿のどこが「面白くて悲しいのか」ということだが、悲しいというのは、夜が更けるに従って神輿が町々へ戻って行き、三社様の周りには一基も姿が見られなくなることをいう。が、本質的にわたしが悲しいと思うのは、あの担ぎ手たちの足踏みだ。かけ声は勇ましい。わっしょいわっしょいという声を上げながらも、神輿は一向に進まない。それは、かけ声に合わせて神輿がどんどん走っていかないからだ。足踏みをしている。その場でわっしょいわっしょいと言いながら、進行速度はかなり遅い。わたしはあれを、（江戸時代の、江戸市民たちの置かれていた立場だ）と思っている。江戸市民たちにそういう足踏みをさせた大きな都市施設は、なんと

いっても町々に設けられた「木戸」である。木戸はこれも町の自治組織である「自身番」の管理下に置かれ、夜十時になると引き出される。各町が木戸を引き出すから、空から見れば江戸の町は完全に木戸だらけになってしまう。言葉は悪いが、まるで檻のようだ。つまり夜の江戸は完全に“檻の町”になるのだ。設けられたのはかなり古く、慶長十四（一六〇九）年九月に、江戸湾で座礁したスペイン船の艦長ドン・ロドリゴがこのことに触れている。

「木戸は町の入り口にあり、主として放火犯の侵入を防止した。夜は十時に町で雇っている木戸番が閉じる。そして朝開ける。しかし夜間は完全に出入り禁止ではなく、病人を診たり赤ん坊の出産の面倒を見る医師や産婆などは、通行できる。このときは木戸番が潜り戸を開けて次の木戸へ拍子木を打って引き渡した」

と書いているから、関ヶ原合戦が終わって、大坂の陣が起こる前あたりにはすでに設けられていたようだ。慶安元（一六四八）年十二月二十一日の幕府の町触がある。

- 一 月行事（月ごとに自身番などでその町の事務を主宰する町役人）は夜番所へ見回ること
- 一 出火時は辻番に告げて連絡を各町に出すこと。もし辻番が寝ていたら捕らえて橋の上にさらし者にする
- 一 町ごとに水桶・天水桶に水を入れておくこと

一 二階で火を用いることを禁ずる

などという内容だ。徳川時代の江戸の運営は、もちろん幕府の江戸町奉行が主としてこれをおこなうが、その下部機関としてその町役人の自治に任せたことが多々あった。町では、会費を出し合っているいろんな経費に充てた。ただし、この費用負担者は名主などの町役人が分担して、いわゆる長屋の八つっあん熊さんには出費させなかった。よく言うように、「家主は親で、店子は子供だ」という関係を保っていたのである。木戸の存在によって、夜の江戸の町は完全に“檻の町”になり、江戸市民はその檻の中で朝まで暮らすことになる。しかし江戸っ子たちはそれは当たり前だと思っていたから、大して不自由な思いはしなかった。しかし心理的にはたとえそうであっても、やはり物的な圧力は感じたに違いない。それが、神輿を担ぐときの足踏みになってあらわれた。夜の“檻の

町”の秩序が完全に破られた大きな事件が一つある。赤穂浪士の吉良邸討ち入りだ。あの夜は、なぜか幕府が禁じている徒党を組み、しかも火事装束という武装をして、武器を携えた四十七人の浅野家の浪人たちが、堂々とこの江戸の町を行進して、吉良邸に討ち入った。吉良上野介の首をとり、さらに翌朝また本来なら檻の町であるはずの江戸の町を堂々と行進して、芝（港区）の泉岳寺まで引き揚げていった。これは明らかにその夜に限って、木戸が引き出されていなかったことを物語る。江戸市民の赤穂浪士に対する期待を一つの世論と見て、幕府首脳部が江戸町奉行に命じ、
「今夜は木戸を出すな」と命じたに違いない。木戸は確かに江戸の町の夜の治安維持のために役立った施設ではあった。しかしその動機が、
「放火犯防止のため」だったというのは興味深い。



地域防災実戦ノウハウ (89)

— 熊本地震災害の教訓と課題 その1 —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主宰 日野宗門

(消防大学校 客員教授)

1. はじめに

「平成28年（2016年）熊本県熊本地方を震源とする地震」（以下、「熊本地震」という。）は、4月14日21：26の前震、同16日1：25の本震により、

熊本地方に大きな被害をもたらしました（表1参照）。この地震で、震度7を益城町（前震、本震）と西原村（本震）で、震度6強（本震）を熊本市や南阿蘇村等で観測しました。

表1 熊本地震による被害の概要

都道府県名	人的被害			住家被害			非住家被害		火災 件
	死者 名	負傷者		全壊 棟	半壊 棟	一部破損 棟	公共建物 棟	その他 棟	
		重傷 名	軽傷 名						
山口県						3			
福岡県		1	17		1	230		1	
佐賀県		4	9			1		2	
長崎県						1			
熊本県	111	818	1,436	8,189	29,567	130,882	311	2,415	16
大分県		4	24	9	191	6,965		55	
宮崎県		3	5		2	20			
合計	111	830	1,491	8,198	29,761	138,102	311	2,473	16

【参考1】熊本県における死者数の内訳（熊本県より報告9月14日17：30現在）

- ・警察が検視により確認している死者数50名
- ・災害による負傷の悪化又は身体的負担による疾病による死者数（※市町村において災害が原因で死亡したものと認められた死者）43名
- ・6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名
- ・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（※正式には市町村に設置される審査会を経て決定）13名

【参考2】熊本県における人的被害、住家被害（熊本県より報告9月14日17：30現在）

- ・上記負傷者のほか、分類未確定分の負傷者数138名
- ・上記住家被害のほか、分類未確定分の住家被害数23棟

（出典）「熊本県熊本地方を震源とする地震（第77報）」（平成28年9月14日（水）18時30分、消防庁災害対策本部）

その後の状況の推移とともに、規模こそ違え、過去の震災で生じた問題が広範な分野で発生したことが明らかとなりました（表2参照）。

今から22年前の1995年1月17日に阪神・淡路大震災が発生しました。この震災は、戦後最大級

（当時）の被害をもたらし、全国民に大きな衝撃を与えました。それから20年以上が経過し、震災の教訓は広く深く浸透し、対策はそれなりの水準に届きつつあると思って（願って）いました。確かに以前より進んだ対応も見られたものの、阪

表2 過去の地震及び熊本地震で観察された問題（注1）

問 題（例）	1995年 阪神・淡 路大震災	2004年 新潟県中 越地震	2011年 東日本大 震災	2016年 熊本地震
災害対策拠点の損壊（・流失）	★★	★	★★★★	★
職員や職員の家族の死亡・行方不明	★★	—	★★★★	（注2）
要員不足、市町村職員の過重な負担	★★	★	★★★★	★
家族の安否不明による士気低下（注3）	—	—	★★★★	—
被害の全体像の把握の遅滞	★★	★	★★★★	★
多数の死者・行方不明者の捜索・処理・埋火葬の混乱	★★	—	★★★★	—
震災関連死の発生（注4）	★★★★	★	★★★★	★
地震の揺れによる火災（通電火災等の電気火災を含む）	★★★★	★	★★★★	★
津波による火災（注5）	—	—	★★★★	—
帰宅困難者の発生（注6）	—	—	★★	—
交通の混乱、渋滞の発生	★★★★	★	★★★★	★
指定避難所以外の開設避難所の把握の遅滞	★★	★	★★★★	★
避難者・安否不明者等の把握（名簿整理）の遅滞	★★	★	★★★★	★
避難所不足、避難所外避難者への支援の遅滞	★★★★	★	★★★★	★
福祉避難所、福祉仮設住宅の不足	（注7）	（注7）	★★★★	★
初期の水・食料の不足、救援物資の遅滞と混乱	★★	★	★★★★	★
トイレ問題の発生	★★★★	★	★★★★	★
被害認定業務の混乱、罹災証明書発行の遅滞	★★★★	★★	★★★★	★
用地不足	★★★★ （注8）	★	★★★★ （注9）	★

（注1）★の数が多いほど、「多い」、「重度」を意味する。各種資料をもとに筆者が総合的に判断した。

（注2）阿蘇市で50代男性職員が5月下旬に死亡（自殺）。男性は復旧作業や避難者対応に従事していた。

（注3）東日本大震災は発震が金曜日の14時46分であったため、安否確認問題が大規模に発生した。

（注4）「震災（災害）関連死」の認定は阪神・淡路大震災からである。

（注5）火災の4割は津波を原因とするものであった。

（注6）平日・昼間に発生したのは表中では東日本大震災のみである。

（注7）阪神・淡路大震災後に「福祉避難所」、「福祉仮設住宅」の考え方が災害救助法に取り入れられたが、2007年の能登半島地震で初めて福祉避難所が開設された。

（注8）応急仮設住宅建設地、ゴミ・ガレキ集積所、応援部隊駐留地、ヘリポート、物資集積場所、避難場所、仮設教室建設地などとの競合は多数発生。

（注9）津波から安全な土地が特に不足。それにより、応急仮設住宅建設用地や移転用地の不足が生じた。

神・淡路大震災時と同様の問題が熊本地震においても生じたことに複雑な思いでいます。

さて、表2からもお分かりのようにこれまでの地震では繰り返し同じ問題が発生しています。さらに言えば、22年前の阪神・淡路大震災もまた、それより31年前に発生した新潟地震の問題を解決できていませんでした。筆者は、この状況を本連載の第4回で以下のように述べました。

3. 阪神・淡路大震災時の応急対策活動上の問題点－1964年新潟地震の教訓の忘却－

今回の阪神・淡路大震災では、防災行政機関の応急対策活動上の問題点と課題が多数浮かび上がった。しかし、市町村の応急活動に係る問題点等の7～8割程度は、スケールこそ小さいが、1964年6月16日の新潟地震で既に経験済みのことである。

以下の項目は、阪神・淡路大震災時に観察された市町村の応急対策活動上の問題点を幾つか示したものである。とりあげた問題点は大小さまざまであるが、読者の方々にはいずれも納得いただけるものばかりであると思う。

- ア. 職員や家族の負傷等による活動力の低下
- イ. 被害情報収集の遅れ
- ウ. 大規模な交通渋滞の発生
- エ. 避難所運営、食料配給等をめぐる混乱の発生
- オ. 全国から殺到した救援物資による現場の混乱
- カ. トイレの問題
- キ. 災害ゴミの問題
- ク. 外からの応援部隊に対する道案内(ナビゲーター)の不足
- ・・・(中略)・・・

以上、新潟地震時の応急対策活動の概要を記述したのであるが、31年前のこの地震と今回の阪神・淡路大震災の応急対策活動上の問題の現れ方が酷似していることにお気づきになられたであろうか。

マスコミ関係者や識者の中には、この事実を忘れ、大部分が初めての体験のような報道や発言をする人々がいる。そのような人々は、「過去の教訓の忘却こそが、実は本当の意味で今回の震災の最大の問題点」であったことに気づかないのである。

(注)「・・・(中略)・・・」は筆者(日野)による。
(出典)日野宗門:「地域防災実戦ノウハウ(4)」、消防科学と情報 No.40、pp.40-41、1995年3月、(財)消防科学総合センター

いかがでしょうか?今から50年以上も前の新潟地震においても私たちは同様の問題に遭遇し、悪戦苦闘していたわけです。いったい何が問題解決を遅滞させているのでしょうか?

「財源を確保できない」、「まだまだ時間が足りない」という意見もあるでしょう。しかし、筆者はそれだけとは思いません。今回はこの根本に横たわる問題に絞って考えることにします。

2. 根本問題 その1 ー行政や住民の危機意識・当事者意識が低いー

根本問題の第一は、行政や住民に広く存在する「危機意識・当事者意識の低さ」です。

筆者は、阪神・淡路大震災発生当時の関西地域における地震に対する危機意識・当事者意識の低さに言及して以下のように指摘しました。

関西の多くの防災関係者、住民、マスコミの中に「関西には大きな地震はない」といった誤った風説が根強くあり、それに由来する防災意識の低さが、結果としてこの地域における地震防災対策の実施を阻むことになったという事実に現れている。

(出典) 日野宗門：「地域防災実戦ノウハウ(4)」、消防科学と情報 No.40、p.40、1995年3月、(財)消防科学総合センター

それでは、熊本地域ではどうだったのでしょうか？

「熊本県には決して大きな地震は来ない。そんな過信が私の中にあつたのではないか。」これは、7月24日に催された熊本地震慰霊祭における県知事の言葉です。私は、多くの熊本県民も知事と同様の思いではなかったかと推測しています。

ちなみに、内閣府が今年2月、全国1万人を対象に行ったアンケート調査^(※)の「今、あなたが住んでいる地域に、将来(今後30年程度)大地震、大水害などの大災害が発生すると思いますか？」との質問に対し、熊本を含む九州西部・日本海沿岸の17道県では「可能性が高い」と回答した人は5割未満であり、他都府県より低くなっています。この結果は、熊本地域等における危機意識・当事者意識の低調さの反映のように私には思われます。

(※) 調査名：日常生活における防災に関する意識や活動についての調査結果

このような危機意識・当事者意識の低さが災害への備えを怠らせるであろうことは自明であり、熊本地震における過去の問題の再現はある意味必然であったともいえます。

しかし、これまで述べてきたように、この問題

は熊本地域に限ったことではありません。大きな地震災害が発生するたび、被災地の行政関係者や住民がほぼ例外無く発する「まさか自分の地域で起きるとは・・・」との言葉がそのことを如実に示しています。

3. 根本問題 その2 - 防災教育が制度化されていない -

さて、その危機意識・当事者意識の低さはどこから来るのでしょうか？ なぜ、住民も行政も含めてそうなのでしょうか？ この点について、阪神・淡路大震災の後、筆者は次のような論文を書きました。

1995年1月の阪神・淡路大震災は防災に関する数多くの問題を浮かび上がらせたが、その中でも大きなものは、この地方に流布していた「関西地方には大きな地震はない」という誤った風説が、当該地域における地震防災対策を遅らせる大きな原因になったということであろう。

我々は、同様のことを1983年5月の日本海中部地震においても経験している。この地震では多くの津波犠牲者を出したが、その大きな理由として、この地震以前、当該地域では「日本海側には大きな津波はない」といった誤った風説が行政・住民の中に広く存在し、それが津波危険への対応を誤らせたことか指摘されている。

ところで、このような誤った風説が流布するという状況は、当該地域の地震に対する防災知識・意識が決して十分ではないことを示している。そして、それは結局のところ、防災知識・意識の形成に大きな役割を有する防災教育(社会教育、学校教育、広報手段によ

る教育などを含む)が当該地域において不十分であることを意味しているといえる。

図1には、防災教育、災害に関する風説、防災知識・意識、防災対策等の関係を概念的に示したが、この図からもわかるように、防災教育(の状況)は、当該地域住民、防災関係機関職員等の防災知識・意識に大きく関与し、結果として、その地域の防災対策に影響することになるという点できわめて重要である。

(出典) 日野宗門：「地震防災教育に関する考察：課題と提言」、地域安全学会論文報告集、p.268、1995年11月

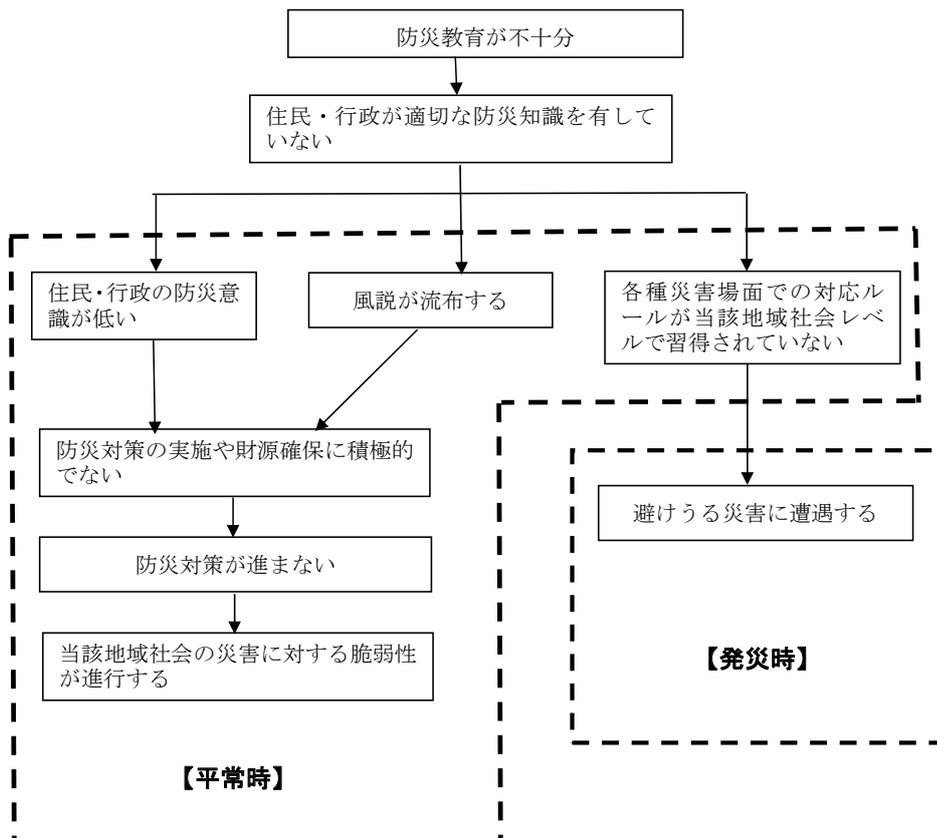


図1 防災教育、防災知識・意識および防災対策等との関係(概念図)

(出典) 日野宗門：「地震防災教育に関する考察：課題と提言」、地域安全学会論文報告集、p.269、1995年11月

この論文では、日本は災害大国であるにもかかわらず、防災教育のための確立された社会システムが存在しないことを指摘し、そのことが国民の防災意識・知識が低く、結果として対策も進まないことを指摘しています。この指摘は、現在でもほとんどそのまま当てはまります。

この連載講座をお読みの皆さんの多くは、自治体の防災関係者だと思います。皆さんが防災主管部局に異動され最初に感じられたことは、「自分の防災知識の何と薄っぺらなことか!」というものではなかったでしょうか? しかし、それが災害大国日本に住む一般国民の水準です。

近年の災害の多発に促され防災教育の必要性を説く声が高まり、それなりの前進はみられます。しかし、多くは依然として「点」レベルの一過性

的な教育にとどまっています。筆者は、小学校・中学校・高等学校において、全児童・生徒を対象とした「面」(あるいは「層」)レベルの持続的な防災教育が必要と考えています。

さて、以上に述べた根本問題は一朝一夕で解決することは困難です。そうであるならば、どのような対策を対置するべきでしょうか?

今回はそれをテーマとします。

ガス給湯器からの出火事例

さいたま市消防局

1 はじめに

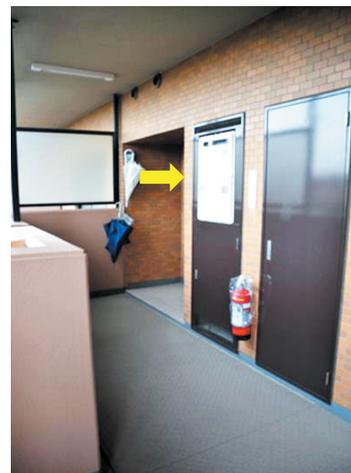
今回紹介する事例は、現在、広く普及している設置フリータイプの屋外壁掛式ガス給湯器（以下、「給湯器」という。）の制御基板から出火しましたが、制御基板の二次側に設けられた焼損のない部品を収去したことで、出火に至る要因を追究することができましたので紹介いたします。

2 火災の概要

この火災は耐火造13階建て共同住宅の3階、共用廊下のパイプスペースに設置された給湯器から出火し、この給湯器の制御基板だけが焼損した建物火災である。

発見状況は、所有者が同日の午前11時30分頃、浴槽にお湯をはるため居室内にある給湯器用のリモコンスイッチを押したところ、液晶の表示が全て消え作動しなくなりました。その後、ブレーカーを確認しても異常はなく、故障と思い、当該製品のお客様相談室に電話をし、指示通り、電源プラグを探していると共用廊下のパイプスペースに設置された給湯器の隙間から白煙が出ていたのを目撃している。

初期消火は、給湯器の電源プラグを抜こうとしたが、コードは直接ブレーカーにネジ止めされている構造のため電源コードを抜くことができなかったものである。（写真1、2参照）



【写真1】出火した給湯器



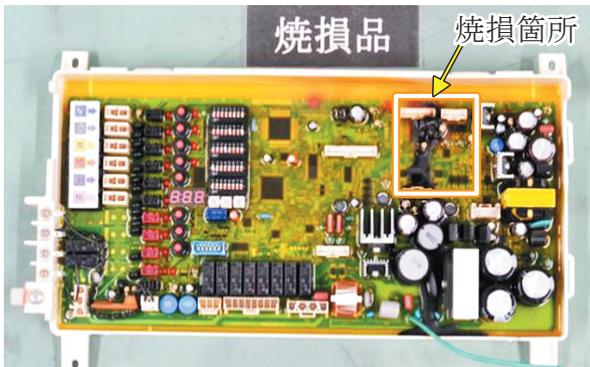
焼損した制御基板

【写真2】給湯器内部の状況

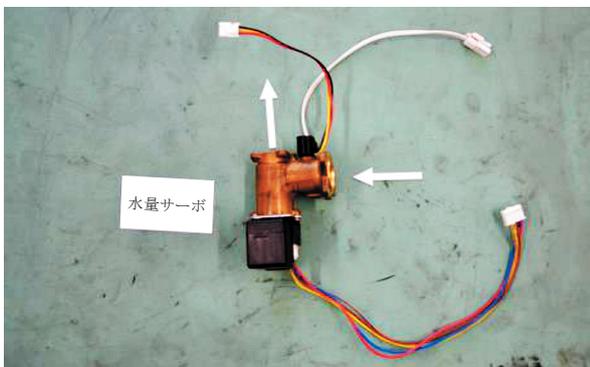
3 現場見分状況

焼損しているのは、明らかに給湯器内部の構成部品であった。

取り外すため、修理業者に依頼したところ、焼損した制御基板と焼損していない水量サーボモーター（設定した湯温と水温に対し、出るお湯の量を調整する装置）を交換し、即日、使用可能となったため、水量サーボモーターを交換する理由について説明を求めたところ、「耐用年数を超えている。」とのことであり、制御基板の発煙との因果関係を調べるため、交換した部品を全て収去し、後日、製造業者立会いのもと、鑑識を実施することとした。（写真3、4参照）



【写真3】焼損した制御基板



【写真4】水量サーボモーター

4 鑑識の状況

(1) 製品概要

- ア 品名：ガス給湯器 24号タイプ
- イ 定格電源：AC100V
- ウ 消費電力：245W
- エ ガス種：都市ガス13A
- オ 製造年月：2007年1月（出火から7年5ヶ月経過）

月経過)

カ 安全装置：焼損した制御基板には、トランスに過電流保護「4A」を設け、二次側の機器（水量サーボ等）を保護している。

なお、過電流保護を4Aにしたのは、機器自体の全電流が3.5Aとなっているため。

キ 過去の事例：2011年12月 同型式で給湯能力16号タイプが焼損（2007年製で同様の箇所が焼損したが原因は不明）

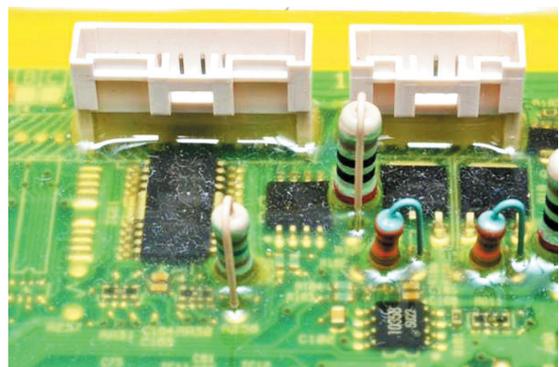
(2) 焼損状況

ア 制御基板部品面の状況

焼損している制御基板の部品面は、ウレタン樹脂で防滴、防塵処理がされているが劣化などは認められない。（写真5、6参照）



【写真5】焼損品の制御基板



【写真6】同類品の制御基板

ウレタン樹脂は制御基板全面に施され、これを除去し確認すると、焼損しているのはトランジスタを組み合わせた半導体IC（以下、「トランジスタ」という。）と水量サーボモーターに繋がるコネクタで、周辺の基材には深い炭化があり、この炭化している抵抗値を測定すると3.9Ωを示しグラファイト化が認められる。（写真7、8参照）

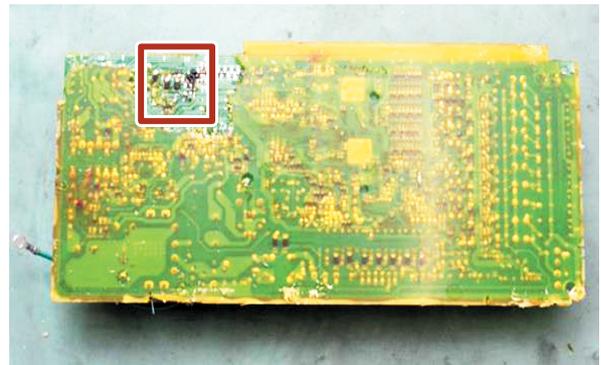


【写真7】制御基板の焼損状況

焼損したコネクタはトランジスタに面する外周部が一部焼損し、内部のオス端子は10本で構成され、10番のオス端子に変色が見られるが欠損は認められない。（写真9参照）

イ 制御基板パターン面の状況

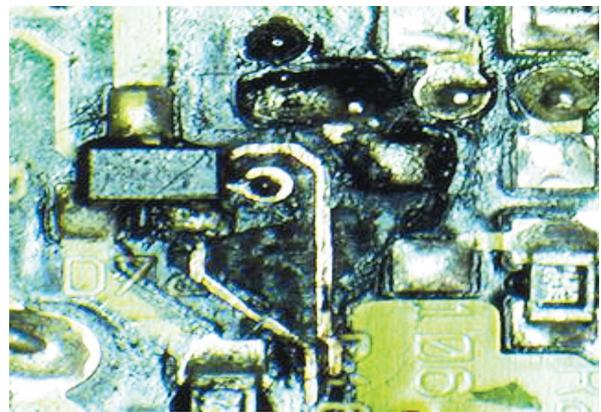
焼損している制御基板のパターン面は、トランジスタの装着部に浅い炭化が認められるが、銅箔の熔融や、電子部品に亀裂等は認められない。（写真10、11参照）



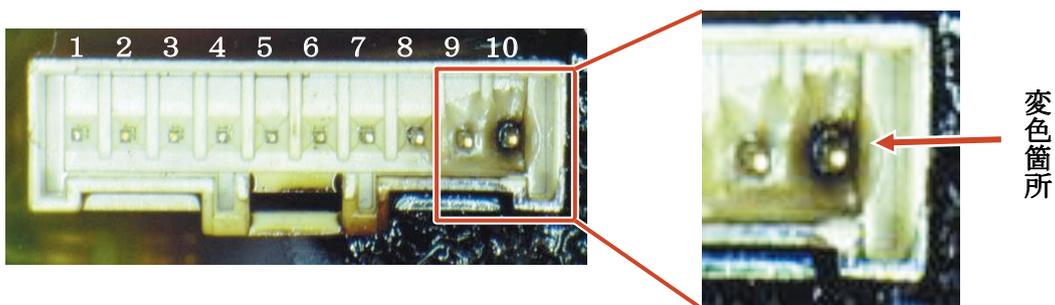
【写真10】基板パターン面の状況



【写真8】炭化部分の抵抗値を測定



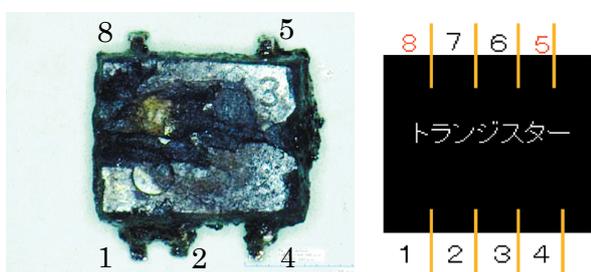
【写真11】銅箔、電子部品の状況



【写真9】コネクタの変色状況

ウ トランジスターの焼損状況

トランジスターの役割は、水量サーボモーターへの電源を制御するものであり、トランジスターはDC12Vが印加され、定格電流は1.2Aとなっている。このトランジスターの端子数は8本で構成され、端子の接続先及び動作については、1番、4番がマイコン信号入力、2番、3番がアース（GND）、5番、8番が水量サーボモーターへの電源供給、6番、7番はDC12Vが印加されている。（写真12及び図1、表1参照）



【写真12】 トランジスター

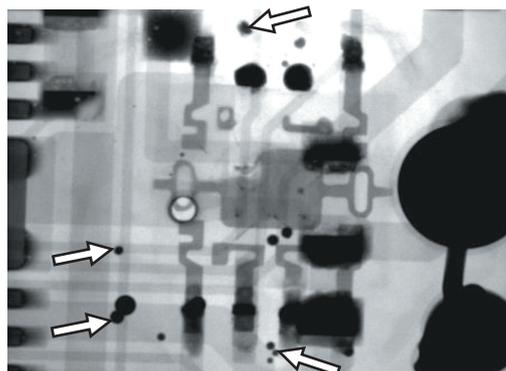
【図1】 端子番号

【表1】 トランジスター接続先

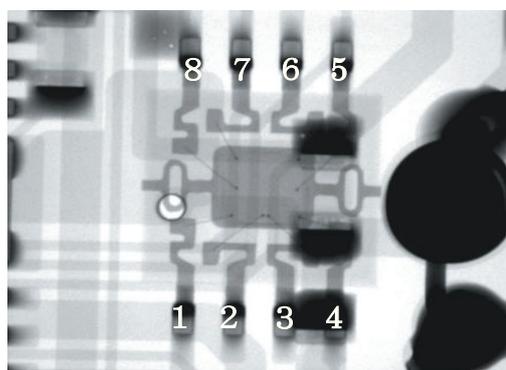
トランジスター端子番号	接続先
1. 4	マイコン信号
2. 3	アース(GND)
5. 8	水量サーボモーター
6. 7	DC12V

焼損品のトランジスターと同類品について、X線透過装置で透過すると、焼損品は所々に球形の熔融痕が認められ、DC12Vの電圧が印加される6番、7番、水量サーボのモーターにDC12Vの電源を送る出力端子8番の端子は欠損している。（写真13、14参照）

球形状の熔融痕をデジタルマイクロスコープで50倍にて観察すると、銅色で光沢のある電気痕である。



【写真13】 焼損品（矢印：電気痕）



【写真14】 同類品

(3) 水量サーボモーターの状況

水量サーボモーターの外観を見分すると焼損は一切なく、水が通る管内にも異物の混入やカルキ等の堆積は認められない。

次に、適宜に分解し黒色をした樹脂製ケースの内部を見分すると、駆動関係に必要な部品、ケース内に組み込まれたモーターの外観に焼損や破損はなく、異常は認められない。（写真15参照）

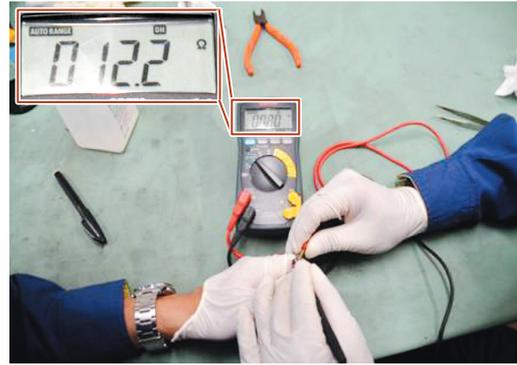


【写真15】 樹脂製ケース内部の状況

続いて、モーターを展開し外観を見分すると、シャフト、ブラシ、整流子、巻線等、構成部品に焼損や変形は認められない。(写真16参照)



【写真16】 水量サーボモーターの状況



【写真17】 整流子間の抵抗値測定

ア 水量サーボモーターの抵抗値について

水量サーボモーターの抵抗値は設計上 $25.5 \pm 5 \Omega$ であり、出火した給湯器から取り外された水量サーボモーターの抵抗値は実測値で 6.6Ω だったことから抵抗値に大きな差がある。

【表2】 整流子間の測定結果

測定間	測定結果 (Ω)
①-②	8.6
②-③	8.0
③-①	<u>12.2</u>

トランジスターの電流を検討

・設計上から

$DC12V \div \text{水量サーボモーター} 25.5 \pm 5 \Omega$
 $= \text{水量サーボモーターに流れる電流} 0.39A \sim 0.58A < \text{トランジスターの定格電流} 1.2A$ (定格内)

・焼損品の測定値から

$DC12V \div \text{水量サーボモーター} 6.6 \Omega = \text{水量サーボモーターに流れた電流} 1.8A > \text{トランジスターの定格電流} 1.2A$

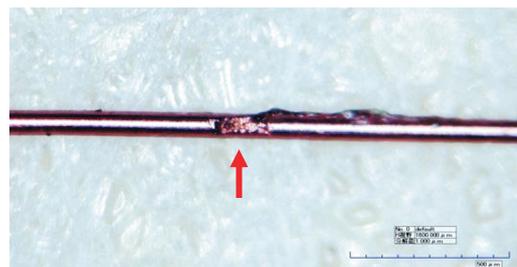
(※定格電流1.2Aのトランジスターには、1.8A (0.6Aの過電流)が流れたことになる。)

さらに、回転子の3箇所巻かれている巻線を展開し、デジタルマイクロスコプで見分すると、銅線に電気痕が認められる。(写真18、19参照)



【写真18】 コイルの展開状況

イ 水量サーボモーターの巻線について
 抵抗値の異常があるモーターの巻線を展開する前に、モーター内の整流子間の抵抗を測定すると、③-①の抵抗値が他と比較して大幅に違うことが認められる。(写真17及び表2参照)



【写真19】 電気痕の状況

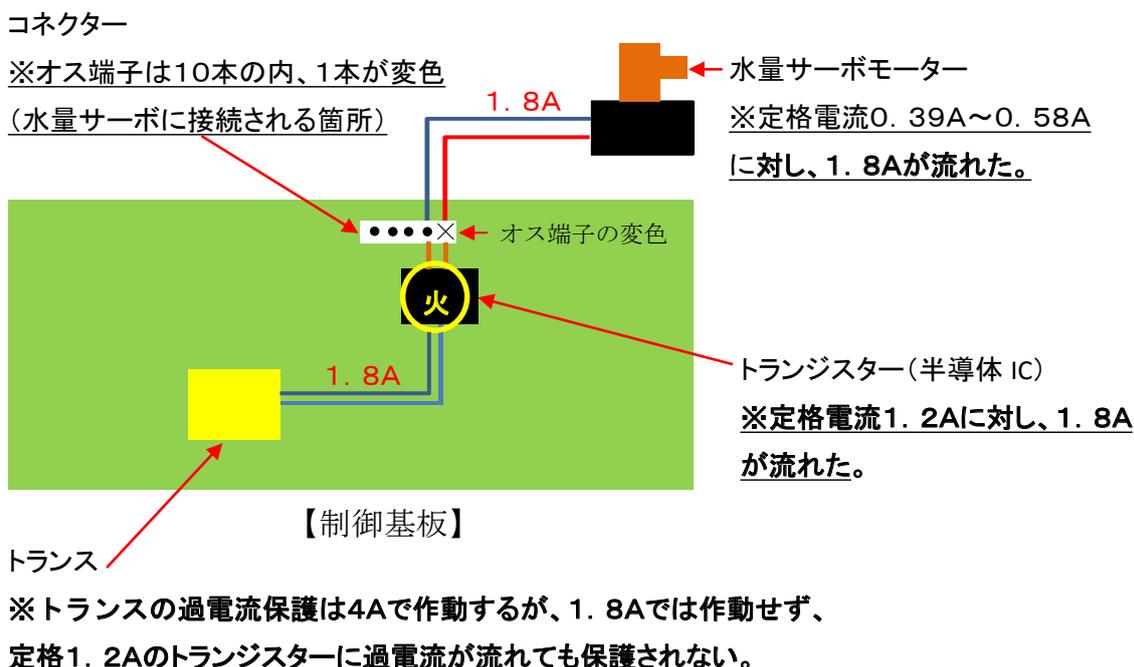
5 調査結果

調査内容から、次のことが考えられる。

- (1) 制御基板のトランスに設けられた過電流保護装置は4Aであり、このトランスの二次側にある定格1.2Aのトランジスターに過電流が流れても作動しないこと。
- (2) トランジスターの二次側にある水量サーボモーターのコイル抵抗値は、通常、 $25.5 \pm 5 \Omega$

であるが、焼損した水量サーボモーターのコイルは抵抗値が実測値で 6.6Ω に低下していたため、定格1.2Aのトランジスターには、計算上1.8A（0.6Aの過電流）が流れていたこと。

- (3) 以上、出火原因は、水量サーボモーターが経年劣化（7年5ヶ月）したことで、同モーターの一次側に組み込まれた定格電流1.2Aのトランジスターに1.8Aが流れ、0.6Aの過電流が流れたため、絶縁破壊し出火したものである。



6 おわりに

今回の火災は、早期に発見されたことにより、焼損した電子部品1箇所以外に焼損が広がらなかったことや焼損が認められた制御基板以外に、交換された部品についても疑問視し、保管できた

ことで原因を追究することができた事案でした。

また、今回の事例は焼損が認められる箇所以外に出火に至る要因が存在した火災であり、火災原因調査を実施する上で焼損箇所だけにとらわれない広い視野が必要と感じさせられた事案でもあった。

編集後記

○本年4月14日に熊本地方を震源とする、マグニチュード6.5の地震が発生、気象庁震度階級で最大の7が観測されました。さらに4月16日には、同じく熊本地方を震源とする、マグニチュード7.3の地震が発生し再び最大震度7を観測。

その後も熊本県阿蘇地方や大分県中部において地震が相次ぎ、大きな被害が発生しております。平成28年（2016年）熊本地震です。

この地震で、死者110人、重傷者919人、住宅被害全壊8,257棟、半壊30,957棟など（10月14日現在 消防庁）の被害に加え、各地で土砂災害や地盤災害が発生しました。

また、熊本県内で6市町の庁舎が損壊等のため使用不能となり、庁舎外への機能移転を余儀なくされております。

本号の特集では、「28年熊本地震～地震動と被害～」を取り上げました。

○平成28年台風第10号、南の海上で迷走した後、発達しながら東寄りに進路を変え、その後北上して8月30日勢力を保ったまま岩手県大船渡市付近に上陸、昭和26年に気象庁が統計を取り始めて以来初めて東北地方の太平洋側に上陸した台風です。

東北地方を通過して日本海に抜け、広い範囲

に大雨を降らせ、岩手県を中心に大きな被害が発生しました。

一方、北海道でも、8月16日から月末までに台風7号、11号、9号の上陸と台風10号の接近により、堤防決壊や溢水する河川が相次ぎ、住宅や農地など広い範囲に被害が発生しております。一日も早い復旧・復興をお祈りします。

○晴れても落雷 8月には埼玉県の高校のグラウンドで、野球の練習試合に来ていた高校生が落雷を受けたとみられる事故に遭い心肺停止の状態を病院に運ばれたと報じられております。事故当時、熊谷地方気象台から県内全域に雷注意報が出ていたが、雨は降っておらず、黒い雲は出ていたものの空は明るかったです。

雷は、雷雲の位置次第で、海面、平野、山岳などところを選ばずに落ちます。雷鳴が聞こえるなど雷雲が近づく様子があるときは、落雷が差し迫っています。速やかに安全な場所へ避難することが、雷から身を守るために有効です（気象庁）。

また、気象庁では、雷ナウキャストにより雷の激しさや雷の可能性を1km格子単位で解析し、その1時間後（10分～60分先）までの予測を行い、10分毎に更新して提供しています。

[本誌から転載される場合にはご連絡願います。]

季刊「消防防災の科学」 No.126 2016. 秋季号

発行 平成28年10月31日

発行人 高田 恒

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <http://www.isad.or.jp>

宝くじは、みなさまの豊かな暮らしに役立っています。



点字本レシピ集



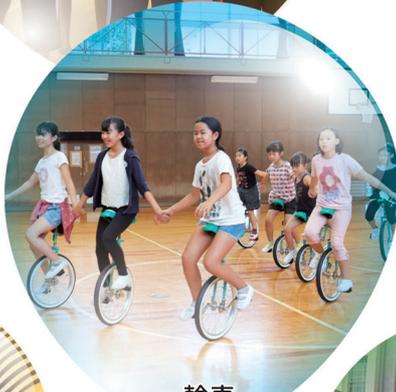
冊子
「フラッグフットボール作戦ブック」



ベンチ



さくらの若木植栽



一輪車



パブリックアート



冊子
「おやこの食育教室
(三角巾付)」



胸部X線検診車



宝くじは、図書館や動物園、学校や公園の整備をはじめ、
少子高齢化対策や災害に強い街づくりまで、
さまざまなかたちで、みなさまの暮らしに役立っています。

一般財団法人 日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や
公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。

一般財団法人
日本宝くじ協会
<http://jla-takarakuji.or.jp/>

