論文

竜巻発生前後の時間経過に応じた被害低減策 —2012年5月6日つくば市で発生した竜巻災害を事例として— Approach to Tornado Disaster Reduction in Consideration of Progress of the Time before and after Tornado — Case Study of the May 6, 2012 Tsukuba City Tornado Disaster —

池内淳子^{*1}

植松 康^{*2}

奥田泰雄^{*3}

Junko IKEUCHI, Yasushi UEMATSU, Yasuo OKUDA

SUMMARY

A tornado of F3 attacked Hojo District of Tsukuba City on May 6, 2012 and caused massive damage. In the past, Japan experienced tornado hits with heavy damage, including Mobara City (F3) in 1990, Toyohashi City (F3) in 1999 and Saroma Town (F3) in 2006. There are several reports about the building damage caused by these tornadoes. However, there are few reports regarding human behavior before and after such tornado disasters, which might allow a research into the possibility of damage reduction. Besides, most local governments do not have the Disaster Recovery and Rehabilitation Plan for such tornado disasters. This study analyzes the behavior of victims before and after a tornado disaster using the tornado damage investigations that came out of Tsukuba City. Furthermore, the interview results to the local government officials were collated with the testimony of the victims. Using all results, damage reduction methods are developed in consideration of progress of the time before and after tornado.

key words: tornado disaster; tornado damage reduction methods, human behavior after tornado disaster; the May 6 2012 Tsukuba City tornado disaster

1. はじめに

2012年5月6日, 北関東地方で3つの竜巻が発生し, 各地に大きな被害をもたらした。このうち, 茨城県つ

くば市の人的被害は, 死者1名, 軽傷者37名であり, 住宅被害は, 全壊76棟, 半壊158棟, 一部損壊388棟であった¹⁾。近年, 発生した同規模(藤田スケール

*1 摂南大学理工学部 准教授

Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

*2 東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 教授

Professor, Department of Architecture and Building Science, Graduate School of Engineering, Tohoku University

*3 国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築災害対策研究官

Research Coordinator for Disaster Mitigation of Buildings, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

(原稿受理年月日: 2014年3月20日, 採用決定年月日: 2014年6月30日)

F3)の竜巻災害としては、千葉県茂原市(1990年12月)、愛知県豊橋市(1999年9月)、北海道佐呂間町(2006年11月)の3つが挙げられる²⁾。茂原市の竜巻に対しては、羽倉らが被災者アンケートを実施し、竜巻発生直前の天候の様子を聞き取っている³⁾。豊橋の竜巻では、被災自治体である豊橋市役所がその被害状況や直後対応に関する詳細な記録を残しており⁴⁾、田村らが実施した被災者アンケート結果は、自主防災組織を含む地域防災の観点から竜巻災害対応を行う事の必要性を示した⁵⁾。小泉らは茂原市と豊橋市の竜巻災害を比較し、被害や災害対応のみならず、家屋補修に伴う保険適応の有無など復旧・復興対応に関して分析した^{6)~7)}。また、2004年に発生した豊橋市の竜巻(F1)に対しては、吉田らが被災者アンケート調査を実施した⁸⁾。北海道佐呂間町での竜巻災害については、小泉らが被災住民へのインタビュー調査を実施し⁹⁾、高橋らは、被災地域の住民および被災自治体に対するヒアリング調査を実施した^{10)~11)}。また高橋らは、佐呂間町での竜巻災害時の個人および行政の対応に関する課題を整理した。このように各事例における被災状況や被災者の証言は丁寧にまとめられている。一方で、竜巻災害直前には何ができるのか、竜巻災害直後にはどのような対処が必要なのか、また復旧・復興期において地区全体へどのような配慮が必要なのか等、竜巻災害に対する具体的な被害低減策を整理するためには、被災自治体からの証言と照合する必要がある。

そこで本研究では、つくば市で発生した竜巻で被災した地域住民にヒアリング／アンケート調査を実施することで、竜巻災害時およびその前後における住民の証言や行動を詳細に分析する。また、つくば市役所職員に対するヒアリング調査との照合を行うことで、竜巻災害に遭遇した地域の実態を把握する。これらの知見から、竜巻発生前後の時間経過に応じた被害低減策について論じる。

2. 研究方法

2章では被災地区住民に対するヒアリング／アンケート調査と、つくば市役所職員に対するヒアリング調査の概要について述べる。

2. 1 ヒアリング／アンケート調査地区

2012年5月6日に発生した竜巻は、茨城県つくば市の北西部にある北条地区を南西方向から北東方向へ通過した。そこで、北条地区内の特に被害の大きかったエリアと日常的に住民が回覧板を共有するエリアを重

ね合わせた541世帯にヒアリング／アンケート調査を実施した。図1に調査範囲を示す。

2. 2 調査日程および調査団体

表1にヒアリング調査日程および調査団体を示す。ヒアリング調査は2012年8月4日(土)および5日(日)に実施した。竜巻発生は日曜日正午頃であったため、ヒアリング実施日に同曜日同時間が含まれるようにした。2日間の調査には、延べ85名の調査員(6大学および4機関)が参加した。ヒアリング調査前にはつくば市との事前協議を行い、北条地区内各班長へ調査協力依頼をするとともに、調査対象地区各戸へは回覧板を通じて調査協力文書を配布した。

図1 被災地区住民に対する調査範囲

Fig.1 Investigation area for the victim

表1 被災地区住民に対する調査の日程と調査団

Table 1 Investigation schedule and investigator for the victim

	内 容	日程 (2012年度)
調 査 日 程	つくば市との事前協議	6/26・7/18
	調査地域へのご挨拶と文書配布	7/18
	調査員の事前研修	7/30・8/3
	ヒアリング調査(アンケート配布)	8/4・8/5
	アンケート配布(転居世帯)	8月下旬より
	アンケート回収・追加調査	9月下旬まで
	調査結果速報会・報告会	9/1・3/1
調 査 団 体	調査員と調査団体	
	調査員85名(内、学生75名(日本大学、筑波大学、東京理科大学、東北大学、摂南大学)) 協力団体:つくば市役所科学技術振興課、(株)風工学研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所、北海道立総合研究機構北方建築総合研究所、京都大学	

2. 3 ヒアリング調査概要

ヒアリング調査は、対象地域を24エリアに区分し、調査員2名1組を各エリアに担当割することによって実施した。ヒアリング調査員は、担当エリアの住宅地図を持って各世帯をまわり、在宅世帯からヒアリングを始めた。その際、「ヒアリング済」、「家屋撤去済み」、「非住家」、「回答不可」については、再度の調査が不要となるためその旨記録し、調査時間を指定された場合はその時間に再訪する、また、「不在」の場合は2日間の調査期間内に何度か訪問することとした。調査2日間の午前作業終了時と午後作業終了時には、調査本部人員がヒアリングシートに記述された内容について確認し、各班の聞き取り記録を明確にすると共に、ヒアリング内容に差が出ないように調整した。主なヒアリング内容を表2に示す。

2. 4 アンケート調査概要

アンケート調査用紙は2. 3で述べたヒアリング回答者に手渡しし、後日郵送にて回収した。主なアンケート内容を表3に示す。また、北条地区から仮設住宅への転居を余儀なくされた住民に対しては、8月中旬につくば市役所を通じて仮設住宅に同アンケート用紙を郵送した。配布世帯数は36であった。

2. 5 つくば市役所に対するヒアリング調査

つくば市役所職員に対するヒアリング調査概要を表4に示す。調査は、危機管理課を含めつくば市役所内12部署、合計23名に実施した。つくば市役所へは、調査実施日以前に表4に示す項目を提示し、調査当日に各担当部署が回答する形式とした。なお本論では結果を示さないが、同じ竜巻災害で被害にあった栃木県益子町および真岡市にも同様のヒアリング調査を実施している。これらの結果については文献^{12) 13)}を参照されたい。

表2 被災地区住民に対するヒアリング調査内容

Table 2 Interview contents for the victim

項目	内容
回答者属性	世帯人数・居住年数
受傷状況	けがの有無・受傷場所・受傷内容・受傷原因
住宅の被害	被災程度・復旧に要した時間
竜巻発生時の様子	居場所・天候・周囲の状況
被災者の行動	異変を感じた原因・その後の行動
今後の竜巻対策	重要なこと
合計15問(12問が複数選択方式)	

表3 被災地区住民に対するアンケート調査内容

Table 3 Questionnaire contents for the victim

項目	内容
回答者属性	世帯人数・居住年数
後日ヒアリングの受入れ可否	可・不可、「可」の場合、連絡先
生活状況の変化	変化の割合とその原因
建物の復旧状況	破損箇所と修理の状況(屋根等建物部位で回答)、修理しない理由
竜巻発生後の通信	通信可能であった機器の種類と安否確認に要した時間
竜巻に対する知識	日本での竜巻年発生個数や竜巻注意情報等の気象情報に関して
気象情報への意識	気象情報に対する意識の変化、竜巻注意情報に期待すること
竜巻発生時の状況	竜巻に気が付いたか? 気が付いた際の情報源は?
竜巻発生後の状況	困った事、不足した情報、不足した被災地支援策
被害軽減について	個人が行う事、自治体が行う事
自由意見	竜巻災害に対する感想、これからのこと等自由回答
合計29問(23問が複数選択方式)	

表4 つくば市役所職員に対するヒアリング内容

Table 4 Interview contents for the Tukuba City officials

調査日時	2012年10月11日(木)13:30~17:00
調査対象者(つくば市役所)	危機管理課、高齢福祉課、障害福祉課、健康増進課、廃棄物対策課、広報公聴課、市民税課、資産税課、国保年金課、国民年金課、社会福祉協議会、科学技術振興課:合計23名
項目	内容
竜巻発生時の被害状況	発災状況の把握、被害状況の把握、初動体制について
被災後の対応状況	災害対策本部や現地対策本部の設置、各部署における具体的な対応、避難所の開設、救援物資の配布、情報収集および周知手段と発信内容、災害時要援護者等への対応、各種相談業務、住民説明会の開催、義援金・支援制度・税の減免、仮設住宅、マスコミ、ボランティアへ、住民ニーズの把握手段とニーズの変化、各種対応の実施に係る優先順位
職員の対応状況	職員の不足状況、組織的な対応での課題、正常勤務に戻るまでの期間
対応時の問題および課題	対応が比較的旨くいった内容、問題・課題となった具体的な内容、マスコミ、住民ニーズ把握、住民対応、被災者や救援者のメンタルケア対応、医療関係、飛来物や飛散物の処理、瓦礫の処理
今後の対応状況	防災情報の整備、地域防災計画の改訂、今後の防災対策において望ましい組織体制、自主防災組織の活用、ボランティア活用、対応に係る費用負担や補助制度
関連機関との連携	初動期の関連機関への要請、関連機関との連携内容、今後の望ましい関係体制の構築、近隣市町村との連携
その他	竜巻等の予知・予報に関する意見、竜巻注意情報に対する自治体の対応、国や県などへの要望、竜巻等突風災害に対する今後の対策

3. 被災地区住民に対するヒアリング／アンケート調査結果

本研究のヒアリング調査の回答率は51.2%（有効回答数 277/調査対象世帯数 541）であり、アンケート調査の合計回答率は32.3%（有効回答数 101/アンケート調査用紙配布数 313）であった。アンケート調査回答率の内訳は、ヒアリング調査で配布したアンケートの回答率が32.9%（有効回答数 91/配布数 277）、仮設住宅へ転居した世帯へ郵送したアンケートの回収率が27.8%（有効回答数 10/配布数 36）であった。

本章では、ヒアリング／アンケート結果の中から以下の3項目（3. 1～3. 3）に着目して述べる。その他の回答結果については文献^{12) 13)}を参照されたい。

3. 1 竜巻発生前後の住民の危機回避行動

図2に、竜巻発生前の周囲の状況に関するヒアリング回答結果を示す。一般的に竜巻発生時の状況として知られている「昼間とは思えないほど暗い」や「雹や霰が降っていた」と回答した人はそれぞれ全体の25.4%および23.8%であった。一方、この設問は選択方式による複数回答であったため、「その他」の回答として多くの証言が寄せられた。そこで、この「その他」の回答と、ヒアリング結果から得られた証言を抽出した結果をまとめたところ、図3のように、風に関する証言が最も多く寄せられた。ここで「風に関する証言」とは、「突風」、「強い風が吹いていた」、「風向が少し変だと感じた」、「風の音がおかしかった」等である。これらは一見すると、日常的な天候の悪さに関する証言と相違ないかもしれない。しかし、その後竜巻が発生したことに着目すると、竜巻に備えるための貴重な証言として注目する必要がある。図3では、次に「暗かった」、「雷」や「雹と霰」、「雨」に対する証言が続く一方で、「周囲の異変は感じないままに竜巻がきた」や「日常的な天気の良い以外に感じなかった」との証言も多く、突然竜巻に襲われたと感じている被災者がいることも明らかとなった。

図4に、異変に気が付いた時の状況に関するヒアリング回答結果を示す。31.7%が「大きな音」で異変に気がついており、13.3%が被害に遭った後に異変に気が付いている。一方、アンケートによる「竜巻の存在に気が付きましたか？」との問い（図5（a））に対しては、約50名が「竜巻の存在に気が付いた」と回答した。また、「今回の災害原因を竜巻と知った情報源は？」との問い（図5（b））に対しても約50名が「竜巻を実際に見た」と回答した。そこで、図4の「その他」の

回答数(選択方式/複数回答):有効回答数241

図2 竜巻発生前の周囲の状況（複数選択方式）

Fig.2 Weather Condition before the tornado outbreak (With multiple responses)

ヒアリングによる証言数(有効回答数277)

図3 竜巻発生前の周囲の状況（自由意見）

Fig.3 Weather Condition before the tornado outbreak (With free comments)

回答数(選択方式/複数回答):有効回答数244

図4 異変に気が付いた時の状況（複数選択方式）

Fig.4 The situation when you felt an accident (With multiple responses)

回答を含め、ヒアリング結果全体から異変に気が付いた時の状況に関する証言を抽出し項目別にカウントした結果を図6にまとめた。図6では、異変に気が付いたきっかけとして、アンケート回答結果同様、「竜巻目撃」が最も多かった。これらの情報には、「煙突のような渦巻が向かってきた」、「2階に洗濯物を取りに行ったら（竜巻が）「火事」に見えた」等の竜巻と認識して

いない目撃情報も含まれている。また、43 件の飛散物目撃証言には、「物（瓦・紙・段ボール・布・テント・ゴミ・ブルーシート・木）が飛んでいた」等具体的な証言が得られた。ここで、図3および図4で証言の多かった「大きな音」の特徴としては、「ジェット機」、「ヘリコプター」、「海」、「ゴーという音」、「キーンという音」、「地鳴りのような音」のような竜巻そのものの音の他、電が建物や地面に当たる音を記憶している人が多かった。さらに、「物置が壊れた音」、「ガラスが割れた音」等、被害に関連する音や、「近所の騒がしさ」、「親類からの心配の電話」、「外から帰った家族が騒いでいた声」、「サイレン」等、周囲の騒音も挙げられた。

図7に、周囲の異変に気が付いた後の行動に関するヒアリング結果を示す。約22.6%の人が「建物の外に出て周囲の被害状況を確認した」と回答した。その次に「自宅や物置等の被害状況の確認」が続いた。但し、この回答は複数選択方式であったため、竜巻発生直後から数時間後までの行動すべてが選択されていると考えた方がよい。そこで、図7の「その他」の回答とヒアリング結果全体から「竜巻発生直後の行動」に関する証言のみを抽出し、結果を図8に示した。その結果、「雷が鳴って音が大きくなったので窓から外を見ると、竜巻らしきものが見えて、近所のアンテナが倒れたので、家の中央付近に逃げた」等、異変に気づき、住宅内で安全な場所を探して避難した人が多いことがわかった。また、「電や霰に気が付き、窓・カーテン・シャッターを閉めた」、「竜巻が見えてシャッターを閉めた」等、竜巻被害に遭う直前の危険回避行動と思われる行動も認められた。一方、「東の空に黒いものを見て足がすくんだ」、「何もできなかった」、「足がすくんだ」、「頭が真っ白になった」という証言も多く挙げられた。

(a) 竜巻の存在に気が付きましたか？

(a) Did you notice that the tornado attacked?

(b) 今回の災害原因を竜巻と知った情報源は？

(b) How did you know that damage was caused by a tornado?

図5 竜巻発生時の状況 (アンケート結果)

Fig.5 The situation at the time of the tornado outbreak

(With questionnaire results)

図6 異変に気が付いた時の状況 (自由意見)

Fig.6 The situation when you felt an accident

(With free comments)

図7 異変に気が付いた後にとった行動

Fig.7 What did you do after you felt an accident?

3. 2 負傷者の受傷内容とその原因

図9に家族のけがの有無についての回答結果を示す。回答者の内、8.3%が「けがをした家族がいる」と回答した。けがをした家族のいる人に対し、図10(a)に受傷場所、図10(b)に受傷内容、図10(c)に受傷原因を尋ねた結果を示す。けがをした人の65.2%が「外部に面した窓やドアがある部屋」でけがをしており、受傷内容については「切り傷」が圧倒的に多く、受傷原因は「割れたガラス」と「飛散物」が大半であった。また、「打撲」・「捻挫」との回答もあり、「材木が飛んできた」等飛散物によるけがも挙げられた。このように竜巻発生に伴う負傷としては、ガラスに起因した切り傷が圧倒的に多い。これは豊橋の竜巻⁴⁾でも明確に記録されている。また、室内に散乱したガラスや瓦礫の片づけ時、屋根被害の確認時に誤って負傷する等、被災後の二次的な負傷事例も多いことがわかる。

3. 3 復旧・復興期に不足した情報や困ったこと

表5に竜巻発生後に困った事に関するアンケート回答結果を示す。回答の多かったものは、「停電」であった。北条地区では3日間程度停電したが、夜が真っ暗で防犯面での問題が生じた他、「掃除機が使えないのでガラスの片付けが困難」、「TVが使えないので情報が入らない」、「電話が使えないので通信手段に困る」等、災害後の日常生活や復旧活動に支障が生じたことが示された。また、北条地区では車両の出入りが制限されたため周辺道路の渋滞が生じたことや、自家用車の破損によって移動手段に支障が発生したことも示された。さらに、住家の破損では、屋根の破損を確認する方法に苦慮し、屋根被害による雨漏りを防ぐため時間に追われて応急対応したことが記されていた。

表6に災害後に不足していた情報に関するアンケート結果を示す。最も多かったのは「電気・電話の復旧状況」であり、表5の結果同様、停電に苦慮した様子が伺える。また、「その他」の記述としては、「高齢世帯が被災者情報を収集することはとても大変」等の意見が挙げられた。

表7に、被災地支援について不足していたと感じることにに関するアンケート回答結果を示す。最も多かったのは「ごみ処理に関する情報提供」であった。次いで、「迅速な安全確認とその周知」、「被災地認定に関する情報」、「補修資金の援助」であった。これらの内、「ごみ処理に関する情報提供」以外は回答数に大きな差がなく、生活に密着する情報が幅広く挙げられたと考えられる。その他の自由意見としては、「ボランティア

図8 竜巻発生直後の行動（自由意見）

Fig.8 What did you do after the tornado had attacked?
(With free comments)

図9 家族のけがの有無

Fig.9 Did you or your family get injured?

(a) 受傷場所 (Where did you (or your family) get injured?)

(b) 受傷内容 (What were your (or your family's) injury?)

(c) 受傷原因

(c) What was the reason of your (or your family's) injury?

図10 家族/自分のけがについて

Fig.10 About your (or your family's) injury

表5 竜巻発生後に困った事（アンケート結果）

Table 5 What kind of trouble did you have after the tornado had attacked? (With questionnaire results)

困ったこと	記述件数	内容
停電	50	・掃除機使えず・情報入らない・片付けられない・夜が不安・電話が不通
がれきの処理	21	・足の踏み場なし・ガラスの破損・家の泥の始末・家財道具の避難場所・どこから手を付ければよいのか
茫然・悲しい・不安	11	
情報不足	7	特に停電の影響が大きい
道路渋滞	6	・報道や役所の車が多くて自宅工事用車が入れない
断水	6	・食事ができない・トイレが使えない
ゴミの回収	5	・特にガラスの回収
屋根の破損	5	・雨漏れ・屋根の損傷の確認方法
自動車全壊で交通手段無	3	
被害家屋の居住継続判断	3	・寝起きする場所と家財の運び出す場所と整理
経済面	2	・家屋の修理にお金がかかる
戸締り	2	・窓ガラスが割れて外出できなかった
その他		・雨対策用の補修材（ブルーシートや土のうなど）の確保・時間に追われた（雨対策・停電対策のため）・寒さ対策・地区全体の空気の汚れ・飲料水の確保など・見舞い対応（近所でも被災した家庭に対して、遠方からの客に対して）・買い物（スーパーが閉店）・補修業者の選定・家族のケガ

アが多すぎた。頼み方が良くわからなかった」（複数回答）、「罹災者（被災者）への通知が分かりにくい」、「役所には最初から戸別対応してほしい」、「支援金等は居宅の被害のみしか受けられないが、店舗や蔵等の被害が大きかったので、考慮してほしい」との意見が得られた。

4. つくば市役所におけるヒアリング結果と住民からの意見の照合

4章では、特に被災地区住民からの意見が多かった生活支援に対する事項について、つくば市役所におけるヒアリング調査結果との照合を行う。なお、被災自治体調査に関するその他の調査結果については文献¹²⁾¹³⁾を参照されたい。

4. 1 初動期の危機管理体制およびその後の体制

つくば市では、12:46に消防本部に「竜巻が発生し、けが人発生」との情報が入電されており、直後に災害対策本部を立ち上げた。また、竜巻発生当日は、消防本部266名と消防団員189名、市役所職員100名の合計550名を超える人員で被害状況把握と安否確認を実施した。中にはTV等の報道により自主参集した職員

表6 災害後に不足していた情報（アンケート結果）

Table 6 What kind of information did you need after the tornado had attacked? (With questionnaire results)

回答数(選択方式/複数回答)	
有効回答数268、総回答者数95(無回答6)	
不足していた情報	回答数(%)
電気、電話などの復旧情報	22.8
地域の被災状況に関する情報	18.3
道路途絶などの交通情報	11.6
廃棄物などのゴミ処理情報	8.6
応急資材の提供情報	8.6
救援物資の配布情報	7.4
災害時要援護者への対応情報	4.9
行政からの助成制度、補助制度の情報	3.7
り災証明発行に関する情報	3.0
気象に関する情報	2.6
建物の補修方法に関する情報	2.6
税の減免・見舞金などの情報	2.6
避難所の対応情報	0.7
医療の対応情報	0.4
その他	2.2
合計	100

表7 被災地支援として不足していた事（アンケート結果）

Table 7 What kind of support did you need after the tornado had attacked? (With questionnaire results)

回答数(選択方式/複数回答)	
有効回答数226、総回答者数89(無回答12)	
不足していた情報	回答数(%)
ゴミ処理に関する情報提供	14.6
迅速な安全確認とその周知	11.5
被災度認定に関する情報	11.5
補修資金の援助	10.6
補修方法(補修業者)に関する情報提供	10.2
応急補修資材(ブルーシートや工具)等の貸し出し	9.3
被災地ボランティアに関する情報提供	9.3
災害調査に関する情報提供	8.4
税の減免	7.1
融資制度の充実	4.0
その他	3.5
合計	100

も多くいた。北条地区内には、竜巻発生当日から6月15日まで、各部の次長級職員を交代で常駐する現地対策本部が開設された。佐賀市での竜巻災害（2004年）では被災地域近傍に現地対策本部が設置され、主に被災者相談所として活用された¹⁴⁾。また北海道佐呂間町

での竜巻災害（2006年）では、災害対策本部を被災地と役場内の2か所に設置した¹¹⁾。今回の現地対策本部も、被災状況の把握や被災住民への相談対応を円滑にするため、北条地区近傍に設置したとのことである。竜巻災害時には、つくば市地域防災計画内に竜巻等突風災害に特化した記述がない状態であったが、調査結果から発災初動期のつくば市の危機管理体制は迅速に敷かれたといえる。これらの対応は東日本大震災（2011年）における経験が活かされたとの意見が多く、異なる災害に対する対応経験でも、復旧・復興対応に役立つことが理解できる。

4. 2 竜巻発生直後の対応

表5および表6における被災住民の意見を参照すると、竜巻発生直後に不足した情報としては、「停電復旧の情報」、「道路封鎖情報」、「ゴミ処理に関する情報」、「応急資材の提供」と続く。つくば市でのヒアリング調査結果からも、「発災直後、被災住民から瓦礫撤去や停電復旧時期、ブルーシートの配布情報等に関する問い合わせが多数あった」と記録されている。竜巻発生は13時頃であったが、その後天候が悪くなり、さらに日没までの限られた時間の中で復旧作業を急いだ被災者の状況と、その切実なニーズを受け取ったつくば市役所の状況がよく理解できる。

4. 3 復旧から復興期における対応

表6では、不足していた支援として「ゴミ処理に関する情報」が挙げられた。瓦礫処理担当部署によると、災害廃棄物の仮置き場は被災地に最も近い旧筑波庁舎駐車場を設定したが、発災後4日間で満杯となり、市内3か所に順次拡張したとのことである。また、災害廃棄物を処理するためにはコンクリートや石、瓦等の分別が必要であり、住民向けの案内文を随時配布していた。災害瓦礫では、基本的に住民負担はなく無償で回収されるため、災害瓦礫以外の一般ゴミも回収場所に捨てられることが多く、瓦礫搬入時の監督や管理方法等が災害後の課題として挙げられた。この災害瓦礫処理に関しては、ヒアリング調査を実施した真岡市と益子町でも同様の状況が報告されており¹²⁾ ¹³⁾、竜巻被災自治体共通の悩みであったといえる。

4. 4 高齢者対応

被災住民541世帯を訪問したアンケート調査では、明らかに「空き家」と思われる住宅が9.6%に上ったほか、高齢を理由とした「回答不可」世帯も13.9%であった。土曜日と日曜日に実施したヒアリング調査でも、

調査対象者は高齢者が多い印象であり、多くの高齢世帯が被災世帯となったと考えられる。

竜巻発生後に困った事に関する自由意見（表5）では、「車で拡声器を使って情報発信をしていたが、特に年寄りには非常に聞きづらかった」等、情報収集・発信に苦慮した様子が伺える。また、表6に関する自由意見でも、「竜巻で車が破損し徒歩でしか移動できなくなった。この状況で重い水や救援物資を遠い配給場所まで取りに行くのは、高齢者にとって現実的に無理であった」、「融資、税の減免、資金援助等、すべてが一般の人には難しく、特に高齢の方へは別途説明が必要」との意見が得られており、高齢者世帯で災害対応をすることの困難さが浮き彫りとなった。つくば市からの情報発信としては、災害対策本部への直通電話の設置、広報車両の巡回、市職員による戸別訪問とチラシの配布、現地対策本部における夜間相談窓口の開設、住民への説明会等が記録されており、特に高齢者世帯に対しては、担当部署が民生委員の協力も得ながら、発災当日から高齢者や要援護者世帯を巡回し、1か月後には保健師がメンタル面のケアを行うために単身高齢者宅や高齢世帯宅を巡回訪問した。つくば市役所に対して、確かに不平・不満も聞かれたが、一方で感謝の言葉も多く聞かれたのは、このようなきめ細かいケアがなされたためであろう。

被災地域が局所的である竜巻災害であっても、役所が災害後の応急対応から復興対応に必要な人員や時間を確保することは決して容易ではない。むしろ、被害が局所的となる分、すべての業務が災害対応に変わるわけではなく、通常業務と並行して災害後の対応が行われていることがわかった。

5. 竜巻災害の時間経過に応じた被害低減策

5. 1 竜巻災害に対する時間経過の整理

図11に地震、津波、台風、竜巻の覚知から災害遭遇前までの時間経過に応じた情報入手方法を示す。例えば、地震の場合、揺れる前に予知はできず、緊急地震速報の情報を入手できた場合のみ、数秒～十数秒の対応時間が得られる。また、津波の場合は、いずれかで発生した地震が原因となるため、津波を伴う地震発生情報を入手することができた場合の対応時間は、数分から数時間以上である。さらに、台風の場合は、数日前から台風接近情報の入手が可能であり、予想進路や地域ごとの注意情報および警報を入手できる。このように、台風では比較的確実な事前情報を持ちつつ対策

できる時間的猶予がある一方で、地震では、緊急地震速報を活用できた場合の対策の時間があつたとしても数秒～十数秒である。同様に3章の調査結果を用いて、竜巻災害の場合の情報入手から遭遇までの時間経過を考えると、①天候悪化情報を入手する、もしくは天候に違和感をもつ、②竜巻目撃や大きな音で覚知する、③竜巻に遭遇する、となるであろう。よって、竜巻災害は、台風情報ほどの確実性はなくとも、なにかしらの前兆や認知のきっかけがあり、一方で地震と同じような突発性が認められる災害であるといえる。そこで以下では、つくば市での竜巻災害に関する調査結果に基づき、4つのフェーズ（竜巻発生が疑われる段階、竜巻遭遇直前、竜巻被害発生後から復旧期、および平常時）に分類した被害低減策について述べる。

5. 2 竜巻発生が疑われる段階

気象庁ホームページでは、リーフレット¹⁵⁾や啓発用映像等を用いて「竜巻への備え」について注意喚起している。その中の「発達した積乱雲が近づいてきている時の兆候」として、「真っ黒い雲」、「周囲が急に暗くなる」、「雷鳴」、「雷」、「ひやりとした冷たい風」、「大粒の雨や雹」が挙げられている。一方、本調査結果では3. 1で述べたように、上記以外の気象状況として「風や風向に対する違和感」が最も多く寄せられた。この段階での被害低減で何よりも重要なのは、何か異変を感じた際に「竜巻発生の可能性」を意識する人を増やすことであろう。本調査で得たような被災者の証言について、理解しやすいように工夫した広報資料を作成し周知する必要がある。

5. 3 竜巻遭遇直前

気象庁が掲載する「竜巻が身近に迫ったときの状況」としては、「漏斗状の雲を見た」、「ゴーという音がした」、「気圧の変化で耳に異常を感じた」等、天候や気温等に関する人の感覚を具体的に表現している¹⁵⁾。一方、本調査結果では、その他の視覚情報として「煙突のような渦巻」や「火事」、聴覚情報として「ジェット機」、「地鳴り」、「ガラスが割れた音」が挙げられた。さらに「とっさに部屋の中央に移動した」、「布団をかぶってうずくまった」等の被災者の具体的な危険回避行動が明らかになった。一般的に、一個人が一生涯に竜巻に遭遇する確率は非常に低く、「竜巻発生時には何もできない」と思われる風潮もある。しかし「命を守る行動」とは、いかなる災害に対してでも有効であり、今回の事例で得られた被災者の危険回避行動に真摯に学ぶ姿勢が重要である。とっさの時に竜巻災害を連想で

図 11 災害発生前の時間経過に応じた情報入手方法
(地震、津波、台風、竜巻)

Fig.11 Difference in method to obtain information before disaster (Earthquake, Tsunami, Typhoon and Tornado) outbreak

きるような日頃の訓練や取り組みが必要であろう。

5. 4 竜巻被害発生後から復旧期

いずれの災害でも、災害発生後は傷病者の救出、安否確認、被害の把握が最優先され、それは竜巻災害でも同様である。竜巻発生に伴う負傷としては、ガラスの破損に起因した切り傷が圧倒的に多いが、被災後、室内に散乱したガラスや瓦礫の片付け時にも負傷が発生していることを注意する必要がある。また、被災直後には「早急な雨対策」が必要となる。これは、被害が屋根や外壁に集中し、降雨で家財道具が水浸しになる二次的被害が発生するためである。特に、役所が備蓄するブルーシートだけでは不足することが予想され、例えば、建設業協会や他の市町村等の災害時応援協定先から積極的に提供を受ける等、柔軟な対応が可能な仕組みを作る必要がある。さらに、夜間は地区全体が停電する可能性が高いため、街路用ライトを準備する等、電力復旧まで地域全体の防犯にも心掛けなければならない。

復旧期には、地区全体が土煙に覆われるため、のどの炎症を訴える住民も多く、復旧期終了まで地区住民全体の健康管理に留意しなければならない。また、地区全体に瓦礫が散乱する竜巻災害では、瓦礫等による道路閉塞が思った以上に復旧作業を妨げること、さらに、住家の修理ニーズが一時的に局所的に集中することで被災者と業者間で新たなトラブルが発生しやすいことにも理解が必要である。

被災者のメンタルケアについては、被害発生直後から復旧・復興期まで継続的に行うことが必要である。竜巻災害では被災地全体に散らばった細かい飛散物やガラスを除去する作業が続くため、被災地が局所的であっても復旧までに時間がかかり、結果的に被災者の精神的負担が増大することもある。このような状況をよく理解し、被災地支援を行った消防団員や自治体職員のケアも含めて、継続的な支援が必要である。

5. 5 平常時

(1) 個人が備えること

3章に示した被災者の証言を教訓とし、平常時から住居の中の「竜巻災害にとって最も安全な場所」を確認しておくことが重要である。この「最も安全な場所」とは、低層階（1階）の開口部が少ない場所（風呂や便所等）、外部からの風が入り込まない場所がよい。よって、できれば建物の外部に面する開口部等には、可能な限りシャッターや雨戸等を設置しておくことが望ましい。その上で、天候悪化を知らせる気象情報に留意し、周囲の気象状況に敏感になることも重要であろう。竜巻の発生を疑い、備える姿勢があれば、シャッターや雨戸・カーテン等も有効に活用でき、けが等人的被害低減に役立つと考えられる。

(2) 地域で備えること

被災地域では、各被害建物のドアや窓・外壁が壊れ、地区全体が停電することから、防犯対策が必要である。これらに対応するためには、夜間照明の設置等、設備整備が必要な他、地域コミュニティの結びつきを強化することが最も重要である。地域で実施される災害訓練では、地震や津波に対する避難訓練が多いが、同様に、竜巻災害や突風災害に対する訓練プログラムを開発し、地域で実施することで実践的な竜巻災害策とすることが有効である。このような実践的訓練は、地域の防災力向上を目的とするが、日常の地域コミュニティの連携を深めることにも繋がると思われる。

(3) 行政が準備すること

復旧期の災害瓦礫処理は竜巻災害特有の課題ではない。住民は生活再建のために一刻も早い瓦礫の排出を望むため、役所は効率よく大量の瓦礫を処理するための管理が必要となる。各自治体においても、平常時から災害瓦礫の処理方法を具体的に検討し、その検討内容を公開することで災害瓦礫そのものに対する知識を住民に伝え、啓発活動を行う必要がある。

竜巻災害に限らず、被災自治体がすべての被災住民に対して手厚く災害後のケアを行うことは難しい。ま

た特に、日常業務において高齢者対応を行う部署が災害後の対応業務を追加するには、どうしても人員が不足するだろう。一方、竜巻災害は比較的被害地域が限定される局所災害であり、災害後の応急対応と通常業務が同時並行で行われる場合は自治体の業務マネジメントが非常に煩雑になる傾向がある。そこでこのような局所災害でも、役所内の各部署の連携と近隣自治体間の連携や支援活動を組織化し、支援者が竜巻災害を学ぶ機会となるような仕組みを作ることが重要であると考えられる。

現在、竜巻等突風災害に関して地域防災計画に特記している自治体は少ない。今後、本論で述べたような対策が特記された地域防災計画を増やし、自然災害対策として共通の問題は竜巻等突風災害でも問題となることに加え、竜巻等突風災害特有の問題も発生することを明記することが重要であると考えられる。

6. アンケート調査結果の比較と被害低減策の妥当性

本アンケート調査結果と既往のアンケート調査結果との比較を基に、5章で述べた被害低減策の妥当性について述べる。

1990年の茂原市の竜巻は発生時間が午後7時15分頃であり、激しい雷雨や降雹があった。そのため、羽倉らは屋外で被害にあった人は少ないだろうと予想している³⁾。しかし、竜巻来襲時の行動として、「フトンをかぶった」や「テーブルの下にいた」等、とっさの危険回避行動をとったことを明らかにしており^{3) 6)}、これは本アンケート調査結果と同様であった。また、1999年の豊橋市の竜巻は、発生時間が平日の午前11時頃であり台風が接近していた。竜巻発生30分前の周辺の天気は曇天との回答が多く⁵⁾、市民の声をまとめた文献⁴⁾でも、台風の接近を気にしつつ、日常生活を送っている状況が記録されている。その後、竜巻発生時には、多くの市民が竜巻を目撃し、竜巻襲来に伴う異常な音を聞いている⁴⁾。本論で述べたつくば市の竜巻は、発生日時が日曜日の13時頃であり、朝の天気予報では、天候が悪くなる傾向は予報されていたが、大雨で自宅滞在を余儀なくされる状況ではなかったそうである。特に、つくば市役所でのヒアリングでは、「北条地区から数キロ離れた場所にいた。周辺は晴れていたが、北条地区には真っ黒な雲が広がっていた」との証言も得られている。本アンケート調査結果からは、豊橋市の竜巻同様、多くの住民が視覚と聴覚で竜巻をとらえた様子が明らかとなった。このように竜巻被災

者に対するアンケートでも、発生時間帯や発生する前の気象条件の違いによって、回答内容や結果の割合は異なる事もある。一方で、比較的同じ結果が得られているのは、竜巻が通過するのにかかった時間（数秒）や竜巻襲来時のとっさの行動であろう。前述したように、本アンケートの調査項目はこれまでの既往のアンケート調査^{3)~11)}の項目を参考にしているが、竜巻発生前後の時間経過に沿った被害低減策の策定を目的として質問項目を設定した。また、被災者の証言と被災自治体の証言を照合すべく、自治体への質問項目には、特に竜巻被害発生後の被災者の生活支援策の内容を重視した。

上記の結果を踏まえ、5章で述べた被害低減策の妥当性について時間経過に沿って述べる。まず、竜巻発生が疑われる段階（5. 2）と竜巻遭遇直前（5. 3）については、視覚と聴覚の他、「風や風向に関する違和感」に注意する事とした。一方、夜間の竜巻発生や、外の様子がわからない屋内にいる場合には、全く気が付かないままに被害に遭遇することもあるだろう。その際には、前述したように、茂原市・豊橋市・つくば市での竜巻被災者の危険回避行動に学ぶことが大事である。次に、竜巻発生後から復旧期（5. 4）については、これまでのアンケート結果と比較しても同様の状況が報告されており、被害低減策の妥当性は高いと考えられる。一方、降雪時の復旧作業や洪水・浸水に伴う被害が発生するような場合には、5. 4節で述べなかった新たな対策が必要になると考えられる。最後に、平常時（5. 5）においては、被災者の行動と自治体の行動を検証した本アンケート調査結果から、個人・地域・行政と対象別に述べている。今後の竜巻被害低減策として活用頂きたい。

7. まとめ

本研究では、2012年5月6日、つくば市で発生した竜巻で被災した地域住民にヒアリング／アンケート調査を実施することで、竜巻災害時およびその前後における住民の証言や行動を詳細に分析した。また、つくば市役所職員に対する調査との照合を行うことで、竜巻災害に遭遇した地域の実態を把握し、竜巻発生前後の時間経過に応じた被害低減策について論じた。以下にまとめを示す。

- (1) 被災地域住民へのヒアリング／アンケート調査結果から、竜巻発生前の周囲の状況として、これまでの調査研究で得られていた証言内容以外に、「風

向が少し変だと感じた」や「風の音がおかしかった」等、風や風向に対する違和感を持っていた住民が多いことがわかった。また、竜巻を目撃した住民も多く、目撃後の数秒でも危険回避行動をとった様子が明らかとなった。

- (2) 被災地域住民への調査結果をつくば市職員へのヒアリング調査結果と照合したところ、被災後の天候悪化の中、日没までの限られた時間の中で復旧作業を急いだ被災者の状況と、その切実なニーズを受け取った役所の状況が明らかとなった。また、被災地域への情報提示や高齢者への対応を行うに当たり、役所が人員配置的にも時間的にも苦慮した状況が把握できた。
- (3) 竜巻災害対策について、4つのフェーズ（竜巻発生が疑われる段階、竜巻遭遇直前、竜巻被害発生後から復旧期、および平常時）に分類した被害低減策を示し、他の竜巻被害事例との比較からその妥当性を検討した。竜巻災害の被害低減策として、竜巻に対する知識をわかりやすく伝える資料の作成や、地域で実践できる竜巻等突風災害用訓練プログラムの開発が重要であると考えられる。また、自治体は、地域防災計画に竜巻等突風災害の記述内容を盛り込み、竜巻災害を意識した対応を推進する必要がある。

謝辞

本研究で実施した調査は、2012年度文部科学省科学研究費補助金（特別研究促進費）「平成24年5月6日に北関東で発生した竜巻の発生メカニズムと被害実態の総合調査」（研究代表者：九州大学・前田潤滋）の一環として行われたものである。調査にご協力頂いた、つくば市北条地区住民の皆様、つくば市役所に心より謝意を表す。また調査実施に際しては、神田亮氏（日本大学）、ガヴァンスキ江梨氏（東北大学）および学生調査員の方々にご協力を頂いた。さらに、被害低減策の検討には、松井正宏氏（東京工芸大学）、喜々津仁密氏、萩原一郎氏（独）建築研究所、西村宏昭氏（財）日本建築総合試験所）に貴重なアドバイスを頂いた。最後に、行政への調査に対しては、高橋章弘氏（元北海道立総合研究機構北方建築総合研究所）との共同研究であったが、諸事情により共著がかなわなかった。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 消防庁災害対策室, 「平成 24 年 5 月に発生した突風等による被害状況及び消防機関の活動状況等について (第 17 報)」, <http://www.fdma.go.jp/bn/2012/detail/754.html>, (2014.6)
- 2) 気象庁, 「竜巻等の突風データベース」, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado>, (2014.6)
- 3) 羽倉 弘人, 足立 一郎, 小泉 俊雄, 多田 弘一, 「1990 年 12 月 11 日茂原市に発生した竜巻の被災者へのアンケート調査について」, 日本風工学会誌, 第 51 号, pp. 27-34, (1992)
- 4) 豊橋市竜巻災害記録編纂委員会, 「竜巻の記録—1999.9.24 豊橋を襲った黒い渦—」, 豊橋市役所, (2000)
- 5) 田村 幸雄, 石原 競, 大熊 武司, 下村 祥一, 「1999 年 9 月 24 日に豊橋市を襲った竜巻の被害に関するアンケート調査」, RISK, No. 56, pp. 1-11, (2000)
- 6) 小泉 俊雄, 「茂原市と豊橋市の竜巻の比較をもとにした竜巻災害に関する研究—その 1 竜巻発生直前・直後の現象の分析—」, 自然災害科学, Vol. 22, No. 2, pp. 187-200, (2003)
- 7) 小泉 俊雄, 「茂原市と豊橋市の竜巻の比較をもとにした竜巻災害に関する研究—その 2 復旧, 保険対応—」, 自然災害科学, Vol. 23, No. 2, pp. 199-213, (2004)
- 8) 吉田 昭仁, 田村 幸雄, 「愛知県豊橋市で発生した竜巻被害に関するアンケート調査」, 日本風工学会誌, Vol. 30, No. 2, pp. 123-124, (2005)
- 9) 小泉 俊雄, 「聞き取り調査をもとにした 2006 年 11 月 7 日北海道佐呂間町に発生した竜巻の実態に関する分析—竜巻襲来時の現象, 被災者の対応—」, 自然災害科学, Vol. 28, No. 2, pp. 99-112, (2009)
- 10) 高橋 章弘, 植松 康, 堤 拓哉, 南 慎一, 笠原 裕作, 「行政および個人を対象とした竜巻災害対応マニュアルに関する研究—2006 年 11 月 7 日北海道佐呂間町で発生した竜巻災害を事例として—」, 日本風工学会論文集, Vol. 34, No. 3, pp. 63-74, (2009)
- 11) 高橋 章弘, 植松 康, 堤 拓哉, 「竜巻等突風災害に対する行政の対応状況」, 第 21 回風工学シンポジウム論文集, pp. 161-166, (2010)
- 12) 前田 潤滋, 「2012 年度文部科学省科学研究費補助金 (特別研究促進費) 「平成 24 年 5 月 6 日に北関東で発生した竜巻の発生メカニズムと被害実態の総合調査」研究成果報告書」, (2013)
- 13) 植松 康, 池内 淳子, 高橋 章弘, 奥田 泰雄, 神田 亮, ガヴェンスキ 江梨 (科研費 (特別研究促進費) 行動対応グループ), 「竜巻による人的被害の実態と被災住民の行動パターンの分析」, 日本風工学会誌, Vol. 38, No. 1, pp. 41-51, (2013)
- 14) 池内 淳子, 植松 康, 奥田 泰雄, 西村 宏昭, 高橋 章弘, 萩原 一郎, 谷口 徹郎, 谷池 義人, 「竜巻等突風災害に対する行政の災害対応能力向上に関する研究」, 第 20 回風工学シンポジウム論文集, pp. 241-246, (2008)
- 15) 気象庁, リーフレット「竜巻から身を守る～竜巻注意情報～」, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tatsumaki/index.html>, (2014.6)