

佐賀市・鳥栖市竜巻 現地被害調査報告

国土技術政策総合研究所 建築研究部 石原 直
独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 奥田泰雄・喜々津仁密・村上知徳

1. はじめに

6 月 27 日(日) 午前 7 時 20-30 分頃、佐賀市内で竜巻が発生し、学校、住宅、倉庫等に被害が出たほか住民が軽傷を負った。また、午前 7 時 50 分頃にも鳥栖市でも竜巻があり、窓ガラスが割れるなどの被害が出た(図 1 参照)。国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所では、以下の日程で現地被害調査を実施した。

本報告では、当時の気象状況及び被害状況等について述べる。

日 程：6 月 28 日(月)～30 日(水)

調査者：石原 直(国土技術政策総合研究所 建築研究部)

奥田泰雄・喜々津仁密・村上知徳(独立行政法人建築研究所 構造研究グループ)



図 1 佐賀県内の主な被災地域

(Z04A - 第 1047 号)

2. 気象状況

佐賀地方気象台の報告¹⁾によると、当日は梅雨前線が九州北部に停滞し活動が活発となっていた(図 2,3 参照)。図 4 の降雨レーダ図では午前 7 時頃から発達した雨雲が佐賀県内に存在していた。

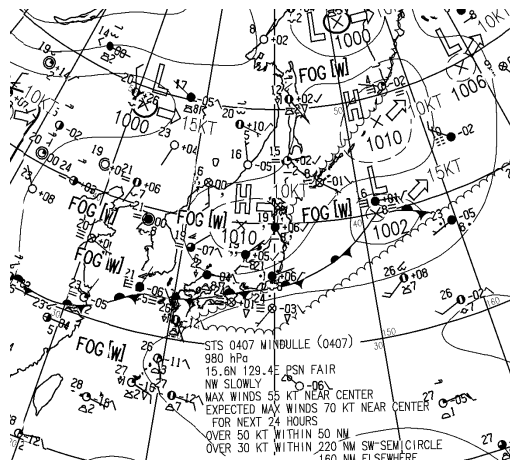


図 2 天気図(平成 16 年 6 月 27 日午前 3 時)

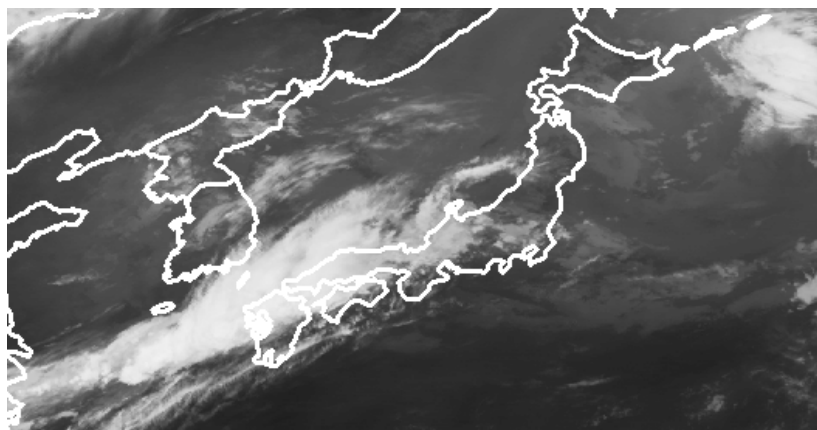


図 3 衛星写真(平成 16 年 6 月 27 日午前 7 時)

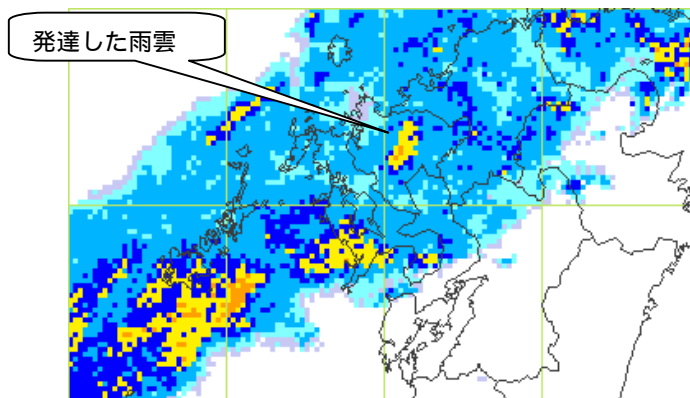


図 4 降雨レーダ図(平成 16 年 6 月 27 日午前 7 時)

図5は図4の降雨レーダ図を佐賀県中心に拡大したものであり、午前7時から8時まで10分間隔で示した。午前7時に佐賀県の中央部に存在した発達した雨雲が、東北東方向に移動しているのが確認できる。竜巻の発生時刻は佐賀市が7時20-30分頃、鳥栖市が7時50分頃と言われており、それぞれこの発達した雨雲の南西端で竜巻が発生したことになる。

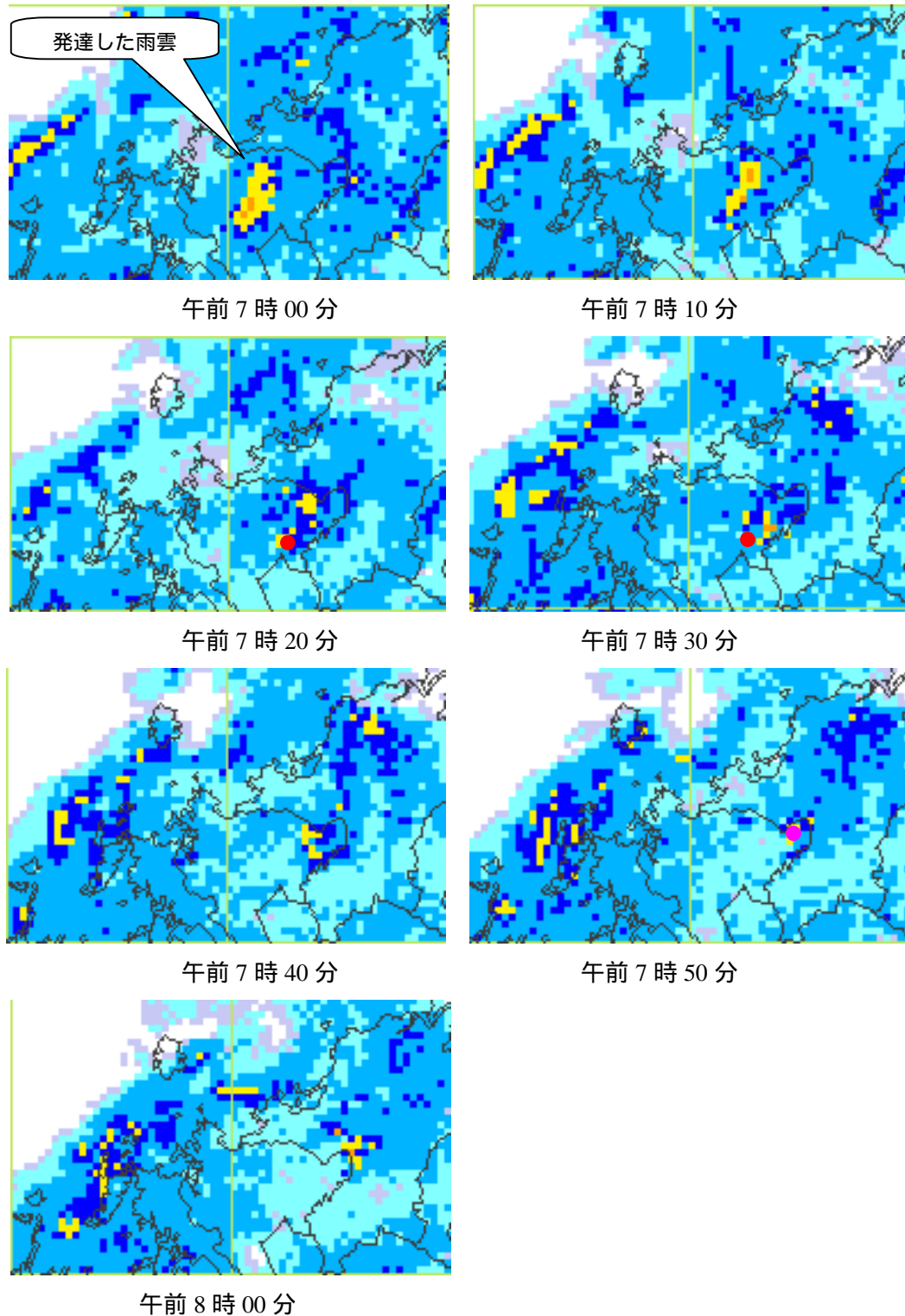


図5 発達した雨雲の移動（赤：佐賀市の被災地域、ピンク：鳥栖市の被災地域）

佐賀地方気象台の報告¹⁾によると、佐賀地方気象台（被災地から北へ約 4km）では午前 7 時 22 分に最大瞬間風速 18.1m/s を観測し、午前 7 時 10 分から午前 7 時 30 分の 20 分間に 16mm の降雨を観測した。この間気圧が約 2hPa 低下し、気温が約 2℃ 上昇した。風向は東から南に反時計回りに変化し、一方佐賀空港（被災地から南へ約 10km）では東南東から南へ時計回りに風向が変化した。これは佐賀地方気象台と佐賀空港の間を回転をもった小擾乱^{しゅうらん}が通過したことを意味している。

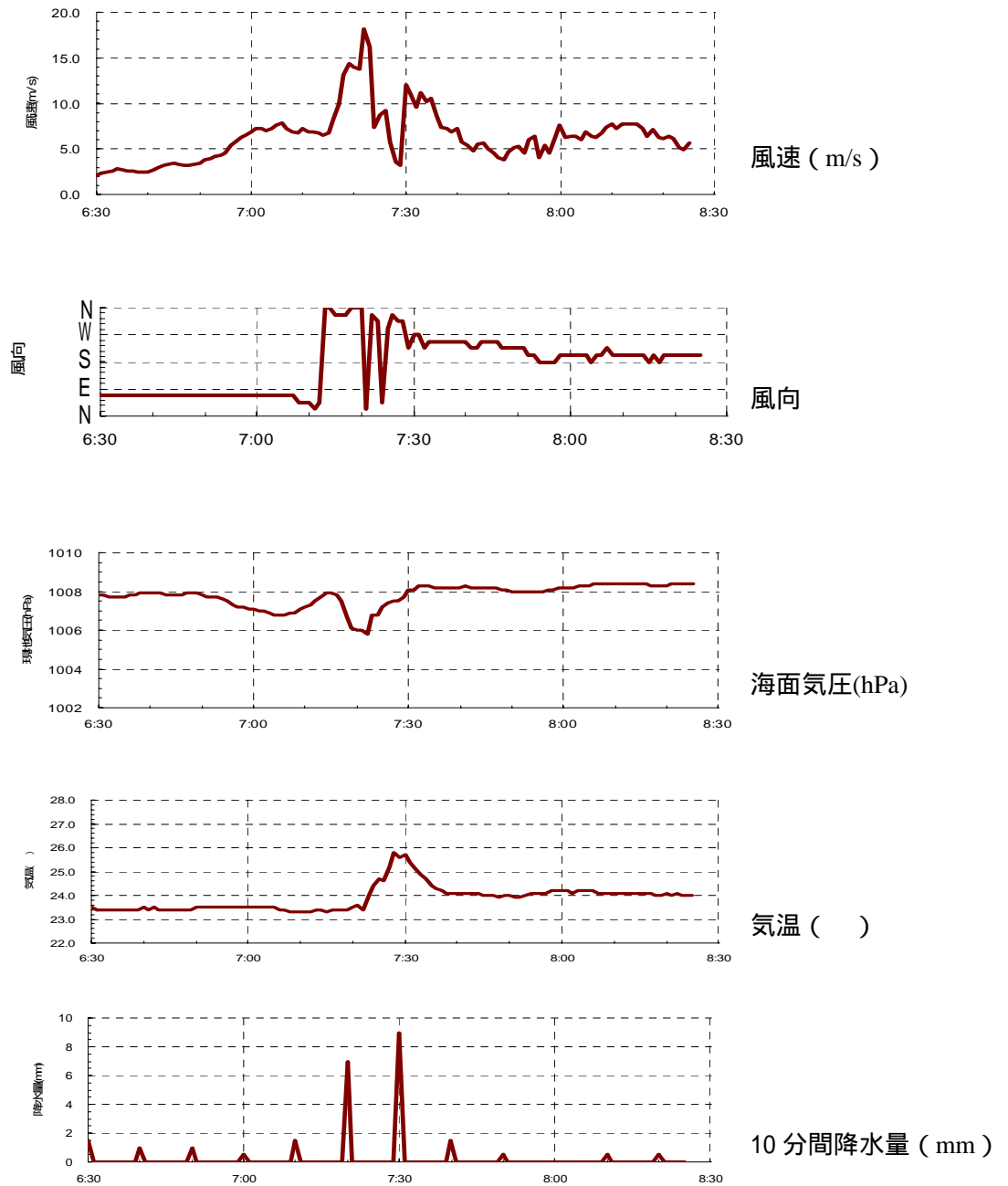


図 6 佐賀地方気象台で観測された気象要素

3. 被害状況

佐賀県庁HP「平成 16 年 6 月 27 日の突風に伴う被害状況等について(7 月 6 日(火)16:00 現在)」²⁾によると、主な被害状況は以下のとおりである。全壊戸数が 10 戸を超えたことから被災者生活再建支援法が適用され、全壊又はそれに準じる世帯については最大で 300 万円の支援金が給付されることになった(参考資料参照)³⁾。

・人的被害

佐賀市 軽傷 15 名

・家屋等の被害 合計 376 戸

佐賀市 344 戸

(内訳) 全 壊 13 戸

半 壊 34 戸

一部損壊 297 戸

鳥栖市 一部損壊 27 戸(瓦の飛散等の一部損壊)

千代田町 一部損壊 5 戸(")

・農業施設の被害 合計 117 棟

ハウス施設(「倒壊」は全壊・半壊等 「一部破損」はビニール破損)

佐賀市 45 棟(内訳:倒壊 17 棟、一部破損 28 棟)

鳥栖市 5 棟(内訳:倒壊 4 棟、一部破損 1 棟)

神埼町 9 棟(内訳:倒壊 2 棟、一部破損 7 棟)

千代田町 45 棟(内訳:倒壊 19 棟、一部破損 26 棟)

三田川町 9 棟(内訳:倒壊 3 棟、一部破損 6 棟)

上峰町 3 棟(内訳:倒壊 3 棟)

合計 116 棟(内訳:倒壊 48 棟、一部破損 68 棟)

牛舎(倒壊)

佐賀市 1 棟(内訳:倒壊 1 棟(12 頭中 4 頭負傷))(図 15 参照)

・文教施設の被害 合計 6 件

佐賀市 5 件

県立佐賀東高校(窓ガラス 100 枚以上、プールフェンス半壊、屋根等損傷)

(図 10 参照)

北川副小学校(体育館の軒、天井等破損、プール日除け屋根破損)

(図 13 参照)

西与賀小学校(プール日除け屋根破損)

北川副幼稚園(屋根損傷、窓ガラス 1 枚破損、遊具破損、フェンス傾斜)

成章保育所(雨樋の外れ)

千代田町 1 件

大立寺幼稚園(園舎庇(ひさし)の一部損傷)

現地被害調査とヘリコプターからの空撮写真により作成した被害分布を、図 7 及び 8 に示す。図中青印は屋根がブルーシートにより覆われている建築物、赤印はその他の被害が認められた建築物をそれぞれ示し、赤色の矢印は被害状況から推定される風向を示す。

佐賀市と鳥栖市いずれの場合も被害はほぼ 1 本の線上にあり、その風向もその線上に向き、竜巻による被害と考えられる。佐賀市・千代田町から鳥栖市の間での被害がほとんどないことから、佐賀市と鳥栖市の竜巻は別の竜巻であると考えられる。また、ダウンバーストと考えられるような発散状の被害分布は見られなかった。

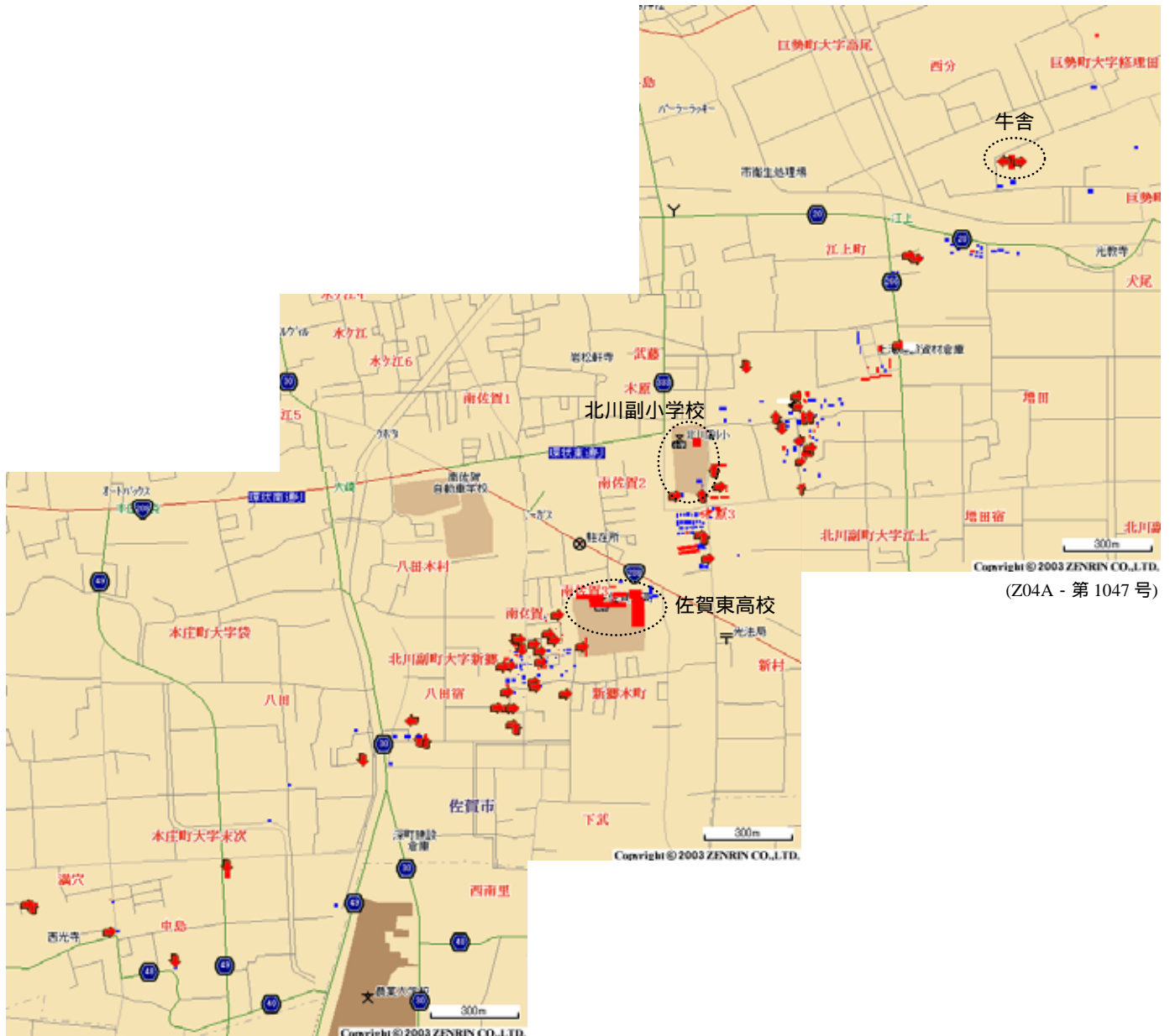
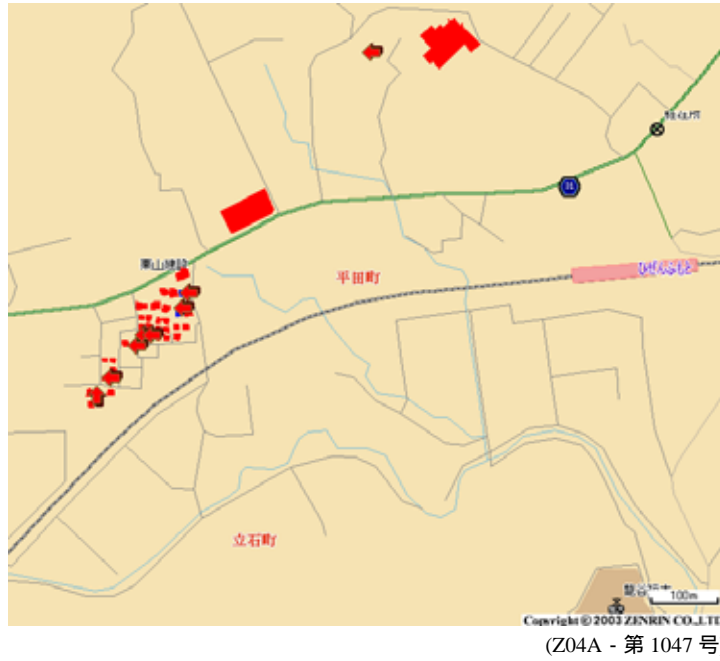


図 7 佐賀市における主な被害分布



(Z04A - 第 1047 号)

図 8 鳥栖市における被害分布

4. 現地被害調査

4.1 佐賀市

図9は、被災後2日目(平成16年6月29日)にヘリコプターから被災現場を空撮したものである。屋根葺き材等の剥離によって屋根に損傷を受けた家屋にはブルーシートが被されており、竜巻の通過経路が分かる。竜巻の経路は少し左にカーブしており、写真の奥の巨勢町まで続いている。ブルーシートが集中しているのは新郷本町、木原、江上地区であり、この写真から竜巻は佐賀東高校を直撃していると考えられるが、佐賀東高校周辺にはあまりブルーシートは見当たらない。また、集落間にある水田には竜巻の痕跡となるような目立った被害は見られなかった。



図9 佐賀市の主な被害地域

佐賀東高校では、100枚以上の窓ガラスが破損し、一部の屋根葺き材に被害を受けた。しかし、上空から見る限り屋根葺き材等に目立った被害はない。また同校敷地内のグラウンドでは、西側のフェンスは倒壊しているが、南東側の野球用ネットは倒壊していない様子である。さらに佐賀東高校の北西及び南東側の地区で、ブルーシートが掛けられている家屋や倉庫等は少ない(図10参照)。

一方、佐賀東高校の南西に位置する新郷本町地区及び約200m北東側に位置する木原地区では、大きな被害が発生している(図11~13参照)。特に木原地区では、比較的新しい住宅の屋根がほとんど被害を受けブルーシートが被せられ、図12の下側に位置する作業場倉庫にも全壊しているものが確認された。



図10 佐賀東高校周辺の被害



本願寺周辺（中央が本願寺（屋根の崩壊） 本願寺西側の縫製工場の崩壊）



本願寺本堂



飛来物の衝突痕（本願寺本堂西側）



倒壊した家屋



全壊した本願寺西側の縫製工場

図 11 新郷本町地区（本願寺周辺）の被害



図 12 木原地区の被害



農協施設（屋根剥離、窓ガラス破損、天井落下） 同内部（天井が持ち上げられている）



全壊した作業場

北川副小学校体育館（軒天剥離 2方向の風向）

図 13 木原地区（農協施設周辺）の被害



建設資材置場（鉄骨造倉庫の崩壊）



2ヶ所で湾曲したビニルハウスのフレーム（資材置場の東側）

図 14 建設資材置場周辺の被害



牛舎の屋根は東方向、柱・トタン板は西方向に飛散している

図 15 全壊した牛舎（巨勢町）



屋根等の被害



外装材の損傷（飛来物の衝突痕）



物置の被害



家屋の被害



車両の損傷



電線等の復旧工事

図 16 住宅・車両その他の被害

4.2 鳥栖市

鳥栖市の被害は佐賀市に比べると軽微であった。水田の水が巻き上がるのを目撃した人がいた。



鳥栖市被害地域



庇が突風で吹き飛ばされた住宅



折れ曲がったカーポート



折れたカーブミラー（かなり錆びている）ガレージの木造屋根の一部損壊



図 17 鳥栖市での被害

5. 過去の主な竜巻被害との比較

表 1 は最近の主な竜巻の被害を纏めたものである。今回の竜巻の被害は、近年の竜巻の中では、戦後最大級といわれる茂原竜巻や豊橋竜巻に次ぐものと考えられる。F は藤田スケール（参考資料参照）を表す。

表 1 最近の主な竜巻の被害

1990.12	茂原竜巻	千葉県茂原市ほか ^{4,5,6)}	F3 (70-92m/s)
		長さ 5km：幅最大 1km	
		死者 1 名、重傷者 6 名、軽傷者 72 名	
		全壊 85 棟、半壊 176 棟、一部損壊 1843 棟（千葉県）	
1999.9	豊橋竜巻	愛知県豊橋市・豊川市ほか ^{7,8)}	F2 (50-69m/s) から 3 (70-92m/s) 程度
		長さ 19km：幅最大 550m	
		死者 1 名、重傷者 14 名、軽傷者 400 名	
		全壊 40 棟、半壊 309 棟、一部損壊 1980 棟（豊橋市）	
2002.7	境町竜巻	群馬県境町、埼玉県深谷市 ⁹⁾	F2 (50-69m/s)
		長さ 5km：幅最大 100m	
		死者 1 名、重傷者 0 名、軽傷者 11 名	
		全壊 7 棟、半壊 31 棟（境町・深谷市）	
2004.6	佐賀竜巻	佐賀県佐賀市、鳥栖市ほか ^{1,2)}	F2 (50-69m/s)
		長さ 8km：幅最大 300m	
		死者 0 名、重傷者 0 名、軽傷者 15 名	
		全壊 13 棟、半壊 34 棟、一部損壊 322 棟（佐賀市・鳥栖市ほか）	

建築基準法の風荷重規定¹¹⁾は、全国の各気象官署で観測された最大風速値（10 分間平均風速）をもとに基準風速を定めている。このため台風や季節風の強風を対象として竜巻やダウンバーストといった突風は対象とされていない。この理由は、竜巻やダウンバーストといった突風が気象官署で観測された例がない、台風に比べて竜巻は極めて狭い地域に発生するため一般の建築物の設計風速には考慮されていない、という点が考えられる。ただし、地域性、建築物の用途等によっては竜巻やダウンバーストといった突風も設計対象とする場合も考えられ今後の研究課題である。

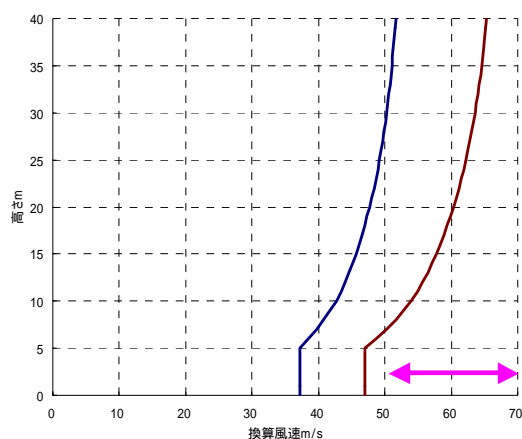


図 18 建築基準法で定める設計風速値（佐賀県）¹¹⁾とF2 との比較

建築基準法の風荷重規定では佐賀県の基準風速は 34m/s であり、地表面粗度区分をとして算定された速度圧から換算風速を求めると上図になる。青線は損傷限界、茶線は安全限界の検証に用いられる（設計用）風速値である。佐賀市の竜巻は F2 であったので推定風速は 50～69m/s（図中赤矢印）となり、ほとんどの建築物や工作物では建築基準法で定める風速値を超えることになる。

6. おわりに

2004 年 6 月 27 日に佐賀県で発生した竜巻の被害状況を現地調査した。被害状況からこの竜巻は F2 クラスであったと判断される。またダウンバーストの形跡はなく竜巻のみの発生であったと考えられる。竜巻が発生する要因として、気象学的要因、地理的要因が考えられるが、佐賀平野では近年竜巻発生記録がなく、三河平野（豊橋平野）や群馬県・埼玉県利根川上流地域、宮崎平野、枕崎平野といった竜巻が頻発する地域ではない。つまり、今回の竜巻は地理的要因は小さく、むしろ気象学的要因（降雨レーダ図に見られる発達した雨雲）により発生したと考えられる。また、佐賀市の竜巻と鳥栖市の竜巻は同一の雨雲の下で発生したと考えられるが、一つの竜巻ではなく複数の竜巻が時間をあけて発生したものと考えられる。

今回の竜巻は 6 月 27 日（日）の午前 7 時 20 分から 50 分間に発生した。また、場所によっては局地的な豪雨のため大半の人は家屋の中にいたものと考えられる。そのため人的な被害が軽傷者 15 名ですんだものと考えられる。しかし、この竜巻が平日に発生すれば、この時間帯は通勤・通学の時間帯であり、人的な被害はこの程度では納まらなかったと考えられる。

参考資料

被災者生活再建支援法施行令（平成十年十一月五日政令第三百六十一号）（抄）
（政令で定める自然災害）

第一条 被災者生活再建支援法（以下「法」という。）第二条第二号の政令で定める自然災害は、次の各号のいずれかに該当する自然災害とする。

- 一 自然災害により災害救助法施行令（昭和二十二年政令第二百二十五号）第一条第一項第一号又は第二号のいずれかに該当する被害（同条第二項の規定により同条第一項第一号又は第二号のいずれかに該当することとなるものを含む。）が発生した市町村（特別区を含み、地方自治法（昭和二十二年法律第六十七号）第二百五十二条の十九第一項の指定都市にあっては、当該市又は当該市の区とする。以下この条において同じ。）の区域に係る当該自然災害
- 二 自然災害により十以上の世帯の住宅が全壊する被害が発生した市町村の区域に係る当該自然災害
- 三 自然災害により百以上の世帯の住宅が全壊する被害が発生した都道府県の区域に係る当該自然災害
- 四 自然災害により五以上の世帯の住宅が全壊する被害が発生した市町村（人口十万未満のものに限る。）の区域であって、前三号に規定する区域に隣接するものに係る当該自然災害

藤田スケール（F0～F12）（気象科学辞典¹⁰より）

竜巻、トルネード、ダウンバースト等の風速を建築物や構造物の被害状況から推定するためにシカゴ大学の藤田哲也により1971年に考案された。各スケールの風速の下限値 V は $V=6.3(F+2)^{1.5}$ m/s

で、F1はビュフォートの風力階級の第12段階、F12は音速に等しくなるように定めた。1/4マイル（約400m）の風程で評価された平均風速で示されている。

F0（17～32m/s：約15秒間の平均風速）

煙突やテレビのアンテナが壊れる。小枝が折れ、また根の深い木が傾くことがある。非住家が壊れるかもしれない。

F1（33～49m/s：約10秒間の平均風速）

屋根瓦が飛び、ガラス窓は割れる。またビニールハウスの被害甚大。根の弱い木は倒れ、強い木の幹が折れたりする。走っている自動車が横風を受けると、道から吹き落とされる。

F2（50～69m/s：約7秒間の平均風速）

住家の屋根がはぎ取られ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れ、またねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、また汽車が脱線することもある。

F3（70～92m/s：約5秒間の平均風速）

壁が押し倒され住家が倒壊する。非住家はバラバラになって飛散し、鉄骨造でもつぶれる。汽車は転覆し、自動車が持ち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半折れるか倒れるかし、また引抜かれることもある。

F4（93～116 m/s：約4秒間の平均風速 荒廃的被害）

住屋バラバラになって飛散、弱い非住家は跡形もなく吹き飛び1トン以上もある物体が降ってきてミステリーが起こる。

F5（117～142 m/s：約3秒間の平均風速 信じられない被害）

人家が跡形もなく吹き飛び、立木の皮がはぎとられ、車や列車が飛ばされ数トンもある物体が、どこからともなく降ってくる。

参考文献

- 1) 佐賀地方気象台 HP：平成 16 年 6 月 27 日に佐賀市から鳥栖市西部にかけて発生した突風 <http://www.fukuoka-jma.go.jp/saga/saga1.htm>
- 2) 佐賀県 HP：平成 16 年 6 月 27 日の竜巻及び突風に伴う被害状況等について（7 月 6 日（火）16:00 現在）
<http://www.pref.saga.lg.jp/portal/ty-contents/resources/1344/file4/040708171428/siengaiyou.html>
- 3) 内閣府防災担当 HP：佐賀県突風災害における被災者生活再建支援法の適用について <http://www.bousai.go.jp/oshirase/h16/040701saga.pdf>
- 4) 桂 順治編：1990 年 12 月 11 日千葉県に発生した竜巻による暴風災害の調査研究，文部省科学研究費突発災害調査研究成果「自然災害」総合研究班 No.B-4，1991.3
- 5) 気象庁：平成 2（1990）年 12 月 11 日千葉県内で発生した竜巻等調査報告，気象庁技術報告，1993.3
- 6) 建設省建築研究所：1990 年の千葉県茂原市の竜巻による建築物の被害調査報告，建築研究資料 No.78，1992.3
- 7) 桂 順治編：台風 9918 号に伴う高潮と竜巻の発生・発達と被害発生メカニズムに関する調査研究，文部省平成 11 年度科学研究費補助金（特別研究推進費）研究成果報告書，2000.6
- 8) 豊橋市：竜巻の記録 1999.9.24 豊橋市を襲った黒い渦，2000.3
- 9) 喜々津仁密・奥田泰雄・伊藤 弘・鈴木 修：平成 14 年 7 月 10 日群馬県境町で発生した竜巻被害，日本風工学会誌 第 93 号，pp.35-40，2002.10
- 10) 日本気象学会編：気象科学辞典
- 11) 建築基準法施行令第 87 条，平成 12 年建設省告示第 1454 号

謝辞

現地被害調査を実施するにあたり、国土交通省住宅局建築指導課、同九州地方整備局、佐賀県県土づくり本部建築住宅課、佐賀市建設部建築課、鳥栖市総務部、佐賀地方気象台にご協力頂いた。また、田村幸雄教授（東京工芸大学）及び松井正宏助教授（東京工芸大学）並びに前田潤滋教授（九州大学）には現地での被害状況に関する情報を頂いた。現地の住民の皆様には被災直後にもかかわらず、この被害調査にご協力頂いた。ここに記して謝意を表したい。

天気図、衛星写真、降雨レーダ図は（財）気象業務支援センターから、地表気象要素は佐賀地方気象台からそれぞれご提供頂いた。併せて謝意を表したい。