

# 2019年9月22日に宮崎県延岡市で発生した竜巻災害の特徴

山本晴彦<sup>1</sup>・渡邊祐香<sup>2</sup>・兼光直樹<sup>1</sup>・松岡光美<sup>3</sup>・福永祐太<sup>4</sup>・坂本京子<sup>1</sup>・岩谷潔<sup>1</sup>

## Characteristics of Tornado Disaster in Nobeoka City of Miyazaki Prefecture in September 22, 2019

Haruhiko YAMAMOTO<sup>1</sup>, Yuka WATANABE<sup>2</sup>, Naoki KANEMITSU<sup>1</sup>, Mitsuyoshi MATSUOKA<sup>3</sup>, Yuta FUKUNAGA<sup>4</sup>, Kyoko SAKAMOTO<sup>1</sup> and Kiyoshi IWAYA<sup>1</sup>

### Abstract

The tornado occurred at 8:22 am on September 22, 2019 near Hamamachi in Nobeoka City, Miyazaki Prefecture, during typhoon No.17 (Tapah), which was progressing in a northeast direction on the west coast of Kyushu in the East China Sea. It passed through the north side of the JR Minami-Nobeoka station and ran through Asahi-Kasei's factory groups in the Tsunetomi district and Nakashimamachi. Furthermore, the tornado then went across the Gokase-River and passed through Showamachi, on the north side of the JR Nobeoka station, Nakagawaramachi, crossed the Houri-River in Yamatsukimachi and ran through the rice paddy area in Natsutamachi, on the west side of Nobeoka Commercial High School in the Sakuragaoka district at 8:40 am, and then went north and disappeared on the hillside. According to the field investigation, the migration length of the tornado was 7.3 km and the maximum damaged width recorded in Showamachi was 300 m. From film taken by a camera at Nobeoka Office of Rivers and the National Highway, the speed of the tornado was estimated at approximately 55 km/h. The building damage was evaluated as JEF2, based on the guideline of the Japanese Enhanced Fujita scale.

キーワード：2019年台風17号 (Tapah), 竜巻災害, 延岡市, 宮崎県

Key words: Typhoon No.17 (Tapah) in 2019, Tornado Disaster, Nobeoka City, Miyazaki Prefecture

<sup>1</sup> 山口大学大学院創成科学研究科  
Graduate School of Sciences and Technology for Innovation,  
Yamaguchi University

<sup>2</sup> 山口大学大学院創成科学研究科 (現 アジア航測株式会社)  
Graduate School of Sciences and Technology for Innovation,  
Yamaguchi University

<sup>3</sup> 山口大学農学部 (現 厚生労働省広島労働局)  
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

<sup>4</sup> 山口大学農学部 (現 山口県庁)  
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

本報告に対する討議は2022年5月末日まで受け付ける。

## 1. はじめに

2019年9月19日に沖縄の南で大型の台風として発生した台風第17号(以下、17号と呼称)は発達しながら北上し、21日には暴風域を伴って宮古島の東海上を通過して東シナ海に進んだ。台風はやや発達しながら東シナ海を北上し、進路を北東に変えて22日夕方には長崎県の五島列島に接近し、その後、長崎県から山口県にかけての北岸部にかなり接近しながら北東に進み、23日には日本海に進んで温帯低気圧となった。台風は広い暴風域・強風域を伴ったため、九州地方や山口県では22日を中心に大荒れの天気となり、特に宮崎県の山沿いや熊本県球磨地方では、長時間流れ込んだ湿った空気により局地的に記録的な大雨となった。一方、長崎県の対馬では、台風を取り巻く発達した雨雲によって記録的な大雨となり、浸水被害などが発生した。また、強風による災害が各地で発生し、宮崎県では台風周辺の湿った空気の流れ込みによって大気の状態が非常に不安定となり、延岡市では竜巻による災害も発生した(福岡管区気象台、2019;宮崎地方気象台、2019;宮崎地方気象台、2020)。ここでは、2019年9月22日の8時30分頃に宮崎県延岡市で発生した竜巻災害について、筆者が収集したデータに基づく解析や現地調査の結果を中心に、概要を報告する。

## 2. 延岡市で過去に発生した竜巻災害の概要

気象庁は、1961年以降の竜巻やダウンバースト等の突風事例を『竜巻等の突風データベース』(気象庁、2020)として公開している。データベースには、「突風分布図(現象別)」の「九州」において「竜巻分布図(九州)(1961~2015年)」が示されており、分布図に「最近発生した事例一覧(速報)」(2016年4月~2019年に発生した竜巻等の突風、(気象庁、2020))を筆者らが加筆したものを図1(左)に示した。1961年から2019年までの59年間において、九州・山口地方における竜巻の発生は221件で、鹿児島県71件、宮崎県59件、長崎県24件、福岡県21件、熊本県16件、佐賀県13件、山口県12件、大分県5件の順となっており、日向灘に面し

た宮崎県と鹿児島県の2県で全体の60%弱を占めている。また、宮崎県ではこの59年間で59件と高い頻度で竜巻が発生しており、県北端の延岡市北浦町から県南端を除く日南市までの日向灘に面した海岸部、さらには内陸部の西都市、国富町、三股町等にも及んでいる。

延岡市において過去に発生した竜巻災害の概要(『郷土物語 火と水の戦い』(西村祝一、1966)、延岡市防災推進室の「防災瓦版」第5号(2006)等)に基づいて、筆者らが作成した表(山本ら、2008))を基礎に、2017年9月17日(宮崎地方気象台、2017)および今回(2019年9月22日)の竜巻の概要を追加したものを表1に、竜巻の経路を図1に示した。竜巻の被害記録がある大正時代から現在までの約100年間で、延岡市で発生した竜巻は8回とかなりの高い頻度で発生している。1915(大正4)年9月8日7時頃に岡富村の方財島に上陸し、東海村の大武・檜山を襲った竜巻(①)では、死者1名、負傷者23名の人的被害が生じている。また、1950(昭和25)年7月19日午前、グレイス台風の通過時に発生した竜巻(②)では、丸ヶ島に上陸し、延岡東小学校、出北、浜砂、惣領町を通過して五ヶ瀬川を渡り、延岡駅西側の幸町、さらには祝子町に抜け、死者1人、重傷者2人などの被害が発生している(西村、1966)。

近年では、2003(平成15)年10月12日に低気圧の通過の際に、塩浜町1丁目から緑ヶ丘、平原町の約1.5kmを北西に竜巻(⑤)が通過し、住家半壊16棟の被害が発生している(延岡市防災推進室、2006)。さらに、2006(平成18)年9月17日には、台風13号の通過時に竜巻(⑥)が発生して塩浜町1丁目に上陸し、緑ヶ丘、浜町(死者1名)、別府町を通り、JR南延岡駅構内では特急「にちりん」の車両が横転して脱線している(航空・鉄道事故調査委員会、2008)。旭町の旭化成(株)の工場では屋根材が剥離し、新町、山下町(死者2名)、富美山町、尾崎町まで多くの住家に全半壊(全壊79棟、大規模半壊83棟、半壊265棟 他)の被害を及ぼしており、3名の死者も生じている(山本ら、2008)。また、2017(平成29)年9月17日には、台風18号が屋久島の西を通過時に、松原町の海岸近くで竜

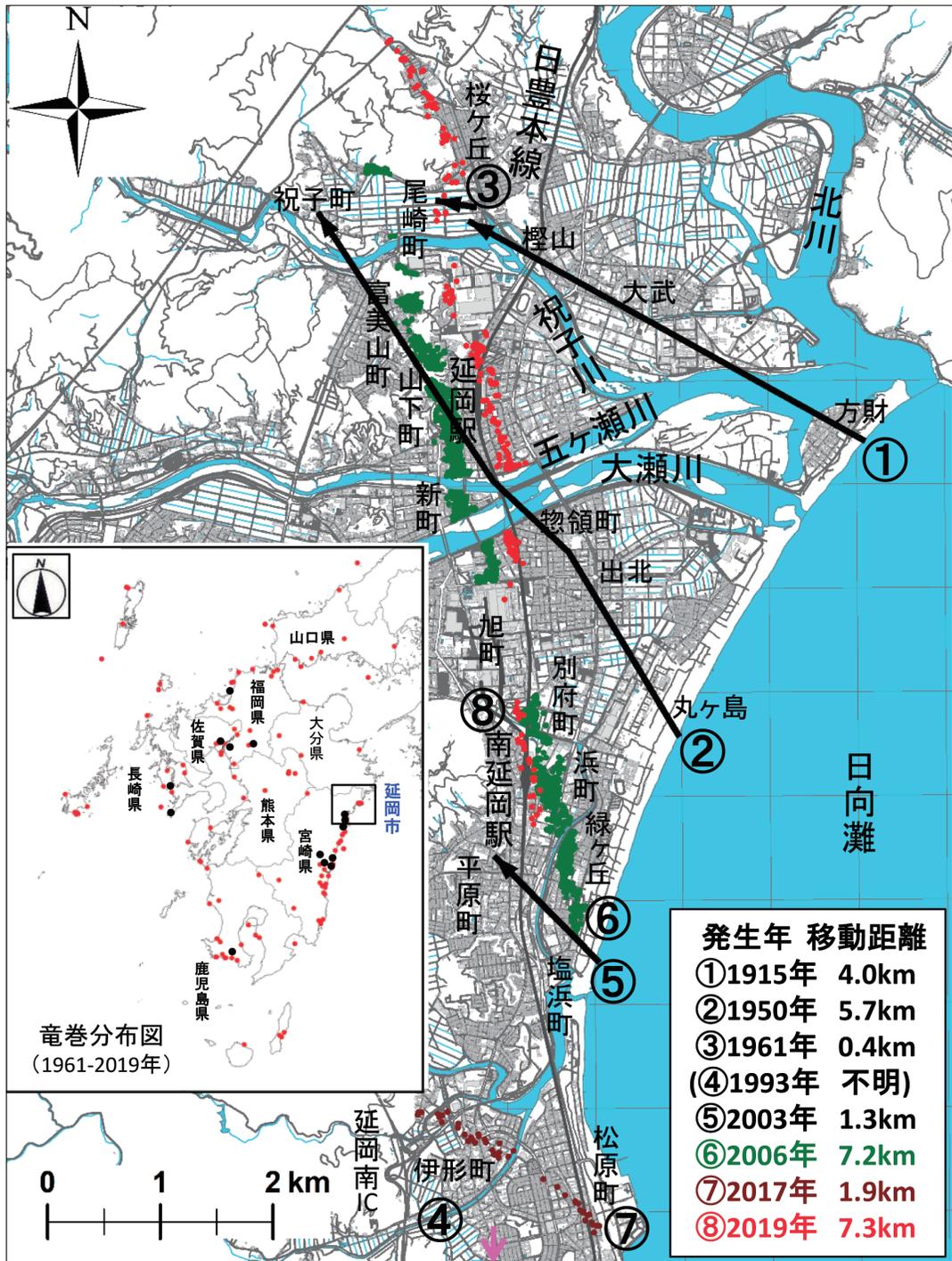


図1 九州・山口地方で1961～2019年に発生した竜巻分布図(気象庁(2020))。●は2016年以降に発生した竜巻で筆者が加筆)と延岡市において発生した竜巻の経路(山本ら(2008))に加筆修正。①～⑧は表1の番号と一致。緑色と赤色の○は2006年と2019年の建物被害)

表1 延岡市において過去に発生した竜巻災害の概要<sup>1)</sup>

番号	西暦(元号)年	月日	時刻	移動距離	被害状況	総観場	Fスケール <sup>2)</sup> JEFスケール
①	1915(大正4)	9月8日	7時頃	約4.0 km	死者1名, 重傷10名, 軽傷13名, 本家全壊12棟 <sup>3)</sup>	台風	-
②	1950(昭和25)	7月19日	午前 <sup>4)</sup>	約5.7 km	死者1名, 重傷2名, 軽傷数名 <sup>4)</sup>	グレイス台風	-
③	1961(昭和36)	8月18日	17時頃	約0.4 km	被害2件, 人畜被害なし	台風15号	-
④	1993(平成5)	9月3日	15時45分頃	不明	負傷者1名, 住家被害50棟	台風13号	F0~F1
⑤	2003(平成15)	10月12日	4時25分頃	1.3 km	住家半壊16棟	低気圧	F0
⑥	2006(平成18)	9月17日	14時03分	7.2 km <sup>5)</sup>	被害幅150~300 m, 死者3名, 負傷者143名, 住家全壊79棟, 大規模半壊83棟, 半壊265棟	台風13号	F2
⑦ <sup>6)</sup>	2017(平成29)	9月17日	7時00分頃	1.9 km	幅180 m, 詳細な被害は不明	台風18号	JEF0
⑧ <sup>7)</sup>	2019(令和元)	9月22日	8時30分頃	7.3 km <sup>8)</sup>	幅400 m, 負傷者18名, 住家被害483棟	台風17号	JEF2

- 1): ①~⑥は、『郷土物語 火と水の戦い』(西村祝一, 1966), 延岡市防災推進室の「防災瓦版」第5号(2006)に基づいて, 筆者らが作成した表(山本ら, 2008)に加筆。④~⑧の移動距離, 被害幅, 被災状況, Fスケールは気象庁の『竜巻データベース』(2020)を参照。番号①~⑧は, 図1の番号と一致する。
- 2): 『竜巻データベース』(2020)の参照により記載。2016年3月まではFスケール(藤田スケール), 2016年4月以降はJEFスケール(日本版改良藤田スケール)を使用。「-」は『竜巻データベース』における記載なし。
- 3): 『中央気象台: 気象要覧, 大正4年9月 第190号, pp.271-311・附図3, 1915。』では, 死者2名, 負傷者61名。
- 4): 『中央気象台: 異常気象報告, 昭和25年 第7号, 145p., 1950。』では, 死者1名, 重傷3名, 軽傷17名。
- 5): 7.2 kmは山本ら(2008)の調査で測定された距離。『竜巻データベース』(2020)では7.5 km。
- 6): 宮崎地方気象台: 平成29年9月17日に宮崎県の延岡市, 日向市, 宮崎市及び国富町で発生した突風について, 現地災害調査報告, 49p., 2017。
- 7): 宮崎地方気象台: 令和元年9月22日に宮崎県延岡市で発生した突風について, 現地災害調査報告, 22p., 2021。
- 8): 7.3 kmは山本らの今回の調査で測定された距離。『竜巻データベース』(2020)では8.2 km。

巻(⑦)が発生し, 北西方向の延岡南ICの北側までの約1.7 kmを通り抜け, 住家等の屋根瓦が剥離して日本版改良藤田スケールのJEF0に該当する被害が生じている(宮崎地方気象台, 2017; 小林ら, 2018)。竜巻発生の際の気象条件は, 2003年10月の⑤の竜巻は低気圧の総観場に基づくものであるが, それ以外の7件はいずれも台風の接近時に発生している。

### 3. 竜巻発生時の気象的特徴

図2(左)には, 前掲した竜巻の中で死者3名, 住家の全壊79棟が発生した2006年9月17日の竜巻における14時00分(台風13号接近時)の雨量分布(レーダ), さらに図2(右)には今回の2019年9月22日の竜巻における8時30分(台風17号接近時)の雨量分布(レーダ)を示した(国土交通省, 2006・2019)。2006年9月17日14時の雨量分布では, 延岡市から西南西に約300 km離れた東シナ海の甌島列島の西方海上を台風13号が北東に進んでいる最中, 太平洋から暖湿流が流入して宮崎県では積乱雲が断続的に生じている。画像では竜巻発生地

点の延岡市付近ではやや途切れているが, 積乱雲が日向灘から帯状に発達していることが確認できる。2019年9月22日8時30分の雨量分布では, 延岡市から西南西に約550 km離れた東シナ海を台風17号が北東に進んでおり, 延岡市付近には日向灘から発達した積乱雲が帯状に侵入していることがわかる。このように, 2つの事例ではあるが, 発達した台風が九州の東シナ海の海上を北東進し, 台風の前方向(北東象限)に延岡市が位置する際に竜巻が発生している。これ以外にも, 1993年9月の竜巻では薩摩半島南部に上陸直前の台風13号(山本ら, 1994)が北東進時, 2003年10月の竜巻では屋久島西海上を低気圧が東進時, 2017年9月の竜巻では屋久島西80 kmを台風18号(山本ら, 2018)が北東進時において, ほぼ北東方向に延岡市が位置するケースで竜巻が発生している。

今回の竜巻でも竜巻注意情報が発表(9月21日18時55分 第1号~22日12時59分 第12号)されていることから, 延岡市のような竜巻の常襲地とも言える地域では, 竜巻注意情報の発表時に竜巻から身を守る行動をとることが重要である。なお,

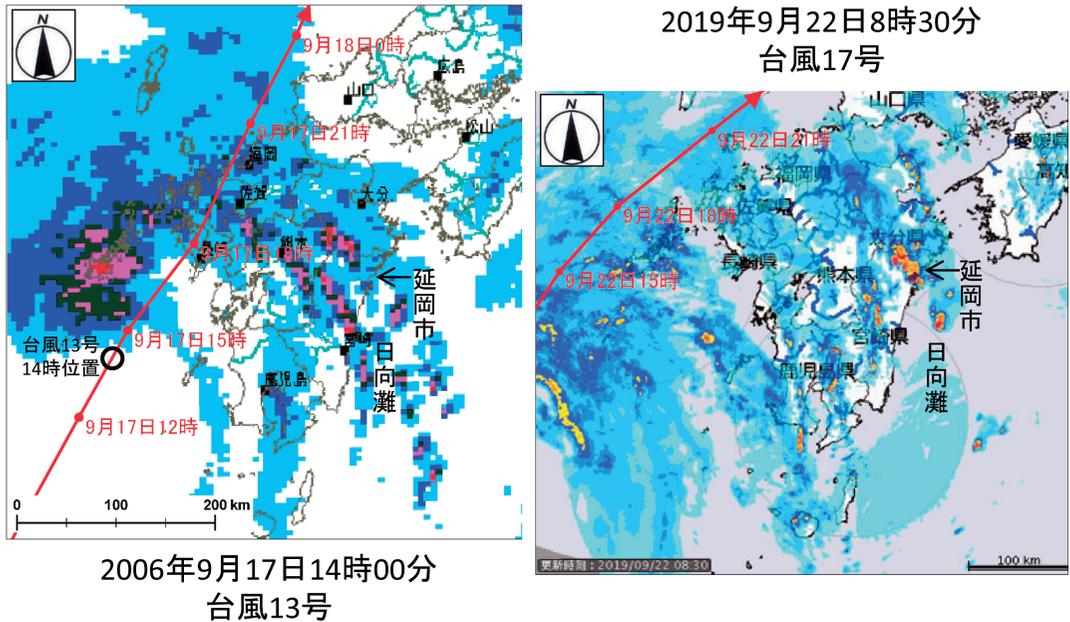


図2 延岡市で竜巻が発生した2006年9月17日14時00分と2019年9月22日8時30分の雨量分布(レーダ)  
(国土交通省, 2006・2019)

2006年9月17日の竜巻(死者3人)と同年11月7日に北海道の道東の佐呂間町で発生した竜巻(死者9人)(山本ら, 2006)を契機に, 気象庁において突風等短時間予測情報の提供に向けた検討が開始され, 竜巻注意情報が2008年3月から提供されるようになった。

DIAS (Data Integration & Analysis System) 事務局が管理するデータセットのリアルタイム降雨情報「AMeNOW!」を用いて, 9月22日の8時から8時55分までの5分毎の雨量分布(レーダ)を, 竜巻が発生した延岡市付近について図3に示した(DIAS事務局, 2021)。なお, 図中の矢印は筆者らの現地調査により得られた竜巻の進路, ○は延岡アメダス(特別地域気象観測所, 旧延岡測候所)の位置を示している。8時の時点では延岡市の市街地の南西に80 mm/hを超える強い雨域が確認され, 徐々に北東に進んで8時30分には竜巻の進路付近に達し, 40分には通り過ぎていた。筆者らの現地調査では, 8時32分にJR南延岡駅の南東側の浜町付近, 36分にはJR延岡駅の北側の中川原町, 40分頃に桜ヶ丘3丁目で竜巻を目撃したと

の証言を得ており, この気象レーダによる雨量分布は, 竜巻通過時の積乱雲で生じた強い降雨域を示しているものと推察される。

図4には, 延岡アメダスにおいて観測された海面気圧, 最大瞬間風速, 風向(方位角), 降水量の推移(1分値)を示した。延岡アメダス(旧延岡測候所)は, 竜巻の進路(昭和町1丁目)から西に約1.5 km離れた小高い丘の上に立地している。8時29分に1007.8 hPaの海面気圧が4分後の33分に1005.5 hPa, 34分には1005.4 hPaと, 数分間に2 hPa以上も低下しており, 低下する直前に最大で3 mm/1分間, 積算降水量で19.0 mm/15分間の強雨を観測している。竜巻が観測地点の直上を通過していないため, 極端な気圧の低下は観測されておらず, 最大瞬間風速は気圧低下に連動して著しく低下する特異な現象を観測している。風向は竜巻が通過の際に東風から南風へと変化している。

旭化成株式会社では, 市内に立地する第1・第2・第3の火力発電所で風向風速計を設置し(場所は図7参照)風の観測を行っている。図5には旭化成株式会社の第2火力発電所で観測された瞬

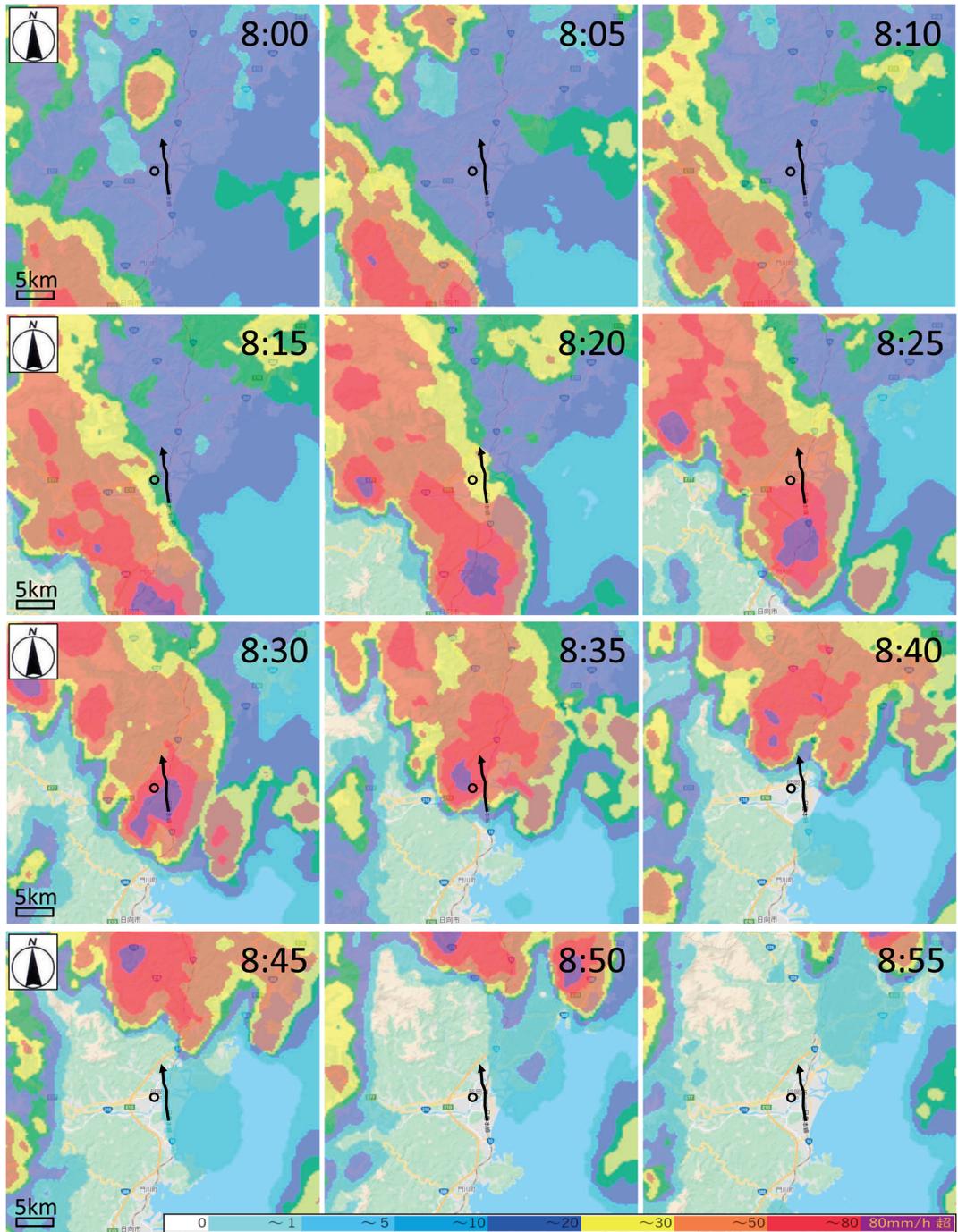


図3 2019年9月22日8時から8時55分までの5分毎の雨量分布(レーダ)(DIAS事務局, 2021)  
(筆者が一部加筆, ○は延岡アメガス, ↑は竜巻の移動経路)

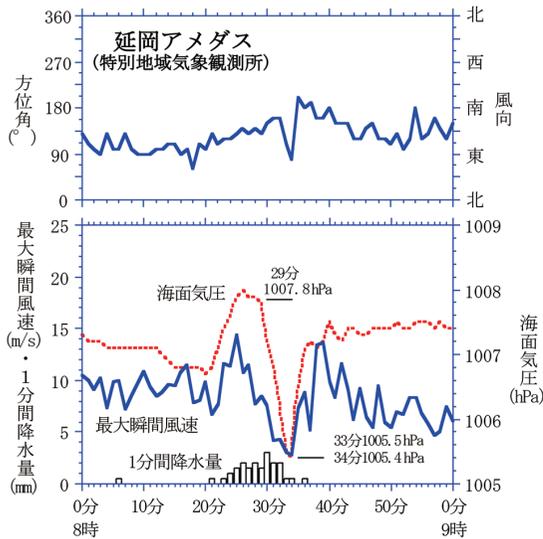


図4 2019年9月22日に延岡アメダスで観測された海面気圧、最大瞬間風速、風向(方位角)、降水量の推移(1分値)

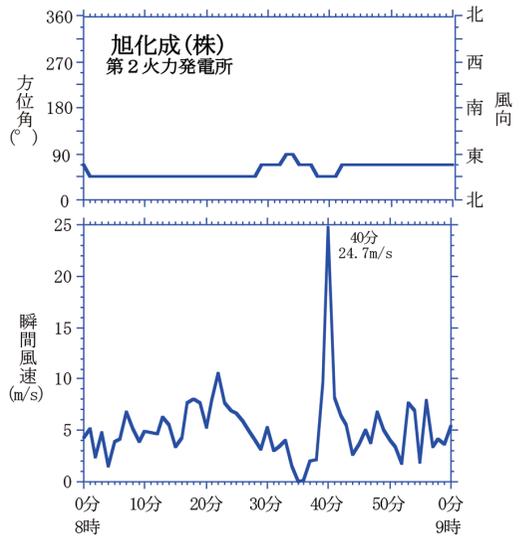


図5 2019年9月22日に旭化成株式会社の第2火力発電所で観測された瞬間風速、風向(方位角)の推移(1分値、旭化成(株)延岡支社提供)

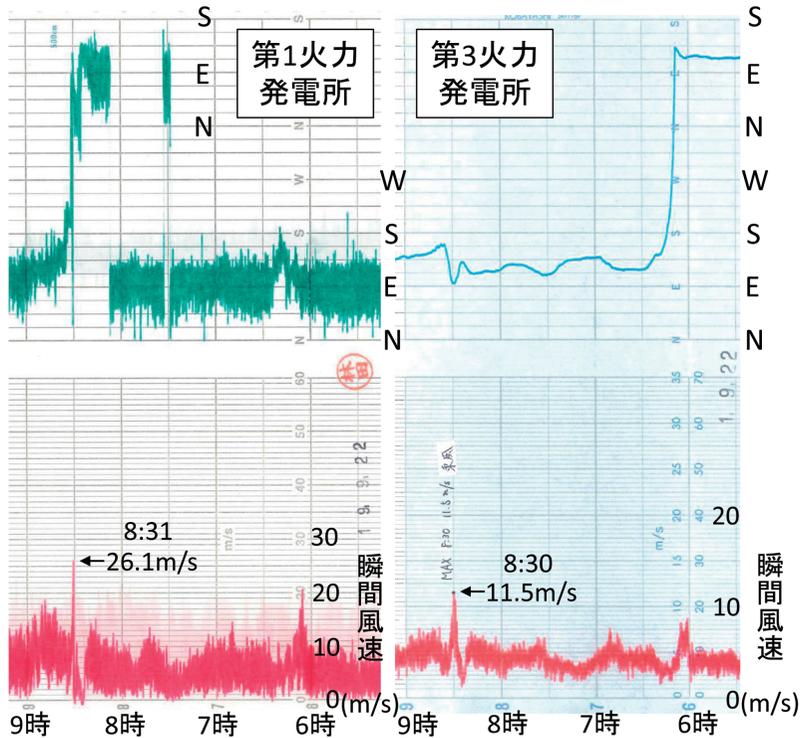


図6 2019年9月22日に旭化成(株)の第1・3火力発電所で観測された瞬間風速、風向の推移(旭化成(株)延岡支社提供)

間風速、風向（方位角）の推移（1分値）、図6には第1火力発電所と第3火力発電所で観測された瞬間風速、風向の推移（自記紙）を示した（旭化成㈱延岡支社提供）。第2火力発電所は、竜巻の進路から東に約500m離れた祝子川の南岸の中川原町5丁目に位置しており、竜巻が最接近したと推察される8時40分に瞬間風速24.7 m/sを観測し、その前後の1分値は2.1→9.7→24.7→8.1→6.4 m/sと変化し、北東の突風を記録している。第1火力発電所は竜巻の進路から西に500m離れた旭町4丁目の恒富地区に位置しており、8時31分に瞬間風速26.1 m/sの強風を観測し、風向は北風から東風、南風へと急変している。第3火力発電所は竜巻の進路から東に1km離れた長浜町4丁目に位置していることから、8時30分に11.5 m/sの東風を観測するに止まっている。このように、旭化成㈱では竜巻が通過した進路上やその付近に風向風速計が設置されていなかったため、竜巻による突風は観測されなかったが、進路から東西に約500m離れた第1・第2火力発電所では25 m/s前後の強風を観測しており、きわめて貴重な観測記録であると言える。なお、ヒアリング調査から写真5の中央に写っているJR日豊本線の五ヶ瀬川橋梁に設置された風速計では46.3 m/sの観測値（データは未収集）を得ており、橋梁の西側を北上した際の竜巻の突風を捉えた記録と言える。

旭化成㈱の恒富地区内に立地する薬品工場とペンベルグ工場では、2006年9月の竜巻災害の際に竜巻が工場の直上を通過し、薬品工場に設置された風速計で46 m/s以上（自記紙がスケールを超えて記録できなかった）、ペンベルグ工場の風速計で46 m/sを観測している。今回の竜巻も、後掲する写真3でペンベルグ工場における屋根の損傷が確認できるが、現在は工場での風観測が実施されていないため、竜巻が通過した付近の風速・風向の観測記録は得られなかった。

#### 4. 竜巻による被害の実態

筆者らは、竜巻災害が発生した9月22日の約2週間後の10月5日に現地調査を実施した。図7には、現地調査により基づいて作成した竜巻による

住宅被害の分布（全体図（その1）、地区別（その2））を赤色で示した。なお、2006年9月17日の竜巻による住宅被害も合わせて緑色で示している。地区別（A～D）の分布図には竜巻により被害を受けた建物の写真の位置を番号で示しており、これらに基づいて地区別に建物被害等の実態の一部を紹介する。なお、両図には竜巻が見たとの証言があった場所の時刻（8:32頃、8:36頃、8:40頃）、監視カメラによる竜巻の通過時刻（旭化成㈱恒富地区の煙突8:34:47、五ヶ瀬川橋梁北岸8:35:20）を記している。被災翌日の23日には国土地理院が航空機による空中写真の撮影を実施しており、ホームページで公開されているので、被災の状況はこちらも参照をして頂きたい（国土地理院、2019）。

##### 4.1 浜町－JR南延岡駅付近－伊達町1丁目－共栄町－別府町

写真1①は、浜町に位置する軽量鉄骨造りの倉庫の北面の外壁材が、飛散物により穴が開いて破損した状況（DI6・DOD1、『日本版改良藤田スケール』（気象庁、2015）に示された「被害指標：DI」、「被害度：DOD」より判定。後掲する「5. 日本版改良藤田スケールに基づく竜巻の判定」で判定基準を記載）を示しており、この付近から竜巻による建物等への被害が確認できる。写真1②は、JR南延岡駅の東側に隣接する遊戯施設の敷地内に建てられた児童用施設で、金属折板屋根の北面と南面の両方の浮き上り（DI2・DOD2）が確認できる。写真1③はJR南延岡駅の北西に立地する街区で、両住宅（前方が寄木造り、後方が切妻造り）とも南東に面した屋根葺き材が剥離や破損（DI1・DOD2～3）する被害が生じている。写真1④は写真1③と同じ街区に位置する建物で、店舗兼倉庫の2階の南東側の波型スレート屋根の軒先が曲がり剥離し、飛散物により外壁材に破損（DI6・DOD2）も生じている。写真1⑤の倉庫は、写真1③の道路を挟んで北側に立地し、北東側に面した外壁材が破損する被害（DI2・DOD1）が生じている。写真1⑥では、虎御前社および隣接する王代神社や住宅において北東から南南西に面した粘

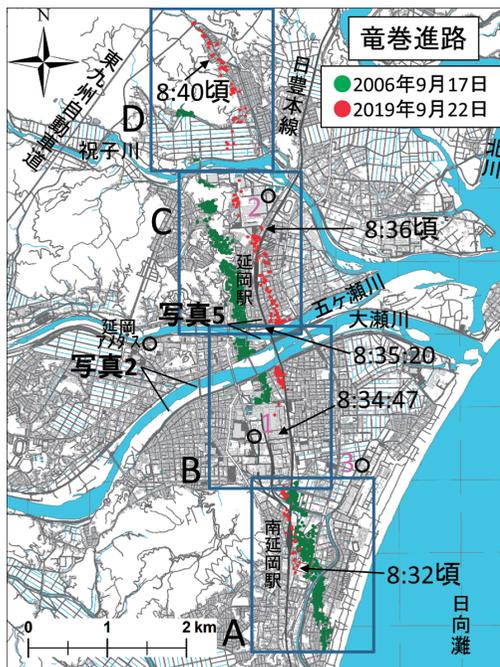


図7 (その1) 2006年9月17日と2019年9月22日に発生した竜巻による建物被害の分布図(時分秒は写真2・5から求めた竜巻の通過時刻。時分はヒアリング調査による竜巻の通過時刻。ピンク色の数字(1・2・3)・○は、第1・2・3火力発電所に設置された風向風速計の位置)

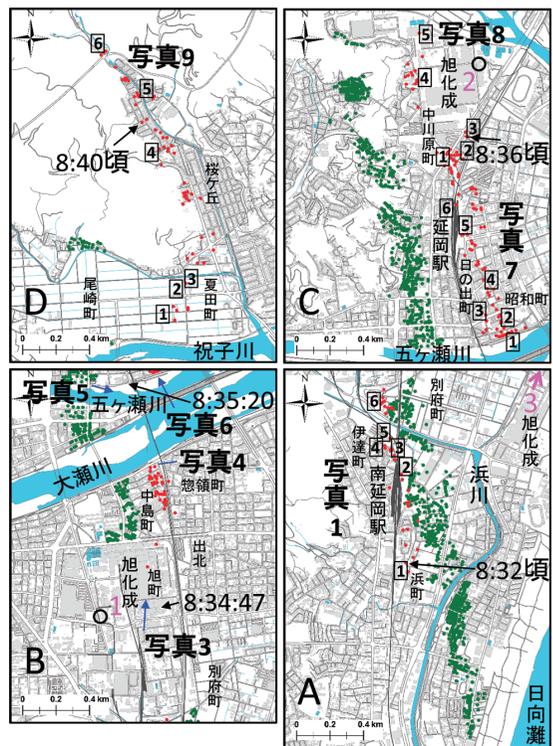


図7 (その2) 2006年9月17日(緑色)と2019年9月22日(赤色)に発生した竜巻による建物被害の分布図(図7(その1)に示したA~Dの拡大図、図中の数字は写真番号と一致)

土瓦葺き屋根材の剥離・破損(DI1・DOD3)が確認されており、虎御前社と隣接王代神社に挟まれた別府公民館の前に設置された掲示板は、強風により北方向への支持柱の傾きが確認できる。なお、JR南延岡駅の東側や写真1⑥の別府町の住宅地は、2006年9月の竜巻での被害を受けており、今回と合わせて近年で2度も竜巻の被害に遭遇している。

なお、宮崎地方気象台の現地災害調査報告(宮崎地方気象台, 2020)では、国道388号に面した平原町の店舗における屋根の被害が本竜巻の最初の被害箇所とされている。筆者らの現地調査では、これより以北の被害建物が写真1①で、両者が約600mも離れ、店舗の被害が単独で発生していること、竜巻を見たとの証言が得られなかったことから、写真1①の被害地点を竜巻の始点としている。

#### 4.2 旭町-中島町

写真2には、延岡河川国道事務所(大貫町1丁目2889)の鉄塔に設置された監視カメラより撮影された、竜巻と思われる灰色の漏斗雲の映像の一部を示した。鉄塔の固定カメラは、延岡河川国道事務所がある大貫町1丁目より延岡小学校の校舎や運動場の南東方向を撮影(延岡河川国道事務所, 2019)しており、愛宕山の後方のJR南延岡駅の方角において、両写真では右から左に漏斗状の雲が明瞭に確認できる8時34分22秒(旭化成ファインケム)から旭化成(株)恒富地区の煙突を通り過ぎる47秒までの390mを25秒間で移動していることから、時速に換算すると56kmとなり、時速60km弱の速度で竜巻が移動したものと推察される。

写真3は、旭化成ペンベルグの工場からJR延岡駅方面における竜巻の被害(旭町4丁目-中島



写真1 竜巻被害(浜町-JR南延岡駅付近-伊達町1丁目-共栄町-別府町)(DIは被害指標、DODは被害度)  
 ①倉庫における外壁材の被害(浜町)、②施設における金属折板屋根の浮き上がり(浜町)、③住宅における屋根葺き材の剥離(伊達町1丁目)、④店舗における波型スレート屋根の軒先曲げの剥離と外壁材の破損(伊達町1丁目)、⑤倉庫における外壁材の破損(共栄町)、⑥虎御前社および隣接する王代神社や住宅における屋根材の剥離・破損(別府町)

町2～4丁目-昭和町1丁目)を、災害発生の翌日の9月23日に朝日新聞が上空から撮影したものである(朝日新聞, 2019)。写真1[6]の別府町の北側に位置する旭化成(株)の恒富地区(旭町7丁目～4丁目)では、ペンベルグ工場(旭町4丁目)の屋根材が吹き飛び、至る所に大きな穴が屋根に開いていることがわかる。

その後、東西に延びる北門通りを越えて北に位置する中島町4丁目～2丁目の街区で建物被害が認められており、JR日豊本線の西側に沿って多くの建物にブルーシートが張られている。写真4には、日豊本線の西側沿いの2階建て集合住宅における粘土瓦葺き屋根の被害状況(DI1・DOD3)を示しており、南西方向の屋根を中心に瓦の剥離や破損が生じている。

竜巻の被害は、中島2丁目から北側の大瀬川と五ヶ瀬川に架かるJR日豊本線の橋梁の西側を縦断し、対岸の昭和1丁目に達している。写真5には、エンシティホテル延岡(紺屋町1丁目)の屋上33mに延岡河川国道事務所が設置した津波監視用のライブカメラから撮影された竜巻が移動する様子の映像の一部を示した(国土交通省 九州地方整備局 延岡河川国道事務所・宮崎日日新聞社, 2019)。8時35分10秒から19秒の9秒間で五ヶ瀬川を南から北に川幅130mを通過しており、時速換算で52kmと概算される。なお、筆者らのヒアリング調査では8時32分頃にJR南延岡駅の南

南東の浜町, 36分には延岡駅の北のマックスバリユー岡富店で竜巻が確認されており、この間の4.3kmを4分間で移動していることから、時速65kmと見積もっている。この時速は写真2から推定した時速56kmともほぼ一致している。しかし、その一方で、写真2に前掲した旭化成の煙突(8時34分47秒)から、この五ヶ瀬川北岸(8時35分20秒)までの距離は1.4kmで、竜巻はわずか33秒で移動していることから時速150kmの速度となり、両者の間には大きな違いが生じている。

### 4.3 昭和町一日の出町-幸町

写真6には、五ヶ瀬川北岸から竜巻が進んだ北北西の方向を撮影した朝日新聞の空中写真を示した(朝日新聞, 2019)。ほぼ一直線にブルーシートで覆われた建物が確認でき、JR延岡駅の北側を斜めに横切り北上している。写真7[1]には五ヶ瀬川北岸の堤防に隣接する昭和町1丁目の建物被害を示している。本地区が最も被害幅が広く、住宅の南側の屋根の破損が東西約300mにわたって続いている。写真7[2]は大型店舗における屋根葺き材と南側に面した外壁材の剥離・破損(DI2・DOD2)を示しており、周囲より高く建てられた簡易構造の広告塔であることから、被害を大きくしている。写真7[3]は店舗における南東側のガラスにおいて、中央のガラスのみが破損(DI2・DOD1)しており、飛散物により破損したものと



写真2 2019年9月22日に延岡河川国道事務所の鉄塔カメラより撮影された竜巻と思われる灰色の漏斗雲の映像(国土交通省 九州地方整備局 延岡河川国道事務所(2019)を転載、時刻等は筆者らが加筆)

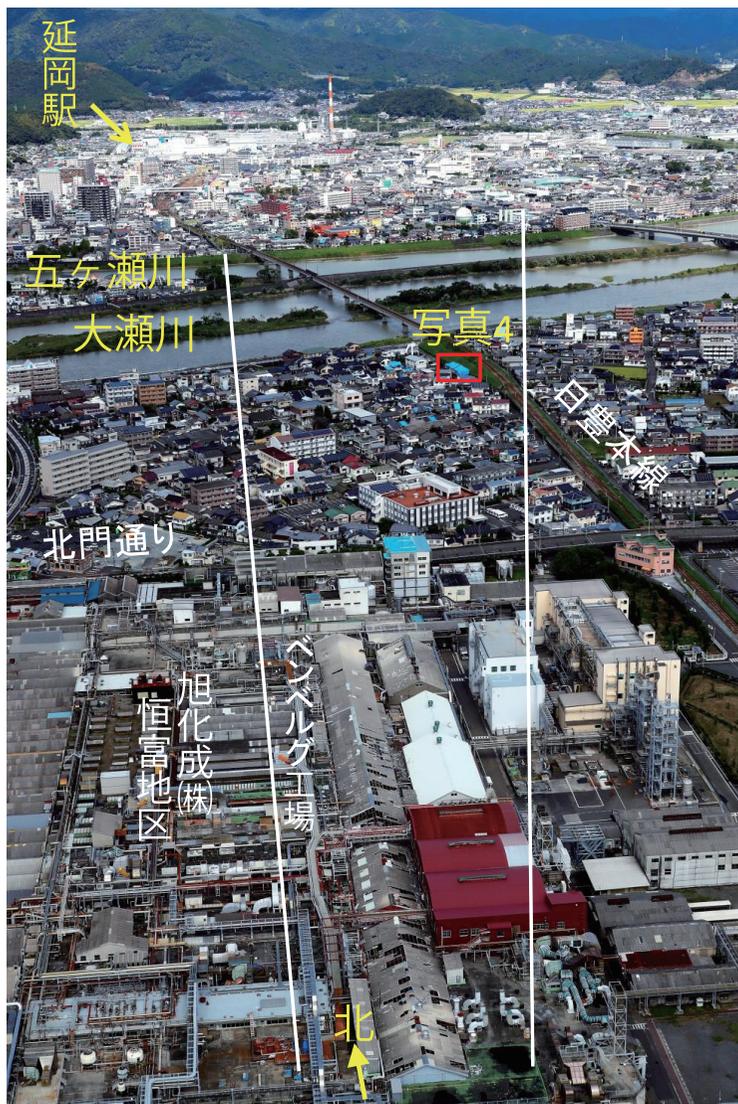


写真3 旭化成ペンベルグの工場から JR 延岡駅方面における竜巻の被害 (旭町4丁目-中島町2~4丁目-昭和町1丁目, 2019年9月23日, 朝日新聞 (2019, 堀英治撮影)) (白色の2本の線は被害幅で筆者らが加筆)



写真4 日豊本線の西側沿いの2階建て集合住宅における屋根瓦の修繕状況 (中島町2丁目, 2019年10月5日)



写真5 五ヶ瀬川を南岸から北岸に通り返る竜巻の映像(国土交通省九州地方整備局整備局 延岡河川国道事務所・宮崎日日新聞社(2019)を転載,時刻や矢印(竜巻の中心位置)等は筆者らが加筆)

推察される。写真7④は保育園の屋根における軒先の曲げ剥離の状況を示しており、3階部分の屋上の南側に面した箇所のみ被害が確認できる。写真7⑤はJR延岡駅東口の日の出町2丁目に位置する会社の店舗と倉庫において、南に面した窓ガラスと外壁材の破損状況を示しており、竜巻は

駅東口の東側を南から北に縦断し、交通標識にも強風による変形や飛散物の衝突による凸凹が生じている。写真7⑥はJR延岡駅構内(幸町3丁目)において、突風により線路に沿って北側に折れ曲がった高さ30mの照明用鉄塔と飛ばされた貨物用コンテナ(DI11・DOD1)を示している(毎日

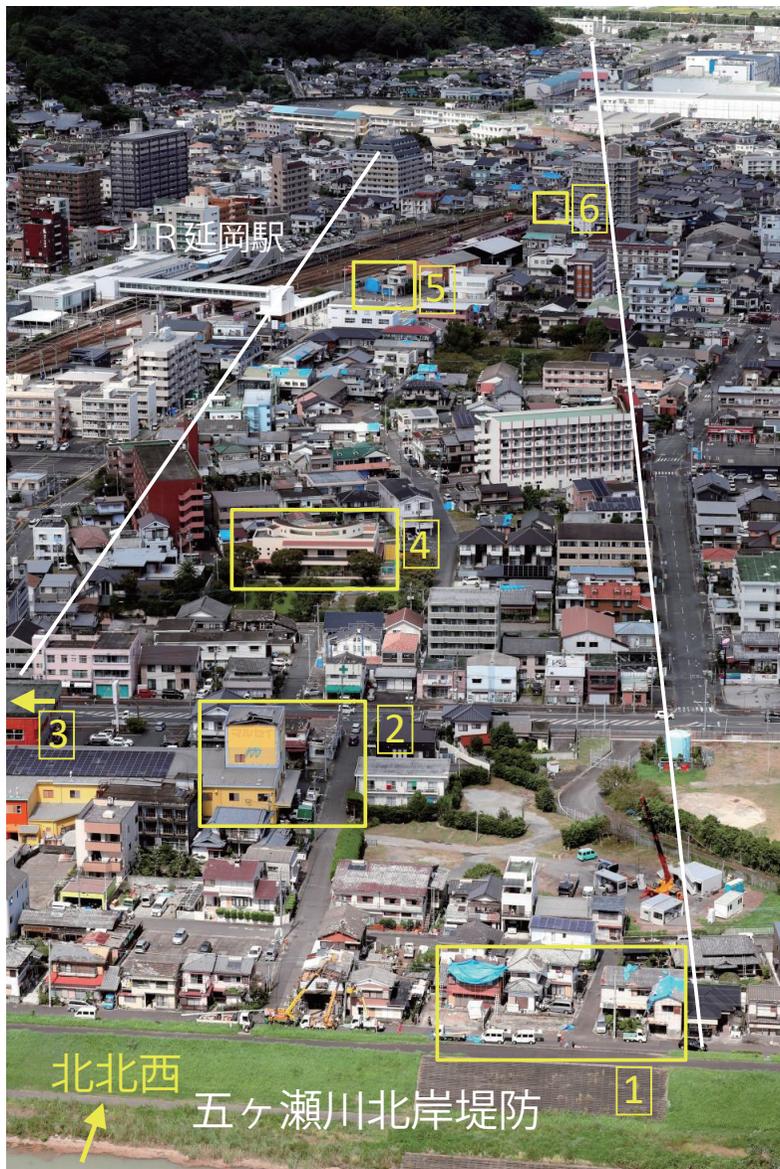


写真6 五ヶ瀬川北岸から北方向を撮影した竜巻による建物被害の状況(2019年9月23日11時48分, 朝日新聞(堀英治撮影)) (写真内の数字は写真7の①~⑥と一致, 白色の2本の線は被害幅で筆者らが加筆)

新聞社, 2019)。これ以外にも構内に置かれていた約20個の貨物用コンテナにも転倒するなどの被害が発生している。

#### 4.4 中河原町一山月町

写真8 [1]は、中河原町3丁目の駐車場から周囲の建物被害を撮影したもので、方向に関係はなく、

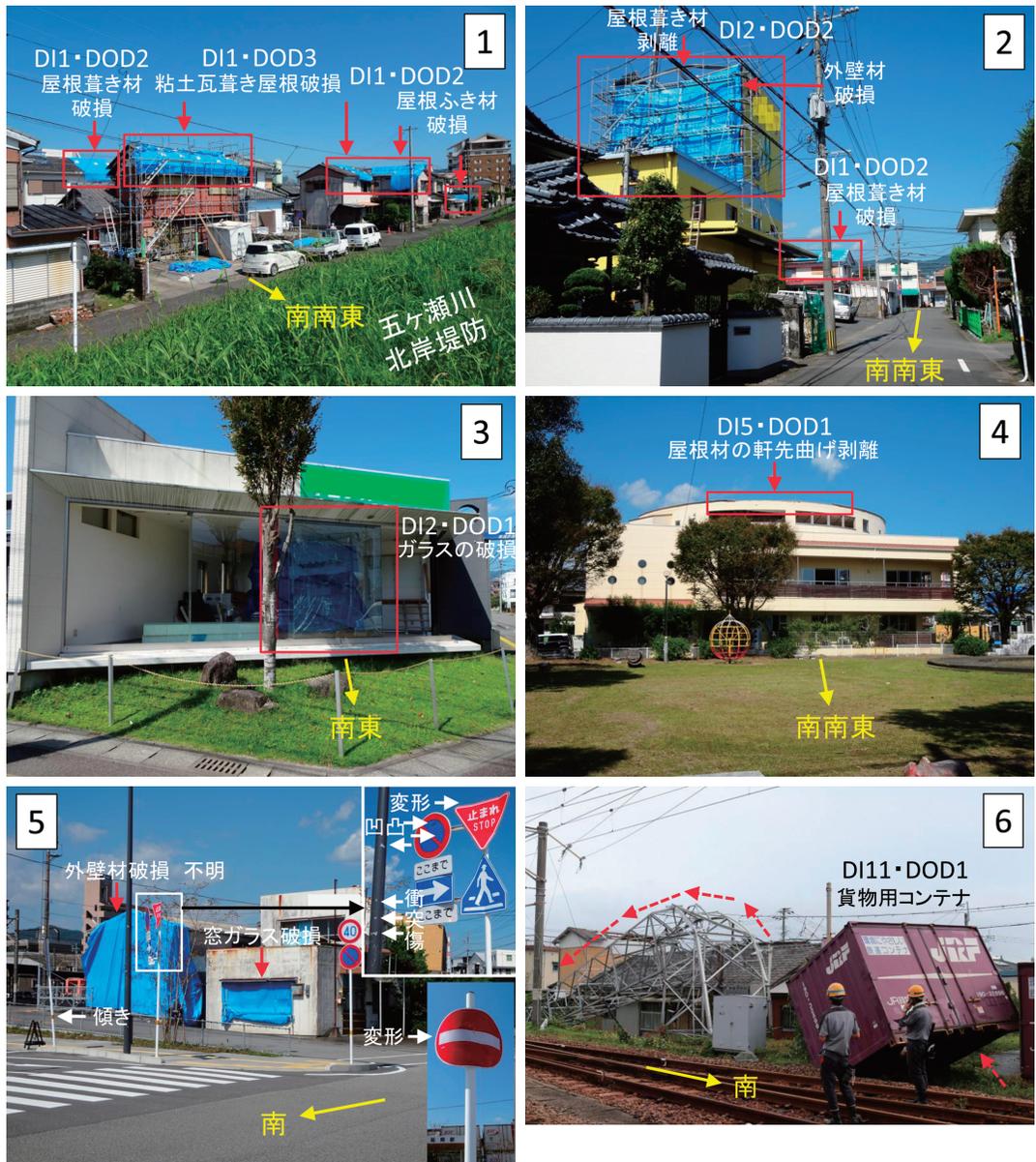


写真7 竜巻被害(昭和町1丁目-日の出町1・2丁目-幸町3丁目)(DIは被害指標, DODは被害度)  
 [1]住宅における屋根葺き材の破損(昭和町1丁目), [2]大型店舗における屋根葺き材と外壁材の剥離・破損(昭和町1丁目), [3]店舗における前面ガラスの破損(昭和町1丁目), [4]保育園の屋根における軒先曲げ剥離(昭和町1丁目), [5]JR延岡駅東口の店舗と倉庫における窓ガラスと外壁材の破損(日の出町2丁目), [6]JR延岡駅構内で突風により飛ばされた貨物用コンテナと折れ曲がった鉄塔(幸町3丁目, 2019年9月22日, 毎日新聞(勝野昭龍撮影), 矢印等は筆者らが加筆)

ほぼすべての住宅で粘土瓦葺き屋根や屋根葺き材の剥離や破損、(DI1・DOD2)が生じており、外壁材の破損(DI1・DOD1)も見受けられる。写真8②は4階建ての病院を示しており、屋上の屋根葺き材の南側の箇所に破損が確認できる。写真8③は市内を南北に走る県道16号(旧国道10号)の東側に連なる店舗を示しており、屋根材の南側の軒先の曲げ剥離(DI1・DOD2)や西側の外壁材

の破損(DI1・DOD1)が確認できる。なお、店舗の関係者からは、8時36分に向かいのマックスバリュウ岡富店に居たところ、突風が吹いたとの証言を得ており、この時刻に竜巻が通過したものと推察される。写真8④は山月町3丁目の住宅における粘土瓦葺き屋根の剥離状況(DI1・DOD3)を示しており、集合住宅では窓ガラスが破損する被害(DI2・DOD1)も発生し、被害は東～南側で生



写真8 竜巻被害(中河原町3丁目-山月町3丁目-中河原町5丁目)(DIは被害指標, DODは被害度)

①住宅における屋根材や屋根瓦の剥離・破損と外壁材の破損(中河原町3丁目), ②病院における屋根葺き材の破損(中河原町3丁目), ③店舗における屋根材の軒先曲げ剥離と外壁材の破損(中河原町3丁目), ④住宅における屋根材と集合住宅における窓ガラスの被害(山月町3丁目), ⑤工場における屋根葺き材の剥離(中河原町5丁目)

じている。この北に立地する中原原町5丁目の旭化成株の平屋建ての工場では、屋根葺き材に大きな剥離被害が生じている(写真8[5], DI6・DOD3)。なお、旭化成株式会社は竜巻により大きな被害を

受けたスパンボンド不織布を製造する延岡エルタス工場の撤収を、翌年の2020年5月に発表している(旭化成株式会社, 2020)。



写真9 竜巻被害(夏田町-桜ヶ丘2・3丁目)(DIは被害指標, DODは被害度)

[1]店舗・倉庫, 住宅, 農業用ハウスの強風被害(夏田町), [2]水田における水稻の倒伏被害(夏田町), [3]ブロック塀の倒壊と住宅の屋根瓦の破損(夏田町), [4]住宅における屋根葺き材の破損(桜ヶ丘2・3丁目), [5]住宅における屋根葺き材の剥離・破損(桜ヶ丘3丁目), [6]工場における屋根葺き材の破損(桜ヶ丘3丁目)

#### 4.5 夏田町一桜ヶ丘

中河原町5丁目を北上して祝子川を越えた竜巻は夏田町を北に進み、写真9①に示したように園芸用鉄骨ハウスの屋根材の破損(DI8・DOD1)やパイプハウスの鋼管の変形(DI8・DOD2)も生じている。さらに、店舗と倉庫では外壁材や窓ガラスの破損(DI2・DOD2)などが発生し、甚大な被害となっている。写真9②の水田では、竜巻による強風で中生品種の「ヒノヒカリ」が北寄りに倒伏する被害も認められている。また、写真9③に示した宅地のブロック塀の倒壊(DI21・DOD1)や粘土瓦葺き屋根の破損(DI1・DOD2)も生じている。写真9④は桜ヶ丘2・3丁目を高台から眺めたもので、南から北へ竜巻が移動し、住宅の南側や西側の屋根葺き材に破損(DI1・DOD2)が確認できる。写真9⑤は東西を山に挟まれた谷筋に立地する桜ヶ丘3丁目における竜巻による住宅被害を示している。中央を流れる蛇谷川西側の住宅に屋根葺き材の剥離・破損(DI1・DOD2~3)が東~南側方向で確認されており、被害幅は約100mと狭いが、南北の広い範囲で被害が発生している。蛇谷川上流に立地する工場では、写真9⑥に示したように屋根葺き材の破損(DI6・DOD2)が南側に数か所生じており、これより上流の谷筋には竜巻による被害は確認されなかった。

### 5. 日本版改良藤田スケールに基づく竜巻の判定

気象庁では、2015(平成27)年12月に最新の風工学の知見を基に、従来の「藤田スケール(Fスケール)」を日本の建築物等の被害に対応するよう改良した「日本版改良藤田スケール(JEF)」を策定しており、『日本版改良藤田スケールに関するガイドライン』として公表している(気象庁, 2015)。

筆者らが竜巻発生から約2週間後に行った現地調査に基づいて、「日本版改良藤田スケール」により求めた階級と風速の評価結果を表2に示した。写真1, 写真4, 写真7~9の22件の事例(不明, 設定なしの2件を除く)は, DI1「木造の住宅又は店舗」, DI2「鉄骨系プレハブ住宅又は店舗」,

DI5「大規模な庇・独立上家の屋根」, DI6「鉄骨造倉庫」, DI8「園芸施設」, DI11「コンテナ」, DI21「塀」と、7つのDI(被害指標)に対応している。DODは被害度を示し、例えば、写真7①に写っている中央の木造住宅(DI1)は、DOD3(比較的広い範囲で屋根葺き材の浮き上がり又ははく離・粘土瓦葺きの場合)と評価され、風速は代表値45 m/s, 下限値30 m/s, 上限値60 m/sと「日本版改良藤田スケールにおける階級と風速の関係」に記載されており、表2では代表値の45 m/sを記している。このようにして、写真に示した代表的な建物等に対して評価を行った結果、風速代表値の最大値は写真8⑤の55 m/s, 最小値は写真1①・⑤, 写真7③・④, 写真8②, 写真9③の30 m/sとなり、22件の平均値は約40 m/sであった。このように、筆者らの現地調査では、JEF1(39~52 m/s)に相当する被害が多くを認められたが、一部ではJEF2(53~66 m/s)の被害も確認されており、これらの被害評価の最大値(55 m/s)から今回の竜巻を「JEF2」と判定した。なお、建物の被害方向には規則性が認められなかった。

宮崎地方気象台では、竜巻が発生した9月22日と翌日の23日の2日間にわたり現地調査を実施し、その結果を『現地災害調査報告』(宮崎地方気象台, 2020)として取りまとめている。そこでは、突風は撮影された動画(写真5に相当)、活発な積乱雲の通過、被害や痕跡が帯状に分布、被害から推定した風向は様々な方向を示している、「ゴー」という音が移動した証言が複数得られたことなどを総合的に判断し、突風をもたらした現象は竜巻と推定している。さらに、8時30分頃に平原町付近で発生した竜巻は北へ移動し、被害範囲の長さは約8.2 km, 幅は最大約400 mで、突風の強さは電柱の折損を「日本版改良藤田スケールにおける階級と風速の関係」に当てはめ、「DI17 DOD2(風速代表値55 m/s)」としており、この結果から今回の竜巻をJEF2と判定している。筆者らは調査日が遅かったため、電柱の折損は修復されて被害は確認されなかったが、両者における竜巻の判定は「JEF2」と一致した。ただし、筆者らが推定した被害範囲は、平原町付近での被害を加えなかつ

表2 調査した建築物等における『日本版改良藤田スケール』<sup>1)</sup>による階級と風速の評価  
(各写真の被害状況 (DI は被害指標, DOD は被害度) は, 代表値を記載)

写真番号	住所	被災状況	被害指標 DI <sup>1)</sup> 番号	被害度 DOD <sup>1)</sup>	風速代表値 (m/s) <sup>1)</sup>
<b>写真1</b>					
①	浜町	倉庫における外壁材の被害	6	1	30
②	浜町	施設における金属折板屋根の浮き上がり	2	2	40
③	伊達町1丁目	住宅における屋根葺き材の剥離	1	3	50
④	伊達町1丁目	店舗における波型スレート屋根軒先の曲げ剥離	6	2	40
⑤	共栄町	倉庫における外壁材の破損	2	1	30
⑥	別府町	虎御前社および隣接する王代神社や住宅における粘土瓦葺き屋根の剥離・破損	1	3	45
<b>写真4</b>					
	中島町2丁目	集合住宅における粘土瓦葺き屋根の剥離	1	3	45
<b>写真7</b>					
①	昭和町1丁目	住宅における粘土瓦葺き屋根の破損	1	3	45
②	昭和町1丁目	大型店舗における屋根葺き材と外壁材の剥離・破損	2	2	40
③	昭和町1丁目	店舗における前面ガラスの破損	2	1	30
④	昭和町1丁目	保育園の屋根における軒先曲げ剥離	5	1	30
⑤	日の出町2丁目	JR 延岡駅東口の倉庫と旧店舗における外壁材と窓ガラスの破損		不明	
⑥	幸町3丁目	JR 延岡駅構内で突風により飛ばされたコンテナ	11	1	35
<b>写真8</b>					
①	中河原町3丁目	住宅における屋根材の剥離・破損	1	2	40
②	中河原町3丁目	病院における屋根葺き材の破損	5	1	30
③	中河原町3丁目	店舗における屋根材軒先の曲げ剥離と外壁材の破損	1	2	40
④	山月町3丁目	住宅における粘土瓦葺き屋根の破損	1	3	45
⑤	中河原町5丁目	工場における屋根葺き材の剥離	6	3	55
<b>写真9</b>					
①	夏田町	農業用パイプハウスの鋼管の変形	8	2	35
②	夏田町	水田における水稻の倒伏被害		設定なし	
③	夏田町	ブロック塀の倒壊と住宅の屋根瓦の破損	21	1	30
④	桜ヶ丘2丁目	住宅における屋根葺き材の破損	1	2	40
⑤	桜ヶ丘3丁目	住宅における屋根葺き材の剥離・破損	1	3	50
⑥	桜ヶ丘3丁目	工場における屋根葺き材の破損	6	2	40

1) : 日本版改良藤田スケール (気象庁, 2015)

たため長さは約7.3 km であり, 幅も最大約300 m とやや異なる結果となった。また, 約7.3 km を約8分間で通過したことから, 竜巻の速度は時速約55 km/h と推定された。

## 6. まとめ

今回の竜巻災害において, 筆者らが収集した風雨の観測資料, 監視用カメラに写った映像の解析, 現地調査等によって得られた建物の被災状況等から, 主に以下の内容が明らかになった。

①5分毎の雨量分布 (AMeNOW!) では, 80 mm/h を超える強い雨域が北東に進んで8時30分には竜

巻の進路付近に達し, 40分には通過ぎた。雨域の通過と延岡アメダスで観測された降水量の記録はほぼ一致し, 海面気圧の急降下も確認された。

②旭化成株式会社の第2火力発電所で24.7 m/s, 第1火力発電所で26.1 m/sの瞬間風速を観測しているが, 両者とも竜巻の進路から東西に500 mほど離れているため, 竜巻本体の風速は観測されなかった。竜巻が縦断した五ヶ瀬川の東側には, JR日豊本線の五ヶ瀬川橋梁があり, 風速計が設置されて46.3 m/sを観測していたが, 観測記録は入手できなかった。

③竜巻はJR南延岡駅の南東の浜町を始点とし,

桜ヶ丘3丁目までの約7.3 kmを約8分間で通過したことから時速を約55 kmと推定され、2か所の監視カメラから推定した移動速度とほぼ一致した。また、被害幅は五ヶ瀬川の北岸の昭和町1丁目まで最大300 mであった。

④22件の建物等を対象に、『日本版改良藤田スケール』による階級と風速の評価において、平屋建ての工場における屋根葺き材の剥離(写真8⑤：DI6・DOD3)から風速代表値が55 m/sと推定され、この最大値から今回の竜巻を「JEF2」と判定した。なお、建物の被害方向には規則性が認められなかった。

## 7. おわりに

延岡市で2019年9月22日に発生した竜巻災害を、2006年9月17日の竜巻と比較を交えて概要を紹介した。図1や図7で示したように、竜巻の始点と終点、竜巻の経路はやや異なるものの、両者の進路は非常に類似している。延岡市ではこの約100年間で8件もの竜巻災害が発生し、その多くは台風が東シナ海や鹿児島県の西海上を進んでいる際に発生している。このことから、台風接近時に竜巻注意情報が発表されて、積乱雲が近づく兆候が確認された場合には、速やかに頑丈な建物に避難するなど、住民自らが身の安全を確保する行動をとることが重要であると言える。

## 謝辞

本調査研究では、気象庁の「竜巻等の突風データベース」やアメダスデータ、DIAS事務局「AMeNOW!」の雨量分布(レーダ)、九州地方整備局(延岡河川国道事務所)の監視用カメラの映像等を使用させて頂いた。さらに、旭化成株式会社延岡支社からは火力発電所で観測された風向風速データ、朝日新聞社や毎日新聞社からは災害時に撮影された空中写真ご提供を頂いた。ここに厚く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 福岡管区気象台：令和元年台風第17号による9月21日から23日にかけての九州・山口県の気象状況について、災害時気象資料，26p., 2019. [http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20190925\\_kyushu.pdf](http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20190925_kyushu.pdf)
- 宮崎地方気象台：令和元年台風第17号による9月20日から23日にかけての宮崎県の気象状況について、災害時気象資料，29p., 2019. [https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20190924\\_miyazaki.pdf](https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20190924_miyazaki.pdf)
- 宮崎地方気象台：令和元年9月22日に宮崎県延岡市で発生した突風について、現地災害調査報告，30p., 2020. [http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/saigaichosa\\_201909\\_miyazaki.pdf](http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/saigaichosa_201909_miyazaki.pdf)
- 気象庁：竜巻等の突風データベース，2020. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/>
- 西村祝一：郷土物語 火と水の戦い，延岡春秋社，341p.・図版13，1966.
- 延岡市防災推進室：防災瓦版，第5号，2006.
- 山本晴彦・岩谷潔・高山成・白水隆之・土谷安司・兼石篤志・原田陽子・東山真理子：2006年9月17日に宮崎県延岡市で発生した竜巻災害，自然災害科学，27(3)，pp.291-306，2008.
- 宮崎地方気象台：平成29年9月17日に宮崎県の延岡市，日向市，宮崎市及び国富町で発生した突風について，現地災害調査報告，50p., 2017.
- 航空・鉄道事故調査委員会：列車事故調査報告書 I 九州旅客鉄道株式会社 日豊線南延岡駅構内 列車脱線事故，44p., 2008.
- 小林文明・佐藤英一・堤拓哉・西嶋一欽・野田稔・松井正宏・宮城弘守・日本風工学会 風災害研究会：台風1718号(TALIM)がもたらした一連の強風災害について，日本風工学会誌，43(1)，pp.63-69，2018.
- 国土交通省：川の防災情報，雨量分布(Cバンドレーダ)，2006・2019. <http://www.river.go.jp/kawabou/ipRadar.do?areaCd=89&prefCd=&townCd=&gamenId=01-0706&fldCtlParty=no>
- 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而：1993年台風13号による九州・山口地方の農業災害，農業気象，49(4)，pp.285-290，1994.
- 山本晴彦・山崎俊成・坂本京子・岩谷潔：2017年台風18号により大分県中南部で発生した豪雨と洪水災害の特徴，自然災害科学，36(4)，pp.381-397，2018.
- 山本晴彦：2006年11月7日に北海道佐呂間町で

1) 福岡管区気象台：令和元年台風第17号による9

- 発生した竜巻災害, 自然災害科学, 25 (3), pp.403-417, 2006.
- 15) DIAS事務局: リアルタイム降雨情報 AMeNOW!, 2021. <http://diasjp.net/service/amenow/>
  - 16) 国土地理院: 令和元年(2019年)9月22日宮崎県延岡市で発生した竜巻に関する情報, 2019.
  - 17) 気象庁: 日本版改良藤田スケールに関するガイドライン, 121p., 2015.
  - 18) 延岡河川国道事務所: 令和元年9月22日 五ヶ瀬川(延岡河川国道事務所付近)の竜巻映像, 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=6oWNwN4ZJpI>
  - 19) 朝日新聞社: 宮崎 延岡の竜巻被害 18人けが<sup>※</sup> 家屋483棟(伊藤秀樹, 吉田耕一 2019年9月24日3時00分), 2019. <https://www.asahi.com/articles/ASM9R6HPWM9RTNAB00F.html>
  - 20) 国土交通省 九州地方整備局 延岡河川国道事務所・宮崎日日新聞社: 宮崎県延岡市エンシテイホテル延岡付近, 2019. [https://www.youtube.com/watch?v=w2sBBd\\_\\_Cho](https://www.youtube.com/watch?v=w2sBBd__Cho)
  - 21) 毎日新聞社: 宮崎で竜巻か「車が横転」「屋根飛んだ」JRで停電, 運転見合わせ(宮崎県延岡市幸町で2019年9月22日午前10時42分, 勝野昭龍撮影), 2019. <https://mainichi.jp/graphs/20190922/mpj/00m/040/001000f/1>
  - 22) 旭化成株式会社: 延岡エルタス工場の撤収について(2020年5月15日), 2020. <https://www.asahi-kasei.com/jp/news/2020/ze200515.html>
- (投稿受理: 2021年1月21日  
訂正稿受理: 2021年5月7日)

## 要 旨

2019年台風17号が九州西岸の東シナ海を北東に進んでいる最中, 9月22日8時22分頃, 宮崎県延岡市の浜町付近で発生した竜巻は JR 南延岡駅の北側を通り, 旭化成(株)の恒富地区の工場群を縦断して, 中島町を通過した。さらに竜巻は, 五ヶ瀬川を越えて昭和町, JR 延岡駅の北側を通過して中川原町, 山月町から祝子川を越え, 夏田町の水田地帯, 桜ヶ丘の延岡商業高校の西側を8時40分頃に北上し, 山際で消滅した。現地調査から竜巻の長さ約7.3 km, 被害幅は昭和町で最大300 m, 延岡河川国道事務所が設置したカメラの映像等から移動速度は約55 km と推定された。建物被害を「日本版改良藤田スケールに関するガイドライン」で評価した結果, JEF2 と判定された。