

速報

2004年6月27日に佐賀市で発生した竜巻災害

山本 晴彦*・岩谷 潔**・岩本 剛***

Tornado Disaster Occurred in Saga City in June 27, 2004

Haruhiko YAMAMOTO*・Kiyoshi IWAYA* and Go IWAMOTO*

Abstract

Associated with the passage of cumulonimbus cloud on June 27, 2004, a tornado was spawned in Saga City. The recorded peak gust speed was 18.1m/s (7:22) at Saga Meteorological Observatory, 3.5 km away from the path of the tornado. An air pressure drop of 2.1hPa was also recorded. The length of the tornado path was estimated as 7.5 km and the maximum width 300m from damage survey. The number of slightly injured persons was 15, and the number of damaged houses was 344. Fujita and Passion scales were estimated to be F2 and P2, respectively.

キーワード：家屋被害，佐賀県，佐賀市，竜巻

Key words : houses damage, Saga City, Saga Prefecture, tornado

1. はじめに

2004年6月27日早朝，九州北部に停滞した梅雨前線の活動が活発化し，佐賀県内を発達した積乱雲が東北東に進み，7時20分頃には佐賀市付近，7時50分頃には鳥栖市付近に達した。この積乱雲に伴い，佐賀県佐賀市から千代田町，神埼町，三田川町，鳥栖市にかけての一带で突風が発

生し，家屋やビニールハウスの被害が生じた。筆者らをはじめとする詳細な現地調査の結果，佐賀市で発生した突風は竜巻によるものと判断された。竜巻による強風害の発生した地域は，長さ約7.5 km，被害幅は最大で約300 mに達し，佐賀市における家屋の被害は，全壊13戸，半壊24戸をはじめ344戸に及んだ。

* 山口大学農学部
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University
** 鳥取大学大学院連合農学研究科
United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University

*** 山口大学大学院農学研究科
Graduate School of Agriculture, Yamaguchi University

本速報に対する討論は平成17年2月末日まで受け付ける。

ここでは、竜巻が発生した佐賀市を対象に、竜巻発生時の気象的特徴を解析するとともに、竜巻被害の現地調査の結果について報告する。

2. 佐賀市および川副町における竜巻発生時の気象的特徴

竜巻発生から約1時間半後の2004年6月27日9時における地上天気図を図1に、竜巻発生前後の6時・7時・8時における気象衛星「ゴーズ9号」の赤外画像を図2に示した。2004年6月24日から27日にかけて、梅雨前線が九州北部に停滞し、前線の活動が活発化しており、大気の状態も非常に不安定な状況になっていた。ここでは、レーダー画像は示していないので詳細にはわからないが、佐賀県内において梅雨前線を発達した積乱雲が東北東に進み、7時20分頃には佐賀市付近、7時50分頃には鳥栖市付近に達していた。また、上空にはシベリア付近からこの時期としては冷たい寒気が南下し、大気の状態が不安定になり、激しい対流が生じやすい状態となり、竜巻を引き起こすような巨大な積乱雲が発達したものと推定される。

竜巻の被害が顕著であった新郷本町、木原3丁目から北北西に約3.5 km離れた佐賀地方気象台の位置を図3(図中の番号1)に、佐賀地方気象

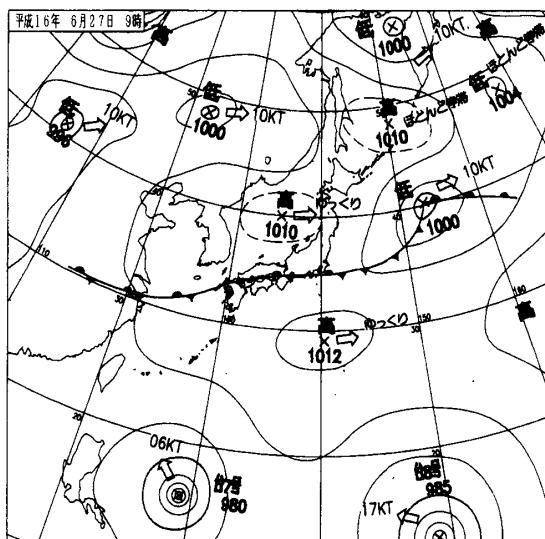


図1 竜巻発生時の地上天気図(2004年6月27日9時)

台において観測された竜巻通過時における気象要素の推移を図4に示した。竜巻が発生した佐賀市は、有明海の北岸に位置し、面積約100 km²、平均海拔4 mの低平地を有しており、北には背振山系が連なっている。気象台では、竜巻通過前後の数分に瞬間風速が急激に増加し、7時22分に瞬間風速18.1 m/sの北風を観測した。その際、風向は東→北→西→南と反時計回りに変化している。また、現地気圧は2.1 hPa低下し、気温は通過後に2.5℃上昇していることがわかる。降水量

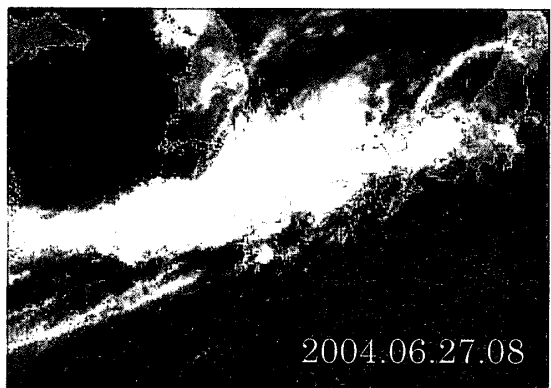
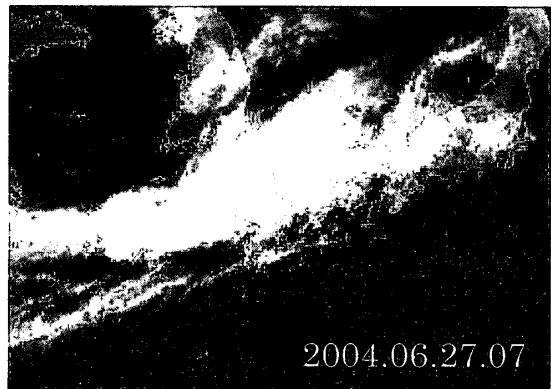
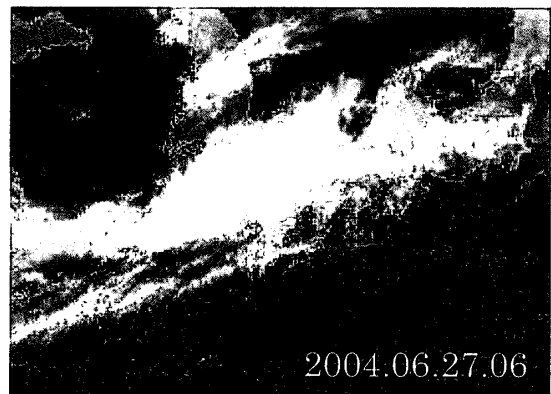


図2 気象衛星「ゴーズ9号」の赤外画像(2004年6月27日6時・7時・8時)

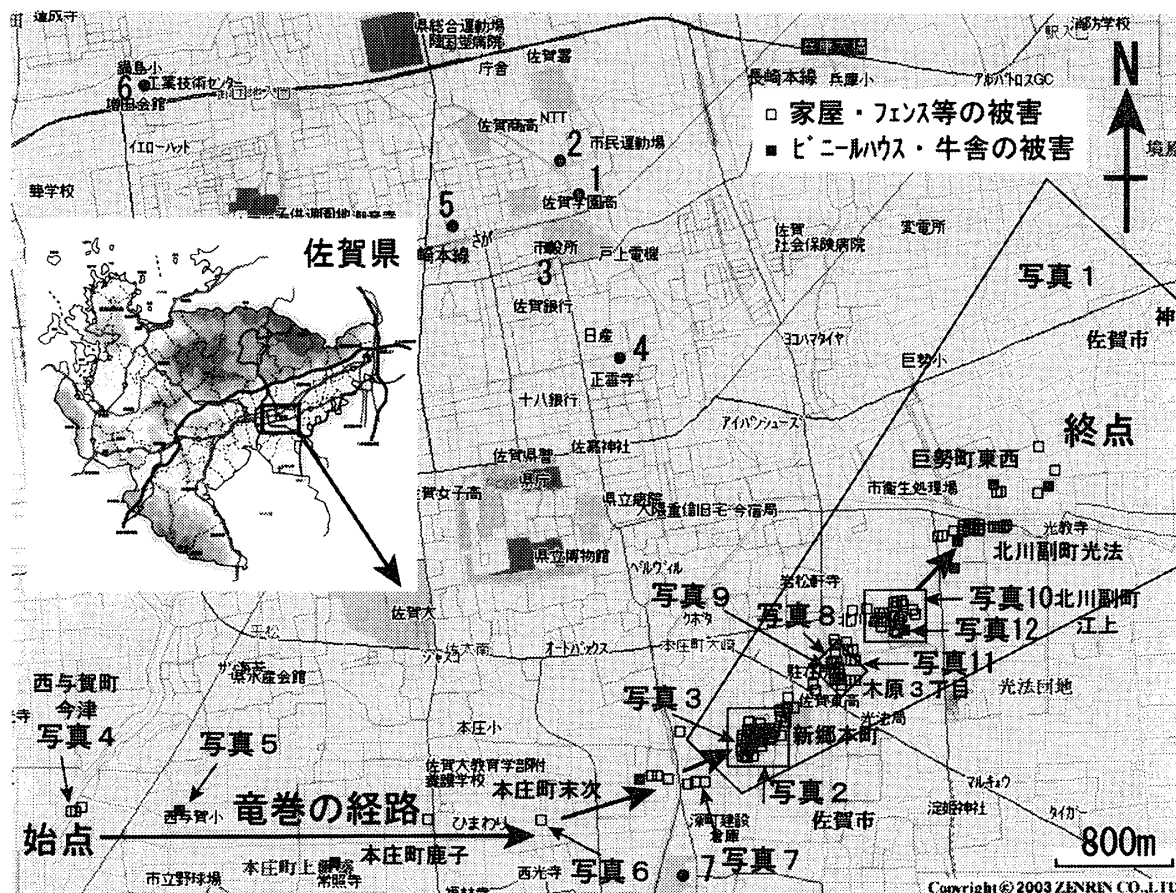


図3 佐賀市・川副町の気象観測施設 (図中の番号は表1と一致する。1:佐賀地方気象台, 2:佐賀広域消防局, 3:佐賀市役所, 4:佐賀市立循誘小学校(一般大気環境測定局), 5:九州電力(株)佐賀支店, 6:佐賀県環境センター, 7:佐賀県農業試験センター), 竜巻経路および竜巻被害の状況(写真2, 8, 10)の矢印は撮影方向, 線で囲まれた部分は撮影範囲を示している。)

は、竜巻の通過前後の約10分間で約15mmの強雨を観測した。現地調査から得られた隣接する地域の竜巻の通過時刻(新郷本町で7時22分, 北川副町で23分)と気象の変化時刻が一致していることから、気圧低下や突風は竜巻の通過により発生した現象であると推察される。

積乱雲の通過時に発生した竜巻の気象的特徴を解析するため、現地踏査により被害地域および周辺地域において気象観測を実施している施設を調査した。筆者らが、現地調査を実施して推定した竜巻の経路、佐賀市(中部以南)および川副町において各種機関が設置している気象観測施設、被害地域を図3に示した。また、佐賀市および川副町の気象観測施設において2004年6月27日に観測された風と気圧の概況を表1に示した。

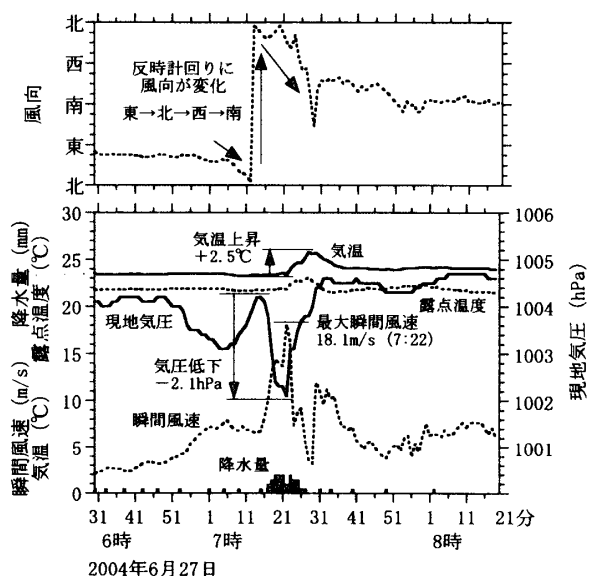


図4 佐賀地方気象台において観測された竜巻通過時における気象要素の推移(2004年6月27日6時31分~8時21分, 1分間値)

表1 佐賀市および川副町の気象観測施設において2004年6月27日に観測された風と気圧の概況

番号 ¹⁾	観測所名	平均風速			最大瞬間風速			最低海面気圧	
		(m/s)	風向	起時	(m/s)	風向	起時	(hPa)	起時
佐賀市									
1	佐賀地方気象台	9.1	NNE	7:22	18.1	NNE	7:22	1002.1	7:22
2	佐賀広域消防局	9.0	N	7:18	—	—	—	1009.2	7:23
3	佐賀市役所(水防災情報システム)	8	N	7:20	10	—	7:18	1002	7:22
4	佐賀市立循誘小学校(一般大気環境測定局)	6.5	N	7:20	—	—	—	—	—
5	九州電力(株)佐賀支店	自記紙への記録は行っていない							
6	佐賀県環境センター	観測時のみ自記紙に記録							
川副町									
7	佐賀県農業試験センター	9.1	SW	7:32	20.7	ESE	7:25	1006.4	16:49
8	佐賀空港出張所(佐賀地方気象台)	収集中			11.8	S	7:38	収集中	

1):番号は、図3の●の番号と一致する。「—」は、未測定を示す。

竜巻の推定経路から南に約1.1 km離れた川副町北部の南里にある佐賀県農業試験センター(図3の番号7)では試験圃場内に設置された気象観測ロボットで風向・風速が観測されている。ここでは7時25分に20.7 m/s (ESE)の最大瞬間風速を観測しており、佐賀地方気象台で観測された18.1 m/sを上回る風速である。

佐賀市(中部以南)および川副町では、前述した佐賀地方気象台、佐賀県農業試験センター以外に、佐賀県環境センターに設置された一般大気環境測定局(図3中の番号6)、佐賀市立循誘小学校の校内に測定局(図3中の番号4)において大気環境監視の一環として風向風速が観測されている。また、佐賀市内では佐賀広域消防局(図3中の番号2)、佐賀市役所(図3中の番号3)、九州電力(株)佐賀支店(図3中の番号5)、さらに川副町では佐賀地方気象台佐賀空港出張所(図3の南端から南に約8.5 kmの場所に位置)でも気象観測が実施されている。現在、収集中の測定値もあり、今後はこれらの観測データも加えて、さらに解析を進める予定である。

3. 竜巻に伴う被害の実態

筆者らは竜巻が発生した6月27日の3日後の30日に現地調査および航空機による写真撮影と被害状況調査、7月2日に再度、現地調査を実施した。これらの調査から得られた佐賀市における竜巻の経路、竜巻に伴う家屋とビニールハウスの被害の箇所、写真の撮影場所を図3に示した。こ

こで、図中の□は家屋の被害、■はビニールハウスの被害である。現地における家屋被害の調査、住民からの聞き取り調査、航空写真による調査の結果、佐賀市南西部の西与賀町今津で発生した竜巻は東進して西与賀小学校(異常通報システム作動:7時17分30秒)を通過した後、本庄町末次と北川副町新郷との境界の八田江川付近(始点から約4.1 km)で経路を北東に変え、新郷本町(22分25秒)、木原3丁目、北川副町江上(23分28秒)・光法を平均時速約50 kmで通過し、巨勢町東西で家屋被害が終息(八田江川付近から約3.4 km)しており、佐賀市の南西部、南東部、東部にかけて、長さ約7.5 kmの帯状にわたり、被害の最大幅は300 mに達しているものと推定された。

佐賀県消防防災課が集計した2004年6月27日の竜巻および突風に伴う佐賀県における被害状況(7月6日16:00現在)を表2に示した。負傷者は軽傷15名に及び、家屋等の被害も全壊13戸、半壊24戸をはじめ344戸である。鳥栖市および千代田町でも一部損壊がそれぞれ27戸、5戸が発生しており、佐賀地方気象台の現地調査では、千代田町は竜巻による被害、鳥栖市は突風による被害と推定している(佐賀地方気象台, 2004)。

農業用ビニールハウスの被害は、佐賀市の倒壊(全壊・半壊等)17棟、一部破損(ビニール破損)28棟をはじめ、千代田町の倒壊19棟、一部破損26棟など、倒壊48棟、一部破損68棟に及び、牛舎の被害も発生している。

文教施設の被害は、竜巻の経路上に位置した佐

表2 2004年6月27日の竜巻および突風に伴う佐賀県における被害状況(7月6日16:00現在, 佐賀県消防防災課)

人的被害	軽傷	15名
家屋等の被害		
佐賀市	全壊	13戸
	半壊	34戸
	一部損壊	297戸
鳥栖市	一部損壊	27戸
千代田町	一部損壊	5戸
合計		376戸
農業用ハウスの被害		
佐賀市	倒壊*	17棟
	一部破損**	28棟
鳥栖市	倒壊	4棟
	一部破損	1棟
神埼町	倒壊	2棟
	一部破損	7棟
千代田町	倒壊	19棟
	一部破損	26棟
三田川町	倒壊	3棟
	一部破損	6棟
上峰町	倒壊	3棟
合計	一部破損	48棟
	倒壊	68棟
牛舎の被害		
佐賀市	倒壊	1棟
文教施設の被害		
佐賀東高校(佐賀市)		
窓ガラス100枚以上、プールフェンス半壊、屋根等損傷		
北川副小学校(佐賀市)		
体育館の軒、天井等破損、プール日除け屋根破損		
西与賀小学校(佐賀市)		
プール日除け屋根破損		
北川副幼稚園(佐賀市)		
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(佐賀市)		
雨樋の外れ		
大立寺幼稚園(千代田町)		
園舎ひさしの一部損傷		

*倒壊:全壊・半壊等

**一部破損:ビニール破損

賀県立佐賀東高等学校で窓ガラスが100枚以上も破損し、プールのフェンスの半壊、校舎の屋根破損も発生している。さらに、ほぼ経路上に位置する北川副幼稚園では、屋根・窓ガラス・遊具の破

損などの被害が生じている。これ以外に、竜巻の発生地点に近い佐賀市立西与賀小学校などでも被害が発生した。

写真1は佐賀市の新郷本町から巨勢町の方角を航空機から撮影したもので、写真の中央部には破損した屋根に青色のビニールシートが掛けた被害家屋が写っており、竜巻が写真の手前から右手後方へ進んだものと推定される。竜巻による家屋被害の幅は約300mにも及んでおり、今回の竜巻被害では最も被害幅が大きかった地域である。写真2は、写真1の手前に位置する円内の新郷本町の被害状況である。南西から北東方向に竜巻が通過しており、経路下に位置する地区では、約40戸が家屋被害を受けており、竜巻被害が大きかった地域の一つである。写真3は、その中央部に位置する縫製工場の建物被害状況である。工場の屋根や壁が吹き飛ばされており、ほぼ全壊の状況にある。

縫製工場に隣接する本願寺では、本堂の屋根が崩壊する被害を生じており、境内の墓地にある墓石が南よりの突風により北北東の方向に転倒する被害が発生している。山本ら(2001)は、1999年の台風18号の通過時に小野田市で発生した竜巻に伴う墓石の転倒状況から風速を推定しており、転倒時の風速 U_0 の下限値を、次式から求めている。

$$U_0 > (2 \rho_s g / \rho_a C h)^{1/2} \cdot d \quad (1)$$

ここで、 ρ_s は墓石の密度(花崗岩では $2.63 \times 10^3 \text{ kgm}^3$)、 g は重力加速度、 ρ_a は空気密度、 C は抗力係数、 h は墓石の高さ(cm)、 d は墓石の奥行き(cm)である。

式(1)より、今回の竜巻により転倒した2個の墓石から推定した風速は 57.7 m/s と 64.4 m/s であり、佐賀県農業試験センター (20.7 m/s) や佐賀地方気象台 (18.1 m/s) で観測された最大瞬間風速を大きく上回る突風が吹いていた可能性が示唆された。

被害地区の住民からは「漏斗状の竜巻を見た」との証言は得られなかったが、被害を受けた新郷

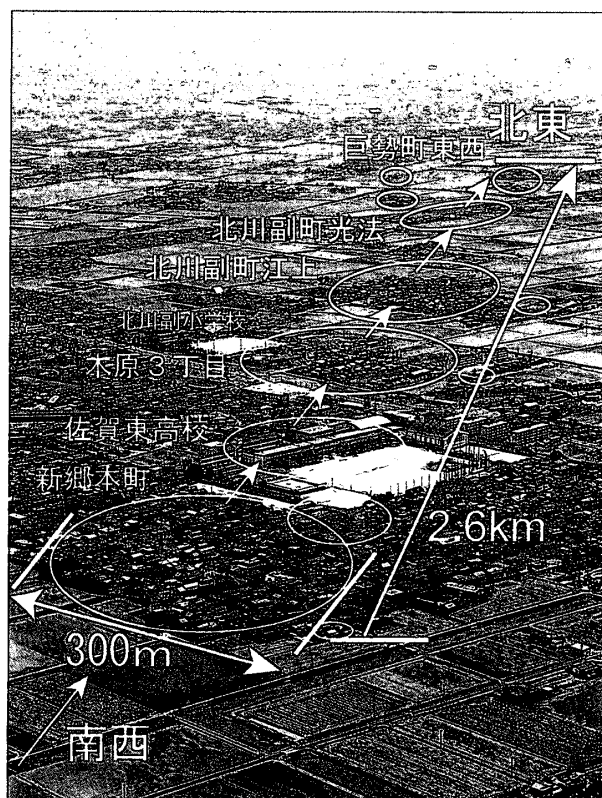


写真1 航空写真による竜巻被害の状況（佐賀市新郷本町～巨勢町東西，2004年6月30日撮影）

本町の北に隣接する南佐賀2丁目の住民からは、「大量のごみと一緒に高速で回転する濃霧の塊が、すごい速さで一瞬に進んでいった」との証言が得られた。

佐賀市西与賀町今津における家屋被害を写真4に示した。現地調査から、本地区が竜巻の始点と考えられるが、竜巻に伴う家屋の屋根の被害は比較的軽度であった。その後、竜巻は東の方向に移動し、ビニールハウス（菊栽培）の被害（写真5，佐賀市西与賀町厘外），倉庫の被害（写真6，佐賀市本庄町鹿子），家屋と倉庫の被害（写真7，佐賀市北川副町新郷）などが発生しているが、被害幅はきわめて狭く20m程度の範囲と推定された。

写真8は、航空機により撮影した木原3丁目における竜巻被害の状況である。写真に写った街区では、屋根をブルーシートで覆った家屋がほぼ全体に及んでいる。本街区では、電柱の倒壊，倉庫や軽自動車吹き飛ばされる被害も発生している。家屋被害を受けた住民は、「耳がキーンとなった。」



写真2 航空写真による竜巻被害の状況（佐賀市新郷本町・南佐賀，2004年6月30日撮影）



写真8 航空写真による竜巻被害の状況（佐賀市木原3丁目・北川副町江上，2004年6月30日撮影）



写真10 航空写真による竜巻被害の状況（佐賀市北川副町江上，2004年6月30日撮影）



写真3 竜巻による縫製工場の被害状況（佐賀市本郷新町，2004年6月30日撮影）

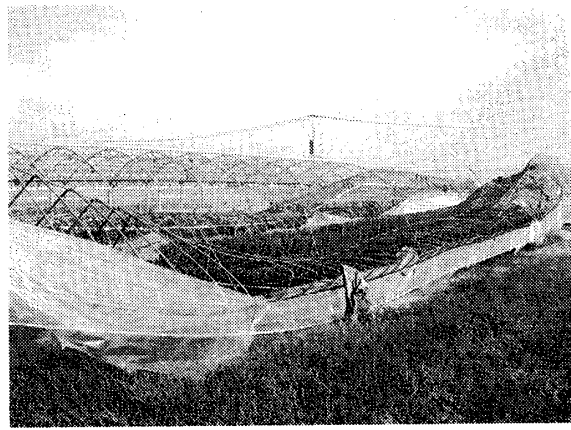


写真5 竜巻によるビニールハウスの被害状況（佐賀市西与賀町屋外，2004年7月2日撮影）



写真4 竜巻による家屋の被害状況（佐賀市西与賀町今津，2004年7月2日撮影）

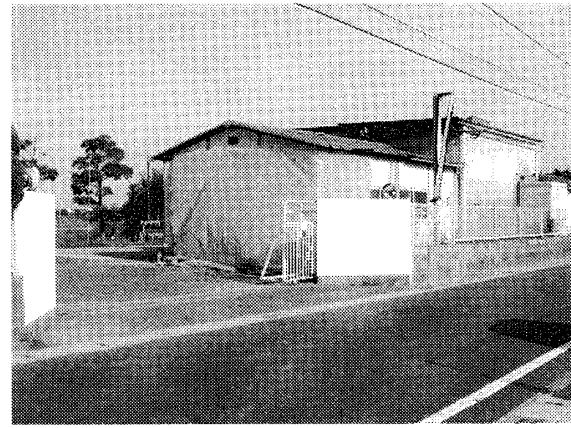


写真6 竜巻による倉庫の被害状況（佐賀市本庄町鹿子，2004年7月2日撮影）

「ゴーゴーと風の音が聞こえ、外が真っ白で驚いた。窓ガラスが割れて、顔を切った。」と証言しており、竜巻に伴い突風や強雨、気圧低下が発生したことが推定できる。また、「ドーンという音を聞いたと同時に屋根がなくなっていたのに気づき、部屋の書類が渦を巻きながら上空に舞った。」など、竜巻が通過した状況と一致する証言が得られている。写真9には、街区のほぼ中央に位置する家屋の被害を示している。ただし、写真8の左手中心に写っている頑丈な瓦葺和風家屋は、竜巻の被害が発生していないことがわかる。

写真10は、北川副町大字江上における家屋の被害状況を東側から航空機で撮影したものである。約半数の家屋が屋根をブルーシートで覆われてお

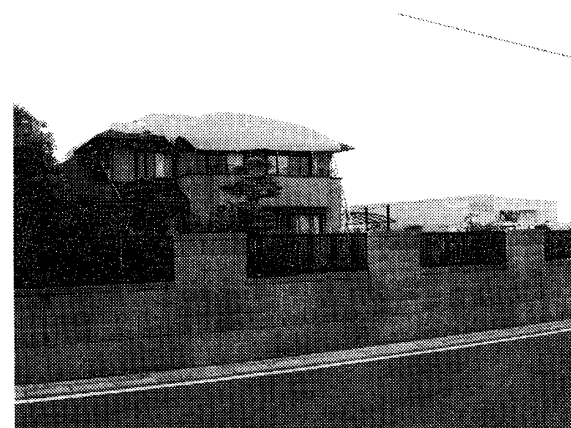


写真7 竜巻による家屋と倉庫の被害状況（佐賀市北川副町新郷，2004年7月2日撮影）

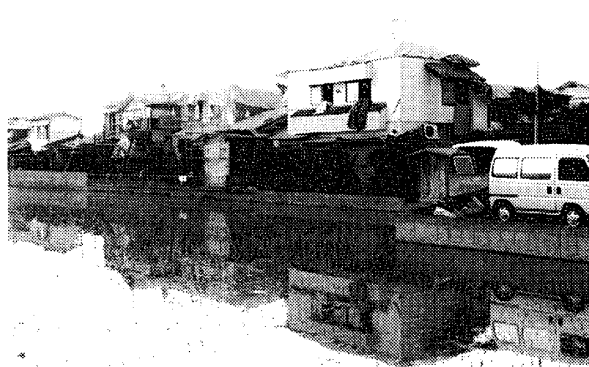


写真9 竜巻による家屋の被害状況（佐賀市木原3丁目，2004年6月30日撮影）

り，本集落でも大きな被害が生じていることがわかる。被害集落の東側に住んでいる住民からは，「南の方向に渦巻きを見た」と，具体的に竜巻を見た証言も得られた。写真10の左上に写ったJA佐賀市北川副支所の建物被害は，写真11にも示したように，竜巻に伴う屋根の飛散，窓ガラスの破損により，建物がほぼ全壊の状況が認められており，業務への影響が懸念されている。さらに，写真10の左下に写ったビニールハウスの被害を写真12に示した。花卉が栽培されているパイプハウスはパイプが湾曲しており，ハウスの修復が不可能な状況になっている。

以上のように写真1～12と図3から，竜巻は建物被害の始点である西与賀町今津から終点の巨勢町東西までの約7.5 kmを約5分で通過していることから，竜巻の進行速度は約50 km/hであったものと推定される。これは，山本ら（2001）が推定した小野田市の竜巻（1999年）の進行速度40 km/hの約1.3倍である。

竜巻の規模を評価する手法として，建物被害の発生状況から評価する藤田スケール（表3），竜巻被害の長さと同被害幅から評価するピアソン・スケール（表4）が用いられている（藤田，1973）。今回の佐賀市で発生した竜巻は，住家の屋根の剥離や弱い非住家の倒壊，墓石の転倒から推定した風速値などを総合的に判断すると，竜巻が通過した地域ではF2の風速基準である「約7秒間にわたり

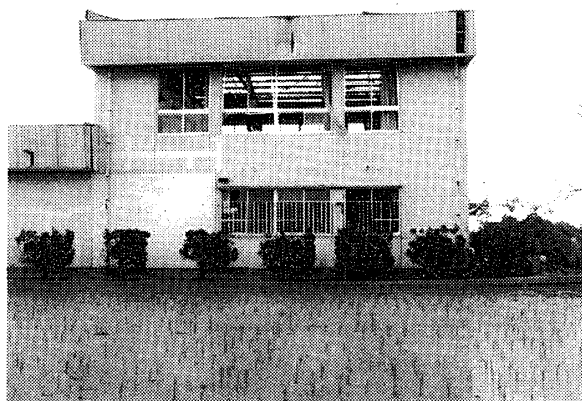


写真11 竜巻によるJA佐賀市北川副支所の被害状況（佐賀市北川副町江上，2004年6月30日撮影）

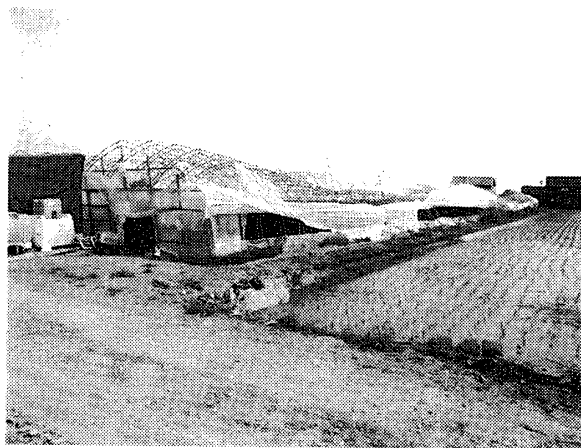


写真12 竜巻によるビニールハウスの被害状況（佐賀市北川副町江上，2004年6月30日撮影）

秒速50～69 m」の風が吹いた可能性が示唆された。さらに，竜巻の始点と判断した西与賀町今津から終点の巨勢町東西までの長さ約7.5 km，建物の被害幅が最大で約300 mであったことから，ピアソン・スケールはP2と推定された。

4. まとめ

2004年6月27日早朝，積乱雲の東進時に佐賀市で発生した竜巻の被害域は，長さ約7.5 km，被害幅は最大300 mに及び，建物被害は344棟に達した。竜巻は，わが国において平均して年間に約20回程度発生しており（朝倉ら，1995；内田，1979），近年ではKobayashi（1988），小林（199

表3 藤田スケール

スケール	秒速	平均風速	被害の概要
F0	17~32m	約15秒間	煙突やテレビのアンテナが壊れる。 小枝が折れ、また根の浅い木が傾くことがある。 非住家が、壊れることもある。
F1	33~49m	約10秒間	屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。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	約7秒間	住家の屋根が剥ぎ取られ、弱い非住家は倒壊する。 大木が倒れたり、ねじ曲がったりする。 自動車が道から吹き飛ばされ、また汽車が脱線することがある。
F3	70~92m	約5秒間	壁が押し倒され住家が倒壊する。非住家がバラバラになって飛散し、 鉄骨造りでも潰される。 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、大半が折れるか、また引き抜かれることもある。
F4	93~116m	約4秒間	住家がバラバラになって辺りに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。 鉄骨造りでもペシャンコになる。自動車は何十メートルも空中飛行する。 1トン以上もある物体が降ってくる。
F5	117~142m	約3秒間	住家が跡形なく吹き飛ばされ、立木の皮が剥ぎ取られたりする。 自動車、列車などが持ち上げられて飛行し、とんでもないところまで飛ばされる。 1トン以上もある物体がどこからともなく降ってくる。

表4 ピアソン・スケール

スケール	竜巻の長さ(km)	竜巻の被害幅
P0	1.6>	16m>
P1	1.6~5.0	16~50m
P2	5.1~15	51~160m
P3	16~49	161~499m
P4	50~160	0.5~1.5km
P5	161~508	1.6~4.9km

7), 菊池(1989), Niino(1990), 気象庁(1993), 林ら(2000), 山本ら(2001), 吉野ら(2002)などによって竜巻の発生機構や数値実験, 被害実態が報告されている。佐賀県でも, 1945年以降, 文献(佐賀地方気象台, 1964; 佐賀県・佐賀地方気象台, 1964; 佐賀県, 1974)より竜巻が10回発生していることがわかる。ただし, 過去の竜巻の被害は最大でも全壊・半壊が20棟以下であることから, 今回の竜巻災害は佐賀県内ではきわめて規模が大きかったことが明らかになった。しかし,

竜巻の通過時刻が日曜日の早朝であったため, 人的被害は割れた窓ガラスの破片や屋根瓦の飛散による軽傷者12名ときわめて少なかった。もし, 竜巻が平日に通過していたならば, 通学時の児童や生徒, 出勤時の自動車やその運転者に大きな被害をもたらした可能性があるものと推察される。

今後は, 現地における家屋や樹木被害などの調査結果を詳細に分析し, 竜巻災害の特徴を明らかにする予定である。

謝 辞

本災害の調査に当たっては, 気象庁佐賀地方気象台, 佐賀県消防防災課, 佐賀県農業試験センター, 佐賀県環境センター, 佐賀市役所, 佐賀広域消防局からは気象資料および竜巻被害に関する資料のご提供をいただいた。ここに厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 朝倉 正・関口 武・新田 尚: 新版 気象ハンドブック, 朝倉書店, pp.138-140, 1995.
- 2) 藤田哲也: たつまき(上), 共立出版, 228 pp., 1973.
- 3) 林 泰一・滝川 清・石川裕彦: 台風9918号にともなう高潮災害・竜巻害, 自然災害科学, Vol. 18, No.4, pp.441-448, 2000.
- 4) 菊池勝弘・上田 博・小林文明・岩波 越・城岡竜一・高橋 宏・松浦 馨・金村直俊: 札幌付近に発生した降雹と竜巻, 天気, Vol.36, No.4, pp. 215-217, 1989.
- 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, No. 113, 1993.
- 6) Kobayashi, F., K.Kikuchi and H.Uyeda: Life cycle of the Chitose tornado of September 22, 1988, J.Meteor. Soc. Japan, Vol.74, pp.125-140, 1996.
- 7) 小林文明・千葉 修・松村 哲: 1994年10月4日土佐湾海上で発生した竜巻群の形態と構造, 天気, Vol.44, No.1, pp.19-34, 1997.
- 8) 新野 宏・藤谷徳之助・渡部信行: 最近33年間の日本の竜巻の特性, 日本気象学会春季大会講演予稿集, pp.240, 1994.
- 9) Niino, H., O.Suzuki, H.Nirasawa, T.Fujitani, H.Ohno, I.Takayabu, N.Kinoshita and

- Y.Ogura : Tornadoes in Chiba prefecture on 11 December 1990, Mon.Wes.Rev., No.121, pp. 3001-3018, 1990.
- 10) 小元敬男：台風に伴う竜巻について，天気，Vol. 29, No.9, pp.967-980, 1982.
 - 11) 佐賀地方気象台：佐賀県災異誌（part 3），177 p., 1964.
 - 12) 佐賀地方気象台：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，災害時気象資料，16 p., 2004.
 - 13) 佐賀県：佐賀県災異誌，702 p., 1964.
 - 14) 佐賀県：佐賀県災異誌（第 2 巻），132 p., 1974.
 - 15) 佐賀県：佐賀県災異誌（第 3 巻），177 p., 1985.
 - 16) 内田栄治：たつ巻研究の諸断面，天気，Vol.26, No.11, pp.659-681, 1979.
 - 17) 山本晴彦・丸山 敬・岩谷 潔・鈴木賢士・早川誠而：1999 年台風 18 号の通過時に発生した山口県小野田市の竜巻災害．自然災害科学，Vol.19, 453-463, 2001.
 - 18) 吉野 純・石川裕彦・植田洋匡：台風 9918 号により東海地方にもたらされた竜巻に関する数値実験．京都大学防災研究所年報，Vol.45 B, 369-388, 2002.

（投稿受理：平成16年7月12日
訂正稿受理：平成16年7月18日）