

2012年5月6日に茨城県つくば市 で発生した竜巻災害

山本 晴彦*・山崎 俊成*・山本 実則**・小林 北斗*・吉越 恆*・
岩谷 潔*・園山 芳充*

Tornado Disaster Occurred in Tsukuba City of Ibaraki
Prefecture on May 6, 2012

Haruhiko YAMAMOTO*, Toshiaki YAMASAKI*,
Minori YAMAMOTO**, Hokuto KOBAYASHI*,
Hisashi YOSHIKOSHI*, Kiyoshi IWAYA*
and Yoshimitsu SONOYAMA*

Abstract

Associated with the passage of cumulonimbus cloud on May 6, 2012, a tornado was spawned in Tsukuba City. The length of the tornad path was estimated as 17km and the maximum width 400m from damage surveillance. The number of dead person was 1, and the number of damaged houses was about 1,100. Fujita and Pearson scales were estimated to be F3 and P3, respectively.

キーワード：建物被害, 茨城県, つくば市, 竜巻

Key words: houses damage, Tsukuba City, Ibaraki Prefecture, tornado

1. はじめに

2012年5月6日, 日本の上空に寒気が流れ込み, その一方で日本海の低気圧に向かって東日本から東北地方の太平洋側に暖かく湿った空気が流入した。このため, 東海地方から東北地方にかけ

て大気の状態が不安定となり, 発達した積乱雲が発生した(気象庁 他, 2012)。このため, 茨城県と栃木県では12時30分頃から3つの竜巻が発生し, つくば市では死者1名, 建物被害約1,100棟の大規模な災害となった(つくば市災害対策本部,

* 山口大学農学部
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

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

本報告に対する討論は平成25年11月末日まで受け付ける。

2012)。

ここでは、大規模な竜巻災害が発生した茨城県つくば市を対象に、竜巻発生時の気象的特徴、竜巻被害の現地調査の結果についての概要を報告する。

2. つくば市で発生した竜巻の気象的特徴

竜巻が発生した2012年5月6日の12時の地上天気図(気象庁より転載)、13時の気象衛星「ひまわり7号」の赤外画像(高知大学気象情報頁より転載)を図1に、館野における高層観測データ(Stuve図)(2012年5月6日9時)(ワイオミング大学HPより転載)を図2に示した。竜巻を伴うとされるスーパーセルは、環境場の鉛直シアの大きさと対流有効位置エネルギー(CAPE)で決まるバルクリチャードソン数(BRCH)が10と50の間にあるときに起きるとされているが(新野, 2007; Weisman, M.L. and J.B. Klemp, 1982), 図2に示される6日9時時点ではBRCHは3.80と10よりも低い値だった。しかし、日本の上空5500mにおいて平年を5℃も下回る-19.1℃の寒気が流れ込む一方で、12時には日本海に低気圧があり、東日本から東北地方の太平洋側において、低気圧に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ。さらに、日射の影響で地上気温が上昇したことか

ら、東海地方から東北地方にかけて大気の状態が非常に不安定となり、落雷や突風、降電を伴う発達した積乱雲が発生しており(気象庁 他, 2012)、図1の赤外画像からも茨城県西部に発達した雲頂の高い積乱雲を捉えることができる。

3つの竜巻が発生する直前の12時30分から通過直後の13時までの10分毎のXバンドレーダー雨量図(国土交通省関東地方整備局から提供)にアメダスの気温、風向・風速、さらに3つの竜巻の進路方向を加筆したものを図3に示した。降雨セルが北北西から南南東に延び、12時30分のセルの最南端はつくば市で発生した竜巻の位置と一致している。降雨セルは12時30分~50分の約20分間でつくば市北部を北東に進み、13時には衰弱している。また地上気温は、降雨セルの移動によりセルの東側の気温が通過時に大きく低下しており、突風前線(ガストフロント)の通過を示す顕著な現象が確認できる。

つくば市における竜巻災害は、小貝川の西の常総市から発生していることが気象庁と筆者らの現地調査で確認されており、終点の筑波国際コンクリートクラブまでは約17kmの距離であり、この距離を平均時速約50kmの速さで通過したものと推定される。この竜巻以外に、茨城県筑西市と栃木県真岡市でほぼ同時に2つの竜巻が発生しており

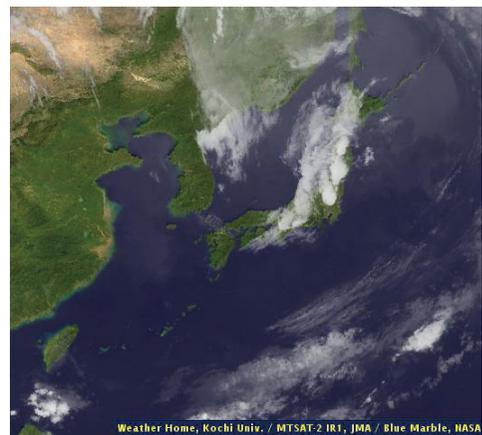
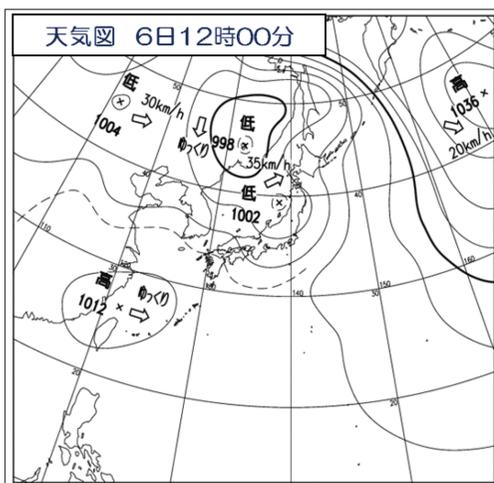


図1 地上天気図(2012年5月6日12時)と気象衛星「ひまわり7号」の赤外画像(2012年5月6日13時、気象庁HPおよび高知大学気象情報頁より転載)

(気象庁 他, 2012), これらは降雨セルのほぼ中心部に位置しているが, 本報告では顕著な被害が発生したつくば市の事例を中心に報告する。

竜巻の始点である常総市篠山から北に約6.5km離れた下妻市二本紀の農地の一角に気象庁のアメダス観測所「下妻」が設置されている。下妻アメダスで観測された気象要素(気温, 風向・風速, 降水量)の推移を図4に示した。5月6日は, 突風前線の通過前は南風により暖かい空気が流入して気温は5時に最低値13.3℃から約7時間後の12時には24.2℃と10.9℃も上昇している。しかし, 突風前線の通過により13時には20.5℃とわずか1時間で3.7℃も急低下している。10分値で見ると, 突風前線の通過直前の11時50分に24.3℃であった気温が徐々に低下し, 12時30分には23.1℃, 突風前線が通過した直後と考えられる12時50分には風向は南風から西北西に変わり, 気温も20分間で3.5℃も急低下している。その際, 最大瞬間風速は突風前線通過直前の11:30~12:30には13~14m/s, 竜巻発生時である12:30

には13.5m/sを観測しているが, 通過後の12:40には10.1m/sで, それ以後は弱くなり10 m/sを下回っている。ただし, 下妻アメダスが竜巻の通過地点から北に約6.5km離れていることから, 竜巻中心部の強風を観測することは出来なかった。

3. 竜巻に伴う被害の状況

消防庁, 内閣府, 地方自治体が公表している2012年5月6日に発生した竜巻による被害の状況を取りまとめ, 表1に示した(茨城県生活環境部防災・危機管理課, 2012; 内閣府, 2012; 消防庁, 2012, 栃木県県民生活部消防防災課, 2012)。気象庁の調査結果(気象庁 他, 2012)では, 5月6日に発生した竜巻は, 図3に示した矢印の南から①茨城県の常総市からつくば市にかけての約17km, ②茨城県筑西市から桜川市にかけての約21km, ③栃木県真岡市から茨城県常陸大宮市にかけての約31km, そして図3には含まれていないが④福島県大沼郡会津美里町の約2 kmの4つである(気象庁, 2012)。このため, 表1に示した

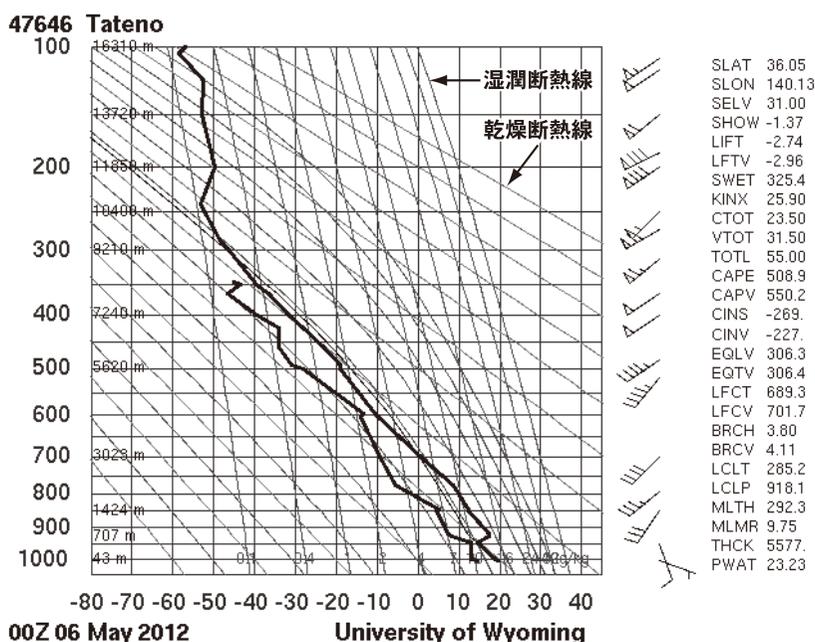


図2 館野における高層観測データ(Stüve図)(2012年5月6日9時)(ワイオミング大学HPより転載)(左の太線:露点温度, 右の太線:気温)

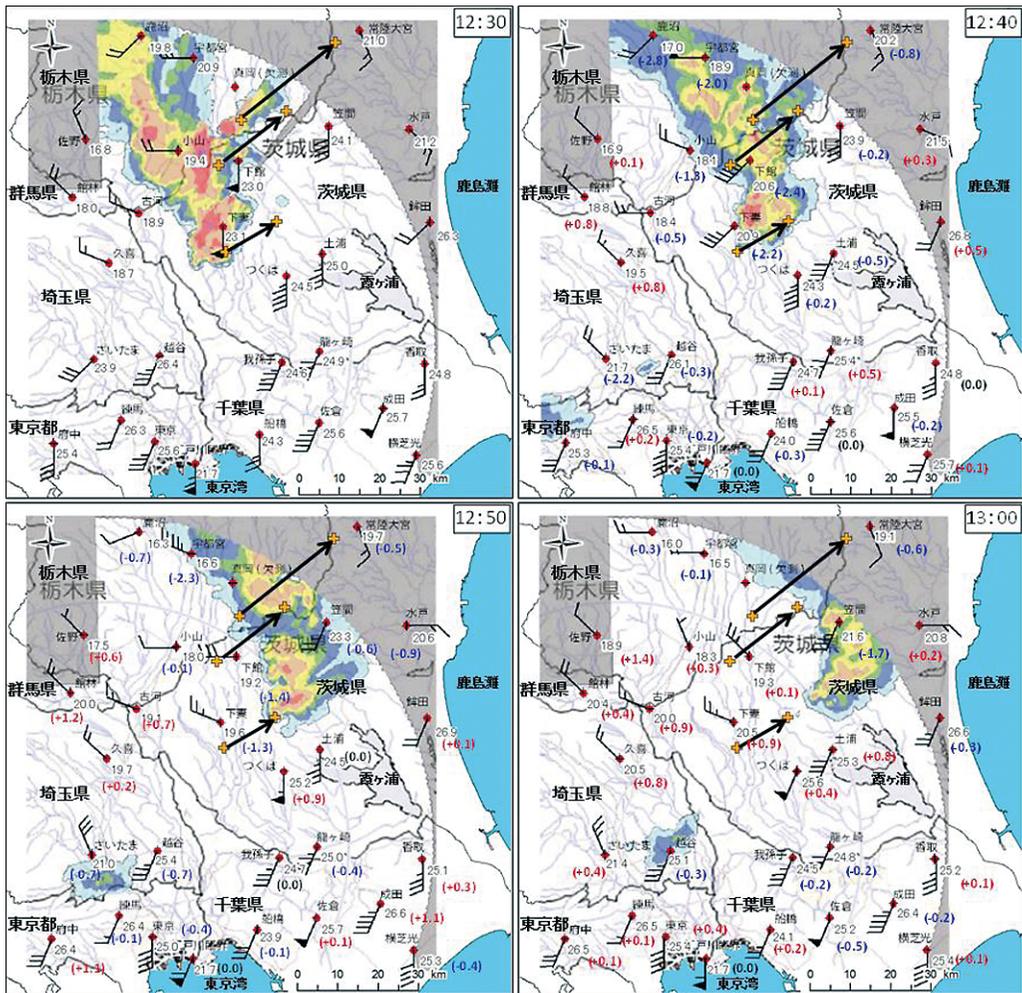


図3 2012年5月6日に発生した竜巻の経路図と12時30分～13時までの10分毎におけるアメダスの地上気温、風向・風速、Xバンドレーダーによる降雨域の推移（関東地方整備局より提供されたレーダー図に加筆）

茨城県「ひたちなか市」、栃木県「市貝町」、埼玉県、千葉県および富山県の人的・物的被害は竜巻によるものではなく、突風による被害と考えられるが、ここでは消防庁の取りまとめに従い、記載した。④のきわめて小規模な竜巻被害を除く①～③の3つの被害を比較すると、①は被害距離17kmと3つの竜巻で最も短い、死者1人・負傷者37人、全壊・半壊住家が76棟・158棟ときわめて大きな被害が生じている。次に③では負傷者11人、全壊・半壊住家が13棟・36棟ではあるが、広

域にわたり発生している。②は負傷者3人、半壊・一部損壊住家が1棟・144棟と被害距離は21kmと長いものの、大きな被害は発生していない。このように、3つの竜巻で被害の様相が大きく異なるのは、①の竜巻は住家が密集するつくば市北条地区の中心部を直撃しているのが要因であり、②③の竜巻と比較して被害が拡大したものと考えられる。

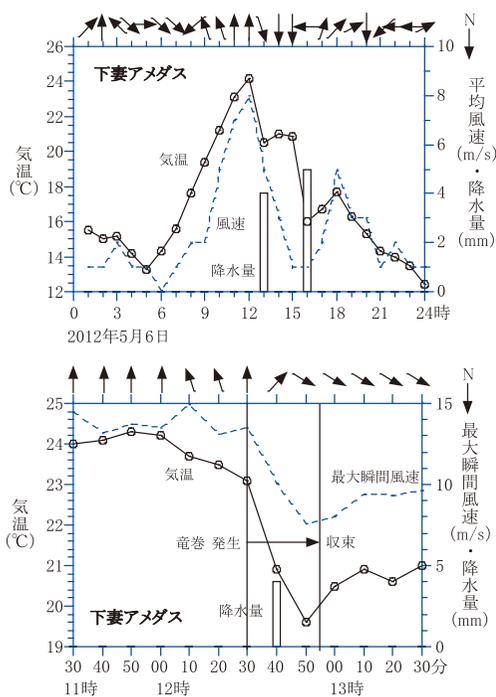


図4 下妻(アメダス)における気象要素の1時間値(上段)と10分値の推移(下段)

4. つくば市における竜巻被害の状況

つくば市における竜巻による建物被害の状況(つくば市, 2011年7月31日現在)を表2に示した。表2では, 半壊を「大規模半壊」と「半壊」の2つに分けて表記した。総数は取りまとめ日時が異なるため表1とは一致していない。被害は, 筑波地区と大穂地区で発生しており, 竜巻は表2下段の吉沼地区から上段の北条地区を通過し, 被害をもたらしている。被害家屋全体に占める全壊の比率は14% (654棟中93棟) に対して被害非居宅の比率は27% (439棟中121棟) で, これには本地域は農家が多い地帯であり, 倉庫や納屋などの強風に弱い建物も含まれるため高率となっているものと現地調査から判断される。建物被害は全体で1,093棟(居宅651棟, 非居宅442棟)に達し, 大規模な被害となっている。また, 工業団地の被害は, 全壊3棟, 大規模半壊2棟, 半壊11棟などの被害が発生しているが, 工場の製造工程, 研究開発への影響は不明である。

地区別の被害を把握するため, つくば市が調査した住居被害状況(全体図, 2012年5月30日現在)

表1 2012年5月6日に発生した竜巻による被害の状況(消防庁, 平成24年6月13日現在, 第17報)

県名	市町名	人的被害		住家被害			非住家被害	
		死者(人)	負傷者(人)	全壊(棟)	半壊(棟)	一部損壊(棟)	公共建物(棟)	その他(棟)
茨城県	常総市					12		
	つくば市	1	37	76	158	388		165
	ひたちなか市		1					
	常陸大宮市		1		1	18		6
	筑西市		1			115		8
	桜川市		2			1	29	10
	小計	1	42	76	160	562	0	189
栃木県	真岡市		1	6	6	105	1	180
	益子町		7	7	24	188	2	163
	茂木町		3		7	123	1	103
	市貝町							1
	小計	0	11	13	37	416	4	447
群馬県	富岡市		1					
埼玉県	桶川市	1	3					
千葉県	柏市		1					
	浦安市		1					
富山県	魚津市	1						
	合計	3	58	89	197	978	4	636
住家被害・非住家被害 計								1,904棟

表2 つくば市における地区別の住家被害状況および工業団地被害状況（単位：棟）（つくば市災害対策本部，平成24年7月31日現在）

住宅被害状況

地域	全壊		大規模半壊		半壊		一部損壊		小計		合計
	居宅	非居宅	居宅	非居宅	居宅	非居宅	居宅	非居宅	居宅	非居宅	
筑波地域	83	75	34	6	143	32	283	190	543	303	846
北条	76	63	30	6	140	30	213	139	459	238	697
平沢	0	2	1	0	0	0	16	9	17	11	28
小泉	0	1	0	0	2	1	5	12	7	14	21
泉	0	2	0	0	0	0	19	12	19	14	33
山木	7	6	3	0	1	1	23	13	34	20	54
水守	0	1	0	0	0	0	7	5	7	6	13
大穂地域	10	46	8	8	12	21	81	61	111	136	247
大砂	9	31	6	8	11	14	56	40	82	93	175
西高野	1	12	2	0	1	7	24	18	28	37	65
吉沼	0	3	0	0	0	0	1	3	1	6	7
合計	93	121	42	14	155	53	364	251	654	439	1,093

工業団地被害状況

地域	全壊	大規模半壊	半壊	一部損壊	合計
工場等	3	2	11	20	36

に筆者らの調査（5月18日，31日に実施）を加筆・図示したものが図5である。本図には，竜巻の始点である常総市（大沢新田は小貝川まで）の被害は，被害が軽微であるため含めていない。住居被害は，ESRI社のGISソフトウェアであるArcMap10.0により，つくば市が分類した「居住不可（赤色）」，「被害大（居住可能，橙色）」，「被害小（青色）」に色分けした。背景の地図情報は，国土地理院ホームページの基盤地図情報ダウンロードサービス内における基盤地図情報「縮尺レベル2500」を用いて作成した。

図6には，吉沼・西高野・大砂地区およびつくばテクノパーク大穂（大久保地区）の建物被害状況を示した。吉沼・西高野地区では，竜巻が通過した中心部と推定される箇所には建物が密集していないため，「居住不可」・「被害大」の被害は少なく，被害幅も小さかった。大砂地区は，住宅が密集した地区中心部を竜巻が通過したため，「居住不可」・「被害大」の件数も多くなっている。吉沼地区でのヒアリングでは「12時40分頃，吉沼郵便局から南の方向に竜巻を見た」との証言が得られた。大砂地区に隣接する「つくばテクノパーク大穂」は，1987年に開発が着手され，造成面積は

41.4haで，医薬品原料，製剤，小麦粉，建設機械，インキ，農薬等の研究，製造が行われている。ここでは，写真1に示した日本水産（株）つくば工場や大鵬薬品工業（株）創薬センターつくば研究所などで，屋根や壁面が損傷する建物被害を受けている。

図7には筑波北部工業団地における建物被害の状況を示した。「筑波北部工業団地」は，1981年から1986年に開発された市内では大規模な工業団地である。ここでも，日立化成工業，住友化学，三菱製紙，トクヤマ，東洋インキ，武田薬品などの工場や研究所で建物被害が発生している。

図8には，水守・山木・泉地区における建物被害の状況を示した。写真2は，泉地区における住家の被害（被害小）を示している。水守地区，山木地区では各地区の中心部から離れたところを竜巻が通過したため住家の被害数は少ないが，直撃を受けた家屋では住居不可（全壊）の被害が確認できる。

図9には，小泉・平沢・北条地区における建物被害の状況を示した。また，写真3には竜巻の終点と推察される筑波国際カントリークラブ（標高140m）から撮影した小泉・平沢・北条地区の被害

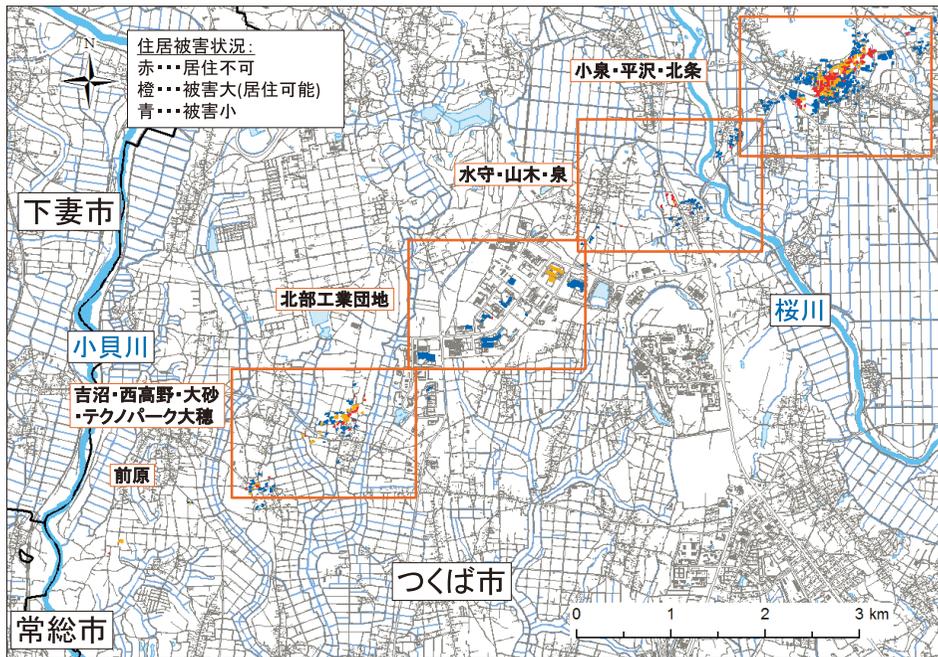


図5 つくば市における建物被害の状況 (2012年5月30日現在)

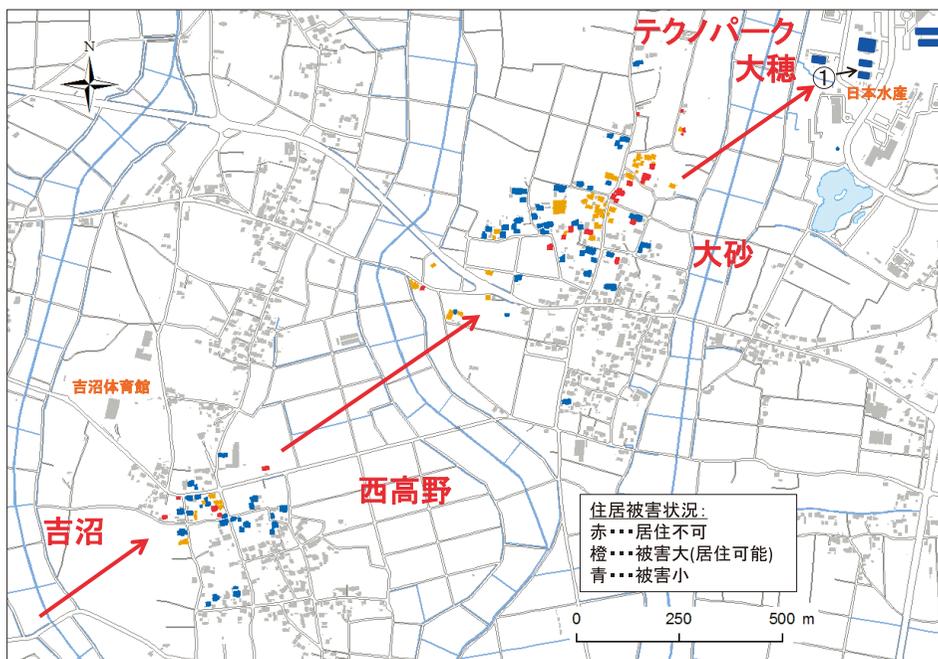


図6 つくば市(吉沼・西高野・大砂・テクノパーク大穂地区)における建物被害の状況 (2012年5月30日現在) (図内の数字は写真の番号と一致, 凡例の被害状況はテクノパーク大穂にも適用)

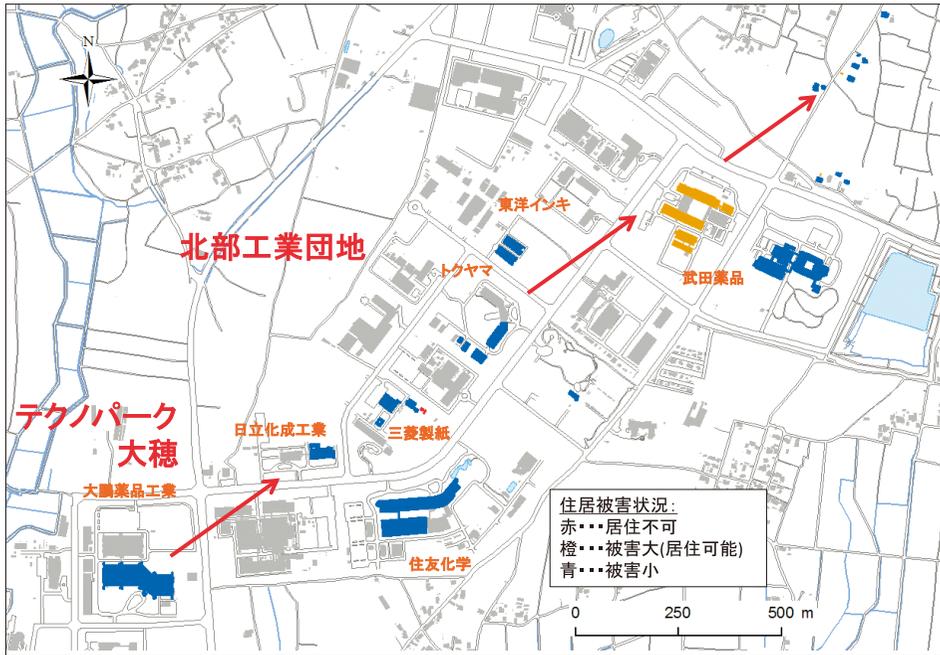


図7 つくば市（テクノパーク大穂・北部工業団地）における建物被害の状況（2012年5月30日現在）（凡例の被害状況はテクノパーク大穂・北部工業団地にも適用）

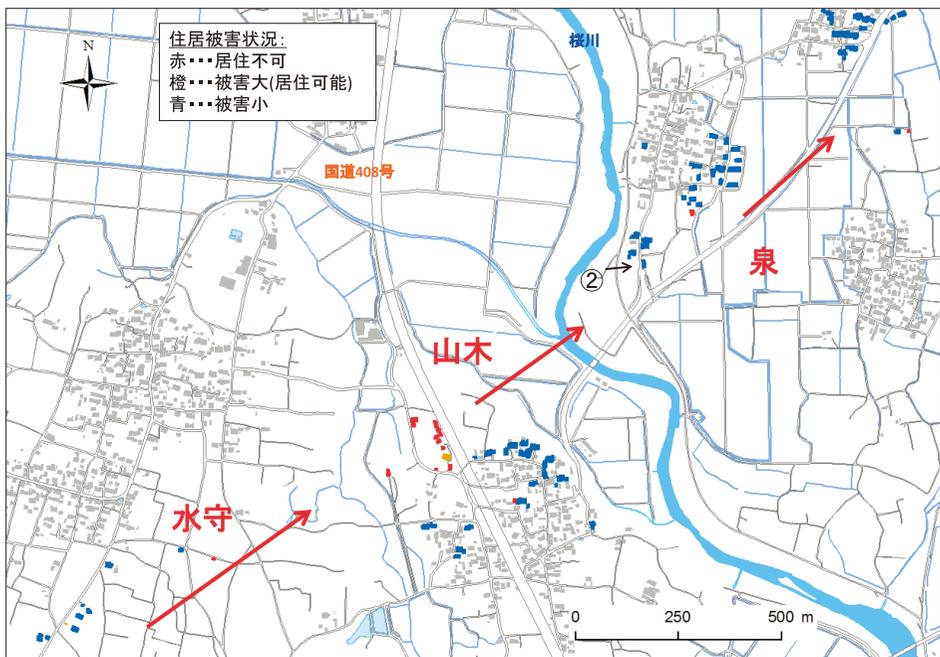


図8 つくば市（水守・山木・泉地区）における建物被害の状況（2012年5月30日現在）（図内の数字は写真の番号と一致）

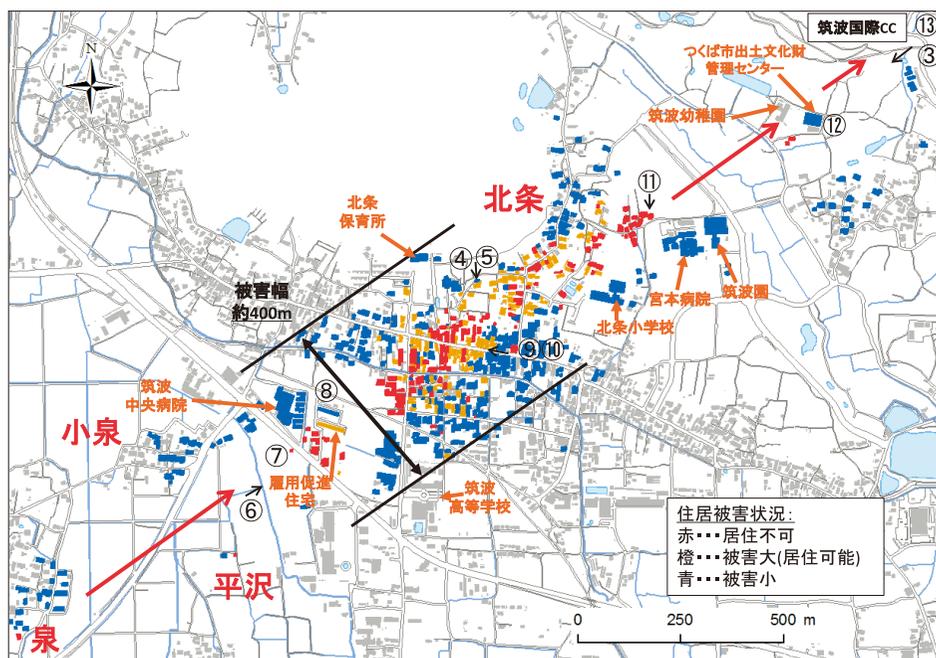


図9 つくば市(小泉・平沢・北条地区)における建物被害の状況(2012年5月30日現在)(図内の数字は写真の番号と一致)

状況、写真4、5に北条地区内の北の山斜面に位置する宝安寺から撮影した北条地区の被害状況を示した。ここで、写真4の左側の続きが写真5の右側で連続している。小泉・平沢地区では竜巻が直撃してないために大きな被害は認められないが、北条地区では地区の中心部を通過したため、全壊139棟(赤色：居宅76棟、非居宅63棟)、大規模半壊36棟(橙色、居宅30棟、非居宅6棟)等の被害が発生している。

写真3では、雇用促進住宅の左手の建物から写真手前の文化財センター・筑波幼稚園にかけての多くの建物の屋根がブルーシートで覆われており、北条地区の中心部を竜巻が通過したことがわかる。また写真4、5からは、住宅の被害は右から左に直線上に現れており、手前と奥のブルーシートの幅から、局地的な被害であることが確認できる。

写真6には、平沢地区から竜巻が進んだ北条地区の状況を示した。写真7は写真6の中央部に見える全壊した住宅である。この住宅は国道125号

線に面した南側に位置し、竜巻が進んできた南西方向には農地が広がっており、風を遮るものがまったくない。このために風が住家を直撃し、住家の基礎ごと地面から離れ、住家全体が裏返しに転倒したものと推察される。発生時は日曜日の昼間であったため家人の中学生が住家内におり、倒壊家屋の下敷きにより死亡する痛ましい事例となった。

写真8は、北東から撮影した5階建ての雇用促進住宅の状況である。南棟は竜巻が直撃したため窓ガラスが割れ、アルミサッシの枠、ベランダの手すりやボードも強風や瓦礫の飛散により損傷した(写真8)。しかし、わずかに数十mしか離れていない北棟には大きな被害が認められておらず、ごく近い範囲でも被害の発生状況が大きく異なることがわかる。

写真9は、つくば市のホームページに掲載されている被災直後の北条地区中心部の商店街の状況である(つくば市, 2012)。山麓を東西に走る地区中心部の商店街では、建物の窓ガラスが割れ、屋



写真1 つくばテクノパーク大穂における建物被害 (2012年5月18日撮影)



写真2 泉地区における建物被害 (2012年5月18日撮影)



写真3 筑波カントリークラブ (標高140m) から撮影した小泉・平沢・北条地区の被害状況 (2012年5月31日撮影)



写真4 宝安寺から見た北条地区の建物被害 (2012年5月18日撮影)



写真5 宝安寺から見た北条地区の建物被害 (2012年5月18日撮影, 写真4の左と続く)



写真6 平沢地区から見た北条地区における建物被害 (2012年5月18日撮影)



写真7 基礎部分から建物が転倒した住家被害 (2012年5月18日撮影)



写真8 北条地区における雇用促進住宅の被害
(2012年5月18日撮影)



写真11 北条地区横町集落における住家被害
(2012年5月18日撮影)



写真9 被災直後の北条地区中心部の商店街の状況
(つくば市提供, 2012年5月6日撮影)



写真12 つくば市出土文化財管理センターにおける建物被害
(2012年5月18日撮影)



写真10 北条地区中心部の商店街の建物被害
(2012年5月18日撮影)



写真13 筑波国際カントリークラブの敷地内における樹木の被害
(2012年5月31日撮影)

根の損傷や瓦の飛散などにより、道路に瓦礫が散乱している。また、電柱が折損・傾斜し、飛散物が電柱に引っ掛かるなど、竜巻が直撃した凄まじさを物語っている。写真10は、竜巻被害から約1週間が過ぎた商店街の状況である。瓦礫は取り除かれ、倒壊した電柱も新しく設置されているが、建物はブルーシートで覆われ、修繕が進んでいない商店も多く認められる。本地区の東の小高い丘の上には北条小学校があり、竜巻の直撃は免れたものの、南側に面した窓ガラスが割れて運動場に飛散し、強風に強い屋上の金属製フェンスはコンクリートの基礎部分から損傷していた。日曜日の昼間であったために児童への人的被害はなかったが、平日であればグラウンドで遊ぶ児童に大きな被害が発生していた可能性が考えられる。北条地区でのヒアリングでは「12時55分頃、自宅から南西の方向に竜巻を見た。耳鳴りがし、ごう音のような音がした。」との証言があった。

写真11は北条地区の中心部から北東に少し離れた横町集落に位置する住家の被害状況である。二階部分の屋根は吹き飛ばされ、後方に見える住宅もほぼ全壊の被害を受けている。写真12は、写真11から農地を北東に通る過ぎた筑波国際カントリークラブの山裾に位置するつくば市出土文化財管理センターの建物被害状況である。扉や窓のガラスはすべて割れ、壁や軒には飛散物による多数の損傷が認められ、竜巻が直撃した被害を垣間見ることができる。

写真13は、竜巻が消滅したと推察される筑波国際カントリークラブの敷地内における樹木の被害状況である。強風による樹木の折損・倒伏の被害が確認できる。カントリークラブの建物や駐車していた乗用車にも被害が発生した。また、送電線が切れたため、約1週間の休業を余儀なくされた。

以上のように、竜巻により強風害が発生した地域は、長さ約17km、被害幅は北条地区の中心部で最大約400mに達しており、本竜巻における家屋(居宅・非居宅)の被害は、つくば市だけでも全壊が約210棟、大規模半壊・半壊が約260棟をはじめ約1,100棟にも及んでいることが明らかに

なった(つくば市, 2012)。これは、山本ら(2006)が調査した2006年9月17日に台風13号の通過時に発生した宮崎県延岡市の竜巻による1,300棟の被害(被害距離:7.5km, 最大被害幅:300m, 死者3人, 重傷者3名, 軽傷者140人)に匹敵する規模であるが、住宅・商店が密集する北条地区に被害が集中していることから、被害の集中度は延岡市で発生した竜巻を上回っていたものと推察される。

また、突風前線の通過速度と現地でのヒアリング調査(吉沼地区:12時40分, 北条地区:12時55分)を総合的に判断して、竜巻は17kmを約20分で通過しており、時速約50kmの速度であることが推察された。これは、1999年の山口県小野田市の竜巻の約40km/h(山本ら, 2001)を上回り、2004年の佐賀県佐賀市の竜巻の約50km/h(山本ら, 2004)と同様の速度ではあるが、北海道佐呂間町で発生した竜巻の約80km/h(山本, 2006)、宮崎県延岡市で発生した竜巻の約90km/h(山本ら, 2006)には及ばない。

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 Fujita scale (F)、竜巻被害の長さ・被害幅からそれぞれを評価する Pearson scale (P) が用いられている(藤田, 1973)。今回のつくば市で発生した竜巻は、「壁が押し倒されて住家が倒壊する」等の被害状況を総合的に判断すると、竜巻が通過した地域ではF3の風速基準である「約5秒間にわたり秒速70~92m」の風速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常総市大沢新田、終点の筑波国際カントリークラブまでの約17kmにより長さがP3、建物の被害幅が最大で約400mであったことから、被害幅もP3であると推定された。

5. まとめ

2012年5月6日12時30分頃、北関東地方では積乱雲が北東に進み、茨城県と栃木県では3つの竜巻が発生した。常総市で発生したつくば市内を通り過ぎた竜巻は、長さ約17km、被害幅は北条地区の中心部で最大400m、建物被害は約1,100棟にも及び、死者1名、負傷者37名の人的被害も発生し

た。竜巻は、わが国において平均して年間に20個弱（2001～2010年）の発生が認められている。近年の大きな竜巻災害では、2006年9月に宮崎県延岡市で発生した竜巻（F2，死者3名）、11月に北海道佐呂間町で発生した竜巻（F3，死者9名）が挙げられ、これ以降、気象庁では「竜巻注意情報」を公表し、地域住民に注意を呼び掛けていたが、不幸にも死者1名が生じる被害となった。竜巻注意情報の発表と竜巻発生をみると、2011年の発表数が589回に対して実際の発生数は8回（適中率：1.4%）、2012年（7月末現在）の発令数が225回に対して実際の発生数は7回（適中率：3.1%）であることから、きわめて低い値となっている（気象庁，2012）。これには、竜巻注意情報の発表には、高層気象観測によるデータ解析が重要であるが、ラジオゾンデによる高層気象観測、気象ドップラーレーダー、ウィンドプロファイラの観測密度が低いため、きわめて局地性を有する竜巻の発生を予報することが困難であることを意味している。今後は、これらの観測網がさらに整備され、発生メカニズムのさらなる解明等により、現在の5 km メッシュから250 m メッシュの数値モデルが構築されれば、強い竜巻をもたらすスーパーセルの予報が可能となり、竜巻注意情報の的中率が大幅に改善されるものと考えられる。ただし、竜巻注意情報の発表時や寒冷前線の通過が予想される大気不安定な状況下では、地域住民の十分な注意が必要であることは言うまでもない。

謝 辞

本災害の調査に当たっては、気象庁、国土交通省関東地方整備局、つくば市から気象資料および竜巻被害に関する資料、国土地理院から基盤地図情報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

- 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.
- 独立行政法人科学防災技術研究所リスク研究グループ：つくば市竜巻被害対応サイト（<http://tsukuba.ecom-plat.jp/index.php?gid=10101>），2012.
- 藤田 哲也：たつまき（上），共立出版，228p.，1973.
- 茨城県生活環境部防災・危機管理課：平成24年5月6日の竜巻による被害状況について（第19報 6月20日 17時現在），2012.
- 気象庁・気象研究所・東京管区气象台・仙台管区气象台：平成24年5月6日に発生した竜巻等について（中間報告その2），13pp.，2012.
- 国土地理院：平成24年（2012年）茨城県・栃木県に発生した突風等に関する情報（つくば地区正射画像）（5月7日撮影），2012.
- 国土交通省：平成24年5月6日に茨城県つくば市付近で発生した突風による被害状況について（第7報，5月28日9時30分作成），2012.
- 国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所：平成24年5月6日に茨城県つくば市で発生した竜巻による建築物被害（速報），16pp.，2012.
- 水戸地方气象台・東京管区气象台・気象研究所：現地災害調査速報 平成24年5月6日に茨城県常総市からつくば市にかけて発生した突風について，18pp.，2012.
- 内閣府：平成24年5月に発生した突風等による被害状況等について（第15報，6月13日23：30現在），2012.
- 新野 宏：竜巻. 天気，Vol.54，No.11，pp.933-936，2007.
- 消防庁：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，6月13日 18時30分現在），2012.
- 栃木県県民生活部消防防災課：平成24年5月6日 強風等による被害について（平成24年7月12日17時現在），1pp.，2012.
- つくば市災害対策本部：5月6日に発生した竜巻による被害と復旧状況について（平成24年7月31日現在），2012.
- 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，No.4，pp.453-463，2001.
- 山本晴彦・岩谷 潔・岩本 剛：2004年6月27日に佐賀市で発生した竜巻災害. 自然災害科学，Vol.23，No.2，pp.283-292，2004.
- 山本晴彦：2006年11月7日に北海道佐呂間町で発生した竜巻災害. 自然災害科学，Vol.25，

- No.3, pp.403-417, 2006.
- 18 山本晴彦・岩谷 潔・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, Vol.27, No.3, pp.291-306, 2008.
 - 19 山本晴彦・森 博隆・山崎俊成：佐呂間（サロマ）町竜巻と近年の竜巻災害, 災害対策全書. 1 災害概論, ぎょうせい (東京), pp.230-235, 2011.
 - 20 財団法人消防科学総合センター：平成24年（2012年）5月6日に茨城県つくば市で竜巻災害 写真報告, 11 pp., 2012.
 - 21 Weisman, M.L. and J.B. Klemp: The Dependence of Numerically Simulated Convective Storms on Vertical Wind Shear and Buoyancy. *Mon. Wea. Rev.*, Vol.110, pp.504-520., 1982.

(投稿受理：平成24年8月20日
訂正稿受理：平成25年4月8日)