

2013.09.11

災害リスク情報 <号外>

埼玉県越谷市等における竜巻災害について

はじめに

2013年9月2日14時過ぎ、埼玉県越谷市や千葉県野田市などにおいて竜巻被害が発生した。また、9月4日にも栃木県矢板市などにおいて竜巻とみられる突風による被害が発生した。本稿では気象庁や総務省消防庁、内閣府等が発信している情報をもとに今回の竜巻による災害の概要をまとめるとともに、「竜巻などの激しい突風」に関する説明と対策を整理する。

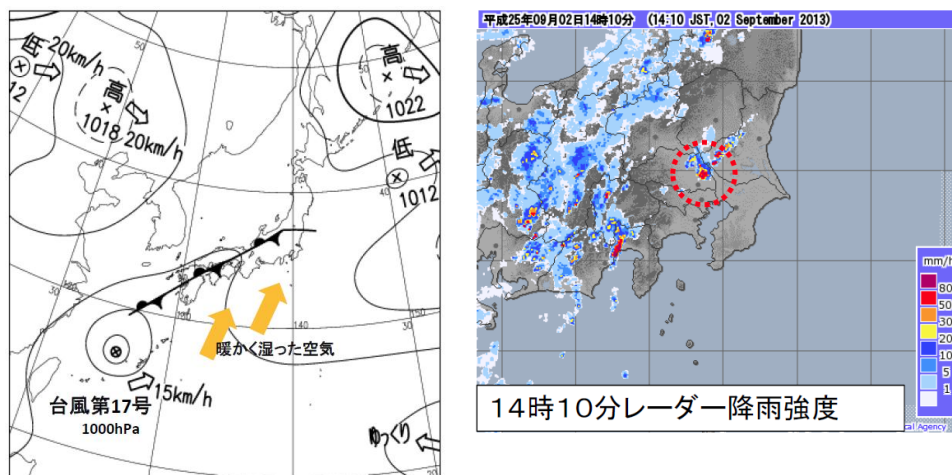
1. 竜巻災害の概要

(1) 9月2日と9月4日の気象状況

(9月2日)

関東北部に九州北部から伸びる前線が停滞しており、この前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んでいた。さらに、日中の地上気温の上昇も加わったことから、関東地方は大気の状態が非常に不安定となり、南北からの風がぶつかった地域で雷雨や突風を伴う発達した積乱雲が発生した。14時頃、発達した積乱雲にともない、埼玉県さいたま市、越谷市、北葛飾郡松伏町、千葉県野田市、および茨城県坂東市にかけて、竜巻が発生した。

【9月2日12時の地上天気図（左図）および14時過ぎの降水ナウキャスト画像（右図）】



出典：気象庁

(9月4日)

台風17号から変わった低気圧や前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだため、大気の状態が非常に不安定となり、西日本から東日本の広い範囲で雷を伴った非常に激しい雨が降った。12時20分頃から13時頃にかけて、栃木県鹿沼市から宇都宮市において、および、塩谷郡塩谷町から矢板市において、竜巻が発生した。また、高知県や三重県においても竜巻と推定される突風が発生した。

(2) 竜巻が発生した地域の一覧

気象庁の現地災害調査の速報によると、9月2日と9月4日において竜巻等の突風が発生した地域は以下の通りである。

【突風現象の発生地域（9月10日現在）】

発生日時	地域	強さ (藤田スケール※1)	被害範囲
9月2日 14時頃※2	埼玉県さいたま市、越谷市、北葛飾郡松伏町、 千葉県野田市、茨城県坂東市	F2	長さ19km、 幅100～200m
9月4日 6時30分頃※3	高知県宿毛市	F0	—
9月4日 11時50分頃※3	高知県安芸市	F0	—
9月4日 12時20分頃※4	栃木県鹿沼市、宇都宮市	F1	長さ6km、 幅200～300m
9月4日 12時50分頃※2	栃木県塩谷郡塩谷町、矢板市	F1	長さ11km、 幅200～300m
9月4日 14時20分頃※3	三重県伊勢市、小俣町	F0	長さ3.5km、 幅100m

※1 藤田スケールと被害との対応については、次章(p.4)に後述する。

※2 この突風現象は、気象庁機動調査班の現地調査によって竜巻と認められた。

※3 この突風現象は、気象庁機動調査班の現地調査によって竜巻と推定された。

※4 この突風現象は、気象庁機動調査班の現地調査によって竜巻の可能性が高いと判断された。

出典：気象庁 竜巻等の突風データベース

(3) 被害概要

9月2日および9月4日に発生した竜巻とみられる突風により、人的被害や家屋等への物的被害が複数の県にわたって発生した。消防庁災害対策室の発表による「平成25年9月2日からの突風及び大雨による被害状況等について（第9報）」をもとに、被害の状況を以下に掲載する。

【突風現象による各都道府県の被害状況（9月10日現在）】

都道府県	人的被害（人）		住家被害（棟）			非住家被害（棟）	
	死者 行方不明者	負傷者 (重傷・軽傷)	全壊	半壊	一部損壊	公共建物	その他
栃木県		3		2	88		11
埼玉県		63	13	990※1		1	
千葉県		1	1	4	209		4
三重県					29		
高知県					1		
合計	0	67	14	1323		1	15

※1：埼玉県の住家被害の程度（半壊、一部破損）については、現在精査中

出典：総務省消防庁

【埼玉県越谷市の被害写真（当社撮影）】



2. 竜巻などの激しい突風を伴う気象現象の概要

(1) 突風現象の種類

竜巻などの激しい突風に関して気象庁が発表する気象情報は、積乱雲に伴って発生して災害をもたらす激しい突風を対象としている。具体的には、「竜巻」や「ダウンバースト」、「ガストフロント」による突風である。後述する竜巻注意情報や竜巻発生確度ナウキャストの対象となる突風の強さは、藤田スケールでおおむね F0 以上である。

① 竜巻とは

積雲や積乱雲に伴って発生する鉛直軸を持つ激しい大気中の渦巻きで、漏斗状または柱状の雲を伴うことがある。地上では、収束性で回転性の突風や気圧降下が観測される。多くの場合、直径は数十～数百 m で、数 km に亘ってほぼ直線的に移動するために、被害域は帯状・線上となることが多い。

② ダウンバーストとは

積雲や積乱雲から吹き降ろす下降気流で、地表に衝突し周囲に吹き出す突風である。地上では、発散性の突風やしばしば強雨・雹（ひょう）を伴うことがある。被害域は円あるいは楕円状となることが多い。吹き出しの広がり直径数百 m から 10km 程度である。周囲への吹き出しが 4km 未満のものをマイクロバースト、4km 以上のものをマクロバーストと呼ぶ。

③ ガストフロントとは

積雲や積乱雲から吹き出した冷気先端と周囲の空気との境界で、しばしば突風を伴う。流れ出る空気の先端は冷気と周囲の暖かい空気との境界であり、突風を伴うことからガストフロント（突風前線）と呼ばれている。降水域から前線状に広がるが多く、数 10km あるいはそれ以上離れた地点まで進行する場合がある。地上では、突風と風向の急変、気温の急下降と気圧の急上昇が観測される。

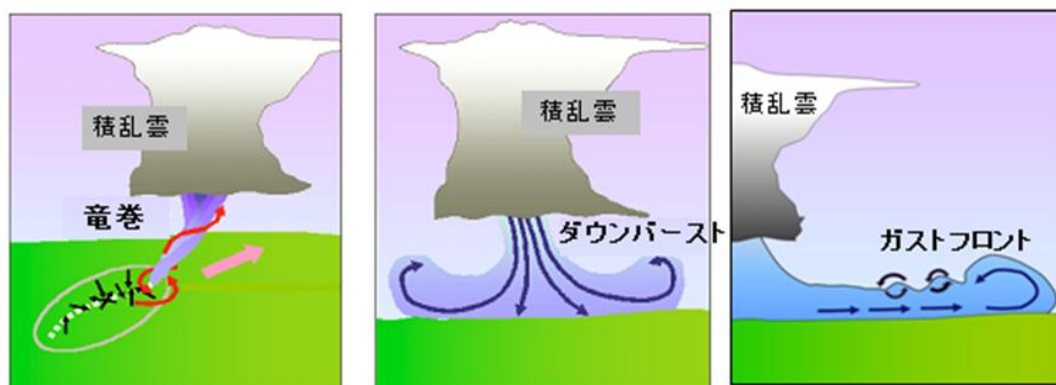
④ 塵旋風とは

晴れた日の昼間に地上付近で発生する鉛直軸を持つ強い渦巻きで、突風により巻き上げられた砂塵を伴う。竜巻と違い積雲や積乱雲に伴わず、地上付近の熱せられた空気の上昇によって発生する。

⑤ 漏斗雲とは

竜巻と同様の現象だが、渦は地上または海上に達しておらず、地表付近で突風は生じない。

【竜巻、ダウンバースト、ガストフロントの説明図】



出典：気象庁 冊子「竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について」

(2) 藤田スケール（F スケール）とは

1971 年にシカゴ大学の藤田哲也博士により考案された、竜巻やダウンバーストなどの突風により発生した被害の状況から風速を大まかに推定する風速のスケールである。

被害が大きいほど F の値が大きく、風速が大きかったことを示す。気象庁によれば、日本ではこれまで F4 以上の竜巻は観測されていない。

【藤田スケールと被害との対応表（気象庁 HP をもとに作成）】

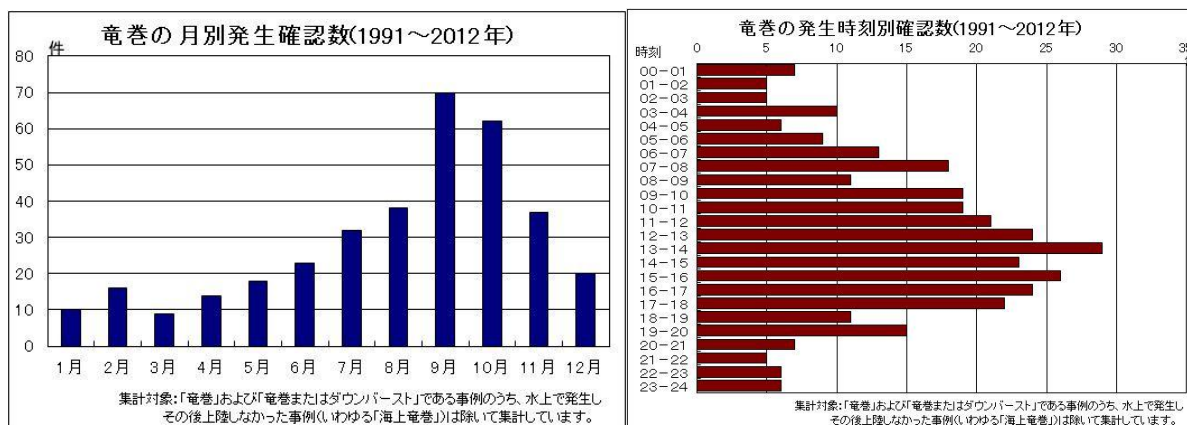
	最大風速	被害の程度
F0	17 ～ 32m/s (約 15 秒間の平均)	煙突やテレビのアンテナが壊れる。小枝が折れ、また根の浅い木が傾くことがある。非住家が壊れるかもしれない。
F1	33 ～ 49m/s (約 10 秒間の平均)	屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。またビニールハウスの被害甚大。根の弱い木は倒れ、強い木の幹が折れたりする。走っている自動車が横風を受けると、道から吹き落とされる。
F2	50 ～ 69m/s (約 7 秒間の平均)	住家の屋根がはぎとられ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れたり、またねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、また汽車が脱線することがある。
F3	70 ～ 92m/s (約 5 秒間の平均)	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、鉄骨づくりでもつぶれる。汽車は転覆し、自動車がも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、また引き抜かれることもある。
F4	93 ～ 116m/s (約 4 秒間の平均)	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。鉄骨づくりでもペシャンコ。列車が吹き飛ばされ、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きて、危険この上もない。
F5	117 ～ 142m/s (約 3 秒間の平均)	住家は跡形もなく吹き飛ばされるし、立木の皮がはぎとられてしまったりする。自動車、列車などがも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。数トンもある物体がどこからともなく降ってくる。

(3) 発生し易い地域や季節・時刻帯

①月別・時刻別

気象庁がまとめている「竜巻」および「竜巻またはダウンバースト」の観測統計を見ると、月別発生確認数では 9～10 月期の発生数が相対的に多くなっている。一方、時刻別発生確認数では昼間（09:00～18:00）に集中しており、相対的に夜間の発生数は少ない。

【日本における竜巻の月別・時刻別発生確認数】

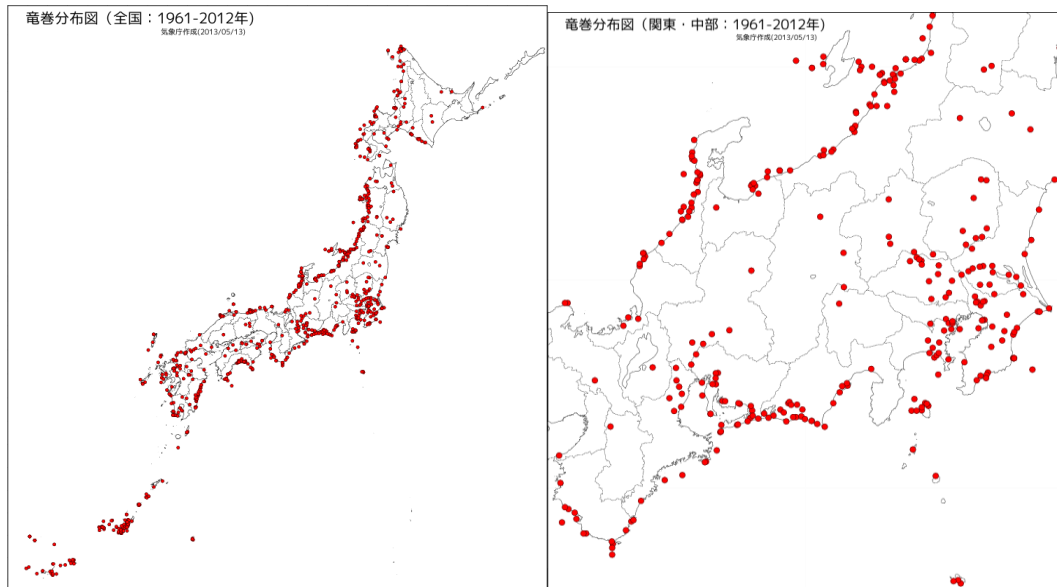


出典：気象庁

②地域性

下図は、気象庁がまとめている「竜巻」および「竜巻またはダウンバースト」のうち、発生時の緯度経度が把握できているものを示した分布図である。日本海沿岸全般や関東より西の太平洋岸で多くの突風現象が発生しているが、特に関東地方では海岸から離れた地点でも比較的多く発生していることがわかる。

【竜巻分布図】



出典：気象庁

3. 竜巻などの激しい突風に関する気象情報について

竜巻などの激しい突風は発現時間が短く極めて小規模な現象のため、観測や予測が難しい。しかし、情報の精度及び利用上の留意点を理解した活用方法が広がれば、より多くの人の命を救うことができる。そこで、気象庁は「予告的な気象情報」、「雷注意報」、「竜巻注意情報」および「竜巻発生確度ナウキャスト」と、4つの形態で気象情報を発表している。それぞれの説明と対応は以下の通りである。

(1) 予告的な気象情報

発達した低気圧などにより災害に結びつく気象現象が予想される場合、半日～1日程度前に予告的な気象情報が発表される。このとき、竜巻などの激しい突風の発生が予想される場合には、「竜巻などの激しい突風に注意」という言葉を用いて特段の注意を呼びかける。

【予告的な気象情報が発表されたら】

- ・半日～1日後には積乱雲が発達しやすい気象状況になり、落雷や雹、急な強い雨に加えて、竜巻などの激しい突風が発生する可能性があることも認識する。
- ・行動計画の点検、もしもの場合に備えた危険回避行動策の検討などを行う。
- ・今後の気象情報（雷注意報など）に注意する。

(2) 雷注意報

雷注意報は積乱雲に伴う激しい現象（落雷、雹、急な強い雨、突風など）の発生により被害が予想される数時間前に発表される。このとき、竜巻などの激しい突風の発生が予想される場合には、注意報本文の付加事項に「竜巻」と明記して特段の注意を呼びかける。

【雷注意報が発表されたら】

- ・発達した積乱雲により、落雷や雹、急な強い雨に加えて、竜巻などの激しい突風が発生する可能性がある時間帯が近づいていることを認識する。
- ・安全確保に時間を要するような行動計画などについては、もしもの場合に備えた危険回避行動策の確認などを行う。
- ・周辺の気象状況の変化や今後の気象情報（竜巻注意情報、竜巻発生確度ナウキャストなど）に注意する。

(3) 竜巻注意情報

竜巻注意情報は、雷注意報を補足する情報として、積乱雲の下で発生する竜巻、ダウンバースト等による激しい突風に対して注意を呼びかける情報である。竜巻発生確度ナウキャストで、20 分後までの予測に発生確度 2 の場所が出ると予測される都道府県を対象に発表している。

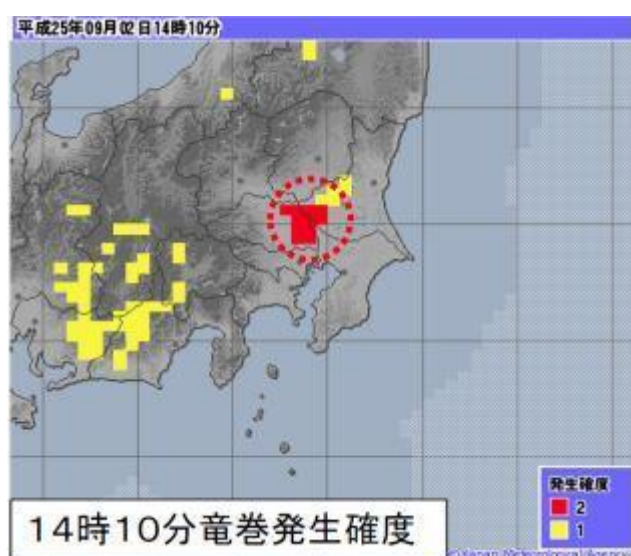
なお、竜巻などの激しい突風の発生しやすい状況は長時間継続しないことが多いことから、竜巻注意情報では発表から 1 時間の有効期間を設けている。有効時間を過ぎても危険な気象状況が継続する場合は、再度発表される。

(4) 竜巻発生確度ナウキャスト

竜巻発生確度ナウキャストは、気象ドップラーレーダーの観測等に基づき、10km 四方の格子単位で竜巻などの激しい突風の発生する可能性を解析し、その 1 時間先までの移動予測を行うものである。時々刻々と変化する状況に追従できるよう、平常時も含めて 10 分毎に最新の情報を提供している。

降水や雷とは異なり、竜巻などの突風はレーダーなどの観測機器で実体を捕らえることができないため、竜巻発生確度ナウキャストでは「発生確度」という言葉を用いて「竜巻が今にも発生する（または発生している）可能性の程度」を示す。発生確度 1 のエリアでは竜巻の発生する可能性は 1～5%程度、発生確度 2 のエリアでは竜巻の発生する可能性は 5～10%となっている

【竜巻発生確度ナウキャストの画面（左図は、竜巻が発生した 2013 年 9 月 2 日 14 時過ぎの画面）】



出典：気象庁

【発生確度の説明（気象庁 HP をもとに作成）】

発生確度 2	竜巻などの激しい突風が発生する可能性があり、注意が必要である。 予測の適中率 ^{※1} は 5～10%程度、捕捉率 ^{※2} は 20～30%程度である。
発生確度 1	竜巻などの激しい突風が発生する可能性がある。 発生確度 1 の地域では、予測の適中率は 1～5%程度と発生確度 2 に比べて低くなるが、捕捉率は 60～70%程度と見逃しが少ない。

※1 適中率： 竜巻の発生を的中させた回数の、「竜巻あり」と予測した回数に対する割合。

※2 捕捉率： 「竜巻あり」と予測した回数の、実際に「竜巻あり」となった回数に対する割合。

【竜巻発生確度ナウキャストの発生確度 1 や 2、および竜巻注意情報が発表されたら】

- ・発達した積乱雲が発生しており、積乱雲の近辺では、落雷や雹、急な強い雨に加えて、竜巻などの激しい突風が発生しやすい気象状況になっていることを認識する。
- ・竜巻発生確度ナウキャストで、発生確度 1 や 2 となっている地域の詳細を把握する。
- ・安全確保に時間を要するような場合には、1 時間後までの予測も利用して、早めに危険回避準備を心がける。
- ・周辺の気象状況の変化に注意し、積乱雲が近づく兆候がある場合には竜巻などの突風が発生する可能性があるため、危険回避の行動をとる。

4. 防災対策

竜巻などの突風による災害は局所的・突発的に発生し、その発生を事前に正確に予測することは現状では困難であるが、下記 2 つの視点から、防災への対応を検討する。

- ・構造物自体を竜巻による強風と飛散物の衝突から守る。
- ・事前の予測結果に基づいて、人命保護を第一義として安全な場所へ速やかに避難する。

(1) 施設の被害軽減策

台風による強風被害と比較して個別特徴的な事象も認められるが、基本的には「台風対策」と共通していると言える。例えば、屋根瓦の留め付け状態・ガラスやサッシの強度・外壁材のチェックを定期的実施するなど、自己防衛としての耐風補強を平常時に行っておく 等である。

ただし、竜巻被害の特徴として、極めて局地的に発生する、渦状に巻上げられる風圧力が作用する、強風により破損した建築部材や物品などが飛散物と化して連鎖的に被害を拡大させる 等の傾向が見受けられるため、強風による風圧力だけでなく、外気圧の急激な変化による構造物内外の圧力差や飛散物の衝突の影響なども考慮する必要がある。被害が出やすい箇所は以下の通りである。

① 屋根

暴風による被害を最も受けやすい箇所である。屋根が浮き上がり大規模に損傷した場合、建物内部を破壊する等の重大な損傷を引き起こす。我が国でよく用いられる日本瓦は、最大瞬間風速が 30m/s を超えると飛散し始める（F0～F1 に相当）。

② 開口部

窓ガラスや扉などが破口して強風が屋内へ進入し、人的被害へつながる可能性が高い。

③ 外壁

飛散物が衝突するなどにより、外壁材が剥落・飛散することがある。一旦損傷すると、強風が持続的に作用して被害範囲を広げる可能性もある。また、風上側にあたる軒下部の外壁の一部が開放されているような場合は、風圧力が本来とは逆の外壁の裏面方向から作用して、屋根の飛散要因になる等の被害事例もある。換気口等にも注意が必要となる。

(2) 竜巻などの突風の発生・予兆を察知する

前述のように現在の気象予測技術では竜巻などの突風の発生を十分に前もって予測することが困難であるが、天候に以下のような兆候が現れた場合には竜巻等の発生が懸念されるため注意が必要である。

① 竜巻が発生するような発達した積乱雲の近づく兆し

- ・ 真っ黒い雲が近づき、周囲が急に暗くなる。
- ・ 雷鳴が聞こえたり、雷光が見えたりする。
- ・ ヒヤっとした冷たい風が吹き出す。
- ・ 大粒の雨や雹が降り出す。

② 竜巻が間近に迫ったときの特徴

- ・ 雲の底から地上に伸びる漏斗状の雲が目撃される。
- ・ 飛散物が筒状に舞い上がる。
- ・ ゴーというジェット機のような轟音がする。
- ・ 気圧の変化で耳に異常を感じる。

(3) 竜巻が間近に迫った場合の身の守り方

各個人が正しい知識を持ち、実際に竜巻が間近に迫った場合にはすぐに身を守る行動をとる必要がある。竜巻では飛散物が凶器となり得るため、飛散物から身を守ることを考えた行動をとることが大切である。

以下に、気象庁の資料をもとにして竜巻に遭遇した際の対策等を記載する。

① 住宅内にいるときは

- ・ 窓やカーテンを閉める。雨戸やシャッターがあれば閉める。
- ・ 窓や壁から離れる。
- ・ 地下室か最下階へ移動する。
- ・ できるだけ家の中心部に近い、窓のない部屋に移動する。
- ・ 丈夫な机やテーブルの下に入るなど、身を小さくして頭を守る。

② オフィスビル・病院・高層ビルなどにいるときは

- ・ 窓のない部屋や廊下等へ移動する。ガラスのある場所からは離れる。
- ・ ビル内部の階段室も避難場所となる。その際、可能なら下の階へ移動する。
- ・ 顔を下に向け、できるだけ低くかがんで、両腕で頭と首を守る。

【竜巻によってガラスが割れた中学校体育館（越谷市にて、当社撮影）】



③ 外にいるときは

- ・近くの頑丈な建物に避難する。
 - ・そのような建物が無ければ、飛散物から身を守れるような物陰やくぼみに身をふせる。
 - ・強い竜巻の場合は、樹木や自動車などであっても飛ばされるおそれがあるので、自動車の中などでも頭を抱えてうずくまる姿勢をとることが必要である。
- ※車庫、物置、プレハブ（仮設建築物）への避難は危険である。
- ※強い竜巻の場合は、電柱や太い樹木であっても倒壊することがあり避難の際は注意が必要である。

【竜巻によって被害を受けたプレハブ建物（越谷市にて、当社撮影）】



以上

コンサルティング第三部 災害リスクグループ
コンサルタント 江崎 隼輝

参考文献

- 1) 内閣府 HP：9月2日及び4日の竜巻等による被害状況等について（第8報）
<http://www.bousai.go.jp/updates/h25toppuu09/index.html>
 - 2) 総務省消防庁 HP：平成25年9月2日からの突風及び大雨による被害状況等について（第9報）
<http://www.fdma.go.jp/bn/2013/>
 - 3) 気象庁 HP
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
 - 4) 気象庁 リーフレット「竜巻・雷・強い雨 ナウキャストの利用と防災」
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/nowcast3/index.html>
 - 5) 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>
 - 6) 気象庁・内閣府 パンフレット「竜巻等突風災害とその対応」
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tornado/index.htm>
 - 7) 気象庁 冊子「竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について」
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/rikatsuyou.html>
- ※ [2. 竜巻などの激しい突風を伴う気象現象の概要]以降は、2012年5月15日に発行した災害リスク情報（号外）の内容を基に記載した。

株式会社インターリスク総研は、MS&AD インシュアランスグループに属する、リスクマネジメント専門のコンサルティング会社です。
災害や事故の防止を目的にしたサーベイや各種コンサルティングを実施しています。弊社コンサルティングに関するお問合せは下記の弊社連絡先、または、あいおいニッセイ同和損保、三井住友海上の各社営業担当までお気軽にお寄せ下さい。

株式会社インターリスク総研 コンサルティング第三部
千代田区神田淡路町2-105 TEL:03-5296-8917/FAX:03-5296-8942

本誌は、マスコミ報道など公開されている情報に基づいて作成しております。
また、本誌は、読者の方々に対して企業の災害防止活動等に役立てていただくことを目的としたものであり、事案そのものに対する批評その他を意図しているものではありません。

不許複製/Copyright 株式会社インターリスク総研 2013