

平成 21 年 7 月 19 日岡山県美作市竜巻被害調査報告

国土交通省 国土技術政策総合研究所 総合技術政策研究センター 喜々津 仁密
独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 奥田 泰雄

1. はじめに

平成 21 年 7 月 19 日 19 時過ぎに、岡山県美作市（図 1 中☆印）で住家の屋根が飛ばされるなどの竜巻被害が発生した。美作市の調査では、人的被害が軽傷者 2 名、住家被害が全壊 2 棟、一部損壊 72 棟となっている（7 月 21 日現在）。被害の範囲（図 5 参照）は美作市南部で、吉野川を挟んで東西に約 10km にわたっている。建築物等の被害は、屋根ふき材や小屋組構成部材の飛散・損傷、窓ガラスの破損、軽自動車の移動（約 100m）、アスファルト舗装の剥がれ、多数の倒木等の被害が見られた。

岡山地方気象台の調査¹⁾では、藤田スケール(参考資料 2 参照)F2 の竜巻による被害であるとしている。気象庁の記録²⁾によると、岡山県津山市で昭和 58 年と平成 1 年に F2 クラスの竜巻が発生し、平成 3 年には岡山市で F2 のダウンバースト³⁾が発生している。

国土技術政策総合研究所と建築研究所は、国土交通省住宅局、岡山県、美作市の協力により 7 月 22 日に現地調査を実施した。本報告はこの現地調査の結果を取りまとめたものである。

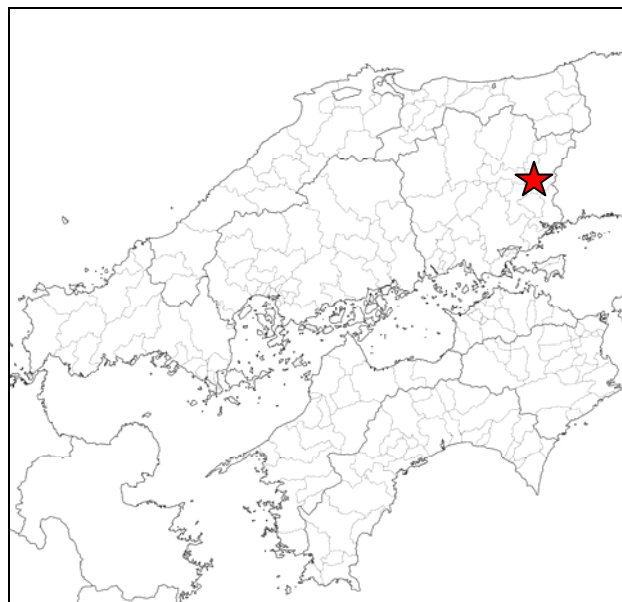


図 1 竜巻被害発生地（☆印）

2. 気象状況

岡山地方気象台の報告⁴⁾によると、「日本海にある梅雨前線が15時には中国地方まで南下した。梅雨前線に向かって暖かく湿った空気が入り、発達した積乱雲が次々と岡山県北部に進んだ。19時から21時にかけて美作市では解析雨量で1時間30ミリ以上の激しい雨」となった(図2, 3)。美作市の調べでは19時15分頃に突風が発生した。気象庁は19時10分から岡山県に竜巻注意情報⁵⁾を出して、警戒を呼びかけていた。

津山特別地域気象観測所(美作市から西約20km)では、19時10分に瞬間風速9.7m/sの風と14mmの降水を記録している。

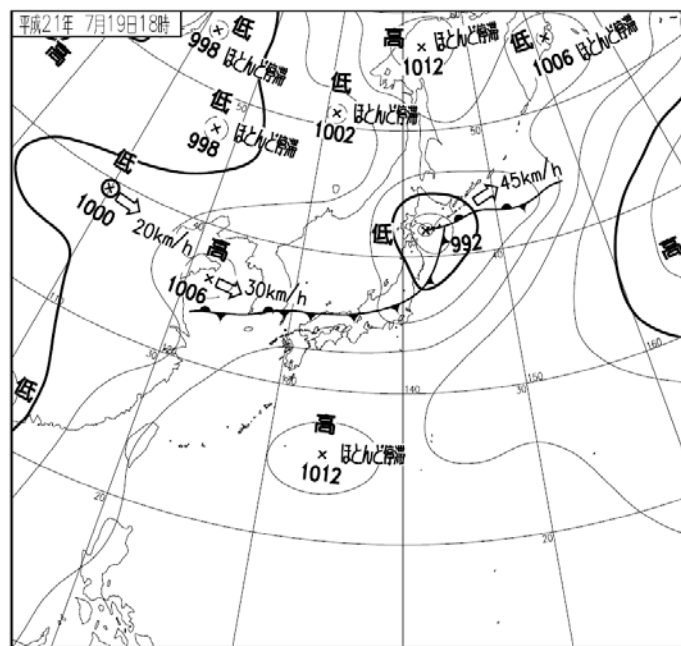


図2 地上天気図(7月19日18時 気象庁)⁴⁾

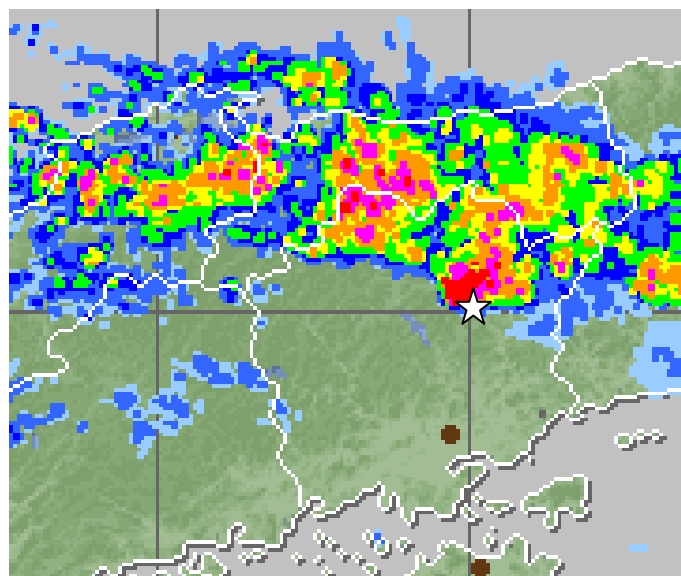


図3 レーダー画像(7月19日19時00分 気象庁)⁴⁾

3. 竜巻被害の概要

竜巻被害が発生した場所は、岡山県の北東部にある美作市（人口約 3.1 万人）の南部地域である。吉野川が南北に蛇行し、その両岸に細い支流の谷筋が形成され、地形の凹凸が大きい地域であり、平坦な地形ではない（図 4）。

図 5 は美作市が作成した被害分布（図中赤線で囲まれた部分）で、安蘇地区から滝宮地区までの長さ約 10km、幅約 100～200m の範囲である。北西から安蘇地区、下山地区、吉野川、上尾原地区、下尾原地区、尾谷地区、火打谷地区の谷筋沿いに被害が分布し、標高 429m の真木山を越えて滝宮地区まで達している。上記の地区の中では、安蘇地区の被害が最も大きく、西向きの風による被害が多い。現時点では、これらの被害が一つの竜巻によってもたらされたかどうかは不明である。

表 1 は美作市の調査による 7 月 21 日 17 時現在の被害状況である。人的被害は軽傷者 2 名（破損したガラスによる切り傷）、住家被害は全壊 2 棟、一部損壊 72 棟となっている。



図 4 安蘇地区被害状況

表 1 突風（竜巻）被害状況（美作市調べ 7 月 21 日 17 時現在）

人的被害	軽傷	2
住家被害	全壊	2
	一部損壊	72
非住家被害 (倉庫等)	全壊	5
	一部損壊	6
車両被害	全損	11
道路被害		2

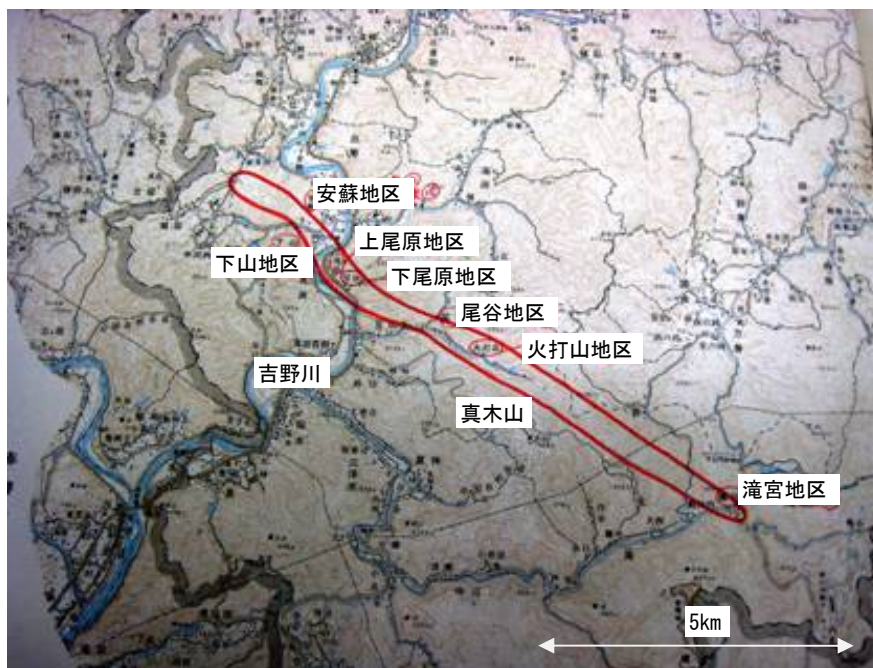


図 5 被害分布（美作市作成）

4. 主な被害状況

4.1 住家等の被害

図6～12は切妻屋根が飛ばされた住家の被害で、平成9年築造の比較的新しい住家である。この住家は安蘇地区のT字路の北西角にあった。図13に小屋組伏図と1・2階間取図を示す。図6～10に示すように、地棟上の小屋束と棟木・母屋の一部が残っており、残りの棟木・母屋および垂木・野地板・瓦等は飛ばされたと考えられる。地棟と小屋束には片面のみかすがいで留め付けてあるが、小屋束の上部と棟木との間にはかすがい等による留め付けの痕跡は認められなかった。母屋と垂木は釘で固定されていたと思われるが、垂木は調査時には残っていなかった。2階壁面に飛来物の衝突痕が認められ、壁面にある開口部の窓ガラスや引き戸は全て割れるか枠ごと無くなっていた。2階の天井は北側の部屋だけが抜けており、ほかの2階の部屋の天井は残されていた。また2階床も残されていた。

棟木・母屋とその下部の構造部材である二重梁・小屋束との緊結（図13）が十分でなかったために、風圧力による屋根の浮き上がりに対して小屋組がほとんど抵抗せずに、北西側の屋根から浮き上がり風下（南東側）に吹き飛ばされたと考えられる。一方、図6に示すように、建築物の東面に飛来物の衝突痕や庇の損傷が見られ、ダウンバーストのような一方向流では説明できない被害である。

1階南側の引き戸が無くなっており、1階南側の部屋の天井は垂れ下がっていた。風圧力によって引き戸が外側に外れた際に、室内圧が低下し天井仕上げ材が垂れ下がったと考えられる。



図6 屋根が飛ばされた新聞販売店の東面（美作市撮影）



図7 小屋組の状況



図8 地棟の南側端部



図9 地棟と小屋束



図10 地棟と棟木の北側端部



図11 2階北側室内の様子



図12 1階南側部屋の天井仕上げ材の垂下り

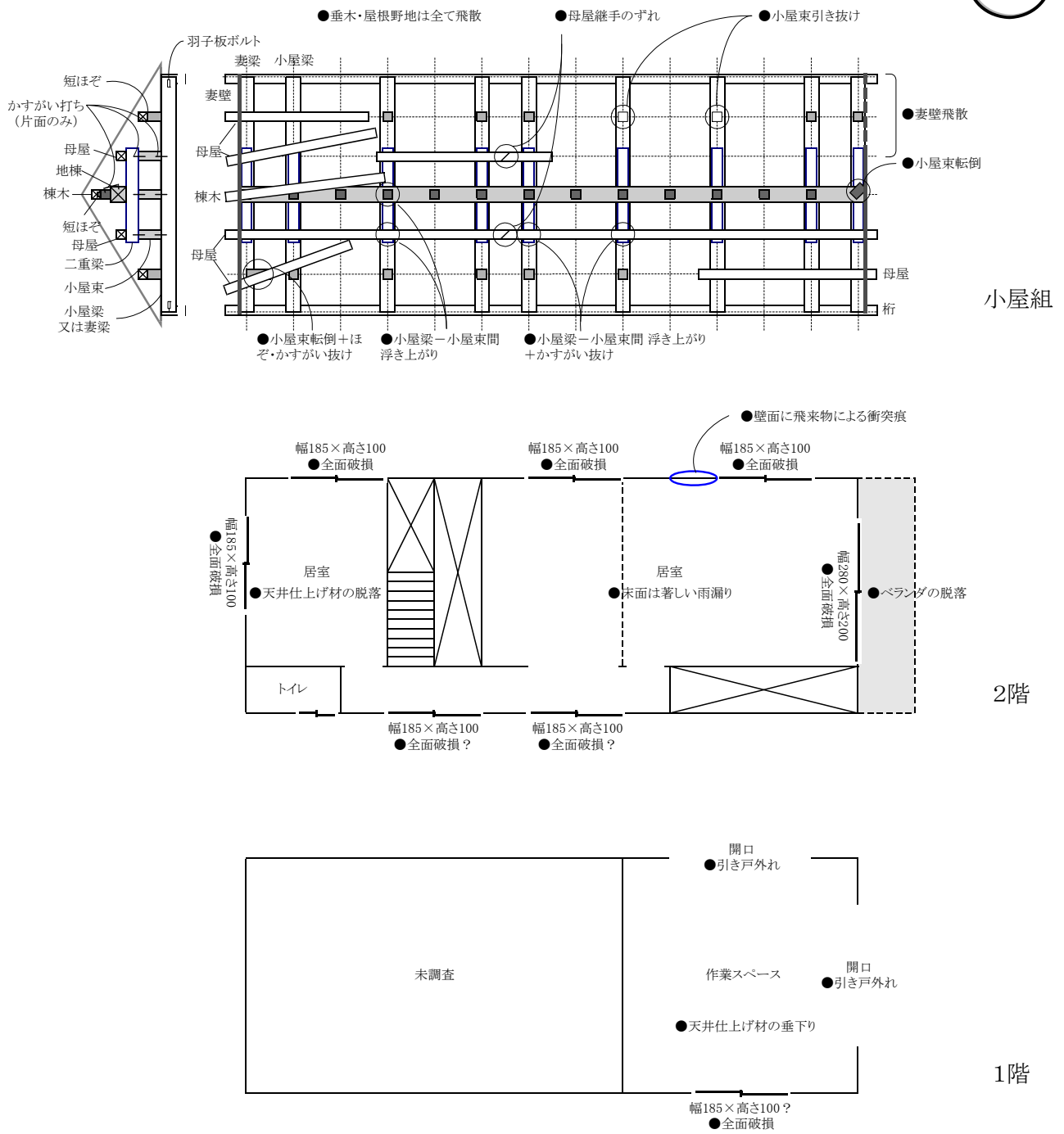


図 13 小屋組伏図と1・2階間取図

図 14～19 に、安蘇地区の T 字路の東側にあった寄棟屋根を有する住家の被害状況を示す。図 14 の手前の水田に飛ばされた軽乗用車は、奥の新聞販売店（図 6）の横に停めてあったものが約 100m 飛ばされたことである（矢印）。この住家も屋根を吹き飛ばされているが、小屋組がかなり壊れており、屋根の浮き上がりに対して小屋組の構成部材が抵抗した形跡が見られる（図 15）。また、2 階の屋根全体が飛ばされたのに対し、1 階の庇は瓦のズレや損傷等があるものの、大きな被害は見られなかった。この住家の屋根は被災翌日に仮設の棟木・小屋束・垂木等が作られ、ブルーシートで覆われていた。図 16, 17 は天井裏から小屋組の状況を撮ったもので、赤丸で囲まれた小屋束等は被災時のものである。図 17 の小屋束の上下はかすがいで固定されており、上部のかすがいが弾けたように開いている。図 18 は 1 階の天井で、隅角部が上方に持ち上げられている。図 19 は 2 階の軒天井の脱落で、屋根が飛ばされたことにより脱落したとも考えられる。



図 14 屋根が飛ばされた住家（平成 8 年築）と水田に飛ばされた軽自動車（美作市撮影）



図 15 屋根が飛ばされた住家（美作市撮影）



図 16 屋根が飛ばされた住家の小屋組の状況

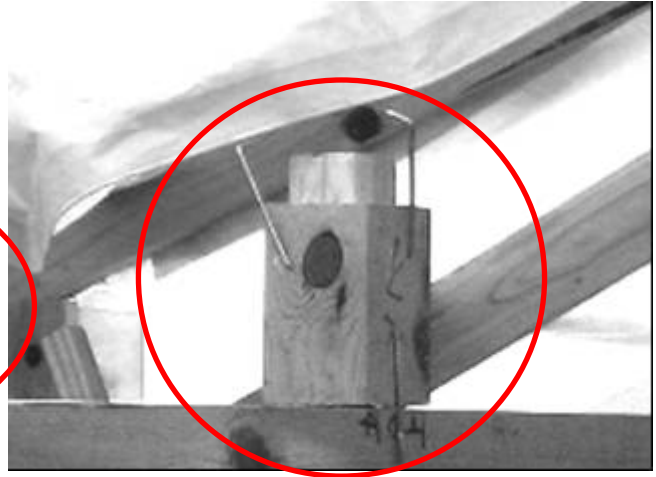


図 17 小屋束の状況



図 18 住家の1階室内の天井



図 19 軒天井の脱落

図 20, 21 も安蘇地区での比較的新しい住家の屋根ふき材の被害である。図 20 はプレハブ住宅の屋根ふき材が一部損傷を受けているが、飛散物の衝突によると思われる。2 階の窓ガラスも飛散物の衝突によって破損しており、壁面にも衝突痕が見られた。図 21 は、風圧力によって屋根瓦が捲れ上がり上方に移動したものである。屋根端部の屋根瓦は緊結されていたために残っており、1 階部分の屋根瓦は少しずつれている程度でほとんど損傷を受けていない。台風では強風の継続時間が長いために、このように屋根瓦が途中でまとまって残ることなく飛散するケースが多いが、突風では継続時間が非常に短いために、瓦がばらばらに飛散する前に突風が止んだものと考えられる。

図 22 は茅ぶき屋根を覆った金属製のふき材が剥離した事例で、手前の瓦屋根は無被害である。金属製のふき材と下地材の老朽化によって耐力が低下していたものと考えられる。図 23 の事例は、倉庫のシャッターが風圧力により室外から室内側に押されて、レールから外れている。



図 20 プレハブ住宅の屋根の損傷（美作市撮影）



図 21 2階屋根瓦の移動（美作市撮影）



図 22 老朽化した金属製の屋根ふき材の剥離



図 23 シャッターの外れ

4.2 その他の被害

図 24～29 に住家以外の被害を示す。図 24 は安蘇地区での被害で、道路のアスファルト舗装が剥がれて移動したとのことである。また図 6 の住家の側溝のコンクリート蓋が数 10m も飛ばされたとのことである。図 25 は山肌の倒木で、被災地の各所で点在して見られた。国道沿いの倒木により道路が通行止めになったとのことである。図 28 は車両被害で、美作市の調べによると安蘇地区 7 車両、下山地区 4 車両の被害があった。図 29 は被災翌日に撮影された写真で、安蘇地区の道路傍に片付けられた瓦等の飛散物である。安蘇地区の T 字路周辺では、被災直後はこれらの飛散物で道路が通行できない状況であった、とのことである。



図 24 アスファルト舗装の剥離と移動 (美作市撮影)



図 25 倒木 (火打谷地区)



図 26 道路ミラーの曲がり (美作市撮影)



図 27 折損した電柱の補強 (右側の柱)



図 28 転倒した軽乗用車 (美作市撮影)



図 29 瓦等の飛散物 (安蘇地区 美作市撮影)

5. 災害発生直後の行政対応

7月19日19時20分頃に市職員から災害発生情報が入り、美作市は20時に災害対策本部を設置して、被害状況の確認を行った。飛散物等による断線で竜巻の直後に一時約180世帯が停電したが、20日14時には復旧した。幹線道路である国道号374号と県道382号が飛散物と倒木により通行止めとなり、20日午後には解除された。

翌日7月20日に市職員が住家等の被害調査を実施し、表1の被害統計をまとめた。7月22日から建築士による再調査を実施した。内閣府の被害認定基準は平成21年6月に改正⁷⁾されているが、今回の調査は旧基準⁶⁾による調査とのことである。また、美作市は7月22日に被災世帯に見舞金(全壊世帯:10万円、一部損壊世帯5万円)を送り、住家補修のための無利子融資(市が利子分を負担)等の検討を行っている。さらに住家補修費等のために最大300万円の特別支援案を検討している。

6. まとめ

国土技術政策総合研究所と建築研究所は、国土交通省住宅局、岡山県、美作市の協力により7月22日に竜巻被害を受けた建築物等の現地調査を実施した。西方向の風向きによる被害が多く、被害が帯状の地域に約10kmにわたって点在している。尾根ではなく谷底や山肌での倒木が見られ、地形の影響も考えられる。屋根が飛ばされた2軒の住家は、小屋組等の損傷状況に違いがあり、風圧力による屋根の浮き上がりに対する抵抗状況を示していると考えられる。

謝辞

本調査を実施するにあたり、被災直後にもかかわらず、岡山県美作市の皆様には現地被害調査にご協力いただいた。また、岡山県ほか関係各位にもご協力をいただいた。記して感謝の意を表したい。

参考文献

1. 岡山地方気象台：平成21年7月19日に岡山県美作市で発生した突風について、2009.7.20、
http://www.osaka-jma.go.jp/okayama/20090719toppu/20090719chosa_sokuho1.pdf
2. 気象庁：竜巻等突風データベース 都府県支庁別の事例一覧、岡山県
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/list/66.html>
3. 突風と建築物被害について(豆知識)
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2008mame/index.pdf>
4. 岡山地方気象台：平成21年7月19日に岡山県美作市で発生した突風について、2009.7.20、
<http://www.osaka-jma.go.jp/okayama/20090719toppu/20090719kishousokuhou1.pdf>
5. 気象庁：竜巻注意情報、<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/tatsumaki.html>
6. 内閣府：災害に係る住家の被害認定基準、2001
7. 内閣府：被害の実態に即した適切な住家被害認定の運用確保方策に関する検討会資料、2009.6
<http://www.bousai.go.jp/hou/jyukyo/03/kento03.html>

参考資料 1

1990 年以降の我が国の主な竜巻の被害概要と建築研究所・国土技術政策総合研究所による調査報告

-
- | | | |
|----------|--|----------------------|
| 1990. 12 | 茂原竜巻（千葉県茂原市・富津市ほか）
被害の長さ 5km：幅最大 1km
死者 0 名、重傷者 7 名、軽傷者 72 名
全壊 85 棟、半壊 176 棟、一部損壊 1843 棟（千葉県）
（建築研究所による調査報告）
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/78.htm | F3 (70-92m/s) |
| 1999. 9 | 豊橋竜巻（愛知県豊橋市・豊川市ほか）
被害の長さ 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） | F3 (70-92m/s) |
| 2002. 7 | 境町竜巻（群馬県境町、埼玉県深谷市）
被害の長さ 5km：幅最大 100m
死者 0 名、重傷者 1 名、軽傷者 11 名
全壊 7 棟、半壊 31 棟（境町・深谷市）
（建築研究所による調査報告）
http://www.kenken.go.jp/japanese/research/str/list/topics/tatsumaki/index.pdf | F2 (50-69m/s) |
| 2004. 6 | 佐賀竜巻（佐賀県佐賀市、鳥栖市ほか）
被害の長さ 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）
（建築研究所・国土技術政策総合研究所による調査報告）
http://www.kenken.go.jp/japanese/research/str/list/topics/saga-tatsumaki/index.pdf | F2 (50-69m/s) |
| 2006. 9 | 延岡竜巻（宮崎県延岡市）
被害の長さ 7.5km：幅最大 250m
死者 3 名、重傷者 3 名、軽傷者 140 名
全壊 71 棟、半壊 317 棟、一部損壊 599 棟
（建築研究所による調査報告）
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2006taifu13/2006taifu13.pdf | F2 (50-69m/s) |
| 2006. 11 | 佐呂間竜巻（北海道佐呂間町）
被害の長さ約 1.4km：幅約 100m～300m
死者 9 名、重傷者 6 名、軽傷者 25 名
全壊 7 棟、半壊 7 棟、一部損壊 25 棟
（建築研究所による調査報告）
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2006saroma/2006saroma.pdf | F3 (70-92m/s) |
-

参考資料 2

藤田スケール (F0~F12) (気象科学辞典より)

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簡便に推定するために、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

$$V=6.3 (F+2)^{1.5} \text{ [m/s]}$$

で、F1 はビュー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。

階級	風速	被害状況
F0	17~32m/s (約 15 秒間の平均風速)	テレビアンテナなどの弱い構造物が倒れる。小枝が折れ、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 秒間の平均風速)	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)	住家の屋根がはぎとられ、弱い非住家は倒壊する。大木が倒れたり、ねじ切られる。自動車が道から吹き飛ばされ、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、鉄骨づくりでもつぶれる。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 m も空中飛行する。1 t 以上もある物体が降ってきて、危険この上もない。
F5	117~142 m/s (約 3 秒間の平均風速) [信じられない被害]	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 t もある物体がどこからともなく降ってくる。