

平成 25 年 9 月 4 日

平成 25 年 9 月 10 日 一部修正

平成 25 年 9 月 2 日に発生した竜巻による埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町 及び千葉県野田市での建築物等被害（速報）

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

1. はじめに

平成 25 年 9 月 2 日 14 時頃に発生した竜巻により、埼玉県さいたま市、越谷市、北葛飾郡松伏町、千葉県野田市及び茨城県坂東市において建築物等の被害が発生した。国土技術政策総合研究所と建築研究所では、越谷市、松伏町及び野田市での建築物等の被害概要を把握するための現地調査を実施した。気象庁の発表によると、この突風をもたらした現象は竜巻であると認められ、その強さは藤田スケールで F2 であると推定されている¹⁾。

以下の 2 節で調査概要を示すとともに、3 節で現地調査から得た被害分布、4 節で埼玉県越谷市における建築物等の被害、5 節で埼玉県北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市における建築物等の被害の概要をそれぞれまとめる。なお、9 月 5 日(木)に追加調査を実施しており、参考資料 4 にその概要をまとめた。

2. 調査概要

2.1 調査日程と地区

9 月 2 日（月）午後 埼玉県越谷市

9 月 3 日（火）午前・午後 埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市

2.2 調査者

国土技術政策総合研究所 建築研究部 安藤 恒次、壁谷澤 寿一

同 住宅研究部 中川 貴文

独立行政法人建築研究所 構造研究グループ 喜々津 仁密、荒木 康弘

同 建築生産研究グループ 石原 直

同 住宅・都市研究グループ 石井 儀光

2.3 調査の方法

本調査では、建築物等の被害を巻末の参考資料 2 に示す強風被災度ランク²⁾によって分類した。強風被災度ランクは建築物等の被害を外観から判定する指標で、5 つの被災度ランクに分けられる。なお、本調査では調査建築物のうち、外観からは被害が確認できなかった建築物については被災度ランク 0 として記録した。

本調査では建築物ごとの強風被災度ランク等の記録に、建築研究所が開発した応急危険度判定支援ツ

ール³⁾を利用した。

3. 被害分布概要

表 3.1 に強風被災度ランク別の調査棟数を示す。被災度ランク 1 以上の被害があった建築物は、調査建築物 521 棟中 347 棟であった。(注：9 月 5 日に実施した追加調査（巻末の参考資料 4 参照）の結果は含まれていない。)

なお、本調査は悉皆調査ではなく、関係市町や報道機関等の情報に基づき、一定程度の被害があると予想された限られた範囲を対象に現地調査を実施したものである。そのため、今回発生した竜巻による建築物被害の全てを把握したものではなく、また、強風被災度ランクの判定基準と被災者生活再建支援法に基づく全壊・半壊等の判定基準とは異なるため、単純な比較はできない。

表 3.1 強風被災度ランク別調査棟数

被災度	棟数
5	7
4	27
3	83
2	114
1	116
0	174
合計	521

次に、今回調査した建築物 521 棟の調査結果を被災度ランク別に色分けした地図を図 3.1 に示す。越谷市大袋駅周辺から野田市七光台駅方面にかけて、被害が大きかったと思われる地域を対象に調査を行った。概ね直線的に竜巻の被害が分布していることが分かる。



図 3.1 強風被災度ランクによる被害分布（全域）

次に、越谷市、松伏町、野田市の調査結果の拡大図をそれぞれ図 3.2 から図 3.4 に示す。



図 3.2 強風被災度ランクによる被害分布（越谷市）



図 3.3 強風被災度ランクによる被害分布（松伏町）



図 3.4 強風被災度ランクによる被害分布（野田市）

4. 埼玉県越谷市における建築物等の被害概要

埼玉県越谷市における建築物等の被害の概要を以下にまとめる。

4.1 文教施設の被害

文教施設の主な被害事例を以下に示す。

(1) 学校 A

(本校舎)

本校舎は鉄筋コンクリート造 4 階建てである。H 形平面校舎で、主な被害としては窓ガラスの破損・とびらの変形・仕上げモルタルの剥落などが確認されている。竜巻経路に近い構面ではガラス破損枚数は 20 枚程度、反対構面では 6 枚程度であった。また、窓ガラスの破損は上層階ほど顕著であった。



写真 4.1.1 本校舎外観及び窓ガラス被害 写真 4.1.2 本校舎の仕上げモルタルの剥落

(体育館)

体育館の形状は平面 20m×30m、高さ 10m であり、屋根については平成 17 年に改修工事が実施されている。主架構は鉄筋コンクリート造で、屋根は鋼製立体トラスであった。屋根ふき材は鋼板製で、母屋のリップ溝形鋼を介して立体トラスに留められていた。屋根ふき材の厚さは 0.5mm 程度であり、母屋への固定には M8 のビスが使用されている。屋根ふき材は 2 重になっており、木毛セメント板（厚さは 20mm）と断熱材を挟んでいる。窓の天端高さは地盤面から 6.6m、窓面の高さは 3m であった。ガラスは下部に網入りガラス(7mm)と上部にフロート板ガラス(5mm)が使用されていたが、全面的に破損している。金属屋根は母屋と屋根ふき材との接合部が破壊することにより部分的にめくれあがっており、破損部分は全面積の 25%程度であった。また、一部の母屋は上側に曲げられていた。



写真 4. 1. 3 体育館外観



写真 4. 1. 4 体育館内部



写真 4. 1. 5 屋根ふき材の断面



写真 4. 1. 6 屋根ふき材と母屋との接合部（ビス）



写真 4. 1. 7 母屋の変形



写真 4. 1. 8 ガラス窓の破損

（正門周辺の状況）

正門脇のフェンスが倒壊していた。コンクリートブロックは $400\text{mm} \times 200\text{mm} \times 125\text{mm}$ であり、各ブロックの中間部に定着筋(D6)が設けられている。端部は絞れておらず、上から 2 段目のブロックからの定着長さが 100mm 程度であったことから最上段のブロックが抜け出してフェンスが倒壊したと考えられる。また、正門周辺の複数の電柱が東方向（竜巻の進行方向と想定される）に倒壊していた。



写真 4. 1. 9 フェンスの倒壊



写真 4. 1. 10 電柱の倒壊

(2) 学校 B

本校舎は鉄筋コンクリート造 4 階建てである。主な被害としてはガラス破損、排気ダクトのプラスチックカバーの外れが確認されている。窓ガラスの損傷は上層階で大きかった。児童複数名が飛来物等により怪我した模様である。



写真 4. 1. 11 本校舎外観及び教室側構面のガラス窓被害

(3) 児童福祉施設 C

本施設は築 12 年の木造 2 階建てである。主な被害としてガラス戸破損、サイディングボードの損傷、門扉のサッシ変形、フェンスの倒壊、自転車置場のポリカーボネート製屋根面の破損が確認されている。ガラス戸やサイディングは周辺建築物からの飛来物を受けて損傷している。飛来物は 100mm 角、厚さ 20mm 程度のサイディングや瓦のかけらであった。ガラスは内部に飛散したが、児童は奥の部屋に避難していたため、けが人はいなかった。正門脇のフェンス(高さ 1.1m、地面からの高さ 1.7m)が倒壊していた。フェンス下側を留め付けるためのボルト(M6)孔部分を起点として、直径 50mm の中空薄肉円型鋼材(厚さ 0.5mm 程度)の支柱が破断していた。



写真 4. 1. 12 建築物外観



写真 4. 1. 13 飛来物により破損したガラス戸と外壁



写真 4. 1. 14 フェンスの倒壊



写真 4. 1. 15 支柱部の破断

(4) 学校 D

本校舎は鉄筋コンクリート造 3 階建てである。校舎被害は非構造部材も含めて確認されていない。14 時過ぎの数分間に複数の教職員がプール及び校庭敷地の端部(校舎から 100m 程度の位置)を西から東へと竜巻が通過したことを校舎から確認している。竜巻状の渦が確認されたプール近傍には体育館が存在するが被害は見られていない。また、校庭を通り過ぎたものとは別の竜巻が校舎の西側を通ったとの証言もあった。校庭には竜巻がまき散らしたがれき飛来物が散乱していた。児童は引き渡し訓練で午前中に全員下校していた。



写真 4. 1. 16 本校舎外観



写真 4. 1. 17 体育館外観

(5) 学校 E

本校舎は鉄筋コンクリート造 4 階建てである。校舎の被害は非構造部材も含めて確認されていない。校舎周辺での樹木の太い枝が折れている。児童は引き渡し訓練で午前中に全員下校していた。



写真 4. 1. 18 本校舎外観

(6) 幼稚園 F

本建築物は鉄骨造 2 階建てである。職員及び数名の児童が建築物内に避難していたがけが人はなかった。周囲の建築物には小屋組被害等の甚大な被害が確認され、近隣駐車場の乗用車のフロントガラスは破損している。ピロティ部分の天井の一部が面的に剥がれるとともに、吊りボルトの位置で面材が破損している。天井面が上向きの力を受けたと考えられ、上向きに変形した下地やハンガーが確認された。地面から天井までの高さは 3.0m、天井懐は 0.6m、ピロティ部分の平面は 6.0m×4.6m であった。いわゆる在来工法の天井で、クリップや野縁等は JIS 材ではない。厚さ 5mm の面材が 1 枚だけ貼られている。

屋上では室外機が倒れこみ、鋼板製屋根に変形が生じている他、手すりの一部が倒れている。竜巻経路の前面(廊下側)では網入りガラスが使用されていたが、2 階部分では破損・脱落、1 階部分ではひび割れが確認された。これに対して経路の背面(教室側)では合わせガラスが使用されており、2 階部分の 1 枚を除いて被害は見られなかった。また被害を受けた 1 枚には放射状のひび割れが確認されたが、周囲にガラス片は飛散していなかった。



写真 4. 1. 19 建築物外観及び網入りガラス損傷



写真 4. 1. 20 合わせガラスの放射状のひび割れ



写真 4.1.21 ピロティの天井の被害



写真 4.1.22 天井の下地材の変形

(7) 市関連施設 G

本施設は鉄骨造 2 階建てであり、竣工年は昭和 49 年である。主な被害として鋼板製の屋根ふき材及び母屋の破壊、屋根部分の立ち上がり壁の仕上げ及び換気扇フードの脱落、窓ガラスの損傷脱落、シャッターの面外変形、勾配天井の脱落、モルタル外壁の脱落が確認されている。ガラス窓は全面的に破損しており、建築物(勾配天井を有する大空間吹抜け 15m×33m)内部にいた職員複数名が飛散したガラスを受け怪我している。窓ガラスはフロート板ガラスで 850mm×700mm と 850mm×1900mm の二枚であった。

天井の吊り元高さは 8.67m で天井高さは 3.80～5.00m であった。被害の大きな部分は傾斜のある段差天井であるが、その他の部分についても脱落していないものの部分的な損傷が確認されている。鋼板製の屋根材及び母屋が巻き上げられた際に、母屋に取り付けられた天井が上向きに引き上げられて破壊したものと思われる。竜巻経路背面のガラスには被害が見られなかったが、建築物背後の倉庫の外壁材が破損していた。



写真 4.1.23 建築物外観



写真 4.1.24 建築物背後の倉庫



写真 4. 1. 25 鋼板製の屋根ふき材及び母屋の破壊



写真 4. 1. 26 母屋及び天井の破壊



写真 4. 1. 27 屋根部分の立ち上がり壁の仕上げ及び換気扇フードの脱落



写真 4. 1. 28 天井の破壊



写真 4. 1. 29 天井の部分的な損傷



写真 4. 1. 30 シャッターの変形

4.2 住家の被害

住家の主な被害事例を以下に示す。なお、飛来物の衝突による被害については、4.3 節にまとめて示す。

(1) 上部構造の倒壊・飛散

写真 4.2.1 に在来軸組工法による木造住家の倒壊事例を示す。居住者の話によると昭和 54 年に建設されたとのこと（新耐震以前に相当）であり、1 階平面寸法は約 7.3m×4.6m、横架材－柱脚間の接合部は釘打ちされていた。竜巻による力によって 1 階が転倒するように倒壊していた。また、倒壊した 2 階の小屋組は飛散しており、調査時には確認できなかった。

写真 4.2.2 に示す木造住家の倒壊事例については、近隣から飛来した建築物の上部構造が衝突して倒壊した可能性がある。

写真 4.2.3 は建築物の上部構造の飛散事例である。この上部構造と写真 4.2.4 に示すコンクリートブロックによる基礎との間には、長辺方向がブロック 4 個間隔、短辺方向がブロック 3 個間隔でアンカーボルトによる緊結がされていたと思われる。



写真 4.2.1 上部構造の倒壊（1）



写真 4.2.2 上部構造の倒壊（2）



写真 4.2.3 上部構造の飛散



写真 4.2.4 飛散した上部構造の基礎

(2) 小屋組の損壊

木造住家の構造部材の被害として、小屋組の損壊の事例も複数確認された。写真 4.2.5～4.2.7 に被害

例を示す。写真 4.2.7 に示す住家の室内では、天井仕上げ材の脱落も確認した（写真 4.2.8）。



写真 4.2.5 小屋組の被害



写真 4.2.6 屋根の軒先の被害



写真 4.2.7 小屋組の被害

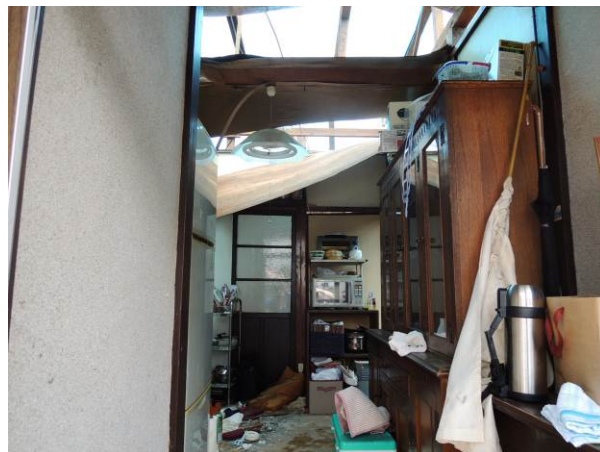


写真 4.2.8 写真 4.2.7 の住家の室内状況

（3）外装仕上げ材の被害

屋根ふき材の脱落・飛散として、写真 4.2.9 に粘土瓦、写真 4.2.10 にカラー鋼板の事例をそれぞれ示す。写真 4.2.11 に示す外壁材の剥離箇所は外壁の隅角部に相当する部位であり、突風による大きな局部風圧が作用したものと思われる。また、開口部の被害に関して写真 4.2.12 は、シャッターを構成するスラットが面外方向の力の作用を受けたことによってガイドレールから外れた例である。なお、調査時点では既に多くの住家で、屋根ふき材やガラス等の開口部の被害部位にブルーシートによる応急措置がされていた（写真 4.2.13）。



写真 4.2.9 粘土瓦の脱落状況



写真 4.2.10 屋根鋼板の飛散状況



写真 4.2.11 外壁材の剥離



写真 4.2.12 シャッターの被害



写真 4.2.13 屋根及び開口部の応急措置の状況

4.3 飛来物による被害

今回の調査範囲においては、過去の竜巻被害事例と同様に多数の飛来物による被害を確認した。写真 4.3.1 に示す住家では金属製の外壁材に多数の飛来物痕の他、木質部材の突き刺さりも確認できる。写真 4.3.2 では、飛散した外装材が鉄塔の頂部から延びる電線に引っ掛かっている。このような比較的軽量か

つ一定の面積を有する外装材が電線に引っ掛かっている事例は他の調査地点でも複数確認した。写真 4.3.3 は外装建具と思われる飛来物が電線に引っ掛かった事例、写真 4.3.4 は隣家から飛散した屋根が衝突した事例であり、多数の粘土瓦が散乱している。



写真 4.3.1 外壁の飛来物による衝突痕



写真 4.3.2 電線に引っ掛かった外装材



写真 4.3.3 建具と思われる飛来物

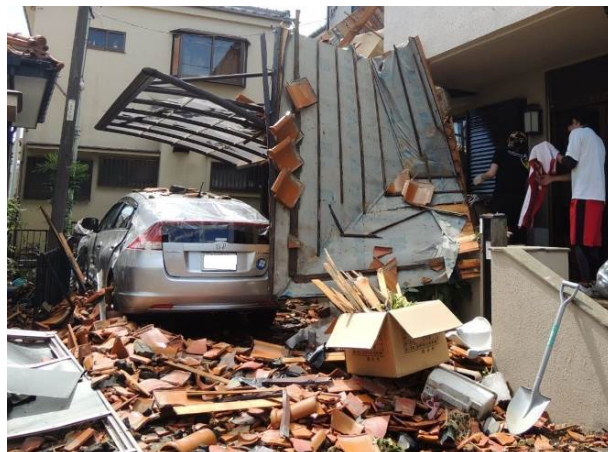


写真 4.3.4 隣家から飛散した屋根

4.4 その他の被害

4.3 節までに掲げた建築物以外の被害を以下に示す。

写真 4.4.1～4.4.2 は鋼製コンテナ（奥行約 2400mm×幅約 2400mm×高さ約 6400mm）の転倒事例であり、地盤への定着の措置は確認されなかった。写真 4.4.3 は複数の電柱の北東方向への傾斜、写真 4.4.4 は折損した電柱が隣家の屋根に衝突している状況、写真 4.4.5 は住家の木製塀の倒壊、写真 4.4.6 はテニスコートを囲む支柱の倒壊及び人工芝の剥離の状況である。



写真 4. 4. 1 転倒した鋼製コンテナ（1）



写真 4. 4. 2 転倒した鋼製コンテナ（2）



写真 4. 4. 3 電柱の傾斜



写真 4. 4. 4 電柱の折損（隣家に衝突している）



写真 4. 4. 5 木製塀の倒壊



写真 4. 4. 6 テニスコート人工芝等の被害

5. 埼玉県北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市における建築物等の被害概要

埼玉県北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市における建築物等の被害の概要を以下にまとめる。

5. 1 埼玉県北葛飾郡松伏町における建築物等の被害概要

（1）屋根の被害

屋根ふき材が飛散した被害事例が多く確認された（写真 5. 1. 1～5. 1. 6）。



写真 5. 1. 1 屋根ふき材の被害



写真 5. 1. 2 屋根ふき材の被害



写真 5. 1. 3 屋根ふき材の被害



写真 5. 1. 4 屋根ふき材の被害



写真 5. 1. 5 屋根ふき材の被害



写真 5. 1. 6 屋根ふき材の被害

(2) 開口部、外装材の被害

シャッターの破損や外装材が脱落した事例が確認された(写真5. 1. 7～5. 1. 10)。写真5. 1. 9、写真5. 1. 10は飛来物の衝突によると考えられる外装材の被害事例である。



写真 5. 1. 7 シャッターの被害



写真 5. 1. 8 外装材の被害



写真 5. 1. 9 外装材の被害



写真 5. 1. 10 外装材の被害

(3) 建築物の倒壊

木造の倉庫が倒壊した事例が確認された（写真 5. 1. 11）。



写真 5. 1. 11 倉庫の倒壊

(4) 樹木の被害

倒れた樹木の接触が原因と思われる家屋の小屋組の被害事例が確認された。



写真 5. 1. 12 樹木の倒壊



写真 5. 1. 13 樹木の倒壊による小屋組の被害

(5) その他

屋上のフェンスの被害、看板の脱落、フェンスの被害が確認された（写真 5. 1. 14～5. 1. 16）。



写真 5. 1. 14 屋上フェンスの被害



写真 5. 1. 15 看板の脱落



写真 5. 1. 16 フェンスの被害

5. 2 千葉県野田市における建築物等の被害概要

(1) 屋根の被害

写真 5. 2. 1～5. 2. 7 に屋根の被害事例を示す。屋根ふき材が飛散した被害事例が多く確認された。小屋

組の破損、野地板の飛散等の被害事例も確認された。



写真 5. 2. 1 屋根ふき材の被害



写真 5. 2. 2 屋根ふき材の被害



写真 5. 2. 3 小屋組の被害



写真 5. 2. 4 小屋組の被害



写真 5. 2. 5 小屋組の被害



写真 5. 2. 6 小屋組の被害



写真 5. 2. 7 屋根ふき材の被害（社寺建築）

（２）開口部、外装材の被害

ガラスが破損した事例、外装材が損傷・脱落した事例が多く確認された（写真 5. 2. 8～5. 2. 11）。飛来物の衝突によると考えられる被害（写真 5. 2. 9）も確認された。



写真 5. 2. 8 ガラスの破損



写真 5. 2. 9 外壁材及びガラスの破損



写真 5. 2. 10 外壁材の脱落



写真 5. 2. 11 外装材の破損

（３）建築物の倒壊

母屋に隣接する納屋が倒壊した被害事例が確認された。



写真 5. 2. 12 納屋の倒壊



写真 5. 2. 13 納屋の倒壊

(4) 樹木の被害

樹木の折損や根こそぎ倒れた事例が多く確認された（写真 5. 2. 14～5. 2. 17）。



写真 5. 2. 14 樹木の被害



写真 5. 2. 15 樹木の被害



写真 5. 2. 16 樹木の被害



写真 5. 2. 17 樹木の被害

(5) その他

看板、フェンスの被害、屋根に設置されたアンテナの被害が確認された。耐震改修工事中の文教施設において、足場の倒壊によりフェンスが被害を受けた被害事例（写真 5. 2. 19）が確認された。



写真 5.2.18 看板の被害



写真 5.2.19 フェンスの被害 (工事中の建築物)



写真 5.2.20 フェンスの被害



写真 5.2.21 アンテナの被害

6. まとめ

国土技術政策総合研究所と建築研究所では、9月2日に発生した竜巻による埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市での建築物等被害について、被害発生直後の状況把握を目的に現地調査を実施した。

文教施設の被害として、窓ガラスの破損、体育館の屋根ふき材の飛散、ピロティ部分の天井の面的な剥がれ等がみられた。また住家等の構造躯体の被害として、上部構造の倒壊・飛散や小屋組の損壊、外装材の被害として、屋根ふき材の脱落・飛散、開口部の損壊、飛来物の衝突による損傷等がみられた。これらの知見を今後の調査研究に反映する予定である。

今回の竜巻の災害で被災された方々に心からお見舞い申し上げます。なお、本調査を実施するに当たり、越谷市都市整備部建築住宅課及び子ども家庭部保育課、野田市都市部建築指導課、松伏町まちづくり整備課並びに調査建築物の関係各位には現地被害調査にご協力頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：平成25年9月2日に発生した竜巻について，平成25年9月3日
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/new/2013090201/20130902_saitama.pdf
- 2) 奥田泰雄, 喜々津仁密, 西村宏昭: 強風被災度ランク, 第19回風工学シンポジウム論文集, pp. 223-228,

2006.12

3) 建築研究所：えびすとら Vol.58 被災建物調査における携帯型情報端末の活用, 2012

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistura/pdf/58.pdf>

参考資料 1

平成 2 年以降の主な竜巻の被害概要と国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告

平成 2 年 12 月

茂原竜巻（千葉県茂原市・富津市ほか）

F3 (70-92m/s)

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>

平成 11 年 9 月

豊橋竜巻（愛知県豊橋市・豊川市ほか）

F3 (70-92m/s)

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）

平成 14 年 7 月

境町竜巻（群馬県境町、埼玉県深谷市）

F2 (50-69m/s)

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>

平成 16 年 6 月

佐賀竜巻（佐賀県佐賀市、鳥栖市ほか）

F2 (50-69m/s)

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）

（国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告）

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2005saga/index.pdf>

平成 18 年 9 月

延岡竜巻（宮崎県延岡市）

F2 (50-69m/s)

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>

平成 18 年 11 月

佐呂間竜巻（北海道佐呂間町）

F3 (70-92m/s)

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>

平成 20 年 5 月

アイオワ州トルネード (米国アイオワ州パークスバーク)

EF5 (89m/s-) 拡張フジタスケール

死者 8 名、重軽傷者 50 名以上

住宅の全壊 394 棟、過半の損壊 65 棟、一部損壊 162 棟

(建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp./japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/2008iowa/index.pdf>

平成 21 年 7 月

美作竜巻 (岡山県美作市)

F2 (50-69m/s)

被害の長さ約 10km

軽傷者 2 名

全壊 2 棟、一部損壊 72 棟

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp./japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/090719-okayama.pdf>

平成 21 年 7 月

館林竜巻 (群馬県館林市)

F1 又は F2 (33-69m/s)

被害の長さ約 6.5km

全壊 25 棟、半壊 33 棟、一部破損 361 棟

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp./japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/090727-gunma.pdf>

平成 21 年 10 月

土浦竜巻 (茨城県土浦市)

F1 (33-49m/s)

被害の長さ約 2.8km : 幅約 200m~300m

全壊 1 棟、半壊 11 棟、一部破損 94 棟

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/kaze/091008-tuchiura.pdf>

平成 24 年 2 月

出雲竜巻 (島根県出雲市)

F0 (17-32m/s)

被害の長さ約 7km

(国土技術政策総合研究所による調査報告)

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h24shimane/h24shimane.pdf>

平成 24 年 5 月

F3 (70-92m/s)

つくば竜巻 (茨城県つくば市)

被害の長さ約 17km

(国土技術政策総合研究所・建築研究所による調査報告)

<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/141/index.html>

参考資料 2

強風被災度ランク

ランク 1（極く軽微な被害）

住宅のテレビアンテナが曲がる。樋が落ちる。小枝が折れ、葉が飛散する。



ランク 2（軽微な被害）

瓦がずれる。軒先やケラバなどで部分的（屋根面積の 30%未満）に瓦やシングル、金属屋根といった屋根ふき材が飛散する。
太い枝が折れる。



ランク 3（顕著な被害）

屋根の広範囲（屋根面積の 30%以上）で瓦やシングル、金属屋根といった屋根ふき材が飛散し、野地板の広い面が見える。部分的に窓ガラスが割れる。軽微な外壁が破損する。太い木が倒れる。



ランク 4（甚大な被害）

屋根の垂木や母屋が破損する。小屋組が壊れる。多くの窓ガラスが割れる。



ランク 5（壊滅的な被害）

家屋が倒壊する。



（出典）奥田泰雄，喜々津仁密，西村宏昭：強風被災度ランク，第 19 回風工学シンポジウム論文集，pp. 223-228，2006. 12

参考資料 3

フジタスケール

竜巻やダウンバーストなどの風速を、構造物などの被害調査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 年に考案された風速のスケール。F スケールともいう。各スケールの風速の下限 V は

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

で与えられ、F1 はビュフォートの風力階級の第 12 階級、F12 は M1（マッハ 1 は音速〈約 340m/s〉に等しい）になるよう定義してある。（気象科学辞典(1998 年第 1 版)より）

F0	17～32m/s (約 15 秒間の平均)	テレビの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)	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、強い木は幹が折れたりする。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、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、自動車は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、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。

（気象庁ホームページより）

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tornado1-5.html>

参考資料 4

追加調査の概要

平成 25 年 9 月 2 日に発生した竜巻被害について、国土技術政策総合研究所と建築研究所では、同年 9 月 2・3 日に現地調査を実施し、建築物等の顕著な被害について速報を公表したが、被災後に撮影された航空写真等から、当該調査では未確認の顕著な被害が確認されたことから、追加調査を実施した。

追加調査における顕著な被害事例の概要は、以下のとおりである。

日 時：平成 25 年 9 月 5 日（木）13:30～18:00

場 所：埼玉県越谷市、同北葛飾郡松伏町

調査者：奥田泰雄（国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター建築災害対策研究官）
石井儀光（独立行政法人建築研究所 住宅・都市研究グループ 主任研究員）

1. 被害分布概要

表 1.1 に強風被災度ランク別の調査棟数を示す。被災度ランク 1 以上の被害があった建築物は、調査建築物 72 棟中 67 棟であった。また、表 1.2 に当初調査と追加調査の合計数を示す。

表 1.1 強風被災度ランク別調査棟数（追加調査分）

被災度	棟数
5	10
4	9
3	19
2	27
1	2
0	5
合計	72

表 1.2 強風被災度ランク別調査棟数（当初調査と追加調査の合計）

被災度	棟数
5	17
4	36
3	102
2	141
1	118
0	179
合計	593

次に、追加調査した建築物全 72 棟の調査結果を被災度ランク別に色分けした地図を図 1.1 に示す。

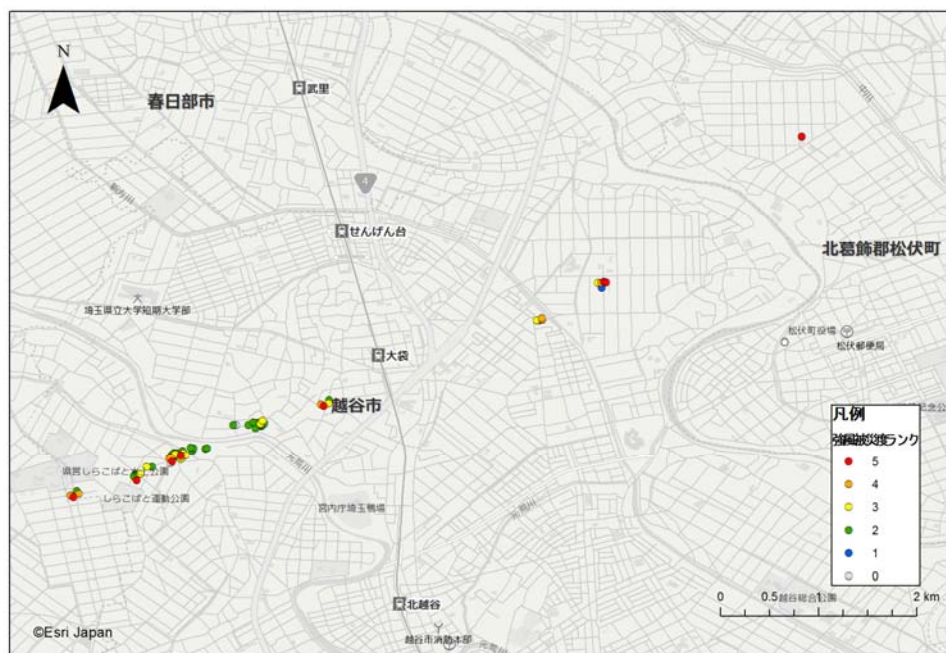


図 1.1 強風被災度ランクによる被害分布（追加調査分）

また、当初調査と追加調査の計 593 棟の調査結果を被災度ランク別に色分けした地図を図 1.2 に示す。

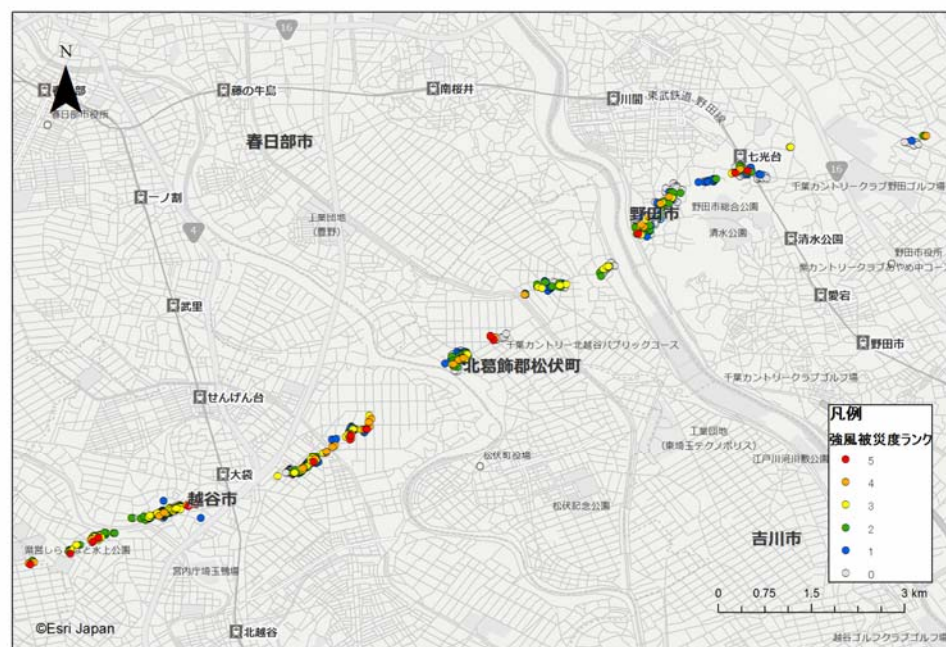


図 1.2 強風被災度ランクによる被害分布（当初調査＋追加調査）

2. 上部構造の倒壊・飛散

写真1は、奥行き 10.8m 幅 14.4m 天井高 5.4m の軽量鉄骨造 1 階建て（切妻屋根）の倉庫兼アトリエとして使用されていたもので、平成 20 年に改築したものとのことである。建築物は倒壊し、南側（写真右）から北側に移動している。



写真1 軽量鉄骨造倉庫の被害（室井公美子氏提供）

写真2は軽量鉄骨造 2 階建ての住家兼作業場の被害で、1 階が作業場、2 階が住家になっていた。この建築物の南西側は農地およびグラウンドなどがあり、開けた方向から竜巻が直撃し、上部構造は約 20m 北東方向に飛散した（写真3）。



写真2 軽量鉄骨造住家兼作業場跡



写真3 飛散した上部構造

3. 開口部・外装材の被害

写真4及び5は鉄骨造住家の被害で、構造躯体の被害はなかったが、2・3 階開口部の窓ガラスの破損、1 階開口部シャッターおよび外壁の破損があった。



写真4 鉄骨造住家の被害



写真5 1階の開口部および壁の破壊

4. その他の被害

写真6 及び7 は、写真1の西側に位置する「しらこぼと運動公園」第2競技場のネット支持柱と電柱の被害である。南・西側のネット支持柱および東側の電柱は倒壊したが、東・北側のネット支持柱や照明塔は倒壊しなかった。ネット支持柱の寸法は、長さ約 8.3m、根元部の太さ 320mm、コンクリート厚さ 50mm、鉄筋 8mm φである。



写真6 電柱の被害（室井公美子氏提供）



写真7 ネット支持柱の被害