



## 埼玉・千葉における竜巻被害(2013年9月2日)

2013年9月2日14時頃、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おいて竜巻が発生し、64名が負傷、1,156棟の住家が被害を受けた(消防庁調べ:9月5日16:00現在)。被害の状況から竜巻の強さは藤田スケールF2<sup>i</sup>程度と推定される。さらに、同4日、12時20分頃から13時頃にかけて栃木県鹿沼市、宇都宮市、塩谷郡塩谷町および矢板市で藤田スケールF1程度の竜巻が発生し、倒木や住家のトタン屋根の飛散などの被害が発生した。目撃情報、気象条件等から、埼玉県と栃木県では、いずれもスーパーセルと呼ばれる巨大な積乱雲が発達し、今回の被害をもたらしたと考えられる。本稿では、規模が大きかった9月2日の竜巻による被害状況と竜巻リスクに対して企業が対応すべき事項について解説する。

### 1. 被害状況(9月2日)

竜巻による埼玉県、千葉県の被害状況は表1の通りである。64名が負傷、1,156棟の住家が被害を受け、2012年5月6日に茨城県、栃木県で発生した竜巻以来の被害規模となった。

表1 埼玉・千葉県の人的・住家被害の状況

都道府県名	人的被害(人)		住家被害(棟)		
	死者	負傷者	全壊	半壊	一部破損
埼玉県	0	63	13	990	
千葉県	0	1	8	4	141

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:内閣府HPより作成(消防庁調べ:9月5日16:00現在)

また、延べ停電戸数は約65,100戸に上ったが、ガス・水道に大きな被害はなかった。

気象庁によると、被害が確認されたのは、埼玉県さいたま市緑区(埼玉スタジアム付近)から、越谷市、松伏町、千葉県野田市、茨城県坂東市法師戸のゴルフ場にかけての長さ約19km、幅約100~200mである。図1に竜巻の経路と特に被害が大きかった埼玉県越谷市の調査写真を示す。



図1 竜巻の経路と被害状況 Google Map を使用

弊社が実施した 9 月 3 日の現地調査では、木造住宅や簡易建物の全半壊を始め、多くの建物で瓦の脱落や屋根材の剥離、外壁の損傷、窓ガラスの破損が確認された。中には、木造の非住家が建物基礎を残して、30m 程吹き飛ばされ、近くの民家に衝突したケースもあった。また、飛散物の衝突等が原因とみられる電柱の転倒や傾き、それに伴う電線のゆるみも多く見られ、大規模な停電に至っている。気象庁は、被害状況から今回の竜巻の強さを、藤田スケールで F2 と推定している（9 月 3 日現在）。

竜巻の被害範囲は、経路上に集中するのが特徴である。今回の調査でも同様の状況が確認され、被害幅は最大約 200m と比較的狭いエリアに集中していた。

## 2. 被害発生時の気象状況

9 月 2 日、関東地方には九州北部から伸びる前線が停滞し、本州の南西には台風が、東側には高気圧があったため、この前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込みやすい状況であった。図 2 に 9 月 2 日 12 時の気圧配置図を示す。当日、関東の上空約 6,000m には氷点下 6 度の寒気が流れ込み、さらに越谷市の最高気温は 33.4 度と、上空と地表の温度差は非常に大きくなっていった。これらの条件により、暖かく湿った空気の上昇流が発生することで、スーパーセルと呼ばれる巨大な積乱雲が発達し、これに伴って竜巻が発生したと考えられる。

大きな被害をもたらす強い竜巻の多くは、スーパーセルによるものと考えられている。竜巻の詳細な発生メカニズムは解明されていないが、このようなスーパーセルの内部ではメソサイクロンと呼ばれる渦が発生することがあり、これに起因して竜巻が発生すると考えられている。典型的なスーパーセルの概念図を図 3 に示す。

スーパーセルの進行方向の左側や後方では、落下した雨や雹による冷気が周囲に流出し、地表の暖かく湿った空気とぶつかることでガストフロント（上昇気流を伴った小規模な前線）が形成される。メソサイクロンの中心付近と後方のガストフロントでは竜巻が発生しやすいと言われている。

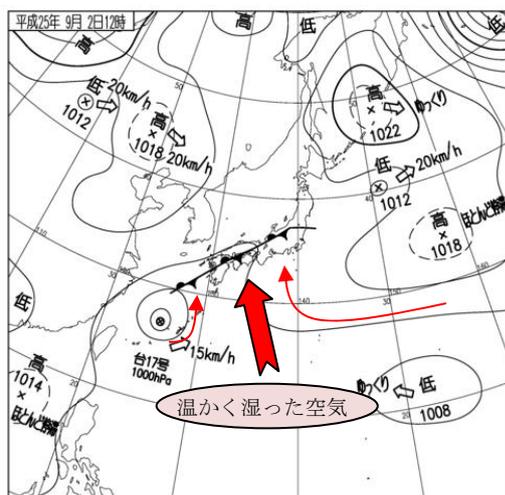


図 2 9 月 2 日 12 時の気圧配置図

出典：気象庁 HP より弊社作成

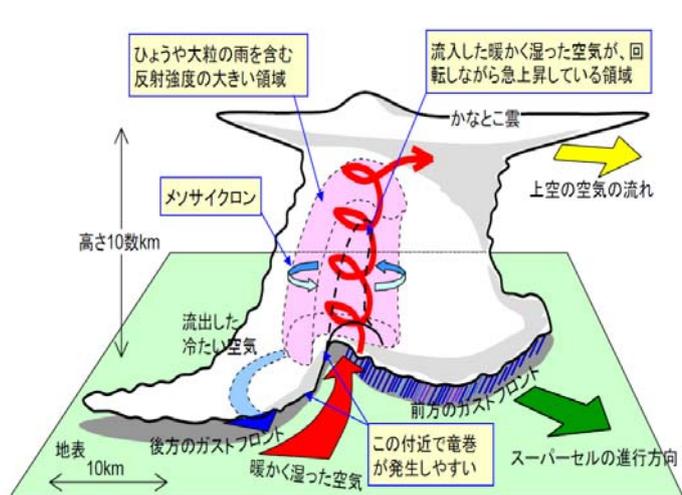


図 3 スーパーセルの概念図

出典：気象庁 HP

### 3. 日本における竜巻

#### (1) 発生の特徴

竜巻の発生は、日本のあらゆる地域で確認されている（図4参照）。発生件数は、台風シーズンの9月に最も多いが、その他の季節においても台風、寒冷前線、低気圧などの気象条件に伴って発生

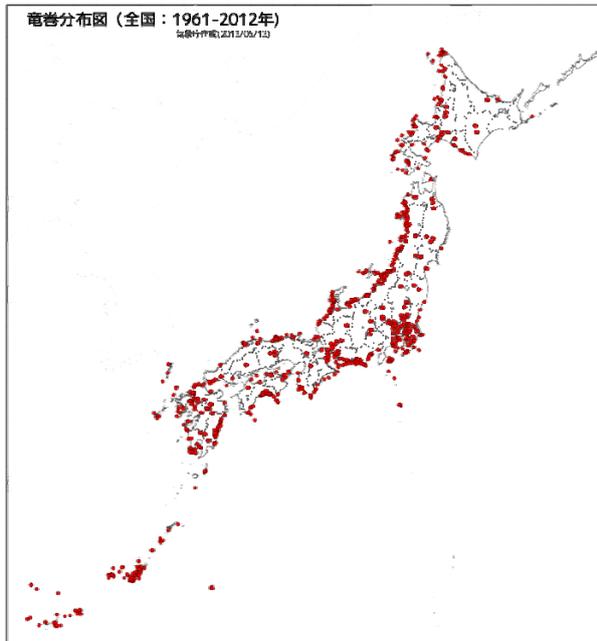


図4 竜巻分布図（1961～2012）  
出典：気象庁 HP

する（図5参照）。竜巻の発生確認数は2007年から2012年の6年間で計144件、年平均は約24件（海上竜巻を除く）と報告されており、企業活動においても、備えるべき自然災害リスクであると考えられる。

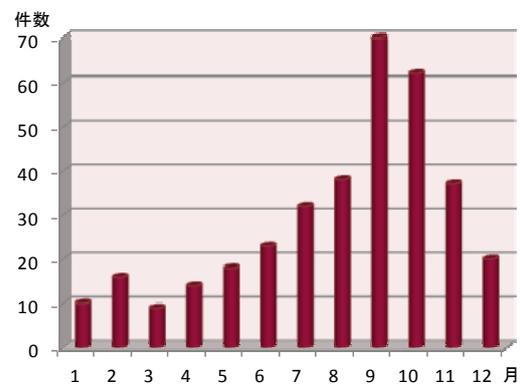


図5 竜巻月別確認数（1991～2012）  
出典：気象庁 HP より弊社作成

#### (2) 被害の特徴

竜巻による被害は、短時間に狭い範囲に集中し、竜巻の移動スピードに比例して被害が大きくなる。被害範囲の幅は数十 m から数百 m、長さは数百 m から数十 km の帯状である。建物の倒壊や飛来物の衝突による人的被害、飛来物の建築物への衝突、屋根の剥離や飛散、窓ガラス・外壁の破損、列車・車両の被害、電柱や樹木の倒壊等の直接的被害の他、インフラ設備の被害に伴う停電や断水等の間接的被害がある。表2に国内の主な竜巻被害事例を示す。

表2 国内の主な竜巻被害事例

発生年月日	発生場所	藤田スケール	主な被害状況			
			死者	負傷者	住家全壊	住家半壊
2012/05/06	茨城県 常総市	F3	1	37	76	158
2006/11/07	北海道佐呂間町	F3	9	31	7	7
2006/09/17	宮崎県延岡市	F2	3	143	79	348
1999/09/24	愛知県豊橋市	F3	0	415	40	309
1997/10/14	長崎県郷ノ浦町	F1～F2	1	0	0	0
1991/02/15	福井県（湖上）	F1	1	5	1	0
1990/12/11	千葉県茂原市	F3	1	73	82	161
1990/02/19	鹿児島県枕崎市	F2～F3	1	18	29	88

（死者1名以上または藤田スケールF3の事例、「※」は他の気象現象による被害も含む）

出典：気象庁 HP より弊社作成

## 4. 気象庁の予報・注意報

気象庁では、竜巻に関する対策として、2008年3月から竜巻などの激しい突風に関する竜巻注意報の発表を開始し、さらに2010年5月からは竜巻などの激しい突風が発生しやすい地域の詳細な分布と1時間先までの予報（竜巻発生確度ナウキャスト）の提供を開始している。竜巻の発生は、局所的かつ短時間での現象であるため予想することが難しく、予想の適中率は1～10%と大変低い。

今回の埼玉県、千葉県での竜巻被害においては、竜巻が発生した9月2日の14時11分、熊谷地方気象台より「埼玉県竜巻注意情報」が発表された。場所によっては、竜巻はそれ以前に発生していたという情報もあり、予測精度の向上が望まれる。

## 5. 企業における対応

竜巻に対する対策については、F5スケールの甚大被害を経験している米国が進んでいるが、日本における企業や行政レベルの対応状況は不十分である。また、個々の建物が被災する確率が、台風等に比べて非常に小さいと考えられるため、一般の建築物等の設計においても、竜巻は対象とされていない。しかしながら、市町村などの行政庁単位で考えた場合には決して無視できない遭遇確率になることも指摘されている。

竜巻は地震や台風に比べて予測が難しい災害であるが、独立行政法人原子力安全基盤機構による「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」<sup>ii</sup>などの最新の知見が、竜巻への対策を講じる上で参考となる。合わせて、企業における対応例を表3に示す。

表3 企業における対応例

状 況	内 容
竜巻が予想される際に優先すべき行動	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 屋外作業者を安全な屋内へ避難・誘導</li> <li>・ 鉄筋コンクリート構造物の地下階や最下層階が望ましい。</li> <li>▶ テント倉庫、プレハブ（仮設建築物）内から退去</li> <li>▶ 窓やシャッターなどの開口部付近からの退避</li> </ul>
日常からの対策（風災全般に共通）	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 竜巻、突風被害を想定リスクとして事業継続計画（BCP）の策定</li> <li>・ 建物、主要設備損傷など直接的損害による操業停止リスク</li> <li>・ 周辺地域のインフラ損傷など間接的被害による操業停止リスク</li> <li>▶ 従業員への教育（竜巻発生時の対応方など）</li> <li>▶ 建物、屋外設備の劣化、破損個所の点検と維持修繕</li> <li>・ 屋根、外壁、開口部、屋外周辺設備（看板、配管など）</li> <li>▶ 情報（予報・警報など）収集体制の構築</li> <li>・ 「竜巻注意情報」のメール配信サービスの利用、および、注意情報発表後の「竜巻発生確度ナウキャスト」や「気象レーダー」等をこまめに確認することが望ましい。</li> </ul>

気象庁異常気象分析検討会（会長：木本昌秀東京大教授、9月2日開催）によれば、地球温暖化による影響で、今後突発的な竜巻やゲリラ豪雨が増えるとも言われており、企業の事業継続におけるシナリオとして、それらの災害について考えることはさらに重要になると考える。

i 藤田スケールの被害区分を表 4 に示す。

表 4 藤田スケールの被害区分

区分	推定風速	被害事例
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。非住家が壊れることもある。
F1	33～49 m/s (約 10 秒間の平均)	屋根瓦が飛び、ガラス窓は割れる。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	50～69 m/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	70～92 m/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、自動車が持ち上げられて飛ばされる。森林の大木でも、大半は折れるか倒れるかし、また引き抜かれることもある。
F4	93～116 m/s (約 4 秒間の平均)	住家がバラバラになってあたりに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。鉄骨づくりでも全壊。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。1t 以上もある物体が降ってきて、危険この上ない。
F5	117～142 m/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。数トンもある物体がどこからともなく降ってくる。

出典：気象庁 HP より弊社作成

ii 出典：<http://www.jnes.go.jp/content/000016414.pdf>

[2013 年 9 月 6 日発行]