

平成28年10月5日に高知県高知市及び南国市で 発生した突風について

(現地調査報告書)

平成28年10月5日14時20分頃、高知県高知市二葉町（ふたばちょう）から南国市岡豊町（おこうちょう）にかけて突風が発生し、工場の屋根ふき材のめくれ、樹木の幹折れなどの被害がありました。現地調査の結果、この突風をもたらした現象は竜巻と認められ、風速は約60m/s、日本版改良藤田スケールでJEF2と推定しました。

－ 目次 －

1	概要	1
2	突風に関する分析結果	2
3	現地調査結果（被害状況、聞き取り資料）	3～11
4	気象の状況	12～15
5	高知地方気象台が執った措置	16
6	被害集計	16
7	参考資料	17～18

平成29年3月6日

高知地方気象台

(注) この資料は、後日内容の一部訂正や追加をすることがあります。

1 概要

10 月 5 日 14 時 20 分頃、高知県高知市二葉町から南国市岡豊町にかけて突風が発生し、工場の屋根ふき材のめくれ、樹木の幹折れなどの被害がありました。高知地方気象台では、突風をもたらした現象を明らかにするため、職員を気象庁機動調査班（JMA-MOT）として派遣し、現地調査を実施しました。

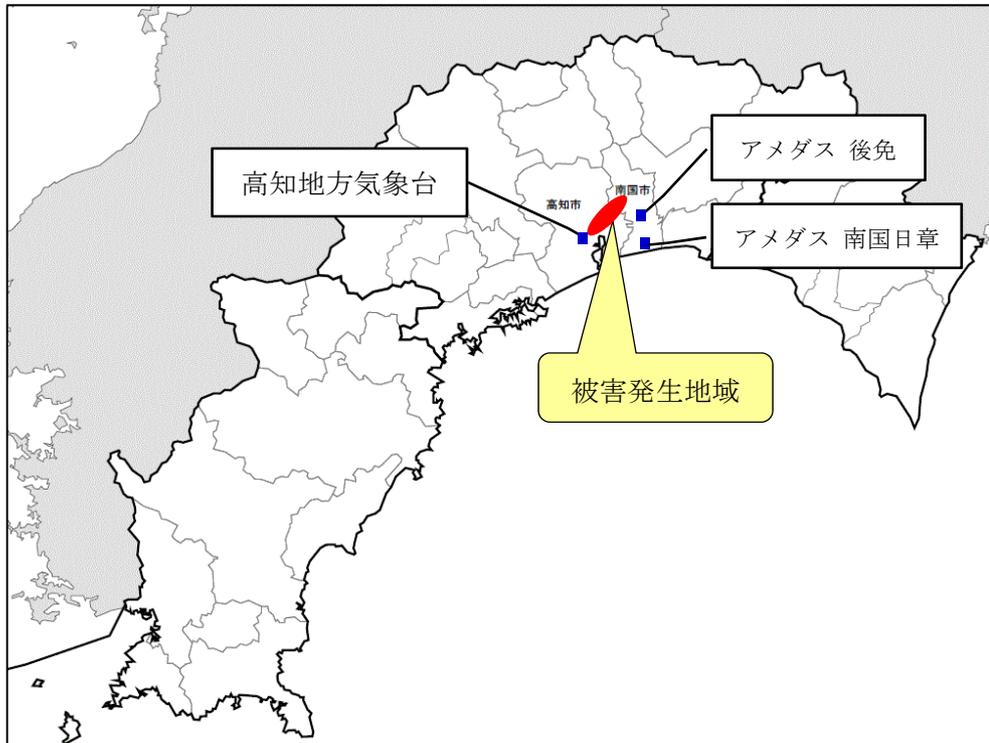
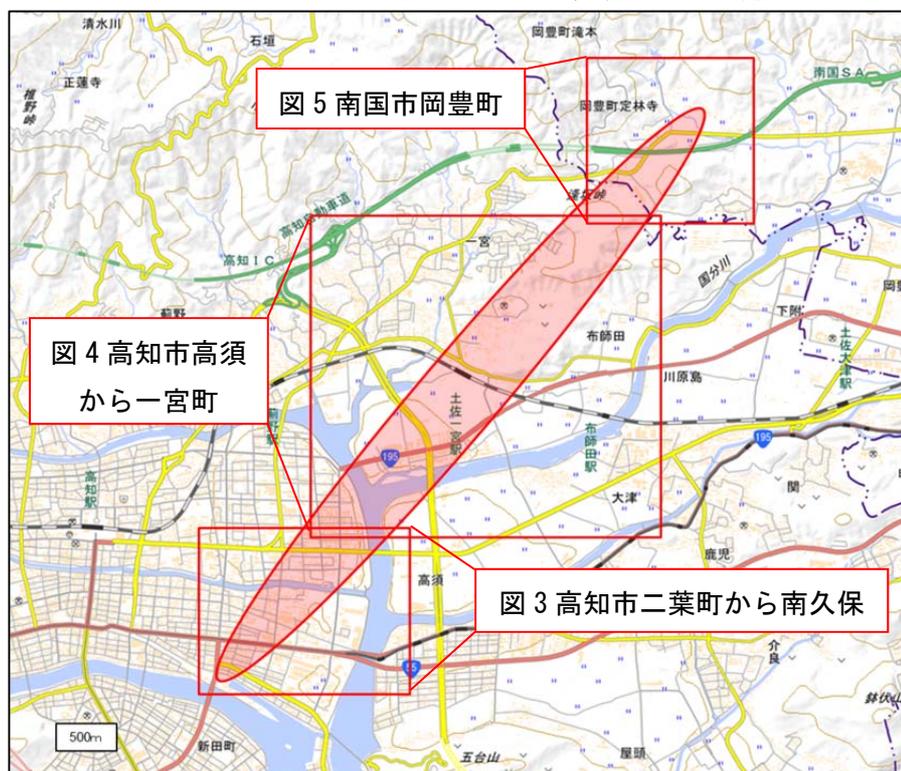


図 1 高知県高知市及び南国市の位置と周辺観測所



出典：地理院地図

図 2 高知県高知市及び南国市の被害発生地域

2 突風に関する分析結果

(1) 突風をもたらした現象の種類

この突風をもたらした現象は、竜巻と認められます。

(根拠)

- ① 突風発生時に活発な積乱雲が付近を通過中であった。
- ② 突風発生時に被害地付近を移動する竜巻を撮影した映像が得られた。
- ③ 確度が高い、移動する渦の目撃証言が複数得られた。
- ④ 被害や痕跡は帯状に分布していた。
- ⑤ ゴーという音が移動したという証言が複数得られた。
- ⑥ 突風はごく短時間（1分程度）であったという証言が複数得られた。

(2) 発生時刻と場所

この突風は、高知市二葉町付近で発生し北東に移動し、14 時 20 分頃に高知市一宮町（いっくちょう）を通過し、南国市岡豊町に到達しました。

(根拠)

- ① 14 時 20 分から 14 時 30 分にかけて、被害地付近を積乱雲が南西から北東へ通過していた。
- ② 14 時 15 分に高知市布師田（ぬのしだ）で、被害発生直後に 110 番通報があった。
- ③ 14 時 21 分に高知市一宮町で、南西から北東へ向かう竜巻の動画が携帯電話で撮影されていた。
- ④ 14 時 22 分に高知市布師田で監視カメラに幌付き軽トラックが突風で横転する様子が動画で撮影されていた。

(3) 強さ（日本版改良藤田スケール）

この突風の強さは、風速約 60m/s と推定され、日本版改良藤田スケールで JEF2 に該当します。

(根拠)

- ・工場の屋根ふき材のめくれ
- ・樹木の幹折れ

《根拠に用いた被害指標 (DI) 及び被害度 (DOD)》

- ・ DI : 鉄骨造倉庫
DOD : 屋根ふき材の浮き上がり又は飛散
(風上側壁面に開口ができていた場合) (上限値)
- ・ DI : 広葉樹
DOD : 幹折れ。幹に亀裂又は折損。(代表値)

(4) 被害範囲

この突風による被害範囲は、長さ約 6.2km、幅約 290m でした。

3 現地調査結果（被害状況、聞き取り資料）

高知地方気象台が 10 月 5 日及び 6 日に高知市と南国市において、被害を受けた建築物等の分布・被害の程度、風の状況等を、現地調査するとともに住民から聞き取り調査を行いました。

3.1 高知市二葉町から南久保

(1) 被害状況及び聞き取り調査地点



▲	被害発生地点（根返りした樹木）
■	被害発生地点（幹折れした樹木）
×	その他の被害発生地点
→	物が倒れたり、飛散した方向
Ⓐ～Ⓓ	聞き取り調査地点
①～⑪	被害写真の番号に対応

出典：地理院地図

図 3 被害分布図（高知市二葉町から南久保）

(2) 聞き取り調査

④地点：黒い渦が西から東へ移動した。駐車場のコーンが強い風により東から西へ移動した。強い風は短時間であった。

⑤地点：東の風が強く、ゴーと言う音が近づいて遠ざかっていった。

⑥地点：渦が南西から北東方向へ移動していった。室内で1名が軽い怪我をした。

⑦地点：渦が物を巻き上げながら西から東へ移動していった。

(3) 被害写真



①外壁がめくれた住家



②根返りした樹木



③根返りした樹木 (高知大学提供)



④アンテナが折れた住家



⑤屋根パネルが飛散したカーポート



⑥根返りした樹木



⑦幹折れした樹木



⑧幹折れした樹木



⑨幹折れした樹木



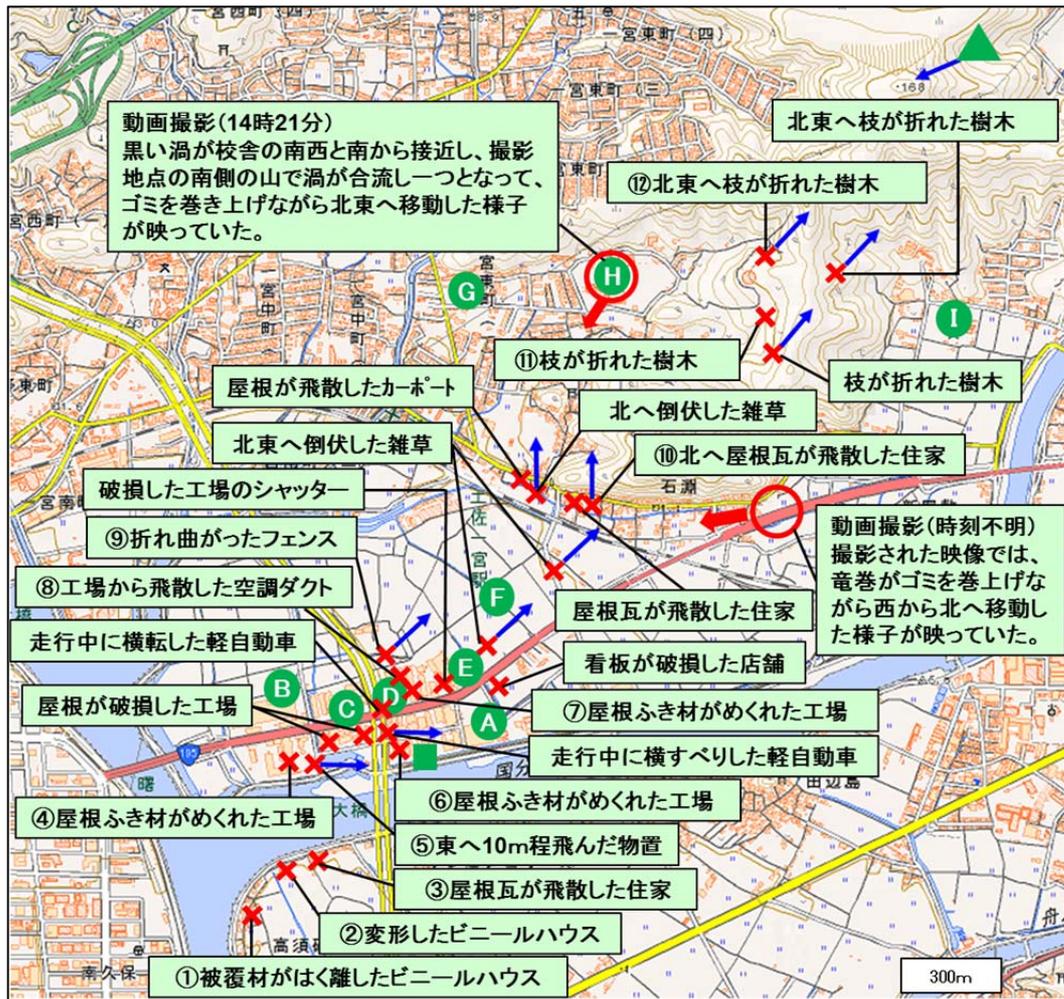
⑩屋根ふき材がめくれた店舗



⑪南側壁面が飛散物で損傷した店舗

3.2 高知市高須から一宮町

(1) 被害状況及び聞き取り調査地点



出典：地理院地図

▲	被害発生地点 (根返りした樹木)
■	被害発生地点 (幹折れした樹木)
×	その他の被害発生地点
→	物が倒れたり、飛散した方向
○	動画撮影場所
→	動画撮影方向
①～⑩	聞き取り調査地点
①～⑬	被害写真の番号に対応

図 4 被害分布図(高知市高須から一宮町)

(2) 聞き取り調査

- ㊤地点：東方向に渦を見た。
- ㊦地点：ビニールハウスの中で作業していたが、風の音が南西から北東に移動していくのを聞いた。強い風は短時間であった。
- ㊧地点：14 時 15 分、渦による被害を目撃し携帯電話で 110 番通報を行った。渦は南西から北東方向へ移動して行った。
- ㊨地点：耳の異常を強く感じた。「キーン」となった。
- ㊩地点：風が急激に強まってシャッターが破損した。
- ㊪地点：白い強雨域が南から北に移動していった。強雨が止む直前に突風が発生した。
- ㊫地点：経験のない物凄いゴーという音を聞いた。
- ㊬地点：南南西の方角に強雨域が見えて近づいて来た。校舎の真上に来たら渦を巻いた。黒い渦を 2 分間程度目撃した。
- ㊭地点：14 時 25 分頃、黒い渦がゴミを巻き上げながら南西から北東方向に移動した。

(3) 被害写真



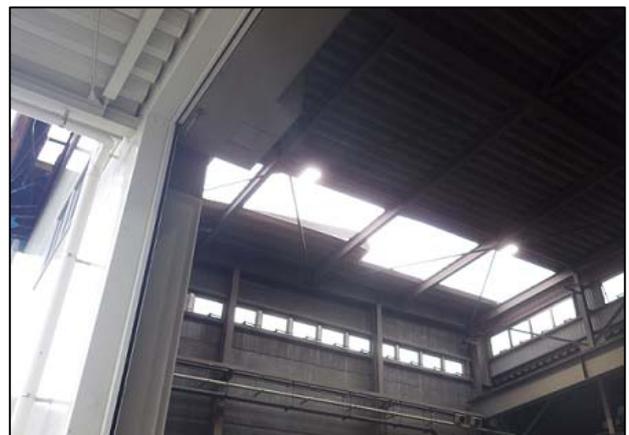
①被覆材がはく離れたビニールハウス
(高知大学提供)



②変形したビニールハウス (高知大学提供)



③屋根瓦が飛散した住家 (高知大学提供)



④屋根ふき材がめくれた工場



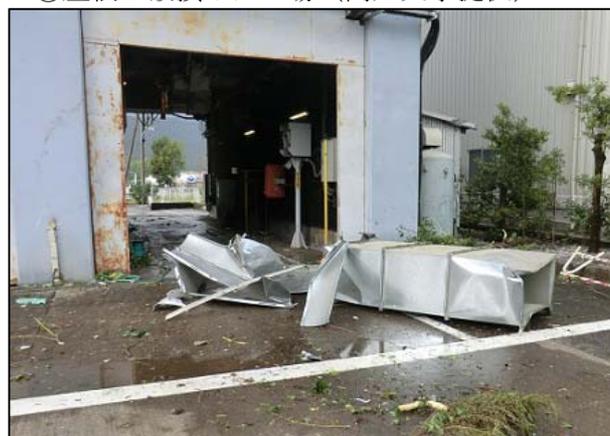
⑤東へ 10m 程度飛んだ物置



⑥屋根が破損した工場（高知大学提供）



⑦屋根ふき材が破損した工場（高知大学提供）



⑧工場から飛散した空調ダクト



⑨飛散物により折れ曲がったフェンス



⑩北方向へ屋根瓦が飛散した住家



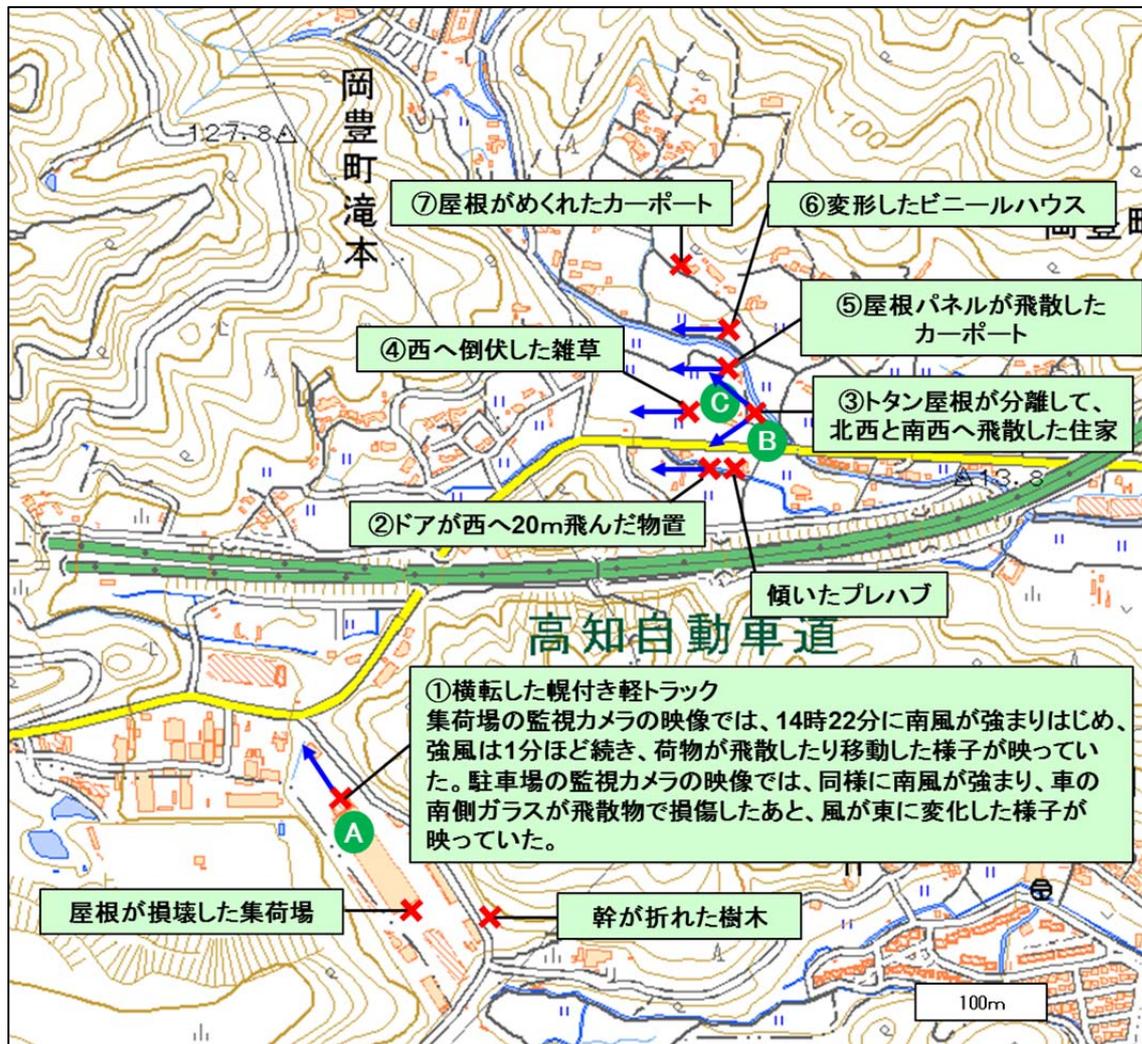
⑪枝が折れた樹木（高知大学提供）



⑫北東へ枝が折れた樹木（高知大学提供）

3.3 南国市岡豊町

(1) 被害状況及び聞き取り調査地点



出典：地理院地図

✕	被害発生地点	→	物が倒れたり、飛散した方向
Ⓐ～Ⓒ	聞き取り調査地点	①～⑦	被害写真の番号に対応

図 5 被害分布図（南国市岡豊町）

(2) 聞き取り調査

④地点：会社構内で作業中にゴーという音とともに風や雨が強まり黒い渦を見た。突風により集荷場の荷物が散乱した。

⑤地点：ゴーという音を一回聞いたあと屋根が飛んだ（被害のあった家に住んでいる方の証言）。

⑥地点：室内から南側の窓を見ると、隣の住家屋根がふわっと浮いて落ちた。勝手口を開けようとしたが風圧で開けにくく、外は雨で真っ白だった。被害を目撃したあと 14 時 33 分に家族へ携帯電話で連絡した。

(3) 被害写真



① 横転した幌付き軽トラック（四国運輸提供）



② ドアが西へ 20m 飛んだ物置（修復済）



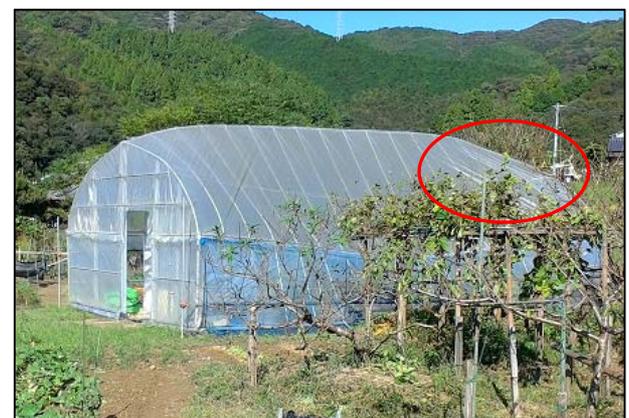
③ トタン屋根が分離して北西と南西へ飛散した住家（写真手前は南西に飛んだ屋根）



④ 西へ倒伏した雑草



⑤ 屋根パネルが飛散したカーポート



⑥ 変形したビニールハウス



⑦ 屋根がめくれたカーポート

4 気象の状況

9 月 29 日にマリアナ諸島近海で発生した台風第 18 号は、フィリピンの東を発達しながら北西へ進み、10 月 3 日に久米島の南で猛烈な勢力になりました。その後、台風第 18 号は 10 月 5 日対馬海峡を経て、山陰沖へと進みました。

西日本では暖かく湿った空気が流れ込み、大気の状態が非常に不安定となり、突風発生時に活発な積乱雲が高知市や南国市を通過しました。

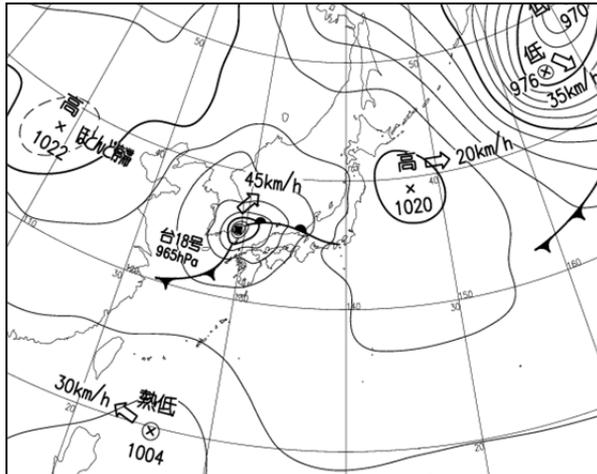


図 6 地上天気図 (10 月 5 日 12 時)

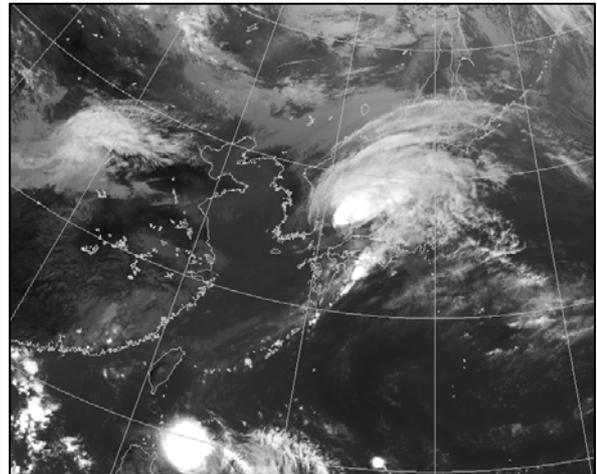
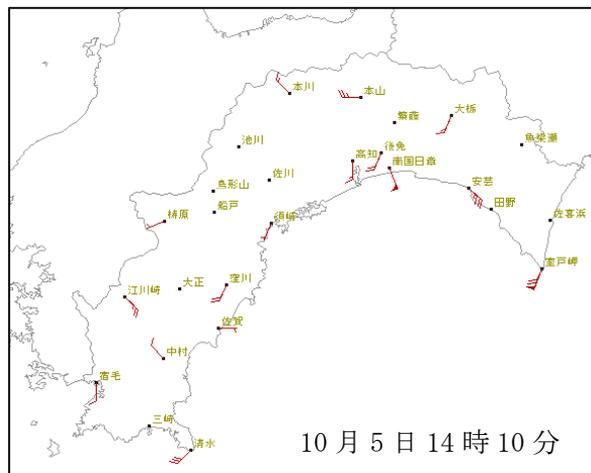
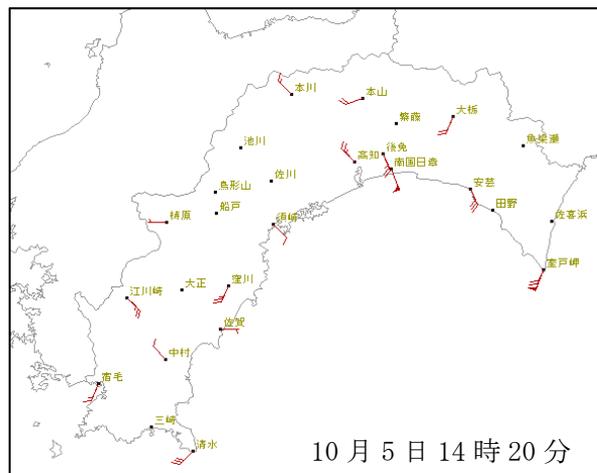


図 7 気象衛星赤外面像 (10 月 5 日 14 時)



10 月 5 日 14 時 10 分



10 月 5 日 14 時 20 分

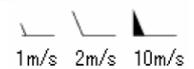


図 8 アメダス地点における前 10 分間平均風向風速分布図

「・」のみの地点では風の観測をしていない

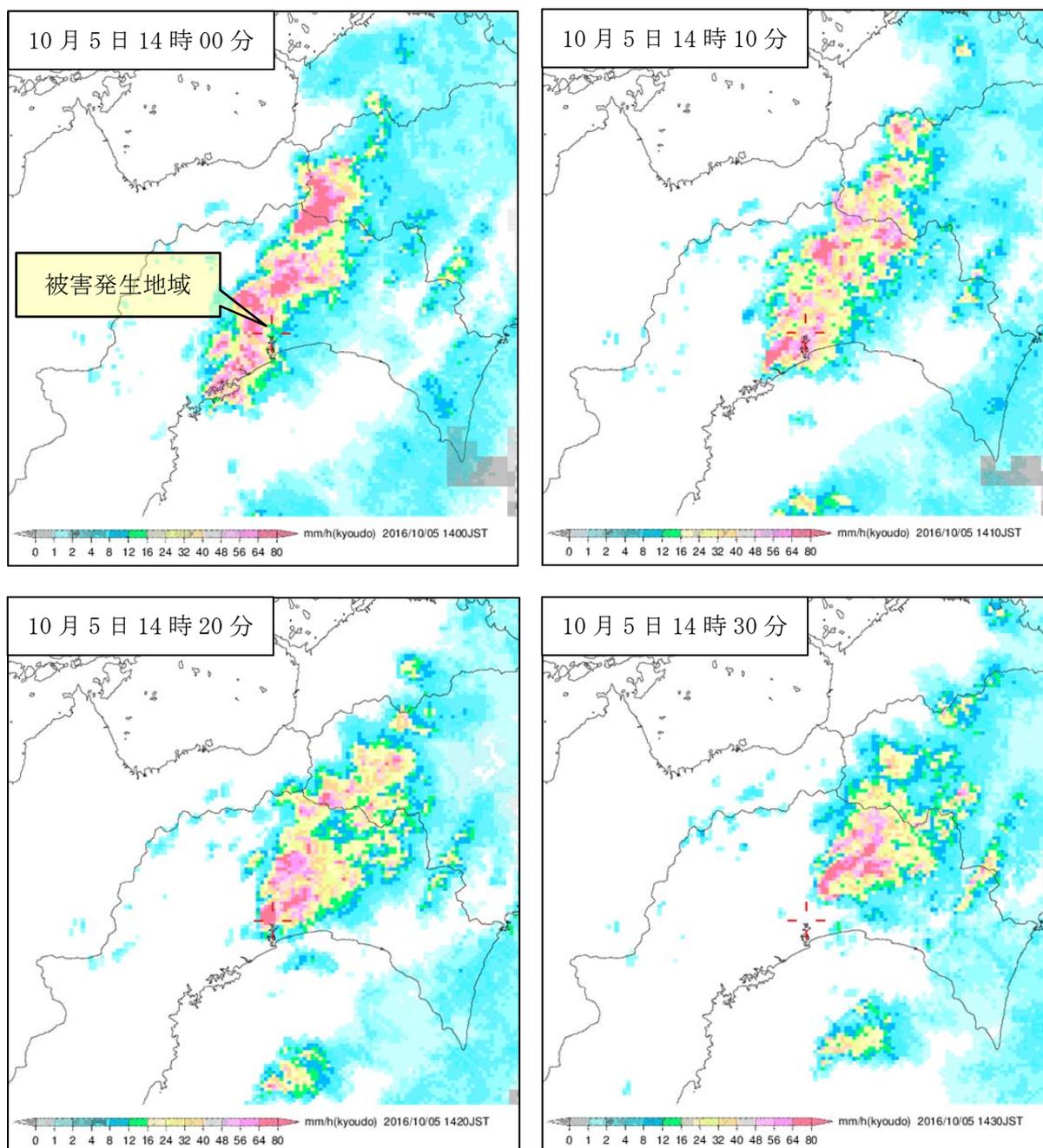


図9 気象レーダー画像（降水強度）
（10月5日14時00分～14時30分）

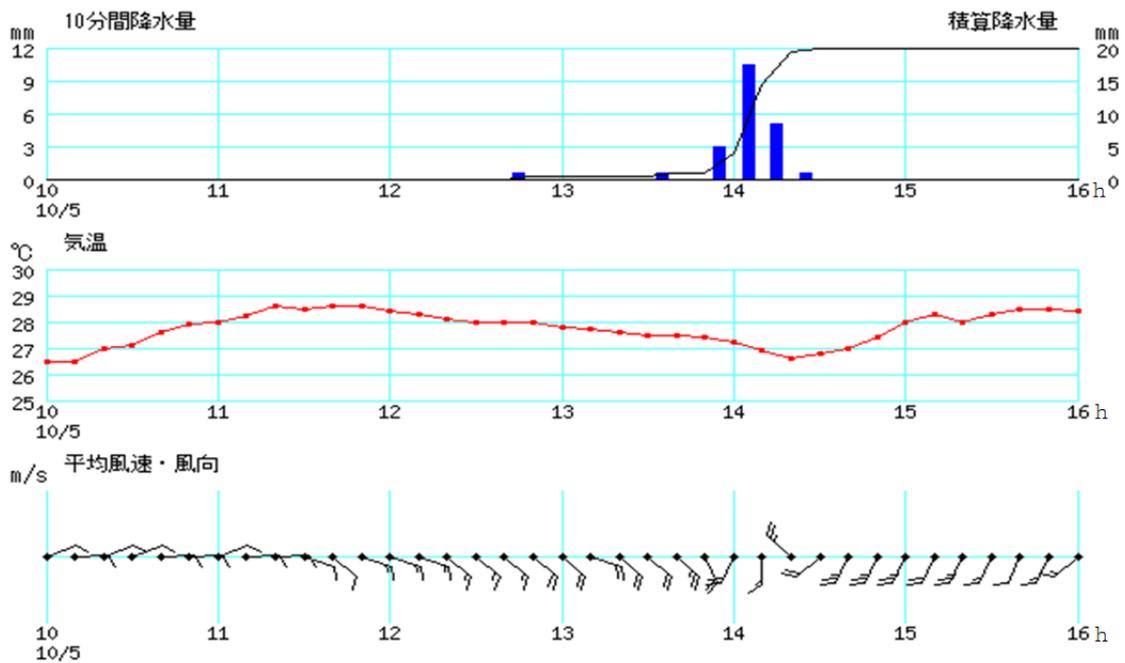


図 10 高知地方気象台 時系列グラフ (10月5日10時~16時)

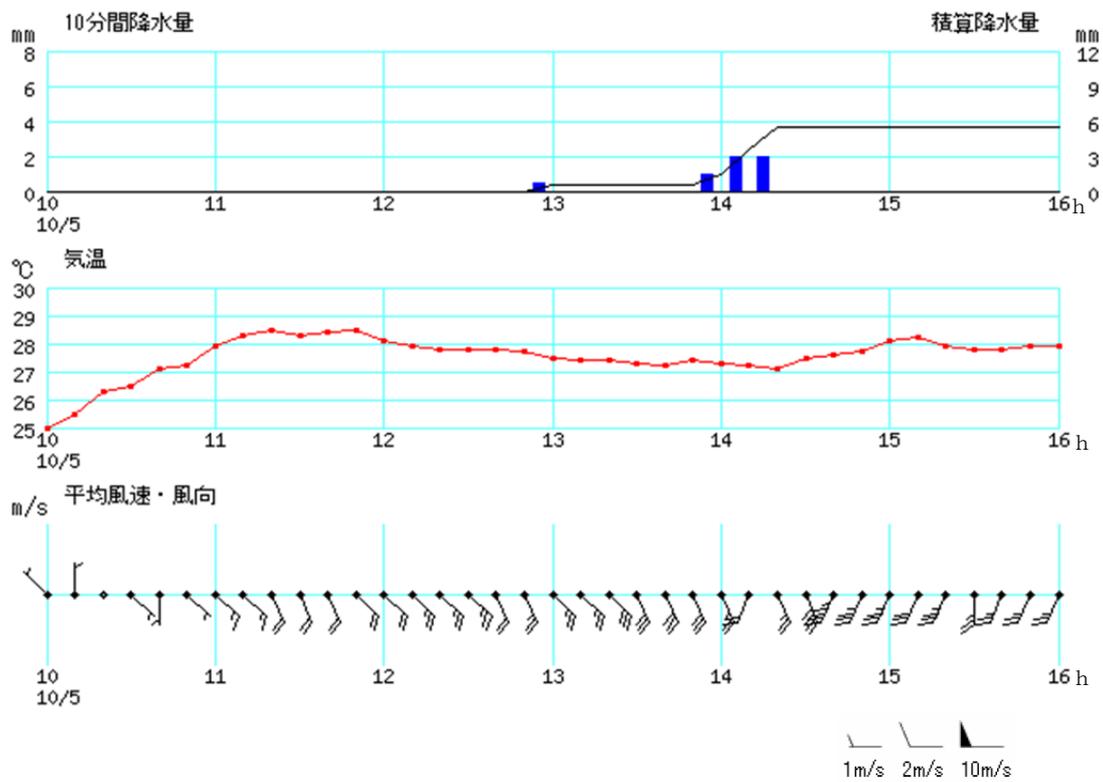


図 11 アメダス後免 時系列グラフ (10月5日10時~16時)

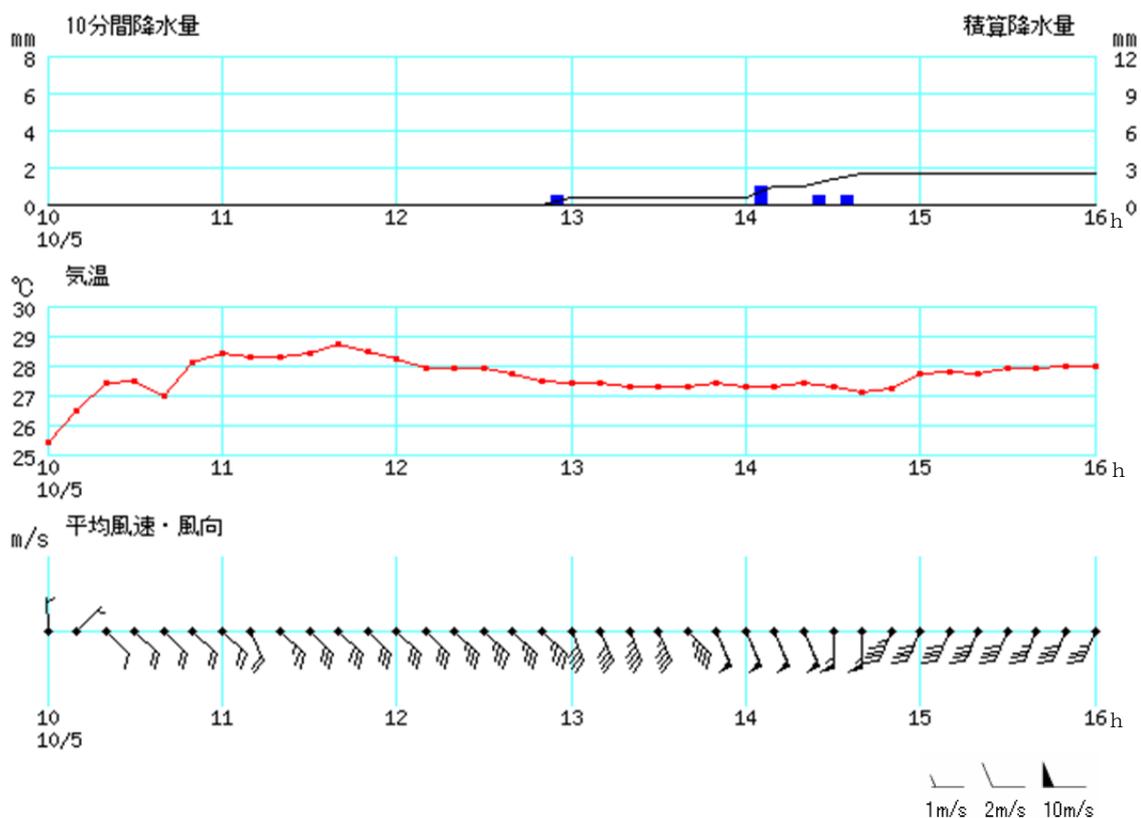


図 12 アメダス南国日章 時系列グラフ (10 月 5 日 10 時～16 時)

アメダス 日最大風速、日最大瞬間風速 (10 月 5 日)

観測所名	日最大風速 (m/s)			日最大瞬間風速 (m/s)		
	風速	風	起時	風速	風向	起時
高知	5.7	南南西	14 時 53 分	13.0	北西	14 時 20 分
後免	9.3	南	14 時 34 分	17.4	南南東	14 時 26 分
南国日章	10.8	南南東	14 時 29 分	15.4	南	14 時 33 分

5 高知地方気象台が執った措置

(1) 警報・注意報の発表状況（高知県高知市・南国市のみ抜粋）

※10月4日15時から6日04時までの発表分

地域	種類		発表日時
	警報	注意報	
高知市・南国市		雷・高潮	10月4日15時41分
高知市・南国市		大雨, 雷, 強風, 波浪, 洪水	10月4日21時49分
高知市・南国市		大雨, 雷, 強風, 波浪, 洪水	10月5日04時07分
高知市・南国市	大雨, 洪水	雷, 強風, 波浪	10月5日14時13分
高知市・南国市		大雨, 雷, 強風, 波浪, 洪水	10月5日15時23分
高知市・南国市		雷, 強風, 波浪, 高潮	10月5日16時25分
高知市・南国市		強風, 波浪	10月5日21時09分
高知市・南国市		解除	10月6日03時40分

(2) 竜巻注意情報発表状況

※10月5日発表分

番号	発表日時
高知県竜巻注意情報 第1号	10月5日13時55分
高知県竜巻注意情報 第2号	10月5日14時52分

(3) 気象情報発表状況

※10月4日～5日発表分

情報名	発表日時
台風第18号に関する高知県気象情報 第1号	10月4日05時45分
台風第18号に関する高知県気象情報 第2号	10月4日16時34分
台風第18号に関する高知県気象情報 第3号	10月5日05時47分
台風第18号に関する高知県気象情報 第4号	10月5日11時40分
台風第18号に関する高知県気象情報 第5号	10月5日14時43分
台風第18号に関する高知県気象情報 第6号	10月5日16時53分
台風第18号に関する高知県気象情報 第7号	10月5日21時20分

6 被害集計

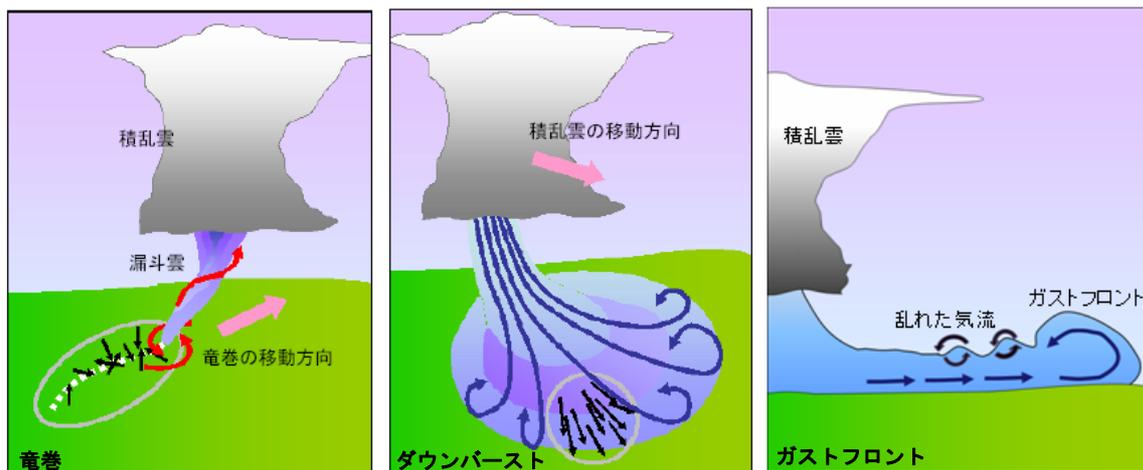
人的被害・建物被害（10月6日18時現在高知県調べ）

市町村	人的被害(人)		住家被害(棟)		
	死者	負傷者	全壊	半壊	一部損壊
高知市	0	4	0	0	0
南国市	0	0	0	1	0
合計	0	4	0	1	0

7 参考資料

突風の種類

現象	特徴
竜巻	積雲や積乱雲に伴って発生する鉛直軸を持つ激しい渦巻きで、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、被害域は帯状・線状となることが多い。
ダウンバースト	積雲や積乱雲から生じる強い下降気流で、地面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・ひょうを伴い露点温度の下降を伴うことがある。被害域は円または楕円状となることが多い。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も呼ぶ。
ガストフロント	積雲や積乱雲から吹き出した冷気の先端と周囲の空気との境界で、しばしば突風を伴う。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。
じん旋風	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じんを伴う。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。
漏斗雲	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。
その他の突風	自然風は絶えず強くなったり弱くなったり変化しており、その中で一時的に強く吹く風をいう。また、これ以外にガストフロントの中で発生する旋風などもある。



↑ 竜巻の模式図 (左)

赤矢印は空気の流れ、黒矢印は樹木等の倒壊方向、白点線は竜巻の経路を表しています。竜巻の発生時にはしばしば積乱雲から漏斗状の雲がのびています。竜巻は周囲の空気を吸い上げながら移動しますので、倒壊物等は竜巻の経路に集まる形で残ります。

↑ ダウンバーストの模式図 (中)

青矢印はダウンバーストの空気の流れ、黒矢印は樹木等の倒壊方向です。積乱雲が移動している場合には、このように移動方向の吹き出しのみが強くなる場合がほとんどです。吹き出しの強さに対応して倒壊物の方向も一方向や扇状になることが少なくありません。

↑ ガストフロントの模式図 (右)

薄青の領域は周囲より冷たくて重い空気を、また、青矢印は冷気外出流を表しています。黒矢印は乱れた気流を表しています。

日本版改良藤田スケール（JEF スケール）

米国シカゴ大学の藤田哲也により 1971 年に考案された藤田スケールを、日本国内で発生する竜巻等突風の強さをよりの確に把握できるようにするため、米国の改良スケールを参考にしつつ、日本の建築物等の特徴を加味し、最新の風工学の知見を取り入れて策定した風速のスケールです。

階級	風速 (m/s) の範囲 (3 秒値)	主な被害の状況 (参考)
JEF0	25～38	<ul style="list-style-type: none"> ・木造の住宅において、目視でわかる程度の被害、飛散物による窓ガラスの損壊が発生する。比較的狭い範囲の屋根ふき材が浮き上がったたり、はく離する。 ・園芸施設において、被覆材（ビニルなど）がはく離する。パイプハウスの鋼管が変形したり、倒壊する。 ・物置が移動したり、横転する。 ・自動販売機が横転する。 ・コンクリートブロック塀（鉄筋なし）の一部が損壊したり、大部分が倒壊する。 ・樹木の枝（直径 2cm～8cm）が折れたり、広葉樹（腐朽有り）の幹が折損する。
JEF1	39～52	<ul style="list-style-type: none"> ・木造の住宅において、比較的広い範囲の屋根ふき材が浮き上がったたり、はく離する。屋根の軒先又は野地板が破損したり、飛散する。 ・園芸施設において、多くの地域でプラスチックハウスの構造部材が変形したり、倒壊する。 ・軽自動車や普通自動車（コンパクトカー）が横転する。 ・通常走行中の鉄道車両が転覆する。 ・地上広告板の柱が傾斜したり、変形する。 ・道路交通標識の支柱が傾倒したり、倒壊する。 ・コンクリートブロック塀（鉄筋あり）が損壊したり、倒壊する。 ・樹木が根返りしたり、針葉樹の幹が折損する。
JEF2	53～66	<ul style="list-style-type: none"> ・木造の住宅において、上部構造の変形に伴い壁が損傷（ゆがみ、ひび割れ等）する。また、小屋組の構成部材が損壊したり、飛散する。 ・鉄骨造倉庫において、屋根ふき材が浮き上がったたり、飛散する。 ・普通自動車（ワンボックス）や大型自動車が横転する。 ・鉄筋コンクリート製の電柱が折損する。 ・カーポートの骨組が傾斜したり、倒壊する。 ・コンクリートブロック塀（控壁のあるもの）の大部分が倒壊する。 ・広葉樹の幹が折損する。 ・墓石の棹石が転倒したり、ずれたりする。
JEF3	67～80	<ul style="list-style-type: none"> ・木造の住宅において、上部構造が著しく変形したり、倒壊する。 ・鉄骨系プレハブ住宅において、屋根の軒先又は野地板が破損したり飛散する、もしくは外壁材が変形したり、浮き上がる。 ・鉄筋コンクリート造の集合住宅において、風圧によってベランダ等の手すりが比較的広い範囲で変形する。 ・工場や倉庫の大規模な庇において、比較的狭い範囲で屋根ふき材がはく離したり、脱落する。 ・鉄骨造倉庫において、外壁材が浮き上がったたり、飛散する。 ・アスファルトがはく離・飛散する。
JEF4	81～94	<ul style="list-style-type: none"> ・工場や倉庫の大規模な庇において、比較的広い範囲で屋根ふき材がはく離したり、脱落する。
JEF5	95～	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨系プレハブ住宅や鉄骨造の倉庫において、上部構造が著しく変形したり、倒壊する。 ・鉄筋コンクリート造の集合住宅において、風圧によってベランダ等の手すりが著しく変形したり、脱落する。

日本版改良藤田スケールに関するガイドライン

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/kentoukai/kaigi/2015/1221_kentoukai/guideline.pdf

謝辞

この資料を作成するにあたっては、関係機関の方々、高知市や南国市の住民の方々、高知大学、四国運輸（株）の方々にご協力いただきました。ここに謝意を表します。

本調査報告に使用している地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『電子地形図（タイル）』を複製したものです。（承認番号 平 26 情複、第 658 号）」

本資料の問い合わせ先
高知地方気象台
電話 088-822-8882