

竜巻注意情報の概要

—激しい突風現象に対する気象情報の改善—

瀧 下 洋 一

近年、竜巻などの激しい突風による災害が相次いで発生しており、突風に対する防災気象情報の提供が喫緊の課題となっている。気象庁では、その一環として平成20年3月から既存の防災気象情報について改善を行うとともに、新たに「竜巻注意情報」の発表を開始した。本稿では、これらの概要を紹介する。

キーワード：気象情報、突風、竜巻

1. はじめに

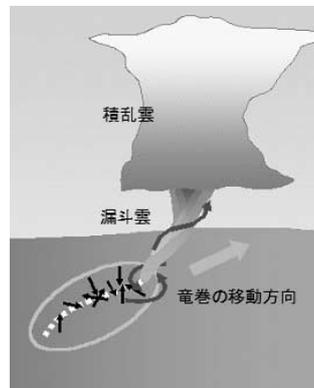
平成17年には山形県の羽越本線において突風による列車脱線事故が発生した。さらに、平成18年には宮崎県延岡市や北海道佐呂間町で、竜巻による甚大な被害が発生した。突風による災害が相次いで発生したことから、竜巻などの激しい突風現象から人命の安全を図るための防災気象情報の提供が喫緊の課題となっている。

このため、気象庁では、竜巻をもたらす積乱雲の監視に有効な気象ドップラーレーダーの全国展開を進めるとともに、竜巻などの激しい突風を予測するための技術開発に取り組み、平成20年3月から突風に係る既存の気象情報の改善を行い、新たに「竜巻注意情報」の発表を開始した。

2. 日本における竜巻災害

竜巻やダウンバーストは、落雷やひょう、短時間強雨などと同じく積乱雲がもたらす激しい現象の一つである。竜巻とは、積乱雲の上昇気流により発生する激しい風の渦巻きで、漏斗状または柱状の雲を伴うことがある。竜巻の中心は周囲よりも気圧が低いため、地表では渦に向かって風がらせん状に吹き込み、周囲の空気を吸い上げながら移動する。被害の分布は細長い帯状になり、倒壊物の向きや破損物の飛散方向は竜巻の経路に集まる形で残る場合がある（図—1）。一方、ダウンバーストは、積乱雲から吹き降ろす下降気流が地表に衝突して水平に吹き出す激しい空気の流れである。竜巻と異なり被害は放射状に広がり、吹き出しの強さに対応して倒壊物の方向が一方向や扇状になるこ

とが多い（図—2）¹⁾。



図—1 竜巻の様子



図—2 ダウンバーストの様子

竜巻やダウンバーストは、天気図で表現される低気圧や台風とは異なり、寿命は数分から数十分と非常に短く、水平規模は数十から数百m程度の現象である。このため、気象衛星はもとより気象レーダーやアメダスなどの気象観測網でも現象を捉えることは困難である。時間的・空間的規模は小さな現象ではあるが、一度発生すれば建物などに甚大な被害をもたらすだけでなく、生命に関わる被害をもたらす。

竜巻について、気象庁が突風被害をより詳細な調査・整理を開始した平成3年から平成19年までの統計を見ると、我が国における発生数は年平均約19個となっている。一年を通じて発生しているが、台風シーズンの9月から10月に多く発生しており、12月から4月は少ない。地理的には、一年を通じて沿岸部で多く発生するが、夏期は内陸部でも発生する。発生要因としては、台風、寒冷前線、低気圧に伴って発生することが多い²⁾。

表一 竜巻などの激しい突風に係る3段階の情報

激しい突風が発生するまでの時間	気象台が発表する情報等	情報等の内容	想定される利用形態(建設分野) ³⁾
現象発生は予想されない	情報等の発表なし	—	—
現象が発生する半日～1日程度前	予告的気象情報 「雷と突風に関する〇〇県気象情報」など	「竜巻などの激しい突風のおそれがある」と明記し、注意を呼びかける。	○注意喚起 ・安全管理部門から建設現場への注意喚起。 ・建設現場では朝礼等で作業員への注意喚起。
現象が発生する数時間前	雷注意報	「竜巻」と明記し、落雷、ひょうなどとともに注意を呼びかける。	○物的損害防止への対応 ・クレーンをたたむ、資材等を固定するといった物損被害を軽減するための措置を講ずる。
今まさに、竜巻やダウンバーストなどの激しい突風が発生するような気象状況となった場合	竜巻注意情報	・「竜巻発生のおそれがある」と明記し、竜巻の発生しやすい気象状況になっていることを知らせる。 ・有効時間は、情報の発表から1時間。	○人的損害防止への対応 ・気象状況を監視するための人員配置。 ・即時避難が難しい高所作業等は作業を中止し、安全な場所で待機。有効時間を過ぎたら作業再開を判断する。 ・気象状況が急変した場合は、作業員自身が安全確保。



3. 竜巻注意情報の発表開始と気象情報の改善

気象庁では、突風現象については、気象情報や雷注意報で注意を呼びかけている。これまでは竜巻などの激しい突風に対して、特別な注意を呼びかけることはなかったが、平成20年3月からは、以下の改善を行った。

- ・竜巻などの激しい突風が予測される場合には、半日から1日程度前に気象情報(予告的気象情報)を発表し、「竜巻などの激しい突風のおそれがある」との表現を用いて注意を呼びかける。
- ・数時間前には、雷注意報を発表し、「竜巻」の表現を用いて注意を呼びかける。
- ・さらに、今まさに、竜巻やダウンバーストなどの激しい突風が発生するような気象状況となった場合には、新たに「竜巻注意情報」を発表する。

予告的気象情報、雷注意報、竜巻注意情報の3段階の情報提供により、竜巻発生の可能性の高まりを効果的に伝えることができると考えている(表一)。

竜巻注意情報は、文章形式の気象情報(図一3)であり、各地の気象台などが担当している地域(概ね一つの県)を対象に発表する。竜巻注意情報は、情報の名称に「竜巻」という用語を使用しているが、竜巻だけでなくダウンバーストなどの積乱雲に伴う激しい突風を対象としている。「竜巻」の名称は、情報を受け取った利用者が、予備知識を持たなくても警戒すべき現象のイメージを持てる言葉として用いたものである。

また、対象としている現象の発現時間が短いことから、竜巻注意情報では、発表から概ね1時間の有効時

〇〇県竜巻注意情報 第1号
平成××年5月21日15時29分 △△地方気象台発表

〇〇県では、竜巻発生のおそれがあります。

竜巻は積乱雲の周辺で発生します。雷や風が急変するなど積乱雲が近づく兆しがある場合には、頑丈な建物内に移動するなど、安全確保に努めてください。

この情報は、21日16時30分まで有効です。

対象地域
中部、南部、東部

図一3 竜巻注意情報の文例

間を設けている。なお、有効時間を超えて危険な気象状況がさらに続く場合には、竜巻注意情報を再度発表する。

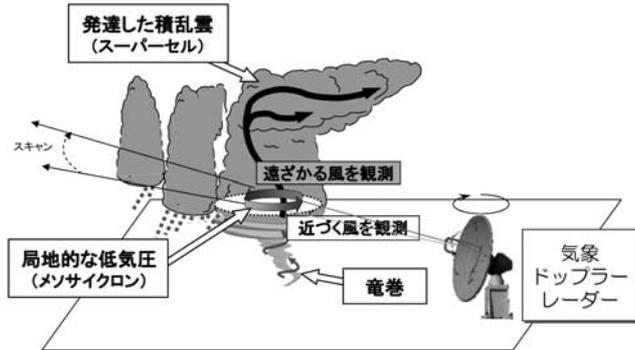
4. 竜巻注意情報を支える技術

(1) 気象ドップラーレーダーによるメソサイクロンの検出技術

気象ドップラーレーダーは、従来の気象レーダーが観測する雨の分布や強さに加え、電波のドップラー効果を利用して雨粒の動きから風の3次元分布を観測できるレーダーである。気象庁では、全国20箇所に設置している気象レーダーについて、平成20年3月までに11箇所をドップラーレーダーに更新している。

竜巻の直径は、数十mから数百m程度と規模が小さいため、気象ドップラーレーダーで竜巻を直接観測することはできない。しかし、気象ドップラーレーダーで積乱雲の内部における風の3次元分布を観測することにより、積乱雲の中に直径数kmから十数kmのメソサイクロンと呼ばれる低気圧性の渦があるかどうか

かを判別することが可能である。このメソサイクロンを持つ積乱雲はスーパーセルと呼ばれ、海外や国内の研究から強い竜巻を発生させる可能性が高いことがわかっている（図—4）。

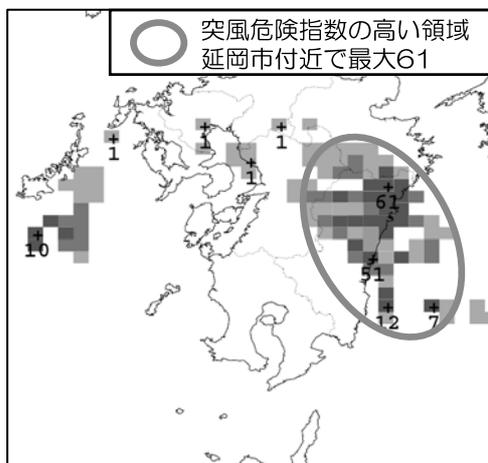


図—4 気象ドップラーレーダーによるメソサイクロンの検出概念図

我が国における竜巻とメソサイクロンの関係を調べるため、全国8箇所の空港に整備している航空気象ドップラーレーダーのデータを利用して、レーダーの探知範囲内で発生した竜巻と考えられる26事例を調査したところ、約7割の事例で竜巻発生地点の周辺にメソサイクロンが検出され、気象ドップラーレーダーの有効性が確認された。

(2) 突風危険指数との総合判定

積乱雲に伴う激しい突風が発生する可能性を表す指標として、「突風危険指数」を開発した⁴⁾。これは、数値予報資料から算出した大気の安定度や風の鉛直分布などの資料と、気象レーダーで観測した雨雲の強さの資料を統計的に処理し、突風が発生する可能性の大きさを数値化したものである（図—5）。この突風危



図—5 突風危険指数の事例

平成18年9月17日14時（宮崎県延岡市で竜巻が発生した頃）の突風危険指数値。

険指数と前述の気象ドップラーレーダーによるメソサイクロンの検出を組み合わせると、竜巻などの激しい突風が発生しやすい気象状況となっているかを10分毎に総合的に判定している。各地の気象台では、この判定結果に基づいて竜巻注意情報を発表する。

3月26日に竜巻注意情報の運用を開始し、翌日には、鹿児島県のいちき串木野市と垂水市において竜巻が発生した。いちき串木野市で発生した竜巻については、竜巻注意情報の発表が現象発生約40分後となり、事前発表はできなかった。しかし、その後、垂水市で発生した竜巻については、現象発生約1時間前に竜巻注意情報を発表している。

5. 竜巻注意情報を上手に利用するために

(1) 利用にあたっての留意点

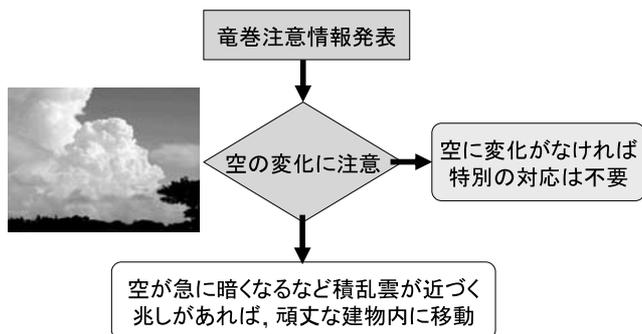
竜巻やダウンバーストは、非常に規模が小さく稀な現象であるため、最新の技術を用いても予測が難しい。このため、竜巻注意情報の精度は、現状では10回発表のうち実際に突風災害が発生するのは1回程度である。しかし、情報が発表された場合は、竜巻などの激しい突風が発生する可能性が普段より格段に高い状況になっているので、いつもより入念に空の状況に注意を払い、危険が迫っている場合には身の安全を確保してほしい。

また、竜巻注意情報によって竜巻などの激しい突風現象を捉えることができるのは3割程度であることから、事前に発表される気象情報や雷注意報にも十分留意してほしい。

(2) 竜巻注意情報の利用方法

激しい突風をもたらす竜巻などの現象は、持続時間が短く、発現する場所も極めて狭い範囲に限られる。一方、竜巻注意情報は比較的広い範囲（概ね一つの県）を対象に発表しているため、竜巻注意情報が発表された地域でも竜巻などの激しい突風に必ず遭遇するとは限らない。このため、竜巻注意情報が発表されたからといってすぐに避難するのではなく、まず空の状況に注意を払い、竜巻などの激しい突風を発生させる積乱雲が近くにないかどうか確認することが重要である。例えば、「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」、「ヒヤッとした冷たい風が吹き出す」、「大粒の雨やひょうが降り出す」などの状況であれば、積乱雲が近づいている兆候であり、竜巻などの激しい突風に遭遇するおそれがある。

あるので、頑丈な建物に移動するなど身の安全を図る必要がある（図—6）。



図—6 竜巻注意情報の利用

また、人が大勢集まる屋外行事や高所作業のように、避難に時間がかかると予想される場合には、1日から半日前に発表される気象情報や数時間前に発表される雷注意報にも留意し、早めの危険回避行動を心がけることが必要である。

突風に関する気象情報を改善するにあたり、実際に利用が想定される分野の方々から利用可能性について聞き取り調査を行った。表—1 右欄に示したように、段階的に発表される気象情報ごとに、建設現場においては以下のような利用例が想定される。

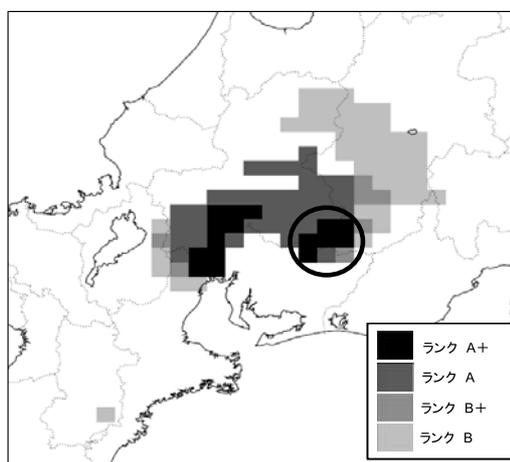
- ・前日に発表された予告的気象情報をもとに、朝礼などで作業員や監督者へ「竜巻などの激しい突風が発生する可能性のある気象状況である」ことを連絡し、注意を促す。
- ・雷注意報に「竜巻」のキーワードが付加されて発表された場合は、突風で飛びやすい資材などを固定するなど被害を防ぐ対策を行う。
- ・さらに、竜巻注意情報が発表された場合は、気象状況を監視する人員を配置するとともに、高所作業など即時避難が難しい場所では、一旦作業を中止して安全な場所で待機し、1時間の有効時間を過ぎたら作業の再開を判断する。

予告的気象情報、雷注意報、竜巻注意情報は、気象庁HPで入手可能である。また、気象庁では、突風に関する気象情報の利用についてリーフレット「竜巻から身を守る」を作成しているので、以下のURLからご覧いただきたい。

(<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/tatumaki/index.html>)

6. 突風等短時間予測情報（仮称）の発表へ向けて

気象庁では、活発な積乱雲から発生する雷や激しい突風、強雨現象について、格子単位で10分毎に1時間先まで予測する「短時間予測情報（仮称）」の平成22年度からの提供を計画している。図—7は、現在開発中の突風に関する短時間予測情報の一例である。この情報を用いると、より詳細な分布がわかるようになり、注意すべき場所や時間帯を絞り込むことができる。



図—7 突風短時間予測情報の作成例（開発中）
平成19年7月12日11時50分頃、愛知県豊田市（丸印中央付近）で発生した突風に対する短時間予測情報の例。11時10分のデータを基に40分後（突風被害が発生した頃）の危険度を予測したもの。「ランクA+」が最も危険度が高いことを示す。

7. おわりに

気象庁は、竜巻などの激しい突風現象に対して、平成20年3月から予告的気象情報、雷注意報、竜巻注意情報といった段階的な防災気象情報の発表を開始した。

特に新たに発表を開始した「竜巻注意情報」は、今まさに竜巻などの激しい突風が発生しやすい特別に危険な状態であることを知らせるものである。竜巻注意情報は、現状では精度は低いものの、発表された場合にはいつもより空の状況に注意を払うといった負担の小さな対応をとることで、人命を救える可能性を持った情報である。

気象庁では、今後も精度向上に向けた技術開発を進めるとともに、利用者からの声を聞きながら情報の表現や発表方法などの必要な見直しを行い、情報の利用方法についての広報活動にも力を入れていくこととしている。

《参考文献》

- 1) 気象庁：気象業務はいま 2007, pp.16-31, 気象庁（平成 19 年）
- 2) 気象庁：気象庁ホームページ（竜巻等の突風データベース：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/index.html>）
- 3) 気象庁：平成 19 年度突風等短時間予測情報活用検討会第 2 回資料、平成 19 年 11 月
（<http://www.jma.go.jp/jma/press/0711/29a/kentoukai2.html>）
- 4) 海老原智，瀧下洋一：突風予測技術，平成 19 年度量的予報研修テキスト，pp.1-16，気象庁予報部（2007）



【筆者紹介】

瀧下 洋一（たきした よういち）
気象庁予報部予報課
調査官

「建設機械施工ハンドブック」改訂 3 版

近年、環境問題や構造物の品質確保をはじめとする様々な社会的問題、並びに IT 技術の進展等を受けて、建設機械と施工法も研究開発・改良改善が重ねられています。また、騒音振動・排出ガス規制、地球温暖化対策など、建設機械施工に関連する政策も大きく変化しています。

今回の改訂では、このような最新の技術情報や関連施策情報を加え、建設機械及び施工技術に係わる幅広い内容をとりまとめました。

「基礎知識編」

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

「掘削・運搬・基礎工事機械編」

1. トラクタ系機械
2. ショベル系機械
3. 運搬機械
4. 基礎工事機械

「整地・締固め・舗装機械編」

1. モータグレーダ
 2. 締固め機械
 3. 舗装機械
- A4 版／約 900 ページ
● 定 価

非 会 員：6,300 円（本体 6,000 円）
会 員：5,300 円（本体 5,048 円）
特別価格：4,800 円（本体 4,572 円）

【但し特別価格は下記○の場合】

○学校教材販売

〔学校等教育機関で 20 冊以上を一括購入申込みされる場合〕

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。
※送料は会員・非会員とも沖縄県以外 700 円，沖縄県 1,050 円

※なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊 平成 18 年 2 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>